

# MITSUBISHI

## 三菱電機技報 Vol.71 No.5

特集 “「環境」と「品質」の統合経営に向けて”

'97 **5**



ecology

## 特集「環境」と「品質」の統合経営に向けて

### 目次

#### 特集論文

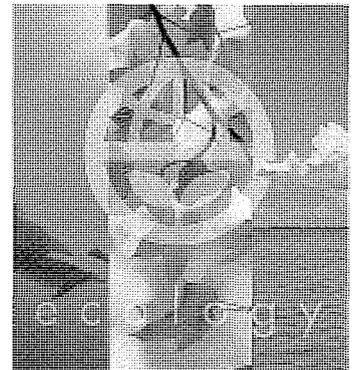
環境にどう取り組むか	1
茅陽一	
21世紀へ向けた環境・品質に対する当社の取組	2
三橋 堯・石津晴夫・吉田敬史・成田義信・福井睦子・平田郁之	
宮古島における太陽光発電・ディーゼル発電ハイブリッドシステム	9
浅岡正久・坂田未男・寺内博一・川畑重幸	
住宅用太陽光発電システム	15
岸添義彦・田中清俊・沼倉 良・篠田幸雄・西尾直樹	
省エネルギー照明「メルセーブシステム」	21
上村一穂・伴 和生	
事務所、工場の省エネルギー空調・照明システム設備導入事例	27
小松正樹・小早川浩之・岩瀬 進	
廃家電品一貫処理リサイクルシステム	33
山口省吾・内山幸雄・佐藤信也・小寺嘉一	
廃棄物(粗大/可燃ごみ)の破碎/焼却処理	39
小鍛治 稔・木塚和徳・服部晋一・末永和裕・中村俊文	
電力エネルギーの配電監視・計測システム	45
酒井文明・川口真由・石井和宏・丹重憲治・井上雅裕	
衛星リモートセンシングによる地球環境観測	51
岩橋 努・井村信義	
大規模情報制御システムにおける品質システム	57
富永善治・内藤俊文・横山 勲・浜田賢二・小川清史	
基幹系クライアント/サーバシステム構築の品質保証	61
大友栄悦	
大規模開発システムにおける設計(製品)品質の向上	65
渡辺 孝	
顧客満足(CS)測定による品質向上	69
石塚幹夫・今村浩子・坂田理彦・鈴木史郎・辰巳裕子	
国内外EMC規格と技術動向	73
富山勝巳・大竹登志男・岡 尚人・宮崎千春	
製品の火災安全と燃焼試験	77
駒井隆雄・古宮龍夫・本多昭夫・小俣 桂	
特許と新案	
「スピーカ振動板」「テープガイド」	81
「半導体樹脂封止用金型」	82
スポットライト	
省エネルギー照明「メルセーブシステム」	(表3)

#### 表紙

### 「環境」と「品質」の統合経営に向けて

「製品使用時の品質」と「事業所での生産活動における環境への配慮」を更に前進させた「地球環境の品質」の確保に、企業として責任のある行動が必要である。三菱電機はグループとして、この責任を経営そのものの中で果たしていくとともに、技術と製品を通じた環境事業の拡充によっても貢献していきたいと考えている。

このマークは、三菱電機グループの環境行動シンボルマークとして、地球、環境(Earth, Environment)が自然を表した双葉を包み込んでいる形で、慈しむ気持ち、大切にすることを表現している(1993年作成)。今回は、自然の写真をカラー化し、より自然との共生を意識させる表現をとった。



三菱電機技報に掲載の技術論文では、国際単位「SI」(SI第2段階(換算値方式)を基本)を使用しています。ただし、保安上、安全上等の理由で、従来単位を使用している場合があります。

## 環境にどう取り組むか

気候変動問題にからんで、先進国が相対的に対策コストの安い発展途上国に技術資金援助をする“共同実施”という方式がある。本来は発展途上国で二酸化炭素が削減された分、先進国が削減義務を免除してもらうアイデアなのだが、それは先進国が自分の国での努力の手抜きをすることになるという発展途上国の猛反対があって、現在は先進国の自国内での削減義務とは切り離れた形でのパイロット的な検討が行われている。それはそれでよいのだが、その実施の状況について、ある人が、米国での視察の結果として次のような話をしてくれた。

日本では、共同実施というと、多くの人が政府援助いわゆるODAという感覚で受け取るが、米国ではまるで違う。皆が絶好のビジネスチャンスと考え、自分が積極的に参入できないかと強い関心を示し、いろいろな提案が出ている。日本もこのように、民間の力をもっと共同実施で利用すべきではないだろうか。

これはなるほどと思える話で、これまでの日本企業の発展途上国への進出の具合を考えても、民活を利用すべきというのは正論に思える。ただ、そこまではよいのだが、私が心配するのは、米国人のいうビジネスチャンスという感覚は、下手をすると、儲<sup>もう</sup>からないと考えたらさっさと撤退するという行動につながることである。共同実施のすべてが経済的に十分引き合うものであるとは言い切れない。もちろん、発展途上国には短期間で資金回収のできる省エネルギーの余地がいろいろあるし、それを引き出すのに民間の力は重要なのだが、やはり状況によっては、経済的利益



慶應義塾大学  
教授 茅 陽一

は薄くても地球環境のためにやる価値はあると考えてくれないと困る。その意味で、営利を追求するのが企業の基本とはいっても、企業は同時に地球市民としての姿勢をいつも忘れてはなるまい。

そのことで一つ思い出すのは、私のよく知っているある電気会社の経営者の話である。その人があるとき米国の大学を訪れて講演をしたのだが、なにせ躍進を続けてきた日本の電子産業の中心人物の話というので、大変な人気で大勢学生が集まったそうだ。そこで彼は、自分の会社を例に日本の企業がなぜ成功したかという話をした。ところが、そのとき聴衆から質問が出た。日本が成功したのは分かるが、しかし経営者としてはどうか。日本の会社の多くは、利益率は米国企業よりずっと低いではないか。

これに、彼はこう答えたという。日本の企業は株主のためだけにあるのではない、従業員と顧客のためにあるのだ。

私は、彼の言う顧客とは地球の人類全体なのだ解釈しているのだが、現在の環境時代に当たって、この企業姿勢は余計に大事だと思う。環境を考慮した製品は、ときとして利益という面からは必ずしも良い結果を招かない。最近だifu状況は良くなってきたが、再生紙などは典型的な例である。株主の利益のみが目的であるのなら、このような製品は作るべきでないのかもしれない。しかし、企業がなすべきなのは、正にこういう製品を作り販売するという姿勢を保つことではないか。その意味で、今後も我が国の企業が、むしろ非米国型の経営姿勢を維持することを強く望みたい。

# 21世紀へ向けた環境・品質 に対する当社の取組

三橋 堯\* 成田義信\*\*\*  
石津晴夫\*\* 福井睦子+  
吉田敬史\*\*\* 平田郁之++

## 要旨

顧客の、そして企業の求める“質”は確実に変化している。21世紀を間近に控え、今まさに大きな視野・観点から“質”の向上が求められている。それは、これまで豊かな恵みを受けながらその大切さを意識してこなかった地球環境の“品質”である。我々企業も顧客も、持続可能な発展を目指す社会の一員である以上“地球環境の品質”に対して責任を持ち、行動を起こす必要がある。この責任を果たすため、三菱電機は、1996年5月に21世紀を視野に入れた“環境計画”を策定した。

企業の環境問題に対する取組は“自主管理”の方向にあり、これは規制や倫理に頼るだけでは不十分で、企業が経営そのものとして環境に取り組むことが自由経済市場の中での自己責任を果たすことであり、“循環型社会システム”を実現する近道との認識によるものである。

経営と環境計画という車の両輪が同じ方向を目指し、かみ(噛)合っていないければ、車は正しく前に進まないのである。

21世紀に向けた、当社の環境・品質への取組を紹介する。



## 産業環境ビジョンにおける環境事業6分野と三菱電機の環境事業

当社での具体的な環境事業・技術の一例を、通商産業省が提唱した「環境産業(環境負荷低減に貢献できる可能性がある産業活動分野)」の6分野に合わせて分類した。

## 1. ま え が き

当社の環境と品質分野における、これまでの取組成果と、21世紀に向けた環境と品質の統合経営の考え方、新しい“環境計画”の概要について紹介する。併せて“事業を通じた環境問題への貢献”について述べる。

## 2. これまでの取組とその成果

### 2.1 環境に関する取組

当社は以前から公害問題の未然防止に努めてきたが、地球環境問題にも積極的に取り組むために1991年12月に環境担当役員を任命し、本社に担当部門“環境保護推進部”を設置し、'93年3月には社内外に向けて“三菱電機における環境問題への取組”を発表した。特に“オゾン層の保護”“地球温暖化防止”“産業廃棄物の削減”“省資源・リサイクルの推進(家電品について)”の4テーマで、表1に示すとおり項目ごとの具体的な数値目標を掲げ、達成に向けて活動してきた。

'93年5月には環境マネジメントシステムの考え方を折り込んだ社内規則“環境管理規則”を制定し、各事業所での展開を推進してきた。ISO14000シリーズの考え方や監査技術に関するセミナーを開催し、社内監査人教育を行い、内部監査の充実に努めてきた。

こうした取組により、半導体業界としては世界で最初('95年11月)にMSE(Mitsubishi Semiconductor Europe:ドイツ半導体工場)がEMAS(欧州での環境マネジメント制度)の認証を取得した。また、表1の取組実績に示すとおり“環境行動目標”を達成することができた。

これまでの取組と成果、及び国内外での社会状況の変化を踏まえて、'96年5月に新しい“環境計画”を策定し、広く三菱電機グループとして新たな活動を展開している。この計画の詳細については後で詳しく述べる。

### 2.2 品質に関する取組

品質保証の分野では、長年にわたり“品質奉仕の三菱電機”の理念を掲げ、技術委員会・技術部会の活動及び小集団活動を推進し、社内品質管理の全社展開を実施してきた。生産工程での品質改善や厳しい品質検証の手法をISO9000シリーズと整合のとれた“品質保証システム”として定着させるため、'93年5月に担当部門“品質保証推進部”を本社に設置し、'95年度までにISO9000に基づく品質保証システムを構築した。

EUのCEマーキング規制(欧州での健康・安全・消費者保護に関する基準への適合義務)、各国でのPL法を始めとした製品安全への対応を含め、各事業本部が責任を持つ“品質保証システム・体制”を確立している。

## 3. 環境と品質の統合経営を目指して

これまでの“製品使用時の品質”と“事業所での生産活動における環境負荷低減”を更に前進させた“地球環境の品質”確保に対して、企業として責任を持ち、行動を起こす必要がある。使用段階だけでなく使用後の“製品の品質”“地球環境の品質”を考慮した経営が求められているのである。この責任をしっかりと果たすため、'96年3月に“環境”と“品質”を担当する部門として本社に環境・品質部を設置した。今後はこれに合わせ、各事業所の品質保証体制を“地球環境品質保証”体制に拡充・強化していきたいと考えている。また、'96年5月に2000年を目指したチャレンジ目標を折り込んだ新しい“環境計画”を策定した。

これは21世紀に向けての当社の“地球環境の品質確保＝環境負荷低減活動”の枠組みを示すものであり、三つの柱から成り立っている。

第一の柱は“環境基本理念と環境行動指針”である。国内外のグループ企業を含めて、当社が環境負荷低減に務める事業者責務を自覚し、“積極的な自主的管理の取組”“事業による環境への貢献”などの基本姿勢を明確にした。第二の柱は、事業活動及び製品の環境負荷を低減するための仕

表1. 環境行動目標 ('93年3月策定)

環境行動目標	取組実績
[オゾン層の保護(特定フロン等全廃)] ●特定フロンを'95年6月末までに全廃 ●洗浄用トリクロロエタンを'95年末までに全廃 ●四塩化炭素を'93年末までに全廃	●特定フロン、トリクロロエタン、四塩化炭素ともに関係会社、協力工場を含めて全廃を確認→目標達成
[地球温暖化防止(省エネルギー)] ●'90年度に比べて2000年度までに売上高原単位で25%削減	●'95年度の実績は90年度比で3%削減
[産業廃棄物の削減] ●'91年度に比べて'95年度までに売上高原単位で30%削減	●'95年度の実績は'91年度比で44%削減→目標達成
[省資源・リサイクルの推進](家電品について) ●'92年度に比べて'95年度までにリサイクル可能部分比率を30%向上 ●'90年度に比べて'95年度までに包装用発泡スチロール使用量を30%削減	●家電製品のリサイクル可能部分比率50%向上→目標達成 ●包装用発泡スチロール使用量35%削減→目標達成

組みとなる“環境マネジメントシステムの構築”である。第三の柱は“環境負荷低減の具体的な数値目標の設定”である。

### 3.1 環境基本理念，環境行動指針

新しい環境基本理念と環境行動指針は表2に示すとおりである。

#### 3.1.1 環境基本理念

改訂に当たり，“環境基本理念”では，国内外グループ企業を含めた三菱電機グループの環境負荷低減の事業者責務，積極的な自主的管理の取組，事業による環境への貢献等を改めて明確にした。

国内外の関係会社を含めた三菱電機グループ企業が丸となって，グループの総合力を生かすことで，グローバルな環境負荷低減の成果を目指す。

そして“すべての事業活動及び社員行動”として，新規事業で環境への配慮を実現するのみならず，従来から継続する事業活動においても環境への負荷を見直して低減していく取組を進めることを明確にした。また，社員は職務遂行の範囲で環境に配慮するととどまらず，あらゆる場面において，生活者としても地球環境への配慮ができる人材たることを期待している。

技術的に環境負荷を低減するための努力は，技術の革新につながる。“これまでに培った技術”を応用して環境問題の解決を図るとともに，“今後開発する技術”がより環境に配慮した技術革新を行うことが重要である。さらに，こうして培った技術を“環境の保全と向上に務める”ための事業活動，及び製品を通じて社会に還元していくことを基本理念として宣言した。

#### 3.1.2 環境行動指針

“環境行動指針”では，三菱電機グループのとるべき姿勢

表2. 環境基本理念，環境行動指針

環境基本理念	
「持続可能な発展」の国際的理念の下，三菱電機グループは，すべての事業活動及び社員行動を通じ，これまでに培った技術と今後開発する技術によって，環境の保全と向上に努める。	
環境行動指針	
1.	事業活動及び製品の環境影響評価を行い，環境に配慮した技術・プロセスの積極的な開発・導入を図ることによって，環境負荷の低減に努める。
2.	環境問題の理解の向上に努め，技術・情報を活用し，事業を通じて循環型社会システムの実現に寄与する。
3.	全事業所に環境マネジメントシステムを確立し，自主基準を設定して運用を行うとともに，環境監査等を通じて自主管理活動の継続的な改善を図る。
4.	環境教育等を通じて社員の意識向上を図るとともに，環境保全に関する社会貢献活動を積極的に支持・奨励する。
5.	環境保全活動に関し，国内外を問わず積極的なコミュニケーションに努める。

を五つの項目に集約した。

1項では，事業活動及び製品が環境にどのような負荷を与えているかを評価し，負荷を増大させる要因について改善に努めることを宣言した。重要課題に対しては，具体的な期限と数値を明確にした“環境行動目標”を設定した。

2項では，環境事業を通じて積極的に問題解決へ貢献していくことを宣言した。

3項では，環境マネジメントシステムの構築を宣言した。

4項では，全社員が問題意識を持ち，職務を通じて環境保全に貢献することが必ず(須)であることから，環境教育・啓発活動を充実させることを宣言した。また環境問題は企業だけの取組で解決できるものではなく，社員の自主的な活動，又はNGO，NPO(非政府組織，非営利組織)などの各種団体の活動や，社会全体の動静と協調しながら積極的な活動を行うことを宣言した。

5項では，企業にとって多岐にわたる利害関係者に対し，適切なコミュニケーションを行うことを宣言した。

循環型社会システムへ向けての様々な活動，すなわち環境計画の実現に向けた活動と成果を率先して情報公開することにより，当社の取組に理解を得るとともに社会全体の啓発への一助となることを期待している。

### 3.2 環境マネジメントシステムの構築

環境マネジメントシステムとは，地球環境の品質を考慮した経営を自主的に進めていくための仕組みである。事業活動と製品の両面からこのシステムをしっかりと構築し，着実に運用していく必要がある。

#### 3.2.1 ISO14001の導入

ISO14001はトランスナショナル企業にふさわしい国際的コンセンサスを得た規格であり，当社の経営インフラのベースの一つとなるものであるとの認識に立って，'95年12月に，表3に示すISO14001の導入と認証取得の会社方針を決定した。この目標に添い，'97年度中には国内事業所の8割が認証取得を完了する予定である。

#### 3.2.2 ISO9000シリーズとISO14000シリーズの基本原則

ISO14000シリーズに対する国内の対応は，制度面の整備及び企業の対応ともISO9000シリーズと比較して格段に早く，初めから広範な業種で積極的な対応が進んでいる。

ISO14000シリーズの対応が急速に進展している要因はもちろん環境問題の重要性の認識があるが，先行するISO9000シリーズとシステムとして基本的な原理を共有しており，産業界にその導入のベースとなる考え方が浸透していたこともある。PDCA(Plan→Do→Check→Action)

表3. 環境マネジメントシステム

環境マネジメントシステム	
●	国内事業所は，'96年度から3年以内に第三者認証を取得する。
●	国内外の関係会社は，'96年度から5年以内に第三者認証を取得する。

サイクルをシステムとして構築し運用すること、その要素として①責任と権限の明確化、②システム監査、③文書化など、どちらにも共通して求められている。

現時点では品質・環境・労働安全、さらに財務・会計などと細分化されている管理対象を21世紀にはジェネリックマネジメントシステムとして統合し、規格化することもISOの場では議論され始めている。こうした動向から見ても“環境”と“品質”の統合は21世紀に向けての必然的な流れといえる。

### 3.2.3 製品のライフサイクルにわたる環境品質の保証

品質の分野では、従来のTQC(Total Quality Control)からTQM(Total Quality Management)という業務や経営全体の質を保証する概念に発展してきている。環境の分野では、使用後の製品の再利用、リサイクルが非常に重要な課題となってきている。

使用時の品質だけでなく、リサイクルや最終廃棄時の環境負荷に関する品質を保証する必要が生じている。このため、表4のように、製品での環境アセスメントをこれまでの家電品中心から全製品に拡大し、設計・開発部門の環境への取組を強化する。製品に関する環境マネジメントとは、品質保証の概念を広く製品のライフサイクル全般へ自然に拡張すること、そして、その仕組みを作り上げることである。

表4. 製品アセスメント

製品アセスメント	
	'97年度末までに製品アセスメントを全製品に拡大し、既存製品の環境負荷低減、環境に寄与する新製品の開発など、設計・開発部門での環境への取組を強化する。

る。

### 3.3 環境行動目標

事業活動と製品の双方で“地球温暖化の防止”“省資源・リサイクル/廃棄物削減”“化学物質管理”の三つの主要課題に対し、表5に示した数値目標を設定し、表6に示す具体的対策を進めている。この目標は三菱電機グループとして達成を目指すものである。

#### 3.3.1 地球温暖化防止

このテーマは'93年3月に設定した2000年度目標を継続するとともに、新たに製品における目標を設定した。非常に厳しい状況ではあるが、今までの“省く”という姿勢だけではなく、これからはプロセスの革新的技術の導入、新エネルギーの開発・導入、未利用エネルギーの活用など、システム思考による総合的なエネルギー効率改善を強力に推進し、目標を達成しなければならない(図1)。

#### 3.3.2 省資源・リサイクル/廃棄物削減

従来は“省資源/リサイクル”と“産業廃棄物の削減”を個別テーマとして推進してきたが、リサイクルを推進すれば自ずと廃棄物は削減される。したがって、今回一つに統合した。

また、資源の有効活用を促進する上で廃棄物の絶対量の把握が重要であることから、絶対量の削減を数値目標として設定した。

#### 3.3.3 化学物質管理

技術の高度化とともにますます多様な化学物質が利用されるようになり、それらに対して材料の選定から使用後の最終廃棄に至るまで、地球環境汚染の未然防止の観点から

表5. 環境行動目標 ('96年5月策定)

	事業活動	製品
地球温暖化防止	CO <sub>2</sub> 排出抑制に向けて事業活動におけるエネルギー消費を低減する。 [具体的目標] ●2000年度のエネルギー消費量を'90年度に比べて抑制し、売上高原単位で25%削減する。*	製品の消費電力を低減するとともに、省エネルギー・新エネルギー機器を開発する。 [具体的目標] ●製品ごとのエネルギー消費量低減目標を設定し、取組を行う。
省資源・リサイクル/廃棄物削減	省資源とリサイクルに配慮し、廃棄物(産業廃棄物及び事業系一般廃棄物)の発生を抑制する。 [具体的目標] ●廃棄物の処理委託量を'95年度に比べて2000年度末までに絶対量で30%削減する。	製品及び包装材の省資源・リサイクルに努める。 [具体的目標] ●全製品のアセスメントを実施し、製品ごとに分解時間の短縮、部品点数削減等の改善目標を設定して取組を行う。 ●'95年度に比べて2000年度末までに再生材の利用量を30%向上する。 ●'95年度に比べて2000年度末までに包装材の使用量を20%削減する。
化学物質管理	製造工程で使用する化学物質の適正管理を行い、放出・排出量を削減する。 [具体的目標] ●製造工程で使用する化学物質の量を把握し、削減目標を設定する。 ●2000年度末までに開放系での有機塩素系溶剤使用を全廃する。 ●揮発性有機溶剤についても開放系での使用を削減し、回収・リサイクルを促進する。	製品に使用する化学物質の把握と使用量の削減に努める。 [具体的目標] ●製品に使用する化学物質の量を把握し、削減目標を設定する。 ●冷熱機器の冷媒に使用するHCFCを2010年までに全廃、同発泡用使用するHCFCを2004年までに全廃する。

注 \* (社)日本電機工業会では、'96年11月に発表した「電機業界の地球環境保全のための自主行動計画」の中で、“2010年の目標として、'90年度比で生産高CO<sub>2</sub>原単位を25%以上改善することに努める。”とする行動目標を設定している。

表 6. 環境行動目標への具体的対策

	事業活動	製品
地球温暖化防止	<p>[具体的対策]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●省エネルギー対策 小型ボイラ多缶化設置, 空調の高効率空調機器の導入, 運転方式の改善, インバータ機器の活用, コンプレッサの台数制御, 高効率型照明器具の導入</li> <li>●新エネルギー源の導入 太陽光発電システム, 燃料電池</li> <li>●未利用エネルギーの活用 コジェネレーションシステム, 廃棄物発電, 地域熱供給, 蓄排熱の有効利用, 氷蓄熱システムの導入</li> <li>●プロセスの改善 生産技術(工程改善, 設備改良), 品質管理(不良率低減, 歩留り向上), 試験方法(試験基準見直し・試験時間短縮), 棚卸資産管理</li> <li>●総合対策 共通課題の推進体制(委員会, プロジェクトなど)の確立, エネルギー管理データの分析・評価, 省エネルギー診断の実施, TPM活動/VA活動/小集団活動などの活用</li> </ul>	<p>[具体的対策]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●使用時間及び待機時間の低消費電力化対策 国際エネルギースタープログラム, 省エネルギー法特定機器指定基準に対応</li> <li>●先進要素技術の駆使 熱交換技術, 高効率送風機, 高効率モータ及び高气密・高断熱化技術</li> <li>●新エネルギー技術の実用化推進と積極的な導入 太陽光発電, 廃棄物発電, 燃料電池 (特に新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO), 財団法人新エネルギー財団(NEF)等のフィールドテスト事業へ積極的参加)</li> </ul>
省資源・リサイクル/廃棄物削減	<p>[具体的対策]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●再資源化(リサイクル・リユース)の推進 分別回収の徹底(古紙回収の徹底, 廃油の油水分離再生業者の開拓)</li> <li>●発生抑制対策の推進(源流管理) 廃棄物発生源の把握、発生抑制策の検討・対策の実施</li> <li>●購入資材の包装材の削減 通い箱, リターナブル包装, 過剰包装の削減</li> <li>●プロセスの改善 生産技術(副資材の投入量削減, めっき・塗装・機械加工の改善), 品質管理(不良率低減, 歩留り向上), 試験方法(試験基準見直し・試験時間短縮), 棚卸資産管理</li> <li>●所内中間処理の推進 焼却炉の新設及び更新, 汚泥の脱水率の向上, 油水分離の徹底, 排水処理方式改善</li> </ul>	<p>[具体的対策]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●製品アセスメント 制度化, 規定整備, 事例の水平展開, 技術の高度化</li> <li>●DFE手法の検討・見直し Life Cycle Assessment(LCA)の設計技術への展開</li> <li>●再生材利用事例の水平展開 取扱説明書の再生紙利用, 再生発泡スチロール利用拡大</li> <li>●包装材削減 包装設計の見直し(包装設計の最適化, 包装基準の見直し), リターナブル化の推進</li> </ul>
化学物質管理	<p>[具体的対策]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●化学物質使用量と物質収支の把握 入り口管理の実施(購入量の把握), 物質収支(マテリアルバランス)の把握(製品含有量, 水系・土壌・大気への排出・放出量), 環境側面分析の実施(使用量, 製品含有量, 排出・放出量の多い物質の明確化)</li> <li>●化学物質使用量と品種数の削減 最適化設計, 代替化, より安全な物質への転換, 回収量の向上</li> </ul>	
	<p>[具体的対策]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●開放系有機塩素溶剤の使用全廃/開放系有機溶剤の使用削減 洗浄対象物の厳選、無洗浄化、水系・代替洗浄方式への転換, 密閉系洗浄装置への転換(回収率の大幅な向上)</li> </ul>	<p>[具体的対策]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●冷媒用と発泡用HCFCの全廃 代替冷媒の開発, 代替発泡技術の開発</li> </ul>

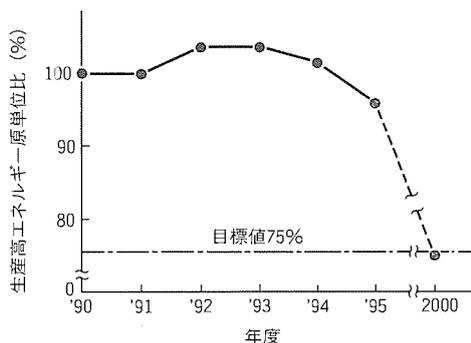
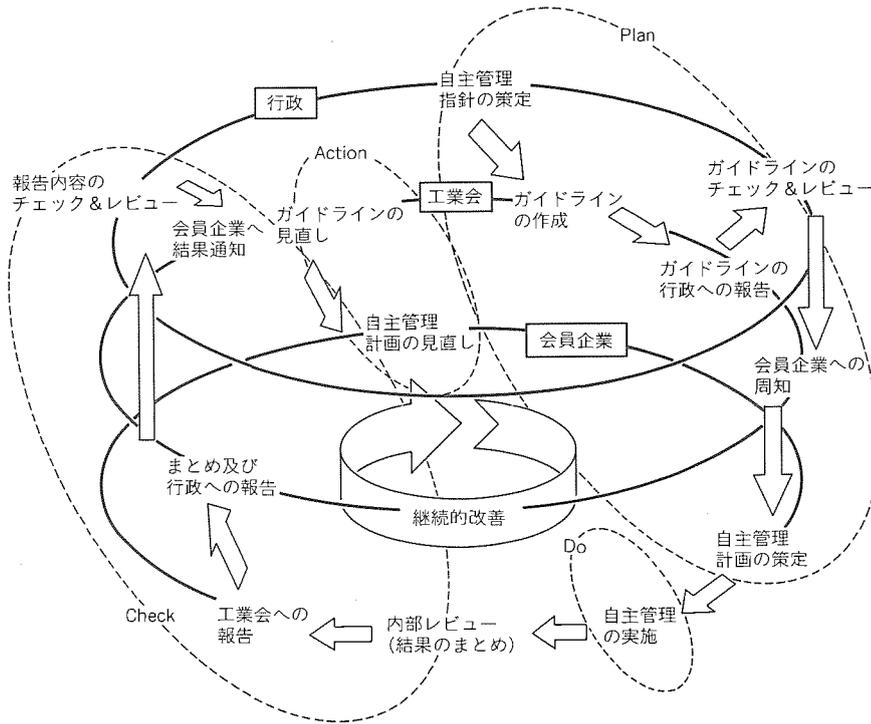


図 1. 地球温暖化防止の取組実績と今後の計画

適切な管理を行うことが極めて重要である。人の健康に影響を及ぼすおそれのある物質については法規制の形で管理されてきたが、物質の種類やその用途の多様化に伴い、一

律の規制では管理が困難になりつつある。このような背景から、昨年改正された大気汚染防止法では、初めて指定物質に対する“事業者による自主管理”という考え方が導入された。指定物質に対しては、行政・各工業会・会員企業が協同して、図 2 に示す管理スキームを作成した。それぞれがISO14000シリーズの基本思想でもあるPDCAサイクルを運用し、継続的改善を目指す。

製造業は指定物質はもちろん生産や製品に使用するあらゆる資材の化学的組成を把握し、人や環境にとってリスクがある物質に対しては使用削減、代替化、適正使用を進める必要がある。素材から製品まで、当社が調達している資材は極めて多種多様であり、中には複雑な流通・加工経路を経ているものがあり、その化学的組成をすべて把握するのは困難な場合もある。しかし着実な調査を行い、化学物



出典：「事業者による有害大気汚染物質の自主管理促進のための指針」に基づく電機・電子業界のガイドライン<sup>(2)</sup>

図 2. 有害大気汚染物質排出抑制のための自主管理スキーム

質データベースを構築して生産工程でのマテリアルバランスを把握する情報システムを確立したい。

### 3.4 計画推進体制，情報インフラの活用

当社は総合電機メーカーとして宇宙から家庭まで極めて多様な製品を提供しており，各事業分野の特性に応じた事業責任を遂行するため事業本部ごとの自立経営を推進している。環境計画も各事業本部の自己責任経営の一部と位置付け，事業・製品に対応した主体的な計画を立案し，環境マネジメントシステム構築を始め事業・製品における特色ある取組を進める体制を採っている。そして最新の情報技術を積極的に活用し，効率的かつ効果的な活動を実施する。

ISO14001については，当社標準環境マニュアルのひな(雛)型を'95年度下期に作成し，社内イントラネットを通じて各事業所から閲覧できるようにした。また対話型ソフトウェアによる“環境マネジメントシステム構築支援ツール”を導入してシステム構築や維持管理の効率化を図っている。

また，製品の設計・開発段階での環境配慮設計(Design for Environment : DFE)については，DFEと三次元CADを統合した“環境CAEツール”の開発や，資材購入から使用後のリサイクル，最終廃棄に至る製品(物質)のライフサイクルマネジメントを支援するため，CALs(Commerce at Light Speed)に準拠した情報システム整備を進めている。

## 4. 循環型社会システムの構築に向けて

### 4.1 環境事業の役割

“環境への配慮”を規制への対応や社会貢献的な活動としてとらえては不十分であり，企業が経営そのものとして環境に取り組んでいくことと自由経済市場の中で環境事業に積極的に進出していくことで，循環型社会システムの実現に寄与することが重要である。

従来は公害防止装置製造業などの限定された事業分野を環境産業としてとらえてきていたが，通商産業省(産業構造審議会地球環境部会)から'94年7月に発行された「産業環境ビジョン」では，環境産業の意義を“産業活動を通じた環境対策の新たな展開”に求めることとし，環境産業の範囲としては“環境負荷低減に貢献できる可能性がある産業活動分野”と定義し，カラーページの図に示す六つの分野を広く環境事業ととらえている。環境負荷低減に対する前向きな取組が，循環型社会システムへ向けての新たなビジネスチャンスを生み出すことになる。

### 4.2 環境事業への当社の取組

当社は“ものづくり”を基本に，技術・製品・サービスを広く提供する事業を通じて社会に貢献したいと願っている。エネルギーや資源の有効活用につながる新たな発想とシステム思考をもって今までの限界の壁を越えようとする努力が新たな市場開拓につながるのである。

当社が'94年7月に公表した2010年に視点を置いた

“VISION21”では、21世紀の社会要求にこたえる六つの事業分野(ドメイン)を挙げ、新事業開拓を進めることとしている。環境はそのドメインの重要な領域の一つであり、廃家電製品の適正処理技術の確立(リサイクルプラントシステムの開発)、廃棄物焼却廃熱利用・排ガス処理システムなどの新しい技術やシステムの開発を進めている。

既存の環境事業でも新エネルギー源の活用、より安全な原子力発電システム技術や熱核融合技術開発、水の再利用や高度処理のためのオゾン発生装置や貯蔵技術、地球環境のモニタリング技術、住宅用太陽光発電システムなどの環境共生住宅設備、また、最新のガソリン直接噴射エンジンやディーゼルエンジンの低公害化を支える電子制御技術、電気自動車やハイブリッド自動車、など幅広い分野で取組を進めている。

新しい“環境計画”を実行する過程で、様々な技術や経験の蓄積が期待される。他業種とも積極的にパートナーシップを築き上げ、環境事業の拡充を通じて環境問題への貢献を果たしたい。

#### 4.3 環境マネジメントと環境事業との関係

“地球環境適合型経営”が、これからのトランスナショナル企業に求められる使命である。これを環境事業に当てはめれば、事業所における環境を配慮した生産から生じる経験・知識の蓄積が環境事業を支える基盤になるということである。環境マネジメントと環境事業(ビジネス)のシナジー効果を肥料とし、より大きな環境事業の花を咲かせられるかどうか、21世紀型企業の成否を握っていると言って

も過言ではない。

## 5. むすび

限りある資源をループさせる仕組み“循環型社会システム”の実現は、人類に課せられた生存への必須条件、インフラ整備である。この社会の仕組みの変化に伴い、物質・金・情報などあらゆる流れが大きな変革を余儀なくされるであろう。この変化を無限のビジネスチャンスとしてとらえることが21世紀の企業に求められる姿勢であると考え。

製造業にとっては資源生産性の向上がかぎ(鍵)となる。日本経済は労働生産性向上でこれまで大きな発展を遂げてきた。21世紀に向け、資源生産性の向上で再び世界をリードしたい。そして、当社はその先頭を切ってまい(邁)進したいと考えている。

## 参考文献

- (1) 通商産業省環境立地局編：産業環境ビジョン，産業構造審議会地球環境部会報告書，通産資料調査会（1994）
- (2) 5工業会化学物質自主管理ワーキンググループ：「事業者による有害大気汚染物質の自主管理促進のための指針」に基づく電機・電子業界のガイドライン，(株)日本電機工業会，(株)日本電子機械工業会，(株)日本電子工業振興協会，(株)日本事務機械工業会，通信機械工業会（1996）

# 宮古島における太陽光発電・ディーゼル発電ハイブリッドシステム

浅岡正久\* 川畑重幸\*  
坂田末男\*  
寺内博一\*

## 要旨

現在、離島等の遠隔地の多くはディーゼル発電機(以下“DG”という。)を電力源としているが、コスト高、燃料輸送の不安定性等の問題を抱えており、環境保全の面からもクリーンなエネルギー源である太陽光発電の導入が期待されている。

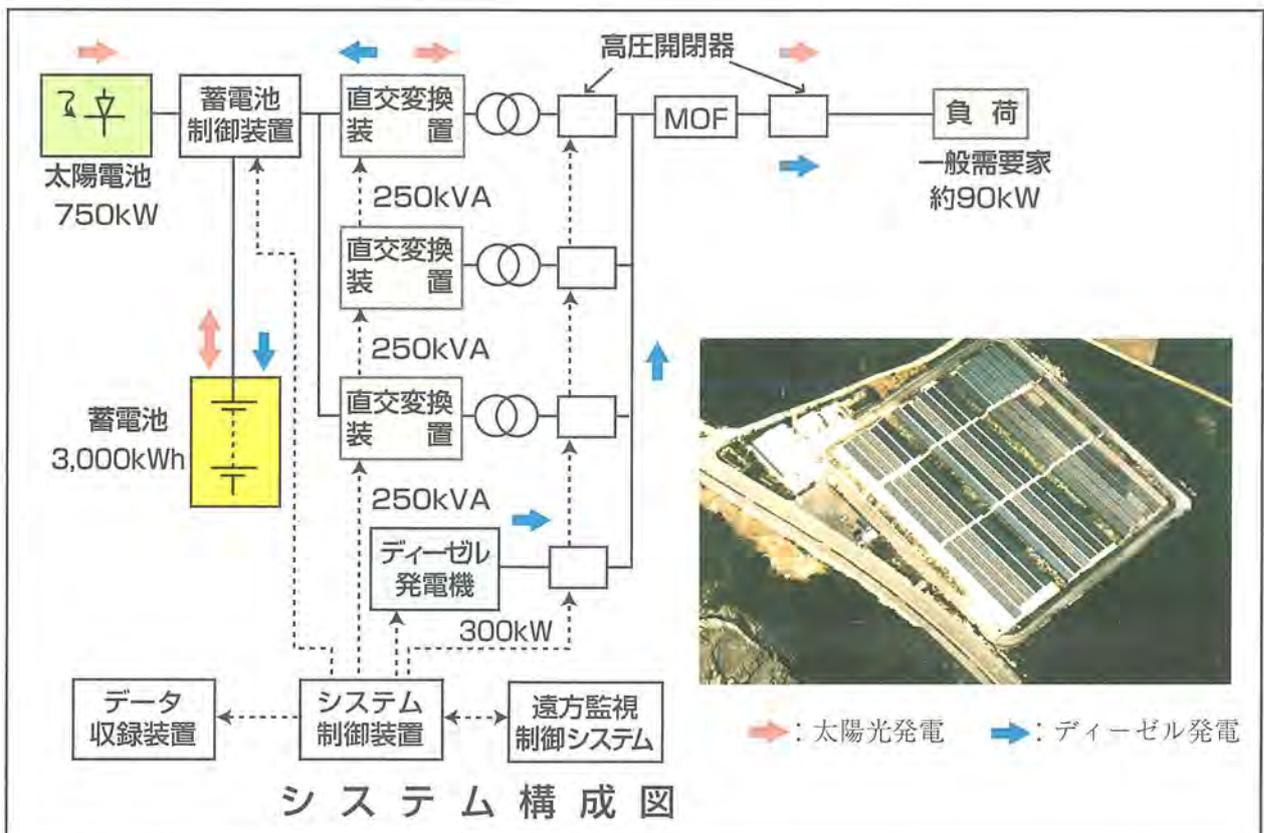
このような状況の下、三菱電機(株)は、通商産業省ニューサンシャイン計画の一環として、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)からの委託により、沖縄電力(株)と共同で、沖縄県宮古島に実証設備を建設して、独立電源用の太陽光発電・ディーゼル発電ハイブリッドシステムの実用化技術開発を進めている。

このシステムは太陽光発電を主電源とし、ディーゼル発

電を補助電源としたもので、無尽蔵で無公害なエネルギー源である太陽光発電の特長に加えて、次の特長を持っている。

- 太陽光発電電力の利用率が高い。
- 太陽電池・蓄電池容量を低減でき、経済的である。
- 日射量の変動に対する電力供給信頼度が高い。
- ディーゼル発電の負荷率向上制御機能によって燃料節約ができる。

離島や山間へき(僻)地等ではディーゼル発電の代替として、東南アジア等の無電化地域では村落電源用として、このシステムの導入が期待される。



## 宮古島実証設備の例

沖縄県宮古島に建設した実証設備は、平均負荷90kW(計画)に対して太陽光発電(太陽電池750kW、蓄電池3,000kWh)を主電源、ディーゼル発電300kWを補助電源として電力供給するハイブリッドシステムである。太陽光発電の規模は国内最大のものである。

平成6年10月から、沖縄電力(株)の配電系統から分離・独立した約250軒の一般需要家に電力を供給して、運転研究を行っている。

1. ま え が き

現在、離島等の遠隔地の多くは中小規模のDGを電力源としているが、発電所相互の電力の融通ができないので設備利用率が低く、規模が小さいほど運転費が割高になることから、発電コストが高い上、燃料輸送の不安定性等の問題を抱えている。

これを解消する方法として、また環境保全の面からも、太陽光発電の導入が期待されている。

このような状況の下、当社は、通産省ニューサンシャイン計画の一環として、NEDOからの委託により、沖縄電力㈱と共同で、独立電源用の太陽光発電・ディーゼル発電ハイブリッドシステムの実証研究を進めている。

この研究では沖縄県宮古島に平成2～5年度にかけて実証設備を建設し、試験調整の後に平成6年10月から近隣の一般需要家に電力供給を開始した。平成8年度末までの予定で、システム実用化技術開発のための運転研究を進めている。

本稿では、宮古島に建設した太陽光発電実証設備の概要を紹介する。

2. システムの概要

2.1 システム構成と特長

太陽光発電システムは大きく分けて、電力系統に接続されている連系形システムと、接続されていない独立形システムに分類される(図1)。

連系形システムでは、負荷量に対する太陽光発電量の不足は、電力系統を蓄電池代わりに使用して吸収できる。

これに対して独立形システムでは、夜や雨の日に備えて太陽電池と蓄電池を設置することが必要であり、その容量が大きくなる。しかし、後述する独立電源用ハイブリッドシステムでは、太陽光発電量の不足時には補助のディーゼル発電電力を活用するため、太陽光発電電力の利用率がが高く、表1のシステム比較例に示すように、システムの容量をかなり低減できる。特に蓄電池容量は1/4～1/5にでき

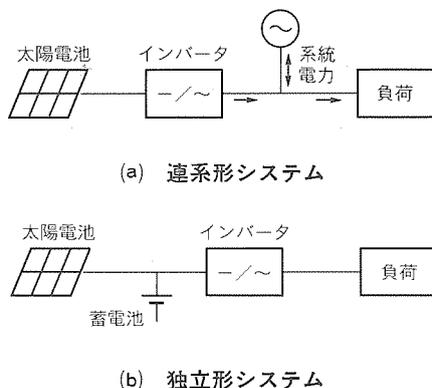


図1. 太陽光発電システム

る。

この設備の概略仕様を表2に示す。太陽光発電を主電源、ディーゼル発電を補助電源とし、交流側で並列接続したハイブリッド型のシステムで、既存の配電系統から分離・独立した約250軒の一般需要家(平均電力約90kW)に電力を供給する。太陽光発電の規模は国内最大のものである。

日照時には太陽光発電で電力を供給しながら余剰電力を蓄電池に充電し、必要に応じて蓄電池から電力供給する。雨天等の日照量の少ない日が続いて、蓄電池の保有電力量が不足し、太陽光発電から電力の供給ができなくなると、DGを自動起動して電力を供給する。このとき、DGの負荷率を向上し燃料消費率( $l/kWh$ )を減少させるため、インバータを充電モードで運転することによって、DG→インバータ→蓄電池の経路で、蓄電池への充電を行うことを特長とするシステムである。

DGの燃料消費特性例を表3に、年平均エネルギーフローの比較を図2に示す。図の上がDGの起動時にDGから蓄電池へ充電を行う場合で、下が充電を行わない場合である。燃料消費率は、負荷が軽くなるに従って急増加する。

このシステム(充電ありの場合)では、DGから蓄電池へ充電を行うことによってインバータや蓄電池等の機器損失が増加し、DG発電量は約19%増加する。しかし、平均負

表1. システム比較例(平均負荷90kW用)

システム	システム容量*1			年間システム利用率*2 (%)
	太陽電池 (kW)	蓄電池 (kWh)	DG (kW)	
ハイブリッド	750	3,058	300	10.5
太陽光発電単独	1,200	13,000	—	7.7

注 \*1 年間傾斜面日射量 $1,598kWh/m^2$ (平成4年8月～5年7月)でのシミュレーション結果に基づいて選定した

\*2 年間システム利用率 $L_{SY}$  (%)は次式で表す

$$L_{SY} = W_{SY} \times 100 / (P_0 \times 8,760)$$

ここで、 $W_{SY}$ : 年間システム発電電力量 (kWh)

$P_0$ : 標準太陽電池アレー容量 (kW)

表2. システム全体概略仕様

太陽電池容量	750kW
敷地	敷地面積 約16,000m <sup>2</sup> アレー用地面積 約10,300m <sup>2</sup>
年間発電電力量	PV: 671,200kWh (76.6kW) DG: 136,400kWh (15.6kW)
年間負荷電力量	807,600kWh (92.2kW)
交流出力	三相 6.6kV 60Hz
直流電圧	定格430V (運転範囲350～600V)
パワーコンディショナ	3×250kVA 自励PWM制御 定格変換効率: 94% 実効変換効率: 92% (負荷率40%時)
高調波電圧ひずみ率制御	総合 5%以下 定電圧定周波数制御
蓄電池容量	3,058kWh (4×1,950Ah 10h)
補助DG容量	300kW

PV: 太陽光発電

荷率を30%(対象負荷の平均電力90kW)から定格100%まで向上することができるので、燃料消費量は逆に約20%低減できる。したがって、このシステムは燃料セービングに有効である。

太陽光発電所の無人運転を実現するため、遠方監視制御システムを設置し、技術員が駐在する宮古第2発電所から太陽光発電所の遠隔監視(発電出力等の運転状況及び故障発生した場合の内容。)及び遠隔制御(起動、停止等)を行うものとした。

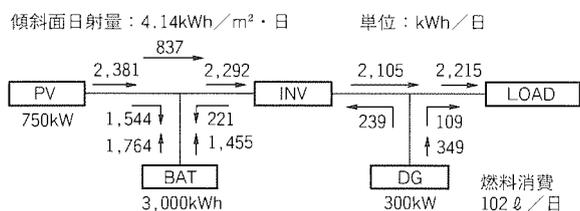
### 2.2 実証サイトと需要家負荷

このシステムは沖縄県宮古島(北緯 24° 43', 東経 125° 27')に設置し、対象負荷の平均電力量を、需要家負荷の実績値に基づいて2,212kWh/日(制御電力量42kWh/日を含む。)とした。

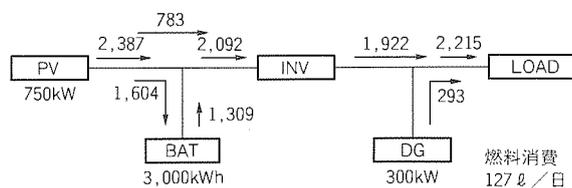
表 3. DGの燃料消費特性例(定格容量300kW)

負荷率 (%)	25	30	50	75	100
燃料消費率* (ℓ/kWh)	0.456 (1.57)	0.421 (1.45)	0.346 (1.19)	0.307 (1.06)	0.290 (1.00)

注 \* 括弧内は負荷率100%の値に対する比である



(a) 充電あり



(b) 充電なし

図 2. 年平均エネルギーフロー(シミュレーション)

表 4. 負荷平均電力の計画と実績

項目	単位: kW	
	計画	平成7年度実績
一般需要家 (250軒)	80.9	92.6
配電損失*1	8.1	
所内電力*2	3.2	3.4
合計	92.2	96.0*3

注 \*1 配電変圧器等の損失  
\*2 データ収録装置0.5kW, 制御1.75kWを含む  
\*3 5分平均値の最大は192.1kWであった

負荷電力の計画と平成7年度の実績値を表4に、年平均した日間の負荷パターン実績を図3に示す。負荷のピークは20時前後で、夜型の負荷である。

### 2.3 システム容量

前節の対象負荷に対して太陽電池・蓄電池容量をパラメータとした運転シミュレーション及び経済性評価を行い、システム容量を決定した。

シミュレーションで得られたシステム容量と余剰・補完電力率の相関を図4に示す。同図の余剰電力率 $R_E$ (%), 補完電力率 $R_G$ (%)はそれぞれ次式で表す。

$$R_E = W_E \times 100 \times \eta_B \times \eta / W_L \dots\dots\dots (1)$$

$$R_G = W_G \times 100 / W_L \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 $W_E$ : 太陽電池余剰電力量

$\eta_B$ : 蓄電池効率

$\eta$ : パワーコンディショナ効率

$W_L$ : 負荷電力量

$W_G$ : DG電力量

太陽電池容量を多くするとDGの補完電力率は減少する。しかし、蓄電池容量が少なく、太陽電池の発電電力を十分に蓄えきれないので、太陽電池の利用率が低下する。すなわち、余剰電力率が増加するため、補完電力率は太陽電池容量の増加に比例して減少せず、コスト高となる。逆に太陽電池容量を減少すれば、補完電力率が増加し、DGの運転費が増加する。また、蓄電池容量を減少すれば、余剰電力率、補完電力率ともに増加する。資本費と運転費のコスト比によって最適なシステム容量が存在する。

