

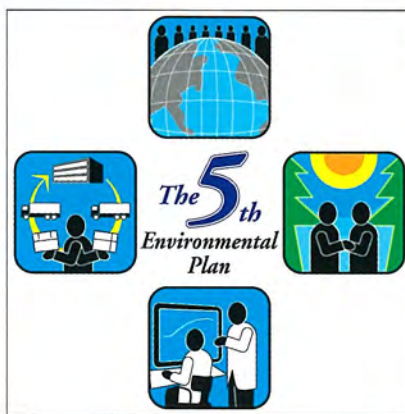
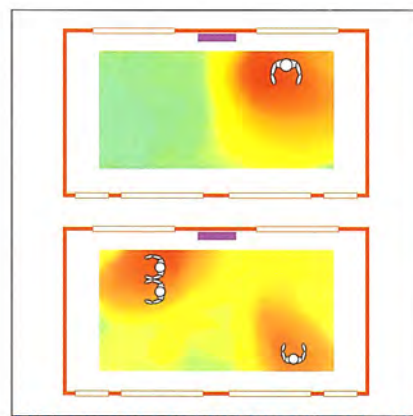
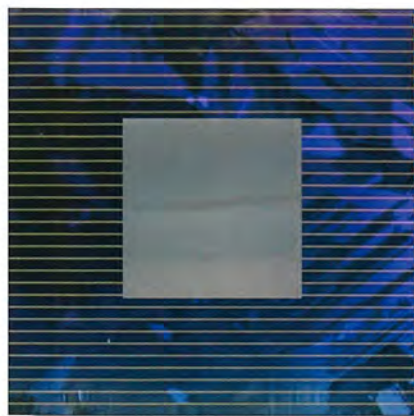
MITSUBISHI

三菱電機技報 Vol.81 No.6

2007

6

特集「進む環境経営—先端技術とシステム拡充」



目次

特集「進む環境経営—先端技術とシステム拡充」

省エネルギー・温暖化対策推進における企業の役割と期待 …… 1 石谷 久	技術が支える第5次環境計画 …… 2 蛭田道夫	エコファクトリー・エコオフィスの推進 …… 7 池邨善満・高木正弘・川西秀夫・北川雅晴・屋部光利	三菱電機の製品環境配慮施策 …… 11 田中基寛
M：Material—資源の有効活用			
使用済み家電混合プラスチックのリサイクル技術 …… 15 遠藤康博・広瀬悦子・小笠原 忍・藤崎克己・井関康人	EMC技術による省資源・省エネルギーの実現 …… 19 小根森章雄・宮崎千春	放電加工スライスによる次世代多結晶シリコン太陽電池 …… 23 今井祥人・佐藤達志・松野 繁	
E：Energy—エネルギーの効率利用			
新エネルギー・マイクログリッド制御技術 …… 26 高野富裕・山本隆也・小島康弘	環境モニタリングとデータ分析技術 …… 31 平岡精一・稲坂朋義・石井 篤・高田雄二・松下正太郎	使用実態を踏まえた省エネルギー技術を投入した ルームエアコン霧ヶ峰“人感ムーブアイ” …… 35 田邊義浩・日高 彰・中川英知	
コンビニエンスストア向け 冷凍・空調複合システムの省エネルギー …… 39 田中航祐・山下浩司	物流におけるCO ₂ 削減活動(エコロジス) …… 43 林田一徳		
T：Toxicity—環境負荷物質の排出回避			
三菱電機グループの化学物質管理 …… 47 宇佐美 亮・河嶋康夫	三菱電機のサプライチェーンにおける 製品含有化学物質の情報管理とグリーン認定 …… 51 植熊弘子	マイクロバブルによる低環境負荷・低コスト洗浄技術 …… 55 宮本 誠・上山智嗣・植野本宣秀・広辻淳二	円筒多管式短ギャップ高濃度オゾン発生器 …… 59 和田 昇・谷村泰宏・廣辻淳二・中谷 元・葛本昌樹

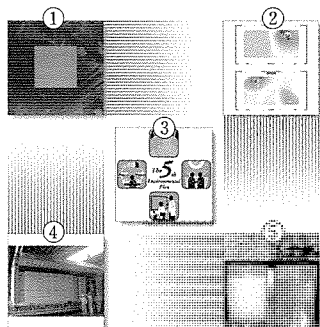
Progress in Environmental Management-Based on Advanced Technologies & System Establishment	The Role of Manufacturers in Energy Conservation and CO ₂ Emission Reduction, and its Expectation Hisashi Ishitani	Mitsubishi Electric's 5th Environmental Plan Supported by Technology Michio Hiruta	Establishment of "Eco-factory and Eco-office" Guideline Yoshimitsu Ikemura, Masahiro Takagi, Hideo Kawanishi, Masaharu Kitagawa, Mitsutoshi Yabe	Mitsubishi Electric's Product Policy for Eco-Conscious Design Motohiro Tanaka
M：Material				
Recycling Technology for Mixture of Residual Plastics from Waste Household Appliances Yasuhiro Endo, Etsuko Hirose, Shinobu Ogasawara, Katsumi Fujisaki, Yasuto Iseki	Realization of Saving Resources and Energy by EMC Technology Akio Konemori, Chiharu Miyazaki	Electrical Discharge Slicing of Multi-crystalline Silicon for Next Generation Solar Cells Yoshihito Imai, Tatsushi Sato, Shigeru Matsuno		
E：Energy				
Control Technology for Renewable Energy and Micro-Grid Tomohiro Takano, Takaya Yamamoto, Yasuhiro Kojima	Environmental Monitoring and Data Mining Technology Seiichi Hiraoka, Tomoyoshi Inasaka, Atsushi Ishii, Yuji Takata, Shotaro Matsushita	The Room Air-conditioner Adopting Energy Saving Technology Based on Its Actual Use Yoshihiro Tanabe, Akira Hidaka, Hidetomo Nakagawa		
Energy Saving Refrigerator and Air-Conditioner Combined System for Convenience Store Kosuke Tanaka, Koji Yamashita	CO ₂ Reduction Activity in Logistics (Economy & Ecology Logistics) Kazunori Hayashida			
T：Toxicity				
Chemical Substances Management in Mitsubishi Electric Group Ryo Usami, Yasuo Kawashima	Mitsubishi Electric Company's Information Management of Chemical Substances Contained in Products in Supply Chain and Green Accreditation Hiroko Higuma	Non-chemical Cleaning Technology by Utilizing Microbubble Makoto Miyamoto, Satoshi Ueyama, Nobuhide Hinomoto, Junji Hirotsuji	High Density Tubular Type Ozone Generator by Narrow Gap Discharge Noboru Wada, Yasuhiro Tanimura, Junji Hirotsuji, Hajime Nakatani, Masaki Kuzumoto	

特許と新案

「化合物系超電導線及びその製法」「空気調和機」 …… 63	「オゾン発生装置」 …… 64
-------------------------------	-----------------

スポットライト

エコロジー発想のオール電化



表紙：第5次環境計画と環境技術

三菱電機では2006～2008年を計画期間とする第5次環境計画を推進中であり、本特集はこれを支える先端技術と環境マネジメントシステムを紹介している(③はシンボルマーク)。①は多結晶シリコン太陽電池の生産性向上に資する、放電加工によるシリコン基板スライス技術とマイクロサンドブラストによるダメージ層除去技術、②は家庭用エアコンに搭載している、人感センサによってユーザーの使用実態にあわせる運転制御技術、④はCO₂排出の少ない鉄道輸送への切り替えに必要な物流品質・コスト・積載効率等の対策技術、⑤は低環境負荷かつ常温で使用できる“高密度マイクロバブル方式”洗浄技術(左：気泡融合防止の添加剤の使用時、右：添加剤なし)である。

省エネルギー・温暖化対策推進における企業の役割と期待

The Role of Manufacturers in Energy Conservation and CO₂ Emission Reduction, and its Expectation

石谷 久
Hisashi Ishitani



今年は例年にない暖冬で夏の猛暑が心配されている。日本ばかりでなく世界的な傾向と見られるが、折しもIPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)のWG1第4次報告が発表され、強い調子で人間活動が温暖化に影響していることを警告した。異論もあるが、今後抜本的なCO₂削減が必要なことは間違いなく、これに反発する途上国をいかに同意させるかは大きな課題である。途上国も資源価格の高騰、大気汚染の深刻化から省エネルギーの必要性は痛感しており、他方、エネルギーセキュリティの観点から外国の石油依存を避けたい米国もその点では同じ立場で近年省エネルギー、石油代替エネルギーへの転換を加速している。

これに対して我が国は石油危機以来、省エネルギー技術開発に熱心に取り組んでめざましい成果を上げた。この結果、産業活動自体の省エネルギー、CO₂削減のみならず、優れた省エネルギー製品を出して世界的な省エネルギー、CO₂削減、すなわち地球の持続性維持のために貢献している。この点で日本企業は世界に向けてCSR (Corporate Social Responsibility) を果たしているが、これは長期的に市場競争力を確保して日本の技術力を世界に認めさせることにもなった。企業にとっては環境と経済の両立するWin-Winともいえ、こういった技術を重視して省資源、省エネルギーを追求する姿勢は高く評価される。

この特集では社内の環境管理、環境製品製造のあり方から実際の体制、施策、実施手段など幅広く環境活動・製品が紹介されているが、これは筆者が参加している三菱電機社内の“環境経営アドバイザー会議”の場でも日ごろから見聞していて共感を覚えるところである。企業の環境活動、製品の環境配慮は省エネルギー、CO₂削減をはじめとして、その他の環境影響、特に資源の有効活用、廃棄後の環境影響に関わる化学物質管理もCSRの重要な項目となる。この特集でもサプライチェーンに及ぶ化学物質管理や廃棄物の環境負荷削減技術、更にはリサイクル技術なども紹介されており、家電メーカーとしての総合的な責任もよく果たしていることが分かる。個々の環境技術に加えて情報処理・制

御技術と結びついた効率的なエネルギー管理を実現するなど、システムの対応に特徴があり、ITからエネルギー・制御技術、家電まで広くカバーする総合電機メーカーの特徴を生かした方向といえよう。省エネルギーは前述のようにいろいろな意味で重要であるが、企業自身が達成した省エネルギー・CO₂削減技術と製品は広く社会の省エネルギー推進に貢献できる。これらの各種環境対応技術、システムも単に社内の環境改善にとどまらず、システム・製品化されて広く社会に適用されることを期待する。

省エネルギーは経済的メリットも明確で即効性もあることから今後、途上国など経済成長優先の各国で実質的にCO₂削減を進めるためにはもっとも現実的、効果的であって省エネルギー技術・製品の速やかな普及が望まれる。さらに長期的、本格的なCO₂削減にはドラスティックなエネルギーシステムの変革、すなわちCO₂零(低)排出のエネルギーへの転換が不可欠であり、原子力、自然エネルギーの実現と有効利用、大量普及が重要な要素となっている。そのための電力技術、電気製品などは快適な生活を維持しつつCO₂を削減するキー技術であり、いずれも三菱電機が得意とする分野であって今後も一層その技術革新、実用化に力を注いでほしい。

今後、本格的なCO₂削減を実現するためにはまず個人の省エネルギー意識を喚起し、生活慣習の変革が必要である。エネルギーは価格弾力性が低くペイバック可能な省エネルギー製品も導入は容易でないが、逆に太陽電池など高価な新エネルギー導入も個人の趣味を満足すれば企業よりも受け入れられやすい。省エネルギー製品も価格上昇を超える付加価値、利便性やゲーム的要素などが有効で、面白くて使いたくなる商品と省エネルギーを結びつけることが望ましい。ヒット商品となった“人感ムーブアイ・エアコン”は見た目もおもしろく、楽しみながら省エネルギーを進める成功例と思われる。個人の省エネルギー意識を高め、現実効果のあるこういった製品の開発と普及への努力をお願いしたい。



蛭田道夫*

技術が支える第5次環境計画

Mitsubishi Electric's 5th Environmental Plan Supported by Technology

Michio Hiruta

要旨

三菱電機グループでは“すべての事業活動及び社員行動を通じ、これまで培った技術と今後開発する技術によって環境の保全と向上に努める”という環境基本理念のもと、1993年から具体的な活動目標をグループの環境計画として策定し、環境負荷低減、環境経営向上に取り組んできた。

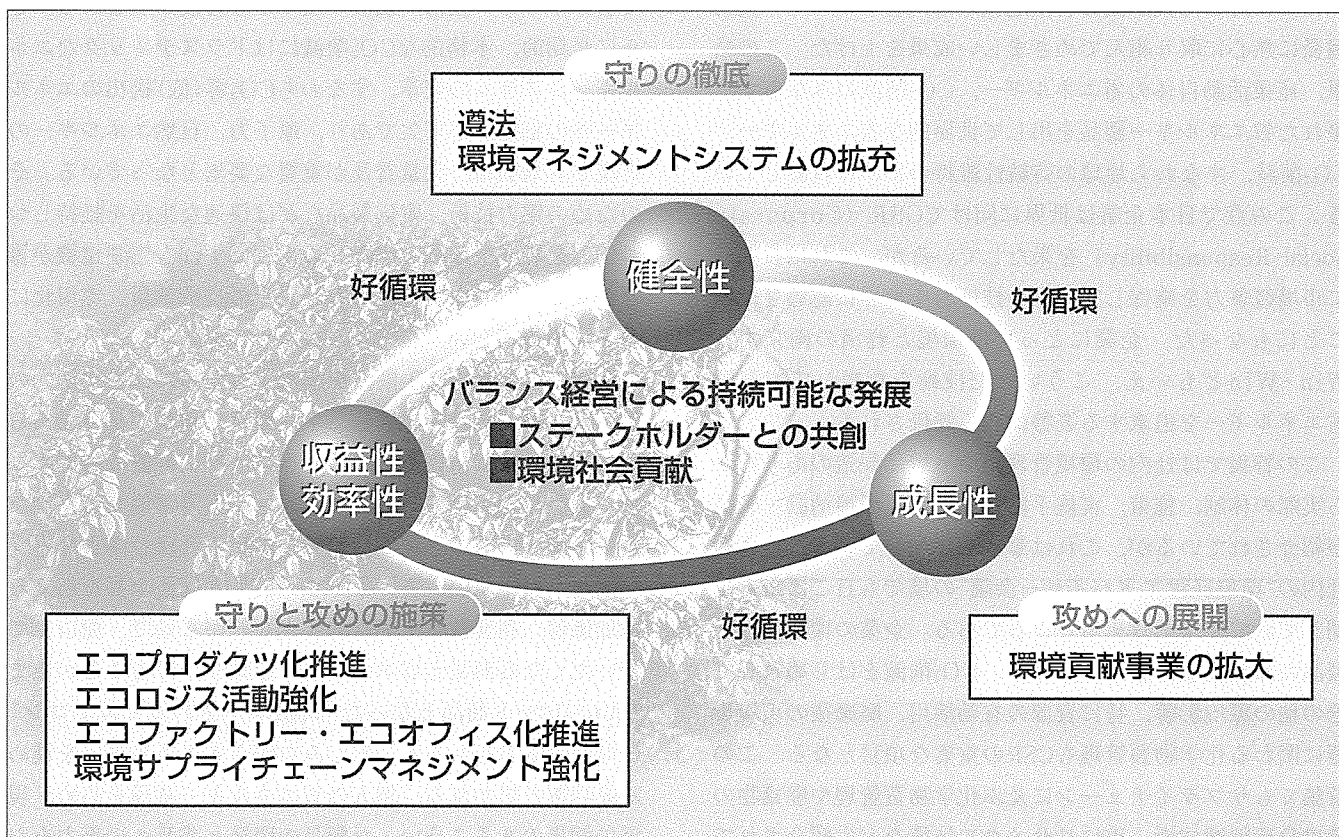
第4次環境計画(2003~2005年度)では、工場・製品・物流などすべての活動で環境配慮を徹底し、グローバルレベルでの環境基盤整備、環境効率の向上等の成果を得た。

2006年度から取り組んでいる第5次環境計画では、“守り”と“攻め”の諸施策を推進し、グローバル連結環境経営を拡充して、サプライチェーン全体で環境パフォーマンス向上を図ることをねらっている。当社グループは、“成長

性”“収益性・効率性”“健全性”からなるバランス経営を推進しているが、第5次環境計画の諸施策によって、当社グループのバランス経営を強化し、“環境計画”と“会社経営”を一体化していくことを目指している。

これらの施策を展開する上で源泉となるのが技術である。当社グループは、エネルギーの効率化やオゾンを利用した水処理など環境負荷を低減する技術開発に地道に取り組んできた。これまで培ってきた“高度な開発技術力”によって環境効率を高めたエコプロダクツやサービスを提供することが我々メーカーの使命であると考えている。

本稿では、第5次環境計画を推進する上で必要不可欠な技術の一端について述べる。



バランス経営を支える環境経営

三菱電機グループは、“成長性”“収益性・効率性”“健全性”からなるバランス経営を推進している。第5次環境計画での諸施策によって、当社グループのバランス経営を強化し、“環境計画”と“会社経営”を一体化していくことを目指している。

1. ま え が き

ローマクラブで“成長の限界”が発表されて35年が経過した。2007年2月には、IPCC(気候変動に関する政府間パネル)が“気候変動2007, 自然科学の論拠”を発表した。それによると、最も温暖化が進む化石燃料依存型の社会が続くと、今世紀末の平均気温は、最大で6.4度上昇、海面は59センチ上昇すると予想した。また、“洪水、暴風雨、雪氷融解など世界中で見られる現象を、人間活動による二酸化炭素など温室効果ガス増加に起因する温暖化”と明確に位置付け、厳しい現実を突きつけた。地球温暖化防止への対応、循環型社会への対応は待ったなしの状況である。企業はもちろんであるが、地球に住む一人ひとりが環境について考え、各々の立場で環境負荷低減に取り組むことが求められている。

今般当社グループは第5次環境計画(2006~2008年度)を策定した。電機メーカーとして技術で課題を解決し、ここで掲げた目標を達成して少しでも地球の環境負荷低減に貢献していきたいと考えている。

2. 三菱電機グループの環境経営

当社グループの環境経営の枠組みを図1に示す。

当社グループにおけるすべての取り組みの基本は“企業理念”と“7つの行動指針”である。“環境”はこの7つの行動指針の1つとして“自然を尊び環境の保全と向上に努める”と謳(うた)われており、当社グループの経営に内部化している。そして、“すべての事業活動及び社員行動を通じ、これまで培った技術と今後開発する技術によって環境の保全と向上に努める”という“環境基本理念”のもと、環境に関する自主的な取り組みを体系化し、具体的な活動目標を定めた“環境計画”を策定する。これを受けて、当社グループのすべての部門は、活動目標とスケジュールを設定した“実施計画書”を策定してPDCA(Plan-Do-Check-Action)を実践し、当社グループとしての環境計画達成を目指す。そして、これを実行するための仕組みが“環境マネジメントシステム”である。

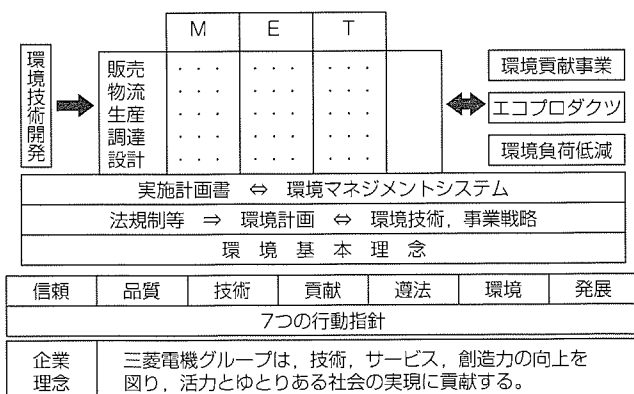


図1. 環境経営の枠組み

これらを推進する上での当社グループの環境経営の特徴は、すべての活動を“MET(メット)”の視点で考えることである。

M(Material)は“資源の有効活用”, E(Energy)は“エネルギーの効率利用”, T(Toxicity)は“環境リスク物質の排出回避”を示し、材料調達(グリーン調達)から生産活動(エコファクトリー)、事務所(エコオフィス)、物流(エコロジス)、製品(エコプロダクツ)、リサイクルに至るまですべての事業活動においてMETの視点で考えようというものである。例えば、製品の場合、“M”は小型軽量化、“E”は省エネルギー製品、“T”は有害物質を含まない製品である。当社グループでは、“MET(メット)の花を咲かせよう”をスローガンに活動を推進している。METの花が咲き、環境に貢献する技術や製品という実を結ぶために、環境経営の木を大きく育てていきたい。

“環境計画”の推移(図2)を見ると、環境経営の変遷が分かる。当社グループでは、1993年に“第1次環境計画”を策定し、ほぼ3年ごとに見直しを実施している。当初は公害問題への対応としての工場対策が中心であったが、徐々に遵法への対応と自主的取り組みを拡大し、グローバルレベルでの環境負荷低減、環境経営の向上に取り組んできた。

第4次環境計画(2003~2005年度)では、“グローバルな環境経営の拡充と環境管理レベルの向上”“環境パフォーマンスの向上”などに取り組む、工場を中心とする環境マネジメントシステムを構築、省エネルギーや製品の環境対策などの成果を挙げた。中でも省エネルギーの推進、EUのRoHS(*1)指令に対しては、当社グループの最重要課題として取り組んできたが、ここでも省エネルギー技術、材料分析・代替化技術などによって課題を解決してきた。

2006年度からスタートした第5次環境計画を推進する上でも、たゆまざる技術力の向上や生産効率の最大化が不可欠である。

(*1) RoHS: Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment

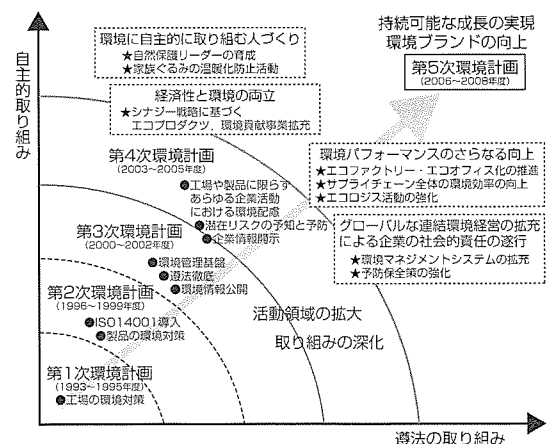


図2. 環境計画の推移

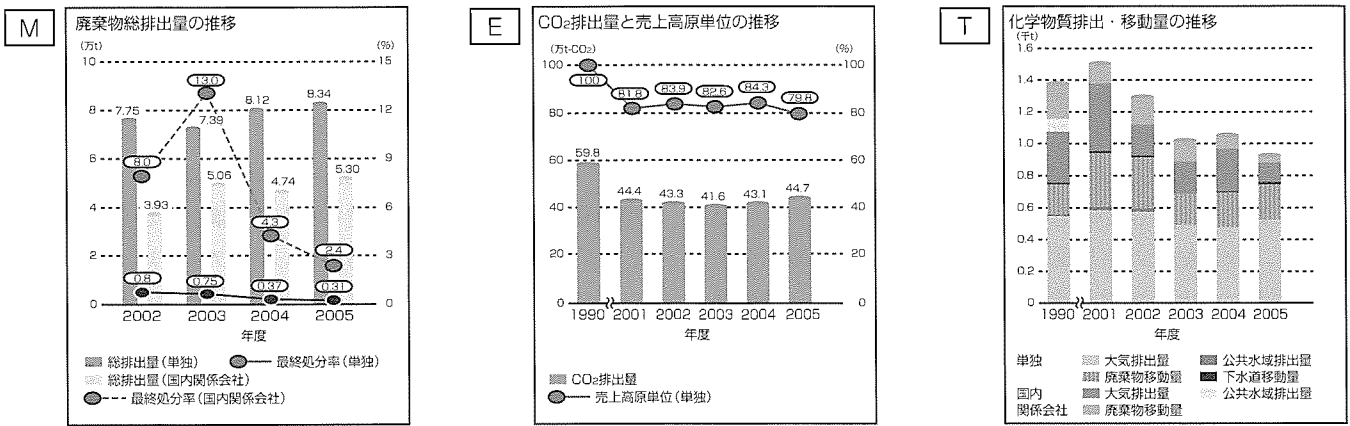


図3. 第4次環境計画の主な成果

3. 第4次環境計画の成果

第4次環境計画(2003~2005年度)では、工場や製品に限らず、あらゆる企業活動において環境配慮を徹底した。2004年3月には、本社・支社を含む当社の全事業所においてISO14001の認証を取得完了した。関係会社においても国内94社、海外26社において取得を完了し、個々の拠点におけるEMS(Environmental Management System)の構築をほぼ完了した。また、欧州、米州、中国、アジアの4拠点で海外地域環境会議を定期開催して、環境に関するグローバル管理の足がかりを構築した。

定性的な目標だけでなく、定量的な目標も、METごとのパフォーマンス向上として推進した(図3)。

M(資源の有効活用)では、ゼロエミッション(最終処分率1%以下)を目指し、当社単独では0.31%と4年連続でゼロエミッションを達成した。国内関係会社でも2.4%と2002年度と比べて5.6%改善した。今後は海外も含め当社グループとしてさらなる資源の有効活用を目指していく。

E(エネルギーの効率利用)では、1990年比2010年までに名目生産高原単位で25%削減する目標に向けて、2005年度までに20.2%削減し、予定どおり推進中である。

T(環境リスク物質の排出回避)では、化学物質総排出量において2002年度比25.5%削減を達成した。

エコロジス活動においては、製品物流における出荷質量原単位で、2005年度末までに2002年度比17%削減を図った。中国-日本間で“国際一貫システム”を構築し、“多頻度小ロット輸送・直送化”を図り、“エコルールマーク”の認証も取得した。

当社グループには、工場全体を効率化するための技術や省エネルギーをはじめとした多くのエコプロダクツがある。これらの技術・製品を最大限に活用して、当社グループ内の環境負荷低減を図り、社会のニーズに対応している。ここで培われた技術、ノウハウを使って製品、サービスの改良を図り、ソリューションを社会に提供し、環境貢献事業

を拡大していく。そして、提供したソリューションの成果を社内に展開、社内の成果を再び社会に提供する。このように、守り(工場の環境負荷低減)と攻め(エコプロダクツの提供、環境貢献事業の拡大)の成果を好循環で活用してシナジー効果を発揮する“守りと攻めのシナジー戦略”もスタートした。

4. 第5次環境計画の推進

当社グループは、“成長性”“収益性・効率性”“健全性”からなるバランス経営を推進している。第5次環境計画では、次の施策を展開し、環境の面から当社グループのバランス経営を支えていく。

4.1 グローバル連結環境経営の拡充(“守りの徹底”)

企業の社会的責任が問われている。当社グループでは、生産部門のみならず海外の非生産部門も含めた“グローバル連結環境経営の拡充”を図り、環境関連法令や規制の遵守と、それらの管理を徹底する“守り”の施策によって、環境経営の“健全性”を推進している。ISO14001が2004年版に改定され、本来業務での環境訴求が明確にされた。当社グループでは、これまでもこの視点で環境管理を推進してきたが、改定を機に全面的な見直しを行い、事業本部ごとに“紙・ごみ・電気・グリーン調達”だけでなく、製品の開発・製造・販売といった本来の会社経営業務をISO14001(2004年版)に基づくマネジメントシステムとして取り込み、改善活動を推進していくことを明確にした。この活動はオフィスや非生産拠点まで含めた国内外関係会社も対象としており、まさに“環境計画”と“会社経営”の一体化を目指している(図4)。

“守り”として、環境にかかわる予防保全策の強化も重要である。すべての基本は人であるという認識のもと、“環境キーマン教育”として、環境マネジメント能力やコミュニケーション能力といった専門能力の強化を図っている(図5)。1泊2日の研修を年5~6回実施し、集合研修による集中教育とキーマン間のコミュニケーション促進を図

るとともに、現場重視の教育で環境対策の即戦力を育て上げている。現在約50名の環境キーマンが育ており、2008年度までに100名の環境キーマンを育成する計画である。

4.2 環境パフォーマンスの向上(“守りと攻めの施策”)

エコファクトリーに加えてエコオフィスも含めた“エコファクトリー・エコオフィスガイドライン”を整備して認定制度を構築する。従来は工場中心であったものをオフィスまで広げ、ガイドラインとして到達すべき目標を明確にする。2010年までに全拠点での認定取得を目標に、地区別の相互点検などを進め、活動と管理レベルの質の向上を図る。そのためには、廃棄物発生量と処理費用の“見える化”活動を上流までさかのぼって徹底して行うなど、環境負荷低減を生産効率の向上や品質改善等と連携させることが必要である。これによって、環境経営の“収益性・効率性”を確保することを目指している。パフォーマンスの視点だけでなく、地域の景観を考慮した緑地整備や屋上緑化を進めるとともに、積極的な情報開示による地域ステークホルダーとの対話を進め、環境と地域が共生したエコファクトリー・エコオフィスの推進が必要と考えている。詳細は、特集論文「エコファクトリー・エコオフィスの推進」(本誌7~10ページ)を参照願いたい(図6)。

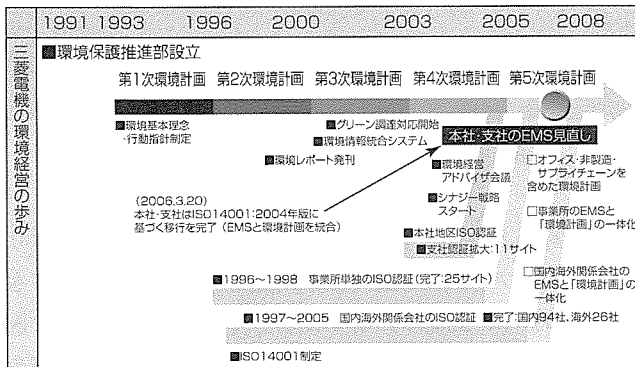


図4.“環境計画”と“会社経営”を一体化

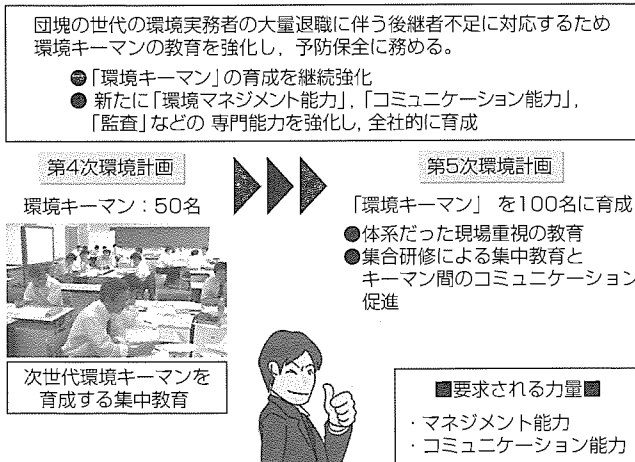


図5. 環境キーマン教育の継続と強化

第5次環境計画における、工場・事務所でのMET視点での具体的な目標は表1のとおりである。特に省エネルギーについては、2006~2010年度の5年間で3.3万トン削減する計画を策定しており、これの達成のために、生産高の0.1%をめどに高効率機器、太陽光発電導入などの省エネルギー投資を実施する。“EM(エネルギーロスミニマム)活動”としてエネルギー管理システムを全工場に導入して、エネルギーの“見える化”を図り、技術と知恵で改善して省エネルギーと生産性向上を達成する活動を展開している。

一方、製品における化学物質管理がますます重要になってきている。欧州RoHS指令が2006年7月から施行され、中国においても同様な法律が2007年3月から施行された。また、2007年6月施行で2011年までに届出が必要となるEUのREACH(*2)指令への対応は企業にとって最重点課題の一つである。開発・設計から調達、生産、販売、リサイクル・廃棄段階まで取組領域を拡大した“環境サプライチェーンマネジメント”の強化と調達品の含有化学物質についてのトレーサビリティ管理が必要である。これらに対応するため、当社グループでは、“グリーン認定ガイドライン”を発行し、認定したサプライヤーから優先取引を行うことでサプライチェーン全体での製品含有化学物質の確実な管理を目指している。詳細は、特集論文「三菱電機のサプライチェーンにおける製品含有化学物質の情報管理とグリーン認定」(本誌51~54ページ)を参照願いたい。

エコロジス活動も重要課題の一つであり、資材調達から製造、販売、廃棄段階までの物流におけるムダ、ロスの

(*2) REACH: Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals

- 「見える化」活動を徹底し、ムダ・ロスの排除によって生産効率、品質改善などと連携した環境効率の高い事業所を目指す。
- 地域、環境と共生する事業所活動を推進する。

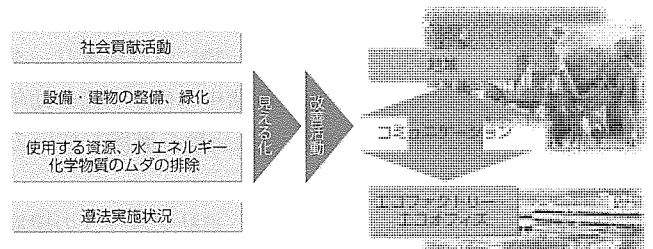


図6. 地域と共生する事業所(エコファクトリー・エコオフィス)

表1. 工場・事務所での具体的な目標

項目	目標
M: 廃棄物 ゼロエミッション推進	当社事業所: 0.5%未満 関係会社: 1.0%未満
E: 省エネルギー CO ₂ 削減	当社事業所: 毎年2%改善 関係会社: 毎年1%改善
T: 化学物質 大気排出量削減	2008年度までに15%削減 (2004年度比)

“見える化”を図り、CO₂排出量を削減する活動を推進している。特に、製品(販売)物流においては、製品の小型・軽量化に加えて梱包・包装の小型・軽量化を図り、積載率を向上したり、モーダルシフトを継続推進するなど、製品物流でのCO₂削減施策を強力に展開している。具体的目標として、出荷質量原単位で2008年度までに2002年度比30%のCO₂削減を目指している。詳細は、特集論文「物流におけるCO₂削減活動(エコロジス)」(本誌43～46ページ)を参照願いたい。

4.3 環境貢献事業の拡充(“攻め”への展開)

ライフサイクル全体での環境負荷を考えた場合、一般的に、製品を製造するときの環境負荷と比べて使用時の環境負荷の方が大きい。製造時の環境負荷低減はもちろん重要であるが、加えて、環境負荷の小さいエコプロダクツの創出が、会社経営にとっても環境の面からも必要である。

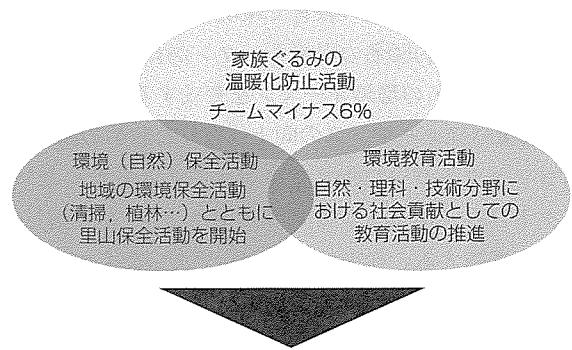
当社グループは、環境貢献事業の具体的な目標として、2010年度売上高1,000億円を目指している。当社グループのエコプロダクツを自社に導入し、そこから得たノウハウや成果を販促時の導入事例として環境貢献事業に生かす活動を強力に推進している。特に、省エネルギーについては、営業本部、事業本部、環境推進本部が連携して、工場の省エネルギーと省エネルギー製品の販売促進を図っている。

環境貢献事業を推進する上で、環境関連テクノロジーの創出を進め、環境適合設計を適用した製品を増やし、エコプロダクツの比率を向上させることが重要である。第5次環境計画では家電や量産の産業メカトロニクス・情報通信機器について、エコプロダクツの生産比率100%を目指して諸施策を展開している。詳細は、特集論文「三菱電機の製品環境配慮施策」(本誌11～14ページ)を参照願いたい。

4.4 環境社会貢献とコミュニケーション

当社グループでは、環境社会貢献活動として、社員及びその家族までを対象にした自然保護活動を推進している。環境は教育、特に幼児期を対象とした教育が重要であるとの認識のもと、第5次環境計画では、特に自然保護リーダーの養成に力を入れ、リーダー養成講座の修了者達が幼児を対象に自然保護教育を実践する活動を展開している(図7)。

コミュニケーションの拡充として、当社グループの環境に関わる活動を多様なステークホルダーに理解いただくための対話やコミュニケーション活動を強化している。現在、当社グループでは社外有識者との“環境経営アドバイザ会議”を実施しているが、これを継続し、第三者の意見を環境経営に取り込むことをさらに推進する。また、環境・社会報告書の一層の充実とこれを活用した双方向のコミュニケーションを広げていく。特に展示会は、ステークホルダ



(活動例) 里山で子供が自然と遊びながらまなぶ教室
 幼児期からの環境教育…子どもたちが、四季を通じて様々な自然にふれあい、体でエコロジー(自然界での共生)を理解し、自然が好きになる。
 こうした体験があってこそ自然を大切にできる優しい心が育っていく…との考えのもと、自然教室のリーダーを育成する試みを始めます。




図7. 環境保全に取り組む人作りを推進

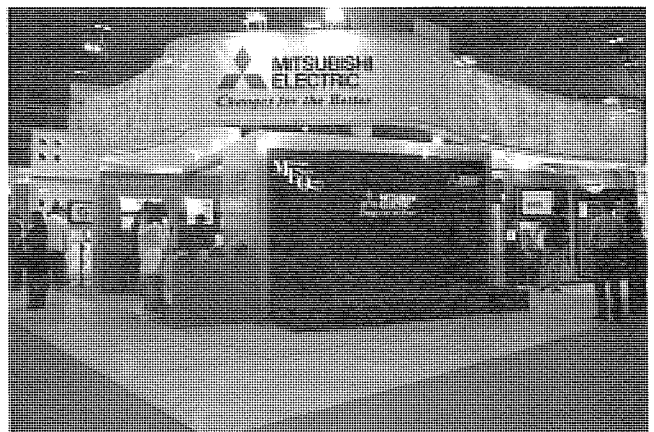


図8. エコプロダクツ国際展(シンガポール)

ーとの対話とコミュニケーションの場として有効であり、国内のエコプロダクツ展のほか、海外の展示会についても、2005年のタイ、2006年のシンガポールのエコプロダクツ国際展に出展して、好評を得た(図8)。今後ともグローバルな視点でのコミュニケーション強化を図っていく。

5. む す び

経済的な豊かさと環境との両立、これは現代を生きる人類の課題であるが、その実現への道りは決して容易なものではなく、むしろ“大変な努力”を伴うものである。それでも我々三菱電機グループは、コーポレートステートメント“Changes for the Better”に込められた“常により良いものを目指し変革していく”という決意のもと、技術と知恵で課題を解決し、一步一步堅実に取り組みを積み重ねていきたいと考えている。

本稿が地球環境の改善に少しでも役立てば幸いである。

エコファクトリー・エコオフィスの推進

池邨善満* 北川雅晴†
 高木正弘** 屋部光利††
 川西秀夫***

Establishment of “Eco-factory and Eco-office” Guideline

Yoshimitsu Ikemura, Masahiro Takagi, Hideo Kawanishi, Masaharu Kitagawa, Mitsutoshi Yabe

要旨

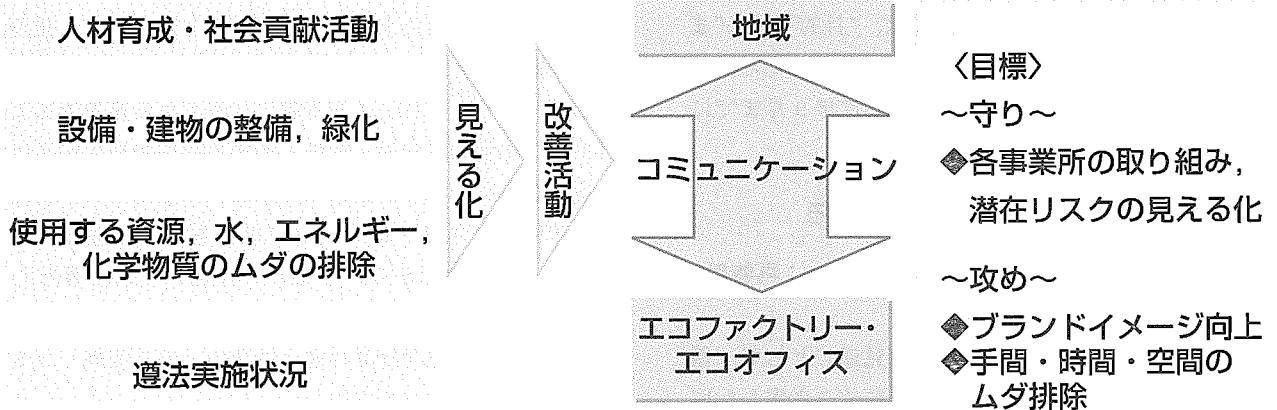
三菱電機グループでは、第5次環境計画に掲げた“エコファクトリー・エコオフィス”の実現に向けて、各工場・オフィスの環境配慮活動を評価し、課題を明確化するために適用する“エコファクトリー・エコオフィス指標”を策定し、情報の共用化を図ることによって改善活動を加速する。ただし、指標の策定に当たっては、サイトごとに取得しているISO14001の活動や本社環境推進本部が主導している環境監査とは別に、なぜ、今回の指標を策定し、工場・オフィスの環境配慮の質向上を図るのか位置付けが必要である。そこで、最初に、三菱電機グループとして目指す工場・オフィスを描き、その目標到達のための指標であるという位置付けを明確化することとした。

