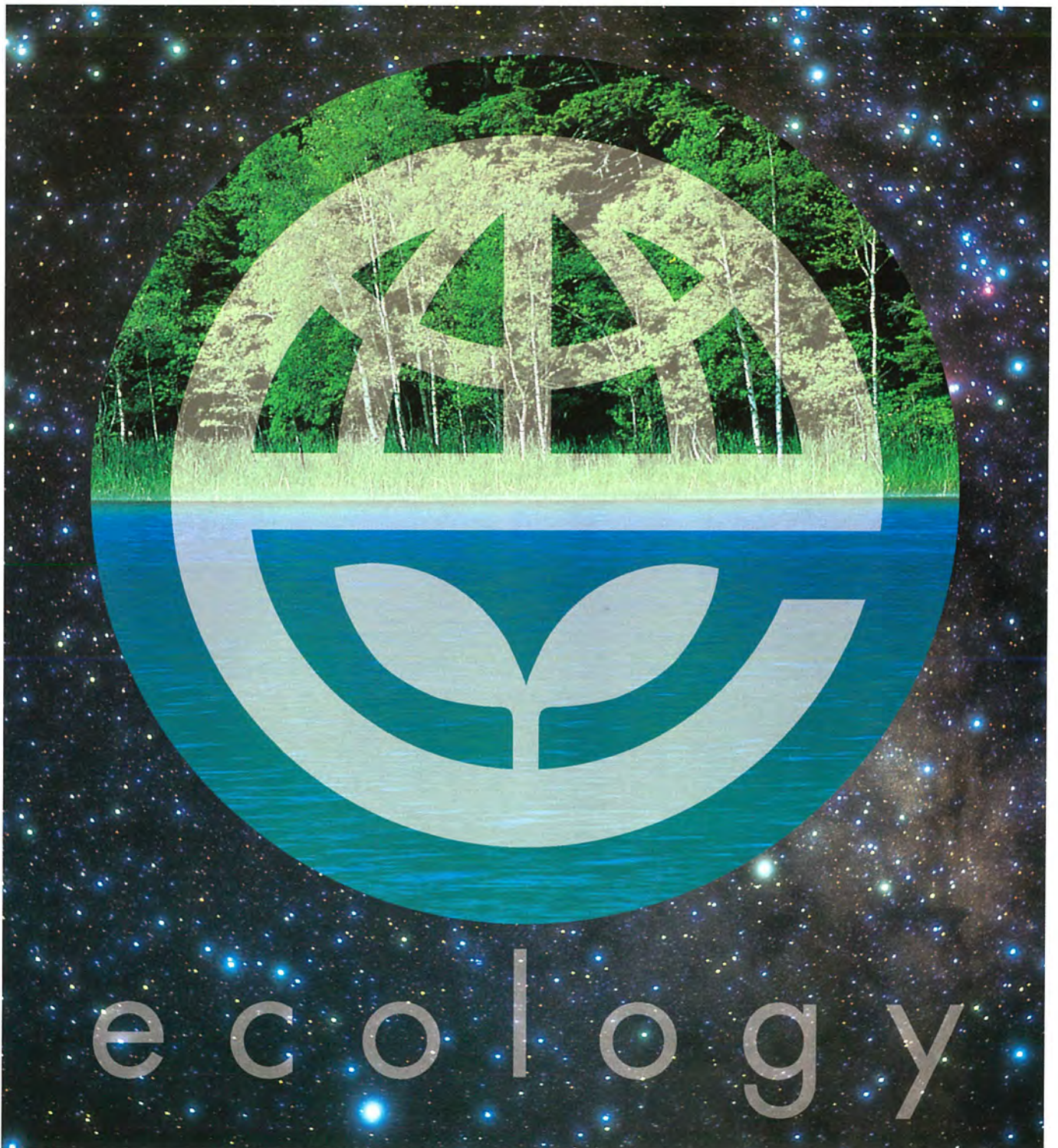


MITSUBISHI

三菱電機技報 Vol.73 No.5

特集 “環境技術”

'99 5



特集“環境技術”

目次

特集論文

| | |
|---|----|
| “環境技術”特集に寄せて 山本良一 | 1 |
| “持続可能性”から考える21世紀の環境経営と技術 三橋 堯・東 和彦・吉田敬史 | 2 |
| 有機塩素系溶剤の全廃 加峯茂行・小野三喜男・森 邦雄 | 7 |
| オゾン応用エコプロセス技術 鐘ヶ江裕三・大家 泉・葛本昌樹・野田清治・宮本 誠 | 13 |
| 家電製品リサイクルプラント 山口省吾・内山幸雄・小寺嘉一・崎谷秀幸・篠田啓二・甲斐公一郎 | 19 |
| 業務用有圧換気扇 内田敏彦 | 25 |
| リサイクル情報システム 内藤知子・鹿島 矯 | 29 |
| リサイクル容易性評価に着目した環境配慮型製品設計支援ツール 馬場孝夫・ムルター・ニアル | 33 |
| エコマテリアル 馬場文明 | 37 |
| 太陽光発電への取組 岸添義彦・有本 智 | 41 |
| 環境に優しいコジェネレーションシステム 加治屋 脩 | 45 |
| オゾンによる環境負荷低減技術 小沢建樹・広辻淳二・神谷俊行 | 49 |
| 燃料電池発電システム 三好英明・田熊良行・大谷 徹・村橋俊明 | 53 |
| MDUブレーカ／電力計測ユニットによる省エネルギー管理支援システム 有信一郎・川口真由 | 57 |
| トロリーバスなど交通車両の省エネルギー 古田俊久・宮園博之・児島 繁 | 61 |
| 自動車の有害排出ガス低減とEGRバルブ 三宅俊彦・三好帥男・岡田英俊 | 65 |
| 蓄熱空調システムの動向 岩瀬 進 | 69 |

特許と新案

| | |
|--------------------------|----|
| 「モータ駆動制御弁装置」「オゾン発生量制御装置」 | 73 |
| 「オゾンプール浄化装置」 | 74 |

スポットライト

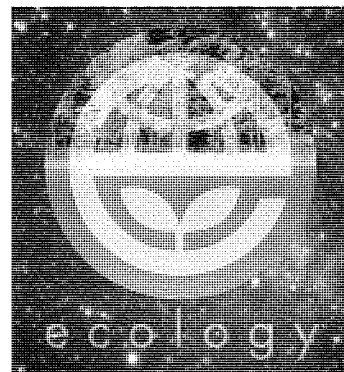
| | |
|-----------|------|
| 太陽光発電システム | (表3) |
|-----------|------|

表紙

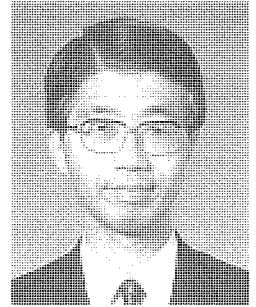
持続可能な社会に向けて

21世紀を通じ、これまでの“大量生産・消費・廃棄社会”から“持続可能な社会”“循環型社会”を達成しなければならない。電機メーカーとしてどのような経営を行うことが次世紀にふさわしいのか、また、どのような技術が求められているのかを、三菱電機グループは常に自らに問いかけている。

表紙のマークは“三菱電機グループ環境行動シンボルマーク”として1993年に作成した。“持続可能な社会”“循環型社会”の中で、存在価値を人々に認められる企業グループでありたい。



“環境技術”特集に寄せて



東京大学
生産技術研究所第四部

教授 山本良一

ワイツゼッカーが現実主義者であるとする、シュミット・ブレイクは理想主義者であろうか。ワイツゼッカーはエイモリー・ロビンス夫妻と共著で“ファクター4”を、シュミット・ブレイクは“ファクター10”を出版し、世界各国でベストセラーになっている。ワイツゼッカーは、世界的な貧富の格差拡大を是正するために直ちに資源生産性を4倍に高めるべきだと主張している。これに対し、シュミット・ブレイクは、地球環境問題の根本的解決のためには、全世界的なマテリアルフローの絶対量を半分に削減(脱物質化)しても、現在のOECD諸国の生活の質を基本的には維持し得るように資源生産性を2050年までに少なくとも10倍以上に高めるべきだと主張している。一方が改良主義的・現実主義的であるのに対して、一方は革命主義的・理想主義的である。しかし2050年に予想される地球人口90億人を養うためにはファクター20の資源生産性の向上が必要だという主張もあり、またファクター10を実現するためには、とにかくファクター4を達成しなければならないので、ワイツゼッカーとシュミット・ブレイクのどちらが正しく又は間違っているということではない。

問題は、私たちの直面している地球環境問題の解決には、技術及び社会・経済システムの巨大な変革が必ず(須)であるということである。

周知のようにワイツゼッカー教授は、著名な宇宙物理学者を父に、連邦大統領を伯父に持ち、現在はヴッパタール気候・エネルギー・環境研究所の所長として、また社会民主党の国会議員として活躍されている。一方、シュミット・ブレイクは、生態毒性学の権威であり、米国の大学に長く滞在した後、OECDの毒性物質の規制の仕事に携わった後、ヴッパタール研究所の副所長として活躍し昨年退職したばかりである。現在はフランス・プロヴァンスに居を構え、ファクター10研究所の所長としてエコデザインのコンサルティングなど幅広い活動のために東奔西走する毎日を過ごしている。ワイツゼッカーは60歳に、シュミット・ブレイクは70歳に近い年齢であるが、大変ありがたいこと

に、筆者は友人として又は弟分として交際させていただいている。お二人と知り合ってまだ3年にしかならないのであるが、知れば知るほど、彼らの地球環境問題の抜本的・包括的解決策の探求とその普及への恐るべき情熱、知的誠実さ、抜群の行動力(ワイツゼッカーのカバンの中には常にルフトハンザ航空のタイムテーブルが入っている)、全世界に及ぶ広範な人脈に圧倒される思いである。二人に共通するのは、人類の直面する資源、環境、貧困等の問題を真正面からとらえ、グローバルに包括的に解決していこうという強固な意志である。“今やらねばいつできる、自分がやらねば誰がやる”といった強力なリーダーシップに、筆者のような怠け者は時にはへき(辟)易させられることもあるのだが、そこには近代文明をつく(創)り出したヨーロッパ人の責任感も感じ取れるのである。この前、フランス・プロヴァンスにあるシュミット・ブレイクの別荘でロゼワインを飲みながらファクター10クラブのメンバーとパーティーをした時に、つくづくと思ったものである。なぜ日本からは世界を救うコンセプトや理論やモデルが出てこないのかと。

持続可能発展、エコエフィシェンシー、環境管理、ファクター10、脱物質化、エコデザイン、LCA・・・などどれをとってもヨーロッパがいち早く提唱したもののばかりである。しかし、日本民族に創造性が欠如しているわけでは決していないと思うのである。例えば、江戸文化は洗練された“貧乏”文化(脱物質文化)としてもっと世界にアピールしてもよいのではないだろうか。“豊かな”脱物質文明をどう構築するかが21世紀の中心的課題であるはずなのだから。

今年の1月5日にボンでワイツゼッカーに会ったら、国としての日本の資源生産性は欧米より2倍も高く、そのことも一つの理由となってエコロジカルな税制改革を進めていると言っていた。日本人は、もっと自信を持って、広く世界を見て、持続可能発展に突進すべきであると思うのだがいかがであろうか。

“持続可能性”から考える 21世紀の環境経営と技術

三橋 堯*
東 和彦**
吉田敬史***

1. ま え が き

1990年代以降、“環境問題”が企業経営に与えるインパクトは'70年代の“公害問題”によるそれとは比較にならないほど大きくかつ深いものであることが年を追って鮮明になってきている。オゾン層の破壊、地球温暖化(気候変動)など、21世紀を目前に人類の社会経済活動が自らの生存の基盤である地球生態系を破壊するほどの規模に達し、これまでの“大量生産、大量消費、大量廃棄”型社会経済システムがもはや持続可能ではないことが認識されるようになった。

今後、人類は21世紀を通して“持続可能な発展”“循環型社会”への移行という壮大な変革を推進していかなければならない。これは、科学技術体系や社会・経済システムから、倫理・宗教・思想といった人類文化全体にわたる世界的な最大級のパラダイムシフトとなるだろう。来るべきパラダイムシフトのほう(萌芽)は後述するように既に様々な形で出現しており、“環境主義”という大きな潮流を形成している。

当社でも、'90年代に入り環境問題に対応する体制の整備、環境計画の策定など取組を年々強化し充実してきており、現在は、2000年度を目標とする第二次環境計画を推進中である。環境計画の内容については'97年の三菱電機技報で詳しく紹介しており、昨年から年次環境レポートの発行を開始して最新の成果を公表している。環境レポートはインターネットでも公開しているので参照いただきたい。

当社の経営の中で“環境”はますます重要なファクタになってきているが、21世紀の環境経営や環境技術には何が求められるようになるのだろうか? 当社は2000年度には、2005年から2010年を見据えた第三次環境計画を策定し推進する予定であるが、具体的な計画の策定の前に、本稿では21世紀に向けての環境主義の潮流について概観し、21世紀の環境経営と環境技術開発の方向性について考察してみた。

本稿が環境と21世紀の企業経営、技術の在り方について社内外で議論を深めるきっかけとなることを期待したい。

2. 環境主義の潮流

ルネッサンスと産業革命によって形成された西欧近代科学技術文明とそれを基盤とする社会経済システムは、世界人口の20%を占める先進国に物質的繁栄をもたらしたが、同時に地球環境や生態系の破壊、資源の枯渇化が進み、人類全体が先進諸国並みの生活を享受できる可能性がないこ

とが明らかになった。21世紀半ばには100億人を超えると予測される世界の人口を養うには地球が三つ必要と言われている。

“成長の限界”の認識は、西欧近代文明の原動力となったデカルト、ニュートン以来の還元主義と機械論に立脚した“人間による自然の支配”という世界観への反省を生み、多様性、共生、循環、複雑系といったキーワードを内包する“生命”的世界観に基づく新しい文明への移行を模索する様々な潮流が顕著になってきている⁽¹⁾。これらの潮流の基本は、地球環境の制約の自覚、人間が生態系の一部という自覚に基づいており、これを環境主義と表現することができるだろう。

通商産業省の加藤敏春氏は、著書の“エコマネー”⁽²⁾において、“金融ビックバンに代表される市場経済化・マネー経済化の流れと、地球環境問題に代表される環境主義の流れが21世紀への2大潮流であり、両者のインタラクションにより21世紀の世界は形成されるのではないか”と述べている。同氏は、“環境主義はモノカルチャーから多様性に向かうベクトルであり、一方市場経済化はあらゆる価値、情報を貨幣価値に置き換える単一化に向かうベクトルで、相反するように見えるこの二つの潮流の融合した結果として21世紀の社会経済システムが現れてくる”という。21世紀を目前に、世界の金融経済は実体経済の80倍にも肥大化し(国際金融市場での一日の決済額約1兆2000億ドルの中で貿易取引の決済分は150億ドル)、この巨大な金融システムの制御メカニズムの構築が世界の喫緊の課題になっている。

こうした中で、限られた地域内での財やサービスの流通を担い、バブルの原因である信用創造機能を持たない地域通貨制度が欧米1,000か所以上で出現しているという。加藤氏の期待する21世紀の新しい社会構造は、知識創造機能を持つ“経済”と人間が帰属意識を感じず“コミュニティ”が一体となり、“自然”と共生しつつ持続可能な発展を目指す“エココミュニティ”であり、その基盤として決済機能だけを持つ地域通貨=エコマネーの発展を提唱している。

環境主義は、分散型エネルギーシステムやローカルコミュニティによる内部循環の形成など確かに“多様化”に向かう方向性が強いが、気候変動の防止やオゾン層の保護など地球レベルの環境管理には“世界政府”的な統制システムも不可欠とする見解もあり、単一化指向の要素も含んでいる。

WBCSD(世界環境経済人協議会)が2050年に向けてのグローバルシナリオを'97年に公表したが⁽³⁾、そこでは、今

後50年間の世界の進路についてのシナリオを3通り提示し、各々にFROG, GEOpolity, Jazzという面白い名前を付けている。

FROGモデルは、日本でよく言われる“ゆでガエル”で、問題をぬるま湯の中で先送りしているうちに地球環境が破局を迎え、取り返しがつかなくなるものである。

二つ目のGEOpolityは、地球環境問題の解決には世界的な統制機構が不可欠とするもので、世界経済はこの統制機構の中で管理されるようになる。

三つ目のJazzモデルは、世界の多様なプレーヤーが自主的にハーモニーに参加することでジャズセッションのように自然と持続可能性に向けてのメロディーが盛り上がっていくシナリオであり、最も環境主義にふさわしい進み方である。WBCSDはもちろんこのシナリオを選択したいとしている。

21世紀社会の姿を明確に予測することはできないが、環境主義の流れがメインストリームの一つになることは間違いない。具体的には、持続可能性が社会のルールとしてビルトインされる過程が進行し、企業は新しいルールに適應して競争・共生していくことが求められるだろう。

既に北欧諸国が導入し、OECD諸国で議論されている“炭素税”導入の議論は21世紀には税制全体の変革につながっていくだろう。リサイクル法等による循環型社会への誘導政策は中長期的には所有権の概念の変革を促し、物からサービスへと我々の事業の在り方を抜本的に変えていく可能性がある。米国のカーペットのトップメーカーであるインターフェイス社は、製品の販売をやめて全面的にリースに切り替え、リサイクルを徹底することで収益を大幅に改善した。同社は持続可能性を体現した企業として有名になり、社長のレイ・アンダーソン氏が米国大統領の“持続可能性委員会”の共同議長に就任した。

京都議定書の合意による温室効果ガス削減政策は、やがてエネルギー供給システムの変革を始め交通システム等、社会インフラや我々の生活様式全般の変革を促すことになるだろう。環境ホルモン問題⁽⁴⁾は、一般の人々の環境汚染への関心を高め、環境主義へのパラダイムシフトを加速することになるだろう。環境主義の流れは、個別問題への対処という次元を越えて21世紀の企業活動に大変革を促すものになることは間違いない。

21世紀の環境主義の大波を乗り越えていくためには、持続可能性という基本原則を理解し、中長期的な経営指針と

して明確に認識しておく必要がある。持続可能性の原則に外れた企業活動は、技術開発であれ事業開発であれ長期的には利益を生まぬばかりか、人類と地球そして企業に潜在的な負債を残すおそれもあるからである。それでは持続可能性の条件とはいかなるものだろうか？

3. 持続可能性の条件

持続可能性の最も基本的な対象は、人類の種としての生存の持続可能性である。40億年の生命の歴史の中で、三葉虫から恐竜まで様々な種が絶滅している。最近の生命科学によって、現存するバクテリアから人類まですべての生命体は同一の祖先から分化・多様化してきたことが分かっている。生命はもともと“環境”から生まれ、環境の緩やかな変化に適應するとともに自らが環境に影響を及ぼし“共進化”してきた。生命は周囲環境からエネルギーと物質を取り込んだり排出したりする代謝を行っており、周囲環境が早い速度で変化し続けることには耐えられない。地球科学的視点から見れば人類が種として永遠に存続することはありそうもない。したがって、持続可能性の条件とは、人類が自らを人為的に絶滅に追い込むことを回避する条件という意味である。

持続可能性は様々な定義されているが、多くの科学者のコンセンサスを得たものはスウェーデンの小児がんの医師であるカール・ヘンリック・ロベール博士たちが提示した表1に示す“四つのシステム条件”であろう。

博士は小児がんの増加と環境汚染の関連を調べていたが、環境や医学の専門家たちの細部にかかわる際限のない論争で必要な行動が妨げられていることを知った。問題の細部についての議論よりも皆が合意できる包括的な原則に立って環境問題全体にシステム的に対応することが重要だと考えた博士は、皆が納得する科学原理から出発して生命の基本である細胞が持続的に存在できるための条件を導き出した。博士はスウェーデンの著名な科学者たちに手紙を送って批判を仰ぎ、やがてスウェーデンの科学者の間でシステム条件についてのコンセンサスが形成されスウェーデン国王の支持を得るまでになった。博士は、この四つのシステム条件に照らして環境問題を考える“ナチュラルステップ”という環境教育運動を起こし、スウェーデン国内に普及させた。その後アメリカ等7か国にもこの運動は広がり、日本でもNPO(非営利団体)の設立準備が進んでいる。

ロベール博士等が形成した論理は極めてシンプルである。

表1. “ナチュラルステップ”が提唱する持続可能性実現のための四つのシステム条件

1. 生物圏の中で、地殻から掘り出した物質の濃度を増やし続けてはならない。
2. 生物圏の中で、人工的に製造した物質の濃度を増やし続けてはならない。
3. 自然の生産性や多様性の物理的基盤を破壊してはならない。
4. 人類の基本的な欲求を満たすための資源の利用は、公平で効率的でなければならない。

地球は物質的には閉鎖系と言える。

熱力学第一法則(保存の法則)によってエネルギーには生成も消滅もない。物質も核反応を除いては生成・消滅することなく保存されている。

そして、熱力学第二法則(エントロピーの法則)によってエネルギーや物質は系の外部から“仕事”が投入されなければ熱力学的平衡状態に不可逆的に拡散していく。地球にとって唯一の外部からの投入エネルギーは太陽光である。

45億年前に地球が形成され、40億年前に生命が生まれ、27億年前にシアノバクテリアによる酸素発生型光合成が始まった。酸素発生型光合成は、原始地球の還元性の大気や海の環境を大きく変化させた。生命圏での酸素濃度が高まり、酸化反応によって大きなエネルギーを取り出すことが可能となって生物の大型化・複雑化を促進した。こうして生命と環境が相互に強く影響しながら共進化することで高等動物の生存できる環境が整備され、ようやく500万年前に人類の祖先が誕生した⁽⁵⁾。

原始地球の環境を現在のような豊かで多様性のある環境に整え、あらゆる生命と環境の自然の循環を駆動する動力の源泉は、太陽からの光エネルギーである。

当社の初代の環境担当役員である伊藤利朗元専務は、こうした太陽エネルギーとそれに駆動される生態系を含む自然の循環、秩序形成能力を'93年の三菱電機技報の論文“地球環境問題の基本的考察”⁽⁶⁾において“コスミックサービス”と名付けている。人類はコスミックサービスを無料で享受して発展してきたのである。

人類が廃棄する物質は焼却しても埋設しても消滅するわけではなく、大気・水系といった環境中に拡散しているだけである。排出する物質の量が太陽駆動の自然の浄化力、すなわち伊藤のいうコスミックサービスの能力を超えれば、排出した物質の環境中の濃度が単調に増加していく。生命(細胞)は環境の急速な変化には耐えられない。その環境を急速に変化させる方法は以下の三つだけである。

一つは、地殻に蓄積されている物質を自然の循環能力以上に環境中に放出する。

二つ目は、自然には存在しない物質を合成し、自然の分解能力以上に環境中に放出する。

三つ目は、コスミックサービスの能力を低下させる、すなわち生態系をその再生能力以上のスピードで破壊することである。したがって、この三つを回避することが持続可能性の基本原則となる。

ロベール博士は、こうして導出した三つの原則に人類の社会的な持続性の条件一つを加え、“四つのシステム条件”を確立した⁽⁷⁾。

システム条件1を破ったことによる代表的な問題が地球温暖化である。自然の炭素循環、森林や海洋の二酸化炭素吸収力を上回るペースでの化石燃料からの二酸化炭素放出

が気候変動を引き起こしている。

システム条件2違反の代表的な問題がPCBやダイオキシン汚染、そして最近の環境ホルモンの問題である。現代人の体内からは、'20年以前には存在しなかった合成化学物質が500種類以上も計測可能なレベルで検出されるという。これらの物質が生体の中で総合的にどのような影響を及ぼしているのか解明されていないが、その間にも環境中の合成化学物質の濃度は単調増加しており、このトレンドが持続可能でないことは明らかである。

システム条件3は、自然の再生力を超えて収穫してはならないことを示している。農業や化学肥料に依存した農法は一時的には増産をもたらしても徐々に土壌や生態系を破壊し持続可能性がないことが明らかになっている。森林資源・水産資源もしかりである。太陽エネルギーに基づく自然の浄化、再生能力以上の“生産”を上げることはできない。太陽光のエネルギーを利用して炭水化物と酸素を生成するバクテリアや植物細胞を基本にする生態系システムなくして人類は生存できないのである。

システム条件4は、四つの条件の中で唯一社会システムの条件である。システム条件1から3を満たすためにも、人類全体での公平な資源の配分が不可欠であることを訴えている。

これらの条件に照らしてみると、これまでの社会経済システムや技術体系の多くが条件違反であることが明らかになる。現状と理想のかい(乖)離は大きく、四つのシステム条件を今直ちに満足させることは不可能である。ナチュラルステップは、システム条件を認識して進むべき方向について合意を形成し、個人個人がそれぞれの職務の中でシステム条件に近づくための取組を一步一步進めていくことを提唱している。システム条件を意識し技術や経営の選択に当たって常に参照することが肝要である。四つのシステム条件は21世紀を生き抜くコンパス(羅針盤)と言われている⁽⁸⁾⁽⁹⁾。

4. 21世紀の企業責任

環境主義と市場経済化が進むネットワーク型社会の中で企業責任はどのように変化するだろうか?日本より数歩先を行く欧米では、既に21世紀の企業責任の概念が浮かび上がってきている。それはTriple Bottomline(三つの最終成績)と言われ、財務、環境そして社会指標で表現した企業の成績である。

企業にとって利益を上げ株主に配当することはまず第一の責任であるが、グローバルな市場経済化が進むとともに、どのようにその利益を上げたのか、今後とも継続して利益を上げられるか等、企業の財務情報はもちろん、企業収益に大きな影響を与える可能性がある非財務情報についても情報開示が求められ、世界の企業が同じ土俵で比較される

ようになってきている。労働条件、人権問題、環境汚染の防止などをなおざりにして見掛け上の短期利益のみを追求する企業は市場から締め出される。社会的にも、環境的にも持続可能性を持たない企業にはだれも投資しないだろう。

現在国連はじめWBCSD等で、こうした社会指標と環境指標を合わせた“持続可能性指標”の検討が始まっている。さらには、これら非財務指標と財務指標を連結する環境会計や社会会計制度の検討も進んでいる。

20世紀初頭には、現在のように企業の財務情報が公開され市場の判定を受けるようになるとは予想されていなかった。2000年3月期からの連結、キャッシュフロー、時価会計の我が国での導入は企業情報開示拡大の第一歩にすぎず、21世紀のグローバル市場では、持続可能性の指標が財務指標と並んで企業評価を決める重要なファクタになるだろう。

当社は'91年に環境担当役員を任命するとともに全社の環境対応を統括する専門の部署を設置し、'93年には第一次環境計画を策定して環境問題への総合的な取組を進めてきた。環境計画の内容やその成果についてはリーフレットや三菱電機技報などを通じて適宜紹介してきたが、上述のような社会環境の変化にかんがみ、'98年からは年次環境レポートの発行を開始した。日本でも多くの企業が同様の報告書を自主的に発行するようになってきている。環境報告書発行企業で形成する環境報告書ネットワークが設立され、メディアによる表彰制度も登場し、やがては報告書書式と指標の標準化が進み、財務諸表のように相互に比較可能な形に発展していくと予想される。

21世紀の総合的な企業責任を達成していくための経営システムでは、社会責任や環境責任のビジョンと倫理が社内で共有され、利益計画の達成と同等の次元で社会指標と環境指標改善のためのPDCAサイクルを推進するコーポレートガバナンスが実現され、それらすべての成績が社会に対して正確に説明できるアカウントビリティが確立されていなければならないだろう。

5. 21世紀の環境技術

技術に立脚する当社は、持続可能性の実現、循環型社会への移行に向けての新しい技術開発と事業化に無限の可能性を持っている。21世紀の技術パラダイムでは、機械モデルから生命モデルへの移行、分散化、システム化が進み、人や生態系の安全がますます重視され、これ以上の環境汚染を防止する“予防原則”“後悔しない戦略”といった価値判断の基準が定着するだろう。生命に安全な技術、クリーンエネルギー、そしてリサイクル等に代表される資源生産性の向上にかかわる技術が21世紀技術の本流になると予想される。

化学物質に対する関心の高まりにより、多少高くとも“有機食品”を選択する消費者が増え、有機食品の基準認証

制度ができていく。こうした変化を見ると21世紀には環境に影響を及ぼすおそれのある化学物質の使用を代替する技術への期待が高まるだろう。オゾン利用技術はそうした技術の一例である。オゾンの強力な酸化作用を利用して塩素などの化学物質を使わずに水の浄化を行うオゾン発生・利用技術は既に当社の有力な事業の一つに育ちつつあるが、さらに半導体生産を含め多様な生産プロセスの洗浄工程への応用開発を推進しており、薬品を使わず大幅な省エネルギーにもなる“エコプロセス”の実現を目指している。

クリーンエネルギー分野では、住宅用及び業務用太陽光発電の適用拡大が期待できる。当社では'98年には飯田工場に太陽光発電システムの専門工場を設置した。燃料電池についても200kWりん酸型燃料電池が実用化段階に達し、下水道処理や食品プラントで発生するメタンガスを燃料とする200kW級から大型の1,000kW級プラントの実用化開発も推進中である。

大容量の溶融炭酸塩型や、自動車への応用で最近脚光を浴びている固体高分子型燃料電池の開発にも積極的に取り組んでいる。2003年から2004年にかけては世界の有力自動車メーカーが相次いで燃料電池車を市場に投入する計画を発表しており、車載燃料電池の大幅なコストダウンをきっかけに住宅用燃料電池の実用化が進むとの予測もある⁽¹⁰⁾。

しかし環境問題とエネルギー問題、そしてエネルギーが支えるすべての経済活動は、よく言われるように三位一体の関係にある。日本のみならず発展途上国の膨大なエネルギー需要を満たし、かつ気候変動や大気汚染を抑制していくためには、エネルギー効率の徹底的な向上によって総需要を抑制し⁽¹¹⁾、クリーンエネルギー開発を加速させるとともに、やはり当面は原子力発電と安全に共生していくことが不可欠であろう。我が国は運用保守を含めて世界に冠たる原子力安全システム技術を蓄積しており、朝鮮半島や中国はもちろん、広くアジアや世界の原子力発電の安全保証に貢献することがますます重要になってくると予想される。

循環型社会への移行を実現するには、リサイクル技術の進展が不可欠である。2001年からの家電リサイクル法施行に備え、当社でもリサイクル事業化の準備を進めている。当初は熱回収と材料リサイクルが主体であるが、リサイクル事業が成立するためには、部品レベル、製品レベルへと循環の効率を向上していく技術開発が不可欠である。リサイクルは1社で完結するものではなく、ある産業の排出物が他の産業の資源となるような資源の最適な連鎖を異業種間で形成できるような技術開発も必要である。

20世紀最後の4半期に驚異的な発展を遂げた情報通信技術は、分散化・多様化する新しい社会を支え、またGDIエンジンの電子制御やインバータ照明のようなインテリジェント化、ITSのようなシステム化の基幹技術として資源効

表 2. 持続可能な社会に向けての主な環境技術・事業への取組

| | |
|------------|--|
| 生命・生態系の安全性 | 高濃度オゾン利用のクリーンプロセス ●薬品を使わない水処理プロセス (殺菌・浄化・脱臭・脱色等) ●薬品を使わない工業用洗浄プロセス ●薬品を使わない空気浄化プロセス |
| クリーンエネルギー | 太陽光発電 太陽光発電システム専門工場の設立(1998年) ●住宅用(3kWシステム納入実績・1,000件以上) ●業務用(30kW~1,000kW) 燃料電池 ●りん酸型燃料電池(200kW機・商用化生産開始) ●炭酸溶融塩型・固体高分子型燃料電池(開発中) |
| 資源生産性向上の技術 | リサイクル技術・事業 ●リサイクル事業への進出(1999年) ●リサイクルプラント自動化技術 DFE(環境配慮型設計技術) 高度情報制御技術の応用 ●ITS ●各種機器のインテリジェント化による効率化 |

表 3. 環境主義的発想法を実践しているユニークな機関の例

| |
|---|
| ロッキーマウンテン・インスティテュート(RMI) : http://www.rmi.org |
| グローバルフューチャーズ・ファウンデーション : http://www.globalf.org |
| ZERI(Zero Emission Research Initiative)ファウンデーション : http://www.zeri.org |
| ザ・ナチュラル・ステップ : http://www.naturalstep.org |
| 世界資源研究所(WRI) : http://www.wri.org |

率と資源生産性の大幅な向上に今後とも貢献していくだろう。

21世紀を目前に既に当社が着手している主要な環境技術・環境事業には表2のようなものがあり、21世紀の基幹事業に成長することを期待している。

これまで考察してきた21世紀の歴史的パラダイムシフトに対応するには、従来の技術の延長だけではなく、飛躍的な新しい発想が必要だろう。最後に、新技術を生み出す可能性がある、“環境主義”的発想法、還元主義や機械論から離れた考え方を三つ提案したい。

まず第一は“最終ニーズからの発想”である。例えば住居を新築する場合、建物、設備、エネルギーの供給といった要素に分解して個々に検討するのではなく、最終ニーズ、すなわち周囲が-20℃でも居住者の空間を+20℃に保つための最も安価で効率的な方法は何か、ということから発想するものである。

二番目は“システム思考”である。システム思考の重要性は従来から指摘されているが、ここで強調したいのは“隠れている連鎖”の探索である。一つの問題への対策が別の問題を生じさせた例は多い。環境問題は正にシステム思考の欠如が引き起こした問題である。

三番目は“生命・生態系に学ぶ”ということである。生命・生態系は、40億年のフィールド実績を持つ精巧なシステムで最小資源で最大効率を実現し、生物間でそして環境との間に最適な連鎖と循環を形成している。21世紀の科学技術にブレークスルーがあるとすれば、それは生命や生態系に学ぶところから発する可能性が高い⁽¹²⁾。

本稿では紙面の都合上個々に詳細に説明・例示することはできないので、関心のある読者は、こうした考え方を実践してユニークな成果を上げている機関のURLを表3に掲載しておくので、参照いただきたい。

6. む す び

以上、21世紀への環境主義の潮流とそれが企業経営に及ぼす変化、そして技術開発の方向について考察してきた。持続可能な社会の実現に向かって、21世紀には行政機関から企業、NPO、そして個人まで多様なプレーヤーがますます連携を強めていくことが必要だろう。当社は、社会とのパートナーシップを基本に、社会から期待される強力なプレーヤーとして歴史的パラダイムシフトにチャレンジしていきたいものである。

参 考 文 献

- (1) Capra, F.: The Web of Life, Anchor Books (1996)
- (2) 加藤敏春: エコマネー, 日本経済評論社 (1998)
- (3) WBCSD: Exploring Sustainable Development, WBCSD Global Scenarios 2000~2050 (1997)
- (4) Colborn, T. et al.(長尾 力訳): 奪われし未来, 翔泳社 (1997)
- (5) 丸山茂徳, 磯崎行雄: 生命と地球の歴史, 岩波新書 (1998)
- (6) 伊藤利朗, 橋本康男, 山田郁夫: 地球環境問題の基本的考察, 三菱電機技報, 67, No.6, 1~5 (1993)
- (7) Robert, K.H. et al.: Simplicity without Reduction, The Natural Step Environmental Institute Ltd. (1996)
- (8) 木内 孝: ニューエコノミー, たちばな出版 (1998)
- (9) Robert, K.H.(高見幸子訳): ナチュラル・チャレンジ, 新評論 (1998)
- (10) 赤池 学, 藤井 勲: ぬくもりの選択, TBSブリタニカ (1998)
- (11) Lovins, A.B. et al.(佐々木 建訳): ファクター4, 省エネルギーセンター (1998)
- (12) Benyus, J.M.: Biomimicry, William Morrow & Co. Inc. (1998)

有機塩素系溶剤の全廃

加峯茂行*
小野三喜男**
森 邦雄***

要 旨

ジクロロメタン(塩化メチレン)、トリクロロエチレン(トリクレン)などの有機塩素系化合物は、高い脱脂力、低粘性、優れた揮発性等の特長から、これまで機械加工後の金属部品洗浄工程における洗浄溶媒として多用されてきた。

しかし、これらの有機塩素系化合物は、生分解性が難分解であるとともに、発がん性もIARC(国際がん研究機関)によれば、人に対して恐らく発がん性を示す、又は人に対して発がん性を示す可能性があるとして評価されている。それゆえ、去る1989年の水質汚濁防止法改正では“有害物質”として地下浸透を禁止され、また、'96年の大気汚染防止法改正では事業者の自主管理によって大気への排出を抑制

すべき“有害大気汚染物質”に指定されている。

三菱電機では、従来からこれらの有機塩素系化合物で洗浄する対象を厳選しその使用量を抑制することはもとより、大気への排出削減のための回収装置の設置、装置の密閉化、及び地下浸透防止のための防液堤設置など、汚染の未然防止に努めてきた。また、自然災害時の漏えい(洩)などによる万が一のリスクを予防措置的に回避するため、'99年度末を期限として有機塩素系化合物の全廃を鋭意進めている。

本稿では、既にトリクロロエチレンの全廃を達成した福山製作所、及びジクロロメタンの全廃を達成した名古屋製作所新城工場の事例を紹介する。

| 部 品 | 材 料 | 加 工 | 溶剤洗浄 | 表面処理 | 加 工 | 洗浄目的 | 代 替 洗 浄 法 | 課 題 |
|------|---------------------------|----------------------|--------------|--------------|-----|---------------------|-------------------------------------|---------------------|
| 筐 体 | 鋼 板 アルミ板 亜鉛鋼板 | プレ ス 溶 接 (加工油) | 有機塩素 系化合物 | め っ き 塗 装 | 組立て | 脱 脂 ごみ除去 | アルカリ脱脂-水洗-熱風 乾燥 | 洗浄剤選定・廃水処理 |
| 機構部品 | 鉄 ステンレス 真ちゅう アルミ | 切 削 研 削 | 有機塩素 系化合物 | め っ き 酸 洗 | 組立て | 脱 脂 切粉除去 ごみ除去 | アルカリ脱脂-水洗-熱風 乾燥 又は 石油系溶剤洗浄 | 洗浄剤選定・廃水処理 臭気・防火 |
| 精密部品 | ステンレス アルミ | 切 削 研 削 | 有機塩素 系化合物 | | 組立て | 脱 脂 ごみ除去 染み防止 | アルカリ脱脂-純水水洗- クリーン熱風乾燥 | 洗浄剤選定・廃水処理・ 染み防止 |

有機塩素系化合物による洗浄の対象と主な代替手段

有機塩素系化合物による洗浄は、きょう(筐)体、機構部品、精密部品の製造工程において表面処理の前処理として、また、最終仕上げ処理として用いられてきた。しかし、環境リスクマネジメントの観点から、近年、より低リスクの洗浄方法への転換が積極的に実施されるようになってきた。上表は、洗浄の対象と有機塩素系化合物洗浄に替わる主な代替洗浄方法を整理したものである。

1. ま え が き

1992年ブラジルのリオデジャネイロで開催された“地球サミット”(正式名称United Nations Conference on Environment and Development(UNCED):環境と開発に関する国連会議)では21世紀に向けた地球環境保護活動の行動計画“アジェンダ21”が採択されたが、この第19章では、“有害化学物質の環境上適正な管理”がうたわれており、さらにその中のプログラムDでは、リスク低減計画の策定とその実施が挙げられている。

これを受けて、我が国では、'93年に環境基本法が制定され、さらに'94年には環境基本計画が閣議決定され環境行政の基盤が作り上げられた。この基盤に則った具体的取組の一つが'96年の大気汚染防止法改正であった。

この法改正では、有害大気汚染物質の長期ばく(曝)露による人の健康影響を低減することを目的として、13の化学物質が自主管理による大気環境への排出削減を求められている。この中には、テトラクロロエチレン(パークレン)、トリクロロエチレン(トリクレン)、ジクロロメタン(塩化メチレン)、トリクロロメタン(クロロホルム)、1,2-ジクロロエタンの五つの有機塩素系化合物が指定されており、これらの物質の長期曝露による人の健康影響、具体的には発がん性が公式にリスクリダクションの対象とされた、と言える。

有機塩素系溶剤は、巻頭に述べたようにその有用性からこれまで当社においても多用されてきた物質であり、その発がん性の疑いが指摘された'80年代から、その取扱いについては現場でも細心の注意が払われてきた。'95年に策定された三菱電機環境計画の環境行動目標でも、“2000年度までに開放系での使用を全廃する”対象としてきたが、使用し続ける限り、自然災害などによって外部へ漏洩し環境を汚染するリスクからは免れることができない。また、一部の有機塩素系化合物は'89年の水質汚濁防止法改正によって地下浸透を禁止する有害物質としての指定も受けており、これらの化合物の環境への拡散を未然防止することの社会的ニーズは非常に高いものと判断される。

そこで三菱電機では、'98年6月に従来の環境行動目標を一步進めて、以下の有機塩素系溶剤を、使用環境の開放系・密閉系を問わず、社内については'99年度末、関係会社については2000年度末をもって全廃することとし、この目標達成に向けた検討を鋭意行っている。

本稿では、既に全廃を達成した二つの事業所の検討結果と、全廃をどのようにして実施したかを紹介する。

全廃対象の有機塩素系化合物は、

テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、1,2-ジクロロエタン、ジクロロメタン、1,1-ジクロロエチレン、cis-1,2-ジクロロエチレン、1,1,2-トリクロロエタンである。

2. 福山製作所のトリクロロエチレン全廃事例

2.1 福山製作所紹介

福山製作所では、ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器等の配電保護分野、電力管理用計器・計器用変成器等の計測制御システム分野、複合計器・集中自動検針システム等の配電監視分野の各種機器と自動車用燃料ポンプを製造しており、素材の調達から機械加工、表面処理(めっき、塗装、調質)、組立て、検査、こん(梱)包、出荷まですべての工程を工場内で実施している。

2.2 トリクロロエチレンの使用

福山製作所では、トリクロロエチレンをその高い洗浄能力(油脂溶解性、浸透性、乾燥性)により、各種金属部品の加工油(切削油、プレス油)の洗浄、樹脂混合タンクの洗浄、及び樹脂注型金型離型剤の希釈溶媒として、3種類の用途に使用してきた。表1にその概要を示す。

2.3 全廃手段の検討

洗浄用途については無洗浄化と代替洗浄(代替剤)、離型剤希釈用途については代替剤と金型へのふっ素樹脂めっきを検討した。

表2に金属部品洗浄、表3に離型剤希釈溶媒の代替剤評価結果を示す。

2.4 全廃の実施

2.4.1 全廃までの経緯

有機塩素系溶剤の使用を2000年度末までに全廃するという三菱電機“環境行動目標”に対し、福山製作所では環境リスクの早期解消のため、'97年度の環境マネジメントシステムの取組として“トリクロロエチレンの全廃”を取り上げ、三菱電機の環境行動目標を3年前倒しし、'97年度末に全廃を完了した。

表4に全廃経緯の概要を示す。

2.4.2 代替洗浄(部品洗浄)

福山製作所内でのトリクロロエチレンによる部品洗浄は、各々の機械加工部門ごとに洗浄装置を保有し、部品の洗浄

表1. トリクロロエチレンの用途

| 用途 | 目的 | 除去・希釈物 | 対象物 | 関連製品 |
|------------|-------------------------|---------------|----------|--------|
| 部品洗浄 | 二次加工、組立て前の脱脂 | 加工油(切削・プレス) | 各種金属部品 | 遮断器計測器 |
| | めっき前、調質前・後の脱脂 | 加工油、焼入れ油 | | 遮断器 |
| | 付着物の除去 | ごみ、粉じん(塵)、金属粉 | | |
| 樹脂混合タンクの洗浄 | 注型前の樹脂混合タンクの壁面・配管の樹脂除去 | エポキシ樹脂硬化剤 | ステンレスタンク | 計器用変成器 |
| 離型剤の溶媒 | 樹脂注型金型の離型剤塗布のための(離型剤)希釈 | シリコーン | アルミ金型 | 〃 |

を実施していた。

これを1年間で全廃するため、代替洗浄装置の導入を主な手段とし、投資の抑制と早期導入のために各部門それぞれ

で洗浄していた部品をすべて抽出し、無洗浄化の実施と洗浄作業の統合によって最少限の設備導入とした(従来設備台数9台→代替設備台数4台)。

表2. 金属部品洗浄の代替剤評価結果

| 評価項目 | 洗浄力 | | | | | 洗淨槽に切削油を15%混合 | 引火性 | 安全性 | 排水 | 蒸留再生 | 概略液単価(円/ℓ換算) | 備考 |
|-------|-------|-----|------|-----|-----|---------------|-----|-----|-----|------|--------------|------------|
| | プレス油 | 切削油 | ワックス | 松やに | 水溶性 | | | | | | | |
| 塩素系 | ◎ | ◎ | ◎ | △ | × | ◎ | ○ | × | (○) | ○ | — | 排水はしない |
| 炭化水素系 | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | × | ◎ | × | △ | (○) | ○ | 300 | |
| 準水系 | 界面活性剤 | ◎ | ◎ | ○ | ○ | ○ | △ | △ | × | × | 1,500 | 排水はしない |
| | 溶剤タイプ | ○ | △ | × | ○ | ◎ | × | △ | △ | (○) | △ | |
| 水系 | アルカリ | ○ | ○ | △ | △ | ◎ | × | ○ | △ | × | 100 | 洗浄力は超音波に依存 |
| | 中性 | ○ | ○ | △ | × | ◎ | × | ○ | ○ | × | 100 | |

注 洗浄力は、洗浄後の外観と残留油分濃度で評価

表3. 金型離型剤の希釈剤代替評価結果

| 項目 | 離型剤+希釈剤 | 離型性 | 成形品面荒れ | 成形品外観 | 引火性 | 安全性 | 作業性 | オゾン破壊 | 信頼性 | 価格 |
|----------|-----------------|-----|--------|-------|-----|-----|-----|-------|-----|----|
| 塩素系 | シリコーン+トリクロロエチレン | ○ | ○ | ○ | ◎ | × | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 第二世代フロン | シリコーン+HCFC141b | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | ○ | △ |
| | ふっ素系+HCFC141b | ○ | ○ | × | ○ | ○ | ○ | × | ○ | △ |
| 引火性溶剤 | シリコーン+トルエン | ○ | ○ | ○ | × | △ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | シリコーン+LPG | ○ | ○ | ○ | × | △ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 低粘度シリコーン | 低粘度単一シリコーン | △ | × | △ | △ | ○ | △ | ○ | ○ | △ |
| 水系離型剤 | シリコーン+乳化剤+水 | △ | ○ | × | ◎ | ○ | △ | ○ | △ | ○ |
| | 水溶性シリコーン+水 | × | × | × | ◎ | ○ | △ | ○ | △ | ○ |
| | ふっ素系+乳化剤+水 | △ | ○ | × | ◎ | ○ | △ | ○ | △ | ○ |
| 複合めっき | 金型へのめっき(ふっ素樹脂) | ○ | ○ | ○ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | △ | × |

