

MITSUBISHI 三菱電機技報

MITSUBISHI DENKI GIHO Vol.67 No.6

6
1993

特集 “地球を守る環境技術”
“快適性を追求する照明技術”



特集 “地球を守る環境技術”／“快適性を追求する照明技術”

目 次

特集論文 “地球を守る環境技術”

環境技術特集に寄せて——地球環境問題の基本的考察——	1
伊藤利朗・橋本康男・山田郁夫	
地球環境保全に向けての当社の取組	6
橋本康男・島本幸三	
無洗浄実装基板の電気的信頼性評価	10
野々垣光裕・増田 尚・榎本順三・松井輝仁・高浜 隆	
脱フロン冷凍・空調システム	15
菅波拓也・杉原正浩・梶本照男・田中直樹	
環境保全機器としてのロスナイ(熱交換形換気機器)	20
中村俊夫・篠田公成	
環境調和型の包装システム	25
飯島康司	
家電品の製品アセスメント	30
松村恒男・駒井隆雄・高橋恒夫・猿橋嘉昭	
低 NO _x 燃焼機器	35
梶本照男・小関秀規・佐藤 稔	
地球環境と水の高度処理技術	40
廣辻淳二・池田 彰・中山繁樹	
地球環境と衛星リモートセンシング技術	45
小林智智・小野 誠・角市 修	

特集論文 “快適性を追求する照明技術”

これからの照明技術に期待すること	51
板谷良平	
“ライトアップ” から “ライティングクオリティ” へ	52
桂 秀年	
住宅照明のデザイン開発と技術動向	56
瀧澤文信・大下裕司	
パネルライティングとその応用	61
明道 成・狩野雅夫・竹花一志	
新オフィス照明器具 “Hfシリーズ”	66
山崎広義・大竹登志男・武田輝明・前田憲行・村上勝男	
新オフィス用照明制御システム “SUPER-MELSAVE”	72
小泉登夫・久代紀之・五十嵐和之	
パネル形誘導灯 “ルクセント”	78
武田輝明・中町 剛	
希ガス蛍光ランプの発光特性	82
西勝健夫・櫻井毅彦・大澤隆司	
高演色コンパクトメタルハライドランプ “HQI” の新シリーズ	87
大谷勝也・高崎 光・アクセル バッシュナーゲル・渡部勁二	
最近の照明施設	92
前山絃一郎・関根裕次	

特許と新案

イメージの任意角度回転方式、ガス濃度計	97
多孔質構造体とその製造方法(吸音プラスチック)	98

スポットライト

三菱高圧非常用ディーゼル発電設備(KGシリーズ)	50
床置きビルトイン形 “ロスナイ”	99
三菱直交軸ギヤードモートル (GM-H-Rタイプ)	100
新形ハンドドライヤー “ジェットタオル”	(表 3)

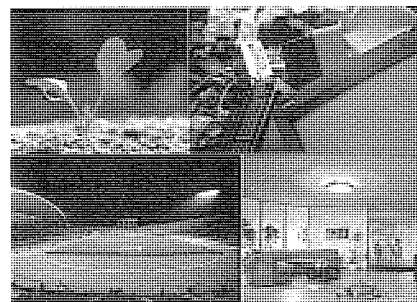
表紙

かけがえのない地球を守るために

いつまでも健全な環境が続くことは、私たちの最大の願いです。かけがえのない地球を守るために、一人一人が今すぐに活動のあらゆる場面で、環境の保全に努めなければならない。

汚れない環境を子孫に残すために、反省と新たな決意を廃棄物と美しい緑・光・水でイメージした(写真左上、右上)。照明

左下の写真は、第12回アジア競技大会(平成6年10月)が行われる広島広域公園陸上競技場の照明である。メタルハライドランプと高圧ナトリウムランプを併用し、照明制御装置によるパターン制御を行う。右下の写真は、一体型多機能照明器具 “シーン” である。直接光・間接光などの照明手法を用いて、生活場面を演出する。



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。

アブストラクト

環境技術特集に寄せて

——地球環境問題の基本的考察——

伊藤利朗・橋本康男・山田郁夫

三菱電機技報 Vol.67・No.6・p.1～5 (1993)

今や経営者は、企業経営と地球環境問題との基本的な関連を考慮して行動することが求められている。

本論文は、地球環境問題を宇宙の地球環境に及ぼす影響などの観点から考察し、企業が取り組むべき身近な活動について提案している。そして、これらの提案は、企業が経済的観点から取り組むべき経営課題とすべて合致することを示している。

環境調和型の包装システム

飯島康司

三菱電機技報 Vol.67・No.6・p.25～29 (1993)

家電製品の包装は、従来から“製品の保護”が第一の役割であったが、最近の地球規模での環境問題で、使用後の廃棄処理の容易性や資源の有効活用を考慮した再生・再利用化が要求されてきた。

このたび、筆者らは包装緩衝材として多量に使用されている発泡スチロールを再生・再利用する新しい技術を開発した。その内容と廃棄処理性を改善し、オール段ボール化した住宅用照明器具の包装改善事例を紹介する。

地球環境保全に向けての当社の取組

橋本康男・島本幸三

三菱電機技報 Vol.67・No.6・p.6～9 (1993)

“持続可能な発展”を目指して、当社はこれまでの環境問題への取り組みによって培った伝統的技術と、さらに創造的技術を開発しながら、環境の保全と向上に努めている。ここでは、その一端を紹介する。

当社は、製品の企画・開発から廃棄に至る各段階での環境への負荷低減に注力している。また、総合電機メーカーとしての事業領域において環境保全に関連する多様な技術開発も進めている。

家電品の製品アセスメント

松村恒男・駒井隆雄・高橋恒夫・猿橋嘉昭

三菱電機技報 Vol.67・No.6・p.30～34 (1993)

ライフエンドにおける廃棄量を減らし、かつ再資源化を促進するため、家電品の設計段階で製品アセスメントを実施している。減量、減容積及び分離・分解のしやすさでは構造の検討に重点をおく。部品点数を削減でき、包装寸法の縮減も達成できた。100グラム以上の合成樹脂には、ISOの略号で材質表示した。また、合成樹脂の一部に再生材を利用した。製品アセスメントは、製造・流通・サービスのコスト改善となり、製品に新たなメリットを付与する。

無洗浄実装基板の電気的信頼性評価

野々垣光裕・増田 尚・榎本順三・松井輝仁・高浜 隆

三菱電機技報 Vol.67・No.6・p.10～14 (1993)

無洗浄実装基板の電気的信頼性に対して基板上に残存するフラックスが及ぼす要因、及び基板の絶縁寿命評価方法について報告した。これにより、フラックスが残存した場合の基板の絶縁寿命を予測することやフラックスの使用可否の判定が可能となった。

今後は、無洗浄フラックスの実用化に向けて、今回報告した電気的信頼性の評価以外に、プロセスを考慮したぬ(濡)れ性等の評価も併せて検討していく予定である。

低NO_x 燃焼機器

梶本照男・小関秀規・佐藤 稔

三菱電機技報 Vol.67・No.6・p.35～39 (1993)

地球環境の保全、中でも大気汚染を防ぐために燃焼機器の高効率化や排気の清浄化への要求が一層強まってきている。特に窒素酸化物(NO_x)については、今後ますますその排出量を低減していくことが重要である。

本稿では、当社が現在進めているスターリングエンジンやヴィルミエ及び吸収式を利用した新しい熱駆動型空調機に用いる燃焼器の低NO_x化、及び家庭用燃焼器の低NO_x化の現状について報告する。

脱フロン冷凍・空調システム

菅波拓也・杉原正浩・梶本照男・田中直樹

三菱電機技報 Vol.67・No.6・p.15～19 (1993)

冷凍・空調分野の技術進歩は、我々の生活や活動環境を快適にして大きな発展を遂げてきた。その開発は、省エネルギー、フロン規制、電力平準化などの社会的要請にこたえることが重要である。

当社では、これらの要請に沿って脱フロン技術にも挑戦している。本稿では、ガスサイクル式としてスターリング冷凍機やヴィルミエ(Vuilleumier)空調機、化学式として吸収式やケミカル式の空調機について、その特長や開発の現状について報告する。

地球環境と水の高度処理技術

廣辻淳二・池田 彰・中山繁樹

三菱電機技報 Vol.67・No.6・p.40～44 (1993)

産業の発展、人口の都市への集中によって水の汚染は広がりつつあり、安全でおいしい水、清らかな水環境の回復のため、水の高度処理技術がますます重要になっている。

本稿では、当社の水環境保全に対する最新の取組として、オゾンを利用した上下水処理プロセスの高度処理技術、促進オゾン法による農薬などの微量難分解性物質の除去技術、上下水の生物学的処理プロセスの計測制御技術などを紹介する。

環境保全機器としてのロスナイ(熱交換形換気機器)

中村俊夫・篠田公成

三菱電機技報 Vol.67・No.6・p.20～24 (1993)

従来から“ロスナイ”は換気をしつつ冷暖房時のエンタルピーを効率良く交換する省エネルギー効果でその製品力を評価されてきた。

一方、近年、建物の高気密化・高断熱化が進む中で、その重要性が更に注目されてきている。今回、環境保全面の2点からロスナイを紹介し、最近の具体的な製品についても触れる。

(1) 冷暖房エネルギーの節約＝省電力効果(原子力発電の1基分)

(2) 冷暖房機のランクダウン＝省資源

地球環境と衛星リモートセンシング技術

小林督智・小野 誠・角市 修

三菱電機技報 Vol.67・No.6・p.45～49 (1993)

衛星からのリモートセンシングは、地球全体を短期間に観測できるので、地球環境の解明の有効な手段として注目されている。当社は、1992年に打ち上げられた地球資源衛星1号及び1995年度打上げ予定の地球観測プラットフォーム技術衛星のシステム取りまとめと、種々の衛星搭載用の観測センサの開発を行ってきた。当社がこれまで開発を担当してきたこれらの衛星やセンサを中心に、衛星リモートセンシングの概要を述べる。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 6, pp. 25~29 (1993)

An Environment-Friendly Packaging System

by Yasuji Iijima

The purpose of packaging for electrical products is to prevent damage caused by shock and vibration during distribution. But the recent recognition of environmental problems on a global scale has led to a demand for package materials that are easy to dispose of, recyclable and that are made of reusable resources. A new technology that utilizes recyclable expanded polystyrene, which is widely used in electrical product packaging, has been developed by the authors. The manufacturing process of this material and an example of a disposable package for residential lighting fixtures are described.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 6, pp. 1~5 (1993)

Basic Study of Global Environmental Problems

by Toshio Ito, Yasuo Hashimoto & Ikuro Yamada

Managers are today required to act in consideration of the basic relationship between corporate management and global environmental problems. The article makes proposals for activities to be undertaken by corporations from the standpoint of examining the effects of the earth's environmental problems on the earth's environment from outer space. The proposed actions are shown to be consistent with all the management problems corporations must address because of economic considerations.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 6, pp. 30~34 (1993)

An Assessment System for Electric Home Appliances

by Tsuneo Matsumura, Takao Komai, Tsuneo Takahashi & Yoshiaki Saruhashi

Product assessment is performed at the design stage for household electrical appliances in order to reduce the amount of waste materials at the end of service life and to promote recycling. In studies, emphasis is placed on such aspects of the product construction as weight, volume, and ease of disassembly. Component parts have been reduced, and packaging dimensions decreased. ISO abbreviations are used to display the type of material on thermoplastic resin parts in quantities of 100g and above. Some synthetic resins have also been adopted for reuse. Such product assessments will lead to reductions in the cost of construction, distribution and servicing, adding further value to the product.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 6, pp. 6~9 (1993)

Mitsubishi Electric's Involvement in Global Environmental Protection

by Yasuo Hashimoto & Kozo Shimamoto

Under the principle of "sustainable development," Mitsubishi Electric strives to protect and improve the global environment through every business activity, based upon its accumulated knowledge and creative advanced technology. The article introduces some of these activities. The company endeavors to lessen the load on the environment at each stage, from product planning and development to scrapping. In its role as a major manufacturer of electrical equipment, the company is also engaged in the development of a variety of technologies related to environmental protection.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 6, pp. 35~39 (1993)

Low NOx Technologies for Various Combustors

by Teruo Sugimoto, Hidenori Koseki & Minoru Sato

Demand is mounting for more efficient combustors with improved performance for cleaning exhaust gases in response to the need for global environmental protection, particularly prevention of air pollution. Of great importance is the reduction of nitrogen oxide (NOx). The article reports on technology to reduce the NOx emissions of combustors used in heat-driven air-conditioning systems, such as Stirling engine heat pumps, Vuilleumier heat pumps and absorption heat pumps, which are now under development at Mitsubishi Electric, and also describes the reduction of NOx emissions in home-use burners.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 6, pp. 10~14 (1993)

Electrical Reliability Evaluation of Printed Circuit Boards with No-Clean Fluxes

by Mitsuhiro Nonogaki, Takashi Masuda, Junzou Enomoto, Teruhito Matsui & Takashi Takahama

The article reports on the effect of flux remaining on an uncleaned printed circuit board on the reliability of the electrical insulation between conductors, and discusses methods for evaluating the insulation lifetime. As a result, it is now possible to predict the insulation lifetime of a printed circuit board with flux remaining, as well as to determine whether flux has been used or not. In order to facilitate the use of no-clean fluxes, in addition to the evaluations of electrical reliability gathered by the present report, the authors intend to perform evaluations of wettability taking manufacturing processes into account.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 6, pp. 40~44 (1993)

Advanced Water and Wastewater Treatment Technologies for Environmental Pollution Control

by Junji Hirotsuji, Akira Ikeda & Shigeki Nakayama

The growth of industry and concentrated populations in urban areas has led to problems with water pollution. In order to ensure safe, water and an unspoiled water environment, sophisticated water treatment technology is becoming more and more important. This article introduces the latest efforts by Mitsubishi Electric in the field of environmental protection including advanced technology which uses ozone for processing water and wastewater treatment, technology for removal of trace amounts of refractory matter using an advanced ozonation method, and technology for measurement and control of biological treatment processes for water and wastewater.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 6, pp. 15~19 (1993)

Fluorocarbon-Free Refrigeration and Air-Conditioning Systems

by Takuya Suganami, Masahiro Sugihara, Teruo Sugimoto & Naoki Tanaka

Great progress has been made in refrigeration and air-conditioning system engineering, which has brought comfort to our living and working environments. It is important that the development of such systems also respond to the demands of society for energy efficiency, restrictions on freon use, and the need to smooth peaks in power usage, among other requirements. Mitsubishi Electric is working to develop freon-free technology as part of its efforts to meet these demands. This article reports on the features and the current status of development of several systems: a Stirling refrigerator and Vuilleumier heat pump, which are gas-cycle systems, and absorption and chemical-reaction heat pumps as instances of chemical-type systems.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 6, pp. 45~49 (1993)

Earth Environment and Remote Sensing Technologies Using Satellites

by Masanori Kobayashi, Makoto Ono & Osamu Kakuichi

Remote sensing from satellites makes possible short-term observations extending over the entire earth, and so is seen as an effective means of elucidating the global environment. Mitsubishi Electric was the prime contractor for the JERS-1 (launched in 1992), a satellite for observation of global resources, and is working on the development of the Advanced Earth Observation Satellite scheduled for launch in 1995. The company has also developed various observation sensors for mounting on these satellites. The article reviews satellite remote sensing, focusing on the satellites and sensors developed by the company to date.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 6, pp. 20~24 (1993)

Lossnay Air-Conditioning Systems for Environmental Preservation

by Toshio Nakamura & Kiminari Shinoda

The "Lossnay" has long been highly regarded as a product which provides ventilation while achieving high energy efficiency by enthalpy exchange during heating and cooling. The trends toward airtight and thermally insulated buildings and dwellings in recent years have further increased interest in the Lossnay. This article introduces the Lossnay with reference to two aspects of environmental protection, and also touches briefly on recent products. The two aspects are conservation of energy during heating and cooling (i.e., energy efficiency equivalent to the power of one atomic power plant) and reduction in heating and cooling capacities, (i.e., conservation of resources).

アブストラクト

<p>“ライトアップ”から“ライティングクオリティ”へ 桂 秀年 三菱電機技報 Vol.67・No.6・p.52～55 (1993)</p> <p>生活環境の質志向が進むに従って、照明の需要は拡大してきた。有限なエネルギーを消費し、成長拡大を続ける照明は、地球環境問題が提起され、転換点に立っている。照明における快適性の実現と省エネの両立を図ることは、避けることのできない最重要課題である。生活と照明のかかわりを追求し、適光適所を図る。五感全体のアプローチで快適性を図る。空間トータル志向で省エネの実現。我が国で培った蛍光灯照明を生かし、環境問題の解決に貢献する。</p>	<p>パネル形誘導灯“ルクセント” 武田輝明・中町 剛 三菱電機技報 Vol.67・No.6・p.78～81 (1993)</p> <p>ホテルやデパートなどに設置する誘導灯は、目立つことが目的である反面、建築家からは最近の建築空間にはデザイン的にマッチしないと不評でもあった。従来の誘導灯は内部のランプから表示面を光らせる箱形をしたものであったが、透明メタクリル樹脂の導光板の端面からランプの光を導入し、均一に光らせた導光板の表面に表示板を取り付ける導光板方式とした。ランプや電気部品を天井内に埋め込み、表示板だけが建築空間に光るパネル形誘導灯を実現した。</p>
<p>住宅照明のデザイン開発と技術動向 瀧澤文信・大下裕司 三菱電機技報 Vol.67・No.6・p.56～60 (1993)</p> <p>住宅照明に求められる快適性のニーズは、様々な“生活シーン”の中に見いだすことができる。その中で照明に求められる役割を整理すると“基本機能の構築”“住空間との調和”“光演出の創造”の三つの要素に集約された。これらを実現する最近の照明技術の中から、市場で話題をよんだ製品をテーマごとに紹介し、照明デザインとのかかわりについて述べる。最後に独自の立体表現による製品評価手法で事例製品の評価を試み、今後の展望を考察する。</p>	<p>希ガス蛍光ランプの発光特性 西勝健夫・櫻井毅彦・大澤隆司 三菱電機技報 Vol.67・No.6・p.82～86 (1993)</p> <p>希ガス蛍光ランプは、水銀の紫外線の代わりに希ガスの放射する真空紫外線で発光する蛍光ランプである。希ガスの中ではキセノンが、紫外線の波長が最も長いため蛍光ランプに適している。キセノンの圧力によって効率が変化する。圧力が数十Torrでは、パルス放電によって効率が上昇する。これは強いアフターグローの紫外線が発生するためである。また、圧力が高い場合、150～190nmのキセノン分子の紫外線が発生する。</p>
<p>パネルライティングとその応用 明道 成・狩野雅夫・竹花一志 三菱電機技報 Vol.67・No.6・p.61～65 (1993)</p> <p>パネルライティングは透明メタクリル樹脂板(アクリル板)の導光体を積層した光パネルと細管蛍光ランプ、反射板を組み合わせた面発光照明技術で、薄形・面発光でシャープな配光制御が可能で、まぶしさ、疲労の少ない、目に優しい光が得られる。この技術を生かしたタスクライトは従来のタスクライトと比較し、机上面の低い位置に取り付けて使用でき、中心エリアで従来のタスクライトの1.6倍の照度を実現でき、照度均斉度(最小照度/最大照度)も0.35で満足できる水準となった。</p>	<p>高演色コンパクトメタルハライドランプ“HQI”の新シリーズ 大谷勝也・高崎 光・アクセル バッシュナーゲル・渡部勁二 三菱電機技報 Vol.67・No.6・p.87～91 (1993)</p> <p>メタルハライドランプの伸長する市場の一つである店舗照明用の光源としての今後の要求性能は高演色性をベースに、色温度の多様化・小型化であり、“HQI”は新シリーズとして70Wの片口金形及び両口金温白色250Wを加えて市場要求に対応した。また、他の伸長市場であるスポーツ照明用の光源としての今後の動向は、TV放映等による高演色化とともに昼間と同じ光色をもつ光源であり、HQIとして直管形2,000W及び一重管両口金形2,000Wを加えた。</p>
<p>新オフィス照明器具“Hfシリーズ” 山崎広義・大竹登志男・武田輝明・前田憲行・村上勝男 三菱電機技報 Vol.67・No.6・p.66～71 (1993)</p> <p>Hf 蛍光灯器具は、光源の蛍光ランプとこのランプを高周波で点灯する点灯装置(電子安定器)及び器具の総合的な開発によって実現することのできた薄形照明器具であり、同一の明るさ時に従来形比約24%の省電力と従来器具比約75%の器具薄形化による施工性の向上、照明器具1台当たりの光束を従来比150%にすることによる設置時のコスト低減の特長がある。</p>	<p>最近の照明施設 前山絃一郎・関根裕次 三菱電機技報 Vol.67・No.6・p.92～96 (1993)</p> <p>最近の照明の傾向として、人間性を考慮した快適性創造と省エネルギー、省資源であることが強く求められ、高効率、高演色性でコンパクトな光源が多く開発されている。光源の特長を生かした高機能照明器具も多く開発され、これらの照明器具と多様化する照明空間の使用目的に合わせて照明制御するなど照明の質的向上と使いやすさに配慮がなされた施設が多くなってきた。最近の照明施設を分野別に紹介する。</p>
<p>新オフィス用照明制御システム“SUPER-MELSAVE” 小泉登夫・久代紀之・五十嵐和之 三菱電機技報 Vol.67・No.6・p.72～77 (1993)</p> <p>小規模ビルから大規模インテリジェントビルまで対応でき、オフィス空間の快適な照明環境、省配線、省工事、省力化を実現した階層化照明制御システム“SUPER-MELSAVE”(スーパーメルセーブ)を開発した。このシステムは、照明器具の点滅、調光制御に電力線搬送方式を採用した照明制御システムである。</p> <p>本稿では、開発システムとシステム導入事例三菱地所㈱所有“赤坂パークビルディング”の概要を紹介する。</p>	

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 6, pp. 78~81 (1993)

Emergency Luminaires with "Luxent" Sign Panels

by Teruaki Takeda & Tuiyoshi Nakamachi

The inductive lamps installed in hotels, department stores and other establishments are intended to stand out prominently, but have been criticized by architects for their aesthetic mismatch with the architectural space. Previous inductive lamps have been box-shaped, and internal lamps were used to illuminate the display panel. In the new units, the lamp light is guided from the end of a light-conducting transparent methacrylic resin sheet in a light-guiding sheet design, with the display panel mounted on the uniformly illuminated surface of the light-guiding sheet. The lamp and electrical components are recessed into the ceiling, and only the display panel is illuminated within the architectural space.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 6, pp. 52~55 (1993)

Evolution of Lighting: From Quantity to Quality

by Hidetoshi Katsura

The increasing emphasis on the quality of living environments has been accompanied by a mounting demand for improvements in lighting. While consuming a limited amount of energy and undergoing continued growth, society has become faced with numerous global environmental problems, and has finally reached a turning point. The most urgent problem is that of simultaneously achieving a pleasant environment through lighting and the conservation of energy resources. The relation between lifestyles and lighting is examined in an attempt to provide optimal lighting for different modes of living comfort with respect to all five senses. Energy consumption for the living space as a whole is consequently reduced.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 6, pp. 82~86 (1993)

The Characteristics of Rare-Gas-Discharge Fluorescent Lamps

by Takeo Saikatsu, Takehiko Sakurai & Takashi Osawa

Rare-gas fluorescent lamps emit light created using the ultraviolet rays emitted by rare gases, in place of the ultraviolet rays from mercury. Of the rare gases, the UV wavelength of xenon is the longest, making it suitable for use in fluorescent lamps. The emission efficiency varies depending on the xenon gas pressure. When the pressure is several tens of Torr, the efficiency rises due to pulse discharge. This is due to the occurrence of strong afterglow UV rays. When the pressure is high, UV rays in the 150 to 190nm range are emitted by xenon molecules.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 6, pp. 56~60 (1993)

Design Development and Technical Trends in Residential Lighting

by Fuminobu Takizawa & Hiroshi Ohshita

The need for comfortable residential lighting can be seen in a variety of scenes from daily life. The roles demanded of lighting can be classified under three headings: "provision of basic functions," "harmony with living space," and "scene creation." From among recent advances in lighting that achieve all three of these objectives, the authors introduce a number of products which have attracted attention in the market and discuss them in relation to lighting design. An attempt is made to evaluate sample products by a product evaluation method which relies on an original method of three-dimensional representation, and future developments in the field are considered.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 6, pp. 87~91 (1993)

HQI: A New Series of Compact Metal-Halide Lamps with High Color Rendering

by Katsuya Otani, Hikaru Takasaki, Axel Baschnagel & Keiji Watanabe

Store lighting fixtures represent one growth market for metal-halide lamps. Such lighting equipment must meet a number of performance requirements in the future, including high color-rendering properties, a variety of color temperatures, and compact size. The new HQI Series metal-halide lamps are designed to meet such market demands, and include a single-ended 70W model and double-ended 250W model. Lighting fixtures for sports facilities also represent another high growth market, including accurate color-rendering and color temperature equivalent to daylight. To meet such needs, two new models were added: a tubular 2000W unit, and a double-ended 2000W unit without outer bulbs.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 6, pp. 61~65 (1993)

Thin Profile Flat-Panel Lighting Technology and Applications

by Osamu Myodo, Masao Karino & Kazushi Takehana

Panel lighting is a method of planar-emission lighting which combines thin-tube fluorescent lamps and reflecting sheets with light panels consisting of layered light-conducting methacrylate resin (PMMA) sheets. Such lighting fixtures are thin and can be controlled to produce sharp planar beams, with little harsh brilliance, so that the eyes are not fatigued. A task light utilizing this technology is compared with an ordinary task light; the former fixture can be mounted at a low position over a desktop, and can achieve a brightness 1.6 times that of the conventional fixture at the desktop center; brightness uniformity (ratio of smallest to greatest brightness) is also a satisfactory 0.35 lux.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 6, pp. 92~96 (1993)

Recent Trends in Lighting Equipment

by Koichiro Maeyama and Hirotsugu Sekine

In addition to such recent trends in lighting equipment as its increasing suitability for the creation of an environment with priorities on human comfort, there have also been strong demands for energy efficiency and the conservation of natural resources. Consequently, numerous light sources have been developed which provide high efficiency and accurate color rendering in a physically compact package. Numerous systems have been produced to exploit the features of such light sources, providing varied lighting control using highly efficient lighting fixtures and emphasizing factors that affect ease of use. Recent developments in such lighting equipment are reviewed by category.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 6, pp. 66~71 (1993)

The Hf Series: New Office Luminaires

by Hiroyoshi Yamazaki, Toshio Otake, Teruaki Takeda, Noriyuki Maeda & Katsuo Murakami

The Hf Series fluorescent lighting fixtures consist of a fluorescent lamp light source, an electronic ballast to light the lamp at high frequency, and a thin structure which was the outcome of the overall development of the fixtures. These models offer a power savings of approximately 24% compared with conventional lighting at the same brightness, and are approximately 75% thinner than existing fixtures. Another feature is the cost reduction resulting from the luminous flux, which for a single unit is some 150% greater than existing fixtures.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 67, No. 6, pp. 72~77 (1993)

The Super-MELSAVE: A New Office Lighting System

by Nobuo Koizumi, Noriyuki Kushiro & Kazuyuki Igarashi

The "Super-MELSAVE" lighting control system has been developed for use in small- to large-scale intelligent buildings. The system incorporates hierarchical distributed architecture and utilizes the "powerline carrier" communication technique to achieve flexibility in building scale and reduce wiring costs. This article introduces the new system and describes its installation in the Akasaka Park Building, owned by Mitsubishi Estate Company, Ltd.

環境技術特集に寄せて

——地球環境問題の基本的考察——

常務取締役 工学博士 伊藤 利朗
本社 橋本 康男
本社 山田 郁夫

1. ま え が き

世界の耳目を集め環境保全の重要性を新たにする契機となった国連環境開発会議(地球サミット)から1年の月日が流れた。世界各国は、“持続可能な発展”の共通理念の下に、地球環境問題について具体的な目標を設定しその実現に向けていろいろな施策を模索しつつある。今や地球環境問題は世界経済を大きく左右する要素となっている。したがって、世界経済の担い手である企業の経営に当たっては、地球環境問題の基本を正しく理解しながらいろいろな施策を立案し、実施することが必ず(須)であるといえよう。本論文の目的は、地球環境の基本を考察し、健全な企業としていかに行動すべきかを論ずることにある。

2. 地球環境への宇宙の作用

図1は宇宙の地球環境への作用、及びこれらの作用と人間の活動との関連を解析したものである。図を参照しながら、まず、宇宙が地球環境に及ぼす作用を列举すると次のとおりである。

2.1 気温の決定

地球は太陽から光線という高級なエネルギーを与えられる。このエネルギーは様々な形で利用されるうちに、地球の表面温度の熱と化し、熱線として宇宙に吸収される。地球の表面で吸収される太陽光線のエネルギー量と地球の表面から大気を通じて宇宙に吸収される熱量が等しくなるという条件で、地表の平均温度すなわち気温が決定される。

この温度が大気中の炭酸ガス濃度の上昇とともに高くなるというのが、炭酸ガスの温室効果である。交通や産業活動の結果、排出される炭酸ガスで大気中の含有率が高くなり、大気は、太陽光は通すが地球からのふく(輻)射熱は通しにくくなるというのがその説明である。ただし、海水の炭酸ガス吸収能力はかなり大きいという説がある⁽¹⁾。

2.2 気象の形成

宇宙のもう一つの作用に気象形成の作用がある。太陽熱によって地表や水面が局所加熱されると、地表の気温ひいては

気圧配置が不均一になり、風雨が生じて気象が形成される。図1に示すように、この気象現象と太陽光線のおかげで生物が育つのである。

ここで指摘したいことは、大気中の炭酸ガスの増加は地表と成層圏の温度差を大きくし、気象現象を激しくする⁽²⁾ので、温室効果とは逆に、地球を冷却し気温を下げる可能性があることである。世に言う地球温暖化現象は、逆に温度低下を招来する可能性もある複雑な現象なのである。ようするに“炭酸ガスの増加＝地球の温暖化”とは一概に結論できそうにないが、台風や集中豪雨、干ばつや豪雨などと気象を激しくすることは確かなようである。

さらにこの異常気象によって、地球上の氷が溶け海面が上昇するという予測と、これとは逆に、異常気象が南極により多くの雪を降らせ海面が下降するという予測があるが、どちらになるにしても炭酸ガスが増加すれば、海の水位が変化することが心配されている。

2.3 分子の生成・破壊

太陽光線はまた、紫外線による化学反応を通じて、各種の分子を複雑かつ微妙に生成／破壊している。この反応は、オゾン層を形成したり、各種の産業活動によって作られた炭化水素や、第二世代、第三世代のフロンである HCFC や HFC などの分子を破壊するという浄化の役割も果たしている。

紫外線によって容易に破壊されない特定フロンなどの物質がオゾン層を破壊するというのが、オゾン層破壊問題である。ついでながら、火山爆発に際して成層圏に達するエアロゾルに含まれる SO_x が、オゾンを消滅させる可能性がある⁽³⁾。その一例として、最近のピナツボ山の噴火でオゾン層がかなり破壊されていることが報告されている。

一般に、紫外線で分解せず、かつ広く散逸する気体／液体／粉体の廃棄物は、最悪の地球環境汚染物質なのである。これらは、土壌汚染／海洋汚染を引き起こし、地球のリサイクル系を不可逆的に変え(歪)する危険物である。その代表が特定フロンであり、既に製造・使用禁止になっている PCB やアスベストなどである。特定フロンはこの意味でも製造禁止とすべきものである。

2.4 エントロピー低減作用

太陽光線の供給と熱吸収によって宇宙が地球に及ぼしている最も重要な作用は、地球のエントロピーを低減していることである。地球活動の原動力は、一般に考えられているように宇宙から来るエネルギーではない。前述のように、地表に入射する太陽光のエネルギーと宇宙のかなたへ放散される熱輻射のエネルギーは、ならしていえば等しいのである。逆にいえば、等しくなるような形で気温が決定されているのである。地球の活動の原動力は、太陽光線の供給と地表の熱の吸収によって地球のエントロピーを不断に低下させる“宇宙のエントロピー低減作用”なのである。2.2節の気象活動もこの作用に基づいて行われているのである。

3. 地球上の活動の原動力について

3.1 コスミックサービス概念⁽⁴⁾の導入

エントロピー低減作用を分かりやすく説明するために、活動主体（例えば人間）が生活している部屋を考えると、部屋にある程度の蓄えがあっても、外部と孤立しよう（籠）城状態になって1～2週間もすれば、部屋には次の法則が働いて、部屋はカオス（混とん（沌）状態）に落ち込んでいく。

- (a) 消化の法則：食料は生ゴミと排せつ（泄）物になる。
- (b) 汚染の法則：水などの溶液は汚れていく。
- (c) 減耗の法則：生活道具は機能低下し、消耗品はゴミと化していく。
- (d) 熱化の法則：蓄電池の電気やポンペのガスのエネルギーは熱に転化する。
- (e) 陳腐化の法則：情報は陳腐化していく。
- (f) 散乱化の法則：部屋は汚れ・散乱していく。

結果として、物質やエネルギーの損失はないのに部屋では仕事ができなくなっていく。この法則が“孤立系のエントロピー増大の法則”である。

仕事を続けるためには、整理・整頓・清掃は自分でやって(f)の散乱化を防ぐとともに、(a)～(e)のエントロピー増大に対しては、それぞれ次に示す“新しいものの提供だけではなく、これと古いものの廃棄処分を一体化したサービス”を受け、エントロピー増大を防いでもらうことが必要である。

- 食料を補給し、生ゴミや排泄物は持ち去る。
 - 汚れた水を排出し、新鮮な水を供給する。
 - 減耗した道具を新品と交換し、廃品は持ち去る。
- 消耗品を補給し、ゴミ化したものは持ち去る。

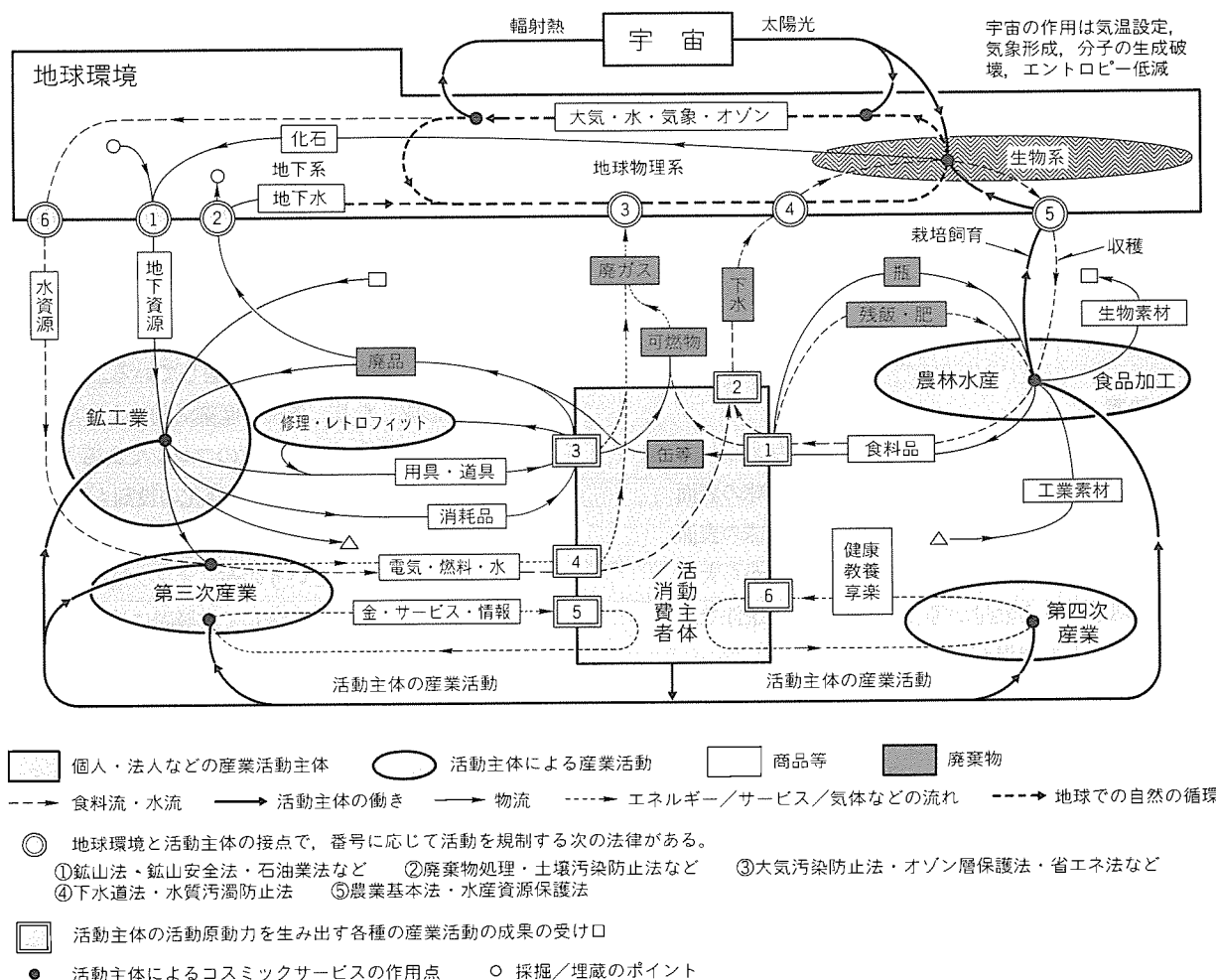


図1. 地球環境問題の図解

●電池は充電，ポンペは充てん（填）し，廃熱は取り去る。

●新しい情報をもらい，古い情報は捨てる。

筆者らはこのような一貫サービスを，カオスをコスモス（秩序）に換えるサービスという意味で，コスミックサービス⁽⁴⁾と命名している。コスミックサービスとは物やエネルギーを単に供給するという半端な行為ではなく，物やエネルギーを提供することと用済み後は引き取ることを一貫してやるサービス行為であることに留意されたい。

興味あることに，これらのサービスの量は，文献(2)に示すようにその内容が情報，用具保守，エネルギー，食料，消耗品，水と様々であるにもかかわらず，古くなったものを引き取って廃棄処分することによって生じるエントロピー低下量で統一的に定量化できるのである。さらに，エントロピー低下量は外部から供給される情報量とも見なすことができるのである。

3.2 地球が宇宙から受けるコスミックサービス

地球というシステムは，原子力や地熱を無視すれば，太陽光線を受け，熱を引き取ってもらうというコスミックサービスを受けている。ここで，地球が宇宙から受けるコスミックサービスを定量的に評価すると次のようである。

黒体輻射温度 T_S (5,800 K)，エネルギー量 Q_S で地表に達する太陽光が例えば葉緑素による可視光の吸収のように理想的に吸収されたとすると，エントロピー増加は Q_S/T_S である。このエネルギーは，様々な形で利用されるうちに，地表の平均温度 T_E (288 K)⁽⁵⁾ の熱（大きさは不変で Q_S ）となり宇宙に放散される。放散に際して Q_S/T_E だけエントロピーが低下する。したがって宇宙は差し引き

$$(1/T_S - 1/T_E) Q_S = 0.003 Q_S$$

だけ地球のエントロピーを低下させたことになる。実際は太陽エネルギーの吸収は上述のように理想的には行われ⁽⁶⁾ないので，宇宙のエントロピー低減作用はこれほど大きくはない。しかしいづれにしても，宇宙は太陽エネルギーを供給

し輻射熱を吸収するというコスミックサービスによって，地球のエントロピーを不断に低減していることに変わりはない。

前節で述べたように，システムが活動するためには，外部からなんらかのコスミックサービスを受ける必要があるが，地球上のあらゆるシステムの活動は，上述の宇宙からのコスミックサービスを根源として行われているのである。

なお，コスミックサービスは経済学と物理学を架橋するもので，唯一の経済的実体とみなすべきものであることを付言する。

4. 生物系の活動

図2は，生物系の連鎖関係とリサイクル状況を示したものである。図に示すように，生物系は植物の葉緑素で宇宙からのコスミックサービスを受け，これを様々な仕方を利用して活動する系である。

詳細には，植物は，太陽光線を葉緑素で受けて大気中の炭酸ガスと水とからぶどう糖を生成したり，微生物の助けを借り複雑な過程を経て空中の窒素を固定している。また，動物は，植物を基本とした食物を摂取し，それを排泄物や炭酸ガスや熱に変えて排出する。そして，動植物の死体や排泄物が分解者の微生物や昆虫などによって炭酸ガス，水，酸素，窒素，その他の生体に必要な分子などに転換されて地球環境を循環する。ただし，宇宙からのコスミックサービスが達しにくい地下30 cmでは生物活動は地表の25%となり，ほとんど達しない2 mより深い地中ではほぼ0%となる⁽⁷⁾⁽⁸⁾。

生物系が何十億年と続いてきたことは，有機物はすべて系内で処理され，炭酸ガス，水，酸素，窒素，肥料などは大気と大地を通じて完全にリサイクルされていることの証拠である。

また生物は，宇宙からのコスミックサービスを長時間かけて遺伝子に情報の形で蓄積することによって進化する一種の情報システムでもある。遺伝子は，想像を絶するほどの長時間をかけて作られた，人間の作るいかなる機械よりもけた外

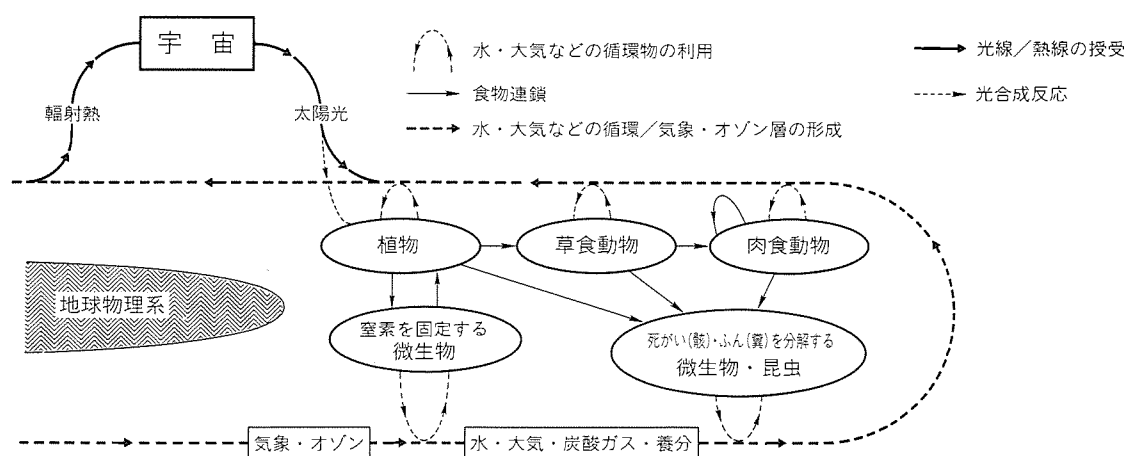


図2. 生物系の活動

れに精巧な設計図である。一度失えば、再び手に入れることが絶対に不可能な貴重品である。このような貴重な遺伝子を持った生物を、農薬の乱用、酸性雨による湖沼汚染や土壌機能低下、あるいは熱帯雨林の乱開発などにより、絶滅の危機に追いやることは大きな損失といわねばならない。

特に、極めて多様なニッチ（生物の生存可能すき（隙）間）を包含する熱帯雨林の破壊は大損失といいたい。例えば、アマゾンを中心とした南米の熱帯地域やニューギニアに世界のちょう（蝶）の種の大半が生息すること、日本の1/3の面積しかないマレー半島に日本の5倍近い種が生息していることは驚嘆に値する。これらの地域にある熱帯雨林は、豊富な種類の植物を包含し、その植物に依存して生きる昆虫や微生物がそれ以上に多様に進化して生息している“宝の山”なのである。

5. 人間の産業活動

前章までは、地球環境への宇宙の作用について整理し、考察してきた。最後にまとめとして、これらの基本的概念を人間の産業活動へ展開しながら、今後企業に要求される環境問題に適合した産業活動と、環境問題に適合した活動主体の行動について考察する。

図1の下段は人間の産業活動の図解である。図1に示すように、産業活動は地球環境が宇宙から受けたコスミックサービスの分け前を得て行われる活動である。具体的には、産業活動によって提供される様々なコスミックサービスを1～6の窓口から受けて活力を得た活動主体（個人／法人）が、国と地方自治体などの支援の下に役割分担しながら楕円で示した様々な産業活動を行い、これを通じてコスミックサービスを消費者としての活動主体に供給する広義の循環活動である。活動は主として、地球環境のリサイクルのわ（環）と③～⑤の接点で接しながら、①の接点を通じて地下資源を取り出し、②の接点を通じて廃棄物となった資源を埋める行為以外は、生物系と同様に物質やエネルギーのリサイクルの環を形成して行われている。

近年、地下資源の利用が多くなったために、産業活動が①～⑤の接点を通じて地球環境に不可逆変化をもたらしつつあるというのが環境問題である。最近①～⑤の接点での行為を規制するため、各種の法律や国際的な議定書が次々と改訂されたり、新設されている。その結果、例えば企業の経営について言えば、“環境問題を片隅に置いた経営”から“環境問題を中心に据えた経営”へというパラダイムシフトを余儀なくされているのである。

5.1 環境問題に適合した産業活動

5.1.1 農林水産・食品加工関連の産業活動

この分野のコスミックサービスは、図1の右部分に示すように、農林・水産業によって生物系から取り出した食料をそのまま、あるいは加工して消費者に提供する活動と、排出さ

れた生ゴミや排泄物を適切に処置し地球環境に返す活動の二つがある。

高度成長以前の日本では、これらの活動は同一の活動主体によって行われ、図の最小の環を描いてリサイクルされていた。しかし経済成長とともに、食料の生産、供給、廃物処理は、それぞれ生産者、流通業者、地方自治体というように別の体制で行われてリサイクルの環は大きくなり、施策も別個に立案・実施されるようになってきているのは問題である。昔に帰ることは不可能であるが、今後は、少なくとも上の三者は協調し、物の提供と廃物の処理の二つの活動を一貫したものとして企画・実施する必要がある。

5.1.2 鉱工業関連の産業活動

図1の左部分に鉱工業として示されている産業活動は、地下資源を採掘する鉱業と、これらの資源を精製・精錬して素材とする素材産業と、素材から建物を含む道具・用具や消費財などを作り出す製造業からなる。

道具・用具の廃品は、製造業が地方自治体などと協力して引き取って、できるだけ小さな環を描いてリサイクルするようにすべきである。具体的に言えば、引き取った廃品を材料・部品に分解し、それを種類別に分別すること、そして、これらを可能なかぎり自産業内でリサイクルすること、不可能な物はできるかぎり素材産業が受け取って再生することなどが必要である。

製造業における製品の設計に際しては、まず、できるかぎりレトルフィット（追加改善）可能なように設計すること、次善の策として部品・材料の分別回収・リサイクルが可能のように設計することが肝要である。製品の省エネ・省資源設計を徹底的に推進することも重要である。

鉱業・素材産業では、消費財の廃棄物・反応生成物をできるかぎり引き取ってリサイクルすること、リサイクル不可能なもののうち可燃物は焼却し不燃物は生物活動と地下水の循環のない地下に埋めること。採掘は必要不可欠な分だけにとどめなければならない。

最近、引き取った適困物（適正処理困難物）は自家保有の土地に埋め立てようとする動きがあるが、埋め立てられたものは図1に示すように地下水によって拡散するので、自家所有の土地といえども勝手な行動は許されない。

また、産業、レジャー、住居などの目的のいかんを問わず、土木建築活動によってこれ以上の植物系の破壊をもたらす行為はできるだけ控えなければならない。

5.1.3 第三次産業関連の活動

エネルギー関連産業のコスミックサービスは、本来、電力や石炭・石油・天然ガスの供給と生成される炭酸ガスや熱の効果のアセスメントと一貫したものとして行うべきである。増産とは相入れないが、省エネをプロモートすることはこの産業が中心となるべきである。

情報産業にとっては、情報メディアのマルチ化・高度化に

よって、情報伝達を交通から通信に置き換えるよう努力することが重要課題である。

金融産業は、環境問題に適合した活動をする企業／個人に有利に、資金を配分するようにしなければならない。

5.2 環境問題に適合した活動主体の行動

企業や個人などの活動主体は、以上述べてきた宇宙の地球環境への作用及びこれらの人間の産業活動との基本的な関連を考慮に入れ、生産活動において環境問題に適合した行動をとることが必要である。これらの身近な例を列挙すると次のようである。

- (a) 3S(整理・整頓・清掃)を心掛ける。
- (b) 省エネルギーに努める。
- (c) 省資源に努める(例えば裏紙や古封筒を使う。)
- (d) CIMなどを実行し、売れない製品は製造しないようにする。
- (e) 製品の品質や信頼性の向上に不断の努力をする。
- (f) 製品在庫や棚卸し資産を極力減らす。
- (g) 生産の歩留りを極力向上する。
- (h) 消耗品はできるだけ道具に切り替える(梱包→通い箱、鉛筆→シャープペンシル)。
- (i) 生産性の向上に不断に努める。
- (j) 生産性の向上でできた余裕を図1の第四次産業に向け

る。ここでは第四次産業を、人々に健康・教養・楽しみを与えるための産業と定義したい。

これらの行動は、企業経営の観点からみても、その改革あるいは再構築に結びつく条件であり、経営課題そのものである。正に健全な企業としてやるべきことを実行することが企業及び個人が環境問題にこたえることであると言えよう。

参 考 文 献

- (1) 進藤勇治：地球環境問題技術開発課題調査II, 26～27, 化学技術研究所 (1989)
- (2) 細野敏夫：エントロピーの科学, 142～143, コロナ社 (1991)
- (3) 富永 健：Newton 別冊, 地球大異変, 91, 教育社 (1993)
- (4) 伊藤利朗：新概念によって地球環境問題を考える, 電気学会誌, 113, No. 3, 234～237 (1993)
- (5) 地球環境工学ハンドブック, 473, オーム社 (1991)
- (6) 地球環境工学ハンドブック, 473, オーム社 (1991)
- (7) 地球環境工学ハンドブック, 1098, オーム社 (1991)
- (8) 太田次郎：情報知識 imidas, 生物, 758, 集英社 (1992)

地球環境保全に向けての当社の取組

橋本康男*
島本幸三*

1. ま え が き

21世紀に向けて、環境保全と経済開発を両立させながら持続可能な発展を達成するためには、人間の活動、とりわけ産業活動におけるきめ細かな対策と効果的な関連技術の開発が必ず(須)である。1992年6月のブラジルでの地球サミットをきっかけに、国際的に環境問題への関心が高まるとともに、共通認識の段階から本格的な保全対策の実践へと移ってきた。

当社は、地球環境問題の基本的な理解に努めながら生産活動での環境保全に万全を期すとともに、総合電機メーカーとして幅広い事業領域の中で環境問題に直接又は間接的にかかわる多様な技術の開発を進めている。

ここでは、地域的な公害防止から地球規模の環境問題にわたる当社の取組を紹介する。

2. 環境保全体制と推移

2.1 これまでの取組推移

当社の環境保全体制は、図1に示すように約30年前の1962年に排水処理技術に関する全工場を対象とする委員会を開催したことに始まるが、本格的に保全活動を開始したのは、1970年秋に“公害防止委員会”を設置してからである。その後、活動体制の強化と委員会による全工場の査察などを実施して、1976年に6年間の活動成果と今後の課題への対応策を“環境保全白書”にまとめて全社員への啓もう(蒙)を図った。また、1973年のオイルショックを契機に、社内の省エネルギー化を促進するための“省エネルギー対策会議”や“技術委員会”を新たに設けて原単位での消費量削減に努めてきた。

ここ4～5年来、大きくクローズアップされてきた地球規模での環境問題への対応は、まず、オゾン層保護のため1988年に“フロン対策委員会”を設けて特定フロン等の削減及び全廃に向けての技術対策から開始した。その後、更に地球温暖化防止や廃棄物問題などへの全社統一的な対策を強化するため、1991年に技術本部に“環境保護推進部”を発足させた。この組織の主な役割は、①従来の公害問題を含む様々な環境問題に対する科学的・政治的・産業的な観点からの調査と分析、②当社の環境保全にかかわる施策の立案と行動計画の推進及び管理、③事業所の環境管理に関する施策について、必要に応じて指導・支援及び事業所間の調整、④環境

保全に関する課題別プロジェクトの運営と推進、などである。

当社の環境保全推進体制は、全社規模での課題対応プロジェクトに加えて家電品や半導体などに特化し、かつ緊急課題に対応するため、必要に応じて関連事業本部にも委員会を設けて推進している。

このほか、研究開発部門は、それぞれの専門分野で独自に又は関連事業部門と一体となって様々な環境関連技術の開発に取り組んでいる。

2.2 地球環境保全への対策

産業活動がもたらす地球環境問題を科学的見地から整理すると、図2のようになる。すなわち、産業活動が自然の浄化作用を越えた活動により、地球環境の恒久的汚染や地球物理的環境の変わり(歪)及び生物系の破壊を引き起こすことである。これら一つ一つの問題を克服するためには、個々の企業における製品開発・設計段階、生産プロセス、流通及び製品のライフエンドまで考慮に入れた対策が不可欠である。

以下、当社が生産活動を展開する中で、積極的に取り組んでいる対策と今後の行動計画の一端を紹介する。

2.2.1 特定フロンなどの削減・全廃対策

1992年11月の第4回モントリオール議定書締約国会合で、特定フロンCFCや1,1,1-トリクロロエタンなどの削減及び全廃並びに代替フロンHCFCの規制スケジュールが決議された。これを踏まえて当社は、特定フロン等を1995年6月までに、1,1,1-トリクロロエタンを1995年末までに全廃

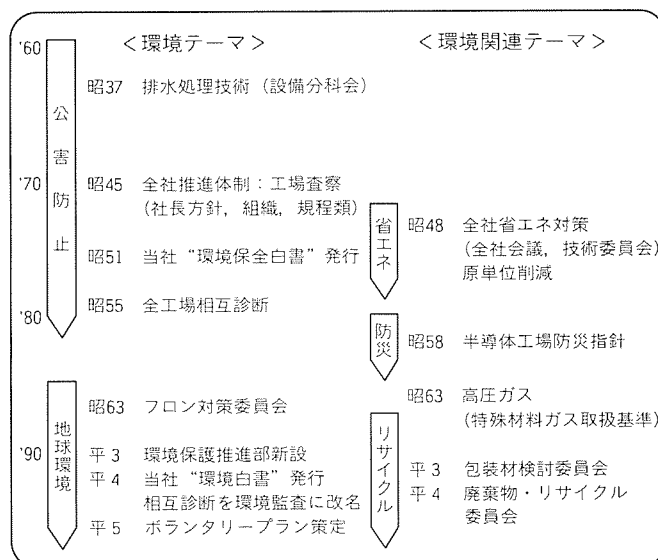


図1. 環境問題への取組推移

することとした。これらの目標達成に向けて、技術本部の重点戦略プロジェクトとして図3に示す推進体制を編成した。なお、半導体プロセスに使用するオゾン層破壊物質(ODS)は、現在既にその対策が進行しており、一部残っているものについても1993年末までに全廃する。ここでは冷凍空調用冷媒・発泡、実装基板・部品用洗浄についての代替物質や技術の適用検討例を以下に紹介する。

まず、冷蔵庫や冷凍機などに使用する冷媒では、従来の特定フロンCFC 12の代替物質としてオゾン層破壊係数がゼロであるHFC 134aを中心に検討してきた。その結果、業界で初めて冷媒にHFC 134aを使用した水冷式大型スクリーチリングユニット(図4)を開発した。また、冷蔵庫用の代替冷媒にHFC 134aを利用するための適正な冷凍機油を開発するとともに、併せてその機能や信頼性などを総合的に評価できる新しい手法も開発した。

冷蔵庫用断熱材のウレタン発泡用には、従来特定フロンCFC 11が使用されていたが、これに代わる物質としてHCFC 141bとHCFC 123の応用を検討した。その結果、従来のCFC 11で発泡したものと同等レベルの断熱特性をもつウレタンフォームと、これら代替発泡剤に侵されないABS樹脂内箱材を開発した。

洗浄用特定フロンCFC 113及び1,1,1-トリクロロエタンの削減・全廃対策は、対象を実装基板とその他部品に区分して、洗浄工程の廃止やそれぞれに適した代替洗浄剤、洗浄方式の導入を目標に進めてきた。まず、実装基板では、残存しても悪影響のないはんだ用フラックスを利用する無洗浄化を本命としながら、その他に用途や基板形状などに応じて、水系や準水系及び非水系などの代替洗浄剤への切替えを検討し、それぞれが逐次実用段階に入った。なお、無洗浄化に際しては、以下の個別論文に掲載した信頼性評価法を駆使して基板性能の長期信頼性を十分に確認した。

一方、部品洗浄では、潤滑性銅板の利用による加工油の廃止や揮発性加工油への切替えによる無洗浄化を推進し、石油ファンヒーター用カートリッジタンクや空調機の部品などへ実用化した。その他金属部品や精密部品などの洗浄には、対象物の形状・材質・量などの考慮が必要で、上記の実装基板同様に、それぞれ水系・準水系・非水系洗浄剤の応用を検討した。実用化した例としては、水系洗浄剤の冷凍圧縮機部品などへの適用がある。

2.2.2 省エネルギー対策

当社における省エネルギー対策の使命は次の三つである。すなわち、①生産プロセスなど事業活動に使用するエネルギーの削減、②製品の省エネルギー化の追求、③エネルギーの有効利用を図るための新技術、システムなどの開発である。③については次章で述べ、ここでは①、②についての

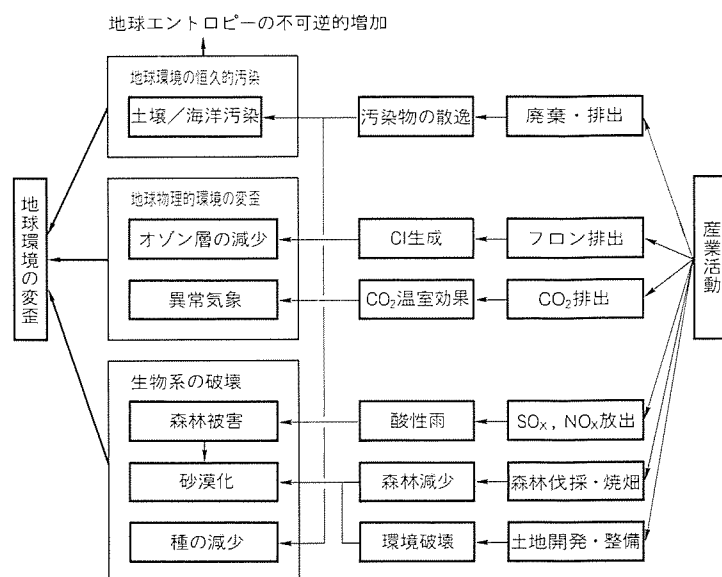


図2. 地球環境問題の科学的総括

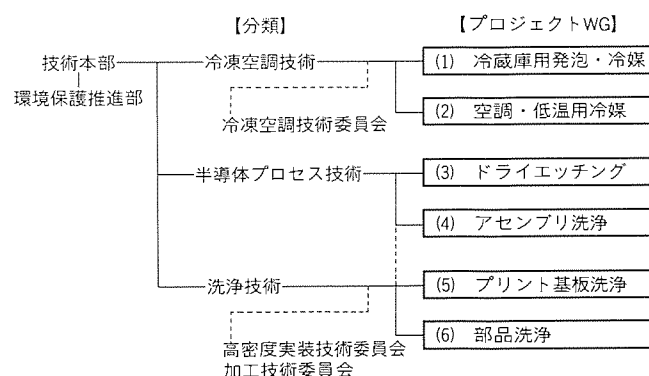


図3. 当社のフロン等の削減・全廃への取組

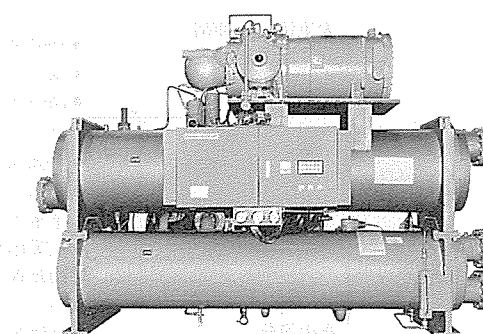


図4. HFC134a適用チリングユニット

事例を紹介する。

まず、事業活動における省エネルギー化については前節で述べたとおり、当社は約20年前から省エネルギー対策会議や技術委員会で原単位でのエネルギー削減に努めてきた。その間、生産プロセスの合理化ともあいまって工程の簡素化や時間短縮と同時に投入エネルギーの削減に努めた。その一例として塗装工程に着目し、塗膜の乾燥・硬化に従来170～180℃、20～30分加熱を要していたのを120～130℃、15～20分の加熱で可能な粉体塗装や電着塗装技術を専門メーカー

と共同開発し、エレベーターパネルなどへ適用した。また、エネルギー源は重油や都市ガスの燃焼加熱が主流であったが、これを遠赤外線や紫外線など効率の高い硬化方式へ切り替えることによって多くの塗装工程で省エネルギー化を図った。このほかエネルギーを多量に消費する生産工程を中心にその対策を進めてきた。

今後も引き続き生産プロセスの高効率化、余剰エネルギー有効活用、節電・節燃料等の徹底などに取り組み、2000年度のエネルギー消費を1990年度に比べて売上高原単位で25%削減を目標に、事業所の省エネルギー化に努めることとした。

次に、製品の省エネルギー化は、冷蔵庫、ルームエアコン、

表1. 当社の環境関連技術の開発事例

技 術 分 野		事 例
エネルギー有効利用	クリーンエネルギー	(1) 原子力発電 ●原子力プラント向け計装制御保護システム ●原子力発電プラント保全技術 ●原子力プラント向け統合制御監視システム (2) 燃料電池 ●オンサイト及び分散配置用リン酸型燃料電池 ●内部改質方式溶融炭酸塩型燃料電池 ●固体高分子型燃料電池 (3) 太陽光発電 ●アモルファス／多結晶シリコン太陽電池 ●太陽光発電システム
	エネルギー利用の多様化と負荷平準化	(1) ヒートポンプシステム ●スターリングエンジン駆動ヒートポンプ ●ウィルミエヒートポンプ ●吸収式ヒートポンプ (2) 蓄熱・蓄電システム ●水蓄熱空調システム ●電力貯蔵用電池
	未利用エネルギーの活用	(1) 低温未利用エネルギーの活用 ●空調／冷蔵用ケミカルヒートポンプ ●低温排熱利用セパレート形空冷式大型スクリュウヒートポンプ ●ヒートパイプ式消雪パネル (2) 未利用エネルギー活用の効率改善 ●オゾンによる配管内部の微生物付着防止システム
環境浄化技術	大気汚染の抑制	(1) 脱臭 ●オゾン利用脱臭システム (2) NO _x 制御 ●熱駆動ガスサイクル機用燃焼器の低NO _x 化 ●家庭用燃焼器の低NO _x 化 ●高感度NO _x センサ
	水の浄化	(1) オゾンによる水処理 ●高効率オゾンナイザ ●浄水の高度処理 ●下水の高度処理・再利用 ●工業用水の高度処理 (2) 生物処理 ●バイオリアクタ利用廃水処理 ●画像処理によるメタン菌計測 ●膜複合メンタ発酵リアクタの制御 (3) 関連情報処理 ●小規模下水処理システム ●上下水道管理システム ●上下水道情報伝送システム ●レーダ降雨情報システム ●農業水利施設総合管理システム
地球環境の監視技術	衛星リモートセンシング	(1) 光学センサ ●地球観測プラットフォーム技術衛星(ADEOS)搭載用高性能可視・近赤外放射計 ●地球資源衛星1号(JERS-1)搭載短波長赤外放射計 ●地球観測衛星1号(EOS-AM1)搭載用短波長赤外放射計 ●資源探査用将来型センサ(ASTER)用短波長赤外放射計 (2) マイクロ波センサ ●JERS-1 搭載合成開口レーダ ●海洋観測衛星1号(MOS-1)搭載マイクロ波放射計 ●地球観測技術衛星II型(ADEOS-II)搭載用高性能マイクロ波放射計