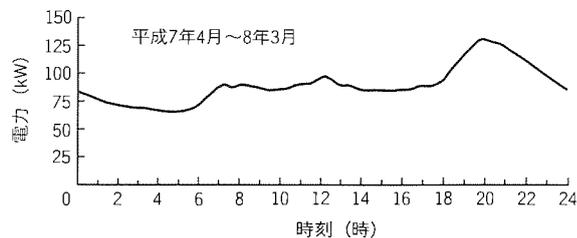


図 3. 日間負荷パターン(年平均の毎時刻負荷電力)

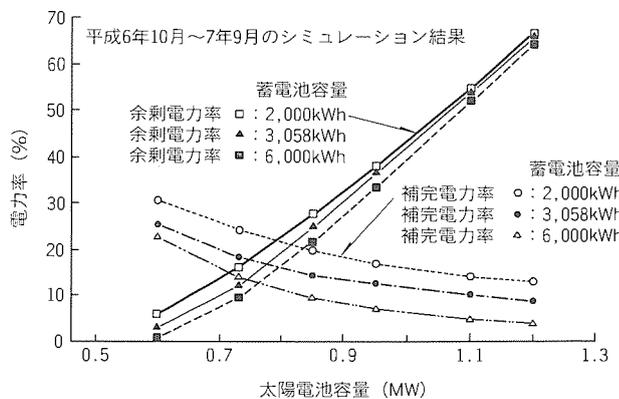


図 4. 太陽電池容量と余剰・補完電力率

インバータは系統連系兼用とし、総容量は $3 \times 250\text{kVA}$ として、独立運転時には3台のうちの1台は予備機とした。最大負荷を平均負荷の約3倍として、DGの容量は $300\text{kW}$ とした。

### 3. 要素機器

#### 3.1 太陽電池アレー

太陽電池アレーの設置状況を図5に示す。太陽電池モジュールは、シリコン単結晶型と多結晶型を合計約12,000枚設置した。

標準試験条件( $1\text{kW}/\text{m}^2$ ,  $25^\circ\text{C}$ , AM(Air Mass)1.5)において、モジュール平均の最大出力は $62.0\text{W}$ 、最大出力動作電圧は $20.3\text{V}$ 、効率は12%である。このモジュール24枚を直列に、503回路を並列に接続してアレーを構成した。アレー平均の最大出力動作電圧は標準試験条件で $488\text{V}$ 、動作条件( $1\text{kW}/\text{m}^2$ , 気温 $25^\circ\text{C}$ , 風速 $1\text{m}/\text{s}$ )で $423\text{V}$ である。

アレー架台は、夏期の電力需要増に対応させること、傾斜角の低い方が風荷重に対して有利なこと、また傾斜角の低い方が同一架台間隔に対し影による損失が少ないこと等を勘案し、傾斜角を $15^\circ$ (緯度角 $25^\circ$ )とした。モジュールは縦方向配置で3段配置とした。アレー架台間隔は、アレー用地面積と架台の影による発電損失との相関及び保守点検時の通路を考慮して $1.5\text{m}$ とした。

台風襲来の多い沖縄地方、特に当設置サイトは障害物のほとんどない海岸近くであることから、太陽電池アレーは地理的条件、地表面の状況等を考慮した建築物荷重指針(日本建築学会)の算定式を採用して設計速度圧を $333\text{kg}/\text{m}^2$ (瞬間最大風速 $73\text{m}/\text{s}$ 相当)とした。また、建築基準法施行令によって風力係数を1.0とし、コスト低減のため、風が直接当たらない中央列架台は風力係数を0.5として風荷重を設定した。

アレー架台の耐塩処理については、過去の沖縄地方での経験に基づき、溶融亜鉛メッキ処理の上に耐塩塗装を行う仕様とした。

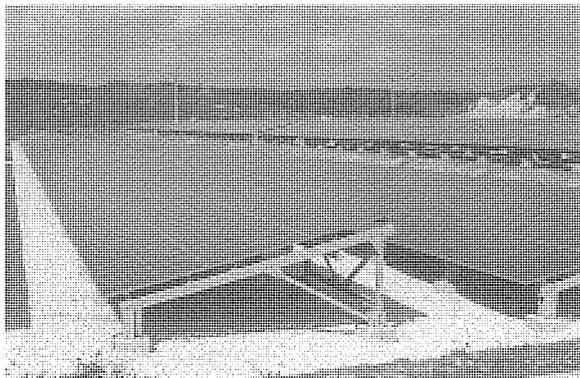


図5. 太陽電池アレーの設置状況

#### 3.2 蓄電池

蓄電池は、サイクル使用に適し長寿命である太陽光発電用クラッド型鉛蓄電池 $1,950\text{Ah}(10\text{h})$ を196個直列( $392\text{V}$ )にし、さらに、これを4並列接続で設置した。したがって、設備容量は10時間率で $3,058\text{kWh}$ である。

蓄電池の保有電気量は、蓄電池に流入又は流出する電流の時間積(Ah量)で管理し、保有電気量 $20\sim 100\%$ の間(放電深度80%の場合、充放電サイクル寿命1,700サイクル)で運用するものとした。

太陽光発電システム、なかでも独立形システムでは、蓄電池は不規則な充放電の繰返して使用され、電槽内で電解液の濃淡が発生しやすく、寿命が短くなる。これを改善し、延命化を図るため、エアポンプを用いた電解液かくはん装置を設置して定期的に30分間運転している。

#### 3.3 パワーコンディショナ

インバータはIGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)パワーモジュールによるPWM(パルス幅変調)方式を採用し、交流出力電圧は変圧器と組み合わせて既存の配電線に直接接続できるように $3\phi 6.6\text{kV}$ とした。

一般需要家を対象とした負荷では平均的に軽負荷で運転される時間が長いので、負荷率向上によるシステム効率向上のため複数構成とし、負荷電力に応じて運転台数を制御する。また、1系列運転時における太陽電池出力の利用率を向上させるため、全系列を同一直流母線に接続した。

$250\text{kVA}$ インバータの外観を図6に示す。

電気室内の冷却は、塩害対策のため、ヒートパイプ式熱交換器を使用し、外気と遮断した風冷方式を採用した。熱交換器用の送風機は、室温に応じて回転数を制御して冷却動力の低減を図っている。同図の左側がインバータ、右側が熱交換器である。

### 4. システム運転制御

#### 4.1 独立運転制御

独立運転時のインバータの概略制御ブロック図を図7に

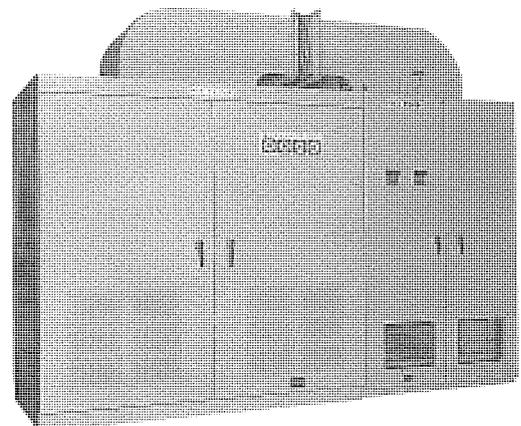


図6.  $250\text{kVA}$ インバータの外観

示す。電圧制御をメインループに、電流制御をマイナーループを持つ正弦波電圧発生電流制御方式を採用した。フィルタコンデンサの電圧が正弦波となるように瞬時制御する。

この方式の特長は、①非線形負荷(整流負荷、変圧器の励磁突流等)に対して電圧波形のひずみが少ない。②変圧器の励磁突流、負荷の起動電流等の瞬時電流に対して制御性が良いなどである。

インバータは、独立運転時には、内部発振器を基準にCVCF(定電圧・定周波)制御を行うが、DGとの並列運転時は、DGの電圧に対して位相と電圧を制御し、有効・無効電力をそれぞれ制御する。

#### 4.2 蓄電池充電制御

DGは低コスト化のため、同期並入、負荷分担制御装置を設備しないで、DGを並列運転する場合の同期・負荷分担制御はすべてインバータ側で行う。図8に蓄電池充電制御の概要を示す。

インバータから負荷に電力供給中に蓄電池のAh量が規定値(20%)以下となった場合には、DGを自動起動し、DGから負荷に電力を供給するとともに、定格出力との差をインバータを通して蓄電池に充電する。また、Ah量が規定値(30%)以上に回復すれば、充電及びDGを停止して、再びインバータから電力を供給する。

充電運転時のインバータの制御手順は以下のとおりである。

##### (1) DG並入時

- ①DGを起動(電圧確立)し、インバータをDGの電圧・位相に追従制御して、同期完了の後にDG出力52Gを閉路する。
- ②インバータの負担していた電力をDGへ移行させる。
- ③インバータを充電モードで運転し、DGから蓄電池への充電を行う。

##### (2) DG解列時

DGの負荷をインバータ側に戻して負担した後に、DG出力52Gを開路する。その後、インバータをCVCF運転に移行するとともにDGを停止する。

### 5. 試験結果

#### 5.1 パワーコンディショナ効率

インバータ、出力変圧器、及びフィルタの各損失を含めたパワーコンディショナの効率測定結果を図9に示す。模擬負荷(力率1.0)で測定したものである。定格負荷時に約93%が得られた。また、かなり軽負荷の領域まで高効率を維持し、負荷率40%(ほぼ平均実負荷電力90kWでの負荷率に相当。)では、約94%という定格時よりも高い効率が得

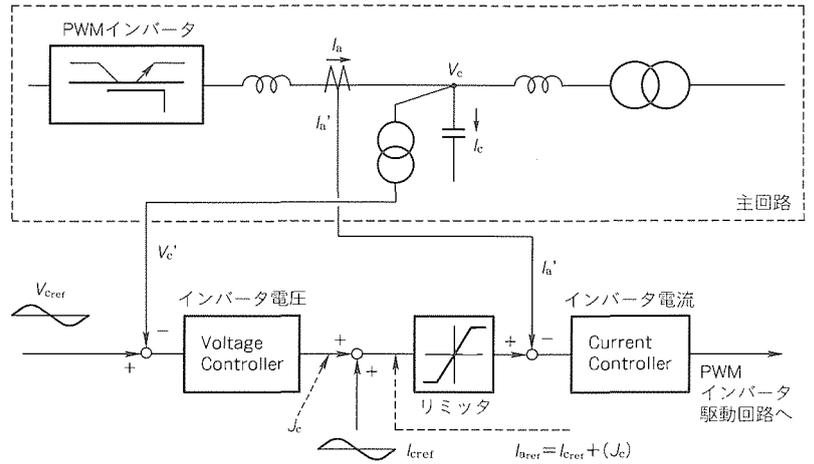


図7. インバータの制御ブロック図

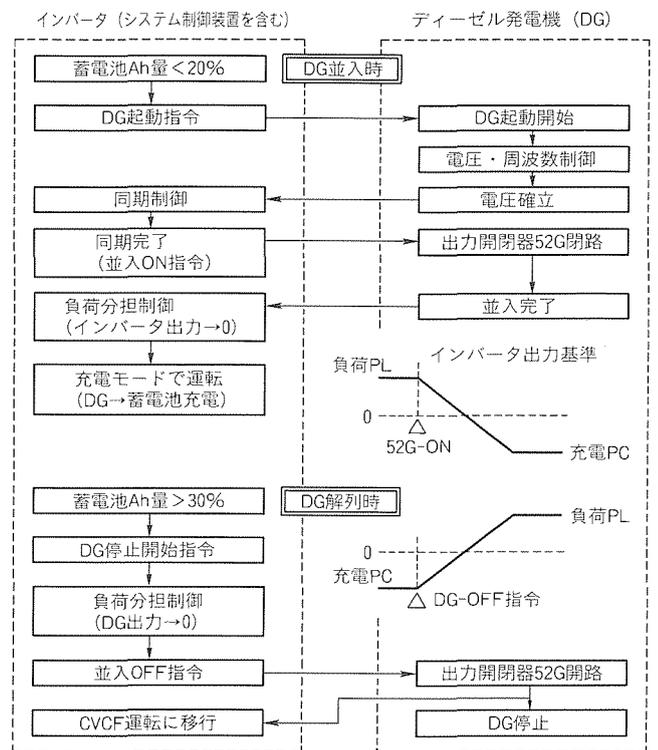
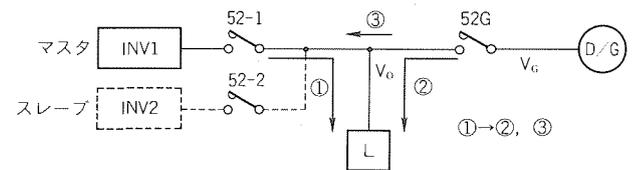


図8. 蓄電池充電制御の概要



られた。

#### 5.2 実運転状況

実負荷での日間の運転状況を図10に示す。

前日は天候があまり良くなく、十分な太陽電池出力量が得られなかったため、午前4時ごろに蓄電池のAh量が下限の20%に達し、4.2節に述べたようにDGが起動され、蓄電池の充電が行われている。

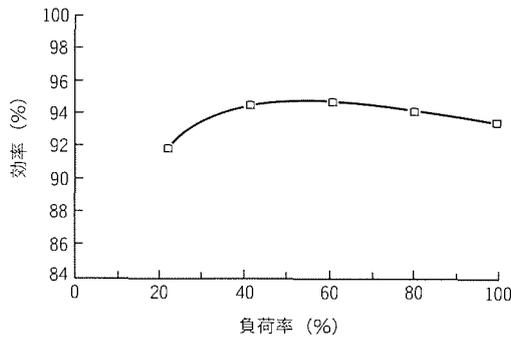


図8. パワーコンディショナの効率特性

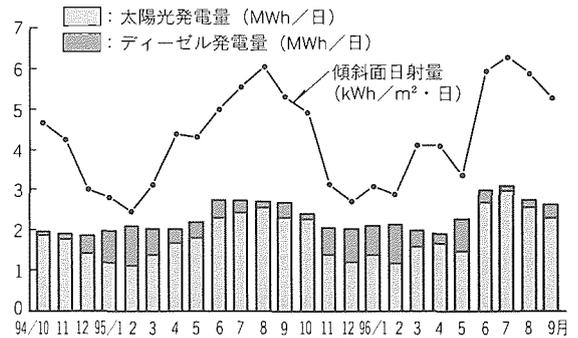


図11. 発電実績

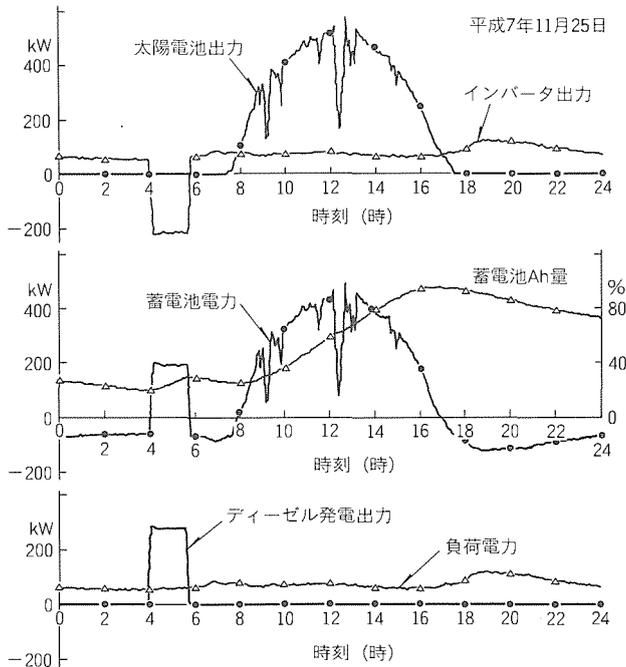


図10. システムの運転状況

その後、日中に太陽電池出力が十分得られたため、蓄電池Ah量は95%前後まで回復している。

### 5.3 発電実績

2年間(平成6年10月～8年9月)の発電実績を図11に示す。

冬期は日射量が少なく、負荷電力量に対して太陽光発電電力量が不足するので、DGによる補完電力量が多くなる。逆に、夏期は日射量が多く、太陽光発電電力量が過剰とな

り、余剰電力量が多く発生する。

2年間の余剰電力率と補完電力率(2.3節式(1), 式(2)を参照)はそれぞれ約7%と19%で、負荷電力量の約81%を太陽光発電で供給することができた。

## 6. むすび

このシステムは太陽光発電とディーゼル発電の特長を生かし、①太陽光発電電力の利用率が高い、②太陽電池容量と蓄電池容量を低減した経済的なシステム設計ができる、③電力供給信頼度が高い、等の特長を持つ独立電源用システムである。

離島や山間僻地等では、発電コストが高く、燃料補給の不安定があるディーゼル発電の代替として、また、東南アジア等の無電化地域では村落電源用として、環境保全の面からも、将来、このシステムの導入が期待される。これらの実現のためには、更に高効率・低コスト化が課題である。

最後に、このシステムの研究開発に当たりご指導、ご協力いただいた新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)、及び沖縄電力㈱を始め関係各位に深く感謝の意を表する次第である。

## 参考文献

- (1) 浅岡正久：宮古島太陽光発電実証研究設備，計測自動制御学会学会誌 計測と制御，**35**，No.5，356～357 (1996)

# 住宅用太陽光発電システム

岸添義彦\* 篠田幸雄\*  
 田中清俊\* 西尾直樹\*  
 沼倉 良\*

## 要旨

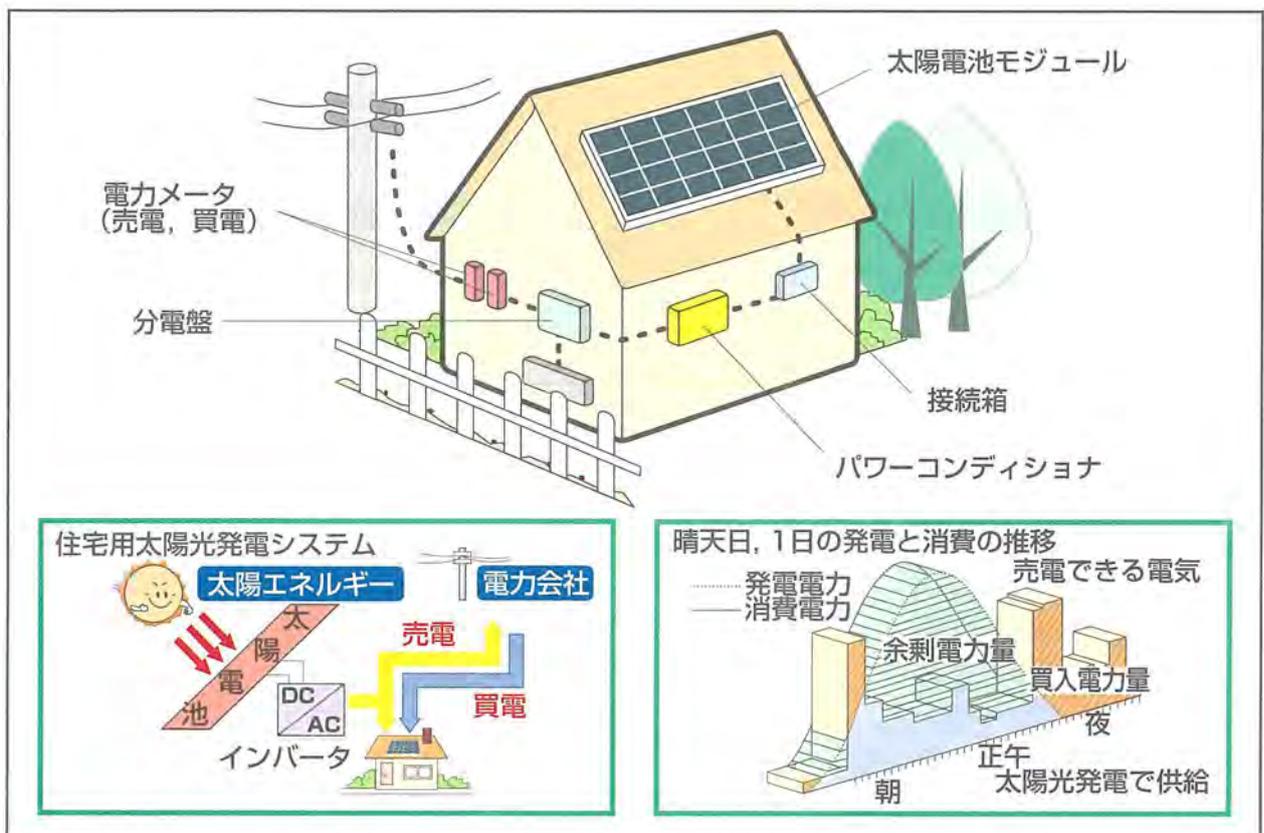
太陽光発電の普及を目指した国の助成制度が1994年度から始まったのをきっかけに、住宅用太陽光発電システムの市場が急速に拡大している。また、システム機器の価格も年々下がっており、太陽光発電が本格的に普及する時期は近いと思われる。

三菱電機では十数年前から太陽光発電システムの開発と製造に取り組んでいたが、一般住宅用の市場へは'96年度から参入した。住宅用システムでは、種々の工法で造られた多様な家の屋根に太陽電池(モジュール)を設置しなければならず、施工の面で多くの制約がある。また、専門知識を持たないユーザが使用することを前提とするため、安全性に優れ、メンテナンスの手間の掛からないシステムが要

求される。

当社のシステムは、前述のような住宅用としての基本機能を満たすとともに、高性能の太陽電池と高効率のトランスレス型インバータ内蔵のパワーコンディショナを組み合わせ、業界トップクラスのシステム効率を実現した。

本稿では、住宅用システムの基本構成、システム全般の制御を担うパワーコンディショナの内容と機能、代表的な屋根構造に対応する施工方式等について述べる。さらに、近日発売予定のパワーコンディショナの次期モデル(トレンチ構造IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)搭載)についても概要を紹介する。



## 住宅用太陽光発電システムの構成

住宅用太陽光発電システムは、商用電源と系統連系するものが一般的である。このような系統連系システムでは、発電量が不足するときは系統からの電力で補うとともに、太陽の日射量が十分で余剰電力が発生した場合は逆潮流して売電することができる。直流から交流への変換や系統連系のための制御は、パワーコンディショナによって自動的に行われる。

1. ま え が き

近年、地球環境に対する問題意識が高まる中で、クリーンなエネルギーとして太陽光発電システムに多くの人が関心を寄せている。国の施策においても新エネルギーへの積極的支援策が打ち出されており、住宅用太陽光発電システムについては、普及と需要創出に向けた助成制度が1994年度から開始された。この制度は個人住宅に設置する太陽光発電システムの機器及び施工費用の一部を国が補助するもので、高価なため普及が進まなかった太陽光発電の市場が、にわかには注目されるようになってきた。

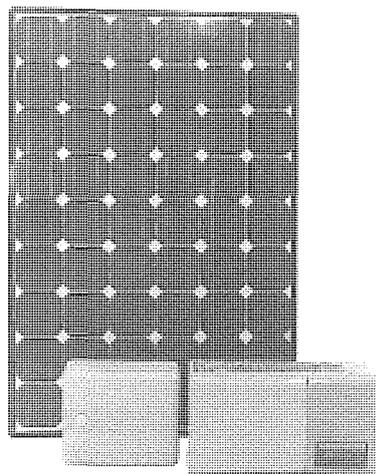
太陽光発電システムに対する当社の取組は、十数年以上前から始めており、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)のフィールドテスト事業を中心に業務用用途では多くの実績を上げている。一方、住宅用システムについては、前述のような市場の動きの中で'96年度から事業に参入し、この一年間で200システム近くの出荷・設置を行った。

住宅用システムは、構成機器の標準化を図って量産によるコストダウンをねらう必要があること、1システム当たりの発電容量が3～5kWと小さいこと、専門知識を持たないユーザを対象とするため原則としてメンテナンスフリーであること等、業務用とは違った機器開発を行う必要がある。

本稿では、住宅用太陽電池モジュールの概要、システム制御の中心となるパワーコンディショナの構成と機能、及び住宅の屋根への設置工法等について述べる。

2. 住宅用太陽光発電システムの構成

住宅用太陽光発電システムの構成を、カラーページのシステム構成図に基づいて述べる。



太陽電池モジュール PV-MR001(後)  
パワーコンディショナ PV-PN03A(前右)  
接続箱 PV-CN03A(前左)

図1. 住宅用システム(3.10kW)の構成機器

太陽電池モジュールは、光エネルギーを電力に変換するもので、住宅用の場合は通常屋根の上に架台を介して設置される。

接続箱は、必要な電圧・電流が得られるように組み合わせた太陽電池モジュールの出力ケーブルを接続するためのものである。また、電氣的サージを吸収するための素子や、施工・点検に必要な開閉器等も内蔵している。

パワーコンディショナは、太陽電池モジュールで発電した直流電力を商用電源と同じ周波数の交流に変換する機能や系統連系するための保護・制御機能、及びシステム全体の管理機能等を受け持っている。

分電盤は、通常の住宅に設置するものと同様のもので、専用の遮断機を介してパワーコンディショナの出力をここにつなぎ込む。

電力メータは、売買する電力を計量するものである。

通常は、上記構成要素のうち、分電盤と電力メータを除いた機器をセットにして住宅用システムとして出荷している。図1に当社3.10kWシステムの構成機器、表1に主な仕様を示す。

3. 構成機器と施工の概要

3.1 太陽電池モジュール

太陽電池セルをアレー状に配列して接続したものをガラスや樹脂で封止し、長期間風雨にさら(曝)されても信頼性が確保できるようにしたものを太陽電池モジュール(以下“モジュール”という。)という。

太陽電池セルにはいろいろなタイプのものがあり、その

表1. 住宅用システムの仕様

		3.10kWシステム	5.16kWシステム
モジュール	型名	PV-MR001	
	外形寸法 (mm)	(横) 1,200×(縦) 802×(厚さ) 46	
	質量 (kg)	12.5	
使用モジュール数		24	40
太陽電池総面積 (m <sup>2</sup> )		24.0	40.0
公称太陽電池出力 (kW)		3.10	5.16
パワー コン ディ ショ ナ	型名	PV-PN03A	PV-PN05A
	定格入力電圧	DC210V	
	定格出力電圧	AC202V, 50/60Hz	
	定格出力	3.0kW	5.0kW
	電力変換効率	94% (定格出力時)	
	出力基本波出力	0.95以上	
	インバータ方式	電圧型電流制御方式	
	スイッチング方式	正弦波PWM方式	
	絶縁方式	トランスレス方式	
	電気方式	単相2線式 (単相3線式配電線に連系)	
	連系保護機能	OV, UV, OF, UF	
	単独運転検出機能	受動方式, 能動方式	
	外形寸法 (mm)	470×170×250	710×170×250
質量 (kg)	16	24	

表 2. 太陽電池セルの種類と特長

シリコン系	結晶系	単結晶シリコン太陽電池	○単結晶シリコン基板を使用したタイプ 一般用としては最も高い効率が得られる。
	結晶系	多結晶シリコン太陽電池	○多結晶シリコン基板を使用したタイプ 比較的高い効率が得られ、量産性も良い。
	非晶質系	アモルファスシリコン太陽電池	○ガラスやステンレス等の基材上に薄膜状のシリコンを成長させて造る 量産性に優れ、低価格化が期待できる。 高効率化と初期劣化特性の改善が課題。
化合物系	結晶系	単結晶化合物太陽電池 (GaAs, InP等)	○高効率化が可能 人工衛星等の特殊用途に使われる。
	結晶系	多結晶化合物太陽電池 (CdS/CdTe等)	○材料によって用途や使い方が多様 低価格化が期待できる。

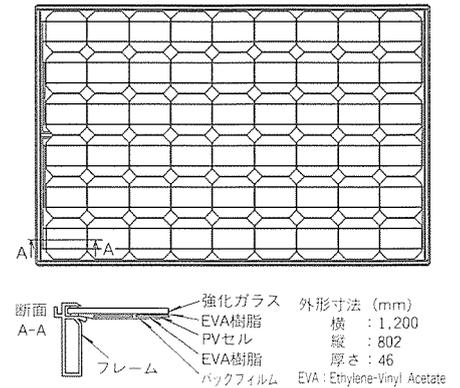


図 2. 太陽電池モジュール

種類と特長を表 2 に示す。

当社の住宅用システムでは、一般用途用としては最も発電効率が高いとされる、単結晶シリコンタイプのセルを搭載したモジュールを採用している。しかし、太陽電池セルの研究開発は多方面で進められており、今後は、量産性と性能のバランスを考慮した上で、他のタイプのセルとモジュールについても積極的に導入していく計画である。

図 2 に当社の現行住宅用モジュールの平面図と断面構造を示す。

### 3.2 パワーコンディショナ

#### 3.2.1 構成

パワーコンディショナの回路は、以下のように構成している(図 3)。

##### (1) 主回路

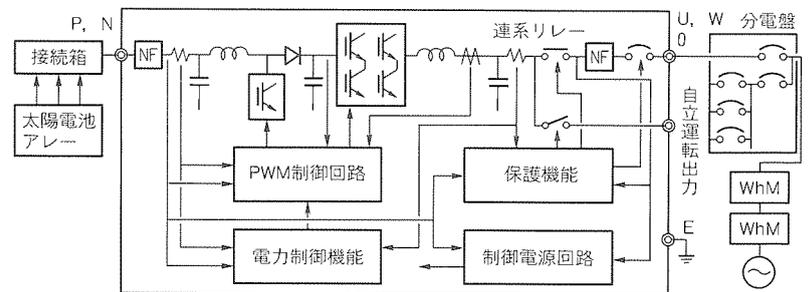
太陽電池の発電電力を交流に変換するもので、スイッチ素子に IGBT を使用し、昇圧コンバータとフルブリッジ電圧型インバータで構成している。また、系統と太陽電池を絶縁しないトランスレス方式を採用した。これにより、絶縁トランスが不要となり、小型、高変換効率を得ている。

##### (2) 電力制御機能

系統に出力する電力を制御するもので、1 チップマイコンで機能を実現している。太陽電池の発電電力は、日射量やモジュールの温度によって大きく変化する。したがって、太陽電池から取り出される電力が常に最大になるよう、太陽電池の動作点を設定する必要がある(最大電力点追従制御)。このため、太陽電池の電流及び電圧を常時監視し、太陽電池からの電力が最大となるように制御している。

##### (3) PWM制御回路

主回路素子の動作を制御するもので、DSP(Digital Signal Processor)とデジタルICで構成するデジタル制御方式を採用した。DSPは系統の電圧波形からひずみの少ない正弦波を生成する。インバータのパルス幅を逐次変化させ、インバータから出力される電流が前記正弦波と一致するように制御する。



注 WhM: 電力メータ(売電, 買電)

図 3. パワーコンディショナの構成

##### (4) 保護機能

異常状態を検出して安全を確保するためのもので、保護機能には系統連系保護機能及び回路異常保護機能がある。前者には、系統の電圧、周波数など、系統の異常を監視する機能と系統の停電を検出する機能(単独運転検出)がある。後者には、回路各部の過電圧、過電流、過熱などを検出する回路保護機能がある。いずれの場合も、異常な状態が所定時間連続した場合には、インバータを停止させる。

##### (5) 制御電源回路

制御回路に電源を供給するもので、制御電源は基本的に太陽電池側から供給されるが、雨天時や夜間など太陽電池の発電電力がほとんどない場合には、マイコンを動作させるためのわずかな電力が系統から供給される。

### 3.2.2 特性

#### (1) 電力変換効率

トランスレス方式の採用とゲート駆動回路の最適化等により、定格出力時に94%を達成している。また、太陽電池の出力は、公称値の50~80%が最も発電頻度の高い領域である。したがって、パワーコンディショナの出力が2kW程度の実使用に近い状態では、94.5%の高い変換効率を得られる(図 4)。

#### (2) 雑音レベル

トランスレス方式を採用しており、系統と太陽電池は絶縁されていない。このため雑音レベルの増加が心配される

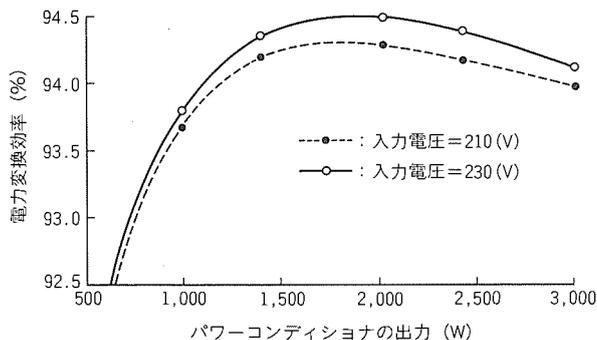


図 4. 電力変換効率

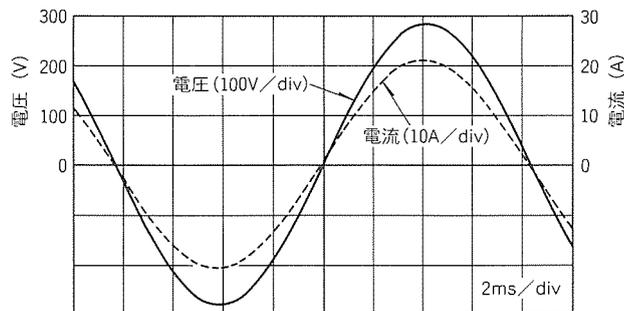


図 6. 系統側電圧電流波形

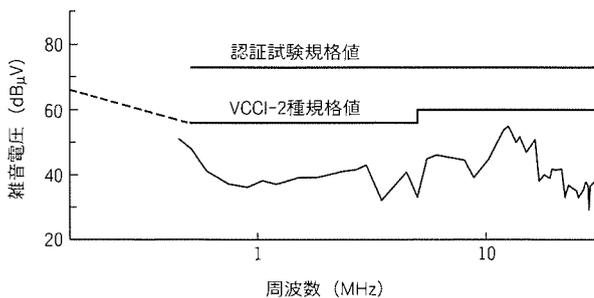


図 5. 雑音レベル

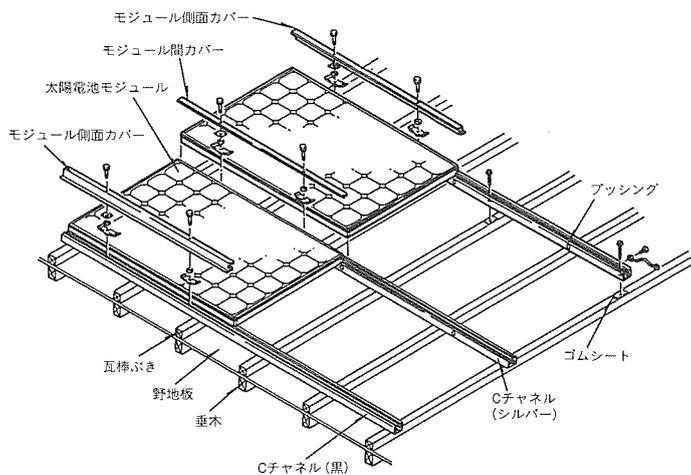


図 7. 金属板瓦棒ぶき屋根への施工概略図

が、ノイズフィルタ及び部品配置の最適化を行うことにより、VCCI-2種規格を満足することができた(図 5)。

(3) 運転力率

パワーコンディショナの出力電流はひずみの少ない正弦波となっており、運転力率が1になるように制御している(図 6)。

(4) 単独運転防止

系統連系ガイドラインでは、単独運転防止機能(系統が停電した場合に、パワーコンディショナを系統から切り放す機能。)を具備することが義務付けられている。当社のパワーコンディショナには、系統電圧の位相跳躍を検出する電圧位相跳躍方式と、出力電流の周波数を微妙に変化させる周波数シフト方式を採用した。

3.3 モジュールの設置

平均家庭の年間消費電力相当を発電できる3.10kWシステムのモジュール設置面積は約24m<sup>2</sup>必要である。一般的な住宅においては、日当たりの良い場所として、屋根面へモジュールを設置することになる。屋根面の傾斜角度は22°程度(4寸勾配)が多く、最適傾斜角度よりもやや小さいが、年間総発電電力量としては数%の減少でさほど問題にならない。

しかし住宅の屋根の形状・構造や屋根ぶき材は多種多様であり、それらに柔軟に対応でき、かつ屋根面に確実にモジュールを固定できる施工方法を提供することが、住宅用の太陽光発電システムにおける技術ポイントの一つとなる。

3.3.1 施工部材仕様

モジュールを屋根面に設置するための施工部材には、以下のような配慮をしている。

(1) 強度

台風などの強風による風荷重や積雪荷重などを支えるだけの強度を要するため、アルミの型材を架台のフレームとして使っている。

(2) 耐食性

長期間の屋外設置に耐えられるよう、施工部材には耐食性の高い材質や表面処理を採用している。アルミ材には陽極酸化皮膜の上に塗装をし、複合皮膜としている。このほかにステンレス材を用いているが、アルミとステンレスという異種金属の接触部分で電食を生じないように表面処理などの配慮をしている。

(3) 施工性

スレートぶきや和がわら(瓦)ぶき屋根の場合、屋根ぶき材やたる(垂)木の位置に合わせて金具を取り付け、それに縦桁を固定した上、横桁となるCチャンネル材を組み付けている。これにより、屋根構造や屋根ぶき材に合わせてモジュールを柔軟に位置決めして設置することが可能になっている。また、アルミをフレーム材として用いることによって軽量化し、施工作业を容易にしている。

(4) 意匠性

各モジュールの間はモジュール間カバーで覆っているため、全体が一面と見えるようになり、屋根面へ納まりよく据え付けることができる。さらに、建物設計時点からモジュール設置部分の屋根面をくぼませるよう配慮しておくことにより、設置後に周辺部と面が合うようにして、より意匠性を上げることが可能。

3.3.2 施工方法

標準施工用として、心木付き金属板瓦棒ぶき屋根、薄板平板スレートぶき屋根、JIS53A, B和瓦ぶき屋根に、施工する部材を提供している。基本となる金属板瓦棒ぶき屋根への施工の概略図を図7に示す。この場合、Cチャンネル材を心木付きの瓦棒とその下にある垂木に対して直接木ねじで固定し、それにモジュールを取り付けている。スレートぶきや和瓦ぶき屋根の場合は、それぞれ専用の取付金具によって瓦棒に相当する縦椼を固定した上で、金属板瓦棒ぶきと同様の施工を行う。

実際に金属板瓦棒ぶき屋根、スレートぶき屋根、和瓦ぶき屋根に施工した家屋の例を図8～図10に示す。

4. 発電量とエネルギーペイバック

4.1 発電量

図11に、太陽光発電システムによる発電電力が一日のうちの時刻によってどう推移するかを実測した例を示す。これは、3.10kWシステムでの晴天日の例('96年5月15日、岐阜県)である。この図によると、朝6時ごろから発電を開始し、日射量が増加するにつれて発電電力も増加し、正午付近には発電電力がピークに達する。その後日射量の低下とともに発電電力も低下し、夕方には発電しなくなっている。なお、この一日の発電電力量としてはおよそ16kWhであった。

図12に、太陽光発電システムによる一年間の発電電力量がどれくらいになるかをシミュレーションした結果を示す。シミュレーションの条件としては、東京地区において3.10kWシステムを設置した場合であり、モジュールの方位は真南、勾配角度は21.8°とする。この結果によると、毎月200～300kWhの発電電力量が見込め、一年間のトータル



図8. 金属板瓦棒ぶき屋根への施工例

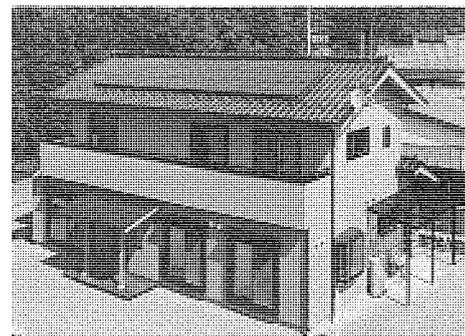


図10. 和瓦ぶき屋根への施工例



図9. スレートぶき屋根への施工例

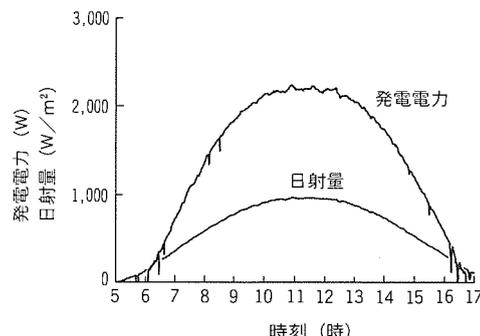


図11. 一日の発電電力の推移

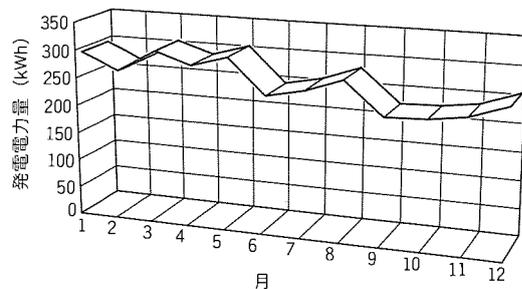


図12. 年間の発電電力量 (月ごと)

では約3,200kWhと予想できる。平均的な家庭での消費電力は月300kWh前後(年間3,600kWh前後)とされているので、大部分の電気が太陽光発電システムで賄えることになる。

4.2 エネルギーペイバック

3.10kWシステムが1年間に生み出すエネルギーを火力発電で賄うとすれば、約730リットルの石油が必要であると言われている。また、システム製造に必要なエネルギーを前述の発電量と比較し算出したエネルギーペイバック時間は3～4年間となっており、太陽光発電は環境にやさしいクリーンエネルギーと言える。

5. 今後の技術開発

5.1 パワーコンディショナの小型・高効率化

パワーコンディショナは、低コスト化とともに、太陽電

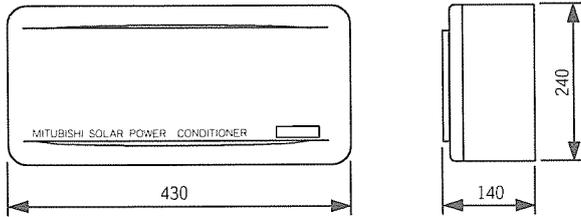


図13. パワーコンディショナ次期モデル

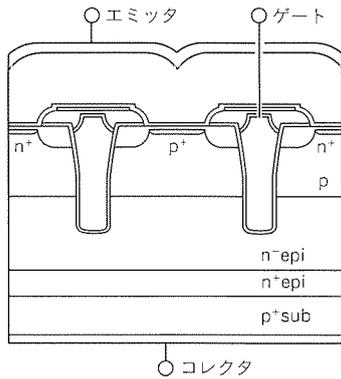


図14. トレンチ構造 IGBTの構造

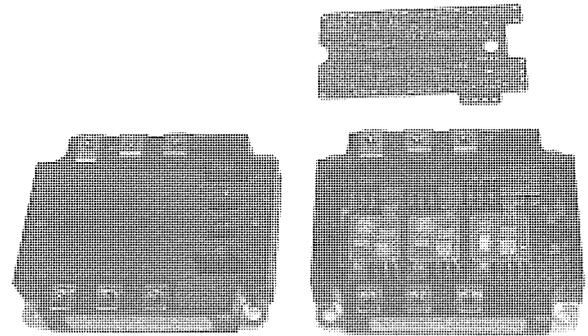


図15. 太陽光発電用 IPM

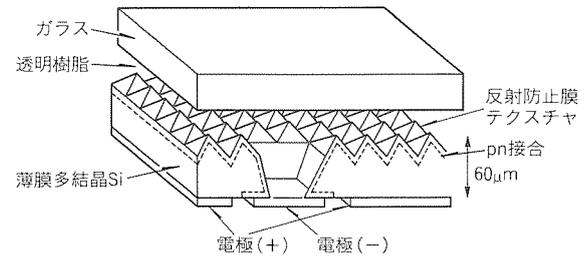


図16. VESTセルの構造

池の発電電力を無駄にしない高効率化や、家庭内への設置が容易となる小型化が求められている。このため、近日発売予定の次期モデル(図13)では以下の技術開発を行い、従来比50%の低コスト化と同70%の小型化、及び定格時95%の高効率を実現する。

(1) 新開発の太陽光発電用IPMの採用

主回路のスイッチ素子に新開発のトレンチ構造IGBT(図14)を用いたIPM(Intelligent Power Module)(図15)を採用し、高効率と小型・低コスト化を行う。

(2) 制御回路の高密度実装

IPMを用いることによって保護回路を削減して回路の簡素化を図るとともに、デジタル回路の専用IC化やアナログ回路の高密度実装を行う。

(3) 出荷検査の自動化

パワーコンディショナは認証登録された仕様を維持するために厳しい出荷試験が必要であるが、これをパワーコンディショナに設けたシリアル入出力を用いて検査の自動化を行う。

5.2 薄膜シリコン太陽電池の開発

21世紀の本格的普及期に向けて、新しいタイプの薄膜多結晶シリコン太陽電池VEST(Via-hole Etching for Separation of Thin-films)セルの研究開発に取り組んでいる(図16)。

VESTセルは、シリコンなどの材料費を約1/10に低減できるため、原理的に低コストでかつ高効率の太陽電池である。現在、10cm角サイズで14%以上の変換効率を達成

している。

この研究は、NEDOからの委託によって実施した。

6. む す び

環境に対する意識が高まる中、住宅用太陽光発電システムへの国や消費者の期待は大きい。当社は昨年度、住宅用としてトップクラスの性能を持つシステムを開発し、市場に参入した。今年度は、システムのかなめとなるパワーコンディショナについて、更に小型・高効率化を図った製品を開発している。

今後、太陽電池セルやモジュールについても、市場の要求にこたえるため、建物とのシステム化等を含めた技術開発を行い、太陽光発電の普及拡大に向けて積極的に取り組む所存である。

参 考 文 献

- (1) 水上淳二：太陽光発電導入普及戦略マニュアル，エイムズ(株) (1995)
- (2) 新エネルギー財団：太陽光発電システム普及促進総合テキスト (1996)
- (3) 太陽光発電懇話会：「住宅用太陽光発電システム」手引き (1994)
- (4) 森川浩昭，有本 智，石原 隆，隈部久雄：薄膜分離プロセスを用いた薄膜シリコン太陽電池，三菱電機技報，69，No.6，567～571 (1995)

# 省エネルギー照明 “メルセーブシステム”

上村一穂\*  
伴 和生\*\*

## 要旨

地球温暖化防止のため、二酸化炭素の排出量抑制をねらった地球規模での省エネルギーへの取組から、我が国においても通商産業省のエネルギーの使用の合理化に関する法律(省エネルギー法)の改正など、照明の省エネルギーにも目が向けられている。

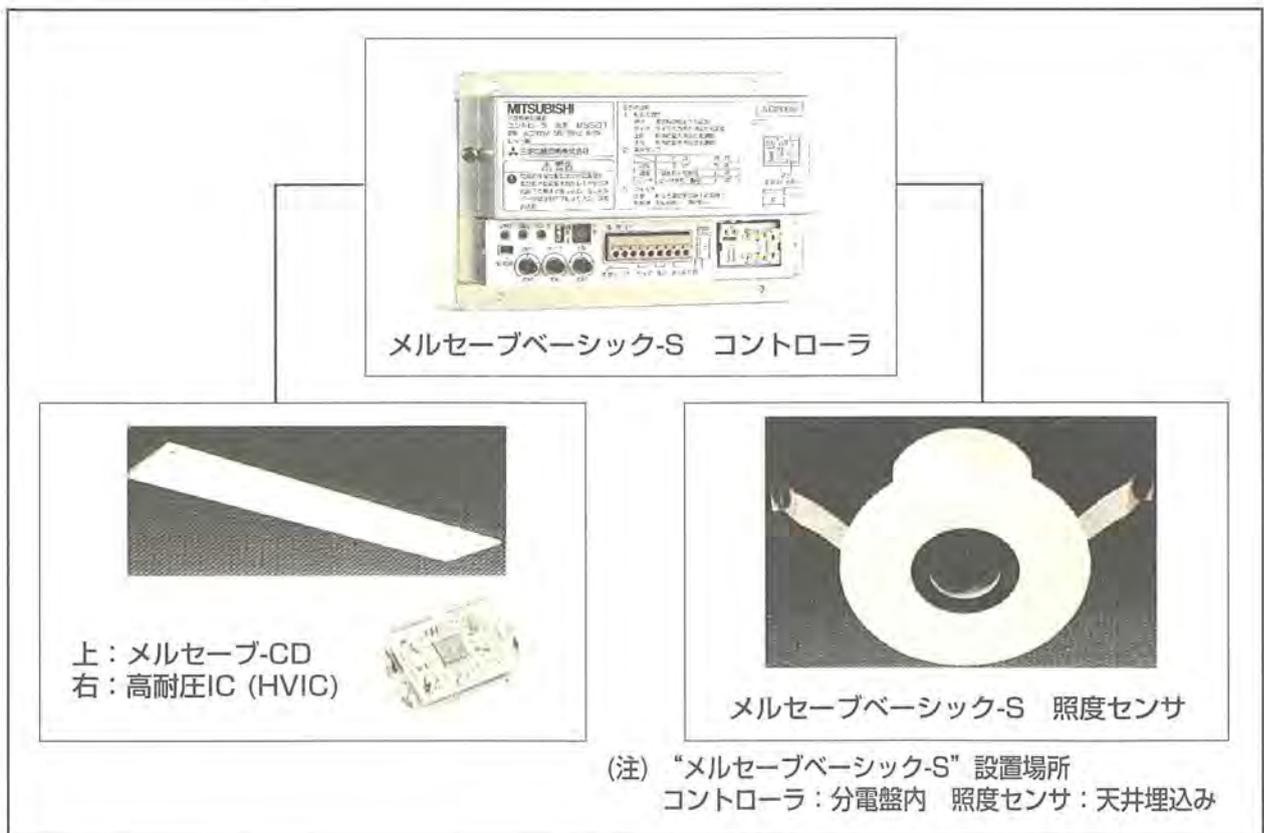
日本の照明電力の約80%を占める蛍光灯の省エネルギー促進のため、従来器具比約50%の大幅省エネルギーを実現する照明システム“メルセーブシステム”を開発した。