表4. 全廃までの取組概要

| | | 97.3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 98.1 | 2 | 3 |
|-------|----------|------|---|---|---|---|---|--------|----|----|----|------|----------|---|
| 部品洗浄 | 洗浄法検討 | → | | | | | | | | | | | | |
| | 洗浄実験 | | | → | | | | | | | | | | |
| | 装置仕様決定 | | | → | | | | | | | | | | |
| | 発注・設計・製作 | | | | → | | | | | | | | 3月全廃完了 | |
| | 装置導入・稼働 | | | | | | | | | | | | → | |
| タンク洗浄 | 洗浄法検討 | → | | | | | | | | | | | | |
| | 洗浄実験 | | | | | → | | | | | | | | |
| | 装置仕様決定 | | | | | | → | | | | | | | |
| | 発注・設計・製作 | | | | | | | → | | | | | | |
| | 装置導入・稼働 | | | | | | | | | | | | → 1月全廃完了 | |
| 離型剤 | 実験検証 | → | | | | | | | | | | | | |
| | 評価 | | | | | → | | | | | | | | |
| | 導入・稼働 | | | | | | → | 8月全廃完了 | | | | | | |

注 部品洗浄：4設備、タンク洗浄：6設備、離型剤：4設備

表2の評価結果でも分かるように、すべての評価項目において優れたものの選定は困難であるが、各工程での要求清浄度・洗浄時間、投資費用等によって洗浄剤と洗浄システムを検討し選定した。

概略の代替洗浄剤選定の目安としては、機械加工の中間工程洗浄等で要求清浄度が高くなく洗浄時間に余裕のある部品に対しては水系の洗浄剤、めっき前洗浄等の要求清浄度が高く、被洗浄油が多種多様で部品の種類や処理量の多い部品については炭化水素系の洗浄剤とした。

代替洗浄剤別の代表装置概要を以下に紹介する。

(1) 水系洗浄装置(調質前後)

調質(真空焼入れ、浸炭焼入れ、ガス軟窒化処理)建屋内における消防法上の危険物保有量を増加させないという基本思想と、調質工程の処理時間が1~1.5時間と長く、洗浄時間が十分確保できることから、低粘度で脱脂困難な焼入れ油を水系の洗浄剤によって代替化することが可能となった。

連続処理となる調質工程からの制約により、ワンバッチが400~500kgと多量であることと洗浄装置の設置スペースの問題から部品の回転・揺動といった物理的洗浄方式がとれないため、静置式で2段浸せき(漬)エジェクタ洗浄、2段すすぎ、真空熱風乾燥といった洗浄システムの工夫と焼入れ油の低粘度化、洗浄剤の選定・実験を繰り返した結果、水系洗浄による代替が可能となった。

図1にその装置概要を示す。

(2) 炭化水素系洗浄装置(め

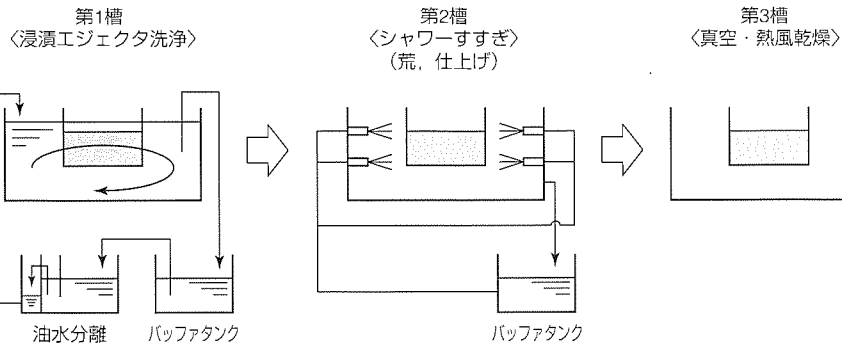


図1. 水系洗浄装置(調質前後)

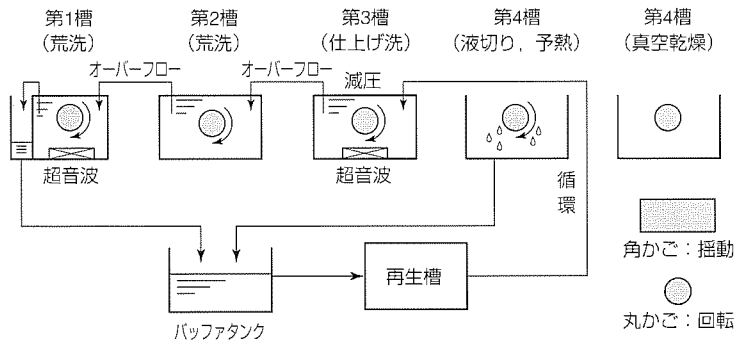


図2. 炭化水素系洗浄装置(めっき前)

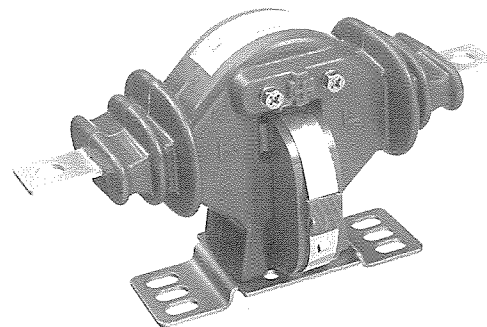


図3. 計器用変成器の外観

つき前)

めっき工程には多種・多量の部品が投入され、その数は1か月の処理量として約2千種類、2千万個で、またその部品に付着した加工油の種類は約50種類にも及んでいる。このように短時間であらゆる部品や加工油に対応すると同時に後工程のめっき品質(密着性)確保のため、洗浄力を重視して炭化水素系の洗浄剤による代替を実施した。

この洗浄の目的は後工程の品質確保のための残留油分(加工油、洗浄剤)除去であり、乾燥工程に真空乾燥方式を導入し、乾燥前の工程改善も含め、完全乾燥のシステムを確立した。

図2にその装置概要を示す。

2.4.3 洗浄剤レス(樹脂混合タンク)

計器用変成器(図3)の本体はエポキシ系の樹脂で形成されており、その製造工程である注型前の樹脂(エポキシ主剤と硬化剤)混合タンクは一定時間(30分)以上放置(作業停止)すると樹脂の硬化によるタンク壁面への固着と注型口閉そく(塞)を起こすため、作業終了時にトリクロロエチレンでかくはん(攪拌)洗浄を行っていた。

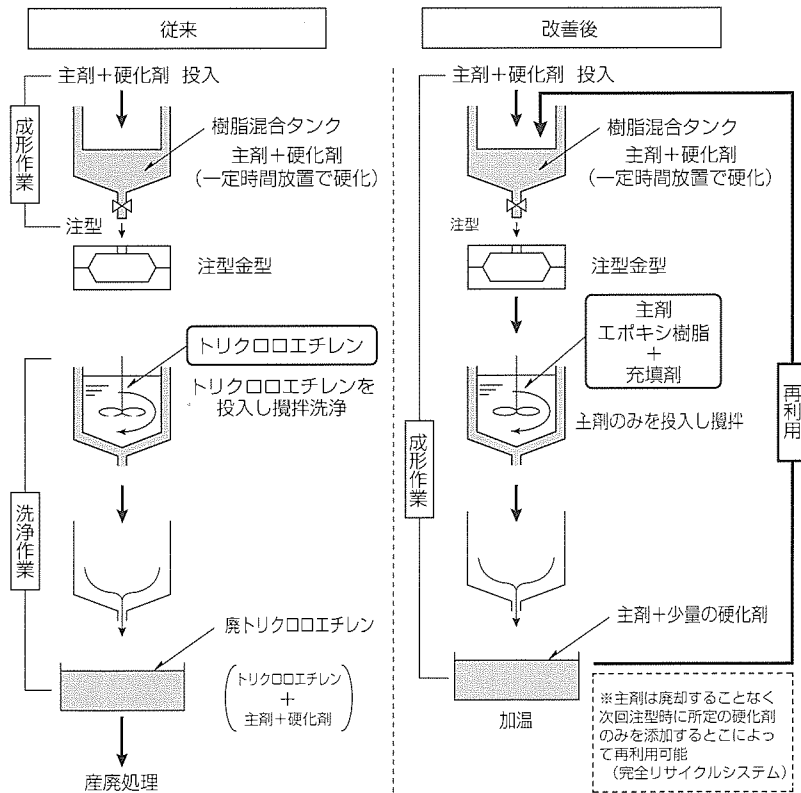


図4. 注型樹脂混合タンクの洗浄工程

主剤(エポキシ樹脂+充てん(填)材)のみでは硬化しないこと、タンク内残留混合樹脂の主剤への溶解性に着目し、樹脂成形工程として主剤のみでタンク内を攪拌する工程を

追加し、トリクロロエチレンの使用を廃止した。

また、洗浄に使用した主剤は、廃却することなく、硬化剤を添加し注型材料として利用できる(完全リサイクル)。

改善前後の工程概要を図4に示す。

2.4.4 金型離型剤溶媒の代替

樹脂注型時の製品離型性向上のため注型前の金型への離型剤塗布を行っているが、その工程において高粘度離型剤(シリコンオイル)希釈用途にトリクロロエチレンを使用していた。

代替溶剤としては、低引火点の溶剤/水系離型剤による塗布、低粘度離型剤(希釈レス)によるはけ塗り、金型へのめっきが考えられるが、表3の評価結果でも分かるように、引火性(防爆)、品質(製品外観)、作業性、経済性でそれぞれ問題があった。

'97年度末までに何としてもトリクロロエチレンを全廃するという目標を達成するため評価結果を再分析する中で、数種の低粘度離型剤(シリコンオイル)と従来使用していた高粘度離型剤を混合して粘度を適正化する発想に至った。離型剤の種類、混合比を変えながら粘度と品質をチェックする実験の繰り返しによって実用に耐え得る最適組成を決定した。結果的に、溶剤による希釈、装置の変更のいずれも行うことなく、離型剤溶媒に用いていたトリクロロエチレンを全廃することができた。

改善前後の工程概要を図5に示す。

2.5 費用削減と成果

'98年3月をもってトリクロロエチレンの全廃を達成し、年間約150トンの使用量が'98年度以降ゼロとなり、洗浄剤・溶剤としての購入費用、廃液としての廃棄物処理費用

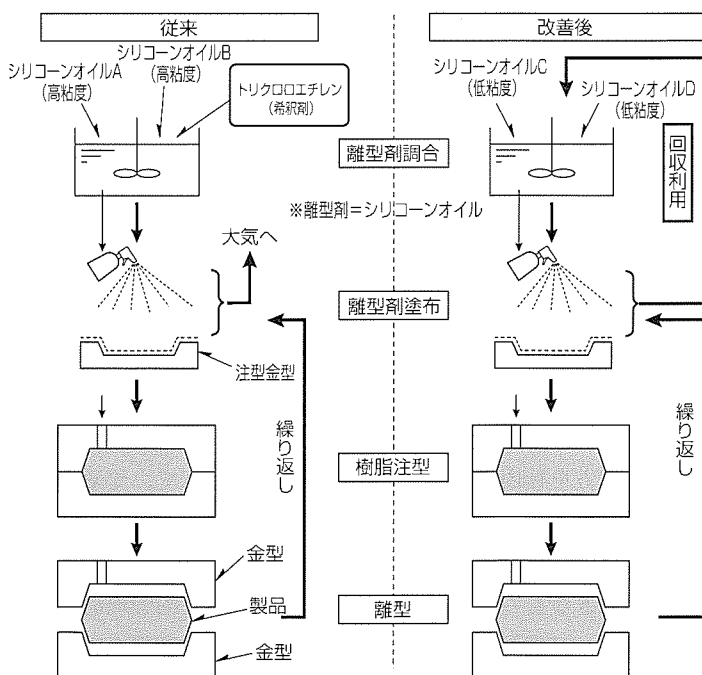


図5. 注型離型剤の溶剤レス化

を試算すると、'98年度以降年間約2千万円の費用削減が見込まれる。

3. 名古屋製作所新城工場のジクロロメタン全廃

3.1 新城工場におけるジクロロメタンの使用

新城工場では三相誘導電動機を製造しているが、この中で電動機の回転トルクを支えているのがフレーム(外枠)であり、主として鋼板のプレス成型及び溶接によって作られている。三相誘導電動機の概略構造を図6に示す。

このフレームに指定の塗装を行うためには、塗膜の密着性を確保するために、前処理としてフレーム表面の脱脂を行う必要がある。この脱脂工程で、有機塩素系化合物であるジクロロメタンを使用していた。

そこで、環境保護の立場、特に大気汚染の未然防止の観点から、その使用廃止に向けて活動したので、その内容について紹介する。

3.2 全廃までの経緯

第4回モンリオール議定書締約国会議('92年11月、コペンハーゲンにおいて)での1,1,1-トリクロロエタンの'95年末全廃決定を受けて、当工場では1,1,1-トリクロロエタン廃止に向けて代替品の検討を実施した。製品の品質を確保できる代替手段を選定し、設備投資を行って新規洗浄設備を導入し、これが稼働するまでの間はジクロロメタンを一時的に採用することとし、前述の前処理ラインを'93年5月にジクロロメタンへ切り換えた。

さらに大気汚染防止への配慮から、'96年8月に水系界面活性剤を用いた無排水洗浄方式を採用してジクロロメタンを全廃した。これらの活動の結果、それ以降、新城工場においては有機塩素系溶剤の使用はゼロとなった。

3.3 新洗浄方式の選定と条件設定

脱脂及び洗浄工程で有機塩素系溶剤を使用しないという条件に加え、資源の有効活用の観点から、無排水洗浄システムに的を絞る、更に以下の検討を実施した。

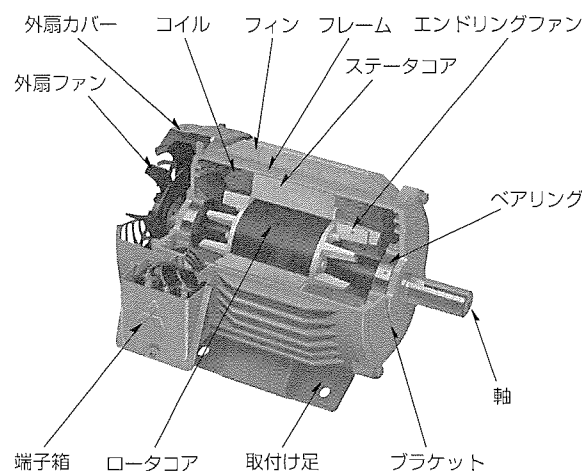


図6. 三相誘導電動機の概略構造

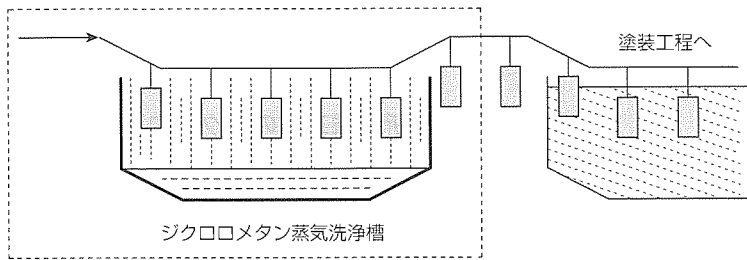


図7. 従来のジクロロメタン洗浄設備

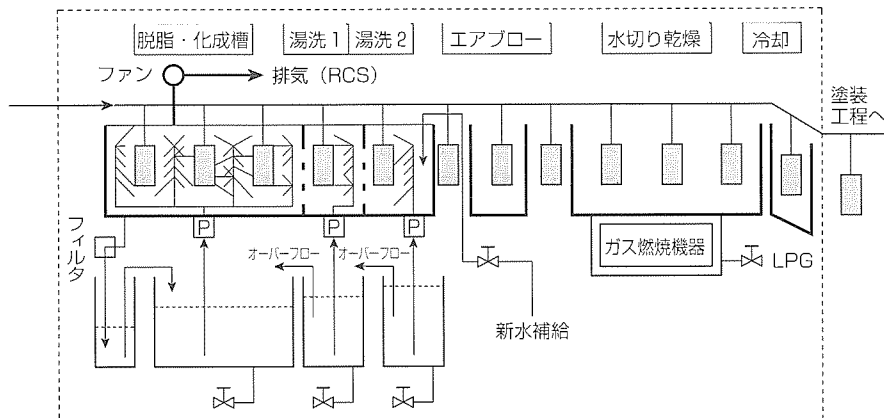


図8. 無排水水系洗浄設備

3.3.1 検討内容

塗膜密着性と塗装外観に関し、洗浄機メーカーが他のユーザーに納入した設備を借用して評価用サンプルを製作し評価した。この結果、塗膜密着性及び塗装外観とも従来方式とそん(遜)色なく、採用に関して問題なしとの結論に至った。

3.3.2 条件設定

導入に際しては、主として以下の項目について生産性と信頼性の確保を基本として検討を行った。

- 化成皮膜処理剤及び界面活性剤の混合濃度
- スプレー量と圧力
- ワーク速度
- 洗浄液温度
- 湯洗回数
- タンク内たい(堆)積スラッジ除去頻度

以上のような項目を中心に机上検討及び実機評価を繰り返した結果、目標とする性能を実現できることが分かった。

3.4 無排水洗浄システムの特長

従来のジクロロメタンを使用した設備の概略を図7に示す。また、現在新城工場に導入された無排水洗浄方式による設備の概略を図8に示す。

図8に示すように、洗浄槽でワークに界面活性剤を含んだ洗浄液をスプレーで吹き掛け、脱脂、洗浄及び化成皮膜処理を行う。洗浄液は、フィルタを通してスラッジ等を除去し、ポンプでく(汲)み上げ、洗浄液として再利用が可能

である。ワーク(フレーム)は、その後、湯洗槽を通し、水切り乾燥して次の下塗り塗装工程へ送られる。洗浄液は、濃度を一定に保つために化成皮膜処理剤と界面活性剤の定期的な補給と蒸発して目減りした水を給水するだけで、継続使用が可能である。

3.5 効果

無排水洗浄システムの導入により、次のような効果が得られた。

- (1) '95年度年間約35トン使用していたジクロロメタンを全廃できた。
- (2) 再循環によるクローズドシステムであり、排水量をゼロにできた。
- (3) 洗浄力・脱脂力ともジクロロメタン使用時と比較して同等以上であり、塗膜の密着性について期待した性能が得られた。

4. むすび

有機塩素系化合物は、その数々の有用性ゆえ、産業界において長年にわたって使用されてきた。しかし、その反面で、難生分解性であるため、いったん環境中に拡散した場合、長期間残留する可能性を持っている。一方、その発がん性については、確定的な立証こそなされていないが、非常に疑わしく、いわゆるグレーという判定が下されている。

環境中に拡散したこれらの物質が食物連鎖や大気・水域といった環境媒体を経由して人の体内に取り込まれ、健康に影響を与える可能性は否めず、企業としてのリスクリダクションの一環として、三菱電機ではこれらの化合物を全廃する方針を決定し、現在、この目標達成に向けて鋭意努力を行っている。

本稿では、この活動の一環として既に全廃を達成した二つの事業所の事例を紹介した。同様に有機塩素系溶剤使用工程の代替を検討されている方の一助となれば幸いである。

また、当社では、現在、工程や製品に使用される化学物質の物質収支(どれだけの量を購入し、どの用途にどれだけの量を使用したか)を明確にするPRTR(Pollutant Release & Transfer Resister: 化学物質排出移動登録)の考え方を社内化学物質管理活動に取り入れて、化学物質にかかわる環境負荷を把握している。

今後とも、この仕組みを有効に生かして、その環境負荷の大きなものから順に低減に取り組む自主的管理活動を推進し、21世紀の企業にふさわしい化学物質管理を実践していく所存である。

オゾン応用エコプロセス技術

鐘ヶ江裕三* 野田清治*
 大家 泉* 宮本 誠*
 葛本昌樹**

要 旨

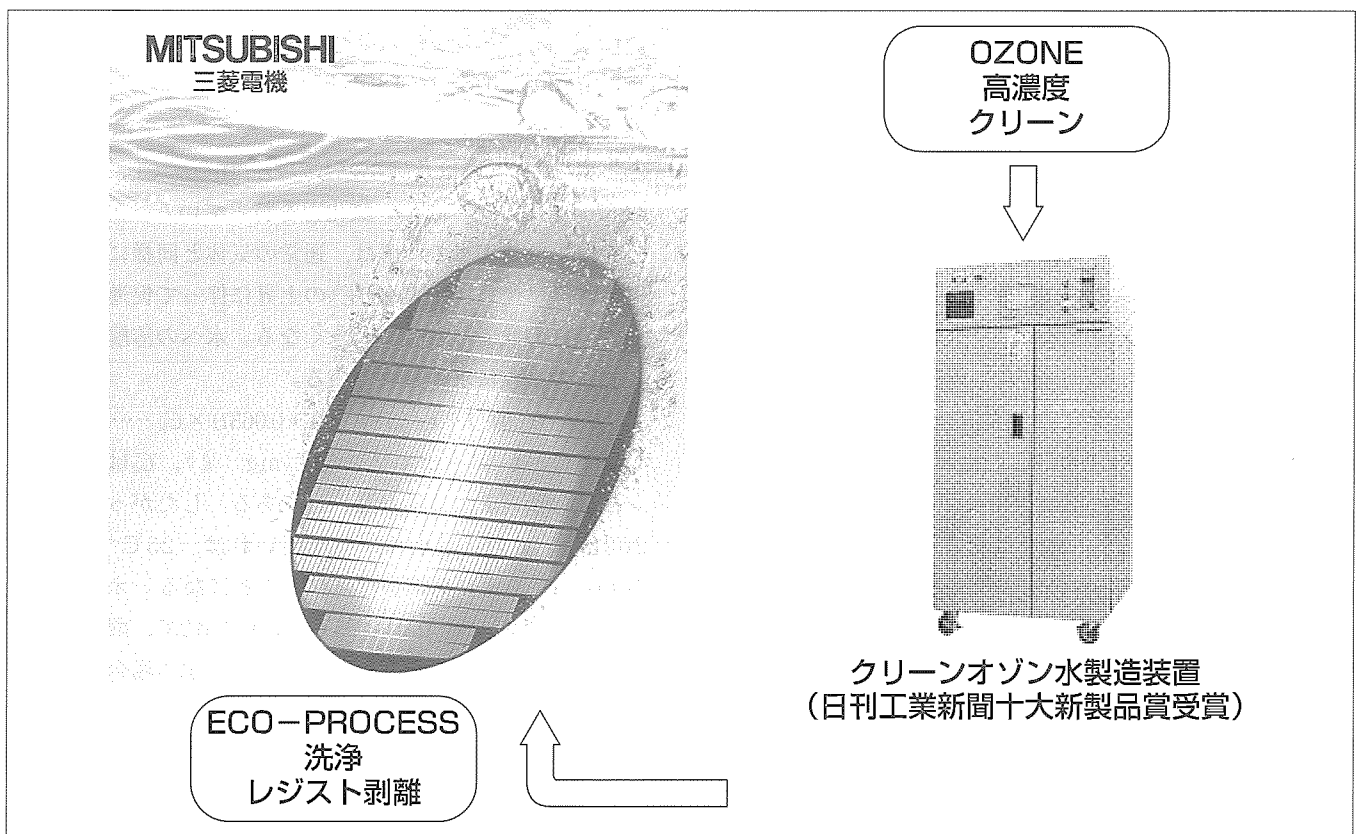
最近、製品やデバイスの製造プロセスにおける薬液使用量やエネルギー使用量の削減が、単に廃棄物やCO₂排出などの環境関連の規制対応だけでなく、経営の視点でのコスト削減の重要課題となってきた。半導体や液晶表示素子などの電子デバイスの洗浄やレジストはく(剥)離のウエットプロセスでは、酸、アルカリ、有機溶剤などを用いた高温処理プロセスが使われてきた。これらに代わるオゾンを用いた環境に優しいエコプロセスの開発が期待されている。

オゾンは分解後に酸素に戻るため環境に優しい酸化剤として重用されており、浄水・下水の分野では、その酸化力を利用した消毒、殺菌、脱臭、有機物分解などの高度処理が行われている。しかし、電子デバイス分野のプロセスに

オゾンを用いるためには、生産性を確保できる高濃度オゾンの発生、歩留りを落とさないクリーン度が求められる。

ここでは、半導体や液晶表示素子分野などの電子デバイス分野に適した高濃度クリーンオゾナイザとクリーンオゾン水製造装置の開発について紹介する。また、酸、アルカリを用いたRCA洗浄に代わるオゾン水洗浄技術の開発、酸や有機溶剤を用いた従来のレジスト剥離に代わる高濃度オゾン水レジスト剥離技術を紹介する。

環境に優しいオゾンが工業分野、とりわけ電子デバイス分野のプロセスを革新し広く普及する日は近いものと思われる。



高濃度クリーンオゾンが洗浄プロセスを変える

高濃度クリーンオゾナイザ、クリーンオゾン水製造装置の開発により、薬液使用量を大幅に抑えた室温のオゾン応用洗浄プロセス、オゾン応用レジスト剥離プロセスなどのエコプロセスが開発されている。

1. ま え が き

環境問題は、地方・国・地域レベルの問題から議論されてきたが、今では地球規模での問題把握、解決策が求められている。1987年にオゾン層保護対策活動を規定したモントリオール議定書や'97年の気候変動枠組み条約第3回締結会議(COP3)の地球温暖化対策の議定書“京都議定書”などがグローバルなルール作りの代表例である。

一方、環境意識の高まりの中で、製造業においても、製品の原料、生産、消費・使用、廃棄までのライフサイクルを通じて環境に与える影響を評価するLCA(Life Cycle Assessment)や、環境影響を考慮した製品設計すなわちDFE(Design For Environment)の概念やゼロエミッション、さらにはインパースファクトリ概念が出され、単に良い製品を安く作るという理念での製造は受け入れられなくなりつつある。消費者と製造者が一体となった“持続可能な発展”を提案・実践する段階に入っていると言える。

さて、半導体の発展がもたらした功績は計り知れないものがある。ロジック、メモリでは高集積・大容量化、パワーエレクトロニクス分野でも小型大容量化・高周波化が進むことにより、デバイスや装置の消費電力及び体積・質量が著しく小さくなった。これらのデバイスを搭載する機器やシステムは小型軽量で省エネルギーの方向になっている。特に、電車、ロボット、生産機械などの輸送・移送・可動機器では省エネルギーの効果が大きい。このように半導体の発展は、人々に快適性・利便性・生産性の向上をもたらしつつ、電力消費を抑えるという意味でCO₂削減(増加防止)に大きく貢献してきている。

しかし、半導体デバイスがあのように小さいものであるにもかかわらず、その製造過程では、大きな電力量を費やし、数々のガス・薬品を使用し、そしてその多くを廃棄している。逆に言うと、これらの電力や薬品が小さなデバイスに高い付加価値を与えていると言える。半導体の分野でも、電化製品などのように、LCAやゼロエミッションの概念を入れた製造方法(環境調和型プロセス:エコフレンドリプロセス)が議論される時期にきている。液晶表示素子(LCD)分野でも多くの面で同様の製造プロセスが採られており、課題は同様である。これらの分野の新規ライン導入では、従来にも増してプロセスコスト低減と環境負荷低減(薬液フリーや薬液削減、低温省エネルギー)の両方を指向したフットプリントの小さい新製造装置によるライン構成が期待されている。

本稿では、半導体やLCDの製造工程における次世代のウェットプロセスとして注目されているオゾン水を用いたプロセスについて述べる。強い酸化力を持っていて、しかも使用后自然分解して酸素に戻り環境への残留性が全くないオゾンは、エコフレンドリでエコノミカルなプロセス

(エコプロセス)として期待が大きい。

2. オゾンガスとオゾン水

オゾンは、酸素原子3個が単結合と二重結合の中間状態の共有結合で結合した分子である。1785年にVan Marumが電気火花が飛ぶと妙なお(臭)いがすることに気が付き、1840年にC.F.Shönbeinがozein(におう)にちなんで“オゾン”と命名したのがオゾンの歴史の始まりである。1857年にはSiemensによって無声放電式のオゾン発生器が開発され、1874年にB.Brodieによってその分子構造が明らかにされた。応用の面では、1899年にCalmetteとRouxが仏リル市の水道水中の病原菌や腐生菌をオゾンで殺菌できることを見だし、1906年には仏ニース浄水場でオゾン処理プロセスが稼働した⁽¹⁾。国内では1930年に八幡市(現北九州市)山神浄水場での採用が初めてで、その後数々の技術革新が行われ、例えば1998年には大阪府水道部村野浄水場の総給水能力1,800,000m³/日の大規模処理プラントが稼働するに至っている。

浄水の殺菌のほかでも、下水や排水の殺菌、脱色、脱臭を目的に実用されている。また、工業分野では、有機物酸化プロセスや表面処理プロセスに重用されているし、最近ではパルプ漂白などへの適用が検討されている。半導体やLCDの製造プロセスでもオゾンの採用が始まっている。

いずれも、オゾンの持つ強い酸化力、使用後は分解して酸素に戻る安全性が採用の大きな理由である。オゾンは、酸化還元電位でみると、2.07Vと大きな値を示しており、ふっ素の2.87Vには及ばないものの、H₂O₂、Cl₂、O₂の1.77、1.36、1.23Vに比べて強い酸化力を持っている。

オゾンの溶媒への溶解は、通常気体と同様に、ヘンリーの法則に従い、圧力(分圧)の上昇に伴って促進され、また、温度の低下とともに大きくなる。水への溶解は、実験で式(1)のように求められている。

$$C_w = 0.604(1 + t/273) / (1 + 0.063t) \times C_g \dots\dots\dots(1)$$

ここで、C_wは水中オゾン濃度(mg/ℓ)、C_gは気中オゾン濃度(mg/ℓ)、tは水温(℃)である。したがって、C_gが200mg/ℓの高濃度オゾンを用いれば、25℃でC_w=約40mg/ℓのオゾン水が得られることになる。オゾンの水への溶解度D(mg/mg)は25℃において0.2で、酸素の7~8倍である。非極性溶媒への溶解度は、水の場合の10倍前後のものが多い⁽¹⁾。

オゾンは種々の電子構造の混成で表現でき、求核試薬、求電子試薬、1-3双極子付加試薬の機能を持つことから、あらゆる有機物と反応する可能性を秘めている。オゾンと有機物の反応では、不飽和の二重結合や芳香環がオゾンと反応して、最終的にケトン、カルボン酸、二酸化炭素を生成するクリーギー機構が最もよく知られている。オゾンによる飽和有機物の酸化反応は、水分の存在下でオゾンが加

水分解してヒドロペリオキシラジカル($\text{HO}_2\cdot$)や過酸化水素(H_2O_2)を生成することが必要で、そのメカニズムは複雑である。

無機物とオゾンの反応は、酸化還元電位の差による反応であり、オゾンの2.07Vの酸化電位から金と白金を除くすべての金属を酸化できる⁽¹⁾。

3. クリーンオゾナイザとクリーンオゾン水製造装置

3.1 新型クリーンオゾナイザ

半導体産業は、高集積化の追求、高生産性の追求に限りない力を注いできた。オゾンを用いるプロセス装置が採用されるためには、①他のプロセスとマッチがとれるタクトタイムの実現、②歩留りを落とすことのないクリーン度の実現が必ず(須)の要件である。したがって、オゾナイザとオゾン水製造装置における課題は、高濃度オゾンの発生と水への高濃度溶解、そしてコンタミフリーの達成と言い換えることができる。

図1に新型クリーンオゾナイザのオゾン発生部の原理図を示す。この発生器は日刊工業新聞98年十大新製品賞を受賞したものである。セラミック円板の背面に導電膜層を形成した誘電体高電圧電極とセラミックコートした接地電極間にセラミックスペースを介して形成される短ギャップを放電空間とする構造になっている。

電極部は図のように圧力容器に収納され、容器外部から酸素などの原料ガスを供給する。原料ガスは、放電空間を通過後、接地電極中央部に設けられたガス排出用の穴からオゾン化ガスとして容器外に吐出される。放電部にガスのシール構造を必要とせず、荷電粒子衝突やオゾンガスとの反応によるコンタミ発生のないクリーンなオゾン発生には極めて適した構造となっている^{(2)~(5)}。

3.2 オゾン発生特性

図2に示すように、発生オゾン濃度はガス流量とともに減少する。ガス流量2ℓ/minでは230g/Nm³を超える高濃度オゾンが得られた。このときの放電電力(面)密度は2

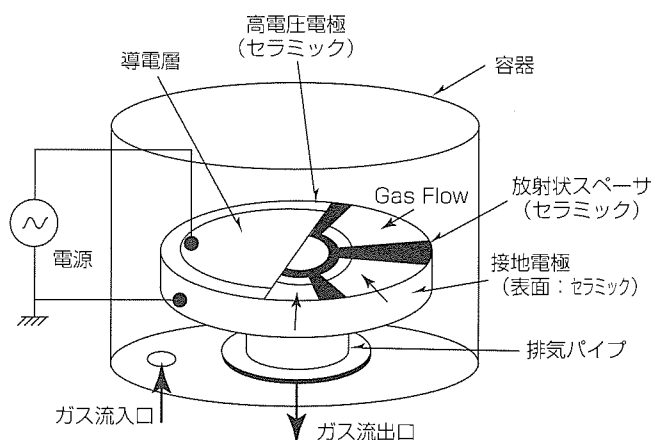


図1. 高濃度クリーンオゾナイザの構造

W/cm²であり、極めてコンパクトな発生装置から高濃度オゾンが発生できた。これは放電ギャップ長を極めて短く設定して、①放電空間のガス温度上昇を低く抑えられたこと、②生成したオゾンを再分解する低エネルギー電子数を抑制できたことによる⁽²⁾。

3.3 クリーンオゾンの発生

半導体製造分野にオゾンを用いるためには、高濃度オゾンの発生とともに、金属コンタミなどを含まないクリーンなオゾンの発生技術の開発が要求される。そこで、開発したオゾン発生装置を用いて、金属不純物の発生度合を評価した。評価方法として、発生したオゾンガスを純水中に溶解し、この溶液中の金属コンタミ量をマイクロ波プラズマ質量分析装置(MIP-MS)及びフレームレス原子吸光分析装置(FL-AAS)によって計測した。表1に示すように、観測したすべての金属濃度は検出限界値(数十ppt)以下であり、極めて高いクリーン度を持つことが証明された。

また、このオゾン水中にシリコンウェーハを浸漬し、ウェーハ上に付着した異物を全反射蛍光X線分析装置(TRXRF)で観測した。評価したすべての金属(Ca, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, K, Ti, V, Co, Zn)に対して、計測器の測定限界(1×10^{10} atoms/cm²)以下であることが明らかになった。この値は現在の半導体製造プロセスに要求されるクリーン度を満足するものである。

また、オゾン発生器出口配管にインライン型のパーティクルカウンタを取り付け、この検出器の測定限界である0.27μm以上の異物の発生がないことも確認できた。放電空間にガスのシール機構を必要としない構造を採用したため、シール剤の劣化などに起因するパーティクルの発生がないこともこの構造の大きな特長である⁽⁶⁾。

高濃度オゾンガス発生により、ヘンリーの法則から高濃度のオゾン水の生成が可能となった。飽和オゾン水の濃度は、用いるオゾンガス濃度と水温によって決定されるので、例えば、250g/Nm³のガス濃度では、7℃で110ppmのオゾン水が得られる。洗浄やレジスト除去の速度改善に極めて有望と考えられる。

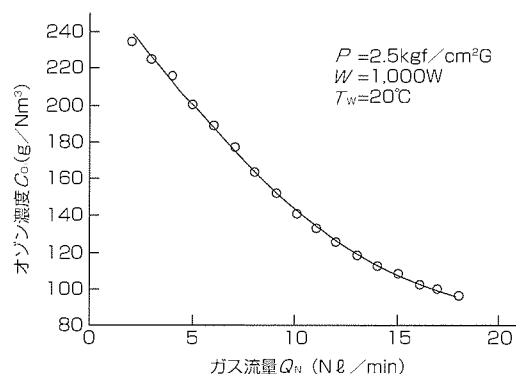


図2. オゾン濃度のガス流量依存性

表1. オゾン水中金属濃度

| 元 素 | Na, K, Ca, Fe, Zn, Al | Mg, Ni, Cu | Cr, Mn |
|---------|-----------------------|------------|--------|
| 超純水中濃度 | <50ppt | <20ppt | <10ppt |
| オゾン水中濃度 | <50ppt | <20ppt | <10ppt |
| 検出限界 | 50ppt | 20ppt | 10ppt |

4. オゾン水洗浄技術

4.1 現状の洗浄技術

メモリの集積度の増大に伴い、最小加工寸法は量産で0.25μm、開発レベルでは0.18μmに達している。この微細回路にパーティクルなどの汚染物質が付着するとデバイスの性能や歩留りの点で問題が出てくるため、表面をクリーンに保持することが非常に重要となる。このため、洗浄工程が半導体製造全工程に占める割合は2～3割にもなる。

シリコンウェーハ上から除去すべき汚染物質としては、パーティクルのほか、金属、有機物、自然酸化膜がある。これらの多様な汚染物を除去するため、現状では、複数の洗浄液による処理を組み合わせる多槽浸せき(漬)バッチ方式での洗浄シーケンスを組み上げている。その基本は1970年にKernらによって発表された硫酸、アンモニア、塩酸をそれぞれ過酸化水素と混合した薬液を組み合わせ、いわゆるRCA洗浄法と呼ばれるプロセスである⁽⁷⁾。表2に示すように、RCA洗浄は、①120～150℃のH₂SO₄/H₂O₂(SPM：硫酸過水)で有機物(一部金属)を除去、②室温の希釈HF(DHF：希ふっ酸)で酸化膜とその中の金属を除去、③80～90℃のNH₄OH/H₂O₂(APM：アンモニア過水)でパーティクルを除去、④80～90℃のHCl/H₂O₂(HPM：塩酸過水)で金属を除去、⑤DHFで④で形成された酸化膜中の金属の除去、という5段階と、これに7回の超純水リンスを加えた計12工程を基本としている⁽⁸⁾⁽⁹⁾。LCDの分野でも概略同様のプロセスを採っており、工程数は若干少ない場合が多いが、基板面積が大きいため処理槽の薬液は多い。

このように多量の薬液を大量消費しているために、薬液自身にかかるコスト(例えば、8インチウェーハ月産2万枚の工場では年間約43億円⁽¹⁰⁾)はもちろん、廃液処理、高温で薬液を使用する場合の薬品蒸気発生など、環境保全、クリーン度維持の観点からも薬液の使用削減が望まれている。デバイスメーカーでは、各社ともに薬液使用量の低減、低濃度化や超純水使用量削減、プロセス温度の低温化(省エネルギー)などで洗浄コストの削減に当たっているが、代替洗浄法の有力候補として、最近オゾン水に注目が集っている。

4.2 オゾン水洗浄技術

オゾン水は強い酸化力を持ち、かつ、使用後に水と酸素に分解されるため廃液処理が不要又は容易になり、かつ低温プロセスとなるために高温蒸気が発生しないなどのメリットを持っている。また、リンスが不要となれば、超純水

表2. RCA洗浄とオゾン水洗浄の効果

| | 汚染除去のメカニズム | パーティクル | レジスト残さ(渣) | 有機物 | 金属 | 自然酸化膜 |
|------|--------------|---------|-----------|--------|-------|-------|
| RCA | SPM 溶解 | | ○ | ○ | ○ | |
| | APM エッチングと電位 | ○ | | ○ | | |
| | HPM 溶解 | | | | ○ | |
| | DHF エッチング溶解 | | | ○ | ○ | ○ |
| オゾン水 | 酸化溶解(アシスト法*) | ○(pH調整) | ○(物理力) | ○(物理力) | ○(HF) | |

注 *処理速度向上のためにアシストが必要な場合もある。

の使用量も大幅に削減できるなどの効果も期待される。

オゾンは強力な酸化力を持つので有機汚染物質の酸化分解が可能であり、レジスト残渣の除去などに向いている。枚葉スピン洗浄とメガソニック印加オゾン水とを組み合わせることにより、SPMレベルの有機物除去が可能である⁽¹¹⁾。

金属汚染物質の除去に対しては、オゾン水単独では酸化膜中の金属汚染物質を直接除去できないため、0.1%程度の微量のHFを添加したHF/オゾン水、又はDHF及びオゾン水の繰返し洗浄による金属除去の研究が盛んに行われている⁽¹²⁾⁽¹³⁾。図3に示すように、HF/オゾンの繰返し洗浄で汚染金属CuがHPMと同レベルまで除去できる⁽¹²⁾。その除去メカニズムは、添加した0.1wt%のHFによって酸化膜中に取り込まれた金属汚染物質をウェーハ表面に露出させ、オゾンとの電子授受による酸化反応によってイオン化し、オゾン水中に溶解させるものである。薬液は低濃度のHFのみ使用しているため、薬液使用量を大幅に低減できる。

さらに最近では、パーティクル除去にオゾン水を利用する試みもなされている⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾。pHの高いAPMではパーティクルの電位は負になり、同じく負に帯電するウェーハと反発することによっているが、オゾン水は中性又は弱酸性のため工夫が必要とされている。アシストのpH調整液の添加や超音波などの物理力の併用が考えられている。APMの代替が実現すれば、クリーンルーム環境中で課題となっているアンモニア汚染を低減できるので、空調負荷の低減や歩留り向上の効果が期待される。

このように、低温(室温)のオゾン水による洗浄技術への期待は絶大である。

5. 高濃度オゾン水によるレジスト剥離技術

5.1 現状のレジスト剥離(除去)技術

フォトリソレジスト剥離(除去)プロセスとしては、現在ドライ方式では枚葉式の酸素プラズマアッシング⁽¹⁵⁾、ウエット方式では有機溶剤による処理やSPM処理のバッチ式が採用されている。

ドライ方式の酸素プラズマアッシングは、①プラズマの電荷によるウェーハ上のデバイスの損傷、②ウェーハが帯電することによるプラズマの均一性の低下、などが課題とされている。そこで、電気的には中性の条件の中で酸素ラ

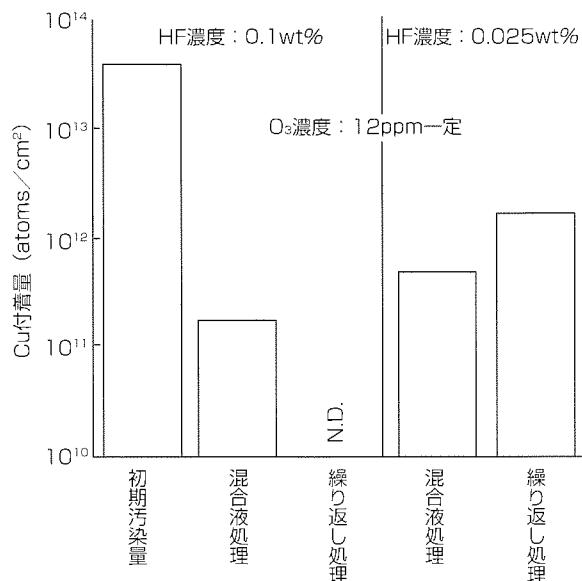


図3. HF/オゾン洗浄処理前後のウェーハ表面Cu付着量⁽⁴⁾

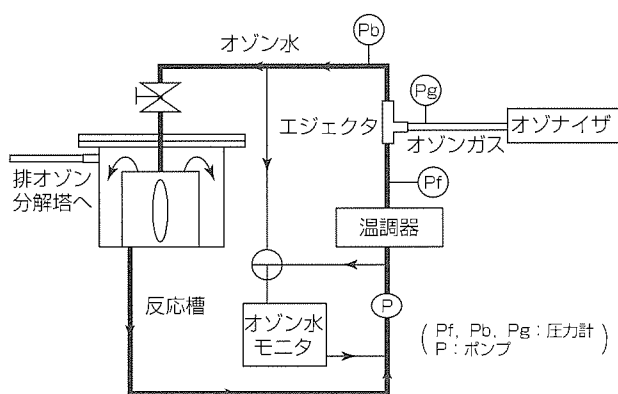


図4. エジェクタ式循環型レジスト剥離実験装置

ジカルを生成するために、オゾンを用いるアッシング、紫外線/オゾンによるアッシングの検討がなされているが、 $1.0\mu\text{m}/\text{min}$ の除去速度を得るには 250°C 以上の加熱が必要である⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾。

一方、ウェット方式では、有機溶剤を用いる場合とSPMを用いる場合とも溶液を高温に加熱してレジスト分解や溶解を促進しており、それでも剥離速度は $0.1\sim 0.2\mu\text{m}/\text{min}$ で、50枚のウェーハ処理に所要する時間は20分などと長いバッチ式処理となる。よく用いられる硫酸と過酸化水素(SPM)の反応では、生成するカロ酸(H_2SO_5)がレジストを剥離し、剥離されたレジストは液中で酸化分解される。課題としては、①高温プロセスのため、特殊な空調設備が必要なこと、②過酸化水素が水となり、その濃度が低下するため8~12時間ごとに液交換が必要な点が挙げられる。

LCDの分野ではDMSO(Dimethyl Sulfoxide)とMEA(Monoethanol Amine)の混合液が使われることもある。

5.2 高濃度オゾン水によるレジスト剥離技術

硫酸を用いずオゾンと水のみを用いたプロセスは、SPM

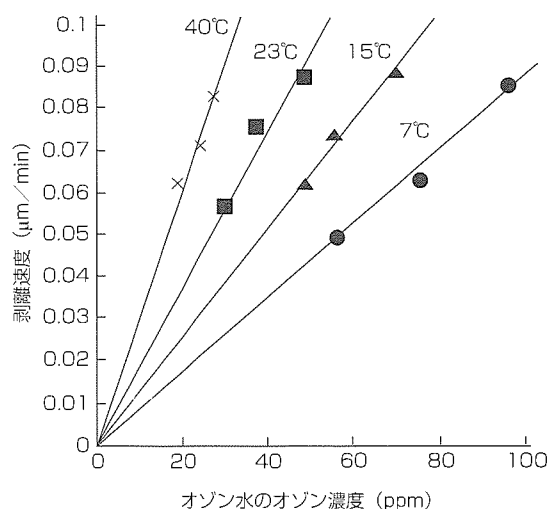


図5. 剥離速度のオゾン濃度依存性

のような高温を必要としないため、空調代が低減できるほか硫酸コストもなくすることができ、さらに水洗プロセスを削減できる可能性があり、正にエコプロセスとしての効果が大きい。