近い将来、変化が予想されるテーマとして、“3R”“化学物質管理”“地球温暖化”の3つを取り上げ、中長期展望と工場・オフィスの果たすべき機能・役割をまとめ、“環境設備のリスク項目”“過去改善”といった現場寄りの指標分類項目を抽出した。

次に、環境配慮活動ごとの、目的・手段・結果を明確にして、体系的な指標を定めることとした。“攻め”と“守り”を配慮した指標とし、“法規制を守っていればいい”といった観点から脱することを意味している。

指標策定は、ムダのない有効な評価基準となるよう、環境関連の現場を熟知している環境キーマンの経験を生かし、推進している。

- 工場・オフィスに潜在する環境リスク・ムダの“見える化”を徹底し、環境効率の高い工場・オフィスを目指す。
- 地域、環境と共生する事業所活動を推進する。



エコファクトリー・エコオフィスの取り組み概要

現在の事業活動を、エコファクトリー・エコオフィス指標に基づいて評価し、潜在するリスク、残存する環境リスクを見える化し、環境リスク・ムダの軽減活動を推進する。地域・環境と共生できる工場・オフィスを目指して事業活動を推進する。

1. ま え が き

当社グループでは、第5次環境計画に掲げた“エコファクトリー・エコオフィス”の実現に向け、各工場・オフィスの環境配慮活動を評価し、課題を明確化するために適用する“エコファクトリー・エコオフィス指標”を策定し、工場・オフィスでの課題を明確化するために評価指標を策定し、情報の共用化を図ることによって改善活動を加速する。ただし、指標の策定に当たっては、現在サイトごとに取得しているISO14001の活動や本社環境推進本部が主導している環境監査とは別に、なぜ、今回の指標を策定し、工場・オフィスの環境配慮の質向上を図るのか位置付けが必要である。

最初に、当社グループとして目指す工場・オフィスを描き、その目標到達のための指標であるという位置付けを明確化することとした。2020年ごろの環境分野の動向については、今後ドラステックな変化が予想されるテーマとして、“3R”“化学物質管理”“地球温暖化”の3つを取り上げて、各テーマにおける中長期展望と工場・オフィスの果たすべき機能・役割についてとりまとめた。上記3テーマは、指標のフレームとは完全一致しているものではないが、世間一般に環境問題として取り上げられている内容を広く包含したものである。指標は、工場の環境配慮の視点から、“環境設備のリスク項目”“過去改善”といった現場寄りの指標分類項目を抽出した。

次に、環境配慮活動ごとの“目的”“手段”“結果”を明確化し、体系的な指標を定める。また、“自主的取組関連”と“法令等遵守関連”のそれぞれが含まれるように調整する。これは、前者が“攻め”の環境配慮なのに対し、後者は“守り”の環境配慮であり、“法規制を守っていればいい”“環境の好イメージを強調したい”といった観点の環境配慮から脱することを意味している。現時点では、“目的”“結果”までを抽出が完了しており、代表事業所で試行中である。その試行の結果を受けて、一部修正し、2007年9月までに、全事業所で評価を完了する見込みである。

2. 工場・オフィスの目指すところ

2.1 3R(Reduce：廃棄物の発生抑制, Reuse：再使用, Recycle：再資源化)

3Rに関しては、2020年ごろの中長期見通しとして、循環型モノづくりが本格化し、3Rの優先順位を考慮した取り組みが促進される中、自主的な取り組みによる資源循環の仕組み、すなわち循環ビジネスが整備されると考えられる。3Rに関連した技術開発のロードマップとしては、従来は社会問題とされていた廃棄物問題を循環的モノづくりという産業側の課題へとシフトしていく動きが促進されるとともに、個別の廃棄物問題(最終処分等)から、総合的な

環境負荷低減への移行が促進されると考えられる。さらには、製品のライフサイクルに沿った3R技術開発テーマと製品の世代交代を意識した3R技術開発が活発化すると考えられる。なお、定量的には、経済産業省の技術戦略マップにおいて、2020年に最終処分量25%減(2010年比)、3R分野で温暖化ガス排出削減の1%に寄与、といった目標が設定されている。上記の見通しから、当社の事業展開に具体的に及ぶ影響として、以下が想定される。

- ① 原材料調達・供給における環境負荷低減
- ② DfE(Design for Environment)促進による環境負荷低減
- ③ 生産効率向上に伴う環境負荷低減
- ④ 再生資源の高付加価値化による再生品の創出

2.2 化学物質管理

化学物質管理については、世界的な規制強化とともに、産業界による自主規制、並びにそれに付随するリスク評価・管理の取り組みが進むと考えられる。海外各国の動向に着目すると、EUの動きが顕著である。2000年のELV(End of Life Vehicle)指令発令に始まり、2006年のRoHS(The Restriction of the use of certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment)指令発効、2008年のREACH(Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals)規制開始と、欧州に市場を持つ日本企業はこれら化学物質規制への対応を余儀なくされている。この動きは、2020年に向けて緩和されることはなく、むしろ強化する方向に向かう可能性が高いと考えられる。国内では、上記海外動向に影響を受けつつ、化審法(化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律)の改正(2004年)、大気汚染防止法の改正(2004年)、さらには化学物質管理促進法における対象物質の見直し等、化学物質管理にかかわる諸施策が講じられている。以上のような国内外の動向を踏まえた上で化学物質管理分野における重要課題を検討すると、まずRoHS指令に代表される化学物質の使用禁止、そしてREACH規制に代表される産業界による自主的な化学物質の適正管理・評価等義務の発生が挙げられる。なお、これらの動きは将来的には欧州以外、例えばアジア圏へとエリア拡大する可能性もあると考えられる。このような見通しから、事業に具体的に及ぶ影響として、以下が想定される。

- ① 使用する化学物質の安全性評価・適正管理・コミュニケーションの実施
- ② 未規制化学物質の自主的使用禁止・適正管理
- ③ 規制化学物質の使用禁止・適正管理義務の発生

2.3 地球温暖化

地球温暖化防止に関しては、近年世界各国の研究者から平均気温の上昇・異常気象の発生が指摘されており、これを防止する目的から、気候変動枠組条約が国際的に締結さ

れ、温室効果ガス排出量削減が謳(うた)われた。温室効果ガスとして指定されているのは6ガス(二酸化炭素(CO₂), メタン(CH₄), 一酸化二窒素(N₂O), ハイドロフルオロカーボン(HFC), パーフルオロカーボン(PFC), 六フッ化硫黄(SF₆))であるが、最も影響が高いと考えられているのはCO₂であり、排出量削減の中心もCO₂となっている。地球温暖化の影響である平均気温の上昇を2℃以下に抑えるためには、これらの温室効果ガスの排出量を1990年比で50%以下に抑える必要があり、日本でも中長期的な省エネルギー目標などが立てられている。一方、昨今の石油価格の高騰と、低炭素型エネルギーである新エネルギー技術の進歩から、エネルギーの脱石油化が今後も進んでいくと考えられる。

これらのことから、2020年ごろに“工場”に求められる地球温暖化防止の方向性としては以下のような事項が挙げられ、これらの達成に向けた具体的な取り組みが必要となる。

- ① エネルギー使用設備の省エネルギー化
- ② エネルギー利用の効率化
- ③ 廃棄物処分にかかわる温室効果ガスの削減

3. 評価フレームの作成

3.1 指標の大分類

工場の環境配慮活動として様々なものが想定されるが、策定する指標は、大きく以下3つの項目に分類した(図1)。

- (1) 分野横断的項目(体制・仕組等)
- (2) 環境リスク項目(環境負荷分野別項目)
- (3) 環境貢献項目(対外的・対内的)

以下エコファクトリーを中心に述べるが、エコオフィスについては、分野横断的項目と環境貢献項目にウェイトを高く設定し環境リスク項目では廃棄物、地球温暖化項目を主に評価する。

今回作成した評価項目については、毎年見直しを実施し、当社及び世の中の状況に合わせて追加・削除・修正を行う。

3.2 指標種別ごとの展開

3.1節に示した(1)~(3)の3分類のそれぞれの小項目については次のような考えに基づいて評価項目とした。

(1) 分野横断的項目(体制・仕組等)

環境負荷分野とは無関係に、工場を操業する上で求められる環境配慮活動の評価項目を次のように設定した。

ただし、適宜追加・削除するものとする。

- ・環境マネジメントシステム(EMS)の構築・運用
- ・環境教育の実践(階層別・職能別・課題別など)
- ・法令遵守
- ・オフィス2S(整理整頓)活動

法令遵守については、(2)の環境負荷分野別項目において個別に遵守状況をチェックすることになるが、ここでは各工場における事業に関連した法令の適用又は不適用の把握、

関連法令内容の理解度・法令遵守徹底に向けた取り組みの有無・過去数年間の法令違反の有無などを把握しているか否か等を問うものとする。

(2) 環境負荷分野別項目

環境汚染防止(大気、水質、土壌、騒音・振動、悪臭)、廃棄物、化学物質管理、地球温暖化、環境設備、過去改善等の工場の操業によって環境に与える負荷の種類に応じて、“潜在リスク”と“リスク低減の取り組み”を評価しそれぞれの項目の“残存リスク”を抽出し見える化を行い改善すべき内容を明確にする。評価内容については、下記内容の評価を行う。

① 環境汚染防止

- ・潜在リスク：設備経過年数、有害物質の使用、過去の事故、法令遵守等
- ・リスク低減の取り組み：法的資格者、教育・緊急時訓練等

② 廃棄物

- ・潜在リスク：各種類ごとの排出量、委託処理業者レベル、マニフェスト発行枚数、施設保有有無等
- ・リスク低減の取り組み：委託先業者視察状況、パトロール等

③ 化学物質管理

- ・潜在リスク：化学物質取扱量・排出量、毒劇物使用等
- ・リスク低減の取り組み：法的資格者、教育訓練等

④ 地球温暖化

- ・潜在リスク：温室効果ガス排出量等

⑤ 過去改善

- ・潜在リスク：過去事故内容について
- ・リスク低減の取り組み：事事故例の水平展開

(3) 環境貢献項目

(1), (2)項目には該当しないが、工場の環境配慮活動として評価すべき項目で、工場内で実施するものと、工場外で実施するものの評価を行う。工場内では、環境にやさしい製品を社会に送り出し、社会全体の環境負荷低減に寄与するエコプロダクツの製造・販売と、3R推進を図り、資源循環型社会に即応した製造活動への取り組みの評価を行う。

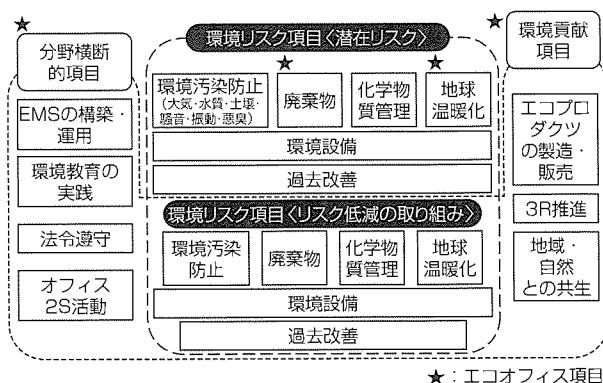


図1. 評価指標のフレーム

工場外では、地域・自然との共生を図り、周辺環境と調和した産業活動の実施状況の評価を行う。

4. 評価指標

“分野横断的項目”と“環境貢献項目”については加算方式として全社平均又はエコファクトリー基準と比較を行って点数化する。“環境負荷分野項目”では、潜在リスクにマイナス点を与えて、その潜在リスクに対してリスク低減の取り組みを行っている場合は加点し、それぞれの項目の残存リスクを明確にする。それぞれの指標の重み付け(点数配分)については、今年度は過去の事故事例及び世の中の環境状況を考慮して実施したが、今後は今年度の評価内容によって項目及び重み付けを変更し、環境リスクの低減を図っていく必要がある。

4.1 評価指標の定量化

“手段”に対して定めた評価指標の定量化は次のようにする。例えば、A：5点、B：3点、C：1点、D：0点(ないしはマイナス)のように点数付けを行う。ただし、これらの加点(場合によって減点もあり)ポイントは、全体のバランスを見た上で調整を図るものとする。

4.2 評価結果の表し方

(1) 環境負荷分野項目別リスクの表し方

環境負荷分野項目別リスクの表し方は、レーダーチャートで示す方式を用いる(図2)。レーダーチャートは、外枠を最高点とし、全社平均と各現場の評価ポイントを併せて示す。ただし、点数だけでは、リスク要因を示すことが困難であり、要因分析の機能が必要であるが、機械的に判断できないため、本指標(評価ツール)には具備していない。

(2) 工場別リスク及び取り組み状況の表し方

工場別リスク及び取り組み状況の表し方は、図3のようにエコファクトリー基準ラインを設定し、各工場のリスク及び取り組みから残存リスクを示す方式を用いる。

5. 効果

“エコファクトリー・エコオフィス評価”の効果として下記を見込んでいる。

- ・環境負荷分野別項目の潜在リスク、取り組み状態の見える化→“不具合発生を未然に防止”
- ・取り組み情報の共有化により、リスク軽減活動の加速→“未然防止の迅速化”
- ・ガイドライン整備により、環境負荷分野別項目の潜在リスク対応策の伝承→“管理技術の伝承”
- ・業務・資料の2S等の取り組みにより、手間・時間・空間のムダを排除→“業務の効率化”
- ・エネルギーのムダを排除→“経費削減”

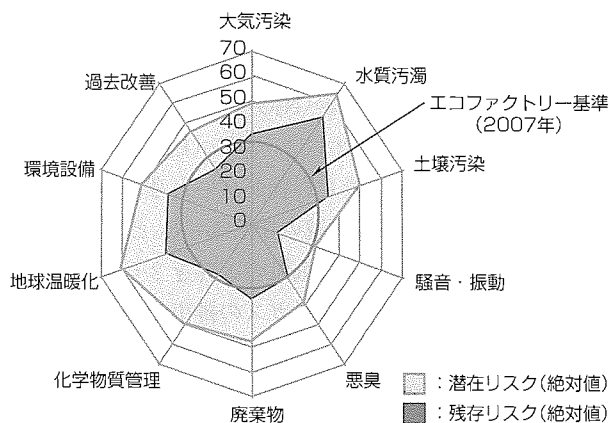


図2. 評価結果レーダーチャート

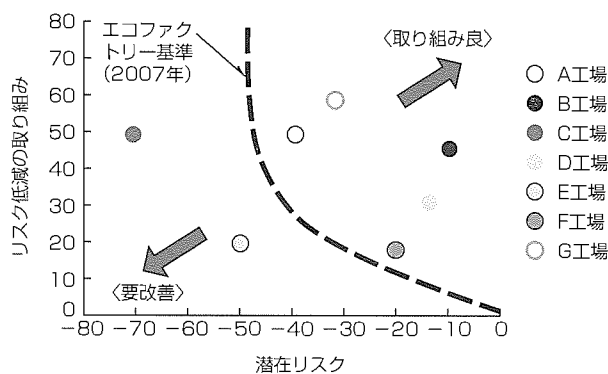


図3. 工場別の環境リスク評価結果の表し方

6. むすび

この取り組みは、各工場・オフィスの環境リスクの見える化を図り、情報を共有化し、改善を効率良く推進するものであり、評価方法については、研究の余地があり、更に検討を行う必要がある。

指標を策定するに当たっては、環境技術委員会“エコファクトリー・エコオフィス分科会”を設置し、事業所の環境キーマンを委員として1年間取り組みを行ってきた。また、広い視点・グローバルな視点が必要なことから、(株)三菱総合研究所の地球環境研究本部・地域・共生研究グループに、協力いただいた。この取り組みを通じてつながりができた環境キーマンの間では、環境関連法規の情報交換、設備更新時のメーカー情報提供など、業務での情報ネットワークができてきた。

参考文献

- (1) 超長期エネルギービジョン, 経済産業省
- (2) 技術戦略マップ, 経済産業省
- (3) 温室効果ガス排出・吸収目録, 環境省

三菱電機の製品環境配慮施策

田中基寛*

Mitsubishi Electric's Product Policy for Eco-Conscious Design

Motohiro Tanaka

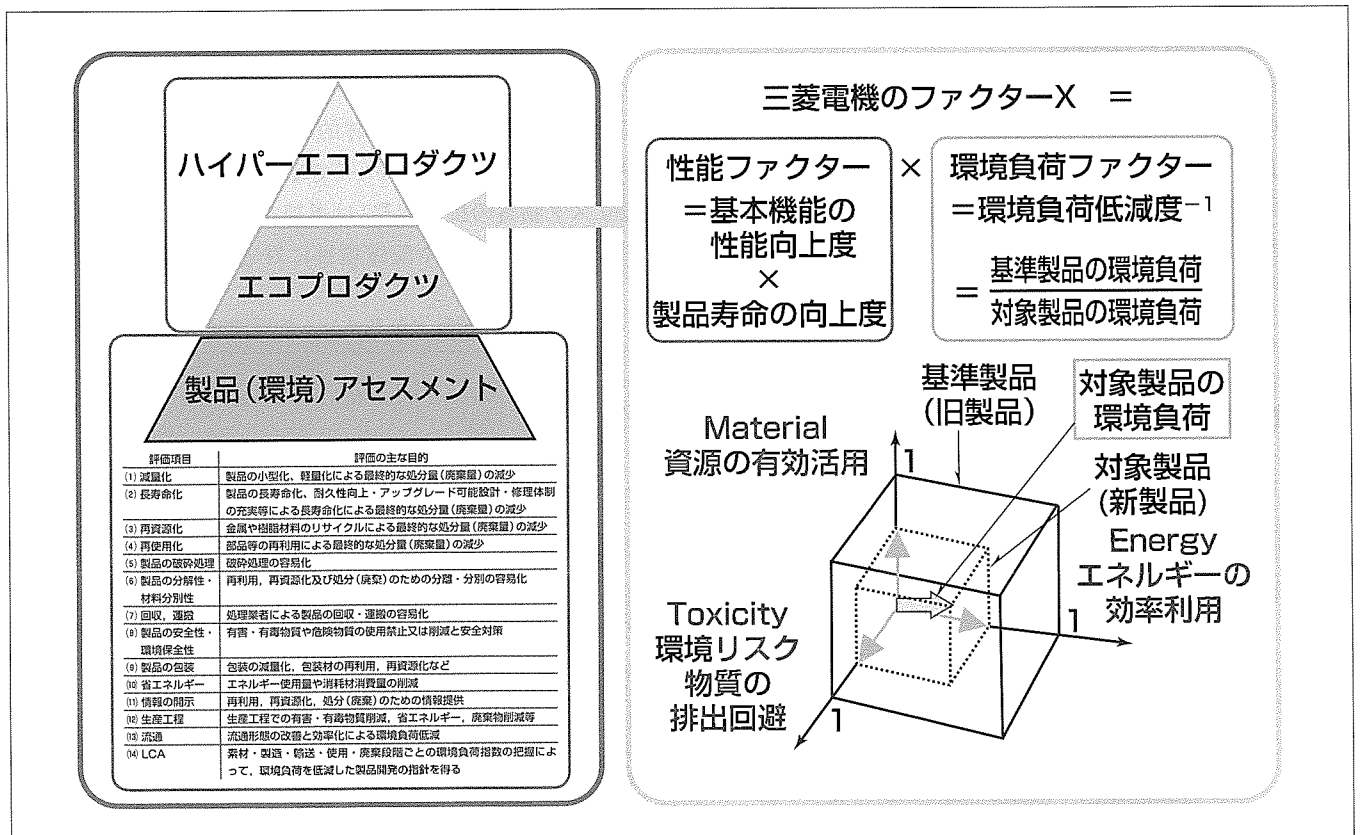
要旨

三菱電機は1980年代終盤から現在までに、製品での環境負荷削減への意識の高まりとともに、製品アセスメントの開発、企業内マネジメント及び企業外へのアピールのツールとしてのファクターX指標の開発、及びそれを用いた製品のランク付け施策(“エコプロダクツ”“ハイパーエコプロダクツ”の設定)を行ってきた。当社のファクターは複数の性能・環境配慮項目の統合による総合性確保と、その算出過程の簡便性を意図した独自のものであり、国際的にも高評価を得ている。

これに対して2006年11月、当社を含む電機5社によって家電4製品の“共通ファクター”が提案された。これはファクターXで評価するテーマの単一化(地球温暖化防止への

貢献)、算出に必要な要素の単純化(機能及び環境負荷双方の単項目化)、算出過程の共通化による他社製品間での比較可能性向上(現状は不可)等を指向している。

製品評価指標の真・偽は問いにくく、その妥当性は社会的な支持によって決定される。また、その有効性は合目的な指標を選択したときに得られる。こうしたことから、今後は“地球温暖化防止”への危機意識の急速な広がりや、規制等製品環境保全への社会的要請の具体化が進む中、これまでの実践の成果を活用しながら、さらに社会的有効性の高い製品環境負荷低減施策の開発と推進を図る必要があると考えている。



三菱電機の製品環境配慮施策とファクターX

三菱電機の製品環境配慮施策は、MET (Material Energy Toxicity) の視点による環境適合設計の理念に基づく“製品アセスメント”をベースに、METの視点による製品評価指標“ファクターX”を軸とする“エコプロダクツ”“ハイパーエコプロダクツ”という製品ランクにより構成している。

1. ま え が き

日本企業の環境保全活動は、公害防止を目的に始まり、工場中心に発展した。製品における環境保全対策の重要性が認識されるようになってきたのは1980年代終盤以降であり、21世紀に入って本格化した。製品での環境保全の推進のため、当社はこれまでに①製品アセスメント(=製品の環境アセスメント)を開発プロセス中に導入し、②環境配慮製品の評価方法を定め(ファクターX)、③これらを用いて“エコプロダクツ”“ハイパーエコプロダクツ”という環境配慮製品のランクを設けた。本稿ではこれらの関係をあらためて整理して述べるとともに、現在から将来に向けての社会的意義を考察し、課題について述べる。

2. 製品アセスメント

2.1 規定制定の時期

当社では、1981年に公害防止管理規定を制定し、その後、1993年5月の環境基本法施行に合わせて“環境管理規定(=環境管理の総則)”を制定した。製品に関しては、1999年12月に“環境適合設計(DFE: Design for Environment)の定義及び理念に関する規程”を制定し、2001年4月の循環型社会形成基本法施行に合わせて、同年10月“製品アセスメント規定”を制定した。

2.2 環境適合設計の理念

当社の環境適合設計の理念を図1に示す。

この理念の特徴は、METと呼ぶ3つの視点を使う点(Material:資源の有効活用, Energy:エネルギーの効率利用, Toxicity:環境リスク物質の排出回避)、事業者である当社と、社外の関係者とのパートナーシップを積極的に構築することによって、トータルの環境負荷低減達成を目指す点、調達から廃棄までの製品ライフサイクル上のすべてのステージで環境配慮を行う点である。

2.3 製品アセスメントの手順と評価項目

当社が規定に定めた製品アセスメントの実施手順は次のとおりである。

- ① 開発・設計時点で行う。
- ② 基準製品を選定する。

- ③ 評価項目ごとに個別評価を行う。
- ④ 個別評価に基づいて総合点数評価を行う。
- ⑤ 設計変更等の対策の要否を判断する(総合判定)。
- ⑥ 実施記録を保管する。

アセスメントは開発・設計時点で行い、製品のライフサイクルでの環境負荷削減が“不十分”と判定される場合は、製造に移さず設計変更等の対策を行う。すなわち“関所”の役割を果たしている。この合否判定(総合判定)は、最初に設計部門が実施し、次に客観的な評価部門が行い、最終的には工場長が判定する。

“基準製品”は、それと当該製品とを比較し、“環境負荷の削減”が十分行われたかを評価するために定める。自社の既存製品の中から基準製品を選択する。環境負荷削減に到達目標を決めて段階的に目指す場合は同一の基準製品が複数回の開発において用いられる。しかし、目標管理ではなく、毎回の開発ごとに“前機種”を基準製品として“よりよく”していくという運用も認めている。

2.4 個別評価の項目

“個別評価”の評価項目は表1に示す14項目である。

個別評価項目は、家電製品協会をはじめ、複数の工業会等の製品アセスメントガイド類を比較検討して作成し、その後もそれら公的なガイドライン類の改定に対して常に整合を図っている。“環境適合設計の理念”に述べている“MET”視点との関係は、M(資源の有効利用)について“(1)減量化”から“(6)製品の分解性・材料分別性”まで直接的に対応し、最も詳しく具体的である。E(エネルギーの効率利用)は“(10)省エネルギー”で単独に対応している。T(環境リスク物質の排出回避)は単純な対応がなく、ライフサイクルのステージや配慮項目に対応した残りの項目中に、

表1. 製品アセスメントの個別評価項目

評価項目	評価の主な目的
(1)減量化	製品の小型化、軽量化による最終的な処分量(廃棄量)の減少
(2)長寿命化	製品の長寿命化、耐久性向上・アップグレード可能設計・修理体制の充実等による長寿命化による最終的な処分量(廃棄量)の減少
(3)再資源化	金属や樹脂材料のリサイクルによる最終的な処分量(廃棄量)の減少
(4)再使用化	部品等の再利用による最終的な処分量(廃棄量)の減少
(5)製品の破砕処理	破砕処理の容易化
(6)製品の分解性・材料分別性	再利用、再資源化及び処分(廃棄)のための分離・分別の容易化
(7)回収、運搬	処理業者による製品の回収・運搬の容易化
(8)製品の安全性・環境安全性	有害・有毒物質や危険物質の使用禁止又は削減と安全対策
(9)製品の包装	包装の減量化、包装材の再利用、再資源化など
(10)省エネルギー	エネルギー使用量や消耗材消費量の削減
(11)情報の開示	再利用、再資源化、処分(廃棄)のための情報提供
(12)生産工程	生産工程での有害・有毒物質削減、省エネルギー、廃棄物削減等
(13)流通	流通形態の改善と効率化による環境負荷低減
(14)LCA	素材・製造・輸送・使用・廃棄段階ごとの環境負荷指数の把握によって、環境負荷を低減した製品開発の指針を得る

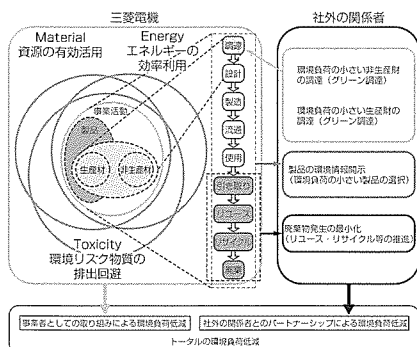


図1. 三菱電機の環境適合設計の理念

LCA: Life Cycle Assessment

M, Eとともに含まれる。

2.5 規定の適用と運用

この規定は基本的にすべての当社ブランド製品に対して適用される。製品群は民生品から産業用・公共用製品まで多岐にわたり、個産性から量産性までの幅、ビジネスモデルの違いなど、それぞれに性格が異なる。すべての製品群で環境適合性向上のPDCA (Plan-Do-Check-Action) を回すために、各個別評価項目の評価方法や総合評価のための重みづけなどを製品群ごとに適正化し、工場の規定の中で確定する運用を行っている。

3. 環境配慮製品の評価手法

製品での環境配慮(環境負荷削減)努力を続けた結果、どの程度の改善を得ているのかを評価する指標が必要とされ、検討されてきた。その一つがファクターXである。

3.1 日本で発達した“ファクターX”の一般形

元ドイツブッパタル研究所所長のエルンスト・フォン・ワイツゼッカーは1995年に、先進国の資源エネルギー消費量を1/4に削減し、資源効率、環境効率を4倍まで高めるべきことを発表した⁽¹⁾ (“ファクター4”。持続的発展のためには、その時点より将来には4倍の環境効率を目指す必要があると説いた)。この概念を東京大学の山本良一教授らが評価手法としてまとめたものがファクターXである。Xは変数であり、ある基準となる時点での“環境効率”に対して、別の時点の“環境効率”が何倍になったか(すなわち倍数)が表される。ファクターXの一般形は、次のように表現される。

$$\text{ファクター} = \frac{\text{対象製品(新製品)の環境効率}}{\text{基準製品(旧製品)の環境効率}}$$

この考え方及び家電メーカーのファクター算出の取り組み等は(社)産業環境管理協会によってまとめられ、2004年に“手引き”として公表された⁽²⁾。また、

$$\begin{aligned} \text{環境効率} &= \text{製品の性能} / \text{製品の環境負荷} \\ \text{性能ファクター} &= \text{新製品の性能} / \text{旧製品の性能} \\ \text{環境負荷ファクター} &= \text{環境負荷の低減度}^{-1} = \\ &= \text{旧製品の環境負荷} / \text{新製品の環境負荷} \end{aligned}$$

とすれば、

$$\begin{aligned} \text{ファクター} &= \text{新製品の環境効率} / \text{旧製品の環境効率} \\ &= \text{性能の改善度} / \text{環境負荷の低減度} \\ &= \text{性能ファクター} \times \text{環境負荷ファクター} \end{aligned}$$

である。これは、ファクターが環境負荷の低減度合いだけでなく、性能の向上度(製品機能・サービスの向上度)も評価するねらいがあることを示す表現形である。

3.2 ファクターXのメリット

ファクターXは、製品の環境効率の向上度を、基準の状態と比較して倍数で述べるもので、直感的な分かりやすさがある。また、従来の改善(ファクター1~3)、大幅な設

計変更(ファクター3~10)、設計の根本的なやり直し(ファクター10~20)、脱物質レベル(ファクター20~)、のようにファクターの値に意味を与え、目標として使用するのに適合している。

3.3 当社のファクターX

当社では先述の“MET”視点に基づく算出方法による独自のファクターXを定義し、2001年12月から試算値の公開を始め⁽³⁾、改良を続けた⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾。2005年には第4回エコデザイン国際シンポジウムにおいてベスト・ペーパー・アワードを受賞しており⁽⁴⁾、製品の環境配慮指標開発において国際的にも評価を得た。次に当社のファクターXの主な特長を挙げる。

- (1) “ファクター=性能ファクター×環境負荷ファクター”の形式で表記し、ファクター値を単独で示さず、環境負荷低減と性能向上の両者のファクターへの寄与度を同時に明示する。
- (2) 環境負荷ファクターは、すべての環境負荷削減項目の基準製品に対する削減度合いを1つの値に統合し対象製品の環境負荷値とし、基準製品の環境負荷値との比で表す。複数の環境負荷項目をMETの視点で3つに分類し、分類ごとに単一の数値にする(複数ある削減度の自乗和の平方根)。次にこの3つの値を直交する3軸上にそれぞれ配置し、ベクトル合成で統合し、その距離を対象製品の環境負荷値とする。これを分母とし、基準製品の環境負荷値(METの統合値=距離=√3)を分子とする値が環境負荷ファクターとなる。
- (3) 性能ファクターは、基本機能の性能向上度と製品寿命の向上度を積算する。評価すべき基本機能が複数ある場合の性能向上度は、加算平均して統合する。基本機能は製品ごとに定める。

4. 環境配慮製品のランク

当社は1993年から中長期的な“環境計画”を策定し、環境負荷低減、環境管理に取り組んでいる。2003年~2005年を計画期間とする“第4次環境計画”の中で、製品での環境配慮にランクを設けることにして、現在も継続している。ランクは、“製品アセスメント”“エコプロダクツ”“ハイパーエコプロダクツ”の3種である(図2)。

エコプロダクツにおいても、ハイパーエコプロダクツにおいてもファクターXを定量的指標として、一つの認定基準としている(表2)。エコプロダクツ化を目指す製品群は

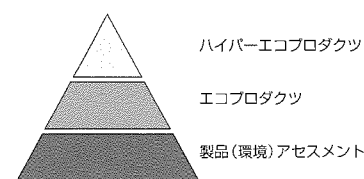


図2. 環境配慮製品のランク

表2. エコプロダクツとハイパーエコプロダクツの定義

<p>エコプロダクツの定義</p> <p>1. 次のいずれかの条件を満足する“環境適合製品”。</p> <p>① ファクターの改善度及び社会貢献度の両者を勘案した定量的基準値(製品群ごとの基準値は当該事業本部が定める)を満たしたものの。</p> <p>② 業界トップランナー製品や環境関連表彰を受賞したものの。</p> <p>2. その製品を使用することが直接環境改善につながる“環境貢献製品”。</p>
<p>ハイパーエコプロダクツの定義</p> <p>1. 新機軸又は革新的な技術を採用した持続可能性を追求した製品であり、社内が定める手続きにより認定されたもの。</p> <p>2. ファクター2以上をクリアした製品。</p> <p>3. 環境関連表彰の中でも名誉があると判断される表彰受賞製品。</p>

事業本部ごとに選定して登録し、母集団とする。母集団に対するエコプロダクツの割合を生産高と重量で求めて“エコプロダクツ比率”と定義し、環境計画で達成目標値を定め、エコプロダクツの開発・販売促進を行っている。

5. 社会的意義の考察

5.1 電機5社によるファクター標準化の試み

電機5社(当社を含む)は、2006年11月に家電4製品の環境効率改善度指標“ファクターX”について“標準化ガイドライン”を制定したと広報発表した(図3)。ファクターXには各社各様の表示形式や算出方法があるため、消費者にとって分かりにくいという問題点に対処するためである。この標準化案は2007年度以降、5社以外の企業でも使用できるように検討を継続する予定である。

この共通ファクターは以下の特徴と課題を持つ。

- (1) “単純化”による共通化：環境への影響としては“温室効果ガスの排出量”のみを扱う。複数の環境配慮への視点を統合化するものではない。また、“基本機能”についても、4製品ともそれぞれ単一の評価指標を設定した(例：冷蔵庫は“調整内容積”)。様々な製品性能の統合を目指さず、考慮対象を単純化した指標といえる。
- (2) 他社製品間の比較は不可能：LCCO₂(ライフサイクル全体における温室効果ガスの排出量)の算出方法、及び使用データベースは各社固有で、かつ公開できないため、従来の各社ファクター同様他社製品との比較はできない。

5.2 製品の環境配慮性評価指標の社会性

2つのファクターX間に正否(真・偽)はなく、有効性は極めて社会的に決定される。共通ファクターはテーマの単一化、算出に必要な要素の単純化、算出過程の共通化による他社製品間での比較可能性向上などを指向した解であり、当社のファクターは複数の性能・環境配慮項目の統合による総合性確保と、その算出過程の簡便性を意図した解である。解ごとに長所短所、受け容れられる条件、有効性を発揮しうる土壌などが異なる。指標を使う際には従来よりも一層使用する目的を明確にして、合目的な指標を選択する必要が生じている。

その意味で企業は、共通ファクターの、従来の企業ファ

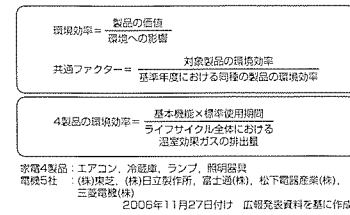


図3. 家電4製品の共通ファクター

クター群との決定的な違いには注意を払う必要がある。共通ファクターは、現在、緊急の課題として一般にも身近に認識されてきた“地球温暖化防止”に指標活用のテーマを定めることで、他社製品間の比較、手法共通化の必要性に社会的な正当性を与えようとしている。

6. むすび

日本企業は1980年代終盤から現在までに、製品での環境負荷削減への意識の高まりとともに、製品アセスメントの開発、企業内マネジメント及び企業外へのアピールのツールとしてのファクターX指標の開発、及びそれを用いた製品のランク付け施策などを行ってきた。当社もそれらを積極的に推進した。今後は“地球温暖化防止”への危機意識の急速な広がりや、規制等製品環境保全への社会的要請の具体化が進む中、これまでの実践の成果を活用しながら、さらに社会的有効性の高い製品環境負荷低減施策の開発と推進を図る必要があると考えている。

参考文献

- (1) Ernst Ulrich von Weizsäcker, et al.: Faktor 4. Doppelter Wohlstand-halbiertes Naturverbrauch. Der neue Bericht an den Club of Rome, München (1995)
- (2) 製品に関する「環境効率・ファクターの手引き」,(社)産業環境管理協会 (2004)
- (3) Ueno, K., et al.: Efforts to Improve the Eco-efficiency for Products of Mitsubishi Electric Corporation-Factor X by Using MET Indicators, Proceedings of EcoDesign 2001, 836~841 (2001)
- (4) Takahashi, T., et al.: Evaluation methods and Applications of FactorX Indicator for Realization of a Sustainable Society, 4th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing 3D-2-1F (2005)
- (5) 高橋徹也, ほか: 三菱電機製品の環境効率指標の試算“ファクターX”の考え方と環境対策, 三菱電機技報, 77, No.5, 305~308 (2003)
- (6) 高橋徹也, ほか: 持続可能な社会の実現を目指した指標“ファクターX”の評価手法とその適用事例, 三菱電機技報, 79, No.5, 321~324 (2005)

使用済み家電混合プラスチックのリサイクル技術

遠藤康博* 藤崎克己**
 広瀬悦子* 井関康人***
 小笠原 忍**

Recycling Technology for Mixture of Residual Plastics from Waste Household Appliances

Yasuhiro Endo, Etsuko Hirose, Shinobu Ogasawara, Katsumi Fujisaki, Yasuto Iseki

要 旨

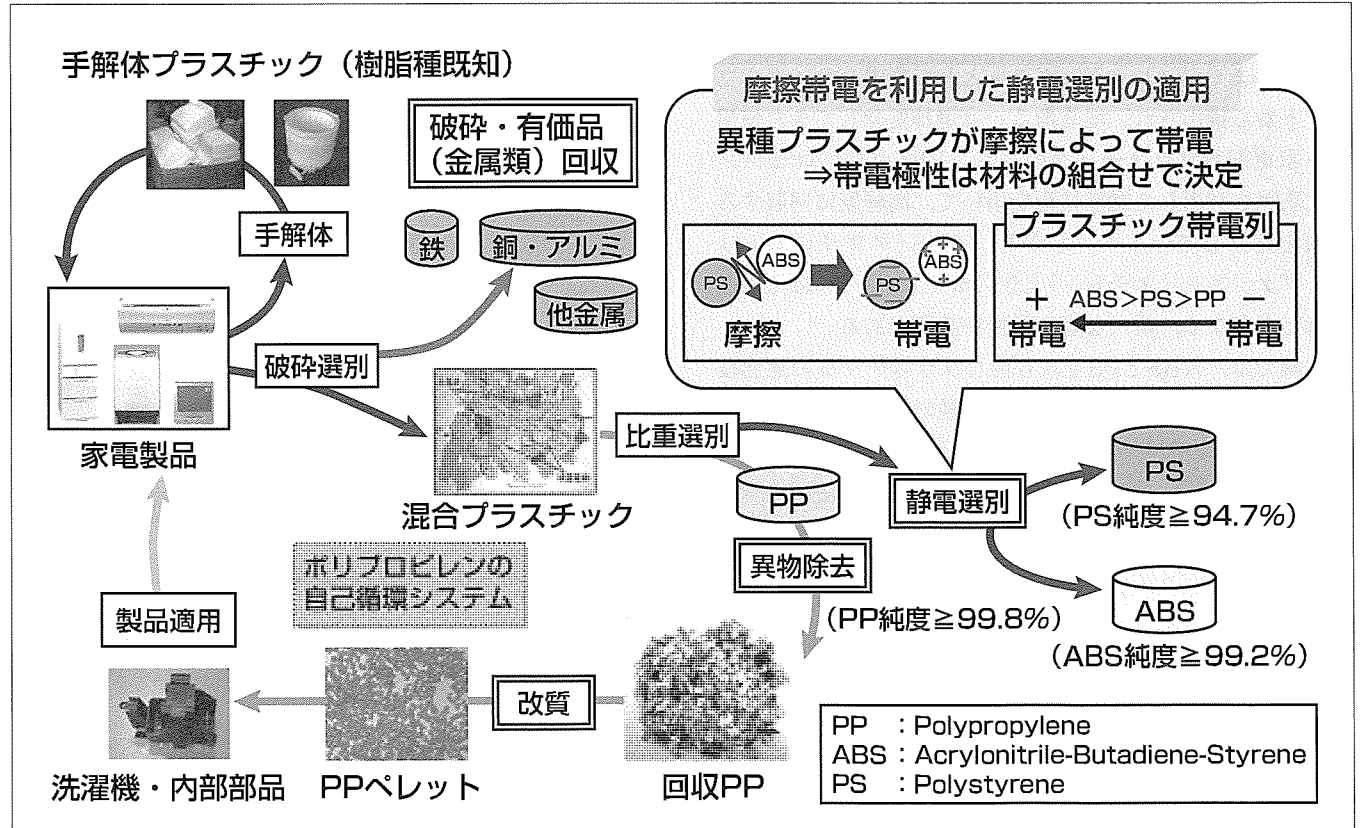
2001年4月から「特定家庭用機器再商品化法」(通称：家電リサイクル法)が施行され、家電4品目(エアコン、テレビ、冷蔵庫・冷凍庫、洗濯機)を対象に効率的なリサイクルと廃棄物の減量化が進められている。素材別に見ると、再資源化が進んでいる金属やガラスに対して、プラスチックの再資源化の推進が課題となっている。また、環境負荷、資源枯渇の観点からも、使用済み家電から回収されるプラスチックを新たな家電の素材として利用する自己循環リサイクルが望まれる。

