昭和40年6月3日　第三種郵便物認可　平成15年7月10日発行（毎月1回10日発行）富士時報　第76巻　第7号（通巻第820号）　ISSN 0367-3332

e-Front runners

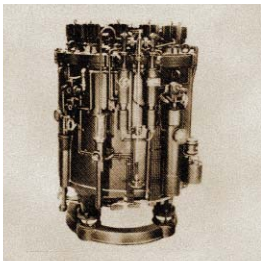
富士時報

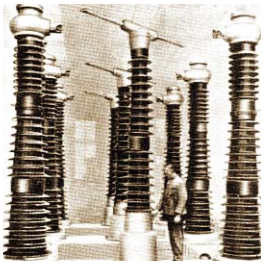
FUJI ELECTRIC JOURNAL

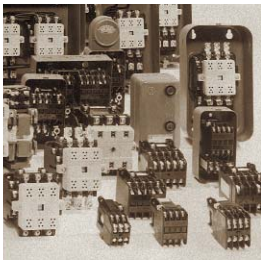
7

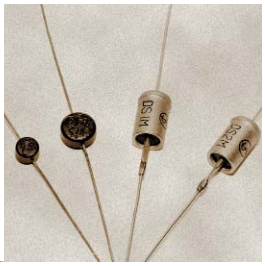
2003 VOL.76

受け継がれ続ける「物づくり」の遺伝子
（創立80周年記念特集）









FUJI ELECTRIC 富士電機

富士時報
FUJI ELECTRIC JOURNAL

受け継がれ続ける「物づくり」の遺伝子
（創立80周年記念特集）

目　次

巻頭言 366（2）
沢　邦彦

富士電機の技術開発の方向 368（4）
原嶋　孝一

安全・安心・快適で社会に貢献 369（5）
伊藤　晴夫

基幹事業としての役割と明日への飛躍 370（6）
堀　重明

高品質の追求を通した顧客満足 371（7）
Quality is our message
高井　明

快適商空間の創造事業へ 372（8）
吉増　晟

パワーエレクトロニクスの革新技術 373（9）
海田　英俊

No.1を目指す汎用インバータ 377（13）
山添　勝

高性能・高機能を目指すパワー半導体 382（18）
重兼　寿夫

電子機器の小型化・低消費電力化に貢献する電源IC技術 387（23）
黒田　栄寿

安全でおいしい水づくりへのソリューション 392（28）
星川　寛

表紙写真

富士電機は，1923年（大正12年）の創業以来，今日まで80年間，電気機器メーカーとして技術，製品，サービスを通して社会に貢献してきた。創立以来身につけた物づくり，誠実で勤勉な姿勢は脈々と受け継がれている。

表紙写真は，創業当時の本社社屋とともに整流機器，大型遮断器などの過去を象徴した旧製品と，自動販売機，ディジタルカメラ向け電源ICなど現在の代表的製品，将来に向けての新製品である燃料電池を示し，また中央部において物づくりの遺伝子が脈々と受け継がれていることをイメージ的に表現した。

お知らせ

『富士時報』は誌面の充実を目指し，本年9月発行号（Vol.76 No.9）以降，隔月（奇数月）発行に変わります。また，はなはだ勝手ながらVol.76 No.9から定価を735円（本体価格700円＋税）に改定させていただきます。

今後とも『富士時報』創刊時の「広く技術成果を世間に公表し，もって社会経済，文化の発展に資する」という精神を堅持し，発行していきます。引き続きご愛読くださいますようお願い申し上げます。

7
2003 VOL.76

燃料電池の最先端技術 397（33）
瀬谷　彰利

フィルム基板太陽電池の特徴と展望 401（37）
鴨下　友義

富士電機グループの環境への取組み 405（41）
辻　正教

色変換方式による有機 EL ディスプレイ 409（45）
桜井　建弥

21 世紀の外部メモリを担う磁気記録媒体 415（51）
大月　章弘

安全で快適な社会を守るセンサ技術 421（57）
北出雄二郎

世界市場を目指す低圧開閉機器 425（61）
井出　安俊

IT で進化する設備機器の監視保守システム 429（65）
渡辺　哲仁

商空間創造に貢献する自動販売機の IT 活用 434（70）
高田　正実

新製品投入期間を短縮する「デジタルファクトリーソリューション」 439（75）
松浦　由武

多様な顧客ニーズを実現するプラントサービス ――プラントサービスの新たな提案―― 443（79）
吉田　清

80th anniversary

巻頭言

沢　　邦彦（さわ　くにひこ）
取締役社長

富士電機(株)は，1923年（大正12年）に古河電気工業(株)とドイツのシーメンス(株)の合弁会社として設立された。爾来，今日まで80年にわたって，富士電機の技術，製品，サービスに対するお客様の温かい評価と励ましをいただきながら，私共自身もまた，私共の企業活動そのものを通して，また，技術，製品，サービスを通して社会に貢献することを目指して努力を続けてきた。

そもそも富士電機は，シーメンスの技術を手本として育った。日本とドイツは，共に工業原材料資源に乏しいが，国民は総じて高い教育水準と優れた勤勉性を持ち，また，第二次世界大戦では，国土を焦土と化して敗れ，国民は飢餓の中から立ち上がり，見事に経済大国への復興を果たしたという共通点を持つ。最少の材料で，知恵と工夫によって最大の機能をもたらすドイツ技術，常に最高の効率を追求するドイツ技術は，同じく少資源国である日本にとっても最も適ったものであった。さらに，ドイツ人特有の理詰めの思考とマイスターたちによって受け継がれ，磨かれた技能を手本として培われた富士電機の技術と技能は，米国技術の流れを汲む他社にはない独特のものとして市場に歓迎された。この知恵と工夫に満ち，練達した技能に裏付けられた技術こそが，当社の技術をして「確かな技術」と世間に言わしめ，自らをして「常に第一人者たれ」のモットーを掲げしめたと言っても過言ではない。

富士電機は，現在，火力発電，水力発電およびエネルギーマネジメントの分野を除いてシーメンスとの関係を持たないが，創立以来身につけた省資源，省エネルギー型の「物づくり」，そして「誠実で勤勉な姿勢」は脈々と受け継がれており，この，今の時代に最も求められているものを私達は遺伝子として持ち続けているのだということを，創立80周年のこの機会に従業員に再認識して欲しいし，また，お客様をはじめ，社会の皆様にも改めて知っていただきたいと思っている。

富士電機グループでは，昨年，グループシンボルマークとしてFe，グループステートメントとして*e-Front runners*を定めたが，グループシンボルマークの「F」はFujiの頭文字で，創業以来培ってきた技術力や信頼，勤勉で誠実な社風を今後も大切に，より一層高めていく信念が込められている。「e」は，基盤技術であるelectricの頭文字であると同時に，地球環境（environment）と調和しながら，豊かな社会づくり（enrichment）のために，たゆまぬ進化（evolution）を続ける決意を表している。グループステートメントは，従業員の一人ひとりがそれぞれの持ち場において，「e」に託した価値の最前線を走る「先導者」であり続けることの誓いである。そして，それを具現するのに欠かせないのが上述の「私達の持つ遺伝子」なのである。

私達は，創立80周年の記念イベントとして種々企画しているが，特に，「富士電機グループ総合技術展」と本誌『富士時報』の「創立80周年記念特集」を通して，富士電機の技術に共通して在る遺伝子にご着目いただければ幸いである。

富士電機グループのコーポレートガバナンス体制

富士電機グループは，純粋持株会社制への移行によって監督機能と事業の執行機能を分離することで，執行権限と責任を明確化した経営体制に変更します。これにより，グループ経営の強化および事業会社の自己責任経営とスピード経営を実現します。

1. 監査役会設置型の企業統治体制

2002 年の商法改正により，大企業の企業統治方式として，従来の監査役会設置型に加え，委員会設置会社方式を選択することが認められました。当社では，持株会社制におけるコーポレートガバナンスの基本は，持株会社化自体が監督と執行を分離するとの基本的見解から，従来方式である監査役会設置型とします。

しかし，委員会方式と同様に，取締役の任期は持株会社，事業会社とも２年から１年に変更します。また，取締役は極力少数としますが，社外取締役を２人から３人に増員し，法改正の趣旨である「社会により開かれた会社」を目指します。

2. 持株会社と事業会社の責任と権限の明確化

持株会社取締役，事業会社取締役は相互に兼務しません。

3. 事業会社に対する持株会社の監査機能確保

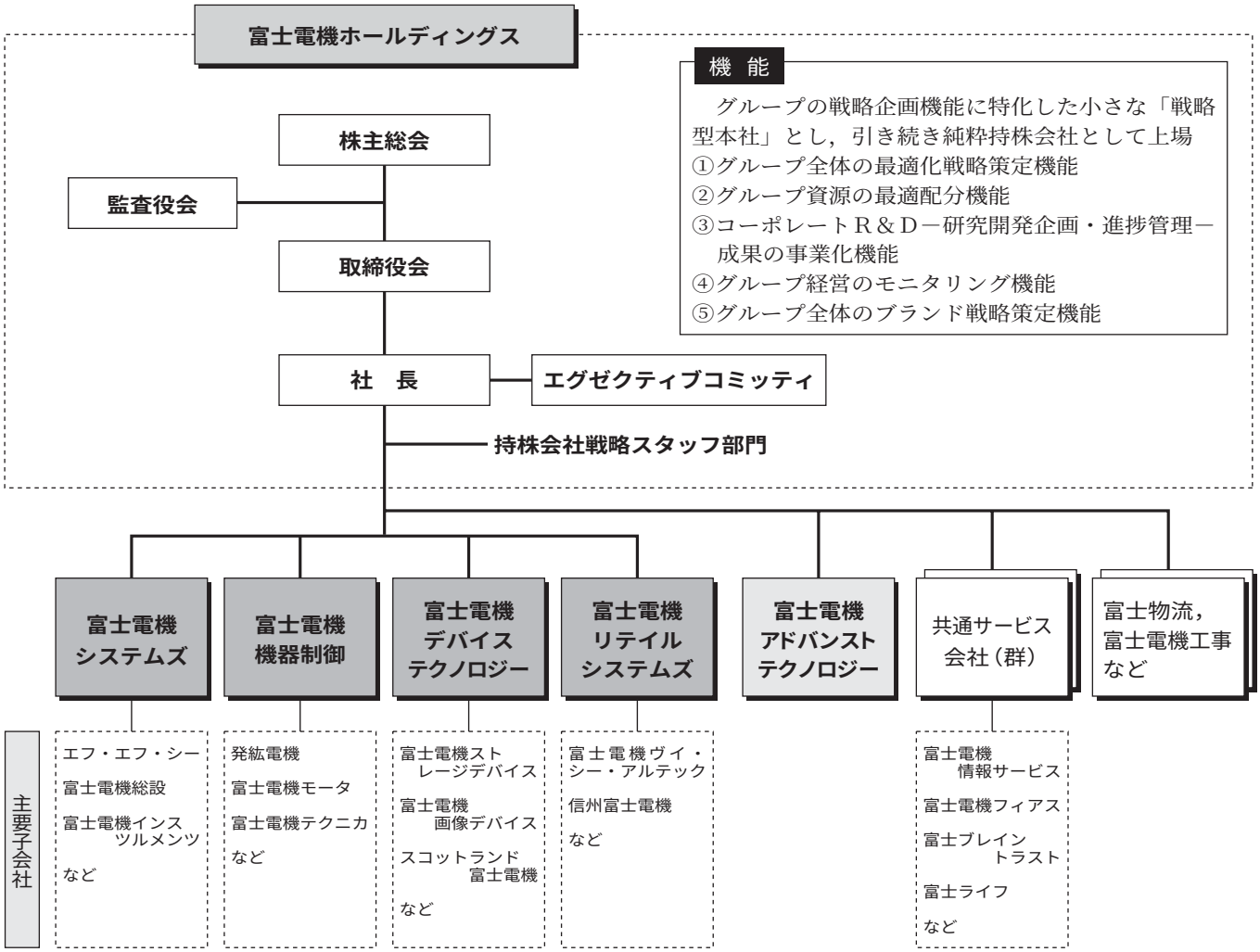
持株会社の常勤監査役を各事業会社の非常勤監査役に任命します。

4. 最高経営責任者（CEO）の諮問機関設置

持株会社社長の諮問機関として「エグゼクティブコミッティ」を設置し，グループ全体の経営戦略・経営方針，グループシナジーの最適化やグループ求心力の強化について審議します。

メンバー：持株会社の会長を除く社内取締役，各事業会社社長，持株会社戦略スタッフ部門長

純粋持株会社制下のグループ経営体制（2003年10月1日付）



〈注〉富士電機リテイルシステムズは2003年4月1日付で発足済

富士電機の技術開発の方向

原嶋　孝一（はらしま　こういち）
執行役員常務
技術企画室長

富士電機は1923年（大正12年）の創業以来，電気機器メーカーとしての歩みを続け，電機業界での確固たる地位を築いてきた。2000年に経営ビジョン「S21プラン」を打ち出し，環境，情報，サービス，コンポーネントを柱に業界最強の専業を目指すことを目標に掲げてきた。今年は創立80周年という区切りにあたり，新たな富士電機の出発の年となる。研究開発に関しても選択と集中を図り，独自のコア技術を核に差別化された製品開発を進め社会に貢献していく所存である。以下にその中でも特徴あるコア技術の幾つかを紹介し，富士電機の技術開発の方向を示す。

環境分野では，有機廃棄物資源化プラントの開発を進めている。この技術は，従来，廃棄物として焼却処理されていた生ごみをメタン発酵させ減容すると同時に，発生したメタンで発電を行いエネルギー消費というマイナスを発電というプラスに変えるという特徴があり，エネルギー資源の少ない日本にとって，有望なバイオガス発電につながる技術である。富士電機はこれまで上下水処理で水の浄化にバイオ技術を使ってきたが，この技術の将来に向けた発展形になるものと位置づけている。

情報分野では，これまで富士電機が培ってきた製造業固有の業務ノウハウ，製造プロセス制御技術とオープン化し急速に進化する情報技術の融合を最適化し，顧客満足度の高い製品開発のみならず，プラントの運転・保守を効率よく行い，ライフサイクルコストの削減を図るサービスソリューションの取組みも進めている。製造拠点の海外移転にも対応できるグローバルな視点での取組みが重要になるものと考えている。

低圧遮断器，電磁開閉制御機器については，国内市場ばかりでなく，中国を中心とした海外市場での展開がますます重要になってきており，こうした動きに対しては，IEC対応，環境対応などグローバル化を加速して進めるとともに，アーク現象解析技術，電気・機械系の連成解析技術の高度化を推進し，最適設計技術の向上による製品競争力の強化を目指す。

半導体分野については，パワー半導体のキーデバイスであるIGBT，MOSFETを中心に独自のトレンチ技術のブラッシュアップにより世界最高レベルの低オン抵抗化とスマート化による高機能化を目指している。また，パワーエレクトロニクス装置の革新をもたらす電力直接変換技術を実現する逆阻止IGBTの開発に成功しており，早期製品化を図っていく。さらに，携帯用機器でのエネルギーマネジメントに重要な役割を果たしている電源ICについては，極小インダクタとICを一体化したマイクロ電源により小型化を図っていく。

パワーエレクトロニクス装置に関しては，富士電機独自のパワー半導体技術とのシナジーとともに，電気・熱の連成解析技術の高度化により小型化，高性能化を図っていく。EMCに関しては，回路技術，電磁界解析技術の開発により一層の低ノイズ化を進めていく。

自動販売機については，省エネルギー，高機能化による差別化を一層進め，リーディングカンパニーとしての地歩を強固なものにしていく。また，決済機器としての非接触ICカード機器については，無線技術，セキュリティ技術の開発により差別化を進めていく。

次の事業の柱となる技術については，有機発光パネルで色変換方式の利点を生かし，高発光効率，高精細度の開発を加速し自動車パネル，携帯機器向けパネルの製品化を進めていく。太陽電池はアモルファス太陽電池による軽量化を特徴にした製品の量産化を図っていく。燃料電池については，りん酸形燃料電池で世界最高の寿命6万時間の開発を進めるとともに，バイオガス発電に対応したシステムへの適用を図っていく。固体高分子形燃料電池は長寿命化，小型化の開発により定置形発電用途への製品開発を目指す。

継続的な高成長が望めない経済状況で，今後の製品に求められる最も重要なコンセプトは，高機能，低価格は当たり前のこととして，高信頼性がある。信頼性は高い技術力に裏付けされてはじめて成し遂げられることは言うまでもない。富士電機イコール技術力をブランドにすべく研究開発に邁進していく所存である。

安全・安心・快適で社会に貢献

伊藤　晴夫（いとう　はるお）
執行役員専務
電機システムカンパニー プレジデント

電機システムカンパニーは，80年間蓄積してきた発電技術，駆動技術，制御技術，センサ技術に加え，プラント・システムを構築する現場に強いエンジニアリング力を経営基盤として，「環境」「情報」「エネルギー」「サービス」に注力している。

「環境」分野は水処理とリサイクルを中核とし，コンサルティングから建設・サービスまでを事業範囲として，電機製品はもとより電機メーカーの域を超えた機械プラントや水質検査までを含めたソリューションを提供している。

「情報」分野は社会インフラストラクチャー（インフラ）や産業向けにG2B，B2Bのビジネスを展開し，情報技術・制御技術・センサ技術を融合した特色あるシステムでソリューション事業を行っている。

「エネルギー」分野は技術面で評価の高い地熱発電や立型バルブ水車などを持つ発電事業と，将来普及拡大が期待できる太陽光・風力・マイクロ水車などのクリーンエネルギー事業を展開している。

「サービス」分野は全事業分野でサービスを加えた新しいビジネスモデルを提案し，ユーザーの要望に応えるソリューションを提供する。産業分野（とりわけ素材産業や組立産業）と交通など社会インフラ分野で多くのプラント・システムが現在も稼動している。この設備の顧客価値向上のために，新しいサービスやリニューアルメニューなど付加価値の高いソリューションサービスに力を入れている。

この四分野の競争力は新しい技術の確立と商品開発力にあると考え，R＆Dを経営の最重点課題とし取り組んでいる。次に幾つかの取組み内容を紹介する。

事業に共通したコアコンピタンスはパワーエレクトロニクス技術・制御技術・センサ技術であり，パワーエレクトロニクス技術は高圧・大電流のIGBT素子の生産を強みとする各種応用製品を供給している。新幹線車両駆動用装置や大容量UPS（安定化電源装置），アルミ電解用整流設備，大型回転機制御用インバータなどは社会インフラや産業分野向け中核機種として重要な役割を果たしている。

制御技術はパワーエレクトロニクス装置ユニットのDDCから広域の電力系統制御システムまで幅広い制御技術を開発し，コンポーネントからシステムまで当社の基盤技術として生きている。例えば早くからプラント運転用にファジィ制御を応用したり，ニューロや各種シミュレーション技術を利用した制御パッケージやアルゴリズムを提供してきたことで，当社の特色ある技術として認知されている。

センサ技術は現在主力事業に育っている工業計器（圧力・流量測定器や赤外線分析計など），放射線関連機器，電力量計（WHM）関連機器について最新製品の開発に取り組んでいる。さらにバイオセンサやMEMS応用の医療検査用チップの開発で次世代の事業にもチャレンジしている。

以上の共通基盤技術に加え，今後伸ばすべき事業の中核となる機種として以下の開発を推進中である。

環境分野向けのバイオマス発電は，当社が先駆けとなって開発してきたりん酸形燃料電池を主装置とし，加えてゼロエミッション化の技術であるメタン発酵システムを開発することでクリーンエネルギープラントを完成させ，社会に貢献できるものと考えている。また，水処理分野は上下水道と産業向け水処理を含めた「水」のトータルソリューションを実現させるため，ノリット社（オランダ）の膜処理技術を導入し，当社のプロセス技術を加えた高度膜処理プラントの開発を進めている。

情報分野は，e-Japan計画向けの自治体用文書管理システムなど，グループウェア技術の実績をふまえたキラー商品を市場に出してきた。情報システムは，基幹系システム（ERP，SCMなど）と生産系制御システム（FA，DCSなど）および現場系システム（ロボット，アクチュエータ，パワーエレクトロニクス機器など）を垂直統合したシステムであり，大規模システムから小規模まで幅広い品ぞろえで特徴を出す。さらに生産設計の高品質化と期間短縮を狙いとして，ナレッジ工学を応用し蓄積されたナレッジを活用して生産設備の最適化ラインの構築を支援できる「デジタルファクトリー」の各種システムやパッケージを開発している。

われわれは，技術開発をベースとしお客様のニーズに応える各種ソリューションを提供し，安全・安心・快適で社会に貢献していく所存である。

基幹事業としての役割と明日への飛躍

堀　　重明（ほり　しげあき）
執行役員上席常務
機器・制御カンパニー　プレジデント

富士電機は2003年9月の誕生日に満80歳を迎える。この間多くの先輩諸氏が，それぞれの時代と産業レベルを背景にした熱い思いを胸に，技術革新や新製品の開発，販売網の拡充，顧客満足度とブランド力の向上などに懸命の努力を重ねてこられた。これら諸先輩のご尽力と富士電機ブランドの製品を長きにわたってご愛用いただいたお客様あっての機器・制御カンパニーであることを肝に銘じ，このことに深く感謝申し上げる次第である。また，事業の持続的成長と発展を目指す今日の私達は，将来このビジネスにかかわる人たちに対しても，前述の意味において大きな責任を担っていることを忘れてはならない。

富士電機は，2003年10月1日をもって持株会社制へと移行する。歴史上の大転換期であるということを念頭に「私達のカンパニーは富士電機の基幹事業会社として将来どうあるべきか」を追求してきた。そして特にカンパニー運営については，将来の事業を大きく開花させるために以下の5点について重点的に取り組んでいきたいと考えている。

1. 恒常的高収益体質の構築

私達の部門は，「パワーエレクトロニクス，配電・制御，駆動系の事業分野で使用されるコンポーネントとその組合せによる中小システムを世界最高の品質，性能，サービスで提供することにより，顧客満足度の向上と顧客側の価値増大に貢献する」ことを目指している。つまり私達の部門は，これからの富士電機の基幹事業として会社に貢献すると同時に，社会に貢献するという大きな役割を担っている。デフレ経済下で先行き不透明な経済環境の中にあっても，市況や物量の動向に左右されることなく恒常的に利益の出せる体質づくりに邁進する所存である。

2. 攻めの営業による物量拡大と中国市場への展開

私達の営業活動の基本は，汎用電機製品の一つ一つをルートセールスとして販売していくのが主流である。そうした地道な営業活動を通じて顧客の信頼を維持拡大していくことが肝要である。しかし，変化の激しい今日の市場環境下でのメーカー営業としては，単品製品の機種営業に加えて，技術統括部隊がこれまでに蓄積保有している高度なシステム技術力を縦横に駆使したコンサルテーション営業の展開を一人一人の営業マンが実行しなければ物量拡大の実現は有り得ない。顧客と直にインタラクティブなやりとりを行い，顧客に最適ソリューションを提案できるプロフェッショナル営業軍団への転身を図るとともに，特に潜在的な市場ニーズがあり，高い経済成長を示している中国市場に照準をあてた販売戦略を実施していく。

3. 世界戦略製品の開発促進

私達の部門は日本国内のみならず，海外のトップメーカーとの熾烈な技術競争やシェア争奪戦に勝ち抜くことを視野に入れ，海外売上比率を30％以上に高めることを目指していく。これを実現するために要素技術の一層のブラッシュアップと新製品開発に総力を挙げて取り組み，世界市場を常に念頭に置いたグローバル戦略を着実に推進していく考えである。

4. アライアンスによる事業効率化推進

単独での事業展開にとどまらず，他社とのアライアンスを積極的に展開し，物量効果による生産性の向上，開発・製造コストの低減ならびに製品の相互補完を推進するなど効率的な事業運営を行っていく。

5. QCM活動の定着とロスコストの撲滅

大変厳しい昨今の経営環境の中で利益創出を図るには，品質レベルをさらに高め，ロスコストを極力低減していく必要がある。品質低下をもたらす失敗の原因をQCM（Quality Chain Management）活動により徹底分析し，人的要因と組織体的要因に分離してそれぞれ歯止めを掛ける。ロスコストの“削減”さらには“半減”と進み，今まさに“撲滅”を目標にする時代を迎えている。

以上5点を重点目標として取り組んでいくが，要はわれわれ自身が自分の仕事だけを考えるのではなく，仕事の流れ全体を見渡し，一連の流れを“より効率的に”“より迅速に”そして“より正確に”実行するにはどうすれば良いかを常に真剣に考えていくことによって，競争力のある“最強の専業メーカー”の実現を目指すのである。

高品質の追求を通した顧客満足
Quality is our message

高井　　明（たかい　あきら）
執行役員上席常務
電子カンパニー プレジデント

電子カンパニーの事業セグメントは，半導体，ディスク媒体，感光体で構成されている。これらの製品はいずれも技術革新のスピードが速く，技術開発，製品開発，製造，品質保証，販売，アフターサービスのビジネスプロセスを通して，高品質の製品を提供する技術に支えられた事業として運営している。電子カンパニーの事業目標は，

○上記の事業それぞれがグローバルトップの専業メーカーとなることを目指す。

○高品質の製品を提供することを通して，質の高い業績を上げることを事業目標とする。

であり，“ ***Quality is our message*** ”の合言葉で表現し，事業を推進している。

富士電機の IC は高耐圧技術，高精度 CMOS 技術，アナログ技術，およびこれらを制御するためのディジタル技術をコア技術とし電源 IC や FPD（フラットパネルディスプレイ）用ドライバ IC などを中心に製品展開を図っている。電源 IC の製品コンセプトは低消費電力化，高精度化，小型化，複合化であり，CMOS アナログ技術を核とした独自技術により顧客第一の視点で具現化すべく製品開発に取り組んでおり，携帯電話，PDA，ディジタル映像分野の携帯端末分野を対象としている。FPD 用としては，PDP（プラズマディスプレイ）ドライバ IC の製品化を進めており，中耐圧小電流のアドレス IC には C/DMOS 技術，高耐圧大電流のスキャン IC には SOI 基板を用いた製品化を行っている。カメラ市場は急速に銀塩フィルムカメラからディジタルカメラにシフトしているが，シャッタレリーズ時間の短縮を図ることの強みを出せるオートフォーカス IC によりディジタルカメラ市場のニーズに応えた製品を展開しつつある。

個別半導体では IGBT モジュール，パワー MOSFET，パワーダイオード製品を産業，自動車，情報，民生の 4 市場分野に絞り込んでワールドワイドに展開している。IGBT モジュールは産業用機器での省エネルギー化，小型化のニーズに応える技術を開発し製品展開している。FZ ウェーハ，ノンパンチスルー構造を実現するためにウェーハを薄くする技術，トレンチ形成による微細化などの技術でオン電圧の低減を図り，フィールドストップ構造の開発により薄ウェーハの第五世代「U シリーズ」を開発した。情報・民生機器用の電源分野では軽負荷時や待機時の消費電力の削減，小型，軽量，高効率な電源，デバイスが要求されており，用途に合わせた回路提案やスーパージャンクションデバイスの開発などを行っている。自動車分野では高機能 MOSFET，イグナイタ用インテリジェントパワーサプライ，圧力センサなど当社の特徴ある技術を用いた製品の提供に加えて，駆動用 IGBT モジュールの開発を行っている。

ディスク媒体は 3.5 インチのアルミを基板とした 80 ギガバイト/枚の製品を主体としておりパソコン，サーバ用が主な用途である。この技術はナノメートルレベルの加工精度を必要とし，高清浄度の環境での均質な制御を必要とする製造技術により高速回転に対応したノイズの少ない記録媒体が要求されている。記録密度の高密度化のスピードは非常に速く，研究開発段階ではすでに 1 平方インチあたり 150 ギガビットを実現しており，現在主流の長手記録方式から垂直記録方式への移行時期が近づきつつある，当社では酸化物グラニュラー技術によりこのレベルに到達し実用化を目指している。高密度化が進むことによりビット単価の低下が進み，ゲーム機やビデオレコーダ，カーナビゲーションシステムなどに急速に普及するものとみられるが，このような市場に合わせた小径ガラスディスク媒体にも取り組んでいる。

感光体事業では，ディジタル複合機に適合した高速応答，高耐刷性，高階調性の OPC（有機感光体），オゾンの発生が少なく，高解像度が期待される正帯電型 OPC などの新規 OPC 材料の開発や高精度アルミ素管加工技術などにより，幅広い市場の要求に合わせた新製品を開発している。小ロット，オンサイト印刷のニーズに合わせたオンデマンド印刷分野での電子写真方式の普及に着目し，この用途に合わせたカラープリンタ用 OPC を開発している。

技術を核にし，新製品で顧客満足度を高める高品質の事業をこれからも推進していく方針である。

快適商空間の創造事業へ

吉増　　晟（よします　あきら）
富士電機リテイルシステムズ(株)
取締役社長

富士電機リテイルシステムズ(株)は食品，通貨関連を中心とする流通分野において，ハードウェア，ソフトウェアそしてサービスを通してお客様に一番近いパートナーとしての総合システムプロバイダーを目指している。

＜富士電機リテイルシステムズ(株)の事業領域＞

当社の事業領域は，流通事業において快適商空間を創造する事業であり，大別すると，

○飲料食品メーカーには自動販売機を
○食品流通小売業にはコールドチェーン機器を
○一般小売業ならびに関連機材メーカーには通貨処理関連機器を

販売している。

そしてこれらの領域で活躍する業務用機材をアフターサービスやオーバホール，改造などを通してサポートし，地球環境の改善にも取り組んでいる。

おのおのの領域についてもう少し詳しく説明する。

まず，自動販売機の領域について述べると，自動販売機は液体，固体，粉体を，定量かつ正確に搬出できる技術の固まりである。さらには，金銭を選別して授受できる技術も兼ね備えたロボットと言える。これらの技術は飲料，食品の分野に限ることなく，物販という視点からとらえれば，さらに大きな事業領域が見えてくる。

次にコールドチェーンの領域は，単にショーケースや陳列棚を商うことから脱皮し，店舗全体の省エネルギーを促進する「エコマックス」システム，「エコロユニット」と名付けたユニット工法による店舗建築や内装にまで領域を広げつつある。

さらに通貨処理関連機器の領域は，流通小売業の精算カウンターをはじめ，多様化する電子マネー関連の精算システムにまで領域を広げつつある。

上記機材のアフターサービスをサポートしているシステムは10年前からスタートし，2002年末から二代目のシステムFYCSS IIを稼動させた。全国ネットのこのシステムを使って年間40万件以上のサービスコールをこなしている。このシステムを駆使して自動販売機業界のコールセンターはもとより，異業種のコールセンターにまで進出したいという夢を持っている。

＜製販一体での新たなスタート＞

2003年4月1日から，私達は製造と販売が一体化した富士電機リテイルシステムズ(株)としてスタートを切った。

製造部門には品質重視と価格対応力を，販売部門にはお客様を多面的にとらえた提案型の営業を，そして製販一体で従来のルールを打ちこわし，新しいやり方に挑戦してトータルでのコストダウンに取り組んでいく。

初年度は下記の点にフォーカスしていく。

○製品，部品在庫の圧縮
○ローテーションする主要部品の地域別修理体制の構築
○機種の統合と整理
○品質向上のための製販共働の取組み
○新しい事業への挑戦

最後に，

○2004年には紙幣の改札〈注1〉
○2005年には省エネルギートップランナー基準のクリア〈注2〉
○2010年には冷媒のノンフロン化〈注3〉

という課題も抱えているため，研究開発に注力し，解決を図りたい。

当社は，チャレンジ精神がみなぎったプロの集団として，お客様に一番近いパートナーとして信頼される会社を目指す所存である。

〈注1〉：紙幣の偽造防止対策が施された，1万円札，5,000円札，1,000円札の発行

〈注2〉：改正省エネルギー法で，省エネルギートップランナー方式が導入され，省エネルギー基準値が示されている。

〈注3〉：冷媒のノンフロンガスへの切替えによる地球温暖化防止策

パワーエレクトロニクスの革新技術

海田　英俊（うみだ　ひでとし）

1　まえがき

エネルギー源を確保しつつ，二酸化炭素（CO_2）削減による地球温暖化防止や環境保護などの課題を解決していくことが社会的に求められている。現代社会は電気エネルギーの利用をベースに構築されていることから，効率の高い電力源によるリスク分散や無駄のない適切な電気エネルギーの利用を実現していくことが必要となる。発電機制御や電車などの社会インフラストラクチャーから工場の設備，自動車，家庭電化製品，携帯電話の電源まで幅広く使用されているパワーエレクトロニクス技術は，世の中にとってなくてはならない技術であり，かつ非常に重要な役割を担っている。

本稿では，パワーエレクトロニクスを一つのコア技術として業界をリードする富士電機の取組みを紹介する。

2　パワーエレクトロニクスの課題

代表的なパワーエレクトロニクス機器をパワーデバイスごとにグルーピングしてマッピングしたものが**図1**である。IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）の高性能・大容量化の先駆的活動によって，UPS（Uninterruptible Power Systems）やインバータから大容量の無効電力補償装置，フリッカ補償装置のようなサイリスタ，GTO（Gate Turn Off thyristor）の領域まで IGBT 化し，低損失で高性能の機器を製品化してきた。さらに最近では高圧インバータに代表される中規模機器の高圧対応を進めている。**図2**は汎用インバータの装置体積の推移である。パワーデバイスの進歩によって損失が大きく改善されたことで，装置体積はモータとほぼ同等のレベルに到達している。また，情報関連機器や携帯機器の領域では，高速低損失 MOSFET（Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor）の適用が進み，小型高性能化が顕著である。

1990 年代に入りパワーエレクトロニクスの中心課題は，エンジンや機械系，あるいは発電機や電池の機能を等価的に置き換え，電子制御化して高性能を実現することであった。その過程で制御性能の向上や小型低価格化，LAN（Local Area Network）によるシステム化が進み，さまざまな分野に適用が拡大した。富士電機はこうした背景下，常に新デバイスの開発とそれに基づいたパワーエレクトロニクス機器を業界に先駆け開発・供給し続けてきた。

21 世紀に入りパワーエレクトロニクス機器の課題は高度情報化と省資源・環境調和の同時実現であり，社会的要請に応える新しいデバイス，新しいパワーエレクトロニクス機器の発信基地となるべく，富士電機では下記の技術目

図1　パワーデバイスとパワーエレクトロニクス機器群

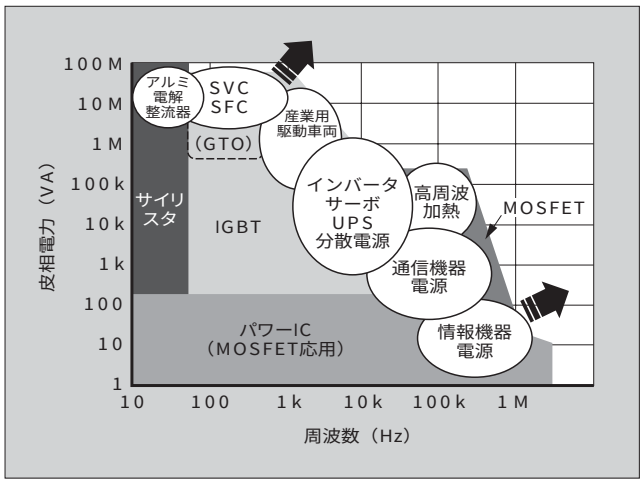
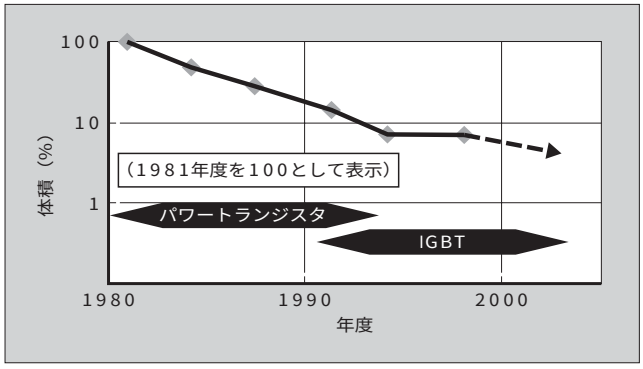


図2　汎用インバータの装置体積の推移



海田　英俊

マイクロプロセッサを応用したパワーエレクトロニクス技術の開発に従事。現在，（株）富士電機総合研究所エレクトロニクス技術研究所長。工学博士。

標に取り組んでいる。

(1)　新しいキーコンポーネントによる技術革新

(2)　新技術による小型低損失化

(3)　知能化への注力

3　新技術の動向

エネルギーの損失を抑えながら，最高度の性能を発揮させるための技術開発を進める中で，今までにない新しい技術を幾つか開発した。以下にその一部を紹介する。

3.1　新しいキーコンポーネントによる技術革新

パワーエレクトロニクスは新しいパワーデバイスが出現するたびに大きく飛躍してきた。富士電機では，今までにない新しいキーコンポーネントとして，逆阻止 IGBT を開発している。既存のパワーデバイスや回路との機能比較を**表１**に示す。既存のパワーデバイスは，**表１**のように逆方向の電圧や電流を印加しないようにするか，さもなければ還流ダイオード（表中の Di）を付加しなければならない。一部の GTO を除く一般の高速な自己消弧素子，すなわち GTO，パワートランジスタ，MOSFET，IGBT はすべて逆阻止能力を持っていないため，今まで逆阻止能力を要する回路方式が省みられることはなかった。しかも，既存のパワーデバイスを使用する従来の電力変換回路は，AC-DC ないし DC-DC 変換を複数段組み合わせて所望の機能を実現せざるを得ない制約があった。逆阻止 IGBT ではそのような制約がなく，今までにないさまざまな回路方式や直接変換による画期的な損失低減を期待できる。

直接変換の代表例であるマトリックスコンバータには双方向スイッチが使用される。これを従来は**図３**のような既存の IGBT とダイオードとの組合せで構成していた。これに対し，逆阻止 IGBT で双方向スイッチを実現するには２個逆並列接続するだけでよい。双方向スイッチ９組で構成する三相マトリックスコンバータを業界に先駆けて実証したのでその入出力波形例を**図４**に示す。任意の周波数，電圧の三相交流に直接変換するマトリックスコンバータの入力電流は良好な正弦波であり，しかも電圧降下は 1/2，損失は 2/3 に低減することが確認できた。このマトリックスコンバータの制御は，従来は複雑でインバータとは異なる技術が必要であるとされていた。そこでの課題を解決するために仮想 AC-DC-AC 変換方式を開発[(1), (2)]し，マトリックスコンバータのスイッチングパターンを整流器とインバータのスイッチングパターンから数学的に合成することで最新のインバータ制御技術を直接適用可能にしている（**図５**参照）。

表１　パワーデバイスの制御能力比較

素子/回路		電流制御能力 順方向	電流制御能力 逆方向
既存素子	GTO，パワートランジスタ，IGBT	開閉	禁止
既存素子	GTO（Di），パワートランジスタ（Di），MOSFET，IGBT	開閉	導通
逆阻止IGBT		開閉	阻止

3.2　新技術による小型低損失化

電気エネルギーを変換する装置に要求される条件は，高

図３　双方向スイッチの比較

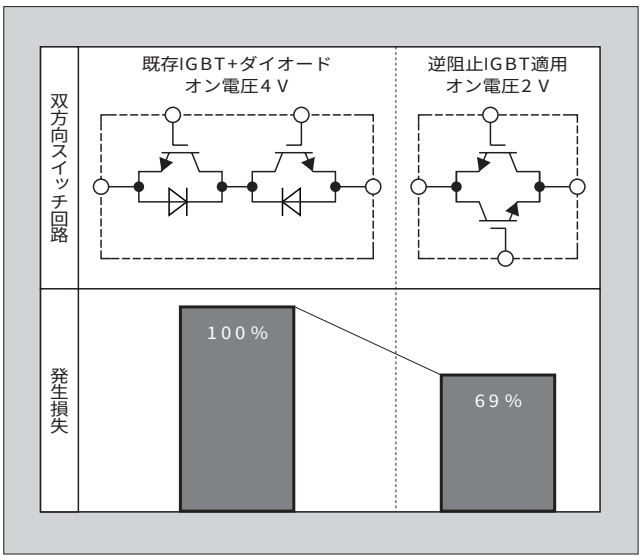


図４　マトリックスコンバータの構成と動作波形例

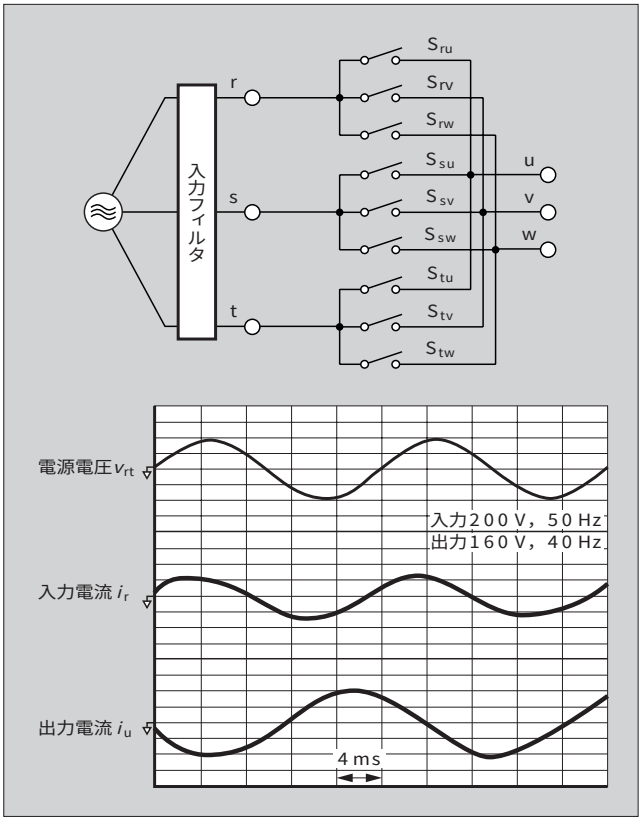
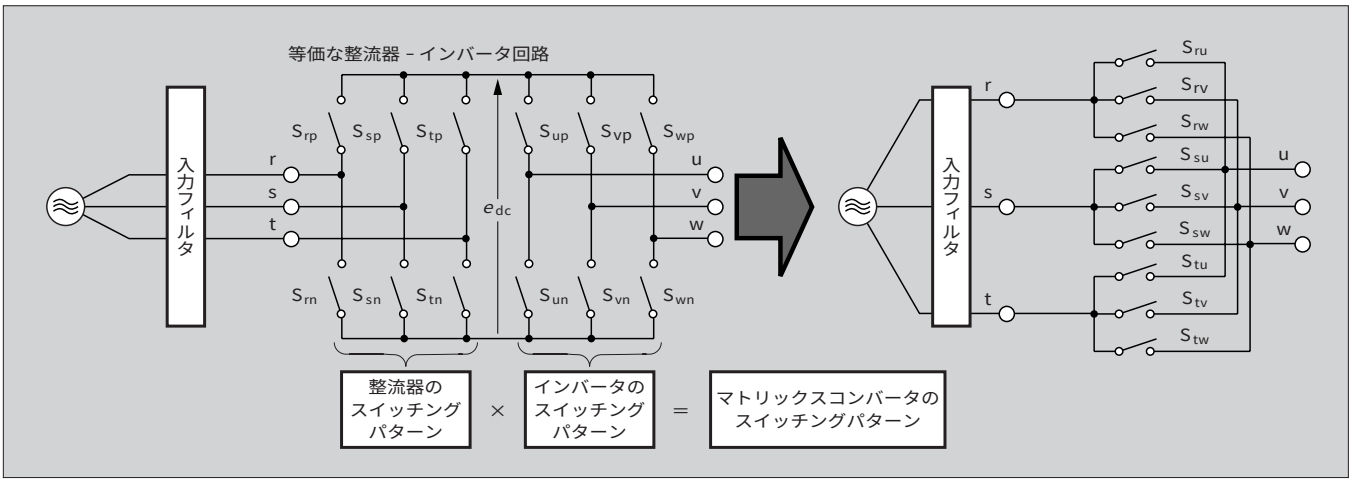


図５　仮想 AC-DC-AC 方式の原理



い制御性を有し，装置自体の損失が少ないことである。富士電機は高速制御や超高精度を実現する制御技術を保有しており，さらに既存技術の理論限界を打破する高性能・高効率を実現するべく変換回路技術の開発を鋭意進めている。ここでは効率が重視される電源技術について紹介する。

電源などに使われる AC-DC 変換回路は，従来はダイオード整流器が効率やノイズの面で最も有利とされていた。しかしダイオード整流器は高調波が多く発生する欠点があり，電源高調波規制に適合できない。そこで近年は力率改善回路が使われ始めているが，スイッチングによるノイズ，損失増大を伴う欠点があり，解決は急務となっている。

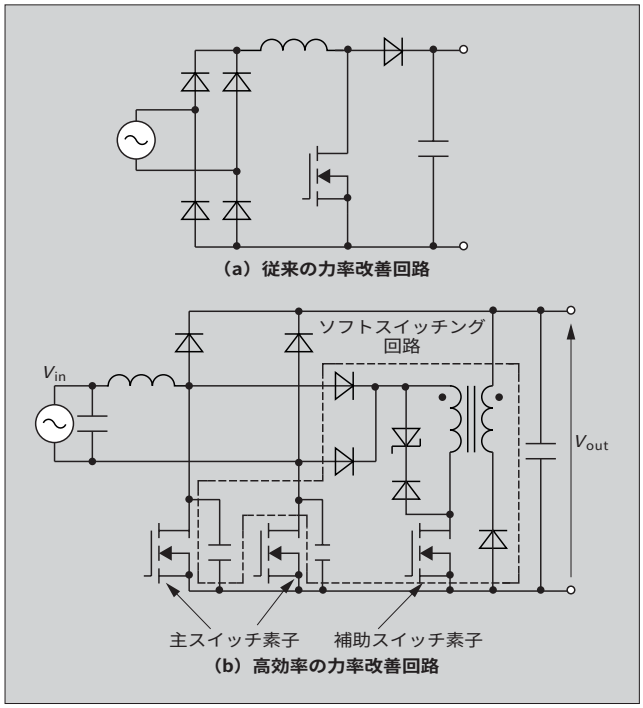
図６に単相力率改善回路の例を示す。**図６**(a)は一般的に使われている回路である。この回路の効率はおよそ 95 %どまりであり，約 5 %の損失の大半をダイオードの電圧降下損と MOSFET のスイッチング損が占めている。これらの損失を低減した例が**図６**(b)の高効率力率改善回路である。主スイッチの MOSFET の逆導通期間にゲートを順バイアスとして整流による損失を半減させる制御技術と，補助スイッチの MOSFET の働きで主スイッチのスイッチング損失をゼロにするソフトスイッチング技術を組み合わせることで，全損失は**図６**(a)の 1/2 に激減し，同時に低ノイズ化も実現している。MOSFET は低オン抵抗化が急速に進んでいることから，今後の飛躍的なオン抵抗の低減によって，ダイオード整流をしのぐ高効率化を期待できる。