照明機器など家電品を中心に進めてきた。冷蔵庫を例にとると、第一次石油ショック（1972年）の際の“エネルギー使用合理化に関する法律”で冷蔵庫が対象機器に指定されたのを契機に、コンプレッサの高効率化や低電力化などの技術開発を進めた。その成果として、現在の機種は15年前の製品に比べて約1/3まで消費エネルギーを低減した。その他の例では、新しく開発したアクティブセービングインバータとセーブモードで同一快適環境での電気量換算で従来機より25%低減したルームエアコンや、高性能センサや新しい制御方式などの採用によって快適性と一層の省エネルギー効果を追求した石油ガス化ファンヒーターや全熱交換形換気機器“ロスナイ”などの開発がある。なお、ロスナイについては以下の個別論文で詳しく紹介する。

2.2.3 省資源・リサイクル対策

廃棄物の減量・減容化は、環境保全にとって重要かつ緊急課題の一つである。廃棄物の抑制や処理にかかわる法令が、国内で相次いで施行されたことは記憶に新しい。限りある資源の有効活用と廃棄物抑制の両面から、省資源とリサイクル促進の気運が急激に高まってきた。産業界においても業界や企業内で様々な技術開発や検討が試みられ、一部実用されている。

当社は、家電製品を中心にリサイクル可能部分比率の向上や包装用発泡スチロールの使用量の削減及び再生化に数年前から着手し、既に多くの成果を上げている。

まず、消費者及び販売店の要望と環境保全の見地から、製品のコンパクト化と包装材の減量化を実施してきた。最近では関連法令の施行を契機に、さらに検討すべき項目や対象機種種の拡大とともに、廃棄する資材の減量とリサイクル化の促進を事前評価する製品アセスメントを推進している。特に、家電品についての製品アセスメントの取組と環境負荷を配慮した包装設計の具体例は後掲の個別論文で紹介した。

なお、当社が排出する産業廃棄物の量については、1991年度に比べて1995年度までに売上高廃棄物原単位で30%削減することを目標に掲げ、その具体的な対応策について全社規模での検討を進めている。

2.2.4 その他の対策

当社は、以上述べてきた課題も含めて製品サイクルの各段階で、総合的に環境保全に配慮した技術とプロセスを開発し、その導入に努めている。一方、従来の公害防止を含めた環境管理の自主基準を設け、その徹底を図るために、本社の環境保護推進部員らが監査人となって各事業所に対して環境監査を実施している。この監査は、国内外の関連会社に対しても必要に応じて実施することとしている。

その他、いろいろな教育・研修・社内広報などの機会を利用して環境問題についての社員教育と啓蒙を図るとともに、各事業所の地域社会はもとより広く社外の環境保全活動への参加を積極的に支持・奨励している。

3. 関連技術の開発

当社は、総合電機メーカーとして電子デバイスから宇宙開発まで幅広い事業を展開している。それぞれの事業分野で開発する技術・システム・製品は、直接又は間接的に様々な環境保全にかかわっている。ここでは、環境関連技術としてエネルギーの有効利用、環境浄化、地球環境の観測技術などを取り上げ、当社が開発した代表事例を表1にまとめた。

なお、この中で脱フロンとエネルギーの有効利用に寄与する新しい冷凍・空調システムや環境浄化に関連する低 NO_x 燃焼機器と水の高度処理技術、及び人工衛星からのリモートセンシングによる地球環境の観測技術については、以下の個別論文で紹介する。

4. むすび

今や環境保全は人類の将来を決める重大な課題であり、企業にとっては、技術開発のみにとどまらず経営理念としての長期的、国際的な視野に立った的確な取組が不可欠である。

当社は、種々の技術分野と視点から環境問題に積極的に取り組んできた。今後さらに、これまで培ってきた伝統的技術とこれから開発する創造的技術に基づき、すべての事業活動及び社員行動を通じ、地球環境の保全と向上に努める。

無洗浄実装基板の電気的信頼性評価

野々垣光裕* 松井輝仁*
増田 尚** 高浜 隆***
榎本順三**

1. ま え が き

一般に、電子部品が実装されたプリント基板の洗浄には、フロンが用いられてきた。最近、環境問題によってフロンの使用が規制されていることから、フロン以外の洗浄剤を用いる洗浄方式や無洗浄方式への転換が急務となっている。中でも無洗浄方式では、はんだ付けに用いられるフラックス等に含まれるイオン性物質が基板に残存する。そのため、長期にわたって機器を使用した場合に配線間の絶縁性が低下したり、短絡する危険性が高くなる。したがって、部品を実装した基板の絶縁寿命に対してフラックスが及ぼす要因を把握しておくことは必要不可欠である。

そこで、無洗浄化した場合に問題となる残存したフラックスが、プリント基板の電気的特性に影響を及ぼす要因を明らかにし、その絶縁寿命の評価方法について述べる。

2. プリント基板の絶縁特性

この章では、フラックスが使用される前のプリント基板自身の絶縁特性について述べる。

2.1 マイグレーションの発生モード

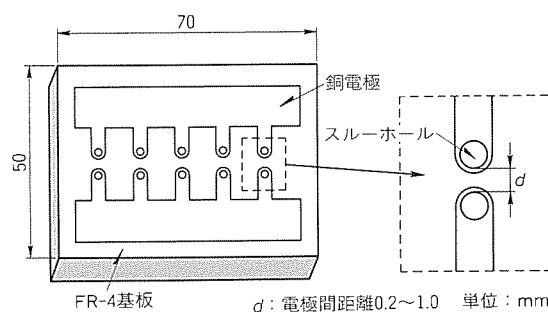
フロンの使用規制により、実装基板の無洗浄方式への転換が進められている。一方、電子機器の小型化・薄形化・高性能化に対する要求は年々増大しており、それに伴ってプリント基板も薄形多層化・微細配線化・スルーホールの小径化が進められている。このような状況のもとで、配線間の絶縁性を長期にわたって確保することが従来にも増して重要な課題となってきた。プリント基板の絶縁性を著しく低下させる主な原因として考えられる現象に銅イオンマイグレーション(以下“マイグレーション”という)がある。ここで述べるマイグレーションとは、高温・高湿の雰囲気下において配線間に直流電圧が印加された場合に、陽極(+極)からイオンとして溶出した銅が陰極(一極)に移行する現象である⁽¹⁾。

マイグレーションの発生のしやすさは基板の材料の種類によって大きく異なる^{(2) (3)}。ここでは、最も一般的に使用されている NEMA 規格の FR-4 グレードのガラスエポキシ基板(以下“FR-4 基板”又は単に“基板”という)について絶縁特性を評価することにした。

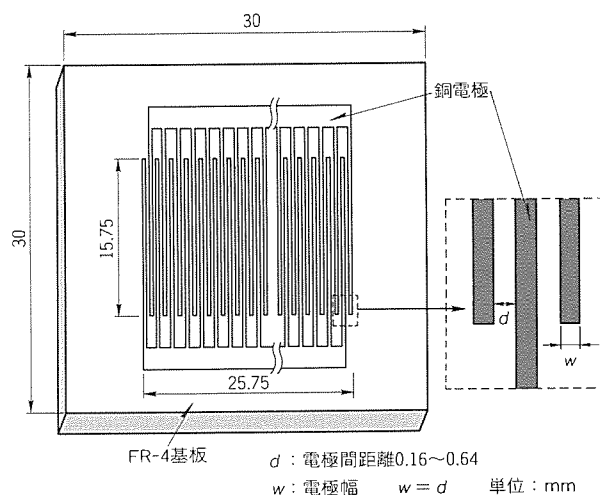
評価用の基板としては、図1に示すスルーホール電極で構成される基板とくし(櫛)形表面電極で構成される基板を用いた。評価を実施する前に、これらの基板を75%イソプロ

ピルアルコール水溶液中で超音波洗浄によって十分に清浄化した。これらの基板を恒温恒湿槽に入れ、85℃/85% RHの雰囲気中に設定した後、電極間にDC 50Vの電圧を印加しながら抵抗値を測定した。

図2に電極間の距離が0.49mmのスルーホール電極と0.23mmの表面電極の場合について測定した絶縁抵抗の時間依存性を示す。スルーホール電極間の絶縁抵抗は低下と回復を繰り返しながら、約1,000時間で $10^7 \Omega$ 以下となり、最終的には短絡した。表面電極間では、内部と同様、ある時点から絶縁抵抗は急激な低下と緩やかな回復を繰り返しながら、約6,700時間で短絡した。短絡したスルーホール電極間では、図3の写真に示すように基板内部で黒い帯状の物質がガラス繊維に沿って陽極側から陰極側に向かって生成しているのが観察された。このガラス繊維とエポキシ樹脂界面での析出物は銅の化合物であることが確認され、基板の表面より内部の



(a) スルーホール電極で構成されている基板



(b) 櫛形表面電極で構成されている基板

図1. マイグレーション評価用基板

方でより顕著にマイグレーションが発生することが明らかになった。一方、短絡した表面電極間では、図3で示すような銅の樹枝状生成物(デンドライト)の発生が確認された。

以上の結果から、基板の表面及び内部でマイグレーションが発生し、このマイグレーションが成長することにより、電極間の絶縁抵抗が低下と回復を繰り返しながら、最終的に短絡に至ることが分かった。短絡に至るまでに、絶縁抵抗が一時的に回復する現象が見られる場合があるので、正確な絶縁寿命を求めるためには、絶縁抵抗を連続的に測定する必要がある。

2.2 絶縁寿命の電極間距離依存性

基板の絶縁寿命は、電極間の距離に大きく依存する。図4に電極間の距離に対する絶縁寿命を両対数でプロットし、最

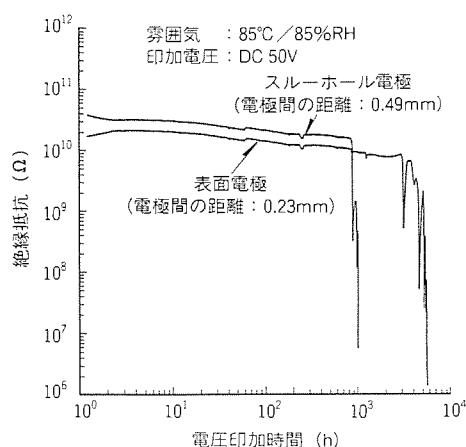


図2. 絶縁抵抗の時間依存性

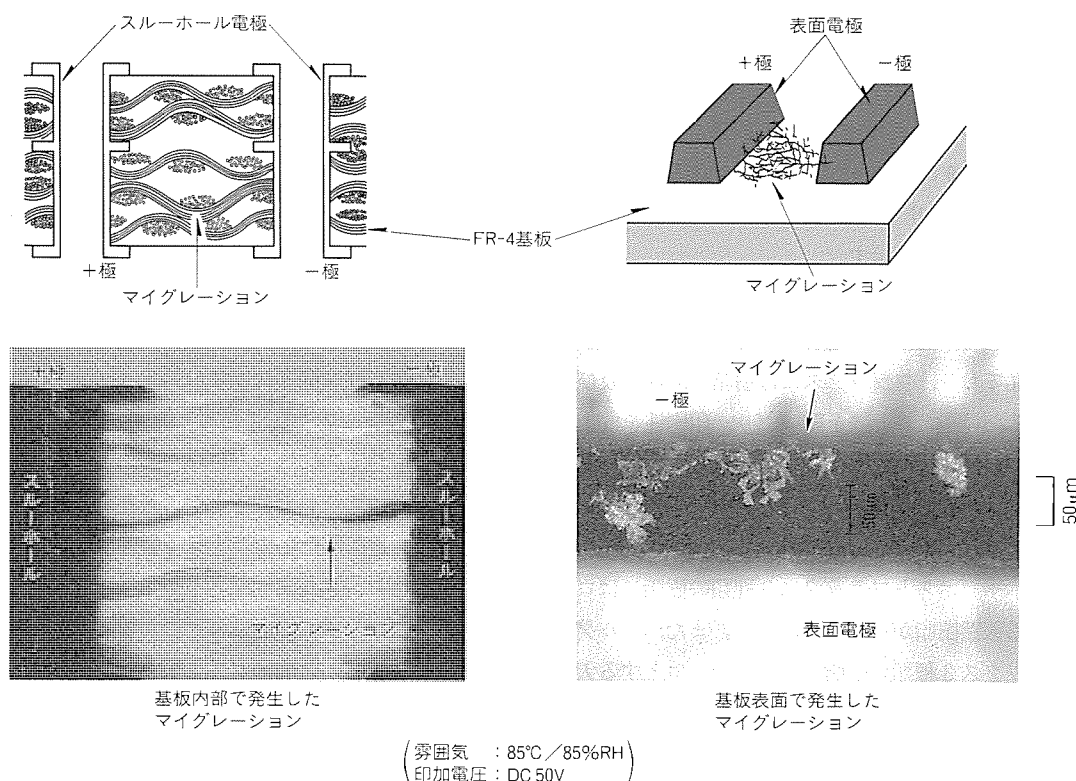


図3. マイグレーションの発生モード

小二乗法でこれらの相関を直線近似した結果を示す。表面電極間又はスルーホール電極間とも、寿命は電極間の距離とともに増加する。同じ電極間の距離で比較すると、内部での電極間(スルーホール電極間)の寿命の方が表面電極間での寿命より短い。なお、この実験では、 $10^7 \Omega$ 以下に絶縁抵抗が低下すると、一般に機器が誤動作する可能性が高いことから、絶縁抵抗が最初にこの値以下に達した時間を絶縁寿命と定義した。

実際に使用される表面実装用のプリント基板では、表面のパッド電極(表面電極)とスルーホール電極の組合せによって構成されている。一般的な設計ルールでは、表面電極間の距離よりもスルーホール電極間の距離の方が大きい。このため、基板の信頼性を評価するには、実際に使用されるスルーホール電極間と表面電極間の距離の関係を考慮する必要がある。図4に、使用されるスルーホール電極間の距離範囲を表面電極間の距離に換算し、この換算した距離に対する寿命領域を網掛けで示す。例えば、一般の基板では表面電極間の最小距離が0.12 mmの場合は、スルーホール電極間の最小距離は0.32 ~ 0.60 mmの範囲で使用される場合が多い。したがって、その場合のスルーホール電極間での寿命は300 ~ 600時間に相当することが、求めた寿命線から推定される。このようにして求めた網掛け領域と表面電極間における寿命線を比較すると、網掛け領域における寿命の方が短い。したがって、プリント基板の寿命は、この網掛け領域である基板内部(スルーホール配線間)の寿命によって決定される。

2.3 絶縁寿命の印加電圧依存性

基板の絶縁寿命は、電極間の印加電圧にも依存する。そこで、印加電圧に対する絶縁寿命を両対数でプロットし、最小二乗法によってこれらの相関を直線近似した結果を図5に示す。電圧に対してもスルーホール電極間と表面電極間における寿命線はほぼ同じ傾きを示す。そこで、実際に使用される印加電圧DC 5Vにおいて約10年の絶縁寿命が要求される場合には、DC 50Vの条件では約1,000時間の寿命が保証できればよいものと推定される。したがって、基板の絶縁特性の評価の一つの目安として、DC 50V、85℃/85% RHの測定条件で約1,000時間の加速試験を実施すればよいものと考えられる。

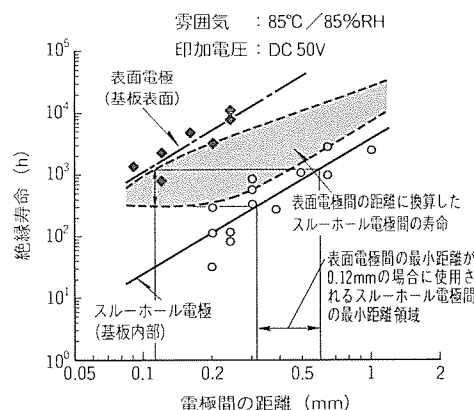


図4. 絶縁寿命の電極間距離依存性

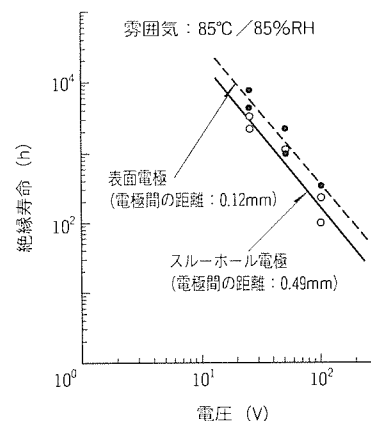


図5. 絶縁寿命の印加電圧依存性

3. フラックス残存基板の絶縁特性

ここでは、同じFR-4基板を用いて、無洗浄化を想定した場合のフラックスが残存するプリント基板の絶縁特性について述べる。

3.1 フラックスの主成分

一般に、電子部品を基板にはんだ付けする方法としては、フラックスを供給してから必要量の溶融はんだを接合部に供給すると同時にはんだ付けを行う方法と、あらかじめ、接合部にソルダペースト等によって必要量のはんだを供給しておき、その後に加熱することによってはんだ付けを行う方法がある。前者の方法はフローソルダーリング法（フロー方式）と呼ばれ、後者はリフローソルダーリング法（リフロー方式）と呼ばれている⁽⁴⁾。図6にフロー方式で用いられるフラックス（ポストフラックス）とリフロー方式で用いられるソルダペーストを構成する主成分を示す。

ポストフラックスは主に、樹脂と活性剤及び溶剤で構成されているが、ソルダペーストの場合は、はんだ粒子とフラックスで構成されており、フラックスには樹脂や活性剤及び溶剤以外に、はんだ粒子との分離を防いだり、印刷性を向上させるためのチクソ剤が補助成分として含まれている⁽⁵⁾。

今回の検討に用いた無洗浄用のフラックス6種類（ポストフラックス3種類、ソルダペースト用フラックス3種類）の一覧を表1に示す。ポストフラックス3種類の樹脂にはロジンを中心とする天然樹脂が用いられている。また、ソルダペースト用フラックス3種類の樹脂もロジンを中心とする天然樹脂が用いられているが、補助成分（チクソ剤）が含まれているため、この成分を含めた樹脂はフラックスの種類ごとに異なる。各種フラックスに含まれる活性剤の種類はフラックスによって異なり、ポストフラックスではそれぞれ特定の1

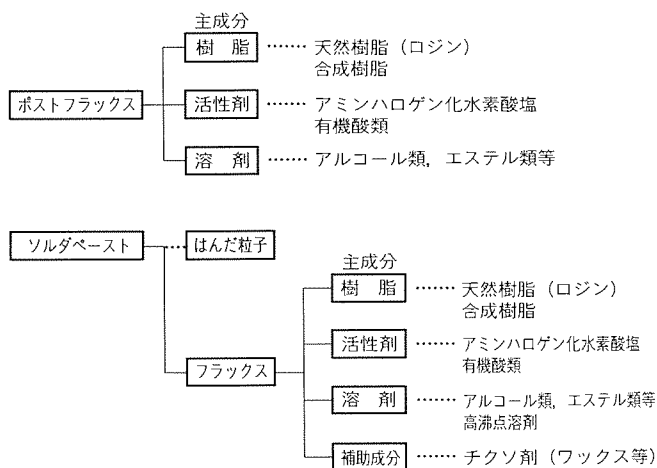


図6. ポストフラックス及びソルダペースト用フラックスの主成分

種類の活性剤が用いられているのに対し、ソルダペーストでは、複数の活性剤が用いられている。

3.2 フラックス残存基板の絶縁特性

ポストフラックス3種類を基板表面に均一に塗布して熱処理した後、前章で用いた試験条件と同じ85℃/85% RHの雰囲気中でDC 50Vの電圧を印加し、その絶縁寿命を調べた。実際のフロー工程を想定して、熱処理は100℃で2分間実施した。表面電極間の距離が0.16mmの場合の絶縁抵抗の時間依存性を図7に示す。

フラックスAを塗布したものは、フラックスB、Cを塗布したものに比べて絶縁寿命は長く、フラックスを塗布しない基板に近い寿命をもつことが分かった。また、フラックスCを塗布した基板の絶縁寿命は3種類の中で最も短かった。

次に、ソルダペースト用フラックス3種類を基板に印刷し、リフロー後の表面電極間における絶縁寿命を測定した。その絶縁抵抗の時間依存性を図8に示す。これらのフラックスの中では、フラックスDを用いた場合の絶縁寿命が最も長かった。

以上の結果から、使用するフラックスの種類が異なると、基板表面の電極間における絶縁寿命も大きく異なることが分

かった。

3.3 フラックスが絶縁特性に及ぼす影響

マイグレーションが発生する場合、表面電極間へ水分が浸入した後、金属の溶出が起こり、溶出した金属イオン又は金属化合物が電極間を移動する過程を経る。したがって、使用するフラックスが水分の浸入や金属の溶出及び金属イオンの移動を抑制することができればマイグレーションの発生は抑制できる。

フラックスを構成する成分が配線間のマイグレーションの発生にどのような影響を及ぼすかを表2に示す。

電極間への水分の浸入に大きな影響をもつものは補助成分を含む樹脂の吸湿性である。これに対して、金属の溶出性を左右する成分はイオン性物質であり、水分の存在下で、イオン化しやすい活性剤がそれに相当する。また、金属イオンの移動過程において、イオンの動きやすさ(イオンの移動度)を決定する因子としては樹脂の吸湿性やイオンに対する捕そく(捉)能力が考えられ、活性剤や補助成分を含む樹脂がこれらの特性を左右する。

そこで、まず金属の溶出性に着目し、その特性と基板の絶縁特性との関係を調べた。ここでは、各種フラックスに含まれるイオン性物質の水溶液中における銅の溶出速度から溶出性を評価することを試みた。3種類のポストフラックスには

各々1種類の活性剤が用いられ、その成分は同定されているため、それらの成分であるセバシン酸、アジピン酸及びクロルアミンを用いて水溶液を作製した。一方、3種類のソルダペースト用フラックスの場合には、複数の活性剤を含むことや、それらのイオン成分のすべてが同定されている訳ではないため、このソルダペースト用フラックスのイオン成分を純水で抽出し、その抽出液を使用した。ここでは、各種水溶液の濃度は85℃/85% RHの条件でフラックスに含まれる水分量とイオン成分の量から算出した濃度のものを用いた。

6種類のフラックスに含まれるイオン性物質の水溶液中における銅の質量変化から求めた銅の溶出速度と電極間隔が0.16 mmの場合の絶縁寿命との関係を図9に示す。フラックスA～Eについては、銅の溶出速度が小さいほど、絶縁寿命は長くなる傾向にあり、溶出速度と絶縁寿命とは密接な関係にある。このことから、フラックスに含まれる活性剤による銅の溶出性が分かれば、おおむね絶縁寿命を推定することが可能となる。しかし、ソルダペースト用のフラックスFについては、銅の溶出速度が小さいにもかかわらず、絶縁寿命が短く、フラックスA～Eを使用した場合とは傾向が一致しなかった。

この原因は銅の溶出性以外にも、吸湿性や銅イオンに対する捕捉能力等が絶縁寿命にも大きな影響を与えている可能性

が考えられる。例えば、フラックスの吸湿率を調べてみると、フラックスFを除く5種類の吸湿率はすべて1%に近い値であるのに対して、フラックスFは他のフラックスの吸湿率と比べると2倍以上の大きい値を示す(表3)。この結果から、吸湿率も絶縁寿命に大きな影響を与える要因の一つであると推定されるが、これらの因子の影響については更に詳細に検討する必要がある。

以上の結果から、ロジン以外の補助成分を含む樹脂の吸湿特性等が大きく異なるフラックスを除いて、基板の絶縁寿命は残存するフラックスの活性剤による銅の溶出性でおおむね判断できることが明かになった。

3.4 絶縁寿命の電極間距離依存性

表1. 評価用フラックスの一覧

種 類	用 途	活性剤濃度 (%)		固形分濃度*2 (%)
		アミン類 (ハロゲン含有率*1)	有機酸類 (含有率*1)	
フラックスA	ポストフラックス	(0)	セバシン酸 (40)	5
フラックスB		(0)	アジピン酸 (35)	4
フラックスC		クロルアミン系 (0.2)	(0)	4
フラックスD	ソルダペースト	ブロムアミン系 (0.2)	セバシン酸 (30)	40
フラックスE		ブロムアミン系 (0.2)	複数の有機酸*3	40
フラックスF		ブロムアミン系 (0.06)	複数の有機酸*3	40

注*1 溶剤を除いたフラックス質量に対する活性剤の塩素換算質量%

*2 フラックス全質量に対する溶剤を除いた成分の質量%

*3 アジピン酸やセバシン酸よりも活性力の強い複数の有機酸を合計数10%含んでいる。

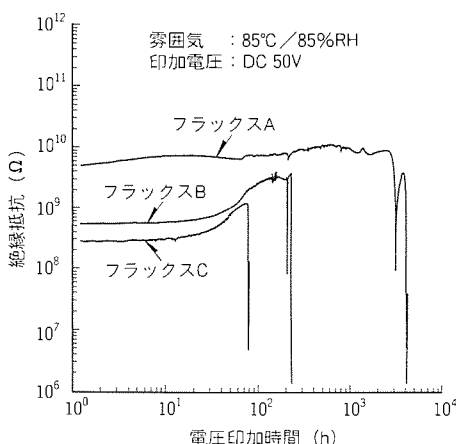


図7. 絶縁抵抗の時間依存性 I

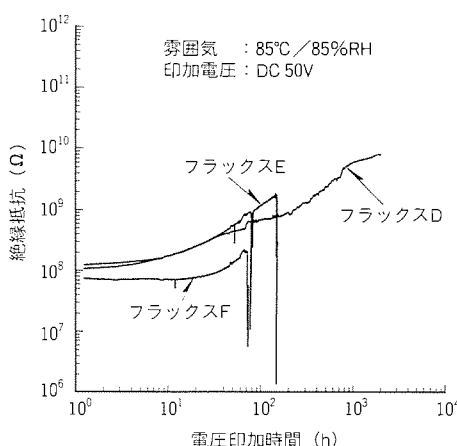


図8. 絶縁抵抗の時間依存性 II

表 2. マイグレーションの発生にフラックス成分が及ぼす影響

マイグレーション発生過程	フラックスの成分	因 子
吸湿過程	樹 脂 (補助成分を含む。)	樹脂の吸湿性
溶出過程	活性剤	金属の溶出性
移動過程	樹 脂 (活性剤, 補助成分を含む。)	銅イオンの移動度 (樹脂の吸湿性, イオンに対する捕捉能力, 樹脂の導電率)

表 3. 各種フラックスの吸湿率

フラックス	吸湿率* (%)
フラックスA	0.5
フラックスB	0.7
フラックスC	0.5
フラックスD	0.7
フラックスE	0.8
フラックスF	2.5

注* 85℃/85%RHの雰囲気下における固形分に対する飽和水分量の質量%

ポストフラックス3種類を用いて、これらのフラックスが残存した基板の表面電極間の距離に対する絶縁寿命を両対数でプロットし、さらに最小二乗法でこれらの相関を直線近似した寿命線を表した結果を図10に示す。フラックスが残存した場合の寿命線は電極間距離に対して、フラックスを塗布していない清浄な基板の寿命線とほぼ同様の傾向を示した。

フラックスAを使用した場合は、いずれの電極間距離に対しても基板の内部電極間(スルーホール電極間)の絶縁寿命(図10の網掛け領域)より長いことから、電極間距離にかかわらず基板自身の絶縁特性よりも悪くなることはない。しかし、電極間距離が0.16mm以下の領域でフラックスBを使用した場合や、電極間距離が0.5mm以下の領域でフラックスCを使用した場合の表面電極間における絶縁寿命は基板の内部電極(スルーホール電極)の絶縁寿命(図10の網掛け領域)よりも短かった。したがって、これらの電極間隔以下でフラックスBやCを使用する場合は、電極間の距離を所定の長さ以上に限定した設計をする等の配慮が必要である。

4. む す び

無洗浄実装基板の電氣的信頼性に対して基板上に残存するフラックスが及ぼす要因及び基板の絶縁寿命評価方法について報告した。マイグレーションの発生が配線間の絶縁低下を引き起こし、その発生のしやすさはフラックスに含まれる活性剤の種類に影響を受けることが分かった。フラックスの吸湿特性が大きく異なる場合を除いて、活性剤の水溶液中における銅の溶出速度を求めることにより、絶縁寿命をおおむね予測することが可能となった。また、FR-4基板の絶縁寿命の印加電圧依存性や電極間距離依存性を求めた結果、フラックスを使用する前の基板自身の絶縁寿命を明らかにし、その

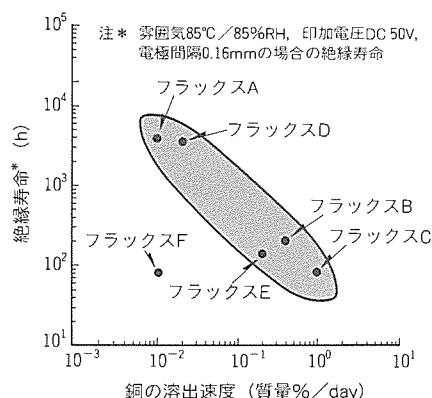


図 9. 絶縁寿命の銅の溶出速度依存性

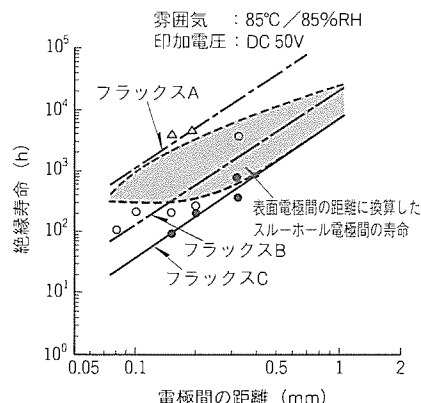


図10. 絶縁寿命の電極間距離依存性

寿命を判定基準としたフラックスの使用可否の判定が可能となった。

今後は、無洗浄フラックスの実用化に向けて、今回報告した電氣的信頼性の評価以外に、プロセスを考慮した濡れ性等の評価も併せて検討していく予定である。

参 考 文 献

- (1) 野々垣光裕, 北村洋一, 高浜 隆: 多層プリント配線板における銅イオンマイグレーション, 電気学会絶縁材料研究会, EIM-90-83 (1990)
- (2) Tsunashima, E., Hirakawa, T., Nishimura, K., Okuno, A.: A New Organic Hybrid Circuit Based on an Aramid/Epoxy Laminate, 38th Electronic Components Conference, 480~485 (1988)
- (3) Lando, D. J., Mitchell, J. P., Welsher, T. L.: Conductive Anodic Filaments in Reinforced Polymeric Dielectronics Formation and Prevention, 17th Annual Proceedings Reliability Physics Symposium, 51~63 (1979)
- (4) 本田 進/監修: 先端高密度表面実装技術, (株)トリケップス (1991)
- (5) 辻 薦/監修: プリント配線板洗浄技術, (株)トリケップス (1991)

脱フロン冷凍・空調システム

菅波拓也* 田中直樹**
杉原正浩**
梶本照男**

1. ま え が き

冷凍・空調分野の技術進歩は我々の生活や活動環境を快適にして大きな発展を遂げてきた。一方で、最近では環境意識への高まりを中心に、以下のような社会的要請が大きく顕在化している。

第一は省エネルギーへの対応である。地球温暖化防止のためCO₂排出を2000年以降1990年レベルで凍結する。このため、多方面で一層の省エネを図る必要がある。第二はフロン規制への対応である。オゾン破壊を防止するため、特定フロンのみならず更に厳しいフロン規制をしていくことになった。第三は電力平準化である。電力の需要は夏場に大きなピークを示すようになってきた。このためエネルギー源多様化も重要である。

これらの省エネ、フロン規制、電力平準化の大きな社会的要請は、今後の冷凍・空調技術の進むべき方向を示すものであろう。当社では、これらの要請に沿った脱フロン冷凍・空調技術にも挑戦しており、この新技術についての特長や開発の状況について紹介する。

2. 脱フロン冷凍・空調システムについて

熱力学サイクルとして冷凍・空調に利用されているもの、また利用できるものを分類して図1に示す。分類は蒸気圧縮式、ガスサイクル式、化学式の三つに大別した。冷媒の相変化の有無によって蒸気圧縮式とガスサイクル式は区分される。化学式では、吸収や反応現象を利用する。蒸気圧縮式は、冷媒として主にフロンを使用する現在の冷凍・空調技術の方式である。これ以外はすべて脱フロンシステムである。

ガスサイクル式では、スターリング、ウィルミエ、ブレイトンなどの熱力学サイクルがある。スターリング冷凍機は低温が得られ効率も高い。ウィルミエ空調機は熱入力だけで駆

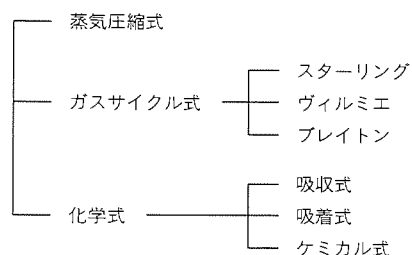


図1. 冷凍・空調システムの分類

動可能である。ブレイトンサイクルの空気冷凍機は空気を使うのでオープンサイクルとして特殊用途に実用化されている。化学式はすべて熱入力タイプであり、ウィルミエ同様にエネルギー源多様化に対応できる。吸収式は既に実用化されているので脱フロン冷凍機として有力な方式であるが、従来のリチウムブロマイド/水方式では利用可能温度範囲に制限がある。吸着式は水を冷媒として使うので作動温度範囲の制限が課題として残る。化学反応を利用するケミカル式は冷媒と反応材料の組合せを変えることによって作動温度範囲を選択することができる。

当社では、脱フロン冷凍・空調技術として、スターリング冷凍機、ウィルミエ空調機、アンモニア/水の吸収式やケミカル式空調機の開発を推進してきたので、その概要を述べる。

3. ガスサイクル式冷凍・空調機

蒸気圧縮式は、使用する冷媒によって定まる特定の蒸発・凝縮温度に対応して動作するが、ガスサイクル式は広範な温度域で動作させることができる。この特長を生かして、スターリング冷凍機⁽¹⁾やウィルミエ空調機⁽²⁾の開発を進めている。

3.1 スターリング冷凍機

スターリングサイクルは、1816年 Robert Stirling によってエンジンとして発明されたが、これを冷凍機として動かしたのは1864年 Alexander Kirk である。

3.1.1 原 理

図2は原理構成を示す。冷凍機は二つのピストンで圧縮室(放熱部)と膨脹室(冷凍発生部)を造り、その間に蓄熱器を配して構成される。ディスプレイサとピストンを約90°の位相を保ちながら駆動することによって、冷凍発生部は冷凍熱負荷とバランスしてその温度が下がる。

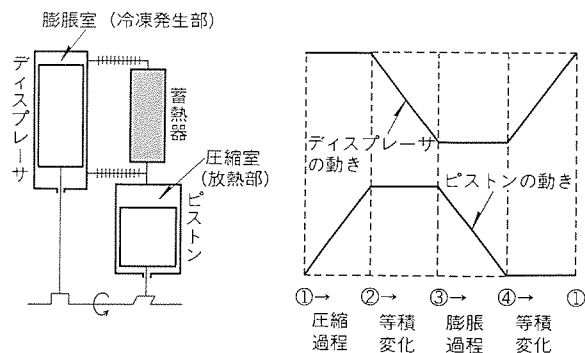


図2. スターリング冷凍機の原理構成

3.1.2 概 況

極低温を生成する方法には、これまでは、ドライアイスや液体窒素等の寒剤を利用したもの、又は蒸気圧縮式によるものがあつた。寒剤による方法では寒剤を常に補給する必要がある、連続運転での運用上の制約がある。また、蒸気圧縮式では、液化したフロンなどの蒸発熱を利用しているの、得られる到達温度は -135°C レベルに制限されていた。このような状況のもと極低温生成のため小型で高効率な機械式スターリング冷凍機を開発し、この冷凍機を用いた極低温フリーザーを開発⁽³⁾した。図3にその外観を示す。

開発したスターリング冷凍機の構造と主要諸元をそれぞれ図4と表1に示す。機械は単気筒の中にディスプレイサとピストンを持ち、蓄熱器や熱交換器を環状にコンパクトに配置した構成である。この機械の性能は、作動ガスのHe封入圧力3MPaの条件下で、最低到達冷却温度 -223°C である。また、正味冷却熱量として -190°C で200W、 -150°C で390Wの値を得ている。効率(冷却熱量/電気入力)については -150°C で12%が得られるとしている。今後の低温利用分野の拡大・発展に貢献するものとする。

3.2 ヴィルミエ空調機

ヴィルミエ空調機(以下“VMHP”という)は、1918年にRudolph Vuilleumierによって発案され、極低温域から常温域まで広い温度幅で動作する機械である。最近では、このサイクルを空調システムとして活用しようとする検討が行われており、その試作結果の報告も見受けられるようになってきた^{(4)~(6)}。VMHPへの取組の背景には、この技術が地球環境問題(フロン規制、温暖化、 NO_x 等)に対応しうるものであることが挙げられよう。また、原理的にはスターリングサイクルと同種のものであり、最近のスターリングエンジン開発の成果が活用できることもこの技術開発に大きく寄与している。

3.2.1 原理と特長

VMHPの基本構成を図5に示す。VMHPは圧力変動を発生する熱圧縮機とその圧力変動を利用し、冷温熱を生成するヒートポンプとから構成される。熱圧縮機側では、スターリングエンジンと同様に、燃焼熱などによって加熱される高



図3. 極低温フリーザーの外観

温空間と冷却された中温空間をもち、作動ガスを高温空間と中温空間の間でディスプレイサによって交番させることにより、圧力変動を発生する。この圧力変動を利用し、逆スターリングサイクルを駆動し、ヒートポンプ側で冷温熱が発生する。

実際のVMHPでは、種々の機械損失などを補って、それぞれのディスプレイサを外部から駆動する必要がある。しかし、低温側のディスプレイサを駆動するロッド径を太くすることによって外部仕事が発生し、自立運転させることがで

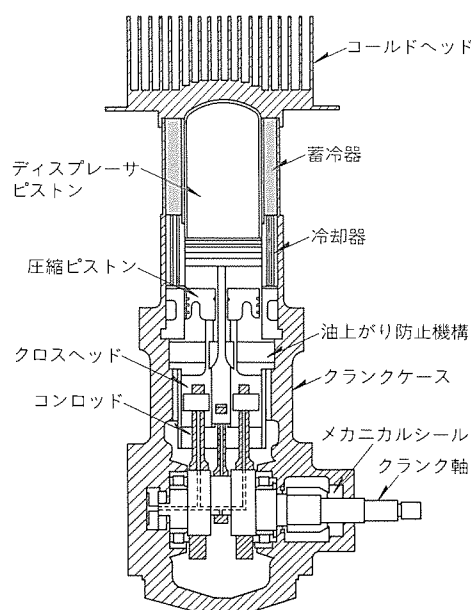


図4. スターリング冷凍機の構造

表1. スターリング冷凍機の主要諸元

項 目	諸 元
圧縮ピストン	ボ ア: 80mm ストローク: 33mm
ディスプレイサピストン	ボ ア: 80mm ストローク: 33mm
クランク角位相差	68°
圧縮室送気容積	153mℓ
膨脹室送気容積	75mℓ

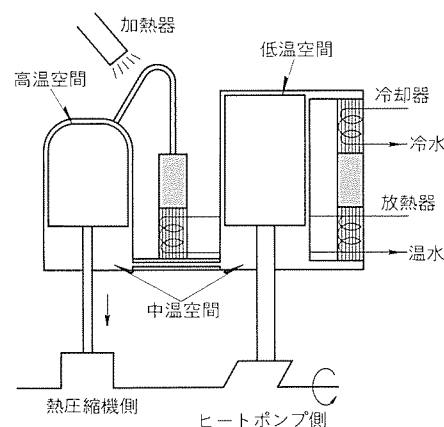


図5. VMHPの原理構成

きる。

VMHPは、このような原理に基づき動作することから、蒸気圧縮式に比較して次のような特長をもつ。

- (1) 作動流体としてHeガスをうい、フロンを使用しない。
- (2) 燃焼熱を駆動エネルギーとして、冷房用の冷熱又は暖房用の温熱が利用できる。この冷熱・温熱の温度レベルは広い範囲で変化させることができる。
- (3) 暖房に利用できる温熱量は大きいので、外気温度低下時の能力低下が少なく、高い暖房効率が得られる。

3.2.2 概 況

当社では図6、図7に示す冷房出力2kW級のVMHP試作機⁽⁴⁾を開発した。

この試作機は高温側と低温側のシリンダの連結部分の死容積を低減するため、二つのシリンダはV型に配置されている。また、本機は自ら動力を発生して自立運転することが可能であるが、起動時及び冷暖房能力を増大させる際には、クランク軸の一端に接続した電動機によって駆動する。本機の

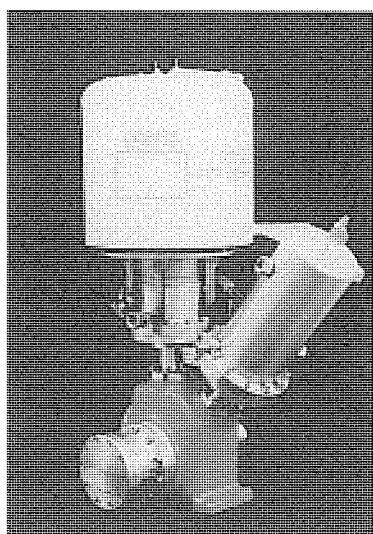


図6. VMHP試作機の外観

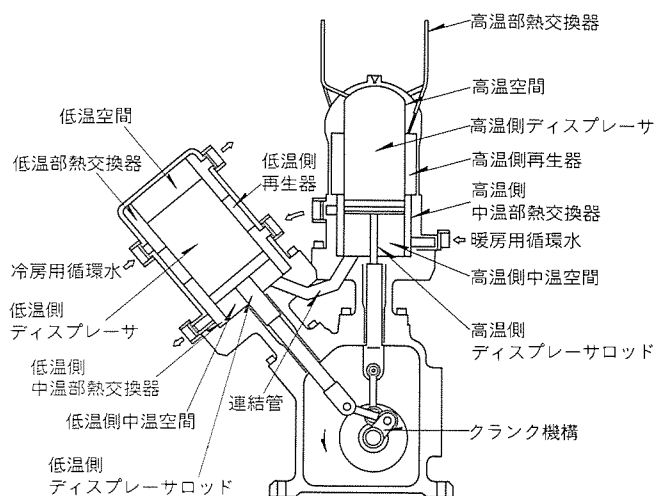


図7. 試作機の構造

主な諸元を表2に示す。

次に試験結果について述べる。試験条件は、循環水供給温度を水冷チラーの冷房標準試験条件 (JIS B 8613) に準じて表3の値を設定した。図8にこの条件で測定された出力と効率を示す。冷暖房出力は循環水流量と温度差からそれぞれ算出した。また、効率COPは冷・暖房出力を加熱入力量で除して定義した。したがって、燃料を基準とする場合にはこの数値に加熱器の加熱効率を乗ずることになる。出力に関していえば、350r/minにおいて冷房出力1,540W、暖房出力4,430Wが得られた。冷房1に対して暖房2.9の割合である。一方、COPは冷房で0.58、暖房で1.54が得られている。

以上総括すると、暖房については極めて高い性能であるが、冷房COPや比出力についてはその改善が必要であるといえよう。現在、これらの課題を解決して実用化すべくその技術開発を推進中である。開発に当たって、燃料基準のCOPの性能目標として冷房で0.7、暖房で1.2レベルを考えている。

4. 化学式空調機

化学式空調機は吸収式、吸着式、反応利用のケミカル式に大きく3分類される。本章ではこのうち吸収式とケミカル式を取り上げて、その開発の状況を紹介する。

4.1 吸収式空調機

一般空調用として多用されている従来の吸収式冷温水機はリチウムブロマイド (LiBr) を吸収剤に、水を冷媒に利用している。このため、冷房では吸収式サイクルに従って運転されるが、暖房時にヒートポンプ動作をさせると低外気温度時に蒸発温度が0℃以下になって、水が管路で凍結する問題がある。そこで、暖房は通常、発生蒸気を直接温水の加温に

表2. 試作機的主要諸元

高温側ディスプレイサ	
直 径	: 80mm
行 程	: 60mm
送気容積	: 301ml
低温側ディスプレイサ	
直 径	: 97mm
行 程	: 60mm
送気容積	: 443ml
位相差	: 80°
ディスプレイサロッド直径	
高温側	: 10mm
低温側	: 30mm
平均圧力	: 6 MPa
作動ガス	: ヘリウム
寸 法 (mm): 幅530×奥行400×高さ790	
質 量	: 60kg

表3. 試験条件

高温空間ガス温度	: 730℃
中温空間ガス温度	: 50℃
低温空間ガス温度	: -3℃
冷房用循環水供給温度	: 12℃
暖房用循環水供給温度	: 30℃

使うボイラ方式であり、暖房効率は0.8～0.9でしかない。

暖房で外気を熱源として利用したヒートポンプ動作を実現するには、水を吸収剤にアンモニア (NH_3) を冷媒とする場合が最も有望である⁽⁷⁾。冷媒であるアンモニアは沸点が -33.4°C であり、低外気温でも凍結の心配はない。ただし、吸収剤と冷媒の沸点差が小さく、発生器から出る水蒸気中に吸収剤が混入するのを防ぐため、精りゅう (溜) 部を設けるなどの工夫が必要である。水/ NH_3 を用いた吸収式空調機の研究は、財団法人石油産業活性化センターの補助金を受けて平成2～6年の計画で進めている。燃料は灯油であり、住宅用に小型・高効率な空冷システムを検討している。最終的な目標値は、冷房/暖房能力が6,997/9,070 W {6,000/7,800 kcal/h}、成績係数 (COP) が冷房/暖房で各々0.7/1.3である。さらに、環境面を重視して NO_x 値は60ppm ($\text{O}_2 = 0\%$) 以下で、低騒音な装置を目指している。

4.1.1 原理

この空調機のサイクルは高効率のGAXサイクルでその構成を図9に示す。アンモニアの蒸発によって冷熱を得る蒸発器、この蒸気を希溶液に吸収させる吸収器、アンモニアを発生する再生器、水分を除去する精溜器・分縮器、アンモニアを液化する凝縮器、及びAHE、GAX、GHEの熱回収熱交換器からなる。このサイクルは再生器でのアンモニア濃度変化幅を大きくとり、内部熱回収量を大きくするのが特長である。AHEは高温の吸収熱で吸収器からの濃溶液を昇温し、GAXは高温吸収熱、GHEは希溶液の顕熱を利用することで再生器の負荷を減らして高効率化を実現する。

4.1.2 概況

(1) 伝熱流動実験

吸収器では大きな熱通過率が得られるのに対して、蒸発器では熱通過率が約 $350\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ {約 $300\text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ }と低く伝熱促進管の必要性が明らかになった。

(2) 抽気技術

材料腐食で発生する水素ガスを除去するため、水素の選択

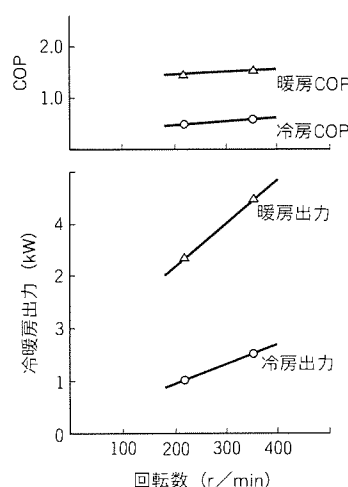


図8. 冷・暖房出力とCOP

透過性があるパラジウムを検討した。約 200°C での簡易実験で $2 \times 10^{-5} \sim 2 \times 10^{-4} (\text{kg/cm}^2)/\text{s}$ の抽気性能が確認されて、パラジウム利用の有効性が分かった。今後は、実材料の腐食試験結果などから不凝縮ガスの発生量を推算し、最適な抽気装置を設計する。

(3) 再生器

溶液濃度の再生器出入口での大きな変化幅 (15～20 wt %) に対応し、さらに精溜機能を付加した多段構造の新形再生器を試作・試験し、設計値に近い性能を得た。

(4) サイクルシミュレーション

図9に示したGAX、GHE、AHEの各熱交換器と精溜器での物質移動を考慮したシミュレーションの計算結果を図10に示す。凝縮温度が低く、蒸発温度が高いほどCOPが高くなる傾向にあり、冷房COP (冷房能力/再生器熱入力) は蒸発温度 5°C 、凝縮温度 45°C 、濃溶液濃度50 wt %, 希溶液濃度5 wt %の条件で約0.78が得られた。

4.1.3 今後の予定

今後はシステム全体の研究に重点が移るが、それぞれの機器に適切な方式を選定し、まず小型・高効率化、次に低コスト化を検討する予定である。また、住宅用という観点からの

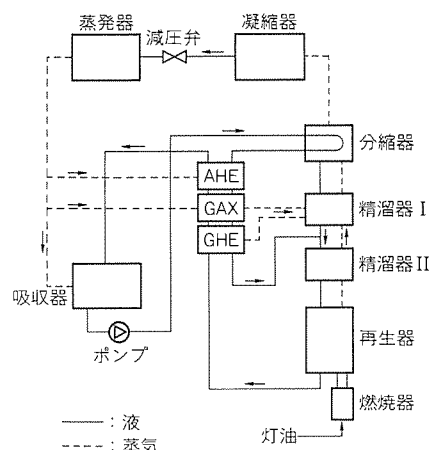
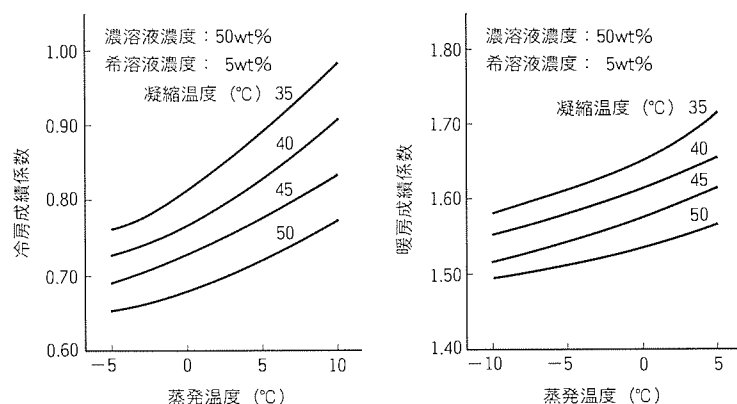


図9. 吸収式空調機GAXサイクルの機器構成



(a) 冷房成績係数 (計算例)

(b) 暖房成績係数 (計算例)

図10. シミュレーション計算結果

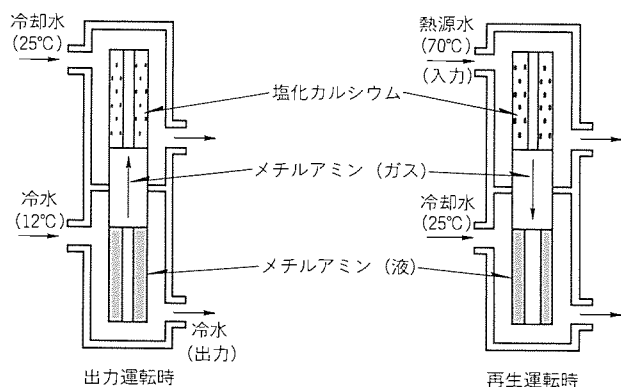


図11. ケミカル式空調機の動作

運転制御性、信頼性も検討課題としている。

4.2 ケミカル式空調機

排熱回収用の機器では、利用できる熱源温度幅が広く、より低温の熱源温度で動作する機器が望まれている。この点から、反応を利用するケミカル式空調機は熱入力タイプのなかで最も低温の排熱を利用することができる方式である。

4.2.1 原理

ケミカル式空調機の原理を図11に示す。出力運転時には上部に冷却水、下部には冷水が流れ、下部のメチルアミン液が蒸発することによって冷熱を発生する。一方、再生運転時には上部に熱源水が流れて塩化カルシウムからメチルアミンが分解し、下部の冷却水で冷やされて凝縮し、液状態で蓄えられる。このような二つのモードの運転を2本一組で交互に繰り返すことにより、連続的に冷熱を取り出すことができる。

応用例の一つとしてリン酸型燃料電池を対象とした排熱回収が検討されている。この場合、吸収式で高位排熱側の約85℃までの排熱は利用可能であるが、さらに低位側の70℃の排熱に対してはケミカル式が不可欠である。エネルギーの最大利用を進めるには吸収式とケミカル式のカスケード利用や併用が有効なシステムである。

4.2.2 概況

昭和60年度から現在に至るまで関西電力(株)総合技術研究

所との共同研究により、空調システムへの応用を中心として研究開発に取り組んできた。このなかで、平成3年度に70℃の低温排熱を熱源として6kWの冷房出力をもつケミカル式空調機の試作に成功した⁽⁸⁾。

現在は、このケミカル式空調機と100kWのリン酸型燃料電池との組合せによるコージェネレーションの実証化研究を進めている。また、実用化へのハードルである小型化・低コスト化を推進する目的で熱交換器の構造などの研究に注力している。

5. むすび

脱フロン冷凍・空調システムとして開発中の技術についてその特長と現状について報告した。いずれの技術もいまだ開発の途上にあるが、省エネルギー、フロン規制、電力平準化などの社会的要請にこたえ、これに貢献すべく努力していく所存である。

参考文献

- (1) 菅波拓也：配管技術，No.11，74～81（1990）
- (2) 菅波拓也，川尻和彦，本田哲也：冷凍，65，No.748，52～58（1990）
- (3) 野間口 有，菅波拓也，二川暁美，森 美喜男：エネルギー資源，12，No.4，1～5（1991）
- (4) 酒井正博，本田哲也，川尻和彦：エネルギー資源学会第8回研究発表論文集，14～19（1989）
- (5) Carlsen, H.：Proc. 24th IECEC，5，366～371（1989）
- (6) 寺田房夫，吉田昌司，川本博史，木村淳一：エネルギー資源，11，No.4，1～5（1990）
- (7) 池内正毅：石油産業活性化センター，第6回技術研究成果発表会講演要旨集，1，259～269（1992）
- (8) 土井 全：電気学会誌，112，No.11，899～902（1992）

環境保全機器としてのロスナイ (熱交換形換気機器)

中村俊夫*
篠田公成*

1. ま え が き

全熱交換形換気機器“ロスナイ”は、開発コンセプトを“省エネルギー技術と室内空気質向上技術をととし、人間らしく創造的に生活・仕事のできるアメニティ空間作りを目指す商品開発”とし、事業を拡大できた。従来からロスナイは空気対空気の静止形全熱交換器を組み込んだ換気機器として冷暖房時の換気の排気エネルギーを効率良く熱交換する省エネルギー効果の高い製品として評価を得ていた。さらに近年、建築物が省エネ、快適性向上を目的とし高気密化・高断熱化される中、環境保全機器としてその重要性が注目されてきている。

二酸化炭素の大量排出に伴う温室効果による地球温暖化を始めとして、環境問題への対応が国際的にも課題となっているが、中でも二酸化炭素の排出に直接関係のある冷暖房エネルギー削減が強く要請されている。ロスナイは換気で逃げる熱エネルギー損失を効率良く回収し、冷暖房ランニングエネルギーを20～30%節約するが、仮に1970～1991年に出荷した全ロスナイが稼働しているとすれば、その省電力効果は74万kW/年と見積られる。この数字は火力発電又は原子力発電の1基分の発電能力に匹敵する。この効果は二酸化炭素を発生する火力発電所の稼働軽減に多大な貢献をしている。

また、シックビルシンドローム、住宅内での結露、カビ発生などの問題は建築物の高気密性が室内空気質(Indoor Air Quality: IAQ)悪化に影響を及ぼすもので、この室内環境改善も空調設備の大きな課題となっている。このIAQ向上の有効な解決手段として新鮮外気を確実に室内供給し、汚れた空気を室外に排気、かつ室内温熱環境を大きく損なわずに可能としたロスナイがこの面でも改めて注目されている。こ

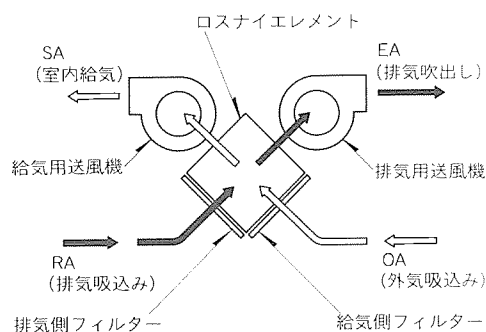


図1. 熱交換形換気機器の構成

の報告はロスナイエレメントの構造、省エネルギー効果を述べるとともに最近の製品概要を記述する。

2. ロスナイの熱エネルギー回収効果

2.1 ロスナイの構造と原理

現在ロスナイは住宅用途、ビル・工業用途向けに多くの機種を製造しているが、この節ではその基本的構造と原理を説明する。

(1) 構成

ロスナイの基本構成は図1に示すように、空気対空気の直交流形プレートフィン式全熱交換器ロスナイエレメントと室

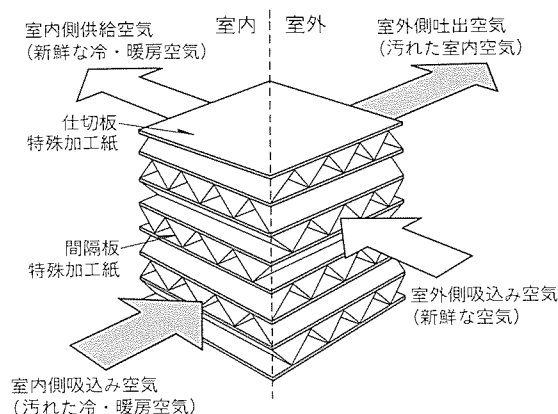
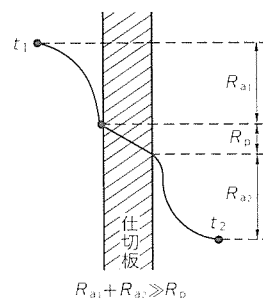


図2. ロスナイエレメントの構造



熱抵抗係数

	紙	Cu	Al
R_{a1}	10	10	10
R_p	1	0.00036	0.0006
R_{a2}	10	10	10
Total	21	20.00036	20.0006

図3. 温度(顕熱)交換メカニズム

内に新鮮外気を供給するための給気用送風機と汚れた室内空気を排気する排気用送風機とから成り立っている。送風機はフィルター、ロスナイエレメントによる機内圧損及びロスナイに接続されダクト・グリル等の風路部材の機外圧損が大きくなるため多翼送風機が使用されている。

(2) ロスナイエレメントの構造

重要機能パーツであるロスナイエレメントは図2のように特殊加工紙の仕切板と間隔板で構成されている。仕切板形状は一般的には正方形であるが、最近は製品の小型化、薄形化を図る上で、長方形、菱形のものも多く導入されている。

(3) ロスナイエレメントの全熱交換メカニズム

ロスナイエレメントの仕切板は特殊加工紙であるため室内空気と室外空気とが通過する際に顕熱と潜熱の両エネルギーが交換される。つまり全熱交換が行われるのである。ロスナイエレメントがなぜ高効率を達成できているのかそのメカニズムを説明しておく。顕熱交換＝温度交換に関しては図3に示すように交換効率を決めるファクターである熱伝導、伝達部の熱抵抗係数（紙の熱伝導部を1として他の部を換算した。）を比較しても分かるように温度交換率は熱伝達部の境界層の抵抗に影響され、銅、アルミ等の熱伝導性の高いものと比べても差がなく、薄い紙の場合は銅、アルミ等と同等の高効率熱交換器となる。

また、潜熱交換＝湿度交換に関しては水蒸気分圧差によって仕切板を通して高湿側から低湿側に水蒸気移動が行われる。その詳細メカニズムは図4の仕切板透湿モデルに示してあるが、空気中に含まれる各種ガスのうちH₂Oのみを選択時に透過させる膜加工を施すことにより、換気に適した熱交

換器としている。図4の下に示すように普通の紙の場合にはH₂Oと同様、CO₂、NO₂等の有害ガスも透過するため新鮮空気と室内の汚れた空気が混合することになり、換気機器には不適である。

現在、この仕切板は厚さ150～200 μmのセルロース繊維であるが、特殊薬剤加工し、機能としては、①交換器としての強度をもつ多孔質支持体、②CO₂などのガスを通さない気体遮へい（蔽）性、③水蒸気のみを通す選択吸湿性・透湿性、④紙を燃えにくくする難燃性と四つの機能をもっている。全熱交換効率を向上させるためには多孔質支持体としての紙そのものの機能向上開発と③～④の薬剤による特殊

表1. 交換効率の算出式

項 目	計 算 式
温度交換効率 (%)	$\eta t = \frac{t_{OA} - t_{SA}}{t_{OA} - t_{RA}} \times 100$
エンタルピー交換効率 (%)	$\eta i = \frac{i_{OA} - i_{SA}}{i_{OA} - i_{RA}} \times 100$

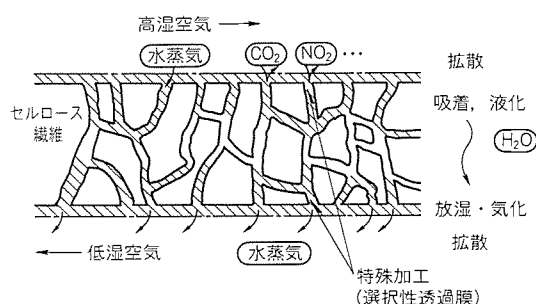
注 η …効率 (%)

t …乾球温度 (°C)

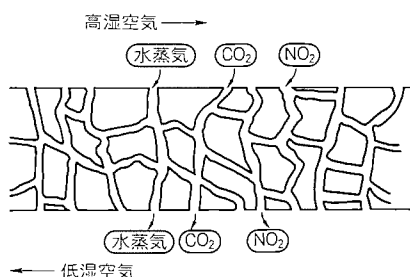
i …エンタルピー (kcal/kg)

表2. エレメント通過後の空気状態の算出式

	給 気 側	排 気 側
温 度	$t_{SA} = t_{OA} - (t_{OA} - t_{RA}) \cdot \eta t$	$t_{EA} = t_{RA} + (t_{OA} - t_{RA}) \cdot \eta t'$
エンタルピー	$i_{SA} = i_{OA} - (i_{OA} - i_{RA}) \cdot \eta i$	$i_{EA} = i_{RA} + (i_{OA} - i_{RA}) \cdot \eta i'$



(a) ロスナイ特殊加工紙

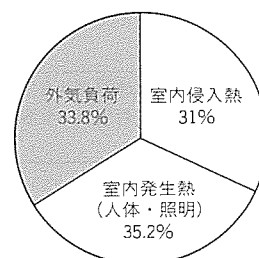


(b) 普通の紙

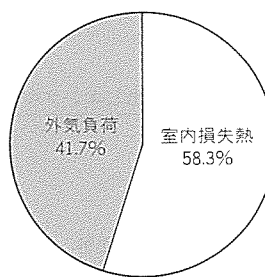
図4. 仕切板の透湿モデル

負 荷 の 種 類	負荷(kcal/h・m ²)
外 気 負 荷	45.6
室内発生熱量	
人体	22.6
照明	25.0
室内侵入熱量	41.8
TOTAL	135

条件：一般事務所ビル南向き、中間階
1 kcal/h・m² = 1.16W/m²



(a) 各負荷の割合(冷房時)



(b) 負荷の割合(暖房時)

負 荷 の 種 類	負荷(kcal/h・m ²)
外 気 負 荷	48
室内損失熱量	67
TOTAL	115

条件：一般事務所ビル南向き、中間階

図5. 外気(換気)負荷

加工 (高分子遮蔽剤・吸湿剤難燃性) の開発が必要であるとともに、この4機能のバランス設計が重要となる。

(4) 交換効率の計算式

ロスナイエレメントの交換効率は次の三つに分けられる。

①温度 (顕熱) 効率, ②湿度 (潜熱) 効率, ③エンタルピー (全熱) 効率の3種類である。交換効率, エレメント通過後の空気状態の算出式を表1, 表2に示す。仕様書カタログに表示してある交換効率は室内空気温度 t_{RA} 又は室外空気温度 t_{OA} 等を実測定し, この算出式から求める。エンタルピー交