図4に示すエジェクタ式循環型レジスト剥離実験装置を用いて、オゾンガス濃度 $150\sim 250\text{g}/\text{Nm}^3$ 、オゾン水流量 $4.0\text{ l}/\text{min}$ の条件でポジ型レジストを剥離した結果を図5に示す。剥離速度($\mu\text{m}/\text{min}$)は、オゾン水のオゾン濃度に比例して、また、温度の上昇とともに大きくなる。図6に剥離速度をオゾン水濃度で規格化した剥離速度 R ($\mu\text{m}/\text{min}/\text{ppm}$)の温度依存性を示す。 R は $1/T$ に対して直線に乗りアレニウス則に従い、

$$R = R_0 \exp(-E/kT) \dots\dots\dots(2)$$

で表される。ここで、 R_0 は頻度因子(定数)、 k はボルツマン定数、 T は水温(K)、 E は活性化エネルギーである。

一般に有機物とオゾンの反応は、2章でも述べたとおり、不飽和結合はクリーギー機構でケトン、カルボン酸、 CO_2 に分解され、飽和結合は水分とオゾンの共存下でできる $\text{HO}_2\cdot$ や H_2O_2 による分解反応である。しかし、図6、式(2)で得られる活性化エネルギーは 0.29eV となり、C-C、C=C、C-Oなどの有機物の共有結合エネルギー($4\sim 5\text{eV}$)に比べて著しく小さく、レジスト剥離の機構が複雑であることを物語っている。

このようにオゾン水の温度を上げると化学反応は促進されるが、式(1)のように温度とともに溶解オゾン濃度は減少するため、剥離速度を最も大きくするためには、レジストや反応系全体の固有の活性化エネルギーに合った処理温度を設定する必要がある⁽¹⁸⁾。レジストの種類、バークの程度、イオン注入の有無などによって活性化エネルギーが異なることが予測される。

オゾン水温度の剥離速度依存性について、 $7\sim 35^\circ\text{C}$ までは溶存オゾン濃度が減少するにもかかわらず剥離速度が増

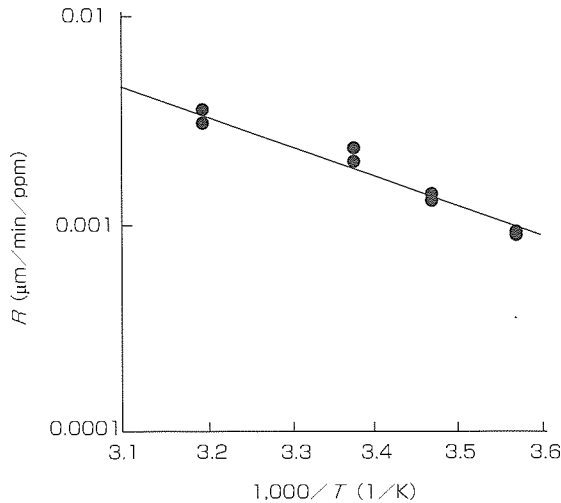


図6. 規格化剥離速度の水温依存性

加し、40℃のピークの後に減少する場合もある⁽¹⁹⁾。

オゾン水によるレジスト剥離においては、剥離速度を更に向上させるのが課題といえる。オゾン分子の水中拡散が遅いため、基板を回転させるなど移動現象を変化させる方法⁽²⁰⁾や超音波照射法など物理力の併用も検討されている。

このように、レジスト剥離においても、低温(室温)のオゾン水による処理技術への期待は大きい。

6. む す び

環境意識の高まりとともに、薬液を使わない室温の省エネルギープロセス、すなわちオゾン応用エコプロセスへの期待は大きい。効率の良い無声放電式の高濃度クリーンオゾンナイザの開発、高濃度クリーンオゾン水製造装置の開発が、半導体分野やLCD分野の洗浄、レジスト剥離の技術に革新をもたらす日は近い。

参 考 文 献

- (1) 例えば、リアライズ社：オゾン利用の理論と実際、(1989)
- (2) 葛本昌樹，田畑要一郎，吉沢憲治，八木重典：100μm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，電学論A，**116**，No.2，121～127 (1996)
- (3) 葛本昌樹，田畑要一郎，廣辻淳二：高濃度・高効率オゾンナイザ，電気評論，49～52 (1996-3)
- (4) 葛本昌樹：高濃度オゾンナイザとその応用，静学論誌，**21**，No.1，18～21 (1997)
- (5) Kitayama, J., Kuzumoto, M.: Theoretical and Experimental Study on Ozone Generation Characteristics of an Oxygen-fed Ozone Generator in Silent Discharge, J.Phys.D, **30**, 2453～2461 (1997)

- (6) 葛本昌樹，沖原雄次郎，宮本 誠：極短ギャップオゾンナイザの開発，放電研究会資料，ED-98-98，29 (1998)
- (7) Kern, W., Puotinen, D., Cleaning Solution based on Hydrogen Peroxide for use in Silicon Semiconductor Technology, RCA Review, **31**, 187 (1970)
- (8) 川名弘康：モディファイからリブレースへ，低コスト化はポストRCA洗浄でかって話題のオゾン水洗浄は，月刊Semiconductor World, 76 (1998-10)
- (9) 山下義典：洗浄の原理に変曲点 0.1μmに向けて脱RCA洗浄へ，日経マイクロデバイス，132 (1998-12)
- (10) 舟木洋一：ウエット洗浄に革命 工場設計をガラリ変える超クリーン洗浄技術が登場，日経マイクロデバイス，165 (1995-9)
- (11) Ojima, S., Kubo, K., Kato, M., Toda, M., Ohmi, T.: Megasonic Exited Ozonized Water for the Cleaning of Silicon Surfaces, J.Electrochem.Soc., **144**, 1482 (1997)
- (12) 浅岡保宏，横井直樹，大森寿朗，林出吉生，：DHF/O₃水による金属Cu汚染除去性へのHF濃度の影響，春季応用物理学会予稿集，28a-PB-18 (1998)
- (13) Osaka, T., Okamoto, A., Saga, K., Kuniyasu, H., Hattori, T.: Environment Friendly Single Wafer Spin Cleaning with Alternate Use of Ozonized Water and Dilute HF, 7th Intl.Symp.on Semiconductor Manufacturing, 113 (1998)
- (14) Alessandri, M., Bellandi, E., Crirelli, B., Pipia, F., Wolke, K., Schenkl, M.: US PSS'98, 13 (1998)
- (15) 斎藤秀一，：オゾンナイザ放電によるレジストのアッシング，月刊Semiconductor World, 140 (1992-3)
- (16) 松下 淳，湊 光朗：アッシング装置，月刊Semiconductor World, 164 (1993-7)
- (17) 高梨明紘，長谷川昇雄：光アッシング技術，Semicon NEWS, 47 (1988-12)
- (18) 大家 泉，野田清治，宮本 誠，葛本昌樹：高濃度オゾン水によるレジスト剥離，第8回日本オゾン協会年次研究講演会，14 (1999)
- (19) Gendt, S.D., Snee, P., Knotter, D.M., Mertens, P.W., Heyns, M.M.: Ozone Processing; The Way to go for Resist and Residue Removal?, UCPSS'98, Oostende, Belgium, 70 (1998)
- (20) Narayanswami, N., Nelson, S., : Dynamics of Mass Transfer on a Wafer Surface in Ozonated Water Processing for Photoresist Removal, UCPSS '98, Oostende, Belgium, 66 (1998)

家電製品リサイクルプラント

山口省吾* 崎谷秀幸***
 内山幸雄* 篠田啓二+
 小寺嘉一** 甲斐公一郎+

要旨

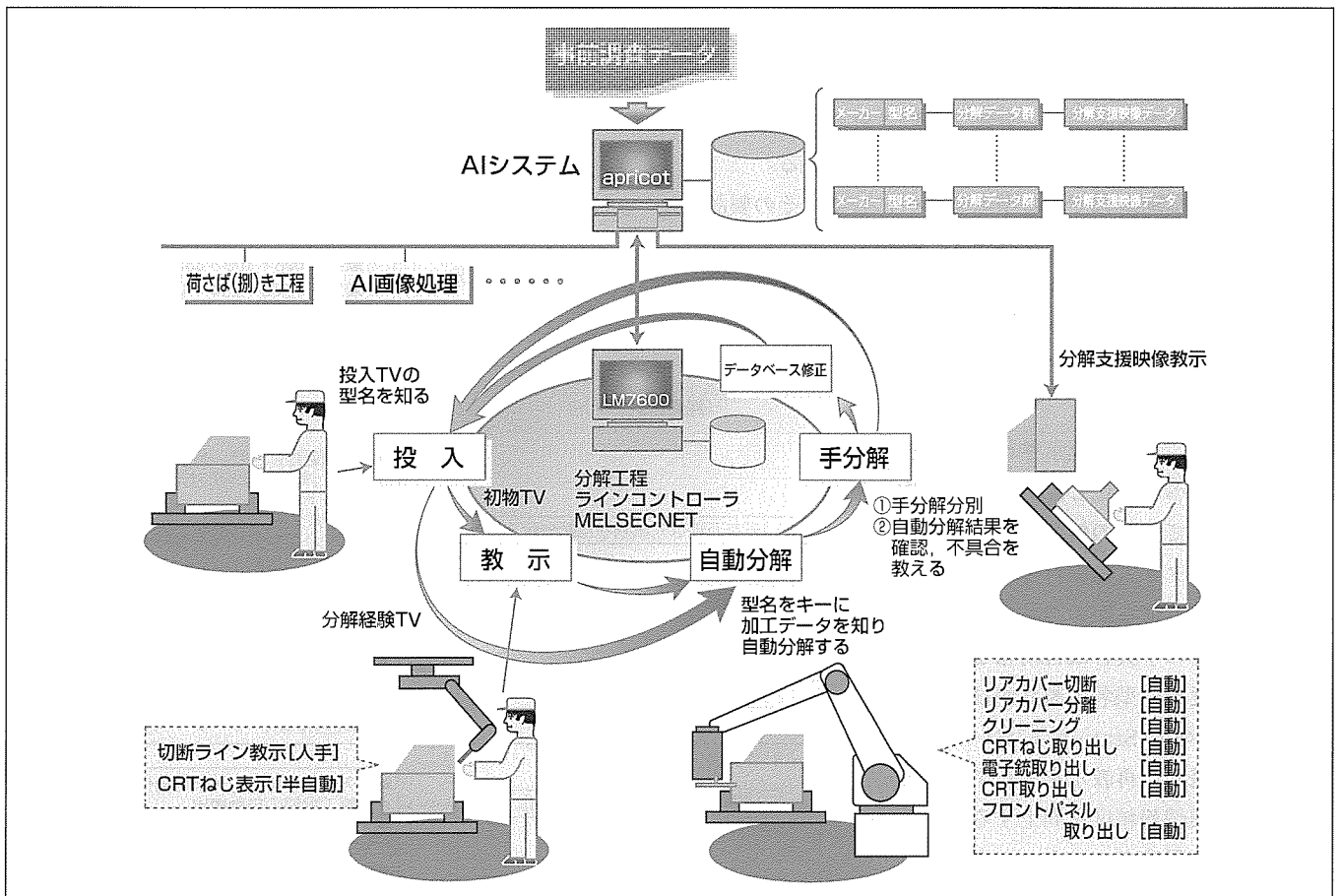
家庭用電気製品は、銅・アルミ・鉄・ガラスなど再利用価値ある素材で構成されている。近年、最終処分埋立地のひっ迫と周辺環境汚染が大きく問題視されている。

今後の採掘に限度のある金属類も含まれている。原材料製造過程におけるエネルギー削減の見地からも、マテリアルリサイクルが推進されるべきである。

使用済み家電製品からの環境影響物質の回収とリサイクル効率を向上させ、解体作業者の肉体的負担を軽減する自動化工程が開発された。

- 長大物・重量物の搬送に関して自動化がなされた。
- 製品分解や部品取り出しのための自動機械が開発された。

- リサイクル処理における製品品種及び製造年代の多様さに対して、製品構造データベースの構築と作業結果の自動登録がなされている。
- 作業員の手作業はごく一部に限定されている。
- 特殊作業にかかわるデータベースから、作業要領が示される。
- 実証運転を通じ製品構造データベースは十分に蓄積された。
- 型式データの蓄積に応じて、作業時間短縮の効果が確認されている。
- 製品構造・材料選択に関する多くの経験が蓄積された。



一次分解工程の自動化の概念

ライン内の処理対象品は、製品型式コードをキーとしてトラッキングされている。初品に関しては、解体作業の座標値が計測機器を用いて入力される。既にデータ蓄積のある品種については、過去の作業記録が必要な修正の上に出力される。すなわち、解体作業を積み重ねることにより、賢くなっている。危険作業・騒音中作業・粉じん(塵)中作業が可能な限り回避されている。

1. ま え が き

家庭用電気製品は高機能・低消費電力化の改善がなされ、利用者に快適な生活を提供している。より消費電力の少ない製品、快適な製品へ買い替えがなされる。

家電製品は鉄・銅・アルミ・ガラス・プラスチック等の再利用価値ある素材で構成されている⁽¹⁾⁽²⁾。使用済み製品のリサイクル回収を高効率かつ経済的に実施するための基礎技術開発と実用規模での課題を検討するため、通商産業省国庫補助を受けて一貫処理リサイクル実証プラントが開発され、1998年度に、茨城県那珂郡那珂町で実証実験が実施された。

本稿では、このリサイクルプラントの基本計画と各処理ライン機能を紹介し、実証実験において得られた成果について述べる。

2. プラント設計基本概念と計画目標値

今回の開発では、家電製品リサイクルを安全かつ効率的に実現することが目的であり、有価物の高効率回収と環境影響物質の解体分離回収が基本理念として掲げられている。

破碎選別に先立ち、主要部品素材を一次分解することが大きな特長である。処理工程は、対象物の大型化、重量物、作業安全性を配慮して機械化・自動化が図られた。

処理対象製品と各製品から分離・回収される部品素材を表1に示す。分解ラインは、次の特長を持っている。

- (1) 家電品の個別情報である型名をキーにして、その製品の解体に必要な情報をデータベースに蓄積し、同一家電品を解体するときに必要な作業情報を入力する。
- (2) 対象となる家電品が初めての解体対象である場合に、その解体に必要な情報を教示装置によって創出する。
- (3) ライン上において教示された情報を直ちにデータベース化し、その前後の作業工程において、その情報を活用し解体作業をリアルタイムに実行する。
- (4) 作業工程で何らかの不具合が発生した場合に、その不具合改善情報を登録・蓄積し、再度同一型名の製品が投入されたとき、教示ST(Station)において改善教示指示を発し、再教示を実行することにより、作業情報精度を向上する。

一次分解工程開発コンセプトを図1に示す。

3. 荷降し工程

3.1 荷降し機能

トラックに積載された家電品を、トラ

表1. 一次分解ライン基本仕様

| | |
|-------------|---|
| TV分解部品 | 1. CRT(バンド, 電子銃) 2. カバー, 箱体 3. 偏向ヨーク 4. プリント基板 |
| 対象品諸元 | 外形寸法 最小 350×300×360 最大 900×700×610 最大質量: 70kg |
| 処理能力 | 35台/時間(1.7分/台) |
| 冷蔵庫分解部品 | 1. 冷媒フロンの回収 CFC12, R502の分離回収 2. コンプレッサ 3. 箱体 |
| 対象品諸元 | 外形寸法 最小 400×480×450 最大 950×1,950×600 最大質量: 100kg |
| 処理能力 | 25台/時間(2.4分/台) |
| 洗濯機分解部品 | 1. モータの回収 2. プラスチック箱体 |
| 対象品諸元 | 外形寸法 最小 520×394×780 最大 860×660×1,030 最大質量: 60kg |
| 処理能力 | 27台/時間(2.2分/台) |
| エアコン室外機分解部品 | 1. フロンの回収 2. モータ |
| 対象品諸元 | 外形寸法 最小 540×200×420 最大 870×470×785 最大質量: 72kg |
| 処理能力 | 17台/時間(3.5分/台) |
| エアコン室内機分解部品 | 1. ファンモータ 2. 熱交換器 |
| 対象品諸元 | 外形寸法 最小 698×109×235 最大 1,200×294×450 最大質量: 32kg |
| 処理能力 | 17台/時間(3.5分/台) |

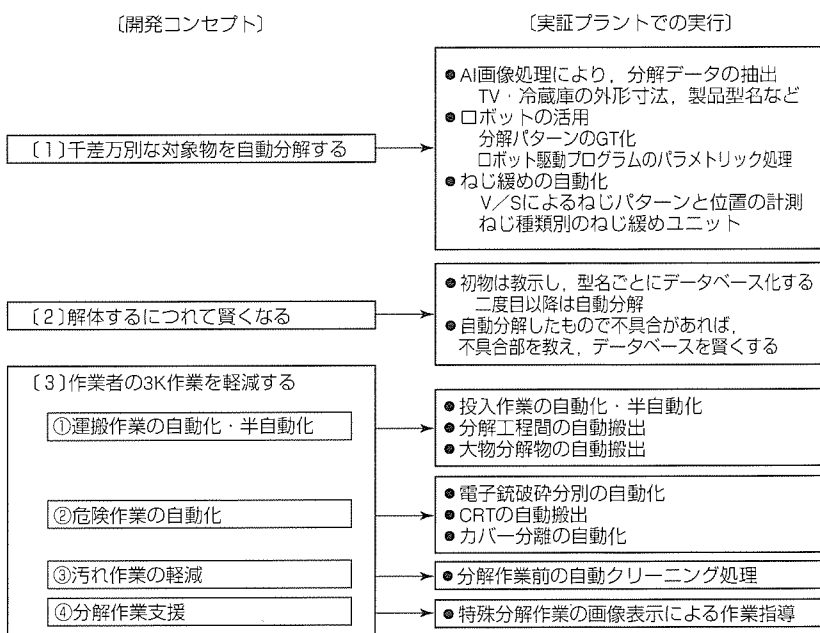


図1. 分解工程開発コンセプト

ックの荷台から建屋内の前処理エリア(荷捌きプラットホーム)まで搬送する。

主要仕様及び平均作業時間を表2に示す。

3.2 家電品搬送用天井走行レール装置

プラント内に搬送された家電品の前処理作業場所への搬送、及び荷捌きラインまでの搬送作業の省力化を図る。

この装置は、家電品をつり(吊)上げる際の治具、吊上げホイスト部が開発された。

主要仕様及び平均作業時間を表3に示す。

3.3 前処理工程

主要部品を家電品から取り出す一次分解の自動化をスムーズに行うため、コンベヤによる家電品の搬送の妨げとなる電源コード、冷蔵庫本体の突起物、扉のヒンジ、水受け皿、洗濯機の配管ホースなどを前処理として除去している。エアコン室内機はフロン回収後に配管ホースを、室外機はコンベヤの搬送を妨げないように配管を本体近傍に形を整えている。テレビの前面のカバーガラス、冷蔵庫の庫内ガラス棚、亜鉛製の把手、洗濯機の大型コンデンサを除去している。

4. 荷捌き工程

4.1 荷捌き機能

荷捌きラインの構成を図2に示す。最大4か所で家電品

表2. 荷降し装置の仕様及び作業時間

| 項目 | 仕様 | 作業内容 | 作業時間 |
|--------|---------------|---------|------|
| 最大吊上荷重 | 200kg | ①アーム移動 | 20秒 |
| 最大旋回半径 | 2,928mm | ②治具装着 | 10秒 |
| 最大吊上揚程 | 2,756mm | ②建屋への搬送 | 25秒 |
| 装置最大高さ | 3,331mm | ③治具解除 | 5秒 |
| 昇降速度 | 9 / 2 m / min | 合計 | 60秒 |

表3. 搬送装置の仕様及び作業時間

| 項目 | 仕様 | 作業内容 | 作業時間 |
|----------|-----------------|-----------|------|
| 最大吊上荷重 | 160kg | ①初期点移動 | 20秒 |
| 走行移動範囲 | 40,240mm | ②治具装着 | 10秒 |
| ホイスト移動範囲 | 8,865mm | ②ライン上への搬送 | 24秒 |
| 最大吊上揚程 | 4,380mm | ③治具解除 | 5秒 |
| 昇降速度 | 14 / 3.5m / min | 合計 | 59秒 |

表4. 製品種別認識試験結果

| 製品種別 | 認識率 (%) | 認識台数 | 正解台数 | 認識寸法誤差(mm) | | | 備考 |
|---------|---------|------|------|------------|------|-------|--------------------|
| | | | | W | H | D | |
| 冷蔵庫 | 82.5 | 40 | 33 | 25.2 | 33.2 | 198.6 | 小型冷蔵庫を洗濯機と誤認 |
| エアコン室外機 | 85.0 | 40 | 34 | 54.5 | 52.5 | 65.5 | 奥行き途中切り出しでTVと誤認 |
| エアコン室内機 | 100.0 | 40 | 40 | 24.6 | 53.6 | 52.1 | 種別判定問題なし |
| 洗濯機 | 100.0 | 40 | 40 | 13.2 | 24.6 | 83.3 | 種別判定問題なし |
| T V | 85.0 | 40 | 34 | 65.8 | 31.2 | 163.8 | 奥行き途中切り出しでエアコンとの誤認 |
| 合計 | 90.5 | 200 | 181 | 36.7 | 39.0 | 112.7 | |

投入ができ、入荷量変動に対応できる。ラウンドコンベヤ上で認識及び処理可否判断作業を行うため、1か所で集約的に処理ができる。ラウンドコンベヤから順次仕分けされるため、後工程での処理遅れ等によって新たな廃家電品を受け入れられない場合は、ライン上を循環することができる。さらにいったん仕分けした後に後工程で受け入れられないことが発覚した場合は、パレットリターンコンベヤによって戻すことができる。

4.2 家電品認識システム

このシステムは、荷捌きラインのラウンドコンベヤ上に設置されており、廃家電品の種別(外形寸法を含む)、及び型名を画像によって認識し、認識作業の省力化の実現を図ったシステムである。

(1) 種別認識システム

このシステムは、家電品の外形撮影用カメラ3台(正面:高/低, 上面)と認識処理用パソコン1台で構成されている。実証プラントでの運転結果では、種々雑多な廃家電品の種別認識において約90%の正解率が得られた。認識結果の一例を表4に示す。

(2) 型名認識システム

このシステムは、廃家電品の型名撮影用カメラ5台(正面:高/低, 背面:高/低, 右側面)と認識処理用パソコン

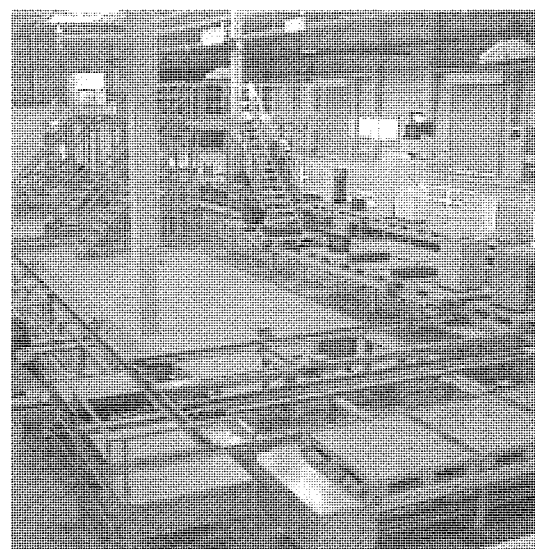


図2. 荷捌き工程全景

ン1台で構成されている。

5. テレビ一次分解ライン

テレビ解体工程の全景を図3に示す。

5.1 テレビ把持パレット

TVの四隅を固定クランプする方法でTVを位置決めさせる。パレットにはTVを照合する番号フラグと各STの作業管理フラグが設置されている。

5.2 切断教示作業

TVを後工程で切断分離するために必要となるポイントの座標値を教示する。過去に切断(教示)の経験のあるTVについては教示の必要はない。

家電品の教示作業では、ラインに投入された台数が増加するにつれて毎日の教示TV台数は減少する。実証運転におけるの教示率の推移を図4に示す。

5.3 リアカバー切断

教示作業によって得られた切断パターンと座標情報に基づいてデータを創成し、デスクトップソー切断ハンドを適正に駆動してリアカバーを切断する6軸駆動ロボットを備えている。

5.4 リアカバー分離

切断されたTVのリアカバーをフロントパネルから分離し取り外す。

5.5 手分解作業

手分解STでは、作業員が自動解体の困難な部品をTVから人手によって取り除く。切断条件は、切断高さとしり込み深さを操作画面で簡単に変更できる。

5.6 ねじ教示とねじ計測

電子銃を破碎して取り出し、CRT固定ネジを緩めて取り出すため、ねじの座標値とねじ様式及び電子銃の破碎位置を教示する。ねじの座標値は、全くの同一機種であっても個体差によるばらつきがあるため、毎回計測を行う必要がある。

5.7 電子銃とねじ取り出し

CRTの電子銃を破碎して吸引除去し、CRT固定ねじとナットを緩め、吸着廃棄する。電子銃破碎・吸塵装置は、円筒状の電子銃破碎工具をTV電子銃部に挿入し、破碎工具を衝撃的に傾け、電子銃部を曲げて破碎する。破碎工具に連結した吸塵機によって破碎された電子銃やそのガラスの破片を吸引し蓄積する。

5.8 CRTフロントパネル取り出し

パレットに把持されたTVからCRTを取り出し、二次処理工程へ搬送供給する。残されたフロントパネルを取り出

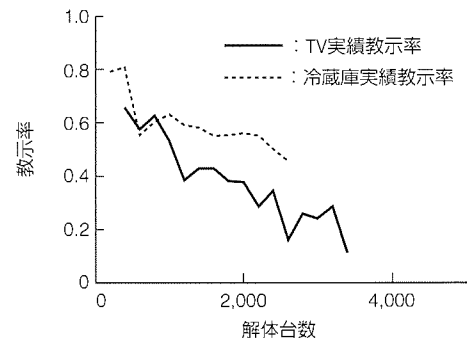


図4. 解体教示実績推移

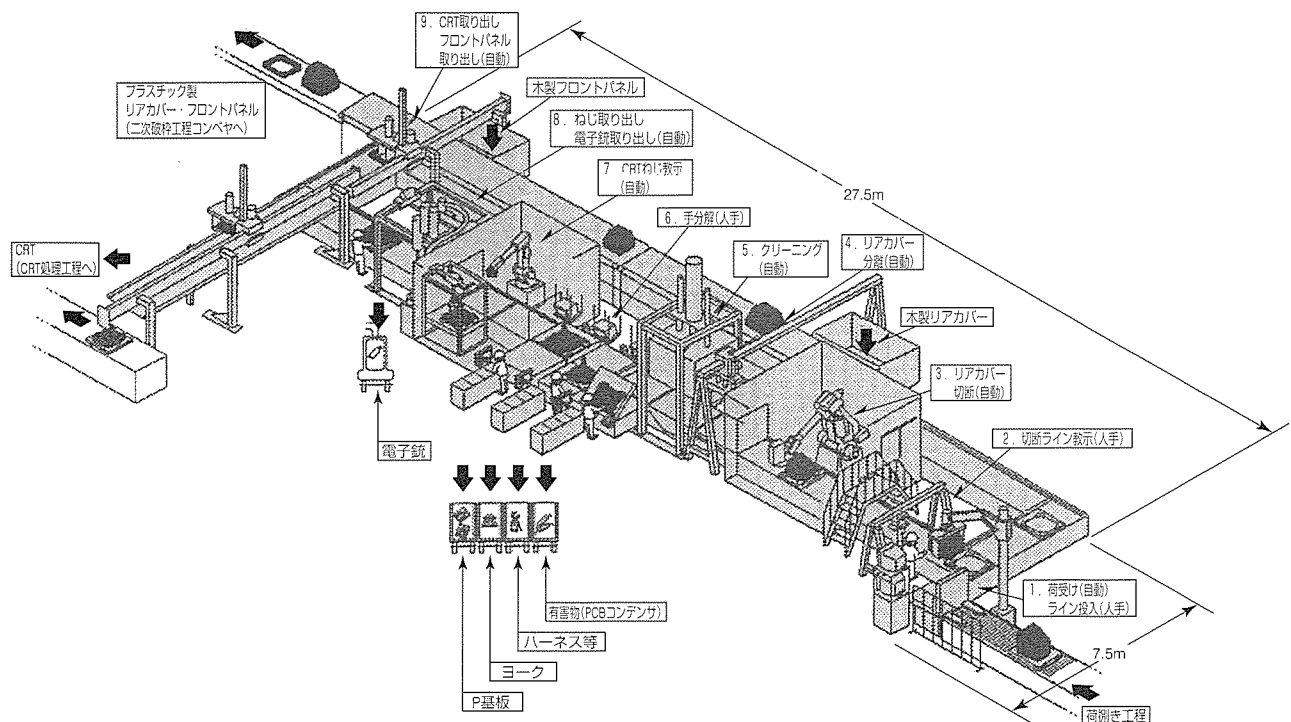


図3. テレビ解体工程

し、パネルの材質に応じて、分別搬送しストックする。

6. 冷蔵庫一次分解ライン

6.1 冷蔵庫搬送装置

投入STでは、投入された冷蔵庫を反転装置によってパレットごとすくい、90°反転し、かつ反転装置の持つ自走コンベヤにより、冷蔵庫のみをこのラインのコンベア上に投入する。冷蔵庫をこのラインに投入した後、投入装置は逆反転し、パレットのみ荷捌き工程へ返却する。また冷蔵庫は、搬送途中においてトラッキング管理されている。

6.2 切断教示

この設備は、冷蔵庫からコンプレッサ取り付け板を切断分解するために必要となる座標値を三次元測定装置で教示する設備である。

6.3 フロン回収装置

冷蔵庫のコンプレッサから冷媒フロン及び作動油を共に回収する。冷媒フロンは、種別ごとに分別回収する。一台の冷蔵庫からフロンを回収する作業時間から、このラインでは三つの回収STを設けている。フロン回収装置は半自動装置である。作業員は、コンプレッサ円筒部最下点に、回収装置の回収ノズルをセットし穴をあける。このとき、回収装置は冷媒フロンを作動油と共に吸引回収する。さらに、作動油を加熱かくはん(攪拌)し、作動油に含まれるフロンも分離回収する。

6.4 コンプレッサ取り付け板切断

コンプレッサ分解取り出しSTは、切断ロボットが、データベースから得られた座標情報によって必要となるデータを自ら創成し、切断・押下ハンドを駆動し、冷蔵庫からコンプレッサ取り付け板を自動切断し分離している。

冷蔵庫分解ライン自動化に関しては、別に詳細に報告されている⁽³⁾。

7. 洗濯機分解プロセス

洗濯機分解処理ラインでの分解の目的は、主にモータ部を取り外すことである。プロセス内の各工程はコンベヤで接続されており、各処理はこのコンベヤ上の決められた位置で行われる。分解自動化は、ギロチン式切断機を用いてモータ部固定位置近傍を切断することによって行われる。取り外されたモータ部は次工程の低温破碎工程でリサイクル処理され、外箱等は常温破碎工程で各々リサイクル処理が行われる。

7.1 自動分解

このプロセスによれば、自動的に分離が行われる。ここで、モータ部の固定位置を特定する必要があるが、洗濯機の外観から切断位置を特定することは困難であるため、このシステムでは、超音波センサによって洗濯槽の深さを測定して自動的に切断位置が決定される自動分解システムを

構築した。

7.2 切断位置自動測定装置

ライン内で、洗濯機は洗濯機本体前面を上に向けた状態で、上ぶた(蓋)を開放して搬送される。切断位置の測定は、このコンベヤ上の決められた位置で行われる。切断位置の測定は、洗濯槽の底面に対して水平方向に超音波センサを作動させて、その形状を測定することによって行われる。測定システムを図5に示す。この測定値は、演算装置を利用して補正が行われ、切断位置データとして利用される。この切断位置データを基にギロチン式切断機に付随する切断決め装置が作動し、自動切断が行われ、モータ部が分離される。

8. エアコン分解プロセス

エアコンからは、フロンが回収され、熱交換器やコンプレッサ等を分離する。取り出された熱交換器は、プラント内の次工程である銅・アルミ分離工程で高純度の銅とアルミニウムに分離される。また、コンプレッサは低温破碎工程でリサイクルされ、そして外箱等は常温破碎工程で各々リサイクルされる。

分解機械の自動化は、被分解物の切断位置を画像処理装置を用いて自動的に求めた後、その切断位置データを基に熱交換器の固定部をロボットによって切断することで行われる。

エアコン分解の詳細は文献⁽⁴⁾に報告されている。

9. プラント管理運用システム

9.1 分解支援システム

TV、冷蔵庫、洗濯機、エアコン室内機、エアコン室外機の分解ラインに対し自動分解指示を行う。図6に分解支援システムの機能概要を示す。

9.2 搬送支援システム

搬送支援システムは、荷捌ラインの廃家電製品の投入作

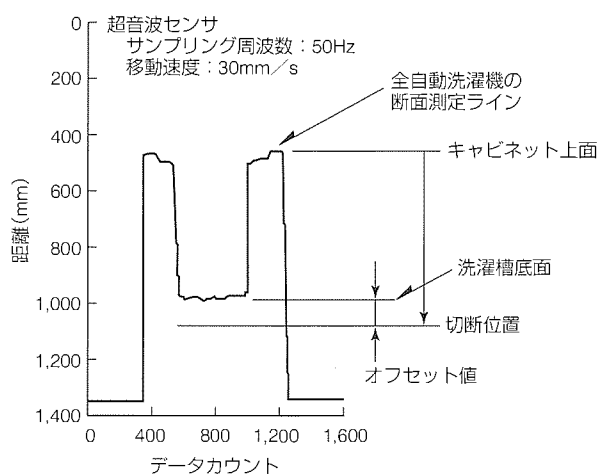


図5. 洗濯機解体計測システム

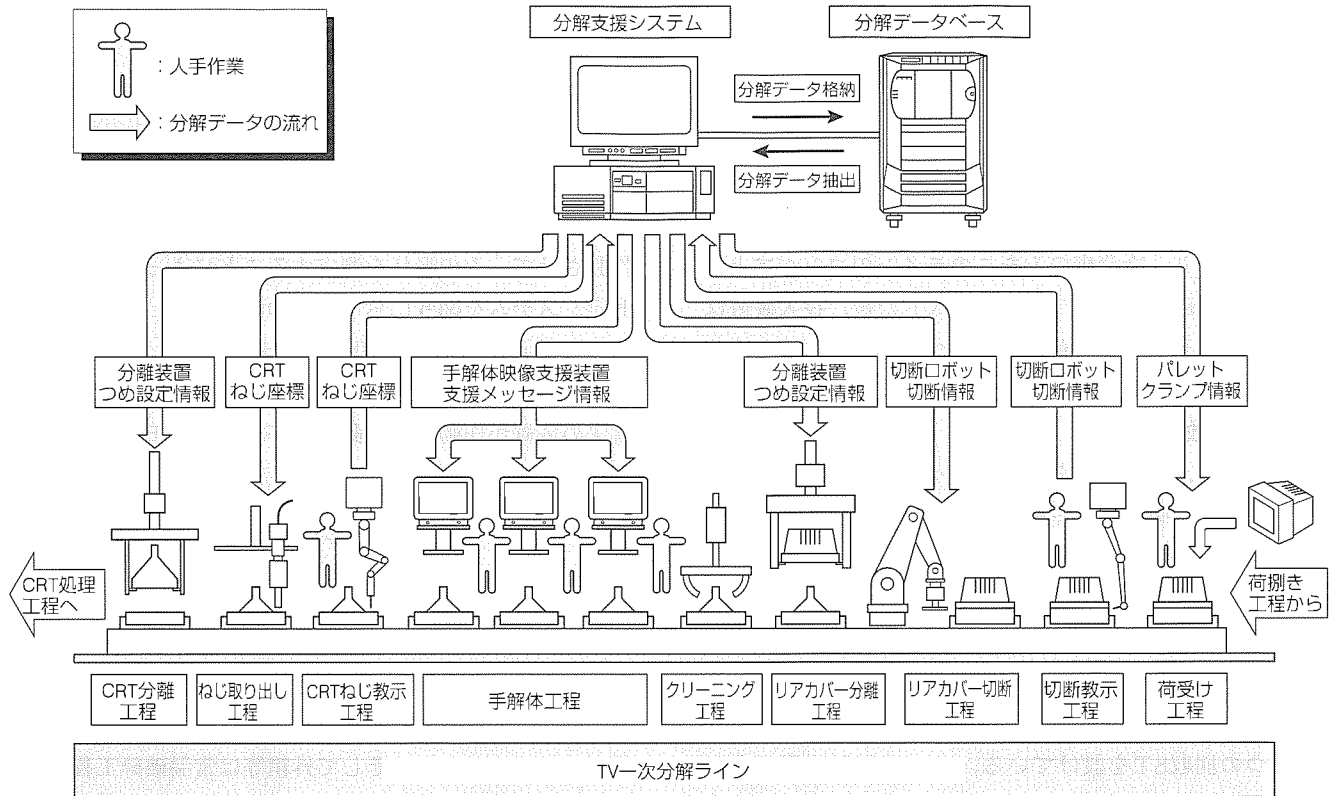


図6. 分解支援システム機能概要

業者に対して映像支援装置によって投入支援を行う。

9.3 マテリアルバランス管理システム

マテリアルバランス管理システムは、リサイクルプラントの最も重要な管理機能である。

分解処理した家電製品の投入質量と破砕機等によって分別・回収した素材質量の比率を計算する。

計算処理は、まず、分解運転期間中に一次分解ラインで分解された製品質量を質量区別に集計する。質量区分とは、製品の素材構成比率が異なる分岐点の製品質量である。この質量区別の製品質量から製品を構成する素材別の質量を計算する。

次に、素材回収期間中に二次処理設備から回収された計量品目別の質量を集計し、計量品目別の質量から計量品目を構成する素材別の質量を計算する。

10. む す び

1995年度にスタートした通産省国庫補助事業“廃家電品一貫処理リサイクルシステム開発”は、'98年度3月末にプラントが完成し、'98年度の1年間実証研究が行われている。

解体処理能力を始め素材回収率とその純度、用役原単位、プラント環境負荷解析結果などが得られつつある。

この実証実験で得られた知見が、リサイクル技術のみならず、リサイクルしやすい製品設計も視野に入れた循環型リサイクル社会の実現に貢献すれば幸いである。

最後に、この補助事業を推進する(財)家電製品協会一貫処理リサイクル開発室及び開発参画の各社に深く感謝する次第です。

参考文献

- (1) 上野 潔, 吉田卓弥: 家電リサイクルと環境改善効果, 電気学会論文誌D, 118, No.10 (1998)
- (2) 山口省吾, 内山幸雄, 佐藤信也, 小寺嘉一: 廃家電品一貫処理リサイクルシステム, 三菱電機技報, 71, No.5, 495~500 (1997)
- (3) Kotera, Y., Hirasawa, E., Sakitani, H.: Integrated Recycling Process for Electric Home Appliances — Refrigerator Disassembling Automation —, Presentation for 1st International Symposium EcoDesign'99
- (4) Uchiyama, Y., Fujisawa, R., Oda, Y., Hirasawa, E.: Air Conditioner and Washing Machine Primary Disassembly Process, (the same publication)

業務用有圧換気扇

内田敏彦*

要旨

業務用有圧換気扇は、店舗・厨房等の業務用途専用機種として1991年に三菱電機が業界に先駆けて発売したものであり、そのインテリア性と施工性が受け入れられ、高い伸長率でその需要を急拡大している。

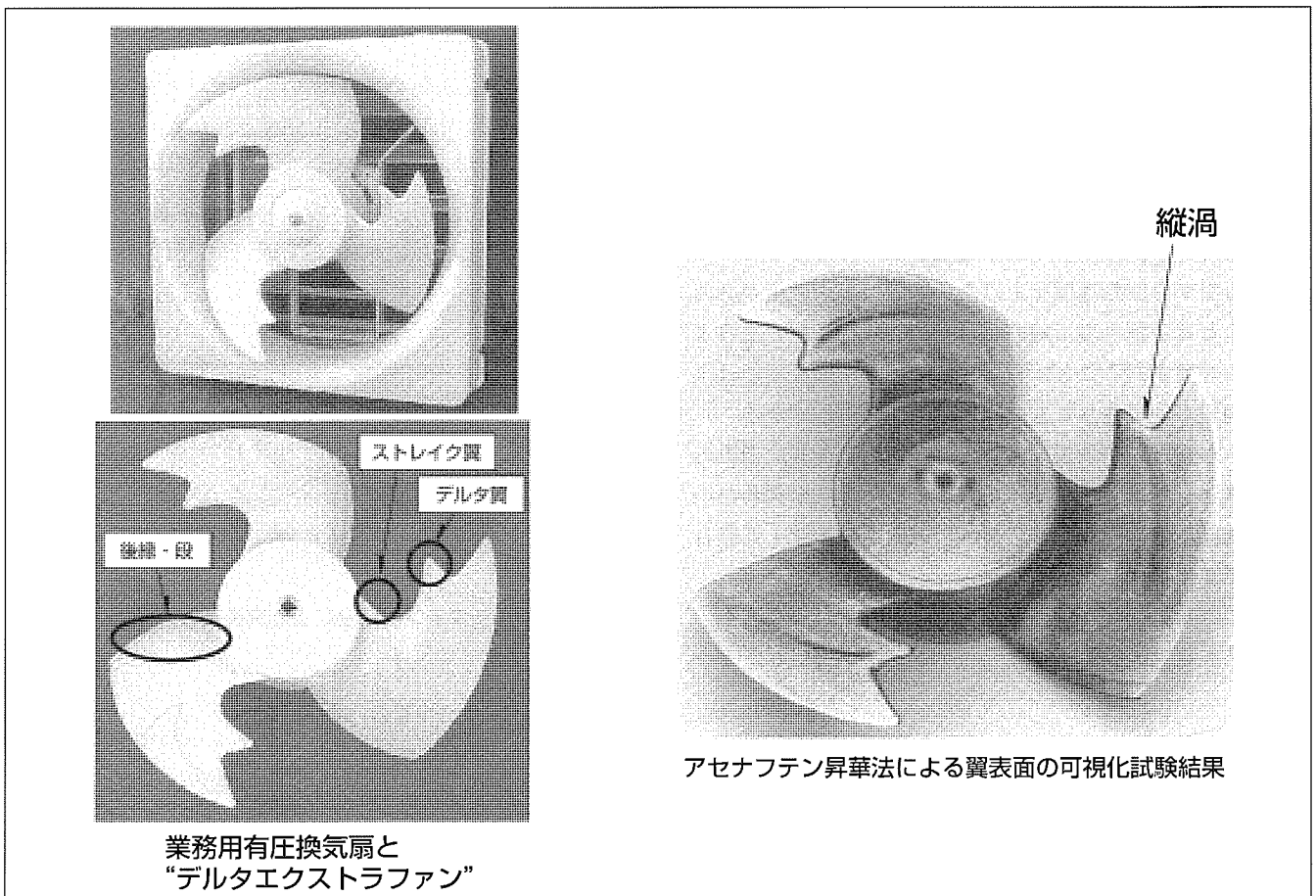
最近の傾向として工場等においても建物コンセプトや内装デザインにこだわる傾向にあり、今回、業務用有圧換気扇の大風量タイプ(羽根径で35cmから60cmまで)を開発した。

この業務用有圧換気扇は、従来の金属羽根に代わり、高剛性のガラス長繊維強化プラスチック(ポリプロピレン)を採用し、併せて“デルタエクストラファン”という当社独自の

新技術を盛り込んだ新形状の羽根を射出成形で製作し、羽根の高効率化・低騒音化を達成した。

その結果、製品としては、デルタエクストラファンの採用とモータ効率の最適ポイントでの運転により、従来の有圧換気扇に対し、平均で消費電力20%低減の大幅な省エネルギーを達成し、平成9年度“21世紀型省エネルギー機器・システム表彰(通称：省エネバンガード21)”において省エネルギーセンター会長賞を受賞した。

本稿では、“環境技術”に対する製品アセスメントの事例として、デルタエクストラファンによる製品の低消費電力・低騒音・軽量化の事例について述べる。



デルタエクストラファンと風の流れの可視化試験結果

業務用有圧換気扇は、羽根径60cmまでの機種に対してプラスチック製“デルタエクストラファン”を採用し、従来機種に対して低消費電力・低騒音・軽量化を達成した。

1. ま え が き

有圧換気扇は、1961年に当社が業界に先駆けて発売以来、工場・倉庫・機械室など非居住用途の換気扇として着実にその需要を拡大している。有圧換気扇に要求される仕様としては、家庭用として使用される換気扇と異なり密閉度の高い大空間の換気を目的としているため、大風量・高静圧であることが必要であり、“有圧換気扇”という名称もそれに由来したものである。

業務用有圧換気扇は、有圧換気扇群の中で店舗・厨房等の業務用途専用機種として、'91年に当社が業界に先駆けて発売したものであり、そのインテリア性と施工性の良さが受け入れられ、高い伸長率でその需要を急拡大している。

従来の業務用有圧換気扇は店舗・厨房等が主ターゲットであり、羽根径で20cmから30cmまでの小型機種であったが、業務用途においてもニーズの多様化が進み、工場等においても建物のコンセプトや内装デザインにこだわる傾向にあり、今回、業務用有圧換気扇の大風量タイプ(羽根径35cmから60cmまで)を開発した。この開発により、当社の業務用有圧換気扇は羽根径で20cmから60cmまでの合計72機種と機種シリーズを大幅に拡大した。

2. デルタエクストラファンの新技術

2.1 業務用有圧換気扇開発の技術ポイント

有圧換気扇は前述したように大風量・高静圧という仕様が要求されるため、羽根形状のみではこれらを達成することが困難であり、モータの回転速度を上げて対応している。

しかしながら回転速度を上げた条件では羽根強度が必要であること及び種々の用途の環境条件に対応可能となるようにする必要のあることから、従来から有圧換気扇では金属製の羽根が使用されてきた。

ところが金属製の羽根では、肉厚が一定になり、羽根の断面形状として理想的形状である翼形翼の形状が採れないため羽根効率に制約があり、製品の低消費電力化・低騒音化に限界があった。

今回、これらの技術課題を克服するものとして、高剛性のガラス長繊維強化プラスチック(ポリプロピレン：ガラ

ス成分40%含有)を採用し、併せてデルタエクストラファン⁽¹⁾という当社独自の新しい技術を盛り込んだ新形状の羽根を射出成形で製作し、羽根の高効率化と低騒音化を達成し、この結果、製品の大幅な低消費電力化・低騒音化・軽量化を達成した。

