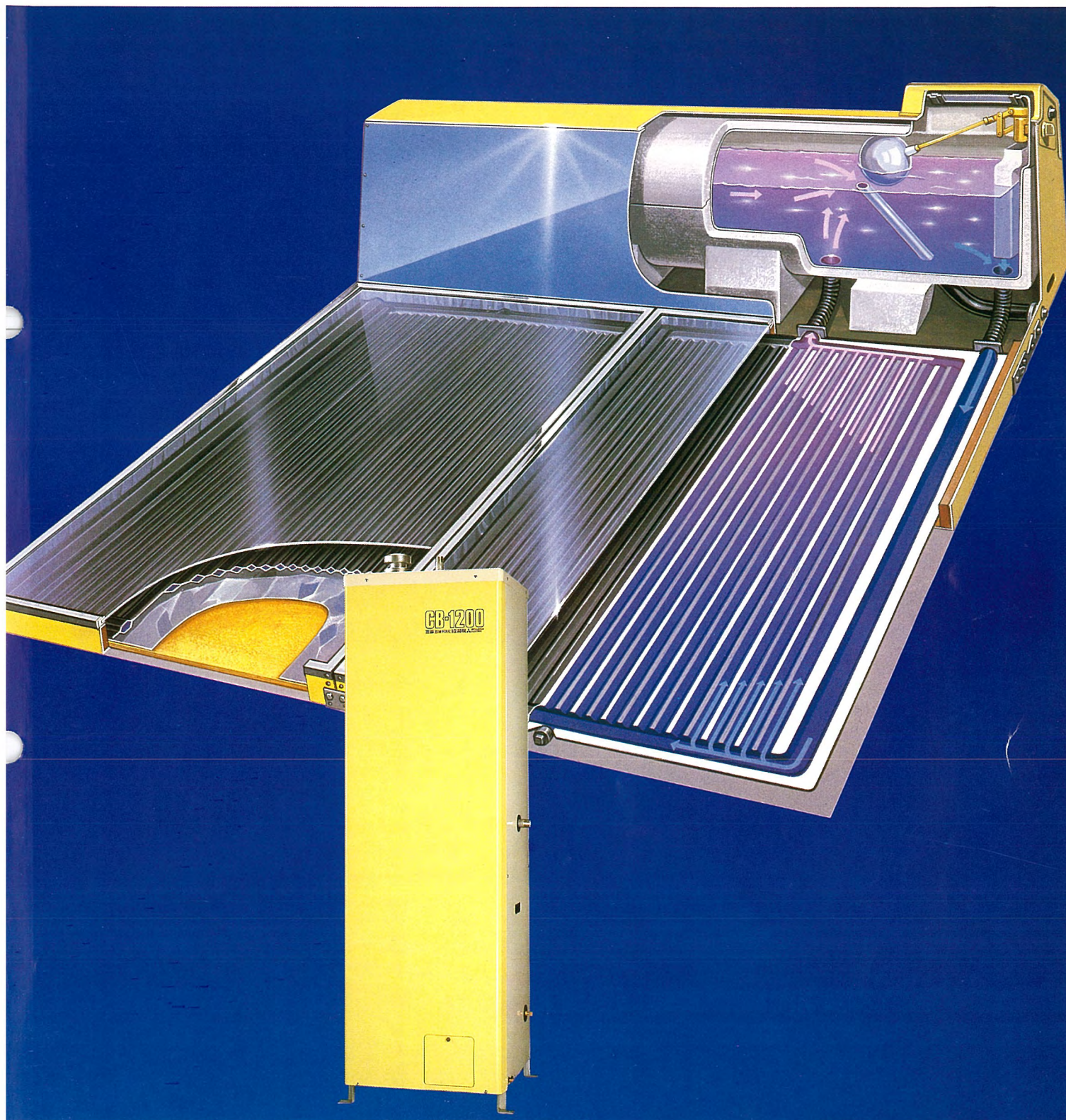


MITSUBISHI DENKI GIHO

三菱電機技報



Vol.56 No.11

省エネルギー特集

省エネルギー特集

目次

省エネルギー特集の発刊にあたって…………… 1

電力分野における省エネルギー…………… 2

- 1 高炉炉頂圧回収発電…………… 3
- 2 消化ガス発電の経済性と動向…………… 5
- 3 大容量変圧器の省エネルギー化…………… 8

産業用設備の省エネルギー…………… 11

- 1 工場ユーティリティに対する
省エネルギー制御方法…………… 12
- 2 計測監視制御機器…………… 15
- 3 低損失形配電用変圧器…………… 17
- 4 交流可変速駆動システムによる省エネルギー…………… 20
- 5 誘導加熱における省エネルギー——鍛接
管端部加熱装置例…………… 22
- 6 高効率電動機…………… 24
- 7 三菱ヒートパイプ式熱交換器…………… 27

ビル・店舗設備の省エネルギー…………… 30

- 1 ビルのエネルギー管理…………… 31
- 2 ビル用受変電設備…………… 32
- 3 コンピュータ制御エレベーター…………… 33
- 4 モジュラーエスカレーター…………… 35
- 5 ターボ冷凍機のシステム解析…………… 36
- 6 空冷式ヒートポンプパッケージ
エアコンのVAV化…………… 37
- 7 コンビネーションマルチ式冷凍機の
省エネルギー…………… 39
- 8 空調・給湯装置における蓄熱システム…………… 41
- 9 ビル空調における熱回収機器としての
《ロスナイ》…………… 43
- 10 光源…………… 45
- 11 照明器具…………… 46
- 12 照明制御システム…………… 48

交通分野における省エネルギー…………… 50

- 1 鉄道交通…………… 51
 - 1.1 電鉄用変電所システムの省エネルギー…………… 51
 - 1.2 最近の車両用空調装置と省エネルギー…………… 54
- 2 自動車交通…………… 57
 - 2.1 自動車の代表的な燃費改良技術…………… 57
 - 2.2 省燃費カーエアコン“ツイン
ロータリシステム”…………… 60
 - 2.3 道路トンネルの換気制御…………… 61
- 3 海上交通…………… 64
 - 3.1 主軸駆動発電システム…………… 64
 - 3.2 主機換装用電機品…………… 67

家庭用電気品の省エネルギー…………… 70

- 1 カラーテレビ…………… 71
- 2 「エレクトロニクスドライ」搭載ルーム
エアコン…………… 72
- 3 住宅用《ロスナイ》…………… 73
- 4 《ガスクリーンヒーター》における
省エネルギー…………… 75
- 5 石油ガス化ファンヒーター…………… 76
- 6 太陽熱利用給湯システム…………… 78
- 7 ロータリ圧縮機及び“MICLOSS”
採用省電力形冷蔵庫…………… 80
- 8 蛍光灯…………… 81
- 9 住宅用照明器具…………… 82
- 10 クリーナーの吸込仕事率の改善…………… 83
- 11 衣類乾燥機…………… 85

半導体素子の省エネルギーへの役割…………… 87

- 1 マイコン…………… 87
- 2 パワーモジュール…………… 89
- 3 高周波サイリスタ…………… 90

特許と新案

- オゾン発生装置…………… 92

スポットライト

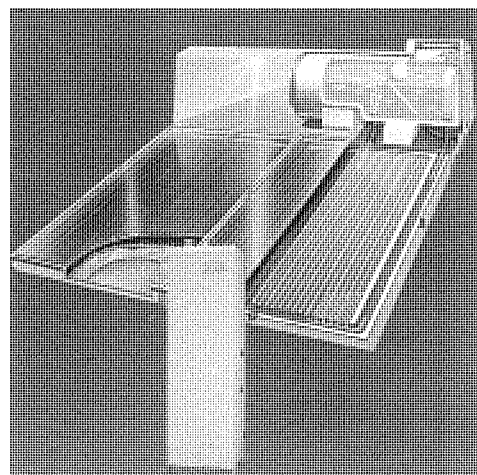
- 壁掛式石油ガス化瞬間湯沸器OK-3010W形…………… (表3)

表紙

三菱太陽熱利用給湯システム

このシステムは、集熱器(コレクタ)として自然循環形太陽熱温水器MSS-230B形を用い、これと給湯機CB-1200B形(屋外設置形)又はCB-1200FB形(屋内設置形、FF式)を組合せて使用する。

集熱器は3㎡のワイドな集熱面積と冬期有効な反射板を備え、太陽熱を有効に集熱する。給湯機は三菱独自の「ドラフト貯湯方式」を採用し瞬間式と貯湯式との良さを一つにまとめたもので、瞬間的に高温追た(焚)きのできる省エネルギー形の給湯機である。ボディーはスリムで100ℓの貯湯容量がある。この給湯機は単独でも使用できる。



省エネルギー特集の発刊にあたって

技術本部副本部長
兼 技術管理部長

三 浦 宏

エネルギーは人間の生命を維持するために絶対必要なもので、人類はそのエネルギー資源を知恵と技術で利用したり加工して、高度な社会を作り上げてきました。高度成長時代には、特に化石エネルギー資源が広くかつ大量に利用されるようになり、それに伴って社会生活も一段と向上しましたが、昭和48年に始まった第一次オイルショックや昭和54年の第二次オイルショックが引き金となって、エネルギー危機を誘発し、国際的な問題となりました。

石油の輸入依存度の高い我が国はその受けたインパクトが特に大きく、新エネルギーの研究開発、石油代替エネルギーへの転換、省エネルギーを政策として強力に推進してきました。そのうち省エネルギーは速効的な施策として進められ、昭和54年10月には省エネルギー法が施行されました。その結果、省エネルギーを支える多くの技術や製品が開発され、大きな成果があげられました。

経済審議会長期展望委員会の報告によりますと、2000年における我が国の総エネルギー需要は、4%程度の経済成長を前提とすれば、1980年の約1.6倍、石油換算で6.9億kL程度になると見込まれ、原子力、石炭、LNG、水力などの石油に替わるエネルギー供給量をかなり増加させても、現状の横ばい程度の石油供給量の確保が必要とされています。現在は石油供給は比較的安定し、省エネルギーにたいする関心も薄れているかのように見えますが、将来へのエネルギー利用の増大は必ず(須)であり、依然として海外の石油に大きく依存せねばならないことから、エネルギー対策の展開になお一層努力を続けていかねばなりません。このような環境にある我が国では、エネルギー対策の主要な役割を占める省エネルギーについても今後更に重要であることは言うまでもありませんが、この機会に当社の進めてきたところを見定め更に前進したいとの趣旨から、今回この省エネルギー特集号を編集しました。

一次資源のうち特に石油の消費を減らしたいという考えから始まったエネルギー対策は、石油に替わるエネルギーの開発とエネルギーを有効利用する省エネルギーの流れの中で進められてきました。省エネルギーについては、機械器具の改良によるその損失の低減と、省エネルギーにたいする追及とエレクトロニクス技術の導入によるシステム的な改善を行ってきま

した。

例えば、最近のルームエアコンではマイコン制御を導入し、単なる温度制御だけでなく湿度制御も行なって少ない電力でより快適な制御ができるようになりました。また、電車の回生制動で発生する電力を帰還利用したり、電気機器や動力機器からの廃熱を回収して再利用するなど、エネルギーのリサイクルによる有効利用が実用化されてきました。コンピュータシステムを最大限に利用して負荷の最適制御するプラントコントロールシステム、マイコンを用いたビルエネルギー管理システムなど、システム全体のエネルギーを合理的に制御する技術が開発されて盛んに導入されています。

これからは、単に節約や倹約という消極的な考え方ではなく、次のような手段により省エネルギーを達成し、現存するエネルギーを最大限に有効活用する方向に進めていくことが大切であろうと考えます。

- (1) 個々の機器の効率向上により損失を低減する。
- (2) 従来は廃棄されていたエネルギーを回収して再利用する。
- (3) 電力貯蔵や蓄熱などによりエネルギーを貯蔵し、必要の都度使用する。
- (4) エネルギーの使用状況をシステム全体として制御し、平準化する。

これらを実現するための技術や製品の開発は現在も意欲的に進められていますが、開発が進むにつれてより有効な省エネルギーが実現するものと期待しています。当社では、新エネルギー及び省エネルギーにたいする長期的な技術開発も進めておりますが、第一次オイルショック以前から社内にエネルギーを有効に利用するための委員会を設置し、工場におけるエネルギーの節約と省エネルギー技術や製品の地道な開発も進めてきました。その結果この特集号にも見られる多くの実績をあげることができましたが、今後もこれらの実績をベースとして、更にその開発に力を注いでいく所存です。

三菱電機技報では既にその実績の一部をご紹介しますが、この特集号ではその後の成果を集録しましたので、ご高覧いただくとともに、当社の省エネルギーにとりくむ姿勢をご理解いただきたいと存じます。

電力分野における省エネルギー

高橋 宏 次*

現在日本で使われているエネルギーの約9割は輸入されたものであり、資源に乏しい我が国にとって省エネルギーの促進は、今後共、力を入れて実施すべき最大課題の一つである。

省エネルギーの目的は、今後、長期間持続すると思われる世界的なエネルギー供給の不安定化、高価格化に対応するため、エネルギー需要の伸びを長期的な視野から見た経済成長を抑制することなく、できる限り低くすることである。そのためには最小のエネルギーを使って最大の出力をあげることができるように、エネルギー使用の合理化を図る必要がある。

石油代替エネルギーとしては、原子力と石炭火力がその主力として電源開発を進めているが、原子力については安全性確保と使用済燃料及び放射性廃棄物などの課題、石炭火力については、石炭燃焼に伴う排ガス及び灰処理など、大容量プラントが建設される場合の信頼度向上、公害防止などの技術開発が今後の課題である。

新エネルギーとしては、太陽エネルギーを直接・間接に利用する太陽光発電・太陽熱発電・風力発電・波力発電・潮力発電・海洋温度差発電などの自然エネルギー利用の技術開発が積極的に進められているが、実用化には今しばらくの時間が必要である。

このようなエネルギー状況において、長期的には原子力・石炭火力並びに新エネルギー発電に依存するのであるが、短期的にこの問題を解決するのが省エネルギーである。省エネルギーを大きく分けると一つは廃エネルギーの回収利用発電であり、もう一つはエネルギー利用の高効率化である。

これら省エネルギー発電分野として、昭和49年からムーンライト計画が発足した。ここでは廃エネルギー利用と高効率発電の技術開発が取上げられた。我が国で消費されるエネルギーの約5割は廃熱として放出されており、このむだに放出されているエネルギーを有効利用しようとするものである。熱回収・熱交換技術では、低温用ヒートパイプの高性能化・大形化、高温ガス熱交換器の開発、工業用炉からの熱回収・熱交換などがある。

発電方式の高効率化を意図した発電方式として、電磁流体(MHD)発電・燃料電池発電が取上げられている。MHD発電では、高温の燃焼ガスを用いるため、発電を終わった燃料ガスのエネルギーを利用して火力発電を行うこともできる。燃料電池発電では熱利用を行って高い総合効率をねらっている。

廃エネルギー利用で実用化段階にあるものとして、LNG冷熱利用

発電、高炉炉頂圧回収発電及び下水汚泥消化処理の消化ガス発電などの発電システムがある。

発電における省エネルギーと同様に送電・変電・配電などの電力を輸送する部門での省エネルギー技術開発も重要な課題の一つである。終戦後の昭和20年代の後半の頃、電力輸送部門における送電損失率は20%前後であった。この時代は遠隔地での水力発電時代であり、これが臨海火力などによる電源の都市需要地との近接化、送電電圧の格上げ、単器大容量化などの技術の進歩により効率向上が進み、昭和45年頃にはkWh損失率も6%台まで低下してきた。しかし、その後は若干の低下傾向はあるものの最近は飽和傾向を示している⁽¹⁾。

昭和30～45年頃の損失率低減時代は単器大容量電源の都市近傍の設置、送電電圧の上昇、変電機器の単器大容量化及び配電電圧の上昇など多くの損失低減の要因をあげることができる。しかし昭和45年以降の損失率低減飽和の原因としては大容量原子力・火力発電所など電源が遠隔地化してきたこと、大容量変圧器の高インピーダンス化や輸送制限による分割化及びケーブルの汎用化による補償用分路リアクトルの設置などがあげられる。しかし一方、送電電力量は大規模化してきたわけであるから損失値も増大しているものであり、損失の低減化は重要な技術開発課題である。

変電関係の損失は配電を除くと、電力輸送損失の約3割を占めていると言われている。これらの変電所関係の損失のうち、97～98%が変圧器や分路リアクトルによる損失で占められており、これは超超高压変電所をはじめ超高压から配電用変電所を含めほぼ同一傾向を示している。

変圧器はきわめて高効率の機器であるが、大容量器となると単器損失が数百～数千kWにも達する損失となる。本体の損失低減は無負荷損・負荷損の低減によって達成される。無負荷損の低減に対しては低損失材料の利用、鉄心構造の改善及び鉄心占積率の向上を図っている。また、負荷損の低減に対しては巻線やタンク・構造物の漂遊損低減及びコイル占積率の向上を図っている。電子計算機による解析技術の向上により変圧器・分路リアクトルのコンパクト化、省エネルギー化を実現することが期待できる。

参 考 文 献

- (1) 電力輸送部門の省エネルギー、電力協同研究、第37巻、2号、P. 5～6 (昭56-9)

1. 高炉炉頂圧回収発電

片岡正博*・遠藤康治*

1.1 ま え が き

石油ショック以来、全産業で省エネルギー対策が進められている。特に鉄鋼業界は、大幅な需要ギャップにあえぎ、設備投資の意欲も減退した昨今である。その中で、各製鉄所における省エネルギー設備の導入はめざましく、中でも高炉炉頂圧回収発電は熱効率が85%程度にも達し、その電力回収率の高いことが注目を集めている。国内の鉄鋼業界では、当初大形高炉を対象としてこぞって設備の導入がなされ、現在では中形高炉にまで、設備導入計画を拡大しつつある。

1.2 発電の原理

我が国の高炉は、昭和40年代以降、高生産性（生産量の増加）、高能率化（燃料費低減）をめざして、大形高圧化の道をたどってきた。高圧化というのは高炉内のガス圧力を高めることであり、これによりガス容積は $\frac{1}{P}$ （ P はガス圧、高炉上部で最大2.5 kg/cm²）に低下し、高炉内を通過するガス速度は下がり、高炉の効率を向上させることが可能となった。

しかし、この高炉ガスの有する圧力エネルギーは、これまでセパム弁というガス管内に設置されたパタフライ弁によって減圧され無駄に消費されてきた。この高圧の高炉ガスの圧力エネルギーを利用して膨張タービンを回し、それに直結された発電機によって発電を行い、高炉ガスの持つエネルギーを最も使いやすい電気エネルギーとして回収するものである。

図1.1は高炉炉頂圧発電設備のシステムの概要を示したもので、炉頂圧発電用高炉ガスはセパム弁前的高圧のガス管より分岐し、圧力エネルギーでタービンを回す。それにより低圧（約600 mmH₂O）となったガスは元のガス管に合流して所内で燃料用として再利用される。

炉頂圧発電設備の回収電力は、

$$P_G = Q \cdot H \cdot \eta / 860$$

$$= Q \cdot C_P \cdot T_1 \left\{ 1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right\} \cdot \frac{\eta}{860} \quad (\text{kW})$$

ここに、 Q ：タービン通過ガス量（Nm³/h）

H ：有効熱落差（kcal/Nm³）

η ： η_T （タービンの効率） $\times \eta_G$ （発電機の効率）、総合効率

C_P ：通過ガスの定圧比熱（kcal/Nm³°C）

T_1 ：タービン入口ガス温度（K）

T_2 ：タービン出口ガス温度（K）

P_1 ：タービン入口ガス絶対圧力（kg/cm²）

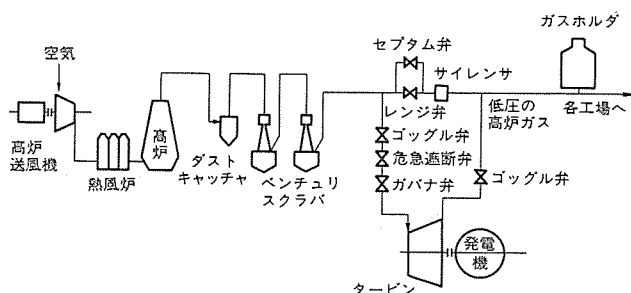


図 1.1 高炉炉頂圧発電システム

P_2 ：タービン出口ガス絶対圧力（kg/cm²）

γ ：定圧比熱／定積比熱

1.3 運転制御上の特長

炉頂圧発電設備の出力は、通常の火力、ガスタービン発電設備のように出力を一定に保つことができない。高炉の炉頂ガスを連続的に回収するのが目的であるから、高炉の炉頂より鉄鉱石やコークスを装入するたびに排出されるガス量変動し、それに伴って炉頂圧回収タービンの出力は急激に変動する。出力変動サイクルは高炉の操作方法により多少の違いはあるが、十数分間に1回の割合で起きる。したがって、タービン側の制御と発電機励磁系の制御（ただし同期発電機の場合のみで、誘導発電機の場合は不要）には高速応答制御装置が要求される。また、このように出力が変動するために、並列運転をすることが原則的に必要である。

一方、炉頂圧発電設備の制御方法は省エネルギー発電設備の目的にそって遠隔制御が採用され、高炉設備内に設置される炉頂圧発電所は通常無人発電所となる。図1.2にその制御系統を示す。

1.4 発電設備用電気設備

(1) システム構成

発電設備用電気設備は発電機及び制御装置で構成し、炉頂圧発電設備を制御上次のような機能に分類する。

(a) タービン出入口ガス弁制御

(b) タービン補機制御

(c) タービンガバナ制御

なお、炉頂圧発電設備特有の設備であるタービン出入口ガス弁制御は、高炉ガス（主成分N₂、CO、CO₂）をタービンに導入するバルブの制御であり、タービン停止中は窒素（N₂）などの不活性ガスをガス配管系及びタービン内に封入しガス置換を行うものである。

(2) 発電機

発電設備用発電機としては単独運転での発電が要求されるため、同期発電機が一般に専ら使用されており、その容量も数kWから百万kWの広範囲のものが必要となる。しかしなが、炉頂圧発電設備の

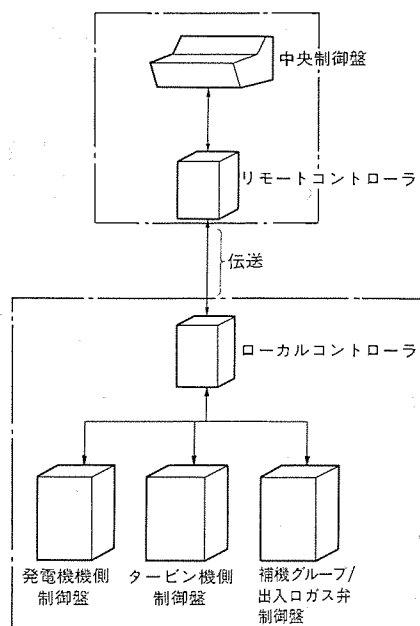


図 1.2 炉頂圧発電設備制御系統図

ように、単独運転での発電を必ずしも必要とせず電源系統との並列運転が可能な用途では、構造及び運転の簡単な誘導発電機が適している。

両方式の特長並びに構造を表 1. 1、図 1. 3、図 1. 4 に示す。構造図からもわかるとおり、同期発電機は鉄塊構造の回転子であるため、高速大容量化が容易である。他方、誘導発電機は原理的に薄い鉄素鋼板の積層構造の回転子であるため、高速大容量化が困難である。

近年になり、大形電子計算機を駆使した下記の解析結果により、高速大容量かご形誘導発電機の設計技術並びに工作技術の発達により、その製作限界が大幅に更新された。

- 有限要素法による電源併入時の突入電流に対するコイルエンド部の振動解析
- 電源併入時の過渡トルクに対する軸系の応答解析
- 有限要素法によるバーエンドリング部の強度解析
- 有限要素法による積層鉄心の強度解析
- 軸系の振動応答解析
- 可視化モデルによる通風冷却構造の解析
- 機械損の低減による高効率化

一例として、最近納入した日本鋼管(株)向け 16,500 kW、2 P、誘導発電機の軸系振動モード並びにエンドリング部の応力解析結果を図

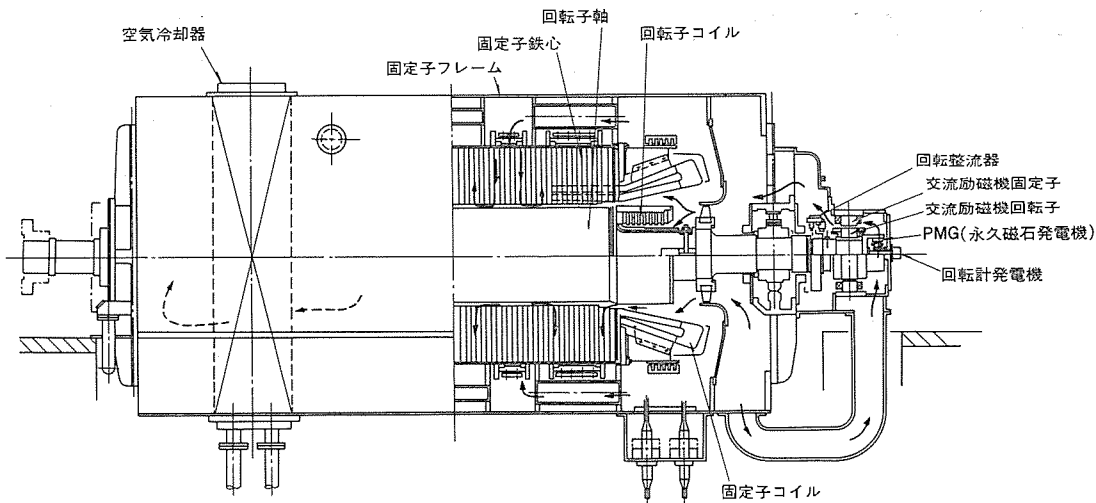


図 1. 3 同期発電機の構造断面図

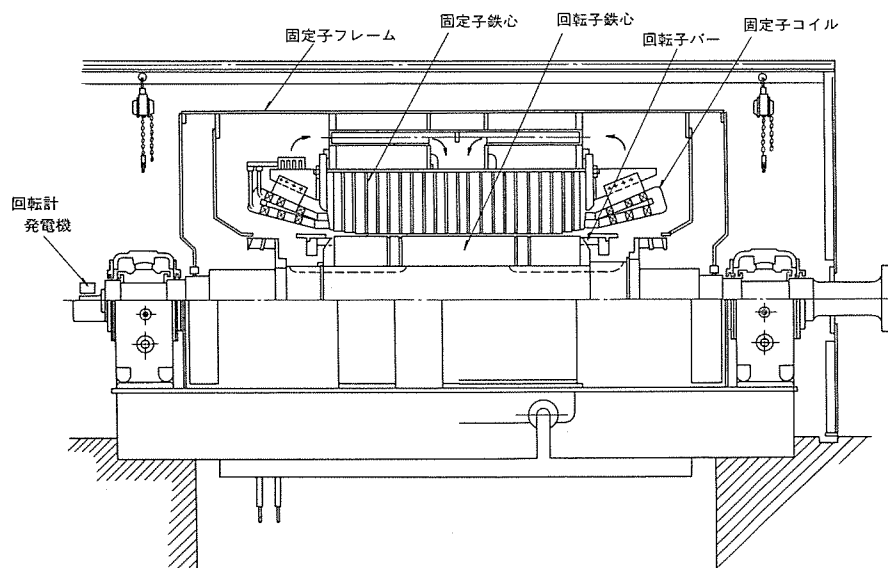


図 1. 4 誘導発電機の構造断面図

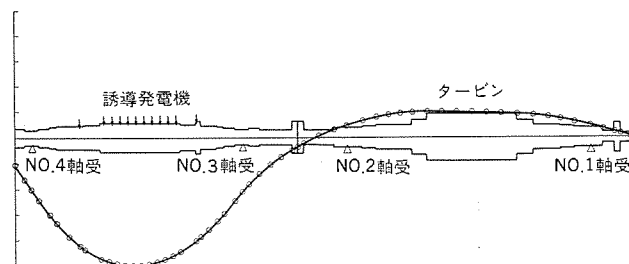


図 1. 5 誘導発電機の軸系振動モード

表 1. 1 誘導発電機と同期発電機との比較

誘 導 発 電 機 (IG)	同 期 発 電 機 (SG)
小形、軽量、安価	—
励磁機が不要、AVR 不要、設備簡単、保守容易	励磁機、AVR 必要
励磁調整がないので、起動運転制御が簡単	買電と並列運転時は系統容量が大きいの で力率限定運転となる。
線路に短絡事故が発生した場合短絡電流の減衰速く、持続短絡電流を流さない。	持続短絡電流あり。
SG と並列運転する場合だけ発電可能であり、単独では発電する能力なし。	単独運転、並列運転とも自由に行える。
発電機の励磁に要する無効電力を系統より受けるため、系統の力率を低下させる。	励磁量を調整することにより系統の電圧を調整することができる（可能出力曲線の範囲内で）。
力率の調整はできない。出力が決まると力率が決まる。	力率調整可能(可能出力曲線の範囲内で)。
固定子と回転子間の空隙寸法は通常の IM と同一で SG に比べると小さい。	空隙寸法大

1. 5、図 1. 6 に、ガスタービンと直結運転中の全景を図 1. 7 に示す。

(3) 制御装置

この発電設備は、発電出力自身変動するため発電機端子電圧も変動する。誘導発電機の場合は系統側で電圧変動を吸収せねばならないが、同期発電機の場合は自動電圧調整装置 (AVR) を利用して無効電力を一定に保つように、目標設定値とフィードバックされる無効電力値との偏差が直接励磁出力となる AVR 及び AQR (無効電力調整装置) を採用する。図 1. 8、図 1. 9 に同期発電機、誘導発電機方式の単線図を示す。

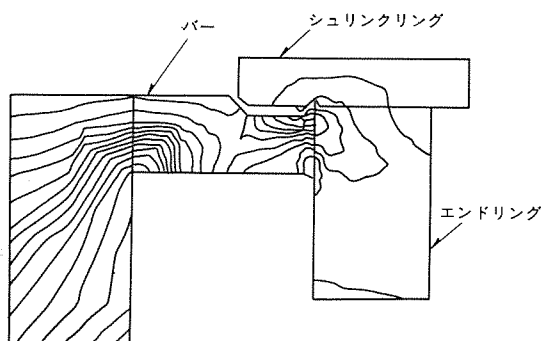


図 1.6 エンドリング部の応力解析

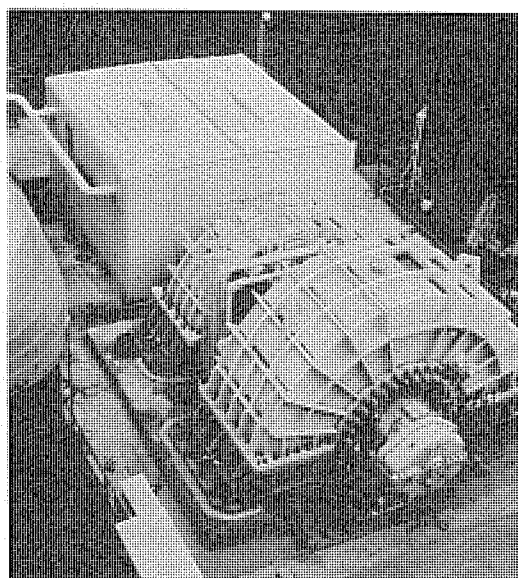


図 1.7 16,500 kW 2P かご形誘導発電機全景

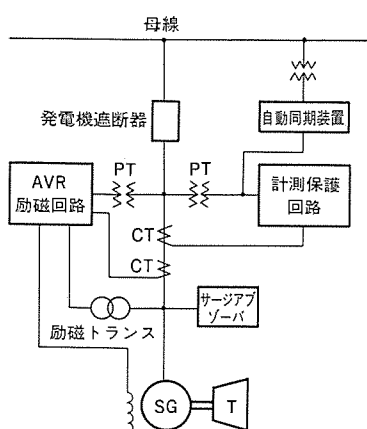


図 1.8 同期発電機方式単線図例

誘導発電機における電源への併入装置としては自動滑り制御装置を採用し、併入時滑りを $\pm 0.1 \sim \pm 0.5\%$ の範囲内に調整して遮断器にて投入する。投入時、励磁突入電流が流れ、大容量機の場合には電源への影響が無視できなくなるため、限流リアクトルなどを利用して励磁突入電流を抑制する方策がとられる。図 1.10 は 16,500 kW, 2P 誘導発電機に限流リアクトルを挿入して電源に併入した時の励磁突入電流を示す。限流リアクトルの効果により併入時の励磁突入電流が 135% に抑制され、機器への影響を緩和している。

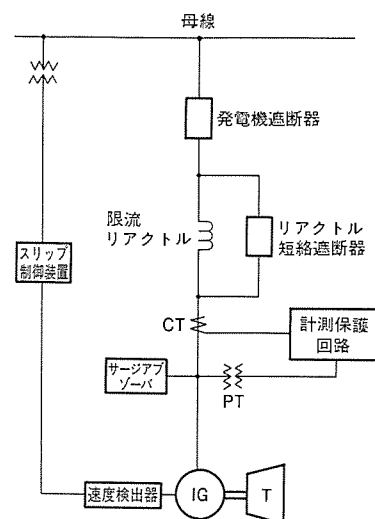


図 1.9 誘導発電機方式単線図例

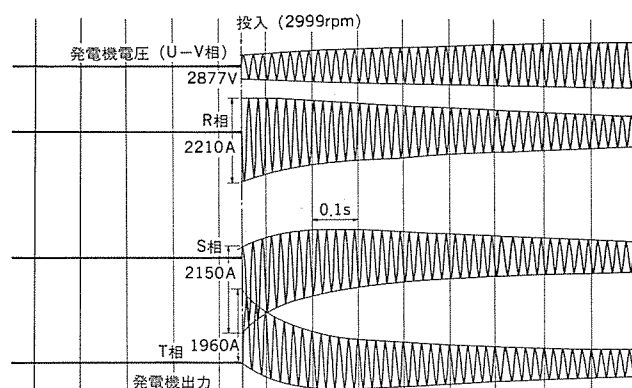


図 1.10 16,500 kW 2P 6.6 kV 50 Hz 誘導発電機電源投入時 オシログラム

1.5 む す び

以上照会した高炉炉頂圧発電は鉄鋼業界における省エネルギー発電設備の一応用例であり、本機の完成を契機に、製鉄、石油、化学、ガス、電力など各種産業界で排熱回収、余剰蒸気の回収、膨張タービンによるLPG又はLNGの冷熱回収など今後広く利用されることが期待される。

2. 消化ガス発電の経済性と動向

田中久雄*・前田満雄**

2.1 ま え が き

建設省調査によれば、我が国の下水道普及率は 28%、総下水処理場の年間消費電力量は約 20 億 kWh で、これは我が国総消費電力量の 0.4% を占めている。我が国では現在、第 5 次下水道整備事業が推進されており、計画最終年度の昭和 60 年には普及率 44% となり、消費電力量は 45 億 kWh と予想され、下水処理場の省資源・省エネルギー化推進は増大する汚泥の最終処分問題とともに、今後ますます重要な課題とされている。

消化ガス発電は欧米では普及しているが、我が国では従来非常用予備電源として1、2例の実績があるにすぎなかった。ところが最近、省エネルギーの観点から見直され注目されるようになった。試算によれば、我が国の下水処理の所要電力の1/3程度は消化ガス発電電力でまかなえる見通しである。

当社は下水処理場の維持管理の自動化及び省エネルギー化を目指した下水処理プラント制御システムの開発に取組み、その一環として、汚泥消化プロセス制御及び消化ガス発電システムの実現を目指している。以下に消化ガス発電の概要とその経済性及び動向について紹介する。

2.2 下水汚泥消化処理概要

下水処理場では処理水量の約1%が汚泥として排出されるが、現在我が国では、発生汚泥量の約半分は直接脱水処理のあと焼却、埋立て処分し、残りは消化処理のあと処分されている。

下水汚泥中には通常70~80%の有機物が含まれ、これを消化処理すると有機物の50~60%が消化ガスに転換される。消化プロセスは、汚泥を一次消化槽に投入し、中温(30~35℃)又は高温(50~55℃)下で10~20日間微生物反応を行わしめる。すると汚泥中の有機物は、まず酸生成菌によって分解されて低分子有機酸を生成し、ついで共生するメタン菌によって更に分解されて消化ガスを発生する。消化ガスは通常メタン60~65%、炭酸ガス33~40%を含み、その発熱量は約5,500 kcal/m³である。消化後の汚泥は更に二次消化槽に送られて消化汚泥と脱離液とが分離され、汚泥は脱水処理のあと処分される。

2.3 消化ガス発電システム概要

図2.1に消化ガス発電システム系統図例を示す。消化ガス発電システムは、発電機関、熱回収及び発電電力利用の各形式によって構成

及び利用の仕方が異なる。以下これらの各項目について概説する。

(1) 発電機関

エンジンは往復動内燃機関と回転動内燃機関とがあり、前者は更にスパークイグニッション形式とパイロット油を点火用燃料として用いるデュアルフューエル形式とに分けられる。これら各機関の比較概要を表2.1に示す。

ガスタービン機関は往復機関に比べて、振動は少ないが総合発電効率は15~20%と悪く、ガス供給圧力も7~12 kg/cm²と高くする必要がある。一方、デュアルフューエル機関はパイロット油のみによる運転も可能で消化ガス不足時に対処できる反面、消化ガスが十分ある場合でもパイロット油を必要とする。スパークイグニッション機関は消化ガスのみを燃料とするが、現在国内では、800馬力以下の機関出力のものしかない。

(2) 熱回収

発電機関の発電効率は15~35%であり、総合的な熱効率を向上させるには廃熱回収を効率良く行うことである。同時に、消化槽の加温方法を含めて消化プロセス・ガス発電システム全体の熱収支を適正に配分する必要がある。

まず、発電機関の廃熱回収対象としては機関燃焼排ガス及び機関冷却水熱であるが、これらを温水ボイラあるいは蒸気ボイラで回収して消化槽の加温に利用するのが普通である。温水熱回収方式では回収効率25~35%、発電機出力と廃熱回収量を合計した総合有効熱量比率は60~70%となる。これに対し、蒸気熱回収方式では55~65%と若干劣る。

次に、消化槽を含めたプラントシステム全体の熱収支配分については、発生消化ガス全熱エネルギーに対する消化槽加温熱量の比率(以下熱/ガス比と呼ぶ)で捕えると理解しやすい。熱/ガス比が小さいほど、発生ガスを電力として回収する量は多くなる。消化ガス発電と消化槽加温の基本組合せ構成と適応する熱/ガス比について整理した結

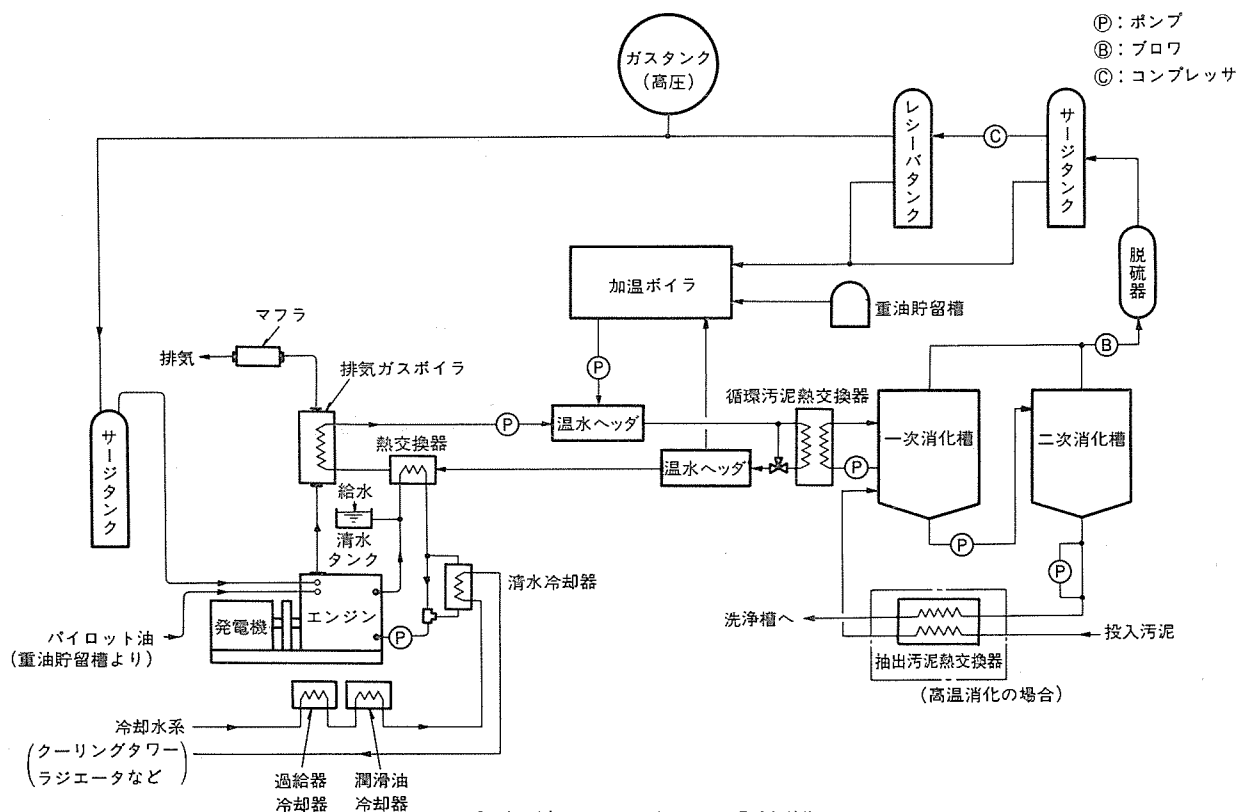


図 2.1 消化ガス発電システム系統図例

表 2.1 各機関概要比較

機 関 項 目	往 復 動 内 燃 機 関		回 転 動 内 燃 機 関
	スパークイグニッション	デュアルフューエル	ガスタービン
出 力 PS(kW)	10~800(7.4~589)	100~6,000(73~4,416)	200~6,000(147~4,416)
総合発電効率 (%)	30~35	30~35	15~20
ガス燃料消費率 (kcal/ps・h)	1,800~2,000	1,650~1,800	2,800~4,000
着 火 方 式	電気点火方式	パイロット油による圧縮着火方式 (パイロット消費率 14.7~19.6 g/ps・h 定格)	電気点火方式
回 転 数 (rpm)	1,000~1,800	500~1,800	10,000~30,000 (発電機との間に減速機必要)
冷 却 水	要	要	要 (消化ガス昇圧装置)
ガス供給圧力 (kg/cm ²)	0.4~1.2	0.8~3	7~12
圧 縮 比	6:1~10:1	10:1~15:1	4:1~10:1
排 気 温 度 (°C)	400~600	400~550	450~600
潤滑油消費率 (g/ps・h)	1.5~2		0.05~0.5
速度変動率	やや大		小
騒 音 (dB)	100~110		100~110
振 動 (片振幅) (μm)	30~50		5~20

表 2.2 消化ガス発電システムと適応熱/ガス比

方 式	④ 全量発電	⑤ 定量発電+ボイラ	⑥ 全量発電+熱回収
適 応 熱/ガス 比	熱/ガス ≤ 0.4	0.4 < 熱/ガス < 0.85	0.4 < 熱/ガス
備 考	- エンジンの廃熱のみで消化槽加温が可能な場合。 - 中温消化ではこのシステムの適用大。 - ただし、高温消化の約2倍の消化槽が必要。発電による利益は得られる。	- エンジンの廃熱だけでは熱量が不足の場合、ボイラにも消化ガスを分配し、消化槽を加温する。 - 発電により利益がある。	- エンジンの廃熱では熱量が不足の場合、抽出汚泥から、熱回収を行い熱の不足分をおぎなう。 - 発電による利益大、ただし設備費も大。

注 (1) 往復動ガス機関を使用するとして、機関廃熱回収効率0.4とした。
(2) 消化槽を加温するボイラの熱効率を0.85とした。

果を表 2.2 に示す。同表に示すように、ガス発電が有効となる熱/ガス比は 0.85 以下の領域である。また、④、⑥方式は消化ガスを全量ガス発電に利用する全量発電、⑤方式は消化ガスの一部をボイラに残り、残りをガス発電に利用する定量発電である。図 2.1 に示したシステム系統図例は高温消化で⑤、⑥方式を組合せた例である。

(3) 電力利用形式

消化ガス発電の運用としては、非常用予備電源とする方法と常用電源（ピークカット電源も含む）とする方法とがあり、省エネルギー化の観点から後者が望ましい。常用電源とする方法では商用電源と並列運転する方法と商用電源と切離して使用する方法とがある。いずれを選ぶかは、電力会社との買電契約、外部に及ぼす影響などを含めて検討する必要がある。

2.4 消化ガス発電の経済性

次に消化ガス発電設備の経済性について述べる。

図 2.2 に各機関による消化ガス量と発電単価との関係を示す。買電単価を 18 円/kWh とすると、100~200 Nm³/h 以上の消化ガスを発電に利用できれば発電単価は買電価格以下となる。これを機関消化ガス量当たりの発生電力を買電換算収益で評価した結果について図 2.3 に示す。これによれば、例えば 1,300 Nm³/h の消化ガスをデュアルフューエル機関で発電すると、年間 2 億円の買電換算収益となる。これを下水処理場規模で言えば、対象人口 100 万人クラスの大規模処理場では年間 3~4 億円、30 万人クラスの中規模処理場では年間 40~50 百万円の収益となる。

2.5 今後の動向と課題

我が国では、昭和 53 年頃より省エネルギー対策として消化ガス発電が注目され始め、昭和 56 年より科学技術庁のメタビア計画や日本下水道事業団による沖縄県での実用化試験が進められている。

ところで、我が国における消化槽設備を有する下水処理場数は、現在 185 箇所、その総発生ガス量は年間 1 億 Nm³ であり、これを発電電力に換算すると 2 億 kWh である。また、消化槽の新設又は整備によって経済効果の期待できる処理場を加えると、上記の 2 倍の発電電力量を期待できる。更に、今後の下水道整備拡大計画を考えると潜在発電量は年々増加する見通しである。

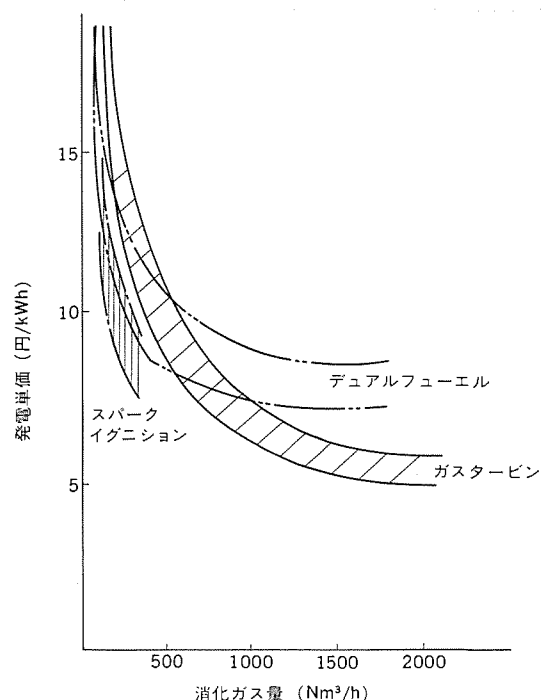


図 2.2 消化ガス量当たりの発電単価

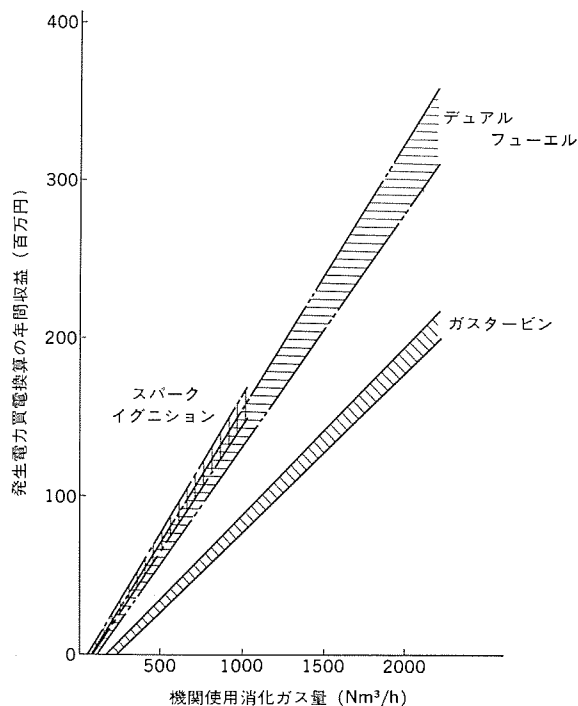


図 2.3 機関使用消化ガス量当たりの発生電力買電換算の収益

消化ガス発電による省エネルギー化を行うには、消化ガスをいかに多くかつ安定して取出すかがポイントとなる。下水処理場においては、季節、天候、時間によって水量や水質の負荷変動があり、これに伴って発生汚泥量や汚泥性状が変動し、消化ガス発生も変動する。したがって、消化ガス発電の適用に際しては、発電設備機器の性能のみならず、消化槽を含めたシステム全体を適正に運用する自動化技術の確立と併せて検討していくことが今後の課題であろう。

3. 大容量変圧器の省エネルギー化

清水 澄*・博多哲郎*

3.1 ま え が き

変圧器は元来極めて効率の高い電気機器であるが、大容量器では単器の損失が数百～数千kWに達する。したがってエネルギーコストの高騰など最近の社会環境の変化を反映して、省エネルギー化が強く要請されている。ここでは大容量変圧器の省エネルギー化の手法と最近の開発状況について紹介する。

3.2 省エネルギー化の観点

大容量変圧器の省エネルギー化は、

- (1) 本体の低損失化
- (2) 高効率運転をもたらす補機損失の低減
- (3) 負荷変動など運転実態を加味した経済性の向上

などを総合的に進めるべきである。このうち(3)は、ユーザー側を中心に広範な研究・考察が行われている⁽¹⁾。したがってここでは主としてメーカー側の役割分担と考えられる(1)、(2)について述べる。

図3.1に変圧器の低損失化のテーマと内容を示す。

これら低損失化を大きなテーマとする最近の変圧器の技術開発⁽²⁾

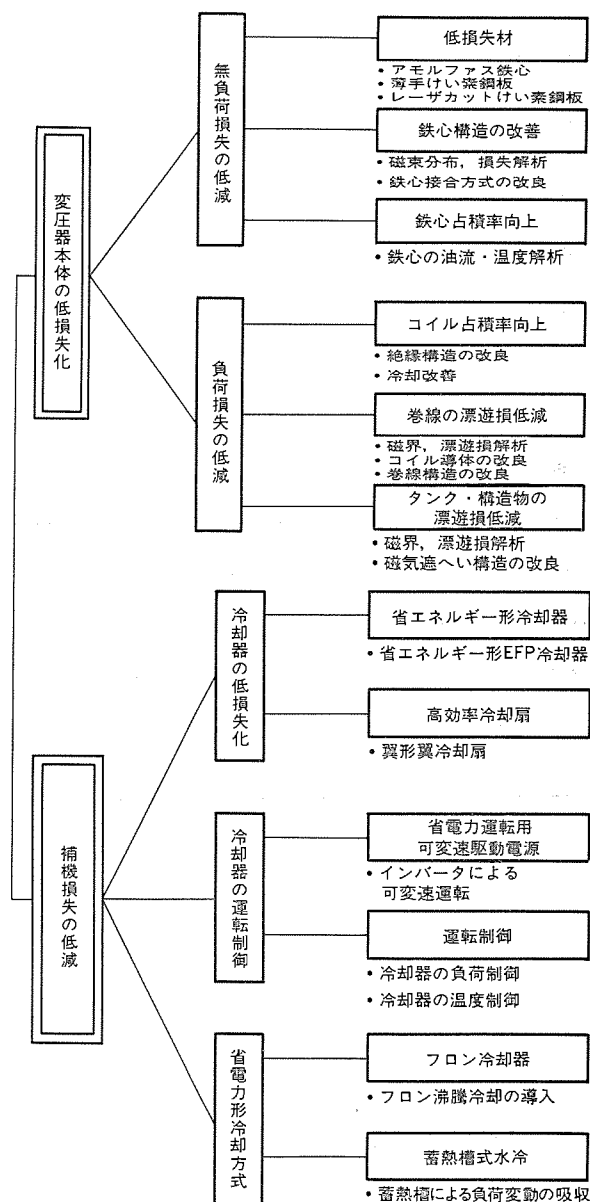


図 3.1 変圧器の低損失化

は、電子計算機の利用による解析技術の発展に負うところが大きい。成熟機種といわれる変圧器の省エネルギー化、コンパクト化は、今後一層これらの高度な解析技術が必要とするものと予想される。

3.3 本体の省エネルギー化

(1) コンパクト化

絶縁の合理化・冷却の改善などによるコイル・鉄心の占積率の向上は、変圧器のコンパクト設計を可能にし、重量の低減にほぼ比例する損失の低減をもたらすので省エネルギー効果が大きい。ここでも電子計算機による詳細な電界解析・温度解析を基礎に、信頼性を確保した上での合理的なコンパクト化が可能になる。図3.2に表面電荷法による電界解析の一例を示し、表3.1に最近の絶縁開発の成果を示す。

(2) 無負荷損の低減

無負荷損(鉄損)は負荷損の数分の一であるが、変圧器使用中は常時100%消費されるため低減の経済的効果は大きい。最近の低損失化技術としては、渦電流成分の低減を図る薄板材、方向性鉄板に応力を加えて磁区を制御し損失を低減するスクラッチ鋼板の実用化など

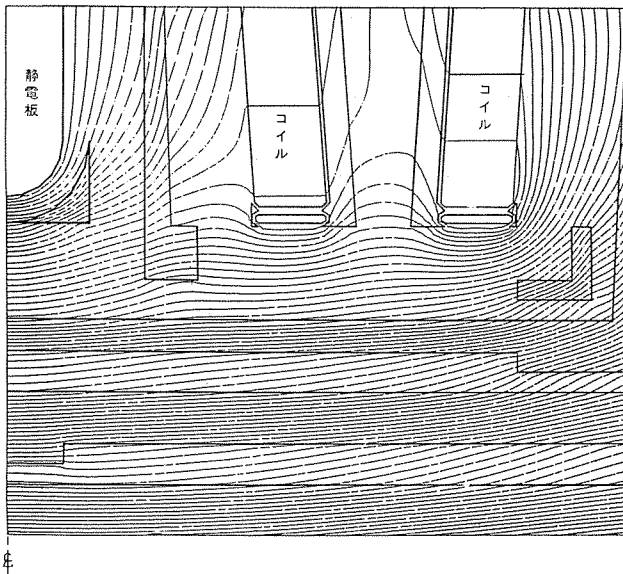


図 3.2 表面電荷法によるライン端近傍の電界解析

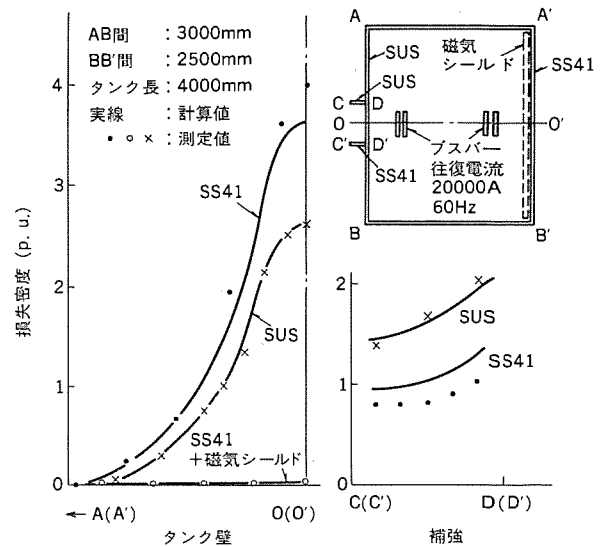


図 3.4 タンク損失の解析と低減

表 3.1 最近の絶縁開発

絶縁部位	新技術
主絶縁	- 高精度電界解析 - 新鉄心コーナ部電界シールド - UHV形静電板 - ラインリード口出し成形チャンネル
コイル間絶縁	- 高精度電位振動解析 - 口出し成形チャンネル
ターン間絶縁	- 高精度電位振動解析 - 薄紙クラフト紙巻絶縁
静電板	UHV形静電板
ラインリード	プレスボード成形チャンネル

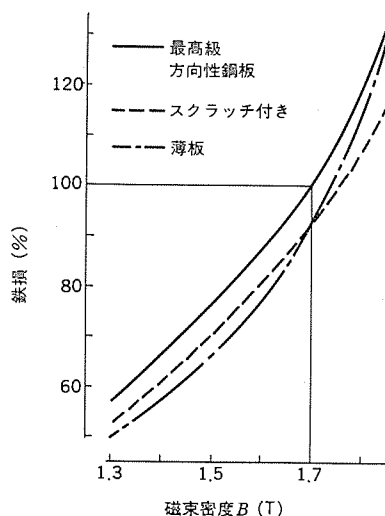


図 3.3 新鉄心材料の損失比較

が主なものである。図 3.3 に従来の鉄板と新鉄板のモデル鉄心による損失実測値を比較する。当社ではほかにも、けい素鋼板接合部構造の改良などを進め、鉄心内磁束解析とモデル試験を併用して、鉄損低減に努力している。最近脚光をあびているアモルファス鉄心などは、大容量器に対しては、最大磁束密度の向上など残された問題もあるが、実用化の可能性に注目している。

(3) 負荷損の低減

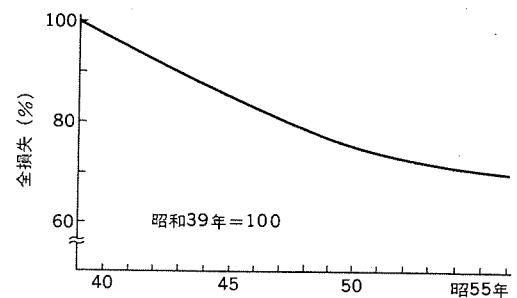


図 3.5 大容量変圧器全損失の低減

負荷損は、巻線抵抗損、コイル内渦流損・循環電流損及びタンク・構造物の漂遊損などからなる。大容量器では漏れ磁束の増大により、漂遊損がかなりの部分を占めるので低減対策が重要となる。ここでも絶縁開発同様、高度の数値解析が必要である。当社ではいち早くこれに取組み、既に数年前、完全三次元漏れ磁界解析プログラムを独自に開発した。これに損失解析プログラムを拡張・付加して、精度の高いコイル内損失の予測を可能とし合理的なコイル配置・素線分割などによる渦流損の低減を実現している。タンク構造物については従来より磁気シールドをタンク壁に取付け、漂遊損を極めて小さな値に保ってきた。また積分方程式法、鉄体表面インピーダンス法などによる漂遊損解析や、発電所用変圧器低圧大電流端子部ほか種々の実規模モデル試験を併用して、より厳密な解析手法の開発と損失の低減を図ってきた。図 3.4 にタンク構造物の損失解析と実測の比較、磁気シールドによる損失低減の状況を示す。

(4) 省エネルギー化の検証

上記のような損失低減努力の結果、大容量変圧器本体の損失は図 3.5 のように減少してきた。既に、将来これを同じ速度で推進するのは非常に困難なレベルに達しているといえる。しかし今後とも計算機による解析などを進めて一層の低損失化を図る必要がある。この努力の一環として最近の技術開発成果を結集し、図 3.6 に示す大容量低損失化、コンパクト化検証用モデル変圧器を製作した。

製作したのは 1 相分の対称 1/2 分であるが、従来当社が納入している 1,500/3 MVA 器に比較して、総重量で 76%、無負荷損は 74%、負荷損は 94% と大きな低損失化、コンパクト化の成果が得られた。

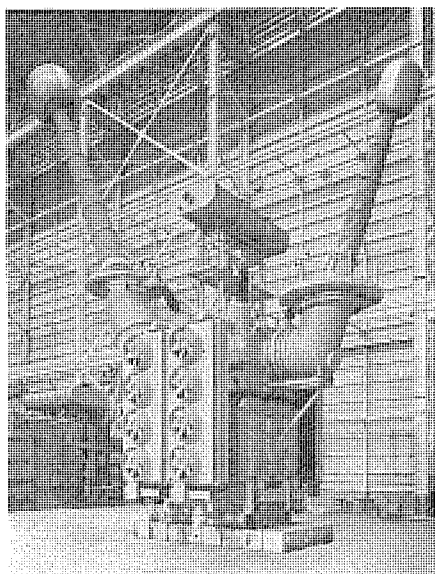


図 3. 6 低損失化・コンパクト化検証用モデル変圧器
(外鉄形・送油風冷式
(単相, 50 Hz, $500/\sqrt{3}/275/\sqrt{3}/63$ kV, 1,500/6 MVA)

3.4 補機の省エネルギー化

補機損の低減, 補機の省電力運転, 発生損失回収など補機の省エネルギー化に関連する最近の開発状況について述べる。

(1) 冷却器の高効率化⁽³⁾

省エネルギー化を指向し, 補機損比率 (補機損 kW/冷却容量 kW) を改善した送油風冷式冷却器を開発した。この冷却器の特長を下記に示す。

- (a) 一括溶融亜鉛めっき鉄製冷却エレメントの採用
- (b) 冷却管径, 配列, フィン間隔最適化による単器冷却容量の増大
- (c) 冷却能力向上と, 油側, 空気側の圧力損失低減による送油ポンプ, 冷却扇電力軽減にもとづく補機損比率の改善
- (d) 冷却器の圧力損失・流量特性に適合した送油ポンプの選択
- (e) 冷却扇の高効率化

その他, 低騒音化, 保守性の向上など変圧器用冷却器としての条件を満足するよう種々の検討を行った。この冷却器の使用状況を図 3. 6 に, 主要諸元と性能比較を表 3. 2 に示す。同表のようにこの省エネルギー形冷却器は従来形 (当社製) に比べ, 冷却能力 15% 増, 補機損 38% 減とすることができ補機損比率は従来形の約 50% となった。

(2) 新形冷却扇⁽⁴⁾

省エネルギー冷却器に適合した新形冷却扇を図 3. 7 に示す。この冷却扇は翼形断面をもちアルミ合金製である。性能を従来形 (当社製) と比較すると同一回転数において風量は約 25% 増加する。また騒音も低く, 最近の環境保全の見地からも都市近郊の変電所に適している。

(3) 変圧器用冷却器の省電力運転装置

冷却器の運転制御によっても省エネルギー化が可能である。従来からの負荷率, 油温に追従する冷却器運転台数群制御方式のほかに, インバータによる可変速制御方式が実用化されつつある。これは送油ポ

表 3. 2 省エネルギー冷却器の主要諸元及び性能比較

諸 元	対象冷却器	省エネルギー形	従 来 形
外形寸法比 (幅×奥行×高さ)		1.1×0.9×1.0	1.0×1.0×1.0
冷却能力比 Q		1.15	1.00
循環油量比		0.45	1.00
補機損比 A		0.62	1.00
補機損比率= A/Q		0.53	1.00
騒 音 値		従来形に比べて2ホン減	

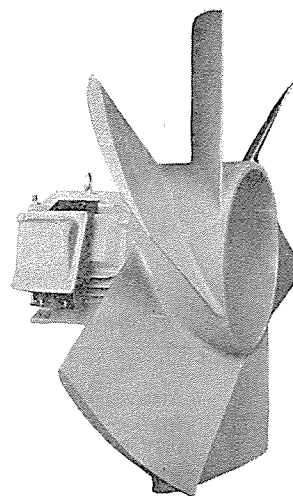


図 3. 7 新形冷却扇

ンプ, 冷却扇の回転数を負荷率又は油温に応じて変化させ, 補機損節減を図るものである。群制御方式に比べ 20~50% の省エネルギーが期待できる。

(4) 発生損失の回収

発生損失を有効活用することによって効率を向上させる方法が考えられる。このような観点から損失の回収が注目され始め, 変圧器では暖房, 給湯に利用している例がある。この場合, 利用側の負荷が冬期に片寄るため経済的に難点がある。例えば吸収冷凍機による冷房を行うには変圧器油温を高くする必要があるが, 絶縁物の耐熱性で問題がある。そこで耐熱性の問題が少ない鉄心の冷却流路を巻線の冷却流路から分離し, 鉄心冷却冷媒温度を高め冷房に利用する損失回収方法が検討されている。損失回収は今後の研究課題である。

3.5 む す び

大容量変圧器の省エネルギー化に関し, 最近の技術開発状況につき述べた。今後ともユーザーの要望にこたえ得る製品の提供に努力する所存である。

参 考 文 献

- (1) 電気協同研究会座談会：電気協同研究, 第 37 巻, 第 2 号
- (2) 菅ほか：三菱電機技報, 56, No. 7, P. 44 (昭 57)
- (3) 清水ほか：電気学会全国大会論文集, 653 (昭 57)
- (4) 松下ほか：三菱電機技報, 54, No. 3, P. 37 (昭 55)

産業用設備の省エネルギー

有賀 恵 蔵*

エネルギー危機により大きな影響を受けた産業界の各企業は、エネルギーに対する体質を強化し、製品に占めるエネルギーコストを低減するために、省エネルギー対策、エネルギー源の転換などを積極的に推進してきた。初期の段階においては、照明設備、空調設備、上下水道などをきめ細かく管理することにより、即効的な省エネルギー対策を行った。これと並行して工場の諸設備のエネルギー効率の見直しと、改善のための調査、検討が行われた。エネルギーコストが安い高度成長時代に建設された多くの設備では、エネルギー効率が重視されておらず多くの損失が存在した。蒸気、水、熱などに対する損失に関しては、比較的对策がとりやすく、効果が大きいとの理由で早くから手が付けられていた。

省エネルギーのために既設設備を改造したり、新しい設備を導入する場合、安全性、信頼性、保守性とともに経済性が重要な判定の基準となる。経済性は設備投資に要する費用と、省エネルギーにより節減できる費用の関数である省エネルギー効果により決まる。この基準は、将来のエネルギー事情や経済動向の不透明さのために一概に決められないが、一般に原価償却期間2～3年が採用されている。

電気・電子を応用した省エネルギーシステムは、エレクトロニクスを始めとする諸技術の進歩により、安全性、信頼性、経済性の各面で大幅に向上し、その適用分野を急速に拡大した。これらの分野は、以下に述べるように分類ができる。当社は各分野に対し、電気・電子に関する高度の技術と、プラントプロセスに関して蓄積した豊富な技術を総合的に活用し、各種の省エネルギー機器及びシステムを製品化している。これらの機器・システムは、安全性、信頼性、経済性、保守性などの各面で必要な条件を満足し、既に多くの分野で採用され省エネルギーの実績をあげている。

(1) ユーティリティの合理的管理による省エネルギー

工場の操業状態は時々刻々と変化するので電力、蒸気、水などのユーティリティに対する要求量も時間とともに変わる。しかし、これらの設備は従来必ずしも統一のとれた運転が行われていなかった。このような設備では負荷の状態に合わせて全体の協調をとり制御を行うことにより、必要なエネルギーを大幅に節減できる。当社では工業用計算機《MELCOM 350シリーズ》、プラントコントローラ《MELPLACシリーズ》、計装制御システム《MACTUSシリーズ》、各種伝送システムなどを最適に組合せた小規模から大規模までの各種ユーティリティ管理システムをシリーズとして取りそろえている。このほか、デマンド監視制御装置《MICAM-DAX》、力率自動調整装置《MICAM-VAR II》などを使い電力の利用方法を改善することにより、電力を効率的、経済的に使う方法も多く利用されている。

また、ディーゼル発電機などを設置し、特に電力需要の多い夏場の受電電力のピークをカットし、契約電力を最適な値に抑え、経済的に運用するシステムも効果をあげている。

(2) 受変電設備の合理化による省エネルギー

工場を受変電設備は負荷に合った最適な設計をすれば、損失は軽減でき、省エネルギーを図ることができる。この分野では低損失形油入変圧器やモールド変圧器が採用できる。これらの変圧器の採用は、既

設設備の取替えにおいては経済的に引合わないが、新規に設置する場合には明らかに経済的に有利である。

また工場の使用電力は時間とともに変化する。したがって受配電用変圧器が複数台設置されている場合には、損失が最小になるように変圧器の運転台数を制御すれば、省エネルギーが図れる。このような制御は電力監視制御システム《MICAM》などにより実現している。

(3) 動力設備を高効率化することによる省エネルギー

工場には各種動力設備が存在するが、これらの設備にはエネルギー効率の低いものがある。このような例は、風水力機器において圧力損失を発生させていることにより、流量を制御するダンパや弁制御の場合に見られる。この場合、最近特に技術革新の著しい可変電圧可変周波数電源（以下VVVFという）により、ファン、ポンプなどの風水力機器の回転速度を変化し、流量制御を行えば、ほとんど損失を発生しないので省エネルギーを実現できる。VVVFの小容量シリーズとしてトランジスタを採用した経済的な《FREQROLシリーズ》、《MELTRAC-200シリーズ》を製品化している。このシリーズの特長は、トランジスタ方式としては世界最大級容量の200kVAまでシリーズ化していることである。また大容量シリーズとして、サイリスタを採用した電圧形/電流形の各方式の《MELTRACシリーズ》を製品化している。したがって、設備に合わせて経済的で最適な性能の装置を選択することができる。

高効率の回転速度制御方式であるサイリスタモータ、静止セルビウス及び低損失の電動機“高効率節電形モートル”なども、その特長をいかして多くの設備に採用され大きな効果をあげている。

