

# MITSUBISHI DENKI GIHO 三菱電機技報

Vol.43 May 1969

生活の快適化特集

# 5





## 生活の快適化特集

### 目次

#### 《特集論文》

##### (A) 基礎編

|                |        |     |
|----------------|--------|-----|
| 文化生活と健康        | 西川 眞八  | 621 |
| 皮膚の美容と電気器具の利用  | 中村 敏郎  | 624 |
| 住宅設備の問題点と将来    | 勝田 高司  | 626 |
| 快適な空調          | 武藤 正   | 628 |
| 音と生活           | 藤木 一   | 633 |
| 住宅照明における快適性の追求 | 小堀 富次雄 | 637 |
| 暮らしと色彩         | 堀田 鉦太郎 | 641 |

##### (B) 機器編

|                           |                          |     |
|---------------------------|--------------------------|-----|
| 住宅の暖冷房システム                | 小原 英一                    | 648 |
| 冷水温水による住宅冷暖房機器            | 岩崎 善彦                    | 655 |
| 冷暖房用ポンプ                   | 城戸 久吾                    | 665 |
| 家庭用ファンコイルユニット             | 吉野 昌孝                    | 668 |
| 住宅用ルームクーラ                 | 石川 英敏・坂田 英二郎・貝瀬 俊朗・遠藤 吉隆 | 674 |
| 換気扇                       | 入沢 淳三・穴戸 幸男              | 679 |
| 深夜電力利用蓄熱暖房器               | 荻原 孝久・赤羽根 正夫             | 684 |
| 深夜電力利用電気温水器               | 荻原 孝久・赤羽根 正夫             | 688 |
| 電気衣類乾燥機                   | 町原 義太郎                   | 691 |
| 住宅用照明器具—ジョイントシステムによる照明器具— | 山崎 肇・桂 秀年                | 695 |
| 家庭用理美容機器（回転機応用品）          | 武井 久夫・増田 三郎              | 699 |
| 家庭用理美容機器（電熱応用品）           | 森本 敏夫・小川 昇               | 703 |
| 脈拍数計（ハートベツト）              | 岩田 誠・柳 父 靖               | 706 |
| 三菱医学用テレメータ装置 PT-270       | 小林 督智・安田 弘明・斉藤 邦夫        | 709 |

#### 《普通論文》

|                                                    |                                |     |
|----------------------------------------------------|--------------------------------|-----|
| 加速管（平板形）および Einzel 形収束 Lens 内における電位分布および荷電粒子軌道（II） | 高木 高志・水野 謙一                    | 715 |
| 静止形電圧調整継電器（変圧器制御用）                                 | 松本 忠士・稲垣 宏明                    | 720 |
| 大電力高速スイッチング用サイリスタ                                  | 船川 繁・蒲生 浩・山上 偉三                | 728 |
| 高エネルギー電子ビームモニターの特性                                 | 小浜 太郎・柳 沢 武・磯貝 文彦              | 739 |
| マイクロ波プリント基板                                        | 中原 昭二郎・信岡 正祐・堀切 賢治・太田 基義・藤 永 弥 | 746 |
| 三菱大容量クレーンモートル                                      | 藤田 淳治・富田 晴彦                    | 752 |

#### 《ニュースフラッシュ》

わが国初の 6/3 kV キュービクル用 2,000 A 真空しゃ断器完成・万国博向け三菱トラベータの完成・国連から気象レーダ 5 台を受注・  
日・比合弁の“International Elevator and Escalator 社”を設立



## SPECIAL EDITION "TOWARD a FULLER LIFE"

### CONTENTS

#### SPECIALLY COLLECTED PAPERS

|                                                                               |                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| The Civilized Life and Health.....                                            | T. Nishikawa...621                                 |
| Electric Appliances for Skin Care.....                                        | T. Nakamura...624                                  |
| Problems on House Equipments.....                                             | T. Shôda...626                                     |
| Agreeable Air Conditioning.....                                               | T. Muto...628                                      |
| Sounds in Living.....                                                         | H. Fujiki...633                                    |
| Pursuit of Agreeableness in Residential Lighting.....                         | F. Kobori...637                                    |
| Color in Living Spaces.....                                                   | K. Hotta...641                                     |
| Heating and Cooling Systems of Residences.....                                | E. Ohara...648                                     |
| Domestic Air Conditioning Equipment with Cold and Hot Water.....              | Y. Iwasaki...655                                   |
| Pumps for Air Conditioners.....                                               | K. Kido...665                                      |
| Fan Coil Units for Home Use.....                                              | M. Yoshino...668                                   |
| Room Air Conditioners for Domestic Use.....                                   | H. Ishikawa • E. Sakata • T. Kaise • Y. Endo...673 |
| Ventilating Fan.....                                                          | J. Irizawa • Y. Shishido...679                     |
| Storage Heaters with Midnight Power.....                                      | T. Hagiwara • M. Akabane...684                     |
| Storage Type Electric Water Heaters Making Use of Midnight Power.....         | T. Hagiwara • M. Akabane...688                     |
| Electric Clothing Dryers.....                                                 | Y. Machihara...691                                 |
| Luminaires for Residence —Luminaires used with Joint Systems—.....            | H. Yamazaki • H. Katsura...695                     |
| Domestic Beauty and Health Appliances (Applications of Rotating Machine)..... | H. Takei • S. Masuda...699                         |
| Beauty and Health Appliances for Domestic Use.....                            | T. Morimoto • N. Ogawa...703                       |
| Pulsimeter "Heartpet".....                                                    | M. Iwata • Y. Yanabu...706                         |
| Mitsubishi Medical Telemeter Type PT-270.....                                 | M. Kobayashi • H. Yasuda • K. Saito...709          |

#### TECHNICAL PAPERS

|                                                                                                                            |                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Charged Particle Trajectory and Potential Distribution in a Flat Disk Type Acceleration Tube and Einzel Lens (II)<br>..... | T. Takagi • K. Mizuno...715                                         |
| Solid State Type Voltage Regulating Relays for Transformer Control.....                                                    | T. Matsumoto • H. Inagaki...720                                     |
| High Power High Speed Switching Thyristors.....                                                                            | S. Funakawa • H. Gamou • K. Yamagami...728                          |
| Experimental Properties of High Energy Electron Beam Monitors.....                                                         | T. Ohama • T. Yanagisawa • F. Isogai...739                          |
| Characteristics of Copper-clad Laminates for Microwave Stripline Applications<br>.....                                     | S. Nakahara • S. Nobuoka • K. Horikiri • M. Ota • W. Fujinaga...746 |
| Mitsubishi Large Capacity Crane Motors.....                                                                                | J. Fujita • H. Tomita...752                                         |

#### NEWS FLASH

758

UDC 628.87

快適な空調

武藤 正

三菱電機技報 Vol.43・No.5・P 628～632

住居内で人間が快適な生活をする場合、つぎのような環境により影響を受ける。すなわち、生物学的要因(食物・細菌・昆虫)物理的要因(温度・湿度・圧力・風速・正負イオン量・イオン比・へやの色調・騒音)および化学的要因(空気の組成・各種ガス)などの要因に加えて、人間の精神面に各種ストレスをうけ、その快適性におよぼす環境要素はかなり複雑になる。本文は人間が必要とする上記各生活環境要素のうち主として、温熱条件に関する人間の生理作用とその実態について紹介する。



UDC 628.84

住宅の冷暖房システム

小原英一

三菱電機技報 Vol.43・No.5・P 649～655

最近、一般家庭を対象とした冷暖房システムについての認識が高まり、新聞雑誌に論文や広告が多くみられる。とくに、セントラル・ヒーティングは石油会社とボイラ メーカーがタイアップして普及につとめ、家庭にも取り入れられてきている。

そこでこの論文では実際に施行するときの知識を平易に解説するものである。すなわち、考えられる多くの冷暖房システムの説明、システムとして考えるときの熱源機器決定のための概略計算の方法を中心として、家庭の冷暖房の現状と将来、利点などについて述べる。



UDC 534.8:64.01

音と生活

藤木 一

三菱電機技報 Vol.43・No.5・P 633～636

音がわれわれの生活に大きな影響を持つことは衆知のとおりである。本文では音に関する常識的な問題より解説し、楽音と騒音の関係を事例を通じて説明し、今後の生活を快適にするための筆者の私見を提供するものである。



UDC 628.84:697.975.4

冷水・温水による住宅冷房・暖房機器

岩崎善彦

三菱電機技報 Vol.43・No.5・P 656～665

住宅の冷暖房方式として、ストーブ ルームクーラーによる個別方式が多かったが、衛生上・火災上・騒音の問題などのため、石油温水機、ウォーターチリングユニット等により冷水・温水を作り、各室の冷暖房と給湯を兼ねたセントラルヒーティングシステムが普及してきた。セントラルヒーティングシステムに設備費が一般に高いといわれていたが、総合設備費を安くするため石油温水機とウォーターチリングユニットを一つのユニットにまとめたシーズンバックマスターを開発し、総合設備費で10～15%安くできるようにした。現状の工事では設備費の内工事費の占める割合が大きいが、今後機器の価格低減と並行に工事のやり易い機器の開発も重要である。



UDC 644.3:64.01

住宅照明における快適性の追求

小堀富次雄

三菱電機技報 Vol.43・No.5・P 637～640

わが国の住宅事情は現在でも量ならびに質ともにきびしいものである。住宅水準も徐々に向上しつつあるが住宅照明の快適化として生活の快適性を追求するため、それらの主観による評価・読書ならびに勉強などの視作業における適正照度を心理学で発達した連続的段階法による尺度構成の計量化手法によってうる方法をのべ、さらにけい光灯と自然灯 どの光源の光色と照度による快適性の限度、および住宅照明における光源の選定方法について筆書の見解をのべた。



UDC 621.66/.67:628.8

冷暖房用ポンプ

城戸久吾

三菱電機技報 Vol.43・No.5・P 666～668

どこへでも容易に供給できる水は、比熱が大きい特長を生かして空気調和によく利用される。その水は、循環・補給という動きをするが、これにはポンプが必要であり、ポンプ選定の良否は冷暖房効果に非常に影響する。本文では空気調和に使用されるポンプの種類・仕様の概要と、あわせて最近の技術的動向すなわち長寿命化・低騒音化などにつき記している。



UDC 535.6:64.01

暮らしと色彩

堀田鉦太郎

三菱電機技報 Vol.43・No.5・P 641～648

快適な暮らしに色彩が貢献している事実を疑う人はまづいないであろう。しかしその状況は、かならずしもつおきに知られているわけではない。そこで色彩と暮らしとの関係について、心理的領域と工業デザイン領域の二つの領域にスポットライトをあて、その現象や状況を一見し、色彩の取扱いに関する所感などを添えて一文とした。



UDC 697.35

家庭用ファンコイルユニット

吉野昌孝

三菱電機技報 Vol.43・No.5・P 669～673

ファンコイルユニットは従来おもにオフィスビル、ホテル等に使用されていたが、最近のセントラルヒーティング・クーリングの普及とともに家庭用としても相当使用されるようになってきた。

家庭用ファンコイルといっても一般のファンコイルユニットと基本的には同一であり、本文では家庭用を中心とした考え方、取扱い上の留意事項・性能は注法等について述べ、あわせて三菱リビングマスター、リビングヒータと呼ばれているファンコイルユニットの中から主要なものを紹介する。



UDC 644.5

# 住宅用ルームクーラ

石川英敏・坂田英二郎・貝瀬俊朗・遠藤吉隆

三菱電機技報 Vol.43・No.5・P 674～679

生活水準の向上、家庭中心の生活への関心の深まりなどから生活環境の改善に対する欲求が強まる傾向にあり、その一手段としてルームクーラの需要は急激に増大しているのが、普及の伸びとともに市場の要求も品質の安定・性能の向上・操作の簡易化など高度化しており、さらに集中冷暖房機器の需要も伸びを示し、セントラルヒーティングとの組合せを可能とする冷房機が要求されるようになった。これらの要求を満たす下記機種が開発されたので、その概要を紹介する。(1)空冷式ルームクーラで室内条件の快速化と騒音改善を目的に半導体制御を採用した製品、(2)  水冷式ルームクーラで温水ボイラと組合せ集中冷暖房を可能とした製品。

UDC 621.365:648.35:646

# 電気衣類乾燥機

町原義太郎

三菱電機技報 Vol.43・No.5・P 692～695

衣類乾燥機には、熱源としてガス・電熱があり、方式としてはつりきげ式(自然対流式、強制環式)・回転ドラム式がある。それぞれに一長一短があるが当社のDA-7001形衣類乾燥機は、電熱による熱風循環・つりきげ式を採用した。その理由は下記による。

- 1.自動運転が容易で、安全である。
- 2.衣類がいたまない、しわにならない。
- 3.複雑な機構を要しないため、コストが低い。

本文では、まえがきで、衣類乾燥機のもつ役割を考え、ついで、DA-7001形衣類乾燥機の仕様・構造  を説明するとともに、その技術的裏付け、試験結果を詳述する。

UDC 621.63

# 換気扇

入沢淳三・穴戸幸男

三菱電機技報 Vol.43・No.5・P 680～684

現在換気扇の全国普及率は約15%であるが、家庭用電気機器は全般に10%の普及率を越えると急激に伸びる傾向にあり、換気扇の場合も新築の家屋には必ず取付けられるほどになった。また、その用途も単に台所だけに限らず、居室、浴室、トイレ等それぞれの取付場所、あるいは生活様式に合致するよう単能化される傾向にあるので、換気扇を正しく選定していただくために現在市販されている換気扇を、その用途や種類に分けながらその特長、使い方について述べてみる。



UDC 628.973

# 住宅用照明器具—ジョイントシステムによる照明器具—

山崎 肇・桂 秀年

三菱電機技報 Vol.43・No.5・P 696～699

わが国、家庭生活の動向を住居・住生活の多様化、生活環境の快速化への要化としてとらえ、この変化に適応できる照明器具の開発を各製品の機能別分離製品組立作業への需要者の参加によってより広範囲な適応性と可変性をもつ、ジョイントシステムによっておこなった。三菱電機ではこのジョイントシステムにもとづいて、住宅用照明器具LMFラワーシリーズを製品化した、開発工程を紹介するとともに製品開発において重要と思われる開発方法について述べる。



UDC 662.995:697.27:621.311.16"344.22"

# 深夜電力利用蓄熱暖房器！

萩原孝久・赤羽根正夫

三菱電機技報 Vol.43・No.5・P 685～688

初めに、日本における暖房方式が局部暖房からセントラルヒーティングに移行してくる状況を述べ、次に、この暖房方式で最も簡単な工事で行なうことのできる蓄熱暖房器の仕様・性能・負荷計算等を述べ、今後、居室暖房設備の方式として十分発展してゆくであろう要素を述べ、まとめとしている。



UDC 621.313.13:621.318.3:613.49:64.015:646.7

# 家庭用理美容機器（回転機応用品）

武井久夫・増田三郎

三菱電機技報 Vol.43・No.5・P 700～703

世の早い移り変わりによってわれわれの生活も変わっていくことを余儀なくされている。中でも服装、理美容については、その変化が顕著である。そのため、理美容用の機器も電化され、個人用として使えるものが増えてきて、今必需品としての位置を占めてきた。同時に改良が加えられ、種類も多くなっている。ここに回転機応用家庭用理美容機器の全体を展望し、中で現在もっとも多く使われている機種について解説・特長・欠点を比較して参考にするのとに、将来どのようなようになっていくか、あるいは何をなすべきかについてまとめた。



UDC 644.62:621.311.16"344.22"

# 深夜電力利用電気温水器

萩原孝久・赤羽根正夫

三菱電機技報 Vol.43・No.5・P 689～691

初めに、生活に浸透してきた温水機の普及を述べ、今後、この温水器が中形クラスに移行していくことにふれ、さらに、中形温水機がどのような形態で開発されるべきか、そして、当社において開発した中形温水器の仕様・性能等の詳細を述べ、今後発展していく要素をあげまとめとしている。



UDC 621.36:613.48/49:64.015:646.7

# 家庭用理美容機器（電熱応用品）

森本敏夫・小川 昇

三菱電機技報 Vol.43・No.5・P 704～706

生活の高度化にともなう生活の変化、とりわけ服装・理美容に関する変化は大変なもので、また一方ではサービス業の手間賃も年々上昇をつづけ、今や理美容器具は個人化し必需品としての位置を占めるようになった。また電気蚊取り器のように衛生的・安全であるという電気の特長を取り入れることにより、従来の非電化製品についてもますます快適な生活を送れるよう電化を計ったものもある。

ここに電熱器応用理美容機器について、もっとも多く使われている機種について解説、特長をのべかつ  将来の展望を付記した。

UDC 621.37/.38:61

脈拍数計（ハートベツト）

岩田 誠・柳父 靖

三菱電機技報 Vol.43・No.5・P 707～709

脈拍数は診察のとき、入院患者の検脈のとき、労働医学やスポーツテストのときなどにおいて重要な測定項目であるが、いまだに手首の触診に頼っているところが多い。三菱ハートベツトHR-7Aは脈拍を電氣的にピックアップし、自動的に30秒間の脈拍数を表示できるようにした簡単で正確な測定器である。これはとくにスポーツテスト用として開発されたものであるが病院向けとしても十分その機能を満すよう考慮されている。ここでは脈拍数計（ハートベツト）の概要について、とくにスポーツテストと関連させて述べる。



UDC 621.382.2:621.385.38

大電力高速スイッチング用サイリスタ

船川 繁・蒲生 浩・山上倅三

三菱電機技報 Vol.43・No.5・P 728～737

電力用サイリスタの性能がますます高耐圧、大電流となって上昇していくにつれ、サイリスタの応用面も急速に拡大した。サイリスタに要求される性能も単に阻止電圧、電流定格の大きいことだけでなく、そのスイッチング速度の速いことが要求されるに至った。すなわちインバータ、DCチョッパがその応用のおもなものである。平均順電流400A、阻止電圧1,300V、ターンオフ時間30μsの高速スイッチングサイリスタ、その他150A～400Aの15μsのサイリスタ、などが量産にはいった。これらの素子の設計上の問題点ならびに特性定格について記述する。



UDC 621.37/38:61

三菱医学用テレメータ装置PT-270型

小林督智・安田弘明・斉藤邦夫

三菱電機技報 Vol.43・No.5・P 710～712

医学用テレメータは運動している人体の生体情報を、なんら制約や拘束を加えずに自然の運動、動作状態のままでは握できるので、スポーツ医学・労働医学・基礎生理学など広い分野で利用されている。今回、三菱医学用テレメータPT 220 A形の改良機種としてPT 270形を開発したので、その主要改良点と性能についてのべる。



UDC 539.1.07

高エネルギー電子ビームモニターの特性

小浜太郎・柳沢 武・磯貝文彦

三菱電機技報 Vol.43・No.5・P 738～744

30MWを超える高エネルギー電子ビームモニターとしてファラデカップ、二次電子モニター、プロフィールモニターを製作した。ファラデカップ、二次電子モニターは電子ビーム電流を計測するもの、プロフィールモニターは電子ビームのビーム輸送系中での空間的な広がりを知るモニターである。ファラデカップ基準にして二次電子モニターの効率を電子ビームエネルギー、電子ビーム平均電流、成極電圧をパラメーターとして測定した。またビーム輸送系を用いて1MW近傍でのプロフィールモニターの特性を調べた。以上の実験結果からこれらのモニターが初期の目的どおり動作することが確かめられた。



UDC 539.1.07:621.384.6

加速管(平板形)およびEinzel形収束Lens内における電位分布および荷電粒子軌道 (II)

高木高志・水野謙一

三菱電機技報 Vol.43・No.5・P 715～719

静電形加速器、とくにV, d, G形加速器において多く用いられる多段形加速管の入射領域におけるレンズ作用を解明するための電位分布と荷電粒子軌道の数値計算手法およびその結果を述べた。また、この手法を応用して、収束レンズの1種であるEinzel Lensの収束作用について計算し、焦点距離等、はん(汎)用性あるデータが得られたので、その概略を述べる。

先号の(I)において電位分布について述べたが、本号(II)においては、荷電粒子軌道について述べる。



UDC 621.3.049.75.621.39

マイクロ波プリント基板

中原昭次郎・信岡正佑・堀切賢治・太田基義・藤永 弥

三菱電機技報 Vol.43・No.5・P 745～750

マイクロ波伝送線の小形化・軽量化・信頼性の向上・量産化および価格の削減の要求でマイクロ波プリント基板の使用が有望となった。

本報ではマイクロ波プリント基板のうち紙プラスチック系基板、充てんプラスチック系基板、繊維強化プラスチック系基板の12種についてその物理的性質、化学的性質、電氣的性質、機械的性質の総合的試験を行なった結果について報告する。とくにガラス繊維強化テフロン積層板の樹脂量と誘電率、 $\tan \delta$ の関係を究明して新製品を開発した。得られた基板の誘電率は $2.6 \pm 0.1$ ,  $\tan \delta$  0.00以下である。



UDC 621.316.925:621.310.722

静止形電圧調整継電器(変圧器制御用)

松本忠士・稲垣宏明

三菱電機技報 Vol.43・No.5・P 720～727

電力系統および配電系統の電圧調整に用いられる積分形と瞬時形との2機種の静止形電圧調整継電器について紹介する。新形の電圧調整継電器はいずれも高性能のシリコントランジスタを使用しており、従来品に比較し小形化を計っている。とくに積分形電圧調整継電器には、不足電圧ロック継電器と、強制復帰継電器(タイマ付き)とを内蔵しているので盤スペースおよび盤結線が非常に簡略化され、使用面で大きなメリットとなる。なおこれらの継電器は線路電圧降下補償方式、プログラム制御方式あるいはこれらの組合わせ方式のいずれにも使用可能である。



UDC 621.313.333:621.87

三菱大容量クレーンモートル

藤田淳治・富田晴彦

三菱電機技報 Vol.43・No.5・P 751～755

荷役機械用、および製鋼用補機としてのクレーンは、産業規模の大形化、工業技術の進歩にともない、ますます大形化・高能率化・高速化が要求されていくつつあり、このためクレーンモートルも単機容量の増大、負荷時間率の増大、使用ひん度の過酷化が要求されてきている。わが国で使用されているクレーンモートルの規格には従来のJEM1065, 1066, A I S E, JEM1202があるが、巻上機用としてはこれらの規格の範囲を越える、大容量・高負荷時間率のモートルが要求されてきている。当社ではこのような大容量・高負荷時間率のクレーンモートルを、すでに多数製作納入してきたので以下これらについて述べる。



## 文化生活と健康

日本大学医学部教授(公衆衛生学教室)医学博士 西 川 湊 八

### 1. 文化生活とシビル・ミニマム

われわれは安直に文化ということばを使うが、文化ということばの本来の意味は何であろうか。日本文化とか外国文化、ギリシャ文化とか二十一世紀の文化などと言う場合、その国やその時代に発達した固有の美術工芸・文学・宗教・哲学などを総称していると解釈されよう。物質文明に対して精神文化とならべるときには、その国や時代の宗教・哲学など精神面にのみ注目している。前者はアメリカやイギリス学派の考え方であって、プラグマチズムにつながっている。後者はドイツのウェーバ学派の考え方であって、ドイツ人一流の理論的な解釈といえよう。ともかく、ここでいう文化生活というのは、アメリカ学派の考え方に従って、いわゆる合理的で実際の暮らし方を意味しているとするのが妥当であろう。

しかし、よく、日本人は外国文化の模倣がうまく、独自の文化をもたなかったといわれている。それは過渡期のことで、外国からの模倣時代を過ぎると、必ず日本的な文化に消化している。たとえば、仏教がしかり、文学がしかりである。明治もようやく 101 年を迎え、開国後に輸入した西欧の文明開化も、マイホームのペースに乗って、日本独自の文化を産み出すべき時期に差ししかかったといえよう。昭和 42 年には、日本の国民総生産が自由諸国で第二位となってきた。これをさらに発展させるためには日本独自の生産体制を創設しなければならない。イザナ景気といい、昭和元禄とうたわれる現在、文化についてもまた日本固有のものを熟成させる時代がきたと考えられるのである。1985 年には、わが国の人口は 1 億 2 千万人となり、その 70 % が、日本列島を縦走する札幌→東京→福岡を主軸とするメガロポリスに集中して、生活するようになるであろうと推定されている。この都市化・工業化のすう勢の中にあって、われわれは日本的な文化生活を打ち立てていかなければならない。

これまでの都市住民の生活は、一応の文化生活とみなされてきた。しかし、それは表面的なもので、人々は庭を失った鳥かごのごとき家庭空間から、時間と場所という厳重な格子をめぐらした生産空間との間を往復する小乗的なマイホーム型の人間に委縮してしまったといえないであろうか。家庭空間と生産空間の距離が長くなる今後は、文化生活は、都市住民ばかりでなく、農山村部においても、きょう(享)受できるものとならねばならない。そこではもっと人間性を発揮できる、自由で、尊厳な人格をもちつづけられる生活空間を設計したいものである。このような生活空間がつくる社会では、青少年のための一般教育や心身障害児の教育訓練施設とともに、成人もまた科学・美術・音楽を楽しみ、図書館や文化センターにおいて教養をつむ施設をもつこととなろう。公衆の保健と衛生のためには、上下水道・じんかい処理はもとより、医療機関は適正配置され、福祉機関と密着した機能を発揮するであろう。これらの社会資源が最も効

果的に運営されるように、地域活動のための頭脳ともいべき電子計算機がたゆみなく働くコンピュータとなるのは夢であろうか。ともかく、シビル・ミニマムを満たす社会となって欲しいものである。かかるコンピュータを背景とするならば、個人の家庭生活は文化的に展開されなければならぬまい。

### 2. 健康な人間とはいかなる存在か

量子論的世界は、すべて波動であるといわれている。波動から構築されてできた物質が生命をうけた生物、その中でも最も高次に分化した存在である人間も、当然リズムをもった存在である。

人間の生活には目ざめている時間と眠っている時間とがある。両者はつねに交替して、24 時間の波動を描く。そのリズムは脈拍・血圧・呼吸など生理的機能のリズムと同様である。この波動のほかに、暑い夏から寒い冬までの季節的影響も受けて、1 年を通じての長期にわたる波動もおこっている。つまり、波長が 1 日のリズムをもつ日間変動と、季節に適応しながら変転する波長が 1 年の季節変動とが形成されるわけである。

このようなリズムカルな人間生理は、より長い年月を通じて一貫して老化の道筋をたどっていく、それはすり切れというよりもむしろさびつきと考えられている。

このように、幾重にも重なり合った生体リズムを内に蔵しながら、人間は生きつづけるが、ときには各種の外的ストレスや内的ストレスが加えられ、健康と病気の両極間をゆれうごく。そして多くは調和のある環境を造成して健康を保つ存在である。

また、人間の健康には、単に身体的な健康ばかりでなく、精神的な健康がある。しかも、社会人として生活する能力をたくわえていなければ、健全な人格とはいえないであろう。先般、上野でその作品が展覧されたロートレックは、身体障害者であった。ゴッホは狂気で生涯を閉じた。しかしいずれも芸術家としての人生はりっぱであった。精神的健康や身体的健康よりも、社会的健康のほうが優先した例である。

もし、ロートレックやゴッホがコンピュータに生れたならば、彼らは文化生活によって、当時以上にその才能を伸ばしたのではあるまいか。いわゆる文化生活の価値をここに求めることができよう。

### 3. 住居の条件

人間の住居は、健康的であるとともに、安全性が保たれることが第一条件であろう。つぎは家庭生活の機能性をもつことである。しかし、これだけでは人間的ではない。さらに芸術性を持ち、人間交流の機能をも備えなければならない。もし健康性・安全性・機能性のみに終始する家庭であれば、野鳥の巣づくりと選ぶところがない。ねずみのごとき動物でさえ、本能的に営巣する。人間の家庭は、よ

り芸術性に富み、人間性を発揮できるようにつくられなければならない。このようにみえてくると、高層鉄筋コンクリート建ての近代的アパートの多くは、先きのべた第一の空間に過ぎないかもしれない。

もちろん、住居は家庭生活の場である。したがって家庭に在る間は、生命維持に最良の物理的・化学的状態を保つ必要がある。冷暖房は快適であるが刺激的で、適当な照明、騒音は少なく、1日の活動で疲れた心身の保養をする環境でなければならない。呼吸する空気は、清浄で有害な異常成分を混ぜないことが望ましい。気圧も大きな変動がなく、正常の生理的過程がそこなわれない程度の変動にとどまっていることである。このごろ、地上の住居に飽き足らず、海中に都市を建設する可能性が検討されている。その場合、最も慎重に研究すべきは気圧の問題であろう。

#### 4. 理想的な温度環境

人体は夏になれば暑く冬になれば寒く感ずる。しかし健康なからだは、わずかな温度の上昇や低下に対しては、それに応じて呼吸・循環を変えて、その温度条件に適応する体制を整える機能をもっている。その幅を広げたのが鍛練である。夏には、人は年間の平均気温よりも若干高い環境で快適に感じ、冬は若干低い温度条件で快く感ずる。人間が季節をもつ地球上の生活に適応して、今日まで生きのびたのは、この気候に順化する能力があったためであろう。室内気温の調節は、この機能にそうように装備するのが理想的である。近年、この人体の機能を無視して空調調節をし、いわゆるビル病を発生している新建築が目だってきた。

人体の温度感覚は、空気の温度と湿度、気流および放射熱の四つの因子によって左右される。しかし、冷暖房はからだ全体をまんべんなく温めたり冷やすのがよいのであるから放射熱は不適当である。床暖房にすればよいが、それは直接放射熱を利用するとはいえない。そこで、暖房の主役は気温・湿度・気流の3因子となる。これを独

立変数とする因数を考え、感覚的な温かさとこの因数との関係を分析的に明らかにし、計算図表にしたのが Ashrae のチャートである(図4.1参照)。これの快感帯に合致するように温度・湿度を調整し、毎秒1m以下の気流を送り込んで空調できるようにすれば、室内に生活する人々に適度の刺激を与え、しかも快適にすることができる。マスコミの影響で、不快指数という温湿度指数が普及しているが、これは気流を考慮していないので、不適当なものとされている。ことに不快指数は暑さについての判断であって、寒さに関しては用いられないから、空調調節や冷暖房には不都合である。

#### 5. 採光・照明と色彩調節

室内の明るさは居住性に影響する。太陽の光を採りこむのが理想であるが、これらの不足する夜間や曇天などには人工照明に頼ることになる。太陽光線の量は朝昼晩によって変動し、天候によっても変化する。そこでなるべく変化が少ないように北窓を備えるのがよいとされている。天候や時刻により変化のないのは人工照明であるが、人間的な生活を楽しむためには、両者を備える必要がある。最近光源を面にして、あたかも窓から太陽光線を取り入れているごとく照明する方式があるが、このほうが一般の点光源または線光源より快適である。

住居の中では、室や位置によって用途が異なるので、用途によって採光・照明の度合を変えるのがよい。一般に80~120ルクスあれば十分であるが、読書や裁縫など精密な仕事をする場所では、300ルクスにできるように設備するか、局部照明のスタンドをもちたい。理想的な照明は、適当に照度を変えたり光源の位置を移動できるように設備することであろう。

また、室内の色彩は、心理的效果があるから、そのへやの用途によって変えるのがよい。これも同一のへやを利用する目的にしたがって、色光によって色彩調節をする方式が検討されてよいと思う。

#### 6. 空気の浄化

屋内で生活していると、呼吸や燃焼によって空気中に炭酸ガスが増したり、じんあいがふえたり、ときにはCOのごとき有害ガスが混入する。そこで適度に換気を行なって、新鮮な空気を取り入れる。しかし大気汚染のある都市では、外気を入れても必ずしも浄化されないから、将来は外気を浄化して屋内に供給する装置が必要となろう。それには炭酸ガスを吸収したり、粉じんをろ過する仕掛けが組み込まれなければならない。もし海底都市ということになれば、人造空気を考えるのがよいように思われる。

#### 7. む す び

人間的な家庭生活を合理的に送ることのできる住居の条件を探ってきたが、その小型で最も完全に近いのは、未来の家であろう。しかし単独で隔絶した空間に長時間生活することは心理的に不可能である。健康中心に考えられなければならない文化生活も、やはり複数の人間が生活して、相互に人間性を発揮して家庭的ふんい気をもさなければ持続しない。最近3人のソ連科学者が長期の宇宙旅行を擬して、約1年間隔離空間に生活して出てきた。彼らは、その隔離中それぞれの専門的作業のほか、フィクションの読書や外部との交信を行なったということである。文化生活は単に物理化学的に十分

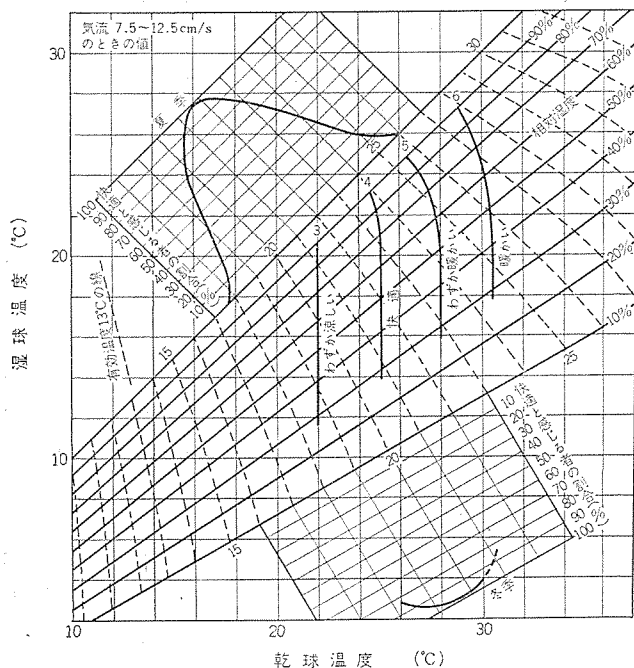


図4.1 改訂ASHRAE快適性線図(“ASHRAE Guide and Data Book” 1963年版より転載した原図よりメートル法に換算。環境工学ハンドブックより)



図 7.1 未来の家（ディズニーランドの絵はがきより）

この家の下は清浄な水をたたえた池となっており，家内の換気はこの水で洗滌された新鮮な空気をとり入れて換気される。家の向きも変えて太陽光線を適当にとり込む仕掛けである。屋内の機能性も十分考慮されている。

と思われる住居ができたからといって，満足して暮せるものではない。そこにはより高い人間性を鼓舞する要因も必要であって，それによって真の健康な文化生活といえるのであろう。いわば無機的な空間は，しよせん人間性のある家庭生活の基盤とはなりえても，それだけで十分な文化生活はありえないと考えた次第である。

近き将来にできる コンピュートピア では，人間性あふれる家庭生活・社会生活の構築をも可能にする住居を創造しなければならない。

## 皮膚の美容と電気器具の利用

東京女子医科大学教授(皮膚科)医学博士 中 村 敏 郎

素はだ美は日本女性の美のポイントであって、欧米の女性のそれがし(肢)体美にあるのとよい対照である。実際、皮膚は重要な美容器官としてひとの若さ、美しさを表現する役目をもっている、皮膚さえ若く、美しく保てばかならず美容の目的は達せられるわけである。

それゆえ、今日までこのために二つの方法が企てられ、その一つは皮膚に化粧という件事をして化粧美により美しくみせることで、化粧品会社や美容師の仕事の重要な目的になっている。その2は皮膚そのものの若さ、美しさを保つよう素はだ美をつくることに努力することである。確かに素はだ美は美容の基盤であるとともに化粧美の土台であるが、化粧美は死んだ皮膚にもつくりだすことができて、素はだ美は皮膚に生活力が十分になればだめである。このため、全身の健康状態とか、睡眠、食事、心理的な影響などいづれも問題になるのである。

同様に、直接皮膚に対して外部からクリームなどで素はだ美をつくるためには、やはり皮膚にスタミナがなければ効果は望めない。

さて、この場合の補助手段として電気を利用することが、将来とも大いに期待してよいのではないかと考えるのである。

話の順序として素はだ美の基本から述べてみよう。

素はだ美には大体四つの条件として皮膚の潤い、張り、色、健康などが備わらなければならない。

### 第1条件

潤い、皮膚の表面は絶対に乾燥させてはいけない。つねにしっとりした潤いがたいせつである。潤いはもちろん水分であるが、生理的にはおもに汗線から水蒸気の形で与えられるのである。俗に皮膚呼吸というのはこれを指しているのであって、実際に大切なものであることを強く印象づけているのである。

しかし、水分が表面の角層に浸みこんだだけでは蒸発してしまう機会が多く、潤いは保てないことになる。そこで、皮膚は皮脂線から皮脂を分泌したり、表皮細胞が分離したりして、このあぶら(脂)が水分とともに乳化膜をつくり、皮膚の表面をおおって潤いを保つのである。

この重要な生理作用も皮膚の老化がはじまる24~25才からは十分な働きがなくなると、はだ荒れ・小じわの下地をつくるのである。

それゆえ、この乾燥を防ぎ、潤いを保つことがこのころからのほだの手入れの根本になるのであって、外からのほだの手入れと同時に内面的な機能の促進が必要である。しかも、この機能の原動力となるものはエネルギーの補給であって、皮膚においては血液の循環を促進し、医学的に正しい意味で栄養をよくしなければならぬのである。古くから行なわれているマッサージの効果もここにあるが、赤外線照射・振動マッサージ・超短波照射などの小形美容電機の奏効理由も同様である。

### 第2条件

弾性ある張り、この皮膚の張りが皮膚に若さを表現するのである。皮膚さえ若く保てば、かならずそのひとは若くみえるわけである。一般に日本人が欧米人に比較して若くみられるのは張りがあるからである。この弾性のある張りを構成するものは、表皮細胞・真皮繊維・血液組織液などの水性成分、皮下脂肪などによる総合効果であるが、やはり皮膚の栄養状態と皮膚の運動効果は欠かせないことである。このために皮膚に受動的な運動を与え、血行を盛んにして栄養を高め、細胞や繊維を賦活することがたいせつである。

この目的に電気器具を利用して、軽微な振動マッサージや熱効果を与えるのが簡単で便宜である。しかし、同時に、卵胞ホルモンクリーム、プレグネロンクリームを併用すれば、効果は補強されて皮膚の張りが若さを十分に表現できるのである。

### 第3条件

色調、皮膚の色ぐあいも美しい皮膚の重要な因子であるが、皮膚の色というものはメラニン色素の量、血液の性状と循環のぐあい、皮膚の透明さ、つやなどが交錯して成立するのである。

それゆえ、一般に問題になる色白という場合には、メラニンに対する処置も大切であるが、健康な白さということになると、血行を盛んにして皮膚の栄養状態と新陳代謝を高め、皮膚の透明度を上げる必要がある。

この補助としてやはり電気器具を利用することができるのである。

### 第4条件

皮膚の健やかさ、皮膚が丈夫であることをおろそかにすることはできない。このためには全身の健康が基盤になることはいうまでもないが、皮膚だけについて考えれば皮膚の表面を弱酸性に保つということである。これがアルカリ性に傾くと化学的あるいは微生物的刺激に対して抵抗が弱くなり、化粧品にかぶれたり、化膿しやすくなったりするのである。それゆえ、生理的にも皮膚にはアルカリ中和能が備わっていて酸度を調整しているのである。しかし、中年以後にはこの作用も衰えてくるので、どうしても人工的に整える必要があって酸性化粧水が使われるのである。

また、感受性が高く、敏感な皮膚は、一般に弱い皮膚としてしばしば化粧品や薬にかぶれやすく、接触性皮膚炎を招来して困るのである。

このような場合に感受性を弱め、過敏さを鎮静する目的に低周波電気療法を応用してはいかがかと考えているのである。

以上、素はだ美を構成する各因子の機能を促進することが、皮膚の健康と若さ、美しさに連るのであって、その原動力を与える血液の皮膚への供給を十分にすることがたいせつである。このためには皮膚の運動効果と熱効果が目的を達するが、ともに最も便利なのは電気器具の利用だと思うのである。

---

なお、また総括的に皮膚全体としての働きが周囲の環境に支配され、その機能が栄養状態に関連するのである。それゆえ、四季に応じて適度の冷暖房が必要であり、理想的には夏に気温 20～25℃、湿度 60～70 %、冬は気温 16～22℃、湿度 55～70 %が皮膚によいのであって、この環境条件を維持するため冷暖房器の活用が望まれるのである。

また、皮膚の正しい栄養とはいわゆる栄養クリームではなく、やはり食物によるのであって、たん白質・脂肪・炭水化物が必要である。ただし、これらはいわゆる酸性食品であるため皮膚を過敏にする傾

向がある。そこで、これを中和する目的にアルカリ性食品である野菜・果物を利用し、同時に大切なビタミン、ミネラルの補給に役立てるのである。

このアルカリ性食品の補給に最も便利なのがミキサー、ジューサーの使用であって、これを皮膚のために十分に利用しなければならない。

総じて皮膚の美容に家庭電気器具を使用することは興味ある試みであるが、まだその細部にわたっては研究が十分でなく、将来に期待をい置く現状である。

## 住宅設備の問題点と将来

東京大学生産技術研究所工学博士 勝 田 高 司

35年前には都市住居の過半数が1室と台所よりなるものであって、1戸3室以上の住居は20%、あとは平均の広さが35m<sup>2</sup>程度であった。台所を除く一室当り2人以上を過密住居と定義して当時の状態にあてはめると、2人の成人と子供1人以上の世帯の62%、また子供3人以上の世帯の87%が過密住居に住んでいた。1960年には、2人以上の子供をもつ世帯の過密は実際問題として解消している。7年前には、1戸当り、72m<sup>2</sup>、3室、台所が標準家族構成世帯の住居にたいする最低基準とみなされている。家賃は約2万円/月、標準年収約100万円程度である。以上は住居の不足と過密状態を克服して、すべての国民に十分の広さと設備をもつ住居を用意することを目的とする住宅政策で、よく知られているスウェーデンの記録で、現在では休暇用の第二住宅も一般化している。10倍以上の人口をもつ、わが国の住生活を経済の発展にもなっている向上してゆくことは、大規模な技術開発を積極的に行なわねばならない大事業であることがわかる。

住居の広さを室の数で表わすことが世界的に行なわれている。わが国では、住宅公団にならって、2DK、3LDKなどと一般にいわれるようになってきた。米国のアパートについては、食事スペースは0.5ユニット、他は台所を除き1室を1ユニットとして数で示すことが多い。台所・浴室・洗面便所は必要な設備によって広さがきまり、居間、寝室などの個々の広さの幅は小さいから、全体の広さは、第二義的に考えてよいわけで、住居としての選択性は主として、間取りと環境にもとづくことになる。住居は家庭の器に違いないが、大量需要に見合う工業生産の過程に入っていることの表われである。高層アパートを含めれば、一つの間取りのパターンについて、従来と比較できない大きな技術の積み重ねを背景にしている。したがって、間取りも固定化の傾向が強くなる。世帯層別に1戸当りの標準的広さは、住居の不足あるいは過密などの抑制要因が除かれるにつれて、いくらでも大きくなるものではなく、欧米でもこの20年間に、一般的に増したスペースは、台所に接する作業室と第2寝室つきの洗面便所あるいは浴室など住居内の設備に関係するものといえる。わが国でも、昭和50年頃目標として、4ないし5人世帯にたいして、3LDK、1戸当り88m<sup>2</sup>と欧米なみの標準が考えられている。

住居の基本的設備として、スウェーデンの場合にとりあげているものも、一部を除けば、わが国のそれらと変わりはない。流し、調理台、レンジ、冷蔵・冷凍庫、食品収納スペース、洗面便所、浴室、給排水給湯設備、セントラル暖房設備、洗濯器スペース、戸だな、収納室、アパートの場合は共同の洗たく設備と換気設備、駐車スペースなどである。現在では作業室に乾燥器をもつものが多い。さらし器は米国の低所得者アパートにも普及している。1戸当りの広さには、設備とそのまわりの作業スペースを見込まねばならない。しかし、たとえばセントラル暖房で北側のスペースも快適に使えという効果で、ボイラ自体の

占める空間は、それほど問題にならなくなる。いろいろの住宅設備を後から、ばらばらに住居に持ち込んで、せまい所が余計せまくなり、建築生産の工業化が進むにつれ、前に述べた間取りの固定化の傾向とともに新しい設備の導入を次第に困難にする。設備には末端機器につながる、エネルギーと水や空気のような物質の、建物全体としてのシステムがともなうからである。これを解決することがわが国の住宅の近代化をはかるために、この数年もっとも努力しなければならない点である。

建築生産に対応して、住宅を対象とする設備の工業生産を目標とするものとして、設備ユニットがある。今後の都市あるいはその周辺の住居形式として高層アパートの方向にあることは、台所、浴室、便所、セントラル給湯暖房などの設備のユニット化を要求している。こうした設備は、工期の短縮、信頼性の向上、コスト低下をもたすだけでなく、住生活水準の向上を目的とするものであるから、設備的欠点をもてば、無意味な、というよりマイナスの効果を、修正に要する長い期間にわたり、たえしのばねばならない恐れがある。したがって、住居システムとしての十分の計画、試作、性能の検討が行なわれる。こうした意味で現在わが国で、緊急の問題であると同時に教訓的なのは、住居における建築と設備との不釣合からおこるコンクリートアパートの室内空気の一酸化炭素汚染、壁の結露とかび、騒音などの問題である。

いわゆる日本家屋は、いろいろのすきまがたくさんあるというのが常識であった。しかし、近ごろでは木造でも、ボード類やアルミニウムサッシが使用され、すきまは意外に少ない。コンクリートのアパートも同様で、平均的には人の出入りにもなっている外気を含めて居住者に必要な空気がようやく足りるという程度である。このような家の中で燃料を暖房や湯をつくるために直接燃やせば、たちまち室内の酸素が減り、不完全燃焼をはじめ一酸化炭素を発生する。このために、死亡事故がおきている。一般には、目に見えない燃焼廃気を相手に、小窓などを開いて換気をはかり調節しているわけで、全く危険な綱渡りのような状態にある。また、住宅の場合には、在室者の放出する水分に加え、炊事、入浴、洗たくなどで十分大きな水分源があるうえに、油やガスを燃焼すればさらに多量の水分が加わるから、昔のすきまの多い室を暖めたときのように室が乾くことはない。さらに、やかんなどで湯気を立てたのでは、断熱のよい家屋でも壁や天井にどんどん結露し、近く物は湿める。また、かびが発生して不潔と悪臭になやまされる。結露の被害は、最初北海道で著しかったが現在では、開放形燃焼器が暖房に使われないこと、断熱工法の普及で、むしろ被害はそれほどではなく、開放形器具の普及とともに、全国規模で結露と室内空気汚染の被害がもたらされている。当然のことながら、住宅暖房、給湯の設備は断熱法とも関連して、水蒸気を室内に放出せず、燃焼空気と廃気とは直接に

---

外部からとり入れ、また排出するシステムでなければならない。室を暖め、湯を便利に使うということが、こうした被害の現われかたから、逆に、気候の寒冷の問題でなく、生活水準のそれであり、住居の後進性を明らかにしたといえる。

住居には人間のために新鮮な外気の一定量が必要であり、炊事や浴室、便所のため、その他の排気がある。これらをいわゆる自然換気によって行なうことには限界がある。ことに高層アパートの場合は機械換気を、建物と設備の一体化したシステムとして、基本的に考え

ねばならない。クーラーの場合でも、換気の不足は室内空気汚染の問題をはらんでいる。セントラル暖房あるいは冷房の段階になっても、家屋の断熱、間取りによっては、上下、水平の温度の不均一や、室内空気の流れが適切でなければ設備の効果はあがらない。また、騒音はことに住居の場合に重要な要素であることはいうまでもない。都市あるいは町の単位では、地域暖冷房システムのような新しいエネルギーの流通機構が登場しはじめている。この意味でも暖房給湯、換気冷房の建築設備システムと、設備機器の飛躍的開発が必要である。

## 快適な空調

武 藤 正\*

## Agreeable Air Conditioning

Consumer Products Research Laboratory Tadashi MUTO

In cases where a human being tries to lead an agreeable life in a residence, he is subject to the influence of environments. That means there are a good many factors such as : biological factors (food, bacteria, insects and the like), physical factors (temperature, humidity, pressure, wind velocity, amount of positive and negative ions, ion ratios, color tone of the room and noises) and chemical factors (composition of air and various gases). In addition to these factors, there are various stresses working on a spiritual aspect of human being and complicating environmental factors affecting the agreeableness. This article introduces chiefly physiological action of human being and its realities related to physical condition among the above life environmental factors needed by him.

## 1. ま え が き

住居は、われわれ人間が生活するうえでの基本条件である衣・食・住のうち、住生活が行なわれる場であるが、技術の進歩・経済の発展など文化の進展に応じて質的内容は大きく変化している。

そのうち内的変化として住居に付随する諸設備の充実、すなわち効率の良い照明・衛生的な給排水装置・便利な各種電気器具の導入、さらには冷暖房用機器の設置などがある。

また外的変化として、近代文明の大都市集中化の傾向が工場群の都市周辺への集中、これにともなう勤労者の生活圏の近郊への分散、これらが原因する通勤時の交通まひ、工場地帯周辺での汚水・有害ガス・騒音などの公害を生み、さらに近代産業の質的变化が作業内容を高度に、また細分化し、このため人間の孤独化による精神的負担を増大させ、労働力の不足・機械化の進展による量的変化が、通勤ラッシュに加えて肉体的負担を増大させている。

これらの外的ストレスが休息の場としての家庭あるいは住居への関心を強め、家庭中心の生活へ志向させている。このような周囲条件の中で人間の生活様式は変化し、家庭生活の基地である住居の環境改善—居住空間の快適化—に対する欲求は強まる傾向にあり、経済の発展・生活水準の向上と相まって、快適な気候条件を作り出すための各種機器が急速に普及しつつある。そこで、人間の生活環境の快適条件とはいかなるものであるか考えてみたい。

## 2. 生活環境とその影響

人間の生活環境を構成する要因としては食物・細菌・昆虫など動植物を含む生物学的要因、人間の精神面に各種のストレスを加える心理的要因、さらに温度・湿度・圧力・騒音などの物理的要因、空気の組成、これに混入する各種のガスなど化学的要因があげられる。これらの諸要因が快適条件に複雑にからみ合い、とくに心理的環境要因は物理的・化学的な快適条件に大きな影響を与えることをよく経験することである。

真の快適状態は人間の主観的条件と生理的条件とを同時に満たす必要があるが、とくに前者に対して機械設備など外的手段によってこれを満足させることは困難である。ここでは後者の生理的な面に着目して快適条件を考えることにするが、快・不快は人間の感覚であり、主観的・心理的条件を無視して一律に決定できるものではな

く、多くの研究結果に差が認められ、明確な結論が得られない原因でもあろう。

居住空間の快適化に関係する物理化学的要素として考えられることはつぎの点であろう。

- (1) 適当な温度・湿度が維持されること。
- (2) 適当な気流（空気の流れ）のあること。
- (3) 空気中にほこり・臭気・有害ガスなどが少ないこと。
- (4) 空気の組成が適当で正負イオンが適量にあること。

これらを満たすための機器として、冷暖房機器・ルームクーラー・除湿機・加湿機・各種暖房用機器・扇風機・換気扇・空気清浄機・負イオン発生機などがあり、かなり普及をしている。

## 3. 温 熱 条 件

温熱条件とは温度・湿度・気流・ふく射熱を指し、これらの物理的要因は室内環境快適化に重要な条件であり、空調機器設計時の制御要素となる。温熱条件の快適値を決定するには対象である人間の感覚による判定を重視しなければならないが、まず医学上から発表されている人体の熱量について述べる。

## 3.1 人体の熱的バランス

人間は体温一定の生物であり、その能力の範囲内で熱生産量と熱放散量の間のバランスを保つように作用する機能を有する、一種の熱機関として考えることができる。人間は生活するための各種の活動を行なっているが、その運動量に応じた熱発生、すなわちエネルギー代謝がある。一般にこの量は普通の男子で表3.1に示すように、60~600 kcal/h の範囲にあると報告されている。

表 3.1 作業別 エネルギー代謝量の概算値  
Metabolic values of various kinds of work.

| 作業程度  | 内 容             | エネルギー代謝量<br>kcal/h | エネルギー代謝率  |
|-------|-----------------|--------------------|-----------|
| 非常に軽い | 睡眠              | 62.5               | } 0~0.9   |
|       | 静座              | 100                |           |
|       | 静座 中程度の腕と肩の運動   | 113~138            |           |
| 軽 い   | 静座 中程度の腕と脚の運動   | 138~163            | } 1.0~1.9 |
|       | 立姿勢 軽作業(手作業)    | 138~163            |           |
|       | 静座 はげしい運動       | 163~200            |           |
| 中 程 度 | 立姿勢 歩行をとまなう軽作業  | 188~250            | } 2~5     |
|       | 歩き回る 中程度の揚げ押し作業 | 250~350            |           |
| 重 い   | 断続的重作業 押し、引張り作業 | 375~500            | } 5 以上    |
|       | 最もきびしい持続作業      | 500~600            |           |

表 3.2 一般生活における エネルギー代謝率  
Relative metabolic rates in life.

| 作業内容     | エネルギー代謝率 | 作業内容    | エネルギー代謝率 |
|----------|----------|---------|----------|
| 休息       | 0.0      | 読書      | 0.2      |
| 食事       | 0.4      | 筆記      | 0.3      |
| 散歩       | 1.5      | そろばん    | 0.4      |
| 徒歩通勤     | 3.0      | 麻雀・トランプ | 0.5      |
| 洗たく(手作業) | 1.6      | 身仕度     | 0.4      |
| ミシン      | 1.0      | アイロンかけ  | 1.0      |

表 3.3 着衣状態とクロ値  
Clo. values of various cases.

| 着衣状態 | クロ値 |
|------|-----|
| 裸    | 0   |
| 肌着   | 0.4 |
| 夏服   | 0.6 |
| 合服   | 1.0 |
| 冬服   | 2.0 |
| 夜具   | 4.0 |

表 3.1 にエネルギー代謝率を併記したが、これは人間が生きていくために最低必要な基礎代謝量を基準に作業・運動に必要な代謝量を比較するための指数で、つぎの式で求められる。

$$\text{エネルギー代謝率} = \frac{\text{活動時の総代謝量} - \text{安静時の代謝量}}{\text{基礎代謝量}}$$

一般の家庭生活におけるエネルギー代謝率を表 3.2 に示す。

以上のように作業活動により発生熱量は異なり、運動量が増せば発生熱量も増加する。このエネルギー代謝を温度に換算すると、成人男子がエネルギー代謝率 1 の作業を合服着用で行なっているとした場合、約 6°C になるといわれている。しかも人間は体温一定の生物であり、運動による発生熱量は皮膚面からの伝導・対流・ふく射および蒸発作用により、また呼吸作用・飲食物の加温などにより体外へ放出される。このうち、皮膚面からの熱放散は発汗と不感蒸発に分けられる。

前者は周囲温度が 28°C 程度から現われ、以後周囲温度に比例して直線的に増大する。後者は安静時の全発生熱量の約 1/4 であり、作業・周囲条件・着衣などの影響はほとんど受けない。これらは全熱交換量の約 80 % に達するが、伝導・ふく射・蒸発の割合は身体の状態・周囲の条件・作業内容・着衣などにより異なるため一概に示すことはできない。着衣は蒸発に対する透湿抵抗としてはほとんど無視して良いが、熱放散に対する抵抗としての役割りをもち、その熱抵抗が断熱効果に対応する。一般に着衣の熱抵抗を表わす実用的単位として、クロ値 (1 clo.=0.18 m<sup>2</sup>/h・deg/kcal) が用いられ、各種の着衣状態のクロ値を表 3.3 に示す。

冬期において体温と周囲の温度との差が大になったり、夏期に温度差が小となると、着衣量を変えてクロ値を調節して熱の放散をコントロールすることはよく経験するところである。一方人間は、体温調節機能により周囲温度の変化に応じ、放出熱量を調節し体温の維持をしている。すなわち周囲温度の変化に応じて血管を膨張収縮させ、熱交換量を調節すると同時に皮膚面積を増加・減少させ、皮膚表面からの水分の蒸発を調節する。このような血管の膨張収縮は断熱性の変化を考えることができる。

空気中での血流の変化による温度の調節範囲は 6°C と計算されている。人体において、周囲温度の変化による血流の変化は足では、12~16°C 以上になると急激に増加し、手では 19~22°C 以上で急増することが実験で確かめられている。このことから足の保温を考えれば暖房時の室温設定の下限値は 16°C を選定する必要がある。

つぎに気流の効果について考えてみる。

上述したように人体から熱放散のため常に水分を蒸発させているが、この量は安静時においては毎時 20~50 g、中程度の作業時に 80~150 g、重作業時に 1~2 kg であり、この蒸発が適当に行なわれているとき人間は快適と感ずるわけであるが、周囲温度が上昇すると、周囲と人体との熱交換が減少するため体温は上昇しようとする。

しかし体温調節機能により皮膚面積が増加し、発汗による蒸発が盛んになり、人体周囲の空気中の湿度は高くなる。湿度が高くなると蒸発作用が阻害されて不快感を感じるようになる。梅雨時期の不快感はこのためであるが、この状態で人体周囲に気流を作ると、暖かな湿った空気が移動するため、人体の水分蒸発は促進され熱放散量が増加する。これは周囲温度の降下と同一効果となる。このことから気流は快適化の一要因となる。

### 3.2 快適な温熱条件

快適な条件を考える際に、快適とはいかなる状態であるかを明らかにしなければならないが、以上述べてきた人体の熱的バランスが無理なく実現されている状態を快適と考えることができる。さらに換言するなら、各種の作業活動によって発生する熱量を、とくに大幅な体温調節機能の働きのなしに一定の体温が維持できるよう周囲へ放散している状態とすることができる。この状態を実現するために周囲空間の温度・湿度・気流などの温熱条件が重要な因子となることは容易に理解できることであり、快適時の人間の生理条件としては平均皮膚温度が 33°C で、全熱放散量のうち、蒸発による放熱の占める割合が 25 % の場合だといわれている。この状態を実現する温熱条件は、作業内容・着衣条件・性別・年齢・民族・健康状態などによって差異がある。たとえば民族による相異例としてシンガポール在住のヨーロッパ人とアジア人について快適と感ずる温湿度条件の調査結果を表 3.4 に示す。ここで有効温度 (Effective temperature) は、実際の温度ではなく一種の指数であり、人間の感覚で同一と感ずる温熱条件、すなわち温度・湿度・気流の多数の組合わせを湿度 100 % 無風状態の温度で代表させた値である。表 3.4 のようにアジア人の快適条件幅は広く、同一地方に居住していても生活様式・習慣・身体の相異などにより快適条件は若干異なるものである点に注意する必要がある。わが国における調査結果として、快適状態を実現する温熱条件の一例をあげれば、夏服 (着衣熱抵抗 0.5 clo) で、非常に軽い作業量 (エネルギー代謝量 80~100 kcal/h/person— い(椅)座状態で読書に相当) をしている状態で気流が 10 cm/s の場合、快適な室内温度・湿度の一つの組合わせとして温度 24.5°C、湿度 50 % がある。

表 3.4 民族による快適条件の相異  
Difference of optimum conditions between two races.

| 対 象      | 有効温度 °C   |
|----------|-----------|
| ヨーロッパ人 男 | 22.8~26.1 |
| ヨーロッパ人 女 | 22.2~26.1 |
| アジア人 男   | 21.7~27.2 |
| アジア人 女   | 21.7~26.7 |

なお気流については強すぎても熱放散が過度になるので好ましくなく、髪の毛が揺れる程度の微風状態 (20 cm/s 以下) が良いとされ、湿度も 50~55 % が良いとされている。なお温度については一般的な値として薄い着衣の場合、すなわち夏期では着衣の保温力が 1~2°C であり、25°C 程度が良いとされ、冬期では着衣が厚くなり保温力も 3~5°C あるので、20°C 前後が良いとされている。つぎに快適とされている温熱条件についてこれまで発表されたものを、温

度と相対湿度の関係に直していくつか示し参考に供する。

図 3.1 は 1923 年米国の Yaglou 氏が発表した快感帯から求めたものであり、実験は多数の実験者を温度・湿度および風速の異なる種々の環境におき、それぞれの条件での快適・不快を記録し、これをまとめて有効温度で表わしたものである。なお図 3.2 に上半身裸体の場合の乾球温度・湿球温度・気流と有効温度の関係を示す。

図 3.3 は Nevins 氏らが大規模な人体実験にもとづいて発表した温感指標から求めたもので、人間の平均温感はずぎの式で与えら

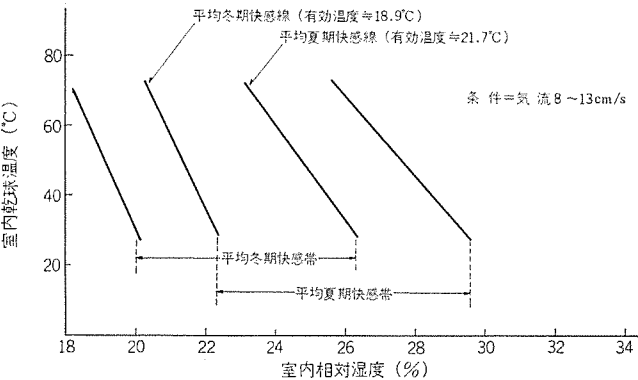


図 3.1 Yaglou 氏による快感帯  
Comfort conditions by effective temperature of Yaglou.

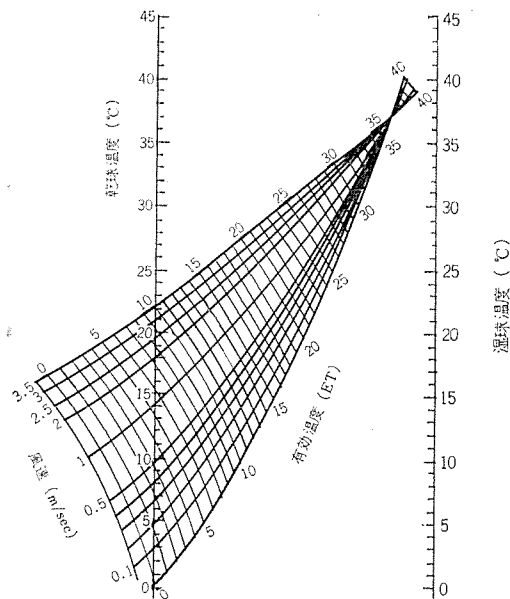


図 3.2 上半身裸体の場合の有効温度  
Effective temperature measured in the upper half nudity.

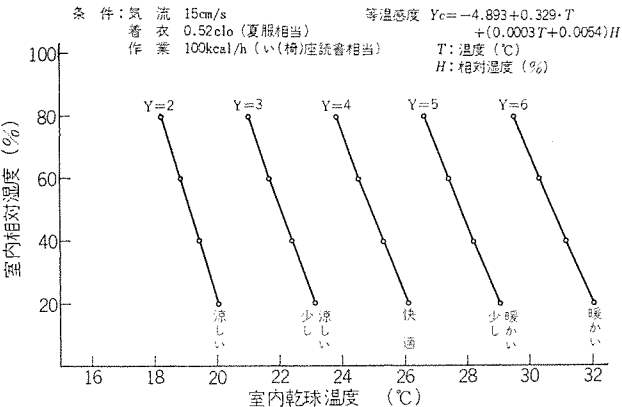


図 3.3 Nevins 氏の等温条件  
Comfortable conditions by Nevins.

れるとしている。

$$Y_c = -4.893 + 0.329 \cdot T + (0.0003 T + 0.0054) H$$

ここで  $Y_c$ : 人間の平均温感  $Y_c$  は 1~7 まであり、寒い・涼しい・少し涼しい・快適・少し暖かい・暖かい・暑い

$T$ : 室内温度  $^{\circ}\text{C}$

$H$ : 相対湿度 %

図 3.4 は一般によく用いられている不快指数 (Discomfort index) を室内の温度と湿度の関係としてプロットしたものである。不快指数は 1959 年アメリカで人間の快・不快を表わす一つの方法として発表されたもので、周囲の乾湿球温度が体温 (ほぼ  $100^{\circ}\text{F}$ ) と同じ条件を不快指数 100 としてさきの Yaglou の有効温度と関連させて求められたものといわれ、つぎの式で求められる。

$$DI = 0.72(T_d + T_w) + 40.6$$

ここで  $T_d$ : 乾球温度  $^{\circ}\text{C}$   $T_w$ : 湿球温度  $^{\circ}\text{C}$

不快指数と不快感の関係を表 3.5 に示す。

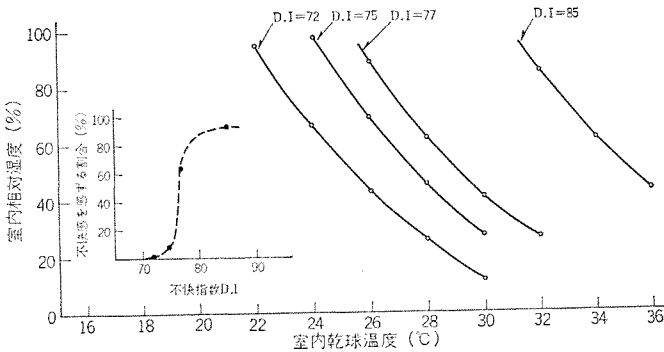


図 3.4 不快指数曲線  
Discomfort index curves.

表 3.5 不快指数の評価  
Charts of discomfort index.

| 不快指数 | 不快感を感じる割合 % |
|------|-------------|
| 72   | 2           |
| 75   | 9           |
| 77   | 65          |
| 85   | 93          |

図 3.5, 3.6 は射場本氏らが発表した温感線図をもとに求めた温感特性の例で、射場本氏の発表した温感線は気流・乾湿球温度・着衣熱抵抗・作業量を考慮して快適条件が求め得るものである。なお図 3.6 は快適特性への気流の影響を示したものである。

以上の諸データは長時間室内に滞在する場合の快適温熱条件であり、出入りがひんぱんで室内外の温度差が大きい場合には熱衝撃を受けることがあり、健康上好ましくない。室内滞在時間が短い場

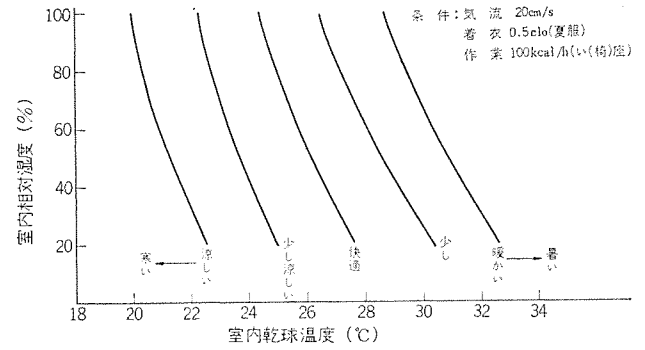


図 3.5 射場本氏の温感特性  
Comfortable conditions by Ibamoto.

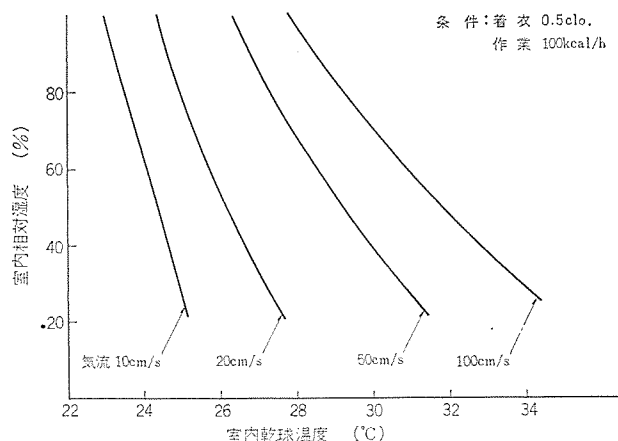


図 3.6 気流による快適条件のずれ  
Effect of air movement on comfortable conditions.

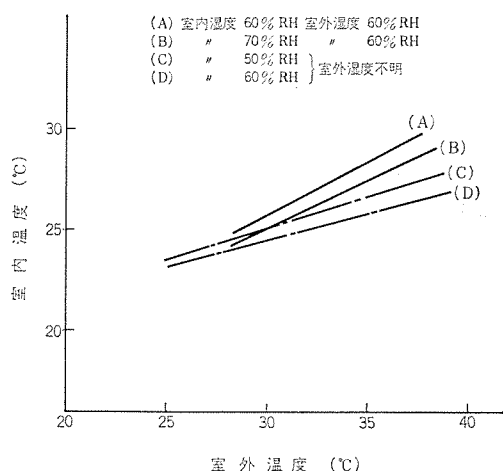


図 3.7 室外温度に対する快適室内温度の関係  
(在室時間の短い場合)

Comfortable indoor temperature to outside temperature for short stay in a room.

合の快適温熱条件に関するデータは比較的少ないが、2~3の文献によるものを室内外温度の関係として示せば図3.7となる。

#### 4. 化学的条件

化学的条件としては、われわれが毎日呼吸する空気の問題が主となり、その快適化に対しては最近大きな社会問題となっている公害による空気の汚染・とくに有害ガスの量・除去方法を、また空気の組成、とくに閉めきった室内の炭酸ガスの量などを考えなければならない。あるいは、より積極的に室内に適量のイオンを発生させるなどによる快適化を考える必要がある。

##### 4.1 空気の汚染

昔の空気の汚染原因としては、自然界の諸現象によるものが考えられてきたが、われわれの生活にとってはとくに問題になる量ではなかった。しかし最近では工場群の都市周辺への集中・交通量の増大・暖房用石油燃焼機種の普及などの人工的原因による汚染が主となり、有害ガスが許容限界を越える地方もあり、健康上大きな問題となってきている。有害汚染物質は、ほこりとガスに分けられる。

前者は石炭のばい(煤)煙、セメント工場などから排出される比較的大粒なほこりや空気中に浮遊する比較的小粒のほこりを含むが、これらは工場での集じん(塵)装置や家庭での空気清浄機で除去可能である。後者のガス、すなわち、一酸化炭素・亜硫酸ガス・窒素化合物などはおもに石油工業や自動車の排気ガスが原因と考えられている

が、これらの除去方法については適当な方法が見出されていないのが現状である。これらに対する最近の動向は、発生源自体を規制する方向にあり、亜硫酸ガスを対象にした環境基準が44年2月12日に発表になった。それによれば、人間の健康に害となる空気中の亜硫酸濃度(いき濃度)は、1時間値0.1 ppm(parts per million)1日平均値で0.05 ppmとなっている。

しかしわが国でも汚染の著しい京浜・阪神地区は年間総時間数の99%以上が0.3 ppmを越えており、なんらかの対策が必要である。

参考までに、現在用いられている除去方法をあげれば、簡便な方法として水洗法があり、その他石灰法・アンモニア法・アルカリ塩法・酸化亜鉛法などがある。なお活性炭素を用いて吸着する方法も効果があるといわれている。また自動車の排気ガスでは一酸化炭素(CO)・炭化水素(HC)・窒素化合物などが問題となるが、これらに対する規制としては表4.1がある。なお窒素化合物について規制はないが、これは有効な除去方法がないためであり、将来は一酸化炭素や炭化水素規制がますますきびしくなると同時に、窒素化合物の規制も行なわれるものと考えられる。

表 4.1 自動車排気ガス中の有害成分規制濃度  
Allowable contents of harmful gases exhausted from automobiles.

| 国 別             | 対象車種        | 規 制 濃 度 (限 界 値) |            |
|-----------------|-------------|-----------------|------------|
|                 |             | 1968, 1969      | 1970 以降    |
| 全 米             | 819~1638 cc | CO=2.3 Vol. %   | HC=410 ppm |
|                 | 1638~2293   | CO=2.0          | HC=350     |
|                 | 2293 以上     | CO=1.5          | HC=275     |
| 米 国<br>カリフォルニア州 | 2293 cc 以上  | CO=1.5          | HC=275     |
| 日 本             | 4 輪 車 (全)   | CO=3            |            |

##### 4.2 換 気

閉めきった室内に長時間作業している場合、呼吸が苦しくなることはよく経験することである。また、人間の呼吸・喫煙・ほこりなどで室内空気は汚染される。人間は呼吸により酸素をとり、炭酸ガスとして排出する。炭酸ガス量が増加すると空気中の酸素量が減少することになり、これによって呼吸が苦しくなる。通常の空気中の炭酸ガス量は容積パーセントで0.04%であるが、これが0.1%程度以上になると有害とされている。

一方、石油プロパンガスまたは都市ガスなどを燃料とする暖房器が普及し、広く用いられているが、これらから不完全燃焼した場合に一酸化炭素が発生する。これはきわめて危険な無臭有害ガスであり、一般に100 ppmが許容限界とされ、この10倍になると死亡することがあり、40倍になれば即死するといわれている。

以上から酸素の不足、有害ガスの発生がある場合には不快を感じ、このような状態が考えられる場合には換気が必要となる。

換気はこのほかにも室内に人間を含めた熱源があって熱を発生し、室温が上昇するような場合にも室内に気流を作り、冷却効果を得ること、調理臭、人の体臭その他の臭を消すにも室外から新鮮なO<sub>2</sub>の多い低温の空気を導入するにも効果がある。必要な換気量は室内の人間の数・作業内容・室内の条件(有害ガス発生の有無など)などにより異なるので、環境条件を考慮して決定する必要がある。換気は機械装置による強制的な方法と、室内外の温度差と風力による自然換気が考えられるが、後者の換気量についてはつぎの式で求め

られる。

すなわち、温度差による換気量  $Q$  は

$$Q = \sqrt{468 - A + H \cdot (T_R - T_0)}$$

ここで  $Q$  : 換気量  $\text{m}^3/\text{h}$

$A$  : 開口の有効面積  $\text{m}^2$

$H$  : 入口と出口の高さ  $\text{m}$

$T_R, T_0$  : 室内、室外温度  $^{\circ}\text{C}$

また風力による換気量  $Q'$  は

$$Q' = E \times A' \times V$$

ここで  $Q'$  : 換気量  $\text{m}^3/\text{min}$

$E$  : 開口の効率 開口に垂直な風に対して  $0.5 \sim 0.6$

$A'$  : 開口面積  $\text{m}^2$

$V$  : 風速  $\text{m}/\text{min}$

なおこのほか、各種の細菌やほこりに対しても考えなければならぬ。さらに空気中に適量のイオンを作り出すことが快適化に対して有効な方法であり、このための機器として負イオン発生機が市販されている。とくに冬期や公害のひどい地域で部屋をしめきる場合には、負イオンの効果は大きく、各種の病気に対しても有効だといわれている。

## 5. む す び

以上人間の居住する空間の快適に関して、主として温熱特性から

考えてみた。さらに実用面では、俗にいわれる冷房病として高温ふんい気より低温ふんい気にはいる場合の過冷却によるコールドショックの発生、また同一室内における温度・気流分布の水平垂直面方向との均一の必要性・気流・新鮮空気・イオンの必要性等、複雑な要素が多く、とくに性別・年齢・民族等、各種要因によるものが多いだけに、この問題の追求にはさらに多大の努力と多数の実験データを必要とすると考えられる。

また総合した快適性の追求として、室内の空調 (Air Conditioning) とともに、色調 (Color Conditioning) (家具・照明)・騒音の低減・自然との接触をより多くすること、家具・電気器具等の室内設備機器の人体に合わせた人間工学的合理性等、人間のよりよい環境作りへの欲望は果てしなく食欲に追求されていくであろう。

## 参 考 文 献

- (1) 冷凍空調便覧 (昭和 39)
- (2) 空気調和 ハンドブック
- (3) 飯野 : 空気調和と冷凍 (昭和 40)
- (4) 小林 : 空気調和, 衛生工学 (昭和 39)
- (5) 射場本ほか : 空気調和, 衛生工学 (昭和 43)
- (6) 武藤 : 空気調和と冷凍 (昭和 42)
- (7) 三菱電機技報 40, No. 3, 空調環境衛生特集号

It is a wellknown fact that sounds have great influence on our living. In ancient times our ancestors' life was full of natural sounds such as winds, rains, waves, chirping of birds and roaring of animals, whereas moderns are harassed by noises produced with machines, transport facilities, loudspeakers in the open air etc. On the other hand, telephone, radio, TV, tape recorders and stereos produce sounds good for our daily life. This article elucidates practical problems in connection with sounds, explains the relation between musical sounds and noises by quoting practical examples and introduces the author's idea to make our future life agreeable.

## 1. ま え が き

日常の家庭、職場その他一般の生活環境において音の果たす役割は非常に大きい。太古の時代には風・雨・波浪・鳥獣など自然の音に満ちた世界であったが、最近では科学の発達とともに楽器・機械・交通機関・拡声器等の音が町に充満するようになったので、われわれの生活に直接有害な音をどのように抑圧するかという問題が起こってきている。

一方 電話・ラジオ・テレビ・テープレコーダ・ステレオなどの発達とともに、音は情報の伝達、生活環境の改善に役立つようになったのである。

このように日常生活を取り巻く音は種々雑多であり、これらのうち有害なものは排除し、良い音のみによって生活を快適なものにして行くことが必要である。

## 2. 音 の 要 素

音は大きい音・小さい音・高い音・低い音・美しい音・いやな音・よい音色などいろいろ表現されるが、これらを物理的に見るとつぎのようになる。また音にはパイプオルガンの木管による荘厳で単純な音から、車のきしむいやな音まで、すなわち基本波のみによるものと、同時に数種の関係ある倍音（高調波）を含む複合音とがある。複合音の種類や強さなどによってその音の音色が決まるものである。

### 2.1 周波数

音は媒体である空気の圧力変化（波動）が耳の鼓膜に達し、聴神経を刺激し大脳に達しはじめて音と感ずるもので、1秒間に圧力変化する回数を周波数といい、単位はヘルツ(Hz)を用いる。周波数は大きいほど高く、小さいほど低く感ずるもので、普通の人間では最大範囲として20から20,000 Hzまでを音として感ずる。高年になると最高可聴限の20,000 Hzがだんだん低くなり、50才ぐらいでは10,000 Hzでもよほど大きい音でないとわからなくなる。テレビ・ラジオの時報の音は三つの予鈴が440 Hz (A<sub>4</sub>, ラの音)で時報はそのオクターブ上の880 Hz (A<sub>5</sub>, ラの音)である。またピアノの最低のキーはA<sub>0</sub>=27.50 Hz, 最高はC<sub>8</sub>=4,186.00 Hzである。男声の会話で母音の基本周波数は150~200 Hz, 女声は250~300 Hzの範囲内にあるのが普通である。

### 2.2 音の大きさと強さ

音の強さ(Intensity)をあらわすには、10<sup>-12</sup> W/m<sup>2</sup>のパワーをも

つ音を基準にして、パワーの比を対数で表示する。これを強さのレベル(Intensity level)という。またこのときの音圧の比を対数であらわして音圧レベル(Sound pressure level, SPL)という。0 dB SPLの音圧は1 kHzにおける最小可聴限(これより小さいと聞こえないときの音圧)にほぼ等しい。 $W$ をパワー(W/m<sup>2</sup>),  $P$ を音圧( $\mu$  bar)とすると、ある音の強さ  $I$ (dB) は

$$I = 10 \log_{10} \frac{W}{W_0} = 20 \log_{10} \frac{P}{P_0}$$

であらわされる。ここで  $W_0 = 10^{-12}$  W/m<sup>2</sup>,  $P_0 = 0.0002 \mu$  bar である。

この表示で  $W_0$  または  $P_0$  を最小可聴限にとったものを感覚レベルといい、感覚レベルでは基準とした  $W_0$ ,  $P_0$  は周波数によって変化する。すなわち小さい音の場合1 kHz以下の周波数では聞こえにくくなり、10,000 Hz以上になれば同じように聞こえにくくなる。

ベル電話研究所で、1 kHzの素音(正弦波)を基準にとり、その感覚レベルと等しい大きさに聞こえる他の周波数の純音の強さのレベルを求めた結果、図2.1のようになった。図中の各曲線上の数字はラウドネスレベル(Loudness level)といい、単位はホン(Phon)で表わす。この曲線はフレッチャー・マンソン(Fletcher-Munson)の曲線とよばれ、物理量と感覚量の関係を示す代表的なものである。たとえば50 phonの感覚レベルと等しい大きさの音圧レベルは30 Hzで82 dB, 100 Hzで68 dB, 10,000 Hzでは62 dBである。

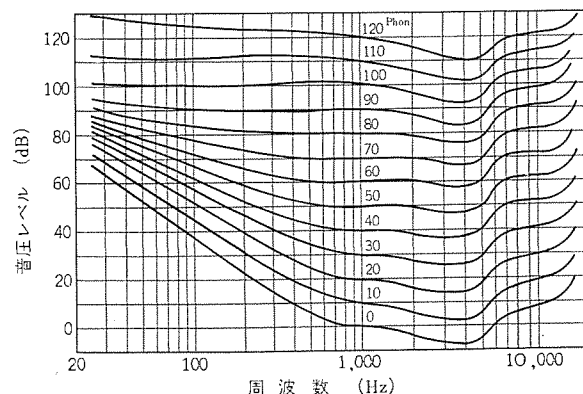


図 2.1 フレッチャー・マンソンの曲線  
Fletcher-Munson's curves.

### 3. 騒音

媒煙・薬品流出・排気ガス・振動等の公害のほか、最近では騒音による公害問題がわれわれの市民生活で問題となってきている。

一般に不規則な音・ひず(歪)んだ音・大きすぎる音などが騒音といわれがちであるが、それ以外にときと場合によっては美しいとか良い音であっても、不必要なもの・ふん(雰)囲気をそこねるものなども騒音という。ジェット機・交通機関・工場の機械音・発電所の発電機・変圧器などの音、雑踏のざわめき、会議中の電話のベルなどはほとんどの場合騒音である。

これに対し、ある場所において特定の音を対象として考える場合に、その対象音がない場合のその場所における騒音を対象音に対して暗騒音 (Background noise) という。

騒音の許容しうる最大の大きさの基準をいろいろの環境において感覚レベル(ホン)であらわせばつぎのようになる。

騒音計の読み (A スケール)

|             |         |
|-------------|---------|
| 放送スタジオ      | 25 phon |
| 音楽室         | 35 phon |
| ホテル         | 40 phon |
| 家庭の寝室       | 40 phon |
| 会議室 (20 人位) | 45 phon |
| 病院          | 40 phon |
| 図書館         | 40 phon |
| 小事務所        | 50 phon |
| 高級レストラン     | 55 phon |

また一般に種々の場所での平均騒音の音圧と音圧レベルを示すと図 3.1 のようになる。

このように飛行場・工場・道路の近くでは騒音レベルが高いので、これらの音を小さくしなければ快適な生活ができない。その手段と



図 3.1 種々の場所における騒音の平均音圧と音圧レベルの関係

Relation of noise mean pressure with sound pressure level in many places.

しては、防音壁 (しゃ音壁) などで騒音をしゃ断する方法と、騒音を発生する音源に対策をして騒音レベルを下げる方法とがある。

住宅の近くに設置された大形変圧器からのうなり音によって、眠りを妨げられるという苦情がよく聞かれたが、変圧器の外壁を二重にし、個有の振動を防止するような設計をして低騒音変圧器を完成し、外壁から 1 m の距離で 75 phon のものが 60 phon まで下がった実例がある。これは当社製、東京電力隅田変電所納入の 30,000 kVA の変圧器で、このような低騒音変圧器としては日本で最初のものであった (昭和 30 年)。また 43 年末 和歌山の某工場へ納入した大形送風機系の場合は、工場から 1 km の民家で 65 phon の騒音のために苦情がでた。これは空気吐出側のダクトの構造が悪く、117 Hz の共振を起こしていたのである。これに補強を施して共振をなくし 55 phon まで下げることができ、満足な結果を得た。

スタジオ・音楽会場など建築に直接関係のあるものを除いて、当社の家庭用電気製品を中心とした騒音対策・快適な音の再生等について以下に述べる。

### 4. 家庭用電気製品の騒音対策

#### 4.1 ミシン

ミシンの音は二つの音に分けられる。すなわちリズムカルな軽い感じの音 (周波数の高い成分が多い) と重い不快な音 (低い成分が多い) とであるが、家庭では軽い音のほうがむしろ好まれる。これらの音は、回転運動を往復運動に変えるための各種機構部分の摩擦・衝撃や回転部分の不釣合によって生ずる振動などを調整することによって、快適な音になってきたのである。初期には 80~85 phon 程度のものが多かったが、順次改良されて現在は 65~80 phon が標準となっている。構造上、騒音を発生するような機構になっているが、さらに改良を加えることによって、将来は 60 phon 程度にすることも可能であろう。

#### 4.2 ルームクーラ

クーラの騒音は冷媒を圧縮するための圧縮機から出る機械音、その振動が各部に伝わって出る振動音、およびフィルタあるいは熱交換器を含む流路内を流れる空気による流体音に大別される。初期には約 80 phon ぐらいのものが普通であったが、現在ではウィンドタイプで 50~60 phon、また容量によって差はあるがユニットタイプで 55~65 phon 程度まで低くなった。セパレートタイプでは圧縮機などを室外へ出し、室内は送風機と熱交換器のみとなり、40~50 phon 程度まで低くできるようになったが、圧縮機による戸外の騒音は公害として規制を受けるようになりかねないのでこれも対策中である。

#### 4.3 扇風機

扇風機の初期はプロペラ式の 4 枚羽根でかなり大きい音を出していたが、エトラ扇の 3 枚羽根となって騒音が相当減少した。しかし最大の改良点は羽根のプラスチック化で、これにより 40~45 phon 程度にまで改善されている。将来はモータの改良などによってさらに 35~40 phon ぐらいまで低減すると思われるが、ガードによって起こる渦流による音が最後に残るであろう。

#### 4.4 洗たく機

初期の洗たく機はかく (攪) 拌式・噴流式などがあって騒音レベルも 90 phon に達したのもあったが、現在は噴流式がほとんどで、パルセータを駆動するとその機構から発するモータ音と、水流による流体音がおもな騒音である。モータの改良によって多少騒音レベルは下がってきたが、渦流によって洗浄効果をあげる機種であるために、流

体音を低くすることは困難である。ただし使用時間が限定されていること、使用場所を居室から離すか隔離できるために、あまり問題にはならないと思う。現在の製品は 60~70 phon 程度が普通である。

#### 4.5 クリーナ

初期には機能本位で 90~100 phon 程度のものも売り出されていたが、電話のベル・来客の声・一般の会話すら聞こえないほどで、かなりの苦情がでた。その後騒音レベルを下げるための改良を行なって 65 phon 程度になったが、各社とも吸引力を競うようになり、大出力のモータを使いだしたために、騒音レベルは逆行して 70~80 phon 程度のものが多くなった。クリーナは整流子電動機を使用し、翼車を 30,000 rpm 程度的高速回転をさせるため、流体騒音と電動機音を低下させることは困難であるが、将来は 60 phon 以下の強力で静かなクリーナが出現するであろう。

#### 4.6 冷蔵庫

冷蔵庫の騒音の特長は圧縮機起動時の音であって、定常状態での回転音・冷媒音などは問題にならないほど小さい。初期の冷蔵庫では、冷媒音を水道コックの閉め忘れと間違ったという話もあるが、騒音の主体は圧縮機の回転によって生ずるもので 70 phon 程度であった。その後圧縮機のつり(吊)架方式、系の機械的共振が改良され、現行のものは 50~60 phon 程度になっているが、将来は 50 phon 以下まで低減されるものと思われる。

### 5. 原音再生

音の再生には、音声・楽音・自然音などを電話・ラジオ・テレビなどによって電気的エネルギーに変換して伝達し、必要な場所で再生する場合と、これらを一度磁気テープ・円板(レコード)などに記録して再生する場合とがあるが、いずれにしてもこれらの伝送系のなかで音が元の状態から変化することは好ましくない。しかし経済的な理由・使用目的などによって再生機の性能も左右されるが、音の大きさは別にして再生時に必要な周波数帯域をあげるとつぎのようになる。

| 機種          | 再生帯域 (Hz)        |
|-------------|------------------|
| ステレオ        | 最高級形 30~20,000   |
|             | 高級形 40~15,000    |
|             | 中級形 50~12,000    |
|             | 普及形 80~10,000    |
| テープレコーダ     |                  |
| デッキ         | 40~15,000        |
|             | 高級形 50~12,000    |
|             | 中級形 80~10,000    |
|             | 普及形 100~8,000    |
| テレビ         | コンソール形 50~10,000 |
|             | その他 100~8,000    |
| トランジスタ・ラジオ  |                  |
| 大形          | 150~8,000        |
|             | 小形 200~7,000     |
| 電話機         | 300~3,000        |
| モニター用スピーカ装置 | 30~20,000        |
| モニター用小形     | 40~15,000        |

これらの帯域は機種ごとの大きさによって制約を受けるスピーカの大きさで決まるものと、機能上必要なものを含んでいる。

実在する楽音で最も低い音はパイプオルガンの 27.5 Hz(A<sub>0</sub>) で、そ

の他の楽器は 40 Hz 付近である。また最高の音は各楽器の発する倍音であるが、これは 15,000~16,000 Hz 止りである。また音声を伝達する目的から、言葉の明確度の実験によって電話機ではその帯域を 300~3,000 Hz としてある。これは小形・軽量で耐久性を要求されるために構造上このようになっているが、音声の伝達には十分役立っている。

当社では戦後間もなくスピーカの開発に力を入れ、6 インチ半のフリーエッジ、10 インチのフリーエッジの2機種は名声を得て今日に至っているが、とくに NHK 技術研究所の指導によって昭和 30 年に完成した現在の 2S-305 形スピーカ装置(5 cm, 30 cm の2ウェイ、キャビネット入り)はモニター用スピーカとして世の絶賛を受け、全国の NHK・民放・音響メーカーの標準として、宮中の桃華楽堂・文化会館・日生劇場などの主要なホールのすべてに、またアマチュア・音楽評論家各位・諸外国で愛用されている。AS-4001・AS-4021 等の大形3ウェイのスピーカ装置も国立劇場・各音楽大学へ納入し、近くは万国博にも使用されることになっている。これらはすべて原音を忠実に再生することを目的としており、電気的入力に全くひずみなく美しい音で再生できる世界的レベルのスピーカ装置である。

スピーカはできるかぎり電気的入力に対して直線的(linear)な再生をすべきもので、低音部・中音部・高音部の大きさを部分的に変えることは増幅回路で簡単にできるが、スピーカそのものに非直線性があるときには増幅器の調整では原音再生がまったく困難で、どうしても音に好ましくない傾向が現われる。このように当社の Diatone speaker は直線性・高能率・指向性の良いことなど一貫した設計方針によっており、あらゆるところで標準のスピーカとして使用されている。テレビ・ステレオ・テープレコーダ等の当社音響製品はすべて Diatone speaker を使用しており、原音を忠実に再生することで定評があり、これらの製品は家庭生活をより楽しく、良い環境へ導びくものと確信する。

### 6. 環境音楽

騒音のある事務所・銀行・ホテル・病院・エレベータ内部・単調な作業の繰返えされる工場などにいわゆる BGM(Background music)をわが国で広く採用しはじめたのは約 10 年前のことである。

単調な連続した作業の場合には、午前 10 時すぎと、午後 2 時前後に疲労のピークがきて居眠り・けが等をしたり、作業能率が下がるのが普通である。しかし音楽によって適度に刺激することにより、疲労が減少し、能率が向上することは多くの例で実証されている。たとえばキーンパンチャーの場合、環境音楽(Muzak による)を採用したことにより、1 か月でカード総せん孔枚数が前月より 19.6 % 増、時間あたりのストロークが 21.7 % 増、ミスせん孔率は 13.0 % 減という結果が報告されている。

当社では京都製作所のブラウン管工場・中津川製作所の扇風機等の3工場・本社電算室その他各所に、また国内では大手企業で 200 個所以上に、毎日ミュージックシステムによる Muzak の環境音楽を導入しそれぞれかなりの成果をあげている。ひとくちに BGM といっても、ただ音楽を連続的に長時間流すのではあまり大きい効果は期待できない。環境の状況・作業の内容・対象とする人達の年令層・男女の別などによって、それぞれ独特の曲目・演奏スタイル・再生音の音量・帯域および休止時間をどのように入れるかなどの科学的プログラミングによって流す必要がある。この科学的 BGM ともいふべき環境音楽によっていらいらを静め、眠けを刺激し、疲労を減少し快

適な環境を作り、作業性の向上に大いに役立っている。またかなり高いレベルの騒音の中でも、人間は選択して音楽を聞く習性があるので環境音楽のレベルをそれほど高くしなくても効果があると報告されている。

## 7. む す び

以上のようにわれわれの周囲を取り巻く種々の音は、現状ではその対策がまだ不十分であって、積極的に良い音を利用して生活を快適なものにすることはもちろん、つぎに述べるようなことの実現も夢ではないと思う。

### 7.1 戸 外

国内でも市条例・騒音規制法などによって都市騒音を規制するようになってきたが、この科学的な規準の再確認を行ない、公園の増設、市街地学校のよりよい環境への移転などを考慮すべきであると思う。とくに市街地およびその周辺地区を突っ走るマフラー(消音器)をはずした単車・レーシングカー類の取締まりを厳重にして、騒音による公害を徹底的に無くするように心がけなければならない。

鉄道・電車の軌道もロングレールがかなりの地区で使用されているが、現状では騒音の問題にならない場所が多い。市街地およびその近くにこそ使用すべきで、ポイントの改良とともに騒音抑制に有効であろう。工場は自主的にしゃ音・吸音などの方法によって騒音レベルを下げるべきである。またジェット機による騒音は音源のレベルが140 phon以上であまりにも高いために多少のしゃ音では効果がなく、そのうえ室内の空調も必要で、非常に高価となるために、飛行場の位置とその離着陸の方向などを病院・学校・住宅街から遠く離さなければならないと思う。このようにして戸外の騒音レベルを平均60 phon以下に下げることが望ましい。外国の主要都市ではこれ

らの配慮のなされている所がかなりある。

### 7.2 職 場

事務所などは窓を二重にして外界の騒音をできるだけ断し、室内には吸音材料を壁面・天井面にはりつけて音の反射率を下げる事が望ましく、電子計算機室・テレタイプ室・タイプ室などは音響的に隔離することによって静かで、快適な環境にすることができる。空調のためのダクトは内面へ吸音材を張ったり、途中へ吸音トラップを備えるのが最も良い方法といえよう。

このような音響処理を施した職場で環境音楽を流せば、一層快適な執務ができ、能率もはるかに上昇するだろう。環境音楽の再生の場合にはやはり十分な出力を有する増幅器と高忠実度なスピーカを使用しないとその偉力を十分発揮できない。

### 7.3 家 庭

さきに述べたように、家庭で使用するテレビ・ステレオ・ラジオ・テープレコーダなどの音響機器は、音の入口から出口まですべてのものの性能が十分でないと騒音発生器になりかねない。とくにスピーカは性能の不適當なものが多いため、原音を忠実に再生するものを選ぶことが重要なことである。

近年ピアノ・電子楽器などの普及によって4～5才以上の幼児の音楽教育・音感教育が盛んになっているが、これは演奏技術や音感などをむりやりにつめ込むだけであまり効果がないように思われる。もっと早い乳児の時期から適当なプログラミングによって音楽を良い再生器で聞かせることにより、自然に情操教育・音感教育ができるのである。これこそモラル・ミュージック(Moral Music)ともいうべき理想に一歩近づいた生活の場での音づくりであると思う。

生活環境にいつも美しい音楽が流れていることによって、などやかな、心にゆとりのある日々を送ることができるのである。

## 住宅照明における快適性の追求

小堀 富次雄\*

## Pursuit of Agreeableness in Residential Lighting

Ôfuno Works Fujio KOBORI

Housing problems in this country are very acute when viewed from quantity and quality. Of them residential lighting is taken up for discussion. Living standards in general are rising gradually, yet there are a lot of points to be improved. To pursue the question of agreeable living from the viewpoint of residential lighting, description is made herein about its subjective evaluation and optimum illumination in visual tasks, such as reading and studying, are obtained through psychology and quantitative measurement of scale composition by a successive interval method developed. The author has clarified his opinion on the limit of agreeableness with light color and illumination when fluorescent and incandescent lamps are in use, and stated the selection of light sources in the residential lighting.

## 1. ま え が き

わが国の住宅事情は戦後二十数年の現在でも量ならびに質ともにきびしいものである。しかし、徐々にではあるが住宅水準も向上し、10年後の平均水準として、夫婦1寝室、中学生以上は男女の寝室を分ける分離寝室と、一世帯に食事室と居間を個室とは別に設ける食寝分離、一世帯共同室ならびに標準世帯で平均88m<sup>2</sup>の確保を目標とするようになった。

ここでは住宅における生活の快適化として、照明についての快適性を追求した。照明における快適性の主観による評価、読書、勉強などの視作業における最低照度および適正照度に対する見解、とくに後者の適正照度をうる方法として、最近心理学で発達した連続的段階法による尺度構成の計量化手法の解説、また、けい光灯と白熱灯の光色と照度とによる快適性の検討と、住宅照明における光源の選定方法について筆者の見解をのべた。なお、照明器具のデザインにもふれてみた。

## 2. 住宅事情の分析と照明

住宅問題を論ずるには二十数年前の戦後にさかのぼらなければならない。衣・食に関しては、世界の奇跡といわれるわが国の経済成長と技術革新の急げきな発展の中にあって、われわれの生活の面で質量ともに順調な伸びを示してきたが、衣・食の大きな伸びに対し、住宅問題は必ずしも楽観は許されない。衣・食に関しては現在、ほぼ満足される状態まで向上したといえるが、住に関しては、戦後の絶対的な不足は現在までもちこされてきた。質より量の必要上、居住水準の低下およびその環境の悪化から住宅そのものの質の劣化をきたした。さらにこのことは一般に住に対する不満を増大する原因ともなっていて、住宅に関する量ならびに質に対する現実はまだことにきびしいものとなっている。

厚生省の「41年生活総合調査結果」(昭和42年11月30日発表)のおもに住に関する調査によると、約24万世帯のうち、サラリーマン世帯は全世帯の55%に達した。戦後、核家族化がすすんでいるが、夫婦と未婚の子、夫婦だけの世帯が56%もあった。平均世帯人数は3.68人で前年の3.75人より減少した。生活一般調査では一世帯あたりの年間所得(40年1月～41年9月)は約71万円であり、いまの住宅に満足している世帯は33.9%、がまんしている(28.1%)、

困っている(4.6%)などの不満としている世帯は32.7%もあり、さしあたり困っていない世帯が34.4%、全体の約1/3がいまの住宅に不満をもっていることになるが、このうち借家・公営住宅に住むものが44%に達していることは、全国的な地価の値上がりとともに持家の困難さの裏付けでもあり、住宅不足はあいかわらず悪化の一途をたどっているものといえよう。

さらに居室数では1室だけの世帯が13.1%、2室が21.6%、3室が20.5%であり、約55%の世帯が3室以下のきゅう屈な生活をよぎなくされている。なお、7大都市では半数に達する世帯が2室以下、11畳以下と報告されている事実は戦後の住宅問題が決して好転していない現状を示している。

また、住宅対策審議会の中間報告(昭和43年2月5日発表)では、10年後の住宅水準として「適正な居住水準と居住費負担に関する中間報告」の中で、10年後のわが国の適正な住宅の規模を、現行の住宅建設5カ年計画\*(41～45年度)の目標よりさらに発展させて、1人1室、1世帯1共同室の目標を打ちだしたもので、好ましい住宅規模の平均水準として、

- (1) 夫婦1寝室(4才以下の乳幼児は1人まで同室)
- (2) 中学生以上は男女の寝室を分ける。
- (3) 高校生以上は1人1室を確保

以上が分離寝室であり、

- (4) 1世帯に食事室と居間を個室とは別に設ける  
これが食寝分離、1世帯1共同室である。

(5) 家族4～5人の標準世帯で平均3L.D.K.(Lは居間、Dは食事室、Kは台所で6室)を確保し、平均水準88m<sup>2</sup>、最低水準60m<sup>2</sup>を目標としている。なお、この最低水準とは日本住宅公団の67年形賃貸住宅の規模とほぼ同水準である。(表2.1および2.2)

しかしながら、現行住宅5カ年計画の1世帯1住宅目標でさえ満足に得られない現状から、10年後の住宅の規模として、はたして、以上の水準が得られるであろうか? 住宅水準を実現するために必要な住宅投資の規模、住宅費負担および政府の施策など今後検討すべき課題は数多く、これらの実現の前途は多難といえよう。

以上のような住宅事情を考え合わせれば、生活の快適化としての照明設備の検討以前の問題でもあるが、一方、住宅としてより住み

\* (1) 1世帯1住宅  
(2) 2～3人世帯では9畳以上、4人以上で12畳以上などの住宅

表 2.1 10年後のあるべき住宅の規模  
Scale of residence expected 10 years hence.

| 世帯人数<br>(幼児を除く) | 平均水準    |                    | 最低水準    |                    |
|-----------------|---------|--------------------|---------|--------------------|
|                 | 室 構 成   | 面 積 m <sup>2</sup> | 室 構 成   | 面 積 m <sup>2</sup> |
| 2               | 1.LD.K. | 55                 | 1.LD.K. | 36                 |
| 3~4             | 2.LD.K. | 72                 | 2.LD.K. | 48                 |
| 4~5             | 3.LD.K. | 88                 | 3.LD.K. | 60                 |
| 5~6             | 4.LD.K. | 103                | 4.LD.K. | 70                 |
| 6~7             | 5.LD.K. | 116                | 5.LD.K. | 80                 |

注) 最低水準は日本住宅公団の67年形賃貸住宅の規模とほぼ同水準、LDは居間兼食事室で1室、Lは居間、Dは食事室、Kは台所、単身者は32m<sup>2</sup>

表 2.2 ヘヤの区分と所要面積  
Section of rooms and required area.

| ヘヤの区分 m <sup>2</sup> | 10年後(昭和50年)の平均水準 | 10年後の最低水準<br>(昭和42年現在)<br>(とほぼ同水準) |
|----------------------|------------------|------------------------------------|
| 主 寝 室 (夫 婦)          | 13.0             | 9.73                               |
| 副 寝 室 (以上以外)         | 7.3              | 7.3                                |
| リビングルーム (居 間)        | 12.4~16.2        | 7.3~9.73(共用)                       |
| ダイニングルーム(食事室)        | 5.68~9.71        |                                    |
| キ チ ン (台 所)          | 4.8~7.6          | 4.8~6.0                            |
| 便 所                  | 1.04             | 1.04                               |
| 浴 室                  | 2.88             | 2.88 (物おきと浴室)                      |
| 洗 面・洗 たく             | 2.04~2.92        |                                    |
| 収 納                  | 2.72~4.0         | 2.43~3.2                           |

やすい環境作りを目標に各方面からの研究が進められている。

とくに照明設備は住宅として必要とするもので、高級住宅、普通の中小住宅および2~3室の低級な住宅など程度の差はあるが、最近の傾向として従来の1室1灯の時代から1室多灯というヘヤの用途・目的を十分考慮に入れた照明方式が普及してきた。つまり、働く場所での明視照明と、くつろぐ場所でのふん囲気照明(ムード照明)とに、明確に分けて考えるようになった。明るさ本位の照明とはなやかさまたは落付いた照明が要求されてきたわけで、照明効果と照明経済の両面から、筆者はさきに住宅照明の主体はけい光灯で行ない、白熱灯はアクセントなど効果の面から補助的に使用することを推奨した<sup>(1)(2)</sup>が、ヘヤの快適性をおもんずるふん囲気照明は、現在、中小住宅および高級住宅における生活様式の質的向上にともない、高級化しつつあり、それらにふさわしい照明器具も開発されてきた。

### 3. 快適性の主観的評価

住宅の照明に関する快適性とはわれわれの衣・食・住の中で、とくに住に関する条件がそれらの多くをしめているが、衣・食にも関連のあることはいうまでもない。住に関する照明環境をいかに快適化させるかが問題で、これらに關係する項目には心理量・感覚量・快適度・ふん囲気・疲労度・視力などが含まれる。これらの感覚的なものの照明の評価は、個人差(個体差)が大きいので統計的手法が必要である。

道路などの屋外ではものの見え方が照明の問題であるが、住宅などの屋内では照明環境が問題となり、最近とはくに屋内の快適な視環境をうるための照明技法が要求されてきた。視環境の良否を表わす場合に、快適(Comfort)および不快(Discomfort)の区分で表わす場合が多いが、Comfortの和訳である快適とはむしろ不快でないとの意味で、快適な視環境とは楽しい心持ちよさ(Pleasantness)としたほうがよいと主張する学者もいる。

人工照明の環境下での照明効果を評価するのに主観的に行なうことは困難であり、正確にはできない。照明設計の場合、よい環境照明の仕様の決定方法とその結果の評価には困難をとまらう。これらの仕様は評価方法がきまれば決定するが、心理的ないし芸術的な評価は、その評価方法が非常に複雑で困難である。

それらに関して次のような主観的評価の実験例<sup>(3)</sup>がある。天井の高い実験室(6m×6m×6m)内で、2.4mの高さに光り天井(作業面の照度約1,000lx)と、けい光灯40W×2灯用器具4セット取り付けした室(約600lx)の二つの実験室で、観測者89名の主観的評価の結果、

- (1) どちらの場所で働きたいか
- (2) どちらがグレア(まぶしさ)が少ないと考えるか
- (3) どちらが快適か
- (4) どちらにある物体が明るく見えるか

などの質問に対して光り天井と答えたものが多かったが、

- (5) どちらの室が明るいのか

との質問には、40W×2灯用器具の室と答えたものが多かった。実測では暗いほうの室を明るいと答えた(5)の質問は(2)および(4)と相関関係にあるが、逆の回答が得られたことは観測者にとってきわめて主観的な要素を含むことを意味している。これらの評価した結果を将来の設計にどのように導入するかについては、けっきょく設計者の主観によるということになる。これらについては、住宅照明の設計でも同様のことがいえるわけである。

### 4. 読書などの視作業における適正照度

われわれが読書をするには照明を必要とすることはいうまでもない。視力は照度に応じて変化するが、読書における文字の読める最低照度と快適に読書とか仕事の続けられる適正照度との間には大きな相違がある。

一般には文字の読める最低照度として、活字の大きさ、紙の反射率などによって異なるが、大体、新聞紙の文字程度の場合は10lxもあれば読むことは可能である。この最低照度では長時間、読書や仕事を続ける場合、目の疲労を生ずるものである。

1947年MoonとSpencer<sup>(4)</sup>は過去における明るさと視力との関係を調べた実験研究の結果を整理して、「最適照度は存在せず、視野内がむらなく照明されていれば明るいほど視力はよくなり、細かいものまで見える」とした。したがって、適当な照度には限度がなく、照度が高いほうがよいが、照度を高くするためには照明に費用がかかるので、適正な照度は経済的な制約をうけるものである。

また、最適な照度は照明の質によって影響をうけるものであり、照明がまぶしさとか正反射などのグレアをうけず、照度むらの少ないように質的に改善されれば最適照度は高くなり、心理的に望まれる適正照度に近づくものである。

このように、適正照度を追求する実験的研究も、文字の読みやすさ、目の疲労の実験など、生理学的な見地から最近発達してきた心理学的手法を用いるようになってきた。

この心理学的手法は、最近心理学で発達した連続的段階法<sup>(5)(6)</sup>(Successive interval method)という尺度構成の方法によって、文字の心理学的な見え方を数量的に意味のある尺度におきかえたもので、見えやすさの計量化または数量化をおこない、適正照度の問題の解決に大きな進歩を与えたものである。

文字の心理学的な見え方の程度を、判断カテゴリー番号と見え方判

表 4.1 判断 カテゴリー番号  
と意味内容  
Judgement category number  
and details of meaning.

| カテゴリー<br>番号 | 見え方判断の意味内容                                                              |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 0           | 全然見えない。                                                                 |
| 1           | 何かあるけれど読めない。                                                            |
| 2           | 文字はちゃんと判読できるが<br>あまり自信はない。                                              |
| 3           | 読めるけれど努力を要する                                                            |
| 4           | 読めるけれど文字の細かい<br>ところまで完全に見えるわ<br>けてはいない。                                 |
| 5           | だいたい普通に読める。文<br>字の細部まではっきり見え<br>るが、これを続けて長く読<br>むのは疲れる気がする。             |
| 6           | 読みやすい。しかしもっと<br>読みやすくなる余地が残っ<br>ている気がする。                                |
| 7           | 非常に読みやすい。ちょう<br>ど適当な気がする。                                               |
| 8           | 十分すぎる。こんなに明る<br>い必要はない。少し目立ち<br>過ぎて、ちょうど適当な読<br>みやすさをオーバーしてい<br>る感じがする。 |
| 9           | 十分すぎて不快である。                                                             |

表 4.2 照度基準 JIS Z 9110 (改正原案抜粋—住宅—)  
Illumination standards JIS Z 9110 (excerpt of revised draft—residence).

| 照度段階  | 居 間                                                                           | 書 斎<br>勉強室        | 応 接 間<br>(洋間)                             | 庫 房                        | 食 堂<br>台所         | 寝 室                                              | 浴 室<br>化粧室                | 玄 関<br>入口ホール              | 廊 下               | 下 段               | 家事室<br>作業室        | 便 所               | 車 庫               | 庭                        |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------|----------------------------|-------------------|--------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|
| 2,000 | ○手芸                                                                           |                   |                                           |                            |                   |                                                  |                           |                           |                   |                   | ○手芸               |                   |                   |                          |
| 1,000 | ○裁縫                                                                           | ○勉強               |                                           |                            |                   |                                                  |                           |                           |                   |                   | ○裁縫               |                   |                   |                          |
| 500   | ○勉強<br>○読書<br>○化粧 <sup>(1)</sup><br>○着付け <sup>(1)</sup><br>○電話 <sup>(5)</sup> | ○読書               |                                           |                            | ○食卓<br>(テーブル)     | ○読書<br>○化粧 <sup>(1)</sup><br>○着付け <sup>(1)</sup> | ○ひげそ<br>り <sup>(1)</sup>  | ○鏡 <sup>(1)</sup>         |                   |                   | ○工作               |                   | ○掃除<br>○点検        |                          |
| 200   | ○団らん<br>○観劇 <sup>(4)</sup>                                                    |                   | ○テーブ<br>ル <sup>(2)</sup><br>○ソファ<br>○飾りだな | ○座卓 <sup>(2)</sup><br>○床の間 | ○調理台<br>○流し台      |                                                  | ○化粧 <sup>(1)</sup><br>○洗面 | ○くつぬぎ<br>○飾りだな            | ○飾りだ<br>な         | ○洗たく              |                   |                   |                   | ○パーティ<br>○食事             |
| 100   | 全般 <sup>(3)</sup><br>○戸だな <sup>(3)</sup>                                      | 全般 <sup>(3)</sup> | 全般 <sup>(3)</sup>                         | 全般 <sup>(3)</sup>          | 全般 <sup>(3)</sup> | 全般 <sup>(3)</sup>                                | 全般 <sup>(3)</sup>         | 全般 <sup>(3)</sup>         | 全般 <sup>(3)</sup> | 全般 <sup>(3)</sup> | 全般 <sup>(3)</sup> | 全般 <sup>(3)</sup> | 全般 <sup>(3)</sup> | テラス全<br>般 <sup>(3)</sup> |
| 50    |                                                                               |                   |                                           |                            |                   |                                                  |                           |                           |                   |                   |                   |                   |                   |                          |
| 20    |                                                                               |                   |                                           |                            |                   |                                                  |                           |                           |                   |                   |                   |                   |                   |                          |
| 10    |                                                                               |                   |                                           |                            |                   |                                                  |                           | ○ポーチ<br>全般 <sup>(3)</sup> |                   |                   |                   |                   |                   | ○通路                      |
| 5     |                                                                               |                   |                                           |                            |                   |                                                  |                           |                           |                   |                   |                   |                   |                   |                          |
| 2     |                                                                               |                   |                                           |                            |                   |                                                  |                           |                           |                   |                   |                   |                   |                   |                          |
| 1     |                                                                               |                   |                                           |                            |                   | 深夜                                               |                           |                           | 深夜                |                   | 深夜                |                   |                   | 防 犯                      |

- 備考 (1) 住宅照明ではそれぞれの場所の用途に応じて、全般照明と局部照明を適宜併用した照明手法をとることが望ましい。  
(2) 居間、洋間、寝室については調光を利用することが良い照明を実施しやすい手法である。  
注 (1) 主として人物に対する鉛直面照度である。  
(2) 平たんな照明にならないことを目的としている。  
(3) 主要部分の平均照度。  
(4) 軽い読書は観劇とみなす。  
(5) ○印は局部照明を併用して、この照度を得てもよい。

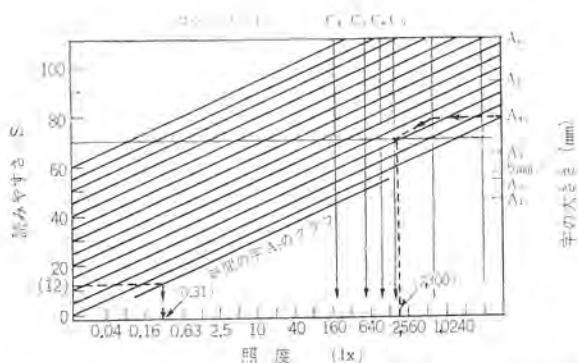


図 4.1 読みやすさを求めるグラフ  
Graph seeking for readability.