換効率も t_{RA} 又は t_{OA} と同時に湿度を測定し, OA, RA, SA のそれぞれのポイントのエンタルピーを空気線図から読み取り表1に示してある計算式によって求め表示している。

2.2 冷暖房時の外気(換気)負荷と省エネルギー効果

(1) 冷暖房時の外気負荷

ロスナイの省エネルギー効果は冷暖房負荷の中の外気負荷を軽減することである。それでは外気負荷がどのぐらいなのか一般的なビルにおいての例を図5に示す。外気負荷は冷房時で33.8%, 暖房時で41.7%であるが, 断熱性能が向上し

表3. エネルギー回収量計算例

(1)条件の設定 (注: 東京電力, 業務用電力 6kV供給の場合, 1kW=2,750kcal/hの冷房, 暖房能力とする。)

●排気風量 (RA)=7,200m³/h ●外気風量 (OA)=8,000m³/h ●風量比 (RA/OA)=0.9

●空気条件

季節	冬 季 暖 房 時					夏 季 冷 房 時				
項目	乾球温度 DB(°C)	湿球温度 WB(°C)	相対湿度 RH(%)	絶対湿度 ×(kg/kg')	エンタルピー i(kcal/kg)	乾球温度 DB(°C)	湿球温度 WB(°C)	相対湿度 RH(%)	絶対湿度 ×(kg/kg')	エンタルピー i(kcal/kg)
室外	0	-2.7	50	0.0018	1.2	32	27.3	70	0.0211	20.6
室内	20	13.8	50	0.0072	9.2	26	18.7	50	0.0105	12.7

●運転時間 暖房時=10h/日×26日/月×5月/年=1,300h/年

1 kcal/kg=4.2kJ/kg

冷房時=10h/日×26日/月×4月/年=1,040h/年

(2)ロスナイ機種選定

●形名=LU-160の組合せLU-1650×1台

●1台当たり処理風量 (RA)=7,200m³/h

●交換効率 温度交換効率=73%

●静圧損失 (ユニット形) RA=16mmH₂O

外気風量 (OA)=8,000m³/h

エンタルピー交換効率 (冷房時)=62%

OA=19mmH₂O (注: いずれもフィルター込み)

風量比 (RA/OA)=0.9

同左 (暖房時)=67%

(3)室内吹出し空気状態

	暖 房 時	冷 房 時
温 度 (°C)	=(室内温度-外気温度)×温度交換効率+外気温度 =(20-0)×0.73+0 =14.6	=外気温度-(外気温度-室内温度)×温度交換効率 =32-(32-26)×0.73 =27.62
エンタルピー (kcal/kg)	=(室内エンタルピー-外気エンタルピー) ×エンタルピー交換効率+外気エンタルピー =(9.2-1.2)×0.67+1.2 =6.56	=外気エンタルピー-(外気エンタルピー-室内エンタルピー) ×エンタルピー交換効率 =20.6-(20.6-12.7)×0.62 =15.7
上式及び 空気線図から 求める数値	●乾球温度=14.6°C ●相対湿度=49% ●エンタルピー=6.56kcal/kg	●乾球温度=27.62°C ●相対湿度=63% ●エンタルピー=15.7kcal/kg
	●湿球温度=9.2°C ●絶対湿度=0.005kg/kg'	●湿球温度=22.5°C ●絶対湿度=0.0149kg/kg'

(4)外気負荷と回収熱量

	暖 房 時	冷 房 時
ロスナイ無し の場合の外気 負荷 (q_1)	=空気比重×外気風量×(室内エンタルピー-外気エンタルピー) =1.2×8,000×(9.2-1.2) =76,800	=空気比重×外気風量×(外気エンタルピー-室内エンタルピー) =1.2×8,000×(20.6-12.7) =75,840
ロスナイ有り の場合の外気 負荷 (q_2)	=外気負荷(q_1)×(1-エンタルピー交換効率) =76,800×(1-0.67) =25,344 又は =空気比重×外気風量 ×(室内エンタルピー-室内吹出しエンタルピー)	=外気負荷(q_1)×(1-エンタルピー交換効率) =75,840×(1-0.62) =28,819 又は =空気比重×外気風量 ×(室内吹出しエンタルピー-室内エンタルピー)
回収熱量 (q_3)	= q_1-q_2 =76,800-25,344 =51,456 又は =外気負荷(q_1)×エンタルピー交換効率	= q_1-q_2 =75,840-28,819 =47,021 又は =外気負荷(q_1)×エンタルピー交換効率
外気負荷に対 する (%)	●外気負荷=76,800kcal/h=100% ●ロスナイ使用時外気負荷=25,344kcal/h=33% ●回収熱量=51,456kcal/h=67%	●外気負荷=75,840kcal/h=100% ●ロスナイ使用時外気負荷=28,819kcal/h=38% ●回収熱量=47,021kcal/h=62%

1 kcal/h=4.2kJ/h, 1 mmH₂O=9.8Pa

てきている最近の建築物ではこの外気負荷割合が増加している。

(2) 省エネルギー効果

次にロスナイによるエネルギー回収量計算例を表3に示す。外気負荷に対する回収量が暖房時で67%，冷房時で62%であるので冷暖房全エネルギーに対する省エネルギー効果は前項での外気負荷割合に乗じた割合であるので、

$$0.417 \times 0.67 = 0.279 \text{ (暖房時)}$$

$$0.338 \times 0.62 = 0.209 \text{ (冷房時)}$$

となる。

(3) 冷暖房機のランクダウン

ロスナイの設備化によって冷暖房機のランニングエネルギーは2.2節(2)にも示してあるが20～28%低減できる。さらに、計画換気、計画冷暖によってパッケージエアコン等の冷暖房機のランクダウンが可能となる。例えば、空調面積100m²のオフィスでは換気風量500m³/h、冷暖負荷が空調機の出力で5.7kW{7HP}相当が計画されるのが一般的であるが、ロスナイを換気設備として計画することにより、1ランク小さい5.0kWクラスの空調機を機種選定することが可能である。冷暖房機のランクダウンはイニシャルコスト低減は無論であるが省資源、省スペースにも大きく貢献する。

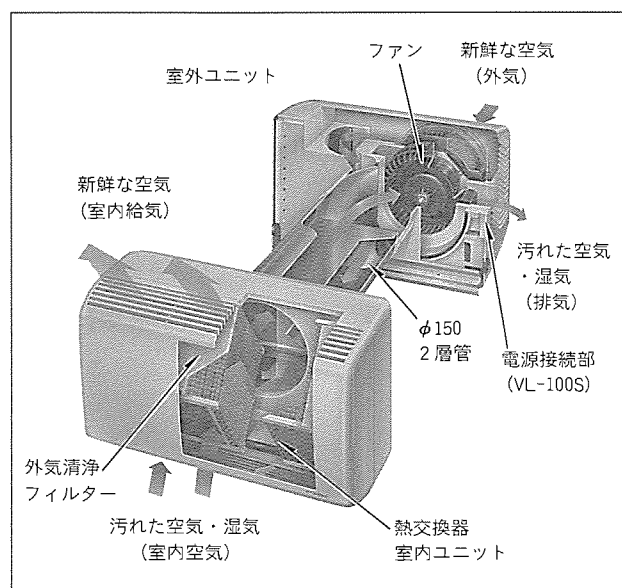


図6. 1パイプセパレートロスナイ(VL-100S)

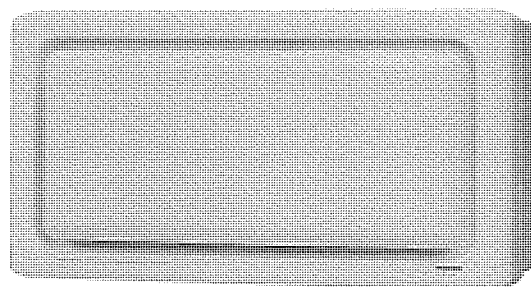


図7. 2パイプ排湿用ロスナイドライスルー(VL-1430P)

3. 最近のロスナイ製品紹介

この章では、省エネ、省資源、環境保全機器といった特長をもつロスナイの具体的製品を紹介する。ロスナイは使用される建物の床面積に合わせて住宅用、業務用、ビル用、さらに特殊用途として工業用がある。住宅用は最近の建物の高気密化・高断熱化に伴う質の高い換気が求められていることに対応し、使用場所に応じて、その設置方法、機能別に豊富な機種を用意している。

居間、応接室、寝室、子供室用としては、①通常換気扇と同じ感覚で、壁穴に本体が埋め込まれ、壁面にはパネルのみが取り付けられ、室内側のインテリアも考えたすっきりデザインの角穴取付け形、②壁面を使用せず、天井面にはパネルのみ取り付け、本体は天井面にすっきり埋め込まれ2本のダクトによって給排気される天井面取付けダクト形、③メンテナンス・設置工事の容易性を重視し、壁面に本体パネルを取り付け、給排気は壁体にパイプを1本又は2本貫通設置する丸穴取付け形がある。図6に一例として1パイプセパレートロスナイを示す。また、住宅全体換気用としては天井裏に設置され、4本のダクトで給排気する天井埋込み中間取付け形がある。

機能別では冬場の壁面結露防止を考え、プラスチック製熱交換器を搭載した排湿形、図7に一例として2パイプ排湿用ロスナイドライスルーを示す。さらに、温度センサ、雑ガスセンサ、結露センサ等を搭載し、各種空気条件に合わせて自

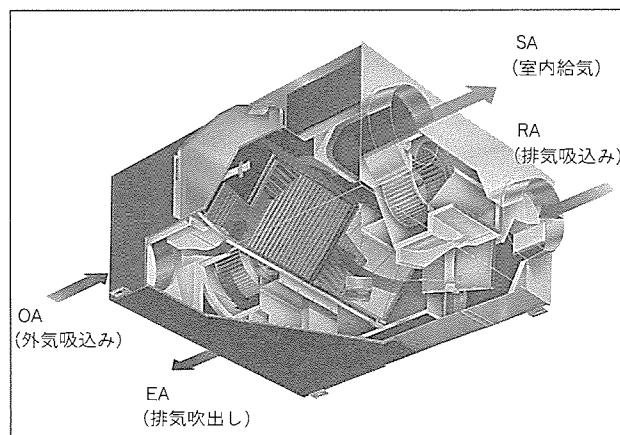


図8. 天吊り埋込み形構造

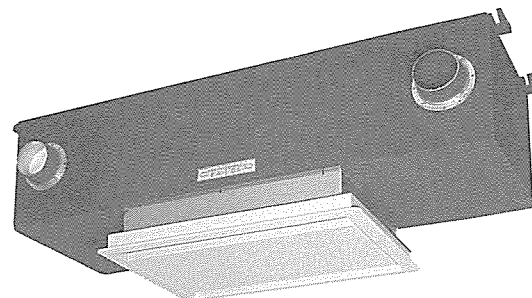


図9. 天吊りカセット形ロスナイ

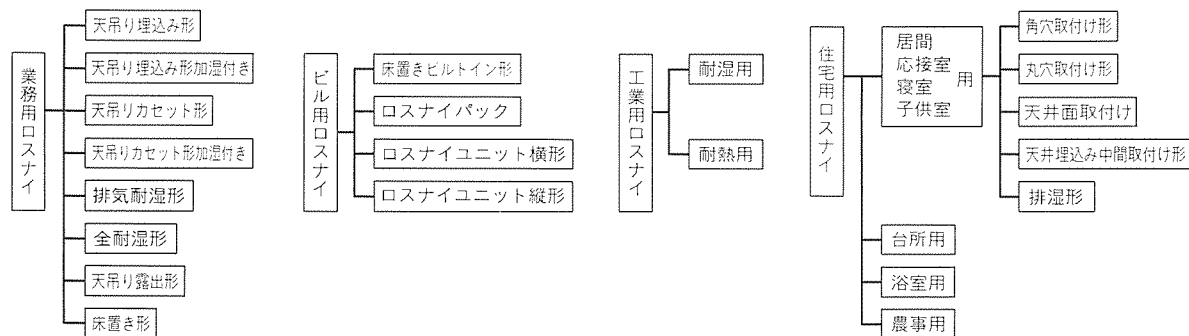


図10. 用途別ロスナイの分類

動で全熱交換して給排気する自動運転タイプがある。

業務用は、床面積3,000m²程度までの店舗、中小ビルの個別分散換気用として、豊富な機種ぞろぞろで様々な空調換気ニーズに対応している。その設置方法から、天つ（吊）り埋込み形、天吊りカセット形、天吊り露出形、床置き形がある。さらに、機能追加された加湿付き、耐湿形もある。処理風量も天吊り埋込み形では150m³/hから2,000m³/hまでシリーズ化している。図8に天吊り埋込み形の内部構造を、図9に天吊りカセット形を示す。

加湿付きは、全熱交換機能に加湿機能が加わったもので、加湿方式は白粉等の発生がなく水蒸気だけを通す透湿膜を用いた自然蒸発式である。耐湿形は排気の湿度が100%でも全熱交換ができる。さらに、最近ではこれらの機能をより発揮し、空調機とのシステム化、施工性の改善、異常・メンテナンス情報の外部取り出し等を考慮したマイコンPタイプもある。ビル用は主に床面積3,000m²以上の大ビルで、機械室を設けて空調するダクト方式や各階ユニット方式に最適で、処理風量3,600m³/hまで機械室のレイアウトに応じたきめ細かい機種選定が可能である。送風機内蔵のパックタイプと熱交換器だけのユニットタイプがある。

工業用は工場やホテルなど、熱を大量に出す施設において、温度のみ回収する顕熱交換器の特質を生かし、効率的な空調換気を実現できる。例えば、温水プールや浴室等の湿気を排出して温度だけを回収する選択回収ができる。また、金属製アルミニウムエレメントを搭載した耐熱形では最高160℃まで使用でき、乾燥炉等の排熱回収をすれば運転コストも大幅に節減できる。図10には用途別の一覧を示す。

4. む す び

環境保全機器としてのニーズが高まってきているロスナイは、市場規模の拡大とともに多くの技術課題を発生してきている。冷蔵倉庫用途・空調栽培用途などの用途別製品の開発又は冷暖房機との最適連動運転を実現させるためシステム構築とその制御開発、キーデバイスである熱交換器の小型化・高効率化、更には人間には感知しにくい幾種かの室内汚染ガス換気のためのセンサによるロスナイの自動運転化などである。

今後も環境保全という社会的貢献をより大きく果たすため、基礎技術開発及び時宜を得た商品化開発を地道に進める所存である。

環境調和型の包装システム

飯島康司*

1. ま え が き

家電各社では、製品アセスメント・包装廃棄物等の環境問題に対応するため、“包装の減量化”“包装資材の再生・再利用化”等の活動を積極的に推進している。

特に、平成3年10月に施行された“再生資源の利用の促進に関する法律”（略称：リサイクル法）への対応も含め、製品・包装両面での諸対策が行われている。

家電製品の包装は、従来から“製品の保護”を基本に、流通時における環境（振動・衝撃）を調査し、適正な包装とすべく“使用包装材料の削減”“簡易包装形態の開発”など、製品／包装システムの最適化を図っている。

当社製品の包装においても、“製品の保護”だけでなく、環境にやさしく、かつ資源の有効利用を考慮し、次の2大テーマを設定し、積極的に取り組んでおり、その内容の一端について報告する。

- (1) 使い捨て包装の抑制
- (2) 環境負荷低減包装の追求

2. 環境問題への具体的な取組

家電製品の包装を取り巻く環境問題を図1に、またこの問題における内外の法律・条例・業界取決め等に関する環境規制を図2に示す。このような状況において、今後当社における包装の理念は、図3及び図4に示す役割の変化や同業他社の取組動向を踏まえ、次のように定義できる。

“製品を流通時の外力からの確に保護し、顧客に安全に届ける（流通適合化）と同時に、廃棄物や資源の有効活用、環境汚染など環境負荷の少ない包装（環境適合化）を適正な費用で確保する。”

上記の理念に沿った環境対策方法を図5に示す。

そこで、当社において、環境問題に対応して具体的に取り組んできた次の事例について述べる。

- (1) 再生資源・再利用化例
“発泡スチロールの再生・再利用化技術”
- (2) 減量化例
“住宅用照明器具の新包装形態開発”

3. 具体的取組事例

3.1 発泡スチロールの再生・再利用化技術

3.1.1 背景・目的

国内において発泡スチロールは、平成2年度で約22万トンの量が使用されている。このうち、家電及びOA機器等の包装用が約45%、魚箱などの水産用が約35%を占めている。当社の家電製品関係では、平成2年度において約2千トンの発泡スチロールを使用している。これに対して、用済後の発泡スチロールは、焼却が約75%、埋立てが約25%であり、回収・再資源化率は約7%と非常に低い。このため、通商産業省から平成7年までに発泡スチロールの回収・再資源化率：25%を達成する要請が出されている。

以上のような環境の中で家電製品の包装材として、一般に広く使用されている発泡スチロールは、“製品の保護性”“成形加工性”“経済性”に非常に優れている。その反面、用済後廃棄処理をするのにかさばる、焼却時高カロリーのため焼却炉を損傷する等の理由から問題になっている。このため、発泡スチロールの減量化と同様に再生・再利用化が急務となっている。

発泡スチロールの再生・再利用化の検討は、発泡スチロールの製造・加工メーカーで構成された“発泡スチロール再資源化協会”が中心になって取り組んでおり、用済後回収して破砕機で破砕、熱加工していったん液化しペレット状に戻し

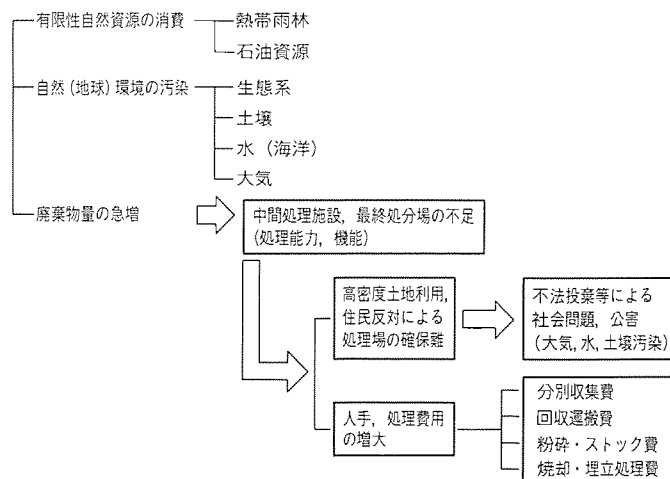


図1. 家電包装の環境問題

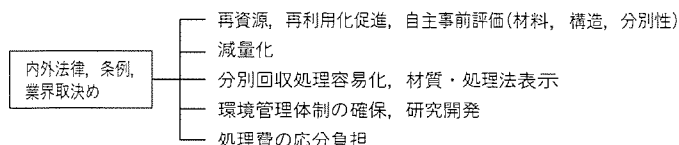


図2. 家電包装に対する環境規制

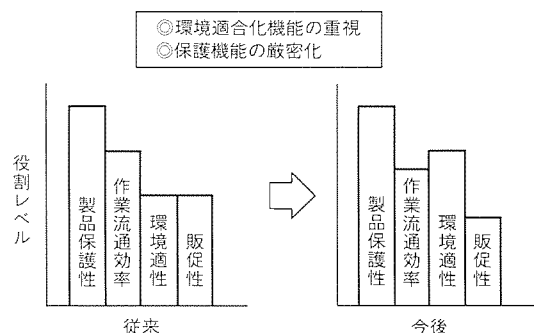


図3. 家電包装の役割の変化

- 包装材の減量化 (EPS10~30%減)
- 分別処理の容易化 (EPSの可分割, 非接着)
- 発泡スチロール代替化, 回収化

図4. 他社の取組動向

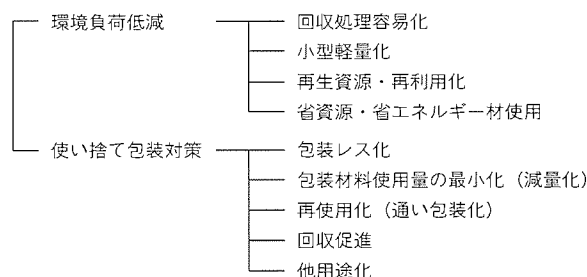


図5. 環境対策方法

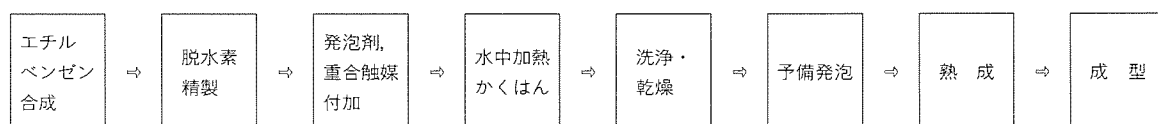


図6. 未使用発泡スチロールの製造工程

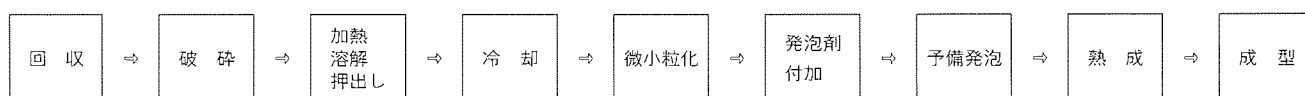


図7. 従来の再生発泡スチロール製造工程

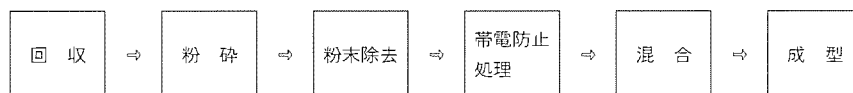


図8. 新しい再生発泡スチロール製造工程

た後、約1mm程度の微小粒にして発泡剤を加える“再生発泡スチロールビーズ”を研究している。この“再生発泡スチロールビーズ”は、1992年10月に東京・晴海で開催された“東京国際包装展”にも展示され、注目を集めた。

この“再生発泡スチロールビーズ”は、既に米国内では使用されているが、以下の理由によって国内では実用化されていない。

- (1) “再生発泡スチロールビーズ”の製造方法は、用済後の発泡スチロールを回収し、粉碎後、熱融解処理を行う。その後、微小粒化して再び発泡剤を加えて成形加工をする。このため、再生した予備発泡粒は、製造するまでに多くの工程が必要なため、未使用の予備発泡粒に比べて2~3倍程度の費用を要する。
- (2) 熱融解処理をするため、樹脂の強度が低下する。
- (3) 未使用予備発泡粒と再生予備発泡粒の形状が異なるために均一混合しにくい。
- (4) 現状では、廃棄発泡スチロールの回収率が低い。

3.1.2 発泡スチロールの新しい再生技術

筆者らが開発した新しい再生方法は、用済後の発泡スチロ

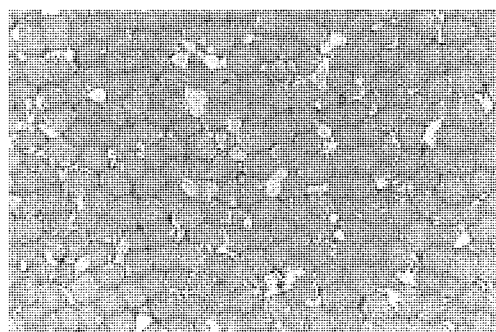


図9. 再生した発泡スチロールの混合状態

ールを2~7mmに粉碎し、粉末除去及び帯電防止処理を行う。その後、未使用予備発泡粒が微細粉碎粒を取り囲むように発泡成形させる。これにより、粉碎粒は未使用発泡粒のすき間に固定されるため、発泡成形時の混合比(体積比)で50%程度でも微細粉碎粒が均一に分布した成形品が得られる。この方法を用いることにより、従来法の再生処理工程が短縮される。さらに、未使用予備発泡粒のみで製造した場合よりも10%程度廉価に製造することが可能となる。

未使用の発泡スチロール製造工程を図6に、また回収して

再生する従来の製造工程を図7に、今回開発した新しい再生・製造工程を図8にそれぞれ示す。また、新技術によって再生した発泡スチロールの混合状態を図9に示す。

3.1.3 緩衝特性

開発した新しい製造法により、粉碎粒寸法の均一化、粉末の除去、粉碎粒の帯電防止処理等の改善を繰り返した結果、未使用発泡粒（以下“バージン発泡スチロール”という。）のみの場合とほぼ同等の緩衝特性を得ることができた。

静的緩衝特性は、圧縮試験装置で10mm/minの速度で圧縮試験を行い、得られた圧縮荷重-ひずみ量曲線を図10に示す。また、動的緩衝特性は、図11に示す緩衝材落下衝撃試験装置で落下高さ：60cmから落下重錘を資料の上に落下して発生した加速度の測定を行い、得られた発生加速度-静的応力曲線を表1・図12に、緩衝係数-応力曲線を図13に示す。図中の緩衝特性は、粉碎粒とバージンビーズの混合体（体積比：25-75%，以下“混合再生発泡スチロール”という。）及びバージンビーズのみの発泡スチロール特性を示す。

なお、従来の再生方法による発泡スチロールは、いまだ国内において販売されていない。このため、緩衝特性の評価はできなかった。

これから、以下の特性を得ることができて、実用上問題な

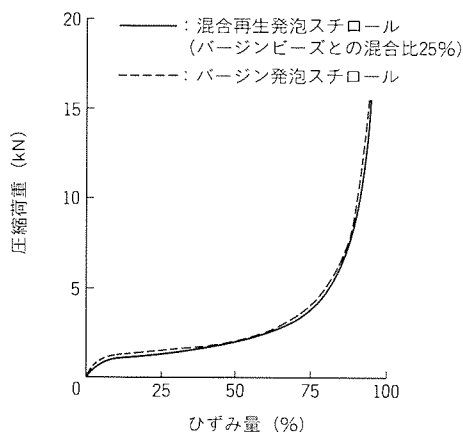


図10. 静的緩衝特性・圧縮荷重-ひずみ量曲線

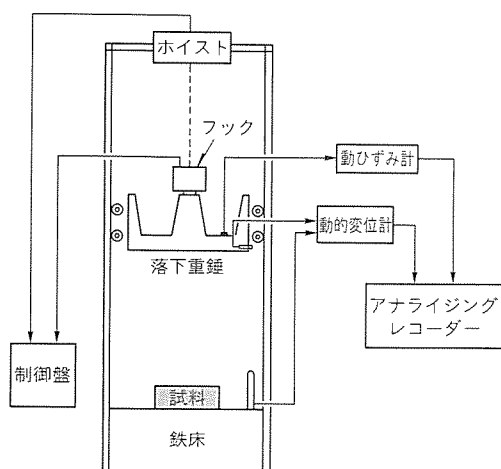


図11. 動的緩衝特性測定法

いことが確認できた。

- (1) 静的緩衝特性である圧縮荷重-ひずみ量曲線は、混合再生とバージンの発泡スチロールともに同等である。
- (2) 動的緩衝特性である落下高さ：60cmからの発生加速度-静的応力曲線、及び緩衝係数-応力曲線もほとんど同じである。

3.1.4 カラーテレビへの導入事例

家電製品への具体的な導入試作事例として、カラーテレビ

表1. 動的圧縮試験結果・発生加速度-静的応力測定結果（落下高さ：60cm）

静的応力 (kPa)		2.7	5.2	9.7	17.7
混合再生発泡スチロール	発生加速度 (G)	48	44	36	54
	緩衝係数 C	3.2	3.0	2.4	3.6
	動的応力 (kPa)	127	232	352	955
バージン発泡スチロール	発生加速度 (G)	49	44	36	49
	緩衝係数 C	3.3	3.0	2.4	3.3
	動的応力 (kPa)	130	232	345	867

注 (1) 発生加速度(G)は、物体に生ずる加速度の大きさを重力の倍数で表したもので、次式から求めた。

$$\text{発生加速度 (G)} = \text{物体に作用する力 } P / \text{物体の質量 } W$$

注 (2) 緩衝係数 C と動的応力 (kPa) は次式から求めた。

$$\text{緩衝係数 } C = \frac{\text{発生加速度 (G)} \times \text{緩衝材厚さ } l}{\text{落下高さ } H}$$

$$\text{動的応力 (kPa)} = \frac{\text{発生加速度 (G)} \times \text{落下重錘荷重 } W}{\text{緩衝面積 } A}$$

注 (3) $1G = 9.80665m/s^2$

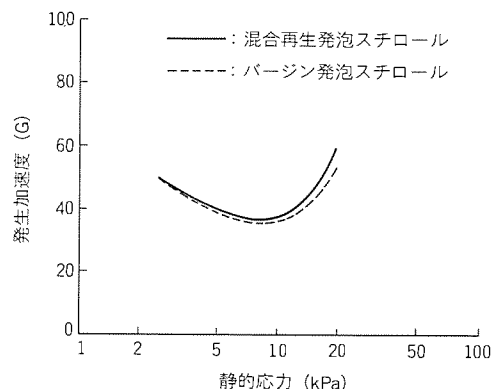


図12. 動的緩衝特性・発生加速度-静的応力曲線

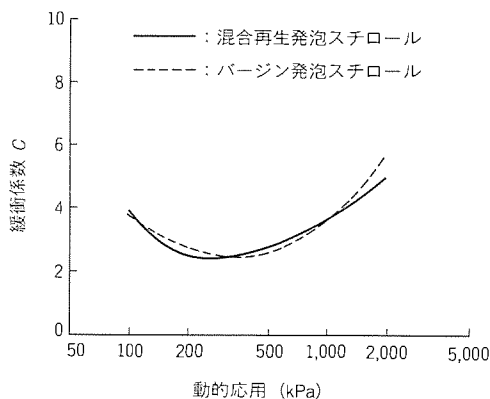


図13. 動的緩衝特性・緩衝係数-応力曲線

用の緩衝材を試作し、バージン発泡スチロールとの比較を行った。試作した緩衝材は、発泡倍率が50倍で、混合比(体積比)が70%相当の未使用予備発泡粒と30%相当の微細粉碎粒の混合再生発泡スチロールである。これを図14に示す。混合再生とバージンの発泡スチロールを用いて、落下試験を行い、ブラウン管中央に取り付けた加速度計で加速度を測定した。この結果を表2に示す。これから、以下のことが分かる。

- (1) 混合再生とバージンの発泡スチロールの加速度の発生は、ほぼ同程度であり、有意差がない。
- (2) 混合再生発泡スチロールの成形状態は、バージン発泡スチロールと形状において、ほとんど遜色がない。

3.2 住宅用照明器具の新包装形態開発

住宅用照明器具は、器具デザインの個性化・高級化とともに、調光機能付加や蛍光灯の即時点灯(インバータ)化など、多品種・少量生産が進んでいる。このため、包装形態もより一層複雑化してきている。その反面、資源の有効活用とともに、包装容積の縮小化・標準化、作業スペースの縮減化・作業の簡素化など種々の課題が取り上げられている。このような背景を踏まえ、従来品の包装形態の見直しを含め、包装の適正化を図った。

3.2.1 従来の包装仕様

従来の包装仕様は、図15に示すように以下の問題があった。

- (1) 製品の固定・支持部品点数が多い。
- (2) 多数の部品で構成されているため、包装の標準化が困難。
- (3) 包装作業時間がかかる。
- (4) 包装作業時に部品の入れ間違いが多い。

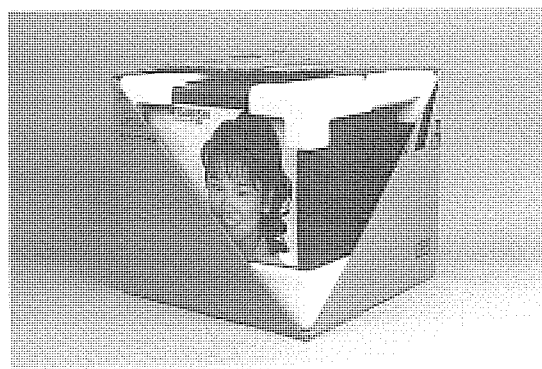


図14. カラーテレビ用混合再生発泡スチロール緩衝材

表2. カラーテレビ落下試験結果

落下面	落下高さ(cm)	混合再生発泡スチロール(G)	バージン発泡スチロール(G)
底面	40	28	29
左側面	30	25	31
右側面	30	26	30
前面	30	21	24
後面	30	21	12

- (5) 開こん(梱)時に製品が取り出しにくい。
- (6) 製品が分解収納されているため、組立てに時間がかかる。
- (7) 部品点数が多いため、広い保管スペースが必要になる。

3.2.2 新しい包装仕様

上記の問題点の改善や住宅用照明器具に求められている包装の機能分析などを行い、表3に示す代替案をもとに更に改善を進め、適正な包装仕様を決定した。これを図16に示す。この包装仕様は、2枚の平板紙に製品を固定・支持する構造を付与したことを特長としている。平板紙をコの字状に折り曲げ、2枚を90°の角度で交互の溝に差し込み、井げた(桁)状の立体構造を形成する。立体構造を形成した起立片の溝に製品本体・円形ランプ・セード等を挿入することにより、簡単に固定・支持することが可能となる。この結果、新しい包装仕様は、次の利点を得ることができた。

- (1) 2枚の平板紙による立体構造化した製品の固定・支持機

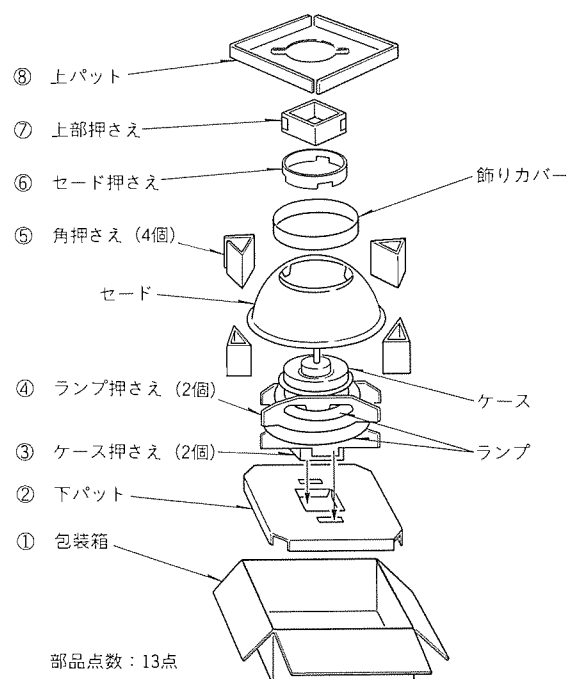


図15. 住宅用照明器具・従来品の包装仕様

表3. 代替案の代表例の検討

<p>発泡材の成形品使用例</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 支持ブロック4か所 (2) 成形金型が複雑 (3) 廃棄物処理に問題あり 保管スペース増加 (4) コストアップ 	
<p>段ボール使用例</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 板紙2枚の組合せ (2) 抜型の歩留りが悪い (3) 複両面段ボール使用 (4) セード固定が不安定 (5) コストは安価 	

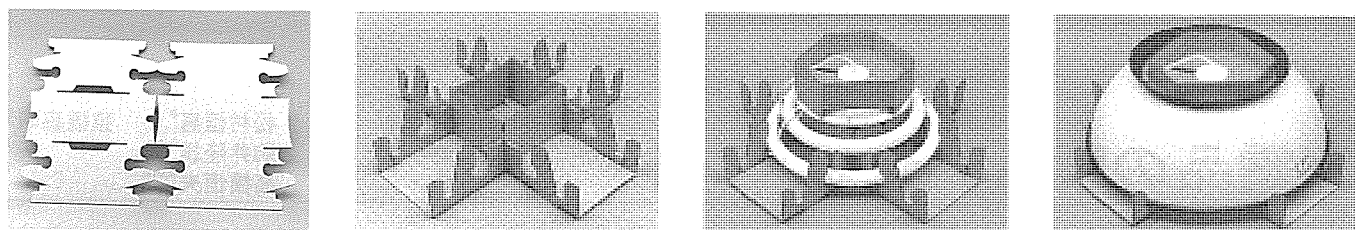


図16. 住宅用照明器具・改善案の包装仕様

構のため、従来に比べて包装部品点数が大幅に減少した。

(2) 2枚の平板紙における切り溝部分は、ランプ及び灯具本体やセードの下縁部の寸法に合わせて設定するだけであるため、平板紙寸法と包装箱の標準化が可能となった。

(3) 製品が組み立てられた状態で包装できるため、製品個々の包装が不要になった。

(4) 同時に、顧客が家庭で簡単に製品を取り出して取り付けることが可能になった。

(5) 包装部品点数の削減に伴い、包装資材の保管スペースが大幅に減少した。

(6) 資源の有効利用だけでなく、オール紙化包装のため、資源の再利用、易廃棄処理性を付与できた。

3.2.3 改善成果

改善品の成果を表4に示す。なお、開発した包装は、1990年度の世界包装コンテスト(主催：世界包装機構)の“ワールドスター賞”受賞のほか、国内外で数々の賞を受賞した。

4. む す び

当社は、製品・包装の環境調和を目指して、様々な施策を

表4. 改善成果表

項 目	改 善 内 容	成 果
包装材料費	包装箱付属部品点数の削減による材料費の低減	27%
包装作業費	作業時間の削減 (0.075h⇒0.050h)	33%
包装容積比	包装容積の縮減 (0.0875m ³ ⇒0.0642m ³)	27%
部品使用数	使用部品数の削減 (8種13点⇒4種4点)	70%
特許出願件数	改善案の特許出願件数	3件

試みている。その最重点課題は“発泡スチロールの使用量削減”と“発泡スチロール代替材料の開発”である。しかし、家電製品は輸送保護に必要な包装形態開発を製品の強度ベースで進めてきた。今後も“製品/包装システムのトータルコストミニマム化”を追求していく。

参 考 文 献

- (1) 三浦和夫, 飯島康司: 住宅用照明器具の包装改善, 包装技術, 29, No.2, 84~87 (1991)

家電品の製品アセスメント

松村恒男* 猿橋嘉昭⁺
駒井隆雄**
高橋恒夫***

1. ま え が き

地球環境問題の一つである“廃棄物”は、その解決に、単に廃棄物を減らすだけでなく、資源の有効利用を図る取組も必要としている。特に我が国では、経済成長に伴って排出量が増加の一途であった“廃棄物”は、清掃行政に様々な課題を発生させている。それらの課題に関しては、処分を担当する行政、製造する企業、消費して廃棄を決める個人などの様々な担い方が考えられる。

1991年、我が国では“再生資源の利用の促進に関する法律”が施行され、指定製品及び特定業種においてリサイクル推進のための活動が開始された。第一種に指定された家電品は、ユニット形エアコンディショナー、テレビ受像機、電気冷蔵庫、電気洗濯機であった。それらの新規設計分から製品アセスメントが義務付けられ、既に販売され始めている。

当社では、消費者及び販売店のニーズに対応する家電品の包装資材の減量化、本体のコンパクト化などを、環境保全の意味もあって以前から実施していた。そして、法律の施行を契機に、検討項目・対象機種拡大や設計段階からの組織的な取組を強化することとした。

製品アセスメントといえば、製造から廃棄・再資源までのライフサイクルにわたる環境負荷を考慮する広義の意もあるが、ここでは廃棄・再資源化を目的とした上記法律のリサイクル推進を扱うこととする。

2. 製品アセスメント項目と基準

廃棄・再資源化のための製品アセスメントは、現時点の廃棄物処理と再資源化方法を考慮し、かつ将来はそれらがどのようになるかを予測しながら、項目や判断基準を作成しなければならない。

2.1 ライフエンドの廃棄物処理

一般家庭から廃棄された家電品は、地方自治体によって収

集されるか販売店から引き取られて、地方自治体の設備又は業者設備によって処理されている。

幾つかの処理場を調査したところ、現在、金属やブラウン管のガラスは破碎後に再資源化され、合成樹脂のたぐ(類)いが埋立て又は焼却されている。金属について更にいえば、破碎機に入れた家電品から破砕片の形態で分離し、破碎機にかけられない剛体部品は手作業で分解・分離し、鉄・銅・アルミニウムなどに分けている。半導体や抵抗器など多くの部品が取り付けられた基板は、焼却炉に入り、焼却灰を製錬会社へ移して有価物が回収される。

再資源化のためのこれらの作業には、分解・分離のしやすさ、材質別の分別のしやすさ、取扱いやすい重さや容積、部品点数などが関係しており、以前から経済的に処理業が成立するかのかぎ(鍵)となっている。

現在、製造した品が廃棄物となる10年程度の将来を考えれば、廃棄物の収集システムが進展し、単純な埋立てはなくなり、廃棄物処理や再資源化方法に少々の改善は望めよう。しかし、処理の自動化までが一般的にならず、むしろ現状に近い処理方法を想定しての製造側の取組が必要である。

2.2 販売・使用時における廃棄物問題

(1) こん(梱)包

販売によって店頭から家庭へ運搬された家電品の多くは、その梱包が不要となる。梱包材料として使用されている段ボール、発泡スチロール、プラスチックフィルムなどが製品の保護や販売促進効果を達して廃棄される。廃棄物の観点からはそれらの量が少ないか、又はリサイクルしやすい材料・構造が望まれる。

梱包が不要となる時点は、上述のライフエンドとは異なり、設計後の短期間内にある。したがって、設計時に梱包の処理問題がほぼ把握できるから、アセスメント項目や判断基準を作成しやすいといえる。

(2) 修理

表1. ルームエアコンの減量・減容積

	室内ユニット			室外ユニット		
	MSZ-F2803	1991年度	減少率(%)	MUZ-F2803	1991年度	減少率(%)
高さ (mm)	265	360	26.5	540	540	±0
幅 (mm)	815	815	±0	650	795	18.2
奥行き (mm)	173	179	7.8	255	280	8.9
総容積 (ℓ)	33.4	50.9	34.4	92	109	15.6
質量 (kg)	8	11	27.3	32	38	15.8

製品を使用中に破損・故障したら、交換による従来部品の廃棄物が発生する。さらに、使用期間がかなり長期にわたる場合、補修用部品に欠品を生ずれば本体までも廃棄に至ることもある。信頼性が高く、長期使用に適合したサービス体制が求められる。

一方、補修用部品を多量に保管しては、最終的に未使用部品の廃棄となるから、法律を満たしながら補修用部品の種類と保有期間とは適切に決めねばならない。

修理用部品には、本体の構成部品と同じアセスメント項目や判断基準が必要である。

(3) 標準化

大きくは二つの廃棄物を減らす策が挙げられる。第一は、消費者の製品購入頻度を下げるモデルチェンジ期間の長期化、長期使用につながる安全点検の勧めやサービス技術の向上などである。第二は、設計時に機能を見直して製造・修理に伴う部品点数を減らし、機種横通しの共通部品を使う、数年間は部品の仕様変更をしないといった取組である。

このような活動は、一種の標準化といえよう。部品・材料、制御技術の進歩などを、どのような時期に取り込み設計へ反映していけば適切な廃棄物・再資源化対策となるのか、消費者の使用上の便益とも関連したむずかしさを含んでいる。

2.3 実施中のアセスメント項目と基準

製品アセスメントを組織的に開始した1990年を基準にして、その後の評価対象機種は次のアセスメント項目と基準で運用している。

(1) 減量・減容積

製品の質量又は容積を減らせば、将来の廃棄物が減ることになる。新規設計分が、従来機種に比較して減量又は減容積となっているかを数値で把握する。

新機能を搭載しても従来機種の延長線上と判定されれば、減量・減容積を課する。

(2) 部品点数削減

機能の見直し、組立方法の改善などで部品点数を削減すれば、分離・分解時間の短縮や減量・減容積につながる。また、標準化した部品を採用して新規部品を減らす。

従来機種に比較して、新規設計分は標準化部品の採用率や点数削減が進んだかを数値で把握する。

(3) 再資源化

金属及び材質表示した合成樹脂は、再資源化が容易な材料と仮定する。その材質表

示記号は、ISO 1043に規定された略号である。製造上から材質表示が困難、表示によって性能・機能が損なわれる、又はスペースがないという問題がない限り、100g以上の合成樹脂に主材料を表示する。

また、再資源化を社会的に実効あるものとするために、再生した合成樹脂を使用する設計を進める。

再資源化容易な材料の質量比が増加したか、再生した合成樹脂を幾ら使用したかを数値で評価する。

(4) 分離・分解性

処理業者の手間が減れば再資源化のコストが下がる。破砕機にかからない懸念がある部品は減らすか、手作業で分離しやすい構造にする。手作業で分離・分解する主要な部品は、通常の工具で解体可能な組立て方にする。

材質面からは材料の種類を削減し、分離・分解の障害となる複合材料の使用や異種材料の接着を減らす。

処理業者の立場で解体時間を計測し、従来機種と比較する。

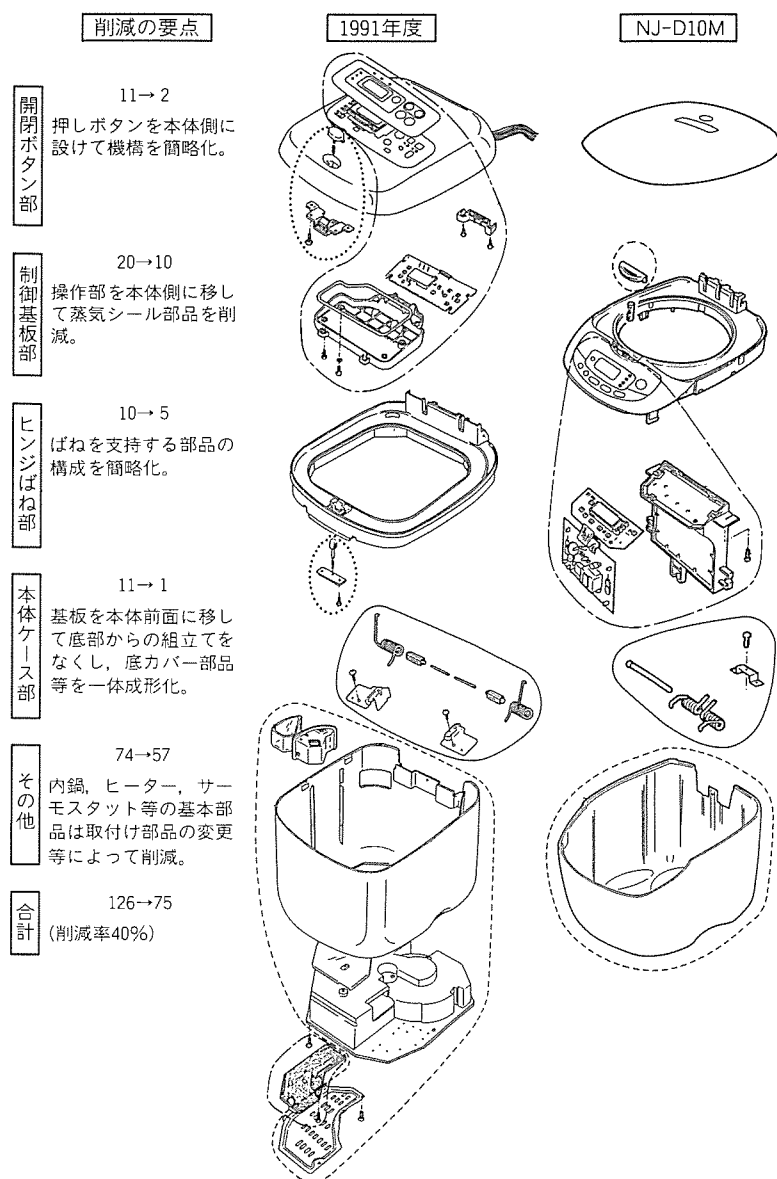


図1. 部品点数の削減 — ジャー炊飯器 —

(5) 環境保全・安全性

有害性から規制されている物質が含まれていないか、廃棄処理で濃度が高まり環境汚染する懸念はないかを評価する。

また、廃棄処理に際して関連装置の運転に支障がないこと、作業者の危険防止についても検討する。

(6) 包装

製品設計時点から包装容積へも配慮し、段ボール・発泡スチロール・木材などの使用材料を減らす。特に木材は廃止し、発泡スチロールから紙質への転換を図るようにする。

包装に使用する合成樹脂材料は、本体と同様に略号による材質表示をする。大型段ボールに分割線、長尺の発泡スチロールには折るためにノッチを設けるなど、包装材料の回収作業への配慮をする。

新規設計分の包装材使用量は、従来機種に比較して材質別にどう変わるか、回収作業への対策があるかを評価する。

(7) その他

重量物には車輪や取っ手を配すれば、回収時の運搬が容易となる。

取扱説明書・設置指導書・相談窓口一覧表などの印刷物は、再生紙でよい場合がある。

廃棄及び再資源化へのお願い又は注意を、機種によって取扱説明書へ入れるようにする。

3. 結 果

製品アセスメントはそれぞれの工場の開発規定に位置付け、その実行に責任者を配置してある。2.3節の観点で作成した評価表に従い、工場では設計図ができた時点で製造部門・品質管理部門が評価する。責任者が改善指示した項目は、試作

時に改善確認されねばならない運営システムがある。ここでは、製品アセスメント結果を最近の製品で説明する。

製品アセスメントを実施した機種は多い。個別又は幾つかの評価項目を合わせ、代表的な実施例を示す。

3.1 減量・減容積の例

— ユニット形エアコンディショナー —

室内・外ユニットを小型化すると、通常は能力低下、騒音の増大、効率の悪化といった問題が発生する。そこで新規設計分からは次の技術を適用した。

3.1.1 室内ユニット MSZ-2803

- (1) 高密度実装により、電気品の容積は25%空間効率を高め、熱交換器・風路の形状を解析して風路容積は33%削減し、また風路背面の無駄な空間などを50%削減した。
- (2) 羽根の形状・角度を見直した高静圧のラインフローファンにより、同一回転数でも風量を30%向上させた。
- (3) 熱交換器の騒音に対しては、パイプ下流の渦がラインフローファンに突入する位置で正確な千鳥状となる加工を熱交換器に施し、隣り合った渦流が発生する回転騒音の位相を反転させ、逆位相の音がぶつかって静音化となる。

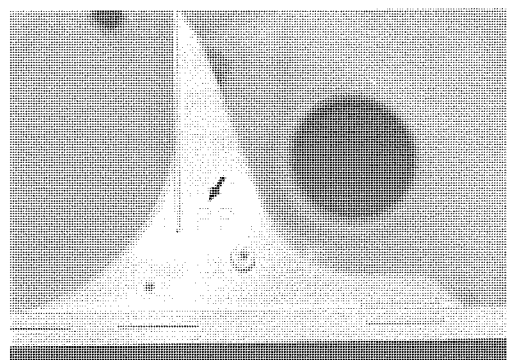
3.1.2 室外ユニット MUZ-F2803

- (1) ウェーブフォルムの採用によって本体剛性が向上し、プラスチック部品の使用や本体軽量化に向くボディとなった。
- (2) ファンを単純に小径化すると風量は低下するが、ひねり

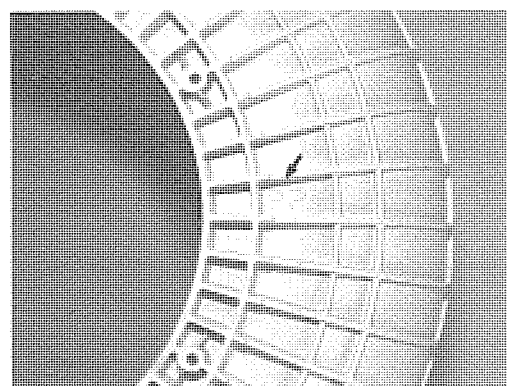
表2. 再生材（合成樹脂）の使用

機 種	使用部品	合成樹脂の種類				
		PS	PP	ABS	POM	他
電気冷蔵庫	ドレンパン		○			
電気洗濯機	底枠		○			
	洗濯槽(二槽式)		○			
掃除機	内部小物部品			○	○	
ジャー炊飯器	本体ケース			○		
	内部小物部品				○	
オーブンレンジ	本体正面部品			○		
	内部小物部品		○	○	○	
換気扇	グリル ダクト	○		○		
ファンヒーター	取っ手 送風管		○		○	
カラーテレビ	キャビネット	○				
	パネル	○				
ビデオ	フロントパネル	○				
照明器	カバー					○

注 PS：ポリスチレン、PP：ポリプロピレン、ABS：アクリロニトリル ブタジエン スチレン (ABS樹脂)、POM：ポリオキシメチレン ポリフォルムアルデヒド (ポリアセタール樹脂)



(a) 二槽式



(b) 全自動

図2. 洗濯機部品(洗濯槽)への材質表示(矢印で示す。)

の大きい翼で、かつ高静圧の斜流ファンを採用した。

(3) 電気品の小型化及び新冷却構造で新基板は45%の容積が削減でき、リアクタの軽量化で質量も低減した。

(4) 小型軽量のツインロータリ圧縮機に加え、配管のシンプル化や新型の可逆膨脹弁を採用して、機械室部分で2.5kgの軽量化を達成した(表1)。

3.2 部品点数削減の例

——掃除機、ジャー炊飯器——

小型の家電品は、性能や使いやすきの向上のために種々の機能が追加され、構造が複雑になる傾向がある。実用性の高い機能に重点をおいた中級機種では、部品構成やデザインを見直した。

3.2.1 掃除機 TC-U 8

掃除機は、パワーの目安となる最大吸込仕事率を高めながら低騒音化を図る必要がある。そのためには本体の気密性を高めて、複雑な消音構造を備えた、大きくて重い製品となりやすい。そこで、次のような事前評価から、部品点数を37%削減し、併せて13%の軽量化を行った。

- (1) 本体内の風路を再設計し、同等性能が得られる範囲でシンプル・コンパクトにした。
- (2) 本体の小回りがきく大径の車輪に変更して、ホースの接続部の複雑な回転自在式に代用した。
- (3) 小物収納カバーなどの複数部品を一体化した。

3.2.2 ジャー炊飯器 NJ-D10M

操作性を良くするためにふた(蓋)上面に操作部を設けた製品が多くなっている。その形態では、蒸気シールや本体側の制御基板との接続などの部品が増える。そこで、次のような事前評価から、部品点数を40%削減し、併せて20%の軽量化を行った(図1)。

- (1) 背がやや低く奥行きのあるデザインで、操作部は本体前面の上部、傾斜した位置とした。
- (2) 制御基板を本体の底部から操作部の下側に移動して、底からの組立てをなくし、底板を本体ケースに一体化した。
- (3) 蓋の開閉機構をシンプルな部品構成に再設計した。



図3. 再生材使用例 ——二槽式洗濯機——

3.3 再資源化の例

——電気洗濯機——

カラーテレビ、ビデオテープレコーダー、プロジェクションテレビ、エアコン、扇風機、換気扇、掃除機、電気洗濯機、衣類乾燥機、電気冷蔵庫、食器乾燥機、オーブンレンジ、ジャー炊飯器などには、使用している100g以上の合成樹脂部品へ材質表示を行っている。また、表2に示すように、電気冷蔵庫、電気洗濯機、掃除機などの部品の一部に、合成樹脂の再生材を使用している。

ここでは、電気洗濯機の材質表示・底枠への再生材使用の事例を述べる。

(1) 材質表示

材質表示をした100g以上の合成樹脂部品は、洗濯槽、水槽、底枠などであり、使用している合成樹脂部品全体への表示の比率は約92%となる(図2)。なお、押出し品の給水ホースは、ライフエンドまで持続する適切な材質表示がしにくく、現在は表示なしとした。

(2) 再生材使用

二槽式洗濯機の底枠へはポリプロピレンの再生材を1.2kg使用している(図3)。

検討を開始した初期の再生材にあっては強度が低く、特に低温落下試験での割れが問題であった。その対策として、衝撃強度の高い再生材料メーカーに注文先を変更し、併せて割れ箇所の肉厚を増し、曲率を大きくする設計とした。

3.4 分離・分解性

寸法の大きい部品の取付け構造が変更しにくく、改良は今後の設計に待つこととなってしまった。ただし、部品点数の削減が分解時間の短縮にはなっている。

3.5 包装の例

電話機、スピーカー、食器乾燥機などの一部の機種は、従来機種に比べて梱包容積を25%以上縮小した。10%内外の梱包容積を減らした他の例もある(図4)。

発泡スチロールの削減又は廃止をした機種は多い。例えば、電気冷蔵庫・掃除機・ジャー炊飯器では使用を半減、換気扇ではわずかに数%を残す。コードレス電話機、扇風機、ふと

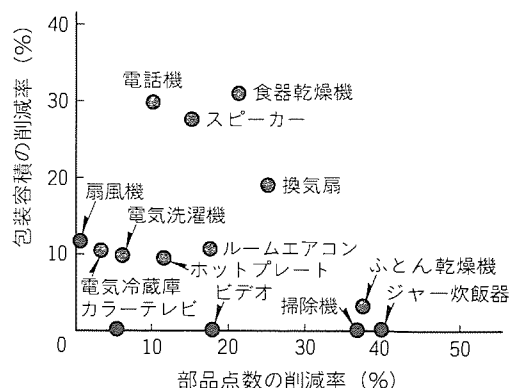


図4. 部品点数と包装容積の削減

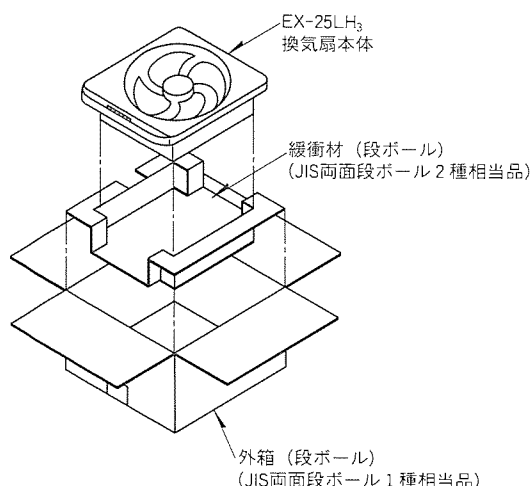


図 5. 発泡スチロールを廃止した包装例

乾燥機、食器乾燥機は、全機種にわたって発泡スチロールを廃止した。コスト面の課題を解決できれば、他のアセスメント項目に比べて取り組みやすい課題ではある(図5)。

一方、発泡スチロールの再資源化を目指した研究も材料メーカー・成形メーカーと行い、再生品の混合率を最大50%まで可能とした。この技術は、使用済みの発泡スチロールを粉砕して微粉を除き、静電気を発生しないように処理した後、未使用のビーズと混合して発泡させるものである。テレビ、洗濯機の一部から適用を開始する。

3.6 その他

再生紙の使用は徐々に拡大して、ルームエアコン、電気冷蔵庫は全機種の取扱説明書に、カラーテレビ、ビデオでは一部に再生紙を使用している。乾電池応用品の一部では、化粧箱に使用している。

新規設計機種の補修部品は、当然ながら合成樹脂部分への材質表示が製品を構成する部品と同じ扱いである。さらに、製品アセスメント適用以前の従来設計品についても、在庫切れで発注する補修用部品から材質表示を行っている。現在では、ルームエアコン、電気冷蔵庫、洗濯機、衣類乾燥機、換気扇、扇風機、ファンヒーター、温水器などの全機種が材質表示した補修用部品となった。

4. む す び

家電品を対象に、主として廃棄物の減少と再資源化の促進をねらった製品アセスメントを行った。製品の質量や容積削減、合成樹脂への材質表示、解体性の向上、再生材の使用拡大、包装資材の縮減などにつながった。さらに、発泡スチロールの再生使用技術を開発するに至った。

これまでの取組で、生産コスト又は物流費の低減や販売促進、サービス性の向上といった効果も含むことが社内関係者に理解されてきた。言い換えるなら、製品のライフサイクル全体を評価する手法は、企業活動に好結果をもたらすから、製品アセスメントは積極的に導入しなければならないといえる。今後は、製品の大きい構造変更、使用材料の絞り込み等にも取り組んでいきたい。

これまでの家電品の歴史からみれば、製品アセスメントは着手したばかりともいえ、業界でのたくま(琢磨)から評価手法が進展するだろう。また、廃家電品の収集方法と安価な再生処理技術の開発、安定した物性と十分な供給量が期待できる再生材の普及などの基盤整備が、製品アセスメントを更に効果あるものとしよう。

低 NO_x 燃焼機器

梶本照男*
小関秀規*
佐藤 稔*

1. ま え が き

近年、 CO_2 問題やフロン問題そして大気汚染の問題など、地球環境の保全が強く叫ばれている。なかでも大都市圏での大気汚染は深刻化しており、環境庁を始めとして各自治体では大気汚染物質の排出規制強化や指導が行われてきている。これら汚染物質の主なものは硫黄酸化物(SO_x)と窒素酸化物(NO_x)であり、大部分は自動車エンジンを含む燃焼装置から排出され、都市部の大気汚染にとどまらず地球規模では酸性雨の原因にもなっている。

SO_x は燃料中の硫黄分が燃焼によって酸化して生成するが、通常、都市ガスやLPG、灯油などではほとんど硫黄分を含まず、これらの燃料を用いる場合には SO_x の発生はない。一方、 NO_x については、燃料中の窒素分からの生成もあるが、主に燃焼用空気として用いられる大気中の窒素から高温の燃焼反応に伴って生成する。そのため、燃焼方式の改良や新しい燃焼方式による低 NO_x 化が強く求められており、現在も一層の NO_x 低減に向けて様々な研究開発が行われている。通常、燃焼における NO_x の排出は燃焼性又は一酸化炭素(CO)とのトレードオフの関係にあり、COの発生を抑制しつつ低 NO_x 化を図るかが重要となる。

当社においても燃焼機器の開発と製造を行っている。石油ファンヒーターや“クリーンヒーター”に代表される現在の家庭用燃焼器の低 NO_x 化については既報⁽¹⁾のとおりであり、そこでは NO_x の生成機構やその低減の原理もまとめている。本稿では、スターリングエンジンヒートポンプやヴィルミエヒートポンプ、吸収式ヒートポンプなど新しい熱駆動型の空調機に用いる燃焼器の低 NO_x 化や家庭用燃焼器の更なる低 NO_x 化に対する取組について紹介する。

2. 熱駆動ガスサイクル機器用燃焼器の低 NO_x 化

熱駆動ガスサイクル機器にはスターリングエンジンを用いたスターリングエンジンヒートポンプ⁽²⁾やヴィルミエヒートポンプ⁽³⁾がある。これらは、それぞれ熱力学的にはほぼ同様なスターリングサイクル及びヴィルミエサイクルに基づく外燃機関の一種であり、シリンダ内に封入された高圧の作動流体を外から加熱することによって駆動される。この加熱に使用される燃焼器はこれらの機器に対して全く同じであり、大きく三つの部分すなわち燃焼部、空気予熱器、断熱層から構成される。当社で開発を進めてきている熱駆動ガスサイク

ル用燃焼器の構造を図1に示す。燃焼空気はスワラによって旋回がかけられ、燃料の天然ガスは燃料ノズルの小孔から燃焼室内に噴射されて燃焼空気と混合し燃焼する。燃焼ガスはエンジンの高温熱交換器(ヒータチューブ)を介して、作動流体であるヘリウムに燃焼熱を供給し、その後、空気予熱器で導入される燃焼空気に残りの熱を与えた後、器外に排出される。断熱層は周囲空気への熱損失を低減するために空気予熱器の外周部に設けられている。

このように、熱駆動ガスサイクル用燃焼器では機関熱効率を高くするために空気予熱器を搭載しており、燃焼ガスから熱回収して燃焼空気を予熱している。そのため、火炎温度は常温の燃焼空気を用いるときよりも高く、 NO_x 排出濃度も通常の燃焼器と比べて高濃度となる傾向にあり、低 NO_x 化が必要となる。