(4) 運転制御の合理化による省エネルギー

工場内には、負荷の状態には関係なく常に一定条件で運転されたり、従来の制御装置では制御性や誤差が大きいため容量に余裕を持たせて運転している設備がある。このような設備は負荷の状態に合わせて制御するシステムや高性能の制御方式を採用し、最適な運転制御を行うことによりエネルギーを節減することができる。

負荷状態に合わせて運転制御を行う例としては、バッチ処理設備の風水力機器をプラントコントローラ《MELPLACシリーズ》などを応用し、間欠運転制御や台数制御を行う省エネルギーシステムがある。制御の高性能化の例としては、ボイラや加熱炉の空気量と燃料の比が最適になるように制御し、省エネルギーを図る《MACTUSシリーズ》を応用した最適燃焼制御システムなどがある。

(5) 廃エネルギー回収による省エネルギー

工場内では廃熱、廃圧として多くのエネルギーを捨てている。このエネルギーを回収し有効に利用すれば、省エネルギーを図ることができる。廃エネルギーの利用法には、廃エネルギーをそのままの形で利用するものと、一度電力などの使用しやすい形に変えて利用する方法がある。前者の例としてはヒートパイプによる廃熱利用がある。後者の例としては本誌P.2「電力分野における省エネルギー」で詳細を述べた高炉炉頂圧回収発電システムがある。

産業分野における省エネルギー対策は、初期においては以上の各項目の中で省エネルギー効果が大きく導入が容易なシステムが多く採用さ

れた。しかし、各項目を総合的に組合せて活用すると、より高い効果をあげることができる。このため技術の進歩とともに次第に総合的なシステムの適用が増加している。このような総合化と今後のエレクトロニクスを中心とする技術の進歩は、省エネルギーの対象となる分野

を更に拡大して行くものと考えられる。本論では代表的な省エネルギー機器・システムとその応用例について述べ、システムの導入及び新システム構築の参考として活用いただけるものとした。

1. 工場ユーティリティに対する省エネルギー制御方法

服部晋一*・三小田渡**・安居院憲彰***

1.1 ま え が き

工場ユーティリティに対する省エネルギーは、従来より部分的に実施されてきたが、ほとんどが比較的容易な制御に限られている。しかし最近の電子技術の発達に伴う制御装置の進歩は、省エネルギーの方法に大きな影響を及ぼしている。ここでは数ある実施例のうちから代表的なものを紹介し、着目すべきポイントについて述べるとともに、省エネルギー、工場管理に役立つ三菱総合計装システムを紹介する。

1.2 動 向

工場におけるエネルギー源としては、電力と重油が代表的なものである。このうち電力の省エネルギーについては、必要な設備のみを動かす無駄に稼働しているものを除く方法がある。この中でポンプ、冷凍機、コンプレッサの台数制御、空調や照明設備のスケジュールにしたがった運転・停止が最も単純なものである。

これらは段階的に省エネルギーを図るものであるが、もっと細かく省エネルギーを行うためには無段階制御が必要となる。これを実現するには、例えば検出器—調節計—操作端というような計装ループを構成し、目標設定値に合わせる制御を行うことが必要である。このような制御にはDDC(Direct Digital Control)が最適である。ポンプやファンを対象とした電動機の回転制御を組合せると省エネルギー効果は更に大きくなる。これらはいずれも工場設備を単体としてミクロ的に眺めて省エネルギーを行う方法であるが、工場全体を一つのシステムとして眺め、多変数による高度な制御を行う例が増えている。

また、重油の使用量を節減するために、ボイラに関する様々な制御方式が開発適用され、必要最小限の重油でしかも環境条件を良好に保ちつつ運転できるようになってきている。このような省エネルギーに対する努力は、電力消費量の節減、燃料重油使用量の節減のほかに、工業用水使用量の節減にもつながり省資源にも寄与しており、まさに時代の要請に適合したものである。

1.3 実 施 例

(1) 給水制御システム

工場の冷却水を井戸よりくみあげて使用し、使用後の温水を排出している設備において、水槽の用途別利用法及び配管系統の見直しを行った上で、送水圧力制御と水槽の温度・水位制御を行い大きな省エネルギーを実現した。

(a) 送水圧力制御

水槽の冷却水を負荷側に供給する送水系統において、送水圧力が一定になるように複数台設置された送水ポンプの速度制御及び台

数制御を行う。1台のポンプのみ速度制御を行い、それ以外のポンプは必要に応じて運転停止させることにより、その制御範囲を大きくとり、しかもその範囲内を無段階に制御できるようにしている。また台数制御対象のポンプについては、運転時間の均等化を図るためサイクリックに運転指令がでる。

ポンプ全台数を速度制御する方式ではVVVF(Variable Voltage Variable Frequency)装置の容量が大きくなり、初期投資額が大きくなる欠点がある。この設備では制御装置にDDC(PID制御)とシーケンス制御を組合せた制御ができるマルチコントローラ《MACTUS 610》を採用し、ポンプ1台のみを速度制御の対象とし、他のポンプは台数制御を行った。これにより全数速度制御を行う方式と同等の効果を得ることが可能となり、初期投資額を大幅に低減できるところにこのシステムのポイントがある。図1.1にPICとあるのがこの制御を実施した箇所である。

(b) 水槽の温度、水位制御

分散設置された水槽の温度と水位を常に監視しながら、一定温度の冷却水を供給し、かつ各水槽の水位が不足もせずあふれることもないように用水の有効利用を図っている。

各水槽は、用水の温度が低い上位水槽と高くてもよい下位水槽に分類し、上位水槽は井戸水から受水し、下位水槽は上位水槽から受水する。またバッファ水槽を上位水槽と下位水槽の間に設け、上位水槽の排水要求時に下位水槽が満水であったとき受水し、下位水槽の給水リクエストに対し上位水槽に排水の余裕がないときに送水する。図1.1には上位水槽、下位水槽が各1槽しか書かれていないが実際には複数の水槽が接続されている。

各水槽は冷却水を送水し負荷側で冷却したあとの温水を戻して循環させている。したがって時間とともに水槽温度は上昇する。水温は冷却効果に大きく影響するので、設定された値に一定にしておく必要があり、温度上昇時には給水リクエストを出して冷水の補給を行う。補給水を受水することにより水槽水位が上昇する。

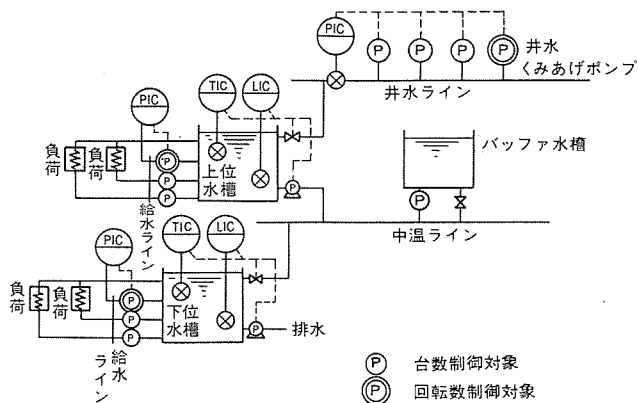


図 1.1 給水総合制御システム例

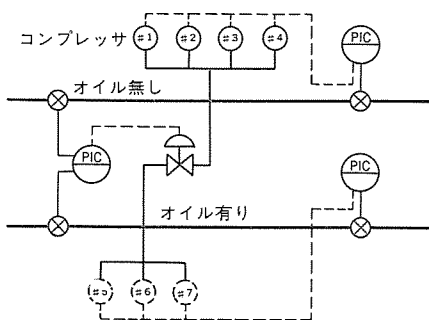


図 1.2 圧空制御 システム 例

温度が下がらないのに水位上限に達したら、オーバーフローさせるのではなく、下位水槽への排水 リクエストを出す。受け入れられる下位水槽があればそこへ送水する。このように井戸からくみあげられた水を、上位水槽で十分循環させて利用し、温くなった水を下位水槽に入れて再度循環利用し、有効に使用している。

このシステムのポイントは、まず制御にマルチコントローラ《MACTUS 610》を採用し、単純な PID 制御だけでなく、冷水の受水量と下位水槽への排水量とを勘案しながら、温度が制御範囲内に入るよう演算し予測制御を行う多変数制御を導入したこと及び設備をトータルとしてとらえた制御が可能になったところにある。

(2) コンプレッサ 台数制御

圧縮空気供給側における省 エネルギー はコンプレッサの台数制御によって行う。この実施例では圧空系統が2系統（オイル有りとオイル無し）あり、導入前にはそれぞれ独立に圧力計をみて人手によってコンプレッサの運転停止を行っていた。

これを図 1.2 に示すようにそれぞれの系統ごとに圧力制御を行う一般的な方法に加えて、両系統を結びオイルがオイルレス系へ逆流しないよう両系統のライン 圧力の差を検出し、その差が一定になるよう両系を結んでいる調節弁の開度を操作する差圧制御を行う。またコンプレッサの運転、停止に伴う圧力への時間遅れを補償するための予測制御を行い一定時間後に規定の圧力となるように、コンプレッサを選んで指令出力を出すようにした。コンプレッサの容量が同一である場合にはサイクリック運転を行い、運転時間の平均化を図っている。

このシステムのポイントは、二つの系統を結んだことによる予備力の共用化を図り、トータルとして停止可能台数を増やし省電力に寄与したことと、制御方法に予測制御を取り入れて制御性の改善を図ったところにある。

(3) ボイラ 制御 システム

ボイラは燃料・空気・水などが複雑にからみあった制御を必要とするが、従来の機械式あるいはアナログ式のフィードバック制御では省エネルギーを目的としたきめ細かな制御は困難であった。しかし最近のマイクロコンピュータを応用した分散形 DDC コントローラやジルコニア式酸素分析計の技術の進歩により、複雑で高精度の演算制御が可能になり、燃料費と機器の保守管理費の低減を目的とした最適燃焼制御装置の採用は着実に実施されてきている。実施例として、マルチコントローラ《MACTUS 610》を応用したボイラの最適燃焼制御装置における省エネルギー効果について、可変速制御装置（VVVF）《FREQROL》を用いた押込通風機のインバータ制御による排ガス低酸素制御装置について述べる。

(a) 最適燃焼制御装置（図 1.3）

(i) 燃焼制御（Automatic Combustion Control : ACC）は

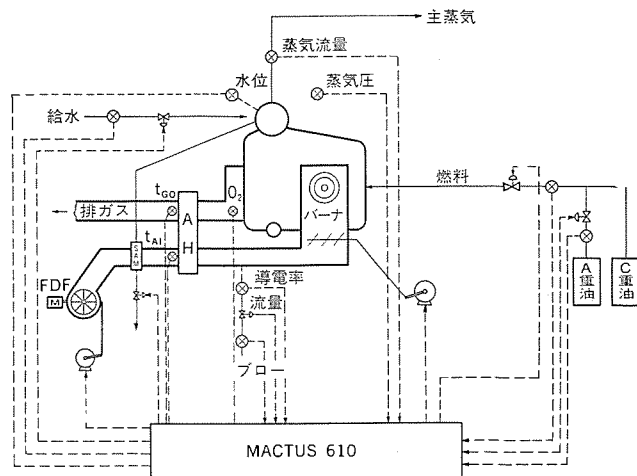


図 1.3 最適燃焼制御装置によるボイラ計算例

主蒸気圧力制御、燃料流量制御、空気流量制御の組合せとなっている。主蒸気圧力制御では、主蒸気圧力を設定値に保つために主蒸気圧力 PI 制御を ACC のマスタ制御信号とし、PI 制御の出力に蒸気流量の変化分をフィードフォワードすることにより制御性の向上を図っている。

燃料流量制御では、主蒸気圧力制御からの出力を燃料流量制御のマスタ信号として燃料流量の PI 制御を行っている。負荷状況に合わせて燃料流量に応じた空燃比のカーブを記憶し、そのカーブを酸素制御の設定値として PI 制御を行い、その出力で設定された空燃比を補正している。空気流量制御では、マスタ信号を燃料流量の測定値に合わせて上下限の制限をし、空燃比を乗じたものを設定値として空気流量制御を行う。この出力でバーナ前のダンパと、押込通風機（FDF）入口バーンの両方を操作する。酸素検出器としては小形で取扱いが容易、応答速度が速い、メンテナンスをほとんど必要としないなどの特長をもつジルコニア式酸素分析計を採用している。

(ii) 連続ブロー制御

缶水の導電率が一定範囲になるように、缶水のブロー量を調節する。またブロー量が多くなりすぎて水位に外乱を与えることがないように給水流量からのブロー量の最大値を制限している。

(iii) 蒸気 エアヒータ 制御

排ガスと空気の熱交換器であるエアヒータを低温腐食から保護するために、蒸気エアヒータで空気を予熱している。従来は蒸気エアヒータの蒸気は一定開度となっていたが、排ガスのエアヒータ出口温度と空気のエアヒータ入口温度の平均を一定値以上に保てば、低温腐食は抑制されるため、温度制御を行うものである。

この装置のポイントはボイラの熱損失の減少にあり、機器、装置側の特性を把握し最適空気量の制御により排ガス中の熱損失の減少、更に最適燃料使用量の制御により未燃ガス損失の減少、連続ブローの熱損失の減少、蒸気エアヒータのドレン損失の減少など複合した省エネルギー効果を得られるところにある。

(b) 排ガス低酸素制御装置（図 1.4）

小容量ボイラの燃焼制御は、一般に機械式リンク機構により行われている。これを負荷の全域にわたって最適制御を行うためには、リンク機構の動作角度信号をインバータへ速度指令信号として送り、押込通風機（FDF）の回転数を調節する方式が有効である。この方式では炉内で燃焼した排ガスの酸素濃度を酸素濃度計で検出し

て補正信号としてインバータへ送り、設定された酸素濃度になるようにFDFの回転数を微調整する。これによって、遅れが少ない良好な制御が行える。図1.4にシステム設計図の一例を示す。

この装置のポイントは、空気量の調節として従来使用していたダンパの代わりに押込通風機をインバータにて可変速運転し、合わせ

て煙道に酸素濃度計を取付けて信号をフィードバックし排ガス中に残存する酸素濃度を低く一定に制御することにより、省燃費を行うとともに、可変速運転による押込通風機の省電力も同時に実現するところにある。

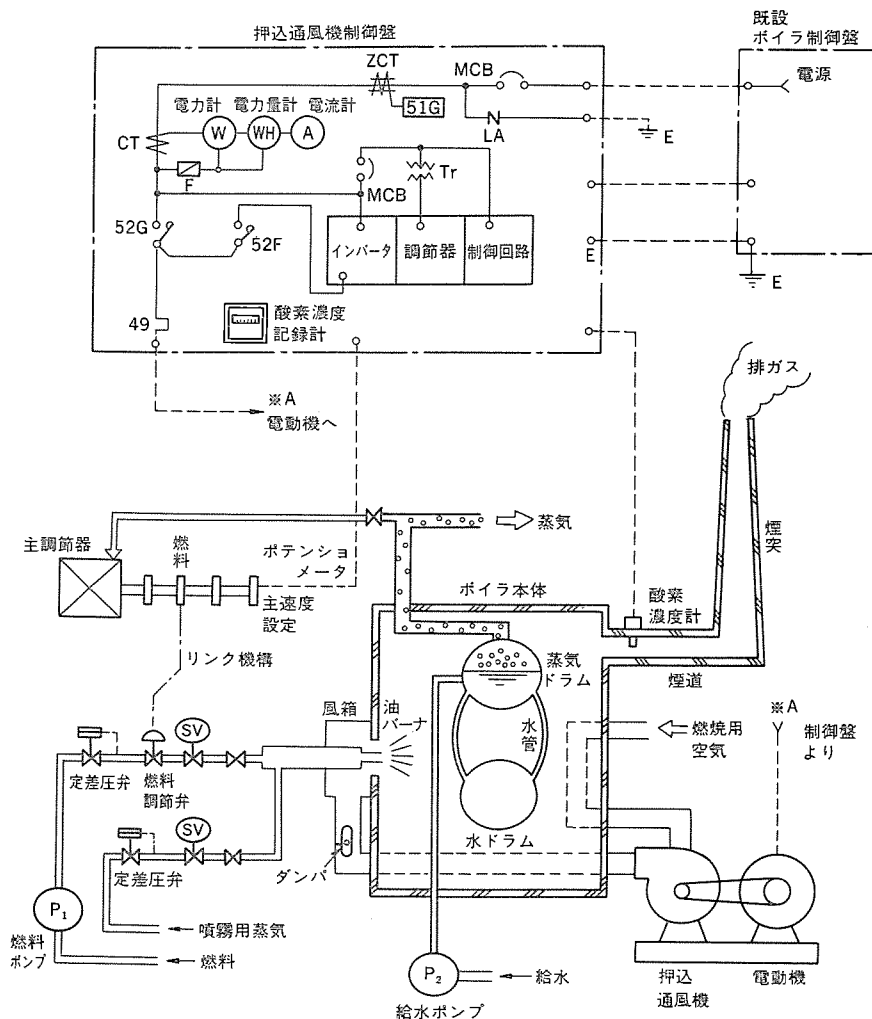


図 1.4 排ガス低酸素制御装置によるボイラ計装例

1.4 機器紹介

省エネルギーを実際に実現するためのツールとしての三菱総合計装制御システム《MACTUS》を紹介する。

(1) システム構成

システム構成図を図1.5に示す。《MACTUS》は規模の大小、CRTの利用形態などに応じて最適な選択ができるように、1ループからマルチループ用まで幅広いコントローラのレパートリを有し、更にパネルオペレーションを主体としたローカルディスプレイから、CRTオペレーションを主体としたオペレータステーションまで用意されている。各機器は階層化した上位、中位又は下位のデータベースに接続され、小規模システムから大規模システムまで最適なシステムの構築を可能としている。

(2) 機器の特長

(a) バスシステム

データ伝送を同軸ケーブル1本で行い、計器室の配線を簡素化できる。また、伝送制御部は各コントローラの主制御部とは独立しており伝送に伴うコントローラの制御性能への影響はない。N:N伝送も可能、通信制御回路はLSI化し高信頼性を図っており、伝送手順、フォーマットについて規格化されたものを採用している。

(b) プロセスコントローラ

機能の高度化に適合し、柔軟性、拡張性に

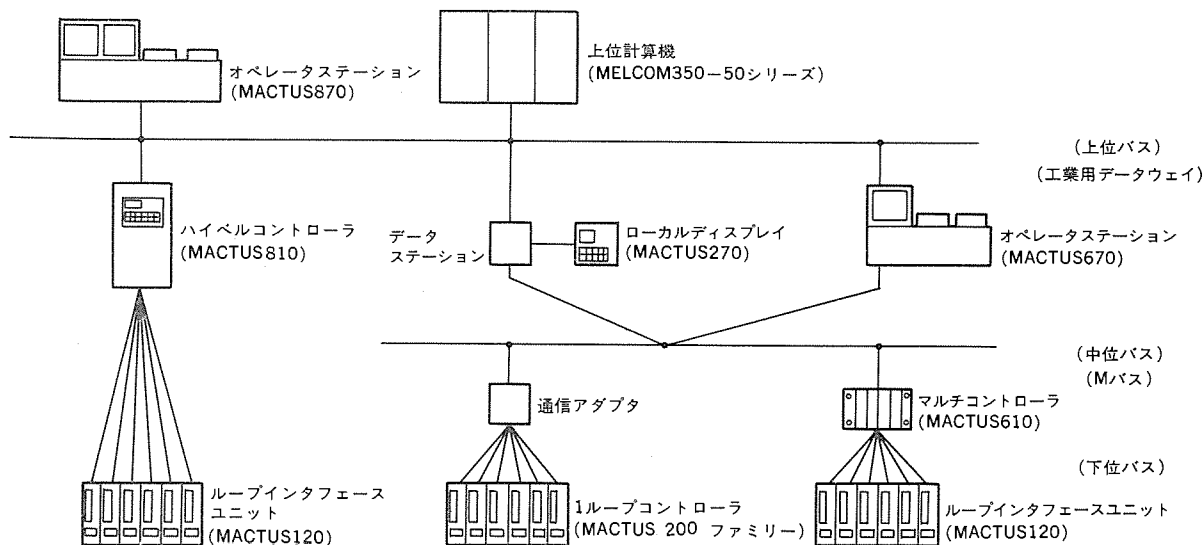


図 1.5 《MACTUSシリーズ》システム構成図

優れ、高信頼性を追究し、メンテナンス性を良くし、データ伝送機械を持つことを基本方針としている。

(i) 1ループコントローラ

昭和54年4月発売の1ループコントローラ《MACTUS 200》に加えて、昭和57年からは単純PID機能のみを有する安価な汎用形《MACTUS 202/203》と、高級な制御機能を有する高機能形《MACTUS 204/205》を加えた。

汎用形はパネル側面のスイッチのON/OFFにより機能を選択でき、ソフトウェアの知識を一切必要とせず、従来のアナログ調節計と同じイメージで取扱える。

高級形は、豊富な入出力点数、浮動小数点演算、44種のアルゴリズム、99の命令ステップ数が準備されており、非線形、フィードフォワード、むだ時間補償制御などハイレベルなDDC機能に加え、シーケンス制御を加味した複雑高度な制御を高精度で実現できる。

(ii) マルチループコントローラ

DDCとシーケンス制御が複雑に絡み合う御制に最適なコントローラで、8ループの《MACTUS 610》と、32ループの《MACTUS 810》があり、数ループ単位でまとまったユニットとしての計装に適しており、特に省エネルギー計装をコントローラレベルで閉じて実現する場合に適している。

(iii) 監視、操作システム

パネルオペレーション向きには、《MACTUS 610》及び1ループコントローラファミリー用の簡易形オペレータズパネルとしてローカルディスプレイ《MACTUS 270》がある。システムの調整並びにプロセス監視が12インチグリーンモニタCRTで行え、パネル計器と同一レベルにおかれる経済的なマンマシン装置である。

パネルレスのCRTオペレーション向きには、中小規模用《MACTUS 670》大規模用《MACTUS 870》があり、豊富な標準画面の他にユーザーに開放された画面を持ち、使いやすい画面が作れる。またオペレーションガイドや警報を音声でオペレータに伝えることができ立体的な情報提供を可能としている。更にキーボードの配列などに考慮を加え操作性が格段に向上できる。また、高級言語でプログラムを組めるようになっており、多様なユーザーのニーズに対応できる余地を十分に有している。

更に管理までも含めた機械を持たせるには、三菱工業用計算機システム《MELCOM 350シリーズ》を用い、標準のバスで接続する。データの解析、省エネルギー最適計算など複雑な演算は、豊富な科学技術計算用のパッケージを利用できるメリットがある。

1.5 むすび

省エネルギーへの努力は今後も活発に続けられ、単純なものからシステムをトータルとしてとらえた制御方法が広く実施されるようになるであろう。各工場ごとにその設備特有の問題があり、それをうまく生かすような独創的な制御方法をみつけだすことができれば、制御装置《MACTUS》に容易に組込むことができ、すぐにその効果を引き出しうる状況にある。省エネルギー制御方法を考えるにあたって本稿がその一助となれば幸甚である。

2. 計測監視制御機器

水原博久*

2.1 ま え が き

石油危機により省エネルギー、なかでも電力の省エネルギーの問題は重要な課題となっている。本稿では省エネルギーを目的とした種々の計測、監視、制御装置について紹介する。

2.2 電力の省エネルギーの基本的考え方

電力の省エネルギーの成果を判断する指標に電気料金の節減額をおく方法がある。現在の電気料金体系は電力需要家の省エネルギー努力が、そのまま供給コストの低減につながることから、これを電気料金の低減という形で需要家に還元しようという考え方が織り込まれている。電気料金は契約電力と力率で決まる基本料金と、使用した電力量に対応した電力量料金との二つの柱から成り立っており、したがって電気料金を節減するためには次の項目について管理を行うことが必要である(図2.1)。

$$\begin{array}{l} \text{電気料金(円)} = \underbrace{\text{契約電力(kW)} \times \text{基本料金率(円/kW)}}_{\text{基本料金}} \times 1.85\text{—月間力率} \\ + \underbrace{\text{使用電力量(kWh)} \times \text{電力量料金率(円/kWh)}}_{\text{電力量料金}} \end{array}$$

図 2.1 電気料金の概略大系図

- (1) デマンドの契約電力超過による違約金支払を防止するためデマンド圧力を行う。
- (2) 基本料金の力率割引額を増すよう回路の力率を改善する。
- (3) 電力量料金を節減するために負荷制御を行い、電力量を削減する。

以下に紹介する機器は上記項目に対応して負荷の運転や制御を行うことにより電力の有効利用を図り、省エネルギー化を行う装置である。

2.3 デマンド監視制御装置(図2.2)

デマンド監視制御装置はデマンドが電力会社と需要家で契約した契約電力を超過しないよう監視し、これを越えるおそれのあるときは負荷遮断を行い超過を防止する装置である。

(1) デマンド管理の効果

- (a) デマンド超過の違約金は契約電力の104%を超える分について

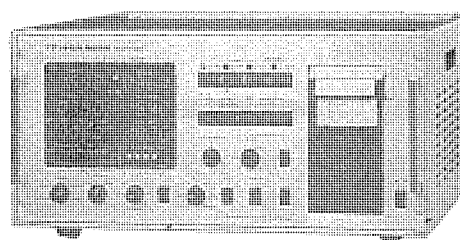


図 2.2 デマンド監視制御装置 DM-20 形

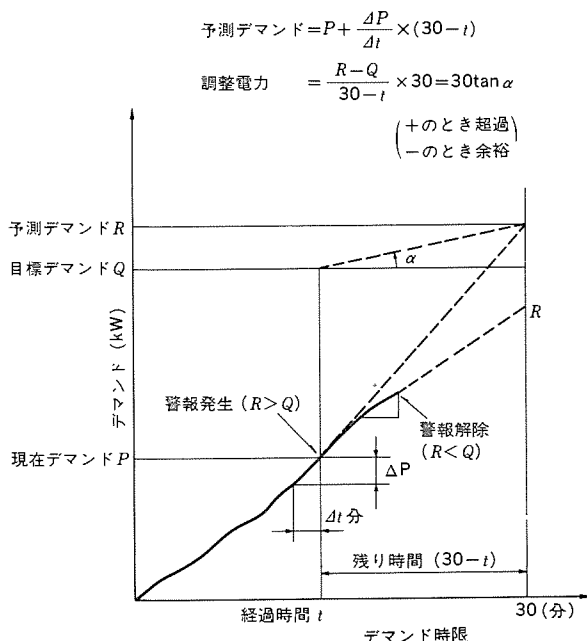


図 2.3 デマンド監視制御装置の動作原理図

て特別料金の1.5倍であるが、この支払いを防止できる。

(b) 負荷増設を行い契約電力アップが想定される場合、この装置によるピークカットを行うことにより基本料金の増加を防止できる。

(c) ピークカットを行うことにより使用電力量を削減できる。

(2) デマンド監視制御装置の原理 (図 2.3)

取引用電力量計の発信パルスをパルス検出器により取出し、この装置で計数し、デマンド時限 (30 分) 終了時に到達する値 (予測デマンド) と目標デマンドを超過しないよう負荷制御量 (調整電力) を演算し表示する。また超過のおそれがあるときは警報を発生し、5 回路の負荷遮断を行う。またプリンタによりデマンドの各種値や電力量、負荷制御の状態などを記録することができる。

(3) 主な用途

(a) 空調機の負荷制御

デマンドのピークは空調機負荷の比率が増大する夏季に発生することが多いため、空調機が制御対象として選ばれるケースが多い。

(b) 電気炉の負荷制御

電気炉負荷は総計の容量が大きいために同時に運転するとデマンド超過に至ってしまう。これを防止するためにデマンドに応じて炉の運転台数を制御する。

(c) 冷凍機の負荷制御

食品店舗では冷凍ショーケースや冷蔵庫などの冷凍設備の比重が多いため、これらの負荷が制御対象として選ばれる。

(4) シリーズ機種

このシリーズ機種としては図 2.2 の DM-20 形のほかに監視機能のみの HKE-SV 形がある。

2.4 力率自動調整装置 (図 2.4)

力率自動調整装置は回路の力率が 100% 近くになるように電力用コンデンサの投入量を自動的に調整し、回路の遅れ無効電力を減少することにより線電流を減少させ、回路や変圧器などの電力損失軽減と電気料金の力率割引の効果を増大させる装置である。

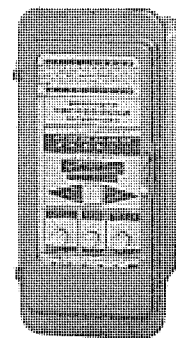


図 2.4 力率自動調整装置《MICAM-VAR II》

表 2.1 基本料金の力率割引割増率

契約種別		対 象	基本料金の割引割増率
高圧電力	甲	50 kW ≤ 契約電力 < 500 kW	・力率が 85% を上回る場合、上回る 1% につき 1% 割引。 ・力率が 85% を下回る場合、下回る 1% につき 1% 割増、ただし進相の場合は 100% とみなす。
	乙	500 kW ≤ 契約電力 < 2,000 kW	
特別高圧電力		2,000 kW ≤ 契約電力	

(1) 力率調整の効果

(a) 力率改善により基本料金に力率割引が適用される (表 2.1)。

(b) 力率改善により線電流が減少するため、線路や変圧器の電力損失が減少し電力量の節減となる。

(c) 線電流の減少により、これに見合う設備容量の余裕が生じる。

(d) 線電流の減少により、受電端の電圧降下が軽減できる。

(e) 力率の進み過ぎによる電圧上昇などの弊害を除去できる。

(2) 力率自動調整装置の原理

回路の PT, CT により電圧、電流信号を入力し、これにより無効電力を計測し、この値が投入点設定値に達するとコンデンサ投入信号を出力し、遮断点設定値に達するとコンデンサを遮断して、回路の無効電力が、常に両設定値内におさまるようコンデンサの投入量を調整する。コンデンサは 6 回路まで制御できる。

(3) 力率自動調整装置の用途

(a) 受電回路の力率改善

受電点における月間平均力率により電気料金上の力率割引が算定されるため、受電回路にコンデンサを設置し、力率改善を行う。

(b) 端末負荷における力率改善

端末負荷に並列にコンデンサを設置し、端末における力率改善を行うことによりその効果を大きくできる。低圧回路が対象となる。

(4) シリーズ機種

このシリーズ機種としては図 2.4 の《MICAM-VAR II》のほかに小形で 1 回路のコンデンサを制御できる PF-11 形がある。

2.5 スケジュールコントローラ (図 2.5)

スケジュールコントローラは照明、空調機、冷凍機関係などの負荷の使用電力量を削減することを目的とする装置である。

(1) スケジュールコントロールの効果

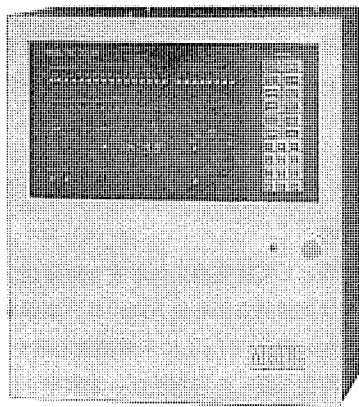


図 2.5 スケジュールコントローラ《MELTIC 224 B》

- (a) 照明や空調機のスケジュール運転により切り忘れや過剰運転を防止でき、照明の間引き点灯などにより使用電力量を削減できる。
- (b) 冷凍機や空調機などの負荷を間欠運転（デューティサイクル運転）することにより使用電力量を削減できる。
- (c) 間欠運転の夜間の停止時間を長くする（ナイトデューティ）ことにより節電効果をより一層あげることができる。

(2) スケジュールコントローラの原理

マイクロコンピュータにスケジュール制御のON/OFFさせる時刻や間欠運転の停止時間を設定しておき、これに基づき出力接点をON/OFFさせ、負荷の開閉制御を行う。プログラムは週間設定であり、平日、休業日、特定日ごとに各々異なる運転パターンを設定できる。また間欠運転制御は32分周期における強制停止時間が設定でき、夜間の停止時間は昼間の1.3、1.5、1.8、2.0倍のいずれかの設定値に延長することができる。出力回路数はスケジュール制御が16回路、間欠運転制御が8回路である。

(3) スケジュールコントローラの用途

- (a) 工場、ビル、店舗などの照明、空調機などのスケジュール制御。
- (b) 工場、ビル、店舗などの空調機、冷凍機などの間欠運転制御。

(4) シリーズ機種

このシリーズ機種としては図2.5の《MELTIC 224 B》ほかに総合的なコントローラとして《MELTIC 500》、4回路のスケジュール制御のみの機能を有する《MELTIC 104》がある。

2.6 ミニデータロガー（図2.6）

電力の省エネルギーを図るためには電力管理上必要なデータを収集し、その分析に基づき管理や目標設定を行うことが必要である。ミニデー

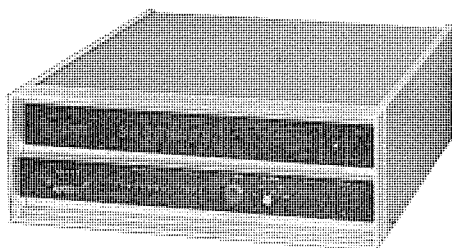


図 2.6 ミニデータロガー《MICAM-300》本体

タロガーはこうした目的に適合したデータの作表装置で、非常に小形、低価格であることが特長である。

(1) データ収集、作表の効果

- (a) 各種データを正確迅速に収集でき、演算作表するためにデータが整理されており電力の使用状況が把握しやすい。
- (b) 省エネルギーの問題点の発見や改善の計画立案、あるいは将来の設備変更の検討資料として活用できる。
- (c) データ収集と処理の省力化が図れる。

(2) ミニデータロガーの原理

電圧、電流などのアナログ量はトランスデューサにより計測し、DC 0～5 Vの直流電圧信号で入力する。これをA/D変換し、測定範囲に応じてスケール変換しプリンタで記録する。電力量、無効電力量などのパルス量は発信装置付計器よりパルス信号を入力し、これを計数して1時間ごとの使用量を記録する。またパルス量は1日合計、平均、最大、負荷率、月累計などの演算処理を行い1日1回まとめて記録する。記録項目は25点までであるが、アナログ量、パルス量とも各々最大15点まで入力できる。記録紙は一般市販の計算機用連続記録紙であり、万年カレンダーを備えているため記録紙の補充や交換などの保守はほとんど行わない。

(3) ミニデータロガーの用途

- (a) 工場、ビル、店舗などの受変電設備のデータ収集記録。
- (b) 水処理、炉、化学プラントなどの計装設備のデータ収集記録。
- (c) 各種試験設備のデータ収集記録。

(4) シリーズ機種

シリーズ機種としては図2.6の《MICAM-300》のほかに多くの点数の計測処理のできる《MICAM-700》がある。

2.7 む す び

省エネルギーのニーズは非常に根強いものがある。ここに紹介した機種はいずれもこうしたニーズにこたえうる製品であるが、今後は更に多様なニーズに対応した最適な機器開発と機種そろいの展開が必要と考える。

3. 低損失形配電用変圧器

菱 輪 治*・日 野 考 **

3.1 ま え が き

静止機器である変圧器は電気機器のうちでも最も損失の少ない高効率機器であり、配電用6.6 kV変圧器では定格負荷で運転したときの効率は96～99%となっている。しかしながら、電源機器であるため連続運転されるのが一般的で、わずかな損失でも年間では大きな電力となる。このため、元来高効率機器ではあるが、更に低損失化が進められ、昭和56年2月に500 kVA以下の油入変圧器を対象に、「配電用6 kV低損失形油入変圧器の特性基準」(JEM-1392)が制定され、今日の油入変圧器はこの基準値に基づいて製作されるものが主流をなしている。

ここでは三相油入式及びモールド式の低損失形配電用変圧器の概要について述べる。

3.2 変圧器の損失と低損失形変圧器のねらい

自冷式変圧器から発生する損失には次の二種類がある。

- (1) 無負荷損失……………負荷の増減に関係なく、受電中常時一定量発生する。
- (2) 負荷損失……………負荷の大きさの2乗に比例して損失の発生量が増減する。

また、変圧器利用率 α (%)における変圧器の全損失は次式で表される。

$$W_{\alpha} = W_0 + \left(\frac{\alpha}{100}\right)^2 W_L$$

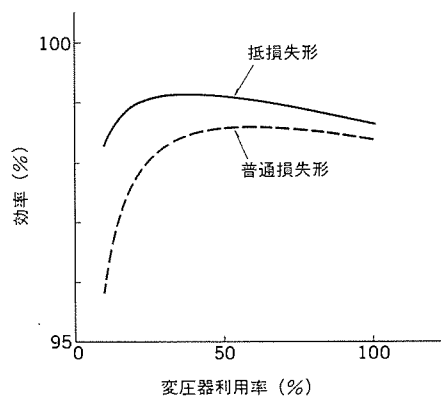
ここで、 W_{α} : 利用率 α における全損失 (W)

W_0 : 無負荷損失 (W)

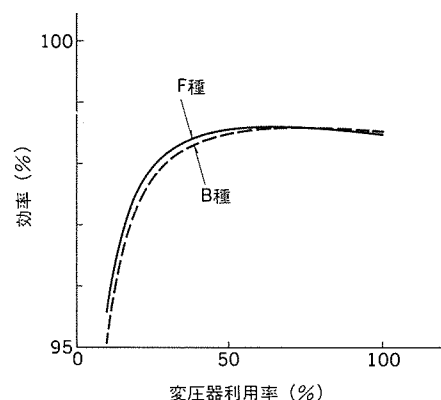
W_L : 利用率100%における負荷損失 (W)

α : 変圧器の利用率 (%)

定格負荷における両損失 W_0 , W_L は通常 $W_0 < W_L$ となるように設計される。一般に配電用変圧器の負荷は昼間に高く、夜間及び休日は低いので、平均利用率は50%前後で使用されていると考えられる。普通損失形変圧器の W_L/W_0 は3/1程度であるので、実質的な損失は $W_0 > \left(\frac{\alpha}{100}\right)^2 W_L$ であると考えられる。このように常時一定量発生する W_0 は全損失の中で大きなウェートを占めているので、 W_0 を低減することは省エネルギーの観点から大きな効果が期待できる。低損失形変圧器はこの点に着目したもので、変圧器定格負荷時ばかりではなく、実際に使用されている利用率の領域においても高効率になるように設計、製作されたものである。この様相を図3.1



(a) 油入式



(b) モールド式

図 3.1 効率比較

に示す。

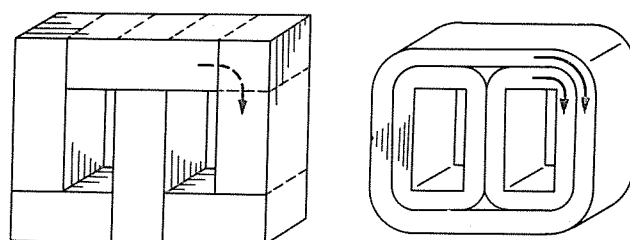
この設計思想は油入式、モールド式で異なることはないが、その形式(油入、モールド)が持つ個々の性格により低損失化の具体的な方法が異なる。

3.3 低損失形変圧器

(1) 油入式変圧器

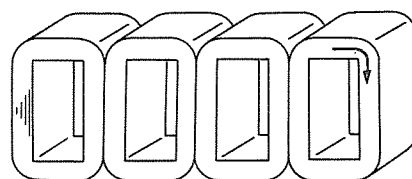
変圧器は高効率機器として従来損失はあまり重要視されず、配電用変圧器の鉄心材料は比較的安価な無方向性けい素鋼帯を使用し、構造も製作工数の少ない図3.2(a)に示す積鉄心形を採用していた。低損失形では磁気特性の優れた方向性けい素鋼帯を使用し、構造は素材特性を十分活用できる図3.2(b)(c)に示す巻鉄心形を採用している。三相巻鉄心には図に示すように三脚、五脚があるが、変圧器仕様により適宜使い分けている。巻線材料及び構造は普通損失形と基本的に変わらない。

このような方向性けい素鋼帯を使用した低損失形は普通損失形に比べ、重量、床面積で各々に80, 85%に縮減されており(三相200 kVA変圧器(図3.3)の当社比)、省エネルギーのみならず省スペースの面でも効果は大きい。



(a) 三相短冊積鉄心

(b) 三相三脚巻鉄心



(c) 三相五脚巻鉄心

図 3.2 油入変圧器の鉄心構造

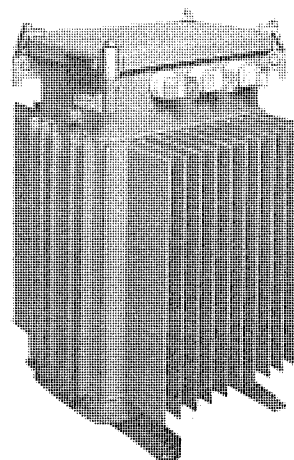


図 3.3 三相 50 kV 油入変圧器

表 3.1 モールド変圧器の絶縁種別による定性比較

	B	F	H
寸 法	大	中	小
重 量	大	中	小
無 負 荷 損	大	中	小
負 荷 損	小	中	大

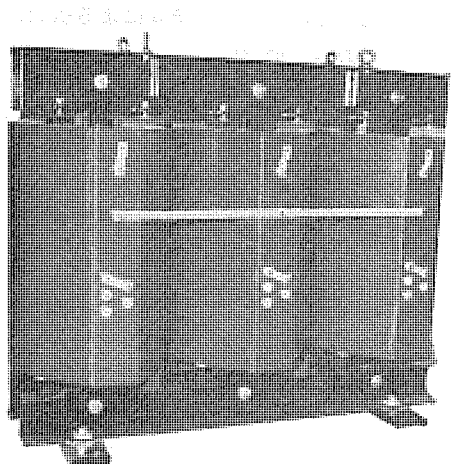


図 3.4 三相 200 kVA F 種 モールド変圧器

(2) モールド式変圧器

油入式変圧器は温度上昇限度が 55℃ と低く抑えられているが、巻線及び鉄心が冷却及び絶縁性能の優れた油中にあるので、巻線及び鉄心をコンパクトに設計できる。一方、モールド式変圧器は温度上昇限度が高いものの冷却油より冷却性能の低い空気に依存しているため、鉄心及び巻線の形状が油入式変圧器に比べて大きくなっている。

機器の発生損失はその機器の温度上昇限度（絶縁種別：A～Hにより異なる）を機器の冷却能力で満足するような値に設定するのが普通である。すなわち、一般的には機器の冷却能力が発生損失を決めるともいえる。

モールド式変圧器の絶縁種別による寸法、重量及び損失特性の定性を比較すると表 3.1 のようになる。すなわち、温度上昇限度の高い方が発生損失を大きく設定できる。つまり巻線の電流密度を大きくとれるのでコイルが小形になる。コイルの小形化は鉄心の小形化に通じる。そこで、温度上昇限度が高くなるにつれ、①全体の形状が小さく、重量も軽減される。②鉄心の小形化に伴い無負荷損 W_0 が低くなる。③負荷損 W_L を大きく設定できる。したがって、重負荷領域では温度上昇限度の低い種別が低損失で、軽負荷では逆に温度上昇限度の高い種別が低損失となる定性がある。

当社のモールド式変圧器は発売当初 B 種であったが、実勢負荷領域での低損失化のねらいから、現在では F 種シリーズも製品化している。低損失形 F 種 モールド式変圧器（図 3.4）は B 種品に比べ重量、床面積で各々 90、95% に縮減されている（三相 200 kVA 変圧器の当社比）。絶縁材料の今後の動向によっては H 種にした方が安価でかつ実勢負荷領域での低損失化が可能となることがあり得る。

3.4 損失特性の比較

普通損失形と低損失形の効率比較を図 3.1 に示す。この図から、

表 3.2 年間節減電力料金 (50% 負荷連続運転)

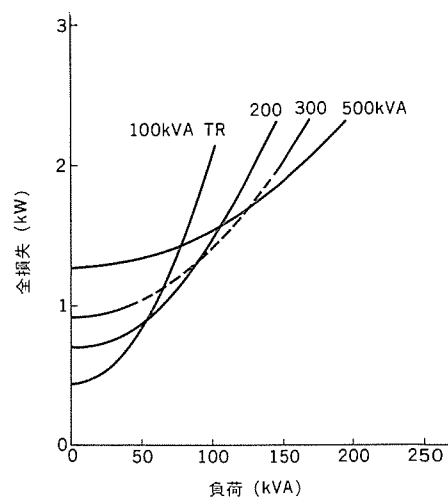
	容 量 (kVA)	全 損 失 (W)		軽減損失(W) A-B	年間節減電力料 (千円)
		A 普通損失形	B 低損失形		
三 相 油 入	200	1,920	1,360	560	108
	500	3,845	2,645	1,200	231
三 相 モールド	200	1,625	1,550	75	15
	500	3,200	3,050	150	29

油入式は全領域において特性が改善され、特に実勢負荷での改善効果が高いことが分かる。また、モールド式も実勢負荷領域での改善効果が表れている。

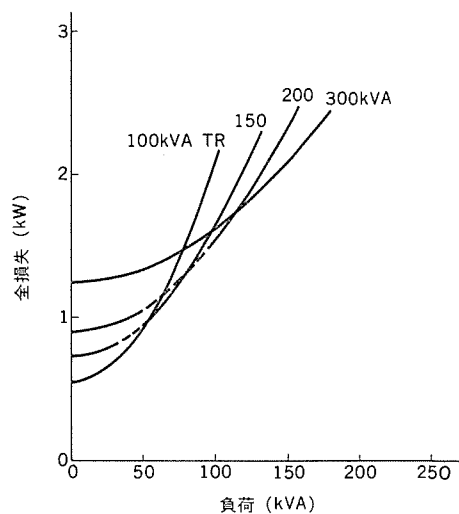
代表変圧器の年間を通して 50% 負荷時の年間節減電力料金を表 3.2 に示す。特に油入変圧器の耐用年数 (20～30 年) を考えれば大きな省エネルギーとなり、その経済的効果は無視できない。

3.5 変圧器の容量選定

次に、低損失形変圧器の省エネルギー的容量選定について若干述べる。



(a) 油入式



(b) モールド式

図 3.5 三相変圧器の負荷の大きさと全損失

表 3.3 各変圧器容量の 100 kVA 負荷時の損失による
年間電力料金 (単位: 千円)

	使用 する 三 相 変 圧 器 (kVA)				
	100	150	200	300	500
油 入 変 圧 器	412	293	283	212	299
モールド変圧器	414	320	299	314	—

負荷の大きさと変圧器全損失の関係は図 3.5 のようになる。この図は負荷の大きさに見合う変圧器容量を選定するより、より大きな容量の変圧器を選定した方が低損失化が図られることを示している。いま、年間を通して負荷の大きさが連続的に 100 kVA であるとした場合の変圧器全損失による電力料金は年間 (365 日) で表 3.3 のようになる。損失による電力料金は油入式で 300 kVA 変圧器を、モールド式で 200 kVA 変圧器を使用した場合が最も安価で、100 kVA 変圧器を使用した場合よりそれぞれ 20 万円、11.5 万円安くなる。

このように、実際の負荷レベルより大きい容量の変圧器を使用した方がインシタルコストが高くてランニングコストで経済的となることがある。しかし、変圧器容量が契約電力に関係する場合は基本料金が高くなるので考慮する必要がある。つまり、低損失化により節減できる電力料金が基本料金のアップ分を上回ればこのような容量選定ができる。

3.6 む す び

以上述べたように、油入式変圧器は鉄心材料を無方向性けい素鋼帯から磁気特性の優れた方向性けい素鋼帯にし、巻鉄心化することにより無負荷損失を大幅に低減することができた。また、モールド式変圧器は B 種シリーズに加えて、現状の変圧器実勢利用率領域で低損失となる F 種シリーズを製品化した。

機器の低損失化は限らない社会的ニーズと考えられ、低損失化の研究 (アモルファス磁性材料の実用化など) が盛んに行われており、将来その成果が期待されている。

4. 交流可変速駆動システムによる省エネルギー

二村 紘*・福島昭男**・長南克彦***

4.1 ま え が き

交流可変速駆動システムは、従来主として品質、生産性の向上などを目的とした用途に使用されてきたが、オイルショック以後エネルギーコストの高騰に対処するため省エネルギーを目的として使用されるものが増加している。

当社は、ポンプ、ブローなどを可変速駆動することにより、大きな省エネルギー効果が生ずることにいち早く注目し、新設設備だけでなく、既設のモータも可変速できるインバータを採用した省エネルギーシステムを完成した。このシステムは《MELTRAC》システムとして昭和 52 年に業界で初めて既設ファンの可変速用として納入して以来、多数納入している。更に、昭和 56 年に主回路にトランジスタを、制御回路にカスタム LSI を採用した汎用インバータ《FREQROL-E》を完成し、

非常にコンパクトで小容量機を中心に好評を得て多数納入している。

ここでは、交流可変速駆動システムのシリーズ及びこれらを使用した省エネルギーシステムの適用例を説明する。

4.2 交流可変速駆動システムの分類とシリーズ

交流電動機は、同期電動機、巻線形誘導電動機、かご形誘導電動機が主機種である。電動機別に分類した交流可変速駆動システム及び各種インバータシリーズの外観を図 4.1、図 4.2、図 4.3 に示す。

4.3 交流可変速駆動システムによる省エネルギーの最近の動向

交流可変速駆動システムの導入による省エネルギー効果は、節約されたエネルギーコストと設備費の関係で評価できる。そのために、①設備費のコストを下げる、②高効率な交流可変速駆動システムの導入を図る、③交流可変速駆動システムを導入することにより従来の方式より省エネルギーを促進できるシステムに適用する、などが考えられる。①、②の条件を満足させ、交流可変速駆動システムの最近の著しい技術進歩、普及を支えているものに半導体の発達があげられる。

主回路素子としては、大容量トランジスタが 1,000 V-300 A まで実用化され、高速スイッチング特性をいかして高周波での PWM 制御 (Pulse Width Modulation) によるインバータが可能となり、装置の小形化、コストの低廉化、装置の高効率化の三拍子がそろい、特に小容量インバータの普及に著しい貢献をしている。また、GTO サイリスタ (ゲートターンオフサイリスタ) が 2,500 V-1,800 A まで実用化されている。サイリスタの最大の欠点は自己消弧能力がないため、インバータなどに使われる場合サイリスタに逆バイアスをかける強制転流回路が必要となるため、高周波化、高効率化にも限界がある。GTO サイリスタはゲート信号だけで通電をオン・オフすることができるため、強制転流回路を必要とせず、装置を小形化することができ高効率化も実現で

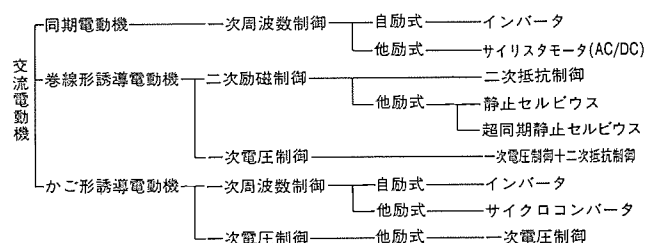


図 4.1 交流可変速駆動システム

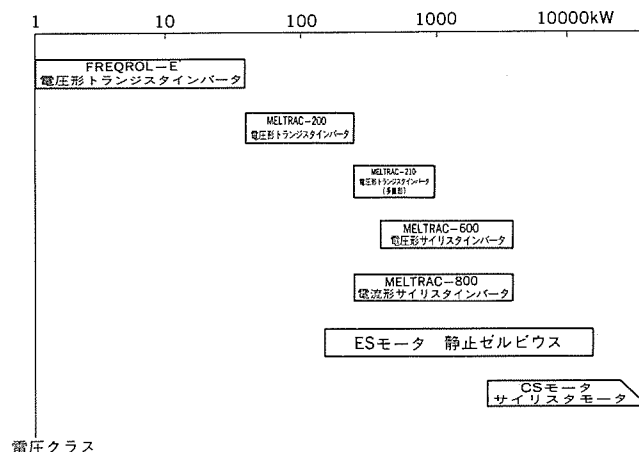
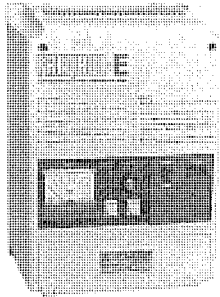
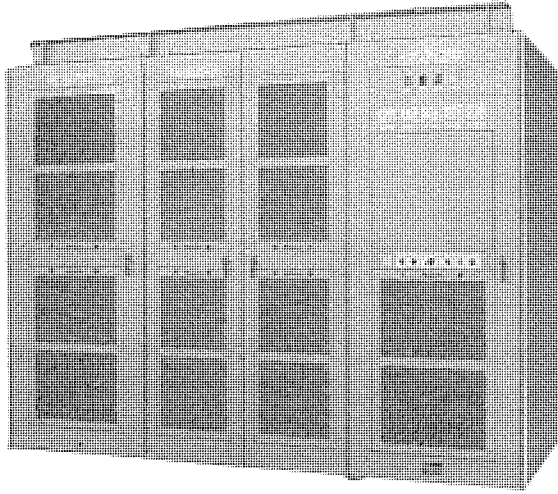


図 4.2 省エネルギー用途に応じた交流可変速駆動システム



(a) 《FREQROL-Eシリーズ》



(b) 電圧形サイリスタインバータシリーズ

図 4.3 各種インバータシリーズの外観

きている。現状では、高電圧のインバータが必要とされる電車用を使用されるケースが多いが、一般産業用でも、装置の小形化、高効率化のため、今後中大容量機のインバータに適用が期待されている。

次に、制御素子としては LSI の発達は著しいものがあり、マイクロプロセッサ、メモリ、カスタム LSI を組合せて、制御装置の小形化、省電力化、高性能化を実現した。これらの主回路素子、制御素子の発達を背景として、支流可変速駆動システムも飛躍的に発展を遂げている。

4.4 省エネルギーへの交流可変速駆動システムの適用例

(1) ポンプ、ブローへの交流可変速駆動システムの適用例

ポンプ、ブローなどの風水力機器を可変速駆動すると、一般的運転条件では大幅な省電力効果が得られる。これは図 4.4 に示すように風水力機器の出力が回転数の 3 乗に比例するからである。このため省エネルギーへの交流可変速駆動システムへの適用は、ほとんどがポンプ、ブローなどの風水力機器が対象となっている。インバータによる交流電動機の変速駆動は、既設の電動機をそのまま可変速電動機にできる特長がある。このため、省電力効果が高い一般工場設備の排煙機などの既設の大容量機を中心に導入が図られた。しかしその設備投資も一巡した感があり、インバータの低廉化、小形化、高効率化とともに、ポンプ、ブローの省エネルギー化は中小容量機が中心になってきている。更に、中小容量のビルの空調、地下鉄の送排風、鶏舎などの風量調整等の用途も増加している。既設のブローに適用した例のシステムフローを図 4.5 に示す。

このシステムは No. 1～No. 13 までのセクションにブローを設置した某地下鉄のホームコンコース、連絡通路などの送排風システム例である。この装置の特長は、環境基準を満足させた上で、省エネルギー効果を上げるためにインバータを CCU、LCU、シーケンサと組合せ、「スケジュール運転+温度制御運転」方式を採用していることである。表 4.1 にこのシステムの省エネルギー効果一覧表を示す。その他の適用例について表 4.2～表 4.6 に示す。

(2) コンプレッサへの適用例

近年、タービン駆動されていた高速大容量コンプレッサは工場の省エネルギー化が進み、ボイラの蒸気使用量を激減し、タービン駆動から電気駆動にかえる例が増加している。電気駆動に代えた場合は、①ボイラの保守の軽減、②機械囲りの省スペース、③防煤構造など容易にでき、

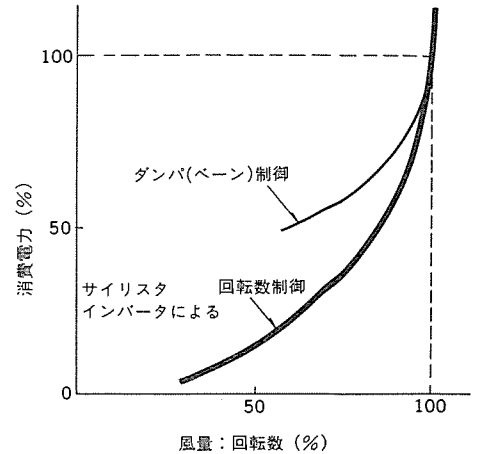


図 4.4 風水力機の回転数制御

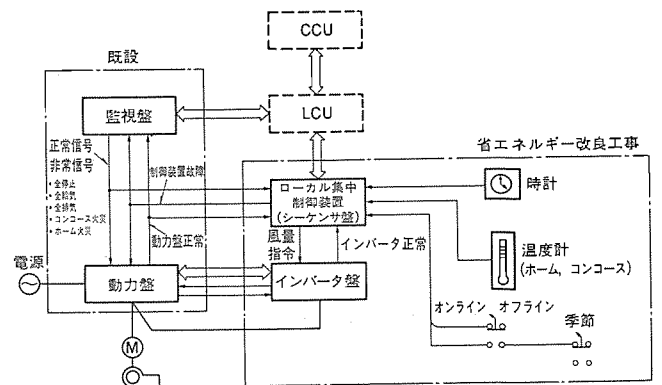


図 4.5 システムフロー図

表 4.1 省エネルギー効果一覧

駅名	モートル総容量 (kW)	注1 既設電力料 ×10 ³ (kWh/年)	注2 インバータ電力料 ×10 ³ (kWh/年)	節約電力料 ×10 ³ (kWh/年)	注3 節約電力料 (千円/年)
No. 1 A	165	1,012	140	872	24,413
2 B	153	756	123	633	17,710
3 C	152	791	119	672	18,808
4 D	178	967	127	840	23,520
5 E	206	924	130	795	22,254
6 F	100	630	110	520	14,552
7 G	891	3,862	1,273	2,589	72,500
8 H	181	1,091	138	953	26,676
9 I	153	870	116	754	21,106
10 J	133	769	96	663	18,570
11 K	254	1,289	171	1,119	31,318
計	2,566	12,951	2,543	10,410	291,427

- 注 1. 商用電源による 100% 風量運転 18 h/日 × 365 日 = 6,750 h
(モートル負荷率 90%)
2. インバータによる 50% 風量運転 18 h/日 × 365 日 = 6,750 h
(モートル負荷率 90%)
3. 28 円/kWh で算出

表 4.2 集塵用送風機の場合

運転パターン	検討条件	制御方式		省エネルギー効果
		入口ダンパ制御	VVVF制御	
	電動機容量 1,000kW 年間運転時間 8,300h 電力料金 23円/kWh	年間電力量 5,575,000kWh 年間電力料金 (128,225千円)	年間電力量 2,635,000kWh 年間電力料金 (60,605千円)	年間節約電力 2,940,000kWh 年間節約電力料金 67,620千円

表 4.3 ポンプの場合

運転パターン	検討条件	制 御 方 式		省エネルギー 効 果
		吐出弁制御	VVVF制御	
平均流量を定格 値の50%とする 24 h 連続運転	電動機容量 15 kW	年間電力量	年間電力量	年間節約電力
	年間運転時間 8,000 h	61,600 kWh	18,400 kWh	43,200 kWh
	電力料金 23 円/kWh	年間電力料金 1,417 千円	年間電力料金 423 千円	年間節約電力料 金 994 千円

表 4.4 ファンポンプの場合

運転パターン	検討条件	制 御 方 式		省エネルギー 効 果
		バルブ制御	VVVF制御	
定格値の75%流 量 24 h 連続運転	電動機容量 1,000 kW	年間電力量	年間電力量	年間節約電力
	年間運転時間 8,000 h	7,750,000 kWh	5,350,000 kWh	2,400,000 kWh
	電力料金 23 円/kWh	年間電力料金 178,250 千円	年間電力料金 123,050 千円	年間節約電力料 金 55,200 千円

表 4.5 ボイラFDFの場合 (O₂制御)

運転パターン	検討条件	制 御 方 式		省エネルギー 効 果
		従来方式	O ₂ 制御VVVF制 御	
燃焼ガス中の O ₂ %を2%低 減した場合 24 h 連続運転 (8,000 h)	電動機容量 30 kW	年間燃料代	年間燃料代	年間節約燃料代
	電力料金 23 円/kWh	332,500 千円	325,850 千円	年間節約電力料 金 2,042 千円
	燃料単価 70 円/l	年間電力料金 5,520 千円	年間電力料金 3,478 千円	合 計 8,692 千円

表 4.6 排脱用送風機の場合

運転パターン	検討条件	制 御 方 式		省エネルギー 効 果
		入口ダンパ制御	静止セルビウス制 御	
定格値の72%風 量 24 h 連続運転	電動機容量 3,300 kW	年間電力量	年間電力量	年間節約電力
	年間運転時間 8,000 h	18,640,000 kWh	9,680,000 kWh	8,960,000 kWh
	電力料金 23 円/kWh	年間電力料金 428,720 千円	年間電力料金 222,640 千円	年間節約電力料 金 206,080 千円

設置場所をとらないなど、省エネルギーのほかにも副次的効果があり、今後増加してゆくものと思われる。当社は増速ギヤの損失を無くし総合効率を上げるために、高速大容量機の実用化を完了している。

4.5 む す び

交流可変速駆動システムは半導体の発展に支えられ、従来では投資効果が生じなかった種々の分野にまで使われるようになり、需要は今後ますます増加してゆくものと思われる。今後更に、交流可変速駆動システムの低廉化、小形化、高効率化に力を入れ、省エネルギーを通して社会に貢献してゆく所存である。

5. 誘導加熱における省エネルギー ——鍛接管端部加熱装置例

大崎 嘉彦*

5.1 ま え が き

誘導加熱装置における省エネルギーは、

- (1) 誘導加熱装置を構成する機器(加熱コイル、周波数変換装置)自体の効率向上による省エネルギー。
- (2) 従来形燃焼炉の一部又は全部を誘導加熱炉に代替することによる省エネルギー。
- (3) 誘導加熱方式の採用によりラインの連続化が達成されることによる省エネルギー。

(1)については、機器単体の材質変更、パッケージ化、加熱コイルの形状、方式の改良により省エネルギー化が図られる。(2)の例として、鍛接管成形ラインにおける端部誘導加熱装置の導入がある。(3)の例として、直送圧延用連続スラブ端部誘導加熱装置の導入がある。

当社では、これら省エネルギーに積極的に取組み、殊に(2)と(3)については他社に先駆けて製品化を成功させた。本稿では、鍛接管ライン用加熱装置についてその内容、成果について述べる。

5.2 鍛接管の概要

製管方法に電縫管・鍛接管・スパイラル管・UO管・シームレス管などの方法があり、用途別では水道用鋼管・ガス用鋼管には鍛接管、構造用鋼管・圧力用鋼管には電縫管、油送用鋼管にスパイラル管、UO管、油井用鋼管にシームレス管と大別される。需要の多い水道管、ガス管は単一ミルによる大量生産で低価格にする必要があるが、それには鍛接管は最適である。

この方式は帯鋼を加熱後、管状成形、鍛接、絞り工程(図5.1参照)を経る関係で多量の加熱エネルギー(COガス、重油又は天然ガス)を必要とする。オイルショック以来の燃焼エネルギーのコストの高騰を

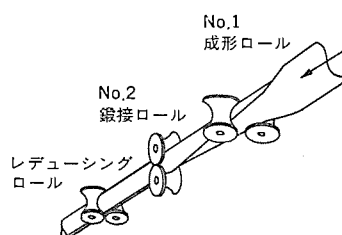


図 5.1 鍛接管ミル
(正面写真と
成形工程)

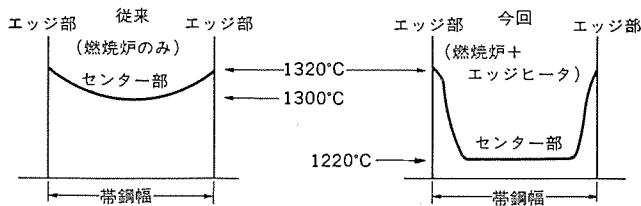


図 5.2 加熱パターン比較

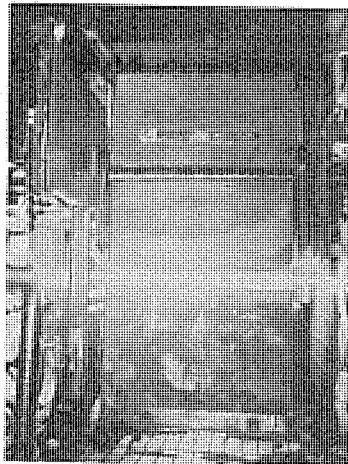


図 5.3 エッジヒータ (正面写真)

吸収するには、この鍛接法の加熱エネルギー原単位の低減が急務であった。このエネルギー原単位低減のためには、加熱炉からの抽出温度をできるだけ下げた上に、帯鋼の両端部のみ必要温度に加熱することで、従来法と等価な鍛接性能に近づけて（図 5.2 参照）省エネルギーを図ることに着目した。当社はこの帯鋼の両エッジ加熱装置（図 5.3 参照）の開発を行い、初期計画どおり省エネルギーを果たし、更に多くの成果が得られたので、ここにその基本的システム技術の考え方と実施例の内容、特長を述べる。

5.3 誘導加熱方式の導入

鍛接管に使用する熱間帯鋼幅は 150～450 mm で、その両端部約 20 mm のみを効率よく加熱するための誘導加熱方式を検討した。

(1) 誘導加熱に要求される条件

- (a) 帯鋼幅が変わっても、端部加熱幅は変化しないこと。
- (b) 約 100 m/min の高速で通過する帯鋼の上・下振れ、蛇行に対しても、加熱幅は両側端部約 20 mm が常に確保されること。
- (c) 約 1,300°C の帯鋼からのふく（幅）射熱に対して、加熱コイルは熱的に耐えること。
- (d) 前段の加熱炉で発生する酸化スケールと加熱炉からの炎、後段の鍛接ミルからの飛散水に対して、加熱コイルは耐えること。
- (e) 既設ライン内に設置する関係上、誘導加熱コイル長を極力短くするとともに、昇温量をできるだけ大きくすること。
- (f) 従来の燃焼エネルギーより約 3 倍高価な電気エネルギーを使用しても、ライン全体としてのエネルギー原単位が低減できること。

これら多様な要求条件に対して最適な誘導加熱方式を模索する必要があった。

(2) 加熱方式の決定

(a) 従来の誘導加熱方法

既存方法による発想では、管状成形後鍛接直前での電縫誘導溶接方式あるいは帯鋼の両端部にボンネット形コイル（通称 U 形コイル）を

設置する方式が考えられるが、前者は溶接点で管内に水冷式フェライトコアの設置を必要とし、また後者は帯鋼幅の変更、更に蛇行に追従する機構を高温、高湿、高じん（塵）雰囲気で設置する必要がある。更に両者は無線周波発振器を必要とするため、周波数変換効率が低いこと及び熱間での高圧絶縁が困難なことから実現性がないと判断した。

(b) 新しい誘導加熱方法

帯鋼を全体加熱するための横方向磁束方式（帯鋼に直交する磁束）（図 5.4 参照）では端部が過熱されやすいため今まで実用化されていないが、今回の欠点が有効であることに着目し、設置上の制約条件を解消した。新方式はこれまで実用化されていないために、基本的な各種特性（端部加熱幅と周波数特性（図 5.5 参照）、加熱コイルの電気定数、加熱能力など）を把握するため、試作コイルによる基礎試験と住友金属工業（株）鹿島製鉄所でのテストを重ねた。その結果加熱コイル特性、鍛接上の特性を把握することができた。

(3) 構成される機器の仕様（図 5.6 参照）

- ・受電盤 : 3φ 60 Hz 3.3 kV 1,000 kVA
- ・変圧器 : 3φ 60 Hz 1,000 kVA 3.3 kV/600 V
- ・インバータ盤 : 5 kHz 700 kW 800 V
- ・温度制御盤 : 帯鋼サイズ対応で速度信号に比例した加熱電力制御と温度信号による温度補償制御の組合せで、安定した帯鋼温度を得る。
- ・整合盤 : 5 kHz 800 V 600 kVA ユニット収納
- ・加熱コイル : 大コイル（帯鋼板幅：450 mm）
小コイル（帯鋼板幅：250 mm）
上部コイルと下部コイルに分かれ、上、下コイルとも電気特性は等しく、鉄心溝に巻線を収納した構造である。
- ・移動台車 : 加熱コイルを設置する懸垂形架台で帯鋼を加熱炉より取出すときは退避し、運転開始でパスライン上に前進できる構造としている。

5.4 省エネルギー効果

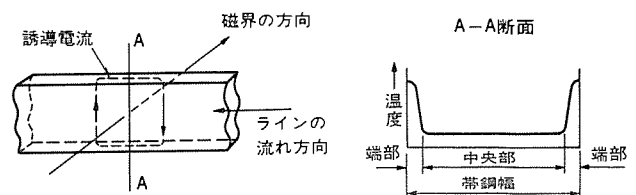


図 5.4 横方向磁束加熱

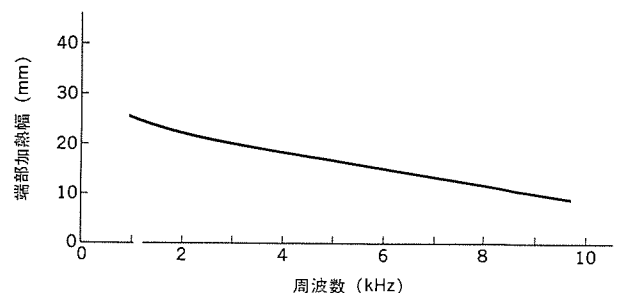


図 5.5 端部加熱幅と周波数特性

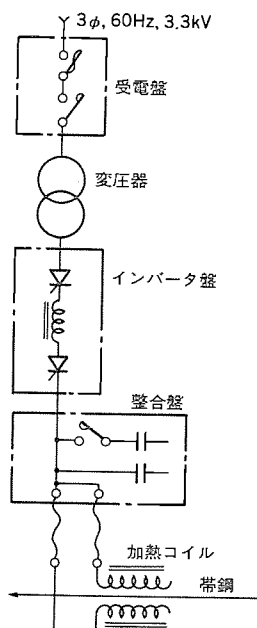


図 5.6 機器系統図

図 5.7 に鍛接管ライン全体の加熱エネルギー原単位の推移を示した。図の原単位の低下は、エッジヒータのみによる効果ではないが、エッジヒータ導入によって初めて達成し得たものである。