次に，三相用力率改善回路例を**図７**に示す。提案方式は双方向スイッチ回路を巧みに応用することで，IGBT にかかる電圧を一般的に使われている三相 PWM コンバータの 1/2 にしている。これによって安価な低耐圧 IGBT を用いながらも，電源電圧 200 V と 400 V への対応を実現している。さらに，低圧化による損失半減の効果によって，装置体積半減（当社従来比），400 V 時における効率 97.4 %と業界トップクラスの成果を得ている。

3.3　知能化への注力

最近のパワーエレクトロニクス機器は，標準のネットワーク機能を搭載して情報化，システム化に対応している。

図６　単相力率改善回路



情報化が進んだ今日における次の課題は知能化であろう。オートチューニングのように特定のルールに基づく最適化は定型的な調整作業の自動化を実現しているが，高度な性能が要求される先端的用途では依然として熟練者の技が必要となっている。特に熟練者の判断に頼っている部分は処理の体系化が進まず，アルゴリズムになりにくい。そこで，これを解決する研究の一環として，数学的な手法やメタヒューリスティックな手法の応用技術を開発している。ここでは調整に関する自動化技術の例を紹介する。

未知の制御対象の構造の同定は，熟練者の判断能力に頼っている作業の一つである。この課題に対し，特異値分解法を応用した制御対象の同定例が**図８**である。制御対象の伝達関数の同定結果に伝達関数の次数を判定する処理を施すことで，構造を特定することが可能となっている。

制御対象の構造が決定されると，次に適切な制御の選択

図７　ワールドワイド対応三相力率改善回路

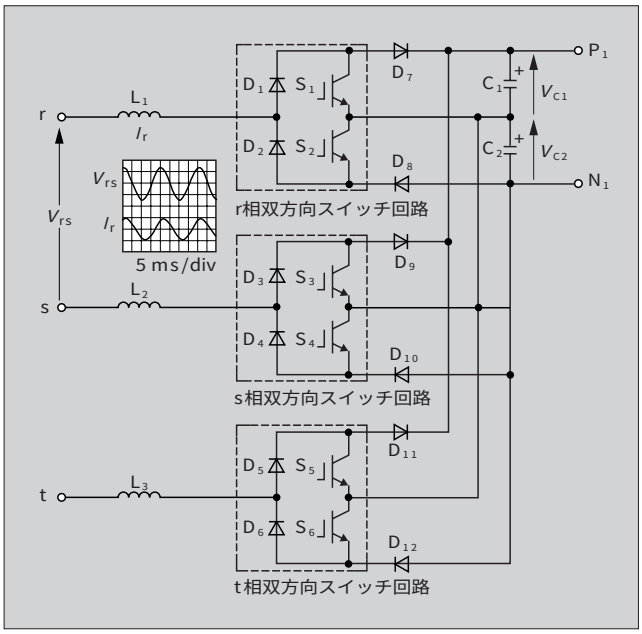
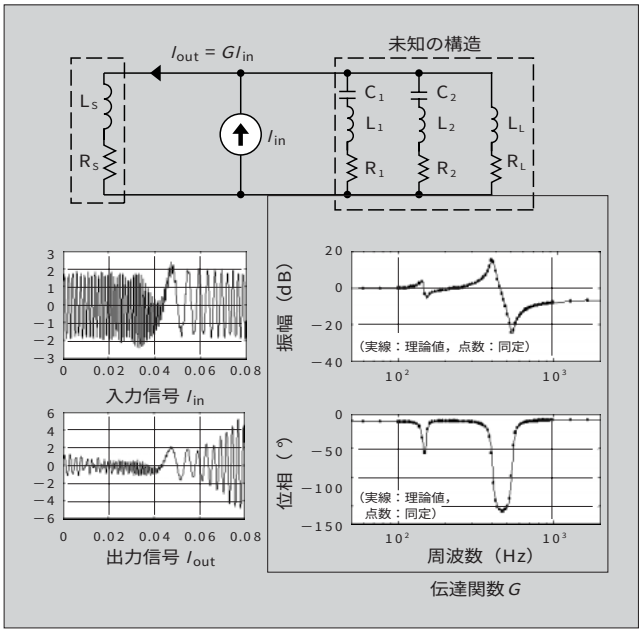


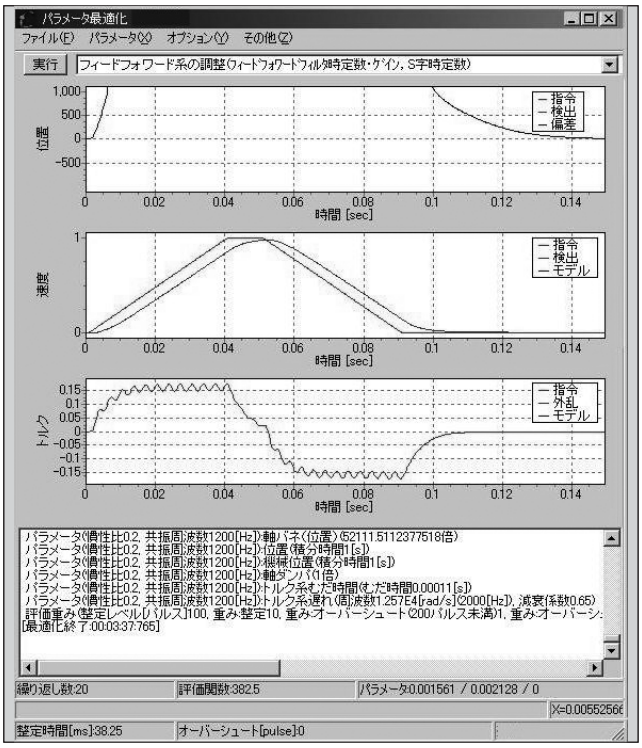
図８　特異値分解法に基づく制御対象の同定



と調整に入ることができる。ところが，実際の装置では多数の調整要素が複雑に絡み合っている。そこで，同時に一つか二つのパラメータしか調整できない人間の代わりに，メタヒューリスティックな手法の適用を試みている。**図９**は制御系の調整例である。この手法は多くのパラメータを同時に操作できるので，多くの試行回数を重ねることなく調整結果を得ることができる。

以上の研究はまだ熟練者の域には到達していないが，経験による判断方法の解明や新しい手法と組み合わせることによって，今まで熟練者に頼っていた作業をアルゴリズムに変換して自動化を進めることができると考えている。

図９　メタヒューリスティックな技法による自動調整



4　あとがき

パワーエレクトロニクス技術の概要と富士電機における革新技術の取組みの一部を紹介した。新しい課題への挑戦は緒についたばかりであるが，今後の取組みとして，インバータや UPS，燃料電池や太陽電池による分散電源といった富士電機が得意とする分野では，効率や性能で常に業界をリードする新技術の開発に注力し，環境と調和のとれた住みやすい社会の実現に向けて貢献する所存である。同時に，今までにない新たな応用技術の開拓や新分野への適用についても総合技術力を生かして積極的に推進し，パワーエレクトロニクスの先端を切り開きながら社会の発展に寄与していきたい。今後とも関係各位のご指導・ご支援をお願いする次第である。

参考文献

(1)　伊東淳一ほか．仮想 AC/DC/AC 変換によるマトリックスコンバータの PWM 発生法．平成 15 年電気学会全国大会講演論文集．vol.4, no.066, 2003, p.93-94.

(2)　佐藤以久也ほか．マトリックスコンバータの電圧利用率改善法．平成 15 年電気学会全国大会講演論文集．vol.4, no.067, 2003, p.95-96.

(3)　小高章弘ほか．マトリックスコンバータの素子発生損失とジャンクション温度のシミュレーション結果．平成 15 年電気学会全国大会講演論文集．vol.4, no.068, 2003, p.97-98.

(4)　松原邦夫ほか．ソフトスイッチング回路を適用した高効率力率力率改善回路．平成 15 年電気学会全国大会講演論文集．vol.4, no.054, 2003, p.73-74.

No.1 を目指す汎用インバータ

山添　　勝（やまぞえ　まさる）

1　まえがき

1977 年に富士電機は業界に先駆け汎用トランジスタインバータを開発・発売し，安価な標準モータの可変速運転の道を開いた。以来 27 年，常に業界のトップグループとして汎用インバータの技術革新に努め，汎用インバータを産業用途において不可欠な装置として確立させた。汎用インバータの進歩は小型化・高性能化・低価格化の歴史でもある。

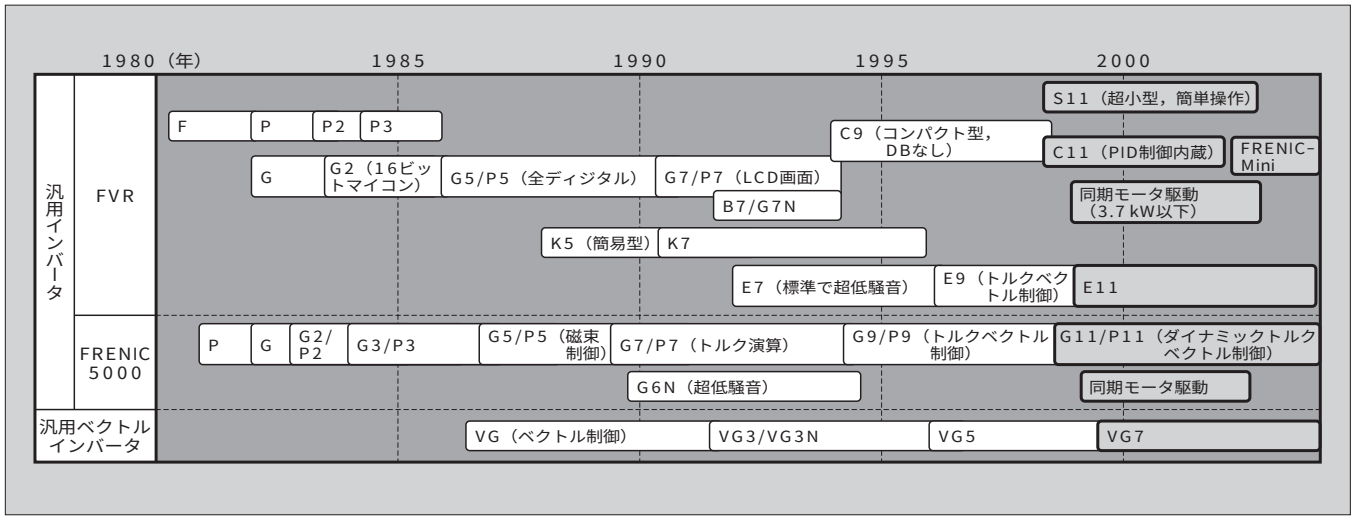
本稿では，富士汎用インバータの歩みを振り返るとともに今後汎用インバータに求められるであろう機能・性能，その要求に応える将来技術について述べ，今後の富士汎用インバータが目指すところについて紹介する。

2　富士汎用インバータの歩み

富士電機は 1977 年にバイポーラパワートランジスタ（BJT：Bipolar Junction Transistor）を使った汎用インバータを初めて世に送り出した。これはパワートランジスタの高耐圧化・大電流化の進展とともにその応用技術の進歩によるものである。以来，今日まで技術革新を行いながら汎用インバータは発展を続けてきた。

図 1 に富士汎用インバータの歩みを示す。1982 年には正弦波 PWM（Pulse Width Modulation）制御方式を採用した「FRENIC5000G シリーズ」「FVR-G シリーズ」を開発した。また，当初 200 V 電源系列だけであったが，1,000 V 耐圧のパワートランジスタが開発され，1982 年に 400 V 電源系列が商品化され基本的な機種系列がそろい，ここから現在の汎用インバータの歴史が始まったといえる。汎用インバータは簡単に標準モータを可変速運転できることから，各種木工機械，コンベヤおよび台車などの搬送機械，ファン・ポンプ，食品機械などの産業分野で急速に普及した。汎用インバータは特にファン・ポンプなどの二乗低減トルク負荷駆動において省エネルギー効果が高いことに着目し，ファン・ポンプ用に特化した「FRENIC5000P シリーズ」「FVR-P シリーズ」を相次いで開発・発売した。容量系列も初めは 70 kVA 程度であったが，1,200 V 耐圧 300 A のパワートランジスタが開発されたことで 280 kW モータを駆動できるところまで拡大した。1986 年には「FRENIC5000G5 シリーズ」「FVR-G5 シリーズ」を相次

図 1　富士汎用インバータの歩み



山添　　勝

汎用インバータの開発・設計に従事。現在，機器・制御カンパニーシステム機器事業部インバータ開発生産センター長。電気学会会員。

いで発売した。FRENIC5000G5 シリーズは磁束制御形 PWM 方式を採用してモータの回転トルク脈動を低減した。FVR-G5 シリーズではモータ制御だけでなく操作・設定もすべてディジタル化した全ディジタルインバータとして，7 セグメント LED（Light Emitting Diode）表示，キースイッチを持つタッチパネルを初めて採用し，インバータに必要な各種パラメータをディジタル値として表示・設定できるようになり多機能化と操作性の大幅な向上をもたらした。

1994 年に発売した「FRENIC5000G9 シリーズ」は汎用インバータに初めてベクトル制御の概念を取り入れ，大幅な性能向上を実現した。この後，「FVR-C9 シリーズ」といった業界最小インバータを発売し業界をリードするとともに，1998 年には現在の「FRENIC5000G11 シリーズ」を発売したが，その性能は初期のベクトルインバータをも凌駕（りょうが）するレベルに達している。2002 年には最新型の「FRENIC-Mini シリーズ」を発売し，高いコストパフォーマンスを実現している。

3　汎用インバータ技術の進歩

インバータ技術の進歩はパワーエレクトロニクス技術そのものの進歩である。インバータ技術は大きく分けて主回路技術，制御回路技術，モータ制御技術に分けることができる。

3.1　主回路技術

主回路技術はパワーデバイスの発達とともに進化してきた。BJT を使った三相ブリッジ構成のインバータを PWM 制御することで，小型で低価格な汎用インバータが実現した。BJT を適用していたときはパワーデバイスのスイッチング周波数であるキャリヤ周波数は数 kHz であり可聴領域のモータ音が発生し人間にとって耳障りであった。また，電流リプルも大きくモータでの損失も現在からみれば大きかった。これらの問題は，高速スイッチングが可能な IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）が開発され，1988 年ごろにこの IGBT を適用した汎用インバータが世の中に出始めて解決することができた。

富士電機では 1989 年に IGBT を適用した「FRENIC 5000G6N」を発売した。IGBT の適用によりキャリヤ周波数は 10 kHz 以上になり，耳障りなモータ音がなくなり，より人間に近い場所への設置も多くなり用途が広がった。以後，IGBT が汎用インバータのパワーデバイスとして使われ今日に至っている。一方，キャリヤ周波数が高くなったため BJT 適用時に比べて電磁ノイズが増え周辺機器に影響を与える，という新たな問題が発生し電磁ノイズ対策が汎用インバータの大きな課題の一つとなった。また，パワーデバイス損失も BJT のときに比べ増加し，結果としてプレス冷却フィンの開発などの冷却技術の進歩につながった。

図 2 に汎用インバータでの発生損失の傾向を示す。汎用インバータの発生損失の多くはパワーデバイスの損失であり，BJT から IGBT に代わったときに損失は大幅に増えた。これは IGBT の進化で次の世代ではほぼ BJT 相当まで減少した。また，第四世代 IGBT を適用した G11 では電磁ノイズの低減を行った結果，第三世代 IGBT を適用した G9 よりも発生損失が増えているが，第五世代 IGBT を適用する次世代インバータにおいては電磁ノイズ低減とともに発生損失の低減を両立させ大幅な改善を行う計画である。

富士電機では小容量インバータの小型化・低コスト化のために，インバータ専用パワーモジュールを独自に開発してきた。インバータの主回路端子台をパワーモジュールと一体化することで回路を簡素化し小型化・低コスト化を図ってきた。インバータ専用パワーモジュールには独自に開発した金属基板を適用することにより，小型化されたパワーモジュールの冷却を容易にした。

図２　汎用インバータでの発生損失

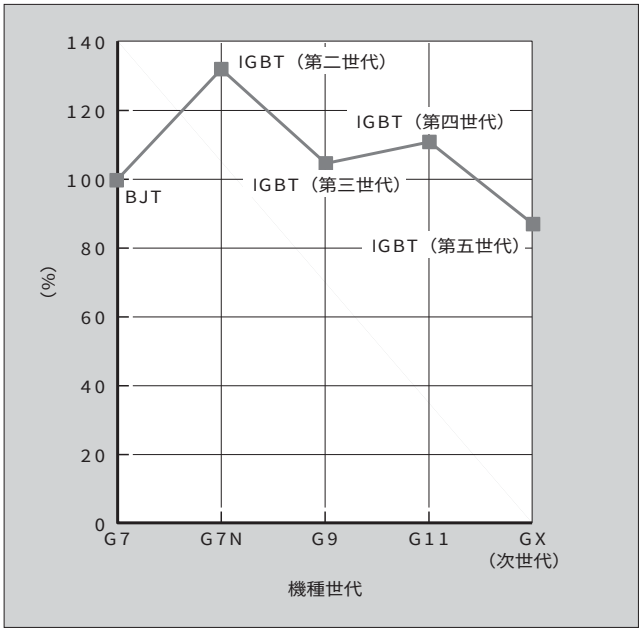


図３　CPU の能力の変遷

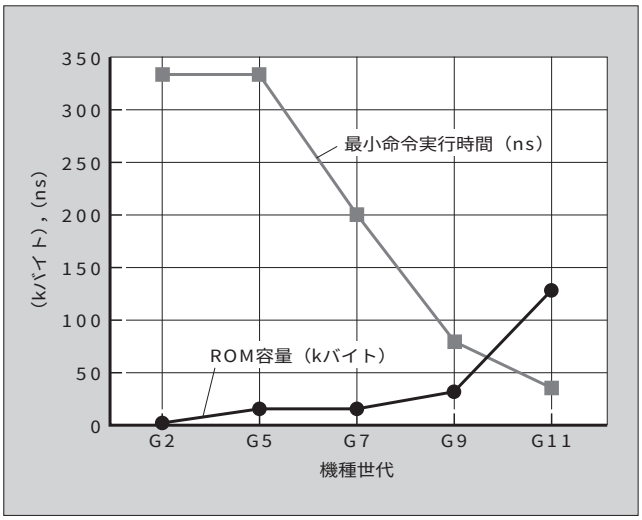
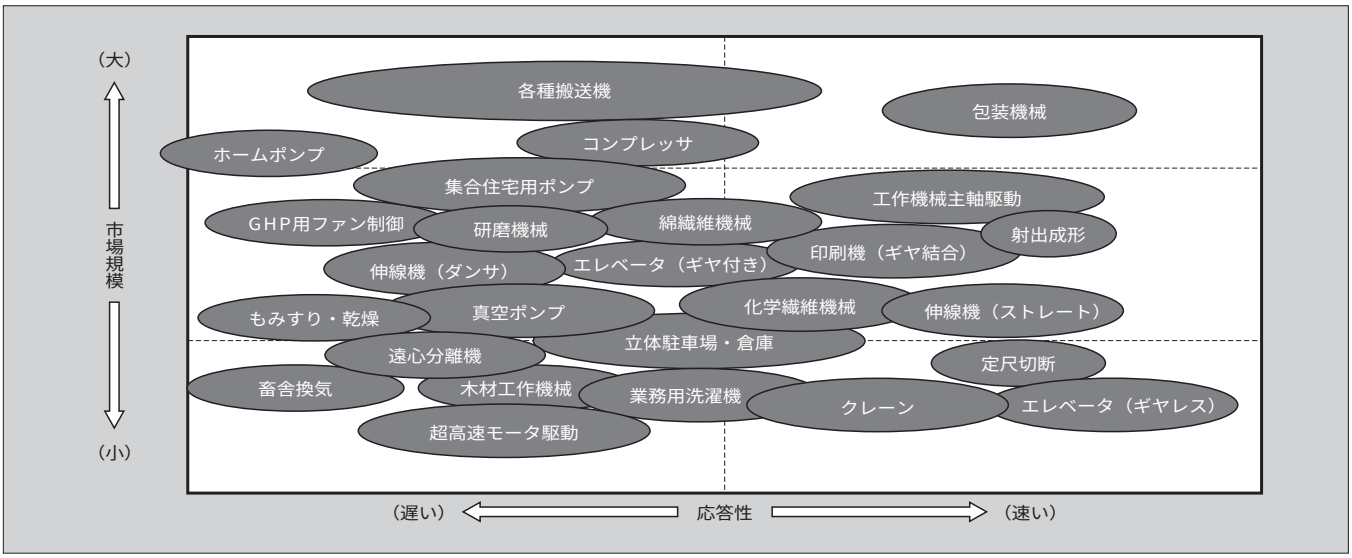


図４　汎用インバータのアプリケーション例



3.2　制御回路技術

制御回路技術での進歩はアナログ回路方式からディジタル回路方式に変わったことが最も大きな変革である。特に富士電機は 1986 年に業界に先駆けて 16 ビット CPU（Central Processing Unit）を使った全ディジタル制御方式を採用し，現在の汎用インバータの原型を作った。汎用インバータの高性能化・多機能化は，CPU の進歩なくしては実現できない。

図３に汎用インバータに使われてきた CPU の能力の変遷を示す。演算処理速度で約 10 倍，プログラム容量で約 30 倍の能力になりインバータの高性能化・多機能化が実現できている。また，大規模 LSI（Large Scale Integrated Circuit）を採用したハードウェアとソフトウェアの適切なバランスを考えた制御回路構成が特徴である。

3.3　モータ制御技術

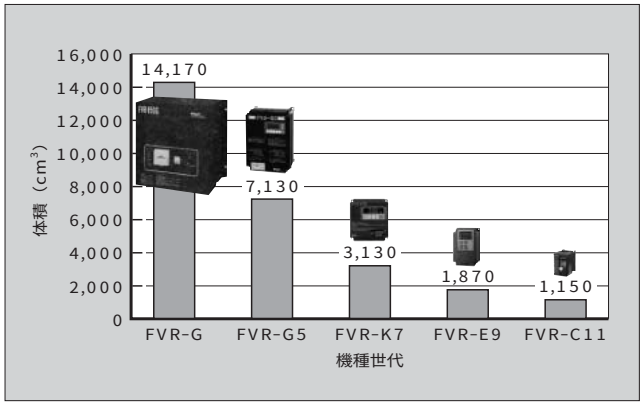
モータ制御技術は誘導電動機の V/f 制御がベースとなり標準モータの可変速運転を可能にした。1986 年に産業用高精度インバータとして発売した「FRENIC5000VG シリーズ」はベクトル制御方式を採用して直流機並みの性能を実現し，高速応答・高精度速度制御性能が要求されるクレーン，立体駐車場，巻取機，押出機などの新しい分野への適用が可能となった。これを基に，1990 年ごろから汎用インバータにもベクトル制御の考えが適用され始め，標準モータの高性能制御が可能となった。

制御技術の進歩に従って，汎用インバータの適用アプリケーションは拡大されてきた。**図４**にドライブ装置の適用市場を示す。最近では，汎用インバータはギヤ付きエレベータやクレーンなどにも適用されてきている。

4　インバータに今後求められること

インバータの歩みを振り返ると，小型化と高性能化・多機能化が求められ，それに応えてインバータは進化してきた。これから汎用インバータに求められるであろうことを以下に述べる。

図５　汎用インバータ（750 W）のサイズ推移



(1)　小型化は初期のころのインバータに比べると同等機能のインバータでみれば体積で約 1/10 になった。**図５**に汎用インバータの体積の推移を示す。小型化の要求は従来ほど強くないが，今後は周辺機器を含めた汎用インバータシステムとしての小型化が求められてくる。

(2)　高性能化・多機能化は機種世代とともに進んできたが，汎用インバータの適用アプリケーションが広がるにつれ，なお強い要求としてある。汎用インバータの多機能化は驚くものがあるが，ユーザーにとっては多機能が故に使い難くなっているともいえる。各アプリケーションに必要な機能があればよく，アプリケーション別機能選択やユーザーによるプログラムが可能なインバータがより強く求められてくるであろう。

(3)　汎用インバータは日本市場から始まったが，今や世界で約 30 億ドルの市場ともいわれている。国や地域によって要求が異なる部分もあり，それにどう対応していくかが今後の課題でもある。例えば，保護構造や端子構造，ノイズに対するフィルタの考え方やオープンバスに

対する考え方などである。また，各種規制も増えてきており，ヨーロッパにおける CE マーキング，RoHS（Restriction on Hazardous Substances）対応などに相当する動きが全世界に広がりつつある。これらは「環境」というキーワードでくくることができ，日本国内でもグリーン調達としてユーザーからの要求が増えつつあり，今後のインバータにとって重要なファクターとなるであろう。

5　将来技術の展望

5.1　主回路技術

インバータの最も基礎となるパワーデバイスとしては，ここしばらく IGBT が使われるであろう。主回路方式は PWM 制御による三相ブリッジインバータが主流を占め，一部で 3 レベルインバータの製品化の動きがあるが，コスト的に高いことから一部の用途に限定されている。技術的には逆阻止型 IGBT が出てきておりその特性を生かした回路方式も考案されつつあるが，価格的にみてまだ高く一部の用途への適用にとどまるであろう。

主回路技術で最も重要なのはノイズレスへの動きである。高キャリヤ周波数でのスイッチングで電磁ノイズが増えたことは前述したが，これを含め広義でのノイズ（電磁ノイズ，電源高調波，漏れ電流など）を解決する技術開発が重要であり，富士電機では鋭意ノイズレスインバータの実現に向けて技術開発を進めている。

5.2　制御回路技術

より高性能化・多機能化のための高速 CPU 適用と小型化からコア CPU を使った高集積 LSI 化も進むであろう。オープンバス接続の要求から，その機能を標準的に内蔵したインバータも出てきている。

5.3　制御方式

制御方式では，より高性能化が進みそのため駆動するモータ特性に応じた調整が必要になり，オートチューニング技術やロバスト化技術がより進化していくであろう。

制御では誘導機駆動から同期機駆動への動きが見えてきている。特に，省エネルギー・高速化・小型化を狙ったポンプ用途ではすでに適用が始まっており，さらに広がっていくと考えられる。

5.4　メンテナンス機能

汎用インバータは電解コンデンサや冷却ファンといった寿命部品を使っているので，メンテナンスは不可欠である。これら部品寿命を長くする改良やこれら寿命部品を使用しない技術開発が行われており，究極はメンテナンスフリーにすることであるが，当面はメンテナンスをより簡単に行うために，寿命情報の表示機能や寿命予報信号の出力機能が改善され，より信頼性の高いものになるであろう。

また，故障時などのメンテナンスとしてインターネットを使ったサービスも可能となり，より使いやすいものになっていくと考える。

6　富士汎用インバータの目指すところ

富士汎用インバータは FRENIC5000G シリーズの発売から 27 年が経過したが，その時代時代の先端技術を駆使して世の中に最先端の汎用インバータを提供してきた。汎用インバータに求められることや将来技術を展望し，富士汎用インバータが今後目指すところを以下に述べる。

(1)　豊富な機種ぞろえ

汎用インバータのトップグループとして，ローエンドインバータからハイエンドインバータまでをそろえ，今後とも種々のアプリケーションに対して最適なインバータを提供していきたい。グローバルな市場をみて，海外メーカー製インバータに見られるように小容量から大容量まで，各種電源系統に対応した機種ぞろえにも応えていく所存である。

(2)　環境に優しいインバータ

富士汎用インバータが目指すところはノイズフリーインバータである。従来はノイズ源としてみられていたが，周辺機器に優しいインバータを開発することが重要課題である。

これからはグリーン調達に代表されるように，特定有害物質を含まない製品づくりが求められている。鉛フリーはすでに家電製品に実現され始めているが，産業用機器である汎用インバータにおいても同様で鉛フリー化が求められている。富士汎用インバータはすでに特定有害物質を含まない製品開発に取り組んでおり，2005 年末までに新たに開発する製品で対応する計画である。2002 年に発売した FRENIC-Mini はすでに一部に鉛フリーはんだの適用を始めている。

このように「環境に優しいインバータ」が富士汎用インバータの目指すところである。

(3)　多様化するアプリケーションへの対応

従来，汎用インバータは上位のコントローラなどから指令を受けて制御されていた（集中制御型）。一方，近接するインバータの情報を取り込み，インバータがインバータ自身の動作を判断し自身を制御させる要求もある（分散制御型）。富士汎用インバータはこのような要求に対しても対応できることを目指している。

アプリケーションによる要求仕様は多様化してきている。汎用インバータは，組み込まれた機能群でパラメータの選択によりその動作・仕様をユーザーが決めていた。より多様化に対応するためには，ユーザーがプログラム可能な機能を持たせることも一つの方向である。すなわち，プログラマブルコントローラ（PLC）機能を内蔵した汎用インバータがその一つの形である。

(4)　コストパフォーマンスの追求

汎用インバータは単機能・低価格品と高性能・多機能品との二極化の傾向に進むといえる。しかし，アプリケー

ションからみるとそのアプリケーションに適した性能と機能があればそれ以上は必要がない。つまり，ユーザーからみてコストパフォーマンスのよいインバータを提供することが求められている。このため，二極化の間に位置する標準的なインバータが重要になってくる。このインバータはユーザー要求仕様に簡単に対応できることが求められ，富士電機ではこの標準的な汎用インバータの開発にも力を入れていきたい。また，従来専用モータを使っていたベクトルインバータも最近では標準モータの適用が可能になっており，汎用インバータとベクトルインバータの境があいまいになってきている。富士電機は積極的にこの境を取り除いていき，ユーザーにとってより低価格で高性能なインバータを提供していきたいと考えている。

7　あとがき

富士汎用インバータの歩みを振り返るとともに，これから汎用インバータに求められること，富士汎用インバータの目指すところについて述べてきた。

富士電機は常に汎用インバータを進化させ続け，世界に向けて最新の汎用インバータを提供していくつもりである。そのためには，絶え間ない技術開発と製品開発が不可欠である。富士電機はこれまで培ってきた技術をベースに新しい技術を付加し新しい汎用インバータを開発していき，ユーザーの要求に応えていく所存である。

参考文献

(1)　中嶋幸男ほか．汎用インバータ FVR-G5．富士時報．vol.59, no.10, 1986, p.638-644.

(2)　山添勝ほか．インバータ・サーボシステム特集．富士時報．vol.72, no.4, 1999.

高性能・高機能を目指すパワー半導体

重兼　寿夫（しげかね　ひさお）

1　まえがき

富士電機は，1953年にセレン整流体の製造を開始して以来，1959年にシリコンダイオード，1961年にサイリスタ，1975年にディスクリートBJT（Bipolar Junction Transistor），1980年にBJTモジュール，1986年にパワーMOSFET（Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor），1987年にディスクリートIGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor），1988年にIGBTモジュール，1989年にBJT-IPM（BJT-Intelligent Power Module），1993年にIGBT-IPMと，次々に新型のパワーデバイスを市場に送り出し続けてきた。

1991年以降は，これらのデバイスの高性能化・高機能化に取り組み，現在では，IGBTモジュールやIGBT-IPMなどに代表される産業用パワーエレクトロニクス装置用のパワーデバイス，パワーMOSFETや整流素子に代表される情報・民生機器用パワーデバイス，スマートMOSやIPD（Intelligent Power Device）に代表される自動車電装機器用パワーデバイスなどの特徴あふれる豊富な製品系列をそろえ市場で高い評価を得ている。

また，後で詳細を述べるように，パワーデバイスとパワーエレクトロニクス技術は互いに密接な協力関係を保ち，互いを刺激し合いながら発展してきたが，富士電機は，これを特に重視し，顧客との密接な連携のもとにパワーデバイスの研究開発を進めてきた。

本稿では，その代表例として，パワーデバイスと産業分野の電動機可変速駆動装置の関係を取り上げ，その発展の歴史，最近の開発動向について述べる。

2　パワーデバイスとパワーエレクトロニクス技術の発展

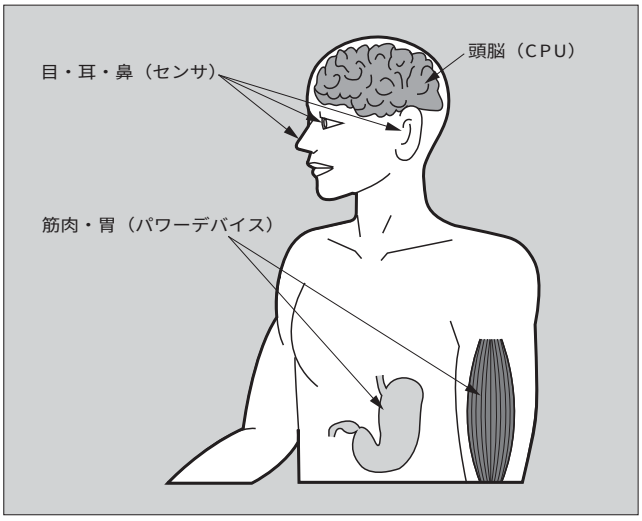
2.1　パワーデバイスと関連する技術の関係

近年の電子装置の発展は，機械を限りなく人間の身体に近づけたいという要求が背景になっているといっても過言ではない。人間の「より遠くを見たい」「どこにいても話しをしたい」「より大きな力が欲しい」という要求が「テレビ」「携帯電話」「ロボット」などを生み出してきた。

機械をより人間の身体に近づけるために電子デバイスの果たしてきた役割は大きい。機械に人体の頭脳に相当するマイクロプロセッサやメモリ，目・耳・鼻に相当する半導体センサなどを適用することで，**図1**のように人体に近づけていく。わけても忘れてはならないのは人体の筋肉や胃を担当するパワーデバイスである。パワーデバイスは「縁の下の力持ち」的な存在であるが，その急速な技術の発展は最先端LSI（Large Scale Integrated Circuit）技術に勝るとも劣らない。

パワーデバイス技術は，パワーデバイスの設計技術とパワーデバイスの応用・適用技術，パワーデバイス用にアレンジした半導体の微細加工技術の三つの主要要素技術が結実したものである。すなわち，パワーデバイスは，**図2**に示すように，パワーエレクトロニクス技術の種々の要求を満たすべく，デバイス設計技術と微細加工技術とを発展させてきたという見方もできるが，逆に，デバイス設計技術と微細加工技術の進歩により新しいパワーデバイスが開発され，これを用いたパワーエレクトロニクス技術を発展さ

図1　パワーデバイスの役割



重兼　寿夫

パワー半導体デバイスの研究開発に従事。現在，電子カンパニーパワー半導体事業部副事業部長兼富士日立パワーセミコンダクタ(株)代表取締役副社長。工学博士。電気学会会員。

せてきたとも見ることができる。このように，パワーデバイスとパワーエレクトロニクス技術は，緊密な関係の下に，互いを刺激し合いながら発展してきた。

種々のパワーエレクトロニクス装置分野における最近のパワーデバイスの進歩に関する共通した話題は，サイリスタ（SCR：Silicon Controlled Rectifier や GTO：Gate Turn-Off thyristor）からパワートランジスタ（BJT，IGBT，MOSFET）への転換である。

図3に，パワーデバイスの適用領域を示すが，IGBT や MOSFET は，急速にその適用領域を拡大し，主流の座を占めるほどになっている。

2.2　電動機の可変速駆動分野の発展の歴史

図4に示すように，電動機の可変速駆動の歴史を見ると 1970 年以降に，直流電動機から交流電動機への切替りという非常に大きな転換が生じており，これを駆動するパワーエレクトロニクス装置は，サイリスタレオナードからトランジスタインバータへの転換が生じている。

1979 年は，日本が第二次オイルショックを経験した年であるが，このような時代的背景の下，省エネルギー化・メンテナンスフリー化などの要求に応えられる交流電動機のインバータによる可変速駆動方式採用の要求が高まりつつあった。インバータ装置の実用化のためには，比較的高速度でスイッチングのできる高耐圧・大容量自己消弧デバイスが必要であるが，この要求に応えられるデバイスとして BJT モジュールが登場し，上記のような大きな転換が生じたといえる。

図5に，サイリスタインバータとトランジスタインバータの比較を示す。この後，インバータ装置に使用されるパワーデバイスが BJT から IGBT に切り替わり，現在では電圧型高周波 PWM（Pulse Width Modulation）制御インバータ全盛の時代になっている。

富士電機は業界に先駆けて BJT モジュールを世に送り出して以来，大容量化やインテリジェント化への進化を遂げさせ，1988 年に登場した IGBT モジュールへと世代交代させてきた。

BJT から IGBT への転換は，その後高まってきたインバータ装置の軽薄短小化や低騒音化の要求に対して，これを実現できる高速度スイッチングが可能で，かつ低損失な IGBT の製造が可能になったことが背景になっている。

一方，パワーデバイスの高機能化の面では，富士電機は，ドライブ回路，過熱検知回路，自己診断回路などを内蔵させた IPM をいち早く開発し，市場に供給した。その後，主デバイスを BJT から IGBT へと移し，IGBT の特性改良とリンクして，小型化・高性能化などを進めている。これまでのパワートランジスタモジュールでは，これを装置に適用するための周辺回路をアプリケーションエンジニア

図2　パワーデバイスと関連技術

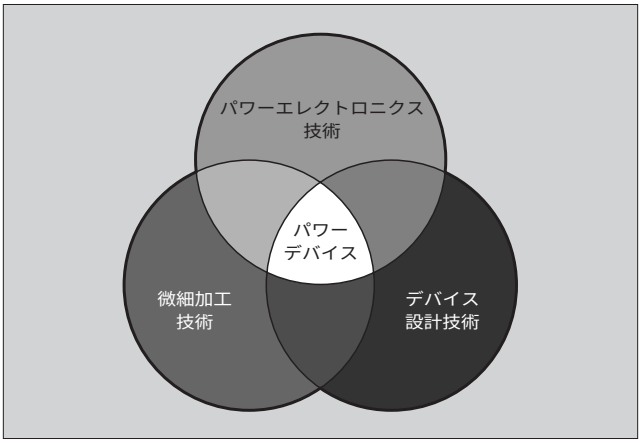


図3　パワーデバイスの適用領域

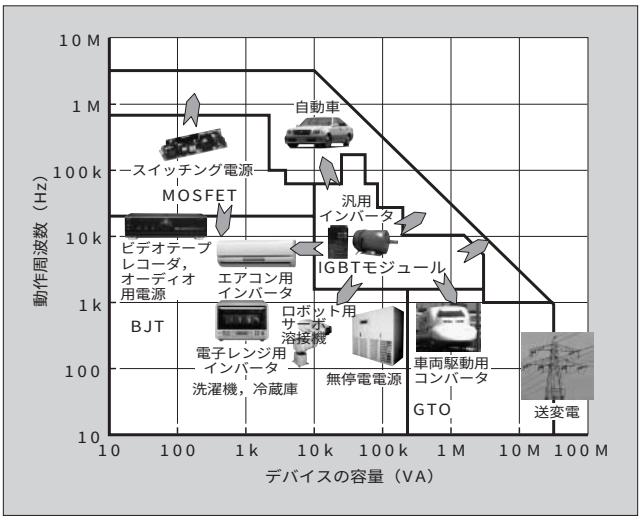


図4　可変速駆動装置とパワーデバイスの歴史

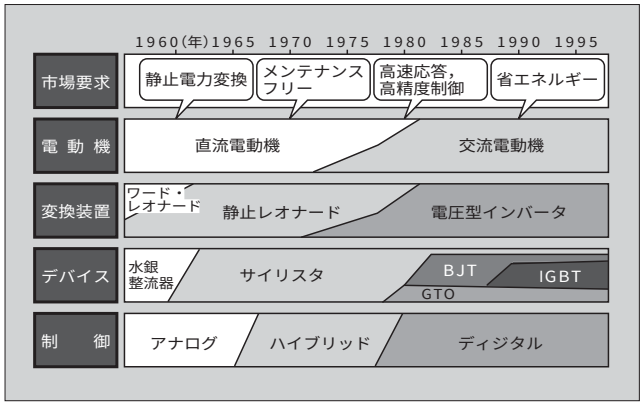


図5　インバータの主回路比較

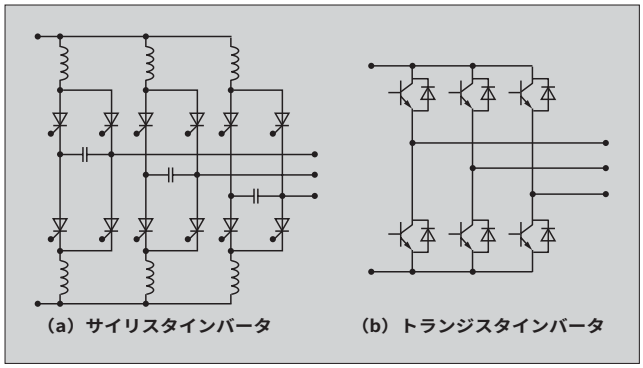
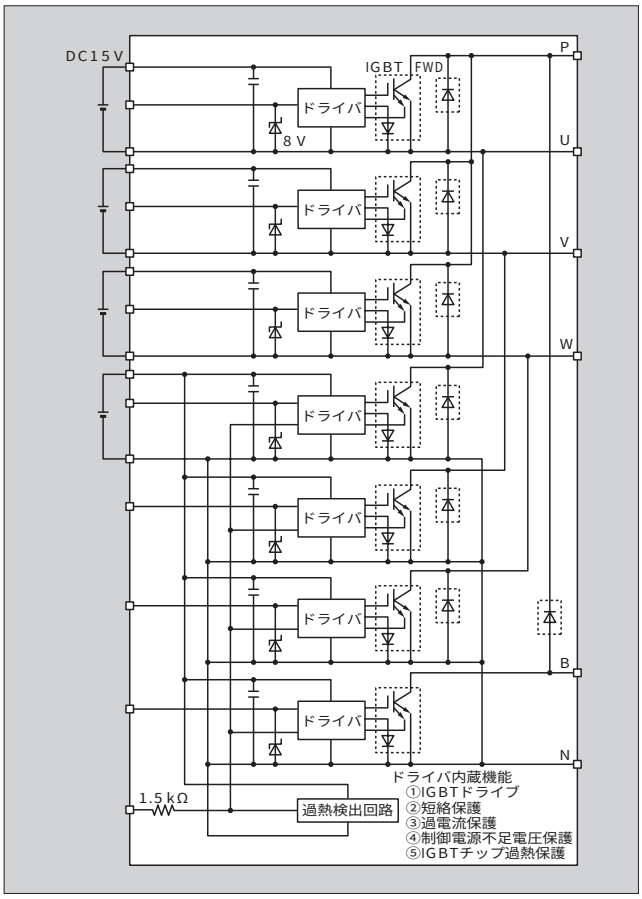


図６　R-IPM３の内部回路図



が設計してやらねばならず，パワーデバイスは，単なる一本の筋肉の筋のようなものであった。これを反射神経を持った筋肉（事故が起これば止まる）のレベルにしたいとの思いで開発を行った。現在，IPM は工作機械やロボットなどの産業用分野のみならず，家庭用エアコンや電気自動車など幅広い分野で使われている。

図６に，最新の IGBT-IPM（R-IPM3）の内部回路図を示す。

③　最近の IGBT の開発動向

図７に富士電機の IGBT に適用した技術の推移を，**図８**に代表例として 1,200 V チップ断面構造の推移を，**図９**に 1,200 V IGBT チップのトレードオフ特性比較を示す。**図９**において縦軸はスイッチング損失を代表するターンオフ損失を，横軸は定常損失を代表する飽和電圧を示す。トレードオフポイントが両軸でゼロに近づくほど，低損失な装置を実現できる高性能なデバイスであることを意味する。

現在は第五世代 IGBT の製品化・系列拡大のステージにあるが，第一世代から第三世代まではエピタキシャルウェーハを用い，ライフタイムコントロールと表面ゲート構造の微細化によって性能構造を追求していた。第四世代以降は，FZ（Floating Zone）ウェーハの採用と NPT（Non Punch Through）化という大きな設計方針の変更による性能向上を追求してきた。NPT 化のためには，

図７　富士電機の IGBT チップ適用技術の推移

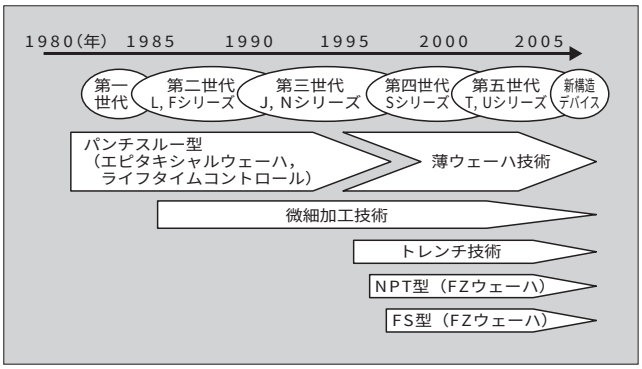


図８　1,200 V IGBT チップ断面構造の推移

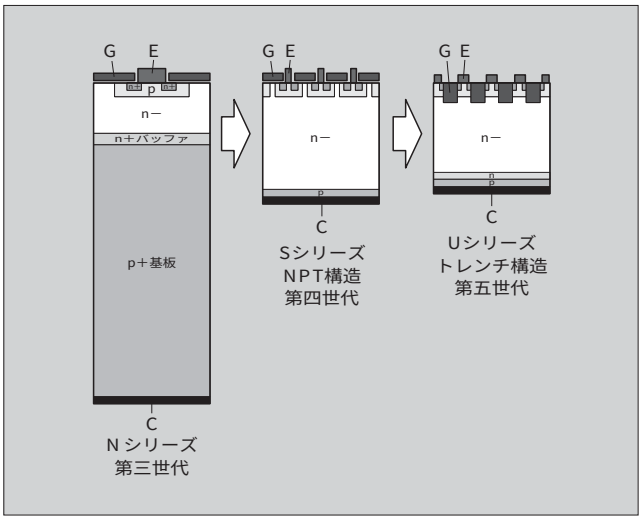
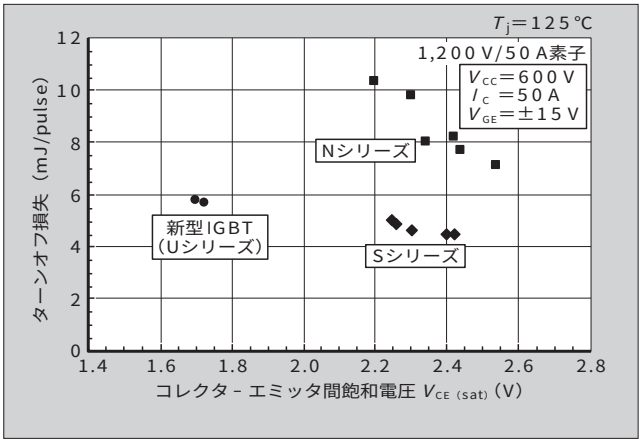