2.1 EGR法による低 NO_x 化

よく知られているように、EGR (Exhaust Gas Recirculation) 法は排気を燃焼空気に混入させることにより、燃焼ガス温度及び酸素濃度を低下させて低 NO_x 化を図るものである。この燃焼器での NO_x 排出濃度に及ぼすEGR率の影響の一例⁽⁴⁾を図2に示す。機器の熱効率を高く設定できる予熱空気温度1,068Kのとき、何も対策しないEGR率0%での NO_x 排出濃度は約800ppmであるが、EGR率40%で

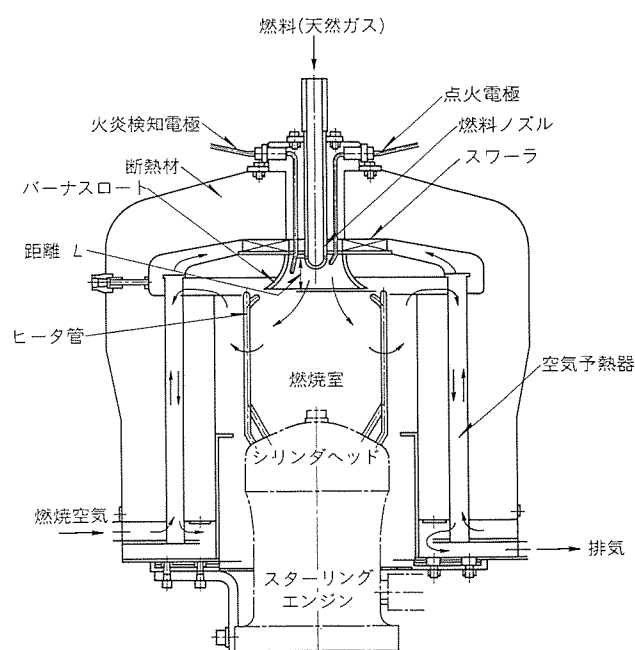


図1. 熱駆動ガスサイクル用燃焼器の構造

NO_x は約 200 ppm に低減できる。しかし、多量の EGR を用いる場合には加熱効率 (作動流体受熱量/燃焼発熱量) の低下や空気と燃焼ガス流路の圧力損失の増大が課題となる。

2.2 サーマルクエンチによる低 NO_x 化

サーマルクエンチ法は燃焼器と熱交換器との間の距離を短縮し、高温燃焼ガスの滞留時間を短くして低 NO_x 化を図る方法である。高温燃焼ガスの滞留時間を短くするため、燃料ノズルとヒータチューブ間の距離 L (図 1 参照) を短縮している。 NO_x 、CO 排出濃度に及ぼす距離 L の影響⁽⁵⁾を図 3 に示す。各燃焼量に対して L の短縮によって NO_x 排出濃度は急激に減少するが、 $L = 40 \text{ mm}$ 以下では NO_x 濃度の減少は飽和する傾向にある。一方、CO 排出濃度は L の短縮によってほぼ単調に増加しており、50 mm 以下では急増する特性となる。この手法では NO_x の低減と CO の増加とのバランスをとることが重要で、適切な距離 L を決定することで CO を増加させることなく NO_x 排出濃度を 200 ppm 以下にできる。

2.3 EGRとサーマルクエンチの併用による低 NO_x 化

上述の EGR 法とサーマルクエンチ法を組み合わせると、 NO_x を更に低減できる。燃焼量が多い 20 kW の結果⁽⁶⁾を図 4 に示す。距離 L は 35 mm である。空気比 μ を比較的大きく設定 ($\mu = 1.67$) すると、EGR 率 0% でも NO_x は約 200 ppm の低濃度となり、さらに EGR 率 10% で NO_x は約 50 ppm と、2.1 節の場合に比べて低い EGR 率でも大きな NO_x 低減効果が得られる。また、CO 排出濃度は EGR 率の増大によって単調増加するが、 $\text{CO} < 100 \text{ ppm}$ を満足する範囲で EGR 率を大きくすると約 40 ppm までの低 NO_x 化が実現できる。しかし、燃焼量を小さくすると CO 排出濃度が増大して EGR による低 NO_x 化を実現し難くなるので、燃焼量

に応じて EGR 率を可変させるなどの対策が必要である。

3. 吸収式ヒートポンプ用燃焼器の低 NO_x 化

吸収式の空調機もそのサイクルの再生器部で燃焼熱を利用する熱駆動型空調機の一つである。当社では水/ NH_3 を用いた住宅用の小型吸収式ヒートポンプの研究開発を行っており⁽³⁾、搭載する燃焼器は燃料に灯油を用いた気化予混合燃焼方式を採用している。この燃焼器はすす (煤) や CO 発生の極めて少ない青炎燃焼が可能である。従来この種の燃焼器では、普通に燃焼させると約 200 ppm の NO_x 排出があり、低 NO_x 化が必要となっている。

この燃焼方式に対しては二段燃焼による低 NO_x 化が適している。二段燃焼は一段目を空気比 1 以下で火炎温度を低く保って燃焼させ、二段目で不足分の空気を導入し比較的緩やかに完全燃焼させる方法である。この方法は石炭や重油など窒素分の多い燃料を使用する拡散燃焼を用いた大型加熱炉などで主に採用されてきているが、ここでの燃焼器は燃焼空間のコンパクト性を追求した部分予混合の二段燃焼である。図 5 にその燃焼器の構造を示す。炎孔上の火炎 (一次火炎) は比較的 low 一次空気比 ($\mu_1 = 0.6 \sim 0.8$) で燃焼させ、残りの二次空気はある程度の距離 L をおいて角度 α で燃焼室に導入する。

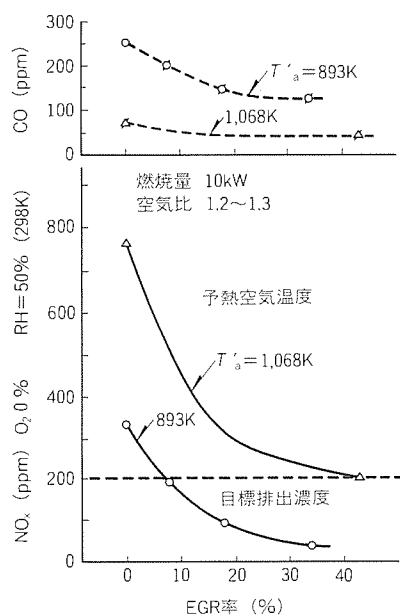


図 2. EGR による NO_x 、CO 排出特性

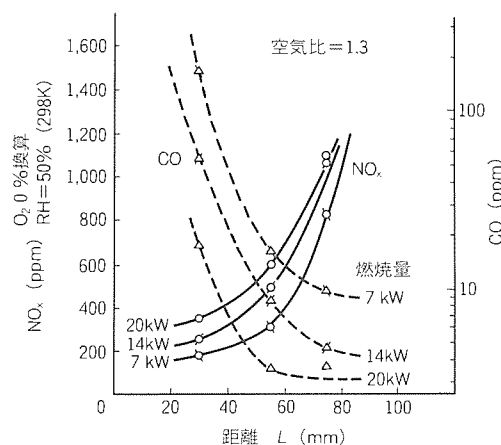


図 3. サーマルクエンチによる NO_x 、CO 排出特性

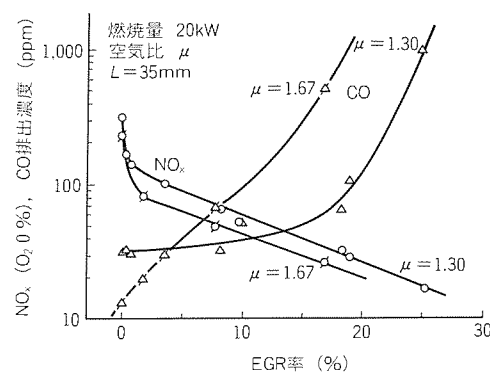


図 4. EGR とサーマルクエンチ併用の NO_x 、CO 排出特性

二段燃焼の場合、 NO_x 排出量は主に一次空気比 μ_1 及び二次空気導入孔位置 (距離 L と角度 α は実効的な二次 (二段目) 燃焼の位置を決めている。) の影響を受ける。バーナ単体試験での結果⁽⁷⁾ を図 6 に示す。青炎燃焼可能な一次空気比 $\mu_1 \sim 0.7$ では、適切な L ($= 47 \sim 77 \text{ mm}$; $\alpha = 30^\circ$) に設定することにより、 NO_x を $40 \sim 60 \text{ ppm}$ にすることができる。これ以上 L を長くしても NO_x の低減効果は飽和してくる。一方、図示していないが、 CO の排出特性は L が大きくなると増加する傾向にあるものの、上記 L の範囲では数十 ppm 以下である。このようなバーナ構成によって燃焼空間は比較的小さくでき、燃焼負荷としては約 $1.0 \times 10^4 \text{ kW/m}^2$ 以上である。なお、実際のヒートポンプシステムで再生器を装着した場合には燃焼温度が多少高くなるため、 NO_x 排出濃度が若干増加することに注意を要する。

4. 家庭用燃焼器の低 NO_x 化

家庭用に用いられる燃焼器では、工業用の大型燃焼器とは異なり、コストや機器寸法そして使用条件などの制約が厳しいが、特に不完全燃焼を防止する安全性の確保に対しては万全の対策が必要である。なかでも石油ファンヒータに代表される開放型の家庭用暖房機では燃焼ガスを直接室内に放出するため、低 NO_x 化による CO の多量排出は絶対避けなければならない。当社の家庭用燃焼器では既に NO_x 対策を実施してきているが⁽¹⁾、一層の低 NO_x 化に向けて上記を考慮した新しい燃焼方式の研究開発が必要である。

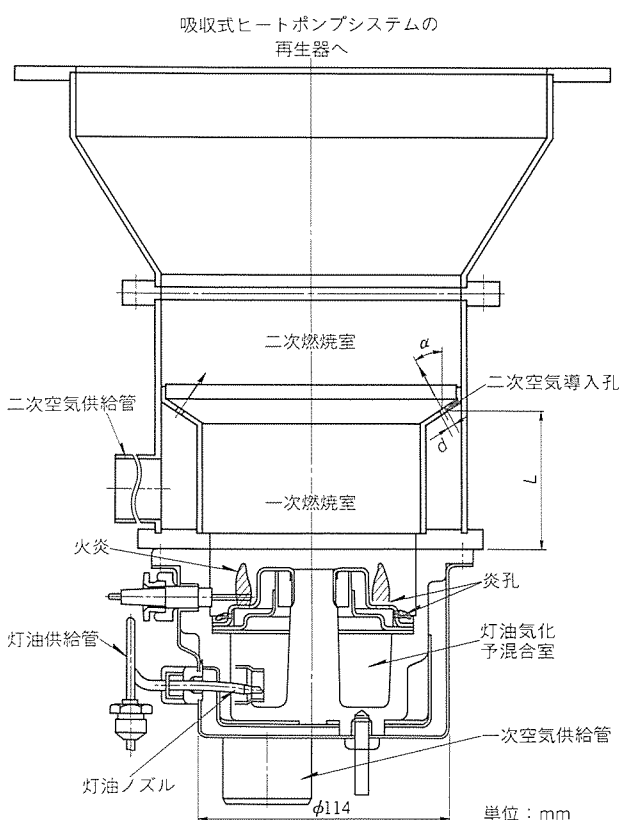


図 5. 吸収式ヒートポンプ用燃焼器の構造

4.1 表面燃焼による低 NO_x 化

NO_x の排出量は燃焼火炎温度に強く依存するため、さらなる低 NO_x 化を図るには積極的に火炎温度を低下させることが最も効果的である。その一つに表面燃焼がある。表面燃焼は炎孔面積を従来より極端に大きくして混合気の吹出し流速を小さくし、火炎をバーナに接近させて燃焼する方法である。火炎がバーナ表面に安定に形成されると火炎からバーナへの熱移動が増加し、その結果火炎温度が低下して NO の生成が抑制される。この場合、バーナに移動した熱は固体ふく射で外部に放出されるので、ふく射バーナとしての利用も可能である。

表面燃焼のバーナ炎孔部には目の細かい金属メッシュやセラミックが使用される。金属メッシュで構成した表面燃焼バーナで灯油を燃焼させた結果の一例を図 7 に示す。図は燃焼量の代わりに炎孔負荷 (= 燃焼量 / 炎孔面積) で整理しており、 NO_x 、 CO (CO/CO_2 値) に加えて、バーナのメッシュ温度も示してある。図示した炎孔負荷 (600 kW/m^2) 以上の領域でも燃焼は可能であるが、混合気の流速が増大しすぎると流速分布を均一化することが困難になり、不均一燃焼 (燃焼むら) を生じやすくなる。 NO_x 排出濃度は従来のブンゼンバーナ (部分予混合火炎) と比較して低く、空気比 $\mu = 1.3$

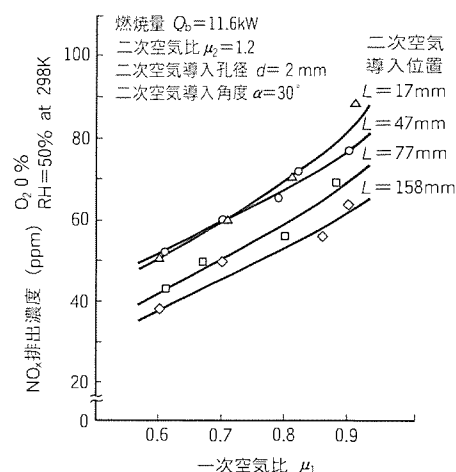


図 6. 二段燃焼による NO_x 排出特性

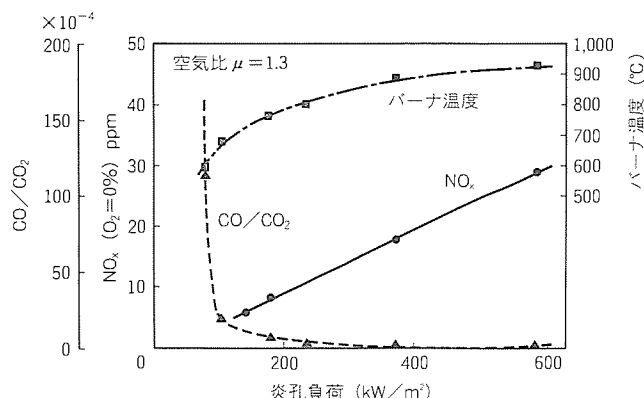


図 7. 表面燃焼における NO_x 、 CO 及びバーナ温度特性

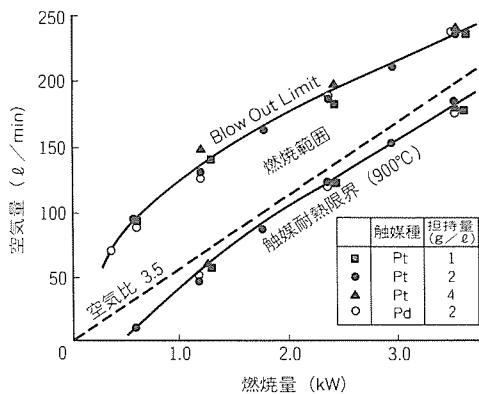


図 8. 触媒燃焼の燃焼範囲

では炎孔負荷 200 kW/m^2 で 10 ppm , 600 kW/m^2 で 30 ppm である。 NO_x 濃度が炎孔負荷に比例して増加するのは、低負荷では火炎がメッシュバーナによって接近してふく射熱への変換効率が高くなり、火炎温度が低下するためである。また、 NO_x とトレードオフの関係にある CO についても、バーナが赤熱してその温度を高く保てる炎孔負荷 100 kW/m^2 以上の範囲では非常に低いレベルである。炎孔負荷が 100 kW/m^2 以下ではバーナ温度が 700°C を下回り燃焼反応がクエンチするため CO は急増する。一方、バーナ温度は炎孔負荷の増加とともに上昇し、炎孔負荷 600 kW/m^2 では 930°C にもなる。金属メッシュの耐熱性や逆火の面からバーナの最高使用温度は 900°C 前後と考えられる。したがって、表面燃焼バーナの実際の使用範囲はバーナ温度を 900°C 以下に保てる 500 kW/m^2 程度から CO 排出濃度が増加する 100 kW/m^2 の範囲である。この場合の燃焼量の可変幅 TDR (Turn Down Ratio) は $1/5$ であり、十分実使用に適用できるものである。

4.2 触媒燃焼による低 NO_x 化

触媒燃焼は固体触媒上に燃料と空気を供給し、完全酸化反応を行わせて、 CO_2 と H_2O とに変化させると同時に熱エネルギーを発生させる燃焼方法である。触媒燃焼はその反応経路に NO を生成する素反応を含まず、また比較的低い温度で燃料の酸化反応が進行するため、 NO_x の排出を極めて少なくできる。

触媒燃焼を実用化する際の大きな課題は触媒耐久性の確保である。そのためには熱劣化を防止することが重要であり、触媒を耐熱限界温度以下で使用する、若しくは耐熱性に優れた触媒を使用することになる。耐熱限界温度以下で触媒燃焼を行わせるために、ガスタービン燃焼器のような高負荷燃焼ではハイブリッド触媒燃焼法⁽⁸⁾ (触媒下流での気相反応を組み合わせた燃焼法) が、また耐熱性向上のためにペロブスカイト触媒の利用⁽⁹⁾ などが検討されている。しかしながら、家庭用燃焼器への適応を目指した場合、ハイブリッド触媒燃焼は装置のコンパクト性や簡易性の面から、またペロブスカイト触媒も低温活性の面から採用し難い。ゆえに、高活性な貴

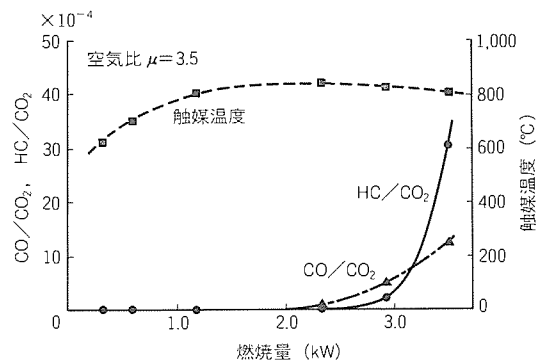


図 9. 触媒燃焼における排ガスと触媒温度の特性

金属担持触媒を使用した低負荷高空気比の触媒燃焼が有力な低 NO_x 方法と考えられる。

触媒燃焼では触媒層内で燃焼が完結し、未燃燃料や CO の排出のない完全酸化反応の条件を知ることが必要であり、混合気濃度やその供給量を変化させた場合の触媒温度や排ガス濃度に対する燃焼範囲が実用上重要となる。図 8 に結果⁽⁷⁾ の一例を示す。通常、触媒燃焼の開始には触媒を反応可能温度まで昇温した後、燃料 (今回は灯油) と空気の混合気を供給する。使用した触媒は圧力損失の少ないハニカムセラミックにアルミナをウォッシュコートし、その上に貴金属を担持したものである。図から混合気濃度が希薄になると触媒温度が低下して燃焼を維持できなくなる限界 (Blow Out Limit) があることが分かる。

一方、混合気濃度が濃くなると触媒温度は上昇し、触媒の耐熱温度を上回るようになる。この Blow Out Limit と触媒耐熱限界の間が燃焼範囲となる。ここでは、触媒の耐熱限界温度を 900°C として示してあるが、触媒の耐熱温度が低いと耐熱限界の曲線が高空気比側に移動して燃焼範囲が狭くなる。灯油は触媒での反応性が良好なため、燃焼量の小さい範囲ではかなり高空気比まで燃焼が可能である。これに対して、燃焼量が大きくなるに従って混合気流量も増加するため、Blow Out する空気比は徐々に低空気比側に寄ってくる。したがって、燃焼量可変幅 TDR を広くするには、図中の破線で示したように空気比を $\mu = 3.5 \sim 4.0$ 程度で一定にして燃焼量を可変すればよい。さらに、図 8 には燃焼範囲に与える触媒担持量 ($1 \sim 4 \text{ g/ℓ}$) 及び触媒種 (触媒金属の種類: Pt, Pd) の影響も示してある。耐熱限界及び Blow Out Limit は触媒種やその担持量にかかわらずどれもほぼ同じであり、燃焼範囲に対するこれらの影響は比較的小さい。

排ガス特性に関しては、図示していないが NO_x 排出量は図 8 の全燃焼範囲で 1 ppm 以下と極めて少ない。これは触媒燃焼の大きな特長であり、触媒担持量や触媒種によって NO_x が増加するようなことはない。図 9 は Pt 1 g/ℓ 触媒で空気比 $\mu = 3.5$ 一定で燃焼量を変化させた場合の未燃炭化水素 (未燃 HC) 及び CO の排出濃度を示している。図にはいずれも CO_2 との比で示してある。燃焼量が大きくなると

触媒層を通過する時間が短くなり、供給された燃料が触媒中で反応しきれずに未燃 HC が増加し、また CO も多少排出されてくる。ここでは、2.3kW 以上でそれが現れている。一方、燃焼量が小さな領域では HC、CO ともほとんど排出されず、0.3kW まで良好な排ガス特性が得られる。このように燃焼量可変範囲は狭く見積もっても 0.3～2.5kW 程度あり、触媒燃焼を用いることにより、NO_x、CO をほとんど排出することなく TDR を 1/7 以上確保することが可能である。

5. む す び

新しい熱駆動型空調機の燃焼器や家庭用燃焼器の低 NO_x 技術の現状について報告した。今後、ますます深刻化していくであろう大気汚染に対して微力ながら貢献すべく、これら低 NO_x 燃焼機器の実用化に向けてまい (邁) 進する所存である。

なお、本稿で紹介した低 NO_x 技術は通商産業省の“スターリングエンジン利用ヒートポンプシステムに関する実用化開発”補助金研究、及び(財)石油産業活性化センターの“住宅用吸収式ヒートポンプチラーの研究開発”補助金研究で行われた成果の一部である。

参 考 文 献

- (1) 梶本照男, 小関秀規, 佐藤 稔, 矢嶋大三, 小木曾明男: 家庭用燃焼器の低 NO_x 化, 三菱電機技報, **65**, No. 11, 1149～1153 (1991)
- (2) 森 美喜男, 藤山重生, 梶本照男, 藤原通雄: スターリングエンジンヒートポンプシステム, 三菱電機技報, **67**, No. 4, 406～410 (1993)
- (3) 菅波拓也, 杉原正浩, 梶本照男, 田中直樹: 脱フロン冷凍・空調システム, 三菱電機技報, **67**, No. 6, 15～19 (1993)
- (4) Koseki, H., Fujiwara, M., Suganami, T., Nomakuchi, T.: Study on External Heat System of Stirling Engine, Proc. 4th International Conference on Stirling Engines, 303～308 (1988)
- (5) 小関秀規: スターリングエンジン用燃焼器の研究 (第 2 報), 第 27 回燃焼シンポジウム前刷集, 113～115 (1989)
- (6) 小関秀規: スターリングエンジン用燃焼器の研究 (第 5 報), 第 30 回燃焼シンポジウム前刷集, 616～618 (1992)
- (7) (財)石油産業活性化センター: 民生用機器技術研究報告書 (PEC-91T03), 44～54 (1992)
- (8) 古谷富明, 原 之義: ハイブリッド触媒燃焼器の研究, 内燃機関, **28**, No. 11, 56～59 (1989)
- (9) 貞森博己, 松久敏雄, 青木 守: ガスタービン用高温触媒燃焼の開発研究, 第 10 回触媒燃焼に関するシンポジウム, 20～26 (1990)

地球環境と水の高度処理技術

廣辻淳二*
池田 彰**
中山繁樹***

1. ま え が き

水は我々人類の体を構成する主要成分であり、生きていく上で欠かせない物質である。

地球上の水の総量は約13億9,000万km³と言われているが、その大部分は海水である。淡水は約3%に過ぎず、その多くは南極やグリーンランドの氷であり、私たち(達)が使っているのは極めて限られた量である。このように、水は限りある資源であるが、鉱物資源のように消費型の資源ではない。水は自然の力によって、海から蒸発して雲となり、雨となって地上に降り、川となってまた海に戻る。水は人間の活動によって汚れてしまうが、この循環の過程で自然システムのもつ浄化能力によって浄化され、何度も循環使用されている。しかし、近年の産業の発展、人口の都市への集中化などにより、自然の浄化能力を越えた汚濁が広がりつつあり、生活環境や自然景観は悪化してきている。

水道分野では、近畿の水がめ(瓶)と言われる琵琶湖・淀川水系など、都市部の水道水源においてカビ臭が発生し、全国で2,000万人以上が水道の異臭味に悩まされている。また、上水水源に流入する農薬や洗剤の問題、更には消毒を目的とした塩素処理によって発ガン性物質であるトリハロメタン(THM)が生成する問題など、慢性的に私達の健康を脅かしかねない問題についても新しい水質基準が設定され、これを早急に解決することが望まれている。

一方、下水、工場廃水などの廃水処理分野については、平成3年度末の下水道普及率は45%にとどまっており、早急な下水道整備が求められている。また、琵琶湖、瀬戸内海などの水源、閉鎖水域では、毎年のようにプランクトンが異常増殖して赤潮が発生しており、富栄養化対策としてこの原因となる廃水中の窒素、りんを除去することも重要課題である。さらに、処理水を新しい水資源やエネルギー資源としてとらえ、河川や公園の親水用水や修景用水、地域冷暖房の熱源として積極的に再利用する試みも着実に増加しつつあり、水の高度処理に対する関心が高まっている。

このように水環境における汚濁は進行しつつあり、私達の安全な生活を守るためには、水の高度処理技術が重要になっている。国際的に環境問題に対する関心が高まっている今日、生活の質的向上や快適性に対するニーズは強い。当社においても、上水では“安全でおいしい水”下水では“清らかな水環境の回復”を目指して、オゾンを使った新しい高度処理技術

や水質制御技術の開発・実用化に取り組んでいる。

本稿では、地球環境の主要要素である“水”の浄化技術に対する当社の取組を紹介する。

2. オゾン水処理技術

オゾンは酸素の同位体であり、ふっ素に次ぐ強力な酸化力をもっている。この酸化力を使って水中の汚濁物質を酸化分解することにより、水を浄化することができる。また、オゾンには残留性がなく速やかに分解して原料の酸素に戻る点が、“環境に優しい”と言われるゆえんである。

オゾンの水処理への応用は19世紀末のドイツでの飲料水殺菌に始まり、現在、世界で約1,000か所以上のプラントが稼働していると言われている。我が国においても、水源、閉鎖水域の水質が悪化するなか、快適でおいしいのある生活、環境保全への関心が高まり、上水を中心にオゾン高度処理施設の整備が急速に進んでいる。

2.1 上水のオゾン高度処理技術

上水分野でのオゾン利用は、“カビ臭”対策としての脱臭とTHMなど発ガン性が問題となっている有機塩素化合物の低減がその主な目的であり、通常、後段に活性炭処理を組み合わせる高度処理が行われる。この処理法では、有機溶剤や農薬など新たに水質基準に盛り込まれた物質も除去することができる。

カビ臭の原因となる物質はジオスミン、2-MIB(2メチルイソボルネオール)などの物質であり、窒素、りんなどの富栄養源が湖沼や貯水池に流入して藍藻類や放線菌が異常繁殖することにより、発生すると言われている。これらの臭気物質は従来の浄水処理法では取り除くことができず、近畿地方では20年以上もその被害にあっている。

図1はジオスミンに対するオゾン処理例である⁽¹⁾。凝集沈

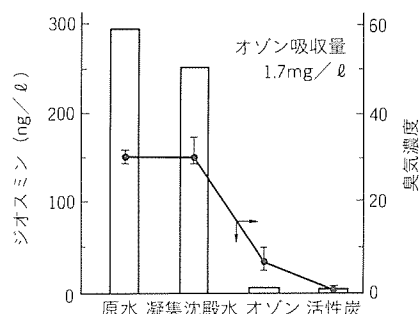


図1. オゾンによるジオスミンの除去効果

殿処理だけでは 290 ng/l のジオスミンをわずかしき除去できないが、 1.7 mg/l のオゾン吸収させると 5 ng/l まで除去できている。臭気濃度でみると、原水、凝集沈殿水は30、オゾン処理水で7、活性炭処理水で1である。ジオスミンはオゾン処理で完全に除去できたが、ジオスミン以外の臭気物質が多少残存したためオゾン処理後も臭気濃度が若干残っており、臭気濃度を十分に低下させるためには後段の活性炭処理が不可欠である。

THM は人の健康に対する慢性的な影響が問題視されている物質で、我が国でも総 THM 濃度が 100 ppb 以下に規制されている。THM は、水道水の安全性確保のために注入する塩素と水中の天然の着色成分であるフミン質やこれに類似の有機物との反応によって生じる。特に、水源の富栄養化に伴って増殖する藻類が THM 生成の前駆物質として問題視されている。オゾンは、従来からフミン酸等の着色成分の脱色に用いられており、着色成分を酸化分解することにより、THM 前駆物質を低減することができる。

腐葉土抽出水に対してオゾン処理を行った結果を図2に示す⁽²⁾。図に示すように、オゾン処理によって THM 生成能は良好に低減している。また、TOC (Total Organic Carbon: 全有機炭素) の除去率に比べて THM の除去率の方が大きくなっており、オゾン処理によって有機物は完全に水、炭酸ガスまで分解されてはいないが、酸化分解によって THM が生成しにくい物質に変化していることが示されている。

有機溶剤のトリクロロエチレンやゴルフ場に散布された農薬が水道水源に検出され社会問題となっているが、これらの物質は人間が作った化学物質であり、浄水処理の過程で生成するトリハロメタンとは違った意味をもっている。これらが微量ではあるが水源を汚染していることが、今日の水道の安全性に対する関心を更に高め、物質ごとに基準値を設定する水質基準の改正につながったと考えられるからである。私達の健康を守るにはこれらの化学物質を除去する必要があるが、これらについてもオゾン処理と活性炭処理を併用することにより、良好に除去することができる。

図3は有機溶剤の1,1,1-トリクロロエタン、テトラクロロエチレンのオゾン処理結果である⁽¹⁾。1,1,1-トリクロロエタンはオゾン注入率を増加させてもほとんど変化しないが、テトラクロロエチレンはオゾン注入率の増加に伴って分解処理されている。このように、不飽和結合をもたない1,1,1-トリクロロエタンはオゾンとほとんど反応しないが、不飽和結合の

あるトリクロロエチレンやテトラクロロエチレンは、オゾンによって選択的に不飽和結合が酸化され分解される。

2.2 下水のオゾン高度処理技術

下水処理水を場内の洗浄水などに再利用するだけでなく、新しい水資源としてとらえ、“うるおい”と“やすらぎ”のある空間を作るために、公園に“せせらぎ”を作ったり、清水を復活させるなど、積極的に再利用する例が増えてきた。

現在の下水分野のオゾン利用は、このような修景用水、親水用水として再利用するための脱色、殺菌、脱臭がその主なものであり、放流水の一部をオゾン処理している場合が多い。しかし、現在の下水放流水の塩素殺菌によって生成する塩素化合物が放流先の河川などの生態系に悪影響を及ぼすことが指摘されており、また、和歌山市などでは市民に不快感を与えないよう、放流水の色度規制が条例化されることから、放流水の全量をオゾンで高度処理することが次第に普及するものと考えられる。

下水処理の主流である活性汚泥プロセスでは色度成分をあまり除去することができず、放流水に色度が残存する場合にはオゾン処理を行うことにより、効率的に色度を低減することができる。

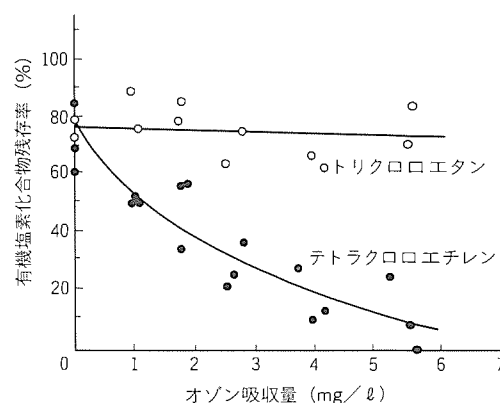


図3. オゾンによるテトラクロロエチレン等の除去

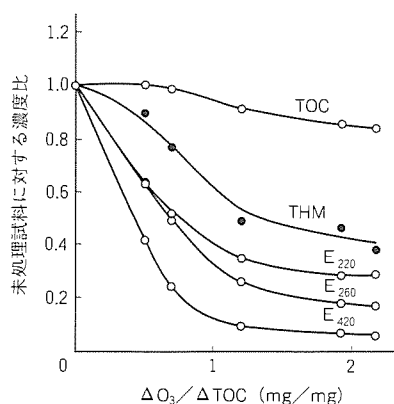


図2. オゾンによる腐葉土抽出液に対する THM生成抑制効果

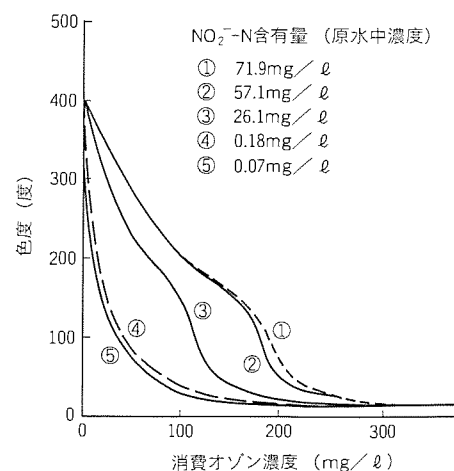


図4. オゾンによる尿二次処理水の脱色効果

図4にオゾンによるし尿処理水の脱色例を示した⁽³⁾。オゾンによる脱色は着色成分の二重結合の切断を行うもので、このような二重結合の切断に対してオゾンは優れた選択性がある。図に示すように、オゾン消費量の増加に伴い、下水処理水は速やかに脱色されている。オゾンは亜硝酸性窒素とも反応性が高いために、亜硝酸濃度によって脱色速度は大きく影響される。このことから、オゾン処理は前段の活性汚泥処理の処理状況と密接に関連しているといえる。

活性汚泥処理法では種々の好気性微生物を使って水を浄化することから、処理水を殺菌して放流する必要がある。現在は塩素を使って殺菌処理が行われているが、前述したように有機物と反応して塩素化合物を生成し、放流先の生態系に悪影響を及ぼすことが指摘されている。この解決策として、塩素化合物の心配がなく細菌の殺菌やウイルスの不活性化に効果のあるオゾン殺菌が検討されている。オゾンによる殺菌は、塩素が細菌の細胞膜を通過して内部の酵素系を破壊するのに対し、細菌の細胞膜を直接分解、破壊して殺菌すると言われている。

図5にオゾンによる下水処理水の殺菌実験例を示した⁽⁴⁾。図に示すように、注入オゾン1～2 (mg/ℓ) で大腸菌は放流水質基準の3,000 (個/ml) 以下になっている。純粋培養した大腸菌で、1細胞の殺菌に必要なオゾン量を求めると 1.3×10^{-13} (mg) であった。このことから、細菌には致死オゾン量があるが、必要とする殺菌のためには、オゾン濃度、接触時間及び細菌、それ以外の共存物質との相対的な反応速度が重要といえる。

また、下水放流水を新しいエネルギー源としてとらえ、熱を回収して地域冷暖房などに用いる未利用エネルギーの活用が重要視されている。熱交換器に発生する生物スライムによって熱交換効率の低下や、圧力損失が増大するために、従来は塩素系殺菌剤が使用され環境汚染の問題を抱えていたが、“環境に優しい”処理法として、オゾン処理の適用が検討されている。

当社では、オゾンを低温のシリカゲルに吸着させ、1日1～2回、これを脱着させて高濃度のオゾンを熱交換器に供

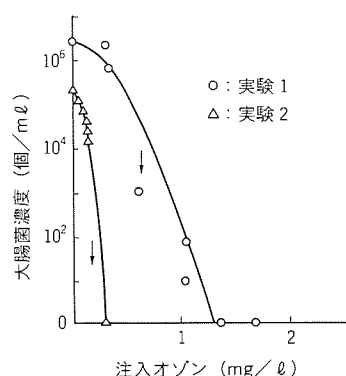


図5. オゾンによる大腸菌の殺菌効果

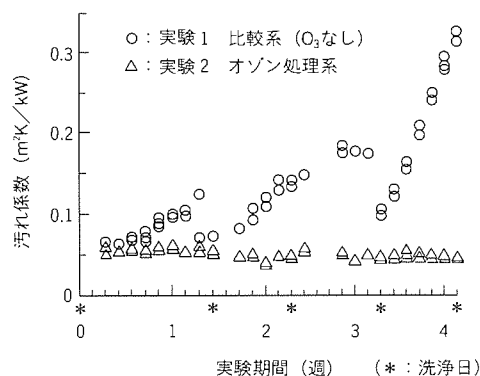


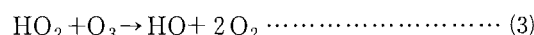
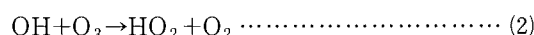
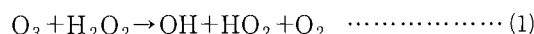
図6. 熱交換器の汚れ係数の経時変化

給する間欠オゾン供給装置を開発するとともに、これを生物スライムの付着が問題となる冷却水系や下水利用ヒートポンプの熱交換器に適用して殺菌技術も開発している。図6は、オゾンを1日1回5分間2ppmの条件で注入した場合のプレート型熱交換器の汚れ係数の経時変化である⁽⁵⁾。オゾン処理系では実験期間を通じて汚れ係数はほとんど変化していないのに対し、オゾン処理を行わなかった場合は1か月後の汚れ係数は実験開始時の6倍程度まで増加している。このことから、1日1回程度、わずかなオゾンを注入することにより、長期間、熱交換器表面の生物スライムの付着を防止し、初期性能を維持できることが分かる。

2.3 促進オゾン法による難分解性微量物質の除去技術

農薬のなかにはオゾンでも分解できないものがある。このような難分解性微量物質に対しては、pH制御オゾン処理法、光照射併用オゾン処理法、過酸化水素添加オゾン処理法などの促進オゾン法が有効である。促進オゾン法はいずれもオゾンの自己分解過程で生成するOHやHO₂などの酸化力の強い活性なラジカルを利用して、微量の難分解性物質を酸化分解するものである。ここでは、促進オゾン法の一つである過酸化水素添加オゾン処理法について紹介する。

過酸化水素はオゾンと次のように逐次的に反応するとされている。



この過程で生成するOH、HO₂の働きにより、オゾン酸化反応より反応が促進されると考えられる。図7はエタノール水溶液に対して通常のオゾン処理と、過酸化水素を添加したオゾン処理とを比較したものである⁽⁶⁾。図に示すように、通常のオゾン処理ではエタノールを全く分解できないが、過酸化水素を少量添加すると効率良く酸化分解される。

以上のように、OHラジカルは難分解性の有機物とも反応するので、オゾンでは分解が難しい農薬や洗剤などの微量

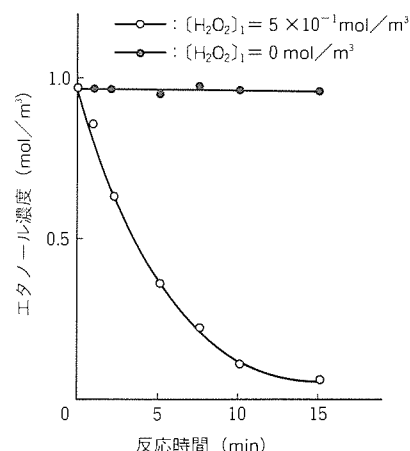


図7. エタノール水溶液の過酸化水素添加オゾン処理

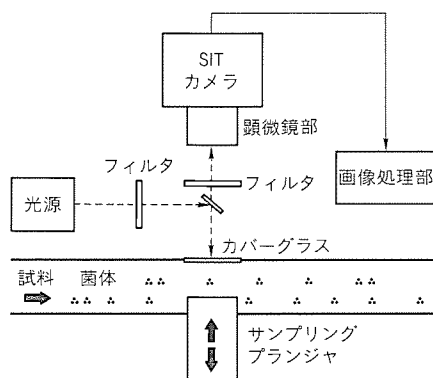


図8. メタン菌の画像計測装置の構成

汚染物質の分解除去などへの応用が期待されている。

3. 水質制御技術

上下水処理プロセスの水質制御技術は、計算機技術の急速な進歩により、現在のところ、流量制御や水位制御などのいわゆる量的の制御技術が普及している。今後は、浄水場や下水処理場のプラントノウハウや上水処理、下水処理の処理メカニズムに基づいた質的な制御が重要になると考えられる。質的な制御を行うためには、画像処理技術、バイオ技術などの新技術を応用した計測技術や、微生物反応のモデリング、AI、ニューロ技術を応用した制御技術などの新しい要素技術を開発することが必要である。新しい計測技術を開発して今までは計測できなかった情報を計測し、これを処理メカニズムに基づいた新しいアルゴリズムで処理して、プラントを制御することが重要となろう。

ここでは、当社の新しい計測制御への取組として画像処理を応用したメタン菌の計測技術、及び下水処理プロセスにおいて窒素・りんを除去し、富栄養化を防止するための制御技術を紹介する。

3.1 画像処理によるメタン菌計測技術⁽⁷⁾

メタン発酵処理は、活性汚泥処理と異なって嫌気的条件下で有機物を分解するため、酸素を供給するばつ（曝）気動力が不要であるばかりでなく、発生するメタンガスを回収できるため、省エネ型の水処理装置として見直されている。

メタン菌はメタン発酵プロセスにおいて中心的に働く微生物であるが、温度、pH などの変化に敏感で、環境条件の急変によってたちまち活性を失う。一度活性を失うと処理プロセスは破たん（綻）してしまい、その回復には長期間を要する。したがって、メタン菌の濃度、活性を監視することは、メタン発酵プロセスを適正に管理するために極めて重要である。しかし、従来からの光学式や超音波式の濃度計では、メタン菌を他の微生物や浮遊物と区別して計測することができなかった。

メタン菌は固有の蛍光性補酵素 F_{420} を保有しており、420 nm 付近の光を照射するとメタン菌特有の蛍光画像が得られ

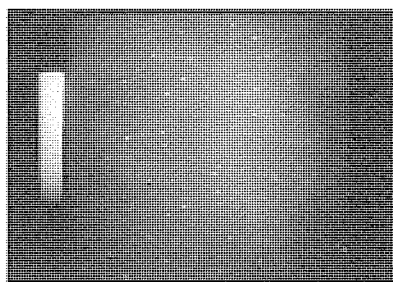


図9. メタン菌計測装置で撮影したメタン菌の蛍光画像

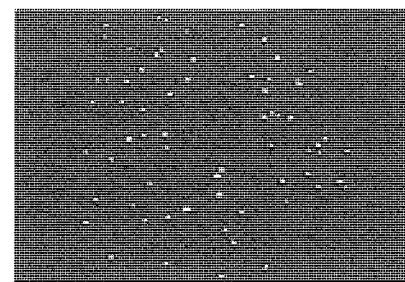


図10. メタン菌蛍光画像の画像処理結果

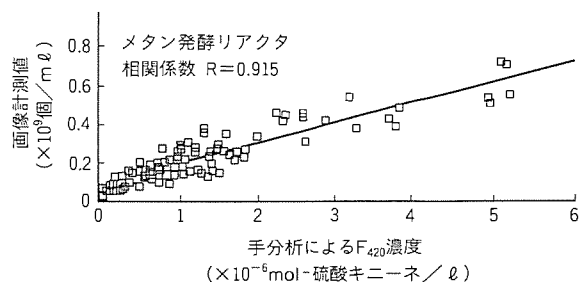


図11. 画像計測によるメタン菌濃度と手分析による F_{420} 濃度の関係

る。この画像を画像処理することにより、メタン菌以外の微生物やきょう雑物と分離してメタン菌を計測することができ、図8にメタン菌画像計測装置の基本構成を示した。この計測装置の特長は、試料分散程度の簡単な前処理だけで直接計測するので、リアクタ内と同一条件でメタン菌だけを短時間に計測できることである。

図9、図10にパイロット試験で得られたリアクタ試料の蛍光画像とその画像処理結果を、また図11に6か月間の画像計測値と手分析による F_{420} 濃度との相関を示した。これらからこの計測法によってメタン菌を分離して計測でき、比較的長期間にわたって精度良く計測できることが分かった。

さらに、この計測装置を使ってリアクタを制御した場合の効果についてシミュレーションによって検討した結果、リアクタを安定に運用できるだけでなく、メタンガス発生量を増大させることができることが分かった。

3.2 富栄養化防止のための水質制御技術

閉鎖水域、上水源の富栄養化対策として、下水中の窒素、りんを除去する処理場は、まだ多いとはいえないが着実に増加してきている。“第7次下水道整備5カ年計画”では、閉鎖水域に放流している都市圏の処理場では、窒素、りんを除去する高度処理を推進する計画である。また、平成7年度末までに普及率を現在より10%引き上げ55%とする計画で、小規模下水道の整備が重要課題であり、今後は小規模下水道においても高度処理を目指した運用管理が重要になると考えられる。ここでは、小規模下水処理の代表的な処理方法の一つである回分式間欠曝気活性汚泥法において、高度処理を行うための運用制御法について紹介する。

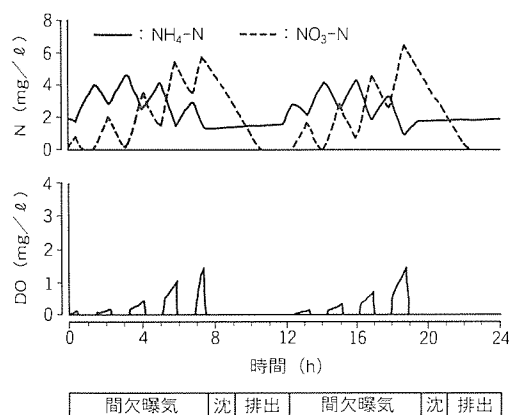


図12. 曝気時間、曝気停止時間一定時の処理特性
(シミュレーション結果)

回分式間欠曝気活性汚泥法は好気処理と嫌気処理を交互に繰り返すため、窒素・りんが除去できるという特長がある。通常、好気処理と嫌気処理はタイマ制御によって一定時間ごとに切り替えられ、この過程でBOD(Biochemical Oxygen Demand: 生物化学的酸素要求量)成分は除去されるが、同時に下水中の窒素成分は好気処理工程で硝化され、嫌気処理工程で脱窒されて除去される。

しかし、一定時間ごとに好気処理と嫌気処理を繰り返す運転では、窒素除去は不十分である。図12に示したように、間欠曝気工程の前半では良好に窒素成分が除去されているが、次第に硝酸が蓄積される傾向にある⁽⁸⁾。これは、回分式活性汚泥法に特有の現象である。下水の流入により、曝気槽の水位が次第に上昇するため、好気処理工程では酸素溶解効率が次第に改善され硝化反応が促進される。しかし、嫌気処理工程では、好気処理工程で増加した硝酸量を処理できず、硝酸が次第に蓄積するのである。したがって、回分式活性汚泥法で良好な窒素除去を行うには、1サイクルの中で好気処理時間、嫌気処理時間を変えながら処理することが重要といえよう。

図13は、硝化速度がDO(Dissolved Oxygen: 溶存酸素)依存性をもつことに着目して考案した“硝化速度積分法”での運転制御結果である⁽⁸⁾。この制御法は曝気槽のDO値を硝化速度に換算して曝気槽内のアンモニア濃度を推算し、これが所定濃度になった時点で好気処理から嫌気処理に切り替える。また、嫌気処理時間は、硝化速度から生成した硝酸量に対応して定めることができる。図12と比較すると、アンモニア性窒素はよく除去され、硝酸性窒素の蓄積も見られず、良好な硝化・脱窒処理が行われており、この制御法が回分式活性汚泥処理での高度処理に有効であることが分かる。

4. む す び

本稿では、当社の水環境保全に対する取組として、オゾン

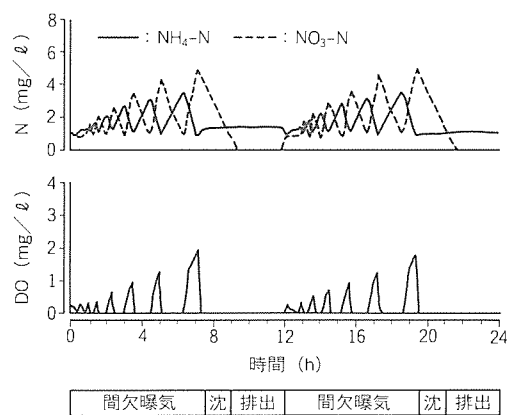


図13. 硝化速度積分方式を適用した場合の処理特性
(シミュレーション結果)

を利用した上下水の高度処理技術、促進オゾン法による微量難分解性物質の除去技術、また、水質制御技術として、画像処理技術を応用したメタン菌の計測技術、富栄養化を防止するための高度処理プロセスの制御技術として回分式活性汚泥法において効率的に脱窒・脱りんを行う運用制御技術を紹介した。

産業の発展、人口の都市への集中によって水の汚染は広がっていきと予想され、水の浄化技術がますます重要になると考えられる。水を浄化して環境を保全し、健康で安全な生活を守っていくことは、次の21世紀の世代に対する私達の大きな責任であろう。我々は、当社のオゾン応用水処理技術、水質制御技術を更に高度化させることにより、水環境の保全に貢献したいと考えている。

参 考 文 献

- (1) 小林敏昭, 難波敬典, 松原宗治, 浦野紘平: 水道協会雑誌, 57, 6 (645), 15 (1988)
- (2) 難波敬典, 小林敏昭, 河相好孝, 杉本益男: 第36回全国水道研究発表会, 177 (1985)
- (3) 難波敬典, 中山繁樹, 久川義隆: 第18回下水道研究発表会, 387 (1981)
- (4) 中山繁樹, 山内四郎, 宮本三郎: 日化第38秋期年会, 83 (1980)
- (5) 中山繁樹, 本多敏一, 久川義隆, 小沢建樹: 平成4年度三菱電機上下水道システム研究会, 199 (1992)
- (6) Nakayama, S., Ezaki, K., Namba, K., Taniguchi, Y., Tabata, N.: Ozone Science & Engineering, 1, 119 (1979)
- (7) 廣辻淳二, 吉村由美子, 中津川直樹, 中山繁樹: 環境技術, 21, 12, 19 (1992)
- (8) 廣辻淳二, 古川誠司, 嶋岡正浩: 新都市開発, 増刊号, 81 (1992)

地球環境と衛星リモートセンシング技術

小林 智^{*}
小野 誠^{*}
角市 修^{*}

1. ま え が き

ここ数年、フロンなどによるオゾン層の破壊、酸性雨による森林被害、温室効果ガスによる温暖化現象、砂漠の拡大化等、地球環境問題が大きくクローズアップされてきている。このような地球環境の解明や環境変化の将来予測には、地球規模での長期にわたる継続的観察によって、システムとしての地球全体の総合的なメカニズムを知ることが必要である。

人工衛星からのリモートセンシングによる地球観測は、短時間に地球全体の均質なデータが得られることや直接的に上層大気を観測できるなどの点で、こうした地球環境の解明の手段として極めて有効である。例えば、成層圏を中心として分布するオゾン層は、有害な紫外線から地球の生物を保護しているが、このオゾンの量が NASA の衛星ニンバス 7 による全地球規模の長期継続的な観測結果から、毎年季節によって南半球のオゾン層に穴があいたように大きく減少すること（オゾンホール）が示され、年々オゾンホールが大きくなっていることも明らかになってきた。このように地球規模でかつ長期的観測を必要とする現象の把握や、その原因の解明には地球観測衛星による観測が不可欠である。

現在、ランドサットやノア (NOAA) などの衛星が地球観測データの取得に活躍しており、日本も 1992 年 2 月に打ち上げた“地球資源衛星 1 号”で、いよいよ衛星による本格的な地球観測の時代を迎えた。本稿では、当社が開発を担当してきた地球観測衛星や衛星搭載観測センサを中心に、衛星リモートセンシング関連の技術を紹介する。

2. 衛星によるリモートセンシング

衛星からのリモートセンシングでは、地球を周回する衛星に搭載した観測センサによって、秒速約 7 km の対地速度で地表の状態や大気の成分を測定することができ、数日から数十日で地球全域を観測することが可能である。地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）の大気の窓を考慮した波長帯及びマイクロ波域が用いられる。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、大気の窓以外の吸収帯（例えば、CO₂の吸収帯 [15 μm] やオゾンの吸収帯 [紫外域、熱赤外域] 等）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、図 1 に示すように植生の環境（植物の活性度、森林の減少、砂漠の変動等）、水の分布とその動態（海面温度、海水、降水量、積雪、河川・湖沼の汚染等）、大気の組成分布（オゾン層、温室効果気体 [CO₂, CH₄, N₂O など]）、火山噴火とその影響などの情報を得ることができる。

3. 地球観測衛星

3.1 地球資源衛星 1 号 (JERS-1)

地球資源衛星 1 号 (Japanese Earth Resources Satellite-1: JERS-1) は、通商産業省/財 資源探査用観測システム研究開発機構 (JAROS) 及び科学技術庁/宇宙開発事業団 (NASDA) の共同開発プロジェクトで、当社が衛星本体の主契約者のほか、合成開口レーダ (Synthetic Aperture Radar: SAR) のシステム取りまとめ等を担当した。JERS-1 は、観測センサとして SAR 及び光学センサ (Optical Sensors: OPS) を搭載して、資源探査・農林・漁業・環境保全・防災等に資する地球観測を行うことを目的とし、1992 年 2 月 11 日に打ち上げられた。

SAR は、18 m × 18 m の地表分解能をもち、昼夜に関係なく全天候観測が可能で、資源探査の諸情報のほか、植生、海水などの観測を行う。一方、OPS は、可視近赤外放射計と短波長赤外放射計で構成され、共に地表分解

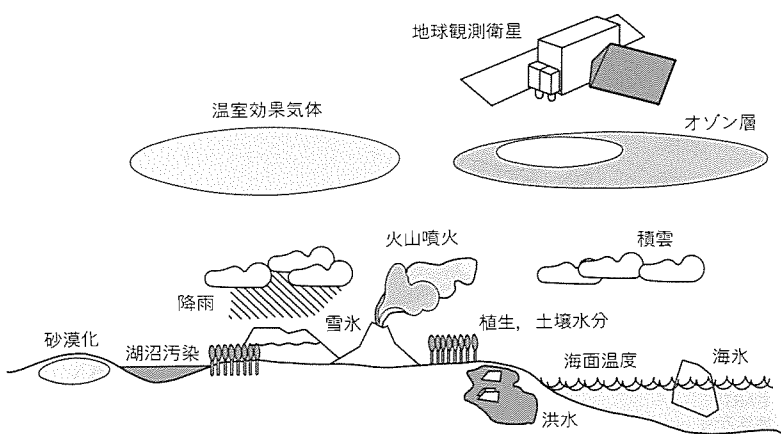


図 1. 衛星からのリモートセンシング

能は約18m×24mである。また、JERS-1はミッションデータ記録装置を搭載し、SAR及びOPSにによって取得されたデータを記録することで、地球全体の観測を行うことが可能である。表1にJERS-1の主要諸元を、図2にJERS-1の軌道上外観を示す。

3.2 地球観測プラットフォーム技術衛星(ADEOS)

地球観測プラットフォーム技術衛星(Advanced Earth Observation Satellite: ADEOS)は、地球環境のグローバルな変化の監視について国際的貢献を図るとともに、地球観測技術の継続、発展を図ることなどを目的として、1995年度に打ち上げられる予定で、当社がシステム取りまとめとして開発を担当している衛星である。

ADEOSの特徴は、我が国で初めて衛星間通信を利用し、通信放送技術衛星(COMETS)経由でリアルタイムで取得したデータを地球局に伝送することができる点と、国際協力の推進として海外からの3種の公募センサを搭載している点である。図3に軌道上外観を、表2に主要諸元を示す。搭載センサとしては、表3に示すように海外の公募センサも含め、8つの地球観測センサが搭載される。

4. 観測センサ

4.1 観測センサの種類

地球観測用の観測センサは、主として光学センサとマイクロ波センサに大別できる。

光学センサは、地球の表面で反射される光、又は表面から放射される赤外線を検出するもので、電磁波の波長で0.4～

15μmを対象としたセンサである。その波長帯から、主として可視近赤外放射計、短波長赤外放射計及び熱赤外放射計に区分され、植生、海面温度、大気成分等の測定に利用される。また、広義な意味では、オゾン層分布の測定などに用いられる近紫外線帯のセンサも光学センサに含められる。

一方、マイクロ波センサは、電磁波の波長で1～30cmを対象としたものであるが、ミリ波帯(1～10mm)も大気等のリモートセンシングに有効である。これも含めてマイクロ波センサと総称されることが多い。

マイクロ波センサは、自ら電波を放射しその反射(後方散乱)を測定する能動型センサと、地球表面又は大気からの熱放射を測定する受動型センサに区分される。前者の代表的なものに、合成開口レーダ、マイクロ波散乱計、マイクロ波高度計、降雨レーダがあり、後者の代表的なものにマイクロ波放射計がある。マイクロ波センサの観測対象は、後方散乱を利用する能動型センサでは、地形・地質・植生・海氷・海上風・降雨などであり、受動型センサでは、海面温度、海水、

表2. ADEOSの主要諸元

形 状	一翼式太陽電池パドルをもつモジュール方式 本体 約4×4×5(m) (ミッション、バスモジュール)	
	太陽電池パドル 約3×24(m)	
質 量	打上げ時 約3.5トン	
姿勢安定方式	三軸姿勢制御方式 ゼロモーメント	
設計寿命	3年	
打上げロケット	H-IIロケット(直径5mフェアリング)	
打上げ場所	種子島宇宙センター	
打上げ日時	1995年度(平成7年度)冬期	
軌 道	種 類	太陽同期準回帰軌道
	高 度	約800km
	傾 斜 角	約98.6°
	周 期	約101min
	回 帰 日 数	41日
データ送信	降交点通過地方時 午前10時15分～45分	
	直接送信及び衛星間通信(記録装置搭載)	

表1. JERS-1の主要諸元

打 上 げ 機	H-Iロケット2段式
形 状 寸 法 (m)	本体0.92×1.80×3.62 SARアンテナ11.9×2.4 太陽電池パドル8.0×3.4
衛 星 質 量	打上げ時 1,340kg(最大)
発 生 電 力	2,053W以上(寿命末期)
設 計 寿 命	2年
姿 勢 制 御	ゼロモーメント三軸姿勢制御
軌 道	太陽同期準回帰軌道 高度約568km 降交点通過地方時10:30～11:00

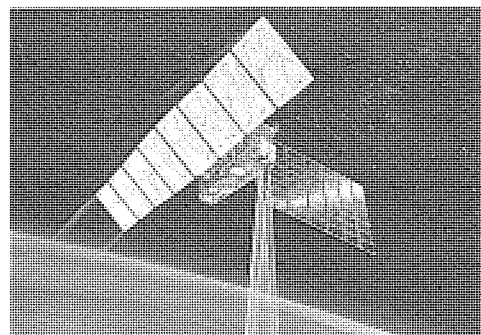


図2. JERS-1の軌道上外観

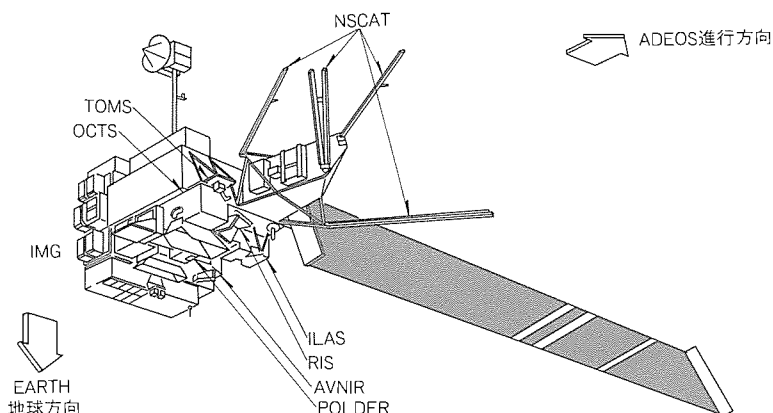


図3. ADEOSの軌道上外観

表 3. ADEOS搭載地球観測センサ

センサ名	開発国	開発機関	観測目的	概略仕様等
AVNIR (高性能可視近赤外放射計)	日本	宇宙開発事業団	陸域及び沿岸域	<ul style="list-style-type: none"> ●観測幅：約80km ●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)
OCTS (海色海温走査放射計)	日本	宇宙開発事業団	海色及び海表面温度	<ul style="list-style-type: none"> ●観測幅：約1,400km ●可視域：6バンド、近赤外域：2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
NSCAT (NASA散乱計)	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	<ul style="list-style-type: none"> ●観測幅：1,200km ●観測波長：14GHz ●風速測定精度：2m/s ●風向測定精度：20°
TOMS (オゾン全量分光計)	米国	米国航空宇宙局/ ゴダード宇宙飛行センター	オゾン量及びSO ₂ のグローバルな分布	<ul style="list-style-type: none"> ●観測波長：308.6～360.0nm(6バンド)
POLDER (地表反射光観測装置)	仏国	(仏国)国立宇宙開発センター	地球表面や大気で反射される太陽光の偏光と方向性の測定	<ul style="list-style-type: none"> ●観測波長：443～910nm(8バンド)
IMG (温室効果ガス観測装置)	日本	通産省立地公害局	大気中のCO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O、その他の温室効果ガスの地域分布の測定	<ul style="list-style-type: none"> ●観測波長：3.3～14 μm
ILAS (改良型大気周縁赤外分光計)	日本	環境庁企画調整局	極域における大気の微量成分(オゾン、CO ₂ 、CH ₄ 、H ₂ O、エアロゾル)の高度分布の測定	<ul style="list-style-type: none"> ●観測波長：753～784nm, 6.21～11.77 μm
RIS (地上・衛星間レーザ長光路吸収測定用リトロフレクタ)	日本	環境庁企画調整局	地上から発射するレーザ光と地上-衛星間の長光路吸収測定による、地上局上空のオゾン、フロン、CO ₂ 等の濃度測定	<ul style="list-style-type: none"> ●観測波長：0.4～14 μm ●レーザ反射用コーナキューブリフレクタ： 開口直径50cm

水蒸気などである。

これらの光学センサ及びマイクロ波センサのうち、当社が開発を担当している観測センサを紹介する。

4.2 光学センサ

4.2.1 高性能可視近赤外放射計

高性能可視近赤外放射計(Advanced Visible and Near Infrared Radiometer: AVNIR)はADEOSに搭載されるセンサで、白黒のパンクロマチックモードで8m、カラーのマルチバンドモードで16mという世界的にも高い水準の空間分解能をもつ光学センサで、現在開発中である。AVNIRは、電子走査方式で、検出器部に10,000素子のリニアアレー CCD(パンクロマチックバンド)を用いて高集積化を図るとともに、光学系としては、シュミット屈折系を採用し、口径の大型化を図ることによって高い分解能を実現している。また、ポインティング機構をもち、地上からの指令によって視野中心を衛星直下点に対し±40°の範囲で設定することができ、約800kmの高度から見える地域の大部分を観測する機能も備えている。表4に主要なシステム性能を示す。図4にAVNIRの内部構造を示す。

4.2.2 JERS-1搭載短波長赤外放射計

短波長赤外域は、石油や金属鉱床などの探査に重要な情報である粘土鉱物や炭酸塩鉱物の識別ができ、資源探査用とし

表 4. AVNIRの主要システム性能

	マルチバンド(Mu)	パンクロマチックバンド(Pa)
観測バンド(μm)	Mu1: 0.42～0.50 Mu2: 0.52～0.60 Mu3: 0.61～0.69 Mu4: 0.76～0.89	Pa: 0.52～0.69
瞬時視野角	20 μrad (地表距離換算: 約16m)	10 μrad (地表距離換算: 約8m)
視野角	5.7°(走査幅: 80km)	
S/N	≥200	≥90
M T F	≥0.25(Mu1～Mu3) ≥0.20(Mu4)	≥0.20
ポインティング機能	ポインティング方向: 軌道直交方向 ポインティング範囲: ±40° ポインティングステップ角: 1°	
光学的校正機能	校正光源: 太陽光及び内部光源 ラジオメトリック絶対精度: ±10% 軌道上校正精度: ±5%	
質量(kg)	約250	
消費電力(W)	約300	