- (a) 鍛接に必要な端部加熱をエッジヒータが分担することで、前段の加熱炉は帯鋼の全体加熱を加熱効率優先で運転することを可能にした。
- (b) 端部加熱による加熱炉での過大燃焼が不要となって、炉の長寿命化と保守費の低減を可能にした。
- (c) 加熱炉始動初期に発生する帯鋼温度のばらつきはエッジヒータの温度制御によって、エッジ温度を安定化し鍛接強度を安定にすることを可能にした。
- (d) 加熱炉の過剰燃焼を不要にしたことで、帯鋼の酸化スケールロスを減少させるとともに歩留りの向上と後の酸洗工程を容易にした。
- (e) エッジヒータ導入によって $100 \times 10^3 \text{ kcal/t}$ の省エネルギー効果を発揮した。

以上のように大幅な省エネルギー効果を発揮し、既に2か年を経過したが、設備、品質ともに安定した操業を続けている。

参考文献

- (1) 「鍛接管工場における低温製管について」住友金属誌, 33巻2号 (昭56-4)

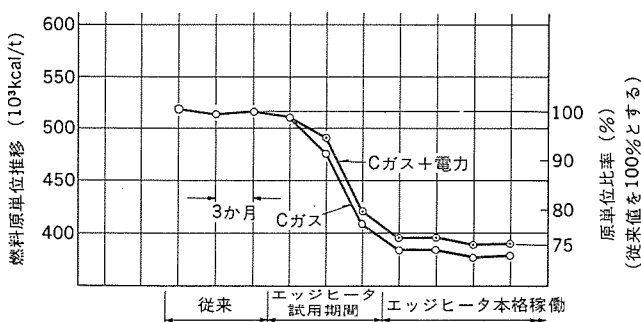


図 5.7 加熱エネルギー原単位の推移

- (2) 「スケルブ加熱炉燃料原単位低減対策」省エネルギー通産大臣賞受賞事例, 省エネルギー誌 (昭56-4)

6. 高効率電動機

平尾 繁 自*

6.1 ま え が き

誘導電動機は現在使われている原動機としては最も普及した電動機であり、その用途もきわめて広く、一般工場、プラント動力設備から家庭用の小動力まで広範囲に使用されている。一般に工場やプラントにおける電力消費の大半は電動機の消費で占められているのが現状で、省エネルギー、設備有効利用の両面から電動機の高効率化を図ることにより大きな節電効果を得ることができる。電動機の省エネルギー対策にはソフト面（使用方法の合理化）によるものと、ハード面（電動機自体の高効率化）による方法とがあり、その内容を表 6.1 に示す。ここでは、ハード面による方法を中心にその概要を紹介する。

表 6.1 電動機の省エネルギー対策

	方 法	内 容
ハード面	高効率電動機	電動機自体の効率を向上させたもの
	負荷特性に適した電動機の選定	高頻度始動停止、衝撃負荷に対する高抵抗かご形、巻線形電動機などの使用
	電動機最適出力の選定	一定負荷・変動負荷における選定
ソフト面	制御方式の選定	各種速度制御方式による効率比較
	駆動方式の選定	駆動方式と電動機を含めた効率比較
	最適極数の選定	極数と効率の関係
	最適電圧の選定	低圧・高圧電動機の容量による選定

6.2 電動機の高効率化

電動機の高効率化を図るには、電動機が電気エネルギーから機械エネルギーに変換する際に発生する損失を少なくすればよく、以下電動機に発生する損失及びその低減対策について述べる。

(1) 銅損、鉄損について

一般に電動機の固定子巻線には銅、回転子導体にはアルミニウムが用いられ、銅損は固定子側で発生する一次銅損と回転子側で発生する二次銅損の和で表される。

銅損を少なくするために、鉄心積厚の増加やスロット形状の適正化を図り、スロット内の導体断面積を増加して電流及び抵抗値を小さくしている。また鉄損は電動機の鉄心内で発生する損失でヒステリシス損と渦電流損とからなり、これらは鉄心の磁束密度と電源周波数によって決まり、鉄損を小さくするには鉄心の積厚を増加して磁束密度を小さくすればよい。更に鉄心材料にハイグレード材料（低損失材料）を使用することにより一層鉄損を低下させることができる。

損失低減対策を行う場合、重要なことは電動機に発生する損失の配分を正確に把握する必要がある。図 6.1 に損失構成比を示す。図に示すように、比較的容量が大きい機種では全損失に対する鉄損の占める比率が大きいため、鉄心にハイグレード材料を使用して効率向上を図ることが効果的である。しかし、小容量機種では鉄損の占める比率が小さく、銅損の占める比率が大きいため、ハイグレード材料を使用して鉄損を小さくすることより、電線量を増加して銅損を

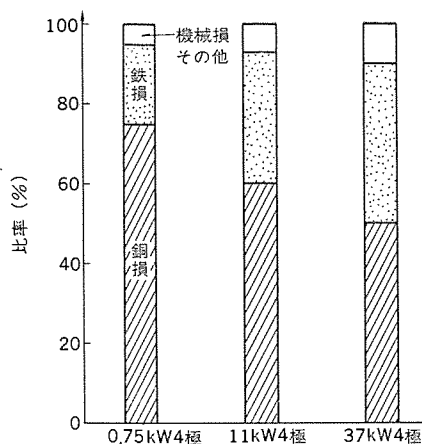


図 6.1 発生損失構成比

表 6.2 機械損の比較 (機種: 全閉外扇形 22 kW 4 P 200 V 50 Hz)

冷却ファン		風損 (W)	グリース種類	摩擦損 (W)
外径 (mm)	幅 (mm)			
236	44	100	低損失グリース	30
295	55	150	汎用グリース	54

小さくする方が経済的である。

(2) 機械損について

機械損は冷却ファンや回転子の回転に伴う風損と軸受部における摩擦損などの和であり、風損については高効率電動機では銅損、鉄損などの発生損失が少ないので冷却ファンの径を小さくして風量を少なくすることにより、また軸受の摩擦損については低損失グリースを採用することにより機械損の低下を図ることができる。一例として、表 6.2 に機械損の実測データを示す。

(3) 漂遊負荷損について

漂遊負荷損は上記以外の損失で、電動機の漏れ磁束により発生する電流損や各種の高調波磁束による銅損及び鉄損などである。回転子の外径は固定子との空隙を一定に保つために一般には回転子の外径面を切削加工するが、加工スピードによっては切削面にバリが発生する。このバリが発生すると積層鉄心間が電氣的に短絡され渦電流が流れて大きな損失が発生する。この加工スピードを遅くすることにより切削時のバリの少ない仕上げ面を得ることにより漂遊負荷損の減少を図ることができる。例えば 2.2 kW 4 極の場合、切削送りスピードを従来の 1/2 で加工することにより約 40 W の損失を低減することができた。

以上、電動機の発生損失及びその低減対策について述べたがそれらをまとめると図 6.2 のようになる。今後、更に高効率化を図っていくには、製品価格とのかねあいもあるが、使用材料の検討だけではなく、加工、生産技術分野の検討も重要になるものとする。

6.3 高効率電動機「HI-EFF シリーズ」

当社の高効率電動機「HI-EFF シリーズ」の機種範囲を表 6.3 に示す。このシリーズの設計基本方針は次のとおりである。

(1) 汎用電動機に比べ損失を 20~30% 低減する。

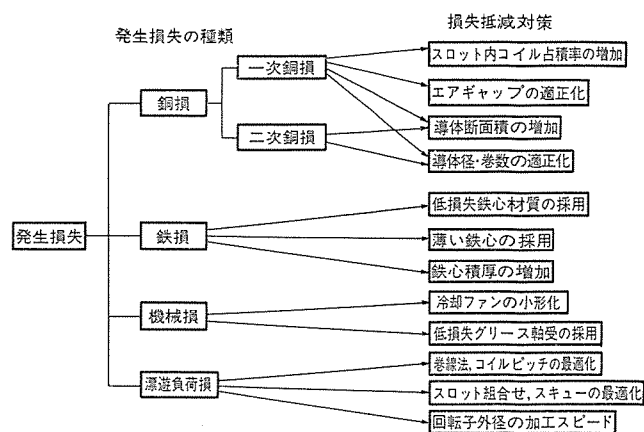


図 6.2 電動機発生損失の低減対策

(2) 取付寸法は汎用電動機と同一とし互換性を持たせる。

(3) 汎用電動機に対するコストアップ分は運転コストの低減により 1~2 年で償却できる。

(4) 損失低減により電動機の低騒音化を図る。

図 6.3 に全閉外扇形 4 極の高効率電動機の発生損失の低減率(汎用電動機を 100% とした場合)を示し、図 6.4 に高効率電動機と汎用電動機の入力差を示す。また高効率電動機は鉄損や機械損などの電動機の負荷の大きさに影響されない損失も大幅に低減しているので、全負荷時はもちろん軽負荷時も高い効率を維持しており、時間的な負荷の変動がある場合でも大きな節電効果が期待できる。電動機の騒音については、主として通風音と電磁音によるものであり、高効率電動機は発生損失が少ないので、冷却風量は少なくてもよいから冷却ファンの外径を小さくし、通風音 (250~850 Hz 付近) を低減している。また電磁音 (1,000~3,000 Hz 付近) については鉄心積厚を増加して磁束密度を小さくしているのが必然的に小さくなっている。図 6.5 に騒音分析データ、図 6.6 に高効率電動機と汎用電動機の騒音レベル比較を示す。

表 6.3 高効率電動機「HI-EFF シリーズ」の機種範囲

形 式	電圧(V)	周波数(Hz)	出力範囲 (kW)	極数(極)	絶 縁
全 閉 外 扇 形	200, 400 級	50/60	0.4~37	2, 4, 6	E 種
防滴保護形	200, 400 級	50/60	0.4~37	2, 4, 6	E 種

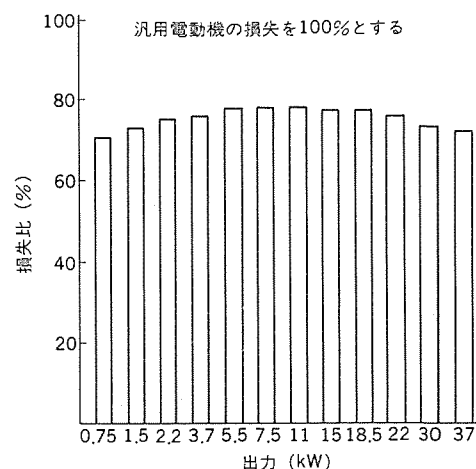


図 6.3 高効率電動機と汎用電動機の発生損失比 (当社比)

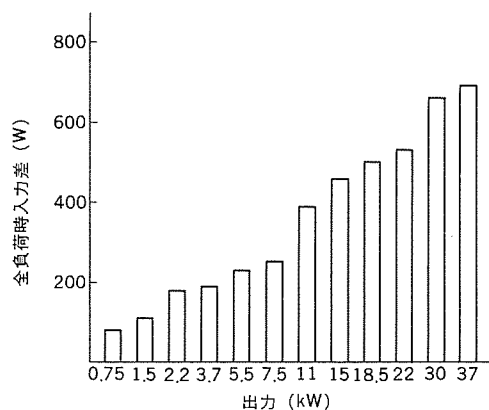


図 6.4 高効率電動機と汎用電動機の入力差 (当社比)

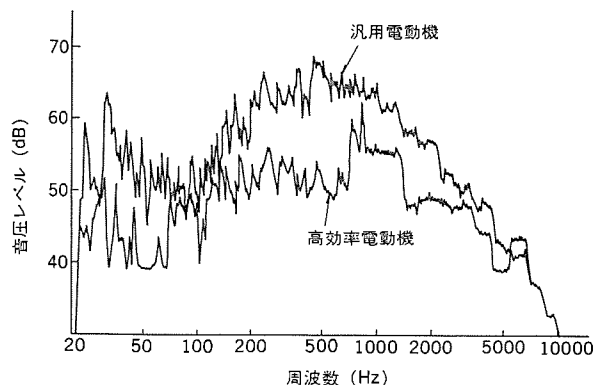


図 6.5 騒音分析データ (全閉外扇形 11 kW 4P 200 V 50 Hz)

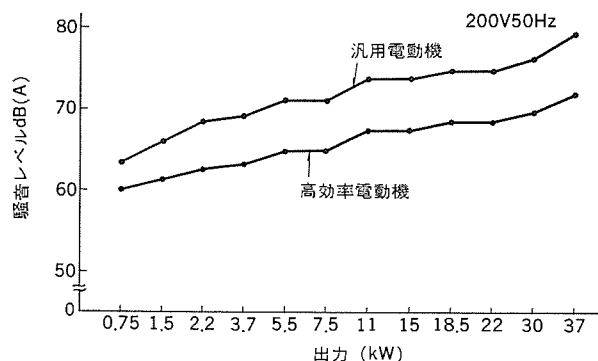


図 6.6 騒音レベル比較 (当社比)

6.4 節 電 効 果

汎用電動機は小形・軽量化を図り、主に製品価格の経済性が重要視されていたが、高効率電動機は前述のように電動機発生損失を低減させるために、高級材料の使用、巻線使用量の増加などにより製品価格が高くなるのが普通である。しかし、高効率電動機は効率が汎用電動機に比べ高くなっているため消費電力が節減でき運転コストは安価になる。

図 6.7 に高効率電動機を使用した場合の経済性を示す。この図からわかるように、初期の高効率電動機の価格アップ分を短い期間で回収でき、その後は稼働率が高く年間の運転時間が長いほど節電効果は大きくなる。当社の高効率電動機の場合、価格アップ分の回収期間は 1 日 16 時間運転 (電力料金 20 円/kWh) で約 1 年であり、1 日 8 時間運転で約 2 年になる。表 6.4 に示すような電動機を有する A 工場を例にとり、4 極 (※印) の電動機を高効率電動機に置

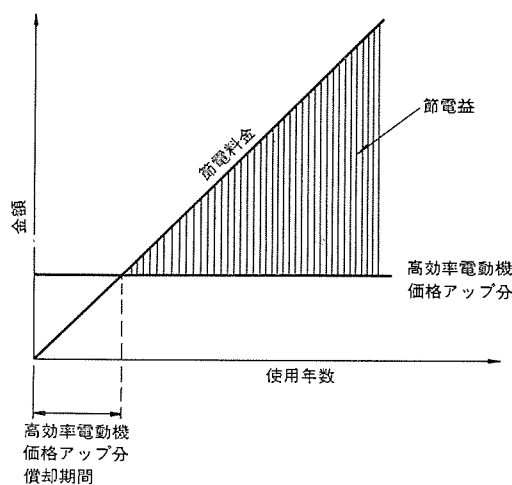


図 6.7 高効率電動機の経済性

表 6.4 A 工場で使用されている電動機

機 種	台 数
※1.5 kW 4 P	250 台
1.5 kW 6 P	100 台
1.5 kW 8 P	30 台
※2.2 kW 4 P	180 台
2.2 kW 6 P	10 台
※3.7 kW 4 P	90 台
※5.5 kW 4 P	80 台
2.2 kW 6 P	50 台

試算条件

- 年間稼働時間
4,416 時間 (16 時間/日, 23 日/月)
- 電気料金
20 円/kWh

表 6.5 A 工場で高効率電動機を使用したときの節電効果

機 種	年間電力量 (×10³ kWh)			年間電気料金 (千円)		
	汎用電動機	高効率電動機	節電量	汎用電動機	高効率電動機	節電料金
1.5 kW 4 P	2,065	1,949	116	41,300	38,980	2,320
2.2 kW 4 P	2,142	2,027	115	42,840	40,540	2,300
3.7 kW 4 P	1,733	1,669	64	34,660	33,380	1,280
5.5 kW 4 P	2,243	2,173	70	44,860	43,460	1,400
合 計	8,183	7,818	365	163,660	156,360	7,300

き換えた場合の節電料金を試算した結果を表 6.5 に示す。A 工場の電動機はすべて当社汎用電動機であり、このうち 4 極 (※印) の電動機を高効率電動機「HI-EFF シリーズ」に置き換え、表に示すように年間約 365,000 kWh の省エネルギーとなった。

6.5 選 定 と 使 用 法

高効率電動機は汎用電動機に比べ各負荷率で効率が高くなっているが、やはり軽負荷になると効率が悪くなる傾向は汎用電動機と同様とすることができない。したがって、たとえ高効率電動機を使用する場合といえども電動機容量の選定にあたってはあまり余裕をとらずに負荷の大きさを十分把握した上で、できるだけ 100% 負荷に近い容量を選定する必要がある。

また、ポンプ、ファンなどの流体機器や紡績機械、コンベヤなど一定負荷で連続的に使用され稼働率が高く年間の運転時間が長い用途に対しては、運転時の発生損失を低減して効率向上を図っている高効率電動機による節電効果は特に大きい。しかし、クレーン、ホイストなど

始動頻度が激しい用途や織機・プレスなど繰返し衝撃負荷がかかる用途に対しては電動機の二次抵抗が小さい傾向にある高効率電動機より、二次抵抗を大きくし始動時及び制動時の損失を小さくした高抵抗かご形電動機を使用することが節電につながり有効である。

6.6 む す び

以上、電動機の高効率化、節電効果などを紹介したが、大きな省エネルギー効果を得るためには負荷の特性に適した電動機を選定することが大切である。1980年代の最大の技術的課題は省エネルギーに関する技術開発であり、今後とも、更に研究を重ね、より一層需要家各位にそうよう努力を続けたい。

7. 三菱ヒートパイプ式熱交換器

山下伸幸*・山蔭久明*

7.1 ま え が き

ヒートパイプの優れた伝熱特性を利用したヒートパイプ式熱交換器は各種排熱回収分野に広く使われている。特に最近の省エネルギー気運の盛り上がりとともに、従来回収が困難とされていた中・低温域の排気排熱の回収に利用され、顕著な省エネルギー（燃料使用量の低減）効果を得ている。

ここに三菱ヒートパイプ式熱交換器の製品概要及び省エネルギー効果などについて紹介する。

7.2 三菱ヒートパイプ式熱交換器

産業排熱回収・空調換気排熱回収を目的に開発された三菱ヒートパイプ式熱交換器は各種性状の排熱源をより効果的に熱回収するため各種形式を製品化している。

(1) 構 成

三菱ヒートパイプ式熱交換器の基本構成を図7.1に示す。中央部に設けた仕切板を貫通するように数十～数百本のヒートパイプを千鳥状に配置し、フレームで一体化した構成としている。排気温度430℃、排気量800Nm³/minまでの排気排熱源を対象に製品化している(表7.1)。

空調換気及び乾燥炉などに使う熱交換器は比較的清浄な低温度の排気性状が通常であり、これらは単位当たりの排熱密度が小さいためヒートパイプと排気ガス(空気)との熱伝達特性の良好なアルミ製プレートフィン形式(HXP形)の構成としている。ボイラ・各種加熱炉などは比較的温度的の高い腐食性物質・ダストなどを含んだ排気性状が多いため、硫酸腐食・高温耐力・スケールの付着などに対処した熱交換器が望まれる。このため、ラジアルフィン形式(HXR形)を用い、使用材質として鋼・ステンレス鋼などを用途条件に合わせて使用するとともに、フィンピッチを数種用意した構成としている。また、この応用形として中央の仕切板

部分を気密構造とした形式(HXS形)を用意している。

これらの構成によるヒートパイプ式熱交換器は、フレームに設けたダクト取付用フランジにより排気及び給気ダクトと結合する。また、中央には仕切板を設けているので排気及び給気が混合することなくヒートパイプ部分を通して熱交換・排熱回収ができる。ヒートパイプは中央の仕切板に固定されており、温度の上昇・急変による熱膨張は両端側へ逃げる構成としている。

(2) 特 長

- ①ヒートパイプの優れた伝熱特性及び効果的なフィンによる二次伝熱面積の大幅な増大により高い熱交換効率が得られる。
- ②排気・給気両流体間の混合が抑えられる。
- ③構造が簡単でコンパクト・軽量である。
- ④熱輸送のための動力を必要としない。
- ⑤圧力損失が小さい。
- ⑥独立した伝熱管(ヒートパイプ)数百本で構成し信頼性の高い熱交換器となる。

図7.2に三菱ヒートパイプ式熱交換器の外観を示す。

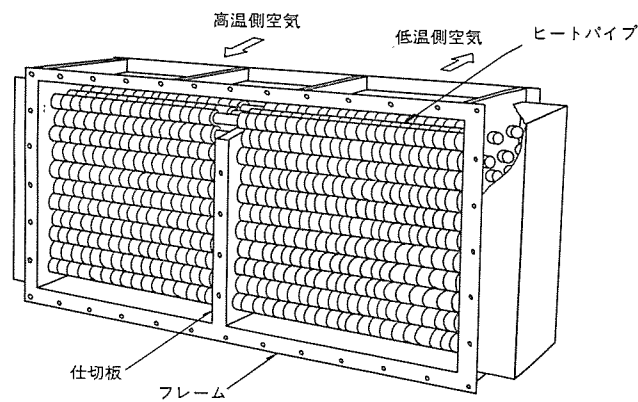
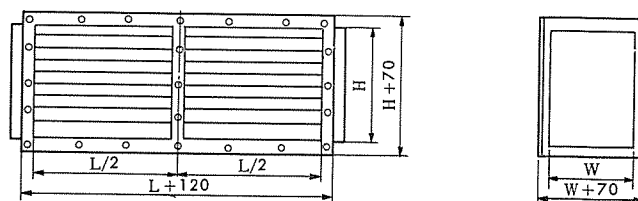


図 7. 1 三菱ヒートパイプ式熱交換器の構成

表 7. 1 標準寸法表



HXP/HXR(HXS)形標準寸法と標準排気風量(Nm³/min)

H (mm)	L (mm)	400	630	800	1,000	1,250	1,600	2,000	2,500	3,000	4,000	5,000
228/240	7.5	12.5										
304/320	10	15	20									
380/400	12.5	20	25	35								
456/480			30	40	50	65						
608/640			40	55	70	85	110					
760/800				70	85	110	130	170				
912/960					100	130	160	200	250			
1,140/1,200						160	200	250	300	400	500	
1,368/1,440							250	300	360	500	600	
1,596/1,680								360	430	600	700	
1,824/1,920										500	660	800

列 数	2	4	6	8	10	12	14
W (mm)	66/70	132/138	198/208	264/277	330/346	396/416	462/485

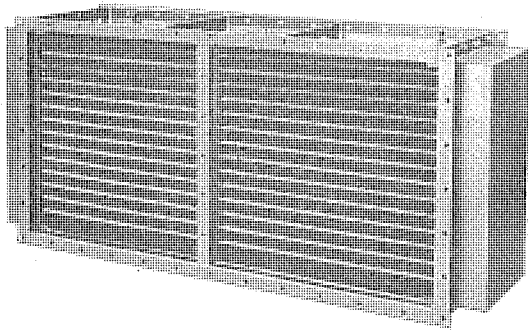


図 7.2 三菱ヒートパイプ式熱交換器の外観

7.3 排熱回収の原理

(1) ヒートパイプを用いた熱交換の原理

ヒートパイプによる熱交換の原理を図 7.3 に示す。ヒートパイプ 1 本を用いて等価熱回路を示すもので、中央の仕切板を境に片方に高温の排気、他方に低温の給気を通風した場合を示す。

温度 $T(^{\circ}\text{C})$ の高温排気にさらされたヒートパイプ外表面は排気流速・物性により定まる強制対流熱伝達率 h_{fh} に基づく熱抵抗 R_{fh} を経て入熱し温度上昇する。ここで外表面伝熱面積 A_{fh} はパイプ及びフィンを含めた伝熱面積であり、フィンを設置することにより十数倍の伝熱面積を得ることができる。ヒートパイプ外表面が温度上昇すると、ヒートパイプ内部に封入された作動液体は排気より蒸発潜熱を管壁を介して奪って蒸発する。このときの沸騰現象による蒸発熱抵抗 R_e は沸騰熱伝達率 h_e により定まり、条件にもよるが数千 $\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$ と非常に大きな熱伝達特性を得ることができる（排気側強制対流熱伝達率 h_{fh} の約 100 倍）。蒸発した際の自身の蒸気圧力差で低温の給気

側へ移動した蒸気は凝縮潜熱を管壁を介して給気へ放出して凝縮する。このときの凝縮熱抵抗 R_c は凝縮熱伝達率 h_c により定まるが、この値は沸騰熱伝達率 h_e とほぼ同等な値である。凝縮した作動液体は蒸発部へ戻るといった動作の繰返しを行う。給気とヒートパイプ外表面との間の熱伝達は排気側と同様に、給気側強制対流熱伝達率 h_{fc} により定まる熱抵抗 R_{fc} を経て行われる。

このようにして、排気 $T(^{\circ}\text{C})$ のもつ排熱は強制対流熱伝達に基づく熱抵抗 $R_{fh} \cdot R_{fc}$ 及び沸騰・凝縮熱伝達に基づく熱抵抗 $R_e \cdot R_c$ を経て給気 $t(^{\circ}\text{C})$ 側に熱輸送される。この熱輸送量 $Q_R(\text{kcal}/\text{h})$ は排気側より給気側へ熱交換した回収熱量となる。

(2) 排熱回収（省エネルギー）

排気側より給気側へ熱交換した回収熱量 Q_R は給気空気を加熱し温度上昇させる。

ここに給気量 $V(\text{Nm}^3/\text{h})$ 、給気入口温度 $t_i(^{\circ}\text{C})$ 、出口温度 $t_o(^{\circ}\text{C})$ とすると、次の関係式がある。

$$Q_R = V \times (t_o - t_i) \times C_p \times \gamma$$

ここで、 C_p ：給気空気の比熱 ($\text{kcal}/\text{kl} \cdot ^{\circ}\text{C}$)

γ ：給気空気の比重 (kg/m^3)

給気温度 $t_i(^{\circ}\text{C})$ を予熱・加温し $t_o(^{\circ}\text{C})$ まで昇温した熱量 $Q_R(\text{kcal}/\text{h})$ が排熱回収量つまり省エネルギー量である。

次に、回収金額 $P(\text{円}/\text{年})$ は運転時間を $W(\text{時間}/\text{年})$ とすると概略次の式で示される。

$$P = W \times C \times Q_R / (H \times \zeta)$$

ここで、 C ：単位当たり燃料価格 ($\text{円}/\text{l}$)

H ：単位当たり燃料発熱量 (kcal/l)

ζ ：燃焼効率

回収金額 $P(\text{円}/\text{年})$ は年間の燃料節約金額を示す。

7.4 省エネルギー事例

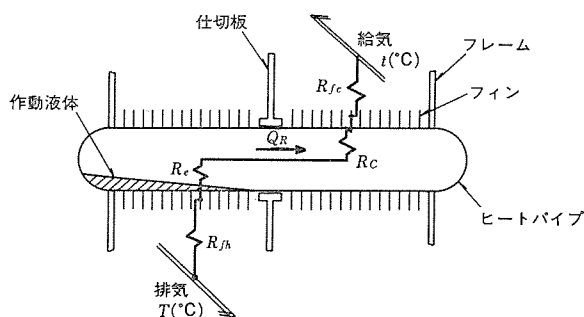
ヒートパイプ式熱交換器は高温側と低温側流体間に温度差があれば効率良く熱輸送・熱回収できる。また、コンパクトで圧損が少ないので既存の設備にもダクトレイアウトを一部改造するだけで容易に使用することができる。

(1) 乾燥炉の排熱回収

乾燥炉の排熱回収にヒートパイプ式熱交換器を用いた場合の熱回収システムフローと各部温度変化の実測例を図 7.4 に示す。この例は乾燥用空気をヒータで加熱し、循環ファンにより乾燥炉とヒータの間を循環させて、乾燥炉に搬入された製品の乾燥を行うものである。この循環空気の一部は排気ファンにより外部に排出され、これと入替わりに給気（外気）がとり入れられて乾燥炉に送り込まれる。従来の乾燥炉では排気ガスはそのまま大気に放出されていたので排気のもつ熱量は大気中に棄てられていたが、このシステムは、排気と給気のダクトの途中にヒートパイプ式熱交換器を設置して熱回収を行うもので、給気はヒートパイプを通過する際に排気ガスとの間で熱交換を行い、予熱されて循環空気の中に混入し、ヒータで更に昇温された後、乾燥炉に送風される。

製品（被乾燥物）の炉内への搬入により各部温度には一時的な変動がみられ、製品搬入完了時の排気温度及び予熱された給気温度は搬入前に比べて低くなっているが、その後昇温し、約 1 時間後にもとの定常値に回復している。

この定常温度において、 154°C の炉の排気ガスはヒートパイプ式熱交換器を通過後 66°C に温度降下している。一方、給気は 34°C から



$$Q_R = (T - t) / (R_{fh} + R_e + R_c + R_{fc})$$

$$R_{fh} = 1 / (h_{fh} \cdot A_{fh} \cdot \phi)$$

$$R_e = 1 / (h_e \cdot A_e)$$

$$R_c = 1 / (h_c \cdot A_c)$$

$$R_{fc} = 1 / (h_{fc} \cdot A_{fc} \cdot \phi)$$

Q_R ：熱輸送量 (kcal/h) T ：排気温度 ($^{\circ}\text{C}$) t ：給気温度 ($^{\circ}\text{C}$)

R_{fh} ：強制対流熱伝達に基づく熱抵抗 ($\text{h}^{\circ}\text{C}/\text{kcal}$)

R_e ：沸騰熱伝達に基づく熱抵抗 ($\text{h}^{\circ}\text{C}/\text{kcal}$)

R_c ：凝縮熱伝達に基づく熱抵抗 ($\text{h}^{\circ}\text{C}/\text{kcal}$)

R_{fc} ：強制対流熱伝達に基づく熱抵抗 ($\text{h}^{\circ}\text{C}/\text{kcal}$)

h_{fh} ：排気側強制対流熱伝達率 ($\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$)

h_{fc} ：給気側強制対流熱伝達率 ($\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$)

h_e ：蒸発部沸騰熱伝達率 ($\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$)

h_c ：凝縮部凝縮熱伝達率 ($\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$)

A_{fh} ：排気側外表面伝熱面積 (m^2)

A_{fc} ：給気側外表面伝熱面積 (m^2)

ϕ ：フィン効率

A_e ：ヒートパイプ蒸発部伝熱面積 (m^2)

A_c ：ヒートパイプ凝縮部伝熱面積 (m^2)

図 7.3 ヒートパイプによる熱交換の原理

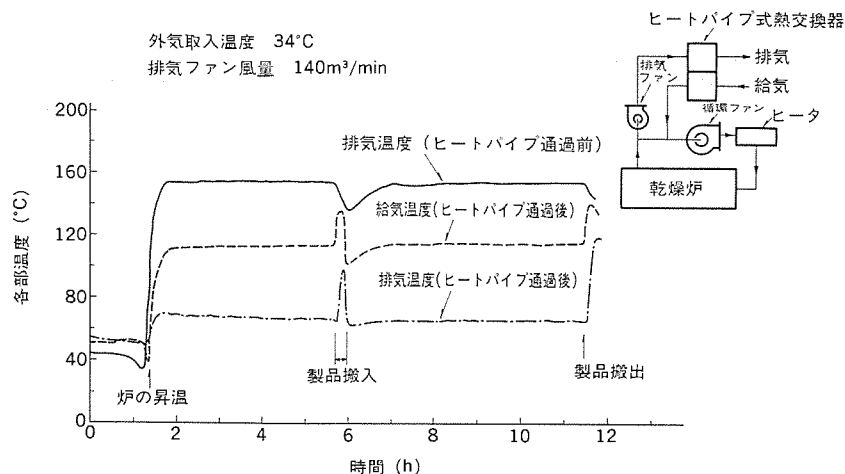


図 7.4 乾燥炉の排熱回収

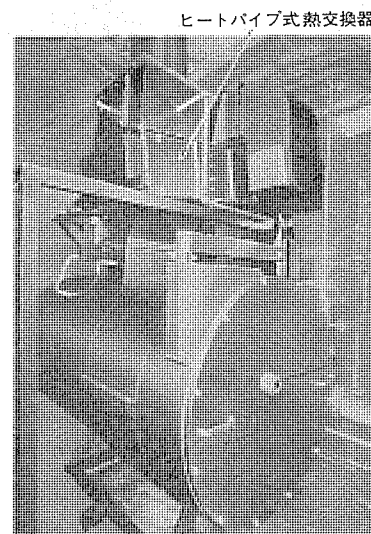


図 7.5 ボイラ排熱回収の例

114°C に昇温されており、排気と給気の間で熱交換が行われていることがわかる。このときの排熱回収量は 140,000 kcal/h となる。したがって給気の前熱により、この熱量分だけヒータの加熱量を少なくでき省エネルギーとなる。回収金額は、運転時間を年間 3,500 時間として 1 年間に約 460 万円となり、顕著な省エネルギー効果が得られた。

(2) ボイラの排熱回収

図 7.5 にヒートパイプ式熱交換器をボイラの排気ダクトに実装したときの写真を示す。これはボイラ排気排熱を回収し、燃焼用空気の前熱に利用するものである。この例では 270°C の排気ガスにより、30 Nm³/min、40°C の給気を加熱し、190°C の予熱空気を得た。この

結果、回収熱量は 81,000 kcal/h となり、運転時間を年間 3,500 時間とすると年間約 300 万円の燃料費節減という大幅な省エネルギー効果が得られた。

7.5 む す び

ヒートパイプ式熱交換器はその優れた伝熱特性を生かして、中・低温域における熱回収分野に着実に用途を拡大しつつある。排気排熱の回収は利用されていなかったエネルギーの有効利用となるだけでなく、副次的に燃焼（加熱源）機器の小形化などの効果も得られる。石油資源の有限性・供給不安がさげられる中で、ヒートパイプ式熱交換器による省エネルギーは今後も一層進展するものと考えられる。

ビル・店舗設備の省エネルギー

梅本 隆司*

最近のビルに用いられる設備を列記すると、空調・衛生・給排水、昇降機、照明、電力、防災、防犯及びこれらを総合管理するビル管理システムなどとなろう。ビルの省エネルギーを考える場合、まず建築における対策が顕著な効果を持つことは容易に想像され、その報告例も多く見られるようになっている。次いで、上記ビル設備における対策が重要であり、種々の省エネルギーの工夫がなされ効果を挙げている。ビル設備の省エネルギーも他の例と同様、設備機器自身の効率改善などによるものと、設備機器の運転制御の改善などによるものとに分けられる。

以下に、ビルのエネルギー管理、受変電設備、昇降機、空調システム及び照明の各分野における省エネルギー技術を紹介する。

(1) ビルのエネルギー管理

ビルに設けられる上記各設備の個々の機器やシステムの効率の改善を追求するだけでは省エネルギーに限界がある。省エネルギーや省力化のために、コンピュータを中心にしたビル管理システムが設備されることほぼ定着してきている。省エネルギーの観点から見ると、ビル管理システムの制御機能の多くは上記各設備用制御機器の制御の項に説明しているものと同じであり、これらを中央のコンピュータで実現している。コンピュータシステムの場合には、ビルの運用によって得られる各種のデータをもとに、制御システムのソフトウェアの改良を行うことが比較的容易に行える点が、いわゆるハードウェア主体の制御装置との差である。この点からもより高度な省エネルギーを目指したビル管理システムの一層の普及が進むものと考えられる。コンピュータが従来のいわゆるミニコンのほかにマイコンも適用できるようになり、コストの低下が実現し普及が一層図られることになりつつあるのは喜ばしいことである。当社では昭和41年の我が国初のビル管理システム以来蓄積してきた制御技術（いわゆるソフトウェア）の豊富な経験を生かして今後とも積極的にこれに取り組んで行く所存である。

なおビル管理システムにおいても、マイコンを活用して分散処理システムを構成し、システムの信頼性や柔軟性の向上などのメリットを得る工夫が今後も進められるであろう。

(2) ビル用受変電設備

受変電設備用機器自体は、いわゆる電力エネルギーを通過させるだけで、消費するものではないので、電力通過時の損失の少ないものを適用することが基本的な省エネルギー対策である。受変電設備に多用される変圧器の鉄心に低損失のアモルファス材料などを適用することも研究されており、将来これが実用化され省エネルギーに貢献することが期待される。

受変電設備の運用における省エネルギーとして従来から適用されている、デマンド監視制御、変圧器の台数制御、コンデンサ制御などがこれからも充実されたものとなっていくものと予想される。

(3) 昇降機

昇降機は一般にはビル全体の消費電力の2～3%を使用するに過ぎないが、利用者の目に触れる設備だけに、運行制限による省エネルギーは利用者にエネルギー使用の合理化の実践をアピールする効果が大き

い。具体的には昭和54年に建設省よりエレベーターの運行を20%制限するように関係先に依頼が出されており、ビルの関係者もこの実現に努力している。

一方昇降機業界もエレベーターシステムの省エネルギー化を推進している。当社では10年以上前から省エネルギー化開発に力を入れ、着実に成果を挙げている。ちなみに、オイルショック当時と比較し、機器の効率化や制御装置の全電子化によって低中速の交流エレベーターでは約75%に、高速直流エレベーターでは約60%に、またエスカレーターでは約70%にまで消費電力を低減している。

制御の面においては、輸送力や待ち時間などのサービス水準をチェックしながら、運行台数制御や速度制限運転など省エネルギーを図るソフトウェアの開発にも力を入れている。このような努力の成果の一つとして、去る昭和56年には(社)日本機械工業連合会の優秀省エネルギー機器表彰制度において、三菱オールソリッドステートエレベーターシステムが会長賞を受賞した。

(4) 空調システム

冷凍空調機器の普及に伴い、我が国で消費されるエネルギーに占めるウエートは増加しており、例えば一般事務所ビルで消費されるエネルギーの約50%は空調設備に要するもので、省エネルギーの必要性が叫ばれている。冷凍空調設備の省エネルギーを図るためには、機器本体の効率向上はもちろんのこと、システムとしてとらえ、ポンプ・ファンなどの関連機器、建物も含めた幅広い対策が必要である。VAV (Variable Air Volume 変風量) パッケージエアコンディショナー(パッケージエアコン)、コンビネーションマルチ冷凍機は新しい容量制御の開発により、部分負荷時の効率向上が図られ、システムとして大幅な省エネルギーが期待できる。また、これらの制御方法の開発には冷凍サイクルの解析が不可欠であるが、ターボ冷凍機のシステム解析はその一例である。また、換気の外気負荷の熱回収を行う「ロスナイ」は、空調設備に積極的に取入れられており、省エネルギー機器の代表的なものである。更に蓄熱システムは、①空調負荷ピークと電力負荷ピークのずれ、②熱授受と熱容量のずれ、を調整することをねらったもので、相変化を利用する蓄熱材料及び蓄熱システムの今後の普及が期待されている。

(5) 照明

照明の分野では、明るさ本位の考え方から省エネルギー及び快適性を追求した、いわゆる量から質への転換が急速に浸透しつつある。照明はビル全体の消費エネルギーの約1/3を消費するので省エネルギーの効果は大きいと期待される。これらの背景のもとに省エネルギー、快適性の観点より、用途別に細分化された光源、回路、器具の開発が活発になってきている。当社ではいち早く各分野ごとにきめ細かい分析を行い、新技術を導入、「PS(パワーアップ、セーブエネルギー)+快適性+取付性の向上」を基本理念とした独自の製品を開発してきた。本稿では特に事務所、店舗用照明として最適の新しい光源(蛍光灯ランプ及びHIDランプ)、器具(省電力形安定器付き、半導体安定器付き、ICスタータ付き、高性能「パラファイン」)、回路(中小規模向照明制御システム)について、ねらい、性能、効果について紹介する。

1. ビルのエネルギー管理

湯川 健二*・久米 宏行*

1.1 ま え が き

ビルにおける諸設備は居住者に対して高度な安全性、快適な生活環境を提供することが要求される。そのため受変電設備、空調、昇降機、給排水、防災、防犯設備などの機能充実が図られている。省エネルギー管理が叫ばれて久しいが、ビル運用上の観点から生活環境を壊さない制約の中で一層の省エネルギー管理の促進が図られつつある。設備の個々の機器、システムの効率向上を追求するだけでは省エネルギーの限界があるため、近年のビルにおいては、ビルの規模に応じ演算処理装置としてマイクロプロセッサ、中、大形計算機から構成される中央監視装置が導入され、動力源となる電力、燃料の削減を図り、省エネルギー管理が具体的に進められているのである。

本稿ではビルにおいて中央監視装置により消費エネルギー削減のため、どのような管理制御が行われているかを述べる。

1.2 ビルのエネルギー使用量

一般事務所ビルで使用される総エネルギー量を一次エネルギーに換算した平均値は、 $438 \text{ M cal/m}^2 \cdot \text{a}$ (a:年間)であるといわれる。その内訳は図 1.1 のとおりであり図から電気エネルギーへの依存度が80%に達し、極めて高いことが分かる。電気エネルギーに着目すると常時点灯される照明による電力量はもっとも大きいが、空調設備の冷凍機だけでなく、これに付随する送風機、ポンプなども含めて考えると、照明に匹敵する大きな値となる。

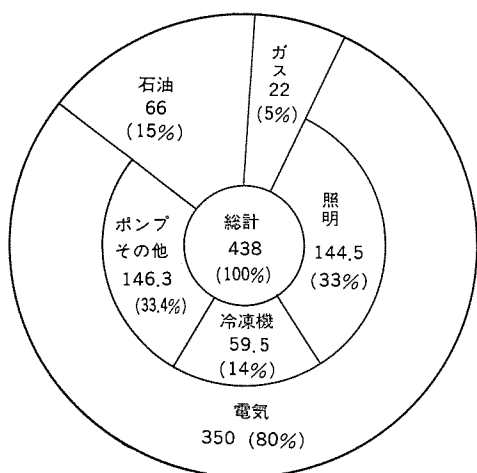


図 1.1 エネルギー使用量の内訳 ($\text{M cal/m}^2 \cdot \text{a}$) (設備と管理 第55巻 10号による)

1.3 ビル管理システムの制御項目

中、大規模に導入される中央監視システムのハードウェア構成は図 1.2 のとおりである。中央監視装置の機能は状態監視、計測、制御、記録に分類され、各機能は省力、省エネルギーなどの効果を有する。ここでは省エネルギーの効果を有する機能とその効果について述べる。

(1) 受変電システムにおける省エネルギー管理

(a) 力率改善(無効電力)制御

無効電力を常時監視し、力率改善のため進相コンデンサの投入遮断

を行う。これにより電力料金割引制度による電力コスト削減が可能となる。

(b) 電力デマンド制御

消費電力を常時監視しデマンド予測を行い、契約電力を超過するおそれのある場合負荷のピークカット制御を行い、契約電力低減、負荷率の均一による電力コストの削減が可能となる。

(a)と(b)はビル管理者から見れば“直接的な経費の節減”効果が得られもっとも望ましいが、無効電力や有効電力の抑制によって皮相電力が減少し、線路や機器の損失が減少するという省エネルギー効果も忘れてはならない。なお詳細は本誌の「ビル用受変電設備」(p. 32)の項に述べているので参照願いたい。

(c) 照明制御

ビルのペリメタゾーン照明制御のため外光センサを設置し、ペリメタゾーン照明システムを昼光の明るさに応じて制御することで省エネルギーを図る。

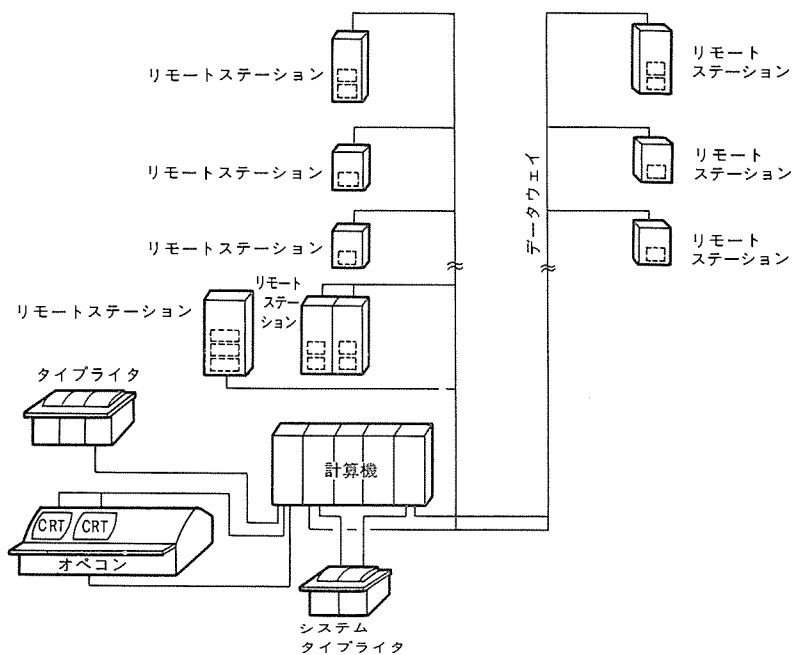
(2) 空調システムにおける省エネルギー管理

(a) 最適起動/停止制御

空調設備機器のスケジュール運転及びサイクリック運転制御を行うことで電力、使用量の削減が可能となる。例えば図 1.3 に示すとおりスケジュール及びサイクル運転を行うことで節電が図れる。

(b) 外気取入制御

エンタルピー制御、 CO_2 制御のために外気取入れを行うことが多くなっている。この場合空調負荷の大きな要因となる外気取入量を



計算機 : 集中監視及び制御を行うべき各種演算処理を行う。
リモートステーション : 中央からデータウェイ経由にて各設備の入出力信号を分散処理する。
周辺機器 : マンマシン系として、オペレータコンソールタイプライタが設置される。

図 1.2 中央監視装置構成例

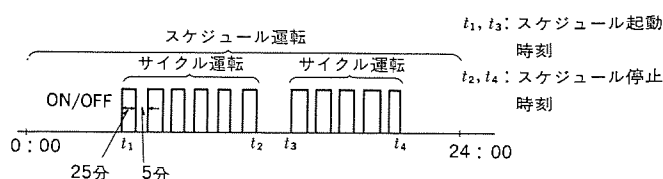


図 1.3 スケジュール運転

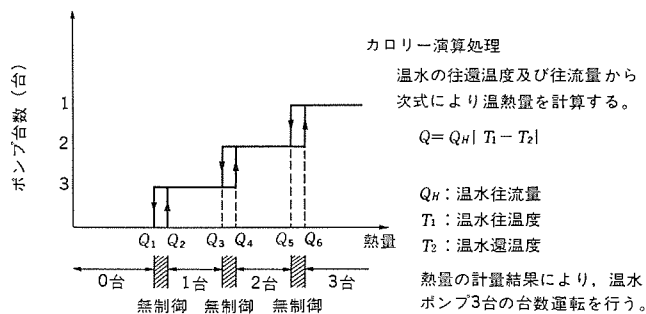


図 1.4 冷温水ポンプ台数制御

制御し、中間期は外気冷房による冷凍機所要エネルギーの削減を図り、夏期、冬期は外気取入量を最小にすることにより冷房、暖房エネルギーの削減を図る。

(c) 冷凍機台数制御

空調負荷に応じ冷凍機の台数制御を行い、冷凍機の効率向上を図る。また、ターボ冷凍機と吸収式冷凍機のように異なったエネルギー源の冷凍機的最適組合せによるエネルギー削減が可能である。

(d) 冷温水ポンプ台数制御

空調負荷が小さいとき、従来は三方弁制御による冷温水バイパスを行っていたが、エネルギー損失が大きいのでこれを改善するため、

- (i) 定速ポンプの場合は負荷に応じたポンプ台数制御を行う。
- (ii) 可変速用インバータを利用した可変速ポンプの場合は更にポンプの吐出量制御を行う。

ポンプの台数制御を例にとるとカロリー演算により台数決定を行うが、ハンチングを防止するためヒステリシスをもち、台数切換えを図 1.4 のようなバンド制御にて実施する。このとき $Q_1 \sim Q_6$ の各台数切換え用の値は外部状況に応じて設定可能なものである。

(e) 蓄熱運転制御

深夜電力の有効利用により負荷率を抑え、結果として受電設備容量の縮小化を図る。また冷凍負荷のピークは冷凍機と蓄熱槽の組合せで対応できるので、冷凍機容量を冷房負荷の最大より小さくすることができる。いずれにしても、直接的な省エネルギーというより電力会社も含めた広い意味の省エネルギーになる。

以上のほか、中央監視装置の導入によりデータの上下限監視、日報、月報などのデータ管理が容易に行えるので、設備運用の評価、管理を充実させることによる省エネルギー化の一翼を担っている。

1.4 む す び

近年各ビルとも前述のとおり積極的な省エネルギー管理が行われ、通常その効果は 10% 位達成されていると言われている。今後ますます深刻になると思われるエネルギー対策について有効な対策の中心となるべき中央監視装置の役割は大きい。

2. ビル用受変電設備

鈴木 巽*

2.1 ま え が き

ビル用受変電設備の省エネルギー対策には、設備機器自体の効率の向

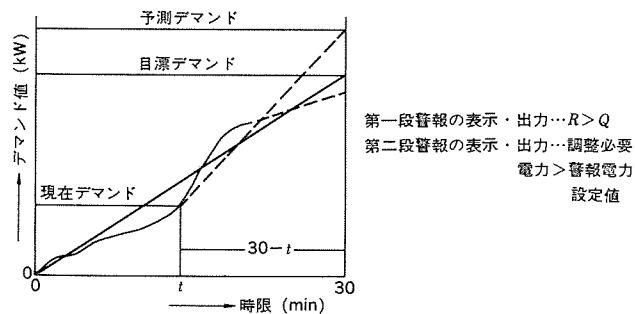


図 2.1 デマンド監視制御概念図

上と設備運用上の制御の工夫によるものが考えられる。エネルギーロスはすべてビルの温度を上昇させるため、夏期にはこれを冷却するのにまた電力を必要とすることになる。したがって、設備機器の省エネルギーを図ることは結果的に 2 倍以上の省エネルギー対策が得られることになる。

2.2 運用上の制御による省エネルギー

(1) デマンド監視制御

電力会社との受電契約料金は、基本料金のほかに特別割引や割増料金契約がある。デマンドすなわち最大需要電力もその一つで、一定時間（普通 30 分）内に最大需要電力が契約値を超過すると割増料金を支払う契約である。電力会社が設置している取引用計量器盤内に電力量計があるが、需要家側ではこの電力量計のパルスを用いてデマンド監視制御装置（コンピュータやコントローラ《MICAM-DMX》など）により、デマンド値を常に監視し、超過予測を行い、負荷を制御してデマンド値が契約電力を超過しないようにする。

図 2.1 に示すように普通 2 段階に予測するが、一段目は警報、二段目は負荷削減の制御指令を出す。デマンド監視制御の効果は電力料金の節減の効果が最も大きい、これにより受電設備の皮相電力が抑制され、需要家設備の銅損が減少するほか、電力会社設備の有効利用による広義の省エネルギー効果が得られることも重要である。

(2) 変圧器の台数制御

一般にビル電源喪失時の影響（混乱）を考えると、通常複数（2～4）台の電源変圧器が設置され、並列運転される。ビルの電力負荷が軽減された時（例えば、夜間の電灯負荷の減少や冷房負荷の変動など）においては全台数の変圧器を運転させる必要のない場合がある。変圧器は負荷の大小と無関係に励磁損失を伴うので負荷を監視しながら必要最小限の台数を運転し、不必要な変圧器を停止制御する。

通常、変圧器の台数の制御はすべての変圧器の運転時間を平均にするようにサイクリックに ON/OFF 制御される。この制御においては変圧器の一次開閉器の開閉寿命を考慮し、負荷の急激な変化で ON/OFF しないようにヒステリシス特性を持たせるなどの注意が必要である。このようにして変圧器の台数を制御することにより変圧器の不必要な励磁損失を発生させることがなくなる。その励磁損失はビルの冷房負荷となっていたはずであるから、結局励磁損失のほぼ 2 倍のエネルギーが節約できたことになる。

(3) コンデンサ制御（図 2.2）

設備の力率が悪くなって無効電力が多くなると受電設備に供給される皮相電力が増大するため、需要家設備や線路の銅損が増え、冷房負荷が増える。また、電力会社との契約により月間の平均力率が 85% を下回ると割増電力基本料金を支払う必要があり、逆に 85% 以

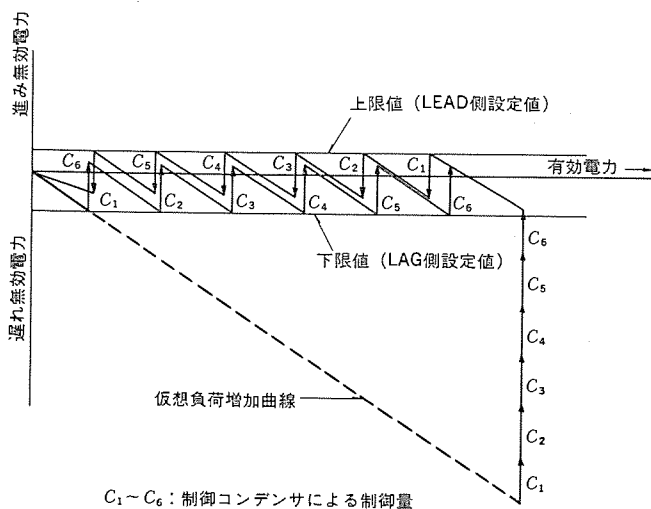


図 2.2 コンデンサ制御概念図

上になると基本料金が割引される。そのため進相用コンデンサを系統に接続して力率を改善する。この方式には負荷の要求する無効電力の増減によりコンデンサバンクの数を制御する方式、力率を監視してコンデンサバンクの数を制御する方式などがあるが、通常前者の方式が多く用いられる。この方式はコンデンサバンクがすべて同じ容量のものでよくサイクリックに制御されるため、制御用の開閉器の開閉回数が均一化され、寿命が均一化される利点がある。制御装置としてはコンピュータ、《MICAM-VAR II》などのコントローラが用いられる。

コンデンサ制御によって得られる結果はデマンド監視制御と同じく電力料金の節減効果が最も大きい。受電設備の皮相電力の抑制による需要家設備の銅損の減少や電力会社側における銅損の減少による省エネルギーの効果も無視できない。

2.3 設備機器の省エネルギー

(1) 電動ばね操作式遮断器

ビル用受変電設備の 20/30 kV 用遮断器では従来圧縮空気操作式が多く用いられていたが、最近は電動ばね操作式になったため圧縮空気発生用のコンプレッサ設備が不要になっており、設備の簡素化だけでなくコンプレッサ運転に要した電力も不要になり、省エネルギーを実現している。

(2) 補助リレーのシーケンサへの置換え

受変電設備は特高、高圧、低圧キュービクルや監視制御盤などで構成されるが、これらの盤には多くのリレー・シーケンスが組まれている。これらのリレー・シーケンスは順次シーケンサに代替されつつある。リレー・ロジックをシーケンサに代えることによって、リレーの消費電力を節約するとともに、シーケンサの適用により設備の縮小が図られ、電気室の縮小による照明、空調のエネルギーの節約も期待できる。

(3) 表示灯の抵抗の省略

ビル用受変電設備の制御用バッテリーは通常 DC 100 V が使われる。一方、遮断器の開閉表示灯、故障表示灯、各種状態表示灯などの電球は 24 V、18 V などが用いられる。これらのランプを 100 V 回路に接続するため直列抵抗を設けており、この抵抗によって消費される無駄な電力は熱を発生して空調負荷を多くするのみである。この改善のため、DC/DC コンバータを導入し、ランプ式表示灯や LED 式表示灯はそれぞれに適した専用の電圧でドライブすることにより上記直列抵抗を一掃し省エネルギーとすることができる。

2.4 広義の省エネルギー

(1) トランスのオイルレス化

絶縁油がビル火災の原因の一つとなるため受変電設備のオイルレス化が求められる。そのため、乾式やモールド変圧器が油入変圧器に代わって多く使用されるようになっている。油入変圧器に比べて、乾式やモールド変圧器を使用することは、直接的な省エネルギーに結びつかないが広義の省エネルギーになっているともいえる。すなわち、油入変圧器の場合は油漏れや油面の管理など火災に対する防災上の管理の必要があり、場合によっては消火設備も必要となるが、乾式やモールド変圧器の場合はそれがないため保守管理上の省エネルギーとなっている。

(2) 前面保守形メタクラ

前面保守形メタクラ (FF 形) を採用することにより、設置スペースを大幅に削減することができるので電気室の縮小が図れ、電気室の照明、空調エネルギーの低減ができる。側面的に建築におけるエネルギーの削減が図れる。

2.5 むすび

ビル用受変電設備では設備から発生する熱損失が建物の温度を上昇させるため、夏期においては冷房負荷となる。したがって、電力損失を少なくすることは、その 2 倍のエネルギーの節約になるといえる。また、受変電設備の運用の点ではデマンド監視制御、変圧器の台数制御、コンデンサ制御などを導入して適切に運用することにより、電力料金の節減という直接的なコスト低減のほかに、銅損の減少 (省エネルギー) や設備容量の縮小 (設備費の低減) などの効果を挙げることとも可能である。

3. コンピュータ制御エレベーター

釜池 宏*

3.1 まえがき

エレベーター、エスカレーターは、ビル機能を担う交通動脈として、快適で効率のよい運転と高い信頼性に加え、最近では省エネルギー形であることが必要条件になってきた。このため当社では、①かごの軽量化、②操作信号器具内白熱灯のネオン管化、③電磁器具主体の制御装置に替わるパワーエレクトロニクス化、更には、④マイクロエレクトロニクス技術を駆使したコンピュータ化などを実施してきた。ここでは上記③④の電子化エレベーターの概要を説明する。

3.2 特注形電子化エレベーター《アクセル》

《アクセルシリーズ》エレベーターは、電動発電機 (MG) や電磁リレーを用いた従来の駆動制御装置に替わり、サイリスタを用いた直流可変電圧式の駆動制御装置とマイコン化した二つの装置すなわち複数台のエレベーターを運行管理する群管理制御装置及び各かごごとに設けられる各号機制御装置でシステムを構成した省エネルギー形エレベーターである。

(1) サイリスタレオナード装置

(a) サイリスタレオナード装置の構成

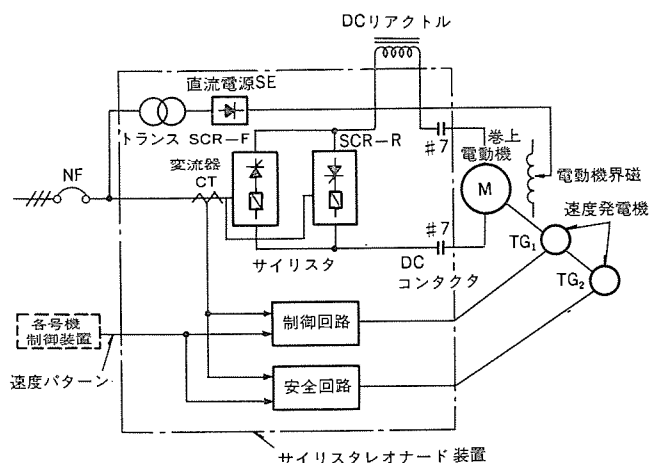


図 3.1 駆動装置の構成

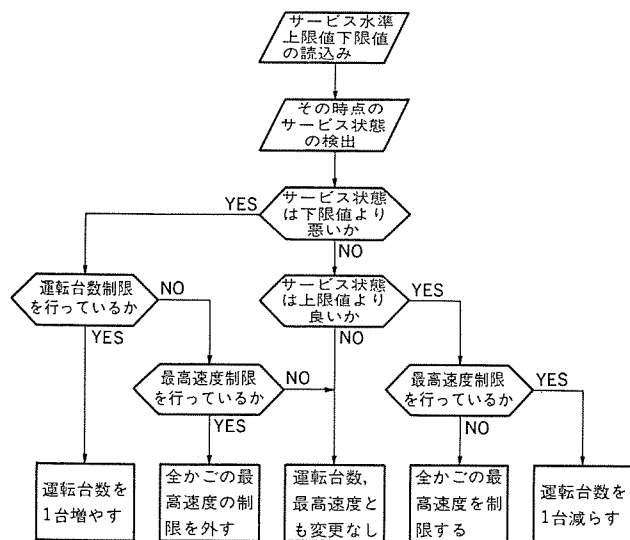


図 3.2 省エネルギー運転フロー図

図 3.1 にサイリスタレオナード装置の構成を示す。エレベーターが起動する場合はまずコンタクト #7 を閉じるとともに、各号機制御装置から速度パターンがサイリスタレオナード装置の制御回路に入力される。この制御回路は速度帰還信号及び電流帰還信号を比較演算し、二つのサイリスタ群 SCR-F と SCR-R のうちどちらを使用すべきかを決定し、この演算結果に応じてサイリスタ変換器出力電圧（巻上電動機印加電圧）を制御する。このようにして、エレベーターは速度パターンに追従し運転される。

(b) 省電力効果

MG セットは、三相交流電源で誘導電動機を回転し、これに直結された直流発電機によって直流を発生するものであるから、誘導電動機と直流発電機の両方の内部損失により変換効率が悪い。更に MG 方式は MG 始動時の大電流による電力消費及びエレベーターが停止している間も MG は回転しているので、このアイドリング電流による電力消費もある。サイリスタレオナード方式はこの不具合を本質的に持っておらず、これをエレベーターに使用することにより約 25 % (当社比) の省電力となった。

(2) コンピュータ制御の群管理装置及び同各号機制御装置

ここでは省電力群管理方式を例にとり説明する。エレベーターの消費電力節減のために一般に実施されているのは、何台かのかごを休止させて運転台数を減らすことである。従来これが手動で行われてい

たため、ビル管理者の負担増になるとともにビル内交通の変動に速応させることは困難であった。この点にかんがみ図 3.2 に示す省電力群管理方式を開発した。この方式では交通状態の変動に合わせて、あらかじめ設定されたサービス水準を維持するために必要な運転台数や速度に自動的に調整するので、ビル管理者の負担を減らしかつ消費電力の節減が可能になった。電力事情などによりサービス水準を多少犠牲にしても節電したい場合には、設定値を調整して休止台数や速度制限台数を多くすることができる。

以上説明した省電力方式のほかに各号機制御装置と群管理制御装置の膨大なリレー・IC 回路をマイコンに置き換えたことで制御用電力も小さくし、エレベーター全体で従来形のエレベーターに比べ約 40 % (当社比) の省電力となっている。

3.3 規格形電子化エレベーター《アドバンス》

(1) 交流帰還制御方式

規格形エレベーターは、従来の交流一段速又は交流二段速制御方式にかわり、サイリスタを用いて制御する交流帰還制御方式が採用され、その後改良が加えられてきた。図 3.3 にその一般的構成を示す。この方式は速度指令発生装置の出力である速度指令と速度帰還信号を比較し、両者が一致するよう点弧制御回路によりサイリスタの点弧角を制御するものである。まず力行制御サイリスタにより電動機の力行トルクを制御して、滑らかに始動・加速させ、加速が終了すると一定速度で走行させる。減速開始点を過ぎると制動制御サイリスタに切換えて制動トルクを制御し、滑らかに減速・停止させる。

この方式は速度帰還制御をしているので、電圧変動により電動機のトルク特性が変化したり、乗客数により負荷トルクが変動しても加減速を滑らかに制御できる。この結果、機械系の慣性量を大幅に減らすことができ、消費電力を少なくできた。また、交流二段制御方式のように起動抵抗で無駄な電力を消費することもない。

(2) コンピュータ制御の各号機制御装置

従来電磁リレーで行ってきたエレベーターのシーケンス制御の大部分をマイコンに置き換えることにより規格形でも多様化した制御に対応できるようになるとともに、制御電力を削減することができた。また、エレベーターが利用されないときは一定時間後自動にかご内照明を消灯し、換気扇を休止させるようにしたり、かご及び乗場の位置表示器や押ボタンの応答ランプを従来の白熱灯にかえてネオンランプを採用することにより、消費電力を更に少なくした。

以上説明した交流帰還方式、マイコンによる制御などにより従来方式と比べ約 20 % (当社比) の省電力を達成した。

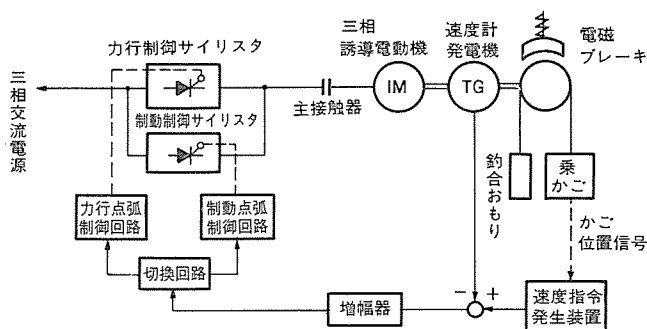


図 3.3 交流帰還方式構成図

3.4 む す び

以上、当社の省電力形コンピュータ制御エレベーターについて紹介した。当社ではより一層の省電力など社会ニーズにこたえるべく今後も改良を重ねていく所存である。

4. モジュラーエスカレーター

後 藤 茂*・寺 沢 宏 保*

4.1 ま え が き

駆動ユニットを傾斜部トラス内に収納し、階高に応じてその駆動ユニットを順次増加させるいわゆるマルチ駆動方式の可能なモジュラーエスカレーターについて、省エネルギーの観点からその特長を説明する。モジュラーエスカレーターの駆動方式の特長に起因する省エネルギー効果に加え、高効率のヘリカル減速機及び手すり駆動の新直線駆動方式の採用により従来形エスカレーターに比し約30%の省エネルギーを達成した。

4.2 モジュラーエスカレーターの構造及び特長⁽¹⁾

モジュラーエスカレーターとは、減速機、モータ、鎖歯車などからなるコンパクトに構成された駆動ユニットを傾斜部トラスの往路、帰路の階段の間に収納し、階高の増加に応じてこの駆動ユニットを順次増していくいわゆるマルチ（複数）駆動システムが可能なエスカレーターである。図4.1に構造の概要と高揚程の場合の駆動ユニットの配置を示す。マルチ駆動方式は、特殊構造を採用することなく基本的にあらゆる階高

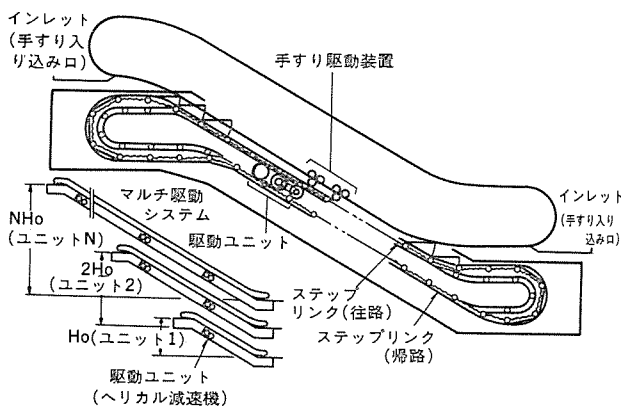


図 4.1 三菱モジュラーエスカレーターの駆動方式

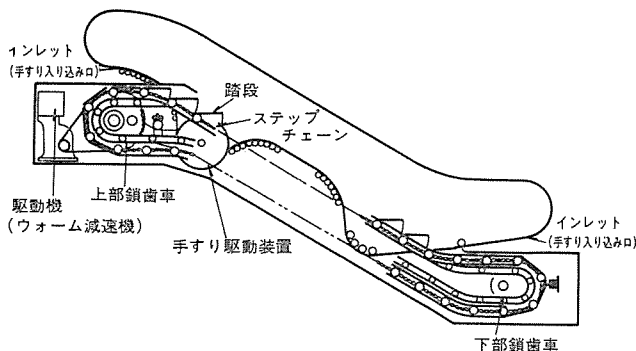


図 4.2 従来形エスカレーターの駆動方式

に対応することができ、省エネルギーのほか、省スペース、軽量化などの特長を備えている。図4.2に示す従来形エスカレーターの駆動方式では、エスカレーターの最上部に駆動装置を置いて階段を連結したエンドレスのステップチェーンを上部鎖歯車で引き上げる方式をとっている。このため階高が高くなるにつれて減速機、モータ、チェーンなど大部分の駆動系部品を大形化する必要がある。

4.3 モジュラーエスカレーターの省エネルギー

エスカレーターの運転には乗客の輸送に要する仕事とエスカレーター単体の運転損失を負担する仕事が必要であり、上昇運転時の所要電力 E_{IP} と下降運転時の回生電力 E_{OP} は、 k を比例定数、 W を乗客の重量、 P_0 を無負荷相当機械損として近似的に次式(1)で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} E_{IP} &= (\pm kW + P_0) / \eta_m \cdot \eta_g & E_{IP} \geq 0 \\ E_{OP} &= (-kW + P_0) \cdot \eta'_m \cdot \eta'_g & E_{OP} < 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