メルセーブシステムは、Hf(高周波点灯専用蛍光ランプ)連続調光照明器具“メルセーブ-CD”と照度センサ及びコントローラからなる自動調光制御装置“メルセーブベー

シック-S”で構成される。照度センサで作業面の明るさを検出し、照明器具の出力を連続的に調整して、一定照度を維持する。

メルセーブ-CDは、連続調光として世界初のHVIC(High Voltage IC:高耐圧IC)を採用したインバータを搭載し、特に周囲温度5°Cの低温でも光出力5~100%まで安定した点灯を確保でき、連続調光器具の使用環境を従来照明器具と同等に広げている。

窓からの太陽光が得られる場合や、ランプの光出力が大きい設置初期には明る過ぎる分だけ自動的に調光し、必要な明るさを得ながら省エネルギーを図る。



## メルセーブシステム

Hf連続調光器具“メルセーブ-OD”と照度センサ及びコントローラからなる自動調光装置“メルセーブベーシック-S”で構成されるシステムによる一定照度維持により、大幅な省エネルギーを図る。

1. ま え が き

省エネルギーが継続的課題であることは言うまでもないが、特に近年は、生態系のバランスを崩す地球温暖化防止のために、二酸化炭素の排出量を抑制するねらいで地球規模での省エネルギーに力が注がれている。

日本においても省エネルギー法(1993/3改正)として指針や義務が示されており、照明については以下の点が指示されている。

(1) 機械器具にかかわる措置

施設用蛍光灯器具の総合効率を70 lm/W(1993年)から75 lm/W(2000年)に引き上げることをメーカーに義務づけている。

(2) 建築物にかかわる措置

照明エネルギー消費係数(CEC/L)を計算した「省エネルギー計画書」の提出を施主に義務づけている。

日本の全電力消費量の約15%が照明に使われており、これは1,000億kWh/年になる。この中で約80%が蛍光灯であり、省エネルギー法の中で特に蛍光灯器具の効率に言及しているのもこのためである。したがって、日本では照明用電力の削減法として蛍光灯の省エネルギー化が大きなテーマである。

2. 照明電力の構成要素と省エネルギー手法

照明の明るさの中で最も一般的な目安として使われている水平面平均照度の計算は、下式の光束法で求められる。

$$E = (F \times N \times U \times M) / A \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 $E$ ：平均照度、 $F$ ：ランプ光束  
 $N$ ：ランプ本数、 $U$ ：照明率  
 $M$ ：保守率、 $A$ ：被照面面積

この式には電力の要素は含まれていないが、発光効率 $F/W$ を用いて書き換えていくと、省エネルギー照明の考え方を整理する上で適当な式(2)及び式(3)となる。

$$F \times N = (F/W) \times W \times N \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 $W$ ：ランプ入力電力

$$W \times N = (E \times A) / (U \times M \times (F/W)) \dots\dots (3)$$

さらに使用時間を加えると電力量の表現にできる。

$$W \times N \times T = (E \times A \times T) / (U \times M \times (F/W)) \dots\dots\dots (4)$$

すなわち、照明電力量 = (照度 × 面積 × 時間) / (照明率 × 保守率 × 発光効率)

この関係式から照明の省エネルギーつまり照明電力量を減らすためには、上式右辺に示された電力量の各構成要素のうち、分子を小さく、分母を大きくすることが必要と言える。

このことをCEC/L計算の手引書<sup>(1)</sup>に示されている省エネルギー手法と対応させてみると図1のようになる。

このように効率の高いランプと器具を用い、必要な所へ必要な時に適切な光を配る“適光・適所・適時”の制御を行うことによって、総合的に省エネルギーが図れる。

3. メルセーブシステム

こうした背景を踏まえて蛍光灯器具の省エネルギーを促進するため、高効率なHf蛍光灯照明器具(総合効率91.8 lm/W)に自動調光制御を加えて、従来器具比約50%の大幅な省エネルギーを実現する“メルセーブシステム”を開発したので紹介する。

3.1 システム構成

メルセーブシステムは、Hf連続調光照明器具“メルセーブ-CD”と照度センサ及びコントローラからなる自動調光制御装置“メルセーブベーシック-S”が互いに信号線で結ばれ、システムとして構成される。照度センサとコントローラを1:1に組み合わせ、器具は最大50台まで接続可能である。

メルセーブ-CDの連続調光インバータに採用したHVICの外観を図2に、仕様を表1に示す。段調光タイプ<sup>(2)</sup>はさきに製品化しているが、蛍光灯連続調光用のHVICは世界初のもので、高調波低減制御回路、連続調光制御回路、高耐圧ドライバなどをワンチップに集積化したICである(図3)。特に周囲温度5℃の低温でも光出力5~100%まで安定した点灯を確保し、連続調光器具の使用環境を従来照明

照明設備にかかわる手法	(1) 高効率光源の採用	発光効率↑	メルセーブシステム-CD
	(2) 省電力型安定器の採用	発光効率↑	
	(3) 高効率照明器具の採用	照明率↑	
	(4) 照明方式の工夫	面積↓照度↓	
制御設備にかかわる手法	(5) タイムスケジュール制御	時間↓照度↓	メルセーブシステム
	(6) 在室検知制御	時間↓	
	(7) 昼光利用制御	照度↓	
	(8) ルームキー等による客室電源制御	時間↓	
	(9) 適正照度調整	照度↓	

図1. 照明の省エネルギー手法とメルセーブシステム

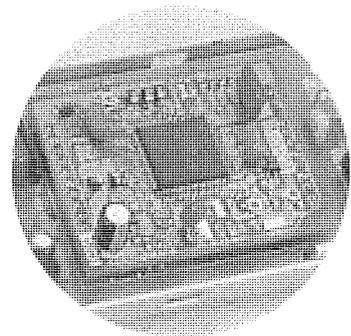


図2. HVICの外観

器具と同等に広げている。

### 3.2 動作

入力要素としての照度センサ、処理系としてのコントローラ、出力要素としてのHf連続調光器具が制御ループを構成している。図4に示すように、

- (a) 照度センサによる対象面の明るさ検出
- (b) コントローラでの設定照度との比較と調光信号発生
- (c) Hf連続調光器具の明るさ変化

を常時繰り返し、常に一定照度を維持するように動作する。また、人の通行や雲の通過等の瞬時の変化に過敏に反応しすぎることのないように、照度センサの視野内(高さ2mで、約φ4mの範囲内)での感度の平均化と、コントローラでの比較判断アルゴリズムでの許容レベル幅の設定、及び過去のサンプリング値を考慮した判断式の採用等の工夫を加えている。

この基本動作に加えて、入力要素としてタイマや人感セ

ンサを接続すれば、定刻又は不在時に通常時とは異なる明るさに設定することが可能である。

メルセーブシステムは、無段階に明るさを変化できる連続調光制御であるが、これをON/OFFだけの点滅制御、明るさを2段階に切り換える段調光制御と比較すると次のように言える。

図5に示したように太陽光による明るさが連続的に変化したとき、必要な照度以上を確保するように制御しようとすると、点滅や段調光では明るすぎる割合が大きく残り、省エネルギー効果が小さい。さらに連続調光では急な明るさの変化がなく、快適な視環境が保たれる。

### 3.3 ゾーニング計画

システムの設置と配線の考え方を図6に示す。省エネルギーの大きな要素である太陽光によって得られる明るさは、窓からの距離によって異なる。このため、照度センサ及びコントローラと接続する複数の照明器具は、同じ条件の器

表1. HVICの仕様

項目	仕様
耐圧	600V
最大出力電流	0.5A
制御電源電圧	15V
出力制御範囲	5~100%
パッケージ	64ピンQFP

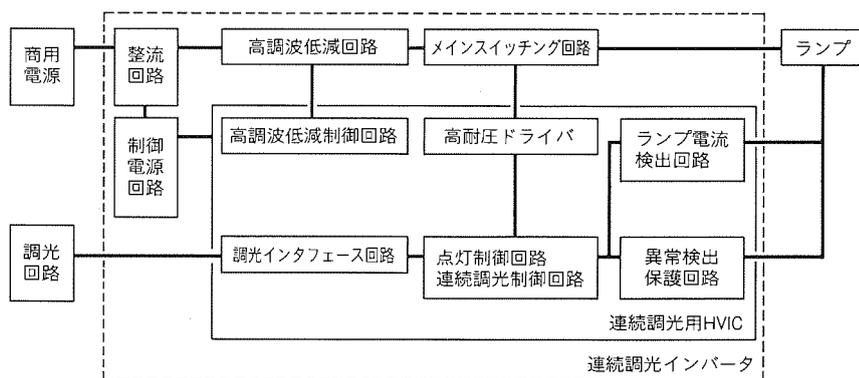


図3. HVICのブロック図

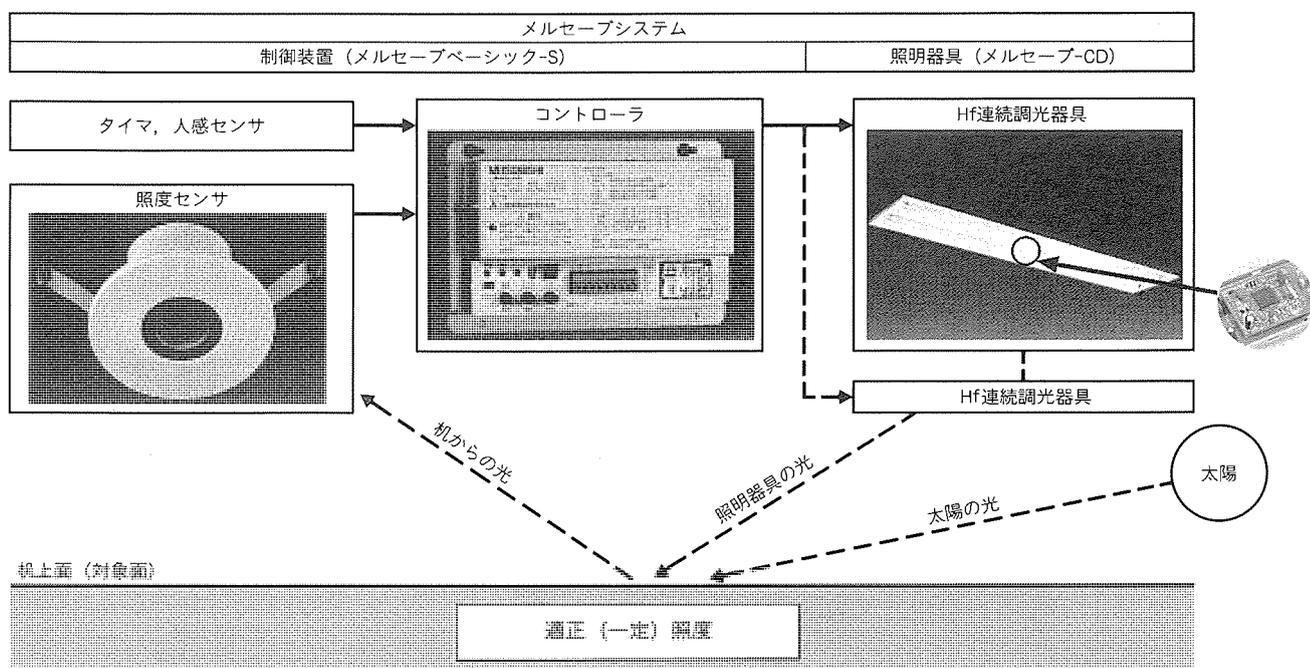


図4. 制御動作

具同士を接続する意味で、窓に平行にグループ分けする。また太陽光による明るさの分布は、窓際で大きく変化して窓から離れるほど均一になるため、窓際で細かく、奥ほど大きくグループ化する。これは、実際には調光信号線を接続することになる(図6)。そして、グループ化された器具が配置されたゾーンの中央付近に、代表観測点として照度センサを配置する。

3.4 省エネルギー効果

タイマを加えたシステム構成での省エネルギー効果について、従来から広く使用されているFLR40W蛍光ランプ

を用いた器具と比較して概算する。

(1) Hf採用による省エネルギー効果

高効率なHf蛍光ランプを採用することで、FLR40W蛍光ランプとの発光効率の差により、同等の明るさにするために24%の省エネルギーが図れる。

(2) 太陽光利用による省エネルギー効果

オフィスの窓際など、太陽光によって明るくなる分は、照明器具を調光しても必要な明るさを確保できる。どの程度調光(省エネルギー)できるかは窓の方位や窓の大きさ等の部屋の条件や天候の違いによっても異なるが、照明学会技術指針JIEG-002<sup>9)</sup>に記載の昼光照明の計算方法により、一般的オフィスの条件(例えば、間口25.6m、奥行き12.8m、窓高さ1.7m、窓方位は南、窓の汚れを見込んだ係数0.8、1日の点灯時間は昼間8h+夜2h=10h)を想定した予測を行うと、年間の平均省エネルギー率25%が得られる(図7)。

(3) 初期照度調整による省エネルギー効果

ランプは、設備の設置初期やランプ交換直後など、新しいときは光出力が高く、時間経過とともに劣化する。照明設備を計画するときは、ランプの劣化(蛍光ランプの場合30%)をあらかじめ見込んで、ランプ交換直前でも必要な

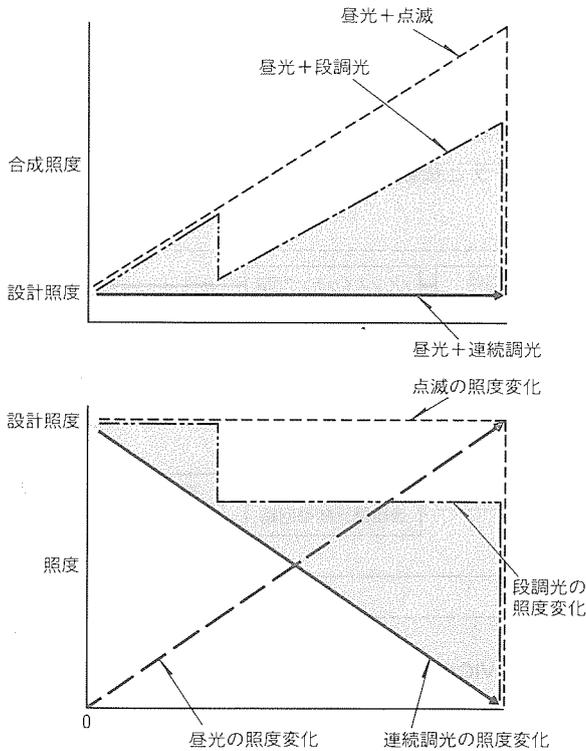


図5. 調光段階と合成照度

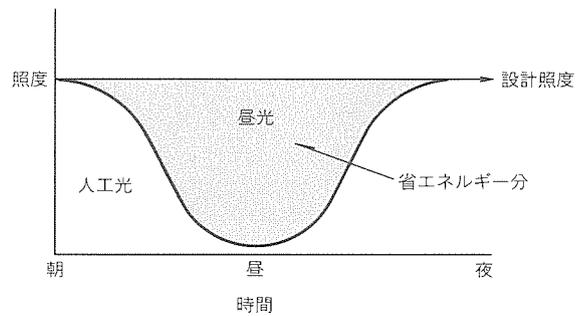


図7. 太陽光利用

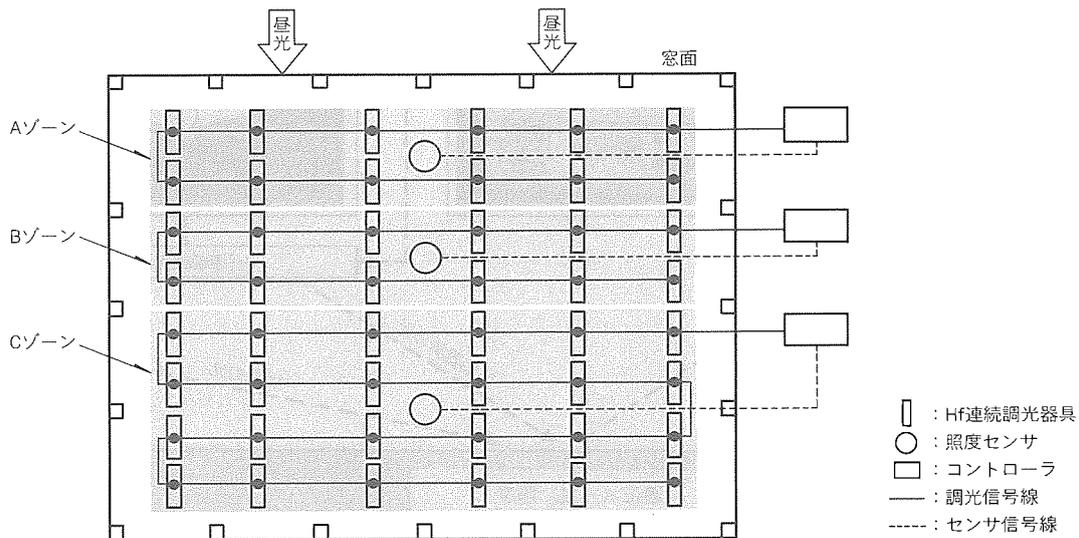


図6. ゾーニング

明るさを確保するように設置する。このため、ランプが新しいときは必要以上の明るさになってしまう。したがって、設置当初やランプ交換直後からランプの光出力の経時変化に応じて必要な明るさまで調光することによって省エネルギーが図れ、初期からランプ交換直前までの平均で12.5%の省エネルギーが図れる(図8)。

(4) タイマ制御による省エネルギー効果

昼休みなど作業が行われない時間帯は、作業時間中より

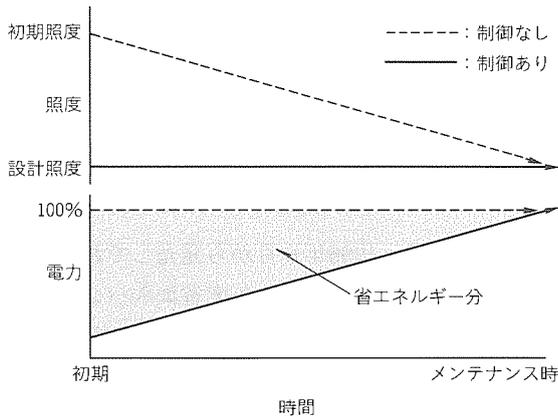


図8. 初期照度調整

も暗く調光することによって省エネルギーが図れる。例えば、一日10時間中1時間の昼休みに作業時間中の半分の出方に調光することにより、5%の省エネルギーが図れる(図9)。

以上の効果により、メルセーブシステムは約50%の総合省エネルギー効果を見込める(図10)。

$$\begin{aligned} \text{システム全体電力量} &= 76\% \times 75\% \times 87.5\% \times 95\% \\ &\approx 50\% \end{aligned}$$

すなわち、システム省エネルギー率 =  $100\% - 50\% \approx 50\%$   
このほかにも、照明電力は最終的には熱となるため、照

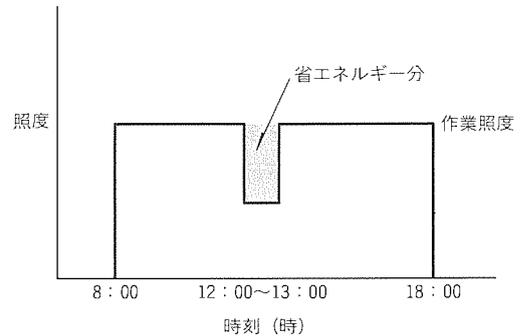


図9. タイマ制御

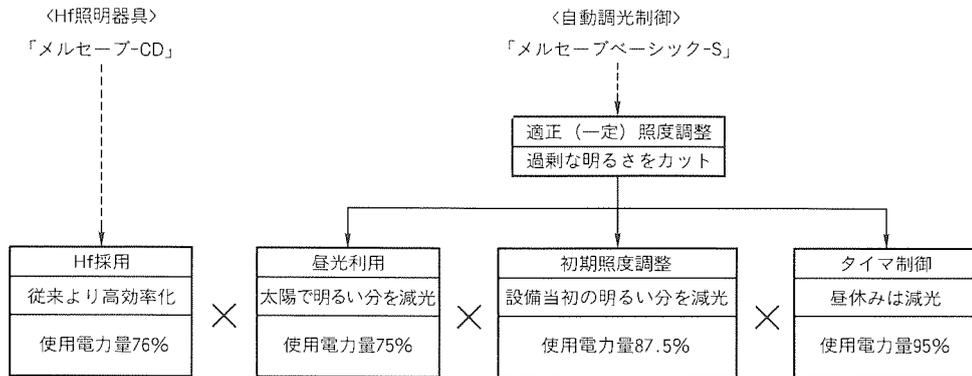


図10. 省エネルギー効果

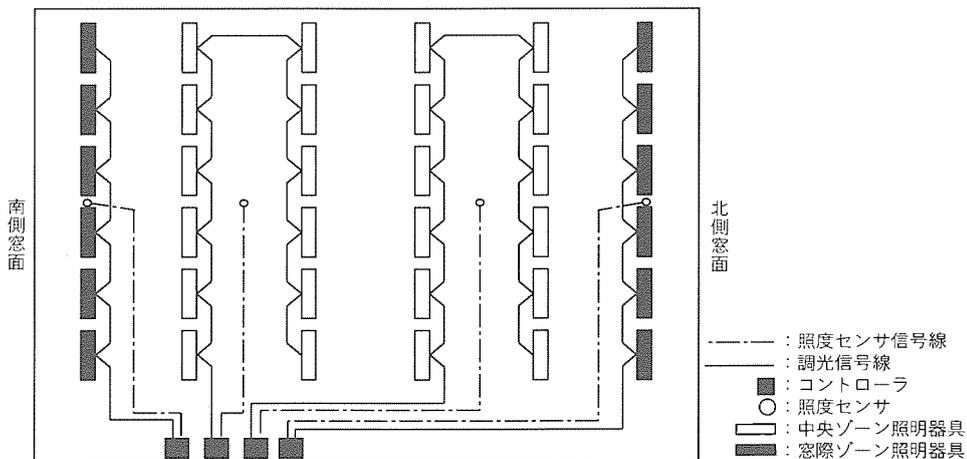


図11. 三菱電機照明機での設置例

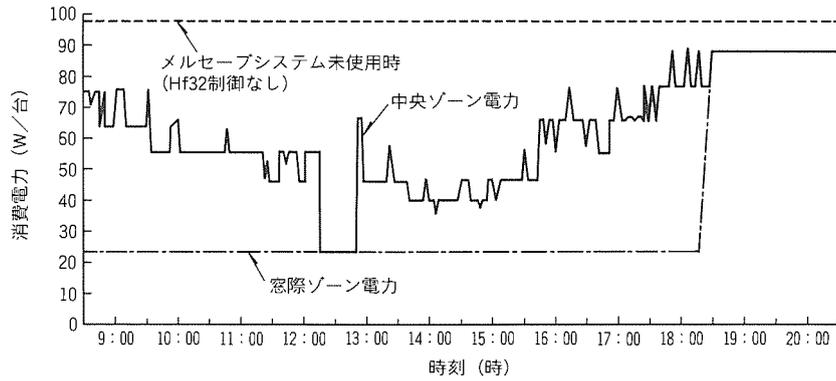


図12. 1日の運転記録

明の省エネルギー化はそのまま空調の省エネルギー化に役立つ。また電力供給事情の面からみても、最も電力が多く使用される夏の日中は昼光を多く利用できる時間帯であるため、電力消費のピークを下げる効果が期待できる。

#### 4. メルセーブシステム実施例

前述のメルセーブシステムを三菱電機照明㈱において導入した例を図11に示す。北側と南側の2面に窓があるためゾーニング計画は4グループとし、照度センサとコントローラを4セット設置した。また、タイマを接続して昼休みに調光している。

設備導入後に実測した照明器具の消費電力変化の一例を図12に示す。晴天の日でもあり、窓際ゾーンは日中太陽光によって十分な照度が得られるため、調光によって絞り切った状態で中央ゾーンでも太陽光の影響を受けながら調光変化している様子が分かる。このような測定を二月末から四月末までの約2か月間行った結果、従来のFLR40Wの照明設備と比較して、平均省エネルギー率52%となった。年間平均してこの省エネルギー率が得られるとすると、年間27万円の電気代節約が期待できる(年間点灯時間3,000時

間、電力料金単価25円/kWhとして)。

#### 5. むすび

このシステムは、1996年6月から発売しており、(財)省エネルギーセンター主催の平成8年度省エネバンガード21で資源エネルギー庁長官賞を受賞することができた。

今後も下記の観点で更なる快適省エネルギーシステム開発を進めていく所存である。

- 独立制御からバランス制御へ
- 一定制御から可変レベル制御へ
- ゾーン制御から個別制御へ
- 照明制御から空間環境制御へ

#### 参考文献

- (1) (財)住宅・建築省エネルギー機構：建築物の省エネルギー基準と計算の手引き，225 (1995)
- (2) 小川 勇，前田忠司，荒井武司，永井 敏，江口健太郎：施設照明器具用新インバータ，三菱電機技報，70，No.8，839～843 (1996)
- (3) (社)照明学会：照明合理化の指針，25～27 (1981)



# 事務所、工場の 省エネルギー空調・照明システム設備導入事例

小松正樹\*  
小早川浩之\*  
岩瀬 進\*\*

## 要旨

“氷蓄熱空調システム”と“メルセーブシステム”を併用して計画的に導入することにより、大幅なランニングコストの削減と、大幅な電力ピークダウンによる受電容量と契約電力の低減が実現できる。

標準的な事務所ビルの場合、氷蓄熱空調システムを導入することによって安価な夜間電力の利用と氷蓄熱の高効率運転が可能となり、日中の空調消費電力を約40%削減できるので、ビル全体の運転費を約16%、全受電容量も16%低減できる。

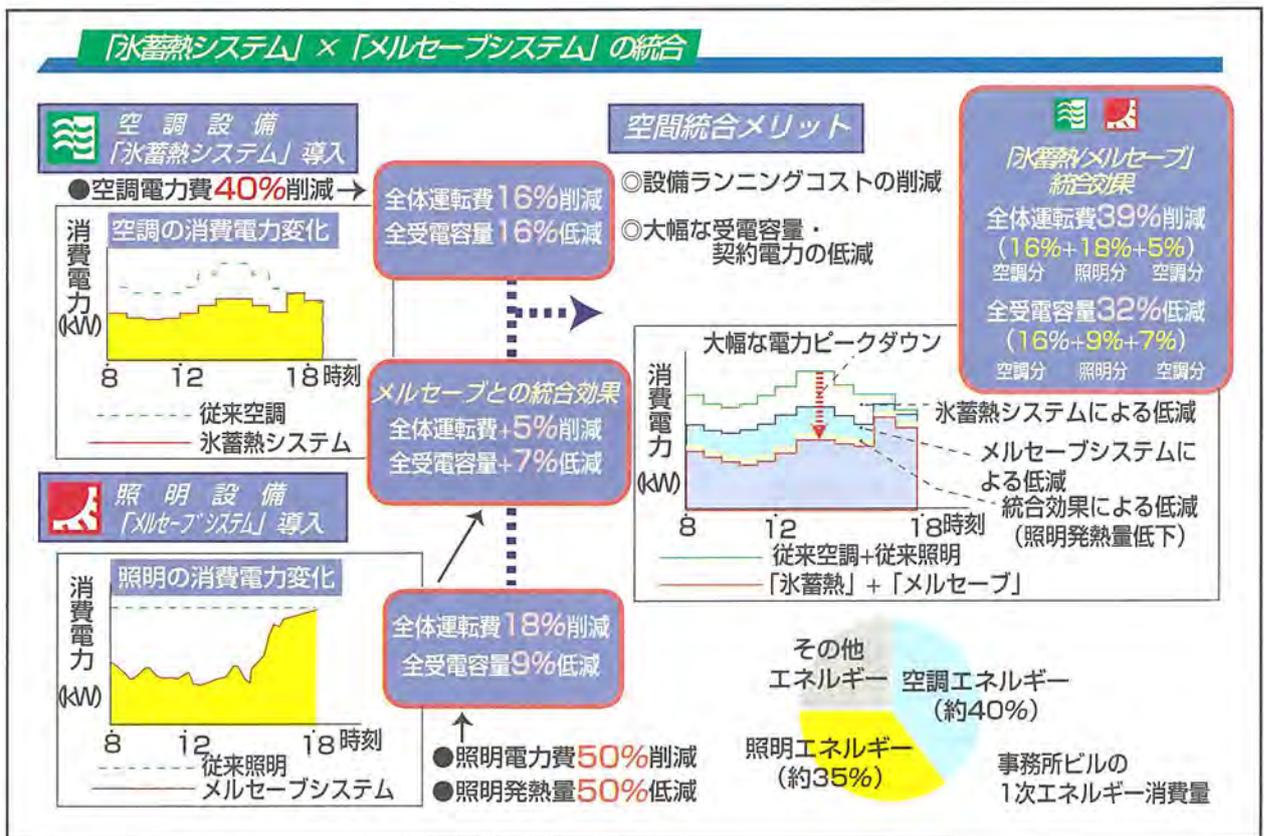
またメルセーブシステムを導入することにより、Hf照明器具、昼光利用、初期照度調整、タイマ制御の活用で照明消費電力を約50%削減できるので、ビル全体の運転費を18%、全受電容量も9%低減できる。

照明消費電力を約50%削減すれば照明の発熱による冷

房負荷も減るので、その分冷房用消費電力量と空調分契約電力を低減できる。つまり、両システムを個別に導入する場合に比べて、ビル全体の運転費を5%、全受電容量も7%低減できる。

両システムを併用して導入した場合のビル全体の年間運転費は、空調分16%、照明分18%、統合効果による空調分5%の合計39%の削減が可能であり、全受電容量についても、空調分16%、照明分9%、統合効果による空調分7%の合計32%の低減が可能である。

両システムの導入により、空調・照明設備のランニングコストの大幅な削減、受電設備と契約電力の大幅な低減が図れることになり、夏期の消費電力ピークダウンとCO<sub>2</sub>排出量の低減にもつながる。



## 氷蓄熱空調システムとメルセーブシステムの統合効果

両システムの個々の長所と併用による効果も含め、大幅なランニングコストの削減と大幅な消費電力ピークダウンが図れる。

1. ま え が き

近年、社会の進歩に伴うエネルギー、特にその使い勝手の良い電力エネルギー消費は増大が続いている。一方、地球的規模での環境問題に対する関心の高まりとともに、省エネルギー化の動きも活発化してきており、特に地球温暖化に大きな影響を持つと言われる二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出量抑制のために積極的な省エネルギーへの取組が要求されている。

本稿では事務所、工場におけるエネルギー消費ウェイトが大きい空調・照明設備の省エネルギー事例を紹介する。

2. 市場背景

OA化や高精密加工技術の発達に伴い、事務所や作業空間の快適性が追求され、事務所や工場の空調・照明設備の電力負荷が増加し、昼間の電力需要ピーク値を押し上げ、電力昼夜間格差が拡大する要因となっている。電力負荷の平準化や省エネルギー化は、社会経済の発展の基盤となる電力エネルギー安定供給及び地球環境維持のために必ず(須)の課題となっている。

昼夜の発電量調整は主として石油やLNGを燃料とする火力発電設備(所)が受け持っており、この結果、昼間電力ではCO<sub>2</sub>発生量が多くなり、夜間の電力では原子力、水力発電の構成が高くなり、この結果CO<sub>2</sub>発生量が少なくなる。

水蓄熱空調システムと省エネルギー照明を組み合わせる使用することにより、昼間の電力使用量を削減し、夜間の電力使用量を増し、結果として電力負荷平準化、CO<sub>2</sub>発生削減が図れることになる。

3. システムの概要

3.1 水蓄熱空調システム

水蓄熱空調システムとは、夏期の冷房時には夜間蓄熱槽内に氷を造り、昼間にその氷を溶かして冷房に利用し、冬期の暖房時には夜間蓄熱槽内に温水を造り、その温水が持つ熱量を昼間の暖房運転に使用する空調システムである。図1に水蓄熱マルチエアコン“ICE-Y”の外観を示す。特長としては、夜間電力利用による電気料金の削減、受電設備容量軽減による受電コストの軽減、蓄熱利用による安定した空調の実現、IPF(Ice Packing Factor:氷充てん(填)率)約70%の蓄熱槽による省スペースなどがある。

3.2 省エネルギー照明システム

“メルセーブシステム”

(1) 概要

このシステムは、照明器具を自動調光することによって作業面の明るさを適正照度に維持し、快

適な視環境を保持しながら従来照明設備に比べて50~70%の大幅な省エネルギーを実現する。

(2) 構成

図2に示すように、メルセーブベーシック-S照度センサ、メルセーブベーシック-Sコントローラ、Hf32W連続調光器具で構成する。なお、別売品としてタイマを用意している。

(2) 基本機能

(a) メルセーブベーシック-S照度センサ

対象面の明るさを検知し、明るさを電圧信号でコントローラに伝える。

(b) メルセーブベーシック-Sコントローラ

照度センサからの明るさと設定照度を比較し、対象面の明るさが設定照度になるように調光信号をHf32W連続調光器具に出力する。

(c) Hf32W連続調光器具

コントローラからの調光信号によって調光出力を行う。

(3) 省エネルギー要素と効果

(a) Hf照明器具

Hf照明器具を採用することにより、従来のラピッドスタート式照明器具に比べて24%の省エネルギーが可能である。

(b) 初期照度調整

照明器具設置初期、清掃後やランプ交換後などに必要照度以上を調光制御し、約12.5%の省エネルギーが可能である。

(c) 昼光利用

太陽光による室内の明かりを利用し、必要照度以上を調光制御して約25%の省エネルギーが可能である。

(d) タイマ制御

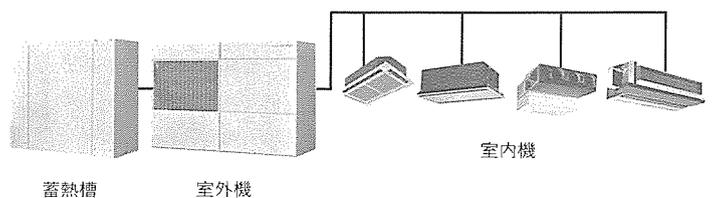


図1. 水蓄熱空調システムの外観

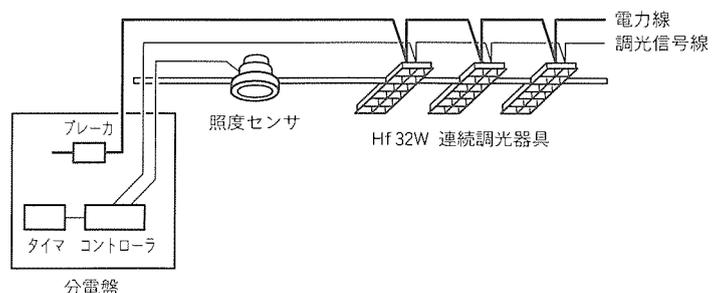


図2. 構成図

昼休みなどの定時刻に通常作業状態よりも明るさを抑える調光を行って約5%の省エネルギーが可能である。

#### 4. 事例

##### 4.1 環境管理センター

当社冷熱システム製作所の環境管理センターは2階建てで、1階(床面積 約900m<sup>2</sup>)が倉庫とボイラ室、2階(床面積 約600m<sup>2</sup>)が事務室である。1階の倉庫と2階に氷蓄熱利用直膨式マルチエアコンを採用し、照明は2階にのみメルセーブシステムを採用したので、その概要について述べる。

##### 4.1.1 氷蓄熱空調システム

2階の事務室における氷蓄熱利用直膨式マルチエアコンの平面図を図3に示す。

製管事務所には室内機が4台設置され、16馬力の室外機につながっている。その他の部屋においても各部屋の最大冷暖房負荷に見合う能力の室内機が設置され、各々16馬力

の室外機につながっている。

氷蓄熱空調と非蓄熱空調(直膨式マルチエアコン)の経済性を検討する計算条件として、冷房期間が7月から9月、暖房期間が12月から3月、空調時間は8時から18時、日曜日は運転しないとし、全負荷相当運転時間法で算出した。電気料金は関西電力(兼業務用蓄熱調整契約)を用いた。両空調方式の年間の消費電力量を表1に示す。

空調分契約電力の氷蓄熱空調の値が小さいのは、定格能力は等しいが消費電力が小さいためである。昼間の消費電力量は氷蓄熱空調の方が小さいが、夜間の方も含めると氷蓄熱空調の方が多くなる。

両空調方式の年間の電気代を表2に示す。基本料金は氷蓄熱空調の方が少なく、従量料金も夜間蓄熱割引後料金によって氷蓄熱空調の方が小さい。

両空調方式の年間のCO<sub>2</sub>排出量を表3に示す。CO<sub>2</sub>排出原単位については、参考文献(1)から引用した表4の値を使用した。夜間の蓄熱運転時の排出量を含めると、両空調方

表1. 両空調方式の年間の消費電力量 (kWh/期間)

	空調分契約電力 (kW)	夏期 (7~9月)		その他の期間	
		昼間	夜間	昼間	夜間
非蓄熱空調	41.1	26,400	0	17,200	0
氷蓄熱空調	25.7	16,900	12,100	12,000	6,160

表3. 両空調方式の年間のCO<sub>2</sub>排出量 (kg-C/年)

	夏期 (7~9月)		その他の期間		年 間
	昼間	夜間	昼間	夜間	
非蓄熱空調	2,664	0	1,686	0	4,350
氷蓄熱空調	1,705	970	1,176	519	4,370

表2. 両空調方式の年間の電気代 (千円/年)

	基本料金	夏期 (7~9月)		その他の期間		年 間
		昼間	夜間	昼間	夜間	
非蓄熱空調	818	381	0	226	0	1,425
氷蓄熱空調	512	244	51	158	26	991

表4. 年間のCO<sub>2</sub>排出原単位(g-C/kWh)<sup>(1)</sup>

夏期 (7~9月)		その他の期間		年 間	
昼間	夜間	昼間	夜間	昼間	夜間
100.9	80.2	98.0	84.3	99.0	83.7

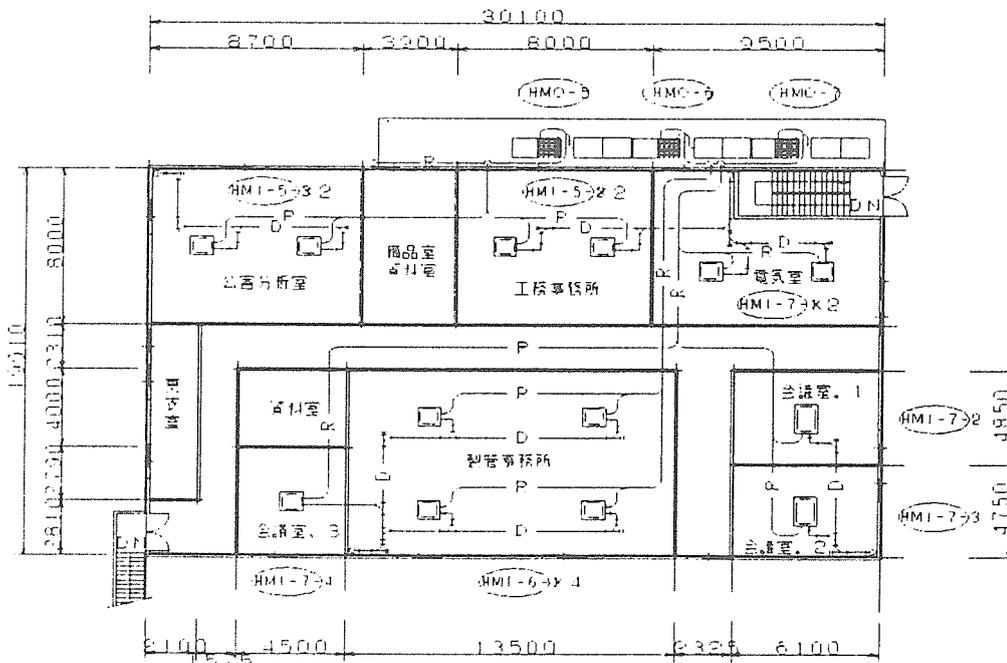


図3. 平面図

式とも同等のCO<sub>2</sub>排出量となる。氷蓄熱空調の場合、夜間に捨てられる電力の一部を使用していることと、夏期日中の電力ピークダウンに寄与していることを考えれば、これら数値で表されないところでCO<sub>2</sub>排出量の低減に貢献していることになる。

次に、両空調方式の経済性を見る。両空調方式のイニシャルコスト及び比較を示したものが表5～表7である。機器代と工事費は設計事務所の見積り価格を用い、氷蓄熱空調には設備費低減となる普及奨励金とエネルギー需給構造改革投資促進税制の適用も含めた。イニシャルコストは氷蓄熱空調の方が75.9万円高いが、年間の電気代とメンテナンスを含めたランニングコストは36.4万円安いので、イニシャルコストの増分は2.1年で償却できることになる。この償却年数は、空調機器の価格設定や年間運転率、受電設備費の削減をどの程度にするかによって変わる。

表5. 非蓄熱空調のイニシャルコスト

	台数	金額(千円)
非蓄熱室外機 (16馬力)	3	6,510
室内機 (3.2馬力)	15	4,862
工事費 (概算)		5,950
合計		17,322

表6. 氷蓄熱空調のイニシャルコスト

	台数	金額(千円)
氷蓄熱室外機 (16馬力)	3	6,930
蓄熱槽	3	2,520
室内機 (3.2馬力)	15	4,862
工事費 (概算)		5,589
普及奨励金		-767
エネ革税制		-1,053
合計		18,081

表7. 非蓄熱と氷蓄熱のコスト比較

	イニシャルコスト(千円)	ランニングコスト(千円/年)	
		電気代	メンテナンス
非蓄熱空調	17,322	1,425	150
氷蓄熱空調	18,081	991	220

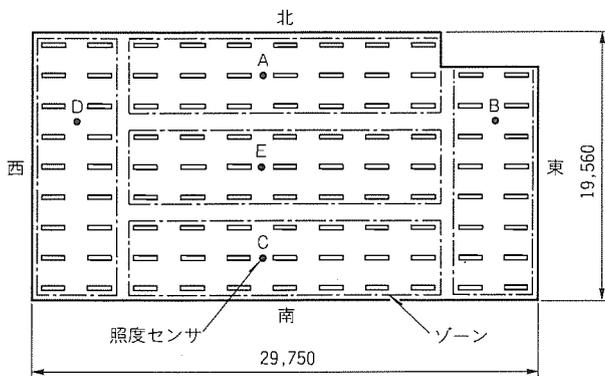


図4. ゾーニング

蓄熱槽の容量を大きくして翌日の冷暖房負荷量の大半を夜間に蓄熱するようにし、日中の空調機の運転は圧縮機を運転せずに搬送動力のみを運転することにより、年間の消費電力量、電気代、CO<sub>2</sub>排出量を更に低減することができる。

#### 4.1.2 メルセーブシステム

この事務室は、東西南北の各方位に窓があり、メルセーブシステム導入による省エネルギー要素のうち最も大きな効果が期待できる昼光利用制御を最大限に活用できる。

図4に示すように、昼光によって得られる明るさがほぼ同じ条件のA, B, C, D, Eの五つのゾーンを設定し、ゾーンごとに、照度センサ及びコントローラ各1セットに複数の天井直付け形のHf32W×2灯連続調光器具を接続する。各機器の台数を表8に示す。

このシステムを採用することにより、照明年間電力量は従来照明器具に比べて43%減少し、CO<sub>2</sub>排出量も43%減少する。

また、このシステムと従来照明器具とのコスト比較を表9に、ライフサイクルコストを図5に示す。システム導入によってランニングコスト(年間照明電力料金)は43%削減し、イニシャルコスト(初期設備費及び設備工事費)の増加分は3.9年で償却できる。

#### 4.1.3 統合効果

非蓄熱空調と従来照明を“従来方式”、氷蓄熱空調とメル

表8. 機器の台数

	照度センサ(台)	コントローラ(台)	照明器具(台)
Aゾーン	1	1	21
Bゾーン	1	1	16
Cゾーン	1	1	21
Dゾーン	1	1	18
Eゾーン	1	1	21

表9. コスト比較

	イニシャルコスト(千円)	ランニングコスト(千円/年)
従来照明器具	2,585	530
メルセーブシステム	3,469	303

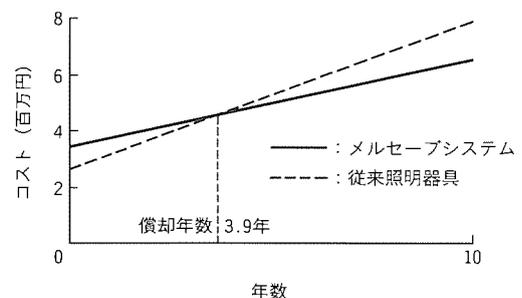


図5. ライフサイクルコスト

セーブシステムを“省エネ方式”ということにする。省エネ方式では、個々のランニングコスト低減のほかに照明消費電力量が従来の50%になるので、照明発熱量の減った分冷房消費電力量が低減する。表10に示すように、イニシャルコストは省エネ方式の方が164.3万円高いが、年間の電気代とメンテナンスを含めたランニングコストは68.2万円安いので、イニシャルコストの増分は2.4年で償却

できることになる。

8月の日中の空調・照明用消費電力量の変化を図6に示す。省エネ方式は従来方式に比べ、氷蓄熱利用とメルセーブシステムにより、45%もの大幅な低減が可能である。これは、電力会社にとっては電力ピークカットによる新発電所建設

表10. 従来方式と省エネ方式のコスト比較

	イニシャルコスト (千円)	ランニングコスト (千円/年)	
		電気代	メンテナンス
従来方式非蓄熱空調	17,322	2,109	150
従来照明	2,585		
合計	19,907	2,259	
省エネ方式氷蓄熱空調	18,081	1,357	220
メルセーブシステム	3,469		
合計	21,550	1,577	

