

# MITSUBISHI DENKI GIHO 三菱電機技報

Vol. 40 March 1966  
空気調和・環境衛生特集

3





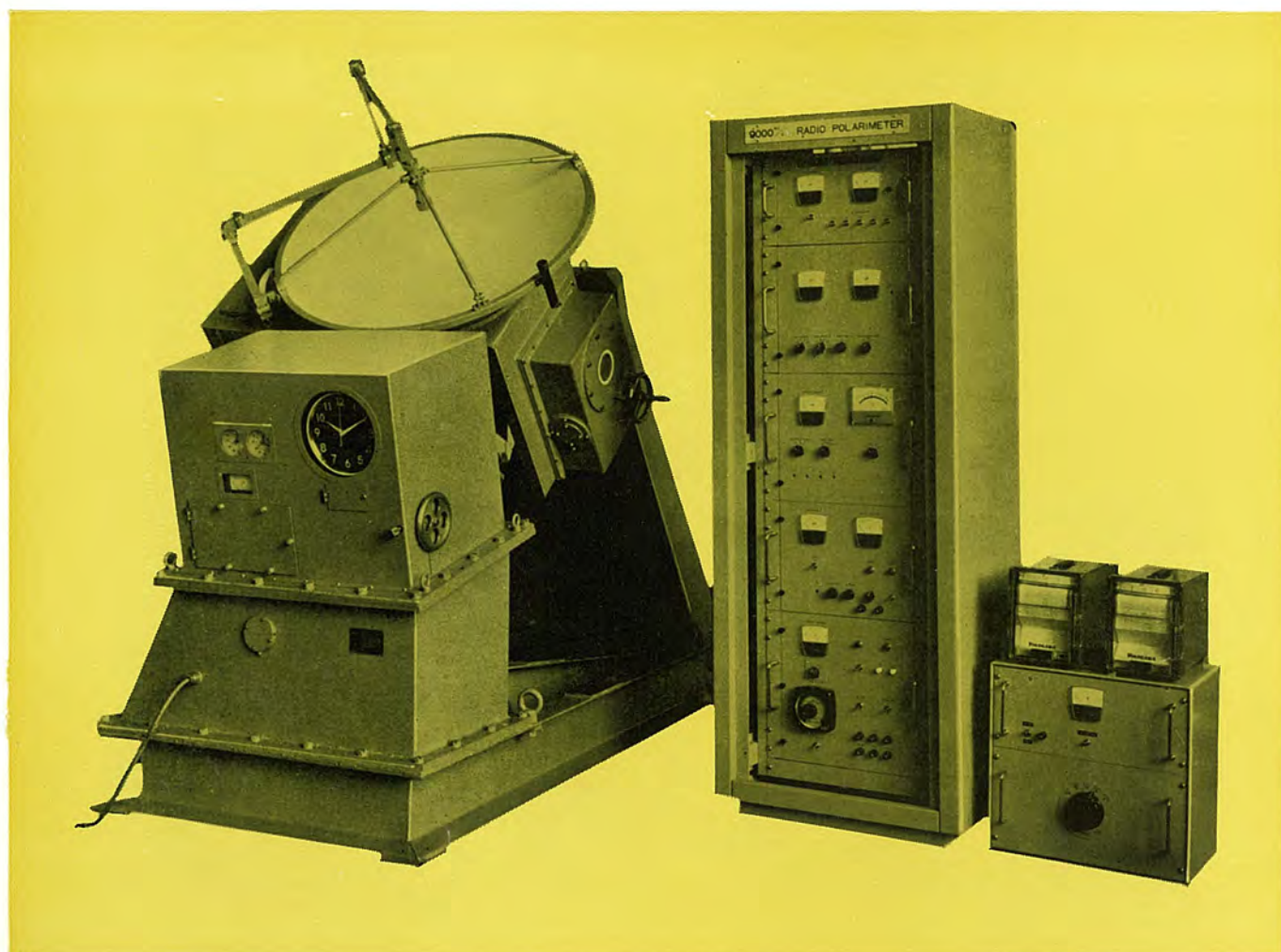
# ペルー向け電波望遠鏡完成

このたびペルー国ワンカイヨの地球物理研究所から太陽電波観測装置一式を受注、納入した。当社では従来から電波天文機器の開発・製作を進めてきたが、今回当社の電波天文技術が海外でも生かされ南半球での太陽電波観測に活躍することになったものである。

この電波望遠鏡はマイクロ波帯において太陽の物理現象を観測するもので、太陽自動追尾アンテナおよび高感受信機、記録計により構成され、9 Gc 帯の太陽電波の強度および左右両旋円偏波成分を連続的に観測・記録するものである。

## ■概略性能

周波数	9,400 Mc	総合雑音指数(ダブルチャネル)	9 dB (給電線損失 1.2 dB を含む)
偏波面	左右両旋円偏波	等価帯域幅	10 Mc
空中線	3 フィートパラボラ空中線	積分時間	0.5, 1 sec
空中線架台	太陽自動追尾式赤道儀	記録での動揺(セン頭値)	約 $8^{\circ}$ K ( $\tau = 0.5$ sec)
受信方式	Dicke 変調方式スーパーヘテロ ゲイン方式	記録計出力	強度(R+L)および偏波(R-L)







## 空気調和・環境衛生特集

### 目次

#### 《特集論文》

空気イオンの畜産業への応用	安倍三史	445
空気調和用イオン発生器と御堂ビルの空気イオン制御	渡辺 弘・金子ふさ・田本栄一・谷川晴彦 原 仁吾・田畑則一・斎藤 寛・平山建一・小川武司	448
誘電体フィルタの基礎特性と空気清浄機	原 仁吾・田畑則一・森 貢・成田勇三	456
大気汚染と空気イオンの関係	柘植正治・小川厚治・酒井勝正	461
空気イオン発生器の諸問題	原 仁吾・田畑則一	467
空気イオンの生理効果	平塚 篤・馬込一男	473
粉じんおよび有害ガスの測定	小原英一・小林恵治	476
スーパークリーンルーム	武田忠夫・横田 晃	482
家庭用ルームクーラ	林 侑孝・貝瀬俊朗	486
新形 GA, GW 形 パッケージルームクーラ	三浦 隆・玉山 敏	491
大形パッケージ空気調和機	西部敏夫	497
スタンダードリビングマスター	神谷昭美・伊藤 潤・斎藤辰夫	503
エアハンドリングユニット	堀江将人	508
大形水冷却装置	江本浩徳	514
油そう(槽)船の冷暖房装置	木戸雅員	519
大形石油暖房機用制御器	小原英一・山下紀夫	523
一般住宅の集中暖冷房	武藤 正・大場健司	530
三菱エアカーテン	牛越 諒・酒井勝正	539

#### 《普通論文》

最近の油シャ断器	稲塚輝男	549
三菱開放形 E 種電動機	八木 勝・梶谷定之・篠原芳男	557
500 keV コッククロフト・ワルトン形陽子加速器	後藤正之・永井昭夫・高倉康一・上田和宏 今村 元・藤田彪太・上山善司	565
小形直流モータ界磁用バリウムフェライト磁石の磁束計算	綱島芳和	573

#### 《技術解説》

MELCOM-1530 テープ・オペレーティング・システム	出口博章・藤井 護・中山俊英	578
-------------------------------	----------------	-----

#### 《新製品紹介》

自動巻取式除じん装置三菱ロールフィルタを開発・三菱中電力シリコン整流スタック DS10BK・DS10TD シリーズを開発・IEC 寸法準拠 SF-E 形全閉外扇屋外形モートルシリーズ完成・CB-EL 形工業用クラッチモートル・ZKG 形マイクロパウダクラッチを開発・ファミリアパンおよびトラック用 SAT (自動車用半自動変速機)・三菱電気ナットランナ NR-10A-1 形新発売・三菱テレビ19K-870 形新発売・三菱脱水洗たく機 CW-700P 形〈カップルP〉新発売	585
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

#### 《ニュース・フラッシュ》

新時代の電子計算機 MELCOM-3100 システム・シリーズ 発売開始・新形 12kV 750 MVA 3,000 A C 形空気シャ断器完成・超硬合金加工用の電解加工機完成・TV サテライト装置用無接点切換器納入	591
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

#### 《特許と新案》

誘導電動機の制御装置・高インピーダンス接地系統の多重故障用パイロット継電装置・誘導加熱用コイル・バケットクレーンの制御装置・テールキャップアンテナ	547
---------------------------------------------------------------------------	-----

#### 《表紙》

##### 1. 三菱ルームクーラ EU-80 形

この三菱ルームクーラ EU-80 形は、科学技術庁 防災科学技術センターに納入された、三菱洪水シミュレータの機能を 100% 発揮させるための空気調和を行なっている。(洪水シミュレータは、降雨量から洪水流出量の計算を主目的とし、洪水を未然に防ぐ役割を果たすものである。)

水冷式 20,500/22,500 kcal/h 200 V 3φ 50/60 c/s 風量 80 m<sup>3</sup>/min  
圧縮機 半密閉形 5.5 kW, 送風機 シロッコファン 0.75 kW 冷媒 R-12  
(高さ) 2,230×(幅) 1,234×(奥行) 638 mm

##### 2. ベルー向け電波望遠鏡完成

##### 3. 三菱電子計算機 MELCOM-3100 システム・シリーズ

##### 4. 三菱ミシン







## Special Collection of Air Conditioning and Environment Sanitary

### CONTENTS

#### SPECIALLY COLLECTED PAPERS

Effect of Air Ions on Domestic Animals .....	445
Sanshi Abe	
Air-iongenerators for Air Conditioning and Their Application to Midō Building .....	448
Hiroshi Watanabe • Fusa Kaneko • Eiichi Tamoto • Haruhiko Tanigawa • Jingo Hara • Norikazu Tabata • Hiroshi Saitō • Kenichi Hirayama • Takeshi Ogawa	
Basic Characteristics of Dielectric Air Filters and Air Cleaners .....	456
Jingo Hara • Norikazu Tabata • Mitsugu Mori • Yūzō Morita	
Relation of Atmospheric Contamination with Air Ions .....	461
Masaharu Tsuge • Kōgi Ogawa • Katsumasa Sakai	
General Problems of Air-ion generators .....	467
Jingo Hara • Norikazu Tabata	
Physiological Effect of the Air Ions .....	473
Atsushi Hiratsuka • Kazuo Magome	
Measurement of Dust and Noxious Gases .....	476
Eiichi Ohara • Keiji Kobayashi	
Super Clean Rooms .....	482
Tadao Takeda • Susumu Yokota	
Type RG and GW Room Air Conditioners for Domestic Use .....	486
Yukitaka Hayashi • Toshio Kaise	
New Type GA and GW Packaged Room Air Conditioners .....	491
Takashi Miura • Satoshi Tamayama	
Large Packaged Type Air Conditioners .....	497
Toshio Nishibe	
Standard Living Master .....	503
Akimi Kamiya • Zyun Itō • Tatsuo Saitō	
Air Handling Units .....	508
Masato Horie	
Water Chilling Units of Large Capacities .....	514
Hironori Emoto	
Air Conditioning Apparatus of Oil Tankers .....	519
Masakazu Kido	
Controllers for Large Oil Furnaces .....	523
Eiichi Ohara • Norio Yamashita	
Central Air Conditioning of Residences .....	530
Tadashi Muto • Kenji Ōba	
Mitsubishi Air Curtains .....	539
Makoto Ushigoe • Katsumasa Sakai	

#### TECHNICAL PAPERS

The Latest Oil Circuit Breakers .....	549
Teruo Inazuka	
Mitsubishi Open-type Induction Motors with Class E Insulation .....	557
Masaru Yagi • Sadayuki Kajitani • Yoshio Shinohara	
A 500 keV Cockcroft-Walton Type Proton Accelerator .....	565
Masayuki Gotō • Akio Nagai • kōichi Takakura • Kazuhiro Ueda • Gen. Imamura • Hyōta Fujita • Zenji Ueyama	
Magnetic Flux Calculation of Barium Ferrite Magnets used for the Field of Small D.C. Motors .....	573
Yoshikazu Tsunajima	

#### TECHNICAL LECTURE

MELCOM-1530 Tape Operating System .....	578
Hiroaki Deguchi • Mamoru Hujii • Toshiaki Nakayama	

NEW PRODUCTS .....	585
--------------------	-----

NEWS FLASH .....	591
------------------	-----

PATENT AND UTILITY MODEL .....	547
--------------------------------	-----

#### COVER EXPLANATION

- Mitsubishi Room Air Conditioner Type EU-80  
The Mitsubishi room air conditioner type EU-80 is in operation to help realize perfectly the function of a Mitsubishi Flood Simulator delivered to the Science and Technique Center of Disaster Prevention of the Scientific Technical Agency. (The flood simulator has its principal aim to calculate the flow volume of flood from the rail-fall and plays a part to prevent a disaster of flood.)  
Specification of the air conditioner  
Water cooled 20,500/22,500 kcal/h    200 V    3 phase    50/60 cycles    Air volume 80 m<sup>3</sup>/min  
Compressor    Semi-enclosed 5.5 kW    Fan    Sirocco fan 0.75 kW    Refrigerant    R-12  
2,230 (h) × 1,234 (w) × 638 d (in) mm
- Completion of radio wave telescope for Peru
- Mitsubishi computers MELCOM-3100 system series
- Mitsubishi sewing machine



UDC 546.217-128:636.082.4

## 空気イオンの畜産業への応用

安倍三史

三菱電機技報 Vol. 40・No. 3・P 445~447

この文は「国民経済における空気イオン化: A. L. ナジェフスキー、モスクワ 1960 年」の要訳である。豚・綿羊・牛・家兎および白ねずみに対する負イオンの効果を実験的に研究した。負イオンは効果的であり生体成長のプロセスの中に入りその変動を支配する。体重の増加に強い刺激を与へ、重量、身長が最も遅れている生体も負イオンの作用を受けて平均重量に追いつく。負イオンの作用を受けた動物は一定の形で反応し、時間が経過してもその作用は破られず弱りもしない。これらの動物を支配すれば……おそらくこの作用方法をよく受容する品種を生み出すことができるであろう……う。

UDC 614.71:621.359.4:537.56

## 空調用イオン発生器と御堂ビル空気イオン制御

渡辺 弘・金子ふさ・田本栄一・谷川晴彦・原 仁吾・田畑則一  
斎藤 寛・平山健一・小川武司

三菱電機技報 Vol. 40・No. 3・P 448~455

わが国で初めて確立された空調の一環としての空気イオン濃度集中制御方式と三菱 I.G. 形負イオン発生器の紹介、およびその実施例として昨年しゅん工した大阪の御堂ビルにおける室内イオン濃度制御について述べる。

空調された室内では環境衛生上必要とされる負イオンが不足していることを確かめ、パルス放電式の空調用負イオン発生器を開発し、電気集じん器と協調させて時限調整によるイオン濃度制御法を開発し、ダクト内のイオン濃度源衰の理論的実験的検討とあいまってイオン濃度集中制御方式を確立した。御堂ビルの室内イオン濃度はイオン濃度約……500 (個/cm<sup>3</sup>)、イオン比 0.8~1.2 で自然界の清浄大気と同じ状態が実現……された。

UDC 621.928.9:621.359.4

## 誘導体フィルタの基礎特性と空気清浄機

原 仁吾・田畑則一・森 貢・成田勇三

三菱電機技報 Vol. 40・No. 3・P 456~461

最近大気汚染の問題が多くなりこれに応じて当社では優秀な集じん特性を有する空気清浄機を開発した。この装置は静電式誘電フィルタ・マイナスイオン発生器・活性炭などからなりたっている。0.1~0.01 μ の微細じん・細菌の除去・負イオンの供給、臭気の除去などができ、完全な清浄空気が供給できる。この空気清浄機の基礎的特性を検討し、構造・材質等開発経過について述べてみる。開発品は計画どおり高性能を持ち、市場性をも有する製品として生産された。

UDC 628.5:697.94:537.2

## 大気汚染と空気イオンの関係

柘植正治・小川厚治・酒井勝正

三菱電機技報 Vol. 40・No. 3・P 462~466

空気イオンはわれわれの健康と関係がありかつ空気中のイオンの量はじんアイやガスによる汚染と密接な関係がある。大気汚染度の測定法にはいろいろの方法があるが、イオン濃度計、デジタル粉じん計、ガス検知器で各地の正イオン、負イオン、ダスト、CO<sub>2</sub>などを測定したのでそのデータを発表する。空気中のイオン量はその大気中のダスト量と相関にあることが確かめられた。また暖房器具から発生するイオンの量も測定した。

UDC 614.71:537.56

## 空気イオン発生器の諸問題

原 仁吾・田畑則一

三菱電機技報 Vol. 40・No. 3・P 467~472

空気イオン発生器の種類とその特長および問題点を述べ、コロナ放電式イオン発生器のオゾン、酸化窒素発生の問題を詳しくとりあげた。またイオン発生器使用上の問題として、放射能物質を使用したイオン発生器の放射性物質管理の問題、空気イオンとじんアイの関係、空気イオンの分布の問題についても簡単に述べた。コロナ放電式イオン発生器は、パルス放電式を用いることによって、イオン発生効率を高くすることができ、イオン発生濃度を 10<sup>7</sup> (個/cm<sup>3</sup>) としても、オゾン濃度は 10<sup>-3</sup> ppm 以下となり、全然問題にならないことを確かめた。

UDC 551.594:612-06

## 空気イオンの生理効果

平塚 篤・馬込一男

三菱電機技報 Vol. 40・No. 3・P 473~475

最近内外メーカーから、保健用空気イオン発生器とその応用品が市販されているが、国内では当社が他メーカーに先がけて開発し、販売したので、空気イオンの効用に対する理解を助ける目的で、生理効果に関する内外の諸研究をとりまとめて報告した。空気イオンの生理効果に関する研究は戦前すでに世界的な規模で行なわれていたが、戦後再び復活し、空気イオン発生器も製品化されている。今後さらに研究の進展が期待されている。空気イオンの効果は大別して、(1) 保健・衛生効果 (2) 医療効果 (3) 植物に対する効果 に分けられる。

UDC 614.71:614:72:53.083

## 粉じんおよび有害ガスの測定

小原英一・小林恵治

三菱電機技報 Vol. 40・No. 3・P 476~481

この文は粉じんと有害ガスの測定法について述べたものである。粉じんの測定については、テーブ エア サンプラ、カスケードインパクタ、デジタル粉じん計などの基本となる考え方を示し、使用上の問題点を記した。結論としては絶対濃度の測定は非常に困難であり、空気清浄機のように効率の問題となるときは、同一の方法で比較検討するのがよい。理想的には 2, 3 種類の方法で測定し、その結果を総合判断するのがよい。有害ガスについては二酸化イオウについて述べた。これは光電比色を利用するもので、ほかのガスについても利用できる。

UDC 697.94:72

## スーパークリーンルーム

武田忠夫・横田 晃

三菱電機技報 Vol. 40・No. 3・P 482~485

ジャイロスコープなど精度のきわめて高い電子機器の機構部を製造するためには、温度、湿度はもとより空気中のじんアイ (塵埃) をも一定の水準以上にコントロールした清浄な環境が必要になる。このような環境はクリーンルーム またはホワイトルームと呼ばれ、今日の宇宙・航空用電子機器の製造には欠かせないものと考えられるようになってきた。この論文では鎌倉製作所に建設されたクリーンルームについて、その設計条件、レイアウトと機能、空調システムの詳細、フィルタ、構造上の特長、付属設備などについて述べ、さらに、じんアイの測定や作業者の教化、訓練……に言及している。



UDC 643:628.82

## 家庭用ルームクーラ

林 佑孝・貝瀬俊朗

三菱電機技報 Vol. 40・No. 3・P 486~490

生活水準の向上にしがいが、最近ルームクーラの家庭への普及は増加しつつある。家庭電気品としてのルームクーラは、従来発達していた大形のルームクーラとはまた異なった立場から開発されなければならない。ここでは窓掛形ルームクーラと小形水冷式ルームクーラの特長・仕様などについて紹介する。

UDC 628.84

## 新形 GA, GW 形 パッケージルームクーラ

三浦 隆・玉山 敬

三菱電機技報 Vol. 40・No. 3・P 491~496

最近の経済発展および生活環境衛生思想の普及が進むにつれて、ルームクーラの需要は年々増加し、ビル、事務所、銀行、商店、バー、喫茶店などでは必需品となってきた。ルームクーラの普及とともにその冷暖房性能はもとより、騒音、振動の少ない、取扱い保守が容易で、かつ、安価なものが要求されてきた。当社ではパッケージルームクーラの国産当初から常に研究・改良・開発を行ない、市場の要望に答えてきたが、ここでは '66 年度新製品から全密閉形圧縮機、フレームレス構造で小形軽量、性能のいっそう向上したセパレート空冷式 GA-20 形および水冷式 GW-50 形について、構造、特長、据付、性能などについて紹介する。

UDC 628.84

## 大形パッケージ空気調和機

西部敏夫

三菱電機技報 Vol. 40・No. 3・P 497~502

近年空気調和機に対する関心が高まり、それに対して要求される性能も高度になってくると同時に仕様も多様化してきた。従来のようにただ冷ればよいという時代は去り、今後の大形空調機はよりよい性能はもとより取り扱いが簡単であり、價格的にも安く、多方面にわたる仕様にも応じられるものでなければならない。PF 形および PFH 形空気調和機は上記の要求を満たすべく鋭意・努力の結果製作されたものであり、PF-60X, PF-80X にいってはわが国最大のパッケージ形空気調和機である。また PFH-40X はこれも最大のヒートポンプユニットである。

UDC 697.97

## スタンダードリビングマスタ

神谷昭美・伊藤 潤・斎藤辰夫

三菱電機技報 Vol. 40・No. 3・P 503~507

従来製作していたリビングマスタの送風機をラインフローファンに変更した。この機会に全体を設計変更しウス形・コンパクト・価格低廉なスタンダード・リビングマスタを開発した。床置形・天井形それぞれ 4 機種ある。小形軽量なため据付・配置が容易であり、幅広い均一風速の風を送るため室内温度分布の均一化が早くできかつ騒音も少ない。これらの特長はラインフローファンを採用したために改良できたものであり、このファンは平均した空気の流れを有し興味ある性能を有している。

UDC 697.912

## エアハンドリングユニット

堀江将人

三菱電機技報 Vol. 40・No. 3・P 508~513

三菱エアハンドリングユニットは、冷暖房・温度調整・空気清浄・送風など空気調和に必要な機器を一体に組み立てた、いわゆる中央式空気調整装置向けユニットであり、冷凍機、ボイラなどと組み合わせて、百貨店、劇場、事務所、病院などのビルの冷暖房用としてはもちろん、各種工場の製造工程の空気調整用としても広く使われる。ここではユニット全般の用途、構造およびユニットの中核をなす送風機と熱交換器の性能について概要を説明する。

UDC 697.975

## 大形水冷却装置

江本浩徳

三菱電機技報 Vol. 40・No. 3・P 514~518

近年の空調機器の発展はめざましいものがあるが、冷房用冷凍機については、直膨式とチリングユニットがあり、大形の場合チリングユニットを採用したほうが多様性が得られる。当社の場合 60 R.T. 以上は CT 形ターボ冷凍機を使い、比較的小形のものは CR 形レシプロ・チリング・ユニットを使う系列がある。これらいずれも密閉式圧縮機使用の自動化されたコンパクトなパッケージユニットである。

UDC 628.84:629.123.56

## 油そう(槽)船の冷暖房装置

木戸雅員

三菱電機技報 Vol. 40・No. 3・P 519~522

船舶の冷暖房装置は一般向けと多少異なる。佐世保造船所で施行した油そう船向け冷暖房装置について実施状況を具体的に述べてた。この船は赤道を通過して就航するので、外気条件を夏季 35°C, 65%, 冬季 0°C, 60% とした。セントラル方式を採用し、各室には調和された空気を高速ダクトに送り、てんじょうつり形の消音ボックスを設けた。冷凍機は MA-6C-F2×55 kW×1 台を使用し、冷房負荷の大小により 66%, 33% の容量制御ができるようになっている。冷媒は R-12 を使用した。冷凍機……は起動、停止を全部自動制御できるよう電気結線してある。

UDC 697.244:621.316.7

## 大形石油暖房機用制御器

小原英一・山下紀夫

三菱電機技報 Vol. 40・No. 3・P 523~529

大形石油暖房用としてカムを用いた制御器を開発した。この制御器はカムによる正確で、外乱を受けにくい時限をもつほか、ブレイバージ、ポストバージによる燃焼の安定性、着火の安全性を高めたこと、オイルタンク内の水位を検出して運転を停止させ、ギアポンプの保守と修理のための運転停止時間をなくしたことなどに特長がある。また、カムによる時限は運転の安全、確実の立場で決定し、とくにイグニッションは燃料噴霧より前に、また 15 秒だけとし必要最小限度にとどめた。この論文では制御器としての必要制御事項・タイミングのとり方・制御器概要および動作・故障と安……全性について述べてある。



UDC 697.4:697.97

## 一般住宅の集中暖冷房

武藤 正・大場健司

三菱電機技報 Vol. 40・No. 3・P 530～538

現今、都市における住宅環境の整備と改善にともない、一般住宅における暖冷房を主体とした年間の空気調和の必要性が論じられるようになってきた。将来の一般住宅における空気調和は、その装置を屋内の一部に集中化したいいわゆる集中方式がその主流になると考えられる。そこで、調和空気と集中式暖冷房装置の各方式の説明と特長について述べ、次にこの装置をおもに構成する暖房機冷房機の種類、このうちとくに将来性のあるヒートポンプならびに吸収式暖冷房機について、その動作を詳述する。……さらに実際に集中暖冷房をとり入れた住宅の事例を解説しながら、将来の……住宅における暖冷房方式について予測する。

UDC 697.94:69.028.1

## 三菱エアカーテン

牛越 諒・酒井勝正

三菱電機技報 Vol. 40・No. 3・P 539～546

一般に百貨店その他で使われているエアカーテンの多くは上部吹出し・下部吸込式で、その有用性はよく認められているが、設備費、運転費経費が高くなり、保守も手数がかかる。したがって、小形の冷凍室、店舗、倉庫、台所などに設置することは不可能に近い。これらに手軽にエアカーテンを取り付けることができるように、上部吸込式の三菱エアカーテンを開発した。三菱エアカーテンは、小形でしかも幅広く送風することのできるラインフローファンを使っているため、現在ある設備を改造することなく、容易にエアカーテンを設置することができる。今後、小形の冷凍室、一般……店舗の断熱、倉庫のシャ風、台所などの防虫、防じんなど、広範囲の応用……が期待されている。

UDC 621.316.57.064.25

## 最近の油シャ断器

稲塚輝男

三菱電機技報 Vol. 40・No. 3・P 547～556

油シャ断器は古くから用いられており、今日空気シャ断器そのほかの種類シャ断器が大きな発展をしている一方、油シャ断器はさらに改良を続け引き続き多数の新形油シャ断器が製作使用されている。ここで油シャ断器の発展の過程を振り返り、そのシャ断特性を述べてこの形式の多くの利点を再認識するとともに、とくに空気シャ断器にくらべてキロメートル故障、絶縁協調、騒音、塩害などの問題に対すぐれた性能をもっていることを述べている。ついで当社における現在の新しいタンク形油シャ……断器シリーズの概要を紹介する。

UDC 621.313.333.002.6

## 三菱開放形 E 種電動機

八木 勝・梶谷定之・篠原芳男

三菱電機技報 Vol. 40・No. 3・P 557～564

昭和 39 年わが国でも IEC 寸法に準拠した E 種電動機の新規格が制定され、E 種電動機ははん用電動機として本格的に生産されはじめたが、欧州諸国では E 種電動機は全閉外扇形のみを標準としているため、これにならったわが国でも目下のところ、はん用 E 種電動機は全閉外扇形に限られている。しかしわが国では、これまではん用電動機の需要は開放形が圧倒的に多いため、開放形 E 種電動機の開発を切望する声が高く、この顧客のご要望に答えるべく当社ではとくに全閉外扇形とワク番を同一にした開放形 E 種電動機の系列を、他社に先がけ完成させた。開放 E 種電動機では全閉外……扇形 E 種電動機に見られないいろいろな技術的問題を含んでいる。この……論文では、これらの問題について、また当社製開放形 E 種電動機の特長を……中心に、その概要を説明した。

UDC 621.384.6

## 500 keV コッククロフト・ワルトン形陽子加速器

後藤正之・永井昭夫・高倉康一・上田和宏・今村元・藤田彪太・上山善司  
三菱電機技報 Vol. 40・No. 3・P 565～572

500 keV コッククロフト・ワルトン形の陽子加速器を完成し運転に入った。この装置は 5 MeV 線形陽子加速器の前段加速器として建設したもので、この装置によって 500 keV に予備加速された陽子ビームを線形陽子加速器に入射させる。この装置では陽子をパルスの加速しており、繰り返し 20 pps, パルス幅 60  $\mu$ s である。加速ビーム電流は現在、波高値で 10 mA 程度であるが、出力電流の増大をめざして研究を進めている。イオン源は P.I.G. 形イオン源を開発し、パルス波高値で 160 mA のビー……ム電流をとり出すことに成功した。この論文では、装置の構成、実験結果な……どについて報告する。

UCC 621.313.8.001.2

## 小形直流モータ界磁用バリウムフェライト磁石の磁束計算

網島芳和

三菱電機技報 Vol. 40・No. 3・P 573～577

直流小形モータの界磁に使われるバリウムフェライト磁石の磁束値は、これらモータを設計する上に計算の必要がある。しかるに、従来は面倒な磁気回路計算を行ない、このようにして得られた計算値は実測値と著しく相違することが多かった。筆者は界磁用バリウムフェライト磁石の着磁をはじめ、磁石の形状、寸法、磁束分布、および鉄シンとの間ゲキの影響を測定し、これから磁束を求める簡単な計算式をうることができた。この計算式による磁束の計算値は、磁束測定のための鉄シン、および電機子鉄シンについて  $\pm 8\%$  の誤差範囲で、実測値と一致することが確かめられた。

UDC 681.142.01:007.3 (083)

## MELCOM-1530 テープオペレティングシステム

出口博章・藤井 護・中山俊英

三菱電機技報 Vol. 40・No. 3・P 578～584

MELCOM-1530 はストアド・ロジック方式を採用したはん用中形計算機であり、現在おもなシステムプログラムとしては FORTRAN, COBOL, SIAS マクセアセンブラ、および SIA アセンブラを使用することができる。テープオペレティング・システムはこれら各システム・プログラムおよびユーザース・プログラム、ユーティリティ・プログラムも含めて、全体を連続的に制御することによってオペレータの負担を軽くし、計算機の遊び時間を少なくしようとして作られたスパーバイザリー・ブ……プログラムである。



# 空気イオンの畜産業への応用—要約

(A. L. テジェフスキー: 国民経済における空気イオン化 モスクワ 1960 年)

安倍三史\*

## Effect of Air Ions on Domestic Animals

Hokkaidō University Sanshi ABE

The text is a brief translation of paper made public by Soviet biologists in 1960. The gist of their description is as follows. Effect of negative ions on pigs, sheep, cows, rabbits and white rats were studied on experiment. The negative ions are found effective and controlling the fluctuation in the process of growth by entering the living body. They give very strong stimulation to the increase of the body weight such that living bodies behind average will catch up with the undergrowth of weight and height by their effect. Animal affected by negative ions react with a definite shape. Even though time elapse, the effect does not die out nor weaken. Cross-breeding of these animals most probably bring forth new species susceptible to this effect better.

### 1. 負空気イオンの豚に対する作用

モスクワ州ベシキ国営農場で、A・L・テジェフスキー、M・ゼ・アンネンスキー、イエ・イ・シモン および F・M・カザンツェによって実験が行なわれた。

豚を試験豚と対照豚の2群に等分にわけ、各群には母豚の乳を吸う子豚、離乳した子豚(生後4~10ヵ月)および母豚を同数だけ入れた。

これは豚は飼料が他動物に比べて、著しく多くかつ多産系であるから幼豚の成長期間を短縮し、子豚の質を改善することは、貴重な国民経済効果をあげることになるからである。

空気イオンの供給は、最初は1昼夜に10分以内とし、次第に30分、60分、90分、120分と延長し、これを朝と晩と2回にわけて与えた。

実験の初め、秋には試験豚は対照豚といっしょに放養場で飼育し、空気イオンの供給時間だけ空気イオン化された豚舎に入れた。しかし、その後、雨の多い晩秋と冬には試験豚は対照豚とまったく同じ条件の別個な豚舎に入れた。空気イオンの供給はまったく順調に進み、子豚(生後4~10ヵ月)に不安または不満の兆候は見いだせなかった。しかし試験豚を系統的に観察した人はすべて、試験豚と対照豚との生活機能の間に目だった差のあることを認めた。

(1) 運動(身動き)が活発になる。

1日の種々の時間に身体を動かしていた子豚数を数えると、常に試験豚のほうが多かったことを科学調査員と獣医学者によって系統的に確認された。

(2) 食欲が増進する。

豚への給餌は、空気イオン供給の前に行ない、この際初めに混ぜ餌(干草、穀粉を水で混ぜた餌料)を与え、数時間後に根菜を与えた。対照豚は混ぜ餌の後では根菜にあまり食指を動かさず、根菜が食べ残しのまま餌箱から引上げられることがしばしばあった。ところが試験豚では事情がまったく違っていた。空気イオン供給まで食べられないで残っていた根菜は空気イオン供給の初め、または供給を始めてから最初の15分間にむさぼるように食べた。もちろん試験豚にも、かなりまれに餌を食べない事実はあったが、それはほとんどが豚の不健康なときに限られていた。

(3) 性的興奮性が高まる。

負空気イオンを供給すると、若雄豚と雌豚の性興奮が高まり未成熟の雌が交尾を欲することである。試験豚と対照豚では未成熟雌を交尾させた事実の記録によると、試験豚は対照豚とまったく同じ飼育条件にありながら、交尾期にはいり格段に早く交尾を受けた。

(4) 病気からの回復がよい。

気管支肺炎と敗血症の流行時に、試験豚では完全に回復したケースが多かったが、対照豚には回復したものは見られなかった。すなわち対照豚の病死数は42%に達したが、試験豚ではわずかに12%しかなく、3.5倍少なかった。湿しん(疹)に対して治療作用を持つこともわかった。

(5) 成長を促進し、体重を増加する。

試験子豚群は対照子豚群よりも体重が11%よけいに増加した。体重の増加曲線を見ると、試験豚は勢のよい体重増加を、対照豚は停滞する体重増加を示している。A・A・ザノフによると、負イオンは成長の遅れた子豚にとくによくきき、これらの豚の体重増加は対照豚に比して37%多かった。

### 2. 負空気イオンの綿羊に対する作用

この実験は北コーカサスの第12国営農場「ポリシェピク」で行なわれた。試験羊は20匹の雌羊と40匹の雄羊で構成され、対照羊には同数の、同品種の、ほぼ同体重のものが選ばれた。両群を同じ構造の羊舎に入れた。試験羊舎では、天井から絶縁体で放電用シャンドリアをあらかじめつるし、このシャンドリアをケネトロン変圧器の陰極につないだ。実験には中央イオン化科学研究所員ベ・N・ゴルベフ、畜産技師K・デ・フィリヤンスキー、医師A・A・フィストロフが参加した。

(1) 運動が活発になる。

ふだんは平静な雄羊も、空気イオン供給を受けはじめると興奮状態となり、動作は敏活となり、頭を上方のシャンドリアのほうへ上げたり、いたずらをしたり、けんかしたりさえた。これはとくに雌羊に目だった。

(2) 死亡が防げる。

負空気イオンを3.5ヵ月作用させた試験羊には1匹も死亡例はなかったが、対照羊では20%の死亡をみた。

(3) 体重が安定する。

試験では、飼料が悪くなったとき(1実験期間つづいた)でも



体重は安定して、20 匹あたりわずか 2.9 kg の減少に過ぎなかったが、対照羊では 10 日間で 16 匹あたり 39.1 kg も減少した。

#### (4) 成長を促進する。

対照羊では全般的に試験羊よりも成長が遅滞している。試験羊では全般的に成長が強まっており、とくに弱いものと大きなものの成長がより盛んである。

#### (5) 羊毛の収量が大きい。

試験雌羊からの羊毛量は対照雌羊よりも 18.6% 多い。とくに体格の大きな雌羊の羊毛量が著しく多かった。モスクワ織物研究所では負イオンの作用を受けた雌羊の羊毛は対照のそれよりもより長く、強く、細く、弾力性のあることを明らかにした。

### 3. 負空気イオンの牛に対する作用

子を(3~8 匹の)産んだ搾乳牛 18 頭が選ばれ、23 日間飼育したのち、47 日間負空気イオンを供給し、供給停止後さらに 24 日間飼育された。消化吸收作用、栄養素の利用度を見るために、飼料の食べ残しの分析、便の分析、尿の窒素量を定量するとともに、牛乳の 1 回搾乳量、牛乳の中の脂肪とタンパク質の含有率、比重を定量した。同時に乾草の植物組成が分析された。

#### (1) 1 昼夜搾乳量を増加する。

とくに負空気イオン供給開始後 33 日めから著しく増加しはじめた。すべての牛において、増加量は平均 0.42 kg/頭/日に達し、この増加は 5 日間つづいた。47 日めに空気イオン供給を中止し、その後 24 日間に残効のいかんを観察した。中止後第 2 日めに搾乳量は低下しはじめ、しかもその低下はかなり急速であった。

#### (2) 牛乳中の脂肪とタンパク質の含有率が増加する。

試験牛の平均脂肪含有率は順調に増加し、タンパク質も 2.99~3.63% 増加した。

#### (3) 体重が増加する。

試験牛の体重は 1 頭(消化不良)を除いて実験期間中著しく増し、平均 20 kg/頭 増加した。体重増加がとくに著しかったのは負空気イオン 3 時間供給に移ったときで、それは 365~387 g/日に達した。負空気イオンの作用による肉体の新陳代謝の高まりによるものであろう。

#### (4) 交尾欲を高める。

負イオン供給中に交尾欲を持つに至った雌牛の数は、負イオン供給後の期間に比べて 1.5 倍多かった。とくに特長的なのは、負イオン供給中に正規の交尾期のほかに交尾欲を持つに至った牛の数がかなり大きな割合を占めたことである。

イオン供給期間中は 65.2% の精液漏れ(交尾欲)がみられたが、供給と供給の中間期およびその後期間中にはそれが 34.8% であった。性周期の持続時間も 21 日から  $19.77 \pm 0.63$  日にまで減少した。同時に指摘しなければならないことは、その後の性周期の進行が性的に健康な牛ではまったく正常になることである。

#### (5) 血液によく作用する。

負空気イオン赤血球数が 400~500 万の牛に対しては、造血器官の組織の細胞を刺激して赤血球数を増すが、赤血球数 700~730 万の牛ではそれを正常値まで減少させ、530~570~600 万の牛ではほとんど反応を示さず赤血球数を増加させない。

白血球数に対してはあまり変化を示さない。血色素量については、供給イオン量が少ないときは変動はないが、大量になると増加し、供給停止後も残効現象が見られる。血液カラーゼ量(指数)

は、負空気イオン供給量が多くなると増大し、供給を停止すると正常値まで低下する。

### 4. 負空気イオンの家うさぎに対する作用

この実験は家うさぎ餌育国営農場「イリンスコエ」で行なわれた。試験うさぎ 60 羽、対照うさぎ 60 羽をえらんだ。負イオン供給量は最初は 15 分で、その後は 4 日ごとに 10 分間増した。供給は朝と晩に行なった。

#### (1) 運動は活発である。

試験うさぎの運動は対照うさぎよりも活発で、毛は光沢あつてなめらか、食欲もより盛んであった。

#### (2) 体重が増加する。

試験うさぎの体重は対照うさぎに比べ平均 13% 重い。

#### (3) 損失率を少なくする。

試験うさぎの損失率は対照うさぎに比べてきわめて低い。

### 5. 負空気イオンの白ねずみに対する作用

この実験は中央イオン化科学研究所の生物学部の M・ザ・パドジャンが行なった。125 匹の白ねずみを 28 群にわけ、各群では体重の似ている試験ねずみと対照ねずみを対とした。この両者はいつも一つの対をなしていつも同じ箱の中に入れられ、自分の母親の乳を飲み(最初の 1 カ月)、離れ離れになるのは毎日 15 分間だけで、そのときは一方のねずみはイオン供給を受けるために 1 室に入れられ、他方のねずみは構造の同じ対照室へ移された。イオン供給後は両方のねずみはふたたびいっしょにされた。そしてそれからの取扱いにはいっさいの差別はしない。1 カ月後母ねずみは別の箱に移した。全群の実験はねずみの生後 15 日めに始めた。イオン供給はこの日から 75 日までつづけられた。体重のショウ(秤)量は 6 日に 1 回行ない、イオン供給中止後も 18 日間つづけた。イオンの総供給量は  $10^5/\text{cm}^3 \times 15 \text{ 分間} \times 60 \text{ 回}$  すなわち 15 時間つづけた。

#### (1) 死亡率が少ない。

対照ねずみでは 43.1% の死亡率(通常に見られる死亡率)であるが、試験ねずみでは 25.4% にすぎない。

#### (2) 生活力と行動力が増す。

身動きの回数、箱から逃げ出す回数は試験ねずみのほうに多い。

#### (3) 体重を増す。

負イオン供給で、完全重量ねずみに対する反応は弱い。虚弱で重量の低いねずみに対しては反応が強く、その体重を著しく増す。

### 6. むすび

(1) 空気イオンの生物学的作用は一般に独立的であり効果的である。

(2) 空気イオンは生体の成長のプロセスの中には入り込み、その変動を支配する。

(3) 空気イオンの作用は一定度において選択的である。ある生体は体重増加の強い刺激を、ほかの生体は毛のあるいは成長の強い刺激を受ける。

(4) 大多数の実験では、重量あるいは身長が最も遅れている



生体、弱い不活発な、変動する生体は負イオンの作用を受けて平均重量に追いつき、平均重量の生体は完全重量に近づく。このような場合、体重増加率は対照動物に比べ20～40%に達する。

(5) 完全重量生体がいくらかの体重付加(+5～10%)のためには、空気イオン供給量は減少されなければならない( $10^3 \sim 10^4 / \text{cm}^3$ , 朝と晩30分ずつ2回)。

(6) 著しく多数の生体にとっては、空気イオンの作用は、全実験期間をとおして安定しており、いちようであった。負空気イオンの作用を受けた動物は、初めからこれに対して一定の形で反応し、その後時間が経過してもこの作用は破られず、弱まりもし

ない。このため第1月の間に体重増加にプラスの効果を出す動物を選抜することができる。これらの動物には空気イオン刺激クールが行なわれる。これら動物で交配すれば、おそらくこの作用方法をよく受容する品種を生み出すことができよう。

(7) 負空気イオンの動物に対する1昼夜の供与分量は次表のようになる。

## 付 言

この実験の一連のデータは空気イオン問題発展途上の初歩的段階のものとみるべきだろう。この実験がなかったならば、空気イオンが秋・冬の動物の屋内飼育の場合に最も効果があり、また成長しつつある動物のうち、弱いもの、病気のもの、伝染病に耐え抜いたものにとくに効果的なことを知らなかったであろう。また、最も時間的に長い、1頭仕切りの無放養飼育が行なわれているソ連にとっては、疑いもなく、空気イオン化が高生産性の、耐久力のある、健康な動物をうるうえにおいて大きな意義をもつことが期待できる。

表 6.1 負イオンの動物に対する供与分量

ね ら い	空気イオン 濃度/cm <sup>3</sup>	1 昼夜の回数× 継続時間(分)	1 昼夜のクール の時間的長さ
予防医学的刺激	$10^3 \sim 10^4$	3×30'	60～90
治療医学的刺激	$10^5 \sim 10^6$	2×15'	20～40
弱い肉体に対する刺激	$10^5 \sim 10^7$	2×30'	20～30
完全肉体に対する刺激	$10^3 \sim 10^4$	3×30'	10～20
天然予防医学的刺激	750	24時間	—

注) 適当な中止期間後、クールは2～5回およびそれ以上の回数反復してもよい。



# 空気調和用イオン発生器と御堂ビルの空気イオン制御

渡辺 弘\*・金子ふさ\*・田本栄一\*\*  
 谷川晴彦\*\*・原 仁吾\*\*\*・田畑則一+  
 斎藤 寛++・平山建一\*\*・小川武司\*\*\*

## Air-iongenerators for Air Conditioning and Their Application to Midō Building

Osaka City Institute of Hygiene

TAKASAGO Airconditioning Co., Ltd.

Mitsubishi Electric Corporation, Central Research Laboratory

Mitsubishi Electric Corporation, Wakayama Works

Mitsubishi Electric Corporation, Ōsaka Sales Office

Hiroshi WATANABE・Fusa KANEKO

Eiichi TAMOTO・Haruhiko TANIGAWA

Jingo HARA・Norikazu TABATA

Hiroshi SAITŌ・Kenichi HIRAYAMA

Takeshi OGAWA

The air ion is now recognized as one of vital elements for the quality of air from the viewpoint of environment sanitation. Air ionization, then, plays a vital role in air conditioning. Mitsubishi has developed negative iongenerators of pulse discharge type for use with air conditioners. A representative application of the device is one set up in Midō Building, where electric precipitators are also used for ion coordination and a time sequence control method of ion density is put to practice. As a result of ion control at the center, air in each room of the Midō Building is kept at a density of about 500 (ions/cm<sup>3</sup>), ion ratio of 0.8~1.2, the same as the clean atmosphere in the natural condition.

### 1. ま え が き

空気イオンは元来気象電気学分野における研究対象であったが、医学的効果の研究も、ドイツ<sup>(1)</sup>、ソ連およびわが国<sup>(2)(3)</sup>で精力的に行なわれてきた。最近ではとくに大気汚染と空気イオンの関連研究が盛んに行なわれている。これは空気イオンが医療面に応用されるばかりでなく、環境衛生の面から空気の品質の一要素として認識されてきたということにほかならない。空気調和においてもその主要構成要素である温湿度調整、防じんとともに空気イオン制御が重要視されてきた。

筆者らは自然界における清浄大気の要因として空気イオンに注目し、パルス放電式空気イオン発生法<sup>(4)</sup>を用いて、空調装置用の大形負イオン発生器を開発し、ビルの空調系統におけるイオン濃度集中制御方式を確立した。ここではこの負イオン発生器の概要と、これを使ってわが国で最初にイオン濃度制御が行なわれた御堂ビルのイオン実測結果について報告する。

### 2. 環境衛生面における空気イオン

#### 2.1 小イオン

大気中の空気イオンは極性によって正イオンと負イオンに分類され、さらにイオンの大きさによって、小イオン・中イオン・間イオン・大イオンに分類される。イオンの大きさの尺度としてはイオンの動きやすさをとり、単位電界中のイオンの移動速度、すなわち移動度を使ってあらわす。図2.1に移動度による分類を示す。大気中で宇宙線や紫外線や放射能物質によるイオン化で生じる空気イオン、あるいはイオン発生器からの発生イオンはすべて小イオンであり、生理作用に関係しているのも小イオンである。中イオン、大イオンは小イオンが大気中の水蒸気や、尘埃に付着して生じたも

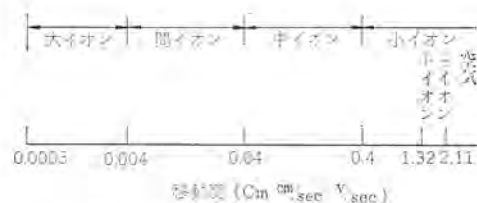


図 2.1 空気イオンの分類  
 Fig. 2.1 Classification of air-ion.

のであり、汚染大気中では小イオンの寿命は短かく、中イオン・大イオンに変化するので、小イオン濃度は非常に小さくなる。したがって環境衛生の面ではとくに小イオン濃度に注目しなければならない。

#### 2.2 空気イオンの効果

空気イオンの医療効果については多くの研究結果が発表されている<sup>(1)(2)</sup>が、現状では今後の研究に待つ点が多いため。しかし空気の清浄な地域の自然の状態に近い空気イオン量の存在が、われわれの日常における保健のために必要であることは認められている。

一般に正イオンは人体の自律神経系に刺激的に作用し、負イオンは鎮静的に作用する。そして両者の濃度の過不足は人体生理に影響を及ぼし、とくに正イオンの過度の増加あるいは負イオンの不足は頭重、けん怠感を与える。冷暖房の完備した室内で気分が悪いなどという例は、負イオンの不足がその一因であるといわれている<sup>(5)(6)(7)</sup>。

#### 2.3 イオン濃度とイオン比

空調の一環として空気イオン濃度の制御を行なう場合、イオン濃度の標準をどこに定めるかということは大事な問題である。しかし環境衛生の面から空気イオンをとりあげるのであるから、清浄な自然大気と同程度のイオン濃度とイオン比(正イオン濃度/負



イオン濃度)を目標とするのが、現段階では最も妥当なことと思われる。一般に海上や高原部の清浄な空気中の小イオン濃度は500~1000(個/cm<sup>3</sup>)、イオン比は0.8~1.2<sup>(6)</sup>であるから、イオン濃度制御を行なう場合もこの値を目標値にする。

### 3. 三菱IG形負イオン発生器

空気イオンの寿命は移動度や拡散係数などによって決まり、これらの値が大きい小イオンの寿命は短いので、送風ダクトの根本で多量の負イオンを発生させても、送風ダクト末端の室内イオン濃度を希望値に制御することは不可能であるというのが一般的な見解であったが、後述のパルス放電式負イオン発生器とイオン濃度の時限調整装置により、イオン濃度集中制御が実現できた。

#### 3.1 開発経過

空調の行なわれている室内ではイオン濃度が不足しており、とくに負イオンの不足が著しいことが従来報告されているが<sup>(6)(7)</sup>、大阪市立衛生研究所と高砂熱学工業株式会社では、大阪梅田の新阪急ビルでこの実情を調査した結果、ビル内の空気イオン濃度は、電気集じん器の運転によって大きく影響され、正イオンが増加し、負イオンが減少していることがわかった。この問題を解決し、あわせてイオン発生器によるイオン濃度制御の可能性を検討するために新たに三菱電機が協同し、昭和39年6月15日から17日まで、ふたたび新阪急ビルにおいて室内空気イオンの実測を行なった。

実測結果の一部を表3.1および表3.2に示す。表3.1はイオン発生器を付加しないときのデータで、再循環空気のない場合と80%再循環空気のある場合とではいくぶんイオン濃度に差はあるが、室内空気は正イオンが多く、負イオンは非常に少なく、イオン比は極端に大きくなっており、この状態は電気集じん器の運転を停止することによって緩和されるので、電気集じん器が正イオン発生源となって正負イオン濃度のアンバランスを助長していることもわかった。電気集じん器は原理的には外部にイオンを放出することはなく、実験室で確かめた結果でもイオンの発生は認められなかったが、実動条件では、電気集じん器の集じん部にダストが

表 3.1 電気集じん器の運転によるイオン濃度の変化(新阪急ビル)

電気集じん器		All fresh air		80% Return air		外 気
		停 止	運 転	停 止	運 転	
小イオン (個/cc)	正	400~420	800	800~1,100	2,000~2,600	70~100
	負	70	70	100	120~160	70~100
	イオン比	5.7~6	11	8~11	12~20	1
中イオン (個/cc)	正	1,600	2,800~3,000	2,300~2,600	5,000~6,000	800~820
	負	400	420	480	480	300
	イオン比	4	6.7~7.2	4.8~5.5	10~20	2.7

表 3.2 イオン発生器の運転によるイオン濃度の変化(新阪急ビル)

測定場所 (支店長室)	電気集 じん器	イオン 発生器	小 イ オ ン			測定時刻 39-6-16
			正(個/cc)	負(個/cc)	イオン比	
室 内	OFF	OFF	500	120	4.1	15:25
	ON	ON	590	70	8.4	15:45
アネモ スタット	OFF	OFF	210	300	0.7	16:00
	ON	ON	0	2,000	—	16:43
室 内	OFF	OFF	400	60	6.6	16:10
	ON	ON	840	130	6.5	16:20
アネモ スタット	OFF	OFF	530	300	1.7	16:30
	ON	ON	300	3,000	0.1	6/17 12:30

たい積し、コロナ放電や火花放電が起こる結果、正イオンが発生するものと判断された。

表3.2は、空調系のダクト内に三菱電機で試作したパルス放電式負イオン発生器を取り付け、室内の空気吹出口(アネモスタット)および室内空気イオンの濃度変化を調べたものである。測定した室からイオン発生器取付位置までは約25m、電気集じん器までは約56mである。

この結果から電気集じん器の運転停止にかかわらず、負イオン発生器を運転することによって、室内の負イオン濃度は増加し、正イオン濃度は減少すること、すなわち長い空調ダクトを通して室内のイオン濃度を制御できる見通しが得られ、この結果をもとに実験室における基礎実験によって空調用の三菱IG形負イオン発生器を開発した。

#### 3.2 三菱IG形負イオン発生器の原理と性能

図3.1はイオン発生器の原理を示したものである。細線対金網電極系の細線に負極性高電圧パルスを加えると、細線近傍で空気のイオン化が起こり、発生した正イオンはただちに細線に吸収されるが、負イオンは金網電極に向かって移動し、風力によって金網の目を通して放出される。この場合パルス幅を負イオンが金網に到達するに要する時間より短くすれば、電界の力で負イオンが金網電極に吸収されることがなく、高い効率でイオンを発生することができる。IG形負イオン発生器についてこの時間を計算すると、約2.5msecとなるが、この範囲内でもパルス幅を大きくするとイオン発生効率が悪くなるので、印加パルス幅は50μsecとした。イオン発生効率ηは式(3.1)で表わされる。

$$\eta = I_i / (I_i + I_d) \times 100 (\%) \quad \dots \dots \dots (3.1)$$

ただし  $I_i$ : イオン電流  $I_d$ : 無効放電電流

パルス放電式は直流放電式にくらべてイオン発生効率が非常に高いのでオゾンや酸化窒素の発生が問題にならない<sup>(8)</sup>。

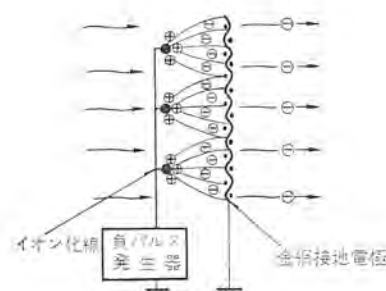


図 3.1 イオン発生原理  
Fig. 3.1 Principle of air-ion generation.

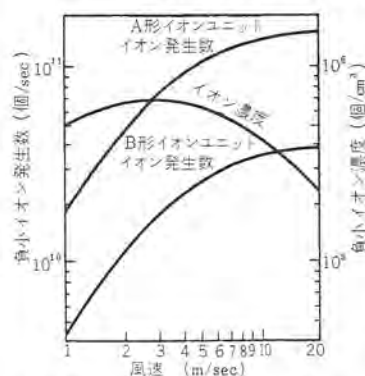


図 3.2 イオン発生器ユニットの  
イオン発生数  
Fig. 3.2 Air-ion quantity of ion  
generator units.

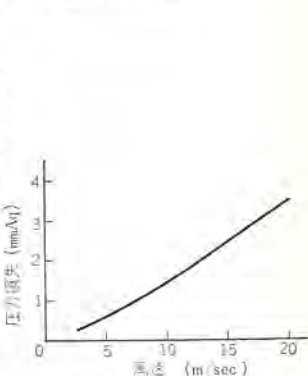


図 3.3 イオン発生器  
ユニット風損  
Fig. 3.3 Head loss of ion  
generator unit.



イオン発生数は風速によって決まり、コロナ放電電流が十分な領域では、空間電荷の制限作用によりイオン発生数は風速の $\frac{3}{2}$ 乗に比例するが、風速が大きくなり放電電流が不足してくるとイオン発生数は飽和する。図3.2はIG形負イオン発生器に10kV、50PPSの負電圧パルス印加した場合のイオン発生数とイオン濃度を示したものである。図3.3は風速と空気抵抗の関係を示したものである。

### 3.3 構造の概要と特長

三菱IG形負イオン発生器は空調施設の主送風機の直後で、風速の大きな所に取り付け、経済的に各室のイオン濃度を制御する大容量負イオン発生器である。負イオン発生部であるイオンユニット、イオンユニットを収納するフレーム、フレームを取り付け送風ダクトに接

表 3.3 IG形負イオン発生器仕様

形 番	IG-4A	IG-2A	IG-1A	IG-2B	IG-1B
※イオン発生数(個/sec)	$5.6 \times 10^{11}$	$2.8 \times 10^{11}$	$1.4 \times 10^{11}$	$7 \times 10^{10}$	$3.5 \times 10^{10}$
※空気抵抗(mm Aq)	1.5				
イオン ユニット (気流方向は 厚寸法)	形 番	A		B	
	外形寸法	500 670 128		250 335 128	
	放電線	0.18φ×8		0.18φ×4	
	重量(kg)	4.2		1.9	
	個 数	4	2	1	2
フレーム (気流方向は 厚寸法)	外形寸法	1030 1405.6 190	1030 733.6 190	530 733.6 190	530 398.6 190
	重量(kg)	31.5	22.0	14.5	8.0
高圧接続箱 (気流方向は 厚寸法)	外形寸法	143.2 703.2 141	143.2 703.2 141	143.2 453.2 141	143.2 453.2 141
	重量(kg)	8.0	3.1	6.5	3.1
	個 数	2	1	1	1
電 源 部 (カッコ内寸法は取付けフランジと手を含む)	形 番	PG-S		PG-SB	
	外形寸法	200 360(400) 160(183)			
	パルス電圧(kV)	-10~-15			
	パルス周波数(PPS)	50~100			
	パルス幅(μs)	50			
	重量(kg)	8.4			
※※全重量(kg)	発生器本体	56.3	38.4	21.8	18.3
	電 源 部	16.8	8.4	8.4	8.4
電 源	電 源	単相交流 50/60 c/s 100/110 V または 200/220 V			
	最大入力(W)	約 60			

(注) ※ 風速 10 m/sec のときの値  
※※ 接続用ダクトは含まず



図 3.4 IG-2A 形負イオン発生器本体(接続用ダクトを除く)  
Fig. 3.4 Type IG-2A air-ion generator.

続する接続用ダクトおよびイオンユニットに電源部から給電するための高圧接続箱からなるイオン発生器本体と、高圧パルス発生器で構成されている。三菱IG形負イオン発生器は標準品として、表3.3に示す5種類のものがあり、図3.4に1例としてIG-2A形負イオン発生器の接続用ダクトを除いた外観を示す。

#### (1) イオンユニット

イオンユニットは耐蝕性が高く、しかも軽量のアルミニウムを主体に構成し、中央に0.18mmφタングステン線を気流と直角に平行かつ等間隔になり、空気流出面に黄銅金網を配置したもので、A形、B形の2種類がある。

#### (2) フレーム

フレームは鋼板ワフ組構造で、必要数のイオンユニットを収納し、側面から高圧接続箱を通して、イオンユニットに給電できるようになっている。

#### (3) 接続用ダクト

接続用ダクトは送風ダクトと同一断面で、気流方向長さが、210mm、両端面には周辺に接続用フランジを設け、内部にフレームを取り付ける構造になっている。送風ダクトの途中に簡単に取付けることができる。イオンユニットの出し入れの際、高電圧に対する安全性を考慮してフレームに組み込まれた安全スイッチが作動する構造をとっている。

#### (4) 高圧接続箱

高圧接続箱は鋼板製で、内部に高圧用貫通ガシを配し、接続用ダクトの側面に取り付け、電源部からイオンユニットに給電する。高圧接続箱にも安全性を考慮して安全スイッチを組み込んである。

#### (5) パルス電源部

電源部は容量の大小により、PG-S形とPG-SB形の2種類があるが、回路定数が一部異なるだけで外形寸法および外観はまったく同一である。回路は高電圧パルス発生回路、イオン発生量制御回路、電波障害防止回路からなり、すべて半導体を使用している。回路の主要部は、トランジスタによるブロッキング発振でサイリスタをゲートし、フライバックトランスで昇圧して高電圧パルスを作り、ブロッキング



図 3.5 PG 形パルス電源  
Fig. 3.5 Type PG pulse generator.

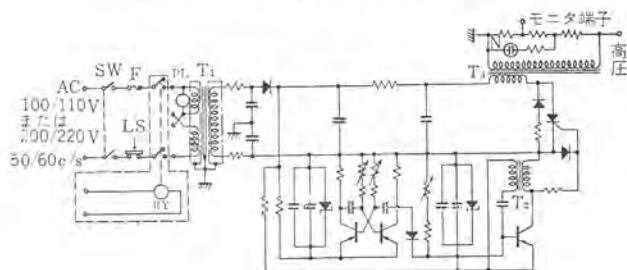


図 3.6 パルス発生回路  
Fig. 3.6 Circuit diagram of pulse generator.



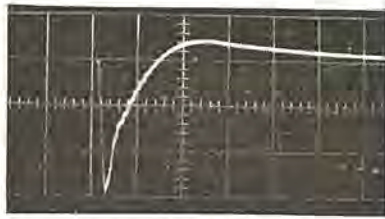


図 3.7 パルス電圧波形

Fig. 3.7 Wave form of pulse voltage.

発振の駆動と停止によりイオン発生数の制御を行なうものである。電波障害防止回路は、コールドトランスとラインフィルタを組合わせている。図 3.5 に PG 形電源部の外観を、図 3.6 に回路図を示す。図 3.7 は出力パルス電圧波形を示したものである。

三菱 IG 形負イオン発生器の特長を次に列記する。

- (1) 独特の高電圧パルス放電により、オゾンや酸化窒素をほとんど発生することなく、多量の負小イオンを発生する。イオン発生効率は直流放電式より非常に高い。
- (2) イオン発生量は発生時限調整方式により、ほぼゼロから最大イオン発生量まで連続的に、しかも簡単に制御することができる。
- (3) 空気抵抗は図 3.2 に示したように非常に小さい。
- (4) 据え付けスペースは小さく、取り付けも簡単である。
- (5) 保守、点検はほかの空調機器に比較してほとんど不要である。
- (6) 電源部は消費電力が少なく、その寿命は半永久的である。
- (7) 集中制御方式であるから、イオン発生器の台数が少なく経済的である。

三菱 IG 形負イオン発生器は高い集じん効率をもつ集じん装置とともに用いるのを原則とし、できるだけ送風ダクトに近く、風速の大きな位置に設置するほうがよい。

#### 4. イオン濃度の制御と減衰

イオン濃度の集中制御方式を可能にするためには、ダクト内のイオン濃度の減衰を考慮に入れて、イオン発生器のイオン発生数を制御する必要がある。したがってイオン発生器のイオン発生数制御方式と、ダクト内のイオン濃度減衰についてのべる。

##### 4.1 イオン濃度制御方式

空調装置用のイオン発生器は、微細なじんアイに対しても高い集じん効率をもつ高性能な集じん器とともに使用されなければならない。普通は電気集じん器と協調して用いるのを原則としているので、イオン濃度制御も電気集じん器との協調方式についてのべることにする。

実験室における試験、および新阪急ビルにおける実測結果から電気集じん器は集じん部にチリがたい積してコロナ放電を起こしたり、砂じんなどの侵入により火花放電を起さない限り、イオンを外部に発生しないが、実用上は集じん部のコロナ放電、火花放電によって、正負イオンを発生していることが明らかになった。この場合、電気集じん器はオゾンの発生を抑えるために正極性のコロナ放電を使用しているため、正イオン濃度が高くなる。したがって負イオン発生器を用い、余分な正イオンを吸収するとともに負イオンを発生し、イオン濃度とイオン比を制御することにより、清浄大気中とどうイオン濃度状態が実現される。

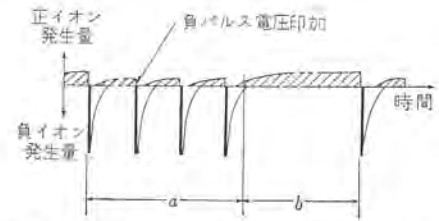


図 4.1 イオン発生量の時限調整

Fig. 4.1 Time sequence control of air-ion generation quantity.

三菱 IG 形負イオン発生器はパルス電圧を使用しているため、パルス周波数を変化させて、負イオン濃度を制御できるが、さらにイオン濃度を有効に制御するために、パルス発振器の駆動時間と停止時間を制御する時限調整回路を備えている。図 4.1 は電気集じん器と IG 形負イオン発生器を組合わせてイオン濃度を制御する場合のタイムシーケンスを示している。a 区間はパルス発振器の駆動期間にあたり、パルス電圧印加時には負イオンが多量に発生し、同時に電気集じん器から送られてくる正イオンは吸収、中和される。次のパルス電圧が印加されるまでの間は、負イオンの発生量が減少してゆき、それに付随して電気集じん器からの正イオンの透過量が大きくなってゆく。しかし a 区間は主として負イオン発生期間にあたり、多量の負イオンを発生させる。b 区間はパルス発振器の停止期間にあたり、電気集じん器から発生する正イオンをそのまま送り出す。実際に空調系統に設置してイオン制御を行なう場合には、必要なイオン濃度が得られるようにあらかじめパルス周波数を設定し、イオン比の制御はパルス発振器の駆動期間と停止期間の時限調整によって行なう。この方式は a 期間はおもに負パルスを送り、b 期間は正イオンを送るので、送風ダクト内における正負イオンの再結合を少なくして、発生部から室内にイオンを有効に送ることができるという特長をもつ。(出願中)

##### 4.2 ダクト内のイオン濃度減衰

イオン発生器によって発生したイオンが、空調機や送風ダクト内でいかなる減衰を受けて、室内に到達するかということは、非常に重要な問題であり、イオン濃度の集中制御方式が可能かどうかということも、一つにこの点にかかっていた。しかしこの問題はまだ十分には解明されていない。当社でも実際の空調ダクトにおいて実験的な検討を行なうと同時に、単純化したダクトを仮定して理論的な解析を行ない、拡散減衰方程式から熱拡散減衰を求め、空間電荷反発減衰、正負イオン再結合などについて考察した<sup>(9)</sup>。ここでは今まで明らかになったことについて、簡単に述べる。寿命は負小イオンについてのものである。

(1) ダクト内のイオン濃度の減衰は、ダクト長と風速によってきまるイオンのダクト内滞留時間の関数となる。

(2) 単極性高イオン濃度の減衰は、イオン自身の空間電荷による反発拡散の減衰が大きい。これはイオン濃度とダクトの大きさの関数となるが、数 10 cm 径のダクトでは  $10^4$  個/cm<sup>3</sup> の濃度で、10 秒程度の半減寿命をもつ。

(3) 空間電荷による反発拡散減衰が小さくなる濃度では、熱運動による拡散減衰が主要機構になる。この減衰はダクトの大きさの 2 乗に反比例し、数 10 cm 径のダクトでは約 100 秒の半減寿命を持つ。

(4) 正負イオンが存在する場合はダクト内で再結合が起こり、イオン濃度が減衰する。減衰は両イオン濃度の積に比例するので、イオン濃度が大きい程減衰の割合が大きくなり、 $10^6$  個/cm<sup>3</sup> では半減寿



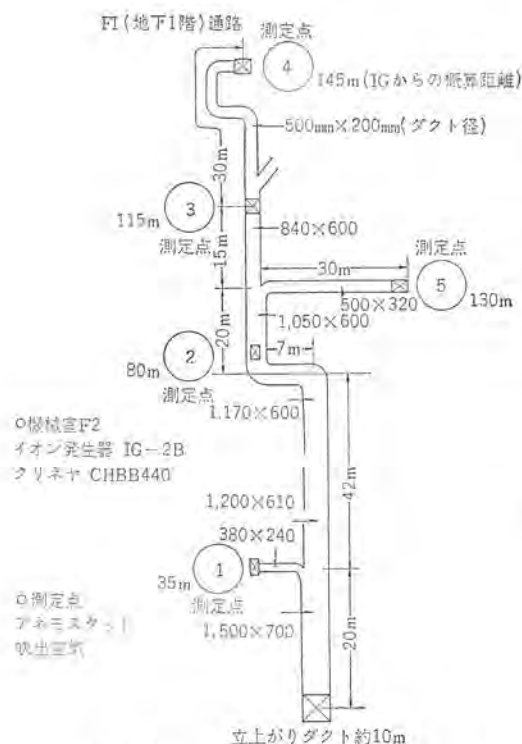


図 4.2 三宮地下街空調系統  
Fig. 4.2 Air conditioning system at Sannomiya underground market.

表 4.1 三宮地下街空気 イオン 濃度

測定点	電気集じん器	イオン発生器	小イオン濃度 (個/cm <sup>3</sup> )		イオン到達時間 (秒)
			負	正	
① 35m	on	on	6,000	800	8.0
② 80m	on	on/off	10,000 270	350 600	13.0
③ 115m	on	on/off	7,600 450	450 250	15.5
④ 145m	on	on/off	4,000 250	280 400	21.0
⑤ 130m	on	on/off	1,300 100	300 700	17.4

命は0.5秒,  $10^5$ 個/cm<sup>3</sup>では5秒位のオーダーである。

小イオンの濃度減衰として考えねばならないもう一つの機構は小イオンのジエイ水蒸気への付着による大イオン化である。しかし小イオンの微粒子への付着係数については、ほとんど実験値がなく、正確な寿命の推定ができないが、最も簡単なモデルとしてイオンの熱平均速度と微粒子の断面積の積として付着係数をきめると、電気集じん器を通った清浄な空気に対しては、半減寿命が数10秒になり、ほかの減衰機構と同程度の寿命になる。汚染空気の場合にはこの機構を第1に考えねばならない。

#### 4.3 三宮地下街の長ダクトにおけるイオン濃度減衰実測

実際の空調ダクトにおけるイオン濃度減衰を知るために、比較的直線状の長ダクトが設置され、三菱IG形負イオン発生器の設備された神戸の三宮地下街通路で、アネモスタット吹出空気のイオン濃度を実測した。図4.2は測定を行なったダクトの系統図と測定点を示したものであり、表4.1はイオン濃度の実測値を示したものである。イオン発生器では $10^5 \sim 10^6$ (個/cm<sup>3</sup>)のオーダーの負イオンが発生しているが、高濃度域では空間電荷反発拡散減衰が激しく、数秒で $10^4$ (個/cm<sup>3</sup>)以下に減衰するが、その後の減衰は比較的ゆるやかになっている。

また側路にはいるとダクトの大きさが小さくなるために、距離、到達時間が小さいにもかかわらずイオン濃度の減衰が大きい個所

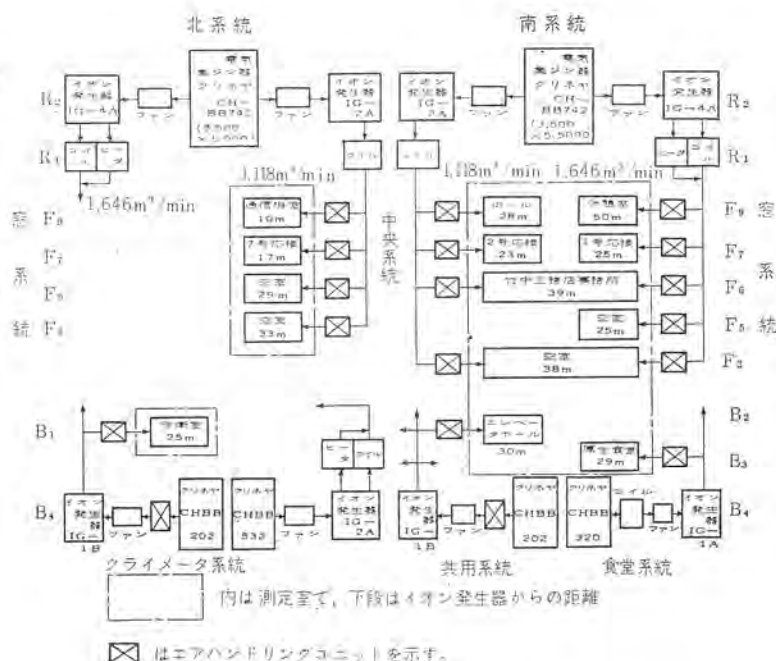


図 5.1 御堂ビル空調系統  
Fig. 5.1 Air conditioning systems in Midō Building.

も認められる。ダクトの形状が複雑なために、正確なことはわからないが、濃度減衰が理論的計算結果と定性的に一致すること、および寿命が理論的考察とおおむね一致していることがわかった。

## 5. 御堂ビルの空気イオン制御

最高級ビルの一つとして業界の注目をあびて大阪本町にしゅん工した御堂ビルは、空気調和の面でも一歩先んじ、わが国最初の空気イオン濃度制御装置を設置し、画期的なビルとして誕生した。御堂ビルしゅん工に際して、設置されている負イオン発生装置の実働特性と、室内空気イオンの制御状態を知るために昭和40年4月27日から30日まで3日間、大阪市立衛生研究所、高砂熱学工業株式会社、三菱電機株式会社が共同で、空気イオンの実測を行なった。

### 5.1 試験系統と試験条件

御堂ビルは地上9階、屋上2階、地下4階からなり、屋上2階と地下4階が空調設備の機械室にあてられている。空調系統は地上3階以上の上部と2階以下の下部の2ブロックに分けられ、各ブロックで数系統に分けられている。上部系統ではアネモスタット、吹出しグリルにおけるイオン濃度と室内におけるイオン濃度を対応させて測定し、下部系統ではアネモスタットにおけるイオン濃度を測定した。

図5.1は空調系統の見取り図である。上部ブロックは北系統と南系統に2分され、さらに吹出しグリルにつながる窓系統とアネモスタットにつながる中央系統に分けられる。

北中央系統ではイオン発生器の特性を試験する目的で、イオン発生器から最も近い9階と、最も遠い3階において、電気集じん器、イオン発生器をそれぞれ、運転・停止した場合のアネモスタット吹出空気のイオン測定を行なった。北中央系統ではまた、ダクト長の変化によるイオン濃度の減衰特性を調べるために、9階、7階、5階、3階において、イオン発生器を連続運転中のイオン濃度測定も行なった。

南系統では吹出しグリル、アネモスタット吹出空気のイオン濃度と、室内空気イオン濃度の関係を求めた。無人室の例として、9階休憩





図 5.2 三菱イオン濃度計  
Fig. 5.2 Mitsubishi ion density meter.



図 5.3 吹出グリルイオン濃度測定法  
Fig. 5.3 Ion density measuring method at outlet grill.

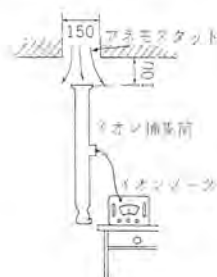


図 5.4 アネモスタットイオン濃度測定法  
Fig. 5.4 Ion density measuring method at anemostat.

室と7階1号応接室を、使用室の例として6階竹中工務店設計部事務室を、また無人の大部屋の例として3階の空事務室を測定した。下部の各系統ではアネモスタット吹出空気のイオン濃度を測定した。

## 5.2 イオン測定器と測定法

実測に使用したイオン測定器は、いずれも現在最も多く用いられている同軸円筒形イオン測定器である<sup>(10)(11)</sup>。大阪市立衛生研究所は羽山精機製の小イオン測定器と工研電子製イオン濃度計を改良したものを用い、吹出グリルと室内空気のイオン濃度を測定した。羽山精機製イオン測定器では正、負の小イオン濃度を同時に連続記録し、工研電子製イオン濃度計改良形では切り換えによって、正あるいは負の小イオン、中イオンを測定した。一方三菱電機では自社製イオン濃度計を使用し、吹出グリルとアネモスタットのイオン濃度を測定した。測定に先だち三つの測定器の測定値を比較したが、おおむね一致した値を示した。

吹出グリルでは吹出口上部のイオン濃度とグリル内部のイオン濃度を測定したが、図5.3はその配置図である。吹出口上部空気のイオン濃度測定の場合には室内空気が混入して、イオン濃度が減少している。

図5.4はアネモスタットの吹出空気のイオン濃度測定法を示したものである。アネモスタットの吹出空気量は測定器の吹入空気量より大きいので、被測定空気は室内空気が混入せずダクト吹出空気のみである。

空気調用イオン発生器と御堂ビルの空気イオン制御・渡辺・金子・田本・谷川・原・田畑・齊藤・平山・小川

表 5.1 御堂ビル 空気イオン濃度 (北中央系統 アネモスタット)

階	測定場所	測定日時	電気集じん器 運転状況	イオン発生器 運転状況	小イオン (個/cm <sup>3</sup> )			中イオン (個/cm <sup>3</sup> )			イオン 到達時間 (sec)
					正	負	正/負	正	負	正/負	
9	通信器室 * 10 m	4/30 13.35	off	off	130	120	1.1	860	790	1.1	6.5
			on	off	3,100	640	4.8	7,800	1,300	6	
			off	on	0	1,000	0	500	2,200	0.23	
			on	on	2,200	2,800	0.79	8,800	4,300	2	
7	7号応接室 17 m	4/30 17.35	on	on	1,000	3,300	0.3	4,200	4,900	0.86	6.4
5	空室 29 m	4/30 17.05	on	on	1,100	3,000	0.37	7,700	8,200	0.94	10.0
3	空室 33 m	4/30 15.50	off	off	170	240	0.7	1,200	900	1.3	10.3
			on	off	3,900	1,400	2.8	10,000	3,900	2.6	
			off	on	250	1,200	0.21	680	2,300	0.3	
			on	on	1,500	2,400	0.63	5,200	4,800	1.1	

\*イオン発生器からの距離

表 5.2 御堂ビル 空気イオン濃度 (南中央系統 アネモスタット)

階	測定場所	測定日時	電気集じん器 運転状況	イオン発生器 運転状況	小イオン (個/cm <sup>3</sup> )			中イオン (個/cm <sup>3</sup> )			イオン発生器 からの距離 (m)
					正	負	正/負	正	負	正/負	
9	ホール	4/30 14.50	on	on	1,300	2,800	0.5	5,900	5,400	1.2	28
6	竹中工務店 設計事務室	4/30 15.10	on	on	740	2,800	0.3	2,800	7,000	0.4	39
5	空室	4/30 17.19	on	on	520	3,300	0.16	3,200	7,000	0.5	25
3	空室	4/30 15.43	on	on	450	2,100	0.21	2,600	4,300	0.6	38

表 5.3 御堂ビル 空気イオン濃度 (下部系統 アネモスタット)

系統階	測定場所	測定日時	電気集じん器 運転状況	イオン発生器 運転状況	小イオン (個/cm <sup>3</sup> )			中イオン (個/cm <sup>3</sup> )			イオン 到達時間 (sec)
					正	負	正/負	正	負	正/負	
食堂系統 地3	厚生食堂 * 29 m	5/7 15.00	on	off	4,000	420	9.5	7,000	920	7.6	7.9
			on	on	4,000	26,000	0.15	5,600	28,000	0.2	
共用系統 地2	エレベーター ホール 30 m	5/7 16.30	on	off	2,300	900	2.6	7,400	2,800	2.6	26.7
			on	on	500	2,700	0.19	7,400	7,400	0.19	
クライメータ ーシステム 地1	守衛室 25 m	5/7 17.15	off	off	150	140	1.1	860	700	1.2	19.4
			on	off	2,400	550	4.4	11,600	1,900	6.1	
			off	on	0	1,600	0	680	3,200	0.2	
			on	on	3,200	5,200	0.6	3,900	5,600	0.7	

\*イオン発生器からの距離

## 5.3 アネモスタット吹出空気のイオン濃度表

北中央系統、南中央系統、および下部系統の室内アネモスタット吹出空気のイオン濃度測定結果を一括して表5.1、5.2、5.3に示す。これらのデータをもとにして各項目について結果を検討する。

### 5.3.1 電気集じん器の運転によるイオン濃度の変化

実験室における試験、および新阪急ビルにおける実測結果から電気集じん器は集じん部にチリがたまり、コロナ放電や火花放電を起こさない限り、イオンを外部に発生しないが、実用時は正負イオンを発生していることが明らかになっている。

今回の測定でも電気集じん器のイオン発生状況を知るために、イオン発生器を運転しない状態で、イオン濃度を測定した。

電気集じん器のみを運転した場合のアネモスタット吹出空気のイオン濃度測定結果を表5.2にまとめて示す。明らかに電気集じん



表 5.4 電気集じん器運転時のイオン濃度

測定系統場所	小イオン (個/cm <sup>3</sup> )			中イオン (個/cm <sup>3</sup> )			ダクト長 (m)	イオン到達時間 (sec)
	正	負	正/負	正	負	正/負		
北中央系統 F9 通信機室	3,100	640	4.8	7,800	1,300	60	10	6.5
“ F3 空室	3,900	1,400	2.8	10,000	3,900	2.6	33	10.3
食堂系統 B3 厚生食堂	4,000	420	9.5	7,000	920	7.6	29	7.9
共用系統 B2 エレベータホール	2,300	900	2.6	7,400	2,800	2.6	30	26.7
クライメータ系統 B1 守衛室	2,400	550	4.4	11,600	1,900	6.1	25	19.4

表 5.5 負イオン発生器運転時のイオン濃度

測定系統場所	小イオン (個/cm <sup>3</sup> )			中イオン (個/cm <sup>3</sup> )			ダクト長 (m)	イオン到達時間 (sec)
	正	負	正/負	正	負	正/負		
北中央系統 F9 通信機室	~0	1,000	~0	500	2,200	0.23	10	6.5
“ F3 空室	250	1,200	0.21	680	2,300	0.3	33	10.3
クライメータ系統 B1 守衛室	~0	1,600	~0	680	3,200	0.21	25	19.4

表 5.6 電気集じん器・イオン発生器運転時のイオン濃度

測定系統場所	小イオン (個/cm <sup>3</sup> )			中イオン (個/cm <sup>3</sup> )			ダクト長 (m)	イオン到達時間 (sec)
	正	負	正/負	正	負	正/負		
北中央系統 F9 通信機室	2,200	2,800	0.79	8,800	4,300	2	10	6.5
“ F7.7 号応接室	1,000	3,300	0.3	4,200	4,900	0.86	17	6.4
“ F5 空室	1,100	3,000	0.37	7,700	8,200	0.94	29	10.0
“ F3 空室	1,500	2,400	0.63	5,200	4,800	1.1	33	10.3
食堂系統 B3 厚生食堂	4,000	26,000	0.15	5,600	28,000	0.2	29	7.9
共用系統 B2 エレベータホール	500	2,700	0.19	1,400	7,400	0.19	30	26.7
クライメータ系統 B1 守衛室	3,200	5,200	0.61	3,900	5,600	0.7	25	19.4

表 5.7 御堂ビルイオン濃度 (室内)

系統階	測定室	測定日時	小イオン (個/cm <sup>3</sup> )			中イオン (個/cm <sup>3</sup> )			中/小		温度湿度	※※ ジンアイ 重 (mg/m <sup>3</sup> )
			正	負	正/負	正	負	正/負	正	負		
窓系統 9	休憩室 ※ 50m	* 吹出口上 4/30 13.50	710	1,480	0.5	2,470	2,730	0.9	3.5	1.8	20.2°C 43%	0.060
		* 室中央 4/30 14.16	650	770	0.8	1,920	2,000	1.0	3.0	2.6	21.0°C 44%	0.072
窓系統 7	1 号応接室 25m	* * * 吹出口上 4/30 10.30	1,300	2,000	0.7	6,200	7,600	0.8	4.8	3.8		
		* 吹出口上 4/30 11.00	760	1,100	0.7	2,700	2,440	1.1	3.6	2.2	18.8°C 52%	0.060
		* 室中央 4/30 11.25	590	500	1.2	1,400	1,140	1.2	2.4	2.3	20.0°C 50%	0.078
中央系統 6	竹中工務店 設計事務室 39m	* * * 吹出口上 4/30 15.10	740	2,800	0.3	2,800	7,000	0.4	3.8	2.5		
		* 室中央 4/30 15.06	370	570	0.7	1,620	1,550	1.0	4.4	2.7	23.0°C 44%	0.384
中窓系統 3	空室 38m	吹出アネモ 4/30 15.42	450	2,100	0.2	2,600	4,300	0.6	5.8	2.0		
		吹出口上 4/30 16.33	670	1,640	0.4	2,690	4,340	0.6	4.0	2.6	19.6°C 51%	0.060
		室中央 4/30 16.00	380	460	0.8	1,620	1,540	1.1	4.2	3.1	20.8°C 45%	0.048

\* 吹出ダクト吹出口上      \* \* \* 吹出ダクト内

\* \* \* アネモスタット吹出口

※ イオン発生器からの距離      ※※ デジタル動量計

器の運転により多量の正イオンが発生している。また負イオンも相当発生しているが、イオン比は非常に大きい。ここで注意すべきことは、この表の値はアネモスタットの吹出口におけるイオン濃度であり、電気集じん器から発生するイオンがダクトなどで減衰したのちのものである。表 5.4 からダクト長が短く、イオン到達時間の比較的早い位置にあるアネモスタットにおける測定値のほうがイオン比が大きくなる傾向があることから、電気集じん器直後ではイオン比が相当大きいものと思われる。

### 5.3.2 イオン発生器の運転によるイオン濃度の変化

負イオン発生器の運転により負イオン濃度は増加するが、電気集じん器とともに運転する場合と、イオン発生器のみを運転する場合とで状況が異なる。

イオン発生器を単独に運転した場合のイオン濃度を表 5.5 に示す。この場合は負イオンのみが発生し、それがダクト内で減衰したのちに、アネモスタットから吹出されたものである。負イオン濃度のみが大きくなり、イオン比は非常に小さくなっている。

次に電気集じん器とイオン発生器を運転した場合のイオン濃度を表 5.6 に示す。この場合には負イオン発生器は、電気集じん器から発生している正イオンを消滅させる作用と、負イオンを発生させる作用をはたす。したがってイオン比は非常に小さくなっている。しかしこの値もダクトなどの減衰を経たあとのものであるから、イオン発生器直後ではイオン比はより小さくなっているものと思われる。

イオン発生器の連続運転によりアネモスタット出口における空気中のイオン比はより相当小さくなるので、イオン発生器の運転の時限調整を適に行ない、吹出空気中のイオン比を変えて室内のイオン比を約 1 に制御できることがわかる。

### 5.3.4 ダクト内におけるイオン濃度減衰

電気集じん器、イオン発生器を単独に運転した場合のイオン濃度は、発生器直後では、 $10^5 \sim 10^6$  (個/cm<sup>3</sup>) の高い値であるにもかかわらずアネモスタットでは  $10^3$  (個/cm<sup>3</sup>) のオーダーになる。しかも発生器に近い階においても遠い階においても変化がないので、イオンの減衰は主として最も近い階に至るまでに起こることがわかる。また各階にもうけられたハンドリングユニットにおける減衰も大きいと思われる。高濃度時における空間電荷の反発散減衰にくらべ、比較的低濃度時の熱拡散減衰は大きくないことがわかる。したがって反対極性の少数イオンが存在すると、空間電荷反発減衰をうける多数イオンにくらべ少数イオンは減衰が遅く両者の減衰にたがってイオン比は 1 に近づいていく。

電気集じん器、イオン発生器を同時に運転する場合



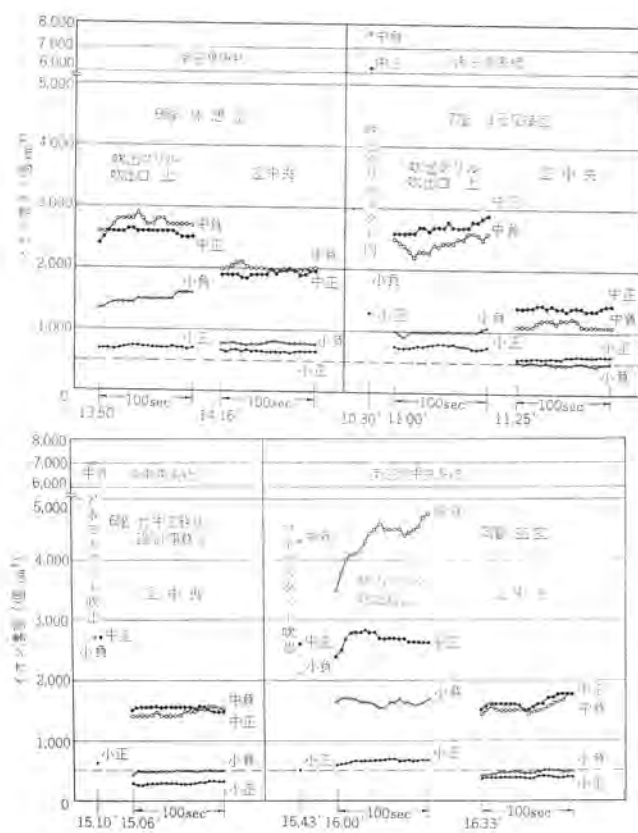


図 5.5 御堂ビルイオン濃度室内  
Fig. 5.5 Air-ion densities in Mido Building.

合には、正負イオン濃度がともに大きくなり、単極性イオンの場合と異なった様相を呈する。すなわち空間電荷反発拡散は減少し、再結合による減衰がはいってくる。

たとえば北中央系統9階通信機室、クライメータ系統地下1階守衛室の測定結果で、電気集じん器とイオン発生器をともに運転した場合の負イオン濃度が、電気集じん器とイオン発生器を単独に運転した場合の負イオン濃度の和より大きくなるのは、負イオン発生器の運転にともなう正イオンの吸収により、正イオン濃度が減少し、再結合による負イオン減衰が緩和されたことと、適当な正イオンの存在によりイオン発生器から発生した負イオンが、空間電荷反発拡散減衰の緩和された状態で送られることによる効果と思われる。

正負イオン濃度にアンバランスのある場合には単極性イオンの場合とどうように、空間電荷反発減衰により高濃度のイオンが早く減衰し、イオン比が1に近づく。

#### 5.4 室内空気イオン濃度

南系統で吹出グリルおよびアネモスタット吹出空気イオン濃度と室内空気イオン濃度との関係を求め、室内のイオン濃度制御を行なった。表5.7はその結果を示したものであり、図5.5は時間変化を示したものである。自動記録計でイオン濃度の変化を約1時間記録した結果も、イオン濃度変化は図5.5と同程度であった。

アネモスタット、あるいは吹出グリルの吹出空気と室内のイオン濃度の関係は換気量、在室人員、室内じんアイ量などにより複雑に変化するので、イオン濃度制御を考慮した空調の一般的な設計条件を求めるにはまだ多くの測定データが必要と思われる。現在の段階ではイオン発生器に制御回路を設け、実測により室内空気イオン濃度、イオン比が適当な値になるようにイオン発生数を制御す

る以外にない。

表5.7 からわかるように、制御回路調整後の空気イオン濃度はアネモスタット、吹出グリルからの吹出空気が負イオン濃度数千(個/cm<sup>3</sup>)、イオン比0.2~0.5となり、室内空気では負イオン濃度約500(個/cm<sup>3</sup>)、イオン比0.8~1.2という清浄な自然大気と同じ状態の理想的な値が実現された。

室内におけるイオン濃度の分布も考慮しなければならないが、空気イオンの輸送は主として空気流によるので暖冷房効果を考慮して換気流が設計されている室内では、アネモスタットのイオン濃度を制御することによって分布状態も考慮したイオン濃度制御が達成される。しかし温湿度の変化にくらべてイオン濃度の変化は敏感であるから、在室人員密度の大きい室内などのイオン濃度制御には、イオン濃度制御を考慮して換気量を決定した空調設計が必要になると思われる。非常に精密な意味での室内イオン濃度制御となると複雑な問題が多く、今後待つところが大きい。現段階では暖冷房の面から決定されている換気量を変えることなく、アネモスタットの吹出空気イオン濃度を制御することにより、室内イオン濃度分布も考慮したイオン制御が十分に行なわれた。

環境衛生上必要なものは小イオンであるが、小イオンの寿命、挙動はじんアイ量に関連しており、じんアイ量が多いと小イオンにくらべて中イオン、大イオンが非常に多くなる。今回の測定でも常に小イオンとともに中イオンを測定したが、中イオンは小イオンの数倍しかなく、清浄空気の状態と一致している。

無人室と使用中の事務室を比較すると、無人室の場合でも測定者が数人在室していたためか、室内イオン濃度にあまり大きな差が認められなかった。

## 6. む す び

以上わが国ではじめて確立されたイオン濃度集中制御方式と、三菱IG形負イオン発生器の紹介および御堂ビルにおけるイオン濃度制御実施例について報告した。空気イオンは今や空気調和の分野において温湿度調整、防じんについて新しい要素として重要視されつつあり、環境衛生上、室内の空気はイオン濃度、イオン比の点でも自然な清浄大気の状態にもどす必要が認識されてきた。この報告が今後の空気調和に関して参考になれば幸いである。

最後にこの実測の機会を与えていただいた竹中工務店の関係各位に感謝の意を表する。

## 参 考 文 献

- (1) F. Pessauer: Zehn Jahre Forschung auf dem Physikalisch Medizinischen Grenzgebiet Leiptig (1931)
- (2) 木村・谷口: 空気イオンの理論と実際 南山堂 (1938)
- (3) 安部: 空気イオンの生理作用 産業環境工学 II-15
- (4) 原・平林ほか: 「三菱電機技報」38 1470 (昭39)
- (5) 加藤: 空気イオンの知識と諸問題 産業環境工学 III-25
- (6) 市川: 空気イオンと環境衛生 産業環境工学 II-16
- (7) 空気清浄に関するセミナー資料、大気汚染と空気イオンについて、電子新聞社 昭39.5.9
- (8) 原・田畑: 「三菱電機技報」40 (昭41)
- (9) 原・田畑: 昭和41年電気四学会連合大会予稿
- (10) 加藤: 空気イオン 産業環境工学 II-12
- (11) 富田: 空気イオンの発生と測定 産業環境工学 III-26



## 誘電体フィルタの基礎特性と空気清浄機

原 仁 吾\*・田畑 則一\*\*・森 貢\*\*・成田 勇三\*\*\*

## Basic Characteristics of Dielectric Air Filters and Air Cleaners

Central Research Laboratory Jingo HARA・Norikazu TABATA・Mitsugu MORI  
Nakatsugawa Works Yüzō NARITA

Increasing air contamination with the development of industries of recent years has come to pose serious problems on environment sanitation. The government and autonomous bodies in various districts are considering the prevention of atmosphere contamination. But the solution is hardly available. It is now widely recognized that to keep everybody from the danger of being affected by smoke, noxious gases and exhaust gas from automobiles is now vital requisite.

Mitsubishi has put to the market mechanical air filters for general domestic use. They are well commented, but for the betterment of function dielectric air filters operating on air ionization have been now developed with excellent characteristics but moderate prices. Their basic characteristics are expounded in this article.

## 1. ま え が き

近年産業の発展に伴って、とみに増大する大気汚染は環境衛生上重大な問題になってきており、政府はもちろん各地の地方自治体で大気汚染の防止を考えている現状であるが、その解決は容易でなく、工場のパイ煙、有害ガス、自動車の排気ガスなどが多量に浮遊する悪い環境条件から、自己を守ることのたいせつさが広く認識されるようになってきた。

当社では、すでに機械式フィルタによる一般家庭向き空気清浄機を発売し、各地で好評を博しているが、さらに特性の向上、原価低減の必要性が要望されるようになってきている。

ここでは、当所の研究により、従来の電気集じんと機械的フィルタ方式のよさを組み合わせた新方式空気清浄法の基礎研究、および実用化の研究によって、すぐれた特性を持った空気清浄機が開発されたので報告する。

## 2. 誘電体フィルタの種類

誘電体のマットあるいはフォームなどのメカニカル・フィルタに、誘電性質を利用した集じん機構を加えたものを誘電体フィルタと呼ぶ。誘電体フィルタとして発表されているものは大別して、次の3種類に分類され、それぞれ主とする集じん機構は異なるが、複合された効果もまた現われるのはいうまでもない。

## 2.1 摩擦帯電式誘電体フィルタ

普通のメカニカル・フィルタの材質を摩擦電気系列の正極側、あるいは負極側のハシ(端)に近いものを選び、含じん(塵)気流の通過によって摩擦帯電を起こさせると、メカニカル・フィルタとしての慣性集じん、熱分散集じんに、静電力による集じん効果が付加される<sup>(1)</sup>。摩擦帯電を大きくするために、摩擦電気系列の異なる材質のブラシで、フィルタ面と摩擦するものもある<sup>(1)</sup>。また少し趣きを異にするが、静電発電器を使ってフィルタ面に多量の電荷を与えるものが考えられているが、これも集じん機構としては同じものに属する。

この方式のフィルタは材質の選択のみを行なうだけでよいので、比較的集じん効率の低い粗じん用フィルタの改良に用いられるが、大きな集じん効率の上昇は望めない。しかし一般には大気中のじんアイは弱い帯電状態にあるものが多いが、特殊なじんアイで強い帯電状態にある場合には、有効な材質の選択により、大きな集

じん効率の増加が期待できる。

## 2.2 誘電分極形フィルタ

誘電体ファイバのマット、あるいは誘電体フォームの両側に金網状の電極を設け、気流方向と平行に電界を加えるか、または気流と直角方向に電界を加え、誘電体を分極して誘電体マット内に不平等電界を形成し、フィルタ内にはいったチリを分極して、誘電分極力による吸着集じんを行なうフィルタである<sup>(1)(2)(3)</sup>。この方式のフィルタにおける集じん機構の原理である誘電分極力とは、電界中に誘電体粒子、あるいは導体粒子が置かれると分極を起こし、正負同量の分極電荷が粒子内に電界方向にそって分離されるが、不平等電界中では正負電荷に作用する電界が異なり、力が異なるために、粒子は電界の強い方向に力をうけるものである<sup>(4)(5)</sup>。したがって誘電分極力は粒子の半径を $r$ 、誘電率を $\epsilon$ 、空気の誘電率を $\epsilon_0$ 、電界を $E$ とすると次式で表わされる。

$$F = -2\pi r^3 \epsilon_0 \frac{\epsilon - \epsilon_0}{\epsilon + 2\epsilon_0} \text{grad}(E^2) \dots\dots\dots (2.1)$$

式(2.1)からもわかるように、粒子径の3乗に比例するので、粒子径が小さくなると集じん効率は急速に小さくなる。また電界の二乗の勾配に比例して誘電分極力が大きくなるので、電界の不平等性を大きくするとよい結果が得られる。

この方式のフィルタは電界の作用のみで集じん効率が得られ、放電電流を必要としない点で非常にすぐれている。比較的粒子径の大きなチリ(1ミクロン以上)に対しては高い集じん効率が得られるので、粗フィルタとしては優秀なものである。

## 2.3 静電式誘電体フィルタ

従来静電気集じん器といわれているところの2段階電形電気集じん器の集じん部を誘電分極形フィルタに置き換えたものである。

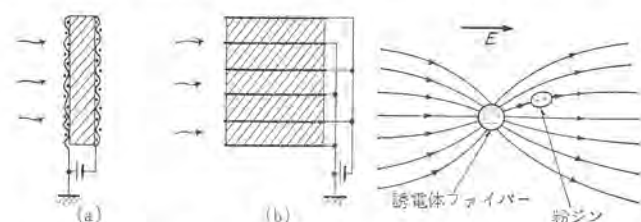


図 2.1 誘電分極形フィルタ  
Fig. 2.1 Non-ionizing dielectric filters.

図 2.2 誘電分極現象  
Fig. 2.2 Dielectrophoresis.



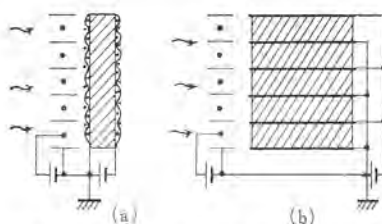


図 2.3 静電式誘電体  
フィルタ  
Fig. 2.3 Ionizing di-  
electric filters.

金網電極を使って電界を気流と同方向に加えるものと、気流と平行に置かれた平板電極間に誘電体をそう入したものがある<sup>(2)</sup>。

この方式の集じん機構はイオン化部において、チリ粒子に単極性の電荷を与え、集じん部において静電引力で集じんするものであるが、集じん部が平行平板のみであると帯電粒子が平板間を移動しないと平板に吸着されないのに比べて、平板間に誘電体ファイバを入れると、ファイバ間を移動するだけで、ファイバに吸着集じんされるので集じん効率は高くなる。気流と同方向に電界を加える形のものも集じん機構は同じであるが、2段荷電形電気集じん器に比べて、構造が非常に簡単になる。この方式のフィルタは2段荷電形電気集じん器と同様に、タバコの煙など $0.1\mu$ 以下の粒子径のジニアに対して高い集じん効率をもつので、メイン・フィルタとして使用される。これは誘電分極形フィルタと2段荷電形電気集じん器を組み合わせたものであるから、両方の長所をもつと同時に圧損が大きく、オゾン発生を抑える考慮が必要であるなど、両者の短所ももつので、使用の際には注意をはらわねばならない。

### 3. 誘電体フィルタの特性

誘電体 フィルタ の内、誘電分極形 フィルタ と静電式誘電体 フィルタ について集じん効率特性を測定した。

### 3.1 集ジン効率測定法

集じん効率の測定法として現在行なわれている方法は、主として粗集じん用のフィルタに適用される重量法と、電気集じん器などの微細じん用集じん器に適用される汚染度法がある<sup>(6)</sup>。大気中の浮遊じんを使って集じん効率を測定する場合には、粗じんのみをとるフィルタでも重量法では高い集じん効率を示すが、汚染度法では集じん効率は非常に低くなる。今回の試験には、光散乱式じん濃度計を用い、標準粉じんとして粒子径の均一な D. O. P. 粒子と、石英粉じん、炭素粉じん、タバコの煙を使って集じん効率を測定した。この方法は均一径の粒子を使うとじん濃度の比として集じん効率が求まり、粒子径に分布がある場合には光の散乱強度によるじん濃度比としての集じん効率を得られる。この濃度計は微細粒子に対して感度がよく、これから求めた集じん効率は、

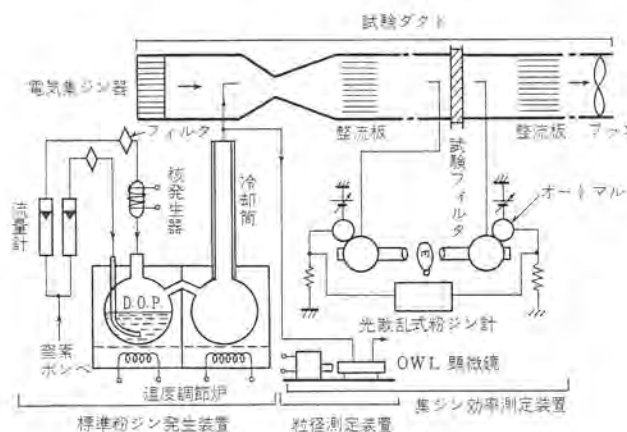


図 3.1 実験装置  
Fig. 3.1 Experimental equipment.