ここで η_m , η'_m はモータの力行時と回生時の効率、 η_g , η'_g はモータを除いた駆動ユニットの正効率と逆効率である。() 内の第1項の kW は + が上昇、- が下降運転を示し、エスカレーターの階高、階段速度、欄干幅などにより機能上一義的に定まる量である。したがって省エネルギーの観点からは効率 η_m , η'_m , η_g , η'_g と無負荷相当機械損 P_0 が改善の焦点となる。従来形エスカレーターにおいて、改善の対象とすべき運転損失としては、①歯車のトルク伝達損を主因とする駆動機の損失、②高い張力状態でチェーンを屈曲させるための摩擦損失、③複雑に湾曲したパスに沿って動く手すりの走行摩擦損失、が主電成分としてあげられる。モジュラーエスカレーターにおいては、その基本構造の特長に基づく省エネルギー効果に加え、以下に述べる改善の結果、全体として当社従来形化で約30%の省電力を達成した。

(1) 減速機の効率向上

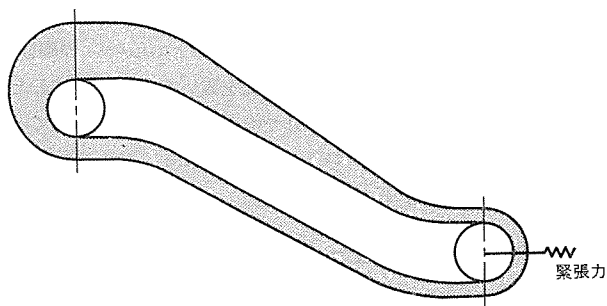
従来形のウォーム減速機はすべりトルク伝達であるため効率向上には限度があり、その値は約70~80%とされている。一方モジュラー形で適用しているヘリカル減速機は平歯車に近いトルク伝達を行うため、効率は95~98%とウォーム減速機に比べ格段に高い。運転音が高いというヘリカルギヤの欠点に対しては、歯車仕様、加工精度などに対し低騒音化の配慮を加えることによりエスカレーターへの適用を可能とした。減速機効率向上による省エネルギー効果は全体の約20%に達する。

(2) 手すり駆動系の損失減少

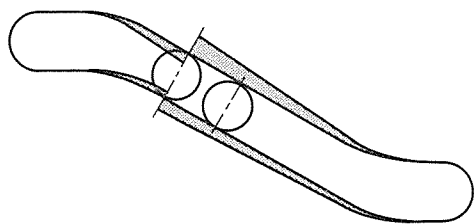
従来形の手すり駆動系は図4.2に示すように湾曲部が多く、かつ手すりに張力を与える必要があるため、屈曲部や上曲部において大きな摩擦損失が発生する。一方モジュラー形では、駆動ローと加圧ローで手すりを狭みつけた引込み押出し直線駆動方式のため、手すりに張力を与える必要がない。更に屈曲の少ない単純な手すりパスと低摩擦材の手すりガイドの採用により、この部分で全体の約5%の省エネルギーが達成されている。

(3) 階段走行損の減少

階段走行損失にはステップチェーンの屈曲損、ロー走行損、階段反転損がある。これらはすべて屈曲部、走行部、反転部におけるチェーン(リンク)の張力に比例する。この損失低減に対してモジュラー形の駆動方式の特長が大きく寄与している。図4.3に従来形とモジュラー形のステップリンクの張力分布の比較を示す。従来形の階段駆動系はステップチェーンが剛体でないため、緊張装置により張力を与えないとスムーズに駆動できない。このため上曲部近傍ではチェーン自重、階段自重、乗客重量、緊張力などにより大きな張力が発生する。一方モジ



(a) 従来形 エスカレーター



(b) モジュールエスカレーター

注 モジュールのドライブユニットより上部側は圧縮力

図 4.3 ステップリンク 張力分布

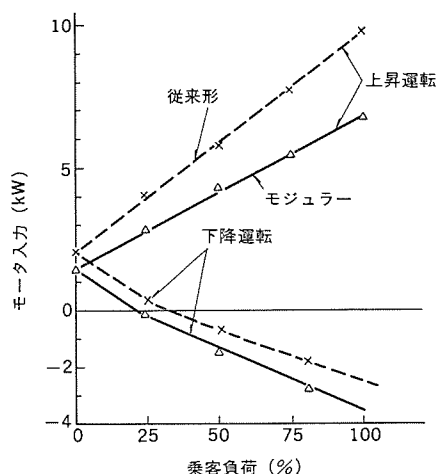


図 4.4 所要入力 (階高 4.5 m, 1200 形)

モジュールの駆動ユニットは上曲部より下側に位置するため駆動系重量を駆動ユニット自身で支え、緊張力が不要なこともあって、曲部における大きな張力が発生せず階段走行損を減少させ、全体の約5%の省エネルギーに貢献している。

以上のように、モジュールエスカレーターでは各種損失の低減によって無負荷機械損 P_0 が小さくなり、減速機効率の向上と相まって、下降運転時に少ない乗客数で回生運転に入る。またウォーム歯車に比較してヘリカル歯車は逆効率もはるかに優れているため電力回生効率も改善されている。この状態が図 4.4 によく表れており、上昇運転時の消費電力の節減ばかりでなく、下降運転での電力回生による省エネルギー効果も著しい。更にマルチ駆動のモジュールエスカレーターにおいては、乗客負荷量を検出することによって、負荷の少ないときは複数の駆動ユニットのうちの幾つかを停止させるいわゆる間引運転方式の採用により、モータを高効率域で運転させることができ、モジュールシステム自体の省エネルギー

効果に加え、より一層その効果を増大することが可能である。

4.4 むすび

以上述べたように、モジュールエスカレーターは我が国のエスカレーター業界に新しいエポックを画するものであり、省エネルギーエスカレーターとして時代のニーズにふさわしい製品と考える。

参考文献

- (1) 鬼頭ほか：三菱電機技報，53，No. 8，p. 618 (昭54)

5. ターボ冷凍機のシステム解析

松岡文雄*・迎 正克**

5.1 まえがき

冷凍能力 400 トンクラスのターボ冷凍機の省エネルギー制御方法を開発するために、冷媒サイクル側からみたシステム解析を行った。冷却水温度、流量をパラメータとして変化させた場合の冷媒の動きを解析できるプログラムを開発した。このプログラムの利用により、シェルアンドチューブ形熱交換器内における有効熱交換領域あるいは熱交換配分比の変化を詳細に解析でき、省エネルギー運転制御及び機器設計に応用できることが明らかになった。

5.2 システム概要

今回のシステム解析の対象としたターボ冷凍機 CTE 形のシステム構成を図 5.1 の冷媒系統図に基づいて説明する。

CTE 形は、冷媒に R12 を使用した小形軽量の高性能ターボ冷凍機で、単段半密閉形遠心式圧縮機、シェルアンドチューブ形凝縮器、膨張弁、高速滴液式シェルアンドチューブ形蒸発器、オイルポンプ及びそれらを接続する配管により構成されている。遠心式圧縮機内で高速回転するインペラにより圧縮された高温高压の冷媒ガスは、吐出逆止弁を経て凝縮器に入り、冷却水と熱交換をして凝縮されて冷媒液となる。この冷媒液はストレーナを経て膨張弁を通るとき減圧され、蒸発器

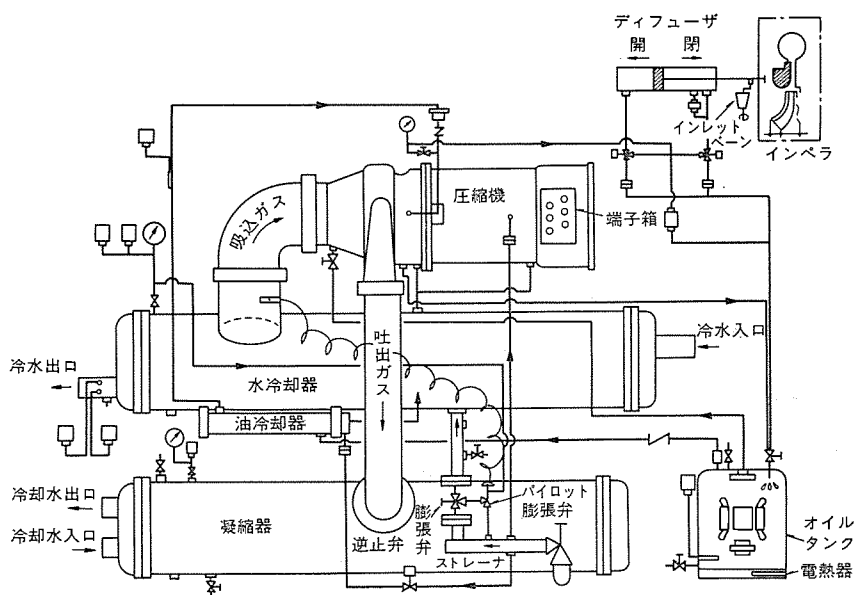


図 5.1 CTE 形ターボ冷凍機システム構成

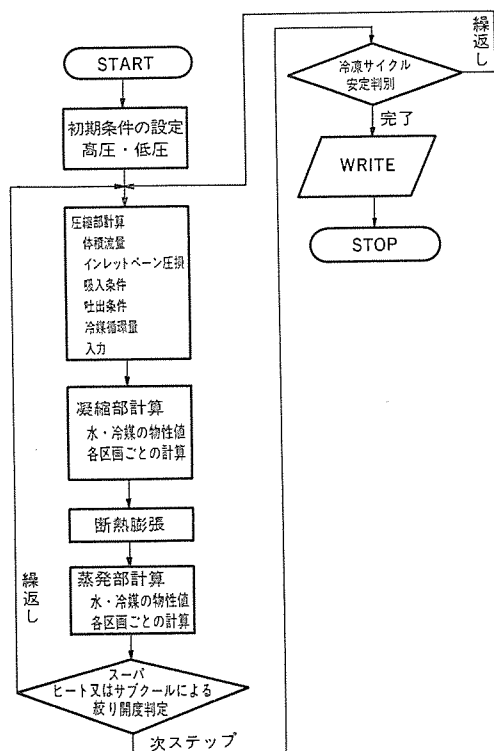


図 5.2 ゼネラルフローチャート

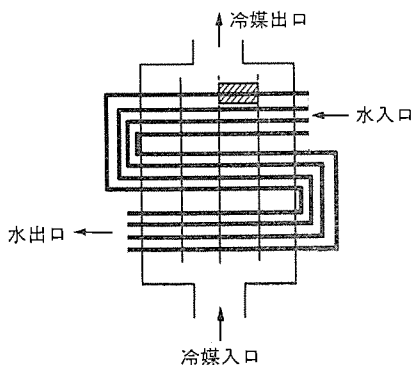


図 5.3 蒸発器分割モデル図

(水冷却器)内を流れる水から熱を受けとり蒸発して冷媒ガスとなり、圧縮機に吸入される。この蒸発器で冷却された冷水は空調その他のプロセスに利用される。

5.3 解析プログラム

ゼネラルフローチャートを図 5.2 に示す。このプログラムは特に熱交換器のサブルーチンに特長があり、図 5.3 に示すようにシェルアンドチューブ形熱交換器の内部をいくつかの区画に分割し、各区画ごとの水温変化、冷媒の物性変化、熱交換量が計算できる。図 5.4 はその一例で、標準条件における蒸発器の熱交換分布及び動作状況を示し、冷媒は蒸発器の下から入り、上に向かって流れている。冷媒の蒸発器入口乾き度 x は 0.17 で、入口圧力は 3.4 kg/cm^2 である。一方、水側の入口水温は 10°C で上方右側から流入し、左下方に流出する。図には、各区画ごとの出入口水温と冷媒の乾き度 x 、全熱交換量に対する各区画の熱交換量比率 Q を示している。それによると、下段で約 50 %、中段で約 49 %、上段でスーパーヒートを約 7°C になるように熱交換されていることがわかる。

このプログラムでは、熱交換器内での熱交換量の配分が定量的に把握でき、更に入口水温の変化に応じて、過渡状態での配分の移りか

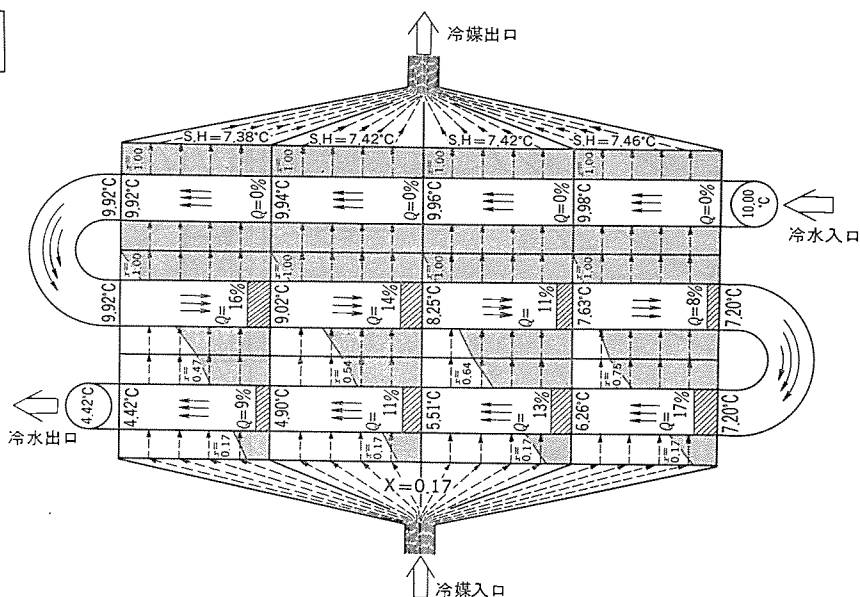


図 5.4 蒸発器熱交換分布図

わりが時系列データとしてアウトプットできる。この手法を用いることにより、省エネルギー運転を運行するための制御方法を確立することができ、機器及び総合システムに対してきめの細かい制御を行う上で、有効に活用できることが確認された。

5.4 む す び

ここで述べたターボ冷凍機における冷凍サイクルの解析結果を利用して、ターボ冷凍機の最適運転状態を維持するにはどのような制御を行ったらいかが明らかにすることができた。例えば、凝縮器、蒸発器を有効に活用するために必要な熱交換器各部の熱交換バランスを推定できるので、冷却水温・冷却水量を負荷条件に応じた適正な制御を行ったり、機器が過渡的な運転をしているときにも、信頼性の高い冷凍サイクルの制御を行うために利用できる。

熱交換器への水量を一定に保つ制御方法に比べて、入口水温、容量制御時などの変動時に、水量をコントロールすることにより、約 20 % 省エネルギーになることがわかった。またこの解析プログラムを用いて広範囲にわたる条件下での動作状況を推定し、機器及びシステムを最適状態で稼働できるような制御法を求め、より省エネルギー化をめざした開発に利用している。

6. 空冷式ヒートポンプパッケージエアコンの VAV 化

中村勝雄*・北内 肇**

6.1 ま え が き

VAV (Variable Air Volume, 変風量) システムは対象の室内環境や温度に応じて自動的に送風量を変化させ快適性の高い室内温度制御を行うとともに、消費電力量も節約できるという特長がある。しかし空冷式ヒートポンプパッケージエアコンの場合、軽負荷暖房運転時には室内側の冷媒圧力が高くなり圧縮機の消費電力量が増大する欠点があり VAV 化は困難であった。このたびは熱交換器や制御回路等に工夫

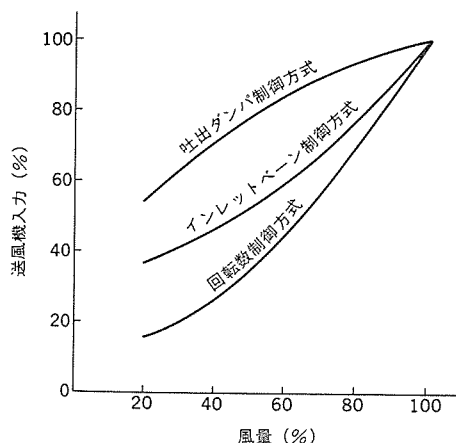


図 6.1 各方式による風量・入力関係の比較

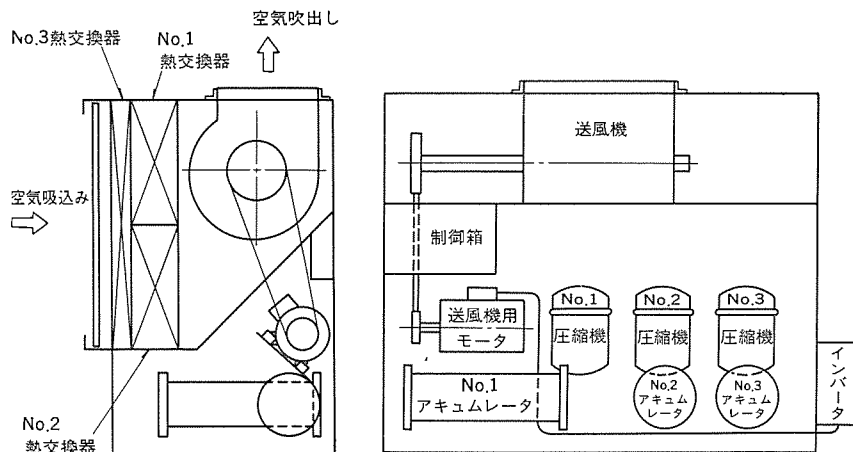


図 6.2 PAH-25D 形室内ユニット内部構成図

をし、軽負荷暖房運転時にも冷媒圧力を適正範囲に抑えることができ、VAV 化に成功した。

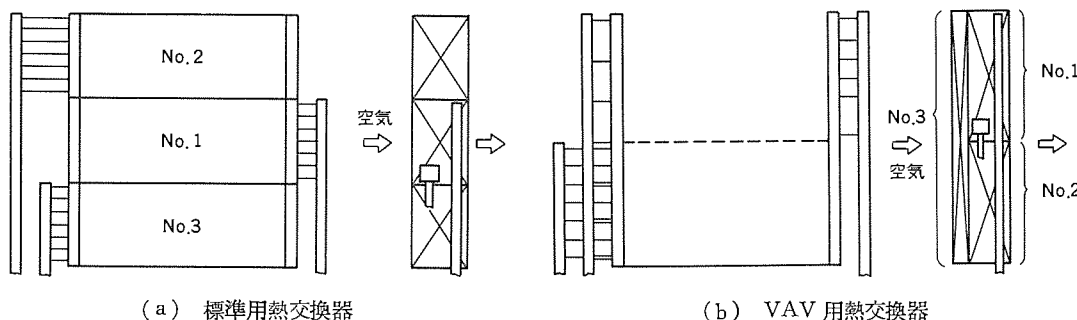


図 6.3 室内側熱交換器の構成

6.2 パッケージエアコンの VAV 化

VAV システムは、空調用送風機の風量を可変にし温度調節するシステムである。つまり空調負荷の減少に応じ風量を減少させ搬送動力の低減を図る空調システムで、吐出ダンパ制御方式、インレットベーン制御方式、回転数制御方式、通常のヒートポンプパッケージがあり、これらの方式の風量・入力関係を図 6.1 に示す。回転数制御方式が最も省電力化が優れ少風量になるほどその効果も大きい。ところがエアコンでは風量をあまり減少させることができない。最低風量は定格風量の 80 % 程度である。通常のパッケージエアコンで風量を減少させると冷房運転の場合室内側熱交換器での冷媒の蒸発作用が抑制され、冷媒は完全にガス化しないので、液の混じった状態で圧縮機に戻り冷媒の低圧圧力が低下する。このように液バック運転状態になり、圧縮機破損を引き起こすおそれがある。暖房運転の場合室内側熱交換器は凝縮器となり、風量減少に応じ冷媒の凝縮作用が抑制され、高圧圧力が上昇する。

ヒートポンプパッケージエアコンは高圧圧力の上限許容値が決っているため、高圧圧力が上昇することは運転限界に早く達することになる。そればかりでなく高圧圧力が上昇することはそれ自体で圧縮機入力が増加することになり、本来の目的である省エネルギーに反することになる。したがって通常のヒートポンプパッケージエアコンでは以上の問題があるため風量を大幅に減少させても長時間の連続運転、断続運転が安定して行うために、パッケージエアコン内部の冷媒回路や構成機器の制御方法を VAV 用に改良する必要がある。

我々はこの課題に取り組み、定格風量の 30～40 % まで風量を減少

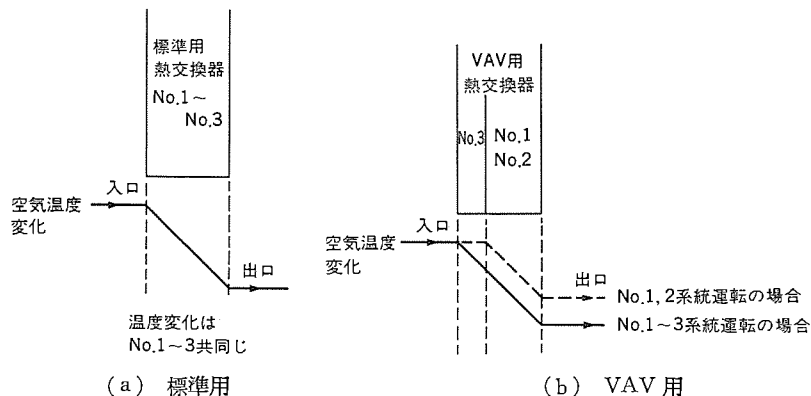


図 6.4 室内側熱交換器での空気温度変化（冷房運転時）

させても安定運転のできるヒートポンプパッケージエアコンの開発に成功したので、その内容特に VAV 化のために改良した点について述べる。以下空冷式ヒートポンプパッケージエアコン PAH-25D 形を例に説明する。PAH-25D 形の内部構造図を図 6.2 に示す。冷媒系統は独立した三つの系統よりなっている。圧縮機は空調負荷を検知し台数制御する（3 台運転（No. 1、No. 2 及び No. 3）—2 台運転（No. 1 及び No. 2）—0（停止）の 2 ステップ制御とする）。送風機はインバータにより回転数制御する。

6.3 室内側熱交換器の配列

図 6.3 において (a) が標準用の熱交換器、(b) が VAV 用の熱交換器を示す。標準用は熱交換器が各冷媒系統により上下に分割されており、各系統の熱交換器が空気の流れに対し並列に当たる。この場合風量の減少に応じ圧縮機を台数制御（No. 3 を停止させる）し

でも残った系統 (No. 1, No. 2) の熱交換器の運転状態は変わらない。これに対し VAV 用の熱交換器は No. 3 系統の熱交換器が上流側に、No. 1, No. 2 系統の熱交換器が下流側に配置しており、伝熱面積比も No. 3 系統の熱交換器の伝熱面積を 1 とすると、No. 1, No. 2 系統の熱交換器は 1.5 としている。例えば冷房運転の場合、No. 1～No. 3 全系統運転の場合は No. 3 系統の熱交換器で冷却された空気が No. 1, No. 2 系統の熱交換器で更に冷却される。No. 3 系統の熱交換器は No. 1, No. 2 系統の熱交換器より伝熱面積が小さいが上流側にあるため No. 1, No. 2 系統の熱交換器より熱交換が良好で熱交換器の能力は No. 1～No. 3 系統でほぼ等しくなる。

次に風量の減少に応じ圧縮機を台数制御 (No. 3 を停止させる) すると、空気は No. 3 系統の熱交換器で冷却されずに通過し、じかに No. 1, No. 2 で系統の熱交換器に当たる。No. 1, No. 2 系統の熱交換器よりみると圧縮機 3 台運転している場合より高い温度の空気が通過することになり、更に軽負荷まで運転することができ。また No. 1, No. 2 系統の熱交換器自体も伝熱面積が大きいため余裕ができ、より軽負荷 (低風量) まで運転ができる。これら空気の温度変化の様子を図 6.4 に示す。暖房運転の場合も温度変化が逆転するだけで同様な考え方で標準負荷より軽負荷まで運転できる。

6.4 冷房運転時の低圧補償回路

負荷の減少による室内側熱交換器の着霜検知は低圧圧力の低下により判断できる。そこで各冷媒系統ごとに低圧圧力の監視を行い、ある圧力以下になると圧縮機を停止させ、送風による除霜を行う。除霜終了はタイマーにて自動的に圧縮機の運転を復帰させる。また No. 1, No. 2 系統運転中両系統とも除霜運転に入ったときは、強制的に No. 3 系統の運転をさせユニットの冷房運転が続行できるようにしている。

6.5 暖房運転時の室外ファンコントロール

先に述べたように冷媒の高圧圧力の上昇が運転限界を早め、圧縮機入力が増加をきたすわけであるが、高圧圧力が増加する要因は室内側の風量の減少のほか、外気温度の上昇に大きく依存している。これは外気温度の上昇に伴い室外側熱交換器での冷媒の蒸発作用が活発になり低圧圧力が上昇し冷媒循環量が増える。その結果高圧圧力も上昇することになる。そこで外気温度上昇時は室外ファンの風量を減少させ、室外側熱交換器での冷媒の蒸発作用を抑制させる。これにより高圧圧力の上昇を抑えることができる。具体的には外気温度を検知し、室外ファンの回転数制御を行う。

6.6 暖房運転時の冷媒循環量抑制回路

6.5 節で述べたように低圧圧力の上昇を抑え冷媒循環量の増加を抑えると、その結果として高圧圧力の上昇を抑えることができる。そこで低圧冷媒回路に電磁弁とこの電磁弁をバイパスするキャピラリチューブを設け、暖房運転時の高圧圧力上昇時は電磁弁を閉として低圧冷媒をキャピラリチューブへ導き、冷媒の流れを抑制し、高圧圧力の上昇を抑えている。

6.7 む す び

以上述べた項目の一部を組合わせた空冷式ヒートポンプパッケージエアコンの実証実験に成功し、今まで不可能といわれた VAV の製品化が可

能となった。省電力効果は通常のヒートポンプパッケージエアコンの約 20 % である。

7. コンビネーションマルチ式冷凍機の省エネルギー

木村 誠夫*

7.1 ま え が き

生鮮食料品を主体に取扱うスーパーマーケットでは、電力・燃料などのエネルギー費用が売上高の 1.5 % 程度と営業利益に相当する金額になっている。このエネルギー費用は、輸入原油価格の影響を強く受け、今後も上昇してゆくものと予想される。またスーパーマーケットにおける消費電力量の約 50 % を冷凍機動力として消費しており、効率の良い冷凍機が要望されている。

当社では、食品店舗設備の省エネルギー化及びインシャルコストの低減を図るため、4 段階の容量制御が可能な省エネルギーコントロール用のマイコンを内蔵したコンビネーションマルチ式冷凍機を完成したので紹介する。

7.2 コンビネーションマルチ式冷凍機の省エネルギー機能

コンビネーションマルチ式冷凍機はホットガスデフロスト機能や冷凍機の排熱利用装置も省エネルギー機能として備えているが、ここでは冷凍機の運転の効率化を図っている容量制御、デューティサイクル機能について説明する (図 7.1)。

(1) 容量制御

食品店舗ではオープンショーケースが使用されるが、冷蔵多段オープンショーケースの冷凍負荷に占める外気置換による熱負荷は 70～80 % と非常に大きい。したがって四季の気温変化、空調稼働時と停止時の差異、昼夜の差異により、冷凍機負荷が大きく変化するため、冷凍機としては負荷変動に追従し効率の良い運転を行うものが必要となる。一方、冷凍機の容量選定はショーケースの夏期最大負荷を満足するように選定されるため、冬期や中間期には冷凍機容量が過大になる。図 7.2 に年間の冷凍機負荷変動の一例を示す。機種選定時の余裕

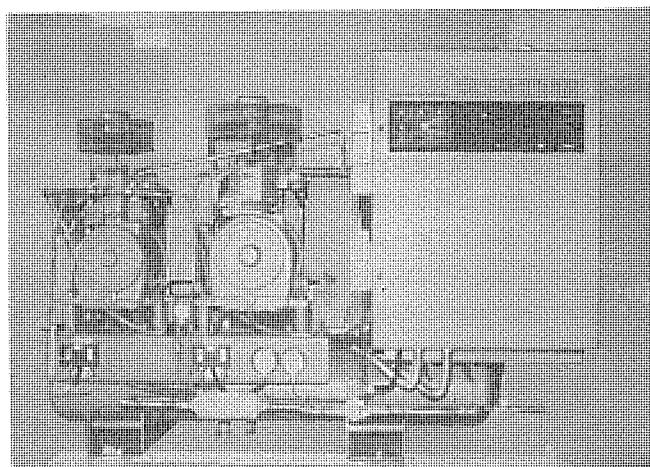


図 7.1 コンビネーションマルチ式冷凍機 SCR-920 GF-3 MR

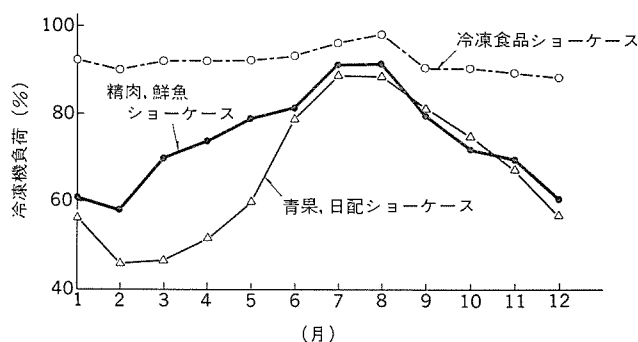


図 7.2 年間の冷凍機負荷変動

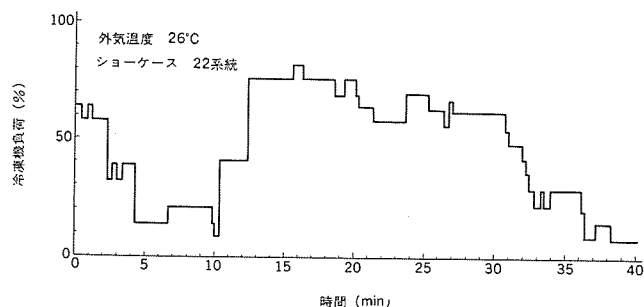


図 7.3 個別制御した場合の負荷変動

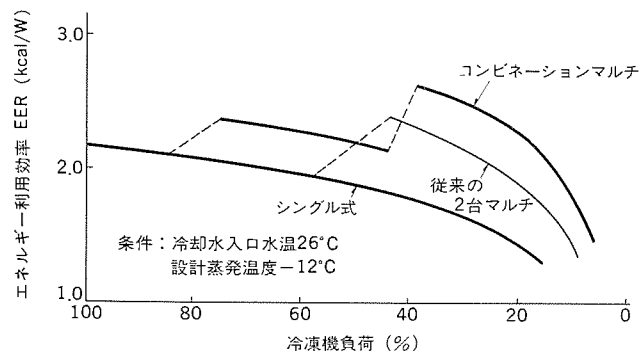


図 7.4 冷凍機負荷に対するエネルギー利用効率 EER

率によっても相異なるが、冷凍食品を除き、夏期 90%，冬期 50%，中間期 70% になり大きく変動していることがわかる。更に短い時間で見てもショーケースの負荷に伴い冷凍機負荷は数十分間ごとに大きな変動をしている（図 7.3）。

このように変動する負荷に対し、従来の圧縮機 1 台を搭載したシングル式冷凍機で冷却すると、低負荷時には冷凍機の吸入圧力は低下し、蒸発温度の低いところで連続運転することになり、図 7.4 に示すように、EER は冷凍機負荷減少に伴い減少し、効率の悪い運転になる。コンビネーションマルチ式冷凍機では容量の異なる圧縮機を 2 台搭載しており、負荷減少に応じて吸入圧力が低下するとこれを検出して、自動的に最適の効率が得られるように運転する圧縮機を切替えていく。このようにコンビネーションマルチ式冷凍機は 4 段階の容量制御（例えば 100，67，33，0%）を行うことができるため、EER は冷凍機負荷減少に伴い段階的に効率が向上しており、エネルギー利用効率の良い運転を行うことができる。

(2) デューティサイクル運転

コンビネーションマルチ式冷凍機では、マイコンにより所定時間間隔で数分間強制的に運転を停止させ、電力消費量を削減するデューティサイクル運転を行うことができる。

冷凍機の運転を強制的に停止させても冷却負荷はあるので停止が解除されている間の運転時間はデューティサイクルを行わない場合よりも長くなる。しかし強制的に停止している間の庫内温度上昇に伴う吸入圧力の上昇による冷凍機能力の増加や、冷却器などに付着した霜の融解熱の冷却利用などにより停止が解除されている間の増加分の運転時間は強制停止時間に運転するはずの時間より少なくてすむ。したがって短くなった時間分だけ電力消費量は削減される。停止による品物の温度上昇は庫内温度の上昇の割には小さく、0.5°C 程度が測定されている。ただし、アイスクリームショーケースのように商品が庫内温度に敏感に影響されるものには適さない。またデフロスト運転などにより庫内温度が上昇した場合にはデューティサイクル運転をキャンセルする機能を有している。

(3) 信頼性の確保

容量制御を行って効率の良い運転をするためには、吸入圧力の高い状態で容量制御をする必要がある。この場合、負荷の状態によりショートサイクル運転をするおそれがあるので、これを防止し、効率の良い運転ができるように、上記マイコンにショートサイクル防止機能を持たせている。また、容量制御運転を行った場合には、圧縮機潤滑油の戻りが悪くなり、潤滑油不足になるおそれがあるので、マイコンとオイルセンサにより油面を検知して保護するとともに、冷凍機に油分离器と強制均油機構を設けて潤滑油量の安定を図って信頼性を高めている。

7.3 年間の消費電力量（省エネルギー効果）

以上のようにコンビネーションマルチ式冷凍機では年間を通じて効率の高い運転を行う。シングル式冷凍機と年間の消費電力量を比較すると表 7.1 のようになり、約 27% の省エネルギー効果が得られる。

表 7.1 年間消費電力及び省エネルギー効果

		電力 (kWh/年)
シングル式冷凍機		217,000
コンビネーションマルチ式冷凍機による省エネルギー効果	容量制御	41,600
	デューティサイクル	17,500
	合計	59,100
省エネルギー効果 (%)		27.2

条件
500 m² スーパーマーケット (60 Hz)
ショーケース 30 台
冷蔵庫 4 坪
冷凍庫 1 坪
冷凍機容量 37.2 kW

7.4 むすび

コンビネーションマルチ式冷凍機の省エネルギー機能のうち、その主なものである容量制御とデューティサイクル運転について述べた。今後ユーザーの省エネルギーに対する認識が深まるにつれ、従来形冷凍機からコンビネーションマルチ式冷凍機への切換え促進が予想され、今後市場での実績を積上げ、期待通りの効果をあげていることを確認していきたい。

8. 空調・給湯装置における蓄熱システム

池内正毅*

8.1 ま え が き

蓄熱システムは、熱エネルギーの授受に関して供給側と需要側の間に時間的、量的あるいは空間的なずれがある場合に、これを調整しシステム全体を効果良く運転して省エネルギー化を図るために採用される。しかし、採用にあたっては、熱を蓄える媒体である蓄熱材料、これを収納する容器や槽、及び熱交換器などから構成される蓄熱装置が必要であり、この小形・高効率化と経済性が実用化に際してのポイントである。当社では、冷暖房給湯分野を主体に固液間の相変化潜熱を利用する蓄熱材料及び蓄熱システムの研究開発を電力会社などの御協力を得て実施してきたので紹介する。

8.2 蓄 熱 材 料

蓄熱材料には、物質の物理変化を利用するもの（顕熱・潜熱）と、化学変化を利用するもの（熱変化・光変化・濃度変化など）があるが、ここでは前者（主に固液間の相変化潜熱）を取上げた。これら材料の一例を表 8.1 に示す。蓄熱材料の実用化には、経済性と信頼性の確立が必ず（須）条件であり、このどちらが欠けても実用に適さない。信頼性については、相変化温度のもとで確実に相変化が行われることと、長期間にわたり蓄熱材が安定して相変化を行うことの 2 点が特に重要となる。表 8.1 には、相変化繰返し試験により信頼性が確認された材料及び試験中の材料などが含まれる。

表 8.1 潜熱利用蓄熱材料の一例

蓄 熱 材 料	相 変 化 温 度 (°C)	潜 熱 (kcal/kg)	蓄 熱 材 料	相 変 化 温 度 (°C)	潜 熱 (kcal/kg)
水 (H ₂ O)	0	80	芒 硝 (Na ₂ SO ₄ ・10 H ₂ O)	32.4	60
テトラヒドロフラン 17 水塩 (C ₄ H ₉ O・17 H ₂ O)	4.4	61	バ ラ フ ィ ン ワ ッ ク ス 系	43~59*	31~40*
バ ラ フ ィ ン 系 (C ₁₄ ~C ₁₆)	2~10*	~36*	チオ硫酸ナトリウム (NO ₂ S ₂ O ₃ ・5 H ₂ O)	48.8	47.7
R11 系 水 化 物	7~9*	40~55*	酢酸ソーダ系混合塩	50~58*	50~60*
塩化カルシウム系 混 合 塩	18~29*	35~43*	アンモニウム明バン (NH ₄)Al(SO ₄) ₂ ・12 H ₂ O	93.2	59.9

注 * 混合する材料の種類と量により、この間の各値を示す。

8.3 蓄熱方式と熱特性

蓄熱材へ蓄熱及び蓄熱材から放熱するためには、蓄熱材と蓄熱・放熱用熱媒体間で熱交換を行わねばならない。この蓄熱・放熱方式には、大きく分けて図 8.1 に示す 3 種類が考えられる。

まず、蓄熱槽内に蓄熱材を充てんし、この蓄熱材中に伝熱媒体が流れる熱交換器を設置する方式がある（蓄熱槽充てん形と呼ぶ）。この方式は槽内容積に対して蓄熱材充てん率を大きくすることができ、使用目的が比較的限定される小形蓄熱装置に対して有効である。

次に、蓄熱材を容器内に封入し、これを伝熱媒体が流れる蓄熱槽

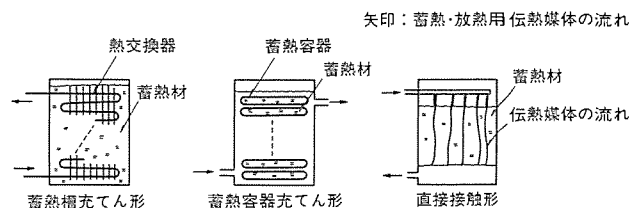


図 8.1 蓄熱・放熱の方式

に投入する方式がある（蓄熱容器充てん形と呼ぶ）。この場合、蓄熱槽充てん形に比べ槽内への蓄熱材充てん量は少なくなるが、蓄熱装置のオプション的な取扱いや、多種温度レベルの蓄熱材を任意の割合で充てんできるなど、その応用性は広い。

最後に、蓄熱材と伝熱媒体との直接接触熱交換により蓄熱・放熱を行う方式がある（直接接触形と呼ぶ）。この方式は、熱交換器が不要であるが、蓄熱材と熱媒体間に反応が無く、適度の密度差があり両者が十分分離するような組合せを選定する必要がある。この方式では、固定した蓄熱材が伝熱媒体の流路を閉そく（塞）することがあるので流路構成に注意を払う必要がある。

蓄熱材の固化・融解時の伝熱問題は、前記の直接接触形についてはまだ十分な検討が行われていないが、蓄熱容器充てん形を主に多くの報告例がみられるようになってきた⁽¹⁾⁽²⁾。固化時の伝熱は、蓄熱容器充てん形の場合、次のような条件のもとで解析的に解くことができる。すなわち、容器内に充てんされた液体状態にある蓄熱材を容器外部から冷却して固体状態にするとき、

(1) 液体状態の蓄熱材は、冷却されると容器内で自然対流が生じてどの部分も相変化温度の液体となる。

(2) 一般に、固化部温度変化による顕熱量は、相変化による潜熱量より十分小さいため、これを無視する。

(3) 容器軸方向の温度変化は一般に小さく、これを無視する。

これらの条件のもとで蓄熱材の固化に要する時間は、次式で表せる。

容器が球形状のとき

$$t = \frac{1}{\theta_{HS} - \theta_0} \frac{\rho_s q}{3 \lambda_{HS}} \left(\frac{\lambda_{HS}}{K} + \frac{1}{2} L \right) L \quad (1)$$

容器が円柱形状のとき

$$t = \frac{1}{\theta_{HS} - \theta_0} \frac{\rho_s q}{2 \lambda_{HS}} \left(\frac{\lambda_{HS}}{K} + \frac{1}{2} L \right) L \quad (2)$$

容器が箱形状のとき

$$t = \frac{1}{\theta_{HS} - \theta_0} \frac{\rho_s q}{\lambda_{HS}} \left(\frac{\lambda_{HS}}{K} + \frac{1}{2} L \right) L \quad (3)$$

$$K = \frac{1}{h} + \frac{A_0}{A_t} \frac{\delta}{\lambda_c} \quad (4)$$

ここで A_t : 容器内面面積 (m²)、 A_0 : 容器外面面積 (m²)、 h : 伝熱媒体と容器間の熱伝達率 (kcal/m²h°C)、 L : 容器内壁面から中心までの距離 (m)、 q : 潜熱 (kcal/kg)、 t : 固化時間 (h)、 δ : 容器の肉厚 (m)、 λ_{HS} : 固体蓄熱材の熱伝導率 (kcal/mh°C)、 λ_c : 容器材質の熱伝導率 (kcal/mh°C)、 ρ_s : 固体蓄熱材の密度 (kg/m³)、 θ_{HS} : 蓄熱材相変化温度 (°C)、 θ_0 : 熱媒体温度 (°C)

固液の界面は、蓄熱材の種類や固化条件により必ずしも一様な面とはならないが、ほぼ式(1)~(3)で固化時間を代表させることができる。

一方融解時は、容器内固体蓄熱材と外部高温伝熱媒体間の伝熱により蓄熱材が融ける。初期は、容器内での熱伝導により固体蓄熱材が融けるが、その後融けた液の対流が生じ伝熱を促進させるため、

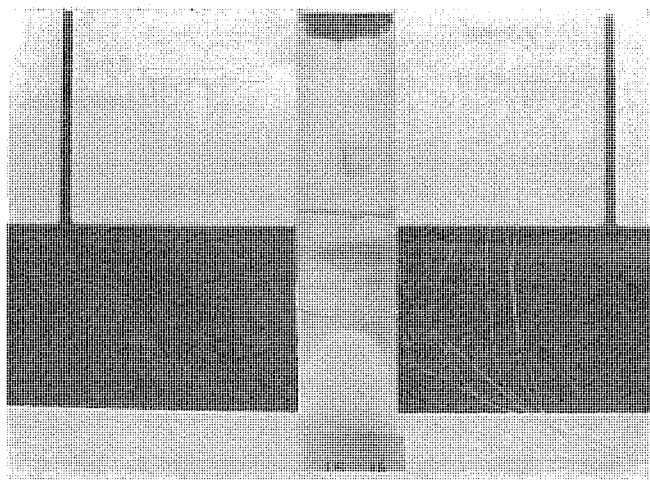


図 8.2 融解時の蓄熱材の状態

これらを解析的に求めるのは困難な場合が多い。固化した蓄熱材の入っているガラス製円柱容器を立て、周囲から加熱して蓄熱材を融解するときの一例を図 8.2 に示す。初期は、ガラスの内壁面の蓄熱材が融けるが、ある程度経過すると図 8.2 のように融けた蓄熱材の対流により上部が早く融け、下部に未融解の蓄熱材が残る。容器を横置きにするとときは、常に未融解の蓄熱材が容器下面内壁と接している。

これら容器を多数個槽内に投入して蓄熱装置を形成させたときの槽としての熱応答に関する報告例は少ない。筆者らは、 $\phi 50$ の球形容器約 4,800 個、 $\phi 47 \times 800$ の円柱容器 81 個、あるいは厚み 25mm の箱形容器 60~70 個などに蓄熱材を充てんし、これを槽内に投入して熱応答を調べ一部報告した⁽⁹⁾。これら結果から、容器 1 個の熱特性をもとに、これを拡張する方法で熱応答を求めることを試みている。

8.4 蓄熱システム

まず、蓄熱システムを採用するときの省エネルギーについて述べ、次に試作・試験したいくつかのシステムを紹介する。

(1) 蓄熱システムと省エネルギー

一般に、冷暖房・給湯を対象とするとき蓄熱システムは次のような目的で採用されることが多い。

(a) 熱需要（冷暖房給湯負荷）がピークとなるときに利用する。冷暖房あるいは給湯負荷がピークとなるときに、冷暖房給湯用熱源機器+蓄熱装置により運転を行う。このため、熱源機器容量を負荷のピーク値に合わせなくてよく小形化を図ることができる。更に受電設備、契約電力も小さくでき、需要家の得られる利点が大きい。一方、蓄熱装置への蓄熱は、熱負荷の小さい夜間などに熱源機器を運転して行う。蓄熱システムを採用しないときに比べ、1 日の機器のオン・オフ回数が少なく、安定した連続運転状態が得られるため、運転特性が良くなり省エネルギー効果が表れる。

(b) 熱供給（例えば電力）がピークとなるときに利用する。現在、冬期より夏期の方が電力需要ピーク値は大きくなっているが、この夏期電力需要の約 1/3 が冷房用と言われている。電源設備は、この夏期ピーク値に合わせて建設する必要があるとともに、ピーク時間帯以外は設備の運転を調整する必要があるため、このような状態の運転は効率の低下をもたらす。したがって、電力需要ピーク

時間帯に熱源機器の電気入力进行を停止し、蓄熱装置で冷暖房給湯負荷に対応することによってこのピーク値を下げるるとともに、電力需要の少ない時間帯に蓄熱を行うことによって、1 日を通した電力需要の平滑化が図られ、電源設備の効率的な運転ができ、省エネルギーが達成できる。

(c) 熱供給と熱需要の間にずれがあるときに利用する。

太陽熱や各種排熱などを利用して熱源機器を駆動し、あるいは直接、冷暖房負荷に対応しようとするとき、熱源側と負荷側に時間的なずれがある場合や、熱源からの入力の機器や負荷に必要な入力条件を備えていない場合がある。このとき一度蓄熱装置にこれら熱入力を蓄えることによって両者間のずれが調整でき、熱源を無駄に捨てることなく、また機器も安定した状態で運転でき省エネルギーが図れる。

以上に、省エネルギー効果について述べたが、実際の適用時には熱損失などを加えた蓄熱・放熱間の熱効率の十分な検討を要する。また、現在広く使用されている水などの顕熱利用に代わり潜熱利用の蓄熱材を用いると、蓄熱装置の小形化が図れるほかに、システムの動作温度範囲が蓄熱材の相変化温度前後に設定でき、効率良い運動が行える。例えば、暖房給湯用にヒートポンプと電気ヒータを用いて水を 40~80°C まで蓄熱する従来システムの代わりに、相変化温度 50°C 前後の蓄熱材を用いて 40~55°C までヒートポンプで蓄熱する例をとる。従来の水蓄熱では 40 kcal/l であるが、槽に蓄熱材を 40% 充てんするシステムでは、同じ 40 kcal の蓄熱に対して槽容積はほぼ同じ大きさで、蓄熱用の電力消費量は半分以下となる。また、太陽熱の蓄熱に際しても、蓄熱槽の温度レベルを必要以上に高くすることなく、効率の良い条件で集熱できる。

(2) 家庭用蓄熱システム

個別式と集中式の冷暖房システムがある。個別式では、夏期電力のピークカットを目的とした 2 種類の蓄冷式ルームエアコン例を述べる。一つは水を蓄冷材とし、これを夜間に固化して昼間の電力ピーク時間帯に圧縮機を停止し蓄冷槽から冷水を室内ユニットに循環させ冷房を行うシステムである。フィールドテストの結果、電力ピーク時間帯の 1.5

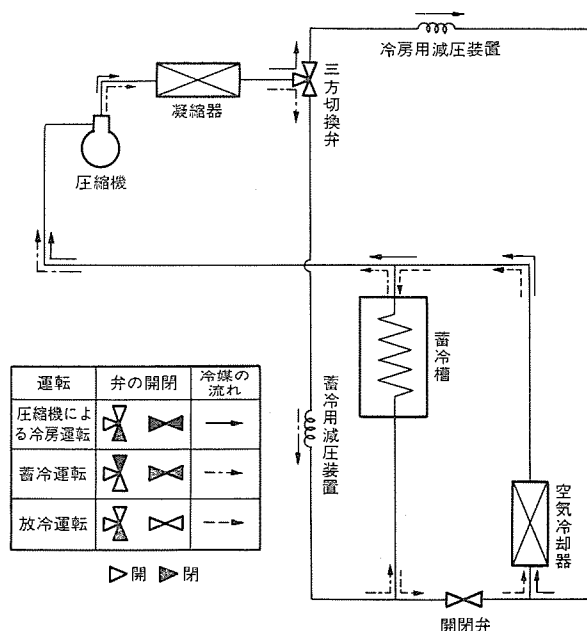


図 8.3 冷媒自然循環システム

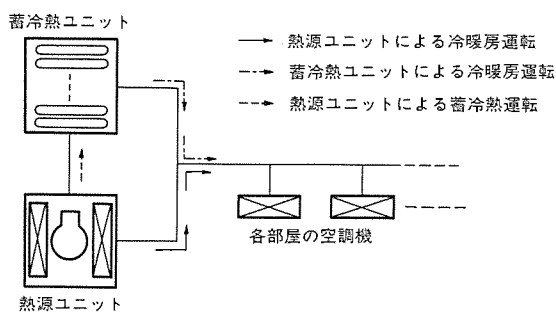


図 8.4 セントラル式蓄冷熱システムにおける熱の流れ

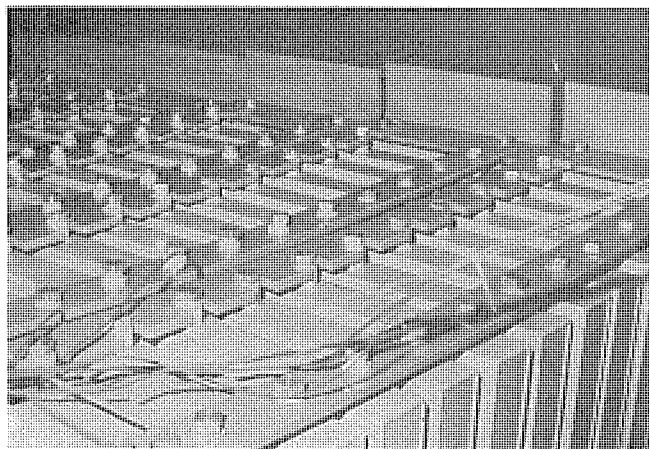


図 8.5 ビル用セントラル式蓄熱容器の設置例

～2.0時間、冷房用電力の約90%をカットできた。これに対し、蓄冷材にテトラヒドロフラン17水塩（相変化温度4.4℃）を用いて蓄冷運転特性を向上させ、蓄冷槽を室内ユニット組込みとして槽からの熱損失も有効利用し、冷媒自然循環方式により放冷時消費電力を減らすシステムを開発し⁽⁴⁾、フィールドテストを実施した。このシステムを図8.3に示す。このとき、家庭内で電子レンジなどを使用し契約電流を超える電流が流れようとするとき、圧縮機を停止させるピークカットと併用して、このピークカット作動時に蓄冷槽により冷房を行う制御とした。この結果、放冷時には冷房用電力を95%カットでき、契約電流を下げることができた。

集中式は、図8.4に示すように熱源ユニットと蓄冷熱ユニットから構成され、熱源ユニットからの冷温水で蓄冷熱し、冷暖房負荷又は電力負荷のピーク時間帯に蓄冷熱ユニットから冷温水を供給し冷暖房するシステムとなる。蓄冷・冷房の場合、蓄冷材相変化温度は蓄冷運転に対しては高いほど、蓄冷材による冷房運転に対しては低いほど有利となるが、7℃前後であれば通常の冷房用熱源ユニットと組合せて運転することが可能である。

(3) 事務所・ビル用蓄熱システム

事務所・店舗などに個別に設置するシステムとして、家庭用の水蓄冷方式を延長した蓄冷熱式パッケージエアコンを試作した⁽⁵⁾⁽⁶⁾。これは、従来単に冷房時の蓄冷用にしか用いられていなかった蓄冷材（水）を、冬期の低外気温時にヒートポンプの熱源として利用し暖房運転を行うシステムである。このときの蓄熱用熱源には、暖房空間の運転終了後の残熱を回収する形を採用した。このシステムで2年間フィールドテストを行った結果、夏期電力のピークカット効果は家庭用と同じく90%カットであり、冬期外気温が-1～-2℃以下では蓄熱槽を熱源とする暖房運転を行うことにより、暖房能力増加ヒートポンプの成績係

数向上が期待でき省エネルギー効果のあることを確認した。

また、同じく家庭用で述べたテトラヒドロフラン17水塩を蓄冷材とする冷媒自然循環方式を採用した蓄冷式パッケージエアコンについても30分間ピークカット仕様のを3台試作した⁽⁴⁾。これら3台を同じフロアに設置し、蓄冷材による冷房時間を順次切替える群管理フィールドテストを試みた。また一部試作機は蓄冷時間を設定せず、例えば午前中冷房運転時のサマーオフ時間帯に冷房運転から蓄冷運転に切替える制御などを試みた。この結果、室内ユニットに組込む蓄冷槽を小形化し、1.5時間電力の消費を約1/3カットできた。

ビル用セントラル式については、冷房用の蓄冷水槽に蓄冷材封入容器を525個投入し、この蓄冷・放冷の効果について実用試験を実施中である。この一例を図8.5に示す。

8.5 む す び

以上述べたように蓄熱システムを用いると、冷暖房給湯負荷のピーク、電力需要のピーク、及び熱源側と負荷側の熱授受・熱容量のずれなどが調整でき省エネルギーが図れ、今後とも一層これら目的を実現するためのシステム・機器の研究を推進していきたい。

最後に、この研究の推進にあたって東京電力(株)殿、関西電力(株)殿に御協力いただいたことを深謝する次第である。

参 考 文 献

- (1) 梁取ほか：潜熱蓄熱槽の研究，冷凍，56，No. 647（昭56）
- (2) 斎藤：太陽エネルギーにおける伝熱問題，冷凍，57，No. 654（昭57）
- (3) 池内ほか：CaCl₂・6H₂O蓄熱槽の熱特性，第16回空調和・冷凍連合講演会論文集（昭57-4）
- (4) 池内ほか：蓄熱式冷房装置の研究，三菱電機技報，53，No. 3（昭54）
- (5) 池内ほか：蓄冷熱式パッケージエアコンの研究（1），空調調和衛生工学会学術論文集（昭56-10）
- (6) 池内ほか：蓄冷熱式パッケージエアコンの研究（2），同上

9. ビル空調における熱回収機器としての《ロスナイ》

中村 俊夫*

9.1 ま え が き

ビル空調はビル内の温湿度、気流などを良好な条件に保ち、かつ有害ガス、ちり、ほこりを排除し、室を快適な環境に保つことである。ビル内の快適環境保持のため冷暖房を行い、室内空気汚染防止として新鮮外気と室内空気との換気を行っている。

省エネルギーという言葉も一般的に定着しつつある中、当然ビル内のエネルギー消費量もできる限り低減させる努力が払われている。その一つとしてビル内で相当多くを占める空調エネルギー消費量を低減させる方策も種々講じられている。

当社の《ロスナイ》は、この空調エネルギーの熱回収に優れた効果を発揮し省エネルギーに大きく貢献している。ここではビル空調における熱回収機器としての《ロスナイ》の省エネルギー効果、製品概要及び

設置例による《ロスナイ》の経済効果について述べる。

9.2 ビル空調負荷と熱回収による省エネルギー効果

ビル内では照明、冷暖房、換気、エレベーター、ポンプ動力など種々の形でエネルギーが消費されている。このエネルギー消費の内、空調負荷に関するものが事務所ビルでは50%にも達する。したがって、省エネルギーのために空調負荷の軽減は有効な手段となる。

快適環境を保持するため図9.1にも示すように新鮮外気取入れによる負荷は夏季の場合、全空調負荷に対し30%にもなる。外気負荷、つまり換気をすることにより夏季どのぐらいの冷房エネルギーを必要とするのであろうか。外気温湿度を32℃、60%とし、室内温湿度を27℃、50%とすると温度差分だけ空気を冷却する必要がある。これは顕熱負荷で外気1m³の空気に対して1.44kcal/m³である。更に湿度差分つまり水蒸気量の差の分、冷却を必要とする。これは潜熱負荷であり外気1m³の空気に対して5.04kcal/m³となる。合計で1.44+5.04=6.48kcal/m³となる。ところで換気量は25~30m³/h・人であるから換気のために必要とするエネルギーは6.48×25~30=162~200kcal/h・人となる。この値は外気の変化により一定ではないが人間一人の発生熱100kcal/h、100Wの電球の発生熱86kcal/hと比べ2倍にもなる値であり、換気による空調エネルギー負荷の大きさがいかに大きいかかわかる。つまり換気によりかなりの熱が捨てられているわけである。《ロスナイ》はこの排熱の顕熱・潜熱

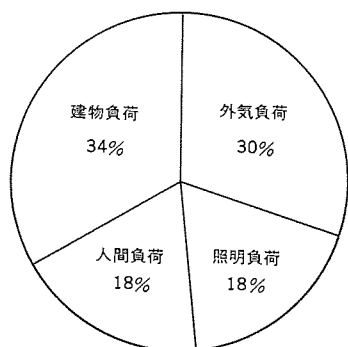


図 9.1 夏季の空調負荷構成比

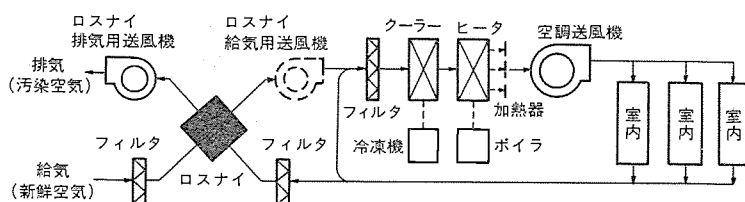


図 9.2 《ロスナイ》を設置した空調システム例

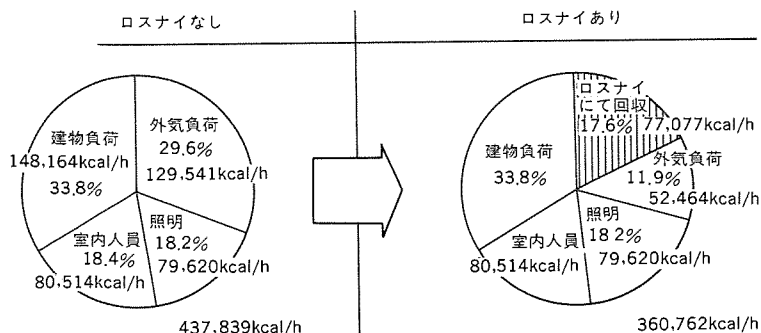


図 9.3 《ロスナイ》設置による最大空調負荷の低減（事務所ビル：夏季）

表 9.1 単位面積当たりの省エネルギー量

月	常時熱交換	温度差制御	エンタルピー差制御 (kcal/m ²)
6	-1,160	106	228
7	1,765	1,095	1,809
8	2,198	1,874	2,256
9	-543	293	737
計	2,260	3,368	5,030

共に回収することが可能であり、静止式熱交換器と呼ばれている。ビルに《ロスナイ》を設置した場合のシステムを図9.2に示す。このシステムはランニングコストとともに冷凍機などの空調設備容量の低減もさせることができる。一例として図9.3に示すように空調面積約3,000m²を有する一般事務所で外気取入量を25m³/h・人としたとき、《ロスナイ》を設置したことにより空調負荷を約17.6%軽減することが可能である。また、病院、デパートなど外気負荷の割合が大きなビルになるほど省エネルギー量もそれだけ大きくなる。

また、付け加えれば、春秋時期において室内外の温湿度差により《ロスナイ》を使用して熱交換をさせるか、熱交換をせず直接外気を導入させるかを判断して使用することにより、更に省エネルギー効果を上げることが可能となる（表9.1参照）。

9.3 ビル用・業務用《ロスナイ》の製品概要

現在、ビル用・業務用《ロスナイ》は熱交換器吸排気用送風機フィルタを内蔵したパッケージタイプの《ロスナイユニットシリーズ》と熱交換器のみの《ロスナイパックシリーズ》の二種を生産販売している。処理風量も100m³/h~35,000m³/hと幅広いレンジに対応できるように機種を揃えている。図9.4に示すLGH-25Rは昭和57年6月新発売したもので処理風量250m³/h、エンタルピー交換効率64%の能力を持つ。ビルのゾーン換気用としてあるいは一般事務所用として好評を得ている。また、

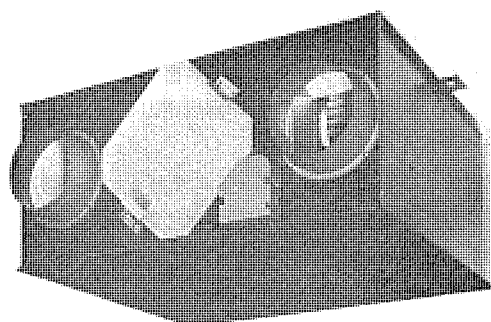


図 9.4 業務用《ロスナイ》LGH-25 R 形

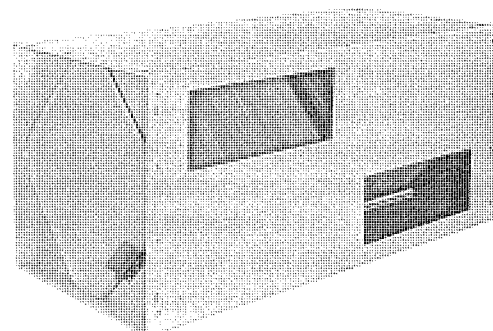


図 9.5 業務用《ロスナイ》LV-80 形

図 9.5 に示す LV-80 は《ロスナイユニットシリーズ》の一つであり熱交換器のみの製品である。処理風量は 800 m³/h でエンタルピー交換効率 は 66～71 % である。昭和 56 年 10 月にモデルチェンジされ、フィルタ内蔵ができるよう改良され空調システムに容易に組込めるよう設計してある。

9.4 《ロスナイ》の省エネルギー経済効果例

大阪駅前に建設された地下 4 階、地上 34 階の西日本最大級のビルで 432,000 m³/h の外気処理用として《ロスナイ》が省エネルギーに大きな力を発揮している。《ロスナイ》は 3～31 階までの事務所階用として適用され、冷凍機容量の低減、冷暖房負荷の低減などによってランニングコスト、インシヤルコスト合わせて 1 年間で 4,762 万円も節約をしている。表 9.2 に経済効果をまとめてある。なお、空調設備は冷房用として 700 RT×2 台 (3～21 F)、800 RT×1 台 (22～34 F) のターボ冷凍機、暖房用として都市ガス焚ボイラ (炉筒煙管式 10 t/h) 2 台が設置されている。電気料金は 24.8 円/kWh、ガス料金は 68 円/m³ で計算してある。

表 9.2 《ロスナイ》の省エネルギー経済効果例

		ロスナイ無し	ロスナイ有り	節約金額
イニシャルコスト (万円)		69,788	※68,848	940
ランニングコスト (万円/年)	冷房時	16,965	14,602	2,363
	暖房時	2,087	628	1,459
	合計	19,052	15,230	3,822

注 ※印はロスナイ設備費 6,500 万円を含む

9.5 む す び

当社の全熱交換器《ロスナイ》をビル空調機器の一つとして設置することにより、空調設備のインシヤルコストとランニングコストの両方を低減させることが可能であり、ビルの省エネルギーに大いに役立つ。省エネルギー優遇税制の対象機種であり、昭和 56 年度より建設省機械設備工事共通仕様書にも記載され、今後の発展が期待されている (《ロスナイ》の原理構造は住宅用《ロスナイ》の項 p. 74 を参照)。

10. 光源

田中紀彦*

10.1 ま え が き

有限な資源・有効活用・省エネルギーの実践は、新しいエネルギー源の創造ともいうべき極めて重要な課題となっている。一方、快適な照明環境を実現することも人間生活の本質であり、この両者の調和が優れた照明製品を生み出すと言えよう。当社の光源開発においても、PS (パワーアップ、セーブエネルギー) + 快適性の追求を基本理念とし、各種の省エネルギー光源を生み出してきており、これらにつき以下説明する。

10.2 光源での省エネルギー

光源で省エネルギーを実施する方法として次の二点がある。

(1) ランプ使用本数や明るさを変えず消費電力を低減する方法

従来ランプに替え、PS 形蛍光ランプ《PS 形 ネオルミスーパー》や省電力形水銀ランプ《ワットカッター》を使用する方法であり、この場合照明器具、安定器はそのまま使用でき、ランプ交換時に手軽に実施できる。

(2) 使用ランプの種類を変更し、高効率ランプの採用により消費電力を低減する方法

白熱灯器具に替え、効率のよい電球色蛍光ランプ《ルピカソフト》付器具の使用、従来の高演色蛍光ランプに替え、高効率高演色蛍光ランプ《ルピカ》の使用や、水銀ランプに替え効率が 1.5 倍～2 倍高い新 HID ランプ (メタルハライドランプ《マルチスター》, “BOC ランプ” や高圧ナトリウムランプ “ハイルックス DL, HDL”) を使用する方法である。この方法ではランプ灯数の削減や照明設備の変更を要する場合が多く、照明設備の改修や新設時に実施することになる。

近年製品化されてきている各種の省エネルギー光源は各々固有の特長があり、用途に応じた選択が重要である。光源の選択の基準となる性能としてはランプの明るさ (lm:ルーメン)、ランプ効率 (1ワット当たりの明るさ: lm/W)、演色性 (照らされた物の色の見え方: 平均演色評価数 Ra—100 に近いほど自然光に近い)、色温度 (光源色を表す)、寿命、更には総合的な経済性がある。事務所などのビル照明では高効率が最も優先され、次に演色性が重視され、また店舗などの商業施設においては演色性が優先されるのが通常である。

10.3 蛍光ランプ

(1) PS 形蛍光ランプ《PS 形 ネオルミスーパー》

広く使用されている蛍光ランプで省電力を図るためには、従来からの照明器具に適合し、明るさを低下させることなく消費電力 (ランプ

表 10.1 三菱 PS 形蛍光ランプの節電効果

種 類	ラ ン プ 形 名		使 用 安 定 器	入力電圧 (V)	入力電力* (W)	入力電力比* (%)
円 ス タ 形 1 タ	FCL 20	一般形	1 灯用	100	24	100
	FCL 20/18	PS 形			23	96
	FCL 30	一般形			36	100
	FCL 30/28	PS 形			35	97
	FCL 32	一般形			39	100
	FCL 32/30	PS 形			37.5	97
	FCL 40	一般形			50	100
	FCL 40/38	PS 形			48.5	98
直 形	FL 20	一般形	2 灯用 直列逐次 始動形	200	24	100
	FL 20 SS/18	PS 形			22.5	94
	FL 40 S	一般形			50	100
	FL 40 S/38	PS 形			48.5	97
	FLR 40 S/M	一般形			93	100
	FLR 40 S/M/36	PS 形			86.5	93
	FLR 110 H/A	一般形			240	100
	FLR 110 H/A/100	PS 形			220	91

注 * 当社代表的安定器使用時の値

電力+安定器損失電力)を低減させることが重要となる。このためには、①ランプ始動を容易にし、放電条件を調整するためのランプの封入希ガスを従来のアルゴンからクリプトン混合ガスに変え、ランプ電力を減少させる方法、②封入希ガスはアルゴンのままランプ管径を細くし、ランプ電流を低減させることにより安定器損失電力及びランプ電力を減少させる方法がある。当社ではこの二つの技術をランプの用途により使いわけしており、比較的大きな電力節減ができるが使用条件などに配慮が必要な①の方式を直管40W以上の業務用ランプに採用し、また使用上ランプ特性に対する知識を要せず従来通り使用できる(防災灯は除く)。②の方式を、家庭用として多く使用され、円形ランプ及び直管20Wに採用している。表10.1に当社PS形蛍光ランプの節電効果の例を示す。

(2) 高効率高演色蛍光ランプ《ルビカ》

高効率高演色蛍光ランプ《ルビカ》は、人の目の色を感じる反応の最も強い波長領域である青、緑、赤に希土類蛍光体を使用することで発光を集中させ、高効率と高演色を両立させたランプである。全光束(ランプ1本の明るさ)は従来の白色蛍光ランプと同じであるが(当社比)、高い演色効果(演色性Ra=86)により見た目には約40%明るく感じられ、より自然なさわやかな照明が得られる。また、従来の高演色性蛍光ランプ《ハイデラックス 白色》に比較し、1.4倍とランプ効率が向上しており、高演色性が優先される店舗、商業施設に適した光源である。

最近、《ルビカ》の技術思想を更に高度化した蛍光ランプ《ルビカエース》を製品化した(p.81「蛍光ランプ」参照)。

(3) 電球色蛍光ランプ《ルビカソフト》

《ルビカ》と同様に高効率希土類蛍光体を使用し、ランプ光色を白熱電球に合わせた高効率高演色蛍光ランプ《ルビカソフト》は、白熱電球特有の暖かい光色、雰囲気感を蛍光ランプで実現した。白熱電球を《ルビカソフト》に替えることにより消費電力は約1/3となり、更に約5倍の長寿命であり、大きな省エネルギーが図れる。

10.4 HID ランプ

(1) 省電力形水銀ランプ《ワットカッター》

《ワットカッター》は従来の水銀ランプに比べランプ電圧を高めランプ電流を減少させたことで、ランプ電力及び安定器損失電力を減らし、約8%の消費電力を削減したランプである。更に、蛍光体や発光管に改良を加え、明るさは従来の水銀ランプと同一である。一般形水銀灯安定器を使用した設備で従来の水銀ランプに替えて使用することにより手軽に省電力が図れる。