このような背景の下、三菱電機は、プラスチックのリサイクル技術開発に積極的に取り組んでいる。これまで、手解体で回収されるプラスチックの自己循環リサイクルを実現した。また、手解体後に使用済み家電を破碎して得られる混合プラスチックから比重選別によってPP(ポリプロピ

レン)を高純度で回収して自己循環リサイクルする技術を実現している。

本稿では、PP回収後に残るABS(アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン)とPS(ポリスチレン)の混合プラスチックの選別技術及びリサイクルの環境負荷評価について述べる。ABSとPSの選別技術としてプラスチックの摩擦帯電を利用した静電選別を用いることで、ABSとPSをそれぞれ高純度で選別可能であることが示された。また、自己循環リサイクルが、埋立、焼却処理や他のリサイクル手法に比べてCO₂排出量を低減できることを検証した。

今後、ABSとPSの選別技術と家電製品への適用技術の開発を推進し、環境負荷の点でも優位にある自己循環リサイクルによって環境配慮型の製品作りを展開していく。



使用済み家電混合プラスチックのリサイクルシステム

使用済み家電混合プラスチックに比重選別を行うことでPPを回収する。回収したPPは素材化し、家電製品の部品に適用する。比重選別後に残るABSとPSの混合プラスチックの選別技術として、ABSとPSを摩擦帯電させたときの極性の違いを利用した静電選別技術を開発した。

1. ま え が き

2001年4月から「特定家庭用機器再商品化法」(通称：家電リサイクル法)が本格施行され、家電4品目(エアコン、テレビ、冷蔵庫・冷凍庫、洗濯機)を対象に効率的なリサイクルと廃棄物の減量化が進められている。2005年度の再商品化率(使用済み家電総重量のうちリサイクルプラントから有償又は無償で外部業者に引き渡すことができるものの重量比率)は、4品目合計で74%と法定基準(エアコン：60%以上、テレビ：55%以上、冷蔵庫・冷凍庫及び洗濯機：50%以上)を大きく上回っている⁽¹⁾。特に、鉄や非鉄等は90%前後と高い再商品化率を達成しており、今後さらなる再商品化率の向上には、4品目の素材構成比で25%程度を占めるプラスチックのリサイクルが課題である。また、環境負荷、資源枯渇の観点からも、使用済み家電プラスチックを新たな家電の素材として利用する自己循環リサイクルが望まれる。

当社では、業界初の家電リサイクルプラントとして、千葉県市川市に(株)ハイパーサイクルシステムズ(以下“HCS社”という。)を家電リサイクル法に先がけて設立し、事業開始当初からプラスチックのリサイクル技術開発に積極的に取り組んでいる。その一つとして、より高品位なリサイクルを目指して、手解体で回収したプラスチックを原料として再生し、家電製品に再利用する自己循環リサイクルを推進してきた⁽²⁾⁽³⁾。さらに、手解体困難なプラスチック部品で、これまでシュレッダーダストとして家電リサイクルプラントから排出され、埋立あるいは焼却処分してきた使用済み家電混合プラスチックのうち、PP(ポリプロピレン)は比重差を利用した選別技術を用いて、高純度に回収する技術を確認している⁽²⁾。しかし、ABS(アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン)とPS(ポリスチレン)は比重差がほとんどなく、新たな選別技術が必要である。

本稿では、ABSとPSを含む混合プラスチックの選別技術として、両プラスチックの帯電特性の違いを利用した静電選別技術⁽⁴⁾の開発状況とこれら自己循環リサイクル技術が、従来法(埋立、焼却)やケミカルリサイクル法に比べてどの程度環境負荷を低減できるのかを定量的に評価した結果⁽⁵⁾について述べる。

2. 混合プラスチックの自己循環リサイクル

当社はより質の高いリサイクルを目指して、リサイクルが困難と言われてきたプラスチックや洗濯機のバルancerに使用している塩水、フロン等の金属以外のリサイクル技術を開発するとともに、自社製品に使用する自己循環リサイクルを実現している。中でもプラスチックは、手解体によって使用済み冷蔵庫の野菜ケース(材料：PP)を回収し、エアコンの室外機部品に、また使用済み洗濯機の水槽(材

料：PP)を回収して、洗濯機の底枠にリサイクルしている。

しかし、手解体で回収できるプラスチックは回収量が限られており、HCS社では1,000トン/年程度が限界と推定される。これに対して、HCS社の主破碎選別工程から排出される混合プラスチックは7000トン/年近くにもものぼる。そこで当社はHCS社と共同で、この混合プラスチックを再利用するために、新エネルギー・産業技術総合開発機構(New Energy and industrial technology Development Organization：NEDO)の助成を受けて“微破碎技術”の開発を行ってきた。この微破碎工程によっておおむねφ50mm程度の混合プラスチックに含まれる電線や小さな金属片を再度φ8mm程度に整粒し、金属分0.1%以下の高品位混合プラスチックを得る。さらに、この技術をもとに、プラスチックの種類を高精度に選別する技術開発を進めている。図1に、混合プラスチックの選別プロセスを示す。この工程では、湿式比重選別で比重が1.0以下のPP、比重が1.0~1.1のABSとPSのスチレン系混合樹脂を選別回収し、エンジニアリングプラスチックや難燃剤が含まれる比重1.1以上の重比重プラスチックを除去する。特に水への浮沈によって選別可能なPPは、99%以上の高純度で選別回収を実現している。その後、選別されたPPは洗浄脱水後、ゴム等の異物を除去しコンパウンド工程を経て、リサイクルPPペレットが得られる。一方、ABSとPSは比重差が小さく比重選別が困難なため、新たな選別技術として両樹脂を摩擦帯電させたときの極性の違いを利用して選別する静電選別技術の開発を進めている。

3. 静電選別技術

3.1 静電選別の原理

静電選別の原理を図2に示す。ABS/PS混合プラスチックは、回転運動する円筒状の帯電装置(材質ABS)内で

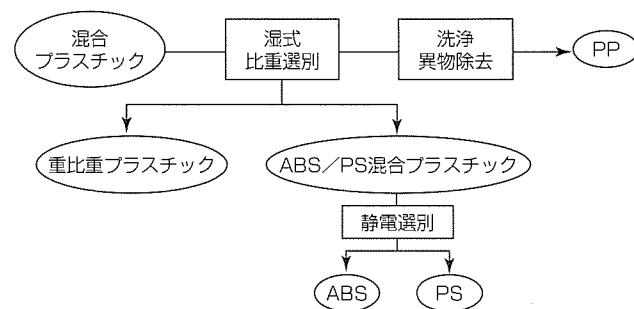


図1. 混合プラスチックの選別プロセス

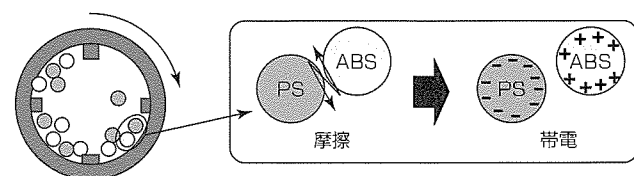


図2. 静電選別の原理

攪拌(かくはん)され、摩擦帯電する。異種プラスチックの摩擦帯電では、図3に示すように極性は材質の組み合わせによって決まり、ABSとPSではABSは+にPSは-帯電する。帯電後のABSとPSは、電極間を落下する間に静電気力を受けて選別される。

3.2 静電選別精度の検証

表1に湿式比重選別後のABS/PS混合プラスチックの成分を示す。ABSは約30%、PSは約60%を占める。5.8%を占めるその他のプラスチックは、5.6%の添加剤によって比重が1.0以上になったPPと0.2%程度のポリアミド(PA)などが混在したものである。図4に静電選別装置の概要を示す。摩擦帯電されて対向電極間を自由落下させるとプラスチック片は極性と帯電量によって異なる軌跡で落下し、各回収容器に回収される。上記ABS/PS混合プラスチックに対して、1段目の静電選別を行い、1段目静電選別後の各回収容器内の回収材に対して2段目の静電選別を行い回収材の組成を分析した。

1段静電選別及び2段静電選別後の各回収材料をABSとPSの純度が高いものから取り出した場合の純度と回収率を図5に示す。回収率はABS、PSそれぞれの全量に対する回収材料中のABS、PSの割合である。2段選別によってABS、PSともに1段選別よりも純度と回収率が向上した。2段選別後のABSの純度は最も良いもので99.2%、PSは94.7%であるが、回収率90%以上を確保すると純度は

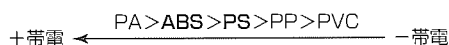


図3. プラスチック帯電列

表1. 湿式比重選別後のABS/PS混合プラスチックの組成

ABS	32.40%
PS	61.30%
その他のプラスチック	5.80%
異物	0.50%

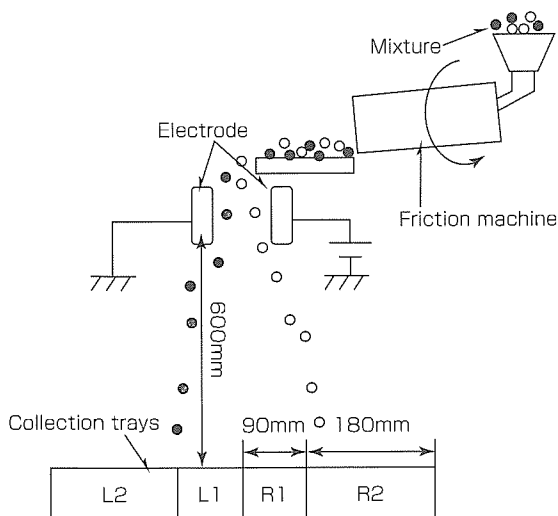


図4. 静電選別装置の概要

それぞれ90%程度に低下する。高純度かつ回収率を向上させるには、ABSとPSの帯電量を増大させる必要がある。また、ABSに対してPSの純度が低く、その原因は帯電列によってPSと同極性に帯電しやすいPPの分離が十分でないためである。PSの純度を向上させるには、PSからのPP分離精度を改善する必要がある。

3.3 静電選別後ABS, PSの物性評価

選別前、2段選別後の回収材を混練押出機(株日本製鋼所:TEX30a)を用いて再溶融、メッシュスクリーニングしてペレット化した。それらをISO294-1に準拠した試験片を作製し、引張強度とシャルピー衝撃値を評価した。

選別前混合プラスチック、2段静電選別後ABS純度99.2%の回収材とPS純度93.8%の回収材の引張強度を図6に、シャルピー衝撃値を図7に示す。引張強度、シャルピー衝撃値ともに、静電選別によってABS、PSの純度を上げることによって改善されたことが分かる。PSは高純度化によってさらに改善が見込まれる。また評価試験片の破断面にはプラスチック以外の異物が見られ、物性低下要因であると考えられるため、異物除去による改善も行う必要がある。

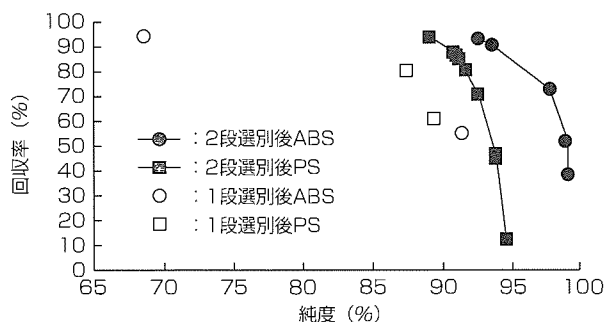


図5. 静電選別後の純度と回収率

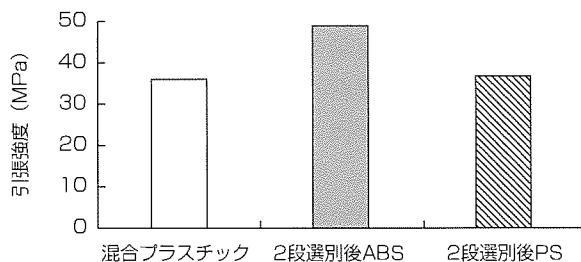


図6. 引張強度の比較

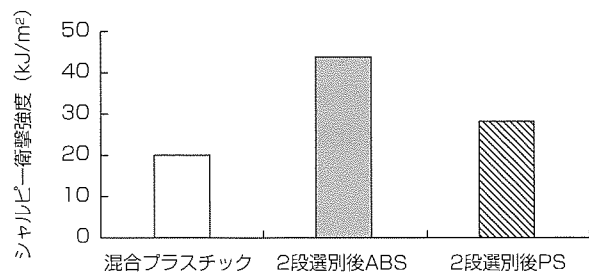


図7. シャルピー衝撃強度の比較

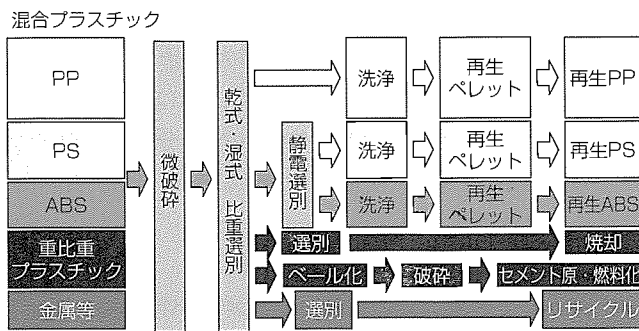


図8. マテリアルリサイクルのシナリオ

4. 混合プラスチックリサイクルの環境負荷評価

自己循環リサイクル技術が、従来の処理方法(埋立、焼却)やケミカルリサイクルに比べてどの程度環境負荷を低減できるかを定量的に評価するに当たって、HCS社でのリサイクルプラントにおける処理量、処理時間、マテリアルバランス、各処理工程のエネルギー量データを収集した。処理エネルギーは、処理速度と対象機器の電力の測定値をもとに算出した。混合プラスチックの回収には、廃家電を破碎・選別する際の主目的である金属回収の動力も含めることとし、金属とプラスチックの重量比で按分(あんぶん)して処理エネルギーを算出した。

各種素材やエネルギー源に関する環境負荷データは、LCA (Life Cycle Assessment) プロジェクトで公開されているJLCA-LCAデータベース2006年度3版をもとに作成した。今回は地球温暖化への対応を重視し、温室効果ガス排出量(CO₂排出量換算)で評価した。

マテリアルリサイクルの評価は、図8に示すように使用済み家電から得られた混合プラスチック1kgのうち、今回はPP、PS、ABSはマテリアルリサイクル、重比重プラスチックはPVC(ポリ塩化ビニル)のみ焼却し、残りはセメント原・燃料化、金属は銅をリサイクルする場合を想定して行った。また、再生樹脂の収率はいずれも95%とした。

埋立の評価は、混合プラスチック100%の埋立を、焼却の評価は、90%を焼却し、残り10%の埋立を想定した。

混合プラスチックを高炉原料化するケミカルリサイクルは、微破碎し、湿式・乾式比重選別工程によって選別されたPP、PS、ABSを、コークスの代替として使用して、残りの重比重プラスチックは、マテリアルリサイクルの場合と同様、PVCのみ焼却し、残りはセメント原・燃料化、金属は銅をリサイクルする場合を想定して行った。

マテリアルリサイクルと従来の埋立や焼却処理、さらにケミカルリサイクルとの比較では、製品バスケット法を用いて行った。製品バスケット法では、各リサイクル手法のプロセスで不足する産物を新規製造によって補い、アウトプットが等価となるように設定した。

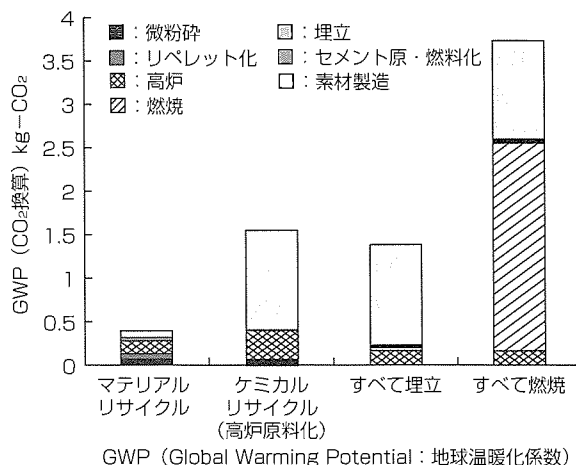


図9. 各種混合プラスチック処理の環境負荷評価結果

各処理方法について、温室効果ガス排出量を評価した結果を図9に示す。

この結果から、マテリアルリサイクルの温室効果ガス排出量は、埋立に比べて約72%、ケミカルリサイクルに比べて約75%の削減を実現しており、他の処理方法に比べて優位であることが検証できた。

5. むすび

使用済み家電品の破碎処理によって得られた混合プラスチックから高品位で回収したPPの製品への適用は、既に洗濯機及び冷蔵庫部品の一部で始まっている。今後、適用部品の拡大を図るとともに、本稿で述べたABSとPSの選別回収技術の開発を推進し、環境負荷の点でも他の方法よりも優位にある自己循環リサイクルによる環境配慮型製品作りを展開していく。

参考文献

- (1) 財家電製品協会：平成17年度家電リサイクル年次報告書 (2006-7)
- (2) 高木 司, ほか：プラスチックの自己循環リサイクル技術, 三菱電機技報, 79, No5, 317~320 (2005)
- (3) 松尾雄一, ほか：使用済み家電混合プラスチックのマテリアルリサイクル技術, エコデザイン2006アジアパシフィックシンポジウム, 247~248 (2006)
- (4) 遠藤康博, ほか：スチレン系混合プラスチックの静電選別技術の開発, エコデザイン2006アジアパシフィックシンポジウム, 249~250 (2006)
- (5) 廣瀬悦子, ほか：使用済み家電混合プラスチックの環境負荷評価, 第2回日本LCA学会研究発表会, 288~289 (2007)

EMC技術による省資源・省エネルギーの実現

小根森章雄*
宮崎千春**

Realization of Saving Resources and Energy by EMC Technology

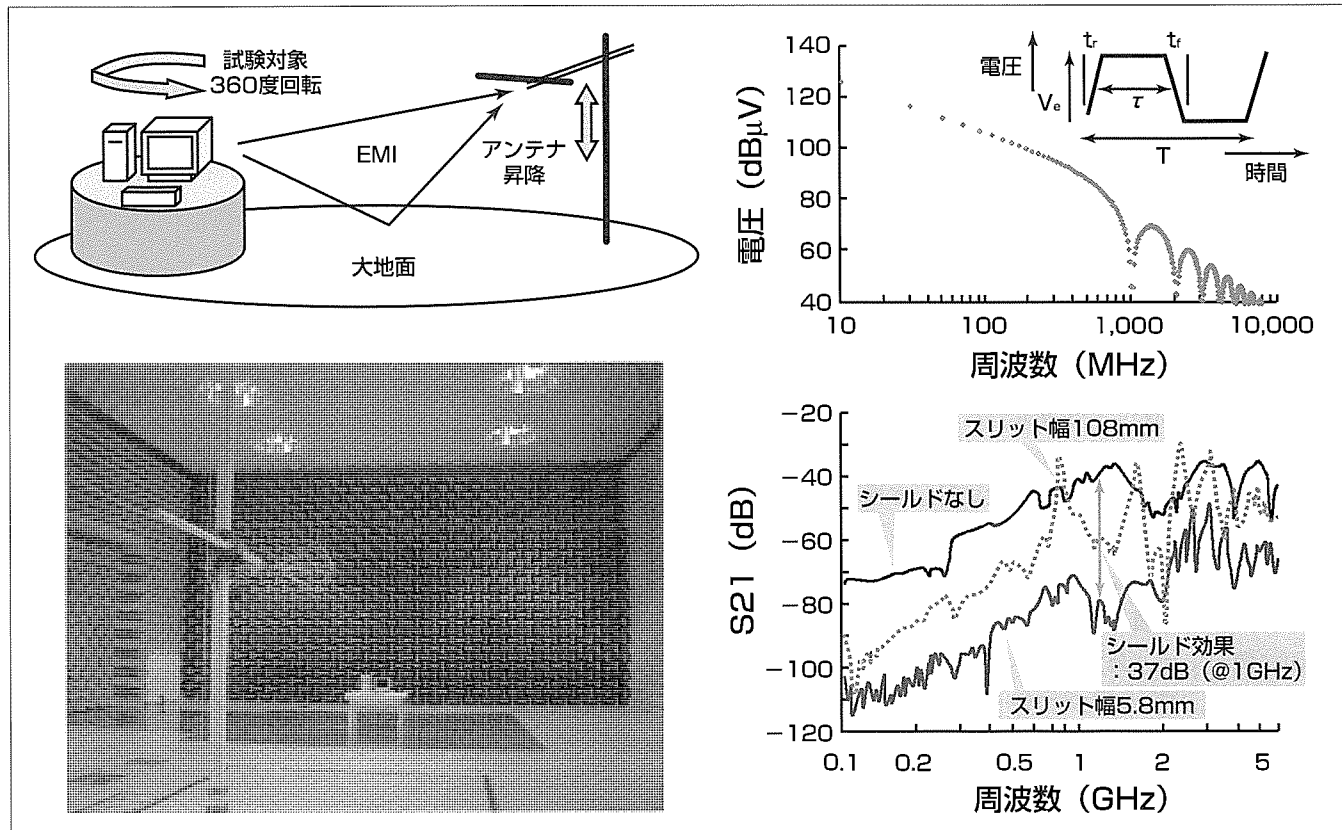
Akio Konemori, Chiharu Miyazaki

要旨

電気・電子機器のデジタル化によって、多くの機能を実現できるようになってきたが、デジタル回路の特性上、デジタル信号の高調波成分が容易に空中に放射され、不要電磁波として放送波の受信を妨害してしまう傾向がある。また通信電波やその他の外来電磁波に対して電気・電子機器が簡単に誤動作してしまうことも多い。これらに対処することをEMC(Electromagnetic Compatibility: 電磁両立性)と言う。電気・電子機器の開発現場ではEMCに対応するため、いろいろな手法がとられているが、機器本来の機能・性能とは異なる部分でもあり、ともすると過剰な部品・材料が使用されて資源の浪費につながったり、開発のやり直しで廃棄材料が発生したり、試験期間が長期化した

りすることがあることから、省資源・省エネルギー化が見込める分野でもある。

本稿では、まず“電磁環境の両立”で、電気・電子機器から放射される不要電磁波を測定したり、逆に外部から電気・電子機器に電磁波やノイズ信号を印加したりして、その耐力を評価することに関する、社内外の状況について述べる。次に、“EMC設計の省資源・省エネルギー化”として、機器内部の電磁干渉を抑制する対策としてよく使われるシールドを例に、過剰な材料を使わずに適正なEMCを実現する手法を紹介する。以上により、一見、環境問題とは異なる分野と見られがちなEMC技術に関して、環境との関わりについて述べる。



省資源・省エネルギーを実現するEMC技術

電気・電子機器のデジタル化は、信号の高調波成分が空中に放射されて放送受信を妨害したり、逆に通信電波等の外来電磁波によって誤動作することがある。電磁波干渉を抑えて電磁波を効率的に使うためにEMC技術が必要になる。このため機器の不要電磁波を測定し、また外来電磁波に対する機器の耐力を把握する評価技術と、過剰設計による部材の浪費を抑え、開発期間の長期化を防ぐ設計技術が必要である。

1. ま え が き

様々な電気・電子機器は、デジタル化によって多機能化が進み社会活動の効率化に貢献しているが、機器に内蔵されるデジタル回路はその特性上、デジタル信号の高調波成分が大量に含まれ、周波数成分が高くなるほど、配線等がアンテナになり、デジタル信号が空間に電磁波(電波)として放射され、公共放送等の正常な受信を妨害することがある。また通信電波やその他の外来電磁波(ノイズとも言う)はわずかな隙間(すきま)からでも機器内に侵入し、その結果、デジタル信号が乱され、回路が誤動作することもある。これらが電磁(波)干渉である。複数の電気・電子機器間の電磁干渉を抑えて、電磁波を効率的に利用することをEMCと呼ぶ。

電磁波は様々な分野で役立っているが、無秩序な状態で使われると、対抗するために出力を上げて無駄なエネルギーが消費されたり、防護するために追加部品あるいは過剰な性能の部品が搭載された製品が作られたりする。またEMC問題は機器開発本来の目的ではないため、機器開発現場では、ともすると対策が楽観視されがちで、その結果、設計のやり直しや試験検証作業の長期化を招いてきた。

本稿では、電気・電子機器を開発する上で避けて通れない、EMC問題に関して、環境との関連について、評価と設計の二つの側面から述べる。

2. 電磁環境の両立

EMC問題を考える上で、まず電気・電子機器自身のEMC性能を適切に評価する必要がある。このための電磁環境評価(EMC評価)は、対向する二つの方向から考えなければならない。一つはEMI(Electromagnetic Interference: 電磁障害。エミッション(Emission)と呼ぶこともある)評価であり、機器から電源線・空中等へ放射されるEMIレベルが他の機器へ影響を与えず、まして公共放送等の受信を妨害しないことを確認しなければならない。もう一つはイミュニティ(Immunity: 電磁耐性)評価であり、放送波を含めた高レベルの電磁波に対して機器が誤動作・暴走などの不具合を起こさない電磁耐性を保有していることを確認しなければならない。これらEMC/EMI/イミュニティの関係を図1に示す。

EMIに関しては、公共放送への干渉抑制のため、多くの製品に対して、既に国内外で幾つかの基準・規格が作られ規制されている。国内では家庭電器製品に対する電気用品安全法、情報技術装置に対する業界によるVCCI(Voluntary Control Council for Interference by Information Technology Equipment)自主規制、海外では米国FCC(Federal Communications Commission)規制、欧州連合(EU: European Union)のEMIとイミュニティの両者を含

むEMC指令がある。その他、業界・メーカー内ではイミュニティ基準を設けて、電気・電子製品のEMC評価を行っているケースが多い。

ところでこのEMIとイミュニティの限度値を決める上では、保護すべき放送波等のレベル(強度)を考慮し、機器の量産によるばらつきや、試験データの再現性ばらつき等を考慮し、さらに複数の妨害現象が同時に発生することも想定して機器におけるEMIとイミュニティの限度値の間にマージンが設けられていなければならない。図2はこの限度値とマージンの関係を示した例であり、放送波等のレベル(強度)よりEMI限度値は低くなければならないし、イミュニティ限度値は放送波等のレベルより高くなければならない。

ちなみに機器のEMI評価は図3に示すような方法で行われる。広く障害物のない、グラウンドのような場所に対象機器を置き、これを360度回転させながら、離れた場所に設置した受信アンテナで、高さを昇降させながら最大EMI

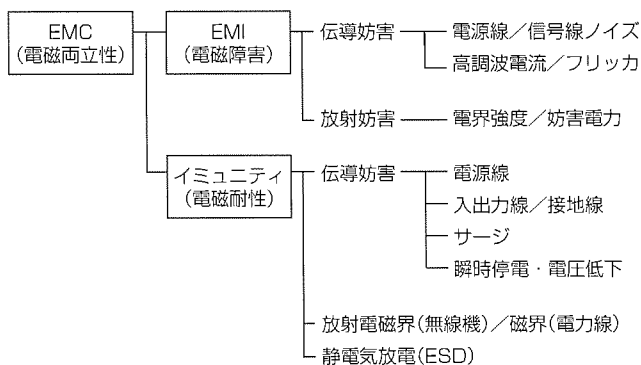


図1. EMC/EMI/イミュニティの関係

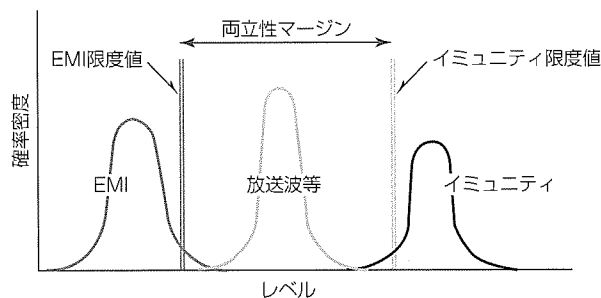


図2. EMIレベルとイミュニティレベルの確率密度例

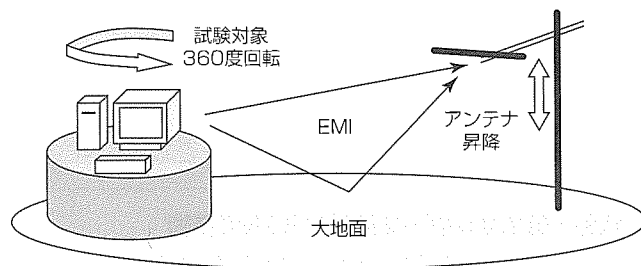


図3. EMI評価

レベルを探し、そのレベルが公共放送に干渉しないレベルであることを確認する。これは電波が大地面で反射することも考慮した、通常社会環境を模擬したEMI評価法である。

最近では市場のグローバル化に伴う国際間の製品の貿易手続きの統一化及び簡素化のために、一つの試験所で行われた適合性評価データを世界中で通用させる仕組みを構築するために世界各国の試験所・校正機関認定制度を同一基準で運用する方向にある。これは正確で信頼できる試験データを出すために、試験所が技術的能力があり、公平、公正であることを認定する制度である。これに対応して当社・情報技術総合研究所内・EMC技術センターでは、国際規格ISO/IEC 17025規格「試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項」に基づく試験所認定を米国NVLAP (National Voluntary Laboratory Accreditation Program) とドイツDAR (Deutscher Akkreditierungs Rat) から取得して国際的に通用する信頼性の高いEMC評価に努めるとともに、試験手順の効率化を図っている。

ところでこれらのEMC評価には電波暗室が有効である。EMI測定はかつて人家から離れた山中や公共放送を受信しにくい盆地内など、外来電波の少ない広い場所で測定されることもあったが、携帯電話をはじめとする無線利用機器の増加及び地上波デジタル放送の開始に伴って通信電波量が増えて屋外試験が困難になってきたため、また試験自身の効率化・省力化のために最近では外来電波を遮断した電波暗室内で行われることが多くなった。さらにイミュニティ試験は機器に対して電磁波を照射するため、通常環境では周囲に妨害を与えてしまうので、なおさら電磁波を遮断する密閉された室内で行う必要がある。このため当社では情報技術総合研究所内に大型電波暗室(図4)を設けて製品のEMC評価を行っている。

すなわち短期間に効率的に、製品のEMC評価を行い、評価作業に伴う人的・資源的負担を軽減するために、今や電波暗室は欠かせない存在になっている。

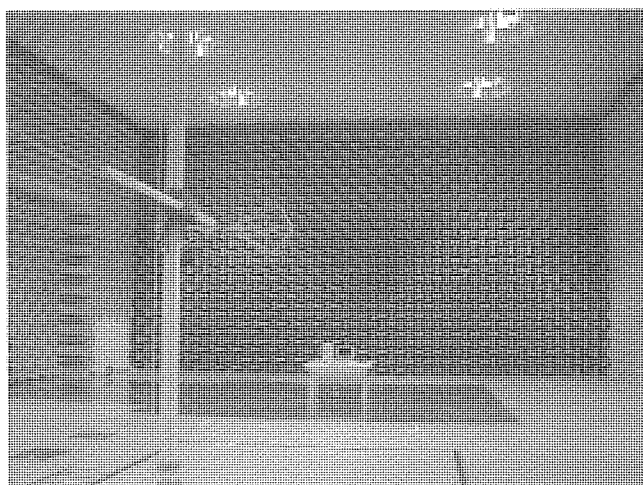


図4. 大型電波暗室

3. EMC設計の省資源・省エネルギー化

適切なEMC設計が実施されていない場合、過剰なEMC対策部材が使用されたり、EMC性能を満足できず試作を繰り返したりしなければならなくなる等、省資源・省エネルギー化を図ることができない。ここでは、機器内部の電磁干渉を抑制するためのシールド設計を例に、省資源・省エネルギー化について述べる。

電磁干渉を抑制する手段として機器の一部又はすべてをシールド(遮蔽(しゃへい))する設計手法がよく使われる。このシールドを検討する際の設計フローを図5に示す。

電磁干渉が発生する場合には、図6に示す3つの要素(電磁波源、伝搬経路、被害を受ける回路)が存在する。したがって電磁干渉抑制用のシールドを設計するためには、これら構成要素の定量的な値を把握する必要がある。具体的には図5に示すように、電磁波源での電磁発生量(A[dB])、被害を受ける回路での電磁耐性(B[dB])を把握することが最初の作業となる。両者の差から必要なアイソレーション(絶縁)量(C[dB]=A-B)を見積もり、シールドがない場合の電磁干渉量(-D[dB])と比較する。D≤Cの場合にはシールドは必要ないが、D>Cのときは必要となるシールド量(E[dB]=D-C)を計算する。実際のシールド構造、部材の検討は以上の検討を実施した後になるが、ここまでの検討(図5中の点線枠)を実施しないと適切なシールドを設計することはできない。このため過剰な部材が使用されるばかりか、試作→対策→再設計を繰り返し、不

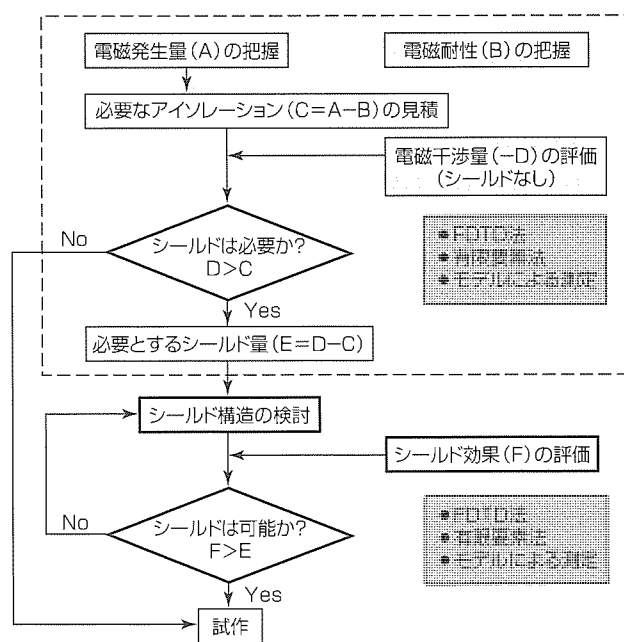


図5. シールド設計フロー

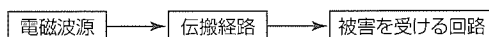


図6. 電磁干渉発生の構成要素

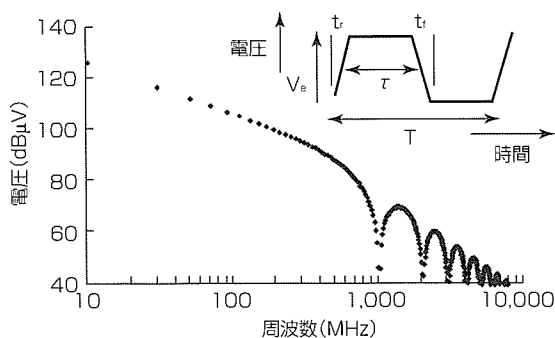


図7. デジタル信号のフーリエ級数展開

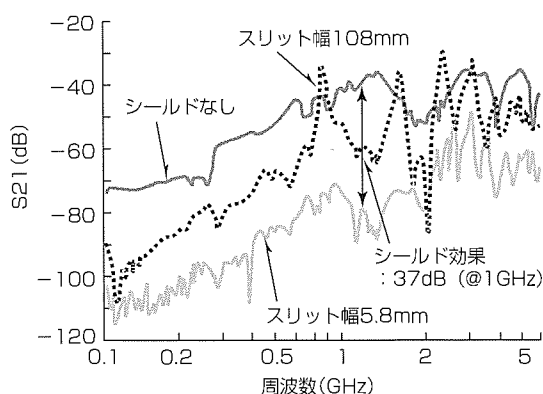


図8. 電磁干渉量の測定結果

要な資源・エネルギー・時間を浪費することになる。ここまでの作業として、電磁波発生量の把握は仕様、測定、計算等で求めることができる。例えば、電磁波源がデジタル回路のクロック信号であれば、図7に示すようにフーリエ級数展開を用いて計算することができる。被害を受ける回路の電磁耐性は回路の仕様や注入試験などの測定によって求めることができる。伝搬経路の電磁干渉量の評価は、試作モデルによる測定やシミュレーション(FDTD(Finite Difference Time Domain)法、有限要素法等)を用いて実施している。一例として、プリント基板の配線に誘導される電磁信号を、試作したモデルを用いて測定した例を図8に示す。この事例において、シールドがない場合の電磁干渉量は、1GHzで約-38dBであった。

必要とするシールド量を把握したら、シールド構造や部材の選定を行う。シールドの構造等が決まったら、その効果(F[dB])を評価し、必要とするシールド効果が得られているか確認した上で試作、設計変更の判断を行う。試作したモデルを用いて測定した図8の例では、シールド効果はシールドのスリット(隙間)幅が108mmの場合、約760MHzのn倍の周波数でシールド効果が全く得られず、1GHzのシールド効果は約20dBであった。これに対して、スロット幅を5.8mmまで狭めることで、5GHzまでのシールド効果が確保され、1GHzでは37dBまでシールド効果が改善できることを確認した。

EMC設計の要求仕様は、他の機能設計と異なり、単に対象EMI規格に適合させる、あるいは暗黙の了解として機器の正常動作を要求する程度であった。このような状態では省資源・省エネルギー化は困難である。EMC設計に要求される仕様(例えばシールド設計では必要とされるシールド効果)を明確にすることで過剰な対策設計をなくして、

対策効果の確認手法を確立することで試作回数を削減することが省資源・省エネルギー化には必要である。この手法を適用した結果、シールド部材の7割を削減し、評価・対策期間を1/10に短縮した実績がある。また現在、機器全体のEMC問題を解決するまでには至らないものの、シミュレーション技術がかなり進歩しており、幾つかのシミュレーション・ツールを効果的に組み合わせて対策効果の確認作業を行えば、さらなる省資源・省エネルギー化が期待できる。

4. む す び

電気・電子機器のEMCについて、電磁環境の両立性を確保するための評価試験の現状と、機器開発を行う上での省資源・省エネルギー化を実現する設計について述べた。機器の小型化・高速化がますます進む現代では、EMCに関わる課題はさらに増加することが予想される。従来のような経験と勘だけでは対応できなくなりつつあり、システム的かつ計画的に取り組み、効果的なツール・手法も取り入れたEMC技術は、環境問題上も重要な要素になりつつある。

参 考 文 献

- (1) IEC/TR 61000-1-1:1992, 電磁両立性(EMC)第1部: 全般事項, 第1節: 基本的な定義及び用語の適用と解釈
- (2) ISO/IEC 17025:2005, 試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項
- (3) 岡 尚人: 高周波小電力EMC技術, 三菱電機技報, 80, No.9, 589~592 (2006)

放電加工スライスによる 次世代多結晶シリコン太陽電池

今井祥人*
佐藤達志**
松野 繁*

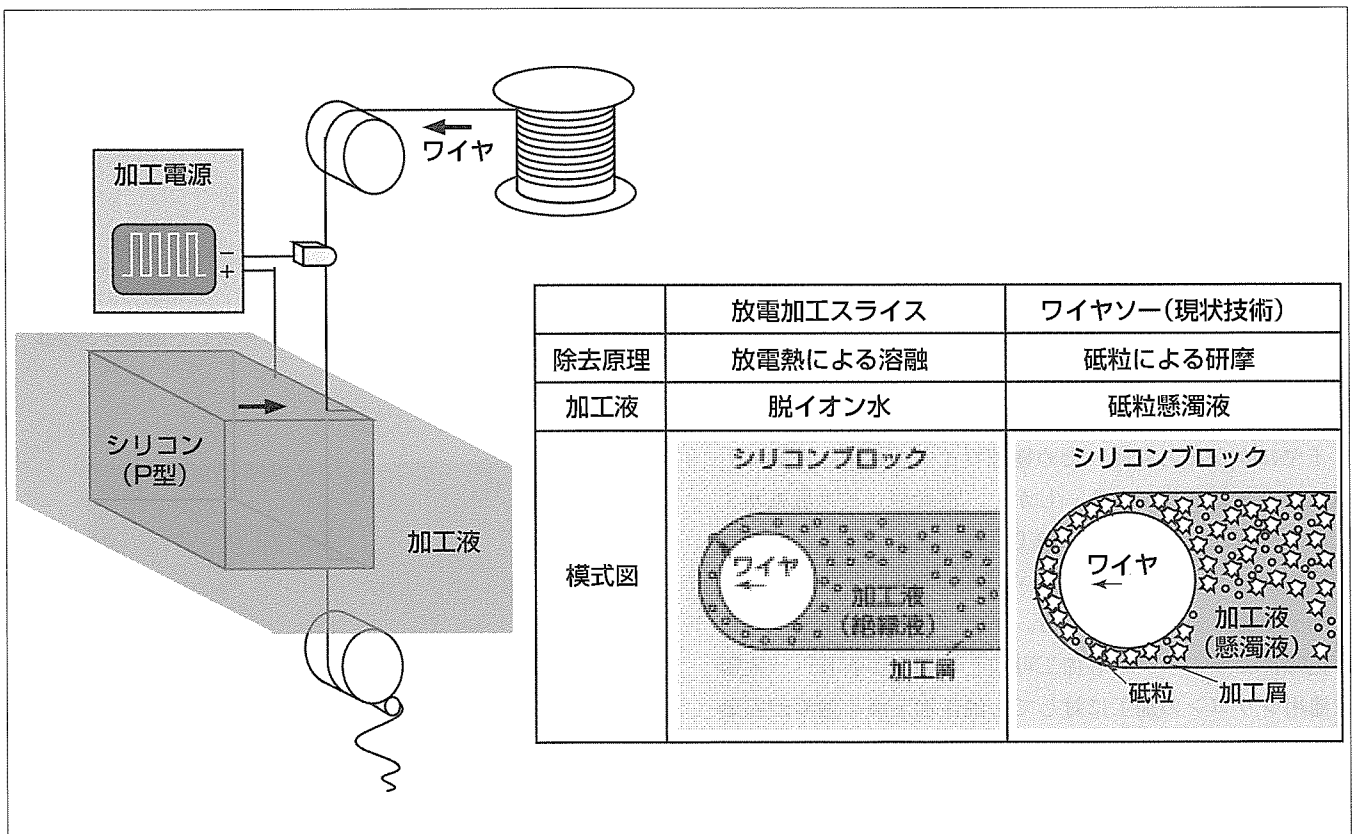
Electrical Discharge Slicing of Multi-crystalline Silicon for Next Generation Solar Cells