図９　1,200 V IGBT チップのトレードオフ特性比較



ウェーハを薄くする技術の確立が必要であったが，これにより，性能向上ばかりか，ライフタイムコントロールが不要となりデバイス特性の製造上のばらつきが低減されることにもなった。第五世代ではさらに，表面ゲートへのトレンチ構造の採用と，FS（Field Stop）構造の採用によって，さらなる性能向上を達成している。富士電機は，現在，1,200 V 以上の耐圧の IGBT チップには，トレンチ＋ FS 構造を適用した製品，そして 600V の IGBT チップには NPT 構造を適用した製品の系列化を進めている。

これらのデバイスのキーとなる技術は，ウェーハを 100 μm 程度に薄くし，かつ裏面から拡散接合層を形成する技術である。これらの技術はパワーデバイス特有の技術であるということができる。

現在，第五世代の U シリーズ IGBT モジュールは，各種装置の小型軽量化・高効率化に幅広く貢献している。

4　次世代パワーデバイスの研究開発動向

4.1　SJ-MOSFET

シリコン（Si）を素材とした高耐圧パワー MOSFET の性能は，富士電機が 2000 年に発表したスーパー FAP-G シリーズにより，理論的性能限界に達したとの見方がされていたが，SJ（Super Junction）-MOSFET の性能は Si を材料として使いながら，Si の理論的性能限界といわれていたレベルを軽く超えている。

図10 にチップ断面構造を示すように，SJ-MOSFET ではボディ部分のドリフト領域に pnpn …の不純物領域をサンドイッチ状に形成することにより，空乏層を水平方向に伸ばすことで，従来構造では不可能であった全ドリフト領域の同時空乏化を可能とし，これにより，従来構造よりも不純物濃度を高めて低オン抵抗化を図ることを可能としている。

SJ-MOSFET は，すでに製品化された例も出てきつつあり，富士電機は近日中の製品化を目指して開発を進めている。

4.2　逆阻止 IGBT

富士電機が業界に先駆けて発表した逆阻止 IGBT は，富士電機固有の薄ウェーハ IGBT プロセス技術を発展させて実現したものであり，パワーデバイス技術者とパワーエレクトロニクス技術者の緊密な情報交換・連携により，新たな電力変換方式を提案しようとするものである。

先に述べたように，今や電動機の可変速駆動といえば，電圧型高周波 PWM インバータによる交流電動機の制御が主流を占めている。この方式は，**図11**(a)に示すように商用交流電流をいったん直流に変換して，インバータにより再度，可変周波数・可変電圧の交流電流に変換して出力するものであり，前述のパワーデバイスの研究開発は，この電圧型高周波 PWM インバータへの適用を目的としたものであった。これに対して，**図11**(b)に示すように，商用の交流電流を直接的に可変周波数・可変電圧の交流電流に変換する方式も考えられているが，双方向高速スイッチングデバイスを必要とし，その実用化は困難とされてきた。

従来の IGBT は，エミッタ-コレクタ間の耐圧（逆耐圧）が高くないが，もし，逆耐圧を有する IGBT を実用化できれば，これを逆並列接続することにより双方向スイッチングデバイスを実現できるのではないかと考えたところに逆阻止 IGBT 開発の背景がある。

逆阻止 IGBT を用いた変換装置は，逆耐圧を持たない IGBT で構成した変換装置に比較して，

(1)　2 個の IGBT を介して電流が流れるので，4 個の IGBT を介して電流が流れる逆耐圧を持たない IGBT を使用する方式に比べ，発生損失の低減が可能である。

(2)　直流平滑コンデンサが不要なので，装置の小型・軽量化が可能である。

などの特徴を持つ。

阻止 IGBT 用いた高周波 PWM 制御の直接 AC-AC 変換装置であるマトリックスコンバータは，実用化間近となってきている。

図10　SJ-MOSFET のチップ断面構造

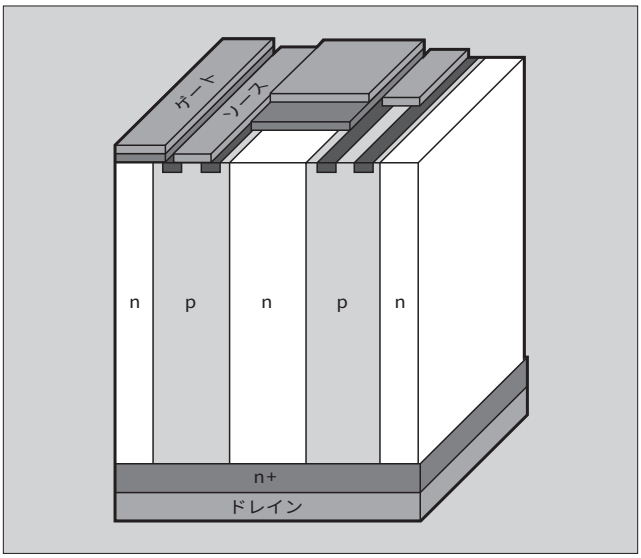
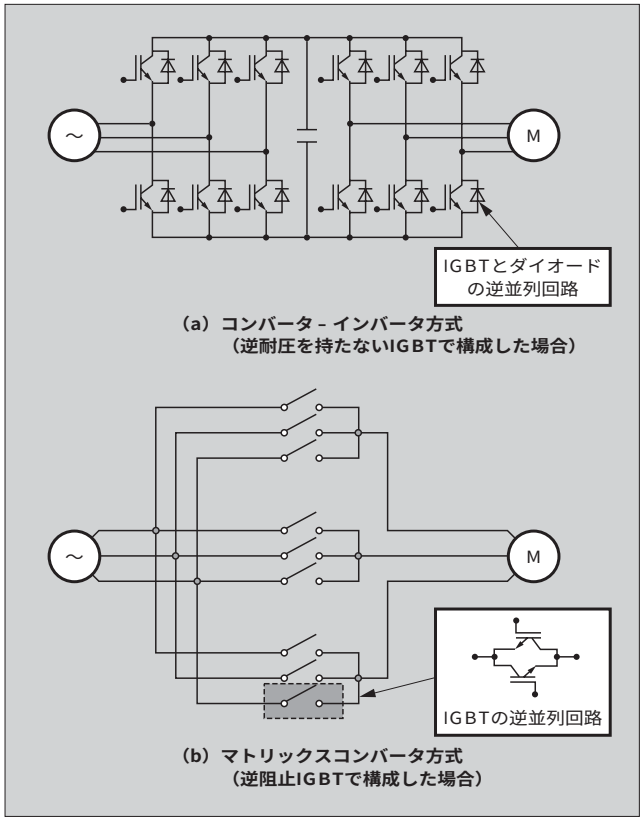


図11　コンバータの主回路比較



5　あとがき

富士電機は，「世界最先端の技術で高性能なパワーデバイスを実現することにより，グローバル No.1 あるいはオンリーワンとなる製品の開発を行うこと」と，「顧客と一体となってパワーデバイスと IC 技術を融合させ，ソリューション提案型のスマートデバイス，インテリジェントデバイスを実現し，提供していくこと」を方針として，顧客の懐の中に入って新製品を開発し，提供してきた。

本稿では，上記の方針に基づいて開発してきた製品の代表例について，開発の歴史や動向を紹介してきた。

パワーデバイスの進歩はとどまるところを知らず，今なお，熾烈（しれつ）な研究開発競争が続いており，逆阻止 IGBT に代表されるように長年主流の座を占めてきた電力変換方式の見直しを迫るようなデバイスの提案も行われている。

富士電機は，今後も，より高度なパワーエレクトロニクス製品の実現に向けて，パワーデバイスのさらなる低損失化・高機能化を強力に推進していく所存である。

参考文献

(1) Sawa, K. My Experiences in Developments of Power Electronics. ISPSD2001. Banquet Keynote Address. 2001.

(2) 21 世紀に向けたパワーデバイスの重点課題．電気学会技術報告．no.666. 1998.

(3) 大西泰彦，藤平龍彦．シリコン超接合デバイス．電子情報通信学会論文誌 C. vol.J85-C, no.11, 2002, p.968-977.

(4) 重兼寿夫ほか．パワー半導体の現状と動向．富士時報．vol.75, no.10, 2002, p.551-554.

電子機器の小型化・低消費電力化に貢献する電源 IC 技術

黒田　栄寿（くろだ　えいじ）

1　まえがき

電源技術はあらゆる電子機器を支える基盤技術である。中でも，スイッチング電源は小型軽量，高効率という特徴のため，現在の電源の主流となっている。その技術要素は幅広く，電子材料技術，アナログ制御回路技術，磁気回路技術，半導体デバイス技術など多岐にわたっており，スイッチング電源技術の進歩のためには，これらがバランスよく進歩発展する必要がある。近年，高度情報通信社会の到来とともに，パーソナル化，モバイル化の動きが加速され，電子機器の小型軽量化，低消費電力化に対する要求は強まる一方であり，電源技術も変革期を迎えている。

富士電機は，従来からスイッチング電源用半導体デバイスを手がけており，電源 IC（Integrated Circuit）も制御を担う中核デバイスとして注力している。富士電機の電源 IC は商用 AC 電源を入力とする AC-DC 電源用とバッテリー駆動をメインとする DC-DC コンバータ用の二つに大別される。従来，これらはバイポーラ技術により製品化されていたが，低消費電力化，複合化の市場要求に応えるべく数年前から，高耐圧 CMOS（Complementary Metal Oxide Semiconductor）アナログ技術への転換が開始され，現在までにほぼすべての電源 IC について，CMOS 化が完了した。

本稿では，この技術，製品開発について紹介するとともに，今後の富士電機の電源 IC の展望について述べる。

2　電源 IC 用高耐圧 CMOS アナログ技術

2.1　プロセス・デバイス技術

表 1 は電源 IC に用いられる IC プロセスの比較である。バイポーラ技術は業界では一般的であり，富士電機の電源 IC もこれまでは数多くの製品化が行われてきた。制御回路精度（誤差増幅器オフセット電圧，基準電圧精度など）が高いことと，製造に必要なフォトマスク枚数が少なくプロセスコストの面では優れているが電流駆動素子であり，低消費電流化には限界がある。また各トランジスタが pn 接合で分離されているため，基板間容量が大きいこととトランジスタスイッチング時のストレージタイムが長いことなどから高周波化に対しては不利と考えられる。さらに接合分離方式は微細化が困難であり高集積化が難しいなど，電源 IC プロセスとしては市場の要求を満たせなくなっている。

表 1　プロセス技術の比較

項目＼プロセス	バイポーラ	Bi-CMOS	CMOS
消費電力	×	△	○
微細化	×	△	○
回路精度	○	○	△→○
パワーMOS内蔵	×	○	○
プロセスコスト	○	×	△

○：優れている　△：やや劣っている　×：劣っている

従来，CMOS プロセスはディジタル IC 用として広く用いられてきた。MOS（Metal Oxide Semiconductor）デバイスは電圧駆動素子であり消費電流の低減には非常に効果があるが，アナログ回路との親和性が悪く従来は本格的な電源 IC にはほとんど用いられていなかった。このため，Bi-CMOS（Bipolar-CMOS）プロセスによりバイポーラと CMOS の長所をワンチップに集積した製品化が行われている。しかしバイポーラ部の作り込みのため，微細化には本質的に問題を抱えており，またエピタキシャルウェーハの使用，マスク枚数もバイポーラプロセスの 2 倍以上であることからプロセスコスト面では不利である。これらの課題を解決するため，富士電機は電源 IC に特化した幾つかの CMOS プロセス技術を開発[(1)～(3)]し製品化を推進してきた。**図 1** に富士電機の CMOS プロセスの製品適用範囲を示す。乾電池 1 ～ 2 本からワールドワイド AC 電源入力に対応できる幅広い範囲をカバーしている。

2.2　CMOS 技術におけるアナログ回路精度

CMOS 技術を電源 IC に適用する場合，一般的にバイポーラプロセスに比べ回路精度が課題となる。回路精度は，

黒田　栄寿

電源 IC を中心に，IC の製品開発に従事。現在，松本工場 IC 第一開発部長。電子情報通信学会会員。

デバイス特性の絶対ばらつきと相対比精度に依存する。これに対し富士電機では，ウェーハプロセス条件の最適化，工程内管理強化によるデバイス特性ばらつき低減とデバイス設計技術開発，CMOS 回路専用の回路技術開発[4]，これらとオンチップトリミング技術の併用によりバイポーラプロセス以上の回路精度を実現している。

2.3　パワー素子の内蔵

電源回路の小型化，省スペース化のため，従来外付けされていたパワー MOSFET（Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor）を電源 IC に内蔵する動きが強まっている。富士電機では，横型 DMOS（Double Diffused MOS）構造により，**図 2** に示すように業界でもトップクラスの低オン抵抗を実現している。これらのゲート帰還容量の小さな横型デバイスの採用と IC 製品ごとに最適なデバイスサイズとすることで高周波化，低消費電流化が可能である。**図 3** にこの例として，1MHz 動作 50 V 耐圧 n チャネルパワー MOSFET 内蔵の 3 チャネル制御 IC チップ写真を示す。

図 1　CMOS プロセス製品適用範囲

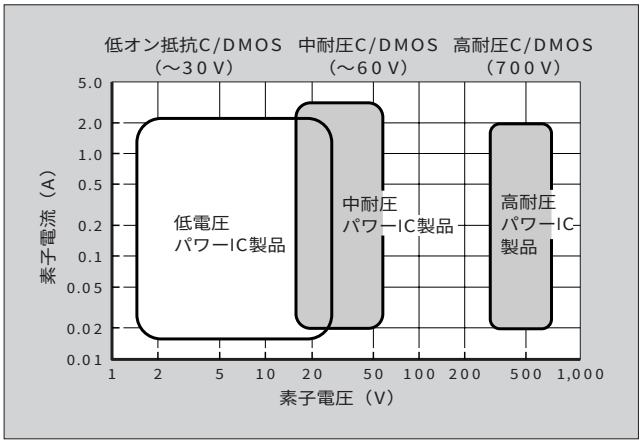


図 2　耐圧とオン抵抗（n チャネル MOS）

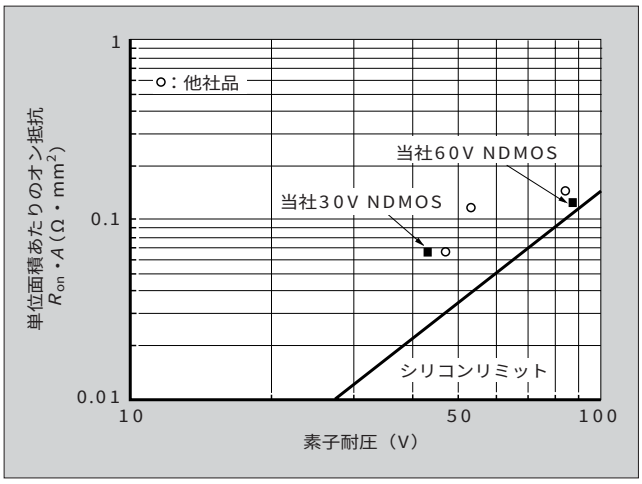
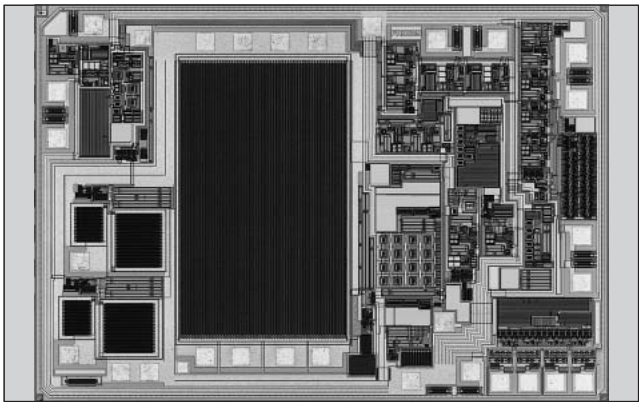


図 3　パワー MOSFET 内蔵電源 IC チップ写真



3　CMOS 電源 IC 製品

3.1　AC-DC 用電源 IC

富士電機では，商用 AC 電源を入力とする電源制御用 IC の CMOS 化にいち早く取り組んできた。以下にその概要を紹介する。

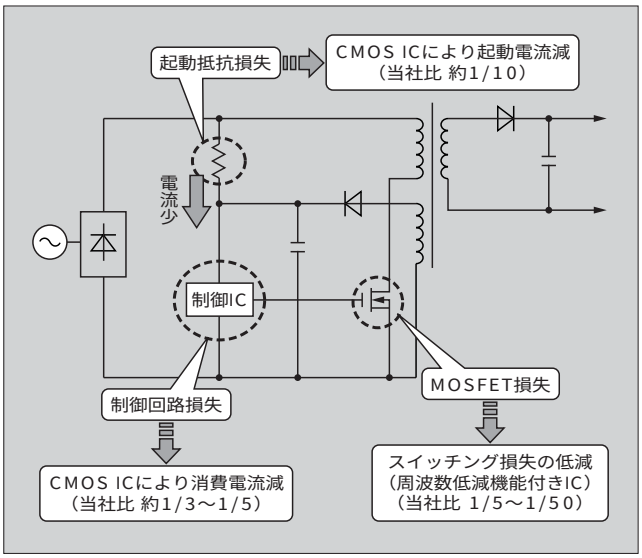
3.1.1　PWM 制御 IC

近年，地球環境負荷低減の取組みがクローズアップされている。AC-DC 電源においても，常時接続のリモコン対応機器，タイマ内蔵機器や各種 AC アダプタなどは，定格動作時間よりも待機時間が圧倒的に長いことから，待機電力削減の動きが加速されている。富士電機では，この動きに対応すべく待機電力低減に向けた電源 IC を製品化してきた。**図 4** のように CMOS 化による消費電流の大幅な低減と，軽負荷時にスイッチング周波数を下げてスイッチング損失を低減させる周波数可変機能を組み合わせて低待機電力化を実現している。**図 5** に最新の IC（FA5506）の評価電源回路での無負荷時の入力電力特性を示す。AC240 V 時においても，待機電力 0.1W 以下の値が得られている[5]。

3.1.2　700 V ワンチップパワー IC

数十 W クラスの小電力電源では，小型化のためパワー素子と制御回路の一体化が望まれている。富士電機では，700 V パワー MOSFET と PWM（Pulse Width Modula-

図 4　待機電力削減方法



tion）制御回路をワンチップ化し，ワールドワイド商用電源入力に直結可能な電源用パワー IC も製品化している。[6] 一般的に高耐圧デバイスは，モールド樹脂中のイオンや外部から浸入する水分などで特性変動が生じやすいが，富士電機独自の 2 層メタルイオンシールド構造による高信頼性設計となっている。**図 6** に製品のチップ写真例を示す。

3.1.3　CMOS 力率改善制御 IC

従来，電源回路の多くはコンデンサインプット型整流回路を使用していたため，AC 入力電流がひずみ，大量の電流高調波を発生させていた。高調波成分は力率の低下を招くとともに，電力配電設備に悪影響を与えるため，世界的な電源高調波規制につながっている。この対策として，さまざまな手法が提案，実施されているが，中でもアクティブフィルタ回路は 99 %以上の高い力率が容易に得られるため，広く採用されている。富士電機は早くからバイポーラ技術により制御 IC を製品化してきたが，この分野においても CMOS 化を進めており，[7] ピーク電流制御方式，平均電流制御方式それぞれの CMOS 制御 IC を製品化している。ピーク電流制御 IC の内部ブロック図を**図 7** に示す。

3.2　DC–DC コンバータ用電源 IC

富士電機では，電池駆動機器や AC–DC 電源の二次側に使用される DC–DC コンバータ用の制御 IC も CMOS 技術により製品化している。AC–DC 用電源 IC は汎用製品であるが，DC–DC コンバータ用電源 IC はセットごとに専用化した製品群となっている。以下に代表的な製品を紹介する。

3.2.1　携帯機器用電源 IC

ビデオカメラ，ディジタルスチルカメラ，PDA（Personal Digital Assistant）などに代表される携帯機器においては，電池動作時間を延ばすため，内部回路ブロックごとに最適な電圧を供給し，きめ細かくオンオフ制御する必要がある。そのため，電源の多出力化が進んでいる。**図 8** にディジタルスチルカメラ用に製品化された 5 チャネル PWM 制御 IC のチップ写真を示す。CMOS 化により，マルチチャネルの PWM 制御回路，出力ドライバ回路がコンパクトに集積されている。また，独自のレベルシフト回路により，ドライバ部の高速化と低消費電流化を両立させている。このほかにも，現状 3 ～ 10 チャネルの IC が製品化されており，高効率化のため同期整流方式を採用している例も多い。また，最近の動きとしてセットごとの電源

図 5　FA5506 無負荷時入力電力特性

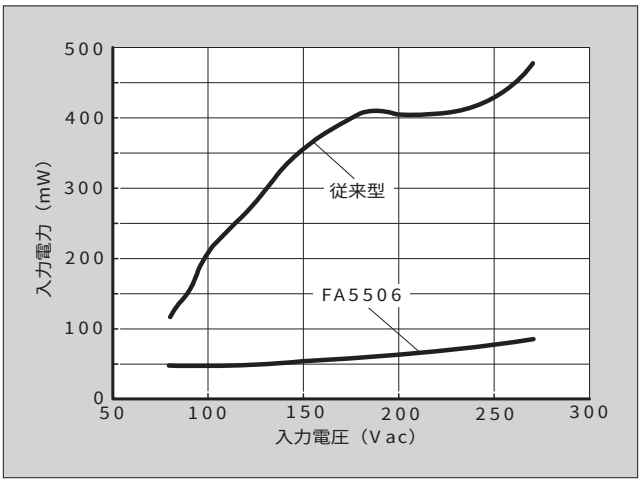


図 6　700 V ワンチップパワー IC（FA5701P）チップ写真

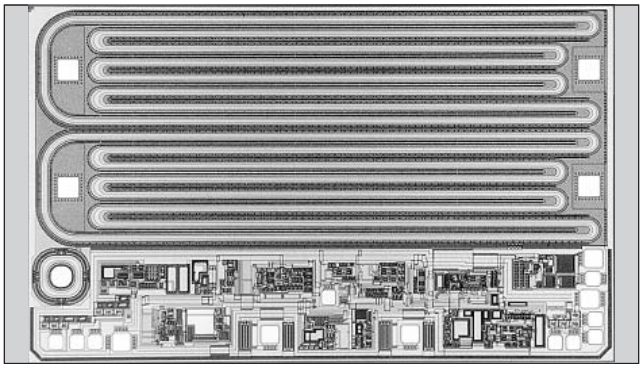


図 7　ピーク電流制御 CMOS 力率改善 IC（FA5500）内部ブロック図

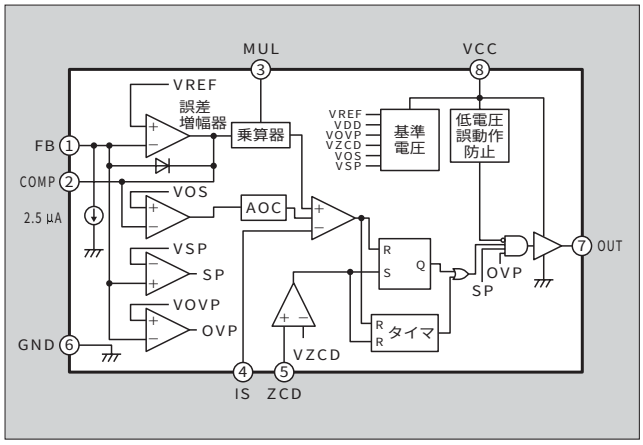
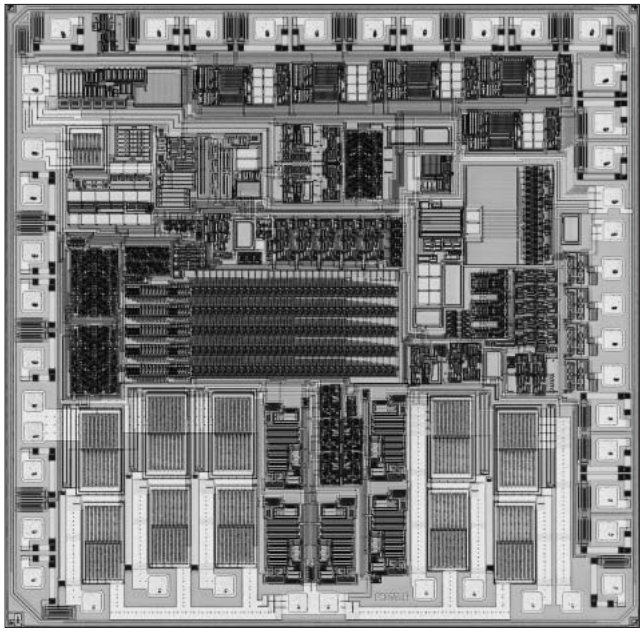


図 8　5 チャネル PWM 制御 IC（FA7716R）チップ写真



仕様に対する柔軟性を持たせるため，出力電圧値の設定や最大デューティサイクル設定，オンオフ制御などを CPU（Central Processing Unit）からのシリアルデータにより行う方式が増加している。

3.2.2　液晶パネルバイアス電源

液晶パネルは，複数の駆動電圧が必要である。**図 9** は 3 チャネルの PWM 回路を内蔵した大型の液晶モニタ用バイアス電源 IC のブロック図である。外付けのゲート容量の大きなパワー MOSFET を高速に駆動するため，ピーク電流 800 mA のドライバ回路を内蔵しており，液晶パネルに必要な電源回路を簡単に構成できる。この IC 以外にも，ノートパソコン用液晶パネル向けに入力 3 ～ 5 V で昇圧，降圧，極性反転回路に対応できる製品群を系列化している。

3.2.3　インクジェットプリンタ用降圧コンバータ IC

図 10 に高入力電圧（10 ～ 45 V）から 3 ～ 5 V 出力を得る DC-DC コンバータ用 IC の応用回路を示す。高耐圧 p チャネルパワー MOSFET を内蔵し，簡単な回路構成でステップダウンコンバータが構成可能である。CMOS プロセスにより IC の消費電流をバイポーラの同等クラスの IC に比べ 1/10 以下に低減し，高電圧入力時の IC の自己消費電力を大幅に改善した（1.1 W → 0.06 W）。この結果，機器の低消費電力化とともに放熱フィンを不要にできるなど大きな効果が得られる。

図 9　液晶パネル用バイアス電源 IC（FA7711V）内部ブロック図

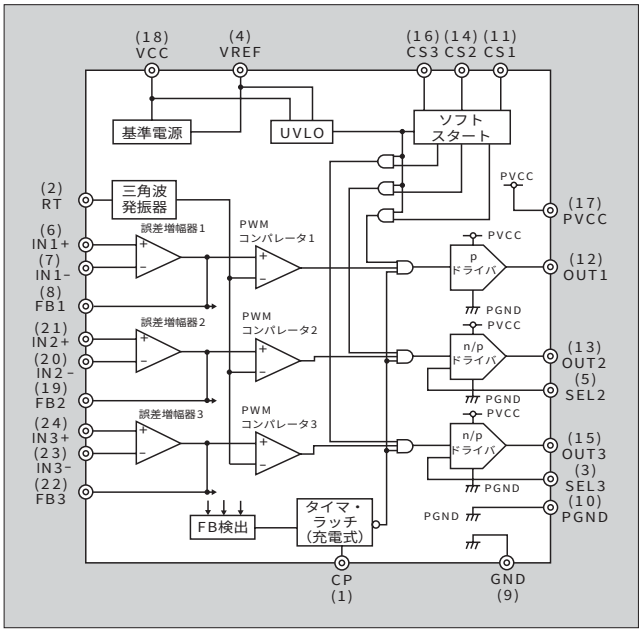
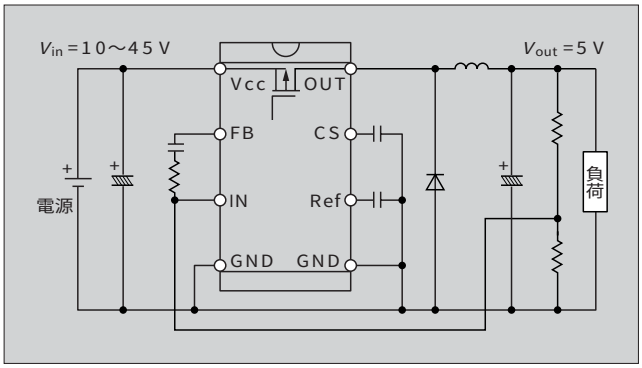


図 10　高電圧入力降圧コンバータ IC（FA3635P）応用回路



4　今後の展望

富士電機では，今後とも高耐圧 CMOS アナログ技術を中核技術とし，電子機器の低消費電力化，小型軽量化に貢献するため，電源 IC 分野における技術開発を推進していく計画である。以下に今後の主要な技術開発について述べる。

4.1　低オン抵抗デバイス・プロセス技術

電源部の小型化・省スペース化のため，スイッチングパワーデバイスを電源 IC に集積する動きはますます拡大している。また，負荷となる LSI（Large Scale IC）の微細化とともに，低電圧化・大電流化が進むため，コストパフォーマンスの高い電源 IC を実現するには，面積効率の高い，IC に集積可能なパワーデバイスを開発していくことが大きな課題である。富士電機では，従来の平面構造の横型素子から，制御 IC との一体化が容易なトレンチプロセス技術による，新構造のデバイスを開発中である[8]。現在までに，**図 11** に示すように業界トップクラスの低オン抵抗化が図られている。今後さらなる特性改善を図るとともに，制御部との一体化技術を確立し早期の製品適用を進め，パワーデバイスの内蔵化による電源の小型化を推進していく予定である。

4.2　回路技術

スイッチング電源に使われる磁気部品，コンデンサはスイッチング周波数が高いほど小型化できる。富士電機では，今後，高速化に有利な CMOS によるデバイス，プロセス，回路技術の開発をさらに進め，10 MHz 程度までスイッチング周波数を向上させる計画である。高周波化に伴い，発生ノイズも増大すると予想されるが，周波数拡散技術[9]など

図 11　TLPM（Trench Lateral Power MOSFET）の耐圧とオン抵抗

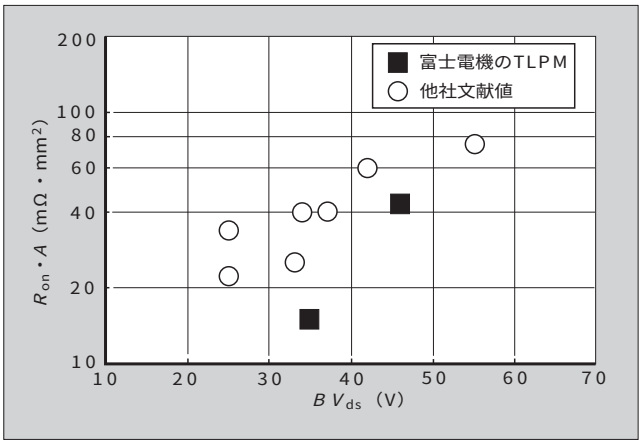


図 12　マイクロ DC-DC コンバータモジュールの外観

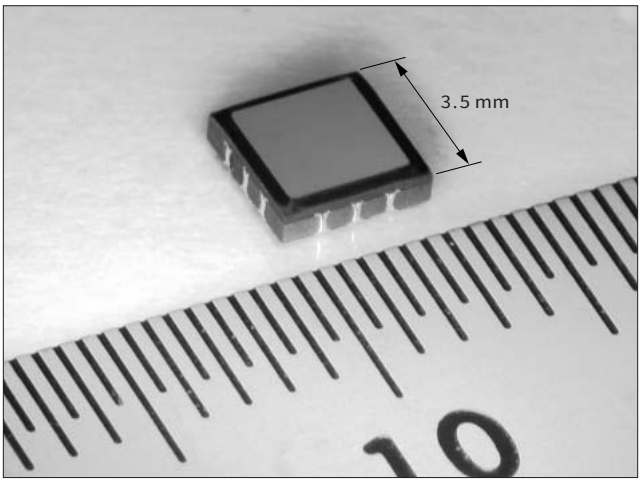
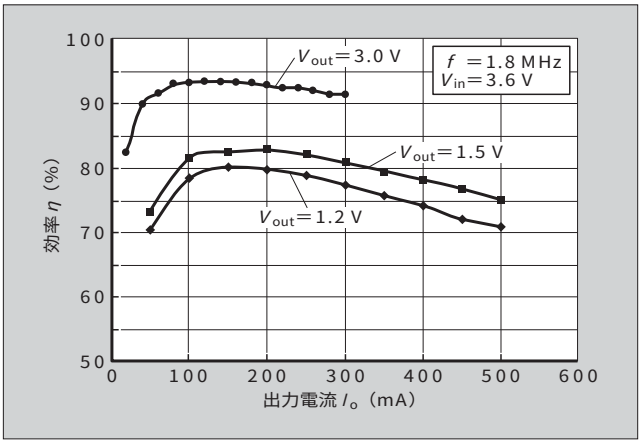


図 13　マイクロ DC-DC コンバータモジュールの変換効率特性



を取り入れて対応していく考えである。また，電源 IC とバッテリーマネジメント回路との一体化に向け，高機能アナログ・ディジタル混載回路技術の開発も推進していく予定である。

4.3　インダクター体化によるマイクロ DC-DC コンバータ技術

携帯電話，携帯情報端末などでは，これまでシリーズレギュレータが一般的に用いられてきた。機器の高性能化のため搭載される LSI は微細化が進み，LSI に供給される電源電圧は年々低下している。現在では 1.5 V 以下が主流となっており，将来的には 1 V 以下となると予想されている。一方，現在一般的に使用されているリチウムイオン二次電池の電圧は定格 3.6 V であり，シリーズレギュレータ方式では発生損失が大きく，電源回路の変換効率の向上がクローズアップされてきた。そのため，変換効率に優れているスイッチング方式の DC-DC コンバータへの転換が検討されている。しかし，従来の DC-DC コンバータはシリーズレギュレータに比べパワーインダクタを必要とし，外形が大きくなるため，小型・薄型化が強く求められている。小型・薄型化は各社検討されているが，富士電機は IC メーカーの立場からの発想としてフェライト基板にインダクタを作り込み，これを IC チップの支持基板とする新しい構造により，外形 3.5 × 3.5 × 1（mm）のモジュールを業界で初めて具現化した。このサイズを実現するため，独自のインダクタ構造，パワー素子内蔵の 2.5 MHz 高周波スイッチング電源 IC，フェライト基板と IC チップの一体化組立技術を新たに開発した。**図 12** にモジュールの外観を，**図 13** に変換効率特性を示す。本技術により今後携帯電子機器向けに製品化を進め，セットの小型化・低消費電力化に貢献していく考えである。

5　あとがき

富士電機が進めている電源 IC の CMOS 化について，これまでの取組みと，今後の展望について紹介した。電子機器の進歩にとって，電源回路とそのキーコンポーネントである電源 IC の重要性はますます高まっている。今後とも，小型化，低消費電力化，高集積化により，近い将来，電源 IC なら富士電機と言われるよう技術開発・製品開発を推進していく所存である。

参考文献

(1)　熊田恵志郎，横山聡．高耐圧 CMOS プロセス技術．富士時報．vol.71, no.8, 1998, p.456-458.
(2)　北村明夫，佐々木修．アナログ C/DMOS デバイス・プロセス技術．富士時報．vol.73, no.8, 2000, p.456-459.
(3)　北村明夫．0.6 μm アナログ C/DMOS デバイス・プロセス技術．富士時報．vol.76, no.3, 2003, p.178-181.
(4)　中森昭ほか．電源 IC 用高精度アナログ回路技術．富士時報．vol.73, no.8, 2000, p.449-451.
(5)　丸山宏志ほか．起動素子付き低待機電力対応電源 IC. 富士時報．vol.76, no.3, 2003, p.149-152.
(6)　Fujishima, N. et al. A 700 V Lateral Power MOSFET with Narrow Gap Double Metal Field Plates Realizing Low On-resistance and Long-term Stability of performance. Proceedings of ISPSD'01. 2001, p.255-258.
(7)　鹿島雅人，城山博伸．CMOS 力率制御用電源 IC. 富士時報．vol.74, no.10, 2001, p.551-553.
(8)　Fujishima, N. et al. A Low On-resistance Trench Lateral Power MOSFET in a 0.6 μm Smart Power Technology for 20-30 V Applications. IEDM Technical Digest. 2002, p.455-458.
(9)　片山靖，菅原聡．周波数拡散 PWM 制御を用いた低ノイズ DC-DC コンバータ IC. 信学技報．EE2002-48, 2002, p.67-72.
(10)　Hayashi, Z. High Efficiency DC-DC Converter Chip Size Module with Integrated Soft Ferrite. INTERMAG 2003 Digest.

安全でおいしい水づくりへのソリューション

星川　　寛（ほしかわ　ひろし）

1　まえがき

わが国の近代水道は，1887 年に横浜市で誕生して以来，公衆衛生の向上と生活環境の改善を目的に着実に発展して，現在ではその普及率が約 97 %に達している。そして，水道は国民が衛生的で快適な生活を送るために，欠かすことのできない社会基盤施設になっている。しかしながら，この間人口の都市への集中，産業の急激な発展などにより，大都市を中心にした水道水源の汚染が進行してきた。その結果，既存の上水処理技術では処理できない新たな問題が発生し，これらの問題の早期解決が迫られている。

一方，現在の水道施設は 1960 年代から 1970 年代にかけて建設されたものが多く，老朽化してきている。今後水道の機能を向上させながら，計画的に更新していかなければならない状況にある。

富士電機は，長い間その時々の課題を先取りして，これらに真っ向からチャレンジして，新しい処理技術と周辺技術を開発し，広く水道界に貢献してきた。

そこで，ここではそれらの中から安全でおいしい水づくりのための，オゾン処理および生物活性炭（BAC）処理システムを中心にして，今後水道施設の更新を機に，大いに発展が期待されている膜沪過システムについて，富士電機の取組みの概要を紹介する。

2　安全な水の要件

水道水の安全を確保するためには，以下のように厳しい水質基準が決められており，これらの基準値をクリアしなければならない。

2.1　基準項目

基準項目は水道水にとって必須の項目であり，すべての水道に一律に適用される。内容は「健康に関連する項目」と「水道が有すべき性状に関する項目」から成っている。健康に関連する項目は最重要で 29 項目あり，一般細菌，水銀，ひ素，トリハロメタン，農薬などが健康を害する項目として決められている。水道水が有すべき性状に関する項目は 17 項目あり，色，濁り，臭気など水道水としての生活上，あるいは水道施設の管理上必要な項目が決められている。

2.2　快適水質項目

快適水質項目は，水道事業体においてその目標値の活用が望まれるとして設けられたもので，色，臭気，濁度など 13 項目について設定されている。

2.3　監視項目

監視項目は，将来における水道水質の一層の安全を期するという観点で設定されたものである。トルエンなど 35 項目が指針値として設定されている。

3　おいしい水の要件

水のおいしさは，さまざまな条件，環境によって左右されるが，1985 年に厚生省（現厚生労働省）水道環境部長の私的研究会である「おいしい水研究会」がまとめたおいしい水の要件は，**表 1** のとおりである。

4　安全でおいしい水づくりを脅かす問題

大都市を中心にした水道水源の汚染が進行し，既存の浄

表 1　おいしい水の要件

水質項目	数　値
水　温	20 ℃以下
蒸発残留物	30～200 mg/L
硬　度	10～100 mg/L
遊離炭酸	3～30 mg/L
過マンガン酸カリウム消費量	3 mg/L以下
臭気度	3以下
残留塩素	0.4 mg/L以下

星川　　寛

上下水道分野の水処理技術と水質分析計の研究・開発・企画に従事。現在，電機システムカンパニー環境システム本部技師長。工学博士。AWWA 会員，電気学会会員，日本分析化学会会員。

水処理では処理ができない新たな物質が発見され，下記のようなさまざまな問題が次々と表面化し，早急な解決が望まれている。

(1)　臭気物質問題

水道水から検出されている臭気物質は，放線菌や藍藻（らんそう）類の代謝物であるジェオスミンと 2-MIB である[1]。これらの物質が水道水に含まれると，いわゆるどぶ臭くなる。そして，これらの苦情発生のしきい値は，ng/L オーダーと非常に低濃度であり，既存の浄水プロセスでは除去できず，多くの苦情が発生して社会問題になっている。今後，水道水源の水質汚濁が短期間でよくなることは考えられないので，早急な対応が望まれている。

(2)　トリハロメタン問題

トリハロメタンの問題は，臭気物質問題に引き続いて起きてきた問題である。1973 年にオランダの J. J. Rook[2] が，ライン河川水の塩素処理によって発がん性の疑いがあるクロロホルムが生成することを報告して以来，米国では 1979 年に総トリハロメタンの基準値を 0.1 mg/L に設定した。わが国では，4 成分にそれぞれ単独の濃度を設定し，総トリハロメタンの基準値を 0.1 mg/L にした。

トリハロメタンは，水道原水中の有機物質と消毒に使う塩素処理により生成するので，水道原水汚染の進行が止まらない現在，まだまだ問題が解決していない状況にある。

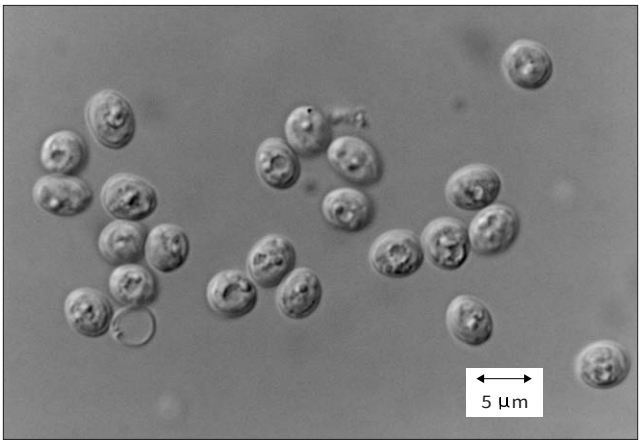
(3)　クリプトスポリジウム問題

クリプトスポリジウムは，**図 1** に示すような 4 ～ 6 μm の球形で，動物の腸管などに寄生する原虫の一種である。感染すると腹痛を伴う水溶性の下痢を起こし，免疫力のない人が感染すると，重症になる可能性がある。

わが国では，1996 年 6 月に埼玉県の越生町で，水道水中にクリプトスポリジウムが混入し，患者数 8,000 人を超える大規模な集団感染が発生した。これを受け厚生省は，同年 10 月にクリプトスポリジウム暫定対策指針を策定し，沪過池出口の濁度を 0.1 度以下に保つように指示している。

一方，1996 年に厚生省が全国の 96 か所の水道水源の調査をし，6 か所からクリプトスポリジウムを検出したと発表している[3]。水道の場合，一度感染症が発生すると影響が大きいため，徹底した対策が必要である。

図 1　Cryptsporidium Parvum



(4)　臭素酸の問題

国際がん研究機関（IARC）では臭素酸（BrO_3^-）は，発がん物質としてグループ 2B（発がん物質の可能性があるもの）に分類している。世界保健機構（WHO）は，1993 年に 25 μg/L の勧告値を発表した。また，米国環境保護局（USEPA）は，規制値を 10 μg/L とした。わが国では 2004 年に改訂が予定されている水質基準（10 μg/L）に追加するかどうかの検討が行われている。オゾン処理で臭素は酸化されて BrO_3^- になるので，十分な BrO_3^- の生成抑制方法を確立しておかなくてはならない。

(5)　その他の問題

以上のほかにも農薬問題，内分泌撹乱（かくらん）物質（環境ホルモン）問題そして鉛問題など，現在の水道界では多くの問題を抱えている。

5　オゾンを用いた高度処理技術

以上の問題を解決するには，既存の処理プロセスではすでに対応できない状況である。そのための方法として，オゾン処理と吸着，生物処理を行う BAC 処理による高度処理技術が，安全でおいしい水づくりのキーテクノロジーになっている。

富士電機は，長い間この処理技術の開発に取り組み，東京都水道局金町浄水場，大阪市水道局柴島浄水場，枚方市水道局中宮浄水場の高度浄水処理設備をはじめ，多くの納入実績を誇っている。**図 2** は中宮浄水場高度浄水施設のオゾン発生装置（5.5 kgO_3/h）である。以下，高度処理技術のうち富士電機が得意とするオゾン処理を中心にその概要

図 2　中宮浄水場高度浄水施設オゾン発生装置

N99-2489-5

を紹介する。

5.1　オゾン発生装置

オゾンの発生方式には無声放電方式，電気分解方式，光化学方式，高周波放電方式，放射線照射方式があるが，この中で工業的に効率よくオゾンを発生させるには，無声放電方式が最もよい。

古くは，空気を原料にしてオゾンを生成していたが，富士電機は酸素を原料にした高濃度オゾン発生装置を製品化し，応用範囲を大幅に拡大している。**表2**に最近のオゾン発生装置の性能を示す[4]。

5.2　オゾン接触池[5]

オゾンは常温で気体なので水処理に使うには，目的物質を必要にして十分な酸化反応をさせるために，オゾン接触池が必要である。小規模の場合は，円筒形の接触池を用いるが，中規模以上になると，**図3**に示すような横流式接触池が多く使われている。接触槽は2，3段が多く，反応を完結させるために滞留槽を設ける場合がある。水深は5～6 mで滞留時間は，10分位で運転されている。

一方，わが国では実用化されている例が少ないが，敷地面積が少ない所などで有利な，下方注入式オゾン接触池がある。水深は20～30 m位でオゾンの吸収率は90 %以上と高い。富士電機はすでに両者の設計技術を確立しており，ニーズに幅広く応じられるようになっている。

5.3　オゾンの反応メカニズム

オゾンの水中での反応メカニズムは，きわめて複雑であるが効率的に目的物質を処理するためには，これを明らかにしておくことが重要である。オゾンが目的物質を酸化するのは，分子状のオゾン（O_3）自身とヒドロキシルラジカル（OH・）である。このOH・はオゾンの自己分解過程で生成され，臭気物質などは主としてこのOH・で酸化される。したがって，オゾンの反応メカニズムを解明する場合は，この自己分解のメカニズムが重要な基本要素になる。

オゾンの自己分解モデルは研究者（Staehelin, Buhler, Hoigne）の頭文字をとってSBHモデルと呼び，古くから利用されてきた。これに対し，富士電機ではこれに有機物質，腐植物質，臭気物質などを加えて**図4**に示すような拡張SBHモデルを開発した。これにより，オゾン接触池の最適設計はもちろん，接触池内での反応がより明確に理解できるようになった。