(2) 高演色形 メタルハイドランプ《BOC ランプ》

表 10.2 三菱 HID ランプの特性比較

種 類		ランプ効率* (lm/W)	演 色 性 (Ra)	色 温 度 (K)
メタルハライドランプ	BOC ラ ン プ	80	90	6,000
	マ ル チ ス タ ー ・ L	100	65	4,000
高圧ナトリウムランプ	ハ イ ル ッ ク ス ・ HDL	105	65	2,150
	ハ イ ル ッ ク ス ・ DL	120	53	2,150
高 圧 水 銀 ラ ン プ	ワ ッ ト カ ッ タ ー	58.7	53	4,200
	ニ ュ ー デ ラ ッ ク ス ソ フ ト	55	53	3,300

注 * 400 W 級ランプでの値

《BOC ランプ》に封入されたディスプレイ化合物による強力な連続発光スペクトルで、真昼の自然光に近い光(演色性Ra=90、色温度6,000 K)が得られる。また、水銀ランプの約1.5倍のランプ効率が有り、省電力とともに快適な高演色照明ができ、特に商業施設用途に最適な光源である。表10.2に《BOC ランプ》と他の当社HIDランプとの特性比較を示す。

10.5 む す び

エジソンの電球以来、光源は100年をこえる歴史をもつが、製品開発・改良は現在でも活発に進められてきており、最近でも新光源は続々と製品化されている。これらの多種の光源の中から照明の目的・用途に合った光源を吟味し、選択することが最適な照明環境を実現するための重要なポイントである。

11. 照明器具

石井重行*

11.1 ま え が き

近年、特にビル・店舗用照明器具においては、点灯装置の改良による消費電力減少の努力が顕著である。

$$\text{照明の電力量} \propto \frac{\text{照度} \times \text{面積} \times \text{時間} \times \text{消費電力}}{\text{ランプ光束} \times \text{照明率} \times \text{保守率}}$$

照明の省エネルギーはこの概念式の分母をできるだけ大きくし、分子をできるだけ小さくすることで実現されるが、このうち点灯装置を含めた照明器具に関する項目は、分母の照明率、保守率、及び分子の消費電力が該当する。

11.2 省電力安定器付照明器具

蛍光灯の巻線・鉄心形安定器について回路設計・使用材料を見直し、鉄損・銅損など安定器の電力損失を減少させ大幅な省電力を実現した器具である。単価は従来品よりやや高いが、電力費の節減効果により1年から長いものでも3年で価格上昇分は回収され、その後はユーザーに利益をもたらす。昭和55年に発売されたが、初期コストの上昇分の回収期間3年が採否の目安といわれる店舗などでは手近な省エネルギー手段として積極的に採用され、急激に伸びている(表11.1)。

11.3 蛍光灯用半導体安定器

蛍光灯の点灯回路を全面的に半導体素子を中心とする電子部品で構成したものである。高周波点灯としたことによるランプ光出力の増大と、回路自体の電力損失減少が合成され、大幅な省電力効果が得られる。また、巻線・鉄心形安定器に比べ材料の使用量が少ないので約1/3の重量になる。更に、巻線・鉄心形特有の騒音がなくなる、フリッカー現象がまったく現れなくなる、電源周波数が50 Hzと60 Hz程度なら共用できる、などの利点が多い。

以前から国鉄新幹線用など特殊用途には使われていたが、昭和56年、業界に先駆けて(株)伊勢丹浦和店に全面採用され、話題を呼んだ。コストの縮減が課題といえるが、今後更に改良されて一般化して行くであろう(表11.2)、(図11.1)。

表 11.1 省電力蛍光灯安定器と一般形蛍光灯安定器との消費電力比較

点 灯 方 式		ラ ビ ッ ド 式					ス タ ー タ 式			
ラ ン プ ワ ッ ト 数		40 W			110 W		40 W			
		1 灯 用		2 灯 用	1 灯 用	2 灯 用	1 灯 用		2 灯 用	
電 源 電 圧 (V)		100	200	100 200	100 200	100 200	100	200	100	200
消費電力 (W)	一般形安定器＋一般形ランプ	50	49	93	130	240	53	50	106	100
	省電力安定器＋PS 形 ランプ	41	40	78	110	210	44.5	42.5	89	85
	省電力安定器＋一般形ランプ	44	43	86	120	230	46	44	92	88

表 11.2 半導体蛍光灯安定器と一般形蛍光灯安定器との消費電力比較 (40 W タイプの場合)

灯 数		1 灯 用		2 灯 用
電 源 電 圧 (V)		100	200	100 200
消費電力 (W)	一般形安定器＋一般形ランプ	50	49	93
	半導体安定器＋PS 形 ランプ	38	38	74
	半導体安定器＋一般形ランプ	42	42	82

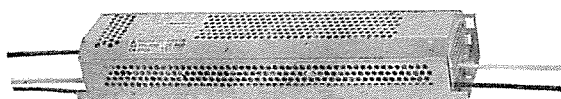


図 11.1 半導体安定器

11.4 IC スタータ《ルミクイックシリーズ》 施設用蛍光灯器具

施設用蛍光灯器具の点灯方式はグロースタートとラピッドスタートの2方式に大別され、それぞれに一長一短がある。グロースタート方式は安定器が小形軽量だが点灯するまで時間がかかる。グロースタート交換の手間がかかる。一方ラピッドスタート方式は即時点灯だが、安定器が大きく重い。

更に、グロースタート用（スタータ形と呼ぶ）蛍光ランプはラピッドスタート用蛍光ランプに比べ光束が多く、安価で安定器を含めた消費電力も少ないなどスタータ形の方がメリットが多い。

昭和56年8月に発売されたICスタータ《ルミクイックシリーズ》施設用蛍光灯器具は、グロースタートの代わりにICスタータ《ルミクイック》を使用してスタータ形蛍光ランプを0.8秒で点灯させる器具である。ラピッドスタート以上に点灯時間が短かく、しかもICスタータ《ルミクイック》は

安定器なみの寿命であるので、グロースタート交換の手間も不要である。この器具に使用する40 W スタータ形蛍光ランプの光束は3,100 lm で、ラピッドスタート形に比べて100 lm 多い。価格も1本当たり約10 % 安価である。また安定器が小形軽量なスタータ形であるため器具の幅、高さ、重量ともラピッドスタート形のものより大幅に小形にできる。

更に2灯用器具では、1灯用安定器を2個使用するのでスイッチ操作で2灯－1灯－消灯と、3段階減方式にすることもできる（従来のラピッドスタート形安定器は2灯同時に点滅する方式を採用している）。

これらの特長と一般のスタータ形、ラピッドスタート形との比較を表11.3に示す。

11.5 パラボリックルーバ付蛍光灯器具《パラファイン》

以上述べてきた3項と異なり、照明率を向上させた開発品として、《パラファイン》が挙げられる。事務所・店舗用蛍光灯器具における照明の質の向上をめざす《ファインシリーズ》（《ルミファイン》、《マルチファイン》、《パラファイン》）で最もグレードの高い機種として昭和57年度に開発したものであるが、過去の物件納入実績と新しい技術を取り入れ、良質な遮光性能に加え従来この種の照明器具では得られなかった高効率、高照明率と広配光が得られた。特にルーバ形状を独自なものとしたほか、ランプの位置、反射板の仕様などにも新規性をもたせ、器具効率を従来品より約15 % 向上させた。また両側に広がった理想に近い配光となっており、この器具を全般照明に使用した店舗では照明率の向上と鉛直面照度が高くなっているため明るさ感が増大し、40 W 3灯用で従来の40 W 4灯用に匹敵すると評価され、更に天井面の照明器具が存在感を与えないため、併用するスポットライトの効果がきわ立つハイセンスな環境を得ている（図11.2）、（図11.3）。

表 11.3 IC スタータ《ルミクイックシリーズ》施設用蛍光灯照明器具の特長

項 目	一般スタータ形器具	一般ラピッドスタート形器具	ICスタータルミクイック器具
点 灯 す る ま で の 時 間	遅 い (JIS では 7 s 以内)	速 い (JIS では 3 s 以内)	速 い (0.8 s)
使用する蛍光ランプの光出力 (40 W 白色)	多 い (3,100 lm)	少 ない (3,000 lm)	多 い (3,100 lm)
使用する蛍光ランプの価格 (40 W 白色)	安 い (¥520)	高 い (¥580)	安 い (¥520)
スタータの寿命による交換	要	不 用	不 用
蛍光ランプが点灯しなくなった場合	ランプかスタータか迷う	迷わない	迷わない
消 費 電 力	少 ない	多 い	少 ない
器 具 の 大 き さ	小さくできる	小さくできない	小さくできる
器 具 の 重 量	軽くできる	軽くできない	軽くできる
器 具 の 価 格	安 い	高 い	ラピッドより安い
一般 40 W 2 灯 用 器 具 の 1 灯 点 灯	できる	できない	できる

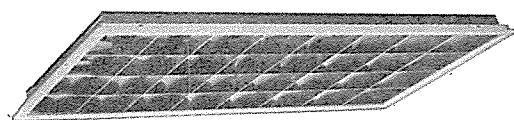


図 11.2 40 W 4 灯用《パラファイン》

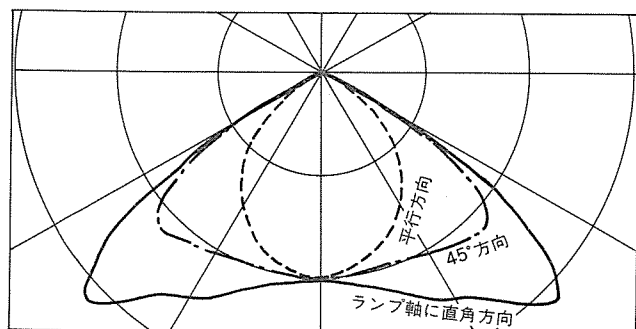


図 11.3 《パラファイン》の配光曲線

11.6 む す び

照明器具の省エネルギーに関する最近の成果として省電力安定器、半導体安定器、IC スタート使用の蛍光灯器具をとりあげ、また照明器具自体の改良として《パラファイン》を紹介した。現在、これらとすでに普及している省エネルギー照明のための製品群とを合流させた結果、質の高い省エネルギー効果が得られるようになった。

12. 照明制御システム

森本 俊一*

12.1 ま え が き

照明の省エネルギー化は、光源・点灯装置・照明器具などの高効率化に加えて、これらの各機器を有効に使用し、昼光制御、タイムスケジュール制御などの制御技術を導入した照明制御システムの積極的な採用により大きな成果をあげている。特に照明制御システムの発展はマイクロコンピュータの急速な進歩に負うところが多く、最近では多機能化、多様化に加えて、利便性を考慮したシステムの開発が活発化している。この照明制御システムは照明負荷を必要に応じて適正に制御するように構成されているため、用途、建築物の種類・規模などに応じて有効に使用することで、照明環境を損なうことなく総合的な省エネルギー化を実現することができる。

12.2 《MELSAVE 4》

小規模の事務所・店舗を対象にしたシステムで、制御回路数が少なく、かつ調光制御のような複雑な制御を必要としない点滅制御だけの用途に適している。制御回路は4回路で、すべて毎日及び1週間分のタイムスケジュール制御ができる。また、このうち2回路は昼光制御もでき、室内に入射する外光量に応じてあらかじめ設定したパターンに照明負荷を点滅する。このシステムでは、直接、照明負荷を点滅する電力制御部として負荷制御盤が設けられており、電磁開閉器、リモコンリレーなどが設置されている。また、主操作盤からの信号で照明負荷

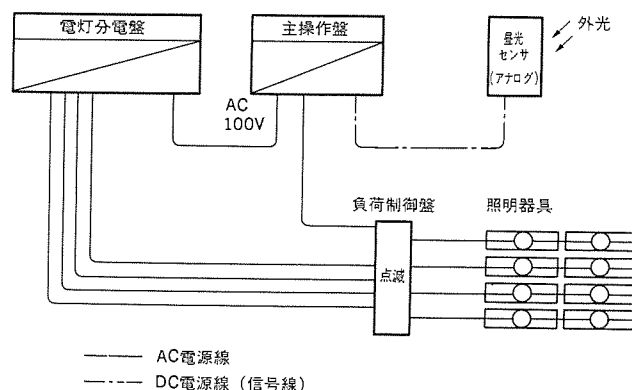


図 12.1 《MELSAVE 4》システム構成図

を点滅制御ができる(図12.1)。

上記のように、このシステムは昼光制御とタイムスケジュール制御を組合せて照明負荷を点滅し、快適な照明環境と大幅な省電力が得られるもので、既設の設備にも主操作盤と負荷制御盤を増設することで簡単に対応できる利点がある。このシステムを小規模の店舗(約500m²)に使用し、開店前、営業時間内、閉店後の各時間帯及び日曜日から土曜日まで営業時間、入店者数などを考慮して最適照明するように点滅制御すれば、約30%の省電力が図れる。また事務所の照明において、天空光と地表光を検出し、その合成昼光によって室内の窓側照明を点滅制御するとともにタイムスケジュール制御により全体の照明を制御することで、設定照度、窓の大きさなどによっては約60%もの節電が可能となる。

12.3 《MELSAVE 16》

中規模の事務所・店舗を対象としたシステムで、照明負荷を点滅・調光制御することで柔軟性のある質の高い照明を得るように制御するものである。システムは、回路ごとに設定した点滅・調光レベル(パターン)を毎日及び1週間分のタイムスケジュール制御に従い信号として送り出す主操作盤、及び主操作盤から離れた場所で操作する場合に使用する副操作盤、副操作盤からの制御信号によって照明負荷を点滅・調光制御するための電力制御部を収納した負荷制御盤、点灯装置、昼光センサなどで構成している。制御回路数は16回路で、そのうち8回路は点滅制御以外に調光制御もできる(図12.2、図12.3)。

このシステムは、①スケジュール制御以外に手動操作でもパターン制御ができる、②3種類のスケジュールプログラムを自由に組み合わせることができ、その中より状況に適したスケジュールを容易に選択できる、③このシステム用に開発された負荷制御盤、点灯装置と組合せることで、明るさ50%の1段調光及び明るさ20~100%の範囲で任意の2段調光ができる、などの特長がある。照明負荷の調光の段数によってシステムは2種類に分かれ、負荷制御盤、点灯装置の構成が異なる。すなわち、明るさ50%の1段調光の場合負荷制御盤は電磁開閉器、リモコンリレーなどで構成し、点灯装置には主安定器部とアダプタをもつ段調光安定器を使用する。そして、負荷制御盤からの信号によってアダプタに内蔵されたインピーダンス素子を短絡・開放し、蛍光ランプの明るさを100%と50%に変えるもので、調光時の明るさは50%に限定される。このシステムでは、負荷制御盤と段調光安定器の間の配線は3線となるため、既設の建物に適用する場合には、操作盤、

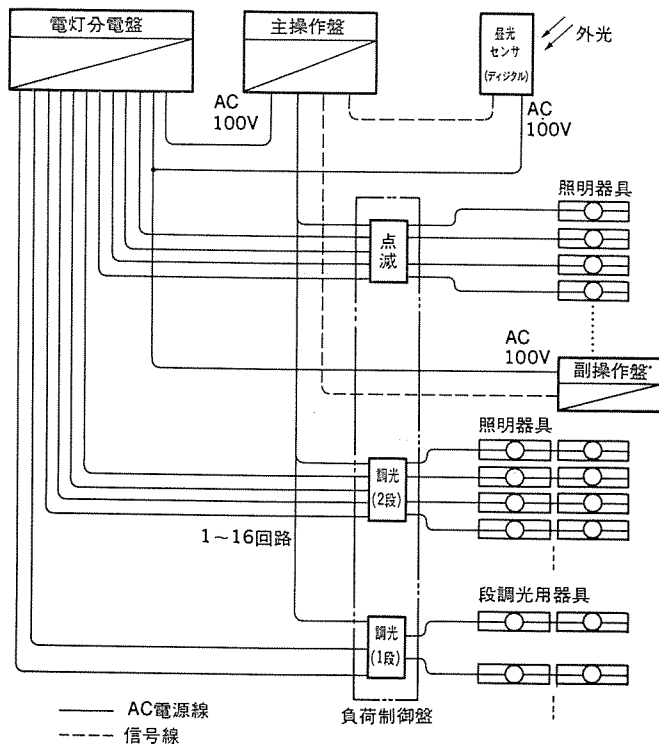


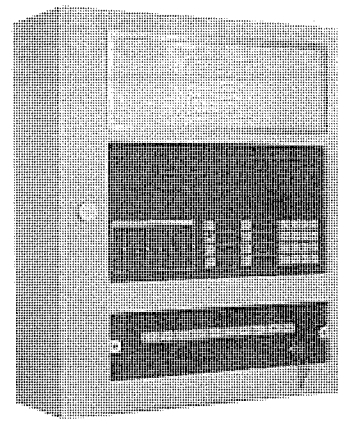
図 12.2 《MELSAVE 16》システム構成図

負荷制御盤などの設置以外に、安定器の交換と制御線を1線追加する必要がある。

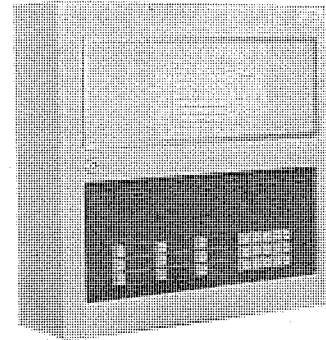
2 段調光のシステムの場合には、サイリスタ位相制御回路式調光ユニットを内蔵した負荷制御盤と蛍光ランプの明るさを 20～100 % まで連続して調光できる半導体式調光用安定器を使用する。この安定器は高周波点灯方式（約 40 kHz）の電子回路形安定器で、従来の調光用安定器に比べ、①電力損失が少ない、②チラツキが少ない、③電源側の配線が2線でよい、などの特長があるが、現状では従来の調光用安定器と比べると高価となる。また、負荷制御盤の構成によっては、ランプ点灯中の光束低下を補ない、常に決められた照度に保つような制御も可能である。照明方式としては最もすぐれたシステムであるが、設備費は他のシステムに比較して高くなる。

このように点滅制御以外に段調光もできるこのシステムは、点滅制御だけのシステムと比べると、明るさの急激な変化がないため居住者に不快感を与えず、かつ照明ムラの発生もない。また、屋光制御する場合でも室内に入射する外光量に応じて、明るさを段階的に変化させることができるなどの特長があり、非常にすぐれたシステムといえる。

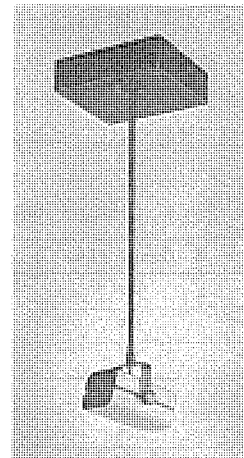
点灯装置に段調光安定器（50 % の1 段調光）を使用したこのシステムを中規模店舗（約 1,000 m²）に適用し ①開店前、閉店後は調光する照明負荷を適宜に組合せて明るさを 25 % 程度にする、②比較的すいている時間帯は約 70 % の明るさにする、③混雑時には 100 % の明るさにする、④平常時と土・日・祭日のプログラムを変える、などの制御をすれば約 33 % の省電力を図ることができる。



（a）主操作盤



（b）副操作盤



（c）屋光センサー

図 12.3 照明制御システム

12.4 む す び

中、小規模の事務所・店舗を対象とした照明制御システムについて述べた。これらのシステムを用途、建築物の種類・規模などに応じて有効に利用することにより、大幅な省電力化が可能となる。特に国家的な要望である省電力に対し、これらの照明制御システムが少しでも役立てば幸いである。

交通分野における省エネルギー

岩村 衛*

石油ショック以来、新たに強調されるようになった省エネルギー (Energy Conservation) とは単にエネルギー節約 (Energy Saving) を指す狭いものでない。新しい発想には、人類が望ましい生活環境を維持するためには有限なエネルギー資源を、その開発から利用までの全局面にわたって、有効に利用するように管理したい、という将来展望が背景にある。またこれを実現する手法として、エネルギーの無駄使いを避けるあらゆる合理的手段を講ずること、及びまだ使用されていない潜在エネルギーを抽出し活用すること、を提示した。そして目標を単位 GNP 当たりのエネルギー総需要の減少に置いたのである⁽¹⁾。

したがってここでは交通の省エネルギーも機器の高効率化を主体とするエネルギー節約の域にとどまらず、上記の広い概念のもとに考える必要がある。

交通におけるエネルギー消費の現況は文献⁽²⁾⁽³⁾にゆずるとして、およそのイメージは図 1., 表 1. から得られ、これはまた目標に対する省エネルギー対策の貢献度を改めて考えさせることであろう。

交通エネルギー消費の特徴としては石油に代表される燃料エネルギーに対する依存度が、その交通機関への好適性の故に余りに高く、脱石油が困難なことである。しかし省エネルギー化経済社会への構造変化過程として省エネルギー技術と石油代替エネルギー技術の開発普及を避けて通るわけにはゆかず、鉄道・自動車・海運・航空の各分野での施策は、それぞれの輸送使命に応じ、これを肝要な制約条件とし

て進められている。

これらを技術面から眺めると、代表的な手段は次のように総括できる。

- (1) 従来から常に追及されている機器の高効率化と軽量化による移動体の直接的なエネルギー節約。
- (2) 計画的に対象の運用を図る管理システムの支援に基づく無駄なエネルギー消費の低減。
- (3) 交通機関特有の加速後の運動エネルギーの変換によるエネルギー資源の回生。

また、このほかに自然エネルギーや廃熱などの利用手段も当然存在する。表 2. はこれらを略示している。共通技術としていわゆるエレクトロニクスへの貢献が、半導体素子あるいは制御、情報処理技術のかたちで潜在していることはいうまでもないことである。ここでは各分野における上記の実現手段の適用例を紹介する。

参 考 文 献

- (1) World Energy Conference : Reports from Energy Conservation Group (1978)
- (2) 運輸省大臣官房情報管理部：運輸関係エネルギー要覧 (昭 57)
- (3) 佐藤：電気学会雑誌, 102, No. 8, p. 729~733 (昭 57-8)

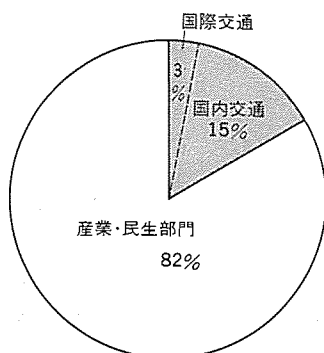
表 2. 省エネルギー技術手段の総括

省エネルギー手段		鉄 道	自 動 車	船 舶
現用エネルギーの節約	エネルギー効率の向上	運動用機器並びに付属機器の高効率化		
		軽 量 化		
	エネルギー運用の管理	運行及びエネルギーの計画的な管理		
未利用潜在エネルギーの活用		電力回生、貯蔵 廃蓄熱の利用*	廃ガスの利用	風力の授用 廃熱の利用

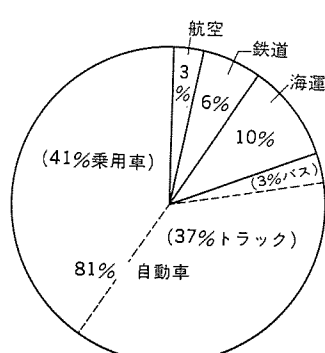
注 * 地下鉄トンネル周囲土壌の蓄熱

表 1. エネルギー原単位⁽²⁾ (昭 55)

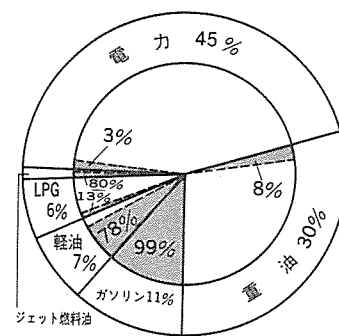
交通機関	旅客 (kcal/人・km)	貨物 (kcal/トン・km)
鉄 道	102	142
自動車	バス	—
	トラック	1,226
	乗用車	—
内 航 海 運	—	199
航 空	713	—



(a) 我が国のエネルギー最終需要に占める運輸部門の割合



(b) 交通機関別エネルギー消費割合



(c) 国内交通機関のエネルギー種類別消費割合

図 1. 交通分野のエネルギー消費⁽²⁾ (昭 55)

1. 鉄道交通

岩村 衛*

交通機関中最もエネルギー効率が低い鉄道では、当然とはいえ電化が一層促進されていること、また車両消費電力の節減が最大の省エネルギー対象であることも広く知られている。そして省エネルギー形電車の開発、実用化がその主役とみなされている。

鉄道においても既述の省エネルギー実現の三つの手段が取り入れられて、既にチョップ制御や電力回生技術の積極的な推進をはじめ、運行管理・電力管理システムの普及や機能向上などが行われてきた。これらについては本誌その他で発表されている。ここでは電力の回生、蓄積を車両の立場からではなく地上の変電所の立場から眺め、また快適性向上を省エネルギーという相反するニーズの接点にある車両空調について、それぞれ最近の当社技術を述べることにする。

参考文献

- (1) 城戸，四方：三菱電機技報，53，No. 12，p. 867 (昭54)
- (2) 刈田，東ほか：三菱電機技報，56，No. 8，p. 39 (昭57)
- (3) 菅，石田ほか：三菱電機技報，55，No. 11，p. 20 (昭56)
- (4) 森本，鍋倉ほか：三菱電機技報，56，No. 8，p. 24 (昭57)

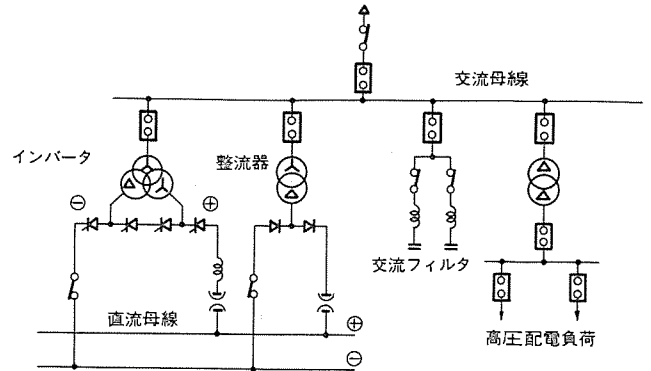


図 1. 1. 1 回生変電所接続図

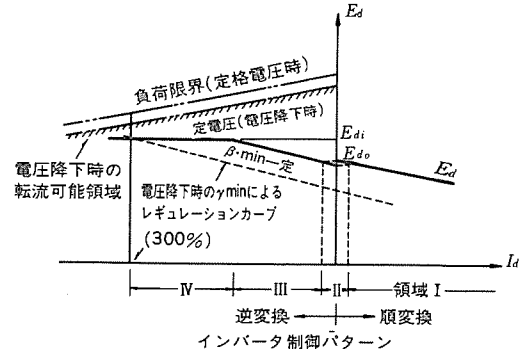


図 1. 1. 2 インバータ制御方式

1.1 電鉄用変電所システムの省エネルギー

米畑 譲**・河村寿三***

1.1.1 ま え が き

国内鉄道の電化率は約 50%，電化は現在約 13,000 km に及ぶ。動力車別走行 km の 90% は電気を動力源として運転され、既に鉄道はエネルギー効率の良い運営が行われているといえる。しかし絶えざる高効率化努力が近來の省エネルギーの声と重なり、電気動力車においても回生ブレーキ付チョップ制御車の導入により、更に運転エネルギー（電力）の節約が図られている。

一方地上側の電鉄変電所も省エネルギーや保守省力化を課題として近代化の努力を続けているが、前記の運転エネルギーの節約に対し変電所システムも回生率の向上を積極的に支援するため、電力回生インバータが採用されるようになった。また電力の貯蔵によるエネルギー利用の研究も盛んとなり、蓄電池やフライホイールによる電力貯蔵装置が開発段階⁽¹⁾⁽²⁾に達している。ここでは回生インバータ、バッテリーポスト及びフライホイール装置について省エネルギーの観点から概説する。これらの装置は単に回生率の向上だけでなくとどまらず、個々の機能により電鉄変電所システムとして必要な安定した電力の供給、負荷の平準化対策にも有効性を示すものである。

1.1.2 回生インバータ

チョップ制御車の普及に対応して、サイリスタ回生インバータによる回生変電所が増加している。一般に回生制動車によって発生した電力は直流架線に返還され、他に力行車がある場合はそこで吸収されるが、回生電力が力行電力を上回ると回生変電所はこの余剰電力分を吸収し回生電力の有効利用を図り、更に車両回生失効防止による各種の

波及効果も期待される。

(1) 回生変電所の接続図と動作

図 1. 1. 1 は回生変電所接続図の一例である。変電所直流母線には、サイリスタインバータとシリコン整流器とが常時共通に接続され、交流側には、力率改善用コンデンサを兼ねた高調波抑制用フィルタと高圧配電負荷用の変圧器が接続されている。

高調波抑制の目的で 12 相接続されたサイリスタインバータの動作は、その無負荷電圧をシリコン整流器の無負荷電圧とほぼ同じ値に設定して、位相制御角リミット付定電圧制御方式をとることにより、インバータ動作と整流器動作との切換速応性及び安定性を向上させている。シリコン整流器特性も含めたインバータの制御パターンを図 1. 1. 2 に示す。これはインバータ特性及びシリコン整流器特性を示し、各領域における動作は次のようにまとめることができる⁽³⁾。

領域 I：シリコン整流器の動作する順変換領域で整流器の有するレギュレーション特性に沿って運転される。

領域 II：インバータ、整流器動作の遷移領域で、若干循環電流が流れるが、インバータ、整流器の切換えが自動的、連続的かつ安定に行われる。

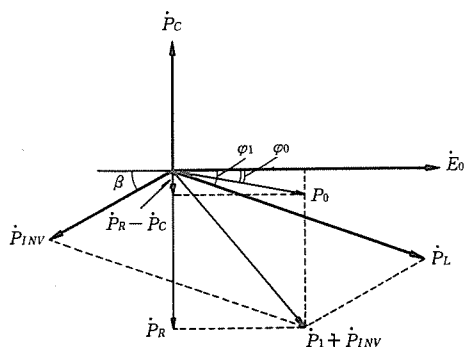
領域 III：インバータの動作する逆変換領域で、インバータは位相進み角最小値 $\beta_{\min}$ 一定で運転される。

領域 IV：インバータが定電圧動作する領域で、交流電圧一定の場合には、電流の増加に従って位相進み角 β が大きくなる。

(2) 回生電力の活用

回生エネルギーの有効活用を図るためには、変電所の設置場所、直流電回路、変電所制御方式、整流器及び車両との特性協調などを広範囲に考慮してエネルギーを多く吸い上げるとともに、自社内付帯設備などで利用することが好ましい。

図 1. 1. 3 は電力回生中に回生電力が高圧配電負荷で消費されている場合の変電所ベクトル図を示す⁽⁴⁾。高圧配電負荷及びインバータ



E_0 : 電源電圧
 $\dot{P}_L$: 高圧配電負荷電力
 $\dot{P}_{INV}$: インバータ回生電力
 $\dot{P}_C$: フィルタ電力
 P_0 : 変電所総合電力
 $\dot{P}_R$: インバータ及び高圧配電負荷による無効電力
 ϕ_0 : 変電所総合力率角
 ϕ_1 : 高圧配電負荷力率角
 β : インバータ進み角

図 1. 1. 3 インバータ変電所ベクトル図

は、

$$|\dot{P}_R| = |\dot{P}_{INV}| \sin \beta + |\dot{P}_L| \sin \phi_1$$

なる無効電力 $\dot{P}_R$ を発生するが、この電力は変電所のフィルタ分 $\dot{P}_C$ で吸収され、結局、電源より変電所に供給される電力 P_0 と力率角 ϕ_0 とは、

$$\begin{aligned}
 \dot{P}_0 &= (|\dot{P}_L| \cos \phi_1 - |\dot{P}_{INV}| \cos \beta) \\
 &\quad - j\{(|\dot{P}_{INV}| \sin \beta + |\dot{P}_L| \sin \phi_1) - |\dot{P}_C|\} \\
 \phi_0 &= \tan^{-1} \{ |\dot{P}_C| - (|\dot{P}_{INV}| \sin \beta + |\dot{P}_L| \sin \phi_1) / (|\dot{P}_L| \cos \phi_1 - |\dot{P}_{INV}| \cos \beta) \}
 \end{aligned}$$

となる。

(3) 使用例と省エネルギー効果

我が国における回生インバータ変電所は昭和52年神戸地下鉄にはじまり、その後札幌、京都、福岡など地下鉄での採用が多い。変電所の回生率を（インバータに吸収される回生電力量）／（変電所の整流器出力電力量）と定義した場合、1日における平均回生率は神戸地下鉄で約22%、札幌地下鉄で約8%と報告されており、省エネルギーによる経済効果が大きいことが確認された⁽⁵⁾⁽⁶⁾。

今後の省エネルギー時代にあつて、回生変電所の重要性がますます高まるものと確信する。

1.1.3 バッテリポスト

回生インバータにおいては直流架線で発生した余剰電力は、交流側に変換されて変電所付帯設備などで活用される。蓄電池の充放電により直流架線側エネルギーの蓄積、放出を行うバッテリーポストにおいては、その余剰電力による急速充電あるいは無負荷時の変電所からの通常充電などを行い、車両起動電流のピーク負荷時など必要に応じ放電してやることにより、架線電圧降下の補償、電力システムに対する負荷の平準化などへの適用が考えられる。以下に蓄電池を用いたチョップ制御による1,500V架線電圧補償装置の実施例と、今後その実現に大きな期待が寄せられている電力システムに対する負荷の平準化の概要と問題点について述べる。

(1) 架線電圧補償装置と動作

図1.1.4は架線電圧補償装置（以下BATPと呼ぶ）の回路接続図の一例である⁽⁷⁾。

(a) 架線とBATPとを分離するための断路器DS-R及び過電流保護用の高速度直流遮断器HSCBが設けられている。

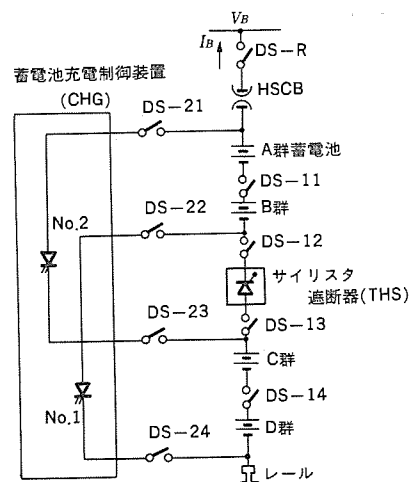


図 1. 1. 4 回路構成

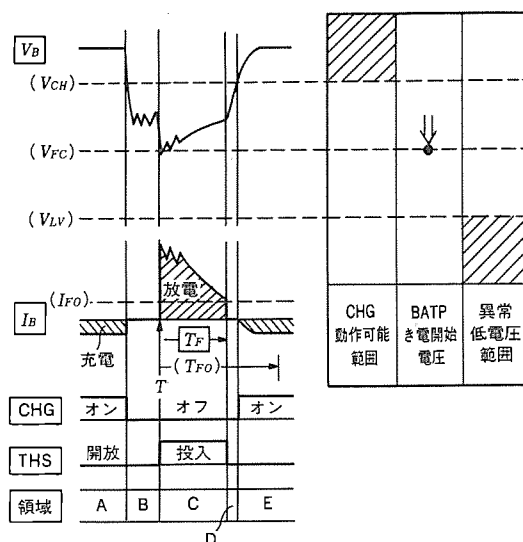


図 1. 1. 5 動作説明

(b) 蓄電池は4群（A～D群）に分かれ、各群の蓄電池間には断路器DS-11～14が設けられ、蓄電池群は相互間の分離及び主回路からの分離ができるように構成されている。

(c) 断路器DS-12～13の間にはサイリスタ遮断器（以下THSと呼ぶ）が設けられ、充電時の蓄電池A・B群とC・D群との間の開放及び放電時の蓄電池A～D群の架線への投入が行われる。

(d) 蓄電池充電制御装置（以下CHGと呼ぶ）は、蓄電池A・B群及びC・D群へ2分割して充電できるように、断路器DS-21～24を経由して、各群の蓄電池端子に接続される。

図1.1.5は動作説明図であり、同図の記号の説明は表1.1.1に示す⁽⁷⁾。BATPを安定に、効率よく動作させるには、THSが定電流制御機能を欠くことを考慮して、CHG、THSを制御する必要がある。

(i) 領域A、Eでは、電圧条件が $V_B > V_{CH}$ であるから、CHGがオンとなり蓄電池が充電される。直流電線から直接蓄電池を充電するために、制御が容易で動作が安定な2分割充電方式を採用している。これは定電流充電、定電圧充電及び浮動充電（定電圧充電後、設定時間の経過により自動選択）の三つの機能を具備している。

(ii) 領域Bでは、電圧条件が $V_{FC} < V_B < V_{CH}$ であるから、C

表 1. 1. 1 記号の説明

項目	記号	名称	説明
検出記号	V_B	BATP 電圧	BATP 設置点の架線電圧
	I_B	BATP 電流	BATP の入出力電流
	T_F	BATP き電経過時間	THS 投入後の経過時間
可変設定値	V_{CH}	充電下限電圧	V_B がこの値以上になったとき、CHG の動作が可能である。
	V_{FC}	き電開始電圧	V_B がこの値以下になったとき、BATP による電圧補償動作を開始する。
	V_{LV}	異常低電圧	V_B がこの値以下になったとき、事故あるいは故障と判断する。
	I_{FO}	き電打ち切り電流	I_B がこの値以下になったとき、THS を開放する。
	T_{FO}	き電打ち切り時間	T_F がこの値以上になったとき、THS を開放する。

HG も THS も動作しない。

(iii) 領域 C では、電圧条件が $V_B < V_{FC}$ となった時刻 T で THS が投入され、電圧補償動作が開始される。THS 投入後に、電流条件が $I_B < I_{FO}$ あるいは時間条件 $T_F > T_{FO}$ となつてはじめて THS が開放され、領域 C が終了する。電圧条件での THS 投入、電流条件あるいは時間条件での THS 開放とにより安定な THS 投入・開放制御が行われる。

(iv) 領域 D では、THS 開放後に電圧条件が $V_{FC} < V_B < V_{CH}$ となっている領域であるから、CHG も THS も動作しない。

(2) 使用例と省エネルギー効果

バッテリーポストは国鉄可部線で蓄電池 175 Ah、充電チョップ 750 V・30 A、サイリスタ遮断器 1,500 V・800 A の設定で使用され、車両起動電流のピーク負荷時の架線電圧 1,000 V が 1,150 V に改善された。また、蓄電池の放電電力量に見合う十分な充電が行われて充電不足は発生せず、車両側にも特に異常は生じなかった。

電車の長大編成化、車載機器の大容量化などに伴う負荷電流の増加により、大きな電圧降下が発生し、また架線損失も大きくなる。そこで、変電所から遠く離れた大きな電圧降下の発生する地点に設けた蓄電池を小電流であらかじめ充電しておき、ピーク負荷時に大電流を放電してやることにより架線損失を低減することができるが、蓄電池、充電チョップ、サイリスタ遮断器の効率を考慮すると省エネルギーとまではいかず、むしろ簡便で経済的な架線電圧補償機能が得られる方が主なメリットであるといえる。

(3) 電力システムに対する負荷の平準化

架線電圧補償装置は、架線電圧が十分高いという条件の下で蓄電池を充電して、車両起動電流による架線電圧降下を抑制するために蓄電池を使用する。これに対して、電力システムにおける負荷の平準化の考え方は、深夜電力などにより蓄電池を充電し、電力システムがピーク負荷となったときに蓄電池を放電することにより、エネルギーを効率的に活用することである。そのメリットは変電所の受電容量を低減できることである。

これに用いられる蓄電池の具備条件は、①エネルギー密度が高いこと、②効率がよいこと、③長寿命であること、④経済的であることなどであり、今後の蓄電池の技術開発に負うところが大きい⁽⁸⁾。

(4) 回生電力の吸収

架線電圧補償装置の動作原理は、直流架線で発生した余剰回生電力の吸収に対しても適用することができる。蓄電池を用いて回生電力を吸収する場合には、エネルギーの処理が直流側で行われるので、交

流側への影響を小さくすることができるが、反面、チョップ車の発生する大きな回生電流での急速充電が必要となるので、蓄電池の条件としては前記(3)項の①～④に加えて更に、⑤回生電流による急速充電で蓄電池充電電圧が異常に大きくならないことが要求される。

急速充電時の蓄電池電圧を抑制する方法としては、蓄電池をあらかじめ放電状態としておくことも考えられるが、この方法では蓄電池の温度上昇も生じて蓄電池寿命が短くなると思われる。

これらの課題が解決すれば、蓄電池による回生電力の吸収、放出を円滑に行うことができ、大きな省エネルギー効果が得られる。今後の技術開発が期待されるところである。

1. 1. 4 フライホイール式電力貯蔵システム

いわゆる回生変電所として要求される回生電力の吸収を、地上に設置されたフライホイール電力貯蔵システム (Flywheel Energy Storage System) によって行わせるのがこのシステムである。

このシステムは昭和 54 年度の(財)日本船舶振興会の助成を得て、(社)日本鉄道技術協会からの受託により、同協会のもとに東大植村教授を委員長とする開発委員会を設けて開発推進された。

当初は京浜急行電鉄(株)上大岡変電所の設置が想定され、比較的輸送密度の低いときに回生電力余剰が生じやすいと見られたので、平日用の運行表 (No. 135) で 13 時 29 分から 13 時 49 分の 20 分間について上大岡を中心とした電力シミュレーションを実施した。その結果は図 1. 1. 6 に見るようにかなりの回生電力の余剰が見られ、このままでは将来回生失効の機会が増大する可能性が指摘される。ただし、上り・下りに特急及び各停がそれぞれ 2 本、急行がそれぞれ 1 本で、各停及び急行がチョップ制御による回生可能車と仮定した。

フライホイール発電電動機 (以下フライホイール発電機という) には、架

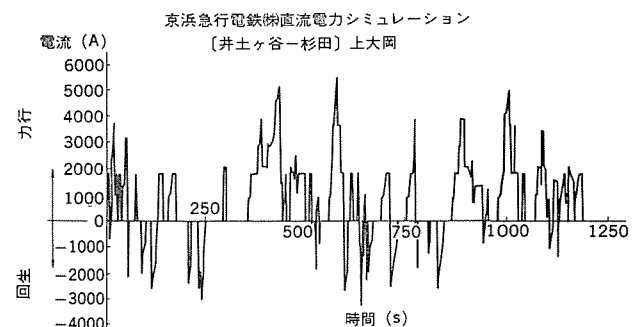


図 1. 1. 6 電力シミュレーション結果

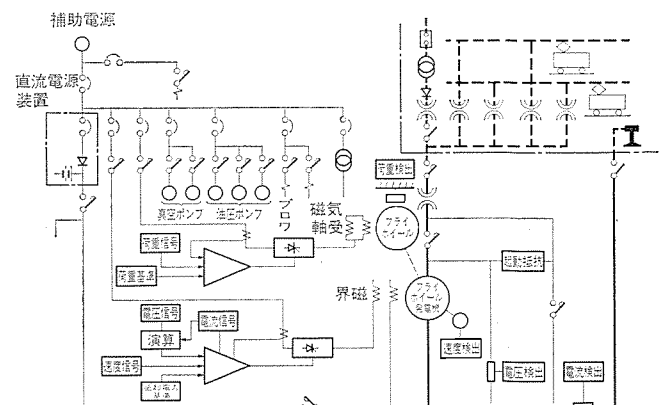


図 1. 1. 7 フライホイールシステム運転接続図

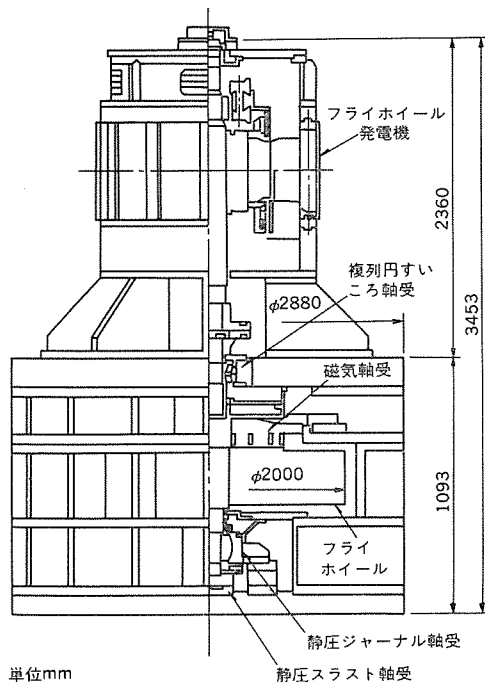


図 1.1.8 フライホイール発電機

線が直流であるところから直流機を選び、これを電車線に直結した。このようにすると界磁制御だけで容易に電力の流入出を制御できる。全体のシステムを図 1.1.7 に示す。このようなシステムは電力を単に吸収できるだけでなく、十分に充電しておけば必要に応じて電力を供給することが可能で、変電所の機能を有する。したがって変電所のピークカット、場合によっては小変電所の代替も可能である。

これらのことを勘案して、試作機は貯蔵エネルギー 15 kWh (ただし、基底速度 800 rpm から最高速度 1,600 rpm の間において)、フライホイール発電機の容量は 750 kW とした。フライホイールの材質は信頼度を重視して NCrMoV 鋼を用い、その直径は 2 m、重量は約 10 t 程度のもとなった。フライホイール装置本体の構造図を図 1.1.8 に示す。

この装置の開発要素はフライホイール部にあり、フライホイールを真空脱気したケーシング内に収納し、その上下に油膜式の真空軸シールを設けた。また、回転重量の大部分を磁気軸受で支え、回転損の最小化に努めた。なお停電時はすべての補機類が停止することも考えられるので、非常用油だめ及び電気ブレーキ兼制御電源用蓄電池も備えている。

このシステムは昭和 56 年 7 月に運輸省の仮設置認可が得られ、京浜急行電鉄(株)瀬戸変電所に設置して、制御の論理、制御パラメータ(レギュレーション、フライホイール発電機の逆起電力など)と回生電力の回収性能との関係を現地試験中である。

1.1.5 むすび

直流車両の運転電力の節約のため、電鉄変電所システムにおけるその支援装置を紹介したが、国内の直流電化率は 70 % 強であり、これらの装置の適用を拡大することは少なからず省エネルギーに寄与すると期待される。特に蓄電池、フライホイールの電力貯蔵装置は電車線直結形の装置であって、交流受電系と切換えて変電システムを計画できるので今後の高効率装置の開発が望まれる。

参考文献

- (1) 有富, 細野: 電気学会誌, 99, No. 9, p. 834 (昭 54)
- (2) 鈴木: 電気学会全国大会, S. 9-1 (昭 57)
- (3) 鈴木, 米畑, ほか: 電気学会全国大会, 683 (昭 52)
- (4) 鈴木, 米畑, ほか: 三菱電機技報, 51, No. 6, p. 421 (昭 52)
- (5) 蓑谷, 鈴木, ほか: 電気学会研究会, PE-79-19 (昭 54)
- (6) 内田: 電気四学会連大, 65 (昭 53)
- (7) 木下, 米畑, ほか: 電気学会東京支大, 304 (昭 56)
- (8) 高垣: 電気四学会連大, 49 (昭 51)
- (9) 日本鉄道技術協会: 電車線電力蓄積装置の開発研究報告書, (昭 55)
- (10) 河村, ほか: 電気四学会連大, 11-3 (昭 55)
- (11) 星野, ほか: 第 17 回鉄道におけるサイバネクス利用国内シムボジウム論文集, 517 (昭 55)
- (12) 木村, ほか: 計測と制御, 20, No. 3, p. 374 (昭 56)

1.2 最近の車両用空調装置と省エネルギー

浜崎 信義*・横家 尚士**

1.2.1 ま え が き

交通機関の発達に従って旅客サービスの改善は常に行われてきた。どのような条件の下においても車内環境を快適に保つには新たに空調装置を必要とし、快適性(温湿度・新鮮さ・清澄さの体感)の追及は増経費、増エネルギーを招く。快適性は乗客の満足度に左右されて一定する筈はなく、経済性重視の企業側満足度との妥協点も見出すことが難しいが、この増エネルギーの容認とサービスの考え方は企業政策上の問題とされている。現在すし詰め通勤列車や長距離列車では既にこの装備は定着化するようになってきた。したがって車両空調における省エネルギーとは、既に空調装置が装備されているという前提の下でのエネルギー節約に限定される。

ここでは最近の車両空調の概要を述べ、上記の省エネルギーの観点から当社技術を機器の高効率化によるエネルギー節約と快適性の質的向上のそれぞれの例について紹介する。

1.2.2 最近の車両空調装置

車両空調の普及に伴いランニングコストが増え、オイルショック以来、①省エネルギー、②メンテナンスフリー、③軽量化の要求は一段と強まった。また、生活環境の進歩により、④低騒音化、⑤快適性についても無視できない要求となってきた。これに対し、当社は次のように対応している。

①の省エネルギーに関しては小中容量空調装置ではロータリ式圧縮機を、大容量のものには高効率形往復動式圧縮機を用い、また熱交換器は熱交換を良くするために内面溝付管を使用している。②のメンテナンスフリーに関しては、装置主枠、カバーにステンレス鋼板を用い無塗装とし、③の軽量化については塑性加工を多用している。④の低騒音化については回転数を下げる方法をとっている。⑤の快適性につ

いては最近の技術進歩にそって プログラマブルコントローラを用い温度だけでなく湿度も管理したり、あるいは換気用の《ロスナイ》を採用したりして、より快適な空調ができるようになっている。またこの プログラマブルコントローラはきめ細な制御が可能であるから冷え過ぎの防止とともに省エネルギーにも大いに寄与する。更にインバータ電源を用いた冷房容量制御と絡めて使用すれば、熱負荷に応じた制御ができ、より一層の快適性向上、省エネルギーを図ることが可能である。

上記①～④の項目について国鉄通勤車用 AU 75 形 ユニットクーラーへの実施例と、換気の質を高める車両用《ロスナイ》とを、それぞれ主として省エネルギーの立場から述べる。

1.2.3 AU 75 形ユニットクーラーの改良

(1) 概要

AU 75 形 ユニットクーラーは、昭和 45 年に開発されて以来⁽¹⁾、種々改良がされてきた⁽²⁾が、今回、日本国有鉄道の御指導のもとに次の点を目的として開発された。表 1.2.1 に新旧ユニットクーラーの比較を、図 1.2.1 に車両搭載時のユニットクーラーを示す。

表 1.2.1 AU 75 形 ユニットクーラー 新旧比較

形 式			旧 形	新 形
			AU 75 DM 形	AU 75 G 形
ユ ニ ャ ッ ト	電 源	主 回 路	AC 三相 60 Hz 440 V	
		制御回路	AC 单相 60 Hz 100 V	
	冷 房 能 力 (kcal/h)		42,000 (外気 33℃ 室内熱交換器吸込空気 28℃ 65%)	
	標 準 入 力		28 kW 42 A	21 kW 34 A
	重 量 (kg)		940	740
	外形寸法(長×幅×高)(mm)		3,595×2,130×376	3,660×2,110×376
圧 縮 機	形 式		電動機直結全密往復動式×2 台	
	冷 媒		R 22	
	電 動 機		7.5 kW 2 極	5.5 kW 2 極
室 外 側	送 風 機		電動機直結軸流形×2 台	
	風 量 (m³/min)		150	160
	電 動 機		1.5 kW 6 極	0.8 kW 8 極
	熱交換器	形 式	千鳥配列	千鳥配列(内面溝付管)
		列 数	6 列	5 列
室 内 側	送 風 機		電動機直結多翼遠心形×1 組	
	風 量 (m³/min)		140	120
	電 動 機		3.0 kW 4 極	1.5 kW 6 極
	熱交換器	形 式	千鳥配列	千鳥配列(内面溝付管)
		列 数	5 列	3 列

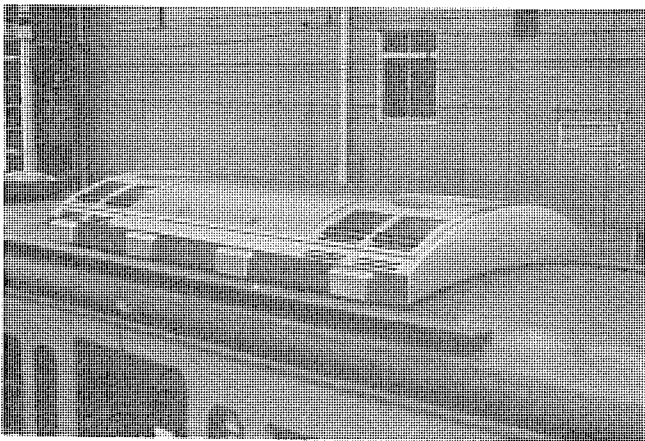


図 1.2.1 車両に搭載時の新形 (AU 75 G 形) ユニットクーラー

- (a) 省 エネルギー
- (b) メンテナンスフリー
- (c) 軽量化 (車両の省 エネルギー となる)
- (d) 低騒音化

(2) 省 エネルギー

(a) 圧縮機

電動機直結密閉形往復動式で、圧縮機内部のピストンヘッドの形状、吸込・吐出口の形状、ピストンリングの材質などを見直し、体積効率の改善並びに冷媒流路抵抗を下げた高効率シリーズの圧縮機を用いた。更に熱交換器変更による冷媒サイクルを見直し所要の冷房能力に見合った容量の圧縮機とした。

(b) 内面溝付管使用の熱交換器

フィン付熱交換器で冷媒の流れる銅管を従来の内面平滑管より内面にらせん(螺旋)状の溝を設けた管に変更し、冷媒と管の熱伝達率を大きくして熱交換率を上げた。これにより銅管列数を減らして熱交換器を薄くすることができるので通風抵抗が小さくなり、また全伝熱面積が小さくなって、熱交換器の重量減ともなった。

(c) 室内送風機・室外送風機

室内・室外熱交換器の薄形化で、通風抵抗が下がり各送風機の静圧を小さくすることができ省エネルギーとなった。

(d) 軽量化

主枠、カバーの材料をステンレスとしたため、材料の腐れ代がいらず、また押出リブの塑性加工を多用して材料板厚を薄くした。また圧縮機の変更による重量減、熱交換器、各送風機の重量減でユニットクーラー全体では旧形に比べ 200 kg (約 21 %) 軽くなった。これは車両走行時の省エネルギーとなる。

(3) メンテナンスフリー

保守時のさび(錆)取り、補修塗り作業を省略するため、主枠及びカバー材料をすべてステンレス化し無塗装とした。

(4) 低騒音化

室内送風機、室外送風機の静圧を小さくし、また電動機極数を各々 4 極から 6 極、6 極から 8 極へ変更し、回転数を下げて低騒音化を行った。

(5) 性能試験結果

旧形ユニットクーラーと今回の省エネルギー形ユニットクーラーの性能比較を表 1.2.2 に示す。消費エネルギー効率(実績冷房能力/実績標準入力)を比較すると 28 % の効率アップとなっている。騒音を比較すると、車内騒音は A スケールで 3 ホン、室外騒音は同じく A スケールで 6.5 ホンの低下となった。

表 1.2.2 AU 75 形 ユニットクーラー 新旧性能比較

項 目		旧 形	新 形	
性 能 比 較	冷 房 能 力 (kcal/h)	42,000 以上		
	外 気 温 度 (°C)	33		
	室 内 熱 交 換 器 入 口 空 気 条 件	乾球温度 28°C 相対湿度 65 %		標 準 条 件
	標 準 入 力 (kW)	28	20.4	27 % 低下
	消費エネルギー効率 (kcal/W)	1.62	2.08	28%アップ
	冷媒量 (R 22) (g/サイクル)	5,300	4,700	11 % 低下
騒 音 比 較 (A スケール)	室 内 側 騒 音 (ホン) (クーラー中央直下 1 m)	76.5	73.5	3 ホン低下
	室 外 側 騒 音 (ホン) (クーラー中央横 1 m)	77.0	70.5	6.5 ホン低下

1. 2. 4 車両用全熱交換形換気装置《ロスナイ》

(1) 概要

近年、乗客へのサービスの一環である車両冷房の普及及び暖房時の快適性向上のために車両は密閉構造化しており、その結果換気装置の搭載が検討されるようになった。その中で当社の車両用全熱交換形換気装置（以下列車用《ロスナイ》と称する）が注目されてきている。ここでは列車用《ロスナイ》LT-70 A 形及び LT-100 A 形について述べる（図 1. 2. 2）。

列車用《ロスナイ》は家庭用、ビル用《ロスナイ》と同様に《ロスナイ》エレメント（透過式直交流全熱交換器）、給気用送風機、排気用送風機、エアフィルタで構成している（図 1. 2. 3）。車内の汚れた空気は天井中央の吸込チャンパから吸込まれ、エアフィルタを通過した後、車体の屋根上部に設置された列車用《ロスナイ》に入り、《ロスナイ》エレメントを通過して排気用送風機により車外へ排出される。また、車外の新鮮な空気は耐雨用カバーに設けられた吸込ガラリ部から吸込まれ、外気用エアフィルタを通過した後に《ロスナイ》エレメントを通り給気用送風機により車内へ供給される。このときに給気と排気の間で《ロスナイ》エレメントを通して熱交換が行われる。

《ロスナイ》エレメントは透湿性の材料を巧みに組合せて構成することにより顕熱（温度）のみでなく潜熱（湿度）交換も可能にした直交流全熱交換器であり（本誌 p. 74, 図 3. 1 参照）、特に夏期冷房時に外気の湿度を減湿することにより、冷房負荷を低減する効果が顕熱交換器に比べて極めて大きく大きな省エネルギー効果が得られる。

(2) 省エネルギー効果

表 1. 2. 3 に列車用《ロスナイ》の特性を示す。LT-100 A 形を使用した場合には処理空気量 1,000 m³/h において温度交換効率が 73 %、

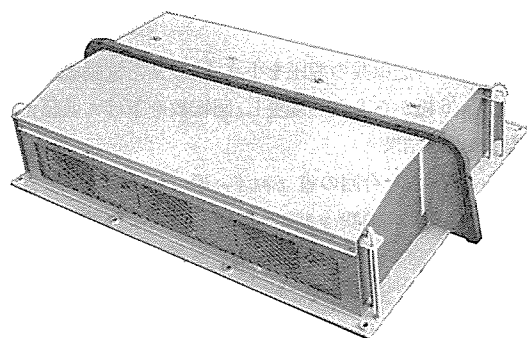


図 1. 2. 2 列車用《ロスナイ》

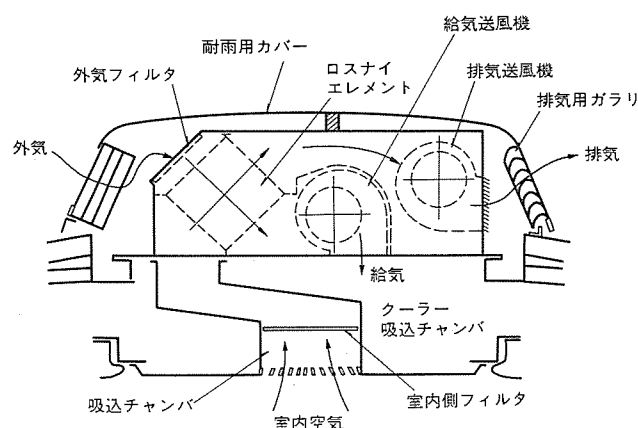


図 1. 2. 3 列車用《ロスナイ》の断面図

表 1. 2. 3 列車用《ロスナイ》LT-100 A, LT-70 A 形の特性一覧

形 名	LT-100 A ₀₂	LT-70 A ₀₂
運 転	冷暖房期運転	
周 波 数 (Hz)	60	
電 流 (A)	2.0	1.3
入 力 (W)	420	270
風 量 (m ³ /h)	1,000	700
温 度 交 換 率 (%)	73	70
エンタルピー 交 換 効 率 (%)	暖 房 時	67
	冷 房 時	65
騒 音 (ホン)	58.5	58
重 量 (kg)	111	75

冷房時エンタルピー交換効率が 65 %である。例えば車内空気が 27°C・50 %（エンタルピー 13.3 kcal/kg）車外空気が 32°C・70 %（エンタルピー 20.7 kcal/kg）の場合には《ロスナイ》無しの場合 8,880 kcal/h の換気負荷を 3,108 kcal/h まで減少させることが可能である。

また、LT-70 A 形の場合には処理空気量 700 m³/h において温度交換効率が 70 %、冷房時エンタルピー交換効率が 62 %である。したがって前記空気条件において《ロスナイ》無しの場合 6,216 kcal/h の換気負荷を 2,176 kcal/h まで約 4,000 kcal/h 減少させることができる。使用例として K 社特急列車においては、従来 4,500 kcal/h のクーラーを 1 両に 8 台搭載していたが、その内の 2 台を LT-70 A 形に置き換えたが冷房効果は損なわれず、しかも消費電力を 3/4 にすることができた（列車用《ロスナイ》の消費電力はクーラーの 1/10 程度のため）。しかも、クーラーに電力を供給するための車載の MG（発電機）の容量が小さくできたために MG が小形化し、また《ロスナイ》の重量もクーラーの重量に比べて軽量なために車両全体が軽量化され運転動力の省エネルギーにも貢献している。

また、冬期には車内空気 20°C・50 %（9.2 kcal/kg）、車外空気 0°C・50 %（1.2 kcal/kg）の場合には、外気は 14°C・49 %（6.32 kcal/kg）まで暖められて車内に供給される換気負荷を 6,720 kcal/h から 2,419 kcal/h に約 4,300 kcal/h 減ずることができ、ヒータ容量及び電源容量を 1 両当たり 8,600 kcal/h=10 kW 小さくすることが可能となった。このように列車用《ロスナイ》は夏期冷房時のみならず冬期暖房時にも大きな省エネルギー効果を発揮している（図 1. 2. 2）。

(3) 《ロスナイ》による換気

車両冷房が普及するに従って冷房効果をあげる必要から車両は密閉化されてきており、従来は窓や扉のすき間からの空気で十分換気されていたものが最近の電車では不足する場合も生じてきた。通勤電車などの場合でも満員時には駅ごと内部の空気全部が入れ替っても換気量は不足する。

したがって強制的な換気が必要になるわけであるが、一般の換気扇方式の換気では種々の問題が発生する。例えば密閉度が高い車両の場合には戸閉状態では換気量が減少し、かつ車内が負圧になるために手開時には外気が急激に吹込む。また、窓部からのすき間風やトイレからの臭気の流れ込みが発生する。外気は吸込口（窓、扉）から局部的に流れ込むのでその近辺の環境が悪化する（夏は暑く冬は寒い）。《ロスナイ》は強制的に同時給排気を行うから、換気量は変化せず安定した換気が可能である。したがって急激な外気の吹込みやすきま風、トイレの臭気などの問題も解消され、また新鮮外気をクーラー吹出口から車内に均一に供給できるため、先述した熱回収といえ

D

また、通勤電車等においては満員時に十分な換気をするに換気による熱負荷が大きくなり、冷房能力が低下するが、《ロスナイ》を用いれば換気による熱負荷が減少するので冷房能力の低下が小さくなり、同一容量のクーラーにおいて冷房効果を損なわず十分な換気ができるので、乗客の快適性が向上される。

最近は窓を全く開けられなくした車両もあり、停電時の換気が大きな問題となってくるが、このような場合にもエアーージェンシ用バッテリーを用いてインバータにより交流を作り出し《ロスナイ》を運転して十分な換気を行うようになっている。

1.2.5 む す び

今後とも、旅客サービスの向上が要求されていく上に、快適性の向上、省エネルギーは永遠の課題である。省エネルギー形ユニットクーラー及び車両用全熱交換形換気装置《ロスナイ》の二例の効果にみるように今後は車両の空調においても省エネルギー・快適性を再々改善するため、冷房容量制御にエネルギー回収、換気量調節とを取り入れた空調システムの時代になると思われる。

D

最後にAU75形ユニットクーラーの開発に関し、御指導、御協力をいただいた日本国有鉄道をはじめ日立製作所(株)、東京芝浦電気(株)関係者各位に深い謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 山口：日本鉄道技術，14，No. 9，p. 37 (昭46)
- (2) 和栗，杉山：三菱電機技報，48，No. 5，p. 570 (昭49)

2. 自動車交通

星 川 光 清*

自動車交通において消費されるエネルギーは、原動機である内燃機関の効率によるほか運行条件によっても大きく変動する。省エネルギーのためには、運行条件に関しては、頻繁な発進停止、急激な加減速、無駄走行をさけることが有効であるが具体的には、

- (1) 流れの円滑化
 - ・交通管制システムによる信号機の集中管理
 - ・自動車専用道の拡充・整備、道路交通情報の充実
 - (2) 急加減速の回避
 - 運転手の教育、記録計搭載による管理、エコランシステム
 - (3) 無駄走行の回避
 - ・計画運行によるトラックなどの空荷運転防止
 - ・磁気コンパス、車・道路間の対話によるルートガイダンス
- などがあり、既に多くの論文が発表されている。

一方、自動車本体は生産量世界一に象徴されるように、燃費の点で日本車は最高水準にあるが、走行性能、快適性を両立させるために、マイクロプロセッサを利用した制御回路が多く取入れられ、当社も電機メーカーの立場から新製品開発に協力している。本稿においては、自動車搭載機器に関する最近の成果とともに道路トンネルの換気制御盤における省エネルギーについて紹介する。

* 本 社

2.1 自動車の代表的な燃費改良技術

三 木 隆 雄*

2.1.1 ま え が き

現在考えられている代表的な燃費改良技術を表2.1.1に示す。車体重量の軽減は、走行性能を向上させる手段として古くから取上げられている部品メーカーの最大課題であったが、同時に省エネルギーの有効な手段であり、機器の高速化と制御部のハイブリッドICの採用などによって年々改良が図られている。

エンジンの負荷の状態に応じて常に完全燃焼させるために、当初排気ガス対策として導入された電子制御式燃料噴射装置は当然ながら燃焼効率向上に有効であり、排気ガスエネルギーを利用したターボチャージャーとともに省エネルギーの一環を担っている。多気筒機関の部分負荷運転時に一部の気筒の吸排気弁を閉じて充てん(墳)効率を、また流体継手を直結して動力伝達効率を上げることは、省エネルギーにつながるが、過渡時の衝撃の大きいことが欠点であったが、電子回路技術の進歩がこれを克服して実用化の域に入った。

表2.1.1の4項以下は電気的な制御をほとんど含まないので、自動車部品としての出番はないが構造設計面にコンピュータが貢献している。

2.1.2 ECI ターボ

エンジンの吸気系に装着した圧縮機を排気タービンで駆動して排気エネ

表 2.1.1 1980年代の燃費改良技術

技 術 内 容	改 良 効 果
1. 重量軽減 (小形化, 材料代替, その他)	10%軽量化により 8%燃費改良
2. エンジンの改良 ・ 点火機関のエンジン効率向上 (a) 最適コントロール (b) エンジンの特性 ・ 代替機関 (a) ディーゼルエンジン (b) PROCO ・ ターボチャージング	1~3% 0~20% 25% 20% 5~10%
3. トランスミッション改良 ・ トルクコンバータ (現3段トルコンとの比較) (a) ロックアップトルクコンバータ (b) 3段ワイドレシオ (c) 4段ワイドレシオ (d) 効率向上 (e) エンジン, トランスミッションの最適マッチング (f) 4段ロックアップトルクコンバータ ・ オーバードライブ付5段ミッション	3~6% 2% 5% 1~2% 1~2% 8~11% 5%
4. 潤滑油の改良 ・ クランクケース (a) 粘度低下 (b) 摩擦減少 ・ リヤアクスルオイル粘度低下	1% 1% 1%
5. 摩擦損失の低減	1~4%
6. タイヤの転がり抵抗の減少	5%
7. 空気抵抗の減少 ・ ボデー再設計 ・ 追加装置	5% 3%

** 姫路製作所

ルギーの回収により、高密度の空気をシリンダに入れる。小形エンジンで高出力がでるため、軽量化でき、またエンジン部分の摩擦損及びポンピングロス低減などにより表2. 1. 2で示す通り大幅な燃費の低減が期待できる。我が国で市販されているターボ車はエンジン制御系の設定が出力重視になっているため燃費改善はせいぜい5%どまりである。

図2. 1. 1は三菱自動車工業(株)と共同開発したシステムである。エアクリナー内に装着したエアフローセンサでエンジンの吸入空気量を測定し、吸入空気量に比例した燃料をインジェクションミキサー内へ噴射する。この燃料量は冷却水温、吸気温、アクセルのふみ込み速さ、ターボチャージャの過給圧をマイクロコンピュータで演算して決めるようになってい

る。この系での特長はカルマン渦エアフローセンサにより吸入空気量に比例した噴射回数で噴射し、高過給圧域では半導体圧力センサの出力で燃料量を制御し、最適燃料量を決定する。またターボ車では吸入空気密度が高いためノッキングが起こりやすい。点火時期はノッキング直前まで進めるのがエンジンの効率上望ましいので、この要求を満たす

表 2. 1. 2 同一出力エンジンによる過給の有無と燃費比較

	1.6 l 過給	2.2 l 無過給
車両慣性重量 (IbS)	3,000	3,070
出力 (HP)	100	103
燃費		
シティ (mpg)	26	18
コンバイン (mpg)	33	22
排ガス		
HC (g/mi)	0.12	0.18
CO (g/mi)	3.4	2.4
NOx (g/mi)	0.7	0.4