Yoshihito Imai, Tatsushi Sato, Shigeru Matsuno

要 旨

太陽光発電システムは、モジュールの低価格化とヨーロッパにおける優遇政策及び環境意識の高まりにより、その生産量が急激に増加している。2005年の全世界での生産量は前年比47%増の1,800MWに達し、2010年には5,000MWにまで拡大すると予想されている。中でも、多結晶シリコン太陽電池は、高い変換効率を持つセルを低コストで実現できることから、その生産量は全体の60%を占め、電力用太陽電池の主流となっている。今後のさらなる普及には、シリコン基板の薄肉化とセルの高効率化による発電コストの大幅な低減が必要であり、2010年ごろには厚さ100 μ m程度の極薄基板が必要とされている。これを実現する新しい加工方法として、太陽電池用シリコン基板の放電加工に

よるスライスの世界で初めて原理実証した。この方法は、従来のワイヤソーを用いた機械的なスライス方法とは異なり、非接触で加工するため極薄基板を折損せずスライスできる可能性が高く、極細ワイヤを使用した切りしろ(カーフロス)の狭小化も期待できる。また、加工に砥粒懸濁液を必要としないため環境負荷を大幅に低減できる可能性が高い。セル化プロセスについては、水使用量を大幅に削減したドライプロセスとして、マイクロサンドブラストによるダメージ層除去プロセスを開発し、ハーフサイズ(15cm \times 7.5cm)の放電加工スライス基板に適用することで、従来セルに対して全く遜色(そんしょく)のない15.24%の光電変換効率を実証できた。



放電加工スライスの構成と従来ワイヤソーとの比較

従来、放電加工が困難とされていた体積抵抗率の高い太陽電池用シリコン(～1 Ω cm)から、太陽電池セル標準サイズ(15cm角)の基板を脱イオン水中でスライスすることに、世界で初めて成功した。従来のワイヤソーと砥粒懸濁液を用いた機械的なスライス方法と異なり、工具となるワイヤとシリコンが非接触の状態加工されるため、ウェーハを薄くスライスできる可能性がある。

*先端技術総合研究所(工博) **同研究所

1. ま え が き

多結晶シリコン太陽電池は、高い変換効率を持つセルを低コストで実現できることから電力用太陽電池の主流となっている。当社でも、この多結晶シリコン太陽光発電システムを生産しており、2005年度出荷量は前年比133%の100MWに拡大している。しかし、あまりにも急激に市場が拡大した結果、シリコン基板の深刻な供給不足と基板コストの高騰を招いてしまった。したがって、セル製造コスト削減のためには、シリコン基板の薄肉化による基板コストの低減と生産性の向上が必要である。そこで、次世代多結晶シリコン太陽電池の製造プロセスとして、放電加工によるシリコン基板のスライス技術とマイクロサンドブラストによるダメージ層除去技術を開発した。これらの技術は、基板薄肉化によるシリコン使用量低減がもたらすコスト削減効果を期待できるだけでなく、太陽電池製造に伴う廃棄物の排出を大幅に低減できる可能性がある。

2. 放電加工法によるスライシング技術

多結晶シリコンの使用量を減少させるためには、シリコン基板の超薄肉スライシング技術の開発が極めて重要である。そこで、次世代の超薄肉スライシング技術として、現在実用化されているマルチワイヤソーによる機械的なスライシングとは根本的に加工原理の異なる、放電による熱溶解加工の適用を検討した。

2.1 高周波加工電源と電源波形の最適化

ワイヤ放電加工法は、加工液(一般的には脱イオン水が用いられる)の中で、工具となるワイヤと加工物とを微小間隙(かんげき)を隔てて対向配置し、両者間に放電を発生させて加工物を溶融除去する加工法である。この加工法は、工具ワイヤと加工物が非接触の状態加工される特徴を持つため、加工中に加工物にかかる力が弱く、原理的に極薄肉基板のスライスに適していると考えられる。また、工具ワイヤにかかる力も弱いため極細ワイヤを使用した切りしろの狭小化も期待できる。しかし、市販のワイヤ放電加工機は、金属などの良導体を加工対象としているため、体積抵抗率が $1\ \Omega\text{cm}$ 程度と大きい太陽電池用シリコンを正常に加工することは困難である。一方、油性加工液を用いれば絶縁性セラミックスも加工可能との報告があり⁽¹⁾、太陽電池用シリコンの加工に対しても油性加工液の適用が有効となる可能性がある。そこで、任意波形を発生できる高周波加工電源を試作し、脱イオン水中及び油性加工液中で種々の電源波形を用いた基礎的な加工性能評価を行った。その結果、電源波形を最適化することで脱イオン水中又は油性加工液中のどちらでもシリコンをスライスすることが可能であるが、加工速度は脱イオン水の方が高く、切りしろは油性加工液の方が狭くできることが分かった。図1は

油性加工液を用いて多結晶シリコンをスライスした一例であり、サイズは1cm角、基板厚さは $88\ \mu\text{m}$ 、切りしろは $140\ \mu\text{m}$ である⁽²⁾。また、スライスした加工面には熱変質層としてのダメージ層が存在することが分かった。

2.2 標準サイズの太陽電池用シリコン基板スライス

脱イオン水は、不燃性であるうえに加工液処理も簡便で、また高い加工速度を得ることが可能である。そこで、脱イオン水を加工液として標準的な太陽電池セルのサイズである15cm角の大面积基板スライスを試みた。電源波形の最適化や加工制御系の調整を実施した結果、直径0.2mmの黄銅ワイヤを用いて、基板厚 $200\ \mu\text{m}$ 、切りしろ $250\ \mu\text{m}$ の放電スライシングに世界で初めて成功した。加工速度は最大で $0.27\text{mm}/\text{min}$ と、従来のワイヤソーとほぼ同等の速度を達成した。図2に放電加工によってスライスした標準サイズ基板のサンプルを示す。

3. セル化プロセスの開発

次世代多結晶シリコン太陽電池の製造プロセスとして、マイクロサンドブラストを用いた放電加工スライス基板のダメージ層除去プロセスを開発した。また、ダメージ層除去プロセス以降のセル化プロセスは、太陽電池の基本特性確認として現行プロセスによるセル試作を行った。

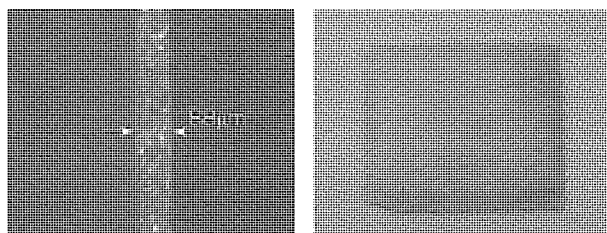


図1. 油性加工液中で放電加工スライスした薄板サンプル(1cm角)

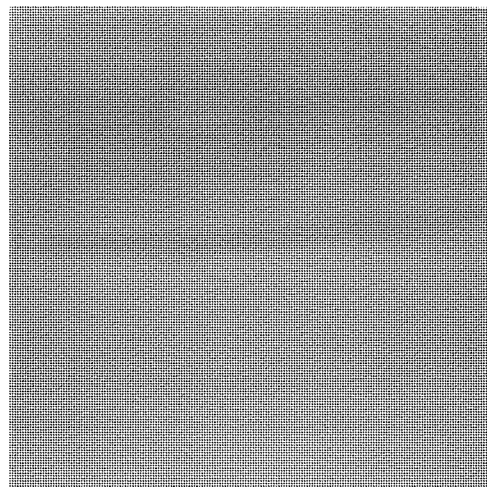


図2. 標準サイズの放電加工スライスサンプル(15cm角, ダメージ層未除去)

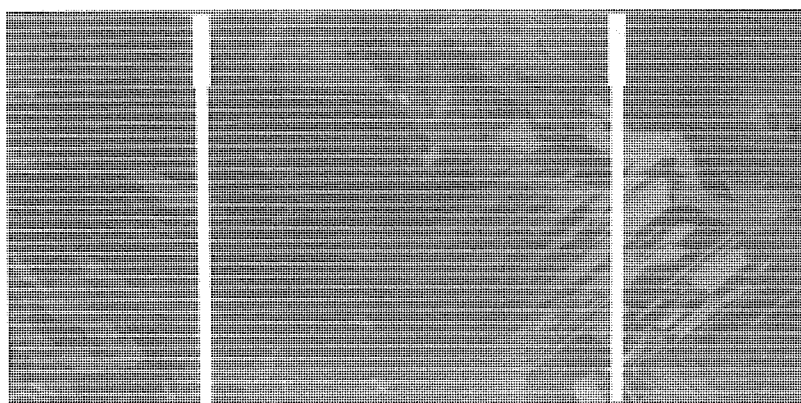
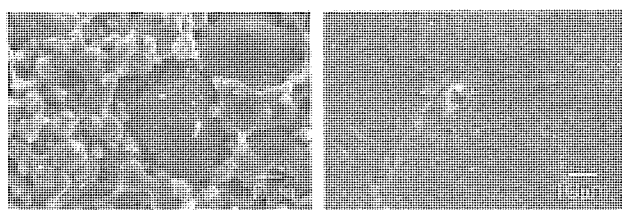


図4. 放電加工スライス基板を用いた太陽電池セル(15cm×7.5cm, 厚さ200μm)



(a) 処理前 (b) 処理後

図3. マイクロサンドブラスト処理前後の走査電子顕微鏡像

3.1 マイクロサンドブラストによるダメージ層除去

ダメージ層の除去方法として、数μmの微小砥粒でブラストを行うマイクロサンドブラスト法を開発した。スライスした基板表面はシリコン及び放電ワイヤの金属成分が溶解、蒸発後に急冷凝固した状態のため、化学的な除去方法では複数のエッチング液による交互処理が必要であると共に、化学廃棄物の増大が避けられない。マイクロサンドブラスト法の場合、乾式噴霧のため砥粒の繰り返し使用と回収が容易で、環境負荷の低減が期待できる。処理前後のサンプル表面の走査電子顕微鏡像を図3に示す。マイクロサンドブラストで数μm程度の厚さの表面切削を行うことで、多結晶シリコン基板を破損することなく、変質層の除去と平坦化が可能であることが明らかとなった。

3.2 セル試作結果

以上の検討結果を踏まえ、p型の多結晶シリコンブロックから放電加工スライスによってハーフサイズ(15cm×7.5cm)の基板を切り出し、マイクロサンドブラストによるダメージ層除去として数μmの表面層除去を行った。さらに、標準的なセル化プロセスとして、反射低減のためのアルカリテクスチャー(表面凹凸構造)形成、pn接合形成のためのりん拡散、反射防止用シリコン窒化膜の形成、ペースト電極印刷、及び焼成処理を順次適用した結果、変換効率15.24%を持つ太陽電池セルを作製できた。この値は、現行のワイヤソーによるスライス基板のセルに対して全く遜色のない値であり、放電加工スライスとマイクロサンド

ブラストによるダメージ層除去法が今後のセル作製プロセスとして問題のないことを実証できた。図4に試作したセルの外観を示す。ここで、太い縦筋及び細い横筋はペースト印刷と焼成によって形成した上部銀電極である。

4. む す び

次世代多結晶シリコン太陽電池の製造プロセスとして、放電加工によるシリコン基板のスライス技術及びマイクロサンドブラストによるダメージ層除去技術を開発した。これらの技術は、基板薄肉化によるシリコン使用量の低減がもたらすコスト削減効果を期待できるだけでなく、太陽電池製造に伴う廃棄物の排出を大幅に低減できる可能性がある。シリコン基板の放電加工スライス技術に関しては、脱イオン水を用いたワイヤ放電加工による太陽電池セル標準サイズ基板のスライスを世界で初めて実証した。この方法は非接触加工のため極薄肉基板のスライスや切りしろの狭小化が期待でき、また砥粒懸濁液を使用しないため環境負荷を大幅に低減できる可能性が高い。また、セル化プロセスについては、水使用量を大幅に削減したマイクロサンドブラストによるダメージ層除去技術を開発し、ハーフサイズ(15cm×7.5cm)の放電加工スライス基板に適用することで、現行セルに対して全く遜色のない、15.24%の変換効率を実証することができた。

この研究は「革新的次世代太陽光発電システム技術研究開発」プロジェクト(委託元：NEDO(New Energy and industrial technology Development Organization))の一環として行われた。

参 考 文 献

- (1) 谷 貴幸, ほか: 絶縁性セラミックスのワイヤ放電加工現象, 電気加工技術, 27, No.86, 18~23 (2003)
- (2) 佐藤達志, ほか: 半導体素材のワイヤ放電加工, 2006年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, 659~660 (2006)

高野富裕*
山本隆也*
小島康弘*

新エネルギー・マイクログリッド制御技術

Control Technology for Renewable Energy and Micro-Grid

Tomohiro Takano, Takaya Yamamoto, Yasuhiro Kojima

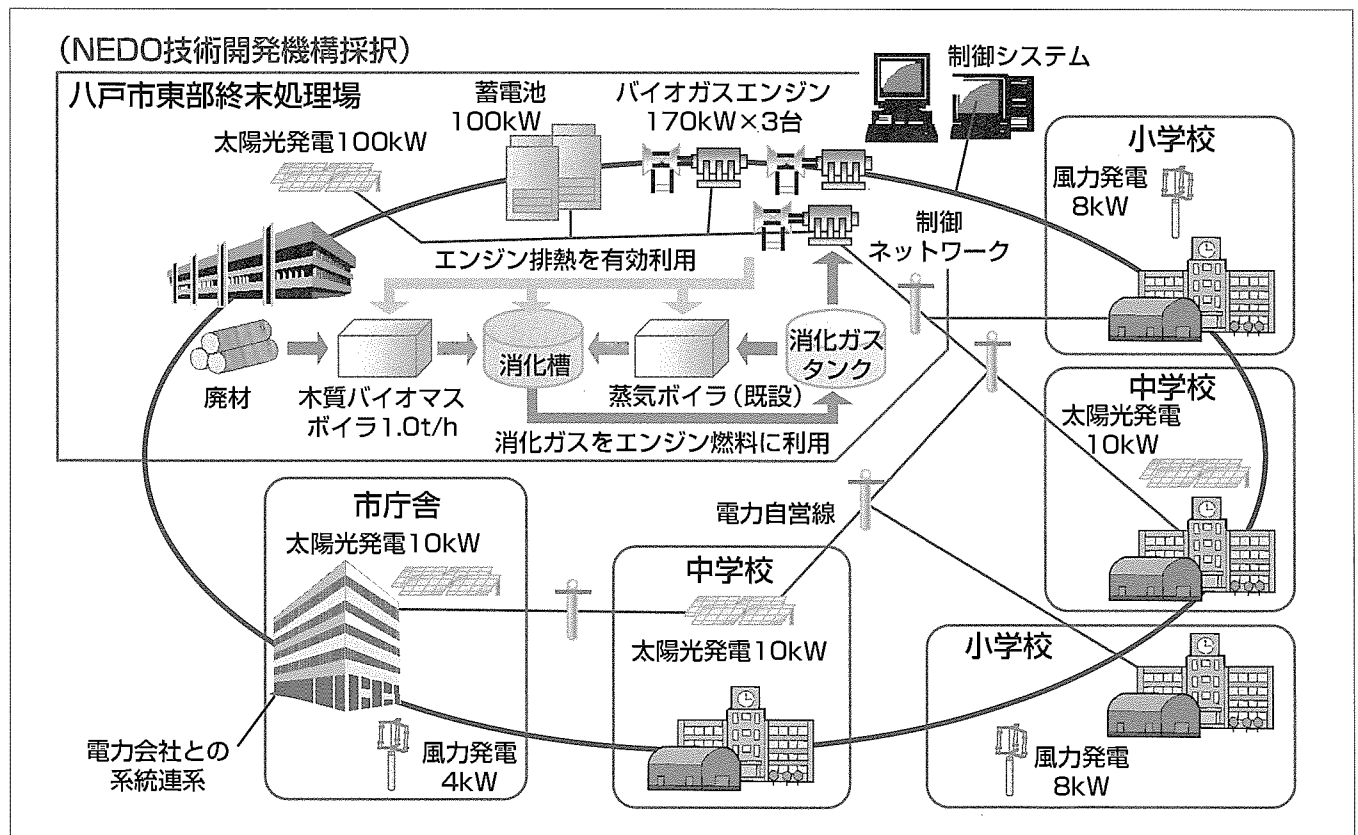
要旨

地球温暖化が問題視される中、2005年に発効された京都議定書のCO₂削減目標(1990年比6%削減)を達成するため、風力や太陽光、バイオマスなどの再生可能エネルギーを使った、いわゆる“新エネルギー”発電が増加している。また、熱需要の多い工場・ビル・一般家庭を対象に、発電と同時に排熱をも利用し、総合エネルギー効率を上げるコージェネレーションシステムが普及しつつある。

これら分散型電源の大量導入に伴い、出力の不安定性や系統への逆流潮による、電圧変動や周波数変動など電力品質への影響が懸念されている。その解決手段として、地域内の分散型電源を複数まとめて管理することによって、電力品質を維持しつつ経済性・環境性を向上させるマイクログリッドが注目され始め、国内外で様々な実証研究が行われている。

マイクログリッドは、地域内の複数電源と複数需要を一括管理し、電源の個別運転では難しかった地域レベルの最適運転、すなわち電力・熱の相互融通を前提として、高効率運転や稼働率向上を図るものである。同時に、新エネルギー発電の不安定な出力変動を、電力貯蔵装置や出力制御可能な発電機で吸収し続け、マイクログリッド内の電力需給バランスを一定状態に維持することで、商用電力系統側で懸念されている電力品質への影響を回避する。

三菱電機は、様々な実証プロジェクトへの参画をとおして、発電計画における高度な最適化技術と、時々刻々と変化する発電や需要に、高精度で追従できる制御技術を開発してきた。本稿では、当社が参画したマイクログリッドプロジェクトの例とその適用技術、並びに近年問題が顕在化しつつある風力発電の出力安定化への応用について述べる。



マイクログリッドの例

NEDO(新エネルギー産業技術総合開発機構)からの委託事業“新エネルギー等地域集中実証研究”における“八戸市水の流れを電気で返すプロジェクト”の全体像。八戸市の市庁舎、小中学校、下水処理場の電力・熱消費の多くを、ガスエンジン、太陽光や小型風力など再生可能エネルギーの集中監視制御によってまかなっている。

1. ま え が き

地球温暖化が問題視される中、2005年に発効された京都議定書において我が国は2012年までに6%(1990年比)のCO₂削減が義務付けられている。しかしながら国内CO₂排出量は年々単調増加を続け、2003年時点では逆に12%増となり、目標達成が危惧(きぐ)されている。その対策として、CO₂排出量の少ない風力発電や太陽光発電に代表される新エネルギー発電の導入が促進されている。また、熱需要の多い工場・ビル・一般家庭を対象に、発電と同時に排熱をも利用し、総合エネルギー効率を上げるコージェネレーションシステムが普及しつつある。

これら分散型電源の大量導入に伴い、出力の不安定性や系統への逆潮流によって、電圧変動や周波数変動など電力品質への影響が懸念されている。その解決手段として、地域内の分散型電源を複数まとめて管理することによって、電力品質を維持しつつ経済性・環境性を向上させるマイクログリッドが注目され始め、様々な実証研究が行われている。

2. マイクログリッド制御技術

2.1 マイクログリッドとは

マイクログリッドは“ごく小さな電力系統、つまりは小さな複数の発電設備と複数の需要設備をまとめてコントロールするようなシステムのこと。複数の分散型電源を管理し、既存の大きな電力ネットワークと一点でつながるような小規模系統にまとめようという発想に基づく(通常は熱融通も含む)。”⁽¹⁾と定義される。図1はマイクログリッドの一般的な構成である。導入の目的は①連系点潮流の変動を抑え、周辺の電力品質(周波数・電圧)への影響を回避する。②分散型電源を高効率で運転することによって、エ

ネルギーコストもしくはCO₂排出量を最小化する。の2点にある。

2.2 マイクログリッドの制御技術

マイクログリッド導入の目的である電力品質と経済性・環境性の両立を実現するためには、複数の発電設備の適切な運用が必要であり、このような制御を需給制御と呼ぶ。経済性・環境性に関しては、様々な制約条件を満たす中で電源特性から決まる評価指標(燃料コストやCO₂排出量)を最小とするように運用を行うものであり、以下では最適経済負荷配分と呼ぶ。電力品質に関しては、時々刻々の自然エネルギーや需要の変動に対して連系点潮流の変動を抑制するために高速な調整装置を優先して制御するものであり、以下では需給バランス制御と呼ぶ。図2に、当社で開発した階層型需給制御方式を示す。

最適経済負荷配分では、燃料や蓄電設備など1週間程度の効率運用を考慮すべき項目と、時々刻々変化する電力需給バランスなど時間レンジの異なる項目が混在している。このようなすべての項目を、必要となる最も短い計算刻みで最適化することは計算効率が悪いので、需給運用計画で

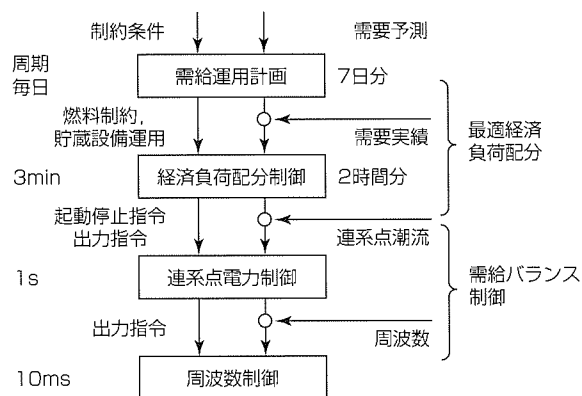


図2. 階層型需給制御方式

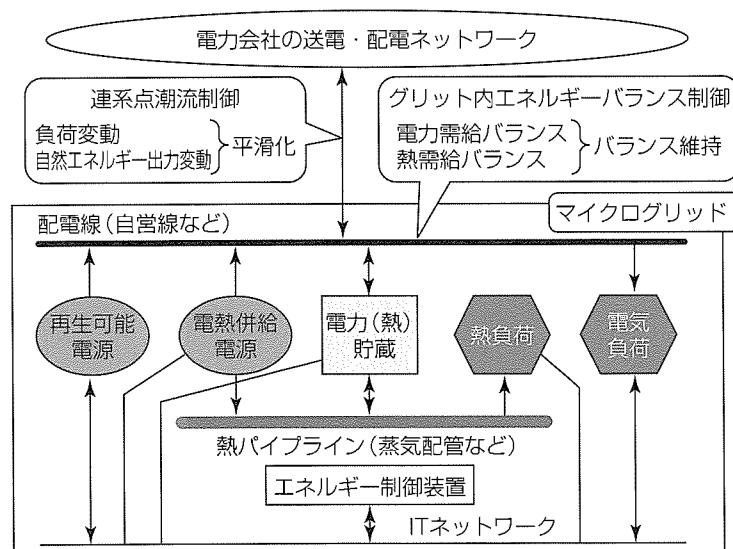


図1. マイクログリッドの構成

は電熱併給の計画は30分刻み1週間分の計画を毎日立案し、経済負荷配分制御では時々刻々の計画からのずれを数分周期で補正制御するよう最適経済負荷配分問題を階層化した。一般に需給運用に関する最適化問題は、発電設備の起動停止状態を決める離散値最適化問題と、起動中設備の出力値を決める連続値最適化問題とから構成される。前者についてはタブーサーチ等の組み合わせ最適化手法が、後者については二次計画法が適用できる。

なお、需給運用計画に必要な需要予測に関しては古くから研究が行われているが、マイクログリッドは規模が小さいこと、自然エネルギー変動の影響が大きいことから高い予測精度は期待できない。このため誤差を吸収するだけの予備力を確保するよう制約条件を与えるなどの対策を講じている。

需給バランス制御には、商用系統と連系している時に連系点の潮流をできるだけ一定に保つ連系点電力制御と、離島や非常時に系統から切り離されているときにマイクログリッド内の周波数を一定に保つ周波数制御がある。連系点電量制御は単位時間内の電力量偏差を0とする制御で実現できる。ただし、PPS(Power Producer and Supplier：特定規模電気事業者)に義務付けられる30分同時同量制御のように、比較的長い時間単位で同時同量評価を行うと、自然エネルギーの変動周期によっては連系点電量変動を拡大させる可能性があるため、常に最新の評価値を用いた制御を行うことが望ましい。

なお、マイクログリッドを系統から切り離して運用する場合には、規模が小さいことから連系時には問題にならない事象(周波数問題、電圧問題、負荷の不平衡問題など)が発生する可能性があり、十分な机上検討及び瞬時値レベルのシミュレーションによる評価が重要である。

3. 導入事例

3.1 八戸マイクログリッド⁽²⁾⁽³⁾

前述した階層型需給制御方式は、NEDO技術開発機構からの委託事業“新エネルギー等地域集中実証研究”における“八戸市水の流れを電気です返すプロジェクト”で開発し、2005年10月から実証運転を開始している。このプロジェクトでは、電力需要は6か所で総需要610kWに対して、電源は総供給力710kWのうちガスエンジン(GE)は3台合計510kW、蓄電池±100kW、太陽光発電(PV)80kW、風力発電(WT)20kWから構成され、約5キロの自営電力・通信線によって結ばれている。また、熱需要に対しては消化ガスボイラ、木屑(くず)ボイラ、並びにガスエンジン排ガスボイラによって熱供給を行う。実証運転で導入するエネルギーは、太陽光、風力、下水汚泥消化ガス、木屑(パーク)の4種類であり、いずれも再生可能エネルギーである。以下に実証試験で得られたデータを簡単に紹介する。

図3は需要がピークとなる冬平日における電力需給運用計画結果の一例である。冬は熱需要が大きくガスボイラの消費するガスが多いため、昼間に購入電力を増やした計画を立案している。蓄電池は充放電にロスを伴うため、GEの部分負荷効率、燃料制約などの条件から、必要最小限の充放電計画が得られている。同様に熱需要に関しても、GEの廃熱を利用した効率的な運用計画が立案できることを確認している。

図4は最も運用条件の厳しい休日に自然エネルギー(PV+WT)が大きく変動している時間帯の需給制御の様子である。太陽光発電の急激な変動に対しては、まず高速に応答可能な二次電池(Battery)が追従し、その後は経済性の観点から徐々にGEが応答している様子が確認できる。

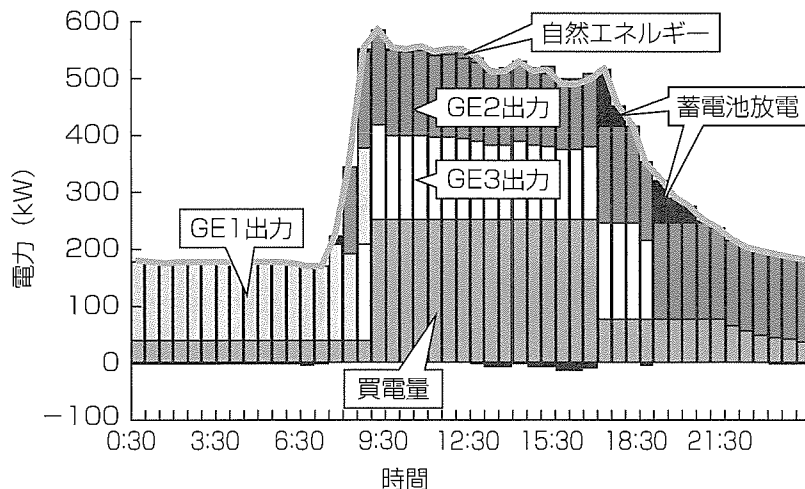


図3. 需給運用計画の一例

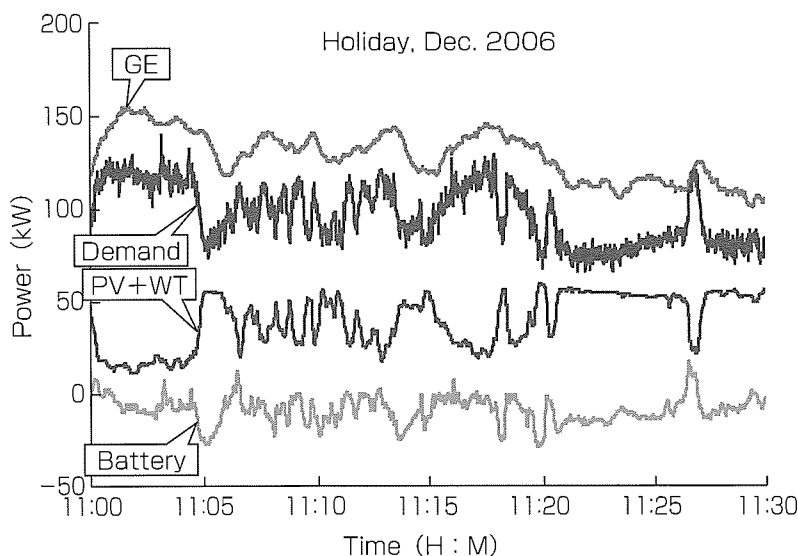


図4. 急激な負荷変動への追従

本マイクログリッドは2005年10月から1年以上の運用を継続しているが、連系線潮流の制御目標とした6分間同時同量制御誤差3%以内に関しては、現状は99.99%の滞在率で達成しており、自然エネルギー変動の影響をマイクログリッドで抑制できることが確認できている。

3.2 住宅マイクログリッド⁽⁴⁾

マイクログリッドのもう1つの適用事例として、環境省地球温暖化対策技術開発事業“集合住宅におけるコージェネレーション電熱相互融通による省エネルギー型エネルギーシステムの制御システム開発”で開発した住宅マイクログリッドを紹介する。

事業・産業分野と異なり、一般家庭では熱電需要にばらつきが大きい。熱電需要が全般に小さい、電力負荷が大きくても熱負荷が小さい又はその逆といった家庭では、コージェネレーションの稼働率が低くなり、導入効果を得るのが難しいという課題があった。そこでこのプロジェクトでは、複数の住宅をマイクログリッド化し、電力・熱を相互融通することによってコージェネレーションの稼働率向上、CO₂排出量削減を実現した。

図5に住宅マイクログリッドの全体構成を示す。エネルギー供給対象は、1サイト当たり最大100戸からなる集合住宅/戸建住宅とする。サイトには、定格出力数百W~10kW程度の小容量分散型電源を複数設置して、サイト内電力・熱を相互融通する。各サイトの系統連系については八戸マイクログリッドと同様、受配電盤を介して商用系統と1点で連系し、サイト内の発電量だけでは不足する電力を商用系統から買電する。また、負荷の急変動による逆流防止と、商用系統停電時の自立運転による電力安定供給を目的として、蓄電池を併設する。制御システムは、特に住宅向けとして、複数のサイトを一括管理・制御する“センター制御装置”と、サイトごとに設置して計測制御を実

行する“個別制御装置”の二階層構成とする。計算機負荷の高い機能をセンターに集約し、個別制御装置の機能を簡素化することで、1戸当たりの制御システムのコスト負担を低減した。

30戸の一般的戸建住宅で、各戸に1kWの燃料電池を設置して電力のみ融通すると想定した場合の1戸当たり年間のCO₂排出量のシミュレーション結果を表1に示す。試算では、従来型の熱電供給方式(電力はすべて買電、熱はすべてガス給湯)と比較して、マイクログリッド化によって28.6%のCO₂排出量削減が期待できる。また、燃料電池を各戸に個別導入して電力融通しなかった場合と比較しても、さらに4.3%の削減が期待できるという結果が得られた。

環境省事業において、制御システムのソフトウェア開発は2006年度に完了し、2007年度以降実証試験を計画している。

3.3 風力発電制御

マイクログリッドの応用技術として、風力発電の出力安定化が注目され始めている。国内の風力発電導入量は2010年政府目標が300万kWに対して、2004年時点で92.6万kWである。現状の風力発電は全くの自然任せ発電であるため、その比重が大きくなるにつれて、出力変動によって電力系統全体の需給バランスが崩れ、結果的に50/60Hzを基準とする周波数が不安定となる。そこで電力会社では、周波数維持の観点から試算した管内での風力発電の連系限界容量を公表し始めている。それによれば風況の良い北海道、東北、九州3社の限界合計が147万kWで、しかも現段階で既に限界に近い状況にあることから、2010年政府目標値達成が苦しい状況である。そこで東北電力では、2006年から蓄電池併設による風力発電の変動緩和と、もしくは計画発電枠の募集を始めている。成功すれば、他の電力会社も追従するものと予想される。

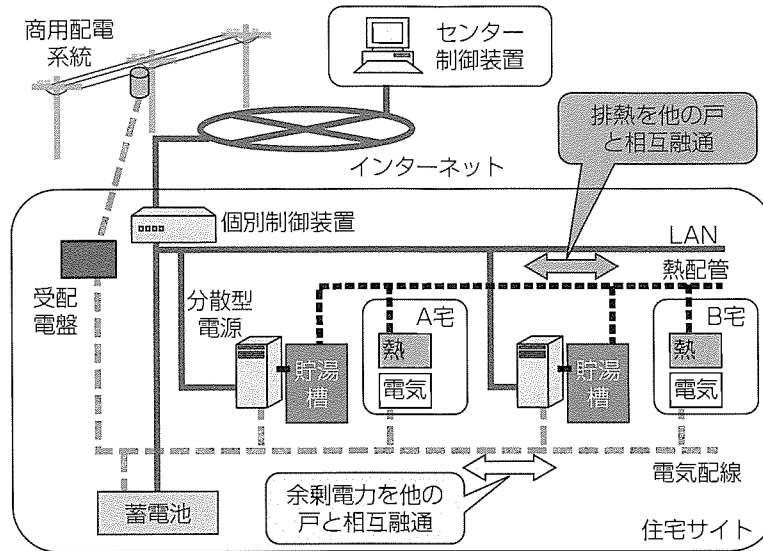


図5. 住宅マイクログリッドの全体構成

表1. 1戸当たり年間のCO₂排出量(kg-CO₂/戸・年)

従来型	電源個別購入	マイクログリッド
4,490	3,399 (24.3%減)	3,207 (28.6%減)

変動緩和・計画発電のいずれも、基本的には時間当たりの合成出力(風力発電+蓄電池充放電)の変化幅、並びに変化速度を制限するものである。これらの安定化における技術的課題として、電力会社から要求される変動制約を

- ・事業性の観点から、コスト負担の大きい蓄電池容量をいかに最小化するか
- ・自然エネルギー発電の有効活用という観点から、数十%のロスが発生する蓄電池充放電をいかに最小化するかを踏まえて遵守する必要がある。そのためには、風況シミュレーションから得られる発電量予測情報を、その予測精度も加味した上で活用し、マイクログリッド同様、コスト面や環境面で最適化された合成出力目標を決定する予測制御技術が必要となる。図6は、風力発電の急激な出力ダウンが予測された場合、“合成出力目標”で示したような緩やかな変化速度とするために、蓄電池では吸収しきれない変動分を事前に風力発電側で絞り込む方式の一例である。

4. む す び

世界レベルでエネルギー有効利用と環境意識が高まる中、今後も国内外を問わず分散型電源の増加が予想される。マイクログリッド技術は、分散型電源のさらなる有効活用と安定運用のためには不可欠な技術として、欧米や豪州、韓

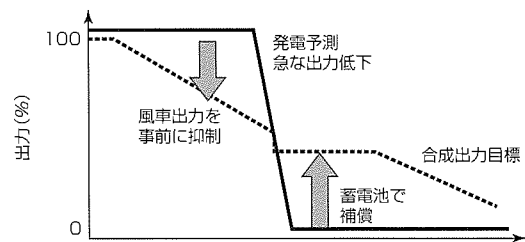


図6. 予測を活用した風力発電の出力安定化

国などでも実証研究が進められている。このような最適制御技術は、工場やビルの省エネルギーへも展開可能であり、実証研究段階から、実運用を想定した技術開発へと移行していく予定である。

参 考 文 献

- (1) 合田忠弘, ほか: エネルギー新書「マイクログリッド-分散型電源と電力ネットワークの共生のために」日本電気協会新聞部 (2004)
- (2) 古塩正展, ほか: マイクログリッドの実証による検討(その2)~需給運用計画~, 電気学会B部門大会 (2006)
- (3) 小島康弘, ほか: マイクログリッドの実証による検討(その3)~オンライン需給制御~, 電気学会B部門大会 (2006)
- (4) 山本隆也, ほか: マイクログリッドによる住宅向けエネルギー供給の検討, 電気学会B部門大会 (2006)

環境モニタリングとデータ分析技術

平岡精一* 高田雄二**
 稲坂朋義* 松下正太郎**
 石井 篤*

Environmental Monitoring and Data Mining Technology

Seiichi Hiraoka, Tomoyoshi Inasaka, Atsushi Ishii, Yuji Takata, Shotaro Matsushita

要 旨

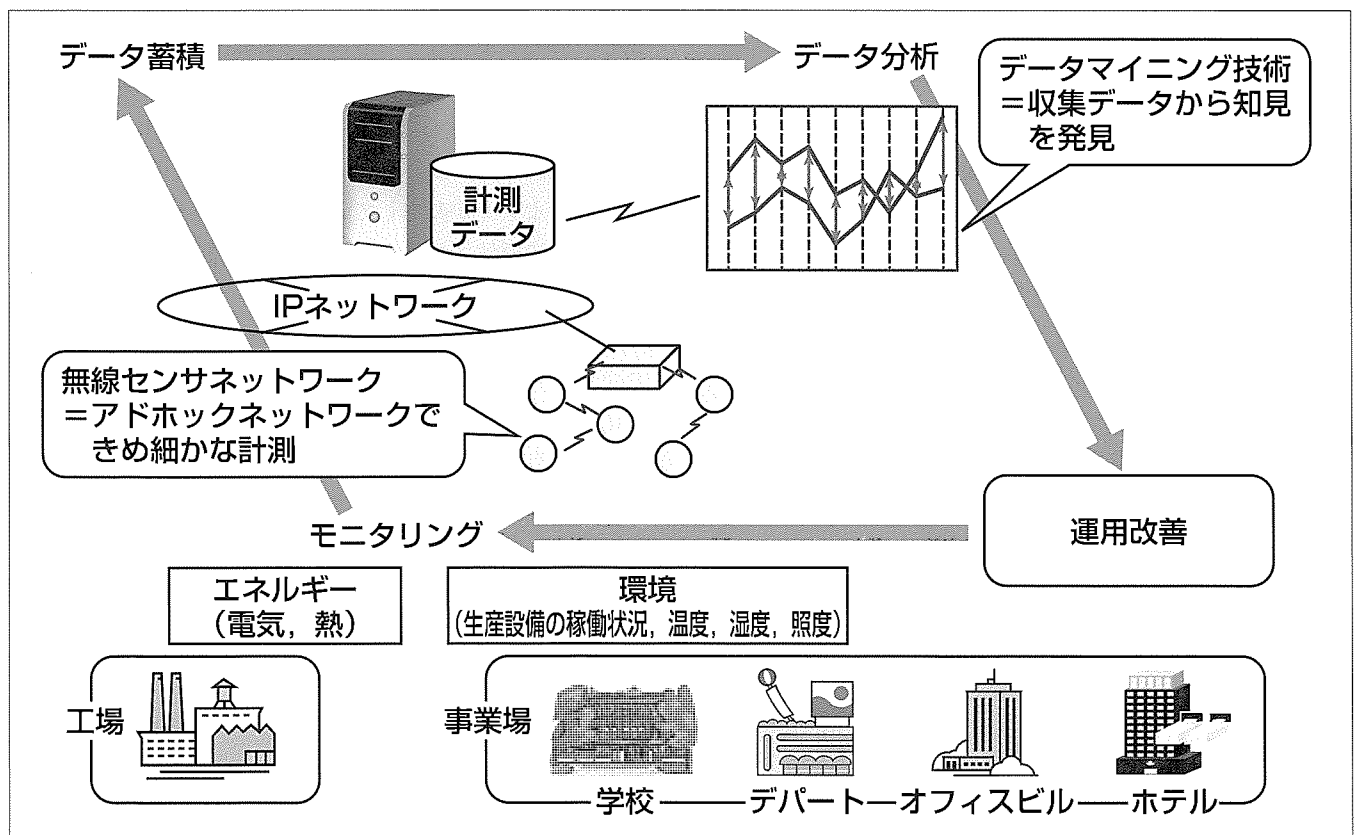
京都議定書の正式発効やエネルギーの使用の合理化に関する法律(改正省エネ法)施行など、工場や事業所ではさらなる環境負荷低減に向けた取り組みを迫られている。このため、エネルギー使用量(電気、熱)や生産設備の稼働状況、温度、湿度、照度などの環境情報をきめ細かくモニタリングし、蓄積したデータを分析することで改善点を発見し、運用改善を継続的に進めていくことが必要となっている。