表2　最近のオゾン発生装置の代表的な性能

内　容	オゾン濃度 (g/Nm³)	動力原単位（放電部） (kWh/kg)
酸素原料オゾン発生器	120	8
空気原料オゾン発生器	20	14

図3　横流式向流3段接触池

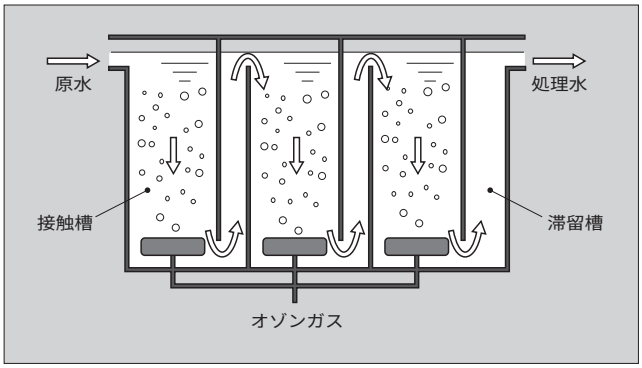


図4　拡張SBHモデル

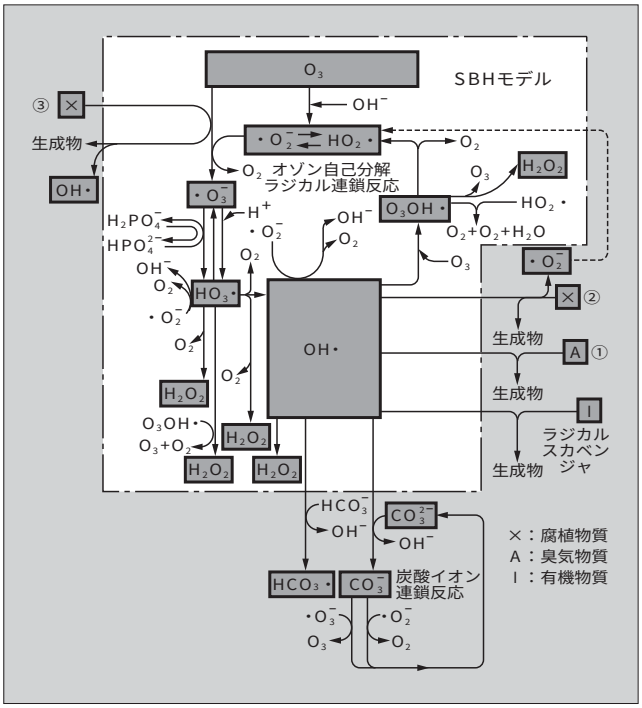
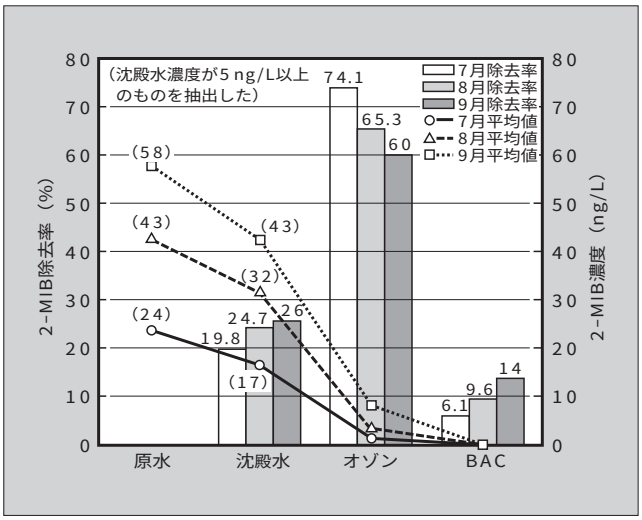


図5　各処理工程における2-MIB除去状況



5.4　高度処理による処理効果

5.4.1　臭気物質の処理効果

臭気物質であるジェオスミンと 2-MIB はオゾンで酸化分解され無臭になる。**図 5** に東京都水道局金町浄水場の処理効果の例を示す[6]。人間が臭気として感じるのは，20 ～ 30 ng/L 程度なので，原水は明らかにおっていたが BAC 処理後はにおわなくなっていることが分かる。東京都では高度浄水設備を導入（1992 年）する前は，水道利用者から毎年多くの苦情が寄せられていたが，導入後はまったく苦情がなくなっている[7]。

図 6　CT 値と感染力低下との関係に及ぼす温度の影響

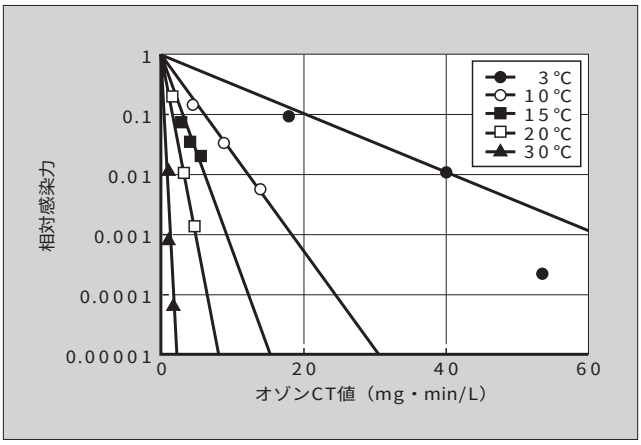
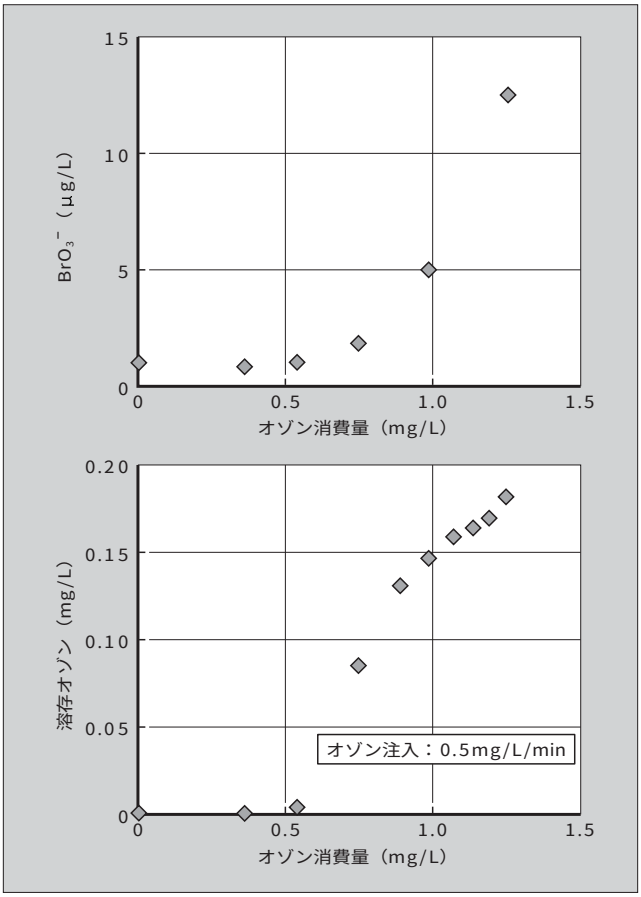


図 7　多摩川原水を用いた臭素酸の生成状況



5.4.2　トリハロメタン生成能処理効果

トリハロメタンは，消毒の塩素処理で有機物と反応して生成するので，有機物を除去すれば低減化できる。東京都水道局金町浄水場の例[7]では，高度浄水設備を導入した1992 年から 2002 年末までの処理工程ごとの平均低減率は，凝集沈殿で約 30 %，オゾン処理で約 10 %，BAC 処理で約 20 %で，全処理工程で約 60 %低減され，基準値以下になっている。

5.4.3　クリプトスポリジウムの不活化効果

クリプトスポリジウムの効果に関する実設備のデータはないが，研究室でのマウス感染性試験結果を**図 6** に示す[8]。これによると，2 $\log_{10}$ 不活化 CT 値（濃度接触時間積）は，水温 20 ℃のとき 3.4 mg・min/L となり，この程度であれば実用化が可能である。しかし，水温依存性が高く，水温が低い場合はかなり厳しくなる。

5.4.4　臭素酸の生成抑制技術[9]

図 7 に臭素が 150 μg/L，溶解性有機炭素化合物（DOC）が 1.3 mg/L の多摩川の水を用いて，オゾン処理をしたときの臭素酸の生成状況を示す。これによると，オゾンは被酸化物質を酸化した後，溶存オゾンが検出されるようになり，これが臭素と反応して臭素酸を生成している。富士電機はこのメカニズムを発見して以来，幾つかの実原水で実験して，溶存オゾン濃度を 0.1 ～ 0.2 mg/L に制御すれば，臭素酸濃度を 10 μg/L 以下に抑制することが可能であることを明らかにした。

6　水質計のラインアップ[10]

富士電機は，水のライフラインにそって監視・制御に必要な水質計を鋭意開発している。**図 8** には，主な水質計のラインアップを示す。

原水関係では，突発性油汚染事故や急性毒物を監視する油膜センサとバイオセンサの原理を利用した水質安全モニタがある。凝集プロセスの凝集剤の最適注入制御に寄与する凝集センサ，クリプトスポリジウムの沪過池からの漏洩（ろうえい）管理に有効な高感度濁度計がある。消毒副生成物のトリハロメタン計（THM 計），トリハロメタン生成能計（THM-FP 計）は，富士電機独自の水質計である。そして，給水水質を常時監視する多項目（色，濁り，残留塩素，pH，電気伝導度）が測定できる給水水質モニタがある。これらの水質計は，安全でおいしい水づくりに役立っている。

7　膜沪過システムの開発[11]

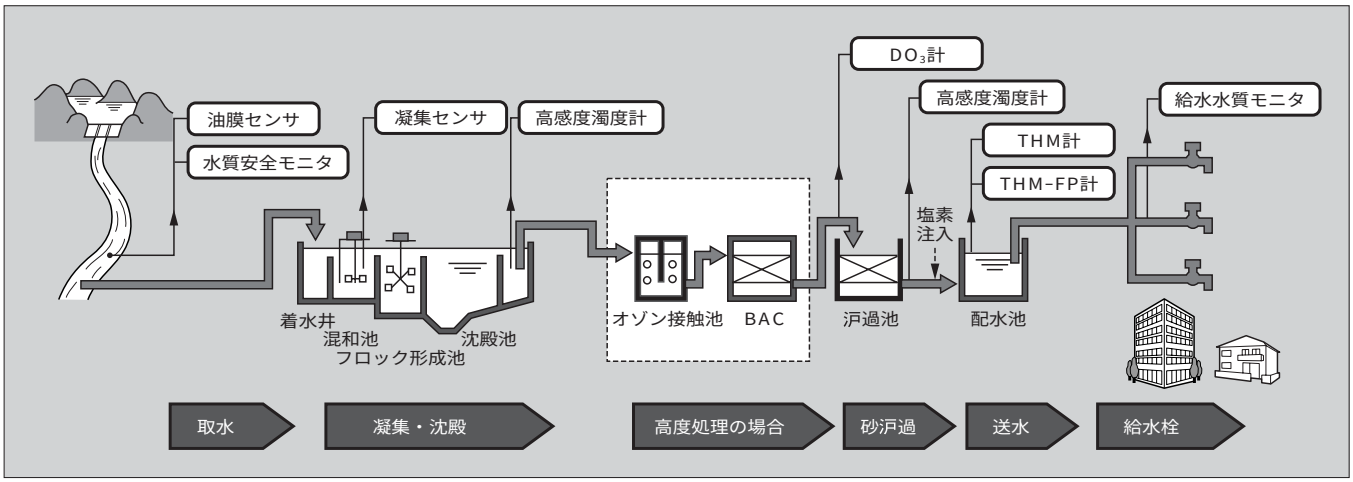
膜沪過システムは，

(1)　原水中の懸濁物質やコロイド物質などの不純物を確実に除去できる。

(2)　用地面積が少なくてすむ。

(3)　凝集剤の使用量が少なくてすむ。

図８　水質計のラインアップ



(4)　簡易で信頼性のある上水プロセスである。

などの特徴があるため，次世代上水処理プロセスとして期待されている。1993 年以降 2002 年 6 月現在で，わが国に導入された膜沪過システムは，280 施設で総処理能力は 13 万 8,000 m^3/日まで発展してきている[12]。

富士電機はこれらの技術の開発に積極的に取り組み，2002 年に(財)水道技術研究センターから水道用膜沪過装置認定書（前オゾン注入式膜沪過システム，オゾン洗浄式膜沪過システム）をいただいた。引き続いて，実証プラントを浄水場に設置して，実用化のための技術開発に取り組んでいる。

8　あとがき

富士電機は長年にわたって，上下水道分野に最先端技術・製品・システムを提供して，広く社会に貢献してきた。これらの中で，ここでは最近特に社会的要求の高い，安全でおいしい水づくりのソリューション技術を紹介した。

今後を展望すると，水道水源の汚染がますます多様化，複雑化することが必至である。富士電機は，これに正面から向き合って問題を解決する技術を開発し，安全でおいしい水を安定して国民に提供できるシステム提供の一翼を担っていく所存である。

参考文献

(1)　矢木修身ほか．水道水のかび臭と対策――かび臭発生機構――放線菌．用水と廃水．vol.26, no.8, 1984, p.3-12.

(2)　Rook, J. J. Production of Potable Water from a Highly Polluted River. Water Treatment and Examination. vol.21, 1972, p.259-274.

(3)　厚生省水道環境部水道整備課報道発表資料．水道水源におけるクリプトスポリジウム等の検出状況について．1997.

(4)　石岡久道．無声放電式オゾナイザの高濃度化・高効率化に関する研究．博士論文（佐賀大学）．2002.

(5)　森岡崇行．水道におけるオゾン処理の臭気物質除去への応用．博士論文（北海道大学）．2001.

(6)　村元修一．東京都金町浄水場のオゾン処理について．平成 4 年度オゾンに関する講演会講演要旨．日本オゾン協会．1992.

(7)　佐藤親房．江戸川を水源とする東京都金町浄水場の高度浄水処理．第 11 回日韓水環境シンポジウム．2002, p.121-130.

(8)　Hirata, T. et al. The effect of temperature on the efficacy of ozonation for inactivating Cryptosporidium parvum oocysts. Wat. Sci. Technol., no.43, 2001, p.163-166.

(9)　加藤康弘ほか．オゾン処理における臭素酸イオン生成を抑制するためのオゾン注入制御システム．富士時報．vol.74, no.8, 2001, p.449-453.

(10)　青木隆ほか．環境水質（湖沼・河川・上水）を見守るセンサ技術．富士時報．vol.74, no.8, 2001, p.444-448.

(11)　Motoyama, N. et al. Advanced Microfiltration system with Ozonation. 第 11 回日韓水環境シンポジウム．2002, p.33-38.

(12)　谷口元．日本の膜ろ過施設の実績．第 11 回日韓水環境シンポジウム．2002, p.143-152.

燃料電池の最先端技術

瀬谷　彰利（せや　あきとし）

1　まえがき――燃料電池とは

最近，ゼロエミッションの自動車用や家庭用としてしばしばマスコミに登場する燃料電池は，水素と酸素の化学反応による発電装置である。燃料電池は，①同じ発電容量のほかの発電装置と比較して発電効率が高い（**図1**），②窒素酸化物，硫黄酸化物をほとんど排出しないクリーンな排気，③発電は化学反応によるので低騒音であるといった特徴を持つ。このように燃料電池は従来の発電装置と比較して環境負荷が小さい革新的な発電装置である。

通常，**図2**に示すように燃料電池の発電部であるセルは，水素をイオンにする水素極，イオンを通す電解質層，イオンと酸素を反応させる酸素極から構成される。燃料である水素は都市ガスなどの炭化水素から触媒反応により得る。**図3**に示すように発電装置としては，セルを多数直列に接続した電池スタック，原燃料である炭化水素などから水素を触媒反応で生成する燃料改質装置，直流を交流に変換するインバータ，ポンプやブロワなどの補機，全体を制御する制御装置から成る一種のまとまった化学プラントであり，必要とされる技術は多岐にわたる。

電池スタックは，電解質層の種類によって固体酸化物形，溶融炭酸塩形，りん酸形，固体高分子形，アルカリ形の5種類に分類される。その中で実用となっているのはりん酸を電解質として使用するりん酸形のみである。最近は，電解質層として，数十μmの高分子膜を使用する固体高分子形が自動車用や家庭用として脚光を浴びており，グローバルな開発競争が激化している。

富士電機の燃料電池技術は，1961年に研究開発を開始してから40年以上の歴史を持ち，上述の5種類すべての研究開発を行った。現状では，実用化までこぎつけたりん酸形燃料電池の事業化と，固体高分子形燃料電池の研究開発を精力的に実施している。

図1　各種発電装置の発電効率比較

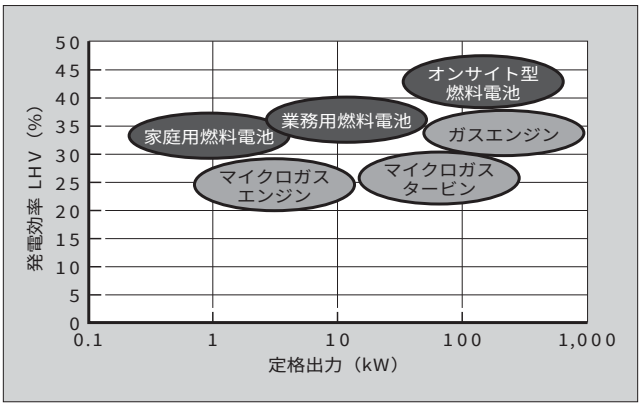


図2　固体高分子形燃料電池の発電原理

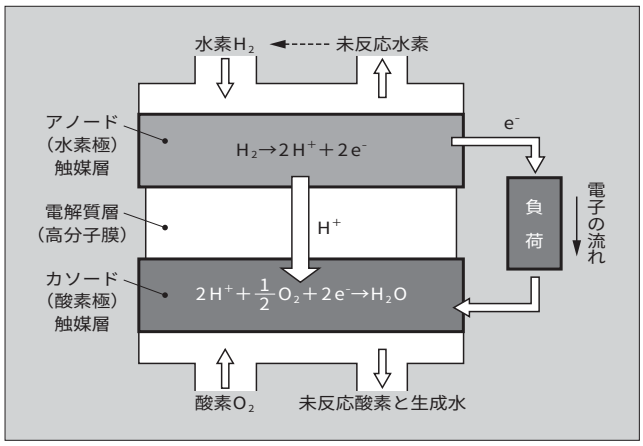
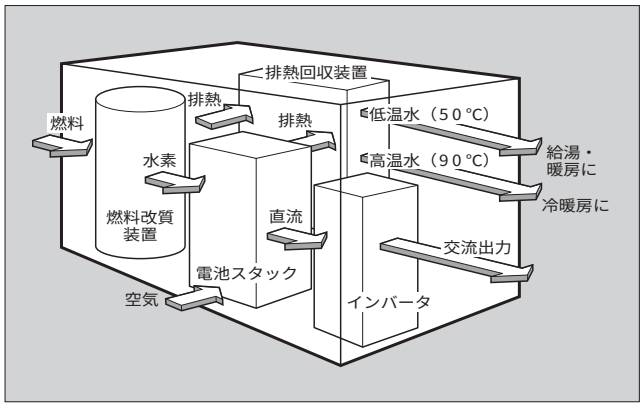


図3　燃料電池発電システムの基本構成



瀬谷　彰利

りん酸形燃料電池，固体高分子形燃料電池の電池スタック技術開発に従事。現在，事業開発室燃料電池部長。化学工学会会員。

2　高度な技術と豊富なノウハウの結晶――富士電機のりん酸形燃料電池

2.1　実用化したりん酸形燃料電池

富士電機は 1998 年に 100 kW りん酸形燃料電池の一次商品機をリリースした。合計 10 台（社内発電装置も含む）がすべて順調に運転されており，現時点で目標寿命の 4 万時間に対して 3 万 5,000 時間の運転実績を誇るサイトもある。さらに，低コスト化した第二次商品機を 2001 年にリリースし（外観を**図 4**，仕様を**表 1** に示す），2003 年 4 月末時点で 5 台（社内発電装置を含む）出荷され，順調に運転されている。

りん酸形燃料電池を実用化しているのは，全世界で 2 社のみである。富士電機は，発電装置の主要コンポーネントである，電池スタック，燃料改質装置，インバータ，熱交換器などを自社開発しており，それらをコンパクトな発電システムのパッケージとしてまとめる高いエンジニアリング技術も保有している。

図 4　第二次商品機の設置例

表 1　第二次商品機の仕様

項　目	仕　様
定格出力	100 kW（交流送電端）
出力電圧，周波数	200 V（50 Hz），220 V（60 Hz）
発電効率	40 %（LHV，交流送電端）
熱利用効率，熱供給形態	47 %（LHV），90 ℃温水・50 ℃温水
燃料仕様，消費量	都市ガス13 A，22 m^3/h（Normal）
排気特性	NOx：5 ppm以下，SOx：検出限界以下
騒音特性	65 dB（A）（機側1m平均値）
代表寸法・質量	2.2 m（W）×3.8 m（L）×3.0 m（H），10 t
設置場所	屋外・屋内
運転・出力方式	全自動運転，系統連系

2.2　りん酸形燃料電池スタックの高度な技術

発電装置の心臓部である電池スタックのセルの発電性能や信頼性，耐久性の向上のためには，①酸素極の電極触媒層の高性能化，②液体の電解質であるりん酸のセル内での挙動の制御がポイントである。

①に関しては，電極触媒層を形成する触媒（カーボン担体上に微細な白金合金を担持）の耐久性，触媒とりん酸との混合状態が重要である。そのため，その触媒については基礎的研究の成果をもとに自社開発し，自社で製造している。さらに，電極を最適な状態に設計するために，電極に使用する部材の表面電位まで計測・制御する研究を行い[(1)]，その成果をもとに量産技術を確立している。

②に関しては，運転とともに蒸発していくりん酸を考慮し，常にセル内各部分のりん酸量を最適に保つ技術が必要不可欠である。富士電機では，りん酸蒸発速度の定式化[(2)]はもちろん，平たいセル面内の電流分布や温度分布をシミュレーションする技術[(3)]を開発し，それとあわせてセル面内のりん酸移動についてモデル化することに成功した[(2)]。さらに，運転中のりん酸の挙動について，毛細管力以外の新しい駆動力の存在を明らかにするなど[(4),(5)]，先端的な研究をベースに実用技術を構築している。

2.3　りん酸形燃料電池の改質・システム技術

原燃料である炭化水素を 700 ℃近い温度で水蒸気改質反応させる改質器は，熱交換機能を内蔵したシンプルなシングルチューブ式を採用している[(6)]。その設計のため，反応速度・温度分布シミュレーション技術を開発[(6)]し，熱応力解析もあわせた設計技術を確立している。また，脱硫器（改質器の前段で原燃料に含まれる硫黄を除去する）と CO（一酸化炭素）変成器（改質器の後段でガス中の CO 濃度を低下させる）を一体化し，コンパクト性追求のため角形にするという工夫が盛り込まれている。

発電システムとしては，数多くの運転実績から得た貴重な経験を豊富なノウハウとして，配管設計や熱交換器，ポンプ選定などに改良を加えている。

以上のような最先端の基礎研究から得られた成果や多くのシミュレーション技術，豊富なノウハウの結晶である富士電機のりん酸形燃料電池は，初期性能はもとより稼動率もほぼ 100 %であり，実用機として非常に高い評価を得ている[(7)]。

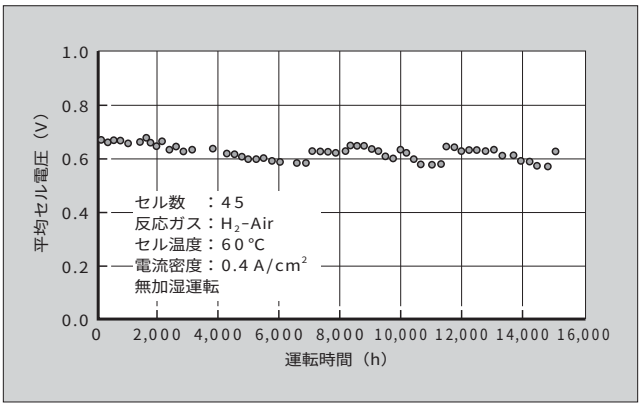
3　過酷な開発競争に勝ち抜く固体高分子形燃料電池

3.1　最先端技術の集大成の固体高分子形燃料電池スタック

富士電機は他社に先駆け 1989 年から固体高分子形燃料電池スタックの基礎的な研究開発を開始しており，小型の定置用発電装置としての実用化を目指し，りん酸形と同様に最先端の技術開発を推進している。

固体高分子形燃料電池の電池スタックは，電解質層であ

図５　固体高分子形燃料電池 1kW 級スタック運転評価結果



る固体高分子膜を湿潤状態に保ちつつ，余分な水分が他に悪影響を与えないように制御する技術がポイントである。

富士電機は，セル面内の微小部分を模擬した実験を通して，種々の条件でのセル内各部の水移動速度の実測を行い，その結果をもとにセル内水移動についてモデル化することに成功した[(8), (9)]。さらに，水の管理のために反応ガス流路は複雑な形状であるが，流路形状をシミュレーションに取り込み，セル面内での電流分布やガス流量分布に加え，セル面内の水分分布のシミュレーション技術を確立した[(10)]。このように，固体高分子形燃料電池で最重要な水管理技術において最先端を走っているといえる。

さらに，実用化時の鍵である電池スタックの耐久性向上についても，電池スタック電圧の低下要因を運転条件や材料変化，セル構造など広範に検討し，その対策仕様を決定し評価を実施している。電池スタックの耐久性評価は，**図５**に示すように 1kW 級で 1 万 5,000 時間を超えて評価しており[(11)]，公表されている中では最長評価時間と思われる。

3.2　豊富な経験を生かした固体高分子形発電システム

発電装置としては，まず，家庭用を視野に入れた 1kW 級のシステムをりん酸形で得られたノウハウを注ぎ込んで開発している。

燃料中の CO を 1％程度まで許容するりん酸形とは異なり，固体高分子形燃料電池スタックは，燃料中の CO を 10 ppm 程度まで減少させる必要がある。このため，微量の空気を燃料に混ぜ，水素（H_2）を燃焼させることなく選択的に CO を燃焼させる選択触媒燃焼技術の確立が要求される。この技術のポイントはその触媒層の温度を適正な温度範囲内に制御することであり，富士電機は，触媒層の冷却方式に工夫を加えた。その結果，2 段階で CO を選択燃焼させる方式が主流である中，1 段で CO 濃度を目標値以下まで低減できる技術を確立した[(12)]。

また，燃料改質装置は非常に小容量のため，放熱をできる限り減らし，吸熱反応が生じる改質触媒層に熱をいかに効率よく伝達するかがポイントであり，シミュレーションと実機での評価を通して改良を加えて，世界最高水準のコンパクトさと熱効率を追求している[(12)]。

以上の要素技術を組み合わせた 1kW 級の第一次試作の発電装置（外観を**図６**に示す）は，連続 1,000 時間の運転も含め 3,000 時間を超える運転評価を実施している。さらに，初期性能としては商品レベルを狙った第二次試作発電装置を設計，製作中であり，まもなく試験を開始する予定である[(12)]。その仕様を**表２**に示す。

図６　1kW 級固体高分子形燃料電池（第一次試作）の外観

表２　1kW級固体高分子形燃料電池の主要仕様

区分 ＼ 項目	一次試作機（2001年）（3,090h発電試験終了）	二次試作機（2003年）	商品機仕様例
電気出力	1kW級	1kW級	500W～1kW
温水出力	60℃	60℃	＞60℃
寸法（W×H×D）	1,100×1,100×400（mm）	900×800×350（mm）	900×900×420（mm）（Dは壁面からの距離）
容積	480L	250L	——
発電効率	24％（LHV）（実績）	34.5％（LHV）（計画）	35％（LHV）

今後，定置用固体高分子形燃料電池の実用化のためには，信頼性・耐久性の向上とその実証や大幅なコストダウンが必要である。そのためには，初期性能の向上のみの追求では不十分であり，富士電機は先端的な基礎技術をきちんと固めることが，信頼性・耐久性の向上や大幅なコストダウン開発には必要不可欠だと考えている。先端的な基礎技術開発と製品化開発をうまく整合させながら，それらの結晶として優れた製品を開発することを目指している。

4　燃料電池，それは地球に優しい社会のキーテクノロジー

富士電機が実用化したりん酸形燃料電池は，最先端の基礎研究から得られた成果や多くのシミュレーション技術，豊富なノウハウの結晶であり，地球温暖化防止のためのキーテクノロジーとして育っていくだろう。そのため，排熱も有効利用し，総合効率 80％を達成しているコージェネレーション用としてホテルや病院，事務所などに普及さ

図７　下水汚泥消化ガス燃料電池システム

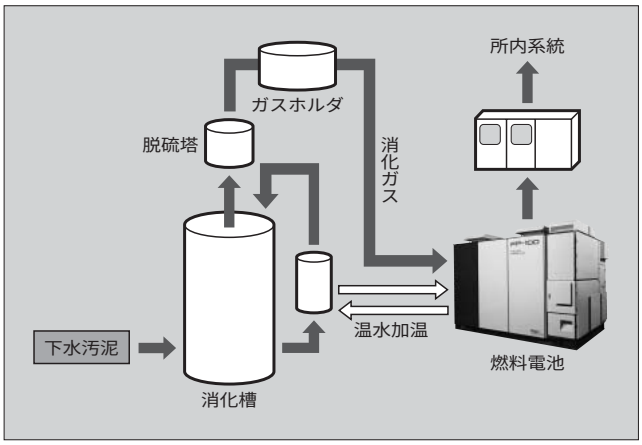
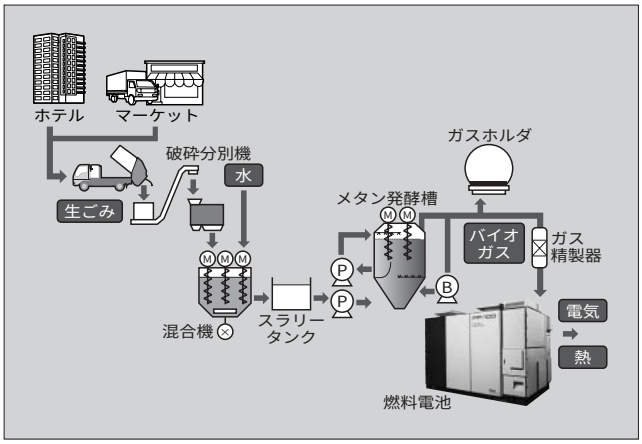


図８　生ごみメタン発酵燃料電池システム



せていきたい。さらに，現在，山形市浄化センターで順調に運転されている，**図７**に示すような下水汚泥を嫌気性発酵させた消化ガス（メタンが主成分）を利用した発電も大いに普及させていきたい。

また，生ごみを嫌気性発酵させ，そこから発電するという発電システムが神戸市で実証運転されており，順調に運転されている。このようにこれからの循環型社会実現に向け，**図８**に示すようなバイオマスエネルギー利用の燃料電池は大きなポテンシャルを持っている。

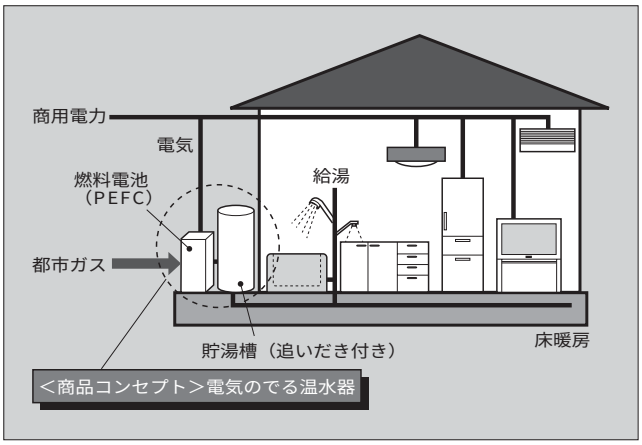
耐久性，信頼性，コストの問題をクリアし，自動車用に先駆け，固体高分子形の定置用燃料電池が**図９**に示す家庭用や 10 kW 程度の業務用として大きく普及する日がやってくるだろう。そのときに富士電機はそのトップを走っているように，先端的な基礎技術開発と製品化開発をうまく整合させながら，研究開発を加速していく。

自動車の多くが燃料電池車となったとき，りん酸形燃料電池の改質技術をベースに製品化している水素製造装置が，水素供給スタンドとして利用される日もやってくるに違いない。

5　あとがき

21 世紀に必ずややってくるであろう水素エネルギー社会，循環型社会といった地球に優しい社会構築の鍵を握る技術である燃料電池のトップメーカーとして，富士電機は社会に大きく貢献できると信じ，努力する所存である。

図９　家庭用燃料電池のコンセプト



参考文献

(1)　須藤業ほか．りん酸形燃料電池用電極の特性に及ぼす触媒・PTFE 粒子の分散・凝集状態の効果．電気化学および工業物理化学．vol.68, no.9, 2000, p.713.

(2)　岡江功弥ほか．PAFC におけるりん酸マネージメントの研究．第 7 回燃料電池シンポジウム予稿集．2000, p.57.

(3)　Asano, A. et al. Analysis and Characterization of Non-uniformity in Phosphoric Acid Fuel Cells. 電気化学および工業物理化学．vol.64, no.06, 1996, p.443.

(4)　瀬谷彰利，只野一郎．りん酸形燃料電池における発電中のセル内りん酸量分布．化学工学論文集．vol.27, no.2, 2001, p.223.

(5)　瀬谷彰利，只野一郎．りん酸形燃料電池におけるセル内りん酸量とセル電圧との関係．化学工学論文集．vol.27, no.6, 2001, p.766.

(6)　Yokoyama, H. et al. Development of On-site PAFC Power Plant. Proc. of International Conference on Power Engineering 2001, 2001, p.1504.

(7)　池田勇公ほか．りん酸形燃料電池の運転実績及び運用事例．第 9 回燃料電池シンポジウム予稿集．2002, p.313.

(8)　Takano, H. et al. The Relationship between the Humidity of Gasses and the Cell Performance of Polymer Electrolyte Fuel Cell. ECS Meeting Abstracts. vol.MA 99-2, 1999, p.418.

(9)　榎並義晶．固体高分子形燃料電池のアノード・カソード間の水移動について．第 42 回電池討論会予稿集．2001, p.544.

(10)　榎並義晶．固体高分子形燃料電池の面内分布シミュレーション．第 10 回燃料電池シンポジウム予稿集．2003, p.318.

(11)　高橋正樹ほか．富士電機における PEFC の開発状況．第 9 回燃料電池シンポジウム予稿集．2002, p.105.

(12)　中川功夫ほか．PEFC システムの開発状況．第 10 回燃料電池シンポジウム予稿集．2003, p.96.

フィルム基板太陽電池の特徴と展望

鴨下　友義（かもした　ともよし）

1　まえがき

太陽電池は1950年代後半に人工衛星に搭載されてその利用が始まり，電卓用などの民生用機器や遠隔地での通信用などに利用され，近年は環境問題への認識の高まりを背景に再生可能な自然エネルギー源として電力用途への適用が進んでいる。

太陽電池生産量の推移（**図1**）を見ると，特に1997年以降急速に増加しており，日本での2002年の生産量は251 MWで1999年以降4年連続して世界第一位である。[(1), (2)] これは，生産量の拡大とも連動して生産技術の進歩によるコスト低減が進み，並行して政府が住宅への設置補助をはじめとする導入促進政策を実施してきたことによるものである。また，2001年からは海外，特にヨーロッパを中心とする旺盛（おうせい）な需要と円安を背景とした輸出の増加が顕著となっている。

このように生産量は順調に増加しているが，一方，2001年に総合エネルギー調査会新エネルギー部会がまとめた報告書によると，2010年における太陽光発電の累積導入目標が4,820 MWに設定されており，2000年までの累積導入量が320 MWであることを考えると，現在は本格的な導入（生産）のための助走時期であるともいえる。**図2**は今後の国内市場の予測を示したものである。将来的にはコスト低減の進展に伴い国内公共・産業分野の割合が高くなっていくと予想されるが，当面は電力料金が高く設定されている住宅向けが市場の中心となると考えられる。

現在，世界の太陽電池生産量の85 %以上は結晶シリコン系材料によって占められている。結晶シリコン太陽電池は，原料を溶融・固化してインゴットを作り，スライスして基板とするため原料使用量が多い。これに対して富士電機では，原料の使用量が少なく大面積化も容易である利点を持つアモルファスシリコン（a-Si）太陽電池の開発を進め，1980年には世界に先駆けて電卓用a-Si太陽電池を製品化した。以後，ガラスを基板とした電力用大面積太陽電池の開発に注力し，1993年には30 cm × 40 cmサイズで安定化効率[〈注1〉] 9 %を達成した。これは，民生用途が主体であったa-Si太陽電池の電力用途への適用見通しを世界に示す成果として大きな注目を集めた。[(3)]

1994年からは，これらの成果も生かしてプラスチックフィルムを基板とするa-Si太陽電池の開発を行っている。プラスチックフィルム基板タイプは，すべての製造プロセ

〈注1〉安定化効率：a-Si太陽電池は，光照射により初期に特性が低下し，その後安定化する性質がある。光照射後の安定したエネルギー変換効率を安定化効率と呼ぶ。

図1　太陽電池生産量の推移

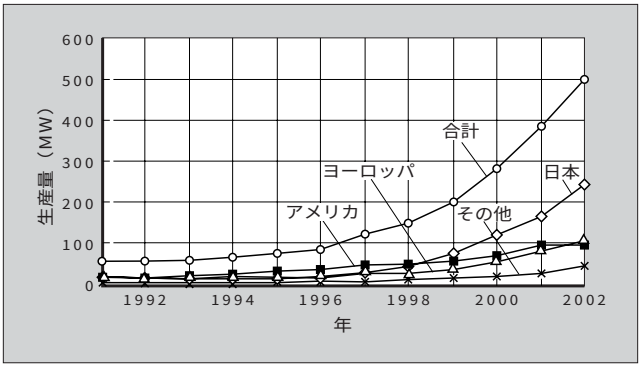
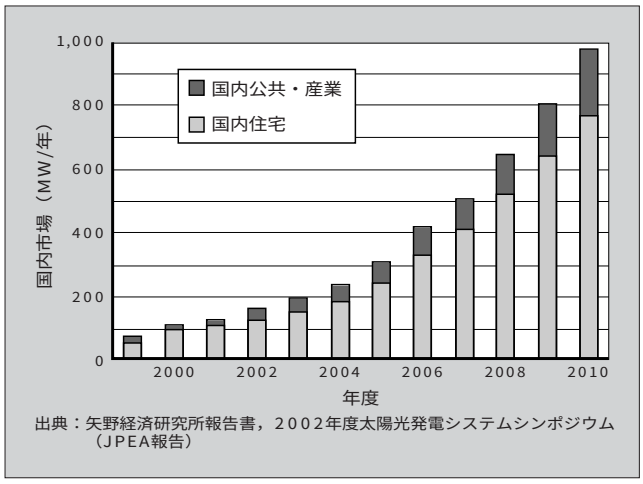


図2　国内市場の予測



出典：矢野経済研究所報告書，2002年度太陽光発電システムシンポジウム（JPEA報告）

鴨下　友義

工業用計測発信器の設計，燃料電池の開発，クライオクーラの開発，太陽電池の開発に従事。現在，(株)富士電機総合研究所太陽電池開発部長。

スにロールツーロール方式を適用することにより低コスト量産化が可能となるとともに[4]，軽量，フレキシブル，建材との一体化が容易などの特徴を生かして応用製品形態の多様化も期待できる[5]。

以下に富士電機で開発を進めているフィルム基板太陽電池の特徴と展望について報告する。

2　高スループット製造技術

太陽電池の開発は，従来の研究開発から事業化へ向けたフェーズへと移行している。事業化へ向けての最も大きな課題として，低コスト化が挙げられる。薄膜太陽電池の量産プロセスでは，大型の真空製膜装置を用いることによる初期投資（設備費）が大きい。特に a-Si およびアモルファスシリコンゲルマニウム（a-SiGe）層を堆積（たいせき）する装置の設備全体に占める割合が大きく，画期的なスループット改善が必要となる。そこで富士電機では，前述したように高スループット化に非常に有効なプラスチックフィルム基板太陽電池製造プロセスの開発を 1994 年に着手し，それまでに蓄積してきたガラス基板太陽電池の開発技術をプラスチックフィルム基板太陽電池へ適用してきた[4], [5]。

絶縁体であるプラスチックフィルム基板の特徴を最大限に生かすために，**図 3** に示す SCAF（Series Con-nection through Apertures formed on Film）と称するまったく新しい太陽電池構造を開発した。この太陽電池は，基板の一方の面に金属電極/a-SiGe 発電層（ボトムセル）/a-Si 発電層（トップセル）/透明電極層を形成した多層構造から成る。また基板の反対面には，背面電極が形成される。ボトムセルおよびトップセルの発電層は，およそ 100 nm の厚さとなっている。基板は厚さ数十 μm のポリイミドなどの耐熱性プラスチックフィルム基板である。この構造の特徴は，基板に多数あけられた直径 1 mm 程度の穴にある。これらの穴は 2 種類に分類され，それぞれ異なった働きをする。透明電極が形成されている発電領域に形成されている穴は，透明電極と基板の反対面に形成された背面電極とのスルーホールコンタクトを行う「電流収集穴」である。一方，発電領域の外側に形成されている穴は，金属電極と背面電極を接続する「直列接続穴」である。プラスチックフィルム基板を採用することで，この接続穴の形成がパンチングなどにより容易に行える。また，この穴を介して絶縁性基板上に直列接続構造が形成できるため，高い電圧を取り出すことが可能となる。

製造プロセスにはロール状のフィルム基板を装置入口側にセットして装置に供給し，装置出口側で再びロール状に巻き取る量産性の高いロールツーロールプロセスを採用している。このため，装置にフィルム基板ロールを一度セットするだけで，キロメートルオーダーの長さのフィルムを連続して一括処理することができるため，搬送工程の簡略化が図れる。このフィルム基板 1 ロールを処理すると，100 kW レベルの太陽電池が一気に製造できることになる。

上述したロールツーロールプロセスの採用による高スループット化以外にも，例えば積層構造の高速形成という面からの高スループット化へのアプローチについても検討している。これまでの研究開発から，a-Si 層および a-SiGe 層の形成速度を 30 nm/min 程度まで増加させても，プラズマ化学気相成長（CVD）法の放電条件の一つであるピークツーピーク電圧（V_{pp}）を低く抑える工夫を施すことにより，性能を維持できることが分かってきている。V_{pp} はプラズマポテンシャルと正の相関を持つため，製膜中に発生するイオンダメージの指標となっており，太陽電池特性に影響を与えていると考えている。タンデム型太陽電池のトップセルである a-Si シングル接合太陽電池のみを抜き出した構造を形成し，V_{pp} とこのトップセル構造太陽電池の安定化効率の関係を求めたデータを**図 4** に示す。V_{pp} を制御できるパラメータには多くのものが存在するが，一例としてプラズマ生成のために供給する高周波電力の周波数が挙げられる。**図 4** に示すように，高周波電源の周波数を従来の 13.6 MHz から 27.1 MHz に増加させることで[6]高速製膜条件でも効果的に V_{pp} を低減することができ，結果として太陽電池の変換効率が向上している。

各種の低 V_{pp} 化技術を統合することにより，高品質 a-Si

図 3　SCAF 構造太陽電池の概念図

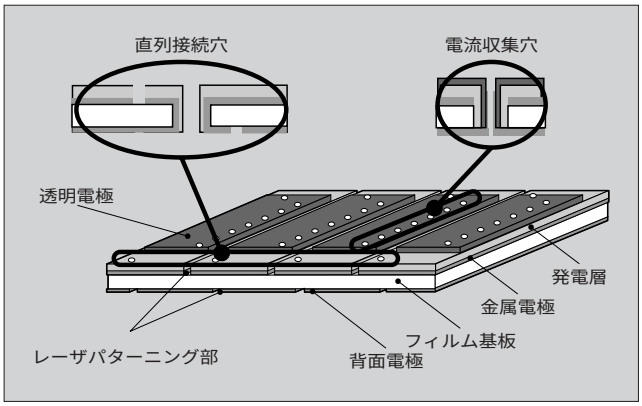
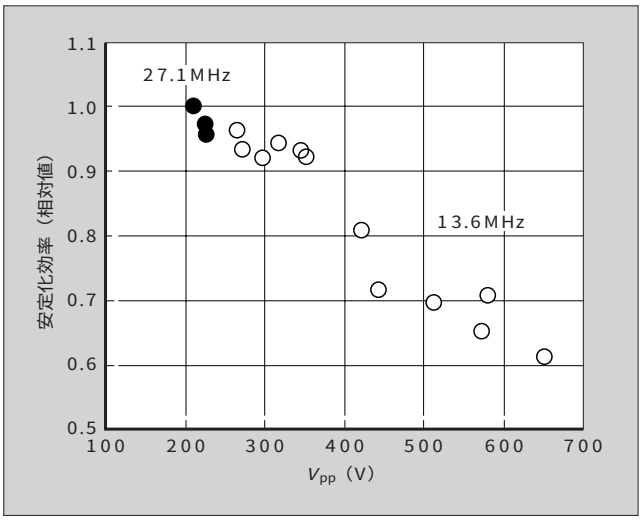


図 4　a-Si トップセル高速形成時の V_{pp} とトップセル構造太陽電池の安定化効率の関係



層および a-SiGe 層を 30 nm/min 程度の製膜速度において形成できるようになり，SCAF 太陽電池の安定化効率 8 % 以上が達成されたため，量産化のめどがついた。

3　フレキシブルモジュール

技術開発の進展や国の補助金政策により，個人住宅を中心に太陽電池の導入が進み，最近では太陽電池を取り付けた住宅を目にする機会が多くなってきた。しかしこれまで導入されている太陽電池の多くは屋根上に設置された架台に固定する据置型であり，架台の費用や設置工事費用などの追加的費用が発生するうえ，周囲との調和の点でもさらに工夫が必要である。また，今後は低コスト化の進展に伴い公共・産業分野への導入も増加するものと想定されるため，この分野に適用するモジュール開発も重要である。

そこで富士電機では，意匠性に優れる建材一体型モジュールに的を絞り，独自の SCAF 構造セルを用いたモジュールを開発している。富士電機のモジュールには以下のような特徴がある。

(1)　独自の SCAF 構造の採用で，最少の直列接続でシステムに必要な電圧が得られる。

(2)　プラスチックフィルムを基板とする薄膜太陽電池であるため，従来にはない軽量で大面積のモジュールが構成できる。

(3)　さまざまな材料と張り合わせることが可能であることから，従来の据置型モジュールに加え，屋根材や壁材などの建材と一体化させた周囲と調和する建材一体型太陽電池モジュールが実現できる。