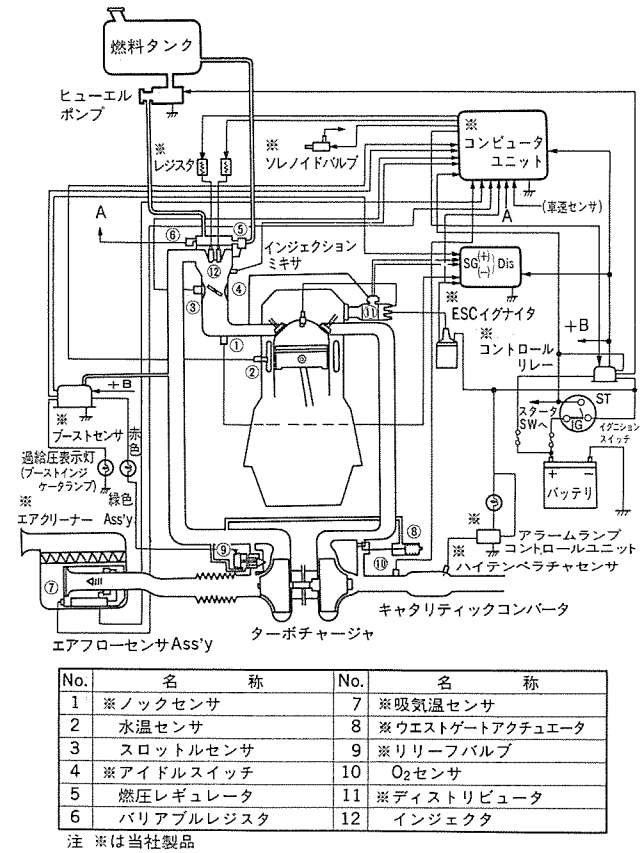


図 2. 1. 1 ECI ターボシステム

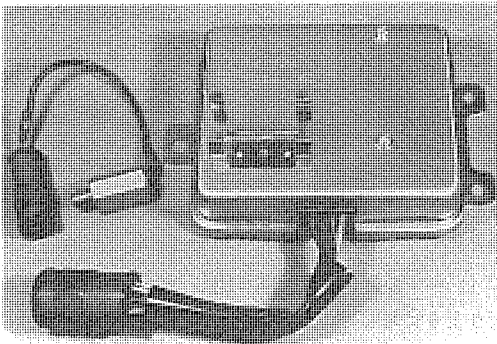


図 2. 1. 2 ESC イグナイタとノックセンサ

ためESCイグナイタがある。これはエンジンがノックすると、ノックセンサ(セラミック圧電体)の発生電圧が許容値を越える。この信号はESCイグナイタに入り、ノックの大きさに比例した点火時期の遅延が起きるようになりノックの発生を抑える。図2. 1. 2はESCイグナイタとノックセンサを示す。またターボチャージャ付エンジンでは排出ガス量が増加すると吸入空気量が増加するため、小容積・大馬力形になり、熱負荷上好ましくない。したがって適当な出力域でターボチャージャの入力を制限するウエストゲートアクチュエータが設けられる。

2. 1. 3 MDエンジン方式 (Modulated Displacement Engine)

自動車の走行状態を分類すると次のようになる。アイドリング、加速、定速、減速、このうち加速を除くとエンジンは低出力で働く。ガソリンエンジンは低出力のとき、ポンピングロスが大きく効率が低下するので、この状態では2気筒運転を行う。次に加速状態又は高速走行では高出力が必要になるから4気筒運転を行う。これがMDエンジンである。このように作動気筒数を選択する方式では低速走行の多い10モード運転では4気筒運転車に比べ25%の燃費向上になる。この方式を実用車に適用するため2気筒、4気筒の切換えは走行条件、エンジン条件をコントロールユニットに入力して、電子回路で判断させる。

図2. 1. 3はこのコントロールシステムを示す。コントロールユニットはエンジン冷却水温が70℃以上でアイドリング、減速時低負荷走行(4速で70 km/h以下)で弁停止装置へ信号を出し、オイルコントロールバルブを操作して4気筒のうちの2気筒の吸排弁を閉じる。したがって2気筒運転になる。これ以外の条件すなわち低温時及び70 km/h以上の走行又は急加速時には4気筒運転となる。図2. 1. 4はこの方式のコントロールユニットとオイルコントロールバルブを示す。

2. 1. 4 ELC (Electronic Control Automatic Transmission)

運転が楽なトルコン車は米国でほぼ90%、日本で30~40%の普及率をみている。トルコンは発進時や加速時にトルクを増加させる、エンジンの回転変動を吸収するなどの優れた効果がある反面、スリップによるエネルギー損失が大きく、手動変速機に比べ10~15%の燃費低下がある。スリップ損失を低減させるため、最近米国、日本においてトルコンが不必要な走行状態ではトルコンをロックアップする方式が採用されるようになった。しかしこの方式でも都市内走行のような低速域ではエンジンのトルク変動がそのまま変速機に伝わるため振動が大きくて直結できず、スリップ損失がそのまま残されている。

ELC方式はトルコン内にダンクラッチをおき、ダンクラッチの接合力

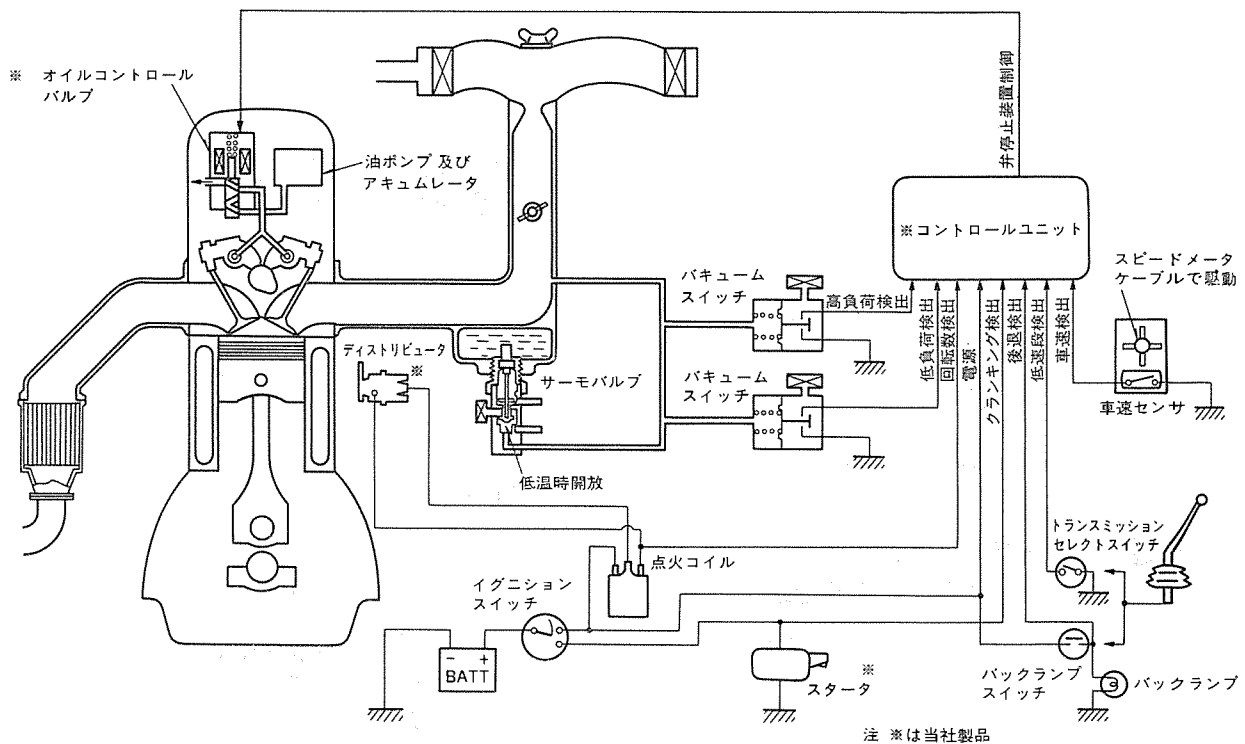


図 2. 1. 3 MD エンジン 制御 システム

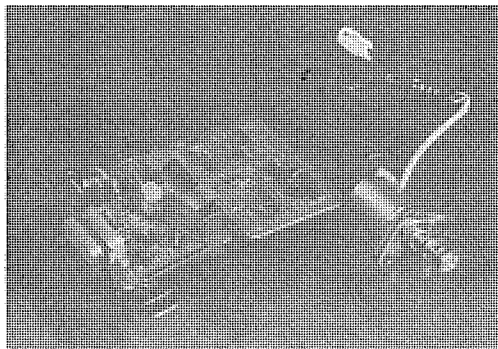


図 2. 1. 4 MD エンジン 制御 システム の コントロールユニット と オイルコントロールバルブ

を車速とエンジン負荷に応じた最適の値にコントロールして微少スリップを与えトルコンの損失を最小にして燃費の向上を図るとともに、エンジンのトルク変動を吸収して乗心地を向上させたものである。この方式の採用により代表的な都市内走行を示す10モード燃費で、従来のトルコン車に比べ約8%向上が認められている。

図 2. 1. 5 は ELC システム 構成図を示す。オイルポンプからの油圧は調圧弁で一定圧力に調圧され油圧制御弁に加えられる。油圧制御弁の右端は圧力ピストンになっており、この圧力をコントロールユニットの出力で制御されるデュティソレノイドバルブで調整し、ピストン位置をかえる。ダンパクラッチは実線の経路で油圧がかかるとクラッチが結合状態になりトルコンの滑りが小さくなる。また点線のように油圧を加えるとダンパクラッチは離れるか又は滑りが大きくなる。離れるとエンジン側の動力はすべてトルコンを介して遊星歯車に伝えられるので従来のトルコン車と同様になる。コントロールユニットは、図 2. 1. 6 で示すダンパクラッチ作動域で動作するようにし、図の斜線内で、更にエンジン負荷と回転数とで定まる最適のスリップ量をコンピュータのメモリに記

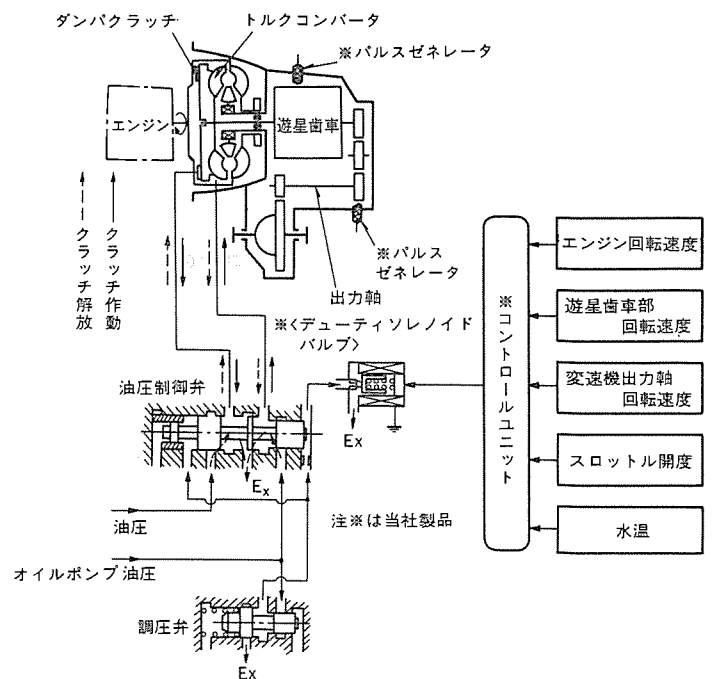


図 2. 1. 5 ELC オートマチックトランスミッションシステム

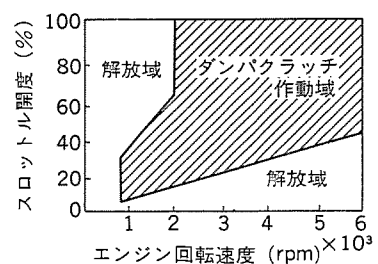


図 2. 1. 6 ダンパクラッチ 作動域

憶させ、この値に従って細かくコントロールする。またこの装置ではエンジン冷却水温 50℃ 以下及び 1 速、バック時はダンクラッチを開放している。

2.1.5 む す び

以上 3 種類の代表的な自動車用パワープラントの省エネルギー機器について説明したが、これらの例でみられるように自動車の燃費向上のための機器は単独で効果があるものではなく、システム構成の重要部分として周辺機器を有機的に働かせ、自動車の燃費改善と商品性向上を両立させるものである。内燃機関及び変速機の効率の向上、効率的な運転を教示させる表示など自動車の効率向上のためのコンピュータ機器はますます発展しよう。

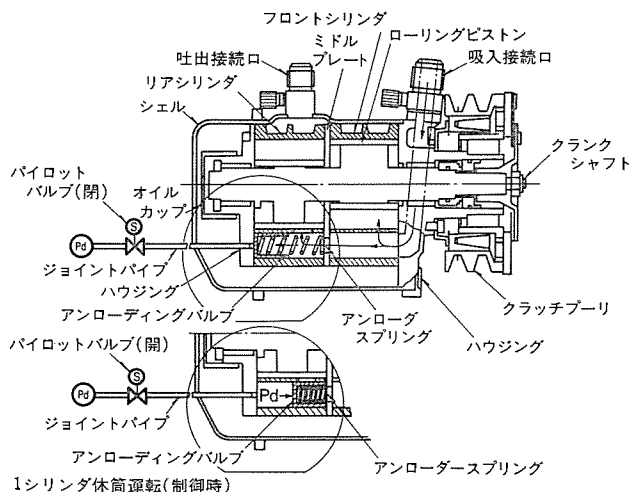


図 2.2.1 容量制御形 SAC 439 圧縮機の外観と構造

2.2 省燃費カーエアコン “ツインロータリシステム”

勇内和秀*・藤崎修二*・川崎勝行*

2.2.1 ま え が き

近年におけるモータリゼーションの発展とともに、カーエアコンの成長はめざましいものがあり、カーライフにおける快適性を高め、今や車の必需品となっている。一方、カーメーカーでは省燃費指向が強まり、車の小形化・軽量化・FF車化の流れの中で、カーエアコンにも強く容量制御方式による省エネルギータイプの開発が望まれている。

そこで当社では、本格的な省燃費を実現する可変気筒式カーエアコン“ツインロータリ”を開発した。ローリングピストン式圧縮機の特長を生かし、マイコン制御によるこのシステムの概要を紹介する。

2.2.2 消費動力面からみたカーエアコンの特長

一般にカーエアコンでは、圧縮機はエンジンよりベルト駆動で回転するので、高速時は必要冷房負荷に関係なく圧縮機は過大な能力を発揮する。この高速時の冷房能力調整はラジエータ温水を使用した冷暖気混合方式による燃料浪費形である。また快適性重視のため低速側能力の増大を図るため大容量の圧縮機が搭載され、ますますその損失は大となる。

また、熱交換器・膨張弁などがその回転幅に追従しえず、冷凍サイクルとして運転効率が低下する方向に条件が変化する。すなわち、カーエアコンでは高速回転時に圧縮機の能力を制御し、運転効率が高い運転条件を得ることが省燃費達成のポイントといえる。

2.2.3 容量制御形カーエアコン用圧縮機“SAC 439”

当社では、各形式の圧縮機の中でも優れた容積効率（小形・軽量化ができる）と運転効率を有するローリングピストン式圧縮機をカーエアコン用として開発・量産を行っているが、今回 2 気筒ローリングピストン式ロータリ圧縮機を開発するとともに、2 気筒構造を活用し運転気筒数可変方式による容量制御形圧縮機を開発した。図 2.2.1 に構造、図 2.2.2 に外観を示す。

今回開発した“SAC 439”は、同一押しのけ量（53.2 cc/rev.）を持つ圧縮要素（シリンダ、ローリングピストン、ベーンなど）をクランク軸に対し直列に結合した構造を有する。そして、二つの圧縮要素のうち片

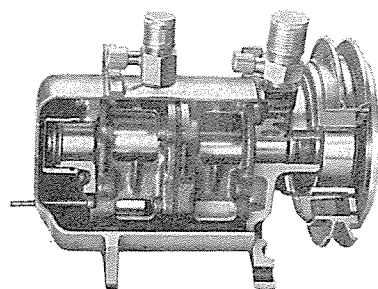


図 2.2.2 カーエアコン用ローリングピストンタイプ“ツインロータリ”コンプレッサ SAC 439

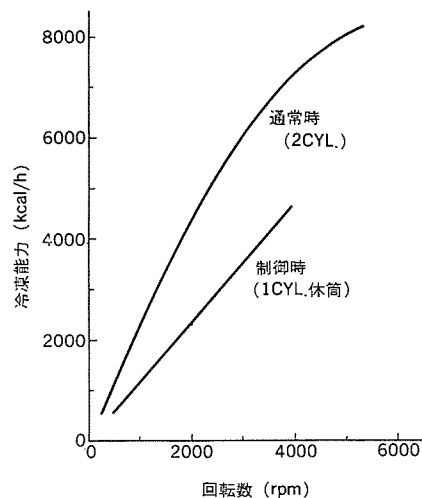


図 2.2.3 SAC 439 能力特性

方の圧縮要素への吸入冷媒ガスをアンローディングバルブの作動により遮断して、理論的に 50 % の容量制御が可能である。このアンローディングバルブは吸入冷媒の流れに対し下流側のシリンダの吸入室にスプリングとセットで設置し、高圧を開閉するパイロットバルブ（圧縮機外部に設置）の作動により、アンローディングバルブの前後の圧力差とスプリング力とで左右に移動することで、シリンダの吸入ポートを開閉する。すなわち片方の圧縮要素への吸入ガスの供給を制御することができる。

この圧縮機の標準条件における運転特性を図 2.2.3、図 2.2.4 に示す。図 2.2.3 で示したとおり、能力のセーブ率に対し入力の特徴セーブ率が 5～10 % 低いことが分かる。すなわち圧縮機単体では成

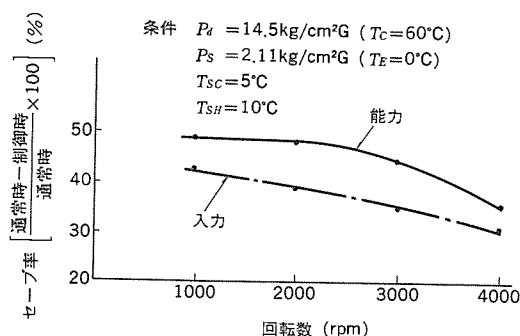


図 2. 2. 4 SAC 439 休筒運転時特性

績係数が5～10 %低くなるが、これは同一条件で運転したためで、システムに組込んだ場合には圧縮機の制御有・無では運転条件が大きく変わり、容量制御により省燃費となることが確認されている。

なお、能力のセーブ率に比べ入力のセーブ率が低くなるのは、圧縮機の所要動力のうちガス圧縮仕事は能力セーブ率に対応して低減するが、機械損失などは制御時に余り減少しないためと考えられる。

2.2.4 “ツインロータリ”容量制御システム

今回開発したシステムは、前述の容量制御形圧縮機と制御部を従来のカーエアコンシステムに載せるだけで、簡単に省燃費と快適性が実現できる容量制御システムに替えることのできるものである。

制御部はマイコンを利用して、車内外温度、日射量、吹出温度などによりクラッチ、電磁弁（休筒運転を行わせる）、車内送風量を制御するオートエアコンタイプから、制御を簡略化した小形軽量省燃費システムによる一般大衆車用エアコンのグレードアップを図るなど幅広い適用が考えられる。図2.2.5にこのシステムによる特性を示す。この図において注目すべき点は、冷房能力/入力(kcal換算)の比であるCOPの値が休筒運転の方が高いということである。このことは負

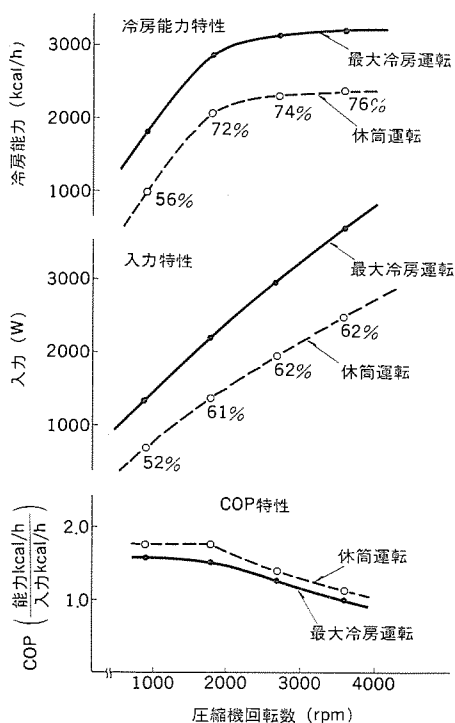


図 2. 2. 5 “ツインロータリ”システムデータ（ユニットチャンパテスト JIS に準ずる）

荷側の冷房負荷が小さいとき、休筒運転を行った方がより効率の高い冷房運転ができることを示している。ところで実際の車内冷房においては、車内が所定の温度に下がるまでは最大冷房能力を必要とするが、車内が所定の温度に達するとその冷房負荷は休筒運転による冷房能力で十分であり、実使用面からも休筒運転が使われる場合が多く、このシステムによる省燃費が実証されている。

2.2.5 “ツインロータリ”容量制御システムの特長

このシステムには以下のような特長がある。

- (1) 省燃費 : 可変気筒式で負荷により稼働気筒数を変える。
- (2) 快適性 : コンプレッサ ON-OFF ショック が小さい。吹出温度変化が小さい。
- (3) シンプルなシステム : 部品点数少なく従来の冷媒回路で実現
- (4) 低騒音・低振動 : ツインロータリ方式により達成
- (5) 小形軽量

2.2.6 む す び

休筒方式による“ツインロータリ”容量制御システムは、省燃費、軽量化というこれからの時代の要求にあったカーエアコンシステムであり、今後の展開が注目されている。当社としても、より一層のシステム開発に努力し、より多くの車への装着を目指す所存である。

2.3 道路トンネルの換気制御

中堀一郎*・渡辺秀雄**

2.3.1 ま え が き

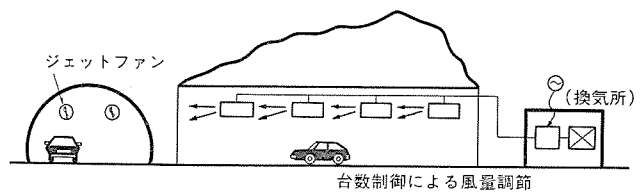
道路トンネルの設備には非常施設、照明施設、換気施設などがある。これらのうち換気設備の消費電力量が最大であり、トンネル総消費電力量の70～90 %に相当する。したがって長期間で見れば換気制御方法の良否が維持経費に大きな差をもたらすことは明らかである。そこで、本稿では換気設備の省エネルギー運転を実現するトンネル換気方式の概要とその省エネルギー効果を述べる。道路トンネル交通においては安易に省エネルギーのみに着目し、ドライバーの安全性・快適性を犠牲にすることは許されない。常にこの立場から恵那山トンネルにて確立した換気制御方式に改良を加え、換気機の選定、センサや信号伝送システムの検討、並びにシステム構成の見直しを行い、あらゆる角度から運転コストミナムの実現を図っている。

本稿で述べるトンネル換気制御の省エネルギー対策以外に下記のようなものがあるが項目の列挙に止める。

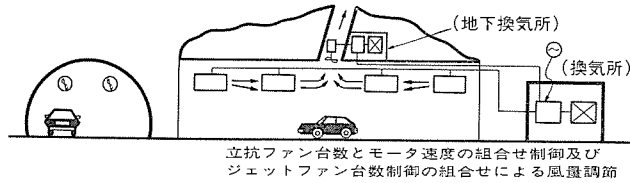
- (1) 上り・下りトンネルを分離し、一方通行として車両のピストン効果による交通換気力を有効に活用した縦流換気方式（図2.3.1参照）。
- (2) 立坑又は斜坑のある長大トンネルの低交通量時の換気を換気ファンを停止したまま、ダンパを開き立坑・斜坑の煙突効果によって行う。

2.3.2 トンネル換気方式と要求換気風量の確認

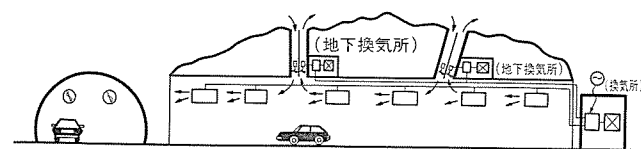
トンネル換気方式はトンネル延長、交通条件により有効かつ経済的な方式が選定される。また要求換気風量は有害物質の発生量を算出し、



(a) 縦流換気方式



(b) 立坑集中排気縦流方式



(c) 立坑集中送・排気縦流方式
(対面通行の場合 ジェットファン を付属)

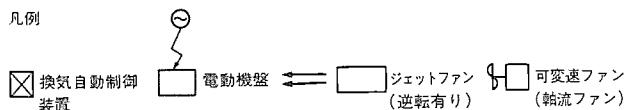


図 2.3.1 トンネル換気方式

トンネル内濃度の基準値、各種補正値から求める。省エネルギーから見た換気制御を述べるに先立ち、確認する事項を下記する。

(1) 換気方式

(a) 縦流換気方式 (図 2.3.1(a) 参照)

ジェットファンをトンネル天井に取付け、台数制御により風量調節を行う方式で、自然風の方や車両の走行方向から正転・逆転の選択を行い、車両のピストン効果も併せてトンネル内に縦流を作り換気をする。

(b) 立坑集中排気縦流換気方式 (図 2.3.1(b) 参照)

立坑に設けた軸流ファンにより集中排気を行う方式で、自然風や車両の流れがあっても常にトンネル中央に向う縦流を得るために、トンネル天井にジェットファンを取付け、軸流ファンの速度・台数とジェットファンの台数の組合せで風量調節を行う方式である。

(c) 立坑集中送・排気縦流換気方式 (集塵機付き) (図 2.3.1(c) 参照)

長大トンネルで換気区画を複数に分ける必要があつて、立坑・斜坑に軸流ファンを設け送・排気を行う方式である。ジェットファンをトンネル天井に取付けるのは、対面通行のトンネルのみで、一方通行のトンネルでは通行車両のピストン効果を見越して取付けないのが普通である。

(2) 換気風量の決定条件

換気制御を行うに当たって換気風量を決定しなければならないが、そのための確認すべき具体的条件は下記のとおりである。

(a) トンネル換気構造及び換気方式

(b) 設計交通量とディーゼル車混入率 (ディーゼル車とガソリン車の台数比率)

表 2.3.1 排ガス濃度規制値⁽¹⁾

道路種別	1種, 2種	3種, 4種
規制項目		
CO 値 (ppm)	100	100
VI 値 (100m 透過率) (%)	50	40

(c) 交通換気効果 (mmAq)

(d) こう(勾)配・標高補正率

(e) 平均排ガス量指標 (m^3/km) 及びトンネル内汚染度の基準値

これらの中で特に最後の条件は、換気制御の良否を評価する指標となるものである。自動車の排ガスに含まれている CO は一酸化炭素中毒をおこし、また煤煙はトンネル内の視距離を左右する要因となる。視距離は車速、光源の種類、路面照度によっても左右されるが、普通煙霧透過率・VI (Visibility Index) にて表される。CO・VI の規制値には日本では表 2.3.1 の値が採用されている。

2.3.3 換気制御における省エネルギー

省エネルギー運転の基本は要求換気量の適確な把握と適正風量の調節にある。ここでは従来の各種換気方式の問題点・欠点をクリアにし、最適風量制御を実現できるソフトウェアの概要と省エネルギーとの関連について述べる。

(1) 換気制御精度の向上による省エネルギー効果

(a) 換気の自動制御

通行車両台数によって常に変動する排ガス量に対し、最低コストでトンネル環境を最適に維持するため、換気風量を自動制御する必要がある。換気に必要な電力は図 2.3.2 に示すように換気風量

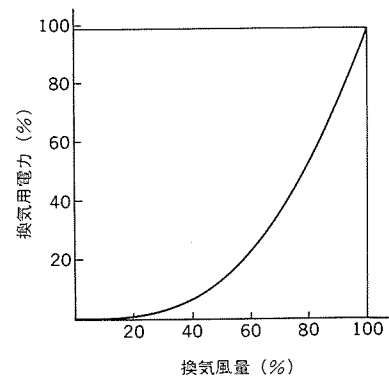


図 2.3.2 換気風量と換気用電力の関係

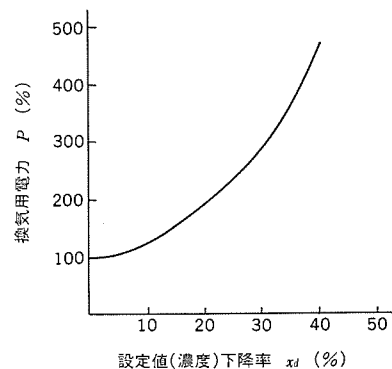


図 2.3.3 設定濃度の下降による換気用電力増加⁽¹⁾

のほぼ3乗に比例する。したがって適正風量よりも過大な換気を抑えなければ、所要電力費の大幅な上昇を招くことになる。また設定値と基準値との差と換気に要する電力費との関係は図2.3.3に示すように設定濃度下降率の3乗に比例する。

すなわち風量の自動制御の方法及び制御精度はトンネル内汚染濃度変動を左右する。制御精度が悪く濃度変動が大きければ、規制値を越えないように濃度制御の設定値を許容基準濃度よりかなり下げておく必要がある。この処置は過大な換気傾向を余儀なくさせる。制御精度が高くトンネル内汚染濃度変動が少ないほど、設定値を基準汚染濃度に近づけて運転できることになり、適正換気量が得られることになる。

(b) 換気の自動制御精度の向上対策

(i) 汚染濃度フィードバック制御

トンネル内のCO濃度及び煙霧透過率(VI)を基準値以下に保持するため、これらの計測値と設定値との差分信号から換気風量ノッチを選定する。この計測値は交通現象の後追い状態であり、また一方換気制御効果の遅れ時間があることなどからハンチング現象は避けられない。これは以下の機能でカバーする。

(ii) 交通流予測フィードフォワード制御

換気予測制御の基礎となるトンネル内交通量予測を、トンネルの上流側約10km地点と下流側トンネル坑口のトラヒックカウンタによる交通流時系列計測データを時々刻々システムに入力し、その相関から得られる*ARMAモデルを想定して行う。この予測交通量に基づきトンネル内排ガス量を求め換気量を決定する。すなわち従来曜日・天候条件によりあらかじめ交通流パターン数種類を決めておき、その中からその日の条件に合った交通流パターンを選び制御していたが、このシステムではその規範となる交通流パターンを更にオンラインで修正を加え決定する。

(注) *ARMAモデル(Auto Regulative Moving Average: 自己回帰移動平均モデル)

時系列データの相関分析により得られる線形回帰モデルの一種。

(iii) 積分機能特性をもたせたレギュレータ制御

予測誤差や車両1台当たりの排ガス量パラメータの相違などから生じるトンネル内汚染濃度の基準値よりのオフセットを吸収するため、積分特性を持たせる。この最適レギュレータ制御のブロック図を図2.3.4に示す。

(2) 換気制御方式と省エネルギー効果

換気制御方式は段階制御方式と連続制御方式に大別される。連続的に変化する要求換気量に対し、適正な風量を得られる連続制御方式が省エネルギーの面から見て望ましいことは明白である。しかしこの

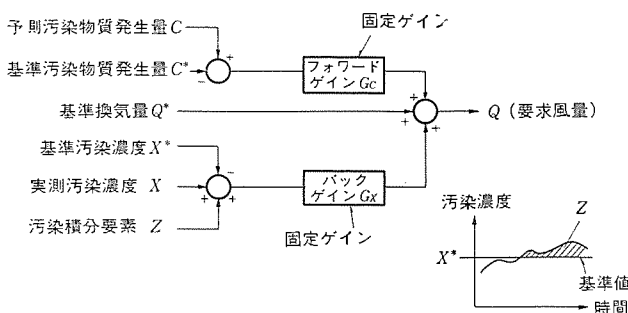


図 2.3.4 最適レギュレータ制御方式

表 2.3.2 風量ノッチ例

風量ノッチ段階	1号排風機		2号排風機	
	高 速	低 速	高 速	低 速
0	—	—	—	—
1	—	○	—	—
2	○	—	—	—
3	—	○	—	○
4	○	—	○	—

注 一: 停止 ○: 運転

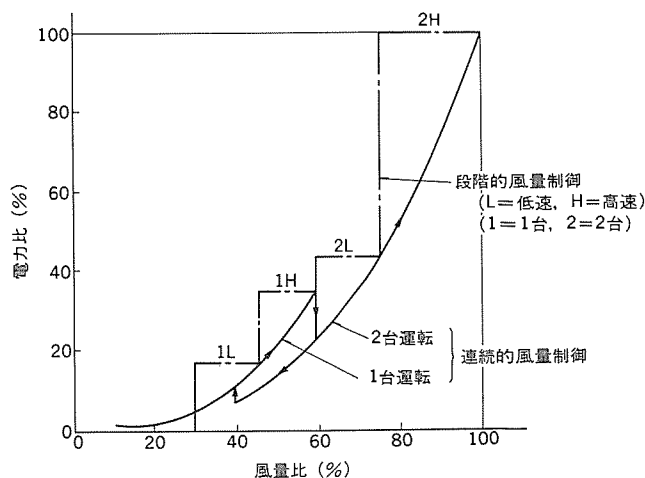


図 2.3.5 連続的と段階的風量制御の動力比較⁽¹⁾

方式は制御系及び換気機系の設備費が、段階制御方式に比べ多少大きいと見られる。長大トンネルへの適用例が多い。

(a) 段階的風量制御

段階的に風量制御を行う方法として下記のものがある。

- (i) ファン の運転台数を変える(単一速度・複数台ファン)。
- (ii) ファン回転数と運転台数とを変える2方式の組合せ(2～3段階可変速度・複数台ファン)。ファン回転数と運転台数との組合せ例を表2.3.2に示す。

(b) 連続的風量制御

連続的に風量制御を行う方法として下記のものがある。

- (i) ファン回転数と運転台数とを変える2方式の組合せ(連続可変速度・複数台ファン)。
- (ii) 換気ファンの動翼ピッチと運転台数とを変える2方式の組合せ。

トンネルファン用電動機は速度制御には、極数変換か多形電動機(段階速度制御)及びサイリスタ電動機・VVVF電源付か多形電動機(連続速度制御)が適用される。

(c) 制御方式と換気電力費の関係

段階的風量制御で要求換気量に対応する場合は、常に1ランク上の過大な風量ノッチを選定することになる(図2.3.5参照)。それに対し連続制御は要求換気量に見合った適正な風量にて運転することができる。したがって段階制御時の要求換気量を超える過剰分の節約が図れる。

(3) 換気周期と省エネルギー効果

トンネル内の刻々変化する交通量と汚染濃度に追従して換気風量も調

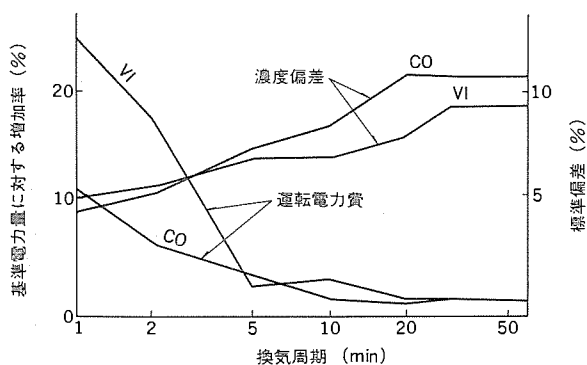


図 2. 3. 6 換気周期／電力特性⁽²⁾

節する場合、換気量決定の演算ロジックの機能、換気設備の性能限界、制御効果の遅れ、交通流予測精度などから、最適制御とするための換気制御周期は5～10分であることが既存のデータ解析より計算されている(図2.3.6参照)。すなわち換気周期を短くすれば汚染濃度の標準偏差は減少するが電力量が大きくなる。換気周期を長くすれば逆に標準偏差は大きくなる。換気周期5～10分以上では、換気周期60分の場合に比べ電力量はほぼ等しいが汚染濃度の標準偏差は約1/3に減少している。

2.3.4 む す び

以上のべた換気制御を行うためのハードウェアは、トンネルの規模や交通量によって機能分散形、機能集中形及び機能混合形(監視・操作機能集中形と制御・調整機能分散形)がある。システムを構成するコンポーネントとその分担機能はそれぞれに異なるが、混合形を例に紹介する。中央演算処理制御装置はトンネル全体のデータ処理・上位系としての状態把握・管理を行うものとして《MELCOM 350-50シリーズ》を、伝送処理装置は各種プラントデータの収集、監視・制御信号の伝送処理を行うものとして《MELFLEX 400シリーズ》又は《MDWS-30シリーズ》を、計装制御装置は制御・調整機能分散時の下位系の設定値制御やシーケンス処理を行うものとして《MACTUSシリーズ》を、主換気機は軸流ファン用電動機及びその速度制御装置として可変速電動機シリーズ“CS モータ”、“TRAC”(VVVF)システムなどがあ

る。換気構造・換気方式によってそれぞれ換気風量演算処理ロジックは異なっても、換気制御方式の基本は本稿で述べた最適レギュレータ制御を適用することができるため、省エネルギー効果はいずれの換気方式についても実現することができる。

参 考 文 献

- (1) 建設電気技術協会：トンネル換気制御の設計指針
- (2) 植木・中堀・前田：長大道路トンネルにおける新しい換気制御法，土木学会論文報告集，No. 265 (昭52)

3. 海上交通

富永隆弘*

船舶運航エネルギーの100%を石油系燃料に依存している海運界にと

って、原油価格高騰への対応は、今後の明暗を分ける重大問題である。このため船舶の省エネルギー対策として新造船については船型及びプロペラの改良、ディーゼル機関の燃費改善、低質燃料油の使用並びに廃熱回収システムの採用など、また既存船では減速運航やタービン船主機をディーゼル機関に変える「主機換装」工事などが挙げられる。

なかでも数年来世界的に数多く実施された主機換装は、船舶省エネルギー問題を象徴する未曾有の事象であった。船用電気設備としては、まず推進用ディーゼルの排気ガスを利用したタービン発電装置及び主軸駆動発電システムの採用があげられる。次いで推進プラントの総合的な運転効率の改善のための制御監視装置もまたエネルギーの浪費を省く有効な方策となっている。

以下、船舶の省エネルギーに関する最近の当社の船用電機品を紹介する。

3.1 主軸駆動発電システム

坪井英二*・森島守人*

3.1.1 ま え が き

最近の船舶の運航費に占める燃料費の割合は40%以上にも達しており、これに対処するための省エネルギーが省力化とともに目下の船舶における重要課題である。そして、この省エネルギー対策は、推進用主機関及び発電機関の低燃費化を中心として強力に進められている。すなわち船型の改良、経済的な船速による運航、プロペラの低速大径化、ディーゼル機関の燃料消費率改善など各種の対策がとられている。

一方、発電装置における省エネルギー対策としては、ディーゼル主機の排気熱を回収してタービンを駆動する排ガスタービン発電システムがあり、主機関により発電機を直接駆動する主軸駆動発電システム(以下軸発電システムという)がある。軸発電システムとしては、主軸に発電機を直結するだけの方式が以前から採用されていたが、船速及び海象状況による主軸回転数に応じて周波数が変動し、良質な電源ではなかった。しかし最近のパワーエレクトロニクスの進歩によりサイリスタインバータ式軸発電システムが船舶にも応用され、主軸の回転数変動しても一定の周波数の供給が可能となった。このサイリスタインバータ式を中心に軸発電システムについて紹介する。

3.1.2 軸発電システムの概要

軸発電システムは推進エネルギーの一部を発電用として利用するもので、いくつかの方式がある。軸発電システムを大別すると、可変ピッチプロペラ形(CPP形)と固定ピッチプロペラ形(FPP形)からなり、表3.1.1に示す方式がある。CPP形は、船速を変えても主軸の回転数がほぼ一定に保たれるので、通常の同期発電機の出力をそのまま使用できる。したがって発電装置だけを考えた場合、安価な構成となり実績も多い。しかし船全体として考えた場合のデメリットとして、

- (1) プロペラ周りのコストが高くなる。
- (2) 周波数変動は静水域でも $\pm 2\%$ 程度を見込む必要がある。また、海象・操舵(舵)などの外乱を受けるので、他機との並行運転は切替時だけしかできない。軸発電機の周波数変動にディーゼル発電機

表 3. 1. 1 軸発電システムの種類

プロペラ	発 電 機	周 波 数 変 換 方 式
CPP 形	同 期 発 電 機	な し
EPP 形	同 期 発 電 機	M-G 変換式
		サイリスタインバータ式
		電磁接手
		流体接手
		油圧モータ
		無段変速歯車
	誘 導 発 電 機	セルビウス式
		二次直接励磁式

のガバが追従できないため負荷変動が大きく、連続的な並行運転は実用に供しがたい。

などが挙げられる。

一方、EPP 形は船速に応じて主軸の回転数を変えるため、同期発電機を主軸に直結しただけでは、通常航海中でしかも海象が安定しているとき以外は、そのまま船内電源として使用できない。主軸の変動による可変周波数、可変電圧の交流発電機の出力をサイリスタインバータによって定周波、定電圧の交流に変換する方式とすれば、主軸の回転数変動に対しても安定な電源を供給できる。この方式は電磁接手、油圧モータなどと異なり、低速回転でもエネルギー変換にむだがなく効率が良いことから、軸発電システムの主流として発展しつつある。

3. 1. 3 軸発電システムによる省エネルギー

軸発電システムを装備した場合、次のようなメリットがある。

(1) 燃料費の節減

低質廉価の C 重油を燃料とする主機関と良質高価の A 重油、又は AC ブレンド油を燃料とする発電機用エンジンの燃料費の差額が節減される。また馬力当たりの燃料消費率も発電機用エンジンの約 150 g/Ps・h に対し、大出力の主機関は約 130 g/Ps・h と少なく、更に主機関の場合発電機の負荷が低減してもエンジンの効率低下がないなどの長所もある。ただし軸発にパワーを供給した分だけ推進出力が低下し、船速も落ちるが、ごくわずかであると報告されている⁽¹⁾。

(2) メンテナンス費用の低減

航海中に独立の発電機を運転しないので、機関部のオペレーションが簡略化される。更にトータルの運転時間も短くなるため、オーバーホールその他のメンテナンス費用が大幅に低減される。

(3) 発電機用エンジンの合理化

発電機が 3 台以上装備される船においては、軸発を装備すれば発電機用エンジンを 1 台減少できる場合もある。また航海中に発電機用エンジンを運転しないため騒音低減の効果もある。

(4) 電動機運転による効果

サイリスタインバータ式の場合軸発電機を電動機としても使用できるため、主機故障時の緊急帰港用として主軸を駆動することも可能となり、運航の信頼性を向上できる。

次に軸発電システムの経済性については、燃料費の節減及びメンテナンス費用の低減で得られる利益と軸発電設備の初期投資額の比較によって判断される。現在主機及び発電機用ディーゼルの燃料は粗悪化が進んでおり、燃費の差を正確に把握することは難しいが、A 重油 7 万円、C 重油 5 万円として、800 kW 出力について年間 7,000 h の運転で節約される燃料費は次のようになる。

A 重油の場合	8,820 万円/年
AC ブレンド油の場合	7,560 "
C 重油の場合	5,460 "

となり、C 重油を使用すれば、A 重油と比較して 3,360 万円/年、AC ブレンド油 (AC 比 5 : 5 の場合) と比較して 2,100 万円/年と大きな燃料節減となる。しかし、現在発電機用ディーゼルもこの軸発電システムの省エネルギー効果が大きいことを示している。

3. 1. 4 軸発電システムの特性

(1) システム構成

サイリスタインバータ式の軸発電システムは、軸発電機、周波数変換器及び同期調相機から構成される。同期調相機は、インバータの転流に必要な無効電力及び負荷に必要な無効電力を供給し、インバータの出力電圧、出力周波数の制御を行っている。

同期調相機を単独設置する場合、インバータによる低周波自己始動方式とし、誘導電動機直結の始動方式と比べて据付スペースの低減を図っている。

(2) 出力特性

主軸の回転数の変動範囲は 60~110 % を標準としているが、GL (ギャーマンロイド) 規格では 75~100 % の範囲を規定している。並行運転については、ディーゼル発電機と同じガバ特性をもたせ、通常の発電機と同様なオペレーションができる。

(3) 軸発電機の構造

軸発電機は主軸に回転子を直接搭載する中間軸方式とギヤを介して増速するギヤ増速方式がある。中間軸方式の場合 100 rpm 前後と低く、発電機のフレームサイズが大きくなるが、固定子を 2 分割構造としてメンテナンスを容易にしている。

(4) 信頼性テスト

昭和 55 年度運輸省の補助金申請項目「船舶省エネルギー発電システムの開発」において、650 kW の中間軸方式 (図 3. 1. 1 参照) の開発・研究を実施した。その結果、構造、特性、高調波、軸電圧など技術的な問題点を解決し得て、製品として十分な信頼性があることを検証した。

3. 1. 5 最近の実施例

(1) 207,000 トン 大形 バルクキャリア 向け軸発電/電動システム

省エネルギー効果を高めるために、軸発電システムと排ガスエコマイザ蒸

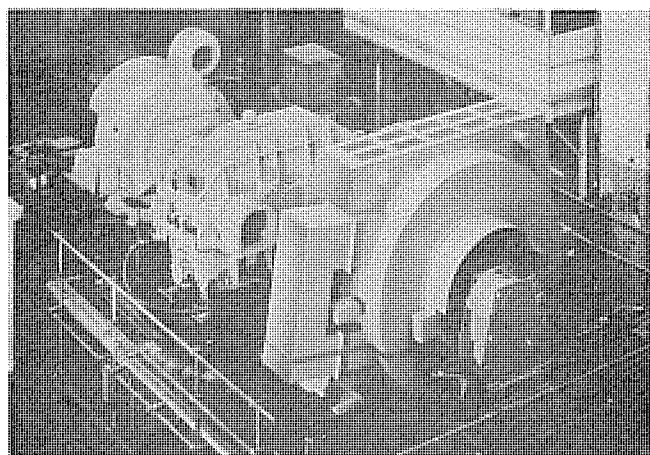


図 3. 1. 1 中間軸式軸発電システム

気により駆動されるタービン発電機を併用するサイリスタ式軸発電機付排ガスターボ発電システムを三菱重工業(株)長崎造船所と共同開発した。このシステムは電力計画し、運航モードによっては排ガスターボ発電機の出力に過不足が生じるために、軸発電機を発電機だけでなく電動機としても運転できるよう計画した。

システム構成は図 3. 1. 2 に示すように 300 kW 軸発電機は増速ギヤを介して主機軸に直結され、インバータ出力としては 280 kW を得ている。軸発電システムは 680 kW タービン発電機と常時並行運転を行う方式を採用しており、次の特長を有している。

(a) 排ガスターボの出力は主機関の出力に応じて変動するので、排ガエネルギーを最大限有効に活用するため、タービン発電機は常に蒸気発生量に応じた出力状態で運転される。

(b) タービン発電機を最適出力制御するため、軸発電機はその出力を正、負(発電 280 kW、電動 200 kW)両方向に制御している。すなわち、タービン発電機が出力不足の場合は発電運転、逆に余剰電力がある場合は電動運転によって主機に駆動力としてバックさせ、省エネルギー効果を高めている。(図 3. 1. 3、図 3. 1. 4)

(2) 大形測量船向け軸発電システム

二機二軸、大形測量船向け軸発電システムを海上保安庁へ納入した。システム構成は図 3. 1. 5 に示すように、250 kW 及び 450 kW の軸発電機がそれぞれ増速ギヤにより主機軸に直結されている。このシ

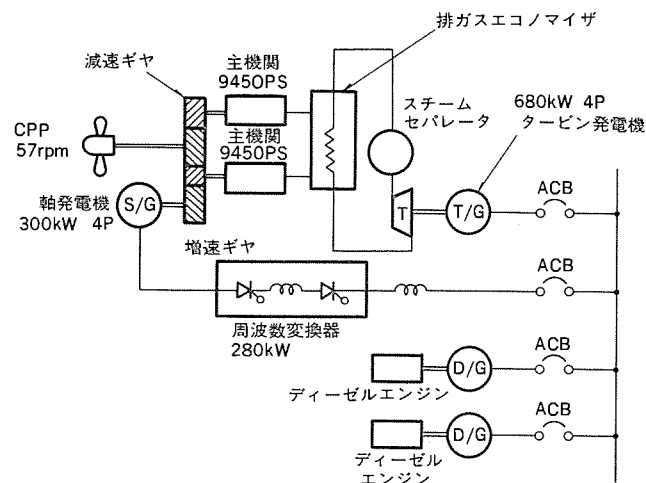


図 3. 1. 2 207,000 トン バルクキャリア 向け軸発電システム

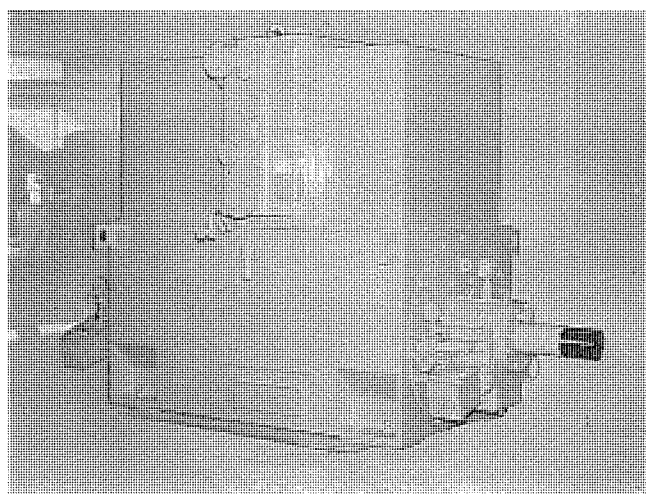


図 3. 1. 3 300 kW 軸発電機

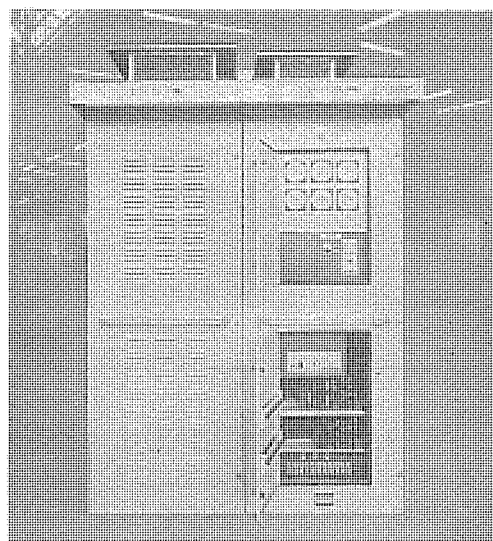


図 3. 1. 4 280 kW サイリスタインバータ

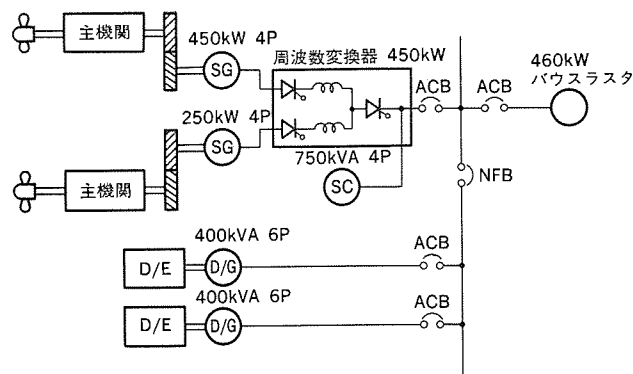


図 3. 1. 5 大形測量船軸発電システム

ステムでは 2 台の軸発電機に対してサイリスタインバータは 1 台とし、システム出力 450 kW を得ている。2 台の軸発電機は常時同一 kW を分担するようサイリスタコンバータ側で負荷分担制御を行っている。

同期調相機はインバータ及び負荷の無効電力を供給する目的で運転されるが、始動方式はポニーモータを使わない自己始動方式とし、取付スペースの節減を図った。460 kW パワースタ始動時は軸発電システムを無電圧の状態パワースタモータと電気的に接続し、軸発電システムによる低周波始動を行う方式としている。

このシステムでは軸発電システム及びパワースタを含む発電機の自動運転制御をすべてマイクロコンピュータによって行い、信頼性の向上及びパネルの小形軽量化を図っている。

3.1.6 む す び

発電機用ディーゼルの低質油化の研究も進められているが、今後とも燃料の価格上昇は避けられない。省エネルギー効果を始めとして数々のメリットを有するサイリスタインバータ式軸発電システムは、信頼性も高く今後一層普及していくものと確信する。当社では 200~2,000 kW の容量の範囲を系列化し、需要に応じられる体制を整えている。最後に軸発電システムの研究並びに実機搭載に御指導をいただいた海上保安庁殿及び三菱重工業(株)殿の関係者各位に感謝する。

参 考 文 献

- (1) 橋口：主軸駆動発電装置，船用機関学会誌，15-2 (昭 55-2)

- (2) 坪井, 井上: サリスタインバータ式軸発電システムとその応用, 三菱電機技報, 54, No. 8 (昭55-8)
- (3) 桂木: 主軸駆動発電システムによる省エネルギー対策, 技術資料 船用燃料油重質化対策・省エネルギー運航・省エネルギー船, フジ・テクノシステム社 (昭56-9)

3.2 主機換装用電機品

田崎昭憲*

3.2.1 ま え が き

最近の外航海運業界は, 建造後10年に満たない推進用主機関であるボイラ・タービンを廃却し, 新規にディーゼルエンジンを搭載(主機換装という)しても, なお経済的効果を生むほどにひっ迫した燃料事情におかれている。この主機換装は, 主機の燃費改善効果に加えて補機を含めてシステム的に推進プラントを省エネルギー形にリフレッシュできる点に大きな特長がある。これを担うものが換装用電機品であり, ここではこの電機品が省エネルギーに果たす役割について述べる。

3.2.2 主機換装における省エネルギー

主機換装は主機の燃費改善に加えて, 推進プラント全体の省エネルギー化と更には省力化の効果を生む。その主な項目は次のとおりである。

(1) 主機の燃料費削減

主機を蒸気タービンから燃料消費率の良いディーゼル機関に換えることにより約25~35%の燃料費削減ができる。

(2) 排ガス熱エネルギーの回収

主機の排気ガスの熱エネルギーを排ガスエコノマイザを介して, 排ガスタービン発電装置により回収し, 総合的に燃費低減を行う。計算例によると排ガスタービン発電機による燃費低減は6~9%と報告されている。

(3) 補機の性能改善

補機の運転方式を再検討し, 可変速制御の適用などにより運転所要電力の低減を図る。

(4) 制御監視機能の充実

主機換装に伴って制御監視機能を充実させ, きめ細かな監視操作を行うことにより, 各機の運転効率及び稼働率が向上する。これは更に保守整備の省力化に寄与する。

(5) 自動化レベルの向上

ディーゼル機関は, タービン機関に比較して自動化の適用範囲も広くかつ容易なので, プラントとしての自動化レベルの向上が図れる。これは運転操

作の省力化にもつながる。

3.2.3 換装用電機品の役割

換装用電機品の省エネルギー, 省力化に対する役割を類別すれば次のとおりである。

(1) 排ガスタービン発電機及び軸発電機は, 主機エネルギーの有効利用によって推進プラントの総合効率向上を図る。

(2) 船内補機の所要機械エネルギーの変動に応じて駆動電動機の回転数を変える可変速制御の採用など, 運転所要電力の低減を図る。

(3) 最新の計装システムの導入による各種プロセスデータのオンライン監視により, プラントの運転効率及び稼働率の向上を図り, 間接的に燃料費を節約する。

(4) 乗組員の負担の軽減を図るため, 操作・監視・保守などの簡易化と信頼性の向上を折込むことができる。

3.2.4 換装用電機品のシステム構成

最近採用されている主機換装用電機品が, どのようなシステム構成で省エネルギーに貢献しているか, その概要を次に述べる。

(1) 発電システムにおける省エネルギー

発電システムは, 船内負荷の増減に応じてディーゼル発電機運転台数を選択する自動台数制御と, 排ガスタービン発電機とディーゼル発電機の並行運転時に, できるだけ排ガスタービン発電機に負荷を分担させる負荷分担比率可変制御を取入れたところに特長がある。このシステム

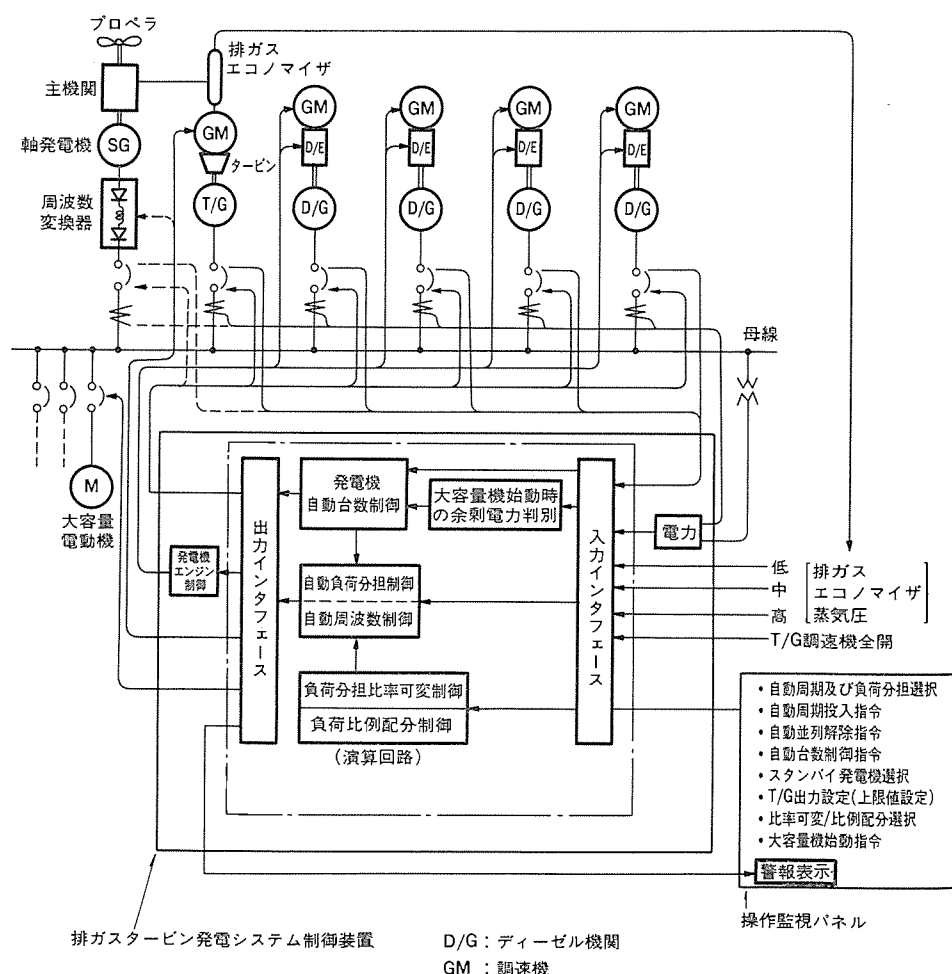


図 3.2.1 排ガスタービン発電システムブロック図

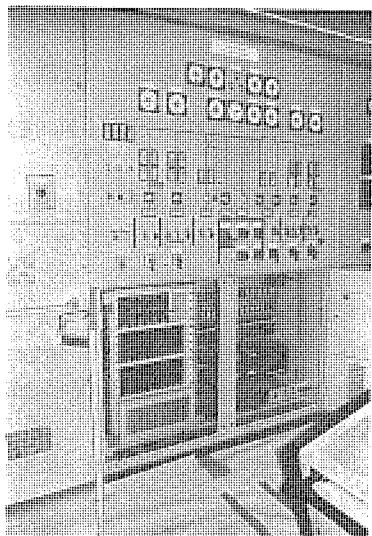


図 3. 2. 2 排 ガスタービン 発電 システム 制御装置

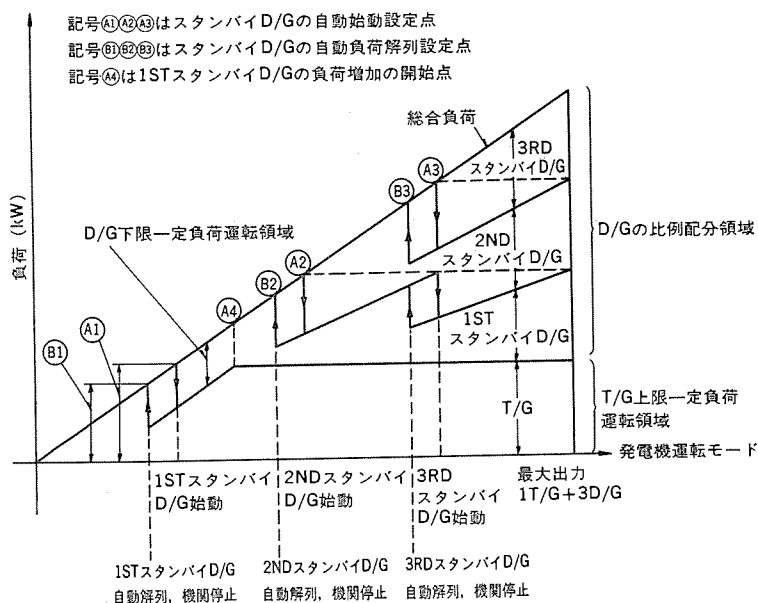


図 3. 2. 3 発電機運転台数の変化

ブロック図を図 3. 2. 1 に、制御装置の外観を図 3. 2. 2 に示す。また現在計画中的のものは、主機関の軸系に連結して駆動される軸発電機とこのシステムを組合せている。

(a) 運転台数制御

これは、船内負荷の増減により発電機の自動始動・自動停止を行って燃料費の節減を図ること、大容量補機始動時の船内需要電力を予測し、必要によりスタンバイ発電機を並列投入する二つの機能から成る。また、併せて安定した電源の供給と、監視、操作機能の自動化によって、乗組員の負担の軽減を図っている。

(i) 負荷増減による自動始動・自動停止

負荷がスタンバイ発電機の自動始動点まで増加すると、スタンバイ発電機が自動始動し、先行運転機に自動並入される。複数スタンバイ発電機の始動順序は、スタンバイ発電機選択スイッチにより設定される。負荷が減少して切離し設定点以下になると、負荷移行、発電機と母線の切離し、機関停止など一連の自動操作を行う。これらの動作パターンを図 3. 2. 3 に示す。

(ii) 大容量機の始動

バウスラスタなどの大容量機始動時は、始動指令が出るとまず始動に必要な電力の余剰の度合いを判定する。電力が不足した場合は、スタンバイ発電機を自動始動し、母線に接続した後、電動機を始動させる。

(b) T/G と D/G の並行運転時の負荷分担比率可変制御

排ガスタービン発電機(T/G)とディーゼル発電機(D/G)の並行運転時に、排ガエネルギーの有効回収率を向上させるため、タービン発電機は運転可能な上限一定負荷運転とし、残りの負荷をディーゼル発電機に分担させる機能と、更にディーゼル発電機の低負荷運転を防止する機能、及び負荷分担比率を自動的に変化させる機能から成る。

(i) T/G 上限一定負荷制御 (図 3. 2. 3 参照)

排ガエコノマイザの発生蒸気が十分な範囲では、T/G は上限一定負荷を分担し、残りの船内負荷及び増加分は D/G が分担する。

排ガエコノマイザ蒸気量が減ると、T/G の負荷を D/G に移す。D/G が増加し、始動設定点に達すると、スタンバイ発電機がバックアップ始動する。

(ii) D/G 下限一定負荷制御 (図 3. 2. 3 参照)

ディーゼル機関は長時間の軽負荷運転を行うと、効率低下による燃料損失が増加するので、D/G 下限一定負荷運転領域を設ける。

(2) 補機類の省エネルギー

新替となる補機類の数と種類は、換装費用の関係から最小限度に抑えられる。このため、補機システムにおける省エネルギーは可変速電動機や高効率モータの採用だけでなく、計装システムとの有機的な結合によるプラントの総合的運転管理に依存するところが多い。

(a) 可変速運転による省エネルギー効果

ポンプや送風機の流量、風量の制御は、従来ほとんど電動機を定速度で運転し、バルブやダンパなどの開度制御により行われていた。このため、流量や風量をしばらくときでも、電動機入力力は最大出力時に比べて大して減

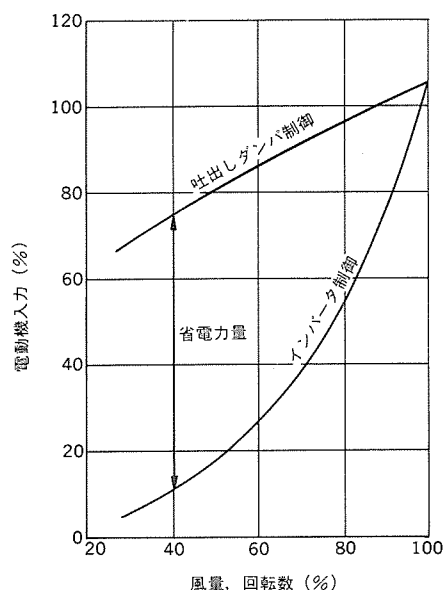


図 3. 2. 4 可変速制御による省エネルギー効果

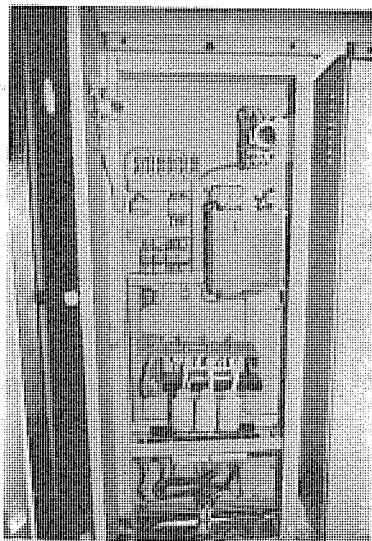


図 3. 2. 5 始動器内部と トランジスタインバータユニット

らず、無駄な電力を消費していた。この対策として、駆動電動機を最適速度で運転することにより制御損失を低減し、省エネルギーを図る例が増えてきた。

今回採用した トランジスタインバータ 方式の可変速電動機の省エネルギー効果を図 3. 2. 4 に示す。これは平均回転数 80 % の場合にはダンパ制御に比べて約 40 % の電力低減が可能で合わせて装置の小形化、低価格化も実現した。図 3. 2. 5 は始動器内部と トランジスタインバータユニットの外観を示す。

(b) 補機制御における運転効率の向上

両面監視操作形ユニット引出し式集合始動器盤とマイコン利用の集中監視制御装置との併用により、プラントの状態監視を容易にし、適切な運転管理の実現を図っている。これは総合的な補機運転効率の向上につながる。

3. 2. 5 計装システム

最近、プラントの総合効率及び稼働率向上を目的として、運転管理の高密度化と一段と高い信頼性及び制御性能が必要になってきた。これらの要求にこたえるため、主機換装の計装システムとしてはマイコンと CRT の有効利用による監視機能向上、バックアップ CPU による装置の信頼性向上を実現したものとなっている。

(1) 情報の集中化と総合監視

従来のランプ表示、メータ指示の機能に加え、マイコン、多重伝送、CRT の採用により情報を集中化している。また、監視データの編集機能を生かし、各種の監視要目をパターン化して、機関プラントの状

態を総合的にかつ容易に視認できる機能を持たせている。これにより、格段にきめ細かな制御監視操作が実現できる。また、データ伝送の多重化は布設結線の低減もさることながら、CPU インタフェースの統一化と安定した信号レベルの確保による伝送ラインの信頼性向上に寄与している。

(2) 信頼性向上

信頼性向上のためにシステムの冗長度の考慮も含めて、次のような具体的対策を行っている。

(a) バックアップ CPU 及び マルチ CRT 方式による二重化

常用の CPU 及び CRT のほかに故障時のバックアップ用として二重に装備する方法であるが、この方式はシステムダウンの時間を最短にするのが目的である。また、常用とバックアップ用を常時切換え可能とした方式も採用されている。

(b) マルチ CPU 方式

複数個の CPU を装備し、各々の CPU に機能の分担を割付けることにより、個々の処理時間の短縮と CPU ダウンに伴う危険分散を行う方式である。

(c) 自己点検機能の充実

CPU、メモリを中心とした従来の自己点検機能のほか、各装置の機能ブロックごとに故障警報を追加するなど、自己点検機能の充実に図っている。

(d) 船用化対策

換装用電機品は電子応用製品が中心となるが、そのいずれも機能集約形としてブロック化されたものが多い。耐環境性も試験器材及び工場試験方法の充実により、その信頼性も大きく向上している。

3. 2. 6 む す び

以上、主機換装用電機品が、省エネルギーと省力化に果たす役割について記述した。主機換装は昭和 50 年代前半の船舶省エネルギーブームが生んだ特異な現象であり、既に多くの換装実績を経て換装電機品の省エネルギー効果も確認できた。今後とも船舶においては、省エネルギーが最大の課題として継続的な努力が望まれる。そこで、プラントの総合効率を更に高める新しい複合システムの開発が期待される。このため、プラントの改良に則してマイコンの積極的導入を図り、その特質を生かした明日の船舶省エネルギー、省力化製品及びシステム作りに尚一層の努力を重ねたい。

参 考 文 献

- (1) 田崎・山崎：船舶の主機換装用電機品における省エネルギーと省力、三菱電機技報，55，No. 11（昭 56-11）

家庭用電気品の省エネルギー

澤崎 俊 幸*

昭和46年から47年にかけて地球資源の有限性と成長の限界などに関しローマクラブ及び委託研究を受けたマサチューセッツ工科大学より発表、提言があったが、その翌48年秋に我々は第一次石油ショックを経験した。エネルギーを初め各種資源の多くを他国からの輸入に仰ぎ、しかも多消費形社会である我が国はこれらの問題に対し積極的な対応が求められた。