て重要であるほか、植生や火山活動の予知に使えるとされている。これまでの宇宙用の短波長赤外域センサの実績としては、ランドサットのセマティックマップに2バンドがあるが、バンド幅が広く、鉱物の探査という点では不十分であっ

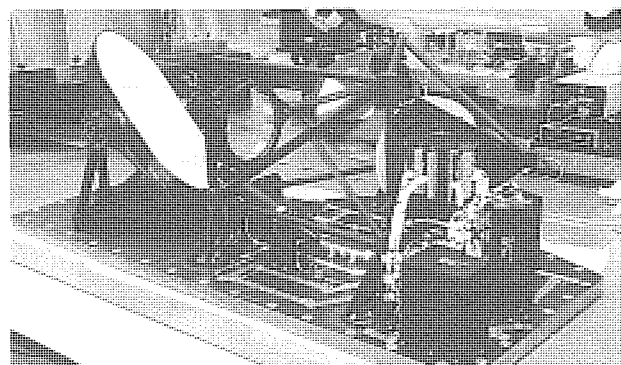


図 4. AVNIRの内部構造

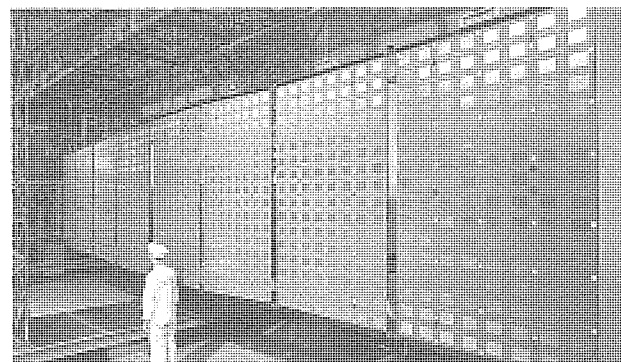


図 5. JERS-1搭載SARアンテナ

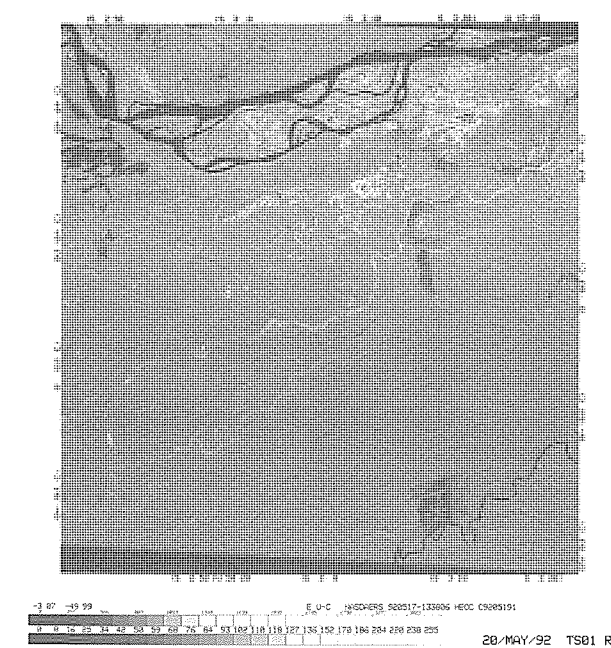


図 6. アマゾン流域のSAR処理画像
(写真提供：宇宙開発事業団)

た。当社が検出器部の開発を担当した JERS-1 搭載用短波長赤外放射計は、高分解能でかつ多バンド（4 バンド）のセンサとして世界でも初めてのもので、この分野で特に注目されている。この検出器には感度偏差の少ない PtSi-Si ショットキーバリヤ型の CCD を用い、4 本のストライプ状面てん（貼）付型狭帯域フィルタによってモノリシックな赤外検

表 5. JERS-1 搭載短波長赤外放射計
（検出器部）の主要諸元

項 目	主 要 性 能
観測波長帯 (μm)	バンド 5 : 1.60~1.71 バンド 6 : 2.01~2.12 バンド 7 : 2.13~2.25 バンド 8 : 2.27~2.40
検 出 器	PtSi ショットキー CCD 4,096 素子 × 4 バンド スタガリニア配列
分光方式	検出器面上分光フィルタ
走査方式*	電子走査
地表分解能 (m)*	18.3 × 24.2
観 測 幅 (km)*	75
検出器冷却方式*	能動型循環冷凍機

注 * は短波長赤外放射計全体のシステム性能

表 6. EOS-AM 1 搭載用
短波長赤外放射計の主要諸元

項 目	主 要 性 能
観測波長帯 (μm)	バンド 4 : 1.60~1.70 バンド 5 : 2.14~2.18 バンド 6 : 2.18~2.22 バンド 7 : 2.23~2.28 バンド 8 : 2.29~2.36 バンド 9 : 2.36~2.43
検 出 器	PtSi ショットキー CCD 2,000 素子 × 6 バンド
分光方式	検出器面上分光フィルタ
走査方式	電子走査
地表分解能 (m)	30
観 測 幅 (km)	60
ポインティング角 (°)	±8.54
検出器冷却方式	能動型循環冷凍機

表 7. JERS-1 搭載 SAR の主要諸元

項 目	主 要 性 能
アンテナ寸法 (m)	11.9 × 2.4
オフナディア角 (°)	35
地表分解能 (m)	18 × 18
観 測 幅 (km)	75
観測周波数 (MHz)	1,275 (L バンド)
偏 波	水平-水平 (H-H)
S/A (dB)	14 以上
送信電力 (kW)	約 1.3

出器より高性能な分光感度特性を実現している。表 5 に JERS-1 搭載の短波長赤外放射計検出器部の性能諸元を示す。

4.2.3 EOS-AM 1 搭載用短波長赤外放射計

EOS-AM1 は、米国 NASA が 1998 年打上げを予定している地球観測衛星 (EOS) シリーズの 1 号機で、国際協力の下で、日本からも通商産業省/JAROS が資源探査用将来型センサ (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection radiometer : ASTER) の開発によって参加し

表 8. AMSR主要目標性能

項 目	諸 元					
中心周波数 (GHz)	6.6	10.65	18.7	23.8	36.5	89.0
帯 域 (MHz)	400	100	200	400	1,000	3,000
受 信 感 度 ΔT (K)	0.23	0.56	0.52	0.54	0.55	0.76
瞬 時 視 野 (km)	70×51	45×38	25×26	24×25	14×14	6×10
サンプリング間隔 (km)	10×10				5×5	
ビーム効率 (%)	>92					
アンテナ方式	オフセットパラボラアンテナ (直径2 m)					
偏 波	水平及び垂直					
観 測 幅 (km)	>1,500					
地表入射角 (°)	55 (コニカル走査)					

ている。ASTER は可視近赤外域、短波長域、熱赤外域の三つのセンサから構成され、当社はそのうち短波長赤外放射計の開発を担当している。表 6 に主要諸元を示す。検出器には、JERS-1 用と同じく PtSi-Si ショットキーバリア型の CCD を用い、6 本のストライプ状面貼付型狭帯域フィルタによって短波長域 (1.60 ~ 2.43 μm) の 6 バンド化を行っている。検出器の冷却には長寿命 (50,000 時間目標) のスターリングサイクル方式の能動型循環冷却器を用いている。

4.3 マイクロ波センサ

4.3.1 合成開口レーダ (SAR)

SAR は、飛しょう (翔) する衛星からマイクロ波のパルスを次々に送信し、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、衛星の進行方向に対し、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 に搭載した SAR は、L バンド (1.7 GHz) を使用し、アンテナ寸法が約 11.9 m × 2.4 m であるが、進行方向に約 14 km の開口長のアンテナを用いたことと同じ効果を得て、18 m の高分解能を達成している。表 7 に JERS-1 の SAR の主要諸元を、図 5 に SAR アンテナを示す。また、図 6 に SAR で取得されたアマゾン流域の処理画像を示す。画像中のく (矩) 形状に黒くなっている部分が、焼き畑などによって熱帯雨林が開墾されていることを示している。SAR はこのようにアマゾンの流域のような多雨地方でも雲に影響されることなく観測でき、資源探査だけでなく熱帯雨林等の植生の状態監視センサとしても着目されている。

4.3.2 マイクロ波放射計

マイクロ波放射計は、地表や海面からのマイクロ波帯の熱放射を測定する受動型のセンサで、地球環境を把握する上で重要な水に関する様々な情報 (海面温度・海水・油汚染・水

蒸気・降水量等) を得ることができる。マイクロ波放射計としては、1987 年と 1990 年に打ち上げられた海洋観測衛星 1 号 (Marine Observation Satellite-1 : MOS-1) に 2 周波 (23/31 GHz 帯) のマイクロ波放射計 (MSR) が搭載されて実績があるが、MSR を継承し、さらに高性能化した高性能マイクロ波放射計 (Advanced Microwave Scanning Radiometer : AMSR) が現在研究開発中である。AMSR は、

地球観測技術衛星 II 型 (ADEOS-II) に搭載の予定で、6.6 ~ 89 GHz 帯の 6 周波について水平、垂直の両偏波のデータを取得でき、また温度分解能を高めるため低雑音増幅器である HEMT 素子 (高電子移動度トランジスタ) の採用などによって高性能化を図っている。AMSR の主要目標性能を表 8 に示す。

5. む す び

衛星によるリモートセンシングは、オゾンホールを初めて明らかにしたり、エルニーニョ現象のような熱帯の熱源の長期的変動と気候変動の関心の解明に重要な役割を果たすなど、地球環境の解明に様々な分野で大きな役割を果たしてきている。今後も国際的な協力の中、ますます衛星によるリモートセンシングの重要性が増してくるものと考えられる。人類にとってかけがえのない地球の環境を守ることは、我々自身の問題であるだけでなく、我々の子孫に対する責任でもある。こうした点でも、当社が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に積極的に貢献していきたいと考える。

最後に、地球観測衛星や観測センサの開発に携わってこられた NASDA や JAROS の方々を始め、多くの関係各位に深く感謝する。

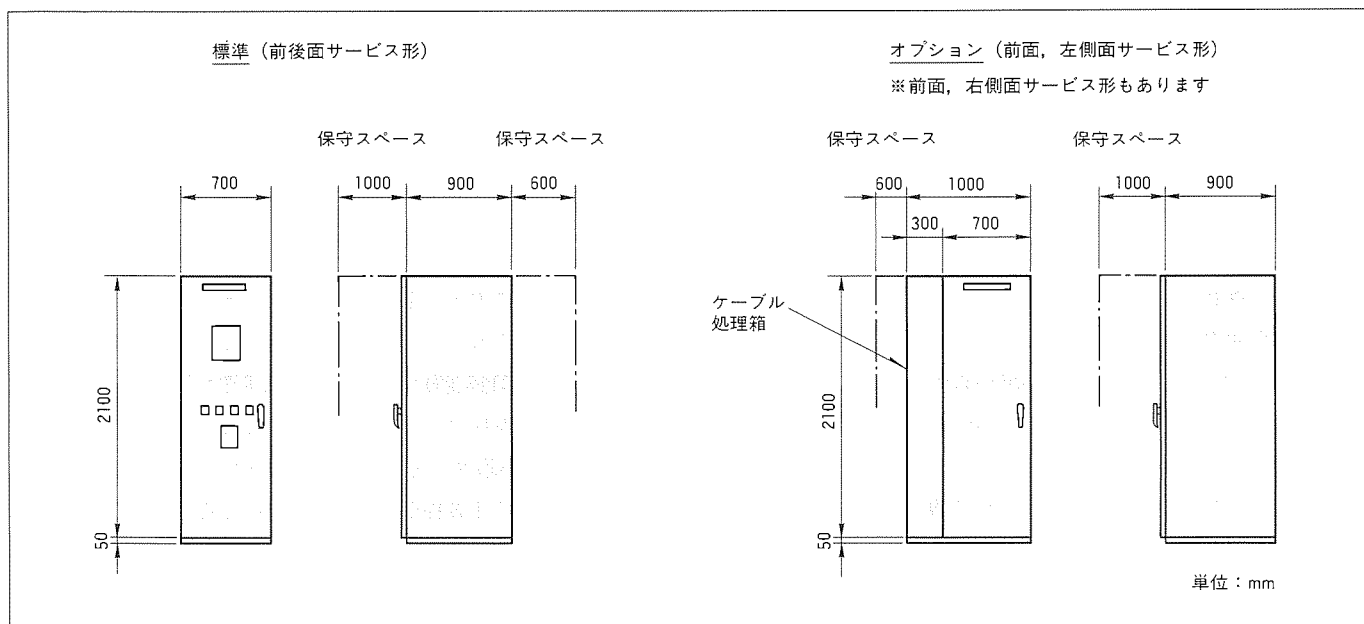
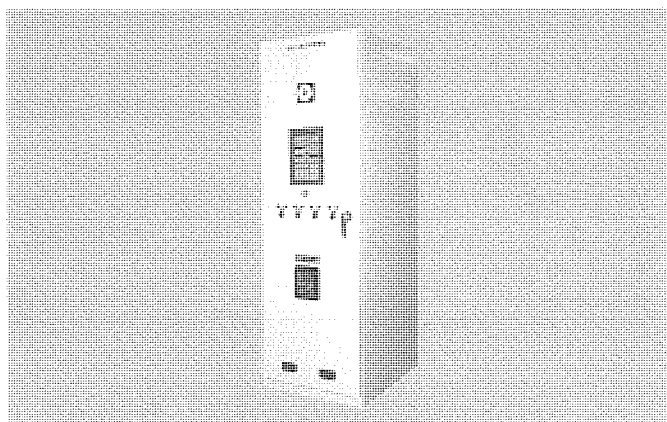
参 考 文 献

- (1) 宇宙開発事業団：地球環境を衛星技術で解明する，地球環境観測調査委員会報告 (1992)
- (2) 財 資源観測解析センター編：宇宙からの地球観測システム (1990)
- (3) 財 資源観測解析センター編：合成開口レーダ (SAR) (1992)

三菱高圧非常用ディーゼル スポットライト 発電設備(KGシリーズ)

高度情報化社会における停電対策としての非常用発電設備は、容量、需要の増大とともに、その保守性・信頼性への要求も非常に高くなっています。

三菱電機の非常用発電設備は、三菱パッケージ発電機(PGシリーズ)を始め、MEGシリーズ、MTGシリーズなど要求用途により各シリーズを揃えており、多数の納入実績のもと、先進技術の採用、安定した品質、広範なサービス網により市場の高い評価を受けています。このたび、更に市場要求に対応する機種として、三菱高圧非常用ディーゼル発電設備“KGシリーズ”をシリーズ化しました。



制御盤外形

諸元

機種	KG500	KG625	KG750	KG875	KG1000
共通仕様	用途				
	非常用予備電源				
	設置場所				
	屋内定置式(オープン形)				
標準規格	JIS, JEC, JEM, 消防法				
	始動時間				
	停電から負荷投入まで40秒以内				
定格出力 (kVA)	500	625	750	875	1000
定格電圧 (V)	6600				
周波数/回転数	50Hz/1,500r/min, 60Hz/1,800r/min				
発電機	円筒回転界磁形(CFC-E)、ブラシレス励磁方式、4局絶縁F種				
制御盤	屋内閉鎖自立形(JEM 1425CW)、デジタルコントローラ(MELGIC)、遮断器VCB、制御電源 DC24V				
原動機	立形・水冷・4サイクル・直接噴射式ディーゼルエンジン、水道水冷却、電気始動				

特長

(1) 発電機室が小さくなります。

発電機・エンジンの組合せ適正化による発電装置本体の小型・軽量化とともに、制御盤のコンパクト設計による小型化、ケーブル処理スペースを考慮した盤構造により制御盤を壁にピッタリ配置することもできるので、省スペース化が可能です。

(2) デジタルコントローラ(MELGIC)の標準採用

PGシリーズで好評を得ているデジタルコントローラ(MELGIC)を標準採用し、保守・操作・信頼性の向上を図りました。

(3) 機種選定、仕様決定が容易になります。

6600Vの高圧機種において、PGシリーズ同様に標準化及び仕様の限定化を行ったので、機種の選定、運用、インタフェースなどの仕様決定が容易になります。

(4) 発電機規格 JEM 1435(非常用同期発電機)の適用
非常用同期発電機の規格 JEM 1435を適用し、発電機が更に小型・軽量となりました。

これからの照明技術に期待すること

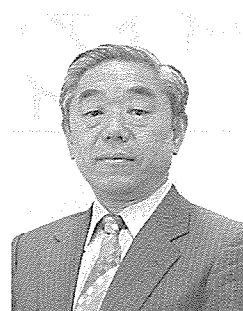
人間をその他の動物と区別するものは火の利用であり、これすなわち、光と熱を制御する緒^{いとぐち}であった。以来、電灯が発明されるまで、燃焼の炎こそが唯一の光源であり、太陽が西に沈んだ後に視覚を確保するただ一つの手段であった。この炎のゆらぎは、時には人に安らぎを与えて心を幻想の世界に遊ばせ、時には影を踊らせて妖怪の恐怖を与えた。また、燃焼による夜の火と昼間の煙とは共に、太古から遠距離の情報の伝達の最も有効確実な手段として、洋の東西を問わず広く活用されていた。

電灯の発明以来、照明技術の進歩は目覚ましいものがあるが、照明そのものの目的と意味は、上述の炎を用いた時代から本質的な違いはないと言え言い過ぎになるであろうか。すなわち、第一に太陽の代わりに日没後の視覚を確保すること、第二に視覚を介しての情報の伝達を行うこと、第三に視覚を通しての心理的な効果により、雰囲気醸し出して、感情や情緒を操作することの三つの項目に尽きる。このように照明の持つ意味は昔も今も変わらないが、技術の進歩に伴って、社会に対する影響は著しく大きくなっている。すなわち、光源技術の進歩が照明の量的規模の拡大を容易にし、量的規模の拡大が照明技法に質的な変化をもたらしている。

照明の分野は成熟技術の一つと見なされているが、それは、その目的が変わっていないからであって、構成する要素技術ごとに見ると、確実にかつ恒常的な進歩改善が見られる。白熱電球からメタルハライドランプまでの、光源そのものの発展の後にきているものは技術の複合化である。無電極放電灯、外電極放電灯、可変色放電灯等は、半導体

国立新居浜工業高等専門学校長
京都大学 名誉教授

板谷 良平



素子の進歩による電子回路の発達によって生まれてきたものである。また、制御線不用の一灯リモコンや多灯の群制御や個別制御などの、きめ細かい点灯制御方式の実現は、マイクロコンピュータと電子点灯回路との組合せによるものであって、省電力のみならず雰囲気制御をも可能にした。

一方、このような既成技術の組合せによるものではなく、新しい原理に基づく光源や光学材料の開発の可能性も高くなっている。光の放射や反射が物体の表面状態のみによって決まることは周知の事実であり、微細加工技術を援用して、表面状態に修飾を施し、また、特性の異なる物質の堆積によって傾斜特性を持たせるなど、これまでに無かった光学材料の生成とその活用が期待される。また、バーチャルリアリティのように、照明に直接結び付くものではないが、心理的效果にかかわるものとして注目されるべきものが周辺技術として出現している。

技術の進歩は常に便利性、快適性、経済性を現実のものにしていく。特に照明は人間の生活に密着しているが故に、生活空間に直接に作用する。同じエネルギーを消費しながら、デザインによってその効果が大きく異なるところに照明ソフトウェアの意味がある。

さて、これからの照明に課せられた問題は、エネルギー消費を増すことなく生活の機能性、快適性、安全性を向上する方策を確立することではなかろうか。照明を生活エネルギーシステムの一環として捉え、総合的な観点を基にした進歩が望まれる。特に照明技術として最重要視すべきことは、都市機能の安全性の向上を総合的な省エネルギーの観点から確立していくことではなかろうか。

“ライトアップ”から “ライティングクオリティ”へ

桂 秀年*

1. ま え が き

第二次世界大戦時の暗やみ(闇)の状態から約半世紀が過ぎた。この間に照明は、経済成長と同様に奇跡に近い発展を遂げた。日常の生活空間や都市空間、あるいは様々に繰りひろげられるイベント空間など、どこでも、いつでも光があふれ、日本はまさに光の飽食時代といえる。

照明が物の形や空間を視認するための、主に明るさを得るための機能を求めた時代から、生活の向上に伴って、精神的欲求としての、感性や心に働きかける機能を求める時代に変化して以来、照明の役割や需要が飛躍的に拡大した。しかしながら、昨今の環境問題は、現代の照明に対する無限の欲求と拡大成長志向の価値観に大きな疑問を投げかけるとともに、照明史に一貫して流れてきた明るさ(量)志向の転換を迫るインパクトを与えた。

人々のニーズである、快適照明と地球環境との調和という困難な課題に対して、解決策として今後どのように取り組ん

でいくかを述べる。

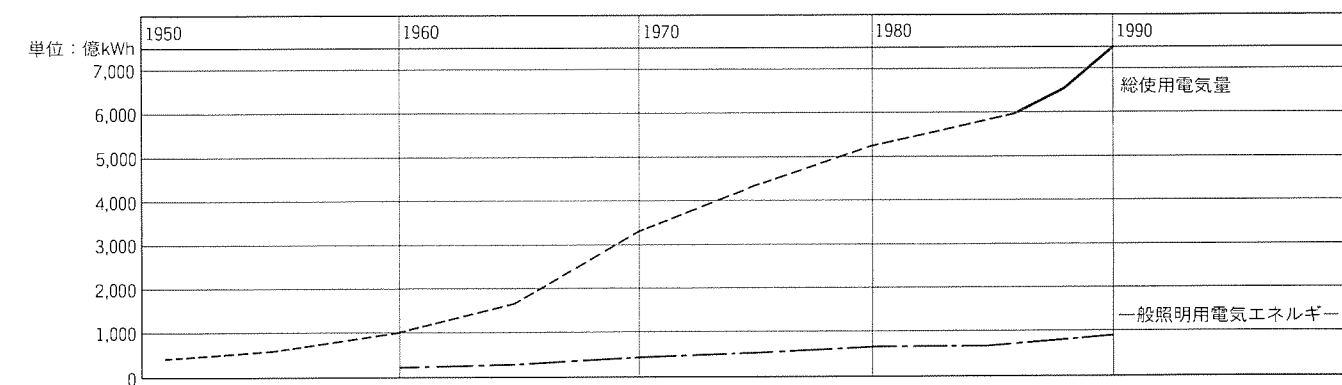
2. 世界一明るい都市、東京

人間と照明の歴史は、人類が火を使用して以来、密接に我々の生活にかかわってきた。炎の時代、灯油ランプの時代、ガス灯の時代、そして電灯の時代を経て現在に至っている。この長い歴史における照明の基本的な機能は、人工の光(明るさ)によって闇をひらき、その時代の社会や生活が求める空間、時間を獲得することであった。そして、産業革命を経て、工業化社会、情報化社会へと進む中で照明の役割と機能の多様化が急速に拡大してきた(図1)。

2.1 我が国照明の推移と特徴

我が国の近代照明の源は、端的にいうとすべて欧米からの輸入やコピー等によってもたらされ、そのオリジナルを日本の実情やニーズに合わせて実用化し、商品化することによって発展してきた。また、市場が国内中心のため、海外からモノや情報を取り込むだけの一方向で推移してきた。

	1950	1960	1970	1980	1990
＜社会事象＞	56 神武景気 59 岩戸景気 皇太子殿下ご成婚	国民所得倍増計画 東京オリンピック 東海道新幹線開通	69 いざなぎ景気 73 石油危機 ロッキード事件	第二次石油危機	出生率低下 バブル経済崩壊 ドイツ統一 物品税廃止・消費税導入 内需拡大
＜ヒット商品＞	三種の神器(白黒TV・洗濯機・冷蔵庫) ティッシュペーパー インスタント食品	3C(カー・クーラー・カラーテレビ) ラジカセ・ファーストフード	使い捨てライター・50ccバイク 使い捨てカイロ ハイテク家電	省エネ商品 無印良品 DCブランド	東京ディズニーランド ファジー家電 エコマーク商品 ファミコン テレホンカード



出典：総使用電力量………総合エネルギー総計(平成2年度版)
一般照明用電気エネルギー………(財)日本照明器具工業会、(財)日本電球工業会、「照明エネルギーの有効利用について」(1991/10)

図1. 社会事象と使用電力量推移

使用電力量は増加の一途をたどり、現在では1950年当時の約20倍、7,668億kWh(1991年)を使用している。その中で照明用電力は、全体の10%あまりを占めており、総量としてはゆるやかに増加、全電力に対する比率としては減少の傾向にある。

その中にあって、欧米と異なった特徴を見せているのが蛍光灯照明である。蛍光灯は1935年に米国 GE 社のインマン博士によって開発され、我が国では1940年に初めて実用化された。戦後の荒廃と貧しさの中で、明るさを求めている人々に、蛍光灯の発光効率の良さや経済性といった特長が受け入れられ急速に普及した。この蛍光灯による明るさの獲得と慣れが、その後の我が国の照明を特徴づけ、現在に至っている。家庭で蛍光灯照明の使用を好まない欧米とは、ライフスタイルや価値観においてかなり異なっている。この点が我が国の照明と欧米の照明との際立った違いであり、特徴である。

2.2 バブル時代の照明の象徴“ライトアップ”

NASA のインテルサットから地球の夜を撮影した映像が、現在の我が国の照明の有様を明確に伝えている。テレビ番組のタイトルにも使用されたこの映像を見ると、日本は地球上で一番明るく、光り輝いている。この映像から、日本が最も大量の光を放出し、照明のためのエネルギーが集中的に消費されていることが如実に現れている。

バブル時代における照明のプラス面は、経済成長を背景に生活の量・モノの志向から生活の質・心の充実志向へとニーズが変化したことに伴って、照明もそれまでの効率を中心とした明るさの追求に加えて、人間の心や感性に働きかける照明、すなわち心ときめくイベントの照明、都市のモニュメントのライトアップ、集客のためのぜい(贅)沢な照明等、暗く貧しい時代には得られなかった楽しさや感動を照明によって得られることを知った。照明が人々の関心を高め、明るさを得る機能から、心に訴える機能へと拡大し、照明文化が芽生えたことなどは、バブル経済がもたらした恩恵であったといえる。

一方、マイナス面としては、経済成長が優先し、二度のオイルショック当時街のネオンが消え、オフィスの照明をこまめに消灯した省エネ意識も、危機を乗り切るとともに忘れ去られたことである。

人々の喜び、集まり、利益をもたらすなら光を贅沢に使い、なんでも競ってライトアップする。その結果、光が都市にあふれ、日本全国が不夜城と化し、“世界一明るい都市、東京”を出現させた。

ライトアップという魅力的なスローガンとともに発展し、光の過剰な消費はエネルギーが有限であり省エネが必要であることを忘れさせてしまった。

今、バブル経済の崩壊で、再び省エネを最優先の課題となってきた。

3. 転換点に立つ照明

我々の生活に必要な明るさを手に入れ、闇を克服した現在も、戦後のモノ不足、電力不足時代の暗いことはみじめであり、明るいことは豊であるという生活体験から脱却できず、

暗さはマイナスのイメージであり明るさはプラスのイメージという照明にいたく方程式は基本的に変わっていない。むしろ光の量に馴れ親しんだ生活は、ますます明るさを求め、水や空気のように、光も無限に得られるものと思いこんでいる観がある。

原始的な火や炎の照明は別として、19世紀以降の近代照明の歴史は、端的にいえば人工光を得るために大量の資源を使用し、大量に光源を作り、大量に器具を作り、大量に消費することによって、照明における需要と供給のシステムを作り上げて、ここまで発展し成長してきた。しかし、今日の地球環境の保護という世界共通の新しい問題は、人工光発明以降の明るさ、拡大志向の価値観に疑問を投げかけ、こうしたこれまでの価値観を否定せざるを得ない問題を提起しているといえる。

そして、これまでは経済力によって豊富に手に入れてきたエネルギー資源も、エネルギーの大量消費も、我が国のバブル時代の崩壊によって経済の面からも、転換を余儀なくされている。

生活と照明のかかわりにおいて、昔のヨーロッパの絵画や日本の建築では光が大事に扱われ、光が生活において貴重品であったことを教えてくれる。大量に消費する現代こそ光はリサイクルの利かない地球資源の消耗品であることをしっかりと認識すべきである。容量に限度のある地球の資源は、経済力によって無限に手に入れてもよいとする考え、また無限定に消費しても構わないとする考えは根本的に成り立たない。我が国のみ経済力にまかせて快適な生活を求めるというエゴは通用しないことを銘記すべきであろう。

これまでは光の量を、よりたくさん使って生活を豊かにしてきたが、これからはいかに上手に使うかという光の量の開発から、光の質の開発へ転換を図っていかなければならない。照明の量が文化のバロメータだった時代から、照明の質が文化のバロメータとなる時代へ転換させなければならない。

地球の限りある資源や環境と、生活の快適化や向上が“共生”していく方法を探ることが、今日の最重要課題である。

4. “ライティングクオリティ”時代への提言

人間と地球との“共生”が現代の最重要課題である。生活をより良く快適にするための一つとして、照明が大きな役割を担っており、照明を発展させるには莫大なエネルギーが必要である。一方、地球環境を守ろうとして省エネを行えば生活がダウンする。この矛盾を解決しながら“生活の向上”“最適照明”“省エネ”を同時に実現していかなければならない状況におかれている(図2)。

4.1 陰翳復興

人工光の明るさによって、空間と時間を拡大してきた照明の歴史の基本的流れの中で、人々は多くのものを失い、多くのことを感じなくなっていることに気付いていない。

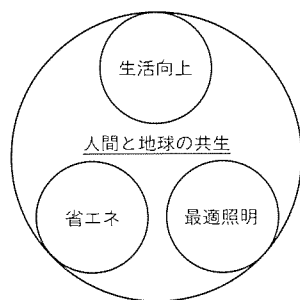


図2. 人間と地球の共生

明るくばかりが照明の良さではないし、単に明るくすることが照明の目的ではない。明るければ安全で安心だという社会通念と、技術開発、産業や経済の方向は当然生活の“明”の方に傾きがあり、力を注いできたため、“暗”の方は関心が薄れてしまっている。

生活には光と影、明と暗の両方が存在して初めて、形や感情をより際立たせることができるのである。

近年問題になっている、照明が明るくて夜空の星を見ることができない、月明り、星空、夜の暗闇の恐怖を体感することが少なくなったなど、過去にはだれもが経験した、自然が与えてくれた美しさや感動を日本人は失った。

自然ばかりでなく人工空間においても、明るさのために空間が平面的になり抑揚がなく落ち着かない。どこへ行ってもいつでも明るさが画一で変化や陰翳（翳）がなくなり、照明の機能で最も大切な心理的效果を、過剰な明るさのため現代人は享受できずに感覚が鈍ってしまったのではなかろうか。

明るさが十分に得られなかった時代がもっていた微量の光を楽しみ大切にする陰翳の良さを復活させ、自然への回帰を図ることが生活をより快適に、より豊かにする。特に精神的豊かさにとって重要なことであると同時に、照明の発展と省エネの矛盾を克服し、両立させるために欠かすことができない前提条件といえる。

4.2 適光適所、適光適時

通常、リビングやオフィス、公共空間やイベントホールといった空間では、多種多様な生活が営まれ、いろいろな使い方や場面が同一空間で行われる。同様に時間帯によっても異なった使われ方が行われ、これらは室内空間のレベル、建築空間のレベル、都市空間のレベルでも同様に多様な目的をもった空間である。

これまでの一般的な照明計画の方法は、同一空間内で最も明るさを必要とする作業や目的に照度基準をおいて計画され、明るさは暗さを兼ねるという無難な考え方でやってきた。この考え方の問題点の一つは、幾つかの対象の明るい方に照度が設定され、暗い方は犠牲になり最適照明とならないことである。

もう一つは、例えば人が居ない所、休んでいる時、必要以上に明るい照明など不必要な光の無駄が生じ、エネルギーの

莫大な浪費を作り出していることである。

これらの問題を解決するために、必要な所に必要な光を、必要なときに必要な光を、すなわち適光適所のコンセプトを設定し実現していく。

実現に当たって特に次の二つの開発課題が重要である。

4.2.1 ソフト技術開発

生活と照明のかかわりを原点に帰って見直す。光を提供する造り手の論理でなく、光を享受する人間を中心においた受け手の論理で、特に照明と生理・心理のかかわりに重点をおき、生活と照明のかかわりにおける、照明の質の解明を行う。

4.2.2 コントロール技術開発

ソフトの開発技術によって求められる適光適所、適光適時を具体的に可能にする高度な光のコントロール技術の開発を行う。

適光適所の目標は、人々の生活をより質的に向上させると同時に、照明のトータル効率を上げることによって大幅なエネルギーの節約にもつながるコンセプトである。

4.3 環境との調和型照明の構築

自然光だけしかなかった照明の時代から、人間は太陽を光源として、地球の自然（大気や雲）を照明器具とし、絶妙な光のコントロールによる偉大な自然照明の恩恵を受けてきた。

地球の資源をエネルギーとして、人工光も技術革新とともに進化し成長を続けた結果、エネルギーを過剰に使い、自らの存続の危機に直面している。

快適照明と省エネの両方を達成し、融合させるためには、自然光の利用の技術開発は欠かせない重要な課題であり、積極的に行う。

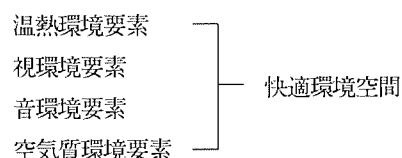
4.3.1 空間事業の展開

建築は光環境を作る大きな照明器具といえる。天井・壁・床・窓・内装は光を反射したり吸収したりする、光環境を左右する重要な構成要素である。

これまでのように照明事業が、単にランプや器具を開発して販売するという単独事業を展開するにとどまるなら、今抱えている環境問題の解決や快適環境の構築は困難である。生活の器である建築空間や、快適環境を構成する設備、内装、器材類を組み合わせ、複合化し、システム化し、業際の枠を越えて協調し、コーディネートする空間事業として展開していく。

4.3.2 トータル志向のアプローチ

快適性は、人間が五感全体で感じるものなので、照明だけでは人々の居住環境を快適にすることはできない。快適環境は五感と関連する次のような環境要素をトータルでコーディネートすることによって作られる。



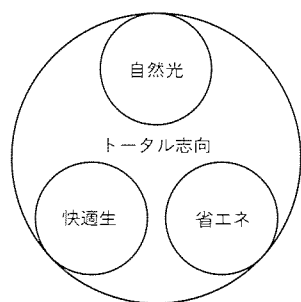


図3. トータル志向のアプローチ

照明単品でなく、照明は快適環境を構成する一要素としてとらえ、空間全体からアプローチして、他の環境要素と一体化して環境問題と調和させていく。

省エネもトータル志向で解決を図る。個々の器機や設備、各々の分野における技術開発による省エネ努力が、重要であることは論をまたないが、都市における地域、建築から個々の部品に至るまでトータルでとらえ、計画し、協調していくことがより大きな効果を生む。例えば、高気密、高断熱住宅と冷暖房、空調、照明をトータルコントロールして省エネを図る。

照明における快適性と省エネの実現において、自然光の重要性は増す。自然光の利用による省エネ効果と、自然光には人工光では得にくい、快適で気持ちの良い光空間を感じさせる力がある。

快適性と省エネを両立させるためには、建築と照明が企画段階から共同し、研究開発することが欠かせない条件となる。

トータル志向のアプローチで重要なのは、グローバルな視点でとらえることである。市場が国内中心だが、地球環境の問題、エネルギーの問題、規格統一など世界の課題へ目を向け、国際協調して解決を図っていかねばならない(図3)。

4.3.3 蛍光灯照明による世界への貢献

我が国に蛍光灯が米国から渡来して以来、約半世紀が過ぎた。この間に様々な技術開発や、改良を経て現在の普及とポジションを実現した。その推移は三つの段階に分けられると思う。

第一段階は、戦後の復興と再建のために、効率良く明るさを得る光源としてランプを中心に普及した。——導入期

第二段階は、蛍光灯と日本のライフスタイルやニーズに合わせて独自の開発や商品化により発展させた。——成長期

例として、環形蛍光灯や蛍光灯シャンデリアなどがある。

第三段階は、需要の変化と成長に伴って蛍光灯も効率を中心とした機能本位から、好みや感性にも訴え得る感覚も重視した商品へ転換を図りつつ現在に至っている。——成熟期

導入当初の蛍光灯照明が抱えていた多くの欠点も基本的には解決され、現在の蛍光灯は次の特徴がある。

- 効率が良い。例として最近の Hf (High frequency) ランプはランプ効率 100 lm/W (100 W 電球は 15 lm/W)。
- 光色が多彩で自由。例として、電球に近い光色も出せる。
- 寿命が長い。Hf ランプの平均寿命 12,000 時間 (電球は 1,500 時間)。
- 形状も小さく多種である。扱いやすい光源である。

初めは外国から導入し、コピーしてきた蛍光灯照明も、長い間の研究開発や試行錯誤を繰り返しながら、現在では世界で先進国の地位を築きつつある。第三段階の成熟期から経済の低成長、地球環境との調和という新しい問題に対して、蛍光灯照明を中心に、戦後の暗闇の開放から人々に親しまれ生活に密着した照明として発展させてきた経験を生かして、世界の照明の快適化と省エネに貢献し、蛍光灯照明が、世界の人々に受け入れられるように完成させていきたい。

5. む す び

現在、我が国の照明は、バブル経済の崩壊後の不景気という深刻な打撃を受けているが、照明においても地球環境との調和が最重要課題であると認識している。

有限な資源の中の快適性の追求という課題に対して、これまで開発を中心に、当社の方向性や具体策について述べてきたが、照明の提供側の方策や技術開発だけで解決し得ない問題である。人々が光は地球の有限な資源の消耗品であるという認識のもとに、光を大切にすることを。生活習慣となっている、エネルギーを考えない明るい贅沢な照明イコール豊かで快適と思わない、意識の変革に長期的に取り組まなければならない。

照明のオリジナルアイデアも、照明のエネルギーも外国に依存し、供給されて成り立っている。これまでに培った技術や経験を生かして、いくらかなりとも世界に貢献できる道を探っていきたい。

住宅照明のデザイン開発と技術動向

滝澤文信*
大下裕司**

1. ま え が き

経済的豊かさは、住生活に対する意識を向上させインテリアへの関心を急速に高め、家具・敷物・カーテンなどの充実とともに住空間の快適性を効果的に作り上げる照明の役割が見直されている。

照明における快適性とは、視作業や視行動に対して目に最適な明るさを確保する生理的基本機能と住生活にうるおいを与え雰囲気盛り上げるといった心理的機能の両面により、生活環境を向上をさせることである。しかし、現代は世代・地域・家族数・趣味趣向・住宅構造などにより、生活スタイルや価値観が複雑に多様化しており、白熱灯を主体にした欧米的照明手法だけでは、日本人が求める快適性を達成できない。

このような背景から当社では、住宅内の生活シーンを分析して照明に求められるニーズを抽出し、製品開発に反映している。現在、潜在ニーズを含め、新しいニーズを実現する手段として、光源、点灯回路、点滅制御技術、照明用新素材技術等の進歩による基本技術の確立と光源や配光の組合せによる演出性の高度化、さらに住宅設備機器との複合化やシステム化などによるインテリア性や利便性が向上し、日本独自の照明文化を築きつつある。

本稿ではデザイン開発の視点から住宅照明をとらえ、生活者の快適性を実現する最近の技術動向を事例で紹介する。また、事例の製品評価を試み快適性に対する検証を行う。

2. 住宅照明における照明デザイン

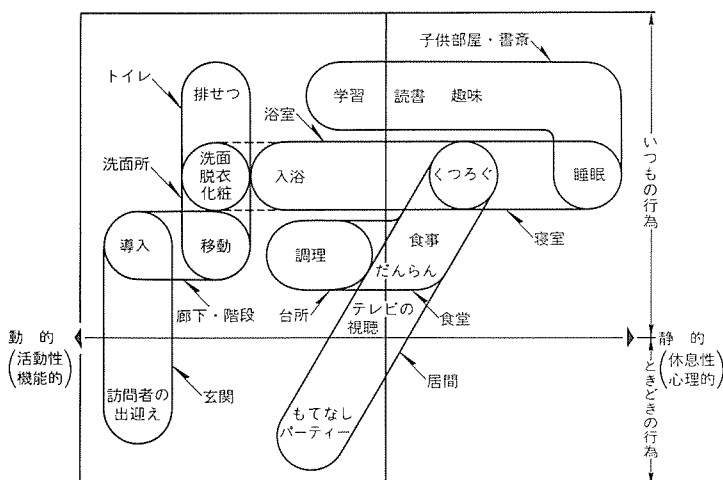


図1. 生活空間と生活シーン

照明デザインの開発に当たっては、その背景になる“生活空間”と“生活行為”の研究・分析が必要である。一般に住宅の“生活空間”を分類すると、次の三つのグループに分けられる。

(1) 作業や移動を目的とした機能的な空間

例：玄関・階段・廊下・台所・洗面所・浴室・トイレ

(2) だんらん・語らいなどを目的とする集いの空間

例：居間・食堂

(3) プライバシーを尊重する個人空間

例：寝室・子供部屋・書斎

上記空間で行われる“生活行為”は、価値の多様化、ライフサイクル・ステージによって多少異なるが、住まう・食べる・休む・働く・遊ぶ・寝るなど基本的な生活行為は共通で定型化している。

以上のことから“生活空間”と“生活行為”は個々に独立することはなく、双方が関連することで生活シーンが形成され、同時に照明の必要性も生まれる。このような両者の相互関係を図1のように表すことで、空間の構成と空間における行為の動的及び静的尺度が把握できる。そして各々の空間で行われる行為により、求められる照明の役割が明解になる。例えば、“くつろぐ”という行為に対しては“温かく、くつろげる”という役割が生じる。それぞれの空間から考察できる役割は表1のように整理できる。

表1から分かるように多様な生活に対応する照明は心理面

表1. 住宅照明の役割

快適な視環境を実現する明かり	
住宅照明の役割	(1) 温かく、くつろげる。
	(2) コミュニケーションの広がり演出する。
	(3) 生活の工夫・楽しさが感じられる。
	(4) 生活シーンに合わせた。
	(5) 空間に美しく調和し、物を美しく見せる。
	(6) 広がり・ゆとりを感じる。
	(7) 創造性や個性をはぐくむ。
機能面	(1) 必要な明るさを確保できる。
	(2) 使い勝手のよい。
	(3) ライフステージを配慮した。
	(4) 目などの健康を配慮した。
	(5) 安全性を配慮した。
	(6) 経済性に対して配慮している。
	(7) メンテナンスを配慮した。
心理面	(8) 物の色や質感を正しく表現する。

と機能面の役割がある。その比率は器具の設置される空間や使用目的によって異なる。その相違は使用目的の異なる製品機種として現れる。このようなことから照明デザイン開発は図2に示すように“空間”“行為”そして“光”の3要素が核となると考える。

3. 住宅照明のトレンドとステップアップ

ここでは実際のインテリア計画の中で、どんな明かりが取り入れられているか最近の住宅照明動向をもとに述べる。

住宅照明のデザイントレンドを居間の主照明を例に顧みると、手軽なペンダントに始まりヨーロッパスタイルの豪華なシャンデリアを経て、生活空間を広く見せ圧迫感の少ないシーリングライトの時代にきている。最近の照明プランではシーリングライトとダウンライトを併用したり、ダウンライト

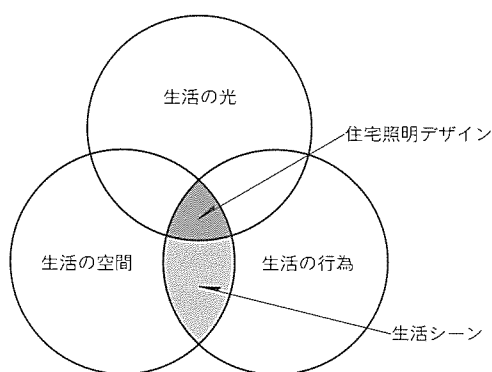


図2. 住宅照明デザインの要因

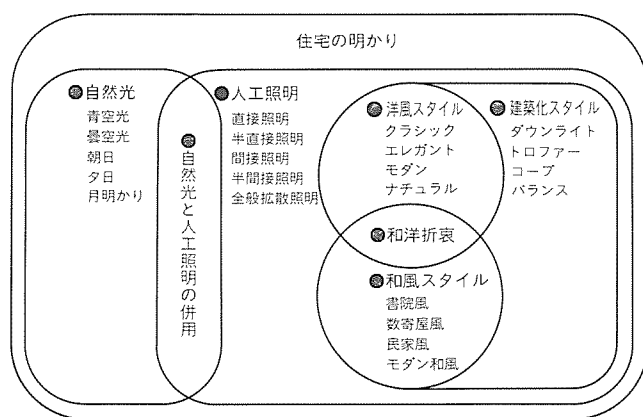


図3. 住宅照明の様式と照明手法

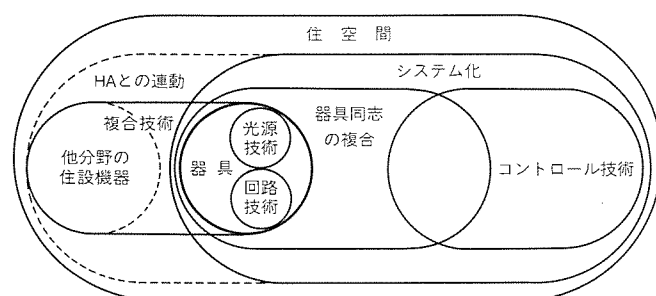


図4. 住宅照明の技術展開

中心にブラケットやフロアスタンドを組み合わせることも多い。今後は建築化照明の時代に向かうと言われているが、完全にその方向に移行することはなく“器具を主張する照明”と“光を主体とする照明”の2極化傾向が進むと予想される。

一方、インテリア様式の観点から器具をとらえると、図3に示すようにインテリアスタイルの分類から派生した器具デザインの多様化は和洋折衷傾向と代表的スタイルを核にした集約化傾向にある。さらに、汎用性の高い器具が一般化することで建築化照明や自然採光との組合せが容易になり、住宅照明デザインの新しい展開が可能となる。

このような、我が国の現在に至る住宅照明の変遷は、欧米と異なる“四つの快適性を向上させるステップ”として、とらえることができる。

(1) 第1ステップ：基本機能の構築

明るさと経済性を追求し、蛍光灯を積極的に取り入れた1室1灯の時代。暗い時代の反動として、自然な欲求として定着。

(2) 第2ステップ：住空間との調和

インテリアに対応する器具デザインが尊重されるトータルコーディネート。ハウスメーカーやコーディネーターの要望を反映。

(3) 第3ステップ：光演出の創造

光の組合せやその変化を住環境の演出に取り入れた時代。メーカーが新技術を導入した高付加価値照明の提案。

(4) 第4ステップ：人・社会環境との協調

より人や社会環境の視点に立った、優しさをテーマにした時代。ものの本質を見極めた快適性の探究。

これら四つのステップはその時代を反映させたものだが、一般概念では次のステップに移行する場合、“明るさを追求した時代”というような表現で前のステップを過去の価値として否定する傾向が強い。むしろ各ステップがオーバーラップして今日の住宅照明を構築し、多様化した生活者の要望に対応していると考えられる。したがって、各ステップのデザイン及び技術テーマは継続して研究され、その成果が常に新製品に導入されることが、機能面だけではなく照明デザインに大きな進化をもたらす。

4. 快適性を目指す製品展開

当社が進める住宅用照明の技術展開は、図4に示すように器具の基本技術である光源と回路技術の向上（第1ステップ）を軸に光源を含めた器具の複合化と住設機器との物理的複合化がある。そして、それらを支える高機能電子コントロール技術がより高度な照明手法を実現させ、器具相互間のシステム化を推進させている（第2～3ステップ）。さらに、システム化の将来は、セキュリティを中心に伸長するHA（ホームオートメーション）との連動化が予想される。

以上の流れにそって、最近注目される照明分野の製品技術

動向を、テーマ別事例で説明する。

4.1 光源の多様化と点灯回路

住宅分野の光源としては蛍光灯と白熱灯が主として使用されている。最近の動向として、それぞれ小型化・薄形化が促進され、器具の個性的デザインが容易になった。この節では幅広いユーザーニーズに対し、新しいデザイン展開と技術革新で対応する蛍光灯について記述する。

(1) 学習スタンド

蛍光灯のハイテク化が最も早く、急伸長したのが蛍光灯スタンドである。急伸長の要因としてコンパクト形蛍光灯とインバータの搭載があげられ、目の健康を考えた明るさとコンパクトなデザインが需要を拡大した。

卓上スタンド BS3481 (図5) は更に機能を高めるためセード、アーム、本体(ベース部分)のそれぞれに可動部を設けた3可動方式の採用で、従来形に比べてセードの動きの範囲を拡大し、必要な位置にスムーズに移動できるようにした。このことで幅広い使用者への快適な使用感を実現している。また、本体は厚さ45mm、幅58mm、長さ240mmまでスリム化し、インテリアの調和と収納時の省スペースを図った。

(2) シーリング

従来、我が国の代表的住宅用照明器具であった蛍光灯ペンダントに代わり、蛍光灯直付け器具の需要が急速に増えていることは前述したとおりであるが、その背景には低天井という日本の住宅事情のほか、蛍光灯の技術革新と天井への取付簡易化、ランプ交換や清掃性の簡易化など省施工・省メンテナンスに対する技術導入がある。

省施工取付方式の蛍光灯直付け器具(当社“まわしてポン”)は天井に引掛シーリングが設置してあれば、専用アダプタを使用することにより、工具なしで取付けができるものである。

引掛シーリングには5kgという質量制限があるが、電子安定器を使った器具の軽量化技術がこの取付方式を可能にしている。この器具には赤外線リモコンによる遠隔操作ができる機能が盛り込まれ、蛍光灯の点滅以外に25Wミニ電球の

0から100%の連続調光が可能で、生活シーンによって明るく変えたり常夜灯として活用できる。

また、最近、快適性ややすらぎ感など心理面が重視される傾向から電球色蛍光灯を搭載する比率が高まり、電球色を効果的に見せる器具デザインが充実している。

4.2 複 合 化

複合化には二つの目的がある。一つは快適な生活を演出することであり、もう一つは複数の機器を統合してインテリア性の向上を図ることである。

4.2.1 一体型多機能照明器具“シーン”

居間など多様な生活行為が行われる空間では生活場面に合った照明が求められる。1台の照明器具に複数の光源を使用し、直接光・間接光などの照明手法を用いて生活場면을演出するシーンは、この要望を満たす新しいジャンルの演出照明器具として急速に普及している。

シーンは様々なスタイルが開発されたが、インテリアに合わせやすく購入しやすい価格帯の丸形直付けタイプがスタンダードタイプとなっている。最近開発されたZG6も、丸形直付けタイプをベースに市場からの要望を反映させ、次の改善がなされている(図6)。

- (1) 直接光の全般照明を蛍光灯72W(40W+32W円形蛍光灯)から蛍光灯102W(40W+32W+30W円形蛍光灯)に変更し、高照度化を図った。
- (2) 間接光の高照度化と器具の天井密着性を両立させるため、間接光源にミニ電球25Wを4灯使用し、明るく均一な光を実現した。また、間接光使用時に器具全体が影になり圧迫感を与えていたが、間接光源の反射板を乳白半透過素材によって、半間接効果を作り解決した。
- (3) 直接光に使われるスポット部は、従来デザイン的に強調される傾向にあったが、器具のシンプルさを重視するため下面カバーに同化する形状と素材にした。

シーンの概念が定着した今、機能、特長を整理したコスト対応力のある完成度が求められている。

4.2.2 ifペンダント

iはincandescent lamp(白熱灯)、fはfluorescent lamp(蛍光灯)を意味する。つまりifペンダントとは白熱灯100Wボール球と蛍光灯72W(40W+32W円形蛍光灯)の複



図5. 学習スタンド BS3481

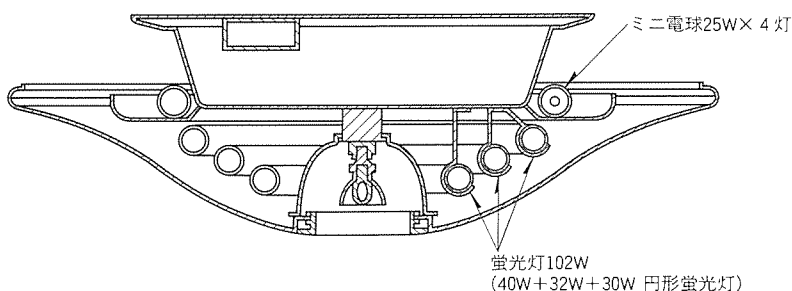


図6. シーン ZG6

合ペンダントに豆球5Wの機能が付いたものである。それぞれの点滅切替はプルスイッチなので、リモコン操作のシーンより単純化している。器具の特長としては、蛍光灯の活動的でさわ(爽)やかな光色と白熱灯ボール球の温かく、優しい光色の使い分けが簡単にできるもので、簡易的な演出照明といえる。

4.2.3 他分野の住設機器との複合化

住宅には様々な住設機器が使用されているが、これらと照明を複合化し、空間と調和させることでインテリア性の向上を目指す製品が実用化されている。例えばダクト用換気扇と照明器具を複合化することにより、“見せたい照明”と“見せたくない換気”を実現し、高級化の進む一般戸建住宅や集合住宅に対応している。また、天井埋込み形エアコン用吹出し口と照明器具を複合させた照明付きエアコン用吹出し口で、照明・換気システムと同様に天井面がすっきりと整理され、住宅や店舗に使用されている。

4.3 コントロール技術とシステム化

様々な住設機器を作動させるには、センサやリモコンを除けば壁スイッチで行うのが一般的である。壁スイッチには照明専用の単純な点滅スイッチから3路スイッチや調光スイッチなど多種多様なものがあり、さらに換気扇用や空調用が加わるので、複数を設置する場合には異なる形状、仕上げでは視覚的に見苦しい。このような事情からスイッチパネルの統一化がデザイン的に必要不可欠となり、当社では形状・高さ・色調・文字などの統一を進め、“相互の互換性”“インテリアとの調和”“操作性の向上”を目指している。

また、照明自体も、これまで1部屋に複数の照明器具を設置する場合、それぞれの器具ごとに壁スイッチや調光器を設置する必要から壁面が整理されていない上、スイッチ操作が複雑なため一般の家庭では生活に対して光を変化させていない。この1室多灯による演出照明を容易にするのがシーンコントローラである。このシステムは4回路の照明器具に対し、点滅又は調光の状態の4パターンをあらかじめ設定記憶することができ、コントローラのボタンを押すだけで設定した照明パターンを再現することができる。接続できる器具はシャ

ンデリア、ブラケット、ダウンライトなどユーザーの選択範囲が広く、シーンと比較し、より高度な演出照明が可能である。

5. 快適性評価

事例では様々なデザイン開発と技術の結び付きを述べてきた。各々の製品には快適性を実現させるため多様な技術が導入されていることが分かる。

前述したように、住宅照明の役割には心理面と機能面の両面があり、その比率は使用目的によって異なる。現在、比率を示す比較基準がないため、製品相互の比較評価がしにくい。そのため、全く異なる使用目的で作られたものを同じ価値観で評価したり、その逆に異なる使用目的で開発しても、結果的に類似の製品になることが多い。

そこで、心理面・機能面を同時に把握し、その評価をビジュアルに比較できる方法が図7の立体表現による製品評価法(以下“立体製品評価手法”という。)である。以下、評価手法を紹介し、先に挙げた事例をもとに検証を行う。

5.1 立体製品評価手法の考え方

立方体底面の1辺に3章で述べた第2ステップの“住空間との調和”を示す価値基準を設け、他の1辺に第3ステップ

表2. 評価項目一覧

	評価項目	目盛
基本機能の構築	(1) 必要な明るさを確保している。	1
	(2) 目に優しい光である。	1
	(3) 用途に合った配光である。	1
	(4) 経済的である。	1
	(5) 高効率である。	1
	(6) 安全性が配慮されている。	1
	(7) メンテナンスが容易である。	1
	(8) 省施工である。	1
	(9) 操作が簡単である。	1
	(10) 機能的である。	1
住空間との調和	(1) 様式が明快である。	1
	(2) トータルデザインである。	1
	(3) 素材感、質感が適切である。	1
	(4) 薄形化、小型化を実現している。	1
	(5) 調度品と調和しやすい。	1
	(6) 機種同志でコーディネートできる。	1
	(7) 天井、壁と密着感がある。	1
	(8) 味わいが感じられる。	1
	(9) 美しい造形である。	1
	(10) 計算された色彩である。	1
光演出の創造	(1) 複合化した光源の切替えができる。	1～2
	(2) 生活シーンに合った配光に可変できる。	1～2
	(3) 調光ができる。	1
	(4) 生活シーンに合った光色が選べる。	1
	(5) 光の抑揚が表現できる。	1
	(6) 間接光が使われている。	1
	(7) 光がシステム化されている。	1
	(8) 創造性や個性をはぐくむことができる。	1

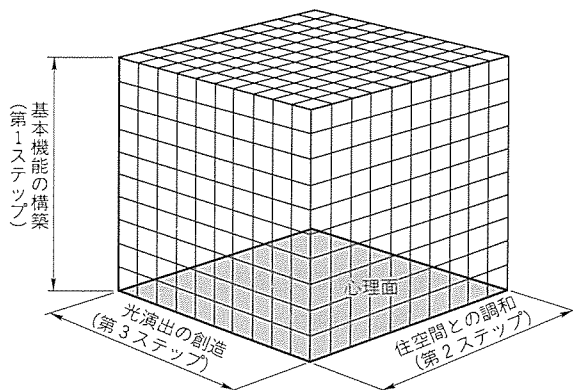


図7. 製品評価ボックス

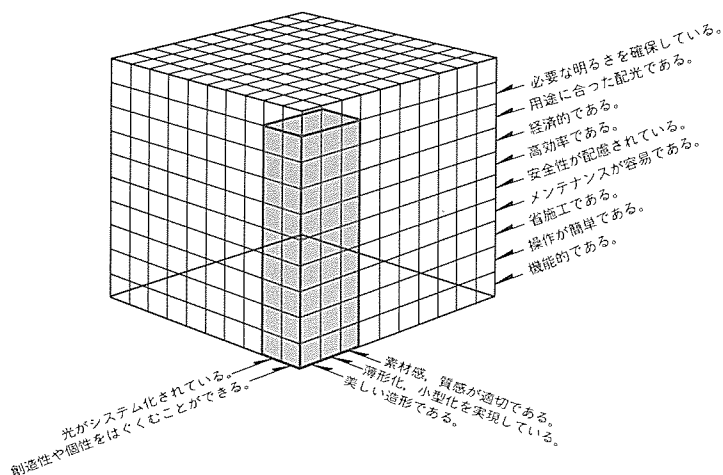


図 8. 学習スタンド BS3481 の製品評価

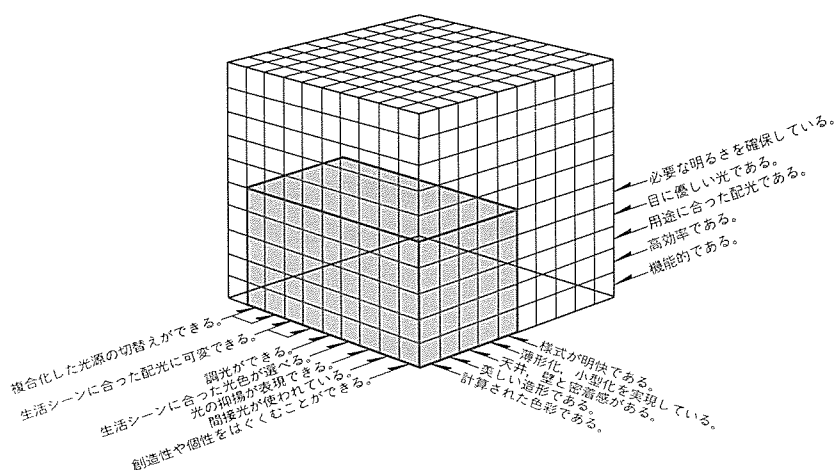


図 9. シーン ZG6 の製品評価

の“光演出の創造”を示す価値基準を設定する。この2辺をもとに構成される面積が心理面の価値評価となる。面積が広いほど心理的な効果が充実していることになり、その形状が長方形になった場合は、長辺になった方の価値基準に片寄っていることになる。底面と垂直に立ち上がる立方体の高さに当たる部分は第1ステップの“基本機能の構築”とし、照明器具の特性をどのくらい満たしているか判断する基準となる。

このように価値評価を立体的に表現することは、従来平面マップで行っていた製品評価をビジュアルにとらえ、併せてその量を感覚的に知ることができる。

評価作業では、各ステップの評価項目(表2)を“yes”“no”による感性評価で判定し、10等分の目盛を埋める。項目の内容表現が一部抽象的になるので“従来と比較して”とか“その機種群にあっては”というような経験をベースとした個人の判断を必要とする。

5.2 製品の評価例

ここで取り上げる事例は、学習スタンド BS3481 とシーン ZG6 とした。両者は同じ照明に属しながら、その開発コンセプトが全く異なるので、明快な相違が見られると判断し

たからである。実際に評価して、次の結果が得られた。

(1) 学習スタンド BS3481 は図8 から分かるように基本機能の評価が高く、市場の評価と整合している。今後はインテリア性や演出性が加味された新ジャンルの展開が考えられる。

(2) シーン ZG6 はコンセプトどおり光演出面で高い評価となっている。しかし、メンテナンスや施工性といった機能面及びインテリアとの調和などの部分で、改良の余地が残されている(図9)。

このように価値評価の中から、その製品の取り組むデザイン開発テーマや今後展開すべき技術の方向が見えてくる。まだ手法的には試案の段階であり、今後は様々な製品評価を重ね、完成度の高い評価分析法にしたい。

6. む す び

快適な視環境実現のため、デザイン開発の視点から住宅照明技術を展望した。住宅照明の特性から機能面、心理面で個々の製品を評価すると、その器具の役割が明快になり、今後の製品展開が見えてくる。景気が低迷している現在、立体製品評価手法は肥大化した製品群を集約化し、効果的機種構成で多様化するニーズに対応する手段となる。

また、今後の照明デザインテーマとして“人・社会環境との協調”を取り上げ、より人に優しく地球環境問題に対応した開発を推し進めたい。

参 考 文 献

- (1) 島崎 信 監修：ライティング事典，第3章 照明と環境，第4章住宅の照明，産業調査会
- (2) 渡辺和子：快適な暮らしの環境を提案するビジュアルプレゼンテーション，ハウスリビング，1992 Autumn，(株)日本住宅新聞社
- (3) 願念和雄，大下裕司，沢田春海：生活シーン演出照明器具《シーン》，三菱電機技報，65，No.8，794～800 (1991)
- (4) 大塚忠弘：資料「照明器具」特集，1. 総説，照明学会誌，76，No.11，592 (1992)
- (5) 横田健治：生活シーンと照明，照明学会誌，76，No.11，629 (1992)

パネルライティングとその応用

明道 成*
狩野雅夫**
竹花一志**

1. ま え が き

照明は室内環境を構成する重要な要素であり、室内環境の快適化のため、照明の改善は不可欠である。照明の改善では、照明器具の室内環境への調和・一体化が第一に実現すべき目標であり、存在感の少ない薄形照明器具が要求されている。

これらのニーズにこたえるために、まぶしきの少ない面発光で、シャープな配光制御と照明器具の薄形化を可能とする面発光照明技術“パネルライティング”を開発したので報告する。

2. パネルライティングの原理

図1はパネルライティングによる照明器具の構成を示す断面図である。光パネルは透明メタクリル樹脂板（アクリル板）の導光体を積層したもので、パネルライティングは、光パネル、細管蛍光灯ランプ、反射板を組み合わせた面発光照明技術である。