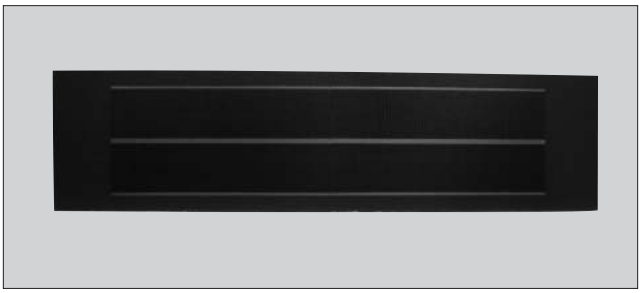
以下に富士電機における太陽電池モジュールの開発例を紹介する。

3.1　鋼板張付型モジュール

太陽電池を鋼板表面に直接張り付ける鋼板張付型モジュールでは，鋼板部分を除く太陽電池モジュールの質量が約 1 kg/m^2 であり，鋼板を含めても総質量は 4 ～ 8 kg/m^2 程度となり，従来の据置型と比較して約半分の質量のモジュールが実現できる。したがって，太陽電池を搭載しても，構造物の耐荷重設計を大きく見直す必要も少なく，しかも通常の鋼板屋根と同じ方法で施工できるため低コストで意匠性に優れた太陽電池付き鋼板屋根が実現できる。

図 5 は開発中のモジュールの外観を示したもので，幅が約 0.5 m，長さが約 2 m の鋼板に太陽電池を張り付けたもので，周囲に曲げ加工を施すことで太陽電池付き鋼板屋根にすることができる。このタイプの太陽電池モジュールでは，受光面に耐候性フィルムを用いているため，耐久性を検証する加速試験やフィールドテストなどを進めており，実用化への技術的なめどが立ったと考えている。

図５　鋼板張付型モジュール



3.2　瓦一体型モジュール

富士電機では，より洗練された製品として瓦一体型太陽電池モジュールを建材メーカーと共同で開発している。**図 6** に開発中の瓦一体型モジュールを，**表 1** にモジュールの開発仕様を示す。

開発中の瓦一体型太陽電池モジュールは，太陽電池を瓦にはめ込む構造を採用しており，太陽電池を搭載していない通常の瓦と同様な工法で屋根に固定できる。また，周囲部分には同系統の瓦を配置することができるため違和感もなく美観に優れている。これからの太陽電池の導入にあたっては，費用の観点のほかに設置した場合の美観も製品選択の大きな因子になると考えられる。

3.3　フレキシブルモジュール

冒頭にも述べたが，富士電機で開発しているセルはフレキシブルなプラスチックフィルムを基板として用いているために，ガラスカバーやフレームなどの形状を拘束する部材を用いなければ，ある程度の曲面に対応してモジュールを設置することが可能である。特に，デザイン性を優先する建築物においては，この機能はこれまでの太陽電池モジュールにない大きな利点であると考えており，この分野への用途開発も進めている。**図 7** はその例を示すもので，セルを樹脂で封止し，その表面を耐候性樹脂で覆ったフレキシブルモジュールであり，建物の曲面部分への適用を想定して開発している。

図６　瓦一体型モジュール

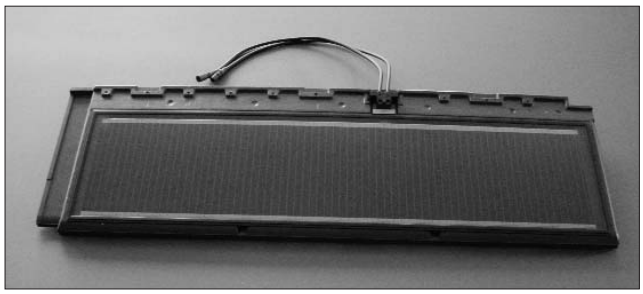


表１　モジュールの開発仕様

形　　態	鋼板張付型	瓦一体型	フレキシブル
外形寸法（mm）	500×2,000	300×950	1,000×2,000
出　　力（W）	48	12	96
質　　量（kg）	8*1	7*2	2*3

＊1：鋼板（厚さ＝0.8 mm）質量含む　＊2：瓦材質量含む
＊3：補強材含まず

図７　フレキシブルモジュール

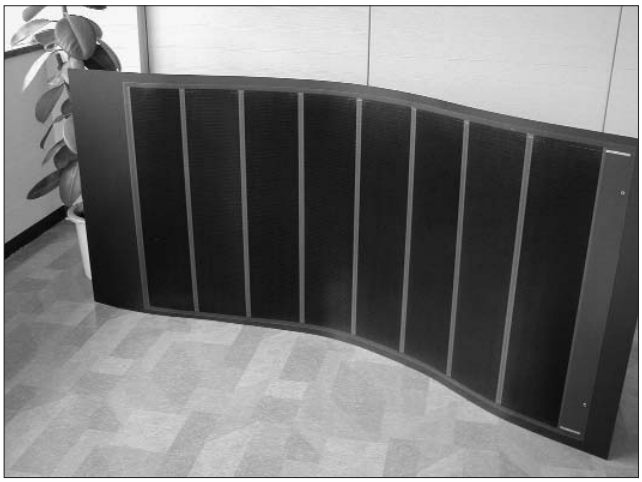
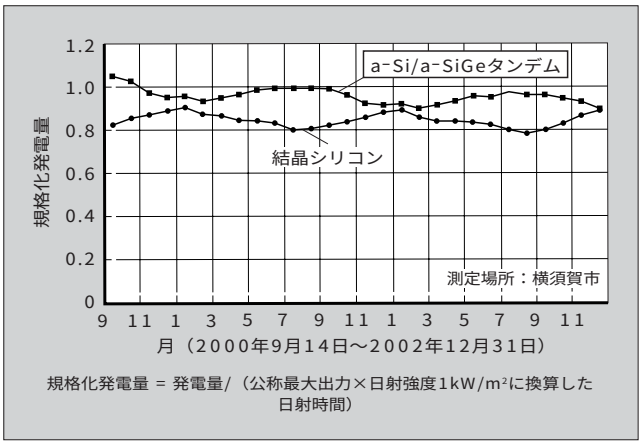


図８　発電特性の月変化



4　屋外設置発電量比較

これまでに開発した a-Si/a-SiGe タンデム型太陽電池のフィールドテストを(株)富士電機総合研究所横須賀地区で行い，結晶シリコン太陽電池と比較した。[7] **図８**に発電特性の月変化の様子を示す。図中の規格化発電量は，太陽電池が常に標準条件[〈注2〉]のエネルギー変換効率で動作したと仮定した場合の発電量と，実際の屋外環境での発電量との比率を表す。一般に太陽電池の性能は標準条件での出力で表されるが，フィールドでの実際の発電性能は標準条件との環境の違いを反映して変化する。図から，富士電機で開発した a-Si/a-SiGe タンデム型太陽電池は結晶シリコンに比べて規格化発電量の値が大きく，特に温度の上昇により結晶シリコンの性能が大きく低下する夏季にはその差が 20 %程度に達している。

表２に年間総発電量を示す。特定の場所（横須賀市）ではあるが，2001 年，2002 年とも出力 1 W（標準条件）あたりの総発電量（Wh）を比較すると，a-Si/a-SiGe タンデム型太陽電池の出力が結晶シリコンに比べて 10 %以上大きい結果となり，その分ユーザーにとって有利となることが分かる。

表２　標準条件での出力（定格）１Wあたりの発電量

種　類	2001年		2002年	
	Wh/W	相対値	Wh/W	相対値
a-Si/a-SiGeタンデム	1,540	114	1,505	112
結晶シリコン	1,350	100	1,341	100

測定場所：横須賀市

5　あとがき

富士電機におけるフィルム基板太陽電池の特徴と展望について述べてきた。富士電機の開発している太陽電池は，従来の太陽電池にはない特徴を有しており，周囲の景観にマッチした形態で設置でき，しかも量産に適したプロセスが構築できることから，需要家に大きな経済的負担を強いることなく市場への普及が期待できるポテンシャルを有していると考えている。

太陽電池生産量は年率 30 %の増加を続けており，2020 年には 1 兆円産業になると見込まれている。このような追い風の中でタイムリーな市場参入と的確な事業展開を通し，地球環境に確実に貢献していくことが使命であると考えている。

ここで紹介した技術の一部は，新エネルギー・産業技術総合開発機構からの委託研究により得られた成果を適用したものであり，関係各位に感謝する。

〈注 2〉標準条件：25 ℃，日射強度 1 kW/m²，太陽光スペクトル エアマス 1.5

参考文献

(1) PV News. PV ENERGY SYSTEMS. 2003-2 and 2003-3.
(2) 太陽光発電情報．資源総合システム．2003-3.
(3) Ichikawa, Y. et al. Large-Area Amorphous Silicon Solar Cells with High Stabilized Efficiency and their Fabrication Technology. Proc. of 23rd PV Specialists Conf. USA. 1993, p.27.
(4) Ichikawa, Y. et al. Production Technology for Amorphous Silicon Based Flexible Solar Cells. 11th Int'l Photovoltaic Science and Engineering Conference. Sapporo, Japan. 1999, p.49.
(5) Ichikawa, Y. et al. Flexible a-Si Based Solar Cells with Plastic Film Substrate. Mat. Res. Soc. Symp. Proc.557. 1999, p.703.
(6) Takano, A. et al. Excitation Frequency Effects on Large-Area Hydrogenated Amorphous Silicon Film Deposition Process Using Flexible Film Substrate. Jpn. J. Appl. Phys. vol.41, no.2, L323, 2002.
(7) 井原卓郎，西原啓徳．アモルファスシリコン太陽電池の屋外発電特性．富士時報．vol.75, no.5, 2002, p.272-276.

富士電機グループの環境への取組み

辻　　正教（つじ　まさのり）

1　まえがき

地球温暖化をはじめとする地球規模での環境問題，最終処分場の逼迫（ひっぱく）・不法投棄など廃棄物問題，石油・鉱物資源の枯渇問題の顕在化により，これまでの大量生産・大量消費・大量廃棄型の経済システムは維持が困難になり，資源が有効に利用される持続可能な循環型社会への転換が不可欠である。

企業においても大きな転換が求められている。すでに環境経営格付けが幅広い評価項目で行われ始めており，財務状況評価だけでなく，環境への取組み評価が企業価値を決定づける時代となっている。

一方，生産現場での環境保全活動に加えて，製品に関する環境規制の動きも急である。代表的なものが欧州連合（EU）が定めた廃自動車のリサイクルに関する ELV（End of Life Vehicles）指令，廃電気電子機器のリサイクルに関する WEEE（Waste of Electrical and Electronic Equipment）指令，電気電子機器に含まれる特定有害物質の使用制限に関する RoHS（Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment）指令である。ELV 指令は鉛，水銀，カドミウム，六価クロムの 4 物質を 2003 年 7 月から，RoHS 指令は臭素系難燃剤 2 物質を加えた合計 6 物質を 2006 年 7 月から原則，使用禁止としている。また，WEEE 指令は 2005 年 8 月から製造者に廃電気電子機器の回収とリサイクル義務を負わせるものである。

わが国でも電気電子機器に対しては「資源の有効な利用の促進に関する法律」（資源有効利用促進法）や「特定家庭用機器再商品化法」（家電リサイクル法）などがすでに制定されており，今後は製品に関する環境規制を遵守しなければ国内外のマーケットを喪失することになる。

したがって，これからの環境活動は単に事業所の環境担当者に任せておけばよいというものではなく，生産現場での環境保全，製品の環境対応に対して，各部門，グループ一丸となった，そしてグローバルな視点からの活動が必要である。富士電機はこれら今日的課題に積極的に対応すべく，環境保護基本方針，推進体制を見直し，グループを挙げた環境保全活動の推進，環境配慮型製品への取組み強化を始めた。

本稿では富士電機のこれまでの環境保全活動を振り返るとともに，このような社会情勢の変化に適応した新しい取組みについて述べる。

2　これまでの取組み

全社的な環境への取組みは，1970 年の公害防止委員会の設置が最初である。1970 年はいわゆる公害国会が召集された年であり，一挙に 14 件の公害関連法が成立した。経済が大きく成長する中で公害防止に関する社会基盤の整備が不十分な時代であり，公害防止委員会では排水処理施設，低 NOx ボイラの導入，管理体制の見直しなどの公害対策を実施した。

その後，1980 年代には環境管理業務基準の制定，製造子会社の公害防止管理に着手するなど地球環境保護，保全の充実を図ってきた。また地球温暖化，オゾン層破壊など地球環境問題が表面化してきた時期でもあり，特定フロンの全廃に向けた基本方針を策定している。

1990 年代に入り，環境担当役員を責任者とした地球環境保護委員会を設置するともに地球環境保護基本方針を制定し，これまでの公害問題から地球環境問題へと取組みの強化を図ってきた。1995 年には環境マネジメントシステムの国際規格である ISO14001 の認証取得を宣言し，国内主要 10 工場は 1998 年に取得を完了した。

環境保全活動の歩みを**表 1** に示す。

3　新たな環境保護推進体制

3.1　環境保護基本方針の改訂

1992 年に地球環境保護基本方針を制定したが，制定後 10 年経過しており環境をめぐる状況も大きく変化したことから，**図 1** に示すように改訂した。改訂のポイントは，環境保全活動が経営の重要課題の一つであることを明確に

辻　　正教

全社のコストダウン・ロスコスト削減・生産性向上の支援，設備投資のとりまとめおよび環境保全活動の推進業務に従事。現在，生産企画室生産管理部長。日本機械学会会員。

したこと，従業員の意識向上と社会貢献，社会とのコミュニケーションの推進を新たに明記したことである。この基本方針は**表２**に示す富士電機グループの環境行動目標および事業所の環境方針に反映され，具体的活動が展開されている。

表１　環境保全活動の歩み

年　代	主な活動
1970年代	○公害防止委員会の設置（1970年） ○公害防止機器の導入（1971年～） （排水処理施設，低濃度NOxボイラなど）
1980年代	○環境管理の業務基準制定（1984年） ○製造子会社の公害防止管理に着手（1984年） ○フロン対策委員会を設置（1989年）
1990年代	○地球環境保護委員会を設置（1991年） ○環境保護基本方針を制定（1992年） ○富士電機環境白書を発行（1993年～） ○特定フロン，1.1.1-トリクロロエタンの使用全廃（1995年） ○トリクロロエチレンの使用全廃（1997年） ○国内主要10事業所がすべてISO14001を取得 ○取引先グリーン調達開始（1998年）
2000年～	○ゼロエミッション化（ごみゼロ）活動開始（2000年） ○環境情報の開示推進（2000年～） （環境報告書，環境会計など）

図１　環境保護基本方針

富士電機グループは、地域社会の良き企業市民として企業の社会的責任の重要性を認識し、地球環境保護への取り組みを経営の重要課題の一つと位置づけ、持続可能な循環型社会の実現のため、次の基本方針に基づいて行動します。

1．地球環境保護に貢献する製品・技術の提供
2．製品ライフサイクルにおける環境負荷の低減
3．事業活動での環境負荷の削減
4．法規制・基準の遵守
5．環境マネジメントシステムの確立と継続的改善
6．従業員の意識向上と社会貢献
7．コミュニケーションの推進

3.2　環境保護推進体制

全社的な推進体制についても**図２**のように改組した。環境担当役員を責任者とした地球環境保護委員会が推進体制のトップ組織であることは変わりないが，委員会の下部に事業所サイトでの環境保全活動の推進責任者をメンバーとする環境管理責任者会議を設置した。実質的には委員会と各事業所サイトの２段階の階層から成る推進体制であり，迅速な対応が可能となった。以下に各組織の役割を記す。

3.2.1　地球環境保護委員会

富士電機グループの環境保全に関する基本的かつ総合的な施策，例えば環境保護基本方針，環境目的・目標などを審議，決定する。メンバーは各カンパニーの代表者，コーポレート部門の企画室長などである。年２回の開催を原則とする。

3.2.2　環境管理責任者会議

ISO14001取得サイト，または管理可能な組織単位での環境保全活動の推進責任者である環境管理責任者をメンバーとする。地球環境保護委員会からの上位方針を受け具体的な行動計画の提案，環境パフォーマンスの実績，課題の取りまとめ，および報告を任務とする。開催は年２回以上とする。なお，環境管理責任者会議（**図３**）の下部には必要に応じて専門部会を設けることとし，現在，効果的な環境経営を推進する環境マネジメント部会，地球温暖化防止を推進する省エネルギー対策部会，製品の有害化学物質規制に対応するグリーン調達部会の３部会が設置されている。

3.2.3　微量 PCB 検出変圧器対策室

JIS C 2320の電気絶縁油を使用した変圧器などからごく微量のPCB（Polychlorinated Biphenyl）が検出されたとの報告があり，2002年７月に設置した。微量PCB混入の原因追求，顧客が留意すべき事項についての情報提供を行っている。

表２　環境行動目標

重点施策	環境目的	2003年度の環境行動目標	中期目標
環境マネジメントシステム	環境マネジメントシステムの維持・向上	認証取得	○スパイラルアップとパフォーマンスの向上 ○環境情報収集システムの構築と導入
	分工場・関係会社のISO認証取得	ISO14001認証取得24社	○2003年度中にすべての分工場がISO14001を認証取得
地球温暖化防止	省エネルギーの推進	生産高エネルギー原単位を31.21（t-CO_2/億円）	○生産高CO_2原単位を1997年度実績を基準として2010年度まで対前年度比1%以上削減
	温室効果ガス削減	SF_6ガスの大気排出量を購入量の4％以下に削減（電力機器）	○2005年度までにSF_6ガスの大気排出量を購入量の3％以下に削減
産業廃棄物削減	ごみゼロエミッション	最終処分比：2.2％	○2010年度までに最終処分比（最終処分量/総排出量）1％以下（2005年度前倒しする）
有害化学物質削減	ジクロロメタンの大気排出量削減	大気排出量を1999年度比30％削減	○2003年度までにジクロロメタンの大気排出量を1999年度比30％以上削減
グリーン調達	恒常的取引先のISO認証取得	恒常的取引先の認証取得87％	○2004年度中に恒常的取引先の90％は認証取得済みであることとする。

図２　環境保護推進体制

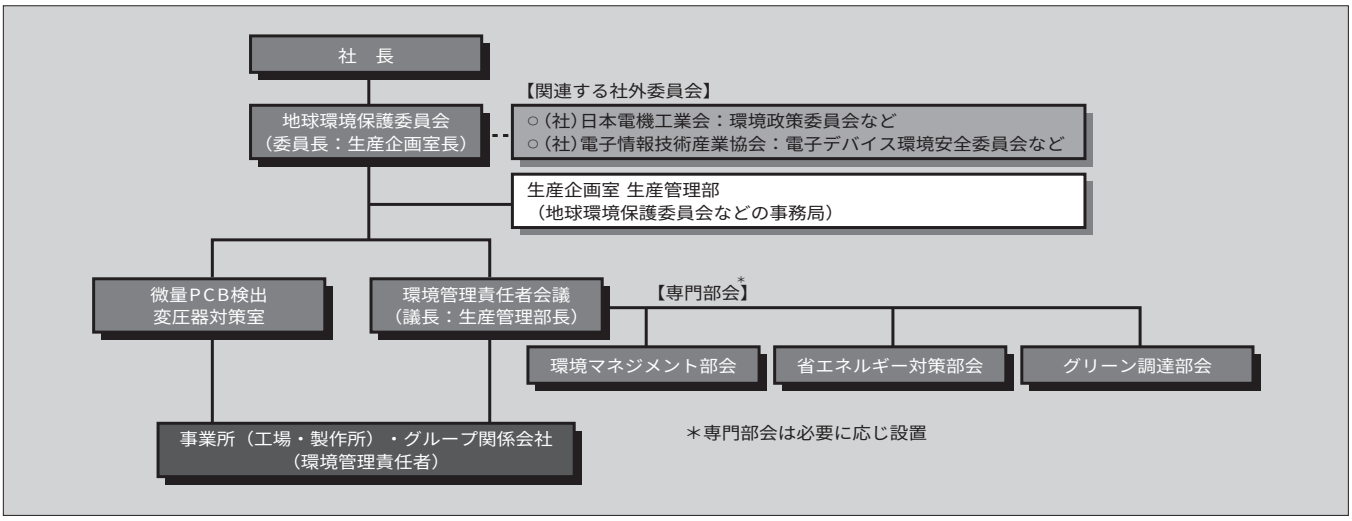
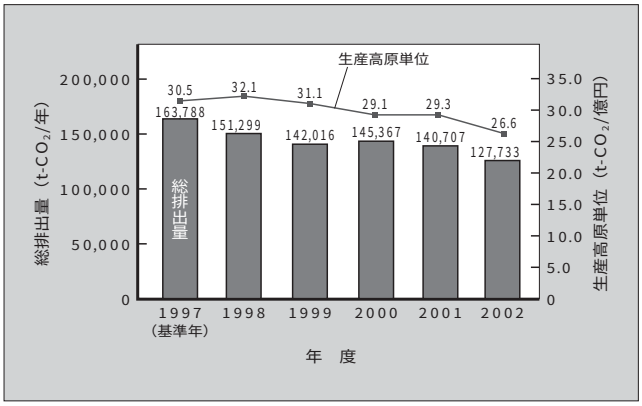


図３　第１回環境管理責任者会議（2003年４月）

図４　CO_2 排出量の推移



4　主要課題の取組み

4.1　環境マネジメントシステム

富士電機グループの環境保全活動は，ISO14001による継続的改善を基本としている。1995年12月に鈴鹿工場（サイト）が取得（BS7750規格，その後切換え）したのを皮切りに，1998年には国内主要10工場（サイト）すべてが認証を取得した。その後，国内の連結対象子会社の製造拠点まで拡大し，2003年度中にすべて取得完了見込みである。今後は本社・支社部門，海外生産拠点で2005年度までに取得を目指す。

2002年からグループ関係会社の環境保全活動を強化するため，環境担当役員，環境事務局による巡回を開始し，環境活動の課題や今後の展開について，直接，情報交換を行っている。

4.2　地球温暖化防止

富士電機は「2010年度まで1997年度の生産高原単位を基準に対前年度比１％以上削減」することを目標に，省エネルギーを推進している。**図４**には最近６年間の二酸化炭素（CO_2）排出量の推移を示す。1997年度を基準にCO_2排出量の生産高原単位を毎年１％以上削減することを目標としており，2002年度実績は目標の8.3％減を上回る13.8％減の26.63 t-CO_2/億円である。これまでの省エネルギー活動では，きめ細かな電力管理，モータ制御のインバータ化などを推進してきたが，ここにきて一般的な活動はほぼやり尽くされた感がある。今後はさらなる設備投資，エネルギー転換の取組みなど，組織的な活動が必須である。このような例として，富士電機・松本工場におけるコージェネレーションシステムの導入を紹介する。

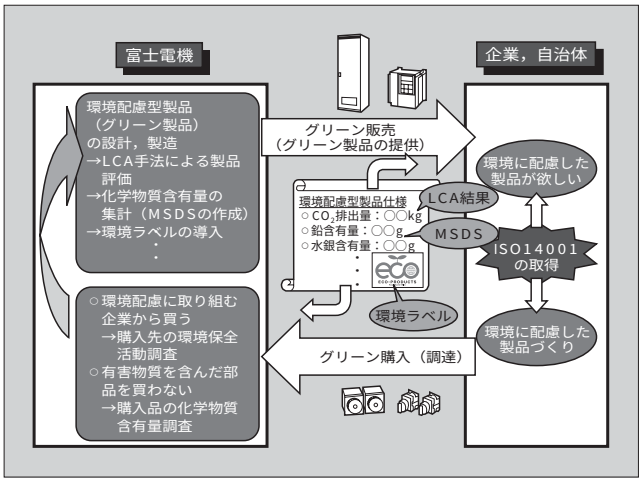
松本工場は富士電機グループの半導体製造拠点であるが，国内主要10工場のエネルギー消費量の50％以上を消費している。天然ガスのパイプラインが松本市まで延長されたのを契機に5,000 kWのガスタービン・コージェネレーションシステムをESCO（Energy Service Company）事業として導入し，2002年７月から本格運転している（**図５**）。約7,000 t-CO_2/年（2001年度排出実績の７％に相当）の削減を見込んでおり，ほぼ計画どおりの成果をあげている。

4.3　環境配慮型製品とグリーン調達

富士電機のグリーン調達は，1998年に恒常的な取引先に対して環境保全活動への取組みを要求したのがスタート

図５　コージェネレーションシステム（松本工場）

図６　グリーン調達・グリーン販売の概念図

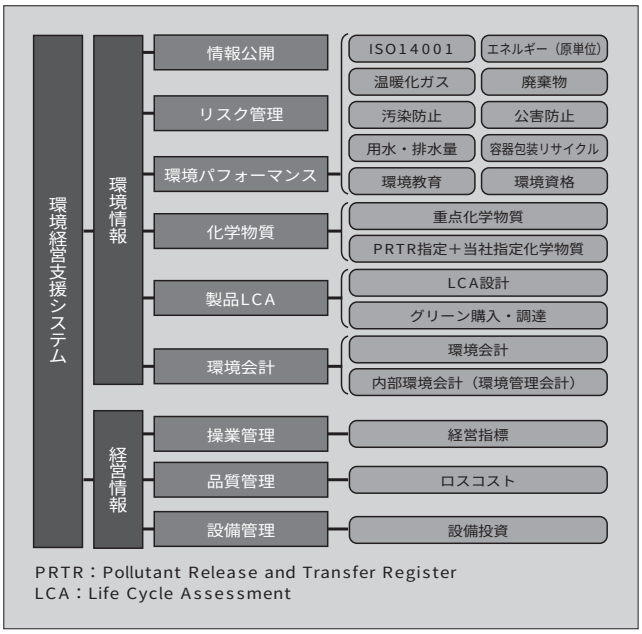


である。これは取引先に ISO14001 の認証取得または富士電機グリーン調達ガイドラインによる環境管理システムの構築と運用を求めたものであるが，この基準に合格する取引先は 85.9 %（2001 年実績）に達している。

環境配慮型製品には化学物質含有量の調査が必要である。**図６**にグリーン調達・グリーン販売の概念図を示す。グリーン製品の提供には調達部品，材料の化学物質含有量に関する情報が必要である。富士電機ではこれまでの環境マネジメントシステムの構築を求めたグリーン調達基準に，調達部品，材料の化学物質含有量の調査を加えた新グリーン調達ガイドラインを作成し 2003 年度から展開する。これらの調査データのうち，電子部品についてはすでに完成している電子部品データベースに環境情報として登録する。さらに提供する製品の化学物質含有量などの環境情報レポートを自動作成する機能を付加することによって，顧客からの要求にスピーディに対応することを目的としている。

また，設計部門でも国内外の法規制への対応が求められる。EU の ELV，WEEE，RoHS の各指令がその中でも影響の大きい法規制であるが，富士電機グループでは関連事業所の設計部門をメンバーとした対応会議を 2002 年の秋に発足させ，指令内容の徹底，代替物質採用のためのガイドライン，リサイクル性向上のための設計など，情報の共有化，効率的な対応を図っている。さらに対応会議の成果については全社（富士電機グループ）セミナーを通じて広く各部門，各階層へ情報を提供している。

図７　環境経営支援システムの構成



4.4　環境経営支援システム

継続的な環境保全活動と企業利益の追求は相反するものではない。両者を同時に実現する環境経営では，環境情報と生産部門の経営情報を同時に収集・解析し，的確で効果的な判断を行うことが重要である。このため富士電機では**図７**に示す環境経営支援システム（FeSMART：Fe Sustainable Management Support System）を構築し，運用を開始した。

5　あとがき

社会情勢の変化に伴い，企業の環境活動は新たな局面を迎えている。21 世紀の企業は環境抜きには存在し得ない。従来からいわれている，Q（Quality：品質），C（Cost：コスト），D（Delivery：納期）に E（Environment：環境）を加えた QCD ＋ E がこれからの企業活動には必要不可欠である。本稿で述べたように，富士電機グループはこのような変化に対応すべくグループ一丸となった取組みを実施している。

ここで紹介できなかった環境ビジネス，製品開発における環境対応を含む環境保全活動，社会貢献・地域社会とのかかわりについては，環境報告書に詳細が記載されている。富士電機グループでは環境報告書をステークホルダーとの重要なコミュニケーション手段と考えており，2000 年度から発行，ホームページにも掲載している。ご高覧いただき，意見・感想をお寄せいただければ幸いである。

色変換方式による有機 EL ディスプレイ

桜井　建弥（さくらい　けんや）

1　まえがき

液晶を主体にした FPD（Flat Panel Display）はパソコン用モニタなどのキラーアプリケーションを創出し，大きな発展を遂げてきた。さらなるマルチメディアおよび携帯機器の発展に伴って，より薄く軽く，低消費電力で，どこでも誰でも，美しい画像で，より多くの情報が得られる次世代ディスプレイデバイスへの期待がますます高まっている。その中で最も注目されているのが有機 EL（Electro-luminescence）である。液晶と違って，自発光型超薄膜固体デバイスで，広視野角，薄い，高速動画対応可能などの特徴を有している（**表１**参照）。

大手電機メーカーはもちろん，FPD メーカーなど多くの参入メーカーがその技術開発にしのぎを削っている。その世界市場規模は 2005 年に数千億円，そして 2010 年には１兆円規模と予測されている。すでに車載用，携帯電話用のモノカラー，エリアカラーなどの量産供給は開始されているが，フルカラー有機 EL の量産化は大きく出遅れている。この原因は，これまでフルカラー化技術の主流である三色（RGB：Red，Green，Blue）塗り分け法の欠点である低歩留り，品質問題の顕在化および競合する液晶ディスプレイの急速な高性能化によるものと考えられる。高いポテンシャルを有する有機 EL が次世代のディスプレイデバイスとして，拡大するには超えねばならない高いバリアが存在する。それは高輝度（高発光効率）化，寿命問題，そして低歩留り，品質問題の大幅な改善である。

富士電機は特徴ある色変換（CCM：Color Conversion Materials）法によるフルカラー化技術を選択し，その課題をブレークスルーし，次世代有機 EL のフルカラー化を加速することを目的に研究開発を推進してきた。その主な技術と得られた結果を他の方法と比較して述べ，そして高いポテンシャルを有する CCM 法の将来の技術戦略へ言及する。

表１　有機EL（OLED）と液晶（LCD）の比較

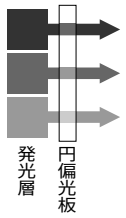
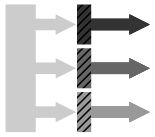
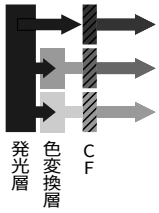
比較項目	OLED	LCD
薄型，軽量	◎	△
コントラスト	◎	○
輝度	○	○
高速応答	◎	△
視野角	◎	○
消費電力	○	○
部品点数	◎	△
コスト	○	○

有機ELの場合はポテンシャル

2　フルカラー化技術の課題

大きく分けて三つの技術がある，三色（RGB）塗り分け法，白色＋ CF（Color Filter）法，そして CCM 法である。それらの比較を**表２**に示す。RGB 方式は RGB 三種の発光材料をシャドーマスクを使用し蒸着する。真空内のメカニカル搬送，調整機構が重要で，歩留り，生産性の点に課題がある。一方，白色＋ CF 法は白色光を CF でカットし，三原色を発光する方式である。本方式はマスク蒸着を必要とせず，比較的簡単な有機製膜法が適用可能であり，

表２　有機ELフルカラー化技術の比較

	三色塗り分け法	白色発光＋CF法	色変換法（CCM）
原理			
長所	高発光効率の可能性（材料バランス悪，円偏光板ロス大）	有機発光層形成が単純（歩留り，品質優位）	単色有機層の単純工程（歩留り，品質優位）
短所	○大面積困難 ○高精細度困難 ○塗り分け法難易度高い（歩留り，品質低下）	○低い発光効率（白色光の低効率）	○CCM，CF工程数多い

桜井　建弥

パワー半導体，アモルファス太陽電池，有機 EL の研究開発に従事。現在，(株)富士電機総合研究所有機 EL 開発部長。工学博士。

歩留り，生産性で優位と考えられる。しかし，白色光成分の RGB のバランスがよく，高い効率が必要であり，この高効率の実現および色度の安定性に課題を残している。CCM 方式も単純な有機製膜法が適用可能で，歩留り，品質の点で優位である。しかし，CCM の工程が増えること，原理的にエネルギー変換を介することによる低い効率を解決できるかが大きな問題と考えられてきた。

富士電機はこの課題をディスプレイデバイスの原点から見直し，解決し，その CCM 方式のポテンシャルの高さを実証してきた。次の章でその主な技術を紹介する。

3　有機 EL のフルカラー化を加速する色変換技術

3.1　従来の色変換技術

色変換するコンセプトは以前からある，有機 EL に適用しフルカラーを実現しようとしたのは，出光興産(株)である。そのほかの数社も考えは保有していたと思われるが，具体的な研究開発には着手していなかったと思われる。ここで，CCM 有機 EL の発光機構を**図 1** に示す。青色 EL をバックライトとして発光させ，その光を色変換層に導入し，赤，緑 CCM 層で波長変換させ，赤色，緑色を発光させる。青色は変換させる必要はなく CF 層のみ通過して外部発光する。CF の役割は色度調整とコントラスト改善にある。つまり，EL 発光色はモノカラーでよく，これを波長変換する機能を別な層に演じさせて三原色を作っている。以前の CCM 方式有機 EL の性能は発光効率が R で 1cd/A 以下，コントラスト比 45：1（500 lx 下）と低く，液晶はもとより，RGB 方式の性能に比して大きな後れをとっていた。

3.2　ディスプレイデバイスとしての評価

ディスプレイデバイスとしては高輝度（高発光効率）と見栄えのよさ（高コントラスト）の両立が不可欠である。この観点から，主流である RGB 方式と CCM 方式の評価を試みた。**図 2** はコントラストと発光効率の間にシビアなトレードオフ関係が存在することを示している。RGB 方式ではコントラストを改善するために円偏光フィルタを搭載せざるを得ない，そしてこれは輝度を半分以下に低減させる。つまり，原理的に高効率であるとされた RGB 方式ではあるが，効率を大きく犠牲にして，見栄えを確保せざるを得ないのである。さらに，RGB 方式ではそれぞれの発光材料の寿命低下率が大きく異なっており，色ずれが起こりやすい。何らかのソフトウェア的な対応策が不可欠である。CCM 方式のデバイス構造，特徴から考えて，このトレードオフ関係を大きくブレークできると考え挑戦してきた。また，輝度半減寿命においても，従来の三色塗り分け方式の PM（Passive Matrix）駆動寿命は 2,000 ～ 3,000 h 程度であり，大幅な改善を目標に推進した。

3.3　高発光効率化と長寿命化技術

輝度と半減寿命には強い関係があり，より高輝度では寿命は大幅に低減する。したがって，より高効率化を実現し，低い電流でも高い輝度を得ることは重要である。加えて，輝度劣化の原因を明確にし対策を打つことが不可欠である。まず発光効率と輝度劣化のメカニズムを明確にすることを目的として研究開発を推進した。

3.3.1　発光効率と輝度半減メカニズム

有機 EL の発光メカニズムは半導体接合のそれとは大きく異なっている。半導体接合では電子，正孔の再結合時のエネルギーがフォトンを放出する。一方，有機 EL では両キャリヤの再結合はランジェバン再結合に支配され，そのエネルギーが励起子を生成し，それが基底状態に緩和するときのエネルギーがフォトンを放出する。高い発光効率を実現するために，発光層（ホスト）にゲストと呼ぶ蛍光色

図 1　CCM 有機 EL の発光原理

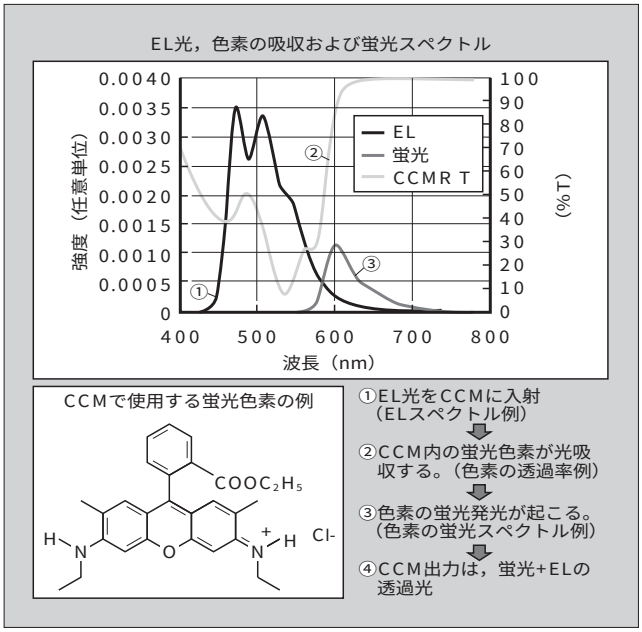
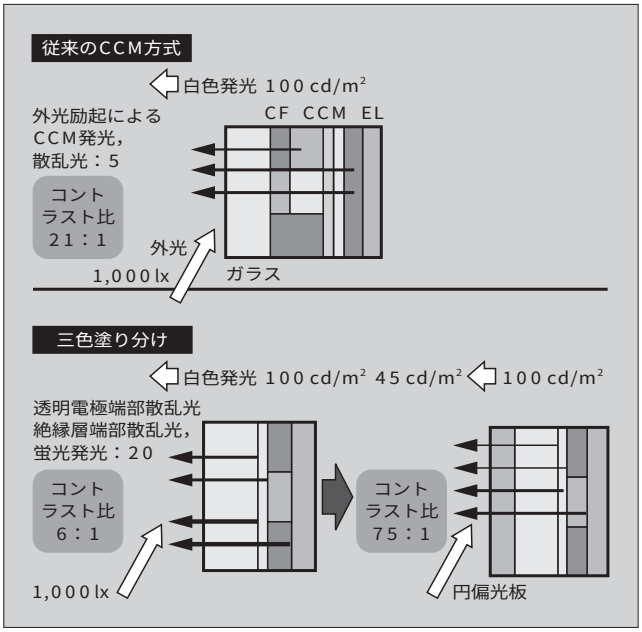


図 2　コントラスト（視認性）比較



素をドーピングすることが行われている。この系における発光機構を単純化して**図 3** に示す[(1)]。両電極から有機膜中に両キャリヤが注入，輸送され，再結合し，励起子生成が起こり，そして励起子緩和が起こる。これが発光機構である。電流のうちのある割合が電子正孔対として再結合に寄与する。さらにその再結合の一部が励起子生成に使われる。このとき量子スピン統計の要請によって，一重項と三重項励起子の発生割合が 1：3 に決定される。これまでの有機 EL では一重項励起子しか利用できなかったが，さらに高い発光効率を得るために三重項励起子を利用する技術が注目を集めている。したがって，内部発光量子効率 η_i は電子ー正孔の注入バランスファクター $\boldsymbol{\gamma}$，再結合による発光性励起子生成効率 β，一重項励起子からの量子効率 ϕ とすると η_i は次式で表される。

$$\eta_i = \boldsymbol{\gamma}\beta\phi$$

これに外部取出し効率を掛ければ，最終的な外部発光効率を得ることができる。

富士電機の有機 EL の発光効率，寿命が決定される機構を探るために，先述の理論から出発し，劣化メカニズムの理解とどこに改善のポイントが存在するのか？　を目的に幾つかのモデル実験を実施した。例えば，流すキャリヤを電子のみ，または正孔のみを可能とするモデル構造を作成し，移動するキャリヤ種，電流密度，電極材料，デバイス層構造，有機材料などによる発光効率および輝度半減寿命について多くの知見を得た。ここにその一端を紹介する。**図 4** にデバイス構造と輝度半減寿命の関連を示す。陽極を透明電極で構成する有機 EL 構造では，電子注入，電子輸送の性能が寿命や効率に与える影響が非常に大きいことが明確になった。そのほかにも，電気的・光学的測定や電気化学的評価方法によって，劣化しやすい有機材料の特定，その不純物量との関係などを明らかにしてきた。

3.3.2　輝度半減寿命の改善

これらの知見による高性能のための具体的策を実施し実現してきた。ポイントは，

(1)　キャリヤバランスの改善：各有機膜の移動度および厚さの最適化と各電極製法の改善によって実現

(2)　電子輸送層の改善

(3)　電流発光効率の改善

(4)　有機製膜，封止工程の水分量，ガス量の低減

(5)　無機絶縁材料の適用

(6)　CF，CCM 材料内蔵水分量の低減

(7)　ガスバリア膜の改善

などによって大幅に半減寿命が改善された。

3.3.3　発光効率の改善

先述の調査分析から，従来の CCM 有機 EL の課題は，

(1)　キャリヤバランスが悪いことによる効率低下

(2)　発光スペクトル不適

(3)　高電流（高輝度）時の効率低下

が重要であることが判明した。**図 5** にバランスファクターの概念を示す。**3.3.1** 項でも述べたように，キャリヤバランスファクターは効率はもとより，寿命に与える影響も非常に大きい。可能な限り理想状態 1 に近づけることが肝要である。それには電子・正孔の注入，輸送および再結合領域へのキャリヤ閉じ込めなどが重要である。具体的には電子，正孔注入効率改善，有機膜の移動度と厚さの最適化，

図３　発光メカニズム

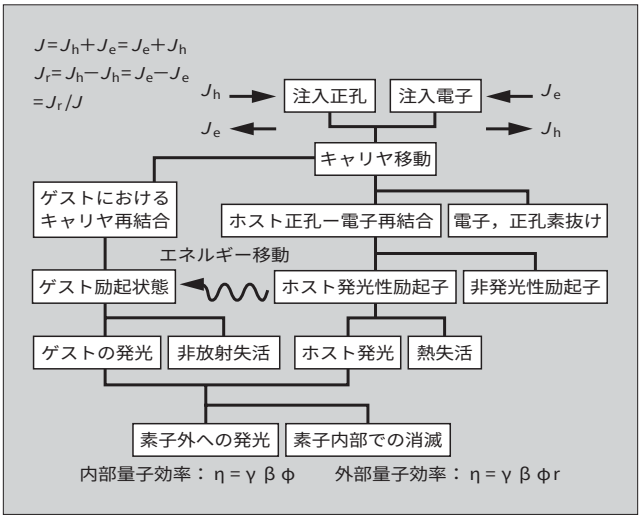


図４　有機 EL デバイス構造と寿命の関係

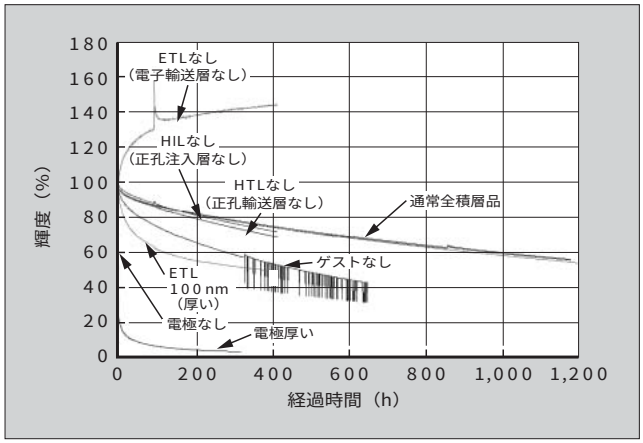


図５　電流バランスファクター

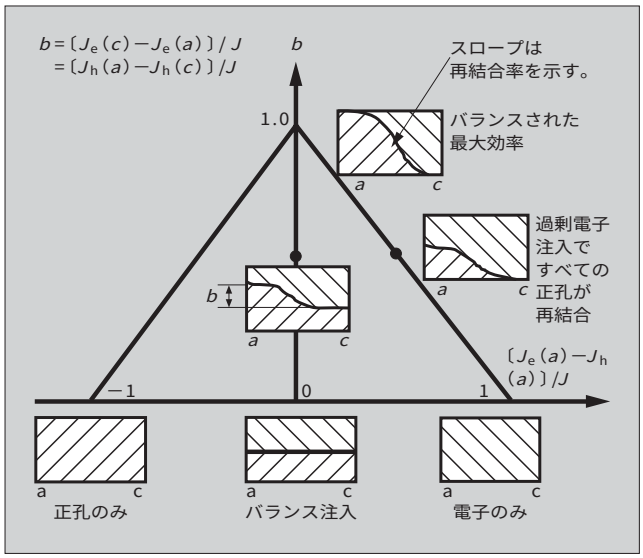
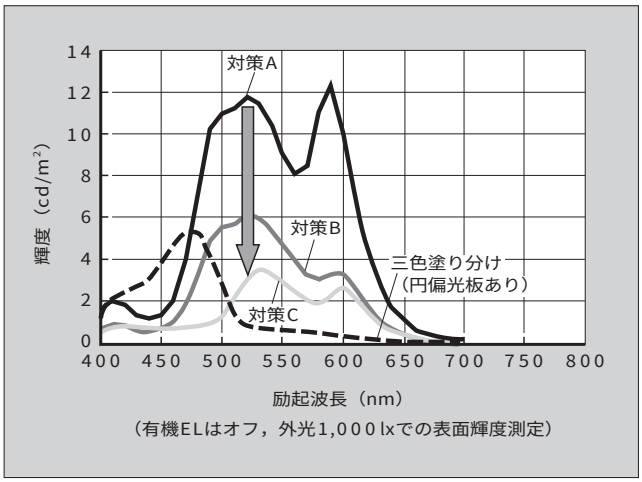


図６　暗時パネル表面輝度の改善



有機膜のバンドエンジニアリングなどが肝要である。これらを統合してデバイス設計することで高効率・長寿命有機 EL が実現された。

加えて，CCM 方式では EL 発光と CCM，CF の波長変換スペクトルの最適化が重要である。RGB 方式が有機発光材料からの EL 光だけによって決まるのと大きく異なる。つまり，CCM 方式は機能分離（EL 発光，色変換と色度調整）されており，それぞれの最高機能を複合することによって，高性能化が実現できるのである。従来適用されていた純青色 EL 発光である必要はまったくなく，CCM の変換効率，スペクトルに合わせた EL 光が望ましい。結果として青緑スペクトルに近い EL 発光の適用でさらなる高効率化を実現した。

3.3.4　コントラストの改善

円偏光フィルタなしでコントラスト比を向上させるためのポイントは何か評価分析した。CCM 方式における主な課題は，

(1)　外光による CCM 材料の蛍光発光

(2)　CF の散乱，画素エッジ部の散乱光

によることが判明した。また，同時に輝度の改善も不可欠である。具体的には CCM 有機 EL に最適な CF のスペクトルを実現，CF の散乱光および画素エッジ部の散乱を低減した。また，ブラックマトリックスと画素面積の最適化も実現した。これらの技術によって円偏光フィルタ付きの RGB 方式と比較して，円偏光フィルタなしの CCM 有機 EL で同等以下の暗時表面輝度を実現した。この結果を**図６**に示す。