2.2 デルタエクストラファンに搭載した要素技術

従来から有圧換気扇を始めとする換気送風機に広く採用している“エクストラファン”⁽²⁾に対比して、新しくデルタエクストラファンに搭載した3点の要素技術について以下に述べる。

(1) デルタ翼

羽根の翼面上の風の流りがは(剥)がれることをデルタ翼が作り出す渦の働きによって抑え込み、風の流れを整えて騒音の発生を抑える(図1)。

なお図2はアセナフテン昇華法による翼表面の可視化試験結果を示したものであり、デルタ翼の翼端側に強い縦渦が発生していることが分かる。

(2) ストレイク翼

羽根の翼面の根元部の面積を三角形状に広げ、その部分での仕事量を増やして、全体的に送風性能を向上する(図3)。

(3) 後縁・段

羽根の翼面上の風の流りの後縁部(終端部)に段差を設け、その段によって作り出す小さな渦による巻き込み作用によ

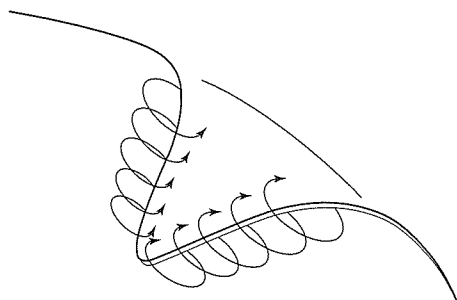


図1. デルタ翼の概念

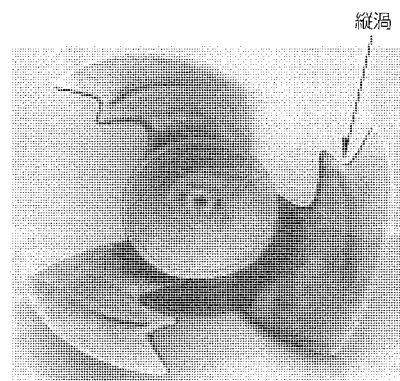


図2. アセナフテン昇華法による翼表面の可視化試験結果

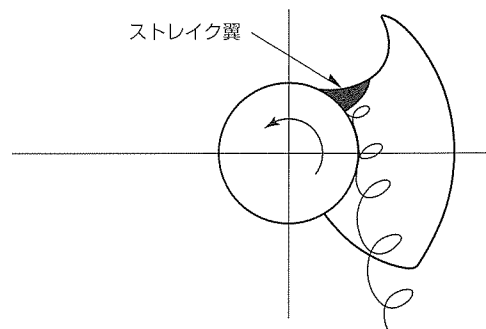


図3. ストレイク翼の概念

って風の流れることが抑制し、騒音の発生を抑える(図4)。

また前述した羽根の強度については、高剛性材料の採用と併せ、発生する応力が最大値となる箇所である翼根元部の肉厚を強度解析によって最適寸法に設定することにより、クリアしている。

2.3 大口径プラスチック羽根の製造技術

最大60cmの大口径のプラスチック羽根の射出成形については、材料がガラス繊維強化プラスチック(繊維長8mm, ガラス成分40%)であることから、製造技術上多くの課題がある。これについては、事前に試作型によるトライを実施しながら成形条件の最適化を行うことによって克服した。また、従来の金属羽根では実施していた回転体のアンバランス修正作業も廃止することが可能になり、より高い信頼性を確保することができた。

3. 省エネルギー・省資源性

3.1 省エネルギー性

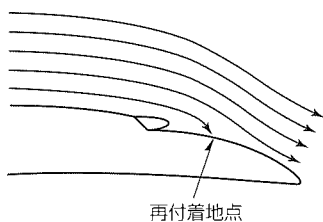
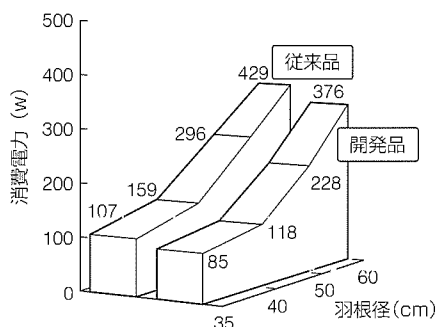
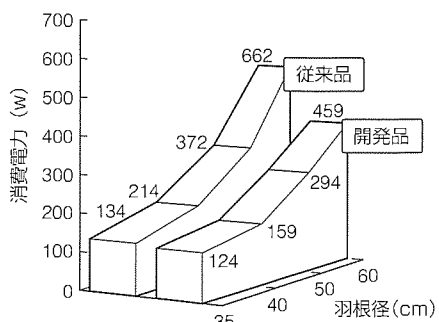


図4. 後縁・段の概念



(a) 50Hz



(b) 60Hz

図5. 消費電力の比較

従来の有圧換気扇とデルタエクストラファンを採用した業務用有圧換気扇の羽根径別の消費電力の比較を図5に示す。

この図から、業務用有圧換気扇は従来の有圧換気扇に比べて平均で20%の消費電力の削減を達成していることが分かる。

また、消費電力の削減による1年間の電力量の削減値を羽根径別にまとめたものを表1に示す。

この表から、業務用有圧換気扇は従来の有圧換気扇に比べて平均で年間当たり300kW・hの電力量の削減になることが分かる。

3.2 省資源性

デルタエクストラファンを採用した業務用有圧換気扇は、消費電力の削減に伴いモータのサイズダウン(ステータコアの外径又は積層厚みの減少)を可能にし、軽量化を図ることができた。

これにより、モータ及び製品を構成する鉄・銅・アルミニウムといった資源を削減できた。

業務用有圧換気扇の羽根径別のモータ及び製品質量の従来品との比較を表2に示す。

この表から、製品として平均27%の軽量化を達成し、これが資源の削減に結び付いていることが分かる。

4. 業務用有圧換気扇の特長及び仕様

4.1 業務用有圧換気扇の特長

上記のデルタエクストラファンという新技術を搭載した業務用有圧換気扇は、以下のような優れた特長を持っている。

(1) 低消費電力化

プラスチック製デルタエクストラファンの採用により、羽根効率を向上し、かつモータ効率の最適ポイントでの運転により、平均で消費電力を20%削減した。

(2) 軽量化

羽根の材質を金属からプラスチックにしたことと併せ、消費電力の削減により、モータのサイズダウン(ステータ

表1. 羽根径別の電気代の節約額

| 羽根径 | 電 源 | 消費電力(W) | | | 年間削減電力量 (kW・h) |
|------|-----------------|---------|---------|-----------|----------------|
| | | 従来品 (A) | 開発品 (B) | 削減分 (A-B) | |
| 35cm | 単相100V | 107/134 | 85/121 | 22/13 | 99/59 |
| 40cm | 単相100V / 三相200V | 159/214 | 118/159 | 41/55 | 185/248 |
| 50cm | 三相200V | 296/372 | 228/294 | 68/78 | 306/351 |
| 60cm | 三相200V | 429/662 | 376/459 | 53/203 | 239/914 |
| 平均 | - | - | - | - | 300 |

注 年間運転時間12か月×25日×15h=4,500hと推定した。

表 2. 質量の比較

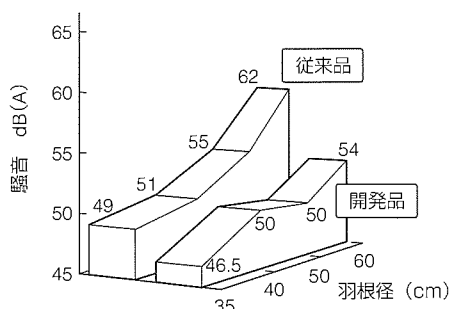
| 羽 根 径 | ステータコア寸法(mm) | | モータ質量(kg) | | 羽根質量(kg) | | 製品質量(kg) | | |
|-------|--------------|----------|-----------|------|----------|-----|----------|-------|-------|
| | 開発品 | 従来品 | 開発品 | 従来品 | 開発品 | 従来品 | 開発品：A | 従来品：B | 比率A/B |
| 35cm | φ95×L40 | φ95×L40 | 3.0 | 3.0 | 0.4 | 0.9 | 8.7 | 11.2 | 0.78 |
| 40cm | φ110×L60 | φ128×L50 | 6.3 | 9.5 | 0.5 | 1.5 | 14.2 | 19.8 | 0.72 |
| 50cm | φ128×L50 | φ128×L70 | 9.5 | 13.3 | 1.2 | 3.3 | 21.1 | 27.7 | 0.76 |
| 60cm | φ128×L70 | φ160×L60 | 13.3 | 13.9 | 1.9 | 3.8 | 25.6 | 39.3 | 0.65 |

注 ステータコア寸法欄の数値はφ(ステータコア外径)×L(ステータコア積厚)を表す。

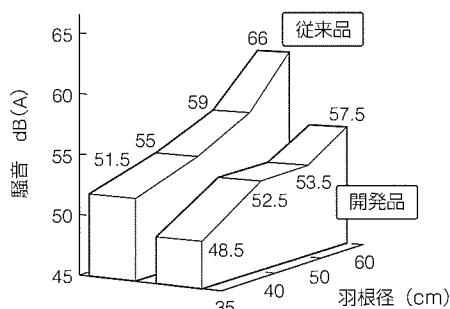
表 3. 業務用有圧換気扇の仕様値の比較(羽根径50cmタイプ)

(三相200V 50/60Hz)

| タ イ プ | 寸 法 | | | 性 能 | | |
|-------|--------|----------|-------------|---------|-----------|-----------|
| | 質量(kg) | 本体厚み(mm) | 室内側出っ張り(mm) | 消費電力(W) | 電流(A) | 騒音(dB(A)) |
| 開 発 品 | 21.1 | 350 | 161 | 228/294 | 1.33/1.27 | 49.8/52.8 |
| 従 来 品 | 27.7 | 445 | 315 | 296/372 | 2.49/2.10 | 54.6/58.4 |



(a) 50Hz



(b) 60Hz

図 6. 騒音値の比較

コアの外径又は積層厚みの縮小)を図ることが可能になり、モータの取り付け足、固定板の板厚ダウンも含め平均で27%の軽量化を達成した。

(3) 低騒音化

デルタエクストラファンの採用及び羽根とオリフィスの位置の最適化により、平均で4.5dB(A)の低騒音化を達成した。

図6に業務用有圧換気扇の羽根径別の騒音値の従来品との比較を示す。

(4) 施工性の改善

給気形、電動シャッター付き機種を品ぞろ(揃)えすることにより、各々工事現場での作業が不要になり、工事業者

の省力化を達成した。

(5) インテリア性の改善

製品取り付け時の壁からの室内側出っ張り寸法を平均54%薄形化することにより、インテリア性を改善した。

4.2 業務用有圧換気扇の仕様

代表例として、表3に、羽根径50cmタイプの業務用有圧換気扇の仕様を従来の有圧換気扇との比較で示す。

5. む す び

地球環境保全の気運が高まる中、増大する電気エネルギーの削減は重要な課題であり、家庭用及び業務用の換気送風機においても例外ではない。

今回開発したデルタエクストラファンを搭載した業務用有圧換気扇は、地球環境とユーザー(工事業者、使用者)の満足を第一に開発した製品であり、この姿勢を今後とも変えることなく他の換気送風機シリーズに展開し、少しでも良い製品を市場に提供していく所存である。

参 考 文 献

- (1) 岩村義巳, 土井 全: 換気排熱ファンの特長と排熱効果, 建築設備と配管工事, No.2, 67~69 (1998)
- (2) 大蔦勝久, 岩村義巳, 安本和弘, 谷村佳昭: ファンの低騒音化技術, 三菱電機技報, 65, No.4, 318~323 (1991)

リサイクル情報システム

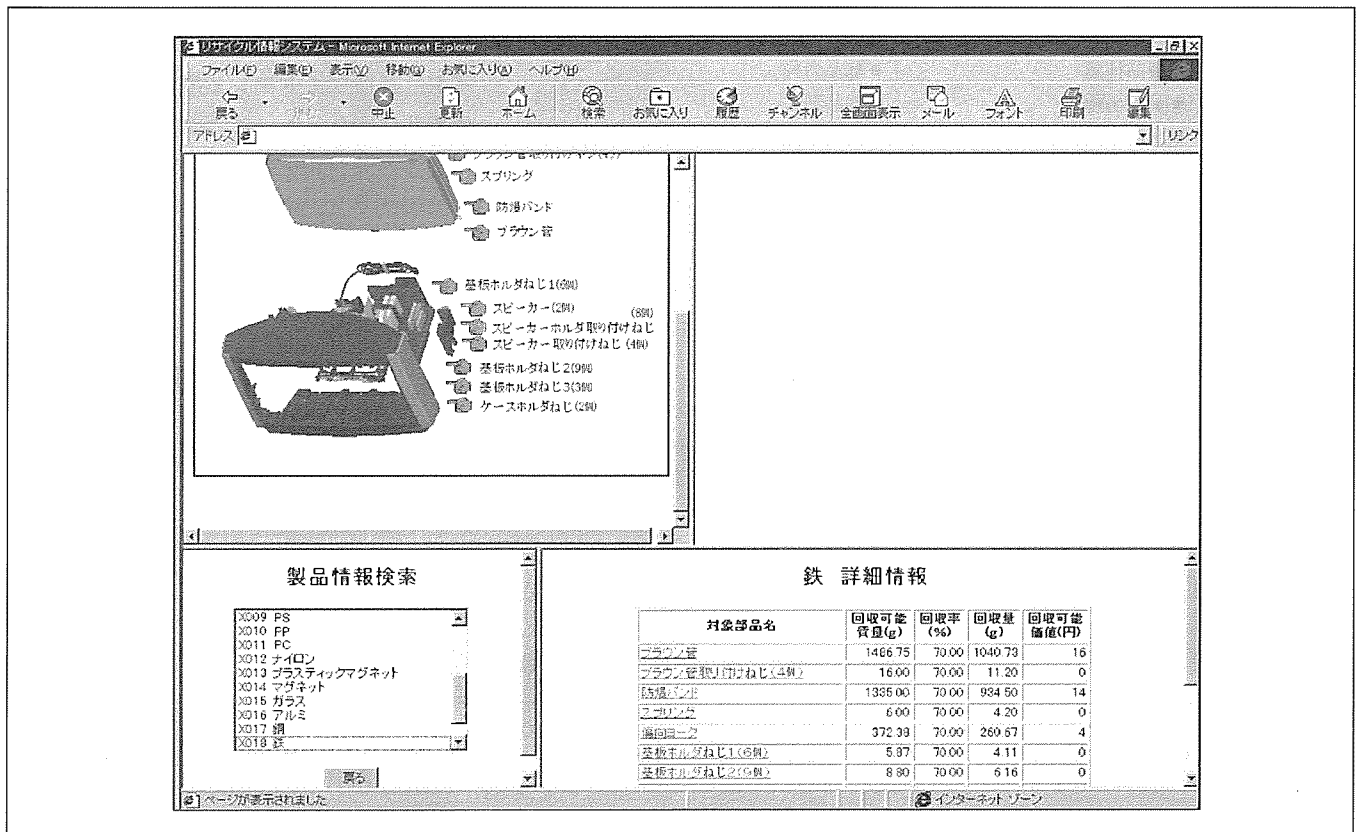
内藤知子*
鹿島 矯**

要 旨

1997年、(財)製造科学技術センターにリサイクル情報システム開発プロジェクトが発足し、このプロジェクトの中で三菱電機はワイドテレビの製品情報を表示するリサイクル情報システムを開発した。このシステムは、ワイドテレビの製品データベース(製品仕様、部品仕様、部品組成情報、解体手順等)とテレビ設計部門で作られた三次元設計データを用いて、製品のリサイクル情報を製品開発者と解体事業者のだれにでも理解できる形で、パソコン画面に三次元表示するものである。このシステムは、製品のリサイクル処理時に、解体者に有用な情報を提供すると同時に、製品開発者に対しても製品のリサイクル適合性を考慮する際に

有用な情報を提供する。本稿では、'97年度に三菱電機が開発したテレビの製品データベースとそれを表示するリサイクル情報システムを紹介し、さらに、'98年度に一般公開されたインバース・マニュファクチャリング製品リサイクル情報システム(三菱電機を含む5社の製品データベースを同時に表示する全体システム)の一部を紹介する。

なお、これらの研究開発は、新エネルギー・産業技術総合開発機構の事業として、(財)クリーン・ジャパン・センターと(財)製造科学技術センターの支援の下に実施したものである。



テレビのリサイクル情報システム画面例

三菱電機の代表的なワイドカラーテレビを構成する部品で、鉄を含む部品を分かりやすく赤で指し示した画面である。画面の下方右には、鉄を含む部品のリストと鉄の含有量等が表示されている。テレビの画像はテレビ設計部門で作られた三次元設計データをそのまま利用しており、赤で示された部品をピックアップすれば、部品の詳細形状や質量や組成など様々な部品情報が表示される。

1. ま え が き

2001年施行予定の家電リサイクル法をにらみ、'97年4月に財製造科学技術センターのインバース・マニュファクチャリング・フォーラム(IMF)にリサイクル情報システム開発プロジェクトが発足した。このプロジェクトの目的は、製品開発者と解体事業者の両方に有用な製品情報を提供するシステムを開発することであり、プロジェクトに参加した家電メーカー5社(松下電器産業, NEC, 日立製作所, 東芝, 三菱電機)は、'97年度に、それぞれ自社製品のデータベースと、それを表示するリサイクル情報システムを開発した。'98年度には、同プロジェクトにおいて、これら5社の製品データベースを統合化し同時に表示するシステムであるインバース・マニュファクチャリング製品リサイクル情報システムを実現した。

本稿では、このプロジェクトの中で三菱電機が開発したテレビのリサイクル情報システム及び5社の製品データベースを同時に表示する全体システム(三菱電機はテレビの製品データベースを開発)の一部を紹介する。

表1. システムの入力情報(製品データベース(DB)項目)

| DB管理情報 | 製品仕様 | 部品仕様 |
|--------|--------------------------|-------------------------|
| ●作成業者名 | ●製品ID | ●部品ID |
| ●作成者 | ●製造業者名 | ●製造業者 |
| ●作成日時 | ●製品種類 | ●部品名称 |
| ●更新業者名 | ●製品名称 | ●部品型式 |
| ●更新者 | ●製品型式 | ●総質量(g) |
| ●更新日時 | ●製造期間(又は発売年) | ●外形寸法(mm) 幅, 奥行き, 高さ |
| ●コメント | ●平均寿命(又は使用期間) | ●体積(cm ³) |
| | ●製品イメージ(イメージ) | ●表面処理の有無 |
| | ●標準価格 | ●要特殊処理の有無 |
| | ●エコラベルの有無 | ●再使用部品の有無 |
| | ●総質量(g) | ●材質表示の有無 |
| | ●外形寸法(mm) 幅, 奥行き, 高さ | ●リサイクル可能性の有無 |
| | ●体積(cm ³) | ●リサイクル作業指示の有無 |
| | ●消費電力(標準値)(W) | ●形状(イメージ, 三次元データ) |
| | ●消費電力量(年間)(kW・h) | ●分解状態部品配置(イメージ) |
| | ●分解図(イメージ) | ●部品親子情報 |
| | ●基板総面積(mm ²) | ●部品組成情報 |

2. リサイクル情報システム

2.1 テレビのリサイクル情報システム

'97年度に三菱電機が開発したシステムは、製品のリサイクル処理時に解体者に必要と思われる製品情報(含有物質とその質量, 含有部品位置, 解体手順など)を提供すると同時に、製品開発者に対しても製品のリサイクル適合性に関する一部の情報(回収可能物質とその質量, 回収可能率, 回収可能価値など)を提供する。表1にシステムへの入力情報(製品データベース項目), 表2にシステムからの出力情報(画面表示項目), 図1~図3に画面表示例を示す。図1では、画面左下に表示された全部品のリストの中からユーザーが選択した部品の位置が画面左上に赤で指示され、画面右側にはその部品の詳細形状と部品型名, 質量, 組成, 外形寸法等の詳細情報が表示されている。図2では、製品に含まれる全材料名リストと材料別質量, 回収可能率, 回収可能価値が表示され、図3では取扱い注意部品の分解方法が示されている。

このシステムは製品データベースから得られる様々な情報を分かりやすい形でユーザーに提供するものであるが、これらの製品データベースは、ワイドテレビ開発時に作成された三次元CAD(Computer Aided Design)図面, 部品構成表, 購買規格書, 製品サービスガイド, 及びワイドテレビ解体実験時の実測値を基に開発した。このシステムの仕組みを図4に、システムの構成を図5に示す。このシステムはWebサーバ上で開発されており、三菱電機イントラネットを通して参照することができる。

2.2 インバース・マニュファクチャリング製品リサイクル情報システム(全体システム)

1章で述べたとおり、このプロジェクト

表2. システムの出力情報(画面表示項目)

| 製品仕様表示 | 部品仕様表示 | 分解手順表示 | DB内容表示 |
|----------------------------------|---------------------------------|---------------|--------|
| ●製品に含まれる全材料名リストとその質量 | ●製品に含まれる全部品名リスト | ●取扱い注意部品の分解手順 | ●表1と同様 |
| ●ユーザーが指定した材料を使用している部品名リストとその部品位置 | ●ユーザーが指定した部品の位置とその詳細情報 | | |
| ●上記表示上でユーザーが指定した部品の詳細情報 | ●部品単位の回収可能物とその質量, 回収可能率, 回収可能価値 | | |
| ●製品全体の回収可能物とその質量, 回収可能価値, 回収可能率 | | | |

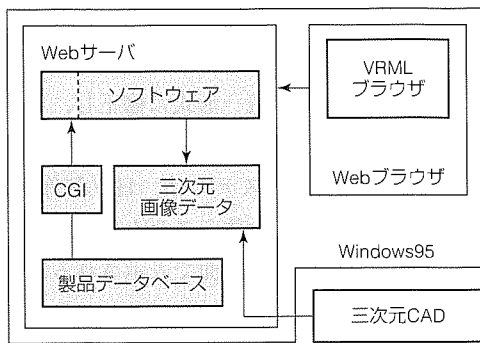


図5. システムの構成(網掛け部分が今回の開発部分)

ればならない。後者については、プロジェクトに参加した各社でそれぞれ検討が進められているが、三菱電機の設計システム技術センターでは、これらの成果を社内設計部門のDFE(Design for Environment:環境配慮型設計)支援システムに発展させるために、以下を計画している。

- 製品データベース構築の容易化(既存のMRP(Material Requirements Planning, 又はManufacturing Resource Planning), 又はPDM(Product Data Management), 三次元CADとのI/F開発, 自動計算・集計機能の開発など)
- 評価基準の追加(分解総コスト, 環境への影響度など)
- DFD(Design for Disassembly:分解配慮型設計)支援ツールとのI/F開発
- LCA(Life Cycle Assessment:製品ライフサイク

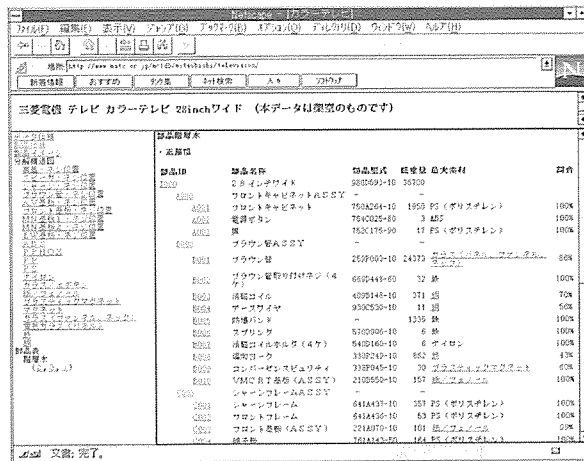


図6. テレビの製品データベース表示画面例

ル評価)ツールとのI/F開発

4. む す び

今回開発したリサイクル情報システムは、リサイクル社会実現のために多くの可能性を持っている。これらの成果を元に、今後、製品関係者は、リサイクル効率化のために、製品情報を共有するシステムの実用化を検討せねばならない。また、近年の様々な法規制の動向や市場要求から、製品開発者は、リサイクルを考慮した設計にとどまらず、製品開発時のDFEに取り組みねばならない。同時に、これらの企業活動をバックアップするための国家諸施策(助成金, 減税など)も重要な役割を担っている。

リサイクル容易性評価に着目した 環境配慮型製品設計支援ツール

馬場孝夫*
ムルター・ニアル**

要旨

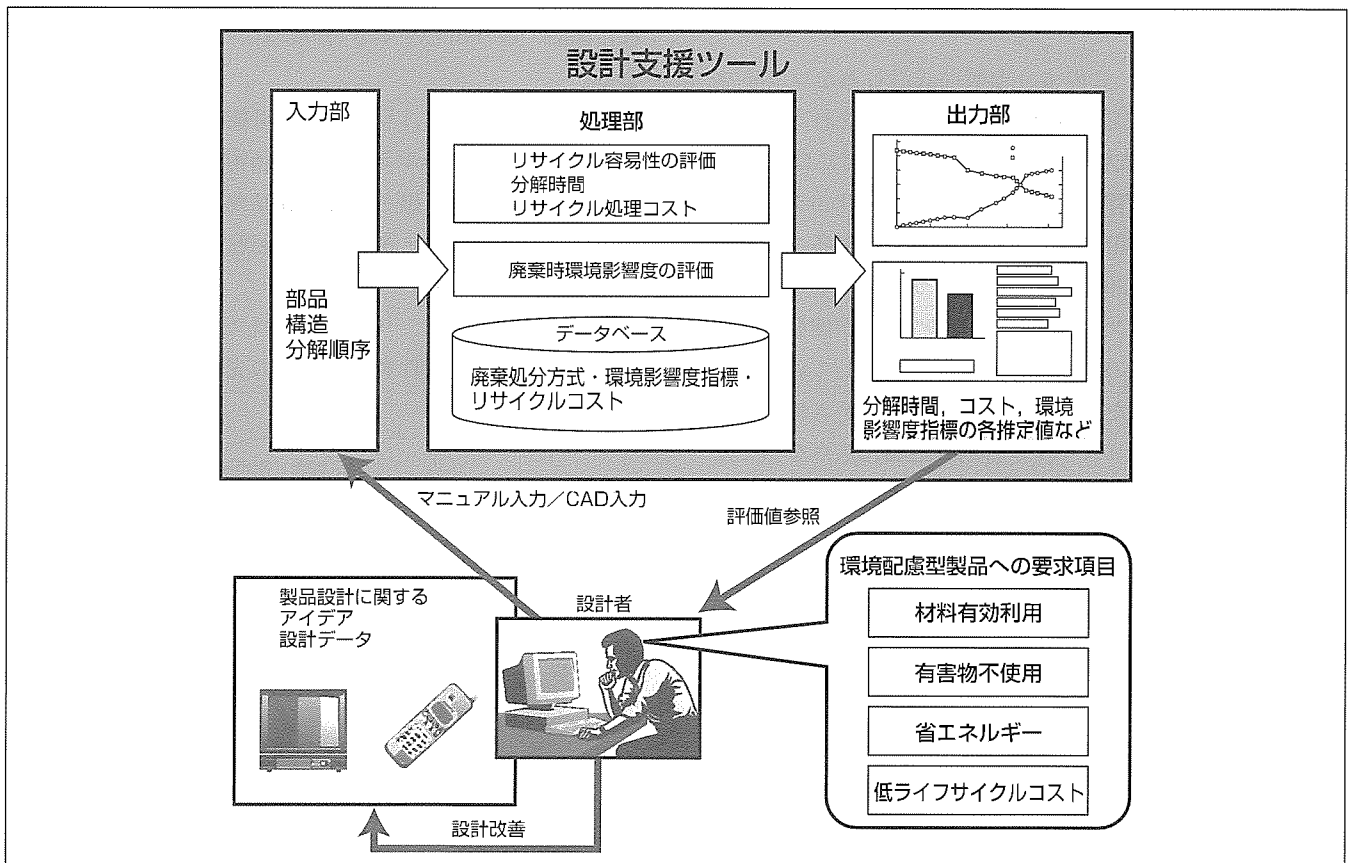
地球環境問題は、今後の製造業にとって重要な問題である。この問題への対応策の一つとして、製品の環境配慮型設計(Design for Environment: DFE)がますます重視されている。DFEでは、従来の設計要求に加え、リサイクル性や廃棄特性に優れた環境適合型材料の使用、有害物の不使用、製品製造時と使用時の省エネルギーを考慮する必要がある。さらに、製品の製造コストを考慮すると同様に、廃棄又はリサイクルコストまでを考慮することが必要である。

設計者のDFEを支援するために、今回、使用済み製品のリサイクル容易性に着目した評価ツールを開発した。このツールは、製品の事前評価を行うため、①設計者又は製品評価者が自ら使用部品や分解手順を定義し評価を行う機

能、②製品設計用三次元CAD情報を活用して製品評価を行う機能を備えている。

入力された部品属性情報などに基づいて、このシステムは、後の破碎工程前に取り出すべき部品の分解時間、リサイクル処理後の製品環境影響度、リサイクル処理コストの各推定値を出力することができる。したがって、設計者は、概念設計時に大まかな構造設計を行った際にマニュアル入力を用いてリサイクル性評価を行い、また詳細設計が進んだ際には、三次元CAD-I/F機能を用いて詳細な評価を行うことが可能である。

このツールを用いることにより、相対的ではあるが、製品における環境配慮度の定量的比較ができるようになる。



DFE支援ツールの概要

製品の設計データを基に、その製品の環境配慮度の評価を支援し、DFE設計改善に役立てる。

1. ま え が き

地球環境問題は、今後の製造業にとって避けて通れない重要な問題である。特に製品の製造・使用エネルギーに起因する地球温暖化への影響や使用済み製品のリサイクルは製品設計段階で考慮すべき問題であり、いわゆるDFEが不可欠である。

本稿では、DFEを実施するに当たって特に製品リサイクル性評価に焦点を当てた設計支援ツール⁽¹⁾を開発したので、その内容について述べる。

2. DFEとその支援ツールの概念

2.1 DFE

図1にDFEの概念を示す。環境配慮型製品を開発する場合、従来の設計要求に加え、リサイクル可能材料の採用等による材料の有効利用、有害物の不使用、製品製造時と使用時の省エネルギーを考慮する必要がある。さらに、製品設計時に、その製造コストを考慮すると同様に、その廃棄又はリサイクルコストまでを考慮することが必要である。今後必要とされるDFEとは、これらのすべてを考慮し、製品の環境への負荷とライフサイクルコストを減少させる技術と言えよう。

2.2 支援ツール

DFEツールとは、このような製品設計行為をソフトウェア的に支援し、上記各項目についての評価を行うものと考えている。DFE支援ツールの主要評価項目には、材料や製品使用の環境影響度評価と、廃棄時のリサイクル性評価がある。従来、使用材料の製造、加工、使用各フェーズに関する環境影響度評価を行うソフトウェアとして、ライフサイクルアセスメント(LCA)ツール⁽²⁾⁽³⁾が開発されているが、製品廃棄時の詳細な評価機能を具備しているものは非常に少ない。したがって、この支援システムは、製品構造に深く関与するリサイクル容易性評価に焦点を当てたものとした。すなわち、製品のトータルなDFE支援は、上記LCAツールと今回開発した支援システムの統合化によって可能となる。

しかし、リサイクル容易性評価とはいえ、現状では、リサイクル技術、有害物の定義、また環境適合型材料に関し

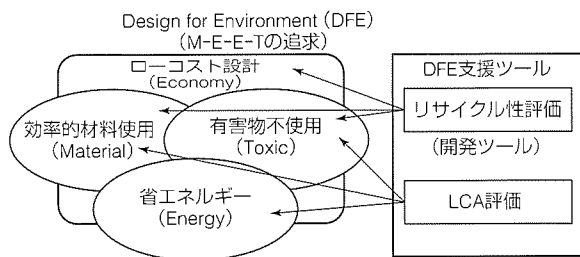


図1. 環境配慮型設計

ても確立された技術体系や定義があるとは言い難い。また、一般的な電気製品が使用済みになるのは数年後と予想され、その時点のリサイクル技術状況によって製品のリサイクル容易性が大きく左右されるなど、評価は容易ではない。

このように環境配慮型設計技術は多くの研究すべき要素を含んでいるが、ここでは、図2に示す処理過程を想定し、そのリサイクル容易性を評価するツールを開発した。

現在、使用済み電気製品のリサイクル処理は、破碎機による丸ごと処理が一般的である。このような丸ごと処理は、処理コストが抑えられる点においてメリットがあるが、回収できる材料の選別純度を上げることが難しく、製品全体のリサイクル率の向上を目指した場合限界がある。したがって、ここでは、部分的な製品分解と、その残余部分の破碎及び再生材料の選別が併用されるシステムを前提とし、リサイクル容易性を評価している。

部分的な製品分解を一次分解と呼ぶが、取り出し対象物は、単体リサイクル可能な再生用素材、難破碎部品、有害物、再使用可能部品である。再生用素材は、回収され、同一又は低グレード材料に再生される。難破碎部品は、極めて頑丈なために破碎機にかからない部品である。再使用部品は、形状をできるだけ保ったままの取り出しが必要である。したがって、製品のリサイクル容易性の評価には、これら部品の取り出しやすさ(分解時間)が重要なファクタとなる。

第二のファクタは、リサイクル可能率である。これは、主として鉄・銅・アルミなどの有価物の再使用可能率である。一次分解で取り出された単体リサイクル可能素材、再利用部品、及び破碎・選別工程で回収された有価物の量が、この評価指標となる。

第三のファクタは、リサイクルコストである。これは、一次分解に必要な人件費、有価物の売却益、有害物やガス

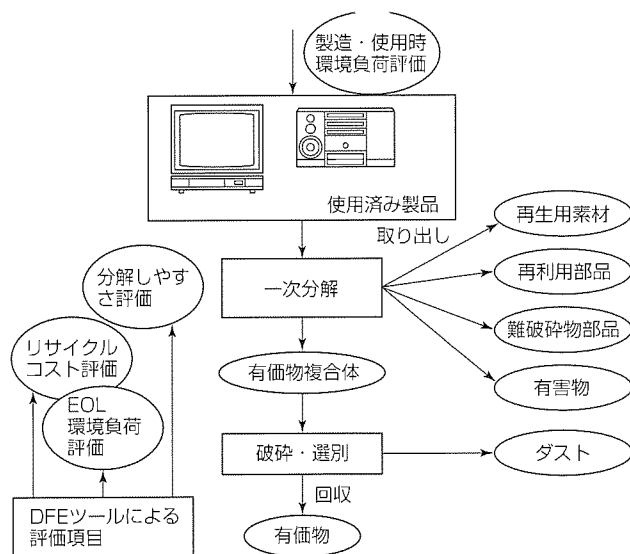


図2. リサイクル処理と評価項目

ト等の処理費用の総和である。

第四は、使用材料の環境負荷である。取り出し材料のリサイクル可否やダストの処理方法(埋立て、焼却)によって環境負荷が異なるため、想定された処理方法を行った場合の総合的な環境影響度を評価する。これは、製品廃棄時に焦点を当てた簡易的なLCAに相当する。

この支援ツールは、上記の各項目を製品設計段階で評価し、設計改善作業にフィードバックすることを目的としている。

3. 開発ツールのシステム概要

開発した支援ツールのシステム構成を図3に示す。製品の評価を行うために、2種類の入力形態を準備している。

一つは、設計者又は製品評価者が自ら使用部品や分解手順を定義し、評価を行うものである。

もう一つは、製品設計用三次元CAD情報を活用し、使用部品にかかわる入力をできるだけ簡略化したものである。これは、評価の自動化を最大限に利用した入力方法であり、製品構造の自動抽出、分解手順の自動生成機能を持つものである。

このシステムが採用している部品属性は、部品名、部品質量、外形寸法、材質、廃棄処理形態、環境影響度評価指標、廃棄時コストであるが、マニュアル入力の場合、部品名、質量、寸法、材質のユーザー入力が必要である。また、リサイクル性評価のため、ユーザーは使用済み製品の廃棄処理形態を指定しなければならない。このオプションとして、

- すべての有害物の分離
- すべての再使用部品の分離
- すべての有害物、再使用部品の分離
- 指定リサイクル率(質量%)のための分離

等が用意されており、このオプションによって一次分解の深さ(どの部品まで分解するか)を決定する。

以上の情報から、分解時間、部品の環境影響度、リサイクル処理コストを計算することができる。計算には、材料処理データベース(リサイクル材、埋設材、焼却材など)、環境影響度指標データベース(有害物、リサイクル材影響度、埋設材影響度など)、リサイクル処理コストデータベース(有価物売価、特殊処理費用など)が参照される。また分解時間は、各種製品の手分解実験によって得られた汎用的推定式を使用している。分解時間の推定には、部品の分解順序だけではなく使用工具やその部品のアクセスしやすさ等が重要な要素となるが、これらはユーザーが入力することによって推定精度を向上させている。

環境影響度の評価には欧州で開発された総合的評価指標

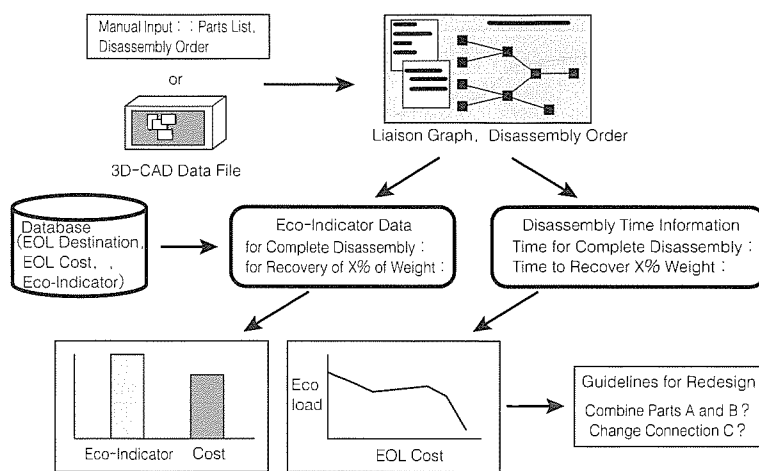


図3. システムの概要

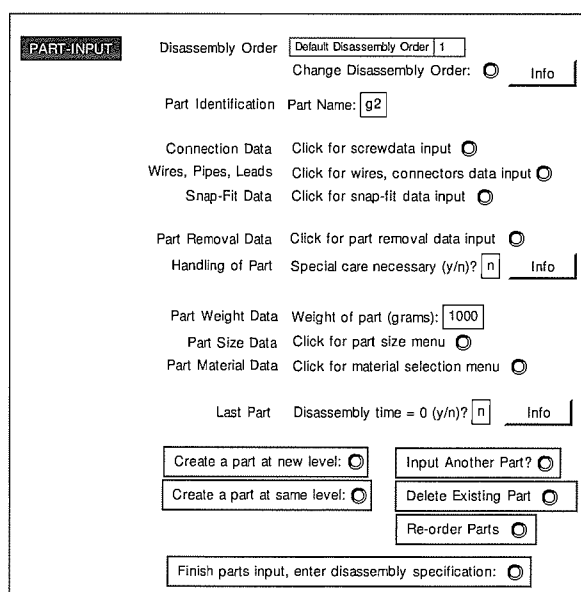


図4. 入力画面例

を用いた。これは、材料が環境に対して、温暖化、オゾン層破壊、スモッグ、酸性化、富養化、大気・水質汚染、発がん性等の各項目に与える影響度を単一指標で評価するものである。

図4にこの支援システムのマニュアル入力画面を示す。部品名、質量、大きさ、部品接続情報、分解作業の容易性等の入力が簡単に行えるようになっている。オプションの三次元CAD-I/F機能を用いれば、以上の入力作業の大部分が自動化される。

以上の入力項目と内蔵するデータベースにより、リサイクルコストパラメータと環境影響度指標を自動的に評価することができる。図5及び図6に評価結果の画面例を示す。出力情報には以下のものがある。

(1) 分解時間対環境影響度指標、分解時間対リサイクルコストのグラフ

分解の進行による製品環境影響度の変化やリサイクルコ

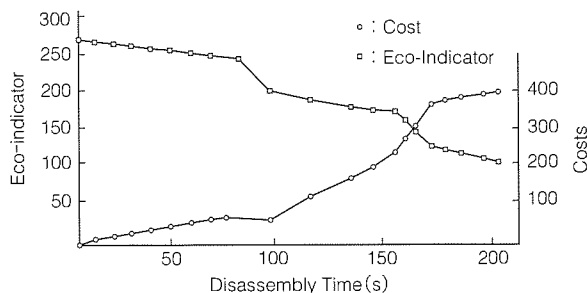


図5. 出力グラフ例

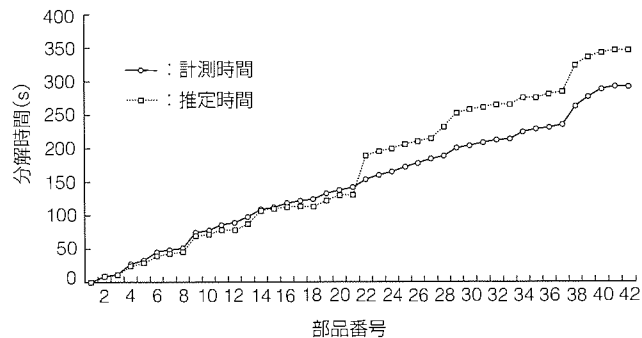


図7. 分解時間(計測値と推定値)

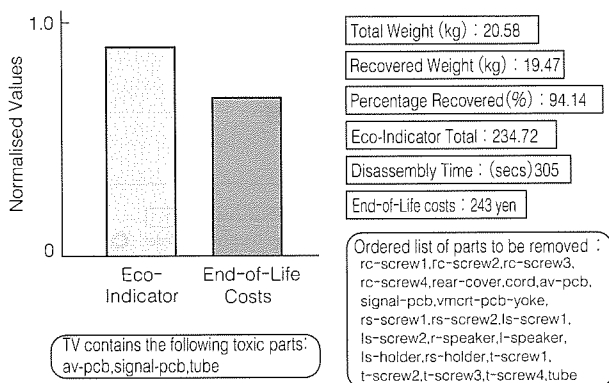


図6. 出力画面例

スト変化を見ることができる。リサイクルコストは、一次分解時間に対応した人件費、部品・回収有価物の売却予想益、有害物や廃棄物の廃棄処理費用のトータルコストと定義している(図5)。

- (2) 環境影響度指標や分解時間の合計数値表示と棒グラフ表示(図6)
- (3) 有害物情報、分解順序情報、推定リサイクル率(図6)
- (4) 再設計のための一般的な指針の表示(図6)

一般的に、製品設計における概念設計時に大まかな構造設計を行った際、マニュアル入力機能を用いてリサイクル性評価を行うことが可能である。また、詳細設計が進んだ際には、三次元CAD-I/F機能を用いて詳細な評価を行うことが可能となる。

三次元CAD-I/F機能については、組立構造ファイルからの構造情報自動抽出機能、分解手順自動生成機能、部品情報取得機能についての試作が一部完了している。三次元CADは、代表的な市販システムを用いた。

4. 適用事例

この支援システムの評価機能を確認するために、当社製家庭用エアコンに適用し、評価した。この結果を図7に示す。図は、定量的比較を行いやすい分解時間の推定機能に関し、実測データと今回の支援システムの出力した分解時間推定値を比較したものである。横軸は分解部品、縦軸が

時間(秒)である。実際に計測した分解時間と推定時間は非常によく一致しており、この支援システムの機能の有効性が確認できる。

5. むすび

以上、リサイクル容易性評価に焦点を当てた環境配慮型設計支援ツールについて述べた。この支援ツールを使用することにより、製品設計段階で、リサイクルコスト、分解所要時間、環境影響度指標などの評価が簡単に行えることを示した。この支援システムの今後の課題は、材料の環境影響度指標に関するデータベース及び三次元CAD-I/F機能の充実である。特に前者は、欧州のデータによるため、我が国での適用に限界がある。この分野での標準データベースの整備が待たれる。また、後者は、複雑な形状データへの適用には限界があり、今後機能改良を行いながら適用範囲を増やしていく。

ツール使用のメリットは、製品の環境配慮度に関し、定量的比較が可能となることである。現段階では、このような評価値は、データベースや評価方法の標準化がなされていないため企業内での相対評価としての意味以上のものはないが、今後の環境配慮型製品設計には不可欠なものとなるだろう。

なお、このシステムの一部は、国際共同研究IMS/GNOSISプロジェクトによって開発されたものである。

参考文献

- (1) Murtagh, N., Bamba, T., Iwama, K. : An Evaluation Tool for Eco-Design of Electric Products, EcoDesign'99, Feb. 1 ~ 3, Tokyo, (1999)
- (2) Adda, S., Hockerts, K., Jean, P. : Implementation of Design for Environment Software in the Electronic's Industry, ECOBILAN, CARE Vision '98, 298~304 (1998)
- (3) Simapro Users Manual, Pre-Product Ecology Consultants B.V., The Netherlands, (1997)