誘電体 フィルタ の基礎特性と空気清浄機・原・田畑・森・成田

汚染度法による集じん効率と比較的よい一致がみられる。

### 3.2 誘電分極形フィルタの特性

誘電分極形フィルタは、集じん原理である誘電分極力が、ジニアの粒径の3乗に比例しているために、ジニアの粒径が小さくなると、集じん効率は急激に小さくなる。図3.2は平均粒径 $3\mu$ の石英粉ジーンと、平均粒径 $0.3\mu$ の炭素粉ジーンについて誘電分極形フィルタの集じん効率を求めたものである。電圧を印加しない場合には集じん効率は10%に満たないあらゆるフィルタであるが、 $5\text{ kV/cm}$ の電界により、石英粉ジーンでは70%近くまで集じん効率が上昇している。しかし粒径が $0.1\mu$ 以下のタバコの紫煙に対しては、集じん効率の上昇は10%にも達しない。

誘電分極形 フィルタ は マット 内における ファイバ 間の電界不平等性が強くなるほうが、集じん効果がよくなるので、マットの材質は誘電率の大きなものが望ましい。材質としてはガラス・ファイバでよい結果が得られている。フォーム 状のものでは骨格の形状も集じん効果に関係している。電極の形状も重要な要因となる。

### 3.3 静電式誘電体フィルタの特性

静電式誘電体フィルタは放電を使用しているので、従来の2段荷電形電気集じん器と同様の特性を持っており、タバコの紫煙などの微細粒子に対しても高い集じん効率を期待できる。図3.3は粒径 $0.1\mu$ 以下となる乾燥した煙草の煙を使って、静電式誘電体フィルタの集じん効率を求めたものである。後段の誘電分極電圧をパラメータとして、放電電流密度に対する集じん効率特性を示しているが、誘電分極電圧は約6kVで集じん効率は飽和する傾向にある。放電部の印加電圧も約6kVに設定しているので、次の実験

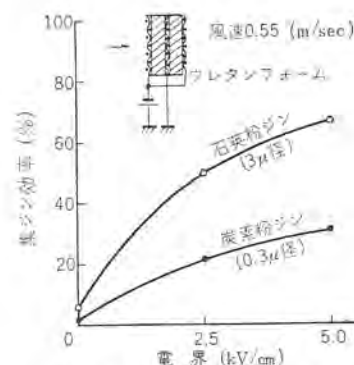


図 3.2 誘電分極形フィルタの電界-集じん効率特性  
Fig. 3.2 Collection efficiency vs electrostatic field for non-ionizing dielectric filters.

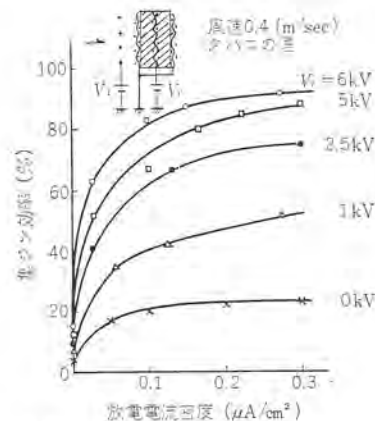


図 3.3 静電式誘電体フィルタの集じん特性  
Fig. 3.3 Collection efficiency ionizing dielectric filters.



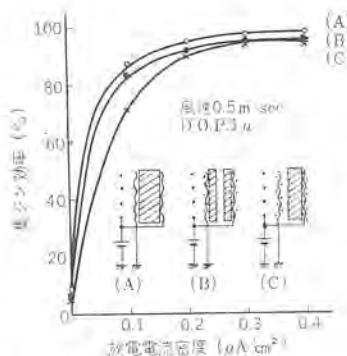


図 3.4 静電式誘電体フィルタの空気間ギャクと集じん効率の低下  
Fig. 3.4 Change of collection efficiency with air gap of ionizing dielectric filters.

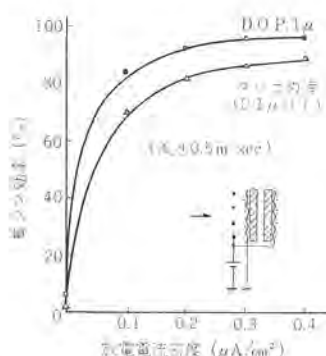


図 3.5 静電式誘電体フィルタの粒子径による集じん効率比較  
Fig. 3.5 Comparison of collection efficiency of ionizing dielectric filters by changing dust particles.

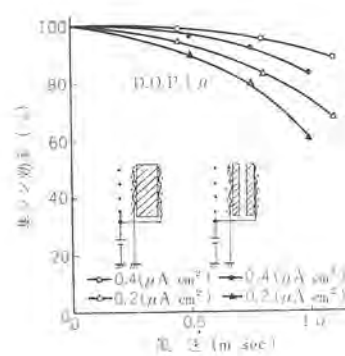


図 3.6 静電式誘電体フィルタの風速-集じん効率特性  
Fig. 3.6 Collection efficiency vs air velocity ionizing dielectric filters.

からは、実用上の便宜さも考慮して、放電部と誘電分極部の電圧を一括して印加した。放電部の電圧は、オゾンと酸化窒素の発生を少なくするために正電圧を印加したが、誘電分極部の電圧極性は集じん効果にほとんど影響しないことがわかった。

誘電体フィルタの実用面における問題点として考えなければならない点は、高湿度時にフィルタ内を流れる漏れ電流を小さく抑えることである。これは電源の容量を小さくするために必要であり、また漏れ電流があまり大きくなると、フィルタ内で発熱し、絶縁破壊にいたるので注意を要する。

漏れ電流を抑制する方法としては、電極を絶縁物で被覆を施す方法と、空気間ギャクを設ける方法が考えられる。しかし後段の誘電分極部の特性は、フィルタ面が電極と密着する部分の電界の不平等性により影響されるので、この点を考慮しなければならない。絶縁物で電極を被覆する方法は、フィルタ面の電界不平等性を弱めるので、集じん効率の低下が著しく、空気間ギャクを設ける方法でも、フィルタと電極の間に空気間ギャクを設けると、同じ効果によって集じん効率の低下は著しい。集じん効率の低下が少なく、漏れ電流が防止できる最もよい方法は、誘電体フィルタと電極は密着させ、フィルタ内部の平等電界部に空気間ギャクを設ける方法である。図 3.4 は空気間ギャクを設けない場合と、フィルタ内部に空気間ギャクをもうけた場合、フィルタと電極間に空気間ギャクを設けた場合の集じん効率を比較したものである。放電電流密度が小さく、後段の影響がよく現われる領域で、差ははっきりと現われている。

誘電分極形フィルタのみの場合には、粉じん粒子径による集じん効率の変化が非常に著しく、タバコの紫煙に対しては集じん効果は期待できなかった。静電式誘電体フィルタの場合も、粉じんの粒子径が小さくなると集じん効率は低下するが、誘電分極形フィルタほどに著しくはない。図 3.5 は  $1\mu$  径の粒子 D.O.P. と  $0.1\mu$  径以下のタバコの紫煙について、集じん効率を比較したものである。タバコの煙に対しても十分な集じん効率をもっていることがわかる。なお喫煙した場合のタバコの煙は、水蒸気が付着して大きくなるので、集じんされやすくなる。

集じん効率とフィルタ面通過風速とは切り離して考えることはできないものであり、フィルタの除じん能力は集じん効率と処理風量の積で評価されるべきものである。したがっていたずらに高い集じん効率を求めて、低風速で使うよりは、適当な集じん効率で処理風量を大きくし、循環回数を多くして集じん効果を上げるほうが賢明である。しかしこの場合注意すべきことは、集じん効率の

対象にしている粉じんの粒子径をはっきりさせておくことである。たとえば大気チリで測定した集じん効率を使う場合に、集じん効率があり低いと、粗じんのみが集じんされており、微細じんが集じんされていないおそれがある。このような場合にはいくら循環回数を多くしても微細じんは集じんされない。図 3.6 は  $1\mu$  径の D.O.P. に対して集じん効率とフィルタ通過風速の関係を示したものである。空気間ギャクを設けたものは、風速の増加に従って集じん効率が低下する割合が大きいことがわかる。また放電電流密度を変えることによって、風速-集じん効率特性を適当なところに決定することができる。

静電式誘電体フィルタは従来の 2 段荷電形電気集じん器に比べて構造が簡単になり、フィルタは比較的安価なために、使い捨てにできるなどの長所があり、高い集じん効率も得られるのでメイン・フィルタとしてすぐれたものである。

#### 4. 空気清浄機用誘電体フィルタおよび高圧電源

誘電体フィルタの空気清浄機へ実用できるフィルタ構成を決定するには、高い集じん効率が發揮され、しかも構造の簡単化、製作の容易さにより原価低減を計ることが要求される。

このため、従来の空気清浄機ではあまり検討がなされていない  $0.1\mu$  以下という微細じんで高効率を得ることを主眼とし、高圧電源の価格を考慮して、放電電流密度を  $0.05 \sim 0.1 \mu\text{A}/\text{cm}^2$  とし、放電部誘電体フィルタによる集じん部の研究を進め、空気清浄機としてすぐれた特性が期待できる静電式誘電体フィルタの構造を決定する資料とすることができ、さらに二つのフィルタに適用される高圧電源がトランジスタ発振回路により開発できた。

##### 4.1 空気清浄機用誘電体フィルタ

基礎研究をもとにまず図 4.1 のような構成のフィルタを考案した。すなわち、誘電体フィルタの前段フィルタ、放電部、誘電体フィルタの後段フィルタの三つの部分からなっている。

図 4.2 は放電部の特性を示す。放電部は放電線として  $0.1\phi\text{mm}$  のタングステン線を線間隔  $1\text{mm}$  とし、その前後に  $d\text{mm}$  の間隔を置いて金網状(エキスパンドメタル)平板電極を対向させている。両側に平板電極を設けることにより、放電線の放電開始電圧を下げるができる。

次に前段、後段のフィルタ部では、フィルタ材をはさんで金網状(エキスパンドメタル)平板電極が対向しているので、漏れ電流を妨ぐ必要があり、3.2 節で述べたように、その方法として図 4.1 のよう



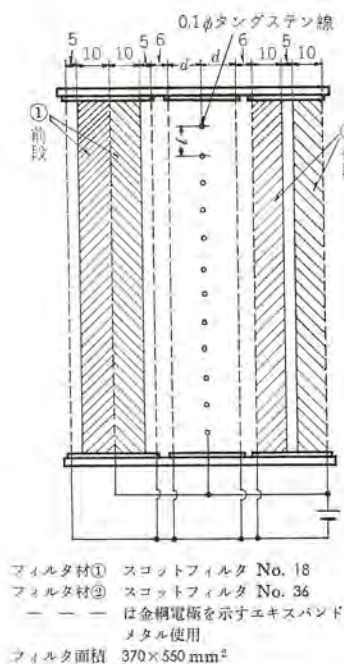


図 4.1 誘電体フィルタ構成  
Fig. 4.1 Construction of dielectric filter.

に空気間  $g$  を設けた。

図 4.3 は図 4.1 における（放電部の  $d=14$ ,  $l=10$ ）放電電流に対する集じん効率を風速をパラメータとして示したものである。

電流密度  $0.1 \mu\text{A}/\text{cm}^2$  では集じん効率が 60% 前後と低いのでさらに放電部、誘電体フィルタおよび印加電圧の検討が必要である。

誘電体フィルタとしては、フィルタ材の選定がたいせつな問題であるが、ここでは容易に入手でき安価なフォーム状誘電体を選んだ。

図 4.4 はフィルタ材の粗密による集じん効率を示したもので、フィルタ材として、フォーム状のエパーライトスコットフィルタ No. 5, 18, 36（ブリヂストンダイア社製、ポリウレタンフォーム、No. は、 $1 \text{ cm}^3$  中のセル数でそれぞれ 50, 180, 360 個を表わす）の 10 mm 厚さのものを誘電体フィルタとして、後段フィルタ部に使用し、前段フィルタは省いた。

密になるほど効率はよくなるが、大きな差はなく、密になれば同時に圧力損失も増大するので、圧力損失とのかねあいでフィルタの密度を決定する必要がある。

次に放電部において、放電特性を決定する放電線間隔  $l$  と放電間  $g$  長  $d$  の関係による後段フィルタの特性の検討を行なった。

図 4.5 は  $d=14 \text{ mm}$  とし、放電電流密度を  $0.1 \mu\text{A}/\text{cm}^2$  にして  $l$  をパラメータとした集じん効率および放電電圧の関係を示したものである。実用に際しては、効率を低下させずに、放電電圧が低くて、線間隔  $l$  は大きいことが望しく、放電間  $g$  長  $d=14 \text{ mm}$  に対しては  $l=30 \text{ mm}$  が適当である。

以上の研究を総合し、さらに製作の簡単化、安全性を目的に漏れ電流防止間隔の保持を確実にし、フィルタ材がタイじん（堆塵）により絶縁抵抗が下がった場合でも、空気間  $g$  にかかる電圧が所期の値より過度に大きくならないようにするために、フィルタ材を薄くすることを提案し、フィルタ材厚さを 5 mm とし空気間  $g$  を 10 mm とし、集じん効率を高めるためには電界を大きくした。この場合、放電部、フィルタ部の電源は共用することから、先に決定

誘電体フィルタの基礎特性と空気清浄機・原・田畑・森・成田

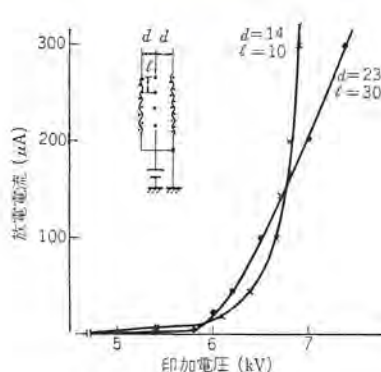


図 4.2 放電部特性  
Fig. 4.2 Characteristics of discharge section.

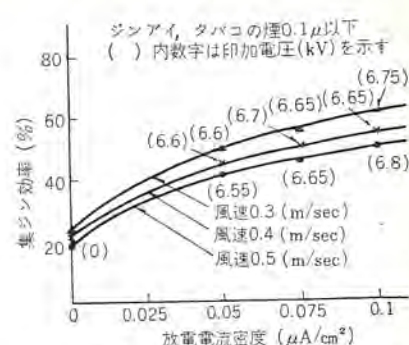


図 4.3 図 4.1 における誘電体フィルタの集じん効率特性  
Fig. 4.3 Collecting efficiency of dielectric filter in Fig. 4.1.

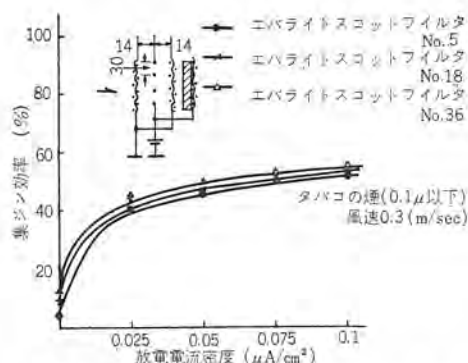


図 4.4 フィルタ材粗密による集じん効率比較  
Fig. 4.4 Comparison of collecting efficiency of dielectric filters by changing mesh.

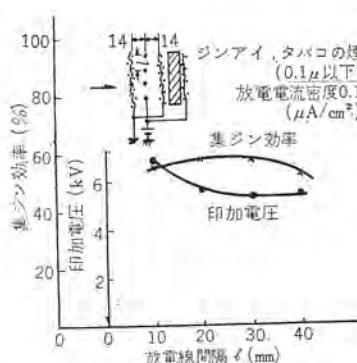


図 4.5 放電線間隔特性  
Fig. 4.5 Collecting efficiency of discharging wire gap.

した放電部の  $d=14 \text{ mm}$ ,  $l=30 \text{ mm}$  では放電電流密度  $0.1 \mu\text{A}/\text{cm}^2$  の放電電圧は 5.3 kV となり、フィルタ部をこの電圧とした場合には効率は 60% にも至らないので、電源からの要請の許せる範囲で放電電圧を高くし、フィルタ部印加電圧が高くてできるよう、放電部を再決定することが必要となった。

放電電圧を高くするには

- (a) 放電線の径を大きくする
- (b) 放電線間隔  $l$  を小さくする
- (c) 放電間  $g$  長  $d$  を大きくする

の方法があるが、(a) は放電の安定性の点から大きくするのは適当でなく、(b) は放電線の本数が増して製作がめんどうになる。これに反して、(c) は放電電圧が高くなるのみでなく、チリの荷電時間が大きくなり、特性に有利になることから (c) をとり、電源の容量を考慮し、放電電流密度  $0.1 \mu\text{A}/\text{cm}^2$  放電電圧およびフィルタ印加電圧 7 kV とし、 $l=30 \text{ mm}$ ,  $d=23 \text{ mm}$  が得られた。（図 4.2 参照）このようにフィルタの電界を上げることにより、前段に誘電体フィルタを考えたが、後段フィルタ部のみで空気清浄機として、微細チリの集じんは十分できることから、前段は粗集じんのみをとるメカニカルフィルタの使用が可能となった。

図 4.6 は以上の研究により決定された空気清浄機用静電式誘電体フィルタの構成を、図 4.7 は図 4.6 の構成によるフィルタの集じん効率を示したものである。

## 4.2 オゾン測定

放電を使用しているために オゾン 発生の問題を考慮しなければならないが、次の結果から全然問題のないことが明らかとなった。測定法は、静電式誘電体フィルタを半密閉容器 ( $540 \times 340 \times 800$ )



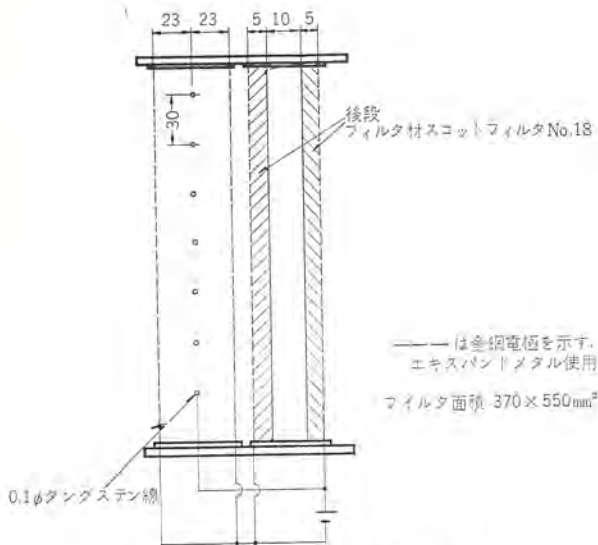


図 4.6 空気清浄機用誘電体 フィルタ 構成  
Fig. 4.6 Construction of dielectric filter.

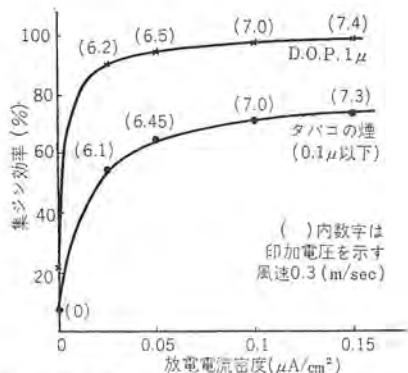


図 4.7 図 4.6 における静電式誘電体 フィルタの集じん効率特性  
Fig. 4.7 Collecting efficiency of ionizing dielectric filters on Fig. 4.6.

表 4.1 オゾン 発生量

放電電流 ( $\mu\text{A}$ )	電流密度 ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	放電時間 (min)	オゾン発生量 ( $\mu\text{g}$ )	オゾン発生割合 ( $\mu\text{g}/\text{sec}$ )	オゾン濃度 (ppm)
600	0.25	160	13.2	$1.376 \times 10^{-3}$	$1.36 \times 10^{-5}$
400	0.167	180	10.56	$9.76 \times 10^{-4}$	$0.96 \times 10^{-5}$
200	0.0835	150	3.84	$4.27 \times 10^{-4}$	$0.423 \times 10^{-5}$
* 200	0.0835	120	4.08	$5.67 \times 10^{-4}$	$0.562 \times 10^{-5}$

\* は2時間放電させながら吸引し、2時間後は放電をやめ、内部に残留するオゾンをすべて検出するため2.5時間吸引したものの。

mm<sup>3</sup> 内に入れ、500 cc/min の割合で空気を吸引し、ヨウド (沃度) かり法によって、全 オゾン 量を測定した。オゾン 濃度はフィルタ 面風速 0.3 m/sec の場合の処理風量で計算したものである。

オゾン が人間により検知される濃度は 0.1 ppm とされており、労働基準法ではジョ (怒) 度限度を 0.1 ppm としている。一般環境では労働環境の 1/10 としても 0.01 ppm がジョ 度限度であり、表 4.1 の値とは 100 倍以上かけはなれていることがわかる。

#### 4.3 高圧電源

電圧 7kV、負荷電流 350  $\mu\text{A}$  の出力を得られる高圧発生電源として、合金接合形 ゲルマニウムパワートランジスタ 2SB138 を用い、テレビ用 フライバックトランス とからなる、発振回路を使用し、装置が簡

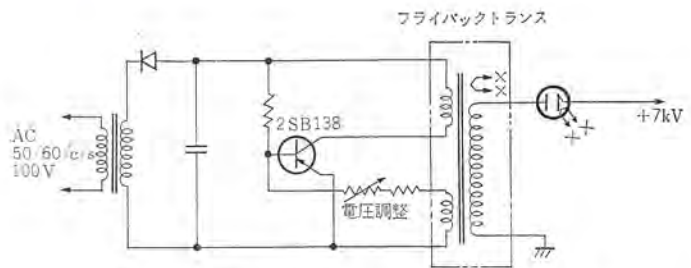


図 4.8 静電式誘電体 フィルタ 用直流高电压発生回路  
Fig. 4.8 D.C. high voltage generating circuit for ionizing dielectric filter.

単にでき、信頼性の高い電源が得られた。

図 4.8 はその概略図で、フライバックトランス により昇圧された出力は、高圧整流管により半波整流している。この場合出力は約 10 kc の周波数であるので、とくに平滑回路をそう入しなくても負荷の持つ容量 (約 280 pF) で十分平滑される。

## 5. 空気清浄機

### 5.1 空気清浄機の構成

新方式による静電式誘電体 フィルタ を主体としてフィルタ 構成を行ない、さらに人体の健康に効果が期待できるマイナスイオンが汚染地区では著しく減少していることから、すでに当所で開発した独



図 5.1 静電式誘電体 フィルタ  
Fig. 5.1 Ionizing dielectric air filter.

表 5.1 三菱誘電体式空気清浄機仕様

電 源	100 V 50/60 c/s	
風 量 調 節 ノ ッ チ	3 段	
消 費 電 力	40 W	
処 理 風 量	2.5 m <sup>3</sup> /min	
適 用 床 面 積	10~20 m <sup>2</sup> (3~6 坪) 5~12 人	
集 ジ ン 効 率	0.1 μ 以下 70% 1 μ 99%	
モ ー タ	コンデンサモータ	
フ ァ ン	90 φ×270 ラインフローファン	
ス イ ッ チ	押しボタンスイッチ	
高 圧 電 源	回 路	トランジスタ発振回路
	出 力	DC 7 kV DC 350 μA
マイナスイオン 発 生 器	方 式	パルス式
	入 力	ピーク 5 kV
	発 生 数	1×10 <sup>10</sup> 個/sec
フ ィ ル タ	フロント フ ィ ル タ	紙フィルタ
	誘電体フィルタ	ポリウレタンフォーム
	活性炭フィルタ	ポリウレタンフォーム、2 枚 粒状活性炭
安 全 機 構	ドアスイッチ 2 個 ディスチャージスイッチ 2 個	
外 形 寸 法	高さ 幅 奥行 630×730×215 mm	
コ ー ド	有効長 3 m プラグ付	



特のパルス式イオン発生器を併置し、基本的には次のような構成とした。

(1) フロントフィルタ 1~10 $\mu$  以上の粗 じん の集 じん

(a) 紙 フィルタ

(b) ポリウレタンフォーム

(2) 静電式誘電体 フィルタ 0.1~0.01 $\mu$  の微細 じん、細菌の  
フィルタ

(a) 放電部

(b) 誘電体 フィルタ ポリウレタンフォーム 2 枚

(3) 活性炭 ガス、臭気の吸収

(4) マイナスイオン 発生器 マイナスイオン の供給

以上の複合 メカニズム で構成されており、とくにこの装置は静電式  
誘電体 フィルタ を主体とすることにより、

(5) 0.1~0.01 $\mu$  という微細 じん の集 じん にも高効率を得ら  
れる。

(6) 機械式 フィルタ に比べフィルタ の圧力損失を低減できる。

(7) 送風機、電動機の出力を低減できる。

(8) 構造が簡単でありフィルタ が安価になる。

(9) フィルタ 材の再生が可能である。

の利点がある。

## 5.2 安全性

高電圧電源を使用していることから操作する場合に危険が全然  
ないよう安全性を十分考慮し、フィルタ および機器内部の保守の際  
でも確実に ドア が閉った状態でなければ電源がはいらない構造と  
した。すなわち、二つの ドアスイッチを使用して電源 スイッチ を切り  
忘れて ドア を開けた場合にも電流が流れず高電圧の発生がなく、  
一方 ドア が開かれると同時に高電圧回路は閉回路とし、フィルタ に  
帯電している電荷をディスチャージする ディスチャージスイッチを 2 個設け  
フィルタ に手を触れても静電気による ショック のないよう考慮され  
ている。ドアスイッチ、ディスチャージスイッチ は確実に動作するよう設計

されているが、不慮の事故で 1 個が故障してもなお安全性が保て  
るようおのおの 2 個設けてある。

## 5.3 マイナスイオン発生器

発生効率が高く有害な オゾン、酸化窒素がほとんど発生しない当  
社独特のパルス 放電式を採用した。パルス 放電式については、すで  
に報告がある<sup>(7)</sup>。

## 5.4 空気清浄機の使用場所

使用場所としては、一般家庭、事務所、病院その他これに類似  
する人の集会所などに広範囲に使用でき、じんアイの除去、殺菌  
脱臭、イオンの供給などの効果から多くの用途が考えられる。

## 6. む す び

以上、誘電体 フィルタ 方式の集 じん 原理およびその特性について  
概説し、実用化の検討により合理的な静電式誘電体 フィルタ を主体  
とする空気清浄機の開発ができたことを述べた。

微細 じん の集 じん にも高効率が維持でき、高価な機械式 フィルタ  
に比べ安価な フィルタ とすることにより製品の コストダウン が計られ  
たことは、大気汚染が社会問題となっている昨今 住みよい環境作  
りに広く貢献できるものと期待する次第である。

## 参 考 文 献

- (1) I. Silverman et al: Ind. Eng. Chem., 47, 952 (1955)
- (2) J. W. Thomas et al: A. I. E. E., 78, Part II, 276 (1959)
- (3) H. F. Kraemer and H. F. Johnston: Ind. Eng. Chem., 47, 2426 (1955)
- (4) R. D. Rivers: ASHRAE Journal, 4, 37 (1962)
- (5) V. Havlicek: Int. J. Air and Water Poll., 4, 225 (1961)
- (6) 今野: 空気調和と冷凍 4, 47 (1964)
- (7) 原, 平林, 山口, 平塚, 杉本, 片桐, 神谷, 白石, 吉村, 成田:  
「三菱電機技報」38, No. 10 (昭 39)



## 大気汚染と空気イオンの関係

柘植正治\*・小川厚治\*・酒井勝正\*

## Relation of Atmospheric Contamination with Air Ions

Nakatsugawa Works Masaharu TSUGE・Kōgi OGAWA・Katsumasa SAKAI

Industrial development have brought various kinds of the public harm, of which air contamination is the most conspicuous. A countermeasure is seriously sought for by authorities to safeguard the health of the people. Recently air ions are found to have close relationship with contamination of air. To measure the degree of contamination there are several methods, ion density meters, digital dust meters, and gas detectors are employed to obtain numerical indication of positive ions, negative ions, dust and  $\text{CO}_2$ . As a result of investigation, it is confirmed that the quantity of air ions is correlated to the quantity of dust in the atmosphere.

## 1. ま え が き

産業発展の必然的な副産物として各種の公害問題が取りざたされるようになったが、とりわけ空気の汚染による公害はその影響する範囲が広いだけに、その対策には国をあげて取り組んでいる現状である。大気の汚染度を表わす方法としては従来から降下バイジン（煤塵）法やロ紙法のように、空気中のジニア量を計測して表わす方法と、空気中に放出される有毒ガス（ $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$  など）の含有量をはかって表わす方法とがあるが、近年大気中に存在する空気イオンの多寡が、これらジニアやガスによる空気の汚染と深い関係があることが重視されるようになってきた、とくに空気イオンは気象電気学上の分野だけでなく、医学的效果についても脚光を浴びてきたので、空気イオンの量をはかって空気汚染の尺度とするばかりでなく、広く環境衛生上の適否を判定する資料とされるようになってきた。

当社で開発した空気清浄機およびイオナイザを広く説明宣伝する資料の一助として、今回関西各地の空気汚染状況とイオン量を測定して歩き、これを環境別にまとめ上げたのでここに発表する。

## 2. 大気汚染の測り方

大気汚染の原因にはいろいろなことが考えられるが、現在都市で問題になっているのは火力発電所からの降灰、周辺の工場地帯から出る煙突のバイ煙、冬季暖房によるバイ煙、自動車の排気ガスによる粉じん、臭気などである。これらによる大気汚染物はだいたいつぎの三つに分類できる。

- (a) 比較的大きな粒子
- (b) 細かい粒子
- (c) 反応性物質

それぞれの粒子の大きさおよび固体か気体かによって測定の方法も異なるが、現在わが国で用いられている方法は次の3種類がある。

## 2.1 降下バイジン（煤塵）法

これは一定の地域に降下するバイジンを一一定の期間に集収計量して重量で表わす方法で、昔から地方自治体を中心となって測定を行なっている。降下バイジン計により、 $700\text{ cm}^2$  の面積上に雨水とともにあるいは単独に空気中から降下したジニアを、普通1か月間集収してこれを  $\text{t/km}^2\text{ month}$  という単位で表わし、その地点の降下バイジン量の指標とするものである。

月間降下バイジン量は季節の影響を強く受け、そのほか風向き・風速などの影響も加わるので、おおまかな汚染度の指標とはなるけれども、環境衛生上の適否を表わす数値としては必ずしも適当なものでない、なお最近各地でバイ煙規制法などの法律が適用されて、工場からの排煙規制が強化されたので降下バイジンは各都市とも年々減る傾向にある。

## 2.2 浮遊ジニア法

これは(b)の比較的小さいジニアをはかる方法で、普通「煙」と呼ばれる微粒子は  $20\mu$  より小さく絶えず空気中に浮遊して、人体にも吸着し肺胞に沈着しやすいものであるが、この測定方法には普通「ロ紙式集じん器による方法」と「光散乱による方法」とがある、ロ紙式のほうは白いロ紙を通して一定の空気を引くと、その空気の中に含まれていたバイ煙粒子がロ紙の上に残されて灰色の汚斑となる。この汚斑ロ紙を通過する光を光電管にうけ、標準ロ紙の通過光との比較をみて大気中のジニア濃度を測定する方法である。

また光散乱による方法とは、一定の光源から出た光が吸引した汚染空気を照らし出すと、空気中に浮遊したジニアがいわゆる「チンダル現象」によって光を反射する。この光を光電子増幅管にうけて増幅し、これをコンデンサに充電する。電荷が一定になるとカウンタが1カウントをする。この数を石英粉末によってはかった標準値に換算してジニアの量を  $\text{mg/m}^3$  で表わす方法である。浮遊ジニアは前述したように降下バイジンより直接人体の健康に関係があるので、環境衛生上はこの数値が問題になるが、その衛生学的許容値については諸説があって決まった数値はない。一例を示すと石川知福博士に次のように述べられている。

計数法 400 個/cc

重量法 5~10  $\text{mg/m}^3$ 

また労働省の通達では 1,000 個/cc または  $15\text{ mg/m}^3$  以下を基準としている。

## 2.3 反応性物質

これは気体汚染物で亜硫酸ガスが量的に最大であるから、この量をはかって環境上の指標とすることが多い。石炭・コークス・燃料油など木を除いたほとんどすべての燃料中には大なり小なりイオウが含まれている。石炭のイオウ含有量は炭質や産地によって異なるが、レキ青炭では 0.3~5%、またはそれ以上で、一般に 0.5~2.5% の範囲であるとされている。これが燃焼によって  $\text{SO}_2$  とわずかな  $\text{SO}_3$  となって煙突から大気に排出される。分子量か



ら計算すると燃料中の可燃性イオウの2倍の量のSO<sub>2</sub>が発生することになるから、かりに1.5%の可燃性イオウを含んだ石炭100トン を燃やせば3トンの亜硫酸ガスが発生することになる。一方原油も通常1%程度のイオウを含んでいるし、精製されたガソリンや軽油・重油でも0.3%~3.0% くらいのイオウを含んでいるので、最近火力発電所や都市周辺の工場などで原油のなまだきや重油を石炭代わりにたく 沸イが多くなっているが、大気中のSO<sub>2</sub>の量は石炭燃料のときに比べて増しこそすれ減ることはない。

大気中の亜硫酸ガスを測定する方法としては「容量法」と「過酸化鉛法」とがあり、関西地方ではフクシホルミン法も用いられているがその詳細については省略する。

室内空気の汚染を現わす方法として、一酸化炭素COあるいは炭酸ガスSO<sub>2</sub>をはかって尺度とする場合もある。一酸化炭素は猛毒性があるが、自動車の排気ガスの中にはこれが3~11%も含まれているので、近年自動車数の激増した都市の室内空気中にはこれが相当量含まれているとみねばなるまい。炭酸ガスはそれ自体としては毒性はないけれども、多人数の密集するビル内や交通機関・映画館などの空気汚染の基準として昔から用いられている。許容限度は諸説があるが一般には0.1%以下をとるのが多いようである。

#### 2.4 空気イオンの増減

空気中にはプラスあるいはマイナスの電気をもった分子または粒子が無数にある。空気が完全な電気の絶縁体ではなく、わずかでも電気を導くのはこのイオンの作用である。その空気イオンには大小さまざまな大きさのものが混っているが、われわれの生活に深い関係があるのは、移動度 0.4 cm<sup>2</sup>/V sec 以上のいわゆる「小イオン」である。ところがこの「小イオン」は元来が不安定なものであり、空気中を移動中にほかの微小じんやガス分子に付着し成長して消滅してしまう。資料によれば小イオンの寿命は新鮮な空気中でもせいぜい300秒くらいで、よごれた空気中ではわずか数秒で消滅するといわれている。したがって空気中の小イオン量をはかれば、その環境の空気の汚染度を知ることができるわけである。この点をさらに詳しく検討してみよう。

### 3. 空気イオンとは

大気中に空気イオンが存在することは古くから気象電気学の分野でよく知られていたが、その生成の原因としては次のようなものが考えられる。

#### (1) 宇宙線

主として太陽から来る宇宙線によって空気が電離されて空気イオンが発生するが、この現象は高空ほど盛んで、電波を反射する電離層はこの宇宙線の作用によるものである。

#### (2) 紫外線

太陽光線に含まれる紫外線によって電離が行なわれ、空気イオンが発生するが、これも高空にゆくほど多くなる。

#### (3) 放射能物質

地中にあるラジウム・ウランなどの放射性物質が崩壊して気体になると、地上に漏出して地表の空気を電離して空気イオンが発生する。地表近くではかられる空気イオンはこの影響によるものが強く、どうくつ(洞窟)の内部や温泉地で空気イオンが異常なほど多いのはこのためである。

#### (4) 光電効果

ある波長の放射線の投射によって、光電子放射が行なわれると

大気汚染と空気イオンの関係・柘植・小川・酒井

空気イオンが発生する。

#### (5) 放電現象

大気中で雷などの放電現象が起こると空気が電離されて空気イオンが発生する。人工的にイオンを発生させるにはこの方法が一番多く用いられている。

#### (6) 燃 焼

あとで述べるように石油ストーブを燃やしている部屋内では空気イオンが大量に検出されるが、これは燃焼による空気イオン(熱イオン)の発生によるもので、シャク(灼)熱物体によるものや、酸化の化学作用によるものなどがある。

#### (7) 表面積変化

滝や波またはスプレーなどで水滴が分裂するとき、レナード効果によって分裂した水滴はプラスに、周囲の空気がマイナスに帯電する。雨天に空気イオンが多くなるのもこのためである。

以上が大気中で空気イオンが発生する原因であるが、このような原因で発生する空気イオンは、月により日により、あるいは一日のうちでも時間によって必ずしも一定ではない、また温度や湿度によっても左右されるので基準があるわけではないが、戸外の新鮮な空気の中には、小イオンの数がプラスイオンで300~1,000個/cc くらい、マイナスイオンで200~800個/cc くらい含まれているとされている。元来空気イオンの生成時にはプラス・マイナス同数が発生されるはずであるが、それぞれの移動度が若干異なるので、普通空気中のイオン比(プラスイオン/マイナスイオン)は1.1から1.2くらいまでである。

空気イオンの生理学的効果については、アメリカ・ソ連などには多数の論文が発表されており、わが国でも北海道大学医学部を中心とした研究論文が多く発表されているが、プラス・マイナスは正反対の作用を示す。つまりプラスイオンは人体に作用して交感神経を刺激して興奮作用を起こさせるのに対して、マイナスイオンは副交感神経に働いて沈静作用を起こさせるに役だつことは一致した学説である。したがって環境を適正にするためには、減りがちなマイナスイオンを人工的に補充して、イオン比を適当に保つばかりでなく、イライラする神経を静めるためには、マイナスイオンを多量に発生させて人体に作用させることが望ましいわけである。

### 4. 各地の空気イオン測定結果

以上述べたように、空気の汚染度とイオン数との間には相関関係があることがわかったので、各地の空気中のじん量とイオン数をはかることにしたが、関東地方ではすでに電気試験所の加藤技官の測定されたデータが発表されているので、名古屋以西の次の各地合計137個所の測定を行なった。

名古屋付近(中津川・岐阜・四日市・犬山)

京阪地区(京都・大阪・和歌山・尼崎)

山陽地区(岡山・福山・広島・尾道・呉・岩国)

九州地区(宇部・下関・北九州・福岡・大牟田)

これら各地の測定結果を環境に分類したのが表4.1(a)~(e)までである。(a)、(b)は山頂および公園などで比較的空気のきれいな場所を、(c)、(d)は各地の都心と見られる駅前および繁華街の空気汚染の状況を、また(e)は銀行やビル内の空気のよれやすい場所の測定値である。測定器はイオンを羽山精機製のイオン濃度計で、ダストは柴田化学器械のデジタル粉じん計で、また炭酸ガスの量は北川式ガス検知器で測定したものである。図4.1~図4.5までにこの測定の状況を写真で示す。



表 4.1 各地イオン測定結果 (その 1)

## (a) 山 頂

測 定 場 所	ナイオン (個/cc)	一イオン (個/cc)	ダ ス ト (mg/m <sup>3</sup> )	CO <sub>2</sub> (ppm)	温 度 (°C)	湿 度 (%)	天 候	日 時
岐阜県根ノ上高原	700	770	0.18	280	11	50	晴	39. 10. 21 PM 2:00
"  保古ノ湖	1,100	980	0.18	200	12	44	"	"
"  金 華 山	650	1,000	0.21	250	15	50	"	40. 3. 4 PM 3:00
愛知県大 山 城	800	900	0.18	250	12	50	"	40. 3. 4 PM 4:00
北九州帆柱山	270	240	0.35	200	28	74	曇	40. 8. 30 PM 3:00
平 均	704	780	0.22	236	—	—	—	—
(参 考 値)								
富士山八合目	920	800	—	—	—	—	—	—

## (b) 公 園

京都丸山公園	380	350	0.39	250	18	90	小 雨	40. 2. 9 AM 10:40
名 神 栗 東 インターチェンジ	400	390	0.32	200	9	65	晴	40. 2. 8 AM 11:00
和 歌 山 城 下	220	170	0.56	220	17	35	"	40. 2. 10 AM 10:00
広島平和公園	240	150	0.53	210	8	45	"	40. 12. 1 PM 5:00
"  比治山公園	210	150	0.87	230	11.5	43	"	40. 12. 2 PM 4:00
尾 道 千光寺公園	510	600	0.1	210	14	81	小 雨	40. 12. 4 PM 3:00
岩 国 錦帯橋河原	240	300	0.3	200	8.5	65	曇	40. 12. 2 Noon
宇 部 常磐公園	260	280	0.54	180	29	60	晴	40. 8. 28 PM 2:00
福岡大濠公園	270	250	0.43	230	30	67	うす曇	40. 8. 31 AM 21:00
"  西 公 園	240	280	0.55	200	29	66	"	40. 8. 31 Noon
"  東 公 園	180	170	0.55	280	28	66	"	40. 8. 31 PM 1:00
平 均	286	280	0.47	220	—	—	—	—

## (c) 都市駅前

名古屋駅前	210	700	0.82	320	14	47	晴	40. 3. 3 AM 11:00
四 日 市 "	130	160	0.85	300	8	55	曇	40. 3. 2 PM 4:00
大阪梅田 "	80	130	2.32	330	12	34	晴	40. 2. 8 PM 4:15
京 都 "	200	170	1.29	250	13	45	"	40. 2. 9 AM 11:00
岡 山 "	150	180	1.33	300	20	46	"	40. 12. 3 AM 9:50
岩 国 "	240	90	0.63	250	11.5	64	"	40. 12. 2 Noon
徳 山 "	90	130	1.95	250	31.5	46	"	40. 8. 27 AM 11:00
大 牟 田 "	140	130	0.86	400	25	82	曇	40. 9. 1 PM 3:00
(岐阜中津川 " )	(430)	(330)	(0.84)	(300)	(9)	(55)	晴	39. 11. 18 AM 11:00
平 均	155	201	1.25	300				

## (d) 繁華街 (1)

名古屋栄町交差点	140	300	0.53	360	13.5	35	晴	40. 3. 3 PM 4:00
"  地下鉄入口	170	190	1.83	550	16.5	50	"	40. 3. 3 AM 10:00
"  地下鉄ホーム	155	120	2.00	750	18	45	"	"
四 日 市 京 町 1	130	80	1.10	300	8	50	曇	40. 3. 2 PM 1:00
大阪大正区三軒家	95	110	0.97	320	14	50	晴	40. 3. 8 PM 3:30
"  西区万代 4	100	170	1.29	250	13	45	"	40. 3. 8 PM 4:00
京 都 四条烏丸下	250	250	1.65	260	19	90	小 雨	40. 2. 9 AM 10:30
尼 崎 市 在 家 町	70	100	2.97	340	10	70	"	40. 2. 9 PM 4:30
広島市松原町	150	180	0.6	250	10	45	晴	40. 12. 1 AM 10:00
"  広島銀行前	165	75	1.6	250	12	47	うす曇	40. 12. 2 PM 3:30



図 4.1 山頂 (岐阜金華山頂)  
Fig. 4.1 The mountain top, Gifu.



図 4.2 公園 (京都丸山公園)  
Fig. 4.2 Park, Kyoto.



図 4.3 駅前 (大阪駅西口)  
Fig. 4.3 Square before Osaka station.



図 4.4 繁華街 (京都烏丸四条)  
Fig. 4.4 Busy street in Kyoto.



表 4.1 各地イオン測定結果 (その 2)

(d) 繁華街 (2)

測定場所	＋イオン (個/cc)	－イオン (個/cc)	ダスト (mg/m <sup>3</sup> )	CO <sub>2</sub> (ppm)	温度 (°C)	湿度 (%)	天候	日時
広島市府中町	180	210	0.27	250	10	47	晴	40. 12. 1 PM 4:30
呉市の場町	150	250	0.3	220	10	39	"	40. 12. 1 PM 1:45
岡山市大供表町	150	105	1.05	230	16	57	"	40. 12. 3 PM 2:00
水島市青葉町	105	90	1.05	230	16	57	うす曇	40. 12. 3 PM 3:30
宇部市中央町	230	200	0.9	250	32	50	晴	40. 8. 28 PM 3:00
小倉魚町	95	100	0.96	320	30	61	うす曇	40. 8. 30 AM 11:00
福岡市西新町	110	80	0.7	280	30	67	曇	40. 8. 31 PM 2:00
大牟田市三川町	160	110	0.95	250	26.5	78	小雨	40. 9. 1 PM 2:00
平均	145	151	1.15	314				

(e) 室内

名古屋M銀行駅前	90	55	0.96	830	19.5	45	晴	40. 3. 3 PM 2:00
" "客だまり	150	100	0.91	520	22.5	40	"	"
" "桜町支店	250	260	1.95	630	17	50	"	40. 3. 4 PM 5:00
" "名古屋支店	125	110	3.1	1,050	18.5	40	うす曇	40. 3. 4 AM 11:00
" M商品営業所	105	90	3.23	930	19	65	晴	40. 3. 3 AM 11:00
" "電話交換室	125	110	1.95	1,100	24.5	50	"	40. 3. 3 Noon
" M商事事務室	1,050	950	4.3	1,330	15.8	47	"	40. 3. 3 AM 10:00
" O鋼機事務室	185	120	6.85	950	22.5	40	うす曇	40. 3. 4 AM 11:00
中津川 M電機事務所	390	195	1.13	500	19	52	曇	39. 10. 21 PM 3:00
大阪M電機営業所	35	45	7.65	1,600	19	50	晴	40. 2. 8 PM 1:00
" T商会事務所	35	40	10.56	1,500	18	60	"	40. 2. 8 PM 3:00
" S製薬ビル内 5	170	0	2.27	1,200	23	55	雨	40. 2. 9 PM 3:30
" " 3	35	30	5.07	1,200	25	48	"	"
広島M商事事務所	390	450	4	1,300	13	65	晴	40. 1. 21 AM 10:00
" M商品営業所	150	175	1.2	720	18	62	"	40. 12. 1 PM 5:20
福山M商事事務所	105	90	3.45	810	15	76	小雨	40. 12. 4 AM 9:00
尾道" "	150	215	0.5	570	16	67	"	40. 12. 4 PM 4:00
徳山S電機事務所	250	170	1.03	230	28	53	晴	40. 8. 27 AM 8:00
" 化学工場 タイプ室	240	130	0.65	380	26	55	"	40. 8. 27 AM 10:00
" " IBM 室	100	50	2.15	1,150	25	47	"	"
北九州市 小倉K電気	65	85	1.97	250	29	60	うす曇	40. 8. 30 Noon
福岡M商品営業所	40	45	3.2	850	24	57	曇	40. 8. 31 AM 9:00
" " IBM 室	100	45	1.15	400	24	52	"	40. 8. 31 AM 10:00
" M商事事務所	60	25	1.75	600	26	58	"	40. 8. 31 PM 4:00
" 市内T商会内	70	40	1.01	300	29	66	"	"
四日市税関支所内	17	50	18.5	300	26	86	"	40. 7. 13 AM 11:30
広島八丁堀喫茶店	135	147	4.00	750	26.5	40	晴	40. 12. 2 PM 3:00
尾道B喫茶店	210	420	1.05	1,200	20	56	小雨	40. 12. 4 PM 4:00
広島F百貨店内	210	210	1.4	630	14.5	52	うす曇	40. 12. 2 PM 4:30
四日市塩浜小学校	43	70	6.48	—	27	80	晴	40. 7. 12 AM 11:30
" 三浜 "	160	280	1.1	—	27	85	"	40. 7. 13 PM 2:00
" 納屋 "	30	90	2.56	—	27	85	"	40. 7. 13 PM 3:00
平均	165	153	3.35	820	—	—	—	—



図 4.5 室内 (広島M電機営業所)

Fig. 4.5 Interior of office room.

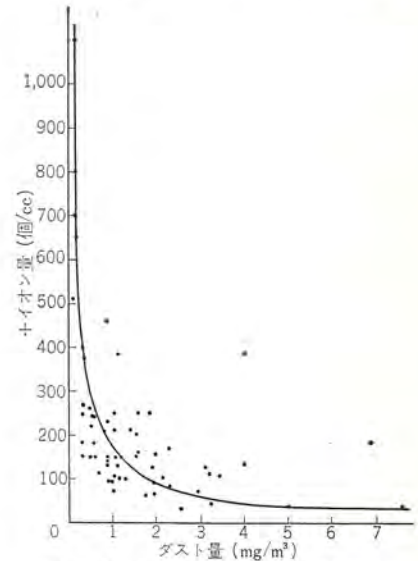


図 4.6 ダストとプラスイオンの関係

Fig. 4.6 Relation between dust and plus ions

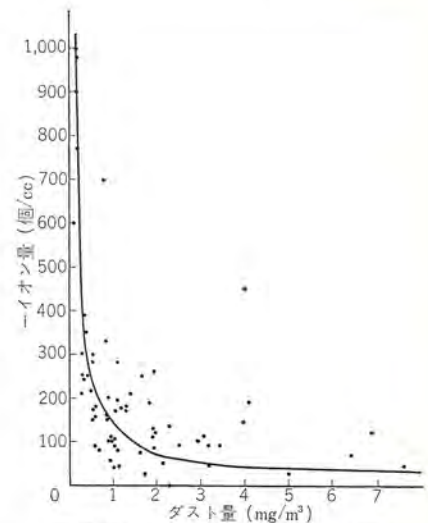


図 4.7 ダストとマイナスイオンの関係

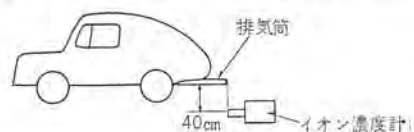
Fig. 4.7 Relation between dust and minus ions.

これらの測定は同一条件の下ではなかったものではなく、月も異なり日も違い、天候も温湿度も異なるので一覧表でみるのは少し乱暴ではあるが、大体の傾向はつかめるはずである。このうちダストとプラス・マイナス各イオンとの関係を方眼紙にプロットしたのが図 4.6, 4.7 でごくおおざっぱに曲線で結ぶと図の実線のようなになる。

図でわかるように大気中のイオン量はその空気



表 4.2 自動車の排気ガスによる熱イオンの発生



測定位置

エンジン	ス ト ョ プ	運転 (アクセル)	運転 (アクセル動作)
(+)イオン(個/cc)	330	3,000	7,200
(-)イオン(個/cc)	250	2,300	5,300
ダスト (mg/m <sup>3</sup> )	0.45	0.58	—

表 4.3 各種暖器具による熱イオン発生量

暖房器具の種類	イオン発生量 (個/cc)	ダスト (mg/m <sup>3</sup> )	室内空気イオン (個/cc)	測定位置
石炭ストーブ	⊕ 0 ⊖ 0	2.0	⊕ 180 ⊖ 150	2cm
電気ヒーター	⊕ 36×10 <sup>3</sup> ⊖ 300	1.0	⊕ 90 ⊖ 90	5cm
ガスレンジ (プロパン)	⊕ 45×10 <sup>3</sup> ⊖ 15×10 <sup>3</sup>	0.5	⊕ 240 ⊖ 180	5cm
ガスストーブ (プロパン)	⊕ 84×10 <sup>3</sup> ⊖ 7×10 <sup>3</sup>	0.6	⊕ 330 ⊖ 270	20cm
石油ストーブ	熱板付 ⊕ 18×10 <sup>3</sup> ⊖ 8×10 <sup>3</sup> 熱板なし ⊕ 16×10 <sup>3</sup> ⊖ 9×10 <sup>3</sup>	0.5	⊕ 230 ⊖ 210	20cm
スチーム ラジエータ	⊕ 510 ⊖ 1,350	0.8	⊕ 250 ⊖ 220	5cm

中のダストの量と相関があるが、この図中明らかに異状数値と思われる点が2、3ある。一例を示せば都心の名古屋駅前でマイナスイオンが700個/ccの多量が測定されたとか、室内事務室で名古屋のM商事事務室でプラスイオンが1,050個/cc、マイナスイオンが950個/ccと富士山頂並みのイオン量を示しているとかである。これは測定場所の近くにイオン発生源があることが考えられるが、人工放電や放射性物質があるとは考えられないので、自動車の排気

ガスに含まれている熱イオンや、ストーブその他の暖房器使用による熱イオン発生が原因ではないかと思われる。試みに自動車の排気による空気イオン増加のテストをしてみたら、表4.2のような数値になった。また種々の暖房装置とイオン発生量をみると表4.3のようになり、おなじ暖房器具でも電気ストーブや石炭ストーブのように、炎の出ないものはイオンの増しかたもそれほどではないが、ガスストーブや石油ストーブのように炎をあげて燃えるものはプラス・マイナスともに多量の小イオンが計測される。

逆に冷房装置や静電式空気清浄機を使用している部屋ではイオン量が少なく、とくに静電式空気清浄機を装置した大阪のS製薬ビルではマイナスイオンがゼロであった。これは空気の汚染とは関係なく、装置そのものによってイオンが吸収されるか、逆にプラスイオンが多量に発生してマイナスイオンを中和消滅させるかに原因するようである。

## 5. む す び

以上述べたように空気の汚染度と空気イオンとの間には深い関係が存在するけれども、空気イオンの生理作用に及ぼす影響については、一部の学者を除いて一般にはまだ認識がうすいので、環境衛生の学界などでも大きく取り上げられてはいない。

しかしながら地球上生きとし生けるものは、動物・植物を問わず宇宙電場の影響を受けて生長し、あるいは死滅してゆくものであるから、われわれの生活と空気イオンの問題はもっともっと掘り下げて研究すべきテーマであるはずである。最近ビルの冷暖房や空気調和の検討に、温度・湿度とともに空気イオンを考慮に入れて、イオン発生装置を組み込んだ機械が問題にされるようになったことはよろこばしいことである。最近の文献によるとアメリカでは人間だけでなく、植物の種子や苗木にイオン浴を施して、その影響を検討しているとのことである。われわれもよりよい環境をつくるために空気イオンの問題をさらに検討したいと考えている。

終わりのぞみ、この測定に終始ご協力をたまわった各地の代理店その他の皆様に厚くお礼申上げる。

## 参 考 文 献

- (1) 木村、谷口：空気イオンの理論と実際
- (2) 空気調和：衛生設備のやさしい知識
- (3) 庄司：環境の衛生学
- (4) W. L. フェイス：大気汚染防止と公害処理
- (5) 伊東：大気汚染と制御
- (6) 原：空気イオン発生器とその応用「三菱電機技報」



# 空気イオン発生器の諸問題

原 仁 吾\*・田畑 則\*\*

## General Problems of Air-ion generators

Central Research Laboratory Jingo HARA・Norikazu TABATA

Increasing attention has been paid to air-ion generation as the atmospheric contamination has come to pose serious problems nowadays. Mitsubishi has developed pulse discharge system air-ion generators to be applied to air conditioners. This article describes kinds, features and problems of air-ion generators. Precise explanation is particularly made on the generation of oxidized nitrogen. In operating ion generators, devices employing radio-active materials need control of the materials themselves. Relation of air ions with dust and distribution of air ions are discussed. Corona discharge type ion generators are improved of their ion generation efficiency by the use of pulse discharge. It is ascertained that even with the ion generation concentration made  $10^7$  (piece/cm<sup>3</sup>), the ozon density becomes below  $10^{-5}$  ppm and offer no problem.

### 1. ま え が き

最近、都市の大気汚染の問題と関連し、空気調和の分野において、空気の質に関する関心が高まってきた。われわれが理想とする空気の質の標準をどこに置くかはむずかしい問題と思われるが、現在の時点では、高原などの清浄な大気と同質の空気を目標とするのが妥当と考えられる。従来の空気調和では、温湿度の調整、除湿、炭酸ガス濃度と臭気低減のための換気などが考慮されていたが、このような空気と清浄な大気との大きな相違は、空気イオン濃度の差である<sup>(1)(2)</sup>。空気イオンは元来気象電気学の分野における研究対象であったが、気候病との関連から空気イオンの医学的効果の研究もなされ、多くの結果が発表されている<sup>(3)(4)</sup>。

当社でも清浄な大気の要因として空気イオンに着目し、コロナ放電を利用した独特のパルス放電式空気イオン発生器を開発し、空気清浄機にも適用したが<sup>(5)</sup>、続いてビルの空気調和に空気イオン濃度制御を取り入れるため、電気集じん器と協調して働く負イオン発生装置を開発した。この装置によって、従来の空気調和で考慮されていなかった不自然な空気イオン濃度が是正され、真の清浄な大気と同質の空気が得られるようになったといえる<sup>(6)</sup>。

ここでは各種の空気イオン発生器の特長と、その適用についての問題点について述べ、またとく誤解されがちなコロナ放電式空気イオン発生器のオゾン、酸化窒素発生の問題についても述べる。

### 2. 空気イオン発生器の種類

現在空気イオン発生器として考えられ、実用されているものは、すべて大気中の空気イオン生成の原理を人工的に簡易化、あるいは高能率化したものである<sup>(7)</sup>。自然大気中の空気イオンの生成は大別すると、

- (1) 宇宙線、紫外線による空気の電離
- (2) 地表の放射性物質からの放射線による空気の電離
- (3) 大気中の放電現象による空気の電離
- (4) 燃焼、シヤク熱物体表面の電離、熱電子放射
- (5) 光電効果による光電子放射
- (6) 水滴の分離ともなうレナード効果による空気の帯電

などがあげられる。

このうちで(1)の宇宙線、紫外線による空気の電離は、このようなエネルギーの粒子や電磁波を発生させることが不経済であり、障害もあるので、人工的なイオン発生器としては利用されないが、そのほかのものは現在実用されているか、あるいは実用が考えられている。

#### 2.1 コロナ放電式空気イオン発生器

針対平板のような不平等電極系に高電圧を印加してコロナ放電を起こし、空気をイオン化する方法は、現在最も一般的に使われている空気イオン発生法である。この装置は図2.1に示すように、針対平板電極系を使い、電界と直角の方向に気流を送る方式と、針対金網電極系、あるいは細線対金網電極系を使い、電界の方向に気流を送る方式である。いずれの場合も針電極、あるいは細線電極近傍の電界集中部で、空気のイオン化が起こり、針電極、あるいは細線電極に印加した電圧の極性と反対極性のイオンはただちに電極に吸収され、同極性のイオンは対向電極に向かって移動する間に、気流により電極外に放出される。

コロナ放電式空気イオン発生器は比較的簡単な方法で、多量のイオンを発生できるうえに、パルス電圧を使用すると、イオン濃度の制御が容易であること、長期間にわたってイオン発生量が安定していることなどのすぐれた特長をもっている<sup>(8)</sup>。この方式の発生器における問題点は、空気のイオン化にともなって起こるオゾン、酸化窒素の発生を抑えることである。この問題は次節で詳述するが、電源電圧を直流電圧を使用するかわりに、時間幅の短いパルス電圧を使用することによって解決される。

#### 2.2 放射性物質を使用した空気イオン発生器

ラジウム(Ra)、トリウム(Th)、ポロニウム(Po)、プロメチウム(Pm)、などの半減期の長い放射性物質を使用したイオン発生器も一部実用されている<sup>(7)</sup>。この装置の原理を図2.2に示す。放射性物質

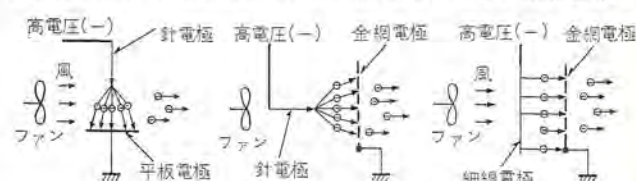


図 2.1 コロナ放電によるイオン発生法  
Fig. 2.1 Air-ion generation by corona discharge.



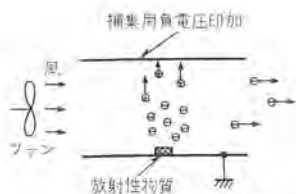


図 2.2 放射性物質によるイオン発生法  
Fig. 2.2 Air-ion generation by radioactive material.

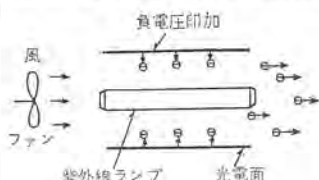


図 2.3 紫外線照射によるイオン発生法  
Fig. 2.3 Air-ion generation by ultraviolet ray.

から放射される $\alpha$ 線や $\beta$ 線により、空気がイオン化され、正負荷イオンが発生するが、適当な電界をつくり、任意の極性のイオンを選択的に放出させることができる。

この方式は構造が簡単なため、小形軽量化ができるという特長を有している。しかしこの方式の問題点は放射能障害を防ぐための細心の注意が必要となる点である。すなわち $\alpha$ 線、 $\beta$ 線とともに放射される $\gamma$ 線は透過率が大きいために、これを規定値以下に押えること、およびそれ以上に重要なことは、放射性物質が飛散して人体に吸入されることがないように万全の対策をとることである。放射性物質を塗料に含ませたり、モールドして使用することが考えられるが、長期間使用中に塗料や樹脂がハクリ(剥離)し、放射性物質が飛散して体内にはいる場合をとくに注意しなければならない。

### 2.3 紫外線照射によるイオン発生器

紫外線照射によるイオン発生の方法としては、大気中のイオン生成と同様に、紫外線による空気のイオン化が考えられる。酸素分子の最小イオン化エネルギーに相当する波長は $1,019 \text{ \AA}$  ( $12.2 \text{ eV}$ )であり、オゾン発生の原因となる酸素の解離エネルギー相当波長は $2,430 \text{ \AA}$  ( $5.08 \text{ eV}$ )であるから、 $1,019 \text{ \AA}$ より短波長の紫外線を有効に発生できる紫外線源が必要となる。しかし現在紫外線源として使用されている水銀ランプは壁管ガラスにより、 $1,019 \text{ \AA}$ より短波長の紫外線の発生効率は非常に小さいので、イオン発生器よりオゾン発生器となり実用されない。

紫外線照射によるほかのイオン発生法としては、光電効果を応用したものである<sup>(8)</sup>。紫外線で金属表面を照射し、光電子を発生させると電子は酸素分子にトラップされ負イオンが生成する。この方法では水銀ランプから比較的有効に出る $2,537 \text{ \AA}$  ( $4.9 \text{ eV}$ )の紫外線によって、オゾンの発生( $5.08 \text{ eV}$ 必要)なしに負イオンを発生できる。光電面としては $4.9 \text{ eV}$ の紫外線照射によって光電子を発生するように、仕事関数が $4.9 \text{ eV}$ 以下のものを使う必要がある。多くの金属は $4.9 \text{ eV}$ 以下の仕事関数であるから問題はない。ただこの方法は光電面の状態を長期にわたって安定に保持すること、すなわち劣化対策が問題となる。

### 2.4 その他のイオン発生器

その他のイオン発生器としては水を細いノズルから吹き出して、レード効果によりイオンを発生するものが考えられている。しかしこの方式は水を使用するために、小イオンよりはる大イオンの発生が多くなる点、水の純度により正負のイオン発生数に変化する点<sup>(9)</sup>、

室内の湿度を高くする点などが問題となる。またノズルに高電圧を印加して、電荷分離を助けるものも発表されている<sup>(7)</sup>。

酸化マグネシウムを白金線で $1,000^\circ\text{C}$ くらいに熱して熱電子を出すイオン発生器も、1930年代にフランクフルト大学のDessauerなどによる空気イオンの医学的研究に使われたことがある<sup>(4)</sup>が、現在はこの種のイオン発生器は実用されていない。

## 3. 空気イオン発生器のオゾンおよび酸化窒素発生の問題

空気イオン発生器、とくに現在とりあげられている負イオン発生器のイオン発生機構は、電子放射によるものと、気体分子の電離によるものである。このうち電子放射によるものは原理的に $\text{O}_3$ 、 $\text{NO}_2$ の発生なしにイオンを発生することができるが、電離によるものは、紫外線、放射性物質、放電式のいずれによるものも、イオンの発生には必然的に $\text{O}_3$ 、 $\text{NO}_2$ の発生が伴うものである。したがっていずれの場合にも、イオン発生量に対するオゾン発生量が問題となる。放射性物質によるものは、 $\alpha$ 線、 $\beta$ 線の高エネルギー粒子による電離であり、電離したイオンはすべて空気イオンとしてとり出せるので、オゾン発生量はごく微量で問題にならない。これに反し紫外線によるものは、空気の電離エネルギーに達しない低エネルギーのフック射を多くともなうために、イオン発生器よりはオゾン発生器となる。放電式の場合はパルス方式を用いて、イオン発生効率をよくすることにより、 $\text{O}_3$ と $\text{NO}_2$ の発生量をまったく問題にならない程度に押えることができる。

### 3.1 イオンおよび $\text{O}_3$ 、 $\text{NO}_2$ の発生

電離による空気イオン発生器から発生するイオンを対象にし、分子状イオンを考える。放射性物質を使用するイオン発生器では、放射性物質から放射される $\alpha$ 線(ヘリウムの原子核)、 $\beta$ 線(電子)により $\text{O}_2$ および $\text{N}_2$ が電離されて $\text{O}_2^+$ 、 $\text{N}_2^+$ と電子になる。電子は電子親和力の大きい酸素に付着して $\text{O}_2^-$ となり、 $\text{O}_2^+$ 、 $\text{N}_2^+$ は電荷交換により $\text{CO}_2$ に電荷を与え、 $\text{CO}_2^+$ と $\text{O}_2$ 、 $\text{N}_2$ になる。これが分子状の空気イオンである。放電式のイオン発生器では、大気中の自由電子が高電界中で加速され、平均自由行程中にイオン化エネルギー以上のエネルギーを得て、 $\text{O}_2$ 、 $\text{N}_2$ を電離する点が2となるだけである。

$\text{O}_3$ 、 $\text{NO}_2$ は、イオン化エネルギーより小さい解離エネルギー以上のエネルギーを持つ粒子により、酸素分子が解離されて原子状の酸素になり、 $\text{O}_2$ が酸化されて $\text{O}_3$ に、 $\text{N}_2$ が酸化されて $\text{NO}_2$ 、 $\text{NO}$ などに变化する結果として生ずる<sup>(10)</sup>。原子状酸素から $\text{O}_3$ あるいは $\text{NO}_2$ 、 $\text{NO}$ が生ずる酸化作用は同様の過程であり、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{NO}$ よりも $\text{O}_3$ の生成のほうが優勢な反応であるうえに、 $\text{O}_3$ のほうが環境衛生上問題となるので、以下 $\text{O}_3$ について考える。

酸素分子のイオン化エネルギーは $12.2 \text{ eV}$ 、窒素分子のイオン化エネルギーは $15.6 \text{ eV}$ であるのに比べ、酸素分子の解離エネルギーは $5.1 \text{ eV}$

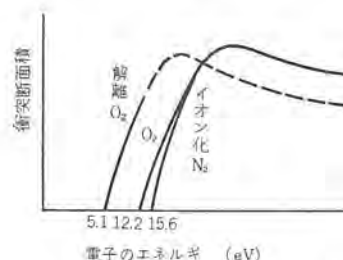
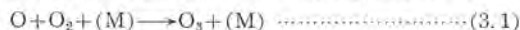


図 3.1 解離エネルギーとイオン化エネルギー  
Fig 3.1 Dissociation energy ionization energy.

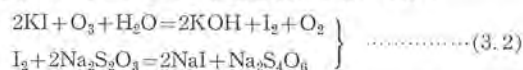


である<sup>(11)</sup>。したがって酸素分子をイオン化できるエネルギーをもつ電子は酸素分子を解離するし、また電子のエネルギー分布の内イオン化エネルギー以下のエネルギーをもつ電子でも、解離エネルギーより大きいものは解離能力をもつので、イオン化にともなって必ず酸素の解離による原子状酸素が発生する。しかし 20 eV 以下程度のエネルギーの電子が、分子に衝突した場合の解離の確率に関する諸値は、ほとんど知られていないので、定量的な考察は不可能である。発生した原子状酸素は次式の 3 体衝突により  $O_3$  に変化する<sup>(10)</sup>。



### 3.2 放電によるイオン発生量とオゾン発生量

電離によるイオン化とオゾン発生量の関係は理論的には求められないので、放電の場合につき実験的に求めた。オゾン、酸化窒素はヨードカリ法によりオゾン当量量で測定した。測定法は図 3.2 の配置で、放電により発生した  $O_3$  を全部 KI 溶液にトラップし、これを式 (3.2) に示す化学方程式からわかるように、チオ硫酸ナトリウムで滴定することによって  $O_3$  量を求めるものである。



放電による  $O_3$  発生は、放電の形態により単位放電電荷量あたりの  $O_3$  発生量が異なってくるが、放電電流パルス 1 発あたりの放電電荷量に着目すると、電極の形状、電圧の極性と大きさ、ふんい気が異なっても、放電電流パルス 1 発あたりの放電電荷量に対する  $O_3$  発生量は一定の関係にあることが実験から明らかになった<sup>(12)</sup>。図 3.3 は放電電流パルス 1 発あたりの放電電荷量に対する単位電流、単位時間あたりのオゾン発生量を示したものである。放電電流パルスが小さくなり、無パルス性放電になると  $O_3$  発生量は一定値になる。電気集じん器では正極性の無パルス性放電を使って  $O_3$  発生量を押えているが、負イオン発生器では負極性の放電を使用するために、1 発あたり  $10^{-10} C$  くらいのパルス状放電（トリツェルパルス）になる。しかしイオン発生器ではイオン発生効率がよいと、電気集じん器にくらべて必要な放電電流が非常に小さくてよいので、 $O_3$  発生量も小さくなる。たとえば放電電流がすべてイオンとしてとり出せる場合（イオン発生効率 100%）の

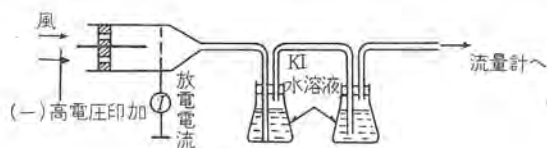


図 3.2 オゾン測定装置  
Fig. 3.2  $O_3$  measurement device.

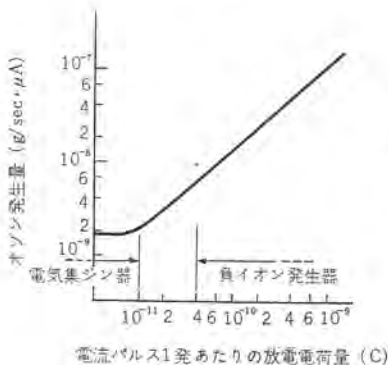


図 3.3 コロナ放電による  
オゾン発生  
Fig. 3.3  $O_3$  generation by  
corona discharge.

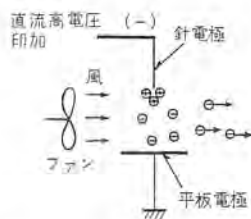


図 3.4 コロナ放電式  
イオン発生器  
Fig. 3.4 Corona discharge type air-ion  
generator.

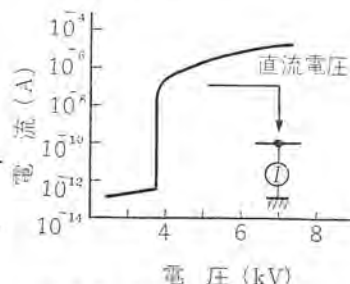


図 3.5 直流コロナ放電特性  
Fig. 3.5 Characteristic of DC  
corona discharge.

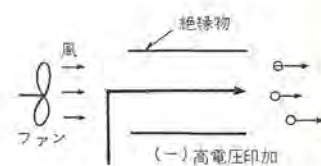


図 3.6 無電極放電式  
イオン発生器  
Fig. 3.6 Space discharge  
type air-ion generator.

イオン発生量と  $O_3$  発生量を次に計算する。

イオン濃度:  $n$  (個/cm<sup>3</sup>)      放電電流:  $i$  (A)

電子電荷量:  $e$  (C)      風量:  $v$  (cm<sup>3</sup>/sec)

とすると式 (3.3) が成立する。

$$n = i/e \times v \quad (3.3)$$

また  $O_3$  濃度:  $p$  (g/cm<sup>3</sup>)

単位電流、単位時間あたりの  $O_3$  発生量:  $P$  (g/sec × A)

とすると式 (3.4) が成立する。

$$P = P \times i/v \quad (3.4)$$

$P$  を図 3.3 の実験値から求め、 $p/n$  を計算すると次式になる。

$$p/n = Pe \approx 2 \times 10^{-21} \quad (3.5)$$

したがってイオン濃度が  $10^7$  (個/cm<sup>3</sup>) の場合、オゾン濃度は  $2 \times 10^{-14}$  (g/cm<sup>3</sup>) で、約  $10^{-5}$  ppm に相当する。この結果からイオン発生器ではイオン発生効率がよいと  $O_3$  の発生は問題にならない。

### 3.3 イオン発生器のイオン発生効率改良

放電式イオン発生器において  $O_3$  の発生をおさえるためには、全放電電荷量に対する、イオンとしてとり出せるイオン電荷量の比すなわちイオン発生効率をよくすることにつぎ。コロナ放電による空気イオン発生器の原理を図 3.4 に示す。針電極に高電圧を印加して、コロナ放電を起こさせると、電子と正イオンが発生し、電子は空気中の酸素分子と結合して負イオンをつくる。このとき針電極に印加された電圧が負極性であれば、針先近傍に生成した正イオンはただちに針電極に吸引されて消滅し、一方負イオンは電界によって加速され、平板電極に向かって進む。しかし正イオンにくらべて行路が長いので、送風機により平板電極に吸引される力に打ち勝って、一部空間に負イオンを放出させることができる。しかし電界による力が働かないとしても、イオンの発生量は空間電荷制限効果により、本質的に限界がある<sup>(13)</sup>。すなわちイオンが発生するとその空間電荷によって、後続のイオンが反発され、送り出し得るイオン数には制限がある。この制限は風速によって決まり、針電極系 1 個につき、電極部風速が約 1 ~ 2 m/sec 程度で、イオン発生数は約  $10^{10}$  個/sec となる。これはイオン電流として必要な電流値は  $10^{-9}$  A 程度ということであり、それ以上は無効電流となり、イオン発生効率を下げ、 $O_3$  発生を増すことになる。ところが一般に直流コロナ放電の特性は、図 3.5 に示すように、コロナ開始電圧以下の電圧において  $10^{-13}$  A 程度の暗流が流れ、コロナ開始と同時に電流は急増して、 $10^{-6}$  A 程度になる。したがって直流では電圧をかえて、放電電流を上記の  $10^{-9}$  A 程度に少なくすることは非常に困難であり、直流式イオン発生器ではイオン発生効率は悪くなり、オゾン発生が問題となる。

イオン発生効率改善の対策として考え出され、使用されているものを次にあげる。



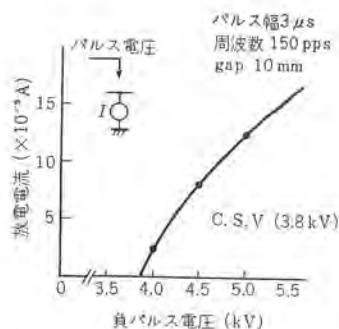


図 3.7 パルス放電特性  
Fig. 3.7 Characteristic of pulse discharge.

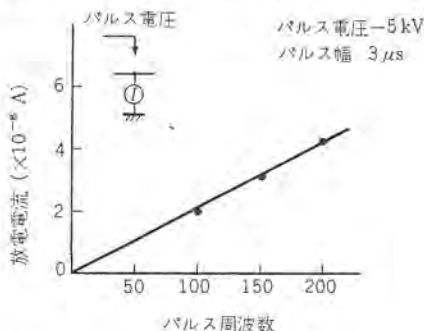


図 3.8 パルス放電特性  
Fig. 3.8 Characteristic of pulse discharge.

### 3.3.1 直流無電極放電式イオン発生器

この方式は針対平板電極系で、無効電流の回路となる平板電極を除いて、イオン電流のみを流し、イオン発生効率を高くしたものである。高圧電極を露出して人体などに直接に放電する方式をとるので、イオン発生効率は高くなるが、近接物体があるとその影響を受け、放電電流が急増し、したがって  $O_3$  発生量も増加するという問題がある。空調システムのダクト内に設置したり、空気清浄器内に組み込んだりすることはできない。

### 3.3.2 パルス放電式イオン発生器

この方式は図 3.4 の針対平板電極系で、印加電圧として直流の代わりに、パルス電圧を用いたものである。この方式から改良された点は、第 1 に図 3.7 に示すように、パルス放電では電圧電流特性が直流の場合のようにジャンプしないので、 $10^{-9}$  A 程度の放電が簡単に選べ、しかも図 3.8 に示すように、放電電流が周波数により簡単に制御できるので、イオン発生効率を高くし、イオン発生量を簡単に制御することができる点である。第 2 に印加電圧パルス幅と、負イオンが電界によって平板電極に到達するに要する時間よりも十分短く選べば、発生した負イオンは平板電極に吸引されることなく、風力によって理想的には 100% 空間に送り出すことができる点である。

風の方角を針に対し直角方向と順方向にしたときのパルス式と直流式の比較結果を図 3.9、3.10 に示す。

風が直角方向のときは直流ではほとんどイオンが出ない。同一イオン電流におけるイオン発生効率を比較すると、パルス式では約 40%、直流式では約 0.04% となり、パルス式は直流式の約 1,000 倍のイオン発生効率をもっている。

風が順方向のときは、イオン発生数はパルス式と直流式で大差がなく、直流でも空間電荷制限則に従う限界数までイオンが放出できる。しかしイオン発生効率は、パルス式で約 20%、直流式で 0.1% となり、パルス式は直流式の約 200 倍になっている。

以上の結果パルス式は直流式に比べて、イオン発生効率が非常に

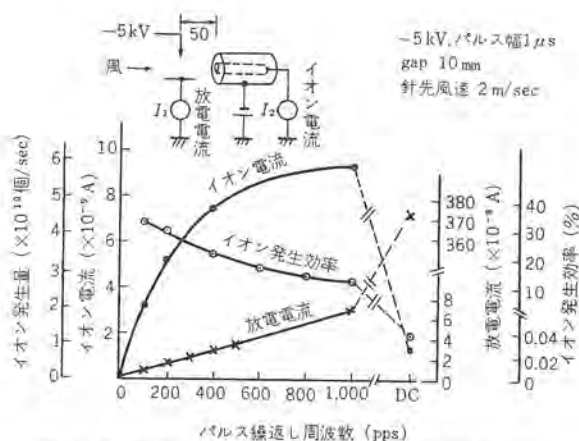


図 3.9 パルス方式と直流方式のイオン発生効率比較  
Fig. 3.9 Comparison of ion generation efficiency between pulse method and DC method.

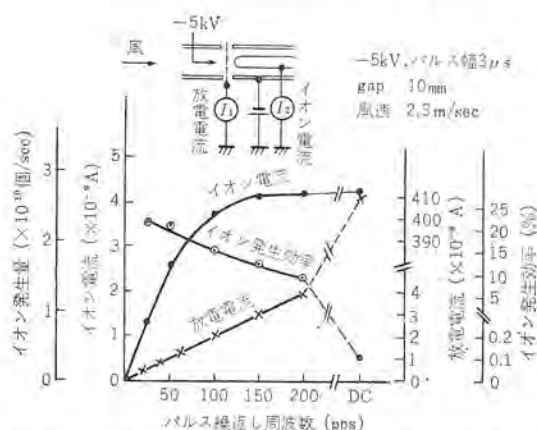


図 3.10 パルス方式と直流方式のイオン発生効率の比較  
Fig. 3.10 Comparison of ion generation efficiency between pulse method and DC method.

よく、これはとりもなおさず  $O_3$  の発生量が非常に少ないということにほかならない。パルス式イオン発生器ではイオン濃度を  $10^7$  (個/cm<sup>3</sup>)、イオン発生効率を 10% としても、 $O_3$  濃度は約  $10^{-4}$  ppm となり、問題にならないことがわかる。

### 3.4 イオン発生器のオゾン発生量測定

$O_3$  の許容量に関しては多くの研究があり、結果も相当異なるが、代表的なものとして Jhorp は毒性限界濃度を、純粹のオゾンに対して 20 ppm、純粹の窒素酸化物に対して 20 ppm 両者の混合物に対しては相乗作用の結果 1 ppm としている。また American Conference of Governmental Industrial Hygienists によれば最大許容濃度として、 $O_3$  に対し 0.1 ppm、 $NO_2$  に対し 5 ppm という値を与えている<sup>(10)</sup>。わが国では労働基準法で、 $O_3$  濃度の許容値を 0.1 ppm に押えている。 $O_3$ 、酸化窒素は 1 ppm 以下の濃度では有害と考えられないというのが多くの研究の要約であるが、労働基準法に規定されている 0.1 ppm を考えても、イオン発生数とオゾン発生量の関係、およびイオン発生効率から考えたオゾン濃度は問題にならないことがわかる。たとえばイオン濃度を  $10^7$  個/cm<sup>3</sup>、イオン発生効率 1% としても  $O_3$  濃度は約  $10^{-3}$  ppm におさまる。イオン発生効率 1% という値は従来の直流放電式では無理な値であるが、パルス放電式では常に 10% 以上の効率が得られるので、 $O_3$  濃度は  $10^{-4}$  ppm 以下になる。次に小形イオン発生器と、空調装置用の大形イオン発生器の  $O_3$  発生量を実測した結果についてのべる。



### 3.4.1 小形イオン発生器の $O_3$ 測定

小形パルス放電式イオン発生器として当社製のイオナイザ VG-5A をとりあげた<sup>(5)</sup>。VG-5A は風量  $0.09 \text{ m}^3/\text{min}$ 、負イオン発生量  $10^{10}$  個/sec の仕様で、イオン濃度は  $10^7$  個/ $\text{cm}^3$  弱となっている。VG-5A と同じ電極系を図 3.2 の装置に入れ、同一のパルス電圧 ( $-6 \text{ kV}$ ,  $150 \text{ pps}$ ) を印加して、 $O_3$  発生量を測定した結果、 $15^\circ\text{C}$ 、 $60\% \text{ RH}$  で約  $2 \mu\text{g}/\text{h}$  となった。これを風量を使って濃度に換算すると  $2 \times 10^{-4} \text{ ppm}$  に相当する。

次にイオナイザ VG-5A を  $450 \times 200 \times 200 \text{ mm}^3$  のダンボール製半密封容器に入れ、 $0.2 \text{ l}/\text{min}$  の割合で容器内の空気を KI 溶液中に吸入して、実働時の  $O_3$  発生量を測定した。ヨードカリ法による  $O_3$  測定の感度は  $1 \mu\text{g}$  であるが、40 時間測定したのちにも測定感度にかからず、吸入空気中の  $O_3$  の総発生量は  $1 \mu\text{g}$  に達しなかった。この場合は容器内の平衡  $O_3$  濃度を測定したことになり、 $2 \times 10^{-5} \text{ ppm}$  に達していないことになる。

### 3.4.2 大形イオン発生器の $O_3$ 測定

空調装置用の大形パルス放電式負イオン発生器について、 $O_3$  発生量を測定した<sup>(6)</sup>。空調装置用のイオン発生器はダクト内に設置するため、ダクト内の風速によりイオン濃度、 $O_3$  濃度ともに変化するが、通風状態では  $O_3$  濃度が非常に小さく測定が不可能であるから、静止状態で  $O_3$  発生量を測定し、風速に対する  $O_3$  濃度を換算した。モデルに使ったイオン発生器は  $200 \times 500 \text{ mm}^2$  の金網電極に対向して細線を張った構造のものである。これを  $850 \times 550 \times 350 \text{ mm}^3$  のペークライト製半密封容器の中に入れ、発生  $O_3$  量をヨードカリ法で測定した。風速が大きくなると放電電流が大きくなるので、時間あたりの  $O_3$  発生量も大きくなるが、風量も増加するので  $O_3$  濃度は小さくなる。図 3.11 は風速に対してイオン濃度、イオン発生効率、 $O_3$  濃度を示したものである。風速  $10 \text{ m}/\text{sec}$  以上を標準としてパルス電圧、パルス周波数を設定し、固定したので、低風速部ではイオン発生効率は  $10\%$  より小さくなっているが、イオン濃度は  $10^{-5} \text{ ppm}$  程度にしか達しないことがわかる。

### 3.4.3 $O_3$ 発生量の湿度による影響<sup>(18)</sup>

湿度の変化による  $O_3$  発生量の変化を調べるために、乾燥状態 ( $20\% \text{ RH}$  以下)、常湿状態 ( $60\% \text{ RH}$  以下)、高温状態 ( $90\% \text{ RH}$  以下) における  $O_3$  発生量を直流放電、パルス放電について測定した。結果は直流放電では湿度の増加につれて、放電電流が増加し、 $O_3$  発生量が増加するが、パルス放電では湿度の増加につれて  $O_3$

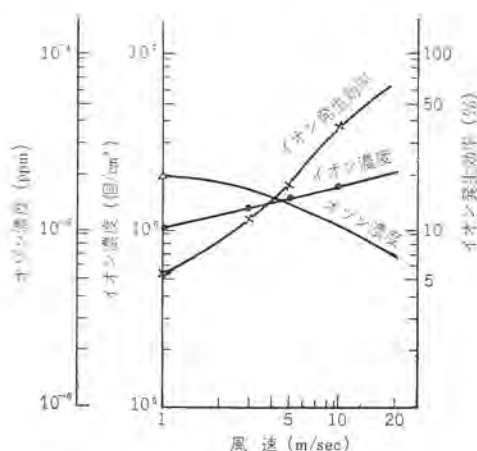


図 3.11 空調用イオン発生器の特性  
Fig. 3.11 Characteristics of air-ion generator for air conditioning.

発生量は減少することがわかった。この現象は図 3.3 に示したように、放電電流パルス 1 発あたりの電荷量が大きくなるにつれて、電流値が一定でも  $O_3$  発生量が増加することに起因している。すなわち直流放電では、湿度の増加によって電流パルスの大きさはあまり変化せず、発生個数が増加するので  $O_3$  発生量も増加するが、パルス放電では高温時に電流パルスの大きさが極端に小さくなるので、発生個数が増加するにもかかわらず、 $O_3$  発生量は減少することがわかった。したがってパルス放電式イオン発生器では、高温時における  $O_3$  発生量増加の心配はまったくない。

## 4. イオン発生器使用上の諸問題

### 4.1 放射性物質によるイオン発生器の問題点

放射性物質の取り扱いはその社会的責任上、科学技術庁原子力局で規制されている。ここではイオン発生器として使用するのに、小形で簡単という非常な魅力をもつ放射性物質を使用したイオン発生器使用上の問題点について述べる。

#### 4.1.1 外部放射線量

現在最も権威のある基準の I. C. R. P. 勧告では、一般人の放射線外部被曝最大許容量は  $0 \sim 30$  才の 30 年間に  $0.5 \text{ rem}$  になっている。これは時間あたりに換算すると  $2 \mu\text{rem}/\text{h}$  となる。この値はたとえばプロメチウム ( $\text{Pm}^{147}$ )  $100 \mu\text{C}$  の線源から  $100 \text{ m}$  の位置の放射線量となる。したがって放射性物質をイオン発生器として使用するには必ず適当なシャ閉をもうける必要がある。放射線源が  $\gamma$  線を出さない場合は、 $\beta$  線のシャ閉でよいから比較的楽に行なえるが、 $\gamma$  線を出す場合は  $\gamma$  線の透過力が強く、シャ閉は容易でないから、とくに注意する必要がある。

放射性物質を長期間取扱う場合には、安全のため空間線量計を使用したほうがよい。空調用のイオン発生器などでは設置したままで放置するのは危険であり、定期的な放射線測定を行なう必要がある。放射線障害は即発的なものでないだけに、許容量を越えないように常に注意しなければならない。

#### 4.1.2 放射性物質の取扱い

放射性物質の取扱い規定数量は、線種によって異なり、イオン発生器として使用する  $\alpha$  線放出元素は  $0.1 \mu\text{C}$  以上となっている。しかし放射性物質が密封されている場合は線種によらず  $100 \mu\text{C}$  以下では法規による拘束は受けない。したがってイオン発生器として使用する場合は非密封で  $0.1 \mu\text{C}$  以下、密封で  $1 \mu\text{C}$  以下としなければならない。密封線源については法規上の定義はなく実際にはその必要度と障害を検討したうえで認められている状態である。

放射性物質をイオン発生器として使用する場合の放射線障害以外の問題点は、放射性物質の飛散の問題である。放射性物質が塗料に混入されている場合や、樹脂にモールドされている場合は、ハクリによる飛散と、火災時の飛散の対策をしなければならない。そのためには安定なセラミック状のものに焼込むことが考えられるが、商品としては分解できない構造を有するもので、保守はメーカーが責任をもって行なわなければならない。セラミックで固めてあっても、破損した場合に飛散するおそれのあるものは密封線源とは認められない。

### 4.2 イオン発生器と集じん器

環境衛生上からみて、空気の清浄な地域の自然状態に近い空気イオン量の存在が、日常の保健のために必要であることは認められている。しかし都市の大気汚染の激しい所とか、タバコの煙の充満



している室内で、単に負イオンを添加するだけでは保健効果が期待できないのはいうまでもなく、空気イオンの効果は清浄な空気を前提としていることを認識しなければならない。医療方面の利用でイオン浴を行なう場合は別として、環境衛生上の空気イオンは空気の品質上の要因としては高度なもので、除じんと炭酸ガス、一酸化炭素、その他有害ガスの除去などが基本的なものである。また空調では温湿度調整の効果が最も著しいのもよく知られているとおりである。しかし温湿度調整が完備し、除じん、炭酸ガス濃度の低減などが十分考慮された室内で、なお気分が悪いという例は負イオンの不足が一因であるといわれているように、人間生活が複雑化するにしたがって、空調も高度化される必要がある。ただし温湿度調整や除じんを忘れて空気イオンのみを問題にするのは本末転倒な話である。

空気イオン発生器の使用にあたっては、保健効果の意味からも、イオンの寿命の点からも、高い集じん効率の集じん装置とともに用いるのが望ましい。したがってイオン発生器を空気清浄機に应用すること、空調装置にイオン発生器を付加することなどは適切な使用法といえる。

#### 4.3 空気イオンの分布

環境衛生上から空気イオンをあつかう場合は、室内の各場所のイオン濃度を適当な値にしなければならない。このためにはイオン発生器から発生したイオンを適当に分布させなければならない。ところがイオンを分布させる方法としては気流によるしかなく、小形のイオン発生器で、イオン発生器近傍のイオン濃度を大きくしても、風量がないと拡散によるイオンの分布はあまり大きくない。したがって室内の空気イオン濃度分布をよくするには、イオン濃度が大きく風量の小さいイオン発生器よりは、イオン濃度はあまり大きくなく風量の大きいイオン発生器を使うほうがよいといえる。

室内の空気イオン濃度を制御するには、空調装置にイオン発生器を付加し、適当なイオン濃度の空気を室内に送るのがイオン分布の点で最も好ましいが、個室用の空気清浄機にイオン発生器をつけたものでも、空気清浄機の処理風量が相当大きいので、良好な室内イオン分布が得られる。

## 5. む す び

以上空気イオン発生器の種類と特長を述べ、コロナ放電式イオン発生器のオゾン、酸化窒素発生の問題について詳述した。コロナ放電式イオン発生器は、パルス放電式を用いることによって、イオン発生効率を1%以上にすると、イオン発生濃度を $10^7$  (個/cm<sup>3</sup>)としても、オゾン濃度は $10^{-3}$  ppm以下となり全然問題にならない。放射性物質を使用したイオン発生器では、外部放射量と放射性物質の飛散に十分注意しなければならない。イオン発生器使用上の問題点についても簡単に述べた。

放射性物質の取扱いについては、中央研究所宮下研究員と商品研究所馬込技師の報告書を引用させていただいた。

## 参 考 文 献

- (1) 市川：空気イオンと環境衛生 産業環境工学 II-16
- (2) 空気清浄に関するセミナー資料、大気汚染と空気イオンについて 電子新聞社 (昭 39.5.9)
- (3) 木村、谷口：空気イオンの理論と実際、南山堂
- (4) F. Pessauer: Zehn Jahre Forschung auf dem Physikalisch-Medizinischen Grenzgebiet Leiptig (1931)
- (5) 原、平林ほか：『三菱電機技報』38, 1470 (1964)
- (6) 渡辺、田本、原ほか：『三菱電機技報』40, (1966) (注、別投稿)
- (7) 安部ほか：空気イオンの諸問題「公衆衛生」28, 297 (1964)
- (8) R. Nagy: Westinghouse Engineer 21, 58 (1961)
- (9) L. Loeb: Progress of Pielectrics 4, 249 (1962)
- (10) 電気学会 オゾナイザ 専門委員会：オゾナイザハンドブック コロナ社 (昭 35)
- (11) 電気学会放電専門委員会：放電ハンドブック、電気学会 (1961)
- (12) 原、田畑、王越：昭和40年電気関係学会連合大会予稿 78
- (13) 原、田畑、王越：昭和40年電気関係学会連合大会予稿 77



# 空気イオンの生理効果

平塚 篤\*・馬込 一男\*

## Physiological Effects of the Air Ions

Ware Research Laboratory    Atsushi HIRATSUKA・Kazuo MAGOME

In the year 1899 air ions were discovered in the field of meteorology. They are charged particles floating in the air. Since 1932 their physiological effects have been extensively studied throughout the world. Even in this country a number of reports on the results of research on them were made public in Hokkaido University and in the department of medical science of several universities. The research work was suspended during last world war, but resumed in Europe and America after the war, going so much as to open International Conference on Ionization of the Air. In Japan, as a result of investigation on the relation of filthy air with air ions, the presence of the air ions has come to be recognized as one factor of the environment sanitation, resulting in popular demand on ionizers in the market. This text gives description on the studies on this subject made at home and abroad and depicts the outline of this field.

### 1. ま え が き

空気イオンはまだ一般によく知られていないと思われる。これは気象学分野で発見された大気中に浮遊する帯電微粒子であり、空気中のガス分子・水滴・じんアイなどが正あるいは負に帯電したものである<sup>(1)</sup>。

1899年空気イオンが気象学の分野で発見されたのち<sup>(2)</sup>、1932年ころから世界的に空気イオンの生理作用の研究が盛んになった<sup>(3)</sup>。わが国でも戦前から北大・慶大・慈恵医大・日本医大などで活発に研究が行なわれ、とくに北大医学部では、多数の研究結果を発表している<sup>(5)</sup>。けれども今次大戦によってこれらの研究は中断されていたが、戦後ふたたび空気イオンの研究が欧米において再開され、わが国では電気試験所などが中心になって、大気汚染と空気イオンの関係について解明が行なわれた<sup>(4)</sup>。そして生理効果を目的とする人工的な空気イオン発生法も研究され、アメリカのメーカや当社ではほとんど時を同じくして空気イオン発生器が開発、市販されるに至った。他方国内電気メーカは空気清浄器（除じん・除ガス用）に空気イオン発生器も装備するようになり、ビル内では空気調和と並行して空気イオンの調節も行なわれるようになった。厚生省もこの状況にかんがみ、現在の保健用機器としての空気イオン発生器から、さらに医療器としての空気イオン発生器の基準を検討する方向に進んでいる。

### 2. 空気イオンの生理効果

空気イオンの生体に対する効果は、上述のようにわが国でも戦前すでに数多くの報告が発表されている。戦後欧米での研究がふたたび盛んになり、1961年10月アメリカ気候医学研究会の主催で、国際空気イオン学会がアメリカで開かれた<sup>(8)</sup>。その内容では、空気イオンの生理学的影響・空気イオンの心理学的影響・空気イオンの生物作用の機構・空気イオンの臨床医学的応用範囲など、空気イオンの生体効果に関する注目すべき項目が多い。内外の諸研究によってわが国でも最近では空気イオンが環境衛生の要素として注目されるようになり、空気イオンが社会生活・家庭生活に導入されるにいたったので、厚生省も医学分野の専門家の協力を求

めて、空気イオンによる医療の基準について検討を進めつつある。空気イオンの生理効果については、医学・心理学・生物学などの諸分野の今後の研究に待つところが多く、現在までの諸研究はすでに専門家の適切な総括<sup>(3)</sup>によって紹介されているが、この特集号のために空気イオンの生理効果について理解していただきたいと考え、専門外の筆者ではあるがあえてアウトラインを紹介する。

大気中に浮遊する空気イオンは正あるいは負に帯電したガス分子・水滴・じんアイなどであるから、電荷量も質量もさまざまであるが、電荷量  $e$  と質量  $m$  の比で決まる移動能力 (Mobility  $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ ) と、と呼ばれる物理量によって表わすと、

小イオン	= 移動能力 $0.4 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ 以上
中イオン	=     " $0.4 \sim 0.04 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$
間イオン	=     " $0.04 \sim 0.004 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$
大イオン	=     " $0.004 \sim 0.0003 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$

などに分類される。

人体に及ぼす空気イオンの影響については  $\ominus$  イオン が一般に良好であるのに対し  $\oplus$  イオン は反対であるといわれ、 $\ominus$  イオンの中でも小イオンのみ効果があるとされている。

また空気イオンの効果という場合、次のようなケースが考えられる。

#### (1) 保健・衛生効果

海辺や山地あるいは郊外のように空気の清浄な場所では大気中に  $\ominus$  イオン が豊富に存在するが、市街地や工場地帯では大気が汚染するとともに空気中の  $\ominus$  イオン が減少しており、このような環境で  $\ominus$  イオン を供給する場合の効果や、家庭で空気イオン発生器を使用する場合の効果は保健・衛生効果を目的としており、供給する空気イオン量も上記の清浄な大気中のそれに近く、その効果は気分をそう快にしたり、身体の不調を調整する。

#### (2) 医療効果

空気イオンは上記のように保健・衛生効果があるだけでなく、さらに多量に（ただし短時間）使用することによって、各種疾患の治療に有効であることも数多く報告されており、空気イオンによる医療効果も期待できる。臨床実験はもちろん、基礎的な生理学的研究も内外で多く行なわれている。



### (3) 人間以外の生物に対する効果

空気 イオン は動物・植物にも影響があり、植物の生長や家畜の発育・乳量・産卵などに対する効果についても報告されている。

### 3. 空気イオンの生理効果に関する諸研究

一般に⊖イオンが人体に鎮静的に作用するのに対して、⊕イオンは刺激的に作用するといわれ、⊖イオンは鎮痛・催眠・鎮静(咳)・制汗・食欲増進・血圧降下・そう快感・疲労回復などの作用があるのに対し、⊕イオンは不眠・頭痛・不快感・血圧高進・温感などの作用があるといわれる<sup>(5)</sup>。

最近における空気イオンの生理学的効果に関する報告<sup>(6)</sup>では、⊖イオンは呼吸器系統・神経系統・高血圧などに有効であることが報告されている(表 3.1)。

われわれが空気イオンに注目したのは、アメリカ・ウェスチングハウス社が、殺菌灯の紫外線照射によって金属面から⊖イオンを放出して、空気イオンを形成したことを報告したなかで、空気イオンの諸特性ならびに生理効果を説明したためである。

この報告では、過去 60 年にわたる研究者達の空気イオンの生理作用に関する研究を、ペンシルバニア大学の J. H. Kornbluch 博士がまとめた結果、⊖の空気イオンがぜん息に有効であること、ある内分泌腺を刺激すること、鎮静効果を有すること、外傷や火傷の回復を早めることも述べている。さらにこの報告でぜん息・花粉熱およびほかの呼吸器病の治療に利用されたこと、ドイツの病院ではケイ(硅)肺病や、かぜの治療に利用されたことも述べている。またカリフォルニア大学の A. P. Krueger 博士らは空気イオンが体内で作用する機構を研究して、⊕イオンが気管支内の纖毛の波のような運動を妨げたり停止させたりするのに対して、⊖イオン

がそれらの運動を刺激すること、あるいは⊖イオンが気管支内のほこりを除く助けをする粘液の流れを刺激するが、⊕イオンはこれを減ずることを示したと報告している。

この論文<sup>(7)</sup>ではさらに空気中の⊖イオンの濃度は 1cc あたり 10~1,000 の間で、しばしば 2,500 に達することがあると述べているのは、電気試験所などの実測結果と一致し、冷房している室内で不快を感じるのは、⊖イオンの不足に起因することを指摘している。

アメリカ・フランクリン研究所の W. Wesley Hicks<sup>(8)</sup> は、アメリカ・Wesix 財団が、ドイツ・フランス・日本・アルゼンチン・アメリカ・ロシアにおける 1931 年から 1958 年までの、空気イオンの研究結果を総括して米国医学協会に報告した内容を、紹介している(表 3.1)。

ドイツでは J. Strasburger と P. Happel<sup>(9)</sup> が、4 年以上にわたるイオン化空気健康におよぼす効果についての研究で、とくに十分な視察数を有し、効果に異議のない 2, 3 の結果として、つぎのような報告を行なっている。この場合は使用した空気イオン量は 10<sup>10</sup> 個/リットルと多量で、吸入時間は 15~30 分を週 2~3 回であった。

#### 3.1 高血圧状態に対する効果

血圧正常者に対して⊖イオンは顕著な影響はなく、正イオンは頭痛と不快感を起こさせた。

しかるに高血圧者に対しては結果が明白に現われ、⊖イオンを吸入すると、血圧は顕著にそして比較的長期に下がることが明らかになったので、すでに患者の一部に 1 年来この治療を行なっている。

これに反して⊕イオン吸入すると血圧は上がり、ときには著しい不快感を起こさせる。総合してみると効果があらわれるのは 81% で残りの 19% は効果がないことがわかる。じん臓の関係する高血圧症では、62% は効果があり、38% は無効であった。

気候の高血圧症では効果が最もよくあらわれ、91.5% は有効で 8.5% が無効であった。

イオン療法でも頭痛や頭重に関してもすぐれた効果を認める。このような症状の苦痛が、1 年以上続いた人や、ときには 10 年以上も続きほかの種々な療法でも治らなかった人の場合でも消えた。結論として高血圧の治療の基準を知り、証明するのは困難なことではあるが、1 年間にわたる例証では負イオン吸入が高血圧症に特別な作用があることを認めたとしている。

#### 3.2 気候障害

高血圧の問題とは別に、正常な血圧の場合でも、また若い人でも、頭痛・頭重あるいは類似の状態が⊖イオン吸入によってしばしば取り除かれることが判明した。フランクフルトの気候では苦痛を訴えるが、ほかの土地とくに山地では苦痛がおさまり、健康になるような人や、偏頭痛に悩み、旅行すると発作が起こらないのに帰って数日するとふたたび起こるという経験者に空気イオンの効果が著しい。さらにこの報告では気候に敏感な人に対するイオン吸入の効果をさらに調べるために、病院の看護婦の中でしばしば頭痛とくに朝起床後に偏頭痛に悩んでいた数人について調べた結果、驚くべき好結果を認めている。

⊖イオン化空気の吸入による健康状態に与える影響は、好ましい気候作用とくに山地の特質に似ていることがわかる。

イオンの作用を主張しているのは、Grabley, Stefens にさかのぼり、近ごろでは Schmidt Gerke の研究があり、フェーン風のときに正イオンが増加し、健康に好ましくない作用を及ぼしてお

表 3.1 近年における空気イオンの生理学的効果の研究報告<sup>(6)</sup>

⊕イオンの効果	⊖イオンの効果	報告者
	花粉熱、ぜん息の症状軽減。	Kornbluch, Griffin, Piersol & Speicher
アレルギー性呼吸器病の症状悪化	影響なし。	Corrado, Beckett
呼吸量の減少 呼吸器管内粘液を刺激		Winsor, Beckett
	呼吸器疾患に有効、神経過敏症に効あり。	Mibashan
	気管支ぜん息、高血圧、蓄のう症に有効。 回復のおそい外傷、軟組織のはれ物の治癒促進。	Vasilyev
纖毛運動の低減、筋肉の収縮、局所貧血、外傷に対するぜい弱性をきたす。	纖毛運動を活発にする。	Krueger, Smith, Hildebrand & Meyers
過剰の場合有害 不快感をきたし、呼吸器系の能率を低下。	適度な安らぎをきたし、健康を増進する。正イオンの効果ある程度逆転可。	Krueger, Smith
5-Hydroxytryptamine (Serotonin) の放出をきたす。	チトクロム酸化還元反応を促進し、5-Hydroxytryptamine を排除	Krueger, Smith



り、また山岳病と⊕イオンの関係も明らかにされている。

かれらの研究はこれらの問題とは独立に企てられた。

負荷電空気が有益な作用を発揮し、正荷電空気はこれに反して有害であるということをもっとも経験的に知ったので、かれらは研究の結果に確信をもっている。さらに気候学者の研究からも正しいとしている。Dessauer グループの研究の成果は単極性イオンの発生装置を作り、正あるいは負の空気イオン濃度を望みどおり高くしてその作用を明らかにしたことである。

最後にリウマチ性疾患に対する⊖イオンの吸入効果については外用薬および温クッションと併用した場合について報告している。この場合は吸入により、苦痛と微熱の明らかな反作用があり、さらに吸入を続けてゆくと反作用がなくなる。その後の健康との結びつきについては、さらに時間をかけて観察する必要があるとして、症状の改善に寄与することを期待して報告を終わっている。

#### 4. 空気イオンの人体に対する作用

空気イオンの生理効果について、主として保健的および医療的な研究結果について述べてきたが、心理学的・生理学的な分野の研究も報告されている。

またアメリカの M. Knoll ら<sup>(9)</sup> は人間の視覚反作用に対する空気イオンの影響について研究し、眼で知覚して身体が反射的に動作するときのおくれ時間は疲労によって長くなるが、空気イオンを吸入するとこの時間を短く維持できることを、独自の研究方法と装置によって究明している。これは機械や交通機関の運転者の事故防止に有効であると考えられる。

このように空気イオンが人体に作用する生理学的機構について、Albert, Krueger ら<sup>(10)</sup> はつぎのような報告を発表している。

うさぎや豚の豚に対する 5-Hydroxytryptamine の静脈内への投薬は⊕空気イオンによって生ずるものと非常によく似た変化をもたらす。すなわち(1)繊毛運動の減少、(2)後部気管壁の収縮、(3)外傷に対する気管粘膜の過度な反応、(4)気管壁での目だった血管収縮、および(5)呼吸数の増加である。それらの効果は⊖空気イオンによってもとされる。

Iproniazid は monamine 酸化酵素を止めることにより、動物内の 5-Hydroxytryptamine をからにし、⊖空気イオンにより生ずるものに似た変化を起こす。すなわち(a)繊毛運動の増加、(b)後部裂口(溝)のゆるみ、(c)気管粘膜の充血、(d)呼吸数の低下、(e)粘液流出量および率の増加である。これらの事実に基づいて、⊕空気イオン効果は、⊖イオンの 5-Hydroxytryptamine の酵素による酸化を、促進する能力によるという仮説が提案されるとしている。

それでは、人体に作用する空気イオンが生体内に進入する経路はといえば呼吸による吸入はもちろんであるが、皮膚からの進入もあって、両者の比率についても 2, 3 の説があるようであるが、

皮膚からの進入のほうがむしろ多いといわれる。したがって衣服によってこの作用が影響を受けることは当然予想される。また空気イオンは荷電微粒子であるから、当然人体に電氣的に作用するわけで、人体と周囲の導電性(あるいは絶縁性)も空気イオンの効果に影響があるとされている。

#### 5. む す び

われわれがウエスティングハウス社の資料で知り得た空気イオンが、古く戦前に気象学上で発見されて、その生理効果が内外諸研究者により盛んに研究されていたことが、調査につれて明らかになったことは驚異でさえあった。しかも戦後ふたたび空気イオンが欧米で活発に研究され、国際空気イオン学会も開催されていること、さらにわが国では大気汚染と空気イオンの関係も究明されていることを知って、空気イオン発生器の開発と応用のもたらす有用性に対する確信が深められたので、ここに従来発表されている空気イオンの生理効果について、アウトラインを紹介した次第である。

現在は空気イオンの研究、とくに生理効果の研究につぎのステップを求められる時期である。すなわち新たに従来の研究結果の反省のうえに立脚した医学的な空気イオンの効果研究によって、空気イオン発生器が、保健衛生の分野から医療器の分野における基準を確立させる時期であろう。

最後に社内各位の調査資料もこの文中に引用させていただいたことを付記して感謝の意を表する。

(昭 41-1-6 受付)

#### 参 考 文 献

- (1) 原, 平塚, 神谷など: 「三菱電機技報」38, I, 470 (昭39)
- (2) 畠山, 川野: 気象電気学(岩波全書)
- (3) 安倍: 空気イオンの生理作用, 産業環境工学 II-15
- (4) 加藤: 空気イオン, 産業環境工学 II-12
- (5) 木村, 谷口: 空気イオンの理論と実際, 南山堂
- (6) W. Wesley H.: Clinical effects of artificially produced negative ions on respiratory patients, J. of the Franklin Inst, 270, No. 3, Sept. (1960)
- (7) R. Nagy: Westinghouse Engineer, P. 58 March (1961)
- (8) Friedrich Dessauer (Leipzig): Zehn Jahre Forschung auf dem Physikalisch-Medizinischen Grenzgebiet, Chap. 8 (1931)
- (9) M. Knoll, J. Rheinsteint: Influence of light air ions on human visual reaction time, IRE Transactions on Bio Medical Electronics, Vol. BME-8, No. 4, Oct. (1961)
- (10) A.P. Krueger, R.F. Smith: The biological mechanisms of air ion action, The J. of General Physiology, 43, 533 (1960)



# 粉じんおよび有害ガスの測定

小原 英一\*・小林 恵治\*

## Measurement of Dust and Noxious Gases

Ware Research Laboratory Eiichi OHARA・Keiji KOBAYASHI

Problems of public harm, mostly due to dust and noxious gases, are coming to the front recently. The first step to cope with the situation is to make measurement of dust and gases to grasp the real aspect. A current practice is to use tape air samplers, cascade impactors and digital dust meters. However, measurements obtained differ depending on the instruments and absolute density of dust is hard to obtain. To make measurement by several methods and judge a value by putting all the results together is the nearest approach. Of the noxious gases, sulphur dioxide is a typical one. In addition hydrogen sulphide, carbon monoxide and carbon dioxide are frequently found. In the measurement of sulphur dioxide, a rosaniline formalin method is considered the best. This operates on photoelectric colour comparison, applicable to other gases.