所の意味内容によって、表 4.1 のように 10 段階に分けて示し、照明のいろいろな対比の下で、種々の大きさの文字（新聞の活字および英和 コンサイス 辞典）を見せて評価させるのである。その結果、文字が全然見えない場合を 0 とし、非常に読みやすいと感ずる場合を 100 とすると、読めるか読めないかの境目は 12、普通に読めるが 50、読みやすいが 70～80 というように、文字の読みやすさの程度を量的な尺度のうえに表わすことができる。

図 4.1 はこの尺度化された読みやすさと文字の大きさ、対比、および照度との関係を実験で求めたものである。これらの心理学的研究の結果は、人間が予想以上に高い照度を心理的に要求していることがわかった。

以上の諸研究の結果から、1) 普通の読書のような目の仕事では

500 lx 以上、2) 対比が弱く細かいものを見る仕事では 1,000～2,000 lx が必要であり、3) さらに心理的には細かい仕事に対して 30,000 lx 程度の照度を希望していることが推定される。

このように読みやすさの要求の程度に応じて、適正照度を決定することができるようになったのである。

照度基準工業標準改正原案<sup>(7)</sup>においても以上の心理学による連続的段階法を取り入れているが、とくに住宅（表 4.2）に関してはそれぞれの場所の用途に応じて、全般照明と局部照明を適宜併用した照明手法をとることが望ましいとし、勉強・読書・調理・手芸のような 200 (150～300 lx) または 500 段階 (300～700 lx) 以上の仕事に対しては、局部照明を併用してもよいとしている。また、各室内の全般照明に相当する 50～100 段階 (20～150 lx) の個所では、その照度の範囲を主要部分の平均照度としている。

これらの照度は、現在の光源および照明器具によって経済的に得られる値である。

## 5. 光源の光色による快適性と照明器具のデザイン

住宅照明用の光源として、室内では一般に白熱灯かけい光灯のいずれかがもっとも多く使用される。

とくに欧米の住宅では、けい光灯がほとんど使われず、白熱灯がすべてであるかのようにいわれているが、必ずしもそうではないようである。住宅照明としてけい光灯にふさわしい使い方をし、目ざわりにならないように設計しているわけである。台所・作業室などはもちろん、明視を重視した働く場所ではけい光灯が多く使われているが、くつろぐ場所として、たとえば居間などにけい光灯を間接照明に使用して、白熱灯はあたたかさを強調するような落付いた

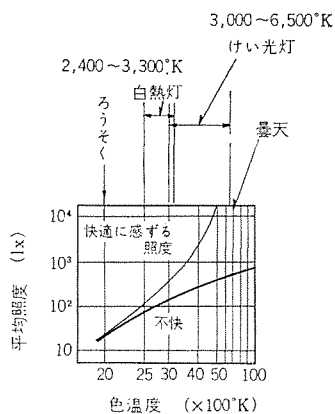


図 5.1 色温度と快適に感ずる照度との関係  
Relation between color temperature and illuminance giving the feeling of agreeableness.

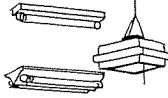
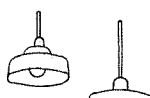
| 器具の形態   | けい 光 灯                                                                            |                                                                                   | 白 熱 灯                                                                              |                                                                                     |                                                 |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|         | 包囲形器具                                                                             | 下面開放形器具                                                                           | 包囲形器具                                                                              | 反射かさ付き器具                                                                            |                                                 |
|         |  |  |  |  |                                                 |
| 室の広さ(畳) | 3<br>4.5<br>6<br>8<br>10<br>12                                                    | 40<br>60<br>80<br>80~100<br>100~120<br>120~160                                    | 30<br>30~40<br>60<br>60<br>80<br>100                                               | 75~100<br>100<br>150<br>150~200<br>200<br>200~300                                   | 60<br>60~75<br>100<br>100~150<br>150<br>150~200 |

図 5.2 室の広さと光源のワット数

Room area vs. wattage of light source.

照明をするわけで、ふん囲気を重視する場所には、巧みにけい光灯と白熱灯を併用することが多い。この場合はアクセントやふん囲気をだすために、方向性を持った集中光の白熱灯を主力として使用し、その周囲を拡散性のやわらかい光のけい光灯で照明していて補っている。要はけい光灯と白熱灯のすぐれた諸特性を活用しているわけである。

なお、けい光灯と白熱灯の光の色の相違についての検討も必要である。それぞれの光源の光色の相違は分光分布の相違である。白熱灯があたたかい感じを表わすのは、その光色が灯火としての炎の色に近いから、人類が古代から夜間の灯火として親んできたという習慣的な問題が多分にあり、夜間の休息や団らんに適しているとされるからである。また、けい光灯の光の色は一般には自然の昼光に似ているので、事務所・書斎など働く場所の照明に適しているといわれるが、けい光灯の光色は温白色(色温度 3,000°K および 3,500°K)、白色(4,500°K) および昼光色(6,500°K) ならびにそれぞれのデラックス形とがあり、白熱灯の光色は色温度で約 2,400~3,300°K であるから、けい光灯の光色でも白熱灯のようにあたたかく感ずるものもある。

さて、心理的に快適と思われる照度も光の色によって異なるわけで、白熱灯のように赤みの多いあたたかい光は、やや低い照度のほうが快適と感じられるが、けい光灯のようにやや青味がかった白色光では比較的高い照度が心理的に望まれるといわれる。図 5.1 は A. A. Kruithof<sup>(6)</sup> の照度と色温度に関する快適と不快との限界を示す図であるが、一般には光の色温度が高いほど快適な照度も高くなる傾向を示している。このことは、けい光灯による低照度の照明が一般に陰気な感じがするといわれる理由でもある。

住宅照明でリビング、ダイニング、キッチン、子供室、書斎などの洋間ではけい光灯が適しているが、和室の居間・客間などでけい光灯は暗くて陰気な感じがするとの意見があるのは、上記の色温度以外に所要照度の不足が原因の場合が多い。図 5.2 は室の広さと光源のワット数との関係を示すが、白熱灯のワット数に比べて、けい光灯のワット数を少なく選ぶと照度が低ばかりでなく、一般に和室の天井・壁の反射率は低いので、室に入った感じでは、周辺の輝度が低く実際の照度より暗く見えるおそれがあるのは注意を要する。図のようにけい光灯の場合は、白熱灯の場合の所要ワット数の 50% 以上をとれば照度も高く、快適な照明が得られる。

なお、照明器具のデザインについては、白熱灯およびけい光灯の光源による区分ならびに色彩、形状など多様多岐にわたるが、いずれも、それぞれのへやにマッチしたデザイン、使用していきのこないもの、感じのよいもの、目ざわりにならないもの、機能的で余計なものがないなどの種々の表現があるが、よいデザインとか、造形とかはきわめて主観的なもので個人の好みに左右されるから、よいデザインを客観的に決定することは不可能に近いものといえよう。しかし照明器具は意匠がすべてではなく、装飾品である前に照明器具の目的が「照明をする」ということである。すなわち、照明器具とは、確実に安全に目的に応じた照明をするための電気製品の一つである。したがって、デザインと同様に配光・保守などの照明器具の機能も重要視すべきである。

## 6. む す び

以上、住宅における生活として照明の快適性について検討を加えた。

現在のわが国の住宅事情から考えて、生活の快適性を追求する以前の問題のほうが重大なようでもあるが、一方、量ならびに質の貧弱な中において照明の快適性を向上させるいくつかの研究がある。

照明の快適性の主観による評価の困難さ、読書・勉強などの視作業における適正照度に関する最近の心理学研究とその成果、ならびに住宅照明におけるけい光灯と白熱灯の快適性の検討と光源の選定に関しての見解をのべた。

(昭和 44-3-11 受付)

## 参 考 文 献

- (1) 小堀：電気関係学会関西支部連大 18-1 (昭 41)
- (2) 小堀：三菱電機技報 41, No. 5, 686 (昭 42)
- (3) H. Hewitt, D. J. Bridgers, R. H. Simons : Trans. Illum. Engng. Soc. (London) 30, 91 (1965-4)
- (4) Parry Moon, D. E. Spencer : Lighting Design (1947)  
黒沢、藤原、斉藤：照明設計 (1955) 技報堂
- (5) 印東、河合：照明学会誌 49, No. 2, 52 (昭 40)
- (6) 照明学会編：あたらしい明視論, 50 (昭 41)
- (7) 黒沢：照明学会誌 52, No. 4, 140 (昭 43)
- (8) 照明学会編：あたらしい明視論, 62 (昭 41)

## 暮らしと色彩

堀田 鉦太郎\*

## Color in Living Spaces

Consumer Products Research Laboratory Kotaro HOTTA

Nobody may have objection that color makes not a little contribution to agreeable life of human being. Not to speak of flowers and costumes near at hand in our living rooms, all the utensils and daily necessities have individual colors stimulate us. Highly refined people in this country used to appreciate sober and subdued colors, but gay and intensive colors are flooded nowadays. This may be due to the change in the mode of presentday living. This article discusses the relation between the color and living with two regions of psychology and industrial design spotlighted and the author's view on the handling of colors as a result of going over the phenomena and state relative to the above.

## 1. ま え が き

花やかな美しい色彩が私達の茶の間にはん濫しようとしている。それは衣料をはじめ、新聞・雑誌その他わたしたちの身近な商品のカラー化によってもたらされた現象であるが、さらにカラーテレビの出現は、それを決定的なものにした。

元来、日本人は“しづさ”を洗練された趣味とし、“鮮かさ”はが(雅)を欠くものとしていという傾向が強かったのであるが、ちかごろでは、放胆な配色、鮮烈な色調も幅広く好まれるようになった。このように色彩し(嗜)好域が広がったのは、生活にゆとりを生じ、色彩を暮らしの中へ積極的に取り入れて、豊かなムードを楽しもうという人が、著しくふえたことや、技術革新によって、豊富にカラー化商品が出回るようになったことなどの社会的変化によるものであろう。

しかもこの社会と個人との因果関係は相互に作用し合い、エスカレートして、カラー化のテンポは一段と足早やとなるに相違ない。そしてその中核には、色彩への関心を絶えず刺激するモメントとして、またメディアとして、カラーテレビが存在しているのである。

ともあれ、このようなカラー化時代を迎えて、これからの暮らしはカラフルになることであろう。そのとき色彩は居住性とかどうかわり合うのであろうか。色彩——人——道具との関係において、色彩はどんな役割りをになっているのであろうか。

この設問はもとより、リビングカラーの特質を問うているのである。この問いに答えるには、まず色彩機能の概念をつかむ必要があると思う。それは色彩心理の領域を探ることになる。これを概観したのち、工業デザインの実践的領域へアプローチを試みたい。それが本テーマの解明に資する方法の一つと想定されるからである。

## 2. 色彩心理的アプローチ

アメリカの色彩学者ルイス・チェスキンは、「色彩はわれわれの日常生活において、空間に関し、形態に関し、模様に関し、立体造形に関し、大きな関数であることがわかる」と述べている。すなわち色彩は「かたち」の属性として、その形態・材質などに依存するが、同時にその「かたち」のあり方を特長づける力を備えているという相関関係を指摘しているのである。また「色彩のないものはない。ある場合には良い色彩であり、またある場合には好ましくない色彩で

あるにせよ、色はつねに存在し、われわれに関係をもっているのである」とも述べている。このように、色彩は私たちの暮らしに密着した存在であり、しかもその影響をつねに受けているにもかかわらず、多くはそのことを意識しないものである。それは山にいて山を見ず、呼吸をして空気を思わぬ類であろう。

また色彩の研究は、物理的領域の研究と、心理的領域の研究を二つの軸として行なわれているが、感覚に関する色彩心理の領域は、今後の研究にまつところの多い分野といわれている。しかしゲシュタルト心理学におけるブレグナンスの法則、色の恒常性などの研究は、色彩心理の基本的現象を解明したものである。

これら色彩心理現象について、つぎの三つの特性面からアプローチを試みることにする。

- (1) 対比性
- (2) し好性
- (3) シンボル性

## 2.1 対比性

リビングカラーは、一つの色が単独で存在する状態を問題とするのではなく、多くの色彩が群として存在するときの多色調和の研究と考える。したがって対比効果をはじめ色彩の取り合わせに関する諸現象を紹介しよう。

## 2.1.1 相補効果(図2.3色環参照)

マンセル色環の相対する色、つまり補色関係にある色(赤—深緑、だいだい—青、黄—あい、若葉—紫、緑—えび茶を隣接して並べると、最も強い対比効果(コントラスト)が生まれる。それは一方の補色をみたのち、その余色を見ると、網膜に残像が生じて、その発色効果を増強することになるからである。なお補色を混色すると、逆に効果を減殺し合って鈍い色合いとなる。

## 2.1.2 対比効果

黒い服は容姿を美しく引き立てる、黒髪の女性にはココア色の服がよく、ブอนด์は青色系が適しているなどと、チェスキンは衣服の色をアドバイスしているが、これは対比効果を指摘しているのである。その実例を図によって紹介しよう。すなわち、図2.1のa~dは黒・青・緑・黄を“地色”とし、赤を“図色”としてその中心においたものである。その赤色の対比効果は、黒には明かるく、青にはだいだい色に傾き、緑にはさえ、黄には青みがかっている。つぎにf~hは、同一地色にベージュの“図色”を配した例で、色の違いに

よる対比の差を示したものである。ついで図 2.2 の a~d は、同一色の明暗対比を現わしている。この現象は、シュヴレーの法則と呼ばれるものである。「色相が同一で濃淡が異なる二つの色が隣接すると、濃いほうはいっそう濃く、淡いほうはいっそう淡く見える」というもので、遠い山すそが白くかすんで見えるのがそれである。図 2.2 は赤・黄・緑・青の濃淡で、その現象を例示したもので、色相が違えばその効果も異なることが知られる。

### 2.1.3 カラープレグナンス（色彩の簡潔化現象）

「ゲシュタルトは実在的条件が許す限りにおいてよくなろうとする」これがプレグナンスの法則である。ゲシュタルトの意味は、ここでは「色彩造形」「配色布置」など、あらゆる色彩の存在現象を意味するものとしてとらえなくてはならない。そしてこの視覚現象には、色感の平均化と鮮鋭化のプレグナンス、および色彩の秩序感にかかわるグラデーションとドミナント現象等がある。これらの現象はいずれも配色効果を左右するモメントとなるものである。

#### (1) 色感の平均化と鮮鋭化のプレグナンス

この現象は色彩の感受性、印象性に関するもので、感覚的な心理作用の問題である。これについてつぎの実験がある。すなわち、あるあいまいな色（中間色）を人に見せたのち、改めてその色を他の色の中から選び出させると、ある人は無彩色へ傾き、ある人は純色へ片寄った色を選ぶというのである。この現象は色彩イメージの研究において、配色効果をとらえるモメントとして重要な意味をもっているもので、無彩色への簡潔化、純色への簡潔化という色感の自動調節現象である。無彩色へ向かうのは印象の弱化で平均化と呼ばれ、純色へ向かうのは印象の強化で鮮鋭化と呼ばれる。

#### (2) グラデーション効果

この現象は3属性（色相・明度・彩度）のいずれにも生じる現象であって、色彩の美が秩序に依存していることを、最も単的に示している。

##### (a) 色相のグラデーション（図 2.3 参照）

色環の色相配列や“にじ”などがそれである。多くの色彩が美しいハーモニー効果を呈しているように感ぜられる配色、たとえば都会の夜景の、暗やみを背景に、色とりどりの電光が美しく明滅している効果などがそれである。

##### (b) 明度のグラデーション（図 2.3 参照）

無彩色と、同一色相における明度のグラデーションがある。その典型的な例としては、墨画、エッチングなどがある。

##### (c) 彩度のグラデーション

同一色相、同一明度の色の彩度が、無彩色方向へ段階移行する現象をいう。

#### (3) ドミナント効果

ある色彩群が、特定要素の影響によって、ある変化を受けることをいうもので、室内配色などでは、全体のふんい気を整えるため“主調色”を決めるが、それをドミナント効果とみなすことができる。

(a) 色相のドミナントは、色彩群が全体的に黄色光線を受けて黄変し、黄色味を主調とした階和を生じるようなケースをいう。

(b) 明度のドミナントは、多くの色が共通の明かるさの支配を受ける場合をさす。

(c) 彩度のドミナントは、多くの色が共通の彩度で支配される状態をいう。

新緑のくぬぎや栗などの林は、明かるい日ざしを浴びて、したたするような緑の空間を現出するが、ここには自然が演出するすばらしい

いドミナント効果がある。また微妙な緑のグラデーション効果も見ることができよう。また花も咲きそろえば、色彩調和のいっさいがここにあることになる。

#### (4) 色の恒常性（明暗順応・色順応を含む）

ある対象が、他からの影響をこうむって視覚上の変化をきたすとき、実際の変化より低く評価する知覚作用をいう。たとえば青磁の器が黄色味のある光線に照らされたとき、当然もとの青藍色とは異なった色を反射しているはずであるが、その色の変化を意識しないのである。この視認変換現象をゲシュタルト心理学では“恒常性”と称している。

この“恒常性”に対応する作用に、“明暗順応・色順応”と呼ばれる色彩現象がある。（この順応現象はさきに紹介した対比現象とも対応する）“明暗順応”は暗いへやにはいるとしばらく何も見えないが、眼が馴れるにつれて、よく見わけられるようになる。この明暗における順応作用を“明暗順応”という。ついで色相に関する“色順応”の例としては、白熱灯の光に初めのうちは黄色味を感ずるが、時間のたつにつれてしだいにそれを意識しなくなることをいう。

“恒常性”現象は色の変化を認めまいとする心理的な作用であるが、“明暗順応・色順応”は逆に初めは感覚的变化を意識するが、しだいに馴れて異和感を感じなくなる場合をいう。このような現象から心理的知覚のメカニズムは多面的・相対的であることを知るのである。

### 2.2 し(嗜)好性

リビングカラーの機能を考えるとき、人とのかかわり合いの最も重要な要素として、し好性・審美性・調和性・シンボル性・伝達性・流行性などを指摘することができる。そのうち、し好性・審美性・調和性はたがいに人間の好みの問題として有機的に結びついており、残りのシンボル性・伝達性・流行性はコミュニケーション機能という面に関連している。そこで前者は“し好性”を代表とし、後者は“シンボル性”を代表としてとりあげることにした。

#### 2.2.1 好き・きらい

色の好き・きらいには、個人の好みだけでなく、集団の好み、たとえば特定の地域社会の好み、あるいは慣習上の好み（禁忌色）などがある。個人の好みにしても、生活経験から後天的に獲得した好みと、先天的資質の好みとがある。そして先天的なものに後天的な教養や流行現象への傾斜などが加わって、そのときどきの好み形成されるものと思われる。

服の色・ネクタイの色・靴下の色・靴の色のそれぞれにその人の好み反映している。へやの色・調度品の色にはその人の、あるいはその家族の好み反映している。

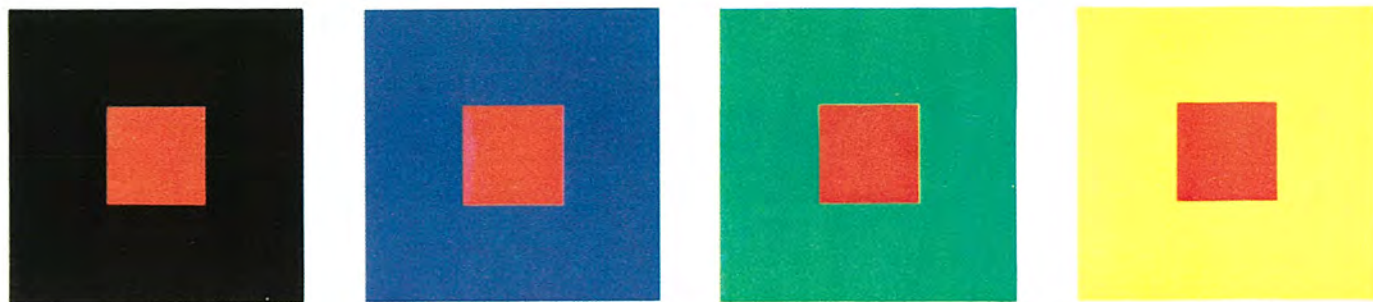
ちなみに人間は750万種の色彩を判別する能力をもっているという。そのすばらしい資質をもってもネクタイ1筋を選らびかねるものらしい。むしろそれなればこそ、多くの迷いが生まれるのであろう。しかしネクタイを選びかねる原因が、この判別能力にあるわけではない。選び出す判定基準がしっかりしていないことによるのである。“是・非”“当・否”などの判断尺度をもっているかどうかの問題である。

この判断の尺度は、さきに触れたように、好みに関するある時点における意志を示すものである。

#### 2.2.2 色彩感情

色彩のし好要因は、

##### (1) 快追求の衝動 (Libido)



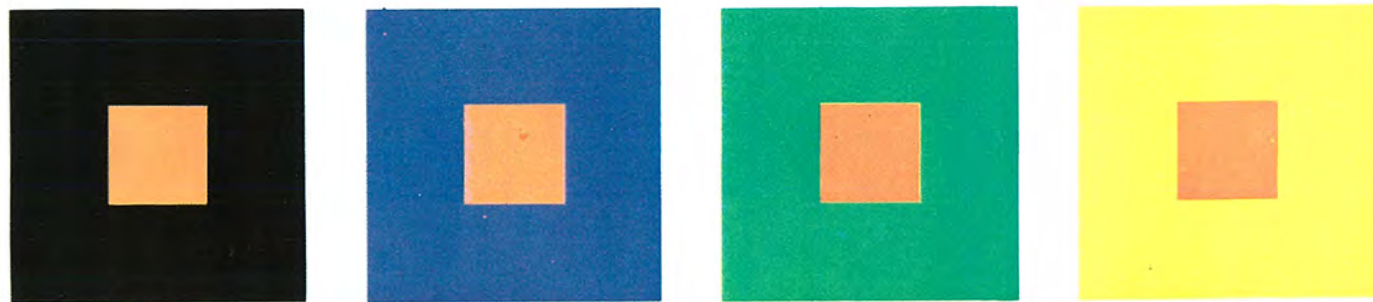
a. (明かるい)

b. (だいたいみ)

c. (さえる)

d. (青み)

a~d: 図色が赤色の場合



e. (明かるい)

f. (さえる)

g. (赤み)

h. (青み)

e~h: 図色がベージュ色の場合

図2.1 対比効果 Contrast effect.



a.

b.

c.

d.

図2.2 明暗対比およびグラデーション効果 Brightness contrast and gradation effect.

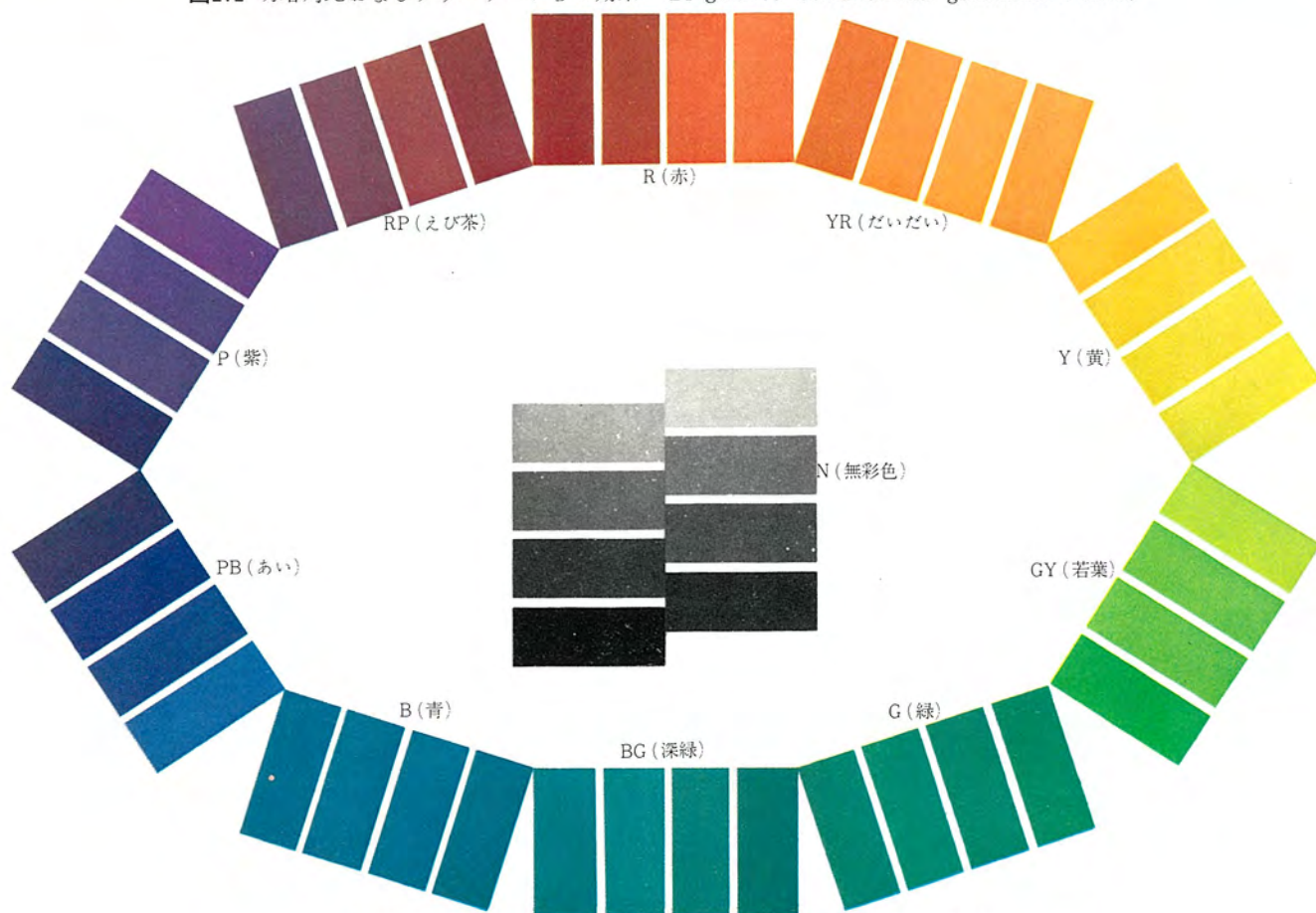


図2.3 色環: 補色・無彩色スケールおよびグラデーション効果  
Color Circle: Complementary colors, achromatic color scale, and gradation effect.

D

D

D

D

## (2) 自我の介入

### (3) 体面の維持

の三つといわれているが、色彩の好みをとらえる研究は、現在色彩心理学の重要なテーマとしていろいろアプローチされている。物理的計測と心理的追求の融合によって、色の快適性を増す方法をとえようとしているのである。その成果の一つに3色配色の研究がある。その結果はつぎの六つの色彩感情の尺度に整理できるというのである。

#### (1) 快適さ

#### (2) 目立つ

#### (3) はなやかさ・しづさ

#### (4) 暖・冷感

#### (5) 年令感

#### (6) まとまりと散漫さ

である。

この尺度は、感情をあらわす「表現語」の中から、関係係数を数学的に確かめて、近似の語を集約する「因子分析法」によっている。

コンピュータ化を図るうえからも、この種の研究は今後活発になるものと予想される。

### 2.2.3 快適感(快適な暮らしのための秩序感)

色の快適感、審美性・調和性などの諸要因が、整合した状態をさすもので、均衡と秩序が成立の条件となるものである。

審美性は色彩が単色の場合でも、多色の場合でも共通の美意識であるが、調和性は2色以上の色彩のハーモニーに関するものであって、同一・類似・対比の三つの調和がある。すなわち、

#### (1) 色相・明度・彩度が同じ色どうしの配色調和

#### (2) 色相・明度・彩度がそれぞれ近似している色の配色調和

(3) 色相・明度・彩度がそれぞれはなれている色の配色調和である。(これはムーン・スペンサーの配色理論によるが、この理論の実際効果は、審美感に時代差や個人差があるので、今日ではかならずしも同意できない面がある。しかし調和概念の原則的な意義はある)

さて、ここで快適感に関連し、生活との関係を考えてみよう。というのは、今までは暮らしの中へ色彩が入りこんだのは、せいぜい趣味的な範囲を出なかったのであるが、これからは生活全体がそうなることが予想されるからである。そうした環境にあって快適に処する“かぎ”はコントロールをしておかない。それには色彩調和の原則を学ぶことである。その最もすぐれた教師はカラーテレビである。それは茶の間に色彩をはん濫させる元凶であるが、同時にそれに対処する方法を教える。

配色の基本が秩序感とリズム感にあるということを、人はきっと学ぶであろう。

### 2.3 シンボル性

交通信号の赤・だいだい・緑が、止れ・注意・進めであることはだれしも知っているが、その意味づけは社会的な約束ごとである。この約束がしっかりしているならば、色彩の意味・伝達力は文字などより、より直さな力がある。赤色は当社の企業色で、忠誠・熱情を、黄とだいだい色は当社のサービスカーを、緑色は新幹線の切符売場やゴー信号を、紫色は高貴・大徳正などを象徴している。このような色の象徴機能をいかに利用するかは、“暮らしの知恵”としてたいせつなテーマであろう。そこでこの色彩のシンボル性に関するいろいろの事例をながめて見よう。

## (1) 流行色

色彩の好みの流動性を、意識的・組織的に利用するものに“流行色対策”がある。いわくシャベットーン、いわくパステルカラー、いわくピーコック革命。これら色彩キャンペーンは多く繊維・化粧品など、いわゆるカラー産業と呼ばれる分野の戦略である。したがってそれ選ばれた色彩のひとつひとつは、ある時期における、ある企業の意志を象徴しているものであるが、まだ流行色としての意義はもっていないのである。しかし消費者がその色彩群から、ある色を選びだし、しかもその色が広く愛好されるようになったとき、流行色としてその時代を象徴する色となるのである。

### (2) 企業色

企業のブランドイメージを高めるために、色彩の象徴機能・意味伝達機能を利用して、企業イメージの統一が行なわれている。それを“企業色”とよび、商標マーク・宣伝媒体その他、企業活動の各方面に統一した色彩を使って、消費者に整った感じ、つまり整合感情を与えることによって、親近感や信頼感を得ようとするものである。企業色はこのように企業意志を、ひいては企業自体をシンボライズするものであるが、当社の企業色は赤の純色(5R 4/14)である。

なお正しい意味において企業色とは呼ばれないが、これに関連する色彩はいろいろある。たとえば当社におけるサービスカーの標準塗色などがそれである。

### (3) サービスカー

当社のサービスカーは、赤・だいだい色・黄・クリームおよびマークの赤・商品名の黒の5色によって構成されている。この配色は視認効果のすぐれた、かつ誘目性の高い色調であるから、宣伝媒体として効果的であり、会社を象徴する色彩ともなっている。だがこの色調は東京などの市街地では、タクシーなどに多用されたため、その効果が低下している。このように色彩は近似配色によって効果変動をもたすが、この現象は2.1.3項のカラープレグナンスに関連するもので、近似色群は“図色効果”から“地色化”し、“色感の平均化のプレグナンス”つまり色彩印象度の弱体化をきたすのである。

### (4) 国電の色

色彩の意味伝達機能を巧みに利用している例に、国電の外装色がある。現在東京周辺の国電は路線別に塗り分けられ、路線識別が容易になるとともに、明視性の高い美しい色が採用されていて、都市美観にも貢献しているように思われる。中央線はオレンジ色・山手線はウグイス色・総武線はカナリヤ色・京浜東北線はスカイブルーである。以前のぶどう色時代にくらべて、“明かるい国電”にイメージチェンジしたのである。そして、それはカラー化時代の到来を象徴してもいい。

### (5) 服飾その他

衣服の性別、位階の表示なども、色彩の象徴機能に根ざしたものである。また禁忌色・禁制色についても同様である。

これらはいずれも社会的な約束ごとであって、ときとともに変動していくものである。いまは昭和元禄といわれているが、服装についてみれば、男性衣料の女性化傾向など、モノセックス化してきている。こうした風俗の変化からながめても、元禄・享保の太平をしのばせるものがある。当時の若者たちは化粧を施し、あでやかな友禅小そで(袖)を着ていたという。あたかも現代の青年たちがピーコック革命などと、カラフルな衣服をカッコよく着ているように。

禁忌色・禁制色は政治上・宗教上の理由などによることの多い前近代の遺物といえることができる。科学技術の発達した文明圏ではほ

とんど忘れられたものである。したがって、それらがまだ残っている国は、後進性を象徴するものといえよう。しかし生活慣習として帛意を黒色で表わすなどは普通行なわれるところで、これらは慣習色とも呼ぶべきか。あるいは慶事の赤色および金色を加えて、慶帛色と称することもできよう。

さて、以上をもって“色彩の心理的領域へのアプローチ”として、予定したところを終る。つぎに“工業デザイン領域へのアプローチ”として、当社における実績を顧み、さらに将来への展望を述べることにする。

### 3. 工業デザイン領域へのアプローチ

工業デザイン(IDという)の領域においては、色彩とリビングニードとのかかわり合いを追求することは重要なテーマであったし、これからいっそう本格的にアプローチしなければならないテーマと思われるのである。ことにIDの領域が、建築などを含めた環境デザインの不在の手として、拡大化しつつあるので、その必要性はいよいよ高まってきている。

まず色彩と企業との結びつきが、最も鮮鋭な形で現われているのは、化粧品・繊維・広告印刷等のいわゆるカラー産業と称せられる業界であるが、わが電機業界もその仲間入りをはじめている。それはカラーテレビを生産しているという意味のみではなく、生産している商品のすべてが、カラフルになってくるという意味においてである。それは必然的により組織的・より計画的な色彩研究を要請しているものと考えられるのである。

#### 3.1 商品と色彩

電気品には、暮らしの中の身近なアイロン・シェーバーから、電気機関車・発電機まで多くの商品があるが、機能がそれぞれ異なっているので、色彩のニードも一様ではない。

しかし、当社では機器塗色の合理化をはかって、機器標準色を制定している。

それは基本色・準基本色・アクセント色の3本立とし、適用機種を想定し、しかも実施面において強力的な処置がとれるよう配慮されている。だが標準色は、対象機器のニードを最大公約数でとらえているので、家庭電気品の多面的な要求に答えうるものではない。

家庭電気品においては、きめの細かい色彩検色が必要であるということ、消費者が商品を選ぶ“決め手”として大切な要素となっているからである。このことは従来よりカラー商品とされている化粧品・繊維品においては、さらにきびしく追求されているところである。

##### 3.1.1 生活欲求と色彩

商品の色彩は、消費者の“生活欲求”に適合するものであることが基本である。その生活欲求の要因は、さきに“嗜好要因”として触れたものと同じであるが、それを生活感情の中で展開すれば、つぎのようにいうことができる。

- (1) 本能的欲求
- (2) 台所その他家事作業の改善欲求
- (3) 慰安・団らん高度化の欲求
- (4) 体面を保つうえでの欲求

などである。そしてこれら生活快適化の欲求に色彩がどうかかわっているのか、台所は清潔感のある色、茶の間は団らんの場にふさわしい暖かみのある中間色とそれに対象的なアクセント色、応接室はデラックスな感じの色などということになる。しかしこれらの欲求は、か

つて幾度も触れたように流動的、相対的であって、決してとおりいっぺんの考え方で処理できることではない。

感情の世界、感覚の領域は、理屈どおりではないといわれているが、色彩心理についてはまさにそれである。だが生活欲求について、マクロ的な共通項を求めることはできる。いまはそれを手掛りとするほかはない。あとは造る者のカットアンドトライの世界である。

#### 3.1.2 実施例

商品の色彩については、いずれの場合においても色彩効果をはからずして決定することはない。その平均的なケースについては割愛し、典型的な色彩活用例をあげることにする。これの共通している特長は、いずれも消費者の多面的な好みに対するための配慮にもとづいていること、および消費者がその商品の最終仕上げに参加する“参加性”にあるということができようか。

##### (1) 扇風機の7色お好み羽根

“7色の羽根を自由に選らべる”というスローガンで“コンパクト”扇は売られている。本体はどんな色にも適合しかつデラックスな感じのシルバートーン仕上げとし、羽根の色はブルー・ライトブルー・グリーン・ライトグリーン・オリブ・こはく・ピンクの7色を用意している。これはいわば消費者へ色彩造型に参加する呼びかけをしているのである。

##### (2) 冷蔵庫のお好みとびら

この場合は純粋なカラー利用というより、パターン(カトレア・木目など)によっているが、冷蔵庫の外とびらにはめ替え自由なカラーパネル式を採用しているのはアイデアである。今後、ホワイトグレースとみなされていた商品のカラー化は、さらに本格化するであろう。

##### (3) トースター“アトリエ”

側板を取換え自由な構造とし、その側板にカラー印刷を施したアイデア商品である。泰西名画ほか創作パターンを含めて12種用意し、消費者の好みに広く応じられるようにしたもので、需要対象細分化対策の好サンプルといえよう。

##### (4) オールプラスチック洗たく機“ABS千曲”

他社にさがけてABS樹脂製洗たく機が発売されたが、これはさびない、軽い、電気絶縁性がよいなどのメリットを備え、かつプラスチック特有のカラフルな商品として、今後の本命商品と目される。

##### (5) けい光灯“ルミフワワ”シリーズ器具

灯具本体を共通にして、組立式セード(プラスチック成形品)を、8種類用意した新方式の照明器具である。色彩についてはその性格上乳白色以外の色は多用できないが、青みがちの冷たいけい光灯の光に、暖かみのあるソフトな色彩を配し、アンチームな情感をかもしたすくふうもしている。

#### 3.2 将来の展望

色彩が商品の市場品質を左右するたいせつな要因であることは、だれしも認めるところとなっているが、そのアプローチの方法については、今後解決しなければならない点が少なくない。それには、まずリビングニードと技術との均衡点を握るための手法を確立する必要がある。ついで物理的特性と心理的效果との関係や、色感と膚ざわり(テクスチャ)との関係の研究など、機器への応用のための研究が強化されなければならない。

さてコンピュータ時代を迎えて、人間感情のシミュレートの研究、感覚要因の分析手法の鮮明など、色彩応用に関する科学的手法の研究は大幅に進んできている。

最近では色彩の使用工学という考え方も出てきており、カラーコンサルタントが専門職業として社会的地位を固めつつある状況にあるが、こ

うした色彩専門家との連携の必要性が、今後増大することは十分予想されるところである。

#### 4. む す び

色彩はそれ自身、良い色・悪い色の別はない。ただ存在する条件によって評価が異なるのである。したがって快適な色彩の成立条件は、その選択と処理が当を得ているかどうかにかかわるのである。

さて暮らしの快適化に色彩がどう関係しているのか。この解明を目標にアプローチを試みたのであるが、結果はいたずらに問題の周辺を駆けまわったにすぎないと思われる。だが今は寛容をこうほかな

い。

#### 参 考 文 献

- (1) 大智訳, エル・チェスキン: 役だつ色彩 (1965)
- (2) 小林: デザインのための色彩心理学 (1965)
- (3) 稲村: 色彩論 (昭 35)
- (4) 八木訳, ビー・ギョーム: ゲシュタルト心理学 (1952)
- (5) 神戸: 暮らしの色彩 (昭 43)
- (6) リビングデザイン大系 I (昭 36)

## 住宅の冷暖房システム

小 原 英 一\*

## Heating and Cooling System of Residences

Consumer Products Research Laboratory Eiichi OHARA

Recently the world has come to recognize the agreeableness of heating and cooling systems in ordinary homes and articles and commercial advertisements in relation to them are abundantly found in newspapers and magazines. Particularly, central heating systems are coming into use at ordinary homes by dint of joint effort of oil companies and boiler makers to diffuse them.

Herein is elucidated the knowledge in putting in this heat to residences based on various kinds of information on the heating and cooling systems now available in the market. Furthermore, present and future of these systems in residences and their advantages are discussed with brief calculation in determining appropriate installations as a chief topic.

## 1. ま え が き

住宅のセントラルヒーティングについては、最近、新聞や雑誌に多くの紹介や広告がみられる。しかし、それらは断片的で、需要者にとってはどうしても実際に住宅に取り入れることができるのかははっきりとわからないものが多い。

そこでここでは需要者のそれらの疑問にこたえ、それぞれ特殊性のある住宅に設備するときに適当と思われるものが選択できるよう、できるだけ多くの冷暖房システムについて述べたいと思う。

## 2. セントラル冷暖房システムの利点

住宅の冷暖房システムの利点としてはつぎのことがあげられる。

- (1) 室内空気を清浄に保つことができる。
- (2) 屋内全体または広い範囲が空調でき快適性が大きい。
- (3) 熱源をまとめることができるので、火災などの危険性が少ない。
- (4) 温水の供給できるものがある。

このうち、とくに(1)項であるが、石油ストーブやガスストーブを室内で長時間使用すると、室内酸素の濃度は減少する。人間が呼吸しているとき、排気中の酸素濃度は約16%であることから、もしこの近くまで酸素濃度が低下すればきわめて危険である。普通には、へやへのすき間風があって換気され、このような状態はめずらしいと思われるが、炭酸ガスなどの燃焼生成物が充満し、けっして健康的な状態ではない。セントラル方式ではこのようなことはなく、つねに気分そう快な環境にすることができるのは最大の利点といえる。

## 3. 石油温水機の普及の現状と将来

セントラルシステムに関する機器は、住宅機器のうちでもとくに将来

が期待される製品分野としてボイラメーカー、電機メーカーがこぞって進出している。しかし、その普及率はまだまだ低く、システムとしたときの支出が高額であることもあって、需要が多いといわれながらも伸びなやんでいるようにみえる。そこで、その実質を石油温水機の販売実績および需要予測でみることにしよう。

表3.1は暖房機器工業会のまとめた昭和41年度、42年度の実績と、専門メーカー筋でまとめた需要予測である。そして容量別では(1)30,000 kcal/hまでと、(2)それ以上50,000 kcal/hまで、および(3)50,000 kcal/h以上の温水ボイラに分類したものである。この表では、おもに住宅用である20,000 kcal/hや15,000 kcal/hの温水ボイラは(1)項の30,000 kcal/hまでの分類に含まれるから、この部分に注意すればよいであろう。図3.1、図3.2はさらにそ

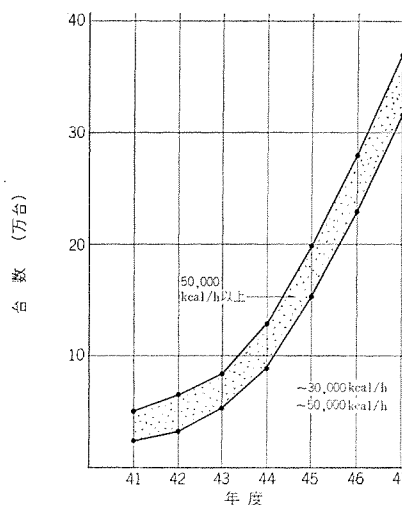


図 3.1 石油温水機の需要予測台数  
Demand estimates of oil water heaters.

表 3.1 石油温水機の販売実績と需要予測  
Sales results and demand estimates of oil water heaters.

|              |                      | 41 年   |      | 42 年   |      | 43 年   |      | 44 年    |      | 45 年    |      | 46 年    |      | 47 年    |      |
|--------------|----------------------|--------|------|--------|------|--------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|
|              |                      | 台 数    | 比率 % | 台 数    | 比率 % | 台 数    | 比率 % | 台 数     | 比率 % | 台 数     | 比率 % | 台 数     | 比率 % | 台 数     | 比率 % |
| 容 内<br>量 別 記 | ~30,000 kcal/h       | 23,000 | 23   | 34,000 | 28.6 | 53,000 | 41   | 90,000  | 51   | 155,000 | 60   | 230,000 | 67   | 315,000 | 72   |
|              | ~50,000 kcal/h       |        | 22.3 |        | 23.4 |        | 21   |         | 19   |         | 17   |         | 15   |         | 13   |
|              | 50,000 kcal/h 以上の大容量 | 27,000 | 57.7 | 31,000 | 48   | 32,000 | 38   | 40,000  | 30   | 45,000  | 23   | 50,000  | 18   | 55,000  | 15   |
| 合 計          |                      | 50,000 | 100  | 65,000 | 100  | 85,000 | 100  | 130,000 | 100  | 200,000 | 100  | 280,000 | 100  | 370,000 | 100  |

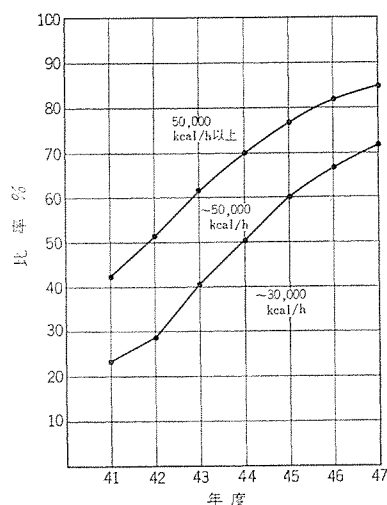


図 3.2 石油温水機の能力比率の予測  
Forecast of oil water heater capacity.

の比率をグラフ化したものである。

昭和43年度は実数がまとまりつつある段階であるが、表中の予測を上回って10万台ラインに近づくのではないかと観測が有力となってきた。これは、市場の需要が予想外に大きかったこと、およびメーカー側や関連業界のPRが浸透してきたことなどが考えられる。この予測ではエネルギー源の灯油の伸び率が大きいこと、灯油の供給態勢がさらに充実することなどを基盤としているが、将来の傾向として、一般住宅用のものが非常に伸びるとしている点は注目しなければならない。

住宅の暖房用としては、(1) 温水を放熱器に通す方式、(2) 直接温風を作って吐出する方式に分けられるが、熱源としては灯油を用いるものの運転経費が安価であるので灯油方式が、また暖房と同時にふろ、手洗いなどの給湯ができるメリットのあることから温水を用いる方式が多いようである。

しかし、直接温風を作って室内に送り出す方式にもメリットはある。一般にセミセントラル方式と呼ばれて、その普及が期待されている小形の石油温風暖房機やふく射式暖房機は設置費の点ではるかに前者にまさり、実際費用は20万円を越えることはないであろう。実際には温水暖房方式の前段階として、このセミセントラル方式の普及があると見込まれていたが現況ははっきりしていない。この理由としては現在、住宅を冷暖房している人達は非常に高額所得者であって、本格的な設備を十分取り入れることができたのであろう。しかし、今後は住宅の冷暖房に対する考え方の向上や普及から、セミセントラル方式が上記の本格的な方式と並行して台頭することも考えられる。

#### 4. 住宅の冷暖房システム

住宅用として考えられる冷暖房システムには、上記の本格的なものからセミセントラル的なものまで数多くのものがある。これらは、現在製品化されている機器で構成されるものであって、このうちのどれを使うかは施主側の条件次第であるといえる。以下に代表的な冷暖房システムについて記す。

##### 4.1 石油温水機と冷水供給機（チーリングユニット）による冷暖房システム

このシステムは広告物によく記載される最も代表的なシステムであり、最も高級な部類に属するものである。

暖房時には石油温水機を運転し、80°C前後に水温を高め循環

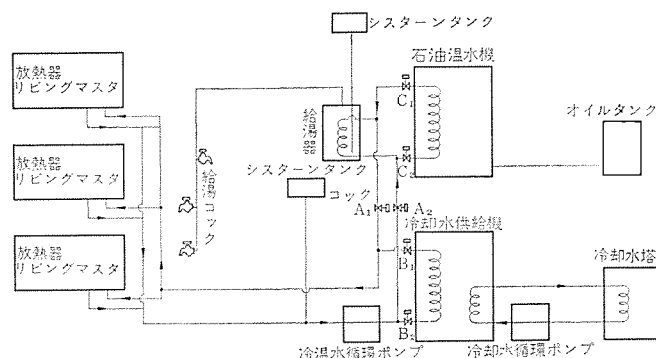


図 4.1 石油温水機と冷水供給機による冷暖房システム  
Central heating & cooling system making use of oil water heater and compression type water chiller.

ポンプで放熱器と石油温水機との間を回流させ、室内に温風を放出する。また冷暖房時には冷水供給機を運転し、5~9°Cの冷水を作り、循環ポンプで放熱器へ送り室内に冷風を吐出して冷房する方式である。放熱器は冷房・暖房共用であるため、冷房中は結露処理をするドレンパンがついている必要がある。当社製品としては「リビングマスター」がある。「リビングマスター」には床置き、天井つり、壁埋込形のほか、和室向き、洋室向きなど各種デザインのものが豊富に用意されている。図4.1にこのシステムの概要を示す。

給湯器は石油温水機で作られた温水の通るコイルが給湯器かん(缶)体中にあり、かん内の水と熱交換し湯として貯湯する。したがって、給湯配管を行えば随時湯を使うことができ、また暖房システムと分離されるので清浄な湯が得られるメリットがある。さらに夏期の冷房中もこの配管系とコックで分離して石油温水機を運転すれば給湯が可能で、自動式食器洗浄機の運転や洗たく、ふろ、シャワー、手洗いなどにきわめて便利である。冷房のために運転する冷水供給機はほとんどが水冷式であるので、冷却水塔を設けると運転費は経済的である。

石油温水機としては、PB-15形、PB-30形、また冷水供給機にはCR-2形、CR-4形、CR-5形が、給湯器には、KT-200形がある。

##### 4.2 冷温水ユニットによる冷暖房システム

冷温水ユニットは石油温水機と冷水供給機とを一つのパッケージにおさめ、石油温水機の温水かんと冷水かんとを兼用したコンパクトな特色のある製品である。かん内に製造された温水または冷水を循環するための循環ポンプも内蔵され、製品価格が割安であるばかりでなく設置費も少なくてすむこと、さらに小形であるため機械室の所要面積も少なくてすむ利点がある。

この製品は「シーズンバックマスター」と呼ばれ、運転は完全自動式で、冷房・暖房の切換えも「ワンタッチ」で行なえる。図4.2に「シーズンバックマスター」を用いたシステムを図示する。放熱器は冷房・暖房兼用であるため「リビングマスター」を用いる必要がある。給湯は給湯器を用いることで4.1節と同様な清浄な温水が得られる。夏期、冷房しながら温水給湯することはできないが、そのまま水道配管として使用することができる。

「シーズンバックマスター」には、PR-2形およびPR-4形がある。

##### 4.3 ヒートポンプ式冷温水供給機による冷暖房システム

冷房時には冷温水機の冷却器で作られる冷水を用い、暖房時にはこの水系統の配管を変えて凝縮器と接続し、ここで作られる温水を用いて暖房するものである。冷温水機で作られた冷水または温水は循環ポンプによって放熱器に送られる。放熱器には「リビングマスター」

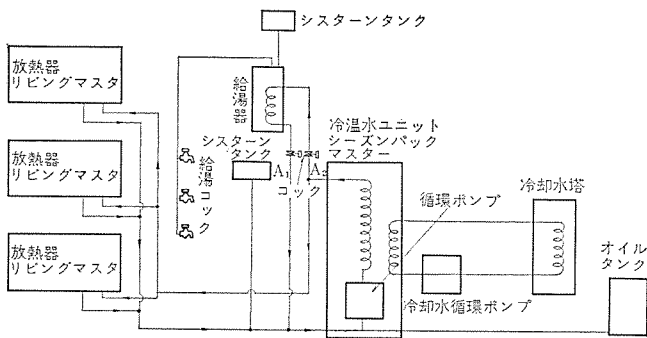


図 4.2 冷水ユニットによる冷暖房システム  
Central heating & cooling system making use of "season-pack master".

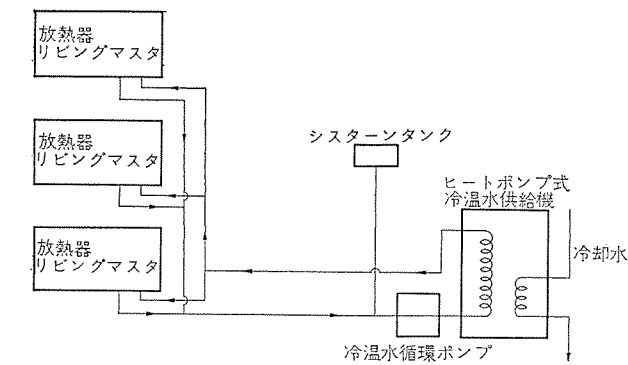


図 4.3 ヒートポンプ式冷水供給機による冷暖房システム  
Central heating & cooling system making use of compressure type water chiller-heater.

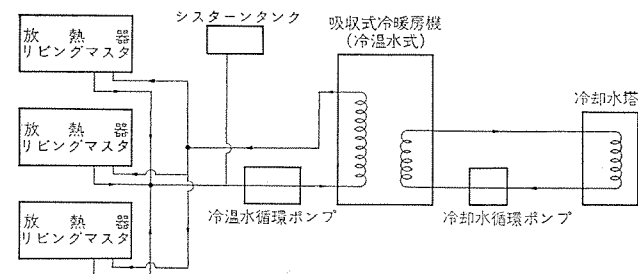


図 4.4 吸収式冷暖房機による冷暖房システム  
Central heating & cooling system making use of absorption unit.

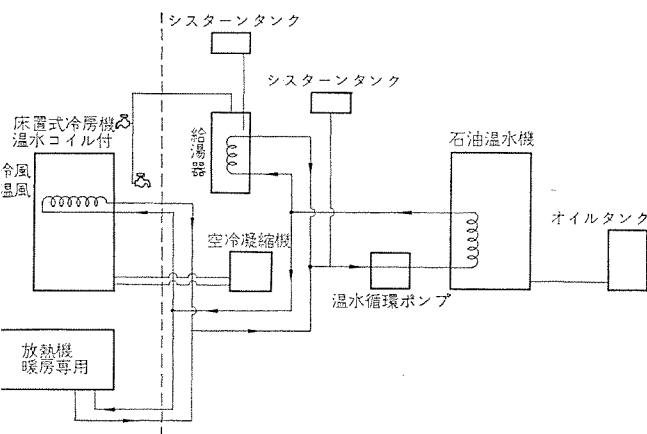


図 4.5 床置き冷房機と石油温水機による冷暖房システム  
Central heating & cooling system making use of oil water heater and floor type room air cooler with heating coil.

が用いられる。この方式では、一般に冷房能力に比べ暖房能力が少なめなので電気ヒータなどを用いて補う場合が多い。しかし完全な電気式となるため操作が容易であり、保守にも手がかからない。

図 4.3 にヒートポンプ式冷水供給機を用いた冷暖房システムの概略図を示す。当社製のヒートポンプ式冷水供給機には、CRH-4 形、CRH-5 形などがある。

#### 4.4 吸収式冷暖房機による冷暖房システム

吸収式冷暖房機は水を冷媒とし、Li-Br 水溶液を吸収剤として冷暖房は水の蒸発潜熱を利用し、暖房時には水蒸気を凝縮させる方式である。これには冷水・温水を製造する形式と、冷風・温風を吐出する形式とがある。

吸収式冷暖房機の詳細については、昭和 41 年 三菱電機技報 40 巻 3 号の「一般住宅の集中暖冷房」の論文中に「吸収式暖冷房機」の項があるので参照されたい。

図 4.4 にこの方式 (冷水水を用いる形式) の概略図を示す。吸収式冷暖房機は、(1) 電源は家庭用 100 V でよい。(2) 冷房と暖房の切換えは冷却水の通水あるいは停止だけでよい。などの利点がある。

#### 4.5 床置形ルームクーラーと石油温水機による冷暖房システム

床置形ルームクーラーには水冷式と空冷式がある。いずれも温水コイルを取付けることができ、石油温水機の温水を循環させることで暖房機とすることができる。このため図 4.5 に示したシステムのように石油温水機と直結させることにより、冬期圧縮機を止めて送風機を運転し温風がえられる。また、暖房コイルの能力も大きいので快適な環境が作られる。暖房に重点を置いてシステムを構成するときは、別に暖房専用の放熱器を増設して暖房面積を広くすることができる。

このシステムは冷房機を床置形としてもよく、また、ダクト接続として冷暖房するのもよい。床置形とした場合は冷房・暖房能力とも比較的大きいので部屋が広いこと、または家中に冷温風が循環しやすいなど家屋に構造上のくふうが望まれる。

床置形ルームクーラーは大形から小形まであり、GW-20 形、GA-20 形などは適当である。また暖房専用放熱器には温風暖房機、パネルヒータなどがある。

#### 4.6 薄形ルームクーラーと石油温水機による冷暖房システム

薄形ルームクーラーは、一般にエアロマスタと呼ばれる冷房機と同じで、水冷式凝縮器をも暖房用温水コイルが組み込まれている。このルームクーラーは普通、冷却水塔を設け夏は冷却水を凝縮器コイルに接続して冷房運転し、冬は同じ配管を利用して組み込みの温水コイルに石油温水機の温水を循環させ、暖房するようになっている。冷暖房のための配管の切換えはルームクーラー側と石油温水機側で行なう必要があるが操作は簡単である。

図 4.6 に薄形ルームクーラーを用いたシステムを記す。なお、図 4.6 では暖房専用の放熱器を併用して暖房面積を増加させた例を示して

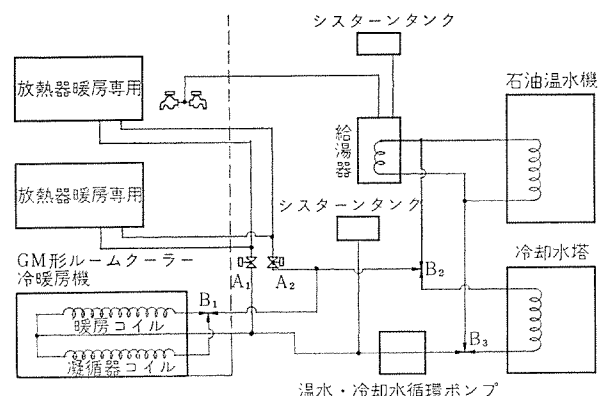


図 4.6 GM 形ルームクーラと石油温水機による冷暖房システム  
Heating & cooling system making use of GM type heating-cooling unit and oil water heater.

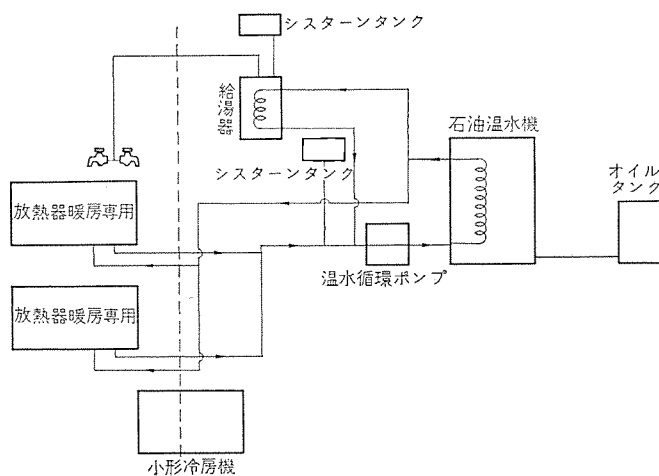


図 4.7 小形 ルームクーラーと石油温水機による冷暖房システム  
Heating & cooling system making use of oil water heater and domestic type room air cooler.

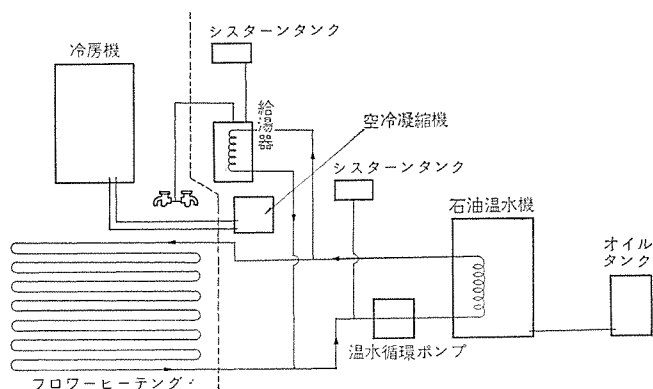


図 4.8 フロアヒーティングと冷房機による冷暖房システム  
Central heating & cooling system making use of duct type room air cooler and floor-heating system by oil water heater.

いる。当社製品には GM-15 形, GM-20 形などがある。

#### 4.7 石油温水機とルームクーラーによる冷暖房システム

住宅の暖房を重点に行なうときは、暖房専用の放熱器を用い配管も防露工事のない保温だけのものとして施行するのは、冷暖房を冷水供給機を使って行なう方式より簡単であり、工事費も低廉となる。

しかしはじめに良く説明しないで暖房だけ行なうと、あとで冷水供給機のつけられないものとなるので注意を要する。

中小住宅向きには、このシステムが適当であって冷房機に小形の窓掛形 ルームクーラー または セパレート形 ルームクーラー、さらに広い面積では床置形 ルームクーラーを使用できる。この方法は手持資金の少ないときに段階的に増設していくにはよい方法であるが、冷房機も小形とはいえ 3 台を越えると冷水供給機を設置するより高価となることもあるので、はじめに十分検討すべきである。図 4.7 にこの方式を示した。

#### 4.8 フロア ヒーティングと冷房機による冷暖房システム

フロアヒーティングは石油温水機による温水配管を主として床面、場合によっては壁面などに埋込み、これらの面からのふく射、熱対流によって暖房しようとするもので冷房はできない。したがって温水の温度は低くし、フロアの表面温度は 30°C 以下に保つようにする。

この方式は非常にやわらかな感じで風の動きもないため快適性は多くの暖房システム中随一といわれるが、外気温の変化のはげしい冬の初めや終わりのころは室内温度の制御が追従できず、寒さや暑さを感じるようなこともあるといわれる。比較的設置費が高価であ

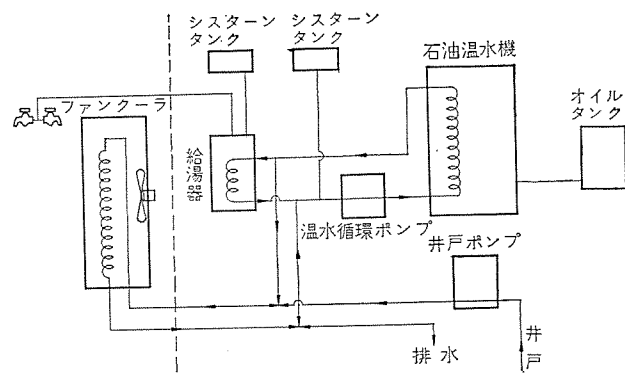


図 4.9 石油温水機とファンクーラーによる冷暖房システム  
Central heating & cooling system with "Fan cooler".

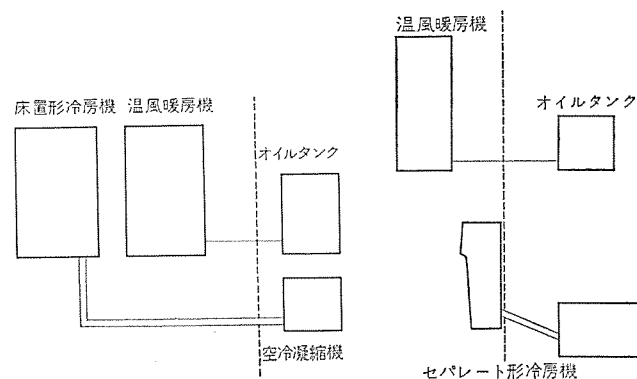


図 4.10 石油温風暖房機と床置形ルームクーラーによる冷暖房システム  
Central heating & cooling system making use of duct type room air cooler and oil heater.

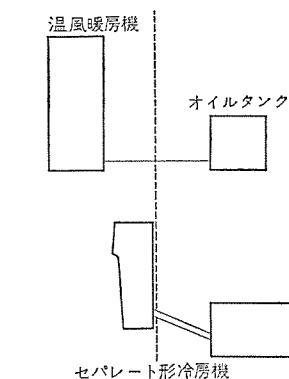


図 4.11 大形石油ストーブと小形冷房機による冷暖房システム  
Heating & cooling system making use of oil heater and domestic type room air cooler.

ることと、住居を建築する機会にしか適用できず、既設住居を改造するときはきわめて不経済となる。このときの冷房は床置形冷房機が適当である。図 4.8 にフロアヒーティングと冷房機を用いた冷暖房システムを示す。

#### 4.9 ファンクーラーと石油温水機による冷暖房システム

ファンクーラーは井戸水などの冷たい水を通して冷房するのに用いる機種である。井戸水の豊富な地方であれば、井戸水ポンプと接続して経済的な冷房ができる。冬はファンクーラーの管路を用いて石油温水機の温水を通せば、ただちに暖房することができる。放熱器をファンクーラーに変えただけであるが、ファンクーラーそのものは暖房能力あたりの製品価格は割安であり、経済的に設置できるメリットがある。

図 4.9 にこのシステムを示す。

#### 4.10 石油温風暖房機と冷房機による冷暖房システム

石油温風暖房機にはガンタイプバーナを用いたものや、ポットタイプバーナを用いたものなどがある。いずれも屋内設置となる。すなわち、床置温風吐出形または機械室設置形（ダクト接続）である。温風暖房方式は石油温水機による温水方式に比べれば、設置費の点では非常に低額となるが、人の生活域に近く設置されるので騒音が大きくなるなどの欠点もある。図 4.10 に大形でのシステムを示す。

小規模であれば図 4.11 に示したように大形石油ストーブと小形ルームクーラーによる方法が簡便である。大形石油ストーブは灯油入力で 15,000 kcal/h 程度のものが多く、この能力で家屋の構造が適していれば相当広範囲の暖房が可能であるし、また暖房能力は普通、油量調節器のつまみを調節して 5,000 kcal/h 程度にまで下げることができる。したがって人為的ではあるが温度の調節も可能である。

このとき冷房は小形のルームクーラーが適当で、窓掛形やセパレート形がある。窓掛形としては、MW-16形、MW-22形、セパレート形にはMS-22形などがあり、さらに冷房能力が必要であればMW-35形などもある。このような冷房機は年ごとに増加させていくこともでき、一度に高額投資をしなくてもよい点は利点である。

これらの方式は一般に「火元」を屋内に持込むので、可燃物に対する注意、灯油の取扱い、漏れの注意など、正しい取扱いと厳重な監視が必要である。

### 5. 冷暖房システムの決定

以上述べたように冷暖房のシステムには多くの種類があり、それぞれの特長をそなえている。これらのうち、どれを選ぶのが適当かはむずかしい問題である。しかし施主の要求をよく知れば快適性、設備費用、維持費などの点でシステムがしばられてくるものである。以下に冷暖房システムの決定にあたっての手順について述べる。

#### 5.1 前もって打合せておくこと

住宅の冷暖房システムを決定するにあたっては、

- (1) 施主のシステムに対する好みや要求
- (2) 施主の出費できる限度額
- (3) 施主の希望する快適性および規模

などについてよく打合せなければならない。

施主には、要求や希望は、はっきりと提示してもらう必要があるし、施工側も了解を求めるべき点は詳細に説明し、食い違いのないようにするべきである。一般に新設住宅では施主の希望により家屋構造を変えることができるので柔軟性はあるが、既設の住宅の場合には制約が多い。とくに、ダクト工事を既設住宅に施工するのは困難である。また、木造家屋には100kgを越える製品を置くことは不安である。さらにまず冷温水方式で行きたいとか、冷温風方式がよいとか、暖房を先行し、あとで冷房を入れたいなどの大筋を決めることである。

つぎに総合した支出額または第一次の支出の限度額を打合せて、あとで金額上の問題がおこることを防止する。そして予算を勘案しながら冷暖房する面積や部屋数と、そこに用いる機器を考慮することになる。

#### 5.2 冷暖房用機器の選定

冷暖房の規模が決まり、そのへや数、面積が決まると放熱器などの容量が決まり熱源機器の容量を決めることになる。給湯をする場合には家族構成、使用度数などを考え、石油温水機的能力に加算しなければならない。

ここでは例を用いて概算として説明する。実際には、配管上の問題、ポンプ決定の問題など複雑であるが省略し簡単にした。図5.1で示した住宅に冷暖房することを考える。冷暖房システムは図4.1で示した石油温水機と冷水供給機を用いて行ない、給湯を行なうものとする。したがって放熱器は「リビングマスタ」を用いることになる。

表3.1はへやの大きさに対して適当な放熱器容量および種類を選ぶ規準を示したものである。この表を用いれば選択は簡単である。表5.2に暖房負荷見積表があるのでこれで補正すればよい。いま、家屋が和風木造家屋とすれば、放熱が多いので適当な温度に保つためには1m<sup>3</sup>あたり150kcal/hが必要であろう。地域によっては表5.3で補正すればよい。表5.1は東京の場合を示している。

放熱器に「リビングマスタ」LV-200 HE 3台およびLV-400 HEを表5.4に示すように用いる。これらの冷房および暖房時の能力合

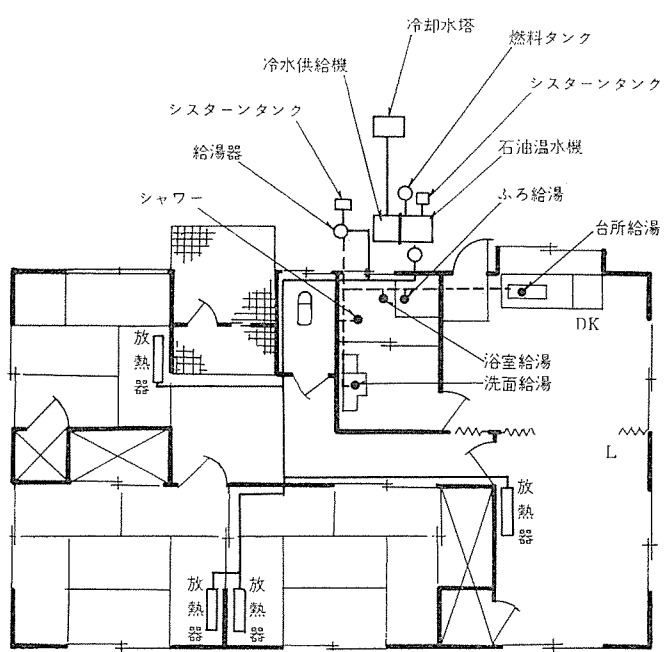


図 5.1 冷暖房システムの実施例  
Practical example of central heating and cooling system.

計は表のようになる。東京地区で冷房能力の必要量は暖房のその約1/2であるから、この計画なら十分であろう。

以上の計算表より図5.1の住宅について必要冷暖房容量を計算すれば表5.4のとおりとなる。表5.4によれば、冷房の必要量は11,330kcal/hであるから冷水供給機はCR-5形が適当である。CR-5形は冷却水塔を使用して、5°Cの冷水を供給するときの能力が12,400kcal/hである。また、暖房の必要量は28,080kcal/hであるから石油温水機PB-30B形が適当である。PB-30B形は出力30,000kcal/hである。

ここでふろへの給湯を計算から除いているが、暖房とふろへの給湯を併用するには能力的に不足であるからである。PB-30Bを用いて200ℓ入るふろに約30分で給湯するには15,000kcal/h以上が必要であって、暖房能力と合算すると30,000kcal/hを越える。したがって暖房がふろ給湯時に一時的に能力低下をよいとすればできないことはない。一般に住宅ではピークロードに備えて石油温水機的能力を選ぶのは得策でない。これは購入価格も維持費も工事費も高価になるからである。熱交換器を備えた給湯器で、低ロード時に貯湯しておけば、ふろ給湯時の暖房能力の低下が避けられる。

表5.5に給湯負荷見積用の資料を示す。

室内放熱器の配置については基本的な使い方があるが、とくに寒い地域や暑い地域を除いては便宜性本位に考えてよい。たとえば、配管が短かくてすむ、放熱器がじゃまにならないなどの条件を優先してさしつかえない。熱源機器としての石油温水機は、火を用いる設備であるから地方によっては届出義務があるし、また、燃料タンクについても貯蔵量についての規制があるので注意を要する。

#### 5.3 室温の制御とシステムの制御

暖房時も、冷房時も室内を適温に制御するものとして室内温度調節器がある。室内温度調節器で放熱器の送風機をON-OFF制御する方法がとられている。最も望ましい方法は、放熱器ごとに流量調節弁を設け、これと温度検出端を連動させることで自動流量制御することである。このような方法は、初めから配管に組込むことになるので前もって打合せるべきである。しかし、一般にこれらの方法

表 5.1 放熱器と適応したへやの面積

Selection table of heating elements.

| 放熱器の種類                             |        |         | 形 名       | 冷房・暖房能力 (kcal/h) と適応する部屋の広さ (m <sup>2</sup> ) |       |       |                                |       |                                |       |  |
|------------------------------------|--------|---------|-----------|-----------------------------------------------|-------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|--|
|                                    |        |         |           | 1,000                                         | 2,000 | 3,000 | 4,000                          | 5,000 | 6,000                          | 7,000 |  |
| 暖房専用                               | パネルヒータ |         | PH-12L    | 1200                                          |       |       |                                |       |                                |       |  |
|                                    |        |         | PH-17L    | 1700                                          |       |       |                                |       |                                |       |  |
|                                    |        |         | PH-19L    | 1900                                          |       |       |                                |       |                                |       |  |
|                                    |        |         | PH-27H    | 2700                                          |       |       |                                |       |                                |       |  |
|                                    | 温風暖房機  | F形      | VW-250HB  | 2800                                          |       |       |                                |       |                                |       |  |
|                                    |        |         | VW-400HB  | 4000                                          |       |       |                                |       |                                |       |  |
|                                    |        |         | VW-600HB  | 5700                                          |       |       |                                |       |                                |       |  |
|                                    |        | S形      | VW-200S   | 2000                                          |       |       |                                |       |                                |       |  |
|                                    |        |         | VW-300S   | 3000                                          |       |       |                                |       |                                |       |  |
|                                    |        |         | VW-400S   | 4000                                          |       |       |                                |       |                                |       |  |
|                                    |        | VW-600S | 5700      |                                               |       |       |                                |       |                                |       |  |
| 冷暖房用                               | リビング用  | H形      | LV-200HE  | 2000                                          | 3400  |       |                                |       |                                |       |  |
|                                    |        |         | LV-300HE  | 3000                                          | 4900  |       |                                |       |                                |       |  |
|                                    |        |         | LV-400HE  | 4300                                          | 7000  |       |                                |       |                                |       |  |
|                                    |        | S形      | LV-200SEB | 2000                                          | 3400  |       |                                |       |                                |       |  |
|                                    |        |         | LV-300SEB | 3000                                          | 4900  |       |                                |       |                                |       |  |
|                                    |        |         | LV-400SEB | 4300                                          | 7000  |       |                                |       |                                |       |  |
|                                    | D形     |         | LV-200DEB | 2000                                          | 3400  |       |                                |       |                                |       |  |
|                                    |        |         | LV-300DEB | 3000                                          | 4900  |       |                                |       |                                |       |  |
|                                    |        |         | LV-400DEB | 4300                                          | 7000  |       |                                |       |                                |       |  |
|                                    |        |         |           |                                               |       |       |                                |       |                                |       |  |
| 適応する<br>間取り面積<br>(m <sup>2</sup> ) |        |         | 木造 洋風     | 10.                                           | 20.   | 30.   | (150kcal/m <sup>2</sup> h)     |       |                                |       |  |
|                                    |        |         | 木造 和風     | 10.                                           |       | 20.   | 30. (200kcal/m <sup>2</sup> h) |       |                                |       |  |
|                                    |        |         | コンクリート    | 10                                            | 20.   | 30.   | 40.                            | 50.   | 60. (100kcal/m <sup>2</sup> h) |       |  |

表 5.2 暖房負荷見積表  
Estimates of heating load.

| 建 物      |     | 暖房負荷 kcal/m <sup>2</sup> h | 暖房可能面積 m <sup>2</sup> |              |              |
|----------|-----|----------------------------|-----------------------|--------------|--------------|
|          |     |                            | 15,000kcal/h          | 30,000kcal/h | 50,000kcal/h |
| コンクリート建物 | 最上階 | 110~180                    | 83                    | 165          | 275          |
|          | 1 階 | 70~110                     | 130                   | 260          | 445          |
|          | 延面積 | 70~90                      | 150                   | 300          | 500          |
| 洋風木造     | 各 室 | 100~150                    | 92                    | 185          | 305          |
|          | 延面積 | 90~110                     | 120                   | 240          | 400          |
| 和風木造     | 各 室 | 120~200                    | 75                    | 150          | 250          |
|          | 延面積 | 110~150                    | 96                    | 190          | 320          |

暖房負荷とは室内外の温度差により壁、とびら、屋根、天井、窓よりの伝熱、換気による損失で決めねばならないが、大略的には本表が用いられる。

表 5.3 補正係数表  
Correction rates of heating load.

| 地 域        | 札幌   | 函館<br>松本<br>長野 | 弘前<br>秋田<br>青森 | 宇都宮  | 仙台<br>甲府<br>福島<br>山形 | 新潟<br>富山<br>名古屋 | 東京<br>京都<br>高松<br>米子<br>奈良 | 大阪   | 神戸<br>岡山<br>広島 | 鹿児島  |
|------------|------|----------------|----------------|------|----------------------|-----------------|----------------------------|------|----------------|------|
| 暖房可能面積補正係数 | 0.63 | 0.74           | 0.80           | 0.84 | 0.95                 | 1.05            | 1.00                       | 1.10 | 1.10           | 1.20 |
| 暖房負荷補正係数   | 1.60 | 1.35           | 1.25           | 1.20 | 1.15                 | 1.05            | 1.00                       | 0.95 | 0.95           | 0.85 |

表 5.4 熱源機器容量の決定  
Determination of heat source capacity.

| 冷暖房能力概算                 |           | 冷 房           | 暖 房           |
|-------------------------|-----------|---------------|---------------|
| 4.5畳用放熱器                | LV-200 HE | 2,000 kcal/h  | 3,400 kcal/h  |
| 6畳用放熱器                  | LV-200 HE | 2,000 kcal/h  | 3,400 kcal/h  |
| 6畳用放熱器                  | LV-200 HE | 2,000 kcal/h  | 3,400 kcal/h  |
| DK およびL用放熱器             | LV-400 HE | 4,300 kcal/h  | 7,000 kcal/h  |
|                         |           | 10,300 kcal/h | 17,200 kcal/h |
| 給湯能力概算                  |           |               |               |
| シャワー                    | 1         | 75.5 l        |               |
| 手洗器(洗面)                 | 1         | 5.5 l         |               |
| 手洗器(浴室)                 | 1         | 5.5 l         |               |
| 台所給湯                    | 1         | 38 l          |               |
|                         |           | 124.5 l       |               |
| 124.5 l に対する必要熱量は       |           |               | 6,200 kcal/h  |
| 暖房中の放熱損失を暖房給湯合計の 20%として |           |               | 4,680 kcal/h  |
| 石油温水機に必要な容量             |           |               | 28,080 kcal/h |
| 冷房中の放熱損失を冷房合計の 10%として   |           |               | 1,030 kcal/h  |
| 冷水供給機に必要な容量             |           |               | 11,330 kcal/h |

表 5.5 給湯負荷見積表  
Estimates of hot water supplies.

一般住宅の器具 1 台当り、1 時間当りの湯使用量

| 器具 1 台/1 時間 | 個人用手洗 | シャワー | 台所用 | 洗たく用 | 掃除用 |
|-------------|-------|------|-----|------|-----|
| 湯 使 用 量 (l) | 5.5   | 75.5 | 38  | 28.5 | 57  |

湯量に対する必要熱量 (冬の場合)

| 湯 量 (l)     | 10  | 20  | 30    | 40    | 50    |
|-------------|-----|-----|-------|-------|-------|
| 必要熱量 (kcal) | 480 | 960 | 1,440 | 1,920 | 2,400 |

は高価である。

システム全体の制御用にプログラムがある。これは一種のタイマであって24時間のスケジュールが組み込める。運転開始の時間指示、一定時間の運転停止もできる。したがって維持費低減のためにも役立つものである。

## 6. む す び

以上、住宅の冷暖房の現状と将来、各種の冷暖房システムについて、また実際に設置するときの概算の仕方について述べた。これらからいえることは「これが決定版である」といえるものではなく、各種の条件を考えるとそれぞれに長所があることがわかる。しかし、特長的にまとめてみて、つぎのようにいえないだろうか。

### (1) 最高級形を求めるなら

石油温水機の温水で暖房し給湯器に温水を通して給湯し、冷水供給機で冷水を作り、冷暖房兼用形放熱器を用いて冷暖房する。そして放熱器に自動温度調節器を付け室温を制御する方式。

### (2) コンパクト形を求めるなら

温水暖房用温水コイルの組込まれた冷房機をまじえてシステムを構成し、暖房には暖房専用放熱器を用い、冷房には冷房機をそのまま運転して行なう方式。給湯器を用いて給湯すれば、なおよいシステムとなる。

### (3) 簡便形を求めるなら

石油温水機の温水を暖房専用放熱器に流して暖房し、冷房は窓掛形やセパレート形ルームクーラーを用い、逐時、増加させて冷暖房を行なう方式。給湯器を用いて給湯すれば、なおよいシステムとなる。

石油の消費量は、エネルギー源として各国とも増大の一途をたどり、わが国でも今後ますます増加が見込まれている。その主要な用途は火力発電における重油の消費であり、ついで石油化学といわれる。そして灯油はこの増加とともに増加するとみられる。したがって家庭で灯油を熱源として用いることは、今後相当長期間続くみて誤りない。これとともに各家庭への灯油の供給態勢も整い、現在の自動供給方式はさらに充実したものになるであろう。そして、灯油による住宅の冷暖房はますます普及すると考えられるのである。

## 冷水・温水による住宅冷房・暖房機器

岩崎 善彦\*

## Domestic Air Conditioning Equipment with Cold and Hot Water

Wakayama Works Yoshihiko IWASAKI

Many of domestic air conditioning systems depend on cooling and heating of individual rooms with stoves and room air coolers.

But they pose a number of problems from the viewpoint of sanitation, fire hazard and noises. To avoid them a central heating system using cold and hot water by means of a water chiller and an oil fired water heater is coming into use. The installation combines an air conditioner and a hot water supplier for domestic need. It has been feared that the central heating system is very expensive to set up, whereas Mitsubishi has developed a Season Pac Master, a combination of an oil water heater, a water chilling unit and a circulating pump, cutting down the installation cost by 10~15%. At present construction costs account for a major portion, but future improvement is believed to do away with them.

## 1. ま え が き

住宅暖房としても生活様式の変遷により、従来の冬ごもり的な個人暖房方法から、部屋全体を暖める活動的な健康暖房にかわりつつある。

エネルギー源としても代表的なものとして電気・ガス・石油があるが、この内でも維持費の安い石油燃料の普及が著しい。この石油燃料をエネルギー源として中央集中暖房と給湯という、水を利用した、セントラルヒーティングの普及が住宅用として最近めざましくなっている。従来の暖房方式である。石油ストーブ暖房では部屋内に石油を持込むため、取扱い不注意で火災の心配が抜け切らず、また、排ガス暖房のため、居住区域内の空気がよごれ非衛生的である。これら火災予防上、衛生上の問題をなくすため、防火構造のボイラ室に石油温水機を据え、ここで温水を得て各室に温水を循環させて、衛生的な暖房・給湯をするセントラルヒーティングの普及になったものである。また、冷房についても、温水のかわりに冷水を得るウォーターチリングユニットを据付けることにより、各室内熱交換装置と配管はそのまま冷房も簡単にできる。室内熱交換装置は、熱交換器とファンにより構成される簡単なユニットであるため、低騒音・低振動はもちろん、軽量で部屋の用途、大きさ、構造に応じ床置き・天井つり・埋込式を自由に選定できる。

住宅用のように、多数へやの個別制御・選択冷暖房の場合は、水方式は他の直膨方式に比べ設備費が安くでき、また、ダクト方式に比べ熱量搬送スペースが少なくなり、最近の住宅のようにスペースの狭いところでも容易に工事ができ、新築はもちろん、既設建物にでも工事の適用が簡単である。

本文においては、住宅用・小規模業務用として適用される冷水・温水供給装置、1台で冷水・温水が得られるシーズンパックマスターの構造・性能を中心として、水による冷暖房方式の関連機器について述べる。

本文で対象とする機器の容量は、石油温水機 80,000 kcal/h 以下、ウォーターチリングユニット 5.5 kW 以下に限定して記述する。

## 2. 冷温水による住宅冷暖房システムおよび特長

住宅用冷暖房機器としての必要条件として次のものを要求される。

- (1) 安全性が高く、操作が容易で簡単なこと。

- (2) 室内が活動的で、健康上害のないこと。

- (3) 火災その他の事故のないこと。

- (4) 騒音・ドラフトのないこと。

- (5) 外気温度による適正制御・個別制御など容易であること。

- (6) 室内熱交換器は露出形・埋込形と部屋に応じ選定でき、露出形でも家具調度的であって、かつ、スペースをとらぬこと。

- (7) 設備費・維持費の安いこと。

一般に理想的な冷暖房の方式は冷水・温水によるものであるが、この水回路システムの1例を図2.1に示す。

冷温水・冷暖房の特長はつぎのとおりである。

- (1) 水を中間媒体として使用するため、蓄冷熱ができ、負荷変動の激しいときでも使用できる。

- (2) 水温を自由に調節できるため、外気温に応じ快適な冷暖房ができる。

- (3) ファンコイルユニットのファンスピードを変えることにより、同じ水温でも部屋の要求に応じ室温の調節が容易にできる。

- (4) 室内熱交換器・配管関係は冷暖両方に使えるので、効率的である。

- (5) 冷房・暖房の切換えは容易である。

- (6) 水を使用しているため、風呂・台所などの給湯も可能になる。

当社は、水によるセントラルエアークンディショニングとして、暖房用熱源に

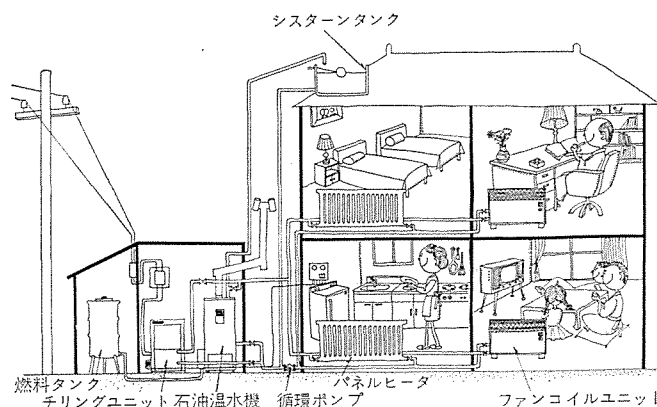


図 2.1 冷温水による住宅冷暖房の配管、配線図例  
Example of piping and wiring for residential air conditioning with cold and hot water.

石油を使用した温水機を熱出力で 15,000 kcal/h から 110,000 kcal/h まで 6 機種をそろえ、冷房用熱源としてウォーターチリングユニット、1 トン・1.5 トン・2 トンは単相電源、2 トン以上は 3 相電源で、各馬力そろえている。これらに関連する機器としても、システム構成機器全部をそろえ、必要な能力に応じ適するものを選定できるシステムになっている。

### 3. 冷水発生装置

冷水発生装置はウォーターチリングユニットと呼ばれているもので、図 3.1 に CR-8 の外形写真を示す。

室内熱交換器（ファンコイルユニット）から返ってきた水（10～15℃）を 7～9℃ 程度まで冷却して、室内熱交換器に送水する装置をウォーターチリングユニットと呼ぶ。ウォーターチリングユニットの特長の一つは、水を媒体とするため、低負荷でも安定した運転が維持でき、また、蓄冷をすることにより、小容量のウォーターチリングユニットでも定格以上のせん（尖）頭負荷に耐えることができることである。

一般住宅用として使用されるものは、1 HP から 7.5 HP であるが、当社としては、とくに住宅用として小数へやの選択冷房用として、CR-1 S, 1.5 S, 2 S を単相空冷で、小規模の業務用として CR-2, 4, 5, 8 形を 3 相、水冷式で、さらに、CRH-4～8 形には 1 台で冷暖房を可能にしたヒートポンプユニットとして使用できるものも製造している。

表 3.1 にチリングユニットの仕様一覧を示す。

#### 3.1 住宅用チリングユニット

住宅の冷房としても、現段階では小数へやの選択冷房が経済的である。すなわち、図 2.1 に示すとおり、暖房は全へやできるようにしていても、冷房は特別なへやにかぎり、かつ、その中の必要なへやのみを選択冷房する。このようにすると、室内側熱交換器は全へやに必要であるが、冷水供給装置の容量は小さくできるため、各へやに直膨式ルームクーラーを設置するよりも設備費は安くなる。また、この冷房は温水によるセントラルヒーティング設備のあるシステムに適用しやすい。

住宅用チリングユニットとしての CR-1 S～2 S のおもな特長はつぎのとおりである。

- (1) 単相電源で運転できる。
- (2) 凝縮器は取付容易な空冷式である。
- (3) 冷却器は効率のよいインナーフィンチューブを採用したチューブインチューブ式。
- (4) 軽くて据付場所をとらないコンパクト形。
- (5) 室内よりリモートコントロールも可能である。
- (6) 安全装置が完備している。
- (7) 能力としては、CR-1 S で 1 へやの冷房程度であるが、冷房負荷を多く必要としない場合は、若干高温運転になるが多数部屋の冷房も可能である。

容量 1 HP, 1.5 HP 程度は 1 へやの冷房能力をもつ程度であるので、室内熱交換ユニットとしても小容量で、かつ、ウォーターチリングユニットとポンプを遠隔制御できるものが便利である。

図 3.2 に室内熱交換器 2 台と、ウォーターチリングユニットの組合わせで選択冷房のできる配線図を示す。動作は表 3.2 のとおりとなる。

すなわち、朝、夜など負荷の小さいときは、2 台の室内熱交換器の負荷には十分であるが、昼間の負荷の大きいときは、1 へやの冷房能力しかない。昼間 2 台を運転して、各部屋の冷房不十分のとき

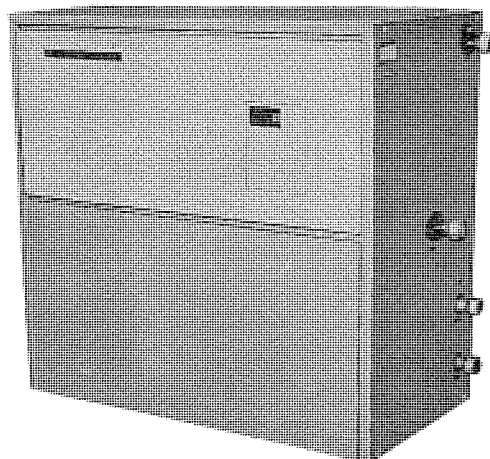


図 3.1 CR-8 形チリングユニット外形  
Exterior view of type CR-8 chilling unit.

表 3.1 チリングユニット仕様  
Specification of chilling units.

| 項目            | 形名                 | 冷水用         | CR-1S                           | CR-1.5S | CR-2S            | CR-2              | CR-4                    | CR-5B               | CR-8B               |
|---------------|--------------------|-------------|---------------------------------|---------|------------------|-------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|
|               |                    | 冷温水用        | —                               | —       | —                | —                 | CRH-4                   | CRH-5B              | CRH-8B              |
| 外形寸法<br>(mm)  | 高                  | さ           | 723                             | 749     | 854              | 771               | 935                     | 1,152               | 1,172               |
|               | 幅                  |             | 434                             | 510     | 776              | 692               | 1,100                   | 1,100               | 1,200               |
|               | 奥                  | 行           | 584                             | 534     | 582              | 592               | 450                     | 541                 | 601                 |
| 外             |                    | 観           | 高級仕上鋼板製パッケージ形アクリル焼付塗装<br>ソフトブルー |         |                  |                   |                         |                     |                     |
| 圧縮機           | 電                  | 源 (V)       | 単相100<br>50/60Hz                |         | 単相200<br>50/60Hz |                   | 三相 200 50/60Hz          |                     |                     |
|               | 形                  | 式           | 全 密 閉 形                         |         |                  |                   |                         |                     |                     |
|               | 出                  | 力 (kW)      | 0.75                            | 1.1     | 0.75×2           | 1.5               | 2.5                     | 3.75                | 5.5                 |
| 凝縮機           | 形                  | 式           | 空冷プレートフィン<br>チューブ式              |         |                  | 水冷二重管式            |                         |                     |                     |
|               | 配                  | 管 接 続       | —                               | —       | —                | PT <sub>3/4</sub> | PT, 1                   | PT <sub>1 1/4</sub> |                     |
|               | 送                  | 風 機 (W)     | 25                              | 30      | 25×2             | —                 |                         |                     |                     |
| 冷却器           | 形                  | 式           | 二 重 管 式                         |         |                  |                   | 横形シェラードイン<br>ナーフィンチューブ式 |                     |                     |
|               | 配                  | 管 接 続       | PT, 1                           |         |                  |                   |                         | PT <sub>1 1/4</sub> | PT <sub>1 1/2</sub> |
| 冷 媒 制 御 方 式   |                    | キャピラリーチューブ  |                                 |         |                  |                   | 外部均圧形自動温度式              |                     |                     |
| 使 用 冷 媒       |                    | R-22 (充てん済) |                                 |         |                  |                   |                         |                     |                     |
| 安 全 装 置       | 高圧圧力スイッチ           |             | 1                               | 1       | 2                | 1                 | —                       | —                   | —                   |
|               | 高低圧圧力開閉器           |             | —                               | —       | —                | —                 | 1                       | 1                   | 1                   |
|               | 電動機・オーバーロードリレー     |             | 1                               | 1       | 2                | 1                 | 1                       | 1                   | 1                   |
|               | 電動機・インナーサーモスタット    |             | —                               | —       | —                | —                 | 1                       | 1                   | 1                   |
|               | 制御回路ヒューズ           |             | 2                               | 2       | 2                | 2                 | 1                       | 2                   | 2                   |
|               | 高圧側可溶せん凍結防止サーモスタット |             | —                               | —       | —                | —                 | 1                       | 1                   | 1                   |
|               |                    |             | 1                               | ※ (1)   | 1                | 1                 | —                       | 1                   | 1                   |
| 制 御 機 器・付 属 品 | 温度調節器 (冷水用)        |             | 1                               | 1       | 1                | 1                 | 1                       | 1                   | 1                   |
|               | 温度調節器 (温水用)        |             | —                               | —       | —                | —                 | 1                       | 1                   | 1                   |
|               | 電 磁 開 閉 器          |             | 1                               | 1       | 2                | 1                 | 1                       | 1                   | 1                   |
|               | 押しボタン<br>スイッチ      | 起 動 用       | —                               | —       | 1                | 1                 | 1                       | 1                   | 1                   |
|               |                    | 停 止 用       | —                               | —       | 1                | 1                 | 1                       | 1                   | 1                   |
|               | 遅 延 リ レ ー          |             | —                               | —       | 1                | —                 | —                       | —                   | —                   |
|               | 圧 力 計              |             | —                               | —       | —                | —                 | 1                       | 1                   | 1                   |
|               | 連 成 計              |             | —                               | —       | —                | —                 | 1                       | 1                   | 1                   |
|               | 運 転 表 示 灯          |             | —                               | —       | 1                | 1                 | 1                       | 1                   | 1                   |
|               | 電 源 表 示 灯          |             | —                               | —       | —                | —                 | 1                       | 1                   | 1                   |
|               | 電 磁 接 触 器          |             | 2                               | 2       | 2                | 1                 | 1                       | 1                   | 1                   |
|               | サービスチェック<br>バルブ    |             | —                               | —       | —                | 1                 | 2                       | 2                   | 2                   |
|               | サ ー ビ ス ス イ ッ チ    |             | 1                               | 1       | —                | —                 | —                       | —                   | —                   |
| 製 品 重 量 (kg)  |                    |             | 80                              | 83      | 160              | 125               | 210                     | 300                 | 360                 |

注) ※は冷水用温度調節器を兼用する  
温度調節器 (温水用) は CRH 形にのみ付属する

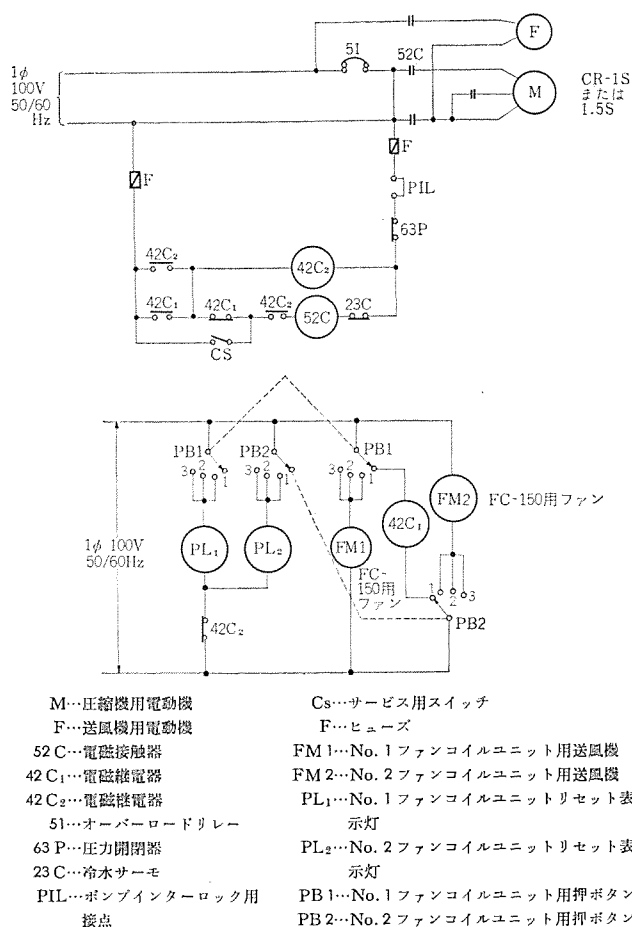


図 3.2 CR-1S と FC-150 の組合わせ配線図  
Combination wiring diagram of CR-1S and FC-150.