3.3.5　得られた結果と他社比較

表３に RGB の発光効率の比較を示す。最先端を走っていると目される競合のそれ（すべて RGB 方式）と比較した。条件はコントラスト比が少なくも 1,000 lx 照射，100 cd/m² 発光で 100：1 以上での状態を想定して比較してある。なぜなら，コントラスト比の規定なしに，ディスプレイデバイスとしての効率を比較することはできないからである。総合的に CCM 方式の効率が上回っていることが明確である。将来，性能の見積りにおいても CCM の高いポテンシャルが示される。

表３　主な競合との発光効率の比較

会　社	R	G	B
A社（2002）（蛍光）	1.7 cd/A（0.62，0.38）	7.3 cd/A（0.28，0.67）	1.7 cd/A（0.14，0.12）
B社（2002）（蛍光）	0.9 cd/A（0.65，0.34）	4.5 cd/A（0.28，0.67）	1.1cd/A（0.17，0.17）
C社（2002）（蛍光）	2.3 cd/A（0.6，0.38）	5.8 cd/A（0.3，0.65）	2.1cd/A（0.14，0.16）
C社（見積り値）（R，G：りん光，B：蛍光）	[2.5 cd/A]（0.65，0.35）	[9.9 cd/A]（0.27，0.62）	[2.5 cd/A]（0.14，0.16）
富士電機 CCM方式（2002）（蛍光）	2.1cd/A（0.64，0.34）	8.1cd/A（0.23，0.66）	2.1cd/A（0.13，0.13）
CCM方式-II（見積り値）（りん光，高効率 CCM）	[3.0 cd/A]（0.64，0.34）	[12 cd/A]（0.23，0.66）	[3.0 cd/A]（0.13，0.13）

発光効率：円偏光板付きRGB法
すべてのデバイスは100：1以上（1,000 lx，100 cd/m²）

図７　フルカラー有機 EL の PM 駆動試験

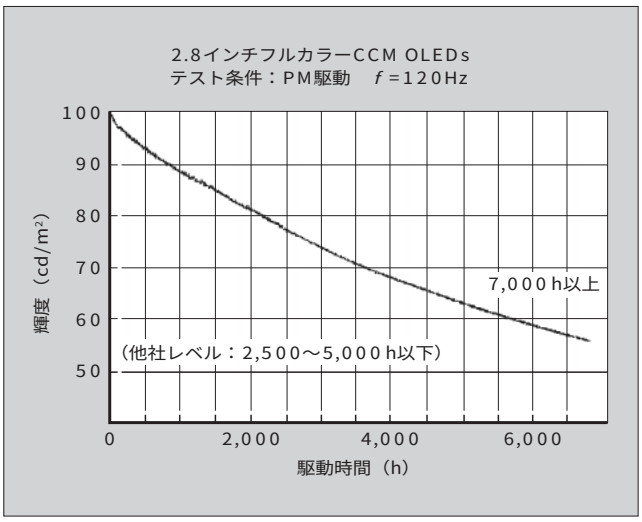


図７にフルカラー PM 駆動寿命試験（全面白色点灯）における輝度低下曲線を示す。半減時間はおよそ 7,000 h 以上であり，競合のそれ（RGB 方式）を大きく引き離している。CCM 方式の輝度劣化の主体は EL 発光の輝度劣化であり，CCM の変換効率の変化は少ない。

4　CCM 有機 EL のさらなる高性能化に向けて

CCM 方式は機能分離デバイスであり，それぞれの機能を単独に高性能化させ，総合的に性能向上につなげることが可能である。つまり，性能向上に向けて技術的選択肢が多いといえる。**図８**に見られるように，CCM の変換効率，EL 光の効率を向上させ，大幅な高輝度化の実現に向けて技術革新を推進している。CCM 方式の高効率，安定な色バランスの特徴を生かして，PM 駆動の応用拡大を考えている。PM 駆動で 130 ppi（ピクセル/インチ）が実現可能になれば，低コストフルカラー有機 EL の適用分野が広が

図８　CCM 有機 EL の性能向上

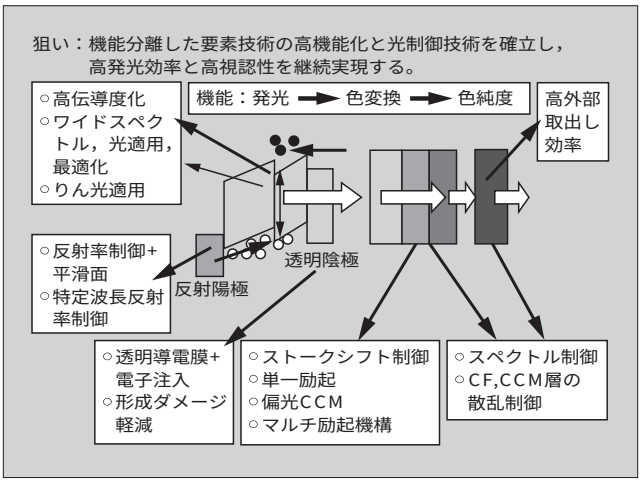
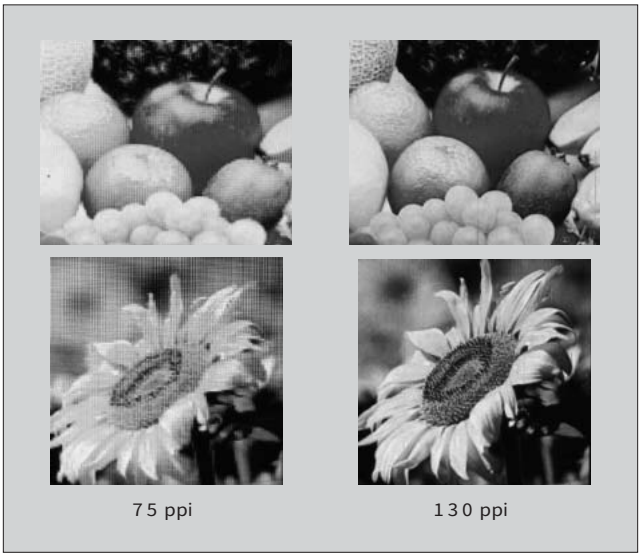


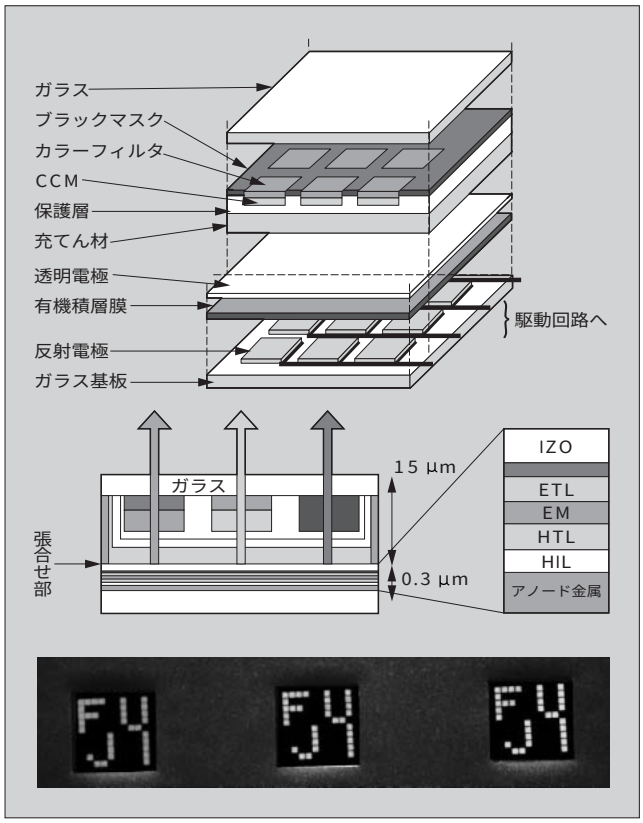
図９　75 ppi と 130 ppi CCM-PM 駆動有機 EL 画像の比較



るものと期待している。**図９**に高精細度 130 ppi CCM－PM 駆動有機 EL の画像写真を示す。3.1 インチ 130 ppi PM 駆動有機 EL は革新的なプロセス開発によって実現された。有機 EL 層膜以外の材料はすべて無機膜で形成された。これは大幅な信頼性向上実現のためであり，特に高温駆動寿命を大幅に改善する。さらには，多層配線技術が駆使され，CCM 専用駆動 IC の適用などによって低コスト PM 駆動有機 EL を実現することが可能となった。高効率 CCM 有機 EL 技術と一体化させるとき，さらなる PM 駆動有機 EL の応用拡大が期待される。

CCM 方式で AM 駆動を実現するのは，CCM-TOP-Em（トップエミッション）AM 有機 EL 構造であると考えている。CCM 基板と TFT 基板上に形成された有機 EL とが別なラインで製作され，後に一体化される。これは CCM 基板封止型 AM-CCM 有機 EL 構造といえる。この構造は AM 駆動 CCM 有機 EL を実現可能とし，さらに CCM 基板製作を容易にし，また大きな開口率，高い CCM 変換効率など，性能を大幅に改善できる構造である。**図10**は TOP-Em-CCM 有機 EL 構造とキャラクタ表示させた画面

図10　TOP-Em-CCM 有機 EL 構造とキャラクター表示画面



写真である。輝度はおよそ緑色：500 cd/m^2，青色：300 cd/m^2，赤色：200 cd/m^2 である。高輝度，大画面フルカラー AM ー有機 EL 実現へ向けて高いポテンシャルを有する技術と期待される。

5　白色光＋ CF 法との比較

最近のフルカラー化動向として，白色光＋ CF 法の適用がある。フルカラー化の有力技術の一つとして以前から検討されていたものであり，今後の動向を見るうえで性能比較することは重要である。ここでは白色光＋ CF 法と CCM 法の比較結果を紹介する。白色光＋ CF 法の原理は単純で，白色光スペクトルを CF でカットし，三原色を発光させるのである。したがって，白色光スペクトル分布の形および CF のスペクトル分布が重要となることは容易に推察できる。白色光を得るに次の二つの方法がある。

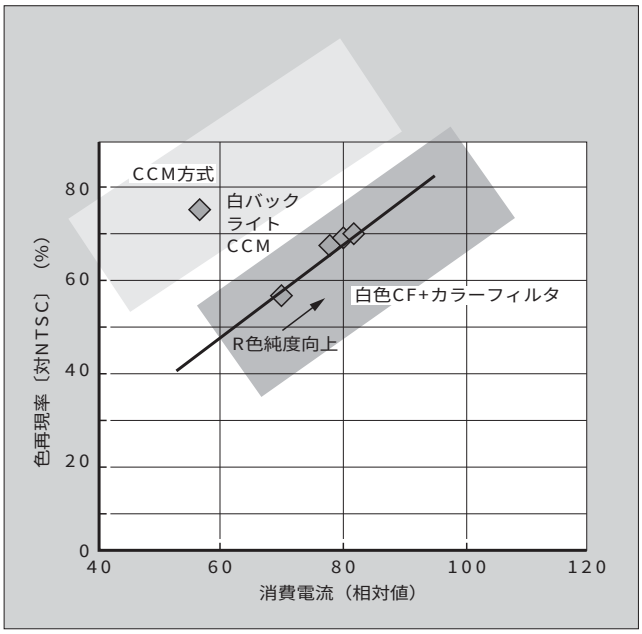
(1)　異なる波長の発光層を積層

(2)　単層の発光層に複数の発光色素を分散

(1)は低分子系で検討されており，3 波長，２波長積層タイプがある。(2)の方法は高分子系で主に検討されている。積層タイプでは電流値によって（輝度によって）キャリヤバランスが変化し，発光スペクトルが変化する，または寿命試験において色バランスが比較的簡単に変化してしまうことが課題である。

積層タイプの白色光の効率をバランスよく向上させることは困難である。半減時間 2,000 h 程度の信頼性を有する白色光を用いて，白色光＋ CF 法と CCM 法の比較を試み

図 11　色再現性のパネル消費電流依存性



た。結果を**図11**に示す。白色光＋ CF 法は色再現性と効率の間に強いトレードオフ関係が存在する。つまり，美しい，高輝度フルカラー画面を作りだすことは困難であると考えられる。現在の白色光レベルとすれば，エリアカラー，マルチカラー画像に最適な方法といえる。一方，CCM 方式は高性能画像用ディスプレイデバイスに適した方法といえる。白色光＋ CF 法の発光効率は R：1.2 cd/A，G：3.5 cd/A，B：0.6 cd/A 程度，NTSC 比 50 %程度と推定される[(2)]。120 cd/m^2 全面点灯時の AM 駆動輝度半減時間は 3,000 h と発表[(2)]している。一方，CCM 方式では，R：2.0cd/A，G：11 cd/A，B：2.0 cd/A，NTSC 比 65 ～ 75 %程度である。その輝度半減時間は同条件において，2 ～ 3 万時間と推定される。白色光＋ CF 法と CCM 方式そして RGB 三色塗り分け方式はそれぞれの特徴を生かしてすみ分けていく可能性がある。

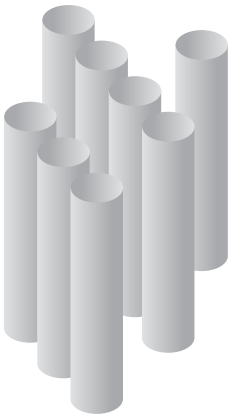
6　あとがき

有機 EL のフルカラー化の足取りが鈍っている〔KDDI（株）発表：カラー有機 EL 採用時期尚早，低い歩留りにより〕。その中でフルカラー化技術の基礎的なところからの見直しが始まっているように見える[(2)]。CCM 方式の高いポテンシャルを早期に実現し，有機 EL のフルカラー化加速の一助になれば幸いである。革新的な CCM-TOP-Em 有機 EL がそれを可能にするものと信じている。先端的な張合せ技術，TOP-Em デバイス構造，反射電極作成技術，光取出し効率，マイクロキャビティ制御や有機半導体デバイスシミュレーション技術などのコア技術開発によって実現していく所存である。次世代ディスプレイデバイスとして期待されるフルカラー有機 EL の大きな進展に貢献することが富士電機の願いである。

参考文献

(1)　筒井哲夫．有機 EL 素子の動作機構．有機 EL 材料とディスプレイ．城戸淳二監修，シーエムシー，2001. p.27.

(2)　「嵐の中の船出，有機 EL，三洋電機の勝算」．NIKKEI MICRODEVICES. 2003-4, p.54.



21世紀の外部メモリを担う磁気記録媒体

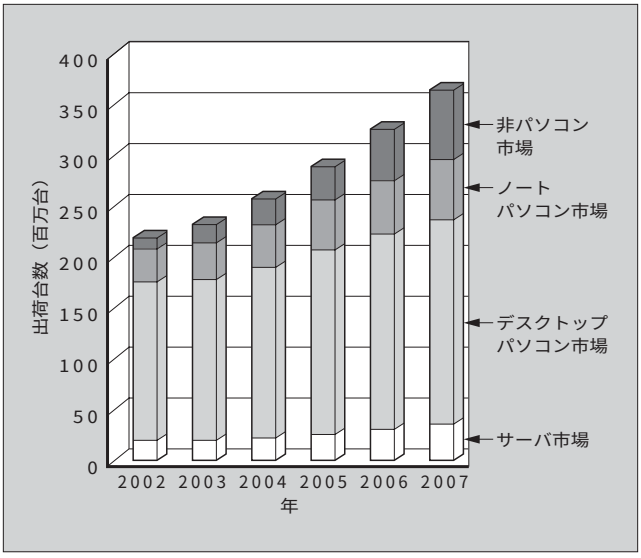
大月　章弘（おおつき　あきひろ）

1　まえがき

1956年に実用化された固定磁気ディスク装置（HDD）は，当初は，主に大型コンピュータ用の外部記憶装置（外部メモリ）として使われていた。しかしその後，高密度化・小型化・低価格化技術の進展に伴い，HDDの利便性や高速性や低ビット価格性が広く知れ渡るようになり，今や小型・大型を問わず，コンピュータ用外部メモリ市場の主要メモリの地位を占めるに至っている。最近になって，長年HDDに用いられてきた長手磁気記録方式に技術的な限界が見え始めたが，それを打破する垂直磁気記録方式[(1), (2)]の技術開発が進み，2005年以降は，垂直磁気記録を用いた大容量小型HDDが登場して，適用市場を一層拡大していくと予想されている。すなわち，21世紀のユビキタス社会において，HDDは，コンピュータ以外の車載や情報家電や携帯などの市場にも使われるようになり，既存のHDD市場を押し上げる成長を示すようになると予想されている（**図1**）。このHDDの中に収納されて使われ，100Gバイト（800 × 10^9 ビット）オーダーもの膨大な情報を記録する円板状の中枢機能素子が，磁気記録媒体（媒体）である。

富士電機は1985年に，それまで主流を占めていたγ-Fe_2O_3塗布型媒体を置き換える，スパッタ法コバルト（Co）合金系媒体の量産に世界に先駆けて成功し，以来，主要媒体メーカーの1社として，常に最先端の媒体を世界に供給し続けてきた。最近も，世界最高面記録密度のグラニュラー磁性層垂直媒体[(3), (4)]の開発に成功し，国内外の高い評価を受けるに至っている。次に，今後の主流となる垂直媒体の，富士電機における最新の開発状況を説明する。

図1　HDD需要予測

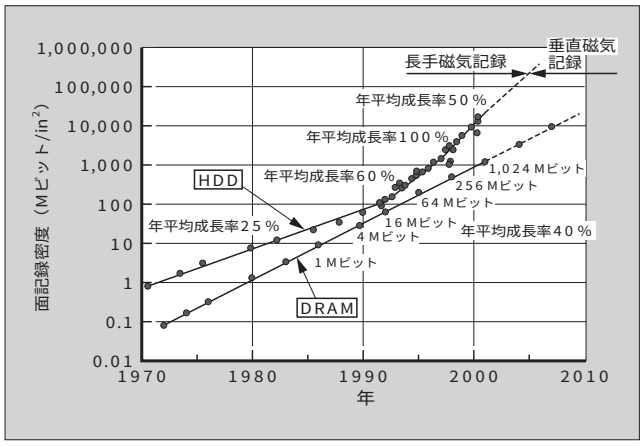


2　記録方式の変遷と富士電機の取組み

HDDの面記録密度は，1992年以降，半導体メモリ（DRAM：Dynamic Random Access Memoryなど）を上回る勢いで成長を遂げてきた（**図2**）。特に近年の面記録密度の成長は著しく，その結果，2005年には，今まで用いられてきた長手磁気記録方式では，「熱ゆらぎ」問題を引き起こすに至る面記録密度領域（～200Gビット/in^2）に，いよいよ差し掛かろうとしている。

図3に，長手磁気記録と垂直磁気記録の違いを示す。長手磁気記録は，媒体磁性層の面内方向に平行にビット情報

図2　面記録密度の進展



大月　章弘

電子写真用感光体および磁気記録媒体の開発に従事。現在，富士電機ストレージデバイス（株）先行開発統括部長。日本応用磁気学会会員。

を記録する方式である。この方式は，面記録密度が高まると，ビット情報を担う磁化ビット内にその磁化を打ち消す方向の反磁界が増大し，ビット情報が不安定になるという欠点を有している。より高密度化が進み１ビットの大きさが小さくなると，それを支える磁性合金結晶粒の磁気エネルギーが一層低下し，室温程度の熱エネルギーによってさえ次第にビット情報が消えていく，いわゆる「熱ゆらぎ」問題を引き起こすようになる。それに比べ垂直磁気記録は，１ビットを媒体磁性層の垂直方向に刻み込む方式なので，長手磁気記録に比べ，より高密度な記録に耐えられるという特徴を有している。そのため垂直磁気記録は，長手磁気記録の数倍の高面記録密度が可能（～１T ビット/in^2）であると考えられており[(5)]，これに熱アシスト記録やパターンド媒体などの将来技術を組み合わせると，数十 T ビット/in^2 もの超高面記録密度も夢ではないといわれている（**図４**）。

そのため，世界の主要な HDD メーカーは，ビジネス上（新市場の創成）も技術上（長手から垂直へ）も大きな転回点となる垂直磁気記録の開発に注力しており，どこがその先鞭（せんべん）をつけるか，熾烈（しれつ）な開発競争を繰り広げているのが現状である。

富士電機は，2005 年の転回点を契機に，外部メモリ市場で世界のトップの地位を占めることを目指し，1999 年から垂直媒体の開発に着手した。具体的には，長手媒体の熱ゆらぎ対策を狙った低温グラニュラー磁性層技術の研究と，垂直アモルファス Co 合金系磁性層の研究がそれである。2000 年には，それらの技術はグラニュラー磁性層垂直媒体として融合され，2001 年から一部の研究機関に研究サンプルを試供し始め，2002 年末には世界最高面記録密度である 150 G ビット/in^2 を実証し，2003 年 3 月には 200 G ビット/in^2 垂直媒体の実用化を見通せる状況に至っている。

3　垂直媒体の基本層構成と開発課題

垂直媒体の基本層構成を**図５**に，基本工程フローを**図６**に示す。垂直媒体は，アルミニウム（Al）基板ないしはガラス基板上に軟磁性層を設け，その上に垂直磁性層，次いで保護潤滑層を形成して作製されている。図では単純化されているが，実際の各層はそれぞれ多層化されており，より高度な層構成をより複雑な製造工程で作り上げて，実際の垂直媒体に仕上げている。その垂直媒体の技術上のポイントは，次のとおりである。

図３　長手磁気記録と垂直磁気記録の模式図

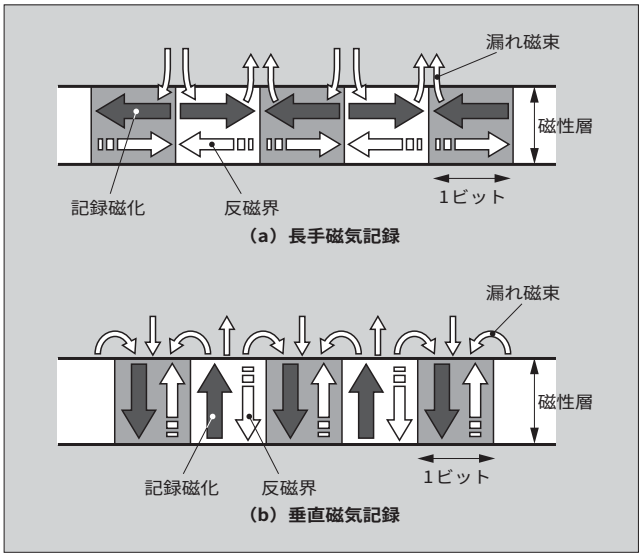
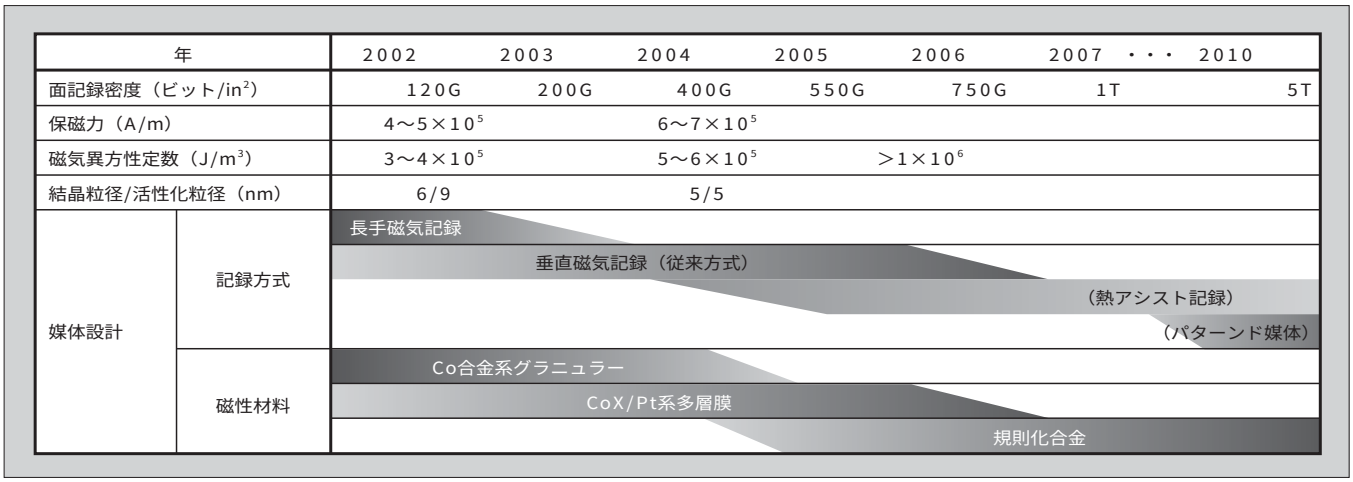


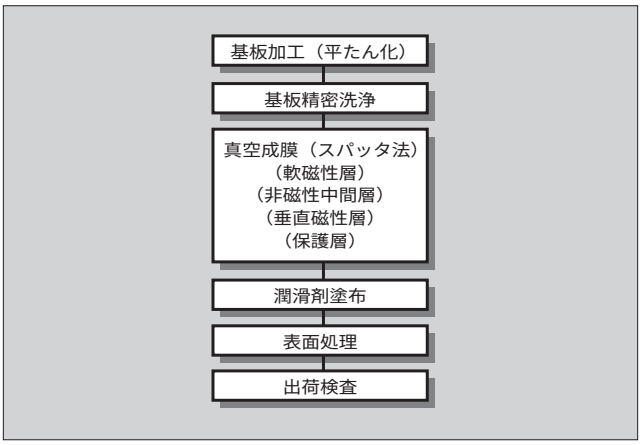
図５　垂直媒体の基本層構成

図４　垂直磁気記録の開発ロードマップ



年		2002	2003	2004	2005	2006	2007 ・・・ 2010
面記録密度（ビット/in^2）		120G	200G	400G	550G	750G	1T　5T
保磁力（A/m）		4～5×10^5		6～7×10^5			
磁気異方性定数（J/m^3）		3～4×10^5		5～6×10^5		＞1×10^6	
結晶粒径/活性化粒径（nm）		6/9		5/5			
媒体設計	記録方式	長手磁気記録					
		垂直磁気記録（従来方式）					
		（熱アシスト記録）					
		（パターンド媒体）					
	磁性材料	Co合金系グラニュラー					
		CoX/Pt系多層膜					
		規則化合金					

図６　垂直媒体の基本工程フロー



(1)　基板加工および基板洗浄技術（最低浮上量 3.7 nm を保証するための表面粗さ 0.1 nm の超鏡面加工技術と，0.01 nm オーダーの表面清浄化技術の開発）

(2)　磁区制御も含めた軟磁性層技術（垂直磁気ヘッドの性能を精度よく引き出し，電磁ノイズ環境の影響を受けない軟磁性層の開発）

(3)　グラニュラー磁性層技術（200 G ビット/in^2 対応低ノイズ磁性層の開発）

(4)　保護潤滑層技術（6 ～ 7 nm 浮上量ヘッドでの連続シーク使用を保証する保護潤滑層の開発）

(5)　耐久性などの HDD プロセス適合性技術（コンピュータ環境のみならず，車載や家庭などのより厳しい環境で使用しても問題を起こさない高信頼性技術の開発）

4　具体的な技術開発状況

4.1　基板技術

垂直媒体用の基板が具備しなければならない品質は，媒体表面上を 6 ～ 7 nm の超低浮上量で走行する垂直磁気ヘッドに，機械的にも電気信号的にも損傷を与えない高度な表面平滑性と表面清浄度である。

当面の開発目標である面記録密度 200 G ビット/in^2 を達成するためには，磁気ヘッドの浮上量保証値は，シミュレーション上は 3.7 nm に設計する必要があった。それを実現するためには，基板の表面粗さを 0.1 nm の超鏡面に仕上げる必要があり，当時入手し得る Al 基板もガラス基板も到底それを達成するものではなかった。幸いなことに富士電機は，媒体用の Al 基板で世界のトップシェアの地位を占めており，基板の鏡面加工技術と製造ノウハウに関して豊富な技術蓄積を有していた。その基板加工部門との連携のもとに，それぞれの基板に関して研磨液も含めた新たな加工技術開発を行い，所定の表面粗さを達成することに成功した。**図７**に Al 基板の，**図８**にガラス基板の，加工表面の原子間力顕微鏡（AFM）像を示す。いずれも高度に緻密（ちみつ）で均一な表面状態に調整されていることが分かる。**図９**に示すように，垂直媒体は表面粗さが小さいほど，高密度記録再生特性の指針である SN 比特性が改善されることが判明しており，富士電機の垂直媒体の良好なエラーレート特性は，このような基板があってはじめて達成されたものである。

また，垂直媒体用の基板は，超微小な記録ビットの信号品質を保証するために，0.01 nm オーダーの基板表面清浄度が求められていた。この清浄度は媒体のエラーレート特性を大きく左右するものである。その高度な基板表面清浄度を達成するために，従来の長手媒体で使用されていた超精密溶剤洗浄工程の後に，新たに特殊なドライ洗浄技術を導入し，高度な表面清浄度を達成することに成功した。**図**

図７　Al 基板表面の AFM 像

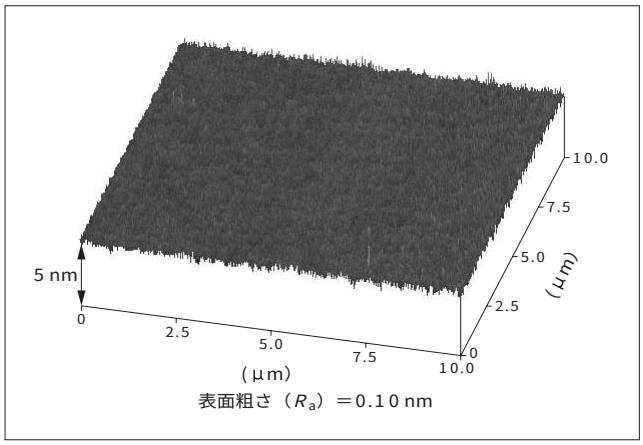


図８　ガラス基板表面の AFM 像

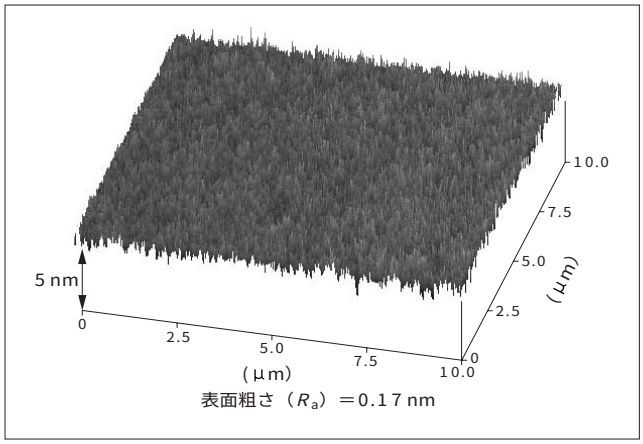
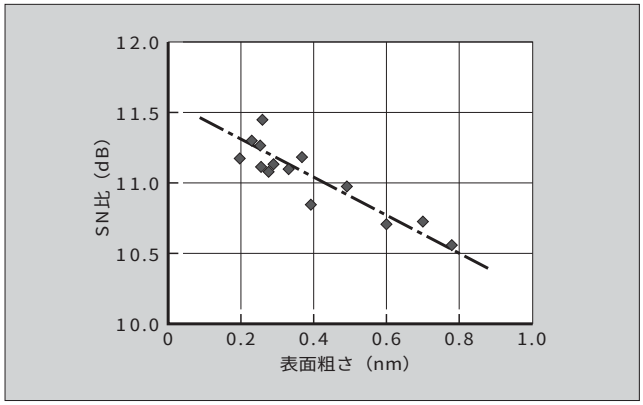


図９　基板表面粗さと SN 比特性の関係



10に見られるように，特殊なドライ洗浄を導入することにより，超微小な媒体欠陥に起因するノイズは大幅に減少している。

4.2　軟磁性層技術

軟磁性層は，垂直媒体に固有の補助層[6]である。この軟磁性層は，ビット情報を記録する際に垂直磁気ヘッドから発生する漏れ磁束を，媒体磁性層に効率よく引き込むための裏打ち層であり，したがって高い引込み能力（高い飽和磁束密度）と，それの均一性（磁区制御），および低ノイズ性（微結晶化，あるいはアモルファス化）に関する調和が求められていた。

飽和磁束密度を高めつつ低ノイズ化を進めるために，富士電機はアモルファス CoZrNb 軟磁性材料を採用し，かつその組成は，その後の成膜プロセスでの熱ストレスの影響や，市場で使われる際の経時安定性を考慮して，最も耐熱性が高くなる適切な組成に設計した。

また，この軟磁性層の厚さは，垂直媒体の層構成全体の中で最も厚く，スパッタ装置の生産能力，すなわち生産コストに対する大きな律則になっていた。高透磁率材料である軟磁性層材料は，使用寿命を長くして生産能力を上げるべく，真空放電させるスパッタターゲットの厚さを厚くすると，ターゲット中に磁束が封じ込められ，放電できなくなるという問題を抱えていた。富士電機は，独自の電極設計を行うことで，ターゲット寿命を 30 ～ 50 %延長することに成功した。また，アモルファス CoZrNb 軟磁性材料の成膜条件を適正化しつつ軟磁気特性を改善することで，当初 400 nm もの厚膜を必要としていた軟磁性層を，現在は 150 nm 程度に薄層化することに成功し，それらが相まって大幅な生産能力の向上を達成している。

さらに一層の生産能力の向上を狙って，現在次の技術開発を進めており，それぞれに関して実用化の見通しが得られつつある。

(1)　2.2 T 高飽和磁束密度軟磁性材料の開発（現行比 2 倍の飽和磁束密度）

(2)　超高速成膜が可能な軟磁性材料の開発（現行比 10 倍の成膜速度）

また，軟磁性層の磁区制御技術として，次の二つの技術を並行開発しており，それぞれに特徴のある二つの製品系列にまとめることを狙っている。

(1)　基板と軟磁性層の間に積極的に磁区制御を行うピン止め層を開発して導入（高い透磁率特性を示すので，高転送レート特性が必要なハイエンド市場向け垂直媒体に適する）

(2)　磁区制御が不要な軟磁性材料の開発（低価格ニーズが高いローエンド市場向けの垂直媒体に適する）

4.3　グラニュラー磁性層技術

長手磁気記録にしろ垂直磁気記録にしろ，ビット情報が記録される磁性層の微細構造としては，次の状態が理想的であると考えられている。

(1)　望ましい結晶面だけが優先的に成長（長手の場合は c 軸が面内に，垂直の場合は c 軸が垂直に配向するように結晶成長）

(2)　成長した結晶粒と結晶粒の間が偏析構造により磁気的に断ち切られていること（磁気的な干渉による媒体ノイズが少ないこと）

(3)　磁気的に孤立している結晶粒の粒径が，熱ゆらぎを起こさない範囲で十分に小さく，かつそのばらつきが小さいこと

従来の長手媒体に用いられていた金属磁性材料は，かかる偏析構造を，基板を加熱してから磁性層を成膜して，金属磁性材料中のクロム（Cr）やボロン（B）などの非磁性材料を結晶粒界に熱拡散させることで，求める偏析構造を実現してきた。しかし，この加熱による偏析構造の促進は，加熱による結晶粒の成長をも引き起こし，結局のところ，上述の(3)項の条件との調和を図ることができなかった（**図11**）。

一方，低温成膜が特徴であるグラニュラー磁性層は，室温基板上で磁性結晶が成長する際に，磁性材料中の非磁性酸化物材料（SiO_2 など）を選択的に粒界に吐き出すことで，目的とする偏析構造を実現するシステムである。すなわち，富士電機が開発した垂直グラニュラー磁性層は，基板を加熱する必要がないので，長手媒体の金属磁性層より

図10　ドライ洗浄による基板清浄度の改善

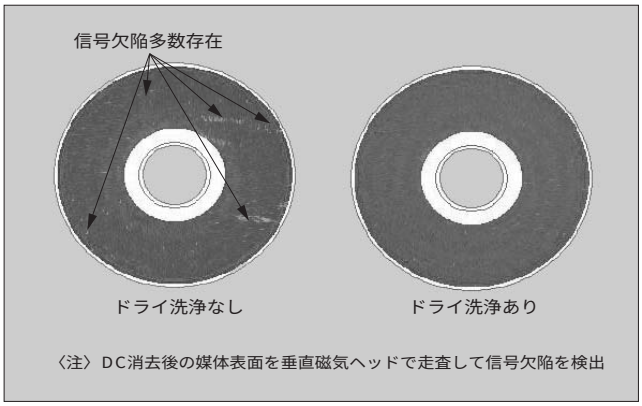
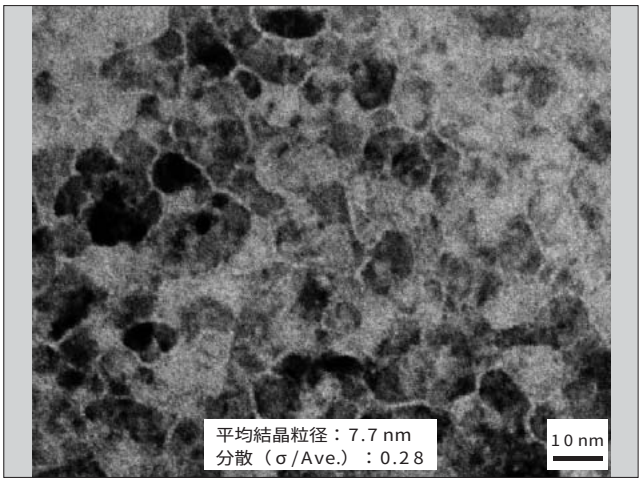


図11　CoCrPtB 長手媒体の透過電子顕微鏡像



も，結晶粒径の粗大化や結晶成長ばらつきが原理的に起きづらいという特徴を有するものである（**図12**）。

ただし，グラニュラー磁性層には，大きな技術的障壁があった。それは，主に磁性層の初期成長過程の問題である。金属磁性層と異なり，グラニュラー磁性層は熱エネルギーを駆動力として結晶成長や結晶粒界偏析を進めているわけではないので，成膜初期層から高い結晶性を有した磁性層を実現したり，最初の第一層から結晶粒と結晶粒の分離を進め良好な偏析構造を取らせることは，至難の業といってよかった。富士電機は，軟磁性層から磁性層に至る成膜プロセス技術に独自の改良を加えるとともに，並行して適切な磁性層組成設計を行うことで，これらの問題を解決し，画期的な面記録密度を達成することに成功している。

今後，グラニュラー磁性層で 200 G ビット/in^2 をはるかに超す高い面記録密度を達成するためには，なお解決すべき課題が残されている。それは，磁性層の磁気異方性エネルギーの主たる低下要因である，面心立方格子（fcc）構造の結晶粒の形成を抑止する技術の開発である。CoPt 系合金材料から成るグラニュラー磁性層の結晶粒は，六方最密充てん（hcp）構造をとる必要があるが，白金（Pt）の添加量が多くなると，磁性に寄与しない fcc 構造の結晶粒を形成しやすくなるという欠点を有している。しかし，ナノメートルオーダーの超薄膜の微細構造は，通常の手法では精度よく分析することができなかった。その対策として，富士電機は 1999 年から，大型放射光施設 SPring-8 を駆使したグラニュラー磁性層の微細構造分析に着手し，すでに磁性層中に fcc 構造を有する結晶粒が存在することを実証してきた（**図13**[7]）。富士電機は，かかる分析手法を用いつつ，薄膜形成プロセスの状態制御を精緻（せいち）に行うことで，fcc 構造結晶粒の形成を抑止し，さらに高性能なグラニュラー磁性層を実現しようと考えている。

4.4　保護潤滑層技術

垂直媒体の保護潤滑層の技術的課題は次のとおりである。

(1)　車載時や携帯時のような過酷な熱・振動・衝撃環境下で磁気ヘッドを超低浮上走行させても何ら問題を起こさないような高度な耐久性を確保する技術

(2)　グラニュラー磁性層は長手媒体の金属磁性層より比抵抗が高いので，それをカバーする静電気対策技術

これらの課題を解決するために，富士電機は，グラニュラー垂直磁性層に適合した，多層機能分離保護潤滑層を新たに開発した。その概念図を**図14**に示す。この層構成から成る富士電機の垂直媒体は，実験室での各種信頼性試験において，耐食性を含めて現行長手媒体と同等の性能を達成することが確認されている。

4.5　記録再生特性

これらの技術を総合した富士電機の垂直媒体は，国内外の研究機関や企業の研究所により，高い記録再生特性を示すことが確認されている。そのデータの一部を**表1**に整理した。それぞれが，その時点での世界最高面記録密度を達成したデータ例である。

図12　グラニュラー垂直媒体の透過電子顕微鏡像

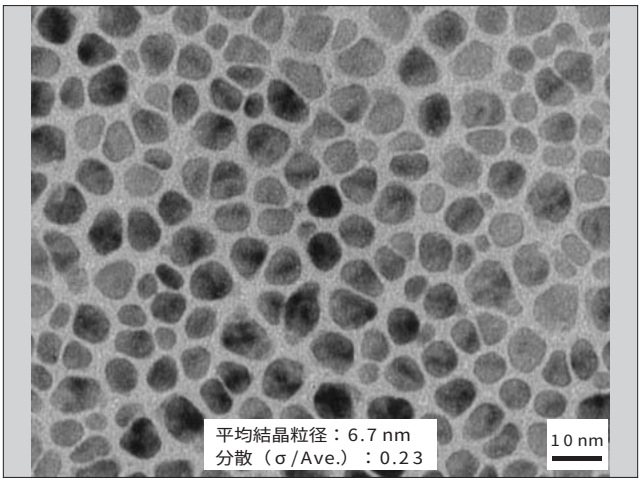


図13　SPring-8 によるグラニュラー磁性層構造分析

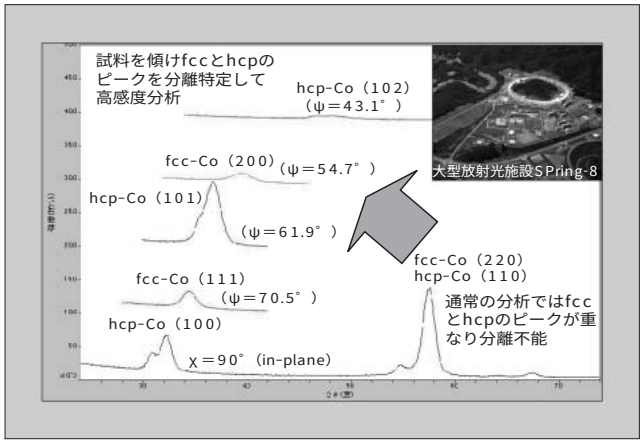


図14　保護潤滑層の概念図

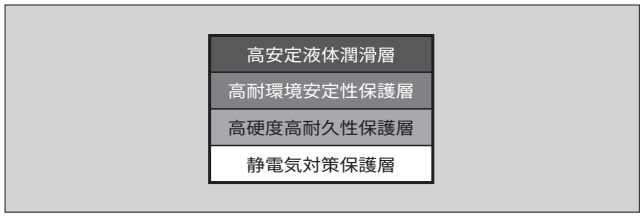


表1　達成面記録密度

達成年月	外部機関評価（Gビット/in^2）	線記録密度（kビット/in）
2001年11月	61	616
2002年 5月	105	727
2002年 9月	134	793
2002年11月	146	813
2003年 7月	──	867

5　あとがき

東北大学の岩崎俊一名誉教授が，垂直磁気記録の先駆的な研究を発表されて以来，はや25年以上の年月がたとうとしている。その間，何度も長手磁気記録の限界が喧伝（けんでん）されてきたが，その都度媒体や磁気ヘッドや回路や機構の技術革新で危機を乗り越えてきた。しかしその長手磁気記録も，媒体の熱ゆらぎ問題が障壁となって，いよいよ実用限界を迎えようとしている。その媒体がもたらした限界を媒体自身で打ち破るものとして垂直媒体の開発が進み，そのフロントランナーの地位を富士電機が占めるに至ったことは大きな幸いである。

しかしそれは，富士電機単独の研究開発の成果ではない。富士電機での垂直媒体の開発は，どちらかといえば他社より遅れて着手したといってよい。幸甚なことにその遅れは，さまざまなご支援を得ることにより，十分に埋め合わされてきた。東北大学の電気通信研究所の中村慶久所長や村岡裕明教授，同研究所21世紀情報通信研究開発センターの島津武仁助教授をはじめとした，国内外の研究機関の諸メンバーによる，一方ならぬご指導やご支援のたまものが，今日の富士電機の垂直媒体を作り上げたといってよい。ここに慎んで謝意を表したい。

富士電機は，記録方式が様変わりとなる2005年の転回点で業界をリードすべく，垂直媒体の事業化を計画しつつある。媒体のみならず基板ビジネスの可能性をも視野に入れた検討を行っており，垂直媒体は，富士電機の中期計画の柱の一つになっている。引き続いて400Gビット/in^{2}を目指した研究開発もスタートしており，富士電機はそれらの成果も含め，安全で快適なユビキタス社会を支える外部メモリ市場において，世界のトップメーカーの地位を獲得すべくこれからも努力していく所存である。

参考文献

(1) Iwasaki, S. et al. An Analysis for the Circular Mode of Magnetization in Short Wavelength Recording. IEEE Trans. Magn. vol.11, no.6, 1975, p.1137–1139.

(2) Takano, H. et al. A Practical Approach for Realizing High-Recording Density Hard Disk Drives. Abstracts of The 8th Joint MMM-Intermag Conference. CA–01, 2001, p.131.

(3) Oikawa, T. et al. Microstructure and Magnetic Properties of CoPtCr-SiO_2 Perpendicular Recording Media. IEEE Trans. Magn. vol.38, no.6, 2002, p.1976–1978.

(4) Uwazumi, H. et al. CoPtCr-SiO_2 Granular Media for High Density Perpendicular Recording. Digest of Joint [NA] PMRC 2003. 2003, p.47.

(5) Wood, R. The Feasibility of Magnetic Recording at 1 Terabit per Square Inch. IEEE Trans. Magn. vol.36, no.1, 2000, p.36–42.

(6) Iwasaki, S. et al. Perpendicular Magnetic Recording with Composite Anisotropy Film. IEEE Trans. Magn. vol.15, no.6, 1979, p.1456–1459.

(7) Ohsawa, M. et al. In-Plane Diffraction of Co-based Perpendicular Magnetic Recording Media. SPring–8 User Experiment Report. no.10, 2002B, 2003, in press.