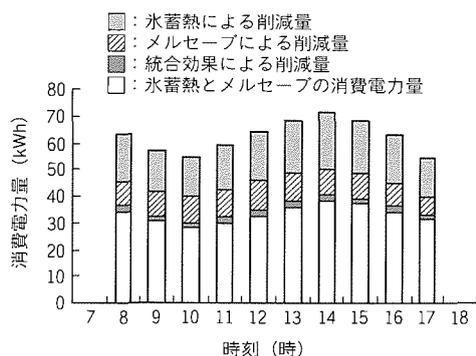


図6. 8月の時刻別空調・照明用消費電力量

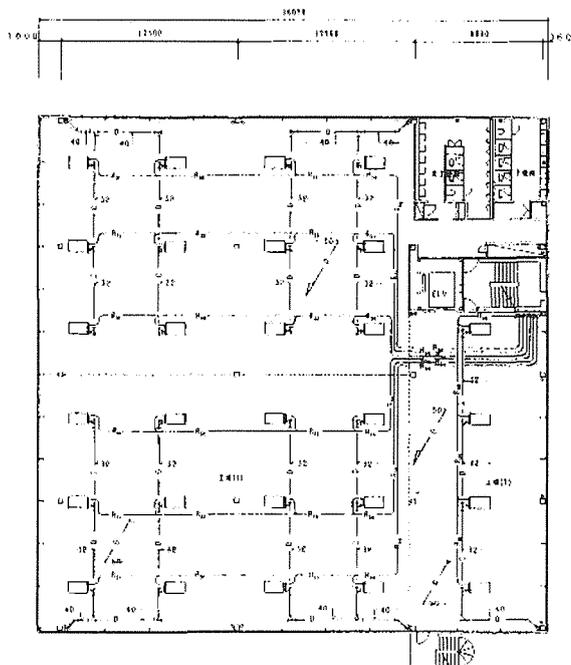


図7. 空調機器の平面配置図

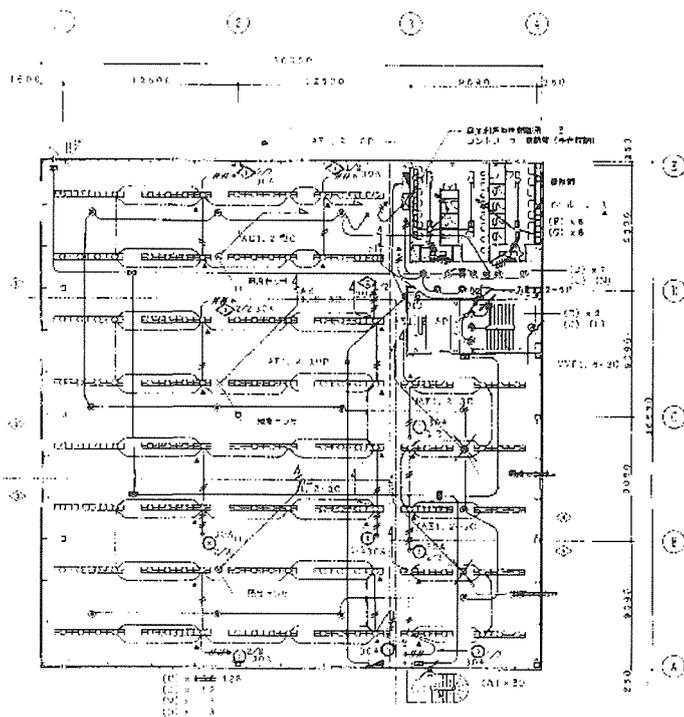


図8. メルセーブシステムの平面配置図

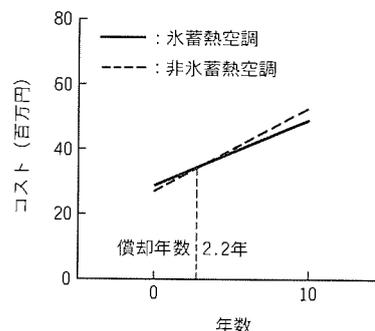


図9. 空調（非蓄熱と氷蓄熱）のランニングコスト

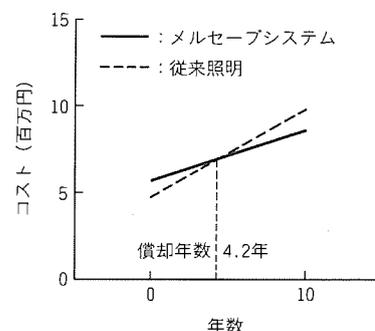


図10. 照明（従来器具とメルセーブ）のランニングコスト

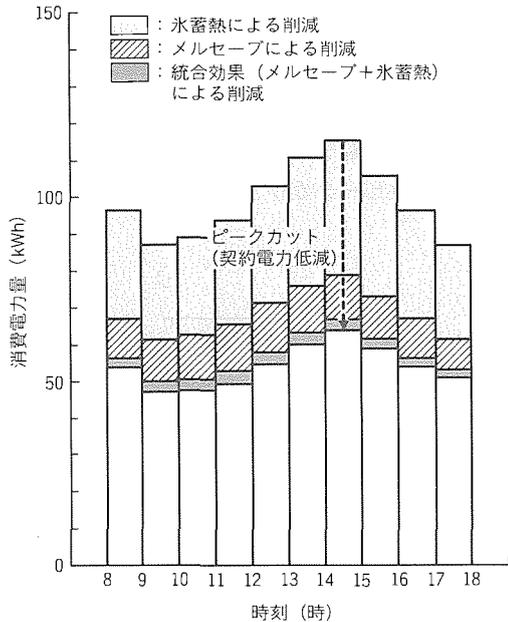


図11. 8月の時刻別照明・空調用消費電力量

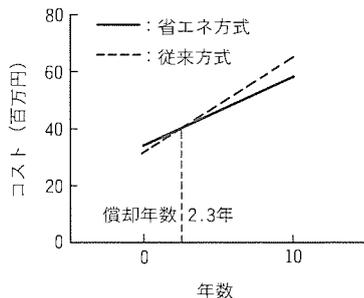


図12. 従来方式と省エネ方式のコスト比較

の抑制につながり、また、消費者にとっては受電設備の小型化と契約電力・基本料金の低減となり、大きなメリットである。

4.2 当社中津川製作所 第4事務所

この事務所は4階建てであり、3階部分(床面積 約1,300 m<sup>2</sup>)に氷蓄熱利用直膨式マルチエアコンとメルセーブシステムを採用した。その平面配置図と経済性検討の内容を図7以降及び表11以降に示す。

氷蓄熱空調システムとメルセーブシステムのイニシャルコストの増分は各々2.2年と4.2年で償却できており、両システムを併用したイニシャルコスト増分は2.3年で償却できている。また、図11に示すように、従来システムに比べて両システムを併用すると夏期の日中のピークダウンが45%も図れるので、受電設備と契約電力の大幅な低減が可

表11. 非蓄熱と氷蓄熱のコスト比較

	イニシャルコスト(千円)	ランニングコスト(千円/年)	
		電気代	メンテナンス
非蓄熱空調	27,380	2,271	250
氷蓄熱空調	28,464	1,738	300

表12. 従来照明とメルセーブのコスト比較

	イニシャルコスト(千円)	ランニングコスト(千円/年)	
		電気代	
従来器具	4,728	507	
メルセーブ	5,633	290	

表13. 従来方式と省エネ方式のコスト比較

		イニシャルコスト(千円)	ランニングコスト(千円/年)	
			電気代	メンテナンス
従来方式	従来照明	4,728	—	—
	非蓄熱空調	27,380	3,010	250
合計		32,108	3,260	
省エネ方式	メルセーブシステム	5,633	2,104	—
	氷蓄熱空調	28,464	—	300
合計		34,097	2,404	

省エネ方式の契約電力低減は、空調分と照明分を含む。

表14. 電気料金【中部電力(株)産業用蓄熱調整契約】

基本料金	1,605 (円/kW/月)	
期間	夏期(7~9月)	その他の期間
通常料金(円/kWh)	10.81	9.83
蓄熱割引後料金(円/kWh)	4.26	4.26

能となる。

5. むすび

氷蓄熱空調システムとメルセーブシステムは、個々の長所のみならず併用することによる統合効果もあり、年間の電力消費量、電気代、CO<sub>2</sub>排出量を低減でき、さらに夏期の電力ピークダウンと受電設備の小型化、契約電力と基本料金の低減が可能である。

今後の事務所や工場などの新築及びリフォームにおいては、両システムを併用して計画的に導入することが望ましい。

参考文献

- (1) 津川透子, 田中俊彦: 電力の時刻別環境負荷原単位, 空気調和・衛生工学会 論文集 (1996)

# 廃家電品一貫処理リサイクルシステム

山口省吾\* 小寺嘉一\*\*\*  
内山幸雄\*  
佐藤信也\*\*

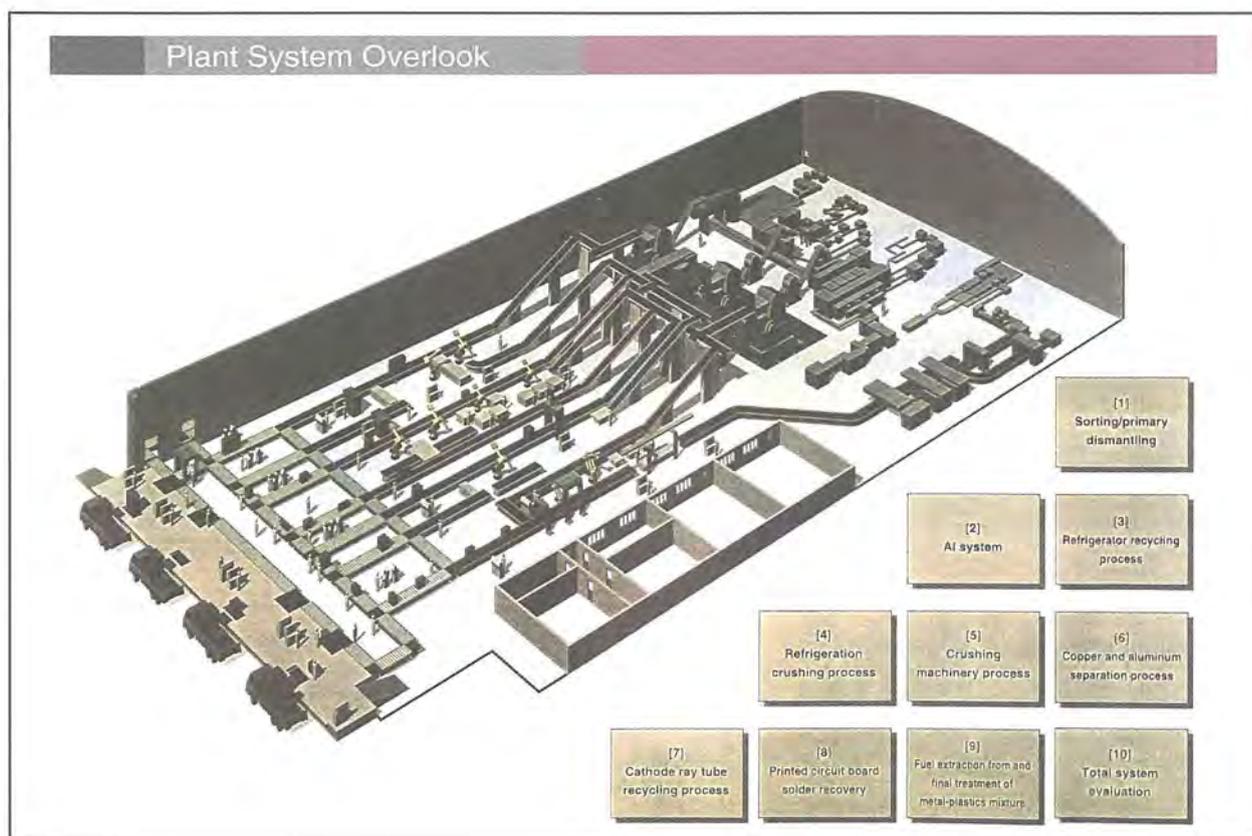
## 要旨

家電製品は種々の価値ある素材で構成されている。近年、最終処分埋立地のひっ(逼)迫と周辺的环境汚染が大きな問題となり、さらに、有限資源のリサイクル効率の向上が強く要望されている。家電製品からの有価素材回収と最終排出物の減容・無害化のための一貫処理リサイクルプラントを開発するため、通商産業省補助事業として(財)家電製品協会からの委託を受けて、このプラントの一次分解工程とAI(Artificial Intelligence)利用システムに関して開発に参画した。その成果と実証システムの概要を紹介する。

回収の効率化と環境影響物質の拡散を防止して最終埋立物を減容化するために、従来の破碎処理の前段に一次分解工程を設けている。作業者の負担を軽減させて快適な作業

環境を実現するため、解体作業を自動化させた。

- 品種と型式名称認識のため、ビジョンセンサによる自動認識機能が開発された。
- 大型製品や重量物の搬送のための装置の開発が行われた。
- 搬送・移載・合流の制御が自動化された。
- 製品分解、部品取出しのための自動機械の開発が行われた。
- 自動機械への設定値出力のために製品構造データベースが構築され、作業支援のガイダンスがされる。
- プラント運用とシステム機能評価のために、管理用計算機システムが設置されている。



## 一貫処理リサイクルプラント完成予想図

このプラントにテレビ、冷蔵庫、エアコン、洗濯機が搬入され、品種型式ごとに、人と機械が協調して高効率な分解リサイクルを実現する。1998年度から実証研究運転が開始される。(財)家電製品協会御承認

1. ま え が き

家電製品は、種々の素材を高密度に集積させ、その利便性と高効率性を提供してきた。その役割を終えた製品は、次世代のより利便性と効率の優れた新製品へと“買い替え”がなされている。この時点で、一部は自治体による回収ルートを経て一般廃棄物として自治体によって処理がなされている。他方、大半の使用済みの家電製品は、販売店によって回収され、事業系廃棄物として民間処理業者によって処理されている。

昨今特に、廃棄物の物量増大と最終処分場周辺の環境汚染にかかわる話題が新聞紙上を賑わしている。家電製品のうちカラーテレビ・冷蔵庫は指定一般廃棄物としての指定を受け、さらに、カラーテレビ、冷蔵庫、エアコン、洗濯機の四品種は「再生資源の利用の促進に関する法律」(リサイクル法)上の第一種指定を受け、再生資源の利用が促進されている<sup>(1)</sup>。

2. 使用済み家電品のリサイクル

使用済み家電製品を“ゴミ”とみなす考え方は、以下の理由により、もはや受け入れられないものと考えられている。

(1) 再利用可能な素材を多く含んでいる

主な家電製品の構成素材を表1に示す。例えばエアコンと冷蔵庫では、極めて純度の高い状態で鉄、銅、アルミニウムの金属を含有している。洗濯機においてもほぼ同じ傾向である。またテレビにおいては、その質量組成の大半が高品質のガラスで占められており、再利用によって原料生産におけるエネルギー消費が大きく軽減される。

さらに、今後の採掘可能年数に限界のある金属類もあることを十分に注意しなければならない。

(2) 最終処分埋立地に限度がある

埋立地開発も多くのエネルギーを要するものであり、特に家電品からの排出物は、管理型処分場での埋立てが義務付けられている。最終処分場の余裕に関しては、既に以前からその危機が叫ばれている。特に'94年4月の厚生省資料によれば、首都圏での余裕が0.8年となっており、全国平均でも2.3年とされている。さらに古くには'92年危機説なるものが既に叫ばれていた<sup>(2)</sup>。表2に最終埋立地の残余年数についての最近の統計を示す<sup>(3)</sup>。

(3) 環境影響物質の無害化を要する

家電品にはフロンや鉛等の環境影響物質が含

まれている。環境保全のため、これらを自然環境に排出しないように回収し、無害化することが望まれている。

平成4年度家電製品協会統計によると、年間に排出される家電品はテレビ・冷蔵庫・洗濯機・ルームエアコンの四品種で約1,453万台、53万トンと推定されている。

3. リサイクル効率化のための分解プロセス

従来は、複合素材、有価物、処理困難物を内蔵したままの製品を一括して破碎処理し、その後に磁気選別・比重選別により、ガラスと金属類を分別回収する方法が採られていた。今回の開発では、破碎工程の前段に各製品別に主要部品に分解する一次分解工程を設けて、マテリアルリサイクル効率と無害化を高度に達成することを主眼とした。この開発において得られたプラントの自動化技術の成果を中心に紹介する。

マテリアル回収のための製品解体は、効率的になされなければならない。解体作業は手作業にゆだねられる部分も存在し、快適に安全に行われなければならない。この開発では、人と機械が調和して処理作業を行うための環境の実

表1. 冷蔵庫, テレビの構成素材

	冷 蔵 庫		テ レ ビ	
	質量 (kg)	質量比 (%)	質量 (kg)	質量比 (%)
鉄	28.50	49.78	3.93	10.70
銅	2.32	4.05	1.06	2.88
アルミニウム	0.54	0.94	0.16	0.44
リン青銅			0.09	0.24
ステンレス			0.01	0.03
フェライト			0.39	1.06
発泡ウレタン	6.36	11.11		
ゴ ム	0.77	1.34		
その他プラスチック	17.48	30.53	8.15	22.19
紙	0.10	0.17	0.10	0.27
ガ ラ ス	0.04	0.07	18.18	49.48
フロン・冷凍機油	0.30	0.52		
(基板)	0.16	0.28	1.95	5.31
(外付けコンデンサ)	0.03	0.05		
(電子銃部)			0.06	0.16
(外付けトランス)			0.93	2.53
分解中のロス	0.65	1.14	1.73	4.71
計 (分解前質量)	57.25	100.00	36.74	100.00

冷蔵庫：A社製，320ℓ，'87年製

テレビ：B社製，25"，'89年製

( ) は、材料に分解していないことを表す。

表2. 産業廃棄物の最終処分場の残余容量と残余年数 ('94年4月現在)

区 分	要埋立処分量 (万トン)	残余容量 (万m <sup>3</sup> )	残余年数 (年)
首 都 圏	2,360 (2,572)	1,772 (1,471)	0.8 (0.6)
近 畿 圏	1,260 (1,424)	4,323 (4,801)	3.4 (3.4)
全 国 平 均	8,400 (8,900)	19,487 (20,065)	2.3 (2.3)

( ) 内は前年度('93)の調査結果

\*厚生省資料「一般廃棄物及び産業廃棄物の排出及び処理状況等について」<sup>(3)</sup>

現を、その重要な開発ポイントとしている。

### 3.1 荷さばき工程

廃棄・回収された使用済み家電製品はトラックでプラントへ運ばれ、登録・仕分けされて処理工程へ投入される。

リサイクル処理プラントの避けられない問題として、①あらゆる年代のあらゆる型式の製品が同時に扱われること、②製造メーカーにより、使用者の家族構成その他に応じた多様な商品が造られていること、③さらには破損・変形を受けた製品もその処理対象となることが挙げられる。

作業には粉じん(塵)・騒音・臭気が避けられないものとされている。特に重量品・大型商品においては、作業者の健康と安全に対する十分な配慮がなされなければならない。表3に処理物の質量と寸法の平均値と最大値を示す。通常の安全作業の限界を超えている。

### 3.2 解体プロセスにおける自動化技術

- (1) 処理プラント内での製品搬送はその質量・寸法を考慮して自動化が求められている。
- (2) 商品の廃棄・収集の季節的変動が大きいことが、処理工程の宿命的な特徴として挙げられる。今回の開発においては、これらに対し可能な限り対策し、機械化を実現することをその第一目標としている。
- (3) 入荷物の季節的変動、回収作業サイクルに由来する週日変動、交通事情による日間変動について、処理工程作業

表3. 解体処理物の質量と寸法

品 目	平均(最大)質量(kg)	最大寸法(mm)
カラーテレビ	25(80)	950×600×950
冷蔵庫	59(90)	950×600×1,950
エアコン(室外機)	51(70)	850×350×650
エアコン(室内機)	(50)	950×350×650
洗濯機	25(50)	870×600×1,100

負荷を平準化するための検討がなされている。図1に、製品の入荷量変動と各製品分解処理の搬送・処理能力の関係についてのシミュレーション検討の一例を示す。

(4) その製品品目・型式・製造者認識のため、自動化された画像処理認識装置が開発されている。図2に画像処理を応用した型式文字認識の結果を示す。

(5) プラントの管理制御の自動化のため、製品の質量・寸法が計測されている。全工程でのマテリアルバランス管理と加工機械作業指示検索に利用されている。

## 4. 一次分解工程

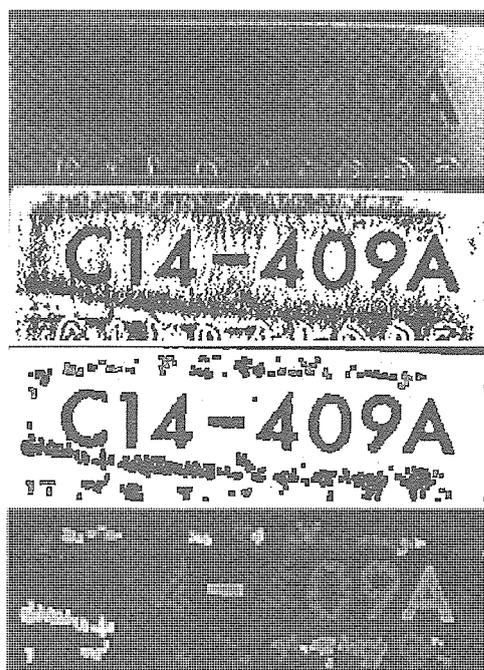


図2. 型式文字認識の一例

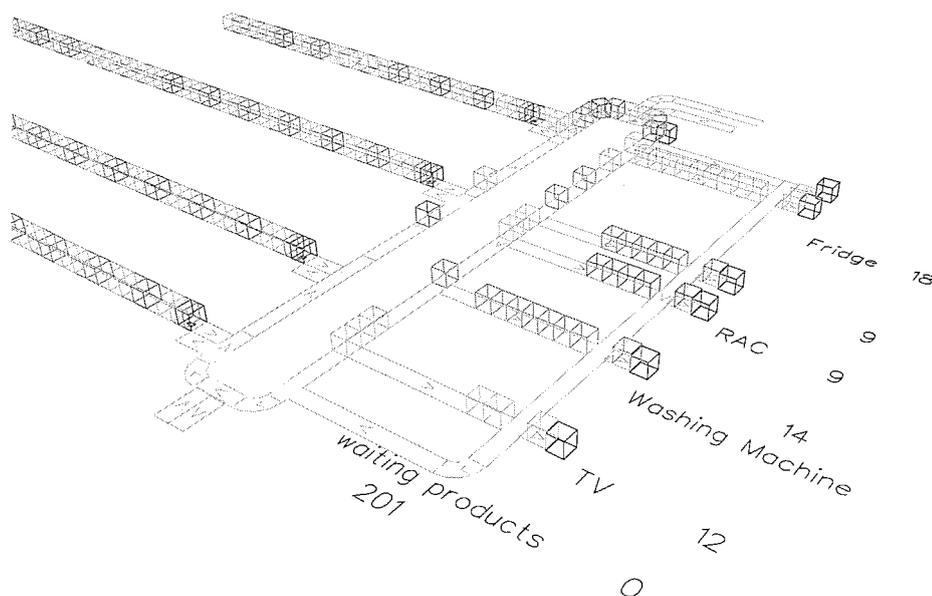


図1. 分解工程シミュレーション結果

処理対象となる家電品はテレビ、冷蔵庫、エアコン、洗濯機の四品種である。この製品から一次分解される部品素材は表4のとおりである。

ここでは冷蔵庫からのフロン回収、テレビからの基板とCRT取出しのための処理手順について検討した。冷蔵庫とエアコンのコンプレッサ配管系に含まれるフロンについて

表4. 一次分解部品

テレビ	部品	回収素材
有価物	CRT Dヨーク 電子銃	P/Fガラス 銅 希少金属
無害化	基板	はんだ
冷蔵庫	部品	回収素材
有価物	きょう(筐)体 熱交換機 コンプレッサ	鉄 銅, アルミ 鉄, 銅
無害化	フロンガス, 冷凍機油	
エアコン(室外機)	部品	回収素材
有価物	筐体 熱交換機 コンプレッサ	鉄 銅, アルミ 鉄, 銅
無害化	フロンガス, 冷凍機油	
エアコン(室内機)	部品	回収素材
有価物	熱交換機 筐体	銅, アルミ 鉄
無害化	基板	はんだ
洗濯機	部品	回収素材
有価物	モータ 筐体	鉄, 銅 鉄
無害化	バランサ	塩水

ては、冷媒ガス回収のみならず、潤滑油に含有される冷媒フロンも回収される。

自動化の実現には、対象物の寸法計測、加工箇所・加工内容の指示が要求される。このための計測技術と認識装置の開発がなされた。

#### 4.1 テレビ分解の自動化

テレビのリアカバー分解においては、ワーク保持のための専用パレットが開発され、真空パッドによる把持がなされ、汎用ロボットによるキャビネットの切断・分離がなされる。全自動加工のため、三次元空間座標測定機を用いた切断ライン指示法が開発された。

CRTの自動取外しのために、取付けねじ位置検出のビジョンセンサとねじ解締専用工具が開発され、真空解除と電子銃取出しに圧縮破砕ハンドが開発された。これにより、重量物ハンドリングと危険作業から作業者は完全に開放されている。図3にテレビ分解ラインの構成を示す。

#### 4.2 冷蔵庫分解の自動化

冷蔵庫においては、まずコンプレッサから冷媒フロンが抜き取られる。さらに二次工程で処理困難な部品としてコンプレッサを冷蔵庫本体から取り出すための自動機械が開発された。図4に冷蔵庫一次分解ラインの構成を示している。

#### 4.3 エアコン分解の自動化

エアコン室外機においては、冷媒フロン(R-22)の回収及びコンプレッサ内の冷凍機オイルの回収が行われる。ここでも、外箱からコンプレッサの取出しにロボット自動切断による作業の省力化が図られている。ここでは、コンプレッサ外部を巻く防振・防音用パッド類が作業を複雑にさ

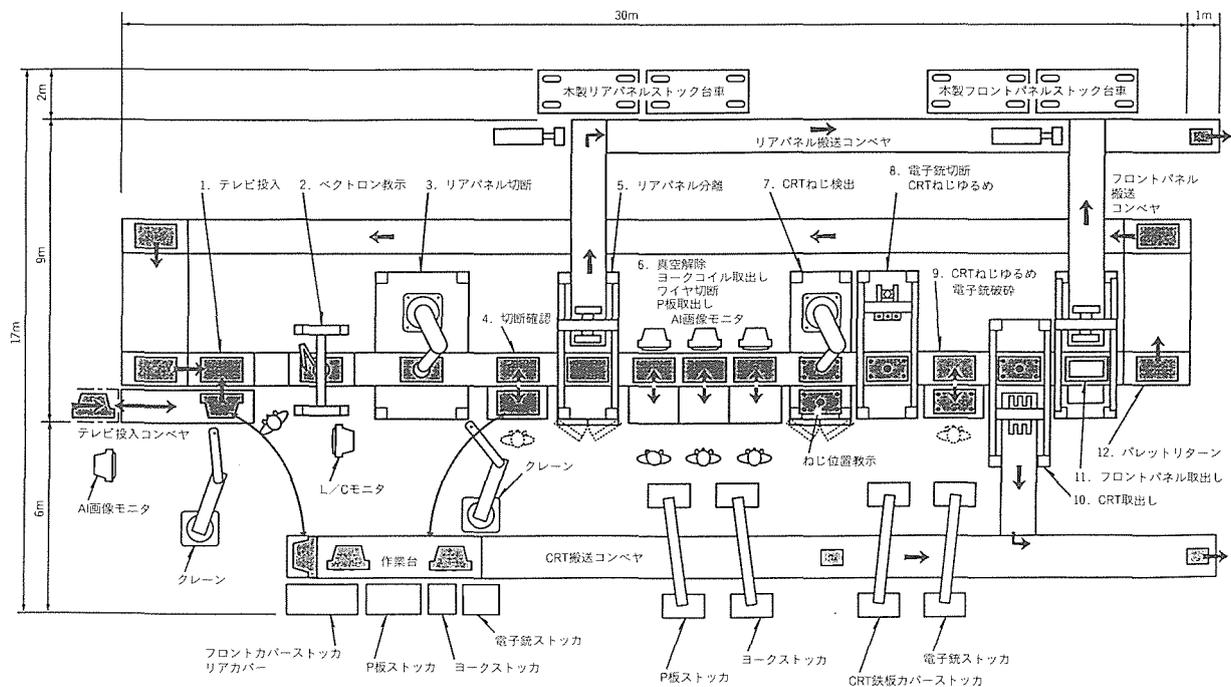


図3. テレビ分解ラインの構成

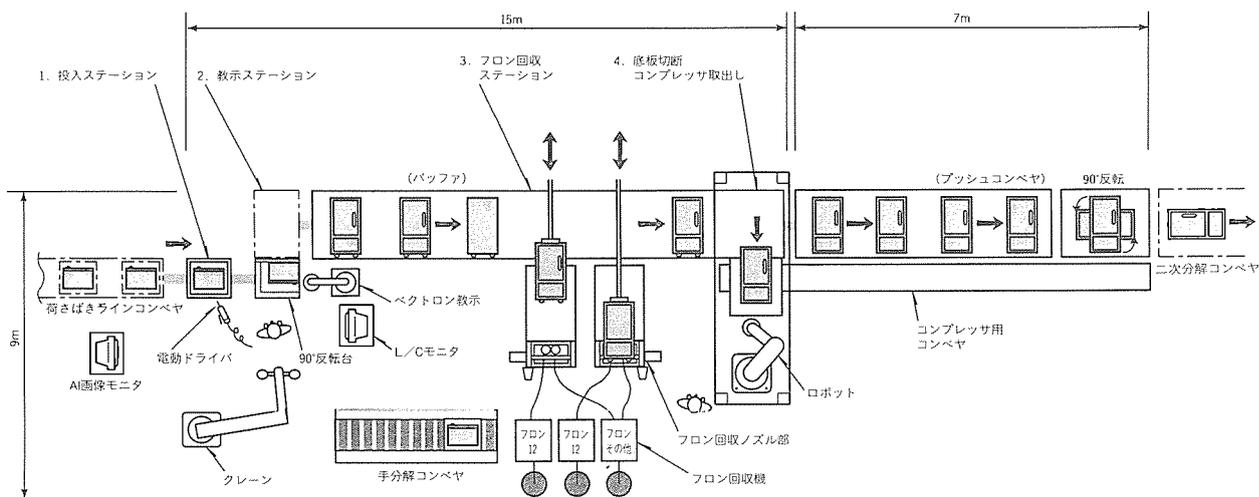


図4. 冷蔵庫分解ラインの構成

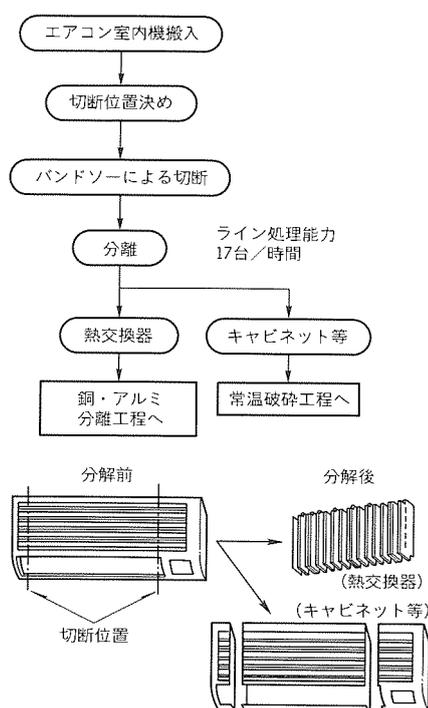


図5. エアコンの解体処理フロー

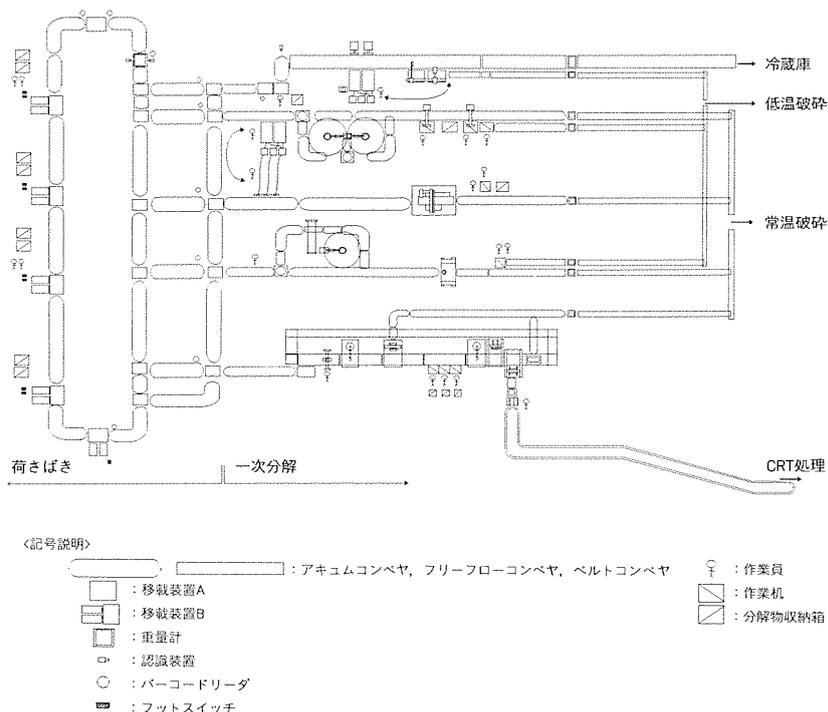


図6. 一次分解ラインのレイアウト

せている。

エアコン室内機は熱交換器，モータ，ファン，電源部で構成されている。熱交換器は純度の高いアルミや銅素材で構成されるため，特に専用の分解処理機構が開発されている。モータは通常の破砕機で処理すると刃先の寿命を損ねるため，冷凍破砕機又は難処理物専用の工程で処理がなされる。エアコンの解体処理フローを図5に示す。また，一次分解処理ラインのレイアウトを図6に示す。

#### 4.4 解体作業自動化における留意点

解体処理工程は，その作業効率を勘案して，必ずしも製作工程の正確な逆順ではない，一部においてははるかに複雑な作業であり，また一部においては大胆な加工がなされ，

このため，解体作業専用の自動機と計測方法が開発された。

自動搬送とプラント内物流制御においても，解体処理特有の問題として，解体作業の進行とともに部品数が増加する。一次分解工程と二次分解工程において分岐と合流が発生する。

製作年代と使用者の目的に応じて，各製品はそれぞれに固有の素材構成と組立構造を持っている。さらには，使用期間とその環境，又はその後の保管状態などにより，その損傷程度が大きく異なる。

製品の素材構成や組立構造は今後も大きく変革すると考えられている。このため自動化機械の開発においては，構造が簡単で多様な動作に対応し得るものとした。特に汎用

表5. プラント運用のための  
スケジューリング機能

	スケジューリング	計画内容
1	設備負荷バランス	設備の負荷に応じた投入
2	作業員負荷バランス	分解作業員の負荷状況
3	在庫製品優先	製品在庫に対応した投入
4	エネルギー最小化	エネルギー使用を最小化

加工ロボットは、ツール選択とソフトデータによってあらゆる動作処理に耐え得るものとして注目される。

### 5. プラント管理制御機能

プラント全体の円滑な運転と運転管理と運用評価のために行った計算機利用技術の特長を述べる。

#### 5.1 マテリアルバランス管理システム

投入製品からの有価物の最大のマテリアルリサイクルを実現するため、プラント出側での素材回収量が常時計測され、管理される。

投入される家電品の品種・型式から予測される回収有価物量と比較して、回収効率が評価され、以後の運転に利用される。このようにして回収効率は運転実績に伴って徐々に改善されていく。ここではAI技術の適用が試みられている。

#### 5.2 分解処理支援システム

手作業となる工程に対して、その作業員に分解手順・使用工具と作業数を表示する。あらかじめ登録されている家電品データベースから巧みに検索することにより、製品の各作業ステーションへの到着以前に作業員に表示する。これにより、作業員の作業の安全、労働負荷軽減、作業能率の向上が期待されている。

#### 5.3 搬送自動化システム

プラント内各設備の処理能力を効率良く機能させるため、表5に示す運用形態について検討を実施している。

投入された製品はその品種識別によって分解作業に要する時間・工数が予測されている。現在のプラントライン状況に応じて最適なタイミングにプラントへ投入される。ライン上でのワークの渋滞や作業員への“手待ち”の発生を未然に防止し、安定したプラントの操業を行うことができる。

## 6. むすび

家電製品一貫処理リサイクルプラント開発における最近の開発成果を報告した。製品解体手順及び解体加工工具と作業の自動化、作業員支援について多くの成果が得られた。

家電品製造メーカーとして、開発し製造すべき立場から、解体プロセス開発に貢献する意義は大きいと認識する。解体技術・解体工程開発の多くが製品設計・製造技術から演えき(繹)されるものであり、製造者の経験がそのライフエンドにおいても大きく期待される。さらに、解体方式開発・解体工程自動化開発の過程で、次世代の商品開発への多くの知見が得られた。商品製造過程のみならず、製品の全ライフサイクルにわたる経済性、環境負荷の最小化を追求する姿勢がいま求められている。

使用を終えた製品の効率良いリサイクルを製品開発の段階から既に作り込んでおく製造者の姿勢を維持発展させていきたいものとする。

このプラントと社会生活の接点としての回収・搬送・荷受け作業についても、更に大きな改善がなされようとしている。

製品の使用と解体リサイクルを結び付ける回収システム、回収素材を再び資源として受け入れる材料技術上の更なる進展にも大きな期待がかけられている。

今後も製品の全ライフサイクルに関与し、人間にも環境にもやさしい製品造りに貢献していきたいものとする。

この開発は財団法人家電製品協会からの委託事業として行われている。開発に当たり種々のご指導をいただいている同協会一貫処理システム開発室の各位及び委託事業関係各位に深く感謝の意を表す。

### 参考文献

- (1) 片桐知己, 池田泰成, 松村恒男: 家電品のリサイクルに向けての一考察, 三菱電機技報, 69, No.6, 541~545 (1995)
- (2) 寄本勝美: ごみとリサイクル, 12, 岩波新書
- (3) 厚生省資料: 産業廃棄物の排出処理状況調査, 月間廃棄物 (1996-11)

# 廃棄物(粗大/可燃ごみ)の 破碎/焼却処理

小銀治 稔\* 末永和裕\*\*  
木塚和徳\* 中村俊文\*\*  
服部晋一\*\*

## 要旨

産業発展と生活水準向上に伴い、多量の廃棄物が排出されている。廃棄物処理は身近な生活環境問題であり、焼却などによって生じる環境への負荷(排ガス・熱・残さ等)の低減、中でも毒性が強いダイオキシンの排出抑制(新たなガイドラインによる。)は急務である。また同時に、ごみの再資源化(リサイクル)を拡大して有価物の再利用/焼却熱の回収・再利用を推進することも必要である。

本稿では市民生活に密接に関係している粗大ごみ処理と焼却処理に関する取組の一端を紹介する。

### (1) 粗大ごみ処理

マテリアルリサイクルを行う施設建設が増える中、三菱電機が納めた国内最大規模の粗大ごみ処理工場で実現した内容を以下に述べる。

#### (a) 設備の耐久性向上

ごみ投入時の衝撃トルク等を実績データから解析し、高振動加速度に耐える破碎機駆動用電動機を納入した。

#### (b) 設備の効率的な運用管理

DCSの導入により、設備の大型化に対応したCRTオ

ペレーションを可能にし、運転員の負荷を軽減した。

### (2) 焼却処理

#### (a) 有害物質の排出抑制

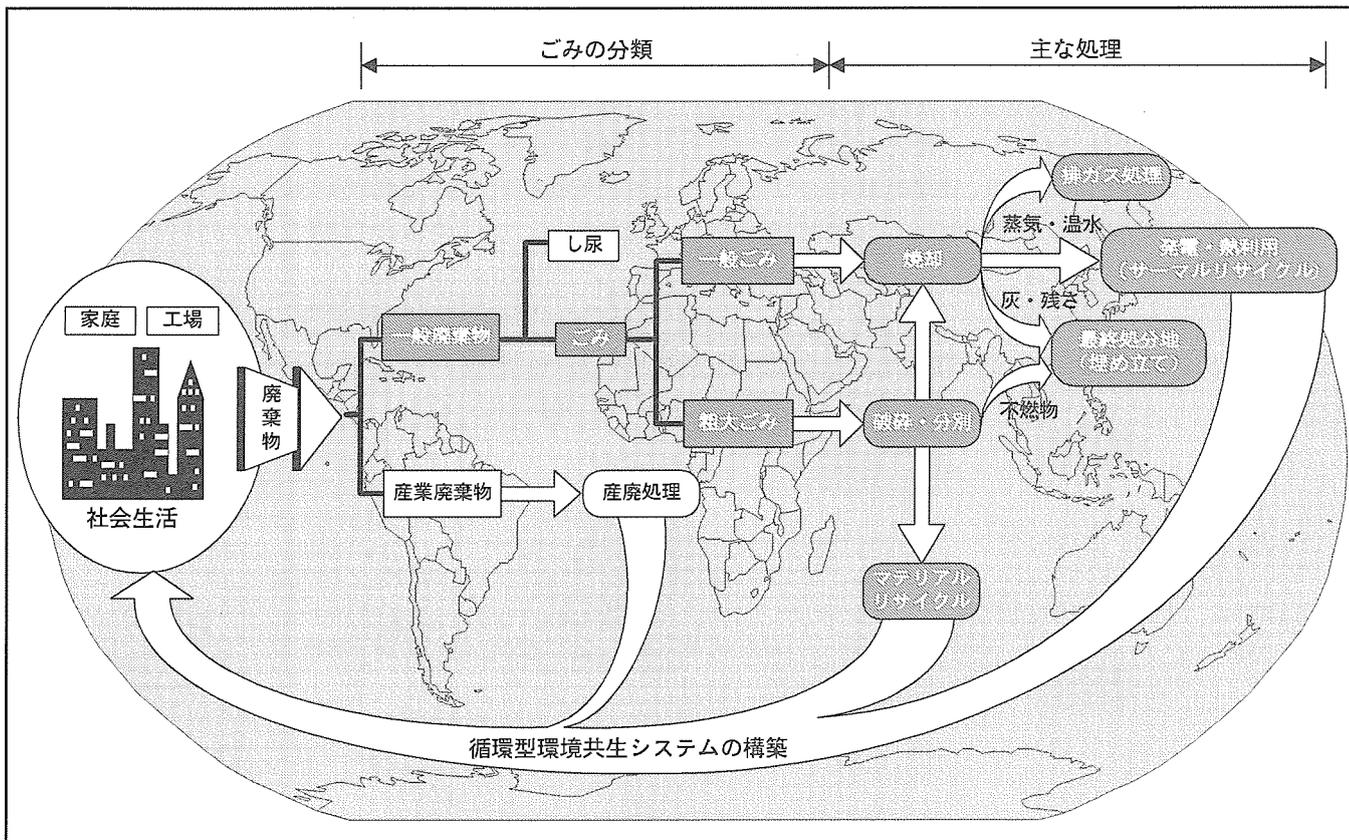
ダイオキシン発生を抑制する目的で、①相関があると言われる一酸化炭素(CO)の発生を完全燃焼によって抑制する方法と、②850°C以上の燃焼温度を2秒間以上確保し、十分かくはんする方法を次のように確立した。

- 燃焼前段階の熱分解ガスをリアルタイム分析装置で検出し、完全燃焼に必要な空気量を算出するフィードフォワード燃焼制御

- 燃焼室内の燃焼ガス流動パターンと温度分布を把握して燃焼現象を解明することにより、炉形状・構造の最適化を支援する三次元燃焼シミュレーション環境

#### (b) 高効率廃熱利用

小型焼却炉に適合した発電システムを開発し、評価を進めている。



## 循環型環境共生システムの構築

粗大ごみ・一般ごみ焼却処理の取組を通じて、循環型環境共生社会へ貢献するイメージをフロー図にしたものである。なお、図中斜線部分は本文に記載の対象ごみ(粗大ごみ・一般ごみ)とその主な処理を表している。

1. ま え が き

環境に与える負荷(炭酸ガス、窒素酸化物、フロンガス、廃棄物等の排出)を低減することは、人類にとって差し迫った課題である。特に、身近な生活環境問題である廃棄物処理への取組は、地球資源を有効利用して循環型環境共生システムを実現する上で重要である。

我々は、これまでに培ってきた技術と現在開発を進めている最新技術によって、環境保全の向上に努めることを基本理念とし、事業を展開している。

本稿ではその活動の中から、廃棄物処理に関する取組の一端を紹介する。

2. 廃棄物処理の現状と動向

廃棄物には一般廃棄物と産業廃棄物がある。そのうち一般廃棄物には粗大ごみと一般ごみ(可燃・不燃)があり、産業活動に伴って排出される産業廃棄物には汚泥・廃油・廃プラスチックなどのごみがある。本稿では、一般廃棄物処理の中で、市民生活に密接に関係している粗大ごみと一般ごみ(可燃ごみ)の処理について述べる。

循環型環境共生システムの構築においては、ごみの再資源化を拡大する必要がある。現在、マテリアルリサイクルとサーマルリサイクルが行われている。マテリアルリサイクルは主として分解技術によって有価物の再利用を図るものであり、サーマルリサイクルは可燃ごみを焼却してその排熱を再利用することを主な目的としている。図1に廃棄物処理及びリサイクル(マテリアル/サーマル)施設を示す。

生活水準の向上とライフスタイルの変化に伴い、粗大ごみが多様化・多量化の傾向にあり、有価物回収(マテリアルリサイクル)と残さ減容をねらった粗大ごみの破碎・選

別を行う施設建設が増えている。1996年度からの第8次廃棄物処理施設整備5か年計画でも、粗大ごみ処理施設への投資額は第7次5か年計画に比べて約3倍の伸びを示している。

一方、可燃ごみ処理は、衛生面での無害化及び大幅な減容化を図れる焼却方式が従来から行われている。特に国土が狭く埋立地の確保が難しい我が国では、焼却方式が主流となっている。排ガスをクリーンにするため“大気汚染防止法”などの法的規制が設けられ、とりわけ毒性の強いダイオキシンについては'97年1月に新ガイドラインが発表され、更なる低減へ向けての施策が必要となった。それと並行して、焼却熱を高効率に利用する技術(サーマルリサイクル)を確立するため、新エネルギー・産業技術開発機構(NEDO)を中心として、ごみ焼却による高効率発電の技術開発が進められている。

以上のような背景を踏まえ、粗大ごみ処理及び可燃ごみ処理の技術/施設の特長とその取組について述べる。

3. 粗大ごみ処理

粗大ごみの大量化に伴い大規模な処理施設の建設が進む中で、当社は国内最大規模の粗大ごみ処理施設に電機品を納入した。この納入事例を基に実現した技術の一端を述べる。

施設の破碎処理能力は1ライン200t/5h、2ライン計400t/5hで、搬入されたごみから①不燃物、②プラスチック、③可燃物、④鉄、⑤アルミの5種が選別され、①②は埋立て、③は焼却処理、④⑤は再利用される。

図2に粗大ごみ処理施設の設備フローを示す。大量のごみを処理するため、施設が大規模化し、これを安定して操業できることがこの施設の課題である。このために要求さ

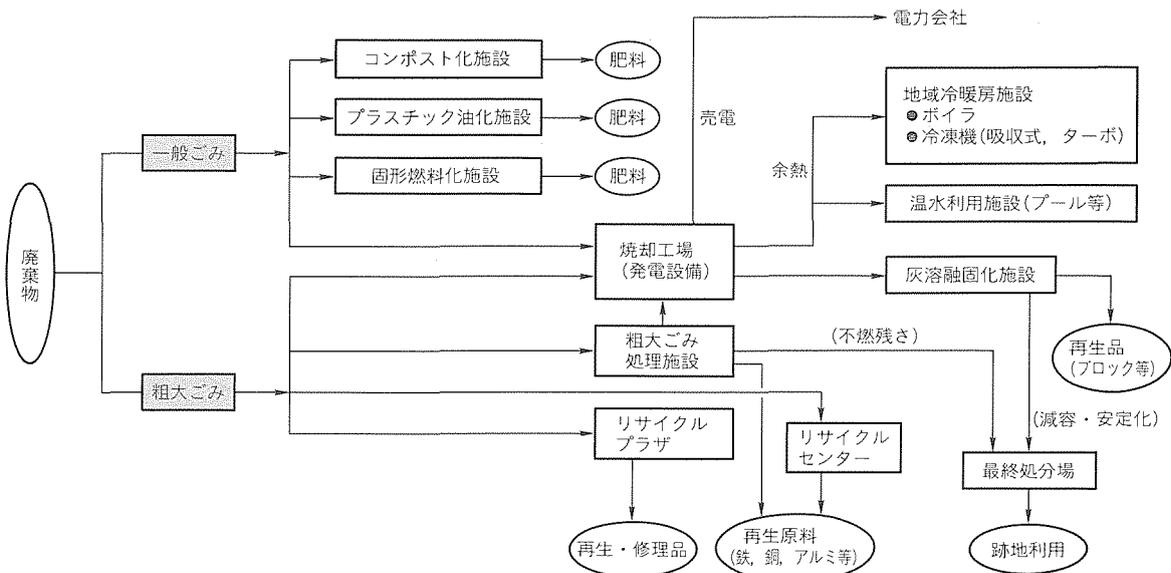


図1. 廃棄物処理及びリサイクル(マテリアル/サーマル)施設

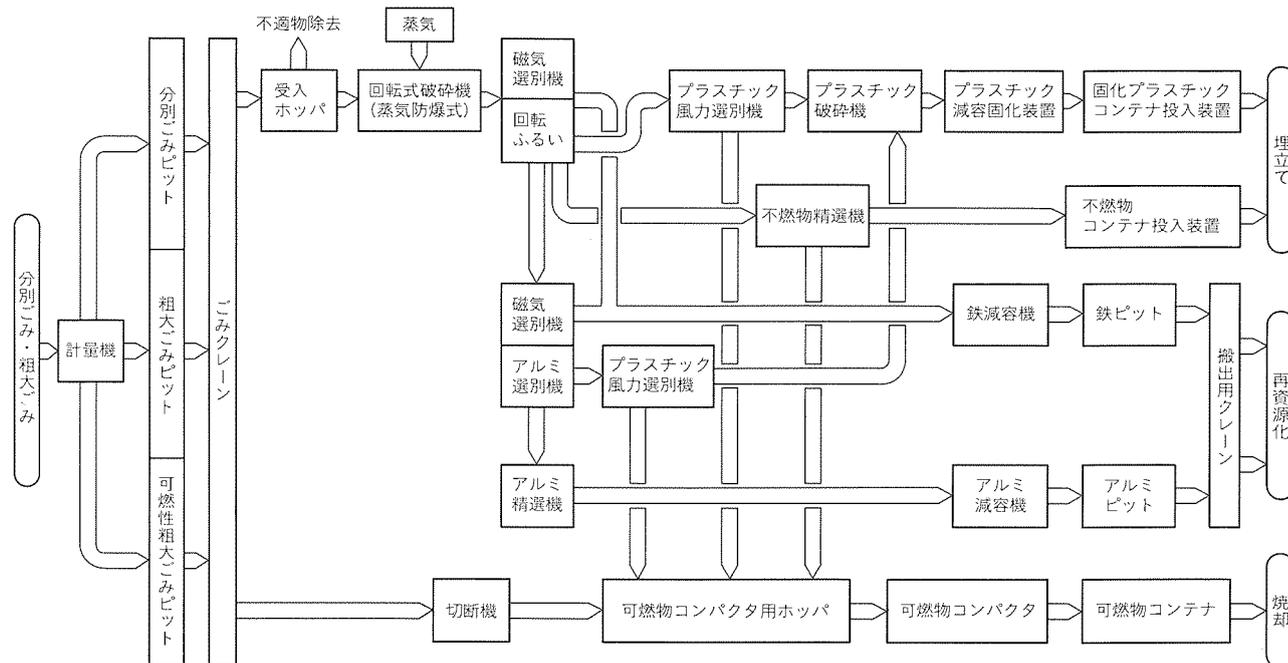


図2. 粗大ごみ処理施設設備フロー

れる機能の中から、特長を幾つか述べる。

### 3.1 設備の耐久性向上

破砕処理では、多種多様な粗大ごみをその寸法・材質にかかわらず一定寸法(この設備では15cm)以下に破砕することが、後工程である選別作業効率化に必要である。このため、破砕機及びその駆動装置は、粗大ごみ投入時の大きな負荷変動と軸振動に耐えることが要求される。