### 1. ま え が き

人間の生活環境は、産業の発達・交通機関の進歩によって複雑多岐にわたり、しかも日ごとに新しい問題が発生してくる。なかでも、最近社会的に大きな注目を集めているものに公害がある。従来公害といえばその多くは都市地域に限られていたものであるが、ちかごろは地方へと拡大しつつある。公害といっても、ばく然としたものでとらえにくい。その具体的な例をあげれば大気汚染・騒音・水汚染などが代表的なものである。これらのなかでも大気汚染はとくに最近激しくなり、その対策を急ぐ必要がある。

汚染物質を大気中に放出する汚染源には次のようなものが考えられる。

- (1) 石炭・重油・その他の燃料の不完全燃焼により燃焼装置から放出されるばい煙。
- (2) 燃料中に含有されるイオウ化合物の酸化により生成される二酸化イオウ、無水硫酸などのイオウ酸化物。
- (3) 火力発電などの微粉炭燃焼炉、セメントの焼成炉などから排出されるフライアッシュおよびその他の粉じん。
- (4) 硫酸製造およびその他の化学工程の排ガス中に含まれるイオウ酸化物・ハロゲン化物・窒素酸化物。
- (5) 自動車の排ガスとして大気中に排出される一酸化炭素・窒素酸化物および各種の有機化合物。
- (6) 石油精製装置・貯蔵設備・給油設備などから主として蒸発により発生する有機化合物。
- (7) 食品工場・皮革工場などの排水中から発生する悪臭。

などがある。これらの汚染物質の大気中における物理的状態はガスと粉じんとに区別される。粉じんにはススのほかにヒューム状の凝結粒子・固体の粉砕された微粒子・微細な結晶粒子・液滴などが含まれ、これにガスの一部が吸着していることもある。

汚染物質の許容濃度を設定することはきわめて困難なことである。すなわち、一般生活環境における許容濃度と労働環境における許容濃度には基本的な差がある。大気汚染として考えたときの許容濃度は有害物質の相乗作用や、対象とする人間が老人から子供にまで及び、さらに24時間暴露などの条件を加味する必要がある。また人間以外の植物に対する影響も考慮に入れなければならない。労働環境における有害物質の許容濃度は作業者が環境中の

有害物質に連日暴露されたとき、健康にほとんど有害な影響が認められない濃度である。この場合健康な成年男子が1日8時間以内、中程度の労働を行なうという条件がある。

以下に粉じんおよび有害ガスの測定法について述べる。

### 2. 粉じんの測定

大気中の粉じんを測定するには、次の三つを検討する必要がある。(a) 粒子径または大きさと形状。(b) 濃度(個数/cc; または重量/cc)。(c) 成分分析。

この章では、粉じん濃度と粒子の大きさ・形状といった物性測定について述べる。

粉じん濃度の測定はその目的により計器は異なるが、大別すれば2種類となる。

- (1) 汚染物質を含んだ空気をロ紙・ガラススライド・そのほかに捕集して計測するもの。
- (2) 大気中に浮遊している分散粒子の状態のままで計測するもの。

この二つの粉じん濃度測定法で、(1)は粉じんの捕集と計測用の装置が必要であり、(2)によるものは計測装置のみでその目的が達せられるから測定操作の点からは(1)より有利である。しかし、粉じん濃度は時間的・空間的に均一でない場合が多いので測定値が瞬間的かつ部分的となり、一般にバウチが大きくなりやすい。大気中の粉じんを捕集して計測するものには捕集方法に数種類あり、また計数法も数多くある。捕集法の代表的なものは、

- a. ゼロビットゲージ。
- b. 労研式 ジンアイ 計・カスケードインパクタ。
- c. ロ紙を利用する ハイボリウム・エアサンプラ・テープエアサンプラ。
- d. 熱的吸着による サーマルプレビテータ。

などがある。計測法としては、個数法、重量法、変色度法、そのほかなどがある。

大気中に浮遊している粒子を分散粒子のままで計測する方法には、チンダロメータ・ダスタロ・デジタル粉じん計などがある。

実際の測定には、粉じんの種類・気象条件・測定場所に注意をはらうと同時に計測器の使用法もその原理を十分理解し、適宜、粉じんに対して最良の測定が行なえるように変形するとよい。



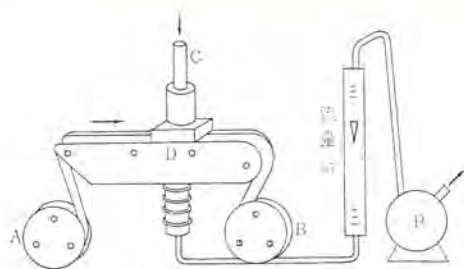


図 2.1 テープエアサンプラ  
Fig. 2.1 Tape air sampler.

### 2.1 テープエアサンプラ

汚染物質を含んだ空気を口紙を通して、空気ポンプで吸引し、そのとき口紙上に得られたスポットの濃さを調べて粉じん濃度を測定するものである。スポットの濃さは反射光線の強さにより表わす。

#### 2.1.1 構造

テープエアサンプラの構造は図 2.1 に示すように、東洋口紙 No. 1、定性口紙をドラム A に巻きつけ、ドラム B でこれを巻き取る。この間に C から粉じんを含んだ空気をポンプ P で一定流量、口紙面 D を通して、30 分または 1 時間吸引する。吸引流量は毎分 5 l から 15 l くらいである。自動式のテープエアサンプラでは、30 分または 1 時間吸引後、自動的に停止し口紙を巻き取る。使用する口紙は東洋口紙 No. 1、のほか、No. 5、ワットマン紙 #41 などを用いるが、口紙の種類によりその限界粒子径が異なるので同一の口紙を用いて、その濃度を比較する必要がある。

#### 2.1.2 計測法

テープエアサンプラにより得られたスポットの濃さは光電池式汚染濃度計で計る。これは反射率を求める方法であるが、透過率を求める方法もある。光電池式汚染濃度計はじめに白色口紙を入れて、この反射光の強さを 100% とし、つぎにまったく反射のない黒色口紙を入れて、このときの反射率を測定し D とする。これは計測器の光学的特性によるもので定数である。次に、スポットの濃さを測定し、この値をはじめの値と比較して濃度として表わす。粉じん濃度 Y は

$$Y = (X_0 - X) / (X_0 - D) \times 100\%$$

ただし Y: 粉じん濃度

X: スポットの反射光の強さ

X<sub>0</sub>: 粉じんを捕集していない新らしい口紙の反射光の強さ、(100%)

D: 使用する光電池と計器の光学系により定まる定数、また、別の表示方法としては粉じん濃度 D は、

$$D = -\log T$$

ただし T: スポット反射光の強さ (100%)

この場合、汚染物を捕集していない新らしい口紙の反射光の強さを 100% とする。このようにして求めた濃度をグラフにより重量濃度に換算しているものもあるが、捕集された粉じんの粒径、反射率、などが異なるから、そのまま重量濃度とするのはあまり合理的でない。さらに前記したように、口紙で捕集する限界粒子径が異なる点からもこのようなことがいえる。実際に東洋口紙 No. 1 を用いて、大気じんについて口紙を通過した空気の粉じん濃度をデジタル粉じん計で測定した結果 0.2 mg/m<sup>3</sup> 以下の値が測定された。

テープエアサンプラの特長は、長さ 14 m の口紙を用いて、ポンプの吸引量・口紙の送りなどを正確に決めれば十分に自動運転ができ

粉じんおよび有害ガスの測定・小原・小林

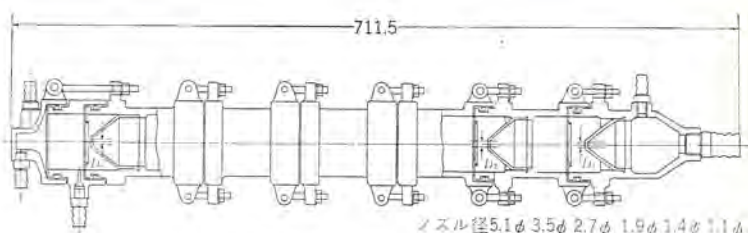


図 2.2 カスケードインパクト  
Fig. 2.2 Cascade impactor.

るので、長期間の汚染度変化が容易に測定できる。またエアフィルタのように、フィルタ前後の濃度を比較したいときは、二連式のものをういて計測すればきわめて簡単にその集じん効率が測定できる。

### 2.2 カスケードインパクト

カスケードインパクトは大気中に浮遊する粉じんを衝突付着させるもので、数段のジェットとそれに対する直角の空気衝撃面が連続的に結合されているものである。これで粉じんを捕集することによりその形状や粒子の大きさを観察することができる。

#### 2.2.1 構造

図 2.2 に示すように空気のジェットの幅または口径は、各段のノズルの大きさで定まる。最初の段は 5.1 φ、次段が 3.5 φ 以下、2.7 φ・1.9 φ・1.4 φ・1.1 φ となっている。そしてジェットと衝撃面の距離も初段から順次短くなっている。したがって一定の吸引流量のもとでは、大きな粒子は第一段の衝撃面へ、粒子が小さくなるにしたがい後段のインパクトへ捕集される。しかも最終段へアウソリュートフィルタをつけて、きわめて微小な粒子まで捕捉できる。

普通、カスケードインパクトの衝撃面へはガラススライドを置くが、このガラススライドには、対象粒子により再飛散を防止するために、接着剤を塗布する。これに用いる接着剤はグリセリンゼリー、ワセリン、アルキッドレジなどがある。液体粒子を捕集する場合には、粒子が蒸発したり変形したりすることを防止する意味でぜひとも必要である。しかし、この接着剤を適確に塗布することはかなり経験を必要とする。また、非常に微細な粒子を観測するために、ガラススライド上にコロジオン膜をつけて粒子を捕集し、電子顕微鏡の試料とすることもできる。

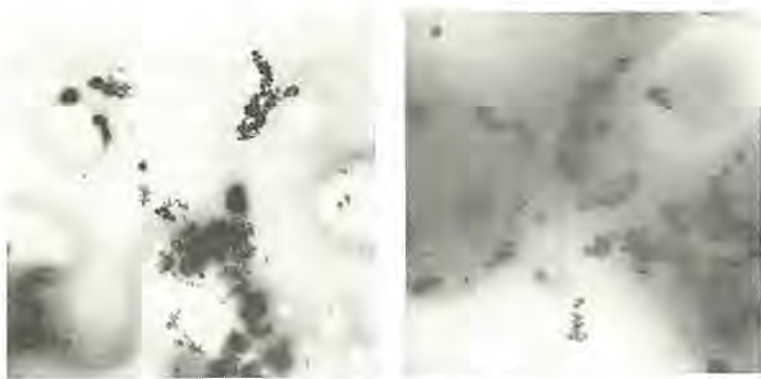
実際にタバコの煙などを捕集したが、液状物質の原形がほとんどみられず、その粒子の核となっている微粒しかとらえることができなかった。図 2.3 はワセリンを用いて石英粉じんを、図 2.4 はコロジオン膜を用いて、乾燥したタバコの煙を付着させたものである。これから判断すると石英粉じんではかなり粒子の大きさや形状の観察ができるが、タバコの煙は非常に困難である。



倍率 100 倍 (注) 写真の大きさが 4 mm が 0.01 mm に相当

図 2.3 石英粉じんをカスケードインパクトで捕集した写真  
Fig. 2.3 Collected quartz dust by cascade impactor.





倍率 5,000 倍 (電子顕微鏡による)

図 2.4 タバコの煙をカスケードインパクトで捕集した写真  
Fig. 2.4 Collected smoke by cascade impactor.

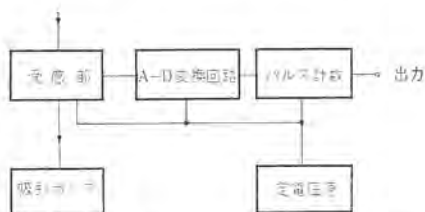


図 2.5 デジタル粉じん計のブロック線図  
Fig. 2.5 Block diagram of digital dust indicator.

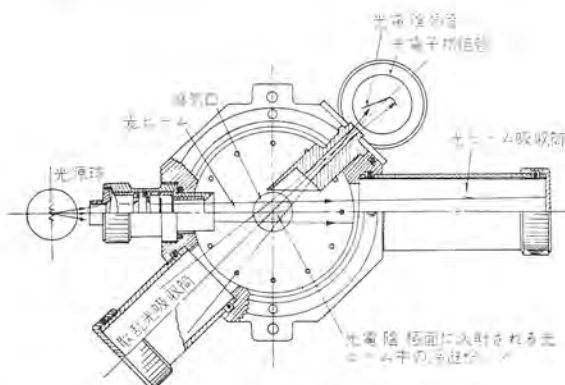


図 2.6 デジタル粉じん計検出器内部構造図  
Fig. 2.6 Construction of detector of digital dust indicator.

顕微鏡を用いて捕集した粒子の個数・大きさ・形状などを調べる場合、その顕微鏡の解像力とか使用者の経験によりかなり差ができることに注意する必要がある。とくに粒子径を測定するときはグラデュールとか対物マイクロメータなどを用いるが、これらの使用方法も粒子径をどんな長さ(長径・短径・定方向径・円等価径)で代表させるかによって異なる。

### 2.3 デジタル粉じん計

デジタル粉じん計は浮遊する粉じんを光を照射し、その散乱光の量を測定しこれを重量濃度に換算したものである。その特長は被測定粒子を浮遊する状態のままで測定し、かつ瞬時の計数ができる。高感度のものは  $0.001 \text{ mg/m}^3$  のような低濃度まで測定が可能である。

#### 2.3.1 構造

デジタル粉じん計のブロックダイヤグラムを図 2.5 に示す。図 2.6 はデジタル粉じん計の検出器の構造である。デジタル粉じん計は汚染大気を吸引ポンプでその検出器内に吸引し、この汚染大気を図 2.6 で示した光源球から光をレンズ系を通して照射する。光は

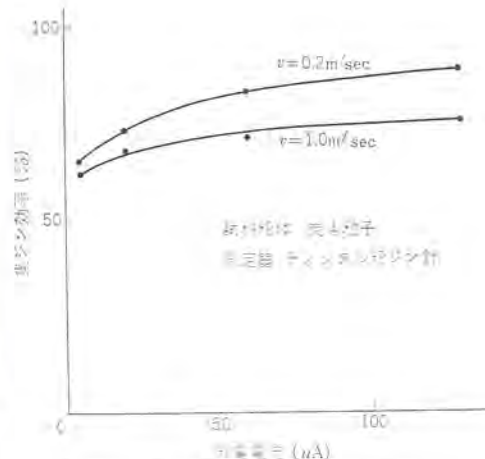


図 2.7 電気集じん器の集じん効率  
Fig. 2.7 Efficiency characteristic of electric precipitator.

浮遊する粉じんにより散乱を生じ、この散乱光の量を受感部にある光電子増倍管で測定し、この散乱光の量を A-D 変換回路に入れ、この変換によって生じたパルスを実数計数回路で計測して重量濃度に変換するものである。

いま図 2.6 に示したように、導気口内に粉じんを吸引すると、レンズ系をでた光が浮遊する粉じんにあたりこの散乱光を検出器に付属している光電子増倍管の光電陰極面に受けるので、光電子増倍管はその陰極面から二次電子を放出し、さらにこの二次電子がつぎの電極面に衝突してその電子放出を増加して陽極に電流を流す。この陽極に流れた電流により、コンデンサが徐々に放電を開始し、このためネオン放電管に加わる電圧はしだいに増して、ついに放電を開始する。このパルスを増幅しパルス計数回路に入れて計測するものである。

#### 2.3.2 測定法

デジタル粉じん計による濃度の測定はさきわめて簡単である。すなわち、まず測定器に所定の電力を供給する。各部が定常状態になったら、まず感度調節具で検出器の感度を調べる。この準備が完了したら、汚染大気を検出器の導気口へ導く。次にパルスカウンタを動作させて毎分のカウント数を読み取る。この値を重量濃度に換算するのである。

デジタル粉じん計の基礎となる粉じん濃度と散乱光の量の関係は次式で与えられる。

$$R = K \sigma C / P \times \exp(-\theta C / P)$$

ただし R: 光電子増倍管の応答

K,  $\theta$ : 装置の定数

$\sigma$ : 相対散乱係数

P: 分散係数

C: 粉じん濃度

したがって、 $\exp(-\theta C / P)$  が無視できれば、R と C は比例関係となる。散乱光の量と重量濃度の関係を導くために、検出器を通過した浮遊粉じんをガラス繊維フィルタで捕集し、これを計量している。このガラス繊維フィルタは  $0.3 \mu$  の粒子に対して 99.8% の捕集効率をもつものを使用している。

デジタル粉じん計の使用にあたっては、とくにその光学系の劣化には十分注意する必要がある。同時に、各粒子が混在するときには当然その  $K \sigma$  の値が異なるので、できるだけ粒子を同一種類にしたほうがよい。また検出器内へ粉じんを導入する流量は 10



l/min から 40 l/min までの範囲ではその検出器の応答に対して安定であることが実験的に確かめられている。図 2.7 は電気集じん器の集じん効率をデジタル粉じん計で測定した結果を示す。

### 3. 有害ガスの測定

汚染物質として大気中に存在するものは、粉じん・細菌などのほかに有害ガスがある。有害ガスは汚染源より気体として発生したり、蒸気の形であったり、また粉じんなどといっしょになりミスト状で存在する場合もある。このような有害ガスは最近非常に多種類となり、しかも加速度的にその量を増している。なかでも二酸化イオウによる人体への悪影響は著しく、一酸化炭素による中毒も周知の事実である。

有害ガスの測定法には次の3とおりの方法がある。

(1) 化学分析法：労力と経験が要求され、費用は安価である。精度はかなりよく、広範囲にわたる測定が行なえる。

(2) 機器分析法：連続測定や瞬時の濃度測定が可能であるが、設備費が高くなるのが欠点である。精度は機器により異なるが、10 ppm くらいは十分に可能である。

(3) 検知管法：操作がきわめて簡単で持ち運びができ、短時間にその濃度を知ることができる、などの理由で広く利用されている。精度もかなり良くしかも安価である点がさらに有利である。

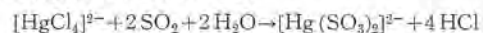
大気汚染とか室内空気汚染という立場から、代表的な有害ガスである二酸化イオウ・硫化水素・一酸化炭素・二酸化炭素などの測定法について述べる。

#### 3.1 二酸化イオウの測定法

大気中における二酸化イオウの濃度はだいたい 1 ppm 以下というごく微量であるので、その測定法はつねに問題となる。すなわち捕集した微量のガスを適確に定量することであり、このため、調べる汚染大気中からサンプリングした空気から完全に微量ガスを捕え、しかも濃度測定時までつねに安定な形であることが必要である。この目的に合致する方法としてロザニン・ホルマリン法がある。

##### 3.1.1 ロザニン・ホルマリン法

大気中の二酸化イオウの測定法として代表的なものである。この方法は 1956 年 West と Gaek 氏によって試みられたもので、わが国では、寺部・大道阿氏などにより研究されている。これは吸収液に塩化第二水銀と塩化ナトリウムの混合液を用い、この吸収液に二酸化イオウを含んだ空気を通じると二酸化イオウが固定され安定化すると考えられる。



この二酸化イオウを吸収した吸収液に P-ロザニン試液とホルムアルデヒド試液を加えると、二酸化イオウの量に応じて赤紫色を呈する。その呈色度を光電比色計で定量する。

##### (1) 試薬

吸収液：塩化第二水銀（特級）27.2 g と塩化ナトリウム（特級）11.7 g とを水に溶解して 1 l とし、ナトリウムアジドを 300 mg 加える。

P-ロザニン試液：P-ロザニン 塩酸塩 1 g を水 100 ml に溶解し、その 2 ml をとり、これに塩酸 6 ml を加えて水でうすめ 100 ml とする。

ホルマリン試液：新たに標定したホルマリンを用いて、0.1 % 水溶液とする。

二酸化イオウ標準溶液：亜硫酸水素ナトリウム 約 0.5 g を蒸留水 100 ml に溶解し、その 10 ml を取り、0.1 N ヨウ(沃)素標準溶液

15 ml を加え、さらに塩酸 1 ml を加えてただちに 0.1 N ナイオ硫酸ナトリウム溶液で滴定する。このときの滴定数を A (ml) とし、別に空試験を行ない、その滴定数を B (ml) とすると、 $89.275/(B-A) \times F$  (ml), ( $F=0.1$  N ナイオ硫酸ナトリウムの力価)、の亜硫酸水素ナトリウム溶液を取り、吸収液で全量を 100 ml とし、さらに吸収液で 100 倍に希釈して標準溶液とする。

標準溶液 1 ml = 0.001 ml  $\text{SO}_2$  ガス (標準状態)

##### (2) 測定

大気中の二酸化イオウを測定するときは、その目的に応じて地形・気象条件などを十分考慮に入れ試料の採取場所を定める。活性炭などのガス浄化装置の効率をはかる場合には、普通のエアフィロの試験方法に準じて行なえばよい。汚染空気の採取はポンプにより一定量、吸収液 10~30 ml 中に通ずる。この場合  $\text{SO}_2$  濃度により、吸収液量や吸引空気量を加減する。

二酸化イオウ標準溶液および試料を吸収した試験液を各 10 ml ずつとり、それぞれに P-ロザニンおよびホルマリン試液 1 ml を加えよくふりまぜる。約 35 分間放置し、ここに得た呈色液を光電比色計を用いてそれぞれの吸光度  $E_0$  および  $E$  を測定する。(ただし波長は 580 mμ 付近を使用した。) 対照液についても吸収液とどのような操作をしたものを用いる。

濃度の算出には次式を用いる。大気吸引量  $V$  (l), 吸収液量  $v$  (ml), このときの大気中の二酸化イオウの濃度を  $C$  ppm とすれば、

$$C = E \times v / E_0 V \times (273 + t) / 273 \quad \text{ただし } t \text{ は測定時の気温}$$

##### (3) 注意事項

二酸化窒素の影響：ロザニン・ホルマリン法は二酸化窒素が共存すると呈色に影響を与えるのでこれを除去するためにナトリウムアジド ( $\text{NaN}_3$ ) を吸収液に約 0.3 g 加える。最近の報告によれば、0.3 g でもよいとの結果がでている。

標準溶液の安定性：標準溶液は亜硫酸水素ナトリウムを用い  $\text{Na}_2[\text{HgCl}_2\text{SO}_3]$  として固定しているが、不安定であるから用いるときに調製することが望ましい。しかし実際には手数がかかるので、測定開始のときに二酸化イオウの検量線をあらかじめ作成しておくといふ。標準溶液の経時変化については、冷蔵庫内に保存したものは 12 日間は安定である。室温で放置したものは 48 時間以後は安定性を失なう。

#### 3.2 硫化水素の測定

大気中における硫化水素はイオウ化合物としては二酸化イオウにつく汚染物質である。硫化水素は非常に有害であり、かつ悪臭をもったもので 0.1 ppm くらいの低濃度でも容易に嗅覚で検出することができる。しかしこの方法で硫化水素を検出すると、濃度が高いときや継続する場合には鼻が臭気に慣れてしまうので適当とはいえない。硫化水素による害はこのほか、金属を腐食したり塗料を変色するなどがあげられる。

##### 3.2.1 硫化水素の測定法

硫化水素の測定法にはメチレンブルー比色法・電気伝導度法・検知管法などがある。もっとも簡便な方法は検知管法である。メチレンブルー比色法を応用した酢酸亜鉛円筒法は長期間にわたる測定に適している。また電気伝導度を利用して硫化水素を測るのは瞬時の濃度測定や記録が可能である。

##### 3.2.2 メチレンブルー比色法

これはロザニン・ホルマリン法とどうよう、光電比色計を用いて硫化水素の量を測るものである。この場合長期にわたるときは酢





図 3.1 ミジェットインピンジャ・ガス洗浄ビン  
Fig. 3.1 Midget impinger and gas-washing bottle.

酸亜鉛門筒法を利用して行ない、短時間の濃度を知るときには酢酸亜鉛の水溶液を用いて行なう。

#### (1) 試薬

吸収液：酢酸亜鉛  $[\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ , 200 g を水に溶解して 1 l とし、濁りを生じたときは酢酸数滴を加えたのち、ろ別して用いる。このとき吸収液の PH は 5 以上であること。

アミン塩酸試液：パラアミノメチルアニリンの硫酸塩 0.6 g を 12 N 硫酸 300 ml に溶解したもの。

塩化第二鉄水溶液：塩化第二鉄  $[\text{FeCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$  20 g を水 200 ml に溶解したものをを用いる。

イオウ標準溶液：110°C で恒量になるまで乾燥した特級硫酸カリウム 0.543 g (イオウ 0.1 g 相当) を正確にはかり、水に溶解後正しく 1 l とする。これから適当量を分取してうすめ、イオウとして 10 μg/ml の濃度のものを調製して用いる。

#### (2) 測定法

これは、ロザニン・ホルマリン法と同じようにガスを採取すればよい。ガスの捕集には図 3.1 に示すインピンジャ・洗浄ビンを利用するとよい。

硫化水素を含んだ汚染空気を一定量ずつ、硫化水素吸収液 35 ml のはいったインピンジャ、または洗浄ビンに吸引する。吸引後ただちに、パラアミノメチルアニリン溶液 5 ml を手早く加えてセンをしてふりまぜ、さらに塩化第二鉄溶液 1 ml を加えてふたたびセンをしてふりまぜたのち、約 15 分間放置する。水を加えて正しく 50 ml とし、ふたたび約 15 分間放置する。この溶液の一部をとり、光電比色計を用いて、波長 665 mμ 付近の吸光度を測定し、あらかじめ作成しておいた検量線からその吸光度に相当するイオウ量 A を求める。空試験は上記と同じ操作により試薬などの吸光度を測定し、検量線からその吸光度に相当する空試験値 B を求め、A-B をもって吸引空気のイオウ量とする。この値を硫化水素に換算し吸引空気量で除して、硫化水素の濃度とする。

#### 3.3 一酸化炭素および二酸化炭素の測定法

大気中や室内空気中の一酸化炭素および二酸化炭素の測定にはもっとも簡便で精度の良い検知管法がある。このほかに、一酸化炭素については五酸化ヨウ素法・ポプカライト法などの化学分析法があり、二酸化炭素については水酸化バリウム法などがあげられる。

##### 3.3.1 検知管による一酸化炭素および二酸化炭素の測定

###### 一酸化炭素

測定原理：シリカゲル粒子に硫酸酸性パラジウム液およびモリブデン

酸アンモニウム液の混合液を吸着させ、真空乾燥した淡黄色の検知剤を検知管につめ、これに通気筒に採取した試料空気を送入して接触させると、検知剤は一酸化炭素により青変し、この変色の度合いは一酸化炭素の濃度に対応する。

###### 二酸化炭素

測定原理：検知剤は 150~250 メッシュのアルミナゲル粒子にチモルフタレイン、またはチモルブルーを加えた水酸化ナトリウム液を吸着させ乾燥したもので、これを検知管につめて二酸化炭素を含有した空気を通じると変色し、この変色層の長さによりその濃度を知る。

試験操作：検知管へ試料空気を一定速度で送入する必要がある。このためピストンポンプを用いる。ピストンポンプの容積は 100 ml で、従来のものは手で徐々に吸引または送入するものであったが、最近改良されピストンの柄を一気に引いて、そこで固定すれば、検知管内に一定速度で試料空気が吸引されるようになっている。使用する検知管はその濃度により高・中・低濃度にわかれている。また測定結果は表により温度補正を行なうようになっている。

#### 3.4 機器分析による有害ガスの測定

有害ガスの定量的な測定は機器分析法を利用してもよい。このなかでも広く用いられている方法に電気伝導度法と赤外線吸収法ガスクロマトグラフによる分析などがある。なかでも大気汚染用として電気伝導度法はかなりの普及をみせている。

##### 3.4.1 電気伝導度法

一般に溶液は一定温度ならば、それぞれの濃度に応じた一定の電気伝導度をもっている。その溶液の一部が化学変化を起こしたり、気体を吸収すると電気伝導度が変化する。これを利用して定量しようとするもので、気体の種類によって適当な反応液をえらぶ。これに測定成分ガスを反応または吸収させると、その前後の電気伝導度は変化する。標準電極と被検電極の 2 組を用いて、測定成分ガスの反応または吸収前後の電気伝導度を比較測定して、特定成分を定量する。

測定装置の基本的な構成は 2 組の電極を 2 辺とするブリッジ回路で、その不平衡電流により増幅器へ信号を出す方式である(図 3.2)。これを改良して一つの装置にまとめたものが図 3.3 である。この方式は標準電極と被検電極とを直列に接続し、交流電圧を与えて電流を流すと、それぞれの電極の抵抗に比例して電圧が配分される。このとき電流を流す電極とはべつに設けた電圧検知電極によってこの電圧を検知し、ブリッジ回路による比較測定を行ない、測定成分ガスの濃度を知る。この方法の特長は電流を通じる電極と電圧を検知する電極が別になっており、電圧検知極にはほとんど電流が流れないので分極現象による影響は解決できる。測定に用いる反応液に要求される条件は、

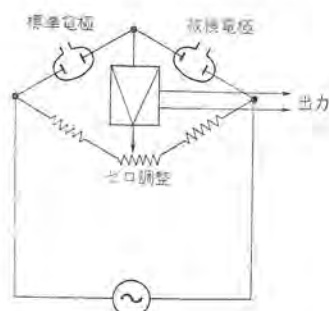


図 3.2 電気伝導度法による基本回路  
Fig. 3.2 Circuit gas analyser.



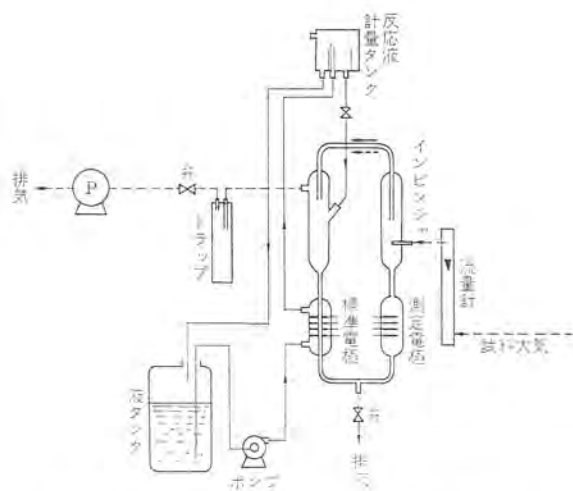


図 3.3 電気伝導度法によるガス濃度計  
Fig. 3.3 Gas analyser of electric conductivity

表 3.1 測定ガスと反応液

測定ガス	反応液	測定方法	測定範囲(%)
CO <sub>2</sub>	NaOH または KOH 水溶液	NaOH 水溶液に CO <sub>2</sub> を吸収させ Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> とし、CO <sub>2</sub> 吸収前後の電気伝導度を比較することにより CO <sub>2</sub> 濃度を測定	0~0.03
CO	NaOH または KOH 水溶液	ソーダ石灰層を通し前もって CO <sub>2</sub> を除去したもの、適当な酸化剤の中を通し CO を CO <sub>2</sub> とし CO <sub>2</sub> 計に導く	0~0.03
SO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 水溶液または I <sub>2</sub> 溶液	SO <sub>2</sub> と共存する場合はガラスウールで除去	0~0.003

- (1) ガス濃度変化に対する電気伝導度の変化が大.
- (2) 測定成分ガスと反応液の反応により固形物などが析出しないこと.
- (3) 調製が容易でつねに近似のものがえられる.
- (4) 測定成分ガス以外に対しては物理的・化学的に安定である.

測定成分ガスと使用している反応液の例を表 3.1 に示す.

#### 4. む す び

粉じんおよび有害ガスの測定法は目下、各研究所などで鋭意研究中であるが、絶対濃度を測定する方法で万能なものはない。したがって、対象となる粉じんとか有害ガスについて、その目的に合わせた測定機器を設定することが必要である。空気清浄機などの集じん効率を測定するときに、一つの測定機器のみ使用する場合は、その測定法を明記する必要がある。現段階でより正確に集じん効率などを測定するには、2, 3 の測定機器で比較測定し、その結果を総合的に検討して結論づけることが望ましい。有害ガスの測定については当所、研究管理課、木村技師の協力により行なった。

#### 参 考 文 献

- 大気汚染研究全国協議会編、大気汚染の測定（昭 37）.  
 大道：産業環境工学，Vol. 41, (1965.)  
 興：Ind. Health, Vol. 2, (1964.)



# スーパークリーンルーム

武田 忠夫\*・横田 晃\*

## Super Clean Rooms

Kamakura Works

Tadao TAKEDA・Susumu YOKOTA

In manufacturing component mechanism for electronic machines of extremely high precision such as gyroscopes, clean surroundings where not only temperature and humidity but also dust in the air is controlled with severe grade above the ordinary standard. Such environment is called a clean room or a white room and considered indispensable in the production of electronic apparatus for use in space navigation nowadays. This article deals with a clean room constructed in Kamakura Works of the Company, the design features, layout, function, air conditioning system, filters, structural talking points and accessories being the main items. Furthermore, measurement of dust and education and training of personnel working there are touched upon.

### 1. ま え が き

ジャイロスコープなど精度のきわめて高い電子機器の機構部を製造するためには、空気中のじんアイを一定の水準以上にコントロールした清浄な環境が必要になる。このような環境は、クリーンルームまたは、ホワイトルームと呼ばれ、今日の宇宙・航空用電子機器の製造には欠かせないものと考えられるようになってきた。

当社鎌倉製作所においても、F104Jとう載用の4 Gimbal Sys-

tem Stable Platform を製造することを当初の目的とし、さらに近い将来の宇宙用電子機器開発を目ざして昭和38年3月に建設されたが、以後順調に動作し、初期の成果をおさめている。

このクリーンルームは、Stable Platformの技術提携先であるアメリカのG.P.I. Kearfott Divisionの設定条件をある程度参考にし、わが国の気象条件などを加味した上で独自の技術により建設されたもので、表1.1に示すように、その条件によってスーパークリーンルーム（以下S.C.R.と略す）とT&Hルーム（Temperature and Humidity Controlled Roomの略で、以下T.H.R.と略す）に分かれており、それぞれ、115m<sup>2</sup>、215m<sup>2</sup>の広さを有している。

表 1.1 室内条件一覧

室 内 条 件	室 名	スーパークリーン・ルーム									T & H ルーム		
		準 備 室 (1)	便 所	喫 煙 室	予 備 組 立 室	組 立 室	試 験 室	保 守 室	超 音 波 洗 浄 室	貯 蔵 室	準 備 室 (2)	搬 入 部 品 清 掃 室	組 立 試 験 室
温 度	°C	22±3	22±3	22±3	22±1.5	22±1.0	22±1.5	22±3	22±2	22±2	24±3	24±3	24±1.5
湿 度	%	40~50	40~50	40~50	Max 40	Max 40	Max 40	40~50	40~50	40~50	40~50	40~50	40~50
空 気 清 浄 度 0.3μ以上口過	%	99.95	99.95	99.95	99.95	99.95	99.95	80	99.95	99.95	80	80	80
空 気 圧 力	mm Aq	4	2	2	6	15	12	4	10	8	4	6	8
換 気 回 数	回/h	48	—	52	67	52	110	45	50	14	69	—	58



図 1.1 スーパークリーンルームの内部  
Fig. 1.1 Super clean room.



図 1.2 T. H. R.  
Fig. 1.2 Temperature and humidity controlled room.

### 2. 設 計 条 件

クリーンルームに必要な条件は数多くあるが、その中でもとくに重要なものとして、

- (a) じんアイがきわめて少ないこと、
  - (b) 温度および湿度がよくコントロールされていること、
- の二つがあげられる。とくにじんアイの少ない作業環境をつくるために設計上必要とされることとして

- (1) クリーンルームの中へじんアイを持ち込まないこと、
- (2) クリーンルームの中でじんアイを発生させないこと、
- (3) クリーンルームの中にじんアイをためないこと、



(4) クリーンルームの中の ジンアイ をできるだけ多く、早く排出すること、

の4項目が考えられる。そこで以下これらの要件を果すためにわれわれがどのようなことを考え、かつ実施したかを述べることにする。

### 2.1 ジンアイを持ち込まないために

高性能の フィルタ を有効に用いて、きれいな空気を供給すること、クリーンルームにはいる人間や物(部品や工具類)に付着しているジンアイを徹底的に除去できるような設備を考えること、より清浄度の必要とされるへやほど室内の空気圧を高めて、トビヤあとして述べるパススルーを開いたとき、よごれた空気が流れ込まないようにすることが考えられた。

### 2.2 ジンアイを発生させないために

建物や器具備品は、木の地はだや、はがれやすい塗装面が露出しないようにし、へやにはいる人間が身につける衣類もケバ立ちやすいものを避けなければならない。また鉛筆など粉末になりそうなものを持ち込んだり、使用しないように心がけなければならない。

### 2.3 ジンアイをためないために

へやの構造、使用する器具備品、機器などがいずれも ジンアイ のたまりにくいように配慮されていることが必要である。むき出しの照明器具、配管、壁 スイッチ、造りつけのたななどを除去することが細部にわたって考慮された。

### 2.4 ジンアイをへやの外へ多く、早く排出するために

空気調和 システム の換気回数を1時間あたり数十回にまで多くし、浮遊する ジンアイ をすばやく排出するようにしたほか、集中集じん真空装置を室外に設け、真空口をへやの随所に取り付けて、アタッチメントを接続すればいつでも簡単に全区域にわたって掃除が行なわれるようにした。

## 3. クリーンルームのレイアウトと機能

図3.1は鎌倉製作所に建設したクリーンルームのレイアウトを示したもので、左側の小さく区切られた部分が、S.C.R. 残りが T.H.R. である。S.C.R. および T.H.R. はさらに、表1.1に示すようなへやにわかれているが、それぞれの機能は次のとおりである。

### 3.1 S.C.R.

#### 3.1.1 準備室(1)

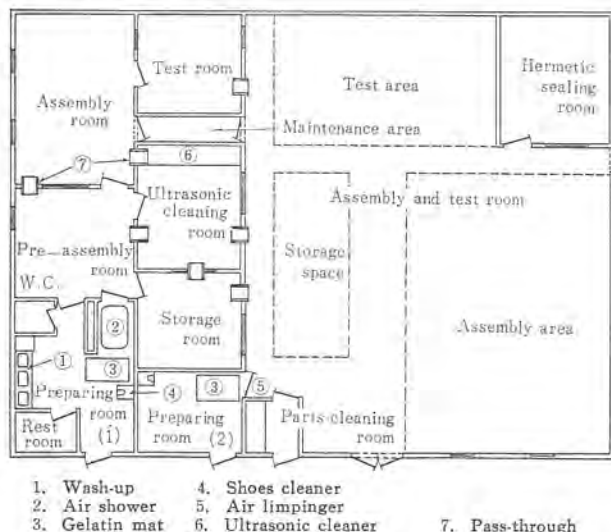


図 3.1 クリーンルームレイアウト  
Fig. 3.1 Clean room layout.

S.C.R. で働く作業者が入室のための準備をする部屋で、図 6.1 に示すような白衣に着換えるための ロッカ、手洗、くつ クリーナ、ゼラチンマット(後述)、エア・シャワなどを備えている。これらの設備は、S.C.R. へはいる人間が必ず使わなければならないように配置されており、入口と出口は別々に造られている。さらにこのへやには作業者がいちいち室外へ出る不便と、それによる ジンアイ の持ち込みを避けるために、便所と喫煙室が設けられている。

#### 3.1.2 予備組立室、組立室

超音波洗浄室で処理された部品を組立てるための部屋で、作業の内容および組立の順序によって、それぞれのへやを使いわけている。組立室は、温度範囲 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ で室内圧もいちばん高く、清浄度の最も高いへやである。

#### 3.1.3 試験室

組立室で組み立てられた半製品を専用の測定器で試験するためのへやで、良品は シールドケース に納められて T.H.R. の ハーメチックシール室に送られ シールされる。

#### 3.1.4 超音波洗浄室

S.C.R. や、必要に応じて T.H.R. で使用される 部品および工具類を超音波洗浄するためのへやで、ほかにベアリング洗浄室などの設備がある。有機溶剤を使用することが多いので、天井および壁面はすべてステンレス鋼製になっている。

#### 3.1.5 貯蔵室

S.C.R. で使用する部品や工具類をいったん貯蔵しておくへやで、部品や工具類は、超音波洗浄室を通じて持ち込まれ、使用前にも超音波洗浄を行なって各部屋へ送られるようになっている。

#### 3.1.6 保守室

これは S.C.R. ではないが、S.C.R. で使われる機器、とくに超音波洗浄器を背後から部屋を汚さずに保守できるようにしたところである。

### 3.2 T.H.R.

#### 3.2.1 準備室(2)

T.H.R. で働く作業者が入室の準備をする部屋で ロッカ、くつ入れ、くつ クリーナ、ゼラチンマットを備えている。

#### 3.2.2 組立試験室

配線作業を含む組立作業を行なうへやで、組立、試験および貯蔵のための区域にわかれている。試験区域には建物と絶縁した構造の防震台を備えている。なお、へやの一部には中で使う部品や工具類をエアスプレーによってクリーニングするための清掃室がある。

#### 3.2.3 ハーメチックシール室

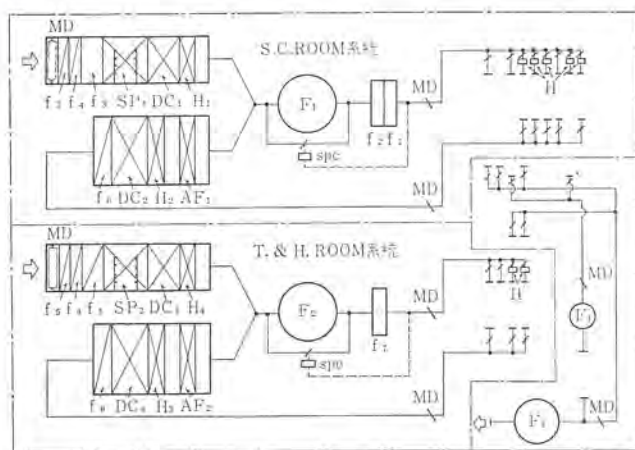
組立および試験を終えた半製品を シールドケース に入れて ハーメチックシールするへやで シール後、漏れの有無を調べる ヘリウムリークデテクタや、不活性ガスを充填する装置が備えられている。

## 4. 空気調和システム

空気調和 システム はこれを大別すると S.C.R. 給還気系統、T.H.R. 給還気系統および排気系統にわかれ、その大要は図 4.1 に示すとおりである。給還気系統を二つにわけたのは、要求温湿度条件がきびしく、それに合わせやすいようにするためと、将来おののブロックで別個に温湿度設定を変更したいときに容易にセッティングができるように考慮したためである。

空気調和 システム に送られるフレッシュエアは S.C.R. 系統が 4,800  $\text{m}^3/\text{h}$ 、T.H.R. 系統が 3,700  $\text{m}^3/\text{h}$  で、還気量がそれぞれ 17,000  $\text{m}^3/\text{h}$ 、32,500  $\text{m}^3/\text{h}$  となっている。したがって S.C.R. および T.





- F<sub>1</sub> 送風機  
F<sub>2</sub> 送風機  
F<sub>3</sub> 排風機  
F<sub>4</sub> 送風機  
f<sub>1</sub> アブソリュートフィルタ  
f<sub>2</sub> エアロゾルフィルタ  
DC<sub>1</sub> 直膨空気冷却器  
DC<sub>2</sub> 直膨空気冷却器  
DC<sub>3</sub> 直膨空気冷却器  
DC<sub>4</sub> 直膨空気冷却器  
SP<sub>1</sub> 加湿加湿器  
SP<sub>2</sub> 加湿加湿器  
f<sub>3</sub> コンパクトエアフィルタ  
f<sub>4</sub> エアフィルタ  
f<sub>5</sub> 金網  
f<sub>6</sub> エンバクエアフィルタ  
f<sub>7</sub> エアロゾルフィルタ  
f<sub>8</sub> コンパクトエアフィルタ  
H<sub>1</sub> 空気加熱器  
H<sub>2</sub> 空気加熱器  
H<sub>3</sub> 空気加熱器  
H<sub>4</sub> 空気加熱器  
AF<sub>1</sub> 蒸気加湿器  
AF<sub>2</sub> 蒸気加湿器  
SPC 静圧制御器  
H' プラスタ・ヒータ  
MD 自動開閉モータ・ダンパ

図 4.1 クリーンルーム空調系統図

Fig. 4.1 Air conditioning system diagram of clean room.

H.R. への供給空気量はそれぞれ 21,800 m<sup>3</sup>/h, 36,200 m<sup>3</sup>/h となる。

フレッシュエアは、3段のフィルタを通ったのち、冬期には加湿加湿器（蒸気スプレー）で、夏期には除湿冷却器（直膨クーラ）で処理される。次に空気加熱器を通して、夏冬全シーズンを通じ、S.C.R. では 16°C, 51%, T.H.R. では 8°C, 95% に調整され還気と混合される。一方還気は1段のフィルタを通ったのち直膨クーラ、空気加熱器、加湿器で必要に応じて処理され、S.C.R. では 22.7°C, T.H.R. では 44.2°C, 41% に調整される。混合空気はそれぞれ 22 kW, 30 kW の送風機で送られるが、ここで 0.3 μm 以上の ジンアイ を除去できる特殊フィルタでろ過される。このとき供給空気は、S.C.R. で 21°C, 38.6%, T.H.R. で 22.5°C, 44% に調整される。さらに設計条件のきびしいへやでは、供給口のすぐ近くに プラスタヒータ を設け、微調整を行なっている。

各へやの圧力は、ダンパによって調整され、天井の一部に通じたパイプで機械室まで導かれて、それぞれのへやの大気との圧力差を検出できるようになっている。

空気調和システムのコントロールはごく一部を除き、オートマチックに行なわれ、保守員は機械室に設備した監視盤を見ながら、異常が生じたときのみ処置すればよいようになっている。監視盤には、各室と空気調和システムの主要ポイントに設置した検出エレメントによって得られる温湿度が、指示、記録されるほか主要なへやについては、ランプで限界表示が行なわれる。そのほか風量のチェックや各関連機器のスイッチングおよびその表示が可能になっている。

空調機械室には上記空気調和システム用の各種機器や測定器のほか、空気圧縮機、集中集じん装置なども同時に設置されており、その広さは約 200 m<sup>2</sup> に達している。これはクリーンルームの広さの約 6 割に相当している。

## 5. フィルタ

クリーンルームの空気調和の中でフィルタの占める役割は非常に大きい。われわれの当時得られるものとしては最高の能力を有する、

表 5.1 フィルタの性能

	ろ過効率 DOP テ スト (%)	フィルタ ・メデ イ	ろ過面積 空気取入口 面積 × 50	空気抵抗 (水柱 mm)	耐温湿度 121°C, 100% 105°C, 90%	耐用時間 (h)
アブソリュート フィルタ	99.97	ガラスア ベスト	× 50	25.4~50.8	121°C, 100% 105°C, 90%	プレフィル タあり 6,000~ 20,000
エアロゾル フィルタ	80~85	ガラスファイ バ	× 10	11.4~20.3	105°C, 90%	プレフィル タなし 1800

\* DOP テストとは 0.3 ミクロンの Di Optyl Phthalate のスモークで効率を測定するもので、現在最も厳格なテスト法であり、アメリカ原子力委員会を採用されている。

アメリカ Cambridge 社の アブソリュートフィルタ および エアロゾルフィルタを用いることにした。両フィルタの性能を表 5.1 に示す。

ケンブリッジフィルタは、付属のマノメータにより空気抵抗が規定値の最大に達したときに交換を行なうようになっている。

## 6. 構造

建屋は鉄筋コンクリート 2 階建の 1 階部分に造られた。壁および天井は S.C.R. ではメラミン化粧板を、T. H. R. ではポリエステル合板を尿素系接着剤で木造骨組みに張合せた構造とし、釘やジョイナーを用いなかった。しかし超音波洗浄室のみは洗浄溶剤の影響を考えて内張りをしてステンレス鋼板とした。壁厚は外周が 150 mm 内部仕切りが 100 mm で、電気、電話、真空、圧縮空気用の配管をすべて内蔵し、表面にまったく出ない構造とした。外周壁には断熱材としてグラスファイバを内蔵した。なお水道配管、アースラインは床下埋込みとした。

窓はステンレスワックにゴムシールでガラスをはめ込んだ 2 重式とし、S.C.R. では小さい部屋に分割されているので中で作業する人間が閉じ込められた感じをできるだけうけないように窓の数を多く、かつ広くするように心がけた。トベラは、非常用の 2 箇所を除き、すべてステンレス製とし、見通しをよくするためにガラスをゴムシールではめ込んだ構造とした。

壁には、部屋間の人間の移動を最小限にするためにパススルー (Pass-Through 図 6.1) を設け、物品の移動に便ならしめている。床はコンクリート床の上に幅広のロリウム・シートを敷き接目を溶接により接合してジンアイのたまりやすいカンヅキ (間隙) をなくすようにした。壁と床との接合部分は丸味のあるステンレス製の副木を用



図 6.1 パススルー Fig. 6.1 Pass-through.



いてジニアイがたまりにくくすると同時に、掃除具との接触による壁の損傷を防ぐように配慮した。

このほか建屋の建築時にとくに注意しなければならないことは、施工中に発生するジニアイを壁の間や天井、床カバーの下などに残さないことで、このためには建築業者の理解と協力によってたえずきれいな環境で作業するように努めなければならない。

## 7. 付帯設備と器具備品

空気調和システムを除く付帯設備としては、電気（照明、アースを含む）、電話、圧縮空気、真空、水道のラインがあり、前述のように水道ラインが床下埋込のほかはすべて壁または天井に埋込まれている。

照明：照明は天井埋込によるケイ光灯照明のみとした。器具は密閉形とし、天井からジニアイの侵入がないようにとくに注意した。

電気：交流、直流合わせて4種類のラインが作業台の高さの壁面埋込コンセントから取り出せるようになっている。

エア・インピング：部品、工具などのクリーニングのために用いる一種のエアスプレー装置で、6気圧の清浄な圧縮空気ラインからホースで取り出し、ピストル形のアタッチメントを操作して部品などに付着したジニアイを吹き飛ばすようになっている。汚れた空気は排気ダクトを通じて屋外へ排出される。

エアシャワ：頭上から清浄な圧縮空気をS.C.R.に入室する人間に吹きつけてジニアイを除去するようにした装置で、準備室に設けられている。この装置は光電管により、入室者が通路を通れば自動的に作動するようになっている。

真空掃除装置：長さ5mのホースとアタッチメントを床上50cmの各所に設けられた真空口に取り付けることにより、室内全域が掃除できるようにした装置で、集じん機本体は室外に設置されている。一般に用いられているポータブルの掃除機は排気を室内に吹出すので好ましくない。

くつクリーン：入室者のくつからジニアイを除去するために、回転するブラシをフードの中に収めた装置で、排気ダクトにつながっていてジニアイが飛散しない構造になっている。

ゼラチンマット：粘着性をもったフロアマットで入室者がこの上を歩くとくつの底のジニアイが吸着される。広さが1m×1.5m、厚さが25mmのゼラチン製マットで、吸着したジニアイはケロシンでふっしき（払拭）し再生する。

作業台：クリーンルームで使用する作業台は表面がなめらかできずがつきにくく、しかもきずがついたときに粉状のくずが出ないものでなければならない。また床の掃除がしやすいように脚の間隔を考える必要がある。作業台に引出しをつけることはジニアイをためる原因となるので避けなければならない。またできるだけ短いコードで電源が得られるように作業台にジニアイのたまりにくい構造のコンセントが設けられていることが望ましい。

作業衣：写真からわかるように、S.C.R.へ入室する作業者はすべて白い作業衣を着用しなければならない。作業衣は上下が連結



図 7.1 エアシャワ Fig. 7.1 Air shower.

しており、さらに帽子およびくつカバーが付属している。作業衣はできるだけ繊維の長い布で作るのがよく、従来はナイロン糸が用いられていたが、最近は非帯電性のビニロン糸の無ジーン衣が市販されるようになってきた。

## 8. ジニアイ度の測定

クリーンルームの清浄度は、空気調和システムで使用するフィルタの性能によって大きく左右されるが、作業の内容や人間の数などによっても変化するものである。クリーンルームの清浄度を測定するものとしては、従来は顕微鏡によって数をかぞえる方式が多かったが、現在ではパイプを通過する空気に光をあて、その散乱光を光電管でうけて数は光のパルスを電気パルスに変え、大きさは起電力で測る方式の測定器がよく用いられている。この方式のものとしては、アメリカROYCO社のAirborne-Particle Monitorがある。

## 9. む す び

以上当社鎌倉製作所に建設したクリーンルームについてその概要を述べたが、最後にこのクリーンルームの維持管理に関する事項に触れてむすびとしたい。

前述のようにクリーンルームは、ジニアイを極度に少なくするように設計され、建設されているが、この高価な設備も中で働く作業者の協力なしには十分な成果を得ることができない。したがって、この特殊な環境で働く予定の作業者にはクリーンルームとは何か、なぜ必要か、各へやの機能とその設備はどのようなものであるかをよく説明し、かれらにクリーンルームの意義を十分納得させたい。入室のための心得書を渡し、それを守るように指示しなければならない。その心得書は入室の手順、室内での一般心得、作業上の注意、掃除の方法などについて書いたものでなければならない。



# 家庭用ルームクーラ

林 侑 孝\*・貝 瀬 俊 朗\*

## Type RG and GW Room Air Conditioners for Domestic Use

Shizuoka Works Yukitaka HAYASHI・Toshirō KAISE

Air conditioners, first introduced to business offices and theaters, have now begun to set their foot in domestic life. However, those for use in homes must meet requirements a little different from those of large capacity installations. Easy operation, beautiful design and safety for user shall be added to the requisition of small size, lightweight and absence of cooling water. Type RG room air conditioners of window mount model are the most popular for the present. But depending the places of installation, they are not suited for the circumstances. Type GW of floor mounting models are developed for the use in such cases. They are small sized water cooled and can be set up without breaking a window.

### 1. ま え が き

事務所、劇場などの大きな建物を冷房することからはじまった冷房装置は、最近になって美容、理髪、旅館などのサービス業、続いて家庭へも設置されるようになってきた。冷房装置がこのような身近な電気品になってきたため、操作のしやすいこと・外観、意匠が美しいこと・安全であること・運転音が低いこと、などの要求も“冷房する”ことのほかに要求され、加えて据付け上の問題から、小形であること・軽量であること・冷却水や冷媒配管が不要であること、などの点も要求されている。

窓掛形 RG タイプルームクーラ (RG-08 R 形, RG-10 R 形) はこれらの市場の声を十分満足するものとして開発が完了し、41年度から発売されることになったので、ここにその概要を紹介する。

一方、一般家庭用としての小形ルームクーラは従来窓掛形が多いが、据付け場所により窓掛形が使用できない場合も多い。窓を打ち抜かないタイプとしては、セパレート形、リモート形など室外ユニットと室内ユニットを分離したものが開発されているが、ここでは一つのユニットで家庭用床置き式として開発された、小形水冷式ルームクーラ GW-07 R 形を紹介する。

### 2. RG-08 R 形, RG-10 R 形

#### 2.1 特 長

まず RG タイプルームクーラの特長を述べる。

(1) 小形で軽量である。

ユニット引出式にもかかわらず従来品に比べ大幅に小化形、軽量化された。

(2) JIS 規格に適合している。

JIS 規格電気冷房機 (JIS C 9612) が昭和 39 年に制定され、これに準拠している。

(3) 静かな運転音である。

(4) 温度調節器付きである。

家庭用として使用される場合とくに夜間の冷えすぎを防ぐ。

(5) 風量を 2 段に調節できる。

日中の強力な冷房と夜間の静寂な冷房に使い分けられる。

(6) 殺菌 フィルタ 付きである。

空気吸入口全面に殺菌 フィルタ を付け空気の清浄に役だつ。

(7) 排気 ダンプ 付きである。

冷房運転しながら室内の空気を新鮮にできる。

(8) 風向き ルーパ 付きである。

8 枚のルーパを使用して左右どの方向にも風向きを変えられる。

(9) ユニツは引出式である。

シーズンオフの内部掃除や、また据え付け時に便利である。

#### 2.2 構造および仕様

##### 2.2.1 概 説

RG-08 R 形ルームクーラの外観を図 2.1 に示す。RG-10 R 形



図 2.1 RG-08 R 形 外 観  
Fig. 2.1 Front view of model RG-08 R.



図 2.2 RG-10 R 形 外 観  
Fig. 2.2 Front view of model RG-10 R.

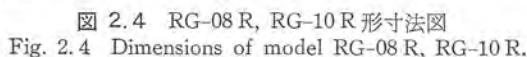


図 2.3 RG-10 R 形 内 部  
Fig. 2.3 Interior view of model RG-10 R.



表 2.1 仕様一覧表

項 目		形 名	單 位	RG-08R	RG-10R	GW-07R
電	源	φ	V	100	100	100
性 能	冷 房 能 力	(kcal/h)		1,600/1,800	2,000/2,240	1,400/1,600
	除 湿 力	(l/h)		1.5/1.8	1.7/2.0	0.95/1.1
	室内側風量 50 c/s 弱強	(m³/min)		6.0/7.0	6.0/7.0	4.5/5.2
	室内側風量 60 c/s 弱強	(m³/min)		6.0/7.0	6.0/7.0	5.0/5.7
	全 入 力	(kw)		0.76/0.96	1.1/1.35	0.54/0.71
	全 電 流	(A)		8.4/9.8	12.0/13.7	6.8/7.9
	起 動 電 流	(A)		30/27	26/22	30/28
	力 率	(%)		90/98	92/99	80/90
圧縮機	電動機出力	(kw)		0.6	0.75	0.5
	極 数			4	2	2
送風機	電動機出力	(kw)		0.02	0.02	0.02
	極 数			4	4	4
	回転数 50 c/s 弱強	(r.p.m)		1,150/1,275	1,150/1,275	1,040/1,110
	回転数 60 c/s 弱強	(r.p.m)		1,100/1,350	1,100/1,350	1,080/1,230
	室内側送風機			シロッコ ファン 150φ	シロッコ ファン 150φ	シロッコ ファン 150φ
	室外側送風機			プロベラ ファン 255φ	シロッコ ファン 255φ	—
構 造	蒸 発 器			銅管 アルミフィン	銅管 アルミフィン	銅管 アルミフィン
	凝 縮 器			銅管 アルミフィン	銅管 アルミフィン	2 重 管 式
	冷 媒	(kg)		R-22, 0.47	R-22, 0.5	R-22, 0.35
	減 圧 方 式			毛 細 管	毛 細 管	毛 細 管
エ ア フ ィ ル タ			殺菌フィルタ	殺菌フィルタ	殺菌フィルタ	
換 気 装 置			排気ダンパ	排気ダンパ	—	
温 度 調 節 器			内 蔵	内 蔵	内 蔵	
風 量 交 換 装 置			強, 弱 2 段	強, 弱 2 段	強, 弱 2 段	
冷 却 水 量	(l/h)		—	—	160	
製 品 重 量	(kg)		57	58	49	
外 形 寸 法 (高さ×幅×奥行)	(mm)		370×614×580	370×614×580	1,005×460×333	
付 属 品			パ ッ キ ン	パ ッ キ ン	据付台エルボ	
形 式 認 可 番 号			㊦91-949	㊦91-1337	㊦91-1339	



### (1) 防振装置

(2) 送風機 モータ ささえ

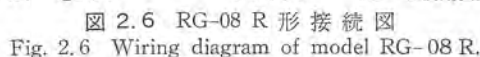
(3) ドレンパン

### 2.2.3 前パネル

#### 2.2.4 操作部分

### 2.2.5 電気配線

图 2.5 RG 形操作部分  
Fig. 2.5 Control panel of model RG.





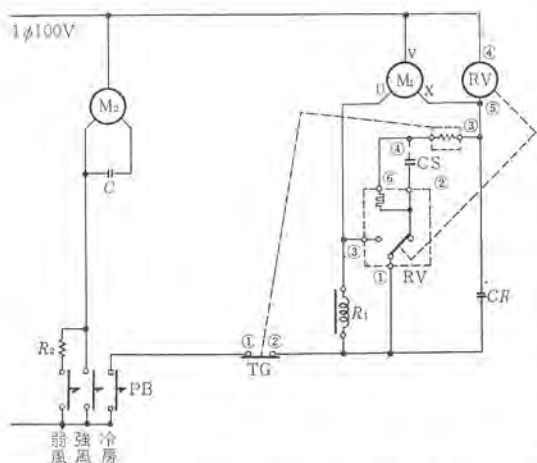


図 2.7 RG-10R 形 接 続 図  
Fig. 2.7 Wiring diagram of model RG-10R.

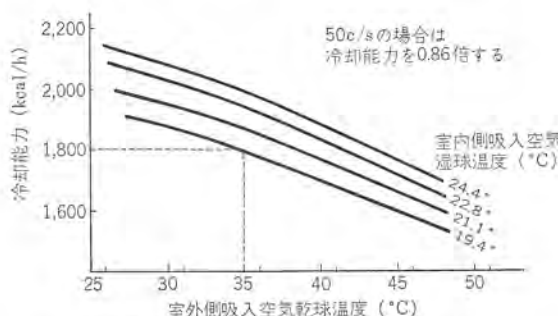


図 2.8 RG-08R 形 性 能 曲 線  
Fig. 2.8 Performance curves of model RG-08R.

電源は家庭用単相 100 V で、電源コードは本体に付属している。弱風または強風のボタンをロックすると、送風機電動機 M2 に電圧がかかり送風機電動機が回転する、弱風の場合抵抗 R2 により電圧を落としている。

冷房のボタンをロックすると、圧縮機電動機 M1 が回転する、起動コンデンサ CS は電圧リレー RV により起動完了後に開路される。起動リアクタ R1 は起動電流を 33 A 以下に押えるためそう入されている。

運転中に室内外の条件がきびしくなった場合、あるいは圧縮機回路に異常が発生して過電流が流れた場合は、プロテクタ TG が自動的に動作して圧縮機を保護する。

### 2.3 特 性

RG-08R 形の冷房能力曲線を図 2.8 に示す。室外側吸入空気乾球温度と室内側吸入空気湿球温度を測定すれば、その時点におけるルームクーラの冷房能力を知ることができる。

## 3. GW-07R 形

### 3.1 構造および作用

図 3.1 は、このルームクーラの外観、図 3.2 は内部構造、図 3.3 は内部構造概略、図 3.4 は外形寸法図である。

構成部品はキャビネット、吹出羽根、前パネル、台板などの外装板金部品、圧縮機、凝縮器、乾燥器、毛細管、冷却器などの冷媒回路部品および送風機そのほか電気部品からなる。

部品配置は一般家庭用の床置形であるということで、床置面積



図 3.1  
GW-07R 形外観  
Fig. 3.1 Front view of model GW-07R.



図 3.2  
GW-07R 形内部  
Fig. 3.2 Interior view of model GW-07R.

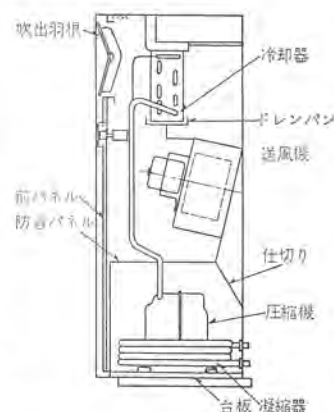


図 3.3 GW-07R 形内部構造  
Fig. 3.3 Sectional view of model GW-07R.

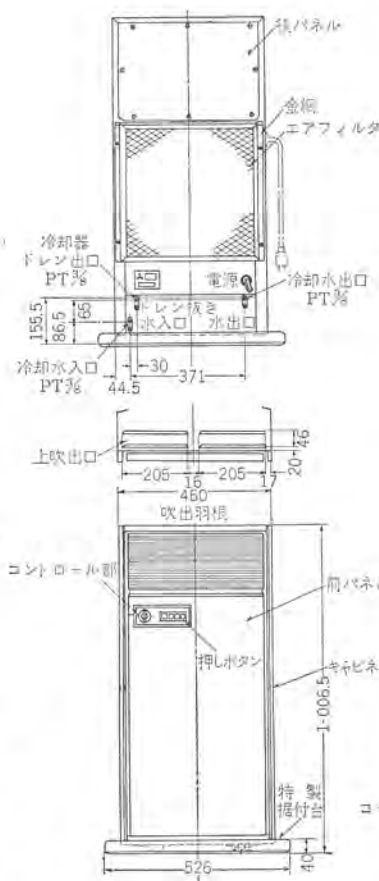


図 3.4  
GW-07R 形外形寸法  
Fig. 3.4 Outline dimensions of model GW-07R.

を小さくするようにした。そのため図 3.3 に見られるように、立形でスマートな形状にした。最上部に銅管アルミフィンクロスフィン形冷却器を、その下部にドレンパン、中央部後方にシロッコ形送風機、中央部前方に電気部品、最下部に全密閉形圧縮機および 2 重管式凝縮器を配置した。

また居間、寝室などに据付けられる機会が多いので騒音、振動を極力おさえるように努力した。そのために圧縮機は防振ゴムを介して台板に取付け、また送風機電動機もクッションゴムを介して取り付けてある。

さらにスペースファクタをよくするため圧縮機を 2 重管式凝縮器の巻径の中に入れてある。冷却器、送風機部分と圧縮機、凝縮器部分にはキャビネットにより仕切られており、圧縮機、凝縮器部分には、防音効果を高めるため防音パネルを取り付けた。



前パネルはソフトブルーのハンマートン塗装、吹出し羽根は光沢アルミニウム製として意匠効果を高めた。また前パネル、吹出し羽根は容易に取りはずしできる構造とし、吹出し羽根は手で動かすことにより、風向変更を上下、左右自由にできるようにした。

また、客先の希望により、ニクロム線電熱器を冷却器後面に取り付けることができるようにし、さらに別の希望部品として、プレクーラを用意した。このプレクーラは銅管アルミフィンクロスフィン形で、風吸込口後面に取り付けるようにした。そしてこのプレクーラに温水を通すことにより、冬期には温水ヒータとして使用できる。

このルームクーラは、後面から風を吸込み、前面の吹出羽根から吹き出す。運転は前パネル上部にあるコントロール部により、送風・冷房・暖房・送風強弱・温度調節がすべてできるようになっている。図3.5は、このルームクーラの冷媒配管および冷却水系統図である。冷媒は圧縮機により高温高压ガスにされて凝縮器に送り出され、ここで冷却水と熱交換して高圧液となり、乾燥器を通して毛細管へはいり、ここで減圧され冷却器内にはいり、室内空気と熱交換して蒸発し、低温低压ガスとなって圧縮機へもどり冷凍サイクルを行なう。

一方、冷却水は凝縮器にはいって冷媒と熱交換するのであるが、プレクーラを取り付けた場合には、はじめにプレクーラを通してから凝縮器にはいる。また温水を通した場合でも配管はそのままよい。冷媒は低温部、たとえば圧縮機に集合するので冷媒の圧力はほとんど変化なく危険はない。しかし圧縮機はもちろん運転できない。

### 3.2 仕様および電気配線

GW-07R形のおもな仕様を表2.1に示す。また図3.6に電気配線を示す。図3.6により作動を説明する。4点押ボタンスイッチ1—2を接続すると、送風機用電動機がまわり室内に風を送る。次に3—4を接続するとメリコン起動リレーのコイルに電流が流れ、接点1—2を瞬時ONとする。これにより圧縮機用電動機起動コンデンサに逆電され、圧縮機用電動機が回転する。それにつれて、起動リレーの接点1—2がOFFとなり起動コンデンサを切り離して、定常運転にはいる。圧縮機用電動機には熱動安全器がついており、異常時に圧縮機用電動機巻線を焼損から保護する。また、送風の強弱は、速度調節器の回路を切換え、弱のときには抵抗がそう入され、電圧降下により送風機用電動機の回転を落とすようにしてある。また、温度調節器が圧縮機用電動機回路にはいってあり、温度調節器の働きにより圧縮機用電動機の起動、停止を行

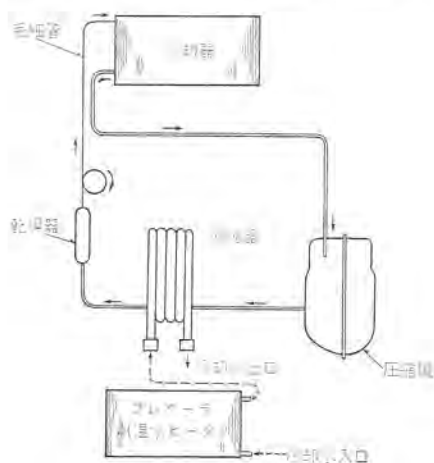


図3.5 冷媒配管系統  
Fig. 3.5 Refrigerant piping system.

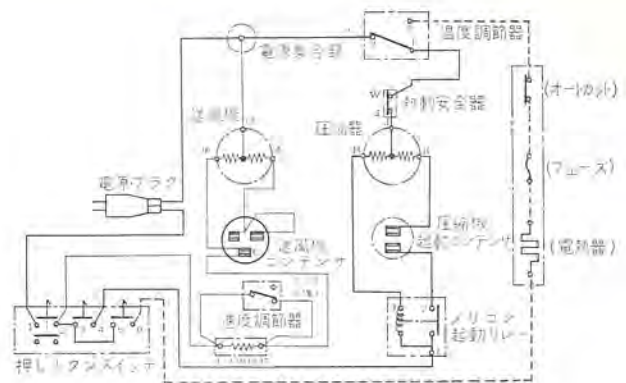


図3.6 電気配線  
Fig. 3.6 Electric wiring diagram.

なわせ、室内温度を一定に保つようにしてある。また、破線で示したのは希望部品の電熱器を取り付けた場合である。

### 3.3 特長

このルームクーラの特長をつぎに述べる。

(1) 据付け面積が小さい。

床置形であるので据付け面積を小さくすることは必須の条件であり、小形軽量なのでどこでも容易におくことができ、据付け工事も簡単である。

(2) 冷却水は水道水が使用でき水冷式であるから、同クラス程度の空冷式に比べ冷房能力が大きい。

(3) 風向き変更ができる。

吹出羽根を手で動かすことにより風向きを自由に変えることができ、図3.7(a)のように、夏期には、上方吹き出しにして直接冷気が当たらないようにするとともに、冷やされた重い空気を上から下へ循環させる。また冬期の暖房時には、図3.7(b)のように下方吹き出しにすることができるので、理想的な暖房ができる。

(4) プレクーラを取り付けることができる。

井戸水の豊富な場所では、このプレクーラを取り付けることにより、さらに強力な冷房をすることができる。このプレクーラは、すでに各メカから市販されているファンクーラと同じ原理のもので、これをつけることにより、ルームクーラとファンクーラの両者を兼ね備えたものになる。

(5) 温水ヒータとして使用できる。

プレクーラに温水を通すことにより、冬期には温水ヒータとして暖房ができる。温水が容易に利用できる場所では非常に有効である。

(6) 電熱器を取り付けることができる。

以上のようにGW-07R形特有の特長のほかにRGタイプと同様に、つぎの特長も備えている。

(7) JIS規格に適合している。

(8) 騒音、振動がほとんどなく運転が非常に静かである。

(9) 温度調節器付きである。

(10) 風量を2段に調節できる。

(11) 殺菌フィルタ付きである。

### 3.4 特性

図3.8に冷房能力曲線を示す、吸入空気湿球温度およびそのときの凝縮温度により冷房能力がわかる。

また図3.9にプレクーラ性能曲線、図3.10に温水ヒータ能力曲線を、図3.11は水頭損失曲線、図3.12は凝縮器性能曲線を示す。





(a)

図 3.7 吹出し空気流試験



(b)

Fig. 3.7 Outlet air flow test.

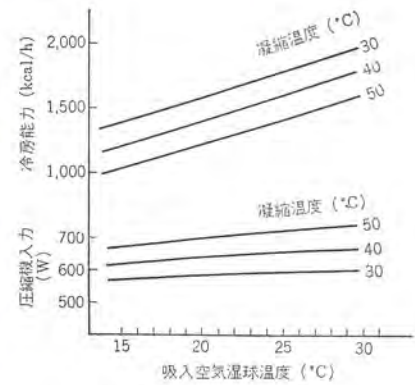


図 3.8 GW-07 R 形  
性能曲線

Fig. 3.8 Performance curves  
of model GW-07 R.

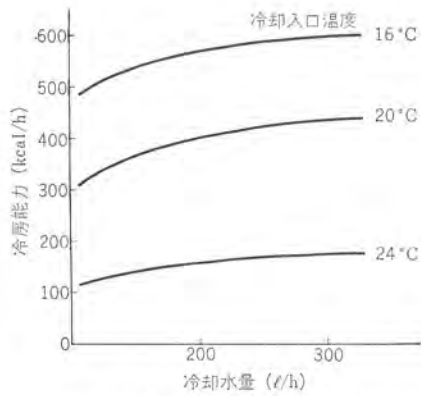


図 3.9 プレクーラ 性能曲線  
Fig. 3.9 Performance curves  
of pre-cooler.

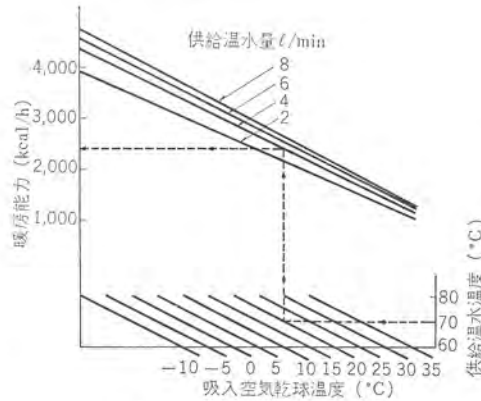
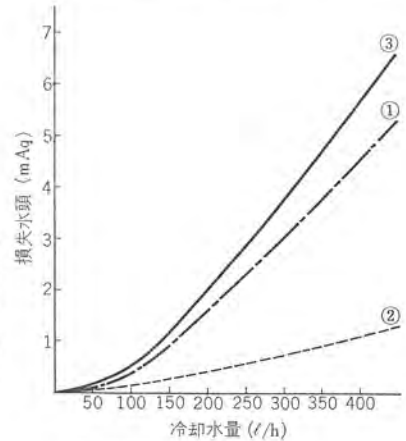


図 3.10 温水ヒータ 性能曲線  
Fig. 3.10 Performance curves of heating  
coils for hot water heater.



① 凝縮器水頭損失曲線  
② プレクーラ水頭損失曲線  
③ 凝縮器+プレクーラ水頭損失曲線  
図 3.11 水頭損失曲線  
Fig. 3.11 Head loss curves.

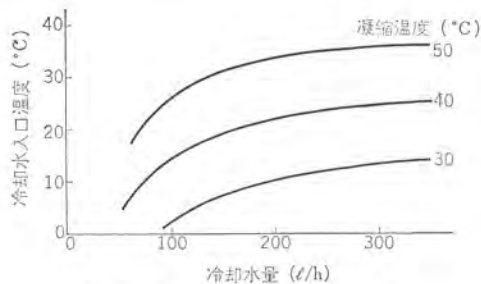


図 3.12 凝縮器と性能曲線  
Fig. 3.12 Performance curves of condenser.

#### 4. む す び

以上 RG 形および GW 形の概要を述べた。

最近、ルームクーラの一般家庭への普及が年々高まっているおりから、ここに紹介したルームクーラが各家庭で、その特長を十分生かして活躍することを念願してむすびとしたい。



# 新形 GA, GW 形パッケージルームクーラ

三 浦 隆\*・玉 山 敦\*

## New Type GA and GW Packaged Room Air Conditioners

Sizuoka Works Takashi MIURA・Satoshi TAMAYAMA

With the recent economic development and the diffusion of idea on environment sanitation, demand on room air conditioners increases year after year and the apparatus is now becoming a necessity in business offices, banks, stores, bars, cabarets and tea houses. As the installations increase, public becomes aware of importance in improving the performance of air conditioners together with reduced noise, decreased vibration, easy handling and maintenance. Mitsubishi has developed packaged room air conditioners and made constant steps toward the betterment of devices to satisfy the market. This article gives description on new models of 1966, type GA-20 air cooled units and type GW-50 water cooled ones, which are provided with hermetic compressors, of frameless construction, small size, light weight and far improved performance.

### 1. ま え が き

最近の経済発展と環境衛生思想の普及により昨今の不況にもかかわらず、ルームクーラの需要は年々高まり、ビル、事務所、銀行、商店、バー、キャバレーなどのサービス業では必需品になってきた。ルームクーラの普及が高まるにつれ市場での要求も冷暖房性能はもとより、騒音、振動の小さな、運転操作、据付け保守の容易な、かつ安価なものになってきた。

当社ではパッケージ国産第1号機から、たえまない研究・改良を続け、市場の要求にマッチした製品を生産、販売してきた。ここでは'66年度新製品のうちからフレームレス構造、全密閉形圧縮機を使用した小形軽量のセパレート形空冷式 GA-20 形および床置き水冷式ルームクーラ GW-50 形について、特長・構造・性能などについて紹介する。

### 2. セパレート形空冷式ルームクーラ GA-20 形

GA 形空冷式ルームクーラは室内に据え付けられる冷却装置 GA-本体と、室外側に据え付けられる凝縮装置 GAC 凝縮器およびこの両者を接続するガス、液冷媒用フレチャージ管から構成される。

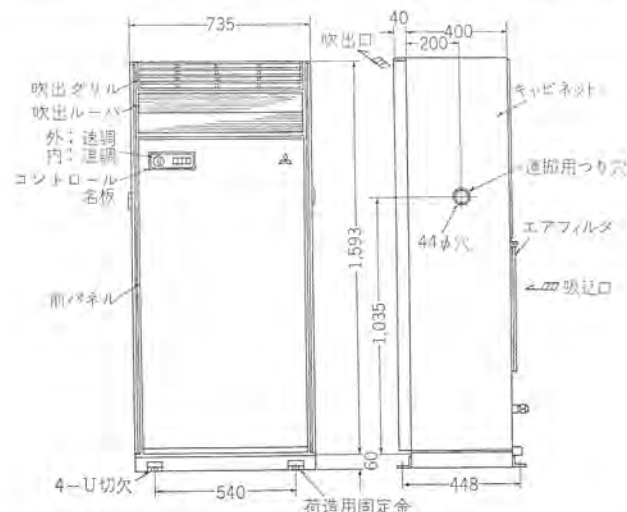


図 2.1 GA-20 形外形図  
Fig. 2.1 Outline of model GA-20.

\*静岡製作所

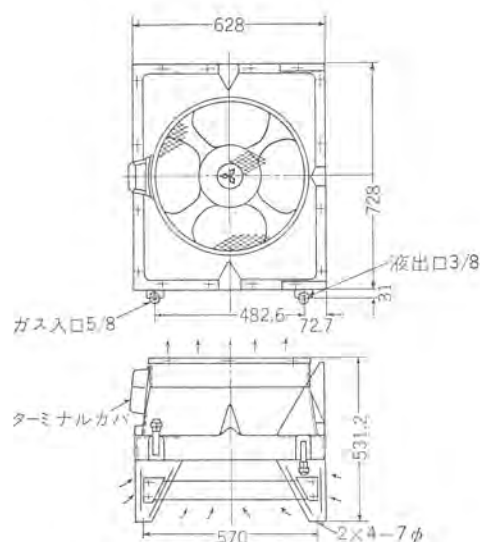


図 2.2 GAC-20 形外形図  
Fig. 2.2 Outline of model GAC-20.

図 2.1 は GA-20 形、図 2.2 は GAC-20 形の外形図である。

#### 2.1 特 長

GA-20 形のおもな特長をあげるとつぎのとおりになる。

- (1) 全密閉形 2 極圧縮機の使用とフレームレス構造により小形軽量にした。(VD-018形)
- (2) 冷風は上向きに、暖風は下向きの理想的な風向の得られる Up and Down Blow 方式の吹出ルーバにした。
- (3) 送風を強・弱 2 段切換えにし、昼間時、夜間時に便利で非常に静かな運転を可能にした。
- (4) 小形軽量セパレート凝縮器は上吹出し、横吹出しが可能で屋上、屋根の上、壁面などどこにでも取り付けられるようにした。
- (5) GA-本体と GAC-凝縮器の間の接続はフレチャージを使い、現地でのロウ付け、溶接はいっさい不用にした。
- (6) 冷却性能の向上を計った。

#### 2.2 構造、仕様

図 2.3 は GA-20 形の内部構造図を示す。GA-20 形は防音に有利な後面吸込み、前面吹出しの形式をとり、本体は製品の骨格、強度メンバとなるキャビネット組み立て、台板、冷凍サイクルを形



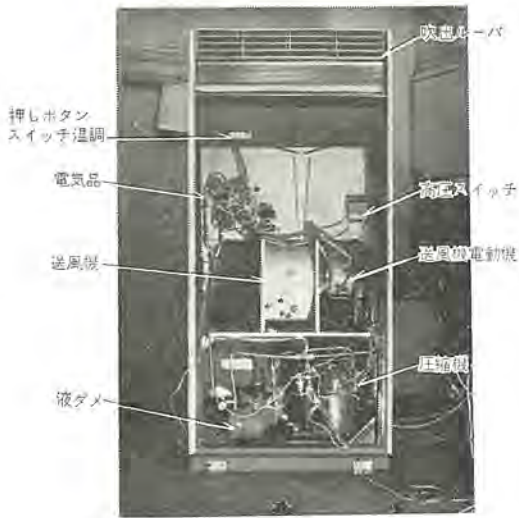


図 2.3 GA-20 形内部構造図  
Fig. 2.3 Interior view of model GA-20.

成するユニット組み立て、送風機部分、吹出ルーバ、前パネル、エアフィルタからなっている。キャビネット組み立てには上部に蒸発器取付板、中部に送風機ケーシングが強度メンバを兼ね溶接され、機械室は通風路および四周から遮断される仕切板で囲われている。ユニット組み立ては図 2.3 に示すように蒸発器、毛細管、圧縮機、液溜、サイトグラス、パッキレス弁からなっている。運転用押しボタンスイッチおよびサーモスタート送風強弱切替スイッチは正面前パネル左寄りに位置し、楽な姿勢で操作できるようになっている。常時洗浄するエアフィルタは後面吸込口にかけてあり、パネルの取りはずしはいっさい不用で、だれでも取りはずしできるようになっている。

さらに本体蒸発器後方に電熱器、吸込口に温水暖房器を取り付けることによって手軽に冬の暖房が行なえるようになっている。

図 2.1 に示した GAC-20 形凝縮器は、送風量、クロスフィン凝縮器の大きさの組み合わせをあらゆる角度から検討設計した凝縮ユニットで小形軽量、据付け面積のわずかな、どこにでも据え付けられる利点を持っている。送風機は 6 極電動機直結のプロペラファンを使用し、カバーは耐熱 ABS 樹脂、ガードにメタルス金網を用い

表 2.1 GA-20, GAC-20 形仕様一覧

GA-20 形			外 装		ソフトブルーハジマートン 高級メラミン焼付塗装
外形寸法	高 さ	(mm)	1,653		
	幅	(mm)	735		
	奥 行	(mm)	440		
	分割できる高さ	(mm)	—		
冷 房 能 力	冷 房 能 力	(kcal/h)	4,500/5,000		
	電 源	三相 200 V 50/60 c/s			
	全 入 力	(kW)	2.0/2.4		
	全 電 流	(A)	7.2/8.2		
電 気 特 性	力 率	(%)	80/85		
	起 動 電 流	(A)	48/42		
冷 媒	圧縮機	形式×個数	全密閉×1		
	電動機出力	(kW)	1.5		
	極 数		2		
	蒸 発 器		クロスフィン		
回 路	冷媒制御機器		毛細管		
	冷 媒		R-22		
	サイトグラス	付			
	バックガス出口	3/8 インチ			
送 風 装 置	スレ弁	液 入 口	5/8 インチ		
	送風機形式×個数		シロッコ×1		
	風 量	強 (m <sup>3</sup> /min)	18/20		
	風 量	弱 (m <sup>3</sup> /min)	15/15		
送 風 装 置	出力 (kW)		0.05		
	電動機	極数	6		
			GAC-20 形圧縮器		
外形寸法	高 さ	(mm)	531		
	幅	(mm)	728		
	奥 行	(mm)	628		
	形 式		床置き		
送 風 装 置	送風機形式×個数		プロペラファン×1		
	風 量		50/60		
	電 動 機	出力 (kW)	0.1		
	極 数		6		
圧 縮 器	圧 縮 器		クロスフィン		
	カ バ ー		ABS 樹脂		
	カ ー ド		メタルス		
	製 品 重 量	(kg)	29		

表 2.2 VD-018 形圧縮機仕様

名 称		VD-018	
形 式		全 密 閉 中 つ り 式	
外形寸法	外 径	(mm)	250
	高 さ	(mm)	318
	シリンダ径	(mm)	42.86
	ストローク	(mm)	25.9
圧 縮 機	シリンダ数		1
	押 の け 量	(cc/rev)	37.4
	形 式		三 相 誘 導 電 動 機
	定 格 出 力	(kW)	1.5
電 動 機	極 数		2
	電 源 定 格		3 φ 200 V 50/60 c/s
	潤 滑 油		DH 45
	冷 媒		R-22
重 量		(kg)	30

たシンプルな構造となっている。

表 2.1 に GA-20 形 ルームクーラの主仕様を示し、表 2.2 に圧縮機仕様を示した。

### 2.3 防振、防音装置

防振、防音装置はとくに研究・検討したところで、中つり式全密閉形圧縮機は台板上に、2 重防振ゴムを介して取り付けられ、圧縮機の四囲は防音剤の塗布された仕切板で密閉されているので、圧縮機の振動は、台板、キャビネットへは伝達されない。送風機については、ロータの羽根、ケーシングスクロールおよび台板の形状、ロータとケーシングの間ガキ(隙)、電動機の取り付けなど細心の注意をはらって設計し、キャビネットとの共振、共鳴を完全に防止した。

### 2.4 安全装置

圧縮機および室内・室外送風機電動機は電動機巻線温度を直接感知するインターナルサーモスタートを内蔵し、単相運転、拘束運転、ガス漏れなどで、巻線温度が異常に高くなった場合に電気回路を切り、圧縮機・送風機電動機を保護する。さらに圧縮機電動機の保護には過電流値を直接感知して保護する過電流継電器を具備し 2 重保護とした。図 2.4 は過電流継電器の特性を示すが、全負荷電流の 125% 以上の電流が流れた場合は、1.5~4 sec の短時間で動作する理想的な特性である。異常高圧に高圧スイッチ、吸入冷媒ガスの異常低温には低温サーモで感知させ、圧縮機の保護をいっそう完べきなものにした。

### 2.5 電気部品

電気部品は、送風弱・送風強・冷房・断の操作を行なうに必要な

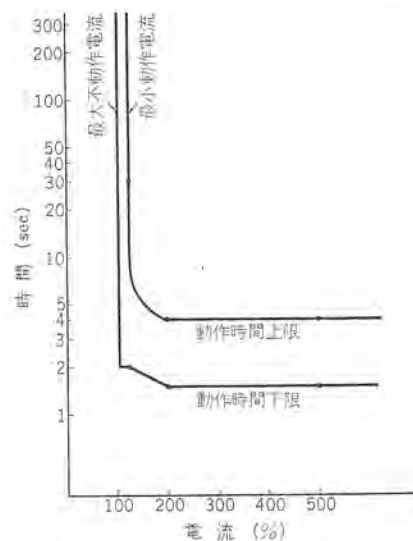
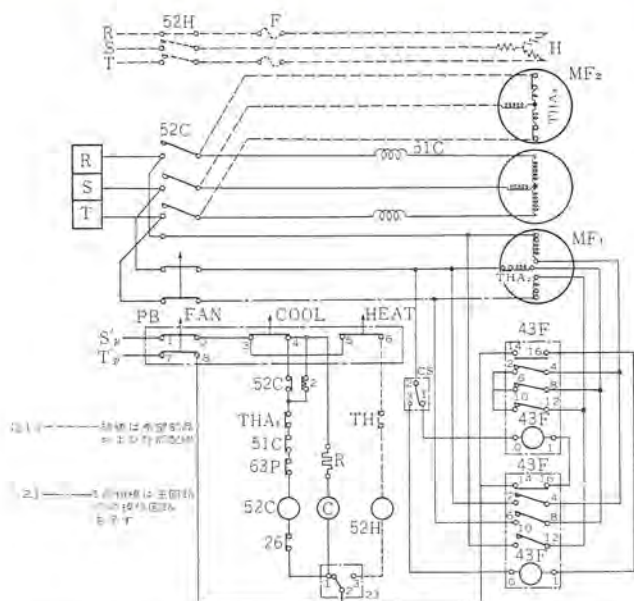


図 2.4 過電流継電器特性曲線  
Fig. 2.4 Characteristic curves of over current relay.





記号	名称	記号	名称	記号	名称
MC	圧縮機用電動機	42 F	送風機回路切換接触器	H	電熱器
MF <sub>1</sub>	送風機用電動機 (室内)	2	遅延リレー	52 H	電熱器用電磁接触器
MF <sub>2</sub>	送風機用電動機 (室外)	THA <sub>1</sub>	圧縮機電動機インターナルサーモ	TH	空焚防止温度調節器
52 C	圧縮機用電磁接触器	R	抵抗器	F	温度ヒューズ
51 C	圧縮機用過電流継電器	63 P	高圧スイッチ	THA <sub>2</sub>	送風機電動機インターナルサーモ (室内)
PB	4点押しボタンスイッチ	26	反転式温度スイッチ	THA <sub>3</sub>	送風機電動機インターナルサーモ (室外)
23	温度調節器	CS	切換スイッチ		

図 2.5 G A-20 形電気配線図  
Fig. 2.5 Schematic wiring diagram of model GA-20.

な部品を具備している。図 2.5 は電気配線図を示すが、この回路の特長は保護装置はすべて自動リセット方式とし、遅延リレーを持つ独特な回路により、保護装置が自動リセットしても押しボタンスイッチの“断”のボタンを押し、“送風”、“冷房”のボタンを押さなければ圧縮機は運転できないことである。したがって自動リセットによるパタパタ運転もなくまたリセットのためにわざわざパネルを取りはずす必要もなくなった。

## 2.6 据付

従来、セパレート形空冷式ルームクーラの本体と凝縮装置を接続する冷媒配管は、ろう付けや溶接方法によっていたため据付け時には溶接機一式持参する必要があり、配管作業にかなりの時間と手間を要した。

GA-20、GAC-20 の冷媒配管はすべてフレチャージ管を使用し、現地でのろう付け、溶接作業いっさい不用とした。すなわちフレチャージ管はガスおよび液冷媒配管に対して準備され、配管長さは1本5m単位で、最高6本まで使用可能である。フレチャージ管の両端はフレアメス・フレアメス、またはフレアメス・フレアオス継手となっている。図 2.6 に GA-20 形冷媒回路の略図を示す。冷媒配管が5m 以上の場合はボールバルブから相当量の冷媒を充填する。

## 2.7 性能

ルームクーラの性能を評価する定格条件は、消費電力3kW 以下に対しては JIS C 9612 が1964 年制定された。当社は3kW を超えるルームクーラに対しても、JIS 規格を拡大解釈してこれに準拠して試験を行なっている。

空冷式ルームクーラの標準条件は室内側 D. B. 27°C, W. B. 19.5°C, 室外側 D. B. 35°C, W. B. 24°C であるので、この温度・湿度が保持できるコウ温室で運転試験される。空冷式ルームクーラの場合、室

新形 GA, GW 形 パッケージルームクーラ・三浦・玉山

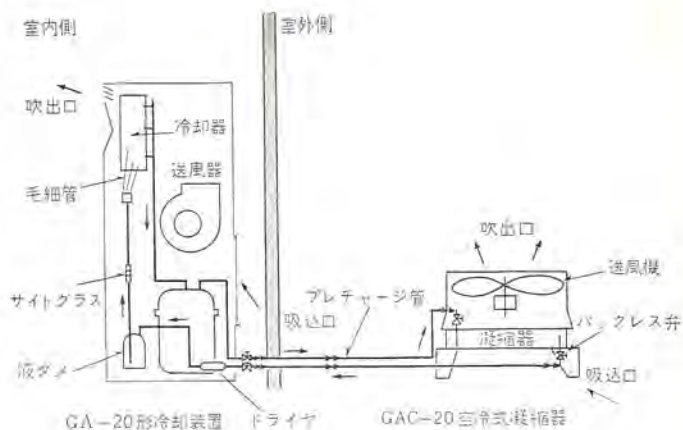


図 2.6 GA-20 形冷媒回路略図  
Fig. 2.6 Schematic refrigerant piping of model GA-20.

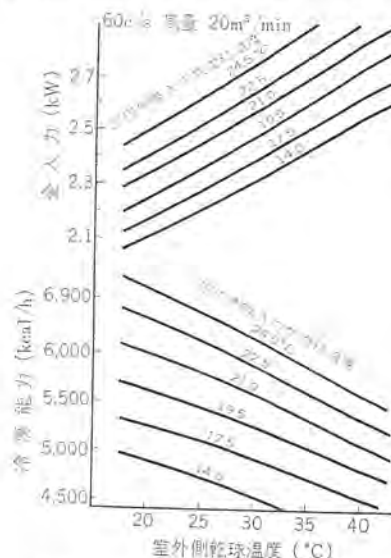


図 2.7 G A-20 形冷却性能曲線  
Fig. 2.7 Performance curve of model GA-20.

内・室外風量は一定であるので、冷房能力の性能曲線は室内側吸入空気湿球温度および室外側吸入空気乾球温度によってほぼ定まる。図 2.7 は室内側湿球温度・室外側乾球温度を変化させたときの、60 c/s 電源で運転した性能曲線である。図に示すように室内側湿球温度が一定の場合は外気温度が上昇すればそれだけ凝縮温度は高くなり、冷房能力は低下し、消費入力は増加する。また外気温度が一定であれば室内側吸入空気湿球温度が上昇すればするほど冷房能力は上昇し消費電力を増加する。50 c/s 電源では冷房能力、入力はそれぞれ約 10%、15% 低下する。

## 2.8 騒音分析

図 2.8 は GA-20 形の前面1m 高さ1m の点で騒音分析した一例を示す。図示のとおり、低周波・高周波域にわたってピークはなく、防振、防音構造の効果がよくあらわれている。

製品の騒音レベルは200~500 c/s が支配し、送風、冷房運転時においても両者に大きな差はない。冷房弱の場合は静かな運転ができることを示している。

なお使用計器は Brüel & Kjoer 社製、騒音・振動分析器である。

## 3. 水冷式ルームクーラ GW-50 形

GW 形 ルームクーラ は木造家屋へでも容易に据え付けられるように小形軽量・低騒音・高運転効率を目標として設計されたルームクーラで、同タイプの機種に GW-80 形がある。外観は各機種共通



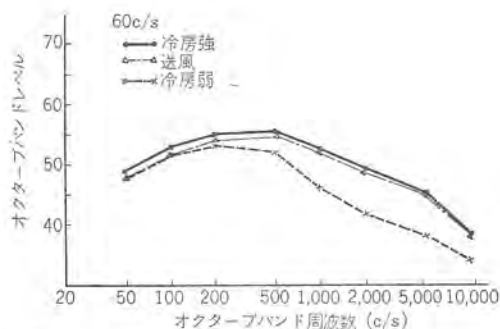


図 2.8 GA-20 形騒音周波数分析  
Fig. 2.8 Noise analysis of model GA-20.

であるが内部構造には若干の違いがある。(図 3.1 表 3.1, 3.2)

### 3.1 特長

#### (1) 強く安定した冷房能力

全密閉形 2 極圧縮機、効率のずばぬけて良い 2 重管式凝縮器、コンパクトな冷却器、高性能の送風機などにより強く安定した冷房能力を発揮し、また運転経費が少なくてすむ。

#### (2) 運転が簡単

全自動式であるので、すべての操作は ルームクーラー 前面の制御盤により安全、確実に操作することができる。保護装置としては圧縮機 モートル の巻線温度を直接感知して作動する インターナルサーモスタット、送風機 モートル の オートカット により焼損は絶対に起こらない。そのほか過電流継電器、圧力 スイッチ、可溶センなどあらゆる安全装置が装置されている。冷房運転中は緑色 ランプ がつき、異常の際圧縮機が停止すると ランプ が消えて運転の チェック に便利である。

#### (3) 小形軽量

キャビネット 自体を強度 メンバ とした モノコック 構造、小形軽量の圧縮機、高効率でコンパクトにまとめられた 2 重管凝縮器、冷却器などにより小形・軽量である。

#### (4) 騒音振動がきわめて少ない。

全密閉形圧縮機を使用し特殊吸音材による完全防音 パネル、シヤ音 バット、防振ベアリングなどを使用しているので騒音・振動はきわめて少ない。図 3.2 に GW-50 形の周波数分析 NC 曲線を示す。

#### (5) すみずみまで冷房する三方吹出し

前面吹出し ルーパは左右上下に変化でき、両側面も吹出口を設けたので涼風は室のすみずみまで行きわたり、広い範囲を冷房する



図 3.1 GW-50 形 ルームクーラー  
Fig. 3.1 Exterior view of model GA-50.