図に示すように、光パネルは入射端が同一平面で、出射端が階段状になるように導光体を積層したもので、蛍光灯ランプから発せられた光は入射端から導光体に入射し、入射光は導光体内部を、光ファイバーの内部を進む光のように、全反射を繰り返しながら出射端に進み、出射端に設置された反射面によって所定の方向に反射され、照明器具の外に出る。

このような全反射の経路を通して進む光は、光パネルに入射する光のうち、ある一定範囲の入射角の光に限られる。したがって、方向がよくそろっており、反射板で反射された光も一定角度方向に大きな光度をもつ指向性配光となり、合成配光は図2に示すようなバットウィング配光となる。

以上述べた構成をとることにより、例えば蛍光灯ランプに管径16mmの細管ランプを使用した場合、照明器具の厚さとして20～40mm程度が実現でき、従来、困難であった照明器具の薄形化とシャープな配光制御を両立させることができる。

積層導光体に蛍光灯ランプ・反射板・拡散板を組み合わせた

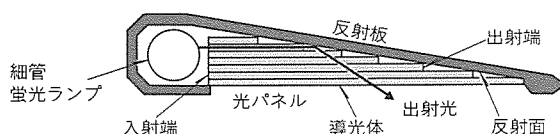


図1. パネルライティングの構成

内照式の看板は既に報告されているが、拡散板面における輝度の均一化をもつばら指向し、導光体の板厚を薄くしたり、拡散板の拡散特性・指向特性を検討することで対応していた。

3. パネルライティングの特長

(1) 薄形・面発光でシャープな配光制御

従来の反射板による照明器具技術では、パラボラ反射板などを使用してバットウィング配光を得ているが、照明器具の厚みが少なくとも、パネルライティングの場合の約2～3倍となり、薄形化とシャープな配光制御を両立させることは非常に困難であった。

パネルライティングでは、2章で述べた原理により、薄形で、かつ、光を所定の角度方向にシャープに集光したバットウィング配光を高効率で実現することができる。このため、照明器具付近だけでなく照明器具から離れた位置まで、高照度、高均斉度で照明できる。また、ランプからの光は光パネルの出射端に導かれ、出射端が光って二次光源となることで蛍光灯ランプの線状発光を面状に展開しているため、面状発光も同時に実現することができる。

(2) ランプの存在を意識させないランプレス感覚

ランプからの光をパネルに入射させ、面状に展開しているため、蛍光灯ランプのイメージがほとんど外に現れず、ランプの存在感がなくデザイン的にざん（斬）新で、いわばランプレス感覚の照明器具が実現できる。

(3) まぶしき、疲労の少ない、目に優しい光

配光をバットウィング配光として光を斜め方向に集光させ

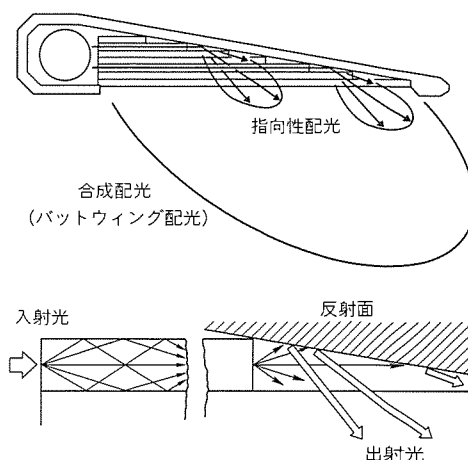


図2. バットウィング配光の生成

ているため、視作業照明器具（タスクライト）として使用した場合、机上面から光源まで取付高さを従来のタスクライトより低く設置することができる。したがって、通常の文書作業では、机上面からの反射光は低い位置を通過するため、目に入りにくい。また、反射光が目に入った場合でも光パネルにより、線状の高輝度光源を面状の輝度の低い光源に展開しているため、反射グレア（まぶしさ）の少ない照明が実現できる。また、照明器具の発光面が直接目に入った場合でも、ランプの高輝度の光が直接見えないため、まぶしさ（不快グレア）も大幅に軽減される。

4. タスクライトの開発

上記の特長を最もよく生かせる照明器具として、タスクライトを開発した。タスクライトの目的は作業面（机上面）を高照度、低グレアで照明することである。

この章では、光源として管径16mmの27W細管蛍光ランプ（FHL27EX）を使用し、タスクライトとしての必要な照度特性を実現するために、光パネルに着目して検討した結果を述べる。

4.1 目標照度⁽¹⁾

図3に想定したタスクライトと作業面の位置関係を示す。作業面は北米照明学会編 IES Lighting Handbook を参考に、机上面の書類などの視対象物を置いて高度な視作業を行う“中心エリア”と、その周囲の“周辺エリア”に分けた。タスクライトとしての光パネルの検討は、試作照明器具によって光パネルの各パラメータを変化させて行った。各パラメータでの最終照度チェックは、全般照明による照度上昇分100(lx)を含んだ照度によって行ったが、各パラメータ決定過程ではタスクライト照射方向の中心線上の照度分布をもとに、全般照明による照度上昇分を含まない条件で行った。目標照度についても IES Lighting Handbook を参考に、以下に示すように決定した。

(1) 中心エリア

- 平均照度 750(lx) 以上

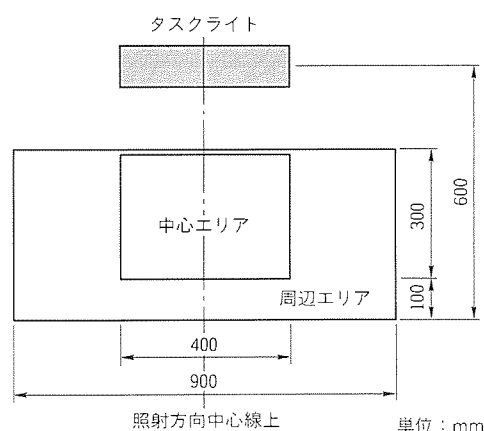


図3. タスクライトと作業面

- 照度均斉度（最小照度／最大照度） 0.33 以上

(2) 周辺エリア

- 平均照度 中心エリア照度の1/2程度以上
 - 最小照度 200(lx) 以上
- ただし、全般照明による照度100(lx)を含む。

4.2 配光制御

配光制御は図4に示すように、光パネルの奥行き寸法を変化させることで実現できる。光パネルの奥行き寸法が小さくなるにつれて、光パネルを使用しない配光に近づき、指向性が小さくなっていくことが分かる。器具効率は奥行き寸法100mmの場合で、約50%であった。

4.3 照度特性

(1) 光パネル奥行き寸法

図5は一定の取付高さで、光パネルの奥行き寸法を変化させたときの照射方向中心線上の照度変化を示す。図から、奥行き寸法が変化した場合、中心エリア内での最大照度はほとんど変化しないが、最小照度は大きく変化し、奥行き寸法が大きいほど照度均斉度は良い。最小照度500(lx)（照度均斉度0.33以上となる最小照度）を得るためには、光パネルの奥行き寸法をおおむね80mm以上とすればよい。

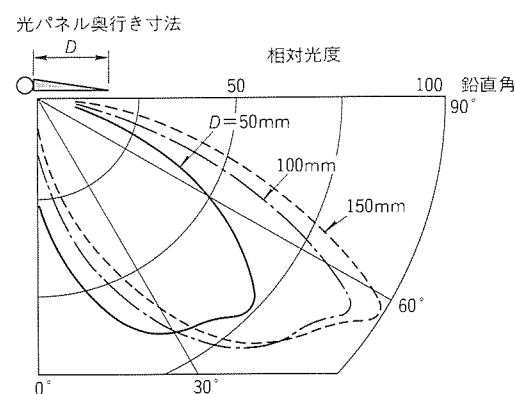


図4. 光パネル奥行き寸法と配光特性

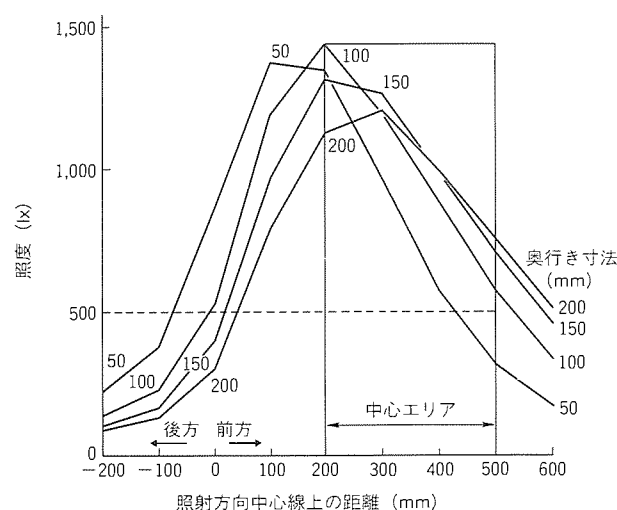


図5. 光パネル奥行き寸法と照度特性

(2) 光パネル間口寸法

光パネルの大型化は照明器具質量を増大させる結果となり、さらに、光源のフィラメント付近は輝度が低く、この領域まで光パネルを広げても照度特性の改善に寄与する割合は小さい。タスクライトとしてはできるだけ光パネルの間口寸法を広げずに照度を保つ必要がある。図6は光パネルの間口寸法と光の照射方向中心線上の照度変化を示す。図から間口寸法が300mm以下になると照度は急激に低下することが分かる。図7はランプの輝度分布を示し、間口寸法300mmがランプ輝度がピーク輝度の75%の位置に相当することを示す。

(3) 取付高さ

図8は奥行き寸法100mmの光パネルのタスクライトの取付高さを変化させたときの光の照射方向中心線上の照度変化を示す。この図から、中心エリア内での中心線上で照度均斉度0.33以上得るためには、奥行き寸法100mmの光パネルの場合、取付高さを250mm以上とすればよい。

4.4 紫外線遮断効果

アクリル板はガラス板に比べて紫外線透過率は大きい、パネルライティングの場合、透過する光路が長い、紫外線遮断効果は大きい。表1に紫外線遮断効果の例を示す。

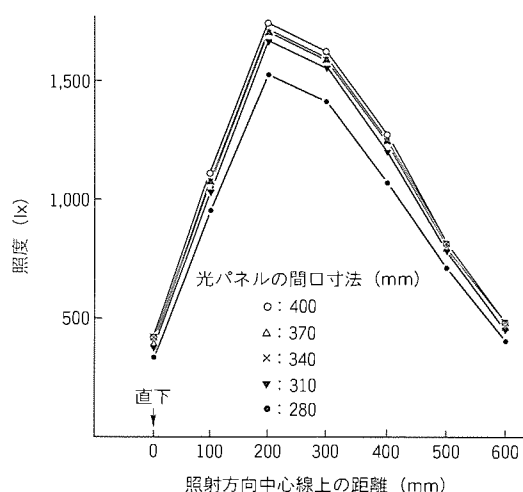


図6. 光パネル間口寸法と照度特性

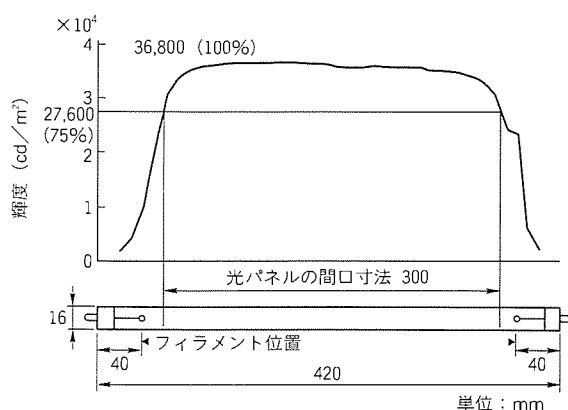


図7. ランプ輝度分布

4.5 開発品

4.3節での検討結果に基づき、オフィスのパネルシステムに取り付けるタスクライトを開発した。この開発品は(株)イトーキから、統合型オフィスシステム CR-II のタスクライトとして発売されている(図9参照)。光源、光パネルの仕様を以下に示す。

- (1) 光源 27 W 細管蛍光ランプ
(FHL27EX-N 管径16mm)
- (2) 光パネル 2 mm 厚 7 枚重ね

表1. 光パネルによる紫外線遮断効果例

単位: W/m²

波長域 (nm)	紫外線放射照度		
	250~299	300~349	350~380
光パネルなし	0	141.0×10^{-4}	187.2×10^{-4}
光パネルあり	0	7.0×10^{-4}	4.5×10^{-4}

注 数値は照度1,000 lxで照明した被照面の値を示す。

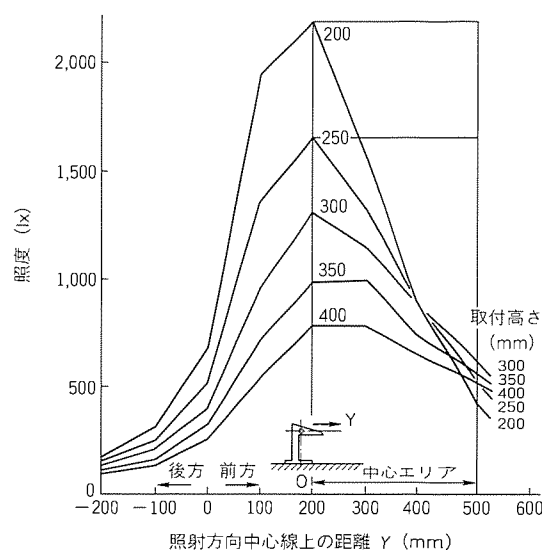


図8. 照明器具取付高さと照度特性

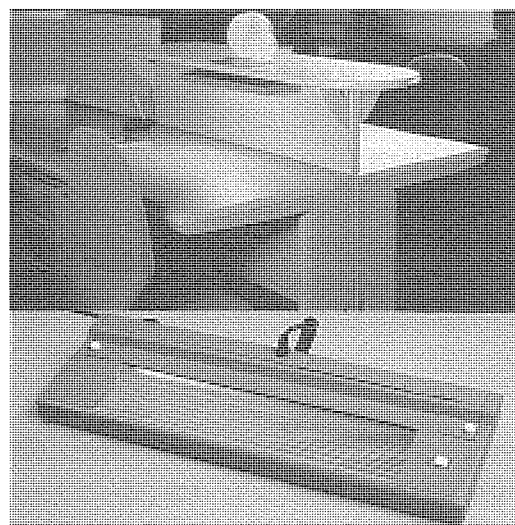


図9. タスクライト (提供: (株)イトーキ)

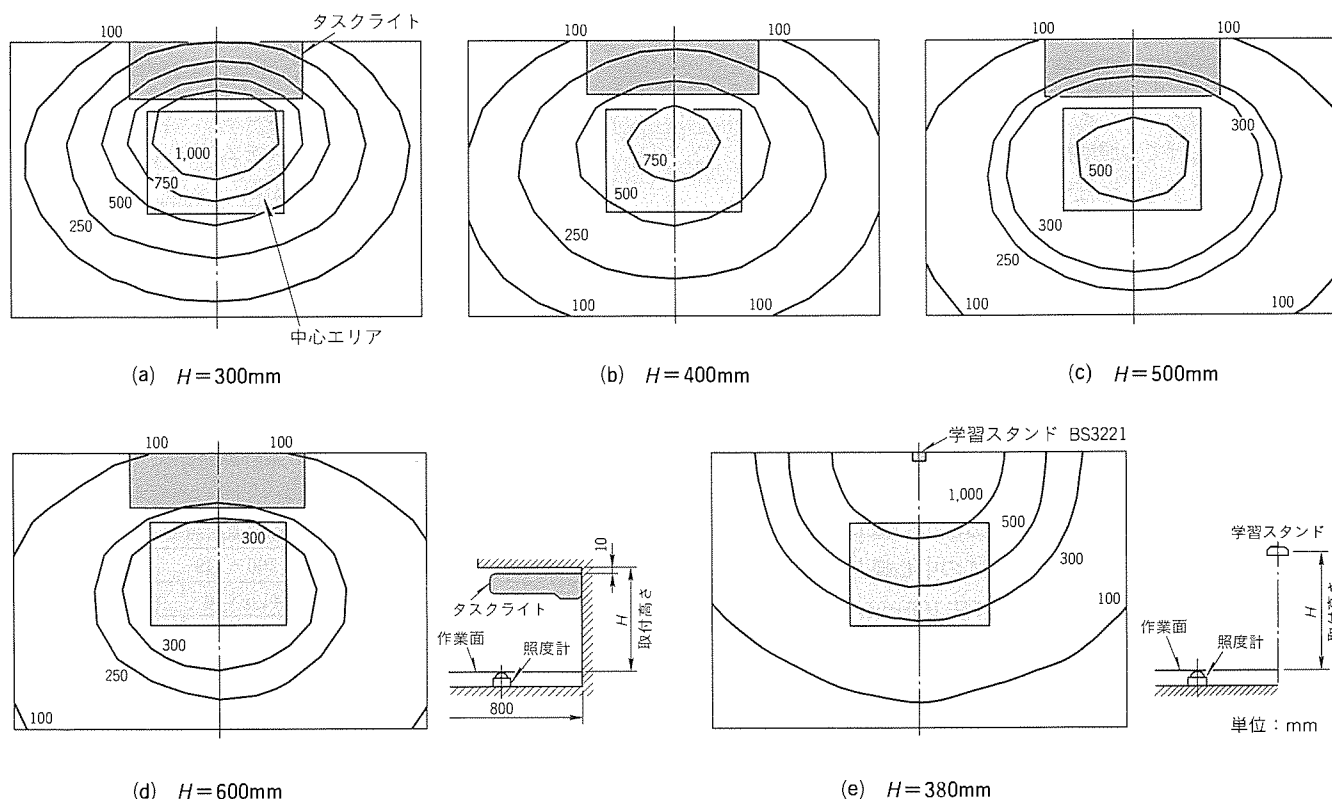


図10. 開発品による照度分布

表 2. 開発品による照明効果

照明器具 取付高さ (mm)	中心エリア		周辺エリア		照 度 比 周辺/中心
	平均照度 (lx)	照度均斉度 最小/最大	平均照度 (lx)	最小照度 (lx)	
300	1,097	0.35	493	212	0.45
400	800	0.56	479	288	0.60
500	601	0.69	427	312	0.71
600	458	0.70	368	302	0.80
380**	690	0.24	370	199	0.53

注 (1) 数値は全般照明による照度100 lxのときの値を示す。

(2) 取付高さ380mm照明効果(**で表示)は現行学習スタンドBS3221による値を示す。

間口寸法340mm, 奥行き寸法80mm

取付高さを300～600mmの範囲で変化させた場合の照度分布, 及び従来の学習スタンドによる照度分布の例を図10に示す。図から開発品は取付高さを300mmとした場合でも, そのままの取付位置で中心エリアを効率良く照明できるのに対し, 従来の学習スタンドでは, 中心エリアで必要な照度を得るためには, 照明器具を手元に引き寄せて使う必要があることが分かる。中心・周辺エリアにおける平均照度, 照度均斉度などの照明効果を表2に示す。

5. 応 用 展 開

光パネルと蛍光ランプとの組合せという機能的・意匠的に新しい照明器具要素の開発により, 4章で述べたタスクライトだけでなく, 住宅・店舗・オフィスなどに, 従来にないデザイン及び応用展開が可能となる。さらに, 一般照明用だけ

でなく, 光オブジェなどの感性・芸術性を取り入れた照明デザイン展開も考えられる。

ここでは, パネルライティングの応用展開として, バットウィング配光を利用したものほかに, 薄形均一面発光の特長を利用した例も紹介する。

5.1 バットウィング配光

図11(a)～(d)にバットウィング配光の応用展開例を示す。

図(a)はコンピュータ端末用照明に使用した例で, 図4に示す配光から, 図のように取り付けても画面にほとんど光が入射しないため, 画面のコントラストが低下せず, しかも, 机上面に置かれたキーボード, ドキュメントなどを照明できる。

図(b)は流し元灯として使用した例で, つ(吊)り棚の奥に取り付けてもバットウィング配光により, 手前まで照明できる。

図(c)はサンバイザーに取り付けた例で, 電池で小型蛍光ランプを点灯し, 顔面の向く方向に対応して, 照明も移動する。

図(d)は車の後部座席用照明として前部座席の背面に取り付けた例で, 運転の障害にならず, 発光部も目に入らない。使用しないときは, 座席にたたんで格納できる。

5.2 薄形均一面発光

光射出方向に拡散板を設置して作った均一発光面に透過型の写真を置いて, リラクゼーションパネルとした例を図12に示す。光源は管径25.5mmのHf蛍光ランプを2灯, 光

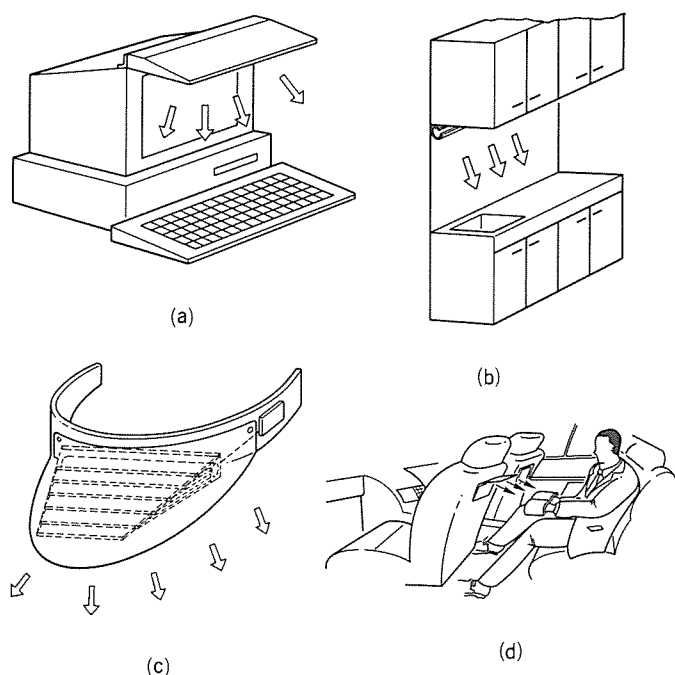


図11. バットウィング配光の応用展開例

パネル2セットを対向させて使用し、出力 $45 \times 2 \text{ W}$ で点灯している。表示面寸法は $1,000 \text{ mm} \times 750 \text{ mm}$ であり、拡散板表面で平均 $1,600 \text{ cd/m}^2$ が得られている。輝度均一化の方法は従来から行われている導光体の板厚を薄くし、階段のピッチを小さくする方法ではなく、階段状に配置された光パネルの踏み面に相当する部分に拡散処理を行って対応した。積層導光体で均一輝度面を得る方法は、特に大型発光面を実現する場合、むく（無垢）平板導光体を使用する場合に比べ、軽量化に大きな効果がある。図の例では、きょう（筐）体部分にはサウンドアクチュエータを配置し、筐体を振動させて音楽を流し、リラクゼーション性を高めている。

6. む す び

(1) パネルライティングは透明メタクリル樹脂板の導光体を積層した光パネルと細管蛍光灯、反射板を組み合わせた面発光照明技術で、以下に示す特長をもつ。

- 薄形・面発光でシャープな配光制御

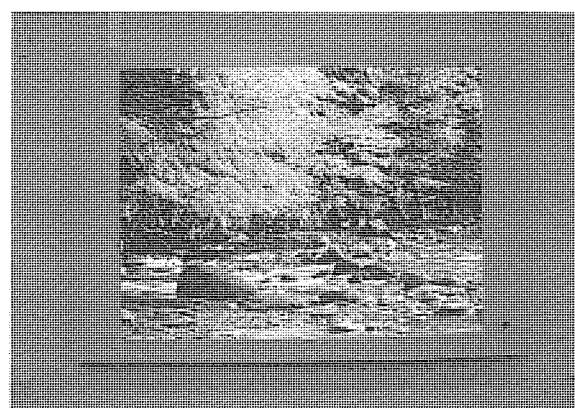


図12. 薄形均一面発光の応用展開例

- ランプの存在を意識させないランプレース感覚
- まぶしさ、疲労の少ない、目に優しい光

(2) パネルライティングの特長を最もよく生かせる照明器具として、タスクライトを開発した。開発品は従来のタスクライトと比較し、机上面の低い位置に取り付けて使用でき、その場合でも中心エリアで従来のタスクライトの1.6倍の照度を実現でき、照度均斉度（最小照度／最大照度）も0.35で満足できる水準にできる。

(3) 光パネルと蛍光灯との組合せという機能的・意匠的に新しい照明器具要素の開発により、4章で述べたタスクライトだけでなく、住宅・店舗・オフィスなどに、従来にないデザイン及び応用展開が可能となる。さらに、一般照明用だけでなく、光オブジェなどの感性・芸術性を取り入れた照明デザイン展開も考えられる。

最後に、タスクライトの製品化に御尽力いただいた㈱イトーキに深く感謝する。

参 考 文 献

- (1) Illuminating Engineering Society of North America: IES Lighting Handbook, 10-6 (1981)
- (2) 澤田春海, 明道 成, 狩野雅夫: 薄型面発光照明技術の開発, 平成4年度照明学会全国大会講演予稿集, 33 (1992)

新オフィス照明器具“Hfシリーズ”

山崎広義* 前田憲行**
大竹登志男* 村上勝男***
武田輝明**

1. ま え が き

近年、高周波インバータを使用した点灯装置（電子安定器）を搭載した照明器具が普及しつつある。しかし、高周波点灯の特長をより十分に発揮させるためには、点灯装置の開発はもとより、高周波点灯に適した蛍光灯ランプ、これを使用する照明器具からのアプローチが不可欠であり、この面での検討が進められている。ここでは、高周波点灯の特長を生かし、省エネルギー、省施工のニーズにこたえる新オフィス照明器具“Hfシリーズ”とこれに使用する高周波点灯専用形蛍光灯ランプ（Hf 蛍光灯ランプ）及びこのランプの点灯装置の特性について述べる。

2. Hf 蛍光灯器具

2.1 Hf 蛍光灯器具の特長

最近の社会問題である環境アセスメントのための省資源、地球温暖化問題のための省エネルギー、技能工不足解消のための省施工、高齢化社会に対応する高照度化など、様々な問題解決を可能にする Hf 蛍光灯器具の特長について述べる。

2.2 小型・薄形化による省資源

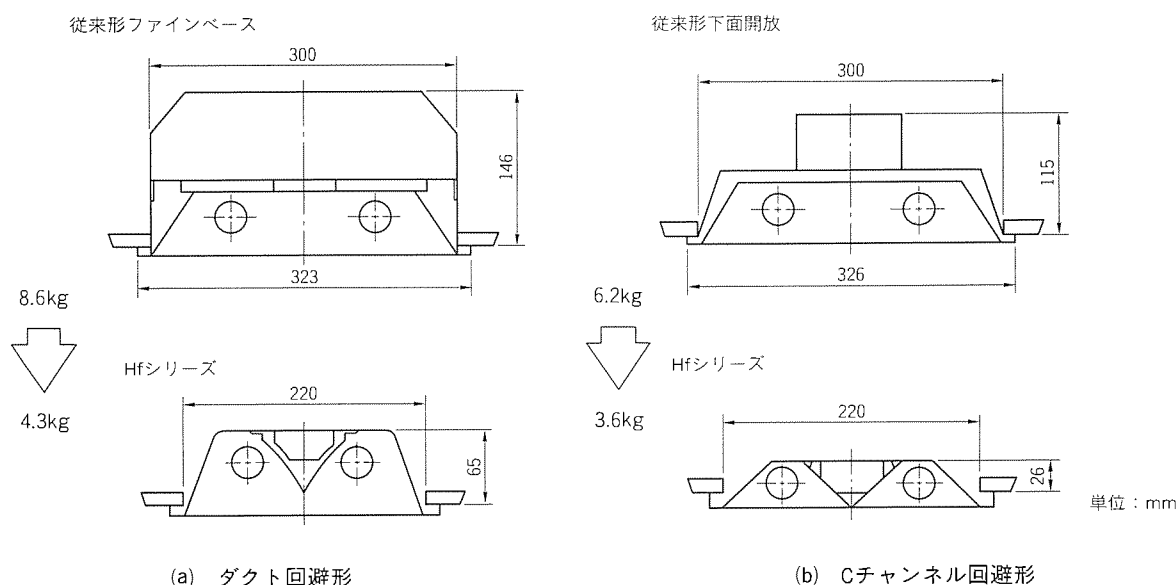
Hf 蛍光灯ランプ（FHF 32EX-N）は管径が細く、点灯装置の Hf 蛍光灯ランプ用電子安定器は高さが 25mm で従来の磁気式安定器の 1/2 以下である。また、質量も 0.49kg と磁気式安定器の 1/4 である。

これら細形の Hf 蛍光灯ランプ、薄形の Hf 蛍光灯ランプ用電子安定器を使用した埋込み下面開放形 Hf 蛍光灯器具は、図 1 に示すとおり、従来品に比べて断面積が 1/3～1/4、質量が 1/2～1/3 と大幅に小型、軽量化されている。このため、照明器具の主材料である薄板鋼板、塗料及び包装用ダンボール紙等の使用量も 30～60% 縮減され、省資源の効果が大きく、また倉庫保管費用、輸送費用などの物流費用も約 1/3 になるなどの特長がある。

2.3 薄形・軽量化による省施工

Hf 蛍光灯器具は、大幅に薄形化されているので施工面で見ると“C チャン回避形”と呼ばれる最も薄形の Hf 蛍光灯器具（YB 4012）は、天井埋込み深さが 26mm であり、図 2 に示すとおり、直ば（貼）り天井方式における C チャンネルの下面に照明器具が納まる。つまり、従来の埋込み形蛍光灯器具の施工で最も手間のかかっていた C チャンネルの切断、補強工事が不要となり、取付作業時間は従来器具に比べて約 30% 縮減となる。

また、最近のオフィス照明器具の主力機種である OA ルーバ等の多種オプションが任意に取り替えられる“ファインベース”（YB 4002）も、従来器具の深さ 146mm に比べると Hf 蛍光灯器具は 1/2 以下の 65mm である。これは図 3 に示すとおり、天井内に埋設されている空調ダクトを十分回避できる寸法であり、このタイプは“ダクト回避形”と呼ばれて、取付作業性を大幅に改善している。



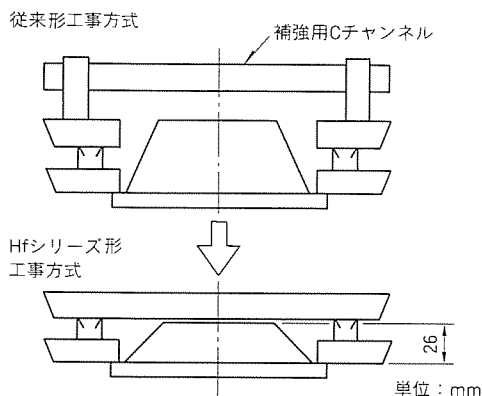


図2. Cチャンネル回避形器具

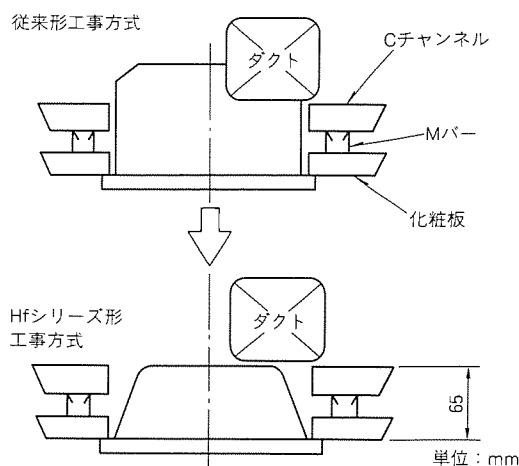


図3. ダクト回避形器具

2.4 高光束・高効率による省エネルギー

Hf 蛍光灯ランプを Hf 蛍光灯ランプ用電子安定器で点灯したときの総合効率は 90 lm/W である。これは従来の白色蛍光灯ランプ (FLR 40 S・W) を磁気式安定器で点灯したときの総合効率 69.8 lm/W に比べて 30 % も効率が高い。また、Hf 蛍光灯ランプの光束は従来の白色蛍光灯ランプ使用の場合と比べると 1.5 倍の高出力が可能である。Hf 蛍光灯 2 灯用器具と同じ明るさを従来の白色蛍光灯で得るには 3 灯用が必要であり、各々の消費電力の比較は図 4 に示すとおりで、同等の明るさを得る場合、Hf 蛍光灯器具は約 24 % の省エネルギーとなる。

2.5 高い経済性

表 1 はオフィス照明に最も多く使用される埋込み形蛍光灯器具ファインベースの Hf 蛍光灯器具と従来形器具との経済比較を示したものである。計算条件は、室面積 25m × 40m、平均照度 750 lx、点灯時間 3,000h/年、電気料金 25 円/kW・h である。

下面開放の場合には、器具 1 台当たりの単価は Hf 蛍光灯器具の方が約 50 % 高価だが、使用台数が約 30 % 少なくてすむため、器具費用と配線工事費を合計したイニシャルコストは 6 % 低減される。また、OA ルーバ付きの場合には、Hf 蛍光灯器具の小型化による材料費低減の効果が大きく表れて、器具単価も安価でしかも使用台数が少ないため、イニシャルコストは 26 % 低減される。さらに、ランニングコストの比較では、年間費用が下面開放で 13 %、OA ルーバ付きで 33 % も少なく、経済性が高い。

2.6 用途に合わせた機種ぞろえ

Hf 蛍光灯器具は、図 5 及び図 6 の埋込み形及び直付け形のほか、システム天井用器具などオフィスや店舗のベース照明として各種用途の機種ぞろえができています。

3. Hf 蛍光灯ランプ用電子安定器

3.1 電子安定器の概要

Hf 蛍光灯器具に使用する電子安定器はこの薄形照明器具に内蔵するために薄形な構造が要求される。また、回路は

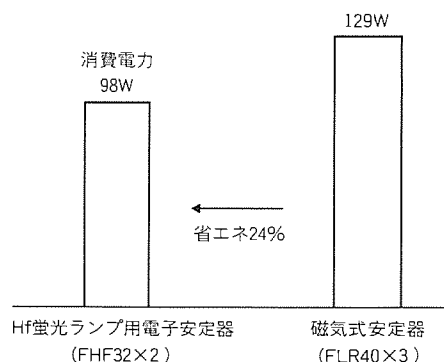


図4. Hf 蛍光灯ランプ用電子安定器の消費電力比較

Hf 蛍光灯ランプを高周波点灯する機能と電源からの入力電流のひずみを低減する機能とを備え、省エネルギーはもとより、高調波低減の要請にこたえた^{(1) (2)}。さらに、従来形ランプ光束の 1.5 倍の出力で点灯する高出力点灯モードと、従来形ランプと同等出力である定格出力点灯モードとの切替機能を備えて使いやすさを増した。

3.1.1 回路構成

図 7 に開発した電子安定器の回路ブロック図を示す。高調波低減回路部は整流回路で全波整流した入力直流電圧を、昇圧形コンバータ回路を使用して電源からの入力電流の高調波を抑制する。昇圧形コンバータの出力電圧制御動作により、電源電圧の変動に対して直流出力電圧変動は抑制できるので、負荷ランプの出力変化は減少する。インバータ部はハーフブリッジインバータ構成であり、高調波低減回路からの直流出力電圧を高周波に変換してランプを高周波で点灯する。ランプの点灯回路はコイル、コンデンサなどの素子を含み、ランプの始動/点灯/明るさ切替えなどの機能は、インバータの出力周波数を制御することで実現している。負荷ランプは、Hf 蛍光灯ランプを 2 灯点灯する構成となっている。ノイズフィルターは、高調波低減回路や、インバータのスイッチングデバイスの高周波スイッチングで発生する高周波ノイズ等を抑制する作用を行う。

3.1.2 構造

Hf 蛍光ランプの特長を照明器具で発揮するために電子安定器は薄形化が必要である。このため電子安定器を構成する電子部品中で最も外形寸法の高くなりがちな巻線部品に形状の低い巻線部品を新規採用することなどを行い、薄形化を図った。

3.2 高調波低減回路部

3.2.1 高調波対策の背景

近年、パワーエレクトロニクス技術の急速な進歩により、産業用から家庭用まで半導体応用機器の普及が著しい。これらの機器の入力電流は電圧のピーク付近でパルス状に流れ、

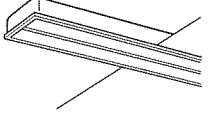
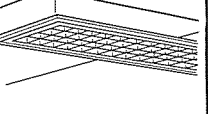
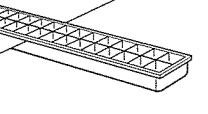
3次・5次等の高調波電流を発生する。この高調波電流によって電力系統の電圧ひずみが増大し、電力用コンデンサの過熱等の障害が増えている。

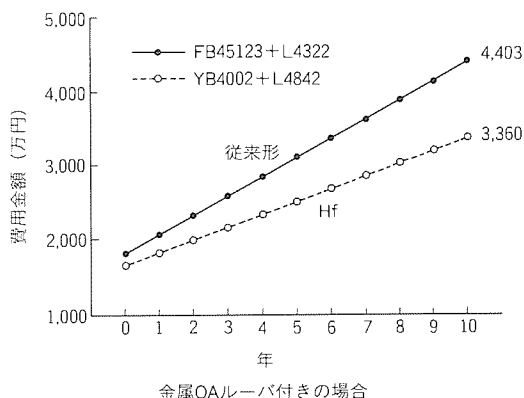
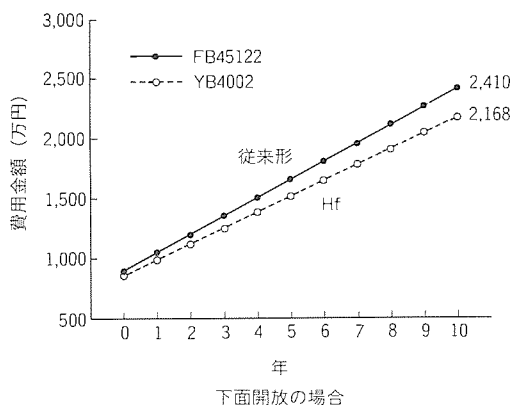
高調波の許容値に IEC 規格案がある⁽³⁾。機器ごとにクラス分けされ、高調波電流の限度値が適用される。照明器具の限度値は、表 2 に示すようにクラス C に該当する。そのため、国内でも国際的な IEC 規格案を参考に規制が検討されており、高調波低減対策が大きな課題となっている。

3.2.2 回路構成

電源高調波低減のため開発した高効率コンバータは、LC などの受動素子のみで構成されるパッシブフィルタに対し、

表 1. Hf 蛍光灯器具と従来器具の経済比較

		下面開放の場合		金属OAルーバ付きの場合	
		従来形	Hfシリーズ	従来形	Hfシリーズ
形名 (姿図)		FB45122	YB4002	FB45123+L4322	YB4002+L4842
					
ランプ		FLR40SW/M (3,000 lm×2 灯)	FHF32EX-N (4,500 lm×2 灯)	FLR40SW/M (3,000 lm×3 灯)	FHF32EX-N (4,500 lm×2 灯)
安定器		PSラビッド (86W)	Hfインバータ (100W)	PSラビッド (86+43W)	Hfインバータ (100W)
照度		752 lx 100%	763 lx 101%	750 lx 100%	759 lx 101%
器具台数		224台	160台	256台	214台
器具単価		20,200円	31,500円	63,200円	51,800円
イコニ シス タル	器具費用	452.5万円	504.0万円	1,617.9万円	1,108.5万円
	配線取付費	448.0万円	352.0万円	614.4万円	535.0万円
	合 計	900.5万円 100%	856.0万円 94.2%	2,232.3万円 100%	1,643.5万円 73.6%
ラン ニ ン グ コ ス ト	年間電力費	144.5万円 100%	120.0万円 83.0%	247.7万円 100%	160.5万円 64.8%
	年間交換 ランプ費	6.5万円	11.2万円	11.1万円	11.2万円
	合 計	151.0万円 100%	131.2万円 86.9%	258.8万円 100%	171.7万円 66.3%



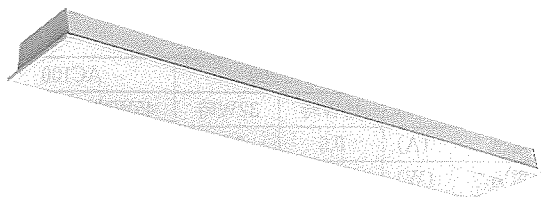


図 5. Hf 蛍光灯器具 (埋込み形)

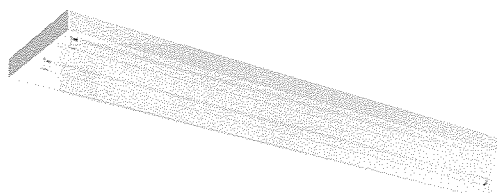


図 6. Hf 蛍光灯器具 (直付け形)

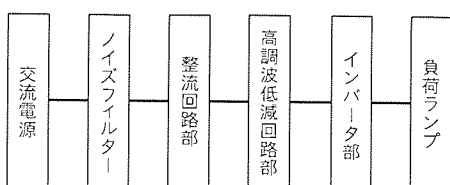


図 7. 回路ブロック図

FET 等の能動素子を用いて構成されているので一般にアクティブ平滑フィルタ (以下“A/F”という。)とも言われている。A/F の概略構成回路を図 8 に示す。A/F は IEC 規格案の許容値以下とすることを目標に高調波低減対策を行った。

3.2.3 動作

図 8 の制御波形は、電源電圧の半波分を示す。電源電圧 e を整流した脈流波形を、50～70kHz の周波数でスイッチングする。インダクタ L には、インダクタ電流 i_L が流れ、入力電流 i_s 波形はインダクタ電流 i_L の各周期ごとの平均値となり、電源電圧 e と相似な正弦波状に流れる。また、インダクタ電流 i_L は、パルス幅変調によって調節される。このような制御方式により、電源高調波の低減が可能である。

今回開発した Hf 蛍光灯器具における基本波電流に対する百分率は図 9 に示すとおり従来インバータと比較しても低く、高調波の低減が可能になった。A/F を搭載したことにより、当初の目標である IEC 規格案の許容値に対して余裕をもって達成できた。

3.3 インバータ部

インバータ部は、ランプ点灯回路部とインバータ制御回路部とで構成している。

3.3.1 ランプ点灯回路

ランプ点灯回路部は、主にランプの予熱、始動、ランプ電流及び異常検出を行っている。図 10 にインバータ部の回路構成を示す。図中 Q1 及び Q2 で構成されたハーフブリッジ回路により、直流電圧を高周波交流電圧に変換している。ラ

表 2. クラス C (照明器具) に対する
電源高調波電流限度値

高調波次数	基本波電流に対する百分率 (%)
2	2
3	$30 \times \lambda$ (回路の力率)
5	10
7	7
9	5
$11 \leq n \leq 39$	3

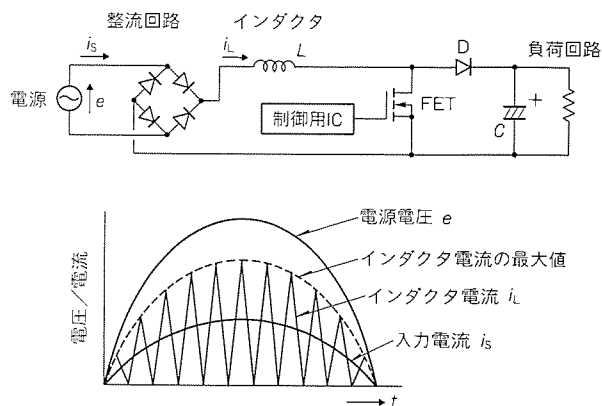


図 8. アクティブ平滑フィルタの
概略構成回路及び制御波形⁽⁴⁾

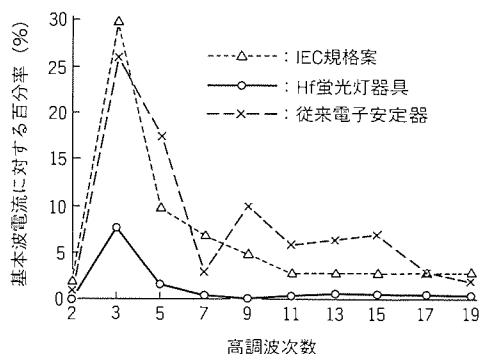


図 9. Hf 蛍光灯器具の基本波電流に対する百分率

ンプ予熱・始動時には、図中コンデンサ C2 を介し、ランプフィラメントに予熱電流を流すとともに、LC 直列共振回路によってランプ始動に必要な電圧を印加している。ランプ点灯時は、チョークコイル L1 でランプ電流を限流し、点灯を安定させている。異常検出部は、ランプ寿命末期 (整流点灯) 検出、ランプフィラメント断線検出、ランプ未装着検出などを行い、異常時には高周波出力を停止し、安全性を確保している。負荷部は、Hf 蛍光灯ランプの始動電圧が比較的高いため、ランプを 2 灯並列接続して点灯する方式を採用している。

3.3.2 インバータ制御回路

インバータ制御回路部は、予熱・始動・点灯時の動作周波

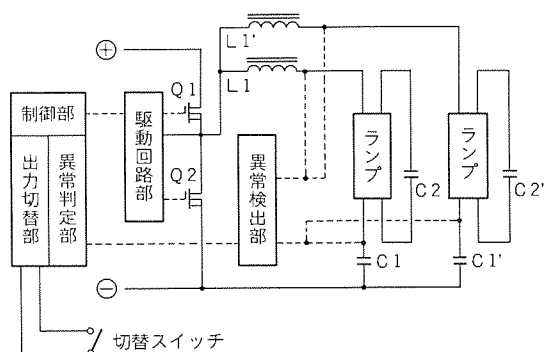


図10. インバータ部回路構成

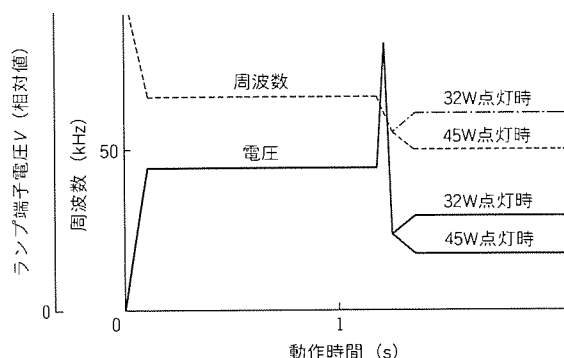


図11. 動作シーケンス

数制御、明るさを切り替える出力切替え制御及び異常保護のための異常判定を行っている。

図11に動作シーケンスを示す。ランプフィラメントの予熱は、ランプ寿命に大きく影響を与える。図中周波数一定の間が予熱の期間で、最適な予熱条件となるよう制御を行っている。予熱後、回路の共振状態に近づけ、ランプが始動するのに必要な高電圧を発生させている。点灯確認後、設定出力となる周波数に移行し、安定点灯を持続する。この際、明るさの変化が目立たぬように、周波数を制御した。また、明るさの切替えは、切替スイッチの操作信号を受け、周波数を変化させて行っている。異常時は、各種の異常検出信号を受け、異常判定を行い回路を保護している。上記シーケンス、明るさ切替動作及び異常保護処理は、独自開発の専用LSIを用いて制御を行っている。

3.4 安定器特性

Hf 蛍光ランプ2灯用電子安定器の特性を表3に示す。切替スイッチの操作により、高出力時（45W点灯）と定格出力時（32W点灯）との2種類の特性が得られる。

3.5 特長

今回開発したHf 蛍光ランプ用電子安定器の外観を図12に示す。高出力・省電力・高調波電流の低減・明るさ切替機能付きなどに加え専用LSIやインバータの駆動回路部への高耐圧駆動用ICの採用、小型の巻線部品使用などにより、高さ25mmの薄形を実現している。

表3. 電子安定器特性

入力電圧 (V)	AC200		AC100	
点灯電力 (W)	45W時	32W時	45W時	32W時
入力電流 (A)	0.5	0.39	1.01	0.79
入力電力 (W)	98	76	99	77
力率 (%)	98	97	98	97
寸法 (L×W×H) (mm)	572×55×25			

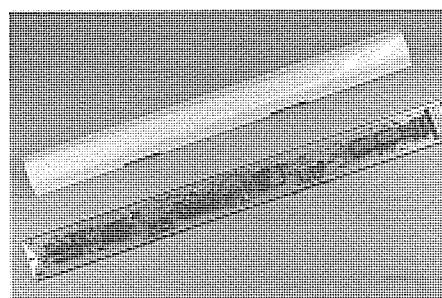


図12. 電子安定器外観

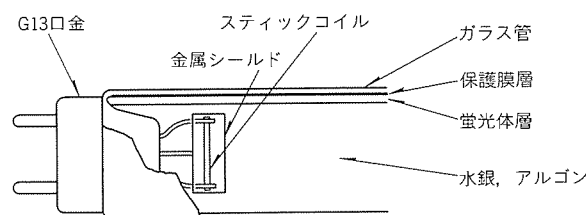


図13. ルピカラインNの構造

4. “ルピカラインN” (高周波点灯専用形蛍光ランプ)

高効率な省エネルギー照明、薄形器具を可能にする細管ランプをねらい、高周波で点灯する演色性の優れた直管タイプの三波長域発光形蛍光ランプ ルピカライン N (FHF 32 EX-N) を開発した。

4.1 ルピカラインNの設計

これまでの蛍光ランプは、点灯回路の出力特性に制限を受け、高効率化・細形化の観点から必ずしも最高の特性を実現できるものではなかったが、高効率化と細形化を目的とし新たな観点から開発を進めた。高効率を得るため、電極降下部の電力損失を最小にする高周波点灯方式とした。ランプ管径の最適値は20～30mmであるが、照明器具の薄形化を考慮すれば細い方が望ましい反面、蛍光体への負荷という面では太い方が有利であり、効率・劣化の両特性からランプ径は25.5mmとした。また、主な市場は施設照明分野であるため、ランプ長は直管40Wと同サイズとして国際規格(IEC規格)との整合性をもたせ、ランプ定格を32Wとした。さらに、照明器具の小型化を目的として、従来の白色蛍光ランプ(FL40S)3灯用器具と同じ明るさを2灯用器具で達成できるようランプ単体の目標発光効率を100lm/Wとし、45

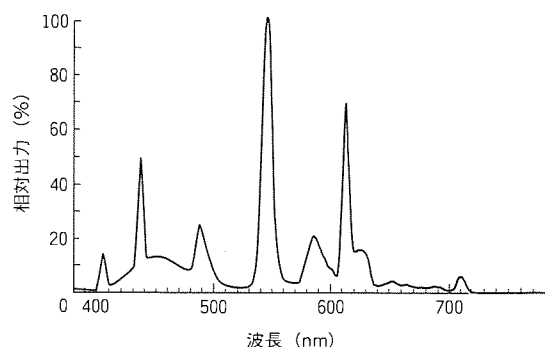


図14. ルピカラインNの分光分布

W の高出力点灯モードも可能な設計とした。

図13にルピカラインNの構造を示す。電極設計において、予熱始動時の特性をIEC規格に合わせ、高出力点灯時にも電極部黒化の発生を抑制するため、電極フィラメント周囲を金属シールドで覆った。フィラメントには高出力点灯時にも十分な寿命が確保できるようスティックコイルを採用した。蛍光体は高管壁負荷に強く、点灯中変換効率の低下が少なく、発光効率が優れている希土類付活蛍光体を用いた三波長域発光形とした。発光色は落ち着いた雰囲気のある色温度5,000Kの昼白色タイプとした。平均演色評価数 R_a は従来の三波長域発光形昼白色ランプ同様84に保ちつつ、明るさを改善した。図14にこのランプの分光分布を示す。このランプは内面に、光束維持率及び効率改善を目的として酸化アルミニウムの保護膜を設けている。

4.2 ルピカラインNの特性

上記の設計を行った結果、ランプ単体では100 lm/Wを達成した。表4にこのランプの定格を示す。

表4. ルピカラインN(FHF32EX-N)の定格

形 名		FHF32EX-N	
光 源 色		三波長域発光形昼白色(5,000K)	
平均演色評価数 R_a		84	
定 格 寿 命 (h)		12,000	
口 金		G13	
寸 法	管 径 (mm)	25.5	
	管 長 (mm)	1,198	
定格ランプ電力 (W)		32	45
初 特 性	全光束 (lm)	3,200	4,500
	ランプ電流 (A)	0.255	0.425

5. む す び

Hf 蛍光灯器具 Hf シリーズは、光源、点灯装置、器具の総合的な開発により、同一明るさ時に従来形比約24%の省エネルギー、及び従来形比約75%の器具薄形化による省施工などの優れた性能を実現することができた。この照明器具はこれまでの40W直管蛍光ランプ器具を使用した施設その他への普及が期待される。今後はHf 蛍光灯器具を更に展開するとともに、性能の一層の向上を図りたい。

参 考 文 献

- (1) ㈱日本電球工業会規格：JEL211-1992
- (2) ㈱日本電球工業会規格：JEL503-1992
- (3) IEC規格：IEC77A (Sec.) 82 "Harmonics"
- (4) 電気協同研究会：電力系統における高調波とその対策、電気協同研究 46, No.2, 80 (1990)

新オフィス用照明制御システム “SUPER-MELSAVE”

小泉登夫*
久代紀之**
五十嵐和之**

1. ま え が き

最近のインテリジェントビルなどのオフィスビルでは、ビル管理の効率向上を目的としたビル管理設備システムの導入が一般化しつつある。さらに、働きやすくより快適なオフィス環境を実現し、オフィスワーカーの生産性向上を図るとともに省エネルギーも実現するものへと設備システムの設置目的が拡大している。

また、“照明制御システム”と“Hf 照明器具 (32 ワット用インバータ専用照明器具)”を組み合わせた照明システムが、省エネルギーの推進を目的に、平成 4 年 10 月から 1 年間の時限立法で大蔵省から告示された“エネルギー需要構造改革投資促進税制 (エネ革税制)”対象の“高性能照明設備”として指定された。

このたび、これにこたえることのできる照明制御設備としてオフィスの快適な照明環境をフレキシブルにコントロールするとともに省エネを実現する照明システムとして、システム構成の階層化を図り、小規模から大規模までのオフィスビルに対応できる新照明制御システム“SUPER-MELSAVE” (スーパーメルセーブ) を開発した。

本稿では、SUPER-MELSAVE のシステムの概要、基本的な構成、特徴、階層化、ネットワーク、機能について紹介する。また、納入システム事例である三菱地所(株)のイン

テリジェントビル“赤坂パークビルディング”(図 1) について紹介する。

2. SUPER-MELSAVE の概要

照明制御システム SUPER-MELSAVE はインテリジェントビルに要求されるビルマネジメント機能とオフィス空間の快適な照明環境を実現

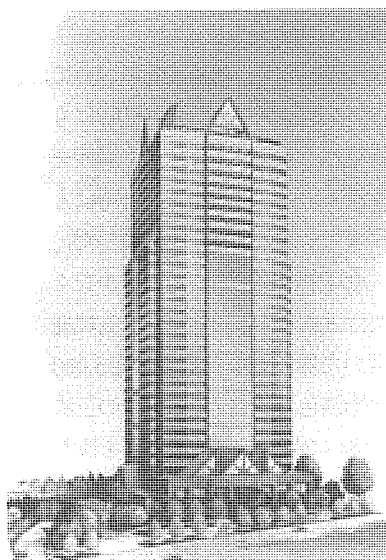


図 1. 赤坂パークビルディング完成予想図

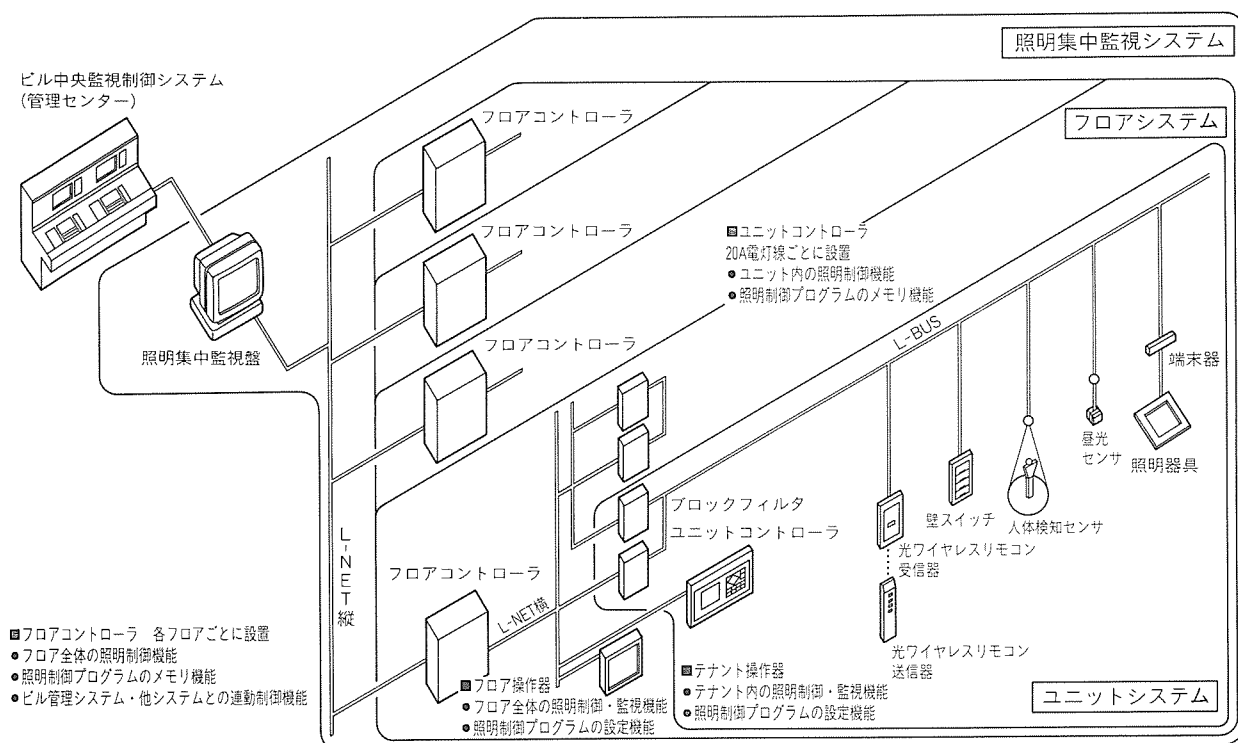


図 2. SUPER-MELSAVE 全体のシステム構成例

しつつ省エネを実現するための機能を備えている。また、システム構成を階層化したことにより、ビルの要求に対応した機能、規模をフレキシブルに選択、組み合わせることができ、小規模店舗から大規模オフィスまでの様々な規模のビルに柔軟に対応可能とした。さらに、照明器具への配線、システム機器の設置場所にも考慮し、各階層ごとに専用の信号ネットワークを開発、採用することにより、システムの高い信頼性・応答性と省配線・省工事を実現した。

このシステムの信号ネットワークは、照明用電力線(20A分岐ごと)を信号線(照明専用信号線なし(分電盤～照明器具間))とした電力線搬送方式のLighting-BUS(以下“L-BUS”という。)と、各フロア及びビル全体の信号線として専用線伝送方式のLighting-Network(以下“L-NET”という。)を採用した。

2.1 システムの構成

SUPER-MELSAVEの階層化した全体システム構成例を図2に示す。このシステムはユニットシステム、フロアシステム(複数のユニットシステム)、照明集中監視システム(複数のフロアシステム)の三つの階層から構成している。

2.1.1 ユニットシステムの構成機器

(1) 構成機器数

照明器具内蔵端末器数：最大16台まで接続可能

壁スイッチ数：最大32回路(グループスイッチ16回路、パターンスイッチ16回路)まで接続可能

昼光センサ数：1台

人体検知センサ数：8台まで接続可能

(2) 構成機器名称

ユニットコントローラ、ブロックフィルタ、照明器具内蔵端末器、リモコンブレイカ端末器、壁スイッチ(グループスイッチ、パターンスイッチ)、昼光センサ、人体検知センサ、光ワイヤレスリモコン受信器、テナント操作器

2.1.2 フロアシステムの構成機器

(1) 構成機器数

ユニットコントローラ数：最大63台まで接続可能

(制御回路数：1,008回路)

(2) 構成機器名称

ユニットシステム機器、フロアコントローラ、フロア操作器、テナント操作器

2.1.3 照明集中監視システムの構成機器

(1) 構成機器数

フロアコントローラ数：最大128台まで接続可能

(制御回路数：129,024回路)

(2) 構成機器名称

フロアシステム機器、照明集中監視盤(ビル管理システム及び他設備システムとのインタフェースを含む。)

2.2 システムの特徴

表1. SUPER-MELSAVE伝送仕様

項 目	L-NET(縦) L-NET(横) 仕様	L-BUS仕様
伝 送 速 度	9,600bps	200bps (50Hz) 240bps (60Hz)
伝 送 距 離	最大1,000m	最大50m
接続端末数 (ノード数)	L-NET (横) 64台 L-NET (縦) 128台	64台
使 用 電 線	CPEVS (通信用シールドケーブル) 線径1.2mm相当品	VVF (Fケーブル) 線径1.6mm又は2.0mm
伝送路構成	バス方式	バス方式
制 御 方 式	CSMA/CD(勝ち残り方式)	CSMA/CD(勝ち残り方式)
同 期 方 式	調歩同期 (データ8ビット, パリティ1ビット)	電源同期
データ転送量	最大16バイト	最大4ビット
エラー制御	パリティチェック(偶数), サムチェック(偶数)	パリティチェック(偶数), サムチェック(偶数)
給 電 電 源	伝送専用電圧電流特性 DC24V, 0.4A	なし

表2. 機 能 概 要

機 能	内 容
個別制御	照明制御の最小単位(端末器1回路)を個別回路として点滅・調光制御する。
グループ制御	壁スイッチ及び照明集中監視盤によって点滅・調光制御できる。1フロアシステム当たり最大1,008回路の制御が可能である。個別回路を複数集めてグループ化し、グループ単位での点滅制御をする。
パターン制御	1フロアシステム当たり48グループの設定が可能である。使用目的や時間帯に合わせた照明状態をパターンとして設定し、点滅・調光制御する。
スケジュール制御	壁スイッチ及び照明集中監視盤によって点滅・調光制御できる。1フロアシステム当たり48パターンの設定が可能である。グループ単位に設定された時刻に自動的に点滅・調光制御をする。1日のスケジュールパターンが7種類登録できる。曜日ごとにスケジュールパターンを設定して1週間のスケジュールを登録できる。さらに、週間スケジュールを重ねて年間スケジュールを登録できる。祝祭日には特定日のスケジュールの設定ができる。
センサ・接点連動制御	昼光センサ、人体検知センサ及び無電圧接点連動による個別・グループ・パターン制御できる。
集中監視・制御	照明集中監視盤の表示画面によって照明器具の点滅・調光状態、システム機器(端末器・壁スイッチ、ユニットコントローラ・フロアコントローラなど)の故障状態が監視できる。また、照明器具の点滅・調光制御ができる。
ビルの管理 連動と	グループ単位での点滅・調光状態を中央監視設備に通報する。中央監視設備からの信号によってパターン制御できる。中央監視設備からの信号によってパターン制御できる。中央監視設備の時刻データによって時計が連動できる。

2.2.1 システムのフレキシビリティ

(1) 照明用電力線の20A分岐に接続される照明器具、壁スイッチ、センサなど接続端末数最大64台を1ユニットシステムとして、独立性・汎用性の高いシステムを構成した。20A単位のユニットシステムを一つのブロックとし、ビルの規模、目的に応じてブロックを積み上げる方式の階層化システムとしたことにより、様々な規模の照明制御システムにフレキシブルに対応できる。

(2) 分電盤～照明器具間の信号線がないため、レイアウト変更時の配線追加の必要がなく、機器の増設時の配線が簡単であるなど、システム設置後もフレキシブルに対応できる。

2.2.2 システムの高い信頼性と省配線

(1) システムの信頼性の確保と省配線の実現のために、階層ごとに設置形態や制御規模に対し、最適なネットワークシステムを採用した。

(2) ユニットシステム内を対象として、省配線、省工事、高度な照明制御機能の実現のために、信号線なしの電力搬送方式のL-BUSを開発・採用した。さらに、システム全体の応答性を確保するために、ユニットシステム間のデータ伝送に専用線伝送方式によるL-NETを採用した。