当社においては昭和48年8月に全社組織として電力エネルギー有効化委員会を設立し省エネルギーに対する対応を図ったが、家庭電気製品に対しても現行製品の見直し及び節電形新製品の開発を課題に省エネルギー化の推進を開始した。

第一次石油ショックの5年後、中近東の国際情勢悪化に伴い第二次石油ショックを迎え、更に省エネルギーに対する推進強化が必要とされるに至った。昭和54年10月には「エネルギーの使用の合理化に関する法律」が施行され、家庭用電気品としては電気冷蔵庫とルームエアコンが特定機器として指定され、消費効率基準が設定されることとなった。

我が国の家庭用電気品は契約電力容量の大半が10ないし15Aであったため、電熱応用製品をはじめ各種製品は先進他国の製品と比較し電力消費の小さいものが開発されてきたが、経済成長が進み住宅環境の改善、ルームエアコンの普及等に伴い電力契約量も増加の傾向をたどった。機器の大形化・高級化に伴う使用電気量の増加が容認される傾向にあったが、資源エネルギー環境の変化に対応して省エネルギー技術開発を推進し、かつ家庭生活の向上及び普及の拡大を図ることが急務となった。

現在、国内エネルギー需要の約20%が民生用として使用され、その半分が一般家庭用に消費されている。この家庭消費エネルギーの中の45%（石油換算）が電気として使用され、残りは灯油・ガスなどにより賄われている。電力消費の中では、冷蔵庫・照明・カラーテレビ・ルームエアコンがその主要部分を占め、ガス・灯油の消費の中では暖房給湯が主使用内容である。

英・米・西独・仏における民生用エネルギー消費量は総使用量の30%以上を占めており、我が国の民生使用量は多くないといえるが、エネルギー資源の乏しい我が国においては一層の省エネルギーが必要であり、このための技術開発の推進が重要である。

省エネルギー推進の一貫として新エネルギーの活用及び生産技術に対する省エネルギー活動も推進しているが、ここでは家庭電気製品のうちエネルギー消費量の大きい次の機種を主体として我々の努力成果を述べることにする。

(1) カラーテレビ

カラーテレビ受信機の電力消費量は、トランジスタ及び高集積IC化により大幅に低減されたが、受像管の省電力化、高発光効率の蛍光材料の開発、受像管駆動回路の高効率化など地道な研究開発を行い一層の省エネルギー化を推進した。

(2) ルームエアコン

家庭用ルームエアコンは冷房専用から年間を通して使用できる冷暖房兼用機種に需要が移りつつあり、当社は既に高効率ヒートポンプ機種を

市場に出したが、今年度高効率除湿機能付ルームエアコン「エレクトロニックドライ」を開発して省エネルギー化を行い、市場の好評を得た。

(3) 住宅用熱交換形換気扇《ロスナイ》

冷暖房を行う際、室内の熱を逃がさずに空気を交換することは我々の夢であったが、当社は《ロスナイ》換気扇を昭和45年に開発し、これを実現させた。省エネルギーの必要性ととも《ロスナイ》の重要性が一層認識されつつあり、市場の要求に対応して各種用途別製品を開発した。

(4) 《ガスクリーンヒーター》

FF式温風暖房機《クリーンヒーター》を業界に先駆けて昭和45年に発売して以来種々の改良を重ねてきたが、省エネルギーの見地から最近パイロットバーナ常時燃焼方式からダイレクト着火方式への導入及び燃焼制御による室内最適制御を行った。

(5) 石油ガス化ファンヒーター

当社は石油ガス化燃焼方式を採用したFF式《石油クリーンヒーター》の開発に引き続き、可搬性のある業界初の温風暖房機石油ガス化ファンヒーターを開発し、昭和53年に発売した。最近マイコン制御による省エネルギー燃焼化及び安全性の向上を行った。

(6) 太陽熱利用給湯システム

石油ショック以来太陽熱利用が大きく取上げられ、家庭用機器としては太陽熱利用給湯機が普及してきた。当社もこれに対応して製品開発及びシステムの拡大に取組みつつある。

(7) 冷蔵庫

昭和55年に世界初の低温用横形ロータリ圧縮機を搭載した冷凍冷蔵庫を発売し、省電力化と有効内容積の拡大を行ったが、このたびは新冷媒回路採用により一層の省エネルギー運転が実現された。

(8) 蛍光ランプ

新蛍光材料の開発により、演色性が良く、当社白色蛍光ランプと比較し人の目に約70%明るく感じられる新蛍光ランプ《ルピカエース》を開発した。

(9) 住宅用照明器具

器具反射板形状・照明器具カバーなどの改良、円形ランプ径の組合せによる照明効果の向上などを行い一般住宅照明に対する省エネルギー化の推進を図った。また、ICスタータ《ルミクイック》の開発により蛍光灯の瞬時点灯を可能にし、白熱灯との置換えによる省エネルギーに寄与した。

(10) クリーナー

クリーナーの省エネルギーは吸込仕事率の向上にあるといえる。フローアー特性改善、風路改善により吸込仕事率の向上を行った。

(11) 衣類乾燥機

最近急速に普及率を高めている衣類乾燥機は省エネルギー思想の高まりと相まってますます省電力化が必要である。当社は乾燥機内の熱や排気の余熱を回収活用する“ヒートバック方式”を採用した衣類乾燥機を開発し、消費電力を約15%節減することができ、乾燥時間も約12%短縮することができた。

以上、主要家庭用電気品の省エネルギー推進事例の一端を紹介した

が、重要な社会的テーマとして今後とも省エネルギー技術の開発推進

に努め、国民生活の安定と向上に一層貢献する所存である。

1. カラーテレビ

仲野 孚*・浜田 孝*

1.1 ま え が き

我が国におけるカラーテレビの普及台数は約4,600万台で、これによる年間電力消費量は家庭電気機器の中でも上位を占めている。カラーテレビの省エネルギー化への努力は半導体素子と受像管の技術開発により推進され、20形では昭和43年から56年までにその消費電力は約30%まで低減されたが、最近ではカラーテレビの仕様の多様化などに伴い増加の傾向がみられる。このため今後も省エネルギー技術開発は重要である。以下に、カラーテレビの省エネルギー化の技術要素について述べる。

1.2 省エネルギー化技術⁽¹⁾

カラーテレビは受信信号によって外部電源入力を映像出力及び音声出力に変換するものであり、その変換効率の改善が省エネルギー技術であるといえる。

図1.1に我が国のカラーテレビの消費電力の推移と技術要素の一例を示す。昭和43年から45年にかけてのオールドランジスタ化は消費電力の低減に大きな変革をもたらした。その後、省スペース指向（広角度偏向）のため増加した時期もあったが、再び省エネルギー指向にもどり、以来地道な努力が続けられている。

図1.2にカラーテレビの消費電力分布の一例を示す。ここで受像管内部で消費される電力は20数Wと大きく、更に水平偏向出力回路などの受像管駆動回路及びその電源回路を含めるとカラーテレビの消費電力の大部分は受像管関連部で占められており、省電力化の重点もここにおかれている。

(1) 受像管

(a) ネック径及び偏向角度

受像管の電磁偏向電力 P は概略次式で表される⁽²⁾。

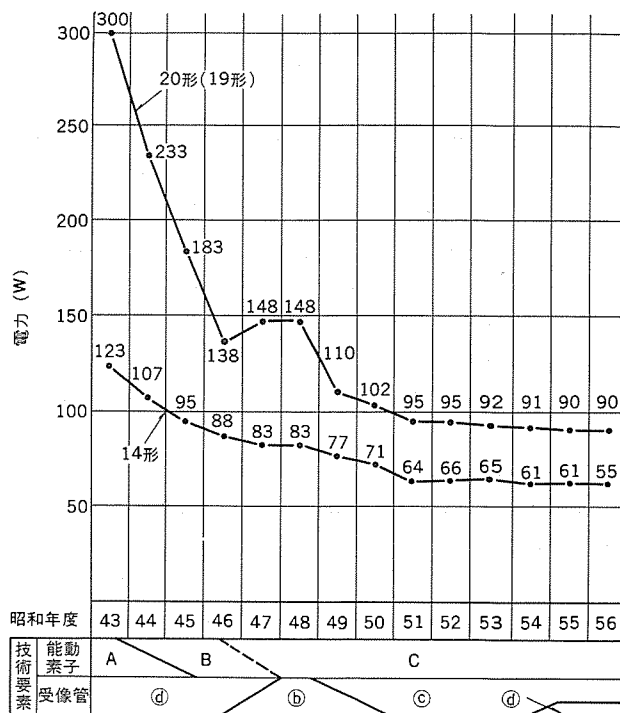
$$P = K \cdot E_b \frac{R^2}{l} \tan^2 \theta$$

ここで、 K ：偏向コイルの方式で決まる定数、 E_b ：陽極電圧、 R ：ネック径、 l ：偏向コイルの実効長、 θ ：偏向角度

上式の P が小さくなる各要素の値を選ぶ必要がある。まず効果の大きいネック径 R については初期に36.5mmφであったが現在29.1mmφになった。次に偏向角度 θ も消費電力に関係するが、フォーカス特性及びカラーテレビの興行寸法の条件と相反するため、これらのバランスを考慮して決められる。26形、22形などの大形管は110度偏向から100度偏向へ移行した。20形以下は、昭和47、48年頃一時110度偏向に移行したが現在では再び90度偏向となっている。

(b) 電子銃配列

電子銃配列をデルタ形からインライン形にしたダイナミックコンバーゼンスカラーテレビ受像管を当社は昭和49年いち早く実用化した⁽³⁾。このインライン電子銃方式は特殊巻線分布をもったセミトロイダル形高能



A：真空管形式
B：オールドランジスタ形式
C：トランジスタ・IC併用形式
①：90°太ネック、デルタ形電子銃
②：広角（110°、114°）90°細ネック、デルタ形電子銃
③：90°細ネックインライン形電子銃
④：90°極細ネックインライン形電子銃
（（社）日本電子機械工業会資料による）

図 1.1 カラーテレビの消費電力の推移と技術要素（20形及び14形）

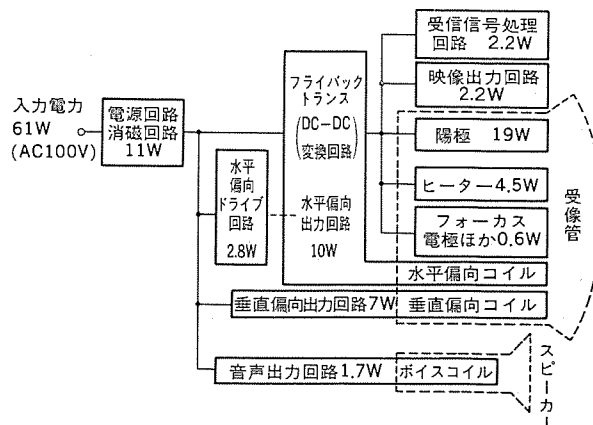


図 1.2 カラーテレビの消費電力分布の一例（14形）

率偏向ヨークを使用しコンバーゼンス補正回路を不要にしたため、部品点数の削減、省電力に貢献した。また、最近偏向ヨークを改良して左右糸巻ひずみ補正回路を必要としないピンクッションフリー方式を実用化した。

(c) クイックスタート形カソード

以前の受像管では画像が出るまでの時間に約30秒を要し、瞬間受像にするためカラーテレビを使用しない間ヒーターを予熱して数W

の電力を消費していた。昭和50年からクイックスタート形カソードを導入し予熱電力を不要にした。これはヒーター及びカソードを小形化して熱容量を減らし、ヒーターを二重巻きにして熱効率を上げるなどにより約5秒間で画像が出るようにしたものである。

(d) 蛍光面, その他

カラー受像管の輝度については希土類蛍光体の採用, 蛍光体粒子の大粒径化による蛍光面の発光能率の向上, 及びフェースプレートガラスの光透過率の向上, 更にインライン電子銃化に伴うスリット形シャドウマスクの採用によるビーム透過率の向上などによって改善した。コントラストについては非発光部の黒色化(ブラックマトリクス), 蛍光部の色フィルター化により外光反射率を下げた改善をした。最近受像管のフェースプレートに色選択特性をもたせコントラストと色再現特性を改善したブラウン管(HIF管)を開発し実用化した。

(2) 受像管駆動回路

カラー受像管の電磁偏向コイルを駆動する垂直, 水平偏向回路及びフライバックトランスを中心とした高圧発生回路に対しても高能率化を進めた。

(a) 垂直偏向出力回路

従来の垂直出力トランスを使用した方式は, 音声回路と同様にSE-PP(Single Ended Push Pull)又はSRPP(Shunt Regulated Push Pull)による出力トランスレス(OTL)方式に変わった。更に出力電圧波形の周期性を考慮した二電源切換えによるポンプアップ形出力回路あるいはフライバックパルスのリンギング波形を整流ポンプアップする出力回路を導入した。

(b) 水平偏向出力回路

これはトランジスタによるスイッチング方式であるため, 能率が良く基本的に大きな変化はないが, ダンプダイオード内蔵形出力トランジスタ採用により部品点数の削減を図っている。

(c) 高圧発生回路

受像管の陽極に供給する20~27kVの高圧は, 水平出力回路のフライバックパルスを高圧発生トランス(フライバックトランス)で昇圧し整流して得られる。従来はフライバックトランスと整流回路を別ユニットにしていたが, 現在はこれらを一体化し, 更に高圧変動抑制のためのブロード抵抗器を不要にしたダイオード分割形フライバックトランスを採用した。最近フォーカス電圧供給用の印刷抵抗を内蔵したものを導入した。

(3) 電源回路

カラーテレビの電源回路には, コスト的に有利なシリースレギュレータ方式が使用されている。上述のように負荷電力を減少させたためこれに伴い電源回路の省電力が進んでいる。また電源回路の出力トランジスタの高電流増幅率(高 h_{FE})化, 整流ダイオードのサージ耐量の改善が省電力化に寄与している。

1.3 む す び

以上のようにカラーテレビの省エネルギー化技術について述べてきたが, 今後とも性能, コスト, 信頼性とのバランスを考慮しつつより高度なカラーテレビの開発を進めていきたいと考えている。

参 考 文 献

- (1) 仲野, 浜田: カラーテレビ受像機, 電気学会雑誌(昭56-5)
- (2) 山崎, 川島: 省電力, 省資源で性能向上著しいカラーブラウン管, 日経エレクトロニクス, P. 126(昭53-6)

- (3) 糸賀ほか: ダイナミックコンバーテンスレスカラーTV受像機の開発, 三菱電機技報, 48, No. 9(昭49)

2. 「エレクトロニクスドライ」搭載 ルームエアコン

富 樫 健 二*

2.1 ま え が き

近年の家庭用ルームエアコンの需要は冷房機能のみを持つ冷房専用タイプに比べ, 除湿機能を持つドライタイプ, 更に暖房機能を併せ持つ冷暖房タイプの比率が高まっている。すなわち夏のみ使用するクーラーから使用期間を拡大したエアーコンディショナーとしての欲求が大きくなってきたことを意味する。また, 近年におけるエネルギーの高コスト化から, 家庭用ルームエアコンにおける省エネルギー化の必要性も増大してきた。今回開発された新機構「エレクトロニクスドライ」は, この使用期間の拡大と省エネルギー化の要求を同時に実現した新しい除湿機構を持つエアコンを提供するものである。

ここではそのマイコンの制御内容と快適性, 省エネルギー効果について紹介する。

図2.1に室内ユニット(MS-1820R)を示す。

2.2 マイコンによる制御内容

「エレクトロニクスドライ」のシステム概要チャートを図2.2に示す。マイコンコントロールの第一のポイントは, 図2.2Aで示される除湿量増大のためのファンコントロールにある。通常の冷房運転に比べファンの送風量を減少させて顕熱比率を下げ, 除湿量を増加させるよう潜熱比率をあげている。潜熱比率は通常の冷房運転では約30%であるが, 「エレクトロニクスドライ」では約60%に向上している。ファンの断続的なON, OFF運転により送風量を減少させ, 室内の対流効果を損なわず効果的な除湿運転ができる。

第二のポイントとしては, 図2.2Bで示される快適性維持のための圧縮機の運転率コントロールである。室温を下げずに除湿を行うために負荷に対応した圧縮機の運転率コントロールをマイコンにより制御を行っている。図2.3にプログラムコントロール内容を示す。

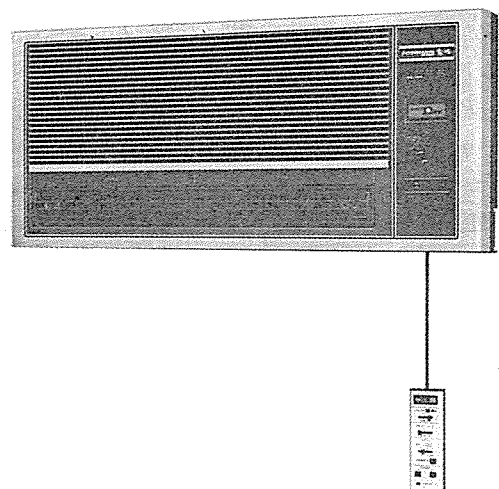


図 2.1 室内ユニット(MS-1820R)

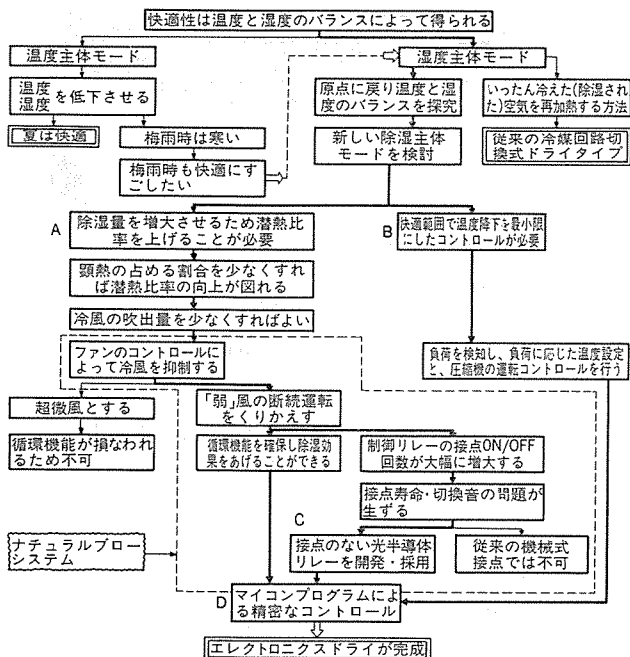


図 2.2 システム概要チャート

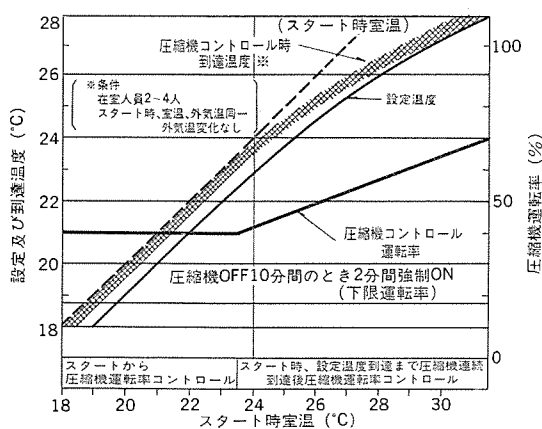


図 2.3 プログラムコントロール内容

図 2.2 C で示される光半導体リレー（三菱 SW1DF タイプ）の開発も大きなポイントであり、1 時間に 240 回もの接点開閉を行うため従来の機械式接点に代わる無接点の半導体リレーの導入により、寿命及び開閉時騒音の問題も解決した。

2.3 快適性及び省エネルギー効果

快適性の効果は、図 2.4 に示すように従来のドライタイプエアコンと同等の除湿効果を得ることができる（対当社ドライタイプエアコン比）。その場合の室温は図 2.3 の圧縮機コントロール到達温度で示すようにスタート時の室温に近くコントロールされる。

この「エレクトロニクスドライ」は省エネルギーの点からも従来のドライタイプと比較し大きな効果を上げている。従来のドライタイプは室内の熱交換器を二分割し冷却による除湿と再加熱を行っていた。「エレクトロニクスドライ」は室内側熱交換器のすべてを除湿に使用するため除湿効率が良く、同一除湿量を得るために必要な消費電力量は 13% 減少した（対当社ドライタイプ比）。

更に従来のドライタイプにおいて必要であった冷媒回路切換用電磁弁も不用となり、電磁弁の消費電力量、冷媒回路ロスが発生がなく冷房運転時消費電力量も約 2% 節減され（対当社ドライタイプ比）、省

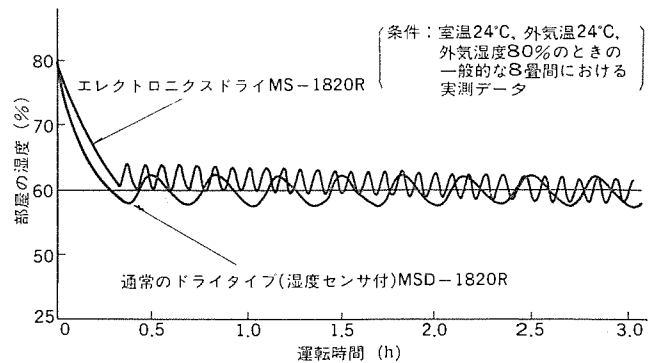


図 2.4 湿度変化

エネルギーの推進、信頼性の一層の向上を実現した。

3. 住宅用《ロスナイ》

牛越康徳*

3.1 まえがき

居住空間の快適性を求める指向は年々増加傾向にあり、このための冷暖房機器の普及はめざましいものがある。しかし冷暖房の損失を少なくするためには外気との熱遮断が必要であり、どうしても室内が密閉状態に近くなる。また快適に過ごす要因として新鮮空気が必要である。すなわち換気の問題である。昨今の換気扇の普及率の伸びからもその重要性の認識が高いことがわかる。ここに冷暖房はしたいが、換気は冷暖房効果を損なうと言う問題を解決したのが、当社が業界に先がけて昭和 45 年に開発した透過式全熱交換器《ロスナイ》である。ここではその構造、特長、製品概要、省エネルギー効果などについて述べる。

3.2 《ロスナイ》の構造

《ロスナイ》は図 3.1 に示すように直交流形プレートフィン式全熱交換器の構造で、特殊加工紙の仕切板と間隔板で構成している。特殊加工紙は熱通過性及び透湿性が優れ、顕熱と潜熱とを交換するいわゆる全熱交換器である。

3.3 《ロスナイ》による住宅換気の特長

《ロスナイ》による換気方式の 4 大特長を述べる。

まず第一に“省エネルギー換気”ができることである。《ロスナイ》換気扇を内蔵した全熱交換器を有する通常の住宅用《ロスナイ》では冷房時、暖房時の排気から約 400~600 kcal/h の熱回収を行うことができる。

第二に“安全換気”ができることである。《ロスナイ》換気扇は図 3.2 に示すように給気ファンと排気ファンで構成し、ほぼ同風量の給気と排気能力があるため、どんなに密閉度が高い部屋でも換気能力を十分発揮することができる。

第三には“遮音換気”ができることである。《ロスナイ》は図 3.2 のように内部構造を複雑化し遮音効果を高めている。最近、空港周辺、新幹線沿線、高速道路沿線にこの《ロスナイ》が採用され、換気口から侵入する外部騒音を遮断している。また逆に内部騒音を外へ

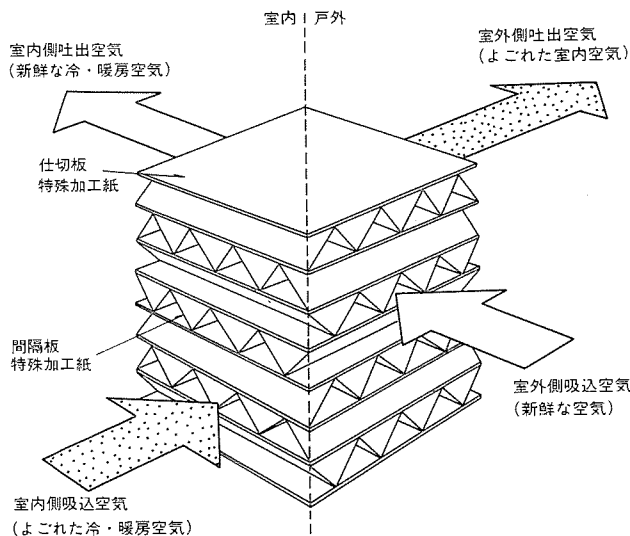


図 3.1 《ロスナイ》の原理

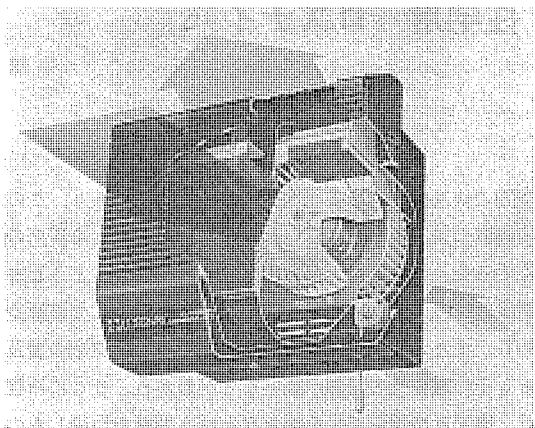


図 3.2 《ロスナイ》換気扇

出さないためにも同様の効果があり、カラオケ騒音対策などにも幅広く使われている。

第四には“快適換気”ができることである。《ロスナイ》は給気と排気が等風量なのですき(隙)間風の侵入を防止し、しかも熱交換器によって外気の温度、湿度を室内空気に近づいて入ってくるので換気による不快感が極力解消される。

3.4 住宅用《ロスナイ》の用途別製品概要

多様化する“換気扇ニーズ、省エネルギーニーズ”に対応して、1ルーム、1《ロスナイ》を目的として各種製品を開発したが、特に次の機種についてその具体的特長を説明する。

(1) 居間用、角穴取付形《ロスナイ》VL-1500 A 形

この機種は省エネルギー《ロスナイ》を更に省エネルギー運転するよう開発した自動運転タイプで、室内空気が可燃性ガスで汚染されると運転を開始し、もとの清潔さに戻ると停止する自動運転《ロスナイ》である。

(2) 居間用、丸穴取付形《ロスナイ》VL-1000 U 形

この機種は冷暖房器との併用と言うことから室内側張り出し寸法を11.6 cm にした薄形タイプで外観を図3.3に示す。この機種は2モータ2ファン、菱形交換器

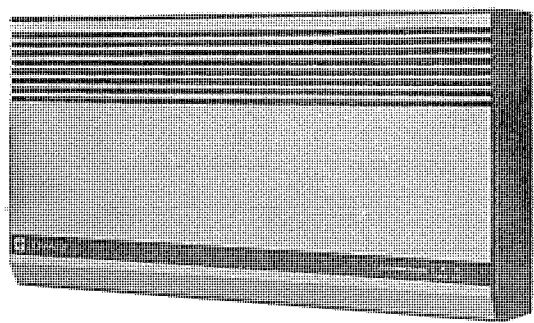


図 3.3 《ロスナイ》VL-1000 U 形の外観

で構成し薄形化するとともに春秋中間期の場合、排気用送風機のみを運転することにより消費電力が約50%節減できる省エネルギー機器である。

(3) 浴室用《ロスナイ》VL-500 B 2 形

この機種はプラスチック熱交換器により65%の顕熱を回収し、冬期外風侵入による寒さを防ぎ、また強制同時給排方式により、室内外の圧力をバランスさせて排水口からの悪臭の逆流を防止している。また夏期都会などで浴室の窓があげられない場合には、バイパス回路を開くことで外気を45度下方に吹出すことができ、快適な入浴ができる。

(4) 台所用《ロスナイ》VL-6060 HK 形

最近の台所は密閉度が高まり、調理などによる空気汚染が大きくクロースアップされてきている。深形レンジ用《ロスナイ》は少ない風量で煙や臭気を効率よく捕集することにより、台所の空気汚染を防ぐ。更に内部に設けた金属製熱交換器の働きによりレンジからの排熱を回収し、冬期運転時も寒さを感じさせない快適性と省エネルギー性を兼備している。

(5) 《ロスナイ》による省エネルギー効果

全熱交換器《ロスナイ》、顕熱だけの熱交換器、一般換気扇で換気した場合の熱交換効率の比較及び夏季冷房時における回収熱量と外気負荷の比較計算例を図3.4に示す。このことから節約電力量、節約燃料費を試算することができ、その省エネルギー効果はきわめて大きい。

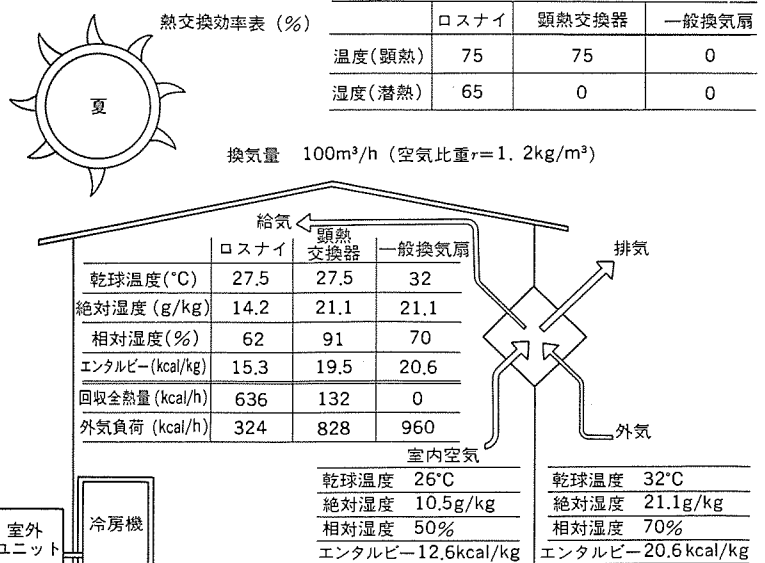


図 3.4 冷房時の外気負荷比較

3.5 む す び

住宅の快適性及び省エネルギー機器として《ロスナイ》を概説したが、冷暖房機器との一体化と言う製品構成も考えられ、今後のエネルギーコストの上昇、快適性の向上の両面から《ロスナイ》は、ますます必要不可欠な機器といえる。

4. 《ガスクリーンヒーター》における省エネルギー

牧野寿彦*

4.1 ま え が き

《ガスクリーンヒーター》は発売以来12年を経過し、この間、特に省エネルギーの観点より数々の改良を加えてきた。本稿では省エネルギーに関する主な技術として、この中からダイレクト着火方式、三段制御方式を取りあげ、その原理、構造、効果などについて述べる。

4.2 ダイレクト着火方式

一般に、ガス器具における主バーナへの着火方式は、着火遅れなどによる爆発着火防止のため、パイロットバーナを使用する例が多く、特に密閉燃焼式の場合、長い間ダイレクト着火方式（パイロットバーナレス方式）の採用が見送られてきた。当社では、昭和53年度新機種として開発した《ガスクリーンヒーター》VGS-30A形に初めて、連続放電によるダイレクト着火方式を導入し、以後新機種にはすべてダイレクト着火方式を採用している。

着火部分の構造の一例を図4.1に示すが、燃料ガス供給圧の変動、外風などによる燃焼空気量の変動に際しても、点火プラグ付近の燃料ガス濃度を可燃範囲から外れないように各部品相互の寸法関係を管理している。また、着火シーケンス上の安全性に関しては、図4.2に示すように風圧スイッチによる燃焼空気の確認、プレバージタイマーによる燃焼室クリーニング、放電タイマーによる放電時間制限及び空気不足や生ガス滞留による爆発の防止などを配慮した制御方式を導入している。

この方式による省エネルギー面の効果について簡単に述べると、従来のパイロット常時点火機種では、主バーナOFF時もパイロットバーナは燃焼し続けており、供給される燃焼空気量は主バーナ燃焼時とほぼ

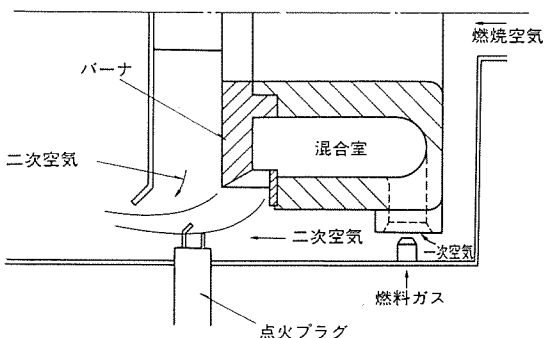


図 4.1 ダイレクト着火部の構造

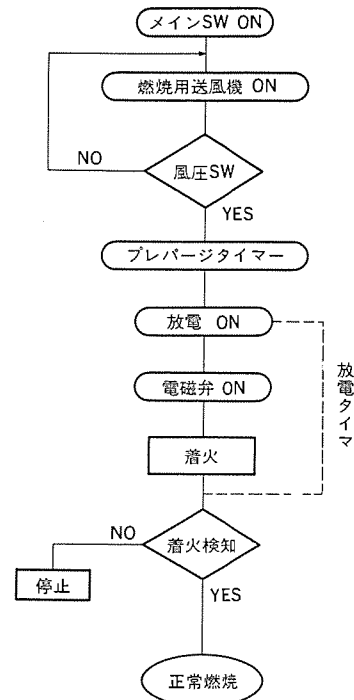


図 4.2 ダイレクト着火のシーケンス

同一であるので、この時の熱利用効率は定常時に比べ相当低くなる。一方、ダイレクト着火方式においては、主バーナOFF時には燃焼空気が不要なため燃焼用送風機の運転を停止することができ、排熱ロスもほとんど0に近く、総運転時間での平均熱利用効率において数パーセントの省エネルギー効果が期待できる（当社従来機種との比較、試験結果の一例では2.8%効果）。また、電力消費上の省エネルギー効果についてはいうまでもなく大きい。

4.3 三段制御方式

三段制御方式は、前項のダイレクト着火方式と異なり、《ガスクリーンヒーター》自身の使用モードにおける効率改善を意図したものでなく、いわゆる暖房の快適性を増すことにより省エネルギー効果を得ようとしたもので、昭和53年度から導入した。

図4.3にこの方式のガス回路のブロック図を示す。すなわち、燃焼量調節電磁弁（SV₂）がONの時燃料ガス量はほぼメインノズルによって決まり（強燃焼）、SV₂OFF時にはバイパスノズルで制限され（弱燃焼）、メイン電磁弁（SV₁）が閉じればバーナは消火する。いわゆる強—弱—OFFの三段制御方式である。

これらの制御はサーミスタを使用したルームサーモスタットによって行われ、従来の単なるON-OFF制御に比較してゆるやかな室温変化が

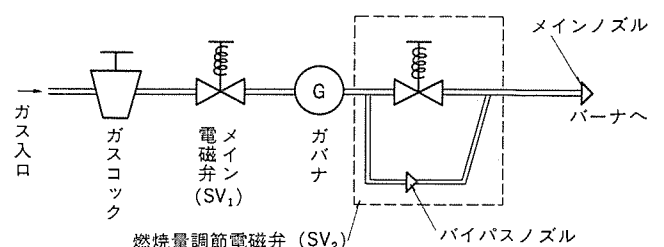


図 4.3 三段制御方式のガス回路ブロック図

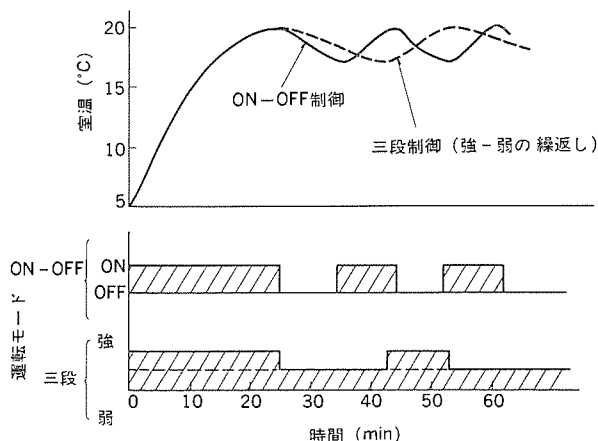


図 4.4 三段制御方式と ON-OFF 制御方式の運転モードと室温変化の例

表 4.1 昭和57年《ガスクリンヒーター》の機種シリーズ

機種群	機種名	ガス消費量(kcal/h)	着火方式	室温調節	タイマー	加湿	風方式
VGT	VGT-25 C	2,550	ダイレクト	ON-OFF 制御	なし	蒸発皿式	下吹
	VGT-25 CT	2,550	ダイレクト	〃	モータタイマー	〃	〃
VGS	VGS-30 B	2,900	ダイレクト	三段制御	なし	〃	〃
	VGS-30 BT	2,900	ダイレクト	〃	モータタイマー	〃	〃
	VGS-40 B	4,000	ダイレクト	〃	なし	〃	〃
	VGS-40 BT	4,000	ダイレクト	〃	モータタイマー	〃	〃
VGB	VGB-30 M	2,900	ダイレクト	〃	なし	加湿板式	上吹
	VGB-30 MT	2,900	ダイレクト	〃	モータタイマー	〃	〃
	VGB-40 M	4,000	ダイレクト	〃	なし	〃	〃
	VGB-40 MD	4,000	ダイレクト	〃	マイコンタイマー	〃	〃
	VGB-80 L	8,000	パイロット	ON-OFF 制御	なし	〃	〃

得られ快適性に優れた方式といえる。この方式と従来の方式の運転モードと室温変化の一例を図 4.4 に示す。この例でも明らかなように三段燃焼では、強燃焼時には従来の ON-OFF 制御のものと室温上昇カーブは同等であるが、弱燃焼時には OFF 状態と比較して下降特性は緩やかで体感温度変化も同様に少なく、いわゆる快適性が増すといえる。また、温度下降特性が緩やかなので、強燃焼頻度が、従来の ON-OFF 制御燃焼に比べ少なく、省エネルギーの効果が期待される。

4.4 《ガスクリンヒーター》の機種シリーズ

表 4.1 に、現在販売している《ガスクリンヒーター》の機種ごとのガス消費量、方式及び付加機能などの概要を示す。VGT シリーズは、昭和 56 年度開発した「たて形シリーズ」で、省スペース、低価格化を意図したものである。

4.5 む す び

以上、《ガスクリンヒーター》に採用した新技術について、省エネルギーの観点から主なものを取りあげ、その原理、効果などについて紹介したが、今後省エネルギーに関する要求はますます厳しくなることが予想され、これに対応するため製品自身の省エネルギー化の研究はもちろんのこと、エンドユーザーに対しても省エネルギーにつながる使用方法の周知に努めていきたい。

5. 石油ガス化ファンヒーター

塚原 英行*

5.1 ま え が き

石油ガス化ファンヒーターは、昭和 53 年当社が初めて暖房機市場に出した製品である。このファンヒーターは、従来の開放式石油ストーブ（しん(芯)上下式）と FF 方式（強制給排気式）温風暖房機の間需要をねらったものであり、

- (1) 温風暖房のため迅速かつ快適暖房が得られる。
- (2) 据付工事不要の移動可能な暖房機である。
- (3) 暖房能力が容易に変えられる。
- (4) 芯上下式よりも安全性がすぐれている。

などの特長がある。

昨今の石油事情不安定、経済低成長などの環境にもかかわらず、ファンヒーター市場は順調に伸び、暖房機市場に確固たる位置を築きつつある。

5.2 ファンヒーターの構造

昭和 57 年度品 ファンヒーター（KD-32/25 ETD 形）の構造仕様について述べる。図 5.1 は外観、図 5.2 は燃焼原理、表 5.1 は仕様を示す。図 5.2 において、燃焼用の一次空気は燃焼用ターボファンより燃焼量切換弁を経てノズル部を介し、気化筒内へ導入される。

燃料はカートリッジタンクから油受皿を経て、電磁ポンプで定油面器へ導き、空気圧で気化筒内へ噴霧供給する。気化筒に鑄込まれたシーズヒーターに通電して、気化筒を所定の温度にあらかじめ予熱しておく。予熱完了後、燃焼用ターボファンにより約 10 秒間一次空気のみを気化筒内に送り込み、気化筒内の未燃焼ガスを取除く。その後、加圧ツレノイドを開いて定油面器に空気圧力を加え、電磁ポンプでくみ上げられた灯油に圧力をかける。灯油をオリフィス内で流量制御し気化筒内へニードルで微粒化して供給する。微粒化噴霧した灯油は気化筒内で空気と混合し燃焼する。燃焼した高温ガスはケース背面上部から送風される冷風と混合し、温風吹出口から吹出す。

石油ファンヒーターは、開放式温風暖房機のため次の安全装置を備えている。

(1) 温度過昇防止装置

異常燃焼・異常過熱を自動復帰式サーモスタットと温度ヒューズにより二重に防止している。異常時には電源を遮断し、燃焼を停止する。

(2) 炎、換気検知装置

炎検知センサ（フレイムロッド）により炎を監視し、マイコンでそれらレベルを検知する。万一、炎が消えたり異常燃焼のときは燃焼を自動停止

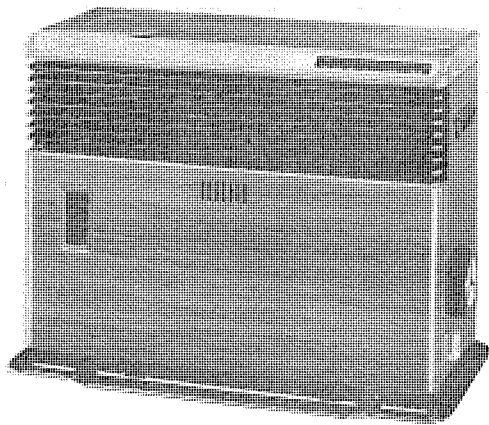


図 5.1 KD-32 ETD 形外観

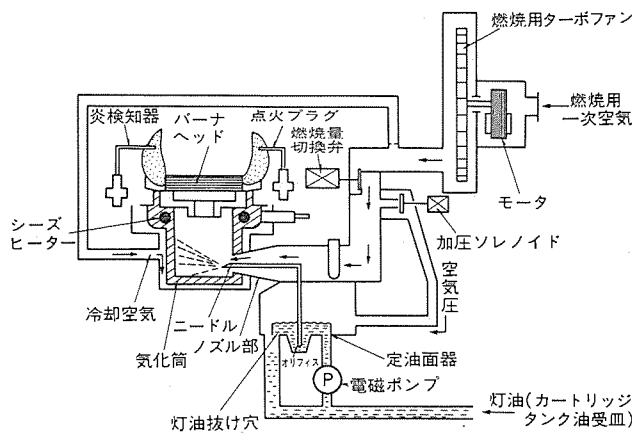


図 5.2 燃焼原理図

表 5.1 仕様

	昭和 57 年度品 (ETD)	
	2,500 kcal タイプ	3,200 kcal タイプ
種 類	気化式 (石油ガス化燃焼方式) 強制対流形	
点 火 方 式	高圧放電点火・自動点火	
電 源	単相 100 V 50/60 Hz	
定格消費電力 (強 燃 焼 時) (W)	62/56 (50/60 Hz)	
点火時消費電力 (初 期 最 大) (W)	460	
発 熱 量 (kcal/h)	2,500/約 1,450	3,200/約 1,850
灯 油 消 費 量 (l/h)	(強) 0.3	(強) 0.38
タンク容量 (l)	4.6 (8 割容量)	
外 形 寸 法 (mm)	470(高さ)×630(巾)×245(奥行) (置台 642×339)	
重 量 (kg)	16.3	
タ イ マ ー	12 時間点火タイマー (消火 1 時間後自動消火機構付)	
燃 焼 量 調 節	HI/LO/OFF 三段切換え	
安 全 装 置	炎検知装置, 対地震自動消火装置, 過熱防止装置 停電時安全装置, 点火安全装置, 自己保持回路	
そ の 他 装 置	水検知装置, 給油表示装置, 換気表示装置, 室温表示装置	
色	木目・アーモンドホワイト	

する。

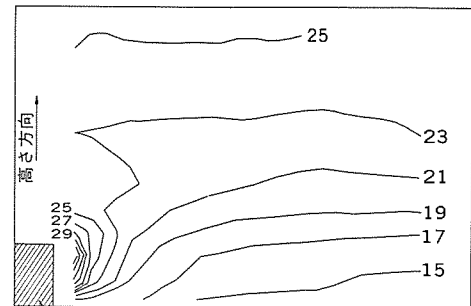


図 5.3 芯上下式石油ストーブにおける室温分布

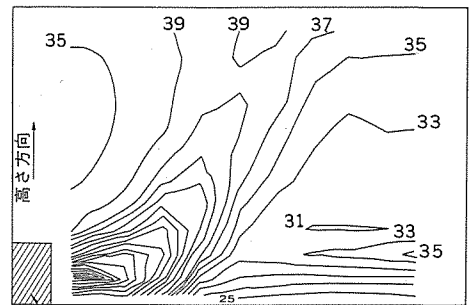


図 5.4 石油ファンヒーターにおける室温分布

(3) 停電時再通電保障装置 (対地震自動消火装置も含む)

停電後の再通電及び感震器動作が生じた場合, その直前の状態とは無関係に制御すべき機器はすべて自動停止する。

(4) 水検知装置

灯油の中に水が混入した場合, 異常燃焼を未然に防ぐため燃焼を停止し, ランプ点灯により水の混入を知らせる。水検知センサは 2 本の電極を燃料タンク内に設け, 水と灯油の電気抵抗の差を利用している。

5.3 熱効率

石油ファンヒーターは開放式ストーブの一種で, 燃焼した熱を熱損失なくすべて暖房に使用するので 100% の熱効率と言える。図 5.3, 図 5.4 はファンヒーターと従来の芯上下式ストーブの室温分布を示したものであるが, ファンヒーターは温風吹出しにより効率よく暖房ができる。

5.4 消費電力

従来の機種品は気化筒予熱に PTC ヒーターを気化筒下面に圧入していたが, 昭和 56 年度品よりシーズヒーターを気化筒周囲に鋳込んで一体成形とし, 熱接触状態の不安定要因を取除いた。更にシーズヒーター採用とともに気化筒用冷却空気による気化筒温度を制御する構造とした。従来の燃焼器は炎からの熱回収だけで気化筒の温度を灯油気化に必要な温度に制御することができず, 強燃焼時ではヒーターに通電することにより灯油の気化を行っていた。昭和 57 年度品は, バーナヘッド, 気化筒の改良により, 冷却空気を入れつつ, 炎からの熱回収だけで気化筒の温度を灯油気化に必要な温度にする構造とした。そのため燃焼中のヒーター通電は不要となった。シーズヒーターの採用により, 予熱時の消費電力は若干増加したが, 燃焼中のヒーター無通電, 予熱時間の短縮あるいはマイコン化による電気部品数の低減により, 平均消費電力は大幅に減少した。更に燃焼幅 (強燃焼と弱燃焼の幅) が拡

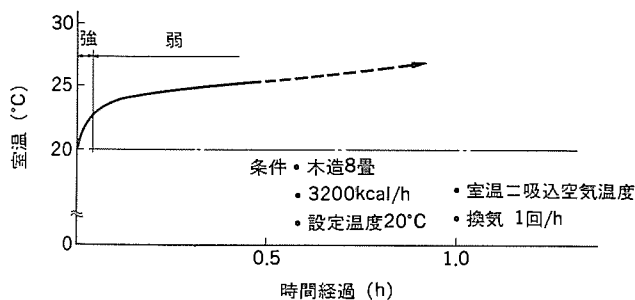


図 5.5 強/弱燃焼時変化

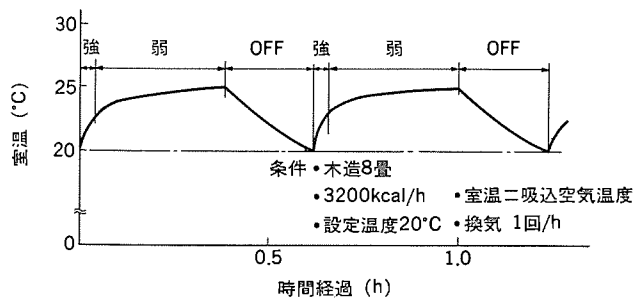


図 5.6 強/弱+OFF 燃焼時変化

大し、暖房の快適性が向上した。

5.5 灯油消費量

昭和57年度品ファンヒーターは、石油ファンヒーターとして業界で初めて、燃焼強度制御装置にOFF機能を付加することができた。ファンヒーターは開放式ストーブのため、燃焼中でのにお(臭)いは石油ガス化完全燃焼のため問題ではないが、着火時の臭いはプレパージ機構(前述)と着火性の向上、消火時の臭いは加圧ソレノイドとオーバフロー方式定油面器の採用で解決した。これは本体電源OFFと同時に加圧ソレノイドと電磁ポンプを「閉」にし、灯油供給を瞬時に止め、更に定油面器内の灯油が灯油抜け穴より抜けて燃料ノズル内ニードル部の残留灯油を引き戻す構造としたためである。

図5.5、図5.6は、従来品の強/弱二段燃焼と、改良品の強/弱にOFF機能を加えた場合の室温調整をしたときの室温変化を示す。強/弱での室温制御では、ある設定値に対し強で燃焼し、室温(センサ部)が設定値になると弱燃焼になる。更に燃焼を続け設定温度より5°Cアップした場合、「消火」又は「設定温度の変更」をランプ点灯で指示する機構となっている。改良品のOFF機能の場合は、設定温度に対し前述と同じように5°Cアップするがその後は燃焼を停止する。更に時間が経て室温が下がり、設定温度に達すると再び自動着火し、室温を制御する。OFF機能付加により部屋の暖め過ぎを防ぎ、使用者選択にまかせていた室温調整を自動的にを行い、灯油の無駄使いをなくし有効な使い方になった。

5.6 む す び

従来の芯上下式ストーブに比べ、温風使用により有効な暖房が可能となった。更に消費電力の低減、燃焼幅の拡大、OFF機能などの付加により、灯油の無駄のない有効利用の暖房機となった。今後、更に安全性の向上も含め、よりよい暖房をめざし、一層の努力をして行く所存である。

6. 太陽熱利用給湯システム

長谷川恵一*

6.1 ま え が き

省エネルギーという見地では、既に以前から庶民生活の中で太陽熱を利用して暖めた水をふろ(風呂)に使うということが行われていた。しかし初めのそれは全く簡易な方法であり効率も不十分なものであった。そして、昨今省エネルギーに関する技術開発が進み、自然循環形太陽熱温水器が主流として定着しはじめてきた。しかし、やはり風呂への給湯が主であり太陽熱利用給湯システムと呼ぶにはまだ不十分なレベルである。当社はこの観点からセントラル給湯の中での太陽熱の利用を主眼においたより高効率の、また柔軟性に富んだ製品開発に努めてきた。以下これら製品の省エネルギーの面からとらえた特長と、これらにより構成された太陽熱利用給湯システムの標準例について述べる。

6.2 自然循環形太陽熱温水器

当社の自然循環形太陽熱温水器“MSS-230A”の特長は、まず第一にタンク容量230ℓ集熱面積3m²の大容量タイプということである。従来の市販品は風呂専用給湯を中心に考えた製品であり、タンク容量200ℓ集熱面積2m²程度のものが大半であったが、この製品はセントラル給湯システムを意識した高温集熱タイプで大形反射板を備えている。通常給湯負荷熱量は夏場に比べ冬場の方が大きい、太陽熱で得られる熱量は夏・冬もほとんど同じであるため、冬場の太陽熱依存率は低率となる。この反射板は冬場太陽熱をより多く採り、太陽熱依存率を上げるもので集熱面積比で25%アップの効果をもっている。次に貯湯タンクは材料に高分子ポリエチレンを使用し断熱材として26mmの発泡スチロールを使用しており保温性が優れている。集熱終了時から4時間経過しても約2~3°Cしか温度降下がない。したがって冬場の凍結に対しても非常に強い耐久力をもっている。

6.3 強制循環形太陽熱給湯システム

強制循環形太陽熱給湯システムは、集熱器部と貯湯タンク部とが別設され各々配管接続されてシステムを形成している。以下に集熱器部と貯湯タンク部について特長を述べる。

(1) 集熱器部

集熱器は性能、経済性の両面からみて平板形集熱器が主流であり、当社も平板形集熱器“MSS-20FCA”を開発した。これは集熱管材料として熱伝導性、耐食性に優れた銅管を使用し、集熱板は熱伝導性、耐食性に優れたアルミ板に選択吸収膜処理を施して、太陽熱の吸収率を良くし($\alpha=0.93$)集熱板からの熱放射を極力おさえて($\varepsilon=0.15$ 以下)集熱効率をより高いものとしている。

(2) 貯湯タンク部

貯湯タンク部は集熱用循環ポンプ、開放形膨張タンクを組込んだ省スペース形の“MSS-280ST”を開発した。貯湯タンクは内面二重グラスライニングを施し耐食性に優れ、また50mmのグラスウールを断熱材として使用し保温性能を向上させた。また、集熱と給湯とを二回路に分けた間接加熱方式を採用し、清潔であると同時に集熱回路側の熱媒体として不凍液の使用を可能とし、冬場の凍結防止に対しても万

全を期した。また熱交換器には熱交換効率の高い銅フィンチューブを採用した。更に循環ポンプは小形、高揚程(50/60 Hz, 8.3/11.3 mAq), 低入力(64/80 W) のマグネットポンプを採用し全体のシステム効率の向上を図った。

6.4 補助ボイラ

補助ボイラは、太陽熱で得られた熱量の大小及び給湯パターンの変化にかかわらず常に一定の効率を有するものが望まれる。当社はその要求を満たすべく補助ボイラとして“CB-1200”を開発した。特長としては、第一に灯油燃焼としてはほぼ最高の88%という加熱効率をもつことである。次に従来の貯湯式と瞬間式のそれぞれの良さを組合わせ、貯湯量を100 l 追いだし能力を12,000 kcal/h としていることである。タンク容量が貯湯式に比べ小さいため、放熱ロスが小さい。更に追いだし能力を大きくすることにより点火時の立上がり時間ロスを小さくした。次に100 l のタンク容量をサーモの切換えにより、50 l と100 l の切換えができるようにしたことである。これらにより夏冬、大家族、小家族の使い分けが可能となり、更に50 l 使用の場合は放熱ロスがより小さくなった。

6.5 太陽熱利用給湯システム

以上に述べた構成要素により以下の太陽熱利用給湯システムが考えられる。図6.1に“MSS-230A”と“CB-1200”を組合わせたシステム(以下システムA)を示す。図6.2に“MSS-20FCA”4台と“MSS-280ST”及び“CB-1200”を組合わせたシステム(以下システムB)を示す。

システムAはイニシャルコスト及びシステムの簡便さから最も標準のシステムである。ただし凍結という観点から言えば西日本地区が中心であろう。表6.1にこのシステムによる年間の集熱量及び省エネルギー額を示している。全国平均では太陽熱依存率は45%程度である。システムBはシステムAと逆に凍結の心配がないため東日本の特に寒冷地区に適しており、更に給湯負荷に合わせ太陽熱依存率を客先要求に対し任意に対応すべく集熱器枚数の増減が可能であり、また集熱器の設置外観が良いといった特長をもっている。表6.2にこのシステムの年間の集熱量及び省エネルギー額を示している。全国平均では太陽熱依存率は50%程度である。

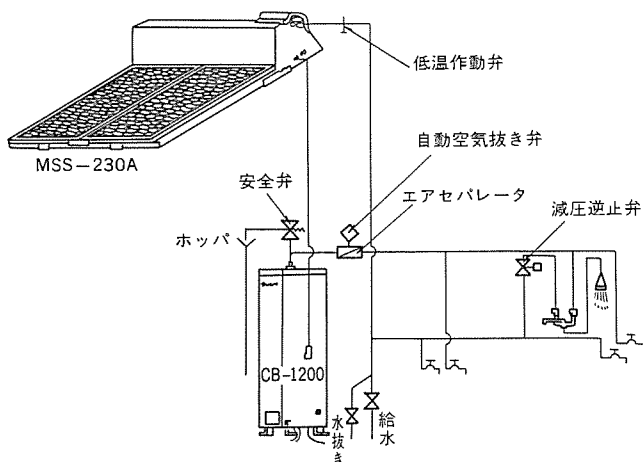


図 6.1 自然循環形太陽熱利用給湯システム例 (システムA)

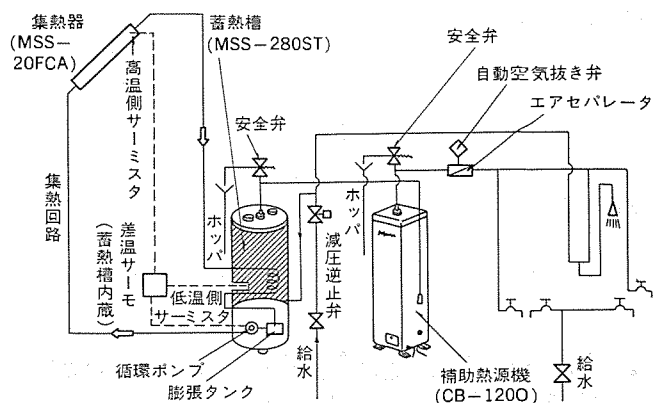


図 6.2 強制循環形太陽熱利用給湯システム例 (システムB)

表 6.1 各地の気象条件と集熱量及び太陽熱 センtral 給湯システム (システム A) の省 エネルギー 額

都 市 名	気 象 条 件		太 陽 熱 量		省エネルギー額 (円/年) 灯	CB-1200のみ使用の維持費 (円/年)
	平均水温 (°C)	快 晴 率 (%)	年間平均 晴天日 集 熱 量	太陽依存 率 (%)		
札幌	8.9	63.0	8,470	34.2	28,467	83,237
帯広	8.2	68.0	8,470	36.4	30,684	84,297
仙台	11.5	60.0	8,960	37.4	28,706	76,754
新潟	12.9	58.0	8,960	36.2	26,887	74,273
東京	15.2	60.0	9,240	43.3	29,711	68,617
静岡	15.9	60.0	9,290	44.6	30,454	68,283
名古屋	14.0	66.0	9,270	45.5	32,984	72,492
大阪	17.0	62.0	9,300	47.5	30,579	64,377
高知	17.7	66.0	9,400	52.9	33,477	63,284
福岡	16.0	60.0	9,400	45.0	30,237	67,193
鹿児島	19.0	62.0	9,540	53.1	31,971	60,209
那覇	24.3	60.0	9,870	65.4	31,204	47,713

備考 システム A : MSS-230A + CB-1200

給湯負荷 : 4 人家族 (大人 2 人, 小児 2 人)

冬 45°C 450 l, 中間期 425 l, 夏 400 l

灯 油 代 : 90 円/l

表 6.2 各地の気象条件と集熱量及び太陽熱 センtral 給湯システム (システム B) の省 エネルギー 額

都 市 名	気 象 条 件		太 陽 熱 量		省エネルギー額 (円/年) 灯	CB-1200のみ使用の維持費 (円/年)
	平均水温 (°C)	快 晴 率 (%)	年間平均 晴天日 集 熱 量	太陽依存 率 (%)		
札幌	8.9	63.0	8,850	35.8	29,817	83,237
仙台	11.5	60.0	9,430	39.4	30,259	76,754
東京	15.2	60.0	10,030	46.9	32,184	68,617
名古屋	14.0	66.0	10,650	51.9	37,591	72,492
大阪	17.0	62.0	10,310	53.1	34,185	64,377
高知	17.7	66.0	10,410	58.1	36,744	63,284
鹿児島	19.0	62.0	10,500	57.8	34,815	60,209

備考 システム B : MSS-20FCA 4 枚 + 280ST + CB-1200

給湯負荷 : 4 人家族 (大人 2 人, 小児 2 人)

冬 45°C 450 l, 中間期 425 l, 夏 400 l

灯 油 代 : 90 円/l

6.6 む す び

以上、当社の太陽熱利用給湯システムにおける省 エネルギー 効果について述べたが、システムA では冬場の凍結に対して改善すべき点があり、またシステムBでは間接加熱方式の宿命とも言える熱交換効率の性能

向上を図り、直接加熱方式のシステム効率に近づけなければならないなどの問題が残されている。更に、インシャルコストの低減により太陽エネルギーコストを他のエネルギーコストに比べ優位に立たせることも重大な課題と言える。今後、太陽熱利用給湯システムの定着を一層堅固なものにするためにもこれら諸問題を解決すべく更に研さん努力をする計画である。

7. ロータリ圧縮機及び“MICLOSS” 採用省電力形冷蔵庫

井上 博*・清水雅彦**

7.1 ま え が き

石油ショック以来、省エネルギー化に対する社会的要請が一段と強まる中、当社は冷蔵庫の省電力化に積極的に取り組み、数多くの改善施策を実施してきた結果、業界に先がけて低温用ロータリ圧縮機を冷凍冷蔵庫に搭載するとともに、このたび新たな省電力技術として開発した新冷凍サイクル“MICLOSS” (MITSUBISHI CYCLING LOSS SAVING SYSTEM の略) を主力機種に採用して大幅な省電力を図った。昭和57年度モデルの冷凍冷蔵庫を発売し、各方面から脚光を浴びている。

昭和57年度主力2ドアモデルMR-2452形 (有効内容積245ℓ (フリーザ60ℓ、冷蔵室185ℓ) 図7.1参照) で月間消費電力量25kWh/月を達成し、対前年当社モデル比で約22%の改善を果たすとともに、同主力3ドアモデルMR-2402V形 (有効内容積240ℓ (フリーザ52ℓ、冷蔵室126ℓ、野菜室62ℓ) 図7.2参照) においても月間消費電力量27kWh/月を達成し、トップレベルの省電力化を図ることに成功した。

ここでは当社の省電力施策について紹介する。

7.2 省電力化施策と効果

従来から実施してきた省電力施策も究極を窮めつつある現在、改善の余地は少なくなっており、同一効果を得るためのコストパフォーマンスが悪化してきている。当社は、今までの省電力化施策を要素分類し改善効果の見直しを実施することによって、新たな省電力技術の着眼点として基本冷凍サイクルの効率改善に努め、更に冷蔵庫の心臓部

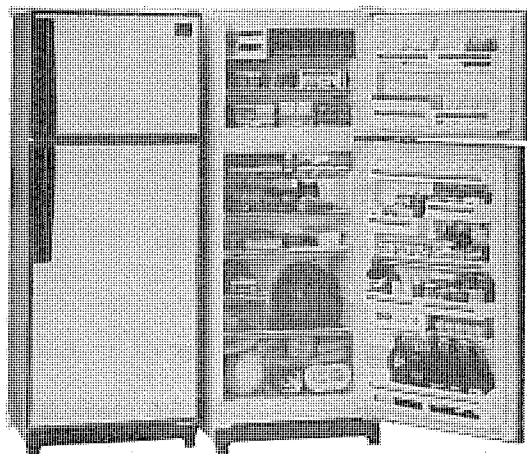


図 7.1 2ドアモデル MR-2452 A 形

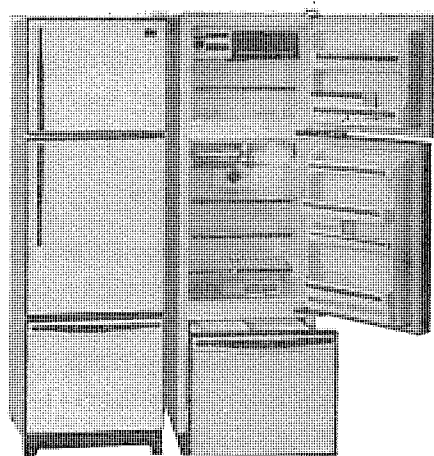


図 7.2 3ドアモデル MR-2402 V 形

である圧縮機を変革し、冷蔵庫の省電力化を果たすことができた。

(1) ロータリ圧縮機による省電力化

冷蔵庫の省電力化を推進する上で、最大構成比を占める圧縮機の効率改善が必要となるが、その着眼すべき点も機械的な要素、冷凍機油の粘度、モータ効率改善など多岐にわたっている。

当社はこれらの効率改善を進めると同時に、従来の当社レシプロ圧縮機と比べて、

(a) 成績係数が14%向上し、冷蔵庫実使用範囲の動特性上では更に高効率化が発揮できる。

(b) 部品点数が34%減、重量38%減になり、省資源化と信頼性向上が図れる。

(c) 体積62%減により冷蔵庫有効スペース向上が図れる。

などの特長を備えた低温用ロータリ圧縮機を開発して、省電力化の面で大幅な効率改善を図り、省電力形冷蔵庫の実現に成功した。

(2) 新冷凍サイクル“MICLOSS”による省電力化

冷蔵庫の運転状態を示した図7.3に注目すると、

(i) 圧縮機がON (運転) すると圧縮機に接続したサクシオンパイプ (吸入冷媒配管) の温度は急激に下がり、冷却器内にたまっていた液冷媒が蒸発せずに直接圧縮機に戻ってくる現象 (図7.3のA点) がある。

(ii) 圧縮機がOFF (停止) すると、コンデンサ出口部 (ドライヤ前) 温度は周囲温度よりも一時的に低下し (図7.3のB点)、同時に冷却器入口部の温度は冷却器周辺温度よりも上昇する現象 (図7.3のC点) となる。

など冷凍サイクル内の冷媒状態が、圧縮機ON/OFFによって変化してエネルギーロスが発生していることが分かる。

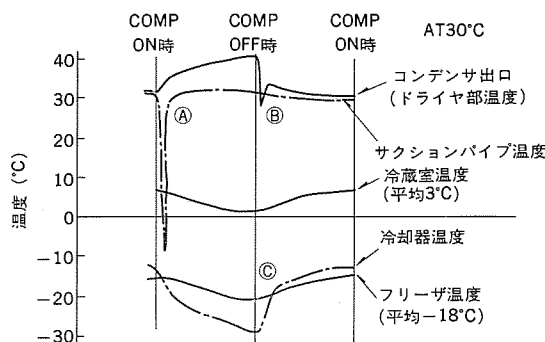


図 7.3 ON/OFFロス現象

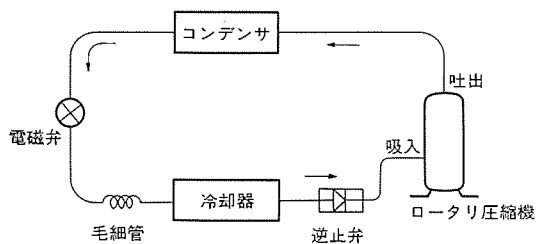


図 7.4 “MICLOSS” 冷凍サイクル

ON/OFF 制御された通常運転で損失するエネルギーロスを ON/OFF ロスと称し、このロスを改善するために開発された新冷凍サイクル“MICLOSS”を採用して、大幅な省電力化を達成することができた。

(a) 新冷凍サイクル“MICLOSS”と動作原理

冷蔵庫に応用した新冷凍サイクル“MICLOSS”を図 7.4 に示す。

新冷凍サイクル“MICLOSS”は従来の冷凍サイクルに新たに電磁弁と逆止弁を追加して構成しており、その動作原理は、

- (i) 圧縮機 OFF 時、電磁弁及び逆止弁が冷媒回路を閉鎖し、高圧側と低圧側が分離されたまま定常運転時の冷媒圧力状態・冷媒分布を維持する。しかも、ロータリ圧縮機は通常シェル内が高圧で、吸入弁不要構造を成し、かつしゅう(摺)動部分のクリアランス油膜シールする構造としているため、OFF と同時に逆止弁から圧縮機に至る低圧配管が高圧に変わり圧縮機内圧力とバランスする特長をもっている。
- (ii) 圧縮機再起動時、電磁弁及び逆止弁が作動し、冷媒回路を開放するとともに比較的短時間のうちに通常の冷凍サイクルに復帰する。

以上の動作の繰返しで制御されている。

(b) 新冷凍サイクル“MICLOSS”の効果

- (i) 圧縮機 OFF 時にサイクル中に冷媒の高低圧状態を定常運転の理想状態に維持できる。
 - (ii) 圧縮機 OFF 時に高圧側から低圧側に流れる冷媒の流れを阻止しコンデンサ中の液化冷媒を再起動時に有効に使用する。
 - (iii) 低圧側に流れた冷媒液が運転理想状態の分布量であるため、圧縮機起動時、圧縮機内に液として直接吸入されることがなく液圧縮防止ができ、圧縮機の信頼性向上、モータへの負荷軽減による起動時入力低下につながる。
 - (iv) コンデンサ、冷却器などの熱交換器利用効率が向上する。
 - (v) 再起動後の定常運転状態に到達するまでの時間が短かくできる。
- などの効果を発揮し、冷蔵庫の実使用状態で省電力効果として 10～15% の改善が果たせた。

7.3 む す び

冷蔵庫の数多くの省電力施策の中で当社は、先進技術として低温用ロータリ圧縮機を開発、実用化し、更に冷蔵庫以外の冷凍機器にも広く応用できる新冷凍サイクル“MICLOSS”を開発し、関連特許・新案も 30 件以上出願している。

今後とも冷蔵庫の省電力化、構成機器の高効率化を図るため一層の研究・開発に力を注いでいく考えである。

8. 蛍光灯

田中紀彦*

8.1 蛍光灯

ランプの特長を表す特性として、全光束（ランプ 1 本の明るさ）、効率、演色性（照らされた物の色の見え方）、色温度（光色）、寿命などがある。住宅用に使用されるランプは、快適性の観点から演色性が最も重要であり、加えて省エネルギー面から効率を重視する必要がある。

蛍光灯は白熱電球に比べ 3 倍以上の効率があり、元来省エネルギー光源として優れたものである。しかし、従来から多く使用されてきている白色蛍光灯や昼光色蛍光灯は、演色性が十分ではなく、快適性の面からは満足なものとは言えなかった。