表 3.1 GW-50 形 ルームクーラー 仕様

周 波 数 (c/s)			50/60
外形寸法	高 度	(mm)	1,770
	幅 度	(mm)	1,100
	奥 行	(mm)	420
	分割できる高さ	(mm)	—
外 装			ソフトブルー・ハンマートン
性能	冷房能力	(kcal/h)	14,000/15,000
電気特性	電 源	(kW)	三相, 200 V
	全 入 力	(A)	4.1/5.2
	全 電 流	(%)	14.5/16.7
	起 動 電 流	(A)	82/90
冷媒回路	圧縮機形式×個数	(kW)	VD-048 1 台
	電 動 機 × 個 数		3.75
	蒸 発 器		クロスフィン
	凝 縮 器		2 重 管
送風装置	送風機形式		シロッコファン
	風 量	(m³/min)	40/45
	最大機外静風圧	(mm/Aq)	20
	電動機出力	(kW)	0.2/0.4
冷却水	水 量	水温 18°C (ton/h)	0.9
		32°C (ton/h)	3.7
	水頭損失	水温 18°C (m-Aq)	0.5
		32°C (m-Aq)	9.5
保 護 装 置			インターナルサーモ可溶セン 高 圧 開 閉 器 オーバードリレ 熱 動 安 全 器 操作回路ヒューズ
取付け可能機器			圧力計 温度調節器 水圧保護開閉器 蒸気暖房器 温水暖房器 電気暖房器 ペーパーパン 蒸 気 ス プ レ 特殊静風圧部品
除 ジ ン 硬 質			殺菌フィルタ
温 度 調 節 器			つ き
重 量			220

表 3.2 VD-048 圧縮機仕様

名 称		VD-048	
形 式		全 密 閉 中 つ り 式	
外形寸法	外 径	(mm)	264
	高 度	(mm)	407
	シリンダ径	(mm)	23.7
	ストローク	(mm)	42.86
圧縮機	シリンダ数		3
	押 の け 量	(cc/rev)	102.7
	形 式		三 相 誘 導 電 動 機
	定 格 出 力	(kW)	3.75
電動機	極 数		2
	電 源 定 格		3 φ 200 V 50/60 c/s
	潤 滑 油		DH-45
	冷 媒		R-22
重 量		(kg)	44

ことができる。

#### (6) ダクト接続可能

ダクト、分ダクトの接続もできる構造になっており、さらに左右どちらからも新鮮空気取り入れができる。

#### (7) 殺菌フィルタ付

室内の空気をきれいにするエアフィルタには、殺菌力のある新しい殺菌ポリウレタンフィルタを使用している。このフィルタは大きな除菌力と殺菌力を有し清浄な空気を作る。フィルタは水で洗浄することができ半永久的に使用できる。

#### (8) 暖房、湿度調節器が簡単に付けられる。

専用の電気・蒸気・温水暖房器、加湿器、温度調節器などを取り付けることにより全年空気調和機として使用できる。



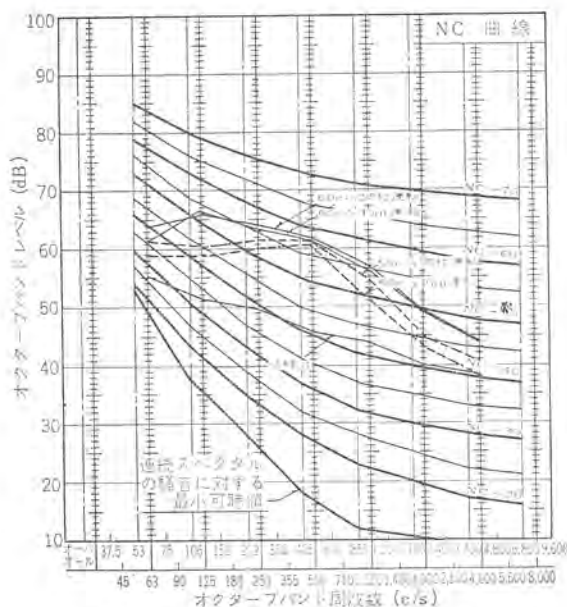


図 3.2 GA-50 形騒音周波数分析  
Fig. 3.2 Noise analysis of model GA-50.

### (9) シャープなデザイン

銀白色に輝く吹出しグリルハートン塗装の広いパネル、前面をひきしめる両側のトリムワック(枠)など、オフィスにも商店にもびったり調和するシャープなデザインである。

### 3.2 性能

5 馬力以上の ルームクーラ の場合には、冷房能力は室内側風量吸入空気湿球温度、冷却水量、水温により定まる。これらの条件が変化すると、冷房能力もまた変化するので、冷房能力を一つの線図で表わすことはできないが、凝縮温度をパラメータとして作成することができる。

#### (1) 室温と冷房能力、圧縮機入力

吸入空気湿球温度と冷房能力、圧縮機入力の関係は、図 3.3 に示すように室温が高くなるにつれ冷房能力は増加し、圧縮機入力も増加する。また一般に室温が上昇すると凝縮温度も上昇するので水量を増してやる必要がある。逆に吸入空気湿球温度が低い場合に凝縮温度を低くすると冷却器に霜がつくことがあるので、水量を調整する必要がある。

#### (2) 冷却水量と冷房能力

冷却水の水温および室温が上昇すると凝縮温度が上昇するので、水量の調整により凝縮温度を調整する。極端な室温および水温の上昇は凝縮温度を上昇させ冷房能力の低下、圧縮機入力の増加をきたすので水量を増加しなければならない。(図 3.4)

#### (3) 室内側風量と冷房能力

室内側風量を増加した場合には冷房能力、圧縮機入力は増加する。その割合は吸入空気湿球温度、凝縮温度によりわずかの差はあるがほぼ一定である。吹出し空気が標準風量の場合の冷房能力を 1 としてその割合を図 3.5 に示す。

### 3.3 据付

#### (1) 据付場所

水冷床置き式 ルームクーラ であるので、電源配線工事はもちろん、水配管工事、ダクトタイプではダクト工が必要となり建物の構造上据付け場所はある程度決定されるが、次の点を考慮して決定する。

#### (a) 室内の冷風の循環の良い所

新形 GA, GW 形 パッケージルームクーラ・三浦・玉山

#### (b) 建物の強度が十分なこと

#### (c) 据付け工事が便利でかつ合理的な場所であること

#### (d) サービスの可能なスペースのある所

上記のほかに GW 形 ルームクーラ は後吸込み形であるのでスペースを設けることが必要である。

#### (2) 付帯設備

##### (a) 水配管工事

図 3.4 に示すように冷却水量は凝縮器の入口水温により、その必要な冷却水量が定ってくる。市水、井水を使用する場合と高温な冷却塔の水を使用する場合では、使用水量を変えなければならない。またポンプを使用する場合には凝縮器の水頭損失を知る必要がある。水頭損失は図 3.4 に示す。

##### (b) 電気工事

三相 200 V の電源が必要である圧縮機の電動機がじか入れ起動であるため起動電流が大きく、配線が細い場合には起動しない

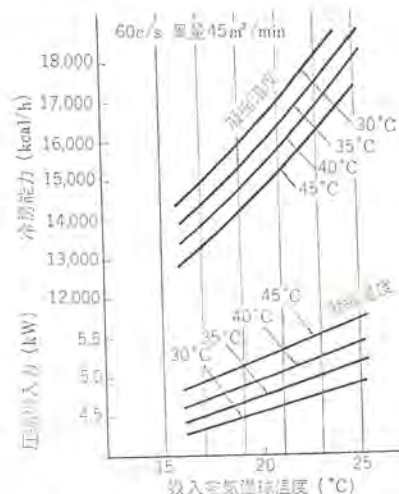


図 3.3 GA-50 形冷却性能曲線  
Fig. 3.3 Cooling performance curves of model GA-50.

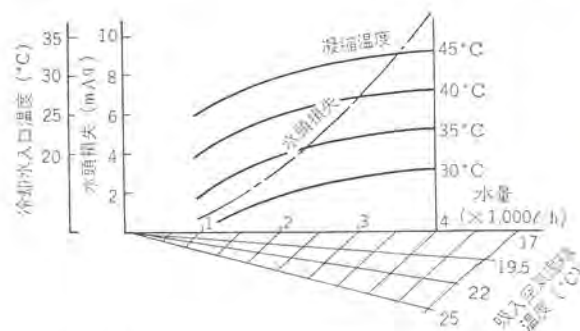


図 3.4 GA-50 形冷却水-凝縮温度曲線 (60 c/s)  
Fig. 3.4 Performance curves of condenser. (60 c/s)

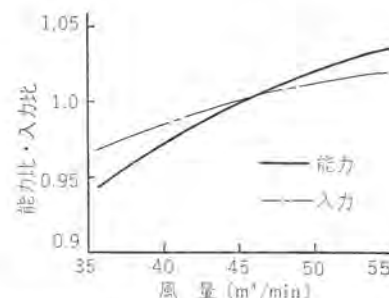


図 3.5 風量変化に対する能力入力修正係数 (GW-50, 60 c/s)  
Fig. 3.5 Evaporator air flow correction factor.



表 3.3 GW-50 形 ルームクーラ 電源諸元

負 荷	手 元 開 閉 器		配 線 太 さ	
	金属箱開閉器 ヒューズ/ 定 格	ノーヒューズ ブレーカ 定 格/ フレーム	配 線 長 さ	
			～20 m	20～60 m
圧 縮 機 回 路 共 通 制御回路 (含送風機)	50 A/60 A	50 A/50 A	3.5 mm <sup>2</sup>	8.0 mm <sup>2</sup>
圧 縮 機 回 路 の み	50 A/60 A	50 A/50 A	3.5 mm <sup>2</sup>	8.0 mm <sup>2</sup>
制御回路 (含送風機) の み	15 A/30 A	20 A/50 A	2.0 mm <sup>2</sup>	
電 熱 器 15 kW	50 A/60 A	50 A/50 A	14 mm <sup>2</sup>	
ペーパーパン 2 kW	15 A/30 A	15 A/50 A	2.0 mm <sup>2</sup>	

\* 1 電線は硬質塩ビ管の場合の最少を示す

\* 2 手元開閉器は金属箱開閉器とノーヒューズブレーカがあり、適合するものをあげた

\* 3 配線長さが長い場合太さを大きく選ぶ必要がある

ことがあるので注意を要する。GW-50 形の電源配線および手元開閉器は表 3.3 のようになる。

#### 4. む す び

以上で '66 年度新製品について構造，据付，特長および性能についてその概要を述べたが利用されるかたがたの参考になれば幸いである。



## 大形パッケージ空気調和機

西部 敏夫\*

## Large Packaged Type Air Conditioners

Nagasaki Works

Toshio NISHIBE

Public has come to take a growing interest in air conditioners recently. Performance demanded on them is going up and the specification is also turning versatile. The days are gone when the cooling of air only counted much, and large sized air conditioners must meet the requirements of easy operation, reasonable prices and wide adaptability. To cope with this trend types PF and PFH air conditioning machines have been developed by Mitsubishi to satisfy the public needs as a result of unremitting endeavor. Of the products coming under the types, PF-60 X and PF-80 X rank the highest in capacity among packaged type machines of the kind in this country, while PFH-40 X is the largest heat pump unit, too.

## 1. ま え が き

ビルなどの冷房方式をセントラル式とユニット式にわけることができる。おのおの特長を有するがセントラル式は、

- (1) 大きなビル（大きな冷房容量を要するもの）でも1台ないしは数台でまかなうことができる。
- (2) 直膨式の冷却器を有するものではダクトを配置することによりあらゆる場所を冷房することができる。
- (3) ダクトの吹出し口寸法を適当に定めれば室内を均一な温度分布に保つことができる。
- (4) 設置する装置台数が少ないため保守・点検も比較的容易であり取り扱いも簡単である。
- (5) セントラル式の場合地下の機械室などに設置するのが普通であるから振動・騒音などに悩まされることがない。

などの特長を有するが、PF形およびPFH形大形パッケージ空気調和機はセントラル式に準じて同様な方式で用いられるものである。

## 2. 機種系列および仕様

大形パッケージ空気調和機の機種系列を表2.1、2.2に示す。表2.1、2.2からわかるようにPF形は水冷式の冷房装置であり、PFH形は水冷式の冷暖房装置（ヒートポンプユニット）とともに冷媒R-22（CHClF<sub>2</sub>）を使用している。表2.3にPF形の詳細仕様

表 2.1 PF 形 大 形 空 気 調 和 機

機 種 名	圧縮機電動機出力 kW	冷 媒	備 考
PF-20 X 形	15	R-22	水冷式
PF-30 X 形	22	"	"
PF-40 X 形	30	"	"
PF-50 X 形	37(22+15)	"	"
PF-60 X 形	44(22×2)	"	"
PF-80 X 形	60(30×2)	"	"

表 2.2 PFH 形 ヒートポンプ

機 種 名	圧縮機電動機出力 kW	冷 媒	備 考
PFE-20X 形	15	R-22	水冷式 ヒートポンプ
PFH-30X 形	22	"	"
PFH-40X 形	30	"	"

\*長崎製作所

を示してある。

## 3. 構 造

PF形およびPFH形ともに外観およびデザインは共通であるが、内部構造には多少の差異がある。外観は図3.1に示す。

構造は機械室と送風機室にわかれ、おのおののウツにパネルをネジあるいはサインファスナで取り付けてある。各機種ともパネルを別に包むことができ、搬入口が狭い場合には機械室と送風機室を分離することもできる。

## 3.1 機械室

PF-20 X, 30 X, 40 X の機械室には当社独得のMX形半密閉圧縮機1台、横置シエルエンドチューブ形凝縮器1台、制御箱1個そのほか操作盤1面、保護スイッチなどが納められている。PF-50 X, 60 X, 80 X の機械室には上記圧縮機2台、凝縮器2台、制御箱1個、操作盤1面、保護スイッチ2台分が納められている。PFH-20 X, 30 X, 40 X などのヒートポンプでは上記以外に冷媒回路を切り換えるための手動四方弁、冷媒流量調節のための液ダマなどが追加されている。MX形圧縮機は電動機直結の半密閉形であるため軸封部がなく冷媒が漏れる心配がない。

## 3.2 送風機室

送風機室内にはクロスフィン形空気冷却器1個、多翼形両吸込送風機2個が納められ、その外側には送風機用電動機1個、サーモおよび温度式自動膨張弁が配置されている。以上の構造は全機種に共通であるが、PF-50 X, 60 X, 80 X, などのいわゆる Duplex



図 3.1 PF-40 X 形 パッケージ 空気調和機  
Fig. 3.1 Rackage air conditioner, model PF-40 X.



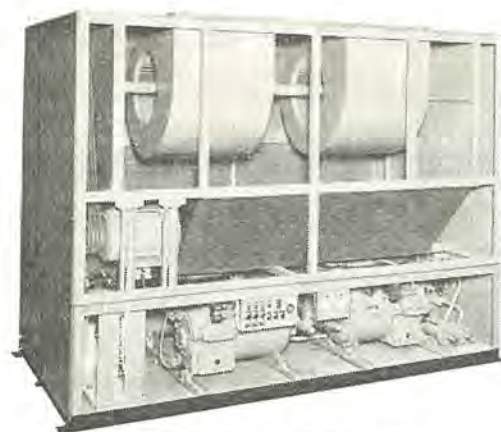


図 3.2 PF-80 X 形 空気調和機内部  
Fig. 3.2 Inner view of packaged air conditioner, model PF-40 X.

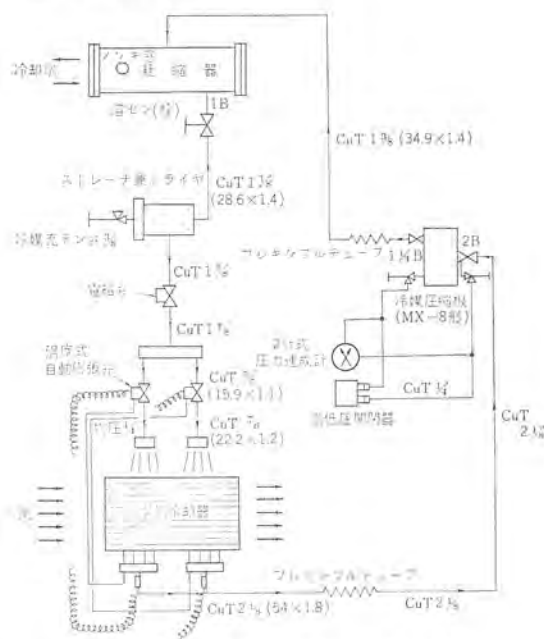


図 3.3 PF-40 X 形 パッケージ 冷媒系統図  
Fig. 3.3 Refrigerant cycle of model PF-40 X.

Type (2 冷媒回路装置)では クロスフィン 形冷却器は1 体物で上・下二つの回路にわかれている。この送風機室の背面には クロスフィン冷却器の寸法に合わせてツクをつくり、エアフィルタツクをはめこむ構造にしてある。以上概説した内部構造および外観を図 3. 2, 3. 3 に示す。

### 3.3 水・電気・ダクト

冷却用水の水配管および電気結線は装置の左側からとるのが標準であるが、装置の据え付け場所によって右側からも容易にとれる構造になっている。各構成部品の仕様については表 2. 3 を参照されたい。レターンダクト・フレッシュエアダクトなどは背面のダクト接続口を利用できる。冷風吹出し口は標準として上方後方であるが上方前方あるいは前面吹出し口にもダクトを接続することもできる。

### 3.4 標準外付属品

蒸気・温水・電気各暖房器は クロスフィン 冷却器の前方（サーピス面側）に蒸気・温水・ペーパーパン式各加湿器は送風機室内に設置することができる。ルームサーモスタットは クロスフィン 冷却器の後方（吸込み側）に、電気集じん装置はキャンパスダクトを介してレターンエア吸込み口に接続できる。また受変電設備のつごうで圧縮機用電動機の起動電流を減ずるための 人△ 起動器箱を装置の左側面に、

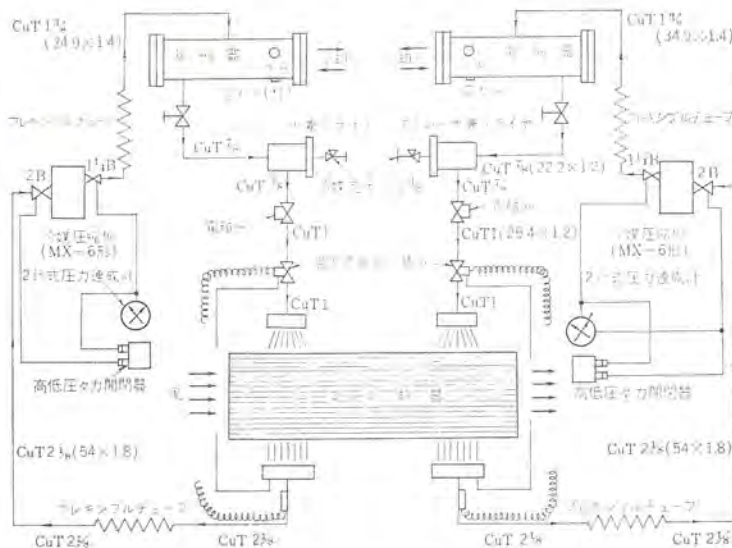


図 3.4 PF-60 X 形 パッケージ 冷媒配管系統図  
Fig. 3.4 Refrigerant cycle of model PF-60 X.

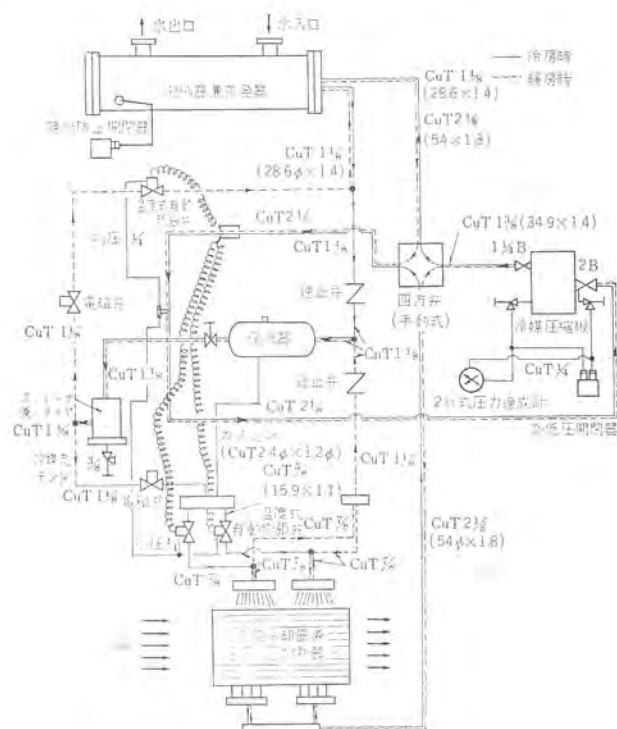


図 3.5 PFH-30 X 形 パッケージ冷媒配管系統図  
Fig. 3.5 Refrigerant cycle of model PFH-30 X.

また電動機の力率改善のための進相コンデンサを制御箱に取り付けることもできる。冷却水ポンプ故障の際すみやかに圧縮機を停止させるための断水開閉器も取り付けられる。

### 3.5 冷凍サイクル

図 3. 3, 3. 4, 3. 5 におおのの冷媒系統図を示してある。図 3. 3 は PF-40 X の場合で、MX 形圧縮機に冷媒 R-22 と冷凍機油を規定量封入し、冷却水ポンプと送風機を回転させたのち圧縮機を起動する。圧縮機により高温・高圧に圧縮された冷媒ガスは凝縮器に導かれ、冷却水により冷却されて凝縮液化される。ドライヤ・ストレーナにより冷媒液中の異物や水分を除去され膨張弁を通して冷却器に至り、レターンエアと熱交換を行ない冷媒液は蒸発しガス化する。このとき空気は冷却・除湿されてダクトを通して室内に吹き出される。冷却器内で蒸発した冷媒ガスは圧縮機に吸込まれるが、シリンダに導かれる前に電動機の ロータ、ステータを通過し



表 2.3 大形 パッケージ 形 空 気 調 和 機 の 仕 様

項 目	PF-20 X 形	PF-30 X 形	PF-40 X 形	PF-50 X 形	PF-60 X 形	PF-80 X 形
電 源	AC 三相 220/200 V 60/50 c/s					
能 公 称 REF. TON 60c/s	20	30	40	50	60	80
力 50c/s	17.7	26.6	35.5	44.2	53.1	70.8
形 名	MX-4	MX-6	MX-8	MX-4, MX-6	MX-6 2 台	MX-8 2 台
形 式	半 密 閉 形	半 密 閉 形	半 密 閉 形	半 密 閉 形	半 密 閉 形	半 密 閉 形
圧 電 動 機 出 力 kW	15	22	30	22+15	22×2	30×2
回 転 数 (50/60c/s)rpm	1,425/1,715	1,435/1,730	1,440/1,735	1,425/1,715, 1,435/1,730	1,435/1,730	1,440/1,735
縮 シ リ ン ダ 径 mm	60	60	60	60	60	60
シ リ ン ダ 数	4	6	8	4, 6	6	8
機 行 程 mm	60	60	60	60	60	60
押 し の け 量 m <sup>3</sup> /h	58.2/69.6	87.6/105.5	117.0/141.0	145.8/175.1	87.6×2/105.5×2	117×2/141×2
給 油 方 式	ハ ネ カ ケ 式	ハ ネ カ ケ 式	ハ ネ カ ケ 式	ハ ネ カ ケ 式	ハ ネ カ ケ 式	ハ ネ カ ケ 式
形 式	横 形 S & T	横 形 S & T	横 形 S & T	横 形 S & T	横 形 S & T	横 形 S & T
凝 縮 器 直 径 × 長 mm	320×1,196	320×1,746	320×1,896	320×1,196, 320×1,746	320×1,746 2 台	320×1,896 2 台
冷 却 管 径 × 本 数 mm	16×80	16×80	16×92	16×80	16×80	16×92
冷 却 水 回 路 数	6	4 または 2	4 または 2	6, 4	4 または 2	4 または 2
器 冷 却 水 出 入 口 ガ ス 管 (直 列)	2 B	2 1/2 B	2 1/2 B	2 B, 2 1/2 B	2 1/2 B	2 1/2 B
(並 列)		2 1/2 B×2, 3 B	2 1/2 B×2, 3 B	1 回 路 の み 2 1/2 B×2, 3 B	2 1/2 B×2, 3 B	2 1/2 B×2, 3 B
形 式	ク ロ ス フ ィ ン コ イ ル	ク ロ ス フ ィ ン コ イ ル	ク ロ ス フ ィ ン コ イ ル	ク ロ ス フ ィ ン コ イ ル	ク ロ ス フ ィ ン コ イ ル	ク ロ ス フ ィ ン コ イ ル
冷 正 面 面 積 m <sup>2</sup>	1.61	2.15	2.77	3.23	3.23	3.88
器 列 数 × フ ィ ン ピ ッ チ mm	4×3.2	4×3.2	4×3.2	6×3.2	6×3.2	6×3.2
冷 却 管 径 × 本 数 mm	16×102	16×112	16×132	16×240	16×240	16×264
膨 張 弁 形 式	外 部 イ コ ラ イ ザ 付 温 度 式 自 動 膨 張 弁					
弁 個 数	1	2	2	2	2	2
冷 媒 ・ 分 配 器 径 × 本 数	6.5 φ × 13 本	(6.5 φ × 14 本) × 2	(6.5 φ × 11 本) × 2	(6.5 φ × 20 本) × 2	(6.5 φ × 20 本) × 2	(6.5 φ × 22 本) × 2
エ ア フ ィ ル タ 形 式 × 個 数	ビ ニ ロ ッ ク エ レ メ ン ト 460×1,015×24×36枚	ビ ニ ロ ッ ク エ レ メ ン ト 600×560×24×6 8枚	ビ ニ ロ ッ ク エ レ メ ン ト 670×655×24×6 8枚	ビ ニ ロ ッ ク エ レ メ ン ト 625×700×25 8枚	ビ ニ ロ ッ ク エ レ メ ン ト 625×700×24 8枚	ビ ニ ロ ッ ク エ レ メ ン ト 560×800×24 10枚
送 風 機 形 名 × 個 数	KA-17208	KA-16208	KA-16111	KA-16236×2	KA-16236×2	KA-16236×2
風 量 m <sup>3</sup> /min	200	300	400	500	600	800
扇 車 外 径 mm	381	381	464	572	572	572
電 動 機 出 力 kW	3.7	5.5	7.5	11	11	15
暖 房 能 力 kcal/hr						
暖 房 器 形 式	ク ロ ス フ ィ ン コ イ ル	ク ロ ス フ ィ ン コ イ ル	ク ロ ス フ ィ ン コ イ ル	ク ロ ス フ ィ ン コ イ ル	ク ロ ス フ ィ ン コ イ ル	ク ロ ス フ ィ ン コ イ ル
正 面 面 積 m <sup>2</sup>	1.22	1.74	1.92	3.25	3.25	3.90
列 数 × フ ィ ン ピ ッ チ	1 または 2×5 または 3.5	1 または 2×5 または 3.5	1 または 2×5 または 3.5	1 または 2×5.0 または 3.5	1 または 2×5 または 3.5	1 または 2×5 または 3.5
暖 房 管 径 mm	15.9 φ	15.9 φ	15.9 φ	15.9 φ	15.9 φ	15.9 φ
配 管 接 続 ガ ス 管	2	2 1/2	2 1/2	3	3	3
配 管 方 向	左 右 側 面	左 右 側 面	左 右 側 面	左 右 側 面	左 右 側 面	左 右 側 面



表 2.3 大形 パッケージ 形 空 気 調 和 機 の 仕 様 (2)

項 目			PF-20 X 形	PF-30 X 形	PF-40 X 形	PF-50 X 形	PF-60 X 形	PF-80 X 形
暖房器	電熱式	形 式	ストレートフィン	ストレートフィン	ストレートフィン	ストレートフィン	ストレートフィン	ストレートフィン
		出 力	30 kW	50 kW	70 kW	100 kW	100 kW	120 kW
		空焼防止温調	80 °C OFF	80 °C OFF	80 °C OFF	80 °C OFF	80 °C OFF	80 °C OFF
	温 水 式							
加湿器	形 式		スチームスプレまたはウォータスプレ					
	配管接続ガス管		3/4 B	3/4 B	3/4 B	3/4 B	3/4 B	1 B
	配 管 方 向		左 右 側 面	左 右 側 面	左 右 側 面	左 右 側 面	左 右 側 面	左 右 側 面
電磁接触器	圧縮機用 形名		M-65	M-105	M-155	M-65, M-105	M-105 2 個	M-155 2 個
	送風機用 "		M-35 C	M-35 C	M-65	M-65	M-65	M-65
圧力計	形 式 × 個 数		単針式×2	単針式×2	単針式×2	2 針式×2	2 針式×2	2 針式×2
	高 圧 側 目 盛 mmHg kg/cm <sup>2</sup>		760-30	760-30	760-30	35	35	35
	低 圧 側 目 盛 mmHg kg/cm <sup>2</sup>		760-15	760-15	760-15	760-20	760-20	760-20
高低圧開閉器	形 名		DNS-D 306 M	DNS-D 306 M	DNS-D 306 M	DPS-D 306 M	DPS-D 306 M 2個	DNS-D 306 M 2個
	低圧側調整範囲 cmV kg/cm <sup>3</sup>		50-6	50-6	50-6	50-6	50-6	50-6
	高圧側調整範囲 "		10-25	10-25	10-25	10-35	10-25	10-25
	低圧側シャ断圧力 "		3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
	高圧側 "		18±0.5	18±0.5	18±0.5	18±0.5	18±0.5	18±0.5
	復帰 低 圧 側		自 動	自 動	自 動	自 動	自 動	自 動
	復帰 高 圧 側		手 動	手 動	手 動	手 動	手 動	手 動
高圧側シャ断指示 パイロットランプ		赤	赤	赤	赤	赤	赤	
可溶セン	口 径 × 個 数		7.2×1	7.2×1	7.2×1	7.2×2	7.2×2	7.2×2
	溶 解 温 度 °C		75	75	75	75	75	75
断水リレー	形 名		LPS 102 (SPS L 102)				LPS 102 2 個	
	作動圧力調整範囲		0-2 kg/cm <sup>2</sup>					
	作動圧力差調整範囲		0.25-1.5 kg/cm <sup>2</sup>					
油相コンデンサ	圧縮機用 μF×個数 60 c/s		200	300	350	200, 300	300×2	350×2
	" 50 c/s		250	350	400	250, 350	350×2	400×2
	送風機用 μF×個数 60 c/s		75	100	125	125	150	200
	" 50 c/s		100	125	150	150	200	250
外気取入口取付け位置			吸 込 ダ ク ト					
冷媒	種 類		R-22	R-22	R-22	R-22 (CHCLF <sub>2</sub> )	R-22	R-22
	充 テ ン 量 kg		40	50	65	40+50	50×2	65×2
送 風 機 用 軸 受			アサヒ NP-22-35 M	アサヒ NP-24-40 M	アサヒ NP-28-45 M	アサヒビローブロック NP30-50 M	アサヒビローブロック NP30-50 M	
圧縮機用防振ゴム			天 然 ゴ ム					
塗 装 色			正面マンセル N-9 および 5.5 ほかの面 5 B 4/2					
重製 本 体 kg			1,240	1,620	1,850	3,250	3,300	4,100
量品 ファン室+機械室 kg			610+630	790+830	910+940	—	—	—
重荷 本 体 kg			1,340	1,740	1,990	3,435	3,485	4,450
量造 ファン室+機械室 kg			—	—	—	—	—	—



それを冷却する。したがって電動機の発熱を吸収するための冷却ファンは不要となっている。図 3.4 は Duplex Type の冷媒系統図、図 3.5 は PFH 形ヒートポンプの冷媒系統図である。PFH 形は図 3.5 に示すように四方弁の作用でサイクルを切り換えることにより冷房と暖房を行なうことができる。すなわち冷房時には圧縮機吐出し→凝縮器→冷却器→圧縮機吸込みの順序で冷媒が流れクロスフィン冷却器によりレターンエアを冷却するが、暖房時には圧縮機吐出し→空冷凝縮器（空気加熱器）→蒸発器（水冷却器）→圧縮機吸込みの順序で冷媒が流れクロスフィン加熱器によりレターンエアを加熱する。

#### 4. 特 長

##### (1) 小形である。

冷房能力に比べ非常に小形である。したがって重量も軽くなっている。

##### (2) 効率がよい。

半密閉形圧縮機としては単機大容量であるから圧縮効率がよく、電動機効率もよいので消費電力は少なくてすむ。

##### (3) 容量制御ができる。

単機大容量であるが広範囲に容量制御ができるので盛夏のみならず中間期（冷房負荷の小さい時期）も運転可能である。

##### (4) 取り扱いが簡単である。

単機大容量であるにもかかわらず起動・停止は押ボタンスイッチ ON-OFF だけでよい。

##### (5) 騒音・振動はきわめて少ない。

圧縮機が半密閉形であること、圧縮機の足には防振ゴムをつけていること、吐出し管・吸込み管にはフレキシブルチューブを使用していること、送風機軸受はラバー付ボールベアリングを使用していること、ファン室にはモルトブレンをはりつけてあることなどのため振動・騒音はきわめて少なくなっている。

##### (6) 広範囲の特殊仕様に応ずることができる。

(a) 準セントラル式であるからダクト長さ、ダクト寸法もさまざまなですが風圧損失も一定ではない。風量・有効静風圧を任意に選ぶことができる。

(b) 病院・製パン所その他の食品工場では保健衛生上室内循環空気はすべて新鮮外気（オールフレッシュ）であることが必要となるが、クロスフィン空気冷却器と送風機を取り換えるだけで十分その機能を果たす製品ができる。

(c) 海水が豊富で手軽に利用でき、経費その他の理由で井戸・市水・クーリングタワーを利用できない場合海水を冷却水として使用してよい。ただし海水は凝縮器の冷却管（銅）を腐食させるのでキヤプロニッケル冷却管を使用した凝縮器を用いる必要がある。

(d) 電源は 220/200 V、60/50 c/s を標準としてあるが、受変電設備の関係から 440/400 V などの特殊電源でも容易に応ずることができる。

(e) 設置場所のつごう上機械室と送風機室を分離する必要がある場合には両者を完全に 2 分割し、冷媒配管を連結してセパレートタイプとして使用できる。

#### 5. 特 性

##### 5.1 快感温度

ビルなどの冷房装置設計に際しては真夏の温度条件を想定して大形パッケージ空気調和機・西部

冷房負荷計算を行ない必要冷房能力を算出しそれに基づいて冷凍機を選定する。その場合室内の温度・湿度条件をいかに保つかが問題となるが人間が快感を感じる温度・湿度条件は大体定まっており（快感線図）、通常夏期において乾球温度 27℃、相対湿度 50% 前後である。外気との温度差を著しく大きくするとき室内に出入のときに熱衝撃（Heat Shock）あるいは冷衝撃（Cold Shock）をうけて不快に感ずるからである。

##### 5.2 冷房機の性能

PF 形の性能は図 5.1 に示すように室温（正確には冷却器吸込み空気温度—普通は室内空気と新鮮外気の混合空気—）と冷房能力、圧縮機入力とは密接な関係がある。風量・冷却水温・冷却水量を一定とすれば室温（湿球温度）が高くなるにつれて冷房能力、圧縮機入力は増加し、水量もある程度増加しなければならない。ま

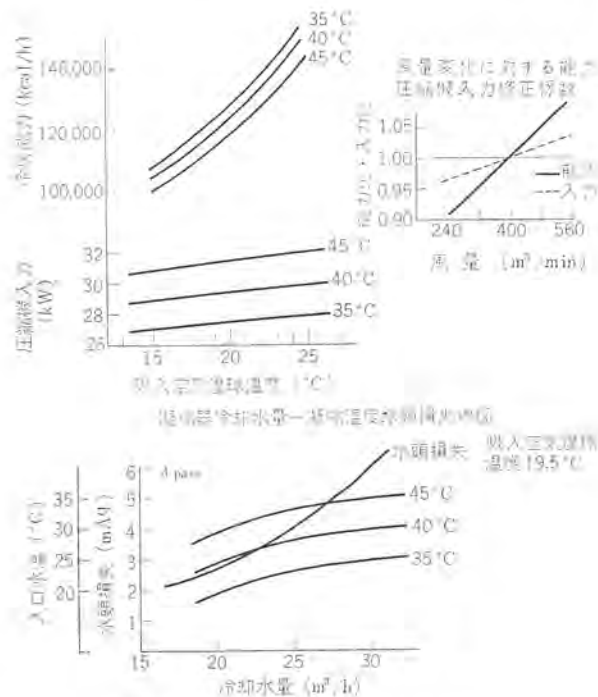


図 5.1 PF-40 X 性能曲線  
Fig. 5.1 Performance curves of model PF-40 X.

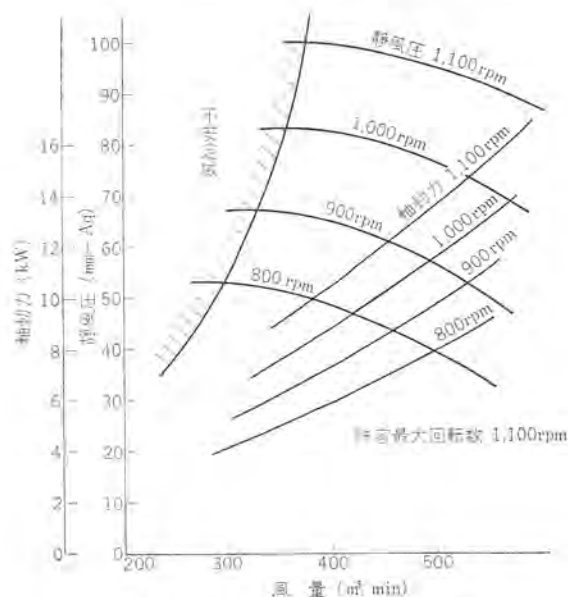


図 5.2 PF-40 X 送風機特性（2 台組込）  
Fig. 5.2 Characteristic curves of blower of model PF-40 X.



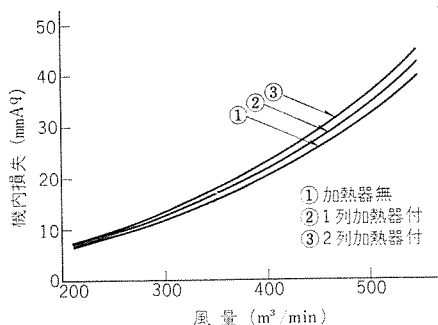


図 5.3 PF-40 X 機内抵抗曲線 (標準風量 400m³/min)  
Fig. 5.3 Static pressure loss of each element.

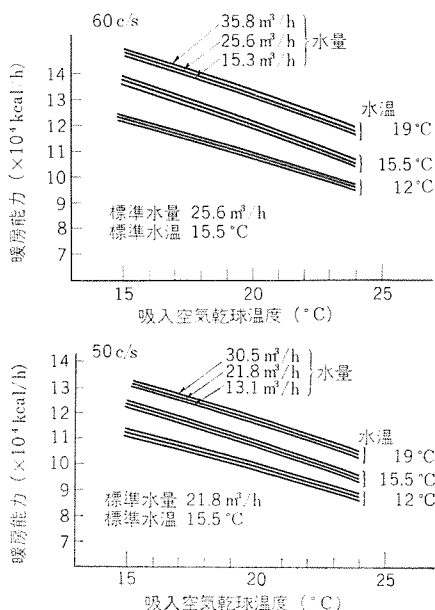


図 5.4 PFH-40 X ヒートポンプ性能表  
Fig. 5.4 Performance curves of heat pump PFH-40 X.

た風量が増加すれば冷房能力も増加し 60 c/s のときは 50 c/s よりも冷媒循環量が増すので冷房能力は増す。凝縮温度は水量を増加させるか水温を下げるかすれば低下し冷房能力は増える。したがってクーリングタワー(普通32°Cくらい)を使用すれば井戸水(普通14~18°C くらい)に比べ2~2.5倍くらいの水量を必要とする。また冷却水ポンプ選定に必要な凝縮器の水頭損失は理論的には流速の2乗に比例する。図 5.2 は多翼形両吸込み送風機を2個 タンデムに連結したときの特性曲線を示す。理論的には回転数、風量、静風圧、軸動力の間には空気条件の変化を無視すれば次の関係がある。

$$Q_1 = N_1 / N_2 Q_2 \quad \dots\dots\dots (5.1)$$

$$P_1 = (N_1 / N_2)^3 P_2 \quad \dots\dots\dots (5.2)$$

$$HP_1 = (N_1 / N_2)^3 HP_2 \quad \dots\dots\dots (5.3)$$

ここに  $N$  = 回転数:  $Q$  = 風量:  $P$  = 静風圧:  $HP$  = 軸動力

また図 5.3 は機内の風路抵抗を示し、風路抵抗は理論的には風速の2乗に比例する。したがって風量と静圧(機内風路抵抗+ダクト風損)がわかれば送風機の回転数と軸動力を決定することができる。

### 5.3 ヒートポンプの性能

PFH 形ヒートポンプの性能は図 5.4 に示すように空気加熱器吸入空気温度(乾球)が低く、冷水量が増し、冷水温度が高いほど暖房能力は増す。また風量が増せば暖房能力は増す。また暖房運転時は空気加熱器は空冷凝縮器であるから吸入空気温度を制限以上

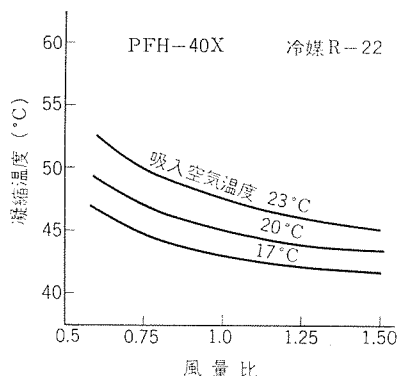


図 5.5 PFH-40 X 形の風量と凝縮温度との関係  
Fig. 5.5 Conditions for condensing temperature-air volume of model PFH-40 X.

高くしたりあるいは風量を限度以下に減らすことは凝縮圧力を異常に高くする原因となるので制限されなければならない。これらの関係を図 5.5 に示す。

### 5.4 ヒートポンプの長所

ヒートポンプユニットがほかの暖房装置に比べてすぐれているのは下記の点である。

- (1) 高温発熱体を使用しないので火災の心配がない。
- (2) 蒸気や温水をつくるためのボイラが不要であるばかりでなく暖房用熱交換器を特別に必要とせず、クロスフィン冷却器を空気加熱器として兼用できるので設備費用は安くすむ。
- (3) ヒートポンプを使用する場合所要電力は、その成績係数により定まる。すなわち電気ヒータの場合は1 kWh あたり 860 kcal/h の熱量が得られるのに対してヒートポンプの場合は、

$$W = Q / 860 \times \varepsilon$$

ここに  $W$  = 所要電力 (kW):  $Q$  = 暖房能力 (kcal/h):

$\varepsilon$  = 成績係数

成績係数は常に1より大で普通 3.0~4.0 くらいであるから電気ヒータに比べて所要電力は 1/3~1/4 ですむ。

欠点としては熱源として地下水(井戸)あるいは海水を必要とすることである。(水冷式ヒートポンプの場合)

## 6. 据 付

据え付けには電気配線(電源 220/200 V, 三相)、水配管工事、ダクト工事を必要とする。PF 形の場合は冷却水として井戸水、水道水、クーリングタワーのいずれでもよいが、PFH 形の場合、井戸水あるいは海水であることが必要である。すなわち水から熱を取るの冬期水温が約 10°C 以下にならないという保証が必要である。PF 形、PFH 形空気調和機は、ビルなどの機械室に設置するのが普通であるが、必要とあればビルの屋上、床上に設置することも可能である。

## 7. む す び

以上 PF 形、PFH 形の仕様、構造、特性について概略を述べた。これらは直膨式の空気冷却器を有するパッケージ形空気調和機であるばかりでなく、機種系列としてもターボ冷凍機と連なって連続した系列となっている。都会地では水不足に悩む現状からみて今後は水冷凝縮器に代わって空冷凝縮器が大形パッケージ空気調和機に採用される日も遠くないであろう。以上 PF 形、PFH 形空気調和機について紹介したが、パッケージ形空気調和機に対する理解の一助ともなれば幸いである。



# スタンダードリビングマスター

神谷昭美\*・伊藤潤\*・斉藤辰夫\*

## Standard Living Master

Nakatsugawa Works

Akimi KAMIYA・Zyun ITÔ・Tatsuo SAITÔ

The living master in a regular production line for some time has been changed of its blower to a line flow fan. On this occasion the design of the whole assembly has been altered and standard living master of reduced thickness, compact and low cost has been brought to completion newly. The products comprise four models respectively under a major classification of a floor mounting type and a ceiling mounting type. The small size and lightweight facilitate the installation and arrangement of the standard living master. As it sends out a wide air flow of uniform velocity, even distribution of room temperature can be made quickly with less noise. With these features the device promises a large market in such buildings as hotels, hospitals, and business offices.

### 1. ま え が き

最近の空調工業の発達はめざましく、家庭やビルディングなどの手近なところで空調機器を見かけるようになった。今後ますます文化水準の向上とともにこの方面での進展は急速となると考えられる。空調和の方式には種々の形式が考えられるが、最近の建築はハリ下面と天井面との間が小さくなる傾向にあり、このためダクトスペースのいらないファンコイルユニット方式が採用されるようになってきている。またこの方式は個室などの制御が容易な点からホテルや病院、事務所建築などに相当広く用いられている。このような市場の動向に即応して先にリビングマスターを市場に出したが、このたびこれに比較して低価格で、小形化したファンコイルユニット“スタンダードリビングマスター”を開発したので、ここにその概要を述べる。

### 2. ファンコイルユニット方式の特長

まず最初にファンコイルユニット方式を考えてみるに、次のような特長をあげることができる。

- (a) チーリングユニットと組み合わせて冷房が、温水ボイラと組み合わせて暖房が可能であり、年間を通じて使用できる。
- (b) 制御が容易であり、各部屋の個別制御もできるし、温度、

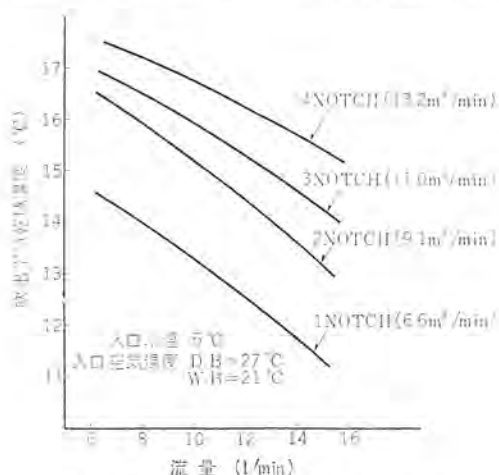


図 2.1 水流量-吹出温度特性曲線  
Fig. 2.1 Characteristic curve of water flow-air temperature.

中津川製作所

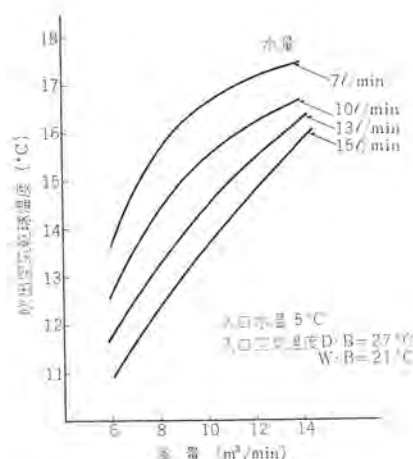


図 2.2 風量-吹出温度特性曲線  
Fig. 2.2 Characteristic curve of air volume-air temperature.

湿度の調節はほかの方式に比較してすぐれている。自動制御が可能であるし、これらの調節は風速、水速、水温を調節することによってできる。その1例を図2.1、2.2に示す。

- (c) ダクト、その他のスペースをほとんど必要としない。
- (d) 埋込形を使用した場合意のままのインテリアデザインができる。
- (e) 圧縮機を内蔵していないので静かであり、また加湿も可能である。

### 3. スタンダードリビングマスターの仕様

このように数多くの利点を持っているファンコイルユニット方式に使用するユニットとして開発したスタンダードリビングマスター<sup>®</sup>には床置形(LV-SE形、LV-SR形)、天井形(LH-SE形、LH-SR形)があり、おのおの200、300、400、600の形があり、表3.1のような仕様となっている。

図3.1、3.2は床置形(LV-SE)と天井形(LH-SE)の外観を示し、図3.3~3.6は外形寸法を示している。

### 4. スタンダードリビングマスターの特長

現在市場には各社のファンコイルユニットが出ているが、それらファンコイルユニットが具備しない特長をスタンダードリビングマスターは持っている。

表 3.1 スタンダード リビングマス 仕様一覧

仕 様 形 名	200 S	300 S	400 S	600 S
外 装	高級仕上げ銅板ハマルトン焼付塗装			
冷房能力 (kcal/h)	2,000	3,000	4,300	6,400
暖房能力 (kcal/h)	3,300	4,800	7,000	10,400
電 源	1 φ 100 V 50/60 c/s			
全入力 (W)	30/35	40/50	52/62	60/75
送風機	ラインフロー ファン 90φ×90	4	6	7
風量 (m³/min)	5.7	8.5	11.0	16.0
冷 却 器 (暖房器)	クロ ス フ ィ ン 形			
エ ア フ ィ ル タ	サ ラ ン フ ィ ル タ			
標準水量 (l/min)	5.5	7.5	11.0	15.0
水頭損失 (m 水柱)	0.5	1.2	2.4	3.6
配 管	給 排 水 ド レ ン	3/4 B ソ ケ ッ ト 3/4 B ニ ッ プ ル		
重 量 (kg)	LV-SE	27	32	38
	LV-SR	25.5	30	36
	LH-SE	28.5	34	40
	LH-SR	24.5	29	34

冷房・暖房能力、全入力・風量は最高ノッチ運転時  
 冷房条件: 冷水温度 5°C 吸入空気 D・B=27°C W・B=21°C  
 暖房条件: 温水温度 80°C 吸入空気 D・B=20°C



図 3.1 床置形外観 (LV-SE)  
 Fig. 3.1 Exterior view of model LV-SE.

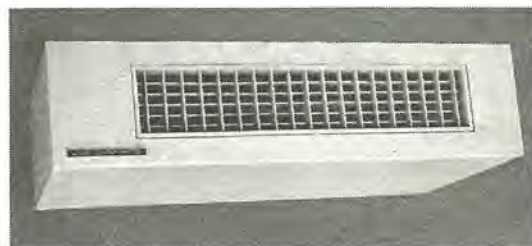


図 3.2 天井形外観 (LH-SE)  
 Fig. 3.2 Exterior view of model LH-SE.

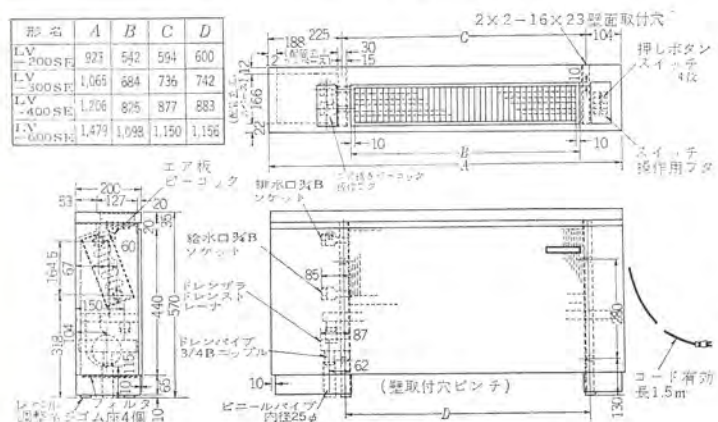


図 3.3 LV-SE 形外形  
 Fig. 3.3 External dimension of model LV-SE.

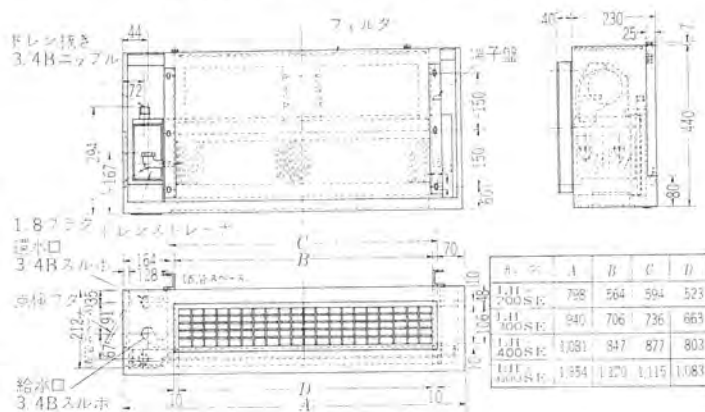


図 3.5 LH-SE 形外形  
 Fig. 3.5 External dimension of model LH-SE.

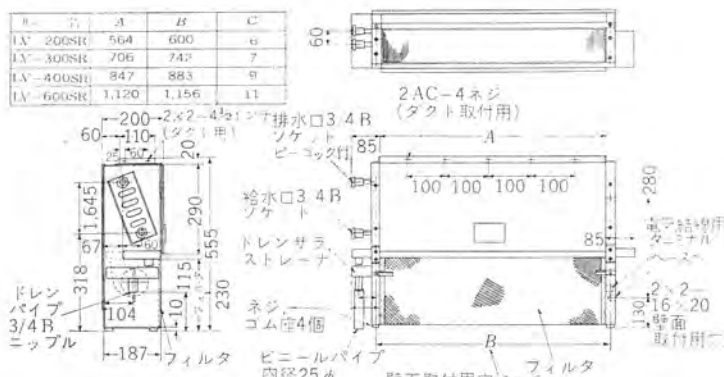


図 3.4 LV-SR 形外形  
 Fig. 3.4 External dimension of model LV-SR.

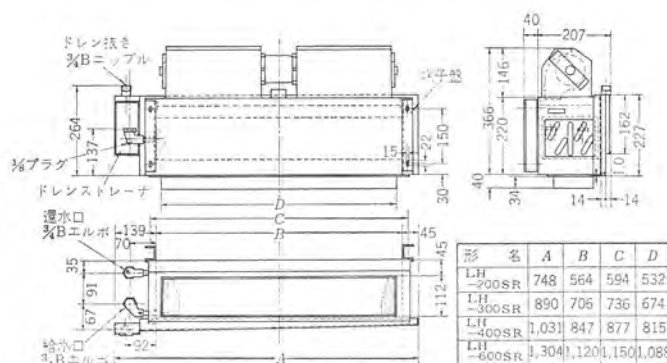


図 3.6 LH-SR 形外形  
 Fig. 3.6 External dimension of model LH-SR.

- (a) 低価格である。
- (b) コンパクトである。

床置形で高さが 570 mm であるから建築物の窓からファンコイルの上部が出ることがなく、奥行きが 200 mm であることはほかのファンコイルよりもへやの有効使用面積を大きくしている。

ここで代表機種である LV-300 SE と LH-300 SE とこれらに

相当する各社のファンコイルユニットの外形寸法を比較したのが表 4.1 である。

(c) 熱交換器部分の長さが大きく、またラインフローファンを使用することによって幅広い均一風速の風を送ることができるので室内温度分布の均一化が早くできる。

(d) 機器重量が軽く据え付け工事がらくである。



表 4.1 各社外形寸法比較

項目	床置形				天井形			
	スタンダード・リビング グマスタ LV-300 SE	リビングマ スタ LV-300 E	A 社	B 社	スタンダード・リビング グマスタ LH-300 SE	リビングマ スタ LH-300 E	A 社	B 社
高さ (mm)	570	699	650	650	230	270	270	265
奥行 (mm)	200	271	270	278	440	612	599	567
長さ (mm)	1,065	1,050	1,067	1,100	940	935	940	910
重量 (kg)	32	49	51	57.9	34	45	46	51.8

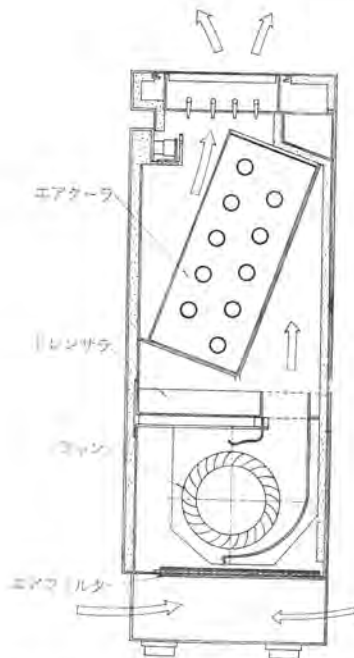


図 5.1 スタンダードリビングマスタの構造  
Fig. 5.1 Construction of standard living master.

## 5. 構造

図 5.1が LV-SE 形の構造図であるが、天井形 LH-SE 形もほとんど同じ構造である。

### 5.1 エアクーラ

この部分の管内に冷水温水を通し、一方管外へは風を強制的に送風して、管内外の流体間に熱交換を行なわせる部分である。銅パイプとアルミ板からなるクロスフィン形の熱交換器でパイプとフィンとの接合は機械的方法で行ない、両者の接触熱抵抗をできるだけ小さくしている。

フィンピッチは 3mm であるが、エアクーラがよごれた場合に静圧損失が大きくなるよう、また冷房時に滴状凝縮が起きた場合静圧損失が大きくなり、清掃がすみやかに行なわれるようになっている。

### 5.2 送風機

従来ファンユニットは送風機としてほとんどシロッコファンを使用しているが、このスタンダードリビングマスタには、まったく新しいタイプのラインフローファンを使用している。

このラインフローファンユニット自体がコンパクトであるからファンユニットの全体がコンパクトになったわけである。

このラインフローファンの原理は古く、1892 年にその発明者の Paul Mortier (仏) が換気装置として使用した。三菱電機では英

スタンダードリビングマスタ 神谷・伊藤・斉藤

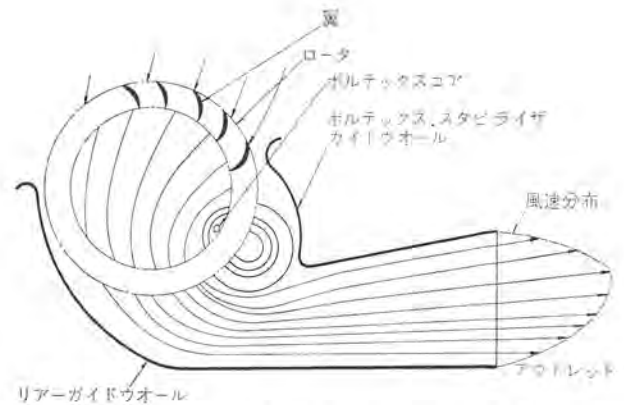


図 5.2 ラインフローファンの流動状態  
Fig. 5.2 Air flow of line flow fan.

国の FC 社と技術提携しその量産体制にはいるが、以下構造、特長などを簡単に述べる。

図 5.2はラインフローファンの構造と流動状態の概略を示している。羽根車はシロッコファンとどうよう内外径比が 1 に近く、多数の前曲翼をもっており、これが特異な形状をしているケーシングの内側で回転し、この羽根車の回転につれて空気は翼を通して羽根車の中心に向い、次にふたたび翼を通して空気は吹き出される。一方遠心力ファンでは羽根車の軸方向から空気ははやり翼を一度だけ通り吹き出されているが、ラインフローファンでは空気が 2 回翼を通る、この点が大きく異なる。

空気の流動状態は図 5.2 のごとくであるが、渦安定板によって安定した偏心渦を形成し、この渦を高速で回転させ、この渦によって乱れないめらかな低騒音の空気の流れをつくりだすのである。この渦の付近の空気流もどのように高速で回転し、羽根車の外周における角速度の 2 倍にも達し、この渦の速度が吹き出し口の速度分布に影響を与える。これがラインフローファンの原理である。ラインフローファンの流れの理論的な解析はまだ十分進んでおらず、実験的に最適形状寸法を求めているが、流れの概略についてのべる。

### 5.3 羽根車内部の流れ

羽根車内部の各流線の持つ全圧は等しくなく、一般にはポテンシャル流れとはならないが、各流線間のヘッド差は小さいのでポテンシャル流れと仮定し、図 5.3 のように同じ強さ、同じ方向のサーキュレーションを持つ二つの自由渦を  $r=r_1$  に関して相反する点に仮定した場合の流れ関数 (1) は、

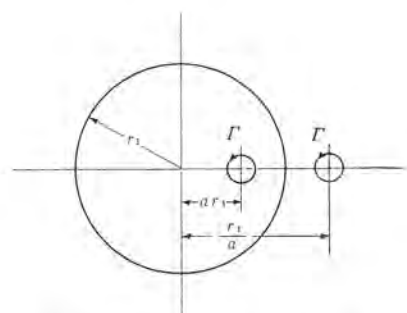


図 5.3 羽根車の流れの計算  
Fig. 5.3 Calculation of blower air flow.

$$\phi = -\frac{\Gamma}{4\pi} \log(r^2 + a^2 r_1^2 - 2rr_1 a \cos \theta) - \frac{\Gamma}{4\pi} \log(r^2 + \frac{r_1^2}{a^2} - \frac{2rr_1}{a} \cos \theta) + \text{定数} \quad (5.1)$$

ここで、 $\phi$  = 流れの関数  
 $\Gamma$  = 渦の強さ  
 $r_1$  = 羽根車内径  
 $ar_1$  = 渦中心位置

式(5.1)から絶対速度の周方向成分は、

$$C\theta_1 = \left(-\frac{\partial \phi}{\partial r}\right)_{r=r_1} = \frac{\Gamma}{2\pi r_1} = \text{const} \quad (5.2)$$

となる。これらが流れ解析の基礎式となる。

#### 5.4 吸込側の流れ

羽根車の性能を求めるためには羽根車入口における速度分布を知る必要があり、そのためには流れを知る必要があるが、吸込側の流れはポテンシャル流れと仮定してよく、その場合の基礎式は、

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \phi}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \phi}{\partial \theta^2} = 0 \quad (5.3)$$

境界条件は、

$$\left. \begin{aligned} \theta=0, \theta=\pi \text{ で } \phi = \text{一定} \\ \lim_{r \rightarrow \infty} \phi = k\theta \quad (k: \text{定数}) \end{aligned} \right\} \quad (5.4)$$

となり、この解は、

$$\phi = k\theta + \sum \frac{h_n}{r^n} \sin n\theta + \text{定数} \quad (n: \text{整数}) \quad (5.5)$$

ここで定数  $k$  および  $h_n$  は羽根車内部の流れとの接続条件で定まる。図5.4は吸い込み側の速度分布の一例である。

一方吐き出し口では各流線間の全圧差が大きいためポテンシャル流れとは大きく異なり、羽根車からの吐き出し直後の値の平均を用いて送風機の性能を解析する。その結果流量係数は渦の位置の関数となり、渦の位置はケーシングの形状、羽根車の周速から決められてくる。また圧力係数は羽根角度、羽根車の内外径比、渦位置の関数となっている。

#### 5.5 ラインフローファンの特長

(a) 流れが完全に二次元的であるため羽根車の幅を任意にえら

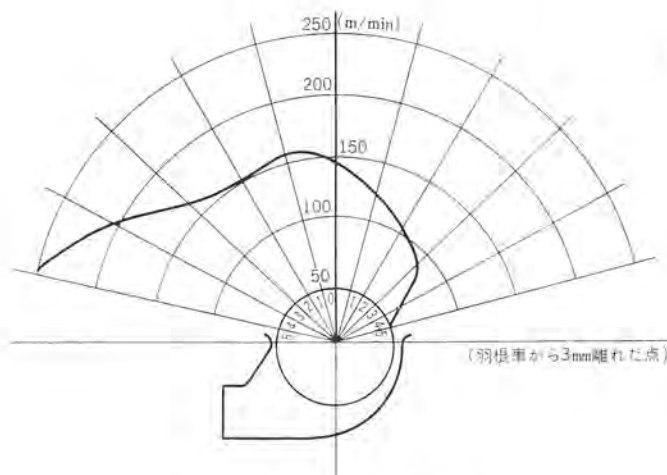


図 5.4 吸込口速度分布

Fig. 5.4 Air speed distribution in blower section.

ぶことができる。

(b) 流れに乱れがなく、反動度が小さいので全圧の大部分は速度ヘッドで与えられる。そのため空気の到達距離が大きい。反面この送風機を静圧の大きいと考えられる装置に使用する場合はディフューザの付属が必要となる。

(c) 翼を通過する空気は1回転中に逆転するためシンアイ付着量が少ない。

#### 5.6 ドレンパン

第一次ドレンパンと第二次ドレンパンから成り、床置形では第一次ドレンパンにはモータ、送風機が付属しており、ドレンパン自体を傾斜させドレン排水がスムーズにいくような構造になっている。第二次ドレンパンにはドレン配管のつまりを防ぐためにドレンストレーナを付属させてある。ドレンパンは耐食塗装を施し、腐食を防いでいる。

#### 5.7 エアフィルタ

吐き出し空気を清浄にするためにエアフィルタがついているが、この材料には空気通過の際に抵抗が割合少なく、集じん効率のよいサラネットを使用している。ケーシングなどを取りはずすことなく出入れができ、水洗も簡単である。

### 6. 性能

冷暖房能力を表6.1に、損失水頭を図6.1に示す。

表 6.1 冷 暖 房 能 力

冷房能力 (kcal/h)

形 名	吸 入 空 気 条 件 流 量 (l/min)	水 頭 損 失 (m・水柱)	乾 球 温 度 27°C 湿 球 温 度 21°C		
			冷 水 温 度		
			5°C	7°C	9°C
200 形	4	0.21	1,800	1,600	1,400
	5.5	0.37	2,000	1,800	1,600
	7.5	0.61	2,200	2,000	1,700
	5.5	0.43	2,700	2,300	2,000
300 形	7.5	0.75	3,000	2,600	2,200
	11.0	1.35	3,300	3,000	2,500
	7.5	0.92	3,900	3,400	3,000
400 形	11.0	1.65	4,300	3,900	3,400
	15.0	2.68	4,600	4,200	3,700
	7.5	1.30	5,100	4,200	3,600
600 形	11.0	2.20	5,800	5,000	4,300
	15.0	3.20	6,400	5,600	4,900

暖房能力 (kcal/h)

形 名	吸 入 空 気 条 件 流 量 (l/min)	水 頭 損 失 (m・水柱)	乾 球 温 度 20°C			乾 球 温 度 17°C		
			温 水 温 度			温 水 温 度		
			40°C	60°C	80°C	40°C	60°C	80°C
200 形	4	0.21	1,000	2,000	3,100	1,200	2,200	3,200
	5.5	0.37	1,100	2,200	3,300	1,300	2,400	3,500
	7.5	0.61	1,200	2,400	3,600	1,400	2,600	3,800
	5.5	0.43	1,500	2,900	4,400	1,700	3,200	4,600
300 形	7.5	0.75	1,600	3,200	4,800	1,800	3,400	5,000
	11.0	1.35	1,700	3,400	5,200	2,000	3,700	5,400
	7.5	0.92	2,100	4,200	6,400	2,400	4,600	6,700
400 形	11.0	1.65	2,300	4,600	6,900	2,700	5,000	7,300
	15.0	2.68	2,500	4,900	7,400	2,800	5,300	7,800
	7.5	1.30	2,900	5,800	8,700	3,300	5,800	9,100
600 形	11.0	2.20	3,200	6,500	9,700	3,700	7,000	10,200
	15.0	3.20	3,400	7,000	10,400	4,000	7,500	11,000



## 損失水頭

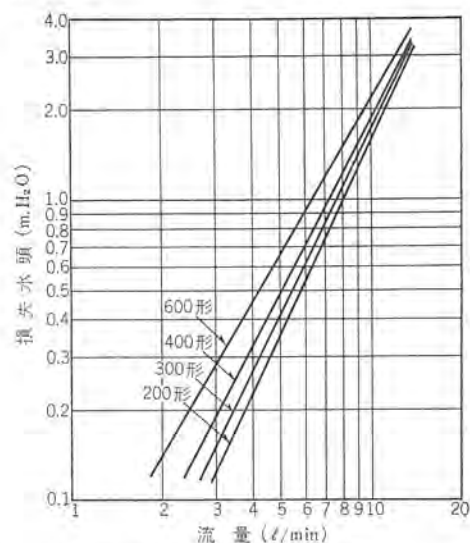


図 6.1 損失水頭曲線

Fig. 6.1 Characteristic curve of head loss-water flow.

## 7. む す び

これまでスタンダードリビングマスタの概略を述べてきたがこの機器のユニークさはコンパクトであること、低価格であることに存在す

る。小形となったので騒音の問題が考えられるが、一般に室内の許容騒音度は人のいない状態で次のようになっている<sup>(2)</sup>。

表 7.1 スタンダードリビングマスタ 騒音

ノッチ	形 名	200 S	300 S	400 S	600 S
3		47	47	48	48
2		41	41	43	43
1		35	35	36	36

本体前面から 1.5 m. 単位: ホン, A scale.

大事務所, 銀行……………45~55 ホン (A スケール)

レストラン……………50~55 ホン

図 書 室……………40~45 ホン

会議室, 小事務所……………40~45 ホン

スタンダードリビングマスタは表 7.1 のように騒音が低いのでこのような市場で十分活躍できるファンコイルユニットであり、特別に音響特性の要求される場合には、音響特性には十分考慮を払ってあるデラックスリビングマスタを製作することもできる。

## 参 考 文 献

- (1) 村田, 井家上: 横断流送風機の研究, 日本機械学会 関西支部第 40 期定期総会講演会 前刷
- (2) 建築設備 ハンドブック (朝倉書店)

# エアハンドリングユニット

堀江 将人\*

## Air Handling Units

Nagasaki Works Masato HORIE

Air conditioning, as is well known, means to maintain the air in a specific space to a state suited to the purpose of employment regardless of exterior condition. The operation involves the removal of dust, germs and bad smells as well as the adjustment of temperature, humidity and air current. Mitsubishi Air Handling units consist of all components necessary for air conditioning such as air coolers, air heaters, humidifier, air cleaners and fans set up into one units. Combined with refrigerating machines and boilers, they are used for room air cooling and heating of department stores, theaters, business offices and hospitals, being also applied to the air conditioning in the manufacturing process of plants. The article describes the applications of units, construction and performance of the main components of the air handling unit.

### 1. ま え が き

空気調和とは、周知のとおり外部の条件にかかわらずその対象とする室内の空気を使用目的に適した状態に維持することであり、これには温湿度および気流の調整はもちろん、尘埃、細菌の除去あるいは脱臭などの処理が考えられる。

三菱 エアハンドリングユニットは空気調和に必要な送風機・熱交換器・加湿器・空気清浄装置などを組み合わせて一体としたもので、熱源としての冷凍機・ボイラなどと併用して空気調和を行なうもので、百貨店・劇場・事務所・病院などの冷暖房用はもちろん、精密機械・製紙・印刷・繊維・醸造などの工場の製造工程用としても広く使用される。

### 2. 空気調整方式

三菱 エアハンドリングユニット（以下略称 AD ユニットと呼ぶ）はいわゆる中央式空気調整装置に属し、次の方式に分類される。

#### 2.1 全ダクト式

ビル の地下などに設けた機械室に冷凍機、ボイラなどと AD ユニートを併置し、ダクトで調和空気を各区域に送風する方式である。

##### (1) 単一ダクト式

最も普通のダクト方式で、全給気量を1本のダクトで送り必要な暖冷房負荷をこの給気だけで全部受持つ。

##### (2) 二重ダクト式

AD ユニットの吹出口は冷風と温風の二個に別れ、温風と冷風とを別々のダクトで送風し、各空調区域ごとに適当に両者を混合して吹出すもの。

##### (3) マルチゾーン式

AD ユニットの吹出口は各空調区域ごとにダクトでゾーンに別れ、さらに各ゾーンは冷風と温風の二つの吹出口があり、ダンパの開度によって両者の混合割合を変え、各区域に適した空気条件を作り出す方式である。

#### 2.2 各階ユニット方式

各階ごと、または各区域ごとに AD ユニートを設置し、調和空気を送る方式で、冷温水、蒸気などの熱媒は別に機械室に設けた冷凍機、ボイラなどにより配管で供給する。

#### 2.3 ダクトおよびユニット併用方式

各室内に小形のユニット（ファンコイルユニットなど）を設け、これに

機械室内に設けた AD ユニットから調整された新鮮な空気を導き、これと各小形ユニットに付属の熱交換器を通した再循環空気と混合した調和空気を室内に送風する方式である。

### 3. 形 式

空気調整方式によって、A形、D形、Z形の三種類がある。

#### 3.1 A形ユニット

一般の単一ダクト式に使用され、据付面積、高さなどの関係を考慮して立形（V）と横形（H）の二種類がある。

##### (1) 立形

図 3.1 はA形ユニットの外観である。

立形の構造は図 3.2 の断面図に示すように、吸込側から入口ダンパ—混合室—フィルター熱交換器（冷却コイル、加熱コイル）—支持台（加湿器を含む）—送風機となり熱交換器および支持台の下に露受がある、このほかに、必要に応じて予熱コイル・再熱コイル、エリミネータ、吐出ダンパなどを組み合わせることができる。

送風機静圧で最高 120 mmAg までこの構造に製作できる。

##### (2) 横形

横形の構造は図 3.3 に示すように、立形の支持台を除き、送風機を冷却コイルなどと同じ高さにしたものである。水スプレー式加湿器を必要とする場合は、熱交換器と送風機の間に別にス



図 3.1 A形ユニット外観（立形）  
Fig. 3.1 Exterior view of type A unit (Vertical type).



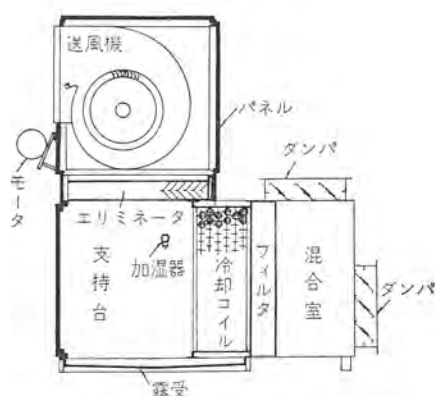


図 3.2 A形 (立形) ユニット断面  
Fig. 3.2 Cross section of A unit (vertical type).

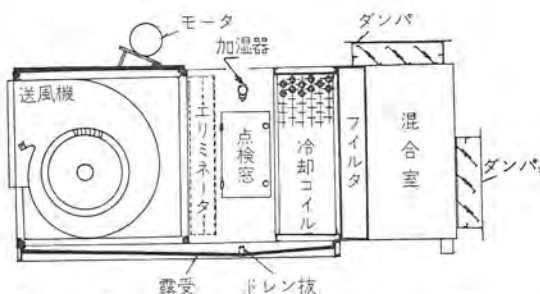


図 3.3 A形 (横形) ユニット断面  
Fig. 3.3 Cross section of type A unit (horizontal type).

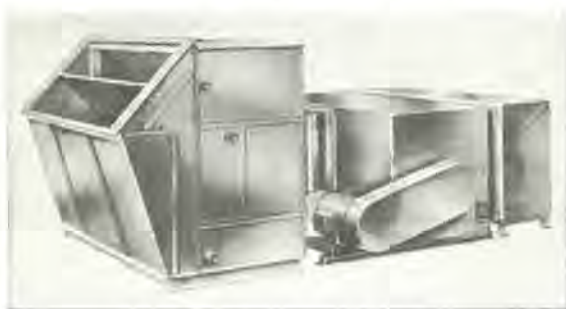


図 3.4 D形 ユニット外観 (高圧用)  
Fig. 3.4 Exterior view of type D unit (high pressure use).

レーセクションを設ける。小形のもの (形番28以下) は床置のほか天井つりにすることができる。高風圧 (送風機静圧 120 mmAg 以上) になると送風機セクションとほかのセクションはタフミダクトで接続し、送風機セクションのみ防振する構造となる。

### 3.2 D形ユニット

二重ダクト方式に使用される形式で図 3.4 にその外観を示す。構造は図 3.5 に示すZ形ユニットとほとんど同じで、Z形ユニットから吐出ダンプを除いたものである。送風機はコイル室に対し、押込式となる。冷却コイルと加熱コイルは上下に並列に置かれ、吹出口は冷風と温風の二つに分かれる。送風機とコイルの間には気流分布を一様にするための散気板がある。

### 3.3 Z形ユニット

マルチゾーン式に使用されるユニットで、図 3.6 はその外観である。ゾーンダンプがコイルの出口にあって、6~16個のセクションに分かれ、各セクションごとに温風側と冷風側とで90°回転角のずれた2枚の羽根が設けられている。

これらのダンプを手動、あるいはトルクモータなどにより自動的に操作して冷風と温風の混合比を変え、所要の温湿度の空気を得るもので、高度の空気調整が可能である。

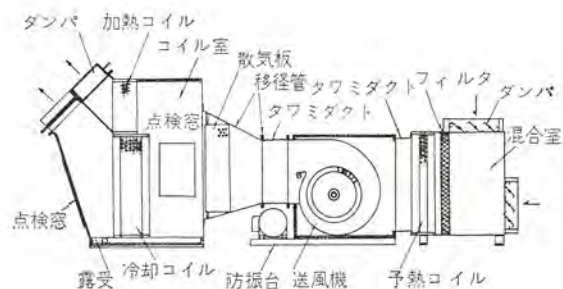


図 3.5 Z形ユニット断面 (高圧用)  
Fig. 3.5 Cross section of type Z unit (high pressure use).



図 3.6 Z形ユニット外観 (低圧用)  
Fig. 3.6 Exterior view of type Z unit (for low pressure use).

## 4. 特 長

- (1) 送風機は合理的な設計による両吸込み シロコファン を使用し、十分に バランス をとっているため静かな運転をする。
- (2) 送風機の種類を多く用意しているため、すべての使用範囲で効率よい選定ができ、電力費が最小になる。
- (3) 必要な部品はすべて一体に組み込んであり、ケーシング内面には熱絶縁を施してあるので、現地工事は大変簡単になる。
- (4) ケーシング外板には亜鉛メッキを行ない、形鋼のワッ組補強をしてあるので、振動が少なく堅固である。
- (5) 外板の一部はネジ止めで、取りはずし可能な構造になっており、各部品の保守点検は容易である。
- (6) 冷却コイルおよび加熱コイルは独特のミジ付きフィンを使用しているため非常に伝熱効率が高い。
- (7) 各部品の取付けフランジは同一寸法になっているので、必要に応じて新しい部品をそう入することができる。

## 5. 構 造

### 5.1 ケーシング

ケーシングは風圧・振動・湿度を考慮して適当な厚さの亜鉛メッキ鋼板を使用し、形鋼のワッ組および補強を行なっている。内面には 25 mm 厚のモルトレンをはり付け、防熱および防音の作用を兼ねている。

### 5.2 送風機

送風機は両吸込み シロコファン を1台または2台組み込み、ベルトで駆動する。送風機はユニット形番ごとに4種類あり、図 5.1 に使用区分の一例を示す。すなわち風圧 90 mmAq 以下の低圧用、90~230 mmAq の高圧用にわかれ、さらに高圧・低圧 おののについて2種類 (高速用、低速用) の送風機がある。したがってすべての風量、風圧の範囲で効率よい運転ができるように送風機を選定できるわけである。軸受は市販の無給油式自動調心ボールベ



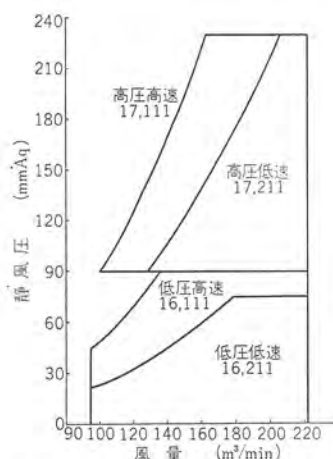


図 5.1 送風機使用区分 (形番 11)  
Fig. 5.1 Blower working ranger.

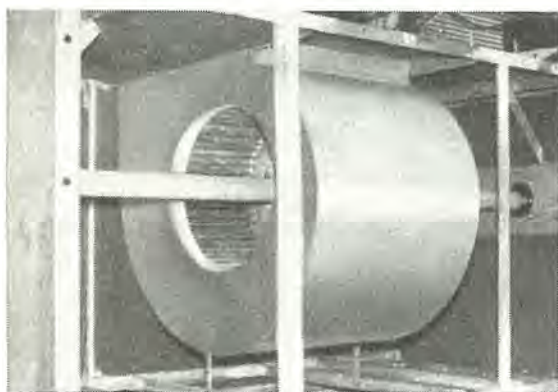


図 5.2 送風機組込み状態  
Fig. 5.2 Assembling of blower.

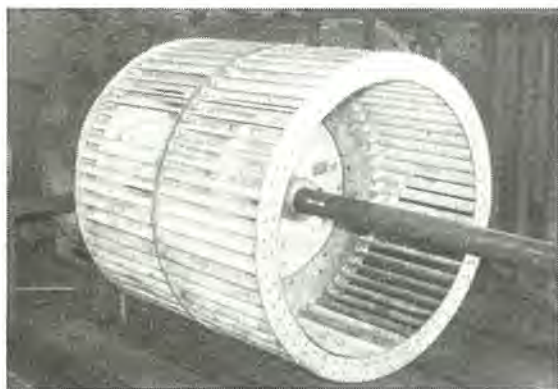


図 5.3 送風機扇車  
Fig. 5.3 Fan wheel of blower.

アリングユニットを使用し、ケーシングに固定されている。

図 5.2 はケーシングに送風機を組み込んだ状態、図 5.3 は扇車の写真である。

### 5.3 熱交換器

AD ユニットに使用する熱交換器 (コイル) は、いわゆる プレートフィン 形のもので、図 5.4 に示すように、特殊のヒダをもったアルミフィンに銅管をエキスパンドして製作したもので、使用する熱媒によって次の 3 種がある。

- (1) 冷温水 コイル (冷却水または温水)
- (2) 直膨コイル (冷媒 R12 または R22)
- (3) 蒸気加熱コイル (蒸気)

またとくに腐食に対して考慮する必要がある場合には アルミフィ



図 5.4 冷却器用フィン  
Fig. 5.4 Fins for cooler.



図 5.5 冷温水コイル  
Fig. 5.5 Coils for cold and hot water.

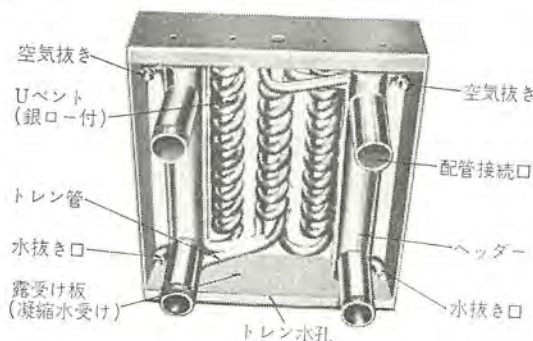


図 5.6 連続式水冷却コイル  
Fig. 5.6 Connecting type of cooling water coil.

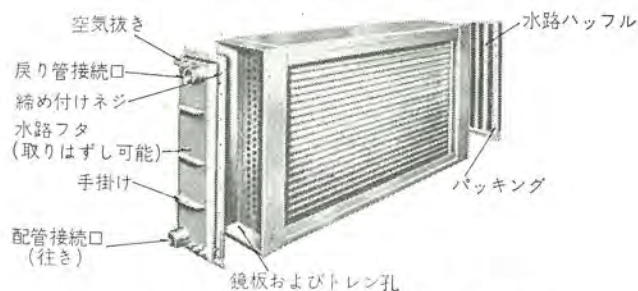


図 5.7 取りはずし式水冷却コイル  
Fig. 5.7 Dismounting type cooling water coil.

ンの代わりに銅フィンを使用する。

#### (1) 冷温水 コイル

図 5.5 に冷温水 コイル の外観を示す。冷温水コイル には、図 5.6 に示すようにヘッダー が連続式のもの、図 5.7 に示すようにヘッダー が取りはずし式になっており、水が汚れていてたびたびチューブ内の掃除をする必要がある場合に適したものがある。フィンピッチは 3mm (標準ピッチ) および 2mm (密接ピッチ) の 2 種がある。

銅管は図 5.4 で明らかなように縦に数段、横に数列、千鳥状に配列されているが、連続式のものはこの管端の接続方法により水の回路が、次の 3 種に区分される。

- (a) 標準回路 2, 4, 6, 8 列の各列数がある。
- (b) 増速回路 2, 4 列と列数が少ない場合に水速を標準回路の 2 倍にしてコイル の伝熱効果を上げるために使われる。
- (c) 減速回路 6, 8 列と列数が多く、また、水量が多い場合に、水速を標準回路の半分にして水頭損失を減らすために使われる。

#### (2) 直膨形コイル

直膨コイル は冷媒として R12 または R22 が用いられる。列数は 2~6 列の 5 種、フィンピッチは 3mm および 2mm の 2 種が





図 5.8 蒸気加熱 コイル  
Fig. 5.8 Steam heating coil.

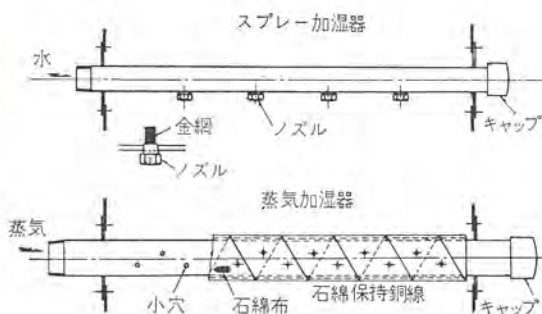


図 5.9 水スプレー形および蒸気  
グリッド形加湿器  
Fig. 5.9 Water spray type and steam  
grid type humidifier.



図 5.10 蒸発 ザラ 形加湿器  
Fig. 5.10 Evaporation tray type  
humidifier.



図 5.11 平形 フィルタ  
Fig. 5.11 Flat filter.



図 5.12 傾斜形 フィルタ  
Fig. 5.12 Inclined filter.



断面A-A

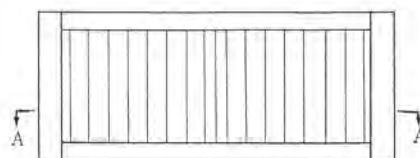


図 5.13 エリミネータ  
Fig. 5.13 Eliminator.

ある。

### (3) 蒸気加熱 コイル

蒸気加熱 コイルの列数は1列または2列である。フィンピッチ およびフィン の幅によって、A, B, C, D, E の5種類があり、A種よりE種にいくにしたがって伝熱係数は増加する。銅管はウツに対して上下方向および気流方向に傾斜しており、ドレンがうまく流れるようになっている。

図 5.8 は蒸気 コイルである。

### (4) 加湿器

加湿器には次の3種がある。

#### (a) 水スプレー形 (図 5.9)

銅管にノズルを数個取付け、温水を吹出して加湿する。立形では支持台の中に入れ、横形では別にスプレーセクションを設ける。

#### (b) 蒸気グリッド形 (図 5.9)

銅管に多数の孔を開け、その上にアスベスト布を巻きつけそのスキマから蒸気を噴出して加湿する。立形では支持台の中に入れ、横形では送風機セクションの中に入れる。

#### (c) 蒸発 ザラ 形 (図 5.10)

受ザラに入れた水の中に蒸気を通したチューブを入れ、この熱で水を蒸発させ加湿する。立形では支持台の中に入れ、横形では別に加湿セクションを設ける。

正確な温度調節や、高湿度を必要としない場合は水スプレー形が使用されるが、蒸気グリッド形あるいは蒸発 ザラ 形を使うと湿度調節が容易で、高い湿度が要求される場合にも有効である。

### (5) エアフィルタ

フィルタの材質としては各種市販品があるが、標準としてはナイロン繊維のフレッド (商品名 P-15/500) を使用し、このほかグラスウール、金網フィルタなどを使うこともできる。



図 5.14 混合室  
Fig. 5.14 Mixer.

フレッド および金網 フィルタは洗浄形であるが、グラスウールは廃棄形である。

フィルタは4種のサイズの元素 (500×400, 500×500, 500×630, 400×630) の組み合わせでユニットを構成し、気流方向に対して直角に並べた平形 (図 5.11)、気流方向に傾斜をもたせて元素の枚数を増やした傾斜形 (図 5.12)、さらにこの傾斜角度を大きくして元素の枚数を多くした高容量形があるが、通過風量によって適宜使いわけ。

### (6) エリミネータ

ユニットに水スプレー 加湿器を付けた場合および水 スプレー 加湿器がなくても、冷却コイルの通過風速が速くなって (2.5 m/sec 以上) 冷却コイルの表面の露が飛ぶ心配がある場合には、図 5.13 のような二つ折りのエリミネータを付ける。

### (7) 混合室

屋外の新鮮空気および室内のもどり循環空気を混合する室で、両者の取入れ口は同じサイズのダンパがあり、これらはレバーにより連動するようになっていて、このダンパ操作により空気の混

合比を適宜にコントロールすることができる。図 5.14 はその外観である。

## 6. 性能

AD ユニットの中核をなすものは、送風機および熱交換器であるが、その性能について述べる。

### 6.1 送風機

図 6.1 に送風機特性曲線の一例を示す。この送風機は AD ユニット用としてとくに開発されたもので非常に効率が良く静圧効率で最高 65~70% に達する。

また、騒音値も低く、上の例の場合、送風機単体で 77 ホン (B スケール) であり、これをユニットに組み込んだ運転状態では約 3 ホン低下した結果が出ている。

図 6.2 は形番 57 の騒音周波数分析の一例である。

### 6.2 熱交換器

#### (1) 冷温水コイル

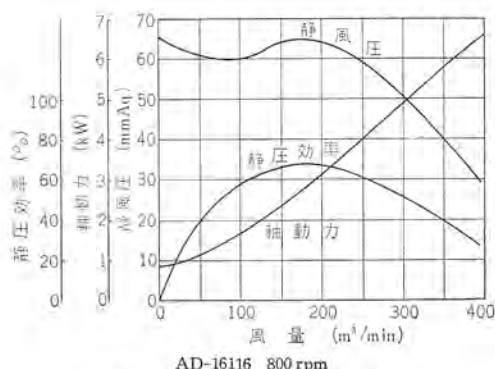


図 6.1 送風機特性曲線  
Fig. 6.1 Blower characteristic curves.

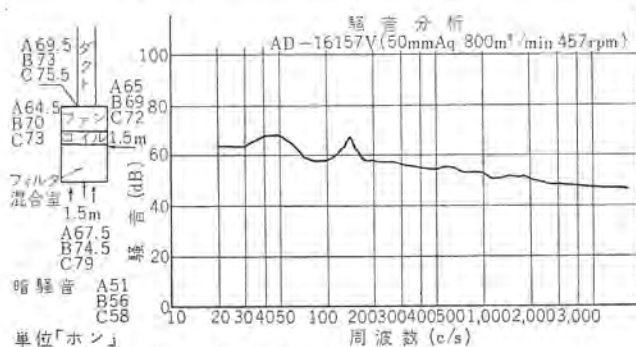


図 6.2 騒音周波数分析結果  
Fig. 6.2 Result of noise frequency analysis.

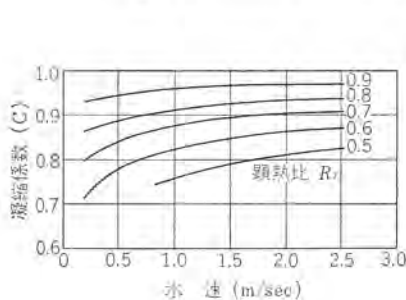


図 6.4 冷温水コイルの凝縮係数  
Fig. 6.4 Condensing factor for water coils.

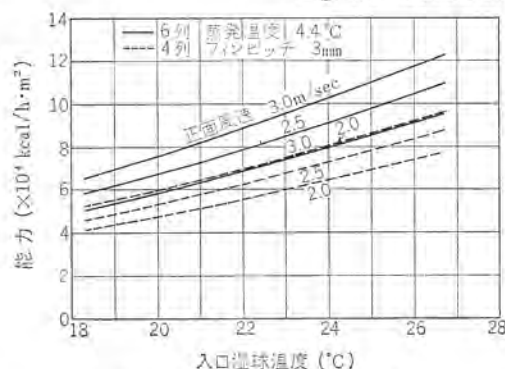


図 6.5 直膨コイル能力 (標準ピッチ)  
Fig. 6.5 Capacity of direct expansion coil.

冷却の場合は、一般にコイル表面は湿潤して伝熱効果は増す。すなわち  $C/R$  は 1 以上となるため、 $C/R$  の値をコイル表面のぬれによる増加係数と呼ぶ場合もある。

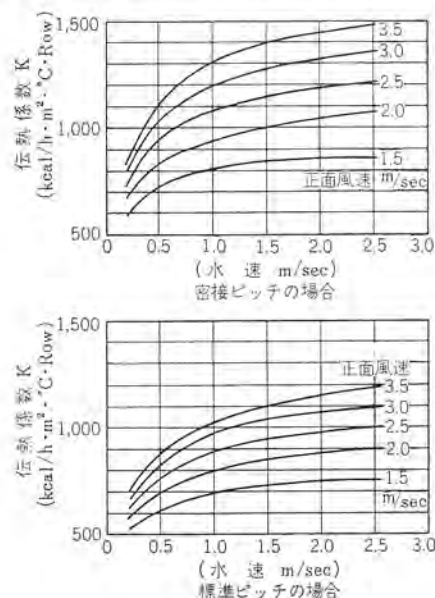


図 6.3 冷温水コイルに対する顕熱の伝熱係数  
Fig. 6.3 Coefficient of sensible heat transfer for water coils.

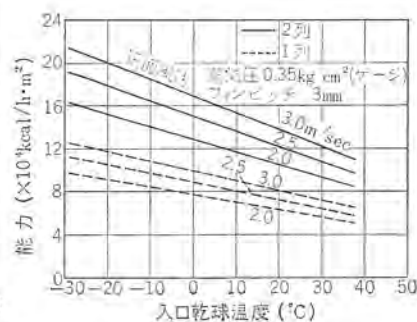


図 6.6 蒸気加熱コイル能力  
Fig. 6.6 Capacity of steam heating coil.



加熱の場合は、一般に コイル 表面は乾いていて  $C/R=1$  となり、

$$H_s = K \cdot A \cdot N \cdot \Delta t \dots (6.2)$$

ただし  $H_s$ : 顕熱 kcal/Hr

$$\Delta t = \frac{(t_A - t_L) - (t_B - t_E)}{\log e \frac{t_A - t_L}{t_B - t_E}}$$

の関係式がなりたつ。

(2) 直膨 コイル

図 6.5 は冷媒 R12 および R22 使用の場合の能力である。

(3) 蒸気加熱 コイル

図 6.6 に蒸気加熱 コイル の能力を示す。

## 7. 標準仕様

AD ユニットの使用範囲は コイル の正面風速で 1.5~3.5 m/sec で普通は 2~3 m/sec の範囲で使用されることが多い。

AD ユニットの使用範囲は次のとおりである。

風 量 10~1,100 m<sup>3</sup>/min

機外静圧 6~200 mmAq

伝熱熱量 3,000~600,000

kcal/hr

表 7.1 は コイル 正面風速 2.5m/sec の標準仕様の場合である。

## 8. クリネヤ付

### エアハンドリング ユニット

最近の空調設備では冷暖房のほかに空気清浄に対してもとくに考慮が払われているが、AD ユニットでもこの点を重要視し、前述の機械的 フィルタ のほかに、とくに AD ユニット用として開発された、当社製電気集じん器 クリネヤを付属することができ、集じん率 85% 以上を処理することができる。また環境衛生上空気 イオン の人体に対する影響の問題が最近クローズアップされ、先に当社でも負イオン発生装置が開発されたが、AD ユニットに対してもこの点に注目し、送風機吹出部に当社製 IG 形負イオン発生装置を付属できるよう考慮されている。

図 8.1 は クリネヤ および負イオン発生器付きエアハンドリングユニットの組立図である。

表 7.1 エアハンドリングユニット 標準仕様

ユニット 形式 番号	標準風量 (m <sup>3</sup> /min)	静 圧 損 失 (mmAq)		送 風 機		電動機 (kW)	冷却器および加熱器		フ ィ ル タ		
		ユニット内部	ユニット外部	称呼	台数		正面寸法 (mm×mm)	正面面積 (m <sup>2</sup> )	フィルタ寸法 (mm×mm×mm)	枚数	正面面積 (m <sup>2</sup> )
02	27	19	6	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1	0.4	457×381	0.175	500×400×50	1	0.200
03	47	22	25	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1	0.75	813×381	0.309	500×400×50	2	0.400
05	81	22	25	2	1	1.5	991×533	0.529	500×500×50	2	0.500
08	113	22	25	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1	1.5	1,220×610	0.743	630×400×50	3	0.756
11	163	22	25	3	1	2.2	1,400×762	1.07	500×400×50	6	1.20
16	227	24	25	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1	3.7	1,630×914	1.49	630×400×50 630×500×50	3 3	1.70
22	320	25	25	3	2	5.5	2,290×914	2.09	500×400×50 500×500×50	5 5	2.25
28	396	25	25	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	2	5.5	2,840×914	2.60	500×400×50 500×500×50	6 6	2.70
36	504	25	25	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	2	7.5	2,900×1,193	3.31	500×400×50	18	3.60
42	572	25	25	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1	11	2,900×1,295	3.75	500×400×50 500×500×50	6 12	4.20
48	674	25	25	6	1	11	2,900×1,524	4.41	500×500×50	18	4.50
57	807	25	25	6 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1	15	2,900×1,829	5.30	500×500×50 500×400×50	18 6	5.70

注) 1. ユニット内部静圧損失は、冷温水コイル 6 列で、標準風量の場合である

2. ダクト損失がユニット外部静圧より大きくなると、電動機を一段大きくしなければならない場合がある

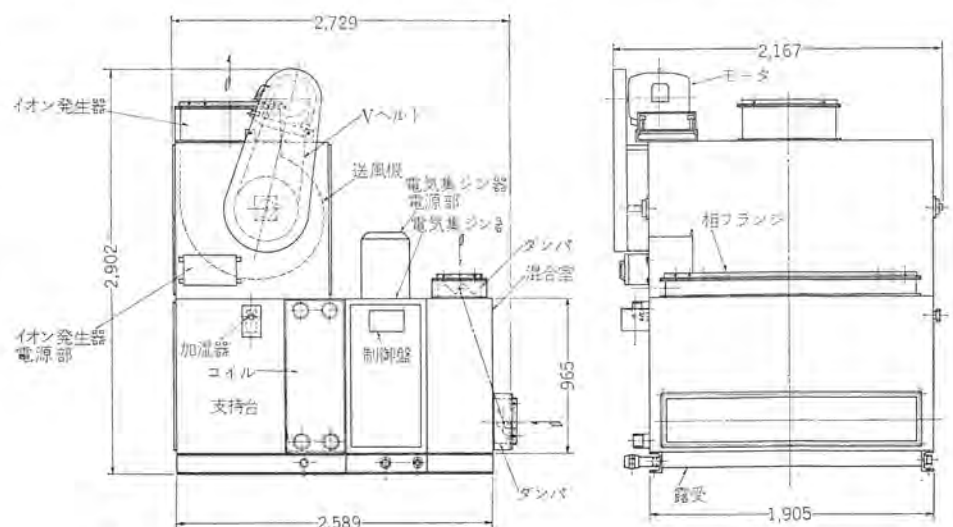


図 8.1 クリネヤ および負イオン発生器付きエアハンドリングユニット (AD-16116-V)

Fig. 8.1 Air handling unit attached with Cleanair and negative ion generator.

## 9. む す び

以上、AD ユニットの構造および性能について簡単に説明したがこれらはあくまで熱源としての水冷却ユニット、あるいは凝縮ユニットと組み合わせ使用され、当社製 CR, CT 形水冷却ユニット、あるいは MA, MC 形凝縮ユニットとの組み合わせにより十分にその能力を発揮するものと確信する。

最近のこれら空気調整装置の進歩はめざましいものがあるが、この AD ユニットにおいても需要家各位のご批判とご指導をお願いし、さらに改良を加え、ご期待にそいたいと考えている。

## 大形水冷却装置

江本浩徳\*

## Water Chilling Units of Large Capacities

Nagasaki Works

Hironori EMOTO

In recent years much progress has been made on air conditioning apparatus in this country. As to refrigerating machines, the essential item of the arrangement, there are two types of functional elements: one is a chilling unit and the other a direct expansion unit. For large air conditioners those with the chilling units are more advantageous in the point of versatility than the other system. There are, for the present, two models with them; a reciprocating model CR at 60 ton capacity and a centrifugal model CT for larger capacities. The two models have merits and demerits, both being provided with a hermetic compressor of automatic operation and of compact, package unit design.

## 1. ま え が き

ここ十年來の空調装置の普及と発展は著しいものがあるが、冷(暖)房用の冷凍機は容量 100 RT (冷凍トン) をこえるものについては、ターボあるいは吸収式のチリングユニット、それ以下に対しては、小形ターボ冷凍機、レシプロのチリングユニットまたはレシプロの直膨式パッケージ形空調機が、それぞれの特長によって使い分けられているのが現状である。

すなわちチリングユニットの利点は、水を仲介することによって、比較的自由的な温湿度調整ができること、冷凍機の運転が安定化すること、ファンコイルユニットと組み合わせたときは、冷水配管のみが必要でダクトスペースが不要、また個室の温度調節ができること、蓄熱タンクを使うことによる経済性などがある。

またレシプロのチリングユニットとターボのチリングユニットの得失としては、通常ターボ冷凍機は自動化によって操作が容易で騒音振動が小さく、容量制御が大幅かつ円滑であり、高圧ガス取締法が適用されず作業主任者が不要などがあげられている。しかし 100 RT 以下のものについてはターボ冷凍機の特長のうち、レシプロに比べてほんとうに有利なものは作業主任者が不要ということであり、それに対してレシプロのチリングユニットはイニシャルコストが安いこと、効率がよいことである。

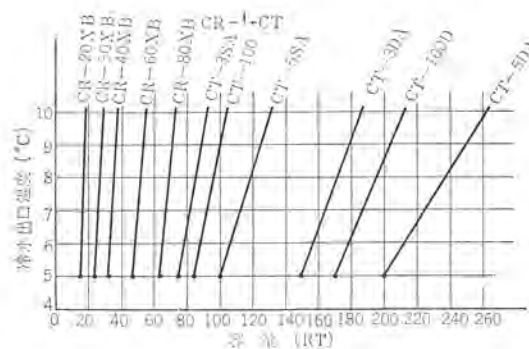
当社では、標準能力約 15~60 RT までを CR チリングユニット (C は Chilling Unit, R は Reciprocating Comp を表わす)、それ以上を約 60~200 RT までを CT 形ターボ冷凍機 (T は Turbo Comp を表わす) によって系列化している。

## 2. 大形チリングユニット系列

チリングユニットの容量は、コンデンサの冷却水にクーリングタワーを使うとすれば、ほぼ冷水出口温度のみで決まる。

各機種ごとの容量と冷水出口温度の関係を示すと図 2.1 のようになり、冷水出口温度が上昇すれば 1°C ごとに数 % だけ容量が増加する。

CR 形に使用している圧縮機は、MX 形半密閉式で 4, 6, 8 気筒の 3 種類があり、それぞれ CR-20 XB, 3 XB, 40 XB に対応していて、60 XB, 80 XB は 1 ユニットに 6 気筒、8 気筒の圧縮機を 2 台ずつ使用している。CT 形でも 3 DA, 100 D, 5 DA は圧縮機 2 台を使用した Duplex Type である。これらはいずれも



注) 冷却水はクーリングタワー使用の場合とする。

図 2.1 大形水冷却装置系列

Fig. 2.1 Capacity diagram of large water chilling units.