エコマテリアル

馬場文明*

要旨

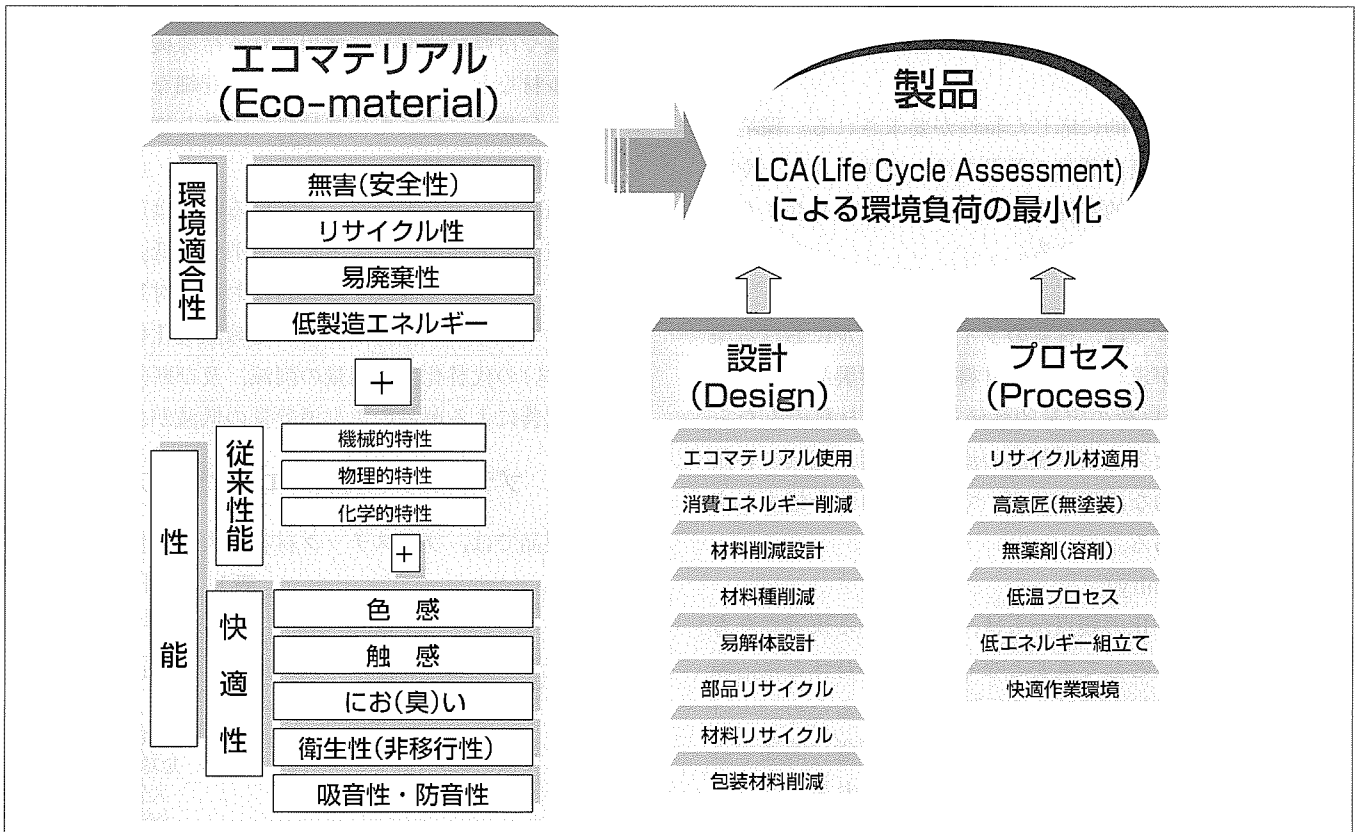
社会の持続的な発展を継続するためには、地球環境の保護や生活環境の維持が重要となっている。電気製品は、社会生活や文化の発展に大きく貢献してきたが、普及率の向上や新しい製品の開発により、膨大な量が生産され、地球環境に与える影響も大きい。オゾン層破壊問題における特定フロン削減や地球温暖化防止に向けての省エネルギー対策など、地球環境保護の観点から、電気製品においても製品の環境負荷低減が継続的に実施されているが、更に環境負荷を低減するためには、製品を構成する材料のエコマテリアル化が重要となる。

エコマテリアルは、天然資源から製造され、製品に適用され、廃棄されるまでのライフサイクルにおける環境負荷が小さく、環境適合性に優れ、人に対して快適性をもたら

す材料である。

エコマテリアルを開発するためには、従来の機能的特性や物理・化学的特性に加え、環境適合性及び人に対する快適性が性能評価の指標となる。材料の環境適合性について課題をまとめ、環境負荷を材料のライフサイクルの観点から評価し、環境負荷の低減に有効な材料のリサイクル技術の開発を進めている。

材料のリサイクル技術の開発では、使用量が多いプラスチック材料について、使用済み製品から回収したりサイクル材の性能を評価し、材料の改質による特性の向上、リサイクル材に適した加工プロセスの開発を行った。また、材料のリサイクル性を向上する設計技術と加工プロセスについても開発を進め、製品への適用を実現している。



エコマテリアル

エコマテリアルは、従来の機能的特性、物理・化学的特性に加えて、環境適合性と快適性が性能の指標となる。製品への適用においては、LCAにより、製品のライフサイクルにおける環境負荷を最小とする設計とプロセスの適用が重要となる。

1. ま え が き

地球環境保護に対する取組において、製品のライフサイクルにおける環境負荷の低減が重要な課題となっている。材料は、地球資源から誕生し、社会の快適性を満足する製品を構成し、最終的には廃棄物として自然に戻る。地球環境を保護し人類の持続的な発展を可能とするためには、物質や材料のエコマテリアル化が非常に重要である。

エコマテリアルは、Environment Conscious Material及びEcological Materialを満足する材料であり、地球環境や生態系に調和し、人類に受け入れられる材料を意味する。資源の枯渇問題、材料の再資源化とリサイクル、地球温暖化やオゾン層破壊、ダイオキシンを始めとする環境汚染などの顕在化しつつある環境問題を根本的に解決するためには、材料のエコマテリアル化を着実に速やかに推進する必要がある。

2. 材料のエコマテリアル化

2.1 エコマテリアル

地球環境保護の観点から、製品を構成する材料に対する要求特性が大きく変化しつつある。従来の材料に対する評価基準は、使用時の性能が重要視されてきた。エコマテリアルには、図1に示すように、環境に対する調和性と人類に対する快適性を考慮した性能及び特性が求められる。

(1) 性能

材料には、使用目的に応じた特性が要求される。環境負荷を低減した環境適合製品の開発では、省エネルギーや省材料化に関連した熱的特性や比剛性、比強度、リサイクル性に優れた材料が要求される。

(2) 環境調和性

エコマテリアルでは、材料のライフサイクルにおける環境負荷の最小化が求められる。材料及び適用製品に関してLCAによる環境負荷の定量的評価を行い、材料のみならず、材料のプロセス技術、製品の流通、使用、廃棄の各段階を含めた総合的な評価に基づいて、環境負荷を最小とする開発が重要である。

(3) 快適性(Amenity)

エコマテリアル化の観点からは、人に対する快適性を考慮した特性も性能として重要となる。人間の身体と生活環境はいろいろな材料と接触し取り囲まれているため、エコマテリアルには、人間の視覚・触覚などの感覚に関連する心理的・生理的要素を加味した特性が要求される。

2.2 エコマテリアル材料の開発

現在環境負荷低減が課題となっている材料関連項目を表1に示す。具体的なエコマテリアル化の開発状況について次に述べる。

(1) オゾン層破壊

モントリオール議定書(1987年)により、特定フロン及び特定ハロンについて、国際的に生産等の規制が実施されるようになり、代替フロン(Hydro Chloro Fluoro Carbon: HCFC, Hydro Fluoro Carbon: HFC)化が進められてきた。最近では、国際的に規制の自主的な前倒しが行われており、HCFCのオゾン破壊係数ODP(Ozone Depleting Potential)が0でないことから、ODP 0の塩素を含まないHFCや炭化水素への再代替化が進められている。

(a) 冷蔵庫断熱材の脱フロン化

冷蔵庫断熱材の発泡剤に、ODP値及び地球温暖化係数が0であるシクロペンタンの適用を検討し、ウレタン樹脂発泡体のセルを均一に微小化することにより、断熱性能と機械的性能がHCFC141bを上回る断熱材を開発し製品適用している。

(b) 空調機冷媒の脱HCFC化

冷蔵庫の冷凍冷媒は、特定フロンCFC12からODP値が0のHFC134aへの代替を既に完了している。ルームエアコンやパッケージエアコンなどの冷媒では、HCFC22(ODP 0.05)が主に使用され、ODPが0のHFC系冷媒への代替技術開発を進めている。冷媒の変更に伴って冷媒サイクルの最適化とともに重要な課題が、サイクル内で使用する材料の信頼性である。HFCは化学的に活性であるため、周辺材料に対する化学作用が大きい。圧縮機や冷媒回路部品に使用される冷凍機油、絶縁材料、シール材などすべての材料に対して詳細な評価を実施し、性能と信頼性に優れた代替材料の開発と選定を完了した。

(2) 地球温暖化対策

地球温暖化に最も影響を与えている物質は炭酸ガスである。炭酸ガスの削減は、エネルギー消費の低減によって実現できるが、製品を構成する材料における対策も重要である。エコマテリアル技術として、地球温暖化係数の大きな材料(ガス)の代替化、使用量の削減、及び断熱性能や放熱性能の改善による製品の電力消費量の低減がある。

3. プラスチック材料のエコマテリアル化

電気製品では、プラスチック材料が大量に使用されてお

表1. 材料を取り巻く環境関連課題

| | |
|---------|----------|
| エコマテリアル | 地球環境問題 |
| | オゾン層破壊 |
| 従来の性能 | 酸性雨 |
| + | 地球温暖化 |
| 環境適合性 | 大気汚染 |
| + | 海洋汚染 |
| 快適性 | 土壌汚染 |
| | 砂漠化 |
| | 生態系破壊 |
| | ダイオキシン汚染 |
| | 環境ホルモン |
| | 資源枯渇 |

図1. エコマテリアルの概念

り、金属やガラスなどの材料に比較してリサイクルが遅れていることから、エコマテリアル化を早急に実現しなければならない。プラスチック材料のエコマテリアル化に対する取組を図2に示した。材料から廃棄までの各段階で、開発、環境負荷評価、設計見直しを進めている。

(1) 材料開発

エコマテリアルプラスチックの開発においては、環境負荷を小さくするため、

- 製造エネルギーが小さい
- 有害物質を含まない
- リサイクルが容易
- 廃棄時の環境負荷が小さい

ことが重要である。材料の環境負荷評価においてはLCAが有用であるが、現在適用されているLCA手法では用いるデータの標準性や環境負荷インデックスの求め方がまちまちであり、当面は注意深く評価適用する必要がある。また、材料の有害性については、リスクアセスメントを十分に行う必要がある。最近、環境負荷や有害性の点から、プラスチックではハロゲン系難燃剤、塩素系樹脂、エンドクリン(環境ホルモン)などの削減が課題である。

リサイクル性に関しては、ポリプロピレン(PP)やナイロン樹脂(PA)などの結晶性プラスチックが成形加工性や機械的特性で優れている。

(2) リサイクル技術の開発

材料をLCA評価するとリサイクルが環境負荷を著しく低減することが明らかであり、リサイクル性に優れた材料や加工プロセスは、エコマテリアル化で非常に重要である。

プラスチックのリサイクルには、化学的に分解してモノマーとして回収するケミカルリサイクル、熱として回収するサーマルリサイクル、材料を再利用するマテリアルリサイクル、部品としてのパーツリサイクルがある。マテリアルリサイクルは、廃棄物を資源として低環境負荷で再利用できるため、今後のリサイクル技術において最も重要となる。

プラスチックのマテリアルリサイクルは大きく二つに分類できる。製品から回収したリサイクル材を同一製品や同一工場を利用する社内リサイクルと、他業種からのリサイクル材を適用する社外リサイクルがある。当社では、製品の環境負荷を低減するため、両リサ

イクル材の積極的適用を方針として推進している。リサイクル材適用に際しての課題としては、

- 材料特性の劣化
- 異物や異種材料の混入
- 適用プロセスの開発

がある。

材料の劣化は製品の使用環境と使用期間に大きく依存するが、プラスチックの劣化では、光(紫外線)と熱の影響が大きい。家庭で使用された後廃棄された家電製品を回収し、機械的強度を評価した結果を表2に示す。廃棄製品から回収されたプラスチックの機械的強度は、衝撃強度を除いて大きい低下は認められない。ルームエアコンから回収したポリスチレン(PS)は、表面に印刷が行われているため、印刷材料が異物として作用し、機械的強度の低下が冷蔵庫PPに比較して大きい。

製品リサイクル材の適用を進めていくためには、混入する異物や異種材料の取扱いが重要となる。異物の混入量が少ないと、外観不良や衝撃強度低下を確認した上、新材と同じ扱いが可能となる。一方、混入量が無視できなくなると、材料改質や成形加工などの適用プロセスの開発が必要となる。材料改質では、新材との配合によって実用上問題

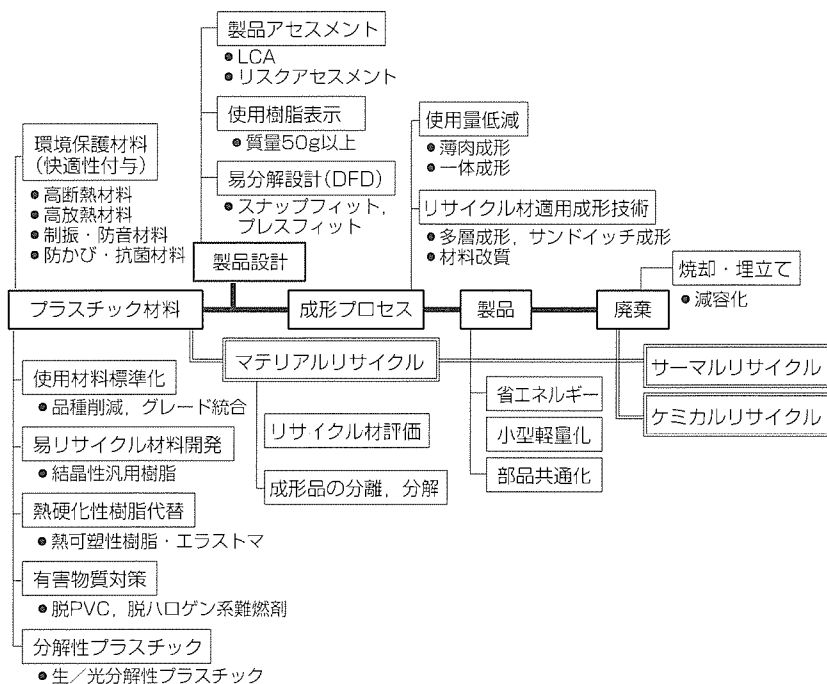


図2. プラスチック材料のエコマテリアル化

表2. 使用済み製品リサイクル材の機械的特性

| | | 引張り強度 (MPa) | 曲げ強度 (MPa) | 曲げ弾性率 (GPa) | 衝撃吸収エネルギー (J) |
|------------------|--------|-------------|------------|-------------|---------------|
| ポリスチレン (ルームエアコン) | リサイクル材 | 32.8 | 72.7 | 2.74 | 0.36 |
| | 新材 | 30.9 | 64.8 | 2.54 | 0.88 |
| ポリプロピレン (冷蔵庫) | リサイクル材 | 27.8 | 48.3 | 2.09 | 0.57 |
| | 新材 | 27.8 | 47.1 | 2.05 | 1.06 |

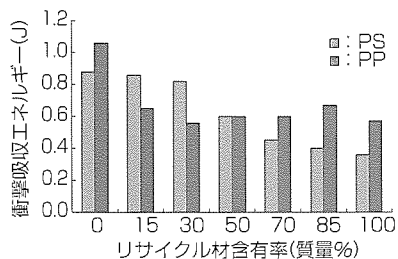
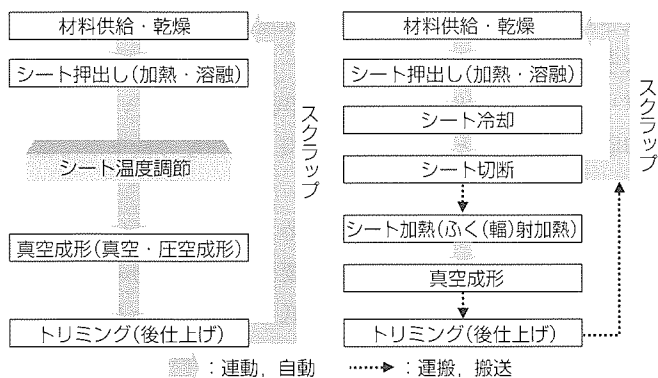


図3. 新材/リサイクル材ブレンド材の衝撃吸収エネルギー



(a) 押出連動真空成形 (b) 従来の真空成形

図4. 押出連動真空成形システムのブロックダイアグラム

表3. 押出連動真空成形システムの特長

| | 押出連動真空成形システム | 従来システム |
|---------------|--------------|-----------|
| 成形消費エネルギー(MJ) | 6~8 | 12~14 |
| 成形サイクルタイム(s) | 20~30 | 40~50 |
| 材料有効利用率(%) | 99.5以上 | 92.0~95.0 |

とならないレベルまで特性を向上させることができる。

図3は、表2に示した新材と製品リサイクル材を配合した衝撃特性の変化を示しているが、PSでは、約30%まで配合しても特性はほとんど低下しない。一方、PPでは、製品リサイクル材の配合によって衝撃特性が低下するため、更に衝撃改良材の配合が必要となる。このように、新材に製品リサイクル材を配合して使用することによって、エコマテリアル化を進めることができる。

(3) プロセス開発

エコマテリアル化を進めるためには、材料開発のみでなく、材料を加工するためのプロセス開発も重要である。図4は当社が冷蔵庫内箱の成形に採用している成形システム⁽¹⁾のフローチャートであるが、従来のシートを加熱する熱成形法に比較して、表3に示すように、消費エネルギーが小さく、成形時間が短く、材料の有効利用率も高い特長がある。

リサイクル材を適用するプロセスの適用開発も、エコマテリアル化を進めるために不可欠となる。リサイクル材を適用するため、2材質成形法が精力的に検討されている。

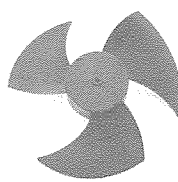


図5. プラスチックファン

表4. Mg合金の特長

1. 実用金属の中で密度が小さい(1.82)
2. 比強度、比剛性に優れる
3. 放熱特性(熱伝導性)に優れる
4. EMCのための導電化処理が不要
5. 成形性(流動性)に優れる
6. 難燃性
7. リサイクル性に優れる
8. 資源が豊富

2色成形法は、表層に新材を、バックアップ材にリサイクル材を適用する成形法である。サンドイッチ成形法は、表層(スキン)に新材を、内(コア)層にリサイクル材を適用する。いずれも、表層の厚みを薄くすることにより、リサイクル材の使用比率を高めることができる。

(4) 製品設計

エコマテリアル化では、製品設計や部品設計も重要である。図5はオールプラスチックのファンである。従来は、軸結合性を高めるため、軸部に金属部品を用いて、同時成形を行っていた。軸結合部の強度解析、成形精度の向上により、金属部品の削減が可能となり、リサイクル性に優れたファンを実現した。今後、リサイクル性及びリユース性を向上させるための易解体設計(Design for Disassemble: DFD)が重要となり、プラスチックでは、材料の弾性を活用したスナップフィットやプレスフィットなどを採用した組立設計技術が重要となる。

(5) 他材料代替

情報通信機器のきょう(筐)体では、プラスチックから金属への再代替も行われている。当社ではモバイルパソコン Pedionの筐体にマグネシウム(Mg)合金を適用した。Mg合金は、表4に示すような特長がある。Mgは、さび(錆)ややすい金属であるため防せい(錆)処理が必要であること、微粉末は燃焼することなど課題もあるが、密度が小さいため軽量化が可能であり、リサイクル性にも優れている。

4. む す び

環境と人類に優しいエコマテリアルは、環境負荷を低減し、資源循環型社会を実現する。材料は、地球環境という大きな世界で、常に人類と接しながら共存している。エコマテリアルの概念は普遍であるが、要求される特性や機能、排除しなければならない有害性や危険性は時代や環境とともに変化する。エコマテリアルによる製品を実現し、環境負荷の低減を持続することが、製品メーカーの使命である。

参考文献

- (1) 馬場文明, 斉藤 勝, 大村 武, 柏 直 : 冷蔵庫内箱用押出連動真空成形システムの開発, 三菱電機技報, 56, No.7, 550~554 (1982)

太陽光発電への取組

岸添義彦*
有本 智**

要 旨

21世紀に向けて、太陽光発電への期待は大きい。国は、エネルギー大綱で普及目標値を定めるとともに、住宅用や施設用システムへの補助金制度を設け、太陽光発電の普及拡大を支援している。

三菱電機では、以前から太陽電池の研究開発を進めてきたが、昨年(1998年)飯田市に新工場を建設し、量産を開始した。この工場で生産する太陽電池は多結晶シリコン型で、電磁誘導方式によって製造される大型基板の採用(150mm×150mm)や、製造プロセスの短縮など、最新の技術を導入している。現在の生産能力は年間10MWであるが、一部設備を増設することによって20MWまでの生産拡大に対応できる。

太陽光発電は、他の発電システムと比較するとまだ割高であり、設置費用を発電電力で稼ぎ出すことができない。このため普及拡大に国の補助金を頼っており、本来の意味では自立化できていない。今後普及を促進するためには、システムを構成する機器の一層のコストダウンを進める必要がある。

しかし一方、製造や設置に費やすエネルギーは2～3年で回収できるとされており、環境に優しいシステムである。身近な例で示すと、住宅用の3kWシステムが1年間に生み出す電気は、石油火力発電に換算すると約710リットルの燃料を節約することに相当する。当社は、これからも、このクリーンエネルギーの普及に貢献したいと考えている。

(a) 系統連系システムの例

(b) 独立システムの例

太陽光発電システムの構成

太陽電池(セル)

太陽光発電システム工場(飯田市)

太陽光発電システム

(a)の系統連系型は、発電電力が不足したときは系統側から不足分だけの電力供給を受け、また逆に電力に余剰が出た場合は系統側に電力を送り返す。このため、特に蓄電池を備えなくても安定した電力が得られ、合理的なシステムが組める。また(b)の独立型は、系統電源が使えないところで使用する機器の電源として用いられ、一般に蓄電池と組み合わせる小容量のシステムが多い。

1. ま え が き

豊かで継続的発展の可能な社会を実現するためには、環境に負担の少ないエネルギー源の確保が不可欠である。この答えの一つが自然エネルギーの活用であり、様々なテーマで取組が行われている。中でも太陽光は、他の自然エネルギーと比較すると地域依存性が少なく、地球上のほとんどの場所で利用可能である。また、エネルギー密度は決して高くないが、その絶対量は膨大であり、21世紀に向けての重要なエネルギー源になると期待されている(太陽の日射エネルギーはAM(Air Mass)1.5で約1.0kW/m²である。AMとは地表に到達するまでに通過する大気量であり、赤道上がAM1.0である。

本稿では、太陽エネルギーの利用形態の一つである太陽光発電システムの概要と、当社の取組について述べる。

2. 太陽光発電の市場

国内での太陽光発電システムは、1980年代の始めごろから試験研究を主目的に設置が進められてきた。しかし、発電設備としては割高なこともあり、フィールドテストの域を越えず、設置容量は大きな伸びを示さなかった。

ところが、'94年度から始まった国による個人住宅への助成制度と近年の環境意識の高まりにより、普及のペースが加速している。表1に世界主要地域の太陽電池の出荷量を示すが、'96年から国内出荷の伸びは著しい。

また、国が'94年12月に制定した新エネルギー導入大綱において2000年には40万kW、2010年には500万kWの普及目標('98年見直し)を掲げていることもあり、個人住宅用の小規模システム(3~5kW)に加え、公共や民間の施設向けシステム(10~50kW)においても市場拡大が期待できる。

3. システム構成

前ページにシステム構成を示す。図において、太陽電池は、光エネルギーを電力に変換する素子で、主にシリコンを素材とする単結晶型や多結晶型、及びアモルファス型等が実用化されている。接続箱は、システムに必要な電流・電圧が得られるよう、必要数の太陽電池を電氣的に接続するために用いる。またパワーコンディショナは、太陽電池

から出力される直流電力を、商用電源と同じ交流に変換するインバータや、系統と連系するための保護機能等が一体化された装置である。

系統連系型システムでは、防災用電源等に用いるなどの特別な場合を除き蓄電設備が不要で、合理的なシステムが組める。現在、住宅用や施設用に設置されるシステムのほとんどがこのタイプである。

独立型システムは、系統電源が使えない場所に設置する機器や移動用の電源に用いられる。システムとしては比較的小規模のものが多く、発電容量で見た場合の比率は10%前後と少ない(国内'96年)。

4. 太陽電池

太陽光発電システムを構成する主要デバイスである太陽電池について、概要と当社の取組状況を紹介する。

4.1 太陽電池とは

光を電気に変換する機能を持つ基本素子をセルと言う。また、耐環境性や信頼性を確保するためセルを熱処理ガラスや樹脂で封止し、さらに架台へ固定するためのアルミ枠等を付けたものを太陽電池モジュールと言う。

太陽電池(セル)の種類は、表2に示すとおり、様々なものがあり、更に新しいタイプの研究も積極的に行われている。しかし、まだ技術的課題が多く、現在量産されているものはシリコン系が主流である。当社もアモルファスを含む薄膜系や化合物系など多方面からの取組を行ってきたが、現在製品化しているものは、量産性に優れた性能も比較的良好な多結晶シリコンタイプの太陽電池である。

次に、この製造プロセスについて少し詳しく述べる。

4.2 多結晶シリコン太陽電池

図1は当社で量産している多結晶シリコン太陽電池の概略構造図であり、以下にこの特長を紹介する。

4.2.1 基板の大型化

現在量産されている単結晶又は多結晶シリコン太陽電池(セル)のサイズは100~125mm角のものが主流であるが、当社では'98年の量産開始時点から150mm角を採用した。基板の大型化を図った理由は、セル1枚当たりの発電出力を大きくすることができ、将来の製造コストの低減に有利なためである(125mm角と比較し、150mm角の基板は1.44

表1. 太陽電池の出荷量

| | | 単位: MW | | | | |
|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--|
| | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | |
| 米 国 | 22.44 | 25.64 | 34.75 | 38.85 | 53.0 | |
| 日 本 | 16.70 | 16.50 | 16.40 | 21.20 | 35.0 | |
| ヨーロッパ | 16.55 | 21.70 | 20.10 | 18.80 | 29.3 | |
| その他 | 4.40 | 5.60 | 6.35 | 9.75 | 9.4 | |
| 合 計 | 60.09 | 69.44 | 77.60 | 88.60 | 126.7 | |

(出典: PV NEWS, Vol.17, No.2, 1998)

表2. 太陽電池の種類

| 分 類 | 半導体材料 | 効率(%) | 用途, その他 | |
|----------|---------|-----------------------------|----------------|---------------------------|
| シリコン太陽電池 | 結晶系 | 単結晶Si 多結晶Si | 14~17 12~15 | 一般用として最も高効率。量産性に優れた性能も良い。 |
| | アモルファス系 | アモルファスSi アモルファスSiGe | 6~12 〃 | |
| 化合物太陽電池 | | GaAs, InP | 18~24 | 人工衛星など特殊用途。主に民生用, 低価格化可能。 |
| | | CdTe CuInSe ₂ | 10~14 〃 | |

倍の面積を持つ。)

一方、製造面において、セルの大型化は機械的な割れや欠けの発生による歩留り低下が懸念される。しかし、プロセスの装置間のセル搬送を極力機械化することと、装置の工夫によって製造時の破損を少なくし、この問題を解決した。

4.2.2 製造プロセス

セル製造の基本フローを図2に示す。製造プロセスは基板の表面処理、拡散、反射防止膜形成、電極形成等からなるが、以下にその内容を述べる。

(1) 基板の表面処理

太陽電池の製造は、多結晶シリコンインゴットを薄板状(厚さ350 μm 程度)に機械的にスライスした基板を出発点とする。この基板の表面は機械的な損傷を受けているため、特性の良い太陽電池を製造するには表面の損傷を受けた層(10~20 μm)を取り除く必要がある。これは基板表面を化学的にエッチングすることによって行う。またこの処理を行うとき、プロセスの工夫によって基板表面にテクスチャと呼ばれる細かな凹凸構造(高さ数 μm)を同時形成する。この凹凸構造は、表面の反射率を低減し、太陽電池に取り込む光量を実質的に増加する作用があり、セルの発電効率を高める。

(2) 拡散

基板の表面処理後、セルの基本構造となるPN接合の形成を行う。具体的には、P型半導体の基板表面にりん原子を熱的処理によって拡散し、N型の層(約0.3 μm)を造る。これにより、発電に必要なダイオードとしての基本構造が完成する。

(3) 反射防止膜形成

次に、変換効率を向上させるために、表面に反射防止膜の形成を行う。当社では、この反射防止膜に、プラズマCVD(Chemical Vapor Deposition)法によって形成されるシリコン窒化膜を採用した。なお、CVDの原料ガスはシラン(SiH_4)とアンモニア(NH_3)である。

またこのプロセスでは、太陽電池としての特性を劣化さ

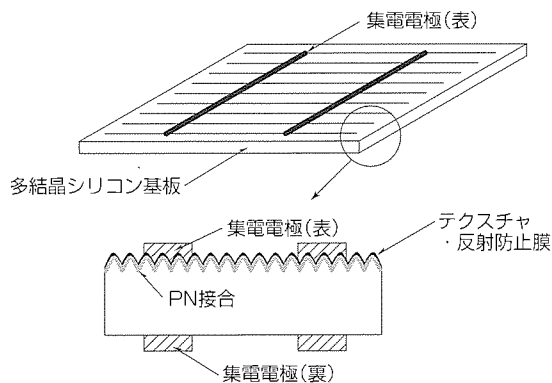


図1. 多結晶シリコン太陽電池の構造

せる原因となるシリコンの結晶欠陥を不活性化する処理を同時に行う。すなわち、成膜中に発生する水素プラズマがシリコン基板中に拡散し、結晶欠陥部にあるシリコン原子の未結合手と結合し、これによって特性劣化の原因を取り除く。

(4) 電極形成

最後の工程では、発生した電気を取り出すための集電電極の形成を行う。この電極は、シリコン基板の表と裏の両面に金属ペーストを印刷によってパターンニングし、これを乾燥・焼成して形成する。当社では、プロセスに使用する金属ペーストの新規開発を行い、通常セルの表と裏を何回かに分けて行う電極の焼成のプロセスを一工程で済むようにした。

このように、セル製造工程においては、随所に新しい工夫を取り入れ、極力プロセスの簡略化を進めた。このため、従来20工程以上からなるとされていたセル製造プロセスを十数工程にまで短縮した。

4.2.3 太陽電池の特性

当社では電磁鋳造法によって製造された多結晶シリコン基板を用いているが、基板の特性を生かすために、開発段階から各プロセス条件の合わせ込みを行った。この成果を基に量産設備の最適化を行い、現在量産している太陽電池(セル)は平均値で14.5%を超える変換効率を達成している。今後各プロセスの更なる最適化とシリコン基板品質の改善を進め、多結晶シリコン太陽電池としては最高レベルである15%以上の効率を早期に達成する計画である。

4.3 太陽電池モジュール

セルは、もろ(脆)いシリコン基板に電極を形成した構造のため、このままでは長期間の使用に耐えられない。したがって、ガラスや樹脂で封止し、モジュール化して実用に耐える構造とする必要がある(設計寿命20年想定)。図3に当社の太陽電池モジュール(PV-MR101)の外観及び断面構造を示す。また、表3にこのモジュールの主な仕様を示す。

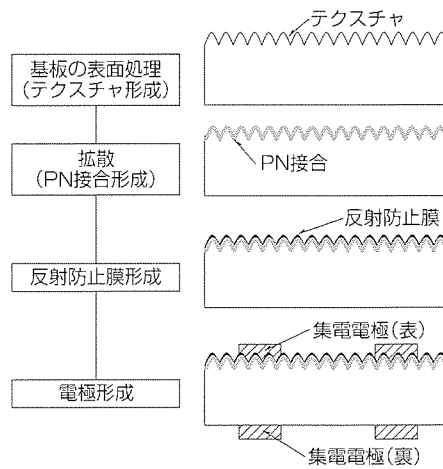


図2. セル製造の概略フロー

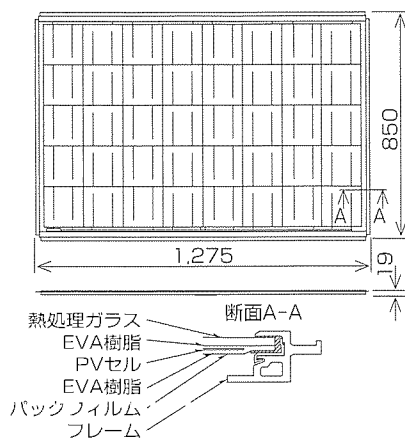


図3. 太陽電池モジュールPV-MR101

す。

断面構造において、熱処理ガラスは、セルを張り付けるための基材であり、光を通す保護カバーとなる。EVA (Ethylene-Vinyl Acetate)は、透明な樹脂で、セルを上下から挟み込んでガラスに固定するとともに、セルや電極を環境から守る封止材となる。バックフィルムは、耐候性があり湿度の透過を防ぐためのもので、特殊コーティングしたテドラフィルム等が用いられる。また発電した電力は、モジュールの裏面に設けた端子ボックスから取り出す。

太陽電池モジュールは、扱いやすいように通常縦横1m程度のサイズに仕上げられる。PV-MR101は、セル40枚からなり、出力は126Wである。住宅用システムでは、このモジュール24枚で構成する3.02kWシステムが標準となる(モジュール12直列×2並列で構成)。

4.4 太陽電池の量産工場

中津川製作所飯田工場の敷地内に建設中であった太陽電池の量産工場が、'98年9月から本格稼働を始めた。この工場は2階建てで床面積は9,120m²ある。2階はクリーンルームになっており、太陽電池(セル)製造ラインが設置されている。1階は太陽電池をモジュール化するための組立てラインで、工程の多くは自動化している。

現時点での生産能力は年間10MWで、住宅用の3kWシステムに換算すると3,300セット分に相当する。工場内のスペースにはまだ余裕があり、一部設備の増設によって20MWまで増産が可能なレイアウトになっている。

現在、この工場において、一般住宅に専用架台を用いて設置する傾斜屋根用モジュールと、ビル等に設置するための陸屋根用モジュールの生産を行っている。今後、各用途向けにモジュールのバリエーションを増やしていく計画である。

5. 環境への貢献

5.1 CO₂削減効果

単に発電設備として見た場合、太陽光発電は今なお割高

表3. 太陽電池モジュール仕様 (PV-MR101)

| | |
|--------------|------------------|
| 公称最大出力 | 126W |
| 公称最大出力動作電圧 | 19.2V |
| 公称最大出力動作電流 | 6.56A |
| 質量 | 13.0kg |
| 外形寸法 幅×奥行×高さ | 1,275×850×19(mm) |

表4. 電源別CO₂排出原単位の比較

| 発電プラント | (g-C/kW・h) | | | |
|---------------------|------------|------|------|-------|
| | 太陽光 | 石炭火力 | 石油火力 | LNG火力 |
| CO ₂ 排出量 | 34 | 270 | 200 | 178 |

(出典：電気事業連合会1995、図表で語るエネルギーの基礎)

なシステムであり、設置にかかる費用を電気代で回収することは困難である。このため、システム機器製造コストの一層の低減を進めなくてはならない。

一方、システムの製造や設置に費やしたエネルギーは発電電力によって比較的短期間に回収可能であり(2~3年：太陽光発電懇話会資料)、太陽光発電は環境に優しいエネルギーと言える。身近な例で示すと、住宅用3kWシステムが生み出す電力は、石油火力発電で換算すると約710リットルの燃料を節約することに相当する。

また、電気事業連合会の資料によると、各発電プラントの建設から運用に至る全エネルギーを考慮に入れたCO₂排出量は表4に示す値になる。1kWの太陽光発電システムの年間発電量は約1,050kW・h(国内一般地域、設備効率12%)であるから、石油火力を基準にすると年間174kg-CのCO₂削減効果があることになる。

5.2 クリーンエネルギーとしての展望

太陽光発電システムが新エネルギー大綱の目標値どおり普及した場合、2010年には累計設備容量は500万kWになり、発電電力量は52.5億kW・hに達する。このとき想定される国内電力需要は1兆1,330億kW・hであり、太陽光発電のシェアは0.46%となる。まだ微々たる値であるが、太陽光発電にとっては新時代の始まりとなる。

また、太陽光発電の導入可能性調査によると、国内の住宅、公共施設、民間工場等に17,300万kWの設置が可能とされている。これが実現すると、国内の電力需要の10%以上を太陽光発電が賄うことになる。

6. むすび

太陽光発電システムは半導体、パワーエレクトロニクス、発電、配電など幅広い技術の集約が必要であり、これら技術を網羅できる総合電機メーカーとして、今後も開発を積極的に進める所存である。太陽光発電が21世紀の社会を支えるエネルギー源に育つことを願っている。

参考文献

- (1) 太陽光発電懇話会：太陽光発電の現状と課題 (1997)

環境に優しいコジェネレーションシステム

加治屋 脩*

要 旨

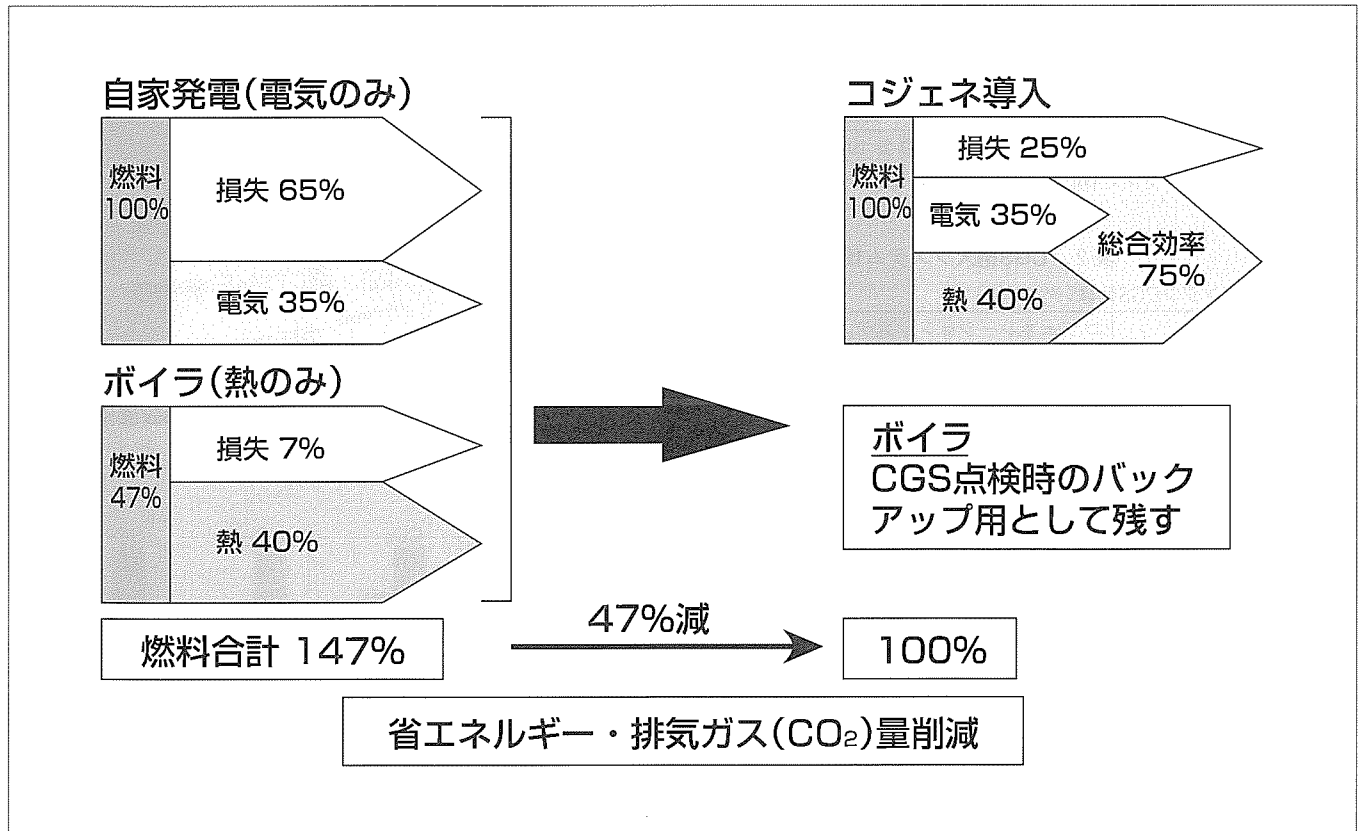
コジェネレーションとはCO(共同の)とGeneration(発生する)の複合語で、これをシステムアップしたものをコジェネレーションシステムと言う(英語の頭文字をとってCGSとも表現する。)

CGSは、電気と熱を同時に生み出すことから熱電併給システムとも言われ、従来大気中に放出していたエンジン排熱を回収し、発電するとともにこれを活用し、総合エネルギー効率を75%前後にまで高めるシステムである。

排熱利用によるボイラ運転時間短縮によって燃料消費量を減らすことができるため二酸化炭素(CO₂)削減となるほ

か、燃料を燃焼させることによって発生する窒素酸化物(NO_x)もその低減技術がいろいろ研究開発されており、国の定めた基準値以下に抑えることができるようになった。CO₂については地球温暖化防止京都会議において対1990年比6%削減の合意がなされており、これを解決できるエネルギー効率化環境機器としてのコジェネレーションシステムはこれから普及が加速されるものと思われる。

以下に、排気ガスのクリーンな都市ガスを使ったガスコジェネレーションシステムについて紹介する。



コジェネレーションシステムのエネルギー効率

コジェネレーションシステムは、エンジンの排熱を回収し、その熱を発電した電力とともに生産ライン等の設備へ利用することによって総合エネルギー効率を75%前後にまで高めるシステムである。また、ボイラの運転時間短縮によって燃料消費を減らすことができるため、CO₂削減となる環境に優しいシステムである。

1. ま え が き

産業界は事業の拡大とともに順次設備投資を行ってきたが、ここに来て地球的な観点から環境問題が浮上してきた。この中でCO₂については、地球温暖化防止京都会議において対'90年比6%削減の合意がなされており、緊急な課題となっている。

“生産と環境保護”という一見矛盾するような問題を解決することのできる環境機器として、コージェネレーションシステムが挙げられる。

電力と熱エネルギーが得られるとともに、CO₂を削減し、また、燃料の燃焼によって生成されるNO_xも三元触媒方式や希薄燃焼方式等の技術開発によって国の基準値を下回ることが可能となった。

以下に、排気ガスがクリーンな都市ガスを主燃料とした環境に優しいコージェネレーションシステムの環境関連事業への取組について述べる(表1、表2、図1、図2)。

2. CO₂削減

図3に、燃料が燃焼することによって発生する化石燃料別の発生成分の比較を示す。

表1. CGS導入状況

| | DE | GE | GT | 計 | 一台当たりの平均容量 |
|-----|-----|-----|-----|------|------------|
| 民生用 | 28% | 70% | 2% | 133台 | 608kW |
| 事業用 | 47% | 23% | 30% | 77台 | 3,342kW |

(日本コージェネレーション協会 1997年度実績)

DE:ディーゼルエンジン, GE:ガスエンジン, GT:ガスタービン

表2. CGS納入システム仕様

| 一般的气体エンジンCGS仕様(デュアル) | | | |
|----------------------|--|---|-----------|
| 形式 | コージェネレーションシステム | | |
| 定格出力 | ガスモード500kW, ディーゼルモード380kW エネルギー回収効率 32% | | |
| 定格電圧 | 6.6kV (3φ3W, 50Hz) | | |
| 定格力率 | 0.8(遅れ) | | |
| 発電機 | 形式 | CFC(円筒回転界磁形) ブラシレス励磁 | |
| | 極数 | 6P, 1,000r/min | |
| エンジン | 形式 | マルチフェューエルエンジン | |
| | 使用状態 | 常時: 都市ガス13A, (低位発熱量9,940kcal/Nm ³) 非常時: 商用停電時 軽油 | |
| 燃料消費量 | 149Nm ³ /h(総発熱量1,481Mcal/h) | | |
| 熱回収 | 形態 | 排気ガスボイラ | ジャケット熱 |
| | 熱回収 | 蒸気 | 温水 |
| | 回収熱量 | 457kg/h(給水60℃, 蒸気圧 8 kg/cm ² G) | 372Mcal/h |
| | 回収効率 | (296Mcal/h)相当 20% | 25% |
| 総合効率 | 77% | | |
| 運用形態 | 常時: 系統連系 商用停電時: 自立単独運転 | | |
| 脱硝装置 | 三元触媒方式 東京都の例 200ppm以下(0% O ₂) | | |
| コージェネ室寸法 | 12m×13m×高さ5.4m | | |

図に示すように化石燃料のうちでも天然ガスはCO₂の発生が少なく、環境規制の厳しい都市部でのコージェネシステムの燃料として広く普及するようになってきた。

2.1 発電設備仕様

容量: 500kW

燃料使用量: 149Nm³/h(都市ガス13A)

都市ガス 1 Nm³で3.36kW・hを発電する。

年間運転時間: 12h×300日=3,600h

総発電量: 500kW×3,600h=1,800,000kW・h

(電力使用量の約半分をコージェネ発電で賄う。)

2.2 CO₂削減効果

電力を1kW・h削減した場合のCO₂排出量(電力CO₂排出原単位kgC/kW・h)については統一された算出基準がないため、各電力会社や電機工業会、経団連等が各年度ご

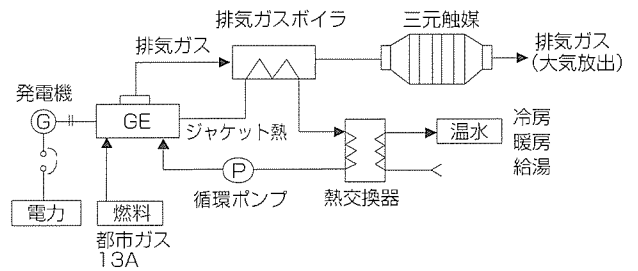


図1. ガスエンジンCGSフロー(温水回収)

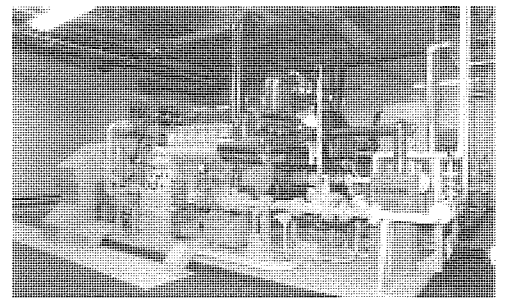
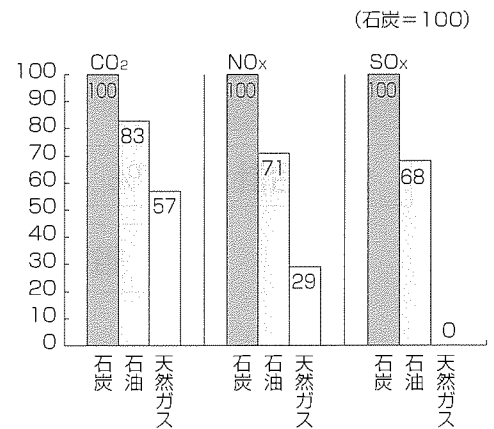


図2. ガスエンジンCGS設置例



(出典: Natural Gas Prospect to 2010: IEA)

図3. 化石燃料のCO₂等発生量比較

との原単位実績値を使用して算出している。

コジェネを導入した場合は、電力会社の買電との差を効果として削減するという考え方を採用している。

計算式：各事業場ごとに供給を受けている電力会社の各年度の原単位を用いて算出する。

$$\text{電力のCO}_2\text{排出量[kgC]} = \text{電力使用量[kW} \cdot \text{h]} \times \text{電力CO}_2\text{排出原単位[kgC/kW} \cdot \text{h]}$$