2.2.3 インテリジェントビルの

快適で便利な照明環境を実現

- (1) テナント居住者を対象とした壁スイッチ、テナント操作器、光ワイヤレスリモコンなどの機器を充実し、居住者自らが照明をきめ細かく快適な照明環境を簡単に実現できるよう操作機能を高めた。
- (2) 照明管理者を対象とする照明集中監視盤に、タッチパネル方式で操作の簡単な対話式グラフィックディスプレイを採用し、設定・監視作業の簡単化を図り、管理しやすいシステムにした。
- (3) ビル管理システム、他の設備システムとの連動機能や昼光センサ、人体感知センサによる照明の自動制御機能の充実を図った。
- (4) 照明の明るさをコントロールする調光機能を照明器具内に設置する点灯回路（インバータ）と端末器にもたせることにより、簡単に快適な照明環境を実現できるシステムにした。

2.2.4 リニューアルビルへの

システム化対応可能

電灯分電盤から照明器具への配線が、従来の電力線だけでシステム化が可能なL-BUSを採用した。これにより、配線数の多い電灯分電盤から照明器具への従来配線を追加せずに照明のシステム化が容易に図れるため、既設ビルのリニューアルへの対応が可能である。

2.3 システムの階層化

このシステムは、ユニット、フロア、集中監視システムの三つの階層から構成し、各階層ごとに最適な伝送方式を用いている。20A単位のユニットシステム（下位の階層）を1フ

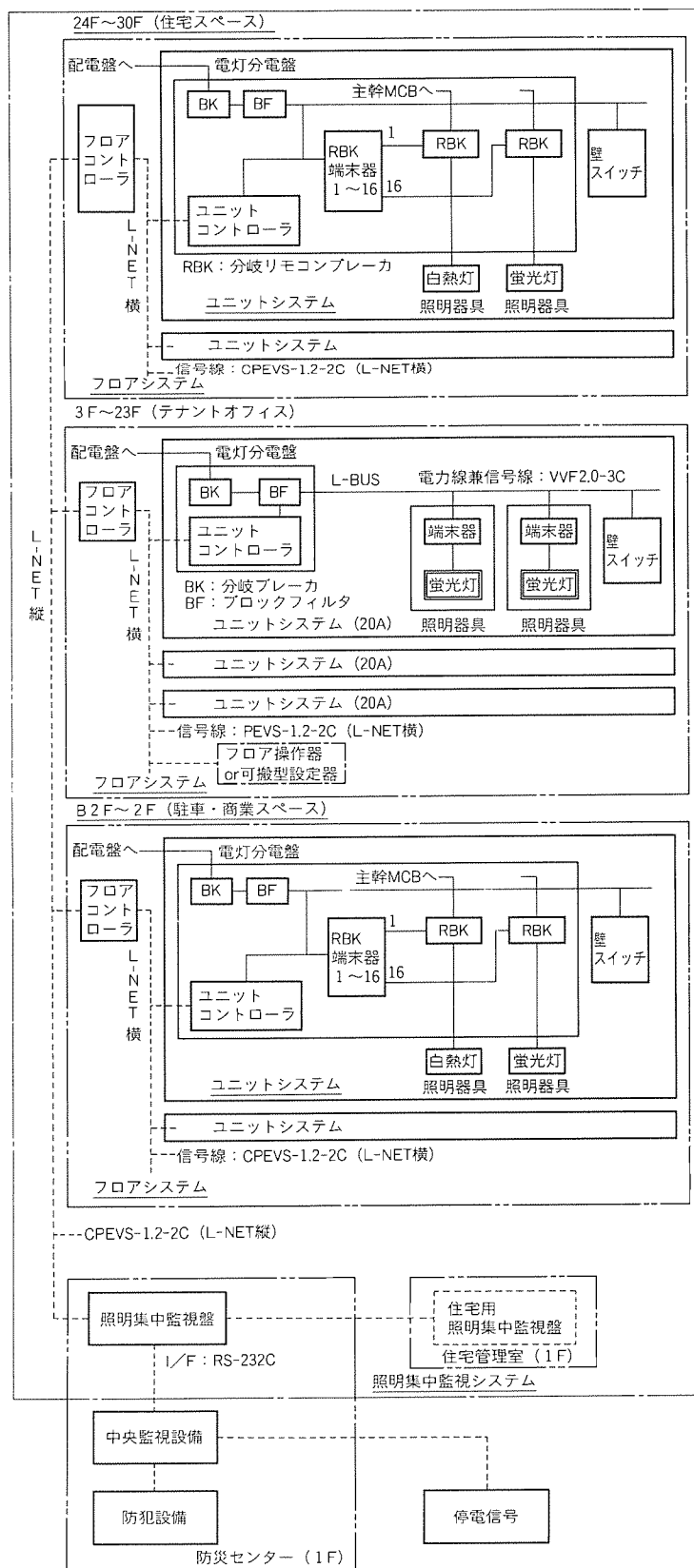


図3. 赤坂パークビルディングシステム構成

表 3. 納入機器一覧

機 器 名 称	台 数	備 考	機 器 名 称	台 数	備 考
照明集中監視盤	1 式		リモコンブレーカ端末機器用DC電源 (MS16-01)	69台	
住宅用照明集中監視盤	1 式		ブロックフィルタ (MS11)	1,018台	
フロアコントローラ (MS51)	25台		ノイズフィルタ	53台	
器具内蔵端末器 (MS03)	4,114台		接地ユニット (MS17)	80台	
リモコンブレーカ用端末器 (MS05)	730台		壁スイッチ (MS06-G 4)	198台	100V
ユニットコントローラ (MS02)	69台 949台	100V 240V	壁スイッチ (MS06-P 4)	118台 8 台	240V 100V
ユニットコントローラ用DC電源 (MS10)	261台		壁スイッチ (MS06-G 2)	80台	100V
			負荷制御盤 (オフィス用)	80台	
ユニットコントローラ用DC電源 (MS10)	32台	便座ヒータ制御用	I/Oユニット (B-2 PD×2 Y-2)	32台	便座ヒータ制御用

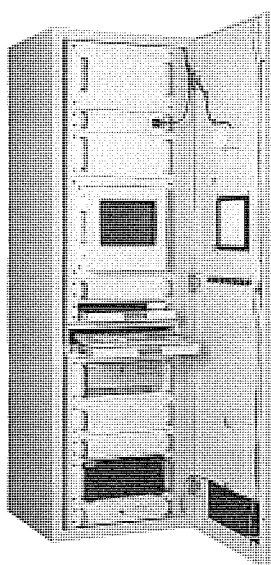


図 4. 照明集中監視盤

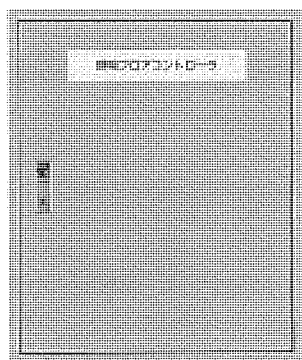


図 5. フロアコントローラ (MS51)

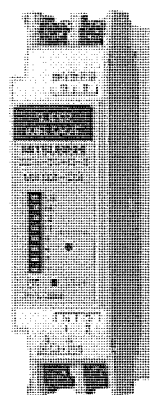


図 8. ユニット
コントローラ (MS02)

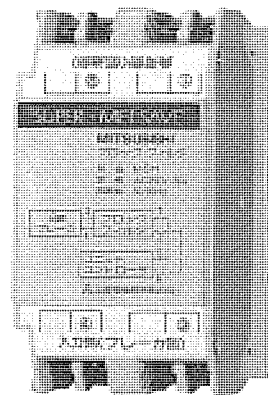


図 9. ブロックフィルタ (MS11)

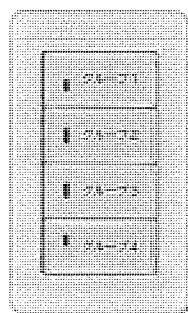


図 6. 壁スイッチ (MS06グループ)

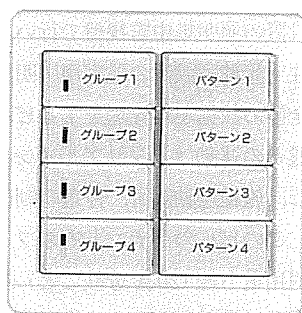


図 7. 壁スイッチ (グループ+パターン)

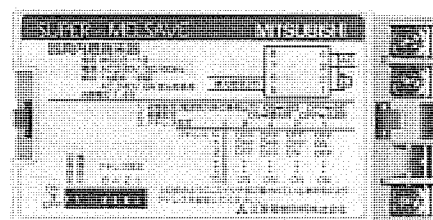


図10. 照明器具内端末器 (MS03)

ロックとし、複数のブロックを積み上げてフロアシステムにした。また、フロアシステムを積み上げて集中監視システムとした。上記のような階層化システムにしたことにより、省配線化、システムダウン時の危険分散化を図った。

(1) ユニットシステム (階層 1…下位の階層)

システムの最小単位であり、テナントの部屋を対象に設置し、各部屋内の照明を制御する。200～500m²クラスの小規模なオフィスビルや店舗の照明制御に使用。

(2) フロアシステム (階層 2…中位の階層)

フロアごとに設置し、複数のユニットシステムを管理し、さらにユニットシステムにまたがる照明を監視・制御する。500～5,000m²クラスの中規模なオフィスビルや店舗の照明制御に使用。

(3) 照明集中監視システム (階層 3…上位の階層)

防災センターやビル管理室に設置し、複数のフロアシステムを管理し、各フロア及びビル全体の照明を監視・制御する。ビル全体の管理システムやセキュリティシステムとの連動制御もシリアルインタフェースで接続することによって可能である。5,000m²以上の大規模なオフィスビルや店舗の照明制御に使用。

2.4 システムのネットワーク(伝送用)

表 1 に SUPER-MELSAVE の伝送仕様を示す。

表 4. 赤坂パークビルディング制御概要

制御名称 スペース名	壁スイッチ制御	タイムスケジュール制御	施錠連動制御	停電時連動制御	巡回時制御
駐 車 場 (B1F・B2F)	○	○		○	○
商 業 (1F・2F)	○	○		○	○
テナントオフィス (3F~23F)	○		○		
テナント共用部 (3F~23F)	○	○	○	○	○
住宅階共用部 (24F~30F)		○		○	○
制 御 内 容	1. 壁スイッチ操作により、照明を点滅制御する。	1. 使用状態に合わせ照明をあらかじめ設定されたタイムスケジュールにより、自動点滅制御する。 2. 残置灯 (1 / 3 点灯) ・残置灯以外 (2 / 3 点灯) ・全点灯を時間に合わせ制御する。	1. 各テナントの施錠信号を受信し、各テナントの照明を点滅制御する。 2. 上記 1. 機能により、照明の消し忘れを防止する。	1. 中央監視設備からの停電信号により、照明を点滅制御する。	1. 照明集中監視盤表面の巡回時制御スイッチ操作により、各スペース (オフィス除く) 及び一括に全点灯・残置灯の点滅制御する。

(1) L-BUS (照明制御専用電力線搬送方式)

ユニットシステム内の伝送路に使用する。この L-BUS では、照明の分岐回路 20 A 分岐ごとに電力と信号を同一に送る方式と信号を専用伝送線で送る方式が選択できる。

各 L-BUS はそれぞれのユニットコントローラにより独立して動作するため、機器の故障や不具合などによるシステム全体のダウンが防止できる。また、20 A 分岐から端末器台数を 16 台に制限した。また、照明制御動作時間は照明制御システム全体として、従来の動作時間並みを実現した。

(2) L-NET (横) (フロア～ユニット間伝送用)

ユニットコントローラの上位のフロア内伝送路に使用し、各ユニットコントローラとフロアコントローラ間は専用信号線に信号を送る伝送方式である。L-NET (横) は、高速ネットワークであり、フロアシステム全体の応答性を確保するため採用した。

(3) L-NET (縦) (集中監視盤～フロア間伝送用)

フロアコントローラの上位の監視盤内伝送路に使用し、フロアコントローラと照明集中監視盤間は専用信号線に信号を送る伝送方式である。L-NET (縦) は、高速ネットワークであり、集中監視システム全体の応答性を確保するため採用した。

2.5 システムの機能

表 2 に制御・監視・連動の主な機能概要を示す。

3. システム事例の紹介

システム導入事例として、三菱地所(株)のインテリジェントビル 赤坂パークビルディングについて紹介する。

3.1 赤坂パークビルディングのビル概要

このビルは、赤坂の立地条件に恵まれた場所に、三菱地所(株)所有のインテリジェントビルとして、平成 5 年 6 月しゅん(竣)工に向けて建築中である。建物の概要は、地下 2 階、地上 30 階、延べ床面積 98,000 m² の大規模複合ビルである。地階 2 フロアを駐車場スペース、1・2 階を商業スペース、3 階から 23 階をテナントオフィス、24 階から 30 階は住宅スペースとなっているインテリジェントビルである。

3.2 システムの概要

このシステムのビル全体の照明運用管理は、防災センター設置の照明集中監視盤で行い、住宅スペースの運用管理は、住宅管理室設置の住宅用照明集中監視盤で行う。また、ビル全体の設備運用管理をするビル管理システムと照明集中監視盤との連動は、シリアルインタフェース (RS-232C) で接続し、施錠連動制御、停電時制御を行っている。

このビルのテナント内オフィススペースの照明制御は、照明用電力線 (20 A 分岐ごと) を信号線とした電力線搬送方式の L-BUS を採用し、省配線 (信号線方式に対して 1/2)、省工事、及びメンテナンスの省力化を実現した。他のスペースは、専用線伝送方式の L-NET を採用し、20 A 単位の制御で大幅な省エネ化を実現した。

3.3 システムの構成

赤坂パークビルディングのビル全体の照明制御システムの構成を図 3 に示す。

納入のシステム機器一覧を表 3 に、主な納入機器の外観を図 4～図 10 に示す。

(1) 駐車場、商業、住宅、テナント共用部スペースの構成

各フロアごとにフロアコントローラとユニットコントローラ、リモコンブレイカ端末器などを分電盤スペースに設置し、

壁スイッチを廊下、駐車場管理室などに設置した。

(2) テナントオフィスフロアのテナント内スペースの構成

各フロアごとにフロアコントローラとユニットコントローラ、ブロックフィルタ等を分電盤スペースに設置し、壁スイッチをオフィス内に設置した。

3.4 システムの制御

各スペースの制御内容を表4に示す。

(1) 駐車場、商業、住宅、テナント共用部スペースの制御

省エネルギーを目的に、20 A のリモコンブレーカを点滅制御 (ON/OFF) して、タイムスケジュール制御、壁スイッチ制御、停電時制御を行う。

(2) テナントオフィスフロアのテナント内スペースの制御

テナント内のレイアウト変更対応、消し忘れ防止、省エネルギーを目的に、ロ (ろ) の字形照明器具 (照明器具内蔵端末器入り) を点滅制御 (ON/OFF) して、壁スイッチ制御、施錠連動制御を行う。

3.5 システムの機能概要

主な納入機器の概略機能、概略仕様を表5に示す。

4. む す び

以上、最近のインテリジェントビル用照明制御システム“SUPER-MELSAVE”及び三菱地所(株)所有のインテリジェントビル“赤坂パークビルディング”の納入事例の概要について紹介した。

地球環境保護の上から今後ますます省エネルギーを目的にした照明システムが普及するものと思われる。これからも SUPER-MELSAVE 機器のより一層の充実と高機能化、操作の簡単化を図っていく考えである。

最後に赤坂パークビルディングへの導入及び開発に当たり、御指導・御鞭撻いただいた三菱地所(株)、その他の関係各位に深く感謝の意を表す。

表5. 主な機器の機能・仕様

機器名称・設置場所	機 能 ・ 仕 様
照明集中監視盤 防災センター (1階)	機能：ビル全体の照明状態のモニタ、照明制御のプログラム設定(グループ、パターン、壁スイッチへのグループ及びパターン、スケジュール設定など)、照明制御(個別、グループ、パターン制御)及び中央監視設備からの信号(施錠・停電)により照明制御が行える。さらに、航空障害灯ランプ断心表示が行える。 仕様：構成部：CRT表示部・操作部(タッチパネル・キーボード・マウス)・制御部・中央監視設備インタフェース・航空障害灯表示部から構成している。 定 格 電 源：AC100V 無停電電源 停電補償200時間(データ保持) 伝送方式 照明集中監視盤—— クラスタコントローラ間 信号伝送名称：L-NET(縦)方式 信号線：専用線(CPEVS-1.2-2C) 伝送距離：最遠長500m、総配線長1,000m インタフェース：中央監視設備接続インタフェースRS-232C 住宅用照明集中監視盤接続用インタフェース
フロアコントローラ 各フロアに設置 (B2階から23階まで合計25台)	機能：各フロアごとの照明制御プログラムメモリ機能、非常信号入力数5入力、及び照明集中監視盤との連動機能をもっている。 ユニットコントローラ接続数 最大63台 仕様：定 格 電 源：AC100V、停電補償200時間(データ保持) 伝送方式 ユニットコントローラ—— フロアコントローラ間 信号伝送名称：L-NET(横)方式 信号線：専用線(CPEVS-1.2-2C) 伝送距離：最遠長500m、総配線長1,000m フロアコントローラ—— 照明集中監視盤間 照明集中監視盤の伝送方式と同上
ユニットコントローラ MS02-01 MS02-03 電灯分電盤内	機能：各ユニットシステム内の照明制御プログラムメモリ機能、及びフロアコントローラとの連動機能をもっている。 端末器接続数最大16台・4回路用壁スイッチ接続数 最大4台 仕様：定 格 電 源：DC24V 伝送方式 ユニットコントローラ—— 端末器・壁スイッチ間 信号伝送：L-BUS方式 郵政省指定第AH-91002号 L-BUS方式 関高第50224号 信号線：なし(電力線と同一 VVF-2.0-3C) 伝送距離：最遠長50m ユニットコントローラ—— フロアコントローラ間 フロアコントローラの伝送方式と同上
ブロックフィルタ MS11 電灯分電盤内	機能：電灯分電盤一次側にL-BUS信号が漏えいすることを防止する。 仕様：定 格 電 源：AC250V以下
照明器具内蔵端末器 MS03-13 照明器具内蔵(3階～22階のオフィス内の照明器具内)	機能：照明器具に内蔵し、点滅制御を行える。 仕様：定 格 電 源：AC240V 定格出力：AC240V 蛍光灯負荷6A 伝送方式 信号伝送名称：L-BUS方式 関高第50224号 信号線：なし(電力線と同一VVF-2.0-3C) 伝送距離：最遠長50m
壁スイッチ MS06-G43 MS06-P41 MS06-P43 テナント内、共用部及び 駐車場の管理室に設置	機能：照明の個別制御・グループ制御・パターン制御操作が行える。 仕様：定 格 電 源：AC240V 4回路用グループスイッチ ：AC100V 4回路用パターンスイッチ ：AC240V 各4回路用グループ+パターンスイッチ 伝送方式 信号伝送：L-BUS方式 郵政省指定第AH-91004号 信号線：なし(電力線と同一 VVF-2.0-3C) 伝送距離：最遠長50m

パネル形誘導灯“ルクセント”

武田 輝明*
中町 剛**

1. ま え が き

ホテルやデパート・公共施設など、不特定多数の人々が入り出る建築物には、消防法によって誘導灯の設置が義務付けられている。

誘導灯を設置する目的は、不特定多数の人々を入り出る建築物で火災が発生した場合に、人々を安全に避難誘導することである。また、火災発生のような非常時に人々を安全に避難誘導するためには、通常時からその建築物の非常口がどこにあるかを、知らせておくことが重要である。誘導灯には、このように、①非常時の避難誘導、②通常時の避難口の周知、という二つの目的がある。

これらの目的を達成するためには、誘導灯を建築物の中でいかに目立たせるかが重要である。建築物の用途や規模によって、設置する誘導灯の大きさや種類を法令で定めているのもこのためである。

2. 誘導灯のデザイン化

誘導灯は、その目的を達成するために目立つことが重要であり、その性能を一定の基準以上に維持するために、消防法施工規則(28条)や、(社)日本照明器具工業会：誘導灯技術基準(JIL 5502)等の技術基準が定められている。表示面の大きさはもちろん、使用光源・表示面の色・表示面の輝度・輝度比等が詳細に定められている。誘導灯が防災機器だからという理由だけでなく、長年にわたって、誘導灯に画一的なデザインの商品しか開発されなかった一因がその辺りにもあったのではないと思われる。

誘導灯は機能的には、室内で目立たなくてはならないもの

であるが、建築家やデザイナーにとっては、余り目立って欲しくないという一面もある。特にここ数年の建築の多様化・高質化は顕著であり、一般照明がそれに伴って、器具のデザインや照明手法を多様化・高質化していく中で、一つ誘導灯だけが“昔の姿”でいるのは建築家やデザイナーにとって耐えられず、“あの誘導灯を何とかして欲しい”という不満の声が強くなってきた。

従来の誘導灯に比べて、厚さを2/3程度にした業界初の薄形誘導灯“フラットサイン”(図1)が、昭和62年に当社から発表された。これは図2に示すように、蛍光ランプと表示板の間に、ランプ直近のランプイメージを弱めるための拡散板を入れることにより、表示板の輝度比が技術基準の規格値を満足させつつ、誘導灯の薄形化を図ったものである。また、薄形化と同時に、デザイン性を高めるため、フレームにアルミ押出材を使用し、本体の背面からすべてのねじや穴加工を無くしてすっきりさせ、インテリア性の高い誘導灯とした。

3. 表示板が光る誘導灯

薄形誘導灯“フラットサイン”は、側面からみた場合は従来品に比べて、30%も薄くスマートになっているが、正面から見ると図3のようにフレーム部分が従来より3倍大きくなっている。この点を指摘され、もっとすっきりしたシンプルな誘導灯ができないかと、まだまだ建築家やデザイナーの不満は残った。

誘導灯が建築家やデザイナーから問題として取り上げられるのは、通常時の誘導灯の在り方であり、通常時の人々に対する快適性が強く求められている。具体的には、次の2点の

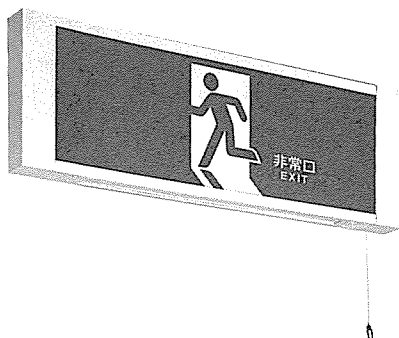


図1. 薄形誘導灯

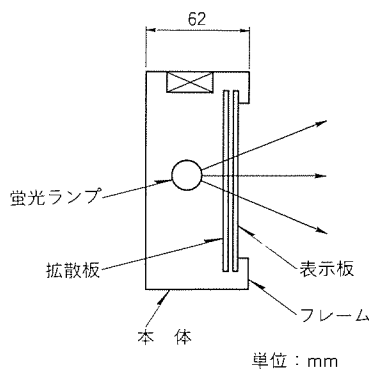


図2. 薄形誘導灯の構造

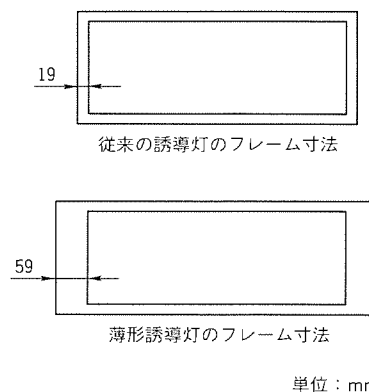


図3. 従来の誘導灯と薄形誘導灯のフレーム寸法比較

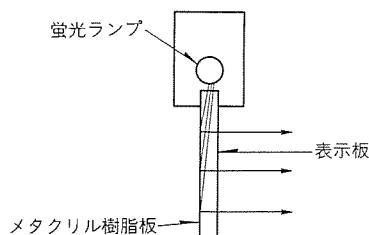


図4. エッジライトの原理

要求が挙げられる。

(1) 建築空間との一体化

器具の大きさから発生する圧迫感、建築空間とは明らかに異なる形態要素と素材による異和感、設置方法による危険感からの要求。

(2) 設置場所の違いによる機種デザインの統一性

建築家、デザイナーが、空間により人々に与えようと指向する、又は人々が受け入れるイメージの連続性を阻害していることから要求。

これらの要求から、新形誘導灯が目指す開発コンセプトを、“表示板だけが建築空間に光る誘導灯のシリーズ開発”と設定した。

次に開発コンセプトを具体化するための課題として、次の要素を取り出し、そのどれもが満足することを目標として開発が進められた。

- (1) 器具の大きさ、厚さを最小限にする追求
- (2) 建築空間にな（馴染む）形態の検討
- (3) 建築空間に主張しない素材と色の選択
- (4) 建築空間に一体化する設置方法の検討
- (5) シリーズとしてデザイン統一された機種展開
- (6) 誘導灯としての基本機能の保持

上記の内容を解決する手段として、図4に示すようなメタクリル樹脂板の端部から光を照射して、表示面を発光させるエッジライト方式の誘導灯ができないものかと考えた。しかし、誘導灯の技術基準の表示面輝度の最低値である $300\text{cd}/\text{m}^2$ 及び輝度比（平均輝度：最低輝度＝7：1）を満足するものが得られず、そのままでは誘導灯としては、使うことができなかった。

4. 導光板方式のパネル形誘導灯

コンセプトは明確にしたものの、商品化する技術が確立するまでには多くの試行錯誤があった。エッジライトの原理を利用して表示面を光らせる先行技術としては、自動車の計器類の表示パネルや、携帯用パソコン・ワープロなどのOA機器の表示パネル等があることが分かった。

しかし、これらの技術では、誘導灯に要求される表示面の輝度は満足できなかったが、輝度比については十分使用でき

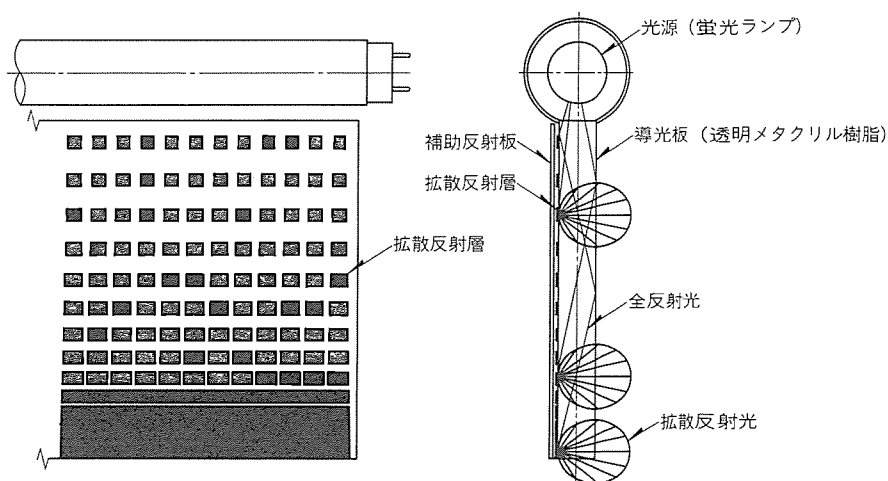


図5. 導光板の発光原理

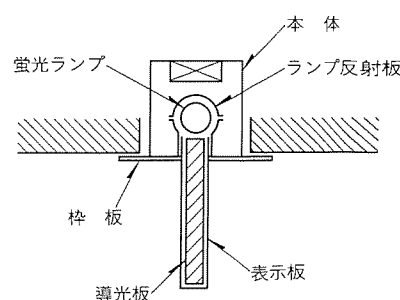


図6. パネル形誘導灯の構造

る技術であり、先行技術調査の結果を踏まえた上で、図5に示す導光板の発光原理を考案し、試作・検討した。すなわち、図5において、蛍光ランプの近接部には密度を粗く、蛍光ランプから離れるに従って密度を濃くしたパターンの拡散反射膜を、透明メタクリル樹脂板に設けて、その前面に誘導灯の表示板を置いた。この結果、表示面の輝度比は、格段に改善された。最大の課題は表示面の輝度であるが、輝度の向上策としては、次の2点がある。

- (1) 導光板に入射させる光の量を増大させる。
- (2) 導光板に入射した光を効率良く表示面に放射させる。

このうち“(1)導光板に入射させる光の量を増大させる。”手段として、次の3点に着目し、設計・試作を繰り返した結果、最適条件を設定した。

- (a) 導光板の厚さ及び入射口の形状
- (b) ランプ反射板の形状と導光板の距離
- (c) ランプと導光板の距離

さらに、“(2)導光板に入射した光を効率良く表示面に放射させる。”手段として、導光板の拡散反射膜に隣接して、高反射率の補助反射板を設けることによって、表示面の高輝度化対策を施した。その結果、最も条件の厳しい小型避難口誘導灯（FL10W使用）で、誘導灯技術基準（JIL 5502）に定められた表示面輝度 $300\text{cd}/\text{m}^2$ を20%以上も上回る $370\text{cd}/\text{m}^2$

m²を実現した。輝度比は技術基準の1/7を大幅に上回る1/2となり、非常に均斉度の優れた表示面を実現させることができた。

“美しい誘導灯”が、パネル形誘導灯のもう一つのコンセプトでもあり、表示板をより美しく見せるため、蛍光ランプも従来品の白色に対して、演色性の優れた三波長蛍光ランプを使用した。誘導灯に三波長蛍光ランプを用いた場合の表示板の見え方については、〔三波長蛍光ランプと表示板の見え方研究報告書〕(昭和63年8月：日本照明器具工業会)において“白色蛍光ランプ使用時より、輝度が高くなるため、見え方が良くなる。”と述べられている⁽¹⁾。

5. パネル形誘導灯の構造

“表示板だけを建築空間に光らせる”ためには、誘導灯の構造も従来とは、全く異なったものにする必要があり、図6に示すように、安定器・蓄電池などの点灯装置及び蛍光ランプを収納した本体を天井内に埋め込み、表示パネルとそれを保持する枠板だけを天井面に取り付ける構造とした。

従来の誘導灯で最もデザイン性を損ねていたものは、表示板を支持している周囲のフレームである。パネル形誘導灯では、このフレームを無くすることが最大の課題であった。たとえ透明なフレームでもデザイン部門は許さなかった。

プラスチック成形加工の専門業者の協力を得てこの課題を解決、実現したのが図7に示すような、箱状に成形した表示板であり、“表示板は平板”という従来の常識を大きくくつがえした発想の転換である。この箱状の表示板の中に透明メタクリル樹脂製の導光板(厚さ15～20mm)と拡散高反射率塗装の補助反射板を収納する構造として業界初のパネル形誘導灯“ルクセント”(図8)を実現させた。

しかし、まだ問題があった。誘導灯は、“誘導灯認定委員

会”による認定機器である。認定委員会の認定が取得できなければ商品化できない。自治省消防研究所を始め、東京消防庁など消防関係の委員からは、“デザイン性の追求の余りランプ交換などメンテナンス性が損なわれるのは問題”との指摘があった。誘導灯は24時間しかも1年中連続点灯で使用するため、一般照明器具に比べてランプ交換の機会が多いためである。

これについては、図9に示すようにランプ反射板を上下に分割して、ランプ下反射板を枠板に固定して表示板と一体構造にして、ランプ交換の際は表示板を手でつかんで下方に引くだけでランプ交換ができるようにした。その結果、従来形の誘導灯よりも容易にランプ交換ができるようになり、メンテナンス性の優れた誘導灯とすることができた。

6. パネル形誘導灯のデザイン展開

建築物の用途や規模・設置場所によって、誘導灯の種類や設置方法などが法令で定められていることは先に述べた。

図8に示す埋込み形誘導灯のほかに図10に示すつ(吊)り下げ形の誘導灯もパネル形誘導灯シリーズとして開発した。しかし“表示板だけが建築空間に光る誘導灯”というコンセ

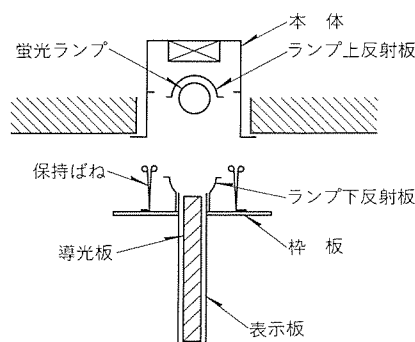


図9. パネル形誘導灯のランプ交換構造

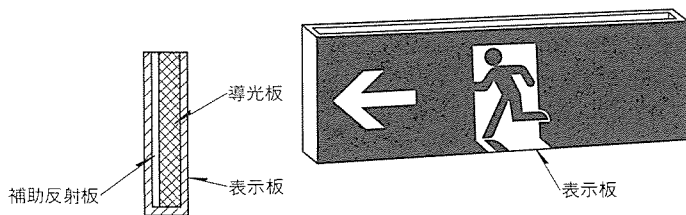


図7. 箱状に成形した表示板



図8. パネル形誘導灯“ルクセント”(埋込み形)

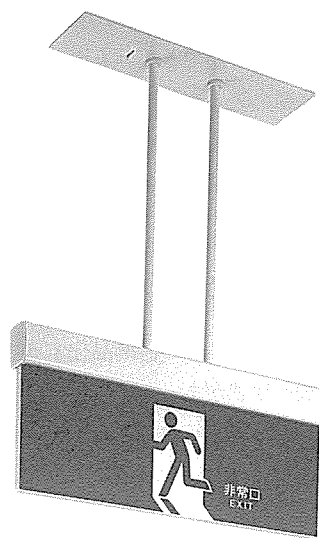


図10. パネル形誘導灯“ルクセント”(吊り下げ形)

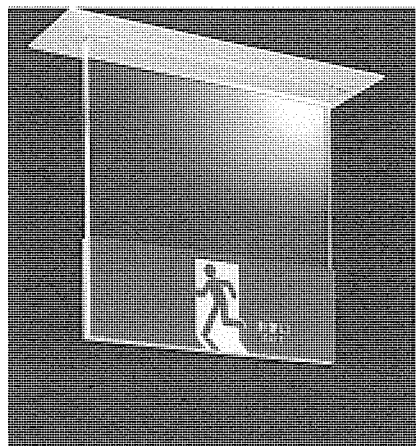


図11. パネル形誘導灯“ルクセント”
(透明タイプ)

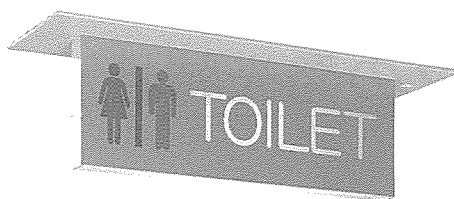


図12. ルクセントサイン



図13. “横須賀ショッピングプラザ”の施設例

プトから見れば、図10の吊り下げ形パネル誘導灯は、理想的な誘導灯というには問題を残していた。建築空間における高い天井に誘導灯を設置する方法として従来と同じ2本のパイプによって吊り下げたことと、ランプを内蔵する箱を表示板の上部に設けることによるデザイン上の問題である。これは本来、人々の安全のために存在すべき誘導灯が、建築物との融合を妨げる形態と素材を使用したために、落下するのではないかといった不安感を感じさせることとなり、同時に建築空間の統一感を阻害する要素が残った結果となった。

そこで、新たに考えられたのは図11に示すような、透明メタクリル樹脂の導光板の透明部分を天井まで延長し、天井内本体のランプの発する光を表示板部分まで導く方法である。図8に示す埋込み形パネル誘導灯に比べると表示面輝度は低下するが、パネルの大きさが縦横比で1:1（一般形は1:3）の大きさまでは、技術基準に適合することができた。

透明メタクリル樹脂といった建築空間に多用される透明素材は、空間を視覚的に遮断しない性質があり、これによって天井と表示板を接続することができ、上記の問題を解決することができた。

建築空間における統一感が求められていることは前にも述べたが、誘導灯のような避難誘導のほかにも多種多様な表示サインについてもその統一感を向上させる意味で、業界初のパネル形誘導灯“ルクセント”と同タイプで表現できるルクセントサイン（図12）についても、シリーズとして機種ぞろえをした。

7. む す び

このようにして完成したパネル形誘導灯“ルクセント”シリーズは、建築家やデザイナーから高い評価を得て、デパート（図13）や、ホテル（図14）など、多数の施設に使用されて



図14. “京都グランドホテル”の施設例

おり、高級家具、インテリアなどの室内雰囲気に溶け込んでいる。

一方、我が国における誘導灯の技術開発は目覚ましく、火災発生と同時にキセノンランプを点滅させて、非常口を素早く知らせる点滅形誘導灯や、“非常口はこちらです”という日本語と英語の音声を発して、非常口を知らせる誘導灯なども開発され、自治省消防庁の行政とあいまって、人々の安全に大きく貢献をしている。

“デザインの時代”といわれる昨今、このような機能面の進歩とともに、今回紹介したような、デザイン面でも優れた誘導灯の登場によって、さらに誘導灯の普及が進み、社会生活の安全性が高まることを願うものである。

参 考 文 献

- (1) (株)日本照明器具工業会 誘導灯認定委員会：三波長蛍光ランプと表示板のみえ方研究報告書，32（1988）

希ガス蛍光ランプの発光特性

西勝健夫*
櫻井毅彦*
大澤隆司**

1. ま え が き

一般の蛍光ランプには水銀が封入されており、この水銀の放射する紫外線によって蛍光体が発光する。これに対して希ガス蛍光ランプは水銀の代わりにキセノンなどの希ガスを使用した蛍光ランプである。

希ガス蛍光ランプは古くから研究されていたが^{(1)~(3)}、水銀を使用した蛍光ランプに比べて効率が低いため一般照明用としては実用化に至らなかった。しかし、希ガス蛍光ランプは一般の蛍光ランプと異なり、周囲温度に影響されず常に一定の光出力が得られるという特長がある。この特長はファクシミリ、コピー、イメージスキャナ等の情報機器の読取り・除電・露光光源などに最適なものである。

これらの用途における希ガス蛍光ランプの課題は、効率が低いために必要な輝度が得られないことである。当社では紫外線の放射特性の検討や、高効率で劣化の少ない蛍光体、ランプの性能を最大に引き出す専用のインバータの開発などにより、読取り用として十分な明るさをもつ情報機器用希ガス蛍光ランプを開発した⁽⁴⁾。

ここでは、希ガス蛍光ランプの基本的な発光特性と紫外線の放射特性について検討した結果を述べる。

2. 希ガス蛍光ランプの基本特性

2.1 ランプ構造

実験に使用したランプの一例を図1に示す。希ガス蛍光ランプの構造は、一般の蛍光ランプと基本的に同じである。電極には酸化陰極物質を塗布したフィラメント型の熱陰極を使用している。また、電極には不純ガスを除去するためのゲッタを設置してある。なお、情報機器では主に、より小型の10mm程度の管径で高輝度を得るため、反射膜付きアパー

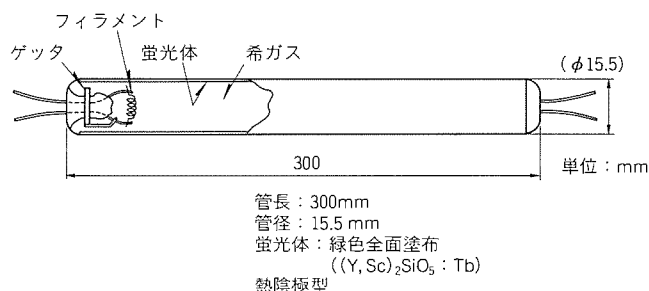


図1. 希ガス蛍光ランプの構造

チャ型が使用される。

2.2 希ガスの種類

希ガスと水銀の共鳴紫外線の波長を表1に示す。希ガスの紫外線は水銀に比べて波長が短いため効率的には不利である。希ガスの中ではキセノンの147nmの紫外線が最も波長が長く、適合する蛍光体を得るのにも有利である。

図2にアルゴン、クリプトン、キセノンそれぞれ封入したランプをランプ電流一定で点灯した場合の封入圧力と輝度の関係を示す。この図に示していないヘリウムとネオンでも高い輝度が得られるが、その発光の多くは希ガスの放射する可視部の発光スペクトルである。このため、ヘリウムとネオンは、純粋な蛍光体の発光色が得られないため蛍光ランプとしてはあまり適さない。図2ではアルゴン、クリプトン、キセノンとも数 Torr (1 Torr = 133.3 Pa) で輝度が最小になる類似した特性を示す。輝度もほぼ近い値を示している。高い圧力で輝度の上昇が大きいのは、これはランプ電圧が上昇し、消費電力の増加する影響があるためである。効率的にはキセノンが最も良い。これは3種類の希ガスの中で最もランプ電圧が低く消費電力が小さいためである。このため、蛍光ランプに最も適する希ガスはキセノンである。

図3にキセノンを封入した希ガス蛍光ランプの分光分布を

表1. 希ガスと水銀の共鳴紫外線の波長
単位: nm

ヘリウム (He)	59.1, 58.4
ネオン (Ne)	74.4, 73.6
アルゴン (Ar)	106.7, 116.5
クリプトン (Kr)	123.6, 116.5
キセノン (Xe)	147.0, 129.6
水銀 (Hg)	253.7, 185.0

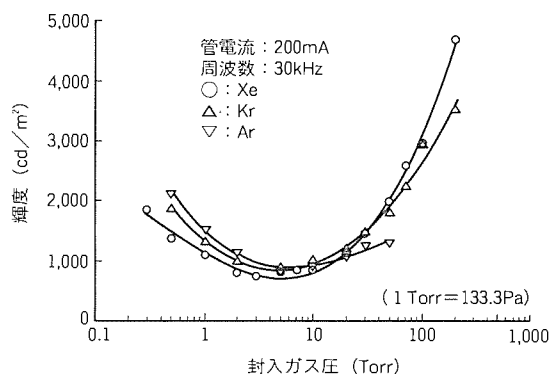


図2. 各種希ガスの封入圧力と輝度の関係

示す。キセノンの強い発光スペクトルは800nm以上に集中しており、400～700nm間の可視領域のスペクトルは微弱である。このため可視部の発光は、ほぼすべて蛍光体によるものであり、蛍光ランプのような水銀輝線による色純度の低下が少ない。

2.3 封入圧力特性

図4に電力一定でのキセノンの圧力と輝度の関係を示す。点灯条件は情報機器で一般的な正弦波の高周波点灯(20kHz)の場合である。数Torrで輝度は最小になり、低圧側と高圧側で輝度が上昇することが分かる。これは紫外線の放射効率の変化に対応している。このため、高い輝度と効率を得るためには低い圧力領域と高い圧力領域を利用する二つの方法が考えられる。しかし、低圧側と高圧側で効率が上昇するのは異なった現象によるものであり、良好な特性を得るためにはそれぞれ適した方法が必要である。

低い圧力で効率が上昇する現象は、共鳴紫外線の自己吸収による損失の低下と電子温度の上昇によるものと考えられる。低圧側で効率が最大になるのは0.1Torr以下の極めて低い領域である。しかし、このような低い圧力では、点灯中に放電空間から放電ガスが消失するという問題がある。この対策として熱陰極の採用による陰極降下電圧の低下、ガラス管内面の保護膜の形成、他の希ガスとの混合ガスの採用などにより、現在ではキセノン分圧0.1Torrで1万時間以上の寿命をもつランプを実用化している。

一方、圧力が高い領域では、輝度はおよそ100Torrで飽

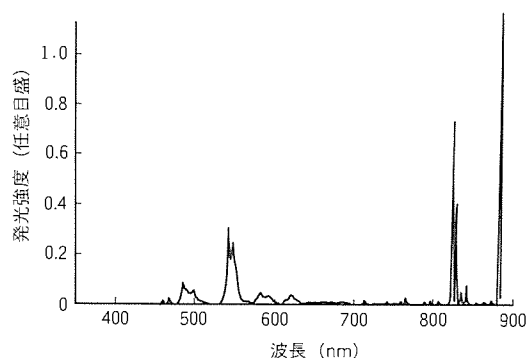


図3. 希ガス蛍光ランプの分光分布

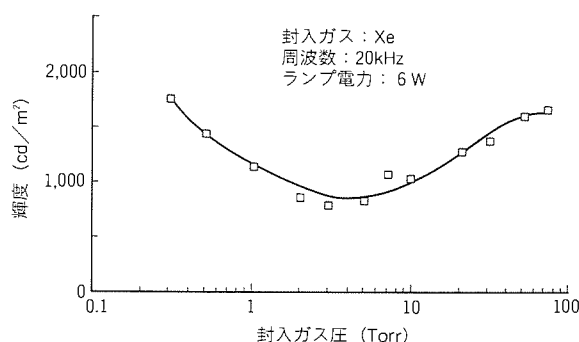


図4. Xeの封入圧力と輝度の関係(電力一定)

和するため、さらに効率を上げる手段が必要である。この方法としては電流に休止期間のある半波整流波形で点灯することが有効である⁽⁵⁾。

3. 発光波形

3.1 パルス点灯特性

キセノンの封入圧力によって点灯周波数や印加電圧波形に対する特性が変化する。このような場合、紫外線放射波形に変化が見られる。最もその影響が顕著に現れるのはパルスの放電させた場合である。

図5にパルス点灯の実験回路を示す。ランプに並列に接続したスイッチング素子(MOS-FET)によって直流電圧をチョッピングすることにより、ランプに印加する電圧をパルス状にした。電流制限用のインピーダンスは、ランプに直列に接続した無誘導抵抗である。

図6は電力一定の場合の封入ガス圧と輝度の関係である。1Torr以下ではパルス点灯と直流点灯の輝度はほぼ同じである。しかし、数十Torrの高い圧力領域でパルス点灯は直流点灯に比べて大幅に輝度が上昇する。また、パルスのデューティ比が小さいほど輝度の上昇は顕著である。なお、このような現象はキセノンに限らず、アルゴンやクリプトンでも類似した現象がみられる。

図7は輝度の上昇する30Torrのランプについてパルスの繰り返し周波数と輝度の関係を示したものである。10～20kHzの周波数で最大値を示し、それより低い周波数及び高

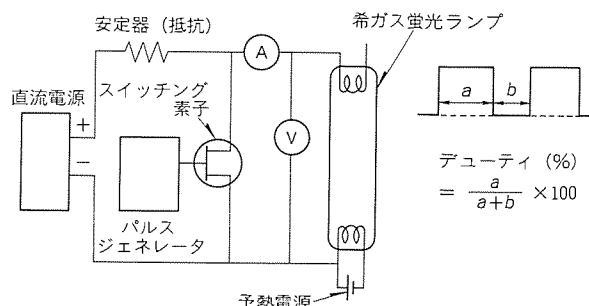


図5. パルス点灯特性測定回路

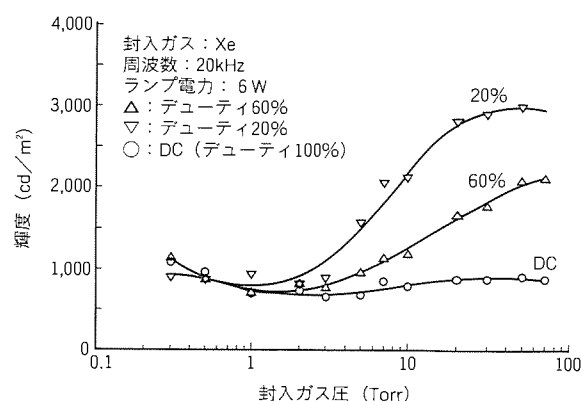


図6. パルス点灯の封入ガス圧と輝度の関係

い周波数では顕著な効率の低下を示している。

3.2 蛍光体の発光波形

図8にランプ電流と蛍光体の発光波形を示す。ランプは短残光の青の蛍光体 (BAM) を使用したものである。同図(a)は低圧のランプの場合 (1 Torr, Xe10%, Ne90%) であり, (b)は比較的高い圧力の場合 (25 Torr, Xe100%) である。発光波形はフィルターにより, 近赤外部の Xe のスペクトルをカットしてほぼ蛍光体の発光だけをフォトダイオードで測定した。1 Torr の場合, 放電電流と蛍光体の発光のタイミングはほぼ一致しており, 紫外線放射がほぼ放電電流に対応していることが分かる。一方, 25 Torr のランプでは非常に異なった発光波形を示し, 電流の流れている期間よりも, 電流の休止期間に強い発光を示す。

3.3 紫外線の発光波形

図9は真空紫外線を直接測定するための測定装置の概略で

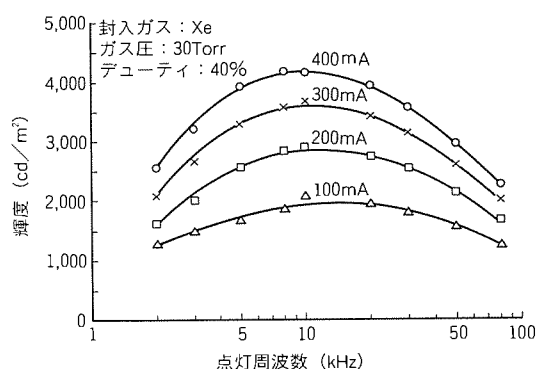
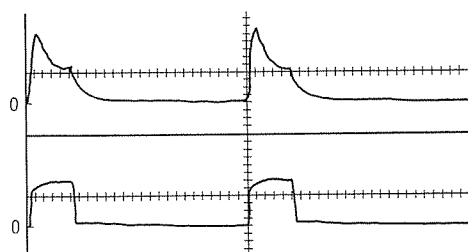
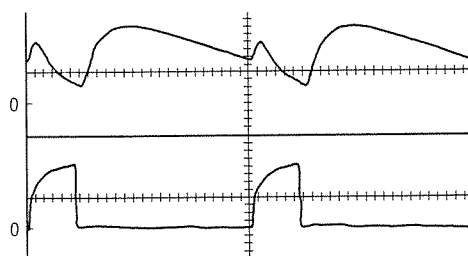


図7. パルス周波数と輝度の関係



(a) 1 Torr, Xe10% + Ne90%



(b) 25 Torr, Xe100%

上: 発光波形, 下: 電流
4 μ s/目盛

図8. 希ガス蛍光ランプの発光波形

ある。内部を真空にしたベルジャーの中に, 外部から排気及びガス導入可能なサファイア製の管 (直径9.5mm) が設置してある。サファイア管の両端にはランプに使用しているものと同タイプのフィラメント電極を設けた。この管の中にキセノンガスを封入して放電を行った。紫外線のセンサとしてサファイア管にほぼ密着させて設置した真空紫外線用の光電子増倍管を用い, 高速プリアンプを介してデジタルオシロスコープで観測した。

図10は封入ガス圧を連続的に変えたときの紫外線放射波形の変化を観測したものである。なお, 10 Torr 以下では移動しま (縞) の発生により, 紫外線が変動するためアベレーシング処理をしている。封入ガス圧が0.5 Torr では先の1 Torr 混合ガスの発光波形と同様に, 休止期間の紫外線放射は単純な減衰を示すが, 1.5 Torr になると, いったん少し減少した後, わずかではあるが再び増加する傾向が見られる。そして7 Torr, 15 Torr, 30 Torr, 70 Torr と圧力の増加するに従ってどんどん増大して, 通電期間中の放射よりも大きくなる。このことからパルス放電による効率の上昇, 高輝度は主にアフターグローの紫外線放射によって得られたものであることが分かる。このように強いアフターグローの発光を示す原因としては, キセノン分子イオンの解離再結合の影響が考えられる。また, アフターグローの発光が最大値に達する時間と減衰する時間は圧力が増加するほど短くなる傾向を示す。

図11は強いアフターグローの発光が見られる30 Torr の圧力で, 周波数を変えて点灯した場合の紫外線波形である。パルスのデューティは約50%である。2 kHz の周波数で電流の休止期間が250 μ s と長い場合, アフターグローの発光は約25 μ s で最大値に達した後, ほぼゼロにまで減衰する。一方, 50 kHz の周波数ではアフターグローが最大値に達する前に次のパルスが印加される。このため, 紫外線放射のピーク値が低くなっている。効率が最大になるのは電流の休止期間がアフターグローの最大値に達する時間より長く, それが減衰してしまう時間よりも短い場合である。図7のような

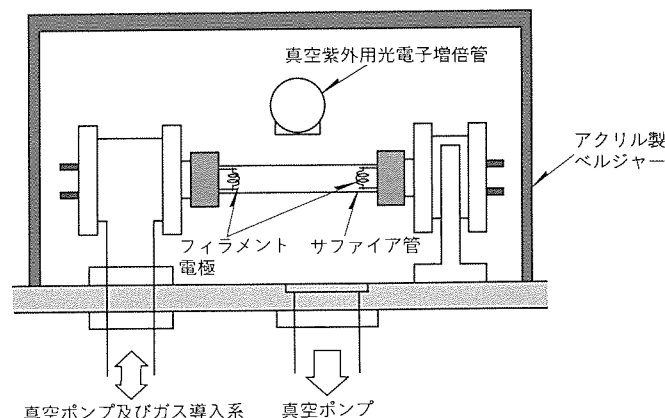


図9. 紫外線放射波形測定装置

周波数特性は、このアフターグローの時定数によって生じたものである。

4. 紫外線分光特性

4.1 実験装置

図12に真空紫外線分光測定用の装置の概略を示す。放電は真空容器の中央に設置したガラス管の中で行った。このガラス管には真空ポンプ及びガス導入系が接続してある。また、この真空容器の外部には真空紫外分光器と真空ポンプが接続してある。

共鳴紫外線の分光分布は光学的厚みの影響によって大幅に変化する。このため、紫外線がキセノンガスを通過する距離は、実際のランプに近い距離にする必要がある。ここでは直径10mmのガラス管の中央に穴をあけて真空紫外用の窓材(MgF_2)を接着したものを用いてほぼこの条件を満たした。

分光器は1,200本/mmのグレーティングを備えた0.2m真空紫外分光器(アクトンリサーチ社製VM-502)である。受光器(DA-780-VUV)はサリチル酸ソーダと光電子増倍

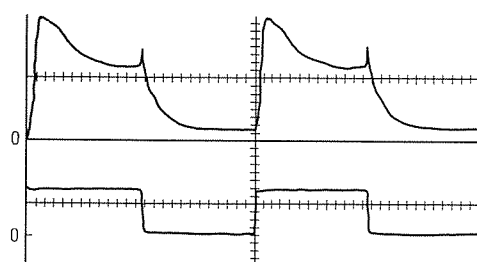
管を組み合わせたタイプであり、測定範囲ではほぼフラットな感度をもつ。また、真空容器と分光器の内部は測定中 10^{-5} Torr以下に減圧した。

4.2 紫外線分光分布

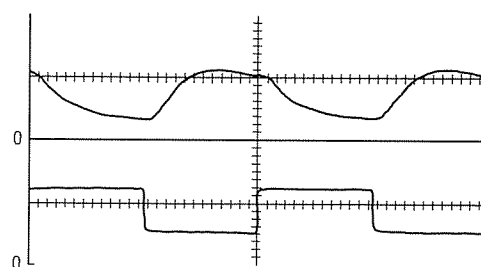
図13はキセノンの圧力を変えた場合の紫外線の分光分布である。20Torrから150Torrまでの測定結果を示した。点灯条件は10kHz、デューティ50%のパルス点灯である。また、分光器のスリット幅は150 μm である。なお、この分光器の逆線分散は4nm/mmである。

低い圧力では基本的に線スペクトルであるが、圧力が増加するにつれ、スペクトル幅が広がり、数十Torrでは長波長側に長い尾を引くようになる。また、147nmのピークは低下してくる。キセノンの圧力が高い領域で、効率が上昇する現象には、この長波長の紫外線が寄与していると考えられる。なお、長波長の紫外線は150nmと170nm付近にピークをもつ分子線によるものと考えられる。

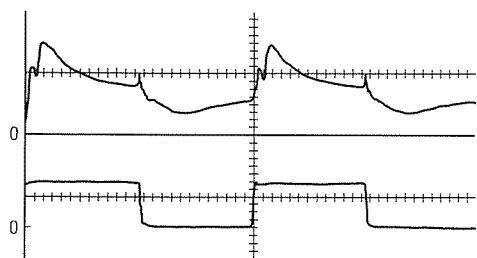
なお、周波数や電圧波形などの点灯条件を変えても圧力を変えた場合のような顕著な変化は見られなかった。



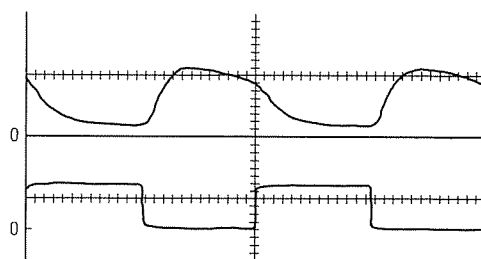
(a) 0.5Torr (4 mV/目盛)



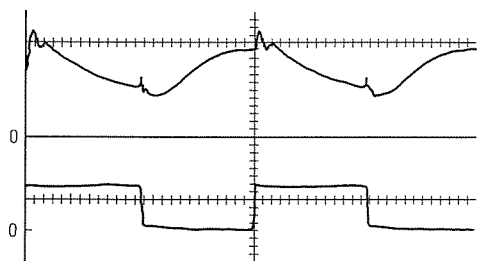
(d) 15Torr (10 mV/目盛)



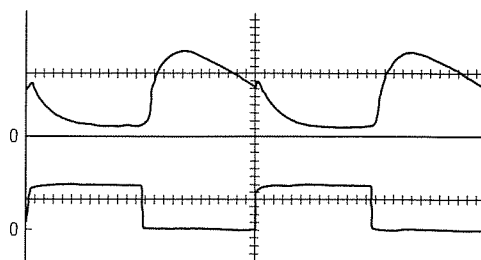
(b) 1.5Torr (4 mV/目盛)



(e) 30Torr (20 mV/目盛)



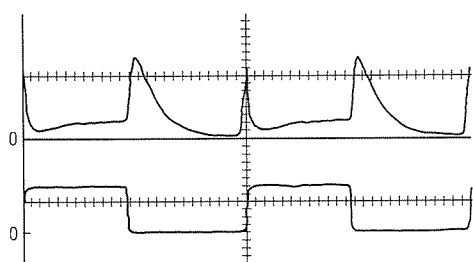
(c) 7 Torr (4 mV/目盛)



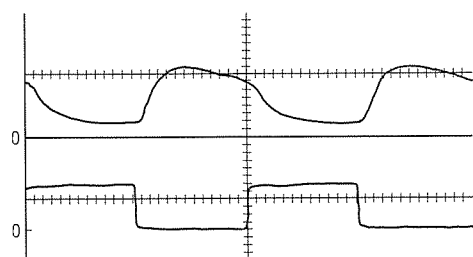
(f) 70Torr (40 mV/目盛)

上：紫外線，下：電流
10kHz, 100mA

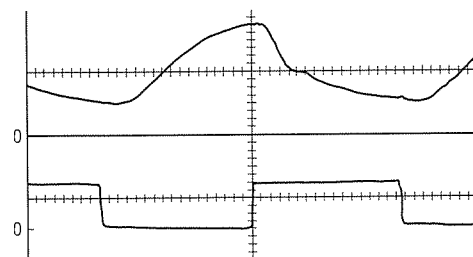
図10. 圧力による紫外線放射波形



(a) 2 kHz (20 μ s/目盛, 40mV/目盛)



(b) 10kHz (4 μ s/目盛, 40mV/目盛)



(c) 30kHz (1 μ s/目盛, 20mV/目盛)

上：紫外線波形，下：電流

図11. 周波数による紫外線放射波形(30Torr)

5. む す び

希ガス蛍光ランプの発光特性は、キセノンの紫外線放射特性によるところが大きい。キセノンの放射する紫外線は封入圧力によって変化する。圧力が増加するにつれて強いアフターグローの放射が現れ、またスペクトルが広がり長波長のキセノン分子の紫外線が発生する。

希ガス蛍光ランプは、情報機器に最適なランプであるが、常に一定の明るさが得られるため他の用途においても魅力的なランプである。今後、紫外線放射特性をより明らかにすることによって、さらに性能が向上し、広い用途に利用されることが期待できる。

参 考 文 献

- (1) Beese, N. C.: The Fluorescent of Phosphors in Rare Gases, J. Opt. Soc. Am., **36**, 493~498

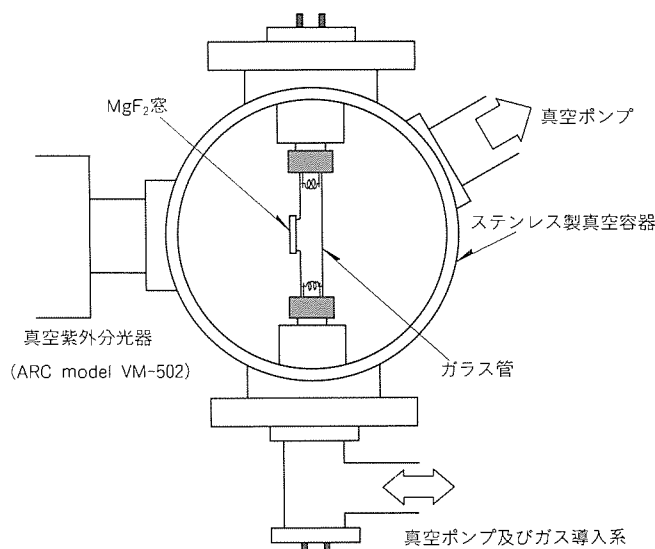


図12. 真空紫外分光測定装置

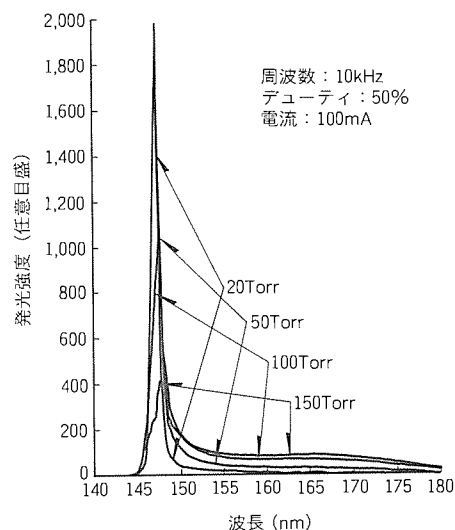


図13. 真空紫外線の分光分布

(1946)

- (2) 小坂橋 正康, 栗津健三: 希ガス放電によるけい光体の励起発光, 光源・関連装置研究会資料, LS-74-8, 1~10 (1974)
- (3) 奥野郁弘: 混合希ガス放電による蛍光ランプ, 昭50照明学会全国大会予稿集, 16-16 (1975)
- (4) 大澤隆司, 三橋 征寿郎, 安達宏美, 西勝健夫, 櫻井毅彦, 橋本典綱: 情報機器用熱陰極形低圧希ガス放電蛍光ランプ, 三菱電機技報, **65**, No.4, 394~398 (1991)
- (5) 西勝健夫, 櫻井毅彦, 明道 成, 大澤隆司: パルス放電希ガス蛍光ランプ, 照明学会研究会資料, MD-91-5, 25~29 (1991)

高演色コンパクトメタルハライドランプ “HQI”の新シリーズ

大谷勝也* 渡部勁二***
高崎 光**
アクセル バッシュナーゲル**

1. ま え が き

メタルハライドランプは、1961年アメリカのレイリングによって発明されて以来、今日では店舗照明、スポーツ照明等に発展してきている。

このランプは、発光管の中に水銀、アルゴンに加えてハロゲン化金属が数種類封入されており、アーク放電の中心部でハロゲン化金属がハロゲン原子と金属原子に解離し、励起された金属原子はそれぞれ固有のスペクトルを発する。