独立した二つの冷凍サイクルをもち、単独で運転できるようになっている。

一般に、冷房用の冷凍機では負荷を真夏の最も暑いときに合わせて容量をきめるので、冷房シーズン中の大部分は部分負荷運転となり、そのときの運転の安定性、経済性が問題である。またヒートポンプで、暖房運転するときも部分負荷運転となる傾向がある。

これら部分負荷運転に対し容量制御装置があるがその最小値は全容量に対して、ターボ冷凍機もレシプロも 30% 程度であるから少し見積を誤ると常用負荷が最小容量値を割り起動停止を繰り返すことになりがちであり、とうてい満足のゆく制御は望めない。したがって最小容量値が小さくそのときの効率がよいことは大切なことである。この点 D 形を採用すれば圧縮機を 2 台使用しているので最小容量制御値は  $\frac{1}{2}$  となり、部分負荷に対する効率もよく、そのうえ起動電流値も半減されるので有利である。

## 3. CT 形ターボ冷凍機

CT 形冷凍機は図 3.1 に示すように全体をパネルでおおったパッケージタイプで運転操作は前面の操作盤で行なう。このほかに電動機盤があり、組み合わせて使用する。

すなわちつぎのような特長を有している。

- (a) 密閉形であるから冷媒漏れが少ない。
- (b) コンデンサ・チャラーを一体にし、その上に圧縮ユニットを乗せたので据付面積が小さい。
- (c) パネルでかぶっているので騒音が小さくていさいがよい。
- (d) 圧縮機は単段とし電動機は冷媒液冷を採用したので小形



化されている。

(e) D形は大幅な容量制御ができ、かつ起動電流値も半減される。

### 3.1 構造



図 3.1 CT 形冷凍機外観  
Fig. 3.1 Model CT refrigerating machine.

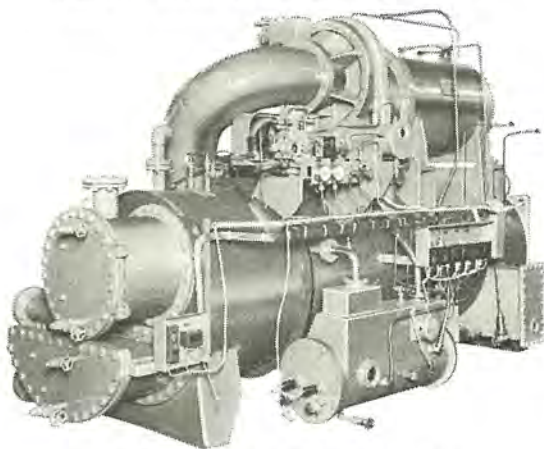


図 3.2 CT 形冷凍機 (パネルなし)  
Fig. 3.2 Model CT refrigerating machine without panel.

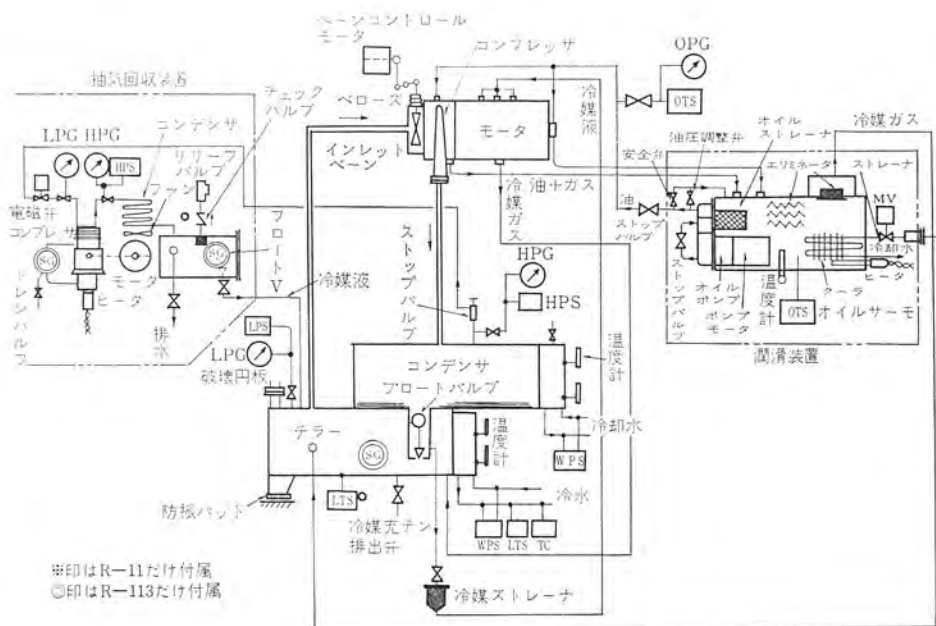


図 3.3 冷媒系統  
Fig. 3.3 Schematic diagram of refrigerating cycle.

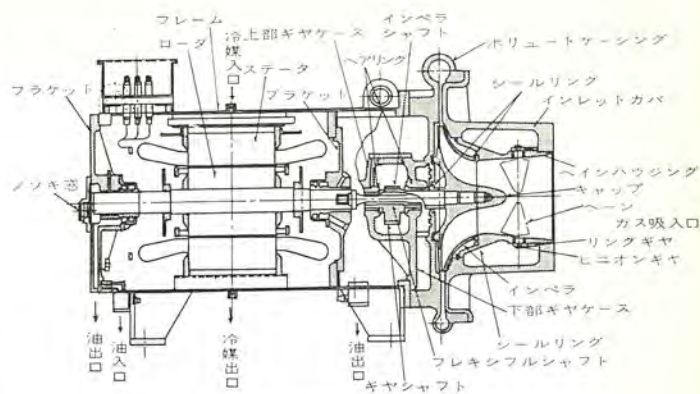


図 3.4 CT 形圧縮機断面  
Fig. 3.4 Sectional view of compressor for model CT chilling units.

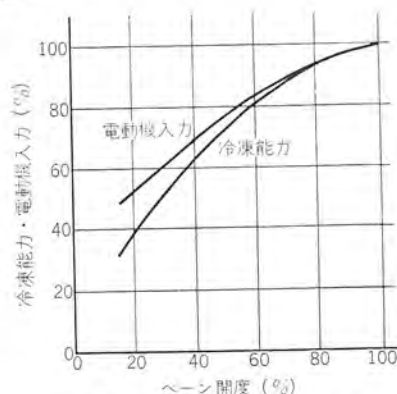


図 3.5 CT 形冷凍機 ベーン 特性  
Fig. 3.5 Characteristic curves of inlet vanes.

パネルを取れば図 3.2 のようにコンデンサ・チャラーの上に圧縮ユニットがあり別にオイルタンクと抽気装置を備えている。これらの間の冷媒配管系統図を図 3.3 に示される。

#### 3.1.1 圧縮ユニット

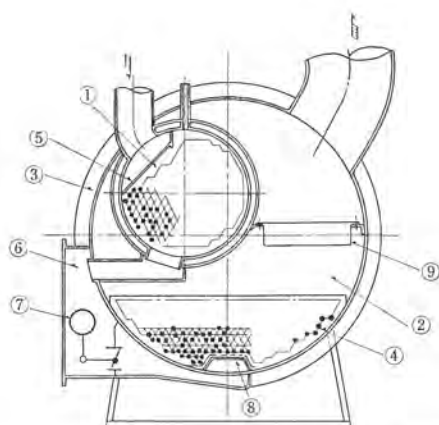
図 3.4 は圧縮機の断面図である。圧縮機は半密閉式の単段圧縮機であり、内蔵の単段ヘリカル歯車によって増速される。R-11, R-113 を使うターボ冷凍機では空気の漏入ということは第1にさけるべきことで密閉形を採用することはぜひ必要である。また単段圧縮機にすれば、外形は小さく構造は簡単になること、容量制御の効果がよいなどの利点がある。

代表的な ベーン 制御特性を図 3.5 に示す。

駆動電動機は2極のカギ形で、耐冷媒性の絶縁をもち、フレーム上部のノズルから冷媒液をふん射し強制的に冷却している。液冷を採用することにより冷却ファンが不要になったので、冷媒消費量を上回る効率の向上が得られた。

電動機は3,000 V を標準としているが200, 400, 6,000 V も製作実績がある。

潤滑装置は別置の歯車ポンプによる強制潤滑を採用している。



1. コンデンサ 2. チャー 3. 冷却水管  
4. 冷水管 5. バッフルプレート 6. フロート室  
7. フロートバルブ 8. ディストリビュータ 9. エミネータ

図 3.6 コンデンサ・チャー断面  
Fig. 3.6 Sectional view of condenser and chiller.

表 3.1 制御方式一覧

方式		No. 5	No. 6
項 目	PB	○	○
	Ths		○
油 ポ ン プ	単 独	○	○
	連 動		○
容 量 制 動	TC	○	○
	手 動	○	○
抽 気 装 置	手 動	○	○
	自 動		○

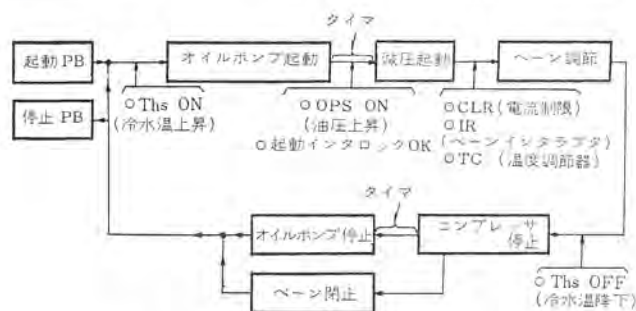


図 3.7 No. 6 運転方式作動図  
Fig. 3.7 Working diagram of No. 6 control system.

### 3.1.2 コンデンサ・チャー

コンデンサ・チャーは、図 3.6 でわかるようにシエル・チューブ式でスペースの節約からチャー 胴内にコンデンサを内蔵している。チャーとコンデンサの熱交換はコンデンサを2重胴として、防止している。

D形の場合は、中央から安全に2分されている。

### 3.2 制御器機

制御方式の大略を表 3.1 に示す。操作方式は特別の場合を除いて No. 5, No. 6 方式とし、その違いは、No. 5 方式は自動、No. 6 方式は全自動で冷水温度による自動発停と抽気の自動発停を含む。全自動の場合の作動順序を示すと図 3.7 のようになる。D形の場合は、起動は電流を減すため1台づつ行ない負荷が半分以下に減少したときは、自動的に1台が停止し残りの1台に全負荷がかかり、そのあとの負荷の推移で停止または2台運転となる。この場合の操作回路は2台分を含むため当然大きくなるが、とくに小さくする必要があるときは、図 3.8 のアンペアガード盤を採用する。

ターボ冷凍機は、全装置が工場ですべて製作されることと、比



図 3.8 アンペアガード電動機盤  
Fig. 3.8 Amp-guard-type motor panel.

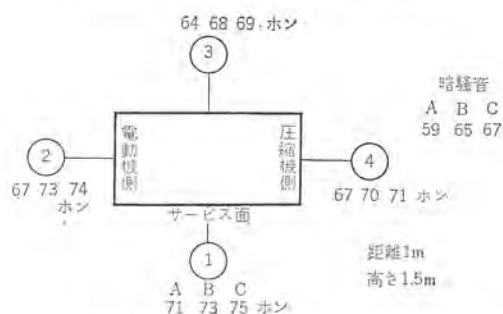


図 3.9 CT 形冷凍機騒音値  
Fig. 3.9 Noise level of model CT refrigerating machine.

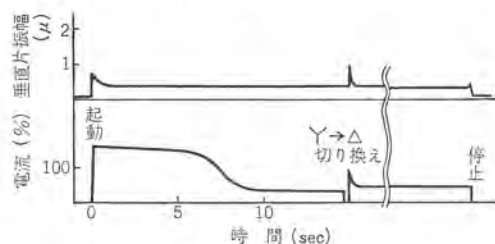


図 3.10 防振パッド上の脚部振動  
Fig. 3.10 Vibration levels of foot on the vibration absorber.

較的大形であることから、冷凍機のなかでは自動化が採用しやすく、現在のものでは運転者はほとんど起動 ボタン を押すこと、定時に記録をとる以外の仕事はなくなった。ただ自動化するほど部品の数がふえ部品不良の発生する確率が大きくなるので、その選定、保守は納入先の技術水準を考えて注意する必要がある。また冷凍機以外の装置計画が冷凍機の特性を十分考慮したものではないと思いがけない故障の原因となることがある。

### 3.3 騒音振動

ビルが高層化するにつれて階上に設置されることが多く、振動騒音の小さいことが要求されるようになった。

図 3.9 に騒音測定結果を示すがこの程度の騒音であれば設置場所のポンプ騒音のほうが大きくほとんど問題にならない。

図 3.10 に起動から停止の各過程の振動を防振パッド上の脚部の上下振幅で示したがこれでわかるように振動は非常に小さい。

## 4. CR チリングユニット

CR 形 チリングユニット は MX 形半密閉圧縮機を使用した水冷却



装置で空調用、工業用に広い用途をもっていて、通常の冷（暖）房用のほかに、化学工業、船舶用冷房、食品工業、栽培用などの実績をもっている。次の特長がある。

- (1) 小形で搬入据付けに便利である。
- (2) 密閉形圧縮機の採用による冷媒漏れがなく、保守が容易である。
- (3) 乾式水冷却器により凍結の危険がなく、油のもどりがよく運転が安定している。
- (4) 全機種にパネル付きとパネルなしの2本立とし、用途により使い分けられる。パネルなしのときの騒音はとくに小さい。

#### 4.1 構造

圧縮機、コンデンサ・チラー、操作箱の配置を種々組み合わせて外形寸法が最小になるようにまとめたのが図 4.1 に示す外観で、外形寸法は図 4.2、表 4.1 で示すとおり軽量小形となっているので既設建物への搬入も一体のままでできる。

据付け場所はおもに機械室であるがほかの機器との外観上のつり合いや騒音をとくに小さくする必要のあるときは、図 4.3 のようにそのままパネルでカバーできる。パネルは保守、サーベスのために前面下段と上段中央部が簡単に取りはずせる。

冷媒系統は図 4.4 のようにできるだけ簡潔なものとした。

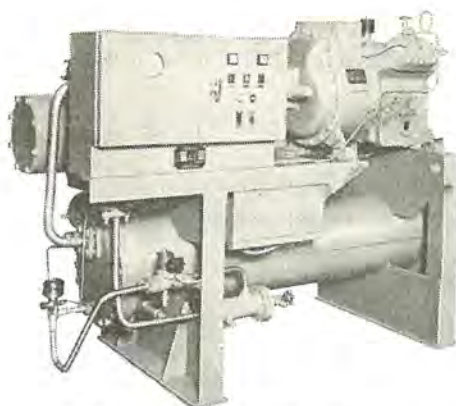


図 4.1 CR-20 YB 外観 (パネルなし)  
Fig. 4.1 Model CR-20XB Without panel.

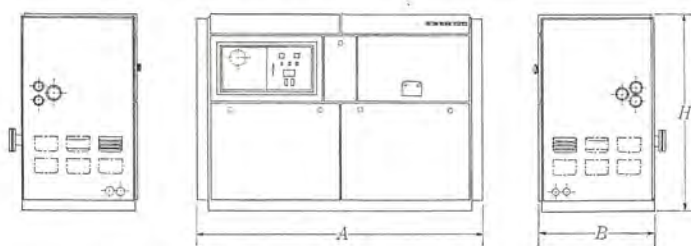


図 4.2 CR 形チリングユニット外形 (パネル付き)  
Fig. 4.2 Dimensions of model CR chilling unit with panel.

表 4.1 CR 形チリングユニット外形寸法

機 種	A (a)	B (b)	H (h)
CR-20XB	2,150 (1,810)	872 (800)	1,475 (1,312)
CR-30XB	2,550 (2,250)	872 (800)	1,475 (1,317)
CR-40XB	2,550 (2,250)	932 (860)	1,475 (1,352)
CR-60XB	2,760 (2,375)	1,022 (950)	1,855 (1,725)
CB-80XB	2,760 (2,393)	1,072 (1,000)	1,905 (1,825)

( ) 内はパネルなしの場合を示す

大形水冷却装置・江本

#### 4.1.1 圧縮機

冷媒 R-22 を使用した往復動半密閉形で、吸込ガスによって冷却される 15, 22, 30 kW の 4 極カゴ形電動機で駆動されている。気筒数は 4, 6, 8 の 3 種でそれぞれ 1 段づつの容量制御装置を内蔵している。電圧は 200 V が標準で 400 V も結線換えでできる。

圧縮機の構造は極力簡単なものとし、なおかつ信頼性を高くするよう留意している。また吸入・吐出弁はフェザーバルブを使い騒音を下げ圧縮機本体は防振ゴム台で支持され、配管にはフレキシブル継手を設けている。

#### 4.1.2 コンデンサ

コンデンタは、通常の銅ローフィンを使ったシェル・チューブ式である。D 形の場合は 2 台のコンデンサを使用する。

#### 4.1.3 水冷却器

水冷却器は、乾式のシェル・チューブ式でこれまでの裸管に代わって、図 4.5 のような断面をもつ銅インナフィン管を使って冷媒側の面積を水側の 3 倍にしたので、格段に小さくなり、乾式であるため油のもどりもよく、凍結の危険がなく取扱が容易となっている。

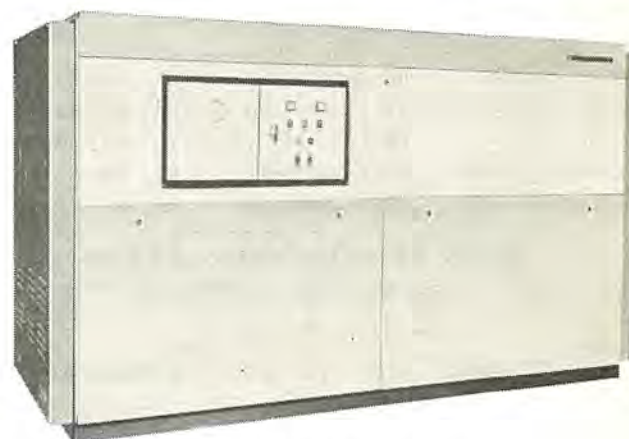


図 4.3 CR-40 XB 外観 (パネル付き)  
Fig. 4.3 Model CR-40XB chilling unit with panel.

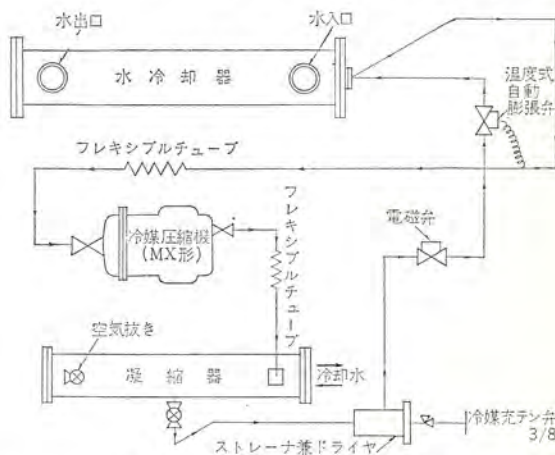


図 4.4 CR 形冷媒系統図  
Fig. 4.4 Schematic diagram of model CR refrigerating cycle.

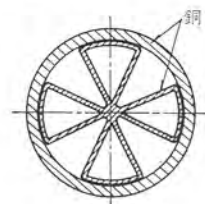
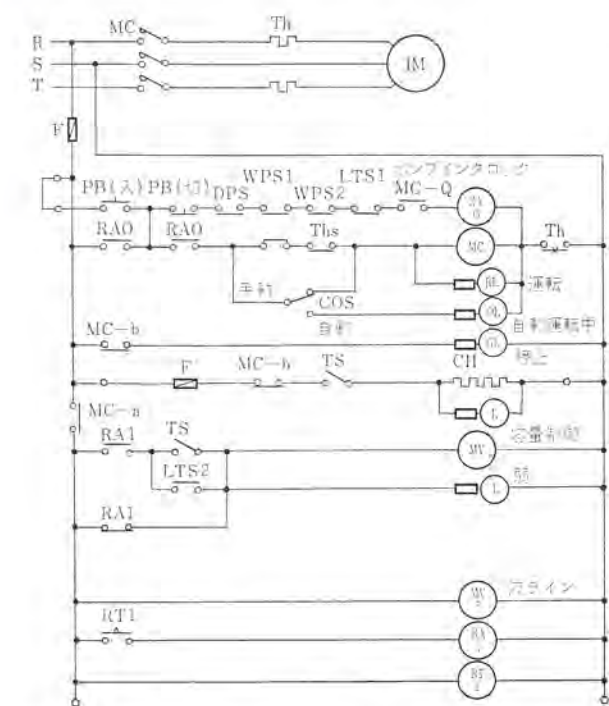


図 4.5 インナフィン 管断面  
Fig. 4.5 Section of inner-finned tube.



MC 電磁開閉器	Th 熱動過電流リレー	TS ダンプスイッチ
IM カゴ形電動機	Ths 自動発停閉閉器	MV2 容量制御電磁弁
PB 押ボタン	CH クランクケースヒータ	MV3 液ライン電磁弁
DPS 高低圧開閉器	LTS1 凍結防止開閉器	RT 限時リレー
WPS 断水開閉器	LTS2 容量制御開閉器	RA 補助リレー

図 4.6 CR-20XB 展開接続図 (直入起動)  
Fig. 4.6 Sequence diagram of model CR-20XB.

なおD形の場合は、同一のシェル内に納めた水冷却器を管板の部分で2分して独立の回路を形成している。

#### 4.1.4 制御機器

制御機器は標準の直入起動のときは操作箱内にすべてまとめ、Y-△ 起動のときは起動機箱を追加する。

標準の展開接続を図 4.6 に示す。自動運転の場合は作動は起動ボタンを押す。保護回路が正常であれば、自動運転状態が保持

される。冷水温度が高くなれば自動発停サーモが ON になり圧縮機が起動する。負荷が減少し冷水温が下がってくれば、LTSZ が ON になり、容量制御装置が働き能力は 50% となる。それでもなお負荷が減少し冷水温が下れば Ths が OFF になり圧縮機は自動停止する。

D形の場合は2台の圧縮機を独立にも、連動してでも制御できる。少負荷のときは1台だけの自動運転もでき容量制御すれば、25% 容量となる。

## 5. 騒音・振動

パネル付きの場合の騒音測定データを図 5.1 に示すが、いずれも 60 ホン台の騒音で実用上まったく支障ないものと思われる。

振動については、各部とも片振幅  $\frac{2}{100}$  以下であり非常に小さい値である。

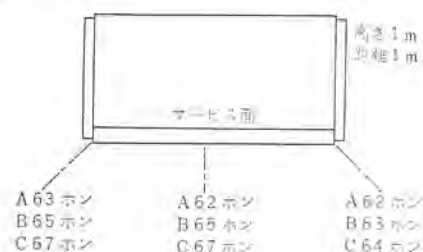


図 5.1 CR-20XB 騒音測定値  
Fig. 5.1 Noise level of model CR-20XB.

## 6. む す び

大形水冷却装置の今後の傾向としては、現在の水冷式コンデンサに空冷式が加わり、1体形に対する分割式、パッケージ形レシプロリングユニットの大形化などが現われてくるものとみられる。また水冷式については、形式的にはほぼ完成したと思われるが、より小形化、低騒音化、機能的に安定性を増し適用性の広いものへと地道な改良が加えられてゆくであろう。

そのほか、現状では空調装置全システムを含めた制御方式が未確立の感があるので、今後冷凍機特性を考慮した最適方式を求める努力がなされ、それに伴い水冷却装置にも、ある程度の様式変更が見られるであろう。



## 油そう(槽)船の冷暖房装置

木戸 雅員\*

## Air Conditioning Apparatus for Oil Tankers

Fukuoka Sales Office Masakazu KIDO

Tonnage of ships built in Japan now ranks as the first in the world. Shipbuilding industry thrives in Japan though the rest of the world is suffering from recession. Air conditioning apparatus installed on board ships are on the increase year after year. Not only passenger steamers but freighters and tankers are provided with the facilities for the welfare of crew. The air conditioners carried on vessels, however, are somewhat different from those for general purpose. Herein is described one equipped on a tanker "Oceanic Grandeur" built in the Sasebo Shipyard. This ship is to navigate the sea of the tropics, where atmospheric temperature is 35°C with relative humidity is 65% in summer. The room air must be conditioned comfortable enough to accommodate the people on board. In winter the apparatus must operate to warm the room air on the contrary while the ship is in service. The air conditioning apparatus designed and delivered to the tanker by Mitsubishi meet with the requirement successfully. The brief information is given in the text.

## 1. ま え が き

わが国造船界の船舶建造量は毎年世界第1位を誇り、ここ数年間の伸びはほかの造船国の不振に比べすばらしいものがある。これに伴い船舶空調装置も年々増加し、客船はもとより乗組員の環境改善、作業能率向上のため、貨物船・油そう船などにも設備されるようになってきた。

ここでは当社において設計・施工したもののうち、油そう船“OCEANIC GRANDEUR号”(図1.1)の冷暖房装置について、その概要を紹介してみたいと思う。

## “OCEANIC GRANDEUR号”の要目

船主	OCEANIC PETROLUME INC., LIBERIA
建造所	佐世保重工業株式会社 佐世保造船所
全長	227.0 m
形幅	33.4 m
形深	16.2 m
満載キッ水	11.55 m
載貨重量	55,200 トン



図 1.1 “OCEANIC GRANDEUR号”  
Fig. 1.1 “Oceanic Grandeur”

総トン数	34,000 トン
主要機械	18,400 SPG (ディーゼル)
速力	16 ノット
船級	A.B.S. (AMERICAN BUREAU OF SHIPPING)
起工	昭和40年4月15日
進水	昭和40年8月20日
しゅん工	昭和40年11月30日

## 2. 空調方式

船舶の空気調和には、種々の方式があるが主として経済上・性能上およびスペース上の要求度により決められる。

この船では、これらの要求をいずれもほぼ満足し得るものとして、高速ダクトによるセントラル方式が採用されている。船内には大小合わせて約60の個室・公室を有するが、それぞれの室において負荷に応じて風量調整ができるよう、消音ボックスの手前に調節ダンパを備えている。

## 3. 設計条件

客船の場合、乗客に対する室内温湿度は快感を目的とするものであるから、有効温度(実感温度)は24°C(乾球温度27°C, 関係湿度55%相当)以下が望ましいが、乗組員に対しては、快感よりもむしろ休息または就寝中に汗をかかないだけの温湿度が保持されなければならない。

休息、就寝中に人体が発汗しない限度は、有効温度25.6°C(乾球温度29.5°C, 関係湿度50%相当)であるとされている。

この船における冷房時の室内条件も、ほぼこの条件を満たすよう設計されている。

また、外気条件はこの船の就航先 オーストラリア、スマトラ間の気象条件により次の設計条件とした。

## 外 気 条 件

夏季 乾球温度 35°C 関係湿度 65%  
冬季 乾球温度 0°C 関係湿度 60%

## 室 内 条 件

夏季 乾球温度 30°C 関係湿度 50%  
冬季 乾球温度 20°C 関係湿度 50%

## 外 気 量

夏季 全送風量の 30%  
冬季 全送風量の 50%

海水温度 32.2°C

蒸気圧力 4 kg/cm<sup>2</sup>

## 4. 冷暖房負荷

本船の冷暖房負荷一覧を表 1.1 に示す。

表 4.1 冷暖房負荷一覧 (外気量は冷房時の量)

区 域	NAV. B.RI. DK.	B.RI. DK.	BOAT DK.	POOP DK.	UPPER DK.	合 計
空 調 面 積 (m <sup>2</sup> )	46.75	205.03	178.30	291.16	487.8	1,208.98
室 面 積 (m <sup>2</sup> )	46.75	162.93	136.26	230.90	339.4	916.18
室 容 積 (m <sup>3</sup> )	121.90	402.20	353.50	637.50	883.00	2,398.10
室内顕熱負荷 (kcal/h)	4,185.2	11,076.8	7,381.2	19,641	34,616.4	76,900.6
室内潜熱負荷 (kcal/h)	221	816	804	2,658	1,560	6,059
全 負 荷 (kcal/h)	4,406.2	11,892.8	8,185.2	22,299	36,176.4	82,959.6
送 風 量 (m <sup>3</sup> /h)	1,806	3,434	3,038	6,820	8,775	23,873
外 気 量 (m <sup>3</sup> /h)	540	1,030	910	2,040	2,630	7,150
冷 房 負 荷 (US トン)	4.4	8.6	7.6	17.0	21.9	59.5
暖 房 負 荷 (kcal/h)	3,046	5,719	2,416	13,156	25,680	50,039

## 5. 装置の概要

### (1) 概 要

(a) 本船は、後部乗組員居住区の空気調和を行なっている。セントラルユニットは、BOAT DECK に設置され、セントラルユニットに導入された外気および各室からの還気は、エアフィルタで尘埃を除去され、夏季は冷却器で冷却減湿され、冬季は加熱器で加熱し、加湿器で加湿されたのち送風機でスパイラルダクトを通して、UPPER DECK・POOP DECK・BOAT DECK・BRIDGE DECK、NAV. BRIDGE DECK の各室に、13 系統に分けて送風される。

各室には、天井つり形の消音ボックスを設置し、高速で送られてきた空気の騒音を取り去り、前部のグリルから室内に吹き出させる。

各室の風量は、各デッキに設けたローニングダンパおよび消音ボックス入口のダンパで調整する。

消音ボックスは送風量により大きさを決定し、便所用は送風機を停止したとき臭気がダクトを通して、各室に流れないようにフラップ式とした。

(b) 冷凍機は、BRIDGE DECK に設置し、冷媒 R-12 の直接膨張により、セントラルユニットを通る空気を冷却減湿する。

軽負荷のときには、容量制御機構が作動し、66%、33% の容量制御ができる。



図 5.1 機械室 (中央部)三菱船舶用 MA-6C-F2 形高速多気筒圧縮機

Fig. 5.1 Engine room, a high speed multi-cylinder compressor is seen in the center.

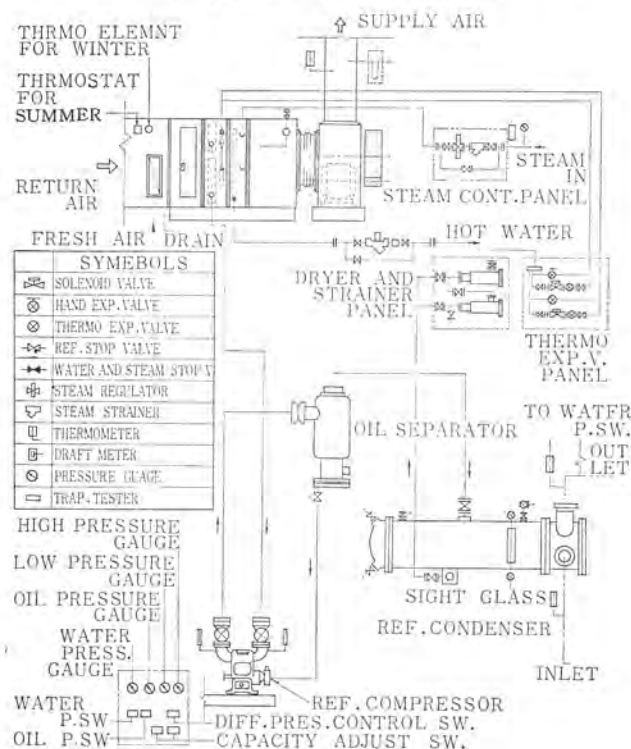


図 5.2 配管系統図

Fig. 5.2 Piping system diagrams.

### (2) 主要機器 (図 5.1, 5.2)

#### (a) 圧縮機

形 式 三菱船舶用 MA-6C-F2 形高速多気筒形  
容 量 59.5 US 冷凍トン  
凝縮温度 40°C  
蒸発温度 5°C  
冷 媒 R-12  
回 転 数 1,175 rpm  
電 動 機 55 kW  
駆動方式 電動機直結式

#### (b) 凝縮器兼受液器 1 台

形 式 三菱 KC-45-28 形 シェルアンドチューブ式  
チューブ表面積 44.6 m<sup>2</sup>  
冷却水量 70 m<sup>3</sup>/h



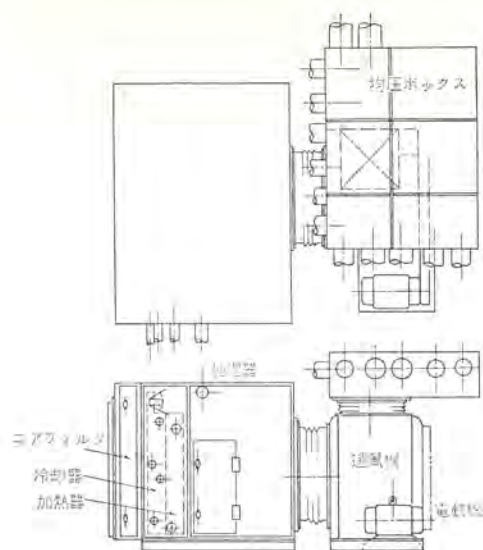


図 5.3 セントラルユニット  
Fig. 5.3 Central unit.

チューブ	キューブロニッゲル (90/10) ローフィンチューブ
管板	ネーブル 黄銅
(c) 冷却水ポンプ	
形式	横形 ウズ 巻式
口径	100 mm
揚水量	70 m <sup>3</sup> /h
揚程	30 m
電動機	11 kW, 1,750 rpm
(d) セントラルユニット	1 台
送風量	リミットロード 風量 400 m <sup>3</sup> /min 静圧 200 mmAq 電動機 26 kW
冷却器	16φ, 0.8t 銅管, 銅 フィン スズメッキ 仕上げ, フィンピッチ 3.5 mm 列数 6 列 段数 18 段 正面面積 2.72 m <sup>2</sup>
加熱器	16φ, 0.8t 銅管, 銅 フィン スズメッキ 仕上げ, フィンピッチ 3.5 mm 列数 2 列 段数 18 段 正面面積 2.72 m <sup>2</sup>
加湿器	直接蒸気噴霧式
エアフィルタ	500 mm×500 mm 12 枚

このユニットは特殊設計としたが、三菱 エアハンドリングユニット(セントラルユニット)は、大きさにより 12 種類の形番に分け、風量は 10~1,000 m<sup>3</sup>/min, 機外風圧は 6~200 mmAq, 伝熱熱量は 3,000~600,000 kcal/h の範囲で使用可能となっている。

(e) 消音ボックス 79 個

図 5.4 に示す構造のもので、すべて天井つり形である。送風量により大きさを決定し、空気吸込口側に風量調整用ダンパを備えている。

図 5.5 に便所用のフラップ式臭気逆流防止装置を示す。

(f) ダクト

ダクトは船舶の特殊性として、冷暖房区画の大きさに比べて冷房容量が大きいため送風量が多く、そのうえダクトスペースは制限  
油そう(槽)船の冷暖房装置・木戸

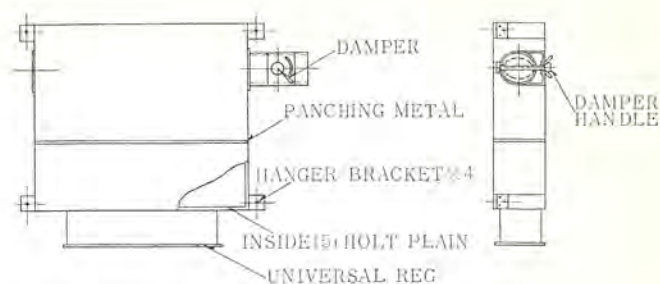


図 5.4 消音ボックス  
Fig. 5.4 Silencer.

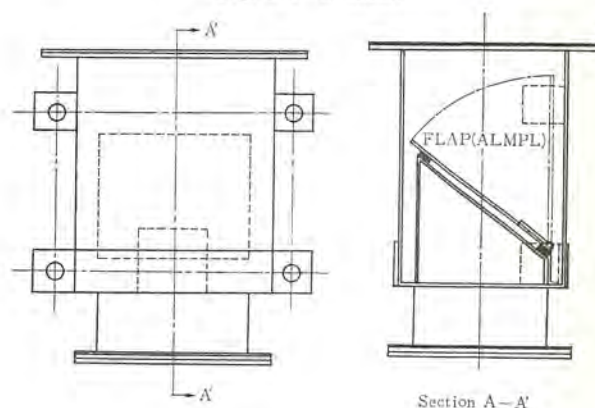


図 5.5 フラップ式臭気逆流防止装置  
Fig. 5.5 Flap type reverse flow check.

をうける。

そのためこの船では高速式を採用し、給気ダクトは 250φ 以下のスパイラルダクトを、還気ダクトは角ダクトを使用した。

ダクト寸法は、静圧再取得法により詳細設計を行ない、分岐部にはとくに細心の注意をはらい、特殊継手を使用して各室の風量のバランスを計っている。

また主要部には、パUNCHINGダンパを設け、風量の調整ができるようにしてある。

ダクト内の風速は、ほぼ次のとおりである。

給気主ダクト	20 m/s 前後
分岐ダクト	10 m/s 前後
消音ボックス入口	10 m/s 前後
還気ダクト	5 m/s 前後

## 6. 自動制御と安全装置

(1) 冷房時は、還気ダクトに設けた冷房用サーモスタットと、冷媒液管の電磁弁とを電氣的に結線し、室内からの還気が所定温度に降下すれば、サーモスタットが作動して電磁弁が閉じ、冷却器内への冷媒の流れは止まり、送風空気の冷却は行なわれなくなる。

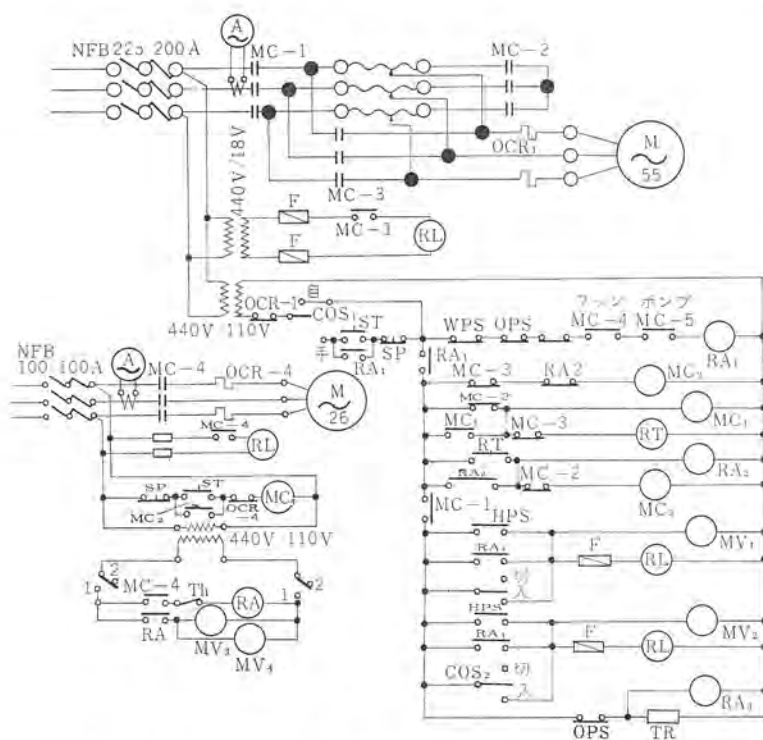
また冷凍機の吸入圧力は次第に下がり、設定圧力に達したとき、低圧圧力開閉器の接点が開いて冷凍機は停止する。

次に還気の温度が上昇すれば、サーモスタットが作動して電磁弁は開き、冷媒は冷却器へ流入して冷凍機の吸入側圧力が上昇するので、低圧圧力開閉器の接点が開いて冷凍機はふたたび起動する。

かくして冷凍機は、還気温度によって自動的に起動・停止して、室内温度を一定に保持する。

(2) 暖房時は、スチームレギュレータの感温部を還気ダクト内部に取り付けて、還気の温度によって、自動的に加熱器への蒸気量を加減して、室内温度を一定に保っている。

(3) 加湿は手動操作によって、蒸気を加熱空気中に、直接噴



略号	名称	略号	名称
A	電 流 計	WPS	断 水 リ レ ー
NFB	気 中 シ ャ 断 器	HPS	容量制御用圧力開閉器
M	電 動 機	MV	電 磁 弁
MC	電 磁 接 触 器	Th	サ ー モ ス タ ッ ト
OCR	起動過負荷継電器	ST/SP	押しボタンスイッチ
F	ヒ ャ ー ズ	RL	赤 色 信 号 灯
DPS	高低圧電力開閉器	RA	補助継電器
OPS	油圧保護開閉器	RT	タイムスイッチ
TR	ヒ ー タ	COS	切 換 開 閉 器

図 6.1 電 気 結 線 図  
Fig. 6.1 Electric wiring diagram.

霧して行なう。

(4) 冷凍機に対する安全装置として、高低圧圧力開閉器、油圧保護開閉器、断水 リレー、安全弁を設けている。

また送風機および冷却水 ポンプの電磁接触器との間に、電氣的に インターロックを取り、これらの機械が運転されていなければ、冷凍機は運転できないようにしてある。

(5) また冷凍機は起動の際、油圧が所定の圧力に到達するまでは、2 気筒だけで圧縮し、ほかの 4 気筒は圧縮しないようにしてあり、電動機の起動電流を小さくするように考慮されている。

運転中は還気の温度が下がり、冷凍機の吸入圧力が降下すれば容量制御用圧力開閉器が作動して、66%, 33% の容量制御を行なう。

さらに温度が下がった場合に冷房用 サーモスタットが作動する。

(6) 冷凍機停止中に、液冷媒が冷却器に流入しないように、冷媒液管の電磁弁が閉じるように電気結線してある。

(7) 送風機は、冷凍機室でも送風機室でも運転・停止できるようにしてある。

とくに、火災の際、ただちに停止できるように、火災報知器設置個所には、送風機停止用 スイッチを備えている。

## 7. む す び

はじめに述べたように、油そう船に限らず船舶空調の需要は、今後ますます増大するものと信じ、研究を怠らず、品質の向上と価格の低減のため努力したい。



## 大形石油暖房機用制御器

小原 英一\*・山下 紀夫\*

## Controllers for Large Oil Furnaces

Ware Research Laboratory Eiichi OHARA・Norio YAMASHITA

For large oil firing room air heaters and water heaters are mostly used gun type burners controlled with a CdS relay. However to assure safe, positive operation for a long time with no trouble, additional control elements are needed together with improvements. To this end motor driven cam timers are applied in reducing the elements causing timing variation. Cams assigned for prepurging and postpurging to make air clean in a combustion chamber are newly built for improved combustion. Determination of each timing to aim at safety is made; especially it is arranged to start ignition before making fuel spray with ignition time of 15 sec. only to guard against accidental explosion. Water level in the oil tank is carefully detected to prevent a gear pump from going wrong. This article describes all these necessary items in control in details.

## 1. ま え が き

最近、燃料費が安価であるために、灯油を熱源に利用する機器が増加し普及する傾向にある。大形石油暖房機や石油温水機がそれであり、温風暖房や温水暖房として業務用や家庭用に使用されている。これらの大部分は燃焼機としてガンタイプバーナを用いたものが多いが、それは完全自動運転がしやすいこと、燃焼量を多くできること、長期に安定な性能が維持できるためである。温風暖房や温水暖房に用い、また家庭用に考えた場合には装置に関する知識が全然なくとも、だれにでも操作することができるよう完全自動化することが必要である。このため、自動装置は安全性の高いものであり、信頼性の高いものでなければならない。

今回、ガンタイプバーナを使用した大形石油燃焼機用の制御器を開発したので以下に報告する。この制御器および制御の方式は

- (1) 最も適切な制御であること。
- (2) 今までになかった必要な検知要素を加えたこと。
- (3) 気温、電源電圧などの変動要素に乱されないこと。
- (4) 部品の無理な使用をやめ使用信頼度を高めたこと。
- (5) 部品の故障に対してつねに安全であること。

などによって確実性・安全性の高いものとしたことに特長がある。

## 2. 制御器への要望

制御器を設計する場合には、第1に機器の特性を十分に知る必要があり、機器に無理をかけず適応制御してやることが望ましい。大形石油燃焼機では、おもにガンタイプバーナの制御と吐出する温風または温水かんの湯温の制御、ならびに異常に対する安全保護にわけられる。そして、燃焼全般にわたって安全に適切に制御し、異状があったときにはただちに燃焼を停止して事故を防止し本体を保護するとともに、異状のあったことを報知するのが制御器の使命である。

## 2.1 制御器の動作順序

制御器は、各制御要素からの命令をまっぴら、一定の順序にしたがって動作する。まず、負荷の熱要求をまつ。この指令はサーモスタット(室内温度調節器または水温調節器)によって始まる。そして、高圧放電中に燃料が放出され火炎となって燃焼に移る。燃焼が続いて室温または水温が上昇するとサーモスタットが検知し、燃焼

停止の指令により給油が断たれて燃焼は停止する。温風暖房機の場合はこのほかに温風の制御があり、温風吐出が可能な時点で遅れなく送風機を運転し、また燃焼停止後は冷風吐出になる直前に送風機を停止するような制御部分が付属する。これが燃焼機の運転の1サイクルであるが、いかにして適切に安全に制御してゆくかが残る問題である。

## 2.2 必要制御事項

安全に制御する問題はとくに重要である。その点において機器の運転全過程で起こりうる事故に対しては、どのようなものでもすべて考慮する必要がある。たとえば、炉内に噴霧燃料が充満しているとき点火火花を飛ばすと、爆発事故を起こすことがある。いったん爆発すれば機器の破損はもちろん、場合によっては人身傷害事故となる。したがってこのような事項に対しては適切な処置が必要となる。爆発は炉内の燃料と空気の混合の割合でその大きさがきまる。実験の結果によると(炉の容積・燃料噴霧量は機器により異なるのですべてに適用することはできないが)炉内温度が低温のときは、25~35秒間燃料噴霧をしたのちの点火が最も大きな爆発を起こし、45~55秒では空気不足のため爆発を起こさず、白煙が出る程度の燃焼しか起こさない。また5~15秒後の点火では爆鳴だけであって、機器その他に損傷はないことがわかっている。しかし、爆発を完全になくするためには噴霧燃料の残っていない状態で点火することが必要で、この操作の過程を必ず通ったのちに噴霧・点火・燃焼としなければならない。したがって、点火以前に炉内空気を排出し、清浄な燃焼用空気の十分にある状態を作りだすことが制御過程の中に必要である。これを「パージ」と呼ぶ。

放電は燃料噴霧以前から始めることが安全である。燃料噴霧はポンプでノズルを通して行なわれるが、ポンプが運転してから油圧が上昇し噴霧するまでに約2~3秒かかるので、ポンプ駆動電動機と放電とを同時に運転してもさしつかえない。しかし、放電電極のよごれなどがあって放電がおくると、着火は爆鳴を発するような状態になるので、静粛な運転をするためにも放電を先行することが望ましい。

放電によって燃焼が安定に行なわれるのが普通であるが、着火に失敗したときは、ただちにバーナを停止しなければならない。着火の成否を検知する方法としては、直接的には炎を見ることで



あり、間接的には炎の形成による炉内、または煙道の温度上昇を検出することである。間接的方法としては、バイメタル・スイッチがあるが、直接的方法には各種あり、CdS で明るさをとり、抵抗変化による検出方法、光電管による方法、炎のイオン電流をとる方法などがある。これらの方法のうち問題にすることは、その早さであり誤認の有無である。したがって、直接的方法は間接的方法よりすぐれているといえる。もしバーナが運転して、噴霧と放電火花があるはずのとき着火していないという信号がでたら、すみやかにバーナの運転を停止しなければならない。この時限は安全スイッチタイミングと呼ばれ、各種の方法があるが別項にゆずる。このタイミングについては炉内の容積、送風量に関係するものであるから、市販の制御器では任意に時限を選択できるようになっているのが多いが、一般的に20秒程度である。

着火が正常に行なわれるとしても、炉内が高温のときに燃料を噴霧することには危険をとまなう。このため炉内がある温度以下になるのをまって、次のサイクルの運転を行なうだけの注意が必要である。これはリサイクルタイミングと呼び、120～180秒程度である。炉内に炎があるときの炉内温度は高温であるが、消炎後約180秒たつと炉壁で250～200℃に降下し、灯油の発火温度以下になるので燃料を噴霧しても安全になる。

さきに着火失敗について述べたが、リサイクルタイミングを置いて、次の着火で残留霧状燃料に引火して爆発を起こすことがある。この爆発を安全に防止するためには、前述のパーージ方式を採用する必要がある。送風による炉内清浄は、炉内に新鮮な空気を送ることによって着火の安定にも役だたつ。これには、燃焼前に行なうプレパーージと後に行なうポストパーージとがある。前者は、炉内に新鮮な空気を送って着火を安定にするだけであるが、ポストパーージを加えると、燃焼後の油ダレなどによる炉内へのカーボン付着を防止できる。長期の運転の安全のためには、プレパーージと、ポストパーージの両方を行なったほうがより安全であり好ましい。つぎに燃焼の継続は、サーモスタットによって断たれる。暖房機の場合は室内温度調節器であり、温水機では水温調節器が指令する。温風暖房機の場合は、炉壁が熱くて室内に温風を送風できる間は送風機を運転し、余熱を十分に利用するようになっており、炉壁または熱交換器側壁の温度を検出するサーモスタットにより制御される。一方なにかの原因で燃焼量が多くなったり、送風機が止り、送風による熱交換がなくて炉壁の温度が異状に上昇する場合には、炉壁の温度を検出してバーナを停止させる必要がある。これをハイリミットと呼び、バイメタル式サーモスタットまたは温度ヒューズが使用される。】

### 2.3 制御器構成要素

このように制御の順序がきまり必要な制御事項がきまると、制御器の構成要素の分割ができ、全体の構成ができるので以下に構成要素とその機能を述べる。

#### 2.3.1 サーモスタット

このサーモスタットは熱要求を検知するものであり、温風暖房機では室内温度を、温水機ではかん内水温をとり、設定値より低温の場合にはバーナに点火の指令を出す。また、設定値に等しくなった場合にはバーナに消火の指令を出す。この指令は、実際にはバーナに直接ではなく、後述のプロテクト・リレーに発せられ、これが点火・消火を行なうと同時に次の動作に備える。

室内の温度を制御するサーモスタットは、普通バイメタルにより接点をON-OFFする。高級なものではバイメタルを傍熱するヒータがあり、ある程度タイマ的性格をあたえて制御するものもあるが、

感度のよい構造にすればあまり必要を認めない。半導体を用いたものもあるが高価であり、高精度をのぞまなければ普通のバイメタル式のもので十分である。

#### 2.3.2 ハイリミット・コントロール

ハイリミットは燃焼サイクル中、つねに燃焼の状況を監視しており、炉壁温度が危険温度になるまえにバーナの運転を停止する指令を出す。この指令は熱交換器側壁に近い温度をとるのが普通であり、250℃以下におさえている。このハイリミットにはファン・コントロールと同一の制御器におさめた形式の、ハネウェル製L-498B形コンビネーション・コントロールがよく用いられている。この形式は一本のバイメタルを用いているので、異状高温になってハイリミットが動作し、バーナが停止しても運転停止を繰り返す。

#### 2.3.3 プロテクト・リレー

燃焼機の制御を直接行なう制御器がプロテクト・リレーであり、室内温度調節器と、ハイリミットの命令下にある。これは燃焼のためのプログラムを推進するのが役目であるから、タイマ機構をもつと同時に点火初期の炎の形成を検出する機能と、燃焼中の炎の監視をする機能とがある。タイマ機構としては、サーマルタイマやモータタイマがあり、プレパーージタイム、イグニッションタイム、セーフティタイム、ポストパーージタイム、リサイクルタイムなどをきめている。

#### 2.3.4 関連機器

上記の各制御器の制御下にある機器について、ふれておく必要がある。点火用高圧トランスとしては、普通二次電圧は10,000V、所要電力は約200Wのものが多い。電極はステンレス鋼で放電ギャップを数ミリとってある。電極の設定位置はバーナのノズル上方の噴霧口より前方におく。バーナは駆動電動機・燃焼用送風ファン・油圧ポンプおよび噴霧ノズルからなり、前の三者は同軸に直結されている。したがって電動機が回転すれば、ポンプによるノズルからの燃料噴霧とファンからの燃焼用空気が送られる。油圧ポンプは燃料を大体7～10kg/cm<sup>2</sup>程度に加圧し噴霧を安定に行なっている。またパーージ用送風機を特別に設けることがある。これは普通小形のシロッコファンを用いるが、燃焼用送風機を燃料噴霧のない状態で運転し代用することもできる。温風送風機は大形のシロッコファンで、電動機は400W程度のものが多い。それには防振・防音がほどこされ、室内の騒音レベルが高くならないように注意がはらわれている。

#### 2.3.5 制御系統

各制御器の役割と運転する機器がきまれば全体の制御系統ができあがる。図2.1にそのブロック線図を示す。この例は温風暖房機のものを示している。

温水機では温風送風機のないことが異なるだけで、水温調節器で温水かん内の水温をハイリミットで温水の異状上昇を監視すればよい。水温のサーモスタットは40～85℃に可変で、ハイリミットは90～95℃に固定されているのが普通である。

#### 2.4 各タイミングのとり方

2.3.3項に各種の必要なタイミングについて述べたが、大別してサーマルタイマ方式とモータタイマ方式にわけられる。サーマルタイマには多くの構造が考えられるが、いずれも電源電圧の変動、周囲温度の影響、繰り返しの使用によって時限が変化する欠点があり、また構造が複雑、調整がめんどろなことも欠点となる。モータタイマでは周波数の変動で時限が変わる以外は無視できるが、高価となる点もあるので、普通は大形の機器制御に使用される以外に普及していない。



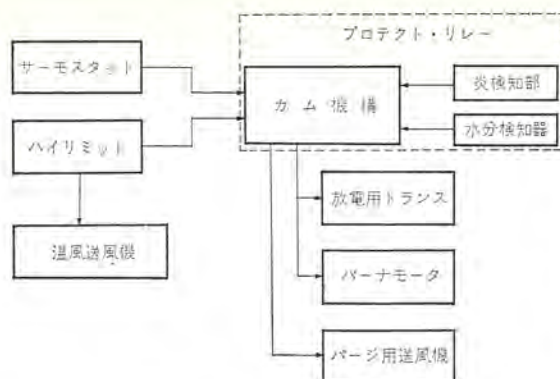


図 2.1 制御系統図 Fig. 2.1 Control diagram.

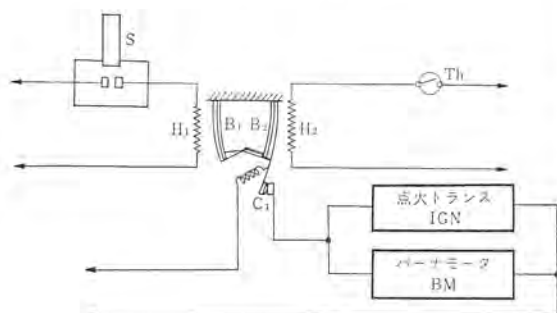


図 2.2 サーマルタイムによるセーフティタイムの設定法  
Fig. 2.2 Safety-timing mechanism with bimetal.

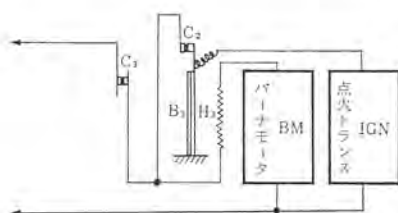
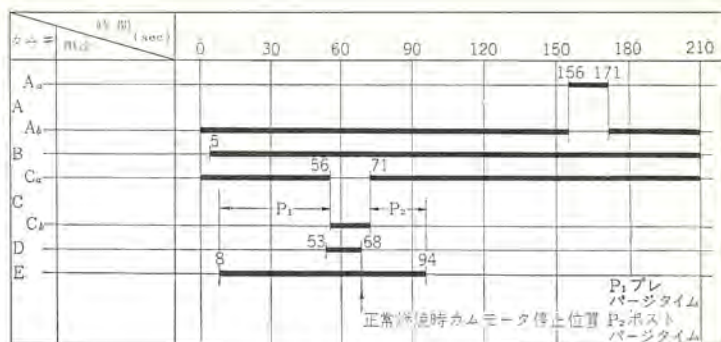


図 2.3 サーマルタイムによるイグニッションタイムの設定法  
Fig. 2.3 Ignition-timing mechanism by bimetal.

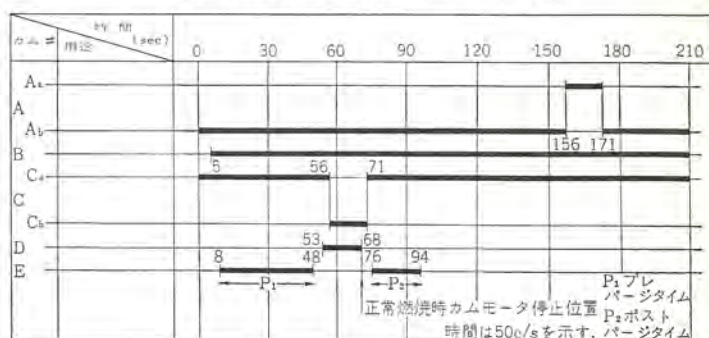
#### 2.4.1 サーマル タイマの構造および動作

図 2.2, 2.3 にその構造の一例を示す。図 2.2 はセーフティスイッチタイミング回路である。B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> はパイメタルであり、B<sub>2</sub> の先端に C<sub>1</sub> 接点がある。パイメタル B<sub>1</sub> には加熱ヒータ H<sub>1</sub> があって、炎検知用スイッチ S に接続されている。パイメタル B<sub>2</sub> には加熱ヒータ H<sub>2</sub> があって、室内温度調節器 Th に接続されている。接点 C<sub>1</sub> にはバーナ・モータ (BM) およびイグニッション・トランス (IGN) が接続されている。パイメタル B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> はたがいに内側に湾曲する。始動すると接点 C<sub>1</sub> により燃料噴霧・点火が完了し、炎を検知してスイッチ S が ON となる。このためパイメタル B<sub>1</sub>・B<sub>2</sub> は湾曲するが、接点 C<sub>1</sub> は閉路のままで燃焼を継続する。もし炎が形成されずスイッチ S が OFF のままであると、ヒータ H<sub>1</sub> を加熱しないので、ヒータ H<sub>2</sub> により加熱されたパイメタル B<sub>2</sub> の力により接点 C<sub>1</sub> は開路して、バーナ・モータを止め噴霧を停止させる。この時間がセーフティスイッチタイミングである。

イグニッション・トランスの放電時間を規定するものは図 2.3 に示してある。パイメタル B<sub>3</sub> と接点 C<sub>2</sub> で構成されたスイッチをヒータ H<sub>3</sub> で加熱するもので、バーナが運転されると同時に放電が行なわれ、炎が形成され、ある時間後にパイメタル B<sub>3</sub> が湾曲し接点 C<sub>2</sub> を開き放電を停止させる方法で、これをイグニッション・タイムと呼んでいる。



(a) 燃焼用空気送風機によるパージ方式



(b) パージ専用ファン使用のパージ方式

図 2.4 カム式制御器のプログラム  
Fig. 2.4 Program of camcontroller.

#### 2.4.2 カム・タイマの構造と動作

図 2.4 にカム・タイマによる燃焼のプログラムを示してあるが、すべて駆動モータにより回転するカムのおうとつ (凹凸) でマイクロ・スイッチを ON-OFF させて時限をとるものである。駆動モータには同期電動機を用い、 $\frac{1}{3}$  で回転をおとして 1/3~1/6 rpm としている。この方式によると、プログラムをつねに一定にできることが特長である。詳細については次項に述べる。

### 3. カム式制御器

図 3.1 にカム式制御器の外形を、図 2.4 にプログラムを、また図 3.2 (a), (b) に結線図を示す。本器は駆動モータにより回転されるカムおよびカムスイッチと、トランジスタ 3 個をもつプリント基板、電源用トランスおよびこれに制御されるリレーを 2 枚の側板によって保持された簡単な構造のものである。

#### 3.1 回路構成と結線

燃焼プログラムのタイミングはカムによって決定されており、始動するとスタート位置から回転し、カムスイッチ A・B・C・D・E を順次開閉して規定のプログラムを正しく遂行する。燃焼プログラムのスタートは炉内温度が十分に下がってから始めることが安全上望ましいので、約 140 秒のリサイクルタイムをとっている。パージの時間は炉内の空気を十分に換気するだけの長さが必要とするが、炉内容積

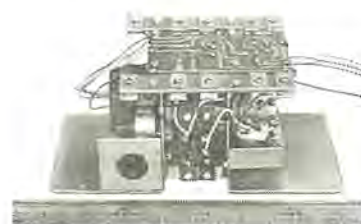


図 3.1 カム式制御器の外形  
Fig. 3.1 Cam controller.

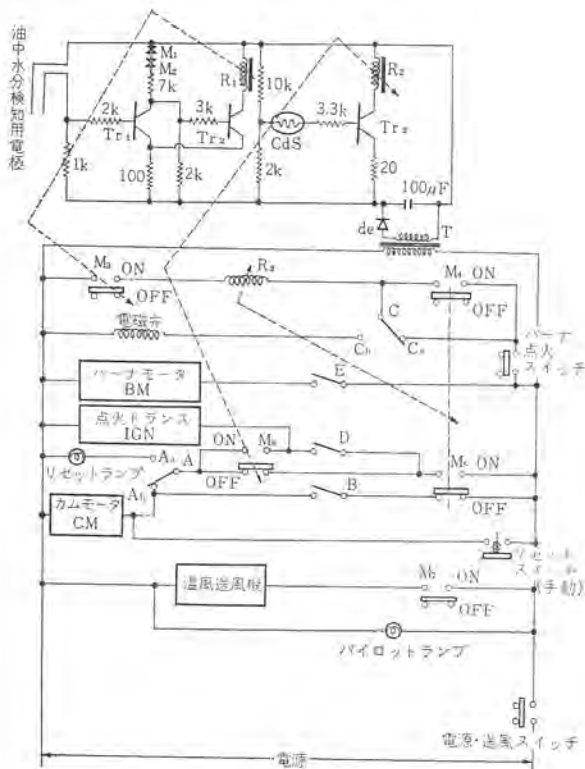


図 3.2 (a) 結線図 (三方電磁弁使用)  
Fig. 3.2 (a) Circuit (with 3 way solenoid valve).

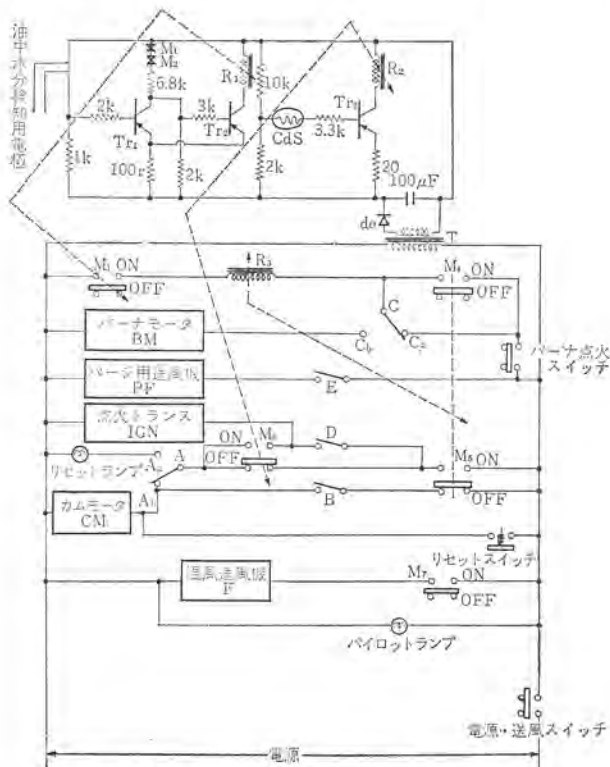


図 3.2 (b) 結線図 (パージファン使用)  
Fig. 3.2 (b) Circuit (with purge fan).

と送風機の能力で決めるのがよい。この器の例では、炉内容積の6倍をプレパージし、2倍をポストパージしている。プレパージを長くし、ポストパージを短くした理由は、ポストパージをするときには炉や熱交換器の温度が高く、温風送風機が回転して温風を室内に吐き出している状態にある。このとき、パージのための炉内送風を行なうことはこの部分の温度を低下させることになり、温風吐出の時間を短くし、全体としての熱効率を悪くするために、ノズルからの

油のタレなどによる発生ガスを排出するだけにしたためである。ポストパージは約18秒で終わるので効率に対しても影響はない。

この制御器での放電時間は15秒にしている。また燃料が噴霧される3秒前に放電を始めるようにカムCの位置を設定したので、噴霧中の放電時間は12秒である。放電を行ってから燃料の噴霧を行なうのは爆発的燃焼が起きないようにする配慮である。ことにプレパージをしているので着火は、少量の燃料噴霧で可能となる。このようにして、着火の安定をはかるとともにバックファイアをなくすようにしている。また、放電は燃焼中連続的に行なう方法もあるが、電極の消耗などから上記の時間で終止し、燃焼中は停止させるほうがよい。

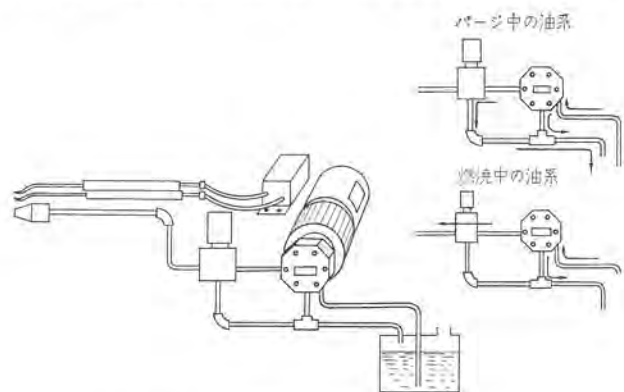
図 3.3 にパージを行なう形式のうち二種について図示した。

一つの方法は、パーナに付属している燃焼空気送風機を利用するもので、油系を断ってパーナを運転することにより炉内空気を換気するものである。この方式のためには三方電磁弁を必要とする。他の方法はパージ専用の送風機を用いるものである。どちらの方法を選ぶかは、三方電磁弁と専用送風機の価格を検討して有利な方を用いてよい。結線については図 3.2 (a), (b) を参照されたい。

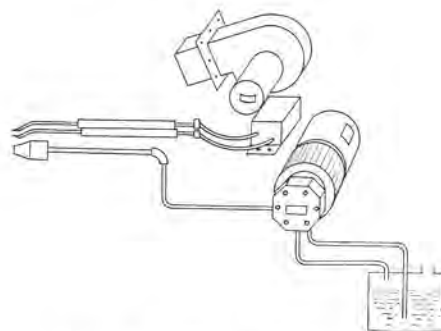
### 3.1.1 サーモスタット・ハイリミット・水分検知回路

サーモスタットの接点  $M_1$  はトランジスタ回路にはいつている。この回路はトランジスタ  $Tr_1$ ,  $Tr_2$  のシュミット回路である。 $M_2$  はハイリミット接点で、 $M_1$  と直列に  $Tr_1$  のコレクタ側にあり、リレー  $R_1$  を駆動する。水分検知用電極はタンク内に灯油があるときは、高抵抗であるため  $Tr_1$  は不導通であるので  $M_1 \cdot M_2$  が ON であれば、トランジスタ  $Tr_2$  は導通しリレー  $R_1$  を付勢する。

ハイリミットは炉が過熱したときにその接点を開いて  $R_1$  のリレー



(a) パーナの燃焼空気送風機を用いる方法  
(三方弁を用いる)



(b) パージ専用送風機を用いる方法

図 3.3 パージのための二つの方法  
Fig. 3.3 Two types for purge system.



を落とし、サーモスタットと同様に動作する。これに温度ヒューズを用いたときはその熔断により パナ は完全に停止する。このときは、炉温が低下したとき パナ 点火のスイッチを入れても燃焼は始まらない。

灯油はしばしば水を含んでいて、本体の オイルタンク の中にまではいってこることがある。キヤポンは この水を吸い上げるので、燃焼は不安定になったり失炎したりする。また、キヤポンの中には腐食の原因となるので好ましくない。このため吸上パイプより下方になるように電極を設け、これをトランジスタ  $Tr_1$  のベース回路に入れて、油中水分検知をする。電極の間隔は 10 mm 程度にして、水中に浸ったとき 10 k $\Omega$  程度の抵抗になるようにしてある。この電極間導通により、 $Tr_2$  が不導通となり タンク 中にたまった水を抜かないかぎり、再始動ができない。

### 3.1.2 カム タイマ

カム タイマは駆動モータ、カム と カムスイッチ からなり、一定の時間間隔で設定されていることは プログラム の説明で述べたが、正確に時限をもたせることのほか、セーフティタイム の設定および異状時のランプによる報知もその使命である。

各カムおよびカムスイッチの機能は、下記のようにある。

(1) カム 接点 A: カムモータを駆動するとともに、異状停止時にリセットランプを点灯する。

(2) カム 接点 B: 燃焼のサイクル終了後カムを始動位置へもどし、そこで停止させて次サイクルに備える。この時間をリサイクル時間として利用している。

(3) カム 接点 C: パナの燃焼運転に直接関係するカムで、図 3.2 (a) では燃料を送る三方電磁弁を、図 3.2 (b) ではパナが接続されている。したがって、カム 接点 C が  $C_b$  にある間、燃焼を継続していることになる。 $C_a$  は運転初期リレー  $R_1$  の ON でリレー  $R_3$  が自己保持し、回路を形成するためのものである。

(4) カム 接点 D: 放電時間を限定するとともに、正常に着火したときカムを停止させるためのものである。

(5) カム 接点 E: おもに パージ送風を行なうもので、図 3.2 (a) は電磁弁を用いたものを示してある。このときはパナが給油なしで回転し、送風するためパージができる。

### 3.1.3 炎検知回路

図 3.2 (a) のトランジスタ  $Tr_3$  の部分がこの回路である。CdS はパナのノズルより内側にあり、直接炎の光が受けられる位置に設置される。回路図で CdS は光を受けるとその抵抗値は下り、 $Tr_3$  のコレクタ電流が増加してリレー  $R_2$  は引かれる。このときは着火が成功し正常連続燃焼へと移る。この CdS は燃焼用空気が流れる中にあるので、温度上昇は少なく劣化の心配はない。

これらの電子回路には電源トランス T、ダイオード de およびコンデンサによって直流 14 V が供給されている。

## 4. 運 転

運転は図 3.2 (a) の温風暖房機で三方電磁弁を用いた場合について述べる。三方電磁弁の選定には耐圧力および使用圧力限界に注意する必要がある。耐圧力の低いものでは、弁がしめきらずにパージ中少量の燃料を炉内に送るおそれがあるので、パナ油圧の 2 倍から 3 倍を見込んだ方が安全である。また使用圧力がパナ油圧より低いものでは、給油量に変動がおこり炎の伸びが安定しないなどの心配がある。

運転はワンタッチ式であるのでまず電源スイッチを ON し、ついで

パナ 点火のスイッチを押せば、あとは全自動で暖房運転にはいる。このあとは、室内温度調節器の指令により運転され、快適な気温の調節ができるが、室内温度調節器の設置位置は、吐出温風に直接あたったり、人の環境と異なった場所・高さなどにしないような注意が必要である。この運転制御の状態を正常の場合と異常をきたした場合について述べる。

### 4.1 正常運転の場合

(1) 室温が低いときは、室内温度調節器の接点  $M_1$  が閉じていて、いつでもリレー  $R_1$  を引ける状態にある。

(2) 電源スイッチを入れ、パナ 点火スイッチを ON にすると、電子回路に給電されリレー  $R_1$  が引き、その接点  $M_3$  を ON する。カム C は  $C_a$  にあるので、リレー  $R_3$  は  $C_a$  と接点  $M_3$  で引き、自己保持接点  $M_4$  を閉じ、同時に接点  $M_5$  を閉じる。 $M_5$  が ON すると、カムモータは接点  $A_b$ 、 $M_6$  OFF で運転される。

(3) 接点 E が閉じるとパナは運転するが、カム C が  $C_a$  にあるので給油されず、プレパージとなる。

(4) カムスイッチ B が ON するが接点  $M_5$  は、ON 側にあるので現在は関係ない。

(5) カムスイッチ D が閉じ、放電が始まる。

(6) 約 3 秒後、カムスイッチ C が  $C_a$  から  $C_b$  にかえり、電磁弁を付勢し、パナの油系を開きノズルから燃料を噴霧する。炎が形成されると、CdS が炎を検知し、リレー  $R_2$  を引き、その接点  $M_6$  を ON する。これでカムモータの運転は、 $A_b \cdot M_6$  ON  $\cdot$  D  $\cdot$   $M_5$  の回路に切り換えられる。

(7) カムモータはさらに回転し、カムスイッチ D を開く。このためカムモータの回路は開き、その点で停止する。炎は安定し、室内に温風を吐出しはじめる。この動作は、温風送風機と直列にはいった接点  $M_7$  が ON することであり、熱交換器側壁の温度を検知して行なわれる。

(8) 室温が上昇し、設定された温度に達すると、サーモスタットの接点  $M_1$  は開路する。このためリレー  $R_1$  は落ち、その接点  $M_3$  を開いてリレー  $R_3$  を落とすため、接点  $M_4 \cdot M_5$  は開路する。このとき電磁弁の回路は断たれるので給油を停止し、パナは空転して送風のみとなり、ポスト・パージを行なう。また、カムスイッチ B は ON しているから  $A_b \cdot B \cdot M_5$  OFF の回路でカムモータは運転する。

(9) カムスイッチ E が開きパナは停止し、カムモータだけが回転しプログラムを進める。カムスイッチ B が開いた時点でカムモータは停止する。この間リサイクルタイムをとっていることになる。

(10) カムタイマは始動位置へもどったことになり、室内温度調節器の次の指令を待つ。

### 4.2 異状運転の場合

異状状態はつぎのものにわけられる。

(1) 不着火を起こしたとき。

(2) 燃焼中の失炎。

(3) 油タンク内に水がたまったとき。

(4) 回路または機器に故障を起こしたとき。

これらの場合の制御器の動作について述べる。

#### 4.2.1 不着火を起こしたとき

不着火はノズルなどの油系のつまり、点火トランスの断線などが考えられるが、4.1 節 (5) までは同一の動作であるが、それ以後はつぎのようになる。

(6) カムスイッチ C が  $C_a$  から  $C_b$  にかえて電磁弁を付勢して



も炎が形成されないときは、CdS は炎を検知せず リレー  $R_2$  を引かない。ため接点  $M_6$  は OFF 側にあり、 $A_b \cdot M_6$  OFF  $\cdot M_5$  ON によってカムモータは回転をつづける。

(7) カムスイッチ D が開路し、放電回路を断つ。不着火のときはカムモータは停止せずさらに回転する。

(8) カムスイッチ C を  $C_b$  から  $C_a$  にかえし、燃料噴霧を停止する。

(9) カムモータは回転をつづけるが、ポストパージを行なったのちカムスイッチ A が  $A_b$  から  $A_a$  にかえた点で停止する。このときリセットランプが点灯し、異状停止したことを報知する。

このときは、原因をしらべる必要がある。点検後異状がなければ試験運転するが、カムを始動位置にもどすためにリセットスイッチを押さねばならない。これはカムスイッチ A を、 $A_a$  から  $A_b$  にかえすため、リセットランプが消灯するまで押しつづける。ランプが消えれば、ふたたび自動運転にはいることができる。

#### 4.2.2 燃焼中の失炎

燃焼運転中の失炎は、強い逆風や ノズル など油系のつまりで起こることがあるが、4.1 節(7)までの動作は同一であり、カムモータはカムスイッチ D の開いた点で停止している。

(8) 正常運転中失炎が起こると、CdS がそれを検知してリレー  $R_2$  を落す。このため接点  $M_6$  は、開路しカムスイッチ  $A_b \cdot M_6$  OFF  $\cdot M_5$  ON の回路でカムモータを運転する。それによりカムスイッチ C を  $C_b$  から  $C_a$  へ返し、電磁弁を閉じ給油を断つ。カムはさらに回転するが、カムスイッチ A を  $A_b$  から  $A_a$  へ切り換えたときリセットランプを点灯して停止する。この場合にもポストパージが行なわれている。

(9) 前項と同様に異状を点検し、リセットスイッチをランプが消灯するまで押し、ふたたび自動運転にはいる。

#### 4.2.3 油タンク中に水がたまったとき

これは新しい燃料を油タンクに補給した直後の運転で起こることが多い。この状態になるとトランジスタ  $Tr_1$  が導通するため、パーナ点火スイッチを ON しても全然反応なく、運転できない。このときは油タンクを点検し、フレコックを開いて、タンクの底部にたまった水を除去しなければならない。

#### 4.2.4 回路または機器の故障のとき

回路の故障および安全性については、次節で詳細に述べる。機器の故障は大部分は運転中の失炎となったり、次のサイクルが運転できない形で表示される。

(1) 電磁弁の断線：運転中の失炎の形で現われる。次回からはまったく運転できず不着火を表示する。

(2) パーナの故障：モータの故障またはカップリングの摩耗故障は油系の運転ができず、失炎あるいは不着火を表示する。

(3) 点火トランスの故障：断線・短絡などは、次のサイクルの運転ができず不着火を表示する。

(4) 温風送風機の故障：熱交換器側壁の温度が異状上昇し、ハイリミットが動作してひん繁に運転停止を行なう。温度ヒューズ使用のときは全然運転ができなくなる。以上のように機器の故障に対してはすべて安全に動作する。

#### 4.3 回路故障と安全性

制御器は多くの部品でできているので、その故障に対しても安全でなければならない。以下、各 부품の故障について検討する。

##### 4.3.1 炎検知用 CdS の故障

(a) CdS が故障し抵抗値が下るか、短絡状態となったときは、

次のサイクルで運転できない。これはリレー  $R_2$  が初めから引き、接点  $M_6$  が ON 側にあるため、接点  $M_6$  が ON してもカムモータの駆動ができず、プログラムを進行できないためである。

(b) CdS の抵抗値が高くなった状態で故障するか。またリード線の断線などで開放状態になったときには、リレー  $R_2$  の接点  $M_6$  が ON しないのでプログラムは進行し、正常着火であるにもかかわらず不着火を表示して停止する。

##### 4.3.2 接点 $M_4$ の故障

(a)  $M_4$  接点が溶着し、開路不能になったときは、室内温度調節器の指令により、カムモータは回転し、カムスイッチ  $C_b$  が切れるところで燃焼は停止する。

(b)  $M_4$  接点が閉路できなくなる機構故障のときは、カムスイッチ C が  $C_a$  から  $C_b$  にかえると、リレー  $R_2$  が自己保持できないので、燃料を噴霧することができず、不着火を表示する。

$M_4$  の接点は 5 A 定格であり、負荷は軽いので、このような故障はほとんど起こることがないと考えられる。

##### 4.3.3 接点 $M_5$ の故障

(a) 接点  $M_5$  が閉路となり、開路できない故障のときは、失炎を表示して停止する。

(b) 開路の形で故障したときは、室内温度調節器の運転指示に応動できないので起動ができない。

##### 4.3.4 接点 $M_6$ の故障

(a) 接点  $M_6$  が閉路状態で故障したときは、カムモータの起動が不能となり、室内温度調節器の運転指令がでてでも運転できない。

(b) 接点  $M_6$  が開路状態で故障したときは、CdS が炎を検知しても接点  $M_6$  が動作しないので、カムはプログラムを進行させ、不着火・失炎と同じようにリセットランプを点灯して停止する。

この故障は CdS の故障と同様に、何度リセットしても同一の動作で停止し運転ができなくなる。

##### 4.3.5 カムスイッチ A の故障

(a) A が  $A_a$  側に閉路して故障したときは、室内温度調節器が、運転指令をだすとともにリセットランプが点灯し、全然運転にはいらない。

(b) A が  $A_b$  側に閉路して故障したときは失炎してもリセットランプを点灯せず、ただちに次のサイクルを起こす。したがって、失炎故障とかさなったときは何度でもこれを繰り返すことになるが、パージを行なっているので爆発の危険はない。また、この接点は 7 A の接点容量のあるマイクロスイッチであるので、このような故障はほとんどない。

##### 4.3.6 カムスイッチ B の故障

(a) 開路の状態に故障した場合に、カムを始動位置にも戻すことができないので、燃焼運転にはいることができない。

(b) 閉路の状態に故障した場合に、室内温度調節器が OFF であると、カムモータは回転だけを行ない、3分30秒ごとにパーナを給油なしに回転を繰り返す。このような状態のときに、室内温度調節器が ON になるが、プログラムの68秒以前であれば正常に着火し運転する。それ以後であれば不着火となってリセットランプを点灯して停止する。

##### 4.3.7 カムスイッチ C の故障

(a) 接点 C が  $C_a$  に溶着または開路不能となったときは、給油できないので不着火となり、リセットランプが点灯しカムは停止する。

(b) 接点 C が  $C_b$  に閉路してしまったときは、燃焼運転が室



内温度調節器の指令で終止し、次 サイクルに移っても リレー  $R_3$  を自己保持できないので始動することができない。

#### 4.3.8 カムスイッチ D の故障

(a) 閉路した形で故障した場合には、放電がカムモータ 始動時から始まり、連続放電の形になる。着火し、CdS が炎を確認しても、カムモータを停止させられないので燃焼運転を継続できず、リセットランプを点灯して停止する。

(b) 開路の形で故障したときは、放電不能となり着火はできず、不着火となり リセットランプを点灯して停止する。

#### 4.3.9 カムスイッチ E の故障

(a) 閉路状態のままで故障した場合は、バーナは連続運転となる。ただ、カムスイッチ C が正常であれば、燃焼は正常に行なわれ、燃焼が行なわれていないときはつねに パージ が行なわれている状態になる。

(b) 開路状態で故障したときは、バーナの運転は停止するので燃焼は行なえず不着火となり、リセットランプを点灯して停止する。

以上のように、故障が起こっても爆発・火災の事故は防止されている。部品の故障は、さきに述べたように部品定格に余裕をも

って使用すれば、使用上の信頼度が大きく増大することは周知のとおりである。この制御器もその点を考慮して、カムスイッチは 7 A、リレー 接点は 5 A の接点容量をもっているので故障はないといえる。

## 5. む す び

このように制御する必要対象をはっきりとし、機器に最適なプログラムで運転することが効率のよい運転、安全な運転に欠くべからざる要素である。この制御器では従来の制御器にあるような、やや無理な部品使用や、無理な設計の部品を用いることはやめ、トランジスタを使った余裕のある設計にしたことで寿命をのばし、信頼度を高めて、長期に安全な運転ができるようにつとめた。また、従来なかった油中水分検知をつけ、防食につとめ、重要な機能をもつ ポンプ の保守にも、手がかからないように配慮したものである。しかし、この制御器は、トランジスタ 回路を用いてあるために、制御器の周囲温度には気をつける必要がある。測定の結果によると、周囲温度 45℃ までは各部の動作時間に異常はないが、高くとも 40℃ までの温度で使うようにするのが好ましい。

## 一般住宅の集中暖冷房

武藤 正\*・大場 健司\*

## Central Air Conditioning of Residences

Ware Research Laboratory Tadashi MUTO・Kenji ŌBA

Improvement of residential condition in cities has brought about recently the necessity of air conditioning throughout the year. Moreover, individual installations of the air conditioners in each of the rooms are considered to be replaced by concentration of facilities at one place, the so called the central air conditioning. This article deals with central air conditioners which fall under into a full duct system, a radiant panel system and a fan coil unit system, and comparison with the conventional individual setups (packaged system). Description also covers heaters and coolers composing the central system, their combination, operation of heat pump types and that of absorption type. Among them the heat pump type combined with heat storage is regarded as worthy of attention.

## 1. ま え が き

現在わが国でも、ホテル・病院・劇場・事務所などのビル建築には、空気調和装置として集中暖冷房方式が、採用されるのはごく当然のこととなってきたが、一般住宅においては、その家屋構造から個別暖冷房方式がその主流をなしている。しかし近年建築構造と材料の進歩によって、熱漏れの少ない鉄筋コンクリート住宅、ラハブ住宅などがしだいに普及し、多少設置時に高価であっても、加熱・冷却・調湿・除菌をする調和機をユニットとして、1個所に集中し各部屋の空気調和を行なおうとする気運が高まりつつあり、空気調和機の高性能化、制御性能向上などによって、数年のうちに高級住宅に広く使用されることが予想される。アメリカにおいてはすでに一般住宅へのこの種方式の採用が1964年度には60万台に達し、70年度には新築住宅の25%以上が使用すると考えられている。そこでわれわれは住宅の空気調和の基本概念、集中暖冷房方式の説明、加熱冷却源の検討および今後この種システムの動向について予測しようと思う。

## 2. 住宅の空気調和

## 2.1 空気調和の必要性

居住空間を人間活動を活発にする場として、また休息の場としてその空気質を理想状態にすることによって人体からの余分の熱の消費をなくし、不快に感ずることなく、人体の呼吸器そのほかの各器官に有害な要素のないようにする必要がある。これら要素には空気の物理的性状〔温度、湿度、気流分布、周囲の放射熱、パナリヤ〕と化学的性状〔換気・ジニアイ・ガス・におい・イオン数〕などを含む。しかしこの調和空気は季節、外気状態、地域などの外的な要因と在室者の年齢、性別、着衣状態、作業の有無、飲食、慣れなどの個人的な要因によってその要求が違って来るから、そのつど考えねばならない。一般に利用されているものに温度、湿度および気流などを総合した快適有効温度と呼ばれるものを図2.1に示す。これによると平均の夏期の快感帯は有効温度18.8～23.8℃の間にあり冬期は17.2～21.6℃の間にある。冬期における暖房時の推奨温度、温度以外の理想空気の条件を表2.1、2.2に示す。

このほか温度分布が人間の快感におよぼす効果は大で、とくに

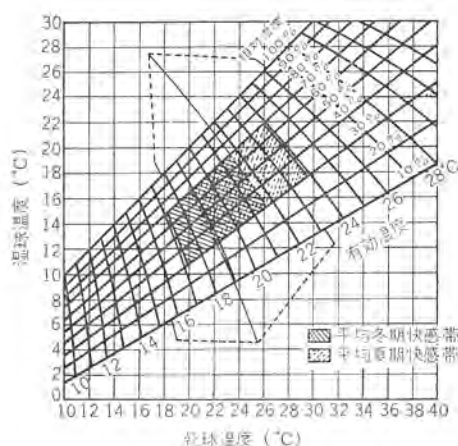


図 2.1 快適有効温度

Fig. 2.1 Effective temperature.

表 2.1 暖房時における推奨室内温度

部 屋 の 種 類	推奨室内温度
居 間・食 堂	16～20℃
寝 室	14～18℃
浴 室・便 所	18～20℃
台 所	15～17℃
廊下・玄関・ホール	10～15℃

表 2.2 温度以外の理想条件

湿 度	45～65%
気 流	0.1～0.3m/sec
炭酸ガス量	0.9%以下
ジニアイ数	200～499個/cc
イオン数	①イオン200～1,000個/cc ②イオンは①イオンにほぼ同じ
イオン比	③/①≒0.97

表 2.3 在室者1人あたり必要な外気量

場 所	1人あたり外気供給量 m³/h		喫煙者の割合
	適度量	最小量	
和 室	51	25.5	50%
全 部 喫 煙 者	51	42.5	100%
全 部 無 喫 煙 者	13	8.5	なし

垂直分布はたいせつで床と天井間の温度差は5℃以下に保つ必要がある。また人間の運動、呼吸、暖房機器、ガス器具の使用な



とによる CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, ジンアイ, においなどの増加を抑えるために、単位時間に表 2.3 に示す新鮮外気を導入する必要がある。近時の外気は SO<sub>2</sub>, ジンアイなどを多く含み、また負イオン数も都会地では少ないので換気のときに空気を理想条件とするガス、ジンアイの除去装置、負イオン付加装置などが必要となる。

## 2.2 空気調和装置

計画をたてるにあたって前節に述べた各条件を満足する装置、方式の立案とこれらの装置の設備費、運転保守にかかる経常費の面から最も経済的な方式でなければならない。

空気調和装置はおもに冷凍装置、加熱装置、調湿装置、除じん装置、イオン発生装置などの発生部門と送風装置、循環ポンプ、水パイプ、ファンコイルユニットなどの熱媒分配装置および制御装置から構成される。この中でその主要構成部分について考えると熱の運搬方式によって暖冷房方式の種類を大別すると集中式と個別式になり、さらに細分すると表 2.4 のようになる。一般にいて集中式は発生部門をユニット化して機械室におさめ、ダクトまたはパイプによって各部屋に熱を分配する方式であり、個別式は各へやごとに独立の暖冷房装置をもつ方式で、おのおのに一長一短がある。運転保守の点から考えると、集中式がすぐれているといえる。表 2.4 のなかで一般住宅には単一低速ダクト方式、フック射パネル方式、ファンコイルユニット方式などの集中式が、また個別式ではパッケージユニット方式を採用でき、それぞれの特長を表 2.5 に示す。

### (a) 全ダクト方式

図 2.2 に示すようにパッケージ形空調機と温風機を組み合わせる機械室に設置して調和された空気を直接ダクトによって各室に配分する方式である。再循環空気は各室からダクトを通して機械室へ送り屋外からの新鮮空気を混合して空気調和機に導入する。多くの部屋がある場合には使用別のゾーンを行なうことも

ある。

### (b) フック射パネル方式

図 2.3 に示すように、床または天井に埋めこんだ温度制御された冷温水を通すコイルと調和された空気を室内に送風するダクトとファンコイルユニットを組み合わせる。この方式では熱のフック射面が広いので人体衛生上好適な温度分布をうることができる。ダクトを併用する場合もダクト径を小さくできるので小住宅に適している。

### (c) ファンコイルユニット方式

図 2.4 のように内部に送風機、熱交換器、フィルタなどを内蔵した室内ユニット(図 2.5)を各室に置き、機械室から水配管で、冬は温水を夏は冷水を循環させ暖冷房を行なう方式である。

### (d) パッケージタイプ

冷凍機を内蔵した空調ユニットを各室内に設置し、夏期は冷凍機を運転して冷房を行ない、冬期には温水・温風・電熱・ヒートポンプ

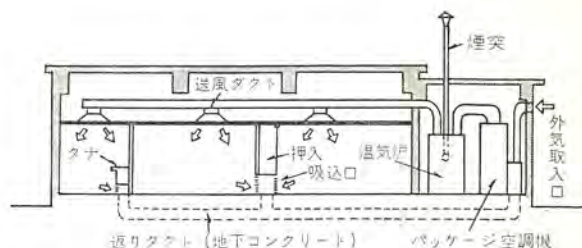


図 2.2 ダクト方式 Fig. 2.2 Duct system.

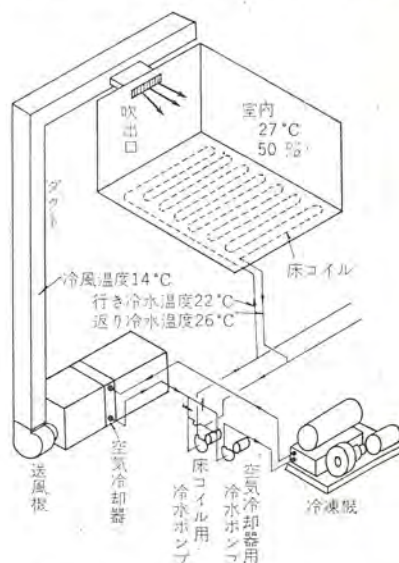


図 2.3 フック射パネル方式 Fig. 2.3 Radiant panel system.

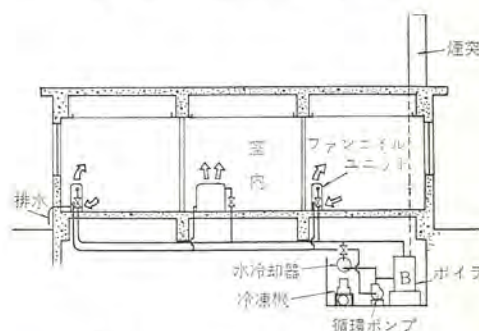


図 2.4 ファンコイルユニット方式 Fig. 2.4 Fan-coil unit system.

表 2.4 熱の運搬方式による空気調和の分類

集 中 式	all air 方式 (全ダクト方式)	単一ダクト方式 (低速ダクト方式 高速ダクト方式) 二重ダクト方式
	air water 方式	各階ユニット方式 誘導ユニット方式 フック射パネル方式 ファンコイルユニット方式 (新鮮ダクト併用)
	all water 方式	ファンコイルユニット方式
個 別 式	冷 媒 方 式	パッケージユニット方式 ファンコイル方式

表 2.5 集中式と個別式の特長

集 中 式			個 別 式
ダクト方式	フック射式(併用)	ファンコイルユニット	パッケージ
ダクトによる相当のスペースを必要とする	ダクト併用の場合ダクトが小さくてすむ	ダクトを必要としたときは配管、スペースがもっとも有利	据え付けが簡単
室数が少ない場合は設備費が安い	室内環境は最もよい	各室で運転制御ができる	小規模では設備費が安い
各室の温湿度の調整がむずかしい	設備が高くなる	維持管理がやや面倒	運転が簡単
	パイプの保温構造を必要とする	新鮮空気を取り入れに少しむずかしい	暖房力が不足する
	漏水のおそれあり		ユニットをできるだけ冷房室に近づける



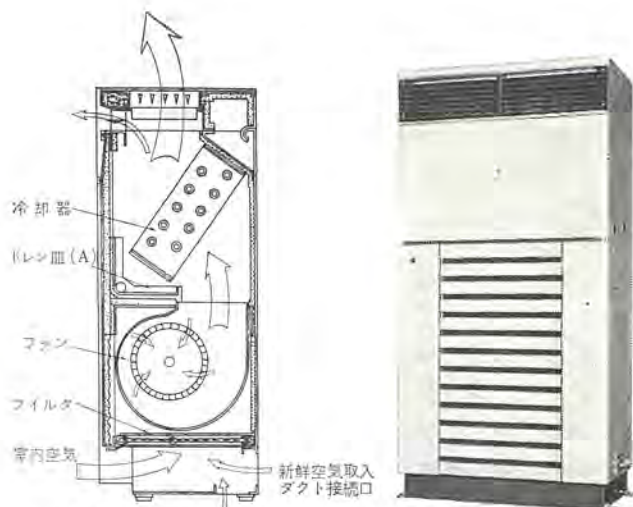


図 2.5 ファンコイルユニットの構造  
Fig. 2.5 Fancoil unit.

図 2.6 パッケージユニット  
Fig. 2.6 Package unit.

による暖房を行なう方式である。一般には小住宅の各部屋用の個別式の冷暖房として使用される (図 2.5)。

### 3. 暖冷房装置

前章で暖冷房方式の各種類について述べたが、そのなかの集中冷暖房装置の各形式、組み合わせなどについて述べる。

現在開発され製造販売されている各種のものとしては次のものがある。

- (1) 水冷式冷凍機ユニットと石油 (またはガス) 暖房機の組み合わせ
- (2) ヒートポンプ式暖冷房機
- (3) 吸収式暖冷房機

#### 3.1 水冷式冷凍機ユニット+石油 (またはガス) 暖房機

これをさらに二つに分けると、

- (1) 冷凍機ユニットと温水コイル (または電気ヒータ)

この組み合わせは前章で述べたいろいろな方式に適用できる。ダクト方式の場合は図 3.1 に示すように冷却コイルと加熱コイルを空気通路に直列に置いて暖冷房を行なう。フック射パネル方式およびファンコイルユニット方式では温水・冷水をつくり、室内ユニットに循環すればよい。当社において製作中の石油温水器、ファンコイルユニットを図 3.2、表 3.1 に示す。

- (2) 冷凍機ユニット+温風暖房機

ダクト方式に使用され、図 3.3 に示すように冷却コイルと加熱

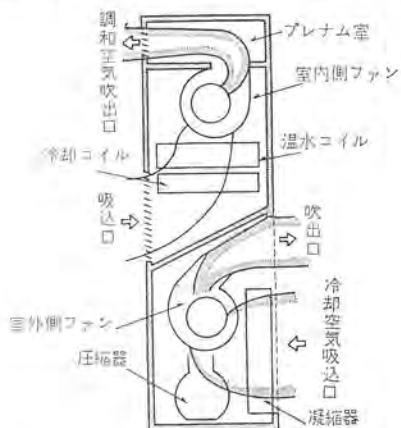


図 3.1 冷凍機ユニットと温水コイルの組み合わせ  
Fig. 3.1 Cooling unit and heating coil.

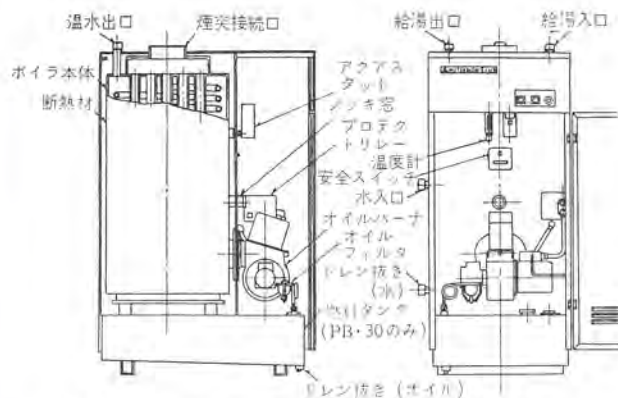


図 3.2 石油温水器 Fig. 3.2 Oil heated boiler.

表 3.1(a) 石油温水器仕様

形 名	PB-30	PB-80
仕 様		
性 能力 (kcal/h)	28,000	75,000
暖房面積 (m <sup>2</sup> )	約 150	約 400
能 温水流量 (l/h) 18°C→45°C	1,030	2,770
外形寸法 (mm) 高さ×幅×奥行	1,375×600×922	1,410×780×1,200
電 源 (V)	100v 1φ 50/60 c/s (約7A)	
パ ー ナ	ガンタイプ式バーナ自動着火方式	
燃料消費量 l/h	灯油1号 (白灯油) 4	灯油1号 (白灯油) 11.3

表 3.1(b) ファンコイルユニット仕様

形 名	200形	300形	400形	600形
仕 様				
外 装	高級仕上げ鋼板メラミン焼き付け塗装			
冷房能力 (kcal/h)	2,000	3,000	4,300	6,400
暖房能力 (kcal/h)	3,300	4,800	7,000	10,400
電 源	1φ 100V 50/60 c/s			
全入力 (W)	51/63	55/68	70/82	87/111
送風機 シロコファン (台)	1		2	
風量 (m <sup>3</sup> /min)	5.7	8.5	11.0	17.0
冷 却 器 (暖房器)	クロスフィン			
エアフィルタ	サランフィルタ			
標準水量 (l/min)	5.5	7.5	11.0	15.0
水頭損失 (m・水柱)	0.37	0.75	1.65	3.2
配 管 給排水	3/4 B ソケット			
ドレン	3/4 B ニップル			
新鮮空気取入れ量 (m <sup>3</sup> /min)	1.3	2.0	2.5	4.0
重量 (kg)				
LV-E	46	49	62	75
LV-R	35	37	47	56
LH-E	41	45	56	68
LH-R	25	27	36	44

冷水温度 5°C 吸入空気 D. B 21°C, W. B 21°C  
温水温度 80°C 吸い込み空気 D. B 20°C

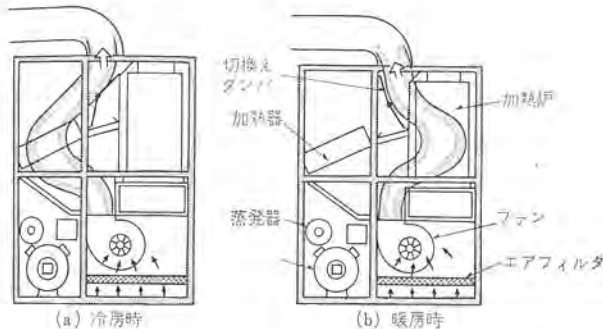


図 3.3 冷凍機ユニットと温風暖房機との組み合わせ  
Fig. 3.3 Cooling unit and oil furnace.

装置とを一体に組み込み、ダンパーを切り換えて空気通路を変更し暖冷房を行なう。また温風暖房機と冷却コイルの組み合わせでも、この組み合わせに適当な当社の暖冷房機とその性能を図 3.4



表 3.2 (a) 水冷式冷房ユニットの仕様

仕 様	EU-50形	EU-80形	DU-100形	DU-150形	DU-200形
外形寸法(mm)高さ×幅×奥行	2,162×1,100×590	2,230×1,234×638	2,265×1,550×800	2,402×1,750×800	2,230×1,984×871
電 源 (V)	三 相 200				
全 電 流 (A)	17.5/20	25/27	31/35	50/54	70/75
圧 縮 機 (kW)	半密閉形3.75	半密閉形5.5	半密閉形7.5	半密閉形5.5×2	半密閉形7.5×2
水 側 コ イ ル	シェルアンドチューブ				
水 量 (l/h)	1,350 / 1,550	2,325 / 2,570	2,700 / 3,100	4,360 / 4,820	5,500/6,500
水 頭 損 失 (m・水柱)	0.5 / 0.7	3.5	1.1/1.4	2.3/2.8	2.5/3.5
送 風 機 (kW)	シロッコファン0.4～0.75	シロッコファン0.75～1.5	シロッコファン1.5～2.2	シロッコファン2.2	シロッコファン3.7
風 量 (m³/min)	50	80	100	150	180
エ ア フ ィ ル タ	サラシハニカム織り		サラシビニロック		サラシハニカム織り
冷 媒	R-12				
冷 房 能 力 (kcal/h)	13,000/14,000	20,500/22,400	25,500/28,000	38,500/42,100	55,000/60,000
重 量 (kg)	510	745	915	1,240	1,420
電 力 料 金 (円/日)	210	330	400	500	800
水 道 料 金 (円/日)	290	430	560	800	1,720

表 3.2 (b) 石油温風暖房機

形 名		FO-221-LB	FO-331-LB	FO-501-LB
仕 様				
暖房能力 (kcal/h)		20,000	32,000	53,000
外形寸法	高さ (mm)	1,190	1,947	2,283
	幅 (mm)	850	520	740
	奥行 (mm)	610 (オイルサービスタックを含む)	860 (※)	1,050 (※)
	オイル消費量 (JIS 1号灯油 l/h)	2.4	3.8	6.0
オイルバーナ		蒸発式ボット形 (強制通風式)	ガンタイプ高圧バーナ	ガンタイプ低圧バーナ
ブースタファン		45 Wファン		
送風機	風量 (m³/min)	22	34.5/45	60
	静風圧 (mmAq)	0	16/20	20
自動制御装置	点火制御	クリックソナサーモ	プロテクトリレー	
	送風機制御		コンビネーションリレー	
	室温制御	油量調節器・ルームサーモ取付け可能	ルームサーモ付属	
	安全装置		CDSリレー	排気ファン
異常燃焼制御		オーバフロータンク・ブザー付き		
重 量 (kg)		120	257	420
その他	ダクト接続		可 能	可 能
	電 源	100V 1φ 2A	100V 1φ 11A	200V 3φ 6A
	点火方式	自動点火		

注) そのほかに FO-10(10,000 kcal/h), FO-20(20,000kcal/h), FO-221-LM (20,000 kcal/h) がある

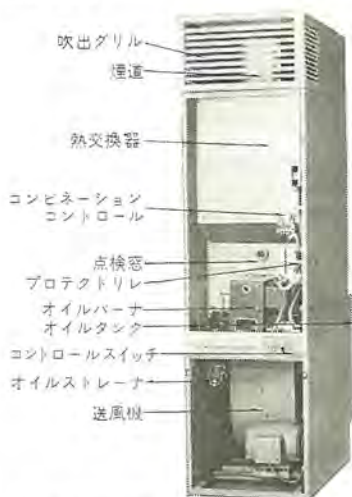


図 3.4 温風暖房機 Fig. 3.4 Oil furnace.