この破砕機用駆動装置としては、1,000kW、10P、6,600V、60Hz巻線型誘導電動機を採用し、高負荷GD<sup>2</sup>(38,000kg・m<sup>2</sup>)、耐高振動加速度(6G)、高始動トルク(250%)を実現した。特に耐振動加速度については、ごみか(嚙)み込み時の衝撃トルクとフレーム据付け部からの衝撃力を、過去納入品の実績データを基に解析した。その結果を固定子押し込み方式によるフレーム剛性アップ、コイル端部スペーサ挿入によるコイル剛性アップ及びブスリップリング支えの強化へ反映し、耐振動加速度6Gを実現した。

図3にこの破砕機用電動機の外観を示す。

### 3.2 安全対策と操業の安定化

粗大ごみの中に混入しているプロパンガス、燃料、シンナーなどの可燃性物質による爆発や火災事故を未然に防ぐ必要がある。破砕機内部がそのままでは可燃性ガスがこもり、破砕で火花が出るなどして爆発・火災になる可能性が高い。従来、これに対しては、破砕機内発生ガスを検出してごみ投入停止を行っていた。今回、これに加え、不活性ガスである水蒸気を流入することで破砕機内O<sub>2</sub>の濃度を制御して引火防止を図った。

### 3.3 設備の効率的な運用管理

設備が大型になると機器台数が飛躍的に増大し、その運

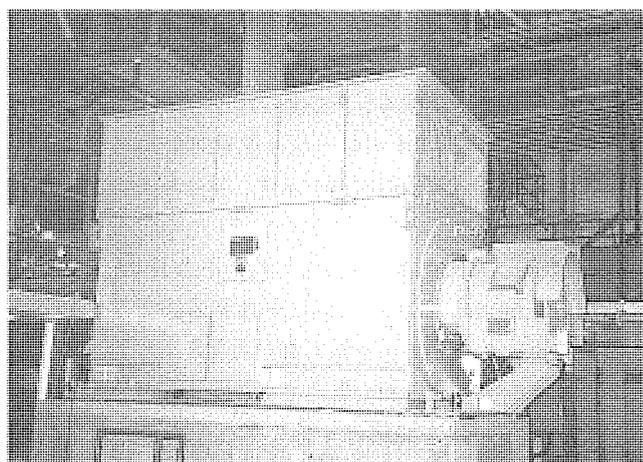


図3. 破砕機用電動機

転と監視、異常時の復旧処理/メンテナンスが煩雑となる。また破砕という過酷な条件での使用のため、部品の消耗・磨耗が激しく、効果的な保守管理で設備稼働率を維持向上させる必要がある。

これに関し、運転の効率化、及び保守支援の両面からの対応策を以下に述べる。

#### (1) 運転の効率化(監視の集中化と制御の自動化)

従来の一般的な処理規模(10~100t/5h)における監視制御システムには、グラフィック監視盤が主として適用されている。この方式をそのまま大型設備に適用したのでは盤が大型化するとともに、現場機器・機械設備からの情報表示もそのブロックを代表する信号に制限され、異常発生時には現場まで詳細情報を確認に行くなど運転員の負担が大きかった。

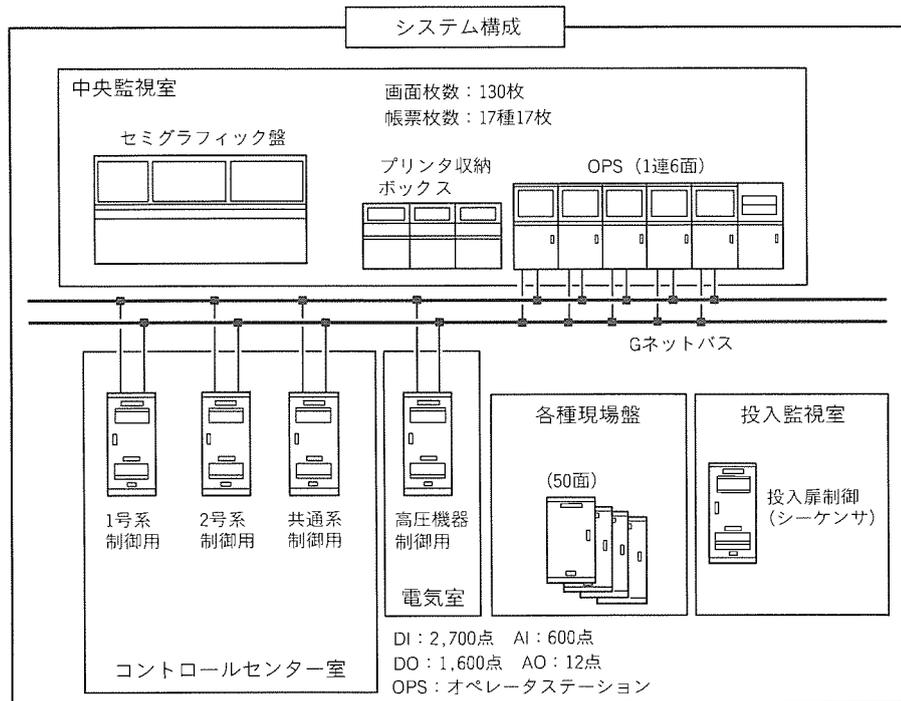


図4. 監視制御システムの構成例

その対策としてこのプラントではDCS(Distributed Control System)を導入し、必要な情報を監視制御システムに集中させ、CRTオペレーションを可能にした。図4に監視制御システムの構成例を示す。主な特長は以下の点である。

- (a) 貯留ピットに搬入されたごみはその日のうち(破碎処理運転制限時間の5時間)に処理する必要がある、機器故障による操業停止を極力避けねばならない。このため、監視制御システムによってプラント設備機器全体の操業と状況把握を中断なく行う必要がある、制御CPUの二重化と監視用OPS(オペレータステーション)の冗長化を図り、システム全体の信頼性を高めている。
- (b) 各設備を、その運転形態により、24時間連続運転するもの、選別ラインの起動前に立ち上げておくものなどに系統立ててグループ化した。その上で、各設備の起動/停止条件をすべて抽出して逐次チェックしながらシーケンスを進める制御ロジックを構成し、自動運転を実現した。これにより、従来は5種の選別ルートごとに行っていた起動/停止操作を一括立上げ/立下げも可能とし、運転員の負荷を軽減した。
- (c) 4画面一括表示を可能とした高解像度CRT(1,472×1,152ドット)を採用し、全体設備フローの一括表示とその設備ブロックに対応した階層的表示、ウィンドウ画面による操作展開を可能とし、オペレータが容易に状況を把握し対応できる運転環境を構築した。図5に中央監視室オペレータステーションを示す。

(2) 保守支援(予防保全支援)



図5. 中央監視室オペレータステーション

設備稼働率の向上には、破碎機、減容機、コンベヤ、選別機などの適切な消耗部品管理と、これに基づくタイムリな部品交換が重要である。粗大ごみで特有な設備について保守支援機能を以下のように実現した。

- (a) 破碎機、減容機などの破碎減容設備については、粗大ごみ破碎時に加わる衝撃負荷によるハンマの摩耗を運転時間から割り出し、各機器単位で管理した。
- (b) ベルトコンベヤ、選別機などのベルトがある設備については、機器の摩耗がベルト長当たりの負荷によって決まるため、単位ベルト長当たりの運転時間を各機器単位で管理した。

このように、機器対応の稼働状況データを長期蓄積し(3年間分)、このデータの傾向管理から部品の交換時期の

目安を立て、効率的な保守管理の実現を図った。

#### 4. 焼却処理

焼却処理の目的は無害化・減容化であるが、ここでの重要課題である“有害物質の排出抑制”と“高効率排熱利用”についてその取組を述べる。

##### 4.1 有害物質の排出抑制

現状の燃焼制御技術と排ガス処理設備によってNO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、HClなどの有害排出物は規制値以下に抑えることができる。しかし、毒性が強く人体への影響が大きいダイオキシン(ガイドラインとして全連続式新設炉で0.1ng・TEQ/Nm<sup>3</sup>以下を基準)は排出抑制が難しく、この抑制が緊急を要する課題となっている。現在、ダイオキシンの発生を抑制する手段としては以下が挙げられている。

- (a) ダイオキシンは不完全燃焼で発生する一酸化炭素(CO)の量と相関があると言われ、完全燃焼によりこれを抑制する方法
- (b) 厚生省のガイドラインにより850℃(新設炉)以上の燃焼温度を2秒間以上確保し(温度と時間の管理)、かつ燃焼ガスと燃焼用空気の十分な混合かくはんを行う方法

これらを達成するため、(a)では燃焼制御、(b)では三次元燃焼シミュレーションによる炉体形状(構造)の最適化に着目した。以下にこれらについて述べる。

##### (1) 燃焼制御

ごみ焼却においてダイオキシンの発生を抑制するためには、焼却炉の立上げ/定常燃焼/立下げ時の全ステージにおいて完全燃焼を達成する必要がある。現在、焼却炉の立上げ/立下げ時の過渡状態では完全燃焼が難しいため、この頻度が高いバッチ炉/準連続炉におけるダイオキシンの発生が特に懸念されている。そこで過渡燃焼状況において

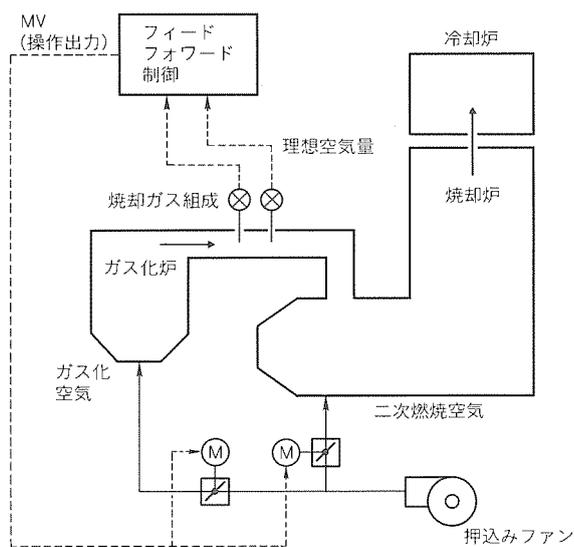


図6. 実証炉設備の構成

も完全燃焼に近づける燃焼制御が重要であると考え、制御システムによる燃焼最適化に取り組んでいる。

従来の燃焼制御は、炉内温度/圧力/ボイラ蒸発量/煙道酸素濃度など燃焼プロセスの結果を検出し、与えられた設定値になるようにフィードバック制御をしている。このため不完全燃焼を検知して空気量の調整を行うまでに時間遅れが生じ、完全燃焼に近づけることが困難であった。これを解決するには燃焼の前に必要な空気量、ごみ投入量を算出し、燃焼制御の目標値として与える必要がある。

そこで、ごみの燃焼前段階における熱分解ガスをリアルタイム分析装置で検出し、完全燃焼に必要な空気量を算出するフィードフォワード制御を確立した。

現在、社内実証炉設備を使用してこのシステム(方式)の有効性を評価している。実証炉設備の構成を図6に、外観を図7に示す。

##### (2) 三次元燃焼シミュレーションによる炉体形状(構造)の最適化

前述(b)項のガイドラインにおける燃焼温度(Temperature)、燃焼時間(Time)、混合かくはん(Turbulence)の3T条件を達成するためには、供給空気量やバーナ燃料の制御のみならず、燃焼室形状及び給気口/バーナの位置/数など炉形状と構造も大きな要因となる。

そこでコンピュータシミュレーションによって熱流動を解析し、燃焼室内の燃焼ガス流動パターンと温度分布を把握して燃焼現象を解明することにより、炉形状と構造の最適化を支援する環境(シミュレーション評価ツール)を確立した。さらに、ダイオキシン発生量と相関が高い一酸化炭素(CO)発生予測シミュレーション技術も組み合わせ、これによってダイオキシン発生をより確実に抑える炉体形状の構造設計への適用に向けて取り組んでいる。

##### 4.2 高効率排熱利用

従来からごみ焼却炉の排熱回収は、蒸気・温水のほかに、タービンによる発電や吸収式冷凍機による冷暖房が一般に

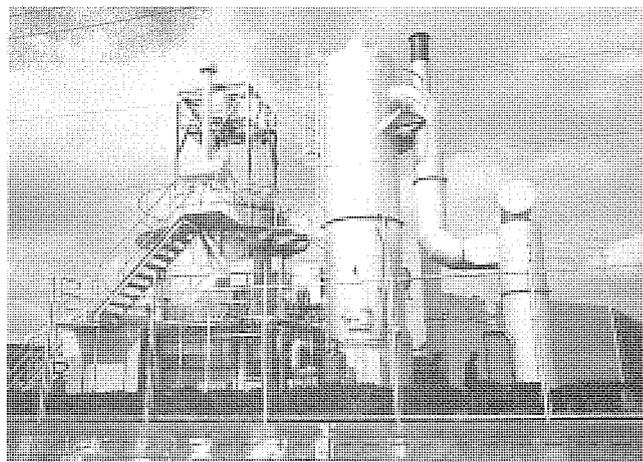


図7. 実証炉設備の外観

実施されている。一方、小型焼却炉では、タービンによる発電や吸収式冷凍機による冷暖房の設備が大きくなり排熱利用による投資効果が見込めないため、蒸気・温水による排熱回収が主体となっているのが現状である。焼却炉の排熱利用拡大を行うためには、多目的な用途に使える電力に変換できる投資効果のある小型焼却炉の排熱回収システムを開発する必要がある。

ダイオキシンの排出抑制及び灰の減容化に対して燃焼の高温化の研究が盛んに行われ、一部実用化も進んでいる。この高温の排熱を利用すれば更に高効率に電力に変換することが可能である。小型焼却炉の発電は起動/停止が多く運転稼働率も低いので、立ち上がりが速くかつ低コストな発電方式が望まれる。現在、小型焼却炉に適合した発電システムを開発し、評価を進めている。この中で、熱-電力変換装置までの排気ガス引込み経路の断熱対策、ごみ質や二次燃焼の状態によって発生する熱交換器表面への付着物対策、及び熱交換器の強度・腐食対策などに取り組んでいる。

## 5. む す び

一般廃棄物処理における粗大ごみ処理と焼却処理の特長、その対応技術及び取組について述べた。

粗大ごみ処理については、自動化及び保守支援技術を導入して安定操業システムを確立した。今後この技術の適用拡大によって安定かつ効率的操業へのニーズにこたえたい。

焼却処理については、燃焼制御技術と三次元燃焼シミュレーション技術を一般廃棄物処理、産業廃棄物処理へ拡大展開し、ダイオキシン排出を抑制するシステムを提供して

いく。

今後、よりクリーンな環境へ向けての技術開発が地球環境保護のために不可欠である。燃焼制御の高度化による有害物排出制御とともに、分解/リサイクルを考慮した設計など、新たなリサイクルプロセス技術が重要になる。当社の燃焼制御、エネルギー制御、シミュレーションなどの各種技術を生かした総合力で環境保全に貢献していく所存である。

## 参 考 文 献

- (1) 永田勝也：環境保全型経済社会へ向けての物づくりの思想，三菱電機技報，**69**，No.6，529（1995）
- (2) 中山繁樹，池田 彰：ライフサイクルアセスメントとエントロピーの概念，三菱電機技報，**69**，No.6，592～595（1995）
- (3) 片桐知己，池田泰成，松村恒男：家電品のリサイクルに向けての一考察，三菱電機技報，**69**，No.6，541～545（1995）
- (4) 平野陽三：廃棄物処理・リサイクル，産業調査会事典出版センター（1995）
- (5) 鈴木 眸：リサイクル工学，財省エネルギーセンター（1996）
- (6) 厚生省：ごみ処理に係わるダイオキシン類発生防止等ガイドラインについて（1997）
- (7) 石川禎昭：流動床式ごみ焼却炉設計の実務，工業出版社（1994）
- (8) 志垣政信：廃棄物の焼却技術，オーム社（1996）

# 電力エネルギーの配電監視・計測システム

酒井文明\* 丹重憲治\*  
川口眞由\* 井上雅裕\*\*  
石井和宏\*

## 要旨

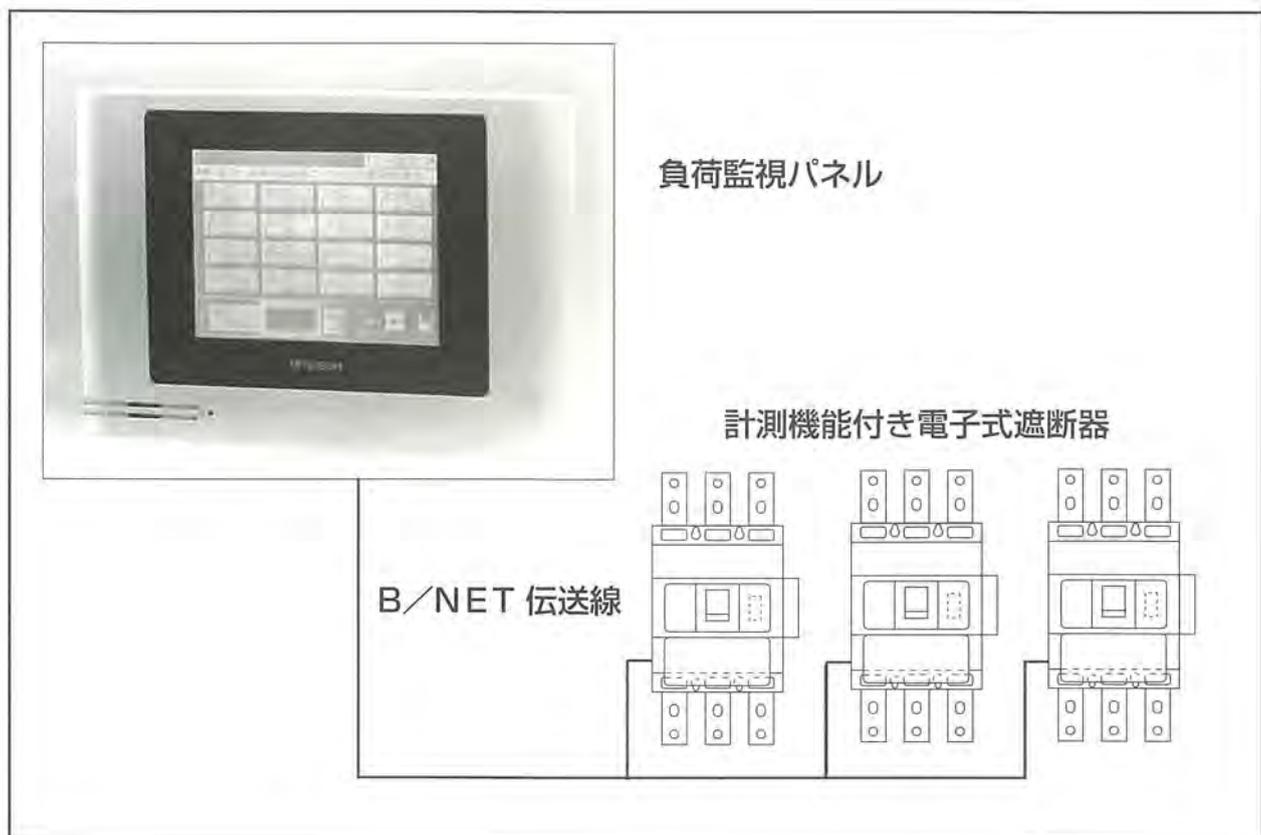
地球温暖化の原因となる二酸化炭素の排出量抑制を目的とした省エネルギーの実行のため、電力使用状況の把握による電力管理によってエネルギーの有効利用を図るシステム2例について説明する。

### (1) B/NET電力エネルギー管理システムによる実施例

特別高圧受電(66kV)の組立工場での省エネルギーシステム実施例について、日報・月報データ利用による変圧器損失の削減、各測定点での電力使用量トレンドデータによる無駄の抽出、表計算ソフトウェアによる電力使用量データの加工例を表す。

### (2) 負荷監視システム

サブ変電所の低圧主幹フィーダ部に設置される遮断器で計測したデータを一括で収集して表示し、各遮断器の電力量計測による各フィーダごとの原単位管理と電流デマンド計測による設備・フィーダの容量監視、漏電監視による電路と設備の予防保全を行う。システム構成機器として、低圧負荷側の電圧・電流・電力量・高調波電流を1台の遮断器で監視・計測することが可能となった計測機能付き電子式遮断器と、サブ変電所での一括監視用に使用する負荷監視パネルの開発を行った。



## 負荷監視システム

このシステムは、B/NET配電監視伝送ターミナル機能の付いた計測機能付き電子式遮断器と、サブ変電所での一括監視用に使用するグラフィカル表示の負荷監視パネルで構成される。

1. ま え が き

地球温暖化の原因となる“温室効果ガス”である二酸化炭素の排出量抑制が、国際的には「気候変動枠条約」で方向付けがなされている。我が国では、「地球温暖化防止行動計画」により、国民1人当たりの二酸化炭素排出量について、2000年に、おおむね1990年レベルでの安定化を図るなどの目標を設定している。さらに、製造業では「エネルギー使用の合理化に関する法律」(通称：省エネ法)によって、エネルギー使用合理化努力義務などが求められており、省エネルギーの推進が要求されている。

本稿では、省エネルギーを目的とした、電力使用状況の把握を主体とする電力管理によってエネルギーの有効利用を推進するシステムについて説明する。

2. 電力管理の概要

電力管理の基本は、管理対象である電気・ガス・温度などのエネルギー関連データを監視・計測し、適正な制御を行うことによって電力の有効利用と設備保全を実施することである。

省エネルギーとなる電力の有効利用を図るには、次のことが重要であり、それぞれについてきめ細かい対応が必要である。

- 使用電力量そのものを少なくして電力量料金を低減する。
- 最大デマンドを抑え、負荷の平準化を図り、契約電力の上昇を抑え、契約電力内で有効に電力を活用し、基本料金の適正化を図る。
- 力率を改善し、無効電力抑制に伴う力率割引による基本料金の低減を図る。

以下に、使用電力量の計測を主として行うシステムである“B/NET電力エネルギー管理システム”の導入事例と“負荷監視システム”について述べる。

3. B/NET電力エネルギー管理システム

ビル及び工場の受配電設備や機器のアナログデータ、パルスデータ、接点データを計測して収集し、常時監視を行うとともに日報・月報を作成するB/NET電力エネルギー管理システムを使用した、特別高圧受電(66kV)の組立工場での省エネルギーシステム実施例について述べる。

受電点での電力管理に加えて、サブ変電所22か所の高低圧フィードの計測を実施した。システム構成を図1に示す。中央監視装置を受電点の電気室及び守衛室に、各伝送端末器を既設のサブ変電所キュービクルに設置し、2線の伝送線による多重伝送によってデータを収集する。中央監視装置の受電室及び守衛室での設置状況を図2に、サブ変電所

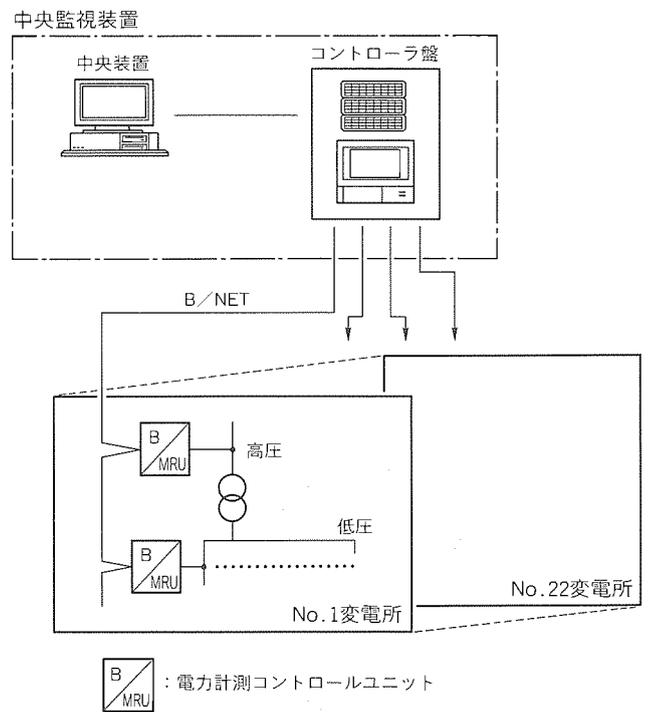
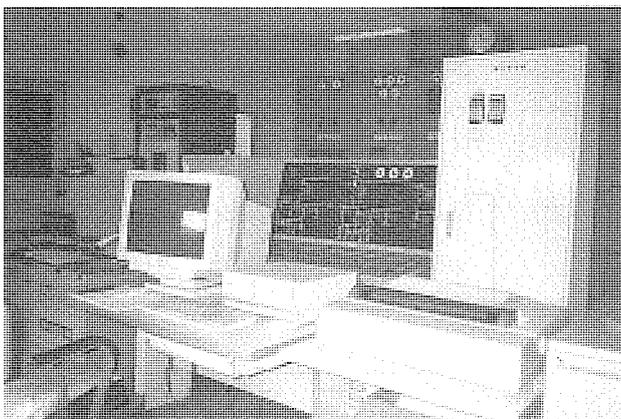


図1. B/NET電力エネルギー管理システム構成例

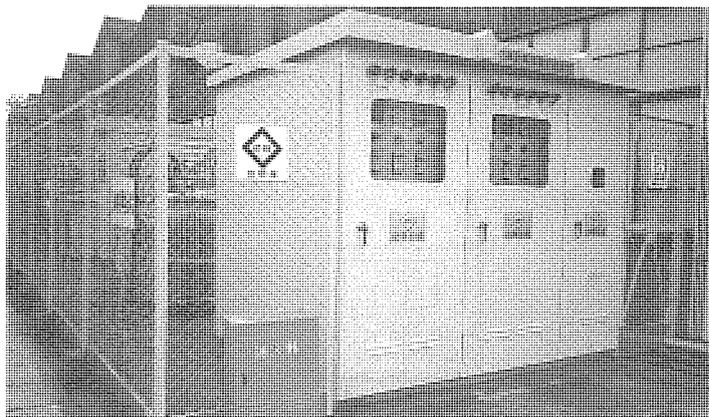


(a) 受電室

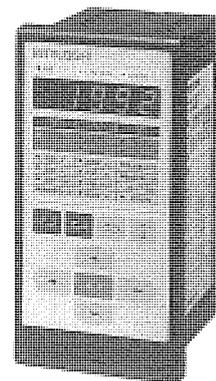


(b) 守衛室

図2. 中央監視装置設置状況



(a) サブ変電キュービクル



(b) 伝送端末器  
(電力計測コントロールユニット B-MRU1)

図3. 伝送端末器のサブ変電所キュービクルへの設置状況

表1. 管理日報・月報データ

	管理日報	管理月報
時間帯データ	時間帯1~12	時間帯1~12
集計データ	日合計	月合計
	日最大	月最大
	日最小	月最小
	日平均	月平均
	負荷率	負荷率
	月累計	
	需要率	需要率
	夜間率	夜間率
	力率	力率
	昼間力率	昼間力率
	不等率	不等率

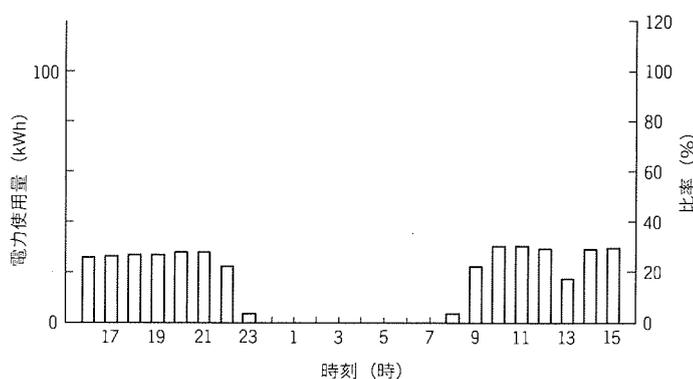


図4. 電力使用量トレンドデータ (昼休み間引き照明制御例)

キュービクルでの伝送端末器(電力計測コントロールユニットB-MRU1)の設置状況を図3に示す。電力計測コントロールユニットは電子式電力量計と同一寸法であり、これまで機械式電力量計が設置されていた場所にそのまま設置している。この伝送端末器は、計測のデジタル信号処理により、電力フィード計測にこれまで必要であった5台の指示計器、4台のトランスデューサ、1台の電力量計が1台で実現できる。

この実施例での使用電力量の管理方法のうち、①日報・月報、②各測定点でのトレンドデータ、③表計算ソフトウェアの3項目について述べる。

通常の日報・月報以外に、管理データ用帳票である管理日報・月報として、表1に示すデータを出力でき、これまでよりもきめ細かい管理ができる。この実施例では、変圧器の需要率を監視し、余裕のある変圧器の台数を削減することにより、変圧器の無負荷損を削減した。

各測定点の電力使用量のトレンドデータを分析することによって無駄を抽出し、時間制御などによって電力使用量の削減ができる。図4に昼休みの照明間引き制御を実施した例を示す。

フロッピーディスクに出力した計測データを汎用の表計

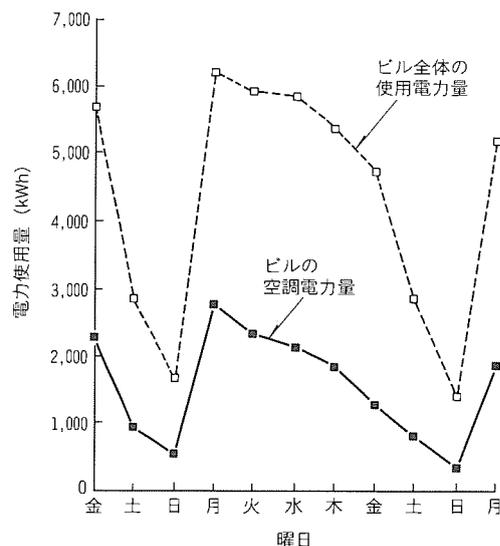


図5. 空調電力使用量のトレンドデータ例

算ソフトウェアに使用できるため、ユーザで自由に電力使用量の分析ができる。分析例として、建物の空調電力使用量トレンドデータの変化を図5に示す。このデータでは、電力使用量が月曜日が最も高く、曜日が経つにつれて金曜日まで低下する傾向を示している。土曜日と日曜日は、休

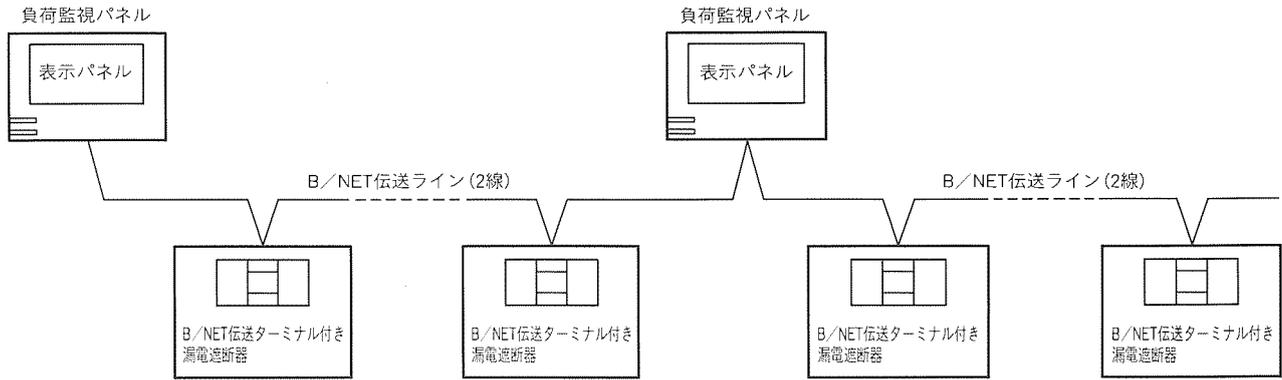


図 6. 負荷監視システム

日のため、電力使用量が少なくなっている。これは、空調を使用している月曜日～金曜日での建物自体の蓄熱効果を示しており、早朝での余熱運転によって電力使用量の削減ができる。

この実施例では、B/NET電力エネルギー管理システムの導入により、2%/年の省エネルギー効果を示した。また、ISO14001で求められている、日常的な監視・測定ツールとして今後とも役立てることができる。

#### 4. 負荷監視システム

##### 4.1 システム構成

B/NET電力エネルギー管理システムは中央監視を主体としたシステム構成であるが、ローカル監視を目的としたサブ変電所での監視・計測を行うシステムとして、図6に示す負荷監視システムの開発を行った。このシステムは、サブ変電所の低圧主幹フィーダ部に設置される遮断器で計測したデータを一括で収集し、表示する。

このシステムは、省エネルギーと予防保全データの提供が目的であり、各遮断器の電力量計測による各フィーダごとの原単位管理と、電流デマンド計測による設備及びフィーダの容量監視・漏電監視による電路と設備の予防保全を行う。

分散したサブ変電所を一括して中央で監視する場合は、B/NET伝送とのインタフェースを使用して上位システムとの接続が可能である。また、負荷監視パネルによってサブ変電所単独での監視が可能であり、段階的なシステム構築を実現する。

##### 4.2 計測機能付き電子式遮断器

電子式遮断器にB/NET配電監視伝送ターミナル機能を搭載することで、低圧負荷側の電圧・電流・電力量・高

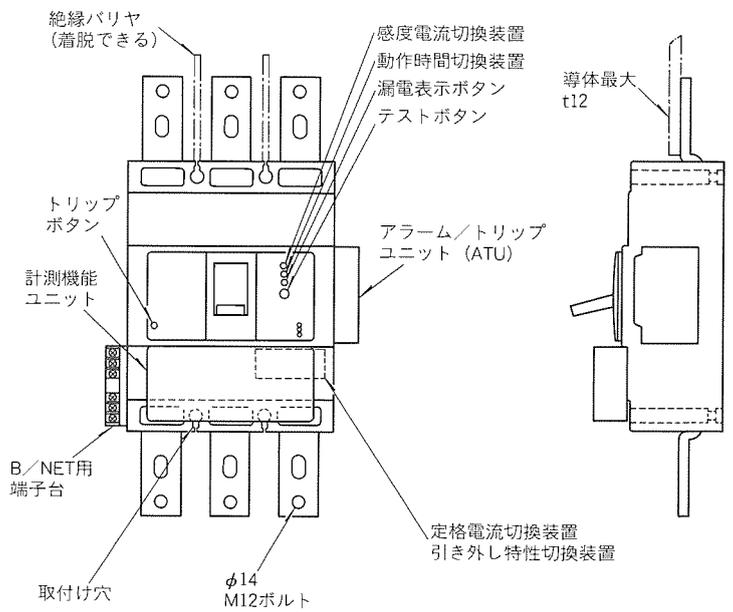


図 7. 計測機能付き漏電アラーム遮断器

表 2. 基本仕様

機 種	計測機能付き電子式漏電アラーム遮断器	
形名・極数	NF800-ZEP 3P	
外 形	NF/NV同一外形+計測機能ユニット(前面)	
定格電流	400～800A可調整	
引き外し特性	マルチ可調整	
アラームトリップユニット(ATU)	可能	
計測機能ユニット	負荷電流 (2.5級)	各相アムンド値
	電圧	現在値
	電力量	積算値・時間電力量
	高調波電流	1, 3, 5, 7次高調波
	トリップ原因表示	過負荷/短絡/漏電
	計測値表示	別売の負荷監視パネルで可能
	計測値B/NET伝送	標準装備
	遮断器状態伝送	可能
制御電源	AC 100-200V	

調波電流等を1台の遮断器で監視・計測することが可能となった。800Aフレームの計測機能付き電子式漏電アラーム

表 3. 監視・計測仕様

計測・記憶項目		機能	表示 (注1)	モニタ (注2)	上位システム での 通常モニタ	記憶	備考
電流	現在値 (デマンド値)		○	○	○	—	時限0~15分可変 (0分設定時は瞬時値) } 前回りセット後の最大値 } (デマンド値)
	最大値		○	○	○	○	
	最大発生 年・月・日・時		○	○	○	○	
電圧	現在値 (デマンド値)		○	○	—	—	時限0~15分可変 (0分設定時は瞬時値) } 前回りセット後の最大値 } (デマンド値)
	最大値		○	○	—	○	
	最大発生 年・月・日・時		○	○	—	○	
電力量	現在積算値		○	○	○	—	上位システムからリセット後の積算値 } 前回りセット後の最大値
	時間電力量		○	○	○	—	
	時間電力量最大値		○	○	○	○	
	最大発生 年・月・日・時		○	○	○	○	
高調波 電流	各相の総合値 (デマンド値)		○	○	—	—	時限0~15分可変 (0分設定時は瞬時値) } 前回りセット後の最大値 } (デマンド値)
	最大値		○	○	—	○	
	最大発生 年・月・日・時		○	○	—	○	
遮断器の警報 AL, AX, ECA			○	○	○	—	警報を発生するとすぐに上位に通報する (AL, AX, ECA内蔵の場合)
遮断器の漏電アラーム/トリップ モードの設定			○	○	—	○	漏電アラーム遮断器でATU付きの場合

注1. 負荷監視パネルを使用。1台の負荷監視パネルで16台の遮断器の監視ができる。  
注2. B/NETを通して、上位システムでモニタ可能。

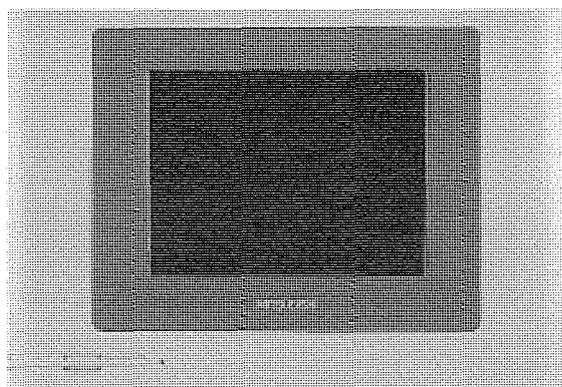


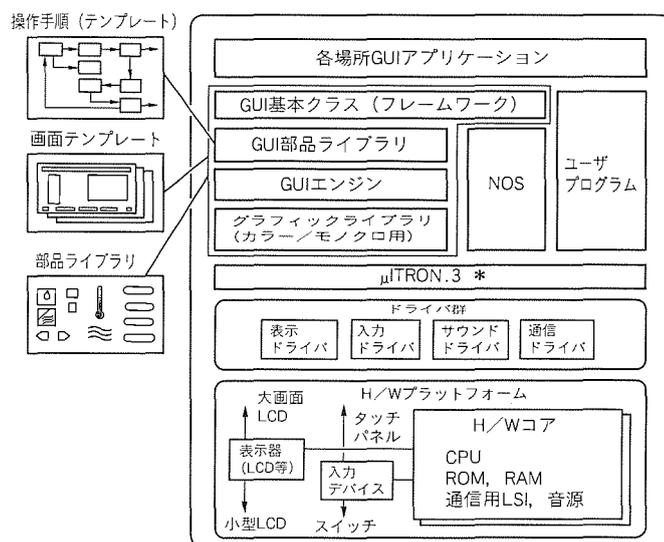
図 8. 負荷監視パネル

表 4. 負荷監視パネルの仕様

No.	項目	仕様
1	表示部	表示範囲 (W)115×(H)86(mm)
		表示方式 LCDモノクロ(4階調) バックライト付き
2	操作部	操作範囲 (W)115×(H)86(mm) (スイッチアイコンで操作部指示)
		操作方式 アナログ式タッチパネル
3	制御電源	電源電圧 AC100/110V -15~+10%
		電源周波数 50/60Hz
		消費VA 10VA

ム遮断器の外形図を図7に、基本仕様を表2に、監視・計測仕様を表3に示す。このほかに、400A, 600Aフレームの計測機能付き電子式遮断器も製品化した。

特長としては、PSSの小型化技術により、一般の遮断器と同一外形で計測用のVTとCTを内蔵している。計測回



\* "TRON"は、The Real-time Operating System Nucleusの略称  
"ITRON"は、Industrial TRONの略称

図 9. GUIプラットフォームの機能構成

路部は遮断器負荷側前面取付けであり、投影面積を同一とし、スペース効率を良くしている。伝送は、配電制御機器の高度化を図るために用いられているB/NET伝送を使用している。また、単体で表示機能を持たせることも可能である。

### 4.3 負荷監視パネル

サブ変電所での一括監視用に使用する負荷監視パネルを図8に、仕様を表4に示す。

この表示器は、設備用システムのグラフィカルユーザインタフェース(GUI)機器として開発を行い、ソフトウェアプラットフォームとハードウェアプラットフォームにより、

表5. ソフトウェアブロック機能

	機能ブロック名	概略機能
カスタマイズ領域	各場所GUIアプリケーション	各場所GUIプログラム 各場所の独自の操作器画面/手順管理プログラム
	ユーザプログラム	GUI機能以外のプログラムなどの領域
GUI-OS	GUI基本クラス(フレームワーク)	GUI動作のための基本プログラム群 (手順管理, メモリ管理, インスタンス管理, 画像管理, データベース管理)
	GUIエンジン	GUIオブジェクト管理, メッセージ交換機能
	部品ライブラリ	GUI部品 (画面テンプレート, ボタンセレクトなどの基本表示用部品ライブラリ)
	グラフィックライブラリ	描画プログラム群(カラー/モノクロ用)
NOS(Network OS)	NOS	通信プログラム
ハードウェアプラットフォーム	μITRON3	小型リアルタイムマルチタスクOS
	各種ドライバ群	ハードウェア依存のドライバプログラム群
	ハードウェア	ハードウェア

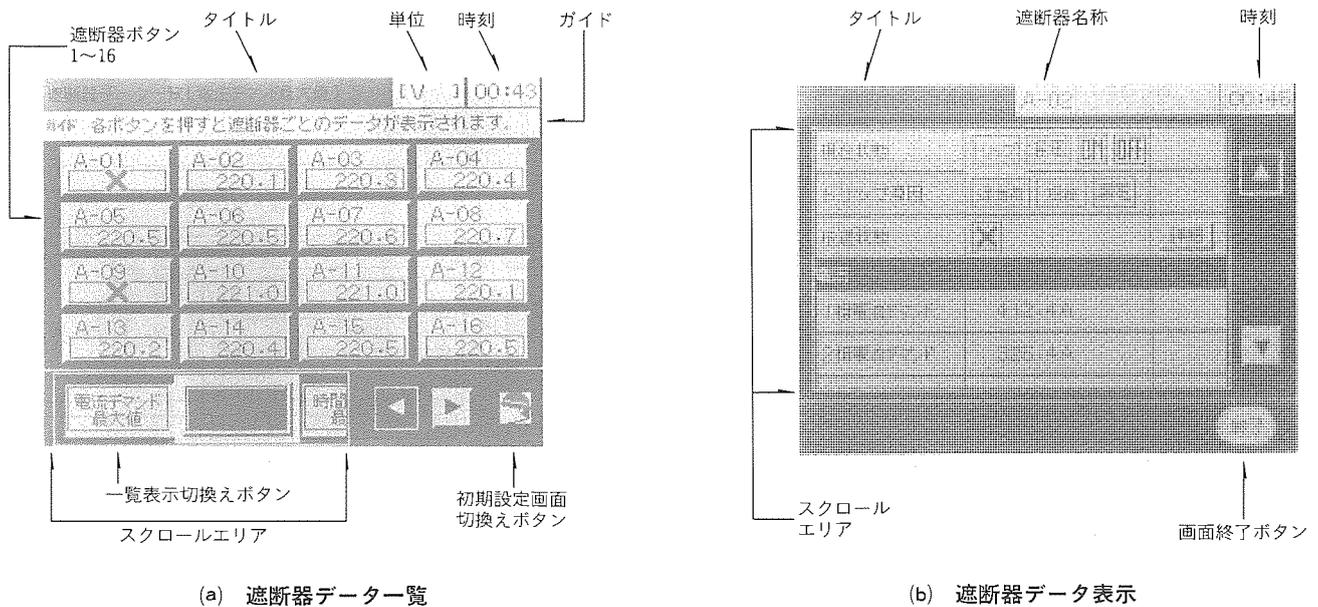


図10. 遮断器データ表示例

各設備監視に共通なGUI表示器の提供を実現した。また、アプリケーションソフトウェアの設計に際して、オブジェクト指向分析によって設計の効率化と品質の向上を図り、操作方式・表示方式についても操作性評価手法の確立によって共通化を実現した。図9にGUIプラットフォームの機能構成を、表5にソフトウェアブロック機能説明を示す。

図10の遮断器データ表示例に示すように、サブ変電所の低圧主幹遮断器一括監視と各遮断器の詳細データ監視が、容易にかつ操作性良く実現できる。

## 5. むすび

電力管理における省エネルギーシステムについて、事例と小規模システムについて述べた。これからは、ますますきめ細かい原単位管理が要求されるものと考えられる。

今後は、計測データの分析と省エネルギーの実施に直結した制御機能の充実と、省エネルギーにとどまらず省資源を実現するシステムの開発を進展させる所存である。

# 衛星リモートセンシングによる地球環境観測

岩橋 努\*  
井村信義\*

## 要旨

オゾン層の破壊や熱帯雨林の減少など、地球規模での環境変化が様々な形で顕在化している。地球環境の保全は“美しい地球”を守るために全人類に共通の命題である。衛星によるリモートセンシングは、高度500~800kmの低軌道周回衛星に搭載した複数のセンサにより、数日から数十日周期で地球全体の気象・気候変動などを継続的に観測しており、地球環境問題解明に大きな役割を果たしている。