図4に熱収支(年間)の一例を示す。

消費電力の1/2をコジェネ発電で賄うとして年間のCO₂削減量を計算する。

設計条件は次のとおりとした。

- 一般買電CO₂排出原単位0.115kgC/kW・h
(日本電機工業会：自主行動計画フォローアップ値)
- ガス燃料(13A)の場合のCO₂排出原単位0.616kgC/Nm³
- 火力発電のみの場合のCO₂排出原単位は各電力会社又は事業団体等で数値のとらえ方がまちまちなので、今回は東京電力の“環境行動レポート”1995年の火力発電所のみ平均値0.169kgC/kW・hを使用

(1) コジェネ導入前

- 買電 排出CO₂量
- (*1) 0.115kgC/kW・h × 発電量3,600,000kW・h = 414トン
- ガス使用(ボイラ等)
- (*2) 0.616kgC/Nm³ × 284kNm³ = 175トン
-
- 合計589トン ……①

(2) コジェネ導入後

- 買電
- (*1) 0.115kgC/kW・h × 発電量1,800,000kW・h = 207トン
- ガス使用(コジェネ発電+排熱回収を含む。)
- (*2) 0.616kgC/Nm³ × 579kNm³ = 357トン
-
- 合計564トン ……②

(3) 削減量

ガスコジェネシステムを導入することによってCO₂排出量は上記のとおり減少するが、さらに、発電所としてのCO₂削減効果は、コジェネ発電相当分を電力会社(ここでは(*1)の日本電機工業会採用値)の火力発電CO₂分との差を減じて算出するようになっているので、

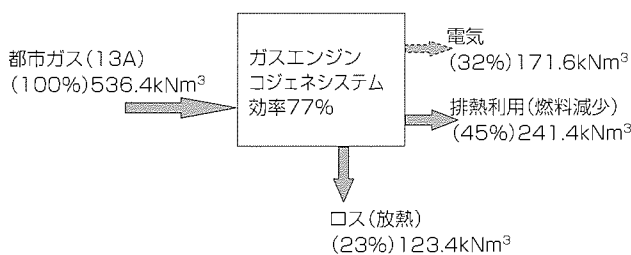


図4. 熱収支(年間)

$$\begin{aligned} & (*3) \quad (*1) \quad \text{コジェネ発電量} \\ & (0.169\text{kgC/kW} \cdot \text{h} - 0.115\text{kgC/kW} \cdot \text{h}) \times 1,800,000\text{kW} \cdot \text{h} \\ & = 97\text{トン} \dots\dots\dots \textcircled{3} \end{aligned}$$

つまり、ガスコジェネを導入することにより、②-①-③=-122トンのCO₂を導入前よりも削減することができることになる。

3. NO_x削減

3.1 三元触媒

ガスエンジンの燃焼は主として都市ガスを使用するので、液体燃料の場合に問題となっている排ガスの排出物内の硫黄酸化物やばいじん等はほとんど問題とならないぐらい皆無に近い状態である。

排気ガス排出に伴う公害対策としては、窒素酸化物だけが残された問題点の一つとして取り上げられる。

NO_xは大気中に放出されると中間生成物(オキシダント)ができるので、この防止のために三元触媒方式が有効である。

三元触媒は、白金(Pt)、ロジウム(Ph)、パラジウム(Pa)の触媒によって排気ガス中のNO_x、HC、COを同時に除去することができる(表3、図5)。

3.2 希薄燃焼

ガスエンジンのシリンダの頭部に予燃焼室を設け、点火プラグで点火された燃焼火炎を主燃焼室に送り込むことによって完全燃焼を行い、燃焼効果を高めることによって窒素酸化物を減らす方策が採られている。

燃焼時の空気量を増やすことによって燃焼温度を下げ、サーマルNO_xの低減に効果があることが分かっているが、最近では、空気過剰率2.0を超える領域での運転も可能となってきた(図6)。

表3. NO_xの低減動向

| (単位ppm) | | | | |
|-----------|-------------|---------|---------|--------|
| エンジン | 燃料 | 方式 | 現在 | 2000年 |
| ディーゼルエンジン | A重油 | アンモニア脱硝 | 50~300 | 現状維持 |
| ガスエンジン | 都市ガス 13A | 三元触媒 | 150 | ~100 |
| | | 希薄燃焼 | 150~200 | 80~100 |
| ガスタービン | 都市ガス 13A | 水・蒸気噴射 | 100~150 | 80~100 |
| | | 予混合希薄燃焼 | 100 | 40~100 |

(いずれも排気ガスの含有酸素濃度0%換算)

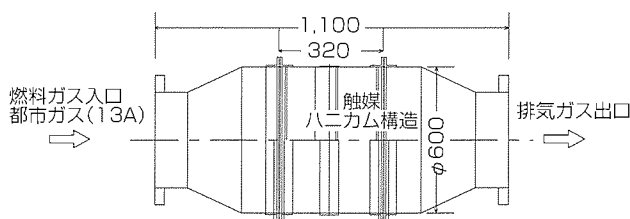


図5. 三元触媒外形図

空気とガスの混合において → 燃焼温度を下げている
 空気の割合を大きくしている

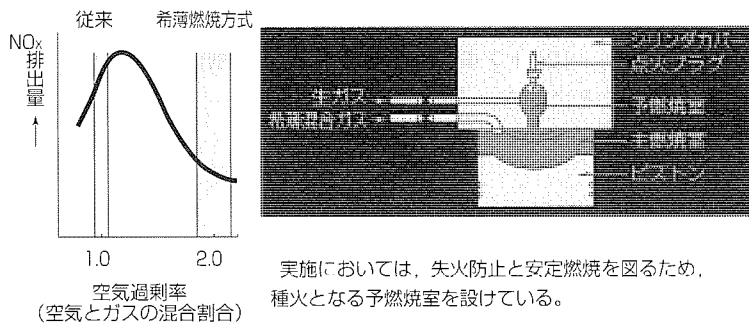


図6. ガスエンジンの希薄燃焼

空気過剰率2.0近辺以上での運転を希薄燃焼と呼んでいる。

4. むすび

エネルギーを取り巻く環境の変化からコジェネレーションシステムの役割がますます高まり、今後一層の導入促進が図られようとしている。

各種規制の緩和が進められる中、CO₂削減の効果の大きいCGS、特に都市ガスを使ったガスコジェネは、都市部では更に導入が加速されることであろう。

環境に優しいコジェネレーションシステムの技術の確立を図りながら、環境関連事業の向上に貢献していく所存である。

オゾンによる環境負荷低減技術

要 旨

オゾンは、強力な酸化力によって優れた水浄化能力があり、分解して環境に対する安全性が高い酸素に戻るため、上下水分野を始めとして食品殺菌、パルプ漂白、半導体・液晶の洗浄プロセス等広い分野で利用されている。

本稿では、上下水分野のオゾン高度水処理技術、余剰汚泥のオゾンによる発生量低減技術、ダイオキシン、環境ホルモン等難分解性有害物質のオゾン応用促進酸化処理技術について概要を紹介する。

(1) オゾンによる浄水、下水の高度水処理技術

浄水のかび臭はオゾン処理によってほぼ100%除去でき、発がん(癌)性が問題となっているトリハロメタンの前駆物質の処理効果も大きい。また、クリプトスポリジウム原虫の殺菌にも有効であり実用可能な消毒剤である。

下水分野では水環境保全のための脱色・消毒等に有効で

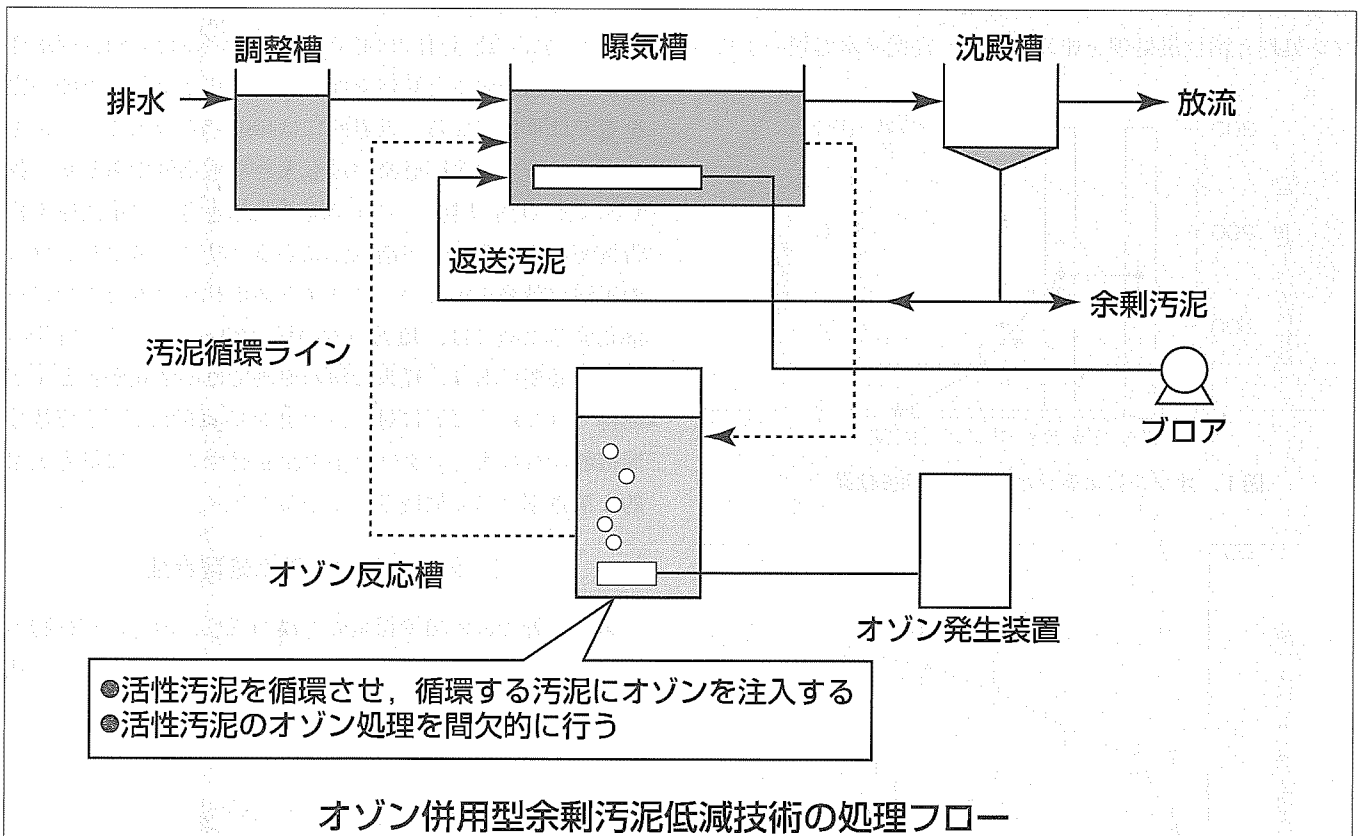
あり、高濃度着色下水にも十分な脱色効果を持っている。また、大腸菌の殺菌能力も極めて強い。

(2) オゾンによる余剰汚泥の低減技術

有機系排水の生物処理過程で発生する余剰汚泥量の低減法としてオゾンによる余剰汚泥低減技術を紹介する。曝(曝)気槽汚泥を間欠オゾン処理すれば、汚泥発生量を50%低減するのに必要なオゾン量が連続オゾン処理の1/4に低減できる。

(3) 促進酸化処理による難分解性物質の分解

ダイオキシン、環境ホルモン、トリクロロエチレンなどの処理法として、過酸化水素添加オゾン処理等の促進酸化処理法を紹介する。ダイオキシンの例では約90%以上分解でき、環境ホルモンも一部の物質を除いて容易に分解できる。



オゾン併用型余剰汚泥低減技術

オゾン併用型余剰汚泥低減技術は、曝気槽汚泥の一部を循環させ循環汚泥をオゾン処理することにより、有機系排水の好気性生物処理プロセスで大量に発生する余剰汚泥量を減らし、汚泥処分費や環境負荷の低減を図る技術である。オゾンを間欠的に注入する方式でオゾン必要量を大幅に減らすことに成功した。

1. ま え が き

オゾンは、強力な酸化力や殺菌力による優れた水浄化能力があり、また最終的には分解して酸素に戻るため、塩素系酸化剤のような有機塩素化合物などの有害副生成物の問題が少なく、環境に対する安全性という意味で安心して使うことができる。このためオゾンは、上下水分野を始めとして、食品殺菌、パルプ漂白、半導体・液晶製造の洗浄プロセス等広い分野で利用されている。今後、地球環境への社会的関心が更に高まることにより、オゾン応用分野は一層広まるものと期待される。

本稿では、現在オゾン処理技術の導入が進んでいる上下水分野のオゾン高度水処理技術と、今後オゾン処理の導入が期待される分野として、処分コストや環境負荷が問題となっている生物処理余剰汚泥のオゾンによる低減化技術、公共水域や地下水の汚染物質として社会的問題となっているダイオキシン、環境ホルモン、トリクロロエチレンなどの難分解性有害物質のオゾン応用促進酸化処理技術について、その概要を紹介する。

2. オゾンによる浄水の処理特性

上水分野では、かび臭対策とトリハロメタン（THM）など発癌性が問題となっている有機塩素化合物の低減が、オゾン処理と活性炭処理を組み合わせた高度浄水処理の主な

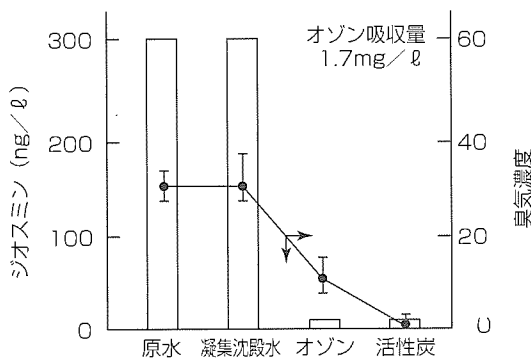


図1. オゾンによるジオスミンの除去効果⁽¹⁾

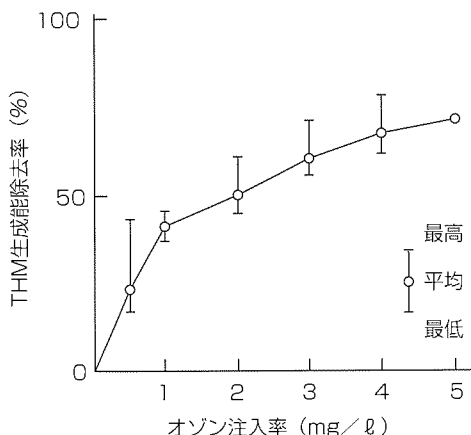


図2. オゾン注入率とTHM生成能除去率の関係⁽²⁾

目的である。また、最近関心を集めているクリプトスポリジウム原虫の殺菌にも有効である。

(1) かび臭の処理

かび臭の原因物質はジオスミン、2-MIB(2メチルイソボルネオール)などであり、水源の富栄養化によってらん(藍)藻が異常繁殖して発生するもので、20年以上にわたり毎年2,000万人以上がその被害に遭っている。図1はジオスミンのオゾン処理例である。オゾン処理ではほぼ100%除去できているが、従来の浄水処理法である凝集沈殿ではジオスミンをわずかしか除去できない。なお、臭気強度についてもオゾンと後段の活性炭処理でほぼ完全に除去できている。

(2) THMの処理効果

THMは、消毒に使用する塩素と天然の着色成分であるフミン質などの有機物が反応して生じる物質で、我が国では100 $\mu\text{g}/\ell$ 以下に規制されている。オゾンによってフミン質などを酸化分解することにより、THM前駆物質を低減することができる。図2に示すように、オゾン注入率が4~5 mg/ℓ までは注入率の増加に伴ってTHM生成能の除去率も増加しており、オゾン注入量の制御によって目標濃度を達成できることが分かる。

(3) クリプトスポリジウムの消毒

寄生性原虫のクリプトスポリジウムは、環境中ではオーシスト(すい(囊)包体)の形で存在しているため消毒剤耐性が強く、感染すると腹痛を伴う下痢症状となり、免疫不完全者では重体になる。世界的には1993年の米国ミルウォキーでの40万人の集団感染が最も大きな感染例であるが、我が国でも'94年平塚市、'96年埼玉県越生町での集団感染報告例がある。表1に各消毒法によるクリプトスポリジウムの不活化効果を示した。クリプトスポリジウムを十分に不活化するためには、塩素消毒の場合80 mg/ℓ で2時間の接触が必要であり、従来の浄水処理では不活化がほとんど期待できない。これに対し、オゾンでは約2 mg/ℓ で数分間接触すればよく、クリプトスポリジウム対策に最も実用的な消毒剤として期待されている。

3. オゾンによる下水処理特性

下水分野では水環境保全のための脱色、消毒、有機物の分解などが主な処理目的である。特に、塩素消毒による残留塩素や有機塩素化合物などの消毒副生成物が放流水域の生態系や水道水源に悪影響を及ぼすことが懸念されており、

表1. Cryptosporidiumに対する各消毒法の処理条件⁽³⁾

| 消毒方法 | 不活化条件 |
|-------|--------------------------------------|
| 塩素消毒 | 80 mg/ℓ 、2時間接触 |
| オゾン消毒 | 2.25 mg/ℓ で8分接触 |
| 紫外線消毒 | 15,000 mW/s で2.5時間接触 |

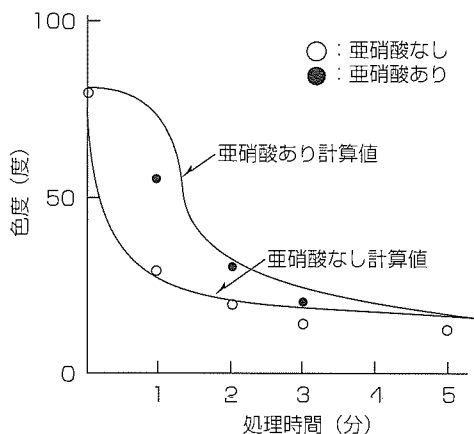


図3. 高濃度着色下水のオゾン脱色例⁽⁴⁾

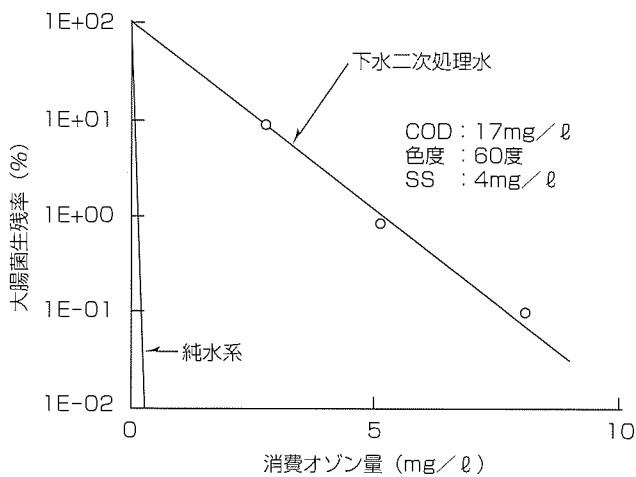


図4. 下水二次処理水のオゾン消毒効果

塩素代替消毒法として期待される。

(1) 色度の処理

下水処理の主流である活性汚泥処理は色度を余り除去できず、着色下水の場合は、オゾンによる脱色処理が有効である。これはオゾンによって着色成分の二重結合を切断するもので、二重結合の切断に対しオゾンは優れた選択性がある。図3に高濃度着色下水のオゾン脱色例を示した。図に示すように、オゾン消費量の増加に伴い、下水は脱色されている。オゾンは亜硝酸性窒素とも反応性が高いために、下水中の亜硝酸性窒素濃度によって脱色速度は大きく影響を受ける。

(2) オゾン消毒

オゾンはTHMのような有機塩素化合物を生成しないので、環境に優しい有効な消毒方法である。オゾンによる殺菌は、塩素が細菌の細胞膜を通過して内部の酵素系を破壊するのに対し、細菌の細胞膜を直接分解・破壊して殺菌すると言われている。図4に色度が60度と比較的高い下水二次処理水の大腸菌の処理効果を示す。図中純水系の消毒効果も示しているが、図に示すように、純水系ではオゾンの殺菌力は強く極めて少量で大腸菌を殺菌できるが、下水処理水中のように色度成分や残存有機物が含まれると、これ

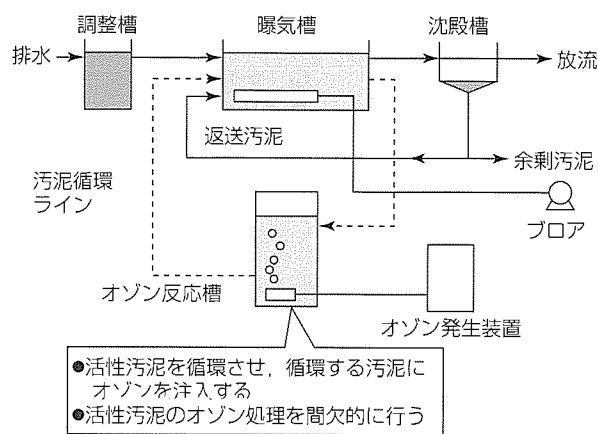


図5. オゾン併用型余剰汚泥低減技術の処理フロー⁽⁵⁾

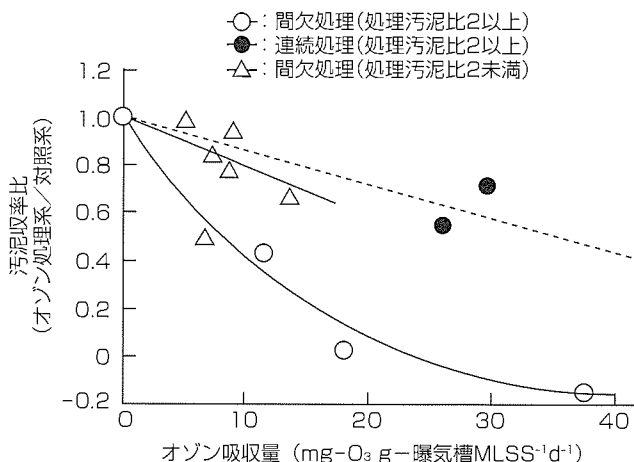


図6. オゾン吸収量と汚泥収率比の関係⁽⁵⁾

らとも反応して消毒効率を低下させる。通常の下水二次処理水ではオゾン注入率が5 mg/lで十分消毒される。

4. オゾンによる余剰汚泥の低減技術⁽⁵⁾

有機系排水の生物処理過程で大量の余剰汚泥が発生し、その処分には多大なコストとスペースを要する。このため、余剰汚泥発生量の低減がコスト削減や環境に対する負荷低減の観点から大きな課題となっている。

図5に余剰汚泥の発生量を低減させる活性汚泥間欠オゾン処理方式の処理フローを示す。この方式の特長は、従来の方式が返送汚泥にオゾンを連続注入しているのに対し、曝気槽汚泥にオゾンを間欠的に注入することによってオゾン必要量を低減することが可能となっている点にある。オゾン吸収量と汚泥収率比の関係を図6に示すが、図から汚泥発生量を50%低減するのに必要なオゾン量は連続オゾン注入の約1/4でよいことが分かる。また、オゾン処理によって汚泥発生量を低減させた場合の処理水質は、DOC (溶解性有機性炭素)で平均3.3mg/l高くなっており、水処理トータルシステムとして水質の維持を図ることが必要である。

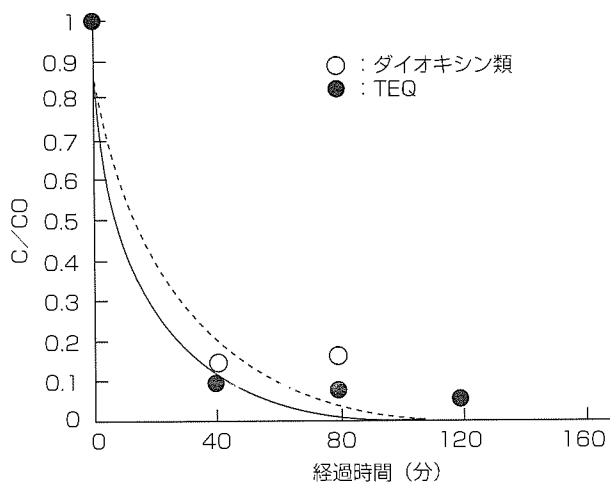


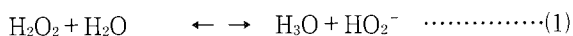
図7. ダイオキシン類の促進酸化処理

5. 促進酸化処理による難分解性物質の分解

公共水域ではダイオキシンや環境ホルモン、地下水系ではトリクロロエチレン等による汚染が社会的問題となっている。これらは、従来の排水処理技術では分解できない難分解物質である。これらの難分解性物質を効率良く分解する技術として、光照射併用オゾン処理法、過酸化水素添加オゾン処理法などの促進酸化処理法がある。促進酸化処理は酸化分解力の強いOHラジカルを使う処理法であり、中でも、過酸化水素添加オゾン処理法は、通常のオゾン処理の際に少量の過酸化水素を添加する簡単な処理法で、欧米では多くのプラントが実用運転されている。

(1) 過酸化水素添加オゾン処理の概要

過酸化水素添加オゾン処理法は、過酸化水素が解離してできるHO₂⁻とオゾンとを反応させてOHラジカルとHO₂ラジカルを生成させて有機物を分解する方法である。



過酸化水素添加オゾン処理の第一の特長はOHラジカルの強い酸化力である。OHラジカルは、オゾンでは分解できないアルコール類などに対しても大きな反応速度定数を持ち、その酸化ポテンシャルはふっ素には及ばないが、オゾンや塩素よりも高い。図7にダイオキシン含有水を促進酸化処理した結果を示す。図に示すように、促進酸化処理によってダイオキシンが分解されており、促進酸化処理の強い酸化分解力が示されている。

また、蒲池ら⁽⁷⁾は、14種の内分泌かく(攪)乱化学物質(環境ホルモン)を対象にオゾン単独処理と促進酸化処理を

行い、フェノール類6種はオゾン単独で容易に分解し、Trifluralin以外の7種については促進酸化処理によって分解が10倍ほど早くなることを確認している。

第二の特長は、OHラジカル、HO₂ラジカルにオゾンが介在する連鎖反応系の存在である。つまり、OH[•]からO₃OH[•]、HO₂[•](O₂⁻•)、O₃⁻•、HO₃[•]を経由して再びOH[•]を生成する連鎖反応系があり、これにオゾンが介在している。このため、従来のオゾン処理とは異なり、注入方法などの操作方法や条件の違いによって処理特性が変化する。このことは、実装置の設計において極めて重要となる。

第三の特長は、ラジカルスカベンジャの問題である。OHラジカルは酸化力が非常に強い非汚濁物質とも反応して無効消費される。このため、適切な前処理を選定してスカベンジャ成分をうまく除去することが高効率化のかけ(鍵)である。

6. む す び

本稿では、オゾンによる水処理技術として、オゾンによる上下水の水質改善効果、余剰汚泥の低減化技術、及びダイオキシン等の難分解性物質の分解に有効な促進酸化処理について紹介した。

昨今の産業技術の目覚ましい発展に伴い自然界にはない種々の化合物が人工的に合成され、従来の処理方法だけでは十分には処理できなくなってきた。これらの処理には強い酸化力を持ちながら分解すると酸素に戻るといった特長を持つオゾンが有効であり、オゾンは次世代の水処理に欠かせない処理技術と言えよう。

今後、オゾン水処理技術の更なる高効率化・高性能化を実現し、これにこたえたいと考える。

参 考 文 献

- (1) 小林敏昭, 難波敬典, 松原宗治, 浦野絃平: 水道協会雑誌, 57, No.6 (645), 15 (1988)
- (2) 川満 尚: 第4回日本オゾン協会講演集, 2 (1995)
- (3) 平田 強, 橋本 温, 保坂三継: 水道協会雑誌, 64, No.12(735), 29 (1995)
- (4) 廣辻淳二, 河相好孝, 池田 彰, 田村哲也, 小沢建樹, 中山繁樹: 第3回日本オゾン協会講演集, 140 (1994)
- (5) 三菱電機: 食品産業における排水処理の新たな展開「食品産業排水処理におけるオゾン併用型余剰汚泥低減技術」, 食品産業環境保全技術研究組合編 (1998)
- (6) 廣辻淳二: OZONNEWS in JAPAN, 19, 2 (1996)
- (7) 蒲池一将, 宗宮 功, 藤井滋穂, 西川佳弘: 第8回日本オゾン協会講演集, 190 (1999)

燃料電池発電システム

三好英明* 村橋俊明**
田熊良行*
大谷 徹*

要 旨

燃料電池は、大気汚染の元になるNO_xやSO_xをほとんど発生せず、省エネルギーに優れ、同時に環境に優しいクリーンな発電システムである。

三菱電機では、1980年代にりん酸型燃料電池の開発を開始し、電池スタックと改質器の要素技術開発を進めるとともに、全体のシステム技術と併せて商用化への開発を進めてきた。これまで製作したプラントのフィールドでの運転実績データから、信頼性に関してはほぼ見通しが得られつつあり、現在、商用化への最大の課題であるコスト低減開発に注力している。

また、今後の燃料電池の市場拡大のためにはその用途開発も重要と考え、燃料電池の特長及び当社製燃料電池の特長を生かしたシステムの開発を進めている。

本稿では、今回新たに開発した以下のシステムについて紹介する。

(1) 消化ガス利用下水処理場向け燃料電池

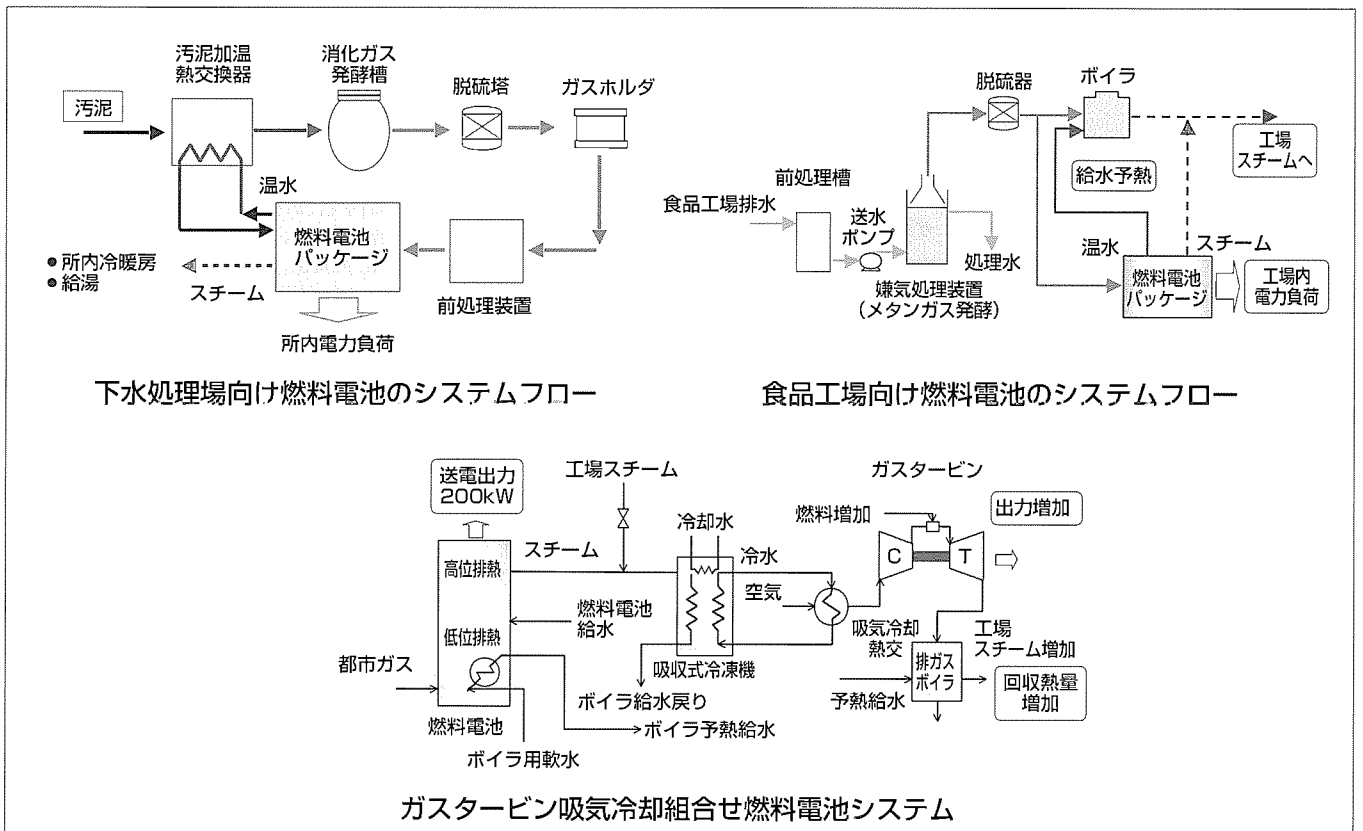
下水汚泥のけん(嫌)気処理で発生する消化ガス(メタン濃度約60%)を燃料とするシステム

(2) 消化ガス利用食品工場向け燃料電池

食品工場の排水を嫌気処理して得られる消化ガス(メタン濃度約80%)を燃料とするシステム

(3) ガスタービン吸気冷却組合せ燃料電池システム

燃料電池から得られる排熱蒸気を吸収式冷凍機の熱源として用いることによって冷水を作り、これをガスタービンの吸気冷却に利用するシステム



燃料電池のアプリケーション例

燃料電池の特長の一つである燃料多様化、及び当社製燃料電池の特長であるスチーム直接取り出しの排熱利用を生かしたシステム例である。

1. ま え が き

燃料電池は、天然ガス等の燃料から得た水素と空気中の酸素とを反応させて、熱と電気を取り出すコジェネレーションの一つで、大気汚染の元になるNO_xやSO_xはほとんど発生せず、環境に優しいクリーンな発電システムである。

今回、燃料電池の特長の一つである燃料多様化に対応した消化ガス利用燃料電池発電システムを開発し、下水処理場向けに1台、食品工場向けとしてキリンビール(株)栃木工場に1台出荷した。また、当社燃料電池の特長であるスチーム直接取り出しの排熱利用を生かしたガスタービン吸気冷却組合せ燃料電池システムを日清製油(株)と共同で製品化し、近くその初号機を日清製油(株)の横浜磯子工場に出荷する予定である。

本稿では、これまでの燃料電池の製作・運転実績について述べるとともに、今回新たに開発した消化ガス利用燃料電池及びガスタービン吸気冷却組合せ燃料電池システムについて紹介する。

2. 燃料電池の環境特性

2.1 他のコジェネレーション発電システムとの比較

燃料電池は、基本的に生成するのは水だけで、大気汚染の原因となるNO_xやSO_xの発生はほとんどない。また、電池本体には駆動部分がないため、回転型発電機の駆動部分

を持つ発電システムと比較して低騒音・低振動である。

表1に、燃料電池の環境特性を他のコジェネレーション発電システムと比較した結果を示す。

2.2 燃料電池導入の環境性効果

燃料電池導入による環境性効果を、買電+ボイラと比較した結果を図1に示す。燃料電池では、電力と同時に熱(スチームと温水)を利用することができ、総合効率80%以上が得られるため、買電+ボイラのケースと比較してエネルギー原単位(CO₂排出量)を約2/3に削減できる。また、NO_x排出量についても約1/8に低減でき、省エネルギーと同時に環境に対しても優しい発電システムであることが分かる。

3. 三菱燃料電池の開発実績

3.1 基本仕様と特長

三菱200kW燃料電池の基本仕様を表2に、またシステムの特長を表3に示す。

3.2 燃料電池の排熱利用例

燃料電池では、電力と同時にスチームと温水を利用することができる。図2に、当社燃料電池の特長の一つであるスチームを利用した排熱利用システムの例を示す。

3.3 プラントの製作・運転実績

現在までに当社は、200kWプラントを11台製作し、各

表1. 環境特性の比較

| 種 類 | りん酸型燃料電池 | ガスエンジン | ガスタービン | ディーゼルエンジン |
|------|-----------------------------------|--------------|---------------|------------------|
| 主な燃料 | 天然ガス | 天然ガス | 天然ガス | 灯油, 軽油, 重油 |
| 環境特性 | NO _x (O ₂) | 10ppm以下 (7%) | 100ppm以下 (0%) | 1,400ppm以下 (0%) |
| | SO _x | なし | なし | 250ppm (S分: 1%時) |
| | ばいじん | なし | 少 | 多 |
| | 騒音 | 55dB程度 | 90~100dB | 110dB程度 |

出典: (社)電気学会 燃料電池運転性調査専門委員会: 燃料電池発電, コロナ社

表2. 三菱200kW燃料電池の基本仕様

| 項 目 | 仕 様 |
|-----------|---|
| 1. 設置条件 | 屋内又は屋外 |
| 2. 燃料条件 | 都市ガス13A又は消化ガス |
| 3. 定格出力 | AC200kW(送電端) |
| 4. 出力範囲 | 0~100%(送電端) |
| 5. 出力電圧 | 220V又は440V |
| 6. 発電効率 | 36%以上(HHV送電端) |
| 7. 起動時間 | 冷起動: 3~4時間, 暖起動: 1時間 |
| 8. 排熱回収 | 高位: 167℃(6.5kg/cm ²)飽和スチーム 低位: 60℃温水 |
| 9. 運転方式 | 全自動, 系統連系 |
| 10. 環境条件 | NO _x 10ppm以下(O ₂ 7%換算) 騒音 50dB(5m) |
| 11. 市水消費量 | 運転時 0 |
| 12. 窒素消費量 | ボンベ4本以下(1回の起動停止当たり) |

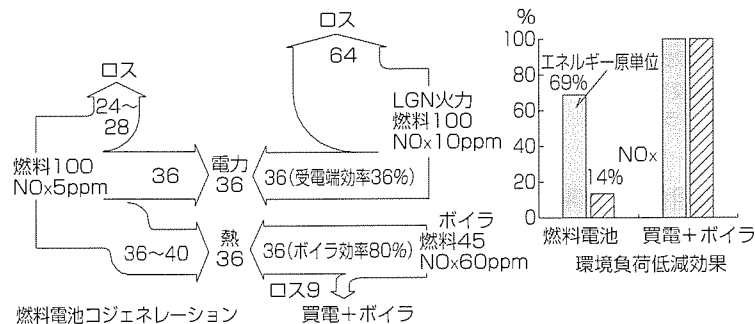


図1. 燃料電池導入と買電+ボイラとの比較

表3. 三菱200kW燃料電池の主な特長

- 直接取り出し高品位スチームの利用
 - 二重効用吸収式冷凍機に適合
 - 空調・冷熱システムを含めた導入の技術支援
- 超低騒音仕様
 - 住居地域の屋外設置にも適合
- 電源信頼性
 - 系統異常時の電源安定化
- 保守性
 - 純国産で保守部品・保守体制の万全性
 - 遠方監視サポート

実証試験サイトで運転を行っている。その中の4台が2万5千時間以上の累積運転時間を達成している。200kWプラントの運転実績を図3に示す。

3.4 商用化への取組

'95年度までに出荷した10台の200kW機のプラントを第一世代機と位置付け、'96年度に、それまでのフィールドデータの評価と工場での開発成果を生かして信頼性を確立した第二世代機を開発した。第二世代機の初号機(関西電力(株)納め県立奈良医大機)は、現在約2年の運転を経て順調に運転中である。奈良医大機の外観を図4に示す。

今後の商用化への最大の課題はコストダウンであり、現在、コスト低減の設計を織り込んだ第三世代機の開発に注力している。

3.5 中大容量機開発

分散配置用として、関西電力(株)との共同研究で、5MW級の常圧型プラントの1/8部分モデルの評価を行っている。このプラントの電池スタックは1m²級の大面積セルであり、改質器は5MWへの拡張を考慮した設計となっている。プラントの外観を図5に示す。

'96年度から自社工場内で運転を開始し、'98年12月時点で1万3千時間を超えて順調に運転している。プラントの故障停止はなく、大面積セルの特性も安定に推移している。この規模の容量の燃料電池は、分散電源や地域冷暖房など

のほかにも、消化ガス利用で下水処理場や食品工場向けにも用途が広がると考え、今回の検証データを基に開発を継続していく計画である。

4. アプリケーション開発

4.1 消化ガス利用燃料電池

今後の燃料電池の市場拡大のためにはその用途開発も重要であり、標準仕様の都市ガス燃料に加えて、メタノールや消化ガス(バイオガス)など多様な燃料に対応できるシステムの開発を行っている。特に消化ガスは、下水汚泥や食品工場排水を処理したときに発生するメタンガスで、都市ガス利用のシステムと比較し、燃料コストがかからないため経済的には有利となり、今後、この分野への燃料電池の導入が拡大すると予想される。当社では、下水処理場向け及び食品工場向けのシステムを開発し、それぞれ各1台納入した。

(1) 下水処理場向け燃料電池

図6に、消化ガス利用下水処理場向け燃料電池のシステムフローを示す。下水汚泥の嫌気処理で発生する消化ガスは、メタンが約60%、炭酸ガス約40%で、不純物として硫化水素等を含み、発熱量は都市ガス13Aの約半分の5,000~

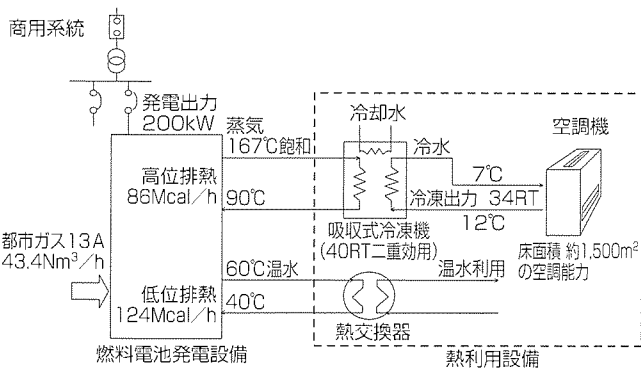


図2. 燃料電池の排熱利用(蒸気利用型)

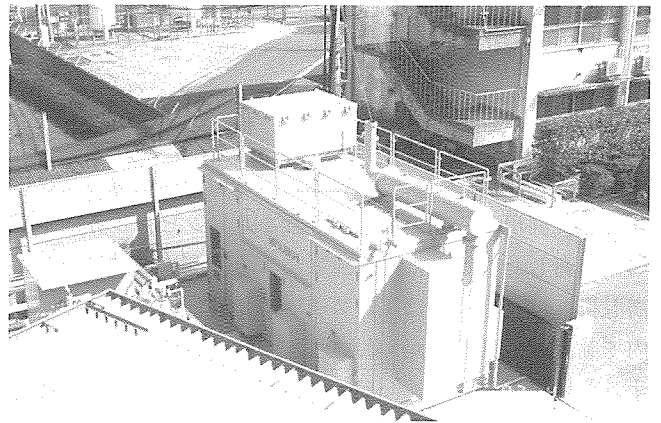


図4. 奈良医大機の外観

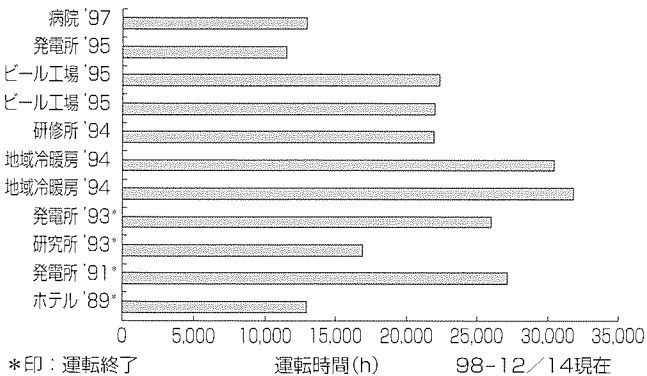


図3. 200kWプラントの運転実績

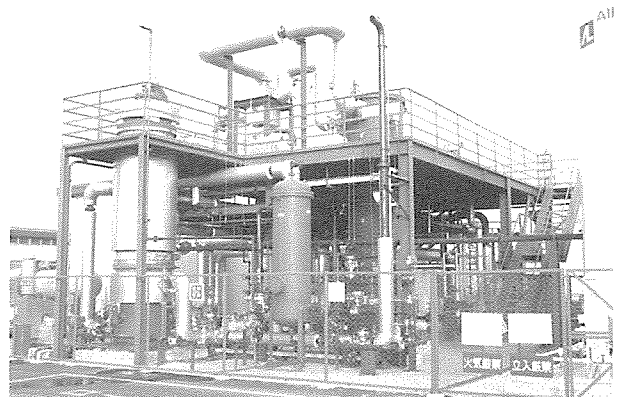


図5. 5MW部分モデルの外観

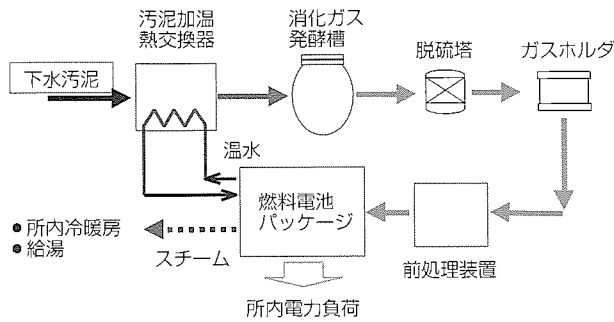


図6. 下水処理場向け燃料電池のシステムフロー

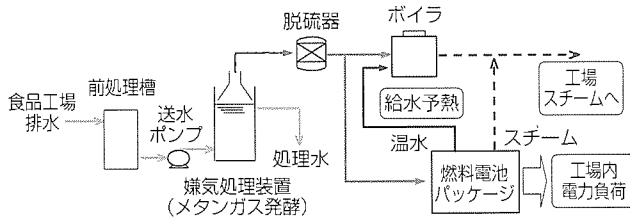


図7. 食品工場向け燃料電池のシステムフロー

6,000kcal/Nm³である。下水処理場向け燃料電池の場合は消化ガスの組成変動及び硫化水素などの不純物成分の影響があり、現地でのガス分析調査の結果を基に、制御方式と前処理装置の開発を行った。

(2) 食品工場向け燃料電池

図7に、消化ガス利用食品工場向け燃料電池のシステムフローを示す。このシステムは、嫌気排水処理設備から発生する消化ガス(メタンガス)を付加価値の高い電力及び排熱として利用するもので、初号機をキリンビール(栃木工場)に出荷した。電力は系統連系によって工場の一般負荷に、高温排熱(スチーム)は工場スチーム系統に合流させて工場内で利用し、低温排熱(温水)は貫流ボイラ給水経路に接続するシステムとした。今回の燃料電池導入により、年間約1,600MW・hの電力及び1,500Gcalの排熱を回収でき、年間約376トン(炭素換算)のCO₂が削減できる。