きめ細かな環境モニタリングのためには、環境情報を計測するためのセンサを各種設備やその周辺に設置し、そこから得られるデータを誰でもが簡単に取得するための仕組みが必要である。無数に設置されたセンサの情報をインターネットなどのコンピュータネットワークに簡単に取り込むための仕組みを提供するのが無線センサネットワークで

ある。低消費電力化されたセンサノードと、それらを相互に接続する自律的なネットワーク(アドホックネットワーク)によって、計測システムの初期導入時や設備レイアウト変更時の省配線化による設置工事費用の削減、並びに、配線工事が困難なところへの適用を実現することができる。

収集したデータを分析し、改善点を発見するためには、データマイニング技術が必要となる。蓄積した計測データから異常なデータや特異なデータを自動的に見つけ出して、様々な角度から分析。省エネルギーに向けた改善点を抽出することが可能となる。

これらの技術開発を進めて、エネルギー利用の効率化を可能とするソリューションを提供していく。



環境モニタリングとデータ分析によるエネルギー利用の効率化

工場や学校、デパート、オフィスビル、ホテルなどの事業所のエネルギー使用量(電気、熱)や生産設備の稼働状況、温度、湿度、照度などの環境情報を無線センサネットワークで収集し、IP (Internet Protocol) ネットワークに送出することで、個々の設備や作業工程のエネルギー使用量を把握する。さらにこれらのデータを分析し、特異点を抽出することでエネルギー利用の効率化に向けた改善点を導き出す。

1. ま え が き

地球温暖化防止に関する京都議定書の発効、それに伴う改正省エネ法の施行など、工場や事業場ではさらなる環境負荷低減に向けた取り組み、エネルギー利用の効率化が求められている。このためには、エネルギー使用量(熱、電力)や生産設備の稼働状況、温度、湿度、照度などの環境情報をきめ細かく計測し、そこで得られたデータを分析して改善点を導き出すことが必要である。

きめ細かな計測を行うための技術として、モノの状況やそれらの周辺環境など、様々な状況や環境を自動認識し、その結果に基づいて、最適な動作を実現する無線センサネットワークが期待されている。また、収集した計測データの分析には、特異なデータを容易に発見可能とするデータマイニング技術が有効である。

そこで本稿では、無線センサネットワーク技術並びにデータマイニング技術、及び事例について述べる。

2. 無線センサネットワーク

無線センサネットワークは、センサ機能と無線通信機能を持つセンサノードと、センサノード間を接続するセンサネットワークプロトコル、無線センサネットワークを既存のコンピュータネットワークに接続するセンササーバで構成される⁽¹⁾。構成例を図1に示す。

無線センサネットワークでは、状況や環境を自動認識するセンサやそれらを制御するアクチュエータが、どこにでも置いて、誰にでも使えることが要求される。これを実現するために、センサノードには自律的なネットワークの構築と低消費電力化が必要となる。自律的なネットワークの構築はアドホックネットワーク技術によって実現する。これらの技術概要について以下に述べる。

2.1 アドホックネットワーク

アドホックネットワークとは、基地局を必要とせず、無線端末が直接通信する自律分散型のネットワークのことで

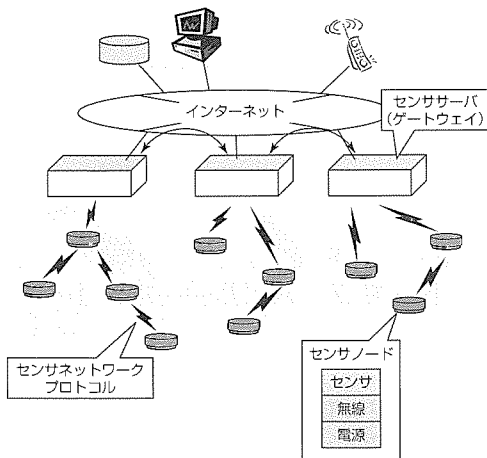


図1. 無線センサネットワーク構成例

ある。また、通信相手先まで直接電波が届かないときには、電波が届く範囲にある無線端末がバケツリレー的に中継をしながら通信するマルチホップ機能を備えている。

図2に中継通信のルート構築の一例を示す。ノードAからノードXへのデータ送信を行う要求が発生すると、ノードAはノードXへのルート要求をフラッディングする。フラッディングとはネットワーク全体に対してパケットを送信することである。ノードAから送信されたルート要求はノードCとノードHの中継してノードXに届く。ルート要求を受け取ったノードXは、ノードAにルート応答を返す。ルート応答のパケットはルート要求のリバースパスでユニキャストされる。図2の例では、ルート要求パケットがA→C→H→Xの経路で届いているので、ルート応答はX→H→C→Aの経路で送付される。

2.2 低消費電力化

センサノードの動作は環境情報を計測して通信することであるが、一般的には計測・通信の時間は非常に短く、大部分の時間は何もしない待ち状態である。電池などの限られた電力での長時間動作が求められるセンサノードの低消費電力化では、この待ち状態での電力供給を抑えることが必要である。電力供給量の削減は、センサノード内で動作している機能ブロックに必要なだけの電力を供給することで実現する。すなわち、待ち状態のときには電力供給を停止し、動作状態になるときに電力供給を行うということである。この電力供給停止状態から動作状態への移行はアプリケーションによって、様々な方式が考えられる。センサノードが能動的に動作する場合、例えば防犯や防災用途では、常時センサが動作しており、センサが異常状態を検知したときに通信ユニットを起動する。環境モニタリングでは、サーバが計測間隔を管理し、センサに対して計測データの読み出し要求を出して、センサがそれに応答するというポーリング式が考えられる。計測間隔が定期的な場合には、センサノードをタイマーで起動してサーバからの読み出し要求を待ち受けるということが可能であるが、人為的な監視のような不定期読み出しの場合には常時待ち受けるということが必要になる。これ以外にも、前述したアドホックネットワークの中継動作や、イベント発生に伴うアク

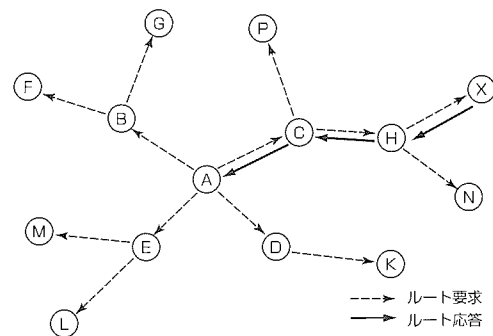


図2. ルート構築動作の例

チューエータへの通信など、センサノードには不定期通信が必要なアプリケーションが存在する。このような不定期通信における低消費電力技術として、電波を使用してセンサノードを起動するRF(Radio Frequency)Wakeup方式²⁾の研究を行っている。この方式は、通信を行わない状態ではRF Wakeupモードと呼ぶ非常に低電力なモードで動作し、Wakeup信号を検波すると通信を行うActiveモードに遷移して通信を行う。RF Wakeup信号の検波を間欠的に行い、検波以外の時間はタイマー以外を完全に停止(電源停止)することで常時待ち受けの状態でも年単位の連続動作を可能にしている。

3. データマイニング技術

3.1 データマイニング技術とは

ストレージの大容量、低価格化、コンピュータの処理能力向上によって、長期間の計測データを収集・蓄積することが可能となってきた。これら大量に収集・蓄積されたデータを活用することによって、機器の異常発見、運転制御の改善点の発見など、これまで気付かなかった新たな知見を発見することが可能となる。これを実現する技術として、データマイニング技術がある。

データマイニング技術の手法として、可視化技術がある。これは、大量のデータを人間が理解しやすいように表現することで、知見の獲得を支援する技術である。

ここでは、当社が開発した可視化技術であるデータ特性可視化技術 IMDS(Intelligent Multi-dimensional Data Summarization)³⁾⁴⁾について述べる。

3.2 データ特性可視化技術 IMDS

IMDSは、データを時間、場所、対象物の情報で関連付けして、様々な視点からグラフ化することでそのデータの傾向や特徴を人間に分かりやすく表現する技術である。データを様々な視点から分析する同様の技術として、OLAP(OnLine Analytical Processing)がある。OLAPも様々な視点からデータを自由に分析できるという利点がある一方、データ分析は、仮説検証のための試行錯誤が必要となり、無用な試行が多くなるという課題がある。また、一般に視点を切り替えて分析するための操作が煩雑になるという課題もある。

IMDSは、これらの課題を解決したもので、次のような長がある。

- ・ 試行錯誤にかかる作業負荷を軽減する高い操作性
- ・ 思考を途切れさせない高速なデータ集計
- ・ 全体の傾向と異なる特異データの発見

(1) 高い操作性

図3は、IMDSによって気象データを分析した実行画面である。IMDSは、データの絞り込みを行う絞り込み条件選択部と、グラフの視点を切り替えるグラフ制御部、結果

のグラフ表示部を一画面に配置するユーザーインターフェースとなっている。これによって、データ分析作業の工数を減らし、効率的な分析を実現した。例えば、図3では、年間の平均気温の推移をグラフ化している(点線のグラフ)。ここで、絞り込み条件選択部で“札幌”のボタンを選択すると右下に札幌の年間平均気温の推移がグラフ表示される(実線のグラフ)。また、年間の平均気温の変化の推移を見たい場合には、左上のグラフ制御部でX軸の項目から“年”を選択すればよい。このようにボタンクリック1回でデータの視点を切り替えて分析することができる。

(2) 高速データ集計

仮説検証型のデータ分析では、ある視点でのデータ分析の結果を判断した後、次の仮説を立てて新たな視点での分析を繰り返し行うというような対話形式の分析となる。このような形態の分析においては、結果を判断した後、思考を途切れさせない時間内で次の分析集計を完了させる必要がある。IMDSでは、データの再集計を効率的に行うためにメモリ上に中間データを作成することで、高速な集計・評価処理を実現した。

(3) 特異データ発見

データを絞り込んで分析を行う場合、絞り込む条件の数が増えるとデータ絞り込みの試行錯誤の回数が増えて、分析の効率が悪くなる。IMDSでは、基準となるグラフ(例えば、全体平均のグラフなど)との特性の違いを定量的に評価し、各条件の重要度を視覚的に表現して、特徴的な絞り込み条件を分かりやすくしている。例えば、図3の点線のグラフは、全国平均の年間平均気温推移を表したグラフである。これに対して、定量的評価を実行すると絞り込み条件のうち、“札幌”“那覇”が濃く、“東京”“名古屋”が薄く表示される。これは、札幌、那覇は全国平均と違った気温推移をし、東京、名古屋は全国平均と近い気温推移をしていることを示している。特性の評価指標としては、ユークリッド距離やスピアマンの順位相関係数など複数の指標での評価ができる。

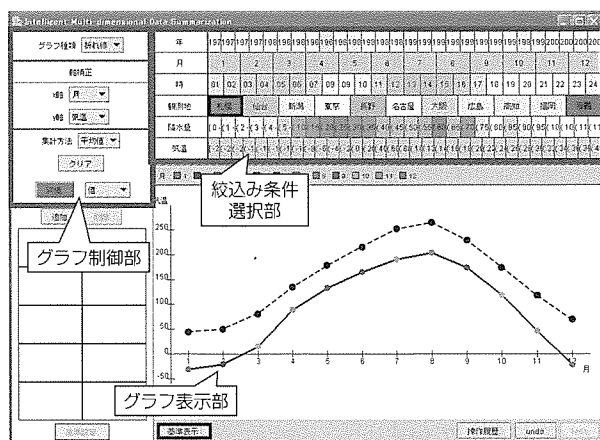


図3. IMDS実行画面

4. 事例

4.1 環境モニタリング

図4は、無線センサネットワークを使用した環境モニタリングシステムの構成例である。区画ごとに温度や湿度、照度などの環境情報や人の有無、設備の稼働状況などを収集するセンサ、エネルギー使用量を計測するエネルギー計測ユニットを設置し、無線センサネットワークを構築して、センササーバに計測データを伝送する。センササーバが収集した計測データは、構内LANを通してエネルギー管理システムに送られ、運転監視や運転最適化、スケジュール管理などに使用される。

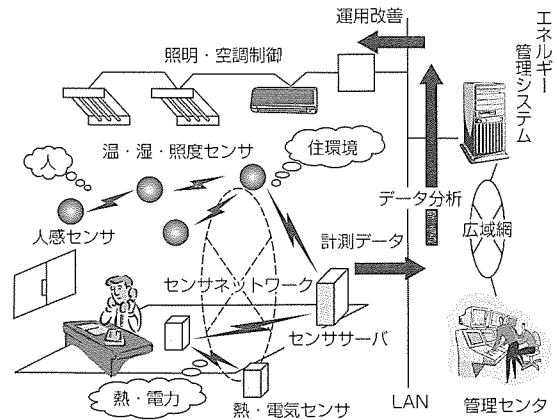


図4. 無線センサネットワークによる環境モニタリング

無線センサネットワークを適用することで、センサ同士が相互に接続しあいながら計測データを確実に伝達するので、煩雑な配線工事や設定を行うことなくシステム構築が可能になる。また、配線工事が不要なので、区画単位の監視から機器単位の監視への移行も容易に行うことができる。

4.2 省エネルギー分析

図5は、オフィスビルの電力使用量をIMDSで分析した例である。ビル内に設置された計測機によって収集された電力使用データは、時刻、計測場所、用途などの情報で関連付けることができ、IMDSによってこれらの視点から電力の使用傾向を分析することができる。

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																								
日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31					
曜日	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日
エリア	1F			2F			3F			4F			5F																							
用途	OA電源					コンセント					空調機					照明動力																				
消費電力	[0-10]					[10-20]					[20-30]					[30-40]					[40-50]					[50-60]										

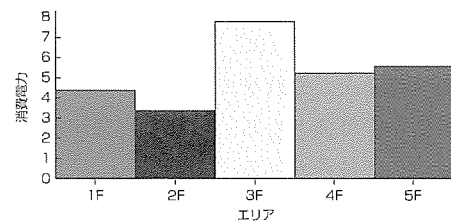


図5. フロア別の電力使用量

省エネルギーに向けた改善は、全体の使用傾向から特に電力消費の大きい場所、用途、時間などを特定し、その部分の改善を行うのが最も効果大きい。図5は、全体の電力使用量をフロア別にグラフ化したものである。この結果から3Fが最も電力を消費していることが分かる。

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																								
日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31					
曜日	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日
エリア	1F			2F			3F			4F			5F																							
用途	OA電源					コンセント					空調機					照明動力																				
消費電力	[0-10]					[10-20]					[20-30]					[30-40]					[40-50]					[50-60]										

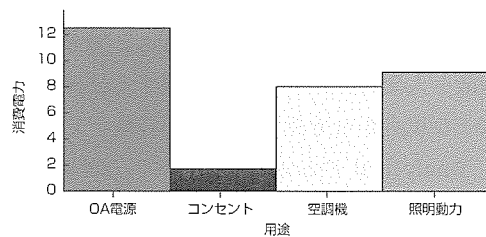


図6. 用途別の電力使用量

次に視点を変えて3Fの電力使用量を用途別にグラフ化したのが図6である。この結果から3FはOA用途の電力消費が最も大きいことが分かる。これによって、例えば、OA機器の利用方法を見直すなどの対応によって消費電力を減らすなどの対処ができる。

このようにIMDSを使うことによって、場所別、用途別、時間別などの消費電力の分析が簡単に行えるようになる。また、特異データ発見機能によって、平均消費電力パターンより大きく違った電力使用傾向をしている場所などを抽出することも可能である。

5. むすび

きめ細かな環境モニタリングを実現する無線センサネットワークと、蓄積したデータを分析して省エネルギーに向けた改善点を抽出するデータ分析技術及び事例について述べた。今後、これらの連携を深め、よりきめ細かく環境を監視して、エネルギー利用の効率化を可能とするソリューションを提供していく。

参考文献

- (1) 平岡精一, ほか: ワイヤレスセンサネットワーク技術, 三菱電機技報, 79, No.7, 485~488 (2005)
- (2) 西山博仁, ほか: センサノードの低消費電力方式, 三菱電機技報, 80, No.9, 552~555 (2006)
- (3) Lesh, N.B., et al.: Interactive Data Summarization: An Example Application, Advanced Visual Interfaces (AVI), 183~187 (2004-5)
- (4) 藤野友也, ほか: データ特性可視化技術による分析システム, 電子情報通信学会 2005総合大会, D-4-1

使用実態を踏まえた省エネルギー技術を投入した ルームエアコン霧ヶ峰“人感ムーブアイ”

田邊義浩*
日高 彰*
中川英知*

The Room Air-conditioner Adopting Energy Saving Technology Based on Its Actual Use

Yoshihiro Tanabe, Akira Hidaka, Hidetomo Nakagawa

要 旨

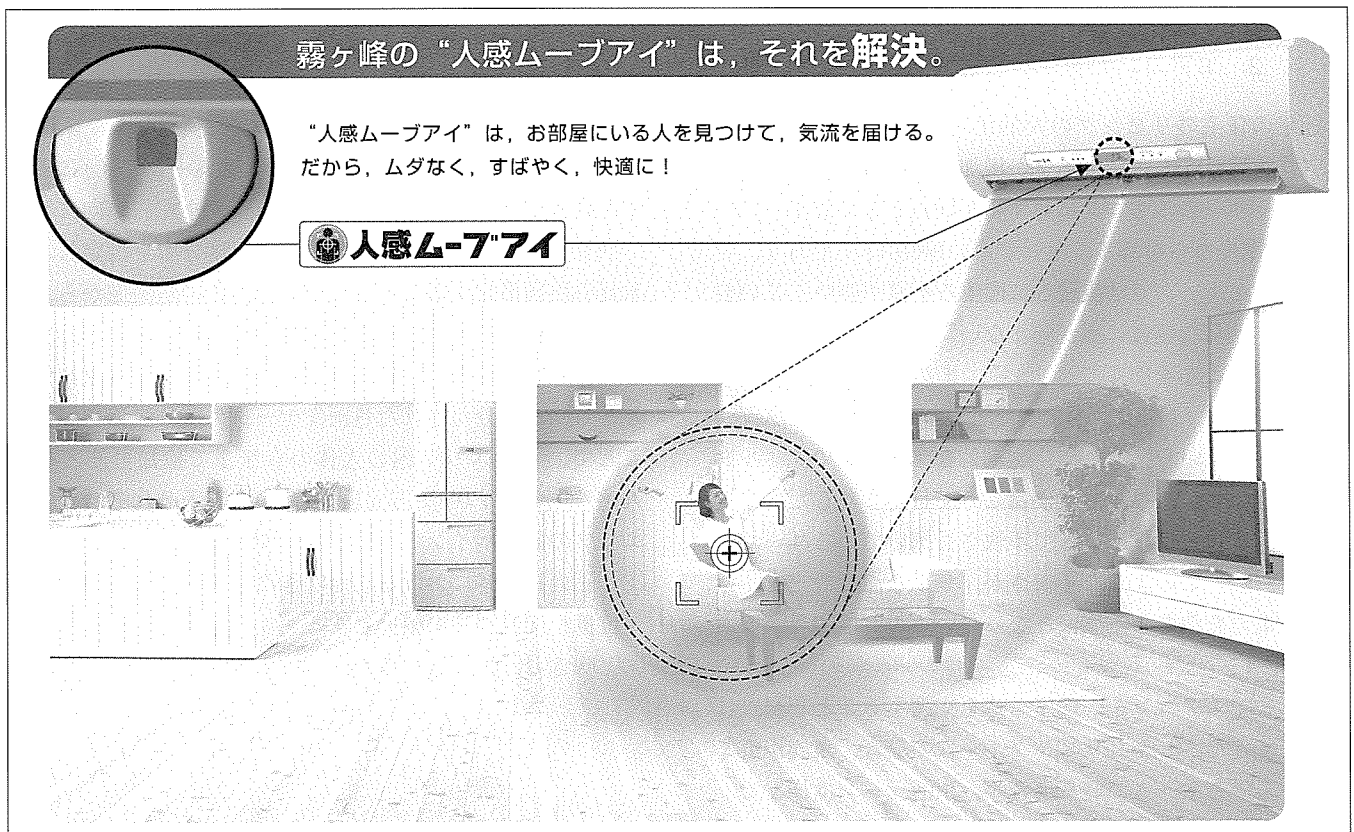
地球温暖化抑制に向けた省エネルギー化が世界的な取り組みとなっている中、我が国でも、機器の効率改善がなされている。しかしながら機器自体の効率改善には限界があり、最近では機器の使い方の工夫による節電の視点もクローズアップされ始めている。

実際にエアコンの使われ方を調査すると、近年の住宅におけるリビングルームの大形化、LDKの増加を背景に、“温度むらがある、足元が寒い”といった不満が高くなってきており、ユーザーはこの不満を解決するために、必要以上に空調を強め、無駄な電力を消費していることも分かってきた。さらに、リビングルームの場合、家族が集まっている場合や一人である場合等、生活シーンは様々であり、人がいるエリアを中心に快適にすることができれば、無駄

な部分を空調する必要がなく、一層の節電が図れる。

これらのエアコンの実際の使われ方の調査を踏まえて、機器の効率向上だけにとらわれず、新たな視点での省エネルギー化を推進した。人の位置と床の温度を同時に検知するセンサと、その人の生活エリアの快適さを自動でコントロールする気流制御技術を投入した。さらにユーザーのエアコンの手入れ忘れから生じる無駄な電力消費を抑制するために、エアコン内部の汚れやフィルタの目詰まりを自動で清掃する技術を投入した。

以上、エアコンの使用実態にあった節電を自動で行うことによって、誰もが使いやすく安心して使えるエアコンを目指し、開発した。



霧ヶ峰“人感ムーブアイ”の空調イメージ

7素子内蔵のサーモパイル形赤外線センサ“人感ムーブアイ”が、往復駆動することによって熱画像データを取り込む。この熱画像データによって室内の温度分布の測定と人体の存在位置まで検知する。これによって、人のいるエリアを中心に空調することで、無駄のない快適な空調を実現した。

1. ま え が き

エアコンが家庭内における年間空調機器として中心的な存在となり、また複数台設置が一般化され、家庭内で使用される電力消費量の占める割合が最も大きい家庭用電気機器と言われるようになった。このため、1995年ごろからユーザーのエアコンに対する省エネルギー性への期待も高まり、また省エネルギー法の改正で、高い省エネルギー目標値が設定され、機器の省エネルギー化は更に加速された。しかしながら、これまでの機器の省エネルギー化の推進によって、今後は機器の大幅な省エネルギー化は望めない状況にある。また、政府は国民に対して、空調機の政府推奨温度(暖房20℃以下、冷房28℃以上)を設定し、省エネルギーへの意識向上を図っているが、エアコンの使われ方を調査してみると、政府推奨温度で運転しているユーザーは、暖房で9%、冷房で44%(当社調査)と、実際使われている設定温度とに大きな開きがあった。設定温度1℃の上げ下げによる省エネルギーの寄与度は約10%あり、例えば暖房運転の場合、低い設定温度でも快適な居住空間をつくりあげることが可能とすれば大幅な省エネルギー化が見込まれると言える。

今後はエアコンの使われ方から生じる無駄な電力消費の抑制を含めた、省エネルギー技術が不可欠となる。

2. エアコンの使用実態と開発のねらい

近年の住宅のリビングの大形化、LDKの増加によって、エアコン需要も大容量タイプが増加している。これに伴って、ユーザーのエアコンに対する不満点として強まっているのが“温度むらがある、足元が寒い(暖房時)”であり、特にリビングルームでは快適性に関する不満が強い。この要因は、“適切な位置に風が向かない”“風の強さが適正でなく必要なところを空調できない”、また近年では住宅の高天井化が進み、“温風が足元まで届かない”といった状況が多く発生している。さらに、定期的なエアコンのフィルタ清掃を行わずに、フィルタがほこりで目詰まりしたまま使い続け、風量の低下によって不快さを招いているユーザーもみられる。このような不快さが、無駄な温度設定を招き、無駄な電力を消費する原因となっていることは明らかである。

これまでエアコンを、部屋全体を空調することを視点に開発してきた。しかしリビングルームの場合、家族が集まっている場合や一人である場合等、生活シーンは様々で、生活シーンに応じて快適にしたいエリアを中心に快適にすることができれば、無駄な部分を空調する必要がなく、一層の節電が図れることになる。

そこで2007年度の“霧ヶ峰ZWシリーズ”は、エアコンの実際の使われ方の調査を踏まえて、新たな視点で省エネ

ルギー化を推進した。その課題を解決するために、人の位置と床の温度を同時に検知するセンサと、その人の生活エリアの快適さを自動でコントロールする気流制御技術を投入した。さらにユーザーのエアコンの手入れ忘れから生じる無駄な電力消費を抑制するために、エアコン内部の汚れやフィルタの目詰まりを自動で清掃する技術を投入した。

3. 新たな視点の省エネルギー技術

3.1 人の位置と床面の温度とを、同時に検出する“人感ムーブアイ”

エアコン暖房は足元が寒いとの不満を持つユーザーが多いが、これは足元までしっかりと温風が届いていないからである。この不満を解消するためには、人がいる床面の温度を検出し、適正な気流や温度を制御する機能が要求される。また、人がいる場所を中心にエリア空調を行い無駄なエリアの空調を抑制するためには、部屋に存在する人の位置を見分ける機能が要求される。

そこで、これらの課題を解決するために、エアコンが人のいる床面の温度分布と、人のいる位置とを同時に見分けるセンサの開発を行った。

エアコンから離れた7か所の温度測定をしながら回転駆動することによって合計462か所の温度測定を可能にし、その熱画像から床温度に加えて人体位置も検知するサーモパイル形赤外線センサを開発した。図1は、このセンサを搭載した霧ヶ峰“人感ムーブアイ”ZWシリーズである。

ZWシリーズでは、垂直方向に千鳥配列された7素子内蔵のサーモパイル形赤外線センサ(人感ムーブアイ)によって温度測定しながらステッピングモータを左右方向に細かく回転往復駆動させることで室内の温度分布を測定し、2次元の熱画像化することを実現した。その熱画像から、エアコン奥側に2分割、左右方向に中央・左・右の3分割とした全6つの配光エリアに区切った床温度を各々検知するとともに、細分化された熱画像データの差分演算を用いることで、そのエリア内の人体の有無まで検知可能とした。人感ムーブアイ(中央方向検知時)の7素子それぞれの配光エリアの設計ポイントを以下に示す。

- ① 正面据付時における正面吹き出し温風の床面到達中心位置を配光エリア中央とする。
- ② 吹き分けた温風や冷風によって前後左右(中央)の6つ

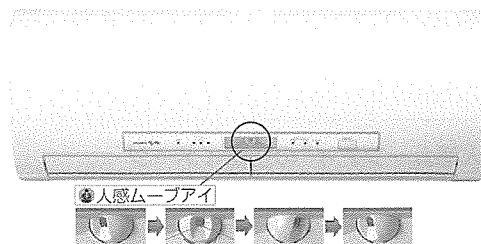


図1. 霧ヶ峰“人感ムーブアイ”ZWシリーズ

のエリアの床面温度差を検出できるようにする。

- ③ 人感ムーブアイの検知エリアの床面投影角度は160度とする。
- ④ 6 m先の静止着座人体を検知可能とするセンサ配光及びセンサ感度特性を持つこととする。

上記配光エリアの設計ポイントを実現するサーモパイルセンサの回転駆動機構を図2に示す。エアコンに搭載したサーモパイルセンサは、図に示すように7素子内蔵の赤外線センサとそれを回転駆動するステッピングモータとセンサ単体を被うセンサホルダ部と連結したリンク機構部によって構成している。

図3に人感ムーブアイの概略構成を示す。サーモパイルセンサ内部の7つの熱吸収膜(感熱素子)は、各々の素子が集光レンズによって割り当てられた領域の輻射(ふくしゃ)熱を検知し、微小な起電力を発生する。その起電力は微小なため増幅回路による増幅及びセンサ内の内部サーミスタとの温度差分によって、温度に応じたマイコン処理しやすい電圧信号に変換される。また、マルチプレクサ回路で、順次、各素子からの電気信号を取り込むことで7領域の温度を瞬時に検知する。エアコン運転時の室内温度変化の影響を低減するために熱伝導率の高いアルミブロックを

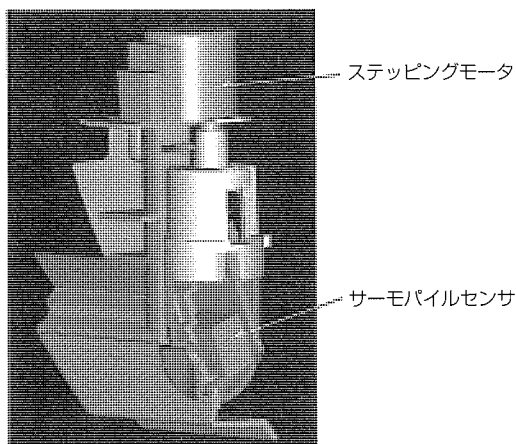


図2. センサの回転駆動機構

センサに装着していることも温度検出精度の高い人感ムーブアイの特長の一つである。このような動作をステッピングモータによって回転駆動しながら66回繰り返すことで $7 \times 66 = 462$ ピクセルの室内温度分布を示す熱画像データが取得できる。

しかし、人感ムーブアイを床温度測定に加えて人体検知まで可能にするため、高精度の熱画像データを取得する必要があった。そこで、各素子の感度ばらつきを補正する補正值を、サーモパイルセンサ内のEEPROM(Electronically Erasable and Programmable ROM)にあらかじめ取得・格納しておき、そのデータをもとに熱画像データを補正することで各素子の出力ばらつきの少ない高精度な熱画像データが取得できるようになった。また、シリコンカバーやサーモパイルカバー内での熱ごもりやエアコンから吹き出される温風や冷風の影響を室温サーミスタ出力によってさらに補正をかけることで、精度良く床温度測定並びに人体検知が同時に可能となった。

これによって、室温や床温度に加えて人のいる場所を見つけて自動的に人の生活エリアを中心としてエリア空調することが可能になった。例えば図4に示すように、暖房では常に足元までしっかり温かい気流が到達し、さらに必要なエリアのみ空調できていることが分かる。このように快適性を高めることによって、無駄な温度設定を抑制することで、約30%の節電効果を確認した。また部屋に一人では、人のいる位置を中心に空調するので、部屋全体を空調する場合に比べて約10%の節電効果が得られた。

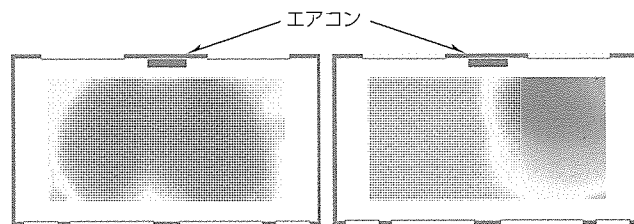


図4. 床面の温度分布

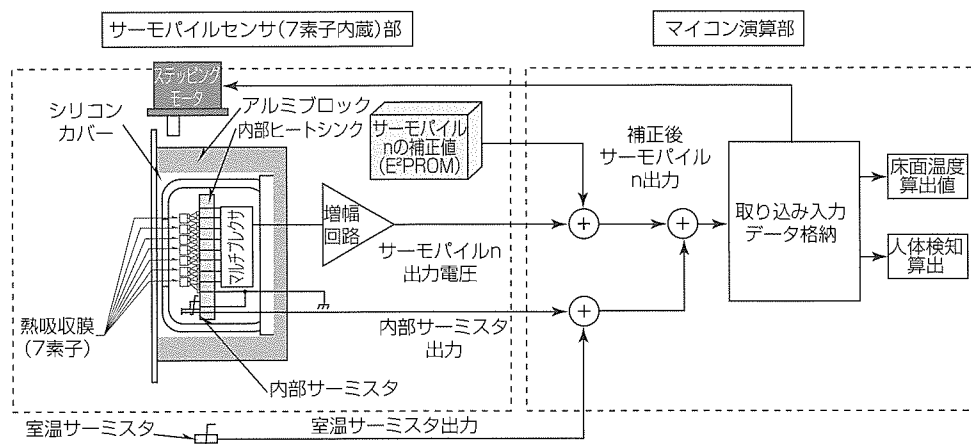


図3. 人感ムーブアイ概略構成

さらに、人の在・不在を検出する機能の展開として、人がいなくなると能力を抑えた不在省エネルギー運転をする機能も搭載しており、この場合はさらに10%の節電が得られる。

3.2 電力消費の無駄を抑制する自動フィルタおそうじ機構とオゾンシャワー洗浄

エアコンを使い続けることでフィルタのほこりの堆積(たいせき)やエアコン内部(熱交換器, 送風ファン)の汚れ付着などによって風量が低下し, 冷暖房性能が悪化する。このため, フィルタの清掃は月に1~2回の定期的な実施をユーザーにお願いしているが, ユーザーのほとんどは年に1, 2回程度しか清掃していないケースが多く, 中には数年間清掃しないで使い続けているケースも見られる。また, 長期間使い続けるとエアコン内部(ファン, 風路, 熱交換器)にほこりやカビで汚れが生じ, これも冷暖房性能の低下を招いている。

これら性能低下要因を解消するために, 自動的にフィルタの清掃を行う“自動フィルタおそうじ機構”, エアコン内部のカビを湿気と低濃度オゾンで繁殖を抑制する“オゾンシャワー洗浄”を搭載した(図5)。

また, 清掃に関する調査によると, 自動で清掃してほしいというニーズのほかに, 自分で徹底的に清掃したいというニーズも存在するために, エアコン外郭部品を簡単に取り外し, ファンや風路を簡単に清掃ができる機構も併せて搭載し, それぞれのニーズにこたえるように配慮した。

次に, 自動おそうじ機構について述べる。

エアコン本体の天面に吸い込み口を設けて, そこを覆うように左右計2枚で構成した円弧状のフィルタを配置する。図6に示すように自動フィルタおそうじ機構は, エアコンの前面側に配置し, フィルタを駆動させる駆動部とフィルタのほこりをフィルタから剥(は)ぎ取り, そのほこりを蓄積し, 簡単に捨てることのできる抗菌・防カビ仕様のダストボックスで構成する。自動フィルタおそうじ機構の動作は, 駆動モータによって駆動部のギアが回転し, フィルタが清掃開始位置から終了位置に移動し, 同時におそうじブラシが回転する。おそうじブラシの毛の部分はフィルタの移動方向と逆側に寝かせ, ブラシの回転速度をフィルタのスピードに対して遅くなるように設定し, しっかりとほこりを取り除くようにした。次にブラシに付着したほこりは, 一定の力で押し当てられたかき取り板によってブラシから離脱され, 確実にダストボックス内部に溜(た)める機構とした。また, フィルタが元の清掃開始位置に戻るときは, おそうじブラシの回転を停止させ付着したほこりをフィルタに再付着させないように配慮した。

次に, エアコン内部の汚れの主要因であるカビを抑制する技術であるオゾンシャワー洗浄について述べる。カビは, 乾燥状態で強固な細胞壁表面の状態となり, 菌の増殖を抑

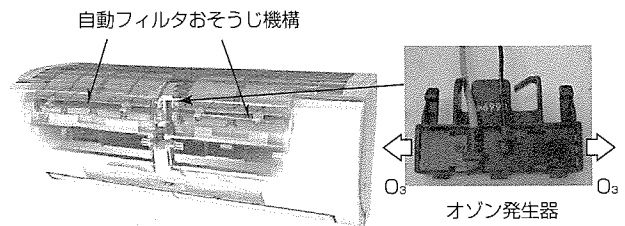


図5. エアコンの内部構成

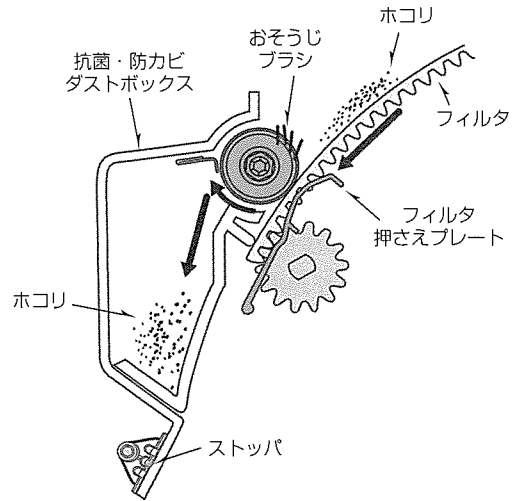


図6. 自動フィルタおそうじ機構

制するのが難しい。しかし高湿度環境下では, 菌は, 増殖のために発芽しやすいよう最外殻膜の強度を自ら弱くする性質がある。この状態でオゾン雰囲気さらすと容易に繁殖を抑制できることが調査によって明らかになった。この現象を利用して, 冷房・除湿運転後のエアコン内部が高湿状態になっているところに, 低濃度オゾンを充填させることで, オゾンの酸化作用で細胞壁を溶かし, 細胞内のリン脂質やたんぱく質が外に漏れ出すことによって, 菌の繁殖を強力に抑制することが可能になった。熱交換器, 風路, ファンに同数の黒カビを付着させ, 6時間冷房/6時間停止を1か月間続けた場合のカビ胞子数を比較した結果, 処理なしに比べて, 内部クリーンありは1万個→10個以下まで99%以上減少することを確認した^(注)。

(注) 第3者認定機関(財)日本食品分析センター 第207010060-001号

4. むすび

地球温暖化への対応として省エネルギー化が社会的な取り組みとなっているが, 省エネルギー法では, 機器の基本性能に関しての規制を図っているため, とすると機器の効率改善のみに視点が向きがちである。あくまでもユーザーの視点に立ち, 使用実態を踏まえた幅広い視点で省エネルギー化の推進を行えば, さらなる省エネルギー改善が期待できると考える。今後も, だれもが使いやすく安心して使えるエアコンを目指して, “ユニバーサルデザイン” & “エコロジー”技術をさらに進化させていきたい。

コンビニエンスストア向け冷凍・空調 複合システムの省エネルギー

田中航祐*
山下浩司*

Energy Saving Refrigerator and Air-Conditioner Combined System for Convenience Store

Kosuke Tanaka, Koji Yamashita

要旨

近年、コンビニエンスストアなど小規模店舗設備において、省エネルギー化が環境配慮と経営の両面から一層重要になってきている。なかでも冷凍機、空調機は消費電力が店舗全体の1/2~1/3を占め⁽¹⁾、これらの省エネルギー化が重要な課題となっている。そこで、冷凍機と空調機を、両ユニット間で熱交換し、年間効率を向上することで、省エネルギー化を実現するコンビニエンスストア向け“冷凍・空調複合システム”(2005年10月発売)を開発した。このシステムの特長を以下に示す。

(1) 年間省エネルギー運転

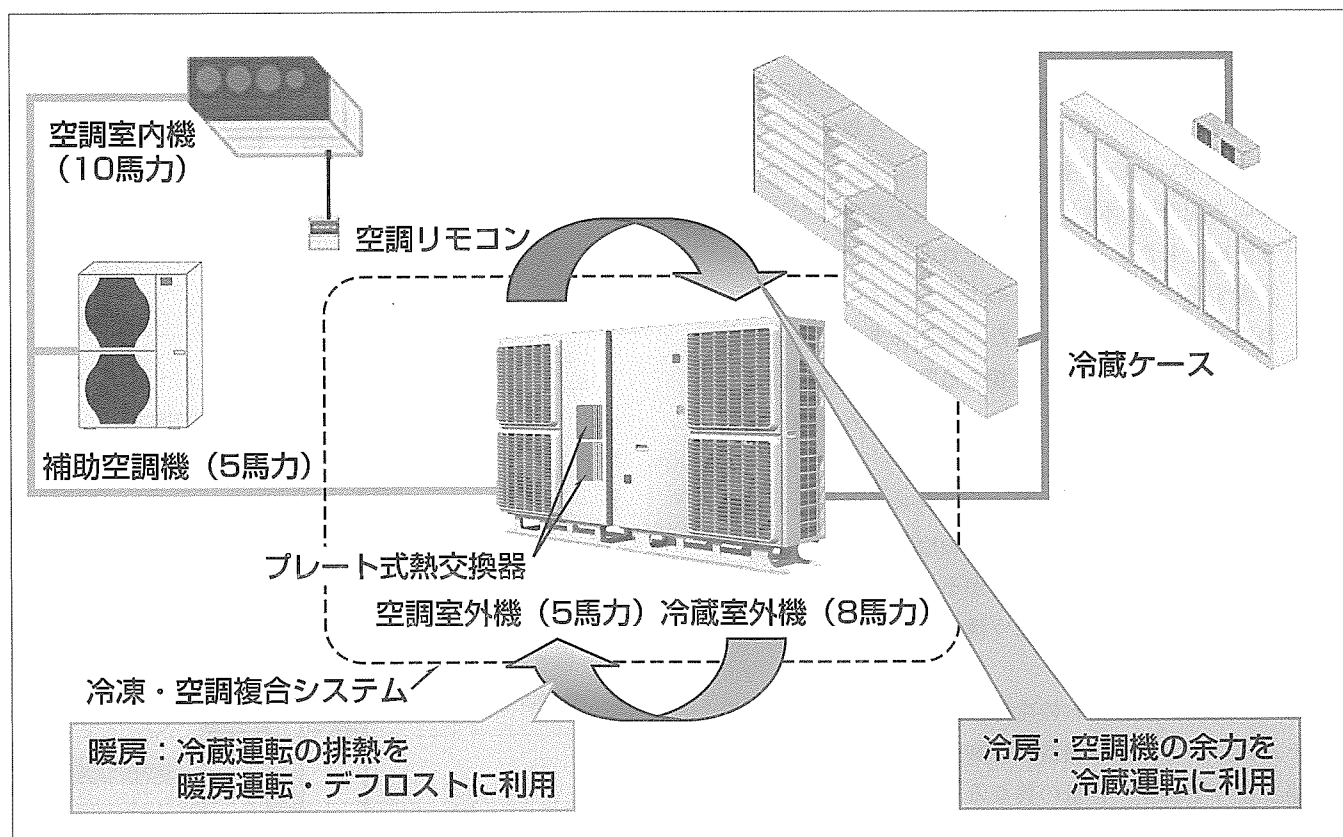
冷凍機と空調機の冷媒回路は、それぞれ独立し、プレート式熱交換器を介して熱交換を行う。冬期は冷凍機の排熱を空調機の暖房熱源として利用し、夏期は冷凍機に比べて