メタルハライドランプはこの発光管内に封入される金属の種類によって種々の色特性が得られるが、現在、主として用いられているものは次の三つに大別される。

(1) Na, Tl, In 系

ナトリウム (オレンジ), タリウム (緑), インジウム (青) の強いスペクトルを組み合わせたもので、発光効率 80 lm/W, 平均演色評価数 Ra 80

(2) Na, Sc 系

ナトリウムの強いスペクトルとスカンジウムの多数のスペクトルを組み合わせたもので、100 lm/W, Ra 60~70

(3) Dy, Tl 系

タリウムの強いスペクトルとジスプロシウムの多数のスペクトルを組み合わせたもので、90 lm/W, Ra 80~90

今回、HQI の新シリーズとして前記 (1) 及び (3) の添加物を主として使用する高演色、高効率コンパクト光源の新しい機種展開について述べる。

2. メタルハライドランプ 進化の流れ

本論に入る前にこのメタルハライドランプを時系列に進化の流れとしてとらえてみる。この進化の流れには2方向へのベクトルが作用している。一つは高演色性の追求、そしてもう一つはコンパクト性の追求である。

2.1 高演色性の追求

本来、最初にメタルハライドランプが開発されたのは、高効率性の追求という主旨によってであった。この高効率性は上記の二つのベクトルの基礎である、メタルハライドランプがもっていなければならない基

本的特性である。

最初に普及したものは Na, Tl, In 系であった。これは 80 lm/W, Ra 65~70 と水銀ランプよりも効率、演色性ともに優れていたが、次世代のより効率の高い Na, Sc 系に置き換えられていった。Na, Sc 系は Ra が同じままで、効率が 100~130 lm/W にまで上がっている。

この高効率形メタルハライドランプが普及するにつれ、新たな要望が市場から起こってきた。それが高演色性の追求である。実はこのニーズはカラーテレビという他分野の新技術の誕生によって促されて生まれたものである。オリンピックの放映用に開発され、これが上述の Dy, Tl 系メタルハライドランプであり、このランプを世界で最初に製品化に成功したのがオスラム社 (独国) であり、この世界初の高演色形メタルハライドランプが“HQI”ランプと名付けられた。

2.2 コンパクト性の追求

その次に生まれたもう一つの進化のベクトルは、コンパクト性の追求である。光源をコンパクトにすれば、器具をより小型化することができ、またリフレクタと組み合わせ、より配光を良くコントロールすることができるという二つのメリットを得ることができる。

図1にそのコンパクト性への進化を示す。基準となるインデックスはランプの全光束をランプ体積で割ったものを使用している。水銀ランプが 11 lm/cm³ であったのに比べ、現在最も進化したメタルハライドランプ、HQI ランプは両口

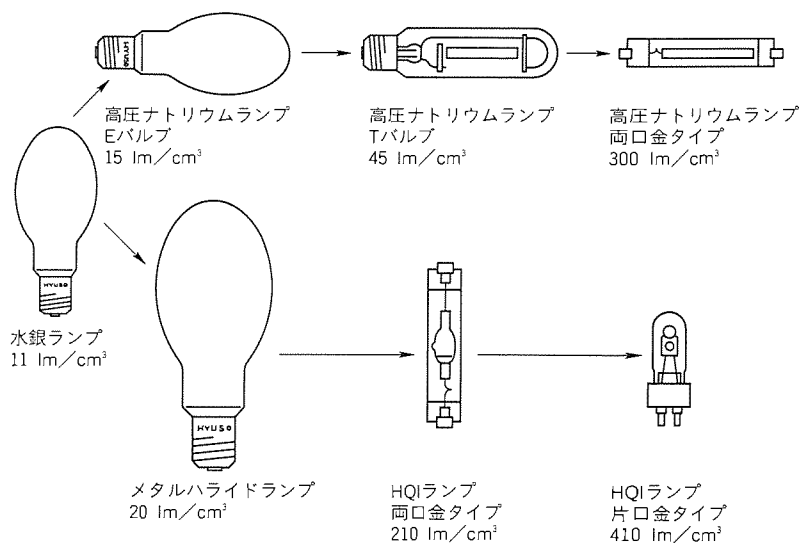


図1. HIDランプ(高圧放電ランプ)の進歩

金タイプで210 lm/cm³、片口金タイプでは410 lm/cm³にまで高まっている。

3. マーケットの進化

HQI ランプは上述の二つのベクトルによって誕生した。つまり HQI ランプは高演色、コンパクトという従来のメタルハライドランプにはなかった特長をかね備えており、この HQI ランプの登場は、その後のメタルハライドランプのマーケットにも影響を与えた。

影響の一つはスポーツ施設マーケットの変質である。スポーツ施設の高級化を促進し、より高演色形メタルハライドランプが使用されるようになった。この流れはハイビジョン放映というまた新たな技術の導入により、さらに促進されている。

もう一つの影響は、メタルハライドランプによる店舗照明

という新たなマーケットを作り出したことである。低ワット化、高演色、コンパクトサイズという特長により、従来メタルハライドランプが参入できなかったマーケットへ急速に HQI ランプは広まっていった。現在日本のメタルハライドランプマーケットは約 200 万本弱の規模であるがその約 30 %は高演色形であり、この高演色形マーケットの伸びは1991 年度 20 数%という他機種のランプには見られないほどの高い成長をしている。高演色形メタルハライドランプの位置付けを図 2 に示す。I から II は高効率の流れ、IV は高演色の光源である。この二つは今まで接点はなく、別々のマーケットを作り出していたのであるが、IV の分野に HQI が登場することにより、初めてこの二つのマーケットが融合したといえる。

表 1 に現在日本で市販されている HQI シリーズをまとめて示す。*印は今回紹介する新シリーズを示す。また、表 2 に新シリーズの特性をまとめて示す。

4. 店舗照明分野における新商品

高い経済性、高演色以外に、店舗照明に求められている要素は次の二つであろう。すなわち、

- (1) 色温度の多様化
- (2) コンパクト化

第 1 の色温度の多様化は、同一の器具、安定器を使用したまま、ランプを交換するだけで光色を変え、多様な演出ができることを意味する。

第 2 のニーズ、更なるコンパクト化は、より小型な器具設計を可能にし、電球やハロゲンランプの代わりに使用することを実現する。例えば、HQI-T ランプ用ダウンライトの直径 (11cm) は、両口金形タイプのダウンライトの直径 (20 cm) に比べて約半分に小型化できる。以下、店舗照明用、新 HQI シリーズとして、HQI-T 70 W/WDL, HQI-TS 250 W/WDL について述べる。

4.1 HQI-T70W/WDL

- (1) 特性

表 2. 新HQIシリーズの特性

	HQI-T70W /WDL	HQI-TS250W /WDL	HQI-T2000W /D/I	HQI-TS2000W /D/S
ランプ電圧 (V)	95	100	230	215
ランプ電流 (A)	1.0	3.0	10.5	10.3
ランプ電力 (W)	75	250	2,000	2,000
全光束 (lm)	5,200	20,000	170,000	200,000
効 率 (lm/W)	69	80	85	92
色温度 (K)	3,000	3,000	6,000	5,600
平均演色評価数 (Ra)	80	80	85	92
最大許容バルブ温度 (°C)	500	650	550	950
最大許容封止部温度 (°C)	350	250	250 (ベース部)	350
口 金	G12	RX7s	E39	ツメ端子

表 1. 現在日本で販売中のHQIシリーズ

ランプ ワット	温白色 WDL	白色 NDL	昼白色 D
35	(T)	—	—
70	* T TS	TS	TS
150	T TS	TS	—
250	* TS	TS	(T) TS
400	—	—	T TS
1,000	—	—	T TS
2,000	—	—	* T * TS

注 T：片口金タイプ
TS：両口金タイプ
* は今回紹介するランプ機種
() はオスラム社カタログに
記載されている機種

HQI-T70 W/WDLの外形を図3に示す。外管の大きさ、光中心距離は既に発売済みのHQI-T150 W/WDLと全く同一である。したがって、安定器を替えるだけで、同一の器具で使用できるメリットがある。分光分布を図4に示す。発光物質はIn-Na-Tl系であり、色温度は温白色(3,000K)、演色性はRaが80である。

始動特性を図5に示す。コンパクトなためランプの安定までに3分を要せず、安定の早いHQIシリーズの中でもとりわけ早い安定特性を示す。点灯方向は任意である。

(2) 使用上の注意事項

HQI-T70 W/WDLは紫外線を放射するため、また万一の破損を考慮して前面ガラスをもち、かつ、破損片が器具外に飛散しない器具を使用すべきなのは、他のHQIと同様である。また、器具内でのランプの温度が外管最高部で500℃、封止部で350℃を上回ると寿命特性を損なう可能性があるののでこれらの温度以下になるように器具の設計を行う必要がある。HQI-T70 W/WDLを動作させるには、従来使用されているHQI70 Wの安定器が使用可能であるが、口金の両

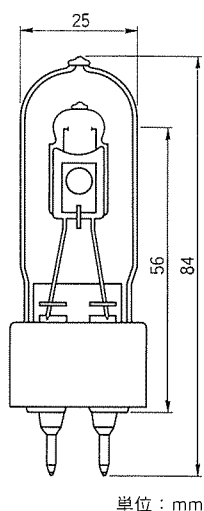


図3. HQI-T70W/WDLの外形

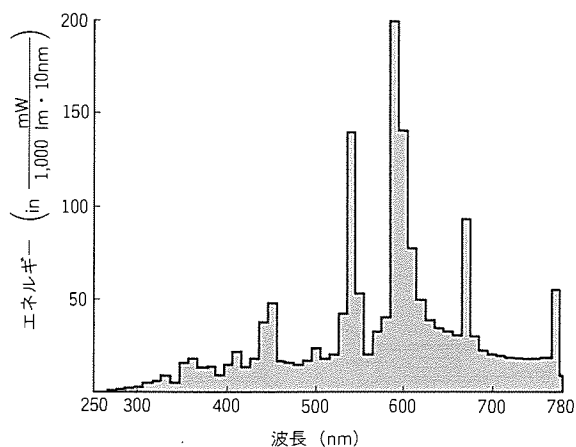


図4. HQI-T70W/WDLの分光分布

ピン間には4～5 kVのパルスが始動時かかるように設計されている必要がある。

4.2 HQI-TS250W/WDL

(1) 特性

HQI-TS250 W/WDLランプ外形を図6に示す。外管の寸法は従来のHQI-TS250 W/WDL, HQI-TS250 W/Dと同様である。

WDL色の追加によって、250 Wは3色となり色のバリエーションが完全なものとなった。図7に分光分布を示す。図8に始動特性を示す。

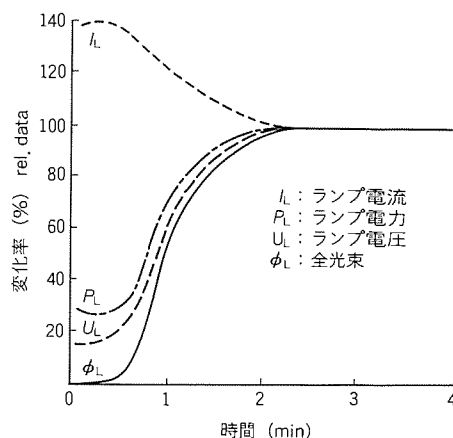


図5. HQI-T70W/WDLの始動特性

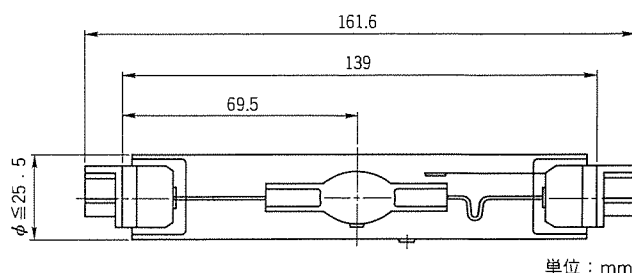


図6. HQI-TS250W/WDLの外形

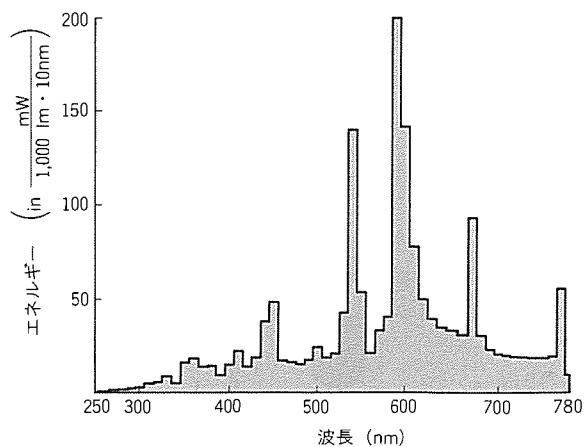


図7. HQI-TS250W/WDLの分光分布

(2) 使用上の注意事項

HQI-TS250W/WDLは従来のHQI-TS250W/NDL等と同様の注意が必要である。すなわち、器具の紫外線対策、万一の破裂防止策を施すこと、また器具内のランプ温度の検討等である。

5. スポーツスタジアム照明における新商品

ハイビジョン放映、スポーツ施設の高級化という質的向上に加え、アジア大会・Jリーグ等量的なニーズもスポーツ照明分野に高まっており、これらに要求される光学的な特性は太陽光と同じということになる。これは競技者にとって昼間と同じ雰囲気の中で競技できることが重要なことであり、ま

た、見る側にとっても違和感を感じずに観戦できる点で重要である。

太陽光に近い高ワットの新HQIシリーズとしてHQI-T2000W/D/I, HQI-TS2000W/D/Sを紹介する。

5.1 HQI-T2000W/D/I

(1) 特性

HQI-T2000W/D/Iは発光管の両端に始動極をもってあり、これにより始動時の高圧パルス印加を不要としている。一般的に高圧パルス印加する方式のランプ器具、安定器のシステムではランプの安定器の距離が長くなると線間容量のため高圧パルスが減衰し、始動に必要なパルスがランプ部で

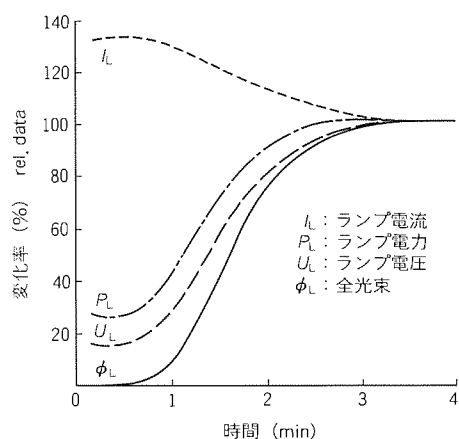


図8. HQI-TS250W/WDLの始動特性

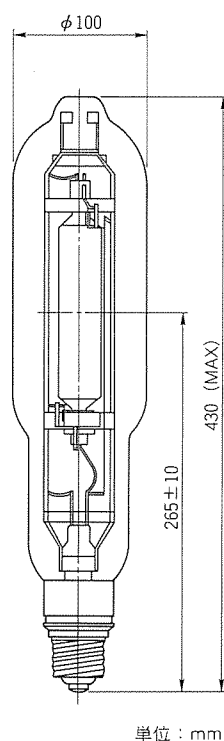


図9. HQI-T2000W/D/Iの外形

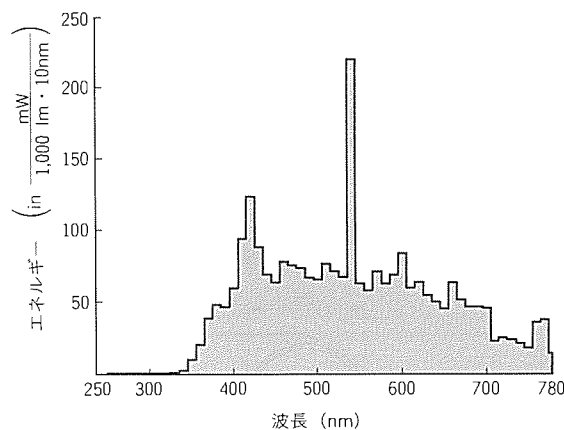


図10. HQI-T2000W/D/Iの分光分布

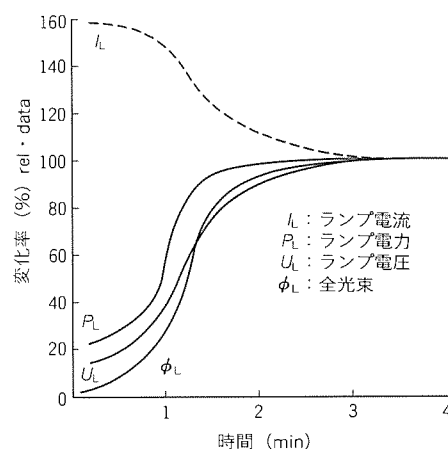


図11. HQI-T2000W/D/Iの始動特性

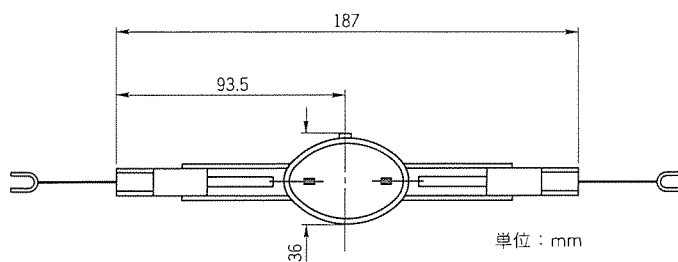


図12. HQI-TS2000W/D/Sの外形

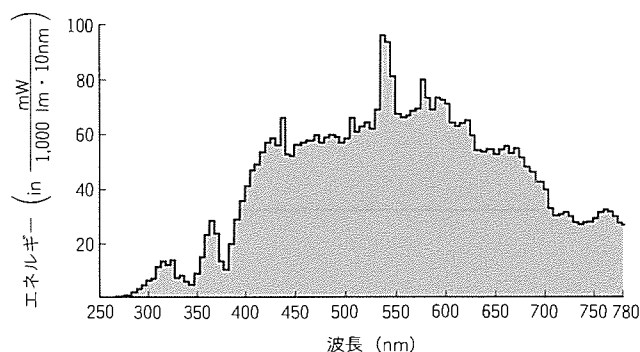


図13. HQI-TS2000W/D/Sの分光分布

得られず始動に困難を伴う場合がある。したがって、このようなランプではランプと安定器の距離には制限があった。HQI-T2000 W/D/Iではこのような制限はなく、これは2,000 Wのような大電力の照明システムでは特に重要なことである。HQI-T2000 W/D/Iの外形を図9に示す。

直径100mmの外管は従来の一般形金属ハライドランプに比べて極めてコンパクトな設計になっている。図10に分光分布を示す。発光物質はDy-Cs系を用いており、色温度は6,000K、演色性はRaが85である。

図11に始動特性を示す。始動直後の電流が低ワットのランプに比べて大きいので電流容量には注意を要する。

(2) 使用上の注意事項

HQI-T2000 W/D/Iは高圧パルスが必要ないことは前節でも述べたが、逆に高圧パルスを印加してはならない。外管は硬質ガラスなので紫外線の量は少ないが、一般の金属ハライドランプと同様万一の破損を考慮して前面ガラス付きの器具内で使用すべきである。

5.2 HQI-TS2000W/D/S

(1) 特性

先のHQI-TS2000 W/D/IのコンパクトタイプがHQI-TS2000 W/D/Sである。形名の末字のSは一重管構造を示しており、図12に示すように発光管のみの一重管であり、高温での電氣的接触を可能にするため発光管両端部ベース部には、ツメ端子が備えてある。発光管は空気中での点灯特性を保持するため管壁負荷を極めて高く(50 W/cm²以上)とってある。図13に分光分布を示す。発光物質はDy-Tl系で

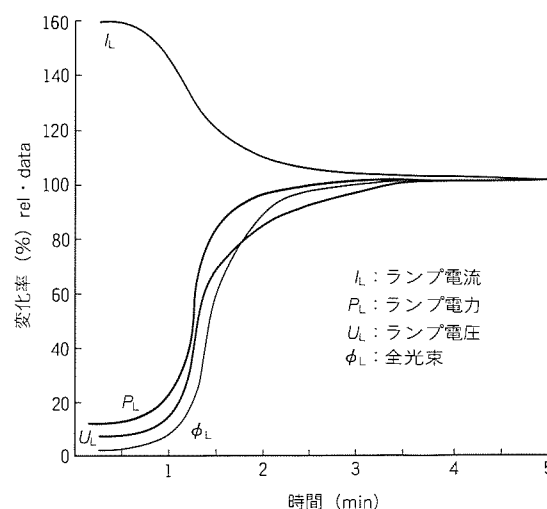


図14. HQI-T2000W/D/Sの始動特性

あり、スペクトルは連続で太陽光に近い分布となっている(色温度5,600K)。

図14に始動特性示す。また、このランプは35kV程度の高電圧パルスにより、瞬時再始動も可能である。

(2) 使用上の注意事項

HQI-TS2000 W/D/Sを器具に取り付ける際には、ランプの熱による伸縮を吸収できるような構造に注意すべきである。また、一重管のためランプから強い紫外線(100 W前後)が放射されるので器具はUVを吸収する前面ガラスにより、完全にシールドされる必要がある。また、器具に使用する材料は紫外線に対して耐久性のある材料を吟味して使用する必要がある。

6. む す び

以上、コンパクト金属ハライドランプHQIの新シリーズについて説明した。コンパクト、高演色、高効率の3点はランプの備えたい要素であり、HQIランプは、これらの要素を追求しているランプであるといえる。

オスラム社ではランプ電力が35 Wから3,500 Wまで、色温度が3,000 Kから6,000 Kまでのランプを製品化しており、今後も市場の要求に対応できる製品系列を目指していく所存である。

最近の照明施設

前山紘一郎*
関根裕次*

1. ま え が き

現在、照明に求められているものは、より快適な、より効果的な環境を作り出すことであり、照明技術はハード、ソフトとともに日々進歩向上している。首都圏では新宿副都心、横浜みなと21計画等の大規模なオフィスコンプレックスの開発、全国的に展開しているテーマパークを核とする新レジャー施設の建設、健康指向に伴うスポーツ人口の増大による公共・民間施設の拡充など、新しいコンセプトの施設の増大により、それぞれ新しい考え方の照明がなされている。

一方、大規模店舗の新築やリニューアル、及びスポーツ・フィットネスクラブの増加が目立ち、利用者のし(嗜)好の多様性に伴い、より高度な照明が要求されている。

使用光源では、蛍光灯・白熱電球・メタルハライドランプが主であるが、快適な照明空間の実現のため、各種光源とも小型化、高演色化、高効率化の開発が進み、特にコンパクトで演色性の優れた“HQI”ランプが多くの施設で使用され、さわやかな空間を創造している。

施設用照明器具では、照明空間の多様化に伴う室内の用途変更にも機能的に対応できる蛍光灯器具“ファインベース”がオフィスビルのベース照明として多用され、威力を発揮している。また、特に最近では、高周波点灯専用蛍光灯として、高効率、細形化を実現したHfランプの開発により、専用に開発したインバータ安定器との組み合わせで、大幅な省エネ・省資源・省施工・高機能化が実現でき、昨年あたりから徐々に使用されるようになってきた。また、このHfランプと照明制御システムとを組み合わせ、従来の照明に比べ30%以上の省エネを可能にした照明設備は、エネルギー需要構造改革投資促進税制(エネ革税制)の対象施設となり、税制面での優遇措置を受けることもできることから、今後の大幅な伸びが予想される。

住宅用照明器具では、蛍光灯シャンデリアの機種充実、器具取り付けの簡便性を考慮した器具、部屋の多用な使用目的に即した照明が一つの器具で得られるシーンライティング、ワイヤレスリモコン搭載の器具等、より豊かで快適な生活空間を提供する器具が開発されている。

以下に、この新しい機種や照明手法を使用した最近の実施例を紹介する。

2. オフィス(執務室、会議室、ホール)の照明

昨年(1992年)オフィス照明新基準が高品質のオフィス照明の普及を目的として照明学会によって制定され、高齢化社会に対応した照度基準やグレア規制の新分類など、きめ細かなものとなった。

執務室では、VDT作業の増加により、OAルーバが後からでも取り付け可能な器具の使用が標準となり、器具配置もロの字形にするなど新規性を出している施設もある。

会議室、ホールでは調光装置を備え、空間の演出やAV機器の普及に伴う適正な環境作りに対応している。(図1～図3)



図1. 全国信用金庫連合会厚木計算センター(神奈川県)・執務室
FLR40W×2 OAルーバ
システム天井用器具(システム用ファインベース)
平均照度900 lx

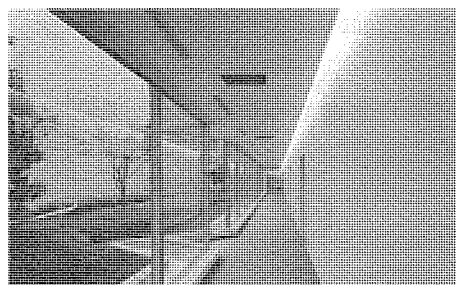


図2. 全国信用金庫連合会厚木計算センター(神奈川県)・廊下
FLR40W×1 ルーバ付き多連形器具

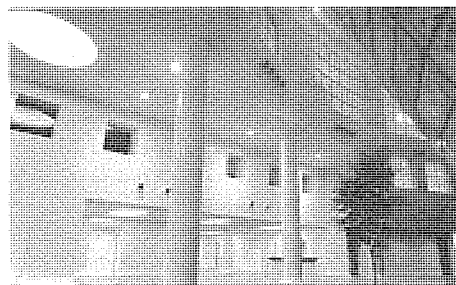


図3. 三起商本ビル(大阪府)・アトリウム
HQI250W角形スポット器具
FDL27Wトラフ間接照明用器具
平均照度300 lx

3. 店 舗

デパートの照明は、入口ホール部分には“HQI”ランプ用のダウンライトを用い、期待感と華やかさを演出することが多い。ベース照明としては、形状が正方形で方向性をもたないコンパクト蛍光灯 36 W×3～4 灯のルーバ付き埋込み器具や、間接照明とダウンライト照明の組み合わせが多く使われている。(図4～図12)

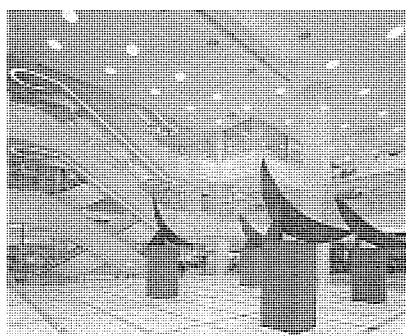


図4. 伊勢丹相模原店(神奈川県)・
エントランス(公共歩廊)
MF700Wダウンライト
NH250Wダウンライト
混光照明 照度1,200 lx



図7. 大正堂相模原(神奈川県)・
1階スタジオ“リブ”
HQI250Wダウンライト



図10. 川口そごう(埼玉県)・子供フロア
FPL36W×4 ルーバ付き埋込み器具

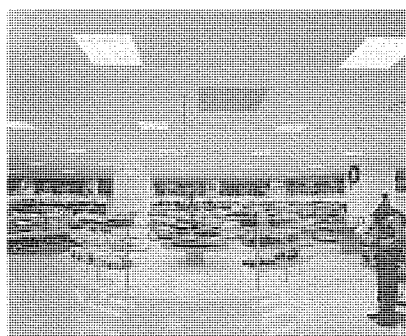


図5. 伊勢丹相模原店(神奈川県)・
1階キャンパスイン
FPL36W×4 ルーバ付き埋込み器具

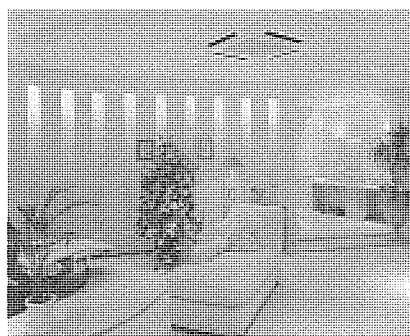


図8. 大正堂相模原(神奈川県)・
2階ピンギョールーム
FDL27Wダウンライト
JD100Wスポットライト



図11. 大船ルミネウイング(神奈川県)・
エントランス
HQI150Wダウンライト



図6. 伊勢丹相模原店(神奈川県)・
4階ウィークエンドカジュアル
FLR40Wトラフ形間接照明



図9. 川口そごう(埼玉県)・
3階メインエントランス
MH250Wダウンライト
FPL40Wトラフ間接照明

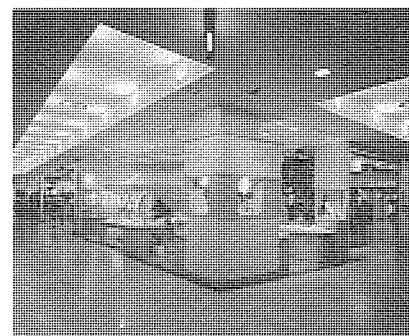


図12. 大船ルミネウイング(神奈川県)・
アッパーライト
HQI150W特注器具

4. ス ポ ー ツ

スポーツ施設関係は、広島で開催されるアジア大会、長野の冬季オリンピックのビックイベント計画があり、また、サッカーのプロ化の実現によるJリーグの開幕など大規模でTV中継を行う施設が多くなり、高照度、高演色性の照明が要求され、メタルハライドランプの使用が増大している。今後はハイビジョン対応として、より高品質の“HQI”ランプ

の使用拡大が予想される。(図13～図17)

5. ライトアップ

最近のライトアップ照明は、外観を照明するだけでなく、新しい都市の夜の表情として季節や時間の情報を見る人に見えるなど、施設を演出する主張をもったものが多くなっている。施設的环境、性格、材質に適した光源を選択することが重要で、照明器具もデザインを考慮した専用形の器具が多く使用されている。(図18～図20)

6. 公共施設 1(駅舎、プラットホーム)

最近の駅舎では、利用者の安全と快適性を重視した施設が多くなってきた。プラットホームは設定照度もアップし、建

築化照明もされるようになった。コンコースは、店舗のエントランス部分と同様に華やかさを演出する傾向にある。(図21～図29)

7. 公共施設 2(劇場、ホール、美術館、学校)

文化ホールのエントランスホールでは、重厚さと期待感を表現するためシャンデリアを用いることが多く、劇場内部では、調光の必要があるため白熱電球又はハロゲンランプを用いる。美術館は、展示物への適切な照明と照明による劣化防止の配慮が十分に必要である。学校は、参考例では、教室と通路照明による区別を行い、空間の性格付けをしている。

(図30～図34)

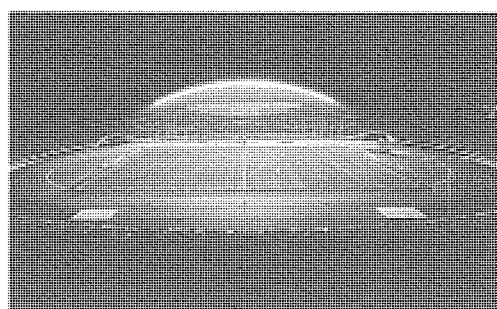


図13. 広島広域公園陸上競技場(広島県)・メインスタンド

MH 1 kW投光器 226台
NH940W投光器 48台
競技場全体の全点灯時平均照度1,400 lx

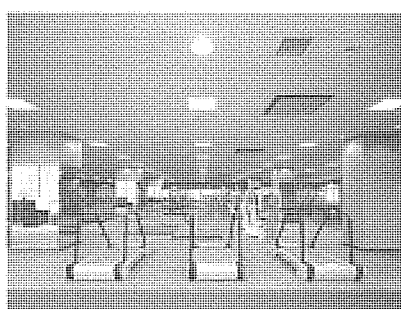


図15. スポーツクラブ“トリム”(広島県)・トレーニングジム

FPL36W×3 ルーバ付き埋込み器具
HQI150Wダウンライト
IL60Wウォールウォッシャーダウンライト

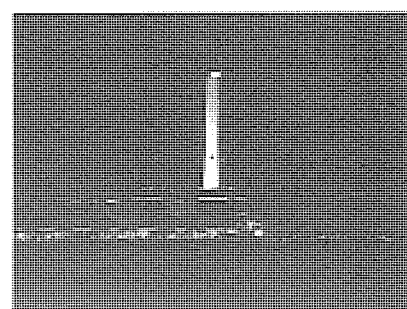


図18. スカイトワー(大阪府)

HQI70W投光器 24台
MH 1 kW投光器 24台
キセノンランプ2 kW投光器 12台
照明デザイン：(株)石井幹子デザイン事務所

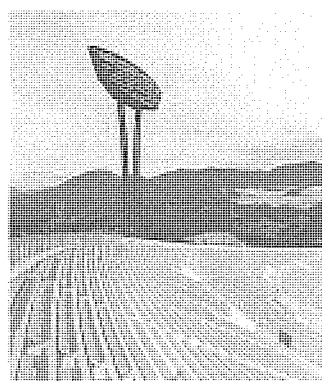


図14. 広島広域公園陸上競技場(広島県)・バックスタンド側照明塔(2基)

MH 1 kW投光器 272台
NH940W投光器 54台

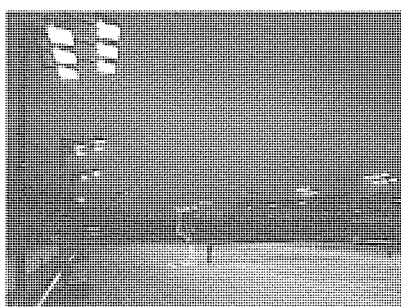


図16. 久我山テニスコート(東京都)

MH 1 kW 32台
平均照度1,000 lx以上

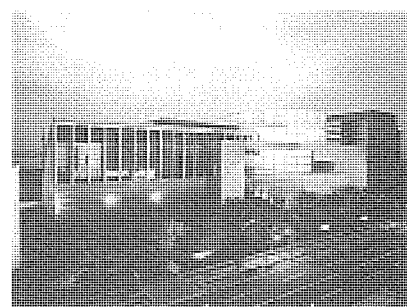


図19. ライカ本社ビル(大阪府)

MH 1 kW投光器 28台 MH700W投光器 36台
MH250W投光器 12台 MH400W投光器 10台

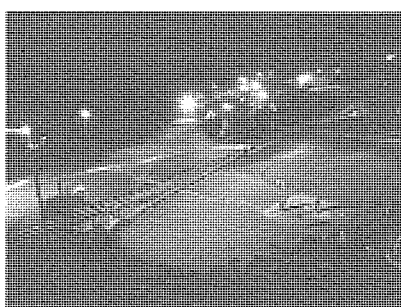


図17. 沖縄大西ゴルフ場(沖縄県)・No. 1 ホール

M700W投光器 1台
M 1 kW投光器 17台

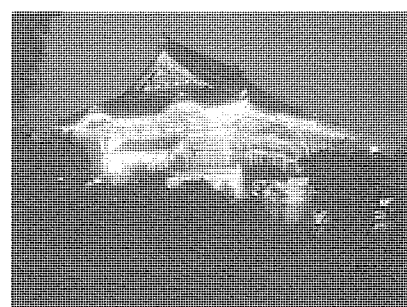


図20. 平等山阿弥陀院善光寺(埼玉県)

NH360W投光器 12台

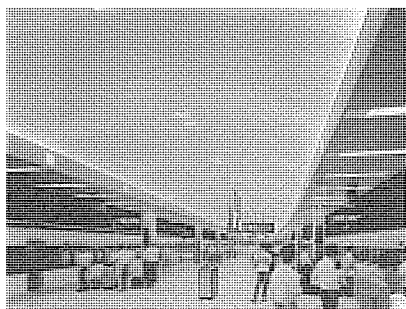


図21. JR東北山形上越新幹線東京駅・
プラットフォーム中央部
HF200Wダウンライト 特注器具:
FLR110Wトラフ間接照明 (FLR40W×2
FDL27Wダウンライト
HQI70Wダウンライト)

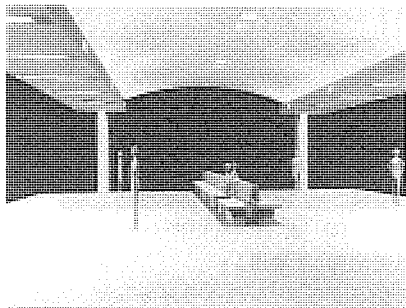


図22. JR東北山形上越新幹線東京駅・
プラットフォーム中央部
(コンピュータグラフィックス)

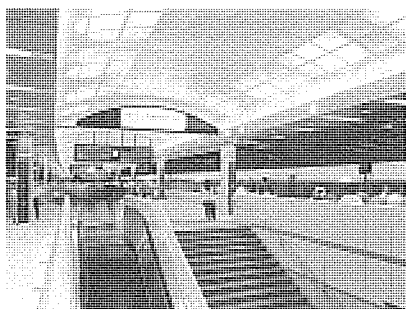


図23. JR東北山形上越新幹線東京駅・
プラットフォーム中央階段部
HF200W(光天井部)

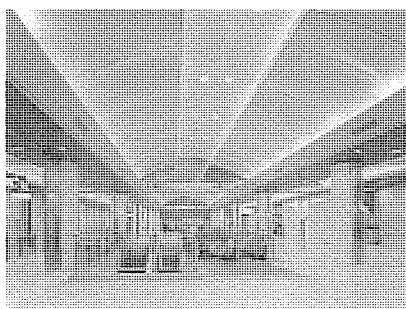


図24. JR京葉線東京駅・改札内コンコース
HF250Wダウンライト FLR110Wトラフ間接照明
HF100Wダウンライト NH85Wスポットライト



図25. JR京葉線東京駅・改札外コンコース
FPL36W×6
下面アクリルカバー埋込み器具
HF200Wダウンライト



図26. JR山形駅・コンコース
HQI250W×4 特注ポール塔2基
MH400Wダウンライト
MH100W投光器

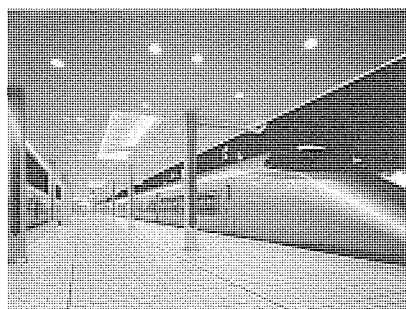


図27. JR山形駅・プラットフォーム
FLR40Wトラフ間接照明 FDL27Wダウンライト
FLR110W埋込み器具
中央部照度916 lx

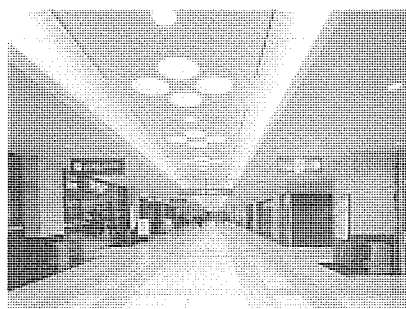


図28. JR京都駅・1階コンコース
FCL30W×5 埋込み器具
HQI150Wダウンライト
HQI70Wダウンライト



図29. JR京都駅・1階出口
FPL36W×4 ルーバ付き埋込み器具
FDL27Wダウンライト



図30. 赤穂ハーモニーホール(兵庫県)・
ホワイエ(待合い)
NH150Wダウンライト 13台 IL60W×4 柱上灯 2台
FDL27Wダウンライト 52台 IL100W×1 柱上灯 2台
IL100Wブラケット 6台 IL100W×36 シャンデリア 1基
照度260 lx

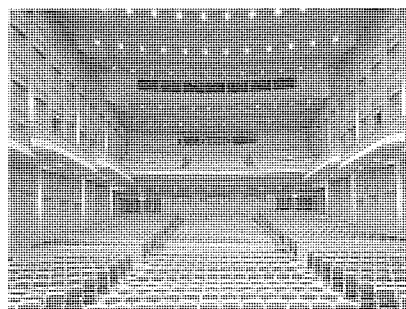


図31. 赤穂ハーモニーホール(兵庫県)・
ホール
JDR100W×2 特注ブラケット 8台
JD500Wダウンライト
JD300Wダウンライト
JD150Wダウンライト
JD80Wダウンライト
ダウンライト合計96台
照度160 lx

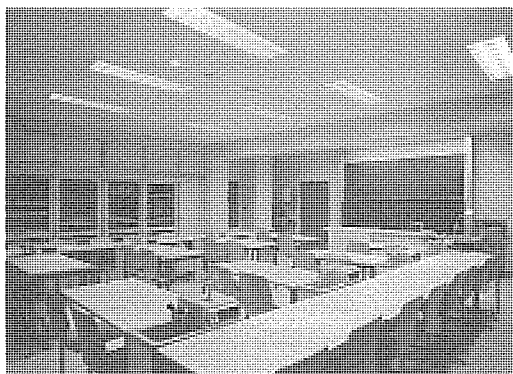
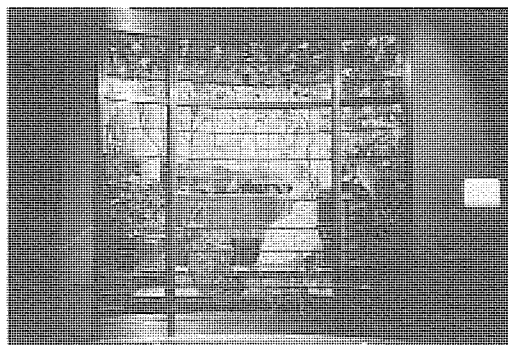


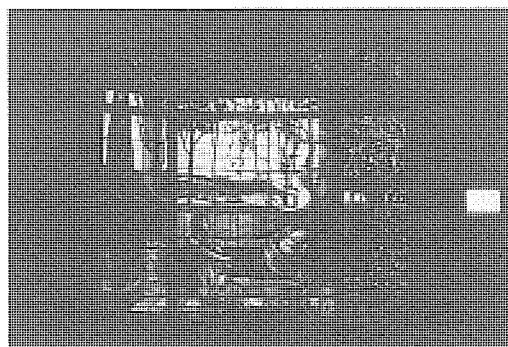
図32. ドイツ学園(神奈川県)・教室
FLR40W×2 ルーバ付き器具
JD100Wダウンライト



図33. ドイツ学園(神奈川県)・エントランス
HQL70W/WDL(温白色)ダウンライト
JR12V50Wウォールウォッシャーダウンライト
FDL27W電球色ダウンライト(廊下部)



(a) 昼(早朝～深夜の演出あり)



(b) 夜

図34. 北沢美術館(千葉県)・
ステンドグラス“トワイライト”
FLR40W×240 調光システム
JD100Wスポットライト×1

8. む す び

最近の照明の傾向と各種照明施設例の紹介をしたが、今後の照明計画、照明提案の上で参考になれば幸いである。

照明の果たす役割は今後ますます重要になるものであり、空間をより生かす照明技術の向上に努力していきたい。



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 知的財産渉外部
特許営業グループ Tel(03)3218-2137

イメージの任意角度回転方式 (特許 第1590806号)

発明者 田中 敦, 亀山正俊

この発明は、画像処理技術におけるイメージの任意角度回転方式に関するものである。

従来、二次元イメージデータを回転させるには、式(1)で示すアフィン変換を行うのが通常であった。

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \dots\dots\dots(1)$$

ここで、 X, Y は原画素の座標、 x, y は変換後の座標、 θ はイメージデータの回転角を示す。この変換では、画像等のイメージデータを扱う時には式(1)の演算をピクセルごとに行う必要があったため、膨大な計算量を要し高速処理に向かなかった。

この発明は、所望の回転角度に対応する水平方向、垂直方向へのそれぞれの傾斜角度で交互に3回斜交軸変換を行うようにしたもので、式(1)を次の三つの変換マトリクスに分割できることに基づくものである。

$$\begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -\tan \theta/2 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \sin \theta & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & -\tan \theta/2 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \dots\dots\dots(2)$$

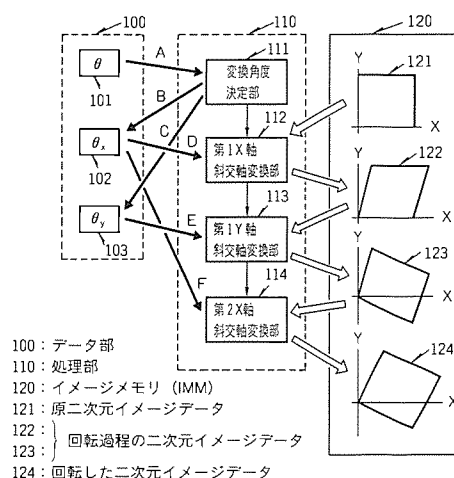
ここで、画像の斜交軸変換とは画像を斜めに傾ける操作で、それぞれの斜交軸変換での変換角度 θ_x, θ_y は、式(3)、式(4)で計算することができる。

$$\theta_x = \theta/2 \dots\dots\dots(3)$$

$$\theta_y = \tan^{-1}(\sin \theta) \dots\dots\dots(4)$$

これらのことから、この発明にかかわるイメージデータの3回の斜交軸変換による回転手順と過程は図のようになる。

以上のように、この発明によれば、所望の回転角度に応じたX軸方向、Y軸方向への傾斜角度をもって交互に3回斜交軸変換を施すようにしたので、アフィン変換の演算を必要とせず極めて高速にイメージの角度回転を行うことができ、また、回転後も原画像の全ピクセルが保存されるため可逆性をもつという効果がある。



ガス濃度計 (実用新案登録 第1812119号)

考案者 宇野沢 譲

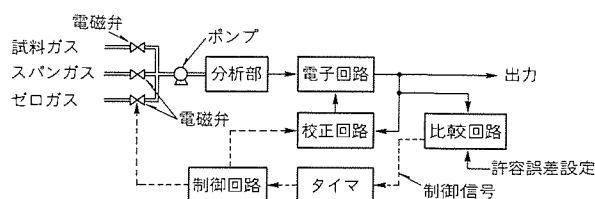
この考案は、機器の性能に応じて最適な校正周期を選択できる自動校正装置付きのガス濃度計に関するものである。

従来の自動校正装置付きガス濃度計は、あらかじめ設定した一定の周期で自動的にゼロガスあるいはスパンガスを濃度計に導入し、ゼロあるいはスパン校正しようとするものである。この校正方法の欠点は、あらかじめ設定した一定の周期で校正を行うため、ゼロあるいはスパンのドリフトが測定精度内にある場合でも校正時間中に試料ガスを濃度計へ導入できないことによる測定不能状態(欠測)が生じてしまうことである。

この考案は上記の欠点を改善するもので、図に示すように電子回路とタイマとの間に比較回路を設け、その比較回路の出力をタイマに与えて種々の周期で校正回路を動作させるようにしたものである。すなわち、ゼロ点あるいはスパンの許

容誤差に例えば±2%というような値を電圧値で比較回路に設定し、電子回路の出力がこれらの許容誤差以内か以外かを判別する。その判別結果による制御信号によって種々の周期が得られるタイマを制御し、校正動作を行う。

以上のようにこの考案によれば、機器の性能に対応して機器自ら最適な校正周期を求めるようになっているので、過剰な校正による欠測を低減させることができる。





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 知的財産渉外部
特許営業グループ Tel (03) 3218-2137

多孔質構造体とその製造方法 (吸音プラスチック) (米国特許 第5,108,833号)

この発明は吸音材や断熱材などに用いる多孔質構造体に関するものである。

従来から吸音材や断熱材にはグラスウール、ロックウールの多孔質材が用いられていた。しかし、これらは構造体へのはり付けが必要であり、材料の劣化が早く、寸法精度が悪い、飛散する、生産性が悪いなどの問題点があった。

この発明はこの点にかんがみなされたもので、比重変化をもたせた多孔質層を有することにより、吸音特性や断熱特性などが良好な多孔質構造体を得ることを目的とする。

凹側金型の壁部の温度を、原料の熱可塑性の粒状素材の軟化する温度以上で熱分解温度以下(通常150~240℃)とし、凸側金型の壁部の温度を凹側金型より低い温度、例えば原料の熱可塑性の粒状素材の軟化する温度付近(通常70~180℃)に設定し、原料を金型に投入し、加熱しながら加圧することにより、図1に示すように、凹側金型側の粒状素材は溶融し比重の大きい融合層(2)、凸側金型側の粒状素材は各々接触部分で溶着し多孔質層(3)となり、比重の大きい層と比重の小さい

発明者 田中英晴, 野口善弘, 今井智久, 高橋 豊
多孔質層を一体に同時に成型することができる。

この発明により、比重を層の厚さ方向に連続的に変化させた多孔質構造体が得られるので、吸音特性や断熱特性に優れた材料を提供できる。

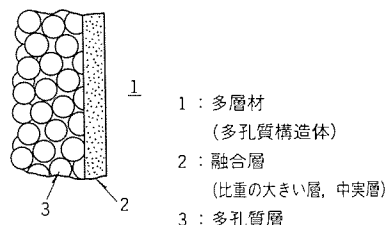


図1

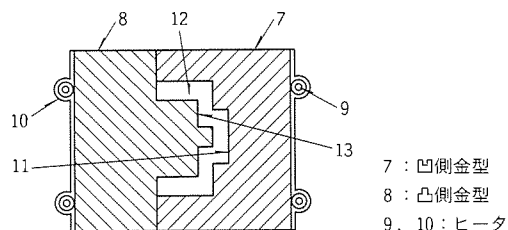


図2

〈次号予定〉三菱電機技報 Vol. 67 No. 7 特集 “デジタル時代の映像信号処理”

特集論文

- デジタル時代の情報インフラ構築に向けて
- デジタル映像処理技術の展望
- ワイドテレビ・ハイビジョンテレビの最新技術
- スーパーVHSビデオHV-V6000における高画質化技術
- YC分離フィルターの画像適応処理技術
- カラービデオプリンタの全デジタル化信号処理
- 統合化ディスプレイネットワークシステム
- 衛星利用放送品質コーデック
- 100Mbpsハイビジョン信号の符号化
- 金融窓口用印鑑照会端末

- 動き情報を用いた高信頼型侵入監視装置
- 大域的画像情報処理による特定形状の抽出

普通論文

- 可変速湯水発電システムの開発と北海道電力(株) 高見発電所への適用
- 帝都高速度交通営団向け統合化列車運行管理システム
- 横浜ランドマークタワー向け750m/minエレベーター
- FPGA・ゲートアレイ統合化設計システム
- ノートパソコン用FAXソフトウェア
- MS-Windows 3.0対応ワープロソフトウェア “A1 for Windows”
- 622Mbps HDTV光伝送装置

三菱電機技報編集委員

委員長	山田 郁夫
委員	永田 譲蔵
”	白井 健三
”	谷 豊文
”	風呂 功
”	大原 啓治
”	松村 恒男
”	鈴木 幹雄
”	小野 修一
”	鳥取 浩
”	岡田 久雄
幹事	長崎 忠一
6月号特集担当	島本 幸三
	渡部 勤二

三菱電機技報67巻6号

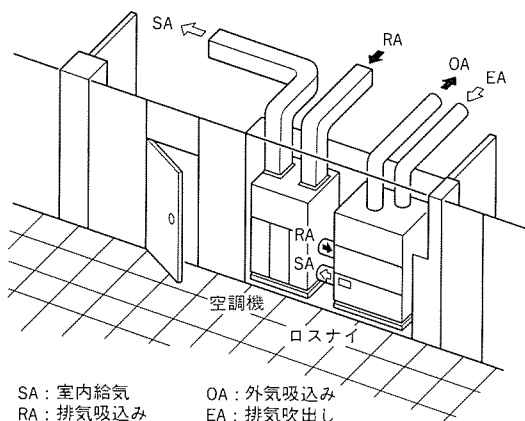
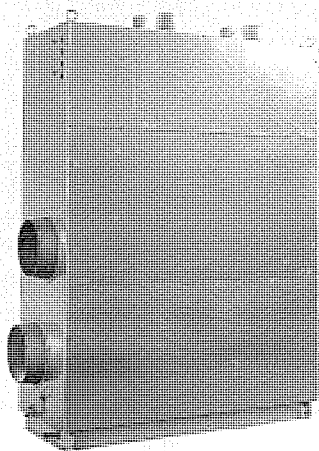
(無断転載を禁ず)

1993年6月22日 印刷
1993年6月25日 発行

編集兼発行人	長崎 忠一
印刷所	千葉県市川市塩浜三丁目12番地 (〒272-01) 菱電印刷株式会社
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
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
定価	1部721円(本体700円) 送料別 年間予約は送料共9,373円(本体9,100円)

スポットライト

床置きビルトイン形 “ロスナイ”



特 性

基本タイプ

形 名	LB-80-50・60			LB-100-50・60			LB-150
電 源	単相200V50又は60Hz			単相200V50又は60Hz			三相200V50/60Hz
換 気 方 式	ロスナイ換気			ロスナイ換気			ロスナイ換気
ノ ッ チ	(特強)	強	弱	(特強)	強	弱	—
風 量 (m³/h)	800/800	775/755	735/690	1,000/1,000	960/950	900/880	1,500
機外静圧 (mmH ₂ O)	18.0/18.0	17.0/16.0	15.0/13.5	17/19	15.7/17.1	13.8/14.7	22/38
湿度交換効率 (%)	74/74	74.2/74.6	74.9/75.5	74/74	74.5/74.5	75/75	75
エンタルピー 交換効率 (%)	暖房時	65/65	65.3/65.7	66.2/67	65/65	65.5/65.5	66.5/67
	冷房時	60/60	60.3/60.7	61.2/62.2	60/60	60.5/60.5	61.5/62
騒 音 (ホン) (本体正面1.5m)	41/41	40.5/39	39/38	41/42	39.5/40.5	39/39	45/48
外形寸法 (mm)	縦1,750×横1,200×奥行490			縦1,750×横1,300×奥行490			1,830×1,790×590
質 量 (kg)	168			184			230

加湿付きタイプ

形 名	LB-80K-50・60			LB-100K-50・60			LB-150K
電 源	単相200V50又は60Hz			単相200V50又は60Hz			三相200V50/60Hz
換 気 方 式	ロスナイ換気			ロスナイ換気			ロスナイ換気
ノ ッ チ	(特強)	強	弱	(特強)	強	弱	—
風 量 (m³/h)	800/800	785/755	745/680	1,000/1,000	960/950	900/880	1,500
機外静圧 (mmH ₂ O)	17.5/17.5	16.5/15.5	15.0/12.5	16/18	14.7/16.2	13.2/13.9	20/36
湿度交換効率 (%)	74/74	74.1/74.6	74.7/75.6	74/74	74.5/74.5	75/75	75
エンタルピー 交換効率 (%)	暖房時	65/65	65.2/65.7	66/67.2	65/65	65.5/65.5	66.5/67
	冷房時	60/60	60.2/60.7	61/62.3	60/60	60.5/60.5	61.5/62
加 湿 量 (kg・h)	2.0/2.0	1.98/1.93	1.91/1.81	2.55/2.55	2.45/2.43	2.41/2.40	2.80
騒 音 (ホン) (本体正面1.5m)	40/40	39/38.5	38/37	40/42	39.5/40.5	38/39	45/48
外形寸法 (mm)	縦1,750×横1,200×奥行490			縦1,750×横1,300×奥行490			1,830×1,790×590
質 量 (kg)	180 (満水時193)			200 (満水時217)			270 (満水時290)

最近の大型ビルの空調システムは、ゾーンごとにきめ細かな対応が求められ、使用区分ごとのゾーンング空調が主流となっています。

床置きビルトイン形“ロスナイ”は省スペースでゾーンング空調を可能にし、しかもメンテナンスを容易に行うことができます。基本タイプと加湿付きタイプをラインアップし、より快適なビル空調を実現します。

特 長

(1) 省スペース形、メンテナンス性容易

奥行490mm(80・100タイプ)、奥行590mm(150タイプ)の省スペース床置きタイプです。

●柱と柱の空間へすっきりと納まる省スペース床置き形ですので、機械室や天井裏の施工が不用です。

●廊下側の柱の間に設置することにより、廊下など共用のスペースからのメンテナンスが行えます。

(2) ゾーンング空調とのシステム性

テナント・使用区分ごとのゾーンング空調が可能

●風量バリエーションは800, 1,000, 1,500m³/hがあり、ゾーンング計画に合わせたきめ細かい機種選定ができます。

●制御は空調機との連動や、居室からのコントロールあるいは集中管理など、自由な設計が可能です。

●ターミナルエアハンドリングユニットやパッケージエアコンとの組合せなど、空調機と合わせたゾーンング空調が計画できます。

(3) 快適性

透湿膜加湿器を搭載(加湿付きタイプ)

●自然蒸発式の白粉の発生しないクリーンな加湿を実現する透湿膜加湿器を採用。

(4) 室内外の温度条件により換気モードを自動切換え

●給気側と排気側のセンサが温度を検知し、条件により熱回収省エネ換気(ロスナイ換気)と外気冷房(普通換気)を自動選択します。

(5) 空調機とのシステム設計を考えた機外静圧設定

(6) 低騒音設計

三菱直交軸ギヤードモートル スポットライト (GM-H-Rタイプ)

モートル軸と出力軸が平行している平行軸ギヤードモートルは、1931年(昭和6年)に第1号機が製作されました。以来60年以上あらゆる産業分野で活躍してきましたが、最近、コンベヤ等の小型化のために、モートル軸と出力軸が直交する直交軸ギヤードモートルの要求が搬送機メーカーから高まっています。GM-H-Rタイプはこのニーズにこたえるため、直角にかみ合わせたヘリカルギヤに歯形修正や熱処理を施し、特殊グリスを採用するなど様々な工夫を加えて開発された直交軸ギヤードモートルです。三菱電機ではこの歯車をヘリクロスギヤと呼んでいます。図1にヘリクロスギヤの歯面拡大図を示し、図2に中実軸脚取付けタイプを示します。

特 長

(1) 省スペース

出力軸の軸方向幅を薄くし、コンベヤ全体幅が小さくなるようにしました。

(2) 使いやすさ

- ファンカバーや脚部が出力軸段部から出ませんので、チェーン張り方向や据付けが自由にできます。
- 脚部締付けはラチェットレンチで簡単にできます。
- 出力軸中心からギヤケース端面までの寸法を短くしましたので、コンベヤのより一層の小型化が達成できます。

(3) ワイドバリエーション

脚取付け、フランジ取付けに加え、フェースマウントタイプも用意しました。フェースマウントタイプはお客様で左右いずれでも取り付けることができます(表及び図3参照)。

(4) 高効率

ヘリクロスギヤは、滑らかなかみ合いのため高効率です。

(5) 高い信頼性

モートル部は好評の平行軸ギヤードモートルGM-Hシリーズをそのまま用いています。

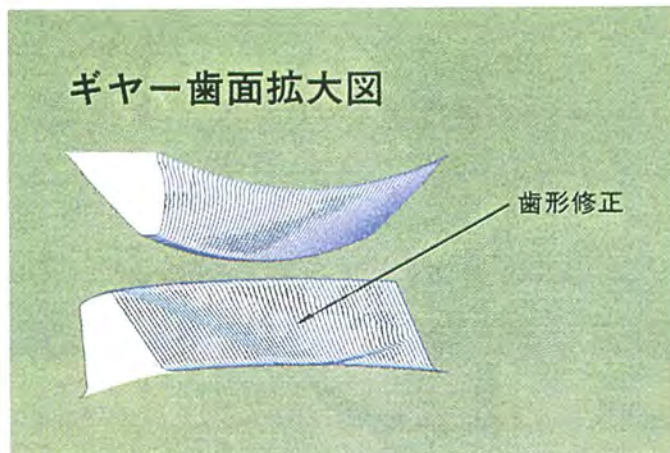


図1



図2

標準仕様

出力(kW)	0.1 0.2 0.4 0.75			
モートル型式	三相ブレーキなし, 三相ブレーキ付き(無励磁制動)			
冷却方式	全閉外扇形(ただし0.1kWのみ全閉自冷形)			
電圧・周波数	200/200/220V, 50/60/60Hz			
始動方式	直入れ			
モートル極数	4極			
定 格	連続			
絶 縁	E種(0.1~0.4kW), B種(0.75kW)			
減 速 比	1/10~1/100			
出 力 軸	中実軸(軸端タップ付き)		ホローシャフト(中空軸)	
取付け方式	脚取付け	フェースマウント	フランジ	フェースマウント
設置場所	屋内 -15~40℃(凍結のないこと)			
潤滑方式	グリス潤滑(封入出荷)			
保護形式	屋内形(JP44)			
塗 装 色	ベージュ(マンセル10Y 7.5/1相当)			
付 属 品	軸端キー JIS B 1301-1976			

準標準仕様

- (1) 電圧400V級(三相ブレーキ付き, ブレーキなし)
- (2) 保護形式 屋外形(三相ブレーキなしのみ)
- (3) その他 インバータ駆動専用(0.1~0.4kW)
- (4) 両軸タイプ



図3

新形ハンドドライヤー スポットライト “ジェットタオル”

近年、生活空間におけるハイアメニティ化要求が急速に広まるにつれ、公共性トイレの快適性向上が強く望まれる状況にあり、それに伴い紙タオル・布タオル・ハンドドライヤー等各種タオル類の普及が進みつつあります。特に、利用者へのサービス性向上を重要視しているホテル・デパート・飲食店等の商業施設では、必ず(須)の設備となりつつあります。なかでも、ハンドドライヤーは、省資源・清潔性・メンテナンス性の点で優れているものの乾燥時間の長さが最大の欠点であり、その短縮が望まれていました。こうした背景から、短時間乾燥(5～10秒)をコンセプトに、新方式のハンドドライヤー“ジェットタオル”を開発いたしました。“ジェットタオル”は、直流ブラシレスモータを採用し、その高速回転性能を利用して高速の風“ジェット風”を作り、これで手についた水滴を吹き飛ばすという新方式を採用したことにより、5～10秒の短時間乾燥を実現しました。

特 長

(1) 5～10秒のスピード乾燥

“高速ジェット風”による水滴吹き飛ばし方式の採用により、従来の温風乾燥方式の約30秒から大幅に乾燥時間の短縮を実現しました。

(2) 優れたコストパフォーマンス

ペーパータオル、布タオルと比較した場合、補充、交換が不要なため、極めて経済的です。ペーパータオルと比べて維持費は約7,000円/月の節約になります。

(3) 衛生的な非接触乾燥、全自動運転

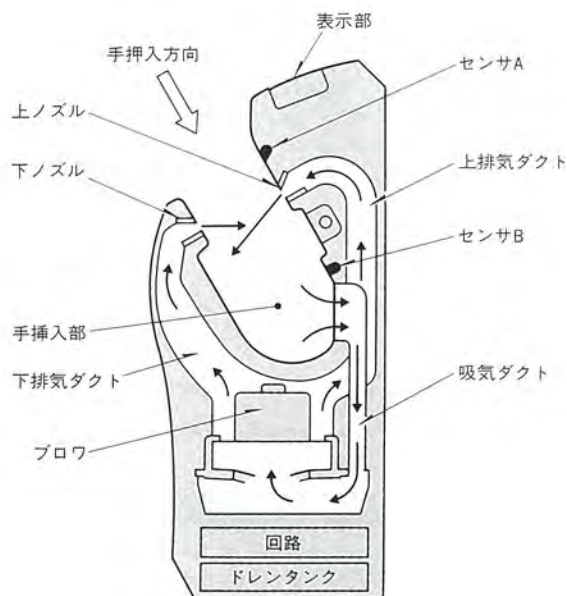
両手を入れて、ゆっくり引き出すだけで簡単に乾燥できます。従来の温風式ハンドドライヤーのような手もみ動作は不要です。また非接触、全自動運転のため、衛生的です。

(4) 楽々メンテナンス

乾燥時に吹き飛ばされた水滴は本体下部のドレンタンク(2ℓで約1,000人分)に回収しますので、後は掃除のときに捨てるだけです。紙タオルのようにゴミ箱周辺が見苦しくなることはありません。

(5) 高い信頼性

直流ブラシレスモータの採用により、ブラシ付きモータでは不可能な長寿命、高信頼性を実現しました。



仕 様

形 名	定格電圧 (V)	定格周波数 (Hz)	ノッチ	定格電流 (A)	定格入力 (kW)	風 速 (m/s)	外 形 寸 法 (mm)	質 量 (kg)	ドレンタンク容量 (ℓ)	安 全 機 能
JT-16A-50	100	50	強	18.8	1.6	60	高さ×幅×奥行 620×380×265	17	2	温度ヒューズ 過電流遮断器能
			弱	(12.4)	(0.95)	—				
JT-16A-60	100	60	強	18.1	1.6	60				
			弱	(11.0)	(0.95)	—				

※本製品は50Hz、60Hzの区別があります。

※風速はピトー管により測定した静圧から算出します。