メタン発酵処理で発生する消化ガスはこれまで主に専用ボイラで燃料として利用されていたが、この消化ガスを燃料とする燃料電池を導入することにより、環境面のみならず、省エネルギー面からも理想的なシステムを構築でき、

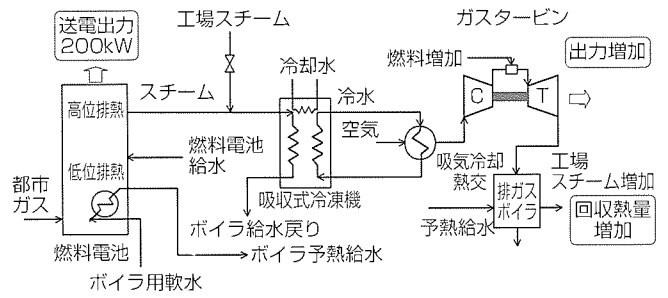


図8. ガスタービン吸気冷却組合せ燃料電池システム

今後、嫌気処理設備を持つ食品工場への燃料電池導入機運が活発化すると期待される。

4.2 ガスタービン吸気冷却組合せ燃料電池システム

図8に、ガスタービン吸気冷却組合せ燃料電池システムのフローを示す。このシステムは、日清製油㈱の横浜磯子工場に出荷する予定のもので、燃料電池から得られる排熱蒸気を吸収式冷凍機の熱源に用いて冷水を作り、これをガスタービンの吸気冷却に利用する。

ガスタービンはコンプレッサ動力の占める割合が大きく、このため、外気温によって出力が大きく変動する。吸気冷却はガスタービンの吸気温度を下げて夏場に出力の回復を図るもので、今回のシステム導入で、夏期に、ガスタービンで最大740kW、燃料電池と合わせて最大940kWの出力アップが見込める。また、燃料電池から得られる温水排熱はボイラ給水予熱等にも有効に利用され、電力と熱を合わせた総合で80%近いエネルギー回収が可能となる。このシステムは、省エネルギーに加えて、夏期に工場の電力ピークデマンドを軽減するのに有効な手段として期待される。

5. む す び

燃料電池の概要、燃料電池のアプリケーション例として消化ガス利用燃料電池及びガスタービン吸気冷却組合せ燃料電池システムについて述べた。燃料電池が環境性に優れた高い総合効率が得られることについては、かなり一般のユーザーへも理解されるようになってきた。

今後、技術開発による価格の低下で市場を拡大し、市場拡大に伴う量産効果で価格低下を実現していく計画である。

MDUブレーカ／電力計測ユニットによる 省エネルギー管理支援システム

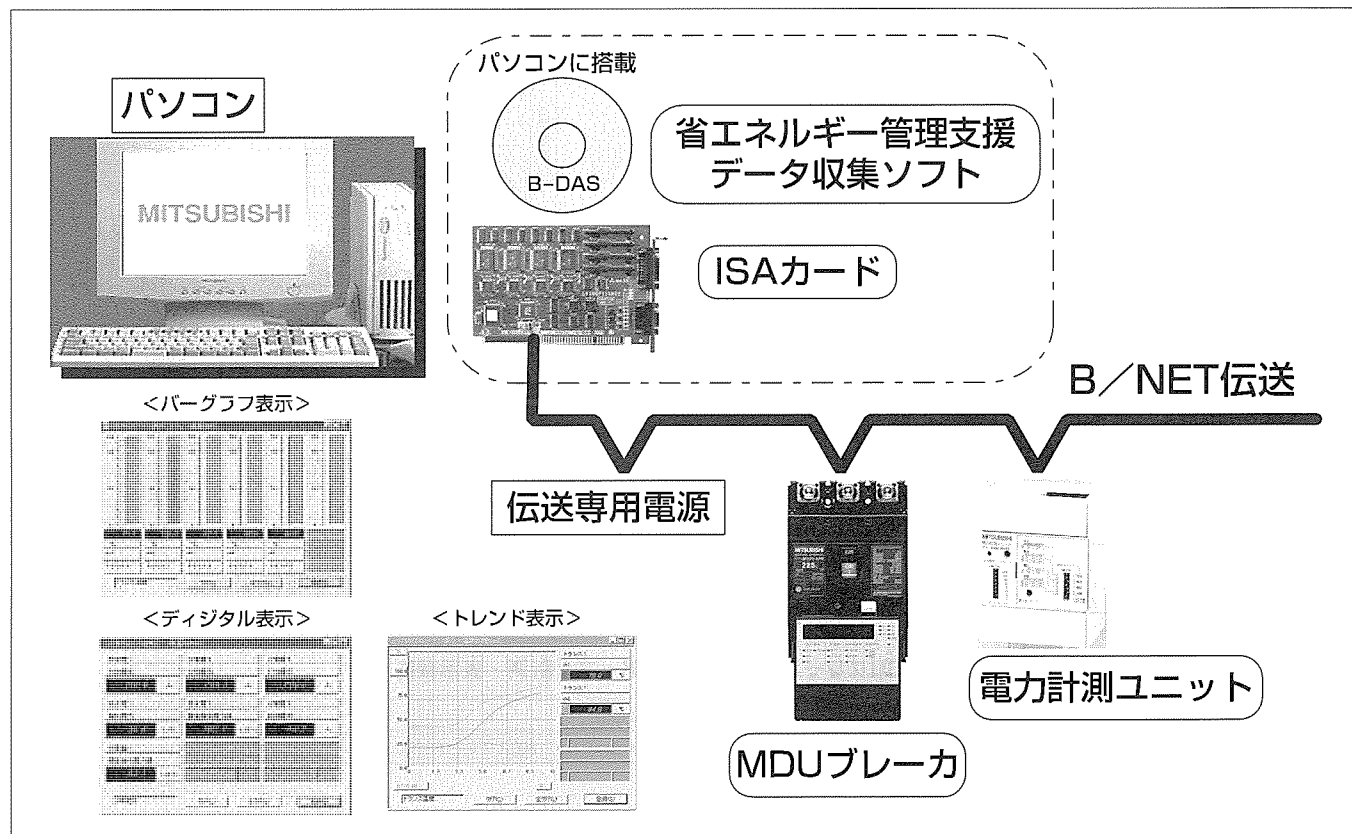
有信一郎*
川口眞由*

要 旨

地球温暖化対策としての省エネルギーは改善の継続的実行が要求されており、エネルギー使用量の現状把握、改善内容抽出、対策効果の事前分析、効果把握のため、エネルギー管理の重要性が高まっている。

電力の省エネルギー管理の機器及びシステムとして、計測機器では①遮断器に計測機能を搭載したMDUブレーカと②既設回路に取付けが容易で分電盤にまで設置できる電力計測ユニット、汎用パソコンを使用した中央監視を実現

するツールとして③配電制御機器のネットワークであるB/NETをインターフェースするISAカード、④ISAカードを使用してデータを収集する“省エネルギー管理支援データ収集ソフト”，小点数の監視には⑤RS-485との変換を行う伝送リンクユニットを用意した。これらの機器は、これまで実施されていなかった設備単位の電力使用量把握及び原単位管理を低コストで容易に提供できるきめ細かい省エネルギー管理を支援する。



MDUブレーカと電力計測ユニットによる省エネルギー管理支援システム

MDUブレーカと電力計測ユニットの計測値を、汎用パソコンによって収集する。汎用パソコンには、ハードウェアとして伝送インターフェースであるISAカードを搭載し、ソフトウェアとしてデータ収集、データ表示、表計算用データファイルの作成、簡易のデータ分析を行う省エネルギー管理支援データ収集ソフトを搭載する。

1. ま え が き

地球温暖化防止のため、主たる温室効果ガスである二酸化炭素の排出量削減を目的として、省エネルギーの遂行が要求されている。省エネルギーの継続的実行のため、省エネルギー実績の把握と分析を目的としたエネルギー管理が重要であり、「エネルギーの使用の合理化に関する法律」(通称“省エネ法”)においても管理の実施が要求されている。

本稿では、工場における電力の省エネルギー管理を行う機器及びシステムについて述べる。

2. 電力の省エネルギー管理

これまでの電力管理は、受電点での計測が主体で、管理範囲が拡大しても局部変電所(サブ変電所)までが管理範囲であった。省エネルギー管理においては、省エネ法においても示されているように、工場全体のみならず設備単位(個別設備ごとに分離することが適当でない場合)あるいは、設備群単位又は作業行程単位)でのきめ細かいエネルギー管理が必要である。さらに、各部門ごとの省エネルギー実践においては、各部門で自律的に計測システムを構築する要求がでてきている。表1に電力の管理と対象範囲の関係を示す。

表1. 電力の管理内容と対象範囲の関係

| 対象範囲 (電圧) | 受電点 (特高, 高压) | サブ変電所 (高压) | ライン・設備 (低压) |
|--------------|--|------------------------------|--------------------------------|
| 目的 | 電力管理 | エネルギー管理 | 省エネルギー支援 |
| 計測データ | 電流, 電圧, 電力 力率, 電力量 | 電力量, 電流 | 電力量 |
| 管理内容 | 日月報 | 部門別使用電力量 | 設備別使用電力量 原単位管理 |
| 計測機器 | MRU WHM 指示計器 | MRU WHM | MDUブレーカ 電力計測ユニット |
| システム | 電力エネルギー管理システム「ロガー機能」 (B-EM) | 電力エネルギー管理システム「省エネルギーパッケージ機能」 | パソコン[データ収集ソフトウェア利用] (B-DAS) |
| (B-EM) | <p>電力管理</p> <p>エネルギー管理</p> <p>省エネルギー支援</p> | | |
| (B-DAS) | | | |

省エネルギー管理を行うためには、電力使用量を計測する計測機器とデータを収集し分析する中央装置で構成される省エネルギー管理支援システムが必要である。

3. 計測機器

受電点から設備単位まで電力を計測する機器は図1に示す構成となる。電力計測ユニットを新たに開発し、MDUブレーカとともに設備単位に設置する計測機器の品ぞろえを行った。

3.1 MDUブレーカ

MDUブレーカは、配線用遮断器に計測用のVTとCTを内蔵し、その出力を遮断器外部に取り出し、組み合わされた計測表示ユニットMDUで計測・表示・伝送を行う。外部出力機能には、配電制御用ネットワークのB/NET, シーケンサネットワークのCC-Link, 電力量のパルス出力がある。表2に製品ラインアップと計測・表示機能の関連を、図2にMDUブレーカの外観を示す。

3.2 電力計測ユニット

MDUブレーカで対応していない100A以下の電力計測及びブレーカを新しくリプレースすることが適当でない既設の回路に適応する計測機器として、電力計測ユニットを開発した。電力計測ユニットは、電力計測ユニット本体、分

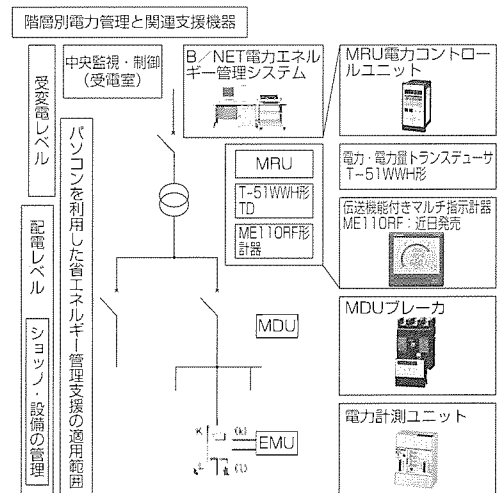


図1. 電力系統と計測機器の関係

表2. MDUブレーカの製品ラインアップと計測・表示機能

| 適用機種 | ノーヒューズ遮断器 | | 漏電遮断器 | | 漏電アラーム遮断器 | |
|-----------------------|-----------|----------------------|----------|----------------------|-----------|----------------------|
| | 225Aフレーム | 400A, 600A, 800Aフレーム | 225Aフレーム | 400A, 600A, 800Aフレーム | 225Aフレーム | 400A, 600A, 800Aフレーム |
| 計測表示項目 | | | | | | |
| 各相の負荷電流(I) | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 線間電圧(V) | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 高調波電流(HI) | — | ○ | — | ○ | — | ○ |
| 電力(W) | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 電力量(W・h) | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 漏電電流(I ₀) | — | — | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 力率(cos φ) | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

割形電流センサ、表示ユニットからなる。また、表示ユニットは、現場での監視を行う場合に必要に応じて取り付けることができる。

3.2.1 電力計測ユニット本体

電力計測ユニット本体は、図3に示す回路構成となっており、電圧信号と電流信号を取り込み、アナログ信号をデジタル化して、CPUによるデジタル演算で計測値を算出している。デジタル演算は、各種の計測項目が複合的にできる特長があるが、演算内容が複雑でCPUの高機能化とメモリの大規模化が必要で高価になる傾向がある。今回は、ハードウェアとソフトウェアの機能分担を再検討し、演算アルゴリズムの最適化と調整項目・試験項目のプログラム化により、従来に比較して低価格で信頼性も向上した機器を製作できた。構造的に既設回路への取付け性を重視しており、分電盤用遮断器の協約寸法でIECレール取付け構造となっている。電力計測ユニット本体の外観を図4(a)に示す。

3.2.2 分割形電流センサ

既設回路に対する計測機器取付工事で最も複雑で費用がかかる電流CT取付けに対して、電線の切断はもとより電線を回路から外すことなしに取付けができる分割形電流センサを開発した。構造的に、設置した状態で既設の電線・接続に機械的な影響を与えない軽量化、電線にワンタッチでは(嵌)め込みができる取付け性、二次側が端子台引出しで電線が自由に配線できる取扱い性を考慮した。透磁率の高いけい(珪)素鋼板を使用して、二次電流値は外部電線引出しと本体計測回路に合わせ数十mAレベルの信号としているため、センサ鉄心の断面積を小さくでき、軽量小型化を実現した。また、二次側開放時の異常電圧発生防止として、半導体素子による開放保護回路を設けている。ケースは、分割構造とセンサ嵌め込み時の鉄心固定を考慮した構造と材料選定を行っている。図5に電流センサの嵌め込み時と分割時の外観を示す。

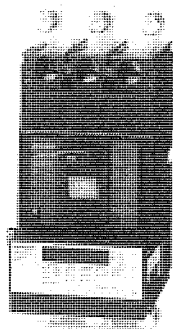


図2. MDUブレーカ

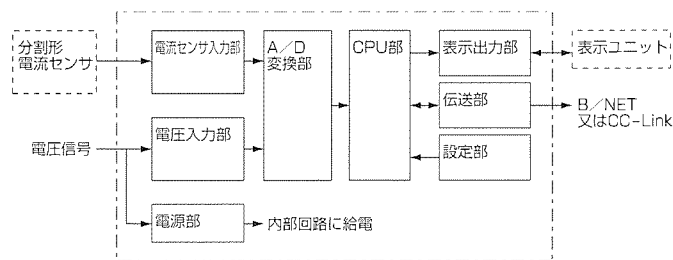


図3. 電力計測ユニットの回路構成

3.2.3 表示ユニット

目視監視での対応、監視システムの順次導入での過渡的な目視点検、及び現場の確認用の現地表示器として、脱着可能で左右90°回転する構造の表示ユニットを準備した。電力計測ユニット本体に取り付けた状態を図4(b)に示す。

4. 省エネルギー管理支援システム

4.1 省エネルギー管理

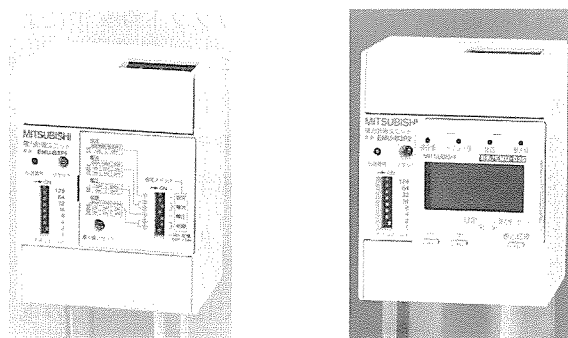
省エネルギー管理では、機能とコストの面から、データ収集装置はデータ分析処理が得意でLANとの接続が容易な汎用のパソコンを使用することが望ましい。

4.2 パソコン利用システム

パソコンを使用したシステムの機能とコスト両面でのメリットを下記に示す。

(1) データ収集の容易化

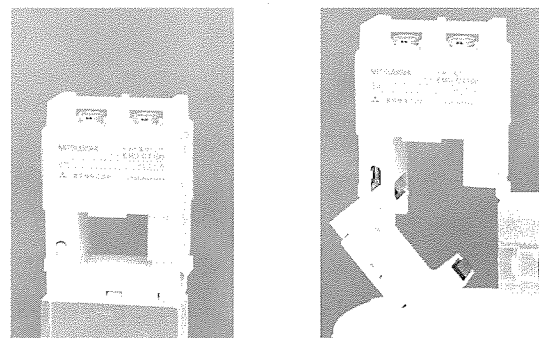
標準パソコンであるDOS/V互換機の規約に合わせてインタフェースカードを製作すれば、メーカーの違いに関係なく外部信号の取り込みが可能となる。DOS/V互換機に搭載の標準OS(例えばWindows95, Windows NT等)とインタフェースカードを接続するソフトウェアによってパソコンでデータを扱えるようになる。例えば、Windows NTがインストールされたDOS/V互換機にISAインタフ



(a) 本体

(b) 表示ユニットを取り付けた状態

図4. 電力計測ユニット



(a) 嵌め込み時

(b) 分割時

図5. 分割形電流センサ

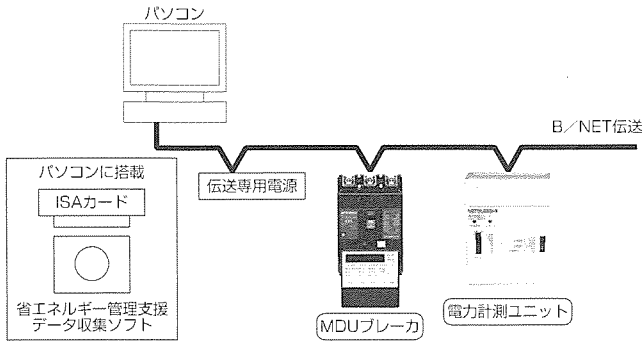


図6. ISAカードと省エネルギー管理支援データ収集ソフトによるシステム構成

エースを持った伝送用基板とデータ収集用のソフトウェアを搭載する構成とすることにより、データ収集が実現できる。

(2) データ分析

パソコンによるデータ分析では、Excelに代表される表計算ソフトウェアを利用する方法が、入手性、豊富な機能、データの扱いやすさ、利用可能な対象者の多さ等の面から有効である。したがって、データ収集された計測値は、表計算ソフトウェアで処理できるCSVファイル形式に変換する必要がある。

(3) 拡張性

データ収集されたデータや表計算ソフトウェアによって分析された結果を広く利用することにより、省エネルギー活動を活発化させることができる。利用内容としては、多箇所での表示、関係部門への分析用データの配布等がある。これらは、パソコンの通信機能・印字機能を使用することによって容易に実現できる。

(4) コスト

省エネルギー目的のデータ収集では、これまでの電力管理に比べて機能は限定されるが対象点数が多くなるため、計測機器への低コスト化の要求はもちろん、データ収集装置も低コスト化を要求されている。データ収集装置側の機能は、データ収集とデータ処理であり、パソコンを使用できる。また、パソコンは量産製品であり、低コストを実現している。

(5) 導入の容易化

省エネルギー目的での導入の場合、全面的なシステムを構築すると点数も膨大になり大きな費用がかかる。したがって、まずは効果の出る可能性の高い範囲での導入を図り、以降順次対象を広げる方法が現実的である。パソコン利用により、データ収集システムは、部分的なシステムから構築し徐々に大きなシステムとしていくことが可能である。

(注) “Windows95”“Windows NT”“Excel”は、米国Microsoft Corp.の米国及びその他の国における登録商標である。その他記載されている製品名はそれぞれの会社の登録商標である。

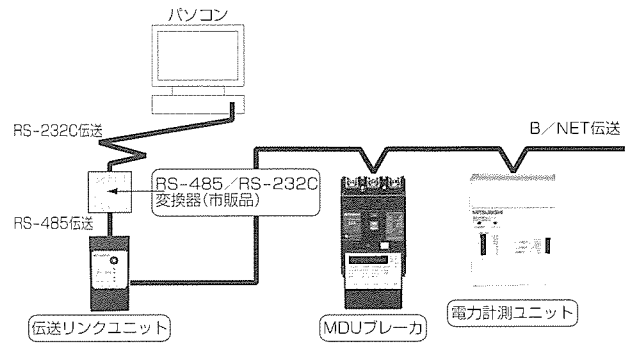


図7. 伝送リンクユニットによるシステム構成

4.3 パソコンによる計測システム

4.3.1 ISAカードと省エネルギー管理支援データ収集ソフトによる方式

パソコンによるデータ収集をMDUブレーカと電力計測ユニットに対して可能にする製品として、B/NET伝送のインタフェースカードであるISAカードと省エネルギー管理支援データ収集ソフト(B-DAS)を準備している。システム構成を図6に示す。ISAカードから伝送線は4系統まで出力でき、1系統当たり63台の機器が接続できるため、最大で合計252台の機器が接続できる。

省エネルギー管理支援データ収集ソフトは、MDUブレーカ及び電力計測ユニットの計測データを収集し、CSVファイル出力を行う。また、リアルタイム機能による収集データのモニタリングと、収集されたデータの帳票、バーグラフ、折れ線グラフでのデータ分析を行う。

4.3.2 伝送リンクユニットによる方式

伝送リンクユニットを中継器として、MDUブレーカ及び電力計測ユニットを汎用の伝送インタフェースRS-485に接続することができる。伝送リンクユニット1台につきMDUブレーカ及び電力計測ユニットを最大8台まで接続できる。システム構成を図7に示す。伝送リンクユニットは、MDUブレーカのタイプとアンペアフレームの自動認識及び計測データの変換、伝送の変換(B/NETとRS-485)を行う。パソコンには、簡単なパソコン専用パッケージソフトウェアによってデータ収集・表示が可能である。

5. む す び

省エネルギー管理を支援する機器及びシステムとして、MDUブレーカ、電力計測ユニット、ISAカード、省エネルギー管理支援データ収集ソフト、伝送リンクユニットについて紹介をした。

地球温暖化対策としての省エネルギーは、今後ともますます重要になり、継続的な改善を要求されることと思われる。省エネルギー支援のための各種エネルギーの計測・分析に対して、多点数を低コストで実施できる機器・システムの開発を行っていく所存である。

トロリーバスなど交通車両の省エネルギー

要 旨

近年、環境問題に対する取組は、ますます緊急かつ重要になってきている。三菱電機では、鉄道車両用電機品について省エネルギー化を進めてきた。そして今回、鉄道車両と並ぶ大量輸送機関であるバスについても、最新技術を駆使したVVVFインバータ制御の省エネルギー型トロリーバス200台を製作しメキシコ市に納入した。今回のトロリーバスは、次のような方法で省エネルギー化を図った。

- (1) 車両性能を良くして一般道路上でスムーズな運転ができるようにした。
- (2) 各機器を小型軽量化した。
- (3) 駆動用機器は高効率なものを採用した。

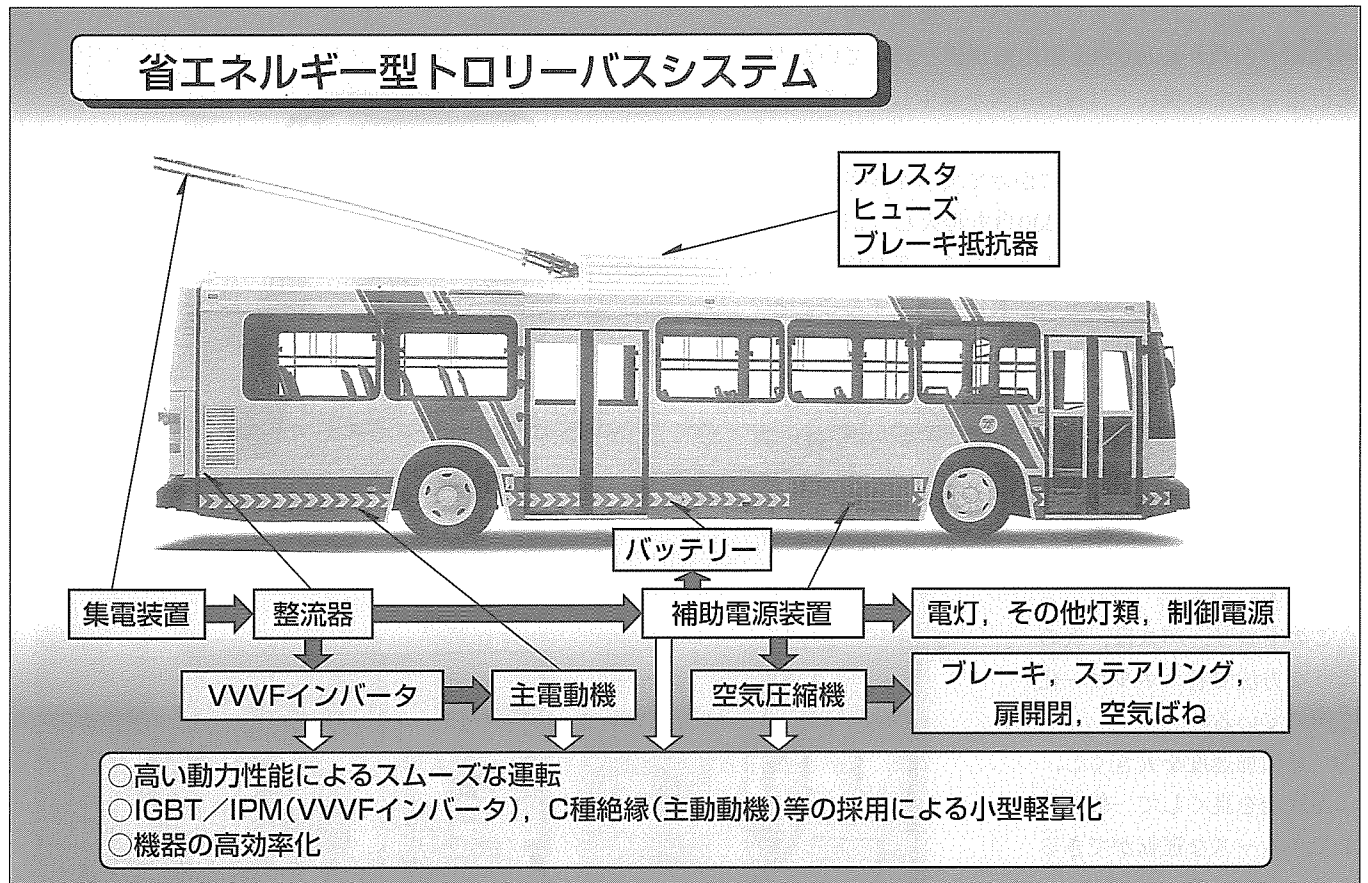
従来の抵抗式制御車及びチョップ制御車を新型車に交換

することを想定し、省エネルギー効果を算定する目的で、新型車と抵抗式制御車及びチョップ制御車について、実際の営業路線で消費電力測定を行った。

測定結果によると、新型車の電力消費量は、抵抗式制御車に比較して73%で、大幅に低減している。

旧型の抵抗式制御車とチョップ制御車そのまま運転を続けた場合と新型車を運転した場合について比較すると、新型車運転の場合は電力消費量が24%減少する。

実際には新路線の開設も計画されており、トロリーバスによる他の交通機関の代替を考慮すると、省エネルギーのほか渋滞と大気汚染対策、CO₂対策、騒音対策などによって大きな効果があると言える。



省エネルギー型トロリーバスシステム

三菱電機では、お客様のニーズにこたえられる様々な車両用電機品を製作している。トロリーバスは、省エネルギー、環境改善を指向した見直すべき交通機関と言える。

1. ま え が き

近年、環境問題に対する取組は、ますます緊急かつ重要になってきている。三菱電機では、交通車両、中でもエネルギー効率の良い鉄道車両用電機品について、高性能化・軽量化・高効率化による省エネルギー化を進めてきた。そして今回、鉄道車両と並ぶ大量輸送機関であるバスについても、最新技術を駆使したVVVFインバータ制御のトロリーバス200台を製作しメキシコ市に納入することができた。

本稿では、このメキシコ市納めトロリーバスの主要目と省消費エネルギー化、及び鉄道車両用推進制御装置の省エネルギー化について述べる。

2. メキシコ市納めトロリーバス

メキシコ市では、自動車による渋滞と大気汚染が深刻な問題となっており、クリーンな公共大量輸送手段の必要性が高まっている。そのため、市の方針として、地下鉄路線の拡大が進められており、また古くから市民に親しまれているトロリーバスの拡充を図ることも優先項目となっている。

メキシコ市におけるトロリーバスの歴史は古く、一時は保有台数が1,000台を超える規模を誇っていたが、老朽化等のため現在では稼働車両が減少している。そのため、メキシコ市交通局では、メキシコ市の方針に基づき、1998年から2000年にかけて省エネルギー効果の高い新型のトロリーバス200台を導入し、旧式のトロリーバスと交換していくことになり、各社検討の結果、三菱電機が新型バスを一括製作・納入することとなった。

以下に、新型トロリーバスの概要と省エネルギー効果について述べる。

2.1 新型トロリーバスの概要

2.1.1 新型トロリーバスの特長

新型トロリーバスの主要目を表1に示す。

このトロリーバスは、次のような方法で省エネルギー化を図っている。

- (1) 最大加速度を大きくし、車両性能を良くして一般道路上でスムーズな運転ができるようにしている。
- (2) 各機器を小型軽量化すると同時に、バスの車内スペースを極力広くして乗客収容能力を増している。

- (3) 主制御装置、主電動機など駆動用機器は高効率のものを採用している。補助電源装置はVVVF起動方式として、起動時の突入電流による空気圧縮機用電動機の損失を低減している。

2.1.2 主要機器の特長

主電動機、主制御装置の外観を図1、図2に示す。また、特長を以下に述べる。

表1. 新型トロリーバスの主要目

| | |
|--------------|---|
| 形 式 | 9700型 |
| 自 重 | 10,500kg |
| 旅 客 定 員 | 105名 |
| 最 高 速 度 | 60km/h |
| 車 両 寸 法 (最大) | 12,420×2,510×3,485(mm) |
| 架 線 電 圧 | DC600V |
| 集 電 装 置 | トロリーポールしゅう(摺)動式 |
| 走 行 装 置 | 2軸6輪ゴムタイヤ、プロペラ軸式、2段減速式 |
| 主 電 動 機 | 三相誘導電動機、自己通風式 定格 127kW, 440V, 214A, 1,765r/min |
| 主制御装置 | VVVFインバータ制御方式、IPM素子使用 |
| 補助電源装置 | 静止型、DC600V/AC230V VVVF起動/DC24V |
| 空気圧縮機 | 650ℓ/min, 3.5HP |

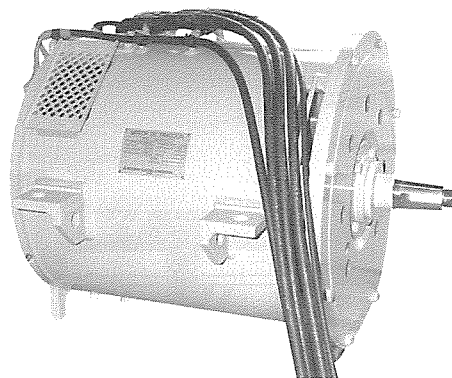


図1. トロリーバス用主電動機の外観

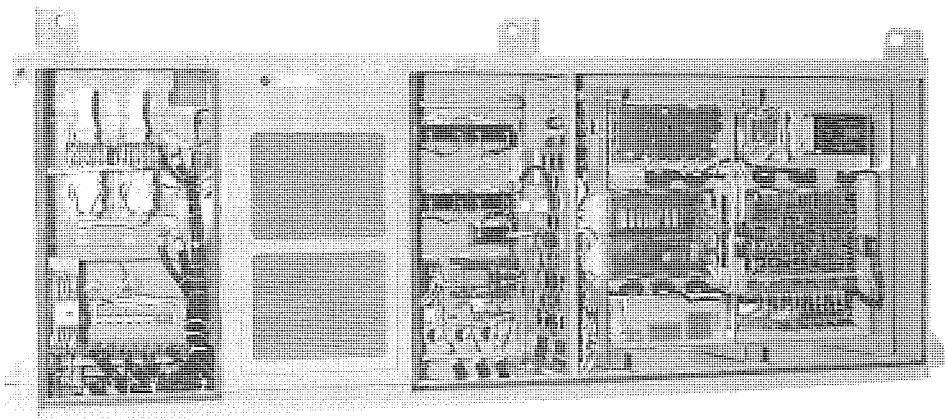


図2. トロリーバス用主制御装置

(1) 主電動機

主電動機は、クラス200絶縁の誘導電動機を採用し、大幅な小型軽量化を達成している。また、回転子導体に低抵抗の材料を使用することによって効率向上を図っている。

(2) 主制御装置

後部座席下に収納可能な小型装置とするため、低損失な半導体素子(IGBT)に制御機能と保護機能を複合したIPM素子を適用した。半導体素子の冷却部は、アルミフィンを強制風冷する方式とし、フロン等の冷媒は一切使用しない構成とした。

メキシコでは、乾季になると、道路上を細かなじんあい(塵埃)が浮遊する。この塵埃で冷却性能が極端に低下してしまわないようにするため、塵埃が装置内に入っても装置内でたい(堆)積せずに抜けていくような構造とした。

メキシコでは、電波に関する規制がほとんどなく、強力な電波が飛び交っているため、道路上においても搭載している電子回路が誤動作しないようにする必要がある。このため、現地の電波事情を調査し、そのデータを基にEMC対策を決定し、電波障害に強い装置とした。

2.2 省エネルギー型トロリーバス導入の効果

今回の新型車導入の目的は老朽化した旧型車の更新であり、抵抗式制御車152台及びチョップパ制御車48台を新型車に交換することを想定して省エネルギー効果を算定した。

2.2.1 消費電力の測定

メキシコ市電気交通局(STE)と打ち合わせ、新型車9700型と代表的な抵抗式制御車3200型及びチョップパ制御車4700型について、実際の営業路線で営業車の消費電力測定を行った。測定要領は次のとおりである。

測定方法：営業車で走行に要した直流電力を積算記録

測定日時：1998年1月～2月

測定路線：7号線(往路12.3km, 停留所数19, 復路12.7km, 停留所数18)

測定車：新型車 9748号車, 旧型車 3220号車及び4735号車

測定結果を表2に示す。営業運転であるため乗客数には差があるが、車体質量の差、途中信号による停止回数の違い等によるデータの変動は避け難いので、評価に当たっては特に補正を行わないこととした。

測定結果によると、新型車の電力消費量は、抵抗式制御車に比較して72.6%で、大幅に低減している。

この値は、別に実施した加速試験における停止状態から40km/hまでの加速

に要した電力量の比較とよく一致しており、十分信頼できる値と考えられる。

2.2.2 新型トロリーバスの効果(温室効果ガス削減量)

旧型の抵抗式制御車152台とチョップパ制御車48台がそのまま運転を続けた場合と新型車200台を運転した場合について比較する。

(1) 旧型車の運転を続けた場合の電力消費量

トロリーバスの年間走行距離については69,000kmというデータがあり、これに基づいて旧型車200台の年間電力消費量を計算すると次のようになる。

$$Q = (1.348kW \cdot h / car / km \times 152cars + 1.059kW \cdot h / car / km \times 48cars) \times 69,000km = 17.65GW \cdot h$$

(2) 新型車200台の電力消費量

$$Q' = 0.979kW \cdot h / car / km \times 200cars \times 69,000km = 13.5GW \cdot h$$

(1)と(2)の差は4.15GW・hで、約24%電力消費を減らすことになる。

また、実際には旧型車の更新だけではなく新路線の開設も計画されており、省エネルギーなトロリーバスの運用による自家用車、マイクロバス、ディーゼルバス等の他の交通機関の代替を考慮すると、省エネルギーのほか、渋滞と大気汚染対策、CO₂、騒音対策などにもより大きな効果があると言える。

3. 鉄道車両用推進制御装置の省エネルギー

メキシコトロリーバス向け主制御装置と同様な小型軽量

表2. トロリーバス電力消費量

| | 制御方式 | VVVF インバータ | 抵抗式 | チョップパ 制御式 |
|-------|-------------------|---------------|-------|--------------|
| | 車番 | 9748 | 3220 | 4735 |
| 往路 | 電力消費(kW・h/car) | 12.95 | 15.01 | 13.32 |
| | 到達時分(分) | 25.5 | 28 | 28.8 |
| | 乗客数(人) | 12.5 | 24.5 | 11.8 |
| 復路 | 電力消費(kW・h/car) | 11.53 | 18.68 | 13.16 |
| | 到達時分(分) | 25 | 32.5 | 28 |
| | 乗客数(人) | 22.5 | 60 | 32.5 |
| 往復の平均 | 電力消費(kW・h/car) | 12.24 | 16.85 | 13.24 |
| | 電力消費(kW・h/car/km) | 0.979 | 1.348 | 1.059 |
| | 到達時分(分) | 25.3 | 30.3 | 28.4 |
| | 乗客数(人) | 17.5 | 42.3 | 22.2 |

表3. 路面電車, 新交通用主制御装置

| 項番 | 顧客 | 用途 | 納入台数 | 営業開始 |
|----|----------|------|------|-------|
| 1 | 海外A社 | 路面電車 | 40 | 1997年 |
| 2 | ゆりかもめ臨海線 | 新交通 | 9 | 1999年 |
| 3 | 海外B社 | 新交通 | 4 | 試験中 |
| 4 | 広島高速交通 | 新交通 | 4 | 1999年 |



図3. ゆりかもめ臨海線車両の外観

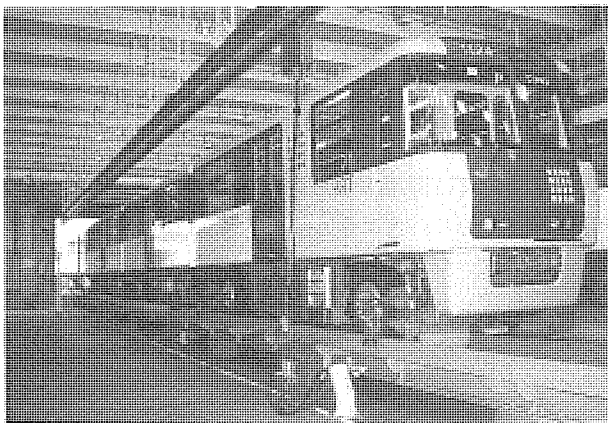


図4. 広島高速交通株1000系車両の外観

で低損失な半導体素子IGBTを適用した主制御装置は路面電車、新交通、空港内移動用電車にも適したものであり、表3に示す各社に主制御装置を製作し納入した。

3.1 ゆりかもめ臨海線

ゆりかもめ臨海線用主制御装置は、三相交流(550V)を入力とする主制御装置で、PWMコンバータによって力率=1を保ちながら三相交流を直流電力に変換した後、インバータで三相誘導電動機を制御している。この方法は送

電側の損失低減に有効である。車両の外観を図3に示す。

3.2 広島高速交通

従来車用主制御装置(チョップ装置)と比較して、小型(2.06m³→0.93m³)、軽量(1,090kg→445kg)で、しかも制御性能に優れた各モータ個別制御を実現した。なお、従来車両のチョップ装置は定格容量330kW/台、VVVFインバータ装置は定格容量90kW×2/台である。車両の外観を図4に示す。

4. むすび

以上、最新のVVVFインバータ制御技術を適用したトロリーバスとその省エネルギー効果について述べた。トロリーバスがその省エネルギー効果、環境改善によって見直されることを期待したい。また、これらの技術が将来のハイブリッドバス、燃料電池バス等につながれば幸いである。

参考文献

- (1) メキシコシティへの省エネルギー型トロリーバス導入プロジェクトFS調査(新エネルギー・産業技術総合開発機構 平成9年度調査報告書)

自動車の有害排出ガス低減とEGRバルブ

要 旨

自動車の排ガス規制強化と燃費改善に対する気運が世界的に高まってきており、その動きに合わせて、それらの対策デバイスとなる排ガス還流制御弁(Exhaust Gas Recirculation バルブ)の需要が増大している。

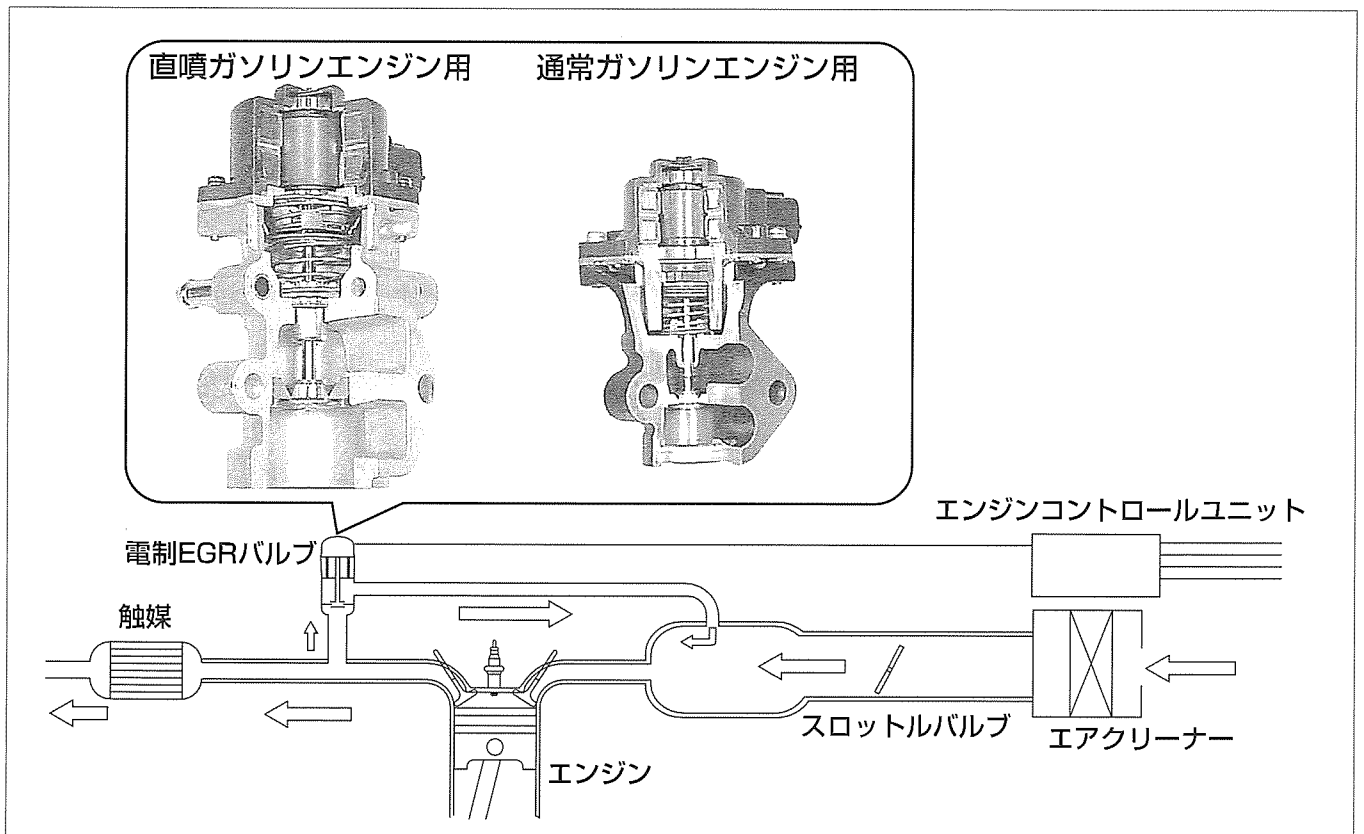
従来からの負圧制御方式では、バルブの駆動源である吸気管内に発生する負圧が燃費改善の用途の場合不足し、制御が成立しなくなることから、電気駆動式EGRバルブが今後の方式の中心となることはほぼ間違いない状況にある。

三菱電機においても、25年来生産を続けてきた負圧式から、電気駆動のステッパモータ式EGRバルブに生産の重心をシフトしつつある。

ステッパモータ式EGRバルブは、従来の負圧式に比べてシステム構成が簡素であり、また他の電気式アクチュエ

ータに比べて駆動力と開弁位置の保持性能に優れている。開発当初から従来の負圧制御システムのコストと性能を意識した設計に重点を置き、それぞれほぼ同等以上のパフォーマンスを実現することができた。その結果、従来方式からステッパモータ式EGRバルブへの変更が容易となり、急速な方式の変革が行われようとしている。

当社では、このステッパモータ式EGRバルブの構成を、既存のガソリンエンジン用と大流量のEGR制御を行う直噴ガソリンエンジン用の2種類のモータバリエーションで標準化するとともに、多種多様なエンジンレイアウトにマッチさせたバルブボディとの組合せで、顧客ニーズにフレキシブルに対応できるものとしている。



電子制御EGRシステムとステッパモータ式EGRバルブ

自動車用エンジンの排ガスの一部を吸気管に還流制御するバルブであり、従来の負圧制御方式に対し負圧制御弁の削減が可能となる。制御流量によって大小2種類のモータを使い分け、軽量・コンパクトで自由度の高いエンジン搭載性を実現した。

1. ま え が き

世界的な地球環境問題の高まりに合わせ、自動車の排ガス対策は年々強化されており、また、これまで無害とされてきた二酸化炭素(CO₂)に対しても温室効果ガスとして削減の対象となっている。これらの改善システムとして、EGR制御がクローズアップされている。当社においては、自動車の環境対策に合わせて25年来の生産を行っているEGRバルブを、従来の負圧駆動式からステッパモータ駆動式へ転換を図りつつある。

2. 自動車における環境対策の取組

自動車の排出ガスに含まれる有害成分として、一酸化炭素(CO)・炭化水素(HC)・窒素酸化物(NO_x)が挙げられる。これらの有害ガスに対しては1960年代から日本・北米で法規制が行われるようになり、数次にわたる強化と欧州及びその他地域への拡大が行われ今日に至っている。日本においては、2000年に、ガソリン/LPG車のそれぞれの許容値を現行比約70%削減する目標が示されており、欧州でも、ガソリン/ディーゼル車とも2000年のEURO III、2005年のEURO IVと規制強化が決定している。