効率の高い空調機で冷凍機の冷却能力を補助することによってシステム総合効率が向上し、従来のシステム構成に比較して、年間で約15%の省エネルギー化を実現した。

(2) 店内快適性向上

従来、暖房時に空調室外機のデフロスト(霜取り)を行う際は暖房を停止する必要があるが、店内温度が低下していたが、このシステムは新開発の“暖房ノンストップデフロスト”によって冷凍機の排熱を利用してデフロストし、デフロスト時の店内温度変化を最小限に抑え、快適性を向上させた。

今後、ドラッグストアやスーパーなどの大型店舗への展開を図り、さらなる改善・省エネルギー化を行う予定である。



冷凍・空調複合システムのシステム構成図

冷凍機(冷蔵室外機)と空調機(空調室外機)は2つの冷凍サイクルに分かれており、それぞれの冷媒が空調室外機側に内蔵された2つのプレート式熱交換器によって熱交換可能なような構成になっている。冷凍機と空調機の熱量のバランスを考慮し、5馬力の空調室外機と6馬力又は8馬力の冷蔵室外機を熱交換させる組み合わせとし、空調能力が不足する場合は、別置の5馬力の補助空調機でまかなう。

1. ま え が き

近年、コンビニエンスストアなど小規模店舗設備において、省エネルギー性が環境配慮と経営の両面から一層重要になっている。なかでも24時間365日運転をする冷凍機・空調機の安定性・信頼性と省エネルギーの両立が重要なポイントとなっている。

各社、冷凍機と空調機を一体化し相互の熱を利用して省エネルギー化を図るシステムを開発し市場投入している。しかし、冷凍機と空調機が一つの冷凍サイクルで構成されていたり、両ユニットが同じ筐体(きょうたい)に入っているため、冷凍機と空調機の危険分散がなされておらず、故障が発生するとシステム全体を停止せざるを得ないという問題があった。

そこで、当社は冷凍機と空調機の間で総合的に熱を利用して年間効率を最大限に高め、かつ完全危険分散を図った“冷凍・空調複合システム”を2005年10月に発売した。本稿では、その構成、省エネルギー性の原理及び基本動作について述べる。

2. システム構成及び冷媒回路

2.1 システム構成

このシステムにおいて、冷凍機と空調機は2つの冷凍サイクルに分かれており、それぞれの冷媒が2つのプレート式熱交換器によって熱交換可能なように構成されている。また、それぞれを別筐体に分け(プレート式熱交換器及びシステムコントローラは空調機筐体内に内蔵)、冷凍機と空調機の間を配管(4本)と信号線を接続するだけで連携運転を行う構成とした。そのため、それぞれの筐体を別々に搬入・設置することができるためエレベーターによるビル屋上への搬入も可能である。また、機器の老朽化や故障によって、冷凍機や空調機を入れ替える際、正常に動作をしている機体は触らずに、故障している機体のみ修理・交換することができる。

なお、冷凍機と空調機の熱量のバランスを考慮し、5馬力の空調室外機と6馬力又は8馬力の冷蔵室外機を熱交換させる組み合わせとし、空調能力が不足する場合は、別置の5馬力の補助空調機でまかなう構成とした。

2.2 冷媒回路

冷凍・空調複合システムの冷媒回路を図1に示す。このシステムにおいては、冷凍機と空調機は完全に独立した冷媒回路となっており、容量の異なる2つのプレート式熱交換器で双方の冷媒の熱交換を行う構成とした。空調機はR410A冷媒、冷凍機はR404A冷媒を使用している。2つのプレート式熱交換器は空調機の排熱回収回路に直列に設置し、一方のプレート式熱交換器ARSCは冷凍機の過冷却部と、もう一方のAREは冷凍機の凝縮部と熱交換するよう

にし、2つのプレート式熱交換器は、暖房運転・冷房運転共に最大のシステムCOP(Coefficient of Performance)となる容量を選定した。

また、空調機の圧縮機吐出ガス冷媒をバイパスする暖房ノンストップデフロスト回路を設けて、このホットガスの熱量によって空調室外機のデフロストを行う構成とした。次章では、このシステムの特徴的な運転の基本動作を説明する。

3. 省エネルギー運転の原理及び基本動作

3.1 暖房排熱回収運転

暖房排熱回収運転時の冷媒回路を図2に示す。空調暖房時、冷凍機の排熱のみで空調機の低圧冷媒を蒸発させる全熱回収運転を行うと、空調室外熱交換器が外気と熱交換を行わないため、低外気時にも空調機の低圧を高く保てて、COPが大幅に向上する。冷凍機の過冷却度も増加し、最もシステム効率が高い運転モードである。空調機の動作は排熱回収回路に設置した膨張弁Cを開き、膨張弁Aを全閉とすることによって低温低圧冷媒を熱交換器ARSC、ARE

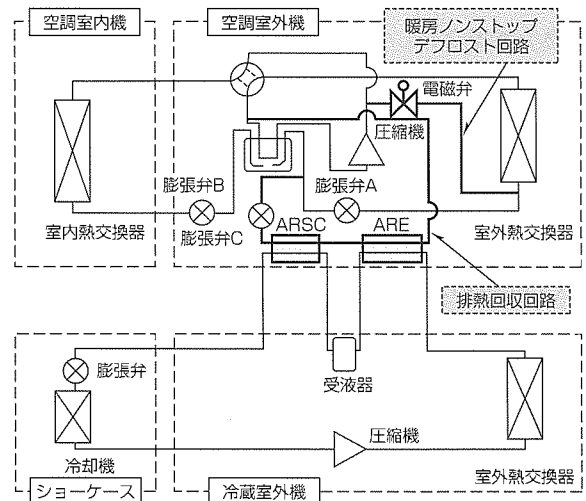


図1. 冷凍空調複合システムの冷媒回路図

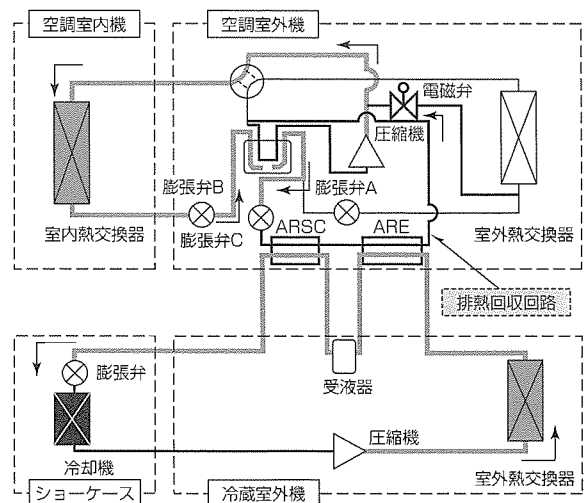


図2. 暖房排熱回収運転

に流して冷凍機の排熱を回収する。

この運転モードにおいては、プレート式熱交換器ARE及びARSCでの熱交換量が大きいほどCOP向上率が大きい。ARSCの容量は、次節で述べる冷房排熱回収運転で決定されるため、AREは容量の大きいものとする方が望ましいが、コストパフォーマンスを考慮して容量を選定した⁽²⁾。

3.2 冷房排熱回収運転

冷房排熱回収運転時の冷媒回路を図3に示す。空調冷房時は、空調機と冷凍機はどちらも外気に対して放熱を行うため、冷排熱はない。しかし、空調機は温度の高い室内の空気と熱交換を行い、冷凍機は温度の低いショーケース内の空気と熱交換を行うため、空調機のCOPの方が冷凍機のCOPよりも高い。そこで、膨張弁Cを開き室内熱交換器に流す空調機の低圧冷媒の一部をプレート式熱交換器にバイパスし、冷凍機の過冷却度を増加させると、空調機のCOPは下がるが、過冷却度増加のため冷凍機のCOPが向上し、冷凍・空調トータルのシステムCOPを向上させることができる。

この運転モードにおいては、プレート式熱交換器へのバイパス冷媒流量を増やし過ぎるとシステムCOPが下がってしまうため、適切なバイパス流量に制御する必要がある。そこで、上流側のプレート式熱交換器ARSC出口の過熱度を制御するようにした。すると、プレート式熱交換器AREでは過熱ガス冷媒が流れるためほとんど熱交換をせず、二相冷媒が流れている上流側のプレート式熱交換器ARSCのみで熱交換を行う状態を実現することができる。

バイパス流量はプレート式熱交換器での熱交換量によって決まるため、ARSCの伝熱面積は、冷房熱回収運転時に最大COPとなる容量を選定した⁽²⁾。

4. 年間消費電力量の削減効果

4.1 年間消費電力量削減効果の試算

従来の分散型システム構成(空調機5馬力×2台、冷凍

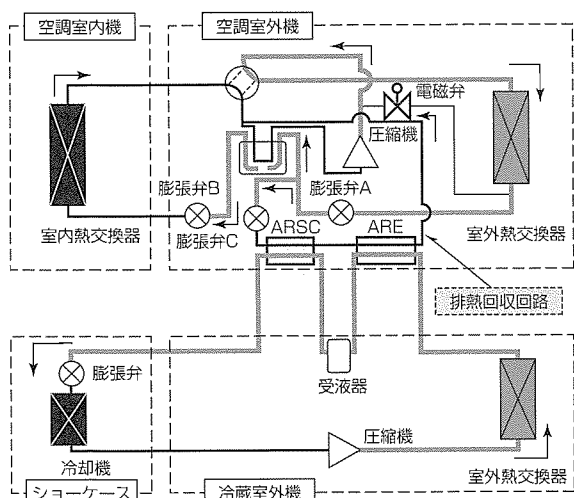


図3. 冷房排熱回収運転

機8馬力×1台)及び冷凍・空調複合システム(空調機5馬力・冷凍機6馬力の複合機×1台、補助空調機5馬力×1台)の年間の消費電力量削減効果を冷凍サイクルシミュレーションで試算した結果を図4に示す。空調負荷及び冷蔵負荷はコンビニエンスストア店舗での実測結果⁽²⁾に基づいて設定し、年間の外気温変化を考慮し、各月ごとの消費電力量を算出した。外気温・湿度は標準気象データ⁽³⁾の東京地方のデータを使用した。これによって、従来システムに対して、冷房期間で約9.2%、暖房期間で約22.6%、年間平均で約13.8%の省エネルギー効果が得られると推測される。

また、このシステムは寒冷地などの暖房負荷の大きい店舗であれば、さらに大幅な省エネルギー効果が得られる。図5は地域の違いによる年間消費電力量削減効果をシミュレーションして算出した結果を示したものであり、寒冷地ほど省エネルギー効果が高いことが分かる。空調負荷及び冷蔵負荷はコンビニエンスストア店舗での実測結果に基づいて設定し、各地域の外気温・湿度は標準気象データ⁽³⁾を使用した。

4.2 フィールドテスト実機性能試験

従来の分散型システム構成に対する、冷凍・空調複合システムの省エネルギー性の効果検証のため、2005年6月から群馬県のコンビニエンスストアに冷凍・空調複合システムを設置しフィールドテストを行っている。

このシステムは、冷凍機と空調機間の信号を切ると完全独立運転となる構成であるため、排熱回収有無を1~2週間ごとに定期的に切り替え、ユニットの運転状態や消費電力量を測定した。2005年6月~2006年2月の年間を通した測定結果⁽⁴⁾から、近年の店舗の高断熱化、店内の内部発熱(ATM、おでん、ホットドリンク、内蔵ケース用冷凍機等)の増加によって、当初想定していた店舗の負荷に対し

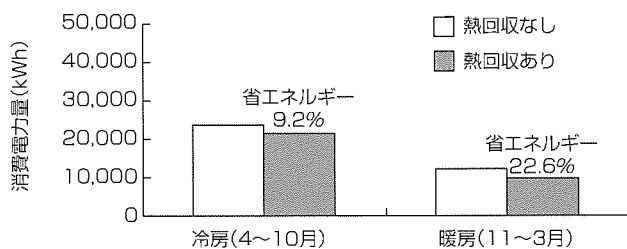


図4. 熱回収運転有無での年間消費電力量削減率試算結果⁽³⁾

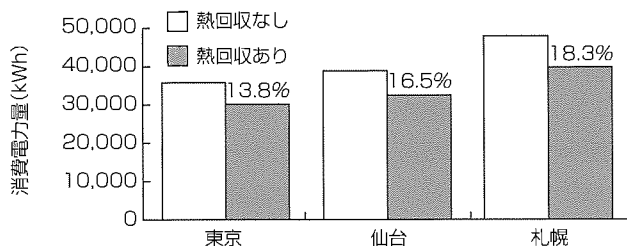


図5. 地域別の熱回収有無による年間消費電力量削減効果

て、冷房負荷の発生頻度が高く、年間の冷房期間が占める割合が多いことが確認された。また、中間期の冷房排熱回収運転の運転率が低いことが確認されたため、逐次、制御方法の改善を図りシステムに導入している。

制御方法改善後の冷房・暖房排熱回収運転時の消費電力量の削減効果を比較するため、このシステム導入店舗において、熱回収運転による冷房期間、暖房期間の消費電力量削減効果を実機測定データから求めた結果を図6に示す。システム全体として、冷房排熱回収運転時は約10%の省エネルギー効果であり、ほぼ設計値(約9.2%)どおりの省エネルギー性が得られた。暖房排熱回収運転時は約15%の省エネルギー効果であり、設計値(約22.6%)に対して下回っているが、これは当初想定した負荷に対して、暖房負荷が小さいことと、冬期に冷凍機の高圧が下がり圧縮機の低圧縮比運転防止のため、冷凍機が停止し、排熱回収運転が継続していないためである。この課題に対しては、冷凍機の圧縮機の許容運転範囲を拡大することで対応し、2007年2月にシステムに導入した。これによって、冷房期間での排熱回収運転時間も増加するため、電力量削減率が冷房期間、暖房期間で向上し、年間消費電力量削減率は、ほぼ設計値(約13.8%)どおりの数値となる見込みである。これは、東京電力の低圧高負荷契約の電力量料金⁽⁵⁾に換算すると年間約60,000円の削減効果に相当する。

5. 暖房ノンストップデフロスト

従来の空調機は、暖房時の室外熱交換器の除霜はリバースデフロスト運転で行っていた。リバースデフロスト運転は、冷房時と同じ流れで冷媒を流す運転であり、室内熱交換器には低温低圧の冷媒が流れるため、室内機のファンを停止する必要があり、暖房運転は行えなかった。

これに対して、冷凍・空調複合システムでは冷凍機の排熱を利用して暖房を行うため、暖房を停止せずに、室外熱交換器のデフロストを行う、“暖房ノンストップデフロスト”が可能となる。冷媒回路を図7に示す。暖房ノンストップデフロスト時は、膨張弁Aを全閉にし、膨張弁Cを開き冷凍機の排熱で空調機の冷媒を全蒸発させる運転を行う。このとき、空調機圧縮機吐出に設置した電磁弁を開き、高温高圧の吐出ガス(ホットガス)を室外熱交換器にバイパスすることによって室外熱交換器の除霜を行う。

実機試験を行った結果、冬期のコンビニエンスストア店舗負荷を想定した場合、リバースデフロスト10分間の店内温度が約2.0℃低下するのに対して、暖房ノンストップデフロストでの店内温度の低下は、約1.25℃であり、室内の快適性の観点から暖房ノンストップデフロストのリバースデフロスト運転に対する優位性が実証された。

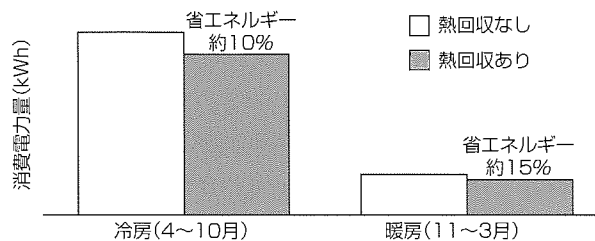


図6. 熱回収運転有無での年間消費電力量削減率測定結果

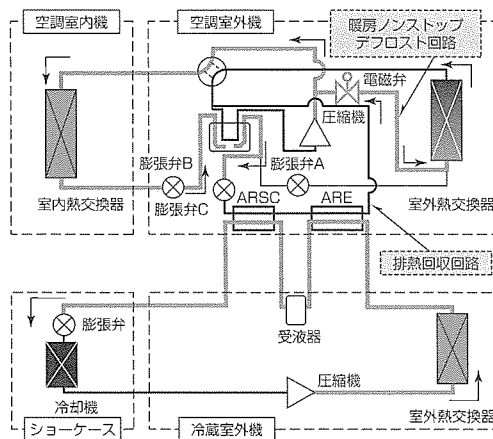


図7. 暖房ノンストップデフロスト運転

6. むすび

本稿では、コンビニエンスストアなどの小型店舗向け冷蔵・空調設備で高い省エネルギー性と信頼性を実現した“冷凍・空調複合システム”に関して、その特長と技術について述べた。このシステムは発売後、反響が大きく大手コンビニエンスストア等に採用・導入されている。地球温暖化が問題化しCO₂の排出削減が叫ばれる昨今、コンビニエンスストアに限らず、大型店舗、冷蔵倉庫、工業施設などでも省エネルギー化の要求が高まってくるものと予想される。そのため、今後も、さらなる高性能化、高付加価値、省エネルギー化といった多様なニーズに対応するための開発を進めていく予定である。

参考文献

- (1) 鷲頭紀幸：商業部門における電力消費実測調査からの一考察，エネルギー経済研究所（1999）
- (2) 山下浩司，ほか：コンビニエンスストア向け冷凍・空調複合システム(第1報)，第16回環境工学総合シンポジウム2006，講演論文集，No.408，325～328（2006）
- (3) 建築設備技術者協会編：HASP/ACLD用全国25地区平均年標準気象データ
- (4) 田中航祐，ほか：コンビニエンスストア向け冷凍・空調複合システム(第2報)，第16回環境工学総合シンポジウム2006，講演論文集，No.409，329～332（2006）
- (5) 東京電力(株)ホームページ，
<http://www.tepco.co.jp/serviceinfo/index-j.html>

物流におけるCO₂削減活動(エコロジス)

林田一徳*

CO₂ Reduction Activity in Logistics (Economy & Ecology Logistics)

Kazunori Hayashida

要旨

三菱電機グループの物流部門は、エコロジス(エコノミー&エコロジーロジスティクス)活動を展開し、製品物流(輸送)で排出される二酸化炭素(CO₂)の排出量削減に向けて諸施策を実施している。主な施策としてモーダルシフト(トラック輸送から鉄道・船舶輸送への切り替え)や、輸送距離短縮・積載率向上等に取り組んでいる。鉄道輸送の導入に当たっては、物流品質、コスト、積載効率、また製品形状・高さなどの制約を受ける場合があるが、これら課題の解決を図りながら推進している。一方、グローバル化の急速な進展に伴い、国際物流も含めた物流への環境対応も不可欠であり、この分野においても新たな方式を見出して実施に至っている。

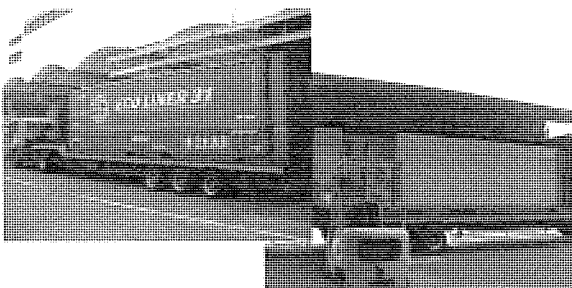
今後は、これまで推進してきた諸施策の水平展開と、創意工夫による新たな施策への積極的な試みを図るとともに、輸送におけるプロセスの見える化でムダを徹底排除することで、物流改善とCO₂削減を結び付けた活動を強化していく。

2006年4月に改正省エネ法(エネルギーの使用の合理化に関する法律)が施行され、輸送部門(荷主と輸送事業者)におけるCO₂排出量の把握とその削減が義務化された。環境に対する企業の社会的責任は一層重要性を増し、より具体的な行動が求められている。当社グループでは環境貢献企業として、“地球温暖化防止”(CO₂削減)、すなわち持続可能な社会づくりに向けて、積極的に取り組み、その責務を果たしていく。

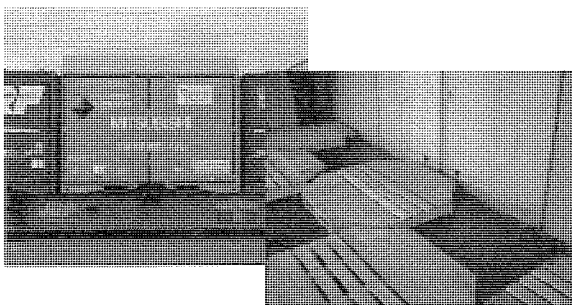
物流におけるCO₂削減活動(エコロジス)

<モーダルシフト(鉄道輸送)の推進>

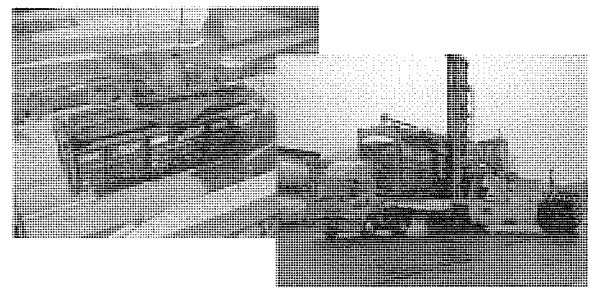
1. 31ftコンテナの利用



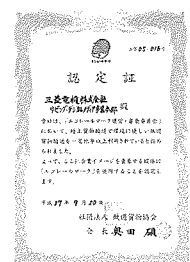
2. 積載量の確保・向上



3. 海上輸送と鉄道輸送の組み合わせ(輸入物流)



4. “エコレールマーク取組企業”認定



“エコロジス”活動

“エコロジス”活動とは、“Economy & Ecology Logistics”活動で、物流改善と環境負荷低減活動をリンクし、“コストミニмум環境対応型ロジスティクスシステム”の構築を目指すものである。

*本社

1. ま え が き

当社グループは、“すべての事業活動及び社員行動を通じて、これまで培った技術と今後開発する技術によって環境の保全と向上に努める”という環境基本理念のもと、1993年から具体的な活動目標をグループの環境計画として策定し、環境負荷低減・環境経営に取り組んでいる。

現在、2008年度を目標年度とする“第5次環境計画”を2006年4月からスタートしており、物流部門ではエコロジス（エコノミー&エコロジーロジスティクス）をスローガンに掲げて、製品輸送中に各輸送機関から排出され地球温暖化の要因とされる二酸化炭素（CO₂）の排出量削減に積極的に取り組んでいる。

ここでは物流におけるCO₂削減のために導入した諸施策と今後の取り組みについて述べる。

2. モーダルシフト(鉄道輸送)の推進

当社グループでは、トラック輸送から、最もCO₂排出量の少ない鉄道輸送(表1)への切り替えを中心に、三菱電機ロジスティクス㈱(以下“MDロジス”という。)と連携・推進している。鉄道輸送への切り替え上の課題である物流品質・コスト・積載効率等への対策、また海上輸送と鉄道輸送とを連結させた国際一貫輸送構築に取り組み、導入に至った事例を課題ごとに紹介する。

(1) 物流品質対策

鉄道輸送化に当たっては、レール固有の輸送振動や荷役時の衝撃による擦れ・荷崩れから、製品・包装の品質を確保することがポイントになる。パレット積載の場合はストレッチフィルムを巻くことによって製品の固定が可能のため物流品質が確保できる。しかし、積載効率を優先したばら積載においては、トラック(コンテナ)の進行方向奥に隙間(すきま)なく積み込み、後部面又は側面全体をラッシングベルトで固定したり、空間部へのエアバック挿入などで隙間をなくすことが、擦れ・荷崩れ防止対策の基本となる(図1)。

(2) コスト対策

トラックから切り替える際の条件として、コストが同等以下であることを目標としている。鉄道輸送のコストは、鉄道(レール)運賃と前後の集荷・配達(トラック輸送)運賃

で構成されている。各々の輸送において効率化を図ることから導入した事例について以下に述べる。

① 集荷輸送の効率化

産業メカトロニクス関連製品工場では、発駅が近距離(10km圏内)にある利点を生かして、MDロジスが専用の集荷用トラックを配備し、工場の出荷タイミングに合わせて効率良く発駅間を往復運行する体制を構築した。

② 他社帰りコンテナ便の活用

鉄道輸送は帰り便(コンテナ)を利用できれば、片道運行より割安に利用できる場合がある。通運事業者の協力を得て、帰り便の空状況を収集した結果、梅田から越谷貨物駅への空調機輸送などで導入することができた。

③ 定型契約の利用

毎日出荷物量が一定量以上確保できる場合は、JR貨物・通運事業者と定型契約(四半期単位で発送日、個数取り決めを固定契約)を交わすことで、都度利用での支払いに対して割安に利用できる場合がある。これを利用して家電品をはじめとする輸送量がほぼまとまった区間に適用している。

(3) 積載効率の確保対策

現行の輸送手段(トラック)と同等の積載量・効率を維持するため、以下の対策で解決を図った。

① “31ftコンテナ”の利用

鉄道輸送におけるコンテナは12ftコンテナが一般的だが、大型(10トン)トラックと12ftコンテナ3個(およそ大型トラックの積載容積相当)分とを比較した場合、後者は製品形状・大きさによって大型トラック同等の積載効率を維持できない。

そこで、大型トラック(ウイングタイプ)同等の積載量を確保できる31ftコンテナを利用することで、静岡から鳥栖貨物駅への空調・冷蔵庫輸送や、東京から梅田・鳥栖貨物駅への洗濯機輸送などで導入できた(図2)。

② “31ft背高コンテナ”の利用

当社製品は高さ2.1m以上になるものがあり、レギュラーサイズの31ftコンテナ(L:9.2m×W:2.3m×H:2.21m)では積載が困難なため、背高タイプ(L:9.2m×W:2.3m×

表1. 輸送手段別CO₂算出係数

輸送手段	CO ₂ 算出係数	鉄道を1としたときの排出倍数
トラック	176	8
鉄道(JR)	22	1
海上輸送	48	2
航空便	1,474	67

出典:「地球温暖化問題への国内対策に関する関係審議会合同会議資料」及び国土交通省「運輸関係エネルギー要覧」平成11年版



図1. 鉄道輸送化例(物流品質確保)

H:2.36m)を利用することで解決を図った。同コンテナ利用によって、業務用大型空調機、温水器輸送など背高品を扱う出荷に導入した。

(4) 製品・梱包形状を考慮した導入例

製品や梱包形状に合わせた新規コンテナの導入や、梱包の形状を生かして導入した事例を紹介する。

① 内寸高約2.6mまで積載可能なコンテナの開発・導入

製品梱包高さ2.4mの遠隔画像システムは、トンネルの輸送限界を考慮し、天面が台形上のコンテナを協力会社他と検討・新規製作し、大阪から郡山貨物駅間輸送に導入した(図3)。

② 梱包形状(八角形パレット)を生かした導入例

荷台への効率良い配置によって積載効率を確保した例としては、相模原から岡山貨物駅への電子部品材料等の輸送がある。同工場の製品梱包・荷役には、1,300mm×1,300mmの八角形の特殊パレットを使用しており、従来12ftコンテナへの積載は平面で2パレット、20ftコンテナへは4パレットが限界であった。そこで八角の角部分を合わせて積載することで各コンテナへの積載を各々1パレット分増やすことができ、積載効率を確保して導入することができた(図4)。

(5) 中国-日本間の“フラットトラックによる12フィートコンテナ国際一貫輸送システム”の構築

合弁会社(中国・上海)から国内配送センターへの完成品輸入物流は、JR貨物の12ftコンテナ3個を“フラットトラック”と組み合わせ、40ftコンテナとして中国から海上輸送し、日本に陸揚げ後は貨物駅で12ftコンテナに分けて、消

費地近くの各配送センターへ鉄道輸送をしている。

海上輸送と鉄道輸送をスムーズに連結させることによって、海外と国内各地で一貫した多頻度小ロット輸送を実現し、物流におけるコスト削減とCO₂排出量削減を両立させることができた(図5)。

(6) “エコレールマーク取組企業”等の認定

(社)鉄道貨物協会は、500km以上の陸上輸送(鉄道+トラック)に占める鉄道輸送の割合が15%以上の企業又は部門に“エコレールマーク取組企業”の認定をしている。当社リビングデジタルメディア事業本部は、第3回の審議で認定を受けた(図6)。

3. モーダルシフト以外の諸施策

(1) 輸入品の国内消費地最寄り港揚げ

海外で生産した家電製品は、消費地(配送センター)最寄り港で陸揚げすることで国内トラック輸送距離を短縮している。

(2) 積載率向上によるトラック台数の削減

トラックの積載率を向上させるため、以下の施策なども

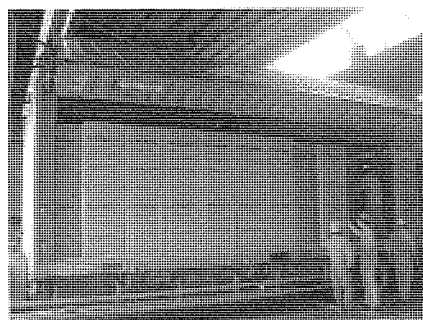


図2. 鉄道輸送化例(31ftコンテナ輸送)



図3. 鉄道輸送化例(超背高コンテナ輸送)

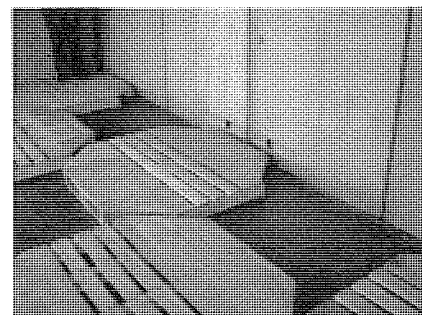


図4. 鉄道輸送化例(梱包形状活用例)

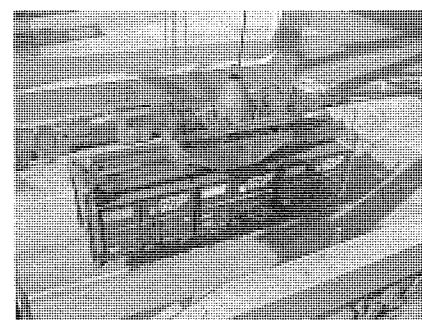


図5. 国際一貫輸送例



図6. エコレールマーク取組企業認定

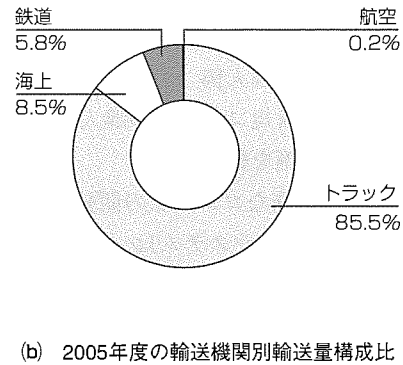
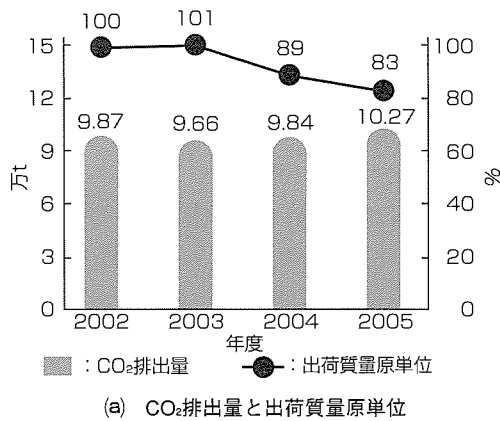


図7. CO₂排出量と出荷質量原単位及び2005年度の輸送機関別輸送量構成比

検討又は実施中である。

- ① 複数か所積み・複数か所卸し化推進
- ② トラック荷台寸法を考慮した製品・梱包の開発推進
- ③ 工場在庫出荷品の配送センター中継配送化^(注1)
- (3) 出荷物量に応じた輸送手段の選択

MDロジスが開発した主要拠点間での往復運行便の利用や、路線業者が共同で展開中のロールボックス便(ボックス単位で時間指定可。物量や条件によってはトラック貸切便よりも割安)など出荷条件に応じた新たな輸送手段を使い分ける試みも始めている。

- (4) 航空便輸送の抑制

4. CO₂排出量実績と輸送機関別輸送量構成

2005年度は“出荷物量原単位で2002年度比20%削減”に対して、当社グループ全体では17%削減(CO₂総排出量10.27万t-CO₂)となった。

総輸送量に占めるモーダルシフト(鉄道輸送+船舶輸送)の構成比は14.3%で、2002年度比で5%の増加である。

このうち鉄道輸送の割合は5.8%(輸送量トンキロベース)である(図7)。

当社(単独)実績では23%削減(CO₂総排出量7.6万t-CO₂)で目標を達成した。総輸送量に占めるモーダルシフトの構成比は16%で、2002年度比で4%の増加である。このうち鉄道輸送の割合6.1%(輸送量トンキロベース)である。

(注1) 従来路線便で配達していた顧客向け工場在庫出荷品の配達を、配送センター向け在庫補給用貸切便に混載し、配送センターで仕分け・配達する運用の推進。

5. 今後の取り組み

2008年度を目標年度とする当社グループの“第5次環境計画”エコロジス活動において、製品物流でのCO₂削減目標は2002年度比2008年度までに30%削減(出荷物量原単位)と高く掲げた。これまで推進してきた諸施策の水平展開と、創意工夫による新たな施策への積極的試みを図り目標達成に向けて取り組む。最も有効な施策である鉄道輸送の拡大は、これまでの長距離区間(500km以上)への適用に加え、コスト的に困難とされる中距離区間(500km以下)への適用検討が必要になる。実現に向けては、集荷・配達部分の効率化をいかに図っていくかがポイントとなる。

今後の取り組みに当たっては、トラック輸送も含めて“必要なものを、必要とされるときに、必要な量のみ運ぶ”というJIT(ジャストインタイム)の精神・原点に立ち返り、輸送プロセスの見える化とムダ排除を徹底することで、物流改善とCO₂削減を結び付けた活動を強化していく。

6. むすび

2006年4月に改正省エネ法が施行され、輸送部門(荷主と輸送事業者)におけるCO₂排出量の把握とその削減活動が義務化された。環境に対する企業の社会的責任は一層重要性を増し、より具体的な行動が求められている。当社グループでは環境貢献企業としてその責務を果たすため、グループの総力を挙げて“地球温暖化防止”(CO₂削減)、すなわち持続可能な社会づくりに向けて、積極的に取り組んでいく所存である。

三菱電機グループの化学物質管理

宇佐美 亮*
河嶋康夫**

Chemical Substances Management in Mitsubishi Electric Group

Ryo Usami, Yasuo Kawashima

要 旨

三菱電機グループは第4次環境計画(2003~2005年度)において、製品含有化学物質規制への取り組みとして欧州RoHS(the Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment)規制への取り組みを進めてきた。現在推進中の第5次環境計画(2006~2008年度)では対象となる規制が増え、対応を強化している。

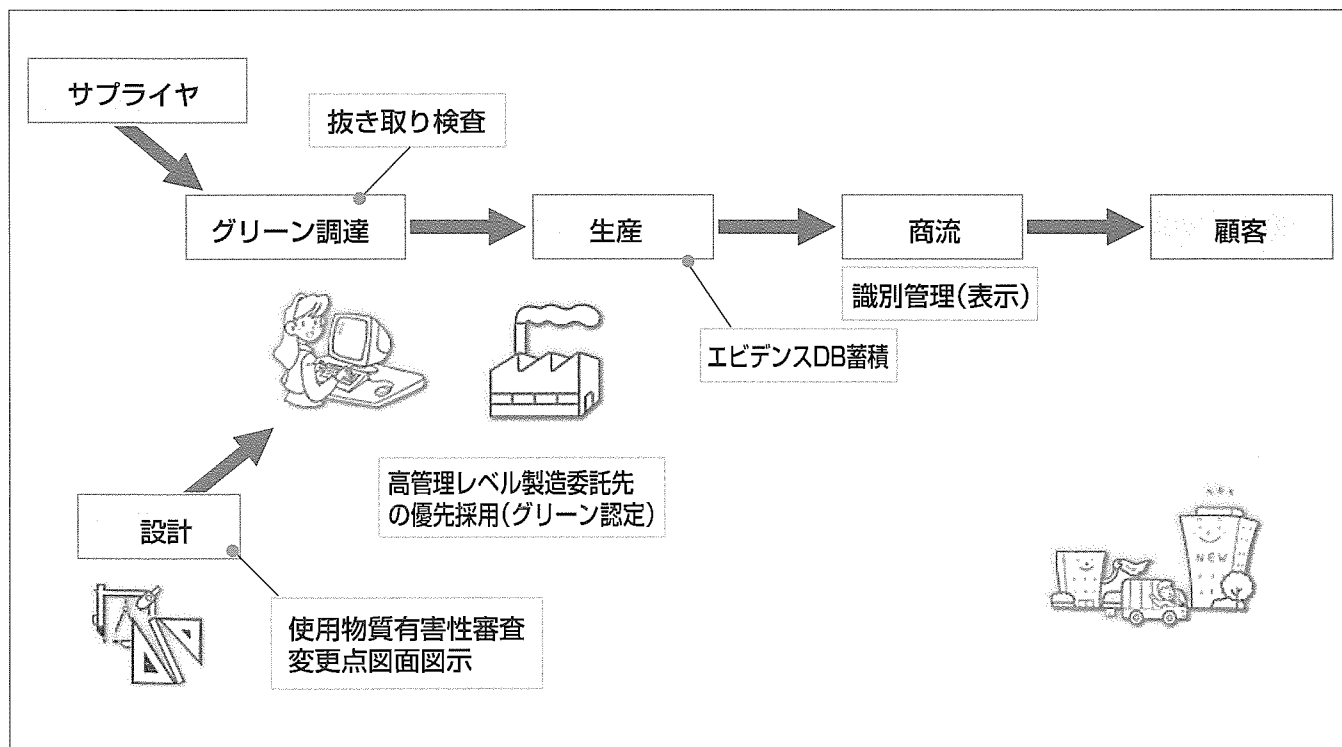
2006年7月1日に施行された欧州RoHS規制を契機に、日本、中国、米国カリフォルニア州、韓国など世界規模で電気電子製品に対する製品含有化学物質規制の制定や制定準備が進んでいる。欧州RoHS規制は見直しを開始され、2007年3月1日に中国で施行された電子情報製品の汚染予防管理方法(以下“中国RoHS”という。)は、詳細が未定であるなど、世界中がこれらの動向に注目している。企業はこ

のような状況変化に迅速かつ的確に対応し、遵法を確実にする仕組みを構築し続ける必要がある。

当社は、遵法徹底と同時に、遵法の範囲を超えた環境保全のための自主努力も推進している。そしてサプライチェーンを含む全生産プロセスでの管理活動を推進している。“グリーン調達”についてはこの号の別論文で述べ、本稿では

- 欧州RoHS規制及び中国RoHS規制
- RoHS規制に対する当社の取り組み
- RoHS規制に対する事業所での取り組み

を中心に述べる。具体的には、RoHS規制対象6物質の不
使用保証書のようなサプライヤからの提出データの信頼性
確保、グループ内部での混入リスク防止、グループ内部で
の自力での分析力向上などについて述べる。



製品にかかわる化学物質管理の取り組み

当社の考えるサプライチェーン全体にわたる化学物質管理のイメージを示す。必要に応じて調達品の抜き取り検査を行い、化学物質情報の確実性を担保する。生産過程においてエビデンスを確保し、商流に乗った製品について識別管理を徹底して情報の劣化を防止する。設計部門においても化学物質情報を確実に追える仕組みを運用し、設計・調達・生産・販売の全部門にわたって製品含有化学物質管理の徹底を図る。

*本社 **先端技術総合研究所

1. ま え が き

環境問題はかつて1970年代に問題となった公害への注視から大幅にその性格を変え、現在では地球温暖化に代表される地球全体での環境問題として認識されている。中でも欧州RoHS指令に代表される製品含有化学物質への規制は、電気電子製品を考える際に従来あった性能・省エネルギー・デザイン・コストなどの観点以外に、含有物質という観点を新たに要求するという点で、環境問題を新たな局面に導くものと言える。