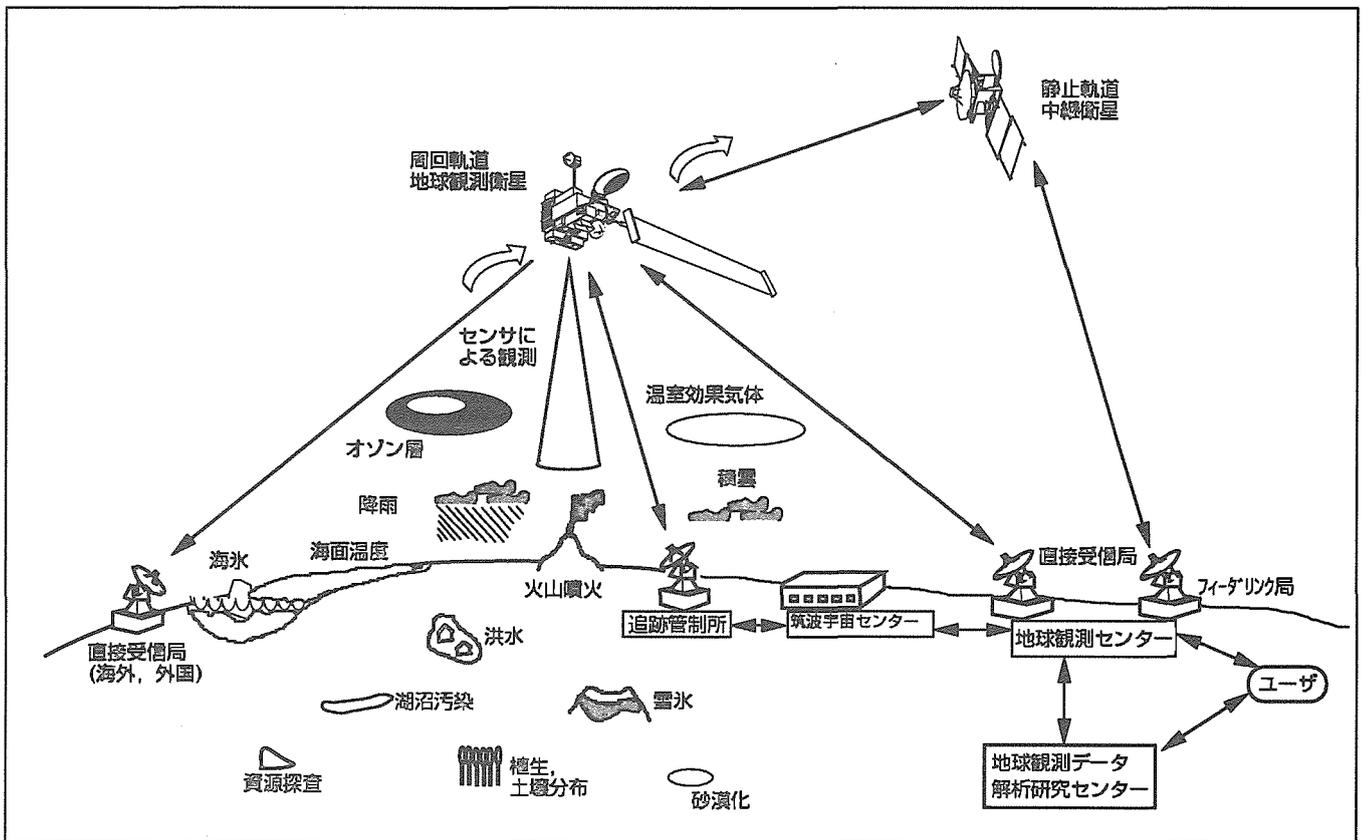
1985年には米国航空宇宙局(NASA)のオゾン全量分光計によって南極上空にオゾンホールが観測され、三菱電機(以下“当社”という。)が開発したJERS-1搭載の全天候型の合成開口レーダによってアマゾン流域の熱帯雨林の減少などが観測されている。また、'97年初めのナホトカ号重油流出事故では、カナダのRADARSATが細い帯状の重

油汚染分布をとらえている。

宇宙開発事業団(NASDA)は世界に先駆けて'96年8月に本格的な地球環境観測衛星“ADEOS(愛称:みどり)”を打ち上げ、取得データは既に国内外の共同研究機関に配布されている。

当社は、ADEOSや後継機のADEOS-IIのシステムインテグレータとして、衛星本体や地圏観測の高性能可視近赤外放射計、及び天候や昼夜の別なく水圏観測ができる高性能マイクロ波放射計などを開発し、地球環境観測に貢献している。

今後は衛星運用やセンサ運用、データ交換などの国際協力を今まで以上に進める。また全地球観測システムの整備も必要となる。



## 衛星によるリモートセンシングの概念とシステム構成図例

地球観測センターとデータ解析研究センターは、各種センサによって取得したデータの受信・記録・処理及びデータ利用者への配布を行っている。観測データは海外局や受信契約を結んだ外国局経由でも取得され、また国内外のセンサ供給機関へのデータ提供も行っている。観測データは通常は1周分(約100分)衛星上で記録され、観測衛星が地球局上空を通過するときの可視範囲(約10分)内で数十Mbps以上の速度で高速再生して伝送している。

1. ま え が き

1992年6月にリオデジャネイロで“環境と開発に関する国際会議(地球サミット)”が開催され、オゾン層の破壊、地球の温暖化、酸性雨、大気汚染、海洋汚染、熱帯林の減少、砂漠化、火山噴火などに対する“環境保全”の観点と、農林水産業、国土利用、地下資源、建設、運輸などの“開発”の観点との調和が必要で、このために地球観測システムの構築を推進しようという決定がなされた。

地球環境問題は地球規模での長期的な環境・気候変動の問題であり、この解明のためには気圏・水圏・地圏・生物圏の動態を把握し、これら各圏の相互作用を含めた地球規模でのエネルギーの流れや物質循環のメカニズムを明らかにする必要がある。このためには、広域かつ周期的に継続して観測・監視が行える衛星によるリモートセンシングが極めて有効な手段となっている。

本稿では、当社がこれまでNASDAや財資源探査用観測システム研究開発機構(JAROS)などの指導を受けながら開発を進めてきた衛星リモートセンシングによる環境観測の現状について紹介するとともに、今後のリモートセンシング利用の方策について述べる。

2. 衛星による地球環境観測の仕組み

2.1 地球観測の仕組み<sup>(1)~(3)</sup>

衛星によるリモートセンシングでは、通常は高度500~800kmの低軌道周回衛星に観測目的別に搭載した複数のセンサにより、数日から数十日周期で地球全体を観測する。

地表や海表を観測するセンサでは、対象となる物質の放射・反射特性や散乱特性を測定するため、可視光線から赤外線の一部(近赤外~熱赤外)の波長帯及びマイクロ波帯が用いられる。一方、大気を観測するセンサでは、大気を構成する気体分子による吸収を利用して観測を行うため、特定の帯域(例えば、オゾンの観測では紫外域、熱赤外域)を用いることが多い。観測センサから得られた各スペクトルのレベルデータや位相データなどから地表の状態や組成、大気の成分などの物理量を測定し、植生の環境、水の分布とその動態、大気の組成成分、火山噴火とその影響等の情報を得ることができる。表1に地球環境の観測項目と主な観測センサを示す。

2.2 ADEOSによる地球環境観測<sup>(4)(5)</sup>

日本の地球観測衛星はNASDAが'87年に打ち上げた海洋観測衛星(MOS-1)が最初で、'90年にはMOS-1b、'92年には地球資源衛星(JERS-1)を打ち上げ、JERS-1は現在

表1. 地球環境の観測項目と主な観測センサ

目的	観測項目	観測センサ(搭載衛星)	
環境保全	大気ダイナミクス/ 水エネルギー循環	大気温度	
		陸上風	
		海上風	NSCAT (ADEOS), Sea Winds/AMSR (ADEOS-II), AMSR-E (EOS-PM1)
		水蒸気 降水量	AMSR (ADEOS-II), AMSR-E (EOS-PM1), PR (TRMM), 雲レーダ (ATMOS)
		雲分布	AVHRR (NOAA), OCTS (ADEOS), GLI (ADEOS-II), 雲レーダ (ATMOS)
		雲頂高度, 雲厚	雲レーダ (ATMOS), LIDAR (ライダ実証衛星)
		エネルギー収支	
	海洋ダイナミクス	海面温度	AVHRR (NOAA), OCTS (ADEOS), GLI (ADEOS-II)
		水温	AMSR (ADEOS-II), AMSR-E (EOS-PM1)
		海面ジオイド	
		塩分濃度	
	大気科学	温室効果ガス	IMG (ADEOS)
		オゾン等	TOMS/ILAS/RIS (ADEOS), ILAS-II (ADEOS-II)
		エアロゾル	OCTS/ILAS (ADEOS), GLI/ILAS-II (ADEOS-II)
開発	海洋生物	海色, 海洋生物 OCTS (ADEOS), GLI (ADEOS-II)	
	雪氷	積雪水量, 氷床水量, 氷床高度, 海氷分布 AMSR (ADEOS-II), AMSR-E (EOS-PM1), SAR (JERS-1), PALSAR (ALOS)	
	陸域	植生分布	AVHRR (NOAA), OCTS (ADEOS), GLI (ADEOS-II), SAR (JERS-1), PALSAR (ALOS)
		土地被覆, 地形, 地質	AVNIR (ADEOS), AVNIR-2/PRISM (ALOS)
		土壌水分, 地表面変動	SAR (JERS-1), PALSAR (ALOS)
		地表面温度	

も運用中である。

各国とも今後の観測の主題を環境観測や災害監視においており、特に地球環境変化のタイムスケールが長いことを勘案して衛星のシリーズ化を計画している。これら地球環境観測衛星シリーズのうち、最初に打ち上げられたのは日本の“ADEOS(Advanced Earth Observing Satellite)シリーズ”であり、NASDAが'96年8月17日に1号機(愛称：みどり)を打ち上げ、同11月から定常運用している。2番目は米国NASAの“EOS(Earth Observing Satellite)シリーズ”で、'98年6月に1号機(EOS-AM1)が打上げ予定であり、欧州ESAでは“ENVISATシリーズ”の'99年打上げなどが計画されている。

日本ではさらに日米共同プロジェクトによる“熱帯降雨観測衛星(TRMM)シリーズ”の開発が進められており、また“陸域観測衛星(ALOS)シリーズ”の検討も始められている。

ADEOSは、地球温暖化、オゾン層の破壊、熱帯雨林の減少、異常気象の発生など、日米仏の国際協力による地球環境監視を目的とした地球観測衛星である。取得データは既に共同研究機関に配布されており、間もなく一般ユーザーも利用可能となる。当社はNASDAからADEOSのシステムインテグレータ、及び主要なセンサの一つである高性能可視近赤外放射計(AVNIR)等を受注し、製作メーカーとし

て開発を担当した。表2に、搭載されているセンサの主要諸元を示す。

'99年にはADEOS-IIが打ち上げられる。ADEOS-IIはADEOSの観測ミッションを継承するとともに、水に関する様々な物理量(水蒸気量、降水量、海面水温、海上風、海水など)を昼夜の別なく、また雲の有無にかかわらず観測できる高性能マイクロ波放射計(AMSR)等を新規搭載する衛星である。AMSRは若干の仕様変更を加えて米国EOS-PM1にもAMSR-Eとして搭載される。当社はNASDAから衛星システムインテグレータとAMSR、AMSR-E及び地上のAMSRデータ解析処理設備や簡易データ収集システム(DCS)等を受注し、製作メーカーとして開発を担当している。図1にADEOS-IIの飛行想像図を示す。



図1. ADEOS-IIの飛行想像図 (NASDA提供)

表2. ADEOSに搭載されているセンサの主要諸元

センサ名	開発国	開発機関	観測目的	概略仕様
高性能可視近赤外放射計 (AVNIR)	日本	宇宙開発事業団	陸域及び沿岸域	観測幅：約80km 観測バンド： 可視域 3バンド、近赤外域 1バンド パンクロマチックバンド(可視域) 1バンド 地表分解能：約8m (パンクロマチックバンド) 約16m (マルチバンド)
海洋海面温度走査放射計 (OCTS)	日本	宇宙開発事業団	海色及び海表面温度	観測幅：約1,400km 観測バンド： 可視域 3バンド、近赤外域 1バンド 中間赤外域 1バンド、熱赤外域 3バンド 地表分解能：約700m
NASA散乱計 (NSCAT)	米国	米国航空宇宙局/ ジェット推進 研究所	海上風の風向、風速の測定	観測幅：約1,200km 観測周波数：14GHz 風速測定精度：2m/s 風向測定精度：20°
オゾン全量分光計 (TOMS)	米国	米国航空宇宙局/ ゴダード宇宙飛行 センター	オゾンの測定	観測幅：2,565km 観測波長：308.6~360.0nm (6バンド)
地表反射光観測装置 (POLDER)	仏国	国立宇宙開発 センター	地表表面や大気で反射される 太陽光の偏向と方向性の測定	観測幅：1,825km×2,470km 観測波長：443~910nm (9バンド)
温室効果ガス観測装置 (IMG)	日本	通産省立地公害局	大気中のCO <sub>2</sub> 、CH <sub>4</sub> 、N <sub>2</sub> O、 その他の温室効果ガスの地域 分布の測定	観測幅：550km 観測波長：3.3~14μm
改良型大気周縁赤外分光計 (ILAS)	日本	環境庁企画調整局	極域における大気微量成分 (オゾン、CO <sub>2</sub> 、CH <sub>4</sub> 、N <sub>2</sub> O、 エアロゾル) 高度分布の測定	観測波長：753~784nm、6.21~11.77μm 観測高度：10~60km
地上・衛星間レーザ長光路 吸収測定用リトロフレクタ (RIS)	日本	環境庁企画調整局	地上局上空のオゾン、フロン、 CO等の濃度測定	観測波長：0.4~14μm

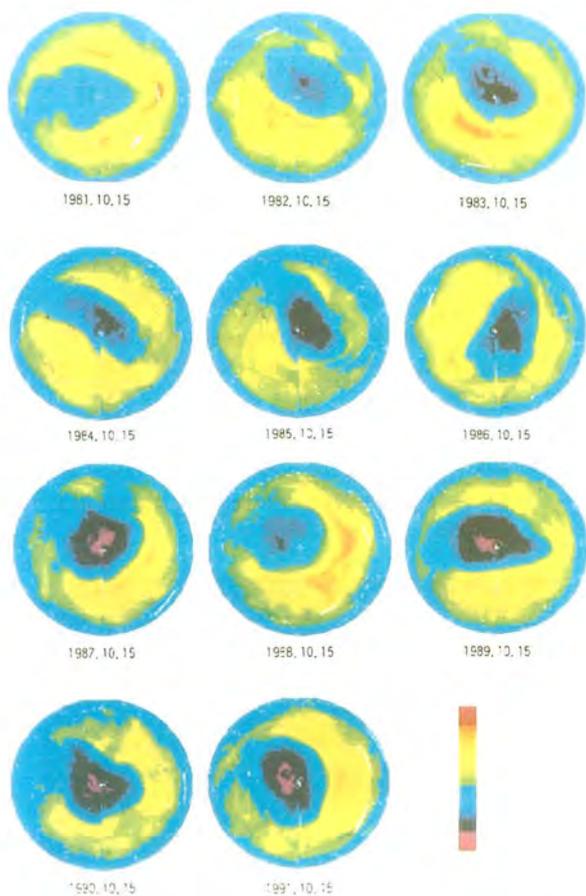


図 2. 1981年から1991年の南極上空のオゾン分布の変化 (NASDA提供)

### 3. 環境観測によって得られる解析画像

#### 3.1 オゾン層の監視<sup>(6)</sup>

地球を紫外線から守っているオゾン層破壊の問題が大きく注目を集めるきっかけとなったのは、'74年に“冷媒や洗

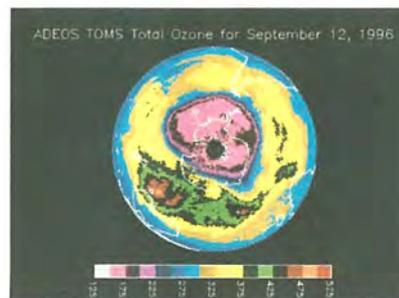


図 3. ADEOS搭載のTOMSによる南極上空のオゾン分布 (NASDA提供)

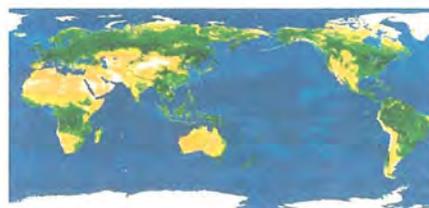
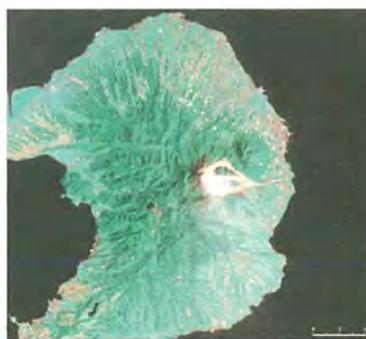


図 4. NOAA搭載のAVHRRによる世界の植生分布 (NASDA提供)



(a) 噴火前



(b) 噴火後

図 6. LANDSAT搭載のTMによる普賢岳(NASDA提供)

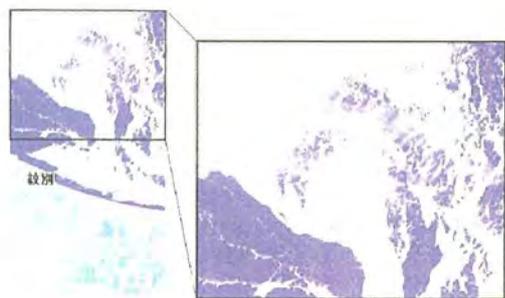


図 7. SPOT搭載のHRVによる紋別沖の流水分布

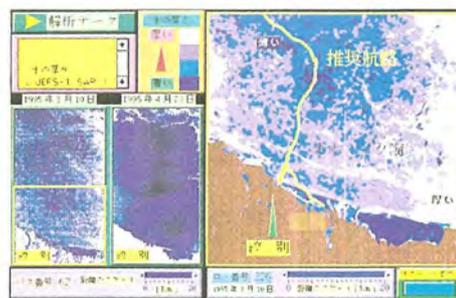


図 8. JERS-1搭載のSARによる紋別沖の氷の厚み分布

浄剤として広く利用されているフロンによってオゾン層が破壊されている”という米国の科学者の研究発表であった。

図2は米国観測衛星によって観測された'81年から'91年の10年間の南極上空のオゾン分布の変化を示したもので、'85年にはオゾンの量が極端に減少するオゾンホールという現象が観測され、国際世論に衝撃を与えた。これまでに、大気循環によって極地方で特に春先にオゾンが最も減ることが解明されており、北極上空でもオゾン層破壊が観測され、オゾンホールに発展するのではないかと懸念されている。この結果、国連環境計画(UNEP)はフロン生産の規制を決め、2000年までにはハロン等関連物質を含めて全廃することが採択されたわけである。

図3はADEOS搭載のオゾン全量分光計(TOMS)によって'96年9月12日に取得された南極上空の初画像によるオゾン分布である。“RIS”と呼ばれる環境庁が開発した装置は、地上から照射したレーザービームを鏡を使ってはね返し、返ってきた光の波長を地上で分析して、オゾン量などを計測する。このように新しい観測によって実態の解明が進みつつあるが、フロン全廃の後でも一度壊れたオゾン層がこの先どうなるかはまだ明らかではない。

### 3.2 地表の監視<sup>(7)</sup>

地球環境観測で最初に注目されたのは、NOAA衛星に搭載されたAVHRR(Advanced Very High Resolution Radiometer)である。NOAAは、米国海洋大気局(NOAA)が常時2~4機体制で運用している周回軌道の衛星シリーズである。AVHRRは本来海面温度の計測と雲の観測を目的とした気象センサであるが、5バンドある波長帯域のうち、可視と近赤外のバンドを用いることにより、グローバルな植生の変化をとらえることに成功した。図4にNOAA搭載のAVHRRによる'88年の世界の植生分布を示す。この継続的な観測により、熱帯雨林の減少や砂漠化の進行具合を監視できる。

図5にJERS-1搭載のSAR(合成開口レーダ)で取得したアマゾン流域のモザイク(重ね合わせ)処理画像を示す。

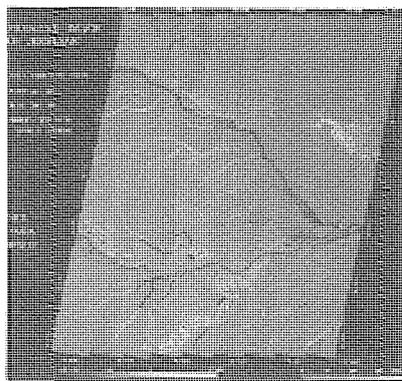


図5. JERS-1搭載のSARによるアマゾン流域 (NASDA提供)

SARは衛星からマイクロ波のパルスを次々と送信し、地表面からの後方散乱波を受信して、位相情報を含む信号をデータ処理することによって、あたかも大きなアンテナで観測するのと同じ効果を得ることができる。JERS-1搭載のSARは当社がJAROSから受注して製作メーカーとして開発したもので、Lバンド(1.7GHz)を使用し、アンテナ寸法が約11.9m×2.4mであるが、進行方向に約14kmの開口長のアンテナを用いたことと同じ効果を得て、18mの高分解能を実現している。SARはアマゾン流域のような多雨地方でも雲に影響されることなく昼夜の別なく観測できるので、本来の目的であった資源探査だけでなく、熱帯雨林などの植生の状態監視センサとしても注目されている。

図6(a),(b)は噴火前後の普賢岳を米国LANDSAT 5号のTM(Thematic Mapper)でとらえた画像で、'88年4月の緑豊かな一帯が、噴火後の'92年9月に、降灰や土石流の被害域に大きく変わっていることが分かる。

### 3.3 海表の監視

増え続ける大気中の二酸化炭素が主要因で、地球の温暖化が進行している。気温の上昇は海水面を膨張させたり、南極やグリーンランドの氷河や氷床を溶かし、海面を上昇させる。現在、日本の海岸線約34,000kmのうち、自然のままの砂浜が約6,700kmを占めるが、30cmの海面上昇で半分、1mの上昇で9割が浸食されるという報告もある。

二酸化炭素は石油・石炭等の化石燃料を燃やすことで大気中に放出されて増大し続けており、また本来バランスがとれているはずの自然界での二酸化炭素の収支バランスも森林の消滅等で崩れ、放出超過となっている。このため地球の温暖化は生産活動を制限しない限り避けられないとの悲観的な見方がある一方で、さんご礁は熱帯雨林よりも多くの二酸化炭素を吸収しており、人工さんご礁の造成によって温暖化が相当防止できるという報告もある。いずれにしても、これらの海表・地表・大気の状態は、従来からある地上や航空機による観測に加え、現時点ではまだ観測内容や頻度に制限があるが、観測衛星によるリモートセンシングで相当の監視ができる。

カナダのRADARSATに搭載のCバンドSARが'97年初めのナホトカ号重油流出事故で細い帯状の重油汚染分布を観測し、新聞に掲載されたのは記憶に新しいところである。

図7と図8は、北海道紋別沖上空の衛星観測データから当社が流水の画像解析を行い、紋別市に提供した一例である。図7は仏国SPOT搭載のHRV(High Resolution Visible)の'94年2月の観測データから流水分布を求めたもので、地上レーダよりも観測頻度は少ないものの、広範囲を一度に観測できるので、オホーツク海域からの流水の漂着状況が分かる。図8はJERS-1のSAR画像解析によって氷の厚み分布を求めたもので、厚い氷を避けて航行することで船の安全性の確保と燃料節約などに利用できる。

表3. 環境分野における今後のリモートセンシング利用の方策

センサ関連	分光帯域の増加 目的に合ったセンサ（スペクトル）の充実 全天候型センサの充実 空間的分解能の向上
観測体制関連	観測頻度の増大 多数の衛星によるリアルタイム観測 長期モニタリングシステムの構築 短期間・局所的現象に対する予測体制構築 海域での汚染物質（有機物質、懸濁物等）把握や環境監視 多様なセンサの有機的組合せ
データ利用	データの高頻度・リアルタイム提供 地域計画等への入力データ 地方自治体等への実況局等の設置、衛星網との直結による定常的監視 地球レベルの大気、水蒸気、森林など環境状況のTVによる定期的放映

#### 4. 今後のリモートセンシング利用の方策

これまで、オゾン層の破壊や酸性雨、熱帯雨林の減少などの観測結果が新聞などにも掲載され、一般市民でも環境問題の関心は日増しに高まってきている。

地球環境問題の解決のためには、地球規模で常時、長期的に気圏・水圏・地圏・生物圏の動態を把握し、これら各圏の相互作用を含めた地球規模でのエネルギーの流れや物質循環のメカニズムを解明する必要がある。このためには、従来から行われている地上観測や航空機による観測と合わせて、広域かつ周期的に継続して観測・監視が行える衛星によるリモートセンシングが極めて有効な手段となっている。

天気予報でおなじみの日本の“ひまわり”など気象衛星による観測体制は全世界で整備され、グローバルな気象データ取得の大きな一翼を担っている。しかし、地球環境情報の把握のためには、天候及び昼夜の別なくより多くのデータ（物理情報）が観測でき、地上分解能も高い低軌道で周回する地球観測衛星による観測システムがより有効となる。現在、各国で地球観測衛星の受信・処理システムが構築され、運用されている。しかし、今後はより有効な地球観測情報システムの整備が必要である。

すなわち、衛星とセンサに関して言えば、地上分解能を高くすれば元の位置に戻ってくるまでの回帰日数が増え、多くの情報を観測するためには多くのセンサの搭載が必要となり、複数の観測衛星を常時運用する必要がある。また、より観測精度の高いセンサの開発も必要となる。

地上システムに関して言えば、得られた物理情報から精度の良い所望の環境・気象情報を算出するためには、より良いアルゴリズムと解析ソフトウェアの開発が必要で、また、利用者への情報提供のためには、一部実現されているが、より迅速な配信系<sup>(6)</sup>の整備が必要となる。

システム全体に関して言えば、衛星運用やセンサ運用、データ交換などの国際協力を今まで以上に進め、全地球観測システムの整備が必要となる。

表3は、環境分野における今後のリモートセンシング利用の方策を、センサ、観測体制、データ利用に分けてまとめて示したものである。これらの必要性は関係者では認識されている項目が多く、実際、NASDAを始め関係機関を中心に積極的に活動が進められている状況である。

#### 5. むすび

地球環境の保全は“美しい地球”を守るために全人類に共通の命題である。地球環境問題は地球規模での長期的な環境・

気候変動の問題であり、この解明のために地球観測衛星を用いたりリモートセンシングが極めて有効な手段となっている。

当社は、これまで培ってきたこの分野での技術をベースに、今後も衛星によるリモートセンシング技術の向上発展と環境保全に積極的に貢献していきたいと考える。

最後に、環境問題の解明・解決に当たられている環境庁や、地球観測衛星や観測センサ及び地上システムの開発に携わってこられた科学技術庁／宇宙開発事業団(NASDA)や(財)リモート・センシング技術センター(RESTEC)、通商産業省／(財)資源探査用観測システム研究開発機構(JAROS)や(財)資源・環境観測解析センター(ERSDAC)の方々を始め、多くの関係各位に謝意を表する。

#### 参考文献

- (1) 小林督智, 小野 誠, 角市 修: 地球環境と衛星リモートセンシング技術, 三菱電機技報, 67, No.6, 567~571 (1993)
- (2) 岩橋 努, 上杉利明, 門脇 隆: リモートセンシングシステム, 三菱電機技報, 68, No.7, 604~609 (1994)
- (3) 岩橋 努, 田中宏和, 門脇 隆: 衛星によるリモートセンシング, 三菱電機技報, 69, No.6, 561~566 (1995)
- (4) 宇宙開発事業団: 地球観測プラットフォーム技術衛星(ADEOS), 宇宙開発事業団パンフレット
- (5) 宇宙開発事業団: 環境観測技術衛星(ADEOS-II), 宇宙開発事業団パンフレット
- (6) 環境庁地球環境部: 改訂 地球環境キーワード辞典, 中央法規出版, 46~55, (1993)
- (7) 下田陽久: 衛星リモートセンシングの現状と計画, 電子情報通信学会誌, 79, No.10, 982~991 (1996)
- (8) 鬼沢 勉, 和泉英明, 岩橋 努, 木村 隆, 白鳥洋健: 衛星利用画像データ通信システム, 三菱電機技報, 71, No.2, 188~193 (1997)

# 大規模情報制御システムにおける品質システム

富永善治\* 浜田賢二\*  
内藤俊文\*\* 小川清史\*  
横山 勲\*

## 要旨

三菱電機(株)制御製作所(以下“当所”という。)は、電力、工業、公共プラント等において、プラント取りまとめ機能、及びその中核となる情報制御システムの設計・製作という極めて社会的責任の重い業務を担っている。一方、我々を取り巻く市場環境は、メガコンペティション、規制緩和と大きく変化する中、品質面においてはより有効で透明性が高く、コストパフォーマンスのある品質システムが求められている。

このような背景の下、

- (1) 顧客の要求する品質を達成するためのシンプルで有効な品質システムの構築
- (2) より良い品質システムの構築による利益の創出

を目的にISO9000シリーズに基づく品質システムの構築活動を行い、1996年10月までに全事業分野にわたって認証取得に成功した。この活動を通じ、従来の品質システムをISOの要求事項に基づいて再構築するとともに、品質計画、妥当性評価、構成管理、品質システムのPDCAサイクル化と統計的手法の導入など、新しい概念を導入して品質システムの高度化に成功した。

この結果、審査機関(Lloyd's Register Quality Assurance: LRQA社)から大規模情報制御システム(ソフトウェア(S/W)も含めて)の製造事業所として世界のトップレベルにあるとの評価を得るとともに、大幅な品質改善の成果を上げることができた。

**ISO 9001 認定証**  
LRQA Approval  
Certificate No.941497

ISO9001 認定証  
LRQA Approval  
Certificate No : 941497

## 1. ま え が き

当所は、社会の基盤となる電力、工業、公共プラント等において、

- プラント計画を始めとするプラント取りまとめ機能
- その中核となる情報制御システムの設計・製作

というシステムインテグレータの役割を担っており、その業務内容は複雑多岐にわたっている。

一方、我々を取り巻く市場環境は、メガコンペティション、規制緩和と大きく変化する中、品質面においてはより有効で透明性の高い、コストパフォーマンスのある品質システムが求められている。

このような背景の下、当所は1993年からISO9000シリーズに基づく品質システム構築活動に取り組み、'96年10月までに全事業分野にわたって認証取得に成功した。S/Wを含む大規模情報制御システムにおける品質システム構築事例として紹介する。

## 2. ISO9000シリーズに基づく 品質システム構築活動の目的

品質システム構築に際しての活動の目的、品質モデルは次のとおりである。

### (1) 活動の目的

- (a) 顧客の要求する品質を達成するためのシンプルで有効な品質システムの構築
- (b) より良い品質システムの構築による利益の創出  
品質モデルとしては下記を採用した。

ISO9001 : 設計、開発、製造、据付け及び付帯サービスにおける品質保証モデル

ISO9000-3 : ISO9001のS/Wの開発、供給、保守への適用のための指針

### (2) S/W開発のライフサイクルモデル

ISOでは特定のライフサイクルモデルの採用を規定していないが、ウォーターフォールモデルを基本とし、一部プロトタイプモデルを組み込んだ。

## 3. 当所システムビジネスの特徴と 品質面での課題

各種産業分野における特定顧客向けの大規模個産ビジネスの特徴は、

(1) 他のプラントメーカ(土木・建築・機械メーカ、又は他の計装・電機メーカ)とのコンクリートな共同事業であり、相互のインタフェースが多く、かつプラント建設過程で仕様変更が多発する。

(2) プラント建設という特殊性から、ユーザとメーカ間で長年にわたって培ったプラントノウハウという無形の共同財産を前提としており、すべての仕様が顧客からドキュメ

ントベースで提示されることはほとんどない。

真に顧客の要求する仕様をシステムに盛り込むのはメーカ側の責任であり、正にその仕様決定能力が他社差別化、市場競争力の源泉となっている。

であり、品質面では図1に示すように、

- 品質計画の明確化
- 設計検証と妥当性確認
- 構成管理(特にS/W)の徹底
- 品質システムのPDCAサイクル化と統計的手法の導入

が特に重要な課題である。

以下に、ISO9000シリーズの要求事項に基づき、これら品質面での課題をどのように当所ビジネスに展開したかを紹介する。

## 4. 品質計画

プロジェクト開始に当たり“品質要求事項をどのように満たすか”を品質計画書として策定する。品質計画書は、

### (1) QC工程図(図2)

プロジェクト(個別オーダ)に依存しない品質計画書として標準的な生産フロー、及びこれに伴うすべての品質管理活動とその詳細(規程、基準、品質記録等)を規定したものである。

### (2) 個別品質計画(図3)

①プロジェクトの特性(例えば新製品適用工事、部分適用工事、リピート工事等)に基づき、QC工程図で規定した品質管理活動のうちどの項目を適用するか。②機能、性能などプロジェクトで要求される特筆すべき要求品質を定義し、計画、設計、検証の各段階で織り込むべき又は検証すべき品質アイテムを規定したものの2種類とし、プロジェクトに携わる全員に品質計画を明確にした。

## 5. 設計審査と妥当性確認

### 5.1 設計一般

設計の各フェーズ(システム設計、S/W設計、ハードウェア(H/W)詳細設計等)の基本形を図4に示す。

アウトプット(次フェーズへの引渡し、出図、仕様連絡、発注等)に先立って設計審査を行うが、社内における設計

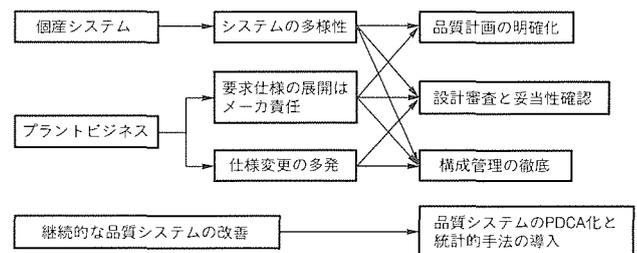


図1. 当所システムビジネスの特徴と品質面での課題

審査と社外における設計審査，すなわち承認申請と承認返却の2段階で実施する。

5.2 要求品質の定義と設計審査

システム基本設計で一番困難なのは，要求品質の定義(インプット)である。

契約仕様で決定した項目以外に，

- 準拠規格類
- 先行納入プラント(流用の場合)
- メーカーとして配慮すべき事項(例えば，RAS(Reliability, Availability, Serviceability)，異常処理，システム裕度等)

など，どれに基づいてシステム基本設計を行ったかを明確

にするとともに，設計審査においては，

- 開発要素を含む場合は開発計画及び開発目標(性能，機能)の確認
- 初品要素を含む場合は初品管理計画の確認
- メーカーとして配慮すべき事項の確認
- 過去の不具合事例の反映の確認

が重要となる。

5.3 妥当性確認

従来の設計検証(Design Verification)に加え，妥当性の確認(Design Validation)がISO1994年度版から追加された。

当所においては，システム総合試験を妥当性確認行為と位置付け，契約書で定義された要求事項以外にも“システムの使われ方”“RAS”“異常処理”“システム裕度”等をシステム基本計画に織り込むとともに，システム総合試験でその達成度を確認する。

6. 構成管理

6.1 構成管理の位置付け

ISO9000-3対応で，下記の背景から構成管理は最重要項目と位置付けている。

(1) 背景

S/W開発の特徴の一つは“いとも簡単に変更を加えることが可能であり，したがって開発中の変更回数も多く，これがS/W開発を難しいものにする。”であり，開発の過程で作成され

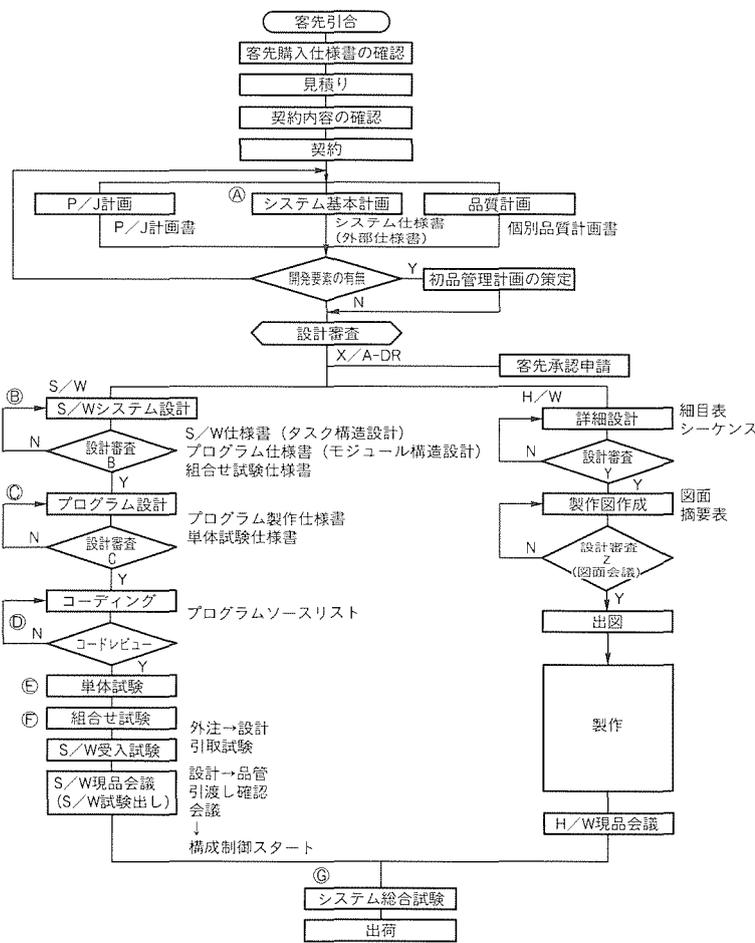


図2. QC工程図(概略)

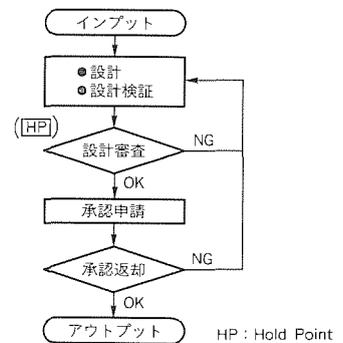


図4. 設計フェーズの基本形

	要求品質の実現方法							
	計画段階	判定	設計段階	判定	製造段階	判定	検証段階	判定
● 異常処理							特に必要な検証設備も定義すること	
● 性能								
● 冗長設計								

図3. 個別品質計画書

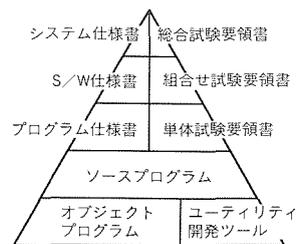


図5. ソフトウェアアイテムの構成

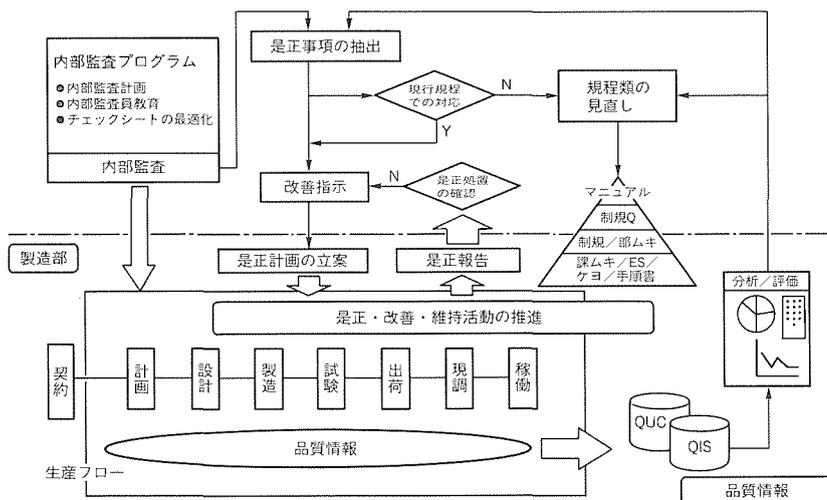


図6. 品質システムの維持, 改善活動概要

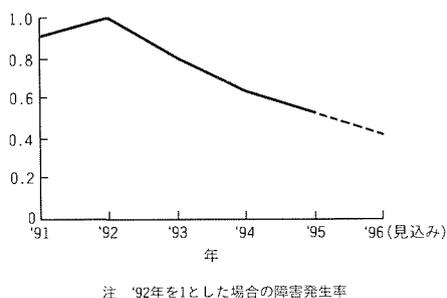


図7. ソフトウェア品質指標に見る改善効果

るS/Wアイテムの変更を体系的に管理し、常に正確に最新版を把握して混乱が生じないようにすること、すなわち構成状態を維持、管理することが重要である。

(2) S/Wアイテム

S/W開発の中間段階、又は最終段階で作成されるS/W製品を構成するもの(システム仕様書、S/W仕様書、プログラム仕様書、各種試験仕様書、テストプログラム、ユーティリティ、ソースプログラム、オブジェクトプログラム)である。

6.2 構成管理活動の内容

- (1) 構成の識別とトレーサビリティ
- (2) 変更管理
- (3) ベースラインの設定

の三つの活動から成り立つ。

6.3 構成の識別とトレーサビリティ

図5のようにS/Wアイテムの構成を定義し、それぞれのS/Wアイテム間のトレーサビリティをとる。

例えば、

- ソースプログラム副番[C]は、
- プログラム仕様書副番[E]に基づき作成され、
- 単体試験要領書副番[F]で試験する。

などすべてのS/Wアイテムがユニークに関連付けられていること(トレーサビリティがとれていること)。

6.4 変更管理

S/Wアイテムの一部に変更が発生した場合、それに関連するすべてのS/Wアイテムを適正に変更する(構成を維持する)。

例えば、あるモジュールプログラムを変更した場合、これに同期して関連するすべてのモジュールとプログラム仕様書類が変更され、改訂されることである。

6.5 ベースラインの設定

S/Wアイテムが構成管理の制御の下に入る段階をベースラインと呼び、これ以降の構成管理を行う(ベースラインは原則として設計から品管への引渡し時点である)。

7. 品質システムのPDCAサイクル化と統計的手法

品質システムを生産技術の変化、要求品質のレベルの変化に対応して常に最適化するため、PDCAサイクル化が必須(須)である。

当所では、図6に示す品質情報管理システム(QIS, QUC)を導入し、品質システムの維持、改善、最適化を実現している。

8. むすび

三菱電機機制御製作所の品質システムは、認証機関(LR QA社)から“H/Wのみならず、S/Wも含めてこれだけの品質システムを持ち、間違いなく世界のトップレベルにある。”との高い評価を得た。また、図7に示すように、システム総合試験における障害発生率も'92年度比で50%近く低減に成功した。

システム、とりわけS/W生産技術の進ちょく(捗)は目覚ましく、また評価技術もCMM(Capability Maturity Model for Software: ソフトウェア開発プロセス成熟度モデル)など新たな試みが進んでいる。世界に先駆け、システム、S/W, H/Wの全領域で生産性を飛躍的に高めるとともに、これを裏付ける品質システムの革新を行い、今後とも最高の品質を確保しつつける決意である。

参考文献

- (1) 久米 均 編: 品質保証の国際規格第2版, 日本規格協会 (1995)
- (2) 飯塚悦功 編: ソフトウェアの品質保証, 日本規格協会 (1995)



## 1. ま え が き

業務アプリケーションシステムは、企業の日々の業務活動を支援する基幹系システムと、経営者の意思決定を支援する情報系システムに分けられる。

近年、ダウンサイジングとオープン化の進展により、C/Sシステムが急速に普及している。その利用方法はまだ非定型業務を対象とした情報系システムが多いが、今後、基幹系システムの導入が進むと予想される。

本稿では、基幹系業務を対象にしたC/Sシステムの構築で品質確保のために実施した施策を紹介する。

## 2. システムの概要

### 2.1 客先概要

このシステムの導入先である㈱キリンビジネスシステムは、キリンビールの特約店と一般酒販店を対象にシステム機器の販売とサポートを主要業務とし、東京の本社、全国の支店、OAセンターによって営業を展開している。

三菱電機㈱(以下“当社”という。)はオフィスサーバやパソコンなどのハードウェアと特約店及び酒販店向けの販売管理システム等のソフトウェアの供給を行っており、特約店450社、酒販店4,000店への納入実績がある。

### 2.2 システムの構成

各事業所単位のLAN(Local Area Network)は、ISDN(Integrated Services Digital Network)によって接続されたWAN(Wide Area Network)になっている(図1)。

各ミドルウェアは最新版を積極的に取り入れた(図2)。主要アプリケーションはACCESSで開発し、本店-支店間のデータ交換処理は信頼性確保のために Visual Basic (VB)4.0を適用した。アプリケーションは経理との連携に特長があり、取引データには勘定科目コードが付加され、仕訳によって決算書等の経理帳表の出力が可能である。

## 3. 品質確保のための施策

### 3.1 実施施策の概要

品質保証のため次の3項目の施策を実施した。

#### (1) DOAによってライフサイクルの長いデータベース

(DB)の構築

- (2) プロトタイピングによるシステム実現性の評価の実施
- (3) 量産化フェーズでの品質管理とスパイラルアプローチの実施

次節以降ではその具体例を紹介する。

### 3.2 DOAによるデータベース設計

#### (1) DOA

情報システムは、システムで管理されるデータとシステムで実行されるプロセスを手段である技術によって実現し、人や組織が利用するものと定義することができる。

DOAは“データ”が人・物・金と並ぶ企業の重要な経営資源であるという認識の下で、情報システムの構成要素である“データ”を重視してシステム構築する方法論である。“データ”が決まると“プロセス”が決まると言うのがDOAの基本的な考え方である。

従来のシステム開発は“プロセス”に着目して分析・設計を行うプロセス中心アプローチと言え、人が行う作業プロセスをプログラムに置き換えることによってシステムを構築してきた。この方法では、データを処理の付属物とみなしているため、どうしても同じデータを個別に持ってしまっていた。このため、機能が変更されると、扱うデータも変更され、後続のプログラムもこれに伴う修正を行うことになり、システムを複雑化させて保守作業を増大させる原因となっていた。

DOAは、帳表などで使われているデータ項目の中からエンティティを抽出することにより、処理の変化に影響されることの少ないシステムを構築することを目指した設計技術である。

#### (2) DOAの実際

サーバ		クライアント	
Oracle Objects for OLE (0040)	ODBC	Oracle Objects for OLE (0040)	ODBC
Oracle 7 Workgroup Server 7.2		Visual Basic Ver. 4.0	ACCESS Ver. 7
Windows NT 3.51		Windows 95	

図2. ミドルウェア構成

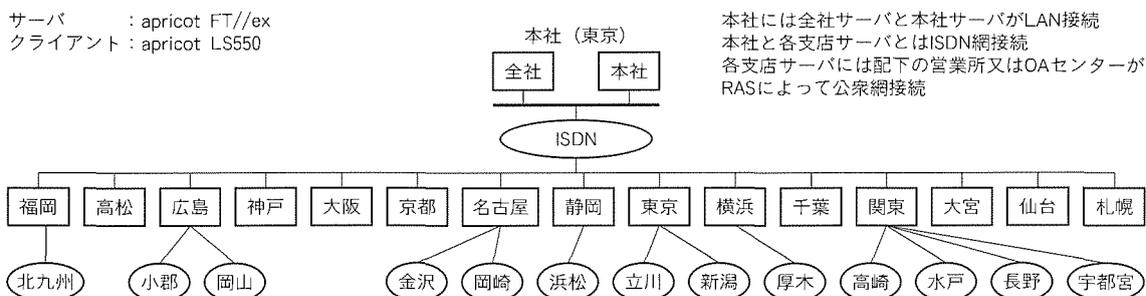


図1. ネットワーク構成

当社にはシステム生産標準であるSPRINGAMでDOAによる分析手法がまとめられているが、今回は客先からの指定によって(株)データ総研(DRI)のDOA手法に基づいて分析設計を行った。

DRI社のDOAの特長は、エンティティタイプを、共通のインフラである人・部署・顧客などの“リソース”，個別業務である受注・出荷・請求・入金などの“イベント”，情報系である支店別、品別、年月別などの“サマリ”の3種類の基本データ型でとらえることにある。データモデルを表記する図法はER図(Entity Relationship Diagram)が一般的であるが、TH(つばき(椿)-穂だか(鷹))図という図法によって表記する(図3)。

(3) 概念DBの設計

概念DBの設計は、1996年2月から1か月間で、以下の手順によって実施した。設計は、専用のCASEツールは使用せずに、EXCELを利用して作業効率の向上を図った。

(a) データ項目の収集

現状の業務で使用している帳表サンプルを基に、データ項目を抽出する。収集したデータ項目は20業務処理、110帳表で、単純抽出した項目数は約1,800項目であった。

(b) データ項目名の統一

項目名の統一は、EXCELで収集した項目名をソートし、SPRINGAMのDOAのデータ項目命名ガイドを参考に“修飾語+主体語+値の分類語”となるように標準項目名を命名する。