安全で快適な社会を守るセンサ技術

北出 雄二郎（きたいで　ゆうじろう）

1　まえがき

人工衛星上からの地球の気象監視から，体温を測る感温膜までさまざまな分野でセンサはわれわれの生活を支えている。絶え間ない技術の進歩によって，測定対象の拡大，測定精度の向上，測定結果による新たな知見の獲得はとどまることがない。

富士電機では，1950 年代からさまざまなセンサの開発を進めてきた。当初はシーメンス社からの技術導入によって工業計器の分野のセンサに取り組むことから着手した。現在では，独自の技術開発を中心に特定用途機器コンポーネントからセンサを応用した各種システムまでを開発，製品化してきている。**図 1** にセンサデバイス，センサコンポーネント，センサシステムの関係について示す。

図１　センサの機能

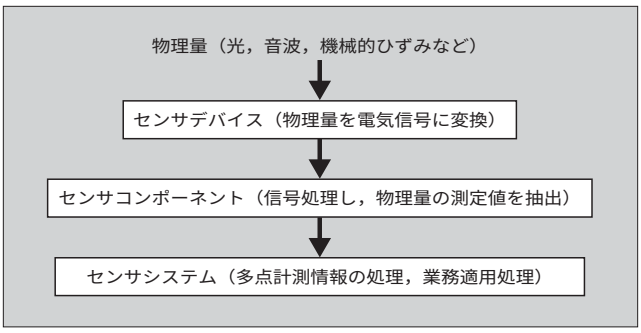


図２　富士電機におけるセンサのコア技術と応用分野

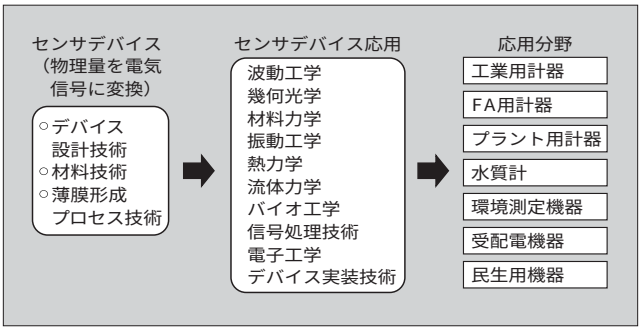


図 2 は，富士電機におけるセンサのコア技術と応用分野についてまとめたものである。富士電機が開発し製品に応用しているセンサデバイスとしては，大別して，

○半導体ひずみゲージ（圧力センサ）
○薄膜ガス検出デバイス
○熱線素子，フローセル（赤外線ガス分析計）
○放射線検出ダイオード
○化学物質濃度検出用微生物活性センサ

がある。これらのセンサデバイスを支えている技術は，材料技術，薄膜形成技術，デバイス設計技術，バイオ技術である。

また，これらの素子技術を実際の機器に応用するための技術として下記の技術がある。

○光応用，超音波応用のための波動力学，幾何光学
○圧力，ひずみ測定のための材料力学，振動工学
○圧力，流体計測のための熱力学，流体力学
○生物工学，化学工学
○フィルタ，認識処理のための信号処理技術
○機器に実装するための電子工学，デバイス実装技術

これらの技術については，さまざまな現象を電気信号に変換するデバイスを発見する創造性とその原理を工業化する技術，およびセンサ機器として量産して長時間動作を保障する製品化技術が必要となる。

2　センサにおける技術動向と富士電機の製品

図 3 は，富士電機のセンサ技術の変遷をデバイスとそれを用いた製品についてまとめたものである

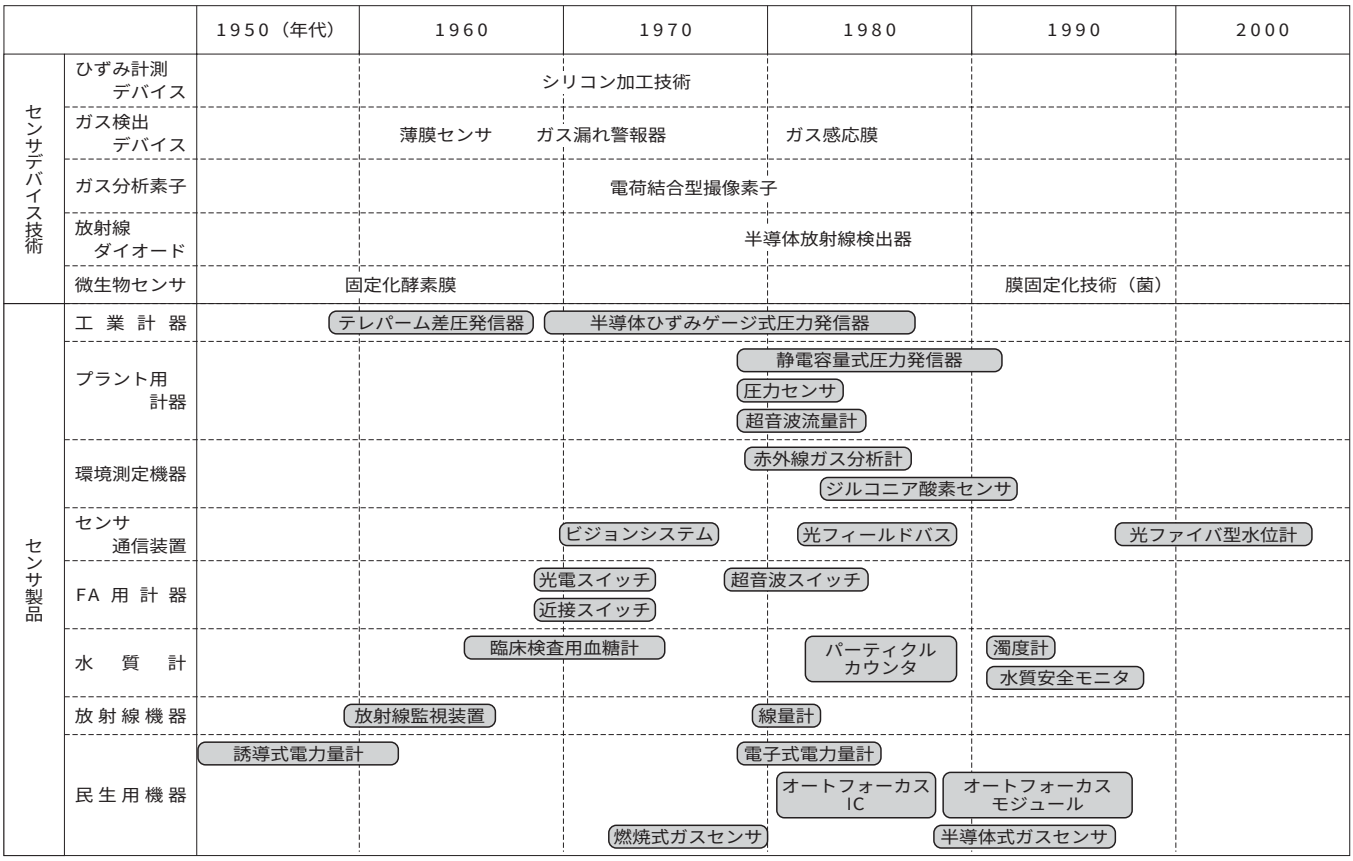
工業計器の分野では，シーメンス社の技術を基礎に純空気式の「テレニュー機器」への市場参入から製品化がスタートした。その後，半導体ひずみゲージを用いた圧力発信器を開発し 1971 年に製品化を行い，この技術を応用して，静電容量式圧力発信器の製品化を 1979 年に行った。また，当時においては画期的な信号処理回路を内蔵した圧力センサを自動車用に開発し，1981 年に製品化を行った。

民生用機器の分野では，1977 年に接触燃焼式ガス漏れ

北出 雄二郎

情報機器，制御機器，計測機器の研究開発に従事。現在，（株）富士電機総合研究所機器技術研究所長。日本機械学会会員。

図３　センサにおける技術動向と富士電機の製品



警報器を製品化した。その後，さらに，半導体式の薄膜ガス感応膜の開発に成功し，1991 年には，このデバイスを応用した，半導体式ガス漏れ警報器の製品化を行っている。

環境測定機器の分野では放射線検出ダイオード半導体式放射線検出デバイスの開発を行い，従来のガイガーミュラー計数管に比較して，長寿命で特性の安定した放射線モニタが実現可能となり，信号処理回路との一体化など高性能・高機能の線量計の製品化を行った。さらに，高比抵抗，高純度のシリコン単結晶基板を利用して，ポケット型警報線量計（レムマスタ）の γ 線検出器の開発を行い，1981 年に製品化を完了した。

水質計の分野では，1977 年から固定化酵素膜の技術開発を進め，その応用として臨床検査用血糖計，尿酸計，アミラーゼ分析計の製品化を行ってきた。この技術を基に世界初の固定化微生物膜による毒物検出用センサである，水質安全モニタの製品化を行った。このセンサは微生物の活性度を測定して毒物の有無を検出するもので，浄水場での安全管理に使用されている。

1970 年に発明された光ファイバ技術は，1980 年代には実用化のレベルに達し，富士電機ではこの技術を応用して，1985 年には電磁ノイズに強く，防爆性の高い計装システムである光フィールドバスシステムの製品化を行った。

3　富士電機のセンサに対する今後の技術戦略

センサはよく「千差万別」と比喩（ひゆ）されるようにさまざまな物理量を計測するものである。センサに対する富士電機の今後の技術戦略におけるキーワードは「安全」「快適さ」を考慮した付加価値の向上にある。富士電機における今後のセンサ分野での技術戦略をまとめると下記のようになる。

(1)　新たなセンサデバイスの創出

物理化学的な原理によるセンサデバイスとして，薄膜デバイスに注力する。着目すべき特徴は半導体プロセスによる生産が可能なため高い精度を安定的に得ることができ，大量生産に適している。

併せて，生物学的な原理による微生物適用デバイスに注力する。着目すべき点は，微量成分検出能力において化学分析法よりも場合により効果があることにある。富士電機では業界に先駆けてガラス板上への菌膜の固定化技術を用いたデバイス化を行っている。

① 生物への影響検出能力が高い微生物適用デバイス
② 各種有機・無機機能材料の探索・合成技術と薄膜形成技術を適用した低消費電力対応小型ガス検知デバイス
③ 薄膜形成技術を適用した電磁気検知・ひずみ検知デバイス
④ 光導波路を用いた各種化学物質の検知デバイス

(2)　センサ機器の知能化

薄膜デバイスは半導体プロセス技術を用いることができるため，半導体 IC やマイクロプロセッサと組み合わせた知能化への対応が可能となる。特に，シリコン基板上にベ

アチップと周辺LSI（Large Scale Integrated Circuit）などを搭載することができるIMM（Intelligent Micro Module）は多種少量生産に対応しセンサの知能化に適した技術である。この技術と同時にデザインなども考慮したユーザビリティの向上を図っていく。

① IMM化などのセンシングデバイスと信号処理デバイスなどの一体化

② フィールド設置機器の簡素化によるユーザビリティの向上および適用範囲の拡大と多様なカスタマイゼーションへの対応

③ キャリブレーションフリーによるメンテナンスビリティの向上

(3) IT（Information Technology）との融合による付加価値の向上

センサの適用範囲を拡大し，適用効果を増大するために，以下のようにITとの融合を図っていく。

① 通信機能の搭載

各種フィールドバス，シリアルインタフェース，微弱無線など，用途に応じた通信機能の搭載によって，計測値のデータ出力やリモートメンテナンスを行う。将来のIPv6の普及拡大も視野に入れた各種オープンなネットワークシステムの適用が今後の課題である。

② 計測データベースの活用

センサのネットワークから得られる計測データをデータベース化し，より付加価値の高い情報が得られるようなシステムの構築を推進していく。各種のエネルギーセンサの適用による工場やビルにおける省エネルギーシステム，環境測定センサの適用による広域環境監視システム，バイオセンサの適用によるトレーサビリティシステムなどが考えられる。

3.1 新たなセンサデバイスの創出

現在，開発を進めているセンサデバイスについてここで，その例を紹介する。

(1) 毒物センサ技術

環境における有害物質や毒性物質の検出については，その原因物質の特定よりも，何らかの原因物質の有無を検出すること自体が重要である。ここに微生物の活性度を計測して有害性や毒性を迅速かつ包括的にとらえるという適用が成り立つ。これを応用した製品の例として，富士電機では急性毒物を検知可能な硝化菌の固定膜を利用した独自の水質安全モニタを1995年に実用化した。

このような微生物のハンドリング技術をもとに，有害細菌を迅速に検出できる技術を開発中である。その一例として全生菌を15分でカウントできる「スマートバクテリアカウンタ」を試作した。**図4**にその外観を示す。

今後，このセンサを用いたシステムの開発により，在庫削減ソリューション，食品工場におけるユーティリティコスト削減など，さまざまなアプリケーションを展開していこうと考えている。

また，環境分野の計測においては，遺伝子損傷性物質が着目されている。遺伝子損傷性物質については，分析装置などを用いて調査されることが多いが，リスク管理の視野に入れるべき化学物質は莫大（ばくだい）な数にのぼるため，より精緻（せいち）かつ合理的な検知方法が望まれる。

これに対して，微生物の反応を用いたバイオアッセイ技術は，対象とする水や土などに含まれる有害物質の生物的な影響を総括して検知することができる。富士電機では，発光遺伝子を導入した発光umu試験菌株固定化バイオセンサの開発を進めており，基礎検討を終えた段階にある。

図5に示すように，遺伝子損傷性物質である4-NQOに暴露した場合にはTL210株は遺伝子を修復するために発光し，発光遺伝子を持つTL210ctl株は発光し続ける。一方，生育阻害物質に暴露した場合にはTL210株，TL210ctl株もともに死滅するために発光しない。したがって，この状態を光素子を用いて観測し，電気信号に変換することができる。

(2) 薄膜センサデバイス

薄膜センサの例として磁気インピーダンスセンサがある。この技術を用いた電流センサは電力監視から電子デバイス内の電流計測までさまざまな分野での応用が考えられる。

磁気インピーダンスセンサは，小型・高精度で広い範囲の電流を測定可能であるといった特徴を持っている。試作品の測定結果では従来品と比べて，１けた以上の小型化，２けた近い測定範囲を確認することができた。**図6**に磁気インピーダンスセンサを適用した電流計測デバイスセンサの外観を，**表1**に仕様と評価結果を示す。

図4　スマートバクテリアカウンタの外観

図5　生育阻害物質・遺伝子損傷物質の検出例

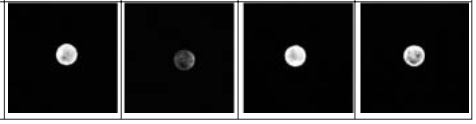
	生育阻害物質の検出		遺伝子損傷性物質の検出	
	無暴露	30mg/L シアン化カリウム	無暴露	0.3mg/L 4-NQO
遺伝子損傷性物質検出用微生物膜 TL210株				
生育阻害物質検出用微生物膜 TL210ctl株				

図６　電流計測デバイス（試作品）

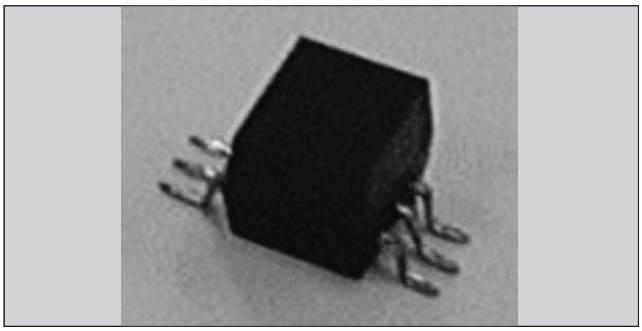
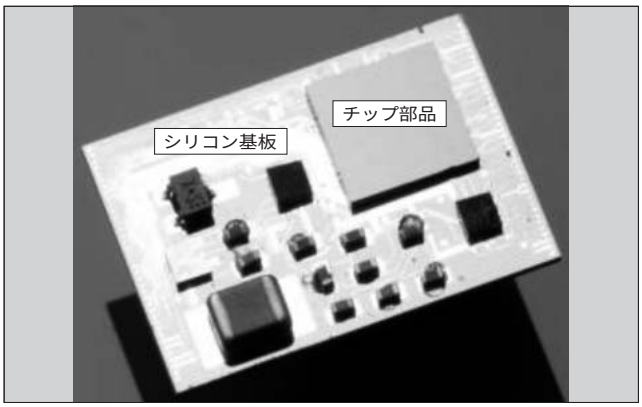


表１　電流計測デバイスの特性評価結果

項　目	電流計測デバイス	カレントトランス
電流測定範囲	0.1～1,200（A）	0.2～5（A）
寸　　法	4.1×5.4×3.8（mm）	38×38×12（mm）
精　　度	±5％以下	

図７　インテリジェントマイクロモジュール



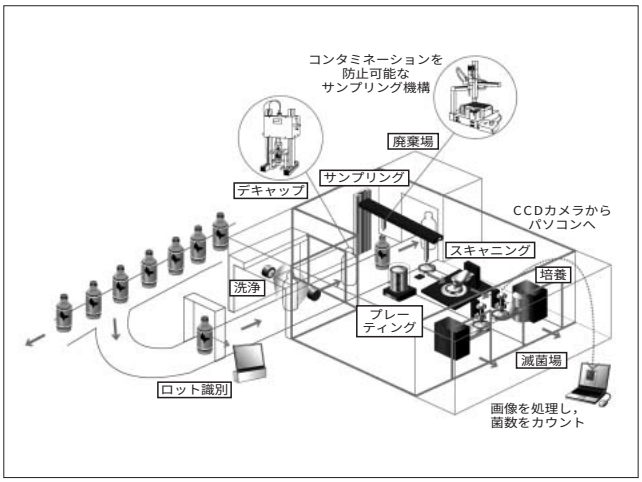
3.2　センサ機器の知能化

センサ機器のロジック回路のアセンブリは，従来は一般的なプリント基板実装によっている。この技術の課題は小型化や熱放散において一定の限界があることである。そこでシリコン基板上に直接センサやマイクロプロセッサなどを実装する IMM によるアセンブリ技術を開発し Web アダプタ，制御機器などの製品に適用している。前述の課題を解決できるほか，計測値に対するさまざまなデータ処理ロジックソフトウェアの容量が拡大することによって，センサ機器自体のインテリジェント性を飛躍的に増大させることが可能となってきた。**図７**にその構成例を示す。

3.3　IT との融合

図８に示すものは，バイオロジカルモニタリングシステムと呼んでいるもので，食品工場での出荷時の衛生管理を行うものである。このシステムは，菌の特性を考慮した菌数カウントを行い，出荷時の衛生を管理するなどの MES の計測端末としての利用を図るものである。今後の拡張としては，在庫の適正な削減などの SCM の実現や，HACCP 対応のトレーサビリティ機能の実現などを図っていく。

図８　バイオロジカルモニタリングシステム



4　あとがき

以上に述べたようにセンサ技術は総合技術であり，対象となる物理量の特性や精密な機構技術，信号処理技術などさまざまな技術を必要とするものである。富士電機は今後ともセンサを戦略的機種として位置づけ，センサ機器単体として優れた製品を提供し続けるとともに，システム的な適用についても常に新たなソリューションの提案を行っていく所存である。

このためにも創立 80 周年を迎えた現在の時点で初心に戻り，「安全」「快適さ」をキーワードに社会に役立つセンサについて考えていきたい。今後も関係各位の温かいご意見・ご支援を賜りたいと考える次第である。

参考文献

(1)　厚生労働省．年次別食中毒発生状況．2001.
(2)　山口進康，那須正夫．蛍光染色法による特定微生物の迅速・簡便な検出．食品工業．vol.11. 30, 1998, p.24-32.
(3)　Nogami, T. et al. Estimation of bacterial contamination in ultrapure water : Application of the anti-DNA antibody. Anal. Chem. vol.70, no.24, 1998, p.5296-5301.
(4)　木暮一啓ほか．微生物制御における VNC（培養不能生存）菌と損傷菌の問題．防菌防黴，vol.30, no.2, 2002, p.18-51.

世界市場を目指す低圧開閉機器

井出　安俊（いで　やすとし）

1　まえがき

電磁開閉器や配線用遮断器などに代表される低圧開閉機器は，過去半世紀にわたる工業化社会の大きな発展の中にあって，工業の原動力である電気設備の主要なコンポーネントとして大きく進化してきた。そして，ここ数年来の本格的なグローバル化や地球規模での環境対策の高揚などにより，また新たな進化がコンポーネントに求められている。富士電機は，今まで常に市場要求や技術動向を先取りした特徴ある商品シリーズを生み出してきた。

本稿では，時代とともに進化させてきた低圧開閉機器の変遷に触れながら，近年の商品シリーズを紹介し，新たな市場動向，技術動向への取組みについて述べる。

2　低圧開閉機器の動向と富士電機の取組み

2.1　市場動向

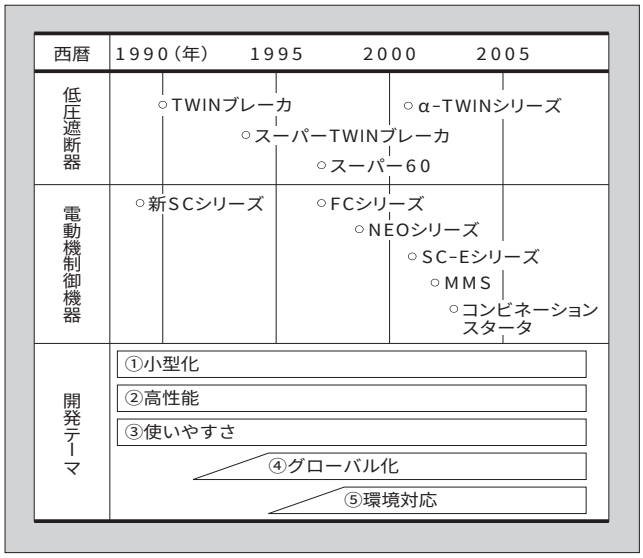
世界の市場における低圧開閉機器の市場規模は，配線用遮断器，漏電遮断器ならびに電磁接触器とサーマルリレーの合計値としてみると，2001 年に約 7,000 億円で，今後とも横ばいと予想されている。ただし，販売価格の低下と市場の伸長率とが打ち消し合っているため，生産数量は増加している。中でも景気が好調な中国市場は，伸長率が数%以上と拡大が続いている。一方，日本市場は約 800 億円であり，長い景気の低迷を反映して縮小傾向にある。このような国内外の市場動向に呼応するように，顧客の事業展開のグローバル化が急速に進んでいる。したがって，世界のどこの市場でも使用できるようにグローバルな規格対応や仕様対応の必要性が急激に高まっている。

2.2　技術動向と富士電機の取組み

図 1 に，富士電機の低圧開閉機器分野における主な新商品開発の経過とその背景にある開発テーマを示す。

今まで低圧開閉機器に要求されてきた開発の主要テーマは，①いかに小型化を実現するか，②いかに性能，品質を高めるか，③いかに使いやすい商品に仕上げるか，の 3 点に集約され，いずれも普遍的なテーマとして今後も追求され続けるであろう。

図 1　主な新商品開発と開発のテーマ



1990 年に発表した「TWIN ブレーカ」や電磁接触器の「新 SC シリーズ」は，この小型，高性能および使いやすさを極限まで追求した画期的な商品として現在も好評を得ている。一方，④グローバル化への対応，⑤環境性向上といったテーマは，ここ数年来急激にその重要度を増してきている。近年開発した「**α**-TWIN シリーズ」や「NEO シリーズ」あるいはマニュアルモータスタータ（MMS）などは，世界市場に照準を合わせたグローバル商品である。このように富士電機は，常にマーケットリーダーとして時代を先取りした商品を送り出すことを新商品開発の信条としている。

以下に低圧遮断器と電動機制御機器の分野における具体的な取組みについて紹介する。

3　低圧遮断器への取組み

富士電機は，低圧遮断器の主要コンポーネントである配

井出　安俊

配線用遮断器や漏電遮断器などの低圧開閉器の開発設計，開発企画に従事。現在，機器・制御カンパニー器具事業部技術開発・生産センター開発部長。電気学会会員。

線用遮断器と漏電遮断器をそれぞれ富士オートブレーカ（FAB）および富士漏電遮断器（ELB）の名称で市場に送り出し，長く市場でご愛顧をいただいている。

図1に示したように1990年に発売したTWINブレーカは，FABとELBの外形寸法を業界で初めて完全に統一した画期的なシリーズである。このコンセプトは，これ以降のFAB，ELBの基本コンセプトとして継承しているが，日本市場における市場標準にもなっている。次に最近開発した**α**-TWINシリーズについて紹介する。

3.1　α-TWINシリーズの特徴

図2に富士電機のFAB，ELBのシリーズ構成を示す。30 Aから800 Aまでの全域にわたりTWINブレーカのコンセプトで統一している。この中で，**α**-TWINは，30 Aから100 Aまでの最も使用量が多い領域をカバーすべく究極の小型化を図りつつ，要求が高まっているグローバル化，環境保全性を高度なレベルで実現したシリーズである。**図3**に**α**-TWINの外観を示す。

(1)　究極の小型化と使いやすさの追求

図4に**α**-TWINのELBの断面図と従来のTWINブレーカおよびそれ以前の旧型の寸法を重ね合わせて示す。ELBの縦寸法に着目すると，ここ10年余りの間に200 mm（旧型）から130 mm（TWIN）へ，そして100 mm（**α**-TWIN）へと半減させ，まさに究極の小型化を実現している。**図5**に**α**-TWINの付属品を示すが，盤製作過程，稼動状態での仕様変更に柔軟に対応できるように内部付属装置は**α**-TWINの内部に，その他の付属品装置は**α**-TWINの外部に大部分が顧客にて装着できる設計としている。

(2)　グローバル化した**α**-TWIN

α-TWINは，国内外の主要規格（JIS，IEC，UL/CSA）に標準品で準拠し，CEマーク，ULマークを表示している。また，環境問題についても例えば鉛フリー化は発売当初から実現している。

図2　FAB，ELBのシリーズ構成

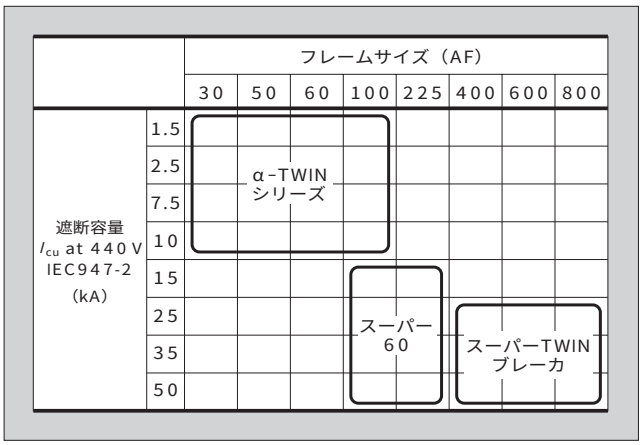


図3　α-TWINの外観

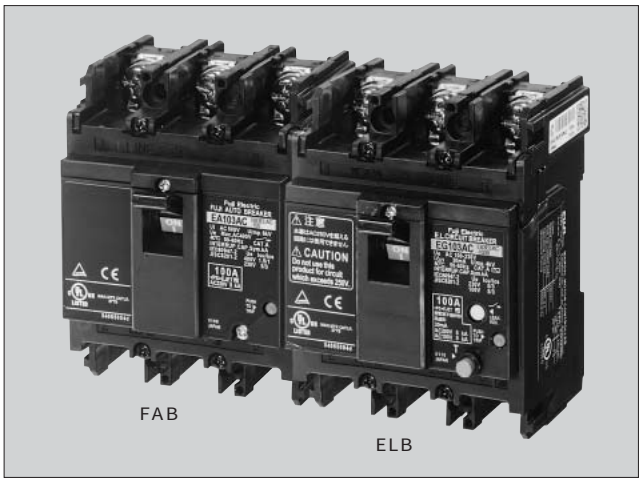


図4　α-TWINの断面と旧型との寸法比較

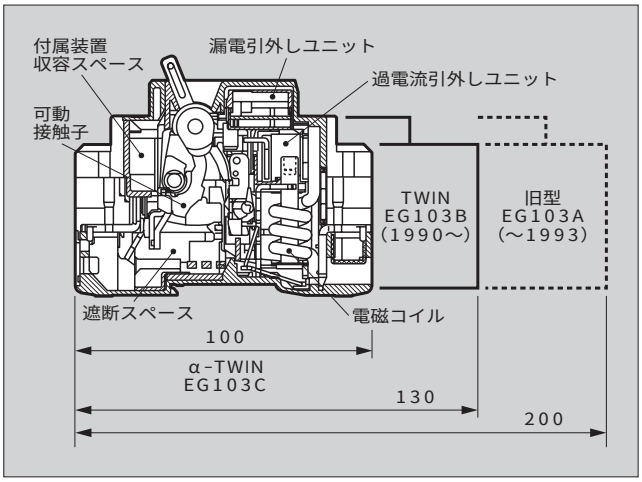
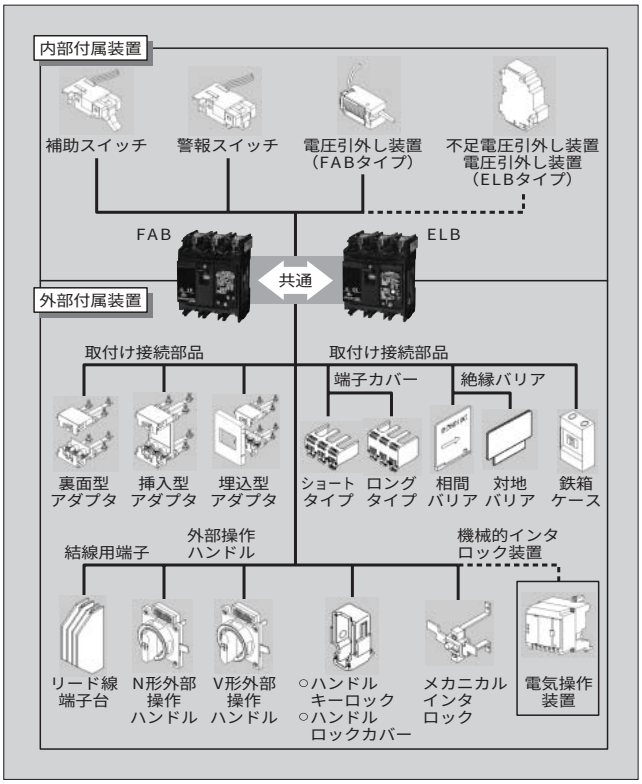


図5　α-TWINの付属品バリエーション



3.2　小型化を実現する設計・製造技術

α-TWIN の究極の小型化の実現は，遮断器のメカニズム，消弧室，過電流検出ユニット，漏電引外しユニットなどの各構成要素を過去に蓄積した固有技術を基にシミュレーション技術を駆使して限界設計に挑戦した成果である。

4　電動機制御機器への取組み

富士電機は，電動機の始動停止を行う電磁接触器（CTT），過負荷保護を行うサーマルリレー（TOR）など電動機周辺の開閉制御機器を市場に提供し始めてから約 50 年になる。この間，時代を先取りした特徴ある商品を供給し続けてきた。ここでは，最近の世界市場を視野に入れた CTT，TOR のシリーズ，MMS ならびに CTT と MMS をコンパクトに結合したコンビネーションスタータについて紹介する。

4.1　世界市場を視野に入れた商品シリーズ

現在，国内では各方面で JIS 規格の IEC 規格への統合作業が進んでいる。CTT，TOR の JIS 規格は，従来から IEC 規格との間に大きな隔たりがなかったこともあり，1999 年に統合化 JIS 規格が公布され，現在では規格上の壁はなくなっている。また，世界的にも規格の統合は急ピッチで進められている反面，市場の工業文化によって作り上げられた標準仕様は，現実的には統一するのが難しいという問題を内在している。電線の接続方式が市場により異なることなどはその好例である。富士電機の CTT，TOR のシリーズは，端子構造を丸形圧着端子仕様と電線直接接続仕様の 2 系列とし，世界のどこの市場でも対応可能としている。**図 6** に CTT，TOR および MMS のシリーズ構成を示し，**図 7** に同一容量の CTT の端子構造の比較を示す。

図６　CTT，TOR，MMS のシリーズ構成

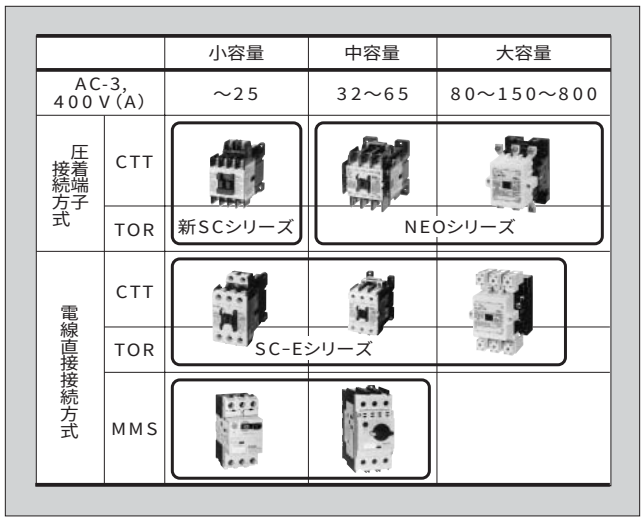
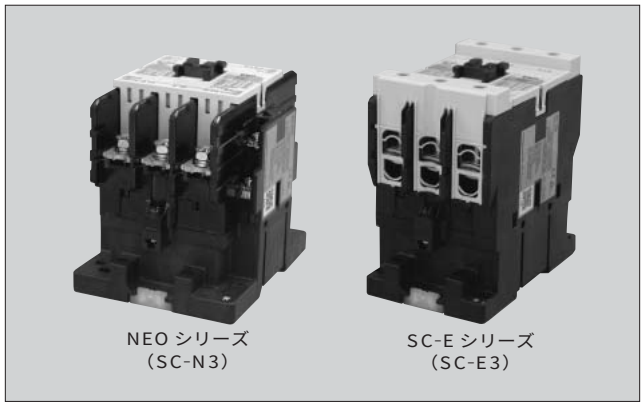


図７　CTT の端子構造の比較



4.2　電動機回路保護の高度化への対応

国内の電動機回路の電源電圧は，200 V 系が主であり，400 V 系は 10 %前後と少ない。一方，海外ではこれとは逆でほとんどが 400 V 系の電圧を使用している。この回路電圧の違いは，短絡事故，感電事故に対する保護の考え方の相違を生み出している。400 V 系で発生する短絡事故は，200 V 系に比べ事故のエネルギーが格段に大きいので適用される短絡保護器に大遮断容量が要求される。

さらに最近は短絡事故時のエネルギーを絞り込むことによって（限流遮断），CTT，TOR の損傷をいかに軽減するかが短絡保護器の技術競争の焦点となっている。また，感電に対する保護については，400 V 系では感電による危険度が高いため通常運転時の充電部への接触を防ぐことによる保護（直接接触保護）を徹底している。このため，各種電気機器の充電部接触防止構造は厳格にその安全性確保が求められ，保護等級として決められている。さらに，短絡保護器の接点が万一溶着事故を生じた場合に，操作者がオンオフ状態を誤認しないようにハンドルがオフ状態を保持できない構造とすることなどが義務づけられている。こうした海外の 400 V 系電動機回路で求められる安全要求を満たす機器として，MMS を新たにシリーズ化したので以下に概要を紹介する。

(1)　MMS

MMS は，低圧遮断器としての短絡保護機能と TOR の過負荷保護機能をコンパクトにまとめたものである。外観

図８　MMS の外観

図９　ＭＭＳの限流特性

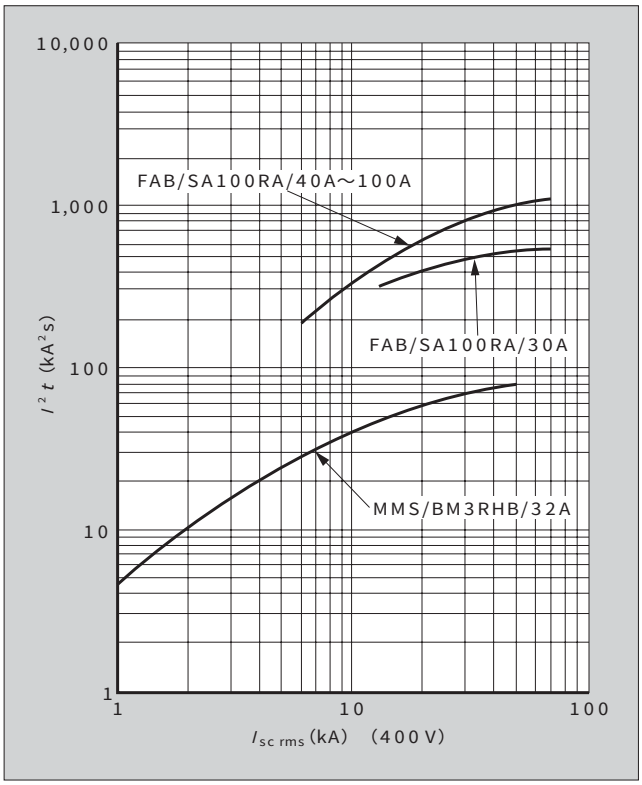
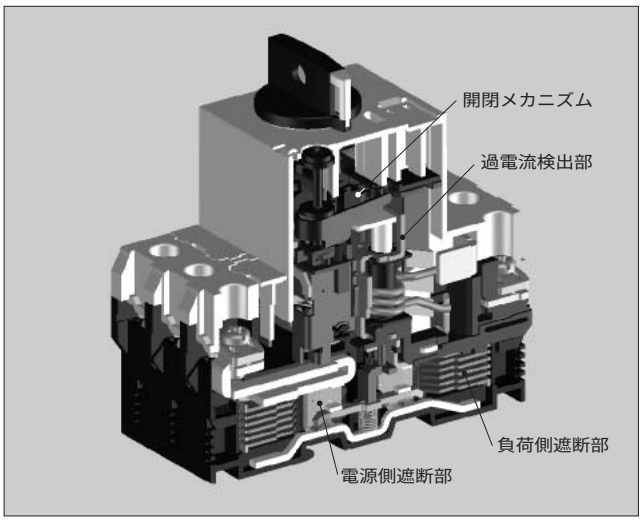
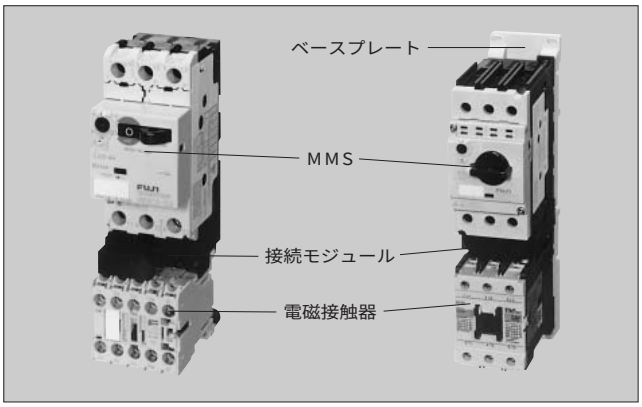


図10　ＭＭＳの構造



を**図８**に示す。MMSの性能上の大きな特徴は，短絡電流遮断時の限流能力がきわめて高い点である。**図９**はMMSの限流特性を示したものである。配線用遮断器に比べて短絡遮断時の発生エネルギーを１けた低いレベルに抑え込む能力を有していることが分かる。**図10**にMMSの構造を示す。この特徴は，遮断時のアーク電圧を急激に立ち上げることを狙い，１相あたり二つの遮断部を直列に配置した点にある。この遮断部の構造が高い限流能力を生み出している。

図11　コンビネーションスタータの外観



MMSは，電動機の手動開閉器として単独でも使用されるが，一般的にはCTTと組み合わせて使用されることが多い。MMSの高い限流能力によりCTTの負荷側で短絡事故が生じた場合でもCTTの損傷を防止することが可能である。この遮断協調のレベルについては，IEC60947-4-1において，再使用不能な「タイプⅠ」と再使用可能な「タイプⅡ」として定義されている。近代的な自動化設備などの制御盤設計に際し，事故による設備停止時間を極力低減するためにも「タイプⅡ」の指定が今後ますます増えてくるものと予測され，MMSは最適な機器といえる。

(2)　コンビネーションスタータ

図11に示すコンビネーションスタータは，MMSとCTTを専用の配線部材で結合させたものである。このように両者を結合することで，遮断協調レベルの選定が容易となり，MMSとCTTの配線も不要になるので配線作業の簡素化とスペース削減が図れる。

5　あとがき

最近発売した低圧開閉機器の主な新シリーズを紹介し，市場動向や技術動向に対する富士電機の取組みについて述べた。今後とも市場の要求はますます多様化し，また高度化していくと思われる。これを踏まえて富士電機は，今まで蓄積してきた技術と経験のうえにさらに先進のテクノロジーを駆使して，世界市場にとって価値あるコンポーネントプロバイダーになる所存である。引き続き顧客各位のご指導・ご鞭撻（べんたつ）をお願いする次第である。

参考文献

(1)　朝日信夫ほか．新しい小型配線用遮断器・漏電遮断器「α-TWINシリーズ」．富士時報．vol.74, no.11, 2001, p.604-610.

(2)　武内志乃夫ほか．電磁開閉器の新シリーズ「SC-M/SC-Eシリーズ」．富士時報．vol.74, no.11, 2001, p.617-621.