当社では、資材・設計・生産部門から営業まですべての部門による国を超えたボーダレスな対応によって製品含有の化学物質管理を進めており、RoHS規制6物質^(注1)削減への取り組みを行っている。本稿ではその概要について述べる。

2. 化学物質管理の動向

2003年2月13日に欧州RoHS指令が発効し、2006年7月1日以降、EU加盟国に上市される電気電子製品は規制6物質の使用が原則禁止されている。これを契機として、例えば中国では電子情報製品の汚染予防管理方法(中国RoHS)が策定され、カリフォルニア州、タイ、韓国等においても同様の規制が行われる。日本においても2006年7月1日から、家電7品目^(注2)についてJIS C 0950に準拠した含有表示が義務付けられている。このように、電気電子製品については含有物質を考慮して設計・製造・販売を行うことが世界的な趨勢(すうせい)となっている。

3. RoHS規制

3.1 欧州RoHS指令

3.1.1 法的要求事項

上述のようにEU加盟国に上市される電気電子製品のうち、WEEE(Waste Electrical and Electronic Equipment)指令の定める医療用機器と監視及び制御機器以外のカテゴリーに属する製品は、規制6物質の使用が原則禁止されている。欧州RoHS指令には適用除外項目があり、技術的に実現可能な代替案が存在しない場合に欧州委員会が適用除外を認める場合がある。2007年1月時点では29品目の適用除外項目が認められている。ただし適用除外項目は4年ごとに見直されることが規定されており、現在の欧州委員会の動向から、適用除外項目が削減される可能性がある。したがって規制6物質の使用を禁止される対象製品は、今後さ

(注1) 鉛、水銀、カドミウム、六価クロム、臭素系難燃剤(ポリ臭化ビフェニル(PBB)、ポリ臭化ジフェニルエーテル(PBDE))

(注2) パソコン、エアコン、テレビ、冷蔵庫、洗濯機、電子レンジ、衣類乾燥器

らに増えることが予想されている。

3.1.2 欧州での状況

RoHS指令はEUの単一市場達成を目的として欧州連合条約第95条が選択されている。欧州連合条約第95条が選択された場合はEU指令よりも厳しい国内法は制定できないため、EU加盟各国は、RoHS指令をそのまま各国法に制定して施行することとされている。

RoHS指令の域内での均一な施行のため、英国貿易産業省を中心としたRoHS執行当局非公式ネットワークによって2006年5月にRoHS執行ガイダンスが作成された。これは法的拘束力のない文書ではあるが、各国がRoHS法を施行する際に大きな齟齬(そご)なく参照するものと英国のコンサルタントなどは考えている。

RoHS執行ガイダンスにはRoHSコンプライアンスの評価手順と必要な技術文書、サンプリングとテスト方法について解説している。RoHS執行ガイダンスでは無罪推定(presumption of innocence)が前提とされ、製造業者による自己証明に基づいて製品が遵守していると見なされる。

3.2 中国RoHS

3.2.1 法的要求事項

中国情報産業部は2006年2月28日に電子情報製品の汚染予防管理方法(以下“法”という。)を公表した。この法は2007年3月1日から施行された。欧州RoHSと同様に中国RoHSもまた、電子情報製品廃棄物による環境汚染を抑制及び削減するために制定されたものである。

中国RoHSは欧州RoHSと異なり、下記2段階方式で施行される。

(第1段階)“電子情報製品分類注釈”に記載された製品について、規制6物質の名称、含有量、含有部品及び回収利用できるかどうか、などを表示する。

(第2段階)“電子情報製品分類注釈”に記載された製品の中から選ばれて新たに“重点管理目録”に記載された製品について、CCC(China Compulsory Certification)認証方式により6物質の含有を規制する。

3.2.2 中国当局の策定状況

中国RoHS対象製品を製造するメーカーが遵法を進めるために必要な規定類を表1に記す。

中国RoHSでは情報産業部がFAQ(46問答及び54問答)を公表し、これによって対象製品や法の解釈などが明確化されている。中国当局が策定中の規定類としては環境保護使用期限を決定するためのガイドラインを残すのみであり、本稿の執筆時点では白紙とされている。

第2段階での施行対象となる重点管理目録の内容については、本稿の執筆時点では白紙とされている。

表 1. 中国RoHS遵法に必要な規定類

用途	名称
法	電子情報製品の汚染予防管理方法
対象製品の選定	電子情報製品分類注釈
法の解釈	FAQ：46問答及び54問答
製品/説明書への表示	電子情報製品中の有毒有害物質の限度量に関する要求(SJ/T 11363-2006)
	電子情報製品汚染防止標識要求(SJ/T 11364-2006)
	電子情報製品中の有毒有害物質の検査測定方法(SJ/T 11365-2006)
	電子情報製品の環境保護使用期限通則
梱包材の材質表示	梱包リサイクル標識(GB18455-2001)
	プラスチック包装製品リサイクルマーク(GB/T 16288-1996)
製造年月日の表示	産品質量法
	製品標識表示規定

4. 当社の取り組み

4.1 化学物質含有情報管理

当社では欧州RoHSに関しては欧州委員会発行ガイドライン(2005年5月)に、また中国RoHSに関しては電子情報製品中の有毒有害物質の限度量に関する要求(SJ/T 11363-2006)にそれぞれ基づき、均質材料ベースで化学物質含有情報を調査・管理している。規制6物質の含有情報調査はグリーン調達取り組みの仕組みの中で実施しており、化学物質含有情報の入手と不使用保証書及び根拠データの入手を基本として、管理文書の整備と記録を行っている。

やむを得ず6物質の不使用保証書を入手できない場合や根拠となるデータを入手できない場合は、社内の各事業所で分析を行って対応している。その際に、より正確な分析をより効率よく行うこと、及び社内の異なる事業所間でデータの齟齬が起きないように、各事業所からの構成メンバーからなる“分析ワーキング”を運営し、三菱電機グループ全体での分析技術向上を進めている。

具体的には蛍光X線で1次スクリーニングを行い、規制6物質を含有する可能性がある場合にはさらに詳細な分析を行う。従来法では分析の困難だった6価クロムとPBB、PBDEについては当社が独自に開発した一滴抽出法⁽¹⁾によって短時間かつ安価に分析することが可能である。一滴抽出法とは図1に示すように、含有物質を少量の溶剤によって抽出し、これを基板上で乾燥、濃縮させて作製した試料をTOF-SIMS(Time of Flight-Secondary Ion Mass Spectrometry：飛行時間型二次イオン分析)によって高質量分解能、高感度測定する分析手法であり、従来法と比較して分析時間を大幅に短縮することができるという特長がある。

4.2 事業所での取り組み

当社では一部例外を除いて、環境リスクとなるRoHS規制6物質を当社製品から原則使用廃止としている。規制6物質を含有する調達品が調達・在庫管理・製造などの過程において製品に混入するリスクを回避する体制を整備するために以下の対策を進めた⁽²⁾。

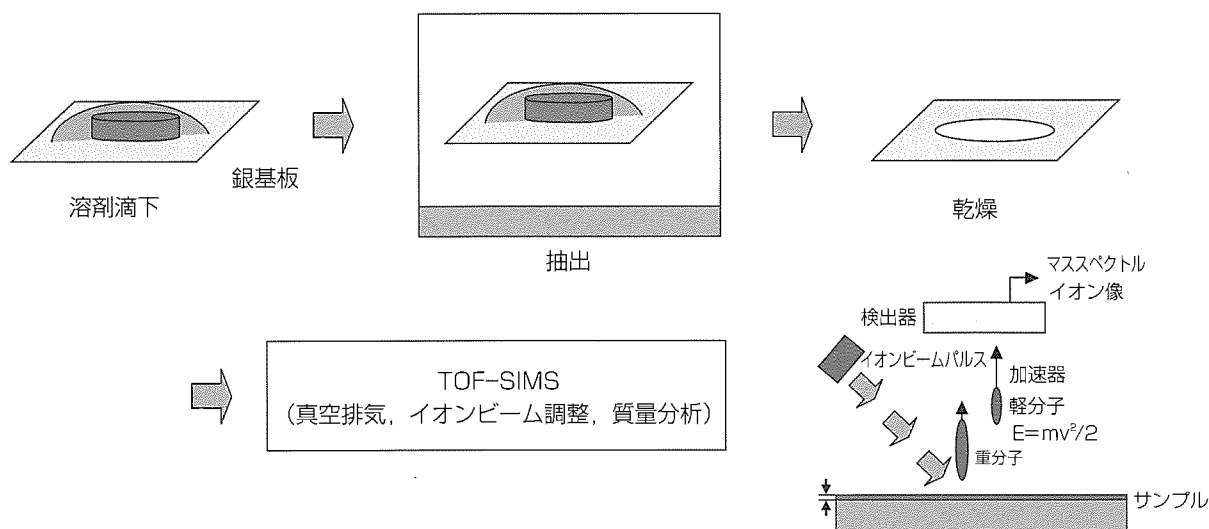


図 1. 一滴抽出法の分析フロー

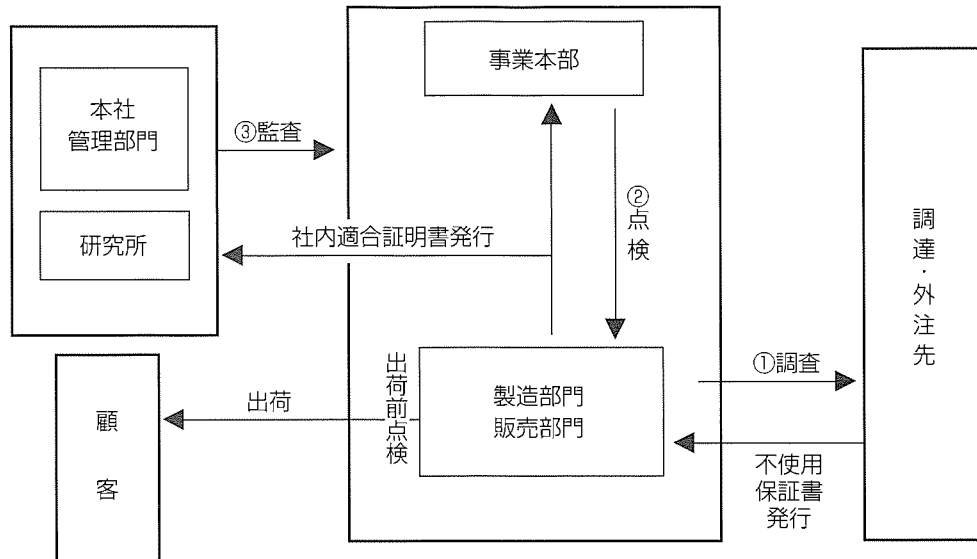


図2. RoHS対応のための全社リスク対策体制

- 製造部門を主体とする従来の管理体制に、販売部門、事業本部、本社管理部門によるチェック構造を加えた3重の体制とし、漏れのない全社リスク対策体制を構築。
- 輸出先の入国管理検査を想定した出荷前点検や緊急点検の実施、また製作所責任者が発行する社内適合証明書による責任の明確化など、“出荷までのハードル”設定によるチェック体制の整備。
- 混入リスク回避のため、営業・設計・品質・管理の各部門が携わる活動において、製品出荷までの工程を調達・設計・製造・出荷の4段階に分類し、各段階においてそれぞれチェック項目を体系的に整備。

これらを反映して構築した全社リスク対策体制を図2に示す。図において①調達・外注先への調査、②事業本部からの点検、③本社部門からの監査、の3重のリスク対策体制を図示している。

5. む す び

当社グループでは化学物質管理を製造業として喫緊の課

題としてとらえており、中でも本稿で述べたRoHS対応などの製品に直接かかわる化学物質管理には重点課題として取り組んでいる。

RoHSへの取り組み自体は順調に進展しているとはいえ、製品含有化学物質に関する規制はRoHSばかりではない。三菱電機グループの“環境基本理念”と“環境行動方針”に基づき、まもなく欧州において始まるREACH(Registration Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals)など他の規制とも整合の取れた取り組みを進めていき、企業の活動としてさらなる環境への負荷低減を図ってきたい。

参 考 文 献

- (1) 三菱電機ニュースリリース
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2004/0315.htm>
- (2) 三菱電機ニュースリリース
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2005/0720.htm>

三菱電機のサプライチェーンにおける 製品含有化学物質の情報管理とグリーン認定

樋熊弘子*

Mitsubishi Electric Company's Information Management of Chemical Substances Contained in Products in Supply Chain and Green Accreditation

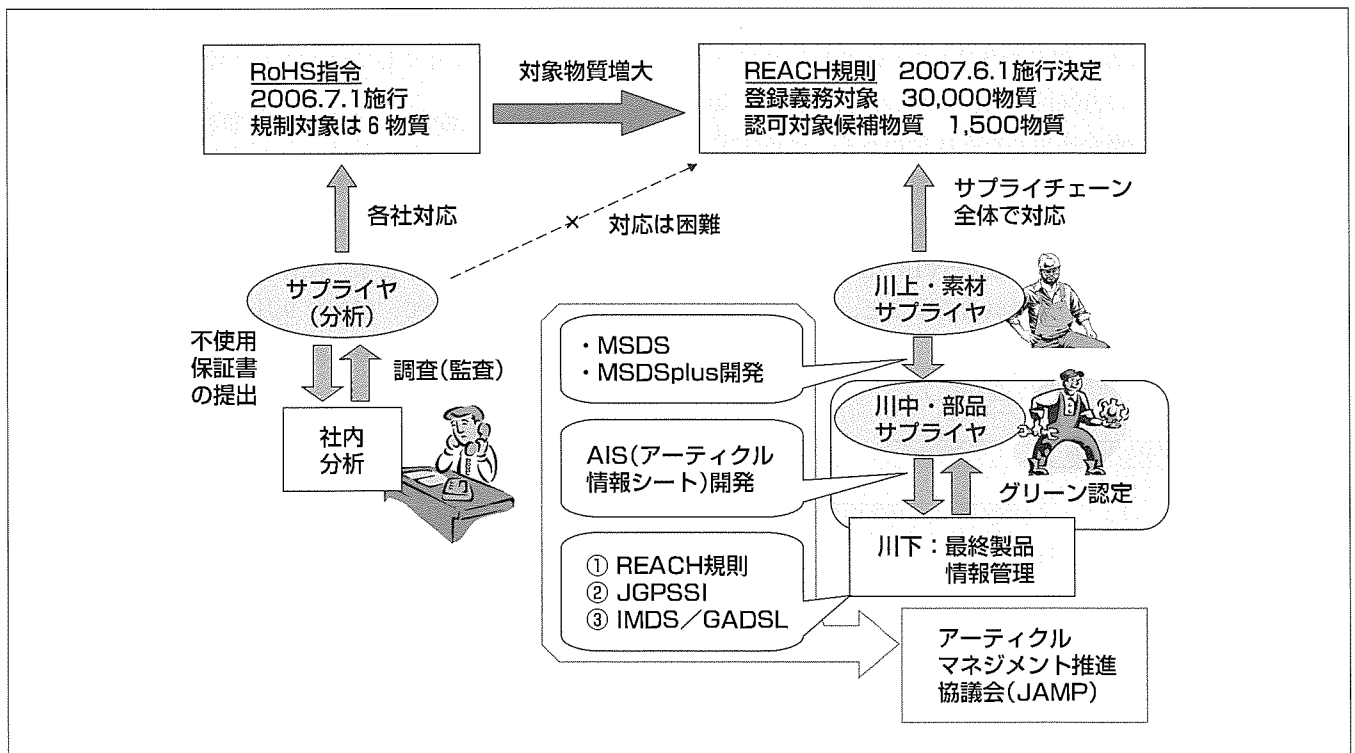
Hiroko Higuma

要旨

2007年6月より欧州でREACH(Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals)規則が施行される。REACHでは、化学物質の登録・評価義務を化学産業と川下ユーザーに課しており、登録対象物質は約3万種ある。さらに、危険・有害性リスクに関する高懸念物質(SVHC)を0.1重量%以上含有する製品については、化学品庁への届出や受給者への情報提供が製造者・輸入者に義務付けられる。電気・電子機器中の約1,500種といわれるSVHCの含有把握において、RoHS(the Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment)のような分析対応は不可能で、別の情報管理が必要になった。そこで、サプライチェーンの全製品生産者が受給者に含有化学物質情報を順次伝達していく情報管理で製品含有化学物質の含有を把握する仕組み作りと普及活動を目的とするアーティクル推進協議会

(Japan Article Management Promotion consortium : JAMP)が、民間企業の自主的参加で昨年9月に発足した。REACHだけでなく業界で使われている含有物質調査様式(電気電子はJGPSSI(Japan Green Procurement Survey Standardization Initiative)、自動車はIMDS(International Material Data System)等)にも配慮し、素材情報を記載するMSDSplusや部品に関するAIS(アーティクル情報伝達シート)を開発・提供し、川上の素材情報を川下まで途切れさせない仕組み作りを推進している。当社も当協会の発足からかわり、この仕組みを当社及び管理の必要なグループ会社に取り込んでいく。

一方、サプライヤ情報依存の資材管理を進める上のリスク回避のため、三菱電機グループ“グリーン認定”を実施し、認定したサプライヤから優先取引を行うことで、製品含有化学物質の確実な管理を目指す。



化学物質規制と製品含有化学物質情報管理の仕組み

REACHでは含有把握が必要な化学物質の数がRoHSよりはるかに多く、RoHSと同じ方法では把握できない。アーティクルマネジメント推進協議会では、サプライチェーンの川上から川下に製品含有化学物質情報を順次流して含有化学物質を把握する仕組み作りと、REACH及び川下業界採用の含有物質調査様式に対応する2つの情報シートの開発と普及を推進している。

*本社

1. ま え が き

欧州で2007年6月よりREACH規則が施行されることが決定した。REACH規則は化学品ばかりでなく電気電子機器であっても欧州域内の製造者、輸入者に登録や、届出、情報提供等を義務付けており産業界全体に少なからず影響を与えるものである。対象物質は約3万種で、高懸念物質(SVHC)約1,500種を含有する製品については含有物質等の情報を消費者にも提供することが義務付けられた。

本稿では、上記REACH規則で求められていること、これに対し業界及び当社で取り組み始めている製品含有化学物質の情報管理について述べる。

2. REACH規則で求められる製品含有化学物質管理

2.1 REACH規則遵守の第一課題

規則は、指令とは異なり各国法の制定は不要で、発効と同時に全EU加盟国において適用される厳しいもので、“Registration (登録), Evaluation (評価), Authorization (認可) and Restriction (制限) of Chemicals (化学品)”の頭文字をとってREACHと名づけられた⁽¹⁾。図1に、主なREACH義務のフローチャートを示す。図の左側のフローに示すように、物質、調剤のうち既存化学物質と、新規化学物質が登録・評価の対象となり、特定の危険有害性物質については原則使用禁止で用途ごとに認可制となるか、制限されることになる。また、成型品(アークティクル:機能をもつ形のあるもの、部品や機器)についても、プリンターのインクのように意図的に放出される物質は物質・調剤と同様に登録・評価が必要となる場合がある。既存化学物質については予備登録すると猶予期間が与えられる。ただし、予備登録期間は2008年6月から始まり6か月間の短期間となっている。また、成型品がSVHC(Substances of Very High Concern)を0.1重量%含有すると、その物質の

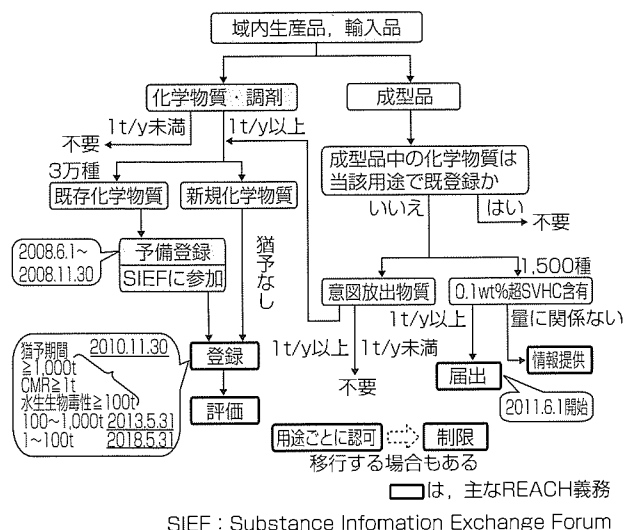


図1. REACH義務に関するフローチャート

上市量が年間1トンを超えると届出が必要となり、上市量には関係なく“最低限物質名と安全に使用できる十分な情報”を受給者・消費者に提供する義務がある。消費者からの要求には45日以内に応じなければならない。なお、SVHCリストは2009年6月1日までに公表され、CMR(発癌性、突然変異性、生殖毒性)物質、PBT(難分解性、生体蓄積性、毒性)物質、vPvB(極めて難分解性、生体蓄積性の高い物質)などが対象となる。当社グループとしても、SVHCの含有の有無を把握することがREACHの共通の第一課題である。

2.2 REACH規則遵守の第二課題

図2に欧州域内、域外のREACH関係者と要件について示す。欧州の販社は輸入に当たりSVHCの含有の有無を欧州域外の製造場所に確認をとることになる。製造場所ではサプライヤからの含有情報を入手しようとするが、サプライヤに直接欧州輸出がある場合は、比較的情報は入りやすい。しかし、サプライヤに欧州輸出がない場合は、REACH遵守の義務はなく、REACH情報が得られない可能性がある。一方、欧州の生産拠点では、生産に使う塗料など輸入する調剤には登録、生産する製品には届出の義務を負う可能性がある。

このように、含有情報が添付されない製品は輸入できない、含有情報が添付されない資材は使えなくなるなど、REACHは、欧州域内・域外にかかわらず当社グループ全体に影響を及ぼす。グループ全体で製品含有化学物質を把握し提供できるようにしていかななくてはならない。

3. REACHに向けた製品含有化学物質の情報管理

3.1 アークティクル推進協議会(JAMP)の活動

アークティクル推進協議会(JAMP)は、90の化学、電気、電子、及び自動車等の企業、団体(2007年3月2日現在)が任意参加する協議会で、2006年9月に発足した。サプライチェーンにおける製品含有化学物質の適切な管理及び円滑な情報の開示を促進することを目的として活動している⁽²⁾。当社は、JAMPの発起人として発足からこの活動に参加し

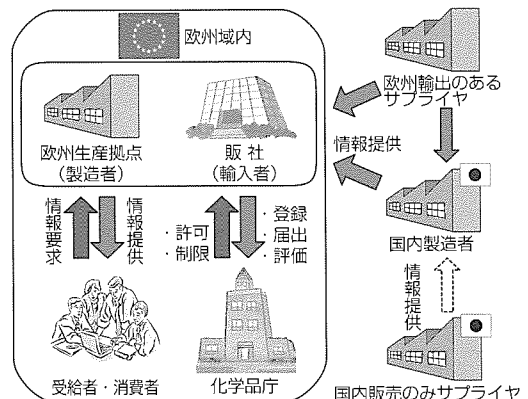


図2. 欧州域内、域外のREACH関係者と要件

協力している。

図3にサプライチェーンにおける含有化学物質の情報管理の仕組みを示す。はじめに既存の情報シート、業界の調査様式を説明する。サプライチェーン川上の素材メーカーは、化学物質、その性状及び取扱いに関する情報をMSDS (Material Safety Data Sheet) で提供している。一方、川下側には、電機電子業界のグリーン調達調査共通化協議会 (JGPSSI) の含有物質調査シート、及びIMDSという自動車部品の材料及び含有物質情報収集システムが普及している。JGPSSI様式は、製品設計工程で使われる部品表に組み込んで部品情報として活用されており、調査対象物質は24物質群からなる。また、IMDSは、GADSL (Global Automotive Declarable Substance List) という環境負荷物質リストを採用している。GADSLは、2007年の改訂で94の物質及び物質群となる予定である。日本自動車工業会 (JAMA) は、GADSLの物質に対応する調査様式に対応するExcel形式のJAMAシートを提供している。

JAMPでは、先に述べた既存の調査様式やシステムを尊重し、しかもREACHに対応できる二つの情報シートの開発を進めている。その一つは、素材メーカー向け情報シートでMSDSplus (2007年6月に公開予定) があり、MSDSには記載項目のない、JGPSSI、GADSLやSVHCの含有情報を記入できる。もう一つは、部品メーカー向けの情報シートでAIS (アークティクル情報シート。2007年9月に公開予定) があり、部品に含有される化学物質情報を伝えるためのものである。

このような、川上から川下の各工程に対応した情報シートを産業横断的に共通化・普及することで以下の効果が期

待できる。

- ① 含有物質の種類は制限されない。
- ② 川上サプライヤが想定していなくても川下ユーザーが必要とする情報が伝達される。
- ③ 分析にかけていた費用が削減され販売価格が下がる。
- ④ 分析ができず情報が出せなかった会社からでも、情報を流してもらえらる可能性がある。
- ⑤ 様式の共通化でサプライヤの労務が大幅に軽減し、販売価格も下がる。

①、②よりREACH対応ができ、しかも③～⑤よりサプライヤにとってもメリットがあることが分かる。

3.2 三菱電機の取り組み

当社はグループ企業を含めると合金から、半導体、電子部品、車関連部品、家電製品まで製造しており、サプライチェーンの川上から川下まで包含する。先に述べたJAMPの仕組みを丸ごとグループに取り入れていく。素材はMSDSplus、デバイス・部品部門にはAISを作成し伝達する仕組みを作る。最終製品を製造部門ではAISの受け取りとDB登録、AISのDBを製品ごとのDBに変換、欧州販社や、顧客への情報提供対応準備を進めていく。

海外調達部品の情報入手が困難という課題に対しては、当社サプライヤを逆流してJAMPの仕組みの普及活動を進めていく。

4. グリーン認定で確実にする化学物質規制への対応

4.1 グリーン認定の考え方

当社では、欧州RoHS指令施行を機に、製品に含有される化学物質規制に確実に対応するために、“グリーン認定”

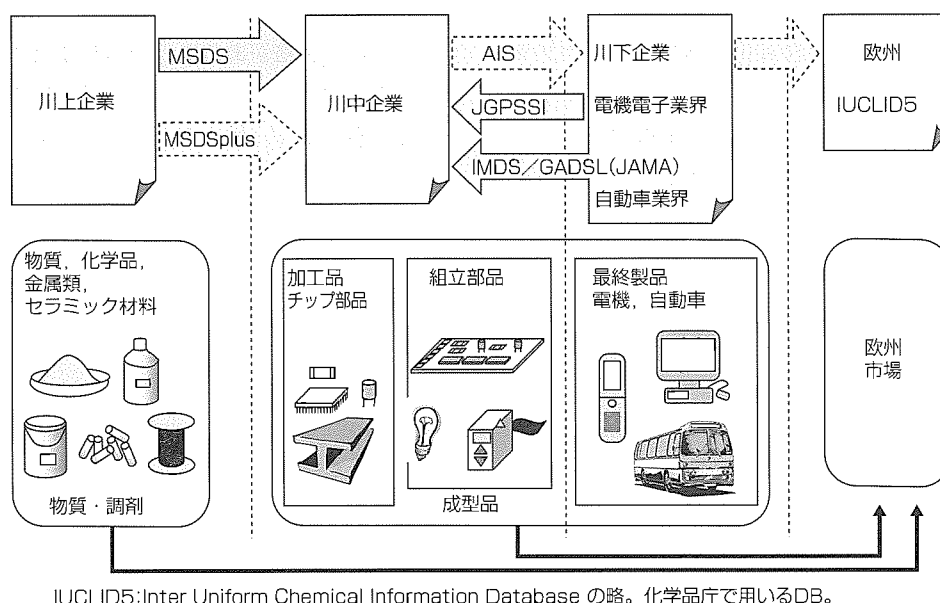


図3. サプライチェーンにおける含有化学物質の情報管理の仕組み

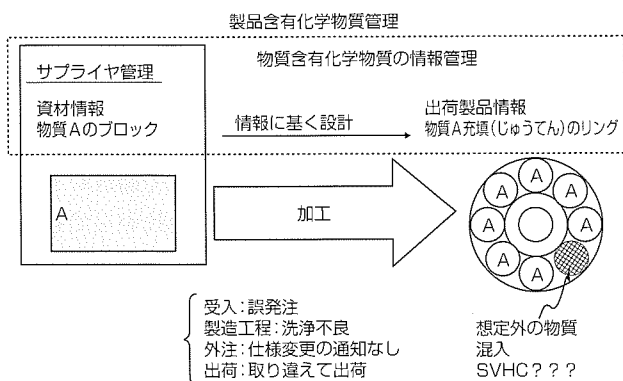


図4. 製品含有化学物質管理の領域

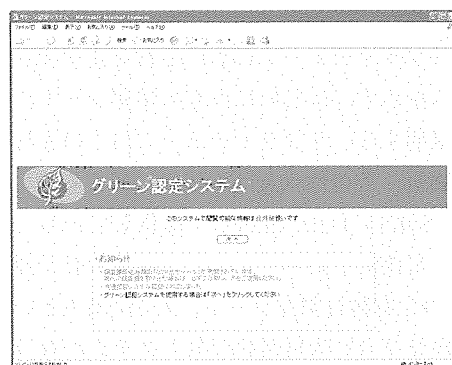


図5. グリーン認定システムのトップページ

を開始した。優良サプライヤから優先的に調達することで、化学物質規制への対応を確実にする。グリーン認定基準には、次の3つがある⁽³⁾。

- ① ライフサイクルに配慮し環境負荷の低減に取り組んでいる。
- ② 製品含有化学物質管理ガイドライン⁽⁴⁾に基づき調達、製造工程、出荷までの製品含有化学物質の管理ができていない。
- ③ 当社グループから各国化学物質規制への対応を依頼している場合、不使用保証書等の遵法対策書類の提出に協力していることを不可欠条件としている。

特に②の製品含有化学物質管理は、確度の高い情報を流す情報管理においても重要である。図4に製品含有化学物質管理の領域を示す。製品含有化学物質の情報管理は、サプライヤから情報(IN情報)をもらい、出荷時に製品に情報(OUT情報)をつけて出すまでで、製品含有化学物質管理の一部である。INからOUT間の例えば製造工程管理ができていないと計算上で出されるOUT情報は実際の組成物とずれを生じる。さらに、製品含有化学物質管理がサプライチェーン全体でつながっていなければ、川下メーカーは3章で述べた情報伝達で確かな含有物質の把握はできない。このため、グリーン認定では、製品含有化学物質管理の基準の一つとしている。

4.2 グリーン認定システム

グリーン認定システムは、グループ内で活用し、グリーン認定を推進できるよう社内Web上に公開し運用している。図5に、グリーン認定システムのトップページを示す。グリーン認定システムは、主に、①調査表のDB化、②採点、認定書・是正依頼書の発行及びサプライヤへのメール送信の自動化、③認定結果の検索・閲覧、④認定進捗状況の表示などの機能を備えている。

このシステムを立ち上げたことで、どういうレベルのサ

プライヤと取引しているか、事業所ごと、事業本部ごとのグリーン認定への取り組み状況がすぐに見られるようになった。今後は、当社の生産活動に使役しているにもかかわらず非認定となったサプライヤを今後も確保するために、講習会等でレベル向上を図り、相互に有益な関係を築く。また、製品設計前にグリーン認定データベース中のサプライヤの認定状況を確認し、部品採用に問題がないかを設計者に判断させることで、遵法徹底用にグリーン認定をツール化して有効活用させていく。

5. むすび

2002年の世界首脳会議(WSSD)の目標“2020年迄に化学物質の製造と使用による人の健康と環境への悪影響を最小化する”に向かって、REACHは登場し、世界、国内にも規制が連鎖する動きが見られる。製品含有化学物質の情報管理の基盤をしっかりと築くことは、当社ビジネスの強化、拡大につながると確信する。

最後に、REACH規則には安全な物質への代替化計画の提出という義務があることを付け加えたい。使えなくなる化学物質は確実に増加し、代替技術の開発競争は激しくなるであろうから、備えを万全にしたい。

参考文献

- (1) REGULATION(EC)No.1907/2006 of THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 17 December 2006.
- (2) JAMPのHP
<http://www.jamp-info.com/index.html>
- (3) 三菱電機グループグリーン調達基準書, 6 (2007)
- (4) 編著みずほ総研(株), 監修グリーン調達調査共通化協議会, 製品含有化学物質管理の手引き[第1版] (2006)

マイクロバブルによる低環境負荷・低コスト洗浄技術

宮本 誠* 広辻淳二*
 上山智嗣**
 樋野本宣秀***

Non-chemical Cleaning Technology by Utilizing Microbubble

Makoto Miyamoto, Satoshi Ueyama, Nobuhide Hinomoto, Junji Hirotsuji

要 旨

地球の温暖化を肌で感じるようになった現在、全世界的な温暖化防止への取り組みが求められている。エレクトロニクス分野での洗浄工程における大量の溶剤消費の削減は、地球温暖化や大気汚染、水質汚濁などの観点から長年の大きな課題である。

当社はその抜本的解決を目的として、マイクロバブルといわれる数10 μ m程度の微細な気泡を用いた溶剤レスの洗浄プロセス技術・装置を開発し、世界で初めて実用化した。

エレクトロニクス分野の製造工程での大量・短時間処理に適応するため、環境にやさしく安全な気泡合一防止剤の

開発によって高密度マイクロバブルを実現し、その多大な表面積に基づく高い洗浄能力と分離能力を特長とする新たなリサイクル型洗浄方法である。

本洗浄方法はすでに三菱電機の複数工場で使用されており、大幅な環境負荷低減が可能なこと、またランニングコストも10分の1以下になるなど大きな成果を得ている。その代替効果の高さから、将来的にはスタンダードな環境配慮型洗浄方法として全業界規模で広がり、地球環境に対する大いなる貢献が強く期待される。

マイクロバブルの洗浄原理

油水分離
 水の再生
 油汚れの洗浄
 汚れた部品
 マイクロバブル発生
 水のリサイクル
 空気
 界面吸着

普通の気泡
 2mm

高密度マイクロバブル
 x4 2mm

洗淨槽
 洗淨水
 油水分離槽
 工場での運用の様子

高密度マイクロバブルによる洗浄技術が溶剤を用いた洗浄プロセスを変える

環境にやさしく安全な添加剤をごく微量添加することにより、高密度のマイクロバブルが生成可能となる。マイクロバブル洗浄は、気泡表面への油脂の吸着と気泡の浮力による分離作用を洗浄原理とする。当社福山製作所内の洗浄装置への適用により、世界で初めてマイクロバブルによる溶剤レス洗浄を実現した。洗浄水は高い油水分離作用によって1か月以上にわたり透明なままであり、安定した洗浄力を発揮している。

1. ま え が き

近年様々な異常気象が報告されるようになり、先進諸国を中心とする世界的な環境改善への取り組みが強く望まれている。我が国においても京都議定書に基づく炭酸ガスの排出量削減が大きな課題である。これらを背景にPRTR (Pollutant Release and Transfer Register) 法, 改正省エネ法(エネルギーの使用の合理化に関する法律)などの法整備も急速に進められている。企業経営においてもEHS (Environment, Safety and Health)^{(1) (2)}を考慮したプロセス開発など環境配慮型の企業活動がきわめて重要となっている。

半導体などのエレクトロニクス分野の製造工程の中でも洗浄工程は多種多様な化学物質を大量に用いており、環境負荷及びコスト削減が強く求められている。特に、電子機械部品の洗浄では、加工、切削工程などで用いられる工業用油脂を除去するため、大量の有機溶剤や強アルカリの溶剤を用いており、大量の有機汚染を効率的に除去するための新しい洗浄方法が強く求められている。

2. 従来の洗浄方法の課題とマイクロバブル洗浄のねらい

汎用的な溶剤(超音波を併用することが一般的)による従来の洗浄方法の基本的除去原理は、溶剤による溶解力や物理的な剥離(はくり)力である。これらの洗浄原理の根本的な課題は、溶剤と除去物との親和性が強いために溶剤中から汚染物を分離できないことである。このため処理量が多くなるほど、除去対象物が溶剤中に蓄積してしまい、安定した洗浄力や処理の均一性が得られないことになる。

そこで筆者らは、これらの課題を抜本的に解決するために、気泡の持つ特性に着目した。液体中に気泡を存在させれば気泡表面への油脂の吸着が期待される。また気泡は浮力を持つので付着した油脂を水面まで浮上させ、分離できると推察される。

量産工場の洗浄工程では多様な大きさや複雑形状を持つ数100個の被洗浄物を一括して洗浄する必要がある。その要求仕様は主に次の3点である。

- 数分以内で溶剤レベルの高清浄度を達成
- 処理の均一性の確保
- 洗浄性能の長期的な維持

溶剤レベルの清浄度を実現するには、大量の油脂を短時間で除去しなければならず、気泡全体の表面積をできるだけ大きくする必要がある。直径 d の気泡の体積 V は $\pi d^3/6$ 、気泡の表面積 S は πd^2 であり、単位体積当たりの表面積は、 $S/V = 6/d$ となる。この式から単位体積当たりの表面積は気泡径に反比例することが分かる。したがって気泡径の縮小と気泡の高密度化が生産性の確保の観点から重要とな

る。気泡径の縮小は、固体表面のすみずみに気泡を作用させ、処理の均一性を確保するためにも必要となる。

マイクロバブルは100 μm 以下の微細気泡であり、これまで洗浄工程への適用を目的とした研究・開発例はほとんどない。そこで、高密度のマイクロバブルを用いた低環境負荷と高清浄度を両立する洗浄技術の開発をねらいとした。本稿では、気泡合一防止効果を持つ添加剤を用いた高密度マイクロバブルの生成、マイクロバブルによる油分除去のメカニズムや洗浄効果に関して解説する^{(3) (4)}。

3. 気泡合一防止の添加剤による高密度マイクロバブルの生成

マイクロバブルは気液2相流のせん断(大きな気泡を物理的な力で砕いて小さくすること)や微小孔からの噴出などによって生成させる。マイクロバブルの高密度化の課題は、いかなる生成手段を用いても純水中で気泡同士が頻繁に接触すると、合一が起こり大きくなってしまふことである。そこで筆者らは特定の化学物質が気泡の合一防止の効果を持つことに着目した^{(5) (6)}。洗浄に適した添加剤として次の5条件を設定し、化学物質の分子量、極性、官能基の種類・数など種々の因子を考慮した数多くの検討を行った。そして最終的にすべての仕様を満たす添加剤を開発した。

【化学的性質の観点】

- a) 水に任意に可溶
- b) 安全な化学物質(劇毒物, PRTR対象外)
- c) 低濃度での効果発揮

【洗浄の観点】

- d) 低発泡性
- e) 温水(50 $^{\circ}\text{C}$ 以上)での効果維持

図1に、開発した添加剤をごく微量加えて生成させた高密度マイクロバブルと添加剤なしの場合の写真を示す(両装置は同一構成である)。高密度のマイクロバブルでは槽内がまるでミルクのように白濁している様子がわかる。このように気泡合一の抑制効果を持つ添加剤の効果は絶大で

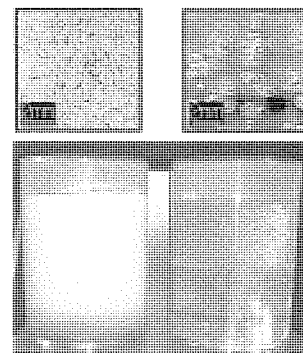


図1. 気泡合一防止の添加剤を用いた高密度マイクロバブルの生成と槽内の拡大写真(左:添加剤あり, 右:添加剤なし)

ある。添加剤による合一防止の原理は、添加剤の分子が気泡表面に吸着することに起因しており、吸着状態の安定性と、その結果生じる気泡表面での物理化学的性質の違いに依存すると考えられる。

4. マイクロバブルによる油污れの除去原理

マイクロバブルの重要な役割の一つは、気泡の表面に加工油や切削油などの油脂成分が吸着することである。筆者らはこれを可視化による実証を試みた。スライドガラス上に機械油を塗りつけ、その下方に設置した注射針の先端からゆっくりと連続的に気泡を供給し、その様子を高速顕微ビデオカメラで撮影した(撮影速度：2,000フレーム/s)。そして、気泡表面に油が吸着し、被洗浄物表面から油が除去される様子を撮影することに成功した。図2の①～④に取得した動画から抜き出した代表的なイメージを示す。シリンジを離れ下方から浮上した気泡は、油表面にしばらくの間とどまり、それと同時に油が気水界面全体に展開した(②)。その後気泡は浮力によって油表面から脱離した(③)。気泡表面は元来の光沢を失い薄い膜が付着している様子がみられた。浮上した気泡は破裂し水面に油が残った。気泡が脱離した後の付着油は初期状態よりも明らかに小さくなり、数秒以内に基板上の油はほぼ完全に除去された(④)。

このように疎水性である油は水中で不安定な状態で存在する。そこに気泡という形で疎水場を提供すれば、油分子はその親和性によって疎水基を気泡側にむけて表面付着する。気泡一個が吸着可能な油の量はごく微量であるが、その繰り返しにより基板上の油を除去することが可能となる。これがマイクロバブルによる油の除去原理である。

5. マイクロバブル洗浄システムとその特長

前章までに、ごく微量の添加剤を用いた高密度のマイクロバブルの生成、マイクロバブルによる油脂の除去原理を示した。これらの特性を生かしたマイクロバブル洗浄システムを開発した。図3に新たに開発したマイクロバブル洗浄システムの簡易イメージ図を示す。システムの主要機能はマイクロバブル発生器で生成されたマイクロバブルをカゴ内の被洗浄物に効率よく作用させることである。マイクロバブル洗浄の場合には、油水分離作用によって水面に油膜を形成するので、油除去機構とオーバーフロー槽を設けた。次にこのシステムの特長を記す。