表 3.2 に示す。

### 3.2 ヒートポンプ式暖冷房機

冷凍機は熱を低温部から高温部へ運搬する装置であるから、凝縮器で捨てられる熱を利用すれば加熱装置として使用できる。このように冷却と加熱とに両用ができるものを熱ポンプとよぶ。

一般住宅の集中暖冷房・武藤・大場

$$\begin{array}{c} \text{吸熱} \quad Q_c \text{ kcal/h} \quad \text{放熱} \quad Q_h \text{ kcal/h} \\ \text{低温部} \quad \uparrow \quad \text{高温部} \\ \text{外部仕事} \quad AW \text{ kcal/h} \end{array}$$

ヒートポンプの成績係数

$$\varepsilon_h = Q_h / AW = 1 + Q_c / AW = 1 + \varepsilon_c$$

$\varepsilon_c$  = 冷凍サイクルの成績係数

上式のようにヒートポンプではその成績係数はつねに1より大である。1台の冷凍機のサイクルの切り換えにより暖房・冷房両用に行うことができ、設備費が減少するなどの利点をもっている。

この方式は熱源の種類、熱の伝達の方法、冷凍機の種類、暖房時と冷房時の回路の切り換えなどによる種々の組み合わせが可能である。熱源としては空気・水・地熱・太陽熱などのいろいろなものがあるが、つぎに代表的な熱源として空気と水の組み合わせについて説明する。

#### (1) 空気-空気方式

(a) 空気回路一定 冷媒回路切換え

(b) 冷媒回路一定 空気回路切換え

外気を熱源としているために外気の温度が低いときは暖房能力が小さくなり、一方暖房負荷は増大するので、一般に外気温度が5°C以下になると暖房能力が不足する。このため予備の電気ヒータを設けたものが多い。普通は屋内に設置する小形の窓置形の空気調和機に採用されている。

#### (2) 水-空気方式

水回路、空気回路一定 冷媒回路切り換え

パッケージ形の空気調和機に採用されている。井戸水を熱源とするが、得られない場合は水道水を使用する。冬期においては水温が低下するため暖房能力は不足する。図3.5に示すようなサイクルを用いて冬は蒸発器と地下水を熱交換して熱をくみあげ、夏の直膨形冷却器を逆に空気加熱器として用い、熱を室内に与える。夏は地下水とコンデンサを熱交換し、空気冷却器によって冷却する。この方式を用いると水冷却器(冬の水加熱器)と熱ポンプ、水配管が不用となるため設備費は安い、空調機が2台以上ある場合は用いられない。

#### (3) 空気-水方式

(a) 空気回路、水回路一定 冷媒回路切り換え

(b) 空気回路、冷媒回路一定 水回路切り換え

大都市の中心地区にあっては地下水が枯渇しているため、外気を熱源とするこの方式に利点がある。(a)方式では大気凝縮器または蒸発式凝縮器を、(b)方式では外気コイルまたは冷却塔を使



用する。圧縮式冷凍機においては(a)方式を使用し、負荷の変動に耐熱効率を向上させるために蓄熱そうが使用される。図 3.6 に示すように冬は外気をエバレータに通し採熱する。蒸発温度  $-10 \sim -15^{\circ}\text{C}$  で  $0^{\circ}\text{C}$  の空気を  $-5^{\circ}\text{C}$  まで冷却し採熱する。コンデンサで水を加熱し床下の蓄熱そうに熱をたくわえ、この水を空気調和機を通して空気を加熱する。夏は空冷コンデンサで放熱し、エバレータで水を冷却し蓄熱そうに冷水をたくわえこれによって空調機で冷却を行なう。この装置を使用する場合には空気側の熱交換器は外気の取りやすい位置におく必要がある。また厳寒時に着霜の危険がある。

#### (4) 水-水 方式

(a) 水回路一定 冷媒回路切り換え

(b) 冷媒回路一定 水回路切り換え

水を熱源とし水に熱を与える方式である。夏冬に水回路のみを切り換える(b)方式がおもに採用される。熱源とする水の水質が悪いときは蒸発器の設計に注意が必要であり水質処理、清浄剤の使用が必要となる。図 3.7 に示すように地下水そうから水をくみあげ、エバレータで熱交換を行ないこの熱を圧縮機でくみあげ、コンデンサで水を加熱し、この加熱水によって空気調和機で空気を暖める。夏は同一装置でパルプで水回路を切り換え、地下水そうからくみあげた水でコンデンサを冷却し圧縮機によりエバレータ部で循環水を冷却し、空気調和機で冷房を行なう。

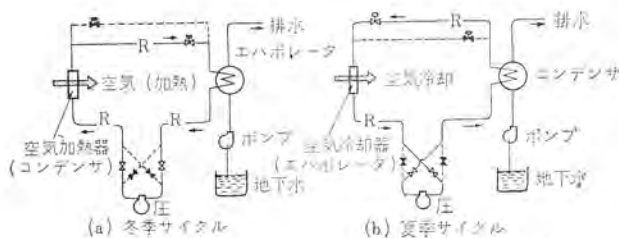


図 3.5 水-空気のサイクル

Fig. 3.5 Water to air.

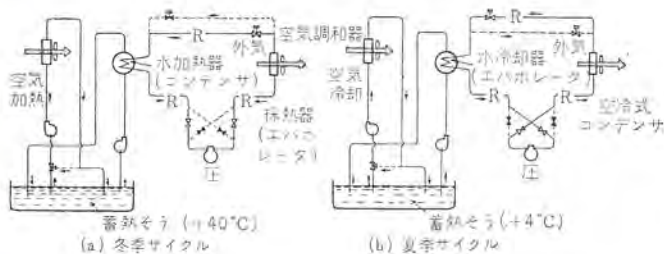


図 3.6 空気-水のサイクル

Fig. 4.6 Air to water.

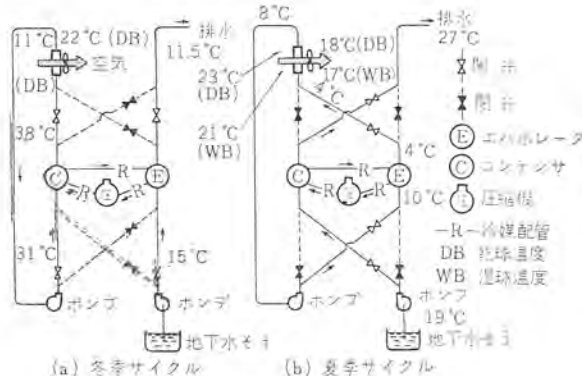


図 3.7 水-水のサイクル

Fig. 3.7 Water to water.

表 3.3 ヒートポンプ式仕様 50/60 c/s

仕 様	WEU-50形	WEU-80形	WDU-100形
外形寸法(mm) 高さ×幅×奥行	2,202×1,100×590	2,340×1,234×704	2,265×1,550×793
電 源 (V)	三相 200		
全 電 流 (A)	18/19	25/28.5	31/35
圧 縮 機 (kW)	半密閉形2.75	半密閉形5.5	半密閉形7.5
水 回 コ イ ル	シェルアンドチューブ		
水 量 (t/h)	1,800	2,600	2,700/3,100
水頭損失(m水柱)	1.6	2	1.5/2.0
空 気 回 コ イ ル	クロスフィン		
送 風 機 (kW)	シロッコファン 0.75-1.5		シロッコファン 1.5-2.2
風 量 (m³/min)	40	80	100
エアフィルタ	サランパニカム織り		
冷 媒	R-12		
冷房能力 (kcal/h)	12,000/13,000	19,500/21,500	24,000/27,000
暖房能力 (kcal/h)	14,000/15,000	19,500/22,000	27,000/30,000
重 量 (kg)	525	745	950
電力料金 (円/日)	210	300	400
水道料金 (円/日)	270	400	560

仕 様	HU-50形
外形寸法 (mm) 高さ×幅×奥行	2,365×1,450×1,020
電 源 (V)	三相 200
全 電 流 (A)	21/23
圧 縮 機 (kW)	半密閉形3.75
室 内 回 コ イ ル	クロスフィン
室 外 回 コ イ ル	クロスフィン
送 風 機 室内側 (kW)	シロッコファン0.75
風 量 (m³/min)	56.5
送 風 機 室外側 (kW)	シロッコファン1.5
風 量 (m³/min)	115
エアフィルタ 室内側	サランパニカム織り
エアフィルタ 室外側	サランパニカム織り
冷 媒	R-12
冷房能力 (kcal/h)	12,000/13,000
暖房能力 (kcal/h)	13,500/15,000
重 量 (kg)	810
電力料金 (円/日)	300

表 3.4 吸収式暖冷房機の特長

長 所	短 所
大電力が不要。 圧縮機などの振動騒音が無い。 蒸気・温水などの排熱を利用できる。 低圧運転をすることができるので操作が安全にできる。 石油などの熱源をさせれば運転費が安価。 暖冷房サイクルの切り換えが容易。 小容量機では自然循環を行なわせることができる。	加熱燃焼部分をもつ。 温度制御がむずかしい。 熱エネルギーを用いるため排熱熱量が多く水冷却方式にする必要がある。 小容量機種では効率があまりよくない。 小容量機種では自然循環がむずかしい。

ヒートポンプ方式の効率を左右する最大の要素は熱源である。この熱源としては温度が高いこと、量が豊富であること、時間的に変化の少ないことなどが要求され、水、空気、太陽熱、地熱などが使用される。またこの装置を使用する場合蓄熱そう、蓄冷そうなどの水そうの利用、太陽熱温水路、深夜電力の応用がさらにその能力を上昇させる。この方式では暖房用のボイラが不用となり、煙突、燃料タンクが不用となる利点を有しているが、電力費が高く集熱器の設置に相当の金額を要する。蓄熱そうの利用、太陽熱、深夜電力の有効利用については現在さかんに検討されている。当社のヒートポンプ式暖冷房機とその仕様を表 3.3 に示す。

#### 3.3 吸収式暖冷房機

この方式の暖冷房機は 1925 年に吸収式冷蔵庫として姿を見せ、歴史は古い。機械圧縮式冷凍機の開発が進むにつれ一時忘れら



表 3.5 吸収式冷凍機の冷媒と吸収剤

No.	冷 媒	吸 収 剤	蒸 発 圧 力	蒸発温度 (°C)	備 考
1	H <sub>2</sub> O	LiBr	6.5mmHg	5	冷暖房機用として一般に使用
2	H <sub>2</sub> O	LiCl	6.5mmHg	5	腐食作用は強いが将来性はある。現在関大にて研究中
3	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	6.5mmHg	5	
4	H <sub>2</sub> O	NaOH	6.5mmHg	5	
5	H <sub>2</sub> O	KOH	6.5mmHg	5	
6	NH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O	5.26kg/cm <sup>2</sup>	5	吸収式冷蔵庫用として一般に使用
7	NH <sub>3</sub>	(ロダアンモニア) NH <sub>4</sub> CNS	5.26kg/cm <sup>2</sup>	5	
8	フロン21, 22 CHFC1 <sub>2</sub>	テトラエチレングリコールジメチルエーテル CH <sub>3</sub> O(CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> OCH <sub>3</sub>	6.0kg/cm <sup>2</sup>	5	
9	メチルクロライド CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	テトラエチレングリコールジメチルエーテル CH <sub>3</sub> O(CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> OCH <sub>3</sub>	3.1kg/cm <sup>2</sup>	5	
10	メチルアミン CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	760mmHg	-6.3	溶媒として CaCl <sub>2</sub> , LiCl, MgCl <sub>2</sub> を用いる
11	塩化エチル C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Cl	四クロロエタン C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>	0.5kg/cm <sup>2</sup>	5	
12	ペンタン C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	パラフィン油	7.6mmHg	-20~+50	
13	トリオール C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	パラフィン油	10mmHg	6.4	
14	メタノール CH <sub>3</sub> OH	臭化リチウムメタノール	8.8mmHg	-10~+8	
15	フロン21 CHCl <sub>2</sub> F	エチレングリコールジメチルエーテル CH <sub>3</sub> O(CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> OCH <sub>3</sub>	5.423 psia 27.1mmHg	5	
16	フロン22 CHClF <sub>2</sub>	エチレングリコールジメチルエーテル CH <sub>3</sub> O(CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> OCH <sub>3</sub>	43.02 psia 222mmHg	5	

表 3.6 吸収式冷暖房機の運転経費比較

(計算は1日8時間, 1ヵ月25日, 冷房3ヵ月, 暖房4ヵ月使用とする)

	項 目	吸 収 式			圧縮式 (WEV-50)		項 目	吸 収 式			圧縮式 (ヒータ付) (WEV-50)
冷 房 運 転	冷 房 能 力	13,000 kcal/h				暖 房 運 転	暖 房 能 力	18,000 kcal/h			13,000kcal/h
	動 力 源	都市ガス	灯 油	3φ 200V			動 力 源	都市ガス	灯 油	3φ 200V	
	単 価 (円)	22.45/m <sup>3</sup>	12.50/l	3.92/kwh			使 用 量 (m <sup>3</sup> /h)	5.77	2.6l	6.65kW	
	使 用 量 (m <sup>3</sup> /h)	5.77		5.6(kW/h)			使 用 量 (m <sup>3</sup> /日)	1,154	520l	1,330kWh	
	使 用 量 (m <sup>3</sup> /月)	1,154		1,120(kW/h)			小 計 (円)	29,850	6,500	8,910	
	小 計 (円) (含基本料金税金(円))	29,850	6,500	8,040			(含 基本料金税金(円))	29,850	6,500	8,910	
	送風機 (0.75kW) 料金 (円)	1,430	1,420	590			送 風 機 0.75kW(円)	1,420	1,420	590	
	井水ポンプ (0.4kW) 料金 (円)	760	760	310			井水ポンプ料金 (円)	0	0	310	
	月 間 合 計 (円)	32,040	8,680	8,940			月 間 合 計 (円)	31,270	7,920	9,810	
年 間 冷 房 費 合 計 (円)	96,120	26,040	26,820		年 間 暖 房 費 合 計 (円)	125,080	31,680	39,240			

	都市ガス	灯 油	圧 縮 式
年間暖房費総計 (円)	221,200	57,720	66,060

- 注) 1. 都市ガス(東京ガス)  
5000kcal/Nm<sup>3</sup>  
30段メータ使用  
税率 7%
2. 灯油(大船店頭で)  
18l—350円  
200l—2,500円  
10,000kcal/h
3. 電力(東京電力)  
3φ—200V  
基本料金 390円/kWh  
使用料金 3.92円/kWh  
税率 7%  
ファンおよびポンプは使用  
料金のみ

れていたが、アメリカのキャリア社が1940年から研究に着手し、1945年大形冷凍機を完成したあと急速に進歩し、大容量機においては遠心式冷凍機に比較されるほどに進歩してきた。この冷凍機の長所短所は表 3.4 に示すとおりである。

### 3.3.1 概略説明

蒸発した冷媒を吸収剤に吸収させて、この混合溶液に熱を与え冷却水で冷却して冷媒と吸収剤とを分離精溜する。冷媒はふたたび蒸発器にもどり蒸発し、吸収剤はふたたび濃度が大きくなり冷媒を吸収する。この方式では機械式と違って、吸収剤が冷媒を吸収するのでこのとき熱を発生する。また冷媒からの排熱も大きいので入力 kcal に対する排熱 kcal の比は機械圧縮式に比べて大きく、圧縮式では 1.3、吸収式では 2.5 程度となる。

一般住宅の集中暖冷房・武藤・大場

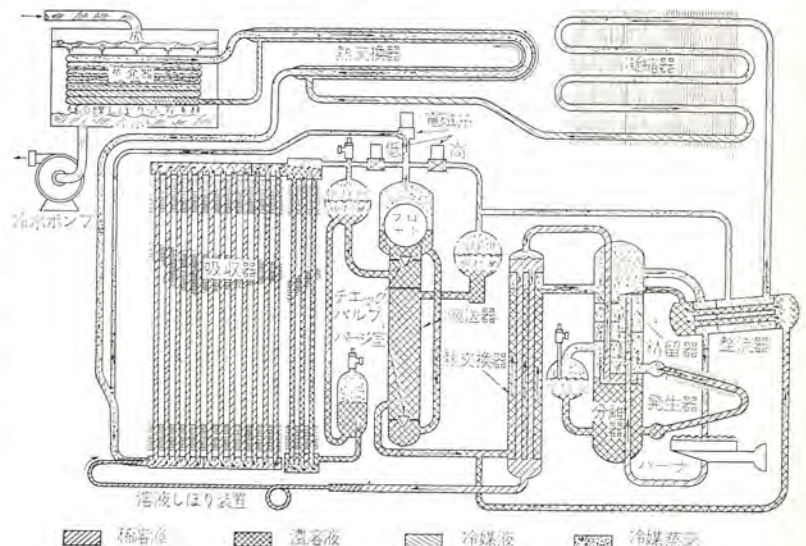


図 3.8 吸収式冷凍機  
Fig. 3.8 Absorption refrigeration unit.

冷媒と吸収剤の組み合わせは種々のものが提案され現在まで検討されてきた。その各種を表 3.5 に示す。現在ではこれらのなかで 6 冷媒 (NH<sub>3</sub>)—吸収剤 (水), 1 冷媒 (水)—吸収剤 (LiBr) がおもに使われているが、空気調和機用としては 1 の組み合わせがよいとされている。しかし 1 の方式では排熱エネルギーの冷却に



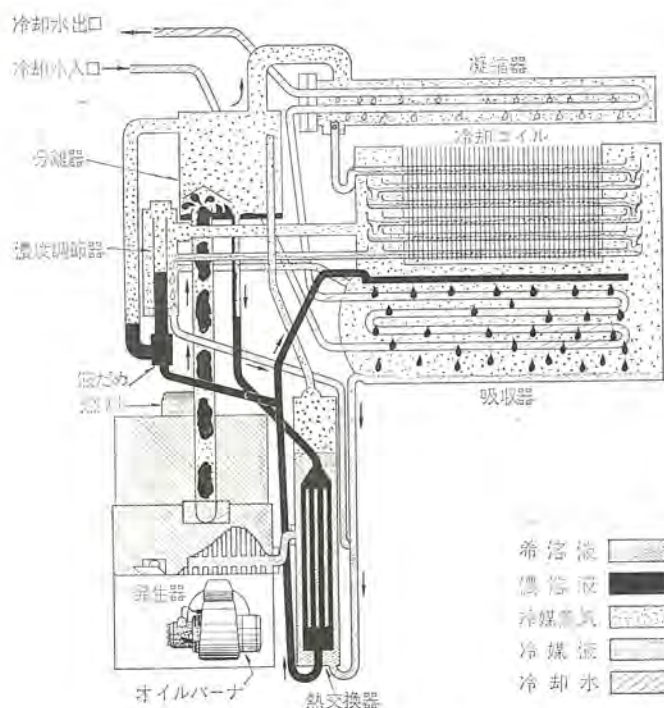


図 3.9 (a) 冷房 サイクル  
Fig. 3.9 (a) Cooling cycle.

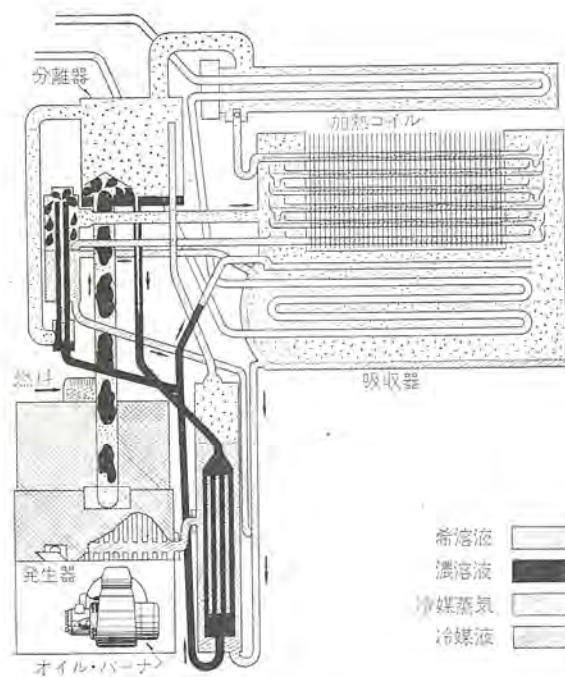


図 3.9 (b) 暖房 サイクル  
Fig. 3.9 (b) Heating cycle.

水を必要とするので小容量のものには6の組み合わせが使用されている。冷媒吸収剤に必要な条件は、

- (1) 溶液の蒸気圧が低い。
- (2) 濃度変化による蒸気圧の変化が少ない。
- (3) 吸収剤と冷媒の蒸発温度に差がある。
- (4) 吸収剤の再生に熱を多く必要としない。
- (5) 粘度のあまり高くない。
- (6) 腐食性が少ない。

などが要求される。これらの吸収式冷房機の6の組み合わせおよび1の組み合わせの例を図 3.8 に示す。この組み合わせ1の方式は凝縮機、吸収器の排熱冷却用の水を止めると冷房から暖房に切り換えることができ、同一機器で冷暖房機をかねることができ。また発生器の加熱熱源として灯油、ガス、蒸気などの任意の熱源を使用できる利点をもっている。このため機械圧縮機方式に比べて大電力を必要としないし、回転運動部分がないために振動騒音の発生も少ない。表 3.6 に機械圧縮機方式のものと吸収式調和機の運転経費の比較を示す。

### 3.3.2 LiBr-水式暖冷房装置の動作

この吸収式暖冷房装置は一年中使用することができる (Year Round Air Conditioner)。すなわち、冬期においては自動的に加熱し清浄な加熱された空気を供給し、夏期においては冷却、除湿され清浄にされた空気を供給する。加熱も冷却も必要でないときには清浄化された空気を供給する。主要な構成部分は吸収式暖房冷房装置、加熱装置、フィルタ、送風機からなる。加熱源はガス、灯油、蒸気などが利用される。

この装置はつねに真空状態で動作する。システムの絶対圧力は冷凍サイクルおよび加熱サイクルのいずれかによって変わり、発生器とコンデンサの絶対圧力は冷房時 50~60 mmHg、エバポレータと吸収器では 6~9 mmHg となる。このように全システムが大気圧 760 mmHg に比べて真空状態で動作する。暖房サイクルにおいてはシステムの圧力は 350 mmHg となり約大気圧の  $\frac{1}{2}$  となる。図 3.9

に冷房および暖房時のサイクルを示す。システムには LiBr と水とが封入され水が冷媒であり LiBr 溶液が吸収剤となる。

### 3.4 暖冷房装置の蓄熱運転

調和装置における冷凍機、加熱機の能力はいずれも使用期間中の最大負荷時に見合うように決定されるものであるから、1日中終始全負荷で運転することは少なく、負荷の変動が相当大きく、 $\frac{1}{2}$  負荷、 $\frac{1}{4}$  負荷で運転する時間も多く機械効率は非常に悪くなる。たとえば冷房時には、平均に1日の使用時間は4~5時間以内であり、ピークは午後1時~2時前後に集中している。もし蓄熱装置を利用してこれを16時間運転で蓄冷するとすれば、冷凍機の能力は  $\frac{1}{4}$  ですむことになる。このように蓄冷さうの使用によって全体的な装置の設備費を安くすることができる。

いまこの方式を使用する場合の利点と欠点について考えてみよう。

#### 利点

- (1) 安価な深夜電力や太陽熱の利用によって機器の能力を  $\frac{1}{3}$  程度まで低減することができ、付属設備費も減少する。
- (2) 使用電力量のピークが小さくなるので電力料金も非常に安くなり、装置新設の場合電力契約料金を低減できる。
- (3) 複さう式蓄熱方式を使用すると理想的な温度コントロールができる。

#### 欠点

- (1) 蓄熱さうの構築に費用とスペースが必要となる。
- (2) 暖冷房機の運転時間が増加する。ただしこれは機器の自動運転により無人で容易に行なうことができる。

以上述べたようないろいろの利点、欠点を有するが、実際にはこの方式の適用によって設備のうえでも相当な費用の低減が可能である。わが国においても、柳町氏が蓄熱を利用した暖冷房機について相当数の実施例をもっている。その詳細については次章に述べる。





表 4.3 柳町邸の暖房給湯用電力費

月	1958-12	1959-1	1959-2	1959-3	1959-4
消費電力(kWh)	1,500	1,927	1,556	1,339	518
電力料金(円)	7,200	8,370	7,260	6,550	4,100

イルに送水し暖房を行なう。室温は  $15\sim 21^{\circ}\text{C}$  に保たれる。集熱できなかった最長の記録は2月14日～19日までの6日間と、23日～26日までの4日間でありこの期間でも支障なく暖房給湯を行なうことができた。夏冷房に使用する場合は  $10\text{ m}^3$  の水そうを低温水そうとし、これから各室天井に全部通水して冷房を行なった。冷房能力不足の場合には空気調和機を使用し、冷却減湿した空気を各室に供給しその補助とした。この場合のポンプ出口水温は  $18\sim 20^{\circ}\text{C}$  となり、室温は  $25\sim 30^{\circ}\text{C}$  となった。

給湯装置は  $35\text{ m}^2$  の集熱器で採熱した水を別の  $5\text{ m}^3$  の貯水そうに入れ、1.5馬力のヒートポンプで内容積  $300\text{ l}$  の貯湯そう内のコンデンサコイルに送り、加熱能力  $2,000\sim 2,200\text{ kcal/h}$  のボイラとして  $40\sim 45^{\circ}\text{C}$  に加熱し、浴そうをはじめシャワー、台所、洗濯機、洗面などに使用している。また浴そうの底面には、 $0.37\text{ kW}$  のヒートポンプコンデンサコイルを保温用に埋込んでいる(加熱能力  $1,000\text{ kcal/h}$ )。この装置の概略図面、運転経費を図4.2と表4.3に示す。暖房経費はボイラを用いる場合の  $1/3$  程度となる。また同様の方式で軽井沢に第3、第4の太陽の家を建設している。

## 5. む す び

以上が住宅における集中暖冷房装置の概略であるが、わが国においては一部の少数高級住宅を除いては個別の局所暖冷房が行なわれているにすぎない。その気象状況がアメリカと同じく夏3カ月は冷房を冬4カ月は暖房を必要とするので、今後の建築構造の近代化にともない、汚染外気と隔絶して良質な空気を居住者に与えるべく暖冷房装置本体、その制御装置がともに高度化されることが予想される。これらとともに使用設置の便利さを求めて建物の大きさに合ったモジュール化も促進されよう。

装置そのものとして今後その発展の希望のもてる機種は蓄熱そうを利用したヒートポンプ式暖冷房装置と吸収式暖冷房装置と考える。さらにまたこの住宅の暖冷房は発達して将来個人の家庭を単位とするものから、地域全般を暖冷房する方式へと発達していくものと考えられる。

## 参 考 文 献

- (1) 日本冷凍協会：冷凍空調便覧(1963)
- (2) 井上：建築設備計画法(コロナ社)
- (3) 柳町：暖冷房装置の蓄熱運転の実際(日本暖房機器工業会)
- (4) 柳町：「衛生工業協会誌」9, 34
- (5) 井上：「科学朝日」12。(昭40)
- (6) 井上：空気調和ハンドブック(丸善)
- (7) 高田：暖房および空気調和(山海堂)



## 三菱エアーテン

牛越 諒\*・酒井 勝正\*

## Mitsubishi Air Curtains

Nakatsugawa Works Makoto USHIGOE・Katsumasa SAKAI

Air curtains now in general use in department stores and other buildings are mostly of such a type that the air is blown out from the top and drawn in at the bottom. Though their utility is widely approved, their installation cost and operation expenses are high and the maintenance is tedious. This makes their installation impracticable to small refrigerating rooms, stores, warehouses, kitchens and the like. To overcome this drawback Mitsubishi Air Curtains have been developed and their installation is handy and yet the blowing out from the top is made feasible. The new model employs a line flow fan to send air with a large width, where as the existing surrounding needs no reconstruction for this provision. This device promises a bright future in the heat insulation, insect prevention and dust-proof arrangement of various premises.

## 1. ま え が き

エアーテンは15年ほど前に初めて試作された装置であるが、その有用性が認められて大いに利用されるようになり理論的にも実験的にも多くの研究がなされている。

エアーテンは、機械的ドアでは空気の流入をシャ断できないところ、たとえば、客の出入の激しいレストラン・デパートなどには非常に便利がられているが、現在多く使われている上部吹出し、下部吸込式のエアーテンは、設備費が高く、既存の建物には大々的な改造を余儀なくさせるため小形の建物への設置は、ほとんどできないというのが現状である。

冷凍室などは上部吹出し式のものが使われているが、軸流ファンを使っているものが多く、大形になってしまい、騒音も非常に大きく、騒音がじゃまになるような場所へは取付けられない。今度、当社がイギリスのファースクリープラント社と技術提携したラインフローファンを使って、上部吹出し式のエアーテンを開発した。ラインフローファンを使うことによって、非常に小形で低騒音にすることができ、軽量であるため木造の店舗などにも十分使用できる。

このように大きな普及性をもっていると考えられるところから、われわれは上部吹出し式のエアーテンの諸特性について研究・実験し、広範囲な応用ができることを確認したので、これらについての概要について順次報告する。

## 2. エアーテンの理論

## 2.1 噴流特性

三菱エアーテンの噴流は、長方形噴流であるが、吹出スロットの幅がエアーテンの長さに対して十分狭いと考えられるので、これを無限スロットの平面噴流におきかえてみると、新津教授などの計算によれば次式のようになる。

$$\frac{U}{U_0} = \sqrt{\frac{1}{2} \left[ \Phi \left( \frac{X+1}{cZ} \right) - \Phi \left( \frac{X-1}{cZ} \right) \right]} \quad (2.1)$$

ただし  $U = z$  方向の平均速度 (m/sec)

$U_0 =$  噴出口からの噴出速度 (m/sec)

$$\Phi(\xi) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^\xi e^{-t^2} dt = \text{確率積分}$$

$X = x/a = z$  の無次元量

$a =$  噴出口幅の  $1/2$

$Z = z/a = z$  無次元量

$c =$  Reichart 定数  $= 0.08$

ラインフローファンの噴出風速を測定してみると、この理論式に非常によくあてはまっていることがわかる。これはラインフローファンの噴出空気流がほとんど定常層流になっているということを裏付けるもので、エアーテンの空気流としてラインフローファンを使うことがこの目的に対し適切であることを意味している。

この式から噴流の中心風速は

$$\frac{U_c}{U_0} = \sqrt{\Phi \left( \frac{1}{cZ} \right)} \quad (2.2)$$

となるが近似的には次式によって求められる。

$$\left. \begin{aligned} \frac{U_c}{U_0} &= 1, \quad (Z \leq 14, z \leq 14a) \\ \frac{U_c}{U_0} &= \frac{37.4}{\sqrt{Z}}, \quad (Z > 14, z > 14a) \end{aligned} \right\} \quad (2.3)$$

実際に測定したものと、理論値との違いを図2.1に示してみた。このように理論値に近い特性をもっているため、側圧を受ける場合、側風を受ける場合などの噴流の状態が計算によって求められる。

## 2.2 シャ風特性

さきに述べたような上部吹出し式エアーテンが側圧を受けた場合に、これがどのようにまげられるかということは、断熱やシャ風効果を考える場合非常に重要な事項になる。

図2.2のような座標を考えると側圧をうけた噴流は次式のような式で与えられる。

$$\begin{aligned} & \left( x - \frac{\rho A_0 U_0^2}{P_s} \cos^2 \beta_0 \right)^2 + \left( z - \frac{\rho A_0 U_0^2}{P_s} \sin \beta_0 \cos \beta_0 \right)^2 \\ &= \left( \frac{\rho A_0 U_0^2}{P_s} \cos \beta_0 \right)^2 \quad (2.4) \end{aligned}$$

ただし  $x, z =$  直角座標 (m)

$\rho =$  流体密度 ( $\text{kg} \cdot \text{s}^2/\text{m}^4$ )

$A_0 =$  吹出口有効幅 (m)

$U_0 =$  吹出平均流速 (m/sec)

$P_s =$  側圧差 ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )

$\beta_0 =$  吹出方向と軸のなす角 ( $^\circ$ )

$V_s =$  側流速度 (m/sec)

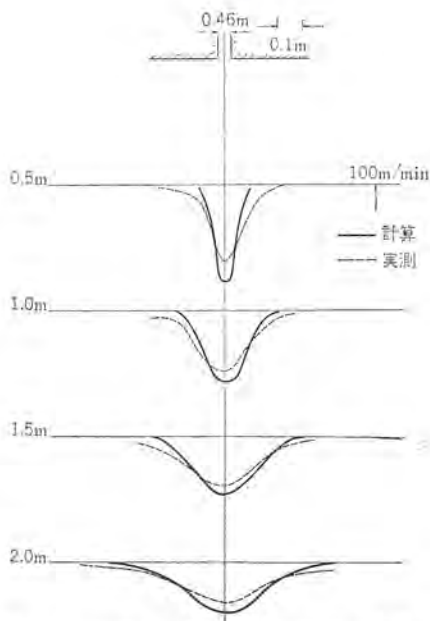


図 2.1 計算値と実測値の噴出速度の比較  
Fig. 2.1 Comparison between calculating and measuring value of air velocity.

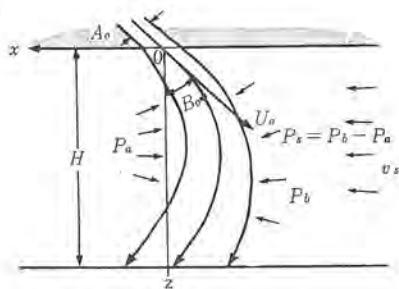


図 2.2 側圧の計算  
Fig. 2.2 Calculation of side pressure for air flow.

今噴出口の中心の直下つまり  $x=0$ ,  $z=H$  の点に噴流の中心があたるときを、側圧によってエアカーテンが破られる限界であると仮定すれば式 2.4 は次のようになる。

$$H = 2 \frac{\rho A_0 U_0^2}{P_s} \sin \beta_0 \cos \beta_0 \quad (2.5)$$

$$= \frac{\rho A_0 U_0}{P_s} \sin 2\beta_0 \quad (2.6)$$

側風の風速を  $V_s$  とすればこの動圧は

$$P_v = \frac{\rho V_s^2}{2} \quad (2.7)$$

式 2.7 を式 2.6 に代入して (ただし  $P_s \equiv P_v$  とする)

$$H = 2A_0 \left( \frac{U_0}{V_s} \right)^2 \sin^2 \beta_0 \quad (2.8)$$

新津教授などのよりいっそうの近似解は

$$H = 2A_0 \left( \frac{U_0}{V_s} \right)^2 (2 \sin \beta_0 + 0.25 \tan^2 \beta_0) \quad (2.9)$$

であるが式 2.8 と式 2.9 を比較すると、式 2.8 のほうが噴出風速を大きくするため、 $x=0$ ,  $z=H$  の点に達する解としての誤差は大きい、誤差の方向が余裕をもつほうへ傾くので式 (2.8) を解として計算したのが図 2.3 のグラフである。

このときの条件は次のようである。

$H=2\text{ m}$  と  $3\text{ m}$

$A_0=0.03\text{ m}$ ,  $0.05\text{ m}$ ,  $0.07\text{ m}$

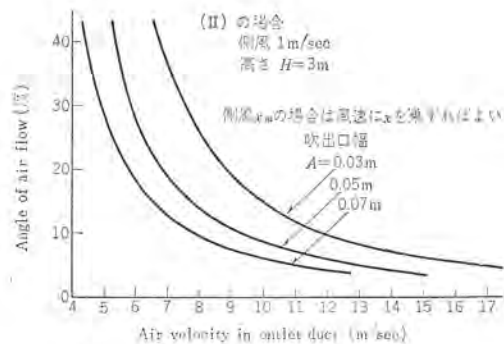
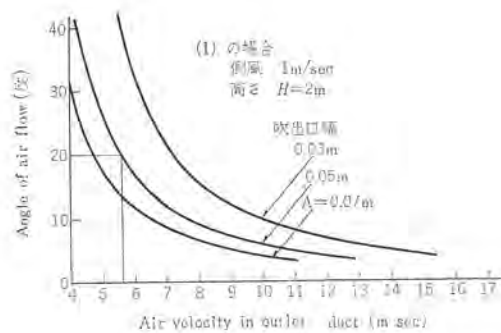


図 2.3 エアカーテンの噴出速度と側風との関係  
Fig. 2.3 Relation between air velocity and side pressure with air curtain.

$V_s=1\text{ m/sec}$

$\beta_0=5^\circ \sim 30^\circ$

この条件の下に  $U_0$  を計算すると噴出角度をいろいろに変化させた場合の噴出風速が得られる。また任意の側風  $V_s$  (m/sec) については、このグラフからひろった  $U_0$  を  $V_s$  倍すれば、その  $U_0$  が求める噴出風速となる。図 2.3 から明らかに、噴出口の幅が広いほど噴出風速は少なくてすみ、エアカーテンを通過する人に不快な感じを与えることがなくなるわけである。

噴出角度も 30 度までが限度で、それ以上では人体に不快感を与えたり、床面への距離が長くなるため、かえって側風に破られることになる。エアカーテンの空気流が人に不快さを与えない風速というのは、最大 10 m/sec までであろうから、その点を考慮すればシヤ風効果を上げるためとはいえ、やたらに噴出風速を強くするわけにはいかない。

### 2.3 断熱特性

ある面積の入口を境にして、その両側に温度差があると、低温側の空気は高温側より重く、したがって入口の上部では圧力が、高温側のほうが高くなり入口の中央で圧力が等しくなると下部では高温側のほうが低い圧力となる。そこで入口を開放すると上部からは、暖かい空気が低温側へ流入し、下部からは、冷たい空気が高温側へ流入する。このため暖房の場合は冷たい空気が床をはって流入し、冷房または冷凍の場合は冷たい空気が流出し湿った暖かい空気が上部から侵入することとなり、それぞれ暖房効果・冷房効果を低下させるわけである。

こういう場所へエアカーテンを使用すれば、断熱効果があるためそういった熱損失というものが極少ですむわけである。

では一体どういう作用によるものかを考えてみる。

図 2.4 のような入口を開放するとその温度差によって生ずる、最高圧力差は、入口の高さ  $h$  の中央  $h/2$  のところで両方の圧力差が等しくなるとすると次式で示される。



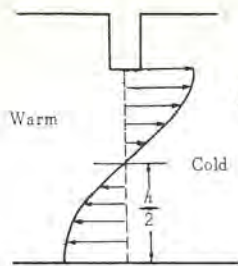


図 2.4 出入口からの空気流の計算  
Fig. 2.4 Calculation of air flow from door in the case of heating and cooling.

$$\Delta P = (\gamma_c - \gamma_w) \times \frac{h}{2}$$

$$= 1.29 \times \left( \frac{273}{273 - t_c} - \frac{273}{273 + t_w} \right) \times \frac{h}{2} \dots \dots \dots (2.10)$$

ただし  $\Delta P$  = 最高圧力差 (kg/m<sup>2</sup>)

$\gamma_c$  = 低温側空気比重量 (kg/m<sup>3</sup>)

$\gamma_w$  = 高温側空気比重量 (kg/m<sup>3</sup>)

$h$  = 入口高さ (m)

$t_c$  = 低温側温度 (°C)

$t_w$  = 高温側温度 (°C)

この差圧によって生ずる風速は次式で示される。

$$V = \sqrt{\frac{\gamma_c - \gamma_w}{\gamma_x} gh} \dots \dots \dots (2.11)$$

$g = 9.8$  (m/sec<sup>2</sup>)

$\gamma_x$  = 上部流速の場合  $\gamma_w$

下部流速の場合  $\gamma_c$

したがって  $(\gamma_c - \gamma_w)$  が大きくなるにしたがって大量の空気の出入があるわけで、それにともなう熱損失は非常に大きなものになる。

たとえば高さ 3 m, 幅 2.4 m の入口で、温度が +25°C と -30°C の場合は 200m<sup>3</sup>/min の空気が出入りするわけで、毎分約 5,000 kcal の熱量が失われるわけである。

#### (1) 冷房、冷凍の場合

冷房・冷凍の場合には、使用目的に対してエアカーテンの使用方を考慮しなくてはならない。

エアカーテンの取り付け方法として図 2.5 に示すように三つの手段が考えられるが、(a)は冷凍室のように年間を通じて冷凍を行なう場所に適する。低温側と高温側との間に中間層をつくるように噴出角度、噴流速度が決められるが、これによれば熱損失はごくわずかでいとめられる。(b)は普通一般の場合で、外部空気が流入しやすいから、それを冷却する熱量の損失がある。(c)は入室時に冷たい空気があたるため快適であるが、床面から冷却空気の漏れはまぬかれない。

図 2.5 の (a) について実際に行なってみた。低温空気の流出も高温空気の流入もない点つまり床面における風速がなくなるように、噴出角度および噴流速度を調節すればよい。



図 2.5 エアカーテンの取付法  
Fig. 2.5 Installation of air curtain.

適切に調節されると、低温側と高温側の中間温度層がエアカーテンの低温側に行き、これによって空気の拡散による熱移動も少なくすることができ、エアカーテンの効果としては最もよい結果が得られる。吐出しノズル幅 42 mm, 入口高さ 1.8 m, 幅 0.9 m の場合に、噴出角度、噴出速度の関係を測定してみると図 2.6 ようになる。図からもわかるように 15 度の傾きで噴出したときに噴出風速の極小値があらわれているがこれは図 2.5 の (b) の状態から (a) の状態へ移ったためと考えられる。10 度の傾き以下では床面を、低温空気が漏れてくるのを感じることができた。図 2.5 の (b) の場合は (a) の場合の角度 0 度に相当するので、(c) の場合について考えてみる。

この場合低温空気が床面をはって、高温側へ流出しようとしているから低温空気を床面へ吹きつけるとよりいっそう流出する。しかし高温空気がエアカーテンのために低温側へ流入することはできないから、低温空気の流出するような圧力差はできない。したがって流出する限界点として、その最適な噴出角度、噴流速度があるはずである。これは床面上の温度を監視しながら噴流速度を

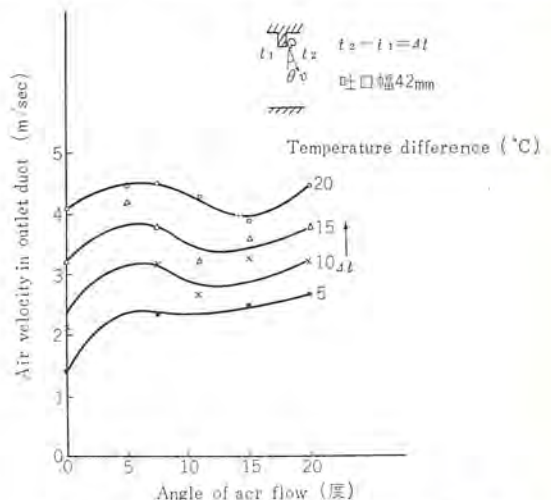


図 2.6 噴出口角度と速度との関係  
Fig. 2.6 Relation between velocity and angle.

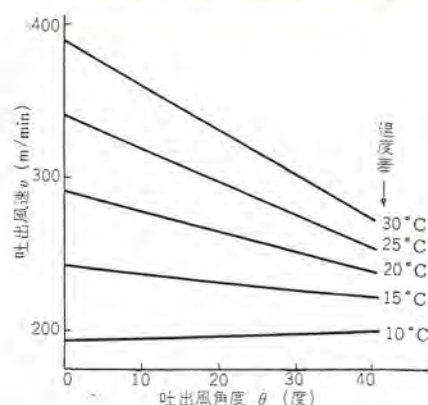
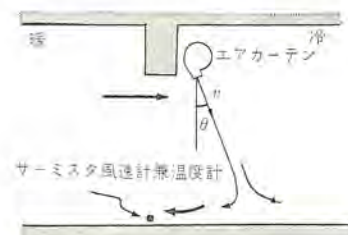


図 2.7 吐出風角度と温度差の影響  
Fig. 2.7 Relation between angle and temperature difference.

高いほうから次第に下がってくると、ある点で急に床面温度が下がる点が出てくる。この点が低温空気の漏れ限界と考え、このときの条件を測定した。実際の使用にあたってはこの限界点より噴流速度を大きめに使用するのがよい。（小さめにとると低温空気の漏れはないが高温空気が流入することが考えられるが、シャ風なども考え合わせれば大きめのほうがよい）。そうして測定した結果は図2.7のようになり角度が大きいくほど、温度差のちがいの影響をうけなくなることがわかる。

以上の二つの方法は使用する条件によって、自由に選べばよいがとくに効率よくエアカーテンを運転しようとする場合は図2.5の(a)の方法によるのが有利である。

## (2) 暖房の場合

暖房をするのは冬季がほとんどであるから、エアカーテンに使う空気は暖房側をとるべきで、低温側では出入りの際、不快を感じさせておもしろくない。ここでは暖房側（高温）にとりつけた場合について考えてみる。

まず図2.8の(a)の場合はまさに冷房・冷凍用として使用する方法について述べたものであるが、これによれば非常に効果的に断熱を行なうことができる。(b)の場合は低温空気が高温空気側へ流入しようとするのを、積極的におしかえしてやろうとするもので、これは(a)の場合の噴出角度をマイクス側へかたむけたものと考えてよい。図2.8の(a)についてはまさに(1)冷房・冷凍の場合の項で述べたから略して図2.8の(b)の場合について述べてみる。(b)のようにしてエアカーテンを使用すると床面をはって流入しようとする低温空気は、高温空気によるエアカーテン

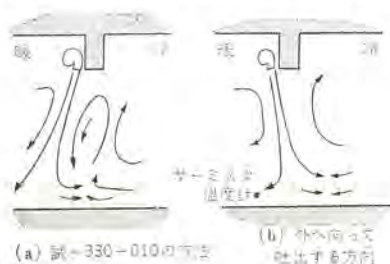


図 2.8 冷房時の噴出角度と速度との関係  
Fig. 2.8 Relation between velocity and angle air conditioning.

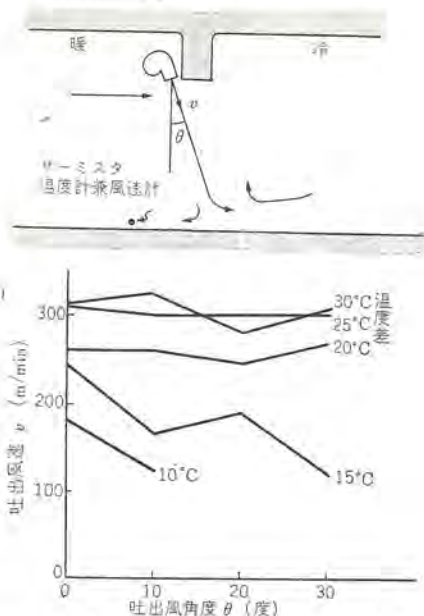


図 2.9 噴出速度と角度との測定結果  
Fig. 2.9 Measuring data of air flow velocity and angle.

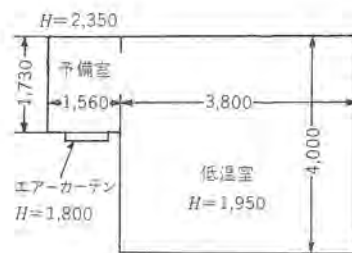


図 2.10 実験室  
Fig. 2.10 Testing room.

に妨げられて流入できない。床面上で空気温度を監視してやれば、噴流速度が大きいくときは高温側の温度に近い値を示しているが噴流速度を次第に下げてゆくと、低温空気の流入を防ぎきれなくなり床面温度が下りはじめる。この限界をつかまえて噴流速度・噴出角度を測定した結果が図2.9である。これからわかることは噴出角度にはあまり影響をうけず、また温度差も大きくなるにしたがって噴出速度への影響は小さくなっている。この場合も、限界点が測定してあるので、実際にはこれより少し大きめの噴流速度を選べばよい。暖ためられた空気の漏れを生ずるが、冬季などに冷たい空気が入ることには、はなはだしく不快なので、少しの漏れはやむをえない。

実際に三菱 エアカーテン を取り付けて熱量の損失がどの程度に食い止められるか実測をしてみたところ次のような結果が出たので1例としてあげておく。図2.10の部屋で行なった

この実験は冷凍を一定に行ない外気との温度差を7°Cに保つために必要な内部加熱ヒータの電力を記録して概算したものである。(噴出風速 3 m/sec 噴流角度 15°)

エアカーテン 運転時	12,347 kcal/h
エアカーテン 停止時 (ドア 開放)	10,117 kcal/h
冷凍室入口閉鎖	12,570 kcal/h

このように入口を閉じたときの90%のドア効果をもっている。また外気から内部温度を14°Cだけ高くするために必要な内部加熱ヒータの電力を記録して概算してみると次のようになる。

(噴出風速 6 m/sec 噴流角度 15°)

エアカーテン 運転時	2,898 kcal/h
エアカーテン 停止時 (ドア 開放)	7,485 kcal/h
暖房室入口閉鎖	1,080 kcal/h

この場合は入口を閉じたときの72%のドア効果を上げることができる。このようにある調節された状態では非常に高効率で入口の断熱を行なうことができる。

## 2.4 ガス・臭気・じんアイのシャ断特性

2.1節に述べたような噴流中の異種ガスがどのようにに侵入するかということは、新津教授などによって解明されている。これと同じ考え方でじんアイの侵入についても考えることができる。

しかし実際には噴流がその床面衝突の時点でどう処理、または運動しているかによって、ガス・じんアイのシャ断特性は結果的に大きな違いを生ずる。エアカーテン方式の一つとして、上部吹出、下部吸込式の場合は、ガスなどには非常に有利にシャ断効果を上げることができるが、上部吹出式の場合は、使い方によってかえって逆効果となることもあるので注意しなければならない。しかし種々実験した結果によれば、冷房・暖房といった圧力を生ずるものを扱うのではないため、比較的楽に効果を上げることができるようである。



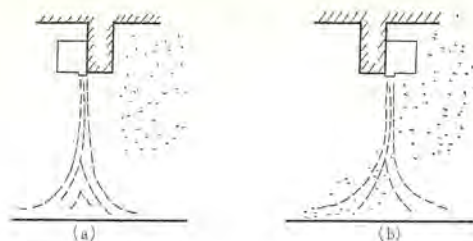


図 2.11 汚染空気及ガスに対するシャ断効果  
Fig. 2.11 Effect of air curtain for dirty air and gas.

表 2.1 換気量のテスト

	エアカーテン	噴出速度 (m/sec)	噴出角度°	温度差 (°C)	換気量 (m³/min)
1	なし	—	—	0	0.81
2	あり	6	0	0	0.225
3	あり	3	0	0	0.206
4	あり	*	15	15	1.45
5	あり	*	0	15	1.49
6	なし	—	—	15	3.76

図 2.11 のように汚染空気またはガス側空気を左側の清浄な側からシャ断したい場合は(a)の方法によれば、効果的に防じん、防臭ができる。このとき噴流角度、噴出風速は特性にあまり顕著な影響は与えないようである。簡単に防じん効果を測定するために、じんアイ濃度の変化を測定して換気量を算出し、この値を比較してみることにする。

今、次のような条件のもとでじんアイの減衰を考えてみる。

じんアイのある室内容積  $V$  (m³)  
換気空気量  $Q$  (m³/min)  
初期じんアイ濃度  $D_0$  (mg/m³)  
時間  $t$  (min)

とすれば  $t$  時間後のじんアイ濃度は次式で示される。

$$D = D_0 e^{-\frac{Q}{V}t} \quad (2.12)$$

したがって  $Q$  を求めると

$$Q = \frac{V}{t} \log \frac{D_0}{D} \quad (2.13)$$

となり、エアカーテンの換気量がつかめれば、これが防じん、防臭、防ガスの効果として考えられる。

このようにして実験した結果は表 2.1 のようになる。

温度差があると自然に換気量も増してくるが、温度差をもたせなければ、エアカーテンの噴流角度、噴出風速の調節はあまり考慮する必要はないようである。

## 2.5 防虫効果

店舗などへ取り付ける際、夜間電灯へ集まるこん虫を、エアカーテンによって防ぎ得るかどうかということは、大変興味深い問題である。噴出ノズル幅 42 cm、長さ 1 m のエアカーテンを約 8 m/sec 直下へ噴出させて、エアカーテンをはさんで室内側に 40 W 水銀灯をおき、夜間観察してみた。翼幅 15 mm 程度のガスでは光に向かって直進し、エアカーテンの中で 50 cm 程吹きおろされた地面に吹きつけられないときは室内の床面へゆっくり着地する。これを何度くりかえすうちに疲労によって図 2.12 の A から B そして C といったコースをたどるようになるが室内に飛びこむことは可能であることがわかった。

このガより小形のこん虫はみられず、エアカーテンを止めるとただちに、小形のこん虫が寄ってくるのがみられた。

三菱 エアカーテン・牛越・酒井

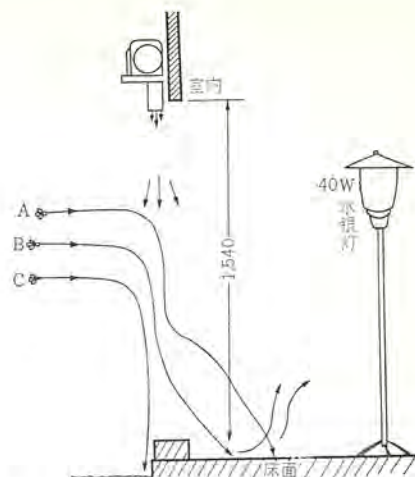


図 2.12 こん虫に対する影響  
Fig. 2.12 Effect of air flow on insect.

したがって翼幅 10 mm 以下のこん虫のシャ断にはほぼ完全な効果があるといえる。

## 3. 三菱エアカーテンの構造

### 3.1 構造

- (1) 外装…一般用のケーシングは近代的な意匠とともに外装を高級仕上げ鋼板にメラミン塗装を行ない、工業用の保護ガードとともに設置場所にマッチしたものとした。
- (2) 送風機…ファンは当社独特のプラスチック製「ラインフローファン」を使用しているので幅広の風が望め、ウズがでず、滑らかで低騒音の空気流を持っている。しかもハネ入口と出口で2度加速されるのでゴミがつかず、均一な風を得ることができる。モートルは定評ある三菱コンデンサモートルを使用しているので小形で経済的、そのうえ防振も考慮されている。
- (3) ノズル…エアカーテンとしての空気膜を構成するに適したようにノズル口に無段変更角度調節板を有している。操作は手動で簡単に動かすことができ、この使用により、より十分な効果を上げる。
- (4) 取付ワッ…エアカーテンはてんじょう取付け、壁取付けであるから、本体を直接締め付けることなく間接的に行なうことのできる容易な構造にするために取付ワッを設けた。

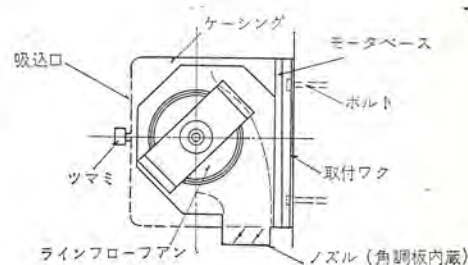


図 3.1 エアカーテンの構造(側面)  
Fig. 3.1 Construction of air curtain. (side view)

### 3.2 三菱エアカーテンの取付方法

図 3.2 を参照しながら下記の要領で行なう。

- (a) ツマミネジを2個ゆるめケーシングを前面へ引き出す。

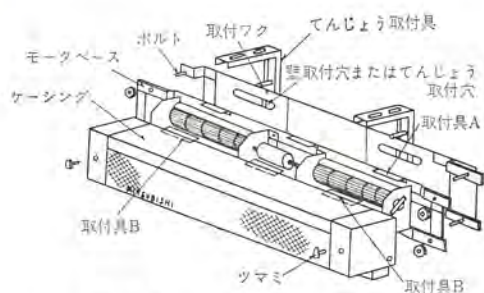


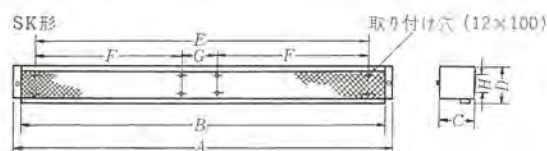
図 3.2 エアカーテンの構造  
Fig. 3.2 Construction of air curtain.



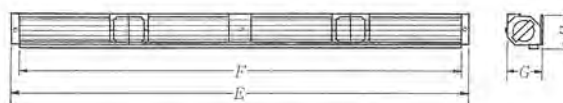
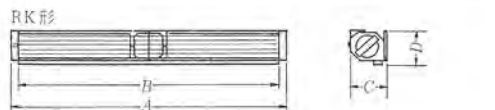
図 3.3 SK 形 エアカーテン  
Fig. 3.3 Air curtain of model SK.



図 3.4 RK 形 エアカーテン  
Fig. 3.4 Air curtain of model RK.



機種名	A	B	C	D	E	F	G	H
SK-609	1117	1065	133	149	907	—	—	50
SK-909	1117	1065	164	189	907	—	—	80
SK-918	2234	2182	164	189	2024	907	210	80



機種名	A	B	C	D	E	F	G	H
RK-609	—	—	—	—	1117	1065	135	143
RK-909	1115	1065	163	184	—	—	—	—
RK-918	—	—	—	—	2232	2182	163	184
RK-1509								

図 3.5 三菱 エアカーテン 外形寸法図  
Fig. 3.5 Outline dimensions of air curtain.

表 3.1 三菱エアカーテン性能

大分類	小分類	羽根径 (mmφ)	電圧 (V)	周波数 (c/s)	騒音 (phon)	重量 (kg)	モータ入力 (w)		回転数 (rpm)		吐出風速 (m/min)	
							強	弱	強	弱	強	弱
S K	609	60	100	50 60		10.0	40 45	30 35	2,100 2,200	1,600 1,650	375 390	280 290
	909	90	100	50 60		15.0	85 90	65 70	1,000 1,100	800 850	380 400	280 300
	918	90	100	50 60		25.0	160 175	120 135	1,000 1,100	800 850	380 400	280 300
R K	609	60	100	50 60		7.0	40 45	30 35	2,100 2,200	1,600 1,650	375 390	280 290
	909	90	100	50 60		12.0	85 90	65 70	1,000 1,100	800 850	380 400	280 300
	918	90	100	50 60		20.0	160 175	120 135	1,000 1,100	800 850	380 400	280 300
	1509	150	100	50 60								

- (b) モータベースを取付フックから取りはずす。
- (c) 取付フックを壁埋込されたボルトに締め付ける。
- (d) モータベースを取付フックに締め付ける。
- (e) ノッチを適当に決めてからケーシングを押込む。
- (f) ツマミでケーシングを固定する。

図 3.3, 3.4 にそれぞれ一般用(SK形), 工業用(RK形)の外形写真を, 図 3.5 に外形寸法を, 表 3.1 に性能を示す。

#### 4. 実際の使用にあたって

##### 4.1 三菱エアカーテンの設置方法

実際使用する場合は, 冷凍室に使用するとき, 一般店舗に使用するとき, 倉庫に使用するときで, それぞれ取り付け方法を選び,

最も効果的手段を用いるべきである。冷凍室の場合には 図 4.1 のように高温空気をエアカーテンとして使用するのが有利であるが, カーテン流の両側から低温空気が漏れないように側板を設置するのがよい。(図 4.2 参照)

また入口を少し高くして垂直に噴出させ, 低温室側へ高温空気が流入しないようにしてやるのも効果がある(図 4.3 参照)。このように冷凍室の場合には無条件で高温空気を噴流として使用すべきで, エアカーテンの幅を入口から 5 cm 程度長いのが望ましい。

一般の店舗のように, 夏季は冷房を, 冬季は暖房を行なうようなところでは, 人の出入りが快適であることが主眼でなくてはならない。したがってエアカーテンには室内の空気を, 冷暖房を問わず, 用いるのがよい。このときには, 冷房でも冷凍室とは異なり



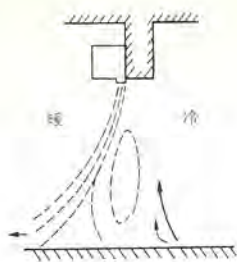


図 4.1 冷凍室のエアカーテン (I)  
Fig. 4.1 Setting of air curtain to refrigerating room (I)

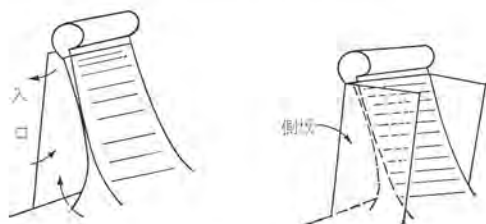


図 4.2 冷凍室のエアカーテン (II)  
Fig. 4.2 Setting of air curtain to refrigerating room. (II)

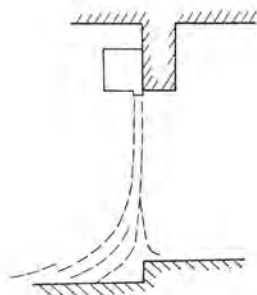


図 4.3 冷暖房室のエアカーテン  
Fig. 4.3 Erection of air curtain to air conditioning room.

冷房空気を噴流として用いるため室内へ向って噴出するのが、低温空気の漏れは少ない。しかしシャ風効果をもたせるには垂直に噴出させるほうが効果的である。これらはその地点の立地条件を考慮して取り付けられねばならない。暖房の場合は図 2.8 のような中間層ができるようにして効果を上げる方法と、外部からの側風が冬季には強くなることが考えられるので、それを考慮して垂直または外のほうへ向って噴出させる方法もよい。

道路端の店舗のような場合は側風、ジヤイの影響をうけることが多いが、その防止のためには、角度を適当に選り外のほうへ向って噴流をつくるのがよい。何の目的を第一主義に考えるかによって、その取付角度、取付場所、噴出角度がきまってくるので、

取り付けにあたっては、諸条件を十分考慮してその最大公約数になる方法をとるべきである。

#### 4.2 三菱エアカーテンの応用

三菱 エアカーテン は小形、軽量、低騒音、経済的という大きな特長をもっているので、室内などにも自由に設置できる。台所など木造のものが多くが軽量で手軽に設置できる。

台所内の湯気、煙、臭気が防げるばかりでなく、夏季などは熱気も防ぐことができ、快適な店内に保つことができる。

工場と工場を結ぶ コンベア など、その接続口から 1 m/sec 以上の風が吹き込むことがあるが、冬季などには作業能率を上げ、健康上にもおもしろくないが、エアカーテン を設置することで万事解決する。

メッキタンクの蒸気、トリクレン 洗浄タンクの蒸気も手軽に取り付けられ好結果を得ることができる。とくにクレーン などがタンクの上を通っている場合は、フードを設置することもできず、環境の改善は困難な場合が多いが、エアカーテン によればごく手軽に目的を達することができる。

#### 5. む す び

以上われわれが行なった実験に基づき、判明した一般的な結論を列挙する。

- (1) エアカーテン では空気の吹き出し速度がはやすぎると、空気流がドア開口の下部から流入して、侵入熱量が増加するし、弱すぎると室内空気がドア開口の下部から流出し室内の熱量が減少する。吹出速度には最適値がある。
- (2) 空気吹き出し角度も前項と同様、室内外の バランス される点を見出し、そのように使用する必要がある。
- (3) トビラを開いたときの換気量は外気と室内の温度差が、大きい程増加する。したがって防 じん に対してもこの点を考え使用する必要がある。
- (4) シャ 風効果に対しては、温度差に影響することは、もちろんであるがやはり強い吹き出し速度が必要である。

使用場所により、強い吹き出しが不可の場合は 2 重や 3 重にエアカーテン を使用することを考えなければならない。

#### 参 考 文 献

- (1) 齊藤、杉原：「三菱電機技報」 36, 798 (昭37)
- (2) 新津、加藤：衛生工業協会誌, 32~36 (1958~61)
- (3) 井上：衛生工業協会誌, 33~34 (1959~60)
- (4) 長岡、畑：冷凍, 38 434
- (5) Air Conditioning Heating & Refrigeration News: 16~30 (1965)

最近登録された当社の特許

名 称	特 許 日	特 許 番 号	発 明 考 案 者	関 係 場 所
記録紙の巻取機構	40- 5-31	447289	田 中 昌 輝	神 戸
自動制御装置	40- 5-31	447290	近 藤 輝 夫	通 信 機
回転電機における分割固定子の組立方法	40- 5-31	447291	森 与 志 彦・鳥 居 睦 男	神 戸
無段変速装置	40- 5-31	447292	中 野 大 典	福 岡
無電気銀 メッキ 液	40- 5-31	447293	秦 卓 也・花 田 武 明	中央研究所
真空 スイッチ 用接点材料の精製法	40- 5-31	447294	中 島 陽 三・星 野 利 夫	中央研究所
避雷器の防爆装置	40- 5-31	447295	{大 木 正 路・岡 田 昌 治 永 井 信 夫・萩 野 一 夫 加 来 勲	伊 丹
電界変位形単向管	40- 6-10	317191	喜 連 川 隆・中 原 昭 次 郎	中央研究所
自動 トースタ	40- 6-12	317192	小 原 英 一・加 藤 輝 光	群 馬
積分回路	40- 6-10	448026	倉 橋 浩 一 郎	中央研究所
多種料金用需用電力計	40- 6-12	448027	武 田 克 己・林 正 之	福 山
関数発生装置	40- 6-12	448028	松 本 孝 郎	鎌 倉
関数発生装置	40- 6-12	448029	柴 谷 浩 二・松 本 孝 郎	鎌 倉
最大需用測定装置	40- 6-12	448030	林 正 之・相 田 利 光	福 山
方向継装置	40- 6-12	448163	北 浦 孝 一	神 戸
積算量計量装置	40- 6-21	448707	武 田 克 己・林 正 之	福 山
積算記録装置	40- 6-21	448708	益 田 鑑 五	福 山
タイムスイッチ	40- 6-21	448709	新 川 成 美	福 山
回路 シャ 断器	40- 6-21	448710	森 岡 昭 二	伊 丹
時限方向距離継電装置	40- 6-21	448711	三 上 一 郎	神 戸
直流電動機の運転制御装置	40- 6-21	448712	三 橋 英 一	伊 丹
避雷器	40- 6-21	448713	鎌 田 隆 奥	伊 丹
避雷器用放電間 ガ 装置	40- 6-21	448714	佐 藤 五 郎	中央研究所
高 インピーダンス 接地系統の一線地絡検出継電装置	40- 6-21	448715	三 上 一 郎	神 戸
高 インピーダンス 接地系統の一線地絡検出継電装置	40- 6-21	448716	三 上 一 郎	神 戸
フリッカ 防止用同期調相機の自動電圧調整装置	40- 6-22	448812	川 上 一 郎・長 町 恒 資	神 戸
うなり電圧回転方向検出装置	40- 6-22	448813	石 雅 彦	長 崎
位相弁別装置	40- 6-22	448814	北 浦 孝 一	神 戸
磁気増幅器回路	40- 6-22	448815	北 岡 隆	伊 丹
情報伝送装置	40- 6-24	449102	前 田 良 雄・蒲 生 容 仁	中央研究所
異相地絡用統電器の後備保護継電器	40- 6-24	449103	三 上 一 郎	神 戸
直接接地系統の短絡地絡両用距離継電器	40- 6-24	449104	三 上 一 郎	神 戸
高 インピーダンス 接地系統の多重故障用 パイロット 継電装置	40- 6-24	449105	三 上 一 郎・森 健	神 戸
優先 シャ 断装置	40- 6-24	449106	三 上 一 郎	神 戸
遅延継電器	40- 6-24	449107	佐 野 善 之 助・阪 尾 正 義	伊 丹
長さの計測装置	40- 7-27	451598	石 田 哲 爾・亀 田 直 紀	通 信 機
半導体装置の封じ込み方法	40- 7-29	451606	{清 水 潤 治・石 井 悠 佐 藤 富 雄	中央研究所
アナログ 計算機の乗算装置	40- 7-29	451889	柴 谷 浩 二・桑 田 博	鎌 倉
アナログ 計算機の除算装置	40- 7-29	451890	柴 谷 浩 二・桑 田 博	鎌 倉
油圧 エレベータ	40- 7-29	451891	瀬 原 田 三 郎・福 嶋 務	稲 沢
デジタル 計測装置	40- 7-29	451892	石 田 哲 爾	通 信 機
真空式着火自動進角装置	40- 7-30	451919	浅 山 嘉 明	姫 路
光電陰極	40- 8- 6	317395	西 岡 直	中央研究所
電気車主抵抗器用送電機	40- 8- 7	452638	三 橋 英 一	伊 丹
発電機の制御装置	40- 8- 7	452639	松 尾 潔	神 戸
無接点制御装置	40- 8- 7	452640	武 田 克 己	福 山
プログラムコントロール 制御回路	40- 8- 7	452641	吉 田 太 郎・宮 幸 助	名 古 屋
交流 サーボ 系	40- 8- 7	452642	吉 山 裕 二・芥 和 弘	中央研究所
コンデンサ 放電装置	40- 8- 7	452643	河 合 正・杉 本 盛 行	中央研究所
交流開閉器	40- 8- 7	452644	佐 野 善 之 助	伊 丹
推力軸受の滑金	40- 8- 7	452645	山 本 明	神 戸
エレベータ 制御装置	40- 8- 7	452646	{宮 城 晃・宮 村 明 安 西 伸 夫	稲 沢
圧力継電器の誤動作防止装置	40- 8-14	453062	谷 中 頼 朝	伊 丹
圧力継電器の誤動作防止装置	40- 8-14	453063	谷 中 頼 朝	伊 丹





# 特許と新案

## 誘導電動機の制御装置

発明者 吉田 太郎・宮崎 治

この発明は誘導電動機の、とくにその一次電圧を加減して速度制御を行なうものにおいてトルク特性を補償して平坦なトルク曲線を得られるようにした制御装置に関するものである。図1において  $P_a \sim P_c$  は誘導電動機 M の二次回路にそう入されたサイリスタ  $A_1 \sim C_1$  の点弧回路でおのおのの同一の回路構成を成している。今図1においてサイリスタ  $A_1$  に対して順方向電圧が作用している時は、点弧回路  $P_a$  のトランジスタ  $Tr_1$  が不導通で、コンデンサ C は  $-E_c$  より充電される。次にサイリスタ  $A_1$  に逆方向電圧が作用すると、トランジスタ  $Tr_1$  が導通し、コンデンサ C は  $Tr_1$  およびダイオード  $Se_2$  を通じて放電する。上記コンデンサ C の充放電動作は電動機 M の二次二相電圧と同期的に行なわれ、コンデンサ C の両端にノコギリ状波電圧が現われる。このためトランジスタ  $Tr_2$  の出力側にノコギリ状波電流  $I_1$  が図2実線のごとく流れるが、トランジスタ  $Tr_3$  は上記電流  $I_1$  がバイアス電流  $I_2$  より大きくなって始めて導通し、トランジスタ  $Tr_4 \sim Tr_6$  およびパルス発生用変圧器  $T_p$  を通じてサイリスタ  $A_1$  に点弧パルスを与え、バイアス電流  $I_2$  に応じた導通位相で導通させる。なお、 $P_b, P_c$  の動作も上記  $P_a$  と同様である。そうして、今電動機 M がある回転速度で運転されている時の電流  $I_1$  が図2の実線で示す状態であるとすれば、これより電動機 M の回転速度が上昇した時は、その二次電圧の変化に応じて電流  $I_1$  は図2破線で示すような波形に変化する。したがってサイリスタ  $A_1$  の導通角は  $\theta_1$  から  $\theta_2$  に変化して  $\theta_1/\alpha_1 < \theta_2/\alpha_2$  となり（ただし  $\alpha_1, \alpha_2$  はおのおのの回転速度における全導通角である）、この結果点弧パルスの位相は相対的に進むことになる。また電動機 M の速度が低下すれば相対的に点弧パルスの位相が遅れる。したがって電動機 M の停止時において  $\theta/\alpha=0$  になるように可変抵抗  $R_0$  の

値、すなわちバイアス電流  $I_2$  の値を調整しておけば、その同期速度に近い時は  $\theta/\alpha \approx 1$  となって電動機 M の速度変化に応じて自動的に平坦なトルク曲線を得ることができるものであって、一次電圧を加減して速度制御を行なう誘導電動機においては、その低速領域でも入力電流をあまり増大させることなく円滑な制御を行なうことができる。（特許第 437283 号）（松岡記）

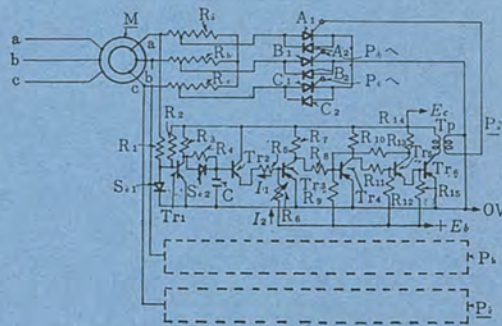


図 1

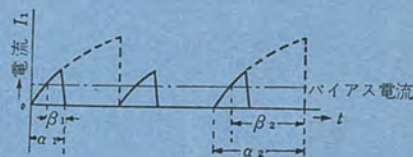


図 2

## 高インピーダンス接地系統の多重故障用パイロット継電装置

発明者 三上 一郎・森 健

この発明は、高インピーダンス接地系統における多重故障を保護するパイロット継電装置に関する。

一般にこの種継電装置は、通常短絡故障検出用の正相電流差動継電器（正相差動継電器）と地絡故障検出用の零相電流差動継電器（零相差動継電器）とによって構成される。しかしこれは各相 CT の誤差により多分に誤動作する危険があった。この発明はこの点を改良した。

図1はこの発明の実施例を示し、TC はトリップコイル、DG は零相差動継電器の動作時閉接点、OV は 2~3 線故障地絡時に開放する接点または 1 線地絡時のみ閉成する接点、 $I_0$  は内外部にわたる異相地絡時に閉成する接点である。

この回路によれば、2~3 線地絡故障が発生した時は、接点 OV が開き、このトリップ回路をロックして、正相差動継電器にその保

護を委ねる。しかし、この地絡故障が保護区間内外にわたる異相地絡であるときには故障点にはさまれた端局において接点  $I_0$  が閉成して、接点 OV により零相差動継電器のトリップ回路がロックされているのを解除する。したがってこの端局におけるトリップコイル TC がまず付勢され、次には他端局が 1 線地絡故障一端流入の状態となるから、この端局においてもあいついでそのトリップコイルが付勢される。

この発明は上記のようにしたので、内外故障および外部故障はもちろん、内外部にわたる異相地絡故障時などにおいても絶対に誤動作することなく、きわめて正確に動作する理想的な多重故障のパイロット継電装置を提供する。

図2は他の実施例であり、DGA, DGB は A, B 各端における零相差動継電器を示す。（特許第 449105 号）（太田記）

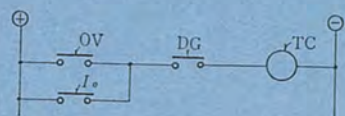


図 1

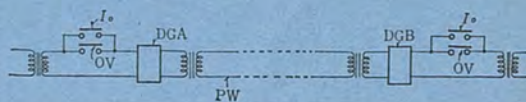


図 2



# 誘導加熱用コイル

発明者 東 田 孝 彦

この発明は、図1に示すように、半径 $a_1$ の鍔部(1)と、半径 $a_2$ の大径部(2)と、 $a_3$ の小径部(3)とを有する異径の金属棒を高周波誘導加熱によって焼入れする場合の誘導加熱用コイルに関するものである。

とくに薄い焼入れ層を要求される場合には、コイルと被加熱体との空ガキをできるだけ小さくして密結合させる必要があるために、従来は直径が異なるごとにその部分の径に應ずるコイルに取り換えて焼入れをしなければならなかった。

この発明のコイルは上述のような煩雑さを除去するために、図2および図3に示すように、環状コイル(4)のほぼ中央に半径 $r_1$ の径大部(5)を形成し、その両端にそれぞれ半径 $r_2$ 、 $r_3$ の円形オウ(凹)部(6)、(7)を半円だけ形成して成るものである。すなわち金属棒の小径部(3)を焼入れする場合にはコイル(4)の半径 $r_3$ のオウ部(7)に位置させて回転し、また大径部(2)の場合には半

径 $r_2$ のオウ部(6)に、さらに鍔部(1)の場合には半径 $r_1$ の径大部(5)にそれぞれ位置させてコイル(4)または金属棒を上下方向に動かして焼入れするものである。

したがってこの発明の誘導コイルによれば1個のコイルで直径の異なる部分を有する被加熱体を連続して焼入れを行なうことができ、しかもその際コイルと被加熱体との結合も粗になることがないから、とくに薄い焼入れ層を得たい場合に適しているものである。(特許第430186号) (宮本記)

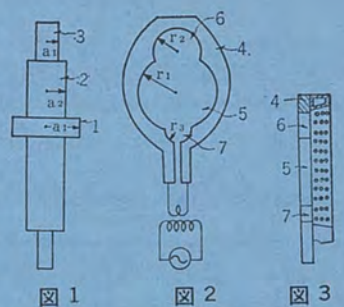


図 1

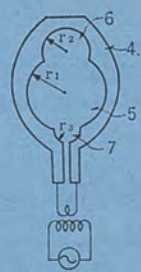


図 2



図 3

# バケットクレーンの制御装置

発明者 吉 田 太 郎・高 岡 明 雄

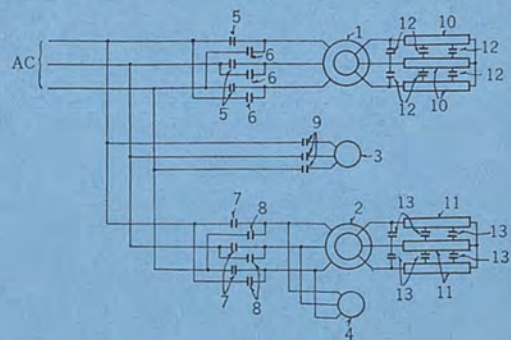
この発明は、等容量2電動機式バケットクレーンの制御装置に関する。

図はこの発明の一実施例であり、(1)、(2)は支持用、開閉用の電動機、(3)、(4)は(1)、(2)に付属する制動装置、(5)、(6)および(7)、(8)は可逆式電磁接触器、(10)、(11)は二次抵抗であり、(12)、(13)はこの抵抗を短絡するためのスイッチである。

さて、バケットクレーンは周知のように、バケットの自重を利用してこれを材料中に沈下させながら材料をつかむが、この時開閉用電動機(2)によりバケットを閉じることはいうまでもないが、同時に支持用電動機(1)の制動装置(3)を開放してバケットの沈みを許す必要がある。しかしバケットはそのつかみ量が70%以上閉じた後はほとんど沈下しないから、つかみ動作が完了するまで上記制動装置(3)を開放しておくことは、慣性あるいは支持用ローラの自重などによって支持用電動機(1)が回転を続け、支持用ローラが不必要に繰り出されることになって、続く巻上時の全荷重が開閉用電動機にかかることになり、2電動機式とした特長が失われる。

そこでこの発明は、バケットが所定値まで閉じた時作動するたとえばリミットスイッチなどの検出装置(図示せず)を設け、この検出装置の作動により上記制動装置(3)を作動させるようにしたものである。なお巻上時、巻下時あるいは荷重放出時などの操作は周知の制御と同一であることはいうまでもない。

(特許第454936号) (太田記)



# テールキャップアンテナ

考案者 喜 連 川 隆・武 市 吉 博

航空機の垂直尾翼に使用周波数帯の異なった二つのアンテナを併設する場合に、互に干渉して他に悪影響を及ぼさないようにしたテールキャップアンテナに関するものである。

すなわち、図に示すように航空機機体(1)の垂直尾翼(2)に誘電体物質などの絶縁間ガキ(3)、(4)を介して低周波および高周波数帯用テールキャップ(5)、(6)を近接して設けてそれぞれ低周波および高周波テールキャップアンテナを構成し、上記低周波数帯用テールキャップ(5)の絶縁間ガキ(3)には、これを横切ってインピーダンス整合用開閉短絡分路(7)と直列に高周波数帯を消去し、低周波数帯のみを通過させるフィルタ(8)をそう入したものである。

したがって、たとえば高周波側テールキャップアンテナのインピーダンス特性やフック射指向性を最適状態に定めてある時に、低周波数帯テールキャップアンテナの周波数帯における使用周波数の切り換えあるいはその他の調整のために短絡分路(7)を開閉しても上記分路(7)

には高周波数帯の電流は流れず、高周波電流分布になんら変化を与えないから、この分路(7)開閉による悪影響をまったく除去し得るものである。(実用新案登録第751309号) (宮本記)

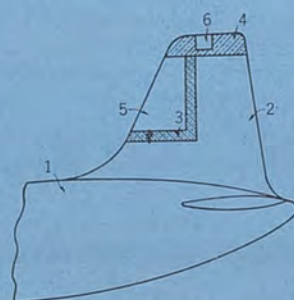


図 1

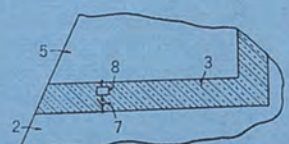


図 2



## 最近の油シャ断器

稲塚 輝 男\*

## The Latest Oil Circuit Breakers

Itami Works Teruo INAZUKA

Oil circuit breakers have a fairly long history with a great contribution to the electric industry, though air blast circuit breakers are making a large stride in the development. The oil circuit breakers have their peculiar features, which have been strengthened by the advent of new development. The path of their progress being looked backed, their numerous advantages will be recalled that they have excellent interrupting property compared with the air blast ones. This article introduces outlines of the Company's new series of tank type oil circuit breakers enumerating their many talking points concerning short line faults, insulation coordination, noise, salt contamination and the like.

## 1. ま え が き

油シャ断器は1900年ごろ最初のシャ断器として製作されて以来約3/4世紀にわたって広く用いられてきた。今日空気シャ断器そのほかの種類のシャ断器が大きな発展をしつつある一方、油シャ断器はさらに改良を続け引き続き多数の新形シャ断器が国内、国外ともに製作、使用されており、とくに最近になって空気シャ断器などと比較してこの形式の多くの利点が再認識されつつある現状である。

ここで油シャ断器の発展の過程を振り返り、その特長と最近の当社シャ断器について述べ、その認識を新たにしたいと考える。

## 2. 油シャ断器の発展

油シャ断器の歴史は非常に古いが、近代的な油シャ断器の発達には比較的新しい。油シャ断器にとって最初の革命となった消弧室の先祖である explosion pot は1906年アメリカの G.E. 社の Hilliard によって発明されたが、実用的な消弧室が製作されたのは、それから25年ほどたったあとのことである。しかも油中における消弧現象の複雑さのためいろいろの消弧原理が主張され、それぞれとなった原理で働く主張された消弧室が製作される時期が続いた。

すなわち Prince や Mayr の偏位説、Slepian の拡散説、Kesseling の膨脹消弧説などが、油衝形・ダイヤモンド・膨張室・パフル消弧室などを次々と生み、各製作者がそれぞれことなる名称の消弧室をもつことになった。これらの消弧室は今日から見れば必ずしも十分な性能を発揮するものではなかったが、それは研究の不十分さとともに電力系統の発達の不十分からシャ断器に課せられる要求がはつきりしていなかった点にもあった。また一方シャ断器製作技術が伴わなかったことも確かであり、新しい絶縁物が大きな発展を行ない製造技術の著しい発達をみた1950年代が近代的な油シャ断器発展の開始であったと考えられる。

このころから、以来十数年の間に油シャ断器は旧式の形態を脱皮し性能的に大きな変化を行ってきた。すなわち単にシャ断容量の増大のみでなく、電力系統の飛躍的な発展の結果課せられたいろいろの問題として、小誘導性容量性電流のシャ断・進展事故・同期はずれシャ断・高速度再投入などの問題が解決されるとともにシャ断器の小形化、製造価格の低下にも成功してきた。

当社の油シャ断器発展の歴史を振り返ってみると、早くから独自の設計に基づいた油シャ断器を製作していたが、Westinghouse 社、(以下 W 社と略す)と技術提携以来ダイヤモンドの付いたタンク形油シャ断器の製作を行ない、多数の納入実績をもち現在なお実用されているものも多い。1939年には161 kV, 600 A, 2,000 MVA の GO-3 A 形油シャ断器を完成した。また同年には最初のガシ形少油量シャ断器として69 kV, 750 MVA の R-2 形シャ断器を製作し161 kV にいたるガシ形シャ断器を続いて多数納入した。

戦後はガシ形少油量シャ断器全盛の一時期があり、当社も Vertical flow 形消弧室をもった V 形ガシ形シャ断器を23 kv から161 kV にいたる範囲で多数製作した。また W 社との技術提携再開により新しい技術の導入を行ない、Multiflow 形消弧室を用いた M 形ガシ形シャ断器の開発が進められ、1953年には80.5 kV, 3,500 MVA, 3 c/s の 70-M-350 形がシャ断容量、シャ断時間ともに記録的高性能シャ断器として納入された。一方わが国初めての超高压系統として新北陸幹線の建設に伴い、287.5 kV, 800 A, 5,000 MVA の超高压 M 形ガシ形シャ断器が製作納入された。

1955年にいたり近代化された形のタンク形油シャ断器として高性能、大容量化への前進をはかったウォッチケース形油シャ断器が出現した。これは新形の Multi break 消弧室を使用したもので、195.5 kV, 800 A, 3,500 MVA, 3 c/s シャ断、単相再閉路用170-GW-350 形として製作された。このころからふたたびタンク形油シャ断器が Multi flow 形、Multi break 形の新形消弧室を使用して数多く製作されるようになった。すなわち1955年には161 kV, 5,000 MVA の140-GM-500 形、1956年には115 kV, 5,000 MVA の100-GM-500 形、1957年には80.5 kV, 3,500 MVA の70-GM-350 形油シャ断器が製作され、同年には超高压ウォッチケース形300 kV, 5,000 MVA の250-GW-500 形シャ断器も納入された。以来さらに大容量化が進められ、300 kV, 2,000 A, 15,000 MVA 250-GW-1500 形や168 kV, 2,000 A, 10,000 MVA の140-GW-1000 形油シャ断器などが現在の最大容量級のシャ断器として出現した。

一方小形油シャ断器においてはすべてダイヤモンド消弧室が用いられ部分的改良のみが行われてきたが、1958年には新しい設計に基づく屋内用7.2/3.6 kV, 250 150 MVA の6-BLS-25 形が、続いて1960年には屋外用として24 kV, 500 MVA の20-GLC-50



形が共通 タンク 形油 シュ断器として開発され近代化がはかられた。

### 3. 油シュ断器のシュ断特性

油 シュ断器はほかのシュ断器と異なり アーク 自体の エネルギを利用して消弧するもので一般的には「自力形」と呼ばれている。油は接触子の部分の絶縁を行なうとともに、アークによって分解されたアークガスとなって消弧にあずかる。この際のアークガスの容積は水素が約70%、アセチレン 約25%、そのほかの炭化水素 約5%でこのように油中 アークは高温で解離された原子状態の水素に囲まれ、この水素が多量の エネルギを運び去り、電流ゼロ値でアーク区間を冷却し、アーク消滅後の圧力を高く保って、再起電圧に耐えうる状態を作り出す。油 シュ断器の消弧室はこの作用を利用する目的で使用され、アークエネルギを利用して消弧室内に高いガス圧力を発生し、アークに強いガス吹付けを行なうよう構成されている。

一般に消弧室はその内部にアークを生じ、発生したアークガスを消弧室外に放出するような構造をとっているが、アークに対するガス吹付けの最も有効に行なわれる形はこのアークガスの逃げ口にアークの一部があるような配置をとり、これ以外の部分からのガス放出を最少に保つようにしたものである。この消弧室で接触子が開離してアークが発生すれば、アーク電流の大きい間はアークガスの放出口を閉じた形となり、消弧室内に高いガス圧力が蓄積される。

電流がゼロ値に近づくときアークの直径は細くなり、消弧室内部に蓄積されたガスがアーク区間を通して放出されアークは激しいガス吹付けを受ける。すなわちアークは電流ゼロ値で開く弁のような役割を演ずることになる。したがって消弧室の設計においてアークガスの放出口の数と位置、面積、消弧室内容積が最も重大な因子となる。

しかしシュ断電流がきわめて小さい場合には、消弧室は前記のように働かず、アークガス吹付けのない状態で周囲の水素ガスの強力な熱伝導によって冷却され消滅する。油 シュ断器はこの二つの作用の組み合わせで働くため、シュ断電流の小さい間は電流増加とともにアーク時間の増加する傾向が現われる。このような最大アーク時間を示す部分は「臨界電流域」と呼ばれ、消弧力が最も弱い部分であるため油 シュ断器の特性において最も重要な部分と考えられている。

油 シュ断器の消弧室設計の発展に伴い現在製作されている各種の消弧室はこの臨界電流域を縮小し、最大アーク時間をできるだけ小さくするように多くの努力がはらわれている。接触子開離後しばらくアークにガス吹付けを加えず内圧を高めるようにしたものや、中間接触子をつけて圧力発生のみを目的とする一次アークを分離して作るもの、また消弧力の低くなる臨界電流では消弧室の下部の圧力補償室までアークを伸ばして内圧を高めるようにしたものなどがあるが、とくに最近多く用いられている方法はピストンによる油流付加、多重切り、抵抗シュ断などである。

小電流でガス発生を促進し内圧を高めるには機械的にピストンで油をアーク区間へ送ることは効果があり、いろいろの方法によってこの作用が行なわれている。また多重切りは消弧室1個あたりの再起電圧を低くして臨界電流域の消滅する特性を利用したものである。一方、抵抗シュ断は再起電圧を減衰して弱い消弧力でも臨界電流域を消滅しようとするものである。これらの方法は小電流シュ断特性の改善の一助ともなりいろいろ組み合わせられて使用されているが、とくに、有効なピストンの巧妙な設計が近代油

シュ断器設計の最重要点であるといっても過言でないであろう。

図3.1は250-GW-1500形油 シュ断器に用いている Multi break 消弧室で、多重切りとピストンを組み合わせたものであり圧力アークに相当するものはない。300 kV にたいし8シュ断点を使用し臨界電流域はほとんどなくなっている。図3.2は140-GM-500形油 シュ断器に用いている Multi flow 消弧室で圧力アークとピストンを組み合わせたもので、消弧室に加わる応力を減少する目的で圧力アークとシュ断アークを同時に発生させるように設計されており、168 kV においてシュ断アークは2個である。

油 シュ断器のこのような形の消弧室はいずれも大電流においてはアーク時定数が短かく、したがって高い再起電圧上昇率においてもほとんどその性能が影響されず、とくにきびしい条件ではアーク時間が多少長くなることはあるがシュ断不能の現象は生じない。

これは電流ゼロ値ごとにアークが長くなり、その全長にわたって消弧作用をうけるのでシュ断能力がしだいに増加してゆくためである。

図3.3は多重切り消弧室を用いて求めた比較的小さい電流に

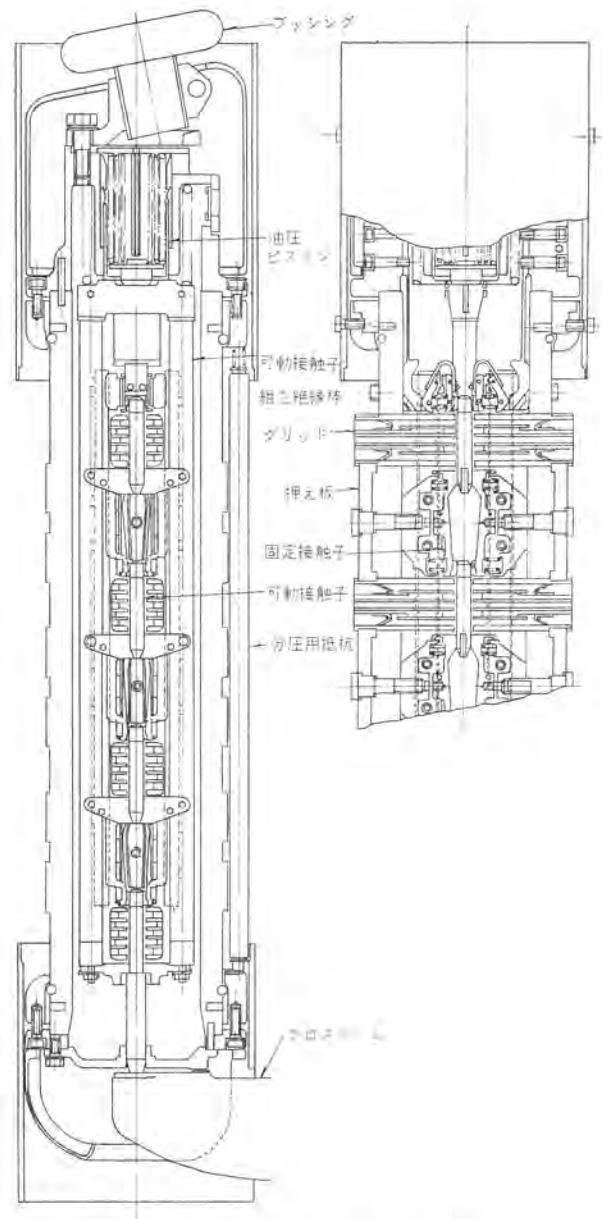


図 3.1 Multi-break 消弧室断面図

Fig. 3.1 Sectional view of multi-break interrupter.



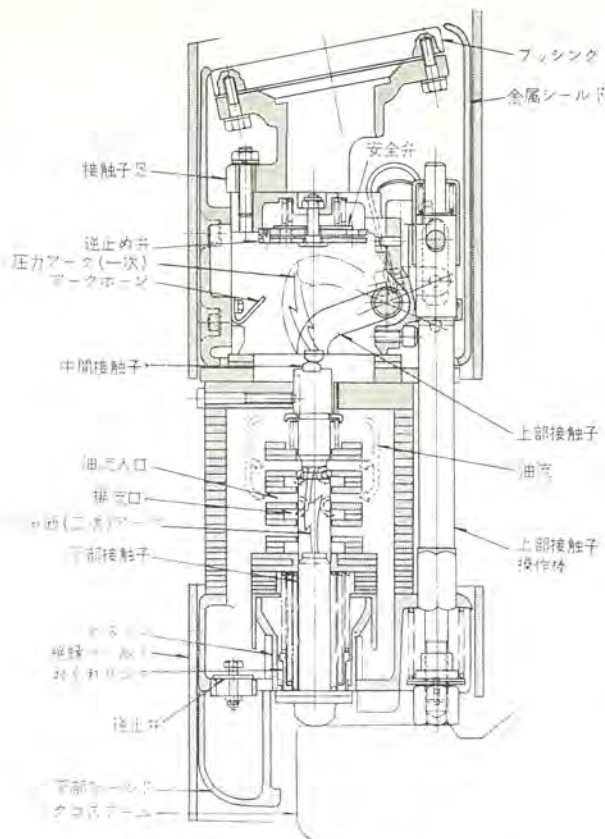


図 3.2 Multi-flow 消弧室断面図  
Fig. 3.2 Sectional view of multi-flow interrupter.

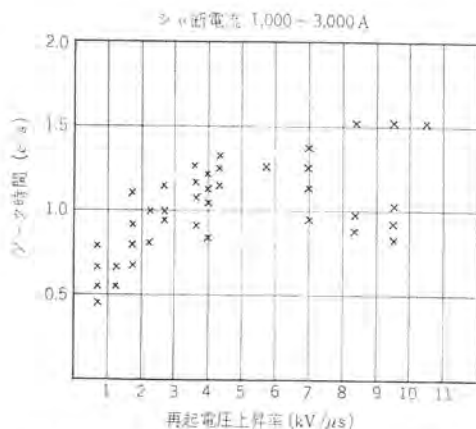


図 3.3 アーク時間と再起電圧上昇率の関係  
Fig. 3.3 Rise rate of restriking voltage vs arcing time.

おける アーク 時間と再起電圧上昇率との関係である。いずれも現実には生じ得ない高い上昇率においてのみ、アーク 時間の増加する傾向があるに過ぎない。

この特性は最近問題となっている キロメートル 故障のような場合にはきわめて有利であり、多くの文献が、異なった形の消弧室をもった油 シャ 断器について、どのようにこの種の故障が問題なく シャ 断できることを示している。この特性はまた位相はずれ シャ 断のような回復電圧の高い場合にも現われ、このような悪条件においても、アーク 時間の多少の増加を 伴うのみで シャ 断できるのが普通である。

これに対し高速度再投入は通常油 シャ 断器にとって問題となる要素が含まれている。きわめて短時間のうちに 2 回の シャ 断を行なうためには、油 シャ 断器接触部の運動速度を上げることも必要

であるが、消弧室内に生ずる第 1 回の シャ 断の影響が第 2 回の シャ 断までに完全になくなっていなければならない。すなわち 0.3 秒程度の無電圧時間の間では消弧室内の残留 ガス は完全に除去されず、第 2 回の シャ 断の アーク 時間が長くなる傾向のことが多い。この特性の改善には多重切りまたは ピストン による油流の付加された消弧室は効果があり、これらの消弧室をもった新形油 シャ 断器では残留 ガス が存在していても第 2 回の シャ 断の アーク 時間は変わらない。

油 シャ 断器の小電流 シャ 断特性のうち、容量性小電流 シャ 断において油 シャ 断器はほとんど最初のゼロ点で消弧するが、それに続く絶縁回復が低く、古い形式のものでは再点弧を生ずる危険があった。これを改良するためには接触子間に強力に多量の油を送り込むピストンと、多重切りまたは大きな接触子開離速度を組み合わせるか、抵抗 シャ 断を利用することが必要であるが、最近では大きな ピストン を用いなくても有効な油圧が接触子間に加えられ、発生したアークガスの圧力を高めるようにすれば、接触子間の絶縁耐力が上がる事が知られ、小電流において消弧室の開口を小さく保つような手段が考えられ無再点弧 シャ 断が可能となっている。また線路充電タ流のみならず、コンデンサバンクの無再点弧 シャ 断も問題がなくなっている。

誘導性小電流の場合は、油 シャ 断器はほかの形式の シャ 断器と異なり、場合により電流サイ断の結果生ずる異常電圧によってアーク 区間が破壊し、またアーク になるという傾向があり異常電圧を次第に高く アーク 時間を長くするという悪効果を示す傾向のものもあった。油 シャ 断器の水素消弧は強力であるため電流サイ断をなくして異常電圧を生じないようにするには困難さがあったが、新しい臨界電流域のない消弧室では、短い アーク 時間で シャ 断するため、長い アーク 時間とそれに伴う高い異常電圧を無くすることを可能とした。また進展事故の方は絶縁物の製作技術の進歩により消弧室強度が増加したことによって完全に解決されたといえよう。

## 4. 油 シャ 断器の特長

### 4.1 キロメートル故障

キロメートル 故障、または近距離故障と呼ばれている故障条件に対する性能は、現代の シャ 断器にとっては絶対的な必要条件となっている。これは大容量の電気所の母線から出ている線路の途中において発生する故障で、その シャ 断の際故障点までの距離が数キロメートルで表現される比較的短い場合 シャ 断器極間に現われる再起電圧は、線路の往復反射による高周波成分によりきびしい条件となる。キロメートル故障は決して特殊な場合のみということではなく シャ 断器の事故 シャ 断の現象としては一般的に起こりうるものである。

このような キロメートル 故障の線路側に発生する振動電圧は電圧階級に関係なく、生ずる短絡電流の大きさの関数となり、一般に多重切り シャ 断器が用いられる現状においては、高電圧においては シャ 断点数が増加し各 シャ 断点の電圧分布が均一に保たれれば キロメートル 故障の シャ 断は容易となる。

油 シャ 断器の消弧は先にも述べたように空気 シャ 断器と本質的に異なり、シャ 断すべき アーク によって生じた油の分解ガスの吹付けを用いて消弧するためその消弧力は シャ 断電流とともに増加する。電流ゼロ値後の絶縁耐力を形成するものは高圧力にある油の分解 ガス であり、大電流 シャ 断の際その圧力は数十から数百  $\text{kg/cm}^2$  に達するものとなり、また分解 ガス の主成分をなす水素



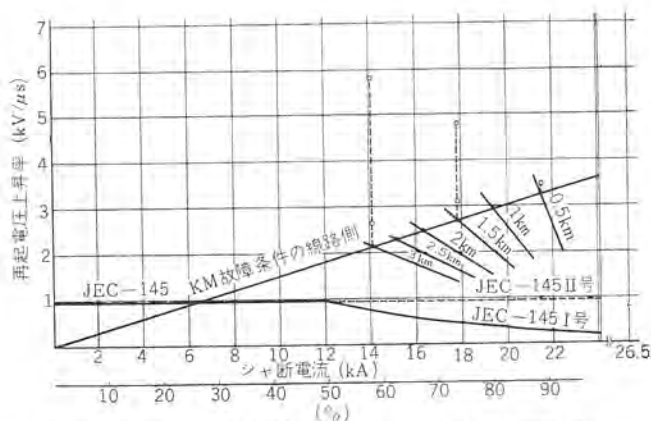


図 4.1 84 kV 3,500 MVA の系統における シュ 断電流と  
再起電圧上昇率の関係

Fig. 4.1 Rate of rise restriking voltage vs interrupting  
current of 84 kV 3,500 MVA power system.