表 3.2 室内熱交換器とチリングユニットの組合わせによる動作  
Operation through the combination of indoor heat exchanger and chilling unit.

|                    | 冷 房          | 異常表示                   | 再 起 動                                                         |
|--------------------|--------------|------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 室内熱交換器 2 台<br>運転   | 高負荷では不<br>十分 | 双方異常灯<br>点灯            | ウォーターチリングユニット点検<br>後、双方の熱交換器共「切」にし、<br>赤ランプ消灯後必要な方を「入」<br>にする |
| 室内熱交換器 1 台<br>のみ運転 | 冷房十分         | 運転中の室内<br>熱交換器のみ<br>点灯 | ウォーターチリングユニット点検<br>後、運転中の熱交換器を一度「切」<br>にして「入」にする              |

は、1台のみの選択冷房にする。もし、高負荷、あるいは、その他の原因で異常停止（高圧カット、冷水の凍結事故、過電流）の場合には室内熱交換器は赤ランプが点灯して停止する。ウォーターチリングユニットの再起動はチリングユニットの事故点検後室内熱交換器をリセットする。この場合、2台の室内熱交換器が運転していた場合は、1台を「切」にしても、なお赤ランプは消灯しない。2台とも「切」にして各室内熱交換器のランプ消灯を確認してリセットすることは、2台運転による過負荷停止を発見するためである。この制御方式は室内熱交換器に制御器を組込まない場合は、別付のリモートコントロールボックスにて制御するものである。

室内熱交換器はとくに日本間用として開発したもので、能力は冷房 1,500 kcal/h、暖房 2,000 kcal/h 程度、6～8 畳用の床置きで、冷気は上方吹出し、暖気は前方吹出しとして、理想に近い冷暖房気流

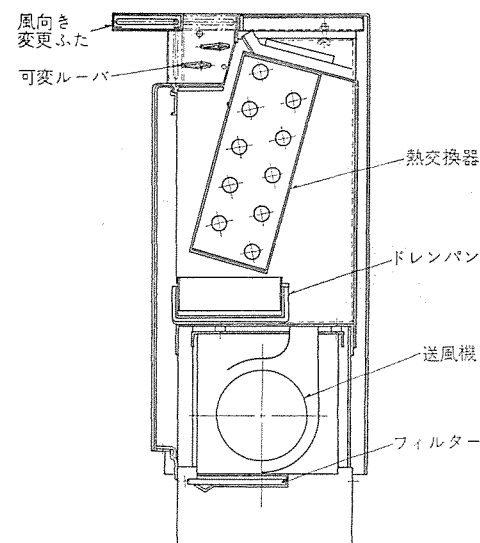


図 3.3 LV-150 形ファンコイルユニット内部構造図  
Interior construction of type LV-150 fan coil unit.

を得るために、風の方角を前下方（暖房時）から上方（冷房時）まで変えられるルーバ 2 枚と、1 枚の風向変更ふた（蓋）をつけ、前面、あるいは、上面をおおうようなパネルを持ったことを特長とするものである。もちろん負荷に応じ送風機速度は 3 段に切換可能である。

この横断面図を図 3.3 に示す。もちろんこの室内熱交換器は暖房にも使用できるもので、暖房時には 2 部屋の同時暖房を可能にするものである。

### 3.2 業務用ウォータチリングユニット

3 相電源を使用しているもので、小規模業務用、あるいは、住宅用として使用されている。容量も十分大きいものがあるため、温水機を組合わせ全室の冷暖房もできるものである。

おもな特長はつぎのとおりである。

(1) 据付け面積に大きく影響する間口を小さくしたため、機械室は小さくても据付けできる。

(2) 軽量であるため、運搬、基礎工事などが容易である。

(3) 水配管（冷水、冷却水）は機械のどちらからでも施工できる。

(4) 圧縮機は低振動、低騒音の全密閉形を使用し、さらに、組込み時に、防振、防音処置を完全にしているため、低騒音、低振動である。

#### 3.2.1 構造

ウォーターチリングユニットはキャビネット付きパッケージタイプで、図 3.4 に CR-8 形チリングユニットの内部構造図を示す。主要部品の配置は、フレームの下部に防振装置を介して圧縮機を取付け、その横には凝縮器を配置している。上部に冷却器を載せ 4 本のボルトで止めている。電磁開閉器・電磁継電器を納めた制御箱は正面中央部に位置して取付けている。外装キャビネットは高級炭素鋼板のアクリル焼付塗装で、電源表示灯、運転表示灯は外部から点検でき、操作パネルの内側には、運転停止用押しボタンスイッチ、温度調節ダイヤル、高低圧圧力計が内蔵されている。工事を容易にするため、冷却水、冷水とも両側面いずれの側からでも水配管できるようになっている。

各部の構造についてはつぎのとおりである。

#### (1) 圧縮機

圧縮機は小形高性能な全密閉形 2 極電動圧縮機で、巻線には直接

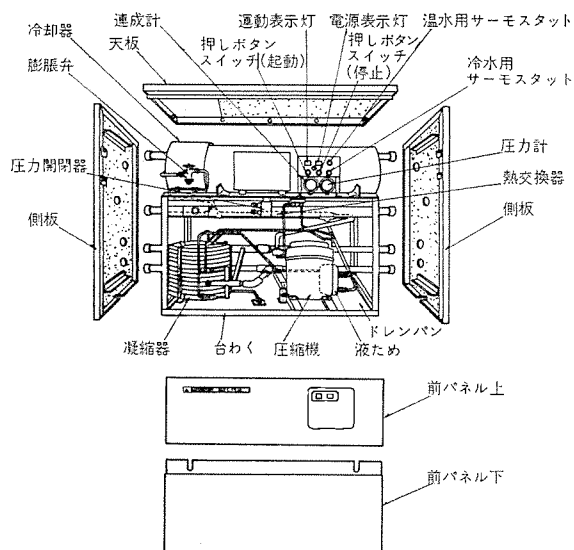


図 3.4 CR-8 形 チリングユニット 内部構造図  
Interior construction of type CR-8 chilling unit.

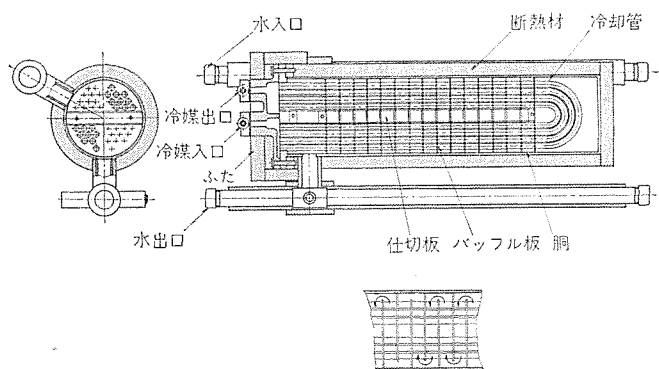


図 3.5 冷却器内部構造図  
Interior construction of cooler.

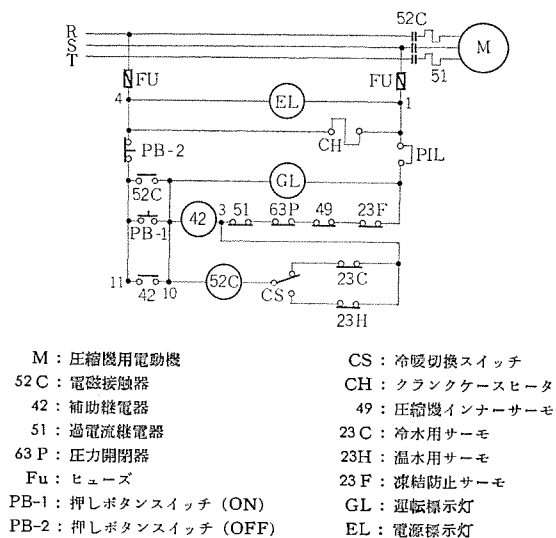


図 3.6 CR-8 形 チリングユニット 配線図  
Wiring diagram of type CR-8 chilling unit.

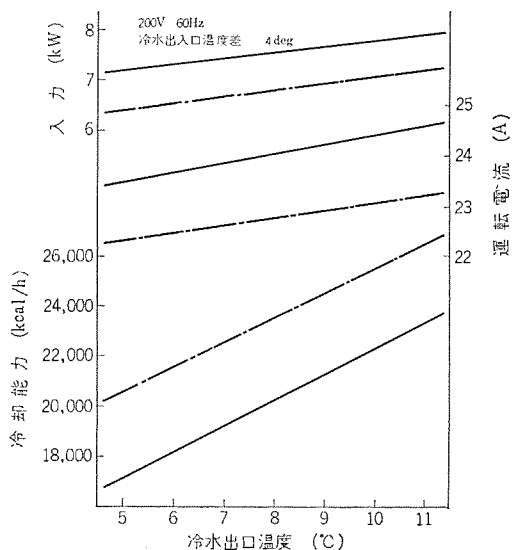


図 3.7 CR-8 形 チリングユニット 冷却能力  
Cooling capacity of type CR-8 chilling unit.

## (2) 凝縮器

凝縮器には小形高性能な ローフィンチューブ 使用の二重管コイルを採用している。

## (3) 冷却器

冷却器の構造を図 3.5 に示す。冷却器は Uチューブ 内を冷媒が往復して圧縮機に吸い込まれ、外部の水が邪魔板の間を流れて流れるドライエクspansion 方式であるため、冷媒に溶け込んだ冷凍機油が冷媒と分離してたまることなく、吸入管に運び込まれ、圧縮機の油戻しも完全で、かつ、油によって伝熱を阻害されることもない。多数の冷却管の各管に均一に冷媒を流すため、端ふた(蓋)には細工している。冷却管にはアルミフィン を圧入し、冷媒側の有効伝熱面積の増大を計り、水冷却器の小形化を計っている。シェル、アンド、Uチューブ 式冷却器は、シェル とチューブ が分離でき、水あか(垢)などの除去に便利である。

## (4) 膨張弁

膨張弁には冷却器の冷媒通過抵抗が大であっても、適正な スーパーヒート を維持させるために外部均圧形を使用し、かつ、感温部には閉塞応答を早く、開口速度を緩慢にして、圧縮機への液 バック 防止をはかることを目的とした特殊なものを使用している。

## (5) 安全装置

安全装置として、圧縮機には コイル 温度を感知する インターナルサーモ、過電流に対しては水銀式過電流保護器、高圧・低圧保護器、凍結防止サーモ、可溶せんなどをつけている。

図 3.6 に CR-8 の制御回路を示す。なお、最近冷却水うず流による冷却管事故も考えられ、凝縮器出入口の差圧を感知してインターロックするようにもしている。

## 3.2.2 性能

性能については馬力当たりの能力は非常によい。表示の方法としていろいろあるが、1 例として、図 3.7 に CR-8 の出口水温に対する各特性について示す。騒音については表 3.3 に示す。図 3.8 には水回路の抵抗線図を示す。

## 3.2.3 ヒートポンプユニット

CRH-5~CRH-15 まではヒートポンプユニット として 1 台で冷暖房に使用できるが、これは冷媒回路はそのまま室内に循環させる水回路のみの切換えで暖房するもので、冷房時は冷水を室内熱交換装置

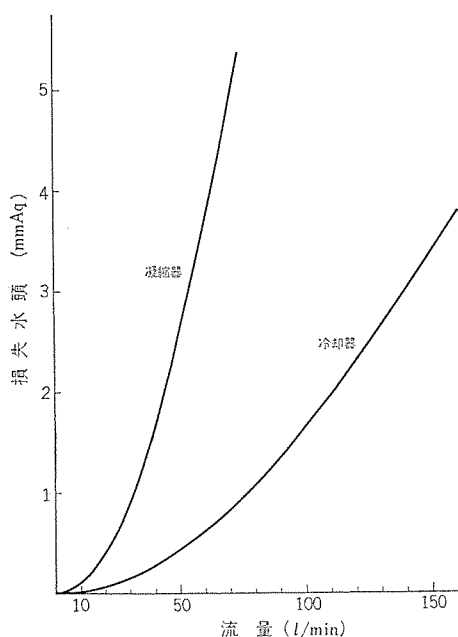


図 3.8 CR-8 形 チリングユニット 損失水頭曲線  
Loss-head curves of type CR-8 chilling unit.

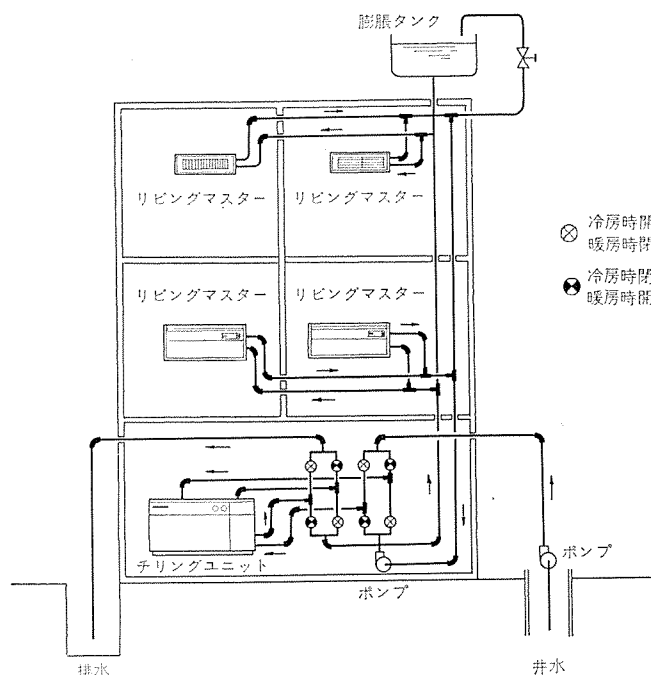


図 3.9 ヒートポンプユニットによる冷暖房配管例  
Example of air conditioning piping.

表 3.3 CR-8 形 チリングユニット 騒音  
Noise of type CR-8 chilling unit.

| 周波数別音圧レベル<br>Hz・dB |       | 前パネル付き |  | 前パネルなし |  |
|--------------------|-------|--------|--|--------|--|
|                    |       |        |  |        |  |
| A 特性               | 8,000 | 38     |  | 49     |  |
|                    | 4,000 | 47     |  | 58     |  |
|                    | 2,000 | 52     |  | 62     |  |
|                    | 1,000 | 54     |  | 69     |  |
|                    | 500   | 56     |  | 66     |  |
|                    | 125   | 57     |  | 52     |  |
|                    | 63    | 52     |  | 55     |  |
| B 特性               | 31.5  | 49     |  | 65     |  |
|                    | A 特性  | 58     |  | 73     |  |
|                    | B 特性  | 60     |  | 72     |  |
| C 特性               |       | 63     |  | 72     |  |

測定点 正面 1m 高さ 1m

に循環し、冷却水は廃水とするが、暖房時は冷却水を室内熱交換装置に循環し、冷水を廃水とするものである。ヒートポンプで得られる温水は 45°C 程度であるため、室内熱交換装置は相当大容量のものが必要がある。ヒートポンプユニットとして使用できるのは、暖房能力確保のために冬期冷水側に井水 (14°C 以上) を使用する必要がある。

図 3.9 にヒートポンプユニットによる冷暖房配管例を示す。

#### 4. 温水供給装置

##### 4.1 温水供給装置の概要

温水を得るための燃料源として、電気、ガス、石油が一般に使用されているが、維持費の点で石油が一番有利である。もちろん、石油を効果的に燃焼させるため油滴にしたり、あるいは、燃焼用空気を送ったり、さらに、自動点火させるためには電気を使用するが、この場合の電気代は灯油に比べ非常に安い。1 例を表 4.1 に示す。

石油を効果的に燃焼させる装置として、蒸発式、遠心式、高圧噴射式が一般に使用される。

蒸発式は周壁に多数の小孔を有する蒸発ざら (皿) に流入した燃料 (一定量連続して補給) は上部の炎のふく射熱を受け蒸発し上昇する。この過程において、周壁の小孔より自然の通風力あるいはファンにより供給された空気とふく (幅) 射熱により蒸発上昇する油の蒸気とが混合して上部で燃焼する方式で、ポット式バーナーと呼ばれる。温水機出力として、20,000 kcal/h 以下のものに多い。

高圧噴射式は燃料を高圧 (7~8 kg/cm<sup>2</sup>) に加圧し、ノズルより噴出させることにより霧状の微粒子にする。ノズル周囲よりは内蔵の送風機で空気を供給することにより、霧と空気が燃焼室で混合し、高温部にさら (曝) され燃焼を維持するもので、ガン式バーナーと呼ばれる。

容量的にも燃焼構成的にもポット式と、ガン式の間隔的なものが遠心式で、これは 1,200~1,600 rpm 程度で回転するアトマイジングカップに燃料を補給すると、遠心力によりアトマイジングカップからチューブを通して燃料が周囲に飛散し、周壁に赤熱しているフレームグリルに衝突して気化燃焼するもので、この方式は前二者に比べ、炎が周壁にリング状に広がっているため、ウォールフレームバーナーと呼ばれ低騒音が特長である。

点火については、自動の場合高電圧スパークか低電圧ヒーターによるが、ポット式は後者が多く、ガン式・ウォールフレームバーナーは前者が多く使用されている。

湯を沸かす方式としても、瞬間式と貯湯式があり、瞬間式はすぐに所要の湯が得られるが、貯湯式はわき上りを待つ必要がある。もし、住宅用のようにふる、その他に大量の湯が必要とされる場合、瞬間式であれば大容量の温水機が必要であるが、貯湯式の場合は軽負荷時に大量の湯を貯湯しているため、短時間では定格能力以上の給湯が可能となる。

表 4.1 1 時間運転の場合の運転費概略  
Operating cost of one hour running.

|       | 灯油代 (円) | 電気代 (円) | 運転費合計 (円) | 比率 = (電気代 ÷ 運転費) × 100 % |
|-------|---------|---------|-----------|--------------------------|
| PB-15 | 42      | 1       | 43        | 2.3                      |
| PB-30 | 73      | 3       | 76        | 4                        |
| PB-50 | 122     | 3       | 125       | 2.4                      |
| PB-80 | 195     | 3       | 176       | 1.5                      |

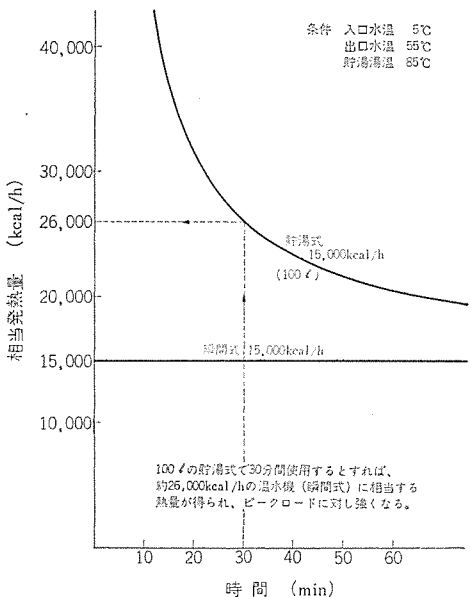


図 4.1 瞬間式温水機と貯湯式温水機的能力比較  
Comparison of capacity between instant water heater and storage water heater.

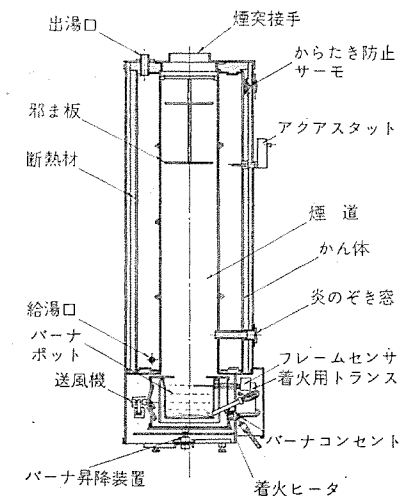


図 4.2 PB-15 形石油温水機内部構造図  
Interior construction of type PB-15 oil-water heater.

図 4.1 に瞬間式と貯湯式的能力比較を示す。たとえば、15,000 kcal/h の温水機で 30 分間給湯するとすれば、瞬間式では 15,000 kcal/h の能力そのままであるが、貯湯式では 26,000 kcal/h に相当する熱量が得られる。このことは、貯湯式は小容量でもせん頭負荷に対しては有利であることを示す。表 4.2 に三菱石油温水機の仕様について示す。構造については、図 4.2 に PB-15、図 4.3 に PB-50 を示す。

#### 4.2 三菱石油温水機の特長

##### (1) からたき(空焚)防止装置を完備

水道の断水、凍結など、低水位になった場合、温水機がからたきになるので、これを防止するため、PB-30~80 は排ガス温度にて動作するヒューズを、PB-15 にはかん(缶)体過熱にて働くバイメタルサーモをインターロックしてからたきに対する安全性を確保している。

##### (2) かん体内面はさび(錆)止め処理

かん体には PB-15 は 18-8 ステンレス鋼、PB-30 以上は炭素鋼鋼板に亜鉛溶融メッキしている。とくに PB-50、80 のように給湯コイル内蔵のものでも亜鉛メッキしているので、給湯として使用できる。

##### (3) サービス性が高い

表 4.2 石油温水機仕様  
Specification of oil-water heaters.

| 形 名                    |                           | PB-15                 | PB-15 S      | PB-30                                        | PB-50                    | PB-80                    |
|------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------|----------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 電 源                    |                           | AC 100 V 1 φ 50/60 Hz |              |                                              |                          |                          |
| 全 入 力 VA               |                           | 60/50                 | 60/50        | 640/510                                      | 640/510                  | 640/510                  |
| 外 形 寸 法 mm             |                           | 高さ1,503×500φ          | 高さ1,558×500φ | 高さ 幅 奥行<br>1,316×560×610                     | 高さ 幅 奥行<br>1,361×700×730 | 高さ 幅 奥行<br>1,389×800×830 |
| 能 力 kcal/h             |                           | 15,000                | 15,000       | 30,000                                       | 50,000                   | 80,000                   |
| 燃 焼 機                  | 使 用 燃 料                   | 灯 油 1 号               |              | 灯 油 1, 2 号                                   |                          |                          |
|                        | 燃 料 消 費 量 l/h             | 2.5                   | 2.6          | 4.3                                          | 7.2                      | 11.5                     |
|                        | パ ー ナ 形 式                 | 強制通風式ポット形             |              | 高 圧 ガ ン 式                                    |                          |                          |
|                        | 電 動 機 W                   | 15                    | 15           | 125                                          | 125                      | 125                      |
| 熱 交 換 器                | 形 式                       | 立 形 煙 管 式             |              | 立 形 多 管 式                                    |                          |                          |
|                        | 回 路 数                     | 1                     |              |                                              | 2                        |                          |
|                        | 主 缶 材 質                   | ステンレス製 (18-8 ステンレス)   |              |                                              | 銅板製亜鉛溶融メッキ               |                          |
|                        | 給 湯 缶 材 質                 | —                     |              |                                              | ステンレス製 (18-8 ステンレス)      |                          |
| 性 能                    | 貯 湯 量 l                   | 100                   |              | 200                                          | 250                      |                          |
|                        | 最大出湯量 l/h<br>(45℃上昇の場合)   | 333                   | 333          | 667                                          | 1,111                    | 1,778                    |
|                        | 出 湯 温 度 °C                | 65～85                 | 35～80        | 40～85                                        |                          |                          |
|                        | 最高使用圧力 kg/cm <sup>2</sup> | 1                     |              |                                              |                          |                          |
| 能                      | 水圧試験圧力 kg/cm <sup>2</sup> | 2                     |              |                                              |                          |                          |
|                        |                           |                       |              |                                              |                          |                          |
| 制 御 装 置                | 制 御 リ レ ー                 | RN-110 A              | —            | R 8119 A                                     |                          |                          |
|                        | 炎 検 知 方 式                 | 線膨張式                  | —            | cds 光導体式                                     |                          |                          |
|                        | 湯 温 調 節 器                 | ベ ロ ー タ イ プ           |              |                                              |                          |                          |
|                        | からたき防止器                   | バイメタルハイリミットスイッチ       |              |                                              |                          |                          |
| 煙 突 内 径 mm             |                           | 150                   |              |                                              | 200                      |                          |
| 製 品 重 量 kg             |                           | 68                    | 58           | 250                                          | 375                      | 430                      |
| 標 準 付 属 品              |                           | ドラフトレギュレータ            | ドラフトレギュレータ   | ドラフトレギュレータ、燃料フィルター、バイパスプラグ、アレンレンチ、ノズルゲージ、温度計 |                          |                          |
| 伝 熱 面 積 m <sup>2</sup> |                           | 0.86                  | 0.86         | 1.88                                         | 2.96                     | 3.98                     |

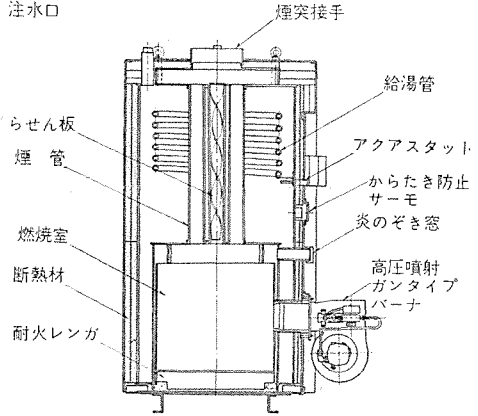


図 4.3 PB-50 形石油温水機内部構造図  
Interior construction of type PB-50 oil-water heater.

ポット式のように 1 シーズンに 1 回程度すす (煤) 掃じの必要なのは、だれにでも工具はいっさい使用しなくてもサービスができるようにしている。

#### 4.3 三菱石油温水機の制御

PB-15 S の手動着火、自動運転を除きすべて全自動運転である。運転サイクルについては各機について図 4.4 に示す。

PB-15 は燃料をポット内に流す 1 分前からヒーターを予熱しているため着火が確実となる。もし初回の流入燃料で着火しないとヒーターはそのまま燃料が 20 cc で中断して 270 秒後に燃料が 20 cc 流入することを何回も繰返し、ヒーターはつけっぱなしで着火を確保している。着火すれば着火検知サーモが検知し燃料を連続して流入させ連続運転にはいるようになっている。PB-30~80 はガンタイプバーナ

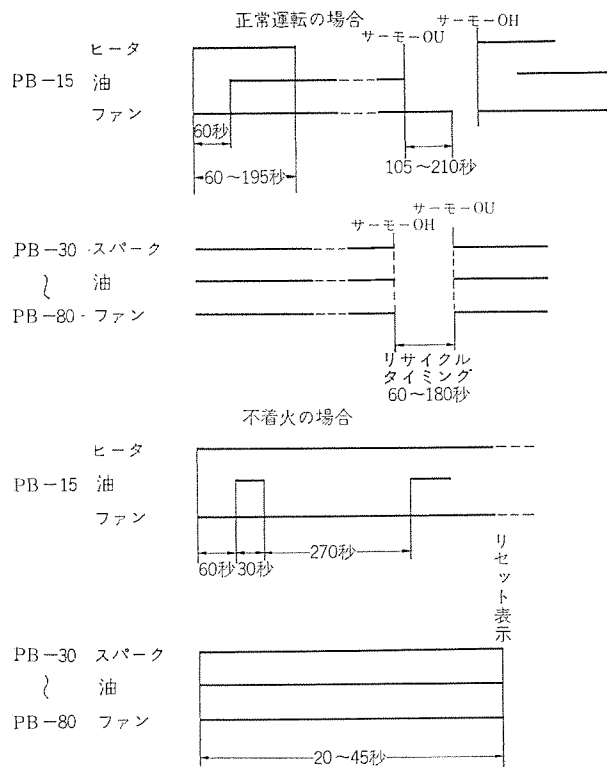


図 4.4 運転サイクル図  
Operation cycle diagram.

表 4.3 石油温水機運転特性  
Operating characteristics of oil-water heaters.

|                       | PB-15 | PB-30 | PB-50 | PB-80 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| 燃料消費量 l/h             | 2.5   | 4.3   | 7.2   | 11.5  |
| 油圧 kg/cm <sup>2</sup> | 7~8   |       |       |       |
| CO <sub>2</sub> 濃度 %  | 8     | 9     | 10    | 10.5  |
| 排ガス温度 °C              | 400   | 250   | 240   | 270   |
| スモークナンバー (20分後)       | #4 以下 | #3 以下 |       |       |
| 総合効率 %                | 72    | 83    | 83    | 83    |

で、送風点火噴燃を同時に発停させるものである。着火としても安定した燃焼を維持させるため連続点火方式を採用している。

#### 4.4 性能

石油温水機の運転特性について表 4.3 に示す。

### 5. 冷温水供給装置

住宅の給湯冷暖房方式として、冷暖房と給湯、給湯暖房と冷房、のように二つのシステムに分け方ががあるが、夏場の給湯も考えれば前者のケースもかなりある。個別、選択冷暖房などの大きいメリットのため、水方式による冷暖房では必ず維持費の安い石油温水機と、ウォーターチリングユニットの組合わせが多い。この組合わせにおいては、冷暖切換え配管のため機械室据付はスペースを大きくとる。ウォーターチリングユニットと、温水機を1体とし、かつ、冷温水循環ポンプを内蔵してパッケージ形としたものが、三菱 シーズンパックマスターである。三菱 シーズンパックマスターの仕様を表 5.1 に示す。

PR-2 はとくに住宅用として開発したもので、暖房は4~5部屋の全室暖房であるが、冷房は1~2部屋の選択冷房方式で、住宅用として3相電源のないところでも容易に据付けできる単相電源である。

PR-4 は小規模の業務用を主体とするもので、4~5部屋の全室冷暖房を可能にしたものである。

表 5.1(a) PR-2 仕様  
Specifications of PR-2.

|                           |                     |               |        |                |
|---------------------------|---------------------|---------------|--------|----------------|
| 外形寸法<br>高さ×幅×奥行 mm        | 1,563×802×632       | 冷房運転装置        | 凝縮器    | 二重管ローフィンチューブ方式 |
| 電源                        | AC 200V 1φ 50/60 Hz | 膨張弁           | 膨張弁    | ハイフィンチューブコイル式  |
| 重量 kg                     |                     | 使用冷媒 (充てん済)   | 使用冷媒   | キャピラリ方式        |
| 貯水量 l                     | 100                 | 使用冷凍機油 (充てん済) | 使用冷凍機油 | R-22           |
| 最高使用圧力 kg/cm <sup>2</sup> | 1.0                 | 水接続           | 冷温水接続口 | SUNISO 3G      |
| 耐圧試験圧力 kg/cm <sup>2</sup> | 2.0                 | 凝縮器接続口        | 凝縮器接続口 | 25 A           |
| 暖房能力 kcal/h               | 15,000              | 安全装置          | 制御機器   | 20 A           |
| 温水温度 °C                   | 55~70               |               |        | からたき防止サーモ      |
| 冷房能力 kcal/h               | 3,600               |               |        | 停電保護装置         |
| 冷水温度 °C                   | 5~15                |               |        | 制御回路ヒューズ       |
| 電気特性                      | 点火電流 A              | 加熱装置          | 循環ポンプ  | 高圧圧力開閉器        |
|                           | 点火入力 W              |               |        | 凝縮器可溶せん        |
|                           | 送風機出力 W             |               |        | 圧縮機過電流リレー      |
|                           | 点火ヒータ電圧 V           |               |        | インナーサーモ        |
| 加熱装置                      | 点火ヒータ出力 W           | 電源配線          | 電源配線   | 湯温調節器          |
|                           | バーナ形式               |               |        | コントローラ         |
|                           | 送風機形式               |               |        | フレームセンサー       |
|                           | 使用燃料                |               |        | 水温調節器          |
| 冷房運転装置                    | 燃料消費量 l/h           | 電源配線          | 電源配線   | 電磁接触器          |
|                           | 燃料接続口               |               |        | 冷温水用ポリウレタンポンプ  |
|                           | 全電流 A               |               |        | ヒューズ容量 A       |
|                           | 全入力 W               |               |        | 定格 A           |
| 冷房運転装置                    | 力率 %                | 電源配線          | 電源配線   | 定格 A           |
|                           | 起動電流 A              |               |        | 定格 A           |
|                           | 圧縮機形式               |               |        | フレーム A         |
|                           | 電動機出力 kW            |               |        | 定格 A           |
| 冷房運転装置                    | 圧縮機形式               | 電源配線          | 電源配線   | 定格 A           |
|                           | 電動機出力 kW            |               |        | 定格 A           |
|                           | 圧縮機形式               |               |        | 定格 A           |
|                           | 電動機出力 kW            |               |        | 定格 A           |

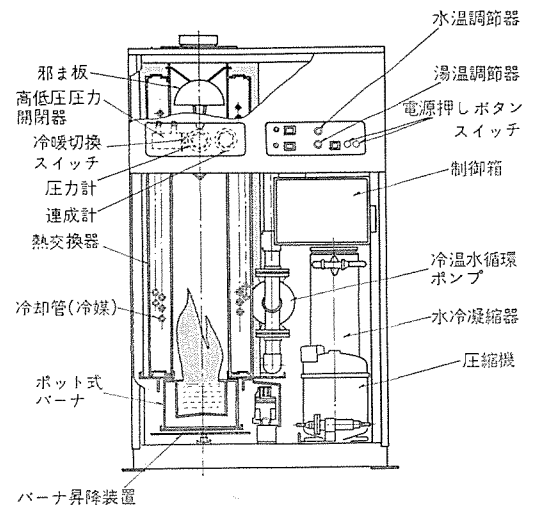


図 5.1 冷温水ユニット構造図  
Construction of cold and hot water unit.

#### 5.1 構造

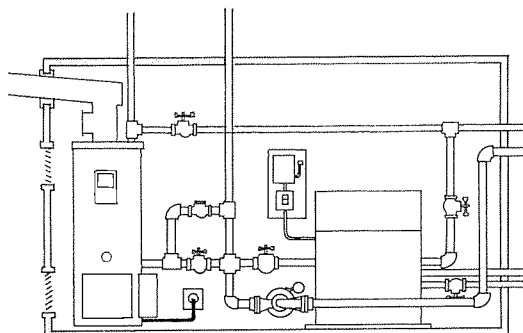
図 5.1 に PR-4 の構造図を示す。熱交換器を節約するため、温水機のかん体中に冷却器を内蔵したもので、冷凍サイクルを形成せしめている。暖房サイクルでは 60~70°C の温水を得、冷房サイクルでは 6~10°C の冷水を得るもので、冷温水を一つのユニットで得るため、かん体の保温は防湿性、難燃性のポリウレタンを使用している。暖房サイクル時のガス圧については、冷媒回路で温水かん外部の熱容量が

表 5.1(b) PR-4 仕様  
Specifications of PR-4.

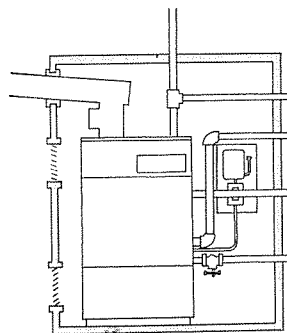
|                           |                       |                  |                        |       |                  |                                                                                             |                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------|-----------------------|------------------|------------------------|-------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 外形寸法<br>高さ×幅×奥行 mm        |                       |                  | 1,649×992<br>×838      |       | 冷<br>房<br>運<br>転 | 凝<br>縮<br>器<br>冷<br>却<br>器<br>膨<br>張<br>弁<br>使<br>用<br>冷<br>媒<br>(充てん済)<br>使用冷凍機油<br>(充てん済) | 縦形シェルアン<br>ドコイル式ロー<br>フィンチューブ<br>ベアパイプコ<br>イル式<br>自動温度膨張弁<br>R-22<br>SUNISO 3 G                                                                                                   |
| 電 源                       |                       |                  | AC 200V 3φ<br>50/60 Hz |       |                  |                                                                                             |                                                                                                                                                                                   |
| 重 量 kg                    |                       |                  | 370                    |       |                  |                                                                                             |                                                                                                                                                                                   |
| 貯 水 量 l                   |                       |                  | 100                    |       |                  |                                                                                             |                                                                                                                                                                                   |
| 最高使用圧力 kg/cm <sup>2</sup> |                       |                  | 1.0                    |       | 水接続              | 冷温水接続口<br>凝縮器接続口                                                                            | 25 A<br>20 A                                                                                                                                                                      |
| 耐圧試験圧力 kg/cm <sup>2</sup> |                       |                  | 2.0                    |       |                  |                                                                                             |                                                                                                                                                                                   |
| 暖房能力 kcal/h               |                       |                  | 15,000                 |       |                  |                                                                                             |                                                                                                                                                                                   |
| 温水温度 °C                   |                       |                  | 55~70                  |       |                  |                                                                                             |                                                                                                                                                                                   |
| 冷房能力 kcal/h               |                       |                  | 7,900                  |       | 機<br>器           | 安 全 装 置                                                                                     | からたき防止<br>サーモ<br>停電保護装置<br>制御回路ヒューズ<br>高低圧圧力開閉器<br>凝縮器可溶せん<br>圧縮機過電流リレー<br>インナサーモ<br>湯温調節器<br>コントローラ<br>フレイムセンサ<br>電磁接触器<br>電 磁 弁<br>水温調節器<br>圧 力 計<br>連 成 計<br>冷温水用ポリ<br>エーテルポンプ |
| 冷水温度 °C                   |                       |                  | 5~15                   |       |                  |                                                                                             |                                                                                                                                                                                   |
| 暖<br>房<br>特<br>性          | 電<br>火<br>氣<br>特<br>性 | 点 電 流 A          | 2.6/2.5                |       |                  |                                                                                             |                                                                                                                                                                                   |
|                           |                       | 火 入 力 W          | 270                    |       |                  |                                                                                             |                                                                                                                                                                                   |
|                           |                       | 運 電 流 A          | 0.6~0.5                |       |                  |                                                                                             |                                                                                                                                                                                   |
|                           |                       | 転 入 力 W          | 150                    |       |                  |                                                                                             |                                                                                                                                                                                   |
|                           | 運<br>転                | 送風機出力 W          | 15                     |       |                  |                                                                                             |                                                                                                                                                                                   |
|                           |                       | 点火ヒータ電圧 V        | 3.5                    |       |                  |                                                                                             |                                                                                                                                                                                   |
|                           |                       | 点火ヒータ出力 W        | 140                    |       |                  |                                                                                             |                                                                                                                                                                                   |
|                           |                       | 加<br>熱<br>装<br>置 | バーナ形式                  | 強性通風式 |                  |                                                                                             |                                                                                                                                                                                   |
| 送風機形式                     | 軸流羽根                  |                  |                        |       |                  |                                                                                             |                                                                                                                                                                                   |
| 使用燃料                      | 灯油1号 (JIS)            |                  |                        |       |                  |                                                                                             |                                                                                                                                                                                   |
| 燃料消費量 l/h                 | 2.5                   |                  |                        |       |                  |                                                                                             |                                                                                                                                                                                   |
| 冷<br>房<br>運<br>転          | 電<br>火<br>氣<br>特<br>性 | 燃料接続口            | 3/8 フレヤナット用            |       |                  |                                                                                             |                                                                                                                                                                                   |
|                           |                       | 全 電 流 A          | 10.4                   |       |                  |                                                                                             |                                                                                                                                                                                   |
|                           |                       | 全 入 力 W          | 1,760                  |       |                  |                                                                                             |                                                                                                                                                                                   |
|                           |                       | 力 率 %            |                        |       |                  |                                                                                             |                                                                                                                                                                                   |
|                           | 冷<br>却<br>装<br>置      | 起動電流 A           | 45                     |       |                  |                                                                                             |                                                                                                                                                                                   |
|                           |                       | 形 式              | 全 密 閉                  |       |                  |                                                                                             |                                                                                                                                                                                   |
|                           |                       |                  | 誘導電動機                  |       |                  |                                                                                             |                                                                                                                                                                                   |
|                           |                       | 出力 kW            |                        | 2.2   |                  |                                                                                             |                                                                                                                                                                                   |

表 5.2 シーズンパックマスター 温水機特性  
Characteristics of season pac master.

|                     |               |
|---------------------|---------------|
| 燃 料 消 費 量           | 2.5 l/h       |
| CO <sub>2</sub> 濃 度 | 8 %           |
| 排 ガ ス 温 度           | 400°C         |
| スモークナンバー (20分後)     | #4 以下         |
| 効 率                 | 72 %          |
| 能 力                 | 15,000 kcal/h |



温水機とチラの組合せによる冷温水供給装置



シーズンパックによる  
冷温水供給装置

図 5.3 機械室内の工事  
Construction work of machine room interior.

冷凍機として運転する場合、機械室下部の低温による着霜を防ぐためポット部は取りはずし、別に用意した湿気しや断具をポットかん(嵌)入部にポットのかわりにはめ込むようにしている。

## 5.2 性能

PR-2 は冷房 1.1 kW 圧縮機、暖房 PB-15、PR-4 は冷房 2.5 kW、暖房 PB-15 の組合せで、PR-2 の冷房性能について図 5.2 に示す。暖房時の温水機性能については表 5.2 に示す。

## 5.3 シーズンパックマスターの特長

(1) スペースファクターが良い。

従来は温水機とウォーターチリングユニットを別々に据付けていたため、冷暖切換配管等のスペースを多くとり、機械室の大きいのが必要であったが、シーズンパックマスターではポンプまで内蔵しているので、配管工事が簡単で機械室スペースも小さくなる。

図 5.3 に温水機とウォーターチリングユニットの組合せと、シーズンパックマスターとの機械室配管図を示す。機械室のスペースはシーズンパックマスターでは、温水機とウォーターチリングユニットの組合せの約 60% で可能である。

(2) 設備費が安い

PB-15 と CR-4 の組合せで 4 部屋の冷房をしたとき、シーズンパックマスター (PR-4) で 4 部屋の冷暖房では機械自体の安さ、および、工事の容易さで、総合設備費として約 10% 程度安くできる。

冷水出入口温度差 4deg

— 50Hz  
--- 60Hz

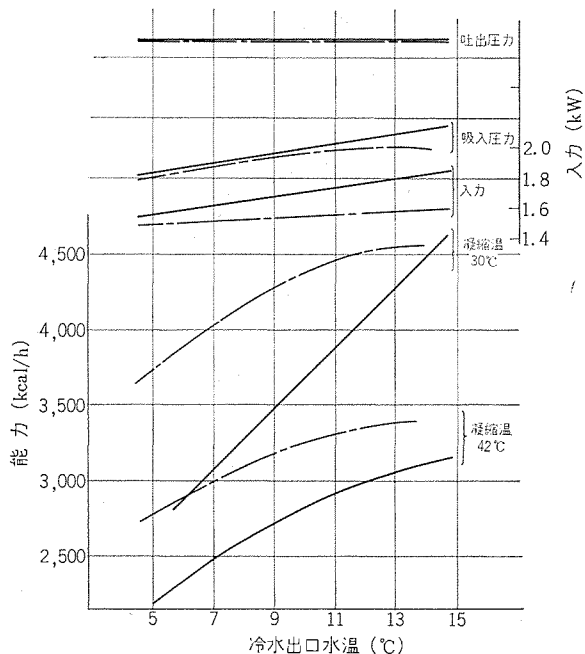


図 5.2 冷房性能曲線  
Room air cooling performance curves.

大きいため、冷却器の温水温度を上げて冷媒圧力は外気温より 2~3°C 高い温度相当の圧力にとどまる。

表 6.1 KT-200 形給湯器仕様  
Specification of type KT-200 hot water supplier.

|           |           |                        |
|-----------|-----------|------------------------|
| 形 名       |           | KT-200                 |
| 外 形 寸 法   |           | 520 φ×1,240            |
| 熱 交 換 能 力 |           | 20,000 kcal/h          |
| 貯 湯 量     |           | 200 l                  |
| 材 質       | 加 熱 コ イ ル | SUS 29 20 φ×0.6 t×12 m |
|           | 給 湯 そ う   | SUS 27                 |
|           | 継 管 類     | SUS 27                 |
| 継 手       | 加 熱 コ イ ル | PS 3/4 B (めす)          |
|           | 給 湯 出 入 口 | PT 1 B (おす)            |
|           | 排 水 口     | PT 1 B (おす)            |
|           | 膨 張 管     | PT 1 B (おす)            |
|           | 可 溶 せ ん   | PT 1 B (おす)            |
| 安 全 装 置   |           | 可溶せん、溶解温度 94±2℃        |
| 断 熱 材     |           | エバーライト (ポリエステル) 10 t   |
| 使 用 圧 力   |           | 1 kg/cm <sup>2</sup>   |

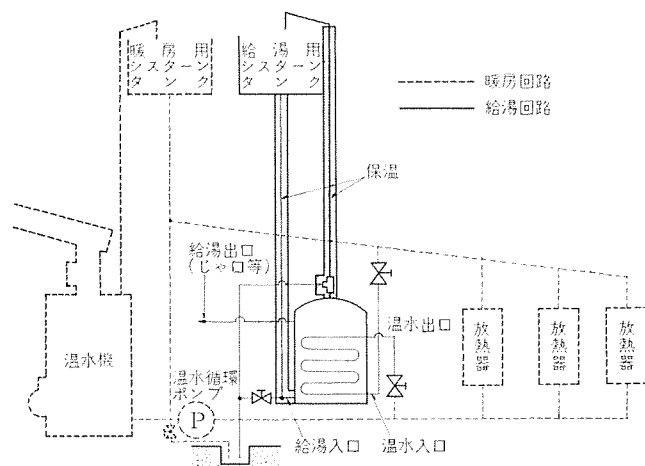


図 6.1 KT-200 形給湯器使用例  
Example of using type KT-200 hot water supplier.

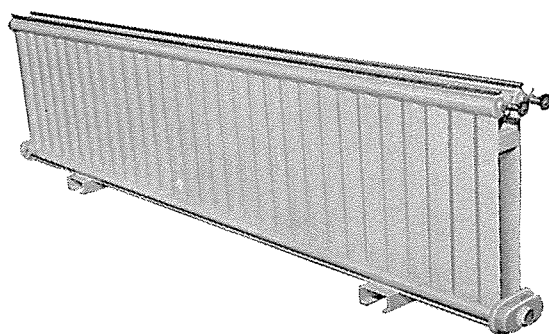


図 6.2 パネルヒータ外形  
Panel heater.

(3) 冷暖切換えが容易である

PB と CR ではバルブの切換えが必要であるが、シーズンバックマスターでは出口入口が決まっているので、スイッチの取り換えと、燃焼器関係のサービスのみの切換えができる。

## 6. 関連機器

### 6.1 間接給湯器

住宅暖房で給湯を合わせて考えると、給湯負荷はふろなどのように大容量を短時間使用するものが多い。住宅の暖房のみでは大体 15,000~20,000 kcal/h 程度で十分であるが、30 分でふろを沸かすと

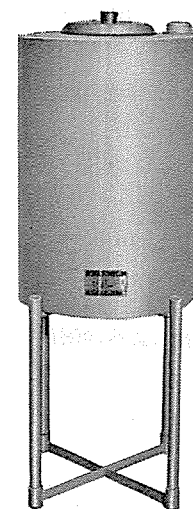


図 6.3 FT-90 形燃料タンク 外形  
Type FT-90 fuel tank.

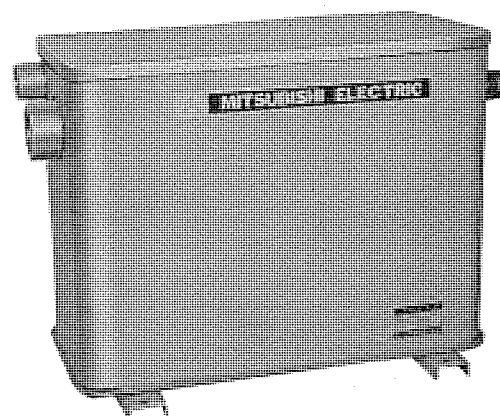


図 6.4 ET-20 S シスタタンク 外形  
Type ET-20 S cistern tank.

すれば、さらに、15,000 kcal/h 程度の容量が必要となり、給湯を同時に必要の場合は給湯の短時間だけのために大容量の温水機が必要となる。ところが、ふろに使わないときは負荷が小さすぎるため、温水機のか(稼)動率が少なすぎるという不都合がある。

間接給湯器は屋間の負荷の小さいときに温水機を運転して、200 l の水を約 80°C に保って、夕方の給湯負荷に耐えるようにしたもので三菱 KT-200 を製作している。200 l の水をコイル 通水温度より若干低い温水を得るのに冬場でも 1 時間程度である。

表 6.1 に KT-200 の仕様を示し、図 6.1 にその使用例を示している。間接給湯器は圧力を有する水を加熱するが、労働省の第 1 種圧力容器には抵触しない構造にしている。

### 6.2 パネルヒータ

セントラルヒーティングとして欠かせないものは価格の安い熱交換器で、暖房専用にはパネルヒータが多く使用されている。パネルヒータはふく射伝熱を多くした理想的暖房具の一つで、温水通過抵抗が少ないため、重力循環、一管式配管が採用でき、低価格での暖房が得られる。図 6.2 にパネルヒータの外形写真を示す。

### 6.3 燃料タンク

灯油は消防法でいう第 4 類第 2 石油類に該当するため、500 l 未満は火災予防条例の少量危険物、100 l 未満は適用除外となっている。燃料タンクとして、規定より 10% 小さい 90 l 入りの FT-90 と 450 l 入りの FT-450 とがある。いずれも火災予防条例の技術上の規準に

基づいて製作したものである。図 6. 3 に FT-90 の外形写真を示す。

#### 6. 4 シスターンタンク

シスターンタンクは水の補給と、膨張の逃げのため開放タンクとして必要なもので、温水機の用途および、容量に応じ選定できるように、20 l, 40 l, 100 l の三つを (ET-20 S, ET-40, ET-100) 準備している。ET-20 S は PB-15 と組合わせて使用するため、衛生的な温水を必要とされる場合が多いので、18-8 ステンレス製としている。図 6. 4 に ET-20 S の外形写真を示す。

### 7. 冷水・温水による冷暖房工事注意事項

(1) 温水機の据付けは火災予防条例の技術上の基準に基づき、かつ、性能上の規制を保つこと

石油温水機は火を使用する設備に該当するため、据付工事・煙突工事・燃料工事について条例規制に基づくことはもちろん、煙突の形状、高さ、新鮮空氣の補給など性能的な制約にも十分マッチした工事をし、燃料タンクも容量によっては少量危険物となるため据付けについては火災予防条例の技術上の規準を守り、かつ、ごみ、水分の侵入、配管中の空気たまり(溜)には十分注意して工事すること。

(2) シスターンタンク、ポンプの位置が適正であること

温水機にはポンプ運転有無にかかわらず 10 m 以下の水頭圧を保持し、温水機、チリングユニット中の空氣は自動的に抜けるようにする必要がある。逆流させてはいけない配管には逆止弁も必要である。循環ポンプは温水の場合フラッシュしやすいので、最低圧を示すポンプ吸入側でも 2 m 以上の押込み圧が必要である。

(3) 経済的な配管サイズ、完全な配管施工

配管サイズは使用するポンプ揚程により決められるが、経済的なサイズを選定する配管抵抗の検討が必要である。配管中に空気たまりができないよう、一方に向い順こう(勾)配、逆こう配、あるいは、

エアバルブを設ける必要がある。配管の長い場合には、適当なところに伸縮接手を設け、また、冷暖房配管については、防湿をとくに完全にする必要がある。

(4) ウォーターチリングユニットの電源設備

ウォーターチリングユニットは誘導負荷が大きいため、起動時の電圧降下で起動しないことがある。電源設備、配線容量など、十分な容量をもつ工事をする。電圧は起動時でも定格の 85% 以上は確保する必要がある。

(5) 水道直結はその地方にあった工事をする

水道法では水道直結は禁止されているが、逆流防止を付ければ許可される地方もある。この場合、機器の圧力安全弁が必要になる。器具により水道直結が許可されていないものが多いので、その地方に合った届出をする必要がある。

(6) 寒冷地での凍結防止

温水機を夜間停止の場合、凍結の関係もあるので、配管サイズ、断熱処理も十分にしておく。また、場合によっては水を抜いておく必要がある。ウォーターチリングユニットなど、冬期休止させておくものは、水を抜いておく必要がある。

### 8. む す び

石油温水機、ウォーターチリングユニット、あるいは、シーズンバックマスターによる冷暖房システムとして関連機器を含め説明したが、住宅用としてさらに普及をはかるためには、機器の価格を安くすることは必要であるが、機器と大体同程度の価格を示す工事費についても安くする必要がある。工事費を安くするため、工事のしやすい機械、器具としてシーズンバックマスター、パネルヒーターなども例としてあげられるが、さらに水配管工事を日曜大工的な工事で可能にする配管器具の開発も今後の大きい課題の一つである。

## 冷暖房用ポンプ

城戸 久 吾\*

## Pumps for Air Conditioners

Fukuoka Works Kyugo KIDO

Water has a feature of being fed to anyplaces with ease. It has also high specific heat. All these points made use of, it is extensively used for a media of room air-conditioning. In this function it is to be circulated and replenished with pumps. Thus pumps are indispensable to the operation and it may not be exaggeration to say that selection of the pump has a great bearing to successful air conditioning. This article describes the kind of pumps and their brief specification for use in the air conditioning, and also the latest technical trend, that is turning them to have long life and to reduce the noises.

## 1. ま え が き

冷暖房に冷水・温水がよく使われるが、これに用いられるポンプの適否は、冷暖房効果に非常に影響する。ここでは、空気調和に使用されるポンプの概要と最近の動向につき記し、参考に供したい。

## 2. 冷暖房用ポンプの選定

## 2.1 ポンプの用途と種類

暖房・冷房に使用されるポンプを用途別に分類すると表2.1のように大別できる。

(H-1) 温水機で加熱した温水を各部屋の熱交換器に送り、放熱後温水機に戻す循環ポンプで、温温水暖房の主ポンプである。循環抵抗のみがポンプに要求される揚程であるので、低揚程・多流量のうず巻ポンプが使用される。耐温水性がとくに必要である。

(H-2) 循環水が蒸発・漏えい(洩)などのため不足したとき、通常、水道水を補給するが、水圧不足、都市水道がない場合は、井戸水をポンプで自動給水する。減少した水の補給であるので、流量は少なくてもよいが、吸上・押上共高揚程形でボールタップの開閉により自動運転の必要があり、家庭用井戸ポンプが最適である。

(H-3) 暖房とは関係ないが、温水機の湯を台所、洗面所などへ給湯するのに、ポンプを設けずシステータンクの水頭で給湯せん(栓)まで送る、単管方式があるが、温水機から離れていると、出始めが冷えた水となり不便であるので、ポンプ付きの循環式とすることが多い。このポンプ循環抵抗のみの揚程となるので、H-1と同種の小形ポンプが使われる。

(C-1) 冷水供給装置(一般にチリングユニット)で冷却された5~8℃の水を、各部屋の熱交換器に送り、熱吸収後チリングユニットに戻す循環ポンプで、ポンプ特性としては、H-1のポンプと同種である。ただし、冷暖房共用の場合、温度差の都合で冷房時の水循環量を暖房時に比し多くする必要があり、暖房専用より若干高揚程タイプのポンプが無難である。

(C-2) 循環水の補給用で、H-2と同様家庭用井戸ポンプがよい。

(C-3) チリングユニットの凝縮器冷却を水冷とする場合、地下水が豊富であれば、揚水ポンプを使用して通水後放水する。浅井戸用であれば、うず流れ形ポンプ・高揚程うず巻ポンプの自吸式の非自動形。深井戸用であれば、水中ポンプ・ジェットポンプが用いられる。

しかし、最近のように地下水が容易に得られず、また法的制限も

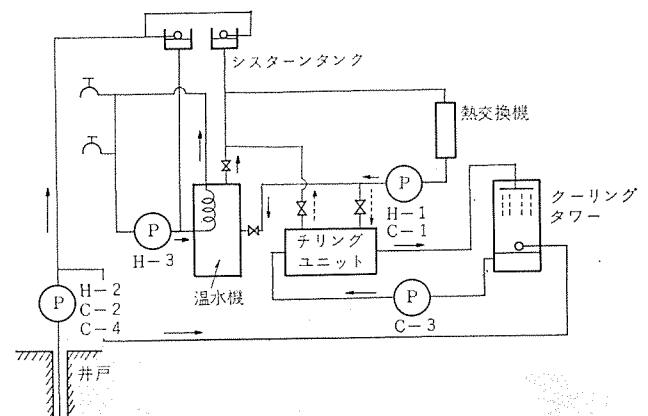


図 2.1 冷暖房用ポンプと関連機器の関係 (一例)  
Relation between air conditioner pump and related apparatus.

表 2.1 冷暖房用ポンプの種類  
Kinds of pumps for air conditioners.

| 用 途 (説明略号) |               | 最適ポンプ形名     |
|------------|---------------|-------------|
| 暖房用        | 温水循環用 (H-1)   | VPL形        |
|            | 循環水補給用 (H-2)  | WP, JP, DP形 |
|            | 給湯用 (H-3)     | VPL形        |
|            | 冷水循環用 (C-1)   | VPL, CP形    |
|            | 循環水補給用 (C-2)  | WP, JP, DP形 |
| 冷房用        | 凝縮器冷却用水 (C-3) | VPL, CP形    |
|            | 補給用 (C-4)     | WP, JP, DP形 |
|            | 井戸水揚水用 (C-5)  | WP, JP, DP形 |

あるので、クーリングタワー（冷却塔）が家庭用の小形からシリーズ化されており、中揚程タイプのうず流れ形ポンプ・うず巻ポンプで、クーリングタワーと凝縮器の間を循環させる方式が増すだろう。

(C-4) クーリングタワーの循環水の補給用ポンプで、通常 C-2 のポンプと共用する場合が多い。

(C-5) 地下水は夏でも 15~17℃ であるので、冷媒として熱交換器へ通水し、使いすてにする方法が、家庭用としてよく用いられる。

ポンプは家庭用井戸ポンプの浅井戸用・深井戸用を使用するのであるが、冷房専用であれば安価な非自動式でよい。しかし夏冬とも雑用水として井戸水を使用できると便利であるので、数個の給水せんを配置して、自動式家庭用ポンプを取付けられることをおすすめする。

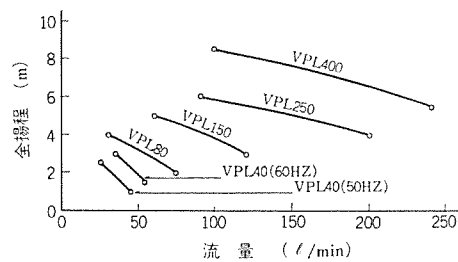
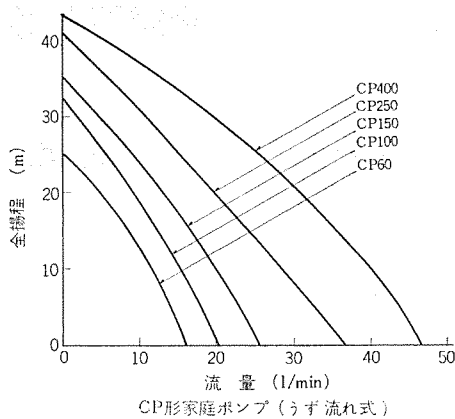


図 3.1 ポンプ特性曲線  
Pump characteristic curves.

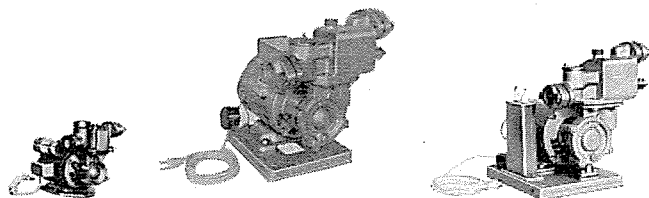


図 3.2 CP 形家庭ポンプシリーズ  
Series of type CP domestic pumps.

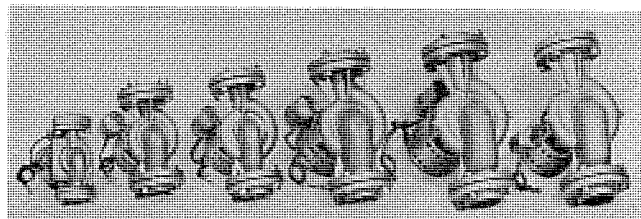


図 3.3 VPL 形温水循環ポンプシリーズ  
Series of type VPL hot water circulation pumps.

### 3. 冷暖房用ポンプの仕様

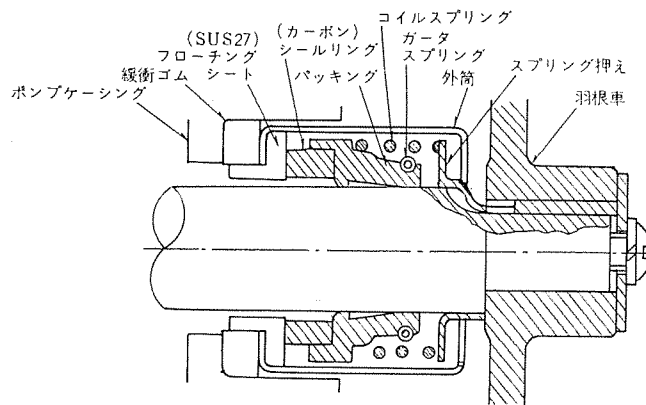
当社ポンプの詳細な仕様については、カタログを参考していただき、ここでは選定に必要なポンプ特性曲線を図 3.1 に示す。CP 形、VPL 形ポンプとも 400 W までシリーズ化されているので、選定が容易である。

### 4. 冷暖房用ポンプの特殊性

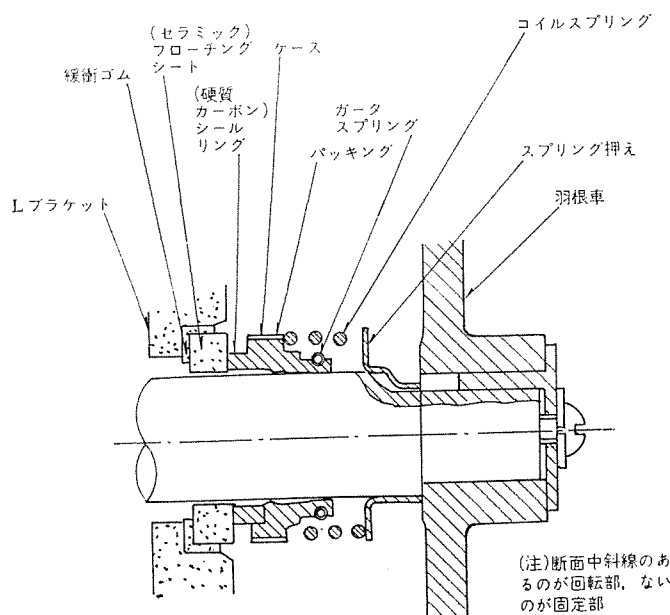
冷暖房用ポンプは 1 シーズン 昼夜連続運転されるものが多く、シーズン中のトラブルは許されない。また シーズンオフ などの保守も、最近のように人手不足であれば、いっそうメンテナンスフリーの製品が要望される。そこで最近の技術的動向につき若干ふれたい。

#### 4.1 メカニカルシール（軸封装置）の長寿命化

ポンプのケーシング軸貫通部に、漏水・空気吸込み防止のため、メカニカルシールを装着するが、固定部と回転部の間の接触部分が摩耗する



(a) 従来形



(b) 改良形

図 4.1 メカニカルシール  
Mechanical seal.

ので、消耗部品として一定時間使用後は交換するものとされている。図 4.1 (a) は現在のメカニカルシール（摺動材質 SUS 27 対軟質カーボン使用品であり、図 4.1 (b) は改良メカニカルシールで、一部のポンプに採用しているセラミック対硬質カーボン使用品を示す。

改良品では、摺動材質の硬度を相対的に上げ、金属を使用しないので腐食の影響も全くなり、連続運転寿命が従来品の 2 倍以上の 10,000 h は十分耐えるものとなった。しかし暖房 1 シーズン (4,000 h) を 4 年。または冷暖房 1 シーズン (8,000 h) を 2 年の目標とすれば、16,000 h 以上の寿命が必要であり、なお向上に努力しているものである。

#### 4.2 低騒音化

空調装置として音の問題は最大テーマの一つである。関連機器の一つとして、温水・冷水を循環させるポンプもこの悩みが少なくない。表 4.1 は、VPL 形三菱温水循環ポンプの初期振動・騒音データで、この程度であれば、一応満足できる値ではなかろうか。今まで問題となった 2, 3 の実例につき考察をすると、

(1) 2~3 カ月の使用で 50 ホン が 70 ホン となる。

配管中の空気抜き不十分のため、メカニカルシール部分がドライ運転となり、異常摩耗のため漏水し玉軸受に水がはいってさびが発生していた。冷暖房では、いかに工事技術がたいせつか考えさせられる。

表 4.1 VPL 形温水循環のポンプ騒音振動  
Noise vibration of type VPL hot water circulation pump.

| モートル<br>形名 | W   | Hz | 騒音 (ホン) |      | 振動 ( $\mu$ ) 片振幅 |     |
|------------|-----|----|---------|------|------------------|-----|
|            |     |    | 正面      | 側面   | 正面               | 側面  |
| VPL 85     | 80  | 50 | 42.5    | 43.5 | 2.2              | 3.0 |
| VPL 86     |     | 60 | 44      | 44.5 | 2.2              | 2.3 |
| VPL 155    | 150 | 50 | 46.5    | 48   | 1.3              | 2.2 |
| VPL 156    |     | 60 | 44      | 45.5 | 1.3              | 1.8 |
| VPL 255    | 250 | 50 | 47      | 48   | 2.4              | 3.1 |
| VPL 256    |     | 60 | 48      | 49   | 2.2              | 3.0 |

(注) 1. 周囲騒音 30 ホン  
2. 距離 1 m A 特性

ポンプとしては相当の気泡が混入しても、内部フラッシングでメカニカルシール部を常に循環水が回るよう、小形ポンプでも改良されたものが多くなりつつある。

(2) ポンプ単体では低騒音であるが、据付けると建物全体に響く。

ラインタイプポンプは配管途中に自由に取付けうるので、工事が便利であるが、ポンプ前後の配管の支持を注意しないと、このようになる。最も悪いのは、階下の天井(階上では床)にパイプラインをつりさげ、これにポンプを取付ける例であろう。ラインポンプは、垂直な配管にモートル軸が水平となるよう取付けるのがよいようである。

(3) 循環水中の気泡有無で、約5ホンの差が出る。

給水直後あるいは70~80°Cを越えた水温の場合、気泡はある程度やむを得ないが、極端な場合はバリバリ音が出て非常に不快であるし、

そうでなくとも気泡の多少で、4~5ホンの差はあるもので、システム側へ常に気泡が逃げるよう、ここでも工事技術におうことが多い。

#### 4.3 循環ポンプの将来

循環ポンプの特殊性から、低騒音品、保守不用形の要望があり、相当コストアップ品となってもなお選ばれるケースがある。将来は普通品(現在形)と高級品(特殊形)の使いわけがされると思うので、特殊形につき若干考察して見る。

##### (1) 防振形モートル使用品

アメリカではこのタイプのポンプが多い。モートルの電氣的・機械的振動をポンプ側に伝えぬよう防振形モートルを使用し、モートル軸と、ポンプ軸の間も特殊カップリングにて接続する構造となろう。

##### (2) キャンド形モートル使用品

欧州品にこのタイプのポンプが多い。ポンプ軸封装置を省き、水がモートルの回転子部分まではいれる。固定子と回転子の間は薄い非磁性の管で隔て、固定子側に水がはいらぬような構造とする。メカニカルシールを使用せず、軸受も水潤滑とするので、軸受材、モートル内面の防食が解決されれば、寿命・音共満足される製品となろう。

#### 5. む す び

以上空調用ポンプの概要と、最近の動向につきのべたが、この種装置は関連機器との設計、施工の優劣が大いに影響する。関係者のご協力を得て、製品の開発、改良にいつその努力をしたい。

# 家庭用ファンコイルユニット

吉 野 昌 孝\*

## Fan Coil Units for Home Use

Nakatsugawa Works Masataka YOSHINO

Fan Coil Units are devices equipped with heating and cooling sources concentrated at one place in the form of radiators and fan, from where water piping is led to various parts of buildings so as to perform room air conditioning. They have been chiefly used in office buildings and hotels. However, recent diffusion of the central heating and cooling has made them finding their way into homes. Though named Fan Coil Units for Home Use, they are basically the same as those for general purpose. This article gives description on them with these domestic units as the principal subject, remarks in handling and knowledge on the performance. Among the fan coil units called Living Master principal items are introduced herein.

### 1. ま え が き

ファンコイルユニット（以下 FCU と呼ぶ）は、空調の一手法として冷暖のエネルギー源を1カ所に集中させ、水配管で各所に導き、放熱器と送風機を組合せたユニットを設置して建物全体を冷暖房するものである（原理断面を図1.1に示す）。

この種の方式は従来オフィスビルのペリメータ用、ホテルおよびごく限られた高級住宅の冷暖房に使用され、一般住宅には縁遠いものとされていたのが過去の状況であった。ところが最近では生活水準の向上にともなって、大形消費時代を迎え新3Cの一つとしてセントラルヒーティング・クーリングの合言葉とともに、家庭用としてのFCUが、そのエネルギー源であるチリングユニット・石油温水機等の家庭用に適するものの製品化と融合して、大いに延びることが期待されている。

家庭用FCUといっても一般のFCUと基本的には同一であり、なんら変わるところがないので本文では家庭用を中心としたFCUの考え方、取扱い上の一般事項等を述べ、次にFCUの性能は握法について記し、最後に三菱リビングマスター、リビングヒーターと呼ばれているFCUの中から主要なものを紹介する。

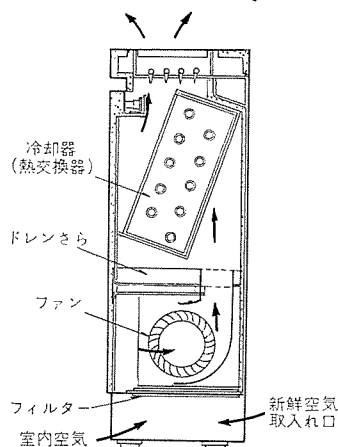


図 1.1 ファンコイルユニット 断面図  
Cross section of fan-coil unit.

### 2. FCU の 特 長

FCU の特長としては種々あるが一般的には次があげられる。

(1) 運転時の騒音が低い。

(2) プログラム 運転が可能である。

(3) ヘヤ別の温度調整が簡単である。

(4) 設備全体のスペースが小さい。

(5) 既設の建物にも簡単に設置できる。またユニットの変更、増設が容易である。

これらの特長はすべて家庭用として適合するものであるが、特に(1)、(2)等が有利な条件として作用すると思われるので、それらを中心にして考える。

(a) 運転音が低い。

家庭に設置する冷暖房装置としてのFCUは構造的にも騒音を出す部分は電動送風機のみであり、他の機械音を出す部分は何もない。したがって低騒音羽根・無騒音電動機を採用することにより、非常に運転音の静かなものを作ることが可能である。

家庭で使用する場合、特に低騒音は重要条件になると考えられるが、FCUはこの条件を満足させ、しかも騒音の質が風音のみで安定しており、耳ざわりにならないことから家庭用としてすぐれていると思われる。

(b) プログラム 運転が可能である。

家庭の場合建物全体を同時に冷暖房する使い方は非常にまれである。昼間は居間等を中心とするので寝室その他を冷暖房する必要なく、夜はその逆となり利用率を60~70%に考えると、設置FCUの全放熱容量に対し、チラー、温水機のエネルギー源はその70%位で十分の場合が多い。この点が他のユニット自身で冷暖房できる機能をもつものと大きく異なり、設備等を経済的行なうことが期待できる。

(c) 迅速な冷暖房ができる。

北欧の暖房は一度開始したら気候が暖くなるまで停止しないと聞かすが、わが国の場合、寒さの程度および国民性もあって一般に不必要なときは停止し、必要なときは迅速にヘヤの温度を上げる必要がある場合が多い。したがって強制通風を行なうFCUは、他の自然対流方式等に比較し迅速性に富むので、この点適したものと思われる。

### 3. 家庭用 FCU の条件

冷暖房する場合快適性を追求することはもちろんであり、そのためのセントラルヒーティング・クーリングであるが、FCUを家庭用とする場合どんな条件が必要であるか考える。

(1) 低騒音であること。

これは前述したとおりであり、ステレオのピアノシュモを聞くにも支障ないためには、常時人のいる位置で35ホン以下の騒音であることが望ましい。

(2) 外観が美しいこと。

最近の家具・調度品をみると非常にグレードアップしている。それらと十分つり合い、しかも室内に美観を与えるようなデザインが望まれる。木目調の傾向が増加してきたのもその現われである。

(3) コンパクトであること。

この種のユニットはできるだけコンパクトであることが望ましいが、とくに家庭用として考えた場合、設置に要する室内の壁面積は少なくなるよう考慮しなければならない。さらにたいせつなことは奥行の少ない薄形ユニットを作ることであり、壁の厚みに埋め込まれるような超薄形で高性能なものを作ってゆく必要がある。

(4) 安価なこと。

セントラルヒーティングクーリングを一般家庭に設置することは、まだまだ高い感がある。これはエネルギー源・工事費等の要素によることも非常に大きい。FCUも合理的追求により原価低減をし、住宅に適する安価なものを製品化してゆかねばならないと考える。

#### 4. FCU の設置に関する留意事項

(1) 据付時

(a) ユニットは水平に付けること。横長のためドレン流れに対し逆こう配にならぬこと。

(b) 修理清掃時の便を計るために入口にスルースバルブを付け、出口に流量調節のためのレターンコックを付けるとよい。

(c) 断熱工事を施す場合、畳などが多い家庭使用にあつては、断熱施工の際末端・弁部の処理について十分留意すること。

(2) 設置場所

FCU の設置場所は、一般に外部よりの影響を大きく受ける所(熱損失の大きい所)の付近へ取付けることが好ましい。露出形の場合を図4.1に示し、埋込形の場合を図4.2に示す。

(3) 吹出口と吸込口の大きさ

FCUの送風性能をできるだけ低下させない大きさの吹出口・吸込口が必要である。室内美観から小さくしがちであるが、あまり小さいと吹出効果が減少するばかりでなく、騒音も大きくなることがあるので、ユニットに適合した吹出・吸込口を使用する。また室内の高いところへ吹出口を付けたときは、風を下向きに調整できる構造のものを使用したほうが、より効果的な暖房が得られる。図4.3に吹出口の形状を示す。

(4) 空気抜き

工事完了後の初通水時には空気抜きすることは当然であるが、通水中において水に含まれている空気は加熱されて水と分離し、配管内にたまって暖房効果を低下させるので、配管には1/200以上の傾斜をもたせ、その一番高い所およびその他の配管で空気のたまりやすい箇所には、エア抜き弁を取付けることが必要である。

(5) 加湿について

日本の冬は乾燥しがちであるが、冷たい空気を加湿なして暖めると相対湿度が極度に低下する。(たとえば0℃70%の空気をそのまま18℃に暖めると相対湿度は約20%になる)。したがって家具等のひび割れ、のどが苦しくなる等の悪影響が現われる。とくに日本の住宅ではセントラルヒーティングによる木材の反りを防がねばならない。

加湿法には種々あるが、遠心式のような単独のもの、およびFCU内へ組込むためのさら形専用加湿器、特殊な滴下式パイプを組込んだ経済的なものなどがある。図4.4に加湿の効果を示す。

(6) 保守

(a) エアフィルタの洗浄：エアフィルタがほこりで目づまりすると、所定の能力が出なくなるので、10~20日に1回はよごれを取り除くこと。

(b) ドレンストレーナの洗浄：ドレンさらにストレーナの付けられたものは冷房運転前によごれをチェックし清掃すること。

(c) ユニットの空気抜き：ユニットには空気抜きバルブが付けら

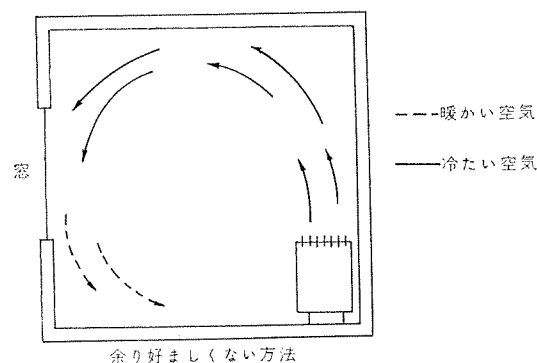
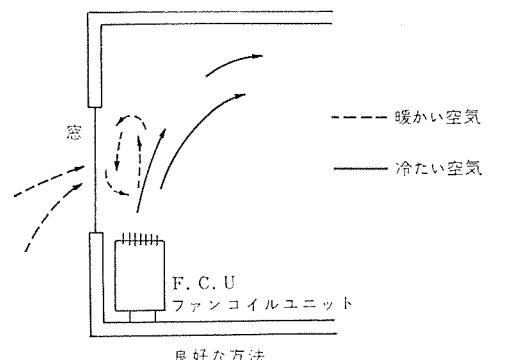


図4.1 露出形の設置  
Installation of exposed type.

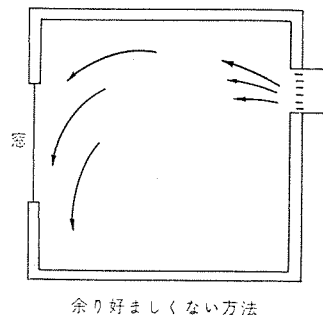
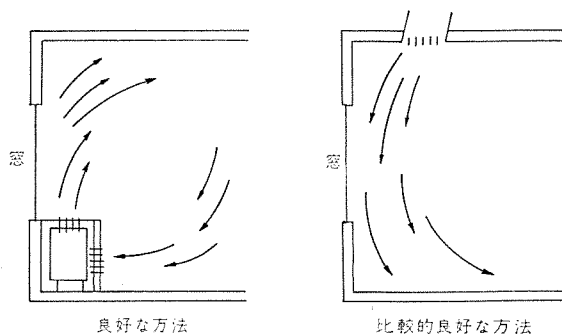


図4.2 埋込形の設置  
Installation of flush type.

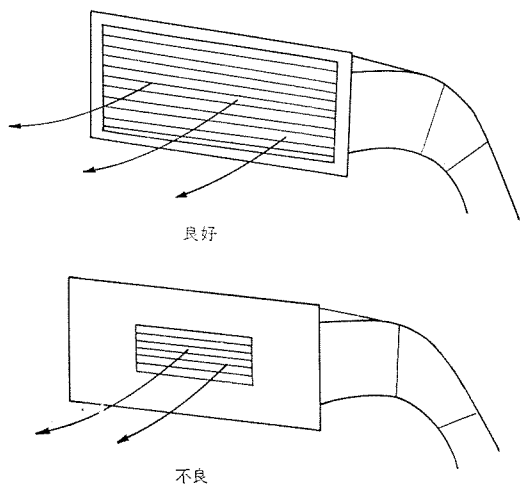


図 4.3 吹出口の形状  
Shape of blow off outlet.

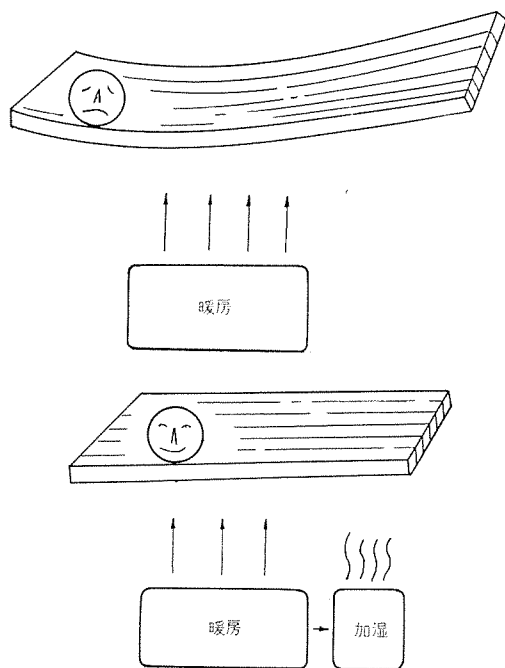


図 4.4 加湿の効果 Effect of heating.

れているので、ユニット内に空気がたまったときはバルブを操作して完全に空気抜きを行なうこと。

(d) 水抜き： 冬期に凍結する心配のあるときは、水抜きねじ（またはバルブ）を操作して排水すること。

(e) その他： シーズンなどで長期間運転停止するときは、水の出入口バルブは締め、中の水は抜かないほうがよい。ただし前記(d)のように凍結の心配があるときはこのかぎりではない。

## 5. FCU の性能測定法

FCU の性能測定法にはアメリカの ARI 規格等に類する国内規格はない。国内にあるこの種の関連規格としては、JIS C 9612 電気冷房機があるのみで、FCU に関しては野ばなしの状態である。昨今 FCU の需要も高まり、家庭用としても利用されはじめ、上昇の一途をたどり、メーカーも相当数あるが、そのカタログ一つ見ても統一された規準はなく、各メーカーで独自の条件・方法による表現がなされている。このことは今後増大するユーザが公正な判断を行なううえに支障をきたすものであり、最近になってようやくこの種の必要性

に対する業界の動きがみられ、検討されはじめたところである。

したがって FCU の測定法に関しては、文献にも具体的にはあまり紹介されていない。ここでは一般論を含め当社で行なっている性能測定法の概要について述べる。

### (1) 能力測定

FCU の冷暖房能力測定には、一般に吸込空気と吹出空気のエントルピー差により求めるいわゆる空気側より算定する方法と、熱交換器の中を流れる水温の出入口差とそのときの水量から求める水側測定法の二とおりある。

理論的には両者を測定し、その差が許容値として定めた範囲内にあるとき、両者の平均値を出して熱交換量（能力）とすることが正しいと考えられるが、実際には空気側能力を求めることは相当むずかしく、研究機関は別として量産工場においては、もっぱら水側で求める場合が多い。

当社の現状においても特に必要ある場合は空気側測定も行なうが、通常は水側測定でありとくに支障はない。

水側能力は次式から容易に求められる。

$$Q = C_p \cdot M \cdot T$$

ここに  $Q$ ：能力 (kcal/h)

$C_p$ ：流体の比熱 (kcal/kg·°C)

$M$ ：流量 (kg/h)

$T$ ：流体の出入口の温度差 (deg°C)

能力測定を行なうダイグラムとしては図 5.1 に示す。

次に冷暖房能力を測定する場合の留意点について考える。

(a) 吸込空気の状態が安定していること。

これは必要範囲内で恒温・恒湿の保てる熱容量の大きな試験室を要す。当社では FCU 試験用に平面 4.5×3.7 m 高さ 2.7 m の有効内容積をもった試験室で行なっている。室内の熱容量は被測定ユニットに対し 3 倍位あることが望ましいと考える。

(b) 供給水の温度および流量が安定していること。

供給水の温度・流量は能力に直接影響するので、たとえば冷温水を混合して一定温度の水を作り規定流量を流し、流量測定は、フロート式で概略値を積算式流量計で正確な値を測定している。

(c) 流水温度を正確に測ること。

能力は出入口温度差より求める。しかも温度差としては一般的に 4~10°C 位とその絶対値が小さいだけに少しの温度誤差も能力に大いに影響する。当社では図 5.2 のようなチャンパーボックスを水出入口付近にそう入し、特殊な熱電対素子を使用して図 5.3 のような回路構成をし、精密なマイクロ電圧計により入口水温および出入口水温差を直接測定している。

### (2) 風量測定

FCU の特長としてペリメータ効果・迅速冷暖房効果等があるが、

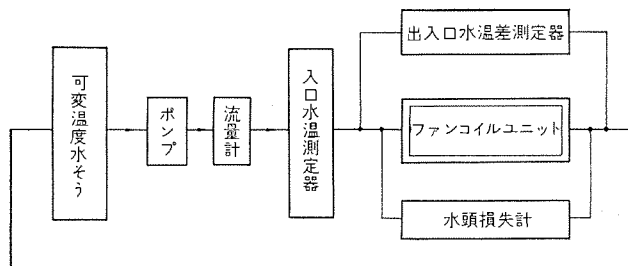


図 5.1 能力測定ダイグラム  
Capacity measurement diagram.

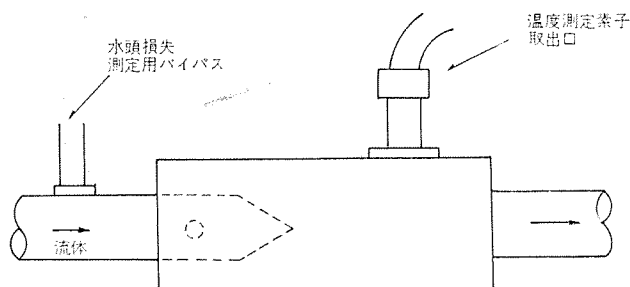


図 5.2 水温測定チャンパーボックス  
Chamber box for water temperature measurement.

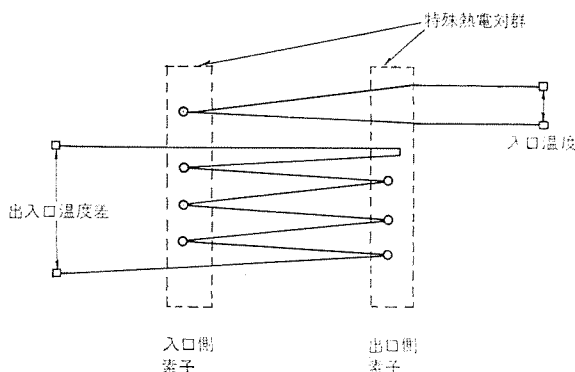


図 5.3 水温測定素子の構成  
Composition of water temperature measuring element.

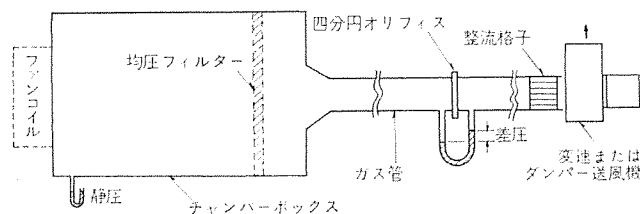


図 5.4 風量測定装置  
Air volume measuring device.

これらは吹出風量（または風速）に大いに関係する。送風機の風量測定法としては JIS B 8330 があるが、これは風洞測定を主体としたもので送風機単体に適するため、FCU の場合はこの方法を適用することはむずかしい。

したがって チャンパ方式が一般に使用されており、当社の方法を図 5.4 に示す。差圧検出には測定範囲が広く、使いやすい四分円オリフィスと微圧計（最小目盛、1/100 mm）およびベツツマノメータ等を組合せて使用している。

風量算定には次式を用いる。

$$Q = 60 \alpha \epsilon a \sqrt{2gh_n \gamma_n}$$

ここに  $\alpha$  : 流量係数

$\epsilon$  : 空気の膨張による修正係数

$a$  : オリフィスの開口面積 (m<sup>2</sup>)

$h_n$  : オリフィス直前直後の圧力差 (mmAq)

$\gamma_n$  : オリフィス直前における空気単位体積重量 (kg/m<sup>3</sup>)

風量測定にはその他簡易法として 10 cm 風車形風速計による方法があり、測定手法によっては誤差が大きくなる難点はあるが、目やすとしては有用性もあり利用されているようである。この種のユニットの風量を正確に測ることは比較的むずかしく、各メーカーが独自で良い方法を考えて行なっているのが実情である。

### (3) 結露試験

夏季冷房時には空気中の水分が熱交換器に結露するが、それが本

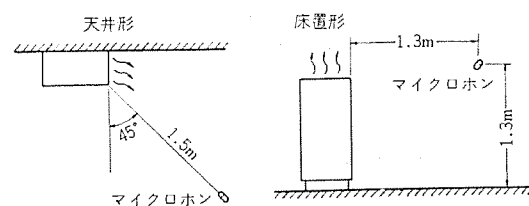


図 5.5 騒音測定位置  
Noise measuring positions.

体内外部にも結露して床面等をぬらしてはならない。これは周囲条件（冷水温度、周囲湿度等）により大幅に影響されるので、その良否限度を判断することは意外にむずかしい。特に冷水だけ流し、送風機を停止させたときが最悪条件になる場合が多い。

### (4) 騒音測定

前述したように FCU も一般住宅へ普及するに従って騒音の問題がクローズアップされてくることが考えられるが、騒音測定についてもメーカー間で統一された考え方はなく、おのおの独自の方法で測定している（外国には ASHRAE 等の規格がある）。理論的には残響室を用いたパワーレベル測定法が望ましいが、量産工場等では一般に防音室（または無響室）にユニットを設置し、指示騒音計でホーン値を測り、バンドアナライザで周波数分析を行ない、N-C 曲線を求めてカタログ表示しているメーカーが多いようである。測定位置については種々の考え方があるが、当社の場合図 5.5 に示す位置に行なっている。

### (5) その他

その他の性能としては、一般電気試験、水もれ、耐水圧テスト、吹出し風の到達特性、取扱い上の機能、寿命等があるが、寿命特性、風の到達等については種々の考え方があり、判断規程がむずかしい。その他については簡単な計器測定に属するものであり、冷暖房の本質からはずれるが、顧客に対しては重要品質であり、十分な確認が必要である。

以上 FCU の性能測定についての概略を述べたが、特に冷暖房能力、風量等の測定精度を向上させることは相当の設備投資を伴う。ユニットとしては構造・機能等が簡単であり容易に製造できるのであるが、性能は握が比較的むずかしくメーカー間の性能差が市場に対し解りにくいのが現状であるので、今後市場サービスとして顧客の適正な判定に便ならしめるためにも、各メーカー間で統一した性能は握をするための試験条件・方法等を確立してゆく必要があると考える。

## 6. 三菱リビングマスター、リビングヒーター

当社の FCU は三菱リビングマスター、リビングヒーターの名称ですでに広く利用されているので、それらについて簡単に紹介する。なお、当社 FCU は昨年末に全面的モデルチェンジを行ない、低騒音化、斬新な意匠等を主眼とした新製品を開発した。

### (1) 特長

(a) 標準機種が62機種あり選択の自由性が高い。

(b) 乱流作用のない送風機と無騒音コンデンサーモータの採用により騒音が低い。

(c) 配管スペースは大きく、しかもユニットの外形は最小になるよう意図した設計でスペース的に有利である。

(d) ユニット内部は主要部分をグラスウールで完全な断熱が施されているので、夏季冷房時におけるユニット外面の結露がない。

(e) 送風機の回転部はすべてボールベアリング支持とし、その他の

表 6.1 三菱 FCU 機種系列  
Mitsubishi FCU class series.

| 機 種 系 列       | 形 状 |    |     |    | 公 称 能 力 kcal/h |       |       |       |       |        |   | 機種 | 備考      |
|---------------|-----|----|-----|----|----------------|-------|-------|-------|-------|--------|---|----|---------|
|               | 床置形 |    | 天井形 |    | 2,000          | 3,000 | 4,000 | 6,000 | 8,000 | 12,000 |   |    |         |
|               | 露出  | 埋込 | 露出  | 埋込 |                |       |       |       |       |        |   |    |         |
| H形リビングマスター    | ○   |    |     |    | ○              | ○     | ○     |       |       |        |   | 3  | 冷暖房ユニット |
| S形リビングマスター    | ○   | ○  | ○   | ○  | ○              | ○     | ○     |       | ○     | ○      |   | 24 |         |
| D形リビングマスター    | ○   | ○  | ○   | ○  | ○              | ○     | ○     |       | ○     | ○      | ○ | 24 |         |
| ローボーイリビングマスター | ○   |    |     |    | ○              | ○     | ○     | ○     |       |        |   | 4  |         |
| H形リビングヒーター    | ○   |    |     |    | 2,500          |       |       | ○     | ○     |        |   | 3  |         |
| S形リビングヒーター    | ○   |    |     |    | ○              | ○     | ○     | ○     |       |        |   | 4  | 暖房ユニット  |
| 機種総計          |     |    |     |    |                |       |       |       |       |        |   | 62 |         |

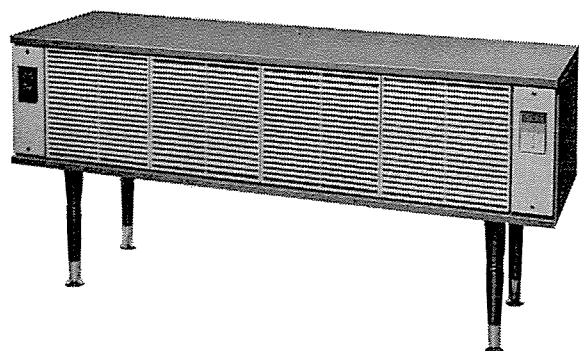


図 6.1 H形リビングマスター 外観  
Exterior view of type H living master.

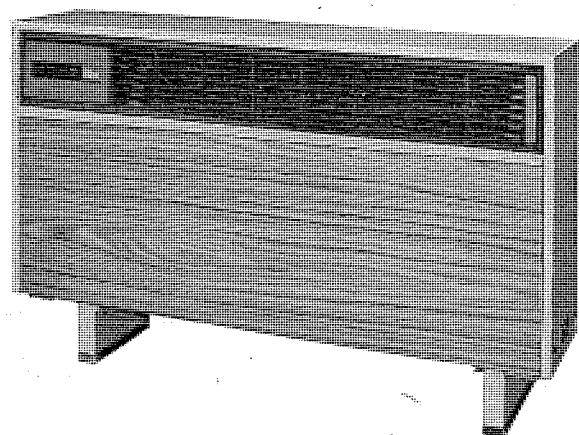


図 6.2 H形リビングヒーター 外観  
Exterior view of type H living master.

構造も十分吟味されているので寿命は半永久的である。

## (2) 機種系列

表 6.1 に示すように標準機種として 6 系列 62 機種ある。

次に各系列の特質について概略を示す。

|          |                                      |
|----------|--------------------------------------|
| 冷暖房ユニット  | —H形リビングマスター：一般和洋室向けの意匠・機能，廉価         |
|          | —S形リビングマスター：はん用形ユニットの決定版             |
|          | —D形リビングマスター：超低騒音，優美な意匠               |
|          | —ローボーイリビングマスター：高さ 40 cm と低く窓腰の低い所に適す |
| 暖房専用ユニット | —H形リビングヒーター：木目タイプの住宅向き意匠，廉価          |
|          | —S形リビングヒーター：ホテル・病院等に適した意匠，機能         |

(注) その他種々の特殊品がある。

## (3) 住宅に適した FCU

家庭用と一般用の特別な区別はなく，表 6.1 のものは使い方によってはすべて家庭用として使用できるが，特に H 形と名付けた H 形リビングマスター，H 形リビングヒーターは家庭の和洋室を主体とした用途を考えながら製品化したもので，経済性にも富んだユニットである。図 6.1，6.2 に外観を示す。

## 7. 家庭用 FCU の今後の動向

すでに述べたように FCU において一般用・家庭用の相異は何か，本質的には室内を冷暖房することにありその点は共通しているが，現状のオーソドックスタイプである下吸込み上吹出し等の形状は，ペリメータ効果にはすぐれた働きをするが，家庭のような比較的狭い空間を冷暖房するのに適したものなのか，前吹出し横吹出しのほうが適しているのか，畳生活により適した FCU とはどんなものか等について考えてゆく必要がある。

家庭用 FCU はセントラルヒーティングクーリング時代の幕開けとともにスタート台に立った状態といえる。それが今後どのように進むかを考えることはむずかしいが，次のことが推察される。

- (1) 調度品となるようなインテリアデザインを重視したユニット。
- (2) 家庭用に重点をおいた吹出し状態，取扱い機能をもったユニット。
- (3) 簡単な自動温度調節を備えたユニット。
- (4) すぐれた加湿効果を内蔵したユニット。
- (5) 工事の容易性を追求したユニット。
- (6) よりコンパクトで高性能な移動形ユニット。
- (7) その他 FCU と直接関係ないが，FCU の欠点である新鮮空気取入れができない点の解決策として，それを補う特殊な装置の出現。

## 8. む す び

人間の本質的欲求の一つとして 24 時間環境の良い空間で過ごしたいのは当然であり，冬暖かく，夏涼しく思う気持は万人同じである。それを満足させるためには種々の方法があり，FCU もその一手法にすぎない。しかし FCU には家庭用にした場合数々のすぐれた点があり，今後普及上昇の途を歩むことは明らかと思われる。

ただそこで考えなければならないのは，FCU はそれ自体がいかにすぐれたものであっても，たとえば次のようなことも併行して発展が成されなければ意味がないと考える。

- (1) 冷暖のエネルギー源の発達（コンパクト化，高性能化，地域冷暖源）

- (2) 配管工事の発達（確実にして簡易，廉価な工手法）

- (3) 冷暖房効果を上げる建築様式，構造の普及

したがってメーカーとしても特に発展途上にあるセントラルヒーティングクーリングに対し，需要者に満足してもらえるものは何かに向かって努力し，それに合致した新しい製品を市場に送り出してゆくことが今後の重要な課題と思われる。

## 住宅用ルームクーラ

石川 英敏\*・坂田英二郎\*・貝瀬 俊朗\*・遠藤 吉隆\*\*

## Room Air Conditioners for Domestic Use

Shizuoka Works

Hidetoshi ISHIKAWA・Eijiro SAKATA・Toshiro KAISE

Consumer Products Research Laboratory

Yoshitaka ENDO

Recent growth of market for room air conditioners is really remarkable. People's desire for better living has brought about brisk demands for these modern conveniences to homes. Under the circumstance, Mitsubishi has developed a variety of new models available for room air conditioners, which are designed in accord with Japanese mode of living.

Those of advanced design, such as with solid state control, are especially ideal for agreeable atmosphere for health, being free from the nuisance of noises with the apparatus. A combination type with a hot water boiler to be used for all the year round air conditioning in drawing attention of the circles. This article deals with the advanced type in regard to the specification, construction and characteristics.

## 1. ま え が き

生活水準が向上し、家庭中心の生活への関心が深まるにつれて生活環境の改善に対する欲求が強まる傾向にあり、従来理容店や喫茶店など、いわゆる業務用を主としていたルームクーラの需要も図 1.1 に示されるように昭和 41 年以降は家庭用、すなわち個人住宅の環境改善用を対象とした製品の伸びが大きく、42 年度には業務用との比率を逆転し、家庭用機種が主力となった。これにともない普及率も図 1.2 に示すように 41 年以降の伸び率は大きく 43 年には 4.2% に達し、今後も急速に伸張していくことが予想されている。

需要の増大、普及率の伸びにともないルームクーラの性能に対する市場の要求は、品質の安定、精度の向上、操作の簡易化など高度化

している。一方市場調査結果によれば、健康に対する不安、騒音などが普及に対する阻害要因としてあげられている。また本格的な空調設備として集中冷暖房装置の需要も伸びを示し、温水ボイラによるセントラルヒーティングに組合わせる冷房用機器が要求されるようになった。

当社ではこれらの市場要求を満たすための研究開発を進め、44 年度に下記機種の製品化を完了し、発表した。

## (1) 空冷式 ルームクーラ

(a) 室外温度を感知して、理想的な室内温度を自動的に調整維持する半導体制御方式を採用した MWA-22 R 形

(b) 最近需要が急速に伸びているセパレート形ルームクーラについて、冷房能力および騒音を自動的に制御する半導体制御方式を採用した MSA-22 RA 形

## (2) 水冷式 ルームクーラ

温水ボイラとの組合わせにより、年間使用する空気調和機として本格的な冷暖房を可能とする GM-15 S 形, GM-15 T 形, GM-20 T 形。

本文では新しく開発された上記製品の仕様・動作構造・特性などについて概要を紹介する。

## 2. MWA-22 RA 形 電子コントロールルームクーラ

## 2.1 開発目的と機能

生活空間を快適状態に調節維持することが、住宅用ルームクーラの

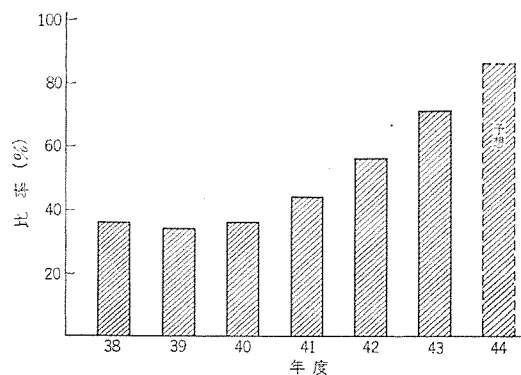


図 1.1 家庭用ルームクーラの比率  
Percentage of room air conditioners in domestic use.

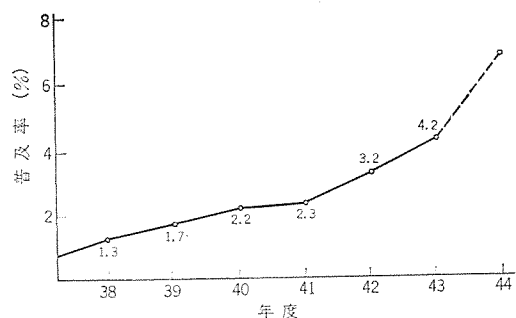


図 1.2 普及率の推移  
Transition of diffusion.

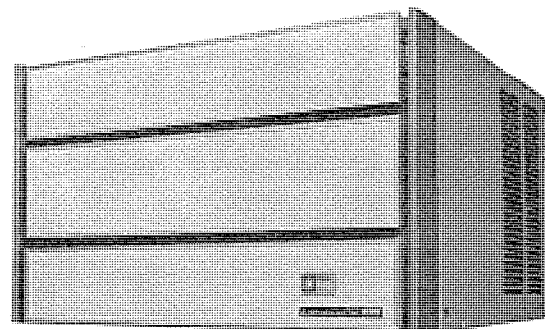


図 2.1 MWA-22 RA 形電子コントロールルームクーラ  
Type MWA-22 RA electronic control room air conditioner.

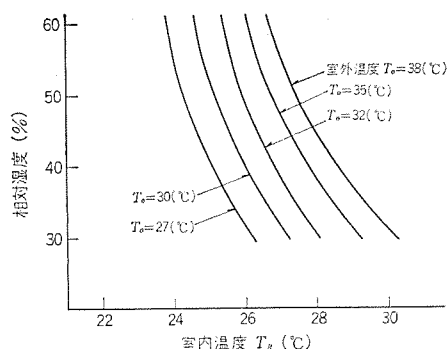


図 2.2 室外温度に対する快適室内温度  
Comfortable indoor temperature against outside temperature.

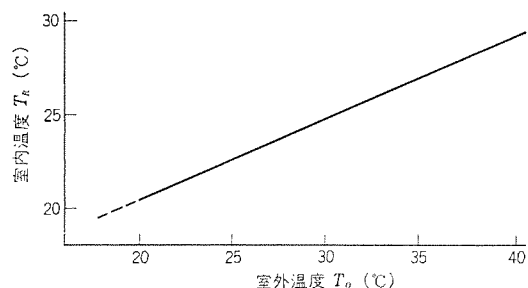


図 2.3 快適温度特性 (理想温度曲線)  
Comfortable temperature curve.

表 2.1 動作表  
Operating table of MWA-22 RA type room air conditioner.

| 冷房調節つまみ | 停 止 | 送 風     | 冷 房     | 全 自 動      |
|---------|-----|---------|---------|------------|
| 風量調節つまみ |     | ○(手動操作) | ○(手動操作) |            |
| 温度調節つまみ |     |         |         | ○(手動調節可)   |
| 換気つまみ   |     | ○       | ○       | ○          |
| 圧縮機動作   |     |         | ON(連続)  | ON-OFF(自動) |
| 送風機動作   |     | 可変(手動)  | 可変(手動)  | 可変(自動)     |

目的であり、これを実現するために要求される制御要素として、温度・湿度・気流などがあげられる。温度について快適な状態は室外条件によって変わることが知られており、出入りの比較的ひんぱんな場所に設置される場合には、コールドショックなどを防止する意味からも室外条件に対応して、室内条件を適切な値に制御することが必要である。室内滞在時間が短い場合の快適な室内温度については、いくつかの調査結果が報告されている<sup>(1)(2)(3)</sup>。その一例をあげれば図 2.2 に示す室内室外温度特性がある。図 2.2 と他の諸データを総合的に検討し、ルームクーラ運転時の室内相対湿度を考慮して図 2.3 に示す快適温度特性を求め、これを理想温度曲線と名付けた。

さらに騒音もできるだけ静かに運転する必要がある。

MWA-22 RA 形ルームクーラは、上記した室内状態の快適化制御を目的に開発されたものであり、コントロールパネルに設置した四つのつまみにより、表 2.1 の機能選定ができるよう設計されている。冷房調節つまみにより停止・送風・冷房・全自動の切換えを行ない、「送風」「冷房」位置では風量調節つまみにより、送風機回転数は全速から、1,100 rpm まで手動で連続可変となり、「冷房」位置では圧縮機が連続運転される。「全自動」位置では図 2.3 に示す理想温度特性となるような圧縮機・送風機が自動制御される。快適な温度は、人それぞれの体質・年齢・作業内容・環境条件などにより若干異なるため、温度調節つまみの操作で図 2.3 に示す理想温度特性に対し、室内温度を  $\pm 6^{\circ}\text{C}$  平行移動した状態まで連続制御可能となるよ

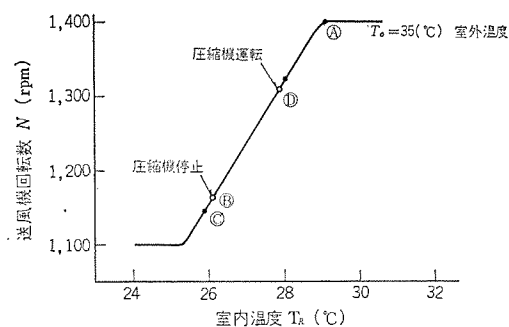


図 2.4 送風機、圧縮機制御特性 (電源電圧  $V_0=100\text{ V } 60\text{ Hz}$ )  
Characteristics of fan and compressor control.

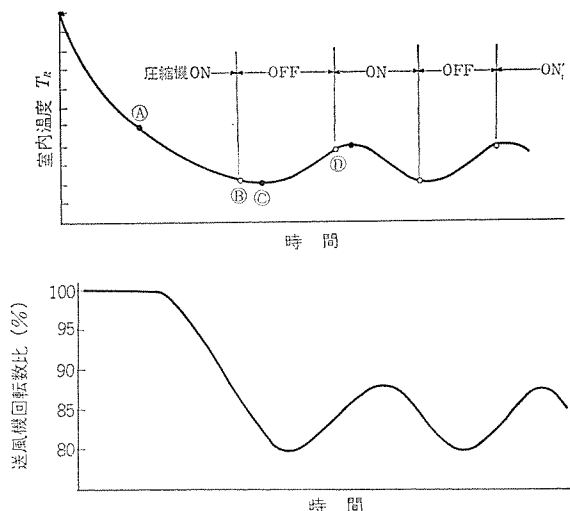


図 2.5 送風機、圧縮機運転特性  
Operating characteristics of fan and compressor.