(c) 帳表単位でTH図の作成

再び帳表単位にソートし直して、DRI社の3種類のエンティティタイプへの正規化を実施する。

(d) エンティティの統合

個別の帳表単位に作成されたエンティティを同一エンティティで統合する。同一項目の排除と不足項目の追加を主体に、標準項目名への統一を加えながら統合する。

統合後のエンティティ数は、イベント60、サマリ60、リソース120であった。

(5) DB設計の評価

DOAによるDB設計の成果は、量産化以後のフェーズで

のテーブルの変更がわずか数項目にとどまったことであり、今後、業務そのものの改革やプラットフォームが変更になったとしても、それらの影響を受けずにライフサイクルの長いDBとして客先で安定して活用されていくことが期待できる。

3.3 プロトタイプによるシステム実現性の評価

(1) プロトタイプの目的

プロトタイプは、実際に構築しようとするシステム中の一部の機能を作成し、ユーザに使用してもらい、その評価を基に、より使いやすいシステムを作成することを目的とするシステムである。

特にC/Sシステムのプロトタイプでは、画面の操作性がユーザの評価のポイントとなる。このため、画面レイアウトや画面遷移などのGUI(Graphical User Interface)設計が重点になる。

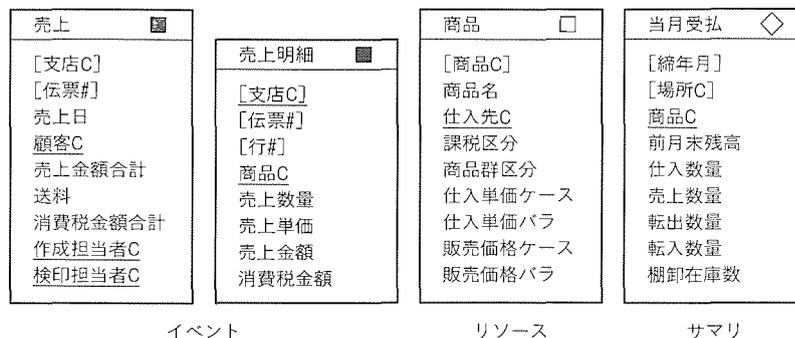
プロトタイプは発注業務を対象に作成した。発注業務は仕入先に商品を注文する販売管理の中の最初の業務であり、発注入力、発注書の発行、発注データの本社サーバへの更新、マスタメンテナンスなど一通りの処理パターンが網羅されていることが理由である。

開発は、実用システムで実現する機能の約1割の12機能を、'96年4月から約1.5か月で作成した。

(2) 開発ツールの選定

プロトタイプはGUI仕様の確定が中心となるため、画面作成がノンプログラミングで可能な開発ツールの利用が必ず(須)となる。実用システムでは、入力や帳表出力などの主要な処理にACCESSを適用した。

ACCESSはVBに比べて画面の応答性能も若干遅く、部品登録機能や継承機能に課題を残すが、当時、既に32ビット対応がなされ、VBA(Visual Basic for Application)によって詳細な処理の記述が可能であった。また、フォームのコントロールとDBのテーブル項目とがリンクしているためデータ転送の記述が省略でき、これまでの経験からVBに比べて20%程度生産性が高い。さらに、EUC(End User Computing)のフロントエンドツールとして修得が容易で、客先自身で保守が可能なことが選定理由となった。



イベント

リソース

サマリ

図3. TH図

(3) プロトタイピングの客先評価

システムは客先開発責任者のレビューだけでなく、エンドユーザの評価を得るため、客先の社長や支店長の経営者と業務に精通している支店の業務担当者の参加を得てデモンストレーションを実施した。

その結果、画面の応答性に関しては客先の現行システムに比べて速いという評価が得られ、実用システムへの期待が寄せられたが、入力での検索画面の検索キー項目の追加など機能追加の要望も出され、潜在ニーズを掘り起こすことができ有効であった。

(4) プロトタイピングの成果

プロトタイプによって次の成果が得られた。

- (a) 客先との間で画面の認識のずれをなくすことができ、客先の満足度の高い操作性を実現することができた。
- (b) 客先が実際の画面を見ながら画面を検討するので、客先評価でも述べた、システム設計段階では挙げられなかった項目の追加や、操作性の向上などの新たなアイデアが出され、客先の満足度が向上し、アプリケーションの品質が向上した。
- (c) ウォータフォールによる開発モデルでは、客先はソフトウェア設計の後、総合試験工程まで画面の動作を確認することができない。プロトタイピングでは、設計段階からモジュールレベルで画面の評価を実際に動作させて行うため、システム完成後の画面デザインの修正や作り直しが発生しなかった。

3.4 量産化フェーズでの品質確保

(1) 品質目標

このシステムの生産量は約80Kステップで、その90%がACCESSのVBAである。プログラム本数は全体で約700本、そのうち95%が業務帳表を作成するクエリーやマクロであった。

プログラム試験とソフトウェア試験での検出誤り率は、キロステップ当たり約15件を目標として試験を実施した。

(2) 量産化工程でのスパイラル型開発

実用システムを作成する量産化工程では、プロトタイプで作成した画面・帳表レイアウトに、入力内容のチェック、データの処理、サーバとの接続、エラー処理の組込みなどのロジックの追加を繰り返し、システムを実現する。

この開発では、プロトタイプを用いたスパイラル型方式により、実験支店での運用試験工程までプロトタイプの提

供を平均3～4回実施した。

(3) 入力プログラムの障害分析と評価

ここでは、入力プログラムを対象に、単体試験から運用試験までに発生した障害約450項目の原因分析を紹介する。

- (a) 画面の項目編集の不正や変更要望……………45%
- (b) 項目チェックの漏れや変更要望……………25%
- (c) フォーカスの不正や機能追加要望……………17%
- (d) テーブル更新の不正……………12%
- (e) 性能やDBの環境設定……………1%

これを分析すると、(a)の画面の項目編集と(c)のキー操作などユーザインタフェースの障害や改善要望が6割を占めているが、いずれも軽度の障害と要望が大半で、プロトタイピングの採用によって要望も数多く取り入れ、それだけ客先の満足度も高く、アプリケーションの品質も向上した。

また、プロトタイピングを実施したことにより、画面レイアウトの再検討に至るようなことは全く発生しなかった。さらに、DOAの適用により、DBのテーブル項目の追加は数項目にとどまり、システムの品質確保に大いに効果があった。

4. む す び

このシステムはWindows NTによる基幹系定型業務で高い品質を要求されるクライアント/サーバ(C/S)システムであったが、データ中心アプローチ(DOA)やプロトタイピング手法の適用によって高品質で顧客の満足度の高いシステムを構築することができた。

今後は更に管理手法の精度を向上するとともに、蓄積したノウハウを基に次のビジネスに生かしていく所存である。

参 考 文 献

- (1) SPRINGAMデータ中心アプローチによる分析・設計ガイド、三菱電機(株)情報システム製作所
- (2) (株)オービス総研著/電子開発学園編：データ中心システム開発、電子開発学園出版局
- (3) 椿 正明：データ中心システム入門、オーム社
- (4) 藤沼彰久、角田 勝、斎藤直樹、西本 進、沼田 薫：C/Sシステム構築入門、日経BP出版センター
- (5) 林 衛：DOAとRADのためのシステム分析・設計技法、ソフトウェア・リサーチセンター

# 大規模開発システムにおける 設計(製品)品質の向上

渡辺 孝\*

## 要旨

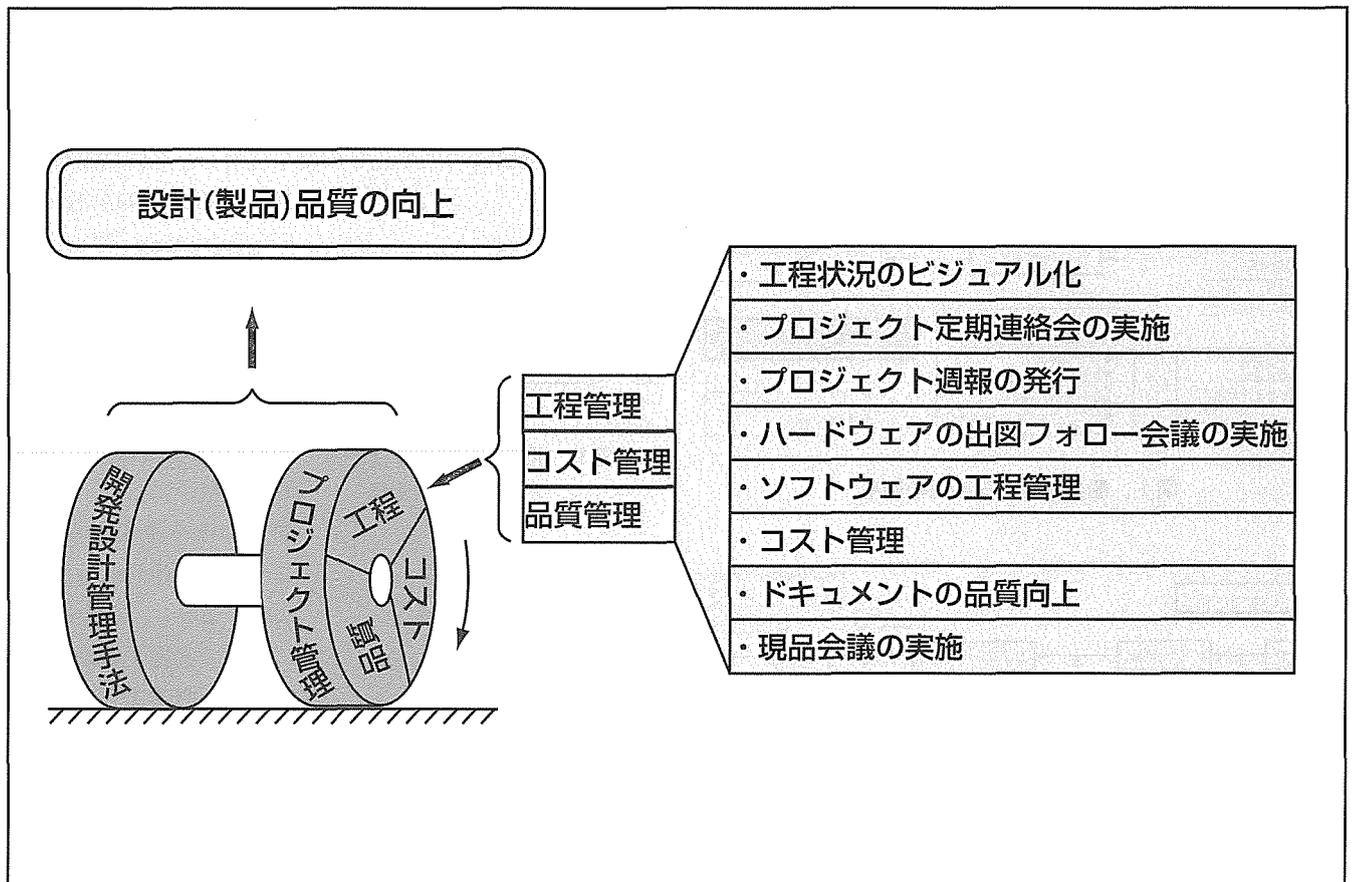
大規模・複雑化したシステムの開発に対し、開発期間の短縮や効率化とともに更なる設計(製品)品質の向上が要求されており、何らかの管理基準が必要になってきた。そのため、三菱電機は独自の開発設計管理手法を設定し、運用してきた。

開発設計管理手法は、米国防省の技術管理規定を参考にして作られたものであり、その主旨は“大規模システムの開発ステップを確立し、所定の開発目標を達成することにある。”であり、そのプロジェクトの特性を考慮して、創意工夫して適用することが肝要である。また、この開発設計管理手法を円滑に推進するためのプロジェクト管理は、計画のビジュアル化と粘り強いフォローの実行を基本とし、工程・コスト・品質をコーディネートしてバランスのよいシステム開発を行うためにある。

今回、艦載用レーダシステムに開発設計管理手法を適用し、プロジェクト管理責任者が行うプロジェクトの重点管理要素である工程・コスト・品質管理のうち、主として工程管理の面から設計(製品)品質の向上を追求した。特に上流工程であるシステム構想や設計の工程をよく管理し、初号機の所要試験期間を確保することにより、設計(製品)品質の向上を実現することができた。

さらに、製品品質の向上とともに取扱説明書等のドキュメントの品質向上をもねらい、①作成・管理設備の充実、②専門家を講師とした原稿執筆者への事前教育、③実機を用いた記述内容の確認等を行った。

なお、開発設計管理手法とは当社独自の管理規定であり、主として大規模開発システムに適用している。



## 大規模開発システムにおけるプロジェクト管理による品質作り込み

艦載用レーダシステムのような大規模開発システムに対して開発設計管理手法を適用するとともに、組織的プロジェクト管理を創意工夫することにより、設計(製品)品質の向上を可能にした。

1. ま え が き

一昔前まで、一人の天才の力によって科学の進歩がなされ、また一人の優れたエンジニアの手によって機器の開発が行われたが、今日では夢物語である。現在では、優れた開発設計チーム(プロジェクト)が組織的開発設計活動を行っているのみ、新たな技術のブレークスルーが行われ、また大規模システムの実現が可能となる時代である。

社会が要求するシステムの機能・性能がますます複雑化・高度化するに従い、それらを実現するための開発設計活動も大型化・多様化してきている。このような変化の中で、システムの高品質化・高信頼化がこれまでも増して要求されている。また、これらの開発設計での初期段階から、プロジェクト管理の持つ意味が更に重要性を増してきている。

このような背景の中で、筆者らは艦載用レーダシステムなどの大規模・複雑化したシステムの開発において組織的プロジェクト管理による設計(製品)品質の向上に取り組んでいる。

本稿では、大規模開発システムに開発設計管理手法を用いて、プロジェクト管理専任者が管理するプロジェクトの重点管理要素である工程・コスト・品質の中で、主として工程管理の面から設計(製品)品質の向上を追求した例について述べる。

2. 大規模開発システムの特徴

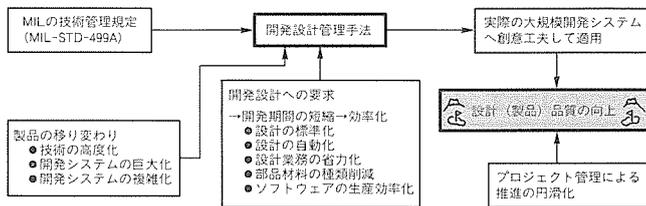


図1. 開発設計管理手法の適用

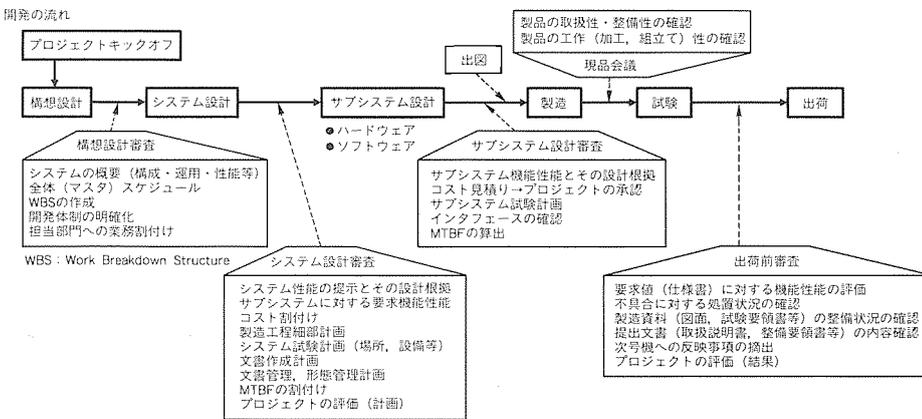


図2. システム開発の流れと各種審査の関係

筆者らが担当している大規模開発システムの特徴は、以下のとおりである。

- 契約から納入まで比較的長期間(4~5年)
- 客先の審査・承認を受けながら設計・試験を実施
- 平均1式/年程度の割合で製造(大規模少量生産)
- 取扱説明書等の膨大な提出ドキュメントの作成

3. 大規模開発システムの問題点

システムが大規模になるほど、多数の部門、大人数がかかるため、必然的に調整のための時間がかかる。一般的に、最上流工程であるシステム構想や設計に多くの時間を費やしてしまい、製造・試験に要する期間が圧迫され、ひいては製品の品質を低下する原因となることがある。

また、プロジェクトを推進する上での身近な問題として、次のようなものがある。

- 作業の出戻りが多い
- 作業の内容やドキュメントの内容が不統一
- 関連部門、メンバの作業分担と役割が不明確

これらは、いずれも“作業をどのように進めるか”の基本に関するものであり、設計工程を確保し、設計品質を維持する、すなわちプロジェクトを円滑に進めるためのプロジェクト管理が重要である。

4. 開発設計管理手法とプロジェクト管理

開発設計管理手法は、図1に示すように、製品の移り変わり、開発設計の効率化等の要求に対し、米国防省規定の

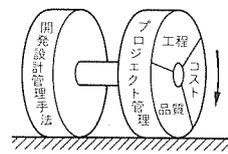


図3. 開発設計管理手法とプロジェクト管理

MIL-STD-499A(System Engineering Management 1969)の技術管理規定を参考にした当社独自の管理手法である。その主旨は、“開発設計ステップを確立し、出戻り作業や設計変更を最小にして、所定の開発目標を達成する”ことにある。具体的には、図2に示すように、各設計段階において実施する設計審査の項目を明確にして、後戻りや抜けの生じないように設計を進めることである。

開発設計管理手法は、大規模開発システムの生産における作業項目・作業手順・成果物を定めているが、それだけではプロジェクトを成功させることはできな

い。したがって、プロジェクトを成功させるためには、適切な計画、状況把握、問題解決によってシステムの円滑な推進を図るプロジェクト管理が必要となる。プロジェクト管理を有効に行うには、その対象である開発設計管理手法における作業内容と手順、及び成果物が明確になっていなければならない。すなわち、図3に示すように、開発設計管理手法とプロジェクト管理は車の両輪であり、両方がそろって始めてプロジェクトを成功に導けるものである。

表1. 初号機での試験

●耐環境性試験
●関連装置との接続試験
●限界性能の確認試験 (仕様値に対する性能余裕の確認)
●実運用を想定した操作性・信頼性・整備性の確認
●バリテーション (ドキュメント記述内容と実機との整合性確認)
●設計データ取得試験 (設計計算値と実測値の比較)

### 5. プロジェクト管理による設計品質の作り込み

製品の品質向上は工程・コストとあいまって存在するものであり、システムをバランスよく作り上げるには、プロジェクトのスタート時点から納期・コスト・開発アイテムなどの目標を掲げ、各メンバに周知徹底することが必要である。このプロジェクトでは、構想設計段階で、プロジェクトの3要素である工程・コスト・品質に対し、工程管理を主とした具体的目標や達成手段についてビジュアル化し、適宜改訂しながらメンバに示した。

また、プロジェクト内部にプロジェクト管理専任者を設置することにより、工程・コスト・品質について関連部門に対して責任及び担当範囲を明確化して、計画の立案やフォローを実施した。すなわち、プロジェクト内の管理専任者主導により、各担当部門が実務を行った。

製品の品質向上をねらうには、試験期間特にシステム試験期間を十分に確保することが必要であり、そのためには、

表2. プロジェクト管理による設計(製品)品質の作り込み手段

項目	目的	手法	効果
工程状況のビジュアル化	特に上流工程を担当する設計に関係する工程状況を関係者に一目で知らしめる	全体状況、客先関係イベント、設計審査関係、出図状況、ソフトウェアなどの工程表を当該プロジェクトの会議室に張り出し、完了部分をカラーペンで塗りつぶした	だれもが現状の進捗状況を確認できるようになり、工程キープに対する責任意識が高揚した
プロジェクト定期連絡会の実施	関連部門が一体となり、現状を把握するとともに、意識合わせをする	会議は、工場内キックオフの段階から、週1回1時間以内を原則とし、各部門(プロジェクト、各設計、品管部門)を中心に、必要に応じて営業、資材、工作、工程管理)のキーマンを召集し、出荷まで継続した(図4)	会議開催は150回を超え、プロジェクト関連部門との信頼関係が増し、早期の課題解決が可能となった
プロジェクト週報の発行	プロジェクト定期連絡会参加者以外の関連部門、関係者に状況を知らせる	前週までの客先状況、工場内の作業進捗(捗)状況や問題点、今週の予定等を本社、研究所を含めた社内関連部門(後工程やスタッフ部門など)に定期的に配布した	広く関係者にプロジェクトの進行状況を知らしめ、前向きな協力を受けることができた
ハードウェアの出図フォロー会議の実施	ハードウェアの出図日程をキープする	フォロー会議を毎週連続で20回開催し、席上、各設計部門の責任者が、出図状況を報告するとともに、会議室に張り出された出図状況表に出図完了した細目をカラーペンで塗りつぶした(図5)。また、全体に対し、どれだけ完了したのかをプレートに記載(図6)し、会議室に掲示した	出図状況のビジュアル化及び出図担当部門責任者の工程キープ意識高揚により、遅延を最小限に食い止めることができた
ソフトウェアの工程管理	工程遅延を早期に顕在化させる	製造日程のほかに各プログラムのステップ数、言語、及び各種イベント(設計審査や成果物など)の時期を担当部門が申告した。これらを表にまとめ、会議室に掲示し、進捗状況をカラーペンで塗りつぶして、定期的にフォローした	設計審査や成果物によって進捗状況を確認したため、工程遅延を早期に発見でき、早めの対策を講じることができた
コスト管理	目標原価で製品を作り上げる	システム設計審査で、プロジェクト側が、原価割付けによってサブシステム目標原価を提示する。サブシステム設計審査で、各設計部門側から提出されたサブシステムコストの算出結果をチェックする。目標原価を達成できない場合は、VA活動等を行い再審査を受ける	各設計部門のコスト意識高揚により、設計初期の段階からコストを考慮した設計をすることができた
ドキュメントの品質向上	分かりやすく、品質の良いドキュメントを作る (数十人の原稿執筆者が1万枚のドキュメントを作成)	●ドキュメント作成・管理設備の充実 ●原稿執筆者への事前教育(取扱説明書作成の専門家を講師とした) ●バリテーションの実施(試験計画の中にその作業を組み込み、主に原稿執筆者が製品を用いて確認した)	正確で分かりやすい大量のドキュメントを効率良く作成することができた
現品会議の実施	図面上では分かりにくい製品の取扱性・整備性・工作性を向上させる	構成レベルの単体試験終了後、製品を目の前にして試験・製造の担当者が改善点をアンケート形式で指摘した。改修の必要性や難易度に応じて分類し、必要なものは改修を行った	ユーザ側の立場に立って、製品をより洗練されたものにした

バリテーション：実機を使用してドキュメントの記述内容と実機との整合性を検証する作業

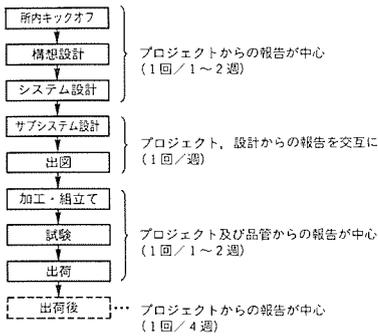


図4. プロジェクト定期連絡会の開催経過

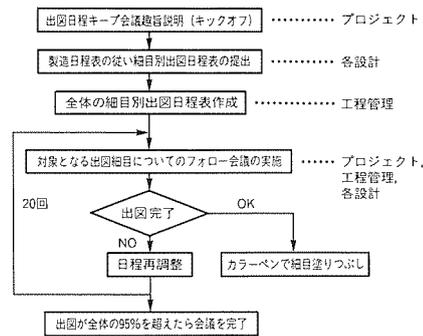


図5. 出図フォロー会議の手順

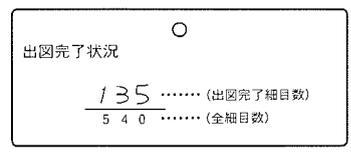


図6. 出図完了状況(例)の表示プレート

表3. プロジェクトの評価の一部

大項目	評価項目		評価尺度	目標/結果	
	中項目	小項目			
プロジェクト推進指標	設計品質検証	1. 品質	1. 図面枚数	1. 接続図, 組立図, 部品図, 諸元表の総図面枚数	—
			2. CAE/CAD適用率	2. CAE適用率, CAD化率	—
			3. 図訂率	3. 接続図, 組立図, 部品図, 諸元表の総図面枚数比率	—
	2. 審査	1. 審査会実施 2. 審査の有効度 3. 指摘反映度	1. 総審査回数 (製造, 試験関連審査会も含む。)	—	
			2. 総指摘件数/総審査回数	—	
			3. 出荷前審査における指摘事項の残件数	—	
	技術管理	1. 重点管理	1. 重点管理委員会	1. 目標達成率 (コスト, 質量, 寸法, (容積), 電力)	—
				1. 共通PCA数 2. 共通ドロワ数	—
		3. 効率化	1. ハードウェア設計効率 2. ソフトウェア設計効率	1. A4換算出図製造図面枚数/設計時間	—
				2. ステップ数/総設計・製造・試験時間	—
4. 規模	1. システム規模	1. 総部品点数	—		
		2. 総プログラムステップ数	—		

まず前工程である設計から加工・組立てに至る工程をキープすることが肝要である。特に初号機におけるシステム試験では、表1に示す初号機特有の試験を実施する必要があり、その期間を初期の段階からスケジュールに組み込んでおくべきである。

筆者が工程管理を中心にプロジェクト管理専任者として設計(製品)品質向上のために活動してきた、プロジェクト管理による具体的な設計(製品)品質作り込み手段を表2に示す。また、数十人の原稿執筆者による1万枚もの取扱説明書等のドキュメントの品質向上は次のように行い、正確で分かりやすいものを作成することができた。

- ドキュメント作成・管理設備の充実
- 専門家による原稿執筆者への事前教育と統一専門用語集の事前配布
- 実機を用いた記述内容の確認
- 変更管理の標準化

6. プロジェクトの評価

プロジェクトの評価項目についての基準になるものは一般的に決まっていない。このプロジェクトでは、始めにそ

のプロジェクトの出来栄についての評価項目(設計品質検証, 技術管理, 工程管理, コスト管理, 品質管理等)を表3のように計画してプロジェクトをスタートした。データを蓄積しながら工事を進め、工事完了後に初期の計画との比較を行った。

7. むすび

以上, 大規模開発システムにおける初号機の品質向上に対し, 開発設計管理手法を適用したプロジェクトを効率的に推進する上でプロジェクト管理が不可欠なことを事例を用いて説明した。

プロジェクト管理は, 計画のビジュアル化と粘り強いフォローの実行を基本とし, そのプロジェクトの特徴(規模, 開発の難易度, リスク等)をとらえ, それに見合ったような創意工夫によって設計(製品)品質の向上を可能にするを考える。

さらに, 今回の“プロジェクトの評価”をデータベース化し, これを今後の大規模開発システムに適用して, より設計(製品)品質を向上させていく所存である。

# 顧客満足(CS)測定による品質向上

石塚幹夫\* 鈴木史郎\*  
 今村浩子\* 辰巳裕子\*\*  
 坂田理彦\*

## 要旨

近年、ユーザの商品選択・評価力は向上しており、多機能化への反省、コストパフォーマンスや本質機能の重視、使いやすい・分かりやすい商品の要求などの多様化が進んでいる。つまり、企業としては、総合的にみて質の高い(顧客満足度が高い)製品の開発が要請されている。

本稿では、ユーザの視点に立って、商品そのものを対象とした顧客満足(Customer Satisfaction:CS)向上活動の取組について紹介する。

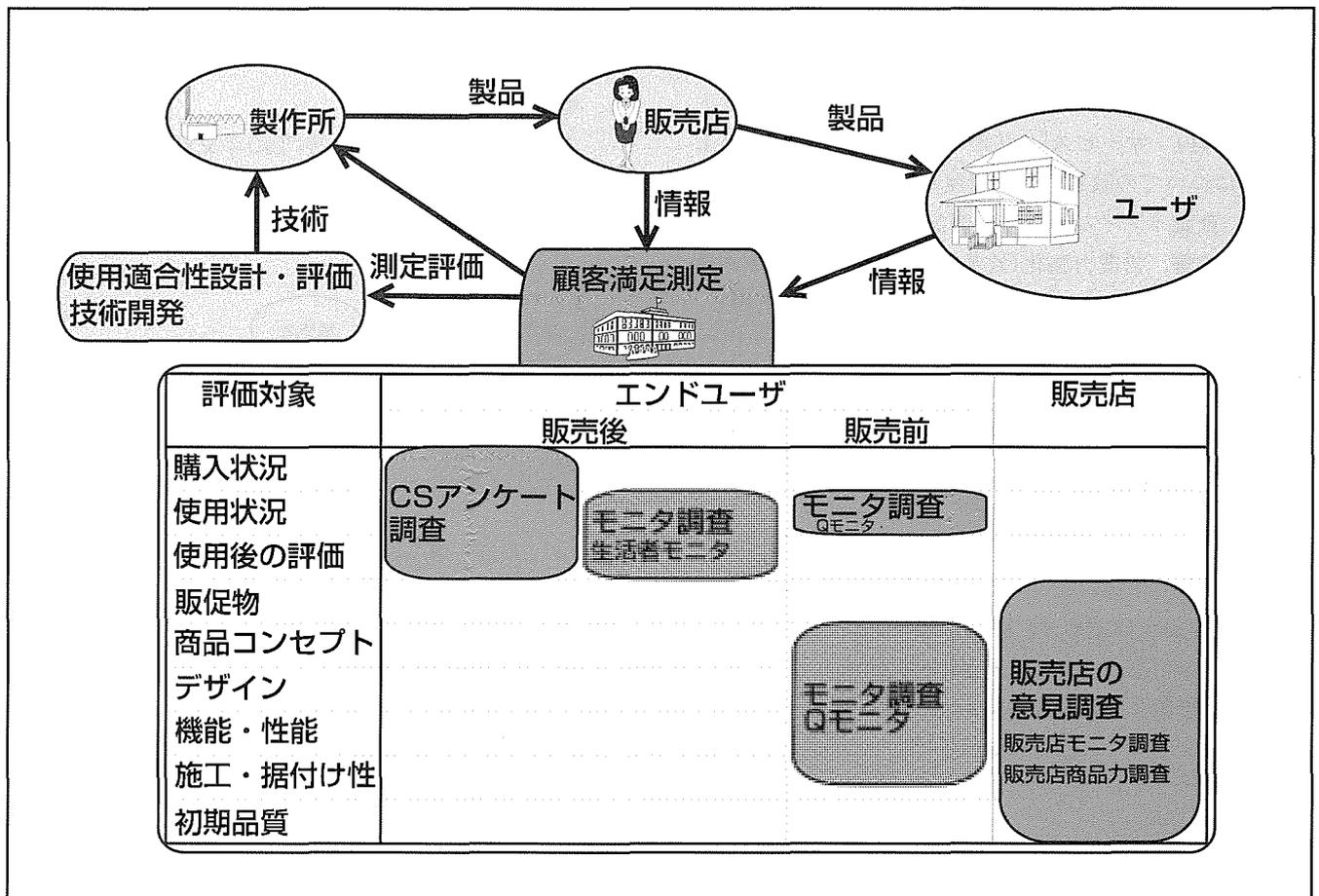
CS向上活動とは、ユーザの不平・不満がなく、期待・要望にこたえられる商品を把握し、製品開発に反映させていく活動である。このような活動には、製品の使用適合性の向上を目指した“設計・評価技術開発”及び市場に出された

製品についての情報を集める“CS測定”の二つのフェーズがある。本稿では、CS測定を中心に述べる。

CSの測定は次の三つの目的で行われる。

- (1) 不平・不満・期待・要望の把握
- (2) 商品クオリティの向上
- (3) 商品評価情報の資産化

測定には幾つかの手法があり、目的によって使い分ける。我々は、CSアンケート調査、モニタ調査(生活者モニタ、Qモニタ)、販売店の意見調査(販売店モニタ調査、販売店商品力調査)の三つの手法を中心として実施しており、CSのための品質向上に貢献している。



## CS向上への取組・顧客満足度測定の手法

CSの向上を図るためには、製品の情報を絶えず拾い上げて、不具合点やそれに関する改善点を製作所に反映させる活動への取組が必要である。顧客満足度の測定には幾つかの手法があり、我々はCSアンケート調査、モニタ調査、販売店の意見調査の三つの手法を中心として実施している。

1. ま え が き

近年、バブル崩壊や環境問題等の影響により、消費構造に変化が現れてきている。消費者(ユーザ)は、多機能で高級なものという感覚から、より使いやすく自分に適したものへと、また、使い捨てるという感覚から、良いものを長く使うロングライフ感覚へと志向が移ってきている。一方、各メーカは製造物責任(PL)法の施行やバリアフリーへの意識高揚などに対応して、企業への社会的責任や姿勢を追求していこうという意識が高まってきている。

これらを背景に、ユーザの商品選択・評価力は向上しており、多機能化への反省、コストパフォーマンスや本質機能の重視、使いやすい・分かりやすい商品の要求などの多様化が進んでいる。つまり、企業としては、総合的にみて質の良い(顧客満足度が高い)製品開発が要請されている。

本稿では、製品を実際に使用するユーザの視点に立って、使用実態など、商品そのものを対象としたCS向上活動の取組について紹介する。

2. CS向上への取組

2.1 CSの考え方

当社のCS経営の考え方を“CSとは市場競争の戦略である”と位置付け、製品の等質化によって良い製品を作れば売れる時代は終わり、競争の土俵が、“商品品質+ソフト(使用適合性)+サービス”に広がったと理解する。この土俵でCSについての激しい企業間競争に打ち勝っていくためには、企業イメージの向上、商品力の強化(商品CS)、商品品質改善、営業力強化(営業CS)、サービスクオリティの向上(サービスCS)、など製販一体となった風土作り、仕組み作りが必要である。

2.2 CS向上の取組

より良い品質は、使用者に与える満足度が、競合製品よりも高い品質であると言われている<sup>(1)</sup>。CS向上活動とは、ユーザの不平・不満がなく、期待・要望にこたえられる商品を把握し、製品開発に反映させていく活動である。メーカが商品を作り市場に提供するだけの一方通行ではCSの向上は望めず、製品に関する情報を絶えず拾い上げて、不具合点やそれに関する改善点を製品開発を担当する製作所にフィードバックしなければならない。

図1に示すように、このような活動には、二つのフェーズがあろう。一つは、使い勝手や操作性についての使用適合性の向上を目指した“設計・評価技術開発”であり、もう一つは、市場に出された製品についての受け入れられ情報を集める“CS測定”である。この二つの活動は相互に連携させることが重要であ

る。つまり、市場の情報を迅速かつ正確に収集し、情報は製作所での製品開発や研究部門での技術開発に取り込み、それらを次の製品に反映する必要がある。前者の活動は、検証試験のための技術開発、操作性改善のための設計・評価技術、及び評価指標などの開発である。特に、操作性の技術については、当社オリジナルの“セミオティックアナリシス”手法を開発し<sup>(2)</sup>、製品開発工程の設計・評価に適用し、操作性向上に貢献している<sup>(3)</sup>。

以下では、後者のCS測定活動を主体に、商品CS測定の詳細を述べることにする。

2.3 商品CS測定手法

メーカはユーザから得られた情報を基に、製品の期待感・満足感について正確に知る必要がある、そのための測定と評価を行っている。その目的は、次のとおりである。

- (1) 不平・不満・期待・要望の把握
- (2) 商品クオリティの向上
- (3) 商品評価情報の資産化(データベース化など)

また、測定(評価)の方法としては<sup>(4)</sup>、

- ①顧客カード(愛用者はがき)収集
- ②アンケート
- ③面接調査
- ④モニタ調査(他社品と比較できる。)
- ⑤グループ討議
- ⑥販売店の意見聴取
- ⑦消費者雑誌、専門誌(専門家)の見解を収集

などがあり、目的によって使い分けする。我々は①、②、③を中心として迅速・安価・正確な手法を構築し、CS測定

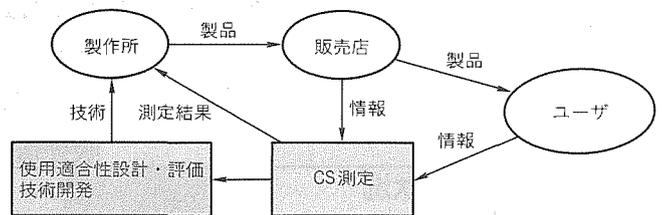


図1. CS向上活動の取組

表1. 商品CS測定手法

評価対象	エンドユーザ		販売店
	販売後	販売前	
購入状況	CS アンケート 調査		
使用状況		モニタ調査	モニタ調査 Qモニタ
使用後の評価		生活者モニタ	
販促物			販売店の 意見調査 販売店モニタ調査 販売店商品力調査
商品コンセプト			
デザイン		モニタ調査 Qモニタ	
機能・性能			
施工・据付け性			
初期品質			

を実施している。現在のところ表1に示す手法を構築して適用しており、その位置付けを同表に表した。次章では、それぞれの手法説明と実施事例について述べる。

### 3. 顧客満足度測定の手法

#### 3.1 CSアンケート調査

CSアンケート調査は、数多くのユーザの意見を体系的に抽出することを目的として、製品を購入されたお客様を対象にアンケート形式で満足度を調査するものである。製品にアンケートを同梱(欄)して回答をもらう場合(同梱式)や、当社の顧客リストから抽出した人に郵送して回答をもらう場合(追跡式)など、目的に応じて実施している。

アンケートの質問内容は、使用者の“プロフィール”“購入状況”“使用状況”“使用後の評価”に分類し、CSを体系的に抽出できるように構成している。例えば、プロフィールを分析することで、単なる回答者の属性だけでなく、製品のユーザーターゲットを把握でき、購入状況からは、メーカーが設定した商品コンセプトがユーザに受け入れられているかなどの確認ができる。また、使用状況は、ユーザのライフスタイルや製品の使用実態を明らかにすることが可能であり、使用後の評価からは、性能・機能・使い勝手に対する満足度と期待度の関係を把握して改善項目を抽出することができる。

#### 3.2 生活者モニタ調査

生活者モニタ調査は、改善点を明確にすること及び他社横並びでの技術レベルを把握することを目的として、製品の実使用評価を行うものである。

この調査は、社外の主婦モニタに自宅で行ってもらう“ホームユーステスト”と、社内のエンジニアが実験室で行う“検証テスト”の2本柱からなる(図2)。

##### (1) ホームユーステスト

ホームユーステストでは、主婦モニタが自社製品と他社製品の2台を自宅で1機種ずつ交互に使用し(各1週間程度)、性能や使い勝手を、使用日記、アンケート、グループインタビューによって評価する。そのため、設計者が予想もしていなかった製品の使われ方や不満点を抽出することができる。

##### (2) 検証テスト

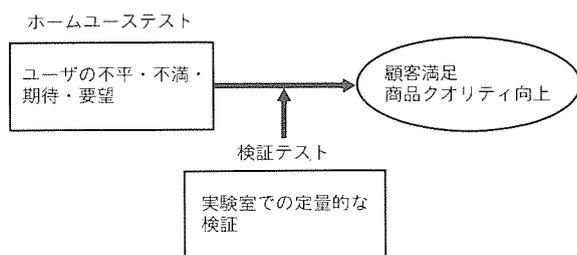


図2. 生活者モニタテスト

検証テストでは、主婦モニタから出された製品に対する定性的な意見を、他社横並びに比較しながら実験室で定量的に検証するものである。つまり、モニタからの不明りょう(瞭)な意見を客観化する作業である。

#### 3.3 Qモニタ調査

Qモニタ調査は、生活者情報収集及び商品開発段階におけるチェックを目的として、当社で保有しているモニタを対象に、使用実態、コンセプト、商品ネーミング、デザイン、機能、カタログ、広告、宣伝等について評価調査を行うものである。このQモニタは首都圏在住の20~50代主婦から抽出している。

#### 3.4 販売店の意見調査

##### (1) 販売店モニタ調査

販売店モニタ調査は、市場導入商品の初期品質、設置性などの問題の早期把握を目的としている。各商品の特徴を考慮して限定したエリアから系列ストア店(10~30店)を選定し、出荷後一定期間の実使用状況を調査するものである。

##### (2) 販売店商品力調査

販売店商品力調査は、商品の訴求力評価及び店頭での他社との比較を目的として、“売りやすさ”を定量的に把握するものである。調査は一般販売店と量販店を対象とする。売りやすさとは、据付け性、設置性、魅力品質(広告・宣伝、カタログ、ポップ、商品コンセプト、デザイン、機能等)の要素からなる総合評価である。

## 4. 事例

ここでは、全自動洗濯機を対象にしたCSアンケート調査と生活者モニタ調査の事例について紹介する。

#### 4.1 CSアンケート調査

図3は性能、機能、使い勝手、デザインの使用満足度の一部をランキング図に表したものである。“非常に満足”を120点、“非常に不満”を-120点と決め、この間を6段階に分けたものを評価の点数とする。この評価方法で指標化することで上位項目、下位項目を明確に把握し、改善点の顕

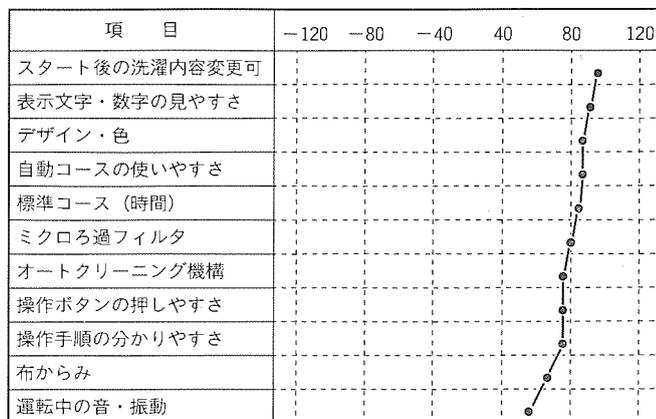


図3. 使用満足度結果(総合ランキング)

表 2. 全自動洗濯機の評価結果例

評価因子	評価項目	(2)		(3)	
		自社品不満度	評価ランク	重視割合	改善重視度
洗 浄 能 力	泥汚れの落ち具合	0.53	○	21.1%	—
	襟・そで(袖)口の汚れ落ち具合	0.60	○		—
	洗濯物への洗剤残りの少なさ	0.27	◎		—
操 作 性	操作手順の分かりやすさ	0.13	◎	13.4%	—
	タイマ設定の分かりやすさ	0.40	○		—
	柔軟剤の入れやすさ	1.13	△		c
デ ザ イ ン	全体的なデザインの良さ	0.27	◎	6.1%	—
	周囲とのマッチング	0.20	◎		—
	設定に必要な面積の小ささ	0.73	▲		c

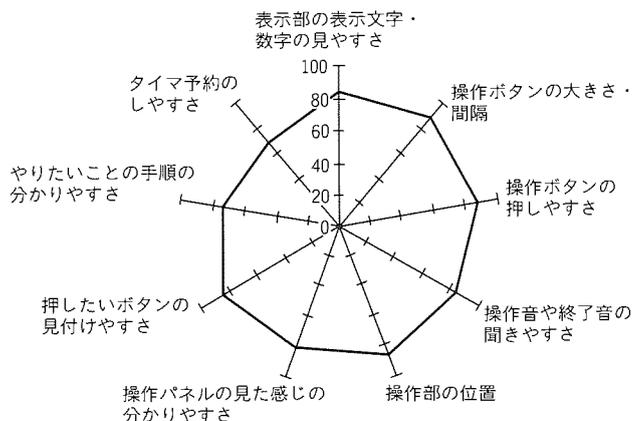


図 4. 使用満足結果例 (手元操作部の使用満足度)

在化を行う。

図 4 は手元操作部の使用満足度をレーダチャート図に表したものである。各項目の満足度をプロットしてあり、項目ごとの満足度の偏りを視覚的に把握することができる。

4.2 生活者モニタ調査

以下の手順によって作成した評価結果の一部を表 2 に示す(ホームユーステストの評価例)。

(1) 評価内容の抽出

まず、性能・操作性・清掃性などの基本的な項目に加え、節水・省エネルギー・大物洗いなど、その機種がねらいとする評価項目を列挙する。次に、性能・操作性・清掃性・安全性・耐久性・経済性などの観点で評価項目から評価因子の抽出を行い、グループ分けする。

(2) 自社品評価ランク付け

評価ランクは、各評価項目に対するモニタの不満度の集計から求める。不満度は“非常に不満”を 3, “現状でよい”を 0 とした 4 段階の評価点で表し、自社品に対するものと他社品などに対するものとに分けて集計される。この不満度から評価ランクを決定する。評価ランクは“問題ない”から“非常に問題”までの 5 段階(◎, ○, □, △, ▲)で表す。

(3) 改善重視度ランク付け

改善重視度は、上記(2)で求めた評価ランクのうち□, △, ▲となった項目と、各評価因子を重回帰分析して求めた重視割合との関係から求めるもので、重要度が高いものから a, b, c の 3 段階で表す。このランク付けによって改善すべき項目を抽出することができる。

5. む す び

本稿で紹介した手法による商品の品質向上の効果は、即時に顕在化するものではなく、また、定量化できない面を含んでいるが、繰り返して行うことの積み重ねや図 1 に示したサイクルに組み込んでのルーチ的な取組により、効果が現れるものと確信する。実際の効果は、社外第三者機関の評価や改善項目を搭載した後続製品などで確かめている。

一方、ユーザの満足度は時代や環境によって変化するものと考えられ、それに対応できる手法改善が必要になってこよう。今後は、変化に対応できる手法を開発し、それによってユーザの真の顧客満足(CS)が得られる品質向上活動を展開していきたい。

参 考 文 献

- (1) 狩野紀昭：連載講座 品質(6) これからの品質、品質管理, 37, No.6 (1986)
- (2) 坂田理彦, 辰巳裕子, 田中基寛, 永田滋之, 酒井新一：認知科学的アプローチによる製品の“わかりやすさ”向上, 三菱電機技報, 70, No.8, 871~875 (1996)
- (3) 山崎正博, 萬谷和彦, 藤江京子, 山上和彦, 石井哲夫：全自動洗濯機MAWシリーズ, 三菱電機技報, 70, No.8, 848~853 (1996)
- (4) 秋庭雅夫：顧客満足の商品革新, 日本能率協会マネジメントセンター (1993)

# 国内外EMC規格と技術動向

## 要旨

各種電気・電子機器及びシステムから発生する不要電磁波の発生抑制と妨害排除能力の向上による電磁的両立性、すなわちEMC(Electro-Magnetic Compatibility)は、これら機器とシステムの性能維持及び品質向上の重要技術の一つである。デジタル化と高速通信が多用される情報化社会の電磁環境を守るためにも大切な技術である。