の高い熱伝達による冷却作用が非常に強力なもので比較的長いアーク距離全体に強力な消弧作用を受けるという特長をもっている。このことから、絶縁耐力回復は、最初からきわめて急速に上昇するため、大きなシュ断電流において上昇率の高い再起電圧に対しても容易にシュ断できる特性があり、従来より数多くの試験によって裏付けられている。事実当社の各種油シュ断器について高い上昇率を与えた試験を行なった結果も、油シュ断器をシュ断不能とさせるような高い上昇率を実現させることは、まったく不可能であることが判明している。

図 4.1 はその一例として 70-GTR-350 A 形 シュ断器を使用して行なった試験結果を○印で示し、実際の故障条件をはるかに上回った高い上昇率において問題なくシュ断していることを示している。

#### 4.2 耐雷絶縁協調

シュ断器そのものの絶縁協調、とくに多重雷撃に対する故障電流シュ断直後の極間絶縁の問題は、最近においてとくに重要視されているが、なお研究途上の事がらである。これは多重切りユコット形のシュ断器、とくに空気シュ断器において極間セン絡事故のひん発とともに問題となってきたもので、空気シュ断器においてはその極間 V-t 特性に関連して、線路用避雷器などにたよらない限り多重雷による極間セン絡、とくにガイ管の内部セン絡にいたる危険性を本質的にはらんでいる。

タンク形シュ断器においてはその構造上 2 本の ブラッシングを有し、

表 4.1 新 OT 形 ブラッシングの等価霧中 5% セン絡電圧

種類	絶縁等級 (号)	ガイ管諸元			等価霧中 5% セン絡電圧 (kV)			
		有 効 長 (mm)	表面 積 (mm <sup>2</sup> )	平均直径 (mm)	0.02 (mg/cm <sup>2</sup> )	0.03 (mg/cm <sup>2</sup> )	0.05 (mg/cm <sup>2</sup> )	0.10 (mg/cm <sup>2</sup> )
標準 ガイ 管	30	400	870	173	52.7	43.4	35.8	28.7
	70	750	1,870	190	106.9	87.8	72.7	58.8
	100	1,019	2,590	266	119.0	98.5	81.5	65.7
	140	1,500	3,820	284	168.0	139.0	115.0	92.5
	170	1,750	4,450	338	175.0	145.0	119.7	97.2
	200	2,250	5,750	350	220.0	184.0	148.0	119.3
下 ヒ タ 付 き ガイ 管	30	400	1,060	178	63.0	52.5	42.8	34.5
	70	750	2,080	185	118.0	97.6	82.2	66.3
	100	1,019	3,060	260	140.2	116.0	97.1	78.5
	140	1,500	4,315	272	189.0	161.5	133.1	107.2
	170	1,750	4,960	350	192.0	159.0	131.2	106.2
	200	2,250	6,340	362	238.2	203.5	164.9	133.5

油中に直列に断路部を備えているので、開極極間を雷撃が通過して電源側にいたるとことはほとんどあり得ない。もちろん大電流シュ断直後消弧室から噴出したガスによって、線路側消弧室とタンクの間の絶縁が低下していることは当然考えられ、したがって消弧室からタンクへ向ってのセン絡が起ることも考えられるが、その場合普通線路側は無電圧状態であるため、大きな統流を生ずることがないのでほとんど気が付かないままであるというのが実態であろうと思われる。

事実当社ではすでに 72 kV 以上のタンク形油シュ断器千数百台を納入し、長年にわたる使用経験を経ている間、雷撃による極間セン絡などの深刻な事故を一度も経験したことがないということは、タンク形油シュ断器の絶縁協調上の信頼性を雄弁に物語るものであると思う。接地タンク構造シュ断器の最も大きな利点の一つとして再認識されねばならないであろう。

#### 4.3 耐塩害特性

わが国のように海岸線が長く季節風、台風による塩分の襲来のひん度が高く、また主要火力発電所、変電所および工業地域が海岸線に近い場合には、シュ断器ガイ管類の塩じん害対策は最も重要である。元来タンク形油シュ断器は空気シュ断器などに比較して塩じん害に対して有利なことは周知のとおりである。空気シュ断器における極間ガイ群の存在はとくに汚損に対して好ましくない弱点をもっており、単に開路時の極間絶縁に不安を与え、外雷による極間セン絡などの危険を増すばかりでなく、故障電流のシュ断時に汚損のため、直列多段のシュ断点の電圧分布が乱されて、シュ断性能に影響を及ぼすことになる。この点においてタンク形シュ断器は、高電圧部分がすべて接地タンクの中に納められ、塩じん害の対象となるのは、対地絶縁のためのブラッシングのみで、ガイの使用個所が少なく、とくに当社の OT 形コンデンサブラッシングは胴径が小さいため耐塩害特性は一段と有利なものとなっている。

当社ではすでに気中側ガイ管のみを過絶縁とするため、漏れ距離の長い下ひだかさを設けた耐塩害設計ガイ管を含み表 4.1 に示すように新たに耐塩害特性のさらに一段と向上した新 OT 形ブラッシングのシリーズをそろえており、ブラッシングのみの変更によって容易にあらゆる汚損度に対応したシュ断器を供給することが可能



図 4.2 耐塩害 ブラッシングを取り付けた  
140-GW-1000 S 形油シュ断器

Fig. 4.2 Type 140-GW-1000 S oil circuit  
breaker with long creepage distance  
bushings.



である。図 4.2 は  $0.1 \text{ mg cm}^2$  の塩分付着量に耐え、さらに活線洗浄を考慮して、水切りかさを設けた プッシング を取り付けた 168 kV の 140-GW-1000 S 形油 シュ断器である。

#### 4.4 騒音特性

最近のように都市騒音が社会的に大きく採りあげられるようになると、都市近郊における発・変電所において、機器の発生する騒音が問題となってきた。そのなかでもシュ断器は、空気シュ断器の普及とともに、その操作時に発生する衝撃音がとくに問題とされており、騒音の低減をはかるため、いろいろ消音器の取り付けが試みられている。これに対し油 シュ断器は、騒音の発生源が本質的に異なるもので、旧来低騒音形としての特性を備えており、都市部での使用に最も適したものであるといえる。

シュ断器の騒音は一般の騒音と比較するとその持続時間がきわめて短かく、含まれる周波数も人間の可聴周波数全域にわたるほど広いものである。したがってその測定については一般性を欠き、統一した測定方法が確定されていないのが現状であるが、その大きさは操作方式、消弧方式によって著しい相違をみせるものである。すなわち空気シュ断器においては、シュ断の際に使用する高圧、大量の空気流の大气への放音音がその発生源であり、油 シュ断器においては機械的衝撃音がその主体であって、この差から発生する音の周波数域が、空気シュ断器においては高周波成分が優勢であり、油 シュ断器は低周波成分優勢で騒音の大きさの差とともに、周波数特性の相違によって人体に与える不快感には格段の差が生じてくる。

図 4.3 は 84 kV の他社空気シュ断器と当社 70-GTR-350 形油 シュ断器の騒音実測値と距離特性で、これは JIS 規格による指示騒音計の C スケールによって測定したものであるが、消音器付の空気シュ断器に対し、なお約 15 ホーン の差があることを示している。図 4.4 はそれぞれのシュ断器の騒音周波数分析を行なったもので、これによってわかるように、空気シュ断器においては 5 kc/s の高周波、油 シュ断器は 300~500 c/s の低周波成分が最も高いものである。人間の耳に感ずる音の大きさは、周波数によって異なり、低周波領域においては鈍く、高周波では鋭くなるもので、騒音計で測定した数値より人間に対しては空気シュ断器はさらに大きく、油 シュ断器はより小さく感ずるものである。

#### 4.5 その他

図 4.1~4.4 におもな油 シュ断器の特長を述べたが、そのほ

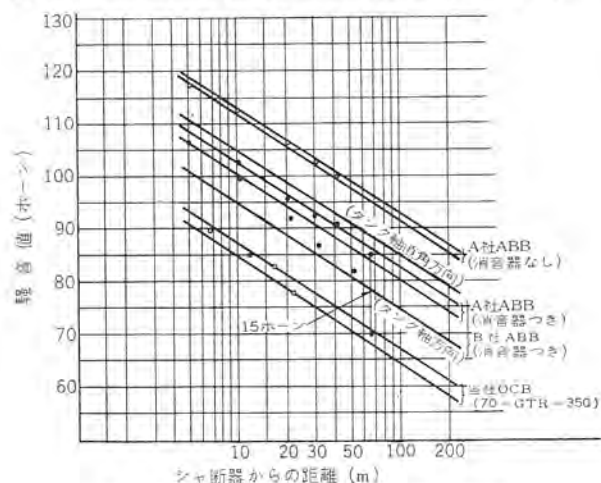


図 4.3 84 kV シュ断器の騒音実測値

Fig. 4.3 Measured value of noise of 84 kV circuit breaker.

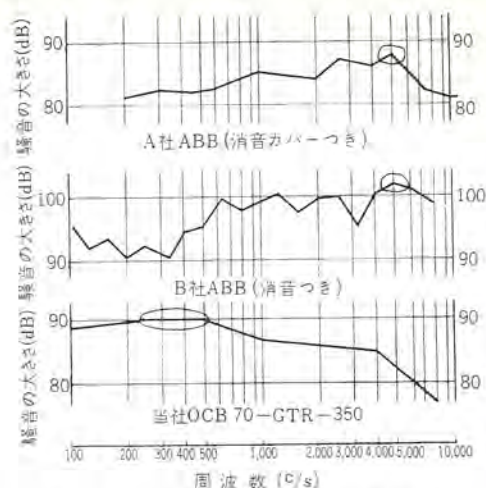


図 4.4 シュ断器騒音の周波数分析

Fig. 4.4 Frequency analysis of circuit breaker noise.

かにもタンク形油 シュ断器においては、プッシング変流器が収納できること、また要求があればコンデンサプッシングであることより計器用変圧器の取り付けることも可能である。また空気操作機構は、投入時のみに少量の圧縮空気を使用するのみで、台数の多い場合でも少容量の圧縮空気発生装置の設置によって十分であり、また単独式圧縮空気発生装置を簡単にシュ断器本体に取り付けることも可能なため経済的な運用がはかれるなど、発・変電所においてスペースの減少、機器の縮小など全体としての経済的設計を可能とすることの有利性が出てくるものである。

一方従来油 シュ断器の欠点として一般的にいわれていることは、絶縁油の使用による保守面のめんどうさであるが、消弧室の高性能化に伴う油の劣化の減少により保守期間の間隔は大幅に延長することが可能となり、通常の使用状態においては、むしろ接触子の点検期間と合わせて4年に1回程度で問題のないものである。

また活線ロ(濾)過を採用すれば油処理にかかわるわずらわしさを解消することも不可能ではない。

### 5. 最近の当社油シュ断器

当社における現在の油 シュ断器は、300 kV 超高压から 7.2/3.6 kV 屋内用に至るシリーズとしては、主としてタンク形油 シュ断器によって形成されており、過去の豊富な経験と新しい技術の導入によりつねに改良を加え、新機種の開発を進め、客先の要求を満し、生産の合理化に努力をはらって前進を続けている。主要機種とその定格を表 5.1 に示し以下にその概略を述べる。

#### 5.1 GW 形油シュ断器

300~168 kV の超高压ならびに大容量 シュ断器においては、Multi break 消弧室を取り付け、タンク断面をタ円形とし、半タ円球の底部をつけて油量の減少をはかったウォッチケース形の GW 形油 シュ断器によって代表されている。図 5.1 は 300 kV, 2,000 A, 15,000 MVA の 250-GW-1500 形油 シュ断器で、すでに70台以上の納入実績をもち、わが国における最大容量級のシュ断器として各地で好調に運転を続けている。

このシュ断器はなおシュ断容量には十分の余裕のある設計であり、将来の超高压系統の容量増加に応じられるものとして、20,000 MVA に及ぶシュ断容量を検証するため、40年7月に新設された大電力試験設備を使用して、キロメートル故障、脱調条件を含む一連のシュ断試験を実施しその実力が確認された。図 5.2 はシュ断



表 5.1 主要 タンク 形油 シャ 断器の定格

形 名	定格電圧 (kV)	定格電流 (A)	シャ断容量 (MVA)	シャ断時間 (c/s)	総重量 (kg)	油 量 (l)
250-GW-1500	300	2,000	15,000	3	61,600	32,100
200-GW-1000	240	1,200 2,000	10,000	3	40,500	20,100
170-GW-750	204	1,200	7,500	3	33,500	15,000
140-GW-1000	168	1,200 2,000	10,000	3	31,500	15,000
140-GM-500	168	1,200	5,000	3	21,600	12,300
100-GM-500	120	1,200	5,000	3	14,700	8,200
100-GTR-500A	120	1,200 2,000	5,000	3	20,500	12,300
70-GTR-350A	84 72	1,200 2,000	3,500	5	9,400	4,600
70-GTE-250	84 72	1,200	2,500	5	6,600	2,200
30-GLC-150	36	1,200	1,500	5	1,600	600
20-GLC-50	24 12	1,200	500	5	1,300	230
6-BLS-25	7.2 3.6	600 1,200 250	150	5	260	40

試験中の同シャ断器である。168 kV においても、すでに 2,000 A、10,000 MVA の容量をもつ 140-GW-1000 形油 シャ 断器が多数納入されているが、この シャ 断器も上記大電力試験設備の完成に伴い 40 年 8 月再度あらゆる ケース の再検証を行ない、その性能を満足するものであることが確かめられた。

## 5.2 GM 形油シャ断器

168~120 kV の クラス における中容量 シャ 断器としては、Multi flow 消弧室を使用した GM 形油 シャ 断器が、10 年以上にわたる納入実績をもちなお多く製作されているが、最近さらには生産方式の改善、合理化により国際競争力を十分備えた機種として海外進出がめざましく、過去約 2 年ですでに百数十台にのぼる輸出実績をもち現在なお受注があいついでいる。図 5.3 は メキシコ

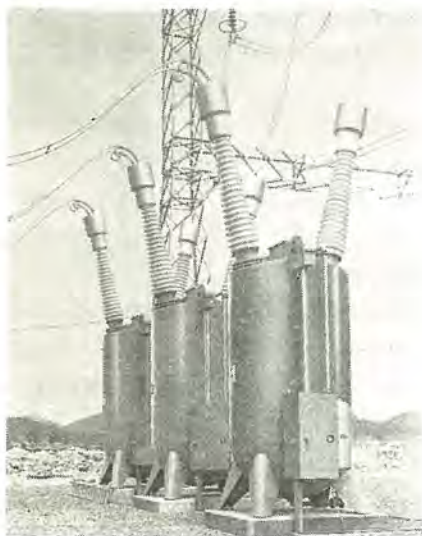


図 5.1 250-GW-1500 形油 シャ 断器  
Fig. 5.1. Type 250-GW-1500 oil circuit breaker.

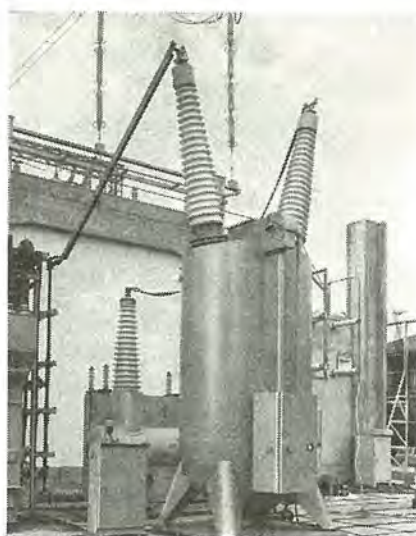


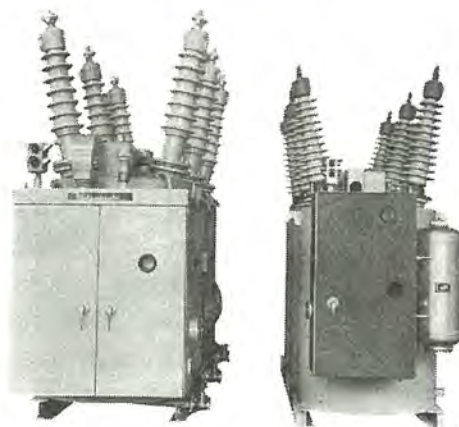
図 5.2 大電力試験設備で シャ 断試験中の  
300 kV 20,000 MVA GW 形油 シャ 断器  
Fig. 5.2 Type "GW" oil circuit breaker  
rated at 300 kV 20,000 MVA under in-  
terrupting tests at high power laboratory.



図 5.3 100-GM-500 形油 シャ 断器  
Fig. 5.3 Type 100-GM-500 oil circuit breaker.



図 5.4 シールドをはずした多重切り  
消弧室 (100-GTR-500 A)  
Fig. 5.4 Multi-break interrupter,  
with shield removed.



旧 形                      新 形  
図 5.5 70-GTR-350 A 形油シャ断器  
Fig. 5.5 Type 70-GTR-350 A oil circuit  
breaker.

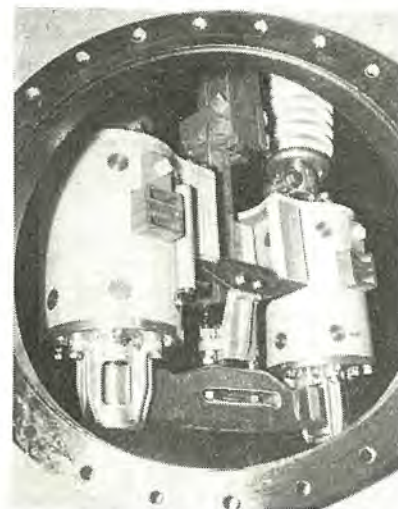


図 5.6 70-GTR-350 A 形油 シャ 断器  
の 3,000 A 消弧室  
Fig. 5.6 Interrupter of 3,000 A rating  
for type 70-GTR-350 A oil circuit  
breaker.



電力庁に納入した100-GM-500形油シヤ断器で、これは単独式の圧縮空気発生装置を内蔵している。

### 5.3 GTR 形油シヤ断器

120~72 kV における大容量油シヤ断器として、Multi break 消弧室を取り付けたもので、数年間に500台を越える納入実績をもつ機種である。この機種においても、新しい技術の導入を積極的に行ない安定した性能を維持しつつ新材料の適用による軽量化、小形化が進められた。図5.4は120 kV の100-GTR-500 A 形油シヤ断器の消弧室で大幅なアルミ合金、ガラスエポキシ絶縁物の採用により重量は約1/2に軽量化され構造的にも簡単となった。なおこのシヤ断器は10,000 MVA のシヤ容量に対しての要求に応ずることも可能な設計である。

84/72 kV の70-GTR-350 A 形油シヤ断器は当社の最も代表的な油シヤ断器であり、従来より好評を得ており、1機種において最大の納入実績を有しているものであるが、さらに耐塩害特性のすぐれた新 OT 形ブッシングを採用し、そのほか多くの改良を行なって図5.5のように一層コンパクトなものとなり、旧形に比べ重量・油量ともに約75%に減少することに成功し、年間100台以上の製作を継続している。このシヤ断器は容量的には5,000 MVA の実力を有するもので、電流定格の増加に対しても容易に設計変更ができる。図5.6は3,000 A 定格の消弧室主接触部を示すが、これは消弧室は標準品と同じもので、音叉状のフィンガコンタクトを付加することのみでよいものである。

### 5.4 GTE 形油シヤ断器

84/72 kV, 70-GTE-250 形油シヤ断器は、中形油シヤ断器の改良形として新しく開発されたもので、消弧室の基本設計は70-GTR-350 A 形と同じである。図5.7に示すこのシヤ断器は、タ円断面の油タンク、新構造の単極機構、簡単な鉄ツクなどの新設計を採用し非常に小形化されたものである。従来の同一定格シヤ断器に比べ油量55%、重量65%に減少しており、すでに海外にも多くの輸出実績をもちつつある。

### 5.5 GLC 形油シヤ断器

36~12 kV の小形油シヤ断器においては従来 G 形が主力であ

ったが、これらの改良形として新しくシリーズ化されつつあるもので、とくに性能面の向上、小形化に重点が置かれている。

この機種はすべて共通タンク形とし、シヤ断時間は8サイクルから5サイクルに短縮されたものである。図5.8は36 kV の30-GLC-150 形として開発されたもので、新しく乾式ブッシングが採用された。図5.9は24 kV の20-GLC-50 形で1相1点切の消弧室を採用している。

### 5.6 BLS 形油シヤ断器

7.2/3.6 kV の屋内用小形シヤ断器としては、従来12 kV 設計のB形シヤ断器が使用されていたが、7.2 kV の専用設計として大幅に小形化した6-BLS-25 形油シヤ断器が製作されている。

図5.10はB-20 C 形との比較で、重量45%、油量40%に減少し、シヤ断時間も8サイクルから5サイクルに向上したほか、電気的にも大いに改善されたものである。またこのシヤ断器はメタルクラッドおよびキューピクル専用のものも製作しており、盤収納形として適切なシヤ断器となっている。

以上主として新しい種類のタンク形油シヤ断器についてその概要を述べたが、今後の油シヤ断器の進むべき姿の一つに少油量シヤ断器の方向も考えて置かなければならない。元来少油量シヤ断器は資材や油量の節約を図ったものとして製作されていたが、シヤ断容量の増加による強度的な弱さ、多重切構造の困難なことなどから高い電圧に対して使用されるものは減少した。しかし最近ヨーロッパで新形の少油量シヤ断器がふたたび上記の問題点を解決し発展も期待できるようになった。とくに小形の屋内用少油量シヤ断器は、ヨーロッパできわめて多数が用いられ、簡単な構造で保守も容易となり低価格で製作が可能であるため有利な点も多い。

わが国においては、まだ例が少ないが今後の発展分野として残されており、当社においてもこの種シヤ断器の足がかりとして、さきに12 kV, 250 MVA の10-ML-25 形少油量シヤ断器を開発し各種試験を行なって優秀な性能を得ることができた。図5.11はこのシヤ断器の外観でその開発で得られたデータをもとにして、さらに開発を進め小形、低価格の新しい少油量形シヤ断器シリーズを完成して行く予定である。



図 5.7 70-GTE-250 形油シヤ断器  
Fig. 5.7 Type 70-GTE-250 oil circuit breaker.



図 5.8 30-GLC-150 形油シヤ断器  
Fig. 5.8 Type 30-GLC-150 oil circuit breaker.



図 5.9 20-GLC-50 形油シヤ断器  
Fig. 5.9 Type 20-GLC-50 oil circuit breaker.

## 6. む す び

以上述べたように、油シヤ断器の歴史はきわめて古いが近代的なシヤ断器としての発展は比較的新しく、なお今後も多くの発展の可能性を残している。空気シヤ断器が使用されはじめてから10数年の経験を経て最近に至りいろいろの問題、とくにキロメートル故障、騒音、塩害、絶縁協調の問題などが現われてきたが、これらを振り返って油シヤ断器についてみるといずれも格段にすぐれた本質をもち、あらためてその優秀性が再認識されつつあるといえる。消弧剤として油を使用することは保守面で不利な点もあるが、高性能消弧室の出現により、油量の減少が図られ保守期間の延長が可能となったことはとくに強調されるべきである。また性能の向上とともに、小形化がさらに推進せられ、基本的な構造の簡単さからほかの種類に比べ、より経済的なシヤ断器の製作が可能であることは最大の利点でもある。またスペース的にも変流器の収納、操作動力源の内蔵など、少ない据付け面積で設置が可能であるなど多くの特長をもっている。

かかる観点から、とくに開閉ひん度の高いシヤ断器や、油の保守がきわめて不便な場合を除いては、大容量発・変電所の主幹系統のシヤ断器として油シヤ断器はさらに多くの発展が期待されるものであり、とくに都市周辺変電所や海岸地帯の火力発電所などにたいしては、最もその威力を発揮するものと期待している。

## 参 考 文 献

- (1) 永田：油シヤ断器について「電気公論」63, 1235 (昭 38)
- (2) 潮：火力発電所におけるシヤ断器の傾向「三菱電機技報」36, 1212 (昭 37)
- (3) 岸田：変圧器付属品(1)ラッシング「三菱電機技報」39, 512 (昭 40)
- (4) 新井・五十嵐・永田：超高压シヤ断器「三菱電機」33, 499 (昭 34)



図 5.10 6-BLS-25 形(左)とB-20 C 形(右) 油シヤ断器  
Fig. 5.10 Type 6-BLS-25 (left) and type B-20 C (right) oil circuit breaker.



図 5.11 10-ML-25 形少油量油シヤ断器  
Fig. 5.11 Type 10-ML-25 low oil circuit breaker.



## 三菱開放形E種電動機

八木 勝\*・梶谷定之\*・篠原芳男\*

## Mitsubishi Open-type Induction Motors with Class E Insulation

Nagoya Works Masaru YAGI・Sadayuki KAJITANI・Yoshio SHINOHARA

In 1964, new standards of class E motors in conformity to the IEC dimensions was established in this country and motors of new standard are now in regular production for general purpose. Class E motors produced in Europe are of totally enclosed fan-cooled type as standard. The example being followed, Japanese motors of this class at present are limited to the same type. However, the open type is in overwhelming demand for general purpose motors and the public is crying for the development of new products. To meet the requirements, Mitsubishi has completed open-type class E motors of the same frame number with the totally enclosed one ahead of other manufactures.

## 1. ま え が き

昭和39年わが国におけるE種電動機の規格、JEM 1180(寸法規格)、JIS C 4210(特性規格)の制定と各社がハ用E種電動機の生産をいっせいに開始したことにより、E種電動機がわが国においてにわかに脚光を浴びた感がある。もちろん当社においてもこれまで特殊仕様のモートルに、あるいはクレーンモートル、フラットモートルなどE種絶縁を採用した系列的製品を製作し、E種電動機に対しても豊富な実績を有しているが、さらに多年の研究結果も盛り込んでE種ハ用電動機を市場に送り、逐次各方面でご愛用いただいているしだいである。

ところで昨年から各社がいっせいに生産しているE種ハ用電動機は、いずれも全閉外扇形で、開放形の需要が全閉外扇形よりも圧倒的に多いわが国では、全閉外扇形がハ用電動機として先行したことに多くの方々から奇異な気持をいただいたようである。これは欧州でまとめられたE種電動機に対する考え方がそのままの形で導入されたからであって、すなわちドイツが1960年にE種電動機の「ワッ番に対する出力の関係」を規定したDIN 42673を発表してから、E種電動機の規格が具体化しはじめ、形式は全閉外扇形で、そのワッ番適用も従来のA種電動機に比べ著しく小形で経済的なものであった。この規格の発表により、欧州各国もほとんど同じような規格を制定し、E種電動機はハ用電動機として欧州全体に広められていったが、実際欧州において使用されている誘動電動機、とくに小容量機種についてはほとんどが全閉外扇形であり、開放形はその比率も小さくむしろ特殊扱いになっている。これは小容量の開放形電動機は冷却の問題がむずかしく、全閉外扇形より温度上昇が高くなりがちなこと、また製作コストの面で開放形が必ずしも経済的でないというのがおもな理由のようである。

一方わが国においては、欧州でのE種電動機の量産化されている状況を見聞するにつけ、自由化対策および合理化の必要から、E種電動機の量産を早急に行なわねばならないとの考えに達し、JEM 1180、JIS C 4210の制定となったのであるが、このJEM 1180(寸法規格)もドイツDIN 42673規格を参考に行っているため、ほとんど欧州の現状にならぬ、そのため標準電動機として全閉外扇形が優先したものである。もっともJEM 1180は開放形への

準用を推奨しており、またJIS C 4210には開放形E種電動機の特性規格も明確に表示されている。

ところで前述のように今までのわが国ではハ用電動機に関しては開放形の需要率が圧倒的に多く、約80%強:20%弱の比率になっている。これは主として販売価格の差に基づくものである。もちろんE種電動機の標準を全閉外扇形一本に統一されることは、少種多量生産の道に通ずることでメーカーに有利であることは間違いない。当社にとってもこのほうを歓迎するものであるが、上記のようなわが国の特殊事情を考え、真に顧客の要望を尊重するならば、開放形も市場に供給することがわれわれの務めであるとの結論に至った。

この結果、以下に述べる基本方針のもとに開発を進め、このほど他社に先がけ、開放形E種電動機の系列を完成させ、全閉外扇形と同じように標準品として即納しうる体制を整えたので、ここにその概要を報告する。

## 2. 開発方針の概要

開放形E種電動機の開発のいきさつは前述したとおりであるが、まず最初に基本方針の概要について述べる。

## 2.1 開放形E種電動機のワッ番適用

すでにJEM 1180は開放形にも準用することが推奨され、160フレームまで全閉外扇形と開放形の適用ワッ番の統一を示唆されているのであるが、さらに次の事項をも十分考慮に入れた。

わが国で開放形が大量に使用されている理由は、全閉形と開放形の間の価格差によるものである。したがって技術的に困難であるからといって全閉外扇形よりワッ番を大きくしたのではその要望を満足させることができない。また従来のA種ハ用電動機のいき方と変えて、小容量機種で開放形と全閉形のワッ番が異なっていた、取り扱い上ふつごうをきたすことなどから、全閉形と同じワッ番適用で開放形のシリーズ化を計画した。

## 2.2 トルク特性および温度上昇特性

従来わが国のA種ハ用電動機は大きな余裕を持ちすぎている感がある。たとえば、停動トルクや起動トルクが定格出力トルクの3倍以上にもなるとか、また温度上昇も60°Cの温度上昇が許容されているにもかかわらず、30°C、40°Cといったきわめて低いものになっている。これは電動機容量の選定のあいまいさ、使用



上の不備および電動機に対する認識不足などにより、一般に市場では特性上、上記のような余裕の多い電動機がよい性能の電動機として歓迎される傾向が強いからである。

これに対しては、われわれ ユーザ側として常に正しい電動機の選定と使用について説明し、この考え方を徐々に正願っているところである。ヨーロッパではこの考え方合理的で進んでおり、電動機も必要以上に余裕を持たせていない。わが国でも将来はこの方向に向うべきであると考えられるが、今ただちにヨーロッパの考え方にしたがって従来より特性的に余裕の少ない E 種電動機を市場に出した場合、いろいろ問題が起こることが考えられ、従来使用されていた A 種電動機より E 種電動機はトルク特性、温度上昇について本質的に劣るという誤解を生ずるおそれがある、したがってトルクは現行の当社の A 種標準電動機 (SB-A) と同等以上にし、また温度上昇の規格値に対する余裕は SB-A のそれと同程度のものにした。なおヨーロッパ諸国の電動機特性の合理化達成に対しては当然われわれ自身が努力を続けるべきことであるが、また需要家の方々の理解と協力を本誌をかりてあらためてお願いしたい。

### 2.3 そのほかの特長

そのほか当社の開放形 A 種電動機において好評を博している数々の特長は受けつぎ、さらに多年にわたる豊富な製作実績と研究結果をそれに十分プラスし、すぐれた性能をもたせるとともに外觀についても新形機種と称するにふさわしいフレッシュな感覚を与



図 3.1 SB-ER, SB-E 形 スーパーライン E モートルシリーズ  
0.2~3.7 kW 4P  
Fig. 3.1 Series of type SB-ER, SB-E super line E motor. 0.2 kW~3.7 kW 4P



(a) SB-ER 400 W 4P 71 (b) SB-E 2.2 kW 4P 100 L  
図 3.2 SB-ER, SB-E 形 スーパーライン E モートル  
Fig. 3.2 Type SB-ER and SB-E super line E motors.



(a) SB-ERV 400 W 4P L 5-71 (b) SB-EV 2.2 kW 4P L 5-100 L  
図 3.3 SB-ERV, SB-EV 形 スーパーライン E モートル  
Fig. 3.3 Type SB-ERV and SB-EV super line E motors.

えることも目標にした。

## 3. 三菱開放形 E 種電動機の標準寸法

### 3.1 標準寸法および機種

今回三菱開放形 E 種電動機の系列として完成したのは、JEM 1180 に規定している フレーム 範囲 160 L までの床取付横軸形および フランジ 取付横軸 (縦軸) 形の 2・4・6 極のものである。ただし 63, 71 フレームは鋼板フレーム電動機 (SB-ER) であり 80 以上 160 フレームまでは鋳鉄フレーム電動機 (SB-E) である。図 3.1~3.3 は当社開放形 E 種電動機の製品写真であるが、図 3.1 は SB-ER, SB-E 0.2~3.7 kW 4P を系列的に並べたものである。また表 3.1~3.4 は各形式の外形寸法を示したものである。

## 4. 開放形 E 種電動機開発における問題点

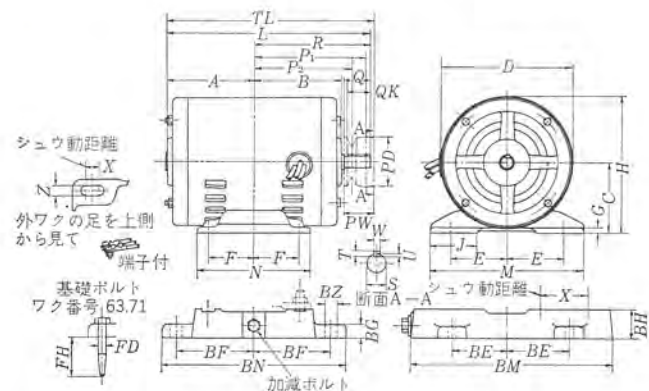
開放形 E 種電動機の系列的開発にあたってとくに考慮した問題点について次に説明する。

### 4.1 構造

#### 4.1.1 外観

開放形 E 種電動機は、外観上も画期的な電動機にふさわしいフレッシュな感覚を与えるよう外観意匠にも特別な考慮を払った。すなわち当社専門意匠家の協力のもとに検討した結果、図 3.1, 3.2

表 3.1 SB-ER 形 E 種電動機の外形寸法



200V 50/60 c/s

ワット	極	ク番号	電	機											
				A	B	※C	D	E	F	G	H	J	L	M	N
200	200	63	77	77	63	114	50	40	5	120	40	180	135	100	
400	400	71	87	87	71	133	56	45	6	138	45	207	150	115	

ワット	極	ク番号	電動機	軸											
				X <sub>1</sub>	Z	Q	QK	R	◎S	T	U	W	P <sub>1</sub>	*P <sub>2</sub>	PD
200	200	63	12	7.2	23	—	103	11	—	1	—	106	88	50	
400	400	71	15	7.2	30	25	120	14	5	3	5	122.5	—	75	

ワット	極	ク番号	ブーリ	ベ											
				PW	TL	BE	BF	BG	BH	BM	BN	BZ	△X	FD	FH
200	200	63	38	218	50	80	14	30	185	190	12	40	9.5	62	
400	400	71	65	265	55	85	14	30	200	200	12	40	9.5	62	

備考 ※ 軸中心高の上下寸法差は 0 である。

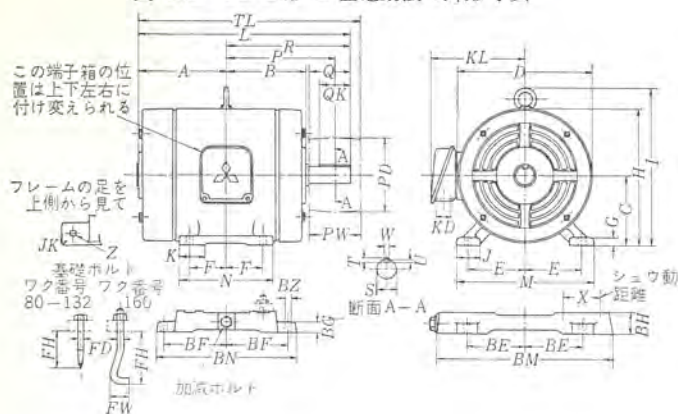
◎ 軸径の上下寸法差は日本工業規格 (JIS) B 0401 ハメアイ方式 “h6” による。

△ シュウ動距離 X は、電動機のシュウ動距離 X<sub>1</sub> を含めた寸法。

\* ク番号 63 のブーリは平ベルト・V ベルト兼用。



表 3.2 SB-E 形 E 種電動機の外形寸法



200V 50/60 c/s

キ ロ ワ ッ ト			ワ ッ ク 番 号	電 動 機											
2 極	4 極	6 極		A	B	※C	D	E	F	G	H	I	J	JK	
0.75	0.75	0.4	80	108	95	80	152	62.5	50	10	156	—	35	3	
1.5	1.5	0.75	90L	128.5	113.5	90	174	70	62.5	11	177	—	35	3	
2.2	2.2	1.5	100L	142	128	100	193	80	70	12	196.5	238	40	3	
3.7	3.7	2.2	112M	155	135	112	221	95	70	15	222.5	264	40	3	
5.5	5.5	3.7	132S	175	152	132	255	108	70	17	260	301	45	5	
7.5	7.5	5.5	132M	194	171	132	255	108	89	17	260	301	45	5	
11	11	7.5	160M	233	205	160	314	127	105	20	317	368	55	6	
15	15	11	160L	255	227	160	314	127	127	20	317	368	55	6	

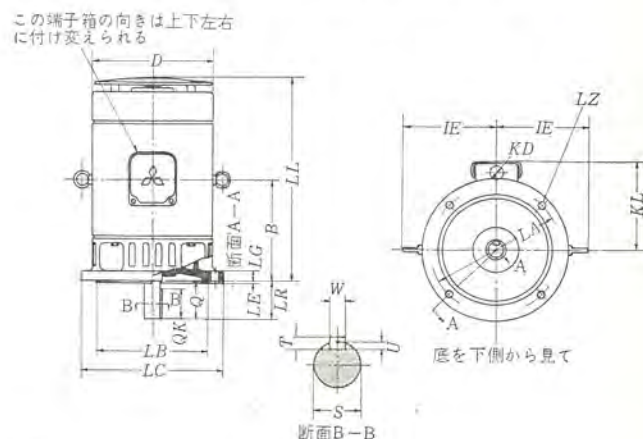
キロワット			ワット 番 号	電 動 機												軸 端 プ ー リ ベ ー ス												基礎ボルト				
2極	4極	6極		K	KD	KL	L	M	N	Z	Q	QK	R	◎S	T	U	W	P	PD	PW	TL	BE	BF	BG	BH	BMB	BN	BZ	X	FD	FH	FW
0.75	0.75	0.4	80	35	22	126	248	165	130	9.5	40	28	140	19	5	3	5	132.5	75	65	287	65	90	14	30	215	210	12	40	9.5	62	—
1.5	1.5	0.75	90L	35	22	137	297	180	155	9.5	50	35.5	168.5	24	7	4	7	156	100	75	338.5	70	105	14	30	230	240	12	40	9.5	62	—
2.2	2.2	1.5	100L	40	25	153	325	200	175	11	50	35.5	183	24	7	4	7	170.5	125	75	373	80	115	18	40	265	260	12	50	9.5	58	—
3.7	3.7	2.2	112M	45	25	167	355	230	180	11	60	45	200	28	7	4	7	190	140	100	415.5	95	115	18	40	295	260	12	50	9.5	58	—
5.5	5.5	3.7	132S	50	35	214	414	260	180	11	80	63	239	32	8	4.5	10	221.5	140	125	489.5	110	120	20	45	335	270	12	60	9.5	56	—
7.5	7.5	5.5	132M	50	35	214	452	260	218	11	80	63	258	32	8	4.5	10	240.5	180	125	527.5	110	140	20	45	335	310	12	60	9.5	56	—
11	11	7.5	160M	60	35	258	556	310	260	15	110	90	323	42	8	4.5	12	283	180	150	621	125	165	22	50	395	370	16	70	13	124	53
15	15	11	160L	60	35	258	600	310	304	15	110	90	345	42	8	4.5	12	305	230	150	665	125	185	22	50	395	410	16	70	13	124	53

備考 ※ 軸中心高の上下寸法差は  $\pm 0.500$  である。

◎ 軸径の上下寸法差は日本工業規格 (JIS) B 0401 ハメアイ方式 “h6” による。

(注) 112 M フレーム以下は端子箱が斜上部につく。

表 3.4 SB-EV 形 E 種電動機の外形寸法



200V 50/60 c/s

キ ロ ワ ッ ト			ワ ッ ク 番 号	電			動			機		
2極	4極	6極		B	D	IE	KD	KL	LA	※LB	LC	
0.75	0.75	0.4	80	125	152	—	22	119	165	130	200	
1.5	1.5	0.75	90L	143.5	174	—	22	130	165	130	200	
2.2	2.2	1.5	100L	158	193	138	25	146	215	180	250	
3.7	3.7	2.2	112M	175	221	152	25	161	215	180	250	
5.5	5.5	3.7	132S	194	255	169	35	208	265	230	300	
7.5	7.5	5.5	132M	213	255	169	35	208	265	230	300	
11	11	7.5	160M	248	314	208	35	258	300	250	350	
15	15	11	160L	270	314	208	35	258	300	250	350	

キ ロ ワ ッ ト			ワ ク 番 号	電 動 機			軸 端								
2極	4極	6極		LE	LG	LL	LZ	LR	Q	QK	◎S	T	U	W	
0.75	0.75	0.4	80	3.5	12	248	11	40	40	28	19	5	3	5	
1.5	1.5	0.75	90L	3.5	12	289	11	50	50	35.5	24	7	4	7	
2.2	2.2	1.5	100L	4	16	317	15	50	50	35.5	24	7	4	7	
3.7	3.7	2.2	112M	4	16	351	15	60	60	45	28	7	4	7	
5.5	5.5	3.7	132S	4	20	390	15	80	80	63	32	8	4.5	10	
7.5	7.5	5.5	132M	4	20	428	15	80	80	63	32	8	4.5	10	
11	11	7.5	160M	5	20	516	19	110	110	90	42	8	4.5	12	
15	15	11	160L	5	20	560	19	110	110	90	42	8	4.5	12	

備考 ※ フランジハメ込部径の上下寸法差は日本工業規格 (JIS) B 0401 ハメアイ “h7” に、また ◎ 軸径の上下寸法差は “h6” による。

備考 ※ フランジハメ込部径と ◎ 軸径の上下寸法差は日本工業規格 (JIS) B 0401 ハメアイ方式 “h7” および “h6” による。

の製品写真が示すように、ざん新なジェットスタイルの電動機となった。また塗色も新鮮味と電動機が据え付けられる環境との調和を考え、従来より多少明るいシルバーグレーにした。名板も思い切ったニュースタイルのものに考えたが、さらにE種絶縁を示すEマークのワッペン は従来のA種電動機との区別を明示するので、取扱い上、需要家の方々にご好評をいただいている。

#### 4.1.2 保護方式

電動機の外被の状態を大別すると、全閉形と開放形の二つに分かれる。この開放形はさらに細い条件で分類されるのであるが、その中に強化された外被構造として防滴形と保護形とがある。三菱開放形E種電動機は、この二つの条件を完全に満足する防滴保護形であり、開放形として理想的な保護方式となっている。

まず防滴機能については、斜め $15^{\circ}$ から落下する水滴に対し、水滴が直接電動機内部に侵入しない構造にしなければならない。このため、フレームは全閉構造とし、ブラケットの外周のヒシを高くし、また通風口の保護リングは十分な厚みを与え、いわゆるルーバ形状としている。傾斜角 $15^{\circ}$ 以内の水滴はもちろん、よほど横なぐりの水滴でなければ内部に侵入しない防滴機能を有している(図4.1参照)。また保護形については、誤って指などが電動機内部の導電部とか回転部に触れることのない構造にした(図4.2参照)。そのため通風口の間隔は、規格上12mm以下の幅にするよう制約されているのであるが、当社の開放形E種電動機においては、あくまで実際のケースを考慮し、規格値以下の細いスリットにし安全な構造にするとともに、固形異物の侵入に対しても保護されている。

#### 4.1.3 通風構造

開放形E種電動機において、最も問題になるのは温度上昇をいかに押えるかである。もちろんE種電動機は耐熱性の高い絶縁物を用い、温度上昇の規格値もA種電動機の場合の抵抗法で、コイル

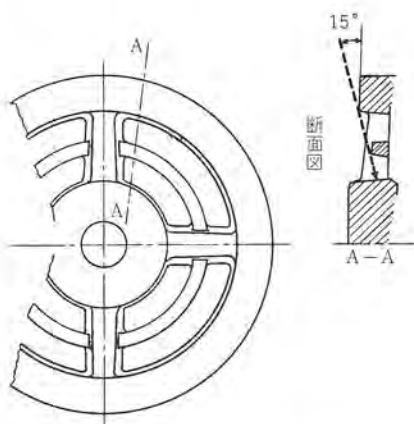


図 4.1 防滴構造説明図  
Fig. 4.1 Explanation of drip-proof.

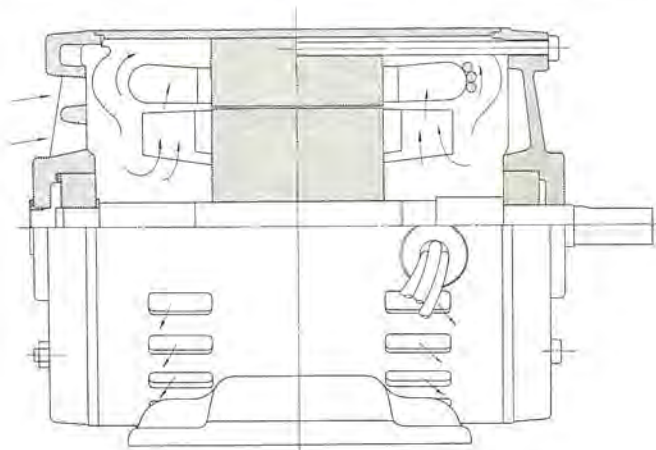


図 4.2 完全な保護構造  
Fig. 4.2 Completely protected structure.

$60^{\circ}\text{C}$ であるのに対し、 $15^{\circ}\text{C}$ 高い $75^{\circ}\text{C}$ になっているが、E種電動機では内部発生損失が約2倍に増加するため、従来と同一の冷却効果ではとても間に合わない。当社開放形E種電動機はこの点を十分考慮し、研究を重ねてきたのであるが、これらの結果に基づき冷却効果のすぐれたものになっている。

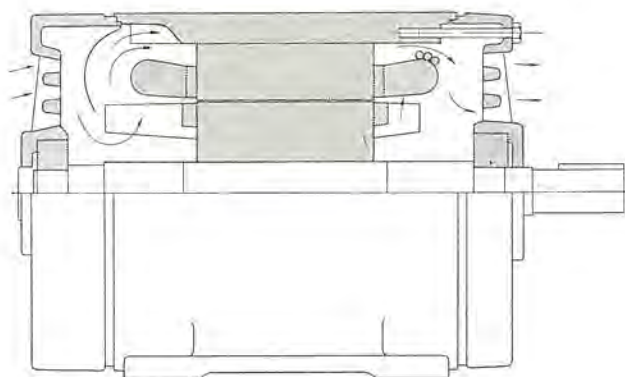
図4.3、4.4はSB-ER、SB-Eの断面図を示すものである。SB-ERは鋼板フレーム電動機で通風方式は、負荷側および反負荷側ブラケットの通風口から吸気し、フレーム下側にあけた排気口から排出されるいわゆる複流式をとっている。また鋳鉄フレームのSB-Eでは反負荷側ブラケットの通風口から冷却風を吸い、電動機の内部を貫流して、負荷側ブラケットから排出される軸流方式を取っている。開放形E種電動機でとくに問題になることは、図4.4の断面図をみても推測できるように、出力に比べてセンチハイトが非常に低くなっているため、フレーム内で鉄心幅が占める率が従来のA種電動機の場合より著しく大きくなり、またトルクを大きくするためには、鉄心外径はできるだけ大きくしなければならないから、その通風路はいきおい狭まると長くなる傾向を持ってくる。このためSB-E形では、ファン、ファンガイド、フレーム内での各部分について種々検討した。

図4.5は100Lフレームの検討結果を示すものであるが、大別して、ダイカストロータのエンドリング・ファンとファンガイドの組み合わせによるものと、短いエンドリング・ファンのほかに、別の内部ファンを設けて通風した場合の結果を比較したものである。この図は冷却



矢印は通風路を示す

図 4.3 SB-ER 形電動機の断面図  
Fig. 4.3 Cross section of type SB-ER motor.



矢印は通風路を示す

図 4.4 SB-E 形電動機の断面図  
Fig. 4.4 Cross section of type SB-E motor.



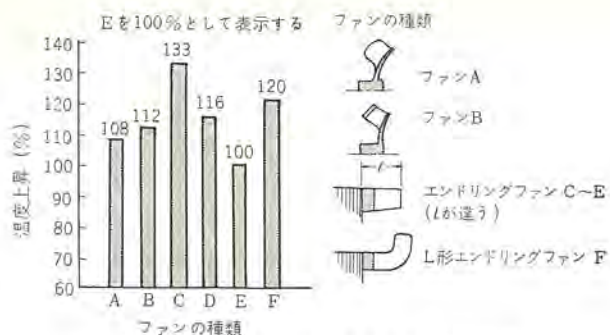


図 4.5 各種ファンによる温度上昇の差異  
SB-E 1.5 kW 6 P

Fig. 4.5 Differences of temperature rises due to various kind of fans (SB-E 1.5 kW 6 P).

効果の最もよい(E)を100%にし、おのおの場合をパーセントで表示している。A, Bは内部ファン付きの場合であり、ファンAは図4.5が示すように、外扇形のファンを変形させたラジアルファンであり、ファンBは鋼板製のファンで羽根にはシュラウドを付けたものである。またC~Eは通常のエンドリング・ファンであるが、ただ長さが40, 45, 50 mmと変わっており、さらにFは同じエンドリング・ファンでもL形にしたものである。これからエンドリング・ファンを長くし、適切な形状のファンガイドを組み合わせたものは、冷却効果がきわめてよいことがわかる。これは単に有効な通風を行なうだけでなく、吸入した冷却風がコイル、鉄心などの発熱体から効果的に熱を奪って排出されるからである。もちろん通風冷却の問題は非常に複雑な要素によって影響されるので、この条件だけではいろいろ異なった結果がでる。

ファンのみにについて考えれば、開放形モートルにあっては専用の内部ファンを設けることは、エンドリング・ファンのみの場合より強力な風を作りうることは当然である。しかしながらそれが設定しうるスペースや風の吸入口、冷却すべきコイルとの関係位置、あるいは通風路の抵抗などの関係によって内部ファンを設けても、必ずしも通風冷却に有利であるとはいえない。

当社の開放形E種モートルがエンドリング・ファンによって、冷却上最も好結果を得ていること、そしてこれがあとに説明するように、騒音、振動において、きわめて優秀な結果を得ている一つの原因であることも注目願いたいのである。そのほかにも通風路の断面積について検討を加え、鉄心外径とのかねあいから適当な値を選び、各部においては断面積の調和に注意し急激な断面積の変化を作らないようにしたり(図4.4参照)、また冷却風路の急激な方向転換を避けるなど、あらゆる点に考慮を払った。また通風口の位置をブラケットの正面においたことも非常に有効であった。

以上のようにエンドリング・ファン、ファンガイド、そのほかできあがった通風冷却のための構造など、そのおのおのについては、とくに目新しさはないが、吸入口、ファンの長さ、羽根枚数、ファンガイドの形状、ファンガイドとエンドリング・ファンのすきま、排気口の形状、通風路の形状、断面積、そのほか流体力学の法則に基づいて、各部分にわたりきめの細かい設計を行なっていることが所期どおり温度上昇特性に好成績を得たものと思っている。もちろん温度上昇は、通風以外に損失発生についての電気的な問題を検討しなければならぬが、これについては「電気部分」の設計の項で述べることにする。

#### 4.1.4 ベアリング

当社E種電動機には、油漏れがなく、摩擦もきわめて少ない非接触形ゴムシールドベアリングを採用しているが、さらにその中に入れ

られるグリスは、潤滑性能はもちろん耐熱性、耐温性、耐老化性に富んだリチウム系のものを用いているので寿命も長く、保守がきわめて容易である。もちろん、出力に対するベアリングのサイズの選定にあたっては、これまでの豊富な実績に基づき、強度、寿命上最適のものを選んでいくことはいうまでもない。

また加工においても、捨て加工方式と称する当社独特の加工法を用い、チャッキングの際生ずるわずかなヒズミの問題も完全に防ぎ、またベアリングハメ込部と、フレームとのハメ込部を同時に加工する方法を取っているため、まったく真円で同心状に加工されている。したがって組み立ての際、ボールがゴシレの心配もなく、回転子を空ゲキ径の中心に正確に保持し、騒音と振動の少ない電動機となっている。

#### 4.1.5 接続に便利な端子箱

端子箱は112フレーム以上はフレームの真横についているが、112フレーム以下ではフレームの斜め上方(18°~15°)にとりつけてある。これは配線に使用されるL形金具のJIS寸法を考え、端子箱の出口と床面までの距離を所定以上の高さに保持することを考慮しているからである。端子箱は上下左右、いずれの方向にも向きを変えることができ、接続の便利を図っている。またアース端子を箱内に設けているが、そのためアース線を含めた4心ケーブルの使用にも便利である。電動機の出線端子はラグ方式とし、密封効果の高いゴムフッシュから直接口出線を出し、この先端に信頼性の高い圧着端子を設けている。したがって、この端子は電源からのリード線を接続してから、絶縁テープを巻いておけば導電性のジヤイが蓄積し、相間に短絡事故を起こす心配などまったくなく、また端子箱に関して重要な問題の一つに端子箱を負荷側から見て、左右いずれかに組み換えが可能であるかどうかの問題がある。開放形E種電動機は通風の項でも述べたように、通風効果をよくするため、ファンのスペースを相当広く設ける必要がある。ところがフレーム幅のスペースが非常に少ないうえに、鉄心幅が非常に長くファン用のスペースを設けるために、鉄心をファンと反対側にずらす必要があった。しかしフレームの中心と鉄心の中心が一致しないと、組み換えを行なった場合、固定子鉄心の中心と、回転子鉄心の中心が一致しないことになり、組み換えは不可能になる。これを解決し、あくまで端子箱の左右組み換えが可能にするため、図4.4に示すように負荷側と反負荷側ブラケットの幅をあえて異にし、フレームの中心と鉄心の中心を合わせておきながら、ファン用のスペースを反負荷側に作るようにした。その結果、もちろん規格JEM 1180に規定された寸法に合致し、端子箱左右組み換えの目的を達し、電動機への配線が非常に便利になっている。

#### 4.2 電気部分の設計

##### 4.2.1 鉄心

鉄心はコイルとともに電動機で最も大切な部分であり、電動機のあらゆる特性に影響を持つものである。当社製E種電動機は多年にわたる電動機製作の豊富な研究実績に新しい技術的改良を加え、合理的な設計を行なっている。すなわち、ミジの形状ならびに大きさ、ミジ数、空ゲキ径などに対し十分な検討を加え、鉄心各部(歯背部、空ゲキ)の磁束密度とミジ内にはいる電線量の関係を最適なものとし、銅損、鉄損、深遊損など温度上昇に影響のある諸損失を極力減したほか、トルクも大きくするように考慮した。また固定子と回転子のミジ数の組み合わせについても理論的研究はもちろんであるが、これまでに製作された数多くの製品か



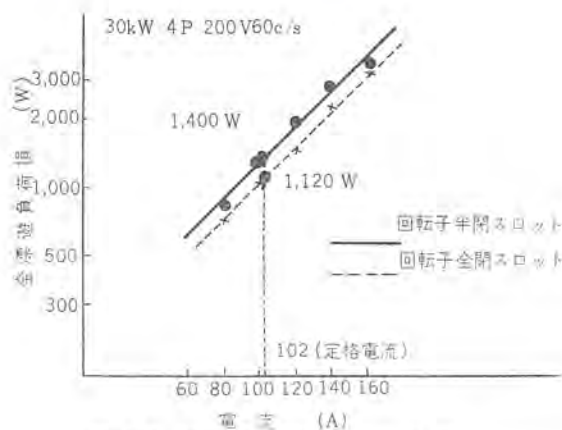


図 4.6 漂遊負荷損の実測結果  
(回轉子全閉ミツと半閉ミツの影響)  
Fig. 4.6 Measurement result of stray  
load loss. (Effect of totally enclosed  
rotor slots and semi closed slots.)

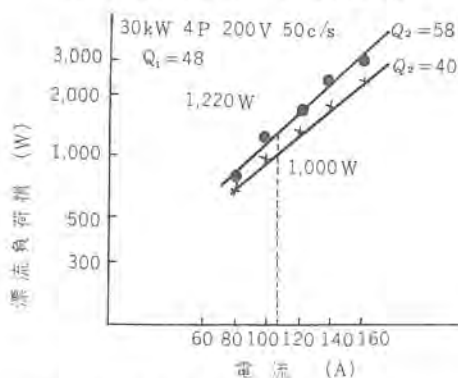


図 4.7 漂遊負荷損の実測結果  
(回轉子ミツ数の影響)  
Fig. 4.7 Measurement result of stray load loss.  
(Effect of the number of rotor slots.)

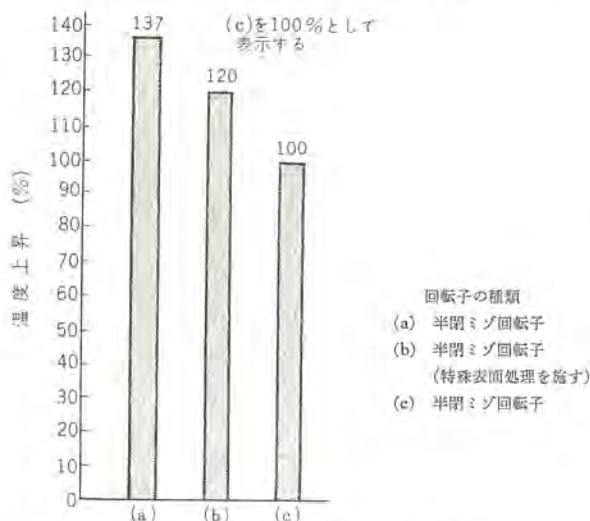


図 4.8 回轉子構造による温度上昇の差異  
SB-E 1.5kW 6P  
Fig. 4.8 Differences of temperature rises  
due to rotor structure.

ら得られた豊富な実績、および系列的に行なった実験研究に基づき、各フレームに対して最適の組み合わせを選定したので、振動騒音についても十分満足する結果が得られた。また漂遊損の抑制にも考慮を払っているが、漂遊損は周知のように電動機における銅損、鉄損、機械損など明確に区分できる損失を取り除いた残りの損失である。これは、トルク特性の低下、温度上昇の増大を招く

ため、その原因の究明と対策に関し、今なお各国の関係者によって研究が続けられているものである。

当社においてもこの問題については、早くから研究に着手し、その設計上および工作上に起因する漂遊損問題を逐次解明し、その削減に好結果をおさめている。図 4.6 は漂遊損減少に関する研究報告の 1 例であるが、30kW 4P 200V 60c/s で測定した全閉ミツ回轉子と、半閉ミツ回轉子の漂遊損の差異を示すものである。また、図 4.7 (同じく 30kW 4P 200V 60c/s で測定したものである) はミツ数の組み合わせで漂遊損が異なることを示したものである。さらにまた、図 4.8 は、SB-E 1.5kW 6P の実験結果である。これは漂遊損の一因として、回轉子構造および製作法に関する差異がいかに大きな影響を与えるものであるかを示したものである。通風構造はもちろん回轉子以外はまったく同じで回轉子ミツ形状および製作法の異なった回轉子を入れ換えるだけで、温度上昇がいかに変わるかを示している。三菱開放形 E 種電動機 SB-ER, SB-E 形では、漂遊負荷損を抑制する適切な手段を講じているので、トルク特性、温度特性がきわめて良好なものとなっている。

#### 4.2.2 コイルの絶縁

当社 E 種電動機は工作機用電動機、フラットモートルなど E 種絶縁を使用した電動機の豊富な製作実績に基づき、適切な絶縁方式を採用しているので、許容温度上昇の増加に対する心配はまったくなく、十分長い寿命を保証できる。絶縁物の主体は、ポリエチレンテレフタレート樹脂系のものであり、電線にはポリエステル電線を、ミツ絶縁、相間絶縁など各部絶縁はもちろんウェッジにもポリエステルフィルムを主体とする絶縁物を用い、絶縁ワニスには耐熱性、耐湿性にすぐれた当社独特のものを使用しており、また口出し線もハイパロンと称する耐熱性が 1 段上がった特殊ゴム皮膜線を使用しているなど、細部にわたって細かく配慮し、しかもそれらの絶縁性能の調和については十分な考慮を払っているので、完全 E 種絶縁方式として高性能を発揮できるものである。

### 5. 特 長

三菱開放形 E 種電動機には数々のすぐれた特長を有している。以下それについて順次説明する。

#### 5.1 小形軽量

三菱開放形 E 種電動機は全閉外扇形 E 種電動機とどうよう、新 JIS, JEM 規格に準拠しているため、現行 A 種電動機と比べると非

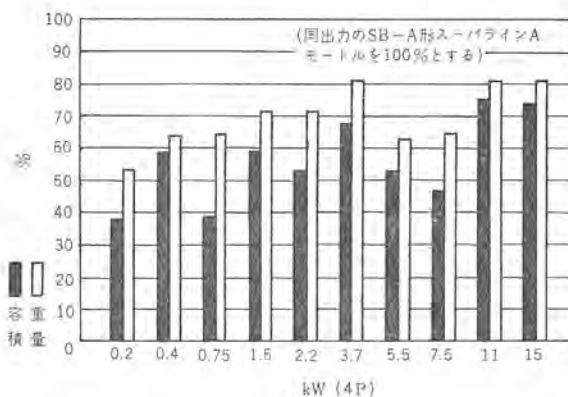


図 5.1 当社 E 種電動機と A 種電動機の重量、容積比較  
Fig. 5.1 Weight and volume comparisons of  
class E and class A motors.





SB-A 2.2kW 4P (A種) SB-E 2.2kW 4P (E種)  
図 5.2 同一出力、極数を有する E 種電動機と A 種電動機

Fig. 5.2 Class E motor and class A motor with the same output and no. of poles.

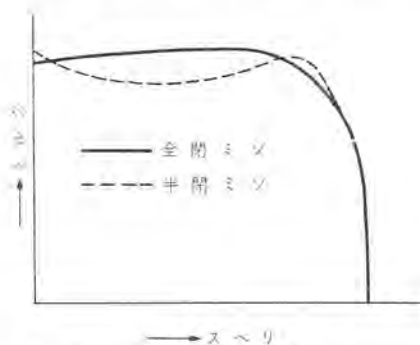


図 5.3 全閉ミツ回転子と半閉ミツ回転子のスベリトルク特性比較

Fig. 5.3 Comparison of slip-torque performance between total enclosed and semi enclosed motor.

常に小形軽量化されている。図 5.1 は現行 A 種開放形スーパーライン A モートルを 100 % としたときの容積比、重量比 (4P モートル) を示すものであり、容積比にして約 50 %、重量比で約 70 % になっている。この中でもとくに小形化の著しいのは 80 フレームで容積比は 40 % になっている。そのため運搬、取り扱い、機械に組み込む場合や、保管場所のスペースにおいて非常に有利である。図 5.2 は 2.2 kW 4P について E 種電動機と A 種電動機の外観を比較したものである。

## 5.2 強力なトルク

電動機が小形化された場合、使用者のほうに常に懸念されることはトルクの減少である。当社製 E 種電動機は、前項に述べた方針に基づき設計されているため、停動トルク、起動トルクともに A 種ハン用電動機の値に比べてまったく見劣りなく、また全閉ミツ採用による漂遊損の改良により速度—トルク特性も図 5.3 を見ればわかるように、きわめて良好であり、小形化によるトルク不足の懸念は一掃願いたい。

## 5.3 完全 E 種絶縁の採用

全閉外扇形の場合とどうよう、開放形についても前節で述べたように完全 E 種絶縁方式を採用している。さらに、十分吟味された材料を用いているので、長い寿命を保障することができる。

## 5.4 GD<sup>2</sup> が小さい

電動機自体が小形化されているので、回転子の GD<sup>2</sup> も小さく、現行 A 種電動機の GD<sup>2</sup> 値より大幅に減少している。図 5.4 は現行開放形 A 種電動機の GD<sup>2</sup> を 100 % とし、開放形 E 種電動機 0.2~15 kW 4P の GD<sup>2</sup> 値の減少率を示したものである。電動機の GD<sup>2</sup> 値が小さいことは、工作機の場合のように (軸に換算した負荷 GD<sup>2</sup> は小さいが) 起動停止の激しい Duty Cycle で運転する場合、固定子巻線、回転子巻線に発生する熱損失は少なく、

三菱開放形 E 種電動機・八木・梶谷・篠原

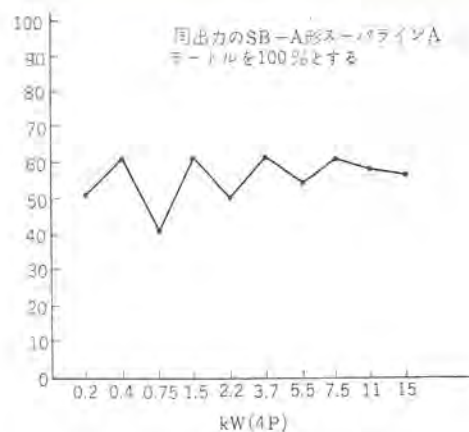


図 5.4 当社開放形 E 種電動機と開放形 A 種電動機の GD<sup>2</sup> 値比較図

Fig. 5.4 GD<sup>2</sup> Comparison of class E and class A motors.

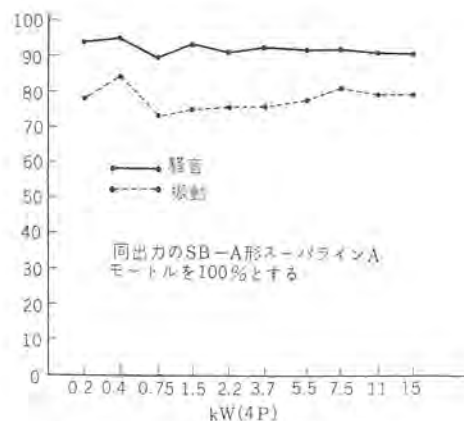


図 5.5 当社 E 種電動機 (SB-E) と A 種電動機 (SB-A) の騒音振動比較図

Fig. 5.5 Noise and vibration comparisons of class E (SB-E) and class A (SB-A) motors.

きわめて有利である。

## 5.5 静かな運転

E 種電動機は前記のように、GD<sup>2</sup> が大幅に減少しているため、回転体の バランス が良好となり振動に対して有利となるが、当社の開放形 E 種電動機においては電氣的、機械的にもできるだけ振動、騒音を抑える設計にした。すなわち通風は別個に ファン を設けることなく、回転子の エンドリング と 1 体に鋳込まれた エンドリング・ファンで行なっているので、バランス がきわめてよく、またフレーム・ブラケット の剛性を十分にし、加工面でも当社独特の捨加工方式による精密な加工をなし、さらに完全な ダイメックバランス を取っているため、振動、騒音は非常に少ない。図 5.5 は開放形 E 種電動機 SB-E と現行 A 種電動機 SB-A の振動および騒音を比較したものであるが、振動で約 20~30 %、騒音で約 5~10 % 減少しており、きわめて静かで円滑な運転をすることがわかる。

## 5.6 その他

以上のほかにもいろいろの特長があるので、これらを一括して述べる。

構造の項で説明したように、端子箱は接続に便利にするため、上下左右いずれの方向にも変えることができ、また組み換えを行なうことで端子箱の位置を負荷側から見て、左右いずれにもなしうようにしてある。またベアリングは摩擦損失の少ない非接触形の ゴムシールドベアリング を用いており、それに使用する グリス もリ

チューム系のものを用いているから、潤滑性能はもとより熱的にも化学的にも強く、したがって寿命も長く、保守もきわめて簡単である。また電動機の足の締め付けボルトの長さにしても、強度的に必要なネジ込み部の長さを勘案し、所要の長さの締め付けボルトが余裕をもって、容易にそう入できるよう細かな面にも注意を払っている。

## 6. 用 途

取り付け寸法の変更を除いて現行A種標準電動機とまったく同じ条件で使用できるが、とくに需要家のかたがたの強い要望に当たって開発した当社開放形E種電動機は、発表以来ポンプ、コンプレッサ、コンベア、送風機、包装機、工作機とあらゆる分野で活ばつた注文をいただき、好評を博している。中でも工作機用などのように、寸法の縮小、ならびに重量の低減が望まれるものには最も適した電動機といえる。とくにフランジ形、立形は、小形軽量の特長をフルに生かすことができ、相手側機械の合理的な設計に大いに役だつものである。

## 7. む す び

当社開放形E種電動機は、容積、重量が著しく軽減され、振動、騒音特性にも好結果を得ているが、さらに小形化の場合に起こりがちなトルク低下、あるいは温度上昇における余裕の減少はまったくなく、現行A種ハ用電動機と比べても数々の利点を有しているから、それに代わるハ用電動機として需要家のかたがたに十分満足いただけるものと思っている。まさに技術上画期的な電動機で一つの技術進歩の姿を示すものといささか自負するもので

あるが、あらためてここに、なによりこのように高性能の電動機の製作が可能となったか、簡単にふりかえてみたい。

(1) まず第一には、今日あることを予想して早くから研究しとくに技術的なむずかしさの多い開放形についても十分研究を行なってきたこと。

(2) 使用材料を厳選し、よい材料を使用した。すなわち絶縁材料は完全E種絶縁として最適の絶縁方式を形成するよう、とくに開発された最適の材料を使用した。また鉄心材料のケイ素鋼板については従来より上質の高価な材料を使用した。

(3) また設計技術の進歩を十二分に生かし漏洩損、通風方式の改良、鉄心形状の合理的な設計などを行なった。

(4) 工作技術の向上も大きな要素でたとえば巻線については鉄心ミジに巻線を入れるとき占積率の高いものをたんねんに巻くと同時に、モートルにとって余分な部分ともいえるコイルエンドの縮小を図った。そのほか精度の高い工作機械の使用による加工精度を向上させたことなどがあげられる。

われわれは常にわが国の事情にマッチした真に顧客の要望と期待に沿った電動機を市場に送り出すことを念願としている。今回当社があえてヨーロッパ諸国の行きかたと異にし、また国内他社にさがけて開放形E種電動機を開発し、生産にふみきったのもその念願によるものにほかならない。この論文で紹介したこの新しい電動機は、当社が自信をもっておすすめできる画期的な製品であり、幸い発売以来各方面から好評をいただいていることは、われわれ関係者の喜びとするところであるが、もとより技術の進歩は日進月歩であり、われわれはこれに満足せず、研究を積みいっそう需要家の方々のご期待に沿うよう努力を続けるつもりである。



## 500 keV コッククロフト・ワルトン形陽子加速器

後藤正之\*・永井昭夫\*\*・高倉康一\*\*・上田和宏\*\*

今村 元\*\*\*・藤田 彪太\*\*\*・上山 善司\*\*\*

## A 500 keV Cockcroft-Walton Type Proton Accelerator

Mitsubishi Electric Corporation, Central Research Laboratory Masayuki GOTÔ・Akio NAGAI

Kōichi TAKAKURA・Kazuhiro UEDA

Mitsubishi Atomic Power Industries Co. Gen IMAMURA・Hyōta FUJITA・Zenji UYAMA

A 500 keV Cockcroft-Walton type proton accelerator has been brought to completion and is now in operation. This device has been installed as a preaccelerator to a 5 MeV proton linear accelerator and a proton beam accelerated in an energy of 500 keV is injected into the main unit. The beam thus provided is with a repetition rate of 20 pps and pulse width of 60  $\mu$ s. The accelerated beam current is 10 mA at the crest up to date, but research is going on with an aim of increasing the output. As for the ion source, P.I.G. type one has been developed and beam current of 160 mA at a pulse peak is taken out successfully. This article reports on the constitution of the device and test result.

## 1. ま え が き

線形陽子加速器の前段加速器としてはコッククロフト形、パン・デ・グラフ形、パルス・トランス形など種々の加速器が用いられ、それぞれその形の特長点がみられるが、前段加速器に要求される性能として大電流がとれること、取り扱いが容易であること、高電圧の変動が少ないこと、エネルギーとして 500~800 keV あれば十分に役だつことなどを考慮して、コッククロフト形加速器が適当であると考えた。この前段加速器のエネルギーをわれわれの場合 500 keV に選んだ。

現在、ヨーロッパ、アメリカ、ソ連における前段加速器のビーム強度は 150~250 mA (セン頭値) に達しており、さらに 300~400 mA (セン頭値) を最近の目標として研究が進められている。われわれもその目標値を 300 mA (セン頭値) としているが、現在のところ開発した P.I.G. 形イオン源で 150 mA~200 mA (セン頭値) のビームを作り出せるまでになった。さらに近い将来、新しい形のイオン源と交換して、この目標に達したいと研究を進めている。いずれにしても、ここ数年は世界各地の加速器が大強度のビームを取り出すことに力をそそぎ、活気をいして行くものと思われる。

以下にわれわれの 10 MeV 線形陽子加速器の前段加速器として運転にはいった 500 keV コッククロフト形加速器の概要ならびに実験データを紹介する。

## 2. 加速器の構成

コッククロフト形加速器の構成を大ざっぱにわけると、高電圧発生部、フィルタ・コンデンサ部、イオン源部、加速管部、排気系部および制御系部になる。全体の構成を図 2.1 のブロック線図に示し、さらに装置の主要部分を図 2.2 の写真に示す。

以下分類にしたがって各部の詳細にふれていく。

2.1 コッククロフト・ワルトン形高電圧発生装置<sup>1)</sup>

500 keV の高電圧発生には 5 段のコッククロフト・ワルトン形の多段整流回路を用いることにした。電源は出力電圧の脈動を少なくし、コンデンサの容量を減ずるためにも高周波を用いたが、整流器としてセレン整流器を用いるなどの点から 960 c/s の高周波発電機

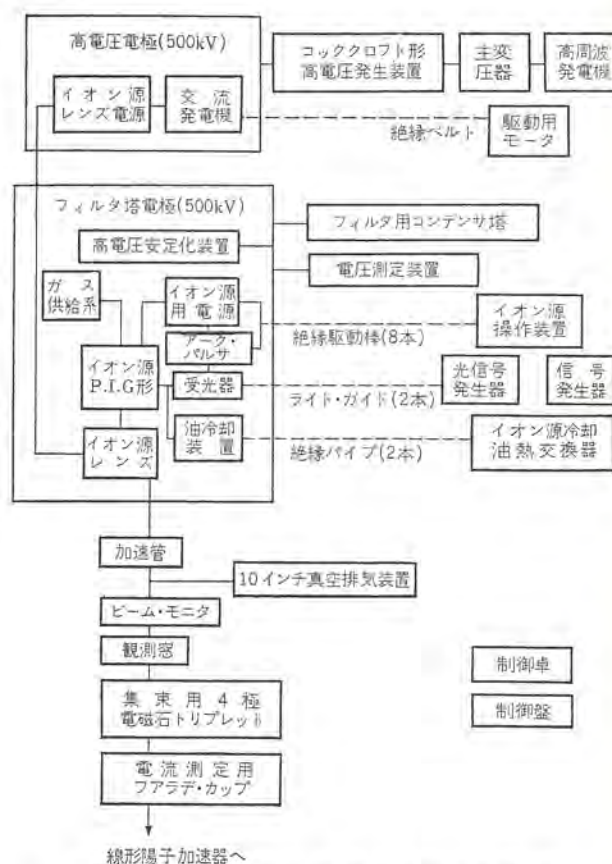


図 2.1 500 keV 陽子加速器ブロック線図

Fig. 2.1 Block diagram of 500 keV proton accelerator.

を使用した。各段あたりのコンデンサは 160 kV 耐圧の容量 0.015  $\mu$ F のガイシ形のもので、これらを 2 本の柱に積み上げている。ただし交流側の最下段のコンデンサは 80 kV 耐圧の容量 0.03  $\mu$ F のものである。セレン整流器も逆耐電圧 160 kV、平均電流 5 mA のものを交流側と直流側コンデンサ柱の間に斜めにたすぎがけに取り付けて気中で使用している。出力電圧 500 kV、負荷電流 5 mA を流した場合にも電圧の脈動は 0.5% 以下になるようコンデンサの容量をえらんでいる。

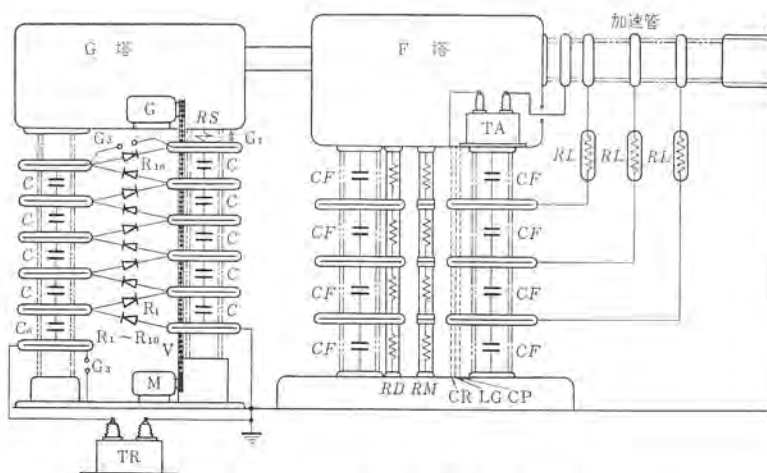
整流回路の詳しい解析と計算はいっさい省略するが、結果だけ

\* 三菱電機(株)中央研究所(工博) \*\* 三菱電機(株)中央研究所  
\*\*\* 三菱原子力工業(株)伊丹分室





図 2.2 500 keV 陽子加速器  
Fig. 2.2 500 keV proton accelerator.



G 発電機 M モータ G1, G2, G3 放電ギャップ C コンデンサ  
C<sub>0</sub> コンデンサ R1~R10 整流器 V ベルト (2 本) TR 主変圧器  
CF フィルタコンデンサ RS 安全抵抗 RD 分調抵抗  
RM 電圧測定抵抗 CR コントロールロード (8 本) LG ライトガイド (2 本)  
CP ターミングパイプ (2 本) TA 加速電圧電流 RL 制限抵抗

図 2.3 500 kV 高電圧回路のブロック線図  
Fig. 2.3 Circuit of 500 kV E. H. T. generator.

をごく簡単に述べる。出力負荷電流をとった場

合、交流側、直流側とも各段のコンデンサにかかる電圧は負荷電流のために降下する。交流側、直流側の全電圧降下は各段あたりの電圧降下から求められ、それぞれ  $\Delta U_s$ ,  $\Delta U_g$  とすると、負荷電流  $I_0$  を流した場合の出力電圧  $U_0$  は

$$U_0 = (2NU_0 - \Delta U) \cdot F$$

$$\Delta U = \Delta U_s + \Delta U_g$$

となる。<sup>(1)</sup> ここで、 $N$  は段数、 $U_0$  は交流入力電圧の振幅である。 $F$  は各段の交流側、直流側コンデンサの間に存在する浮遊容量を考慮に入れた場合の係数で、浮遊容量と各段のコンデンサの容量との比で定まる。段数  $N=5$ 、電源周波数  $f=960$  c/s、コンデンサ容量  $C=0.015$   $\mu$ F、負荷電流  $I_0=3$  mA、入力交流電圧の振幅  $U_0=80$  kV などの値を用いて計算すると、出力電圧  $U_0=585$  kV となるから交流入力電圧の主変圧器の高圧側出力は実効値 60 kV で十分である。加速器としてではなく高電圧発生用の整流回路としてのテストでは 600 kV まで十分昇圧できた。

高電圧発生部の回路をフィルタコンデンサ塔とともに図 2.3 にブロック図として示した。高電圧発生時に放電が生じた場合、各機器にサージ電圧がかかり事故をひきおこすことがある。事故を起こしやすいのは主変圧器の二次側巻線およびラッシングの絶縁破壊、高電圧にいちばん近いセレン整流器、高電圧側の安全抵抗などである。放電を起こす原因のほとんどは加速管であり、加速されるビームが加速管の円筒電極に当たり、その際に放出される二次電子の増殖が放電の原因になっている。放電をしてもサージ電圧から機器を保護するため図 2.3 に示す位置に放電ギャップをもうけている。放電ギャップのギャップ距離は定常状態のときにかかる電圧の 2~3 倍の異常電圧がかかった際に放電するようにしてあり、放電時には各放電ギャップとも同期して放電し、すべてのコンデンサは放電ギャップで短絡され、ただちにその電荷を放電してしまう。このような放電ギャップを設けることによって各機器の放電時の事故はほとんどなくすることができた。

高電圧発生塔の上部には 500 kV の高電圧電極が配され、その内部には高電圧側での電源を供給する 10 kVA の 60 c/s 交流発電機、自動電圧調整器、イオン源レンズ用の高電圧電源などをおさめている。60 c/s 交流発電機は高電圧発生塔の接地側から絶縁ベルトを駆動して回転させている。

## 2.2 フィルタ・コンデンサ塔

この加速器ではイオン・ビームの加速は 100  $\mu$ s のパルスで行ない、しかも波高値で 100 mA をこえる電流をとるため出力電圧の脈動が大きくなる。したがって高電圧発生部とは別に高圧用コンデンサでフィルタ・コンデンサ塔を設置した。フィルタ・コンデンサは容量 0.015  $\mu$ F のガイシ形のものであり、これら 16 個を 4 段で 4 本柱に積み上げてフィルタ塔とした。パルス電流をとった場合の電圧降下は

$$\frac{\Delta V}{V} \approx \frac{\tau}{RC}$$

であり、200 mA のパルス電流をとった場合には、その 100  $\mu$ s のパルス時間中ではビームのインピーダンスが等価的に  $R=2.5$  M $\Omega$  となるから、電圧降下  $\frac{\Delta V}{V}$  は約 0.26% となる。

4 段のコンデンサ塔は、10 M $\Omega$  の抵抗 250 個をラセン状に組み合わせ油に含浸し、2,500 M $\Omega$  の高抵抗としたもの 4 個で等分割に電圧配分されている。この各段の電位はそのまま安全抵抗とおして加速管の各電極につながれている。さらに高電圧測定用の抵抗も分調抵抗と同一構造のものであり、5 M $\Omega$  を 1,000 個使用し全体で 5,000 M $\Omega$  としてフィルタ塔の中心部に設置されている。このほかフィルタ塔にはイオン源操作用の絶縁駆動棒、光信号を送るための光ガイド、イオン源冷却用の冷却パイプなどもいっしょに組み込まれている。

フィルタ塔の上部高圧電極にはイオン源およびこれに関する電源回路、水素ガス供給系、レンズ電源の一部などが内蔵されている。イオン源の調整は比較的ひんぱんに行なわれるものであるから、この電極の内部には簡単に人がはいって作業ができるよう十分な空間をとっている。加速管の一端はこのフィルタ塔によってささえられるので構造的にも十分の強度があることが必要とされる。

## 2.3 イオン源<sup>(2)</sup>

P.I.G. イオン源はパルス運転に適し、安定で効率のよい長寿命のイオン源として、現在世界各地の線形陽子加速器の入射器に用いられている。

P.I.G. 形イオン源の動作機構の原理は、水素ガスに電子を衝突させてガス分子が電離してできたプラズマから、陽子を電界で引き出すもので、構成各エレメントの最適状態が要求される。



低ガス圧中で、比較的低い仕事関数で電子を放出する物質の陰極と、陽極との間にパルス電界を、さらにその軸方向に磁界をかけると、陰極を発した電子はラーモアの半径で回転運動をする。電子は回転運動によってガス分子との衝突をかさね、ガス分子を電離し、ついには電離エネルギーを失って陽極に達するまでの放電過程を多数回繰り返して、プラズマを形成する。軸方向磁界は、衝突回数を増大させ、電流密度の高いアーク放電で安定した放電電圧を維持するのに役立つ。

冷陰極を用いる P.I.G. 形イオン源の放電電子の供給はおもに強電界放出による。これは多数の陽イオンが陰極表面にきわめて近いところにあることから陰極表面に強電界が発生することによる。

実際の P.I.G. 形イオン源のアーク放電箱としては、内径 15mmφ、長さ 25mm のステンレス製筒形の陽極とその軸に垂直な上下面に対向した 15mmφ、0.5mm 厚の 2 枚のアルミ製陰極を用い、軸方向に最高 1.5 kG の静磁界をかける。これは放電箱の外部に軟鉄心を用いた電磁石で、ポール・ギャップにアーク放電箱を入れた形の磁路で十分な磁界をうることができる。

プラズマ形成に際しては、磁界は強度だけでなくその分布が重大な要素になるため、実験の結果上部ポール面に適当なくぼみを入れ磁力線がポール周辺に集中するようにし、アーク放電の安定化をはかった。

陽極はステアタイト板で絶縁ならびに固定され、アーク・パルサからパッシングをとおしてパルス電圧が印加される。上下陰極は磁界分布をきめる軟鉄リングで固定され、下部陰極には引き出しカナルがあり、引き出し電極により陽子を取り出す。

アーク放電箱には、そのほかガス・ポンプからパラジウム・リーク管をとおして水素ガスを任意の一定のガス圧で導入するガス導入口と、アーク放電箱中のガス圧を測定するサーミスタ真空計が取り付けられている。

実際のアーク放電箱の略図を図 2.4 に示す。

## 2.4 加速管

加速管は、今までに製作してきた経験を生かして<sup>(1)</sup>、集中電界形の同径同軸円筒電極を採用し、ビームおよび二次電子で加速管絶縁ガイシ内面が汚れないよう電極はかま(棒)を使用している。全体の構成を図 2.5 に示す。引き出しギャップ、第 1、第 2 ギャップ

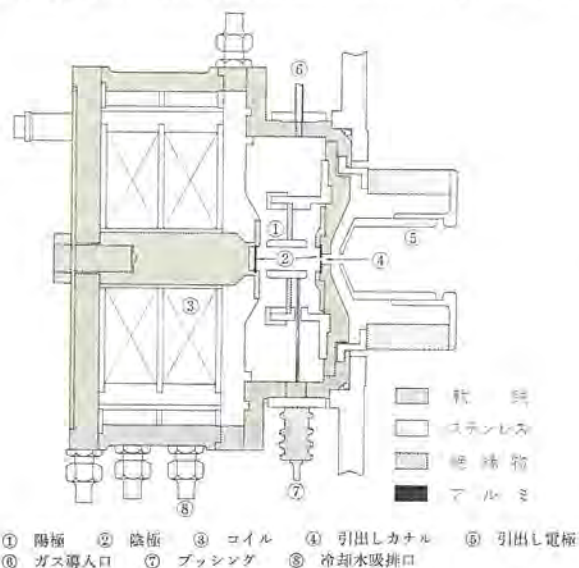


図 2.4 P.I.G. 形イオン源  
Fig. 2.4 P.I.G. type ion source.

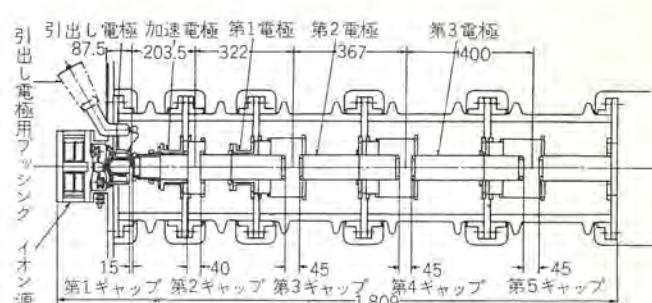


図 2.5 加速管概略図  
Fig. 2.5 Schema of accelerating column.

を除く他のギャップ幅はすべて 45 mm である。イオン源改良にともない、各種の比較実験が行なえるように引き出しギャップは可変、加速電極のイオン源側にはメッシュを入れて第 1 ギャップの集束力を増すことができる構造になっている。

この加速器は線形陽子加速器の前段加速器として使用するので加速管は水平方向に設置したが、重量軽減のためガイシ真空容器は今までに製作したものに比べて小さいものにした。

電圧は第 1 電極から第 3 電極までを加速管の段数に合わせたフィルタ塔の各段から供給し、空気中のコロナ放電が少なくなるようフィードとして 30 mmφ のアルミ・パイプを使用した。フィードのそれぞれには 1.5 MΩ の安全抵抗をそう入してある。

引き出しおよび加速電圧はフィルタ塔電極内の電源で供給し、それぞれ 0～50 kV、0～60 kV の範囲内で可変である。

## 2.5 真空排気系

加速管およびビーム・ダクト系の排気には 10 インチの油拡散ポンプ系を利用している。10 インチ油拡散ポンプの低真空側は 200 l/min の油回転ポンプ 2 台を並列に用いている。この排気装置の排気速度は  $10^{-4}$  mmHg 程度の真空度では 3,000 l/sec であるが、 $10^{-5}$  mmHg 程度になると 2,000 l/sec におちる。到達真空度は液体窒素トラップを併用して  $5 \sim 8 \times 10^{-7}$  mmHg に達する。油拡散ポンプの高真空側は液体窒素トラップ、10 インチゲート・バルブ、十字管継ぎ手などをへて加速管の一端につながる。それぞれのコンダクタンスの計算からゲート・バルブの先で約 1,000 l/sec、加速管入口部で約 600 l/sec の有効排気速度を持っているものと思われる。

イオン源を動作させず、加速管のみの排気ではゲート・バルブ先で  $8 \times 10^{-7}$  mmHg、イオン源側加速管終端部で  $1.5 \times 10^{-6}$  mmHg の真空度を示している。イオン源を動作させてパラジウム・リークにより水素ガスを流すとゲート・バルブ先で  $1 \times 10^{-5}$  mmHg、イオン源放電箱中で 40～50 μHg 程度の真空度となり、推定される排気速度から逆算して、水素ガス流量 50 cc/h 程度と推定できる。これは 100 気圧水素ポンプから 2 気圧に減圧し、さらにパラジウム・リーク 3 本を並列に使用して流したガス流量として適当な値と思われる。加速管とイオン源放電箱中の真空度の差は 2～3 mmφ のカソード・カナルによって生じ、放電箱中での真空度を適当な値 40～50 μHg に保っても、加速管中ではかなりよい真空度となっており、加速管中での放電などをひきおこさない。

加速管から引き出されたビームを真空ダクトで導いて電流値測定、電流波形測定さらに集束状態の観測などを行なう。この真空ダクト系の真空度も  $10^{-6}$  mmHg 台の真空に保たれており、ビームのトランスポートには問題はない。線形陽子加速器への入射器として使用する場合にはこの部分にさらにステアリング電磁石、パンチャ、エミッタンス・アクセラタンス整合用 4 極電磁石トリプレットなどとともに 4 インチ系の補助真空排気装置もつけ加わる。



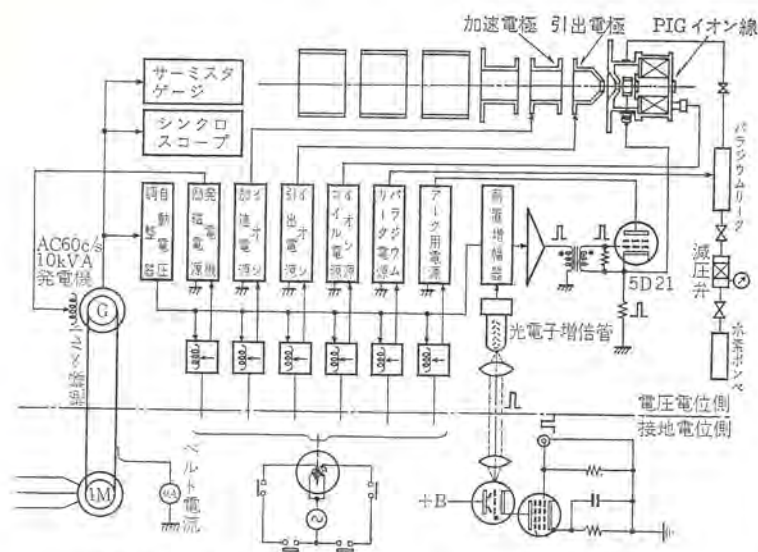


図 2.6 遠隔操作系統のブロック線図  
Fig. 2.6 Remote control system block diagram

## 2.6 制御系

コッククロフトの運転、イオン源の動作などはすべて遠隔制御によって制御室から行なわれる。

イオン源の運転には次のような電源が必要である。

- a. パラジウム・リーク 用電源
  - b. 励磁用 コイル 電源
  - c. アーク 電源
  - d. 引出し 電源
  - e. 加速 (集束) 電源
- これらのほかに電源ではない。
- f. アーク・パルサ
  - g. 増幅器
  - h. 光電子増倍管

などがあり、これらに必要な電力は高電圧発生塔電極内に設置した 60 cs, 10 kVA の自励交流発電機から供給される。交流発電機は 2 本の絶縁ベルトを介して接地電位側におかれた 15 kVA の三相誘導電動機によって駆動されている。ベルトは 500 kV 印加したときの抵抗値が  $5 \times 10^9 \Omega$  程度に保つようにしてあり、高電圧運転中も常にベルト抵抗値は監視されている。

a-e の各電源は、必要な出力ビーム電流に応じてその定数を選択する必要がある、しかもその操作は高電圧発生時に行なうことが要求されるので各電源のスライダックなどはアクリルの絶縁駆動棒によって調整できる。この絶縁棒は接地電位側に固定した可逆転モータによって駆動され、高電圧電極内に設置した各電源の電圧電流などを、I.T.V.によって監視しながら、制御盤の押しボタンで操作する。I.T.V. はもちろん接地電位側におかれており制御室から遠隔操作されている。図 2.6 は遠隔操作の系統図である。

イオン源のパルス運転はすべて制御盤から操作でき、したがって測定器およびそのほか各種機器との同期信号は制御盤から容易に与えることが可能になっている。この系統はパルス信号発生器から送信するパルス電圧を、フィルタ塔下に設けた光変調放電管によって光パルスに変換し、レンズによって集束したパルス光信号を絶縁光ガイド筒によって高電圧側に導き、これを光電子増倍管で受信してふたたびパルス電圧に変換したのちパルス波形を整形し、電力増幅してパルス・トランスで絶縁した5D21によって電流増幅してイオン源の陽極にパルス電圧を印加する。

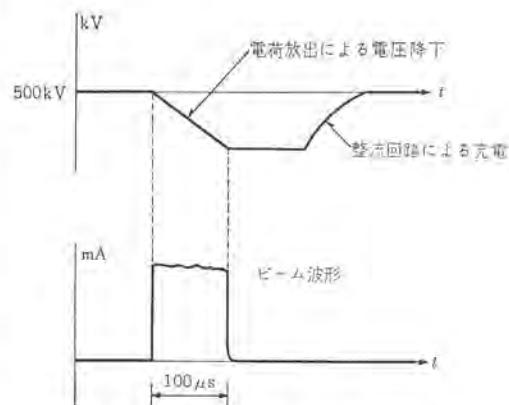


図 2.7 パルス状イオンビームを放出した場合の  
コンデンサ塔電圧の降下の様子  
Fig. 2.7 Pulse current and high voltage drop.

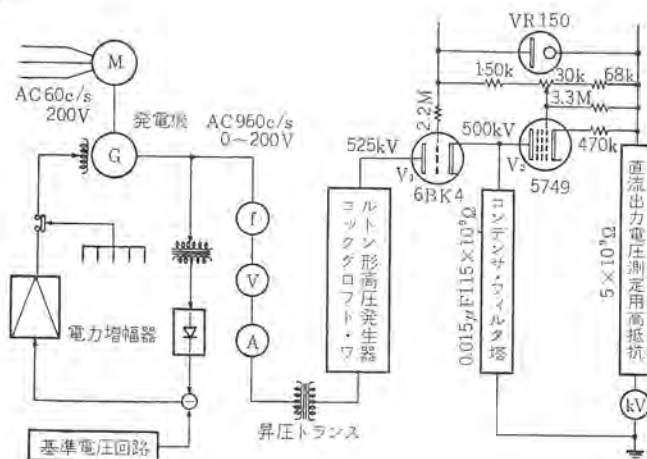


図 2.8 500 kV 出力電圧の安定化制御系統のブロック線図  
Fig. 2.8 500 kV high voltage stabilizer block diagram.

パルス的大電流のイオン・ビームを放出すると図 2.7 に示すような電圧降下が起こる。このような電圧の変化はビームのパルス幅に相当する時間内に生ずるので  $1\text{kc/s}$  程度の発電機を用いた整流回路の一次側に帰還する方式で制御することはできない。

ここでは次の点を考慮して安定化回路方式の選択をした。

- (a) 回路系統で電力の消費が大きくなるしない。
- (b) 空間的に大きくなるしない。
- (c) 特殊な配線、配管および部品を必要としない。
- (d) 複雑な調整を必要としない。
- (e) 出力電圧は 10% 程度可変であること。

その結果、交流発電機はそれぞれ自分で交流出力電圧を安定化させることにした。しかし安定化した交流電圧を昇圧、整流しても整流器の温度上昇や負荷変動のために安定な直流高電圧をうることができないので、フィルタ 塔に直列に電圧調整用 ビーム 管を用いて高電圧発生塔での電圧変動を吸収させることにした。図 2.8 はこの回路系統のブロック線図である。

### 3. 実験および結果

500 kV コッククロフト 形加速器の建設を終えてから、現在までの調整、運転経験などをもとにして、概略の報告をする。今後も調整、整備などを重ねて線形陽子加速器への入射器として十分な性能を発揮できるように力をそそいでいく。

### 3.1 電圧上昇テスト

500 kV の高電圧を装置全体に安定にかけるために問題となっ



たのは次のような点であった。

- (a) 高電圧発生塔電極内の 10 kVA 発電機の駆動に使用した絶縁ベルトの耐電圧性、とくに駆動時の耐電圧およびリーク電流。
- (b) 横形加速管へ電位配分のためのリード線のはり方。
- (c) 4 段 チョップ 加速管内での安定性。

(a) についてはベルトの素材、製法などによって使用不可能なものが多く出た。現在使用しているベルトも常温常湿ではリーク電流が多く  $\sim 1$  mA 程度の電流がベルトをつたって流れる。したがって使用中にかなりの温度上昇がおこり同時にコロナも発生した。しかしこの程度のベルトも特別な処理をして乾燥させると抵抗値も 10 倍程度まし、十分使用にたえることがわかった。ベルトの寿命は空気中の湿度に大きく左右されるが、機械的な強度がそこなわれない間は、乾燥処理をくりかえして使用できる。

(b) についてはリード線の太さとそれをはる位置がコロナの発生に大きく影響し、リード線として 30 mmφ のアルミ・パイプを使用し、空間の電位分布をみださないような位置に、しかもフィード間の距離を十分大きくとることでまったく安定になった。

(c) については加速管内部の電極間での初期放電が多かったが、長時間運転するとエージングの効果が現われた。電極間で大放電が発生する前にかなり長い間 (1~10 秒位) 放電の前ぶれがあり、この間に発生するイオンおよびそのときに電極から放出されるガスはイオン・ゲージの指示でも観測できた。放電の前ぶれの状態になれば、いったん電圧を少しさげてしばらく放置すると真空が回復するのでふたたび電圧を上げる。そうすると今度は先ほどよりも少し高い電圧で前ぶれがあらわれる。このような操作を繰り返して到達電圧を徐々に上昇させた。これをここではエージング効果と呼んでいる。加速管中での放電現象は  $10^{-6} \sim 10^{-8}$  mmHg の領域で最も起こりにくく、 $10^{-7}$  mmHg の領域のほうがむしろ放電を起こしやすいことを経験した。電極の素材はステンレス鋼であるが、パフ研磨したのちさらに電解研磨することでエージングの時間を短縮できた。現在では約 10 分でまったく安定に 500 kV まで上昇させることができる。

なお、ときたまビーム取出し時に、突然の変動で電極にビームがあたり、放電をひきおこすこともある。この放電でほかの機器が損傷しないよう 3 か所に放電 チョップ を設けて機器を保護することはさきのべたとおりである。

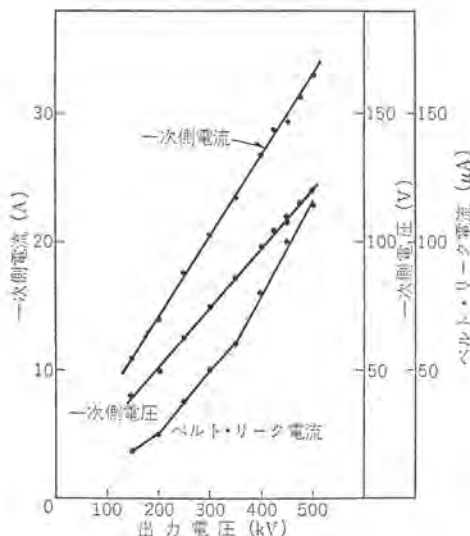


図 3.1 高電圧の発生  
Fig. 3.1 High voltage test.

最後にビームを取り出していないときの高電圧とベルト・リーク電流、主変圧器の一次側電圧および電流の関係を図 3.1 に示す。

### 3.2 高電圧の安定化

この陽子加速器はその用途のために、加速された陽子ビームのエネルギーが十分そろっていて、そのバラツキが 0.1% 以下であることが要求される。とくにこの装置は最終的に数 100 mA の陽子ビームをパルス的に加速することが予定されているので高電圧発生塔のほかにフィルタ・コンデンサ塔を設けて極力電圧の変動を防いでいる。しかしそれでもなお 100 mA, 100 μs のパルス・ビームを放出すると約 700 V に相当する電荷量を失うことになる。この負荷の増減による電圧変動のほかにライン電圧の変動による高周波発電機の回転数変化、発電機励磁電流のドリフト、セレン整流器の特性変化、室温上昇などの影響を受けて生じる高電圧のドリフトなど加速イオン・ビームのエネルギーを不均一にする要素は多い。

発電機励磁電流の制御には大電力増幅用トランジスタを使用しているが、不慮の事故によって 500 kV の電圧の放電が生じた場合にその誘導電圧が発電機励磁コイルに発生し、そのためにトランジスタが破壊し制御能力を失うことが考えられる。もしこのような事態になると過大の励磁電流が流れて発電機の出力電圧が異常に高くなり、出力高電圧が 500 kV をはるかに越えて放電をくりかえし、高電圧発生塔、フィルタ塔、電圧制御管、加速管などを過電圧のために破壊してしまうことが考えられる。このような事態をさけるためトランジスタは十分余裕のあるものを選ぶとともに十分の保護回路をつけておく必要がある。図 3.2 はトランジスタを用いた電力増幅回路をその保護回路とともに示している。次に電圧調整用ビーム管を用いた 500 kV 直流高電圧安定化回路について述べる。この回路は原理的には直流電圧測定用高抵抗 ( $5 \times 10^9 \Omega$ ) を負荷とする 100 μA 定電流回路を形成している。図 2.8 にこの回路の構成を示している。V<sub>1</sub> は電圧調整用ビーム管で、6BK4 を使用している。V<sub>2</sub> はリモート・カットオフ定電流特性管で 5749 を使用している。V<sub>2</sub> は制御グリッド電圧を一定に保っておく定電流特性を示すから、出力電圧が変化して電圧測定用高抵抗に流れる電流が変化すると V<sub>2</sub> のプレート電圧が大きく変化して 6BK4 のプレート電圧を制御する。これによって電圧測定用高抵抗を流れる電流を一定に保っている。電圧測定用の高抵抗が一定値 ( $5 \times 10^9 \Omega$ ) に保たれていれば、このことは出力電圧を一定 (500 kV) に保ったことになる。しかし室温の変化などにより抵抗値が変化すると出力電圧が変化する点に問題があるが、高抵抗は室温の影響をあまり受けないような構造にしている。図 3.3 は電圧測定用高抵抗を  $1 \times 10^9 \Omega$  に置き換えて試験した場合の電流変化を

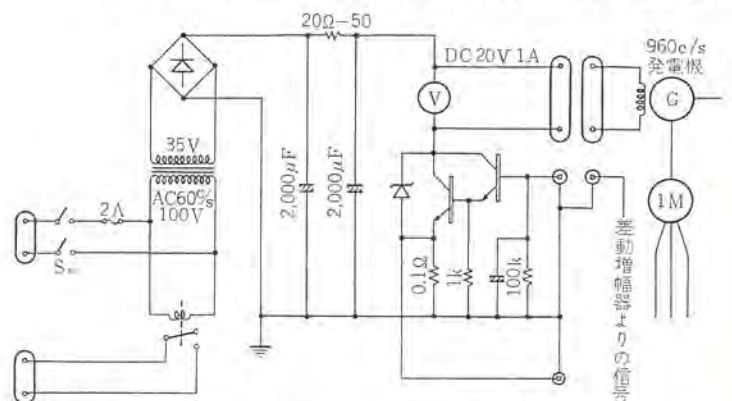


図 3.2 960 c/s 発電機励磁回路用電力増幅器  
Fig. 3.2 Power amplifier for exciter coil of 960 c/s generator.



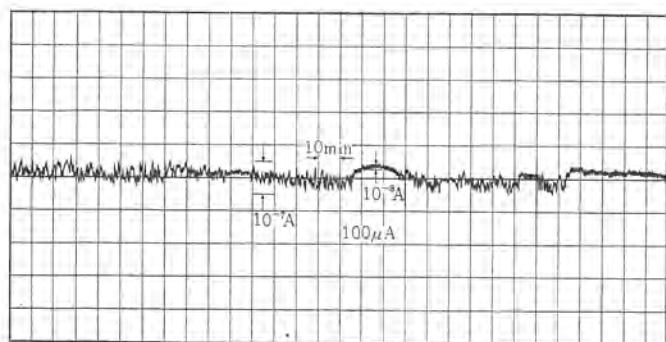


図 3.3 100  $\mu$ A 定電流回路の電流変動  
Fig. 3.3 Test of stabilizer.