う設計されている。

## 2.2 制御内容

全自動運転における動作を説明する。室内・室外温度は負の温度係数をもつサーミスタ(NTC)で検出し、半導体制御装置による圧縮機の運転制御と送風機の無段変速を併用して、室外温度に対応した快適室内温度を実現するものであり、図 2.4 に室内・外温度と送風機回転数および圧縮機動作点を示す。また図 2.5 に時間経過に対する動作を示す。冷房調節つまみが「全自動」にセットされると圧縮機が動作し、送風機は全速回転することにより、室内温度は降下する。①点に達した後、送風機の回転数は自動的に制御され、理想温度を通り②点に達すると圧縮機は運転を停止するが、冷却器の温度は低温状態にあるため室内温度は若干さらに降下し③点に達する。この時点で送風機の回転数は運転サイクル中最低の値となる。圧縮機の運転停止後室内負荷に応じ温度は徐々に上昇し、送風機は回転数を増す。室内温度が④点に達すると圧縮機は再び運転を開始し、以後は図 2.4 に示す温度サイクルが繰返えされる。もちろん室外温度が変化すれば、これに応じ圧縮機の動作温度も図 2.2 の温度特性が得られるよう自動的に制御される。

## 2.3 制御回路と動作

制御装置の回路構成を図 2.6 に示す。主要な回路要素としては温度検出回路・圧縮機制御回路・送風機制御回路に分けられる。以下、各回路の動作を説明する。

### 2.3.1 温度検出、圧縮機制御回路

図 2.7 に温度検出、圧縮機制御回路を示す。温度検出回路は室内・外温度を検出する NTC サーミスタ、温度調節用可変抵抗器と固定

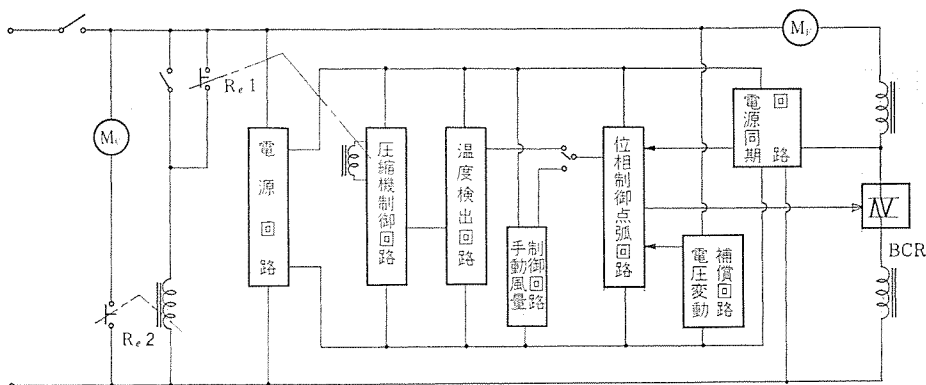


図 2.6 MWA-22 RA 形 ルームクーラ 制御装置構成  
Block diagram of control unit.

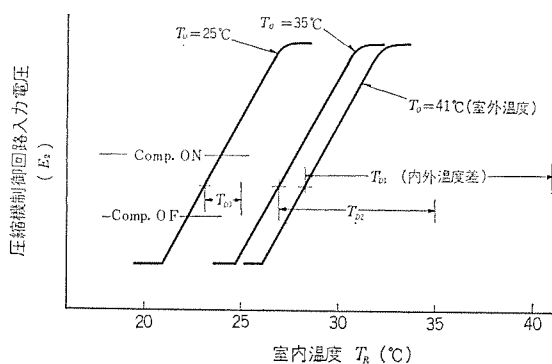


図 2.8 室内、外温度と圧縮機制御回路動作電圧  
Input voltage of compressor control circuit vs. indoor temperature.

抵抗とでブリッジを構成し、その出力電圧はトランジスタにより増幅され、室内・室外温度に対応した二つの出力を出す。一方、圧縮機制御回路には温度検出回路からの信号を入力として動作するシュミット回路を採用し、同回路の小形リレー  $Re_1$  によって圧縮機の運転を制御する主リレー  $Re_2$  を動作させる。図 2.8 は室外温度をパラメータに室内温度に対する圧縮機制御回路入力信号レベルと動作レベルを示したものであるが、動作レベルの中心値を示す室内温度と室外温度の関係は図 2.2 の理想温度特性と一致し、圧縮機 ON-OFF の温度幅は約  $\pm 1^\circ\text{C}$  となっている。

### 2.3.2 送風機制御回路

図 2.9 に電圧変動補償回路、電源同期回路および送風機電圧位相制御回路からなる送風機制御系を示した。送風機電圧位相制御回路は双方向サイリスタの点弧回路と位相調整回路に分けられるが、点弧素子として単接合トランジスタ (UJT) を用いた。UJT はベース間 (図 2.10 (a),  $b_1$ - $b_2$  間) 電圧で決まる一定の電圧  $V_p$  がエミッタ  $e$  と  $b_1$  間に印加されると、 $e$ - $b_1$  間が負抵抗特性を示す半導体であり、図 2.10 (a) に示す UJT と周辺回路において、エミッタ端子に接続されたコンデンサ  $C$  の電圧が  $V_p$  値に達すると、負特性により充電電荷がパルstromスを通して急速に放電し、サイリスタを点弧する。点弧位相はコンデンサ  $C$  の充電電圧の立上がり速度を変化することにより制御され、立上がり速度は充電回路のトランジスタ  $Q_1$  と抵抗  $R$  により制御される。トランジスタ  $Q_1$  のベースは抵抗を通して温度検出回路に接続され、その出力レベル  $E_1$  の変化に対応してコンデンサ  $C$  の充電電圧立上がり速度が変わり、サイリスタの点弧位相が制御される。この様子を図 2.9 (b) に示した。すなわち温度検出回路の出力レベルが  $E_1$  から  $E_1'$  に変化すると、サイリスタ点弧位相は  $t_0$  から  $t_1$  に変化する。

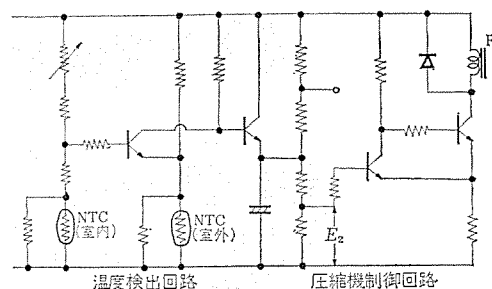


図 2.7 温度検出回路と圧縮機制御回路  
Connection of temperature sensing circuit and compressor control circuit.

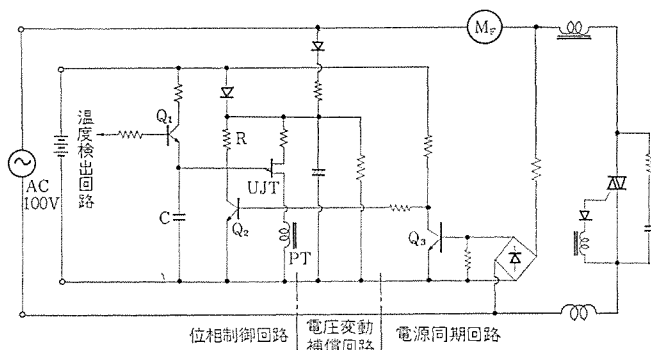


図 2.9 送風機制御回路  
Speed control circuit of fan.

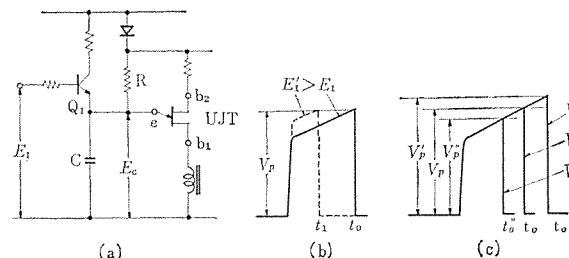


図 2.10 位相制御回路とコンデンサ電圧波形  
Phase control circuit and voltage wave form of capacitor.

一方、送風機は同一位相であっても電源電圧の変動により回転数は大幅に変化し、期待されるクーラの性能が得られない場合もある。このため電源電圧変動に応じ UJT のベース間電圧を変化させて送風機の回転数変動を補償する方向に点弧位相を制御し、定速回転を可能とした。電源電圧変動による点弧位相の変化を図 2.9 (c) に示した。すなわち電源電圧  $V_0$  が定格値の場合 UJT はエミッタ電圧が  $V_p$  で点弧パルスを発生するが、電源電圧が低下すると、UJT のベース間電圧も低下し、より低いエミッタ電圧  $V_p''$  でパルスを発生する。このためサイリスタの点弧位相は  $t_0$  から  $t_0''$  に進み、送風機に印加される電圧の導通角を広め回転数の低下が押えられる。なお電源同期回路はサイリスタの動作を検出し、その導通期間のみ位相制御回路のコンデンサ  $C$  を短絡して充電を制御するよう設計されている。

## 3. MSA-22 RA 形 電子コントロールルームクーラ

### 3.1 開発目的

ルームクーラ普及に対する阻害要因として、騒音があげられているが、当社のセパレート形ルームクーラは室内側送風機としてラインフローファンを使用しているため、騒音はきわめて小さく使用者から好評を得ている一つの要因ともなっている。暑い昼間は冷房能力をフルに発揮させる必要があるが、夜間、早朝は室外温度が低いのでその必要がな

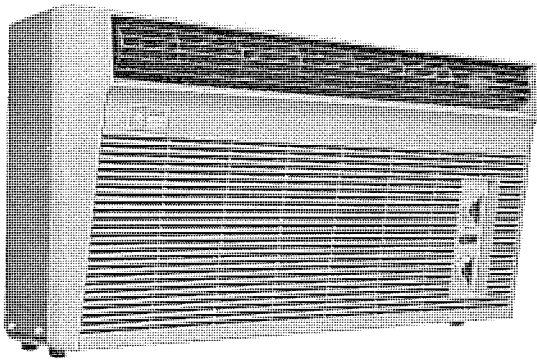


図 3.1 MSA-22 RA 形 電 子 コントロールルームクーラ  
Type MSA-22 RA electronic control room air conditioner.

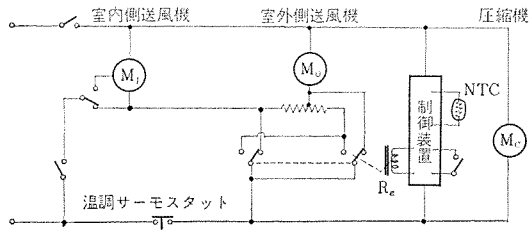


図 3.2 MSA-22 RA 形 ルームクーラ 構成  
Connection of MSA-22 RA room air conditioner.

い。また、昼間は周囲の騒音も比較的大きいためとくに問題にならず、周囲が静になる夜間、早朝の騒音とくに室外騒音を低下させることが必要になる。以上の目的で MSA-22 RA 形ルームクーラは開発されたものである。

### 3.2 制御装置と動作原理

制御装置の構成を図 3.2 に示す。騒音が問題とならない昼間は外気温度が高く、ルームクーラの冷房能力はフルに発揮させる必要があり、送風機は比較的高い回転数で運転しなければならないが、騒音が問題となる夜間・早朝は室外温度も低くなるので送風機回転数を落すことが可能であり、送風機の回転数を低下させることにより、室外ユニットから発生する騒音の改善が可能となる。

以上から MSA-22 RA 形ルームクーラは室外側ユニットの吸込温度を NTC サーミスタで検出し、室外温度がある一定値以下に低下した場合、半導体制御回路（シュミット回路）に接続されているリレー  $R_e$  によって送風機の回転数を低下させ、騒音を改善するよう設計されている。送風機の回転数を切替える室外温度は周囲騒音との関連で設定する必要があるが、夕方から夜間にかけての室外温度の変化は地方によって異なるため、動作温度は 2 種の選択を可能としている。日中の温度が比較的高温になる地方では  $32^{\circ}\text{C}$  以上で高速運転し、 $30^{\circ}\text{C}$  以下で低速に切替わり、比較的低温の地方では  $29^{\circ}\text{C}$  以上で高速、 $27^{\circ}\text{C}$  以下で低速運転となる。この切替は選択スイッチにより自由に設定できるよう設計されている。高速運転と低速運転での冷房能力の差は 10% 以下であるが、騒音の差は 4～5 phon が実測されており実用上の効果は大である。

## 4. GM 形 ルームクーラ

### 4.1 特 長

GM 形の特長は次のとおりである。

(1) 超薄形である。

圧縮機を内蔵しているにもかかわらず、奥行きわずか 28 cm でスペースをとらない。

(2) 採光を妨げない。

横形で高さが低いので、最近の建築物のように窓面積を大きくするものでも、窓ぎわにおいても採光を妨げることがない。

(3) 豪華なデザインである。

キャビネットは、高級メラミン焼付塗装仕上の落ち着いた色で、高級マンションから一般住宅まで、どんなところにもよく調和するデザインである。

(4) 風向き変更ができる。

吹出口のルーバの向きを変更することにより、風向きを変えることができる。

(5) 風量三段切替え可能である。

風量は強・中・弱の三段に切替えることができるので、任意の風量を選ぶことができる。

(6) 非常に静かな運転音である。

二重防振、防音構造、余裕ある大形シロッコファンの採用により、運転音はほとんど気にならない。

(7) 運転操作が容易である。

スイッチパネルには、運転操作スイッチ・風量切替えスイッチ・温度調節器が 1 カ所にまとめられているので、運転操作が容易である。

(8) 運転状態がひと目でわかる表示ランプ付きである。

前面パネルには、ルームクーラの正常な運転状態を示す表示ランプがついており、ルームクーラに異常があると、ランプが消えるので、運転状態がひと目でわかる。

(9) セントラルヒーティング用の機器としても利用できる。

専用の温水暖房器を組み込んで、温水ボイラと組み合わせれば、セントラルヒーティングの暖房機としても使用できる。

(10) 冷暖房の切替えが簡単である。

温水暖房器を組み込み、内蔵のコックにより、冷却水と温水を切替えることにより、冷暖房の切替えが容易にできる。

(11) 冷暖房の並行実施が可能である。

春秋の中間期には、 $40\sim 50^{\circ}\text{C}$  の低温水を流し、コックを切替えることにより、北向きの寒い室では暖房、南向きの暖かい室では冷房を行なうこともできる。

(12) 配管・配線が容易である。

配管・配線工事が左右いずれの側からでもでき、パイプシステムの採用により、2 本の配管で冷暖房ができる。

## 4.2 仕様および構造

### 4.2.1 外 観

図 4.1 は GM-15 形の外観、図 4.2 は外形寸法を示したものである。

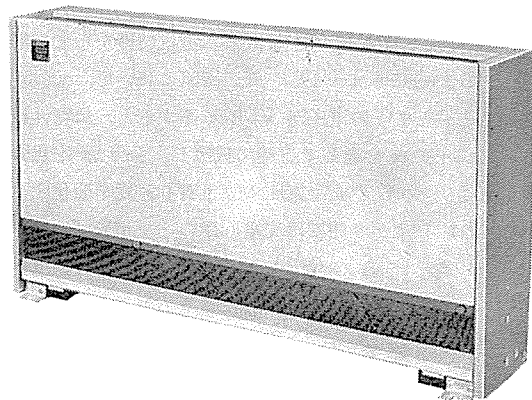


図 4.1 GM-15 形 外 観  
Front view of model GM-15.

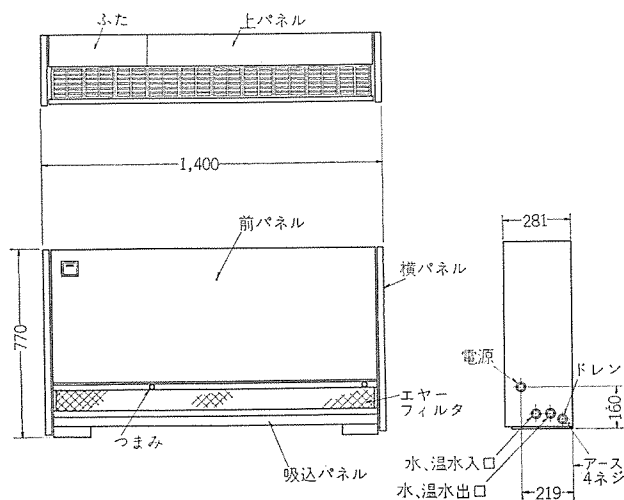


図 4.2 GM-15 形 ルームクーラー 外形寸法図  
Outline dimensions of model GM-15.

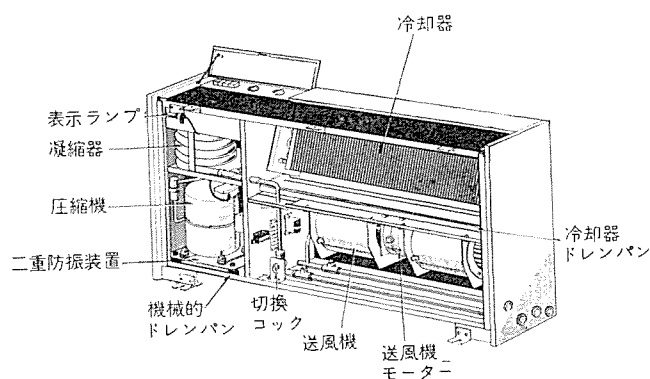


図 4.3 GM-15 形 内部構造  
Interior view of model GM-15.

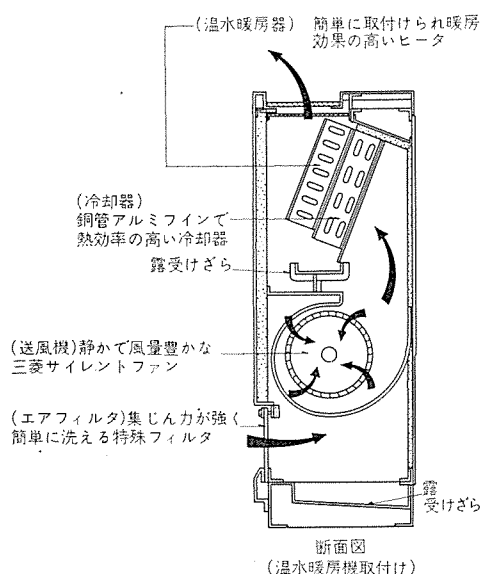


図 4.4 GM-15 形 断面概略図  
Sectional view of model GM-15.

#### 4.2.2 仕様

表 4.1 は GM 形 ルームクーラー の仕様を示したものである。

#### 4.2.3 構造

図 4.3 は、GM-15 形の内部構造を、図 4.4 は断面概略図を示したものである。吸込空気は、前パネル下部の吸込グリル、エアフィルタを通り、送風機ケーシングに吸込まれ、シロッコファンにより、冷却器を通して冷却され、上部吹出口のルーパにより室内の任意の方向に吹

表 4.1 仕様一覧表 List of specifications.

| 形 名                         | GM-15 S                                                  | GM-15 T                 | GM-20 T           |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------|
| 外形寸法 高さ×幅×奥行(mm)            | 770×1,400×281                                            |                         | 770×1,787×281     |
| 外 装                         | 高級メラミン焼付塗装仕上 (前パネル) マンセル 10 YR 7/1 (横パネル) マンセル 10 YR 5/1 |                         |                   |
| 冷 房 能 力 (JIS 標準能力) (kcal/h) | 3,550/4,000                                              |                         | 4,500/5,000       |
| 電気特性                        | 電 源                                                      | 単相 200 V                | 3 相 200 V         |
|                             | 全 入 力 (kW)                                               | 1.35/1.53               | 1.35/1.53         |
|                             | 全 電 流 (A)                                                | 7.6/7.7                 | 4.7/5.0           |
|                             | 力 率 (%)                                                  | 88.8/99.5               | 83/88.5           |
|                             | 起 動 電 流 (A)                                              | 40/37                   | 28/25             |
| 冷媒回路                        | 圧縮機 (形式×個数)                                              | 全密閉×1                   |                   |
|                             | モートル (kW)                                                | 1.1                     |                   |
|                             | 凝 縮 器                                                    | 2 重 管 式                 |                   |
|                             | 冷 却 器                                                    | クロスフィン                  |                   |
|                             | 冷 媒 制 御                                                  | キャピラリーチューブ              |                   |
|                             | 冷 媒                                                      | R-22                    |                   |
| 送風装置                        | 形 式                                                      | シロッコファン                 |                   |
|                             | 風 量 (弱・中・強) (m³/min)                                     | 9.5・10.5・11/7.5・10.5・13 | 9・10.5・13/7・11・14 |
|                             | 標準機外静風圧 (mm-Aq)                                          | 0                       |                   |
|                             | 電 動 機 (kW)                                               | 0.045                   |                   |
| 冷 却 水                       | 水量 18°C (t/h)                                            | 0.22/0.25               | 0.25/0.31         |
|                             | 32°C (t/h)                                               | 0.75/0.85               | 0.86/1.05         |
|                             | 18°C (m-Aq)                                              | 0.17/0.23               | 0.23/0.35         |
|                             | 32°C (m-Aq)                                              | 2.0/2.7                 | 2.7/4.0           |
| 保 護 装 置                     | 高圧スイッチ モータープロテクター 凍結防止用湿調                                |                         |                   |
| 温 度 調 整 器                   | 付                                                        |                         |                   |
| エ ア フ ィ ル タ ー               | 不 織 布                                                    |                         |                   |
| 重 量 (kg)                    | 110                                                      |                         | 160               |
| 電 力 料 金 (東電) (円/h)          | 15                                                       | 5.3                     | 6.7               |
| 形 式 認 可 番 号                 | ▽ 91-2583                                                | ▽ 91-2584               | ▽ 91-2956         |
| 配管寸法                        | 冷却水 (温水) 入 口                                             | 3/4 B                   |                   |
|                             | 出 口                                                      | 3/4 B                   |                   |
|                             | ド レ ン                                                    | 3/4 B                   |                   |
|                             | 電 源                                                      | 22 φ                    |                   |

#### ご希望部品

| 形 式           | クロスフィン式                  |       |
|---------------|--------------------------|-------|
| 暖 房 器         | 温 水 量 (t/h)              | 0.85  |
| 暖房能力 (kcal/h) | 60°C                     | 3,800 |
|               | 80°C                     | 5,700 |
| 給 湿 器         | ペーパーパン形, 単相 200 V, 400 W |       |
| 外 気 取 入 口     | 取 付 可 能                  |       |

注 1) 暖房能力は吸込空気温度 D B 20°C, 60 Hz 送風(強)のとき。  
注 2) 「給湿器, 外気取入口」必要の場合は特殊仕様とする。

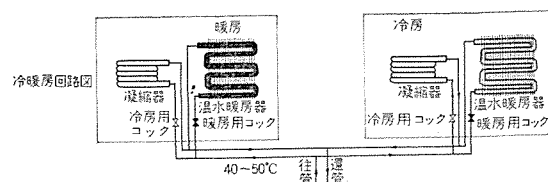


図 4.5 冷暖房回路図  
Water piping system of cooling or heating.

き出される。

#### (1) 冷媒回路構成部品

全密閉形の圧縮機を使用し、凝縮器は銅管とローフィンチューブの二

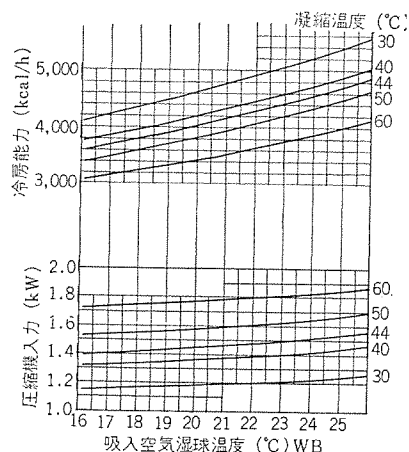


図 4.6 冷房能力線図 (60 Hz)  
Performance curves of model GM-15.

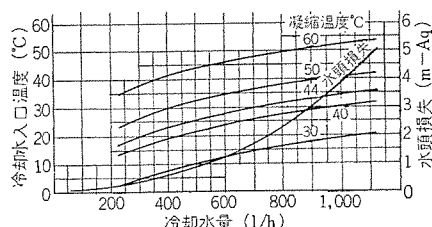


図 4.7 冷却水量・水頭損失線図 (60 Hz)  
Performance curves of condenser.

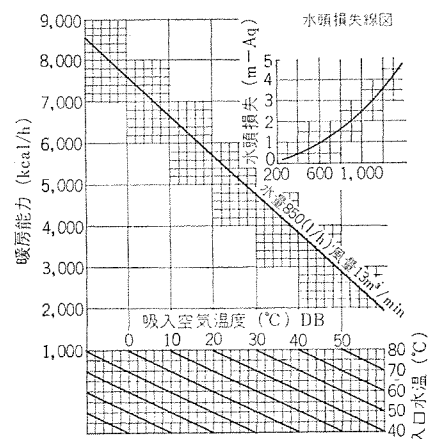


図 4.8 温水暖房器性能曲線  
Performance curves of hot water heating coils.

重管式を採用し、冷媒制御はキャピラリーチューブ、冷却器はクロスフィン形を使用し、コンパクトにするよう配慮した。

## (2) 冷却水、温水回路

凝縮器の冷却水配管と、温水暖房器の温水配管とをユニット内で共通にし、内蔵コックにより切替える2パイプ方式を採用した。これにより冷暖房の並行実施が容易にできることになった。すなわち春秋などの中間期に、南向きの暖かい室では冷房を、北向きの寒い室では暖房というように一つの配管システムで、冷暖房が同時に必要という場合にも応じることができる。図 4.5 は、この水回路システムを示したもので、40~50°C の低温水を通し、冷房したい室では、冷房用コックを開とし、暖房用コックを閉とすれば、低温水は、凝縮器の冷却水として作用し、圧縮機を運転して冷房運転を行なう。また暖房したい室では、冷房用コックを閉にし、暖房用コックを開にすれば、低温水は温水暖房器に流れ、暖房運転を行なう。45~50°C の温水でも水量を規定量だけ流せば、十分に冷房運転も可能であり、能力は大幅に落ちるが中間期であり負荷も少ないので十分と思われる。

## (3) 送風装置

送風装置は、風速分布と騒音をおさえるよう特に考慮し、そのため低速回転で十分な風量が出せるよう両吸込二連式のシロッコファンを採用している。

## (4) 防音、防振装置

振動・騒音をおさえるため、圧縮機は防振ゴムと中間板を介した二重防振構造により取付けられている。また送風装置も防振ゴムを介して取り付けられており、ユニットに振動が伝わらないようにしてある。さらに冷媒回路にも特殊マフラーが取り付けられている。

## (5) 安全装置

GM 形の安全装置は、すべて自動リセット方式を採用し、さらに自己保持回路の採用で一つ一つリセットする手間もなく、また安全装置による断続運転もしない。すべてスイッチパネル部分の操作スイッチにより運転できるようにした。安全装置としては、圧縮機のモータプロテクタ、断水時などの高圧スイッチのほか、温水暖房器の中に水がたまったら冷房運転をした場合、凍結パンクを防ぐための凍結防止温調がついており、ルームクーラの安全は万全である。しかも正常運転表示ランプとの接続により、これらの安全装置が作動してルームクーラに異常があった場合には、このランプが消えて、ルームクーラが停止したことを示すようになっている。

## 4.3 特性

図 4.6 は、GM-15 形ルームクーラの 60 Hz 時の冷房能力と、圧縮機入力の変化を、横軸に吸入空気湿球温度をとり、凝縮温度をパラメータとして表わしたものである。また図 4.7 は、やはり凝縮温度をパラメータとして、冷却水入口温度と冷却水量との関係を示したものである。これによると、JIS 標準条件 (吸入空気湿球温度 19.5°C、冷却水入口温度 24°C、同出口温度 35°C) のとき、水量 440 l/h で、凝縮温度 44°C となり、圧縮機入力 は 1.45 kW、冷房能力は 4,000 kcal/h となることわかる。したがって入口水温が 18°C のときは 250 l/h、32°C のときは 850 l/h の水量を流すと、凝縮温度はほぼ 44°C となり冷房能力もかわらないことがわかる。また図 4.8 は、GM-15 形の温水暖房器の能力を、吸入空気乾球温度と、温水温度との関係により、温水量 850 l/h のときの暖房能力を示したものである。また中間期の冷暖房並行実施時における温度条件を、乾球温度 21°C、湿球温度 16.5°C、温水温度 50°C、温水量 850 l/h とすると、冷房の場合、凝縮温度は約 60°C となり冷房能力は、3,100 kcal/h 程度となり、JIS 条件時の約 25 % 減となる。一方、暖房の場合は約 2,800 kcal/h の暖房能力となることわかる。

## 5. む す び

以上、当社で新たに開発した半導体素子を用い自動運転を可能とした小形空冷式ルームクーラの概要と、集中冷暖房設備への適用を考慮した水冷式ルームクーラの特長を紹介したが、室内条件の快適化を実現することが空気調和機器の最終目的であり、MWA-22 RA 形ルームクーラに採用された自動制御運転方式は、今後積極的に採用されることが予想され、騒音改善を実現し静かなルームクーラとも言える MSA-22 RA 形ルームクーラは、ジェット気流による急速冷房の特長とともに市場の要求を満たすものであり、さらに居住空間の環境改善に対する欲求が強まり、集中冷暖房設備の需要が増加しつつある現在、セントラルヒーティング機器に組合せ可能な水冷式 GM 形ルームクーラは、今後の住宅用空調機器として欠くことのできないものになる。

## 参 考 文 献

- (1) Ashrae Guide and Data book
- (2) 空気調和冷凍技術便覧
- (3) 空気調和衛生工学便覧

## 換 気 扇

入 沢 淳 三\*・宍 戸 幸 男\*

## Ventilating Fans

Nakatsugawa Works

Junzô IRISAWA・Yukio SHISHIDO

The diffusion rate of ventilating fans at present throughout this country is about 15 %. There has been a trend that home appliances show sudden increase in the diffusion rate when it exceeds 10 % in general. In the case of the ventilating fans, they are almost invariably installed in newly built residences. Their places of application are not only kitchens but also living rooms, bathrooms and toilets. They are now turned gradually indispensable to daily life.

This article describes the features of and how to operate the ventilating fans so as to make right selection according to the uses and kinds of the products now available in the market.

## 1. ま え が き

現在換気扇の全国普及率は約 15 %であるが、家庭用電気機器は全般に 10 %の普及率を越えると急激に伸びる傾向にあり、換気扇の場合も新築の家屋には必ず取付けられるほどになった。また、その用途も単に台所だけに限らず、居室、浴室、トイレ等それぞれの取付場所、あるいは生活様式に合致するよう単能化される傾向にあるので、換気扇を正しく選定していただくために現在市販されている換気扇を、その用途や種類に分けながらその特長、使い方について述べてみる。

## 2. 台所用換気扇

換気方式を大別すると、へや全体の空気を入れかえる全体換気方式と、汚染された空気だけを入れかえる局部換気方式とがある。

## 2.1 NEW COMPAC 換気扇 (標準換気扇)

全体換気方式の代表的なもので風量が多く、短時間でへや全体の空気を排出し、同時によごれの原因となる煙、におい、ほこり等を戸外へ排出しようという方式のものである。

換気扇を台所に使用する場合、その排気の対象が煙、油等を含んだ空気であるので、換気扇がよごれるのはさけられない。したがって換気扇を選択する際“よごれ”に関してどのように留意されているかが重要なポイントとなる。

そのためには

- (1) よごれる部分が少ないこと
- (2) よごれた部分が洗やすいこと
- (3) 換気扇がへやをよごさないこと

などに着目する必要がある。

また、このほかに

- (4) 保守が簡単であること
  - (5) 騒音が少ないこと
  - (6) へやのムードにマッチしたデザインであること
- なども換気扇としては絶対に欠かせない条件である。

これらの条件に対して、NEW COMPAC 換気扇は

(a) 風の通路には抵抗物を置かないよう、また羽根もモータをよごさないボスタイプ羽根とし、その羽根のまわりには風の流れをスムーズにするためのペルマウス役目をも兼ねそなえた油受が、コンデン

サやスイッチ部分をカバーしてよごれる部分を少なくしている。

(b) 油などでよごれた換気扇は 2～3 カ月に 1 度くらい掃拭しなければならない。そのために最もよごれる油受はポリプロピレン樹脂を使い、その非粘着性を利用してよごれを落しやすくしている。

また、羽根は比較的硬い材料を使い、洗浄の際の変形を防ぎ、シャッターは硬質アルマイト仕上げで、きずつきにくくなっている。そしてこれらの部品の形状も丸味をもたせてすみずみまで洗いやすくしてある。

(c) このようにいろいろのメリットをもつ油受は、図 2.1 に示すような油だまりをもっている。

この油だまりは、羽根から飛び散って油受に付着した油が、しだいに下へたれてきたときこの油をためて、換気扇から流れ落ちる油が壁をよごさないようにしている。

(d) 三菱が業界にさがけて行なったコンパクトタイプの換気扇は、手軽に掃除ができるように工具なしで分解組立ができるようになっている。

(e) へやのムードによって、気に入った換気扇を選べるように多くの種類のものを販売している。

このように多くのメリットをもつ換気扇も使用機種や取付方法を誤ると、その能力を十分発揮できなくなるので次のようなことに注意する必要がある。

## 2.1.1 取付位置

換気扇の取付位置はレンジの真上が最も良い。レンジからあがる煙は天井にあたると急速に広がる性質がある。したがって効率の良い換気を行なうには煙が天井に達する以前に屋外に排気する必要がある。

実験の結果では、レンジが換気扇の真下から横に 50 cm くらいま

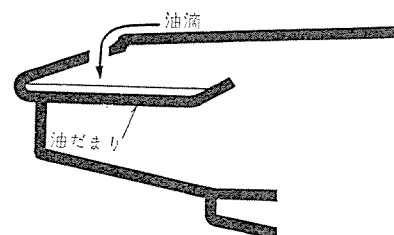


図 2.1 油だまり Oil sump.

では、ほとんどの煙を排気することができるが、75 cm 以上はなれると煙は天井まで上昇し、半分以上の煙が天井をはって室内に広がってしまう。止むを得ずレンジと換気扇が離れるときは図 2. 2 に示すように仕切りを設け、煙の拡散を防ぐことが望ましい。

### 2. 1. 2 使用台数と使用機種

これを求めるのに次のような計算式がある。

(1) ヘヤの必要換気回数から求める方法

$$\text{台数(最低)} = \frac{\text{ヘヤの容積}(\text{m}^3) \times \text{毎時の換気回数}}{\text{換気扇の換気量}(\text{m}^3/\text{h})}$$

(注) 毎時の換気回数とは、1 時間にそのヘヤの空気を何回入れ換えれば良いかで決まるものでその値を表 2.1 に示す。

(2) 収容人員から求める方法

$$\text{台数(最低)} = \frac{30 \text{ m}^3(\text{最低必要風量}) \times \text{人数}}{\text{換気扇の換気量}(\text{m}^3/\text{h})}$$

(1)の方法の一例を示すと、

ヘヤの広さ 8 畳のダイニングキッチンに換気扇 1 台を取付けるとすると、ヘヤの容積は 40 m<sup>3</sup>、毎時の換気回数は 15 回であるから、換気量 600 m<sup>3</sup>/h のものが必要となる。それは 25 cm 換気扇の中から適当なものを選べばよいことになる。

表 2. 1 毎時必要換気回数表  
Number of times required for ventilating rooms  
per hour.

| 室の種類             |           |         | 回数 | 室の種類    |                     |       | 回数 |
|------------------|-----------|---------|----|---------|---------------------|-------|----|
| 一般家庭             | 台 居 応 便   | 所 間 室   | 15 | 病 院     | 待 診 病 手 消           | 合 療 室 | 10 |
|                  |           | 接 室     | 6  |         |                     | 室     | 6  |
|                  |           | 所       | 6  |         |                     | 室     | 6  |
|                  |           | 所       | 10 |         |                     | 室     | 15 |
| 旅館<br>および<br>ホテル | ホ 調 大 便   | 一 理 室   | 10 | 工 場     | 一 般 作 業 室           | 室     | 6  |
|                  |           | 食 堂     | 15 |         |                     | 場     | 20 |
|                  |           | 所       | 8  |         |                     | 室     | 20 |
| 飲食店              | レ ス ト ラ ン | 理 室     | 10 | 一 般 建 物 | 事 務 室               | 室     | 6  |
|                  |           | 会 室     | 20 |         |                     | 所     | 12 |
|                  |           | 室       | 20 |         |                     | 所     | 10 |
|                  |           | 室       | 10 |         |                     | 所     | 10 |
| 学 校              | 講 休 便 教   | 堂 館 所 室 | 6  | 暗 室     | 写 真 用 暗 室           | 室     | 10 |
|                  |           | 室       | 8  |         |                     | 室     | 10 |
|                  |           | 室       | 12 |         |                     | 室     | 10 |
|                  |           | 室       | 6  |         |                     | 室     | 10 |
| 劇 場              | 観 映 写     | 室       | 6  | 公 衆 便 所 | 有 害 ガ ス の 発 生 す る 室 | 室     | 20 |
|                  |           | 室       | 20 |         |                     | 室     | 20 |

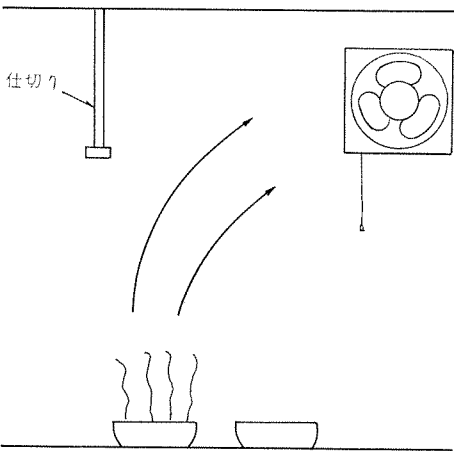


図 2. 2 換気扇の取付例  
Example of mounting a ventilating fan.

### 2. 1. 3 逆風対策

換気扇のシャッターは直接戸外に面しているので、風雨が換気扇に吹き付けるような場合にはウェザーカバーを付けるとよい。図 2. 3 は 25 cm 換気扇にウェザーカバーを付けたときと付けない場合を比較した線図である。ウェザーカバーを付けないときは 6 m/s の逆風で換気量が 0 になり、換気扇を回しているのに風が出ないばかりか、逆に入り込む結果にもなるが、ウェザーカバーを付ければ 10 m/s の逆風でも換気をする事ができる。

また、ウェザーカバーは 25 cm の換気扇で図 2. 4 のような寸法にすればよい。

### 2. 2 レンジフードファン

局部換気方式の代表的なものとしてレンジフードファンがある。全体換気方式がヘヤ全体の空気を入れ換えるのに対して、これはよごれた空気のみを排気すればよいので、風量もさほど必要とせず、室内を冷暖房しているときでも冷たい、あるいは暖かい空気を逃がすことなく使用できるので冷暖房時の効率も良く有利である。

この換気扇は、レンジから上がるよごれた空気のみを排出するものであるからレンジの真上に付けないと効果がない。(実際はレンジの真上 80 cm が最も良い。)

もしレンジの真上に付けることができないならレンジフードを使わずに、全体換気のプロペラ形換気扇を使用すべきである。レンジフードには、普及形とデラックス形の 2 種類がある。

デラックスレンジフードには、この種の換気扇で三菱が初めて採用した電子スイッチ式全自動レンジフードになっているので、レンジを点火すれば自然に回り出す仕組みになっている。この回路は図 2. 5 に示すとおりである。

温度感知素子には図 2. 6 に示すような負性抵抗特性をもつサーミスタを 2 個使い、一方をレンジの真上に(高温素子)、もう一方(低

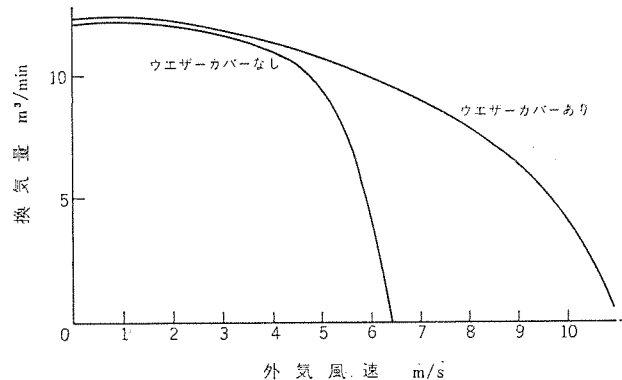


図 2. 3 ウェザーカバーの効果  
Effect of weather cover.

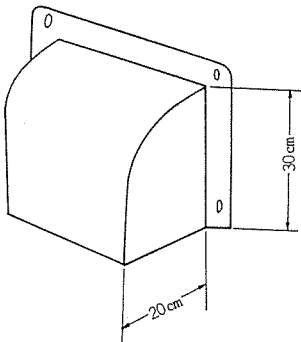


図 2. 4 ウェザーカバー (25 cm 換気扇)  
Weather cover.

温素子) をレンジからの影響のないところにおく。レンジを点火するとその暖められた空気が上昇し、高温側のサーミスタを暖める。するとその抵抗値が下がりブリッジ回路のバランスがくずれて AB 間に電位差を生ずる。これを増幅器で増幅しリレーを働かせてモータを回すのである。

感度調整ボリュームはその値を適当に取ることによりレンジフードを早くも、おそくも動作させることができる。調整のできる温度差(高温側と低温側のサーミスタの周囲温度の差)は、大体  $0^{\circ}\text{C}$  から  $12^{\circ}\text{C}$  まで可能である。

レンジフード 2 機種の Q-H 特性を図 2.7 に示す。

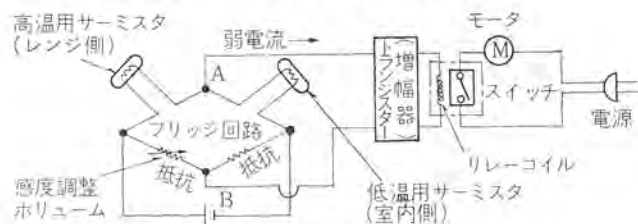


図 2.5 電子スイッチ回路  
Electronic switch circuit diagram.

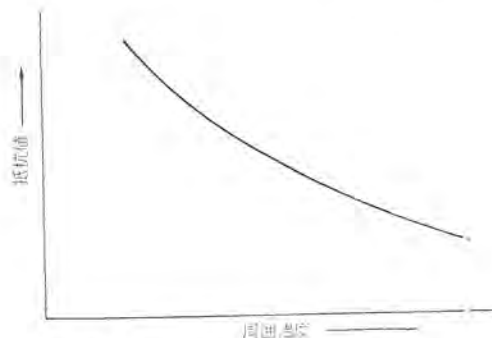


図 2.6 サーミスタの負性抵抗特性  
Negative resistance characteristics of thermister.

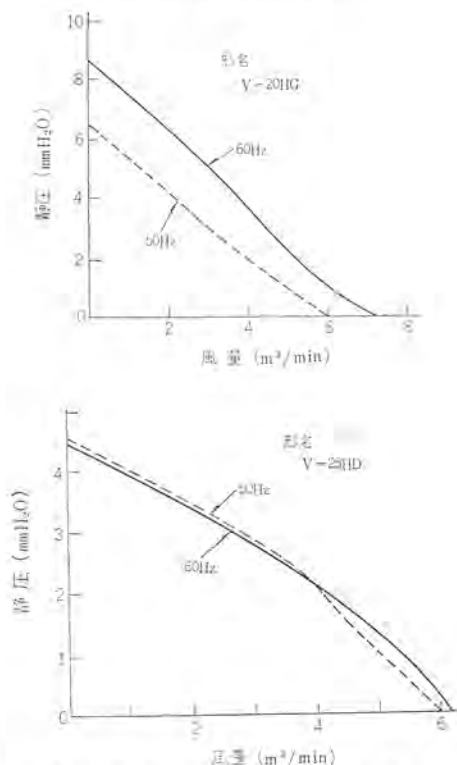


図 2.7 Q-H 曲線 (レンジフード) Q-H curves.

### 3. 居室用換気扇

#### 3.1 お座敷換気扇

ラインフローファンを使用したこの換気扇は、静かで幅広い風を送ることのできる換気扇で、お座敷(和室)にマッチしたデザインといえる。これには吸、排、循環と三つの作用がある。それは、

(1) ほこり、たばこの煙、炭酸ガスなどでよごされた空気を戸外に排出する排気作用。

(2) 戸外の新鮮な空気を室内に入れる吸気作用。

とくに夏の夜などの寝苦しさを解消するには効果的である。図 3.1 に夏の室内外の温度を示すがこれをみてもわかるように、就寝時には外気のほうが  $5^{\circ}\text{C}$  ほど低く、これを取り入れればへやの中で夕涼みしながら快適に眠ることができるのである。

(3) 循環作用

循環作用の重要な効果は、冬暖房したときの室内温度の均一化である。暖房した室内で天井と床の温度を測定したデータの一例を図 3.2 に示す。

点線より左は室内の空気を循環させないとき、暖房器を使用すると室内の温度がどのように上昇するかを示したものであるが、天井と床上 50 cm では  $15^{\circ}\text{C}$  もの温度差があることがわかる。ところがここで空気を循環させると点線より右の傾斜に示されているようにその温度差が数度になる。しかも注目すべきことは、床上 50 cm の温度が上がり、生活に最も適当と言われる  $22\sim 23^{\circ}\text{C}$  になるということである。

空気を循環させることにより、暖房しているのに坐っている人が寒さを感じずようなこともなく、暖房効率も良くなり燃料費の節約にもなる。(なお当社は、循環作用専用のエアサーキュレータも販売している。)

#### 3.2 居間用換気扇

お座敷換気扇が和室向きとすれば、これは洋間向きのデザインと言える。この換気扇は前述の循環作用のほかに三菱独自の機構であ

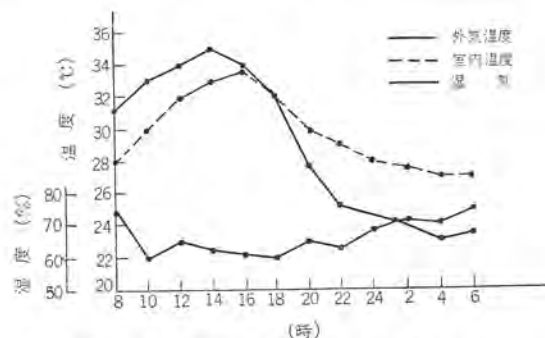


図 3.1 夏期における室内外の温度差異  
Temperature difference between inside and outside of rooms in summer.

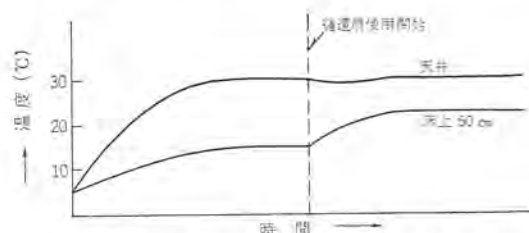


図 3.2 暖房による室内温度の変化  
Changes of room temperature by room heating.

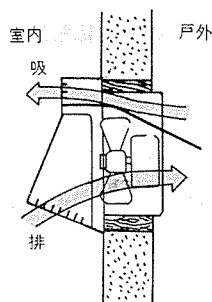


図 3.3 同時吸排機構  
Mechanism of simultaneous drawing in and discharging.

る同時吸排機構をそなえている。これは 図 3.3 に示すような機構のもので、よごれた空気を排出すると同時に、新鮮な空気を吸込むまったく新しい換気方式である。

最近 アルミサッシ を用いた住宅がかなり増加し、室内が密閉されるケースが多いが、このようなところで換気扇を用いてへやの中の空気を外へ排気するとき、排気しただけの空気は必ずどこから取り入れなければならない。ふつう空気取り入れ口を他に設けてこれを解決するが、同時吸排の換気扇を用いれば 1 台で排気と吸気が同時に可能であるので、めんどろな工事も少なくてすみ、非常に便利である。

#### 4. 浴室用換気扇

浴室は一般に窓も少なく非常に密閉度が高いのと、湯船からあがる蒸気のため高湿になるところである。そのうえ最近内がま式のがス風呂も普及し、中毒事故のおそれも多い。したがって、浴室換気扇はよごれた空気を排出すると同時に新鮮な空気を吸込むように同時吸排の機構を取り入れ、湿気によりさびたり絶縁が劣化するのを防ぐため、4 重塗装、2 重絶縁をして、さらにアース端子を付けている。

#### 5. トイレットファン

大都市以外ではまだまだ下水道の普及していないわが国では、ほとんどの家庭がため置き式のトイレである。このようなトイレでは、臭気は他のへやまで伝わって非常に不愉快な思いをだれしも味わっていることである。ただ便そうから立ちあがった臭気はよく見かけるが、自然風力利用のベンチレータでは気休めにもならない。

トイレでの換気の原則は、必ず便そう内の圧力を下げて壁やドアのすき間からトイレの中へ空気を送り込むようにすることである。さもないとトイレの悪臭をすいあげてかえって逆効果になるから注意を要する。また、この換気扇の使用場所からして、故障したとき修理するというわけにはいかないので十分なライフテストをして細心の注意をはらって設計されている。

取付けも、上部取付け、中間取付け、上部中間兼用のものといろいろあるが、建物の高さや取付け位置により適当なものを選択する。また、排気した臭気が下方に降りるものより、上空へ上ってゆく吹出し方のものを選ぶのがよい。

#### 6. 高層住宅用換気扇

最近の建築様式の一つに公共住宅をはじめ、アパート、マンションなどの高層建築が目立って多くなってきた。そういった住宅は、窓側に面した日当たりの良いへやは居間やサロームに使い、窓のない中

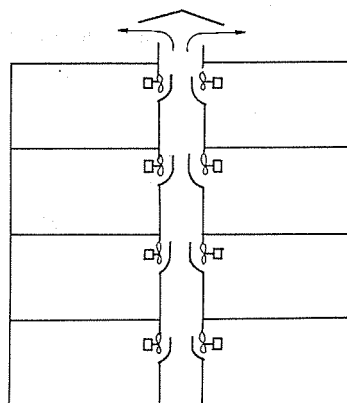


図 6.1 押込方式 Force in system.

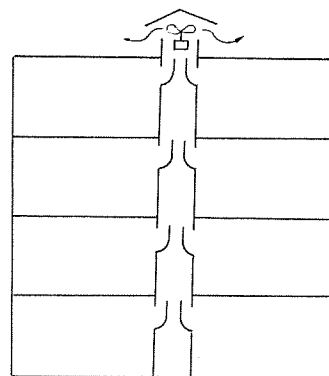


図 6.2 吸込方式 Draw in system.

央部のへやを台所、浴室、トイレなどにあてる傾向にある。

ところが、最も換気が必要とするのは外気と直接接する居間やサロームでなく、台所、浴室、トイレである。だがそこに圧力のない従来のフロア形換気扇を使い、ダクトを用いて換気するのは不可能に近い。

ここでこれら高層住宅の換気方法として登場したのが集中ダクトによる方法で、このダクトに直結して使用するのがダクト用換気扇である。

##### 6.1 集中排気ダクトについて

集中排気ダクトとは 図 6.1、図 6.2 に示すような高層住宅の換気装置のダクト部分で、このダクトに各戸から排気ガスを送り込みまとめてビル外へ排出するものである。この方法に二つあり、図 6.1 は集中ダクトの中に各戸から排気ガスを押込みダクトを通じて大気中へ放出する押込方式、図 6.2 は集中ダクトの上部に大形のファンを付けダクト内の空気を排出することにより各戸の排気ガスを吸込む方式である。

この二者を比較すると、押込方式は各戸が自分の換気扇で好きな時間に運転すればよいので普通の換気状態と何ら変わらない。ただ集中ダクト中に排気するのでダクト内の静圧が外気より 1.0~2.0 mm H<sub>2</sub>O 程度高くなるので、換気扇を回さないときは逆流防止用のダンパーが必要である。このダンパーは普通の換気扇のシャッタ程度のもので十分である。

一方押込方式のものは、ダクトの上部で大形のファンを回しダクト内の圧力を下げて台所から排気ガスを吸込むものであるから、その住宅に住む人が調理をしている間は吸出し用のファンを回さなければならない。しかし大形のファンを回すため 80 ホーン近い騒音が出て、

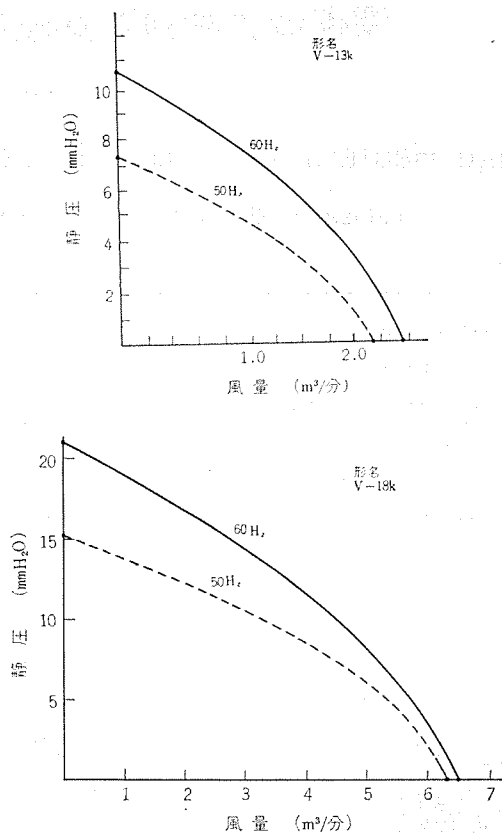


図 6.3 ダクト用換気扇特性曲線  
Ventilating fan characteristics curves for duct use.

使用時間が制限される。したがって、その時間帯をはずれた人は無換気の状態では調理をしなければならないという致命的な欠陥をもっている。

このように騒音、効率、あるいは各戸が任意に運転できる点で押込形のほうがすぐれているので、これについてどのような特性の換気扇が必要なのか以下に説明する。

## 6.2 ダクト用換気扇（押込形）の特性

台所用を風量  $6.0 \text{ m}^3/\text{min}$ 、静圧  $2.0 \text{ mmH}_2\text{O}$ 、浴室、トイレ用を風量  $1.5 \text{ m}^3/\text{min}$ 、静圧  $2.0 \text{ mmH}_2\text{O}$  とする。

その理由は、

### (1) 静圧について

集中ダクトに各戸の台所から排気ガスが押込まれるためダクト内の圧力は上昇する。その圧力はダクトに排出されるガスの量、ダクトの形状により決まるが、ここではダクトを  $60 \text{ cm}$  角、住宅階数を 15 階、戸数を 30 戸として、全部同時に換気扇を回すとそれぞれにかかる圧力は、

1F～3F  $2.47 \text{ mmH}_2\text{O}$

4F～6F  $2.43 \text{ mmH}_2\text{O}$   
7F～9F  $2.30 \text{ mmH}_2\text{O}$   
10F～12F  $2.00 \text{ mmH}_2\text{O}$   
13F～15F  $1.50 \text{ mmH}_2\text{O}$

である。

ただし厳密には各階で圧力が異なるがその平均値をあげてみた。15階のうちで最も圧力のかかるのは1階で、約  $2.5 \text{ mmH}_2\text{O}$  となる。しかしこれは全戸が同時に使用した場合のことであり、実際には同時使用率はせいぜい 50 % 程度しかないので  $2.5 \text{ mmH}_2\text{O}$  の必要はなく、 $2.0 \text{ mmH}_2\text{O}$  あれば十分すぎるほどである。

### (2) 風量について

台所用の風量を  $6.0 \text{ m}^3/\text{min}$  と決めたが、それは公共住宅用換気扇（15 cm 換気扇）と同じである。建築試験所のデータによると、普通の台所では  $6.0 \text{ m}^3/\text{min}$  の風量があれば十分であると言われているのでこの値を取った。また、浴室、トイレは大体  $10 \text{ m}^3$  程度の容積であるので、換気回数を 6 回以上に取った場合  $1.5 \text{ m}^3/\text{min}$  の風量が必要となる。

### (3) 実際の特性

ダクト用換気扇 V-13 K, V-18 K 2 機種の特性は図 6.3 に示しておりである。

## 7. 窓用換気扇

今まで述べてきた換気扇はトイレファンを除けばすべて、壁に穴をあけたりダクト配管したりする必要があったが、ここに述べる窓用換気扇は、そういうめんどろな工事を必要としない。また、借家やアパートなどで勝手に壁穴をあけられない場合でも、窓さえあればドライバー 1 本で簡単に取付けられ、引越しの際も換気扇をはずして持っていても、壁にポツリと穴だけ残すこともない。

このような窓用換気扇はいろいろの場所に使用されるが、台所用として使用される場合が最も多いのでその際の注意事項をあげると、窓の左右どちらでも取付けられるようになっているが、コンロに近いところがよい。ただしプラスチックのパネルの変形温度が  $70^\circ\text{C}$  くらいであるので、あまりコンロに近づきすぎると、やかんなどの蒸気が直接吹き付けて変形するおそれがあるので十分注意する必要がある。

## 8. む す び

換気扇の特長、取扱い方法等を説明してきたが、現在 13 % の普及率しかない換気扇も、住宅には必要不可欠なものとなり、毎年百数十万戸の新築家屋が建てられていることから、ますますわれわれの生活の中に溶け込み、ここ数年のうちには 50 % の普及率に達するであろう。

## 深夜電力利用蓄熱暖房器

萩原 孝久\*・赤羽根 正夫\*

## Storage Heaters with Midnight Power

Gunma Works Takahisa HAGIWARA・Masao AKABANE

With the elevation of a living standard, those made a marked advance are heating systems of houses. In Europe and America to heat rooms is a indispensable matter in a daily life. But it is regrettable that much attention was not given to it in this country and braziers and Kotatsu were mostly in use to contend with cold. Nowadays, however, there is a trend that people think of putting in more heating systems to their houses and central heating is coming into limelight to replace the old local heating. This article describes storage heaters making use of midnight power, which can be realized with the most simple construction work, explaining their specifications, performance and calculation of load. A number of factors are also enumerated to prove their bright future as facilities coming in handy to heat up residences.

## 1. ま え が き

最近、発刊される諸雑誌等で述べられている日本の将来の姿という中で、生活水準は世界のトップレベルに上がるだろうと言われている。この将来の姿を考え、現在の電化品などの普及状態をみると、さらに確信を深くする。生活水準の向上に際して、とくにクロ・ズアップしてきたものに居室暖房設備がある。これは、欧米においては生活習慣に浸透している事であるが、日本では旧態然としたコタツやストーブなどの局部暖房が生活習慣となっていた。しかし近年になり、より活動的な暖房方式への移向が徐々に浸透を始め、居室暖房設備が脚光を浴びてきた。では、居室暖房設備にはどんな方法があるだろうか。わが国で、従来最も一般的であったのがスチーム暖房であるが、この方式は相当大がかりのものであり、一般家庭には不向きである。

一般家庭向きには、より取扱いの簡単なものが望まれ、ダクト暖房方式としての温風暖房機とか、熱交換器を付属した温水器などが普及を始めたところであるが、これらにも相当な工事がともなうため、新築家屋以外には不適となることが多い。では、その効果を現在の家屋に(当然、新築家屋でも同じことであるが)最も簡単に持込むことができるものは、以下詳細に述べる蓄熱暖房器以外にあまりない。蓄熱暖房器の普及の例としては、英国においてここ数年間で300万台の普及をみたという実績が何よりの証拠である。したがって日本においても近い将来、居室暖房設備の一方法として相当普及すると考えられる蓄熱暖房器について、以下に報告する。

## 2. 蓄熱暖房器の種類

蓄熱暖房器の方式としては、つぎの3種類に分けられる。

## 2.1 自然対流方式 (図2.1)

蓄熱された蓄熱体の周壁より、断熱材、ケースを通して徐々に放熱し、へやの暖房をする方式。

## 2.2 ダンパー方式 (図2.2)

蓄熱体の内外部に熱風通路を設け、その出入口をダンパーで開閉し、暖房の必要時に開口し多くの熱を取り出すことができる方式。

## 2.3 強制対流方式 (図2.3)

蓄熱体の内外部に熱風通路を設け、ファンにより室内空気を送り込

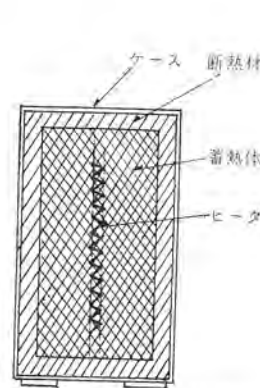


図 2.1 自然対流方式  
Natural convection type.

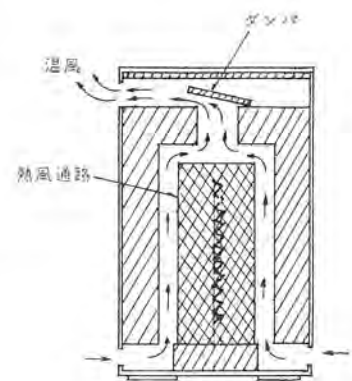


図 2.2 ダンパー方式  
Damper type.

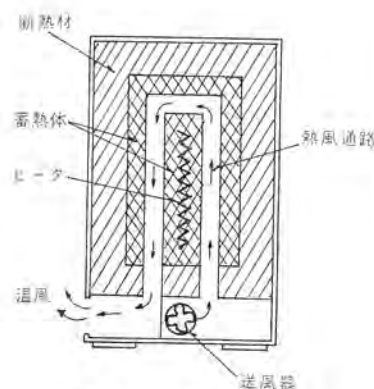


図 2.3 強制対流方式  
Forced convection type.

み、温風として熱を取り出す方式。

## 3. 蓄熱暖房器の特長

## 3.1 長 所

- (1) 維持費が安い。電力料金は、深夜電力料金制度により昼間電力料金の約 1/3 程度である。
- (2) 設備費が他種燃料方式のものより安い。
- (3) 合計費用(施設費+維持費)は、他の燃料と競合できる。
- (4) 完全に自動的、衛生的である。
- (5) 転宅の際、簡単に移動できる。

### 3.2 短 所

- (1) 重量が相当重い。
- (2) 温度調節幅が比較的小さい。
- (3) 夕方に熱量が少なくなる。

## 4. 蓄熱暖房器 (SR-3003 形) について

当社では今後の暖房方式の変革を考え、他社に先がけ、当社独自の蓄熱暖房器の研究、開発を始め試作品による各種試験検討を約3年間続け、その結果、日本の家屋構造、気候などを考慮した強制対流方式を採用し、昭和41年に放熱量を制御できるSR-3001形、SR-2001形を発売し好評を得、さらに製品の改良につとめた結果、昭和43年には種々のメリットを内蔵させたSR-3003形の蓄熱暖房器の発売となった。

### 4.1 仕 様

当社SR-3003形蓄熱暖房器の仕様は表4.1のとおりである。

### 4.2 特 長

#### 4.2.1 蓄熱量調節器付き

蓄熱暖房器は、深夜に通電された熱量をその翌日の1日の暖房に有効に使えばよいものであるから、その日に必要としない熱量まで蓄熱する必要はない。したがって春とか秋という時期には適当に蓄熱量を調節して使用するほうが効果的である。このために蓄熱量調節器がつけられている。当社の蓄熱量調節器は、液体膨張式で60°C~250°Cまでの可変ダイヤルがついている。そしてその感熱部が蓄熱体外周のしゃ熱板に密着して取付けてあり、蓄熱体の温度変化に対応する温度(上記60°C~250°C)を感知して、蓄熱体平均温度を350°C~600°Cにおさえている。

#### 4.2.2 自動空調装置付き

蓄熱暖房器は、夜間蓄熱するため朝、最大蓄熱量となり、早朝の使用時には非常に高温の風が出てくる一方、夕方には蓄熱量が少なくなり、温風の温度が低くなる。そのため蓄熱量をできるだけ平均的に利用することが蓄熱暖房器の効果を高めることになるので、当社においては自動空調装置を取付け、この欠点をカバーしている。

自動空調装置の原理は、風洞出口において高温の温風と室内の冷風との混合比を自動的に変えることにより、平均した温風を長時間得られるようにしてある。これを図解すると図4.1のようになる。温風の特徴は朝の最大蓄熱時に、この装置がない場合は200°C以上の温風が短時間出てくるが、この場合は約120°C程度の温風となって出てくる。そして長時間にわたってダンプの開き角度が変わり、混合比率をかえながらほぼ一定温風を出す。さらに、暖房効果が少なくなる約80°Cの温風となると、熱量表示ランプが点灯してはじめて昼間ヒータ回路に通電できるようになっている。

表 4.1 仕 様  
Specification.

| 項 目          | 形 名 | SR-3003 形                                 |
|--------------|-----|-------------------------------------------|
| 方 式          |     | 強 制 対 流 方 式                               |
| 定 格 電 圧      |     | 夜 間 電 源 単 相 200 V<br>昼 間 電 源 単 相 100 V    |
| 定 格 消 費 電 力  |     | 夜間電源 3 kW<br>昼間電源 ヒータ 500 W×2 ファンモータ 29 W |
| 外 形 寸 法 (cm) |     | 幅 83×奥行 40×高さ 82                          |
| 重 量          |     | 189 kg                                    |
| 付 属 部 品      |     | 敷 板、保管カバー                                 |
| 形 式 認 可 番 号  |     | ▽ 81-1700                                 |

#### 4.2.3 昼間ヒータ自動切換装置付き

この装置は、上記、自動空調装置をさらに効果的に生かすため、暖房効果のある温風が出てくる間は、昼間ヒータは不要なので通電できない回路にしてあるが、昼間ヒータをセットしておく、と、温度が約80°C以下になって初めて自動的に通電される。これを回路的に示すと図4.2のようになる。

#### 4.2.4 熱量表示ランプ付き

熱量表示は、蓄熱量がなくなるとランプが点灯し通電している状態を示し、かつ蓄熱量がなくなってきた状況を知らせるようになっている。

#### 4.2.5 加湿器さら(皿)

暖房は、温度と湿度がおのおの一定の範囲にあって初めてこころよい暖房を感じることができる。とくに、温度を上げてくると急激に湿度の低下をきたす。これをカバーするために十分ではないが、加湿器を蓄熱暖房器の上部に内蔵させ加湿するようにしている。

#### 4.2.6 簡易組立方式

蓄熱暖房器の重量は非常に重いため、輸送は蓄熱体と本体とが別こん(梱)包で包まれて、現地で据付組立てるようになっている。このため再組立てをできるだけ簡単にしなければならない。当社では蓄熱体を組立てに便利な重さに分割し、本体前面より組込めるようにしてある。本体については、断熱構造を完全にするため二重に形成し蓄熱体が入れば完全な性能が出るようにしてある。

#### 4.2.7 重量物ささえ用敷板

蓄熱暖房器の重量は非常に重いため、日本家屋などに据付ける時、集中荷重がかかるような構造ではささえきれない問題がある。したがって、この荷重を平均化して畳のような場合でも十分耐えられるような敷板を付属している。

#### 4.2.8 近代家具調意匠

このような機器は、一般調度品と同じような扱いができるということが最近の傾向である。したがって、当社では洋間、日本間にお

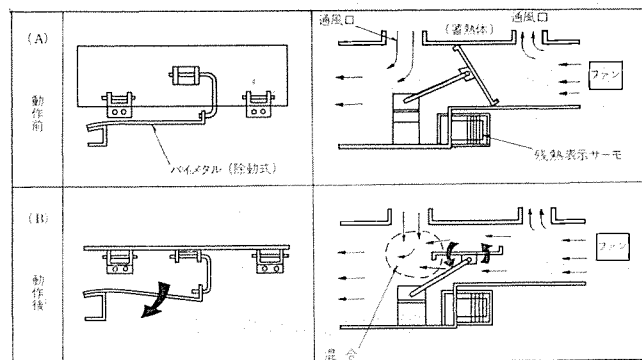


図 4.1 自動空調装置  
Automatic air conditioner.

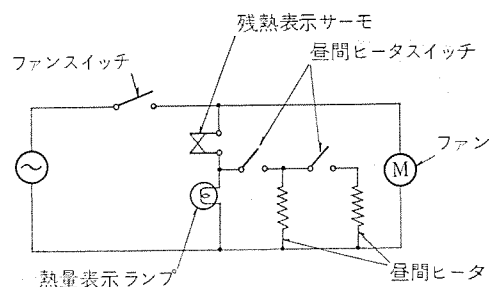


図 4.2 昼間ヒータ自動切換装置  
Automatic change over device of daytime heater.

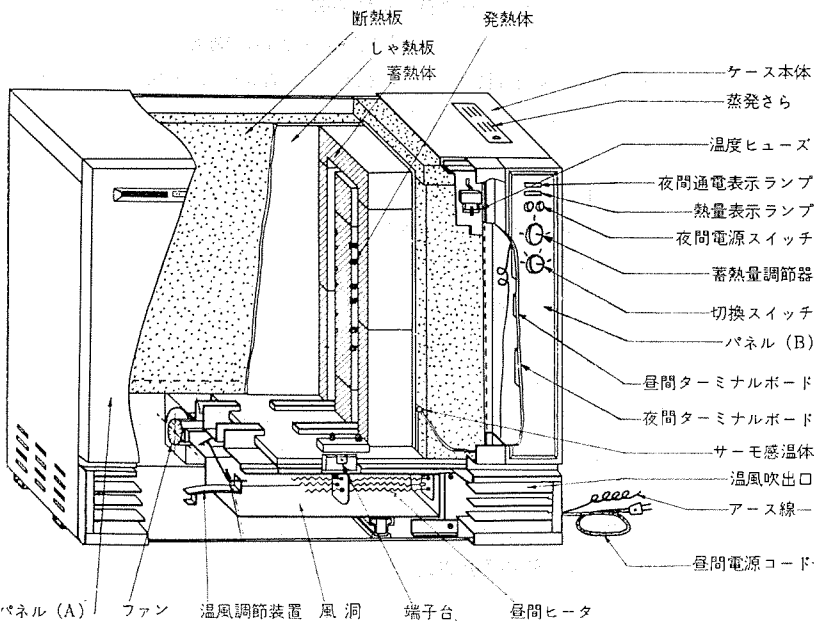


図 4.3 各部の名称  
Names of each part.

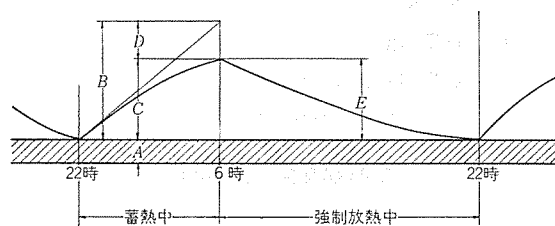


図 4.4 蓄熱曲線  
Stored heat curve.

表 4.2 主要部品および材料  
Principal parts and materials.

| 蓄熱板    | 特殊耐熱レンガ                       | 昼間ヒータ    | ニクロム線                  |
|--------|-------------------------------|----------|------------------------|
| しゃ熱板   | 石綿 (10 mm)                    | 夜間電源スイッチ | 両切押しボタンスイッチ 250 V 20 A |
| 断熱板    | 岩綿 (50 mm)                    | 切換スイッチ   | 4 段切換ロータリースイッチ         |
| 蓄熱量調節器 | 液体膨張式サーモスタット (ダイヤル操作で蓄熱量調節可能) | 温度ヒューズ   | SR-3003 161°C          |
| 夜間ヒータ  | ニクロム線                         | パイロットランプ | 夜間用 通電表示<br>昼間用 熱量表示   |

いても他の家具とマッチする意匠を採用した。

#### 4.3 構造

(1) 各部の名称 各部の名称を図 4.3 にまとめた。

(2) 主要部品および材料 主要部品、材料を表 4.2 にまとめた。

#### 4.4 性能 (蓄熱と放熱)

昼間の放熱量は夜間の蓄熱量によって変化するが、蓄熱暖房器の蓄熱および放熱は図 4.4 のように行なわれる。蓄熱および放熱効率は、

- A: 暖房器と蓄熱体にベースとして常に貯えられている熱量  
B: 供給熱量 {消費電力 (kW) × 電力供給時間 (h) × 860 kcal/h}  
C: 蓄熱量 (kcal)  
D: 蓄熱中に室内へ自然放熱される熱量 (kcal)  
E: 放熱量 (kcal)

とすると、

$$\text{蓄熱効率} = \frac{C}{B} \times 100(\%) \quad \text{放熱効率} = \frac{E}{C} \times 100(\%)$$

なお当社のおおの効率は 88.4%, 100% である。

#### 5. 暖房負荷計算について

蓄熱暖房器を効率よく使用するには、適室の選定が必要である。この選定方法は次のおおの表を利用することによって求めることができる。

##### 5.1 暖房負荷計算

表 5.2 は次のような計算で算出したものであるから条件が異なる場合は修正して、利用できる。

- (1) 天井の高さ……………2.7 m  
(2) ドア、窓の面積……………0.9 × 1.8 ≒ 1.6 m<sup>2</sup>  
(3) 障子、ふすま、カーテン 面積……………4.5 畳 2.7 × 1.8 ≒ 4.8 m<sup>2</sup>  
8 畳 3.6 × 1.8 ≒ 6.4 m<sup>2</sup>  
(4) 天井、床面積……………4.5 畳 2.7 × 2.7 ≒ 7.3 m<sup>2</sup>  
6 畳 2.7 × 3.6 ≒ 9.7 m<sup>2</sup>

8 畳 3.6 × 3.6 ≒ 13 m<sup>2</sup>

- (5) 内壁、建具、天井、人の出入、換気の場合の室外温度は外気温 +5°C とした。  
(6) 内壁、外壁に窓またはドアがあるときは外壁、内壁値より面積 1.6 m<sup>2</sup> の窓 1 か所につき 20 % 差引き、別に窓、ドアの値を加える。  
(7) 内壁が障子、ふすま、カーテンの場合は内壁値より 55 % 差引き、別に障子、ふすま、カーテンの値を加える。  
(8) 6 畳の場合、部屋が正方形にならないので壁面積が 4.5 畳のときの値、8 畳と同一面積は 8 畳のときの値を選定して使用する。  
(9) 人の出入の際は風速 0.5 m/s とした。

##### 5.2 暖房負荷計算例

暖房負荷計算を図 5.1 の間取りの部屋について行なう。

外壁 (A 構造)

- 東側: 外壁値 × 窓分差引 × 方位付加係数 (東)  
= 13 × (1 - 0.2) × 1.1 ≒ 12  
窓: 窓値 = 10  
南側: 外壁値 × 窓分差引 × 方位付加係数 (南)  
= 13 × (1 - 0.2) × 1.0 ≒ 11  
窓: 窓値 = 10

内壁 (B 構造)

- ドア 無部屋の壁: 内壁値 = 17  
ドア 有部屋の壁: 内壁値 × ドア分差引  
= 17 × (1 - 0.2) ≒ 14

- ドア値: = 3  
天井 (B 構造): 天井値 = 25  
床 (A 構造): = 16  
人の出入: 1 時間当たり 3 回 = 23

合 計 = 141

強制放熱連続暖房付加係数 0.8 を合計値に掛ける。

$$141 \times 0.8 = 112.8$$

表 5.1 壁体構成による貫流率の変化(暖房および空気調和より)  
Change of penetration rate depending on wall materials.

| 壁 体 | 断熱性 | 例                                         | 貫 流 率<br>kcal/m <sup>2</sup> h°C |
|-----|-----|-------------------------------------------|----------------------------------|
| 外 壁 | A   | ガラスウール等の断熱材を使用した軽量ブロックコンクリート、木造モルタル等の壁    | 0.9                              |
|     | B   | 木造モルタル、コンクリート、土壁                          | 1.5                              |
| 内 壁 | A   | ガラスウール等の断熱材を使用した1つくい、プラスタ軽量ブロック、コンクリート等の壁 | 0.9                              |
|     | B   | 1つくい、プラスタ、軽量ブロック、テックス等の壁                  | 1.6                              |
| 天 井 | A   | ガラスウール等の断熱材を使用した天井、2階のある天井                | 0.8                              |
|     | B   | 板張り天井、テックス天井                              | 1.8                              |
| 床   | A   | 畳床、2階の部屋                                  | 0.8                              |
|     | B   | 板張り、コンクリート                                | 1.4                              |
| 窓   | A   | 二重窓                                       | 3.4                              |
|     | B   | 一重窓                                       | 3.9                              |
| 建 具 | A   | ふすま、ドア                                    | 1.7                              |
|     | B   | 障子、カーテン(厚地)                               | 3.6                              |

注) (1) 外壁とは建物の外の空気に触れる壁をいい、内壁は建物の中の壁をいう。  
(2) 断熱性 A は良い条件、B は比較的悪い条件であることを示す。

表 5.2 暖房負荷計算値  
Calculated values of heating load.

単位×10 kcal

| 壁 体                   |             | 外気との温度差<br>部屋の大きさ(畳) |  | 10℃ |    |    | 12℃ |    |    | 14℃ |    |    | 16℃ |    |    | 18℃ |    |   |
|-----------------------|-------------|----------------------|--|-----|----|----|-----|----|----|-----|----|----|-----|----|----|-----|----|---|
|                       |             |                      |  | 4.5 | 6  | 8  | 4.5 | 6  | 8  | 4.5 | 6  | 8  | 4.5 | 6  | 8  | 4.5 | 6  | 8 |
| 外 壁                   | 断 熱 性 A     |                      |  | 6   | 8  |    | 7   | 10 |    | 9   | 12 |    | 10  | 13 |    | 11  | 15 |   |
|                       | 断 熱 性 B     |                      |  | 10  | 14 |    | 13  | 17 |    | 15  | 20 |    | 17  | 23 |    | 19  | 26 |   |
| 内 壁                   | 断 熱 性 A     |                      |  | 3   | 4  |    | 4   | 6  |    | 5   | 7  |    | 7   | 9  |    | 8   | 11 |   |
|                       | 断 熱 性 B     |                      |  | 5   | 7  |    | 8   | 10 |    | 10  | 13 |    | 12  | 17 |    | 15  | 20 |   |
| 床                     | 断 熱 性 A     |                      |  | 5   | 7  | 10 | 7   | 9  | 12 | 8   | 10 | 14 | 9   | 12 | 16 | 10  | 14 |   |
|                       | 断 熱 性 B     |                      |  | 10  | 13 | 18 | 12  | 16 | 21 | 14  | 19 | 25 | 16  | 21 | 29 | 18  | 24 |   |
| 天 井                   | 断 熱 性 A     |                      |  | 2   | 3  | 5  | 4   | 5  | 7  | 5   | 7  | 9  | 6   | 8  | 11 | 7   | 10 |   |
|                       | 断 熱 性 B     |                      |  | 6   | 8  | 11 | 9   | 12 | 16 | 11  | 15 | 21 | 14  | 19 | 25 | 17  | 22 |   |
| 窓                     | 断 熱 性 A     |                      |  | 5   |    |    | 6   |    | 7  |     | 8  |    | 9   |    |    |     |    |   |
|                       | 断 熱 性 B     |                      |  | 6   |    |    | 7   |    | 8  |     | 10 |    | 11  |    |    |     |    |   |
| 建 具                   | ふ す ま       |                      |  | 4   | 5  |    | 5   | 7  |    | 7   | 9  |    | 9   | 12 |    | 10  | 14 |   |
|                       | 障 子<br>カーテン |                      |  | 8   | 11 |    | 12  | 16 |    | 15  | 20 |    | 19  | 25 |    | 22  | 30 |   |
|                       | ド ア         |                      |  | 1   |    |    | 2   |    |    | 2.5 |    |    | 3   |    |    | 3.5 |    |   |
| 人の出入による負荷熱量<br>(3回/h) |             |                      |  | 10  |    |    | 15  |    |    | 19  |    |    | 23  |    |    | 28  |    |   |

すなわち、暖房負荷として1,128 kcal/h となる。

この結果表 5.1 によりつぎのように決めることができる。

2 kW 蓄熱暖房器であれば  $1128 \div 760 = 1.4$  となり2台では余る。

3 kW 蓄熱暖房器であれば  $1128 \div 1140 = 0.99$  となり1台あれば十分である。

## 6. む す び

以上、蓄熱暖房器の概要につき述べたが、最近の建築様式の変化、すなわち冬を基準とした断熱構造の建築普及により、少熱量による暖房が可能となり、さらに深夜電力料金制度の設立とあいまって蓄熱暖房器の普及は、英国における現在の普及台数300万台という実績を考えてみても、今後相当数に上がることが予想される。本文に

表 5.3 三菱蓄熱暖房器の蓄熱量および放熱量  
Heat storage amount and heat radiation amount of storage heater.

| 項 目             | 供給熱量<br>(kcal)                     | 蓄 熱 中       |                 |                     | 強制放熱中               |                   |
|-----------------|------------------------------------|-------------|-----------------|---------------------|---------------------|-------------------|
|                 |                                    | 蓄熱効率<br>(%) | 蓄 熱 量<br>(kcal) | 蓄熱中の自然放熱量<br>(kcal) | 放 熱 量<br>(kcal/16h) | 放熱量平均<br>(kcal/h) |
| 3 kW<br>SR-3003 | $3 \times 8 \times 860$<br>=20,640 | 88.4        | 18,246          | 2,394               | 18,246              | 1,140             |
| 2 kW<br>SR-2003 | $2 \times 8 \times 860$<br>=13,760 | 88.4        | 12,164          | 1,596               | 12,164              | 760               |

注) その日に蓄熱された熱量は、16時間強制放熱することにより全部放熱される。

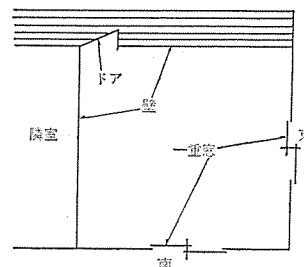
表 5.4 方位による付加係数(空気調和衛生工学便覧)  
Addition factor according to direction.

| 外 壁 の 方 位 | 付 加 係 数 |
|-----------|---------|
| 南         | 1.00    |
| 東 南 ・ 西 南 | 1.05    |
| 東 西       | 1.10    |
| 北 東 ・ 北 西 | 1.15    |
| 北         | 1.20    |

注) 南側の壁体を基準にしたもので、特に日当りの良い等、条件の良い壁体には係数の80%とする。

表 5.5 部屋の天井高による室温の補正  
Compensation of room temperature according to the height of ceiling in a room.

| 天井の高さ          | 呼吸線における室温(°C) |     |     |
|----------------|---------------|-----|-----|
|                | 16            | 18  | 20  |
| 室 温 の 補 正 (°C) |               |     |     |
| 4              | 0.8           | 0.9 | 1.0 |
| 5              | 1.6           | 1.8 | 2.0 |
| 6              | 2.4           | 2.7 | 3.0 |
| 7              | 3.2           | 3.6 | 4.0 |
| 8              | 3.6           | 4.5 | 5.0 |



8畳洋間(木造モルタル)

暖房室温 16°C

外気温 0°C

隣室温 5°C

朝6時より夜10時まで連続強制暖房(係数0.8) すなわち暖房室温と外気温の差は16°C

図 5.1 負荷計算例示間取り  
Room arrangement.

より現状の蓄熱暖房器につき多少ともは握されれば、さいわいである。

## 深夜電力利用電気温水器

萩原孝久\*・赤羽根正夫\*

## Storage Type Electric Water Heaters Making Use of Midnight Power

Gunma Works    Takahisa HAGIWARA・Masao AKABANE

Things have undergone considerable changes for these scares of years after the war. Of them remarkable is the trend of home electrification. Particularly water heaters are making steady advance in the diffusion year after year.

In the beginning small water heaters were put in use, whereas medium capacity ones are now becoming popular. The latest products manufactured by Mitsubishi are lined with Dia-glass at their water tanks. They are featured by sanitary operation, withstanding corrosion through an ingenious method. This article describes medium capacity electric water heaters developed by the Company regarding their specifications, performance and other details.

## 1. ま え が き

戦後二十数年の現在、大きく変わったものの中の最先端となるものは電化生活の浸透という点である。この普及率の高さは、世界中で日本をおいて他に類をみない。これらの膨大な電化品の栄枯盛衰の中で、地道にしかも確実に増加してきているのが、電化生活の基となる温水器の普及である。

当社の温水器生産は、温水器の性格と同様に、非常に地道な努力が継続して進められていた。このことが、今日、新電力料金制度の下に、飛躍的に成長した原因となっている。昭和39年より生産開始をした40ℓ級小形温水器が、現在の安定商品化したことを基礎に、昭和41年から中形温水器の生産にのり出し、昭和43年から、今後の中形温水器の本命機種となる、当社独自の技術を基に完成したダイヤグラスライニング製温水器の生産にはいったところである。小形温水器についてはすでに報告<sup>(1)(2)</sup>した。したがって今回はダイヤグラスライニング製温水器について報告する。

## 2. 当社温水器仕様一覧表

当社温水器は、家庭用と業務用に大別され、仕様・定格を表2.1とした。

## 3. ダイヤグラスライニング製温水器

## 3.1 温水器に具備すべき条件

温水器の今後の動向については、この深夜電力利用温水器のスタート時点より、しだいに大形化していくことは、欧米の普及状況から言ってもあきらかであった。しかも、日本における普及は諸外国の例を引くまでもなく、電化品すべて、そのころ配は急である。したがって、遠からず温水器においてもこの傾向が現われることをみこして、まず、温水器の基本にもどって再考した結果、今日のグラスライニング製温水器にふみ切ったわけである。すなわち、この考え方を項目別に書くと、

## 3.1.1 長寿命であること

これは、製品すべてにあてはまることであるが湯の使用という生活に密着した基本的商品は、とくにこの点を重視しなければならない。したがって防食対策として理論的にも実際のにもその効果が証明されているグラスライニング製タンクの採用決定をみたわけである。

## 3.1.2 衛生的であること

これは、食品と同様、人の口にはいるものであるから、食品衛生上の問題はとくに材質の吟味をしなければならない、したがって衛生試験所の証明のほか、とくに溶出については本質的に危険のないものとして仕様の決定を行なっている。

## 3.1.3 使用強度に十分耐えること

これは温水器の方式によっても、大きく変わることであるが、たとえばシスターンタンク式であれば、規格面より1kg/cm<sup>2</sup>以下での使用であるので、強度的には小さくともよいが、水道直結式の減圧弁方式の場合は、水道条令にある17.5kg/cm<sup>2</sup>

表 2.1 当社温水器仕様一覧 List of water heater specification.

| 用途<br>形名<br>項目 | 家 庭 用            |                             |                           |                             |                       | 業 務 用 また は 浴 用         |                    |                      |            |         |
|----------------|------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|----------------------|------------|---------|
|                | B-3763           | B-3705                      | B-3705                    | BP-4004                     | BP-8014               | BP-8024                | GR-2411 A          | GR-2431              | GR-3211    | GR-3231 |
| 形 式            | 落 下 式            |                             |                           | 押 上 式                       |                       |                        | シスターンタンク式          |                      |            |         |
| 定 量            | な し              |                             |                           | 100 V<br>500 W              | 100 V<br>750 W        | 100 V<br>750 W         | な し                |                      | な し        |         |
| 格              | 夜間ヒータ            |                             |                           | 100 V<br>500 W              | 100 V<br>1 kW         | 200 V<br>1 kW          | 200 V 3 kW         |                      | 200 V 4 kW |         |
| タンク容量          | 有効湯量 37 l        |                             |                           | 40 l                        | 80 l                  |                        | 240 l              |                      | 320 l      |         |
| 沸き上がり湯量        | 85℃              |                             |                           |                             |                       | 85℃                    |                    |                      |            |         |
| 外形寸法<br>(mm)   | 高さ 693<br>直径 390 | 高 さ 700<br>幅 450<br>奥 行 370 | 高さ 800<br>幅 420<br>奥行 420 | 高 さ 800<br>幅 540<br>奥 行 550 |                       | 高 さ 1,500<br>直 径 602   |                    | 高 さ 1,500<br>直 径 682 |            |         |
| 重 量            | 15 kg            | 23 kg                       | 23 kg                     | 35 kg                       |                       | 84 kg                  |                    | 118 kg               |            |         |
| タンク            | ステンレス製           |                             |                           |                             |                       | ダイヤグラスライニング製           |                    |                      |            |         |
| ヒータ            | アルミカヒータ (SUS-33) |                             |                           |                             |                       | 銅パイプヒータ (Sn メッキ)       |                    |                      |            |         |
| 温度調節器          | マグネット式サーモ        |                             |                           |                             | マグネット式サーモ<br>バイメタルサーモ |                        | 液体膨張式サーモ (リレー回路側)  |                      |            |         |
| 温度ヒューズ         | 130℃ 溶断 10 A     |                             |                           |                             |                       | 130℃ 溶断 5 A (リレー回路側)   |                    |                      |            |         |
| スイッチ           | タンダラススイッチ        |                             |                           | 押しボタンススイッチ                  |                       |                        | タンダラススイッチ (リレー回路側) |                      |            |         |
| バルブ            | 湯バルブ             | 湯水混合バルブ                     |                           |                             |                       | 一般市販バルブ使用              |                    |                      |            |         |
| 配管             | 塩ビホース            | 耐圧ゴムホースまたは本配管               |                           | ブチルゴムホース                    |                       |                        | 本配管 (3/4")         |                      |            |         |
| 湯量表示装置         | 水位計付             |                             |                           | 表示ランプ<br>1カ所                | 表示ランプ 2カ所             |                        | な し                |                      |            |         |
| 漏電しゃ断器         | な し              |                             |                           |                             |                       | な し 付 な し 付            |                    |                      |            |         |
| その他            |                  |                             |                           |                             |                       | 電気絶縁配管付 (給水給湯各 1 m 内蔵) |                    |                      |            |         |

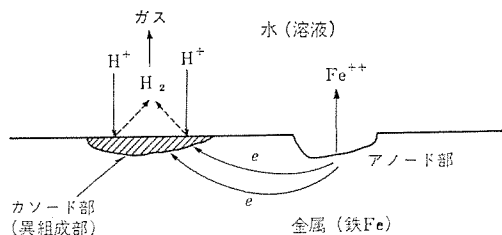


図 3.1 腐食 Corrosion.

表 3.1 グラスライニングと一般ほうろうの比較  
Comparison between glass lining and enamel.

| 項目              | 種類 | 一般のほうろう              | ダイヤグラスライニング                 | 備 考                                   |
|-----------------|----|----------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| 耐 熱 水 性         |    | 使用温度 65°C 以下         | 使用温度 100°C OK               | 95~97°C の熱湯<br>中で 3 カ月間使用<br>しても溶出量なし |
| 耐熱衝撃性           |    | 200~250°C の急冷まで      | 550~650°C の急冷に耐<br>える       |                                       |
| 密着性および<br>ピンホール |    | ピンホール多<br>膜厚不同       | ピンホール少<br>膜厚均一(自動機による)      |                                       |
| 耐 薬 品           |    | 耐蝕性大                 | 同 左                         |                                       |
| 硬 度             |    | モース硬度 3.5~6          | モース硬度 5~6                   |                                       |
| 耐 候 性           |    | 質的变化なし               | 同 左                         |                                       |
| 熱膨張係数           |    | 260×10 <sup>-7</sup> | 380×10 <sup>-7</sup> (鉄に近似) |                                       |
| 上 葉 ベース         |    | アンチモン、ジルコン           | チタン系 (特殊配合)                 |                                       |

の耐圧に耐えなければならない。したがって使用強度のほか、この種の圧力にも耐えるような形状設計が必要となる。

### 3.2 腐食理論

温水器の寿命はタンク内面の耐食性の程度によってきまるが、その腐食と防止法についての理論的考え方を、図 3.1 にしたがって説明する。一般にある金属を電解質溶液に浸すと、金属-溶液間にその組合せ固有の電位差を生じ、金属が異なれば異なった電位差を示す。したがって二つの金属を同一溶液に浸せば、これら金属間にも電位差を生ずる。このとき両金属を導線で接続すれば、両金属のうち卑な金属は溶解し(アノード部)、陽イオンとなって溶液中に拡散し電子を金属中に残す。この電子は導線を通して貴な金属の表面に達し(カソード部)、溶液中の水素イオンを還元して水素ガスを発生させる。

一般に金属は微量の不純物を含み、微視的にみれば数種類の異組成の金属が短絡されたものと考えることができるので、反応の抵抗性が極端に増大しないかぎり金属の溶解は永久に進行する。この進行を止めるには、

- (1) 金属と溶液の接触を断つこと
- (2) 他から電子を供給すること

のいずれかが必要である。(1)は表面皮膜の形成によって可能であり、(2)は直流電源またはアノードを形成している金属より、さらに卑な金属を犠牲アノードとして消耗させることによって可能となる。(2)の場合、初めアノードであった箇所も最終的にはカソードとなって水素を発生させるようになる。このとき各部の電位は流入する電子の量によって変化し、鉄の場合は基準かんこう(甘汞)電極に対して -770 mV より卑となったとき腐食は停止する。この方法は被防食金属全体をカソードとするので、カソード防食法という。

当社 グラスライニング製温水器は、この犠牲アノードとしてマグネシウム棒を使用し、後述のグラスライニングと併用して、腐食防止の完全を期したものである。

### 3.3 ダイヤグラスライニングの性能

当社におけるダイヤグラスライニングの技術の基は、その処理方法であり、その処理によって得られる性能の概要を、類似した方法である

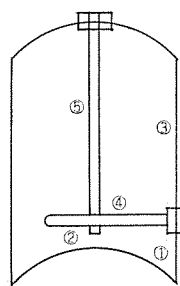


図 3.2 電流測定位置  
Current measurement position.

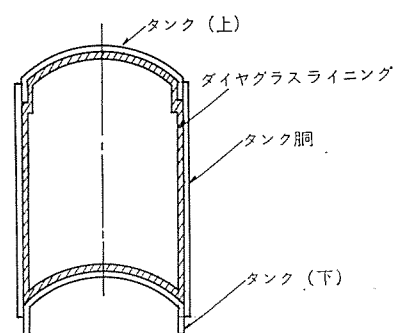


図 3.3 温水器タンクの形状  
Shape of water heater.

表 3.2 電流測定結果  
Current measurement result.

| 箇 所 | 定 常 状 態           |
|-----|-------------------|
| ①   | -800 mV           |
| ②   | -900 mV           |
| ③   | -1,000 mV         |
| ④   | -750 mV<br>(ヒータ部) |
| ⑤   | -1,030 mV         |

表 3.3 圧力試験結果  
Pressure test result.

| 圧 力<br>kg/cm <sup>2</sup> | (胴まわり)<br>タンク胴中央部<br>mm | タンク(上)<br>mm | タンク(下)<br>mm |
|---------------------------|-------------------------|--------------|--------------|
| 0                         | 0                       | 0            | 0            |
| 1                         | 0                       | 0            | 0            |
| 5                         | 0                       | 0            | 0            |
| 10                        | 0                       | 0            | 0            |

一般のほうろうと比較して示すと表 3.1 のようになる。

### 3.4 防食対策と防食性能

#### 3.4.1 防食対策

従来、深夜電力利用温水器に使用されているステンレスは、一般材料中でそれ自体の耐食性がすぐれているために使用したものであるが、ここに述べるダイヤグラスライニング製温水器は、一般鋼材のグラスライニングおよび、以下に述べる防食対策の組合せによる耐食性の向上により、より以上の寿命を確保することができたものである。すなわちその防食対策とは、前記、3.2 項で述べたように鉄より卑な金属である Mg (マグネシウム) 棒をタンク中央上部に取付け、Mg 棒の先端がタンク底近くまでくるようにし、タンクのグラスライニング面にわずかに存在するピンホール内の素地鉄部の電位をすみやかに防食電位にすえるようにしていることである。この防食性能は、タンク内各部の防食電位状態および、そのときに Mg 棒とタンク間に流れる電流によってタンクの寿命を推定することができる。

この性能測定を実際の使用状態に即して試験した結果を示すと次項のようになる。

#### 3.4.2 防食性能試験結果

この性能試験の結果を出すまでには種々の条件の試験を総合して最終的に得たものである。

##### (1) 試験条件

|        |                                        |
|--------|----------------------------------------|
| MGA-2  | 19φ 1,200 mm (マグネシウム棒)                 |
| 水 質    | 水道水                                    |
| 試験サイクル | 通電 16 時間→2 時間後半量の 水入換え<br>→16 時間後残部入換え |

##### (2) 電流測定結果

測定方法は飽和かんこう電極 (S.C.E) 基準による。

##### (3) Mg 棒発生電流

この発生電流の定常値は水道水の場合約 6 mA である。

##### (4) 寿命の推定

以上の結果を総合して、Mg 棒の発生電流により防食効果の寿命

表 3.4 材質の衛生上の問題  
Sanitary problems of material.

| 項 目       | 材 質 処 理     | 証 明 機 関                 | 他 の 使 用 例               |
|-----------|-------------|-------------------------|-------------------------|
| ボールタップ    | 青銅鍍物 (BC-6) | JIS 指定品目                | 一般水道に利用されている            |
| シ ス タ ン ク | ステンレス製タンク   | 衛生試験所の証明入手済             | 温水器のタンクで多く利用されている       |
| 給水管, 給湯管  | 一般水道配管 3/4" | JIS 指定品目                | 一般水道配管                  |
| 絶縁ゴムホース   | ブチルゴムホース    | 衛生試験所の証明入手済             | 醸造用の配管等に利用されている         |
| タンク内面処理   | ダイヤグラスライニング | 衛生試験所の証明入手済             | 化学機温水器に利用されている          |
| 発 熱 体     | 銅パイプ+すずめっき  | 衛生試験所の証明入手済および JIS 指定品目 | 純水装置, 病院等の衛生的配管に利用されている |

を算出すると約15年となる。

### 3.5 温水器タンクの形状と強度

温水器のタンクの形状決定に際しては、今後の温水器の方式変更があっても基本的に変化のない形を検討のうえ決定した。その結果の圧力容器式の形状で図 3.3 のとおりとし、圧力試験結果は表 3.3 のとおりである。

### 3.6 その他の安全対策について

電気温水器の安全性に関しては、次の3項目が問題となる。

#### 3.6.1 衛生上の問題

衛生上では、使用する材料の溶出が問題となる。これを水回路的におのおのの材料を書き上げると、表 3.4 のようになり、おのおのにつき衛生上の証明がある。

#### 3.6.2 電気的安全性

電気的安全性については、とくに浴用の使用対象が多く考えられるので、下記安全対策が施されている。

##### (1) 電気回路

電気回路は、主回路とリレー回路(制御回路)より成りたっている。

##### (2) 温度調節器

バイメタル式サーモに比べ、数段、動作の安定した液体膨張式サーモを使用し、とくに感温体をタンク内に、側面よりそう入して、熱感度を上げている。サーモのセット温度は、火傷の危険防止および沸騰の危険防止を考慮し、 $86^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$  に管理している。

##### (3) 温度ヒューズ

リレー回路に取付けられているため流れる電流が mA 単位であるので、ヒーター回路に入れたときのように自己発熱等による誤溶断がほとんどない。

##### (4) スイッチ

リレー回路を ON-OFF して主回路を切るタイプである。

##### (5) 絶縁配管

万一のリークに対して給湯給水配管に危険電流が流れないようにおのおの 1m 以上の絶縁用 ブチルゴムホースが接続されている。

##### (6) 漏電しゃ断器

さらに万一のリークに対して電源回路を自動的にしゃ断し、危険を完全に防止する電圧方式の漏電しゃ断器付のものも製作している。

##### (7) アース線

万一のリークに対して危険電圧が発生しないようアース線が付属されている。

### 3.6.3 強度的安全性

本項に対しては、次のような安全対策が施されている。

#### (1) 耐圧強度

前記 3.5 節とおり水道法に適した十分な耐水圧を有している。

#### (2) 異常水圧の安全装置

配管凍結等によりタンクに内圧がかかる場合、湯の膨張分を逃がす安全弁(セット圧  $1.2\text{ kg/cm}^2\pm 0.2$ ) が取付られている。

#### (3) 配管凍結防止弁

配管凍結が必ず起こる場合、毎夜配管の水およびタンク上部の膨張分を抜きさるための装置がついている。

#### (4) シスターンタンク方式

この給水方式の場合は  $1\text{ kg/cm}^2$  以下の圧力となるように工事をする。

### 3.7 性能

性能についてはとくに深夜電力により通電し、昼間はその湯を押し出して使用するため、加熱・保温・使用効率が高くなければならない。240 l を例にとると、

#### 3.7.1 加熱効率

次の式より求める。

$$\text{加熱効率} = \frac{V(T_u - T_0)}{Q \times 860} \times 100$$

ここで  $V$  : タンク容量

$T_u$  : タンクの中央部分の採湯温度

$T_0$  : 給水々温

$Q$  : 消費電力

実測した結果では加熱効率は 95.2 % であった。

#### 3.7.2 保温効率

次の式より求める。

$$\text{保温効率} = \frac{T_{13}}{T_0} \times 100$$

ここで  $T_{13}$  : 13 時間放置後の湯温

$T_0$  : 沸き上がり湯温

実測した結果では保温効率は 91.4 % であった。

#### 3.7.3 使用効率

次の式より求める。

$$\text{使用効率} = \frac{V(T - 13T_0)}{Q \times 860} \times 100$$

ここで  $V$  : タンク容量の 1/13 の湯量

$T$  : 沸き上がり後 毎時 1/13 ずつ採湯した湯温の 1 回目から 13 回目までの総和

$T_0$  : 給水々温

$Q$  : 消費電力

実測した結果では使用効率は 81.7 % であった。

## 4. む す び

以上、当社ダイヤグラスライニング製温水器の概要を説明してきたが、今後の温水器の需要動向の変化に対応した機種系列化の整備を考慮し、そしてさらに多くの利用面へと計画拡大を計っているところであり、よりいっそう利用者各位の要望にこたえるべく努力してゆきたいと考えている。

## 参 考 文 献

- (1) 赤羽根：深夜電力利用温水器，三菱電機技報 41, 682(昭 42)
- (2) 萩原，赤羽根：深夜電力利用温水器，三菱電機技報 42, 700(昭 43)

## 電気衣類乾燥機

町原義太郎\*

## Electric Clothing Dryers

Gunma Works Yoshitaro MACHIHARA

For heat sources of clothing dryers are used gas fire and electric heat. The operation systems are of a hanging type (natural convection and forced circulation of hot air) and a rotating drum type. They have merits and demerits respectively. Type DA-7001 clothing dryers produced by Mitsubishi are of hot air circulation hanging type with electric heat in use, having the following features.

1. Easy to operate automatically and safe.
2. Clothing not damaged nor wrinkled.
3. No complicated mechanism needed and low cost.

This article explains the roles to be played by the clothing dryer and elucidates the specification and construction of type DA-7001 clothing dryer with its technical support and test result.

## 1. ま え が き

昭和30年代の三種の神器について、昭和40年代の3C時代、そして静かに潜航している3D。その3Dは、いずれも家事作業の末端を電化で合理化しようというものであるが、その一つ乾燥機(Dryer)が求められる背景を考えてみるに、

- (1) 都市における家屋の密集化
- (2) アパート、マンション等住居の高層化
- (3) 都市美観上から満鑑飾の忌避
- (4) 大気汚染による屋外乾燥の不適
- (5) 雨季・冬季(特に裏・北日本)の乾燥
- (6) クリーニング代の高騰
- (7) 共かせぎ夫婦の増加
- (8) 化学繊維の紫外線による色あせ

などがあげられ、今までの売れ行き不振の原因として、太陽という強敵、価格、PR不足(需要家の認識不足)等々が考えられるにしても、今後は上記の社会的・経済的背景をもとに、伸びてゆく商品であると考えられる。

衣類乾燥機には、方式として、衣類を干し棒(ハンガー)につるして乾燥させるつり下げ式と、衣類を回転するドラムの中に入れ、そのドラムの中に、熱風を通過させる回転式がある。つり下げ式にはヒータを下部におき、熱気の自然対流によって乾燥させる方法とファンを併用し、熱風を強制循環させる方法とがある。また、熱源としては、ガス・電気が考えられる。それぞれに一長一短があるが、当社のDA-7001形衣類乾燥機は、電熱による熱風循環つり下げ式を採用した。その理由およびその他の特長などについて詳述する。

## 2. 仕 様

|       |                      |
|-------|----------------------|
| 形 名   | : DA-7001 形          |
| 形 式   | : 熱風循環・つり下げ式、ロッカータイプ |
| 定格電圧  | : 100 V              |
| 定格周波数 | : 50/60 Hz           |
| 定格入力  | : 700 W              |
| ヒーター  | : 裸線リボン式 ニクロム線一種     |

|          |                                           |
|----------|-------------------------------------------|
| ファン      | : ラインフローファン(5連, FR-Pet 羽根)                |
| スイッチ     | : 押しボタン式 100 V 10 A                       |
| 自動温度調節器  | : 液体膨張式 45°C 切 40°C 入                     |
| 自動スイッチ   | : 湿度調節器に連動                                |
| 湿度調節器    | : ナイロンリボン式 湿度減少によりスイッチ入                   |
| リレー      | : 100 V 10 A                              |
| パイロットランプ | : ネオンランプ                                  |
| 温度ヒューズ   | : 溶断温度 110° (はとめ付き)                       |
| 殺菌灯      | : 100 V 2.5/2 W 安定器付き                     |
| 外かく      | : 鋼板製 断熱材をサンドイッチにした構造                     |
| 断熱材      | : ガラスウール 厚さ 20 mm                         |
| 外形寸法     | : 幅 770×奥行 600×高さ 1,740(mm)               |
| 重 量      | : 80 kg                                   |
| コード      | : プラグ付き長円形 ビニールコード 1.25 <sup>2</sup> -3 m |
| 乾燥容量     | : 2 kg                                    |
| 形式認可番号   | : ㊦91-3216                                |

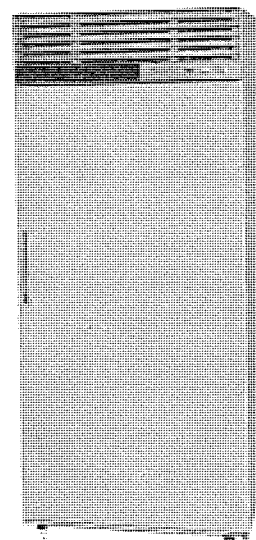
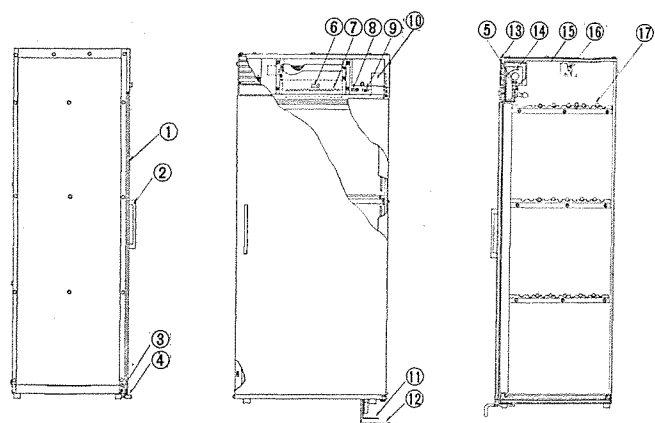


図 3.1 DA-7001 形三菱自動電気衣類乾燥機  
Type DA-7001 Mitsubishi automatic electric clothing dryer.



|   |         |    |          |    |           |
|---|---------|----|----------|----|-----------|
| 1 | ドア      | 7  | ヒーター     | 13 | ルーバ       |
| 2 | 取っ手     | 8  | パイロットランプ | 14 | ラインフローファン |
| 3 | 脚       | 9  | スイッチ     | 15 | 断熱材       |
| 4 | ドレン抜き   | 10 | 湿度調節器    | 16 | フック       |
| 5 | 自動温度調節器 | 11 | アース線     | 17 | 干し棒       |
| 6 | 温度ヒューズ  | 12 | コード      |    |           |

図 3.2 DA-7001 形三菱自動電気衣類乾燥機の構造  
Construction of type DA-7001 Mitsubishi automatic electric clothing dryer.