- 低コスト：水ベースの洗浄水による低ランニングコスト
- 低環境負荷：水ベースの洗浄液で下水にそのまま流せる。
- 安全：無毒の化学物質の微量添加のみ

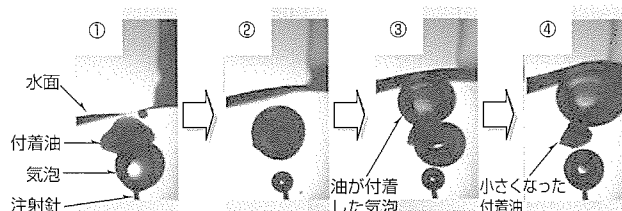


図2. 高速顕微ビデオカメラによる油脂除去過程の観察

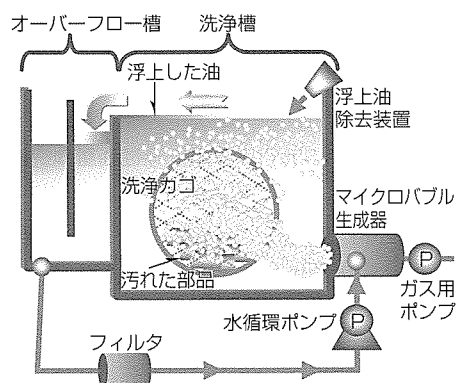


図3. マイクロバブル洗浄システムのイメージ

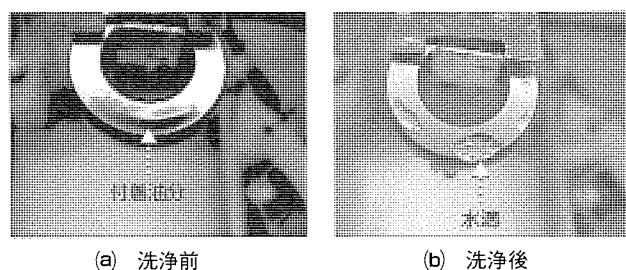


図4. 難洗浄性油が付着した部品のマイクロバブル洗浄前後の写真

6. マイクロバブルの洗浄効果

図4に機械部品に付着した難洗浄性の疎水性切削油のマイクロバブル洗浄(10秒)前後の写真を示す。洗浄前に表面にべっとりと付着した油は、マイクロバブル洗浄によって完全に除去され、リンス後に付着した水滴の濡(ぬ)れ性で、油が除去されて部品表面が親水的になっている様子が分かる。

次に、マイクロバブルの定量的な洗浄効果を示す。円柱型部品の全面に難洗浄性の疎水性油を塗布し、マイクロバブル洗浄(2 min)を行い、純水でのリンス、窒素ガスでの吹きつけ乾燥を行った。洗浄前後の残留油分を堀場製作所製の油分濃度計OCMA300を用いて測定し、油分密度($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)を算出した。図5に代表的な結果を示す。洗浄前に $1,280\mu\text{g}/\text{cm}^2$ であった残留油分は、気泡なしの洗浄(流水のみでの洗浄のこと)では約半分、添加剤なしの数mmオーダーの気泡では、 $185\mu\text{g}/\text{cm}^2$ であり、油脂の残留が目視できた。これに対して、マイクロバブル洗浄では残

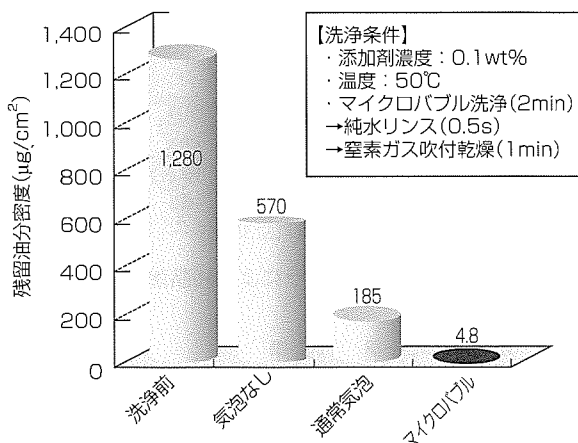


図5. マイクロバブルによる難洗浄性油脂の洗浄結果

留油分は4.8μg/cm²であり、気泡なしより約100倍、通常の気泡と比較しても約30倍以上高い清浄度であった。この値は市販のアルカリ洗浄剤と比較して同レベルの清浄度であった。気泡の微細化によってもたらされた表面積の増大と複雑形状の固体表面への均一拡散によって、マイクロバブルのみで溶剤レベルの高い清浄度を実現可能なことを証明した。

7. 大量部品に対する洗浄結果

マイクロバブル洗浄で最も重要なことは、洗浄水の繰り返し使用を可能にすることである。ごく微量の添加剤しか含まないとはいえ、洗浄水を頻りに交換するようでは実用性に欠ける。図6にマイクロバブル洗浄システムを用いて、数100個の部品を繰り返し洗浄した結果を示す。処理回数に依存せず洗浄度はほぼ一定に保たれることがわかった。また、同時に処理したいずれの部品でも清浄度に差はなかった。一定回数ごとに洗浄水中のTOC (Total Organic Carbon)濃度を測定したが、繰り返し回数に依存せず一定であった。このようにマイクロバブル洗浄は高い洗浄効果と油水分離の両機能をあわせもち、それらに基づき良好な繰り返し特性が得られることを確認した。

本稿で述べたマイクロバブル洗浄技術は、すでに当社の量産工場において実用化されており、1か月以上にわたり清浄度は全く変化せず安定した洗浄力を実現できること、また洗浄水の交換も必要なくランニングコストは10分の1以下になるという大きな効果を得ている。

8. むすび

高密度マイクロバブルの生成、洗浄原理、洗浄効果について述べた。ポイントを簡単にまとめる。

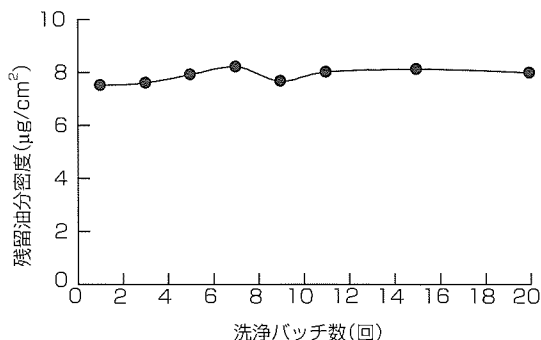


図6. マイクロバブル洗浄システムを用いた大量部品の繰り返し洗浄特性 (液温: 50°C, 洗浄時間: 2min)

- 洗浄に適した添加剤を開発し、高密度マイクロバブルを実現
- 気泡表面への油の吸着現象を高速顕微カメラによる可視化によって実証
- マイクロバブルを用いた新しい界面吸着型の洗浄システムを開発
- 量産工場において、1か月にわたり洗浄水の交換なし、ランニングコスト10分の1の効果を取得

21世紀は環境の世紀とよばれ、エレクトロニクス分野の製造工程における環境負荷低減に対する取り組みがますます重要となる。特に洗浄工程の中では、大量の有機汚染を除去するために大量の溶剤を消費している。高密度マイクロバブルを用いた洗浄方法は、多大な表面積に基づく高い洗浄能力と高い油脂分離能力を特徴として、環境負荷低減、コスト削減効果が大きい期待できる。この新たな界面制御型の洗浄方法は、将来低環境負荷の標準的な洗浄方法になることに疑いはなく、地球環境保護に大きく貢献することを強く確信する。

参考文献

- (1) オゾン層保護対策産業協議会監修: 工業洗浄技術ハンドブック, リアライズ社, 3 (1994)
- (2) 工業洗浄剤に関する調査報告書, 日本産業洗浄協議会, 6 (1993)
- (3) 宮本 誠, ほか: マイクロ・ナノ熱流体ハンドブック, NTS社, 340~347 (2005)
- (4) 宮本 誠, ほか: はじめての洗浄技術, 工業調査会, 168~177 (2005)
- (5) 高木 周: 界面活性剤が気泡挙動に与える影響, ながれ, 23, 17~26 (2004)
- (6) 藤原暁子, ほか: マイクロバブルの物理とその応用, 環境浄化技術, 4, 1 (2005)

円筒多管式短ギャップ高濃度オゾン発生器

和田 昇* 中谷 元+
 谷村泰宏** 葛本昌樹***
 廣辻淳二***

High Density Tubular Type Ozone Generator by Narrow Gap Discharge

Noboru Wada, Yasuhiro Tanimura, Junji Hirotsuji, Hajime Nakatani, Masaki Kuzumoto

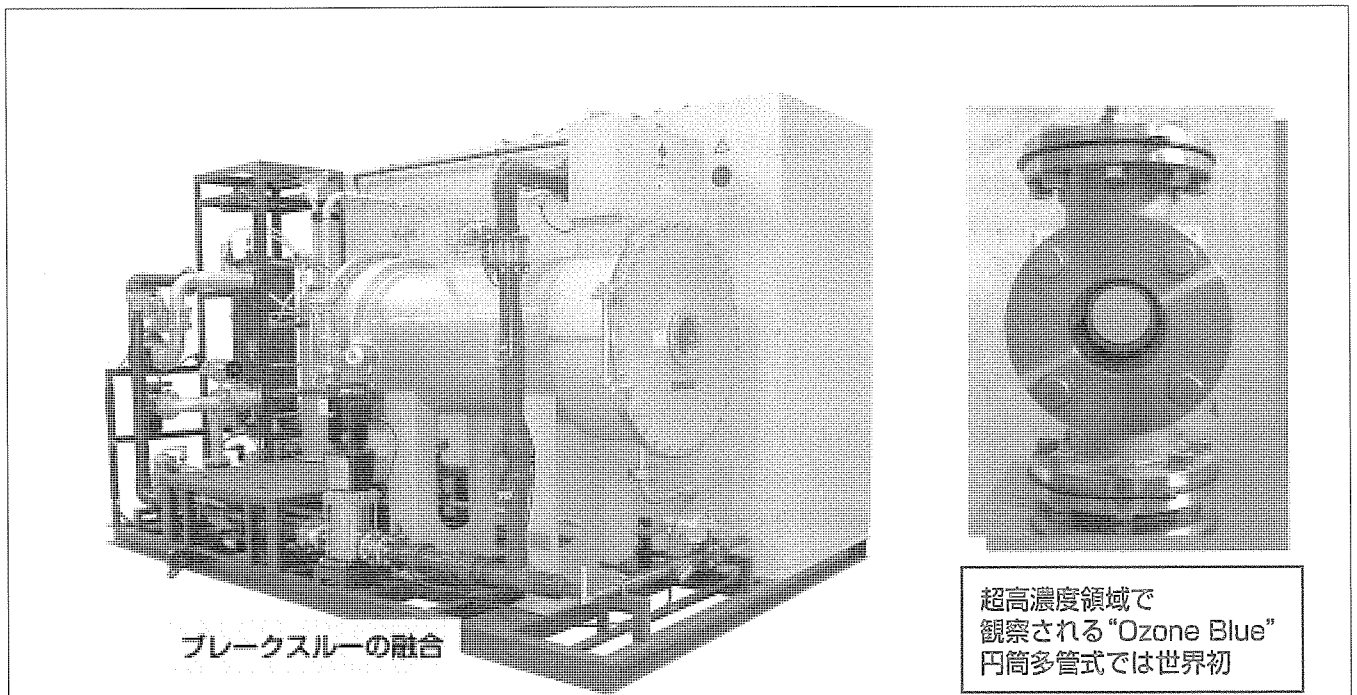
要 旨

世界各国における環境問題の抜本的解決に貢献するオゾンは、その強力な酸化力を背景に21世紀の省エネルギー型環境調和社会形成に対して大きな期待を担っている。我々の生活環境に極めて身近な水環境浄化などには、無声放電を利用した円筒多管式オゾン発生器が広く適用されているが、その普及率のさらなる向上には、オゾン発生器の省エネルギー化が極めて重要な課題とされている。

無声放電によるオゾン発生技術は、最近脚光を浴びている大気圧プラズマによる環境浄化技術の先駆的存在である。しかし、革新的な高濃度オゾン発生技術が登場するのは、近年の三菱電機による“短ギャップ放電技術”の確立による。これをターニングポイントとし、オゾン発生器の技術開発

は放電空間の短ギャップ化がトレンドとなり、さらなる高効率化・高濃度化が推進されることになる。

当社は、住環境、特に水環境浄化に適用するオゾン処理プロセスについて、200g/m³ (N) 以上の高濃度オゾンの適用を提案する。高濃度オゾンの導入は、オゾン発生器のランニングコスト低減だけでなく、処理プロセスの高品質化・高速化、さらにはコスト低減を実現し、省エネルギー型環境調和社会形成の礎を築く。本稿では、当社独自の短ギャップ放電技術による性能面でのブレークスルーと、円筒多管式構造における高精度ギャップ長形成技術による製造面でのブレークスルーの融合によって開発された高効率オゾン発生器について述べる。



ブレークスルーの融合

超高濃度領域で観察される“Ozone Blue”円筒多管式では世界初

★性能
 短ギャップ放電技術
 平成18年度全国発明表彰21世紀発明賞

★製造
 高精度ギャップ長形成技術
 平成18年度優秀省エネルギー機器表彰

新型円筒多管式短ギャップオゾン発生器と高濃度オゾン発生

当社独自の短ギャップ放電技術と円筒多管式では不可能とされていた高精度短ギャップ長形成技術の融合により、定格オゾン濃度180~240g/m³ (N)となる新型円筒多管式オゾン発生器を開発した。円筒多管式では世界最高レベルとなるオゾン濃度350g/m³ (N)を発揮し、オゾンブルーを観測することができる。また、この新型機種は、高電力密度動作による従来比40%の小型化を実現し、世界最小のフットプリントを誇る。

1. ま え が き

省エネルギー・環境の世紀である21世紀を迎え、世界規模で、環境調和・循環型社会形成への取り組みが実施されている。地球温暖化のようにグローバルな連携と対策が必要とされる問題から、3R(Reduce, Recycle, Reuse)推進、大気・水環境浄化及び室内空気質(Indoor Air Quality: IAQ)の改善など、住環境に対して極めて身近な問題もクローズアップされている。近年、特に大気・水環境浄化の面では、大気圧非平衡プラズマを用いた環境浄化技術が脚光を浴びている。この大気圧非平衡プラズマによる環境浄化技術の最たる成功例が、水環境浄化への適用に代表されるオゾン発生技術である。オゾンはその強力な酸化力により、上下水処理などから半導体・液晶製造プロセスに至るまで、その適用範囲は限りなく拡大している。同時にオゾン処理システムの高効率化・低コスト化もあって、高濃度オゾンの需要も高まりつつある。

最近の無声放電式オゾン発生器の技術動向は“短ギャップ化・高濃度化”に集約される。短ギャップ化とは、オゾン生成する放電空間(ギャップ)長を短く設定することによって、高濃度オゾンの高効率発生を実現するものである⁽¹⁾。当社は、放電ギャップ長が0.1mm程度の平板式電極による半導体・液晶製造プロセス向けオゾン発生器において、世界最高レベルの400g/m³(N)となる超高濃度オゾン発生をすでに実現している⁽²⁾。本稿では、性能面と製造面のブレークスルーの融合によって短ギャップ化及び高濃度化を実現した新型円筒多管式オゾン発生器について述べ、省エネルギー型環境調和社会形成の早期実現を目指し、高濃度オゾンの利用を提案する。

2. 性能のブレークスルー

2.1 オゾン濃度の飽和現象

無声放電式オゾン発生器は、図1(a)に示すように、ある一定のクリアランスを維持して配置された長さ1m程度にわたる同心同軸状の接地電極管と高圧電極管(ガラス管)によって電極部が形成される。この電極部が並列に多数集積され、大容量化が実現される。上記クリアランス(放電空間)には原料ガス(酸素又は空気)が導入され、前記両電極間に印加された交流高電圧によって、原料ガス中の酸素分子が解離され、オゾン生成することになる。また、オゾン発生器の短絡保護はガラス管1本につき、1個設置されるヒューズによって実現されている。

無声放電式オゾン発生器では、投入エネルギーの増加に伴い、発生するオゾン濃度(発生量)は上昇する。しかし、放電ギャップ長1.0mm又はそれ以上であった従来のオゾン発生器においては、ある投入エネルギー以上の領域において、発生オゾン濃度は、150g/m³(N)程度で飽和していた。

長年の間、この現象のメカニズムが解明されておらず、200g/m³(N)以上の高濃度オゾン発生は実現されていなかった。

2.2 オゾン分解過程の解明⁽¹⁾

当社では、この飽和現象のメカニズムを明確にし、高濃度オゾンの高効率発生を実現するために、オゾン生成場の電子の挙動を詳細に検討した。図2は、酸素中における電子の解離衝突断面積を示している。図中、(1)及び(2)は、比較的高いエネルギー領域に拡がり、オゾン生成の第一ステップとなる酸素分子の解離に寄与する電子の衝突断面積を示す。一方、(3)は(1)及び(2)から生成したオゾンに衝突して酸素への再分解に寄与する電子の衝突断面積を示している。図から、2~7eV程度の比較的低エネルギーの電子は、オゾン生成には寄与せず、もっぱら(3)で示されたオゾンの分解にしか寄与しないことが分かる。また、図3は、従来のオゾン発生器(放電ギャップ長1.0mm)の放電空間における電子の分布を示したものである。図から、先に述べたオゾンの再分解に寄与する電子の分布が極めて大きいことが分かる。すなわち、従来のオゾン発生器では、生成オゾンと再分解するオゾンの量が低い濃度域で平衡状

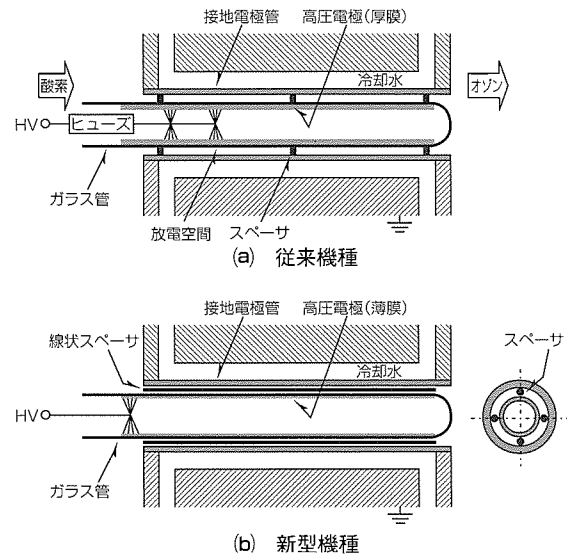


図1. 円筒多管式オゾン発生器の構造

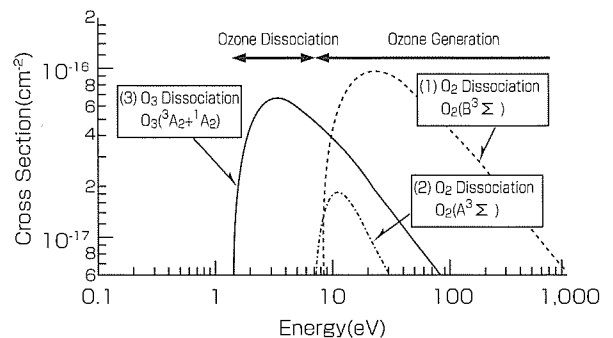


図2. 解離衝突断面積

態となり、高濃度オゾン発生が実現できなかつた。当社は、オゾンの分解に寄与する低エネルギー電子数に着目し、高電界放電場を形成、すなわち放電ギャップ長を短ギャップ化することによって、この低エネルギー電子の分布を相対的に減少させることを発案した。図3に伴記した放電ギャップ長0.1mmの場合の電子の分布から、高電界放電場の実現に伴い、高濃度オゾン発生を抑制する低エネルギー電子数を大幅に低減できることが分かる。以上の知見から、当社では、高濃度オゾンの発生を実現するためには、放電ギャップ長を0.6mm以下とし、なおかつ高ガス圧力下で動作させることが極めて有効であることを明確にしている。

3. 製造技術のブレークスルー

3.1 円筒多管式における短ギャップ化への課題

平行平板式オゾン発生器においては、平板電極と放電ギャップ長を維持するためのスペーサを積層することによって電極部を形成するため、比較的容易に0.1mm程度の放電空間の短ギャップ化が実現できる⁽³⁾。一方、円筒多管式においては、図1(a)に示したように、電極管が同心同軸状に配置される構造であり、接地電極管と高圧電極管の間に局所的に挿入されたスペーサによって放電ギャップ長を維持する。この構造において実現されていた放電ギャップ長は、1.0mm程度であった。しかし、前章で示した0.6mm以下の短ギャップ空間を円筒多管式構造において実現するためには、電極管に発生するひずみや反り、また接地電極管に挿入する高圧電極管が破損しやすいガラス管であることから、長さ1m以上にわたって、微小な放電空間を精度良く均一に形成することは不可能とされていた。無声放電によるオゾン発生においては、放電ギャップ長の精度、ばらつきは極めて鋭敏にオゾン発生効率の低下として反映される。したがって、放電空間の短ギャップ化は、単純に電極管の直径やスペーサの厚さを変更するだけでなく、電極管の加工精度などが影響を及ぼすような短ギャップ領域においては、製造技術(ギャップ長形成技術)におけるブレークスルーが不可欠であり、放電空間全域において、均一かつ高精度に放電ギャップを形成するこ

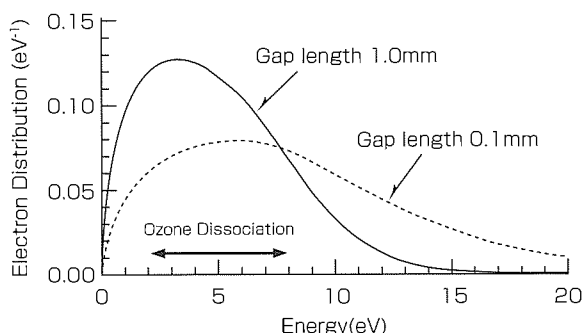


図3. オゾン発生場における電子の分布

とが極めて重要となる。

3.2 円筒多管式における短ギャップ化の高精度実現

当社では、円筒多管式における短ギャップ化に際して、高圧電極管であるガラス管の材質及び直径を最適化した。さらに、図1(b)に示すような放電空間全長にわたって設置した線状スペーサを適用することで、従来不可能とされていた放電空間の高精度な短ギャップ化に成功している。従来の局所的に配置された数か所のスペーサと異なり、放電空間全長にわたりスペーサが存在することで、放電空間のあらゆる箇所放電ギャップ長の微調整(fine-tuning)が可能となり、放電空間の高精度・均一化を実現している。

3.3 高濃度オゾン発生

短ギャップ化によって高濃度オゾン発生技術と放電ギャップ長のfine-tuning機構という2つのブレークスルーの融合によって、世界最高レベルの高効率・高濃度オゾン発生器の開発に成功した。図4は酸素を原料ガスとした場合の当社従来機種と新型機種との消費電力の比較を示す。縦軸は、1kgのオゾンを生産するのに必要な消費電力の相対値を示し、横軸はオゾン濃度を表す。先に述べたブレークスルーにより実現された新型機種においては、例えば、オゾン濃度180g/m³(N)において、その消費電力は従来機種の70%に相当し、30%の省エネルギー化を達成している。また、従来機種では発生が困難であった240g/m³(N)程度の高濃度オゾンも極めて小さな消費電力で発生することができる。図には示していないが、新型機種では、円筒多管式において、世界最高レベルとなる最高濃度350g/m³(N)を達成している。これは、高濃度領域独特のオゾンガスが青く色づく、いわゆる“オゾンブルー”の観測が何よりの証拠となっている。オゾンガスの吸収スペクトルにおいては、広範囲な波長領域において大きな吸収断面積を持っているが、波長400nm付近のみ吸収断面積が存在しないことが知られている⁽⁴⁾。すなわち、吸収断面積が存在しない可視光波長領域に該当する色のみがオゾンの高濃度化によって選択的に視認できるのである。

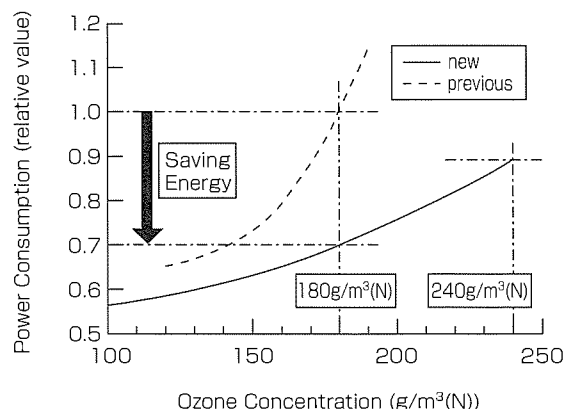


図4. 新型機種による高効率オゾン発生

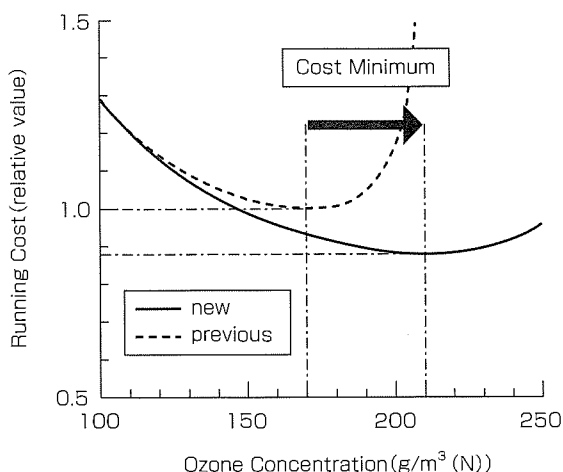


図5. 高濃度オゾン利用によるランニングコスト

3.4 高濃度オゾン導入のメリット

例えば、従来の水処理システムにおいては、オゾン濃度 120g/m^3 (N) 程度が一般的であった。当社は、新型機種によって、 200g/m^3 (N) 以上の高濃度オゾンの導入を提案する。図5に液体酸素を原料とした場合のオゾン発生器にかかわるオゾン濃度とランニングコストの関係を示す。ここで、ランニングコストは放電電力による電力コストと液体酸素コストの合算であり、従来機種と新型機種を相対値で比較している。図から、従来機種においては、オゾン濃度 170g/m^3 (N) 程度の場合がランニングコストの最小値を示すが、新型機種においては、オゾン濃度 210g/m^3 (N) 程度が最小値となることが分かる。一般的に高濃度オゾンの発生には、ランニングコストの増大は不可避と考えられていた。しかし、オゾン発生量はオゾン濃度とガス流量との積で表され、同一のオゾン発生量において、高濃度オゾン発生が実現されることで、原料ガスコストの低減が可能となる。さらに短ギャップ化に伴う高効率発生によって電力コストも従来機種のような急激なコスト上昇を招かず、トータルランニングコストの最小値は高濃度側にシフトする。したがって、新型機種においては、 200g/m^3 (N) 以上の高濃度オゾン処理プロセスの適用がユーザー側に大きなメリットをもたらす。また、オゾン発生器のコストだけではなく、オゾン処理部に設置される反応塔やポンプ等の水処理

システム機器においても、処理プロセスの高速化・高品質化が期待され、また原料ガス流量の低減に伴うシステムのイニシャル及びランニングコストの低減も期待できる。例えば、 20万m^3 /日の浄水場に本器を適用した場合、年間2千万円程度のランニングコスト低減が見込める。

3.5 オゾン発生器の小型化

オゾン発生器の大きさは単位放電面積あたりに投入する放電電力量(放電電力密度)に大きく依存する。すなわち、放電電力密度を増大させることは発生器の小型化につながるのであるが、放電空間の温度上昇も招く。新型機種では、短ギャップ化を実現したことによって、放電空間の温度上昇を抑制できるため、従来機種よりも放電電力密度を増大させることが可能である。その結果、新型機種では、従来機種の40%となる小型化を実現し、世界最小レベルのフットプリントを誇っている。発生器の小型化は、発生器のイニシャルコストの低減に極めて有効であり、また、プラント側でのオゾン処理設備導入に際するレイアウトの煩雑さも解消することができる。

4. む す び

性能と製造技術のブレークスルーの融合によって、従来不可能とされた円筒多管式オゾン発生器の短ギャップ化に成功した。大幅な省エネルギー化及び高濃度化の実現によって、オゾン処理プロセスにさらに有益な高濃度オゾンの適用が可能となる。さらに、世界最小レベルの小型化によって、オゾン処理普及率の向上に大きく貢献する。コストパフォーマンスに優れた高濃度オゾン発生器の適用によって、環境調和型社会形成の促進が大いに期待される。

参 考 文 献

- (1) 特許3545257号
- (2) Wada, N., et al.: 10th International Symposium on High Pressure Low Temperature Plasma Chemistry (Contributed papers), 156 (2006)
- (3) 葛本昌樹, ほか: $100\mu\text{m}$ 級極短ギャップ下における無声放電による高濃度オゾン発生, 電気学会論文誌, A 116, 121~127 (1996)
- (4) 杉光英俊: オゾンの基礎と応用(再版) 光琳社, 6 (2004)



特許と新案**

三菱電機は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
電話(03)3218-9192(ダイヤルイン)

化合物系超電導線及びその製法 特許第3012436号(特開平06-338228)

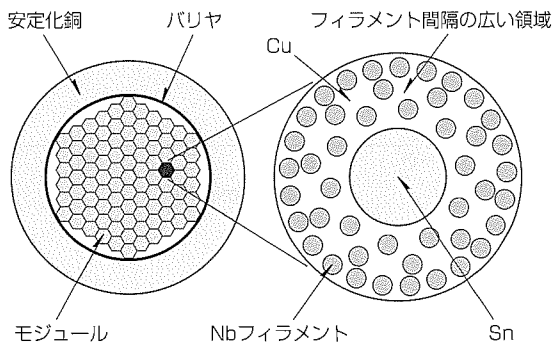
発明者 久保芳生, 江川邦彦, 樋熊弘子, 永井貴之, 内川英興

この発明は、超電導電磁石用 Nb_3Sn (金属のニオブとスズの化合物)超電導線において、断面構成を最適化することによって超電導特性の向上を実現するものである。

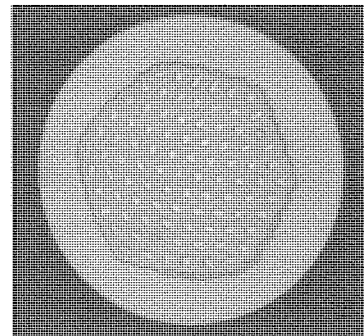
超電導線は一定の電流(直流)では電気抵抗が完全に零になるが、変化する電流(交流)やパルス状の電流においては、変動磁界によって交流損失が発生し、効率の低下や常電導状態への転移を引き起こすため、電流特性の向上とともに交流(ヒステリシス)損失の低減が課題となっている。本発明では、ヒステリシス損失の増大原因である超電導フィラ

メント同士の接触を抑制するため、これまでの均一配置から特定領域のフィラメント間隔を広くする配置にすることによって、高電流特性を維持しつつ、従来の1/5の低損失特性を実現した。

この成果は、核融合発電、電力エネルギー貯蔵、省エネルギーや対環境性に優れた高速輸送手段として期待される磁気浮上式鉄道など環境負荷軽減に結びつく電力システムを実現するために必要不可欠な超電導電磁石のキーマテリアルとして今後の応用が期待される。



線材構成の模式図

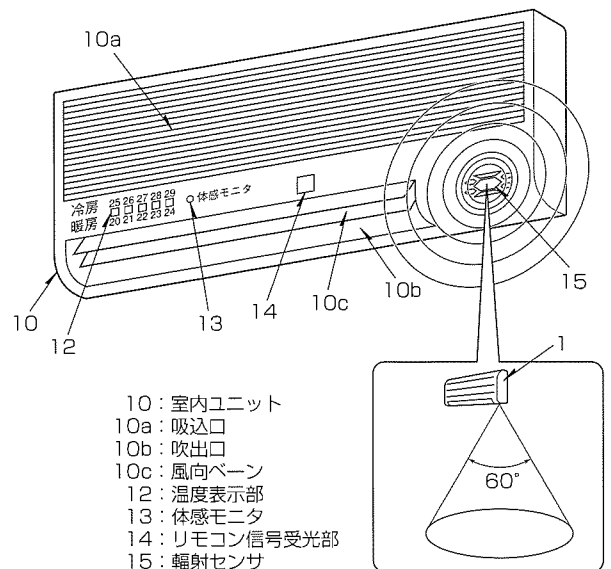


線材の断面写真

空気調和機 特許第3791258号(特開2001-99458)

発明者 鈴木 聡, 今城康雄, 地口 聡

室内の人間の快適性を左右する要因として室内空気温度、壁や床からの放射熱、そして室内空気湿度がある。空気調和機の運転を制御する場合、室内空気温度と設定温度との差によって圧縮機の周波数や室内ファン及び室外ファンの回転速度を制御する方法では、人間が快適と感じる体感温度とは異なる温度となり、快適空調が不十分になってしまう。そこで、室内空気温度を検出する室温検出手段と、放射熱温度を検出する放射熱温度検出手段を備えることで人が感じている体感温度を演算し、希望する体感温度に近づけるように制御を行うことで、快適な空調環境を得る。



- 10: 室内ユニット
- 10a: 吸込口
- 10b: 吹出口
- 10c: 風向ペーン
- 12: 温度表示部
- 13: 体感モニタ
- 14: リモコン信号受光部
- 15: 放射センサ



特許と新案**

三菱電機は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
電話 (03)3218-9192(ダイヤルイン)

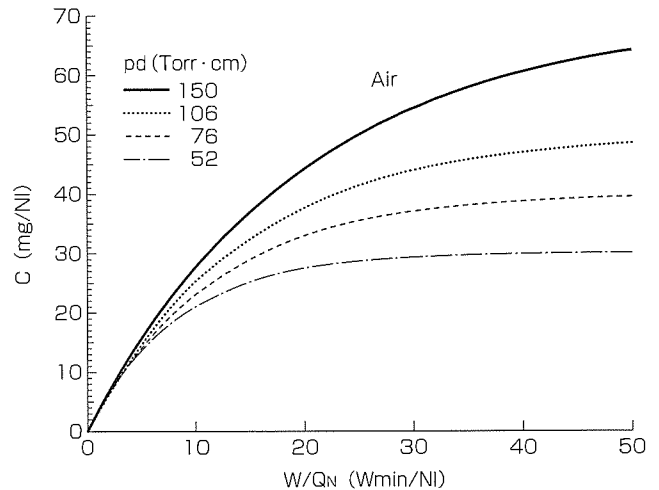
オゾン発生装置 特許第3592700号(特開2004-2185)

発明者 葛本昌樹, 田畑要一郎, 八木重典, 吉沢憲治, 向井正啓, 越智順二, 小沢建樹

この発明は、空気を原料とした無声放電式オゾン発生装置において、高ガス圧力・短ギャップ動作によって高効率に高濃度オゾン発生を実現するものである。

放電空間の電極間隔(ギャップ長)を短くすると、ガスの冷却効果が飛躍的に改善されて、高い電力密度で動作でき、発生装置の小型化に有効である。しかし、ギャップ長を短くすると放電空間の電界強度が高くなり、空気中に含まれる窒素ガスから窒素酸化物が大量に発生する。窒素酸化物はオゾンを分解して、オゾン発生効率を低下させるため、空気を原料とする場合は、短ギャップ技術は適用できなかった。

この発明においては、①短ギャップ化と同時に②高ガス圧力で動作させることによって、放電空間の電界強度を適度な値に抑え、窒素酸化物の発生量を大幅に低減することができる。この結果、空気原料式でも、高ガス圧力・短ギャップ動作によって、小型の発生器から高効率に高濃度のオゾンを発生することができる。



〈本号記載の商標について〉

本号に記載されている会社名、製品名はそれぞれの会社の商標又は登録商標である。

〈次号予定〉三菱電機技報 Vol.81 No.7 特集「企業・社会の発展を支えるITソリューション」

三菱電機技報編集委員 委員長 山口隆一 委員 小林智里 増田正幸 滝田英徳 佐野康之 糸田敬 世木逸雄 江頭誠 河合清司 長谷勝弘 木槻純一 逸見和久 光永一正 河内浩明 岸谷秀紀 事務局 園田克己 本号取りまとめ委員 田中基寛	三菱電機技報 81巻6号 2007年6月22日 印刷 (無断転載・複製を禁ず) 2007年6月25日 発行 編集人 山口隆一 発行人 園田克己 発行所 三菱電機エンジニアリング株式会社 e-ソリューション&サービス事業部 〒102-0073 東京都千代田区九段北一丁目13番5号 日本地所第一ビル 電話 (03)3288局1847 印刷所 株式会社 三菱電機ドキュメンテクス 発売元 株式会社 オーム社 〒101-0054 東京都千代田区神田錦町三丁目1番地 電話 (03)3233局0641 定価 1部945円(本体900円) 送料別
三菱電機技報 URL 三菱電機技報に関するお問い合わせ先	URL http://www.mitsubishielectric.co.jp/corporate/giho/ URL http://www.mitsubishielectric.co.jp/support/corporate/giho.html
英文季刊誌「MITSUBISHI ELECTRIC ADVANCE」がご覧いただけます	URL http://global.mitsubishielectric.com/company/rd/advance/

スポットライト エコロジー発想のオール電化

三菱電機は、エコロジー発想でオール電化を実現します

最近、テレビCM等でも“オール電化”という言葉を目にする機会が多くなり、一般に浸透してきています。新築住宅に占めるオール電化住宅の割合も地域によっては5割を大きく超え、すっかり定着してきたようです。

三菱電機は、来たるべき環境共生・資源循環型社会の実現に向けて、エコロジー発想で開発を進め、良いものを長く使う配慮を設計段階から取り込み、安全・便利・快適という“オール電化”の特長を生かした住宅設備機器の提供を目標として活動しています。

オール電化住宅とは？

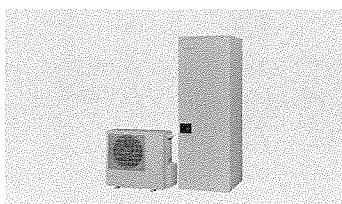
住宅での給湯や調理、暖房などの機器の熱源として、電気のほか、ガスや灯油などの燃料が使われています。これらの電気以外の熱源を使用する機器を、すべて電気を使用する機器に替える。例えばガスや灯油の給湯機を電気温水器やエコキュートに、台所のガスコンロをIHクッキングヒーターに。これがオール電化住宅です。

エコキュート

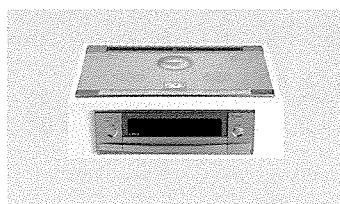
エコキュートは、大気熱を利用して電気で効率よくお湯をわかせるヒートポンプ式電気給湯機です。給湯に必要なエネルギーは、従来の電気給湯機のわずか約1/3(当社ヒーター式電気温水器比)なので、限りある資源をより大切にできます。火を一切使わないのでご家庭でのCO₂排出もゼロ、また自然冷媒なのでオゾン層破壊の心配もない上、地球温暖化係数もフロン冷媒の1/1700ほどで、環境にきちんと配慮した給湯機です。2007年度には業界トップクラスのCOP 4.9を達成、省エネ大賞・省エネルギーセンター会長賞を受賞しました。

IHクッキングヒーター

IHとは、電磁誘導加熱(Induction Heating)のこと。火を使わず鍋自体を発熱させる、人と環境にもやさしいクリーンエネルギーです。



「三菱エコキュート」SRT-HP37W1 形



ビルトイン型三菱IHクッキングヒーター CS-G37-HMS 形



火力、安全性、そしてランニングコスト…。どれをとっても、新しいエネルギーの優位性を感じていただけるはずです。新商品では、新開発の“トリプルリング加熱”を採用し、鍋底の均一加熱を実現して加熱ムラを抑えました。

太陽光発電システム

住宅用太陽光発電システムは、住宅の屋根などに設置した太陽電池で、暮らしに必要な電気を生み出します。発電した電気が余った場合は電力会社に売り、不足した場合にはこれまで通り電力会社から買うことができます。だから電力の安定供給を確保しつつ、発電した電気を無駄なく活用することができる合理的なシステムです。

また、生産工程で使用するはんだ及びはんだメッキ部材において、無鉛はんだへの切替えを実現し、太陽電池セル・モジュール製造工程で使用するはんだの無鉛化を達成、性能面だけでなく製造面においても地球環境に配慮し、地球環境保全に努めています。

光熱費が心配？

オール電化の良さは分かるけど、電気代が心配。という声をよく聞きます。

オール電化にすれば、電力会社のおトクな料金制度を活用でき、また、オール電化住宅向けの料金制度も充実してきました。お湯を沸かすには深夜の割安な電気を利用。エコキュートを使えばさらに光熱費を減らせます。熱効率の高いIHなら、短時間・ローコストで加熱調理が可能になり、年間光熱費は25%程度削減。さらに3.2kWの太陽光発電システムも導入すれば、標準家庭で最大64%も削減できるのです。(当社試算による。)

詳しい情報は

オール電化に関する情報は、三菱電機・オール電化のWEBサイトでご確認ください。製品の情報はもちろん、光熱費シミュレーションなどもお試しいただけます。

<http://www.MitsubishiElectric.co.jp/all-denka/>