当社では住宅用蛍光灯として、2～4% 節電できるパワーアップ・セーブエネルギー PS 形円形蛍光灯を基調として、《ルビカエース》《ルビカソフ》《ルミクリスタル》など、高演色性及び快適な光色をもつ蛍光灯を製品化しており、これらの特長と用途を従来の白色、昼光色蛍光灯と比較表 8.1 に示す。

8.2 高効率 3 波長域発光形蛍光灯《ルビカエース》

住宅用に最適な蛍光灯として、当社の画期的新製品《ルビカエース》を発売した。（円形ランプ及び直管 20 ワット）このランプは、従来の白色蛍光灯と比較して全光束（ランプ 1 本の明るさ）が 17% も向上し（当社比）、更に演色性の良否を示す演色評価数 R_a が 84 と白色の 64 に比べ 20 ポイントも向上している（当社比）。

《ルビカエース》による照明効果としては、全光束の向上による明るさの向上と高演色性による演色効果が総合され、照明された物を見て感じられる明るさの感覚が大幅に向上した。即ち、《ルビカエース》1 本によって得られる「明るさ感」は、同一種類の白色蛍光灯約 1.7 本分の「明るさ感」に相当するという効果〈明るさ感約 70% 向上〉があり（当社比）、またこのランプは 3 波長域発光形であるため、照明された物が明りょう感をもって感じられるとともに、人の肌が自然に美しく見えるなどの効果がある。

ランプの設計としては明るさと演色性の両立を図るため、人間の目の感覚（色を感じる反応）の最も強い波長である 450 nm（青）、540 nm（緑）、610 nm（赤）付近に発光を集中させる 3 波長域発光形方式を採用するとともに、狭帯域の発光スペクトルをもつ青、緑、赤の希土類蛍光体の開発及び改良、これら蛍光体の微粒子化技術及び水性塗布技術の開発などを総合的に実施した。

更に、蛍光体膜を希土類蛍光体だけで構成し、純粋な 3 波長域発光形とすることで青、緑、赤の波長域に発光エネルギーを一層集中させた。

表 8.1 三菱蛍光ランプの特長と用途

光 色 名	光色記号	色 温 度 (K)	平均演色 評 価 数 (Ra)	白色に対す る明るさ (%)	特 長	用 途
ルビカエース	EX	5,000	84	117	○高効率（明るさ）と高演色性を同時に実現した画期的なランプ ○効率（明るさ）は白色に比べ17%高く蛍光ランプの中で一番良い ○演色性がよく物がより自然に見え、人の目には白色よりも大幅に明るく感じられ、ルビカエース1本で白色約1.7本分の明るさ感が得られる ○光色が白に近いので、白が白く見え、さわやかな澄んだ雰囲気を作る	○住宅照明に食堂、台所、子供部屋、居間、客間、応接室 ○店舗に飲食店、レストラン、肉、魚店、その他食料品店、理・美容店、化粧品店、など店舗で明るく色鮮やかに演出したいとき
ルビカソフト	L-UL	2,700	78	100	○白熱電球そっくりの暖い光色と蛍光ランプの経済性を合せた画期的なランプ—白熱電球の雰囲気を高効率の蛍光ランプで実現 ○効率（明るさ）は、白色と同じ ○演色性（物の色の見え方）は、白色蛍光ランプより優れ、より自然に見える	○住宅照明に食堂、台所、居間、客間、応接室 ○店舗に飲食店、レストラン、その他食料品店、デパート、スーパーなど、暖みのある落ち着いた雰囲気を演出します
ルミクリスタル	C	5,000	74	90	○白さが冴え、清潔感のある、さわやかな雰囲気をつくる ○色の見え方をより美しくする（白色比） ○器具がいつまでも明るく新しく見える	○あらゆる場所の一般照明 ○特に住宅照明に最適
白 色	W	4,200	64	100	○演色性よりも、効率（明るさ）を追求したランプ ○効率がよいため一般照明に多く使用されている	○事務所、工場 ○その他一般照明 ○蛍光ランプの普及品
昼 光 色	D	6,500	77	87	○色温度が高く、やや涼しい雰囲気を作る ○効率が比較的良く、一般照明として使用される	

9. 住宅用照明器具

萩原大義*

9.1 ま え が き

当社住宅照明器は有限な資源の有効活用と住環境の潤いを追求するため「豊かなあかりの質」を基本テーマに省エネルギーと快適性に取り組んでいる。以下省エネルギー器具の具体的内容を説明する。

9.2 IC スタート《ルミクイック》付蛍光灯器具

蛍光ランプの始動方法はグロースタートやラピッドスタートが用いられている。グロースタートは始動時間が長く、スタートの寿命が短い。またラピッドスタートは安定器が大きくなるうえに、専用ランプが必要で高価になるなどの欠点がある。

当社が独自技術で開発したICスタート《ルミクイック》は非直線性誘電体素子（特殊なセラミックコンデンサ）と半導体スイッチ（逆阻止2端子サイリスタ）の組合せにより高圧パルス電圧を発生させ蛍光ランプを即点灯させることを特長としている。グロースタートは2～8秒かかるのに対し0.8秒という短時間で蛍光ランプの点灯を可能にした。更にIC化を図り大幅な小形化が実現できたので、円形蛍光ランプソケット内への組込みを可能にした。基本回路及びICスタートの構造を図9.1に示す。

白熱ランプ並の即点灯性を有する《ルミクイック》付蛍光灯器具は、白熱灯器具がよく使用された所にその代替として使用できる。白熱

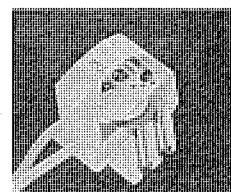
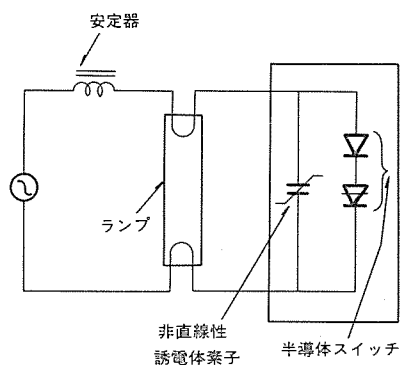


図 9.1 《ルミクイック》の基本回路とその構造

灯に比べ蛍光灯の消費電力は1/3、寿命が約6倍であるため《ルミクイック》付器具は省エネルギーにマッチした器具である。和室、リビングルーム、玄関灯用など161機種製品化している。

9.3 省電力形ダウンライト白熱灯器具

廊下、ロビー、寝室などの主照明及び洋室などの補助照明として白熱灯特有の落ち着いた雰囲気をつくる器具がダウンライトである。当社が今回開発したダウンライトは特に省エネルギー化、取付の省力化を図ったもので、構造図、配光曲線及び器具効率比較例を図9.2に示す。

- (1) 反射面の形状をコンピュータで設計し反射面の高効率化を図り、器具効率を52%アップして26%の電力料の節減ができた。
- (2) 器具の取付にワンタッチ方式を採用して取付を容易にしかつ確実性を向上させた。
- (3) 器具の薄形化を図り、高さ寸法を10～20%低くした。

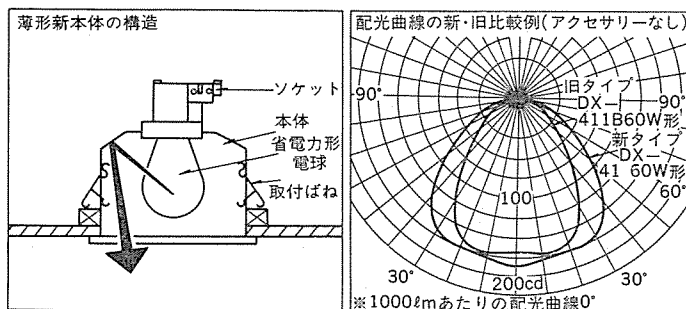


図 9.2 省電力形ダウンライトの構造図、配光曲線及び器具効率比較例

器具効率比較例		
器具形式	旧タイプ DX-411B	新タイプ DX-41
ランプ	従来の電球 60W	省電力形電球 60W形(57W) (P277)
ランプ光束	810lm	810lm
器具効率※	31% (100)	45% (145)
器具光束※ (ランプ光束 ×器具効率)	251lm (100)	365lm (145)
総合効率※ (器具光束÷ 消費電力)	4.2lm/W (100)	6.4lm/W (152)

ージを防止し、従来タイプに比べ直下照度が1.1～2.0倍となり、器具の効率が一段と向上した。

9.6 調光機能付プルレススイッチ内蔵白熱灯器具

この器具はランプを点滅させるプルスイッチを使用せず、図9.4に示す回路の調光付プルレススイッチを内蔵し、壁スイッチの操作(ON, OFF)でランプの点滅及び

	ルミクイック52Wタイプ (20W+32W)	従来の62Wタイプ (30W+32W)
	ランプの水平配置	ランプの上下配置
電気代比	84	100
明るさ比	100	100

注※本体に枠を取り付けた状態(アクセサリなし)での比較

図 9.3 円形ランプの水平配置による比較例

調光を可能にしたものである。

このスイッチは壁スイッチを「ONで全光、OFF後1.5秒以内に再ONで調光、OFFで消灯」の操作ができる。廊下、玄関及び階段などで使用する器具は従来よりプルスイッチがなく、壁スイッチで点滅をしていたため調光はできなかった。しかし、玄関、廊下の照明は全光で使用する時間帯と、常夜灯として使用する時間帯がある。この器具は特に深夜時の照明に効果のある調光機能を付加したものである。調光時の消費電力は全光時の約1/3に設定(例えば60Wのものは20Wに調光)した。よって深夜時間帯は比較的長時間のため大きな省電力ができる器具である。この器具のスイッチは引きひもがなく壁スイッチで操作できるプルレススイッチに調光機能を組合わせたのを特長としている。この器具は6機種製品化した。

9.7 むすび

住宅照明における省エネルギーの一部を紹介しましたが、省エネルギー方法として、①照明光源そのものの効率を向上させる、②器具そのものの効率を向上させる、③適正使用を行なう、などであり、それらを巧みに組合せてより効果的な省エネルギーの実現を更に図っていく。

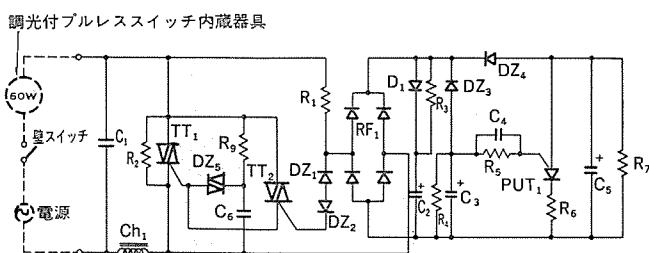


図 9.4 調光機能付プルレススイッチ基本回路

9.4 円形ランプ水平配置による省電力器具

円形蛍光ランプ用器具において、60W(30W2灯)、62W(32W+30W)の場合2本のランプの配置はランプ寸法及び形状で上下の垂直配置となる。そのため上側ランプ光束が下側ランプに障害され器具下面の有効光束が減少し照度低下となる。図9.3に示すように30W+32W=62Wの組合せによる配置と当社が新しく組合せた32W+20W=52Wの水平配置を比較した場合、消費電力62W、52Wと異なるが器具直下照度がほぼ同一となり、約16%(12W)の節電ができた。円形ランプ水平配置形52W器具28機種を製品化している。

9.5 高透過率乳白拡散アクリル樹脂採用高効率器具

照明カバーは光の質「グレア(まぶしさ)防止と光の拡散」の向上及びランプイメージを防ぐため乳白色プラスチック材料が使用される。しかし、その最大の欠点は乳白色化のため光線透過率が減少し器具直下照度が低下することである。今回採用した高透過率乳白拡散アクリル樹脂はより透過率を上げ、かつ拡散性の向上を図ったもので、ランプイメ

10. クリーナーの吸込仕事率の改善

岡田 任史*

10.1 ま え が き

当社製クリーナーの第1号は、昭和10年、名古屋製作所で造られて以来48年、胴体2分割、ロシボザフィルター、静音クリーナーなど幾多の話題商品を市場に送り出し、三菱《風神》クリーナーの名を高めてきた。そして、現在当社で製作している機種は、一般家庭用をはじめとし、セントラルクリーナー、店舗用クリーナー、業務用クリーナーなど4系列、42機種に至っている。

近年のクリーナーに対する市場ニーズの中には、常に上位3番目までに「吸引力の強いもの」があげられている。この要求にこたえるべく、クリーナー製造メーカーはこの改善に努力してきた。その結果、ここ10年間の吸引力「吸込仕事率」の改善には大きな進歩が見られ、その成果は省エネルギー的見地からみても大きなものであった。以下

に、ここ 10 年間当社の吸込仕事率の推移を省エネルギーの観点から述べる。

10.2 吸込仕事率とその改善

クリーナーの吸引力の大きさを表現する吸込仕事率は JIS C 9108 で次のように定義されている。「定格電圧、定格周波数のもとで、掃除機を標準状態（温度 20℃、相対湿度 75%、大気圧 760 mmHg）で運転したとき、先端開口部における空気力学的動力の最大値を吸込仕事率といい、その単位は W である」。

図 10.1 に吸込仕事率測定装置とその測定系を示す。測定方法として、風量制御バルブを全開の位置から全閉の方向へ順次調整することにより、真空度測定用マノメータから静圧 h_s を、また風量測定用マノメータから、動圧 h_d を各々の調整位置で測定する。その測定の結果、得られた一例を図 10.2 に示す。

横軸の風量 Q は測定された動圧 h_d より次式で計算される。

$$Q = 0.19K\sqrt{h_d} \quad (\text{m}^3/\text{min}) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$K = \sqrt{\gamma/\gamma_0}$$

γ : 標準状態の空気単位体積当たりの重量 (kgf/m³)

γ_0 : 試験時の空気単位体積当たりの重量 (kgf/m³)

また、縦軸の圧力は測定された静圧 h_s (mmH₂O) である。空気力学

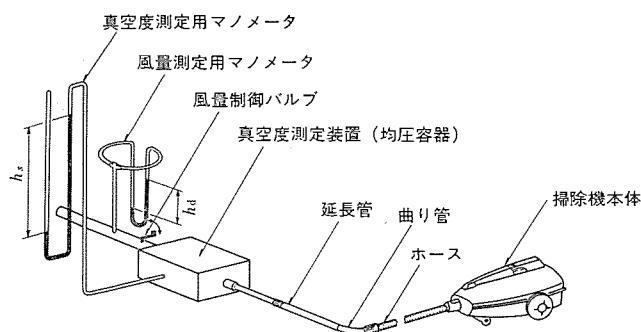


図 10.1 吸込仕事率測定装置

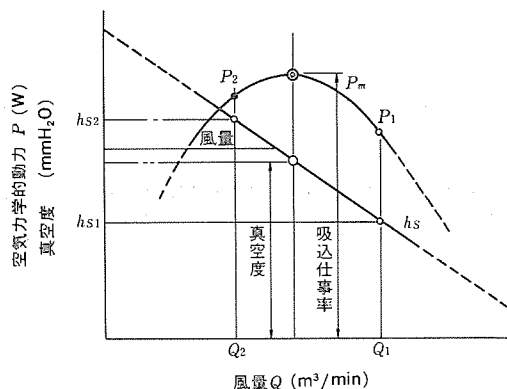


図 10.2 掃除機の風量、真空度及び空気力学的動力曲線

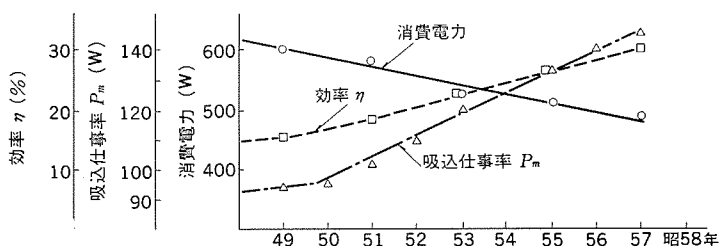


図 10.3 掃除機の吸込仕事率、消費電力及び効率の推移

的動力 P は、これらの風量 Q と静圧 h_s とから次式により計算される。

$$P = 0.1634Q \cdot h_s \quad (\text{W}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

そしてこの P の最大値 P_m が JIS で定義された「吸込仕事率」である。また、この吸込仕事率 P_m と消費電力（風量制御バルブ全開時の入力）の比が効率 η である。

図 10.3 に、当社クリーナーの消費電力、効率、吸込仕事率の最近 10 年間の推移を示した。図 10.3 から分かるように、それらの改善は著しく進展している。表 10.1 に、10 年前と現在の比較を示す。

図 10.4 に現在当社の主力機種である TC-800 形クリーナーの外観を示した。これは消費電力 500 W、吸込仕事率 150 W、効率 30% の高水準に加え、消費者のもっとも関心の深いチリ処理で業界を一步リードした《クルッポン》機構を採用したものであり、当社クリーナーの売上げの伸長とマーケットシェアアップに大きく貢献している機種である。

表 10.1 クリーナー特性の改善比較（昭 48/昭 57）

諸 元	年 度	48 年	57 年	改善率 (%)
消 費 電 力 (W)		620	500	24.0
吸 込 仕 事 率 (W)		95	150	37.0
効 率 (%)		15.3	30	49.0

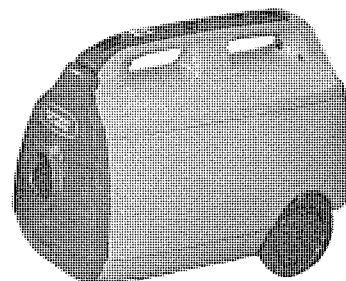


図 10.4 当社クリーナー TC-800 形

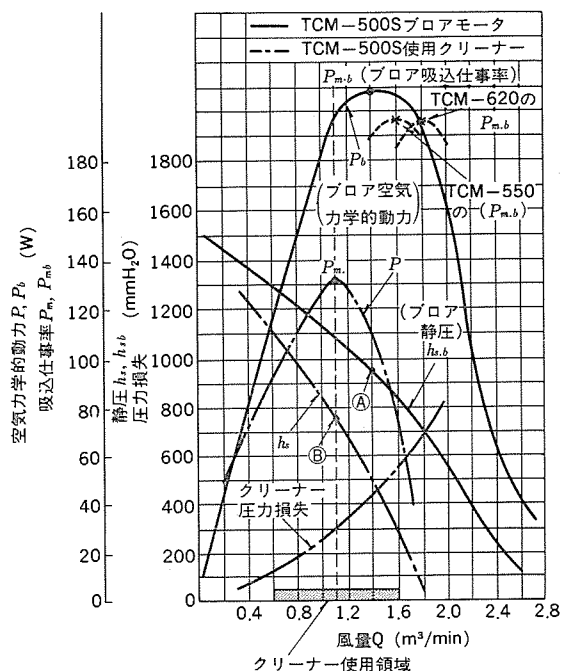


図 10.5 プロアモータ及びクリーナーの Q , h_s 及び P とクリーナーの圧力損失

図 10.5 に現在のブロアモータ TCM-500 S 形の諸特性とそれを搭載したクリーナーの諸特性を示す。ブロアモータの吸込仕事率の最大値 P_{mb} は $Q \cong 1.4$, $h_s \cong 920$ (図 10.5 ㉔) のときで $P_{mb} \cong 210$ W (式 (2) より計算) であり、またこのモータを搭載したクリーナーのそれは $Q \cong 1.1$, $h_s \cong 723$ (図 10.5 ㉕) のときで $P_m \cong 130$ W である。この差の 80 W は、風量ポイントのずれとクリーナー (クリーナー本体、蛇腹ホース、延長パイプ) の圧力損失によるものである。

以上のことから、クリーナーの吸込仕事率の改善は、以下の 10.3 項、10.4 項で詳述するようにクリーナーの使用風量領域におけるブローの特性改善と圧力損失の低減とにより図られる。

10.3 ブロアモータの特性改善

図 10.6 にブロアモータの構造と空気の流れを示す。入口㉔から入った空気は、回転するファンにより遠心力を受けファンの出口から押し出される。押し出された空気は、戻り流路である軸方向案内羽根と径方向案内羽根を通る間に負圧から高圧へ圧力回復する。戻り流路を通過した空気は、モータの各部を冷却しながら外部へと流れていく。

ブロアモータのクリーナー使用風量領域 ($0.6 \sim 1.6 \text{ m}^3/\text{min}$) での特性改善は、図 10.5 に示すように昭和 40 年代後半の TCM-620 形、50 年代前半の TCM-550 形そして現在の TCM-500 S 形の P_{mb} 点 (ブロー吸込仕事率) の変化として表すことができる。すなわち、理想的な P_{mb} 点の位置は P_m 点と同一風量上 (約 $1.1 \text{ m}^3/\text{min}$) にあり (横軸)、縦軸は出来る限り大きいことである。この理想的 P_{mb} 点へ向っての改善と同時に、小形、軽量、低消費電力化が進められてきた。それらは、次に示す (1) ~ (5) の具体的な改善の積み重ねにより得られた。表 10.2 に、最近 10 年間 3 機種のプロアモータの特性推移を示す。

ブロアモータ改善項目を次に示す。

(1) ファンの羽根角度: P_{mb} 点を理想 P_{mb} 点へ近づけること及び $0.6 \sim 1.6 \text{ m}^3/\text{min}$ 領域の P_b の絶対値をあげるために、ファン入口、出口角の改良をした。

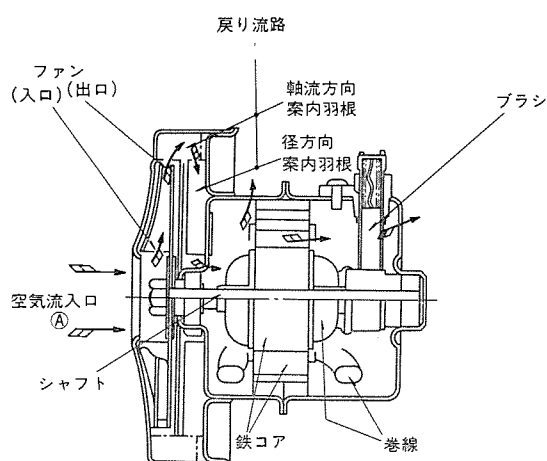


図 10.6 ブロアモータの構造 (TCM 500 S 形)

表 10.2 当社ブロアモータの特性推移

特 性 \ 機 種	TCM-620	TCM-550	TCM-500 S
吸 込 仕 事 率 (W)	195	195	210
消 費 電 力 (W)	620	550	500
効 率 (%)	31.5	33.5	42.0

(2) 戻り流路の改善: TCM-620 形時代までは、径方向案内羽根のみであった。TCM-550 形に初めて軸流方向の案内羽根を導入した。これにより、 P_{mb} 点の理想点方向へ近づけることができた。

(3) 鉄損: ボンデ鋼板からけい素鋼板への切換えにより、損失を減らし、小形・軽量化を図った。

(4) 機械損: シャフト径、ベアリングの大きさ、ブラシの押し圧力を小さくし、動摩擦抵抗損失を小さくした。

(5) ブラシ損: 比抵抗の小さいものに切換え、損失を小さくした。これらの改善により、ブロアモータの最高効率と言われている 45% へ近づいてきている。

10.4 クリーナー圧力損失の改善

図 10.5 に示したクリーナーの圧力損失曲線は以下の①~⑩で発生する損失を合計したものである。

①延長パイプ、②蛇腹ホース、③ダストボックス、④プレフィルター、⑤メインフィルター、⑥各継手部シール、⑦モータ周辺の吸音機、⑧モータから排気孔までの風路、⑨排気孔前の吸音機、⑩排気孔の形状

これらの損失は流路の断面積変化、内面のなめらかさなど、デザイン、成形型、大きさにより影響を受ける。これらの圧力損失は吸込仕事率 P_m の風量ポイント約 $1.1 \text{ m}^3/\text{min}$ で、ワットに換算すると機種により 40~60 W ある。そして、既にブロアモータの効率が限界に近づいている現在では、この圧力損失をどこまで減らすことができるかが、吸込仕事率の改善に関する大きな課題になってきている。

10.5 む す び

昭和 47 年に吸込仕事率が JIS のクリーナー規格に取入れられた。以来、この改善に全メーカーが必死の努力を続けることにより、日本のクリーナーの吸込仕事率は消費電力 100 W に対し 30 W 代の値になり、アメリカ、ヨーロッパ諸国の 20 W 代と比べるとはるかに優れたものと言えるし、また省エネルギーの観点から高く評価できると言える。

今後、更に吸込仕事率の改善を続け省エネルギーを追求するが、これと併行して、掃除する人にとって、使いやすく、使って楽しさの持てるクリーナーの開発を進める予定である。

11. 衣類乾燥機

清水 誠*・高木 昇**

11.1 ま え が き

衣類乾燥機 (以下、乾燥機と呼ぶ) は冬期に日照時間の少ない日本海側の地域から普及し始め、最近著しい伸びを示しており、その成長ぶりから普及率は現在の 7% から来年には 10% に近づくと予想されている。これは、梅雨期における洗たく物の悩みや大気汚染や中高層住宅における物干し禁止などの環境的制約、及び主婦の社会活動の増加に伴い昼間に洗たくする時間がもてないという時間的制約、この二つの制約を解消する便利な機器として高く評価されているためである。

省エネルギー化が強く要請されている社会情勢下にあつて、当社では、乾燥機内に放散された熱を回収する「ヒートバック方式」を採用し、大幅な省電力化と乾燥時間の短縮を実現させた乾燥機 DR-530 形

(以下、本製品と呼ぶ)を開発した。この本製品の構造、省電力効果、特長について述べる。

11.2 構造と省電力効果

従来品(当社品)は、外箱前面下部のヒーター近傍に吸気口を設け、吸込空気を直接にヒーターへ導く方式であり、総消費電力量に対する熱負荷構成は、①布に含まれた水の蒸発に約60%、②外箱からの放熱や換気(ドラム内を通過しない)放熱に約20%、③乾燥空気の加熱に約15%、④機体と布(含水)の温度上昇に約5%であった。

本製品(図11.1)は、乾燥性能を高めるためにドラム内の温風路を含めたドラム形態、回転数の適正化や湿り空気の特徴を考慮した風量設定、更に、前記②の熱回収を目的として回転ドラム側面シール性能の向上と「ヒートバック方式」を採用した。「ヒートバック方式」とは、図11.2に示すように密閉構造とした外箱上部に吸気口を設け、ここから吸込まれた空気がヒーターへ至るまでの間に排気熱の一部やモーターから放散された熱の多くを回収する風路構成及び方式をいう。この方式の採用によって、ヒーター入口空気温度は10℃上昇し、外箱の温度が下り放熱が少なくなったため消費電力量を大幅に

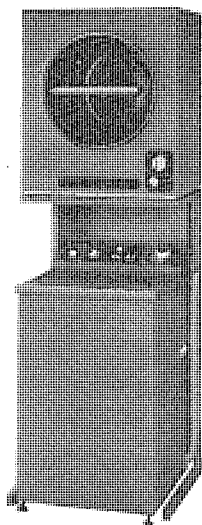


図 11.1 ホームランドリーセット DR-530 SG 形

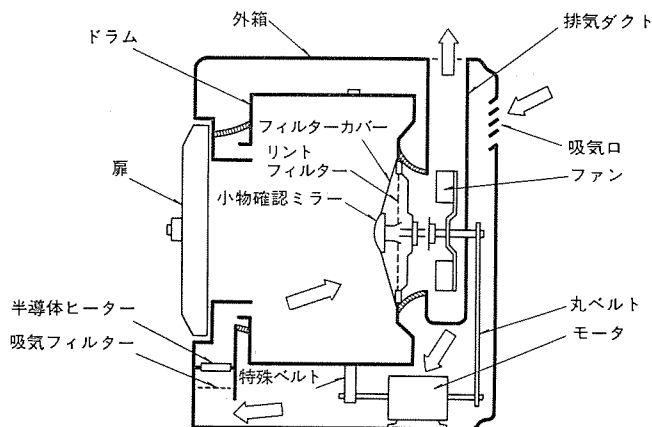


図 11.2 ヒートバック方式

表 11.1 乾燥性能の比較

	DR-530 SG 形	当 社 従 来 品
乾 燥 時 間 (min/kg)	33.9	38.5
消 費 電 力 量 (kWh/kg)	0.70	0.83
電 気 代 (円/kg)	21.1	25.0

条件……JEM方式、電気代(30円/kWhとして)

表 11.2 DR-530 SA/SG 形の仕様

項 目	仕 様
電 源	単相 100 V 50 Hz, 60 Hz
外 形 寸 法 (mm)	600(幅)×435(奥行)×720(高さ)
製 品 重 量 (kg)	23
定格消費電力 (W)	1,200 (50/60 Hz) (周囲温度 30℃)
乾 燥 容 量 (kg)	2.8
ヒ ー タ ー	100 V, 1,050 W 半導体ヒーター (750/1,050 W 可変式)
タ イ マ ー	ワーレンモータ式 150 分計 定格 100 V 15 A
特 長	風温調節装置、乾燥終了ブザー、目づまりお知らせランプ 小物確認ミラー、小物乾燥棚

減少させることができた。

表 11.1 は、本製品と従来品(当社品)の乾燥性能について布 1 kg 当たり乾燥させるのに必要な乾燥時間、消費電力量及び電気代を比較したもので、乾燥時間で約 12% の時間短縮、消費電力量(電気代)では約 15% の省電力化が得られた。その省電力の内訳は前記②、③の熱回収によって 11%、機体の温度低下によって④で 2%、計 13% 減少し、これに伴う約 12% の時間短縮によってモーターの消費電力量が約 2% 低減したことによる。

また、リントフィルターが目づまりを起こすと乾燥時間が長くなり、電力の無駄使いになる(10 回のタオル乾燥において乾燥時間が約 5% 長くなり、消費電力は約 3% 増加する……本製品)。したがって本製品はリントフィルターを大形化してリント収容能力を増すとともに、一定回数使用すると「フィルターの清掃」の時期を知らせるパイロットランプを設けるなど使用上の省電力化にも対策を講じている。

11.3 特 長

表 11.2 は本製品の主要な仕様であり、省電力化形であるほかに次のような特長ももっている。

繊維の種類や衣類の量に合わせて「高」、「低」2 種類の温風の使い分けができる。また、衣類がふくらみ仕上げられた乾燥直後に取出せるよう乾燥終了 5 分前に知らせる乾燥終了ブザーの付加や安全性の高い自己温度調節機能をもつ半導体ヒーターの使用など操作性、安全性、耐久性に対しても十分な工夫と対策を施している。

11.4 む す び

衣類乾燥機の省エネルギー化に対しては、製品の効率向上はもちろんのこと、使用上において洗たく物をよく脱水することや過乾燥にならないように注意することも大切である。今後は操作性の向上によりムダを省くとともに基本性能においても乾燥効率を一段と向上させるドラム、風路、送風機及び外箱も含めた総合的なシステムとしての研究・開発の努力を積み重ねていきたい。

半導体素子の省エネルギーへの役割

上田 守*

半導体素子は、次の二つの面で省エネルギーに寄与している。まず第1は、半導体素子自体が消費する電力を減少させることであり、第2は、半導体素子を応用することにより各種機器の消費エネルギーを減少させ、又はエネルギー効率を高めることである。前者は、半導体素子の特性の改良にかかわるものであって、素子構造及び製造技術の両面から消費エネルギーを減少させる努力がなされてきた。そのうちの代表的なものはCMOS（相補形MOS）ICの技術である。他方、後者は、半導体素子の応用にかかわるものであり、サイリスタやパワートランジスタを用いた可変電圧可変周波数（VVVF）インバータによる誘導電動機の世界速度制御やマイクロコンピュータ（以下、マイコンと称す）による自動車のエンジン制御などがある。以下、これらについて概説する。

(1) CMOS IC

CMOS ICは、pMOS又はnMOS ICに比べ、けた違いに消費電力が小さいという優れた特長をもっているが、当初は速度が遅く、かつ製造コストが高いなどの理由により時計や電卓など電池動作の携帯機器用ICに限られていた。しかし最近のLSIの集積度の向上により、nMOSではLSIの消費電力を標準パッケージで許容範囲内に抑えることが困難になり、マイクロプロセッサ、メモリ、ゲートアレイなどLSI全般にわたりCMOS技術が適用される傾向にある。

このようにCMOS技術の適用範囲が拡大した背景としては、一つは、ユーザーサイドの省電力の要請であり、もう一つは、製造技術の進歩により、CMOS ICの短所であった動作速度が改善され、更に高集積化に伴いnMOSとCMOSのコスト差が従来よりも少なくなってきたことによるものである。

(2) 機器の省エネルギー

半導体素子が機器の省エネルギーに寄与している例は多いが、そのうちいくつかを次に例示する。

(a) 誘導電動機の世界速度制御

VVVFインバータを用いて誘導電動機の世界速度制御をすると、他の速度制御方式に比較して大きな省電力効果が得られるが、VVVFインバータを構成するスイッチング素子としては、パワートランジスタやサイリスタなどの半導体素子が用いられている。特に最近のパワートランジスタの技術進歩により、VVVFインバータの適用範囲が急速に拡大しつつある。

(b) 電源

各種電子機器には、一般に定電圧直流電源を必要とする。従来は、コストの点からシリースレギュレータ方式の電源が用いられてきたが、今ではパワートランジスタの技術進歩により高効率で、かつ小形のスイッチングレギュレータが安価にできるようになっている。

(c) 自動車

石油価格の高騰により、自動車の燃費向上の要請が高まっている中で、マイコンを用いた電子エンジン制御が行われている。現在は8ビットワンチップマイコンが主流であるが、将来はより高性能の16ビットマイコンも応用されるとみられている。

(d) 電車

電車の速度制御の方式の一つとして回生制動がある。これに用いるチョップ装置には、大電力の高速サイリスタが用いられている。

(e) 照明

蛍光灯などの放電灯の安定器は、磁気回路で構成されているが、これを高効率でしかも小形化するために半導体スイッチング素子を用いた電子回路に置き換えたものが実用化されている。

以上、半導体素子が省エネルギーに関連しているいくつかの例を示したが、以下の論文においては、マイコン、パワーモジュール及び高周波サイリスタについて、それぞれ省エネルギーとの関連を詳細に説明している。

1. マイコン

正田 茂雄**

1.1 ま え が き

省エネルギーを目的とするシステムでは、その手段としてコンピュータやマイコンが広く利用されている。省エネルギーの最も大規模のシステムは、電力の分野における発電と電力消費のバランスを図る協調システムであろう。システムの規模という点では先のシステムと比較にならないが、数とのか積において大きな効果を発揮するシステムは自動車の電子燃料噴射システムであろう。これらの例に共通する点は、多数の情報から現在の状態を判断し、最適な状態にすべく制御する機能が必要と

される点である。

マイコンは、このような機能を求められるシステムにおいて有効に機能する。そのハードウェアは半導体技術、集積技術に裏付けられて制御回路、判断回路は数ミリ角に納められ、その消費電力はリレーの1個分より小さい。また、マイコンのソフトウェアは様々なシステムの構成・機能の変更に適応することができる。

1.2 マイコンからみた省エネルギーの適応

エネルギー源を電力まで拡張して考え、対象を家庭電気製品まで含めると、マイコンからみた省エネルギーの適応は表1.1のようにまとめることができる。システムのレベルにおいては、ビル・学校などの冷暖房システムのように、使用環境、使用条件によって個々の端末をきめ

* 本社 ** 北伊丹製作所

表 1.1 省エネルギー 適応レベルとマイコンの影響

省エネルギー 適応レベル	内 容	マイコンへの影響
システム	1. 集中制御によるムダの排除 2. 負荷のバランスと予測	1. メモリ空間の拡大 2. 処理の高速化
装 置	1. 運転時間の制御 2. モニタによる表示と警告 3. 高効率機器の開発	1. ワンチップ化 (大容量メモリ) 2. 機能の分散による機種増加
回 路	1. 部品点数の削減 2. ドライバ回路の削減 3. 電源回路の削減	1. ワンチップ化 2. CMOS 化

細かく運転し、省エネルギーを図ろうとするものである。この場合には、各端末の状態をセンスすべき信号ラインの新設は難しく、既存の電力線を利用するなど端末との情報交換において高速性が要求される。運転時間の入力など マンマシンインタフェースも必要となり、システムは大きくなる。

装置のレベルではエアコンにおける“おやすみタイマ”のように、無駄な運転を極力減らすこととコンプレッサなどの機器の効率アップが省エネルギーの重要なポイントとなる。これらの機能は既存の機能に付加され、コントローラとしてのマイコンは大容量メモリを備えたワンチップマイコンが必要となる。また、表示は製品の表面を形成する点から重要視される物であり、LED表示からLCDへの切換えは使用電力において1/1,000となる。LCD表示器の駆動は汎用ロジックを用いるより専用LSIを用いる方が、コストパフォーマンスにおいて優れており、ワンチップマイコンに含まれる傾向からマイコンは更に大きくなる傾向にある。

回路のレベルになると、その物自身を半導体に吸収する方向にある。これまで、比較的大きな部分を占め、時には放熱などの問題を含んでいた電源回路は次第に小さくなっている。省電力の点からICの動作電圧は低くなり、リニア回路などを除けばTTL、CMOS共通の5ボルトになり、5ボルトCMOSマイコンが広く求められている。

1.3 当社のマイコンの現状と今後の方向

当社における開発の現状は高速化とCMOS化に極論することができる。4ビットマイコンは蛍光表示管などの高耐圧を要する用途に、P-MOS・A/D変換機能付きマイコンを、また、LCD表示器を使用する用途に、CMOS・LCDドライバ付きマイコンを提供してきた。製品を展開するなかで高耐圧を要し、なおかつ省電力のタイプのP-MOSマイコンを開発した。M58847- $\times\times\times$ PからM58850- $\times\times\times$ Pに続く4機種である。

これらの機種は、ダイナミック回路の手法を用

い、表1.2に示すように従来機種の1/40程度の消費電力である。リニア回路にそのまま接続し、または、ツェナダイオード1本で容易に電源を得ることができる。

CMOSマイコンにおいては、使用電力の削減要求は一層きびしく、また一方では高速処理が要求される。よく知られているようにCMOSロジックはレベルの変換時に電力を費やす。このため、低消費を実現するためにはクロック発振の分周器を備え、プログラムによって分周比を選択する手法が用いられる。表1.2に代表的なCMOSマイコンを示す。8ビットマイコンはワンチップマイコンの分野で、CMOS化と処理の高速化が並行して進められている。プログラムメモリ2Kワードをもつ8049は6MHz、8MHz、11MHzと高速化され、命令サイクル1.36 μ sまで早められた。省エネルギーの観点からみれば、CMOS版を挙げることができる。表1.3に比較表を示す。

M5M80C49- $\times\times\times$ Pは6MHzのクロックで動作するCMOS

表 1.2 4ビットマイコンの比較表

機 種 名 項 目	M58845- $\times\times\times$ P	M58849- $\times\times\times$ P	M58497- $\times\times\times$ P
プ ロ セ ス	Pチャネルアルミゲート ED-MOS	Pチャネルアルミゲート ED-MOS	CMOS
メ モ リ 容 量	ROM 2,048語 $\times$ 9ビット RAM 128語 $\times$ 4ビット	ROM 2,048語 $\times$ 9ビット RAM 128語 $\times$ 4ビット	ROM 2,048語 $\times$ 10ビット RAM 128語 $\times$ 4ビット
消 費 電 力	-15V, 350mW (標準)	-9V, 8mW (標準)	全動作時 4.5V, 2mW RAMバックアップ時 4.5V, 90 μ W
タ イ マ	2本	—	プリスケラ (6ビット) タイマ (4ビット) 1本
割 込 み	3要因 (外部、タイマ1、タイマ2) 1レベル	1要因 1レベル	4要因 1レベル
入 力 ポ ー ト	アナログ入力 8本	(ポートK) 4本 センス入力 2本	—
入 出 力 ポ ー ト	ポート (D, F, S) 24本 タイマ入出力 1本	(ポートS) 8本	(ポートK, S) 8本
出 力 ポ ー ト	—	(ポートD, P) 17本	(ポートD, F, P) 21本 液晶用出力ポート セグメント出力 26本 コモン出力 2本
パ ッ ケ ー ジ	42ピン シュリンク DILパッケージ	40ピン シュリンク DILパッケージ	72ピン フラットパッケージ
特 長	A/D変換機能付き 蛍光表示管駆動	低消費 蛍光表示管駆動	RAM外付可能 液晶表示器直接ドライバ 低電圧検出回路内蔵

表 1.3 8ビットマイコンの比較表

機 種 名 項 目	M5L8049- $\times\times\times$ P	M5M80C49- $\times\times\times$ P	M5M8050H- $\times\times\times$ P
プ ロ セ ス	Nチャネル シリコンゲート ED-MOS	CMOS シリコンゲート	Nチャネル シリコンゲート ED-MOS
命 令 サ イ ク ル	1.36 μ s (最小)	2.5 μ s (最小)	1.36 μ s (最小)
メ モ リ 容 量	ROM 2K バイト RAM 128 バイト	ROM 2K バイト RAM 128 バイト	ROM 4K バイト RAM 256 バイト
I/O ポ ー ト	27本	27本	27本
サブルーチンの ネスティング	8レベル	8レベル	8レベル
割 込 み	外部、タイマ/カウンタ 各1レベル	外部、タイマ/カウンタ 各1レベル	外部、タイマ/カウンタ 各1レベル
消 費 電 力	100mA (全電源電流)	動作時 50mW ホールド時 15mW スタンバイ時 50 μ W	100mA (全電源電流)
特 長	8049 NMOS 版	8049 CMOS 版	大容量メモリ

マイコンである。HALT 命令を実行すると クロック 発振回路を残して他の回路は停止状態となる。スタンバイ 状態は外部からスタンバイ 入力端子 STBY を “L” レベル にすることにより得られる。この状態ではクロック 発振回路も停止し、内部 RAM の保持のみ実行する。

表 1. 3 には、M5M8050 H- $\times \times$ P を大容量 メモリ の代表例として併記している。本稿では紙面の都合上、8 ビット以上の機種は割愛するが、大規模 システム の用途に 4 ビットマイコン、8 ビットマイコン の大容量 メモリ を備えた機種や 8 ビット、16 ビットの周辺素子開発を進めている。

2. パワーモジュール

山根 正 熙*・岩本 英雄*・石 堂 道 治*

2.1 ま え が き

交流電動機 の速度制御の分野では、他の電気機器で例をみないほどの大きな省電力効果が期待されている。例えば、ブロウ や ポンプ の流量制御において従来の ダンパ や バルブ を使用する方式に代えて VVV F (可変電圧可変周波) インバータ による交流電動機 の可変速制御を適用すると、使用電力を半分以上に減らすことも可能である。このような省 エネルギー システム としては、大電力機器の分野でこれまでも VVVF インバータ が実用化されているが、最も用途が広い数十 kW 以下の領域ではコストの面から本格的採用の気運に至っていないのが実状であった。この分野での需要を大幅に喚起するために、機器のインシヤルコストの増加を省電力により短期間で回収できるパワーエレクトロニクス 技術の革進が強く求められていた。

以上の背景から、当社は機器のコストパフォーマンスを著しく向上させる機能を有する新しい電力半導体としてパワーモジュールを開発し、これを用いた交流電動機 の可変速装置などの飛躍的な発展を促しつつある。

ここでは、パワーモジュール と省 エネルギー 化における役割・効果について述べる。

2.2 パワーモジュールの特長

VVVF インバータ の電力変換部の中心となる電力半導体には、従来ディスプレイが用いられていたが、装置の大形化や組立工数が多いことなどコストアップの要因が多く、これらの問題を解決してコストパフォーマンスの向上に寄与できる新しい電力半導体の出現が強く求められていた。

このニーズにこたえるものがパワーモジュールであり、これを実現するために必要な二つの基本的な半導体技術が開発・実用化された。その一つが、パッケージの気密封止なしでも安定した pn 接合表面の特性が得られる新しいパッシベーション 技術 (ガラス、酸化膜) であり、もう一つがチップ とベース をセラミック基板上で絶縁し、複数個のチップを 1 個の樹脂封止 ケース にマウントすることなどを可能とする新しい組立技術である。

その結果、例えば図 2. 1 に示すように、小形・軽量化を促進し、装置のコストパフォーマンスの向上に著しく寄与できるトランジスタインバータ が実現した。ここで、1 個の放熱フィン の上にダイオードモジュール 1 個とトランジスタモジュール 3 個が取付けられ、主回路がブスターにより平面

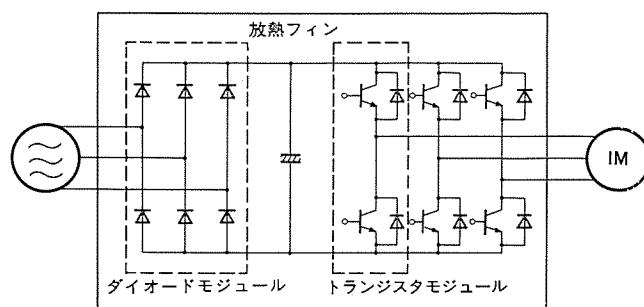


図 2. 1 トランジスタインバータの回路線図

表 2. 1 パワーモジュール 一覧

(a) ダイオードサイリスタモジュール の代表例

内部結線	形名	定格電流 I_{FAV}, I_{TAV} (A)	定格電圧 V_{BRM} (V)	定格サージ電流 I_{FSM}, I_{TSM} (A)
	RM30TA	60*	400~800	1,000
	RM100DZ	100	400~1,600	2,000
	TM55RZ	165*	400~800	1,100
	TM90DZ	90	400~1,600	1,800

注 * 直流出力電流 I_{DC} を示す。

(b) トランジスタモジュール の代表例

内部結線	形名	定格電流 I_c (A)	定格電圧 V_{ceo} (V)	定格コレクタ 損失 P_c (W)	直流電流 増幅率 h_{FE} (min)
	QM15HA	15	600	100	100
	QM150DY	150	600, 1,000	1,000 × 2	100
	QM50TA	50	600	300 × 6	100

注 * トランジスタチップはほかと同様のダークリントン形である。

配線され、信号回路がファストン 接続されるなど、小形・軽量化、取扱容易さなどへの工夫が施されている。

パワーモジュール の中には、ダイオードモジュール、サイリスタモジュール 及び トランジスタモジュール があり、その代表例を表 2. 1 に示す。

2.3 応用と省エネルギー

パワーモジュール は前記の特長を生かして、各種の交流電動機制御 (一次電圧制御、周波数制御)、直流電動機制御 (整流、DC チョップ)、一般交流電源 (交流位相制御、CVCF インバータ)、直流電源 (整流、DC チョップ)、その他の広い分野に採用されている。いずれの分野でも、応用装置の省 エネルギー、組立の省力化簡素化と小形軽量による省資源という点で大きく貢献している。中でも、トランジスタモジュール を用いた VVVF インバータ による交流電動機 の速度制御の用途では、インバータ 制御に伴う大幅な省電力効果とともに、装置自体の製作費用を大幅に低減させ、運転経費及びインシヤルコストの両面で大幅な省 エネルギー 効果が発揮されている。

図 2. 2 は、7.5 kW 電動機を用いたブロウをダンパ 制御した場合とインバータ 制御した場合の必要電力量の比較の一例を示すものであり、風量 80 % で運転するとした場合、インバータ 制御を行うと電気代は約 1/2 と大幅に省電力を達成することができる。また、実装例

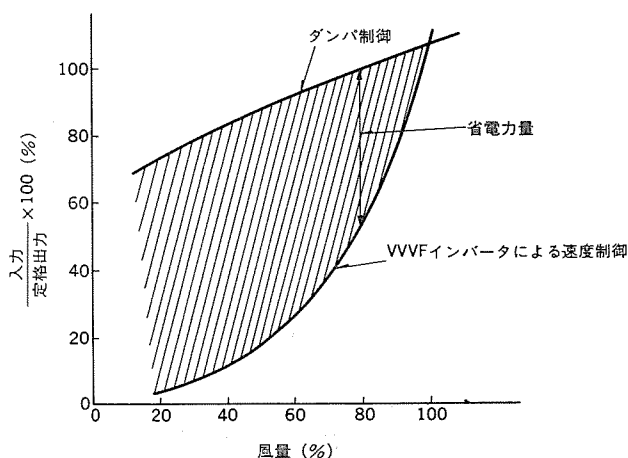


図 2.2 VVVF インバータによる省電力効果の例
(ブロワの風量制御の場合)

においては、従来の単体素子を用いる場合に比べ、パワーモジュールを採用すると体積で約40%、重量で約60%に減少することができ、大幅に小形・軽量化を図ることができる。

2.4 む す び

以上述べたように、パワーモジュールはパワーエレクトロニクス分野において省エネルギー化推進の主役としてクローズアップされてきた。今後更に高性能化、大容量化、高集積化へ進展するとともにパワーモジュールは応用分野を拡大させながら、機器の省エネルギー化に一層貢献するものと期待される。

3. 高周波サイリスタ

石堂 道治*・上田 和男*

3.1 ま え が き

高周波焼入れ装置や熔解炉として広く用いられている誘導加熱用高周波電源装置では、省エネルギー化の促進が重要課題となっている。省エネルギー化を図るには、高周波インバータの出力周波数を上げ、被加熱物に応じた最適周波数が選べるようにする必要がある、すなわち、これは被加熱物の加熱深さを必要最小限まで制御することで、負荷の熱容量を低減することをねらいとするものである。このためには出力周波数範囲をできるだけ高くまで許容させ、加熱深さをできるだけ浅くまで制御できることが望ましい。一方、高周波インバータの出力周波数は使用サイリスタの周波数特性によって限定されてしまう。したがって、インバータの出力周波数を上げるためにはサイリスタの高周波化が強く要望されていた。

当社ではこのような高周波化の要求に対し、三菱独自のゲート補助ターンオフサイリスタ⁽¹⁾⁽²⁾(GATT)構造を開発し、動作周波数が10kHzまでの高周波化を図ってきた。この技術を更に改良し、20kHzの動作周波数が許容できる新形GATT⁽³⁾⁽⁴⁾の開発に成功したので、省エネルギー化への役割という観点から素子の紹介を行う。

3.2 高周波化による省エネルギー効果

薄鋼板用の焼入れ装置の高周波化と消費電力の関係は次のとおりである。誘導加熱の表皮深さ δ は一般に次式で与えられる。

$$\delta = K \sqrt{\rho / \mu \cdot f}$$

ただし、 K ：定数、 ρ ：抵抗率、 μ ：透磁率、 f ：周波数
上式より δ は $1/\sqrt{f}$ に比例するので、被加熱物質の体積は $1/\sqrt{f}$ に比例した値となる。例えば、従来の10kHzにおける焼入れと、周波数を2倍にした20kHzにおける焼入れを比較すると、後者の被加熱物質の体積は前者のそれの $1/\sqrt{2}$ となる。したがって、消費電力も $1/\sqrt{2}$ に減少し、約30%の省エネルギー効果が得られる。

以上の関係からわかるように、省エネルギー効果の点からは、薄鋼板用の焼入れ装置の場合、できるだけ高い周波数で動作させた方が有利である。しかしサイリスタの高周波化には種々の困難さが伴う。今回、当社は従来の2倍の周波数、20kHzで動作可能なサイリスタを目標に開発した。

3.3 サイリスタの高周波化の問題点と解決策

高周波領域で動作するサイリスタはターンオフ時間が極めて短いことが必要である。しかし、サイリスタはターンオフ時間を短縮すると、オン電圧及び漏れ電流が増大し、高周波通電能力が大幅に低減するという問題がある。この問題を解決する方法として、サイリスタのGATT構造化⁽¹⁾⁽²⁾が提案されている。GATT構造は、ターンオフ時にゲートと陰極間に逆バイアスを加え、導通時の蓄積キャリアを強制的に外部に排出し、オン電圧及び漏れ電流を増大させずにターンオフ時間を短縮できる優れた機能を有する。

当社は、このGATT構造の長所に着目して、10kHzで動作するターンオフ時間8 μ s、定格電圧1,200V、定格電流400AのGATT、FT 500 GZを既に製品化している⁽¹⁾⁽²⁾。しかし、より高い20kHzの高周波領域で動作させるには、ターンオフ時間を4 μ s以下にする必要がある。この課題にこたえるため、今回従来のGATT構造に新しい技術を導入し、20kHzの高周波で動作可能なGATT、FT 500 HZを開発することに成功した⁽³⁾⁽⁴⁾。

新しいGATTのベースックエレメントと素子の外観写真を図3.1に示す。ベースックエレメントの直径は従来のFT 500 GZと同じ40mm ϕ である。新しく導入した技術の特長は次の3点である。

(1) 高濃度ボロン拡散と金拡散を組合せ、nベース層のライフタイム分布に傾斜をつけ、オン電圧及び漏れ電流の増加を抑えて、ターンオフ時間を短縮させた。

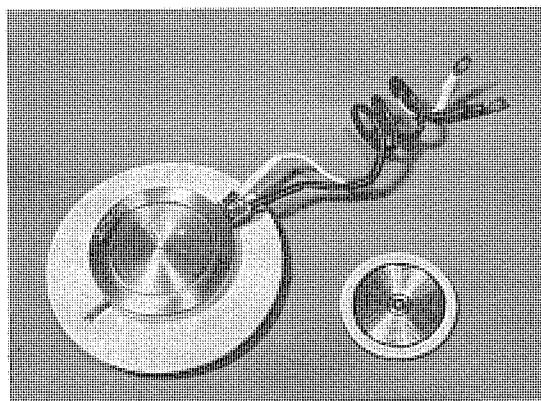


図 3.1 FT 500 HZ のベースックエレメントと素子の外観

表 3.1 FT 500 HZ の主要定格特性表

項 目	記 号	単 位	定格特性値	条 件
ピーク繰返しオフ電圧	V_{DRM}	V	1,200	$T_J = -40 \sim +125^\circ\text{C}$
ピーク繰返しオフ電流	I_{PRM}	A	400	$f = 20\text{ kHz}$, 動作責務 50%, $T_J = 65^\circ\text{C}$
オン電圧	V_{TM}	V	20	$I_{TM} = 1,250\text{ A}$, $T_J = 125^\circ\text{C}$
臨界オフ電圧上昇率	dv/dt	V/ μs	1,000	$V_D = 600\text{ V}$, $V_{GK} = -2\text{ V}$, $T_J = 125^\circ\text{C}$
臨界オン電流上昇率	di/dt	A/ μs	1,000	$I_T = 800\text{ A}$, $V_D = 600\text{ V}$, $T_J = 125^\circ\text{C}$
ターンオフ時間	t_q	μs	4	$I_T = 400\text{ A}$, $V_D = 600\text{ V}$, $V_R = 50\text{ V}$ $di/dt = -30\text{ A}/\mu\text{s}$, $dv/dt = 50\text{ V}/\mu\text{s}$ $V_{GK} = -15\text{ V}$, $T_J = 125^\circ\text{C}$
定格最高接合温度	T_{Jmax}	$^\circ\text{C}$	125	

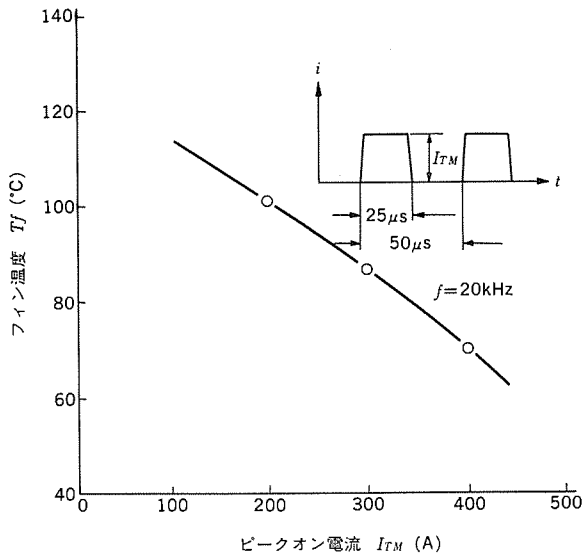


図 3.2 FT 500 Hz の高周波許容電流の限界値 (実験値)

- (2) ターンオフ時間とターンオン損失のトレードオフを大幅に改善するために、陰極エミッタパターンは放射くし形形状とし、陰極エミッタを微細化する一方、エミッタ周辺長を長くしてスイッチング損失を低減している。
- (3) 10 kHz 以上のスイッチング能力を制約するバイパスダイオードの高

周波特性 (逆回復時間) を大幅に改善した。

FT 500 HZ の主要定格特性を表 3.1 に示す。ターンオフ時間が $4\mu\text{s}$ と短縮されたにもかかわらず、オン電圧は 2.0 V と低く抑えられている。更に、 20 kHz の周波数で実負荷試験を実施した。その結果得られた許容フィン温度 T_f とピークオン電流 I_{TM} の関係を図 3.2 に

示す。 $f = 20\text{ kHz}$, $\text{duty} = 50\%$, $T_f = 70^\circ\text{C}$ の条件において $I_{TM} = 400\text{ A}$ の大電流通電が可能である。

3.4 む す び

省エネルギー化の強い要請から、一層の性能向上を課題としている誘導加熱用電源分野において、従来の性能限界を大幅にこえる 20 kHz , 400 A の大電力高周波 GATT, FT 500 HZ は、サイリスタ式高周波インバータの普及、拡大を著しく促進し、大幅な省エネルギー効果を図るものと期待される。

参 考 文 献

- (1) J. Shimizu et al.: "High Voltage High Power Gate Assisted Turn-Off Thyristor for High Frequency Use", IEEE Trans. on ED, ED-23, 883 (1976)
- (2) 多田ほか: ゲート補助ターンオフサイリスタの特性と応用, 電子装置制御変換装置合同研究会, EDD-77-110 (昭 52)
- (3) A. Tada et al.: "1,200 Volts, 400 Amperes, $4\mu\text{s}$ Gate Assisted Turn-Off Thyristor for High-Frequency Inverter Use", IEEE IAS Annual Meeting, 731 (1981)
- (4) 多田ほか: GATT (Gate Assisted Turn-Off Thyristor) 構造によるサイリスタの高周波化について, 電気学会論文誌 C, 昭和 57 年 7 月号 掲載予定

この発明は、液体空気の気化潜熱及び顕熱をオゾン発生機の冷却に利用し、気化された酸素をオゾン発生機の原料とするオゾン発生装置に関するものである。

従来のこの種の装置は、空気を原料として、これを誘電体を介して高電圧を印加した電極間に流通し、無声放電によりオゾンを生成せしめる方法が用いられていた。

この発明は、この従来の方法にかえて図に示すように、液体空気槽(1)から供給される液体空気の内、チッ素のみを気化せしめ、オゾン発生機(9)へ送る冷却媒体を冷却する第1冷却器(4)、上記第1冷却器(4)より送り出される液体酸素を気化せしめオゾン発生機(9)へ送る冷却媒体を冷却する第2冷却器(5)、冷却媒体をオゾン発生機(9)と上記両冷却器間に環流させる圧送機(6)、気化した酸素をオゾン発生機(9)へ所望の流量、圧力にて供給するための流量、圧力調整手段、オゾンを発生させるオゾン発生機(9)により構成し、気化した酸素をオゾン発生機の原料とするものである。

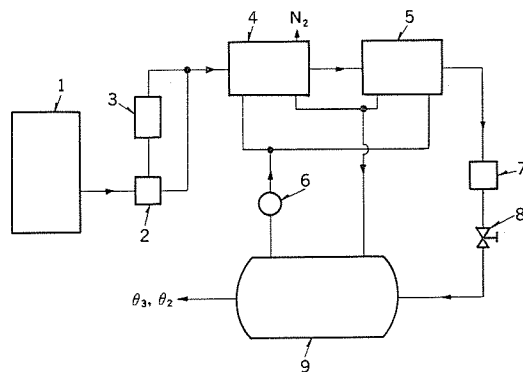
したがって、この方法は従来のものと比較して次のような特徴がある。

(1) オゾン発生機には酸素のみが供給されるので、オゾン発生効率

を向上させる。

(2) 液体空気から酸素を分離抽出するとき、つまり窒素だけを分離気化するときの冷熱、しかも酸素の気化温度よりも低温である冷熱をオゾン発生機の冷却に積極的に用いるようにしているため冷却効果を高めることができる。

(3) 空気圧縮機、空気冷却器脱湿装置等の補器が不要となり設備、保守等の費用が削減できる。



〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 56 No. 12 マイコン技術とその応用特集

特集論文

- 知的資源 “マイコン技術” に思う
- 最近のマイクロコンピュータ技術の動向と当社製品への応用
- CMOS 高性能8ビットワンチップマイクロコンピュータ
- 16ビットマイクロコンピュータの開発サポート装置
- 三菱パーソナルコンピュータ《MULTI 16》のRS-232Cインタフェース
- 三菱汎用シーケンサ《MELSEC-K シリーズ》のデータリンクシステム
- マイクロロボット《ムーブマスター》とそのコントローラにおけるマイコン技術
- POSターミナルにおけるマイクロプロセッサの応用

- マイクロコンピュータを用いたデジタル式単機能形継電器
- パワーエレクトロニクスにおけるマイクロコンピュータ応用
- 電子商品におけるマイクロコンピュータの応用

普通論文

- 蒸発冷却式ガス絶縁変圧器
- 熱間仕上圧延用直流電動機の進歩
- 西独 TRAUB 社向け新形 NC 装置
- 数理計画と予測最適レギュレータによる雨水・汚水ポンプの自動制御
- 電子計算機室用パッケージエアコン PWC 形
- 暖房室内における温度気流分布と快適性

三菱電機技報編集委員

委員長	志岐 守哉	委員	野村 兼八郎
副委員長	岸本 駿二	〃	山内 敦
〃	三浦 宏	〃	柳下 昌平
常任委員	佐藤 文彦	〃	立川 清兵衛
〃	峯松 雅登	〃	徳山 長
〃	田中 克介	〃	柴山 恭一
〃	葛野 信一	〃	町野 康男
〃	井上 通	〃	荒野 岳也
〃	阿部 修	〃	瀬辺 国昭
〃	吉田 太郎	〃	倉橋 浩一郎
〃	野畑 昭夫	〃	小原 英一
〃	的場 徹	幹事	諸住 康平
〃	尾形 善弘	〃	翠川 祐
		11号特集担当	柳下 和夫

三菱電機技報 56 巻 11 号

(無断転載を禁ず) 昭和57年11月22日 印刷
昭和57年11月25日 発行

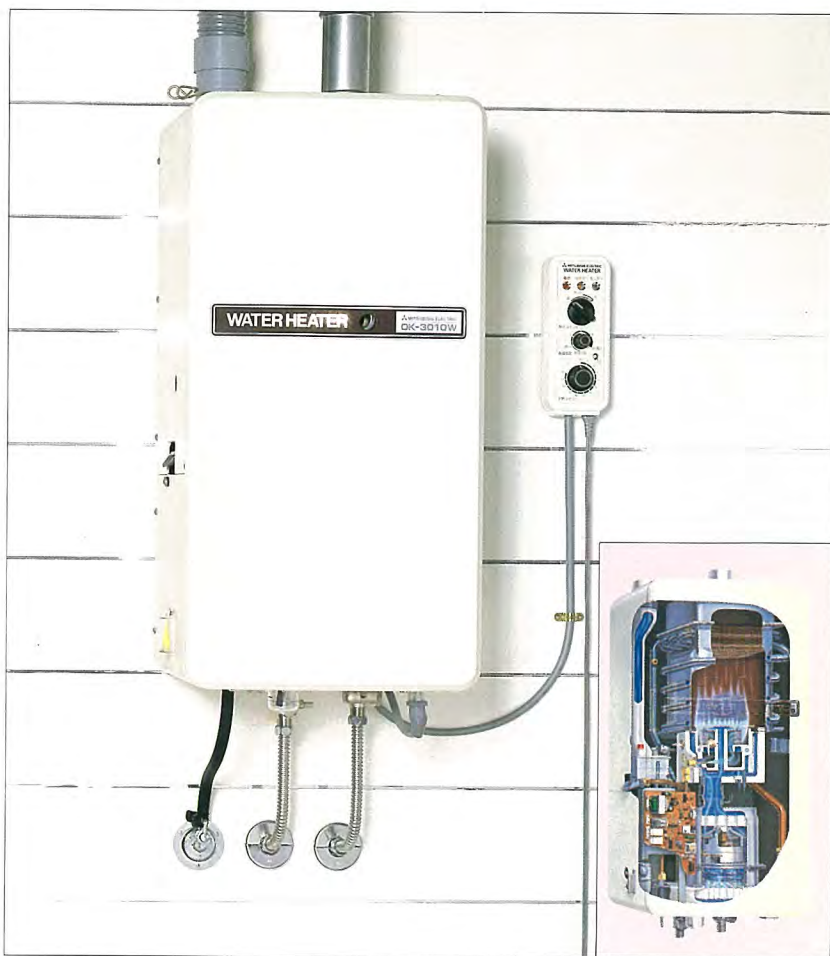
編集兼発行人 諸住 康平
印刷所 東京都新宿区市谷加賀町1丁目12番地
大日本印刷株式会社
発行所 東京都千代田区丸の内2丁目1番2号 (〒100)
三菱電機エンジニアリング株式会社内
「三菱電機技報社」 Tel. (03) 218 局 2045
発売元 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 (〒101)
株式会社 オーム社
Tel. (03) 233 局 0643(代), 振替口座東京 6-20018
定価 1部 500円送料別 (年間予約は送料共 6,700円)

三菱石油ガス化壁掛式瞬間湯沸器 OK-3010W形

三菱電機では灯油を利用した石油ガス化燃焼方式で、壁掛式の本格派セントラル給湯機OK-3000形を発売しておりますが、このたび更にマイコンを搭載したOK-3010形を新発売しました。この製品は、バーナーの燃焼幅を広げることにより出湯能力幅を拡大。比例制御(PID制御：比例+積分+微分動作)により湯温の調節を可能にし、マイコン制御で操作性を向上させた給湯機です。業界初の石油瞬間式セントラル給湯機として登場したOK-3000を更に使い易くしたものです。経済性・スペース性・操作性に富んだ、社会のニーズにマッチした画期的な石油セントラル給湯機です。

特長

- 業界初の石油瞬間式壁掛給湯機
軽量・コンパクトで、容易に壁に取り付けられます。
- 給湯能力幅を拡大
バーナーの改良により燃焼幅を広げ、給湯能力幅を約6号～17号に拡大しました。流し洗いからシャワー、風呂給湯に至るまで、使用性を向上させました。
- マイコンによるPID制御により湯温調節が可能
石油ガス化燃焼方式とマイコンによるPID制御により、湯温制御を完成させました。これまでは「湯量により湯温が変わる」というオフセットが生じていましたが、PID制御を用いることで、石油給湯機においては業界で初めて「湯量を変えても湯温の変わらない」制御を開発しました。これにより36℃～75℃の湯温の調節が可能となりました。また「弱セット」にすると、強制的に弱燃焼とすることもできます。
- じゃ口での高温操作が可能
じゃ口が開いている状態からスタートし、ゆっくりと連続して「閉じる→開く→閉じる→開く」という操作を行なうだけで、マイコンにより高温セットになっていますから、高温の採湯(75℃)ができます。
- リモートボックスによる手近な操作
12時間予熱タイマーによる点火準備、保温調節、電源確認、予熱確認、燃焼確認、異常確認が手近なりモートボックスで行えます。
- 経済性に富む
瞬間式であるため85%と効率が高く、灯油を燃料としているための低維持費ですみます。
- 安全対策に十分の配慮
- FF燃焼方式を採用



標準仕様

種 類	給湯方式	先止め式
	給排気方式	強制給排気式(FF式)
能 力	使用燃料	白灯油(JIS 1号灯油)
	入 力	湯温設定時30,000～約10,700kcal/Hr・弱セット時約10,700kcal/Hr
出 力	出 力	湯温設定時25,500～約9,000kcal/Hr・弱セット時約9,000kcal/Hr
	出湯能力	湯温設定時水温+25dcg 17ℓ～約6ℓ/分、弱セット時水温+25dcg 17ℓ～約6ℓ/分
燃 料	燃料消費量	湯温設定時(最大)3,64ℓ/時、弱セット時約1,30ℓ/時
	使用可能最低水压	0.3kg/cm ² 耐水压 17.5kg/cm ² 1分間
電 源	電 源	AC100V 50/60Hz
	消費電力(50/60Hz)	最大燃焼時900W(最大燃焼時平均約350W) 点火時(予熱)750W(予熱時平均約140W)
送風機	点火方式	高圧放電点火
	モータ	交流整流子電動機
外形寸法 (mm)	ファン	ターボファン
	本 体	幅370×奥行257×高さ745
重 量	防滴カバー装着	幅410×奥行300×高さ785
	重 量	本体約24kg(屋内設置)、防滴カバー装着約26kg(屋外設置)
給水、給湯接続口径	予熱タイマー	PT1/2ネジ
	予熱タイマー	12時間タイマー
安全装置	安全装置	停電時安全装置 空だき防止装置 燃焼管制装置(炎検知装置) 燃焼器部(バーナー)温度過昇防止装置 点火安全装置 対震自動消火装置
	屋内設置用	
	屋外設置用	
	本体取付板	1個
	リモートボックス(ケーブル1m付)	1個
付 属 品	リモートボックス取付板	1個
	給排気筒トップ	1個
	防滴カバー	1セット
	防滴カバー取付アーム	2個
	給排気筒トップ	1個
	排気筒継手	1個
	エルボ	1個
	給気ホース	1個
	給気ホースバンド	2個
	取付用付属部品	1個
	オイルストレーナー	1個
	本体取付板	1個
	リモートボックス(ケーブル5m付)	1個
	リモートボックス取付板	1個
	給排気筒トップ	1個
	排気筒継手	1個
	エルボ	1個
	給気ホース	1個
	給気ホースバンド	2個
	給排気筒トップ固定金具	1個
	油受カップ	1個
	取付用付属部品	1セット
	オイルストレーナー	1個