### 3. 構造

DA-7001 形衣類乾燥機の構造は、図 3.1、3.2 に示すとおりである。

#### 3.1 熱源

電気はガスに比べて、同一カロリーの価格の高いことが欠点であるが、その取扱いの容易さ、安全性、自動運転の容易さでまされ、しかも衣類の性質上、あまり高温にはできないという点、さらには乾燥という過程を考えてみると、熱による水分の蒸発と、その蒸発水分の除去とが問題であり、ファンとの併用により、衣類乾燥という用途を十分に満足しうるので電熱式とした。なお、ガスにはガス配管・排気管といった付帯工事が余分にとまらなければならないという点である。

#### 3.2 大きさ

大きさについては、

(1) 乾燥する衣類の量をどのぐらいと考えるか、どのような形で収めるか

(2) 器体の設置場所はどこか

という点から考慮する必要がある。

(1)項については、少くとも洗たく機 1 回分としゆかたを折りたたんだりすることなくそのままかけられるような寸法にする。(2)項については、いわゆる空間の利用をうまく行なうという意図から、廊下におく場合を考え、廊下の幅いっぱいの寸法にした。

なお、ハンカチ・くつ下などの小物の場合も、数多く乾燥できるように、内部は干し棒が 3 段にかかるようになっている。

#### 3.3 つり下げ式

回転ドラム式は、文字どおりドラムの中に衣類を無雑作に入れて回転させ、熱風を通して乾燥させるものであるため、衣類のいたみがはげしく、またしわになりやすい。しわを少なくするためには、運転停止前に冷風を送るような構造のものもあるが完全とは言えない。つり下げ式にすれば、乾燥物を入れるときにしわをのばしておくこともできるので、乾燥後もしわはできない、もちろん衣類の損傷も

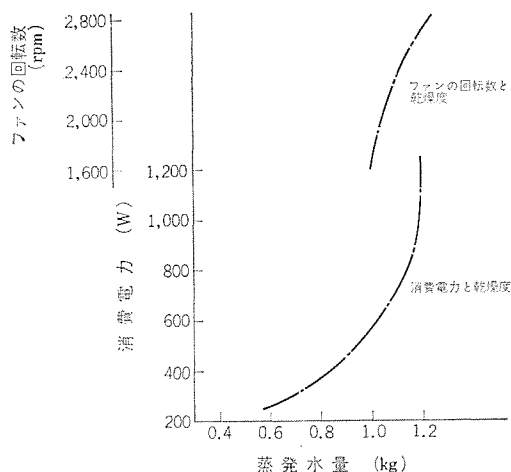


図 3.3 ファンの回転数と乾燥度(蒸発水量)、消費電力と乾燥度  
Fan speed vs. dryness, power consumption vs. dryness.

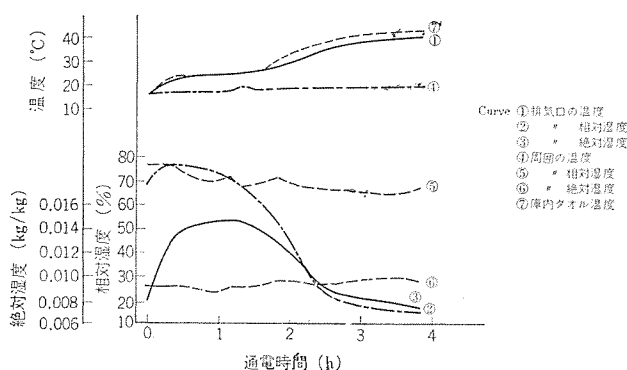


図 3.4 排気の温度と湿度の変化  
Changes of temperature and humidity of exhaust air.

ない。乾燥後の仕上がりは、ふんわりとしてきわめてソフトである。

ただし、乾燥時間、乾燥むらについては、回転ドラム式のほうが優位にあると言えるが、熱風循環式を採用しているので、乾燥時間・乾燥むらについても実用上はさしつかえない。

#### 3.4 熱風循環式(前面上部中央吸気、前面上部両側排気)

衣類の乾燥は、熱による水分の蒸発と蒸発水分の除去によって行なわれる。前面上部中央にラインフローファンを取りつけ、外部から吸引した空気をヒータにより加熱し、下方に吹き出させる。熱風は機内を一巡し、衣類より蒸発した水分をともなって、前面上部両側から排気される。熱風をファンにより、強制的に循環させることにより、乾燥むらもなくなっている。

ファンの回転数(風量)と乾燥度(衣類の蒸発水分)との関係(ヒータの消費電力一定)、ヒータの消費電力と乾燥度(ファンの回転数一定)との関係は図 3.3 に示すとおりである。

蒸発した水分を機外に排出するため、設置場所の構造によっては夏季、へやの温度、湿度の上昇、冬季の壁などへの結露等が問題とされる。図 3.4 に時間に対する排気の温度、湿度、変化の状態を示す。設置されるへやの状況によって、一概には言えないが問題にはならないと判断される。へやの換気が十分に行なわれれば、さらによくなる。なお、吸・排水口を前面にまとめたのは、両側面・後面が壁にかこまれてもさしつかえないようにするためと、機能部分をユニット化するためである。

#### 3.5 断熱材

本機は、六面全部に 13 mm のグラスウールで熱絶縁した二重構造に

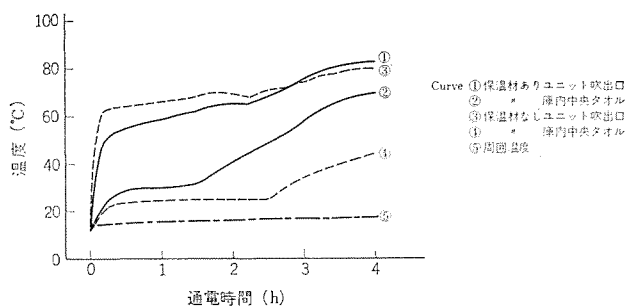


図 3.5 断熱材があるものとないものの庫内温度の変化  
Changes of temperature when there is or no heat insulation material.

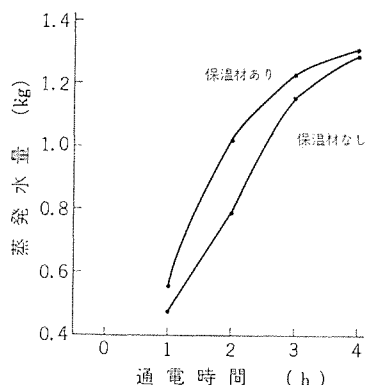


図 3.6 断熱材のあるものとないものの乾燥度(蒸発水量)の差  
Differences in dryness when there is or no heat insulation material.

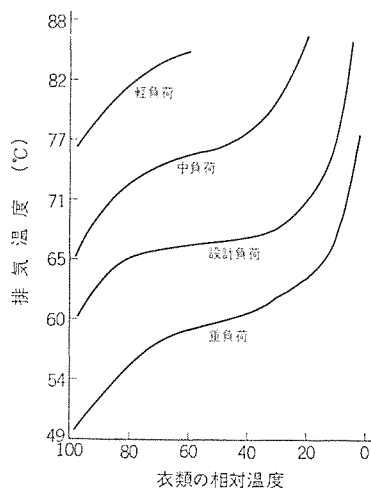


図 3.7 排気温度と衣類の相対湿度  
Relative humidity of exhaust temperature with clothing.

した。これは、熱効率を増すためにほかならないが、その効果について、他のサンプルで試験した結果は、図 3.5、3.6 に示すとおり効果がみとめられる。今後の課題として、コストの面からも見て、簡単な熱絶縁方式（たとえば断熱材を入れないで、単に二重壁にするなど）を検討する必要がある。なお、一重のままであると、周囲温度が低いと本機の内壁に結露することがある。

### 3.6 自動停止装置

衣類の乾燥が終了した場合、自動的に運転を停止する方法としては、下記に示すように種々の方法が考えられ、それぞれ問題点もっている。

(1) タイムスイッチによる方法は最も簡単な方法であるが、使用者側のカンと経験を必要とし、過乾燥や未乾燥になるおそれ大きい。

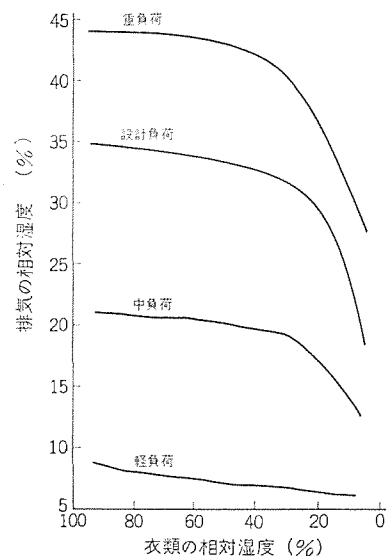


図 3.8 排気湿度と衣類の相対湿度  
Relative humidity of exhaust humidity with clothing.

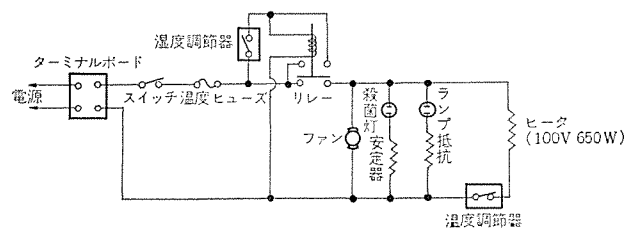


図 3.9 DA-7001 形三菱自動電気衣類乾燥機の回路図  
Circuit diagram of type DA-7001 Mitsubishi automatic electric clothing dryer.

(2) 排気の温度上昇による方法は、図 3.7 に示すように、負荷の大きさ(衣類の量)・周囲温度に大きく左右され、コントロールは困難である。

(3) 排気の湿度減少による方法も、図 3.8 に示すように、負荷の大きさ(衣類の量)によって変化するので、コントロールは困難である。

とされている。

しかし、タイムスイッチによる方法は別にしても、衣類を乾燥させるという用途からいって、1分1秒の差を問題にする必要はなく、負荷をかけて、何回かの基礎テストを行なった結果、十分乾燥機としての機能を発揮しようと判断して、湿度計による自動停止を行なうようにした。なお、温度による方法は、湿度による方法より、ばらつきが多く困難と思われる。

湿度計は、ナイロンリボン式のもので、排気口の湿度減少によりスイッチの接点を閉じ、リレーにより回路をしゃ断するものである。この場合、回路がしゃ断されたあと、また再び、室内の湿度と同じになった場合、再投入される不都合をなくするため図 3.9 の回路図に示すとおり、リレーを自己保持するようにしてある。

なお、湿度調節器は可変とし、そのままアイロンかけができるつまみ位置(5)から、よく乾燥させたいつまみ位置(1)まで調節できるようにしてある。普通はつまみ位置(3)で十分である。

### 3.7 その他

本機には、その他、次のような特長がある。

- (1) 殺菌灯つきである。
- (2) 下部に衣類が落下した場合の保護金網つきである。
- (3) 干し棒は3段にかけられ、15本用意してあり、さらに天井

表 4. 1 乾燥試験結果 Drying test result.

| 試 料               | 1<br>おむつ 27 枚           | 2<br>綿下着 3枚<br>おむつ 5枚<br>すててこ 3枚     | 3<br>おむつ 9枚                   | 4<br>タオル 5枚<br>すててこ 10枚               | 5<br>ゆかた 5枚               | 6<br>セータ 6枚          | 7<br>タオル 30枚               | 8<br>敷布 (綿) 4枚       |
|-------------------|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|
| 1. 脱水方法           | 脱水機                     | 脱水機                                  | 脱水機                           | 脱水機                                   | 脱水機                       | 手絞り                  | 脱水機                        | 脱水機                  |
| 2. 脱水後重量          | 2.653 kg                | 2.424 kg                             | 0.873 kg                      | 2.193 kg                              | 2.132 kg                  | 4.448 kg             | 3.142 kg                   | 2.698 kg             |
| 3. 乾燥後重量          | 1.390 kg                | 1.170 kg                             | 0.466 kg                      | 1.308 kg                              | 1.287 kg                  | 1.702 kg             | 1.692 kg                   | 1.550 kg             |
| 4. 蒸発水量           | 1.263 kg                | 1.254 kg                             | 0.407 kg                      | 0.885 kg                              | 0.845 kg                  | 2.746 kg             | 1.450 kg                   | 1.148 kg             |
| 5. 乾燥状態<br>(動作目盛) | 良好, むらはない<br>(2.5)      | 良好, むらはない<br>(2.5)                   | アイロン掛けには適<br>当な湿りである<br>(4.0) | 良 好<br>(2.5)                          | えりもだいたい乾<br>いている<br>(2.5) | 良 好<br>(2.5)         | 良 好<br>(2.5)               | 良 好<br>(2.5)         |
| 6. 室温 °C<br>湿度 %  | 19°C~22°C<br>75%~68%    | 20°C~26°C<br>87%~68%                 | 18°C~18°C<br>84%~89%          | 30°C<br>70%                           | 32°C<br>68%~70%           | 29°C~33°C<br>79%~63% | 26°C~29°C<br>82%~87%       | 22°C~26°C<br>63%~58% |
| 7. 通電時間           | 2時間20分                  | 3時間55分                               | 1時間20分                        | 1時間35分                                | 1時間55分                    | 7時間20分               | 2時間45分                     | 2時間55分               |
| 8. 条 件            | 上段 9枚<br>中段 9枚<br>下段 9枚 | 上段 綿下着 3枚<br>中段 おむつ 5枚<br>下段 すててこ 3枚 | 上段 3枚<br>中段 3枚<br>下段 3枚       | 上段 タオル 5枚<br>中段 すててこ 5枚<br>下段 すててこ 5枚 | ハンガーに掛ける<br>えりを上<br>すそを下  | ハンガーに掛け<br>てつるす      | 上段 10枚<br>中段 10枚<br>下段 10枚 |                      |

にハンガーをかけるフックを用意してあるので、大物から小物まで一度に乾燥することができる。

(4) 二重安全装置になっており、温度調節器で異常な温度上昇をおさえ、衣類も保護し、さらに万一の場合温度ヒューズでシャ断するので万全である。

(5) ラインローファンを使用し、騒音が少ない。

(6) ドレンホースつきである。現在の洗たく機はほとんど脱水機つきであり、本機も脱水機で脱水した衣類を乾燥することをたてまえとしているが、万一しずくが落ちた場合、ドレンを外部に捨てるためホースをつけてある。

#### 4. 乾燥時間

種々の衣類の組合わせによる実際の乾燥試験を行なったが、その

一例を示せば、表 4. 1 のとおりである。

乾燥時間としては、周囲温度、湿度、衣類の量により差があり、一概には言えないが、大ざっぱに言って、3時間でたいがいのものは乾くといえる。

#### 5. む す び

以上のように、当社の電気衣類乾燥機の構造・性能などについて述べたが、本商品は今後の住宅形式・都市環境・生活意識などの社会的動向より判断してもますますその需要が増大するものと確信しているので、さらに各種の家屋様式・生活様式に合致したものを開発し、多様化を計る必要があると考えている。

# 住宅用照明器具 —ジョイントシステムによる照明器具—

山 崎 肇\*  
桂 秀 年\*\*

## Luminaires for Residence —Luminaires used with Joint Systems—

Ôfuna Works Hajime YAMAZAKI  
Consumer Products Research Laboratory Hidetoshi KATSURA

Trend of home life in this country is observed from the viewpoint of multiplicity in residence and dwelling and of changes toward agreeable living. To cope with the trend, luminaires have been developed to have a wide range of adaptability and variability through the separation of parts classified by function and the participation of purchasers in assembling according to their own discretion which are made available with a joint system. Based on this joint system Mitsubishi has turned out a lumiflower series of luminaires for residence use. This article introduces the process of the developement and essential points connected to it.

### 1. ま え が き

近年、生活環境や住宅問題に対する社会全般の関心は、非常な勢いで高まっている。これに対応して発展する住宅産業による影響、また、生活意識の著しい変化は、住居空間の多様化、生活行為の多様化をもたらした。住まいとそこでの快適な生活の営みをささえることを本来の機能としている照明においては、必然的にその照明技法や照明器具が、これら多様な用途に合った機能をもつことを要求している。一方、現代の生産手段としての機械工業も持っている特質である均質多量生産と、先に述べた多様な要求との相対する矛盾が、現在進行中の照明器具工業が抱えているひとつの大きな問題である。

わが国のこれまでの照明器具は、工芸品か、あるいは単に明るさを得るための器具であり、これらはまた、一定の効果しか生まない完成した製品であった。そのため時間と空間をより効果的に自由に活用したいという新しい要求を満足させることはできなかった。そこでこの動的であり代謝する要求に対応すべく、可変性と適応性をもったシステムとして、われわれはジョイントシステムを考え、円形けい光灯を光源とした住宅用照明器具ルミフラワーを開発したので、一方法論として諸賢の参考に供したいと思う。

### 2. 課題の概要

わが国の産業は今日、電気産業によって住まいの設備、道具類を単一機器として個々に開発した家庭電化時代から、あらゆる産業による都市や住生活全体に及ぶ総合的な装置計画、空間計画など、大規模な環境再開発の時代へと進んでいる。この中にあって住まいの照明は、90年前わが国に初めて電気がともされたときから依然として、そのデザインは基本的には変わっていないのが現状である。極言すれば光源が電球からけい光灯に、かさ(笠)がガラスからプラスチックに変わったにすぎない。

このことは当然、需要者の照明に対する関心を低下させ、良い照明器具が育たない原因ともなっている。とくに現在わが国における一般家庭の標準的な器具として使用されているコードペンダントの円形

けい光灯器具のデザインはまだ改善の余地がある。しかし一方、この大手メーカーがつくりだすコードペンダント器具が、もっとも数多く使用されていることも見のがせない実状である。この事実、わが国の家庭には非常にけい光灯が普及していることと、またけい光灯器具のデザインで良いものがないことを明らかにしている。

われわれはこのような背景のもとに住宅の主要空間(多目的、多用途の居室)に使用する照明器具の開発を課題として設定した。

### 3. ジョイント方式による開発

#### 3.1 住生活構造の認識

まず一般需要者の生活構造(住居、設備、生活行為)について考えてみると、そこに生活の容器であり、生活のささえのための空間と、そこでの生活行為の二つの面を認識する。そして住居を構成している基本的な空間として、生活の場としての生活空間と生活をささえ維持するための装置空間とからなりたっていることが認識される。また生活行為を分析すると労働、余暇、休息などに大別される。この空間と行為の密接な相互関係によって家庭生活は営まれている。

#### 3.2 生産構造の認識

次に住生活のための空間、設備を生産し供給することを目的としている生産者の構造を見ると、行為の目的の大部分は部品の加工組立て、供給という行為に向けられていることが認識される。そして部品生産の手段として機械作業と手作業がおもに使われている。

#### 3.3 住居は部品の集合体である

以上の認識をもう少し解明していくと、鳥が多くの小枝で巣をつくるように、住居も非常に多くの部品要素を組立ててでき上がっていることがわかる。1本のくぎから、壁や天井まで数えきれないほどの多くの要素の合体(組立て)によって、住居は生活に必要な機能をはたしている。また日常生活における部品の老化や破損、増築など生活の代謝作用は部品のとり換えによって維持されている。そしてメーカーによる部品の開発、生産、供給と需要者による部品の選択と組立てといった、部品の生産から廃却までの一連の作業は生活部品のアセンブル行為であるといえる。

### 3.4 ジョイントシステム

これまでの考察により、住生活の形を構成している要素は様々な機能をもった多くの部品であり、この部品の組立て、組合わせによって生活環境ができて上がっていることがわかった。そして現段階ではメーカーが部品をつくり、需要者が組立てる(部品をセレクトしてコーディネートする)ので、メーカーは需要者が希望する環境全体としての部品をつくることは不可能といえる。あくまでも家庭環境のコーディネーターは需要家であり、その要素である部品をつくり供給するのがメーカーであり、この関係は変わらない。

さてわれわれの課題である多様化し代謝する住居、多様化する生活行為に、どんな部品をどうやって適応させていくかという具体的方針として、次の項目をあげた。

- (1) 部品と部品の間のジョイントを見つける。
- (2) 部品相互のかかわりあいを考え、秩序づける。
- (3) 部品とり換えのシステムを考える。
- (4) 部品の寿命序列を見つける。
- (5) 部品相互間に変換性、適応性をもたせる。

以上を製品開発の方法論とし、具体的モデルとしてけい光灯照明器具ルミフラワーを製品化した。

### 4. ルミフラワー計画

生活部品(製品)は使用される場(生活空間)に置かれ、組み込まれたとき部品としての機能をはたし完成したものとなる。そして部品がつくれ、全体(住居)の中の1部品として使用されるまでのプロセスの計画をすることが製品計画そのものである。(どんな部品

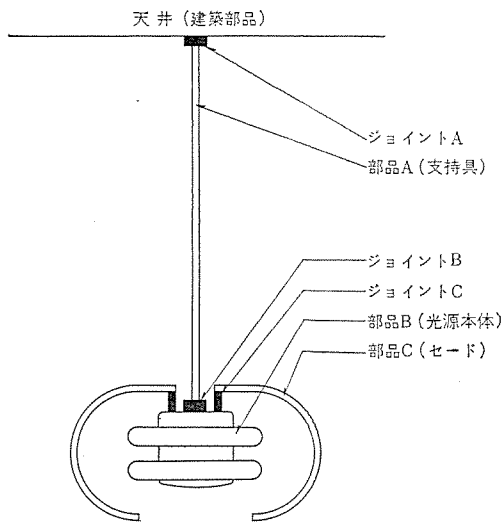


図 4.1 器具機能の構造  
Construction of luminaire function.

表 4.1 ルミフラワーシリーズの概要

| ジョイント A                             | 部品 A 支持具                            | ジョイント B           | 部品 B 光源本体                                    | ジョイント C                                                        | 部品 C セード                                       |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| ①引っかけシーリング化粧カバー付き<br>②S字ヒートンキーソケット用 | ①コードつり(白色)長さ調節(20~60 cm)<br>②チェーンつり | ①コード支持<br>②チェーン支持 | ①FCL 30 W×1<br>②FCL 30 W×2<br>①②とも豆球ブルスイッチ付き | 部品 B の凹穴に部品 C の凸脚を差し込みジョイントする<br>部品 B の①②と部品 C の8機種はいずれも互換性をもつ | 8機種の基本ヴァリエーションと色がありあがる<br>いずれも2個~4個の部品により分解組立式 |

1. 需要者の意志によって、上記各部品を選択・組立てをおこなうことによって適応の範囲を広げる。  
2. セードの交換を容易にするため、光源本体、セードの別売りをおこなう。

をどうやってつくり、どこでだれが、いつどうやって組み立てるか)

#### 4.1 ねらい

- (1) 新鮮なデザイン、多様な光の効果を得る器具。
- (2) 使用者の選択と組合わせの範囲を広げる。また、容易な機構。
- (3) 部品の可変性と可動性をもった機構とシステムを考える。
- (4) 必要かつ十分な明るさを備える。
- (5) 生産性の向上を図る。
- (6) 在庫、輸送時のスペースセーヴィングを図る。

#### 4.2 方法

##### 4.2.1 機能による部品の分離とジョイントの設計

各部品の耐用年数、寿命(人の好みの変化、他部品の変化)等による序列化と分離と、部品の機能別分離と再構成のためのジョイントの設計(固定と可変の可能な構造、寸法、材質の一貫した関連性をもつ)を考慮した照明器具の分類とジョイントの構造を図 4.1 で示す。

- (1) 部品Aは建築空間内における照明器具の位置を決定し、支持する機能をもつ。寿命は耐用年数にほぼ等しい。
- (2) 部品Bは光源として光をつくり出す機能をもつ。
- (3) 部品Cは光をコントロールし、光の形、性格を決定づけ、光の空間をつくる機能をもつ。寿命は必ずしも耐用年数によらず人の主観により様々である。
- (4) ジョイント A, B は支持機能のほかに電気接続も必要とする。各ジョイントはより多くのはん用が可能な互換性をもつことが望ましい。

##### 4.2.2 部品の組立て(ジョイント)作業の分離

これまでの照明器具は器具全体を完成部品として扱った。そのため需要者の要求を満たすには、選択という方法のみであった。しかし部品の機能、組立て過程を分離することによって、需要者の要求に対してより多くのはん用性と適応性を広げることが可能である。

- (1) メーカーの意志は、部品を規格化することによって無限の組合わせ、可能性と自由をもつ部品の開発、加工、供給までである。
- (2) 需要者は部品の選択と組合わせ、組立てをおこなうことによってそれぞれの生活環境をつくりだす。

#### 4.3 結果

4.2 節で述べた方法をベースにしてルミフラワーシリーズを製品化した。まだ第一段階であり、今後検討を加え、新しいメリット、新しい要素をふやしていく計画である。ここに現段階での製品概要を表 4.1 で述べる。

ルミフラワーシリーズ製品の重要なねらいである経済的な照明とへや全体にまろやかに広がる快適な光は、セードの視覚による心理的な美し

Outlines of lumiflower series.

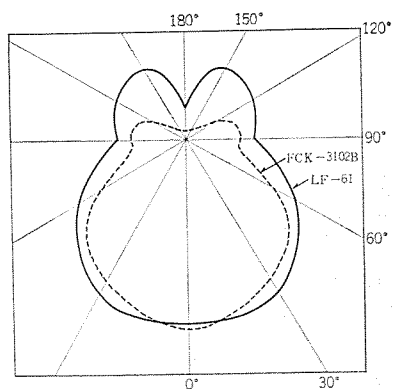


図 4.2 ルミフラワー (LF-61) および従来の円形つり下げ器具 (FCK-3102 B) の配光曲線  
Light distribution curves.

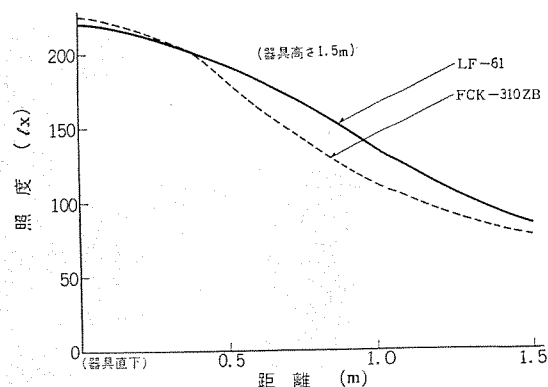


図 4.3 ルミフラワー (LF-61) および従来の円形つり下げ器具 (FCK-3102 B) の照度曲線  
Illumination curves.

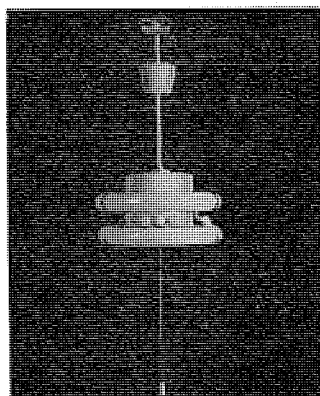


図 4.4 部品 A, 支持具と部品 B, 光源本体 (FCL 30 W x 2)  
Part A, supporting device and part B, light source main body.

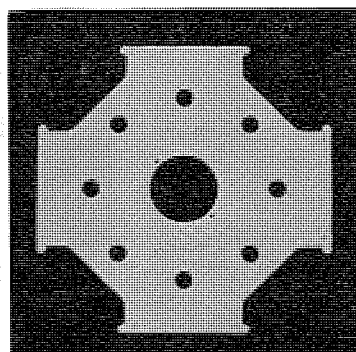


図 4.5 部品 C, セードのうち取付板 (LF-67)  
Part C, mounting board of shade.

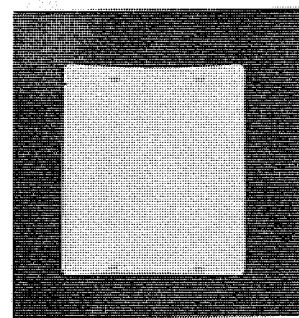


図 4.6 部品 C, セードのうしろセード (LF-67)  
Part C, outer shade of the shade assembly.

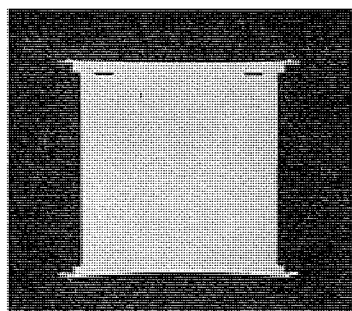


図 4.7 部品 C, セードのうしろセード (LF-67)  
Part C, inner shade of the shade assembly.

図 4.8 LF-67 製品組上がり  
LF-67 completed shade assembly.

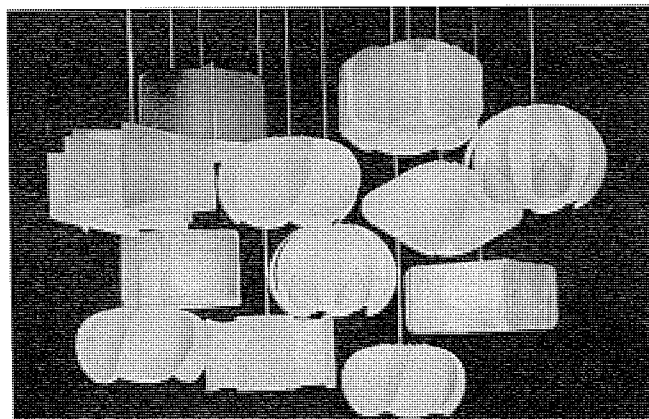
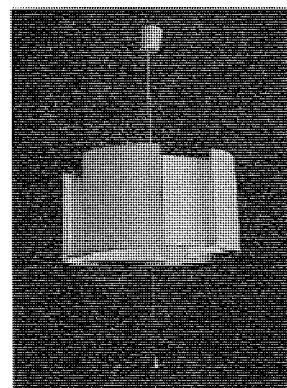


図 4.9 ルミフラワーシリーズ バリエーション  
Variation of lumiflower series.

さとあいまって、図 4.2 配光曲線、図 4.2 照度曲線で示すように、ほぼ満足できる結果を得た。

次に各部品を図 4.4~4.7 で示す。光源本体は円形けい光灯 30 W と 60 W (30 W x 2) の 2 タイプに標準化し、光源本体と各 セードは共通寸法、形状によってすべて互換性がある。LF-67 のでき上がりを図 4.8 で示す。

次にルミフラワーシリーズのバリエーションを図 4.9 で示す。いずれのセードも互換性をもち、とり換えができる。

最後に各へやにとりつけたふん囲気を図 4.10~4.13 で示す。

## 5. む す び

以上、住居の一部品としての照明器具を考察し述べてきたが、生活設備について共通にいえることは、機械工業によって部品がつく

図 4.10 ルミフラー  
実施例, 居間  
Practical example  
of lumiflower, living  
room.



図 4.12 ルミフラー  
実施例, 子供部屋  
Practical example  
of lumiflower, child-  
ren's room.



図 4.11 ルミフラー  
実施例, 和室  
Practical example  
of lumiflower, Japa-  
nese room.

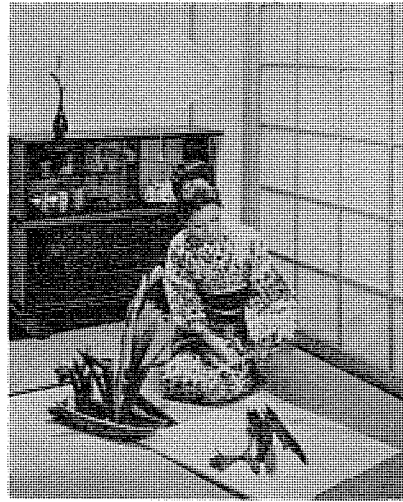


図 4.13 ルミフラー  
実施例, 台所  
Practical example  
of lumiflower, kit-  
chen.



られ、居住者によって生まれ、生活環境がつくりあげられ維持されることにある。つまり積木のように現代はアセンブリの時代といえる。そこに要求されるのは、個と全体のアセンブリに秩序あるシステムをつくりだすことである。今後の方向としては、

(1) 現在の生産機構(各メーカによる細分化された生産)では総合器具を開発し生産することは困難であるが、総合開発へと進んで

いくと同時に環境形成の技術として、アセンブリ技術から自動化、無人化へと進歩していくものと考ええる。

(2) また、生活の本質的な問題である環境という目に見えないものに向かって、われわれ電気器具メーカは本格的に取り組まなければ、社会や生活の環境づくりには参加できないであろう。

## 家庭用 理美容機器 (回転機応用品)

武井 久夫\*・増田 三郎\*

## Domestic Beauty and Health Appliances (Applications of Rotating Machines)

Gunma Works Hisao TAKEI・Saburô MASUDA

With the changes of times, our mode of living is obliged to undergo changes. Of them, clothing and beauty art remarkably changed.

Apparatus for the beauty art have been electrified so as to permit their extensive use by a private person, now shift from articles of luxury to daily necessities with steady steps. Improvement on improvement are worked on them and their kinds are increasing. Herein are reviewed beauty art appliances as applications of rotating machines and particularly those in the most extensive use are commented with their merits and demerits compared with for reference. Future outlook on them is also given based on the presentday tempo of the changes of time.

## 1. ま え が き

最近は移り変わりが激しく早い流行からとか、あるいは時代の流れによって、どうしてもそうしなくてはならないために起こる要求からわれわれの生活も変えられていく。

そういう世情の影響から、服装はもちろん理美容のほうも目まぐるしい変化が起きている。これらの原因は、上記のように社会すべてがあらわしいほどの変化をしていることによるものであるが、国民生活が豊かになって、身につけるものや調度品が変化するのに合わせて毎日の「おしゃれ」「身だしなみ」が普通になってきたこと、他方では世界を風びしているいわゆるヤングパワーは、他に支配、束縛されない風潮を起し、強烈な個性を強調しようとする傾向が広まってきたこと等が考えられる。

男女を問わず、ただ単にありきたりにつくられたものや、「おしきせ」ではあきたらず、自ら研究し、現状を打破し、個性に合ったものを作り出している。このようなバックグラウンドによって、家庭用電気品の中でも最も新しい分野として回転機応用家庭用理美容機器の発達、普及はきわめて著しい。整髪用としてヘアドライヤー、美顔用としてかみそり、マッサージャー、保健用としてマッサージャーが最も多く使われており、日々改良が行なわれている。これらのほかには、ヘアセット用スプレー、ヘアブラシ、電気バリカン、電気歯ブラシ(図1.1)、マニキュア等もつくられ、あるいは将来販売されると考えられるものである。

このような電気器具は、だんだん家庭の tool として、なくてはならないものになってきている。ここでは各種の回転機応用家庭用理美容機器の現状ならびに将来の展望をまとめ紹介するものである。



図 1.1 TB-2 形電気歯ブラシ  
Type TB-2 electric tooth brush.

## 2. 電気かみそり

「ひげ」は男性のシンボルであり、身だしなみ、あるいはおしゃれとしてもたいせつなキーポイントであるといわれているが、ひげそりは従来非常にめんどうなことであった。家庭電気品の普及とともに、ここにも電化が行なわれ、石けんはもちろん蒸しタオルをも必要としない電気かみそりの出現は、男性多忙の時代にピッタリのものとして急速に普及してきた。いつでもどこでも気軽に簡単に使える電気かみそりは、戦後ではあるがそれでも他の理美容機器の中では最も歴史のあるもので、今や男性の必需品としての地位を確立し、普及率は現在約 50% に達している。したがって今日までに数多くの改良が加えられてきたが、結局十人十色という言葉がそのままではまるひげの性質に応じて、種々様々の機種が発売されている。

刃の運動方式により分類すると、回転式と往復動式の二つに大別することができる。

回転式はモータに直結した内刃(回転刃)が、たくさんの穴をあけた薄いステンレス製の外刃(固定刃)の内面を接触回転して、この穴の中へ入ったひげをそるもので、この方式のものは最も多く使用されている。刃の形状に丸みをもたせることができるので、皮膚への感触が柔らかく使いやすいため、とくに日本人のひげには適しているので賞用されている。図 2.1 は充電式かみそりの構造を示したも

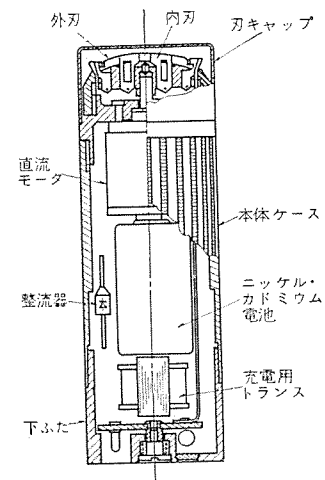


図 2.1 SM-180 形充電式かみそりの構造  
Construction of type SM-180 storage battery type electric razor.

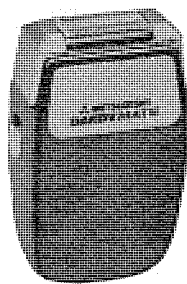


図 2.2 SV-101 形  
電磁式かみそり  
Type SV-101 elect-  
romagnetic razor.

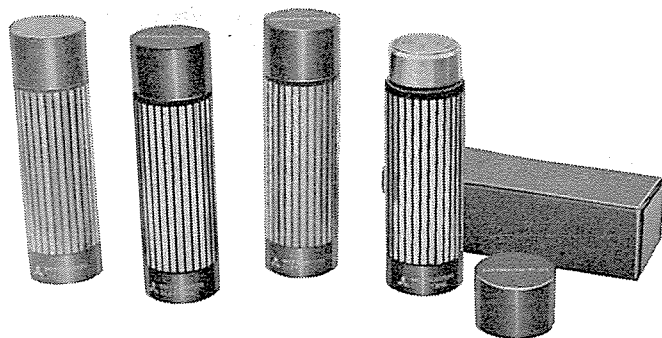


図 2.3 SM-15 形乾電池式かみそり (単二用)  
Type SM-15 dry cell type razor.

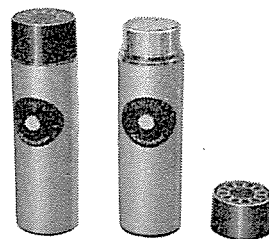


図 2.4 SM-14 形乾電池式  
かみそり (単一用)  
Type SM-14 dry cell type  
razor.

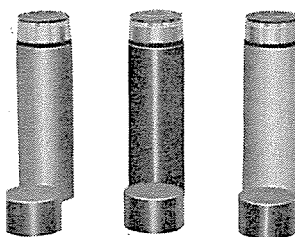


図 2.5 SM-12 形乾電池式  
かみそり (単一用)  
Type SM-12 dry cell type razor.



図 2.6 SM-220 形交流式かみそり  
Type SM-220 AC electric razor.

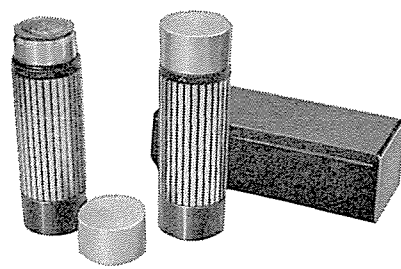


図 2.7 SM-180 形充電式かみそり  
Type SM-180 storage battery type  
electric razor.

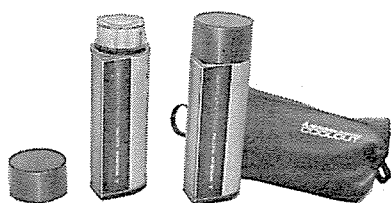


図 2.8 SM-151 形交直両用式かみそり  
Type SM-151 AC, DC razor.

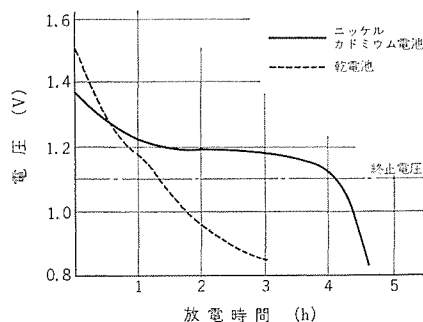


図 2.9 乾電池とニッケルカドミウム電池の放電特性  
Discharge characteristics of dry cell and Ni Cd cell.

のである。

他方、往復動式は細長い形状で内刃が左右に動きひげをそるもので欧米に多くみられる。長く伸びたひげ、濃いひげに適している。この往復動式は駆動方式として、モータのほか電磁振動を利用している。(図 2.2)

電気かみそりをさらに別の分け方として電源方式から分類すると、次のようになる。

- (1) 乾電池式
- (2) 交流式
- (3) 充電式
- (4) 交直両用式

#### (1) 乾電池式

単一または単二形乾電池を利用したもので、普及率が最も高い。構造が簡単であるため軽量で使いやすいし、電池の入手も容易であるうえ、価格が 2,000 円前後と最も安価なものである。小形、軽量で携帯に便利であるが、乾電池の電圧が低く容量に限度があるため、適正な回転数の持続がむずかしく、切れ味に影響し、さらに乾電池の交換が必要となる欠点がある。(図 2.3, 図 2.4, 図 2.5)

#### (2) 交流式

家庭用交流電源を直接利用するもので、電源コードが必要であり使用場所も限定される欠点があるが、性能は最も強力、最も良い

そり味を得ることができる特長をもっている。(図 2.6)

#### (3) 充電式

過充電、過放電に強く、かつ漏液、補液の必要がない完全密閉形ニッケルカドミウム電池の出現により、いろいろな機器のコードレス化が叫ばれた中で、いち早く実現したものがこの充電式かみそりである。家庭電源より 15~20 時間充電すると、電源コードを必要とせず乾電池式と同様に使用できるので、携帯に便利であるし使いやすい特長をもっている。欠点としては電池の残存容量がわからず再充電の時期を失し、使用中突然ひげそりができなくなる点であるとともに、まだ電池の価格が高いためやや高価なことであろう。(図 2.7)

#### (4) 交直両用式

上記交流式と充電式を兼用したもので、電気かみそりとしては最高級品である。交流式と充電式の両用になっているので、両方の特長を発揮できる最も欠点の少ない電気かみそりである。(図 2.8)

電気かみそりはその種類によって特長があるので、ひげの性質、携帯の要否、使用場所等に応じて選択する必要がある。

電気かみそりはどんなひげにも向くように刃を改良し、切れ味を向上させる必要のあることはもちろんであるが、さらに使いよい、

便利なものを研究・開発する必要がある。また現在市場に最も多い乾電池式は、図 2.9 に示すように、乾電池の初期電圧と終期電圧に大きな差があり、十分な性能を得ることができない。これに代わり携帯に便利で、かつ場所の限界のない充電式電気かみそりが伸展してくるであろう。とくにニッケルカドミウム電池の電圧特性は乾電池に比べ電圧の変動がほとんどなく、初期と終期の特性差がない点有利である。したがって充電式の欠点、すなわち電池容量のなくなった場合の処置をどのように補っていくかが問題となる。

### 3. ヘアドライヤー

もともとヘアドライヤーは業務用が主であって、美容院で女性用に用いられたものであったが、電気かみそりと同じほどに男性のおしゃれ用品として、目ざましい普及率を示してきた。とくに中学生や高校生の若者の長髪化が流行し、若い男性での普及率は 60% と非常に高い。一方女性用のヘアドライヤーの普及は低く、今後の問題として残されている。

市場では非常にたくさんの製品が出されているが、その形状から分類すると、

- (1) ハンドタイプ
- (2) フードタイプ

の二つに分けることができる。

ハンドタイプはおもに男性用でピストル形ともいわれ、手に持って毛髪の乾燥、または整髪を行なうもので小形、軽量なものが多い。このタイプに用いられているモータは、くま取りコイル形モータ、交流整流子モータおよび低電圧用の永久磁石界磁直流モータで、くま取りコイル形モータを利用したものは回転数が低く、非常に静かなドライヤーで整髪用に適しているが、風量を得るためファン径が大きく小形にすることができず、また重量もやや大きくなる。図 3.1 がこの例である。

交流整流子モータを利用したものは、回転数が高くファン径が小さ

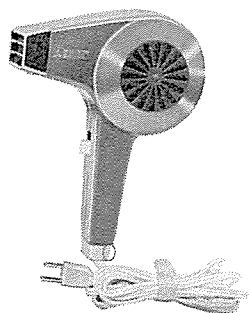


図 3.1 HD-510 形ヘアドライヤー  
Type HD-510 hair dryer.

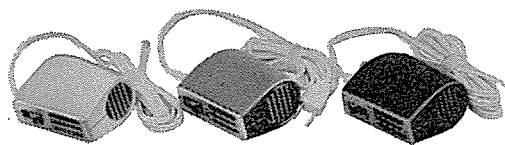


図 3.2 HD-32 形ヘアドライヤー  
Type HD-32 hair dryer.

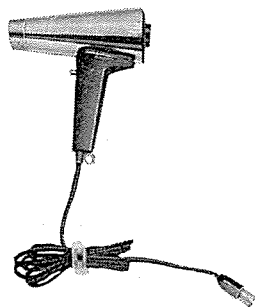


図 3.3 HD-450 形ヘアドライヤー  
Type HD-450 hair dryer.

くできるので小形にすることができる。風量が多く風圧も高いため毛髪の乾燥用に適しているが、風音、回転音が高く、ときには電波障害波を発生する欠点を有している。

最近では電圧降下用のヒータを介して、低電圧用の永久磁石界磁直流モータが利用されるようになり、音の静かな電波障害の問題もない、いちだんと小形で軽量なドライヤー(図 3.2)が発売されている。この直流モータは回転数が任意に選定できるので、風量と風音あるいは回転音との兼ね合いで、静かな風量の多いドライヤーとすることができる。図 3.3 に示す HD-450 形ドライヤーがこのタイプのもので、その構造を図 3.4 に示した。

フードタイプはおもに女性用で、美容院で使われているかま形のもの、ビニール製のキャップを利用したボンネット形の 2 種類がある。いずれも大形のものでハンドタイプに比べ高価かつ豪華なものとなっている。今までに市販されていたもののほとんどは、ボンネット形のもので、送風装置と電熱装置を内蔵した本体より発生する温風を、ホースを介して頭にかぶったビニール製のキャップ(ボンネット)内に送り込み、毛髪を乾燥させたりセットしたりするものである。可搬式となり手軽に使えるので家庭用として適している。

最近、かま形のものが家庭用として市販されてきたが、頭を入れるフード部分が大きくなり、保管に不便で家庭用としてはやや難点がある。しかし性能は良く、美容院と同じように使える特長をもっている。とくにアメリカではこの形式のものに移りつつあるようで、これからはますます増えていく傾向にある。

ハンドタイプのドライヤーに比べ、わが国ではフードタイプの普及率はかなり低い、その原因としては女性の髪形が非常に複雑でひとり

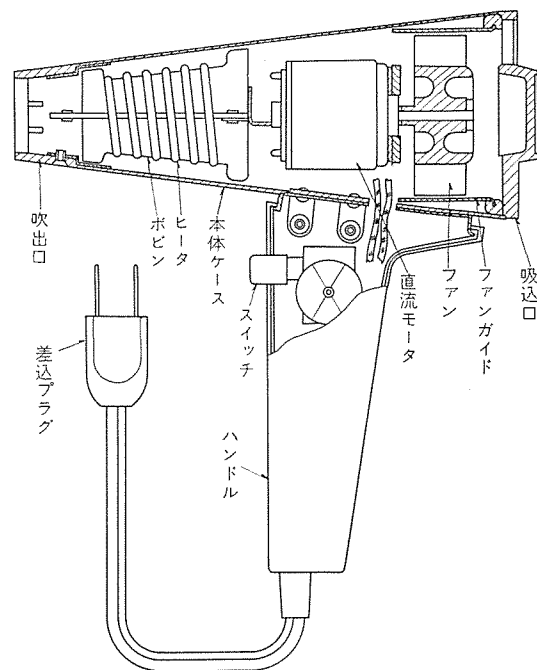


図 3.4 HD-450 形ヘアドライヤーの構造  
Construction of type HD-450 hair dryer.

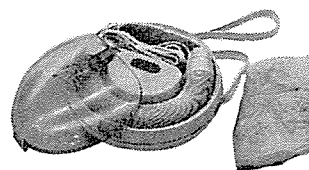


図 3.5 HD-302 形ヘアドライヤー  
Type HD-302 hair dryer.

簡単にできないためであり、女性の髪形と整髪技術のいかによって、アメリカのように伸張していくことになるかもしれない。

#### 4. マッサージャー

保健、美粧用器具としてのマッサージャーは老人向きとしてばかりでなく、レジャーやスポーツの疲労回復に、また美容、健康維持のために若い人達にも使用されている。

マッサージャーは機械から発生する振動を身体各部に当てて、それが刺激となって身体の器官や機能に影響を及ぼし、機能の働きが活発になり、血液循環、分泌作用をさかんにして疲労を回復したり健康維持に役立つものである。直接マッサージを受ける皮膚もその働きを増し、柔かい弾力性のある皮膚となって美容効果を発揮してくる。また、この振動は神経を緩和させる効果もあり快適な休息を与えてくれる。

従来はほとんどのものが電磁振動式であったが、最近小形モータを利用した分銅式のものも市販されている。電磁振動式は図4.1に示すような構造で、電磁鉄心にコイルを巻回し電磁力によって振動板を吸引振動させ、その先端に用途に応じた種々のアタッチメントを取付けてマッサージを行なうものである(図4.2)。分銅式はモータの軸先端に偏心分銅を取付け、これを回転させて振動を発生させている。一般に「こけし」に似た形状で頭部に偏心分銅を設けて振動体とし、握り部分にモータを内蔵している(図4.3)。頭部と握り部分の接続には合成ゴムやスプリングを用い、頭部の振動が握り部分に伝達されないようにくふうされている。このような分銅式は強力なマッサージ効果を得る特長をもっている。

形状としてはハンドタイプのものが多いが、とくにマッサージを要求する背部には使用しにくい欠点がある。この点大形ではあるが、まくら形(ふとん形)は寝ながらでも、またいすを利用して背部のマッサージが簡単にしかもひとりで行できるので非常に使いやすい。このタイプとして図4.4のMV-500形ソリッドステートマッサージャーがある。

マッサージャーは複雑な現代社会に生きる人達の精神疲労、身体疲労の回復に、また交通機関の発達や家庭生活の合理化による運動不足を補う健康維持に老人向きばかりでなく、若い人達にも使用されている。一方、肩こり、胃腸障害、神経痛、便秘などに対する効果も医学的に認められており今後ますます多くの人達に使われるようになる。

このように種々の用途に応じるとともに手軽にひとりで使用でき、かつ好みの振動が得られるようにしたものが、図4.4に示したまくら形のMV-500形ソリッドステートマッサージャーである。

図4.5はMV-500形の回路図で、モータの速度制御装置として使われているシリコン制御整流素子回路を応用している。コンデンサ $C_1$ と可変抵抗 $R$ との時定数により、シリコン制御整流素子を制御して導通角を変え、電磁コイルへの電力供給を変化させて振動の強弱を無段階制御している。また切換えスイッチ $S_2$ によりさらにコンデンサ $C_2$ を加えると時定数は非常に大きくなり、シリコン制御整流素子はスイッチング制御され、電磁コイルへの通電間隔を変え振動数を無段階に変化させることができる。切換えスイッチ $S_2$ の切換えにより同一振動数の強弱変化と振動数の変化が得られ、使用範囲も広くまた好みの振動で効果的なマッサージが行なえる。なお並列に接続されている電子式

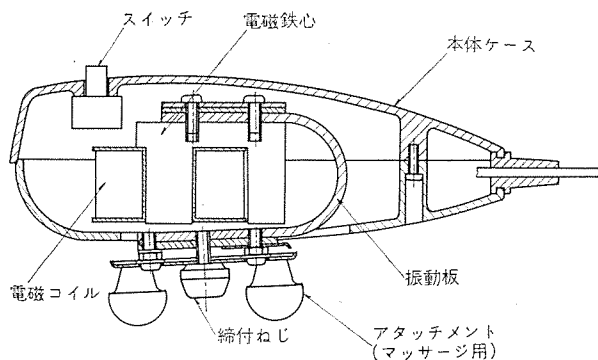


図4.1 電磁振動式マッサージャーの構造  
Construction of electromagnetic vibration massager.

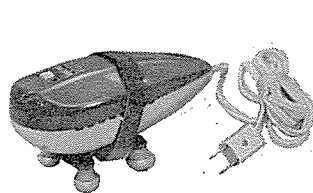


図4.2 MV-3形電磁振動式  
マッサージャー  
Type MV-3 electromagnetic  
vibration massager.

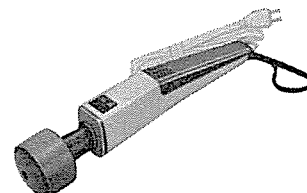


図4.3 RM-2形分銅式マッ  
サージャー  
Type RM-2 weight type  
massager.

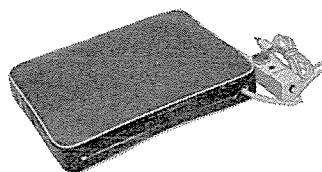


図4.4 MV-500形ソリッドステート  
三菱マッサージャー  
Type MV-500 solid state Mitsui-  
bishi massager.

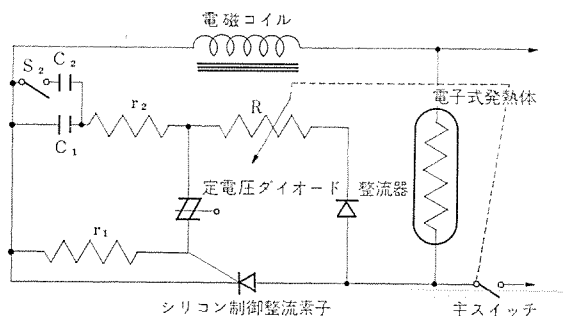


図4.5 MV-500形マッサージャーの回路図  
Circuit diagram of type MV-500 massager.

発熱体は本体表面温度を適度に上げて、マッサージ効果をさらに高めようとするものである。このように特長のあるマッサージャーとなっている。

#### 5. むすび

回転機応用家庭用理美容器具はますます発達し、家庭のtoolとしてなくてはならないものとなるであろう。われわれは現状の機器に改良を加え、さらに効果のあるものを開発して生活を豊かにするとともに、生活様式の変化に応じていっそう便利なものの開発、新しい技術の導入に心がけねばならない。

家庭用理美容器具としては、ひとりで手軽に使えること、だれにも使えること、また安全性の高いものを目標として常に改良、研究を加え、社会生活の向上にいくらかでも貢献できるよう努力するものである。

## 家庭用理美容機器 (電熱応用品)

森本 敏夫\*・小 川 昇\*

## Beauty and Health Appliances for Domestic Use

Gunma Works Toshio MORIMOTO・Noboru OGAWA

Changes occurring in domestic life as the living standard rises are remarkable. Particularly changes with costume and beauty art are wonderfully great. On the other hand time and money spent for personal adornment are increasing year after year and can never be overlooked. Under the circumstances development of devices to help curtail all the trouble are desired earnestly by everybody. Applications of electric heating appliances such as hair curlers, and trousers pressers are the very products. Those ingenious electric mosquito fumigators to prevent the nuisance of mosquitoes and other insects are helpful to turn summer life agreeable and healthy. These new developments are elucidated herein together with a future outlook.

## 1. ま え が き

女性のおしゃれはいまさらいうまでもないが、最近は男性もおしゃれに時間を費すようになり、とくに個性的なおしゃれを好む傾向が強い。したがって、日常生活のこれらおしゃれのために費す時間は馬鹿にならず、いきおい簡単でしかも手早く処理できるものへと需要がうつっていく。そこにヘアーカーラがあり、ズボンプレスがある。また暑い夏の生活をより快適に過ごすための蚊取り器は電気の導入によってより安全に、しかも衛生的になった。

## 2. ヘアーカーラ

頭一杯にアミカーを巻きつけ、一晚中みじろぎもせずに寝ている女性はまことに気の毒である。いかに身だしなみのため美しく見せたいためとはいえ、女性の苦労は大変なものである。これを早く手軽にしようというのが電熱式ヘアーカーラである。このヘアーカーラは従来のアミカーに代わるカールボンを電熱装置で加熱したのちとり出して頭髮に巻きつけ、カールボンの蓄熱で髪を加熱、カールするものである。

## 2.1 ヘアーカーラの構造

構造は図2.1、2.2に示すようなもので、カールボンの内には髪をカールするに十分な熱量を有するように蓄熱剤が封入してあり、このカールボンを電熱装置の加熱棒にそう入して、カールボンの蓄熱剤を加熱溶解させたのち、カールボンをとり出して髪に巻きつけると3分間で髪のカールをすることができるものである。

髪はその大部分がケラチンと呼ばれるたんぱく質よりなっており、これは60°Cくらいから分解しはじめ120°C以上で加熱すると髪が完全に分解してしまっ てチリチリになってしまい髪を早く、完全にカールする温度は50°C~90°Cくらいとされている。また髪をカールする時間は髪の質により異なるが、加熱温度60°C~70°Cで3~15分くらいが適切であるといわれている。

したがってよりセツの効果をあげるにはカールボンの表面温度は50°C以上で15分間以上持続させる必要があり、そのためには適当な融点を有し潜熱、比熱の大きな蓄熱剤を封入したものがもっともその効果があるといえる。

図2.3は当社ヘアーカーラ(HI-120形)の蓄熱剤入りカールボンの加熱、放熱特性を示すが、蓄熱剤なしのものにくらべて2倍以上の

持続効果をもっている。その他カールボンの上面には温度により変色する示温部分を設けてあり、カールボンを加熱されて使用温度になると示温テープが変色して使用可能を知らせるようになっていて使用上も大変都合である。

## 2.2 HI-120形ヘアーカーラ(レディスカーラ)

(仕様)

|          |               |
|----------|---------------|
| 定 格      | 100 V 300 W   |
| 自動装置     | 自動温度調節器付き(固定) |
| 温度過昇防止装置 | 温度ヒューズ付き      |

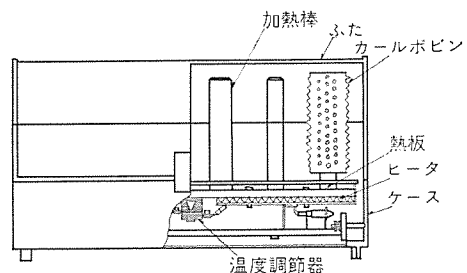


図 2.1 HI-120形ヘアーカーラの構造図  
Construction of type HI-120 hair curler.

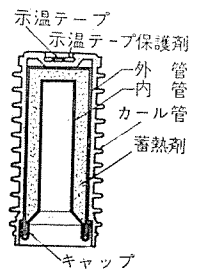


図 2.2 HI-120形ヘアーカーラ用カールボビンの構造図  
Construction of curl bobbin for type HI-120 hair curler.

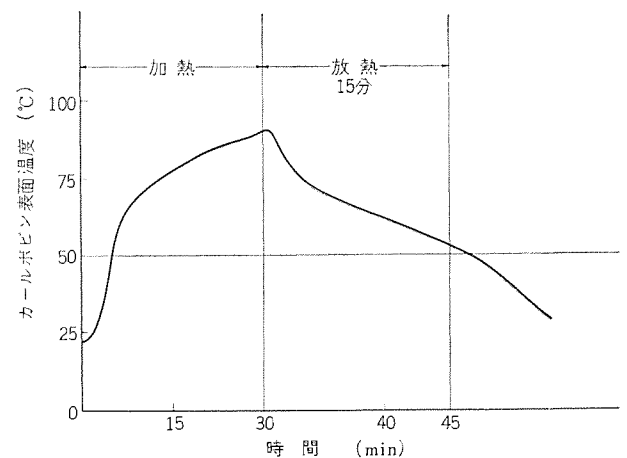


図 2.3 HI-120形ヘアーカーラ用カールボビンの加熱、放熱特性  
Heating and radiating characteristic of curl bobbin for type HI-120 hair curler.



図 2.4 HI-120 形 ヘアカーラ (レディスカーラ)  
Type HI-120 hair curler.

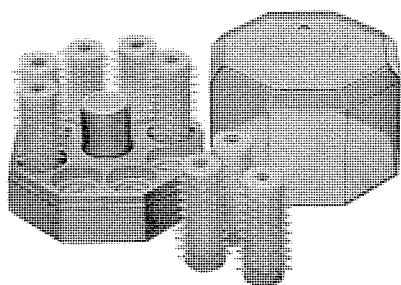


図 2.5 HI-80 形 ヘアカーラ (カーラ 8 エイト)  
Type HI-80 hair curler.

|        |                             |
|--------|-----------------------------|
| コード    | プラグイン式 2 m                  |
| カールボビン | 12 本 大 6 本 小 6 本 蓄熱式 カールボビン |
| 付属品    | ヘアピン (大 6 本 小 6 本)          |
| 重量     | 1.5 kg                      |

#### (特長)

- (1) 蓄熱式 カールボビン により性能は抜群、早く、美しい カールをつけることができる。
- (2) カールボビンの上面には示温 テーパがついており使用可能かどうか一目でわかる。
- (3) 電気代は毎日使っても 1 ヶ月わずか 15 円 程度で経済的である。
- (4) 温度調節器と温度 ヒューズの 2 重安全装置付き、過熱の心配がなく安全である。
- (5) ヘアピース や ウィッグ (かつら) にも使える。

この他、カールボビン 内に蓄熱剤を封入せずヒータを入れたものもある。これは保温効果は蓄熱剤封入のものほどではないが 3~5 分の保温効果があり、このものは柔らかい髪のカール等には好都合である。当社製 HI-80 形 ヘアカーラ (カーラ 8 エイト) は前記発熱体内蔵形カールボビン 式である。

### 3. ズボンプレスサ

パリッと折り目のついたズボン、これは身だしなみの第一歩、今まではアイロンをかけたり、寝押しをしたりであったがなかなか手間がかかる。ズボンプレスサ はズボンをはさむだけでズボンの折り目つけ、しわのばしをしようというもので 4~5 年前より市場に出てきたものである。

#### 3.1 ズボンプレスサの構造

構造は図 3.1 に示すようなもので、上下はさみ板の一方内面 (プレス面) にヒータを配設し、他方内面 (プレス面) にはクッション材を設けたもので上下はさみ板の間にズボン、スラックス 等をはさんで加熱し、

被はさみ物の折り目をつけ、しわのばしをすることができるものである。プレス面は温度調節器により 60~70°C の温度に保たれるようになっており、タイムスイッチを設けて通電時間が調節できるようになっているものもある。

プレス時間は夏物のズボンで 15~20 分、冬物で 20~30 分でズボンの折り目つけ、しわのばしができる。プレス面に配設するヒータは図 3.2 のようにコードヒータをベニヤ板に埋設し、その上を均熱板で押えてプレス面の温度分布を均一にしたものや、面ヒータをプレス面にはり付けたもの等がある。

#### 3.2 MZ-301 形 ズボンプレスサ

##### (仕様)

|          |                       |
|----------|-----------------------|
| 定 格      | 100 V 300 W           |
| 自動装置     | 温度調節器付き (固定)          |
| 温度過昇防止装置 | 温度 ヒューズ 付き            |
| スイッチ     | タイムスイッチ 付き (30 分計可変)  |
| コード      | じか付き 2 m              |
| 外形寸法     | 縦 853 横 468 高さ 103 mm |
| 重 量      | 6.3 kg                |

##### (特長)

- (1) はさむだけで折り目つけ、しわのばしができる。
- (2) プレス面の温度分布は均熱板により均一で布地をいためる心配がない。
- (3) ズボン、スラックス のみならずスカート や着物の プレス もできる。
- (4) 温度調節器、温度過昇防止装置付きで過熱の心配がなく安全である。
- (5) タイムスイッチ 付きできょう持物により加熱時間が変えられ電気のみだがない。

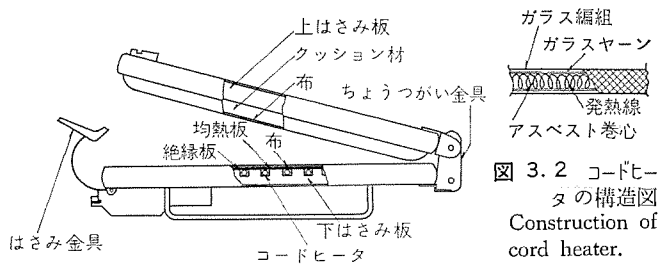


図 3.1 MZ-301 形 ズボンプレスサの構造図  
Construction of type MZ-301 trousers presser.

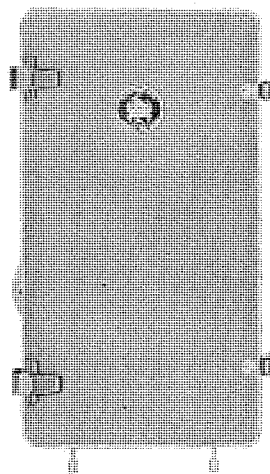


図 3.3 MZ-301 形 ズボンプレスサ  
Type MZ-301 trousers presser.

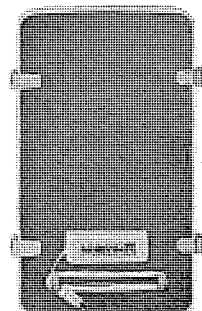


図 3.4 MZ-201 形 ズボンプレスサ  
Type MZ-201 trousers presser.

### 3.3 MZ-201 形 ズボンプレス

(仕様)

|          |                      |
|----------|----------------------|
| 定 格      | 100 V 200 W          |
| 自動装置     | 温度調節器付き (固定)         |
| 温度過昇防止装置 | 温度 ヒューズ 付き           |
| コード      | じか付き 2 m             |
| 外形寸法     | 縦 593 横 367 高さ 50 mm |
| 重 量      | 3.4 kg               |

(特長)

- (1) ズボン、スラックスの一番しわのできやすいひざの部分をおもにプレスするようにした小形プレス。
- (2) はさみだけで簡単にズボンの折り目つけ、しわのばしができる。
- (3) プレス面の温度分布は均熱板により均一で、布地をいためることがない。
- (4) 温度調節器、温度ヒューズの2重安全装置付きで過熱の心配はなく安全である。

## 4. 電気蚊とり器

毎年夏になると蚊になやまされるのは誰しも同じことである。昔からこの対策としてかやを使ったり、蚊とり線香をいぶしたりしているが毎日常かやはする手間も大変である。また蚊とり線香の場合は火がついているので危険であり、畳をこがしたり、灰が畳の上におちたりして不便も多い。このような不便を除くために4年程前から市場に出現したのが電気蚊とり器である。

これは除虫菊の主成分である合成ピレトリン、ピペロニール等の殺虫有効成分をパルプ紙に含浸させた蚊とりマットを電熱装置の熱板の上にのせて加熱し、マット中の殺虫成分を揮散させて室内に充満させ、蚊を退治するものである。

### 4.1 電気蚊とり器の構造

構造は図4.1に示すようなもので、発熱体で熱板を120～140℃に加熱し、この熱板の上に蚊とりマットをのせて加熱するものである。熱板は金属板をマイカ式ヒーターで加熱するものや、がいしの裏面に厚膜抵抗を印刷した抵抗体を使用したもの等がある。

### 4.2 蚊とりマット

蚊とりマットは合成ピレトリン、ピペロニール等の殺虫有効成分と香料、顔料をパルプ紙に含浸させたもので、これを電気蚊とり器の熱板の上にのせて120℃～140℃で加熱するとマット内の殺虫有効成分が揮散して室内に充満し、蚊を退治する。揮散時間は連続10時間程度であり、1枚のマットで一晩中使用することができる。またマットには着色しており、有効成分の揮散程度に応じてマットの色が変わるようになっている。

その他、マットの代わりに殺虫有効成分をペースト状にしてチューブに収め、使用の都度電気蚊とり器の熱板の上にしぼり出して加熱くん蒸させるものもある。

### 4.3 MB-51 形 電気蚊とり器

(仕様)

|     |                              |
|-----|------------------------------|
| 定 格 | 100 V 5 W                    |
| 発熱体 | 厚膜印刷抵抗体 (ステアタイト 磁器製熱板の裏面に印刷) |

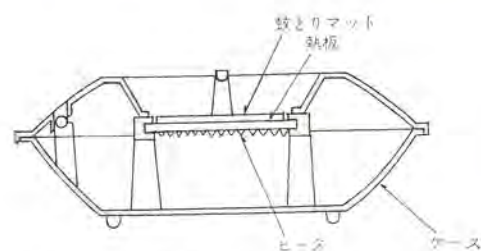


図 4.1 MB-51 形電気蚊とり器の構造図  
Construction of type MB-51 electric mosquito fumigator.



図 4.2 MB-51 形電気蚊とり器  
Type MB-51 electric mosquito fumigator.



図 4.3 MB-51 形電気蚊とり器のマットとその変色状態  
Construction of type MB-51 electric mosquito fumigator.



|      |                        |
|------|------------------------|
| コード  | じか付き 2 m               |
| 外形寸法 | 縦 102 横 108 高さ 41.5 mm |
| 付属品  | 蚊とりマット 10 枚付き          |
| 重 量  | 0.13 kg                |

(特長)

- (1) 発熱体に厚膜印刷抵抗を使用しているため故障がなく長寿命である。また過熱の心配がない。
- (2) 蚊とりマットを熱板の上にのせるだけで取扱いが簡単である。
- (3) パイロットランプがついており、暗やみでも置き場所がわかる。
- (4) 使用中は煙も灰も出ないので衛生的、畳をこがしたり、まわりをよごしたりする心配がない。
- (5) マットには着色しており、殺虫成分の揮散とともにマットの色が減退するようになっており、マットが使用可能かどうか一目でわかる。

## 5. む す び

おしゃれ機器としての理美容器具は個人の趣好により極端に好き嫌いがわかれる。われわれはこれら流行的要素を内蔵する機器の将来はただ使う身になって事に処することであり、技術の改善に加わえてよりよい製品の開発に努力することであると考えている。

## 脈拍数計 (ハートペット)

岩 田 誠\*・柳 父 靖\*

## Pulsimeter "HEARTPET"

Kamakura Works Makoto IWATA・Yasushi YANABU

Pulse frequency is an important item of measurement in medical examination, pulse check of patients in hospital, medical control of labor and sports test. It is, however, mostly resorted to palpation of the wrist for the present. Mitsubishi Heartpet HR-7 A is a simple and accurate measuring device to operate indicating the pulse frequency for 30 seconds automatically by electrically picking up the pulse. This has been developed especially for use in sports test, but consideration is given fully to it so as to satisfy the function when used in hospital.

In this article is outlined Heartpet as a pulsometer in particular connection with sports test.

## 1. ま え が き

脈拍数の測定といえば、医師に診察してもらうときや入院患者の定時検診のときどう(桡)骨動脈(手首)の触診を思いうかべる。しかし今日では脈拍の測定は各方面で重要視されつつあり、診察や定時検診のみならず日常の健康管理に、運動選手のトレーニングに、スポーツテスト等にも必要となってきた。このように脈拍数の測定は多方面で重要視されつつあり、これに伴って脈拍測定の自動化が進められ、開発されたのが三菱ハートペット HR-7 A 形脈拍数計である。以下ハートペットについての概要をいろいろの角度から記してみる。

## 2. 脈拍数計の利用分野

脈拍数、体温、呼吸数、血圧等の測定は健康管理にしばしば用いられている。ここでは脈拍数についてのみ考えてみる。病気をわずらって病院へ行くと医師は手首をとって脈拍数を測定する。入院患者については1日に2〜3回ほど定時検診があり脈拍数を測定している。運動選手などのトレーニング中に過度の運動を強行したため重大な事故を生ずることがある。トレーニングの前後中間において適宜脈拍を測定すれば、その時点での選手の状態をはあくでき、適当な指示も可能である。高温高湿な環境条件下での労働や重筋労働などに従事しているとはげしい疲労とともに脈拍数の上昇を伴い、脈拍数の上昇が1分間180以上にもなることもある。このような人々の脈拍数を測定することにより作業者の疲労状態がかなり定量的にわかり、休養の要否の指導が容易となり労務管理上好都合である。

また文部省や保健体育審議会は、小学生高学年以上の学生、生徒や勤労青少年を対象としたスポーツテストを作成し、わが国青少年の体力向上のためその実施を奨励している。このスポーツテストのうち持久力テストの踏台昇降運動後には脈拍数の測定が行なわれている。

一般に脈拍数の測定は手首の触診により簡単に測定できるものと考えられているが、人間の感覚に頼る測定には誤りがかなり多いといわれている。トレーニング後や踏台昇降運動後のひん(頻)脈、子供や女子などの脈拍数を手首によって測定することは困難であるとの報告も多く発表されており、文部省をはじめスポーツテスト指導員側では正確な積算値の測定できる器具が待望されてきた。またスポーツテストは小学校でも実施するためだけでも簡単に操作でき、しかも正確に脈拍数を測定できるものでなければならない。三菱ハートペットはこ

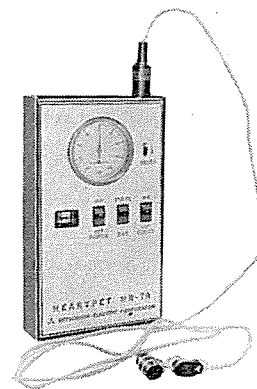


図 2.1 三菱ハートペット HR-7 A  
Mitsubishi Heartpet model HR-7 A.

れら一連の要求を満たしており、とくにスポーツテスト用として設計されたものである。また病院向けとしても十分その機能を満たすようにも配慮されており、その外観図を図 2.1 に示す。

## 3. ハートペットの動作原理

血液は血管を通して体の各所に栄養や酸素を送り老廃物を運び去る役目をもっており、心臓は体の各所の要求に応じて血液を調節するポンプの役目を果たしている。心臓の拍動ごとに血液が動脈血管内に拍出され血圧の変動が生じる。この血圧の変化は人によっても異なるが毎秒 6〜8 mm の速さで伝はする。どう骨動脈(手首)やけい動脈を手で触れるとピクピクと脈動を感じるのは、この血圧の変動を検知しているのである。ハートペットではさらに未しょうの血管、すなわち耳たぶや指先からこの血流の脈動を検知し、測定するようにくふうされている。三菱ハートペット HR-7 A の構成図を図 3.1 に示す。

## (1) 脈拍 ピックアップ

人体未しょう部(耳たぶなど)の片側でランプを点灯しておき耳たぶの他の側で透過光をホトセルで受ける。脈拍ごとに耳たぶの血流が変化して透過光量に変化する。ホトセルは透過光量の変化を抵抗値の変化として検出し、抵抗値変化は電圧値に変換され 2〜10 mV の出力を得る。

## (2) 脈拍 アンプ

脈拍 アンプは脈拍 ピックアップより得られた 2〜10 mV の信号を増

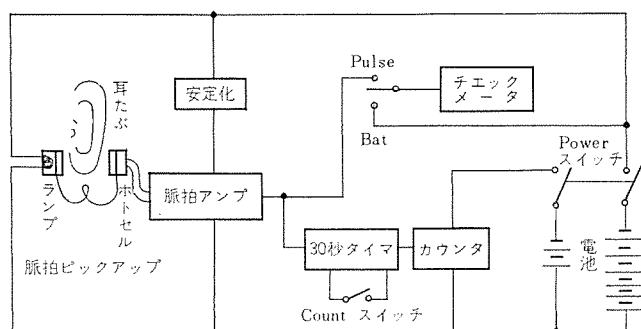


図 3.1 三菱ハートペット HR-7A 構成図  
Block diagram of Mitsubishi Heartpet model HR-7A.

幅し、波形整形する。

### (3) チェックメータ

脈拍信号を正常に受けているかを常に監視できるとともに、切換スイッチにより電池電圧もチェックできる。

### (4) 30秒タイマ

カウントスイッチを OFF より ON にしてから 30 秒間のみ脈拍を計数し自動的に止るようになっている。

## 4. ハートペットのおもな仕様

- (1) 脈拍 ピックアップ： 耳形透過光電脈波検出方式
- (2) 脈拍表示： カウンタによる脈拍ごとの積算値および脈拍ごとの指針のふれ表示
- (3) タイマ 設定時間： 30 秒
- (4) 大きさ： 190×110×40 mm
- (5) 重 さ： 約 810 g
- (6) 電 源： 単 3 形乾電池 8 本

## 5. スポーツテスト

ハートペットがスポーツテストの踏台昇降運動用測定器として最適なものであることは、先に述べたが、テストへの適用方法の前にこのスポーツテストについて概略触れてみる。

昭和 36 年 6 月 法律第 141 号にてスポーツ振興法が制定された。この法律の目的とするところは、その総則に“スポーツ振興の施策の基本を明らかにし、国民の心身の健全な発達と明るく豊かな国民生活の形成に寄与する”と示されているとおり、国民の間に広くスポーツを振興させることにその基本がある。この具体的方策として同法律は、地方公共団体にスポーツ行事の実施および奨励を規定しており、この一つとして運動能力テストをあげている。スポーツテストはこの運動能力テスト実施に関し作成されたもので、青少年の体力向上のための基本的な施策の一つといえることができる。

文部省および保健体育審議会では、このスポーツテストの内容、方法、成績判定の基準などをまとめ、全国の学生生徒、勤労青少年およびスポーツ団体に積極的に実施するよう指導しており、このほか一般職場などでも実施されつつある。

### 5.1 スポーツテストの種類

スポーツテストは体力診断テスト、運動能力テスト、競技種目別テストの 3 部門から構成されている。

#### (1) 体力診断テスト

身体運動の基礎となる体力を機能的な立場からとらえようとするもので、敏捷性テスト——反復横とび、瞬発力テスト——垂直とび、筋力テスト——握力、背筋力、持久性テスト——踏台昇降運動、およ

び柔軟性テスト——伏が(臥)上体そらし、立位体前屈の 5 項目・7 種のテストの結果と年齢から求めた成績を A, B, C, D, E の 5 段階に分け、各人の体力を判定している。ハートペットはこのうち持久性テスト・踏台昇降運動に最適な測定器といえる。

### (2) 運動能力テスト

基本的な運動によって、スポーツの基礎的能力を測定するものである。走——50 m 走り、跳——走り幅とび、投げ——ハンドボール 投、けん垂——けん垂腕屈伸、斜めけん垂腕屈伸、および歩・走(持久走、急走)・水泳・スキー・スケートの 5 種目からなり、これらテストの結果により、1 級から 5 級の段階の成績を求め運動能力の判定をしている。

### (3) 競技種目別テスト

前二者のテストが、いわば基礎的な体力、能力の判定に向けられているのに対し、競技種目別テストはある特定のスポーツあるいはいくつかのスポーツの素質をみるテストで、いわゆるスポーツスキルテストに類するものである。このテストの細目については、現在のところ審議中である。

### 5.2 持久力テスト——踏台昇降運動

ハートペットの対象である持久力テストすなわち、踏台昇降運動について述べる。

スポーツテストでは、持久力テストの方法として踏台昇降後の脈拍数測定を用いている。持久力と疲労とは表裏の関係にあり、酸素摂取能力の限界が疲労を左右する。したがって酸素摂取の要因となる肺(呼吸)と心臓(循環)の働きが持久力の基本となるわけである。スポーツにおいては、これら要因のうちでも循環のほうがより重要な要素といわれ、この測定法として脈拍数がとり上げられた。

すなわち、踏台昇降運動による持久力テストは、この観点から、

(a) 被検者に同じような運動負荷を与え、

(b) 運動中の脈拍数増加の割合が少なく、また運動後の回復が早いほど循環機能がすぐれている。

ということにその根本があり、一定の運動負荷(踏み台昇降)後、1 分～1 分 30 秒、2 分～2 分 30 秒、3 分～3 分 30 秒の各 30 秒 3 回の脈拍数合計を求め、次式によって判定指数を算出している。

$$\text{判定指数} = \frac{\text{運動時間(秒)}}{(\text{脈拍数合計}) \times 2} \times 100 \dots \dots \dots (5.1)$$

## 6. ハートペットによる脈拍数の測定

### 6.1 ハートペットによるスポーツテスト

ハートペットによるスポーツテスト——踏台昇降運動——を中心に、ハートペットの使用方法を述べる。

#### (1) 準備

ハートペット

踏み台(高さは、男子用 40 cm、女子用 35 cm)

メトロノーム(検者の熟練度により不要の場合もある)

いす

#### (2) 踏み台昇降の方法

(a) 被検者は検者の 1, 2, 3, 4 の号令に従い、台を昇降する。検者は、2 秒ごとに“1”がくるよう規則正しい号令をかける必要があり、メトロノームなどを利用するとよい。

(b) 踏み台昇降方法は、まず直立の姿勢から“1”の号令で片足を台上にあげる。“2”で台上に直立の姿勢となり、“3”で先上げた足を下し、“4”で最初の直立の姿勢となる。この昇降運動

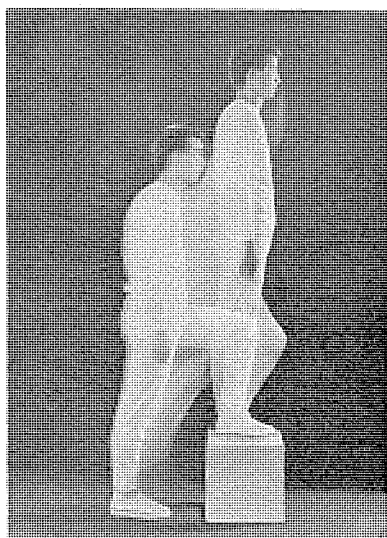


図 6.1 踏台昇降の方法  
Movement at step test.

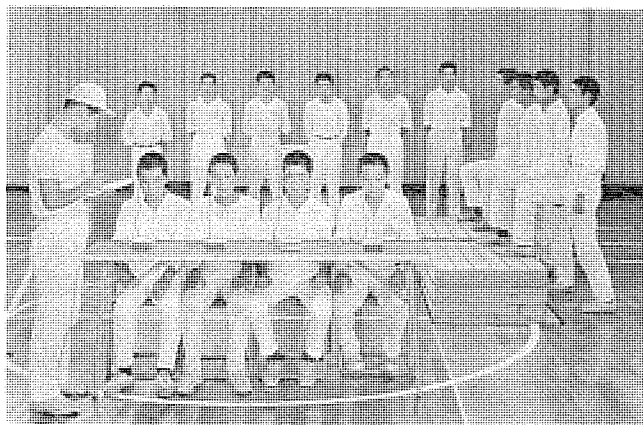


図 6.2 踏台昇降運動の実施  
Performance of step test.

を3分間継続する。(図 6.1)

### (3) 脈拍数の測定

(a) 昇降運動を終了した被検者をいすに座らせ、ハートベットの脈拍ピックアップを被検者の耳に装置する。(図 6.2)

(b) “POWER”スイッチをONにし、“CHECK”スイッチを“PULSE”とすると、脈拍に応じてインジケータの指針が振れる。

(c) 運動後1分経過したところで“COUNT”スイッチを“ON”にすると自動的に30秒間の脈拍数が測定される。このときのカウンタの指針が1分～1分30秒間の脈拍数である。測定が終了したら、“COUNT”スイッチは、“OFF”に戻しておく。

(d) 運動後2分経過したらふたたび“COUNT”スイッチをONとすることにより、2分～2分30秒間の脈拍数が測定される。

(e) 同様にして運動後3分～3分30秒間の脈拍数を測定することにより、ハートベットのカウンタは、上記30秒3回の脈拍数合計が指示されている。この数値から式(5.1)すなわち次式から判定指数が求められる。(小数2位を四捨五入)

表 6.1 判定指数早見表  
Judging index table.

| A   | 0     | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
|-----|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 90  | 100.0 | 98.9 | 97.8 | 96.8 | 95.7 | 94.7 | 93.8 | 92.8 | 91.8 | 90.9 |
| 100 | 90.0  | 89.1 | 88.2 | 87.4 | 86.5 | 85.7 | 84.9 | 84.1 | 83.3 | 82.6 |
| 110 | 81.8  | 81.1 | 80.4 | 79.6 | 78.9 | 78.3 | 77.6 | 76.9 | 76.3 | 75.6 |
| 120 | 75.0  | 74.4 | 73.8 | 73.2 | 72.6 | 72.0 | 71.4 | 70.9 | 70.3 | 70.0 |
| 130 | 69.2  | 68.7 | 68.2 | 67.7 | 67.2 | 66.7 | 66.2 | 65.7 | 65.2 | 64.7 |
| 140 | 64.3  | 63.8 | 63.4 | 62.9 | 62.5 | 62.1 | 61.6 | 61.2 | 60.8 | 60.4 |
| 150 | 60.0  | 59.6 | 59.2 | 58.8 | 58.4 | 58.1 | 57.7 | 57.3 | 57.0 | 56.6 |
| 160 | 56.3  | 55.9 | 55.6 | 55.2 | 54.9 | 54.5 | 54.2 | 53.9 | 53.6 | 53.3 |
| 170 | 52.9  | 52.6 | 52.3 | 52.0 | 51.7 | 51.4 | 51.1 | 50.8 | 50.6 | 50.3 |
| 180 | 50.0  | 49.7 | 49.5 | 49.2 | 48.9 | 48.6 | 48.4 | 48.1 | 47.9 | 47.6 |
| 190 | 47.4  | 47.1 | 46.9 | 46.6 | 46.4 | 46.2 | 45.9 | 45.7 | 45.5 | 45.2 |
| 200 | 45.0  | 44.8 | 44.6 | 44.3 | 44.1 | 43.9 | 43.7 | 43.5 | 43.3 | 43.0 |
| 210 | 42.9  | 42.7 | 42.5 | 42.3 | 42.1 | 41.9 | 41.7 | 41.5 | 41.3 | 41.1 |
| 220 | 40.9  | 40.7 | 40.5 | 40.4 | 40.2 | 40.0 | 39.8 | 39.6 | 39.5 | 39.3 |
| 230 | 39.1  | 39.0 | 38.8 | 38.6 | 38.5 | 38.3 | 38.1 | 38.0 | 37.8 | 37.7 |
| 240 | 37.5  | 37.3 | 37.2 | 37.0 | 36.9 | 36.7 | 36.6 | 36.4 | 36.3 | 36.1 |
| 250 | 36.0  | 35.9 | 35.7 | 35.6 | 35.4 | 35.3 | 35.2 | 35.0 | 34.9 | 34.7 |

○この早見表は3分間昇降運動ができたものだけに使用する。  
○Aはハートベットの指示値であり、縦の欄は10位、100位の数であり、横の最上欄は1位の数である。  
○たとえばハートベットの指示値が153のときは150を右横へたどり、最上欄の3を下へたどった交点の58.8点が判定指数である。

$$\text{判定指数} = \frac{90}{(\text{ハートベットの指示})} \times 100 \dots \dots \dots (6.1)$$

判定指数の算出にあたっては、表 6.1 の早見表を利用すると簡単に求められる。

(f) もし、昇降運動の途中で運動を続けることができなくなったり昇降テンポが3回以上遅れた場合は、運動を中止させ直ちにその時間を秒単位で記録し、上記と同様の方法で脈拍数を測定し、式(5.1)により判定指数を求める。

(g) カウンタの指針はリセットボタンによりゼロに復帰させる。

### 6.2 脈拍数の測定

スポーツテスト以外の脈拍数測定においても前記と同様脈拍ピックアップを耳に装着し、“COUNT”ボタンをONとすることにより、30秒間の脈拍数が自動計測される。1分間の脈拍数を求めるときは指示を2倍するか、指示をリセットする前にもう一度“COUNT”スイッチをONとする。

## 7. む す び

機械化、自動化といわれている今日において脈拍の測定については、ほとんどがいまだに熟練者の触診に頼っているのが現状である。診察のときや病棟での定時検診のみならず、最近ではスポーツや労働医学方面にも脈拍測定が項目としてとり入れられつつあり、脈拍数計(ハートベット)が今後おいに利用され、日常の健康管理、体力向上の一助となることを期待してやまない。

### 参 考 文 献

- (1) 松島茂善著：スポーツテスト
- (2) 日体協・日本スポーツ少年団本部：スポーツテスト実施要項

## 三菱医学用テレメータ装置 PT-270

小林 督智\*・安田 弘明\*・斉藤 邦夫\*

## Mitsubishi Medical Telemeter Type PT-270

Kamakura Works

Masanori KOBAYASHI・Hiroaki YASUDA・Kunio SAITO

Medical telemeters have marked features of enabling physical information of a human body in motion to be made available as it moves without giving any restriction to it. This is a kind of a radio telemeter and, unlike the electrocardiograph and the electroencephalograph, it needs no wiring connection between the apparatus and the body. Then, the telemeter is now widely used in the fields of sports medicine, labor medical science and basic physiological studies. Mitsubishi has recently developed type PT-270 medical telemeter as a revised model of type PT-220 A, their principal improved points and performance being described herein.

## 1. ま え が き

無線テレメータの特長は、移動体で起こっている現象で電波を利用することによって、移動体の運動になんら制約や拘束を加えることなく、自然の状態のままで観察記録できるところにある。したがって人工衛星、ロケットなどの宇宙関係の計測はもちろんのこと、自動車など車両の走行中の機械諸量の計測や、また、人体の生体情報、時には医用カプセルのように人体の内部の情報計測まできわめて広範囲に利用されている。

医学用テレメータは、一般に臨床診断で使用されている心電計や脳波装置などのように、被験者を電線で結びつけるという制約を除くため、極力小さい部品を使用し商品的に可能な限り小形軽量化した送信機を人体に携帯させて自由に運動させ、自由に運動させたときの生体情報を観察記録する。

スポーツ医学では、従来、運動負荷の前後の差異に着目するか、または走行負荷を模擬したトレッドミルを使用して計測するしかなく、たとえば走行中に微妙に変化する生体機能を観察するには必ずしも十分とはいえない。テレメータの導入によって、実際に生体が活動している間の呼吸、循環系、筋肉活動がどう変化していくか解明できるようになり、有効なトレーニング法を確立したり、またスポーツ生理学での新しい分野を開きつつある。

また労働医学関係では過酷な条件下で作業する作業者、たとえば溶鉱炉やガラス工場で熱衝撃を受ける作業者、工事現場での高所作業業者など、健康管理のモニタとしても利用される。さらに臨床医学においても安静時には正常だが、走行や労働などの負荷をかけたときに、異常の現われる心筋硬塞患者の診断などにも利用される。

このように医学用テレメータは、「静的な計測」から「動的な計測」へ発展する絶対的な手段として各方面で広く利用されている。当社では医学用テレメータとして8チャンネル容量大規模のものから、1チャンネルのものまで多機種製造しているが、標準機種としてはPT-120形(1チャンネル)、PT-220 A形(2チャンネル)を発売している。今回PT-220 A形の改良機種として、PT-270形を開発したのでその概要と改良の主要点を紹介する。

## 2. 医学用テレメータ PT-270 形の特長 —設計の重点—

前項でも詳述したように、無線テレメータの特質を十分生かすためには、

(1) 可能な限り小形軽量であること、また医学用テレメータのユーザーはおもに生理学、医学の研究者であって、ある程度の複雑な取扱いにも慣れていただくことは期待できるとしても、研究、または診断対象が人間である以上研究者の注意力はすべて被験者に向けられるべきである。

(2) 取扱いが簡単で、必ず動作することが要求される。ME機器ではこの点がとくに重要であって、「取扱いや調整が微妙であるがきわめて高性能である」機種よりも「鈍重ではあるが必ず働きめったに故障しない」機種のほうがむしろ歓迎される。

以上の2点を根本思想として、旧形(PT-220 A形)に比較してとくに改良を加えた点は次のとおりである。

(1) 集積回路(IC)を最大限に使用し、小形軽量化を計ると同時に性能の安定度を向上させる。

(2) チャンネル数は2個にとどめるが、計測項目に自由度をもたせる。計測項目は心電図、脳波、筋電図、呼吸、GSRなど多種類にわたるが、プリアンプをコンパクトにユニット化して送信機本体にカセット式でそう入できるようにし、ユーザーが目的に応じて自由に選択計測できるようにする。

(3) 送信機および受信機を水晶制御にする。

測定のとつと同調をとるわずらわしさがなくなると同時に、自動発振方式にありがちな主搬送波周波数のドリフトがないので安定である。とくに、送信アンテナのゆれに対する周波数の変動は皆無である。

(4) 送信アンテナを送信機を固定するバンドと一体とし運動を妨げるロッドアンテナを使用しない。

ふく射率と指向性の点でやや問題があるが、運動の自由度がある。

(5) 受信機の電源を交直両用とする。

測定場所の自由度が大きい。とくにスポーツ医学ではグラウンドでの測定が多いので重要である。

(6) データを磁気記録、再生する場合問題となるテープレコーダのワウフラッタによるデータの信号対雑音比の劣化を防止するためワウフラッタ補償機能をもたせる。

今まで計測データの記録方法としては、インク式や熱ペン式の記録紙に波形として直接記録する方法が一般的であったが、最近ではデータの波形分析や、その他統計的処理を行なう目的で磁気記録のように、電気信号として記録させる要求が多くなっている。磁気記録の方法としては、データレコーダを使用しデータを原信号の形で記録する方法と、データをいったん変調器で可聴周波数に変換してからテー

プレコーダに録音し、再生時に復調器で復調して原信号を再現させる方法とがある。

テレメータ装置のように変調器と復調器とを備えている場合には、ワウフラッタの問題を解決すればきわめて簡単に、しかも、安価な普通級のテープレコーダで磁気記録が可能となる。具体的には、送信機の送信副搬送波複合信号（後述）か、または受信機の受信副搬送波複合信号のいずれかを録音し、再生時には受信端局部（後述）を使用して復調し、原信号が再現できる。

また、本医学用テレメータ装置を本来のテレメータとして使用せず、データレコーダとして使用することも可能となる。人体に送信機（電波を放射せず）と小形テープレコーダを携行して生体情報を録音し、運動後に受信機と組合わせてデータを再現する方法である。本医学用テレメータのように無免許で使用できる条件として、「送信点から100mの地点における電界強度が $15\mu\text{V/m}$ 以下」と規定されているような微弱な送信出力では、カバーできない比較的広範囲な運動のとき、（たとえばスキーの滑降など）に有用である。

（7）送信機の電源に二次電池を使用し充電できるようにする。以上が主要改良点である。

### 3. 医学用テレメータ PT-270 形の内容

#### 3.1 多重化方式と FM-FM 方式

生体情報を無線テレメータで計測する場合、一つの回線で多種類の情報が同時に伝送できること、すなわち、多重化伝送が必要になる。この多重化方式には周波数分割方式と時分割方式とがあるが、医学用テレメータ装置ではチャンネル数は標準のもので2個であり、またセットの小形軽量化の要求から周波数分割多重方式を使用している。また、変調方式は伝送データの品質を確保するため FM-FM 方式を採用している。

PT-270 形医学用テレメータのブロックダイアグラムを図 3.1 に示す。

送信側では測定しようとする生体信号を、前置増幅器を通して副搬送波変調器の入力に適した信号レベルまで増幅する。各チャンネルに用意された副搬送波周波数は生体信号によって周波数変調され、各チャンネルの副搬送波は相加されて複合信号になる。主搬送波は主搬送波変調器で複合信号により周波数変調を受け、 $\pi$  倍、増幅されて送信アンテナより電波となって放射される。

一方受信側では受信アンテナで受信した微弱な主搬送波を増幅、検波して複合信号を取り出し、帯域ろ波器によって各チャンネルの副搬送波に分離する。副搬送波復調器では副搬送波を検波し、低域ろ波器をとおしてもとの信号を取り出している。取りだされた信号は、記録器（たとえば、ペン書きレコーダ、シンクロスコープ等）に記録される。

#### 3.2 各部の機能

##### 3.2.1 前置増幅器

人体から検出する生体信号にはおもに心電図、筋電図、脳波などがありいずれも非常に微弱な信号（電圧で約  $50\mu\text{V}$ ～ $1\text{mV}$  程度）

である。そこで前置増幅器は高利得となり、低雑音であると同時に安定でなければならない。また、信号源が人体であるから人体自身の抵抗、あるいは人体と検出器との接触抵抗などが運動に伴って変化し、雑音発生の原因となるので入力回路のインピーダンスは、これらの変動分に対し十分高くする必要がある。

このようなことから PT-270 形医学用テレメータの前置増幅器は、初段に低雑音用の FET を使い高入力インピーダンス化し、また増幅部には高利得で温度に対し安定な（OP アンプ）を使用した。また人体は比較的高入力インピーダンス信号源であり、商用交流による誘導雑音が混入しやすいので、同相雑音を抑制する差動増幅形式をとっている。前置増幅器の出力レベルは各生体信号のフルスケールに対し、 $1.5\text{V}_{\text{P-P}}$  に統一されている。

##### 3.2.2 副搬送波変調器

副搬送波変調器の変調方式は、変調入力電圧対発振周波数の関係が、中心周波数に対する周波数偏移  $\pm 7.5\%$  の広範囲にわたって直線的であること、また温度に対する周波数安定度がよいことなどの理由で無安定マルチバイブレータのベース電圧を信号電圧で変化させ変調する方法をとった。半導体素子は適当な IC がないため超小形のディスク形シリコントランジスタを使った。なお、副搬送波変調器の発振周波数は  $2.3\text{kHz}$ 、および、 $3.9\text{kHz}$  の 2 チャンネルである。変調感度は、約  $\pm 7.5\%/\pm 0.75\text{V}$ 、複合信号レベルは約  $1\text{V}_{\text{P-P}}$  である。

##### 3.2.3 送信部

前述したように操作の簡便化を計るため周波数安定度の高いことが要求され、発振回路には水晶振動子を使用した。発振周波数は  $20.34\text{MHz}$  で、周波数偏差は発振周波数の  $5 \times 10^{-6}$  分の 1 以下の性能である。

変調回路は可変容量ダイオードを使用し、変調感度は  $15\text{kHz/V}$  程度である。変調回路のあとに  $\pi$  倍（2 倍）電力増幅器がおおの 1 段あり、主搬送波周波数は  $40.68\text{MHz}$  で、送信出力は送信アンテナも含めて送信点から 100m の地点で、 $15\mu\text{V/m}$  の電界強度が得られるよう調整されている。

##### 3.2.4 受信部

受信部は高周波 1 段、混合器 1 段、中間周波増幅器 4 段、検波器 1 段および局部発振器からなるスーパーヘテロダイン方式を採用した。受信部の IC 化率は 100% であり調整、保守の簡易さと性能の向上を計っている。局部発振器は水晶制御方式で、発振周波数は  $51.38\text{MHz}$  である。中間周波増幅部は中間周波数  $10.7\text{MHz}$ 、帯域幅は  $60\text{kHz}$  である。旧形に比較して受信感度を約  $10\text{dB}$  向上させることができた。受信出力（生体情報）の信号対雑音比が  $35\text{dB}$  以上を満たす受信機の所要入力レベルは、 $10\text{dB}(\mu)$  以下である。

##### 3.2.5 受信端局部

副搬送波の変調方式は、単安定マルチバイブレータを使ったパルス幅積分方式によっている。パルス幅積分方式はパルス幅、および振幅一定の長方形波を発振する単安定マルチバイブレータを副搬送波でトリガするもので、この長方形波を積分することによって比較的簡単に周波数偏移に比例した信号電圧が得られ、しかも安定性と直線性が良好である。復調された信号電圧は、後続の記録器との接続を容易にするため IC 化された OP アンプを使用し直流増幅される。復調感度は総合で、 $2\text{V}_{\text{P-P}}/\pm 7.5\%$  である。

##### 3.2.6 ワウフラッタ補償機能

使用するテープレコーダには程度の差こそあれ、必ずワウフラッタを伴ない、かりに一定周波数  $f_0$  を録音したとしてもワウフラッタの周

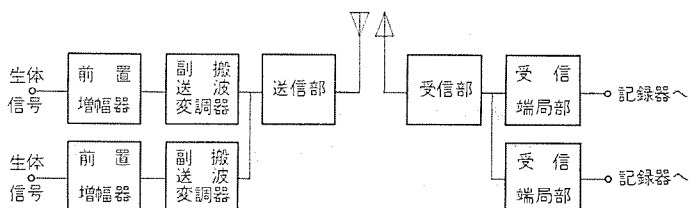


図 3.1 ブロックダイアグラム  
Block diagram of PT-270 medical telemeter.

波数成分  $\Delta f$  で周波数変調され、再生信号の周波数は  $f_0 \times (1 + \Delta f / f_0)$  となってしまう。

したがって本テレメータのように複合信号を録音し、その再生出力を復調するものは上述の  $\Delta f$  のワウフラッタ成分が、データに重畳され信号対雑音比を劣化させるので、何等かの手段で出力信号からこの雑音成分を相殺しなければならない。

補償法としては、録音時に複合信号とともに基準信号（周波数安定度のよい単一正弦波、5.4 kHz）を加算して録音しておく。

再生信号を復調するときに、データチャンネルのほかにワウフラッタ分を復調するための補償用チャンネルを追加し、その出力をデータチャンネルに相殺するよう印加する方法をとる。すなわち、複合信号と基準信号とは同一トラックに録音されるから、録音時、および再生時のワウフラッタの影響は各チャンネルともほぼ同一である点を利用する。回路的には補償用チャンネルの復調出力を、各データチャンネルの単安定マルチバイブレータのベース電圧として印加し、発振波形のく(矩)形波幅を変化させてワウフラッタ分を除去している。

#### 4. 医学用テレメータ PT-270 形の主要性能

##### 4.1 送信機

|         |                                  |
|---------|----------------------------------|
| 電池電圧    | 10 V (充電可能)                      |
| 消費電流    | 約 90 mA                          |
| 高周波出力   | 15 $\mu$ V/m (100 m にて)          |
| 主搬送波周波数 | 40.68 MHz (水晶化)                  |
| 副搬送波周波数 | CH-1 2.3 kHz<br>CH-2 3.9 kHz     |
| 使用温度    | 0~40°C<br>(-10~+50°C で動作可能)      |
| 寸 法     | 150(H) × 90(W) × 45(D) mm (電池含む) |
| 重 量     | 約 600 g (電池含む)                   |

##### 4.2 受信機

|      |                                     |
|------|-------------------------------------|
| 電源電圧 | AC 100 V 50~60 Hz<br>DC 12 V (交流両用) |
| 感 度  | 10 dB ( $\mu$ V)                    |

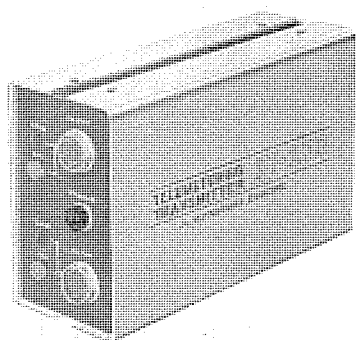


図 4.1 送信機 Transmitter.

|       |                             |
|-------|-----------------------------|
| 受信周波数 | 40.68 MHz (水晶制御)            |
| 中間周波数 | 10.7 MHz                    |
| 復調方式  | パルス 幅積分方式                   |
| 寸 法   | 260(H) × 405(W) × 350(D) mm |
| 重 量   | 約 10 kg                     |

##### 4.3 前置増幅器

表 4.1 前置増幅器規格  
Standard of preamplifiers.

| 生体信号<br>項 目 | 心 電 図               | 脳 波                 | 筋 電 図               | 眼 震 図               | 呼 吸                | GSR                 |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| 標 準 入 力     | 2 mV (P-P)          | 200 $\mu$ V (P-P)   | 1 mV (P-P)          | 1 mV (P-P)          | 200 mV (P-P)       | 100 mV (P-P)        |
| 入 力 インピーダンス | 1 M $\Omega$ × 2    | 1 M $\Omega$ × 2    | 1 M $\Omega$ × 2    | 1 M $\Omega$ × 2    | 10 k $\Omega$      | 50 k $\Omega$       |
| 弁 別 比       | 60 dB 以上            | 60 dB 以上            | 60 dB 以上            | 69 dB 以上            |                    |                     |
| 利 得         | 54 dB<br>(46~60 dB) | 60 dB<br>(60~72 dB) | 60 dB<br>(54~66 dB) | 60 dB<br>(54~66 dB) | 12 dB<br>(6~26 dB) | 20 dB<br>(12~26 dB) |
| 時 定 数       | 1.4 s               | 0.3 s               | 0.03 s              | 1.4 s               | 2.0 s              | 2.0 s               |
| 高域カットオフ     | 100 Hz 以上           | 60 Hz 以上            | 100 Hz 以上           | 100 Hz 以上           | 10 Hz 以上           | 10 Hz 以上            |
| 入力換算雑音      | 20 $\mu$ V (P-P)    | 20 $\mu$ V (P-P)    | 20 $\mu$ V (P-P)    | 20 $\mu$ V (P-P)    |                    |                     |
| 較 正 信 号     | 1 mV (P-P)          | 200 $\mu$ V (P-P)   | 500 $\mu$ V (P-P)   | 500 $\mu$ V (P-P)   | 200 mV (P-P)       | 100 mV (P-P)        |

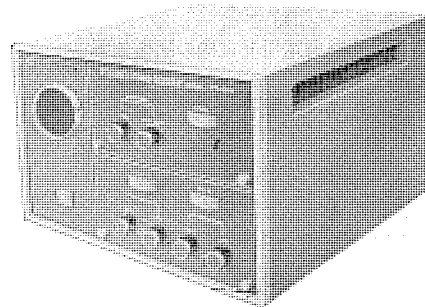


図 4.2 受信機 Receiver.