CO・HC・NO_xの低減手段としては触媒装置や後述のEGR等の技術で対応しているが、CO₂については燃料消費を抑制する以外に手段がなく、各自動車メーカーとも新し

い低減技術の開発にしのぎを削っている。原動機では直噴ガソリンエンジンやハイブリッドエンジンが実用化されており、さらには燃料電池を利用した電気自動車等の新しい動力システムの開発も進められている。

過去、オイルショックの際に経済性の観点で北米の平均燃費(CAFE)規制等が出された経緯があるが、昨今の環境保護に対する声の高まりと、前述のような新技術が投入され始めたことで、規制とは別に車両性能の重要な要素として位置付けられている。

3. EGRの効果

3.1 NO_x低減

NO_xの低減技術としては、燃焼後に処理を行う還元触媒や燃焼時の発生を抑制するEGRシステムがある。NO_xは約2,000℃以上での燃焼によって空気に含まれる窒素(N)が酸化反応を起こしたもので、経済的燃費が得られる燃焼温度の高い領域で発生濃度が高くなり、完全燃焼で低減するCO・HCとは相反する発生カーブ(図1)を描く。図2に示すように、EGRは酸素含有量が極めて少なく不活性な排ガスの一部を吸入空気に混入させて燃焼温度を抑制することでNO_xの発生を低減するシステムであり、EGRバルブは排ガスの還流量をエンジンの運転条件に合わせて高精度に調節するデバイスである。

特に希薄混合気燃焼方式では、NO_x低減の手段として通常の触媒が有効に作用しないという問題があるため、EGRによるNO_x低減が重要となっている。図3に、三菱自動車工業㈱のGDIエンジンにおけるNO_x低減効果を示す。同社の広報資料¹⁾によると、EGR率(吸気に対するEGR量の比率)は30%まで拡大されており(従来のエンジンでは最大でも20%程度が限界)、“超希薄空燃比でEGRを導入しても急速燃焼が維持され燃焼が悪化しないという特性を生かし、従来の空燃比では不可能であった大量EGRによるNO_x低減を図っている”ことが分かる。このデータでは“新開発の選択還元型リーンNO_x触媒とあわせ、エンジン出口における排出ガスの約97%のNO_xを低減し、通常の三元触媒と同等の性能となる”効果が示されている。

3.2 燃費向上

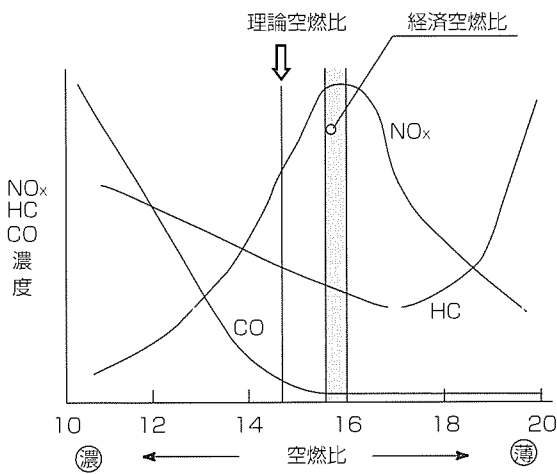


図1. 空燃比と排ガス成分

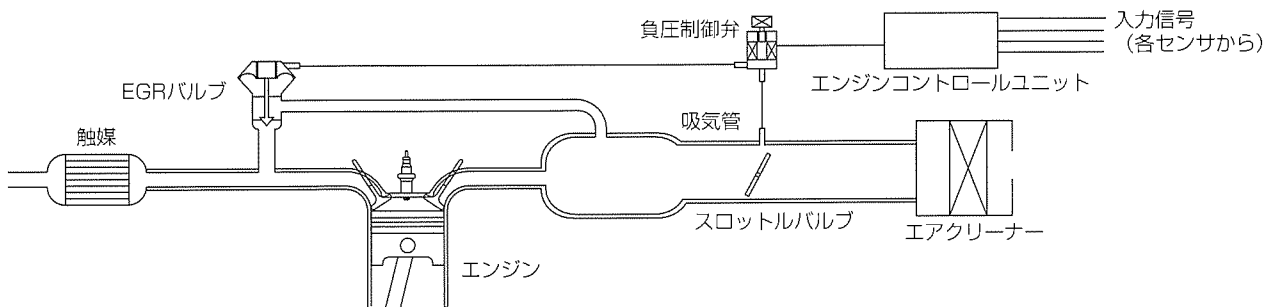


図2. 負圧制御式EGRシステム

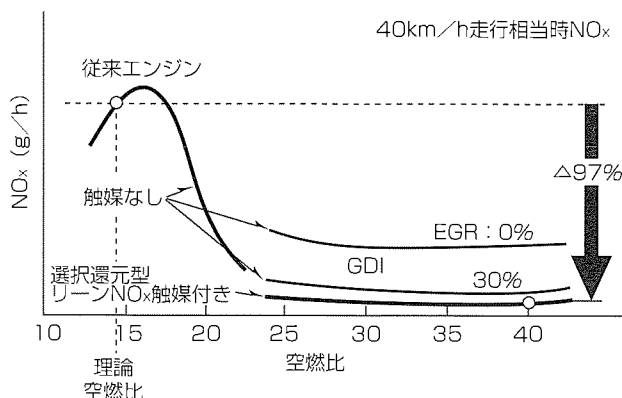


図3. GDIエンジンでのNO_x低減効果⁽¹⁾

| 通常エンジン | | ダイリユーテッドバーン |
|----------|----------|-------------|
| 酸素を含んだ空気 | | 酸素を含んだ空気 |
| | | |
| ポンピングロス大 | ポンピングロス小 | ポンピングロス小 |
| 出力適正 | 出力過剰 | 出力適正 |

図4. ポンピングロス改善システム⁽²⁾

EGRの用途として、従来のNO_x低減だけでなく、新たに燃費改善の手段として用いるケースが増え始めている。

ガソリンエンジンにはアクセルペダルに連動して吸気を調節するスロットルバルブがあり、これを通過する空気量に応じた燃料量を噴射することで、一定の濃度の混合気が燃焼室に送り込まれる。エンジンが低負荷運転条件ではスロットルバルブでの絞り度合が大きく、エンジンの回転に対する吸気抵抗(ポンピング損失)によって無駄な燃料消費が発生する問題がある。ガソリンエンジンのポンピング損失を改善する手段として、スロットルバルブの開度を相対的に大きくできる希薄混合気燃焼方式や、大量のEGRを吸気に加える燃焼方式が確立されてきている。

マツダ(株)から発売されているダイリユーテッドバーンエンジンでは“通常、エンジンにおけるEGR量が約10%であるのに対して、減速域以外の加速・定常走行域で約13~20%となっている”⁽²⁾、図4に示すように、適正な運転出力を得るために、通常エンジンよりもスロットル開度が大きくなり、スロットルバルブによるポンピング損失を低減することが可能とされている。

当然これらの改善技術の前提にはエンジン自体の燃焼技術の向上が不可欠であり、大量EGR下でも安定した燃焼を維持するため、燃焼室内の渦流や点火エネルギーの強化、さらには燃焼室へ燃料を直接噴射する燃焼の高精度な制御がそれらを究極まで高めたことは言うまでもない。

表1. 電気式アクチュエータの比較

| | 駆動力 | 弁開度安定性 | 位置検出要否 | コスト |
|------------|-----|--------|--------|-----|
| ステッパモータ駆動 | ○ | ○ | 否 | ○ |
| リニアソレノイド駆動 | × | △ | 要 | △ |
| DCサーボモータ駆動 | △ | △ | 要 | △ |

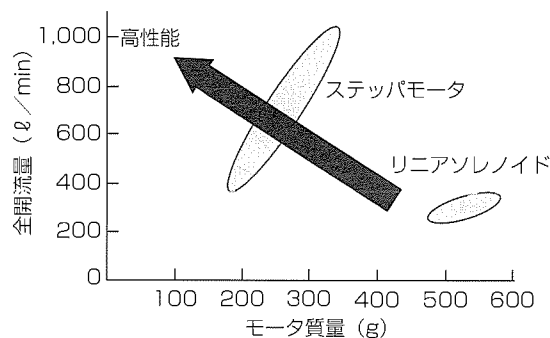


図5. モータの制御可能流量

4. 当社の新概念EGRシステム

4.1 従来システムでの問題点

排ガス規制強化や燃費改善を目的とした用途では、従来に比べより広い運転領域でEGRを行う必要がある。図2に示す従来のEGRシステムでは、スロットルバルブ下流の吸気管内に発生する負圧を駆動源としたダイアフラム式のEGRバルブが主流であった。しかしながら、高率EGRを広い運転領域で行おうとすると、スロットルバルブの開度が大きい領域では負圧の発生が小さくなり、適正にEGRバルブを作動させることができない。また、ポンピング損失の低減はスロットルバルブ下流の負圧を低減することであり、この用途には適さない状況になっている。

4.2 EGRバルブの電動化

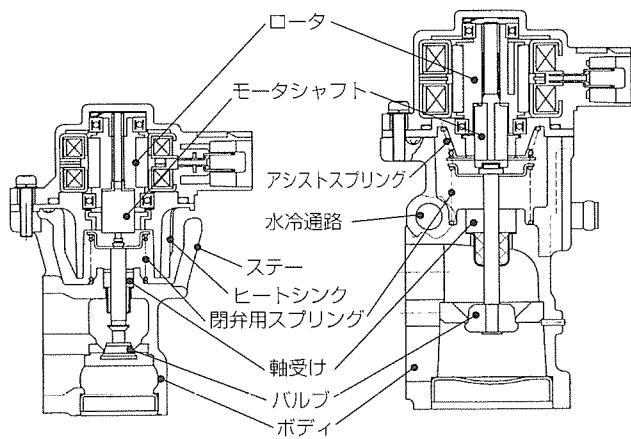
上記用途への対応としてEGRバルブの電動化が不可欠となることは明白であり、当社では、ステッパモータを駆動源としたEGRバルブの開発を行った。

4.2.1 ステッパモータ式EGRバルブの特長

表1はEGRバルブとして適用できる電気式アクチュエータの比較である。表に示すとおり、EGRバルブとして求められる要件に対し、ステッパモータ駆動が優れていることが分かる。

- 駆動力が相対的に大きい
- 排気脈動等の外力に対し開度が安定
- 位置検出制御が不要であり、低コスト
- 負圧制御に比べてシステム構成が簡素

特に、カーボンやオイルスラッジを含む排ガスを流通させるため、バルブ軸受け部等への付着による作動性悪化に対する耐性を持つことが非常に重要であり、またモータ質量に対する駆動力の大きさの違いから、リニアソレノイド駆動に比べて3~4倍の流量制御が可能である(図5)。さらに、低コスト化の可能性を重視して、ステッパモータを



(a) 通常のエンジン用 EGRバルブ (b) 直噴エンジン用 EGRバルブ

図6. ステッパモータ式EGRバルブの構造

表2. ステッパモータ式EGRバルブの性能諸元

| 項目 | 通常のエンジン用 | 直噴エンジン用 |
|---------------|----------|---------|
| モータのタイプ | PM型 | PM型 |
| モータの極数 | 48 | 48 |
| モータトルク (N・m) | 0.035 | 0.095 |
| 消費電力 (W) | 13 | 19.2 |
| 最大ストローク (mm) | 5 | 8.5 |
| 最大流量* (ℓ/min) | 200 | 800 |
| 最小分解能 (ℓ/min) | 4 | 9 |
| 精度 (%) | 8 | 8 |

注 *差圧: 6.7 (kPa)

EGRバルブ用アクチュエータとして選定した。

4.2.2 構造

図6及び表2にガソリンエンジン用ステッパモータ式EGRバルブの構造と性能諸元を示す。

図の(a)は通常のエンジン用を、(b)は直噴ガソリンエンジン用を示す。通常のエンジンでは燃費主導の用途はまだまだ限られており、現行システムと価格面でも等価であることが拡大展開の必ず(須)要件と考え、負圧方式のシステム(EGRバルブ・負圧制御弁・負圧配管)のコストを意識し、徹底した構造の簡素化を行った。特にバルブの開弁方向を上方への引き上げ方式から下方への押し開きとし、ロータ回転によって上下動するモータシャフトとバルブの連結構造を削減した。

直噴ガソリンエンジン用は通常のものに比べて3~5倍程度の流量が求められ、より大きな駆動力が必要となるため、モータサイズを大きくするとともに、モータ負荷を軽減するように閉弁用スプリングの荷重と相反方向にアシストスプリングを付設し、閉弁後はアシストスプリングがバ

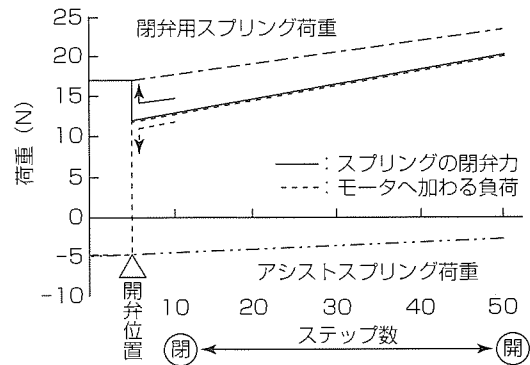


図7. スプリング荷重とモータ負荷

ルブから離れて閉弁力を確保するように構成している(図7)。

モータはいずれも四相PM型であり、駆動回路の負担軽減のためユニポーラ駆動としている。ロータの雌ねじとモータシャフトの雄ねじで回転-直動変換を行い、開閉弁の応答性を確保するため1回転48ステップでフルストロークの動作を行う構成としている。

バルブボディ内を排ガスが通過するため、モータは耐熱性を重視した部材で構成した専用設計を行っている。さらにモータ部とバルブボディ部間を、通常のエンジン用では鋳鉄製ボディ一体の小断面のステアで保持し、ステア間の開口部とモータ下部のヒートシンクで空冷性能を向上させており、また、大流量制御を行う直噴エンジン用ではアルミ水冷構造を採用し耐熱軽量化を図っている。

5. む す び

前述のとおり、特に希薄混合気燃焼エンジンの排ガス対策及び燃費改善用途が非常に拡大していること、その用途では電動式でしか対応が困難であることから、ステッパモータ式の需要は拡大している。さらに、通常の用途でも価格設定を抑制できた結果、より広範な制御自由度に対する潜在的需要が喚起されたことも加わり、従来方式からの置き換え需要で急速に方式転換が図られている。

今後、排ガス規制が開始される又は強化される地域の拡大に合わせ、更に市場要求は変化すると考えられる。小さな製品であるが、ニーズをとらえ優れた製品を送り出すことが地球環境改善への貢献につながるものと考えられる。

参考文献

- (1) 三菱自動車工業(株): 究極の高効率エンジン
- (2) 山岡丈夫: ダイリユーテッドバーンエンジン, 自動車工学, (株鉄道日本社 (1997-11))

蓄熱空調システムの動向

岩瀬 進*

要 旨

エネルギー供給基盤のぜい(脆)弱な我が国において、エネルギーの利用効率向上と省エネルギーの促進は重要な課題となっている。このため、政府は、1997年4月の“総合エネルギー対策推進閣僚会議”において、省エネルギーの推進及び電力供給の安定と供給設備の増大抑制による電力供給コスト低減を目指すために、電力負荷平準化の推進を決定した。これを受けて'97年7月には“電力負荷平準化対策検討委員会”がスタートし、12月には、中間報告として、電力コスト削減=供給設備の適正化=電力負荷率の向上=電力負荷平準化=夏季の空調用電力ピーク負荷の低減=蓄

熱空調(低温も含む)普及拡大が提言され、国を挙げてより蓄熱の普及拡大の必要性が認識された。

氷蓄熱空調システムは、昼間電力消費を抑制し、夜間電力を使用することにより、炭酸ガス排出を削減する効果も期待されており、今後の国内空調システムの一翼を担い、国による普及の後押しも手伝い、急速な市場浸透が進みつつある。三菱電機では他社に先駆けて先進的な氷蓄熱空調システムを販売しており、業界のリーダー的立場を維持している。

ECOLOGY

CO₂の排出量を減らす、環境にやさしい空調システムです。

電気事業連合会資料から抜粋

電気事業連合会資料から抜粋

氷蓄熱空調システムは

- 電気ヒートポンプ式だから、排気ガスを出しません。
- CO₂の排出量を削減します。
- 「電力需要平準化」という社会ニーズにこたえます。

蓄熱空調システムの環境維持効果

蓄熱空調システムでは、夜間電力を使用して蓄熱槽内に冷房時は冷水又は氷を暖房時は温水等を蓄え、それを昼間に利用することにより、夜間電力消費を増し昼間電力消費を削減し、電力負荷平準化(電力負荷率向上)に貢献する。また、昼間電力を夜間にシフトすることにより、発電に伴う炭酸ガス発生を削減し地球温暖化防止に役立つ。また、空調システムとしても、外気条件の変動による能力変化の影響が少なく、より安定した快適な空調条件が得られる効果も持つ。

*冷熱システム事業部

1. ま え が き

近年の我が国の空調設備状況では、建築建物の快適環境指向、情報通信の高度化、作業の省力化等により、インテリジェントオフィスビルや作業現場が増え、夏季における冷房需要も大幅に増加している。民生用エネルギー消費量も年々増加の一途にあり、夏季の空調需要の増加による電力需要のピーク先鋭化は重大な国家的社会問題と化しつつある。また、地球環境維持改善の観点からも“地球環境に優しい”空調システムの開発が求められてきている。

一方、エネルギー供給基盤の脆弱な我が国において、エネルギーの利用効率向上と省エネルギーの促進は重要な課題となっている。このため、政府は、'97年4月の“総合エネルギー対策推進閣僚会議”において、省エネルギーの推進、電力供給の安定と供給設備の増大抑制による電力供給コスト低減を目指すために、電力負荷平準化の推進が決定された。これを受けて同年7月には“電力負荷平準化対策検討委員会”がスタートし、12月には、中間報告として、電力供給コスト削減のためには供給設備容量を適正化する必要があり、昼夜間の電力需要量を平準化し電力負荷率を向上させるために、夏季の昼間の空調用電力を削減し夜間の電力需要を喚起する蓄熱空調の普及拡大が必要とされる提言がなされ、国を挙げて蓄熱空調システム普及拡大の必要性が認識された。また、蓄熱空調システムには、昼間の電力消費を抑制し、夜間電力を使用することにより、発電に伴う炭酸ガス発生を抑える効果も期待されている。

このため、政府は'98年7月から“氷蓄熱式空調システム普及促進事業補助金制度”を開始し、氷蓄熱空調システムの本格的普及導入推進策が実施された。当社ではこの要求にこたえるため氷蓄熱ユニット(KAH形)、氷蓄熱式パッケージエアコン(ビル用エアコンシティマルチICE Y, ICE Yk(エコ・アイス)、店舗・事務所用エアコンICE SLIM(エコ・アイスmini)を発売しており、採用された顧客から高い評価を得ている。

本稿では、氷蓄熱空調システムの現状と将来の課題について述べる。

2. 氷蓄熱空調システムと地球環境

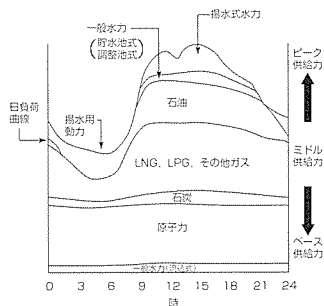


図1. 時間帯別発電源構成比

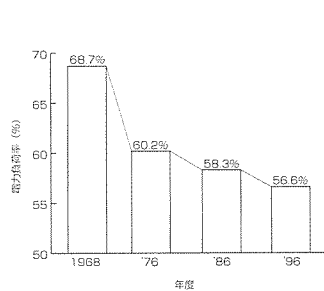


図2. 我が国の電力負荷率の推移

氷蓄熱空調システムは、夜(22時~8時)の間の夜間電力を利用し、昼間の空調用電力消費を削減する。この結果、化石燃料(石油、石炭)による発電比率が低い夜間電力を利用することで化石燃料の使用量が減り、地球温暖化の原因と言われている炭酸ガス(CO₂ガス)の排出量を削減する。図1に時間帯別発電源構成を示す。また、昼間の電力消費を削減し、夜間の電力消費を増加させることにより、昼夜間の電力負荷を平準化(ピークシフト)し、電力発電コスト低減につながる電力負荷率の向上が図れる。

図2に我が国の電力負荷率の推移、図3に主要各国の電力負荷率を示すが、'69年には69%であった電力負荷率が'96年には大きく低下し57%となっている。これは、先進各国の中でも低い値となっており、過剰とも言える発電設備コスト負担が電力料金の割高な要因となっている。電力負荷率1%の改善で電力コスト1%の引下げが可能、また炭素換算約20~30万トン程度のCO₂ガス排出抑制効果があると試算されている。

表1に氷蓄熱空調システム(エコ・アイス)と蓄熱を使用しない空調システム(非蓄熱空調システム)の年間の電力消費に伴う直接CO₂ガス発生量の試算結果を示すが、年間のCO₂ガス発生量で約5%弱程度氷蓄熱空調システムの方が少なくなり、地球温暖化防止に効果があることが分かる。

3. 氷蓄熱空調システムの現状

氷蓄熱空調システムは数十年前から実用化されてきており、大型ビルの空調設備として採用実績が多い。しかしながら、大規模な空調設備では、建築計画段階からのシステム計画が必要であること、セントラル方式(中央集中方式)の空調システムが主であり、現在の国内における空調方式の主流である個別分散式空調方式(パッケージエアコン、ビル用マルチエアコン)には対応していなかった等の理由で広く普及には至らなかった。'80年代後半から当社を始め主要パッケージエアコンメーカーと電力会社が共同で氷蓄熱式空調機器(エコ・アイス)開発が始まり、'92年ごろから商品化がなされ市場普及が開始された。

図4に日本冷凍空調工業会が取りまとめたエコ・アイスの出荷実績を示す。'96冷凍年度('95年10月から'96年9月まで)で台数1,243台、蓄熱容量で146kW・hであったもの

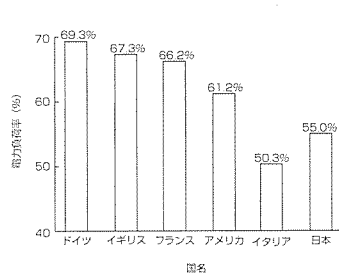


図3. 主要国の電力負荷率(1994カレンダー年度)

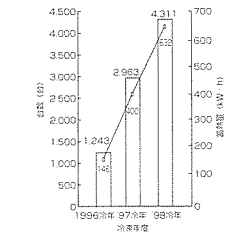


図4. 氷蓄熱式パッケージエアコン出荷推移

表 1. 氷蓄熱空調システムと非蓄熱空調システムの電力消費に伴うCO₂発生量試算

| | 氷蓄熱空調システム | | | | | | 非蓄熱空調システム | |
|-----|-------------|--------|---------|---------------------------|-------|--------|-------------|---------------------------|
| | 消費電力量(kW・h) | | | CO ₂ 発生量(kg-C) | | | 消費電力量(kW・h) | CO ₂ 発生量(kg-C) |
| | 昼間 | 夜間 | 計 | 昼間 | 夜間 | 計 | 昼間 | |
| 1月 | 8,520 | 6,575 | 15,095 | 838 | 504 | 1,343 | 14,292 | 1,406 |
| 2月 | 8,817 | 7,212 | 16,029 | 868 | 553 | 1,421 | 15,177 | 1,494 |
| 3月 | 5,446 | 5,162 | 10,608 | 536 | 396 | 932 | 10,044 | 988 |
| 4月 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5月 | 8,902 | 7,102 | 16,004 | 876 | 545 | 1,421 | 15,153 | 1,491 |
| 6月 | 12,661 | 14,194 | 26,855 | 1,246 | 1,089 | 2,335 | 25,427 | 2,502 |
| 7月 | 19,884 | 16,023 | 35,907 | 1,957 | 1,229 | 3,186 | 33,998 | 3,346 |
| 8月 | 21,435 | 17,760 | 39,195 | 2,109 | 1,362 | 3,471 | 37,111 | 3,652 |
| 9月 | 15,516 | 12,153 | 27,669 | 1,527 | 932 | 2,459 | 26,198 | 2,578 |
| 10月 | 9,620 | 6,384 | 16,004 | 947 | 490 | 1,436 | 15,153 | 1,491 |
| 11月 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12月 | 6,648 | 5,487 | 12,135 | 654 | 421 | 1,075 | 11,454 | 1,127 |
| 合計 | 117,449 | 98,052 | 215,501 | 11,558 | 7,520 | 19,078 | 204,007 | 20,076 |

注1. 試算条件 所在地 東京 冷房期間 5月～10月
 建物 3,000m² 暖房期間 12月～3月
 鉄骨鉄筋コンクリート造り 空調時間 8時～18時
 用途 事務所 空調日数 360日/年
 空調機 氷蓄熱空調システム PUHY-J355IM-A形(13馬力) 8台
 非蓄熱空調システム PUHY-J355BM-A形(13馬力) 8台
 室内機 PLFY-J56LMD-A形 50台

注2. 消費電力量は、東京電力空調用ランニングコスト計算ソフトBCECによって計算した。
 注3. CO₂排出原単位 昼間(8～22時) 0.09841kg-C/kW・h
 夜間(22～8時) 0.07669kg-C/kW・h とした。

が、2年後の'98冷凍年度にはそれぞれ4,311台、632千kW・hと大幅に伸長し、急速に市場普及が進んでいることが分かる。急速普及した要因としては、①国民の地球環境維持に対する関心の高まり、②国による普及支援、③電力負荷平準化を目指す電力会社の強力営業、④メーカー各社の機種ぞろえ等が考えられる。このうち国による支援としては、従来から氷蓄熱空調システムに対しては国による利子補給制度や、エネ革税制、電力会社による料金優遇策等が実施されてきていたが、社会情勢変化(例えば低金利化等)により、当初目的のような助成効果が期待できなくなってきた。これを改善するため、採用する顧客(施主)に直接メリットが還元できる“氷蓄熱式空調システム普及促進事業補助金”制度が'98年7月から2001年3月末までの3年間に限り施行された。なお、氷蓄熱式空調システム普及促進事業補助金制度は次のとおりである。

(1) 補助交付対象機種・設備

個別分散型空調機器(ビル用マルチエアコン、パッケージエアコン)のうち、ヒートポンプ・蓄熱センター(HPTCJ)を通じ新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の承認を受け機種認定された機器が対象となる。なお、当社氷蓄熱式ビル用マルチエアコンICE Y、店舗用エアコンICE SLIMは機種認定されている。

(2) 補助金額

補助金額は次の各号のうち最も低位の金額による。

- (a) 非蓄熱式空調システム設置費との差額の1/2
- (b) 機種容量(馬力)に応じた上限額

(c) 非蓄熱式空調システム設置費との差額

機器容量に応じた上限額は表2、非蓄熱空調システムの馬力別価格は表3による。前述の計算例で補助金額を試算すると上限額では600万円もの補助金が国から採用した顧客に振り込まれ、氷蓄熱空調システム普及の大きな支援となっている。

4. 氷蓄熱空調システム機器

氷蓄熱空調システム機器は、開発段階から実用段階に移行したところで、氷の形態、製水方法、冷熱利用方式、熱搬送媒体の種類など様々なシステムが市場では提案されているが、当社では、中大型空調設備用に氷蓄熱ユニットKAH形、小中空調設備用に氷蓄熱式ビル用マルチエアコンICE YとICE Yk(エコ・アイス)、小型事務所や店舗用にICE SLIM(エコ・アイスmini)

を発売しており、多種多様な顧客の要求にこたえている。

4.1 氷蓄熱ユニットKAH形(氷蓄熱利用チラーシステム)

氷蓄熱ユニットKAH形は、非蓄熱形相当馬力で40馬力から150馬力の容量が機種ぞろえしており、1台で空調面積1,000～5,000m²の空調が可能である。ヒートポンプチラーによって冷房時の夜間には-6℃程度のブライン(不凍液)を作り、これを蓄熱槽に送って蓄熱槽内の熱交換器で水と熱交換し、熱交換器の表面に氷を生成する(スタティック(静的)製水方式)。昼間はこの製氷した氷の周りに水を流し、氷を融かして冷水(約4℃)を作り、これを冷房に利用するシステムとなっている(外融式)。暖房時には同様にヒートポンプチラーによって蓄熱槽内に温水を作り、これを空調に利用するシステムとなっている。

4.2 氷蓄熱式ビル用マルチエアコンICE Y, ICE Yk(エコ・アイス)

氷蓄熱式ビル用マルチエアコンには、①ガスポンプを搭載しガスポンプから吐出された冷媒ガスを製氷された氷と熱交換し凝縮させ、圧縮機から空冷式凝縮器を通ってきた冷媒と合流させる合流方式のICE Yシリーズと、②製氷された氷で冷凍サイクルを循環する冷媒液を過冷却し冷房に利用するICE Ykシリーズの2種類がある。容量的には、ICE Yタイプが13、16馬力の2機種、ICE Ykタイプが10馬力から20馬力までの4機種がそろっている。図5にICE Yの冷媒回路図、図6に蓄冷利用の原理を示すモリエル線図を示す。

ICE Yは、室外機に冷媒ポンプを持ち、蓄熱した熱を優

表 2. 容量別補助金額の上限値('98年度)

| 容 量 | 金額 (1台当たり千円) | | |
|--------|--------------|--------|--------|
| | 冷房専用型 | 冷暖房兼用型 | |
| | | 定速機 | インバータ機 |
| 5馬力相当 | - | 130 | 160 |
| 6馬力相当 | - | 130 | 160 |
| 7馬力相当 | - | 130 | 160 |
| 10馬力相当 | 470 | - | - |
| 13馬力相当 | 450 | 750 | 750 |
| 16馬力相当 | 620 | 850 | 850 |
| 20馬力相当 | - | 930 | 930 |

表 3. 非蓄熱式空調システム馬力別価格値('98年度) (単位 千円/台)

| 能 力 | 金 額 |
|------|-------|
| 5馬力 | 560 |
| 6馬力 | 590 |
| 7馬力 | 660 |
| 10馬力 | 870 |
| 13馬力 | 1,800 |
| 16馬力 | 2,100 |
| 20馬力 | 2,420 |

先的に空調に利用し、エネルギーの夜間移行率40%以上を実現しており、氷蓄熱式空調システム普及促進事業補助金制度の対象機種となっている。また、暖房時には夜間蓄熱槽に温水を貯え、これを昼間に利用し暖房することによって寒冷地区における暖房能力をガス熱源機並みに高めており、東北地区や北海道地区での採用が進んでいる。ICE Ykは蓄熱利用が冷房時のみとなるが、ICE Yに比較し、その分低価格、蓄熱槽のコンパクト化等の特長を持っている。

4.3 氷蓄熱式店舗用パッケージエアコンICE SLIM(エコー・アイスmini)

ICE Ykの小容量機種として、電力会社と共同開発を進め、'98年10月から5馬力と6馬力を発売し、本年4月には7馬力が発売された。冷媒回路としてはICE Ykと同様であり、蓄熱利用が冷媒液過冷却タイプとなっている。ただし、ビル用マルチエアコンとはその設置環境が異なり、より省スペース・低騒音化が求められる。この結果、奥行き620mmという薄形蓄熱槽、蓄熱運転時に45dBというコンパクトで低騒音のユニットが実現された。また、暖房運転時には、夜間蓄熱槽に蓄えた温水を霜取り運転に利用し、ヒートポンプ運転の効率を改善している。

5. 氷蓄熱空調システムの今後の展開

氷蓄熱空調システムは、現在社会的要求(地球環境維持、電力負荷平準化による電力負荷率向上と電力料金低下、発電に伴うCO₂ガス発生抑制等)にこたえる空調システムであり、今後更なる急速な伸長が予想される。しかしながら、蓄熱空調システムと蓄熱を利用しない空調システムの間には価格差があり、国による補助金制度や電力会社による各種優遇電気料金制度等によってその差を縮小しているが、

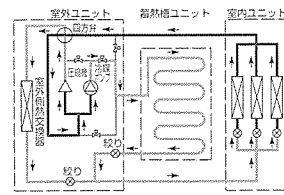


図 5. ICE Y冷媒回路図(蓄冷利用冷房運転)

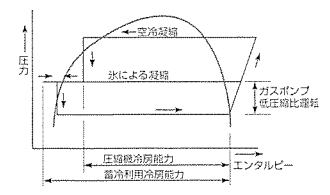


図 6. ICE Y冷媒モリエル線図(蓄冷利用冷房運転)

メーカーとしては、部品の共通化・標準化等によって蓄熱槽やシステムとしての低価格化を進め普及拡大を図る必要がある。また、容量的にも現在は5馬力以上が商品化されているが、5馬力未満の機種も蓄熱又は蓄電等の方法で電力負荷平準化に対応できる商品開発が必要である。システム的には、最近の有望な技術として、氷蓄熱とく(躯体)蓄熱の併用が提案されている。躯体蓄熱とは、建物の構造体そのものを蓄熱材として利用するもので、ビルのスラブ等を夜間冷房時には冷却し、暖房時には加熱して蓄熱する蓄熱方法である。この躯体蓄熱と氷蓄熱を併用することで蓄熱槽の小型化が実現でき、蓄熱空調の適用対象範囲の拡大が図れる可能性が有る。

6. む す び

電力エネルギー需要は今後も増大することが予想されており、電力負荷平準化、電力負荷率の向上は地球環境保全、電力コストの低減のために早急に達成しなければならない重要な事項となっている。その解決策として氷蓄熱空調システムの普及拡大への期待は大きく、当社としてもこの社会的要求にこたえる必要がある。氷蓄熱空調システムは、盛夏期の冷房や厳寒期の暖房が安定して行える等の特長もあり、更に利用分野を拡大できる可能性がある。しかしながら、氷蓄熱空調システムには非蓄熱空調システムと比べてコストが高い、蓄熱槽設置スペースが必要など普及を阻害する要因もあり、更なる研究開発と、普及を促進する社会的風土の育成に努めていきたいと考えている。

参 考 文 献

- (1) 電気事業審議会基本政策部会電力負荷平準化検討小委員会：中間報告(1997-12-11)
- (2) 東京電力(株)：数表でみる東京電力(1998年度版)
- (3) 小早川智明, 田中俊彦：電力の時刻別環境負荷原単位(2), 空気調和・衛生工学会学術講演会論文集, E-46, 1621~1624(1998-8)



特許と新案***

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産渉外部
電話(03)3218-9192(ダイヤルイン)

モータ駆動制御弁装置 (米国特許 第5,351,935号)

発明者 三好師男, 三宅俊彦, 岡田英俊

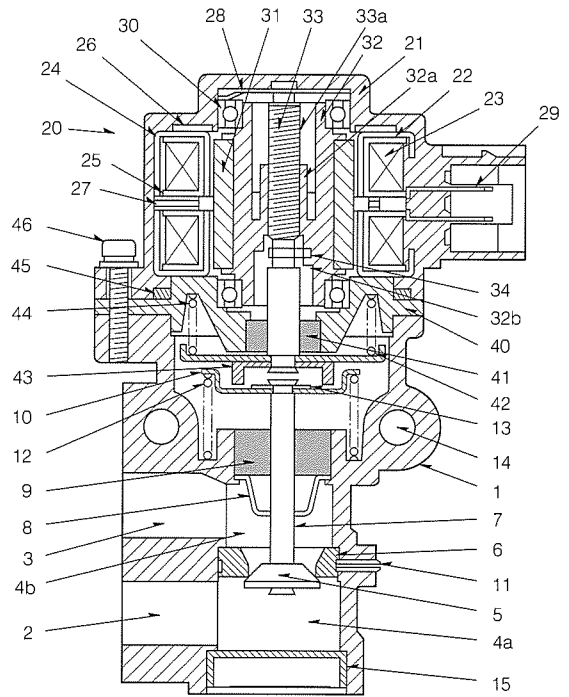
この発明は、排気ガス再循環システムなどに用いられるモータ駆動制御弁装置に関するものである。

従来のモータ駆動制御弁装置は、モータの駆動力に比べて閉弁力が弱く、閉弁時の排気ガス漏れを防止するために大型のモータを必要としていた。

この発明は、従来の問題点を解決するものであり、図に実施例を示す。スプリング(12)によって閉弁方向に付勢されるバルブシャフト(7)には排気側入力ポート(2)と吸気側出力ポート(3)との間を開閉するバルブ(5)が固定され、スプリング(44)によって開弁方向に付勢されているモータシャフト(33)はステッピングモータ(20)によって駆動される。開弁時に、スプリング(44)の開弁方向の付勢力とスプリング(10)の閉弁方向の付勢力とが釣合ってステッピングモータ(20)が開弁時に必要とする駆動力は小さくすることができ、また、閉弁時に、モータシャフト(33)はバルブシャフト(7)から離合するため、バルブ(5)はスプリング(10)の閉弁方向の付勢力によって確実に閉弁される。

以上のように、この発明においては、小型のモータによって十分な閉弁力を持つモータ駆動制御弁装置を提供する

ことができる。



オゾン発生量制御装置 (特許 第2667339号)

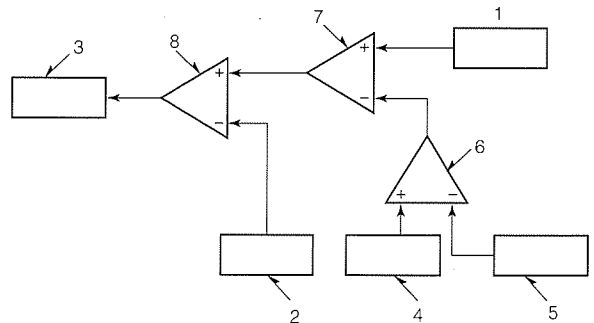
発明者 峯 慎吾

この発明は、オゾン発生装置のオゾン発生量を制御するオゾン発生量制御装置に関するものである。

従来のオゾン発生量制御装置は、オゾン注入量設定器、オゾン発生量検出器及び上記設定器と検出器の信号増幅器で構成されており、オゾン反応槽(以下“反応槽”という。)内の浄化処理を常時最適に行うためには反応槽内のオゾンの注入率を一定に保つ必要があるが、反応槽への水量に変化が生じた場合、オゾン注入量を自動補正する手段がないため、反応槽内のオゾンの注入率が変化し、最適な浄化処理ができなくなるなどの問題点があった。

この発明は、上記のような問題点を解消するためになされたもので、反応槽内の溶存オゾン濃度検出器の信号と溶存オゾン濃度設定器の信号との差動増幅器1及びオゾン注入量設定器の信号と上記差動増幅器の信号との差動増幅器2を設けることにより、反応槽内の水量が変化した場合で

も反応槽内のオゾンの注入率を一定に保つことができるようにし、常時最適な浄化処理ができるようにしたものである。



- 1: オゾン注入量設定器
- 2: オゾン発生量検出器
- 3: オゾン発生装置
- 4: 溶存オゾン濃度検出器
- 5: 溶存オゾン濃度設定器
- 6: 差動増幅器1
- 7: 差動増幅器2
- 8: 差動増幅器3



特許と新案***

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産渉外部
電話(03)3218-9192(ダイヤルイン)

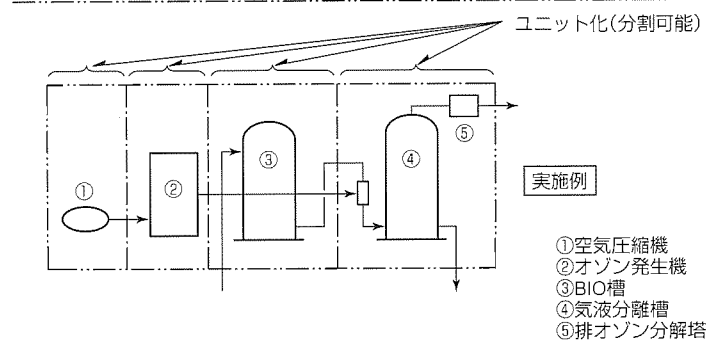
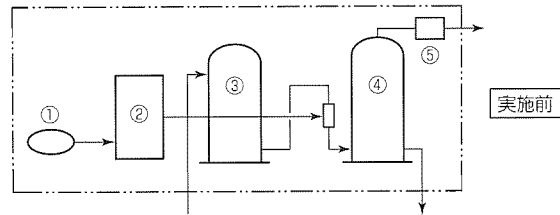
オゾンプール浄化装置 (実用新案 第2073166号, 実公平6-41676)

発明者 佐々木利彦, 納庄貞宏

この新案は、遊泳プールの水をオゾンによって浄化する装置に関するものである。

従来のオゾンプール浄化装置は、空気圧縮機、オゾン発生機、気液分離槽、排オゾン分解塔の一括セットされた構成となっており、搬入・据付けが容易に行える反面、設置スペースがない場合の対応が困難であり、またBIO槽が必要な場合における追加が困難でフレキシブルな対応ができないという問題があった。

この考案は、上記のような問題点を解消するためになされたもので、各機器を機能別にユニット化し、搬送時には複数に分割できるとともに、限られた設置スペースに応じて分割設置、一部分割設置、又は合体設置を選択でき、ユニットの追加も容易にしたものである。



- ①空気圧縮機
- ②オゾン発生機
- ③BIO槽
- ④気液分離槽
- ⑤排オゾン分解塔

<次号予定> 三菱電機技報 Vol.73 No.6 “オープン分散計装制御システム/最新の火力発電システム”

特集論文

- オープン分散計装制御システムへの期待
- オープン分散計装制御システムの現状と展望
- オープン分散計装制御システムのコントローラ
- オープン分散計装制御システムのヒューマンインタフェース
- オープン分散計装制御システムのオープン分散ネットワーク
- オープン分散計装制御システムのエンジニアリング
- 上下水道分野におけるオープン分散計装制御システム
- 一般工業分野におけるオープン分散計装制御システム
- 発電原子力分野におけるオープン分散計装制御システムとそのエンジニアリングツール

- 最近の火力発電所技術
- 火力発電設備における現状と展望
- 大容量水素冷却タービン発電機における最新技術
- 発電機励磁制御による電力系統安定度向上技術
- タービン監視計器における最新技術
- 火力発電所設備における監視制御システムの動向
- 火力発電設備監視制御室トータルデザイン
- 配線工事における最新技術
- 経年火力発電所での最新の監視・制御システム
- 中国電力(株)三隅発電所第1号機の概要と適用技術

| | |
|--|--|
| 三菱電機技報編集委員 委員長 鈴木 新 委員 中村 治樹 河内 浩明 宇治 資正 永 峰 隆 植木 恵介 茅 島 宏 奥山 雅和 石川 孝治 小林 保雄 津金 常夫 畑谷 正雄 才田 敏和 中島 秀樹 猪熊 章 本庄 正司 幹事 鈴木 隆二 5月号特集担当 酒井 雅朗 | 三菱電機技報 73巻5号 (無断転載・複製を禁ず) 1999年5月22日 印刷 1999年5月25日 発行 |
| | 編集人 鈴木 新 発行人 鈴木 隆二 発行所 三菱電機エンジニアリング株式会社 ドキュメント事業部 〒105-0011 東京都港区芝公園2丁目4番1号 秀和芝パークビルA館9階 電話 (03) 3437局2692 印刷所 菱電印刷株式会社 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735円(本体700円) 送料別 |
| お問い合わせ先 giho@hon.melco.co.jp | |

スポットライト 太陽光発電システム

無尽蔵のきれいな太陽光エネルギーで発電ができれば、地球はどれほど元気になるでしょう。

先進各国による地球温暖化防止会議の取決めにより、日本は2010年までにCO₂を6%削減(1990年比)することを約束し、現在その具体策として、官民一体となって太陽光発電システムの導入促進が展開されています。

三菱電機では、全社を挙げて、地球温暖化防止、化学物質管理などの環境行動目標を策定し、積極的に環境問題に取り組んでいます。

'80年に太陽光発電の研究に着手し、実用化と普及に向けて様々な課題の解決を図ってきました。沖縄県宮古島では、'94年から独立運転を開始して、新城・皆福地区の250戸に電力を供給しています。また、宮崎県南郷町では“独立分散型トンネル照明システム”の研究開発、愛媛県西条市では“1,000kW級集中配置型太陽光発電システム”の研究開発委託を受け、大きな成果を上げています。こうした技術ノウハウは、現在、地方自治体の公共施設や学校などで実用化されています。

住宅用太陽光発電システムには'96年度から事業参入し、産業用と業務用を含めたすべての用途に対応できるとともに、'98年10月にはセル・モジュールの生産工場を建設し、本格的な量産を開始しました。これにより、太陽光発電システムのすべてのキーパーツを自前で生産することができ、21世紀に向けた“地球に優しいクリーンエネルギー”の生産・提案・販売体制が確立いたしました。

図1に住宅用太陽光発電システムの仕組みを示します。住宅用システムの採用に当たっては、政府の“住宅用太陽光発電導入基盤整備事業”によって施工費用を含めた取得金額の約1/3を補助金として受けることができます。

産業用と業務用についても“産業等用太陽光発電フィールドテスト事業”など幾つかの補助事業制度が設けられています。



図1. 住宅用太陽光発電システムの仕組み

図2に示すように、電力会社の電力系統と連系することにより、太陽光発電電力を負荷に供給するとともに、余剰電力は電力会社に売電することができます。

図3は新設した太陽光発電システム工場で生産した業界一の薄型モジュールで、太陽電池セル40枚を接続して構成されており、このセルに光が当たると電流が流れ発電されます。

図4はパワーコンディショナと呼ばれるもので、モジュールで発電された直流電力を交流電力に変換するとともに、電力を安定して供給するため電力会社系統との電力授受の調整(系統連系機能)を行います。三菱パワーコンディショナは業界一の変換効率を持ち、'97年度の新エネルギー財団が主催した“新エネバンガード21”の会長賞を受賞しています。

図5は住宅用システムの設置例です。

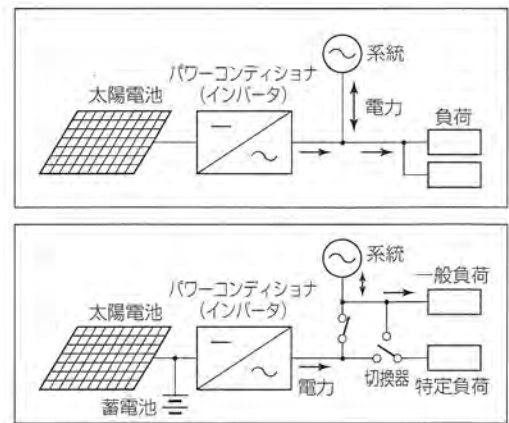


図2. システム構成



図3. 太陽電池モジュール



図4. パワーコンディショナ



図5. 住宅に設置した太陽光発電システム