三菱電機では古くからEMCの評価対策技術に注力し、研究所での技術開発を始め社内委員会や設計・評価要覧の整備を行い、関連機器の設計と品質管理に反映してきている。

本稿では、最近のEMC国内外規格の動向及び社内の取組状況の概要について述べる。

### (1) 国内外EMC規制の動向

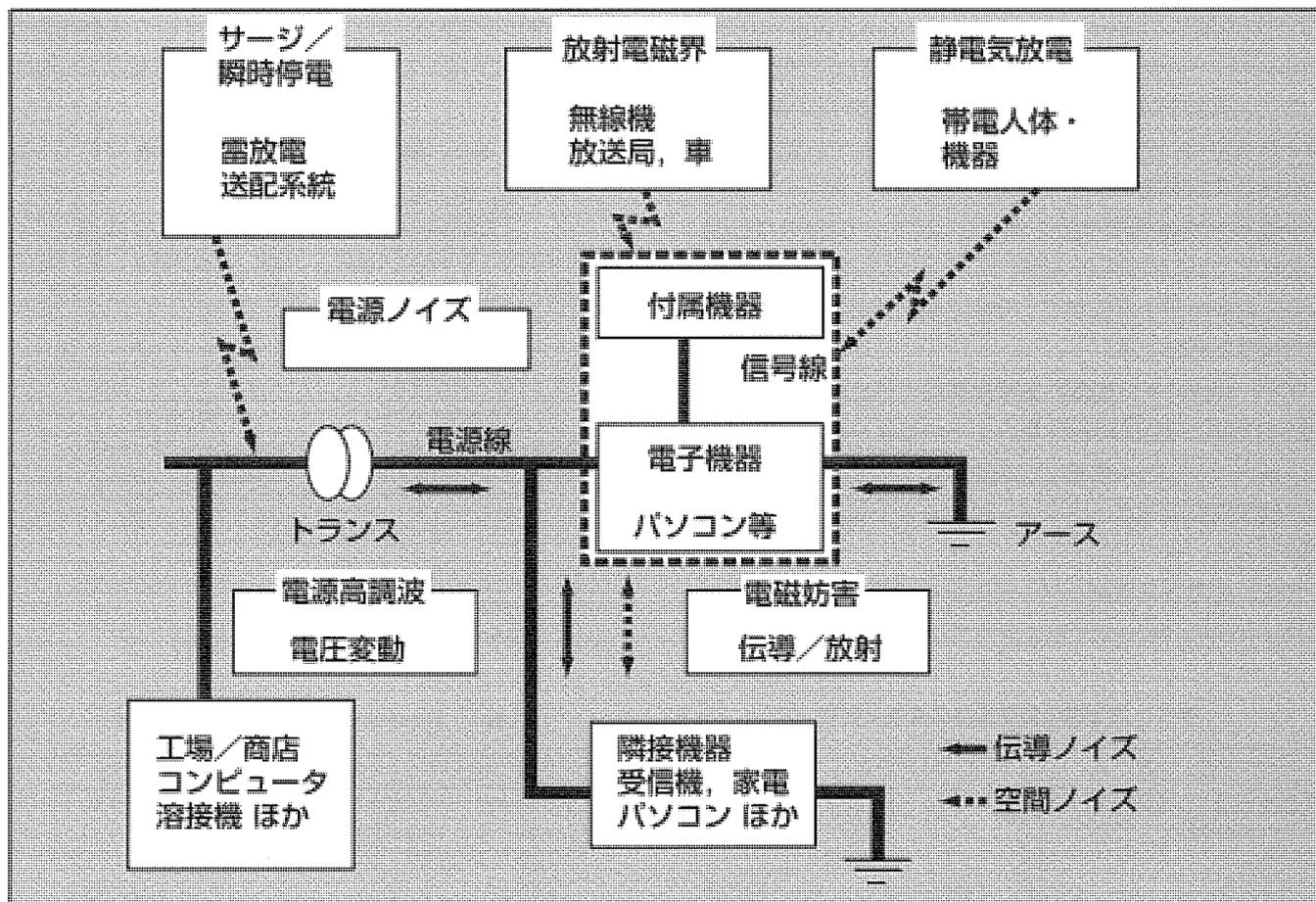
電磁妨害波の発生抑制に加え、各種イミュニティ(妨害排除能力)及び電源高調波などの国際規格も整備され、国内外でその導入が進められてきている。

### (2) 社内の取組状況

EMC技術分科会を1986年に発足し、内外規制動向及び評価対策技術の横通しと要覧や技術マニュアルの発行等を行い、関連機器に反映させてきている。

### (3) EMC技術の研究開発

設計時のEMC解析技術に注力し、デジタル多層プリント基板上の信号パターンからの放射EMIのシミュレーション技術や伝導ノイズの解析技術の開発を進めている。



## 電子機器を取り巻くEMC電磁環境の例

電子機器及びシステムの中で発生する電磁ノイズは、電源線や信号線を伝導し、空間にも放射されるので、他の機器に障害を与えないように抑制する。また、雷サージ、静電気放電、各種無線電波などの電磁ノイズが印加されることもあり、電子機器の電源線・信号線やきょう(筐)体での妨害排除能力を確保することが性能と品質向上に重要である。

1. ま え が き

家庭用から産業用、社会システムまで、あらゆる電気・電子機器の電子制御化と情報システムの進展に伴い、機器から発生する不要電磁波の発生抑制と妨害排除能力の向上による電磁的両立性すなわちEMCが、電気・電子機器及びシステムの設置又は使用環境での性能維持と安全確保にますます重要となってきた。当社では古くからEMC評価対策技術に注力し、社内委員会や基準の整備、技術開発等を行ってきた。

本稿では、最近のEMCの国内外規制の動向及び社内での取組状況、EMC解析技術の概要について述べる。

2. 国内外EMC規制の動向

各機器から発生する不要電磁波を抑制するエミッション規格、各種電磁妨害の排除能力であるイミュニティ規格に大別され、住宅及び工業環境等で電磁的両立性を得るため、各々国際規格の広範な整備と各国でその導入が進められてきている。

(1) エミッション規格

各製品群ごとの無線周波妨害波の測定法と許容値はCISPR(Comite International Special des Peturbations Radio-electriques: 国際無線障害特別委員会)で規定されており、欧州や国内では、これに準拠した表1の規制が実施されている。対象周波数は150k~1GHzで、許容値は製品群及び家庭用か商工業環境使用機器かで異なり、情報技術機器の妨害波規格値を表2に示した。CISPRでは既に発行したPublicationの改訂や、最近では、全電気・電子機器を対象とする共通規格の作成と規制周波数範囲の拡大等が検討されている。

また、16A以下の機器の電源高調波の測定法と許容値はIECの1000-3-2で商用周波数の2~40倍波が規定されており、国内ではこれに準拠した家電・汎用品及び特定需要家の高調波抑制対策ガイドラインによる自主規制が各工業会で始まっている。

負荷の起動及び変動に伴う電源電圧動揺とフリッカ発生の規定はIEC1000-3-3で規定されている。

表1. 主要国の無線周波妨害規格番号

対象機器規格	国 際 統 合 欧 州	米 国	日 本	
	CISPR	EN	FCC	
高周波利用機器	Publ.11	55011	Part.18	電波法
自動車など	12	-	(SAE)	
放送受信機	13	55013	15	電取法*
家電、電動工具	14	55014		電取法
蛍光灯器具	15	55015		電取法
情報技術機器	22	55022	15	VCCI*

注 \* 電取法: 電気用品取締法

\* VCCI: 情報処理装置等電波障害自主規制協議会

(2) イミュニティ規格

IECの技術委員会TC77で、全電気・電子機器を対象とする各種妨害排除能力の測定法と許容値に関する共通規格が1000-4シリーズとして作成されている。静電気放電や放射電磁界、サージ、瞬時電圧低下など筐体及び電源・信号線等への印加が定められ、さらに追加改訂中の項目もある。表3に主なイミュニティ規格の番号と試験項目を示した。試験レベルは機器の設置環境と印加箇所等で変わる。

欧州では、これらを基に法規制が1996年1月から行われており、国内でもJIS化の検討が行われている。なお、製品群ごとの詳細試験法や許容値はIECの共通規格を基本として他の委員会やCISPRの小委員会でも検討が行われており、受信機のイミュニティ規格はCISPR20が発行済みで、家電機器は14-2、情報機器は24として検討が進んでいる。また、イミュニティとエミッションの住宅及び工業環境での共通規格もIEC1000-6-1~4として検討が進んでいる。

3. 社内の取組状況

EMCは通信や電子制御機器の性能及び品質上の重要技術であり、当社では古くから対応してきている。共通的EMC技術の研究開発は研究所で、機種対応の技術開発は事業部及び製作所で行い、相互連帯によって製品に反映し

表2. 情報技術機器の妨害波規格値

(1) クラスA (商工業環境)

電源線端子妨害			放射妨害	
周波数範囲 (MHz)	準せん(尖)頭値 (dB)	平均値 (dB)	周波数範囲 (MHz)	準尖頭値 (dB)
0.15~0.5	79	66	30~230	40
0.5~30	73	60	230~1,000	47

(2) クラスB (家庭環境)

電源線端子妨害			放射妨害	
周波数範囲 (MHz)	準尖頭値 (dB)	平均値 (dB)	周波数範囲 (MHz)	準尖頭値 (dB)
0.15~0.5	66~56	56~46	30~230	30
0.5~5	56	46	230~1,000	37
5~30	60	50		

(注1) CISPR Publ.22による

(注2) 放射妨害の測定距離は10mでの値 (dB<sub>μV</sub>/m)

表3. IECの主要イミュニティ規格番号

Publ.No.	イミュニティ試験項目	試験レベル
1000-4-2	静電気放電	2/4/6/9kV
1000-4-3	無線周波放射電磁界	1/3/10V/m
1000-4-4	EFT/B	0.5/1/2/4kV
1000-4-5	サージ	0.5/1/2/4kV
1000-4-6	伝導性妨害	1/3/10V
1000-4-8	電源周波数磁界	1/3~100A/m
1000-4-11	電圧ディップ/瞬断	0.5サイクル

(注1) EFT/B: 電気的高速トランジェント/バースト

(注2) 試験レベルは機器と設置環境で変わる

ている。また、規制動向及び評価対策技術の横通しの全社的な活動として、社内委員会や技術 세미나等を実施している。

### 3.1 社内EMC委員会

当社では、全社共通基盤技術の強化と最新化を図るため、関連事業本部、製作所、研究所のエキスパートで構成する技術委員会があり、EMC技術関連ではEMC技術分科会が'86年に発足し、活動してきている。検討課題ごとに関係者がワーキンググループ(WG)で国内外の規格や技術動向を調査・検討し、EMC設計要覧、試験・評価要覧、電源高調波評価・対策ガイド、技術マニュアル等を発行してきている。また、EMC技術交換会を年に数回開催して、全社の関係者を対象に、最新規制動向や対策事例、技術マニュアル等の説明・討議を行っている。

### 3.2 技術セミナー

社内及び関連会社の中堅技術者を対象に、EMCの基礎から回路、基板、構造、システムまでのEMC設計及び評価試験方法、事例研究を毎年社内の各エキスパートを講師として4日間かけて集中教育し、これまでに数百名が修了している。また、各製作所や関連会社ごとの技術部会での講演会や教育講座も開催されている。

### 3.3 EMC技術の研究開発

筆者らは'87年からEMC技術の研究開発チームとして活動してきている。FCC(米国連邦通信委員会)に登録された電波暗室を始めとする各種EMC試験装置、解析機器を保有して放射から伝導ノイズ及び各種イミュニティ試験の評価と対策技術の研究開発を行い、全社への支援を実施している。

近年、プリント基板からの放射ノイズやパワエレ機器の伝導ノイズ等の解析技術の開発に注力し、開発成果は社内はもとより、学会等の研究会でも発表してきている。

## 4. EMC対策設計と解析技術

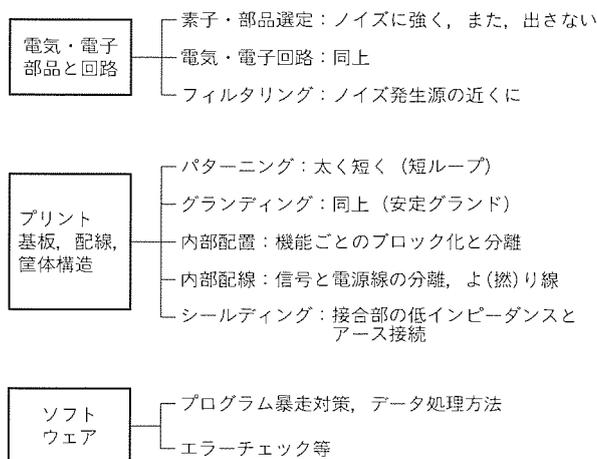


図1. EMC対策設計の手法

EMC対策は、その機器や回路が置かれる設置場所での電磁環境を考えて、妨害発生抑制と妨害耐力の向上を品質と同様に電気回路と実装構造の各開発設計段階で作り込むことが大事である。

### 4.1 EMC対策設計の基本

電磁ノイズは数百MHzまでの高周波成分を含むことが多く、配線や部品に寄生する容量やインダクタンスによる意図しないノイズの発生や侵入に対する対策が必要である。

EMC対策設計には図1に示した各種手法があり、多くの場合、複数の手法を組み合わせることが必要である。対策の基本は配線パターンと安定したグラウンドであり、高周波回路ではプリント基板のパターンがアンテナとなるので特に大事である。また、部品の選定、電気回路、プリント基板、配線、筐体構造、システム等の各設計段階で総合的に作り込むことが重要である。試作後では対策方法が限定されて困難なことが多く、図2に示した開発設計段階でのシミュレーション解析や図面等の設計審査が重要である。

### 4.2 EMIシミュレーション技術

プリント基板からの放射ノイズやパワエレ機器の伝導ノイズ等の解析シミュレーション技術の開発に注力しており、ここでは、デジタル多層プリント基板上の信号パターンからの放射EMIのシミュレーション技術の事例を述べる。

#### 4.2.1 プリント基板からの放射EMI解析の目的

①情報関連などデジタル機器のEMI発生源となるプリント基板の配線パターンとEMIの関係を解析する。②プリント基板設計時にEMI解析による対策を行い、開発期間を短縮する。③EMI解析と対策設計によって高品質を確保する。

#### 4.2.2 放射EMI解析方法の概要

##### (1) 信号パターンからのノーマルモード放射解析

伝送線路モデルによる計算式とプログラム作成を行い、実験検証で3dBの解析精度を確認している。シミュレーション方法の概念を図3に、計算と実測結果を図4に示した。計算には、信号配線パターン長、幅、プリント基板の誘電体厚と比誘電率、信号の基本周波数、ドライバと負荷素子など13項目を入力する。

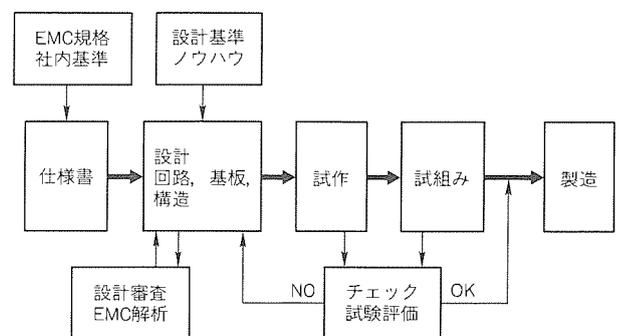


図2. EMC設計手順のフロー

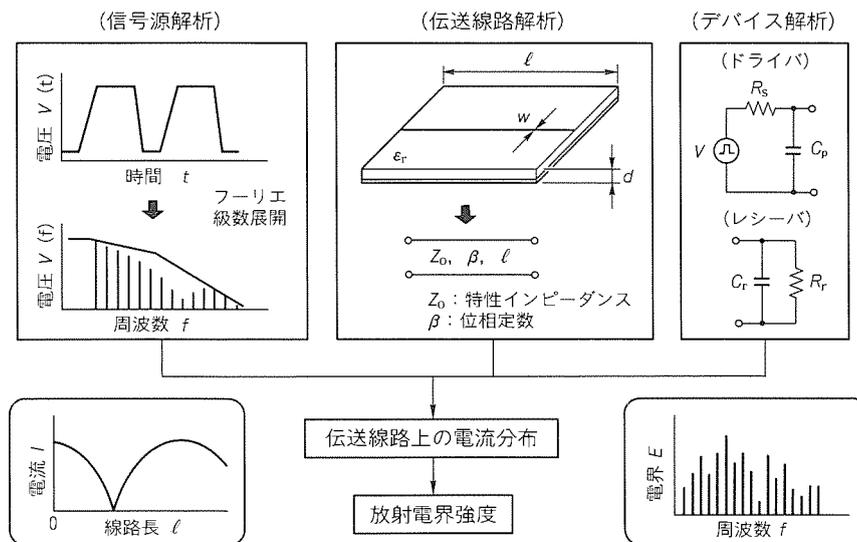


図3. プリント基板からの放射EMI解析手法

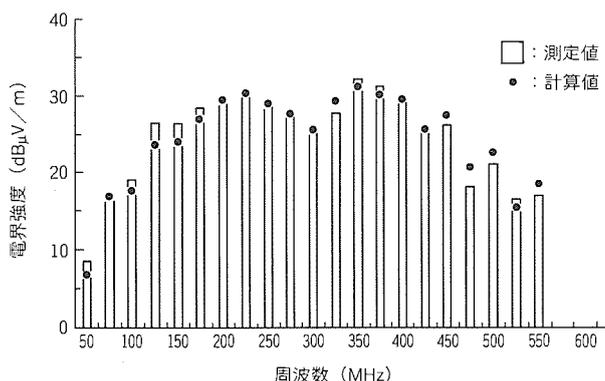


図4. 放射EMI解析と実測結果の例

(2) グランドを含めたコモンモード放射解析

コモンモード放射は大地を帰路とし、製品の設置状態、アース、グランドの取り方で放射が変わり、解析は難しい。ノーマルモード放射との比較、グランド導体幅、長さ、信号パターンの位置等について解析を行っている。

4.3 製品への展開

これらの開発成果は情報通信機器等の社内及び関連会社の製品開発設計時に展開してきている。EMCは各製品の部品・回路から実装まで幅広い技術を必要とするので、関

連する研究所や製作所とも連携して、効率の良い開発と製品への早期技術展開を更に進めている。

5. むすび

デジタル化と高速信号化による情報化社会が進展しており、EMC技術は電気・電子機器及びシステムの品質保証上ますます重要になると思われる。ここでは、国内外のEMC規制の動向と社内の取組状況、筆者らが検討しているEMIシミュレーション技術の研究開発の一端を紹介した。

今後更に研究を重ね、EMC解析技術の精度を向上させ、より高品質の製品作りに反映できるよう努力する所存である。

参考文献

- (1) CISPR Publ. 22, ほか
- (2) IEC Publ. 1000-4-2~4-11
- (3) 富山勝巳：わが社とEMC, 環境電磁工学情報, No. 78, 6~10 (1994)
- (4) 岡 尚人, 宮崎千春, 仁田周一：実装プリント基板からの放射EMI, 信学技報, EMCJ94-88 (1995-3)

# 製品の火災安全と燃焼試験

駒井隆雄\* 小俣 桂\*  
古宮龍夫\*  
本多昭夫\*

## 要旨

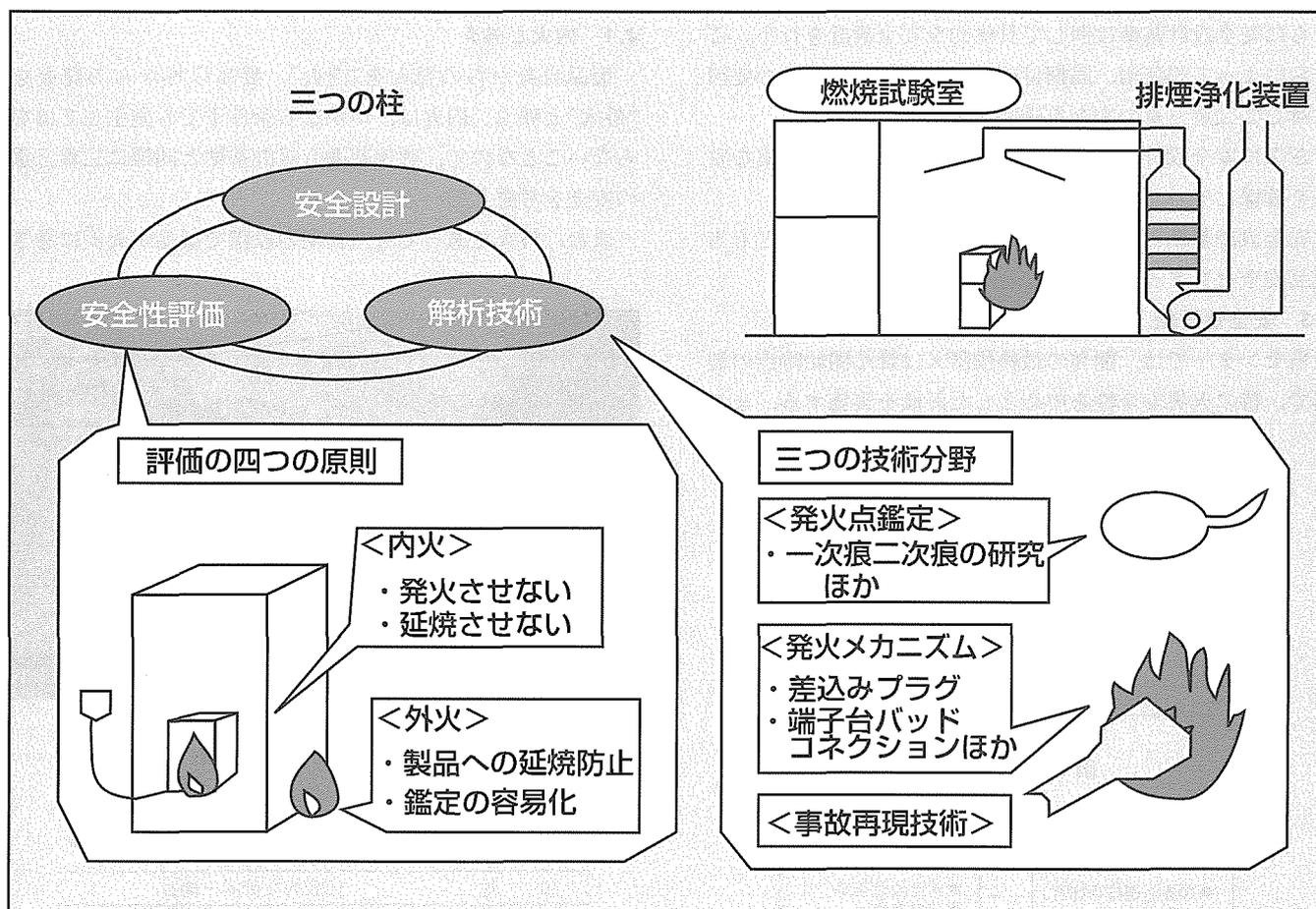
三菱電機(株)製品安全センターは1995年設立以来、その業務の一部として、家電製品の本質的な安全化、特に火災安全化の推進に努めている。

この製品の火災安全は、“安全設計基準の確立と遵守”“評価基準の確立と実施”“関連する分野の解析技術向上”の三つの柱があいまって達成される。

安全性評価では、“発火しない”“仮に発火しても延焼しない”という内火2原則を基に、あってはならない事故の未然防止に努めている。また、製品外の火災(外火)においても拡大延焼防止等の2原則を定めている。

また、解析技術では、基礎技術研究、不具合事例解析、文献調査などの手段により、“真の原因究明のための発火点鑑定技術”“発火・延焼防止のための発火メカニズム解析技術”“裏付けのための再現技術”などの向上を図っている。

これらを達成するため、'95年8月、製品燃焼試験室をしゅん(竣)工させ、活動してきた。多くの製品で安全性評価を実施して改善を図るとともに、解析技術の分野では幾つかの新しい事実を発見するなど、本質的な製品の火災安全への成果を上げてきている。



## 製品の火災安全化

家電製品より本質的な安全確保のため、製品安全センター内に大型燃焼試験室を設置し、これによる関連技術の向上と安全性評価の実施及び安全設計基準の確立により、製品の火災安全化を図っている。

1. ま え が き

電気製品は、その利便性と安全性により、社会に大きく貢献してきた。そして今後とも、便利であるがゆえに必要な、より本質的な安全を確保していかなければならない。

一方、東京消防庁の調査によれば、'95年同庁管内での電気火災は919件であり、うち電気機器は200件となっている。

このような状況の中、'95年2月に発足した製品安全センターは、同年8月の製品燃焼試験室竣工以来、製品の火災安全性評価や事故解析を主に活動してきた。

これらの事例を基に、製品の火災安全化への考え方や評価方法を紹介する。

2. 製品の火災安全化への三つの柱

2.1 安全設計, 安全性評価, 解析技術

製品の火災安全を確保するためには“安全設計”“安全性評価”“解析技術”の三つの柱が確立され、お互いに補い合うことが必要となる。

2.2 安全設計

製品の開発では、図1による安全基本設計を先に行い、さらに安全設計基準に則して具体的な安全設計を行う。これらによって誤使用、誤据付け、部品故障、その他の要因に対して二重三重の安全を確保する。

さらに安全設計審査や安全性評価を行い、より確実な安全を確保していく。

安全設計基準の作成や改定、設計審査への参加なども当製品安全センターの職務となっている。

2.3 安全性評価

当センターでは、開発の最終段階又は量産開始時点の製品で、特に火災安全性を中心とした評価を実施する。また、

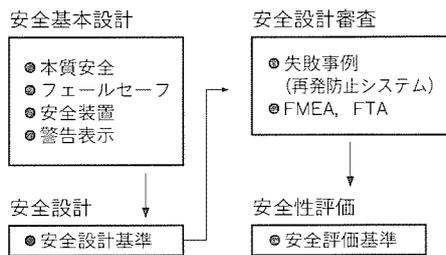


図1. 開発手順

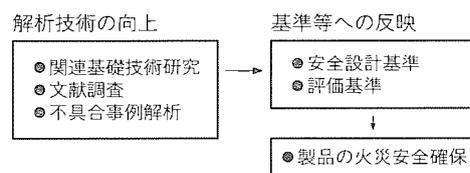


図2. 解析技術向上による製品の火災安全化

他社製品を含む市販品を評価する場合もある。

その安全性評価の考え方や方法を後述する。

2.4 解析技術

図2に示すように製品安全化の柱である安全設計基準や評価基準をより確かなものとするためには、関連する分野の解析技術の向上を常に図っていかなければならない。その内容を後述する。

3. 製品燃焼試験室

3.1 製品燃焼試験室の概要

製品燃焼試験室(図3)は、床面が8.4m×8.4m、高さが8.7mの大きさで、一部の大型製品を除くほとんどの電気製品の燃焼試験を実施することができる。また、付帯の排煙浄化装置は100m<sup>3</sup>/minの処理能力を持っており、さらに消火用としてスプリンクラが天井に設置してある。

製品燃焼試験室の隣にはモニタ室、その2階には部品レベルでの安全性評価が行える試験室を持っている。

3.2 その他の装置や計測機器など

表1に当センターが所有するその他の装置や機器を示す。

4. 製品の火災安全性評価

4.1 内火と外火

製品自身からの発火を“内火”、製品以外からの発火を“外火”と呼ぶ。内火は、いかなる条件下でも発生してはならないことなので、評価基準も設計基準と同様に二重三重の安全を考慮している。

また、外火であっても、初期の段階で製品が火災に巻き



図3. 製品燃焼試験室外観

表1. 製品安全センター所有の代表的な装置・機器

用途	代表的な装置・機器
試験室・装置	●ほこり試験室 ●環境試験槽
現象記録	●高速ビデオ ●サーモビューア
分析機器	●電子線マイクロアナライザ ●電子顕微鏡 ●熱質量分析器
燃焼性評価	●トラッキング ●パッドコネクション

込まれると被害が拡大することになるので、このようなこともできる限り避けなければならない。

#### 4.2 製品の火災安全性評価の基本的な考え方

製品の火災安全性評価は、次の4原則を基本的な考え方としている。

- (1) 内火1：製品の電気電子部品からは発火しないこと。
- (2) 内火2：万一、部品から発火しても、周囲の部材に延焼していかないこと。
- (3) 外火1：軽微な外火を受けても、製品は燃えないこと。
- (4) 外火2：火災に巻き込まれても、鎮火後の発火点鑑定が容易にできること。

なお、内火については必ず守らなければならないが、外火については現在のところは努力目標とする。

#### 4.3 内火1試験

安全設計基準の遵守で“製品の電気電子部品から発火しない”ことはほとんどの部分で達成できる。したがって、安全基準を守っているかどうかの評価の中心となる。

“誤使用、誤据付け、誤結線等に対してフェールセーフになっているか。”“部品故障又はその複合に対して安全が確保できるか。”“トラッキング、バッドコネクション、半断線等の不具合モードに対し、発火しないようになっているか。”などがその代表的な評価項目となる。

#### 4.4 内火2試験

“万一、部品から発火しても周囲に延焼しない”ためには、充電部近傍の可燃物をバリヤ(障壁)したり、電気品を板金等でエンクローズ(囲い)することが必要である。

この延焼防止の評価方法は二つあり、対象品によって使い分けをしている。

- (1) 実際の対象部品を強制的に燃焼させて、周囲に延焼していくかどうかを確認する方法。

例：ファンモータの保護装置を短絡した上、拘束し、レアショートするまで電圧を徐々に上げていく。

- (2) 対象部品付近に布などの可燃物を置き、それを燃焼させて、周囲に延焼していくかどうかを確認する方法

(a) 実施例1：灯油を浸した10cm角の布を30W程度の電気ヒータで着火する。

(b) 実施例2：錠剤(メセナミン：燃焼時間105秒)を上記ヒータで着火する。メセナミンは燃焼のばらつきが少ないため、評価には有効である。

#### 4.5 外火1試験

特に人の目に触れないで使用される製品は“軽微な外火では製品は燃えない”ことが大切である。

この外火1試験にも二つの評価方法が

ある。

- (1) ローソクの火、ゴミが燃える、テーブルトップが燃えるなど実際に想定したそのままを実施する試験
- (2) 模擬的に前記の灯油を浸した10cm角の布を外郭部分に置き、燃焼させる試験(図4)

#### 4.6 外火2試験

この外火2試験は、製品の周囲にたきぎ(薪)を積んで燃焼させたり、外郭に強制着火したりして、製品を外から燃焼させ内部電気品の焼損状況を観察する。内部電気品の焼損程度は、火災の程度によっても差が出るが、不燃材で電気品を密閉すればダメージは少なくなる(図5)。

“火災に巻き込まれても発火点鑑定が容易にできること”はまだ目標段階であるが、将来的には航空機におけるフライトレコーダのような存在に近づければと考える。

## 5. 解析技術

### 5.1 解析技術の三つの分野

解析技術を向上させなければならない関連分野は次の三つと考えられる。

- (1) 発火点の鑑定技術

どこから発火したかを調べる技術

- (2) 発火メカニズム解析技術

どのように発火・延焼していったかを調べる技術

(発火の条件、発火・延焼のメカニズム)

- (3) 再現技術

上記(1)(2)を裏付けするために事故を再現させる技術

### 5.2 発火点の鑑定技術

発火点の特定が発火原因の把握につながるので、事故等ではまず発火点を正確に割り出す必要がある。この分野で当センターが研究しているものに“一次こん(痕)・二次痕の研究”がある。

通電中の電気製品が火災に関連すると、電線などに熔融痕ができるが、それは図6のように分類されている。

一次痕が確度よく判定できれば容易に発火源が特定できるので、いろいろな方面で研究がされている。一次痕は通常雰囲気、二次痕は燃焼ガス中雰囲気が発生するので、

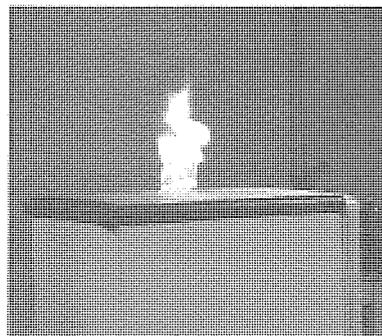


図4. 冷蔵庫の外火1試験

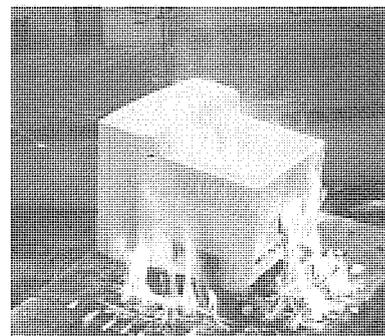


図5. ディスプレイモニタの外火2試験

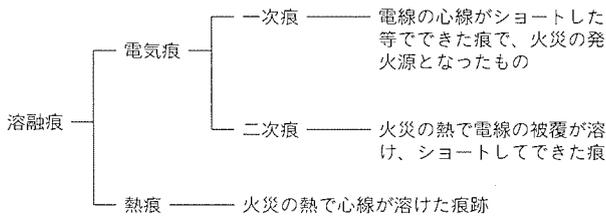


図6. 溶融痕の分類

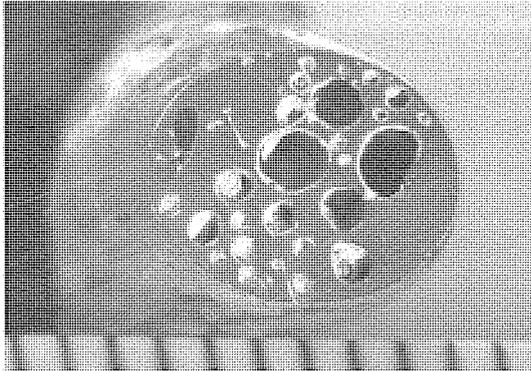


図7. 一次痕の断面

一般的に一次痕は外観では表面に光沢があること、金属表面付近の酸素濃度が高いこと、内部のボイドに不純物が少ないことなどが特徴と言われている(図7)。

しかし、電気痕と熱痕の見分けはほぼ可能であるが、電気痕の中の一次痕と二次痕の正確な判定は現状ではまだ困難なようである。

### 5.3 発火メカニズム解析

発火点においてどのようにして発火・延焼していったかを把握することが、真の安全化対策をする上で必要となる。その事例解析の一つを紹介する。

#### (1) 差込みプラグの発火メカニズム

差込みプラグの発火としては、長期間の水分やほこり(埃)の付着が原因とされるトラッキング現象が一般的に知られている。しかし、事故事例が非常にまれであることから検証は難しい状態にあった。

当センターでの研究では、コンセントと差込みプラグの過度の接触不良による異常な過熱も主要因の一つであろうと考えて困難な検証を進めた結果、その発火メカニズムの新しい事実をつかむことができた。既に大方の対策はできているが、この検証によって更に本質的な対策がされていくこととなる(図8)。

#### (2) その他の事例解析技術

そのほか、端子台への配線接続が緩んでいる場合でも接触不良による熱エネルギーだけでは発火は困難で、それに加えて相間の絶縁破壊で生じるショート時の放電エネルギー



図8. 差込みプラグの発火メカニズム解析

ーがないと発火しないケースが多いことも分かるようになってきた。

また、漏水などの繰返しによるスケール付着でサーモ接点間のトラッキングが生じた一事例など幾つかの事象の原因も明確になっている。

### 5.4 再現技術

発火事故の場合、発火するためのエネルギーが必要となり、これがどの程度必要かをつかまなくてはならない。エネルギーを過剰に供給し、発火するポイントを見付けだし、次に、このエネルギーの供給源と発生条件を詰めていくことになる。これによって、事例の再現性の向上と発生条件の定量把握が図れることになる。

### 5.5 その他の安全化技術

我々は事例解析以外のテーマも研究している。

例えば、“製品内にある電気品箱の開口部は延焼防止特性にどの程度の影響を与えるか”の研究は、将来の設計基準に結び付けるものである。

また、新しい機能や機構を持った製品の開発に際して、その要素ごとに、基本的な安全化技術を、開発に先立って確認していくことも必要になっていく。

## 6. むすび

以上述べたように、当製品安全センターでは、特に火災を中心とした本質的な安全性を追求してきた。

'95年8月の製品燃焼試験室稼働以来、製品の安全性評価を中心に実施し改善を図っている。また、幾つかの基礎技術研究や事故原因究明で本質的な改善に結び付く新しい事実も発見されてきている。

本質的な安全化のためには、火災安全化技術の研究は必ず(須)のものと思われる。今後も三菱電機内だけでなく、同じ課題に取り組んでいる他の研究機関とも技術的な交流を図りながら、技術を向上させ、より高度な安全化を達成したいと考えている。



# 特許と新案 \* \* \*

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは  
三菱電機株式会社 特許センター

0120-787-200

## スピーカ振動板 (特許 第1875159号, 特公平4-39278号)

発明者 馬場文明

この発明は、スピーカ振動板の改良に関するものである。スピーカ振動板は、ピストン運動領域を広げるための大きな比弾性率  $E/\rho$  ( $E$ :弾性率,  $\rho$ :密度)と、高音域の周波数特性を滑らかにするための適度の内部損失が要求される。

従来、 $E/\rho$ を大きくする目的で、スピーカ振動板に炭素繊維を混入する方法などが行われていたが、炭素繊維の混入量に限度があり、 $E/\rho$ の増加は多くを望めなかった。

この発明は、この点にかんがみてなされたもので、スピーカ振動板の成形型の樹脂流動部を図1に示す。注入部(1)から液晶ポリマを10%以上と繊維状の充てん(填)材を3~40%を含む樹脂を溶融状態で加圧しながら注入すると、成形部(2)に流れるにつれて末広りの拡大流となり、矢印B方向成分を持ち、流れ方向にせん断速度も作用する。このため、板厚方向の表面、表層部

及び中央部で液晶ポリマの配向度の異なる層が形成され、いわば多層配向のサンドイッチ構造(図2)となり、高い  $E/\rho$ の成形品を得ることができる。

このようにして、この発明によれば、 $E/\rho$ が高く、適度の内部損失を持つスピーカの振動板が得られる。

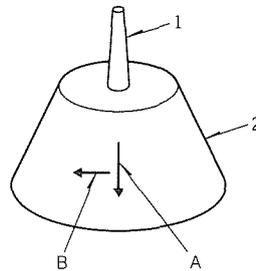


図1

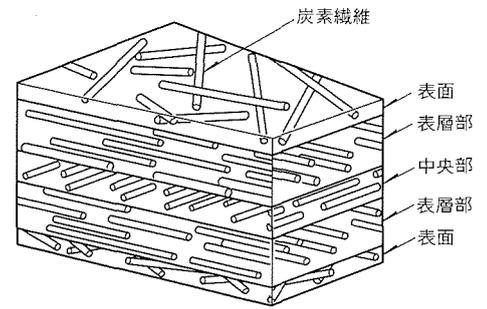


図2

## テープガイド (実用新案登録 第2064734号, 実公平5-4114号)

考案者 三輪 博

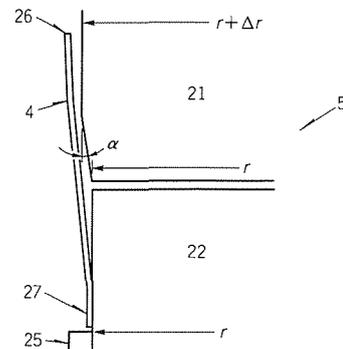
この考案は、VTRの磁気テープの走行を案内規制するテープガイドに関するものである。

従来のテープ走行規制では、走行規制の調整が困難であり、異なった機械的物性値を持った磁気テープを使用する場合、再調整の必要があった。

この考案は、この問題点を解消するためになされたものである。図に、この考案にかかわるテープガイドとして、VTRのシリンダに磁気テープが巻き付いている状態の断面図を示す。シリンダ(5)は、半径  $r+\Delta r$ の上部シリンダ(21)と、半径  $r$ の下部シリンダ(22)で構成される。上部シリンダ(21)の周側面は、下端部半径が  $r$ となるように、テープ加工されている。下部シリンダ(22)の周側面には、磁気テープ(4)の下側エッジ部(27)に当接して、その走行を案内規制するテープリード(25)が段付状に形成されている。

この考案では、上部シリンダのテープ傾斜角  $\alpha$ の重要性を認識し、 $\tan\alpha \leq 1/100$ の範囲に傾斜角  $\alpha$ を設定した。

このため、磁気テープの走行位置を安定かつ確実に案内規制できるとともに、R(面取り)加工等の微細加工を施すことがなく、製作が容易で磁気テープの損傷が少ないテープガイドを提供できる。





# 特許と新案\*\*\*

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは  
三菱電機株式会社 特許センター

0120-787-200

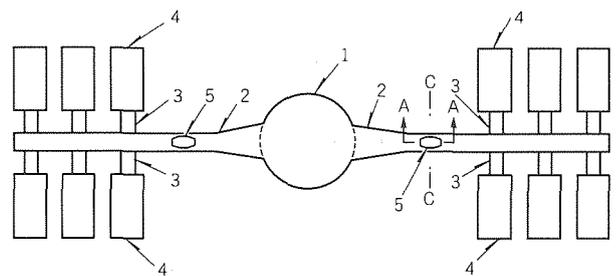
## 半導体樹脂封止用金型 (特許 第1764925号, 特公平3-2048号)

この発明は、熱硬化性樹脂によるトランスファモールド方式において使用される半導体樹脂封止用金型に関するものである。

従来の半導体樹脂封止用金型は、樹脂が流動過程において金型温度に達して均一溶融状態となるのがゲート部のみであり、成形物内部に存在するボイド(内部ボイド)の低減に限界があった。

この発明は、上記の欠点を除去するためになされた。図にこの発明の一実施例による半導体樹脂封止用金型の平面図を示す。ランナ部(2)に樹脂の流動断面積が40%以上小さくなるようにした絞りブロック部(5)を設けた。この金型においては、樹脂がトランスファポットから金型内に注入されると、樹脂は金型から熱を受容しながらカル部(1)、ランナ部(2)及びゲート部(3)を流れ、その際、ランナ部(2)の絞りブロック部(5)で流動断面積が減少しているため、そこで均

発明者 中川 治, 柳谷孝二, 佐々木育夫, 番條敏信  
一溶融状態となり、またゲート部(3)で再度均一溶融状態となり、樹脂は2回にわたって均一溶融化を受けてキャビティ部(4)に至り、そこで反応硬化して製品となる。その結果、製品の成形状態が安定化し、特に製品の内部ボイドが大幅に低減される。



1: カル部 4: キャビティ部  
2: ランナ部 5: 絞りブロック部  
3: ゲート部

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol.71 No.6 “映像ディスプレイ”

### 特集論文

- 夢の壁掛けテレビ
- 映像ディスプレイの現状と展望
- プラズマディスプレイの基礎技術
- 高精細プラズマディスプレイ
- 40型PDP-IDM
- 大画面・高精細15.1型SXGA TFT-LCD
- 高解像度リア型液晶プロジェクションディスプレイ
- LCPC液晶プロジェクタ
- ワイドアスペクト28型ディスプレイモニターCRT
- CRT用新高電流密度カソード
- 高周波数(115kHz)対応ディスプレイモニター
- 36型ワイドアスペクト“スーパーダイアトロンCRT”
- 中央競馬会函館競馬場及び東京競馬場納め新オーロラビジョンシステム
- 屋内型フルカラーLED表示装置
- テレビの三次元設計システム

<p><b>三菱電機技報編集委員</b></p> <p>委員長 山本 彬</p> <p>委員 永田 譲蔵 河内 浩明 宇治 資正 内藤 明彦 上杉 豪 山本 延夫 磯田 悟 前田 信吾 畑谷 正雄 才田 敏和 鈴木 軍士郎 鳥取 浩 下村 寛士</p> <p>幹事 門田 光司</p> <p>5月号特集担当 前島 仁 成田 義信</p>	<p>三菱電機技報71巻5号</p> <p>(無断転載を禁ず)</p> <p>1997年5月22日 印刷 1997年5月25日 発行</p> <p>編集兼発行人 小林 保雄</p> <p>印刷所 千葉縣市川市塩浜三丁目12番地 (〒272-01) 菱電印刷株式会社</p> <p>発行所 東京都港区新橋六丁目4番地9号 北海ビル新橋 (〒105) 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) 3437局2692</p> <p>発売元 東京都千代田区神田錦町三丁目1番地 (〒101) 株式会社 オーム社 Tel. (03) 3233局0641代, 振替口座東京6-20018</p> <p>定 価 1部735円(本体700円) 送料別</p>
--	--

# 省エネルギー照明

## スポットライト

## “メルセーブシステム”

### 省エネバンガード21・資源エネルギー庁長官賞受賞

“メルセーブシステム”は、Hf照明器具の明るさを自動的にコントロールして、太陽光によって得られる明るさ分を減光する等によって、従来照明比約50%の大幅な省エネルギーを実現します。

“メルセーブシステム”が 第7回(平成8年度)資源エネルギー庁長官賞を受賞しました。

“省エネバンガード21”とは勘省エネルギーセンターによる“21世紀型省エネルギー機器・システム発掘普及事業”の表彰制度。21世紀に向けて優れた省エネルギー性、省資源性等を持ったエネルギー機器・システムを表彰することでその開発促進と普及を目的としています。

#### ■システム構成と概要

##### 適正(一定)照度維持

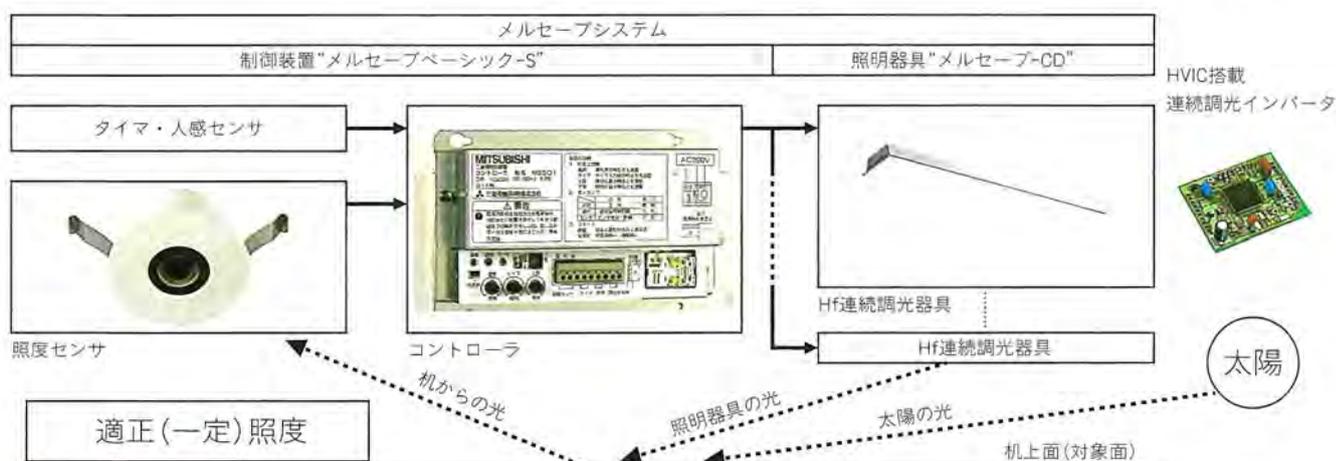
メルセーブシステムは、制御装置“メルセーブベーシック-S”とHf連続調光器具“メルセーブ-CD”で構成されます。照度センサで机上面の明るさを検出し、常時連続的に照明器具の出力を調整して適正(一定)照度に保ちます。

##### 優れた拡張性

制御と器具が分離されており、各種センサや各種器具との組合せが可能で様々な省エネチャンスと用途に対応できる拡張性・柔軟性の高いシステムです。

##### 世界初HVIC搭載

蛍光灯調光用として世界初のHVIC(高耐圧IC)インバータにより低温低調光時も安定点灯します。(調光範囲5%~100%, 使用温度範囲5℃~35℃)



#### ■省エネルギー性

##### 大幅省エネ50%

Hf照明器具の省エネルギー性に自動調光のシステム制御効果が加わり、相乗効果としてシステム全体で約50%省エネルギー(当社従来FLR40W器具比)となります。要素ごとに見ると、Hf採用: 24%, 太陽光利用: 25%, 初期照度補正: 12.5%, タイマ制御: 5%と見られ、システム全体ではこれらの相乗効果で、約50%の省エネルギーが見込まれます。

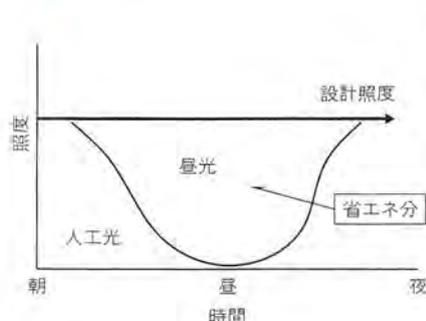
使用電力=76%×75%×87.5%×95%≈約50%→省エネルギー率 50%

(注)省エネルギー率は、当社比であり、平均的使用条件での概算値を示す。

##### ピーク電力抑制

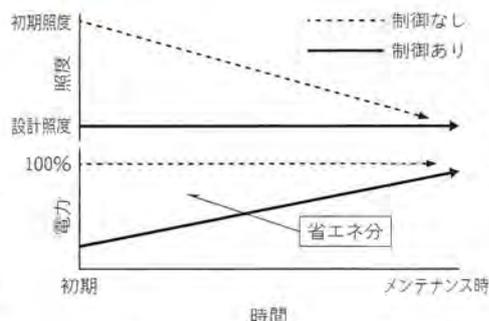
空調電力がピークとなる夏の日中、逆に照明電力は太陽光利用によって大幅に削減できるため、空調負荷としての照明負荷低減と合わせて、総合電力のピーク抑制に貢献します。

##### ●太陽光利用



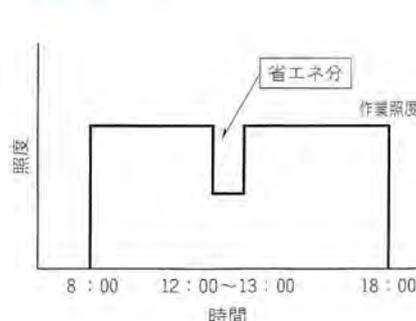
窓際等、設計照度を越える分、照明器具を自動調光します。

##### ●初期照度補正



設置初期やランプ交換直後から次のランプ交換時期まで自動調光します。

##### ●タイマ制御



別売の汎用タイマが接続可能です。昼休み等、定刻に照明器具を自動調光します。