#### 5. む す び

本稿では無線テレメータの医学、生理学用としての医学用テレメータ PT-270 形について記述したが、前置増幅器をひずみ、加速度、温度などの機械的諸量の検出用と差し換えることにより、工業用テレメータにも流用できる。

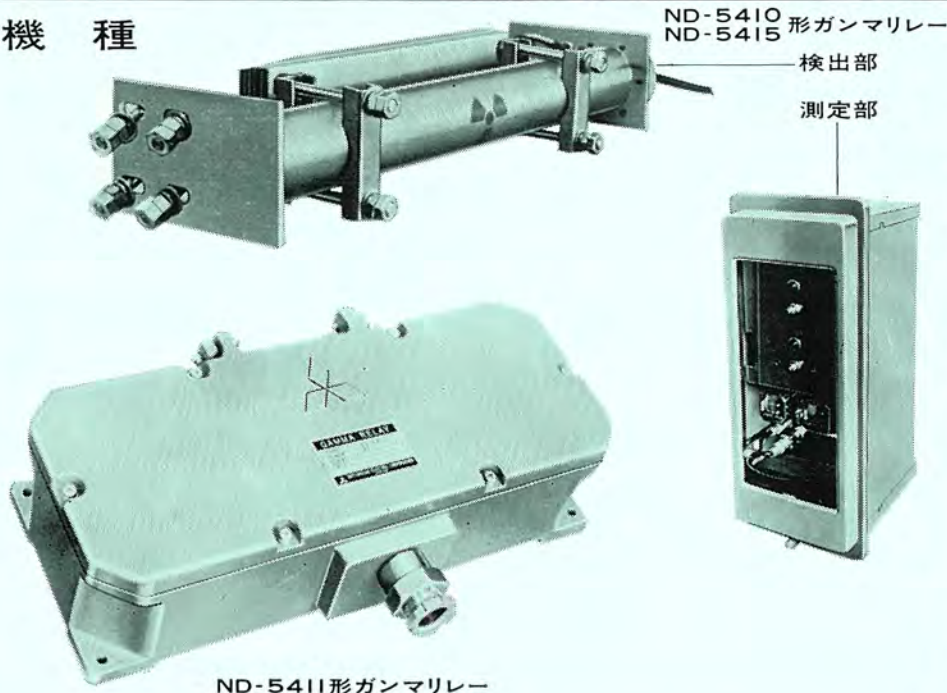
また、臨床診断用心電計・脳波計・筋電計の JIS 規格との対応に對しては、信号のフルスケール（最大感度）、時定数などの点で若干異にしているが、テレメータは運動している人体の情報を計測することが主目的であり、その信号の性質も臨床時とは異なるはずである。したがってテレメータにおける最適値があつてしかるべきと考える。

最近登録された当社の実用新案

| 名 称                  | 登 録 日    | 登 録 番 号 | 考 案 者             | 関 係 場 所 |
|----------------------|----------|---------|-------------------|---------|
| サイリスタによる制御装置         | 43- 2- 7 | 841373  | 山下隆三郎             | 長崎製作所   |
| レーダ装置                | 43- 2- 7 | 841374  | 友久建三・西川勝己         | 通信機製作所  |
| 磁器 プッシング             | 43- 2- 7 | 841375  | 勝田久登・福本源吾         | 神戸製作所   |
| スピーカ取付装置             | 43- 2- 7 | 841376  | 浜口道雄・堅田賢二         | 通信機製作所  |
| 電動機輸送時の電機子振動防止装置     | 43- 2- 9 | 841577  | 長島四郎・難波忠行         | 伊丹製作所   |
| 自冷式軸受装置              | 43- 2- 9 | 841578  | 馬場俊晃・南喜代志         | 長崎製作所   |
| 直流 アーク 溶接機           | 43- 2- 9 | 841579  | 竹内友彦・野口昌介         | 名古屋製作所  |
| 水冷却器の空気抜き装置          | 43- 2- 9 | 841580  | 大畑晃一              | 和歌山製作所  |
| 失弧通弧検出装置             | 43- 2- 9 | 841581  | 佐野善之助             | 伊丹製作所   |
| 磁気軸受装置               | 43- 2- 9 | 841582  | 妹尾純正              | 福山製作所   |
| 機関点火時期調査装置           | 43- 2- 9 | 841583  | 大西正義              | 姫路製作所   |
| 内燃機関点火装置             | 43- 2- 9 | 841584  | 三木隆雄              | 姫路製作所   |
| 自吸式ポンプ               | 43- 2-12 | 841739  | 武井久夫・服部信道<br>森田清司 | 群馬製作所   |
| 冷蔵冷房機器用電動圧縮機の取付装置    | 43- 2-12 | 841749  | 池田日登志・鈴木太八郎       | 静岡製作所   |
| 換気扇の作動指示装置           | 43- 2-12 | 841778  | 田口幹雄              | 中央研究所   |
| 冷暖房装置用前面 パネル の取付装置   | 43- 2-12 | 841787  | 牛越諒               | 中央研究所   |
| 空気調和機                | 43- 2-12 | 841798  | 三浦隆               | 静岡製作所   |
| 換気扇                  | 43- 2-12 | 841808  | 入沢淳三              | 中央研究所   |
| 換気扇のシャッター取付装置        | 43- 2-12 | 841813  | 入沢淳三              | 中央研究所   |
| 換気扇のシャッター 向定装置       | 43- 2-12 | 841815  | 田口幹雄              | 中央研究所   |
| 温水器                  | 43- 2-12 | 841830  | 三ヶ田文彦・鶴谷嘉正        | 群馬製作所   |
| 電気座布団                | 43- 2-20 | 842235  | 宇川彰・鶴谷嘉正          | 群馬製作所   |
| カーヒータ                | 43- 2-23 | 842259  | 市川和・植谷正徳          | 中央研究所   |
| 三相変圧器                | 43- 2-28 | 842662  | 竹内友彦・野口昌介         | 名古屋製作所  |
| 始動用電動機および充電用発電機の制御装置 | 43- 2-28 | 842673  | 荒金堅次郎             | 姫路製作所   |
| 自動車用変速制御装置           | 43- 4- 9 | 844773  | 相崎啓一・野中邦弘         | 姫路製作所   |
| 油圧 エレベータ の油回収装置      | 43- 4- 9 | 844774  | 瀬原田三郎             | 稲沢製作所   |
| エレベータ のオルゴール 装置      | 43- 4- 9 | 844777  | 玉置敏彦              | 名古屋製作所  |
| ボルト のネジ 立て装置         | 43- 4- 9 | 844779  | 阪井健郎              | 伊丹製作所   |
| 印字形記録装置              | 43- 4- 9 | 844780  | 林正之               | 福山製作所   |
| 点火信号発電機              | 43- 4- 9 | 845143  | 浅山喜明              | 姫路製作所   |
| 限時継電器                | 43- 4- 9 | 845144  | 中沢俊郎              | 名古屋製作所  |
| プラズマジェット 発生装置        | 43- 4-12 | 845456  | 伊藤利朗・森川鉄也         | 中央研究所   |
| 電解液ろ過装置              | 43- 4-27 | 846554  | 前田祐雄・斉藤長男         | 名古屋製作所  |
| 内燃機関点火装置             | 43- 4-27 | 846555  | 荒井伸治              | 姫路製作所   |
| 回転電機の線輪保持装置          | 43- 4-27 | 846556  | 三木隆雄              | 長崎製作所   |
| 軸偏心検出装置を備えた回転電機      | 43- 4-27 | 846558  | 伊藤昭八郎             | 福岡製作所   |
| プロセスライン の制御装置        | 43- 4-27 | 846560  | 秋吉俊男              | 神戸製作所   |
| 時計装置                 | 43- 4-27 | 846561  | 紙谷鉄男              | 福山製作所   |
| 電池の充電装置              | 43- 4-27 | 846563  | 武田克己・神本明輝         | 北伊丹製作所  |
| 交流回転電機               | 43- 4-27 | 846564  | 飯田隆彦              | 神戸製作所   |
| 電力 パルス 発生装置          | 43- 4-27 | 846565  | 竹俣茂・鍋井秀一          | 中央研究所   |
| 回転機の回転子              | 43- 4-27 | 846566  | 大野栄一・赤松昌彦         | 姫路製作所   |
| ブリッジ形自励式インバータの起動装置   | 43- 4-27 | 846567  | 石橋光雄              | 伊丹製作所   |
| 端子装置                 | 43- 4-27 | 846573  | 横畠洋志・石村竜夫         | 伊丹製作所   |
| 電流制限装置               | 43- 4-27 | 846574  | 河野昭之              | 神戸製作所   |
| 表示装置                 | 43- 4-27 | 846575  | 久保田伸夫・河本晴夫        | 神戸製作所   |
| 可変抵抗器のタップ            | 43- 4-27 | 846577  | 福本源吾              | 神戸製作所   |
| 変圧器巻線                | 43- 4-27 | 846578  | 砂川勘一              | 神戸製作所   |
| 避雷装置                 | 43- 4-27 | 846579  | 富樫義弘              | 名古屋製作所  |
| 避雷装置                 | 43- 4-27 | 846582  | 永井信夫・田口修          | 伊丹製作所   |
| 避雷装置                 | 43- 4-27 | 846583  | 永井信夫・田口修          | 伊丹製作所   |
| トランジスタ 継電器           | 43- 4-27 | 846584  | 永井信夫・田口修          | 伊丹製作所   |
| 可撓ホース                | 43- 4-10 | 845274  | 森健                | 神戸製作所   |
| ジューサ                 | 43- 4-10 | 845275  | 武井久夫・加藤 悟         | 群馬製作所   |
| 換気扇のシャッター 取付け装置      | 43- 4-10 | 845276  | 武井久夫・服部信道         | 群馬製作所   |
|                      |          |         | 入沢淳三              | 群馬製作所   |

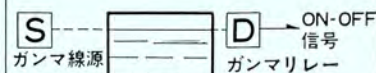
# 非接触で検出 ON-OFF制御に レベル検出に 簡単に使用できます

## 機 種



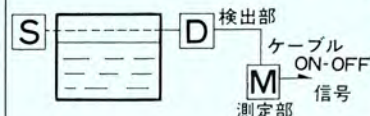
## ND 5411形

検出部 } 一体  
測定部 }



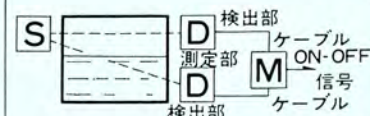
## ND 5410形

検出部 1 台  
測定部 1 台



## ND 5415形

検出部 2 台  
測定部 1 台



## 用 途

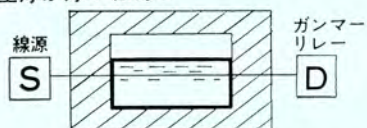
- タンクレベル、サイロレベル検出
- コンベア上の製品や材料の検出、計数
- 液体、粉体、粒体などのレベル検出

## 特 長

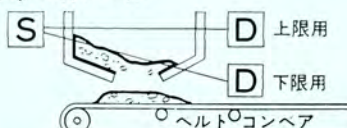
- 高温、高圧腐蝕物体などを非接触で測定できます。
- 塵埃の多い悪環境の所で使用できます。
- 非接触で可動部分なく信頼性が高い。
- 回路はすべてシリコンランジスタおよびICを使用しています。
- コンパクトで放射線に対する安全を十分考慮しています。

## 使用法

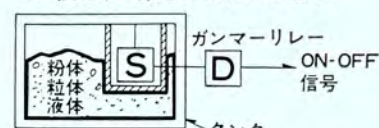
### ● 壁厚が厚いばあい



### ● ホッパーのレベル



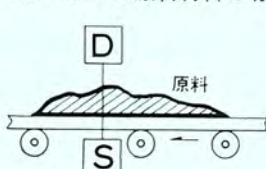
### ● レベル検出 (小線源が使用できます)



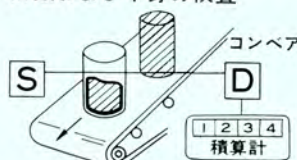
### ● パイプおよびシュート内原料のつまり検出



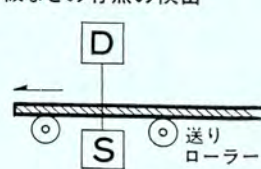
### ● コンベア上の原材料の有無



### ● コンベア上の製品の個数の計数および中身の検査



### ● 板などの有無の検出



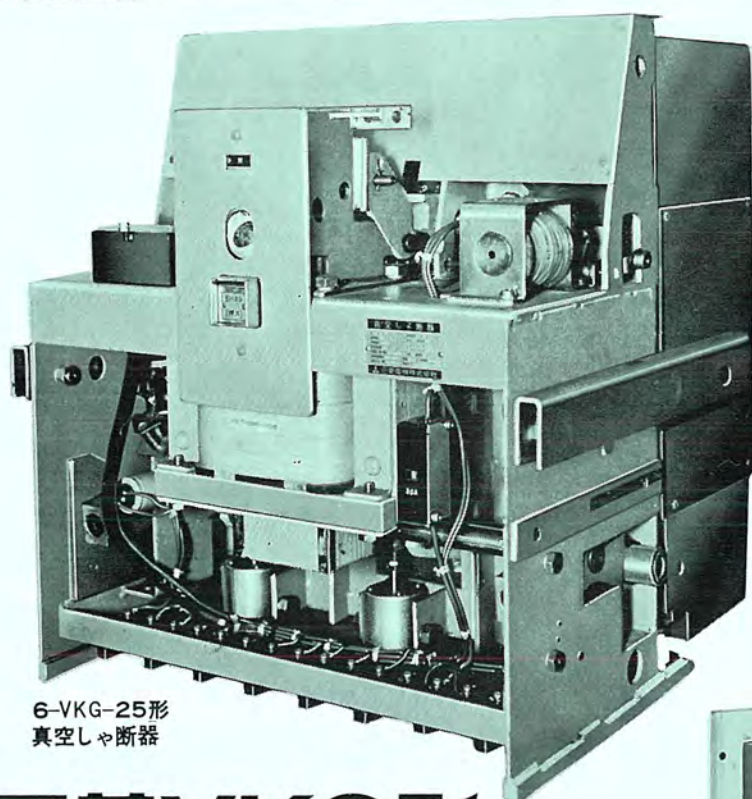
# 三菱ガンマリレー

● お問合せは……三菱電機株式会社電力部／東京都千代田区丸の内2の12 西100／三菱電機ビル／東京03<212>6111大代表  
またはもよりの各営業所へ／大阪06<312>1231/名古屋052<561>5311/福岡092<75>6231/札幌0122<26>9111/仙台0222<21>1211/  
富山0764<31>8211/広島0822<47>5111/高松0878<51>0001/新潟0252<45>2151

今日もあなたと共に



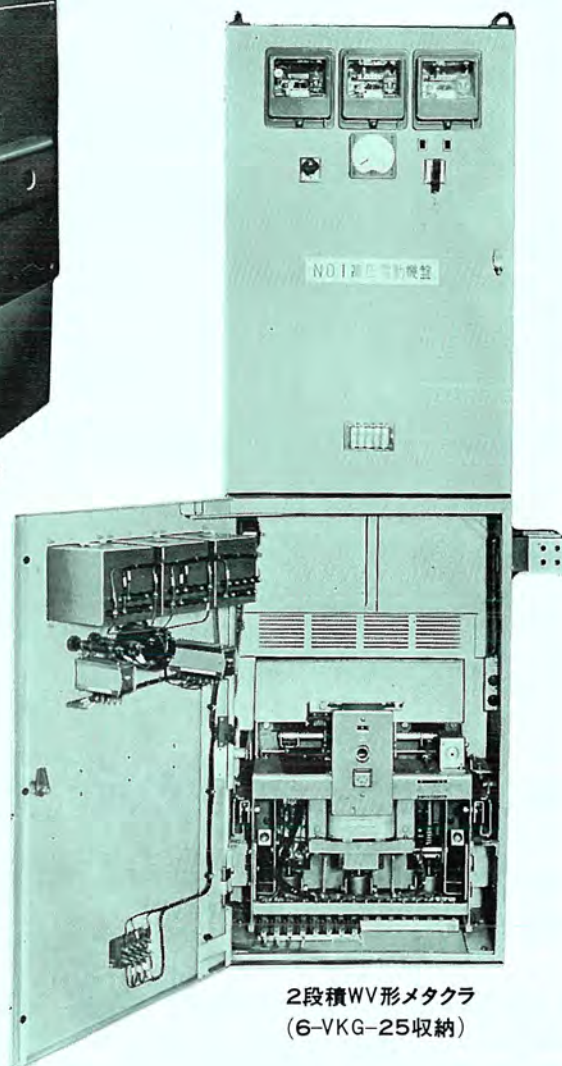
# 受変電設備の縮小化と無人化に——



6-VKG-25形  
真空しゃ断器

## 三菱VKG形 真空しゃ断器

## 三菱WV形 メタルクラット 開閉装置



2段積WV形メタクラ  
(6-VKG-25収納)

### ■小形軽量です

一面に2~3段積めますので床面積は大幅に縮小されます。

### ■保守の手間がはぶけます

主接点はまったく保守を必要としません。しかも長寿命で点検期間は大幅に延びました。

### ■ふんい気の影響を受けません

主接点は真空容器内に完全に密閉されておりますので外部の影響はうけません。

### ■火災の心配がありません

油はまったく使用していませんので清潔であり、火災の心配は皆無です。

### 定格表

| 収納しゃ断器   | 定格電圧<br>(kV) | 定格しゃ断容量<br>(MVA) | 定格電流<br>(A) | 整外形寸法<br>幅×高さ×奥行(mm) |
|----------|--------------|------------------|-------------|----------------------|
| 6-VKG-15 | 7.2          | 150              | 600         | 660×2,300×1,700      |
|          | 3.6          | 100              |             |                      |
| 6-VKG-25 | 7.2          | 250              | 600         | 700×2,300×1,700      |
|          | 3.6          | 150              | 2,000       |                      |



**三菱電機株式会社**

東京都千代田区丸ノ内2の12/☎100/東京 03<212>6111大代表

# 加速管(平板形)および Einzel 形収束 Lens 内における 電位分布および荷電粒子軌道 (II)

高木 高志\*・水野 謙一\*

## Charged Particles Trajectory and Potential Distribution in a Flat Disk Type Acceleration Tube and Einzel Lens (II)

Central Research Laboratory Takashi TAKAGI・Kenichi MIZUNO

In an electro-static accelerator, especially in Van-de-Graff accelerator, multistage acceleration tube is extensively used. To elucidate lens action in the region of injection in the acceleration tube, we numerically calculated potential distribution and particle trajectory in that region. By the application of this method lens action of Einzel lens was analysed to obtain data for general purposes such as focal distances. This article describes brief explanation of them.

In the previous issue (I) potential distribution was stated; this issue (II) covers the elucidation of particle trajectory.

### はじめに

この論文は前号の続きであり、前号(I)においては、主として、電位分布の計算法およびその結果について述べた。本号においては、得られた電位分布の値を用いて、その電位分布の中に入射された荷電粒子のふるまい、すなわち、荷電粒子軌道の計算法およびその結果について述べる。この計算は前号との関連が深いので、前号を先に読まれると、理解が容易であろう。

### 3. 荷電粒子軌道計算

#### 3.1 運動方程式の差分式展開

第2章で得られた電位分布の数値をもとにして、荷電粒子の軌道計算を行なう。非相対論扱いでの荷電粒子の運動方程式は次のとおりである。厳密には相対論の取扱いを行なう必要がある。

$$\frac{d^2 r}{dt^2} = -\frac{e}{m} \frac{\partial V}{\partial r} \quad (3.1)$$

$$\frac{d^2 z}{dt^2} = -\frac{e}{m} \frac{\partial V}{\partial z} \quad (3.2)$$

ただし、 $z, r$  は symmetric cylindrical 座標系の中心軸およびそれに直角な座標を示す。 $V$  は potential,  $e, m$  は charge および mass である。式(3.1)および(3.2)の左辺の差分式展開は、図3.1に従って以下のようになる。図3.1の $V_i$ は各点上の potential である。これは $z_i, r_i$ の関数であるが、これについては後述する。

$z_i$ の値は potential 分布を求めた座標点と同じとする。 $t_i$ は時間を表わす。以下各微分の差分展開を示す。

(1)  $\frac{d^2 z}{dt^2}$  の差分展開：定義により

$$\left(\frac{d^2 z}{dt^2}\right)_i = \frac{\left(\frac{\Delta z_{i \rightarrow (i+1)}}{\Delta t_{i \rightarrow (i+1)}} - \frac{\Delta z_{(i-1) \rightarrow i}}{\Delta t_{(i-1) \rightarrow i}}\right)}{\left(\frac{\Delta t_{i \rightarrow (i+1)} + \Delta t_{(i-1) \rightarrow i}}{2}\right)} \quad (3.3)$$

ここで

$$\Delta t_{(i-1) \rightarrow i} = t_i - t_{(i-1)}$$

$$\Delta t_{i \rightarrow (i+1)} = t_{(i+1)} - t_i$$

$$\Delta z_{i \rightarrow (i+1)} = z_{(i+1)} - z_i$$

$$\Delta z_{(i-1) \rightarrow i} = z_i - z_{(i-1)}$$

$$\dots\dots\dots (3.4)$$

potential 分布の計算で取った座標  $z_i$  をここに導入すると、 $\Delta z$  は fixed value となる。この  $\Delta z$  に対して  $\Delta t$  の値が決められるが、これは  $\Delta z$  を通過する速度すなわち、考えている点での粒子の potential によって変化する量である。

今考えている区間  $\Delta z$  の中では、粒子は一定の速度をもっていると仮定すれば、 $\Delta t$  は次のようになる。

$$\Delta t_{(i-1) \rightarrow i} = \frac{\Delta z_{(i-1) \rightarrow i}}{\left(\frac{2e}{m} V_{(i-1)}\right)^{1/2}} \quad (3.5)$$

$$\Delta t_{i \rightarrow (i+1)} = \frac{\Delta z_{i \rightarrow (i+1)}}{\left(\frac{2e}{m} V_i\right)^{1/2}} \quad (3.6)$$

したがって

$$\Delta t_{i \rightarrow (i+1)} = \left(\frac{\Delta z_{i \rightarrow (i+1)}}{\Delta z_{(i-1) \rightarrow i}}\right) \left(\frac{V_{(i-1)}}{V_i}\right)^{1/2} \Delta t_{(i-1) \rightarrow i} \quad (3.7)$$

式(3.7)を用いて式(3.3)を簡単にすることができる。式(3.7)の右辺の比は、 $z_i$  座標できまり、われわれの場合次のようになる。

$$\frac{\Delta z_{i \rightarrow (i+1)}}{\Delta z_{(i-1) \rightarrow i}} = 1 \quad (3.8)$$

この領域では、式(3.3)は次のようになる。

$$\left(\frac{d^2 z}{dt^2}\right)_i = \frac{\left(\sqrt{\frac{V_i}{V_{i-1}}} - 1\right)}{\left(\sqrt{\frac{V_{i-1}}{V_i}} + 1\right)} \frac{2\Delta E}{(\Delta t_{(i-1) \rightarrow i})^2} \quad (3.9)$$

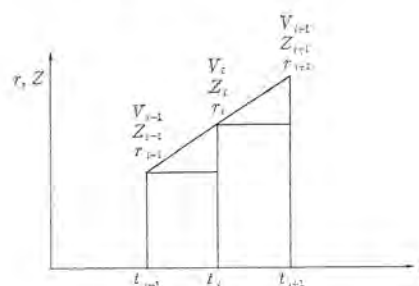


図3.1 荷電粒子軌道座標  
Schematic coordinate of charged particle trajectory.

ただし,  $\Delta z = \Delta z_{(i-1) \rightarrow i} = \Delta z_{i \rightarrow (i+1)}$  である。

(2)  $\frac{d^2 r}{dt^2}$  の差分展開:

$\left(\frac{d^2 z}{dt^2}\right)_i$  と同じく定義により

$$\left(\frac{d^2 r}{dt^2}\right)_i = \frac{\frac{r_{(i+1)} - r_i}{\Delta t_{i \rightarrow (i+1)}} - \frac{r_i - r_{(i-1)}}{\Delta t_{(i-1) \rightarrow i}}}{\frac{\Delta t_{i \rightarrow (i+1)} + \Delta t_{(i-1) \rightarrow i}}{2}} \quad (3.10)$$

式 (3.10) に式 (3.7) を代入し, まとめると

$$\left(\frac{d^2 r}{dt^2}\right)_i = \frac{\left\{ (r_{(i+1)} - r_i) \sqrt{\frac{V_i}{V_{(i-1)}}} - (r_i - r_{(i-1)}) \right\}}{\left( \sqrt{\frac{V_{(i-1)}}{V_i}} + 1 \right)} \cdot \frac{2}{(\Delta t_{(i-1) \rightarrow i})^2} \quad (3.11)$$

をうる。

(3) 運動方程式の差分式:

運動方程式 (3.1), (3.2) によって,  $\frac{e}{m}$  および  $t$  を消去する。式 (3.9) および式 (3.11) より

$$\sqrt{\frac{V_i}{V_{(i-1)}}} V_{(i+1)} - \left( \sqrt{\frac{V_i}{V_{(i-1)}}} + 1 \right) r_i + r_{(i-1)} = \left( \frac{\partial z}{\partial r} \right)_i \left( \sqrt{\frac{V_i}{V_{(i-1)}}} - 1 \right) \Delta z \quad (3.12)$$

ただし, ここで  $\Delta z$  は

$\Delta z = 1 \text{ mm}$  である。

$(\partial V / \partial r)_i$  および  $(\partial V / \partial z)_i$  は,  $(z_i, r_i)$  における電場強度である。これについては次にのべる。

(4)  $\left(\frac{\partial V}{\partial r}\right)_i$ ,  $\left(\frac{\partial V}{\partial z}\right)_i$  の展開および  $V_i$  の値<sup>(4)</sup>

任意の点  $(z_i, r_i)$  での potential  $V_i(z_i, r_i)$  は, あらかじめ与えられた格子点で与えられている potential  $V_{i,j}$  によって得られる。 $V_{i,j}$  の index  $i, j$  の取扱いは注意を要する。われわれの場合, 次のようになる。

$i$ :  $z_i$  座標でとっている index  $i$  である。

$j$ :  $r_i$  座標で決定される index である。図 3.2 にこれを示す。

$(z_i, r)$  上の potential は, この点に近接する四つの格子点上の potential  $V_{i,j}$ ,  $V_{i,j+1}$ ,  $V_{i+1,j}$ ,  $V_{i+1,j+1}$  により階差展開できる。次のとおり。

$$V_i(r, z) = V_{i,j} + \frac{(r - r_j)}{\Delta r} (V_{i,j+1} - V_{i,j}) + \frac{(z - z_i)}{\Delta z} (V_{i+1,j} - V_{i,j})$$

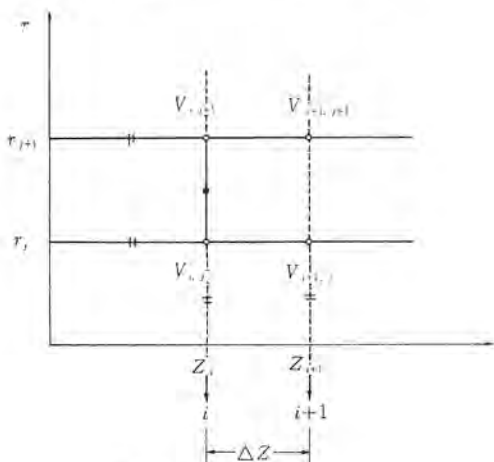


図 3.2 Index  $j$  の取り方  
Method of determination of index  $j$ .

$$+ \frac{(r - r_j)}{\Delta r} \frac{(z - z_i)}{\Delta z} (V_{i+1,j+1} - V_{i+1,j} - V_{i,j+1} + V_{i,j}) \quad (3.13)$$

ただし, ここで  $(r, z)$  は  $(r_j, z_i)$  に近接する点の座標である。式 (3.13) を,  $r$  および  $z$  に関して微分すれば求める  $(\partial V / \partial r)_i$ ,  $(\partial V / \partial z)_i$  が得られる。次のとおり。

$$\left(\frac{\partial V}{\partial r}\right)_i = \frac{1}{\Delta r \Delta z} (z_{(i+1)} - z_i) (V_{i,j+1} - V_{i,j}) \quad (3.14)$$

$$\left(\frac{\partial V}{\partial z}\right)_i = \frac{1}{\Delta r \Delta z} \{ (r_i - r_j) (V_{(i+1), (j+1)} - V_{(i), (j+1)}) - (r_i - r_{(j+1)}) (V_{(i+1), j} - V_{i,j}) \} \quad (3.15)$$

index  $j$  は  $r_i$  によって, 次のように求められる。

$$j = \left[ \frac{r_i}{\Delta r} \right] + 1 \quad (3.16)$$

ここで  $[ ]$  は  $r_i / \Delta r$  の整数値をとる意味である。式 (3.16) は, 格子間隔が一様に等しい場合である。等しくない場合は注意を要する。 $j$  が決定されれば,  $r_j$  は与えられた格子点の座標である。式 (3.12) における  $(\partial V / \partial r)_i / (\partial \Delta / \partial z)_i$  は, (3.14), (3.15) 両式により次のようになる。

$$\frac{(\partial V / \partial r)_i}{(\partial V / \partial z)_i} = \frac{(z_{i+1} - z_i) (V_{i,j+1} - V_{i,j})}{\{ (r_i - r_j) (V_{(i+1), (j+1)} - V_{i, (j+1)}) - (r_i - r_{(j+1)}) (V_{i+1, j} - V_{i, j}) \}} \quad (3.17)$$

一方, 式 (3.12) 中の  $V_i$  は式 (3.13) の展開を用い次のようになる。

$$V_i(r_i, z_i) = V_{i,j} + \frac{(r_i - r_j)}{\Delta r} (V_{i,j+1} - V_{i,j}) + \varepsilon_0 \quad (3.18)$$

ただし,  $j$  は式 (3.16) に従う。 $\Delta r = r_{(j+1)} - r_j$  である。同様に  $V_{i-1}$  は

$$V_{(i-1)}(r_{(i-1)}, z_{(i-1)}) = V_{(i-1), (j-1)} + \frac{(r_{(i-1)} - r_j)}{\Delta r} (V_{(i-1), j} - V_{(i-1), (j-1)}) + \varepsilon_0 \quad (3.19)$$

ただし,  $j$  は  $j = \left[ \frac{r_{(i-1)}}{\Delta r} \right]$ ,  $\Delta r = r_{(j+1)} - r_j$  である。

$\varepsilon_0$  は入射電圧である。

式 (3.12), (3.17) より荷電粒子軌道座標  $r_{(i+1)}$  は

$$r_{i+1} = \left( 1 + \sqrt{\frac{V_{(i-1)}}{V_i}} \right) r_i - \sqrt{\frac{V_{(i-1)}}{V_i}} r_{i-1} + \frac{\left( 1 - \sqrt{\frac{V_{(i-1)}}{V_i}} \right) (z_{(i+1)} - z_i) (V_{i, (j+1)} - V_{i, j}) \Delta z}{\{ (r_i - r_j) (V_{(i+1), (j+1)} - V_{i, (j+1)}) - (r_i - r_{(j+1)}) (V_{i+1, j} - V_{i, j}) \}} \quad (3.20)$$

式 (3.20) を用いて順次  $r_3, r_4, r_5, \dots$  を求めて荷電粒子の軌道が得られる。次に加速管および Einzel Lens にこれを応用する。

## 3.2 加速管の場合

### 3.2.1 差分式

式 (3.20) より次式で表わされる。

$$r_{i+1} = \left( 1 + \sqrt{\frac{V_{(i-1)}}{V_i}} \right) r_i - \sqrt{\frac{V_{(i-1)}}{V_i}} r_{i-1} + \frac{\left( 1 - \sqrt{\frac{V_{(i-1)}}{V_i}} \right) (z_{(i+1)} - z_i) (V_{i, (j+1)} - V_{i, j}) \Delta z}{\{ (r_i - r_j) (V_{(i+1), (j+1)} - V_{i, (j+1)}) - (r_i - r_{(j+1)}) (V_{i+1, j} - V_{i, j}) \}} \quad (3.21)$$

ここで

$$V_i(r_i + z_i) = V_{i,j} + \frac{(r_i - r_j)}{\Delta r} (V_{i,j+1} - V_{i,j}) + \varepsilon_0 \dots \dots \dots (3.22)$$

この式中の  $j$  は  $j = \left[ \frac{r_i}{\Delta r} \right] + 1$

$$V_{(i-1)}(r_i, z_i) = V_{(i-1),j} + \frac{(r_{i-1} - r_j)}{\Delta r} (V_{i,j+1} - V_{(i-1),j}) + \varepsilon_0 \dots \dots \dots (3.23)$$

この式中の  $j$  は  $j = \left[ \frac{r_{(i-1)}}{\Delta r} \right] + 1$

式 (3.20) において,  $r_{i-1}, r_i, r_{i+1}$  はおのの  $z = z_{i-1}, z = z_i, z = z_{i+1}$  での粒子の  $r$  座標の値である。  $V_{i,j+1}, V_{i,j}, V_{i+1,j+1}, V_{i+1,j}, V_{(i+1),j}$  はおのの  $(Z_i, r_{(j+1)}), (z_i, r_i), (z_{i+1}, r_{(j+1)}), (z_i, r_{(j+1)}), (z_{(i+1)}, r_j)$  なる点の potential を表わす。 parameter は次のとおり取る。

$V_E = 50, 80$  (keV)

$V_F = 10, 33.5$  (keV)

出発値  $r_s$  は

$r_s = 5.0, 10.0$  (mm) である。

### 3.2.2 Flow chart

計算機における計算 program の flow chart を図 3.3 に示す。

かくして, starting radius, injection energy, accelerating potential をパラメータとして, beam trajectory を求めることができる。また, さらに,  $D\phi$  を用いて, 一つのループを作ることにより, starting gradient をパラメータとして, 粒子軌道を求めることができる。

### 3.2.3 結果および考察

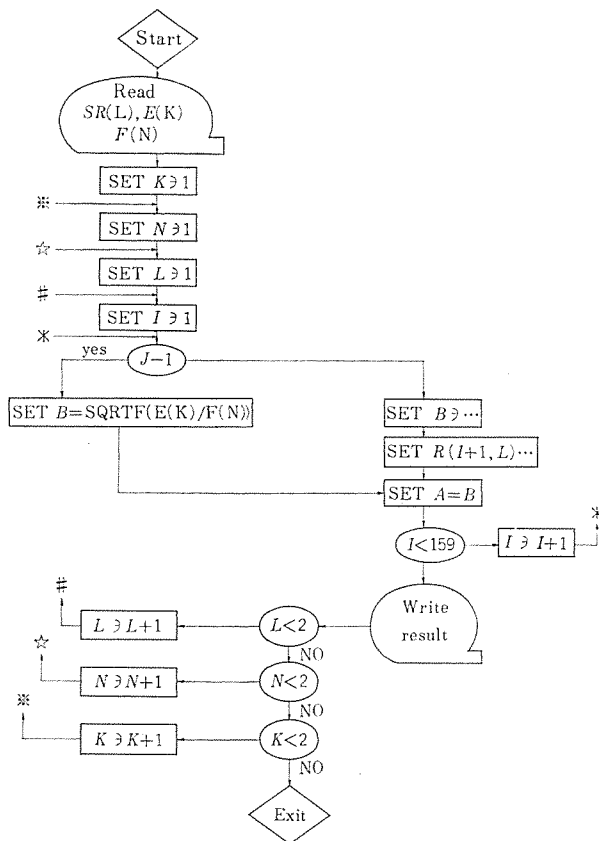


図 3.3 荷電粒子軌道計算のFlow chart (加速管)  
Flow chart of charged particle trajectory calculation for acceleration tube.

荷電粒子の出発位置およびその方向が同一で, 入射エネルギーが 50 keV, 80 keV の 2 種, および最終加速電圧 (電極間電圧はこれを段数で割る) が 15 MeV, 5 MeV の 2 種の場合における荷電粒子の軌道の概略を電位分布の様相とともに, 図 3.4 に示した。この条件における入射エネルギーは比較的高いため, この領域のレンズ作用は弱いものとなっている。

(1) 近似式 (1.1) で求めた値との比較では, 計算の最終端において, 位置が 2~3% 小さくなっている。この違いは一様電界領域がこのあと 168 段続くので, スリッパ位置でのずれは大きい。この結果から, タンデム等の長加速管の場合は式 (1.1) を簡便だからと言って用いることはできそうもない。

(2) 加速穴に比べ半径の大きな荷電粒子ビームにおいては初段において, 電極のエッジ近傍の電位のみだれに影響される。このため, 入射時のビームの形状, 大きさは Einzel Lens 等によって適性な大きさ (小さいほどよい) にすることが必要である。入射電圧が低い場合 (加速電圧に比べ) は, とくにこのことに注意する必要がある。

(3) 計算データの詳細な検討では軌道に対しては, 電極の厚みの影響も小さいながら出てきており, その累積効果が重要である。

### 3.3 Einzel Lens の場合

#### 3.3.1 差分式

加速管の場合と同様にして式 (3.20) により得られた式 (3.21), (3.22), (3.23) が用いる差分式である。用いる parameter は次のとおりである。

$V_E = 50, 60, 70, 80$  (keV)

$V_E$  は injection energy である。

$V_F = 20, 30, 40, 50$  (keV)

$V_F$  は中電極の potential である。

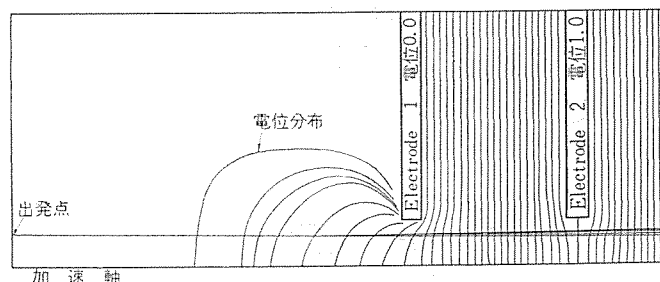
$r_s = 2, 3, 5, 7, 9$  (mm)

$r_s$  は出発値である。

$V_E, V_F, r_s$  のおののについて, ループ計算を行ない,  $4 \times 4 \times 5$  の einzel lens についてであり, 8 case の geometry の einzel lens について, これと同じ計算を行なう。

#### 3.3.2 Flow chart

計算 program の Flow chart を図 3.5 に示す。このようにして starting radius, injection energy, accelerating potential をパラメータとした。beam trajectory を求めることができる。また, さらに,  $D\phi$  を用いて一つのループを作ることにより, starting gradient をパ



| 入射条件 (軌道の上から順に 1, 2, 3, 4 と付番) |             |            |               |  |  |
|--------------------------------|-------------|------------|---------------|--|--|
| ①                              | 出発点=12.5 mm | 入射電圧=80 kV | 加速終電圧=1.5 MeV |  |  |
| ②                              | 出発点=12.5 mm | 入射電圧=50 kV | 加速終電圧=1.5 MeV |  |  |
| ③                              | 出発点=12.5 mm | 入射電圧=80 kV | 加速終電圧=1.5 MeV |  |  |
| ④                              | 出発点=12.5 mm | 入射電圧=50 kV | 加速終電圧=1.5 MeV |  |  |

図 3.4 加速管入口領域の荷電粒子軌道  
Charged particle trajectories in the injection region of acceleration tube.

ラメータとして、粒子軌道を求めることができる。

### 3.3.3 結果および考察

図 3.6 に電極構造の一例に対し、電位分布図とともに、2本の異なる条件での荷電粒子軌道を示した。中間電極近傍までに、ほとんど減速された荷電粒子は、加速領域で、急激に加速収束される様相が明確に判明する。

収束作用が中間電極電圧により大きく異なる様相も明確である。計算結果を、いかに整理するかは、どんな計算においても重要であるが、この Einzel Lens の場合にも、結果にはん用性をもたせる必要から、電圧と、焦点距離の関係を規格化した形で求めることに留意した。

(1) 焦点距離は、荷電粒子軌道の、電位零近傍における  $z$  軸に対する(勾)配から、 $z$  軸との交点を求めることで行なった。交点近傍における粒子軌道の例を図 3.7、図 3.8 に示す。

(2) 図から荷電粒子の出発点の位置( $r$ の大きさ)で、 $z$  軸との交点の位置がかなり異なっていることがわかる。これはまた、中間

電極電圧の大きさ、電極孔の大きさによっても異なる。幾何学収差としてこれを解釈すれば、電極孔の近傍を通る粒子は、その近傍の電位のみだれによるものと考えられる。

(3) 平行ビームとして入射した荷電粒子の軌道であるから、これら図の交点付近での、軌道の包絡線をとって、その最小半径点がこのレンズの焦点距離であると言える。図中倍率とある値はこの最小半径と、出発点での最大  $r$  値との比である。

われわれは、軌道1本ごと(5本ある)の  $z$  軸との交点を一応焦点距離と考え、この値の中間電極電圧依存性を求めた。図 3.9、および図 3.10 にこれを示す。

焦点距離  $f$  は、中間電極の直径で規格化し、また、中間電極電圧は、図に示すごとく、入射荷電粒子電圧によって規格化した。

(4) これら図の各点は、各粒子線1本ごとに対応している。前

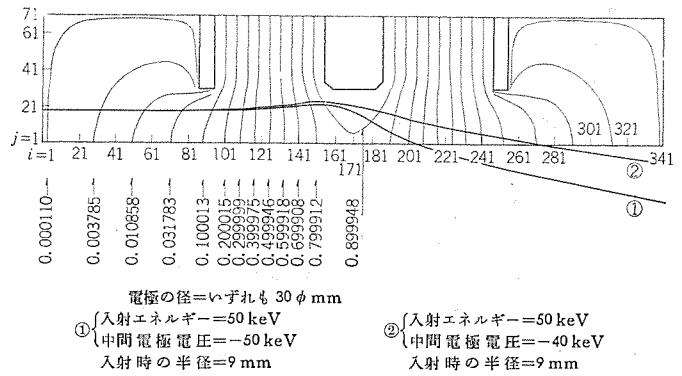


図 3.6 Einzel Lens 内の荷電粒子軌道  
Two examples of charged particle trajectories in Einzel Lens.

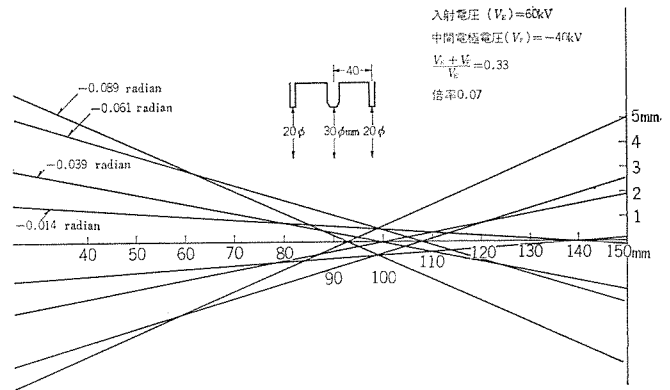


図 3.7 Einzel Lens による荷電粒子軌道 (1)  
Charged particle trajectories from Einzel Lens (1).

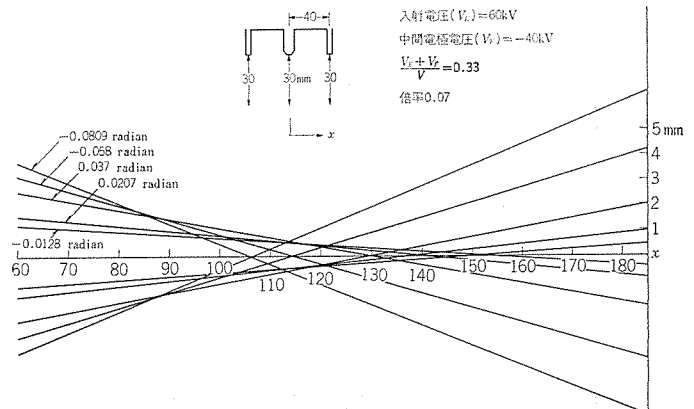


図 3.8 Einzel Lens による荷電粒子軌道 (2)  
Charged particle trajectories from Einzel Lens (2)

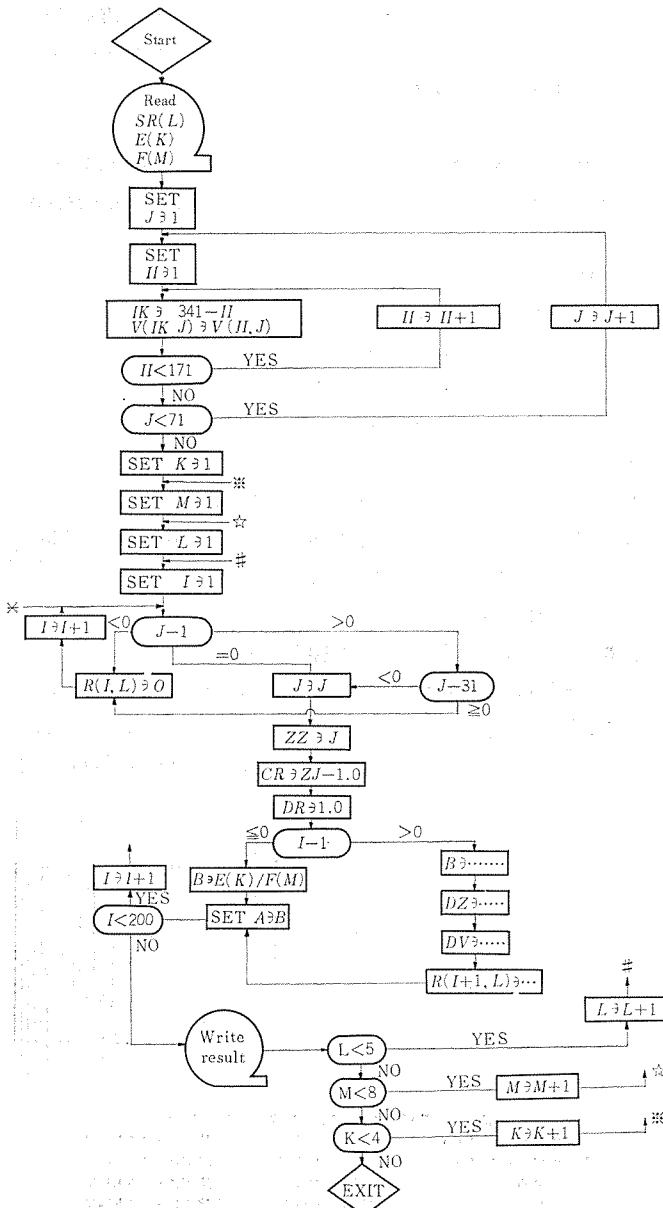


図 3.5 荷電粒子軌道計算の flow chart  
Flow chart of charged particle trajectory calculation for Einzel Lens.

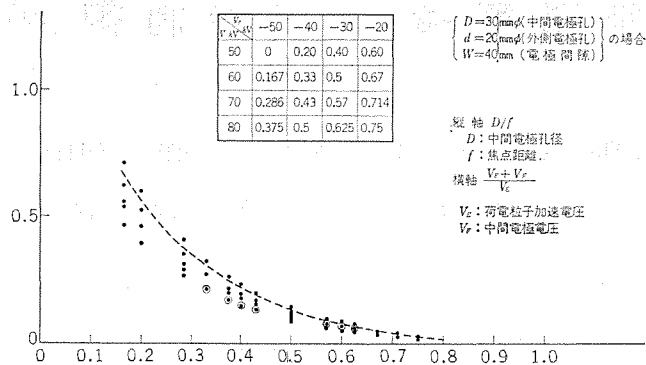


図 3.9 Einzel Lens 焦点距離の電圧依存性 (1)  
Potential dependency of focal point of Einzel Lens (1).

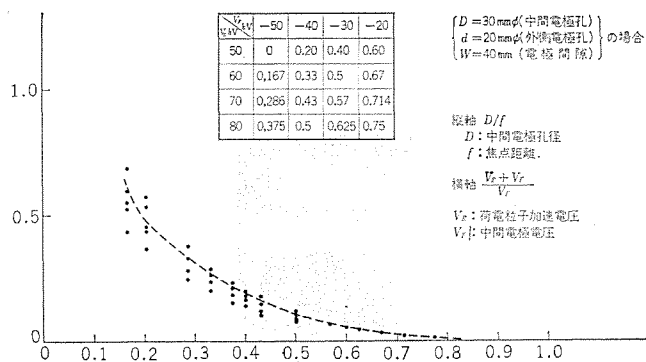


図 3.10 Einzel Lens 焦点距離の電圧依存性 (2)  
Potential dependency of focal point of Einzel Lens (2)

述の包絡線の最小半径点は図の最上端の点に近い。したがって実用的には図の点線が焦点距離を示すとしてよい。上記のごとく、データ

整理を行なった結果、電極形状によるレンズ効果が判明する。

(5) 焦点距離は電極孔が大きいほど大きく、とくに中間電極の大きさによって左右される。

(6) 収差は、各電極孔の直径が等しいとき小さい。もちろん、荷電粒子ビームの直径が、電極孔に比べて、小さいことが収差を少なくする方法である。

各種の電極形状における焦点距離を求めて、Einzel Lens の特性を一般化することは、この計算値のみでは不完全である。電極間げき効果、電極の厚さ等をパラメータとした計算値も加われば、ほとんど完全であろう。

#### 4. む す び

ここで述べた計算は、かなり以前に行なったものであるが、結果および計算手法に関して、現在でも、重要な意味を持っているので、簡単にまとめて公表することとした。ここでは、結果の一例しか述べてないが、数多くの数値が得られており、まだ整理を必要としている。機会あれば再整理し、また必要あれば再計算することによって、さらに多くの有益な知見を得たものと考えている。これによって、この種機器の設計データの確立がはたせるからである。

終わりに、この計算にあたっては、各分野のかたがたの深甚なるご協力をいただきましたが、ここで、深く感謝の意を表する次第であります。

#### 参 考 文 献

- (2) J. W. Lotus, et al : Proc. 3rd Sym. Electron Beam Tech., March. 76 (1961).

# 静止形電圧調整継電器(変圧器制御用)

松本 忠士\*・稲垣 宏明\*

## Solid State Type Voltage Regulating Relays for Transformer Control

Kôbe Works Tadashi MATSUMOTO・Hiroaki INAGAKI

Description is made on two kinds of solid state regulating relays—an integrating type and an instantaneous type—for use in voltage regulation of electric power systems and distribution systems. New voltage regulating relays are all provided with silicon transistors of high performance so as to be built compact. Integrating type voltage regulating relays are particularly possessed of abnormally undervoltage lock relays and forced reset relays (with timers) contained inside. This reduces a space for panel and simplifies connection of switchboard as a great merit in operation. In addition, these relays can be used for a line voltage drop compensation system or a program control system or combination of these two systems.

### 1. ま え が き

電力系統の潮流は時々刻々と変化しており、そのため電力発生端で電圧制御を行なっても電力消費端における電圧変動は許されない。

そこで早くから電力系統の結び目ごとに、すなわち一次系統と二次系統、二次系統と三次系統および三次系統と配電系統で電圧調整が行なわれてきた。古くはこの電圧調整には無電圧タップ切換器や誘導電圧調整器を手動で制御していたが、近年負荷時タップ切換器の進歩と系統制御の適正なる自動化とに相まってこれらの電圧調整をより厳密に自動調整するようになっている。

本文ではこの自動電圧調整に必要な電圧調整継電器について、最近新しく開発を完了した小形で高性能の静止形電圧調整継電器シリーズについて紹介する。

### 2. 電圧調整器と電圧調整方式

電圧調整器には、大別して負荷時タップ切換器(LRT, LRAなど略してLRと呼ぶ)と、誘導電圧調整器(IVR)がある。前者は主として数千kVA以上の系統用および配電用に、また後者は一般に数百kVA以下の小容量の配電用に適用されている。LRの電圧調整幅は表2.1および表2.2<sup>(1)</sup>の如くであり、IVRの電圧調整幅は一般に定格値の±10%程度である。

表 2.1 配電用負荷時タップ切換変圧器標準電圧  
Standard voltages of load ratio control transformer for distribution.

| 一次定格電圧<br>%   | 二次定格電圧<br>% | 調整範囲<br>% | 負荷時調整タップ間隔<br>% |
|---------------|-------------|-----------|-----------------|
| 107.5 または 105 | 115         | 25 または 15 | 2 以下            |

注：公称電圧[JEC-158(1963)]の1/1.1を基準とした%を示す。

表 2.2 送電用負荷時タップ切換変圧器標準電圧  
Standard voltage of load ratio control transformer for transmission.

| 定 格 電 圧 %                           |                             |                   | 調整範囲<br>%       | 負荷時調整<br>タップ間隔<br>% |
|-------------------------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------|---------------------|
| 一 次                                 | 二 次                         | 三 次               |                 |                     |
| 110 または 105<br>ただし<br>220 kV だけ 110 | 110<br>ただし<br>154 kV だけ 105 | 110<br>または<br>105 | 20<br>または<br>15 | 2 以下                |

注：公称電圧[JEC-158(1963)]の1/1.1を基準とした%を示す。

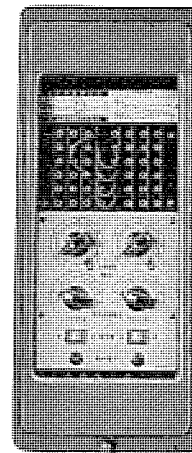


図 2.1 LAA-4-D 形 継 電 器  
Type LAA-4-D voltage regulating relay.

一方これらの電圧調整器の電圧調整継電方式には次の方式がある。継電器の動作原理から分類して、

- (1) 積分形電圧調整継電器を用いる方法。
- (2) 瞬時形電圧調整継電器を用いる方法。

また、運転の方式から分類して、

- (1) プログラム制御方式。
- (2) 線路電圧降下補償(LDC)制御方式。
- (3) プログラム制御とLDC制御とを組合わせた方式。

となる。

本文では、この内の継電器本体について特に述べることとする。

### 3. 電圧調整継電器

#### 3.1 LAA-4-D 形 積分形電圧調整継電器

積分形電圧調整継電器の動作特性は一般に式(3.1)で表わされる特性を有しているものを“積分形”と称している。

$$K = \int edt \dots\dots\dots (3.1)$$

ただし  $K$  = 定 数

$e$  = 目標電圧よりの偏差

$t$  = 時 間

したがって継電器への入力偏差が大であればあるほど、継電器の

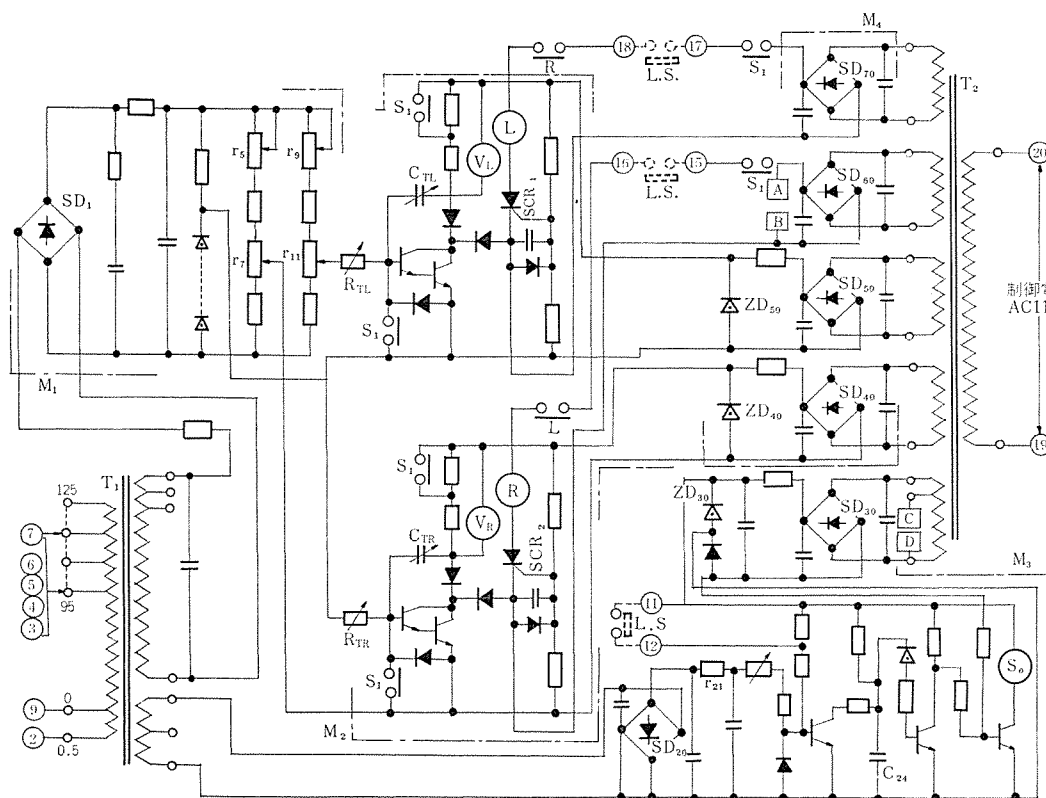


図 3.1 LAA-4-D 形継電器内部接続図

Internal connection of type LAA-4-D relay.

$R_7, R_{11}$ , 不感帯幅整定用ボリューム  
 $C_{TR}, C_{TR}$  時限整定用コンデンサ  
 $r_{21}$  ロック電圧整定用ボリューム  
 $V_L, V_R$  積分量メータ  
 $L_L, L_R$  動作表示ランプ  
 $S_1, S_0$  ロックリレー

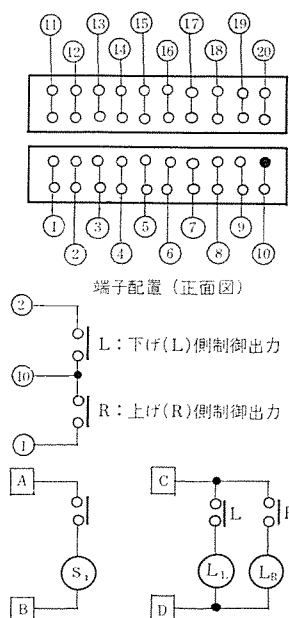


表 3.1 LAA-4-D 形 継 電 器 形 式  
List of standard type LAA-4-D relay.

| 形 式     | 形 番    | 定 格<br>電圧<br>V | 周波数<br>Hz | 整 定 範 囲<br>基準電圧<br>V        | 不 感 帯 幅<br>%                                  | 制御入力<br>AC(V)                                   | 消費 VA<br>電 調 制 御<br>VA VA | ケース  |
|---------|--------|----------------|-----------|-----------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------|------|
| LAA-4-D | PD 752 | 110            | 50        | 100~115.5<br>(0.5 ス<br>テップ) | 0~4<br>(1%ごとに目<br>盛数値刻印)<br>(0.5%ごとに<br>中間目盛) | 110<br>(許容変動<br>範囲)<br>90~130<br>(50または<br>60%) | 3 4                       | D-DS |
|         | (注) 1  |                | 60        | ※△                          | ※                                             |                                                 |                           |      |

(注) 1. ※上げ (R) 側, 下げ (L) 側とも同一  
 2. △プログラム制御可能  
 3. 重量は約 12.8 kg  
 4. タップ切換中のロック時間は 2 秒である

動作時間は早くなり、反対に入力偏差が小さければ動作時間は遅くなる。これを換言すれば目標電圧に対し、継電器への入力電圧差の平均値が大きければ早く、差の平均値が小さければ遅く、その電圧を調整すべく動作指令を出すことになり、理想的な電圧調整を行なうことが可能となる。

当社では積分形電圧調整継電器として従来より数々製作してきたが、このたび新しく、LAA-4-D 形静止形積分形電圧調整継電器を開発完了したのでここに紹介する。

表 3.1 に LAA-4-D 形継電器の形式表を示す。LAA-4-D 形継電器の外観を図 2.1 に、また内部接続を図 3.1 に示す。図 2.1 の写真からわかるように継電器の整定に必要な部分をすべて前面に出しており、上部に基準電圧整定用のタップを、その下に上げ側および下げ側の不感帯整定用のダイヤルを、その下に上げ側および下げ側の動作時間整定用のダイヤルを配置している。またこの継電器は静止形であるため、外見だけではその動作状態が不明のため、積分量表示用のメータ<sup>(2)</sup>をおき、継電器の途中の動作状態が一見して判明するように考慮している。なおこのメータは誘導円板形の継電器の可動

円板の回転角に相当する値を指示するようになっている。そして継電器が最終動作に達すれば動作表示ランプが点灯し、この継電器が出力接点を閉じている間点灯は継続する。

### 3.1.1 LAA-4-D 形 継電器動作説明

この継電器の内部接続図を図 3.1 に形式を表 3.1 に示すが図 3.1 により動作を説明する。

#### (1) 入力トランス

PT 二次電圧は入力トランス  $T_1$  に導入される。 $T_1$  には基準電圧整定用のタップが出ており、その整定範囲は、100~115.5 V で 0.5 V ステップに整定することが可能である。 $T_1$  には出力コイルとして二次コイルと三次コイルがあり、二次コイルは電圧調整用に、三次コイルは不足電圧ロック用に使用されている。

#### (2) 整流回路

入力トランスの二次側には単相全波の整流器を経て、R-C からなる平滑回路に導入される。この回路の定数は周波数特性、整波特性を満足されるような定数で構成されている。

#### (3) ブリッジ回路

このブリッジ回路は図 3.2 に示すようになっており PT 二次電圧の変化に対し、図 3.3 のような出力特性を有している。図中 ZD と付した部品は定電圧ダイオードであってその特性は図 3.4 に示す特性を有しており、温度に対して安定な 6 V 級のものを使用している。なおこのブリッジ回路の入力対出力の関係式は次のようになる。

(a)  $E_i \leq E_z$  のとき (出力端子 c-d 間開放の場合)

ZD で入力電圧  $E_i$  は阻止され  $I_1 = 0$  となる。

したがって、

$$E_0 = E_d - E_c \\ = E_i \cdot R_2 / (R_2 + R_3) \dots\dots\dots (3.2)$$

ただし

$E_0$  : ブリッジ出力電圧

$E_d$  : d 端子の b 端子に対する電位

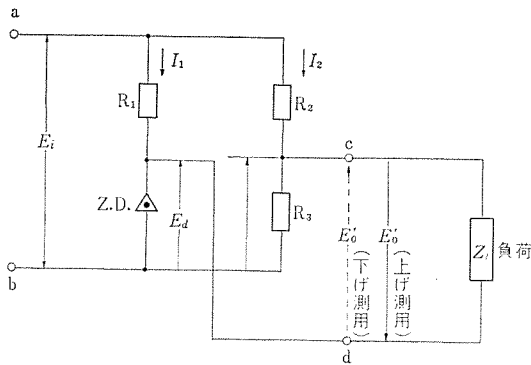


図 3.2 電圧偏差検出ブリッジ回路  
Detecting circuit for voltage deviation.

$E_c$  : c 端子の b 端子に対する電位

$R_2, R_3$  : 抵抗

$E_i$  : 入力電圧

$E_z$  : 定電圧ダイオードの電圧

となる。

(b)  $E_i > E_z$  のとき (出力端子 c-d 間開放の場合)

入力電圧が、ZD の阻止電圧を越えているので電流  $I_2$  は流れる。  
したがって、

$$E_0 = E_d - E_c \\ = \{-E_i \cdot R_3 / (R_2 + R_3)\} + E_z \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

となる。これを図示すれば図 3.3 のごとき特性をうることができる  
なお式 (3.2) および式 (3.3) は低電圧検出用の特性であるが、過電  
圧検出用には、出力端子 c をプラスに、d をマイナスにとればその出  
力は次のとおりになる。

(a)  $E_i < E_z$  のとき (出力端子 c-d 間開放の場合)

$$E_0 = E_c - E_d \\ = -R_2 \cdot E_i / (R_2 + R_3) \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

(b)  $E_i > E_z$  のとき (出力端子 c-d 間開放の場合)

$$E_0 = E_c - E_d \\ = \{E_i \cdot R_3 / (R_2 + R_3)\} - E_z \quad \dots\dots\dots (3.5)$$

以上、ブリッジ回路の出力端子 c-d 間開放の場合の入力対出力関係  
式を述べたが、出力端子 c-d 間に負荷インピーダンス  $Z_L$  が接続された  
場合は、

$$E_0' = E_0 - \{E_0 \cdot Z_i / (Z_i + Z_L)\} \quad \dots\dots\dots (3.6)$$

ただし、 $E_0$  : 端子 c-d 間開放時ブリッジ回路出力電圧

$E_0'$  : 端子 c-d 間に負荷インピーダンス  $Z_L$  を接続した時  
のブリッジ回路出力電圧

$Z_i$  : 端子 c-d より入力側をみたインピーダンス

$Z_L$  : 負荷インピーダンス

となる。式 (3.6) を変形し

$$E_0' = E_0 - \frac{E_0}{1 + (Z_L / Z_i)} \quad \dots\dots\dots (3.7)$$

式 (3.7) において、実際の回路では  $Z_L \gg Z_i$  としているので

$$E_0' \approx E_0 \quad \dots\dots\dots (3.8)$$

となる。したがって、ブリッジ回路の出力端子 c-d 間に負荷インピー  
ダンス  $Z_L$  を接続した場合においてもブリッジ回路の出力電圧は、式  
(3.2)、式 (3.3)、式 (3.4) および式 (3.5) にほぼ等しくなる。

電圧調整は一般に基準電圧に対し  $\pm 10\%$  程度の幅を考慮すれば  
良く、図 3.3 に示した特性のうち、出力電圧  $E_0'$  が零軸と交差し  
ている付近 (式 (3.3) および式 (3.5) で表わされたもの) を使用し、

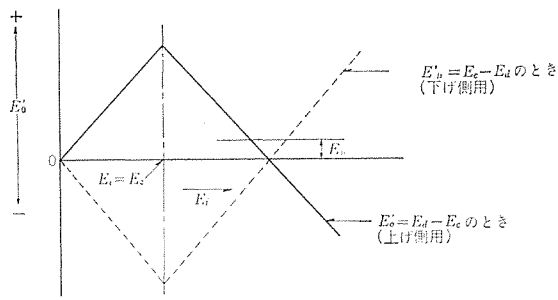


図 3.3 ブリッジ特性  
Output characteristic of voltage deviation detecting.

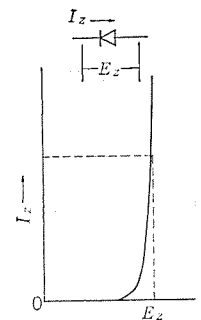


図 3.4 ゼナーダイオード  
の特性  
Characteristic of  
zener diode.

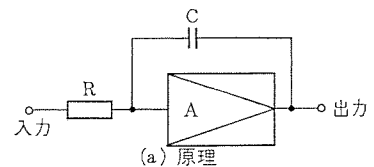
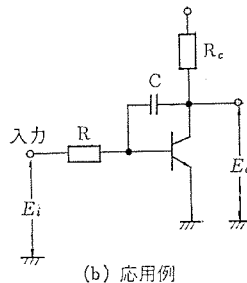


図 3.5 ミラー積分回路  
Miller integrating circuit.

その他の部分は適当なリミッターを入れてカットし、次段のトランジスタ  
イッチング部の入力を制限しトランジスタを保護する。

(4) 不感帯整定部

一般に定値制御を行なう系では、その目標値 (ここでは基準電圧)  
の上下に不感帯を設けなければ、ハンチング現象を生じ好ましくない。  
不感帯幅の整定そのものについては後述するが、この継電器ではど  
のようにしてその幅が整定できるか次に述べる。

すなわち式 (3.3) および式 (3.5) で示した如く  $R_3 : R_2 + R_3$  の  
比を変えれば図 3.3 のブリッジ出力電圧  $E_0'$  の特性は変えられる。  
そこでこの LAA-4-D 形継電器では図 3.2 の  $R_2$  と  $R_3$  の抵抗の間  
に可変抵抗をそう入し、出力端子 c はその可変抵抗のしゅう (摺) 動  
子からとってある。

(5) 積分回路

この継電器の積分回路には図 3.5 に示すようなミラー積分回路<sup>(3)</sup>  
を採用している。ミラー積分回路の一般的な動作特性は次式で表わさ  
れる。

$$E_0 = E_c - AE_i \{1 - e^{-(1+A)\tau t}\} \quad \dots\dots\dots (3.9)$$

ただし、 $E_0$  = 出力電圧

$E_i$  = 入力電圧

$E_c$  = コレクタ電圧

$A$  = 増幅度

$\tau$  = 時定数 ( $= R \cdot C$ )

この式から判明するとおり、見かけ上時定数は  $(1+A)\tau$  となり  
( $1+A$ ) 倍されている。この結果積分回路に使用する増幅器の増幅  
度  $A$  が大きければ理論上の積分に非常に近い出力が得られる。

実際の回路は図 3.1 の内部接続図に示すように、増幅度として  
は NPN Si トランジスタを 2 個直列にして増幅度  $A$  をかせいでおり、  
 $A$  は非常に大きな値となっている。なおこの積分回路のコンデンサ  $C$   
を可変することにより、動作時限を変更することができる。以上の  
動作を図示すれば図 3.6 のとおりとなり、入力の大小により、ま  
た、コンデンサを切換えることによりその出力が一定レベル  $E_{op}$  になる

までの時間が変化し、式 (3.1) で表わした積分量は、出力電圧値として得ることができる。また、入力  $E_i$  が間欠的に変化した場合に図 3.7 に示すような出力  $E_o$  となり、入力の積分量に対応した出力を得ることができる。図 3.8 にはこの継電器の静積分を表わしており、式 (3.1) で表わした定数  $K$  は、最高  $200\% \times \text{秒}$  となっている。なおこの“ $\% \times \text{秒}$ ”の意味であるが整定値に対する入力偏差  $\Delta E$  を  $\%$  で表わし、この入力偏差を与えたとき継電器が動作するまでの時間を  $t$  秒とし、 $\Delta E \times t$  を  $\% \text{秒}$  としている。たとえば入力偏差が  $1\%$  であり、動作に要する時間が  $200$  秒であれば  $K=200\% \times \text{秒}$  となる。

#### (6) スイッチング回路

積分回路での積分量が一定値 (図 3.6 の  $E_{op}$  電圧) に達すると、その出力はサイリスタを制御する。図 3.1 において、サイリスタのゲートは、不積分時にはカソードに対し負の固定バイアスが与えられておりサイリスタは導通しないが、積分回路の出力電圧が図 3.6 のように変化し  $E_{op}$  のレベルに達すると、カソードはゲートに対し負電位となり、サイリスタは導通する。すなわち積分回路が全然積分動作をしていないとき、積分回路の出力端子の電位はトランジスタの電源電圧  $E_c$  に等しく、したがってカソード電位がゲート電位よりも高くサイリスタは導通せず、積分量が一定値以下になれば、すなわちトランジスタのコレクタ電位が一定値以下になれば、サイリスタのゲートはカソードに対して正電位となりサイリスタは導通する。いったんサイリスタが導通すると、導通状態を継続し復帰指令がくるまで出力継電器を自己保持させる。出力継電器の接点は、電圧調整制御回路に指令を与えると同時に、別の接点より動作表示ランプを点灯し継電器が動作していることを表示する。

#### (7) 強制復帰回路<sup>(4)</sup>

いったん継電器が上げまたは下げ指令を出したならば、タップ切換器のタップ切換動作が行なわれるわけであるが、タップが元のタップから新しいタップに移る途中においてタップ中間位置にて閉となるカム接点 (33 ma) で、この継電器の端子 ⑪—⑬ を短絡すると、数百 ms で  $S_0$  が付勢し、続いて  $S$  が付勢される。 $S_1$  の a 接点は積分回路の積分量を解消し、b 接点はサイリスタの電源を切り、出力リレーの自己保持状態を解く。タップ切換動作が進み、新しいタップに切換わる前に、33 ma は開となるが、 $S_0$  は瞬時には復帰せず数秒後に復帰し、積分回路の積分量を完全に零の値まで戻す。

#### (8) 不足電圧ロック回路<sup>(4)</sup>

系統の電源脱落時や、PT 二次フューズの断線時などの場合には、継電器の入力電圧が異常に低下し、そのままほうっておくことは好ましくない。そこでこのような場合には、継電器の電圧調整動作をロックする必要がある。LAA-4-D 形継電器には、図 3.1 に示すように、入力トランス  $T_1$  の三次コイルからの電圧を利用し、トランジスタ形の低電圧継電器 (27) を働かせている。なおこの 27 の回路は前項の強制復帰回路を流用し小形化を計っている。

#### (9) 電源回路

図 3.1 の内部接続図に示しているとおり単相 AC を電源としており上げおよび下げ側のトランジスタ回路および出力継電器、および 27 の電源を作っている。この単相 AC は PT 二次 (一般に 110 V) かまたは電気所の所内電源でも良く、DC 電源のないような配電用 S/S 等には便利である。

#### 3.1.2 LAA-4-D 形継電器の適用

LAA-4-D 形継電器は一般に LR 制御用として使用される。

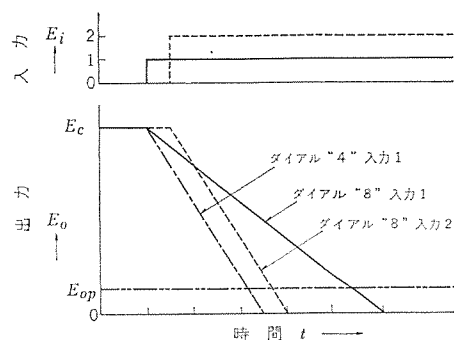


図 3.6 ミラー積分回路特性  
Characteristic of miller integrating circuit.

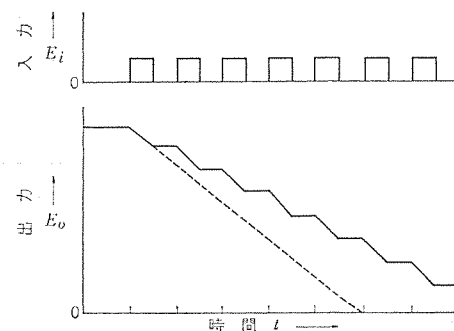


図 3.7 間欠入力に対する積分特性  
Flicker input characteristic.

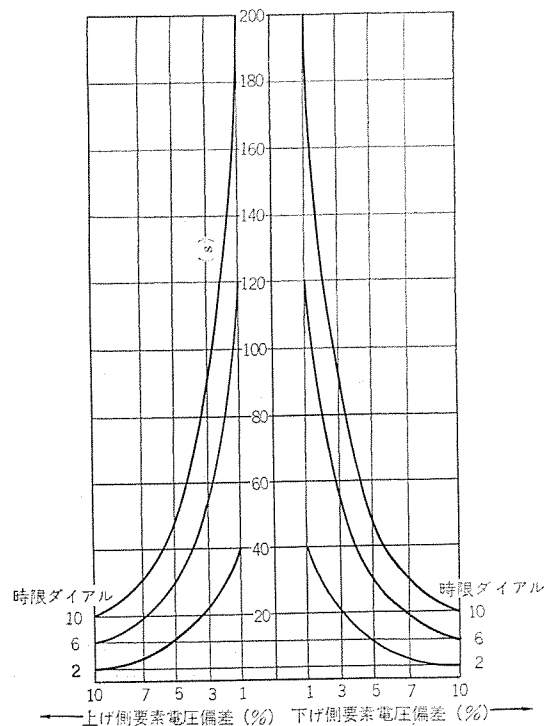
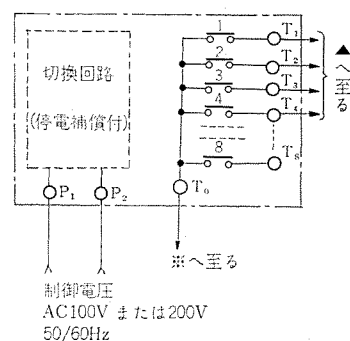
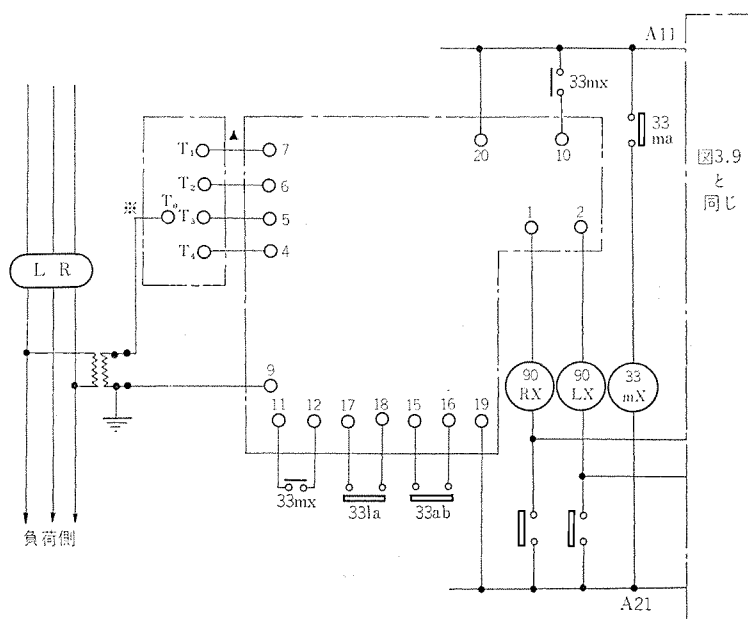
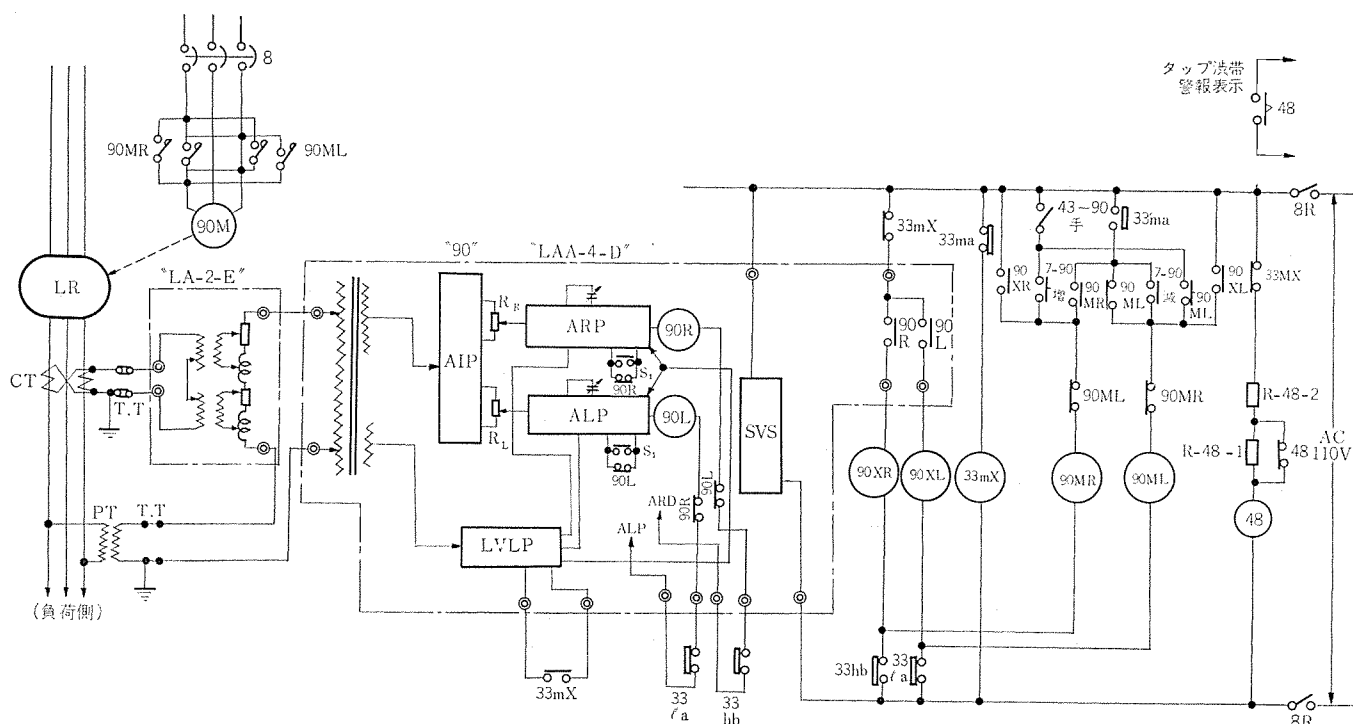


図 3.8 LAA-4-D 形継電器積分特性 (静特性)  
Integral characteristics of type LAA-4-D relay  
(Static characteristics).

この場合の外部接続を図 3.9 および図 3.10 に示す。図 3.9 は LDC 制御方式であり、図 3.10 はプログラム制御方式の場合である。

#### (1) LDC 制御

この継電器と LDC とを組合わせて使用する場合は、LDC には LA-2-E 形補償器を用いる。LA-2-E 形 LDC はタップとして抵抗分  $0 \sim 2.9 \Omega$ 、誘導リアクタンス分  $0 \sim 2.9 \Omega$  を  $0.1 \Omega$  ステップで補償することができる。なお  $\Omega$  数はいずれも PT, CT 二次側 (110 V, 5 A)



の値である。

## (2) プログラム制御

プログラム制御を行なう場合には TS-28E 形 タイムスイッチ と組合わせて使用する。この場合他に補助継電器を置かなくても 1 日 4 段 (最高 8 段) 3 回切換 (最小切換時間 30 分) の制御が行なえ非常に便利である。なお LAA-4-D 形継電器の、プログラム運転は最高 5 段まで行なえるよう整定リードを設けており、これらのリードは定められた継電器端子に結ばれている。

### (3) 基準電圧の整定

この継電器の基準電圧の整定範囲は 100~115.5 V であり、その

整定間隔は 0.5 V タップに分けられ、今たとえば、103 V 整定にする場合は「103」V タップと「0」V タップに整定リードをセットし、103.5 V 整定にする場合には「103」V タップと「0.5」V タップにそれぞれ整定リードをセットすればよい。

プログラム制御においては最大5段まで整定できるようこれらの整定リードが設けられている。

#### (4) 不感帯幅の整定

不感帯幅の整定は、上げおよび下げ側に各0～4%まで整定可能であり、その整定は一般に次の点に注意し整定する。

すなわち、

- (a) LR の 1 タップの幅は何%か  
 (b) LR は 1 日何回ぐらいまで許容できるか
- であり、(a) に対しては、大体次式を目標とされている。
- $$(E_{IR}/E_T) \times 100 = 140 \sim 300^{(5)} (\%) \dots\dots\dots (3.10)$$
- ただし  $E_{IR}$  = 不感帯幅 % (上げ側, 下げ側の合計)  
 $E_T$  = LR/タップ 幅電圧 (%)
- 一方 (b) に対しては LR の使用者側において定められている運用基準に基かれるわけであるが、一般に 30~50 回/日ぐらいが多い

表 3.2 LAA-4-D 形 継 電 器 性 能  
 Standard characteristics of type LAA-4D relay.

|                                                  |                                                                      |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 1. 確 度                                           |                                                                      |
| (1) 整 定 値                                        | 20°C 定格周波数にて ±1.0% 以内                                                |
| (2) 周 波 数                                        | 50 Hz 用 47~52 Hz } にて 1.0% 以内<br>60 Hz 用 57~62 Hz }                  |
| (3) 周囲温度誤差                                       | 20°C±20°C にて 1.0% 以内<br>-10°C~+60°C にて使用可能                           |
| 2. 不足電圧リレー (内蔵一静止回路で結合)                          |                                                                      |
| 整 定 範 囲                                          | 70~90% (100% は基準電圧タップ値)                                              |
| 3. 積 分 特 性                                       |                                                                      |
| セ ッ ト                                            | 基 準 電 圧 110 V<br>不 感 帯 幅 上げ, 下げ側ともに 1%<br>時限用ツマミ 10                  |
| 入 力 偏 差                                          | 整定電圧の ±10%<br>(整定電圧とは下げ要素, 上げ要素の各個の動作値を指す)                           |
| 動 作 時 限                                          | 20 秒 ±10%<br>(注) 積分動作時限目盛は, 上記整定において入力偏差を 10% としたばあい、4~20 秒 4 秒ごとの目盛 |
| 4. 制 御 回 路                                       |                                                                      |
| (1) 上げ, 下げ動作後自己保持                                |                                                                      |
| (2) 33 MX (タップ中間位置) の a 接点で S <sub>1</sub> 動作により |                                                                      |
| (a) (1) 項の自己保持解除                                 |                                                                      |
| (b) 一定時限 (2 秒) 後へ積分動作許容 (それまで再積分を鎖錠)             |                                                                      |
| 5. 接 点 容 量                                       |                                                                      |
| DC 110 V                                         | 0.3 A 開閉 ( $L/R \leq 0.012$ )                                        |
| AC 110 V                                         | 0.5 A                                                                |
| 6. 連 続 定 格                                       |                                                                      |
| 入 力                                              | AC 130 V                                                             |
| 周 圍 温 度                                          | 最低 -10°C<br>最高 +60°C                                                 |

ようである。

不感帯幅を実際に整定されるばあいには、いったん ツマミ を反時計方向に回し、次に希望整定値まで時計方向に除々に回して整定誤差を極力小さくするように整定する。

#### (5) 動作時間の整定

動作時間の整定ダイヤルは“0”, “2”, “4”, “6”, “8” および “10” とあるがこれらはそれぞれ、3.1.1 項(5) で述べた K の値を、0, 40, 80, 120, 160 および 200 %秒に整定できるようになっている。一般にダイヤル 整定は 6~10 (K=120~200 秒) が多いようであるが、これも 1 日の動作回数および常時の電圧変動などにより定められる。なおダイヤル 0 は、この継電器の動作値をチェックする場合に設けられたものであり、ダイヤル “0” では積分特性はもたず瞬時形にしてあるので、実際運転中には使用しない。

#### (6) 不足電圧ロックの電圧整定

ロック電圧の整定部は、この継電器の正面には出ていないで、後部側面にその整定ボリュームがある。その整定範囲は 80~100 % であり、当社においては 90 % にセットして出荷される。したがって 90 % 以外の 80~100 % の範囲の別の電圧に整定を希望される場合は、継電器をケースから引出し整定変更をしていただく必要がある。

以上 LAA-4-D 形継電器について述べたが、その性能については表 3.2 を参照されたい。

### 3.2 TVJ-3-D 形 瞬時形電圧調整継電器

瞬時形電圧調整継電器は一般に入力为目标値よりえした場合、瞬時にそれを検出し必要な制御指令を出す継電器である。また一度制御指令を出せば、被制御電圧が目標電圧に達するまで連続的に制御を行ない、被制御電圧が目標電圧に達すれば直ちに制御指令が停止するように、電圧調整継電器の主接点 (上げまたは下げ接点) は自動復帰する。したがってこの種の電圧調整継電器は IVR のように連続制御を行なう場合に適する。

なお一般には、電圧検出後直ちに制御指令を出すとすれば電圧調整継電器の主接点、制御回路の継電器上げ下げ操作電動機および電動機停止用ブレーキなどにとって好ましくはない。そこで、電圧変動確認のため、電圧調整継電器の主接点の指令をひとまず限時継電器に与え、限時継電器の整定時間を越えたものだけに対して調整操

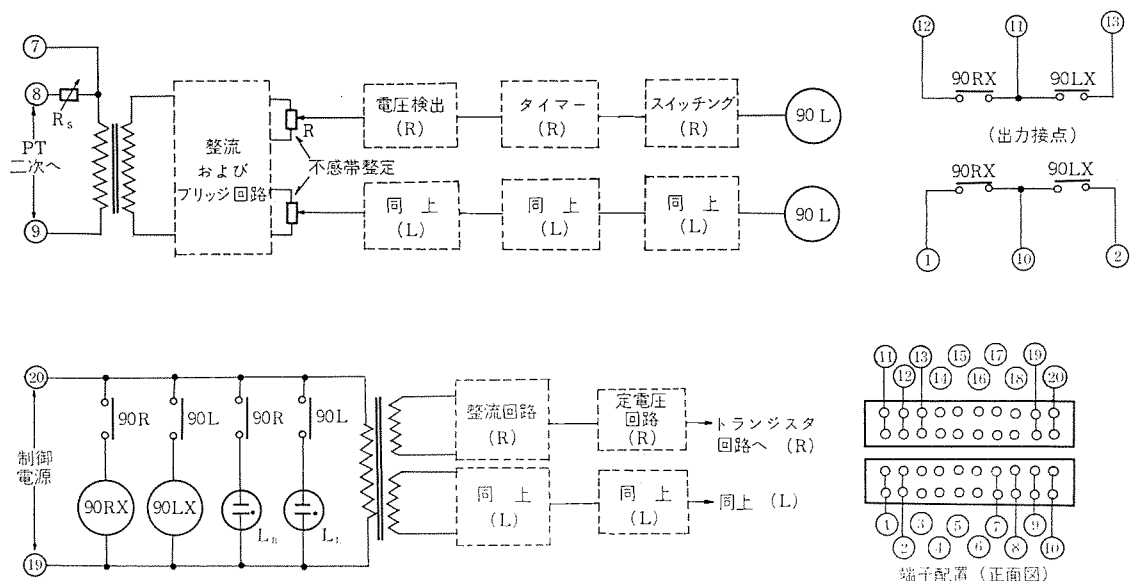


図 3.11 TVJ-3-D 形 継 電 器 内 部 接 続 図

Internal connection of type TVJ-3-D relay.

表 3.3 TVJ-3-D 形 継 電 器 形 式  
List of standard type TVJ-3-D relay.

| 形 式     | 形 番    | 定 格<br>電 圧<br>V | 周 波 数<br>Hz | 整 定 範 囲<br>基 準 電 圧<br>V | 不 感 符 号<br>% | 時 限<br>s     | 制 御 入 力<br>AC(V)             | 消 費 VA<br>電 調 制<br>VA | 電 調 制<br>VA | ケ ー ス |
|---------|--------|-----------------|-------------|-------------------------|--------------|--------------|------------------------------|-----------------------|-------------|-------|
| TVJ-3-D | PD 767 | 110             | 50          | 100~135<br>(連続)         | 0~4<br>(連続)  | 2~10<br>(連続) | 110<br>許容変動<br>幅 閉<br>90~130 | 3                     | 3           | D-DS  |
|         |        |                 | 60          | ※                       | △            | △            |                              |                       |             |       |

注 1. ※ 上げ、下げ側に共通、プログラム制御可能（アタプタ要）  
2. △ 上げ、下げ側独立

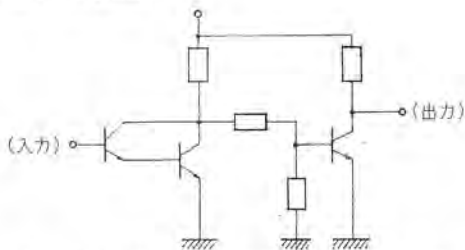


図 3.12 TVJ-3-D 形 継 電 器 電 圧 検 出 回 路  
Voltage detecting circuit of type TVJ-3-D relay.

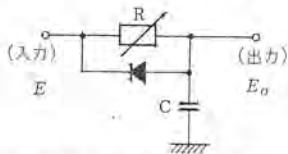


図 3.13 TVJ-3-D 形 継 電 器 タイマ 回 路  
Time delay circuit of type TVJ-3-D relay.

作が行なわれるようにしている。ここで述べる TVJ-3-D 形電圧調整継電器は上記の制御に適した継電器である。

### 3.2.1 TVJ-3-D 形 継 電 器 の 動 作 説 明

TVJ-3-D 形 継 電 器 の 内 部 接 続 図 を 図 3.11 また 形 式 を 表 3.3

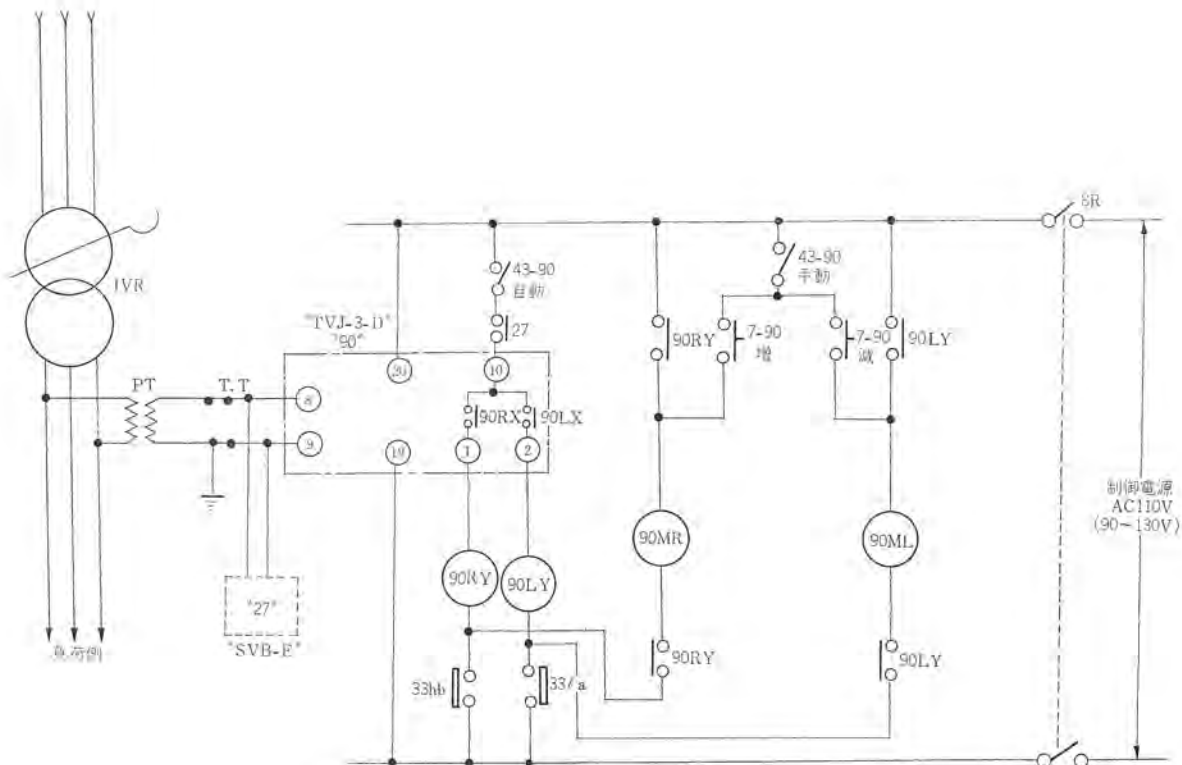


図 3.14 TVJ-3-D 形 継 電 器 外 部 接 続 図 (IVR 制 御)  
External connection of type TVJ-3-D relay (for IVR control).

に示す。この継電器は前節の LAA-4-D 形継電器とよく類似しているため、相異点のみについて述べることにする。

#### (1) 入力部

入力部は、基準電圧整定部を LAA-4-D では タッチ式としていたが、TVJ-3-D 形継電器では高信頼性の巻線形ポリュームを使用しており、その整定範囲は 100~135 V である。

#### (2) 整流およびブリッジ回路

前項 3.1.1(2) および (3) と同じである。

#### (3) 電圧検出回路

この継電器の電圧検出回路を図 3.12 に示す。ブリッジ回路の出力すなわち電圧検出回路の入力が 0 (V) をわずかに越えるとカスケード接続のトランジスタはオン、次段のトランジスタはオフとなり、コレクタ電位は 1 (電源電圧  $E_0$  と同じ値) となって電圧検出を行なう。この出力を用いてそのまま出力継電器を働かせても良いわけであるが、この継電器には、0~10 秒 (可変) のタイマを内蔵しており、このタイマの時間以上に電圧検出回路の出力が継続していれば出力継電器が動作するようにしている。このタイマがない場合には、出力継電器は動作することが考えられるので出力継電器の寿命および制御回路に対して好ましくない状態になるおそれがある。

#### (4) タイマ回路

タイマ回路は図 3.13 に示すような R-C 回路を用いている。

規定電圧がこの回路に印加されると、その出力 (コンデンサの電位) は次式で表わされる。

$$E_0 = E(1 - e^{-t/RC}) \dots \dots \dots (3.11)$$

ただし  $E_0$  = コンデンサ 電圧

$E$  = 入力電圧

$R$  = 抵抗値

$C$  = コンデンサ 容量

この出力  $E_0$  を検出する回路をおけば動作時間は可変することがで

表 3.4 TVJ-3-D 形 継 電 器 性 能  
Standard characteristics of type TVJ-3-D relay.

|            |                                                     |
|------------|-----------------------------------------------------|
| 1. 確 度     |                                                     |
| (1) 整 定 値  | 20°C 定格周波数にて ±1.0% 以内                               |
| (2) 周 波 数  | 50 Hz 用 47~57 Hz } にて 0.1% 以内<br>60 Hz 用 57~62 Hz } |
| (3) 周囲温度誤差 | 20°C±20°C にて 1.0% 以内<br>-10°C~+60°C にて使用可能          |
| (4) 復 帰 値  | 整定値の ±0.5% 以内                                       |
| 2. 動 作 時 限 |                                                     |
| 2~10 秒     | 誤差、整定値の ±10% 以内                                     |
| 3. 復 帰 時 限 | 動作値の -1% 入力にて 200 ms 以下                             |
| 4. 接 点 容 量 |                                                     |
| DC 110 V   | 0.3 A 開閉 ( $L/R \leq 0.012$ )                       |
| AC 110 V   | 0.5 A                                               |
| 5. 連 続 定 格 |                                                     |
| 入 力        | AC 130 V                                            |
| 周 囲 温 度    | 最 低 -10°C<br>最 高 +60°C                              |

きる。

#### (5) 出力回路

前述の LAA-4-D 形継電器にはその出力用 スイッチング 素子としてサイリスタを用いているが、この TVJ-3-D 形継電器では IVR 制御用に適するよう出力継電器を自動復帰させる必要があるためトランジスタで出力継電器を付勢するようにしている。したがって、被制御電圧が目標値以内に収まるまで、その出力継電器の接点は閉成して連続制御指令を出している。被制御電圧が目標値にはいれば電圧検出回路が直ちに不動作となり、タイマ回路のコンデンサの電荷を急速に放電する (図 3.13 のダイオード) ようになっている。

#### 3.2.2 TVJ-3-D 形 継電器の適用

TVJ-3-D 形継電器は、IVR 制御に適するように製作されているが LR の制御も行なうことが可能である。図 3.14 に IVR 制御例の外部接続図を示す。この継電器の基準電圧整定は内蔵のボリュームで行なえるが、別にアダプタを用いれば外部より基準電圧整定ができ、プログラム制御も可能となる。

不感帯幅の整定は、IVR 制御回路のシーケンス回路の復帰時間および操作モータの停止時間 (ブレーキ協調も含む) などから大略 3% (上げ 1.5%, 下げ 1.5%) が妥当であろう。

一方時限の整定であるが、一般に 5~10 秒程度がよく、それ以上

表 4.1 新旧電圧調整継電器形名対称  
Comparison of new and old type voltage regulating relays.

|       | 新 形 標 準 機 種 名     | 旧 形 機 種 名                                                                                                                                                                                                                         |
|-------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 積 分 形 | LAA-4-D (トランジスタ式) | CJ (機 械 式)<br>CJ-1 (機 械 式)<br>CJ-1 B (機 械 式)<br>CJ-1 S (機 械 式)<br>CJ-2 (機 械 式)<br>CJ-2 B (機 械 式)<br>CJ-2 C (機 械 式)<br>LAA-1 D (トランジスタ式)<br>LAA-1 B-D (トランジスタ式)<br>LAA-1 S-D (トランジスタ式)<br>LAA-3-D (トランジスタ式)<br>LAA-3 B-D (トランジスタ式) |
| 瞬 時 形 | TVJ-3-D (トランジスタ式) | RI-F (機 械 式)<br>RI-1 B-F (機 械 式)<br>LAB-2-D (トランジスタ式)                                                                                                                                                                             |

必要な場合は、別に限時継電器を設ける必要がある。

この継電器の性能については表 3.4 を参照されたい。

#### 4. む す び

LAA-4-D 形積分形電圧調整継電器および TVJ-3-D 形瞬時形電圧調整継電器についてその内容および適用について述べたが、これらの継電器と在来の各継電器との関係を対称すると表 4.1 のようになる。

なお本文では、制御方式の詳細については触れなかったが稿を改めてご紹介することにする。

最後にこの継電器の開発、量産にあたり種々ご指導ならびにご協力をいただいた関係各位に対し厚く謝意を表わすものである。

#### 参 考 文 献

- (1) 電気学会, 電気工学ハンドブック, p.657 (昭 42)
- (2) 松本: 特許出願中
- (3) 川上正光編, トランジスタと電子工学, p.86 (誠文堂新光社刊)
- (4) 松本, 林: 実用新案出願中
- (5) 電気協同研究, 20, 5

## 大電力高速スイッチング用サイリスタ

船川 繁\*・蒲生 浩\*・山上 倅三\*

## High Power High Speed Switching Thyristors

Kitaitami Works Shigeru FUNAKAWA・Hiroshi GAMOU・Kozo YAMAGAMI

With the more and more increasing requirements of the performance of high power thyristors to higher voltage and higher current, thyristors have rapidly developed a much wider field of application. High blocking voltages and large current ratings are not the only requisites as the performance of thyristors, but high switching speeds are essential just as well. The fact is well proved by inverters and DC choppers as principal applications.

Now Mitsubishi is in a position to produce in quantities high speed switching thyristors with average forward current of 400 A, blocking voltage of 1,300 V and turn-off time of 30  $\mu$ s, and also thyristors of 150 A-400 A and 15  $\mu$ s. This article describes problems posed in the design of these elements and their characteristic ratings.

## 1. ま え が き

電力用サイリスタの特性定格が、ますます高耐圧、大電流となつて、向上していくにつれ、サイリスタの応用面も急速に拡大した。サイリスタに要求される性能も、単に阻止電圧が高く、定格電流が大きいことだけでなく、速いスイッチング速度に対する要求が大きくなってきた。インバータ、DCチョップがその応用のおもなものである。サイリスタのスイッチング速度は、ターンオン時間とターンオフ時間によって表わされる。前者もスイッチング損失を軽減するうえから重要であるが、周波数決定により重要な因子となるのは、サイリスタのターンオフ時間である。短いターンオフ時間をサイリスタに付与することは、通常順電圧降下の増大、高温時のもれ電流の増大を招き、大電流、高耐圧と言う特性定格上の要求と相反する結果となる。ここに設計における最適化が重要となる。本文では、これら大電力用高速スイッチング用サイリスタのスイッチング機構、設計上の諸問題、ならびに特性定格について記述し、その試験方法、結果についても記述する。

## 2. インバータ用サイリスタの設計とその問題点

インバータあるいはチョップ回路のスイッチング用素子として使用されるサイリスタには、一般電力用サイリスタと異なり、静的特性がすぐれていることのほかに、ターンオン特性、ターンオフ特性等の動特性（過渡特性）のすぐれていることが必要である。この特性は、

- (1) 短いターンオフ時間
- (2) 高い  $di/dt$  耐量
- (3) 高い  $dV/dt$  特性

に要約できるが、このうちもっとも重要なのは短いターンオフ時間をもつことである。しかしサイリスタの構造上、ターンオフ時間は他の重要な特性と密接に関係しており、ターンオフ時間を短く設計することは、他の特性を好ましくない方向に向かわせる。したがって、これらの相反する特性をいかに両立させようかがインバータ用サイリスタを設計するうえで問題点になるわけである。

## 2.1 ターンオフ時間

## 2.1.1 短いターンオフ時間

サイリスタのターンオフ時間は、順方向電流がシャ断されてから、ふたたび順阻止能力を回復するのに要する時間、として定義されている。このターンオフ時間は、素子の使用条件や回路によってもかわる

が、ほとんどは素子自体の特性によってきまる性質のものである。この素子自体のターンオフ時間に関連する要素は多くあるが、この要素のうち、素子の四層構造の中央ベース層におけるキャリアのライフタイムが、もっとも強くターンオフ時間に影響を与える要因である。このことは、サイリスタを電荷制御素子<sup>(1)(2)</sup>（その動作状態は素子内に蓄積された電荷量によってのみきまる、と考えることのできる構造を有する素子、たとえばダイオード、トランジスタ等）と考え、導通状態時に蓄積された過剰電荷が、ターンオフ過程においてどのように減少し、阻止状態の電荷分布に移行するか、そしてこの過程において、素子内のキャリアのライフタイムがどのような役割りを演ずるか、を考えることによって理解することができる。

図2.1にターンオフ過程における代表的な電圧電流波形<sup>(3)</sup>と、その過程に対応した中央ベース層内での電荷分布の時間変化の様子をしめす。このターンオフ過程と過剰電荷分布の変化は、

- (1) すべての接合が順バイアスされている順導通状態 ( $t < 0$ )
- (2) 逆電流が流れ、接合  $J_3$  と接合  $J_1$  近くの過剰電荷が流出してゼロとなり、接合  $J_3$  と接合  $J_1$  が逆バイアスされはじめる状態 ( $0 < t < t_1 < t_3$ )
- (3) 逆阻止状態 ( $t > t_4$ )
- (4) 逆電圧が減少して再び順電圧が印加され増加する状態 ( $t_5 \leq t < t_6$ )
- (5) 順阻止状態 ( $t > t_6$ )

にわけられる。これらの過程で、接合  $J_3$  および接合  $J_1$  近傍の過剰電荷は逆電流によって流失するが、中央接合  $J_2$  近傍、とくに中央N層の過剰電荷は流出せず、再結合過程を通じてのみ減少する。ふたたび順電圧が印加されたとき、この電荷量が導通状態を保持するのに必要な量以下に減少しておれば素子はターンオフされるわけである。以上の機構にもとづき、電荷制御法によってやや定量的なターンオフ時間とライフタイムの関係をもとめることができる。電荷制御法の考え方によると、順電流  $I_F$  と、蓄積される過剰電荷  $Q_i$  ( $i$  は  $N_E$ ,  $P_B$ ,  $N_B$ ,  $P_E$ ) との間には、次の関係がある。

$$I_F = K_i \times Q_{NB} \dots\dots\dots (2.1)$$

ここに  $K_i$  は比例定数である。

この関係はつねに成立つと仮定されている。いま中央N層 ( $N_B$ ) の過剰電荷について考えると、ターンオフ直前に蓄積されている過剰電荷  $Q_{NB} = Q_{NB}(t=0)$  は

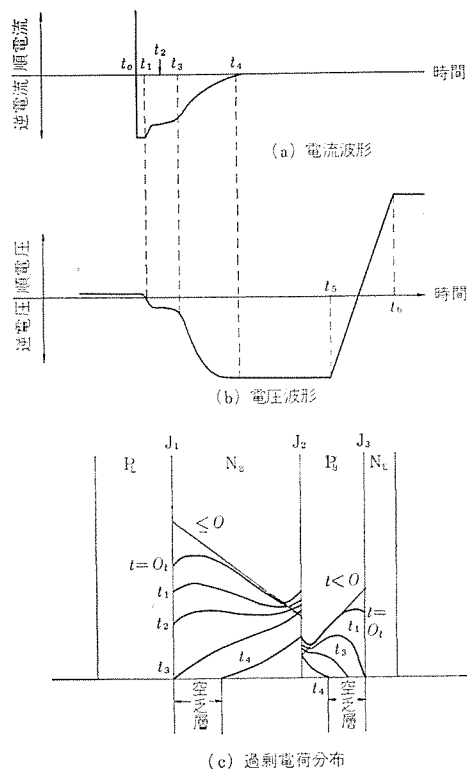


図 2.1 ターンオフ時の電流電圧波形と過剰電荷分布の変化  
Voltage and current waveforms and excess charge distributions during turn-off.