示している。

### 3.3 イオン源の実験

従来の P. I. G. 形イオン源用アーク・パルスとして各所で用いられてきたものでは、アーク電流はたかだか 5 A 程度であったが、P. I. G. 形イオン源としては強いビーム強度をうることとビームの陽子含有比を増すことを目的として、従来にない強いアーク電流を安定して流せることを特長としたアーク・パルスを開発した。強いアーク電流を流すこととアーク波形をよくすることは矛盾するが、出力管 5D21 を 2 本並列に用いることおよびパルス・トランスを用いて立ち上がり時間を短くすることで解決し、アーク電流 20 A で立ち上がり時間 5  $\mu$ s 以下のアーク・パルス波形をうることができた。アーク放電は放電電圧約 350 V で安定に維持できる。アーク電流値は出力管の陽極電圧を制御することで行なうが、アーク電流値に対するビーム電流値の変化の様子は、引出しカナル各 2, 3 mm $\phi$  の場合について図 3.4 に示されている。ビーム電流は引出しカナルから 180 mm の位置で、35 mm $\phi$  の筒形ファラデー・カップに、2 次電子制限用の永久磁石をとりつけて測定したものである。2 mm $\phi$  の場合にはアーク電流 20 A までビーム電流値はほぼ比例的に増すが、3 mm $\phi$  の場合にはアーク電流 6 A でビーム電流値の飽和がみられる。引出しカナル 4 mm $\phi$  まではビーム電流はカナルの直径に対して 2 次関数的に増大することを実験的に確認したが、同一引出し電圧で引き出す場合、カナル直径が増すにつれてビームの広がりが大きくなり、引出し電極にあたるビーム量が増し、引出し電圧の降下をきたすためビーム波形にサグがあらわれる。したがって引出しカナルを広げた引出し系でサグのないビーム波形をうるためには、さらに高い引出し電圧を必要とする。引出しカナルの大きさは加速管の真空度とも関係するからその大きさには制限がある。放電箱中での最適アーク放電を持続するためのガス圧と加速管中で、許される真空度との兼ね合いでカナルの大きさは 3 mm $\phi$  が限度である。

次にアーク電流をパラメータにして、引出しカナル 2, 3 mm $\phi$  の各場合の引出し電圧に対するビーム電流の変化の様子を図 3.5 に示す。各アーク電流値での引出し電圧に対するビーム電流値の変化の様子をみると、ある点まではビームは増大するが、それ以上では飽和する。この飽和点までは、ビーム空間電荷制限領域で増大していく。引出し系の幾何学的条件は引出しカナルの大きさ、厚さ、引出し電極の形状などを総合したもので、これらによって引出し系のパービアンスが決定される。

アーク放電波形、ビーム電流波形の一例として、パルス幅 50  $\mu$ s、繰返し 200 pps、磁界 700 G、ガス圧 35  $\mu$ Hg、アーク電流 4 A でのアーク放電波形と、カナル 3 mm $\phi$ 、引出し電圧 -50 kV で得

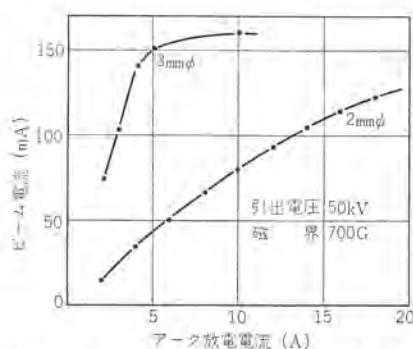
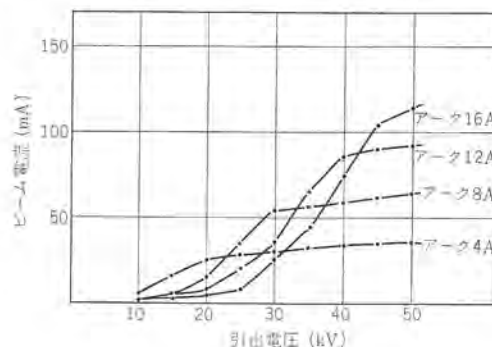
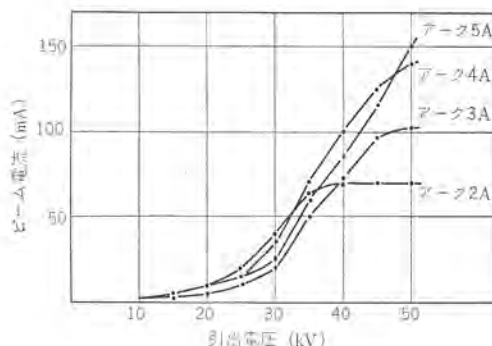


図 3.4 アーク放電電流によるビーム電流の変化  
Fig. 3.4 Beam current vs Arc discharge current.



(a) 引出カナル 2 mm $\phi$   
磁界 700 G



(b) 引出カナル 3 mm $\phi$   
磁界 700 G

図 3.5 引出し電圧によるビーム電流の変化  
Fig. 3.5 Beam current vs extract voltage.

られるビーム波形とを図 3.6 (a), (b) に示す。

磁界による効果は、最適使用状態があり、弱過ぎても強過ぎてもアーク放電は不安定になり、300~800 G で安定となる。<sup>(2)</sup> ガス圧による効果は同じく最適使用範囲があり、低過ぎると発振し、高過ぎるとプラズマまで発展しない放電を起こす。<sup>(2)</sup>

放電の機構に関与する陰極表面の状態はたいせつで、油拡散ポンプの油によるよごれは陰極の寿命を短くするので、油のトラップには常に注意が必要である。また、陰極表面の酸化皮膜に好影響をおよぼすものとして、ガス中に空気を数%混入すると、陽子存在比は数%おちるが安定なアーク放電が得られる。ガス圧の最適使用範囲は 30~60  $\mu$ Hg で、加速管をへたゲート・バルブの先で  $1 \sim 1.5 \times 10^{-5}$  mmHg である。

陽子存在比は分析電磁石を用いて調べた。分析電磁石で曲率半径  $\rho$  で曲げられたビームはファラデー・カップで測定される。分析電磁石の励磁電流に対してビームのスペクトラムをとったのが図 3.7 である。H<sub>2</sub><sup>+</sup>、H<sub>3</sub><sup>+</sup> の存在比はアーク電流が増すにしたがって減少す



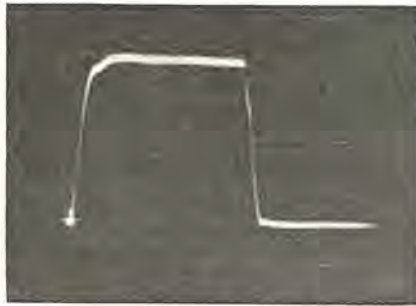


図 3.6 (a) アーク放電電流波形  
Fig. 3.6 (a) Arc discharge current wave.

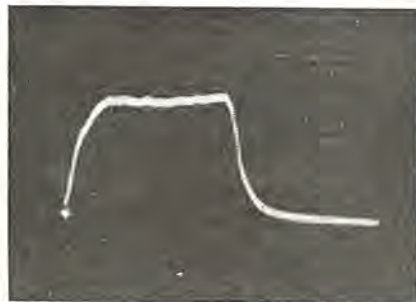


図 3.6 (b) ビーム電流波形  
Fig. 3.6 (b) Beam current wave.

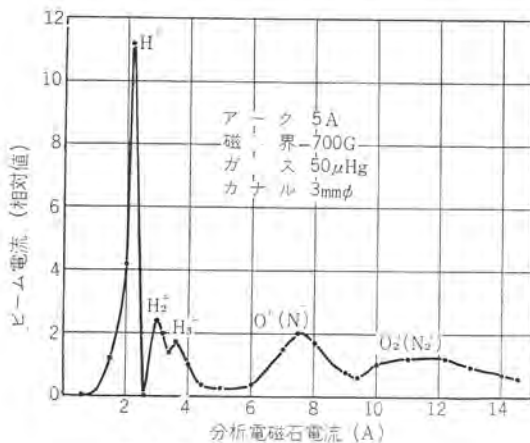


図 3.7 P.I.G. 質量スペクトラム  
Fig. 3.7 P.I.G. Mass spectrum.

るが、陽子存在比はアーク電流 10 A までは増大する傾向を示す。アーク電流 10 A 以上での陽子存在比はほぼ 75% である。

P.I.G. イオン源の寿命は、陰極表面の寿命によるが、油の蒸着を防ぐこと、数 % の空気を混入することで、ほかの熱陰極形イオン源にくらべ、半永久的といえるほど長い。

このような P.I.G. イオン源で最高使用条件で最大ビーム電流 160 mA をうることができた。大きなビーム電流を得ようとすると、引出しカソードを大きくする必要があるが、したがってエミッタンスの悪いビームになる欠点はあるが、普通使用状態で消費電力 500 W 以下の高効率な、安定でしかも寿命の長い、操作の簡単なイオン源として有利である。

### 3.4 ビームの加速

この加速器は線形陽子加速器への入射器であるから、加速され

たビームの次のような性質を知っておく必要がある。

- 波形
- 軌道の集束性
- エミッタンス (座標とコウ配を位相空間で表現したもの)
- 陽子存在比
- 電流密度の分布
- エネルギー

これらの諸量は大部分イオン源のパラメータに依存しており、とくに、a. b. c. はイオン源の特性の延長である。その意味で前段加速器まで含めて、大イオン源といってさしつかえない。

現在、実験は進行中で上記のすべてをつかむデータの蓄積にはいたっていないが、a. d. についてはイオン源のところで述べた結果と大差ないと思われる。

ここでは線形陽子加速器への接続のとき最大の課題となるビームの集束について述べる。線形陽子加速器のイオン光学上の物点となる点 (加速管の第 5 キャップ中心から約 2.3 m の位置) にビーム観測装置をおき、この点での集束をしらべた。

ビーム集束の実験中は、加速管の放電の心配および漏れ X 線の心配などを少なくするため、ビーム電流を少なくし、現在波高値で 10 mA 程度を加速している。したがってイオン源は出力をずい分おとして余裕のある使いかたをしている。実験が進み調整が順調にいくにつれて加速電流を増大する方向にもっていく。

よく知られているように、同径同軸円筒電極の静電界は弱レンズ近似でおきかえられる。<sup>(1)</sup> 第 1~第 3 電極の電圧は固定であり、第 3~第 5 キャップのレンズ諸値は表 3.1 に示すようになる。

表 3.1 第 3~第 5 キャップレンズ諸値 (単位 mm)

キャップ番号	$r$	$F_0$	$F_1$	$H_0$	$H_1$	$U$	$V$
5	500/375	-3,220	+6,000	-289	-311	+6,640	+2,274.5
4	375/250	-2,525	+3,160	-202	-223	-4,620	+6,974
3	250/125	-859	+1,205	-117	-138	-673	-4,328

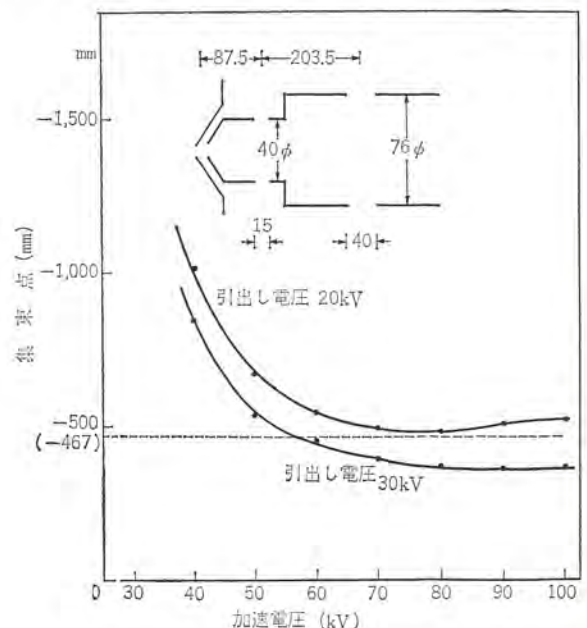


図 3.8 第 1 キャップおよび第 2 キャップ通過時の集束点 (第 2 キャップ中心からの距離)  
Fig. 3.8 Focus point after passing through the 1st and the 2nd gap lenses.



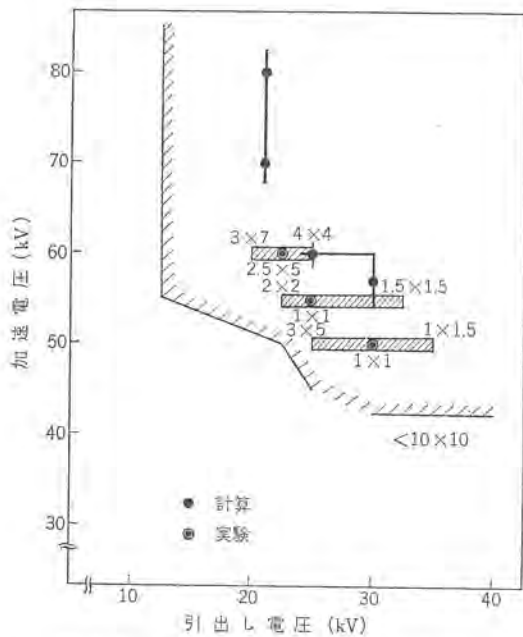


図 3.9 集束点の計算と実験の比較  
Fig. 3.9 Calculation and experiment of beam focus.

面の位置でファック中心から測った値である。 $F_0(F_1)$ ,  $U(V)$  は物点側(像点側)焦点距離, 物点(像点)位置とともにそれぞれの主面から測った値である。符号はビーム進行方向を正としている。表からわかるように観測点の石英板上に結像するための第3ファックの物点位置は  $-673\text{ mm}$  になり, これは第2ファックの像点が  $-467.5\text{ mm}$  にあることに相当する。最初の物点が引出しファックの中心にあるとして, 引出し電圧, 加速電圧を変えたときの像の位置は図 3.8 のようになり, 得たい集束状況は引出し電

圧  $-30\text{ kV}$ , 加速電圧  $-60\text{ kV}$  の近くでみたされ, ビームは石英板に至るまでにちょうど半周期の運動をする。

理論と実験は図 3.9 に示すようによい一致を示している。出力電流と途中で失われるビームに相当する漏えい X 線量率を測定し集束の状態, 加速効率などを調べた。実験結果から, 加速電圧  $-50\text{ kV}$  のときに出力電流が多く, 同時に途中で加速管にあたるビームも少なく, 最良の集束が行なわれていることがわかった。ビームの図形は中心に  $1\sim 1.5\text{ mm}\phi$  の心があり, そのまわりにもビームが広がっている。

#### 4. む す び

500 keV コッククロフト形加速器の概略を紹介したが, 前段加速器の使命は, つぎにつながる線形陽子加速器に所定のエネルギーでビームを入射することである。したがってほんとうの成果は線形陽子加速器の完成をまって, 総合運転をしなければわからない。

そういう意味で, 今回は中間報告的な紹介のみにとどめた。線形陽子加速器は, 昭和39年度の通産省補助金の交付をうけて目下完成を急いでいる。<sup>(3)</sup>

今後, 総合運転を行ないつつ, 前段加速器として残された問題点を研究していく必要がある。

(昭 40-9-20 受付)

#### 参 考 文 献

- (1) 今村, 後藤ほか: 300 keV 中性子発生装置 「三菱電機」 36, 866 (昭 37)
- (2) 今村, 後藤ほか: イオン源の研究 「三菱電機技報」 38, 1653 (昭 39)
- (3) 今村, 後藤ほか: 線形陽子加速器の建設計画 「三菱電機技報」 38, 1700 (昭 39)



## 小形直流モータ界磁用バリウムフェライト磁石の磁束計算

綱 島 芳 和\*

Magnetic Flux Calculation of Barium Ferrite Magnets  
used for the Field of Small D.C. Motors

Ofuna Works Yoshikazu TSUNAJIMA

It is necessary to make troublesome calculation on magnetic circuits to obtain magnetic flux  $\Phi$  of barium ferrite used for the field of small DC motors, but the values worked out in the past were full of errors. In the barium ferrite for the field magnet, the method of magnetization has a vital effect on  $\Phi$ . With proper changes on the magnet shape the magnetizing method and the gaps  $\Phi$  was measured and, as a result, a simple formula has been obtained to calculate the magnetic flux. This formula enable us to obtain  $\Phi$  easily through the substitution of the values of the dimensions of inside radius, the height, and the width of magnet, the outside radius and the height of armature core, the gaps between the core and magnets and the core angle for magnetization. In applying this new method, the errors found were only within 10% from the actual values.

## 1. ま え が き

酸化永久磁石材料のバリウムフェライトを界磁に用いた小形直流モータは、乾電池または蓄電池を電源とする携帯用電気機器や電装品などに多数使われている。バリウムフェライト磁石を界磁に用いる長所は、モータとしての効率の高いこと、磁気特性として減磁が起こりにくく組み立てに便利なこと、その製造技術が進歩して大量に、均一な性能を供給し得ることなどである。

さてモータを設計するにあたり、特性を表わす逆起電力、回転数、トルクなどは下記の式で示されるように磁束値がわからなければ計算できない。

$$E_m = \frac{z}{c} \cdot \Phi \cdot P \cdot \frac{N}{60} \times 10^{-8} \quad (1.1)$$

$$T_M = 1.62 \times \frac{z}{c} \cdot \Phi \cdot P \cdot I_a \times 10^{-8} \quad (1.2)$$

ただしここに

$E_m$ : 逆起電力 (V)       $T_M$ : モータの発生トルク (g-cm)

$z$ : 電機子導体数       $c$ : 電機子回路数

$N$ : 回転速度 (rpm)       $P$ : 極数

$\Phi$ : 毎極磁束 (Mx)       $I_a$ : 電機子電流 (A)

しかるに、バリウムフェライトを界磁に用いる際の磁束計算の方式はまだ確立していない。一般に磁気回路の磁束計算は次のように行なわれる。<sup>(1)</sup> すなわち、漏れパーミアンス  $P_L$  と有効パーミアンス  $P_g$  をそれぞれ計算し、これから漏れ係数  $\sigma$  を

$$\sigma = 1 + \frac{P_L}{P_g} \quad (1.3)$$

から求め、つぎにパーミアンス係数  $p$  を次式から算出する。

$$p = (P_L + P_g) \frac{L_m}{A_m} \quad (1.4)$$

ただしここに

$L_m$ : 磁石の長さ (cm)       $A_m$ : 磁石の断面積 (cm<sup>2</sup>)

さて  $p = B_d/H_d$  であるから、磁石の B-H 曲線から  $B_d$  が容易に得られ、これから磁束  $\Phi$  は

$$\Phi = \frac{B_d A_m}{\sigma} \quad (1.5)$$

によって得られるのである。ところがこれらを界磁用磁石に適用した場合は、電機子鉄心の面積と磁極の面積が異なるとパーミアンスの計算が複雑になり、誤差が大きくなる。さらに磁石の形状や着磁の方式によっても磁極面積の算定、磁石の長さの算定がむずかしく、磁束値に著しい影響があるので、上記の方法では磁束計算を容易に行なうことは困難であり、また誤差も大きくなる。したがって、従来は試作機の実測値から類推している状態であった。<sup>(2)(3)</sup>

筆者は複雑な計算を避け、簡単な計算で磁束を求めることができるように、磁石の着磁方式、寸法、間隔などを変えて磁束の変化を調べ、これらの影響を簡単な式で表わすことができた。

## 2. 試料および実験方法

## 2.1 バリウムフェライト磁石

界磁用バリウムフェライト磁石の磁気特性は図 2.1 に示したがこの実験には OP-S1 磁石を用いている。

## 2.2 界磁用磁石の形状

界磁用磁石は図 2.2 にみるように、円筒状と円弧状とがある。実験にはおもに 4.0  $\phi$   $\times$  2.5  $\phi$   $\times$  2.0 cm の寸法の磁石を用い、磁石の外面を包む鉄外筒の厚さは 0.4 cm とした。

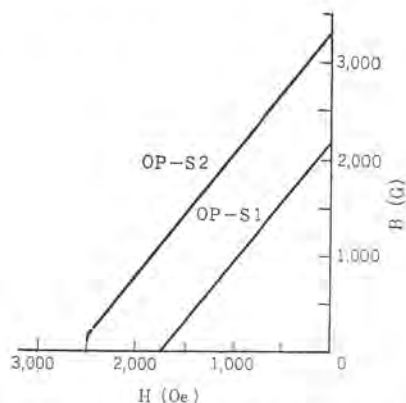


図 2.1 バリウムフェライト磁石の磁気特性  
Fig. 2.1 Magnetic characteristics of barium ferrite magnet.



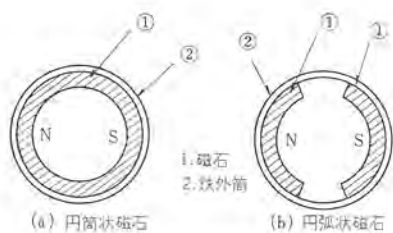


図 2.2 界磁用磁石の形状  
Fig. 2.2 Shape of field magnet.

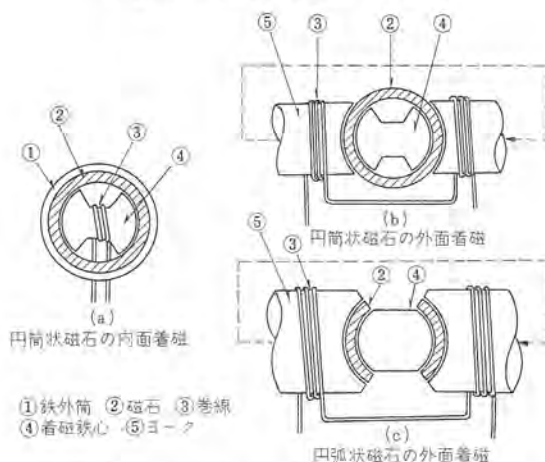


図 2.3 界磁用磁石の着磁方法  
Fig. 2.3 Magnetizing methods of field magnets.

### 2.3 磁石の着磁

磁石の着磁方式は図 2.3 に示すように、内面着磁 (a) と外面着磁 (b) (c) にわけられる。内面着磁では起磁力と着磁鉄心の角度  $\theta_f$  が問題である。一方外面着磁では磁極、鉄心の形状が問題である。

### 2.4 磁束の測定

界磁用磁石の内面にリーチコイルを巻いた鉄心をそう入し、すみやかに引き抜くか、または内面で  $180^\circ$  回転させるかして磁束変化を与え、これを磁束計で読みとる。鉄心は着磁鉄心、測定用の円柱状鉄心と電機子鉄心にわけられる。

## 3. 実験および結果

### 3.1 着磁方式と磁束

着磁方式を変え測定の際の鉄外筒の有無の磁束への影響をみた

表 3.1 着磁方式の磁束に及ぼす影響

磁石の形状	着 磁		測 定	
	方 式	鉄外筒の有無	鉄外筒の有無	磁束 (Maxwell)
円筒状	図 2.3(a)	あり	あり	15,000
		なし	なし	9,900
	図 2.3(b)	あり	あり	14,000
		なし	なし	9,400
円弧状	図 2.3(a)	あり	あり	10,100
		なし	なし	2,900
	図 2.3(c)	あり	あり	12,000
		なし		11,800

のが表 3.1 である。内面着磁を行なった円筒状磁石で着磁、測定の際にも鉄外筒を付けたものが最も磁束が大きい。円弧状磁石では鉄外筒を付けて内面着磁したものが、これより 20% 磁束が低下する。

### 3.2 磁束分布

種々の界磁用磁石で鉄心を抜き去った内面の磁束分布を、ガウスメータで測定した結果は図 3.1 に示した。図 3.1(a) は着磁鉄心の角度がそれぞれ  $125^\circ$ 、 $50^\circ$  で内面着磁した場合の磁束分布であり  $125^\circ$  の角度のものは中央部が陥没し M 字状を示す。図 3.1(b) は同一磁石で内面に外径 2.2 cm の円柱状鉄心をそう入したときの、間ガキの磁束分布を示したもので、鉄心のない状態で M 字状の分布だったものが平たくなる。注意すべきことは、平たん部の角度が着磁鉄心の角度とほとんど一致している点である。さらに図 3.1(c) は円弧状磁石についてであり、磁石の両端が中心となす角  $\theta_m$  が  $125^\circ$  である。鉄心のない状態と外径 2.2 cm の鉄心をそう入した場合の磁束分布を示したものであり、この場合は分布の上で著しい相違はみられない。

### 3.3 着磁鉄心の角度と磁束

円筒状磁石を内面着磁する場合の着磁鉄心の角度と磁束の関係は、図 3.2 に示すように直線的である。

### 3.4 磁石寸法と磁束

円筒状磁石の高さを変えた場合の磁束の変化を図 3.3 に示す。磁束は磁石の高さに正比例する。図 3.4 は磁石の厚さの影響を示したものである。磁束は厚さの増加でわずかに増す。図 3.5 は半月状磁石の  $\theta_m$  と磁束との関係を示したもので、磁束は角度に正比例する。

### 3.5 間ガキの影響

界磁用磁石と鉄心との間ガキの大きさ  $\delta$  と磁束の減少率  $\beta$  の

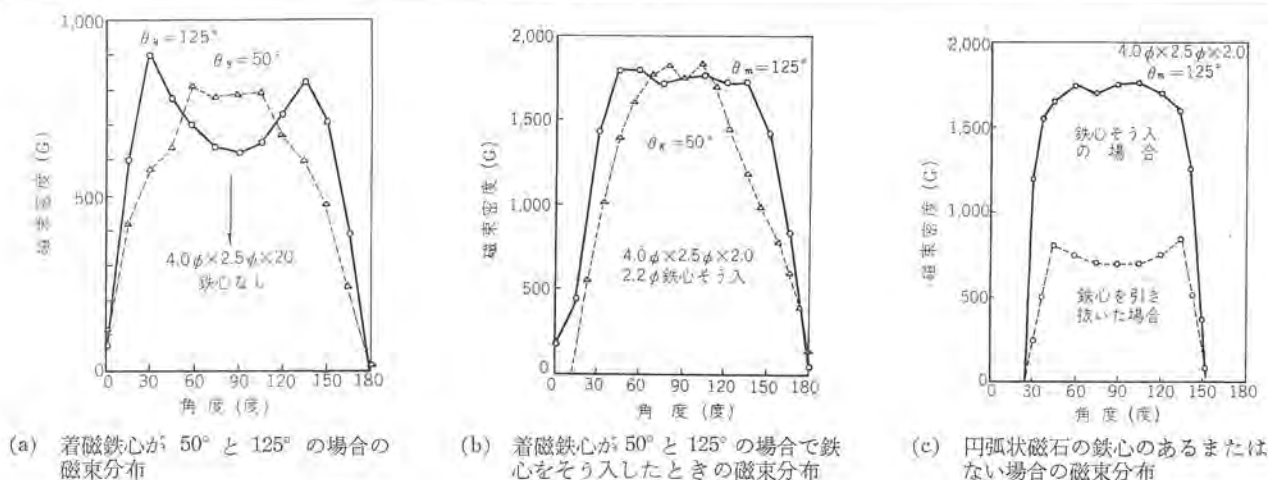


図 3.1 鉄心のあるまたはない場合の界磁用磁石の磁束分布  
Fig. 3.1 Magnetic flux distribution of field magnet with or without core.



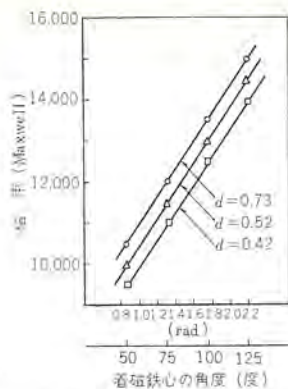


図 3.2 着磁鉄心の角および磁石の厚さと磁束の関係  
Fig. 3.2 Relation between magnetic flux to the angle of magnetizing core and magnet width.

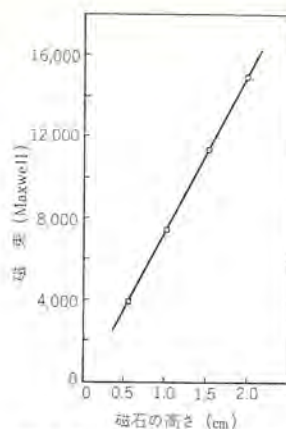


図 3.3 磁石の高さと磁束  
Fig. 3.3 Magnetic flux vs magnet height.

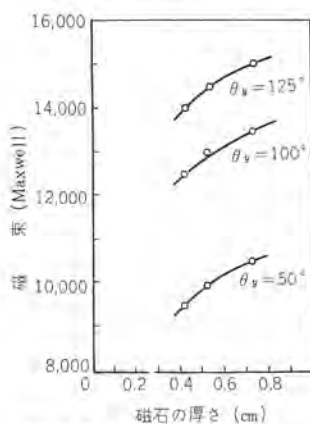


図 3.4 磁石の厚さと磁束  
Fig. 3.4 Magnetic flux vs magnet width.

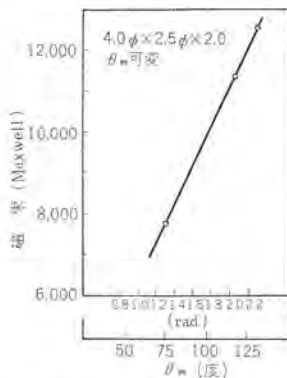


図 3.5 円弧状磁石の  $\theta_m$  と磁束  
Fig. 3.5 Magnetic flux vs  $\theta_m$  of segment magnet.

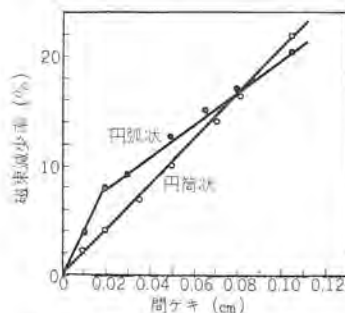


図 3.6 磁石と鉄心との間ギャクと磁束減少率  
Fig. 3.6 Flux decrease rate vs gap between magnet and core.

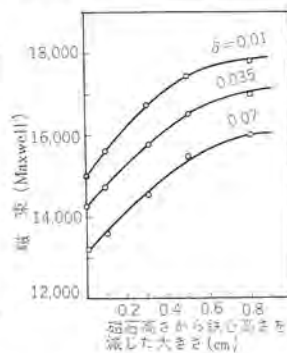


図 3.7 鉄心より高い磁石の高さと磁束  
Fig. 3.7 Magnetic flux vs height of magnet longer than core.

関係を図 3.6 に示した。円弧状磁石の場合はわずかの間ギャクで急速に磁束が減少するが、円筒状磁石の場合は間ギャクに比例する。ただしその割合はむしろ前者よりも急である。したがって減少率は下記のように表わせる。

$$\beta = 2.2 \delta \quad (\text{円筒状}) \quad (3.1)$$

$$\beta' = 1.3 \delta + 0.06 \quad (\text{半月状}) \quad (3.2)$$

ただし  $\delta \geq 0.02 \text{ cm}$

つぎに、磁石の高さが鉄心より高い場合の磁石の磁束への寄与を調べたものが図 3.7 である。これによると  $0.5 \sim 0.8 \text{ cm}$  までは磁束の増加に役だが、それ以上はほとんど影響しない。磁石の高さが著しく高いとき、鉄心の高さが同等の場合に比べ 20%

小形直流モータ界磁用バリウムフェライト磁石の磁束計算・綱島

程度磁束が増加する。

## 4. 磁束計算

### 4.1 $L_y \geq L_m$ で $\delta$ がほとんどない場合

内面着磁を行なった円筒状磁石で、磁石の高さ  $L_m$  より鉄心の高さ  $L_y$  が高いかまたは同じで間ギャク  $\delta$  がほとんどない場合について磁束の計算方法を考えてみる。

図 4.1 の状態で着磁したとすれば、着磁鉄心の  $\theta_y$  と磁極の中心となす角  $\theta_m$  は磁束分布の測定から一致するので、磁束値  $\Phi$  は磁石の  $B_r$  と断面積との積となる。ところがこの断面積は磁石の内面をとれば  $\gamma_m \theta_y L_m$  であるが図 3.4 にみるように厚さによって磁束は異なるので、磁石内面の断面積に補正を行なうとして次式により磁束を表わせる。

$$\Phi = (\gamma_m + \alpha d) \theta_y L_m B_r \quad (4.1)$$

ただし  $\alpha$  は  $\theta_y$  によってきまる定数である。

さて、 $\theta_y$  と  $\Phi$  の実測値から  $\alpha$  と  $\theta_y$  の関係を求めると図 4.2 に示すようになる。したがって磁束計算はこの逆を行ない、着磁鉄心の解度がきまれば図 4.2 から  $\alpha$  を求め、式 (4.1) に諸数値を代入して容易に磁束を求めることができる。

円弧状磁石の場合は、つぎの式 (4.2) がよく合致する。

$$\Phi = \gamma_m \theta_m L_m B_r \quad (4.2)$$

式 (4.1) との相違は磁束分布からもわかるように、円筒状磁石は着磁鉄心のあたっていない磁石の側面の部分も、漏れ磁束により磁化され、これが有効磁束となっている点にある。

### 4.2 $L_m \geq L_y$ で $\delta > 0$ である場合

図 4.3 は界磁用磁石の間ギャクのある磁気回路の計算のための説明図である。 $L_m = L_y$  の場合、全パーミアンス  $P_T$  は

$$P_T = P_0 + P_1 + P_2 + P_3 + P_4 \quad (4.3)$$

ただし  $\theta_m > \theta_y$

である。この中漏れパーミアンス  $P_1$  となるものは  $P_3$  だけである。したがって  $P_3 / (P_0 + P_1 + P_2 + P_4)$  は小さく  $\sigma \approx 1$  としてよいから

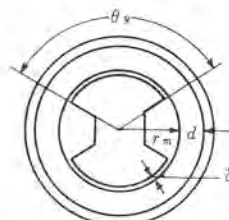


図 4.1 界磁用磁石の諸元  
Fig. 4.1 Dimension of field magnet.

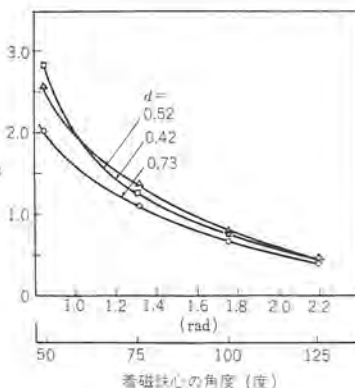


図 4.2 着磁鉄心の心と  $\alpha$   
Fig. 4.2  $\alpha$  vs the angle of magnetizing core.

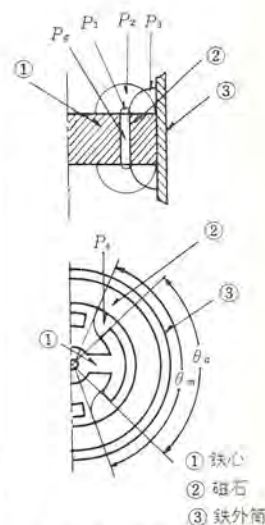


図 4.3 界磁用磁石の磁気回路  
Fig. 4.3 Magnetic circuit of field magnet.



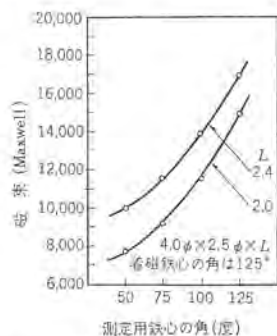


図 4.4 測定用鉄心の角と磁束  
Fig. 4.4 Magnetic flux vs angle of core for measurement.

間サキのために磁束値の変化するのは、式(1.4)によるパーミアンス係数による  $Bd$  の変化だけである。

一方  $L_m > L_y$  の場合もまったく同様である。この場合はとくに漏れパーミアンスは問題にならない。

さて、 $P_\theta$  は

$$P_\theta = \gamma_m \theta_y L_y / \delta \quad (4.4)$$

ただし  $\delta/\gamma > 0.02$

で表わされ  $\delta$  によって著しく変化することになる。

また  $P_\theta \gg P_1 + P_2 + P_3 + P_4$  であるから、磁束に影響するのは  $\delta$  だけであるとしてよい。図 3.6, 3.7 から磁束におよぼす  $\delta$  の影響は実験的に求められている。これらを総合すると鉄心が円柱状として、円筒状磁石について  $L_m$  が  $L_y$  に比べてずっと大きければ、磁束は次の式(4.5)、(4.6)で表わされる。

$$\Phi = (\gamma_m + \alpha P) \theta_y L_m B_r \times 1.2 \times (1 - 2.2\delta) \quad (4.5)$$

また円弧状磁石では

$$\Phi = \gamma_m \theta_y L_m B_r \times 1.2 \times (0.94 - 1.3\delta) \quad (4.6)$$

ただし  $L_m = L_y$  の場合は 1.2 が 1.0 であり、 $L_m$  が  $L_y$  に近い場合は 1.2~1.0 間の値をとる。

つぎに、鉄心の  $\theta_y$  が磁石の  $\theta_m$  より小さい場合について考えよう。図 4.4 は着磁鉄心の角を  $125^\circ$  にとり、測定用鉄心の角を種々にとったときの磁束の測定値を示したものである。これによると磁束は角度が小さくなるにつれて減少するが  $75 \sim 125^\circ$  の範囲では大体直線的とみられる。したがって、この範囲では式(4.5)(4.6)で  $\theta_m$  を  $\theta_a$  にとって磁束計算を行なって差支えないと思われる。

## 5. 考 察

### 5.1 磁石の着磁

着磁における起磁力と磁束との関係を、種々の厚さの円筒状磁石について求めたものが図 5.1 である。厚さが 0.52 cm 以上のものは十分に磁化しているとはいえないが、これ以上の起磁力はかけられない。今後、コイルの発熱を防ぎさらに大きな起磁石をかけることができれば、図 4.2 の  $\theta_y$  と  $\alpha$  の関係を訂正する必要があるだろう。

### 5.2 鉄外筒の影響

表 3.1 にみるように、着磁および測定時の鉄外筒の影響は大きい。鉄外筒の厚さを小さくすれば、この部分が磁氣的に飽和するので限界の厚さが存在する。表 5.1 には鉄外筒の厚さの影響を表わしたが 0.1 cm の厚さのものは飽和していることがわかる。

### 5.3 磁束の計算値と実測値

円筒状磁石の寸法と磁束との関係は、式(4.1)から磁束は着磁

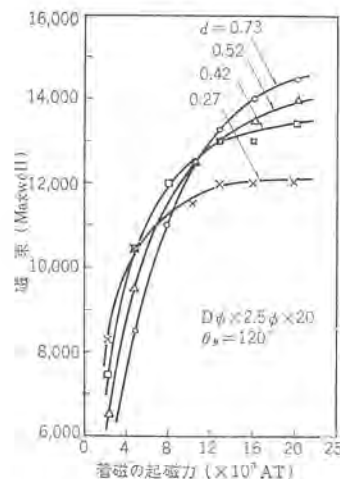


図 5.1 種々の厚さの円筒状磁石について着磁における起磁力と磁束  
Fig. 5.1 Magnetic flux of cylindrical magnet having various widths when magnetized by various magnetic motive forces.

表 5.1 鉄外筒の厚さと磁束

磁石寸法 (cm)	形 状	鉄外筒の厚さ (cm)	磁 束 (Maxwell)
4.0φ×2.5φ×2.0	円 筒 状	0.1	12,800
		0.4	15,000
4.0φ×2.5φ×2.0	円 弧 状 $\theta_m = 125^\circ$	0.1	9,900
		0.4	12,000

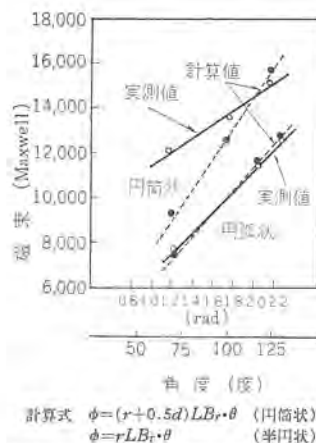


図 5.2 円筒状および半月状磁石の磁束の計算値と実測値  
Fig. 5.2 Calculated value vs measured value of magnetic flux in cylindrical and segment magnet.

鉄心の角  $\theta_y$  と磁石高さ  $L_m$  に正比例している。かりに  $\alpha = 0.5$  として  $\Phi$  と  $\theta_y$  の関係を計算式とその実測値についてプロットすると図 5.2 のようになる。同様に円弧状磁石について  $\Phi$  と  $\theta_m$  の関係をも同図に示した。これによると円弧状磁石の場合は計算値と実測値がよく一致するが円筒状の場合は一致しない。これは着磁によって起こるもので、この補正に  $\alpha$  が必要と考えられる。

表 5.2 a に示す寸法の磁石と電機子について、磁束の計算値と実測値を表 5.2 b にあげた。これによると円柱状鉄心については  $\pm 8\%$ 、電機子鉄心については  $\pm 7\%$  の誤差範囲で計算値と実測値は合致している。

### 5.4 逆起電力から磁束値の算出

DC モータをほかのモータで駆動し逆起電力係数を求めれば式(1.1)から  $\Phi$  を算出することができる。このようにして求めた



表 5.2 磁束の計算値と実測値

## a. 磁気回路の寸法

試料番号	磁石寸法 (cm)	着磁鉄心の角 (radian)	電機子鉄心の寸法 (cm)	電機子鉄心のミゾ数	電機子鉄心の弧長 (cm)
1	$4.6\phi \times 3.5\phi \times 1.0$	1.92	$3.33\phi \times 0.7$	3	2.58
2	$3.3\phi \times 2.46\phi \times 0.65$	1.75	$2.34\phi \times 0.62$	3	1.83
3	$3.4\phi \times 2.8\phi \times 0.7$	1.75	$2.67\phi \times 0.42$	3	1.61
4	$3.42\phi \times 2.51\phi \times 0.68$	1.57	$2.40\phi \times 0.44$	3	1.75

## b. 計算値と実測値の比較

試料番号	円柱状鉄心の磁束		電機子鉄心の磁束		逆起電力から求めた磁束
	式(4.1)の計算値 (Maxwell)	実測値 (Maxwell)	式(4.5)の計算値 (Maxwell)	実測値 (Maxwell)	実測値 (Maxwell)
1	8,550	8,820	5,270	5,400	4,235
2	3,720	3,500	2,840	2,650	2,100
3	3,730		2,540		1,880
4	3,800	3,500	2,370	2,450	1,890

$\Phi$ は表 5.2. b に記した。この  $\Phi$  は電機子鉄心についての磁束と比べると 21~26% も低い。この差は整流子の位置などによるものと思われる。

## 6. む す び

以上の事項をまとめると次のようになる。

(1) 円筒状磁石で内面着磁を行なった界磁用 パリウムフェライト磁石の円柱状鉄心についての磁束は、磁石高さが鉄心高さよりずっと高いとして

$$\Phi = 1.2(\gamma + \alpha d)\theta LB_r(1 - 2.2\delta)$$

で表わすことができる。着磁鉄心の角で定まる定数  $\alpha$  は図 4.2 から求められる。 $\theta_a$  が  $\theta_m$  より小さい電機子鉄心については、 $\theta$  と  $L$  をこの鉄心の寸法にとればよい。

(2) 円弧状磁石の場合は、円柱状鉄心について磁束を

$$\Phi = 1.2\gamma\theta LB_r(0.94 - 1.3\delta)$$

で表わせる。 $\theta_a$  が  $\theta_m$  より小さい電機子鉄心については円筒状の場合と同様である。

## 参 考 文 献

- (1) R. J. Parker: Permanent Magnets and Their Application 225 (1962).
- (2) J. R. Ireland: Electro Technology 86 March (1963).
- (3) de Jong Reynst: Matronics No. 16 305 (1959).



## MELCOM-1530 テープ・オペレーティング・システム

出口博章\*・藤井 護\*・中山俊英\*

### 1. ま え が き

MELCOM-1530 データ・プロセッシング・システム は画期的な設計方式であるストアード・ロジック方式を採用した中形ハン用電子計算機である。ソフトウェアの面においても、自動プログラミング・システム、アプリケーション・プログラムなど広く完備している。

この論文では、これらのハードウェアとソフトウェアとを能率よく活用するテープ・オペレーティング・システムについて全般的に解説する。

テープ・オペレーティング・システムの説明の前に MELCOM-1530 のハードウェアについて簡単に紹介することにする。

MELCOM-1530 システムはストアード・ロジック方式の採用により、事務用計算機、科学用計算機、オン・ライン・リアル・タイム 計算機、衛星計算機のあらゆる用途に使用できる。また、バッファ・メモリの使用、割込み、またはサイクル・スチール方式の採用によって、入力・出力および演算は同時に行なうことができる。表 1.1 に MELCOM-1530 データ・プロセッシング・システムの標準装置について簡単な仕様一覧を示す。(表 1.1)

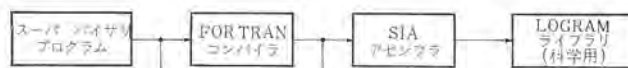
表 1.1 MELCOM-1530 データ・プロセッシング・システム  
標準装置仕様一覧

装 置 名	仕 様
MELCOM-1530 プロセッサ	1 語 18 ビット (3 ケタ)、語長可変、桁長可変、サイクル・タイム——6 マイクロ秒 8,192 語または 16,384 語または 32,768 語
MELCOM-1540 バッファ・コントローラ	割込み——3 レベル 128 語 (1 語 18 ビット) バッファ・メモリ
MELCOM-1552 高速カード・リーダー	1,650 枚 / 分、光電式読み取り ホツバおよびスタック容量——400 枚
MELCOM-1564 高速カード・リーダー・パンチ	300 枚 / 分 (同時読み取りも含む) ホツバ容量——3,500 枚 スタック容量——300 枚、850 枚、750 枚
MELCOM-1570 磁気テープ・ユニット	データ伝送速度——41,700 キャラクタ 8 台まで接続可能
MELCOM-1560 高速ライン・プリンタ	750 行 / 分、132 字 / 行、活字 51 種
MELCOM-1585 タイプライタ	10 字 / 秒、活字 60 種

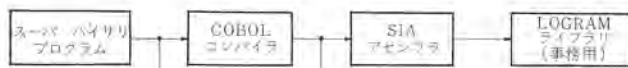
### 2. MELCOM-1530 ソフトウェア

#### 2.1 概要

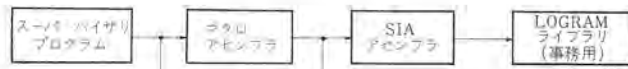
MELCOM-1530 のソフトウェアは、すべてテープ・オペレーティング・システムにより管理される。すなわちコンパイラ、アセンブラ、ユーティリティ・プログラムはもちろんのこと、ユーザによって作られたシステム・プログラム、プロダクション・プログラムなどを 1 本の磁気テープに記憶しておき、システム・コントロール・プログラムのもとに呼出して使う形をとっている。オペレーティング・システムには次のような名称の 3 種類がある。



FORTRAN オペレーティング・システム



COBOL オペレーティング・システム



SIAS オペレーティング・システム

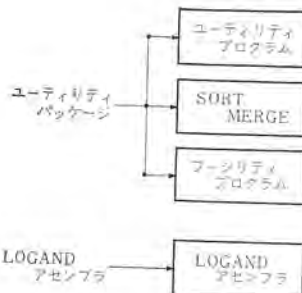


図 2.1 MELCOM-1530  
ソフトウェア体系

- (1) FORTRAN オペレーティング・システム
- (2) COBOL オペレーティング・システム
- (3) SIAS オペレーティング・システム

各オペレーティング・システムは、ともに SIA アセンブラ、LOGAND アセンブラ、ユーティリティ・パッケージを使用することができることはもちろん、FORTRAN オペレーティング・システムでは FORTRAN コンパイラを、COBOL オペレーティング・システムでは COBOL コンパイラを、SIAS オペレーティング・システムで SIAS アセンブラをもあわせて使用できる。

#### 2.2 SIA

ストアード・ロジックを巧みに利用したすぐれたアセンブラである。命令はその形式にいくつかの種類があり、命令の目的機能にしたがってオペランド・フィールドは可変になっている。

情報の取り扱いも柔軟性に富んでいて、2 進、10 進の可変長ワードや、キャラクタ単位の操作も自由に行なうことができる。

ストアード・ロジックとしてストアされるマイクロプログラムはログラムと呼ばれ、ログラム・ライブラリは簡単に変更できる。そこでコンパイラ



を作る場合も、前記の性質を利用してコンパイラ向きのプログラムの能率を高めている。

### 2.3 SIAS

MELCOM-1530 SIAS システムは SIA システムの機能をさらに拡大したものであり、SIA がもっている機能はすべて SIAS の中に含まれている。また、SIA で書いたサブ・ルーチンはすべてサブ・ルーチン・ライブラリとしてシステムに内蔵し、これを MACRO 記号命令によって呼び出す機能や、Batch アセンブルの機能などが加わったマクロ・アセンブラである。

### 2.4 FORTRAN

MELCOM-1530 FORTRAN コンパイラは日常業務として繰り返し用いられる技術計算、設計計算、OR 計算などのプログラムを作成することを考慮し、コンパイル・タイムの短縮はもちろん、オブジェクト・プログラムの能率をよりいっそう強調したものとなっている。

また、MELCOM-1530 FORTRAN は FORTRAN IV を採用しているが、MELCOM-1530 程度の中形計算機にバランスのとれた言語体系にするために、FORTRAN IV の Statement の範囲として Full Range のごく一部を割愛しているが、一般の使用にさしつかえるものではなく、むしろコンパイル時間を節約したり、制限条件をゆるくするなど実質的な面で機能を増大するように考慮されている。

### 2.5 COBOL

MELCOM-1530 COBOL コンパイラは中形計算機用コンパイラ作成上の最新のコンパイラ技術を導入し、しかもスタッド・ロジックを十分に活用して能率よいオブジェクト・プログラムを比較的短いコンパイル・タイムで作成することができるよう作成されたものである。

また、MELCOM-1530 COBOL はもっとも一般に採用されている COBOL-61 にしたがっており COBOL-61 の Required COBOL の全部および Elective COBOL の一部をとっている。

## 3. オペレーティング・システム

### 3.1 スーパーバイザリ・プログラム

計算機を使用する場合、実際の処理の前後にその計算の準備操作をするためにある時間計算機をあそばせなくてはならない。小形の計算機を使用している場合や正味の処理時間がそれぞれに必要な準備時間に比較して長い場合は、この問題はさして重要ではないかもしれないが、中形以上の高速計算機を使用している場合には、正味処理時間に対する準備時間の比率が大きくなる。時には準備時間のほうが大きくなることさえあり、計算機の使用能率が著しく低下する。

そこで、このような個々の仕事の処理に必要な準備作業やあと始末、たとえばプログラムのローディングとかライブラリ・プログラムのローディング、またはメモリ・ダンピング・ルーチンのロードと実行などをモナなどと呼ばれるプログラムによって自動的に行ない、手作業時間を極度に省こうとする試みが行なわれるようになった。

またプログラムの誤りによる暴走やハードウェアの故障などによって、プログラムの実行が継続できないような場合にできるだけ計算機を停止させることなくその誤りの状態を記録し、その原因をつきとめて適当なメッセージを打ち出して、オペレータに次の操作の指示を仰ぐとか、次の仕事に移るとかができれば、計算機を能率よ

く使えるし、プログラムのデバックングのために便利であるし、またハードウェアの故障修理のために貴重な情報が得られることにもなる。

最近、自動プログラミング・システムが各種開発されているが、これらのシステムでは、一般的にはシステム・プログラム（コンパイラ、アセンブラなど）が読み込まれ、カード・リーダなどからソース・プログラムを読み込んで、カード・パンチャーなどにオブジェクト・プログラムをアウトプットし、そのあとでローダとともにあらかじめ計算機にロードして実行させるという形をとっている。このような場合、手作業がはいり計算機を非能率にしているし、これらの操作は大変めんどうである。そこで、コンパイラやアセンブラと実行を自動的に連続して行なうことも考えられるようになった。

以上列記してきた事項をとりまとめて行なうプログラムをスーパーバイザリ・プログラム（スーパーバイザリ、モナなど種々の呼び名がある）と呼んでいる。

### 3.2 オペレーティング・システムとは？

従来、計算機といえばハードウェアを指し、ソフトウェアはそれに付随するものと考えられてきたが、最近計算機はスーパーバイザリ・プログラムと共通言語コンパイラ（FORTRAN, ALGOL, COBOL, NPL など）とハードウェアによって構成されるものという考えかたになり、これら三つのものが同格として扱われる。これらを総称してオペレーティング・システムと呼ぶようになっていく。

### 3.3 MELCOM-1530 オペレーティング・システム

種々の機能を持ったスーパーバイザリ・プログラムとあらゆるコンパイラを含んだオペレーティング・システムが理想ではあるが、MELCOM-1530 のような中形ハニ用計算機にこれらすべてを要求すると、スーパーバイザリ・プログラムが非常に大きなメモリを占有し、オペレーティング・システムの能率をかえって落すおそれがある。そこで前述のように MELCOM-1530 では、一つにまとめないで FORTRAN オペレーティング・システム、COBOL オペレーティング・システム、SIAS オペレーティング・システムの3種類を作成している。この方法ではユーザは必要なオペレーティング・システムを選択して利用できるの、かえって能率的なオペレーティング・システムができあがっている。

## 4. オペレーティング・システムの機能

### 4.1 仕事の連続処理

各オペレーティング・システムはタイプライタからの入力情報、またはコントロール・カードからの制御情報にしたがって、次のような仕事をむだなく連続的に処理する。

#### (1) コンパイル

FORTRAN（または SIAS、または COBOL）のソース・プログラムをインプットしてオブジェクト・プログラムをアウトプットする。もちろん FORTRAN, COBOL, SIAS のいずれかのソース・プログラムのみを各オペレーティング・システムは扱う。

#### (2) アセンブル

SIA のソース・プログラムをインプットしてオブジェクト・プログラムをアウトプットする。

#### (3) コンパイルと実行

FORTRAN（または SIAS、または COBOL）のソース・プログラムをインプットしてコンパイルし、引き続いて実行する。

#### (4) アセンブルと実行



SIA のソース・プログラムをインプットしてアセンブルし、引き続いて実行する。

#### (5) システム・プログラムの実行

SORT, MERGE, ユーティリティ・プログラム, ファシリティ・プログラム, そのほかのユーザの作成したプログラム(システム・テープに登録済のもの)の実行を行なう。このとき Sequential および Unsequential Chain Job が可能である。

#### (6) オブジェクト・プログラムの実行

オブジェクト・プログラムをインプットし実行する。このとき Sequential Chain Job が可能である。

### 4.2 Chain Job

いくつかのプログラムによって構成されているような job を実行する場合には、それらのプログラムを次々と自動的に実行していく必要がある。MELCOM-1530 テープ・オペレーティング・システムでは、コントロール・カードなどの制御情報なしに個々のプログラムの指定によって次々とプログラムを実行する Chain Job を行なうことができる。Chain Job には次の2種類がある。

#### (1) Sequential Chain Job

job を構成するおのおののプログラムをその実行順序にしたがって並べておき、制御情報によってその job が要求されると、スーパーバイザリ・プログラムは、まず job の最初のプログラムをロード、実行し、プログラムが完了したとき、SIA の「LOAD」命令を実行すると、スーパーバイザリ・プログラムの制御のもとに次のプログラムをロードし、実行する。こうして Sequential Chain Job が行なわれる。

#### (2) Unsequential Chain Job

job を構成するおのおののプログラムはシステム・テープ上にあるプログラムならどんなプログラムでもよく、テープ上で Sequential Job に並んでいる必要はない。制御は情報によって、その job が要求されると、スーパーバイザリ・プログラムは job の最初のプログラムをロードし、実行し、プログラムが完了したとき、SIA の「LOAD」命令をスーパーバイザリ・プログラムの制御の下で実行することにより、次に必要なプログラムがテープ上から探しだされ、ロードされ、実行される。このようにして Unsequential Chain Job が行なわれる。

### 4.3 割り込みの処理

MELCOM-1530 システムは、入出力と計算との並行処理のための割り込み機能や、ハードウェアのトラブル時の割り込み機能や、オン・ライン・リアル・タイム 処理のための割り込み機能などを備えている。割り込みが生じたときの処置を個々のプログラムに任せると、プログラムへのロードが大きくなるので、割り込み処理ルーチンをスーパーバイザリ・プログラムの一部として持っていてすべてのプログラムがこのルーチンを利用する方式をとっている。

したがって、ユーザはこれらの割り込みについての知識がなくてもプログラムを作成できる。

また、プログラムが暴走したときも割り込みを発生させるようになっているので、ユーザのプログラムがスーパーバイザリ・プログラムを破壊しない限り処理できる。

### 4.4 オペレータとの連絡

オペレーティング・システムを用いて仕事の連続処理を行なうようになると、個々のプログラムが直接機械を操作する必要がなくなり、代わりに専門のオペレータがすべて機械を操作することになる。し

かし、オペレーティング・システムへのインプットさえ整理すれば、スーパーバイザリ・プログラムが仕事の連続処理を行なうので、オペレータの行なう仕事はオペレーティング・システムへのインプットのセットやテープの付け換えなどの単純な作業だけになる。

そこで仕事の進み具合、入出力装置の動作状況、ハードウェアの誤動作、プログラムの暴走などのスーパーバイザリ・プログラムでは処理できないような動作状況のときは、その折の情報をオペレータに送って、高度の判断を仰ぐようになっている。もちろん、オペレータがスーパーバイザリ・プログラムに指令を与えることもできるので、そのおりの状況にしたがって、より能率的に計算機を使用することができるようになっている。

## 5. オペレーティング・システムの機器構成

前述したようにオペレーティング・システムは、スーパーバイザリ・プログラム、共通言語用コンパイラおよびハードウェアにより構成されている。ここではオペレーティング・システムに必要な最少機器構成を示す。(図 5.1)

スクラッチ・テープは FORTRAN オペレーティング・システム、SIAS オペレーティング・システムでは最少2台であるが、COBOL オペレーティング・システムを含めると3台必要である。また、2-Way Sort を実行するには、スクラッチ・テープは最少4台必要となる。

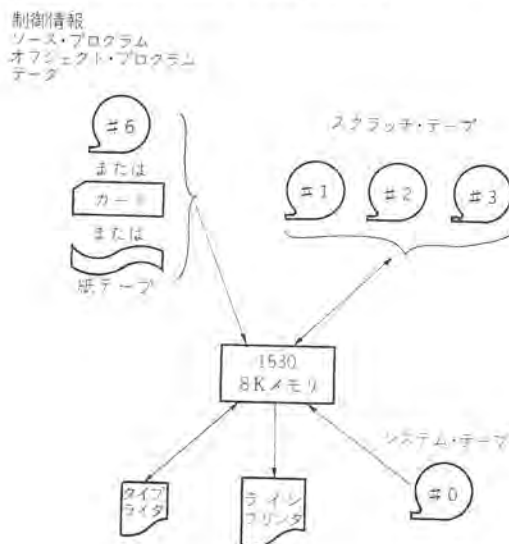


図 5.1 機器構成

## 6. オペレーティング・システムのインプット

### 6.1 情報の種類

オペレーティング・システムへのインプットとしては、次の4種類が考え

表 6.1 オペレーティング・システムの Input

情報の種類 \ 入力媒体	磁気テープ	タイプライタ	カード	紙テープ	入力媒体の選択
制御情報	○	○	○	○	パネル・スイッチで指定
ソース・プログラム	○	×	○	○	制御情報で指定
データ	○	×	○	○	制御情報で指定
オブジェクト・プログラム	○	×	○	○	制御情報で指定



られる。(表 6.1)

(1) 制御情報

仕事の連続処理のための手順、その他、スーパーバイザリ・プログラムへの情報である。

(2) ソース・プログラム

各オペレーティング・システムでコンパイル可能な言語によるプログラムおよび SIA プログラムである。

(3) オブジェクト・プログラム

システム・テープにはいないオブジェクト・プログラムである。

(4) データ

処理を行なうべき仕事に必要なデータ。

## 6.2 インプットの方法

オペレーティング・システムへのインプットの方法としては2種類の方法があるが、これらはその適用される分野および仕事の形態によってユーザが任意に選択できるようになっている。

(1) 制御情報、ソース・プログラム、オブジェクト・プログラム、データをカード、または紙テープで読み込む。

(2) 制御情報、ソース・プログラム、オブジェクト・プログラム、データをカードまたは紙テープから磁気テープに書き込み、jobの実行時に磁気テープから読み込む。

制御情報を何から読み込むかは、パネル・スイッチによって指定し、ソース・プログラム、オブジェクト・プログラム、データの読み込む媒体の選択は制御情報で指定する。

## 6.3 制御情報

制御情報はオペレーティング・システムを使用するうえで非常に重要であるのでとくにここで詳述する。ほかのインプットはこの稿でとくに取り上げる必要がないので割愛する。

### 6.3.1 コントロール・カード

コントロール・カードはカラム1からカラム3にスラッシュ3字(/ / /)を書くことによって指定される。カラム4以後の形式は自由である。コントロール・カードにはjobの実行を直接指示する execution control card と、これらを制御する non-execution control card とがある。

(1) non-execution control card

a. DATE job name, date

一つのjobに関する最初のコントロール・カードである。job name および date を指定する。

b. END

一つのjobに関するコントロールの最後になければならない。

c. PAUSE

job または subjob の終了後に計算機を停止させるために用いる。

d. \* Any comment

この情報はオペレーティング・システムには何の影響も及ぼさない。

(\*) のあとに任意のコメントを書くことができる。

(2) Execution control card

a. COMPILE,

```

FORTRAN
{ COBOL } { CARD } { ALL } { PUNCH } { GO }
{ SIAS } { MAG } { SOURCE } { NOP } { NOGO }
SIA
    
```

コンパイラを使用するjobに対して用いる。コンパイラ名(FORTRAN, COBOL, SIAS, SIA), 入力媒体(CARD, MAG), リスト(ALL, SOURCE), オブジェクト(PUNCH, NOP), 実行(GO, NOGO)の指定を行なう。

b. CALL, プログラム名,

```

{ 0 } { CAP } { CLEAR } { GO }
{ 2 } { NOCAP } { NOCLEAR } { WAIT }
    
```

プログラム・ライブラリ・テープ上に登録されているプログラムを実行するときに用いる。プログラム名、ライブラリ・テープのユニット番号(0または2), デバッギング・ルーチン-TCAP-の要、不要(CAPまたはNOCAP), 実行前のメモリ・クリア(CLEARまたはNOCLEAR), プログラム・ロード後の実行(GOまたはWAIT)などの指定を行なう。

c. EXECUTE,

```

{ MAG } { CAP } { CLEAR } { GO }
{ CARD } { NOCAP } { NOCLEAR } { WAIT }
    
```

すでにアセンブルが完了しているが、ライブラリ・テープに登録されていないオブジェクト・デックの形のプログラムを実行するときに用いる。

オブジェクト・プログラムの入力媒体(CARD, MAG)の指定のほかに“CALL”と同じような指定を行なう。

### 6.3.2 オペレータの指令

プログラムの誤りによる暴走やハードウェアの故障などが起きると、スーパーバイザリはオペレータ・モードになる。オペレータ・モードには計算機がまったく停止している状態とオペレータが指令をタイプ・インするのを持つという2つの状態がある。ここではオペレータの指令を列挙する。

a. GO

オペレータ・モードになる前の状態に戻り、中断された仕事を続けて行なう。

b. RESTART

現在実行中のjobをはじめからやり直す。

c. SKIP

現在実行中のjobをskipして次のjobに移る。

d. START

任意のjobから開始する。

## 7. スーパーバイザリ・プログラムの構成

MELCOM-1530 テープ・オペレーティング・システムのスーパーバイザリ・プログラムは次のようなルーチンによって構成される。(図 7.1)

### 7.1 CCI (Control Card Interpreter)

プロセッサのコントロール・パネル上の“LOAD”ボタンを押し、MANUAL-AUTO スイッチを押すことによってシステム・テープから最初にコアに読み込まれ、それ以後は前のjobを処理したロードによって読み込まれる。



プログラムの制御が渡ると、CCI はプログラム・スタート・ワードにより Normal Entry であるか Special Entry であるかしらべて、Normal Entry であればコントロール・カードを読むことにより種々の処理を行ない、Special Entry であればその指示に従って処理を行なう。

#### (1) コントロール・カードの処理

CCI は Normal Entry であると Control card processing routine にプログラムの制御を渡し、パネル・スイッチの指定により制御情報(コントロール・カード)をカード、リード、紙テープ・リード、または磁気テープ・ユニットから読み込む。もしパネル・スイッチ上に何の指定もなければ、タイプライタから制御情報がタイプラインされるのを待つ。

コントロール・カードが読み込まれると、その内容を調べて情報にエラーが見つければ error processing routine に移る。もしエラーがなければ、指定された system を呼び出して、その system のもとに job を実行させる。

#### (2) エラーの処理

CCI は Special Entry であると error processing routine にプログラム制御を渡す。error processing routine はエラー・スタート・ワードそのほかをしらべて Special Entry となった原因を調査し、タイプライタにディスプレイする。このときの処理の方法は次の三つに分けられる。

##### a. Auto-Skip

「コンパイルと実行」などの job においてソース・プログラムにエラーがあったときは実行を中止し、自動的に次の job に移る。job の最初のコントロール・カードが「DATE」でないと、「END」までの入力情報は無視され、その job は Skip される。

そのほか job が完了してなくても、残りを無視してもよい場合は自動的に Skip する。

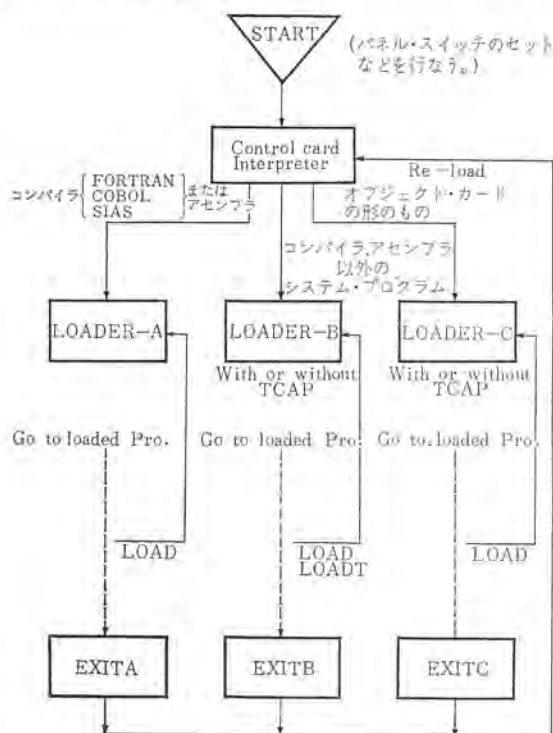


図 7.1 スーパーバイザリ・プログラムの流れ

#### b. Operators Mode

機械の故障が起きたり、オペレート・ミスがあったり、プログラムの実行中にコントロール・カードを読んだり、プログラムの誤りにより暴走したときはその状態をタイプライタのちオペレータの指示を待ち、オペレータがそれに対する処置をタイプラインすると、それに従って処置を行なう。

#### c. Stop

パネル・スイッチのセットが間違っていたり、コントロール・カードが間違っていると、そのエラーをタイプライタで計算機は停止する。このとき、パネル・スイッチおよびコントロール・カードを修正したあと、MANUAL-AUTO スwitch を2度押せば、ふたたびエラーを発見した前の状態から開始する。

#### 7.2 ローダおよび TCAP

コントロール・カード・インタプリタによって呼び出され、受け渡された情報をもとに必要なプログラムを読み込む。

これには次の3種類がある。

##### (1) LOADER-A, EXIT-A

LOADER-A はコンパイラまたはアセンブラに使用されるローダで、そのオペレーティング・システムに含まれるコンパイラまたはアセンブラをロードする。

EXIT-A はコンパイルまたはアセンブルの終了後、コントロール・インタプリタをふたたびロードする。

##### (2) LOADER-B, EXIT-B

EXIT-B はコンパイラ、アセンブラ以外のシステム・プログラム(システム・テープにはいつているプログラム)を処理するために用いられる。このルーチンを用いるときは Unsequential Job を処理することができる。また、TCAP と呼ばれるルーチンを必要なおりにメモリにロードして使用することもできる。

EXIT-B は LOADER-B に関する job が終了後、コントロール・カード・インタプリタをふたたびロードするために用いられる。

##### (3) LOADER-C, EXIT-C

LOADER-C はシステム・テープにはいつていないオブジェクト・プログラムを制御情報に基づき、カード・リード、紙テープ・リード、磁気テープからメモリに読み込んで処理するために用いられる。このルーチンは Sequential Chain Job を行なうことができる。

EXIT-C は LOADER-C を用いた job が終了後、コントロール・カード・インタプリタをふたたびロードするために用いられる。

##### (4) TCAP (Tape Control and Analysis Program)

LOADER-B および LOADER-C とともに動作するデバッグ・ルーチンである。プログラムの実行の際に、必要に応じて制御情報で指示し、メモリにロードし、使用する。

タイプライタからオペレータの指示を受けて、次のような機能を果たす。

- ディスプレイ(指示された範囲のメモリの内容をオクタル表示、またはアルファ・ニューメリック表示でタイプする。)
- ダンブ(指示された範囲のメモリの内容をオクタル表示、またはアルファ・ニューメリック表示でプリントする。)
- プログラムの修正(指示された番地からはじまる連続したメモリの内容によって変更する)
- メモリ・クリア(指示された範囲のメモリをクリアする)

e. エグジットとブランチ（現在実行中のプログラムから強制的に抜けて出してコントロールをLOADERに戻したり、LOADERから中断されたプログラムにふたたびコントロールを返したり、現在実行中の命令が終了次第、指定されたアドレスに強制的にブランチしたりする。）

## 8. システムのメンテナンス

### 8.1 メンテナンス・プログラム

オペレーティング・システムにおいて、それに含まれるプログラムの改良や修正、不要になったプログラムの除去や、必要なプログラムや新しく作成されたプログラムのそう入などが容易にできることが望ましい。

MELCOM-1530 テープ・オペレーティング・システムではLUPT (Program to Load and Undated Program Tape) と呼ばれるメンテナンス・プログラムで、すべてのオペレーティング・システムのクリエートおよびアップデートを簡単に行なうことができる。

LUPT プログラムはLOADER-B または LOADER-C によってロードされて、実行する作業内容を指定したシステム・コントロール・カードによって操作される。（図 8.1）

### 8.2 システムのクリエート

システム・テープをクリエートするには次のような方法で行なう。

(1) LOADER-C と LUPT プログラムに続いて次のような順序に並べられたシステム・デッキを用意する。（システム・コントロール・カードを含めて一つのデッキに合成されている）

- a. システム・コントロール・カード
- b. Bootstrap Loader
- c. CCI
- d. LOADER-A (EXIT-A)
- e. コンパイラ および アセンブラ
- f. LOADER-C (EXIT-C)
- g. LOADER-B (EXIT-B)
- h. TCAP
- i. システム・コントロール・カード
- j. LUPT (テープに入れる)

(2) プログラム・ライブラリ・テープを用意する。

- a. 事務用 プログラム・ライブラリ  
COBOL オペレーティング・システム  
SIAS オペレーティング・システム
- b. 科学用 プログラム・ライブラリ  
FORTRAN オペレーティング・システム

(3) システム・テープに入れたいほかのシステム・プログラム（ユーティリティ・パッケージ など）を入れる場合は次のものを用意する必要がある。

- a. システム・コントロール・カード
- b. プログラムのオブジェクト・デッキ

(4) システム・テープにほかのユーザ・プログラムを入れる場合には次のものを用意する必要がある。

- a. システム・コントロール・カード
- b. プログラムのオブジェクト・デッキ

(5) 以上の準備が完了したら、LUPT プログラムを実行させる。

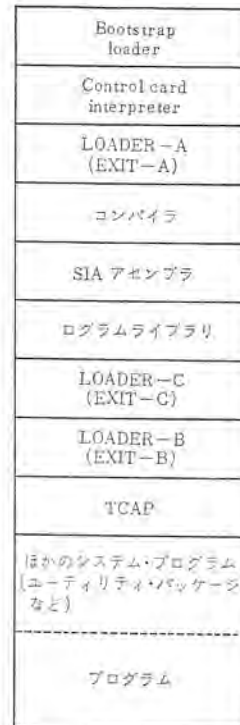


図 8.1 システム・テープの構成

図 8.1 に示すような形式でシステム・テープがクリエートされる。

注) (3)および(4)のプログラムはシステム・コントロール・カードで指定した名前をつけてテープに入れられる（テープに入れたすべてのプログラムの名前はリストすることができる。）

### 8.3 システムのアップデート

システム・テープをアップデートするには次のような方法で行なう。

(1) 新しいプログラムをシステム・テープにそう入したいときには、そのプログラムのオブジェクト・デッキと次のような情報を持ったシステム・コントロール・カードを用意する。

- a. そう入であることを示す情報
- b. そのプログラムの名前
- c. テープ上でそのプログラムの前にはいるプログラムの名前

(2) システム・テープ上のプログラムを改良版、または修正版と入れ換えたり、異なったプログラムと入れ換えたいときは、新しいプログラムのオブジェクト・デッキと次のような情報を持ったシステム・コントロール・カードを用意する。

- a. 入れ換えであることを示す情報
- b. テープに入れるプログラムの名前
- c. テープ上の入れ換えられるプログラムの名前

(3) システム・テープ上のプログラムが不要になり、そのプログラムを削除したいときは次のような情報を持ったシステム・コントロール・カードを用意する。

- a. 削除であることを示す情報
- b. テープ上から削除したプログラムの名前

(4) 以上の準備が完了したら、システム・テープからLOADER-B、TCAP および LUPT プログラムを呼び出して実行させると、アップデートされた新しいシステム・テープが作成される（このときテープ上のプログラムの名前をすべてリストすることができる）。

### 8.4 システムのコピー

システム・テープをコピーするには、

- a. コピーであることを示す情報を持ったシステム・コントロール・カ



ードを用意しシステム・テープから LOADER-B, TCAP および LOPT プログラムを呼び出して実行させれば、システム・テープの コピー ができる。

9. む す び

MELCOM-1530 テーラ・オペレーティング・システム では、プログラムに  
対する制約がほとんどなく、コントロール・カード などの制御情報を  
簡単に使いやすくまた スーパーバイザリ・プログラムの メモリ 占有 ワード

数も少ないので、中形ハン用計算のオペレーティング・システムとして十分にその役割を果たしている。

現在まで、この テーブ・オペレーティング・システム を使用したところの計算機の使用能率が 40% 以上も上がることが実証された。

以上述べてきたオペレーティング・システムについては、さらに研究を続け、なおいっそう改良し、理想的なオペレーティング・システムを完成したく、ご批判、ご要望をいただければ幸いである。



# 新製品紹介

## 自動巻取式除じん装置 三菱ロールフィルタを開発

ロールフィルタは、クリネサとともに業界の広範的な需要にこたえるため開発したもので、静電気式集じん装置に比べ処理風量に対する価格が非常に安く、長期間ノーサービスで自動運転できる。

用途は一般空気清浄用に、あるいはクリネサのプレフィルタとして利用できるものである。高さ1.5～4.5m、幅0.9～5.4m、毎分の処理風量は107～2,859m<sup>3</sup>で、約210機種シリーズ化を完成した。図は外観写真を示す。

### ■ 構造

ロールフィルタは自動巻き取り式で、新ロ材は上部収納部に収容され、集じんされた汚染ロ材は下部収納部に巻き取られる。巻き取り制御はタイマにより一定時間ごとに巻き取るタイマ式と、気流中に露出されている部分が集じんすると気流の抵抗が増加し、これを検出して巻き取る圧力スイッチ式の二つがある。

巻き取りは200Wのモータから歯車減速機を介して行なうので、1台のモータで3台まで連動して巻き取り制御が可能。

### ■ 特長

(1) ノーサービスで長期間自動運転ができる。

乾式自動巻き取り式なので、一度ロ材を装着すれば数ヵ月～半年間はロ材サービスが不要である。

(2) 高い集じん効率、大きいじんアイ収容量、低い通気抵抗。密度コウ配形ロ材を使用しているため、集じん方法が立体式となっている。

(3) 維持費が安い。

ノーサービスにより人件費が少ないのはもちろん、汚染ロ材が水、または中性洗剤溶液で押し洗いすることにより容易に再生できるので、維持費が安くなる。

(4) 据付場所のじんアイ濃度に適した経済運転が維持できる。巻き取りサイクル、1回あたりの巻き取り幅を外部から簡単に調整できるので、経済運転が維持できる。(特許出願中)

(5) 運転確認が容易である。

新ロ材が少なくなれば警報ランプがつき装置は停止する。また微差圧計、電源ランプなどが外部から見えるので、容易にチェックできる。

(6) 狭い入口のところでも据え付けできる。

ユニットは三つに分割できるので、地下室のような狭い入口でも

搬入でき、組み立てはボルト、ナットで短時間に、簡単に組み立てができる。

### ■ 仕様

外 観	ダクトワーク組方式、メラミン焼付塗装、マンセル N7/0
電 源	200/220V 3φ 50/60 c/s
ロ 材	ナイロン 繊維不織布 (密度 コウ 配形)
連動可能台数	3 台以下
初期抵抗	4 mmAq (2.5 m/s のとき) 油付き 5 mmAq (2.5 m/s のとき)
収 じん 容 量	600 g/m <sup>2</sup> 油付きで 400 g/m <sup>2</sup> (2.5 m/s で最終抵抗 20 mmAq)
集 じん 効 率	76～78% 油付きで 87～90% (風速 2.5 m/s 重量法)
気流方向	ロ材保存側が上流側
巻き取り軸回転数	0.18/0.22 rpm (50/60 c/s)
電動機	三菱電機製 SB-ER 200V 3φ 4P 200W
減速機	三菱電機製歯車減速機 減速比 1/300
処理空気温度	70°C 以下
風 速	1.5～3.0 m/s (標準 2.5 m/s)
制御方法	タイマ式 (特注品に圧力スイッチ式がある)



三菱ロールフィルタ 外観

耐サージ性、小形軽量、経済的

## 三菱中電力シリコン整流スタック DS10BK・DS10TD シリーズを開発

当社では、このほどサージ電圧に強く保護装置を必要としない小形で経済的な中電力シリコン整流スタックを開発した。

従来、シリコン整流スタックはその真価を認められながらも、とくに低電圧中電力の分野においては、セレン整流器よりも若干不

















(6) キード AGC 回路の採用

キード AGC 回路の採用により、外部からの妨害電波や自動車などによる妨害雑音によって画面がみだれるようなことはなくなりました。

(7) 自動画質調整装置付 (AFT)

どのチャンネルに合わせても、まったく自動的に最良の画面が得られ、チャンネルごとに画面を調整する手間がいりません。

### ■ 定 格

カ 16 cm 円形 1 個, ダイアトーン TW-23 形 パーマ  
ネントダイナミックスピーカ 5 cm 円形 1 個

音響特性 50~12,000 c/s

AFC (自動周波数制御) 平衡のこぎり歯形方式

AGC (自動利得制御) キード AGC 方式

映像搬送波中間周波数 26.75 Mc

音声搬送波中間周波数 22.25 Mc

音声中間周波数 4.5 Mc

FM 放送受信周波数帯域 76~90 Mc

FM 受信部中間周波数 4.5 Mc

音声出力 無ワイ 1.7 W

最大 2.5 W

キキビネット コンソール 形脚付 幅 623×高さ 688 (脚付 923)  
×奥行 335 (mm)

重 量 31 kg (正味)

洗たくと脱水が同時にできる能率的な 2タンク 式脱水洗たく機として、布地にあった水流が選べる W ストリーム 方式、独特の設計による ビード 式大形強力脱水 カゴ、注油の不要な完全無給油性など多くの新機構を採用した CW-700P 形三菱脱水洗たく機を新発売いたします。

### ■ 特 長

(1) 脱水機付はほしいけれど、排水場所に困る、そういうご家庭には、このタイプをどうぞ。

1.5m の高さへ 10m も離れたところへも排水は OK!

台所に置いて流し台へ、廊下やテラス、庭などに置いて下水ミダへ排水することもでき、置き場を選びません。

(2) 三菱独特の「ビード」式強力脱水カゴで脱水力は抜群、うす物ならずぐアイロン掛けもOK!

その秘密は、脱水カゴの壁面にビード（帯状のミヅ）をつけ、穴の数、形状、配列にくふうをこらしているからです。

(3) 理想の水流強弱 W ストリーム で布地を傷めず、洗浄力も抜群！

(4) 定評ある三菱 モートル と三菱独特の無給油式で故障し  
ず。

(5)サビに強い アクリル 塗装.

## ■ 仕 様

洗たく、脱水容量 1.5kg (水容量 31l)

モートル (出力) 洗たく機用 モートル 80 W, 脱水機用  
モートル 20 W

外形寸法 (幅) 64×(奥行) 42×(高さ) 90 cm

形式認可番号 洗たく機側 ▽9-2212

脱水機側 ▽91-741

重量 39 kg



CW-700P 形三菱脱水洗たく機  
現金正価 ￥34,500  
月賦正価 ￥36,900 (12回)

# NEWS FLASH

## ■ 新時代の電子計算機

### MELCOM-3100 システム・シリーズ発売開始!

—全国主要都市で発表会を開催—

当社ではかねてより、最近の電子計算機の技術的進歩に対応した新形機を研究開発中のところ、このほど三菱電子計算機シリーズ「MELCOM-3100 システム・シリーズ」を完成し発売することになった。

発売にあたり、電子計算機の最大の需要の集中した東京（1月17日、東京商工会議所ホール）、大阪（1月20日、科学技術センタ）、福岡（2月2日、福岡ビル）、名古屋（2月8日、中電ホール）の四大都市で発表説明会を開催し、約1,000名に上る方々の来場を得た。

MELCOM-3100 システム・シリーズは、ユーザの意向をとり入れ、ソフトウェア・システムを優先させた新しい考え方のシステムで、しかもレンタル料が100万円以下の小形から600万円程度の大形までをカバーするシステム・シリーズであるため、使用上の断層がないは人用システムである。

今後は、系列会社はもちろんのこと、製造業を中心に、運輸業倉庫業、金融機関、官公庁など広範囲の業界への飛躍的な売れ行きが期待されている。

3月末現在、有望商談が殺到し、三菱製鋼よりはすでに内示を受けているほか数社からも受注を期待できる状況となっている。

#### MELCOM-3100 システム・シリーズのおもな特長

- (1) ソフトウェアが優先したシステムである。
- (2) 徹底したはん用性をもったシステムである。
- (3) 小形のモデルから大形と同じ機能を持ったシステムである
- (4) システムの総合的能力を連続的に増大できるシステムである
- (5) 固体回路を駆使した高速のシステムである。

#### おもな仕様

(1) 内部処理能力	
メモリ・アクセス・タイム	290 ns/字
メモリ 容量	12 K 字～96 K 字
加減算 (10 進 5 けた)	26 $\mu$ s
移動 (9 字)	38 $\mu$ s
ブランチ	16 $\mu$ s
アドレス方式	フリー・アドレッシング
(2) 周辺機器	
タイプライタ	15.5 字/sec
カード・リーダ	800 枚/min, 1,650 枚/min
カード・パンチ	300 枚/min
紙 テーラ・リーダ	毎秒 1,200/600 字
	毎秒 400/200 字
紙 テーラ・パンチ	毎秒 120 字
	毎秒 25 字
ライン・プリンタ	400 行/min, 500 行/min
	600 行/min, 1,000 行/min
磁気 テーラ 装置	28.8/20 kc
	41.7/15 kc
	120/83.4 kc
磁気 ドラム 装置	記憶容量
	384 K 字, 768 K 字
	アクセス・タイム 33 ms
磁気 ディスク・バック	容量 7,250 K 字
	アクセス・タイム 97.5 ms
磁気 ディスク・ファイル	容量 33,000 K 字
	アクセス・タイム 98 ms

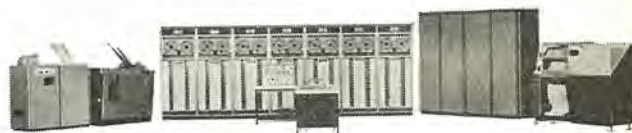


図 1 MELCOM-3100 システム・シリーズ モデル-30



図 2 発表会風景

ディスプレイ 装置	容量 1,000 字
	白黒または カラー
XY プロッタ	毎秒 400 ステップ
	0.2 mm/ステップ

#### (3) ソフトウェア 体系

オペレーティング・システム  
 プログラム・オリエンティッド・ソフトウェア  
 L/P, PERT, PART, EXPLOSION, EPOCS, I/R など  
 プロセッサ・オリエンティッド・ソフトウェア  
 FORTRAN, COBOL, RPG  
 データ・プロセッシング・パッケージ  
 SORT/MERGE, 各種 Utility, 科学技術計算用 パッケージ 各種  
 プログラマーズ・ランゲージ  
 MACRO-CODER  
 SYM-CODER

## ■ 新形 12 kV 750 MVA 3,000 A C 形空気 シャ断器完成

当社 C 形空気 シャ断器は近年の開閉所設備の合理化に対処して、従来の C 形 シャ断器を小形、軽量化、高性能化し、すでに定格電流 2,000 A までの 12 kV 750 MVA, 24 kV 1,000 MVA, 36 kV 1,500 MVA の新形シリーズを完成し、東京電力を始め多数納入されているが、このたびシャ断器端子部の冷却効果をあげることに、12 kV, 750 MVA, 3,000 A の C 形空気 シャ断器を開発し、関西電力小牧発電所に納入した。このシャ断器の特長は次のとおりである。

#### (1) 小形軽量である。

重量が非常に軽くなったため、取り扱いが便利であるとともに、3,000 A 定格でも JEM 1114 単位閉鎖配電盤の E~G までの製作が可能となった。



(2) シュ断性能がすぐれている。

横吹付形消弧方式を採用しているので、再起電圧抑制用の並列抵抗、異常電圧抑制用の非直線抵抗、抵抗シュ断点などの複雑な付属物なしで JEC II 号のシュ断特性を有することを当社新設大容量短絡試験設備で十分に検証し、実証された。

(3) 構造が簡単で、保守点検が容易である。

可動接触子が図のごとく3枚ラードで、通電容量の増大に応じて両側のラードの通電面積を増加することができる構造を有している。ノズル形空気シュ断器のように通電容量の増大に対して特別に通電用の接触部を設ける必要がなく、非常に構造が簡単である。また接触部がシュ断器を分解することなく点検でき、機構部がすべて前面から点検できるので保守点検が非常に容易である。

仕様は次のとおりである。

形式	10-C-75
定格電圧	12kV
絶縁階級	10号A
定格電流	3,000A
定格シュ断容量	750MVA
定格再起電圧	15kc II号
定格投入電流	98.5kA
定格短時間電流	36.1kA
定格シュ断時間	5c/s
無負荷投入時間	0.2s
操作圧力	15kg/cm <sup>2</sup> -g



12kV 750MVA 3,000A  
C形空気シュ断器

## 仕様および性能

電源部	入力	220/220V 50/60c/s
	出力	無負荷電圧 15/30/45V 切換 最大許容電流 (+) 1,000A (-) 1,000A
機械本体	三菱電機加工機 MC 20V と同一	
加工性能	超硬合金	
	加工面積	20~0.2m <sup>2</sup>
加工速度	銅、銅合金	
	加工速度	50~0.2m <sup>2</sup>
加工速度と仕上面あらし	最大 0.6mm/min (10g/1,000A・min)	
	5mm/min (17g/1,000A・min)	
被加工物材質	±0.1~0.2mm, 3~20μH <sub>max</sub>	
	±0.1~0.2mm, 3~20μH <sub>max</sub>	
電極材料	G系超硬合金、S系超硬合金、トリディアル	
	炭素鋼、高炭素鋼、特殊鋼、銅、アルミ合金	
電極材料	グラファイト、黒鉛鋳鉄	
	黄銅、銅、炭素鋼など	



加工見本の一例

## ■ TV サテライト装置用無接点切換器納入

このたび、NHK 施設局からダイオードを用いた無接点切換器 50 台を受注し、1.5 カ月という短期間に納入を完了した。この切換器は UHF-TV サテライト 送信装置の現用、予備切換用単極双投形である。ダイオードは UHF 帯スイッチング用として設計したシリコン 拡散形接合の小型ダイオードで、回路は ストリップ・ライン 構成である。入力側には各 1 個のサーキュレータをアイソレータとして用いて送信装置の負荷を一定に保っている。その内部構造の独特の設計によって、従来のものよりはるかに小形、軽量（外形寸法 56×36×32mm、重量 300g）で、ダイオードスイッチ用の他に各種の用途が考えられよう。図は UHF-TV サテライト 装置の外観図である。

装置の主要性能は下記のとおりである。

周波数	662~770 Mc のうち指定 CH
帯域幅	6 Mc 以上
そう入損失	1 dB 以下（サーキュレータ 損失を含む）
アイソレーション	25 dB 以上
入力インピーダンス	指定周波数 ±3 Mc において、VSWR は 通過状態 1.2 以下 シュ断状態 1.3 以下
許容電力	1 W 以上
使用電源	通過状態 +20 V ±10% シュ断状態 -3 V ±3% 150 mA 以下
周囲条件	温度 -10~+40°C
	湿度 45~90%



UHF-TV サテライト 装置用 ダイオードスイッチ  
外観図 (A-1)

## ■ 超硬合金加工用の電解加工機完成

当社で超硬合金用電解加工機が完成、本年 3 月 東独 ライプツヒで開催された見本市に出品、大好評を博した。超硬の電解加工には従来の鉄系合金の加工のように直流電流により行なおうとするとかかなり複雑な電解液を必要とし、取扱上や経済的見地から工業の実用性は少ない。

本機は極間に供給する電流波形に交流を用いることにより、電解液を従来の加工機とどうよう食塩水のみとして超硬合金の電解加工を可能にしたもので、簡単な回路の切換により鉄系合金やさらに銅、アルミ およびそれらの合金についても、従来の直流電源で得られなかった良好な加工面を得ることができる。（特許申請中 5 件）

特長は次のとおりである。

超硬合金にこの種の加工を行なうために現在放電加工が主として用いられているが、これと比較して次のような特長がある。

(1) 加工速度が大きい。

加工面積があまり小さくなければ 5~10g/min の加工速度が得られる。

(2) ヘアクラックを生じない。

金属の溶出はまったく電気化学作用によって行なわれるので、放電加工の場合、放電の際の衝撃や熱撃によって生じるヘアクラック 発生 の危険はほとんどない。

(3) 良好な仕上面が得られる。

加工速度の大小、また材質の相異に関係なく、平滑な加工面を得ることができる。

(4) 電極消耗はほとんど生じない。

交流を用いるために銅、黄銅など金属材料の電極では消耗を生じるが、グラファイト 電極、黒鉛鋳鉄を用いることにより、ほとんどゼロ % の電極消耗比で加工できる。

(5) 従来の直流電源では良好な仕上面が得られなかった高炭素鋼、特殊鋼に対しても比較的平滑な加工面を得やすい。また、銅、アルミ およびその合金にも良好な仕上面で加工を行なうことができる。

名 称	登 録 日	登録番号	発 明・考 案 者	関 係 場 所
除鉄装置	40- 5-22	769456	諏訪 寧・柳下儀兵衛	大 船
除鉄装置	40- 5-22	769457	諏訪 寧・柳下儀兵衛	大 船
スピナーの取付装置	40- 5-22	769458	原 要介	中 津 川
単相誘導電動機の起動装置	40- 5-22	769459	武藤 正・氷室昌美	商品研究所
冷蔵庫扉の卵タテ	40- 5-22	769460	木下忠男	静 岡
二温度式冷蔵庫	40- 5-22	769461	中島智信・高田弘明	静 岡
スポンプレッサー	40- 5-22	769463	荒木 勲・鶴谷嘉正	群 馬
扇風機俯仰調節装置	40- 5-22	769464	市岡 洋	中 津 川
扇風機	40- 5-22	769465	{神谷昭美・長瀬卯三郎 市岡 洋	中 津 川
天井扇の装着装置	40- 5-22	769466	牛越 涼	中 津 川
空中線反射器	40- 5-26	767762	森 川 洋・大林愛弘	無 線 機
スイッチ取付装置	40- 5-26	769763	神本明輝	福 山
コイル	40- 5-26	769764	岩本雅民	中央研究所
アーク炉電極昇降装置	40- 5-26	769765	田 口 堅	伊 丹
アーク炉電極昇降装置	40- 5-26	769766	田 口 堅	伊 丹
電波切換装置	40- 5-29	770073	阿部 修・尾形陸奥男	無 線 機
飛しょう体空中線	40- 5-29	770074	河 村 孝	鎌 倉
自動開閉装置	40- 5-29	770075	新川成美	福 山
自動車用自動クラッチ補助制御装置	40- 5-29	770076	辰 己 巧	姫 路
原子炉照射試料取扱い装置	40- 5-29	770077	阿部康宏	伊 丹
積算記録装置	40- 5-29	770078	益田鑑五・山中健一郎	福 山
積算記録装置	40- 5-29	770079	益田鑑五・山中健一郎	福 山
取付金具	40- 5-29	770080	神本明輝	福 山
積算記録装置	40- 5-29	770081	{益田鑑五・山中健一郎 藤井敬三	福 山
半導体制御整流素子	40- 5-29	770082	加藤又彦・上 川 孝	北 伊 丹
発熱帯を備えた機器の防塵ケース	40- 5-29	770083	木 内 修	長 崎
多連式可変抵抗器	40- 5-29	770084	佐藤隆晴	無 線 機
時限調整反復作動装置	40- 5-29	770085	藺田幸男	長 崎
時限調整反復作動装置	40- 5-29	770086	藺田幸男	長 崎
	40- 5-29	770087	藺田幸男	長 崎
枕	40- 5-29	770088	{沢崎俊幸・大場健司 中山哲夫・笠置紘	商品研究所
無接点リミットスイッチ	40- 6- 4	770764	吉田太郎	名 古 屋
表示灯ソケット	40- 6- 4	770765	小沢靖彦	名 古 屋
電解加工用電解液処理装置	40- 6- 4	770766	{前田祐雄・斉藤長男 荒井伸治	中央研究所
可とう導波管	40- 6- 4	770767	森本亘治	鎌 倉
自動膨張形救命いかだの反転装置	40- 6- 5	770994	尾島学二	相 模
温度調節器	40- 6- 5	770995	八十田尚治・加藤義明	群 馬
冷却用ファン	40- 6-12	771595	中林正一	姫 路
カム形接触子	40- 6-12	771596	吉田太郎・木村隆信	名 古 屋
電解加工用電極	40- 6-21	771824	{前田祐雄・斉藤長男 荒井伸治	中央研究所
カットアウトヒューズ	40- 6-21	771825	太 田 忍・岩崎行夫	伊 丹
電力ヒューズ	40- 6-21	771826	木 内 修	長 崎
ヒューズの表示装置	40- 6-21	771827	角丸和男・岩崎行夫	伊 丹
電熱布用自動温度調節器の取付装置	40- 7-23	774704	祖父江常雄・内田武士	群 馬
電気暖房器の温度調節器支持装置	40- 7-23	774707	東 邦 弘・大沢紹清	群 馬
埋め込み形プラグ	40- 7-23	774708	竹中正恭	中 津 川
発熱体ボビン	40- 7-29	775007	服部信道・岩田尚之	群 馬
過熱保護装置付シースヒーター	40- 7-29	775010	加藤義明	群 馬
電熱布の無接点温度調節装置	40- 7-29	775013	奥田文一・加藤義明	群 馬
面状発熱体の保護装置	40- 7-29	775014	氷室昌美	商品研究所
無接点温度制御装置	40- 7-29	775016	加藤義明・岡上 廉	群 馬
電池収納装置	40- 7-29	775017	穴倉周作・鶴谷嘉正 和 泉 俊	群 馬



# 次号予定

三菱電機技報 Vol. 40 No. 4

## リレー特集

### 特集論文

- 特集発刊に際して
- 機器保護—同期機保護
- 機器保護—誘導機保護
- 機器保護—変圧器保護
- 母線保護
- 送電線保護継電器—送電線保護の概要
- 送電線保護継電器—表示線保護
- 送電線保護継電器—搬送保護
- 送電線保護継電器—平衡保護
- 送電線保護継電器—電鉄キ電線保護
- 送電線保護継電器—再閉路装置
- 送電線保護継電器—受配電線保護
- 保護継電器の分類—覧
- 保護継電器の保守と試験
- 模擬送電線設備

### 普通論文

- 高温気体の熱力学的特性の解析
- ME-30 形 7 Gc 帯全固体化多重無線装置
- 中部電力昭和町変電所納め配線設備
- 三菱 RC-101 形低速再閉路装置
- 全トランジスタ式 400 Mc 4 W 移動用無線電話装置
- 四国電力納め遠隔表示装置
- 不飽和ポリエステル樹脂の粘弾性

### 技術解説

- コアメモリスタック (その3)

### 技術講座

- MATHEMATICAL PROGRAMMING の動向 (3)

## 三菱電機技報編集委員会

委員長	小倉弘毅
副委員長	片岡高示
常任委員	明石精一
〃	安藤安二
〃	石川理一
〃	宇佐見重夫
〃	大野寛孝
〃	北川和人
〃	小堀富次雄
〃	鈴木正材
〃	祖父江晴秋
〃	馬場文夫
〃	山田栄一
〃	横山茂行
委員	尾畑喜行
〃	榎本俊弥
〃	神崎遼介
〃	島津大介
〃	林昇寿
〃	堀真幸

(以上 50 音順)

昭和41年3月22日印刷 昭和41年3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 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 高橋武夫

### 発行所

三菱電機株式会社内「三菱電機技報社」  
東京都千代田区丸の内2丁目12番地 (三菱電機ビル内)  
(電) 東京 (212) 大代表 6111

### 発売元

東京都千代田区神田錦町3の1 株式会社オーム社書店  
電話 (291) 0912 振替東京 20018

## 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 (三菱電機ビル内) (電) 東京 (212) 大代表 6111

大阪営業所	大阪市北区堂島北町8の1 (電) 大阪 (312) 大代表 1231
名古屋営業所	名古屋市中村区広井町3の88・大名古屋ビル (電) 名古屋 (561) 大代表 5311
静岡駐在員	静岡市七間町9の10 (池田ビル) (電) 静岡 (54) 7016~7
福岡営業所	福岡市天神2丁目12番地1号 天神ビル5階 (電) 福岡 (75) 代表 6231
札幌営業所	札幌市北二条西4の1・北海道ビル (電) 札幌 (26) 大代表 9111
仙台営業所	仙台市大町4の175・新仙台ビル (電) 仙台 (22) 代表 6101
富山営業所	富山市桜木町1番29号・明治生命館 (電) 富山 (31) 代表 3151
広島営業所	広島市中町7番32号・日本生命ビル (電) 広島 (21) 大代表 5111
高松営業所	高松市鶴屋町45番地 (電) 高松 (2) 代表 0001
東京商品営業所	東京都千代田区丸の内2の12・三菱電機ビル (電) 東京 (212) 大代表 6111
大阪商品営業所	大阪市北区堂島北町8の1 (電) 大阪 (312) 大代表 1231
名古屋商品営業所	名古屋市中村区広井町3の88・大名古屋ビル (電) 名古屋 (561) 大代表 5311
福岡商品営業所	福岡市天神2丁目12番地1号・天神ビル5階 (電) 福岡 (75) 代表 6231
札幌商品営業所	札幌市北二条西4の1・北海道ビル (電) 札幌 (26) 大代表 9111
仙台商品営業所	仙台市大町4の175・新仙台ビル (電) 仙台 (22) 代表 6101
富山商品営業所	富山市桜木町1番29号・明治生命館 (電) 富山 (31) 代表 3151
広島商品営業所	広島市中町7番32号・日本生命ビル (電) 広島 (21) 大代表 5111
高松商品営業所	高松市鶴屋町45番地 (電) 高松 (2) 代表 0001
北九州出張所	北九州市小倉区京町10の281・五十鈴ビル (電) 小倉 (52) 代表 8234
長崎出張所	長崎市大黒町3番1号長崎交通産業ビル (電) 長崎 (3) 代表 6101
横浜出張所	横浜市中区富士見町2の12 (電) 横浜 (65) 2691~3
新潟出張所	新潟市万代町69番地 (電) 新潟 (45) 1378
長野出張所	松本市白坂 212 番地 (電) 松本 (3) 1453
京都出張所	京都市中京区壬生坊城町5 (古橋ビル) (電) 京都 (82) 1245
神戸出張所	神戸市兵庫区西宮内町 82 (万統ビル) (電) 神戸 (68) 1396
静岡出張所	静岡市七間町9の10・池田ビル (電) 静岡 (53) 代表 9186
金沢出張所	金沢市幸町13番28号 (電) 金沢 (63) 代表 1341
岡山出張所	岡山市西長瀬字村北122の1 (電) 岡山 (24) 代表 0331
中央研究所	尼崎市南清水字中野 80 番地 (電) 大阪 (481) 大代表 8021
商品研究所	鎌倉市大船 782 番地 (電) 鎌倉 (6) 代表 6111
神戸製作所	神戸市兵庫区和田崎町3丁目 (電) 神戸 (67) 大代表 5041
伊丹製作所	尼崎市南清水字中野 80 番地 (電) 大阪 (481) 大代表 8021
長崎製作所	長崎市平戸小屋町 122 番地 (電) 長崎 (3) 大代表 6211
稲沢製作所	稲沢市井之口町 1100 番地 (電) 稲沢 (32) 代表 4121~9
和歌山製作所	和歌山市岡町 91 番地 (電) 和歌山 (3) 代表 1275~9
鎌倉製作所	鎌倉市上町屋 325 番地 (電) 鎌倉 (6) 大代表 6171
通信機製作所	尼崎市南清水字中野 80 番地 (電) 大阪 (481) 大代表 8021
北伊丹製作所	伊丹市大鹿字主ヶ池 1 番地 (電) 伊丹 (72) 大代表 5131
名古屋製作所	名古屋市中区矢田町 18 丁目1番地 (電) 名古屋 (721) 大代表 2111
福岡製作所	福岡市今宿青木 690 番地 (電) 福岡 88 代表 0431
福山製作所	福山市緑町 1 番 8 号 (電) 福山 (23) 代表 2800
姫路製作所	姫路市千代田町 840 番地 (電) 姫路 (2) 大代表 1251
相模製作所	相模原市小山字久保 224 の 224 (電) 相模原 (72) 大代表 5131
静岡製作所	静岡市小島 110 番地 (電) 静岡 (85) 大代表 1111
中津川製作所	中津川市駒場町1番3号 (電) 中津川 (5) 大代表 2121
大船製作所	鎌倉市大船 800 番地 (電) 鎌倉 (6) 代表 6111
郡山製作所	郡山市字境橋町1番地 (電) 郡山 (2) 1220~1223
群馬製作所	群馬県新田郡尾島町大字岩松 800 番地 (電) 太田 代表 4311
無線機製作所	尼崎市南清水字中野 80 番地 (電) 大阪 (481) 大代表 8021
京都製作所	京都府乙訓郡長岡町大字馬場小字岡所 1 (電) 京都 西山 (92) 大代表 4171
伊丹製作所	三田市三輪町字父々部 85 番地 (電) 三田 4371~4375
三田工場	東京都世田谷区池尻町 437 番地 (電) 東京 (414) 代表 8111
相模製作所	相模原市小島 110 番地 (電) 静岡 (85) 大代表 1111
世田谷工場	東京都世田谷区池尻町 437 番地 (電) 東京 (414) 代表 8111
札幌営業所	札幌市北二条東12丁目98番地 (電) 札幌 (22) 3976