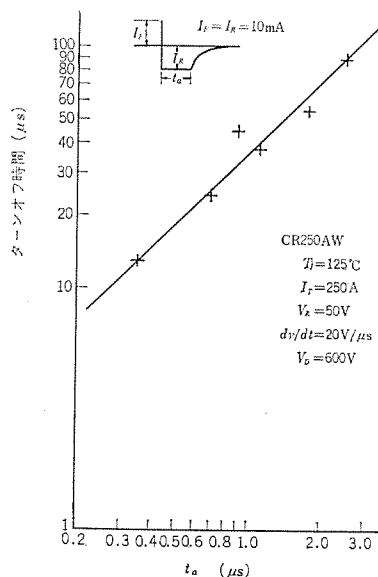


図 2.2  $P_{E}N_{B}$  接合の蓄積時間  $t_a$  とターンオフ時間の関係 (金拡散)  
Turn-off time vs. storage time of  $P_{E}N_{B}$  junction.  
(Gold diffused samples).

$$Q_{NB}(t=0) = I_F(t=0)/K_{NB} \dots\dots\dots(2.2)$$

とあらわされる。ここに  $I_F(t=0)$  はターンオフ直前の順電流の大きさである。この  $Q_{NB}(t=0)$  は、再結合過程によって減少するので、時間  $t$  における過剰電荷量  $Q_{NB}(t)$  は

$$Q_{NB}(t) = Q_{NB}(t=0)e^{-\frac{t}{\tau}} \dots\dots\dots(2.3)$$

とあらわされる。ここに  $\tau$  は  $N_B$  層におけるライフタイムである。いっぽう素子が導通状態を保つのに必要な最少の過剰電荷量  $Q_{NB}(t_{on})$  は、保持電流  $I_H$  が流れるときの電荷量であるから

$$Q_{NB}(t_{on}) = I_H/K_{NB} \dots\dots\dots(2.4)$$

とあらわされる。 $Q_{NB}(t)$  が  $Q_{NB}(t_{on})$  より小さくなれば素子はターンオフ状態になるので  $t_q$  をターンオフ時間とすると式 (2.2)~(2.4) から  $t_q$  は

$$I_H/K_{NB} \geq Q_{NB}(t=0)e^{-\frac{t_q}{\tau}} = (I_F/K_{NB})e^{-\frac{t_q}{\tau}} \dots\dots\dots(2.5)$$

すなわち、

$$t_q = \tau \ln\left(\frac{I_F}{I_H}\right) \dots\dots\dots(2.6)$$

の関係がもとめられる。ただし、ここでは  $dV/dt$  による影響は無視されている。実際の素子について、ライフタイムとターンオフ時間の関係<sup>(4)</sup>の一例を図 2.2 にしめす。ここでライフタイムは中央  $N_B$  層から作成したダイオードの蓄積時間  $t_a$  であらわしたが、この  $t_a$  はライフタイムと比例関係にある量である。この例にみられるように、ターンオフ時間は、かなりひろい範囲にわたってライフタイムとは比例関係にあることがわかる。

上述のように、ターンオフ時間はライフタイムに強く関係しており、ターンオフ時間の短い素子を得るためには、ライフタイムを短くしなければならない。しかしライフタイムが過度に短くなれば、素子の他の特性、たとえば耐圧とか順電圧降下等に好ましくない影響をあたえるので、ライフタイムは設計値どおりに正確に制御されねばならない。

### 2.1.2 ライフタイムの制御

一般に半導体内のライフタイムを制御する方法としては、

- (1) 高温から半導体を急冷する急冷法<sup>(5)(6)</sup>
- (2) 金、鉄、銅等、再結合中心となる重金属原子を導入する方法<sup>(7)</sup>
- (3)  $\gamma$ 線、 $\beta$ 線等の放射線を照射する方法<sup>(8)</sup>

等が用いられており、それぞれ、制御の容易さ、再現性、製造工程への適応性、得られたライフタイムの安定性、他の特性たとえば耐圧への影響の有無、ライフタイムの温度依存性、キャリア濃度依存性、などに関して特長をもっている。

現在電力用サイリスタのライフタイムの制御に比較的多く用いられるのは金を拡散する方法である。金<sup>(9)</sup>はシリコン中では、禁制帯のほぼ中心にアクセプタおよびドナーの二つのエネルギー準位をもち、良好な再結合中心としてはたらく性質をもっている。また他の不純物原子と比較して、製造工程が簡単で再現性がよく、熱的に安定なライフタイムが得られ、析出して耐圧を低下させることがない、という特長をもっており、高耐圧サイリスタのライフタイム制御用不純物としてすぐれた特性をもっている。

ライフタイムは金濃度<sup>(10)(11)</sup>と反比例の関係にあり、したがってライフタイムの制御は金の濃度を制御することによって行なわれる。そしてシリコン中への金原子の導入とその濃度の制御は、一般には拡散とその拡散条件、すなわち加熱温度と加熱時間<sup>(12)</sup>を変えることによって行なわれる。シリコンウェハー中への金の拡散は<sup>(13)(14)</sup>、通常のドナーあるいはアクセプタ不純物の拡散とは異なり、拡散はまずきわめて拡散速度のはやい侵入形原子の状態で行なわれ、それがシリコン中の空乏と結合して、拡散速度のおそいきわめて安定した置換形原子に転換する、という機構で行なわれており、金の濃度<sup>(15)</sup>は侵入形原子の拡散速度と、それが置換形原子に転換する速度と時間によってきまるとい性質をもっている。そしてこの拡散速度とか転換速度は多くの複雑な要因をパラメータとした温度の関数であり、その正確な制御はかなり困難である。われわれはシリコン中における金原子の振舞いを詳細に研究し、濃度制御に影響する因子を解明し、その結果金濃度をきわめて正確に再現性よく制御する技術を確認することに成功

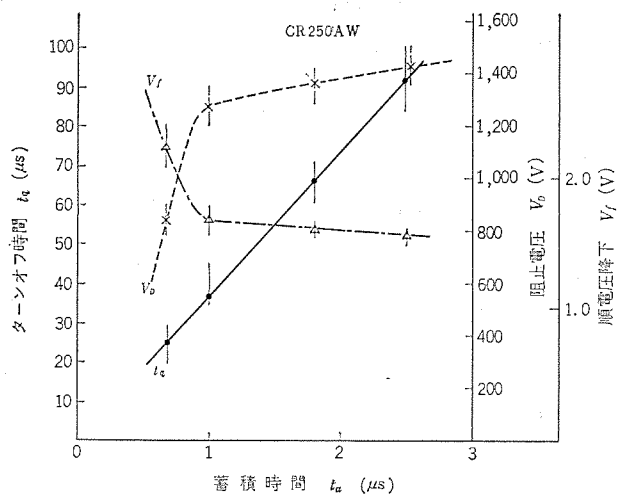


図 2.3 ライフタイムと阻止電圧、順電圧降下の関係(例)  
Blocking voltage, forward voltage drop vs. life time.  
(storage time)

した。高耐圧大電力インバータ用サイリスタはこの技術によって生まれたものである。

### 2.1.3 他の特性に与える影響と問題点

われわれは実際に金を拡散することによって、きわめて再現性よくライフタイムとターンオフ時間を制御することが可能であることを見出した。しかし反面ライフタイムの減少はサイリスタの特性上好ましくない影響をもたらすので設計が困難となり、ライフタイムの正確な制御技術とあいまって高度の設計技術が必要とされる。ライフタイムの減少によってもたらされる影響はつぎのようなものである。(1)耐圧の低下、(2)順電圧降下の増大、(3) $di/dt$ 耐量の低下、(4)ゲート点弧電流電圧の増大、これらのうちもっとも重要なものは(1)と(2)である。図2.3は、金を拡散したCR250AWにおけるライフタイムと、接合部温度 $T_j=125^\circ\text{C}$ における耐圧(もれ電流を一定にした場合の)と、順電圧降下 $V_F$ およびターンオフ時間 $t_q$ の関係をしめす一例である。この例にみられるように、シリコン中の金の濃度を増していくと、高温( $T_j=125^\circ\text{C}$ )におけるもれ電流が急激に増加して耐圧が低下し、また順電圧降下も急激に増大する傾向がある。

この金濃度に対するターンオフ時間の減少と、もれ電流の増加、順電圧降下の増大の割合は素子の構造によってきまるものである。まずもれ電流<sup>(16)</sup>の増加の原因については、ライフタイムの減少による飽和電流の増加、空間電荷領域における発生電流の増加等がおもものと考えられている。そしてもれ電流増加の割合は、シリコン $N_B$ 層の比抵抗が高いほど大きくなり、またもれ電流増加の温度依存性も大きくなる傾向をもっている。金原子濃度がシリコン中のドナー不純物濃度と等しいか、あるいはそれ以上になると、シリコンの比抵抗<sup>(17)</sup>は急激に増大して、パンチスルー現象があらわれ、室温においても耐圧の低下がみられるようになる。

つぎに順電圧降下の増大は各接合における注入効率の減少と、各層とくに中央 $N$ 層と $P$ 層における電圧降下の増大によって生じるものであり、 $W/L$ <sup>(18)(19)</sup>(ただし $W$ はベース幅 $L=\sqrt{D\cdot\tau}$ ;  $D$ は拡散定数)の増大によって急激に増大する性質をもっている。すなわち低耐圧を目標とする素子の場合、用いるシリコンの比抵抗は低くてすみ、その結果多量に金を拡散してライフタイムを下げてでももれ電流は増加せず、また $N_B$ 層の厚みもうすくすることができるので、順電圧降下の低い、ターンオフ時間の短い素子を得ることは容易である。

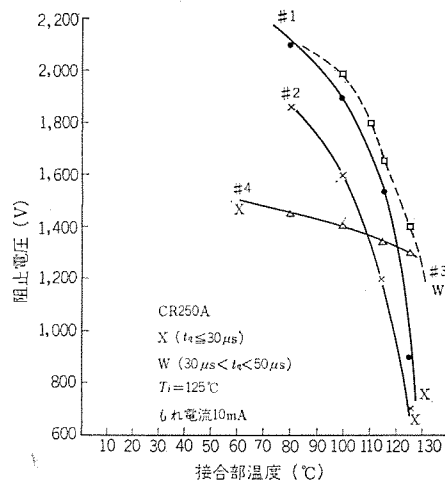


図 2.4 金拡散素子の阻止電圧の接合部温度依存性(例)  
Blocking voltage of gold diffused thyristors vs. junction temperature.

しかし高耐圧を目標とする素子の場合、使用するシリコンの比抵抗は高く、ベース幅を厚くする必要があるために、少量の金を拡散してももれ電流の増加は大きく、また順電圧降下の増加も大きくなり、ターンオフ時間を短くすることは困難となる。したがって高耐圧、高能率で短いターンオフ時間をもつサイリスタの製造は高度の設計技術ときわめて正確なライフタイムの制御技術があってはじめて可能となるわけである。われわれは理論的実験的検討を重ね、最適設計値を見出すことができた。

三菱大電力インバータシリーズとして量産されているもののうち、Xシリーズ(ターンオフ時間 $15\mu\text{s}\sim 30\mu\text{s}$ )で $1,300\text{V}$ 以上( $T_j=125^\circ\text{C}$ )、Yシリーズ(ターンオフ時間 $15\mu\text{s}$ 以下)で $800\text{V}$ 以上( $T_j=125^\circ\text{C}$ )の素子が製造されている。これらは現在最高水準にある高耐圧大容量インバータ用サイリスタといえることができる。そして今後、さらに高耐圧で高能率を有し、短いターンオフ時間をもつサイリスタの実現は、現在のサイリスタの構造をとるかぎり、きわめて困難であると考えられる。しかしただ耐圧とターンオフ時間のみに関しては、動作接合部温度を低くするという犠牲において現在より高い耐圧を得られることが阻止電圧の温度による変化曲線から容易に推察できる。

図2.4は比抵抗の高い場合にライフタイムを制御したとき得られる接合部温度対もれ電流一定のときの阻止電圧の関係をしめす実験例である。#1、#2はターンオフ時間 $15\sim 30\mu\text{s}$ 、#3は $30\sim 50\mu\text{s}$ のものである。#4に量産品であるCR250AXの例をあげておく。この例から、接合部温度が $100^\circ\text{C}$ であれば#1は $1,900\text{V}$ 、#3は $2,000\text{V}$ 、接合部温度が $110^\circ\text{C}$ であれば#1は $1,700\text{V}$ 、#2は $1,800\text{V}$ の素子として使用可能となることがわかる。

この場合、順電圧降下はかなり大きくなり、また動作接合部温度がさがるので、同じウェハー面積ではその電流容量が著しく小さくなることはさけられない。電流容量に関してはウェハー面積を大きくすることが一つの解決法であるが効率のわるいものとなる。さらに高耐圧化をさまたげる要因は、 $di/dt$ 耐量の低下とターンオン時のスイッチング損失の増大である。これらはウェハー面積を大きくすることによって解決されない問題であり、この点からも電流容量には制限が加わることになる。

### 2.2 $di/dt$ <sup>(20)</sup>

サイリスタの完全な導通は、ゲート電流による初期の局所的な導通と、それにつづく導通部分のひろがりの過程によって行なわれる。陽極

電流の立上り  $di/dt$  が大きく、初期の導通部分が小さい場合には、この部分の電流密度が増大し、ターンオン損失が増大することによって過熱され、その結果特性が劣化したり破損したりすることがあり、そのため素子には許容される  $di/dt$  の限界値がきめられている。この  $di/dt$  耐量は素子の使用条件によってもかわるものであるが、ゲート電流による初期の導通領域がひろく、それにつづく導通領域の広がりのはやい素子ほど大きい値をもっていると考えてよい。

しかし高耐圧インバータ用サイリスタにおいては、ライフタイムが短くなれば導通領域は広がりにくくなる傾向があり、また  $N_E$  層が平たんではなくその一部が突出し、その点のみ  $P_B$  層の幅がうすくなっている場合には、その点のみが他にくらべて著しく導通しやすくなる傾向があるなど、 $di/dt$  耐量低下の影響をうけやすい性質をもっている。したがってインバータ用サイリスタにおいては、ゲート電流による初期の導通領域がひろく、かつスイッチング損失が小さく、点弧領域がもっとも短時間に接合全面にひろがるように、特性および構造上の考慮をほらうことが必要である。三菱大電力インバータ用サイリスタは、均一平たんな接合、各層厚みとその不純物濃度およびライフタイムの最適組み合わせ、センターゲート構造<sup>(21)</sup>の採用によって、応用上要求される高い  $di/dt$  値に耐えるよう設計され目的を十分達している。

### 2.3 $dV/dt$

$dV/dt$  特性は、一般には順方向電圧の急しゅんな立上りによってサイリスタのブレイクオーバー電圧  $V_{BO}$  が低下する現象であるが、ターンオフ時間も  $dV/dt$  によって影響をうけるので、高耐圧インバータ用素子にはとくに重要な特性である。この  $dV/dt$  によるブレイクオーバー電圧の低下、あるいはターンオフ時間の変化は、順電圧印加の際サイリスタに  $I = C_J \cdot \frac{dV}{dt}$  ( $C_J$  は中央接合の接合容量) の充電電流が流れ、その電流によって  $P_E$  層および  $N_E$  層から過剰電荷が注入され、中央ベース層の蓄積電荷量を増加させることによって起こるものである。この蓄積電荷量に応じた電流がターンオンに必要な電流以上になれば素子はターンオンするわけである。この  $dV/dt$  によるブレイクオーバー電圧あるいはターンオフ時間に対する影響を少なくする、すなわち  $dV/dt$  特性をよくするためには、

- (1) 接合容量  $C_J$  を小さくする。
- (2) 充電電流により過剰電荷の注入が起りにくい構造とする。

ことが考えられる。実際のサイリスタでは、接合容量は、他の特性たとえば耐圧等との関係もあって、自由にかえることはできない。したがって通常は(2)の方法が採用される。この充電電流によって  $N_E$  層または  $P_E$  層からの過剰電荷の注入が起りにくくする方法としては、

- (a) 素子のライフタイムを下げる。
- (b)  $P_E$  層の不純物濃度を上げる。
- (c)  $N_E N_E P_E$  接合部にバイパス路をもうける。

などが行なわれそれぞれ有効である。これらのうち、他の特性たとえば順電圧降下の増大、ゲート点弧電流の増大、 $di/dt$  耐量の低下等の影響をうけず有効に  $dV/dt$  特性を向上できるのは(c)である。この構造はショートエミッタ形構造といわれている。

## 3. 三菱大電力インバータ用サイリスタの構造

### 3.1 全拡散形

三菱大電力インバータ用サイリスタはすべての接合部が拡散法によって構成された全拡散形構造となっている。全拡散形サイリスタでは全接合とくにエミッタ  $N_E$  層 ( $N_E$  層) が拡散によって形成されるために、

(1)  $N_E$  層の接合面が均一で平たんである。

(2)  $N_E$  層の不純物濃度と接合(拡散)深さの制御が容易である。

(3) 選択拡散を利用することによりショートエミッタ構造を容易に構成することができる。

という合金拡散形では得られない特長をもっている。これらの特長は大電力インバータ用サイリスタにとって、素子の製造上、あるいは製品の特性向上のうえにきわめて有利なものである。すなわち、まず合金法で形成された  $N_E$  接合面にしばしばみられるような局部的な  $N_E$  層の陥入が皆無であるために、素子間の  $di/dt$  耐量のばらつきが少なく、設計どおりの高い  $di/dt$  耐量を得ることができる。またこのような陥入が原因で生じる順阻止電圧の低下や、 $dV/dt$  特性の低下という応用上不安定な要素となる現象は全拡散形サイリスタではほとんどみられない。そして  $N_E$  層の濃度と接合深さが自由に正確に再現性よく制御できるために設計の自由度が増し、 $di/dt$  耐量の向上や順電圧降下の増大防止が比較的容易である。また全拡散形ではショートエミッタの幾何学的形状を自由に構成することができ、 $dV/dt$  特性に影響する因子を比較的容易に制御できるため、順電圧降下、耐圧、 $di/dt$  特性等の特性を犠牲にすることなく十分な  $dV/dt$  特性を得ることができる。これらの特性に係る各種パラメータの最適組み合わせは電子計算機を用いて決定している。

### 3.2 センターゲート形構造

他の電力用サイリスタと同様に、大電力インバータ用サイリスタもセンターゲート構造を採用している。拡散法による均一接合とあいまって  $di/dt$  耐量は 100 A/ $\mu$ s 以上 (ST 500 AW $\cdot$ X $\cdot$ Y は 200 A/ $\mu$ s 以上) あり、 $di/dt$  による不良はほとんどみられない。またターンオン時間とくに立上り時間が短く、かつ製品間のばらつきが少ないなどの特長が得られている。

### 3.3 圧接形構造<sup>(21)</sup>

すでに三菱電力用整流子あるいはサイリスタにおいて採用され、多くの実績をもつ圧接形構造を採用している。この構造では従来のろう材を用いた電極付け構造のものに比べると、その製造工程において、素子の表面処理をしたあと、再び加熱しないため汚染されず、完成後きわめて安定な耐圧特性が得られる。そのため高い信頼性が保障される。また高低温の熱サイクル、通電断続によってもろう付け構造において生じるような熱疲労による劣化は皆無である。

## 4. 三菱大電力インバータ用サイリスタの特性

### 4.1 一般特性

三菱大電力インバータ用サイリスタシリーズは、100 A, 150 A, 250 A, 300 A, 400 A の五つの電流量よりなり、おのおのはターンオフ時間によって、W シリーズ (ターンオフ時間  $\leq 50 \mu$ s), X シリーズ (ターンオフ時間  $\leq 30 \mu$ s), Y シリーズ (ターンオフ時間  $\leq 15 \mu$ s) の三つのシリーズに分類されている。各シリーズの最高耐圧は、W シリーズ 1,200 V, X シリーズ 1,000 V, Y シリーズ 600 V (ただし FT 500 AY は 800 V) であり、いずれも最高動作接合部温度は 125°C である。外観は、CR 100 BW, X, Y, CR 150 BW, X, Y, CR 250 AW, X, Y はスタッド形、CR 300 AW, X, Y はフィン付き構造である。また FT 500 AW, X, Y は 400 A 2,500 V 平形高耐圧大電力サイリスタと同じ構造をもつ平形構造となっており、スタックに組立てて使用する。また CR 100 BW, X, Y, CR 150 BW, X, Y, CR 250 AW, X, Y, CR 300 AW, X, Y は 100 V/ $\mu$ s, FT 500 AW, X, Y は 200 V/ $\mu$ s という高い  $dV/dt$

表 4.1 三菱大電力インバータ用サイリスタ定格特性  
List of rated characteristics of thyristor for Mitsubishi large power.

最大定格

| 項 目                 | 記 号          | 単 位              | CR 100 B           |       |     | CR 150 B           |       |     | CR 250 A            |       |     | CR 300 A                                                                           |       |     | FT 500 A            |       |     |                                    |  |
|---------------------|--------------|------------------|--------------------|-------|-----|--------------------|-------|-----|---------------------|-------|-----|------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----|---------------------|-------|-----|------------------------------------|--|
|                     |              |                  | W                  | X     | Y   | W                  | X     | Y   | W                   | X     | Y   | W                                                                                  | X     | Y   | W                   | X     | Y   |                                    |  |
| せん 頭 逆 電 圧(最大)      | $V_{RRM}$    | V                | 1,200              | 1,000 | 600 | 1,200              | 1,000 | 600 | 1,200               | 1,000 | 600 | 1,200                                                                              | 1,000 | 600 | 1,200               | 1,000 | 800 | 商用周波<br>1サイクル<br>60 Hz 半波<br>1サイクル |  |
| 過渡せん頭逆電圧(最大)        | $V_{RSM}$    | V                | 1,350              | 1,200 | 720 | 1,350              | 1,200 | 720 | 1,350               | 1,200 | 720 | 1,350                                                                              | 1,200 | 720 | 1,350               | 1,200 | 960 |                                    |  |
| せん 頭 順 阻 止 電 圧(最大)  | $V_{DRM}$    | V                | 1,200              | 1,000 | 600 | 1,200              | 1,000 | 600 | 1,200               | 1,000 | 600 | 1,200                                                                              | 1,000 | 600 | 1,200               | 1,000 | 800 |                                    |  |
| 過渡せん頭順阻止電圧(最大)      | $V_{DSM}$    | V                | 1,350              | 1,200 | 720 | 1,350              | 1,200 | 720 | 1,350               | 1,200 | 720 | 1,350                                                                              | 1,200 | 720 | 1,350               | 1,200 | 920 |                                    |  |
| 実 効 電 流             | $I_T(RMS)$   | A                | 157                |       |     | 236                |       |     | 390                 |       |     | 470                                                                                |       |     | 630                 |       |     |                                    |  |
| 平 均 順 電 流           | $I_T(AV)$    | A                | 100                |       |     | 150                |       |     | 250                 |       |     | 300                                                                                |       |     | 400                 |       |     |                                    |  |
| サ ー ジ 電 流           | $I_{TSM}$    | A                | 4,000              |       |     | 4,000              |       |     | 5,000               |       |     | 5,000                                                                              |       |     | 7,000               |       |     |                                    |  |
| 電 流 = 乗 積           | $I^2T$       | A <sup>2</sup> s | 65×10 <sup>3</sup> |       |     | 65×10 <sup>3</sup> |       |     | 100×10 <sup>3</sup> |       |     | 100×10 <sup>3</sup>                                                                |       |     | 200×10 <sup>3</sup> |       |     |                                    |  |
| せん 頭 ゲ ー ト 入 力      | $P_{GM}$     | W                | 16                 |       |     |                    |       |     |                     |       |     |                                                                                    |       |     |                     |       |     |                                    |  |
| 平 均 ゲ ー ト 入 力       | $P_{GM(AV)}$ | W                | 3                  |       |     |                    |       |     |                     |       |     |                                                                                    |       |     |                     |       |     |                                    |  |
| せん 頭 ゲ ー ト 順 電 圧    | $V_{FGM}$    | V                | 10                 |       |     |                    |       |     |                     |       |     |                                                                                    |       |     |                     |       |     |                                    |  |
| せん 頭 ゲ ー ト 逆 電 圧    | $V_{RGM}$    | V                | 5                  |       |     |                    |       |     |                     |       |     |                                                                                    |       |     |                     |       |     |                                    |  |
| せん 頭 ゲ ー ト 順 電 流    | $I_{FGM}$    | A                | 4                  |       |     |                    |       |     |                     |       |     |                                                                                    |       |     |                     |       |     |                                    |  |
| 臨 界 順 電 流 上 昇 率     | $di/dt$      | A/μs             | 100                |       |     | 100                |       |     | 100                 |       |     | 100                                                                                |       |     | 200                 |       |     |                                    |  |
| 動 作 接 合 部 温 度       | $T_j$        | °C               | -40~125            |       |     |                    |       |     |                     |       |     |                                                                                    |       |     |                     |       |     |                                    |  |
| 保 存 温 度             | $T_{stg}$    | °C               | -40~150            |       |     |                    |       |     |                     |       |     |                                                                                    |       |     |                     |       |     |                                    |  |
| 締 付 け ト ル ク ・ 圧 接 力 |              | kg・cm<br>kg      | 300                |       |     | 300                |       |     | 400                 |       |     |  |       |     | 1,500               |       |     |                                    |  |
| 重 量                 |              | g                | 260                |       |     | 260                |       |     | 530                 |       |     | 2,800                                                                              |       |     | 230                 |       |     |                                    |  |

動作特性 (最大値)

| 項 目                 | 記 号           | 単 位  | CR 100 B |    |    | CR 150 B |    |    | CR 250 A |    |    | CR 300 A |    |    | FT 500 A |    |    |                                         |
|---------------------|---------------|------|----------|----|----|----------|----|----|----------|----|----|----------|----|----|----------|----|----|-----------------------------------------|
|                     |               |      | W        | X  | Y  | W        | X  | Y  | W        | X  | Y  | W        | X  | Y  | W        | X  | Y  |                                         |
| 平 均 逆 電 流           | $I_R(AV)$     | mA   | 15       |    |    | 15       |    |    | 15       |    |    | 15       |    |    | 30       |    |    | 单相半波平均                                  |
| 平 均 順 漏 れ 電 流       | $I_D(AV)$     | mA   | 15       |    |    | 15       |    |    | 15       |    |    | 15       |    |    | 30       |    |    | 单相半波平均                                  |
| 順 電 圧 降 下           | $V_{TM}$      | V    | 2.15     |    |    | 1.95     |    |    | 1.90     |    |    | 1.90     |    |    | 2.2      |    |    |                                         |
| ゲ ー ト ト リ ガ 電 圧     | $V_{GT}$      | V    | 3.0      |    |    | 3.0      |    |    | 4.0      |    |    | 4.0      |    |    | 4.0      |    |    |                                         |
| ゲ ー ト 非 ト リ ガ 電 圧   | $V_{GD}$      | V    | 0.25     |    |    | 0.25     |    |    | 0.25     |    |    | 0.25     |    |    | 0.20     |    |    |                                         |
| ゲ ー ト ト リ ガ 電 流     | $I_{GT}$      | mA   | 300      |    |    | 300      |    |    | 350      |    |    | 350      |    |    | 350      |    |    |                                         |
| タ ー ン オ ン 時 間       | $t_{gt}$      | μs   |          |    |    |          |    |    |          |    |    |          |    |    |          |    |    |                                         |
| タ ー ン オ フ 時 間       | $t_q$         | μs   | 50       | 30 | 15 | 50       | 30 | 15 | 50       | 30 | 15 | 50       | 30 | 15 | 50       | 30 | 15 |                                         |
| 臨 界 順 阻 止 電 圧 上 昇 率 | $dV/dt$       | V/μs | 100      |    |    | 100      |    |    | 100      |    |    | 100      |    |    | 200      |    |    |                                         |
| 熱 抵 抗               | $\theta_{jc}$ | °C/W | 0.22     |    |    | 0.15     |    |    | 0.13     |    |    | 0.19*    |    |    | 0.06**   |    |    | $\theta_{ja}$<br>** $\theta_{\delta-f}$ |

特性をもち、 $di/dt=100$  A/ $\mu$ s (FT 500 AW, X, Y は 200 A/ $\mu$ s) という高い  $di/dt$  耐量をもっている。表 4.1 にこれらの定格および特性をしめす。

4.2 静特性

4.2.1 電圧定格と特性

(1) 阻止電圧

サイリスタの電圧定格には定格順阻止電圧  $V_{DRM}$  と定格逆電圧  $V_{RRM}$  があり、通常サイリスタの耐圧はこれらをさしている。 $V_{DRM}$  および  $V_{RRM}$  は定格内条件のもとで、素子の順方向および逆方向にくりかえし加えうる最高の電圧値として定義されている。また  $V_{DRM}$  および  $V_{RRM}$  に対して、過渡せん頭順阻止電圧  $V_{DSM}$  および過渡せん頭逆電圧  $V_{RSM}$  がきめられている。 $V_{DSM}$  および  $V_{RSM}$  は、順方向または逆方向に瞬時に非くりかえし的に印加され得る最高の順阻止電圧または逆電圧として定義されている。

大電力インバータ用サイリスタにおいては、定格順阻止電圧と定格逆電圧は等しく、また過渡せん頭順阻止電圧および過渡せん頭逆電圧は、定格順阻止電圧および定格逆耐圧に対して、 $V_{DRM}$  1,000 V 以

下のクラスでは 20% 増し、1,200 V 以上のクラスでは 150 V 増しとなっており、過渡電圧に対して余裕がとられている。この  $V_{DRM}$  および  $V_{RRM}$  は、阻止状態において許容されるもれ電流の大きさ（これは阻止状態での熱損失と熱安定度の条件からきめられている）か、またはブレイクオーバー電圧  $V_{BO}$  によってきめられる。この  $V_{DRM}$  および  $V_{RRM}$  における最大の順もれ電流  $I_D$  および逆もれ電流  $I_H$  は、十分の余裕をみて、CR 100 BW, X, Y~CR 300 AW, X, Y では 15 mA, FT 500 AW, X, Y では 30 mA にとられている。

いっぽう過渡せん頭順阻止電圧は、素子が阻止しうる最高の電圧であるから、素子のブレイクオーバー電圧  $V_{BO}$  よりつねに低くとられている。

(2) ブレイクオーバー電圧  $V_{BO}$  と  $dV/dt$  特性

ブレイクオーバー電圧  $V_{BO}$  は、接合部温度  $T_j$ 、阻止時のゲート電圧（電流）、印加順電圧の立上り率  $dV/dt$  によって大きく影響され、これらの増加によって低下する性質をもっている。したがって  $V_{BO}$  は最大動作接合部温度  $T_j=125^\circ\text{C}$ 、ゲート電圧  $=V_{GNT}$ （非トリガゲート電圧  $=0.20\sim0.25$  V）印加の条件で定められ、それによって  $V_{DSM}$  お

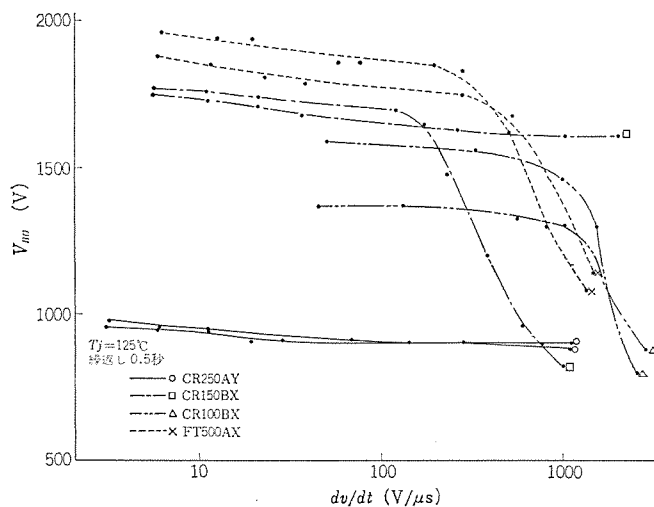


図 4.1  $V_{BO}$  の  $dV/dt$  依存性  
 $dV/dt$  characteristics of break over voltage  $V_{BO}$ .

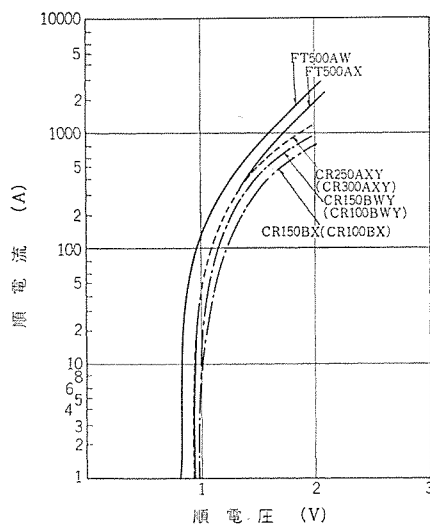


図 4.2 代表的順特性(導通時)  
Typical forward characteristics (on-state) of Mitsubishi high power inverter use thyristors.

および  $V_{RSM}$  がきめられる。 $dV/dt$  特性に関しても、定格  $dV/dt$  において、保障される順阻止電圧値がきめられており、大電力インバータ用サイリスタにおいても一般電力用サイリスタと同様、 $T_j=125^\circ\text{C}$ 、 $V_{GNT}$  印加の条件で、定格順阻止電圧の 1/2 以上の阻止電圧を保障している。しかし実際には図 4.1 にみられるように、定格の  $dV/dt$  においては、 $V_{BO}$  はほとんど低下せず、したがって定格順阻止電圧を保つように製作されている。なお印加順電圧の波形は一般に用いられる指数関数的波形を用いており、 $dV/dt$  の値は、印加順電圧がゼロから最終印加電圧  $V_D$  の 63% になるまでの点を直線でむすび、その傾斜によって定義している。このように大電力インバータ用サイリスタは、高い  $dV/dt$  の条件での使用が可能であり、応用上使いやすくなっている。

#### 4.2.2 電流定格

サイリスタの電流定格は、素子の順電圧降下・熱抵抗・最高動作・接合部温度・ケース(またはフィン)温度によってきめられている。もちろん実際に流しうる電流値は使用条件によって異なる。まず順電圧降下は順損失に関連して重要である。図 4.2 に CR 150 BW, X, Y, CR 250 AW, X, Y, FT 500 AW, X, Y の代表的な順電圧降下をしめす。なお最大順電圧降下は、同電流定格の一般電力用サイリスタと比較した場合、CR 150 BW, X, Y と CR 250 AW, X, Y (CR

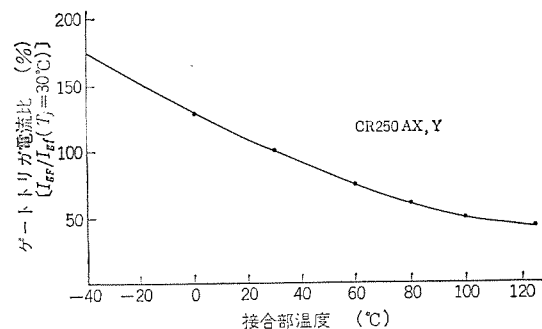


図 4.3 接合部温度によるゲートトリガ電流の変化(例)  
Typical example of temperature dependence of gate trigger current.

300 AW, X, Y) は若干高く、CR 100 BW, X, Y と FT 500 AW, X, Y は同じである。また最大過渡および定常熱抵抗は、一般電力用サイリスタと同じものである。したがって、同電流定格の一般電力用サイリスタと比較して、最大許容ケース温度またはフィン温度は、CR 150 BW, X, Y と CR 250 AW, X, Y (CR 300 AW, X, Y) の場合若干低くなっている。

#### 4.2.3 ゲート特性

一般電力用サイリスタとほとんど同じ特性をもっているものと考えてよい。ただしインバータ用素子のゲートトリガ電流値の温度依存性は、一般用サイリスタのそれと異なっているので、CR 250 A, X, Y の場合を例にとって、図 4.3 に示す。他の機種についてもほぼ同様の傾向があると考えてよい。

#### 4.3 スイッチング特性

##### 4.3.1 ターンオン時間

大電力用サイリスタのターンオン時間 ( $t_{gt}$ ) は、ゲートにトリガ電流を印加してから順電圧がその 10% に減少するまでの時間として定義される。そしてこのターンオン時間は、順電圧が 90% に減少するまでの遅れ時間  $t_d$  と、90% から 10% に減少するまでの立上り時間  $t_r$  にわけられる。このターンオン時間は、素子の直列接続とターンオン損失に関連して重要である。すなわち、サイリスタを直列接続する場合には、直列素子間のターンオン時間のばらつきは少ないものでなければならぬし、またターンオン時におけるターンオン損失は、高周波インバータの場合全損失中大きな割合をしめるため、極力小さいものがのぞましいからである。

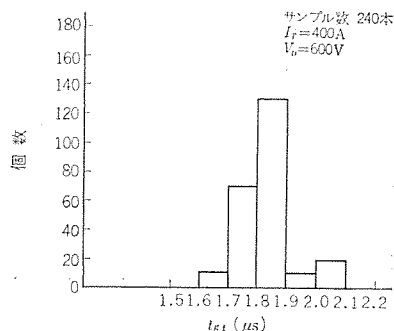
ターンオン時間は、素子自体の特性によるほかに、一般にはつぎのような回路条件や使用条件によって変化する。

- (1) ゲート電流の大きさとそのパルス幅
- (2) ゲート電流波形
- (3) 負荷電流
- (4) 順電圧
- (5) 接合部温度
- (6) 負荷の種類

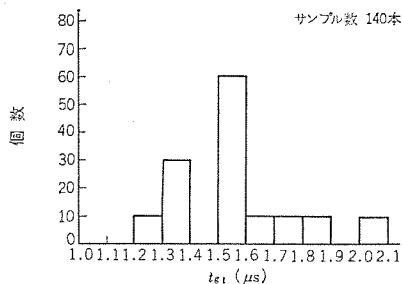
したがって、ターンオン時間の測定値には測定条件が明示されねばならないし、これらの要因による変化特性を知ることが応用上必要である。

まず当社における大電力サイリスタのターンオン時間測定回路においては、負荷は純抵抗であり、回路内のインダクタンスはゼロとなるように考慮されている。そして標準測定条件はつぎのとおりである。

- (a) ゲート電流の大きさと波形：ハイゲートドライブ波形
- (b) 接合部温度： $25^\circ\text{C}$



(a) FT 500 AX



(b) CR 250 AX, W

図 4.4 ターンオン時間分布例  
Distribution of turn-on time.

(c) 負荷電流: 定格電流に等しい電流値

(d) 印加順電圧: 定格順阻止電圧の 1/2

つぎにこの回路によって測定した実際の電力インバータ用サイリスタのターンオン時間のばらつきと、上記要因による変化特性をのべる。

(1) ターンオン時間のばらつき

図 4.4 に、FT 500 AX と CR 250 AX のターンオン時間の分布例をしめす。他の機種の場合もほとんど異ならないと考えてよい。この例にみられるように、ターンオン時間はほとんどが  $2\mu\text{s}$  以内であり、そのばらつきも  $1\mu\text{s}$  以内にはいっている。

(2) ゲート電流依存性

また、図 4.5 に、FT 500 AX と CR 250 AX のターンオン時間のゲート電流依存性の例をしめす。ここで、#1 は代表的な点弧ゲート電流をもつ素子の例、#2 は比較的大きな点弧ゲート電流をもつ素子の例である。そして、ゲートパルス幅を一定 ( $30\mu\text{s}$ ) とし、ゲート電流の大きさをかえて、遅れ時間  $t_d$  と立上り時間  $t_r$  の変化をもとめたものである。これから、ターンオン時間は、ゲート電流の大きさによって大きく変化すること、そのうち遅れ時間のゲート電流による変化が大きく、立上り時間はほとんど変わらないことがわかる。そして、ゲート電流の小さいところでは、個々の素子間ターンオンの時間のばらつきは大きくなるが、十分なゲート電流を印加することによってターンオン時間は短く、そのばらつきも小さくなる。また、立上り時間の素子間のばらつきはほとんどみられないことは、応用上有利なものとなっている。

(3) 順電流依存性

図 4.6 に CR 250 AX のターンオン時間の順電流依存性の例をしめす。ゲート電流パルス幅を一定 ( $30\mu\text{s}$ ) とし、ゲート電流が、 $I_g=150\text{mA}$  と  $1,000\text{mA}$  の場合について、遅れ時間  $t_d$ 、立上り時間  $t_r$ 、ターンオン時間と順電流の関係をもとめたものである。遅れ時間、立上り時間とも、順電流のかなり小さくなった場合をのぞいては、それほど変化せず、飽和の傾向をしめしている。すなわち通常の使用電

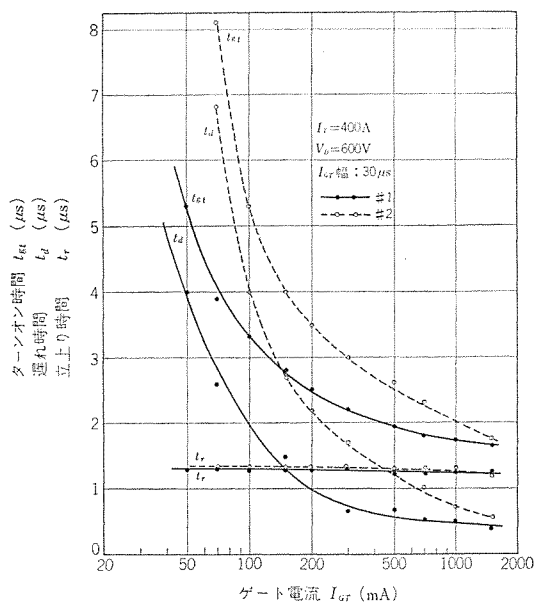


図 4.5(a) ターンオン時間のゲート電流依存性  
 $I_{GT}$  dependence of  $t_{ot}$  (FT 500 AX).

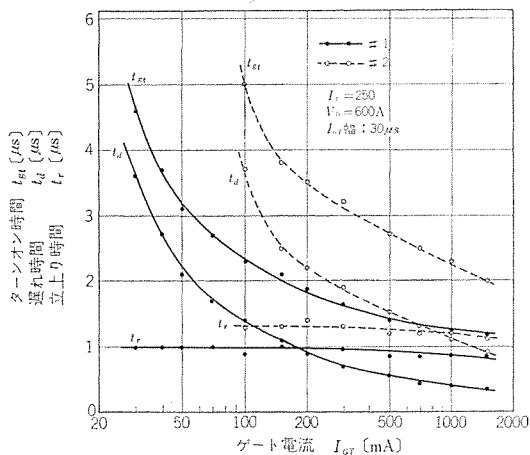


図 4.5(b) ターンオン時間のゲート電流依存性  
 $I_{GT}$  dependence of  $t_{ot}$  (CR 250 AX).

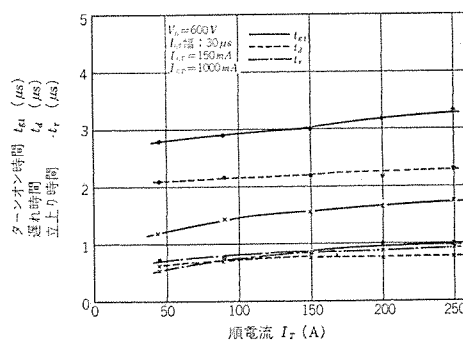


図 4.6 ターンオン時間の順電流依存性  
Forward current dependence of turn-on time (CR 250 AX).

流値では、ターンオン時間は不変と考えることができる。これは他の機種についても同様である。

(4) 順電圧依存性

図 4.7 に CR 250 AX のターンオン時間の順電圧依存性をしめす。やはり、ゲート電流をパラメータとして、遅れ時間  $t_d$ 、立上り時間  $t_r$ 、ターンオン時間  $t_{on}$  と順電圧の関係をもとめたものである。遅れ時間、立上り時間とも、順電圧が減少するにつれて増加する傾向をもち、この傾向はゲート電流の小さいときほど顕著である。この傾

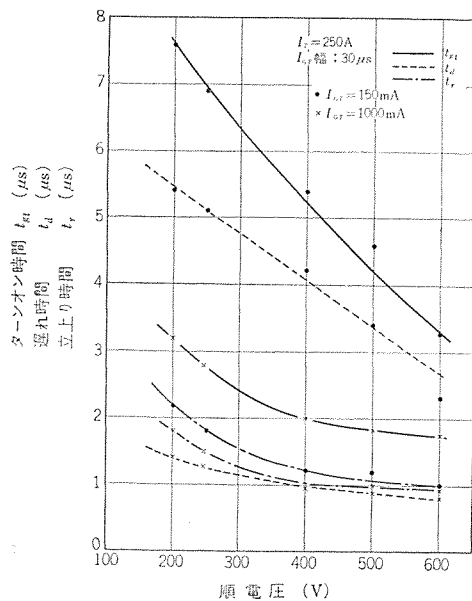


図 4.7 ターンオン時間の順電圧依存性  
Forward applied voltage dependence of turn-on time (CR 250 AX).

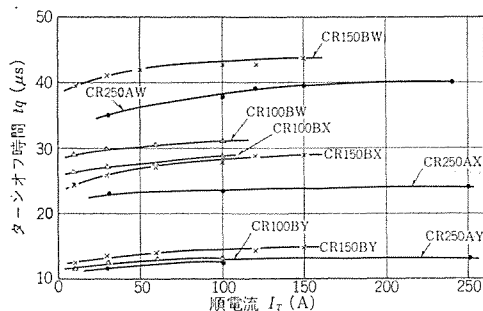


図 4.9 ターンオフ時間の順電流依存性  
Forward current dependence of turn-off time  
(CR 250 AW, X, Y ; CR 150 BW, X, Y ;  
CR 100 BW, X, Y).

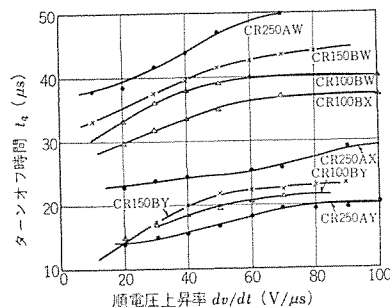


図 4.10(a) ターンオフ時間の \$dV/dt\$ 依存性  
\$dV/dt\$ dependence of turn-off time  
(CR 250 AW, X, Y ; CR 150 BW,  
X, Y ; CR 100 BW, X, Y).

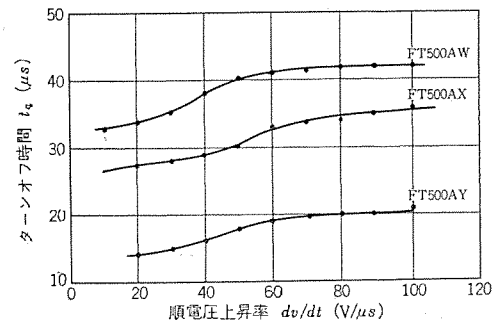


図 4.10(b) ターンオフ時間の \$dV/dt\$ 依存性  
\$dV/dt\$ dependence of turn-off time  
(FT 500 AW, X, Y).

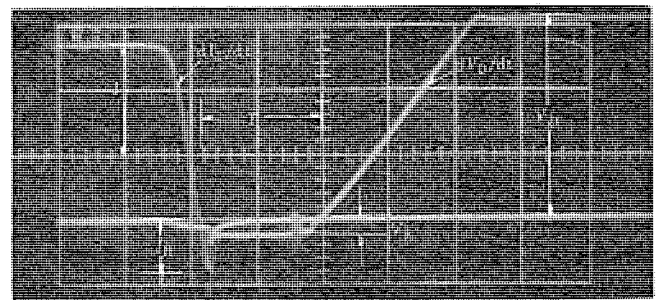


図 4.8 実際のターンオフ時間測定時の電圧電流波形  
Actual voltage and current wave forms in measuring  
turn-off time (FT 500 AX).

向はサイリスタにとっては一般的なものであり、順電圧依存性のみならず、ゲート電流依存性や他の特性  $di/dt$  に関しても安定した動作特性をうるためには、十分大きなゲート電流を印加することが望ましいといえる。

#### 4.3.2 ターンオフ時間<sup>(22)</sup>

サイリスタのターンオフ時間は、その使用条件あるいは回路条件によって変わることはすでに述べた。サイリスタをターンオフさせる方法としては、順電流をシャ断する方法と、強制的に逆電流を流す方法があるが、一般には後者が用いられるので、ここではこの場合についてべる。ターンオフ時間に影響する因子として、つぎのものがあげられる。

- (1) ターンオフ直前の順電流の大きさと、その増加する割合 ( $I_T$ ,  $dI_T/dt$ )
- (2) 逆方向回復電流の大きさとその増加する割合 ( $I_R$ ,  $dI_R/dt$ )
- (3) 再印加順電圧が印加される直前の逆電圧の大きさ ( $V_R$ )
- (4) ターンオフ後印加する再印加順電圧 ( $V_D$ ) とその上昇率 ( $dV_D/dt$ )
- (5) 接合部温度 ( $T_j$ )

このようにターンオフ時間に影響を及ぼす要因は多く、このうちいくつかはターンオフ時間に大きく影響するものである。したがって、

ターンオフ時間の表示にはその測定条件がきめられていなければならないし、使用条件におけるターンオフ時間を推定するために、ターンオフ時間の諸要因による変化特性をしることが必要である。まず当社で使用しているターンオフ時間測定時の電圧電流波形は図 4.8 に示すものである。

このうち、順電流  $I_T$ 、逆電圧  $V_R$ 、再印加順電圧の上昇率  $dV_D/dt$ 、再印加順電圧  $V_D$ 、電流が 0 になる点から順電圧が印加されるまでの時間  $T$  をそれぞれ独立に変えることができる。ターンオフ時間  $t_q$  は、この時間  $T$  を短くしていき、素子が順阻止能力を失う直前の値をよみ測定している。順電流パルスの幅は短く、その繰返しは毎秒 1 回程度であるために、素子の接合部温度の上昇率はほとんどない。そして標準測定条件はつぎのとおりである。順電流  $I_T$  ; 定格電流値、その幅 ; 約 100  $\mu$ s, ターンオフ後の再印加順電圧  $V_D$  ; 定格順阻止電圧の 1/2, その上昇率  $dV_D/dt$  ; 20 V/ $\mu$ s, 逆電圧  $V_R$  ; 50 V, 順電流の減少率  $dI/dt$  ( $I_T$  と  $V_R$  によってかわる) ; 約 100 A/ $\mu$ s, 接合部温度 ; 125°C, 図 4.8 は、FT 500 AX のターンオフ時間測定時の一例である。つぎに各要因依存性について述べる。

##### (1) 順電流依存性

図 4.9 にターンオフ時間の順電流依存性を示す。全般的にターンオフ時間の順電流依存性は他の要因によるものにくらべて小さく無視で

きるといえる。FT 500 AW, X, Y についてもこの傾向は同じである。これは導通時に蓄積された過剰電荷のほとんどが逆電流によって引き出されるためである。

## (2) $dV/dt$ 依存性

ターンオフ時間の  $dV/dt$  依存性を図 4.10 に示す。 $dV/dt$  によるターンオフ時間の変化は素子によって異なっているが、一般に  $dV/dt$  の小さいほうでターンオフ時間の増加は大きく、 $dV/dt$  が大きくなると飽和する傾向を示す。またターンオフ時間の長いものほど増加の割合が大きくなる傾向をもっている。たとえば、 $dV/dt$  が  $20\text{ V}/\mu\text{s}$  から  $100\text{ V}/\mu\text{s}$  になった場合のターンオフ時間の増加量は、W シリーズで約  $10\text{ }\mu\text{s}$ 、X シリーズで  $7\text{ }\mu\text{s}$ 、Y シリーズで  $5\text{ }\mu\text{s}$  程度である。このように  $dV/dt$  が高い場合には、ターンオフ時間が長くなるので応用上注意する必要がある。

## (3) 順電圧依存性

図 4.11 に、ターンオフ時間の順電圧依存性を示す。図中実線で示したものは  $dV/dt=50\text{ V}/\mu\text{s}$  の場合であり、点線は  $dV/dt=20\text{ V}/\mu\text{s}$  の場合である。いずれの場合も、順電圧の影響はそれほど大きくはないが、 $dV/dt$  が大きいほうが若干ターンオフ時間の増加率が大きい。その増加率の大きさは素子によって異なるが、一般的にはターンオフ時間の短い素子ほど、その増加率は少ない傾向を示す。

## (4) 接合部温度依存性

図 4.12 に、ターンオフ時間の接合部温度による変化特性をしめす。接合部温度  $T_j$  の上昇によるターンオフ時間の増加は、ほぼ直線的な関係を示し、その増加率は素子によらずほぼ  $20\text{ }\mu\text{s}/100^\circ\text{C}$  の程度であると考えるとよい。またターンオフ時間の短い素子では、この増加率は小さくなり、長い素子では若干大きくなる傾向にある。

## (5) 逆電圧依存性

図 4.13 に、逆電圧の大きさと、ターンオフ時間の関係を FT 500 AX の場合を例にあげる。ただし、ここで使用した測定回路におい

ては、逆電圧と逆電流およびその立上り率は独立に変えることができない。したがって逆電流と  $di/dt$  も変わっていると考えるべきでない。逆電圧がきわめて小さくなれば、ターンオフ時間は増加する傾向にあるが、ある電圧(図 4.13 の例では  $50\text{ V}$ )以上では飽和する傾向を示す。この飽和する電圧は、逆電流に関連して、回路条件によってきまるものと考えられる。

## 4.3.3 残留蓄積キャリア量 $Q_r$

ダイオードと同様、サイリスタにおいても、素子を導通状態から逆方向にスイッチした場合、瞬時的に逆電流が流れ、しかるのち逆方向阻止能力を回復する。このとき流れる逆電流は、導通状態において蓄積された過剰電荷が放出されるために生じるもので、この放出される電荷量  $Q_r$  が残留蓄積キャリア量である(図 4.14)。この残留蓄積キャリア量は、導通時の過剰電荷から、逆電流通電時に素子内部の再結合による量を差し引いたものであるから、素子の構造、とくにライフタイムによって変わり、ライフタイムを短くしたインバータ用サイリスタにおいては当然小さくなっている。また回路条件によっても大きく変わるものである。残留蓄積キャリア量とその特性は回路設計に必要であるので、以下に順電流、 $di/dt$ 、接合部温度との関係についてのべる。

### (1) 順電流依存性

図 4.15 に  $di/dt=30\text{ A}/\mu\text{s}$ 、 $T_j=125^\circ\text{C}$  における残留蓄積キャリア量の順電流依存性を示す。残留蓄積キャリア量  $Q_r$  と順電流  $I_T$  の間には  $\log Q_r \propto \log I_T$  の関係がみられるが、電流値の大きいところでは  $Q_r$  の増加は若干減少する傾向にある。図 4.15 にみられるように、大電力インバータ用サイリスタの  $Q_r$  は  $di/dt=30\text{ A}/\mu\text{s}$ 、 $T_j=125^\circ\text{C}$ 、 $I_T$ =定格値において、CR 100 BX で  $100\text{ }\mu\text{C}$ 、CR 150 BX、CR 250 AX、FT 500 AX では  $150\text{ }\mu\text{C}$  の程度であり、一般の同電

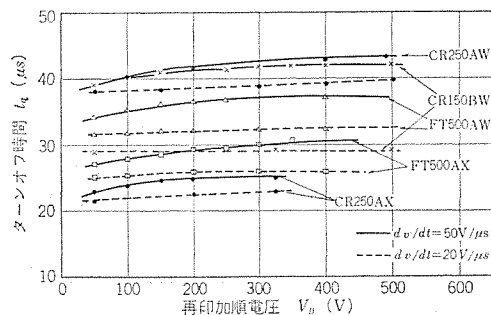


図 4.11 ターンオフ時間の順電圧依存性  
Forward applied voltage dependence of turn-off time.

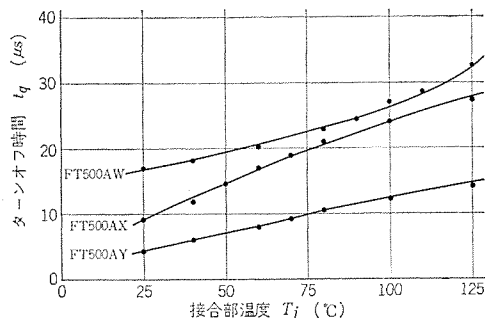


図 4.12(b) ターンオフ時間の接合部温度依存性  
Temperature dependence of turn-off time  
(FT 500 AW, X, Y).

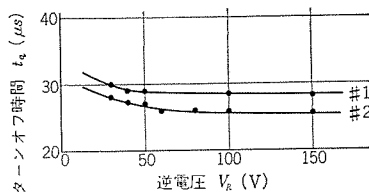


図 4.13 ターンオフ時間の逆電圧依存性  
Reverse applied voltage dependence  
of turn-off time (FT 500AX).

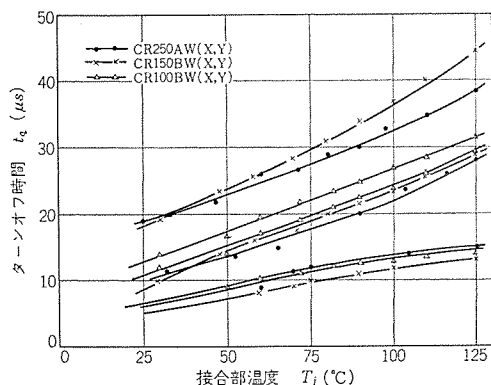


図 4.12(a) ターンオフ時間の接合部温度依存性  
Temperature dependence of turn-off time.  
(CR 250 AW, X, Y; CR 150 BW, X, Y; CR 100 BW, X, Y).

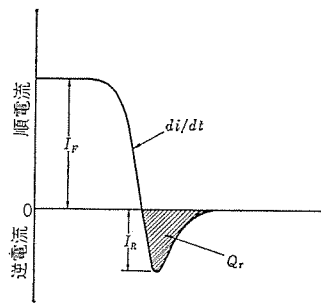


図 4.14 残留蓄積電荷測定時の電流波形  
Current wave forms during storage  
charge measurement.

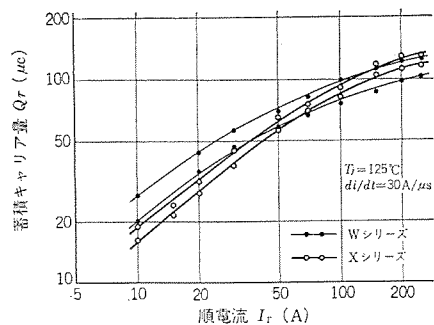


図 4.15(a)  $Q_r$  の順電流依存性  
Forward current dependence of  $Q_r$  (CR 100 BWX, CR 150 BWX, CR 250 AWX).

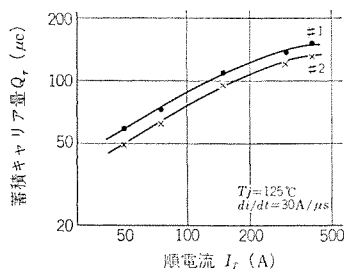


図 4.15(b)  $Q_r$  の順電流依存性  
Forward current dependence of  $Q_r$  (FT 500 AX).

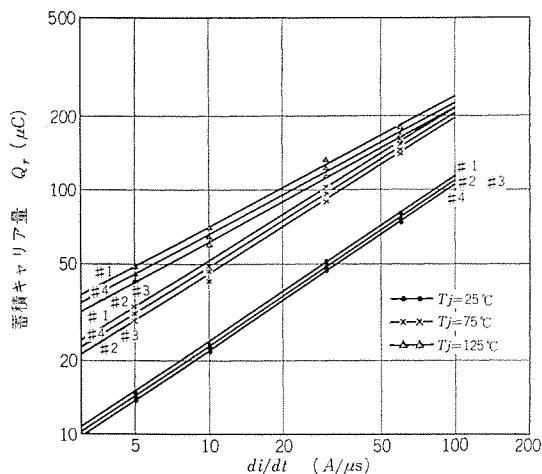


図 4.16(a)  $Q_r$  の  $di/dt$  依存性 (CR 100 BWX, CR 150 BWX, CR 250 AWX)  
 $di/dt$  dependence of  $Q_r$

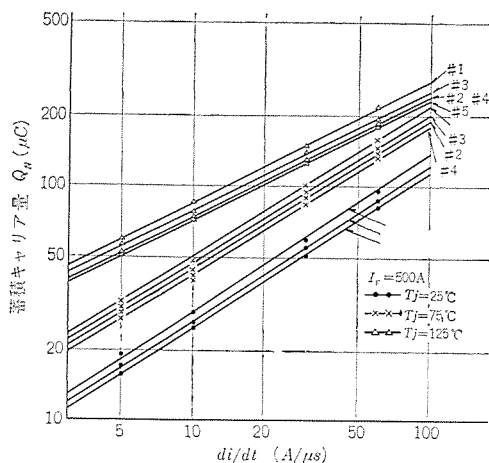


図 4.16(b)  $Q_r$  の  $di/dt$  依存性  
 $di/dt$  dependence of  $Q_r$  (FT 500 AX).

流容量の素子と比較するとかなり小さいものである。なおYシリーズにおいてはさらに小さくなっている。

## (2) $di/dt$ および接合部温度依存性

図 4.16 に、 $T_j = 25^\circ\text{C}$ ,  $75^\circ\text{C}$ ,  $125^\circ\text{C}$  における残留蓄積キャリア量

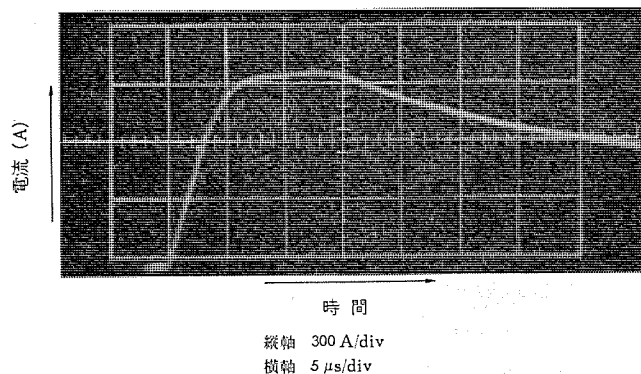


図 4.17  $di/dt$  測定時電流波形 (CR 250 AY の例)  
Forward current wave forms in  $di/dt$  capability measurement.

の  $di/dt$  依存性を示す。残留蓄積キャリア量  $Q_r$  と  $di/dt$ ,  $T_j$  の間には  $\log Q_r \propto \log(di/dt)$ ,  $\log Q_r \propto \log T_j$  の関係がみられる。

## 4.3.4 $di/dt$ 耐量

臨界順電流上昇率  $di/dt$  特性の測定は、本来破壊的性格のものである。この  $di/dt$  特性を評価する非破壊的方法としては、パルスターンオフ時間の測定、あるいはターンオン直後の順電圧降下の減少量の測定から推定する方法があるが、いずれも測定が複雑であり、また定性的な結果しか得られない。当社では出荷検査において、全数定格の  $di/dt$  を印加し、 $di/dt$  特性に異常のないことを確認している。とくに、大電力インバータ用サイリスタについては、応用上高い  $di/dt$  耐量が要求されるために、その改善にはとくに努力がなされている。ここに大電力インバータ用サイリスタのすぐれた  $di/dt$  特性を紹介するために、図 4.17 に、 $di/dt$  耐量試験時の電流波形を示す。

この例にみられるように、 $di/dt = 200 \text{ A}/\mu\text{s}$  で約 800 A まで上昇し、最高 1,000 A、パルス幅約 100  $\mu\text{s}$  の電流が毎秒 60 回印加されている。当社出荷検査に合格した CR 100 BWXY, CR 150 BWXY, CR 250 AWXY から抜取った数十個の試料では、ケース温度  $90 \sim 100^\circ\text{C}$  において上記条件での測定では不良は皆無であった。また数個の抜取り試料ではあるが  $di/dt = 270 \text{ A}/\mu\text{s}$ 、ピーク電流 1,350 A においても劣化はみられなかった。このように三菱大電力インバータ用サイリスタの  $di/dt$  特性はきわめてすぐれたもので、実用上必要とされる  $di/dt$  耐量を十分満足しているものと考えている。

## 5. むすび

順電圧降下を小さくして大きな電流をとる要求、耐圧をできるだけ高くする要求はスイッチング時間を短くすると言う要求と相いれない。後者のプロセスにおける操作を、前二者の要求に対して妨げとなることを最小にするようにする技術上の改善が重要である。

われわれはすでに 400 A、15  $\mu\text{s}$  の大電力高速スイッチングサイリスタを生産に移し、一部出荷している。無停電電源インバータ・車両用インバータ・車両用チョップ、などが今後ますます拡大されることが見込まれる応用用途である。これらの用途において、さらに多量のサイリスタが用いられ、これらの機器の応用面においていっそうの貢献が期待できる。

(昭 43-10-30 受付)

## 参考文献

- (1) C. Le. Can, et al : The Junction Transistor as a Switching denice, Philips Technical Library
- (2) 清水ほか : 三菱電機技報, 39, No. 10, (昭 10)
- (3) F. E. Gentry et al : Semiconductor Controlled Rectifiers,

Prentice-Hill INC

- (4) 清水ほか：電学連大，講演番号 1318 (昭 39)
- (5) 清水ほか：電学連大，講演番号 1684 (昭 40)
- (6) Yu. R. Nosov et al : Soviet Phys. Solid State 4, 12 (1963)
- (7) G. Bemski : Proc. IRE, 46 (1958)
- (8) 奥ほか：三菱電機技報，41, No. 11 (昭 42)
- (9) C. B. Collins et al : Phys. Rev. 105, No. 4 (1951)
- (10) G. Bemski : Phys. Rev. 111, No. 6 (1958)
- (11) J. M. Fairfield et al : Solid State Electronics, Pergamon Press 8, (1965)
- (12) A. E. Bakanowski et al : BSTJ 39, (1960)
- (13) J. D. Struthers : JAP 27, (1956) ; 28, (1957)
- (14) W. R. Wilcox et al : JAP 35, No. 1 (1954)
- (15) G. J. Sprokel et al : Jour. Electrochem. Soc. 112, No. 2
- (16) C. T. Sah et al : Proc. IRE 45, (1957)
- (17) W. R. Wilcox et al : Jour. Electrochem. Soc. 111, No. 12 (1964)
- (18) V. A. Kuzmin : Radio Engng and Electronic Phys. 8, (1963)
- (19) R. A. Kokosa : Proc. IEEE 55, No. 8 (1967)
- (20) N. Mapham : Electronics 17, (1962)
- (21) 岡ほか：三菱電機技報 39, No. 10 (昭 40)
- (22) R. F. Dyer et al : Direct Current, June (1962)



## 高エネルギー電子ビームモニターの特性

小浜 太郎\*・柳 沢 武\*・磯貝 文彦\*

## Experimental Properties of High Energy Electron Beam Monitors

Central Research Laboratory Tarô OHAMA・Takeshi YANAGISAWA・Fumihiko ISOGAI

A Faraday cup, a secondary electron monitor and a profile monitor have been manufactured as a high energy electron beam monitor used in an energy region over 30 MeV. The Faraday cup and the secondary electron monitor are used for measuring electron beam current. The profile monitor is to observe the spread of electron beam in a beam transport system. The Faraday cup being taken as reference, efficiency of the secondary monitor is measured by using an electron beam energy, electron beam average current and collecting voltage as parameters. Also characteristics of the profile monitor in the energy of about 60 MeV have been studied by the use of the beam transport system. As a result of the above experiment, it has been confirmed that these monitors will operate in conformity to an initial aim.

## 1. ま え が き

30 MeV を越える高エネルギー電子モニターとしてファラデカップ、二次電子モニター (SEM) およびプロフィールモニターの設計製作過程と、二次電子モニターおよびプロフィールモニターの特性をしらべた実験結果について報告する。

ファラデカップと二次電子モニターは ML-300 電子リニアック<sup>(1)</sup>の調整の際用いられ、現在も原子核による電子の弾性、非弾性散乱実験、各種物質に対する電子線照射の際、線量モニターとして用いられている。二次電子モニターの効率 (入射ビーム電流とコレクタからの出力電流の比) を電子ビームエネルギー、電子ビーム平均電流、成極電圧をパラメータとして測定し、アルミニウムはく1ペアあたりの効率として2~3%を得た。

プロフィールモニターはビーム輸送系中での電子ビームの空間的な広がりを知るモニターである。加速器から取り出されたビームは何個かの分析電磁石、Q 電磁石等の組合わせからできているビーム輸送系を集束発散をくり返しながらかんりの行程を走行するので、ビーム輸送系の中でのビームプロフィールを知る必要がしばしばある。今回製作したプロフィールモニターの特性はエネルギー60 MeVにおいて線形電子加速器のビーム輸送系を用いて調べた。

高出力の電子加速器に使うモニターを製作する際、放射線による損傷と熱による破壊の問題について十分考慮しなければならない。これらのモニターの出力は電気的に取り出されるので、モニター内外で電氣的絶縁を必要とする部分がある。放射線と熱に弱い有機物を絶縁物に用いることはできないので、ガラスとアルミナ磁器やベリリア磁器などのセラミックを用いた。これらの絶縁物は放射線と熱に強い反面、加工性、伸縮性が悪いので工作の段階で困難であった。とくに伸縮性を必要としたプロフィールモニターの絶縁物にはガラス繊維製のチューブを用いた。

ファラデカップ、二次電子モニターはすでに国外の高エネルギー加速器では多く用いられて種々の実験データが発表されているが、国内では30 MeV を越える電子線加速器がほとんどなく、そのモニターについてもあまり実験されていなかった。このため5~25 MeVの低エネルギー電子ビームを用いて予備的な実験を行ない、そのデータを設計、製作の資料とした。

プロフィールモニターはその原理は従来の電子ビームモニターの応用ではあるが、実際加速器につけて用いられるようになったのは最近のことであり、プロフィールを測定する決定的な方法は確立されていない。ここでは二次電子モニターを応用したプロフィールモニターを製作し実験した。

## 2. ファラデカップ、二次電子モニター、プロフィールモニターの構造

## 2.1 ファラデカップ

ファラデカップは古くから荷電粒子ビームのモニターとして使用されており、その原理は衆知である。ファラデカップは線形電子加速器で行なわれる種々の実験で線量の基準となるものであるので、測定精度を99%以上にするという必要があった。

ファラデカップの測定精度をあげるための条件

- (1) 入射した電子ビームがファラデカップを貫通しないこと。
- (2) ファラデカップ開口部から入射電子ビームの後方散乱によって散乱電子が空气中へ逃げないようにすること。
- (3) 入射電子ビームの非弾性散乱によって放出される二次粒子が空气中に逃げないようにすること。
- (4) 入射電子ビーム、散乱ビームが空気をイオン化することによってファラデカップの電荷が空气中に逃げないようにすること。
- (5) ファラデカップと大地間の絶縁抵抗を大きくすること。

上記(1)(2)(3)の問題はファラデカップの形状を考慮することによって避けることができる。このため図2.1に示したように電子ビーム入射部に筒状の穴をあけた構造にして、散乱電子、二次粒子を確実に捕えるようにした。その開口部の直径は2.2節で述べるように入射電子ビームの広がりを仮定して直径200 mmとし、穴の深さは入射電子ビームの最大入射角を20°と仮定して幾何的に決定し、600 mmとした。また穴の奥には原子番号の小さいグラファイトをおき、電子ビームの後方散乱の断面積を小さくした。

その他の部分の形状、寸法はBrown-Tautfestによって導びかれた式によって計算した<sup>(2)</sup>。その式は鉛とグラファイトの電子ビームの透過実験のデータと、後方散乱角の計算値から導びかれファラデカップの厚さを計算するものである。

$$f \leq 2E_0 \left( 1 - \frac{10 \ln E_0 + 53}{E_0} \cdot t \right) \exp \left\{ -0.236 \left( x - \ln \frac{E_0}{185} \right) \right\} \dots \dots (2.1)$$

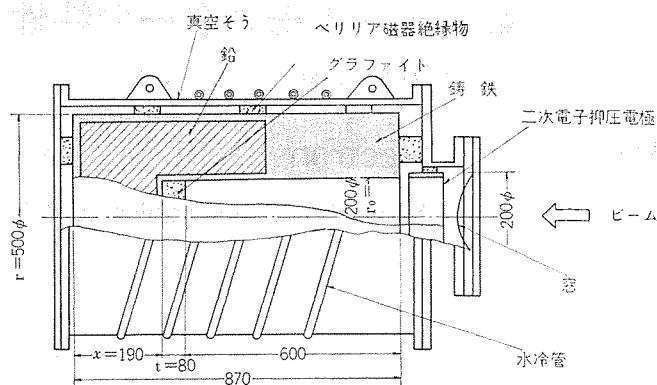


図 2.1 ファラデカップの構造  
Schematic drawing of the Faraday cup.

ここに  $f$  : ファラデカップの測定誤差 (%)

$E_0$  : 入射電子ビームのエネルギー (MeV)

$t$  : グラファイトの厚さ (radiation length)

$x$  : ファラデカップの厚さ (radiation length)

われわれの場合、 $t$  は工作上から 0.1 radiation length (80 mm) にとって式 (2.1) より  $x$  を  $E_0=300$  MeV に対して算出したが、実際には余裕をみて 190 mm とした。また開口部の厚さ ( $r-r_0$ ) もやはり Brown-Tautfest よって導かれた式より算出した。

$$r = 0.85x - 2 + \frac{r_0}{2} \dots\dots\dots (2.2)$$

ここに  $r$  : ファラデカップの外径 (radiation length)

$r_0$  : ファラデカップの開口部の直径 (radiation length)

式 (2.1) および式 (2.2) で用いた  $t$ ,  $x$ ,  $r$  および  $r_0$  の単位はすべて radiation length であるので使用する材料によって実長は異なった値になる。

前に述べた (4) の問題に対処するため、ファラデカップを真空そうの中におさめ、またファラデカップを移動する場合も考慮してこの真空系はビーム輸送系からは独立させたので、ビームを通過させると同時に真空を保持するための窓が必要となった。窓は 2 枚のフランジの間に 0.15 mm 厚さのアルミニウムの板をはさみ、アルミニウム・ガスケットを用いて封じたものであり、機械的にも熱的にも十分な強度を有している。この窓は後述の二次電子モニターも同じものを用いている。また開口部の付近に二次電子抑圧電極をとりつけこれに負の電圧をかけることによって、二次粒子を追い返す効果を強めるようにした。

ファラデカップと真空そうの間の電気的な絶縁物は、重量 1,800 kg のファラデカップをささえるだけの強度があり、また次に述べるように熱放散の点から熱伝導率の大きいもので、しかも電気的抵抗が大きいものという要求からベリリア磁器を用いた。後述のように出力電流の測定に最高 30 MΩ の高入力インピーダンスの電流積分器を用いたので、ファラデカップの絶縁抵抗は 30 MΩ を目標とし、実測値 50 MΩ を得た。

ファラデカップは入射する電子ビームのエネルギーをすべてその内部で失わせるものであるから大量の熱を発生する。最大発熱量は入射電子ビームのエネルギーがすべて熱に変換されるものとして算出した。ファラデカップの最大入力は線形電子線加速器の性質から電子ビームのエネルギー 150 MeV、平均電流 13 μA のときと仮定すると 2 kW、毎秒 460 cal の熱量が発生することになる。真空そうの外側を水冷してその温度を 25°C に保ち、ファラデカップの温度が 225°C であるとして、その間に熱伝導率 0.5 cal/cm・s・°C、厚さ 20 mm のベリリア磁器を接触面積 200 cm<sup>2</sup> で介在させ、熱の接触抵抗を無視すると、ベリ

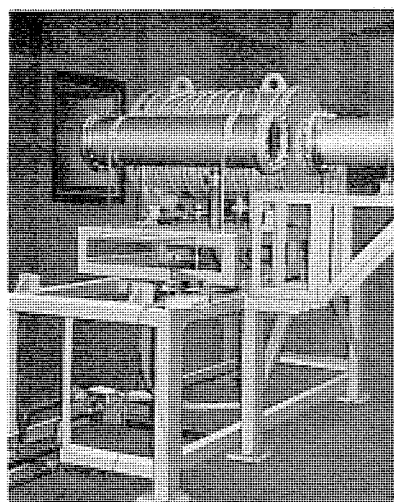


図 2.2 ファラデカップの外観  
Photo of the Faraday cup.

ア磁器を通して流れる熱量は毎秒 10<sup>4</sup> cal. となり、毎秒発生する熱量より十分大きいので温度上昇はなくなるという計算結果が得られる。一方電子ビームが窓を通過する際にもそのエネルギーの一部が熱となるが、計算の結果窓については自然空冷で十分である。

真空そうにおさめたファラデカップは架台の上に置かれていて、ビーム輸送系との相互の位置を調整することができる。また実験の種類によってはファラデカップで散乱される電子がバックグラウンドとなるので、一度二次電子モニターを校正してしまえば取り除いてビームを後方へ導ぐためのダクトと置き換える。架台には電流積分器、排気用ポンプ、真空計が取り付けられるようになっている。

## 2.2 二次電子モニター

二次電子モニター (Secondary Electron Monitor-SEM) は、高エネルギー電子ビームの線量モニターとして開発された<sup>(3)</sup>。その構造は図 2.3 に示すように真空中に 10 μ 程度の厚さの金属はくを 2 枚以上相互に絶縁して向い合わせに並べ、交互にエミッタ、コレクタとしたものである。コレクタはエミッタに対して正の電位におき、電子ビームが金属はくを通過する際、電子ビームの作る電界によってその表面から放出される二次電子をコレクタに集める。このコレクタからアースに流れる電流値を測定することによって、二次電子モニターを通過した電子ビームの線量をモニターする。

二次電子モニターの特長は次のような点にある。

(1) ファラデカップでモニターするときは電子ビームをさえぎってしまうのに対して、二次電子モニターは電子ビームをそこなうことなくその線量をモニターできる。たとえば 10 μ の厚さのアルミニウムはく 10 枚で構成した二次電子モニターに 100 MeV の電子ビームが通過したとき失うエネルギーは約 40 keV にすぎず、100 MeV に対して無視できる。

(2) 入射電子ビームのエネルギーにほとんど依存しない。

(3) 直線性がよく、大きな入力に対しても飽和しない。

(4) 構造が簡単であり、放射線損傷に対して強く寿命が長い。

(5) 入射した電子ビームがモニターを通過してしまうので、ファラデカップのようにモニターで散乱電子を生じて実験のバックグラウンドレベルを大きくすることがない。

ビームモニターは入射ビームに対する有効な口径が大きいことが望ましいが、工作上的の制約がありあまり大きくすることはできない。そこで一般に実験で用いられているターゲットの厚さとビームの広が

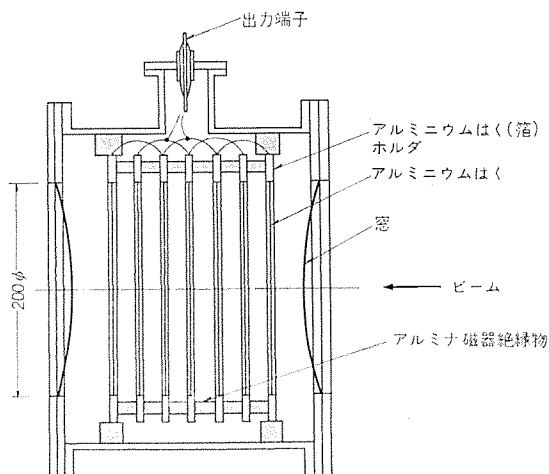


図 2.3 二次電子モニターの構造  
Schematic drawing of the secondary electron monitor.

を考慮して、二次電子モニターの有効径を 200 mm とした。

二次電子モニターの効率はその原理からモニター内部の真空度、電極表面のよごれに大きく影響されることが予想される<sup>(4)</sup>。二次電子モニターの真空系はモニターを移動する場合も考慮してビーム輸送系とは独立にしたので、窓が必要になった。この窓はファラデカップに用いたものと同じ構造であり、十分な機械的強度と真空に対するシールを持っている。十分よい真空を得るために各部品を 600°C で 10 時間以上ベークアウトのうえ組立て、組立後油拡散ポンプで排気し、チップオフの後、8 l/s の容量のイオンポンプによって排気した。この結果常に  $1.0 \times 10^{-7}$  torr 以上の高真空に保つことができた。

二次電子モニターの効率は入射ビーム電流とコレクタからの出力電流の比で定義され、コレクタ、エミッタ各 1 枚ずつのペアに対して約 2% であるといわれている<sup>(2)</sup>。しかし国内での実験例は少なく、当社では製作した経験がなかったので、低エネルギー電子ビームによって二次電子モニターの効率を求める実験を行なった。この結果は 3.1 節で述べるように 2~3% の効率であった。また定量的な結果は得られなかったが、二次電子モニターの効率を左右する一番大きい要素は真空度、とくに真空容器内壁のよごれであることがわかった。

二次電子モニターの効率を 1 ペアあたり 2% として、アルミはくを 6 ペア (7 枚) 用いて全体として 10~15% の効率を期待した。また二次電子モニターの出力電流はファラデカップと同様に電流積分器を用いたので、電気的絶縁抵抗は十分大きいことが必要である。このため真空度の問題と関連してアルミナ磁器を絶縁物として用いた。

ファラデカップ、二次電子モニターの出力は、線形電子加速器の出力ビームがパルスであるので、モニターの出力パルスの波高値は十分大きくても、それを平均して電流計で指示しようとするれば平均した出力電流は小さく、電流増幅した後に電流計につながねばならない。またある時刻における平均電流値とともに、ある時間内のビーム電流の積分量を知る必要がある。二次電子モニターの実験のために刻々の平均電流を電流計に指示すると同時に、ある時間内の電流積分値をレジスタに表示する機能を備えた電流積分器<sup>(5)</sup>を製作した。

電流積分器の回路構成を図 2.5 に示す。この回路は入力平均電流を直流増幅器で増幅した後、電流計に指示する。また直流増幅器の出力は積分コンデンサに充電され、その両端の電圧がある一定の値に達すると、トリガ回路が動作してリレーにより放電用接点が閉じて積分コンデンサは放電する。放電用接点は次の瞬間にふたたび開いてまた充電が開始される。トリガ回路が動作するとにレジスタが動

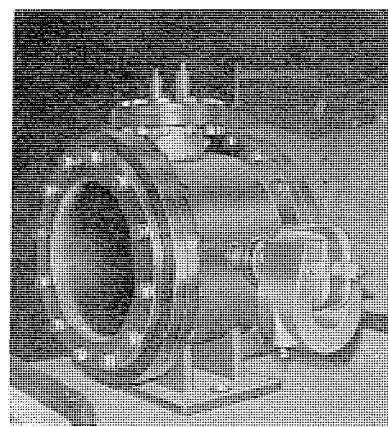


図 2.4 二次電子モニターの外観  
Photo of the secondary electron monitor.

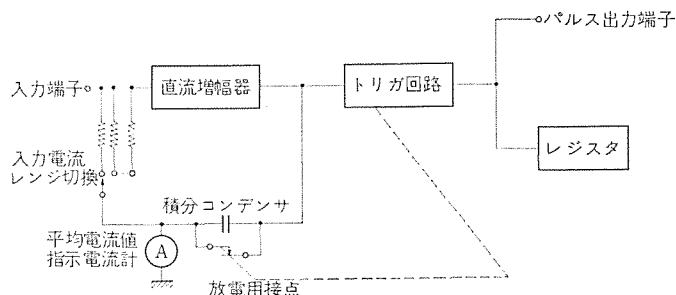


図 2.5 電流積分器の構成  
Block diagram of the beam current integrator.

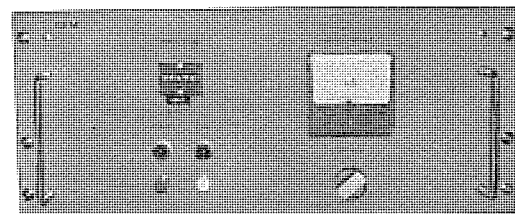


図 2.6 電流積分器のパネル面  
Photo of the beam current integrator.

作し、積分コンデンサに充電されたある時間内の入力電流の積分値を表示する。

ファラデカップ、二次電子モニターの置かれている実験室と測定室は約 150 m 離れているので、電流積分器の大部分は実験室の架台におさめ、電流計、レジスタ、レンジ切換スイッチ等は測定室に置いた。スイッチの遠隔操作は多心ケーブルとリレーで行ない、また可変抵抗器はマイクロモーターで操作した。図 2.6 に測定室に置いた電流積分器のパネルを示す。入力電流のレンジは電流計フルスケールに対して 0.03 から 30  $\mu\text{A}$  まで 7 段階に切換えることができ、レジスタは電流計がフルスケールのとき毎秒 2 カウントの割合で動作する。瞬時値、積分値ともに誤差は 1% 以内を目標にした。

### 2.3 プロフィールモニター

ビーム輸送系のダクト内における電子ビームの空間的な広がりを知る目的で、これまでいろいろな方法が試みられてきた。そのうち電子ビームの形状を直視するものとしては、たとえば水晶などの発光体に直接電子ビームをあて、その発光をテレビカメラを通して離れた位置から見たり、ガラス板の着色、複写用感光紙や写真乾板の感光状態を見る方法<sup>(6)</sup>などがよく用いられた。しかし、これらのうち前二つは測定中は電子ビームをささぎってしまい、また複写用感光紙や写真乾板は回収後現像液を通すまでその結果はわからない。さらに発光体を除いてはくり返し使用することができないので、電子ビーム

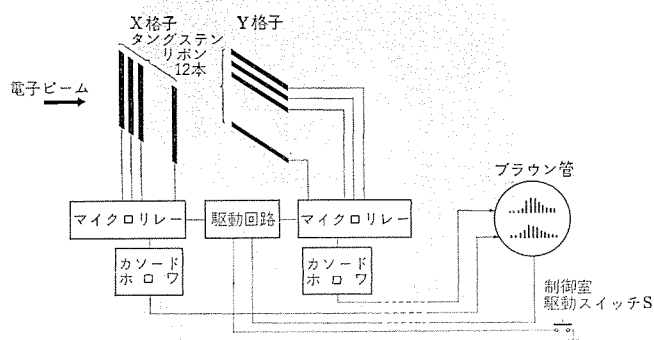


図 2.7 プロフィールモニターの構成  
Block diagram of the beam profile monitor.

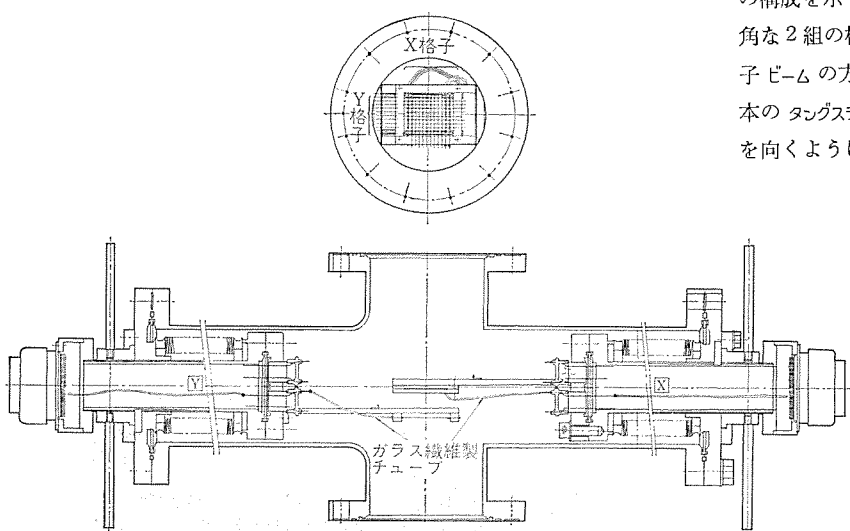


図 2.8 12本のタングステンリボンからなる格子  
Schematic drawing of the mesh consisting of 12 tungsten ribbons and the profile monitor.

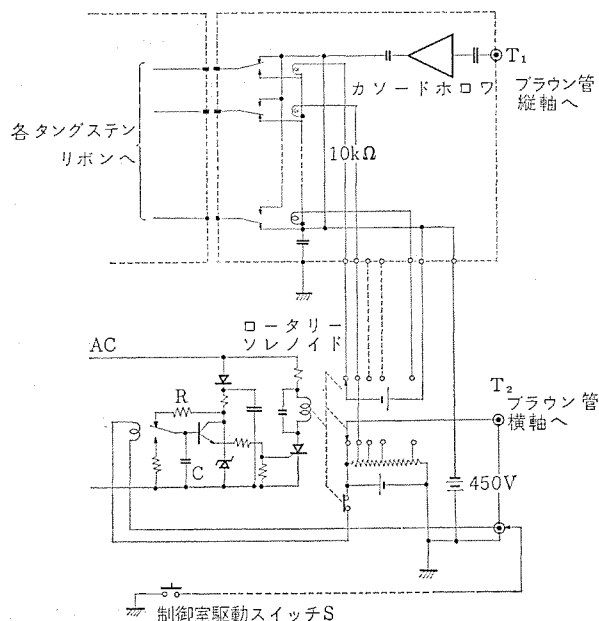


図 2.9 リレー回路および駆動回路  
Relay and its driving circuit.

を使用しながら何度も測定するのは不向きである。

最近、電子ビームをさえぎることなく電子をビーム使用状態のままビームプロフィールを測る試みが行なわれるようになってきた。これらは電子ビーム中で細い探針を一定振幅、一定周期をもたせて電子ビ

ームの方向に直角に振動させ、電子ビームの空間的ひろがりを探針にかかる電気的信号として知るもの<sup>(7)</sup>と、これとは逆に探針を空間的にあらかじめ一定間隔に多数固定しておき、これら探針からの電気的信号をそのままビームダクト外へ導びいた後に、各探針の信号を順次切り換えて測定するものがある<sup>(8)</sup>。

一般にビーム輸送系のダクト内で探針を駆動させるには、機械的駆動部分をダクト内部の高真空中に入れねばならず、不都合な場合が多い。

われわれの場合もビーム輸送系のダクト内を  $10^{-7}$  torr 程度の高真空中に保つ必要から真空中では探針を駆動させず、12本の固定した探針を用いることにした。図 2.7 にプロフィールモニターを用いた測定系の構成を示す。まず、探針としてビーム輸送系ダクト内にたがいに直角な2組の格子、X格子、Y格子があり、それらの面はともに電子ビームの方向に直角になっている。各格子は互いに絶縁された12本のタングステンリボンからなっていて、リボンの面が電子ビームの方向を向くように中心間隔3mmで並んでいる。

タングステンリボンは市販の幅0.8mm、0.025mm厚の薄いもので、われわれの扱った高エネルギー電子ビームでは、このように電子ビームをさえぎるような位置にリボンを重ねても、リボン内のエネルギー損失は入射電子ビームのエネルギーが100MeVのとき数100keVの程度である。ビーム輸送系ダクトの内部を高真空中に保ち、しかも高エネルギーの電子ビームに長時間さらされる所で使う電気的絶縁物として有機物はいっさい使えず、格子の各タングステンリボンは、ガラス繊維製のチューブによって互いに絶縁を保持した。格子の構造を図 2.8 に示す。ビームプロフィールを長期間にわたって測定しないときは真空を破ることなく、この2組の格子を電子ビーム

の通路から引き抜いておくことも可能である。

ビーム輸送系を通過する電子ビームに空間的なひろがりがあると、これら電子ビームの通路に置かれた2組の格子の各タングステンリボンの表面からその位置でのビーム電流に対応した量の二次電子を放出する。二次電子放出を容易にし、少ないビーム電流に対しても感度を持たせるため、これら格子は周囲のビーム輸送系ダクトに対して450Vの負の電位を与えている。十数秒程度の短い時間内には電子ビームの空間的広がりに変動はないとして、各タングステンリボンに発生した二次電子電流をダクトの外へ導びき出し、都合12本のリボンからの電気信号を順次マイクロリレーで切り換え、カソードホロウを通し、その出力を格子内の各位置に対応したビーム電流として、図 2.9 の端子  $T_1$  からブラウン管の縦軸に送っている。高出力の線形電子加速器で得られるビーム電流は、パルスのピーク値で容易に100mAのけたに達するので、二次電子発生効率が数%あれば格子の間隔を考慮しても、1本のタングステンリボンに二次電子によって瞬間的には100 $\mu$ A程度の電流が流れることになる。したがってカソードホロウ回路は格子の近傍のダクトに密着させ、タングステンリボンからのパルス波形をくずさないようにすれば、ごくありふれた回路で十分である。リレー回路およびその駆動回路は図 2.9 に示すもので、タングステンリボンの選択はリレーを介してロータリーソレノイドの回転で行ない、端子  $T_2$  からはタングステンリボンの格子内の位置に対応する電位をブラウン管の横軸に送っている。制御室で駆動スイッチSを閉じている間、約CRの周期でロータリーソレノイドが回転する。

### 3. ビームモニターの特性

#### 3.1 低エネルギー電子ビームに対する二次電子モニターの特性

30 MeV 以上の高エネルギーで使用する二次電子モニター的设计資料を得るため、まず5~25 MeVの低エネルギー電子ビームを用いて実験を行なった。入射電子ビームのエネルギーと二次電子モニターの効率をしらべた実験の結果を、後で述べる183 MeVでの実験結果を含めて図3.1に示す。また23 MeVでのエミッタ、コレクタ間の電圧(成極電圧)と二次電子モニターの効率との関係を図3.2に、入射ビーム電流と二次電子モニターの効率との関係を図3.3に示す。

図3.2から成極電圧はその極性に問わず200 V以上であればよいことがわかった。また図3.3は二次電子モニターの効率が入射電子ビームの電流値が0.3~3  $\mu\text{A}$  変化したとき2.6~2.9%のわずかな変化しかないことを示している。また入射ビーム電流0.3  $\mu\text{A}$  から3  $\mu\text{A}$  の範囲で二次電子モニターが飽和しないことも確かめられた。これらの実験で2.2節で述べた二次電子モニターの特長(1)~(5)をすべて実験的に確認することができた。

なお、二次電子モニターとファラデカップの出力電流は、ブラウン管オシロスコープでパルス波形を観測しながら、2.2節の電流積分器が用いてある時間内の積分値を測定する方法で求めた。電流積分器の測定誤差は $\pm 2\%$ 以内であった。またこれら一連の低エネルギーの実験で使ったファラデカップは、2.1節で述べた高エネルギー用のものとは異なるものであったので $\pm 5\%$ 程度の誤差を含む。さらにこれらの実験はいくつかの線形電子加速器を用いて行なったことと、二次電子モニター真空その排気にイオンポンプばかりでなく油拡散ポンプも用いたりしたので、真空容器内壁のよごれの状態が一定でなかったことが測定値のばらつきの原因になっている。

#### 3.2 180 MeV 付近の電子ビームに対する二次電子モニターの特性

低エネルギー電子ビームによって得られた実験結果を用いて設計した高エネルギー用二次電子モニターについて、エネルギーが100 MeVを越えて、しかもビーム電流の大きい電子ビームに対する特性を調べた。

図3.4にエネルギー183 MeVのときの入射ビーム電流と二次電子モニターの効率との関係を示す。このように入射ビーム電流の変化に対して、二次電子モニターの効率は大きく変動しないことが明らかになった。5~25 MeVの低エネルギーの結果を含めて、二次電子モニターの効率のエネルギー依存性はすでに図3.1に示した。このように入射電子ビームのエネルギーが5~183 MeVという広い範囲内で、その効率が2~3%であることがわかった。この実験で線量の基準には2.2節のファラデカップを用い、それぞれの出力電流の測定には2.1節で述べた電流積分器を用いて一定時間内の積分値を測定した。

図3.5にブラウン管オシロスコープで観測したファラデカップ(上)と二次電子モニター(下)の出力波形を示す。試みにスクリーン上の波形から二次電子モニターの効率を算出してみる。今ファラデカップの出力パルスはピーク電流値約4.5 mAを示し、二次電子モニターの出力波形は約0.8 mAを示している。これから二次電子モニターの効率は約18%であり、ここでは6ペアのエミッタコレクタからなる7枚のアルミニウムはくを用いているので、1ペアあたりの効率は約3.0%となる。このとき入射電子ビームのエネルギーは183 MeVであった。

#### 3.3 ビーム輸送系におけるビームプロファイルの測定

ビームプロファイルの測定に使ったビーム輸送系は図3.6に示すもので、

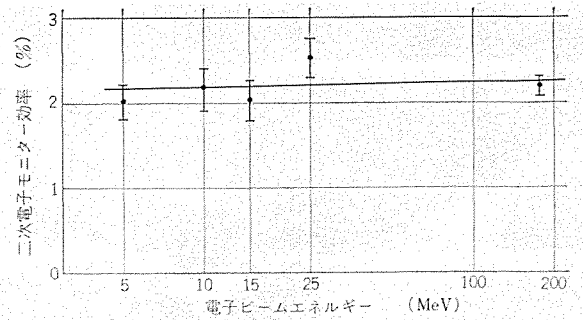


図 3.1 電子ビームエネルギーと二次電子モニターの効率  
SEM efficiency vs. incident electron energy.

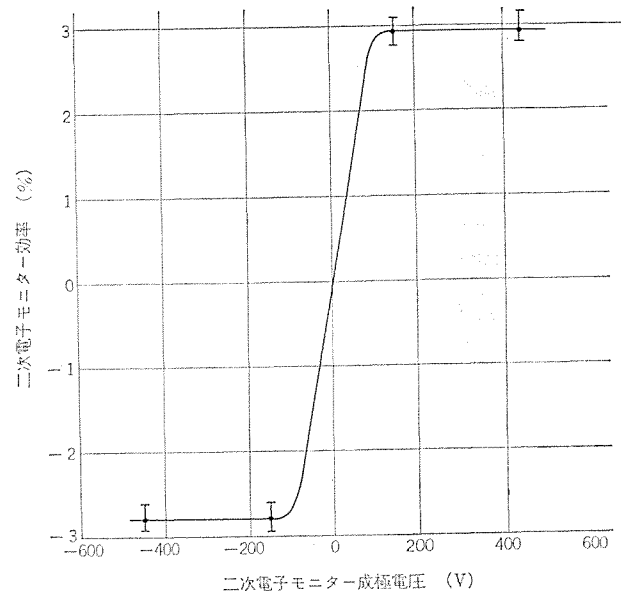


図 3.2 成極電圧と二次電子モニターの効率  
SEM efficiency vs. collecting voltage.

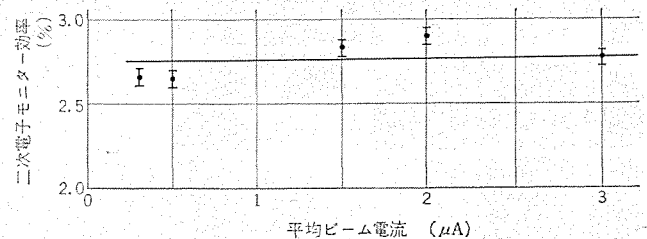


図 3.3 入射電子ビーム(23 MeV)の平均電流と二次電子モニターの効率  
SEM efficiency vs. incident beam current at 23 MeV.

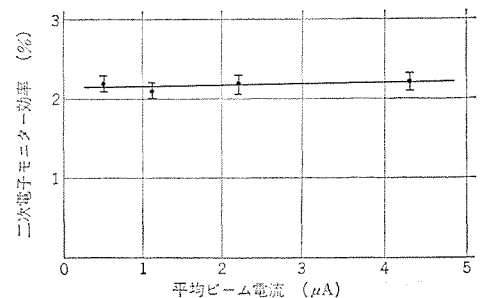


図 3.4 入射電子ビーム(183 MeV)の平均電流と二次電子モニターの効率  
SEM efficiency vs. incident beam current at 183 MeV.

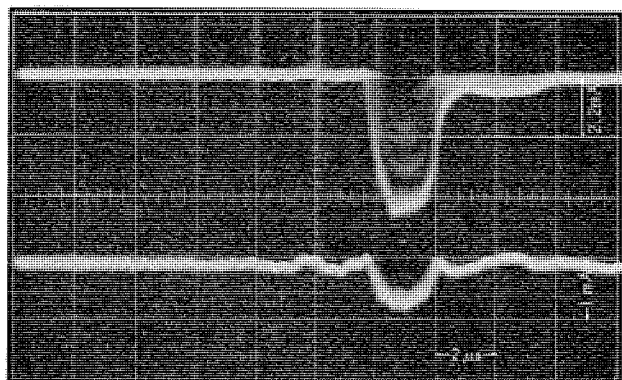


図 3.5 ファラデカップ (上) と二次電子モニター (下) の出力波形  
Oscillogram of the Faraday cup signal (upper) and the SEM signal (lower).

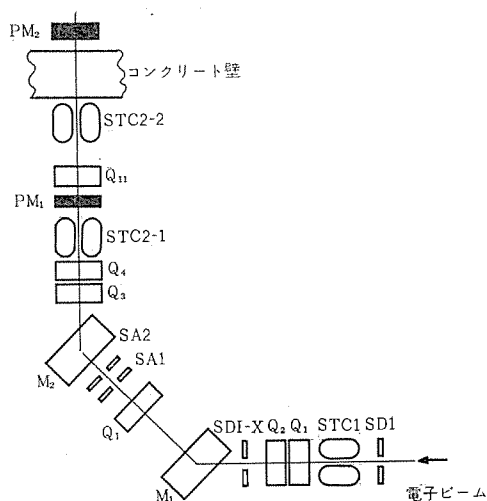


図 3.6 ビーム輸送系  
Layout of the beam transport system.

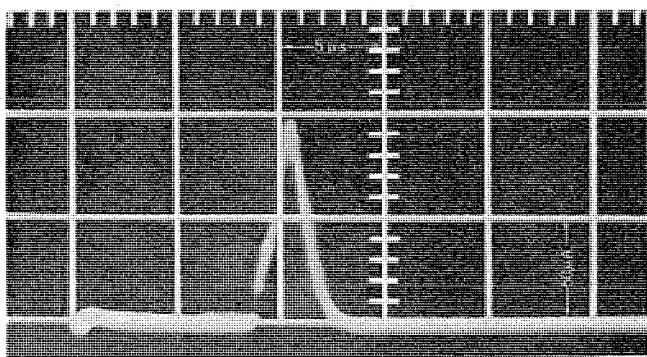


図 3.7 タングステンリボンに現われる電子ビームによる信号波形  
Oscillogram of the signal emerging on the W-ribbon by electron beam from LINAC.

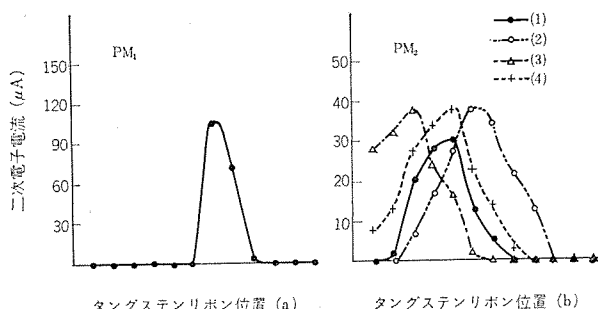


図 3.8 PM<sub>1</sub>, PM<sub>2</sub> の X 格子のプロファイル  
Beam profiles of X-mesh at PM<sub>1</sub> and PM<sub>2</sub>.

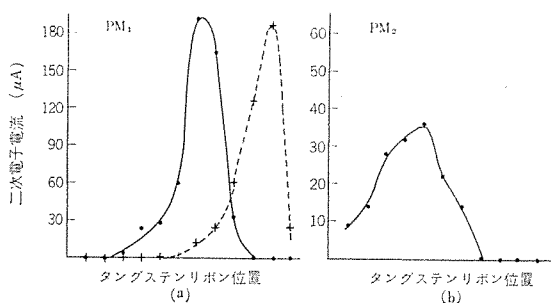


図 3.9 格子の移動に対するビーム位置の動き  
Variation of beam center for mesh position.

電磁石  $M_1$ ,  $M_2$ , Q 電磁石  $Q_1$  で運動量分析系を構成している。加速された電子ビームは  $M_1$ ,  $Q_1$ ,  $M_2$  を出てプロファイルモニター  $PM_1$  を通り、さらにコンクリート壁をへだてた実験室の入口でプロファイルモニター  $PM_2$  を通過する。この間、スリット  $SD_1$ ,  $SD_1-X$ ,  $SA_1$ ,  $SA_2$  および Q 電磁石  $Q_1$ ,  $Q_2$  で分析系にはいる電子ビームの入射条件をきめ、ステアリングコイル  $STC_1$ ,  $STC_2-1$ ,  $STC_2-2$  でビーム位置の微調整を行なうことができる。

また Q 電磁石  $Q_3$ ,  $Q_4$ ,  $Q_{11}$  は、分析系後の電子ビームの焦点をきめるために用いられる。図 3.7 はプロファイルモニター  $PM_1$  の格子に線形電子加速器のエネルギー 60 MeV、パルス幅 3  $\mu s$  の電子ビームを通したとき、格子を構成しているタングステンリボンの 1 本から得られた信号で、入力抵抗 10 k $\Omega$  のカソードホウの後で見たものである。図 3.8 は分析系を通ってきた 60 MeV の電子ビームのプロファイルを  $PM_1$ ,  $PM_2$  の X 格子で測定したものである。

同図 (a) は  $PM_1$  の位置での X 方向の電子ビームの広がりである。(b) の (1) は  $PM_1$  から約 10 m 後ろにある  $PM_2$  のもので、(a) に比べてより広がりをもっている。ここで図の左右は電子ビームの進行方向に対してとってある。そこで、ステアリングコイル  $STC_2-2$  を使って電子ビームの位置を右に移動させると (b) の (2) となり、 $STC_2-2$  の電流極性を逆にすると (b) の (3)、電流を切るとふたたび (b) の (4) の位置にもどる。(b) の (1) と (4) のビーム電流値の相違の原因は不明である。

次に  $PM_1$ ,  $PM_2$  の X 格子でビームプロファイルを測定して  $PM_1$  の X 格子の位置のみを 10 mm 左に移動させた場合を図 3.9 (a) に示す。 $PM_1$  の電子ビームの位置が見かけ上右に 10 mm 平行に移っている。このようにビームプロファイルは格子内の電子ビームの中心位置にほとんど依存せず、一定であるのでビーム輸送系を通過する電子ビームのプロファイルとともに軌道の動きも識別することができる。

#### 4. む す び

線形電子加速器には、その使用目的に応じていくつかのモニターが必要である。ここではファラデカップ、二次電子モニターおよびプロファイルモニターについての設計、製作と二次電子モニターおよびプロファイルモニターの特性について述べた。これらのモニターは線形電子加速器を用いて行なわれた各種の実験に有用であった。今後大電力 (高エネルギー、大電力) の電子ビームモニターは電子加速器が産業用として多く用いられるようになると、他の部分の測定技術の発展とともに重要になってくる。またプロファイルモニターを用いることにより、加速器とビーム輸送系の制御技術に多くの情報が与えられることが期待できる。

ファラデカップ、二次電子モニターおよびプロファイルモニターの製作と実験に、東北大学理学部木村、鳥塚両教授と原子核理学研究施設のかた

がたにご指導とご協力をいただき、また大阪府立放射線中央研究所の岡部、津守、多幡の諸氏には二次電子モニターの実験にご助力と助言をいただいた。

#### 参 考 文 献

- (1) リニアック 特集：三菱電機技報, 42, No. 2, (昭43)
- (2) K. L. Brown, et al : Rev. Sci. Instrum. 27, 696 (1956)
- (3) G. W. Tautfest, et al : Rev Sci. Instrum. 26, 229 (1955)
- (4) S. A. Blankenberg et al : Nuclear Instrum. 39, 303(1966)
- (5) J. B. Higinbotham, et al : Rev. Sci. Instrum. 22, 668 (1951)
- (6) Th. Sluyters : Nuclear Instrum. 27, 301 (1964)
- (7) P. H. Rose, et al : Nuclear Instrum. 14, 79 (1961)  
津守邦彦：大放研だより 7, 1 (1966)  
E. P. Balsamo, et al : Nuclear Instrum. 55, 339 (1967)  
H. E. Wegner, et al : IEEE Transaction on Nuclear Science, June, p. 1,099 (1967)
- (8) H. A. L. Piceni, et al : Nuclear Instrum. 51, 87 (1967)

## マイクロ波プリント基板

中原昭次郎\*・信岡 正祐\*\*・堀切 賢治\*\*・太田 基義\*\*\*・藤 永 弥\*\*\*

## Characteristics of Copper-Clad Laminates for Microwave Stripline Applications

Kamakura Works Syojiro NAKAHARA・Syosuke NOBUOKA・Kenji HORIKIRI  
Central Research Laboratory Motoyoshi OTA・Wataru FUJINAGA

To reduce the size and weight and to improve the reliability of microwave transmission lines as well as turning them into mass-production to cutdown the costs, the employment of microwave stripline applications is the most favorable measures.

This article is a report on results of composite tests made with 12 kinds of microwave stripline printed base boards covering pure plastic ones, those with fillers and those reinforced with textile about their physical, chemical, electrical and mechanical properties. New products have been developed through the investigation of relation among the quantity of resin in teflon laminates reinforced with glass fiber and permittivity and  $\tan \delta$ . The permittivity obtained is  $2.6 \pm 0.1$  and the  $\tan \delta$  below 0.002.

## 1. ま え が き

マイクロ波伝送線としては、従来導波管、同軸伝送線がおもに使用されてきた。最近の電子機器の要求は電子回路はむろんのことマイクロ波回路においても機器の小形化、軽量化、信頼性の向上、大量生産、価格の低減化でありそのにない手としてプリント回路によるストリップ線路が脚光を浴びている<sup>(1)</sup>。

直流、低周波用プリントの回路基板は現在有機材料を使った絶縁板である<sup>(2)</sup>。マイクロ波領域でこの種の材料はほとんどが電氣的損失が大きく使用できない。マイクロ波プリント回路基板としての条件は電氣的性質からくる条件がきびしく、まず低損失材料でなければならない。つぎにパターンの寸法精度が要求されるため物理的・化学的・機械的にも安定でなければならない<sup>(3)</sup>。この条件を満足するために、新材料の開発と従来の有機材料の改善が要求されている。

マイクロ波プリント回路基板<sup>(1)</sup>は、低損失誘電体の両面あるいは片面に金属はくを張合わせたものでホトエッチングによって希望のパターンを作り図 1.1 に示す構造にして伝送線として使用する<sup>(4)</sup>。したがって基板の厚さ、誘電率が決まれば種々の複合回路等<sup>(1)</sup>の設計ができる。ホトエッチングの技術で同一製品を大量に生産できる利点がある<sup>(1)</sup>。

しかし小形化、軽量化が可能な反面、基板の物理的・化学的・電氣的・機械的諸特性の要求はきびしく現在これらの要求をすべて満足する材料はなく、用途に応じて基板を選定する必要がある。本報告は現在市販されているマイクロ波用プリント基板<sup>(5)</sup>、当社で新しく開発したガラス繊維強化テフロン積層板の総合的な実験の報告である。2 章にはプリント基板の材質面からみた分類、3 章はプリント基板の物理的・化学的・電氣的・機械的諸特性の結果を述べる。

## 2. マイクロ波プリント基板の種類

## 2.1 基板の分類

現在、市販されている基板は大きく分けると次の三つに分類<sup>(5)</sup>される。(表 2.1 参照)

## 2.1.1 純プラスチック系

純粋に樹脂だけで構成されており、 $\tan \delta$  が小さく吸水率が小さく、耐薬品性は良いが熱可塑性のため耐熱性、寸法安定性等の物理的・機械的性質に欠点が多い。この種の基板は誘電率が 2~3 の間

表 2.1 マイクロ波用プリント基板  
Copper-clad laminates for microwave stripline circuits.

| 分 類 (主成分)                                     | 記号  | 特 長                                                                                                         |
|-----------------------------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 純プラスチック系<br>四 フ ツ 化 樹 脂                       | P-1 | 純テフロンに銅はくを張り合せたもので電氣的には接着層の損失が大きく、寸法安定性に欠陥があり実用的でない                                                         |
| 照射ポリオレフィン<br>(ポリエチレン)                         | P-2 | ポリオレフィンを放射線照射により橋かけ重合したもので、電氣的には他のどの基板よりすぐれているが熱特性、寸法安定性がよくない                                               |
| ポリフェニレン・オキサ<br>サイド (PPO)                      | P-3 | 熱可塑性樹脂で熱変形点が $190^{\circ}\text{C}$ と高く、電気特性寸法安定性、成型、加工性にすぐれている。塩素系                                          |
|                                               | P-4 | 芳香族有機溶剤に溶解、膨潤する。エッチングは、Shipley 法である。4 GHz 以上では損失の増加がある。P-3 は GE 社製、P-4 は Polymer Corp 社製                    |
| 架 橋 ポリスチレン<br>(ポリスチロール)                       | P-5 | 寸法安定性、機械特性、電気特性が良い、熱可塑性で熱変形点が $100^{\circ}\text{C}$ と低く塩素系芳香族有機溶剤に溶解、膨潤する。エッチングは Shipley 法である               |
| 充てんプラスチック系<br>ガラス繊維強化セラミ<br>ック粉末充てんポリエ<br>ステル | F-1 | 高温、熱硬化性樹てんにセラミック粉末を充てん材としたガラス繊維強化ポリエステル基板で、誘電率 $\epsilon_r=6$ を目標にしたもの。機械強度をもたせた高温使用を目的としているが温度特性、電気特性は良くない |
| 繊維強化プラスチック系<br>ガラス繊維強化テフ<br>ロン                | R-1 | ガラス繊維にテフロンを含浸させて積層した基板で機械強度、寸法安定性、耐薬品性にすぐれているが電気特性が若干犠牲になっている                                               |
|                                               | R-2 | 同上。樹脂量を変えて電気特性を改良した                                                                                         |
|                                               | R-3 | 同上。マイクロ波損失の原因の一つと考えられるガラス繊維集束剤を熱分解して改良したもの                                                                  |
|                                               | R-4 | R-1 と同当品、Budd 社製 Di-clad                                                                                    |
| 石英繊維強化テフロン                                    | R-5 | 電氣的損失が小さく、熱的に安定で機械的にすぐれている。(輸入品)                                                                            |
|                                               | R-6 | 96% $\text{SiO}_2$ の繊維をあや織りにした布にテフロンを含浸させた国産品。                                                              |

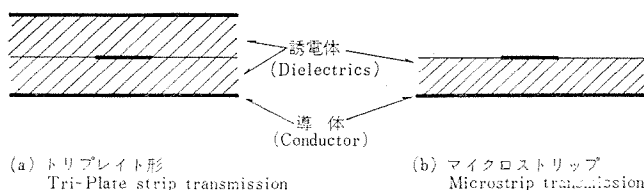


図 1.1 ストリップ線路の構造  
Structures of strip transmission line.

にある。この系統に属する基板は種類、すなわち

- (1) 四フッ化樹脂 (テフロン)
- (2) ポリオレフィン (ポリエチレン)
- (3) ポリフェニレン オキサ이드 (PPO)<sup>(6)</sup>
- (4) 架橋ポリスチレンである。その特長については表 2.1 にまとめた。

### 2.1.2 充てんプラスチック系

純プラスチックに充てん材を入れて、物理的、機械的欠陥を補うとともに誘電率も自由にコントロールすることができる便利な材料である。充てん材は粉末を使う場合が多く温度によって粉末粒子間の変化があるため温度特性は良くない。充てん材には粉末セラミック、シリカマイカ等が使われ素材は前項で述べた有機材が使われる。

### 2.1.3 繊維強化プラスチック系

普通電気用無アルカリ性ガラス繊維にテフロンを含浸させた積層板がほとんどである。機械強度・誘電率・ $\tan \delta$  はガラスの繊維状態、太さ、積層方法、含有率でコントロールできる。電気的には異方性であるため誘電率、 $\tan \delta$  を求めるにはストリップ線路の状態で決めないと設計が困難である。また製造にあたってはテフロン含有率を一定にしないと誘電率は一定のものが得られない。マイクロ波損失の主体はガラスであり、周波数が高くなると特性上好ましくない。もっと高い周波数まで低損失性をもたせた基板には石英繊維強化テフロン積層板が良いが高価な点が難点である。寸法精度は純プラスチック系より悪いが温度特性、熱膨張係数がすぐれている。

## 2.2 基板の種類

前節で分類した基板のうち今回試験した基板は全部で12種類である。純プラスチック系では純テフロンに1oz銅はくを張合わせたもの1種 (P-1)、放射線で照射し、橋かけ重合した照射ポリオレフィン (P-2)、最近 GE 社で開発した新しい有機材料のポリフェニレン・オキサイド2種 (P-3, P-4)、電気特性、寸法安定性、機械特性のすぐれている架橋ポリスチレン (P-5) である。充てん (填) プラスチック系は高温熱硬化性樹脂にセラミック粉末を充てんしたガラス繊維強化ポリエステル (F-1) の1種だけである。

繊維強化プラスチック系はガラス繊維で強化したテフロン系4種のうち2種 (R-1, R-2) はテフロン樹脂量を変えたもの、1種 (R-3) はマイクロ波損失を小さくするため繊維集束剤を熱分解して除去した改良品である、残り1種は外国製輸入品 (R-4) である。石英繊維で強化したテフロン材2種のうち1種 (R-5) は輸入品で低損失、寸法安定性があり、残り1種 (R-5) は96%  $\text{SiO}_2$  繊維をあや織りにしてテフロンを含浸させた積層板 (国産品) である。

使用した基板の厚さの公称値は輸入品は1/16"板、国産品は1.67mmである。

## 3. 基板の諸特性

プリント基板の諸特性を物理的性質・機械的性質・化学的性質・電気的性質に分けた。試験方法は JIS. C 6481, NEMA, ASTM, MIL. Spec. に準じて行なった<sup>(7)</sup>。その結果は表 3.1 にまとめて、具体的説明は以下にのべる。

### 3.1 物理的性質

基板の物理的性質は外観検査、板厚、耐熱性、吸水率、比重、線熱膨張係数、寸法安定性についてしらべた。

#### 3.1.1 外観検査

基板の外観検査は銅はくの酸化防止用保護膜を取り銅はくの表面

状態、そりを目視によりしらべた。ほとんどの基板の銅面は清浄であった。大きな基板は若干そりがあった。純プラスチック系の PPO 材 P-3 の表面は平滑であるが光沢がなく P-4 はクロス状のおうとつ (凹凸) があるが、接着性を良くするためと考えられる。繊維強化プラスチック系は高温高压プレスで銅はくを接着するため、銅表面に繊維状の模様が写っているが全体的にきれいなできあがりであった。石英繊維強化板テフロンはきずが多少あった。

#### 3.1.2 板厚

基板の厚さは JIS. C 6481<sup>(7)</sup>にしたがって足長マイクロメータで10個所 (1個所2回測定) を測定しその平均値を求めた。各基板の板厚はに表 3.1 まとめた。輸入品は公称板 1/16" であるが実際の値は若干薄目のものが多かった。国産品は1.67mmの指定板厚に対して $\pm 0.05$ 以内にはいっている。板厚はプレス圧時間、繊維布の厚さ等のわずかな違いで生ずるため少量生産では一定値を得るのはむずかしい。しかし回路設計においては同じ誘電率をもった基板でも板厚が変わると、中心導体幅を変えなければならないので十分な注意が必要である。

#### 3.1.3 耐熱性<sup>(7)</sup>

銅はく面、積層板面のふくれ、はがれの有無、そりを目視によりしらべた。テフロン系基板は140°Cで銅はくが酸化し茶熱色になった。片面銅はくだけにした基板のうち P-1, P-2 等はそりが生じた。

テフロン系は120°Cで、ポリエチレン系は60~80°Cで熱変形する。P-3, P-4, P-5 は伸縮性があり、エッチング処理後、乾燥、加熱処理でそりが生じるので細心の注意が必要である。ガラス、石英繊維強化テフロンは安定である。表 3.1 に各基板の使用可能な温度範囲を記した。

#### 3.1.4 吸水率<sup>(7)</sup>

基板を50mm角に切り取り、その断面を平滑に仕上げて、NEMA規格でエッチング処理して銅はくを除去した。105 $\pm 2^\circ\text{C}$ の均熱オーブン中で1時間乾燥後、デシケータ中で冷却し化学てんびんで重量 ( $W_1$ ) を測定した。つぎに23°Cの蒸留水に24時間浸せき (漬) し、取出し、ろ紙にはさんで表面の水分を取り急いでひょう (秤) 量 ( $W_2$ ) した。吸水率  $A$  (%) は次式で算出できる。

$$A(\%) = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \dots\dots\dots (3.1)$$

吸水率は純プラスチック系が小さいと考えられるが PPO, ポリスチレン系が意外に大きかった。F-1, R-5, R-6 が大きいのは繊維が太く積層間のすきまから水が浸入するものと考えられる。吸水率の小さな基板はテフロン系、ポリオレフィン系、それにガラス繊維強化テフロン系が0.02~0.03 (%) と小さかった。

#### 3.1.5 比重<sup>(7)</sup>

基板を50mm角に切り取り、NEMA規格でエッチング処理し銅はくを除去した試料を空気中と水中 (比重が1以下の場合はケロシン) でひょう (秤) 量し、次式から比重  $\rho$  を求めた。

$$\rho = \frac{a \times d}{a - b + c} \dots\dots\dots (3.2)$$

- ここに  $a$  : 試料の空気中の重さ  
 $b$  : 試料の液体中の重さ  
 $c$  : 試料をつり下げている針金の重さ  
 $d$  : 液体の比重 (水は1.0, ケロシンは30°Cで0.775)。

ポリオレフィン ( $\rho=0.94$ ), PPO ( $\rho=1.07$ ), ポリスチレン ( $\rho=1.05$ ) は1に近く、充てん、強化テフロン系は2に近い値である。

表 3.1 マイクロ波プリント基板の諸性質  
Characteristics of copper-clad laminates for microwave stripline applications.

| 項目                                                    | 分類<br>処理条件                 | 純プラスチック系 |           |               |          |         | 充てんプラスチック系<br>F-1 | 繊維強化プラスチック系 |          |          |          |            |          |
|-------------------------------------------------------|----------------------------|----------|-----------|---------------|----------|---------|-------------------|-------------|----------|----------|----------|------------|----------|
|                                                       |                            | 純テフロン    | 照射ポリオレフィン | ポリフェニレン (PPO) |          | ポリスチレン  |                   | ガラス繊維強化テフロン |          |          |          | 石英繊維強化テフロン |          |
|                                                       |                            | P-1      | P-2       | P-3           | P-4      | P-5     |                   | R-1         | R-2      | R-3      | R-4      | R-5        | R-5      |
| 物理的性質                                                 |                            |          |           |               |          |         |                   |             |          |          |          |            |          |
| 外観                                                    |                            | ○        | ○         | ○             | ○        | ○       | ○                 | ○           | ○        | ○        | ○        | △          | ×        |
| 板厚 (平均) mm                                            |                            | 1.71     | 1.64      | 1.59          | 1.57     | 1.61    | 1.52              | 1.67        | 1.72     | 1.65     | 1.54     | 1.54       | 1.60     |
| 使用温度範囲 °C                                             |                            | -100~120 | -70~70    | -230~190      | -130~190 | -60~150 | -60~200           | -200~220    | -200~220 | -200~220 | -200~220 | -200~220   | -200~220 |
| 比重                                                    |                            | 2.15     | 0.94      | 1.07          | 1.07     | 1.05    | 2.02              | 2.2         | 2.2      | 2.2      | —        | 2.10       | —        |
| 吸水率                                                   | 24 時間浸す                    | 0.02     | 0.01      | 0.12          | 0.12     | 0.08    | 1.90              | 0.03        | 0.01     | 0.03     | 0.03     | 0.2        | 0.35     |
| 線熱膨張係数<br>$\times 10^{-5} \text{cm/cm}^\circ\text{C}$ | 昇温速度 $96^\circ\text{C/h}$  | 10       | 12        | 6.7           | 4.3      | 7.9     | 0.95              | 1.0         | 1.0      | 1.0      | —        | 1.05       | —        |
| 寸法安定性                                                 |                            | ×        | △         | ○             | ○        | ○       | ○                 | ◎           | ◎        | ◎        | ◎        | ◎          | ○        |
| 機械的性質                                                 |                            |          |           |               |          |         |                   |             |          |          |          |            |          |
| 曲げ強度<br>(両面銅はく<br>銅はくなし)                              | kg/mm <sup>2</sup>         | 3.0      | 4.5       | 14.6          | 13.3     | 9.7     | 26.7              | 12          | 12.5     | 12.6     | 11.9     | 7.3        | 5.2      |
| 接合強度<br>(常態<br>はんだ処理)                                 | kg/cm                      | 0.6      | 0.5       | 0.99          | 0.48     | 0.96    | 0.79              | 2.3         | 2.4      | 2.9      | 2.06     | 1.05       | 3.0      |
| 機械加工法                                                 | 無処理<br>260°C, 20s, はんだ浴浸せき | 0.7      | —**       | 1.03          | 1.03     | 0.67    | 0.67              | 2.7         | 2.3      | 3.0      | 1.6      | 1.05       | 3.5      |
| 化学的性質                                                 |                            |          |           |               |          |         |                   |             |          |          |          |            |          |
| 耐薬品性                                                  |                            | ◎        | ◎         | △             | △        | △       | ○                 | ◎           | ◎        | ◎        | ◎        | ◎          | ◎        |
| エッチング・プロセス***                                         |                            | K 法      | K 法       | S 法           | S 法      | S 法     | K 法               | K 法         | K 法      | K 法      | K 法      | K 法        | K 法      |
| 耐候性                                                   |                            | ○        | ○         | △             | △        | ○       | ×                 | ○           | ○        | ○        | —        | ◎          | —        |
| 樹脂含有率 %                                               |                            | 100      | 100       | 100           | 100      | 100     | 35                | 70          | 80       | 70       | 80       | 65         | 65       |
| 電気的性質                                                 |                            |          |           |               |          |         |                   |             |          |          |          |            |          |
| 誘電率                                                   | 無処理<br>45°C, 80%, 30 日後    | 2.11     | 2.32      | 2.56          | 2.55     | 2.48    | 5.3               | 2.69        | 2.59     | 2.5      | 2.47     | 2.46       | 2.59     |
| tan δ                                                 | 24 時間浸水後                   |          | 2.32      | 2.58          |          | 2.49    |                   | 2.7         | 2.59     | 2.5      |          | 2.44       |          |
|                                                       | 無処理                        | 0.0006   | 0.0003    | 0.0009        | 0.0017   | 0.0008  | 0.020             | 0.0018      | 0.0018   | 0.0015   | 0.0018   | 0.0008     | 0.0075   |
|                                                       | 45°C, 80%, 30 日後           |          | 0.0005    | 0.0013        |          | 0.0010  |                   | 0.0019      | 0.0018   | 0.0019   |          | 0.0019     |          |
|                                                       | 24 時間浸水後                   |          | 0.0007    | 0.0017        |          | 0.0013  |                   | 0.0018      | 0.0020   |          |          | 0.1060     |          |
| 温度特性                                                  |                            |          | ○         | ○             | ○        | ○       | ×                 | ○           | ○        | ○        | ○        | ○          |          |
| その他寸法 mm                                              |                            | 300×300  | 600×900   | 400×610       | 400×610  | 305×305 | 305×305           | 300×300     | 300×300  | 400×400  | 300×300  | 300×300    | 300×300  |

注) ◎優秀 ○良好 △普通 ×悪い \* フレキシブルで測定不可 \*\*熱でとけて測定不可 \*\*\* K 法=Kodak S 法=Shipley

### 3.1.6 線熱膨張係数<sup>(7)</sup>

基板を 30×5 mm に切取り、河嶋式自動熱膨張計で測定した。(昇温速度  $96^\circ\text{C/h}$  で  $100^\circ\text{C}$  まで昇温) その結果は表 3.1 のとおりである。銅の膨張係数は  $1.65 \times 10^{-5}$  でありガラス繊維強化テフロン系がこの値に近い。そり、安定性の良い理由の一つである。純テフロン、ポリオレフィン系は銅より一けた大きく高温でそりの原因になる。

### 3.1.7 寸法安定性

寸法安定性の問題として膨張、そり、ねじれ、cold flow 等があり機器の信頼性、回路特性等に密接に関連するので重要である。

誘電体自身は長期的に安定していることが望ましい。基板は誘電体の両面、片面を金属はくで張合わせて構成してあるので誘電体と金属はくとの性質が似ていることが条件であるが、電気特性から金属はくは銅、アルミニウム以外は使われない。純テフロン、ポリオレフィン基板は膨張係数が一けた違うため温度変化でそり、ねじれが生じる。熱可塑性の純プラスチック系は高温で著しく安定性が悪くなる。その点ガラス、石英で強化した基板は膨張係数も銅のそれに近く温度、経年変化に対してすぐれている。

### 3.2 機械的性質

プリント基板の機械的性質で重要な点は曲げ強度と銅はくの接着強度である。

#### 3.2.1 曲げ強度

自動引張り試験機を使って JIS. C 648<sup>(7)</sup> にもとづき図 3.1 のような治具を作り測定した。基板を 50×10 mm に切取り、一つは NEMA 規格でエッチング処理し銅はくを除去、もう一つは銅はくの付いた状態で試験した。支点間距離を 16 h、荷重速度を  $h/2(\text{mm/分})$  にして中央部に加圧くさびで荷重を加え、試験片の折れたときの荷

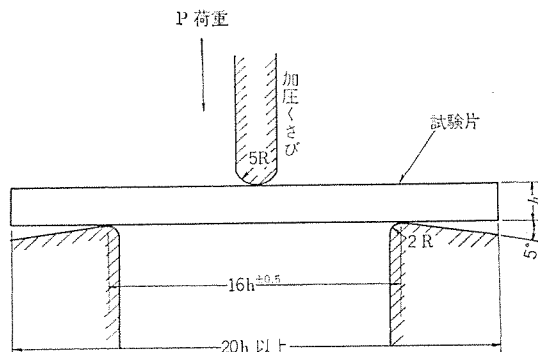


図 3.1 曲げ強度の試験方法  
Test for flexural strength.

重を次式に代入して曲げ強度  $\sigma_{fB}$  (kg/mm<sup>2</sup>) を求めた。

$$\sigma_{fB} = \frac{3}{2} \cdot \frac{PL_V}{Wh^2} \quad (3.3)$$

ここに P: 試験片が折れたときの荷重 (kg)

$L_V$ : 支点間距離 (mm)

W: 試験片の幅 (mm)

h: 板厚 (mm)

この結果は表 3.1 のとおりである。熱可塑性の純テフロン系は熱硬化性プラスチックに劣る結果となっている。ただし PPO だけは熱硬化性樹脂と同程度の曲げ強度をもっている。銅はくの有無による違いは 30~40 % である。

#### 3.2.2 接着強度<sup>(7)</sup>

基板を 50 mm 角に切取り NEMA 規格にしたがって 18" 幅ピーニングテストパターンをエッチングで同一板上に 4 本残した。うち 2 本を通

常の接着強度試験に、残り2本を260°Cはんだ浴に20秒間(ポリレフィン5秒間)浸せきした後、室温で測定した。試験方法はJISにもとづいて行なった。接着強度はcmあたりに換算して表3.1に示した。ガラス繊維強化テフロン系基板が接着が強く純テフロン、ポリレフィン系は弱い。純プラスチック系のPPO、ポリスチレン、ポリオレフィン系は、はんだ浴に浸した後変色したり、樹脂が溶けたり、可とう性になったり、銅はくがはがれたりしたが室温の状態になると元どおりになった。MIL規格の接着力は1.15(kg/cm)である。

### 3.3 化学的性質

#### 3.3.1 樹脂含有率

樹脂量は電気特性に直接影響するので一定値にコントロールすることが必要である。基板の厚さを一定にするためには繊維の太さ、枚数、樹脂の含浸量、プレス圧、その時間等のコントロールで決まる。一般には積層板内の中間部に厚手のガラス布、外側に薄手のガラス布を使って板厚と樹脂量を一定値にコントロールしている。

樹脂含有率は樹脂とガラス、石英の熱分解の違いを利用して樹脂含有率を求めた。エッチングで銅はくを除去した基板をひょう量ずみのつばに入れ全重量を測定し、ガスバーナでしゃく熱し、樹脂だけを分解除去した。ほぼ恒量になったときつばの重量が樹脂以外の重さである。この重量差から樹脂含有率が求まる。しゃく熱温度が高かすぎると繊維まで分解除去され、樹脂含有率が大きめに出るので温度コントロールに注意しなければならない。各基板の樹脂含有率は表3.1のとおりである。樹脂含有率と誘電率の関係は3.4.4にゆずる。

#### 3.3.2 耐薬品性<sup>(7)</sup>

プリント基板が薬品によっておかされる場合がある。それはエッチング工程、めっき工程で基板内の樹脂、ガラス繊維、接着層でおこる。NEMA規格ではエッチング工程とトリクレンにひたした場合は層間のはく(剥)離、変色、膨潤等について規定している。MIL規格ではめっき工程に対しても異常のないことを規定している。

純テフロンとガラス、石英繊維強化テフロン系ではこのNEMA規格で異常なかった。トリクレンに24時間浸した場合、ポリスチレンは小片に分解し、PPOは完全に溶解した。またラッカ・シンナ、キシレン、感光性樹脂溶液などにもPPOは溶解したり軟化膨潤する。

#### 3.3.3 エッチングプロセス

基板のエッチングプロセスには大別すれば二つの方法がある。

それは最も一般的に使用されているKodak法とShipley法である。前者と後者の間には陽画と陰画の関係があるが、これが本質的な違いであるのではなく3.3.2項の耐薬品性に関係している。

マイクロ波プリント基板は電気特性、機械特性がきびしく要求されるので使用する材料はあらかじめ限定される。したがって回路パターンの作製段階でエッチングプロセス中に基板がおかされない方法を選定しなければならない。表3.1には試験した基板の安全なエッチング方法を示した。もちろんKodak法のものでShipley法で行なって良い。

#### 3.4.1 誘電特性

マイクロ波用プリント基板の電気特性で一番重要なのが誘電特性である。有機材料ではほとんどの基板の誘電率が2~3の間にある。純プラスチック系は等方、均質性であり、強化積層板は異方性であるためマイクロ波の電界が積層板に垂直か平行かで異なった誘電率になる。誘電率の測定は定在波法、摂動法が考えられるが異方性の基板ではストリップ線路設計に役立たない。したがって図3.2のようなパターンをつくりトリプレートストリップ共振器をつくり、図3.3に示

す測定装置でその共振周波数、 $Q$ 、そう入損失から次式をつかって誘電率、 $\tan \delta$ を求めた<sup>(8)</sup>。

$$\epsilon_r' = \frac{900 \cdot m^2}{f^2 \cdot (l + 0.013b)} \quad (3.4)$$

$$\tan \delta = \frac{1}{Q_v} - \frac{1}{Q_c} \quad (3.5)$$

ただし

$$Q_v = \frac{f}{\Delta f} \cdot \frac{\sqrt{L}}{\sqrt{L}-1} \quad (3.6)$$

$$\sqrt{L} = 10^{\frac{IL}{20}} \quad (3.7)$$

ここに

$f$ : 共振周波数 (GHz)       $m$ :  $l$ にのる波長数 (整数)  
 $l$ : フィルタ長 (mm)       $\Delta f$ : 共振曲線の半値幅 (GHz)  
 $b$ : 基板の厚さ (mm)       $IL$ : フィルタのぞう入損失 (dB)

また $Q_c$ は導体の電気抵抗から理論的に求まる。

以下に1.3GHzで測定した誘電率、 $\tan \delta$ 、基板の樹脂量と誘電率の関係、温度特性、温度サイクル試験<sup>(7)</sup>、恒温恒湿長時間試験<sup>(7)</sup>、耐候試験についてしるす。なお常温における各基板の誘電率、 $\tan \delta$ は表3.1に示してある。

#### (1) 樹脂含有率と誘電特性

ガラス繊維強化テフロン積層板は樹脂量によって誘電率、 $\tan \delta$ は変わる。樹脂量の異なる基板の誘電率、 $\tan \delta$ をプロットすれば図3.4

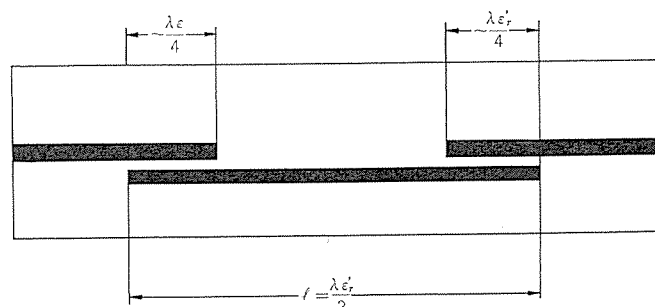
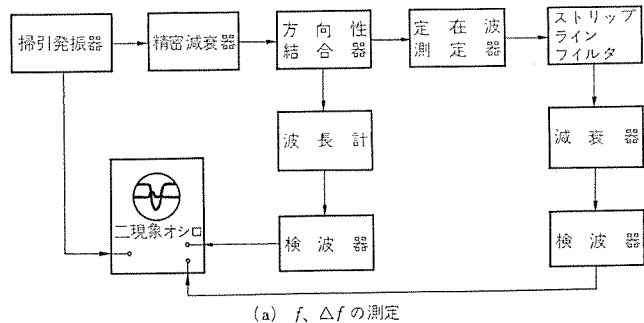
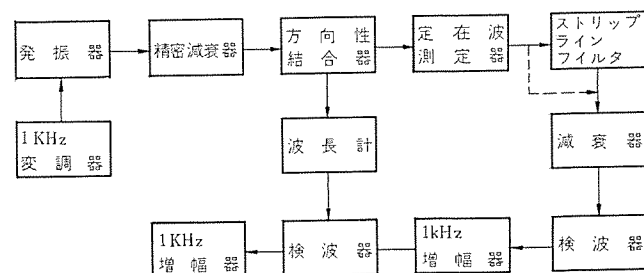


図3.2 誘電率 $\epsilon_r'$ 、 $\tan \delta$ 測定用フィルタパターン  
Stripline circuit pattern for microwave dielectric measurement.



(a)  $f$ 、 $\Delta f$ の測定



(b) そう入損失の測定

図3.3 ストリップラインフィルタ法による誘電率 $\epsilon_r'$ 、 $\tan \delta$ の測定回路  
Block diagram of dielectric constant measurement.

のようになる。この図からわかるように一定寸法の基板の誘電率はガラスの織り方、樹脂量によって誘電率は決めることが可能である。

## (2) 温度特性

小形軽量化を目標にしたプリント基板は航空機、人工衛星に積載されるため、温度変化に対して誘電率、 $\tan \delta$  は安定していることが重要である。-20~80°C で測定した結果は図 3. 5, 3. 6 に示した。F-1 基板を除いてほとんどの基板は安定しており、100°C の温度差に対して誘電率、 $\tan \delta$  の変化は 2 % 以内である。F-1 材は充てん材としてセラミック粉末がはいっており、粒子間距離が温度によって変わるため温度特性は良くない。 $\tan \delta$  も高温で悪くなる。

## (3) 温度 サイクル 試験

人工衛星に積載する場合とか、屋外で使用する場合には高温低温の繰返しに耐えなければならない。実験は MIL Spec に従って -40°C と 70°C を 3 サイクルの各点で誘電率、 $\tan \delta$  を測定した。その結果、誘電率の変化は小さく  $\pm 2$  % 以下で  $\tan \delta$  は高温側で大きくなる。低温状態で霜が付き高温側でとけて水分が基板内に浸入するためと考えられる。とくに吸水率の大きい R-5 は悪かった。この

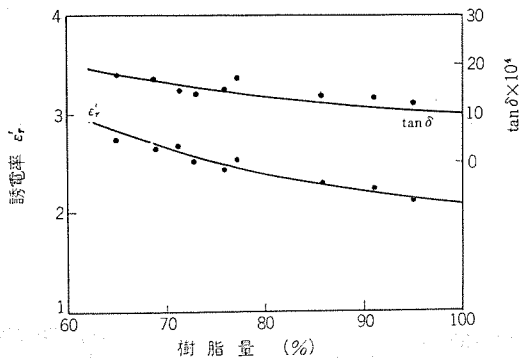


図 3. 4 テフロン樹脂量と誘電率  $\epsilon_r$ ,  $\tan \delta$  の関係  
Dielectric constant and loss tangent vs. resin content.

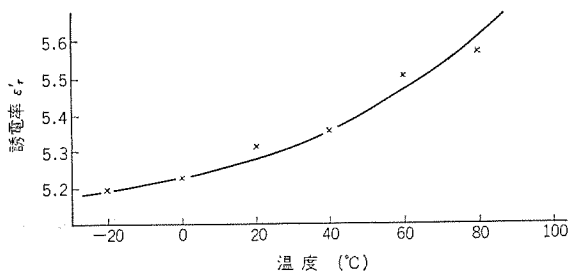
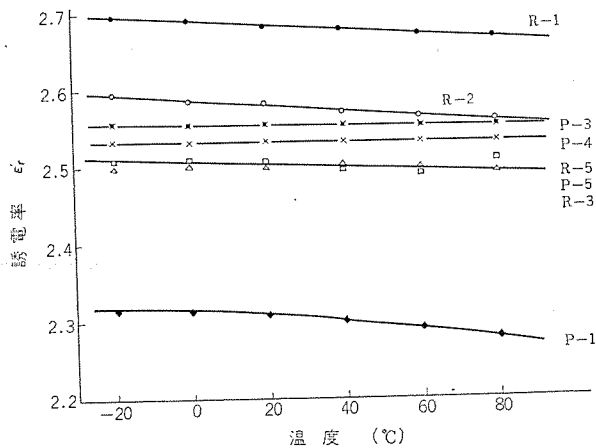


図 3. 5 誘電率  $\epsilon_r$  の温度特性 (1), (2)  
Temperature dependence of dielectric constant (1), (2).

温度 サイクル 試験で著しい特性の劣化は認められなかった。

## (4) 恒温恒湿試験

恒温恒湿中に長時間放置した場合、基板の電気特性が劣化する場合があるため 45°C, 80 %, 30 日の環境で試験した。電気特性の試験は開始前、15 日経過後、30 日経過後の 3 回測定し、その後 24 時間浸水後、表面の水分をガーゼで軽く拭いて誘電率を測定した。その結果は図 3. 7 に示した。誘電率は 1 % 以下の変化でとくに影響はなかった。 $\tan \delta$  は若干増加している。R-5 だけは吸水率が大きいため約 2 倍になった。吸水試験の結果は R-5 を除いてわずかに  $\tan \delta$  の増加が認められる。誘電率も若干大きくなっているが、これは水の誘電率が大きいためである。R-5 は吸水率 2 % で他の基板より 2 けたも大きいので  $\tan \delta$  も 1 けた大きくなった。

## (5) 耐候性

基板は屋外の気候に十分耐えなければならない。その試験を行なうため次の条件のウェザオメーターで基板を試験した。

|      |                                        |
|------|----------------------------------------|
| 照射条件 | 基板の誘電体部に紫外線が直角に当たるようにセットした。            |
| 照射強度 | 240 時間が東京の 1 年間の日照時間に相当するカーボンアーク灯を使用   |
| 照射時間 | 93 時間                                  |
| 温湿度  | 50°C, 40~50 %, 60 分中 12 に分間純水シャワーをかける。 |

試験後の目視観察では F-1 が変色しただけで他基板は変化なかった。誘電率は F-1 が 9 % 大きくなり、 $\tan \delta$  は 45 % の増大であった。他の基板については誘電率について変化は認められず、 $\tan \delta$

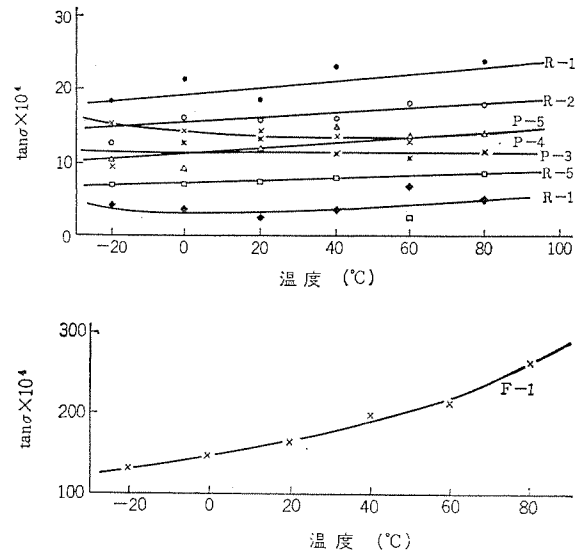


図 3. 6  $\tan \delta$  の温度特性 (1), (2)  
Temperature dependence of dielectric loss tangent (1), (2).

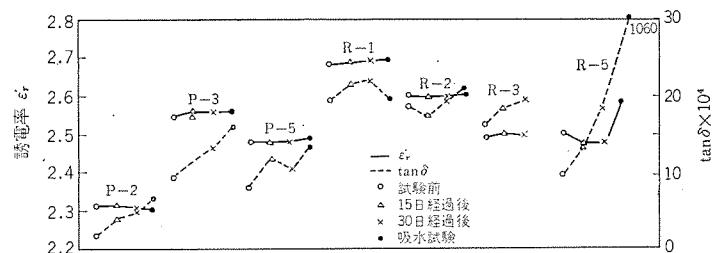


図 3. 7 恒温恒湿試験後の誘電率  $\epsilon_r$ ,  $\tan \delta$  の変化  
Dielectric constant after humidity resistance steady state test of laminates.

は10%程度増大した。

#### 4. む す び

以上の実験結果からわかるように、どの基板にも一長一短があり万能な基板はないが使う用途によって選定すれば十分実用になる。

(1) 純プラスチック系では高温、寸法安定性は劣るが電気特性がすぐれている。P-1, P-2 は実際の回路パターンを作製してみると寸法安定性、はんだ付け等に問題がありすぎる。P-3, P-4, P-5 は電気特性、寸法安定性もすぐれている。耐薬品性、温度に注意すれば実用的である。PPO 材は4 GHz 以上で損失が若干増加する欠点がある。

(2) 充てんプラスチック系はF-1 材のみで同系の比較ができなかったが電気特性、吸水率、温度特性等に欠点が多い。しかし高温でも寸法安定性がよく、曲げ強度も大きい利点がある。

(3) 繊維強化プラスチック系のうちガラス繊維強化基板は電気損失が他のものより若干大きく異方性である以外は、他のどの基板よりすぐれており総合的に良い。ただし樹脂量を常に一定値にしないと誘電率が一定にならない点は、純プラスチック系と異なるので回路設計上注意すべきである。石英繊維強化基板は  $\tan \delta$  も小さく基板中最高級のものであるが、高価である点と繊維が太いため吸水率が大きい欠点がある。R-6 は  $\text{SiO}_2$  96% と純度が低いので  $\tan \delta$  が大きかった。99% 以上の  $\text{SiO}_2$  布が国産できれば電気特性、価格の面から今後有望である。

#### 参 考 文 献

- (1) Norman R. Wild : Trans. IRE, MTT-9, No. 2, 21 (1955)  
E. N. Torgow & J. E. Griemsmann : Trans. IRE, MTT-9, No. 2, 57 (1955)  
K. E. Zublin : Trans. IRE, MTT-9, No. 2, 65 (1955)  
Robert M. Barrett : Trans. IRE, MTT-9, No. 2, 1 (1955)  
Max Sucher & Jerome Fox : Handbook of Microwave Measurements, 11, Chap. XIII, 687 (1963) Polytech. Press.
- (2) N. Da Mocogno & R. Tuinila : SCP and Solid State Tech., June, 25 (1966)  
T. H. Kilpatrick : Microwave, 6, No. 10, 22 (1967)  
D. D. Grieg & H. F. Engelmann : Proc. IRE, 40, No. 12, 1,644 (1952)  
J. M. C. Dukes : Proc. IEE, 105 B, 147 (1958)  
植之原 : 電信学会電子回路部品・材料研究会資料, CPM 67-59 (1968-03)
- (3) 網島 : プリント配線の設計と製作, (昭39) 誠文堂, 伊藤, 山田, 安斎 : 富士通, 19, No. 1, 87 (1968)
- (4) Tom D. Schlabach & R. J. Colardeau : AIEE, 62-19 (1962)
- (5) J. M. C. Dukes : Proc. IEE, 105 B, 155 (1958)
- (6) Microwave, 7, No. 1, 101 (1968)
- (7) A. Gowan & P. Shenian : Insulation, 11, No. 10, 129 (1965)  
湯浅, 兪 : 工業材料, 13, No. 4, 1 (昭40)  
高橋, 山本 : 工業材料, 15, No. 12, 103 (昭42)  
湯浅, 兪 : プラスチック, 17, No. 9, 60 (昭41)  
プラスチック, 16, No. 8, 68 (昭40)
- (8) JSI C 6481-1968 : 印刷回路用銅張り積層板試験方法  
NEMA Standard (Jan. 1965) : Copper-Clad Laminates.  
ASTM D 229-63 T : Testing Rigid Sheet & Plate Materials used for Electrical Insulation.  
ASTM D 696 : Plastics-Methods of Testing.  
MIL-STD-202 C.
- (9) Electronized Chemical Corp. Tech. Bulletine, (July 30, 1965)

## 三菱大容量クレーンモートル

藤田 淳治\*・富田 晴彦\*

## Mitsubishi Large Capacity Crane Motors

Nagasaki Works Junji FUJITA・Haruhiko TOMITA

With the growth of productive scales and the advancement of industrial technique, requirment for cranes for use in cargo handling equipment and anxilary machines in steel mills is changing to larger size, higher efficiency and higher speed. Thus crane motors are becoming larger in a single unit capacity with an increase of loading time rates ; severe demands are being imposed on their operating frequency. These crane motors employed in this country are built in accordance with the standards of JEM-1065, 1066, AISE, and JEM 1202. But for motors used with hoist requisites are far above the standards. Mitsubishi has been manufacturing crane motors of such larger capacities and higher loading time rates as required in quantities. This is a report on these matters.

## 1. ま え が き

荷役機械用、および製鋼用補機としてのクレーンは、産業規模の大形化、工業技術の進歩とともに、ますます大形化・高能率化・高速化が要求されてきつつあり、このためクレーンモートルも単機容量の増大、負荷時間率の増大、使用ひん度の過酷化が要求されてきている。わが国で使用されているクレーンモートルの規格としては、従来のJEM-1065, 1066（規格自体はすでに廃止された）AISE規格、および最近制定された新しいJEM-1202があるが、巻上機用としてはこれらの規格の範囲を越える、大容量・高負荷時間率のモートルが要求されてきている。

当社ではこのような大容量・高負荷時間率のクレーンモートルをすでに多数製作納入してきたので、以下これらについて述べる。

## 2. 電動機製作上の問題点

クレーン用電動機に要求される諸条件としては次のものをあげることができる。

- (1) すみやかな加速・減速を要求されるので、回転子の  $GD^2$  は小さく、一方電動機の最大トルクは大きいこと。
- (2) ひんぱんな始動・停止を行なうため、これに適した冷却方式であること。
- (3) 振動・衝撃がひんぱんに加わるので、十分な剛性を持った構造であること。
- (4) 特に製鋼用クレーンの場合、じんあいの多い高温の場所で使用されるので、保護方式・構造には十分考慮すること。
- (5) 保守点検が容易であること。

以下これらについて説明する。

始動時のトルク・時間・発生損失・ $GD^2$ 等の関係は次の式で与えられる。

$$t_s = \frac{GD^2}{375 n_0} \int_{s_f}^1 \frac{1}{T_m - T_e} ds \dots\dots\dots (2.1)$$

$$Q_2 = \frac{GD^2}{365} n_0^2 \cdot 10^{-3} \int_{s_f}^1 \left( \frac{T_m}{T_m - T_e} \right) s \cdot ds \dots\dots\dots (2.2)$$

$$Q_1 \cong \frac{R_1}{R_2} Q_1 \dots\dots\dots (2.3)$$

ただし  $t_s$  : 始動時間 (s)

$GD^2$  : モータ軸系の全  $GD^2$  (kg-m<sup>2</sup>)

$n_0$  : 定格回転数 (rpm)

$T_m$  : モータの発生するトルク (kg-m)

$T_e$  : 負荷トルク (kg-m)

$s$  : すべり

$Q_2$  : 始動時に二次回路（抵抗器を含む）に発生する損失 (kW-s)

$Q_1$  : 始動時に一次回路に発生する損失 (kW-s)

$R_1$  : 一次抵抗値 ( $\Omega$ )

$R_2'$  : 一次に換算した二次抵抗（抵抗器を含む）( $\Omega$ )

すなわち、始動時間は  $GD^2$  に比例し  $T_m - T_e$  に逆比例する。発生損失は  $GD^2$  に比例し  $T_e/T_m$  が小さいほど小さくなる。

クレーンモートルの場合、軸系の  $GD^2$  のほとんど大部分を電動機回転子の  $GD^2$  が占めるので、回転子の  $GD^2$  はきょりょく小さく押える必要があり、このためには回転子を細長いものにする必要があるが、これは回転子の冷却効果とは相反する。

当社では軸に鋼板を溶接し、その上に回転子コアを積む「溶接軸構造」を採用しているが、これによると回転子への冷却風の取入口を大きく取ることができ、回転子鉄心にもうけた多数のダクトと相まって良好な冷却効果を持たせ、回転子の  $GD^2$  を小さく押えている。 $GD^2$  の大きさを表わすのに下記の式(2.4)で表わす値を用いると便利である。

$$\text{per unit } GD^2 = \frac{GD^2_M}{36.5 \times \text{kW}} \cdot \left( \frac{n_0}{100} \right)^2 \dots\dots\dots (2.4)$$

ただし  $GD^2_M$  : モートル回転子の  $GD^2$  (kg-m<sup>2</sup>)

kW : モートル出力 (kW)

$n_0$  : モートルの全負荷回転数 (rpm)

式(2.4)の per unit  $GD^2$  は、加速トルクがモートルの定格トルクに等しいときに、始動に要する時間 (s) を表わす。

当社の全閉強制通風形 連続定格 温度上昇 80°deg (抵抗法) のモートルの場合、この per unit  $GD^2$  の値は 1.1~1.3 程度に押えている。

クレーンモートルの最大トルクは、使用条件、制御方式、電源の容量等により、必要な最低値が異なるが、普通は 250 % 以上あれば十分であり、当社でも 250 % 以上を標準としている。

次にクレーンモートルのように始動・停止をひんぱんに行なうものでは、始動（制御）中・停止中の冷却効果如何によりマシンサイズが左

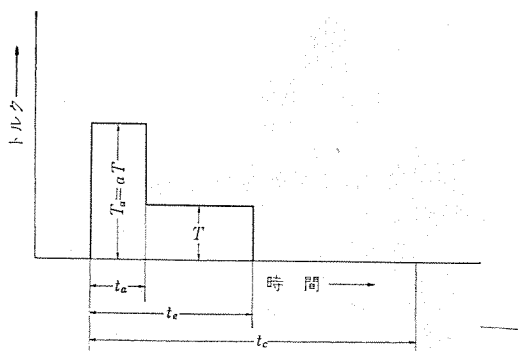


図 2.1 クレーンモートル 使用条件  
Duty cycle of crane motor.

右される。この点から言えば、開放強制通風形が最もマシンサイズを小さくでき、当社でもすでにいくつか製作しているが、製鋼クレーン（特にレールクレーン、ストリッパクレーン）のようにじんあいの多い場所で使用されるものは、全閉形にしなければならぬものが多い。

小容量のものではフレームの外周に冷却フィンが付いた全閉外扇形でもよいが、200 kW 程度以上になると冷却フィンタイプでは冷却効果が悪くなる。当社では、多数の冷却管よりなる空気冷却器を備えた全閉強制通風形を採用し良好な結果を得ている。

全閉強制通風形としては、冷却管の中を通る外気のみを強制通風するタイプと、外気と内気を別個の強制通風ファンで同時に強制通風させるタイプがある。始動ひん度が非常に多く、しかも % ED の小さいものでは後者のほうが有利であるが、始動ひん度 200~300 回/時、% ED が 60 % 程度では下記検討例に示すように大差はなく、構造的には前者のほうが簡単であるので、当社が今までに製作したものはほとんど前者のタイプである。

すなわち、今クレーンモートルの使用条件を図 2.1 で表わすと、2 乗平均トルクは次の式で与えられる。

$$T_e = \sqrt{\frac{a^2 T_a^2 + T^2 (t_e - t_a)}{h_a t_a + (t_e - t_a) + h_e (t_c - t_e)}} \quad (2.5)$$

ここで  $T_e$  : 2 乗平均トルク (kg-m)

$T_a$  : 始動時のモートル発生トルク  $= aT$  (kg-m)

$T$  : 運転時のモートル発生トルク (kg-m)

$a$  :  $T_a$  と  $T$  の比 ( $a = T_a/T$ )

$h_a$  : 始動中の平均冷却係数

$h_e$  : 停止中の平均冷却係数

$t_c$  : サイクルタイム (s)

$t_e$  : 1 サイクル中の通電時間 (s)

$t_a$  : 始動時間 (s)

さらに、

$$t_c = \frac{3600}{S} \quad (2.6)$$

ただし、 $S$  : 1 時間当たりの始動ひん度 (回/h)

$$t_e = \frac{3600}{S} \varepsilon \quad (2.7)$$

ただし  $\varepsilon$  : 使用時間率

$$t_a = \frac{C \cdot GD_M^2 \cdot n}{375 (T_a - T)} = \frac{C \cdot GD_M^2 \cdot n}{375 (a-1) T} \quad (2.8)$$

$$C = \frac{GD_M^2 + GD_L^2}{GD_M^2} \quad (2.9)$$

ただし  $GD_M^2$  : モートルの  $GD^2$  (kg-m<sup>2</sup>)

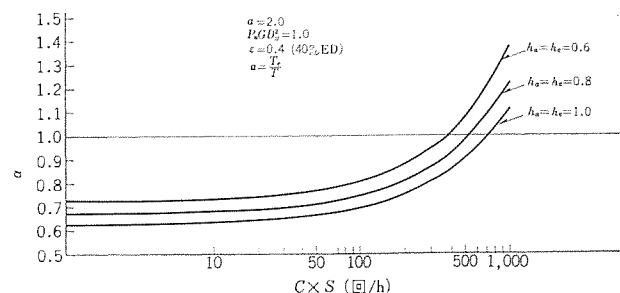


図 2.2 2 乗平均トルクと定格トルクの比  
Ratio of root mean square torque and rated torque.

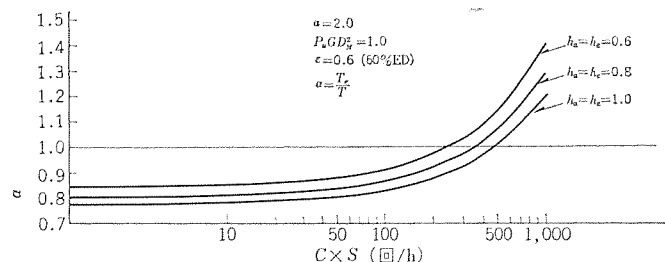


図 2.3 2 乗平均トルクと定格トルクの比  
Ratio of root mean square torque and rated torque.

$GD_L^2$  : 負荷の  $GD^2$  (kg-m)

$n$  : 定格回転数 (rpm)

$$PuGD^2 = \frac{GD_M^2 \cdot n}{375 T} \quad (2.10)$$

とおいて式 (2.5) を変形し、 $T_e$  と  $T$  の比を  $\alpha$  とすれば

$$\alpha = \left( \frac{T_e}{T} \right) = \sqrt{\frac{(a+1) \cdot PuGD^2 \cdot \frac{C \cdot S}{3600} + \varepsilon}{(h_a-1) \cdot \frac{PuGD^2 \cdot \frac{C \cdot S}{3600}}{(a-1)} + (1-h_e)\varepsilon + h_e}} \quad (2.11)$$

式 (2.11) の計算例を図 2.2, 2.3 に示す。使用時間率 60 % ED ( $\varepsilon=0.6$ )、 $C \cdot S=300$ (回/h) のとき、 $h_a=h_e=0.6$  と  $h_a=h_e=1.0$  における  $\alpha$  の比は、約 1.12 である。

クレーンモートルはひんばんな始動・停止を行ない、かつ移動するクレーンの上に設置されるため、振動・衝撃がひんばんに加えられる。したがって各部の剛性・強度には特に考慮を払わなければならない。当社では前記「溶接軸構造」を採用して回転子の剛性を高め、スリップリング側ブラケットをフレームからオーバーハングする構造を改めて、フレーム内にスリップリングを内蔵する構造として、固定子の剛性を高める等、各部分の剛性には十分な考慮を払っている。

保護方式については前述のように、じんあいの多い場所で使用されるものについては、全閉形を採用し、また周囲温度の高い場所で使用されるものについては、絶縁・グリス・点検窓のパッキン等についても十分な考慮を払っている。またスリップリングの点検窓は、作業が容易なように十分な大きさを取る等、保守・点検にも十分な考慮

を払っている。そのほか回転子の絶縁は、 $4E_2+1,000V$  ( $E_2$  は二次端子における静止時誘起電圧) の耐圧強度を持たせている。

3. 構造の説明

3.1 通風方式

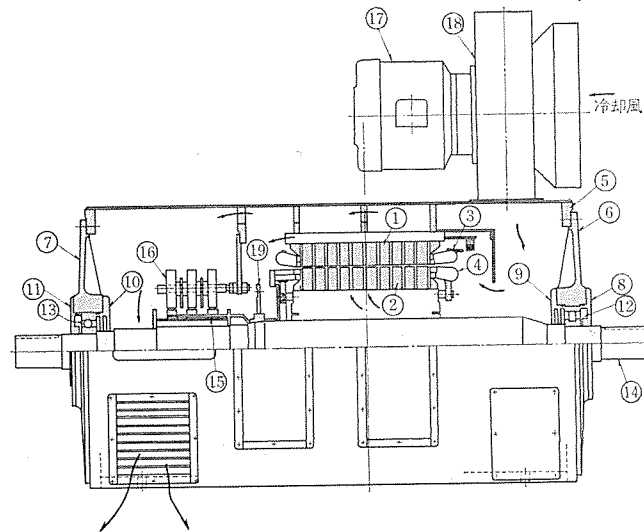
3.1.1 開放強制通風形

図 3.1 は開放強制通風形モートルの断面図、図 3.2, 3.3 はその外観である。この形式はモートルの上部または側面に強制通風用のファンおよびファンモートルを取りつけており、モートルの回転には関係なく連続的に外部空気をモートル内部に吹きこんで冷却する。

ファンの風取入口には2枚のフィルタを付けてじんあい等を除去している。モートル内部にはいった空気は、コイル、コアを冷却した後スリップリングを冷却し、モートル外部のよろい窓から外部へ排出される。

3.1.2 全閉強制通風形

図 3.4 は全閉強制通風形の断面図、図 3.5, 3.6, 3.7, 3.8 はその外観である。この形式はモートルのフレームとは別個に製作した空気冷却器と、強制通風用のファン、ファンモートルを備えている。空気冷却器は据付場所の条件により図 3.5, 3.6 のように側面に付ける場合もあるし図 3.7 のように上部に付けることもある。また図 3.8 のように、冷却ファンは別置にして現地でダクトにより接続するものもある。回転子に取付けた2個のファンにより矢印のように内部空気を循環させ、空気冷却器において熱交換を行わせている。スリップリング部には別個のファンを設け、スリップリングを冷却すると同時に、スリップリング部とコイルコア部を仕切っており、ブラシの摩耗粉によるコイルコア部の汚損を防いでいる。



|    |        |    |         |
|----|--------|----|---------|
| 1  | 固定子鉄心  | 11 | 軸受端カバー  |
| 2  | 回転子鉄心  | 12 | ころがり軸受  |
| 3  | 固定子コイル | 13 | ころがり軸受  |
| 4  | 回転子コイル | 14 | 軸       |
| 5  | フレーム   | 15 | スリップリング |
| 6  | ブラケット  | 16 | ブラシ保持器  |
| 7  | ブラケット  | 17 | ファンモータ  |
| 8  | 軸受端カバー | 18 | ファン     |
| 9  | 軸受端カバー | 19 | バランスリング |
| 10 | 軸受端カバー |    |         |

図 3.1 開放強制通風形 クレーンモートル  
Open, drip-proof, forced ventilated type crane motor.

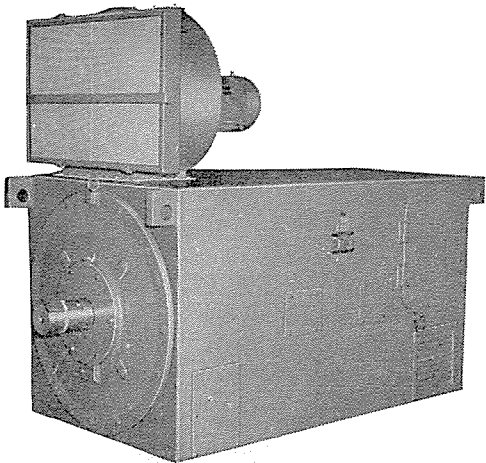


図 3.2 開放防滴強制通風形 クレーンモートル  
Open, drip-proof, forced ventilated type crane motor.

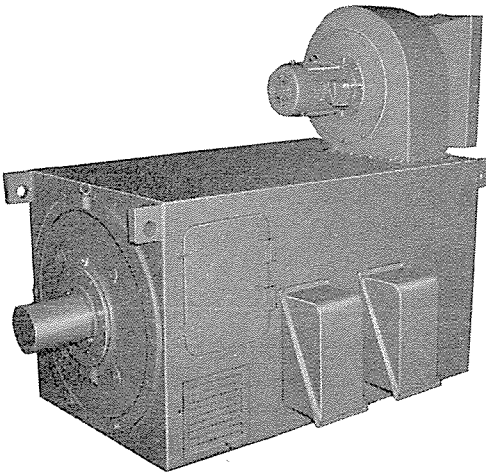
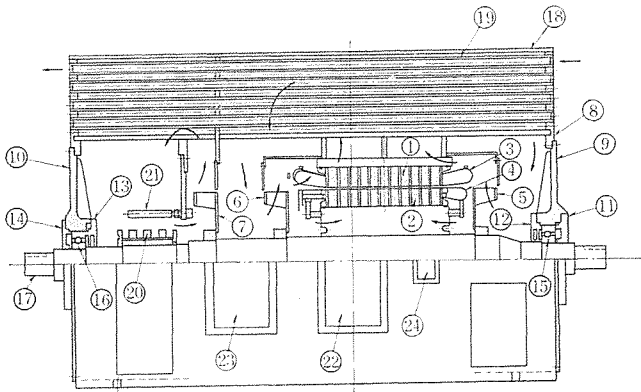


図 3.3 開放防滴強制通風形 クレーンモートル  
Open, drip-proof, forced ventilated type crane motor.



|    |        |    |               |
|----|--------|----|---------------|
| 1  | 固定子鉄心  | 13 | 軸受端カバー        |
| 2  | 回転子鉄心  | 14 | 軸受端カバー        |
| 3  | 固定子コイル | 15 | ころがり軸受        |
| 4  | 回転子コイル | 16 | ころがり軸受        |
| 5  | ファン    | 17 | 軸             |
| 6  | ファン    | 18 | 空気冷却器         |
| 7  | ファン    | 19 | 冷却管           |
| 8  | フレーム   | 20 | スリップリング       |
| 9  | ブラケット  | 21 | ブラシ保持器棒       |
| 10 | ブラケット  | 22 | 端子箱 (一次)      |
| 11 | 軸受端カバー | 23 | 端子箱 (二次)      |
| 12 | 軸受端カバー | 24 | 端子箱 (サーモスタット) |

図 3.4 全閉強制通風形 クレーンモートル (ファン別置形)  
Totally enclosed, forced ventilated type crane motor.

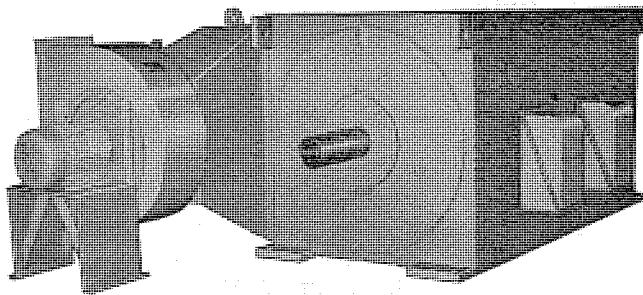


図 3.5 全閉強制通風形 クレーンモートル  
Totally enclosed, forced ventilated type crane motor.

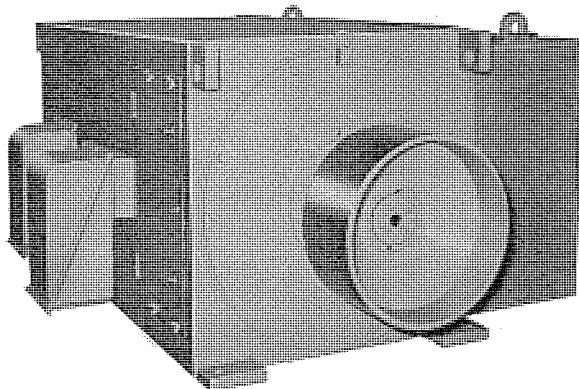


図 3.6 全閉強制通風形 クレーンモートル  
Totally enclosed, forced ventilated type crane motor.

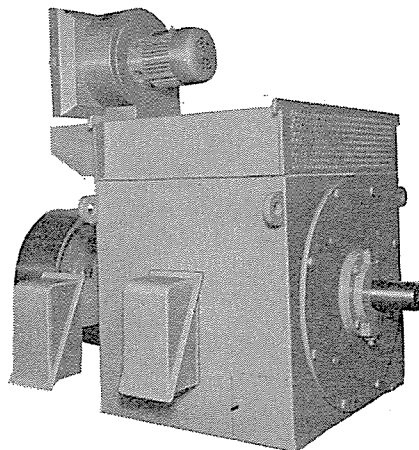


図 3.7 全閉強制通風形 クレーンモートル  
Totally enclosed, forced ventilated type crane motor.

### 3.2 固定子

図 3.9, 3.10 は全閉強制通風形の固定子フレームを示す。フレームは鋼板溶接製であり、両軸出しのため、スリップリングを内蔵する形式となっている。フレームからオーバーハングしたブラケット内にスリップリングを内蔵するタイプに比べ、著しく剛性が大きいものとなっている。フレームの両端部にははめあい部を設けてこれに円形ブラケットをはめ、フレーム、ブラケット内の剛性を増すと同時にエアギャップの均一性を保っている。

### 3.3 回転子

図 3.11 は回転子を示す。回転子は完成後入念なバランスを取って振動や騒音を最少限に抑え、かつ軸受の早期疲労を防いでいる。軸は、いわゆる「溶接軸構造」とし、軸の剛性を増すと同時に、回転子の冷却を良好にしている。回転子コイルエンド、スリップリング部は、バインド線によって強固に保持している。軸は両軸出しとし、スリップ

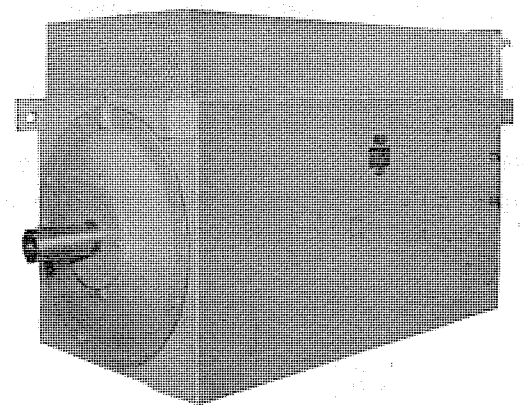


図 3.8 全閉強制通風形 クレーンモートル  
Totally enclosed, forced ventilated type crane motor.

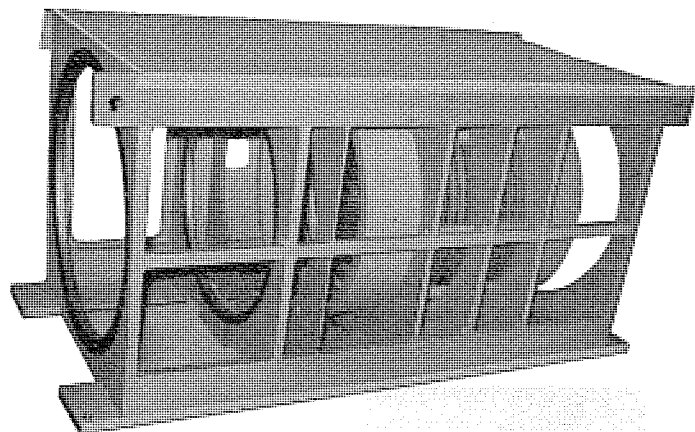


図 3.9 固定子 (全閉強制通風形)  
Stator (totally enclosed, forced ventilated type).

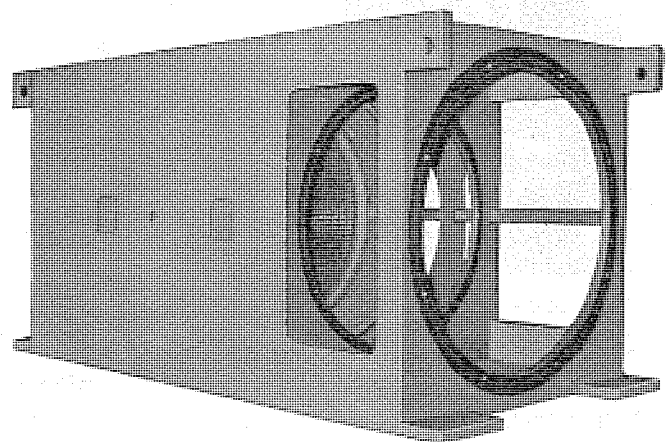


図 3.10 固定子 (全閉強制通風形)  
Stator (totally enclosed, forced ventilated type).

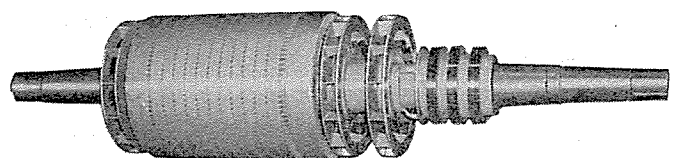


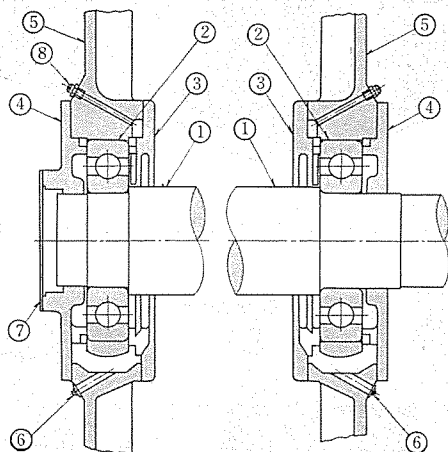
図 3.11 回転子 Rotor.

リング側軸端を使用しない場合は、軸端カバーを取付けている。

### 3.4 ブラケットおよび軸受

図 3.12 にその構造を示す。ブラケットは円形の鋳鉄製でフレーム端

面にはめあいしており、分解組立が容易でかつ異物の侵入を完全に防止する構造としている。軸受はころがり軸受で、負荷側には負荷容量の大きなローラーベアリング、スリップリング側にはボールベアリングを使用している。グリスは普通はリチウムグリスを使用しているが、特に高温の場所ではシリコングリスを使用している。グリスはブラケットに取付けられたグリスニップルから注入し、下部の排油口より排出する。



|   |             |   |         |
|---|-------------|---|---------|
| 1 | 軸           | 5 | ブラケット   |
| 2 | ころがり軸受      | 6 | 排油ふた    |
| 3 | 軸受端カバー (内側) | 7 | 端ふた     |
| 4 | 軸受端カバー (外側) | 8 | グリスニップル |

図 3.12 軸受部構造図  
Construction of bearing parts.

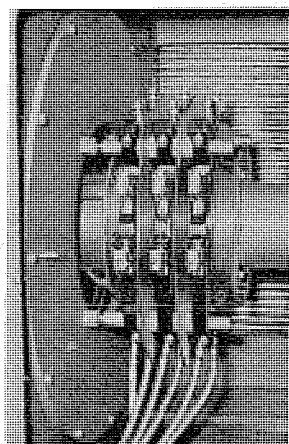


図 3.13 スリップリング部  
Slip ring parts.

### 3.5 スリップリングおよびブラシ

図 3.13 にその構造を示す。スリップリングは青銅製であり、ブラシには良質の金属黒鉛ブラシを使用しているため、ブラシの異常摩耗・異常温度上昇がない。ブラシは黄銅製のブラシホルダーのボックス内に納められ、ばねによって適当な圧力でリング面に押しつけられている。スリップリング部は、最も保守点検の必要な箇所であるから、容易に内部が点検できるように十分な点検窓を設けている。スリップリング部は、ブラッシング時の電圧を考慮してリング間に十分な距離を取り、リング間の短絡事故を防止している。

### 3.6 空気冷却器およびエアフィルタ

全閉形モートルに取付ける空気冷却器は、多数の冷却管よりなり冷却管内部に外気を通し、冷却管の間にモートル内部空気を循環させて、熱交換を行わしめている。エアフィルタは、押込みファンの場合はファンの吸込口、誘引ファンの場合には空気冷却器の入口に取付けている。フィルタは通常金網のものを2枚重ねて使用しており、1枚をそうじする間でも他の1枚で運転できるようになっている。

### 3.7 端子箱

端子箱は鋼板製のものであり、接続作業を行なうに十分な大きさのものとしている。モートルリードは端子箱内部で固定する、いわゆる「ラグ式」になっているので、外部電線に異常な力が加わってもコイル部に損傷を生ずることはない。

外部電線リードの入口には貫通穴をあけているので、必要な場合には現地で、さらに大きく広げることできる。

## 4. 製作経歴

昭和41年以降の製作実績を表4.1に示す。

表 4.1 大容量クレーンモートル製作実績  
List of large capacity crane motor.

#### 開放強制通風形

| 出<br>力<br>kW | 電<br>圧<br>V | 周波数<br>Hz | 極<br>数 | 時間定格 | 用<br>途                  | 台数 | 納入年月   |
|--------------|-------------|-----------|--------|------|-------------------------|----|--------|
| 200          | 440         | 60        | 10     | 連続   | 250 t/h アンローダー巻上用       | 2  | 41年 7月 |
| 187          | 440         | 60        | 10     | 連続   | 30/40 t ソーキングビットクレーン巻上用 | 2  | 42年 7月 |
| 200          | 440         | 60        | 10     | 連続   | 250 t/h アンローダー巻上用       | 2  | 42年 9月 |
| 350          | 440         | 60        | 10     | 2時間  | 40 t ソーキングビットクレーン巻上用    | 2  | 43年 3月 |
| 350          | 440         | 60        | 10     | 連続   | 40 t ソーキングビットクレーン巻上用    | 2  | 43年 6月 |
| 187          | 440         | 60        | 10     | 連続   | 30/40 t ソーキングビットクレーン巻上用 | 1  | 43年 6月 |
| 200          | 440         | 60        | 10     | 連続   | 250 t/h アンローダー巻上用       | 1  | 43年 8月 |
| 275          | 440         | 60        | 10     | 連続   | 42 t ソーキングビットクレーン巻上用    | 2  | 43年12月 |
| 275          | 440         | 60        | 10     | 連続   | 500 t/h 橋形水平引込クレーン巻上用   | 2  | 製作中    |
| 275          | 440         | 60        | 10     | 連続   | 42 t ソーキングビットクレーン巻上用    | 2  | 製作中    |

#### 全閉強制通風形

|         |       |    |      |        |                         |   |        |
|---------|-------|----|------|--------|-------------------------|---|--------|
| 250     | 440   | 60 | 10   | 連続     | 40 t ソーキングビットクレーン巻上用    | 2 | 41年12月 |
| 250/250 | 440   | 60 | 6/12 | 連続     | 70/70 t スクラップ装入クレーン巻上用  | 1 | 41年 7月 |
| 250/250 | 440   | 60 | 6/12 | 連続     | 70/70 t スクラップ装入クレーン巻上用  | 1 | 42年 9月 |
| 250     | 440   | 60 | 10   | 60% ED | 40 t ソーキングビットクレーン巻上用    | 1 | 42年10月 |
| 250     | 440   | 60 | 10   | 60% ED | 40/20 t ソーキングビットクレーン巻上用 | 1 | 42年10月 |
| 250     | 3,300 | 50 | 10   | 連続     | 320/60 t レードルクレーン巻上用    | 4 | 43年 3月 |
| 350     | 3,300 | 50 | 10   | 連続     | 40/50 t ソーキングビットクレーン巻上用 | 1 | 43年 3月 |
| 350     | 3,300 | 50 | 10   | 連続     | 40 t ソーキングビットクレーン巻上用    | 1 | 43年 3月 |
| 450     | 3,300 | 50 | 10   | 連続     | 300/60 t レードルクレーン巻上用    | 2 | 43年 3月 |
| 250     | 440   | 60 | 10   | 連続     | 320/60 t レードルクレーン巻上用    | 4 | 43年11月 |
| 350     | 3,300 | 50 | 10   | 連続     | 40/50 t ソーキングビットクレーン巻上用 | 1 | 43年11月 |
| 350     | 3,300 | 50 | 10   | 連続     | 40 t ソーキングビットクレーン巻上用    | 1 | 43年11月 |
| 350     | 3,300 | 60 | 10   | 連続     | 100/75 t スクラップ装入クレーン巻上用 | 1 | 製作中    |
| 250     | 3,300 | 50 | 10   | 連続     | 320/60 t レードルクレーン巻上用    | 4 | 製作中    |

## 5. む す び

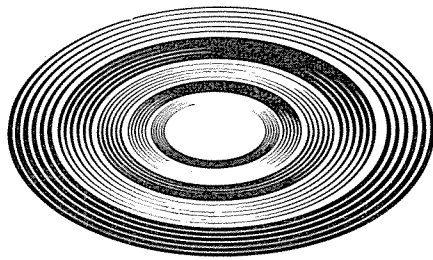
以上、当社において最近までに製作した大型クレーンモートルについて、その特長・構造を簡単に述べた。クレーンモートルが満足な機能を発揮するためには、モートル自身の性能がすぐれていることはもちろんであるが、その制御装置もすぐれたものでなければならない。本文には制御装置のことは省いたので、これに関しては下記の参考文献を参照せられたい。今後はさらに現地における実測を重ね、構造・冷却方式・特性・絶縁等に改善を加え、より小形で、よりすぐれたクレーンモートルを製作してゆくつもりである。

#### 参 考 文 献

- (1) 丸地、川合、ほか：クレーン用制御器具、三菱電機技報 41, No. 7 (昭42)
- (2) 川合、佐竹、ほか：クレーンにおける交流電動機の制御と最近の実例、三菱電機技報 41, No. 7 (昭42)

最近登録された当社の特許

| 名 称                     | 登 録 日    | 登 録 番 号 | 発 明 者                         | 関 係 場 所 |
|-------------------------|----------|---------|-------------------------------|---------|
| 高圧水銀ランプの添加物封入方法         | 43- 5- 9 | 517882  | {土橋理博・若林正雄<br>高井美則            | 大船製作所   |
| 走行車用内燃機の制御装置            | 43- 5-10 | 518112  | 三木隆雄・柴垣匡男                     | 姫路製作所   |
| 避異器回路切離装置               | 43- 5-10 | 518126  | {岡田昌治・永井信夫<br>浜崎正文            | 伊丹製作所   |
| 複合サーボ系                  | 43- 5-14 | 518292  | 西村昭三                          | 通信機製作所  |
| 駆動装置                    | 43- 5-14 | 518293  | 中野久夫                          | 長崎製作所   |
| 図形処理装置に於ける走査制御回路        | 43- 5-15 | 518484  | 福永圭之介・伊藤貴康                    | 鎌倉製作所   |
| 零相変流器                   | 43- 5-15 | 518485  | 森田義男・春原岑生                     | 相模製作所   |
| 直流電動機の制御装置              | 43- 5-27 | 519521  | 三橋英一                          | 伊丹製作所   |
| 電気車制御装置                 | 43- 5-27 | 519530  | 六藤孝雄                          | 伊丹製作所   |
| 直流電動機の制動装置              | 43- 5-27 | 519531  | 小原太郎・六藤孝雄                     | 伊丹製作所   |
| ハロ 燐酸塩けい光体の製造方法         | 43- 5-27 | 519528  | {泰卓也・栗津健三<br>松永教・井手平三郎<br>朝長朗 | 中央研究所   |
| 気体旋回形静電気式集塵器            | 43- 6- 3 | 520356  | 津寺剛・斎藤寛                       | 和歌山製作所  |
| インバータ装置                 | 43- 6- 3 | 520357  | 河合正・杉本盛行                      | 中央研究所   |
| 放射線量測定方法                | 43- 6- 3 | 520358  | 藤林肇次・堀江和夫                     | 北伊丹製作所  |
| アルカリ土類金属被覆陰極の製造方法       | 43- 6- 4 | 520528  | 土井貞春・伊藤弘                      | 大船製作所   |
| 自動同期投入装置                | 43- 6- 4 | 520521  | 大屋英雄・山地正城                     | 長崎製作所   |
| 溶接機の制御装置                | 43- 6- 4 | 520522  | 馬場利彦・大賀隆文                     | 伊丹製作所   |
| 無整流子電動機の制御装置            | 43- 6- 4 | 520523  | 大野栄一・赤松昌彦                     | 中央研究所   |
| 電力変換装置                  | 43- 6- 4 | 520524  | 大野栄一・赤松昌彦                     | 中央研究所   |
| 静止形積分特性継電装置             | 43- 6- 4 | 520525  | {森健・松本忠士<br>浜谷敏彦              | 神戸製作所   |
| 静止形積分特性継電装置             | 43- 6- 4 | 520526  | {松本忠士・浜谷敏彦<br>森健              | 神戸製作所   |
| 車輛用直流発電装置               | 43- 6- 4 | 520527  | 諸永茂雄                          | 姫路製作所   |
| リングカウンタ                 | 43- 6- 4 | 520531  | 赤松昌彦・熊野昌義                     | 伊丹製作所   |
| 電力系統自動制御装置              | 43- 6- 4 | 520532  | 山田郁夫・羽田博正                     | 中央研究所   |
| パルス発生装置                 | 43- 6- 4 | 520533  | {上富勇・美濃和芳文<br>今井誠一            | 中央研究所   |
| 避雷器試験装置                 | 43- 6- 4 | 520536  | 浅見辰己・原仁吾                      | 中央研究所   |
| フィルタ保護装置                | 43- 6- 4 | 520539  | 三上一郎・仁科重雄                     | 神戸製作所   |
| アルカリ土類金属被覆陰極の製造方法       | 43- 6- 4 | 520529  | 土井貞春・伊藤弘                      | 大船製作所   |
| 電気かみそり                  | 43- 6- 4 | 520534  | {武井久夫・小川昇<br>福田興司             | 群馬製作所   |
| 水銀灯発光管の保温覆いの形成方法        | 43- 6- 4 | 520535  | 山崎均                           | 大船製作所   |
| 電気かみそり                  | 43- 6- 4 | 520537  | 小川昇・福田興司                      | 群馬製作所   |
| 時間スペクトル用質量分析装置          | 43- 6-15 | 521375  | 楨田勉                           | 中央研究所   |
| 遠方監視制御装置                | 43- 6-15 | 521376  | 山中彪生                          | 神戸製作所   |
| 蓄電池装置                   | 43- 6-15 | 521377  | 林正之・佐藤安俊                      | 福山製作所   |
| 直流電力制御装置                | 43- 6-15 | 521378  | 赤松昌彦・平島和宣                     | 中央研究所   |
| 多重ロータリジョイント             | 43- 6-15 | 521379  | {大林愛弘・真鍋禎男<br>篠原英健・仁科重雄       | 通信機製作所  |
| 差動保護継電装置                | 43- 6-15 | 521380  | 北浦孝一                          | 神戸製作所   |
| 保護継電装置                  | 43- 6-15 | 521381  | 北浦孝一                          | 神戸製作所   |
| 直流機                     | 43- 6-15 | 521383  | 近藤博通・飛田敏男                     | 中央研究所   |
| 励磁機の切換方式                | 43- 6-15 | 521384  | 斎藤豊・長沢保明                      | 神戸製作所   |
| 空気イオン測定装置               | 43- 6-18 | 521704  | 片桐幸彦・寺田武                      | 商品研究所   |
| 関数発生器                   | 43- 6-18 | 521705  | 北村啓郎                          | 鎌倉製作所   |
| 二次元ならい制御装置              | 43- 6-29 | 522182  | 吉田太郎                          | 名古屋製作所  |
| 自動同期投入装置                | 43- 6-29 | 522183  | 大屋英雄・山地正城                     | 長崎製作所   |
| 半導体装署の保護装置              | 43- 6-29 | 522184  | 横昌洋志                          | 伊丹製作所   |
| 直接形周波数変換器               | 43- 6-29 | 522185  | 赤松昌彦                          | 中央研究所   |
| 給電装置                    | 43- 6-29 | 522186  | 森健・寺田真                        | 神戸製作所   |
| 無電弧タツプ切換方式による可変電圧直流電源装置 | 43- 6-29 | 522188  | 横昌洋志                          | 伊丹製作所   |
| 滑り検出及び電動機速度制御装置         | 43- 6-29 | 522189  | 赤松昌彦                          | 中央研究所   |
| 超高压送電線の運転状態監視装置         | 43- 6-29 | 522190  | 古谷昭雄                          | 神戸製作所   |
| 定距離応動装置                 | 43- 6-29 | 522243  | 小川裕三                          | 神戸製作所   |



## わが国初の 6/3 kV キュービクル用 2,000 A 真空しゃ断器完成

当社ではいち早く真空しゃ断器を製品化し、すでに多方面で好評を得ているが、このたび 7.2 kV 150 MVA の 6-VKG-15 形真空しゃ断器、7.2 kV 250 MVA の 6-VKG-25 形真空しゃ断器の製品化に引き続き、わが国初の 2,000 A 用真空しゃ断器の製品化に成功した。43 年 12 月には各電力会社の立ち会いによる公開試験を実施し、2,000 A 用真空しゃ断器として注目を集めるものであった。

この真空しゃ断器は 6/3 kV キュービクル用 2,000 A 真空しゃ断器としては、わが国で初めてのものであり、放熱効果が十分に駆使されており、外形的にも前に開発した 1,200 A 用 6-VKG-25 形真空しゃ断器とほとんど異なることなく、きわめて最新の技術で構成されている。

この 2,000 A 用真空しゃ断器の定格は以下のとおりである。

|         |                      |
|---------|----------------------|
| 形 名     | 6-VKG-25 形 (2,000 A) |
| 定格電圧    | 7.2/3.6 kV           |
| 定格電流    | 2,000 A              |
| 定格周波数   | 50/60 Hz             |
| 定格しゃ断容量 | 250/150 MVA          |
| 無負荷投入時間 | 0.12 秒               |
| 定格しゃ断時間 | 3 サイクル               |

[神戸製作所]

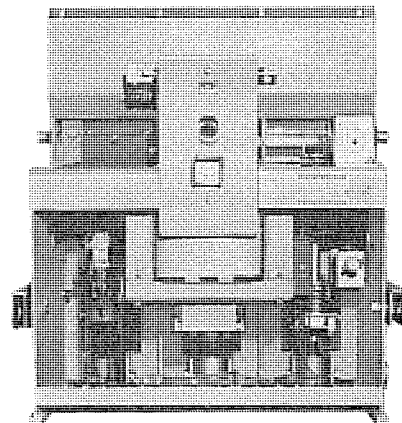


図 1 6-VKG-25 形 (2,000 A) 真空しゃ断器 (正面)

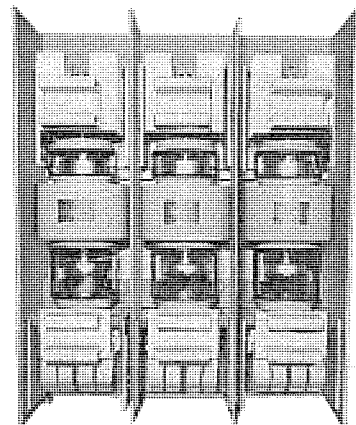


図 2 6-VKG-25 形 (2,000 A) 真空しゃ断器 (背面)

## 万博向け三菱トラベータの完成

当社稲沢製作所では、このたびチェーンパレット方式の三菱トラベータ（動く歩道）を万国博向け仕様に合わせて製作完了した。

来年大阪で開催される万国博では、総延長 4 km におよぶ動く歩道が、国内外各社によって設置されるが、当社は、三菱館・アメリカ館に三菱トラベータを設置することが決定している。

動く歩道の方式にはゴムベルト方式とパレット式とがあり、現在までのところでは、ベルトコンベヤを母体としたゴムベルト方式が大勢を占めている。わが国での設置例は数少なく、実用的なものは、数台を数えるに過ぎない。万国博に設置される動く歩道も、ゴムベルト式が大部分である。

今回当社で完成した三菱トラベータは、先に開発したトラベータに改良を加え、基本的には、当社エスカレータの最新の技術を基にしたもので、パレット踏板にはアルミダイカストを採用した。

隣接するパレットをリンク機構で結合し、全パレットをエンドレスにチェーンで結合したチェーンパレット方式であり、ゴムベルト方式にない数々の特長を備えている。

おもな特長は次のとおりである。

- (1) 踏板がみぞ付き アルミダイカスト 製であるため、ゴムベルトの場合にみられる荷重による変形がなく安全性が高い。
- (2) ゴムベルト式に比べて交通量の多い場所での使用、すなわち heavy use に適している。
- (3) ゴムベルト式に見られるような、パレットのたわみによる波動感が本方式ではまったくなく、きわめて静粛な乗りごちを得ることができる。
- (4) 隣接パレット間のすき間を極力小さくし、レールに曲部がある場合でも、パレットすき間の開閉量が小さいので、安全である。
- (5) 動く歩道は一般に機長が長いので、ゴムベルト方式ではゴムベルトの保守費が高つくが、本方式では、パレットの破損はきわめて少なく、万一破損しても取換えが容易であるので、長期的には経済的である。

三菱トラペータの標準仕様

1200 T 形 (踏面幅 982 mm), 900 T 形 (踏面幅 654 mm)

速 度: 30 m/min, 35 m/min, 40 m/min

傾斜角: 最 大 10°

万博三菱館向けの仕様

1200 T 形

速 度: 16 m/min (特殊)

有効機長: 32.5 m (最短), 42.8 m (最長) 合計 4 台

傾斜角: 水平形 2 台, 傾斜形 (揚程 1 m) 2 台

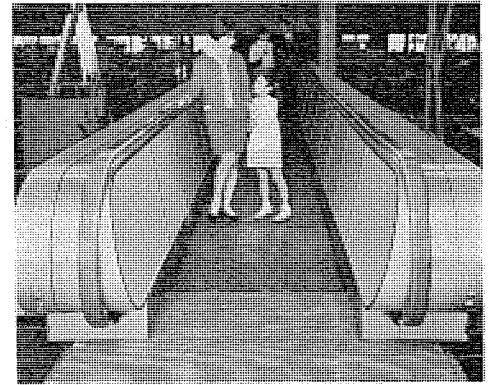
万博アメリカ館向けの仕様

1200 T 形

速 度: 30 m/min

有効機長: 25 m

揚 程: 2.5 m



三菱トラペータ 試作機

[稲沢製作所]

## 国連から気象レーダ 5 台を受注

当社では、このほど WMO (World Meteorological Organization 後進国の気象開発を担当している国連の下部機構、本部はスイス・ジュネーブ) より気象レーダ 5 台を受注した。

このレーダは、カリブ海に浮かぶ西印度諸島 (バルバドス、アンティガ、トバゴ、ジャマイカ) および南米大陸のガイアナに設置され、アメリカのメキシコ湾岸および大西洋岸を襲い、毎年甚大な被害を与えるハリケーンの発生からその経路を捕捉して予報するのに使用されるもので、仕様は波長 10 センチ帯、出力 600 kW、最大探知距離 500 km、アンテナの径は 4 m の大形レーダである。

これら5カ所の設置場所は、いずれも旧英領であり、またアメリカと目と鼻の先にあるハリケーンの発生地、当然関心の深いアメリカ（レーセオン社）またはイギリス（プレッシー社）が本命とされていたが、全世界のメーカー11社参加の公開入札で、他の日本メーカーとも競争の結果、一番札で補用部品・訓練費も含め約4億円で受注した。納期は、初めの1台が1年で、残り4台もその後1年で完成することになっている。

日本製の気象レーダー5台が、遠く大西洋岸に設置されることは画期的なことで、これまで海外にあまり認められなかった日本製気象レーダーの優秀性が実証されたものと思われる。

[本社海外事業部]

## 日・比合併の

### “International Elevator and Escalator 社” を設立

三菱電機では、フィリピン EMCOR (Engineering & Machinery Corp.) との合併による新会社設立のため、かねて両国関係当局に申請中であったが、このほど正式に認可され、International Elevator and Escalator 社を4月1日付で比国マカティ市に設立した。

この International Elevator and Escalator は、エレベータ・エスカレータの販売・据付・保守を行なうのが目的で、この種の海外合併会社としては、香港（香港菱電工程公司）・台湾（中国菱電工程股份有限公司）について3番目のものである。

International Elevator and Escalator 社のあらまし

#### 所在地

フィリピン リサル マカティティンダロストリート カンポスルエダビルディング 5 階  
(Campos Rueda Building 5 F 1., Tindalo Street, Makati, Rizal, Philippines)

#### 事業目的

三菱電機 エレベータ・エスカレータ の販売、据付、保守

#### 資本金

授權資本金 4,600 万円 (500,000 ペソ)  
払込資本金 1,380 万円 (150,000 ペソ)

#### 出資の割合

フィリピン 側 70 %  
日 本 側 30 % (三菱電機 20 %, 三菱商事 10 %)

#### 役員 (フィリピン 側 4 名, 日本 側 3 名)

会 長 ジェサス ヴィ デル ロザリオ (Jesus V del Rosario) (EMCOR 社長)

#### その他

EMCOR (Engineering & Machinery Corporation) の概要：従来より当社 エレベータ・エスカレータ の販売・据付・保守の代理店でありその他に、TV・ラジオ・オートバイ・冷機等の組立・販売を行なっている現地の会社である。

# 本社・営業所・研究所・製作所・工場所在地

| 本 社      | 東京都千代田区丸の内2丁目12番地(三菱電機ビル) (電) 100 (電) 東京 (03) 212局 6111番 |                           |
|----------|----------------------------------------------------------|---------------------------|
| 大阪営業所    | 大阪市北区梅田町8番地(西阪神ビル) (電) 530                               | (電) 大阪 (06) 312局 1231番    |
| 名古屋営業所   | 名古屋市中村区広井町3丁目88番地(大名古屋ビル) (電) 450                        | (電) 名古屋 (052) 561局 5311番  |
| 福岡営業所    | 福岡市天神2丁目12番1号(天神ビル) (電) 810                              | (電) 福岡 (092) 75局 6231番    |
| 長崎出張所    | 長崎市丸尾町6番14号 (電) 852                                      | (電) 長崎 (0958) 23局 6101番   |
| 札幌営業所    | 札幌市北2条西4丁目1番地(北海道ビル) (電) 060-91                          | (電) 札幌 (0122) 26局 9111番   |
| 札幌工場     | 札幌市北2条東12丁目98番地 (電) 060                                  | (電) 札幌 (0122) 23局 5544番   |
| 仙台営業所    | 仙台市大町4丁目175番地(新仙台ビル) (電) 980                             | (電) 仙台 (0222) 21局 1211番   |
| 富山営業所    | 富山市桜木町1番29号 (電) 930                                      | (電) 富山 (0764) 31局 8211番   |
| 広島営業所    | 広島市中町7番32号(日本生命ビル) (電) 730                               | (電) 広島 (0822) 47局 5111番   |
| 岡山出張所    | 岡山市西長瀬字村北122番地の1(三菱電機岡山ビル) (電) 700                       | (電) 岡山 (0862) 24局 0331番   |
| 高松営業所    | 高松市鶴屋町5番地の1 (電) 760                                      | (電) 高松 (0878) 51局 0001番   |
| 東京商品営業所  | 東京都千代田区丸の内2丁目12番地(三菱電機ビル) (電) 100                        | (電) 東京 (03) 212局 6111番    |
| 城南家電営業所  | 東京都世田谷区池尻3丁目10番3号(三菱電機世田谷ビル) (電) 154                     | (電) 東京 (03) 411局 8181番    |
| 城西家電営業所  | 国分寺市南町2丁目16番14号(秀美ビル) (電) 185                            | (電) 国分寺 (0423) 22局 1881番  |
| 城北家電営業所  | 東京都文京区大塚3丁目3番1号(新茗溪ビル) (電) 112                           | (電) 東京 (03) 944局 6311番    |
| 千葉家電営業所  | 千葉市新宿町2丁目49番地(三菱電機千葉ビル) (電) 280                          | (電) 千葉 (0472) 42局 5486番   |
| 横浜家電営業所  | 横浜市中区富士見町3番地4 (電) 232                                    | (電) 横浜 (045) 251局 2226番   |
| 大阪商品営業所  | 大阪市北区堂島北町8番地の1 (電) 530                                   | (電) 大阪 (06) 344局 1231番    |
| 洲本出張所    | 洲本市上物部2丁目6番33号 (電) 656                                   | (電) 洲本 (07992) 2局 0631番   |
| 名古屋商品営業所 | 名古屋市中村区広井町3丁目88番地(大名古屋ビル) (電) 450                        | (電) 名古屋 (052) 561局 5311番  |
| 静岡出張所    | 静岡市七間町9番地の10(池田ビル) (電) 420                               | (電) 静岡 (0542) 53局 9186番   |
| 福岡商品営業所  | 福岡市天神2丁目12番1号(天神ビル) (電) 810                              | (電) 福岡 (092) 75局 6231番    |
| 札幌商品営業所  | 札幌市北2条西4丁目1番地(北海道ビル) (電) 060-91                          | (電) 札幌 (0122) 26局 9111番   |
| 仙台商品営業所  | 仙台市大町4丁目175番地(新仙台ビル) (電) 980                             | (電) 仙台 (0222) 21局 1211番   |
| 富山商品営業所  | 富山市桜木町1番29号 (電) 930                                      | (電) 富山 (0764) 31局 8211番   |
| 広島商品営業所  | 広島市中町7番32号(日本生命ビル) (電) 730                               | (電) 広島 (0822) 47局 5111番   |
| 岡山出張所    | 岡山市西長瀬字村北122番地の1(三菱電機岡山ビル) (電) 700                       | (電) 岡山 (0862) 24局 0331番   |
| 高松商品営業所  | 高松市鶴屋町5番地の1 (電) 760                                      | (電) 高松 (0878) 51局 0001番   |
| 新潟営業所    | 新潟市東大通1丁目12番地(北陸ビル) (電) 950                              | (電) 新潟 (0252) 45局 2151番   |
| 関東商品営業所  | 埼玉県与野市上落合後原842 (電) 338                                   | (電) 与野 (0488) 33局 3181番   |
| 中央研究所    | 尼崎市南清水字中野80番地 (電) 661                                    | (電) 大阪 (06) 491局 8021番    |
| 商品研究所    | 鎌倉市大船2丁目14番40号 (電) 247                                   | (電) 鎌倉 (0467) 46局 6111番   |
| 神戸製作所    | 神戸市兵庫区和田崎町3丁目10番地の1 (電) 652                              | (電) 神戸 (078) 67局 5041番    |
| 伊丹製作所    | 尼崎市南清水字中野80番地 (電) 661                                    | (電) 大阪 (06) 491局 8021番    |
| 三田工場     | 三田市三輪町父々部85番地 (電) 669-13                                 | (電) 三田 (07956) 局 4371~5番  |
| 長崎製作所    | 長崎市丸尾町6番14号 (電) 850-91                                   | (電) 長崎 (0958) 23局 6211番   |
| 稲沢製作所    | 稲沢市井之口町1100番地 (電) 492                                    | (電) 稲沢 (0587) 32局 8111番   |
| 和歌山製作所   | 和歌山市岡町91番地 (電) 640-91                                    | (電) 和歌山 (0734) 23局 7231番  |
| 鎌倉製作所    | 鎌倉市上町屋325番地 (電) 247                                      | (電) 鎌倉 (0467) 46局 1111番   |
| 通信機製作所   | 尼崎市南清水字中野80番地 (電) 661                                    | (電) 大阪 (06) 491局 8021番    |
| 北伊丹製作所   | 伊丹市大鹿字主ヶ池1番地 (電) 664                                     | (電) 伊丹 (0727) 82局 5131番   |
| 熊本工場     | 熊本市竜田町弓削720番地 (電) 862                                    | (電) 熊本 (0963) 62局 7211番   |
| 名古屋製作所   | 名古屋市中区矢田町18丁目1番地 (電) 461                                 | (電) 名古屋 (052) 721局 2111番  |
| 福岡製作所    | 福岡市今宿青木690番地 (電) 819-01                                  | (電) 福岡今宿 (09295) 6局 0431番 |
| 福山製作所    | 福山市緑町1番8号 (電) 720                                        | (電) 福山 (0849) 21局 3211番   |
| 姫路製作所    | 姫路市千代田町840番地 (電) 670                                     | (電) 姫路 (0792) 23局 1251番   |
| 相模製作所    | 相模原市宮下1丁目1番57号 (電) 229                                   | (電) 相模原 (0427) 72局 5131番  |
| 世田谷工場    | 東京都世田谷区池尻3丁目1番15号 (電) 154                                | (電) 東京 (03) 414局 8111番    |
| 静岡製作所    | 静岡市小島110番地 (電) 420                                       | (電) 静岡 (0542) 85局 1111番   |
| 中津川製作所   | 中津川市駒場町1番3号 (電) 508                                      | (電) 中津川 (05736) 5局 7151番  |
| 大船製作所    | 鎌倉市大船5丁目1番1号 (電) 247                                     | (電) 鎌倉 (0467) 46局 6111番   |
| 郡山製作所    | 郡山市栄町2番25号 (電) 963                                       | (電) 郡山 (02492) 2局 1220番   |
| 群馬製作所    | 群馬県新田郡尾島町大字岩松800番地 (電) 370-04                            | (電) 太田 (0276) 22局 4311番   |
| 藤岡工場     | 藤岡市本郷字別所1173番地 (電) 375                                   | (電) 藤岡 (02742) 2局 1185番   |
| 京都製作所    | 京都府乙訓郡長岡町大字馬場小字図所1番地 (電) 617                             | (電) 京都西山 (075) 921局 4111番 |
| ラジオ工場    | 尼崎市南清水字中野80番地 (電) 661                                    | (電) 大阪 (06) 491局 8021番    |

## 次 号 予 定

三菱電機技報 Vol. 43. No. 6.

## 半 導 体 特 集

### 《特集論文》

- 大電力双方向サイリスタ BCR 150 A
- 高耐圧大電力半導体素子
- 溶接機用サイリスタ AC スイッチ
- 高周波高出力シリコントランジスタ
- シリコンモールド形低周波電力用トランジスタ
- サイリスタ用トリガー素子
- MOS IC の設計技術
- ラジオ用 IC
- IC 用横形 PNP トランジスタ
- GaAs ショトキ障壁ダイオード
- $(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)\text{As}$  発光ダイオード

- シリコンアバランシェホトダイオード
- デジタル IC の機能試験装置 (IC テスタ)
- クロムマスク

### 《普通論文》

- 2×224 MVA 東電五井火力 5 号コンバウンドタービン発電機
- 愛知用水公団納め駒場池ゲート制御装置
- 三菱多段多重式遠方監視制御装置
- 新形空気式限時継電器
- MS 形電磁開閉器, 電氣的寿命と適用

## 三 菱 電 機 技 報 編 集 委 員 会

|      |           |      |           |
|------|-----------|------|-----------|
| 委員長  | 小 倉 弘 毅   | 常任委員 | 鈴 木 正 材   |
| 副委員長 | 片 岡 高 示   | “    | 祖 父 江 晴 秋 |
| 常任委員 | 明 石 精     | “    | 湊 武 雄     |
| “    | 石 川 理 一   | “    | 山 田 栄 一   |
| “    | 上 田 重 夫   | 委 員  | 尾 畑 喜 行   |
| “    | 宇 佐 美 重 夫 | “    | 北 垣 成 一   |
| “    | 大 野 寛 孝   | “    | 南 日 達 郎   |
| “    | 神 崎 遼     | “    | 林 昇 寿     |
| “    | 北 川 和 人   | “    | 松 元 雄 蔵   |
| “    | 小 堀 富 次 雄 | “    | 和 田 義 勝   |

(以上 50 音順)

昭和 44 年 5 月 22 日印刷 昭和 44 年 5 月 25 日発行「禁無断転載」定価 1 部金 100 円 (送料別)

### 編集兼発行人

東京都千代田区丸の内 2 丁目 12 番地

小 倉 弘 毅

### 印刷所

東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 12 番地  
(郵便番号 162)

大日本印刷株式会社

### 印刷者

東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 12 番地

高 橋 武 夫

### 発行所

東京都千代田区丸の内 2 丁目 12 番地 (郵便番号 100)

三菱電機株式会社内 「三菱電機技報社」

(電) (03) 212 局 6111 番 (内線 2498)

### 発売元

東京都千代田区神田錦町 3 の 1 (郵便番号 151) 株式会社 オーム社書店

(電) 03-291-0912 振替東京 10018