IT で進化する設備機器の監視保守システム

渡辺　哲仁（わたなべ　てつひと）

1　まえがき

インターネット技術，ネットワーク技術，半導体技術，MPU（Micro Processing Unit）技術の急速な進展が，高度情報化社会としての IT（Information Technology）革命をもたらしてきている。オフィスや一般家庭でのパソコン利用および急速普及した携帯電話による出先き・街頭利用など，いつでも，どこでも，インターネットを活用した電子メール・情報検索収集・電子決済などができるようになってきた。

生産・製造設備の現場（FA：Factory Automation）では，生産管理などを含めたラインの改革・改善が急務であり，合理化・効率化・省力化を目的とし，安定・安全操業のための効果的な設備管理が強く望まれている。また，自動販売機，店舗ショーケースなどの小売機器の現場では，商品補充・清掃・故障修理などのオペレーションの効率化・省力化・コストダウンを目的とした効果的な設備管理が強く望まれている。

このような FA システムや小売機器システムなどの広域に分散した現場設備・機器に対して，富士電機では，IT を駆使し，リアルタイム性・高信頼性を確保したリモート監視・保守システムを構築してきている。

本稿では，監視・保守システムの概要とこれを実現する技術の現状および今後の展望について紹介する。

2　設備機器の監視保守システムの IT 化

2.1　FA システム分野での取組み

FA システムの制御分野におけるキーコンポーネントであるプログラマブルコントローラ（PLC）は，高性能・高機能化，コストダウン，情報系とのシームレスな連携およびプログラミング技術の高度化へと発展しつつある。統合コントローラ「MICREX-SX シリーズ」（以下，SX と略す）では，SX-Web モジュール（以下，SX-Web と略す）により，コントローラのインターネット利用を実現した。

SX-Web は，SX のベースボード装着形モジュールで，分散した遠隔地の機械設備のリモートメンテナンスを実現するものであり，機能と用途の関係を**図 1** に示す。

(1)　Web サーバ機能

遠隔地にあるパソコンの Web ブラウザでコントローラデータのモニタ・設定，データの表形式表示・トレンドグラフ表示および SX-Web に対する各種初期設定が行える。SX-Web のコンテンツからメンテナンスセンターのデータベースにリンクし，装置マニュアルや詳細なトラブルシューティングなども容易に行うことができる。

(2)　電子メール送信機能

あらかじめ設定したイベントにより，所定のあて先へ電子メールを送信する。

(3)　FTP（File Transfer Protocol）データ送信機能

あらかじめ設定したイベントにより，トレンドデータや CPU 内データをバイナリ形式ファイルで外部 FTP サーバに保存する。

(4)　リモートローダ機能

遠隔地のパソコンから SX 支援ツール D300win のリモート操作ができるので，現場と監視センターとの連携作業によりトラブル復旧時間が短縮できる。Web ブラウザによるモニタは，数箇所からの同時操作が可能である。また，同一パソコン上での Web ブラウザと支援ツールの同時起動も可能である。

2.2　小売システム機器分野での取組み

2.2.1　自動販売機の IT 化

自動販売機業界では，1998 年以降出荷台数の減少に伴い，ロケーションフィー・ロケーションマージンが年々高騰している。自動販売機自身のコストダウンだけでなく，IT 化によるオペレーション効率の改善によるコストダウンが要求されてきている。さらに，店舗内や街頭にある自動販売機は，単に中身商品を販売する機械から情報システムを取り入れて新しいサービスの提供を可能とする機械へと進化していくことが期待されている。

販売制御や冷却加熱制御などの基本機能制御 CPU とは独立に，ネットワーク対応・広告表示などの各種サービス

渡辺　哲仁

制御機器，情報機器コンポーネントおよびその適用システムの開発に従事。現在，事業開発室コンポーネントソリューション部長。電気学会会員。

図１　SX-Web モジュールの機能と用途

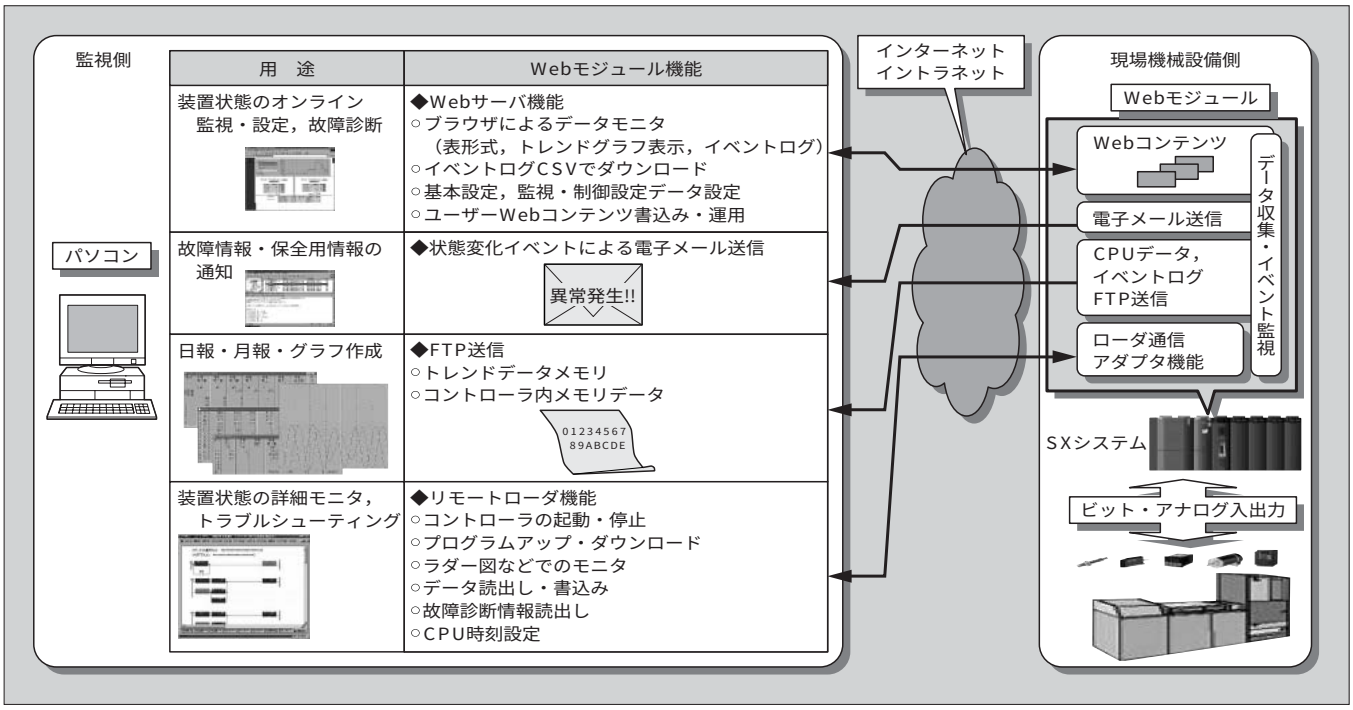


図２　Java 搭載自動販売機の基本概念

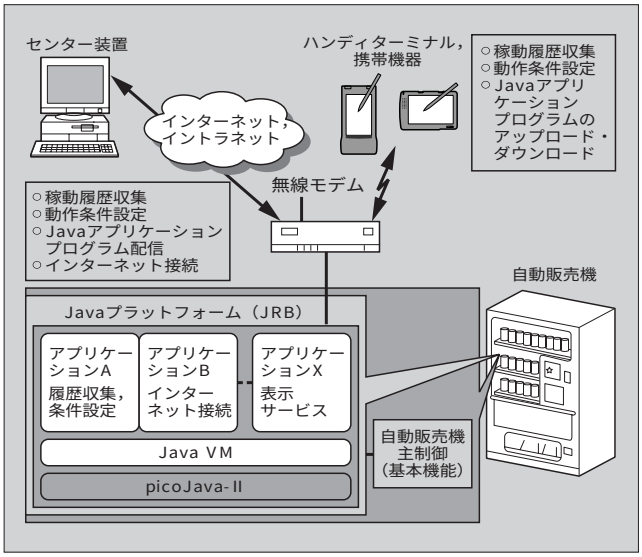
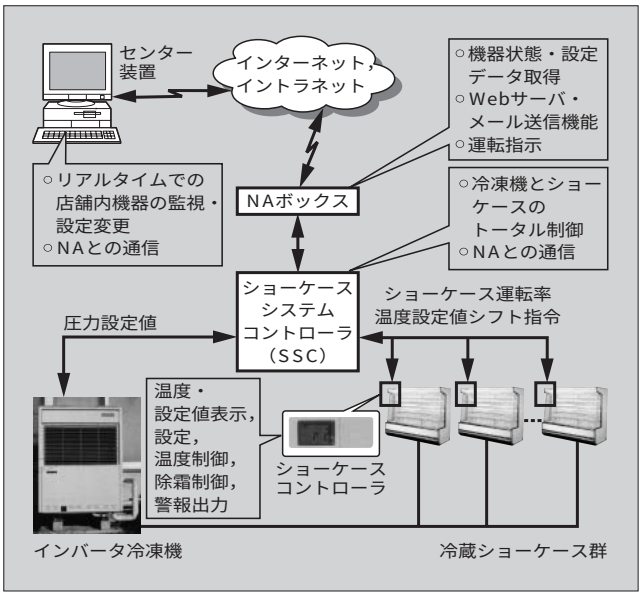


図３　店舗機器センター監視システム「ECOMAX シリーズ」の概略構成



などの応用機能処理を行うための Java〈注〉プラットフォーム（JRB：Java Running Box）を組み込むことで，自動販売機の IT 化を実現した。**図２**に Java 搭載自動販売機の基本概念を示す。

2.2.2　コールドチェーン店舗の IT 化

食品流通業界では，先来の O157 による食中毒事故の発生により食品安全管理への関心が高まりを見せ，店舗においても HACCP（Hazard Analysis Critical Control Point）管理の導入などの検討を始めている。

その中で，冷凍・冷蔵機器の保冷状態を管理することはもとより，機器のトラブルによるロス低減およびサービス・メンテナンスの効率化を狙いとした監視システムのニーズが高揚している。**図３**に富士電機が提案する店舗機器センター監視システムの概略構成を示す。ショーケースの温度・設定値表示，設定，庫内温度制御，除霜制御および警報出力を制御するショーケースコントローラ（以下，ECO マイコンと略す），複数のショーケースの ECO マイコンと冷凍機のトータル制御を行うショーケースシステムコントローラ（SSC）および機器の状態・設定データを取得管理し，監視センターに対して Web サーバ・メール送信を行うネットワークアダプタ（NA）から構成される。

〈注〉Java ：米国 Sun Microsystems, Inc. の登録商標

3　IT 化を支える組込み機器開発技術

3.1　IT 化コア技術のプラットフォーム化

組込み機器の IT 化コア技術として，TCP/IP（Transmission Control Protocol/Internet Protocol）を中核としたオープンネットワーク接続機能が常識になっている。従来，組込み機器のソフトウェアは製品ごとに独立に開発してきたが，ネットワーク対応における信頼性向上とアプリケーションプログラムの互換性を維持するために，共通プラットフォームを開発した。**図 4** にその構成を示す。

共通プラットフォームは，アプリケーションプログラムと通信ドライバの間に，関数名，パラメータ，アクセス手順などを規定した富士電機標準プログラムインタフェース（以下，API と略す）を備えている。すなわち，アプリケーションプログラムは，API（Application Program Interface）ライブラリ関数を通して，プラットフォームの共通基本部分や OS のサービスを使用することができる。

この API により，流通するハードウェア，ソフトウェアが進化した場合でも，上位アプリケーションプログラムとの互換性維持を実現した。

さらに，組込み機器製品のソフトウェアに依存した機能拡張などを容易に実現するために，ネットワーク経由での製品固有のアプリケーションプログラムの入替え，および共通基本部ソフトウェア自身の入替え機能を実現している。

3.2　マルチベンダー対応データアクセスの標準化

ネットワークのオープン化に伴い，異なったメーカーの装置が，同一のネットワーク（システム）に接続されるケースが増えており，マルチベンダー環境に対応したメンテナンスの必要性が高まってきている。実現の手段として，OPC（OLE for Process Control）や SNMP（Simple Network Management Protocol）の適用が進むものと思われる。

OPC は，マイクロソフト社のテクノロジーである OLE（Object Linking and Embedding）を利用したプロセスデータの標準アクセスインタフェース仕様である。これまでコミュニケーションを行う装置ごとに専用のドライバソフトウェアを開発し，上位クライアントにおいても，その専用ドライバインタフェースを意識する必要があった。OPC の適用により，異なったメーカーの装置に対するデータアクセスが容易に行うことができるようになった。**図 5** にその概念を示す。

3.3　Java ベースの柔軟プラットフォーム

Java は，「ネットワークを前提としたプログラミング言語」であり，インターネットの標準通信プロトコルである TCP/IP での通信機能を容易に実現することができる。

また，Java は「アーキテクチャニュートラル」（プラットフォーム非依存）であり，「一度書けば，どこでも動く」（Write Once，Run Anywhere）を特徴とし，パソコンなどのクロス環境による開発の効率化ができる。

さらに，Java はオブジェクト指向言語であり，ソフト

図 4　共通プラットフォームの構成

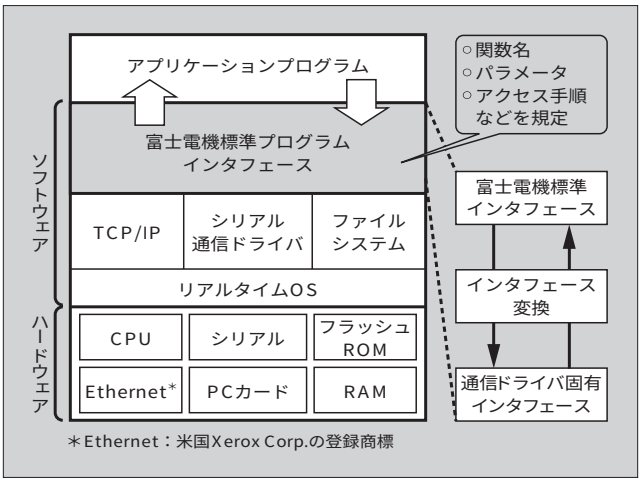


図 5　OPC 利用によるデータアクセスの標準化

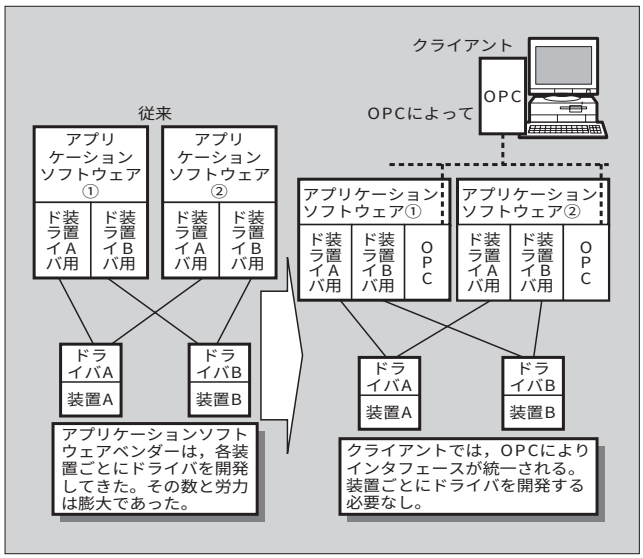


表 1　ネットワーク対応を前提としたJavaとμiTRONの実行環境比較

項目＼実行環境	Java	μiTRON
OS 依存性	◎非依存（JVM*）	○依存
機能充足度	◎多機能	◎多機能
機能拡張容易性	◎高い	○普通
プログラム開発の容易性	◎比較的容易	○普通
リアルタイム性	○中速（高速制御は×）	◎速い
メモリ資源（ROM，RAM）	○容量大	◎容量中
要求CPU性能	○高速	◎高速～中速
適用事例	【監視系，中速用途】 ○自動販売機 ○ショーケースセンター監視 ○水処理関連	【高速用途】 ○SX-Webモジュール ○UPS Webカード ○情報収集端末

＊JVM：Java仮想マシン

ウェアの共通部品化を図ることで，ソトフウェアの再利用による開発の効率化も期待できる。

Java と組込み用途で一般的なμiTRON との実行環境の比較を**表 1** に示す。Java は，実行環境として，高性能 CPU，大容量メモリおよび高いハードウェア仕様を必要とする。また，μiTRON ベースのリアルタイム OS の実行環境に比べてリアルタイム性が低く，組込み機器そのものの制御への適用においては，その能力を十分に把握したうえで使用する必要がある。メモリ資源，リアルタイム性を除けば，それを補うだけのメリットを十分持っている。

3.4　組込み機器のセキュリティプラットフォーム

組込み機器も，汎用ネットワーク接続によりパソコンなどとの相互接続性が向上しているが，反面，ネットワーク経由でのウイルス攻撃などの脅威にさらされることになる。

組込み機器は，独自の仕組みで，プログラムの書換えや実行を行っており，実際，ウイルスに対する脅威は少ない。しかしながら，CPU 能力の限界および補助記憶装置を持たずに主記憶のみで動作するために，DoS 攻撃（Denial of Service attack）などにより多量のパケットを受信すると，メモリ資源の枯渇が発生する。このため，通信製品固有の動作を守り保護することが重要となる。

そこで，機器自身に，パケットフィルタリング機能を持つ組込み用の簡易ファイアウォールの開発を行った。パケットフィルタリング機能として，送受信するパケットの情報をプロトコルスタックレベルでチェックし，あらかじめ設定したルールに従って，許可されていないパケットを破棄できる機能を持つ。組込み簡易ファイアウォールの位置づけを**図 6** に示す。また，パケットフィルタリングの主な機能を以下に記す。

(1)　不正アクセスからの保護

指定されたプロトコル，ポート，アドレス以外からのアクセス制限

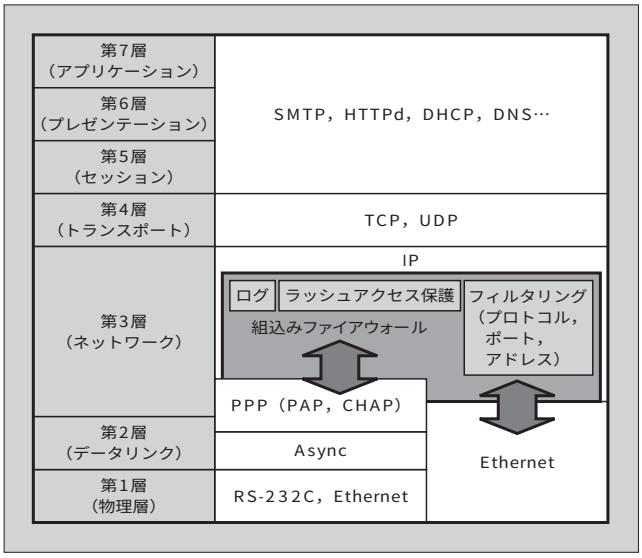
(2)　ラッシュアクセスからの保護

指定時間内に指定回数以上のアクセスが発生した場合，以降のパケットを制限（破棄）する。

(3)　不正アクセスのログ

フィルタリング機能で破棄されたアクセスの時刻，IP アドレス，ポート番号などをログ情報として記録し，参照できるようにしている。

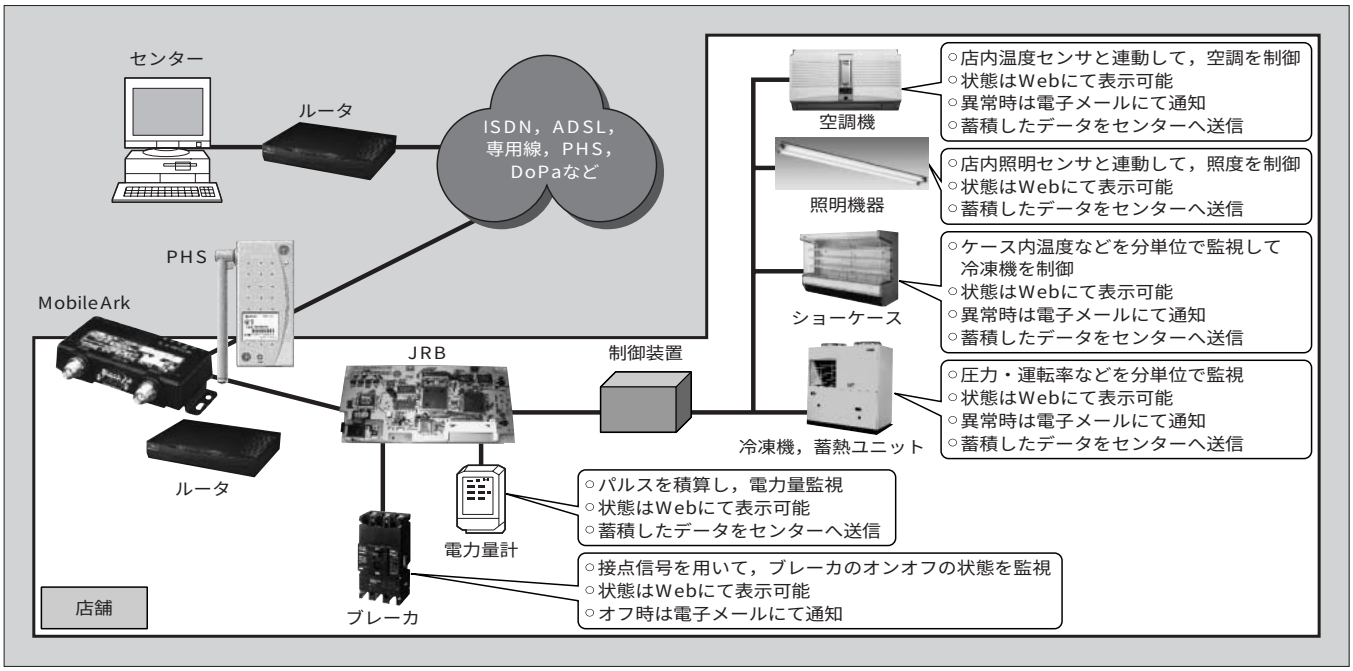
図 6　組込みファイアウォールの位置づけ



4　省エネルギーサービスへの新たな取組み

スーパーマーケットの中で，食品を冷却するために使われているショーケースとこれを冷却する冷凍機の省エネル

図 7　JRB 適用の店舗トータル制御システム構成イメージ



ギー化は，従来から種々行われてきた。しかし，1997年12月の「気候変動枠組み条約第3回締約国会議」（COP3）で地球温暖化防止のために，二酸化炭素の削減が決定されたことにより，店舗全体の約60％を占める冷凍・冷蔵ショーケース関連設備の省エネルギー化が加速してきている。

また，食品衛生の観点から，ショーケース温度管理のさらなる向上が求められ，負荷変動の大きいショーケースに対しても，その温度を維持しつつ，冷凍機の消費電力量を最大限に削減するトータル制御システムが要求されている。

図3に示したように，SSCは，冷凍機とそれに接続したショーケースを一つのシステムとしてとらえ，業界初の統合制御を実現している。

今後は，ショーケース，冷凍機，空調機，照明機器などを含めた店舗総合制御システムで，さらなる省エネルギー効果を出すサービスを提供していく予定である。省エネルギーを実現するJRB適用の店舗トータル制御システム構成のイメージを**図7**に示す。

5　あとがき

ITネットワークの適用により，FA現場および小売店舗などの各種設備機器と監視・管理サービスセンターとの接続を実現してきた。今後さらに，情報収集すべきお客様設備の分析，収集のための各種センシング技術向上および収集した現場情報の総合的ナレッジ制御技術の確立を図り，お客様の現場設備資産の総合運用効率化を実現する最強のシステム・サービス提供メーカーを目指していく。

そのために，常に，お客様との対話と世界的に脚光を浴びている地球環境問題を重視し，設備の効率的稼動に向けた省エネルギー，故障予防保全サービスシステムの開発に積極的に取り組んでいく所存である。

参考文献

(1)　藤田和弘ほか．コントローラのリモート監視・保守システムへの適用．富士時報．vol.75, no.12, 2002, p.689–693.

(2)　武田久孝ほか．組込み機器用途向けJavaプラットフォーム．富士時報．vol.75, no.4, 2002, p.209–212.

(3)　須藤晴彦ほか．店舗機器センター監視システム．富士時報．vol.75, no.7, 2002, p.427–430.

(4)　谷本雅之，鷁頭正和．高信頼化，高品質化を実現するメンテナンス技術の現状と今後の動向．電子情報通信学会総合シンポジウム．2003–3.

商空間創造に貢献する自動販売機の IT 活用

高田　正実（たかだ　まさみ）

1　まえがき

富士電機リテイルシステムズ(株)は自動販売機に代表される自動化機器や通貨機器，さらにコールドチェーン機器システムを融合したハードウェア，ソフトウェア，サービス統合システムの提供やトータルプランプロデュースにより食流通分野における快適な商空間創造事業を目指している。

快適な商空間創造とは，単なる利便性の追求だけでなく生活者とのコミュニケーションを重視し，環境問題への配慮や景観の確保など社会に貢献する商空間を創造していくことであると考えている。概念を**図１**に示す。

ユビキタス（いつでも，どこでも）という言葉がキーワードになるように，IT（Information Technology）化はネットからメッシュの展開に移行し，生活に不可欠な社会基盤となり，快適さを創造するための多面的コミュニケーションインタフェース実現のために，必須な要件となっている。

本稿では自動販売機と IT 関連技術を，ネットワーク化の動向，制御技術の進化と IT 適用例，サービスシステムにおける適用例に焦点をあてて紹介する。さらに次世代自自動販売機の要件やコンセプトについても述べる。

2　自動販売機ネットワークシステムの動向

自動販売機ネットワークシステムは中身商品の販売ビジ

図１　商空間創造の概念

高田　正実

流通機器システム全般の新商品企画および開発業務に従事。現在，富士電機リテイルシステムズ(株)商品企画本部第一商品企画統括部副統括部長。

ネスの，運営管理（自動販売機オペレーション）の効率化を目的に自動販売機情報を収集管理する POS（Point Of Sales）システムを原点として発展してきた。

2.1　自動販売機情報の多様化

自動販売機情報には精算業務に必要な情報（販売数，金銭情報），訪問計画やルート管理業務に必要な情報（商品別販売・在庫数，商品種別，設置場所，自動販売機機種），販売機会ロスをなくすための情報（売切れ，故障）などがあるが，近年では売上げ向上を目的とした情報（市場調査情報，プロモーション情報，周囲温度，地域広報）などへ拡大している。

2.2　オフライン方式とオンライン方式

オフライン方式はセールスマンが携帯するハンディターミナルに直接データを入力し，営業所に持ち帰ったデータをセンター装置に入力して情報管理する方式である。自動販売機内データの収集は赤外線通信により行われることが多い。

オンライン方式は自動販売機内に記憶されたデータを無線パケット通信方式，PHS（Personal Handyphone System）方式，SS（Spread Spectrum）無線方式などによりセンター装置に収集し情報管理するものである。さらにインターネットを利用し自動販売機の故障情報や防犯情報を電子メールや i モード〈注1〉で管理センターやサービスマンの携帯電話に通知する方法も運用されている。

2.3　自動販売機ネットワークの進化

従来はオフライン方式での運用が主流を占めていたが，近年では通信インフラストラクチャー（インフラ）の普及と通信費用の低価格化，無線通信デバイスの低価格化によりオンラインによる費用対効果が期待できる多くのソリューションが提案され運用が進んでいる。富士電機はいち早く双方向のオンライン通信を前提とした自動販売機 Java〈注2〉プラットフォームを開発し，これを搭載した自動販売機を市場に展開している。

Java 搭載自動販売機はオペレーションの業務効率化や中身商品の売上げ拡大だけでなく，設置ロケーションや消費者の嗜好（しこう）の多様性への対応が容易になる。さらに情報発信基地や生活者とのコミュニケーションの場として社会に貢献していく進化が期待できる。**図 2** に自動販売機ネットワーク化の進化と期待できる効果を示す。

3　自動販売機制御の進化

自動販売機の制御機能の進化について，情報通信技術や最新 IT 応用・デバイスの適用にスポットをあてて紹介する。

〈注1〉i モード：（株）エヌ・ティ・ティ・ドコモの登録商標

〈注2〉Java ：米国 Sun Microsystems, Inc. の登録商標

3.1　自動販売機の機能向上における IT 適用

富士電機では，これまで IT の進展に伴い，その技術を積極的に取り込んで自動販売機の機能向上を図ってきた。**図 3** にその具体的な適用事例を示す。

IT 応用カテゴリーとして自動販売機のオペレーション支援への適用事例と自動販売機での販売促進支援への適用事例に大別できる。オペレーション支援では，売上げ精算業務の合理化や商品の適正在庫管理などを目的とした自動販売機 POS が代表例である。情報の搬送形態の違いによりオフライン方式やオンライン方式があるが，この情報搬送のための通信手段として赤外線通信や無線通信技術を取り入れている。販売促進支援では，自動販売機に表示装置を搭載して中身商品のコマーシャル表示や自動販売機操作案内などのコンシューマー向けサービス，地域情報案内表示などの社会貢献サービスなどの機能を実現している。表示デバイスとしては，LED（Light Emittinng Diode），LCD（Liquid Crystal Display），有機 EL（Electroluminescence）ディスプレイなどが実用化されつつある。また，そのコンテンツを送信するための通信手段にも最新の IT を駆使している。最近では固定客の拡大を狙った消費者へ

図 2　自動販売機ネットワーク化による進化

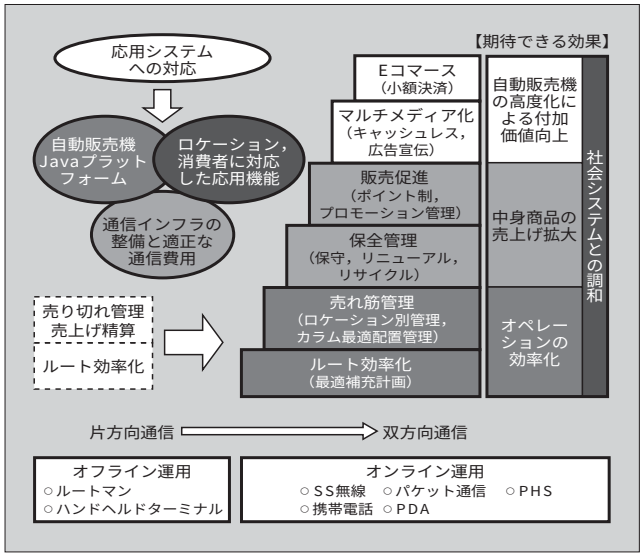
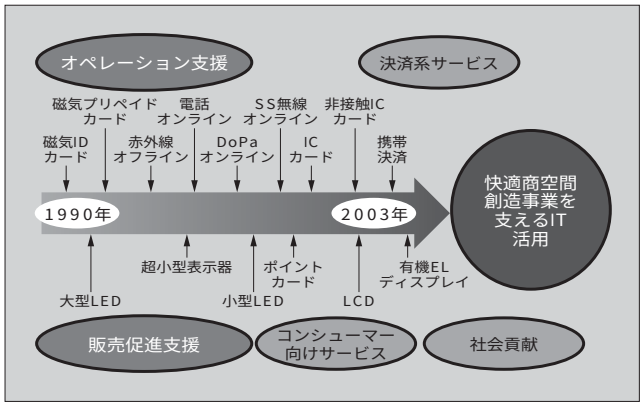


図 3　自動販売機制御の IT 適用の進化



のポイントサービスとして，一般的に普及しているカード媒体に加え，携帯電話と連携したサービスも実用化段階にきている。さらには，決済系サービスへの適用なども活発化しており，IC カード型の電子マネーや非接触型のカードなど種々のタイプが実用化されている。また，鉄道系カードとの相乗りや携帯電話利用のキャッシュレスサービスなどの実験も行われている。今後も IT の進展とともにさまざまなアイテムを取り込んで自動販売機機能を進化させていく所存である。

3.2　自動販売機制御システム

自動販売機制御機能の IT 化の基盤となる自動販売機制御システムについて紹介する。

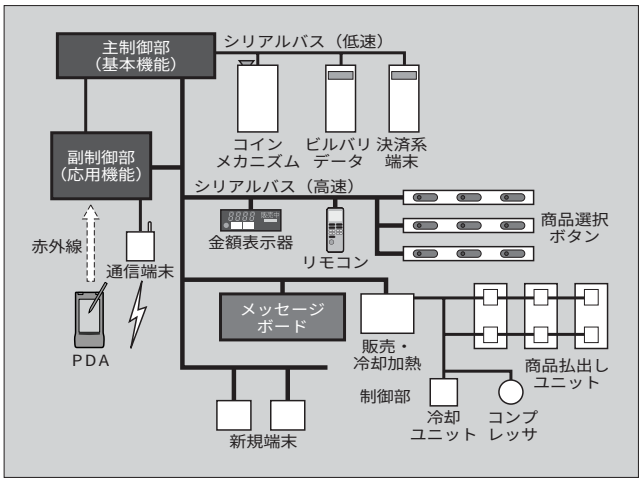
図 4 に缶自動販売機の制御システム構成を示す。

制御部はコインを投入して商品を販売するという自動販売機の基本機能をつかさどる主制御部と応用機能を実現する副制御部の二つのメイン CPU（Central Processing Unit）から構成されている。副制御部は，顧客要望に応じた応用機能をいわばカスタムメイド的に実現するもので，多様化する顧客ニーズに対応すべく開発が容易な Java 言語によるソフトウェアで動作する。また，IT 化対応のための外部との通信は，この副制御部を介したインタフェースとなっている。

自動販売機の基本機能は主制御部を中心に金銭ユニット部やメカニカルコントロールのための販売・冷却加熱制御部，商品選択ボタン，金額表示器，設定のためのリモコンなどの端末制御部で制御されシリアルバスで接続した構成となっている。シリアルバスは，コインメカニズム（硬貨選別機）やビルバリデータ（紙幣識別機）などの業界標準機器を接続するための互換性を重視した低速バスと拡張性に優れた高速バスの 2 本で構成している。バス化することにより，機能アップなどでの制御ブロック追加が容易になり拡張性の確保と同時に省線化をも実現している。

また，主制御部のソフトウェアにおいてもオブジェクト指向技術を取り入れた ARTiC（Abstraction for Real Time Control）という独自の標準プラットフォームを開発し，機能の追加・変更が容易にできるような工夫を行った。さらにはその発展系として，分散オブジェクト技術を利用することにより各制御部間の連携の強化を図っていく計画である。

図 4　自動販売機制御システム構成



4　IT 活用によるサービスシステムの進化

自動販売機のサービスに要求されるのは，迅速な一次対応と一刻も早い修理である。富士電機は 1993 年からサービス支援システム FYCSS（For Your Convenience Satisfaction System）を構築し運用してきた。今回モバイルネットワークや CTI（Computer Telephony Integration）など，最新の IT を活用し自動販売機の故障履歴のネットワーク管理などを進化させたサービス総合支援システム（FYCSSⅡ）として再構築し運用を開始した。そのシステムの概要と特徴を紹介する（**図 5**）。

4.1　CTI との連携

CTI 装置から取得した相手先電話番号から顧客情報管理データベース（DB）を瞬時に検索し，端末パソコンに受付画面を表示する。表示情報から顧客名・修理履歴・対応履歴・ナレッジ・修理進捗（しんちょく）情報が検索可能となり，熟練度を必要とする受付対応業務が誰にでも可能となり受付体制の充実が容易になった。

4.2　サービスマン端末の進化

従来システムは業務用ハンディターミナルと公衆電話による運用であったが，FYCSSⅡでは PDA（Personal Digital Assistant）＋ PHS カードを携行し，どこでも情報の送受信ができる環境を実現した。PDA 上では組込みソフトウェアと Web 情報提供サービスソフトウェアに分離し，組込みソフトウェアは OS プラットフォーム上に C++ を用いて作成し膨大なデータを必要とするものは Web サービス系へと機能分離した。通信環境は月額固定の PHS パケット通信サービスを採用し，通信費用の超過を気にせず利用できる環境としたことでリアルタイム通信と通信費全体のコストダウンを両立させた。

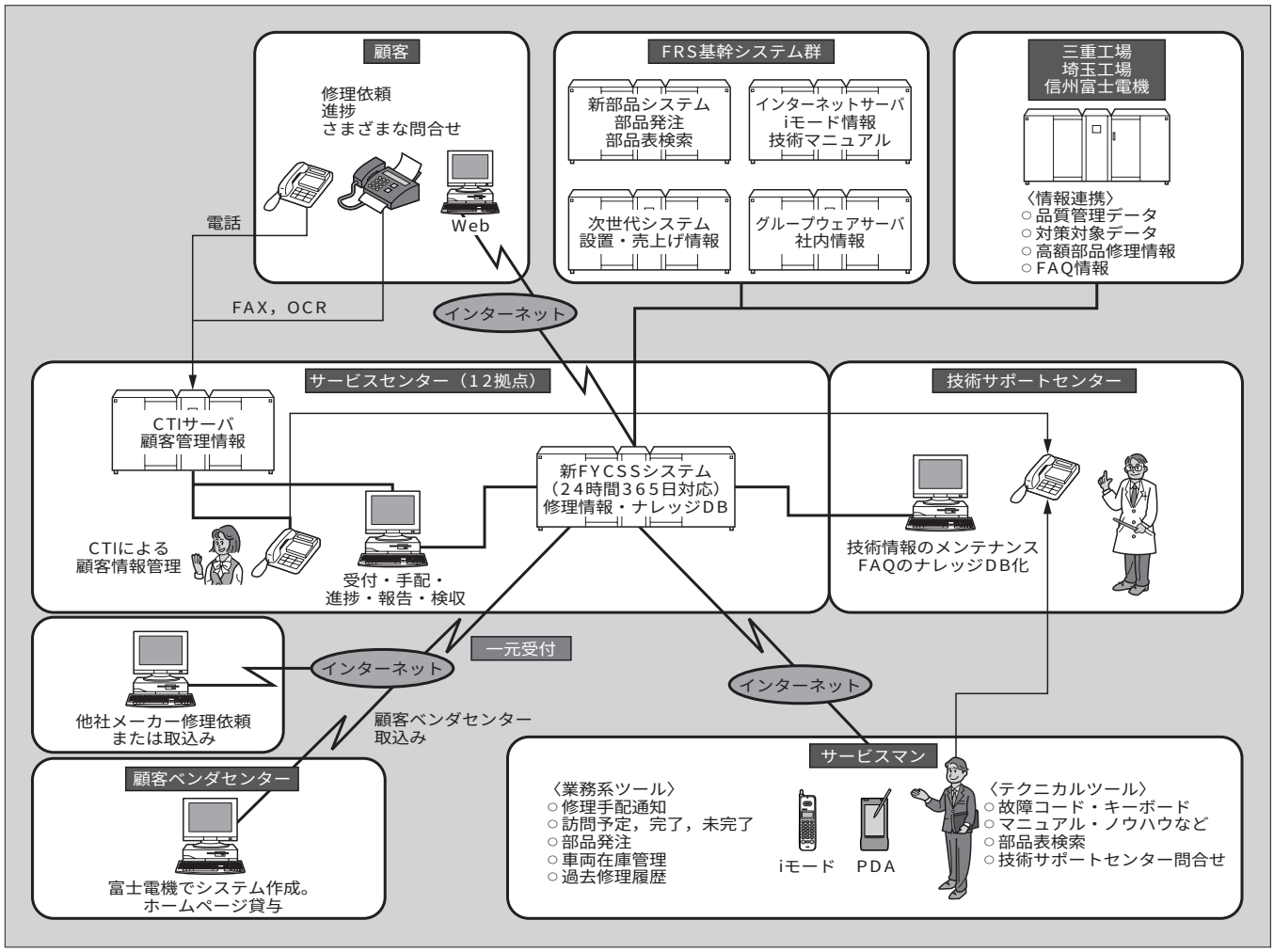
4.3　ナレッジデータベースによるサポート

故障情報や修理情報などの文書データの管理にはグループウェア・ソフトウェアを利用し，検索エンジンを組み合わせた。検索後に検索結果の評価ランキングを行うと，有効性の高い文書が自動的に検索結果の上位に表示されるようになり対応のスピードアップに効果を発揮している。

4.4　ネットワークセキュリティ

フィールドから社内ネットワークに接続する際，発信者電話番号と ID のチェックを PHS パケット通信サービスで行っている。さらに，ID と割当て IP アドレスを固定化し，ネットワーク内でアクセス制限をかけることにした。モバイル系のゲートウェイと本社ルータを既存のネット

図５　FYCSS II システムの概要



ワークとは別の独立したエクストラネットとした。このグループ間の通過に IP アドレス制限を加えることで，アクセスできるサーバ範囲を限定し，セキュリティを確保した。この部分については将来的な営業系モバイルネットワークも想定し，あらかじめ複数のセキュリティクラスを設定している。

本システムにより顧客情報を即時に確認しスピーディな対応ができ，サービスマンへの技術情報，修理手配情報，進捗情報がリアルタイムで一元管理され現場との連携も強化された。

今後は顧客との連携部分を拡張し，Web による状況報告を可能にし，CRM（Customer Relationship Management）機能を強化し包括的な顧客サービス事業へ発展させていく予定である。

5　次世代自動販売機

商空間を創造し生活者の快適性を向上させ社会に貢献する次世代自動販売機はどのようなものであろう。これまでの自動販売機の普及は日本の高度成長と安全性や平等性および自動化を好む日本社会や文化に支えられて発展してきた。さらに近年は省電力，ノンフロン化など地球環境問題や容器のリサイクル対応，酒，たばこの成人識別問題など自動販売機を取り巻く社会的な問題の解決にも並行して取り組んできた。

5.1　自動販売機のソリューション

今後は消費者，ロケーションオーナー，中身商品提供会社，運用オペレーター，保守サービス会社だけでなく通信事業者，広告事業者，自治体なども参画し多面的かつ経済性と社会性のバランスを重視した進化が求められる。この実現には IT の進化とオープン化による新しい付加価値の提供が課題である。**図 6** に概念とキーワードを示す。

5.2　次世代自動販売機「MyFit」のコンセプト

人間（消費者・生活者）本位で使いやすく，人間をもっと心地よくする次世代自動販売機として VENDEX JAPAN2002（日本自動販売機工業会主催の展示会）で MyFit を提案した。

図 7 に示すように MyFit では商品が陳列されておらず，金銭投入口も押しボタンもない。人間が近づくと携帯電話などにメッセージを送り，その存在を知らせ LCD に商品メニューが表示される。その際，非接触 IC カードや携帯電話，モバイル機器，などによる個人識別を行い個人に対

図６　次世代自動販売機における進化の視点

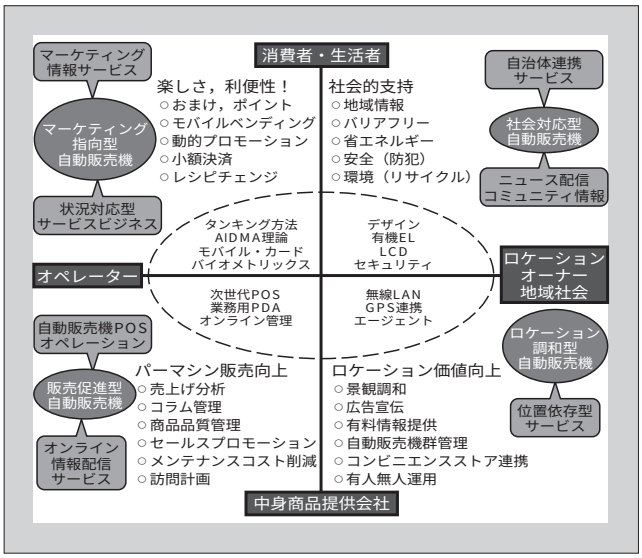
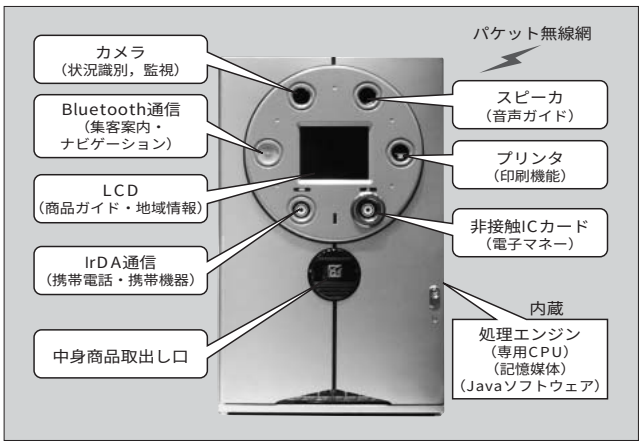


図７　次世代自動販売機「MyFit」のコンセプト

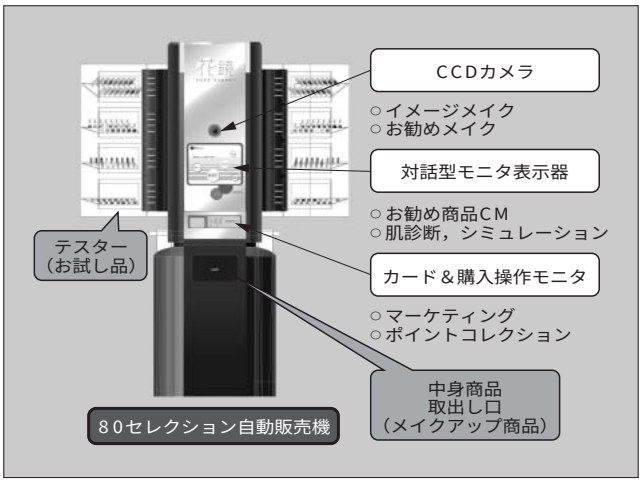


応した商品ガイドを行うものである。

IT 関連技術としては近距離無線通信インタフェースの Bluetooth〈注3〉，IrDA（Infrared Data Association）を実装し，各種の応用機能は携帯機器側と連携して実現される。カードインタフェースとしてはプリペイド型電子マネーに対応する非接触 IC カードリーダ・ライタを実装し，キャッシュレスシステムを実現している。

〈注３〉Bluetooth ： Bluetooth SIG，Inc. の登録商標

図８　コスメ自動販売機と IT 適用



5.3　コスメ自動販売機と IT 適用

情報端末の機能と自動販売機の機能を融合した化粧品のための新しいコンセプトの自動販売機を**図８**に示す。

触れて試して楽しんで買う，多品種の商品を販売する未来型自動販売機として進化させていく予定である。

6　あとがき

自動販売機は大量生産・大量消費・大量廃棄型の 20 世紀文明の典型ともいわれてきた。21 世紀の自動販売機は，本稿で述べたように生活者にとって必要不可欠な商空間創造の機材や社会施設としての役割を担う進化を目指している。この目標に向け IT を活用し自動販売機の進化を進めていく所存である。

参考文献

(1)　自動販売機特集．富士時報．vol.75, no.4, 2002.
(2)　決済機器・システム特集/ショーケース特集．富士時報．vol.75, no.7, 2002.
(3)　自販機問題研究シンポジウム資料．日本総合研究所．2001-12.

新製品投入期間を短縮する「デジタルファクトリーソリューション」

松浦　由武（まつうら　よしたけ）

1　まえがき

近年，自動車メーカーに代表される製造業は，グローバル戦略を強化してきた。北米，欧州から，アジア，とりわけ中国市場にその力点を移し，現地での生産・販売拠点の立上げも急ピッチで進行している。中国における人件費の低さは，いまのところ現地生産での最大のメリットだが，中国全土の巨大なマーケットが背景となり，その進行をさらに加速していることはいうまでもない。

1990年代の海外市場における販売戦略は，各国のマーケットを意識した個別の商品構成となっていたが，進出の加速とともにマーケット自体が変化し，小型乗用車市場の拡大に見られるニーズの共通化と，価格差の縮小が進み，近未来的には，同一車種の世界同時生産，同時発売が可能な生産・販売体制の構築が，競争優位の基本条件になると予測されている。

本稿では，組立加工型製造業において，「グローバル戦略」に勝ち残るために，IT（Information Technology）を軸とするエンジニアリング技術と，柔軟な生産ラインの運用を目指した最新のソリューションを概説する。

2　ディジタルエンジニアリング

市場ニーズの多様化に対応して，企画・設計から量産に至るプロセスのリードタイム短縮化の課題は，PLM（Products Lifecycle Management）として各メーカーで取組みが検討されている。特に企画・設計業務には三次元データを中心としたディジタルエンジニアリングが浸透し，効果を上げ始めている。

先進企業の自動車業界では，さらに「従来の仕組み，プロセスに潜む本質課題を可視化し，それをシンプル化・効率化し，コンカレントに変革するためのツール」として活用されている。

自動車業界におけるこれまでのディジタルエンジニアリングの活用は，1996年から車両・製品の開発検討に，さらに1998年以降は設備検討を対象に製品開発から生産準備プロセスの画期的なリードタイム短縮に貢献してきた。前者ではコンピュータ支援による試作レスプロセスの実現や図面段階での問題解決に適用され，後者ではプレス型費のコスト低減や新ボディラインなどのリーンな生産方式に寄与してきている。

表１　ディジタルエンジニアリングの変遷

	1996年～	1998年～	2000年～
対　象	車両・製品検討	設備検討	海外支援・工場運用
目　的	製品開発～試作の効率化（リードタイム短縮）	工程計画～設備製作の効率化（リードタイム短縮）	海外生産準備～保全の効率化（リードタイム短縮）
具体的内　容	○コンピュータ支援による試作レスプロセスの実現 ○図面段階での問題解決	○仮想設備・作動事前検討による新ボディラインなどのリーンな生産方式の実現 ○プレス成形シミュレーションによるプレス型費の低減	○作業・保全のディジタルマニュアル化

そして2000年以降の現在では，生産ラインの高稼動率確保のため新たに国内および海外の工場運営への活用にディジタルエンジニアリングの適用範囲の拡大を進めつつある。**表１**に自動車業界におけるディジタルエンジニアリングの変遷を示す。

3　生産における現実的な運用面の課題

前述したディジタルエンジニアリングは，確実に効果を上げつつあるが，現実的な運用面での課題も多い。以下にその対策を記す。

(1)　情報をビジュアルに分かりやすくする。

(2)　情報をリアルタイムに共有する（必要とする情報が必要なときに必要なだけ手に入る）。

(3)　知識・ノウハウを資産化する（ものづくりにおける高技能を製品設計へ確実にフィードバックする）。

この対策内容は，設計業務から生産準備業務に改革の焦点が移動し，最終的に，生産そのものに展開している。

松浦　由武

情報システム分野におけるソリューション事業全般の企画開発業務に従事。現在，常務理事。電機システムカンパニー情報システム事業部長。

しかし，これらだけでは冒頭に述べた世界同時生産，同時発売は実現しない。

(4)　設計の標準化

(5)　生産設備の汎用化

(6)　設備設計期間の短縮

(7)　需給調整における工場間の生産量バランス

などの対策が必要である。

4　富士電機の提案（「デジタルファクトリーソリューション」）

富士電機は，長年の自社および顧客各社で培ってきたノウハウと経験を生かし，生産準備から生産開始までにおけるさまざまな活動を総合的に支援し，この情報を，企画・設計業務にフィードバックすることで，「製品」と「生産ライン」の最適設計を，手戻りのない最短期間で実行できる情報システム環境を「デジタルファクトリーソリューション」として提供する。これは前述の，生産におけるリエンジニアリングを支援するものである。

このソリューションの特徴である，複数の生産拠点の，生産設備（工具類も含む）管理をベースに，生産能力情報，加工情報〔NC（Numerical Control）プログラム〕，工具ごとの加工条件，製造ノウハウ（例えば同じ性能の加工機でも微妙な調整で各機ごとにワークの仕上りに差異が生じる），稼動情報などをデータベース（DB）上で共有し，分析する機能は，各国の生産を同時に立ち上げるうえで，必須の情報インフラストラクチャーとなる。**図1**に「デジタルファクトリーソリューション」の目的を示す。

ソリューションの核となるのは以下のシステムである。

(1)　新製品または改良製品の立上げプロジェクトの実行ノウハウを収集・共有化する「ナレッジフローシステム」

(2)　生産ラインの能力情報および製造ノウハウを収集・共有化することにより支援する「設備稼動管理システム」

(3)　生産ラインならびにラインでの製品の組立性，加工性を事前検証する「生産シミュレーション支援システム」

4.1　ナレッジフローシステムの機能

4.1.1　業務システムのエンジニアリング（Plan）

業務をプロセスモデルとして記述し，業務システムに取り込む。

(1)　ビジネスプロセスモデル描画ツール iGrafx〈注〉 PROCESS

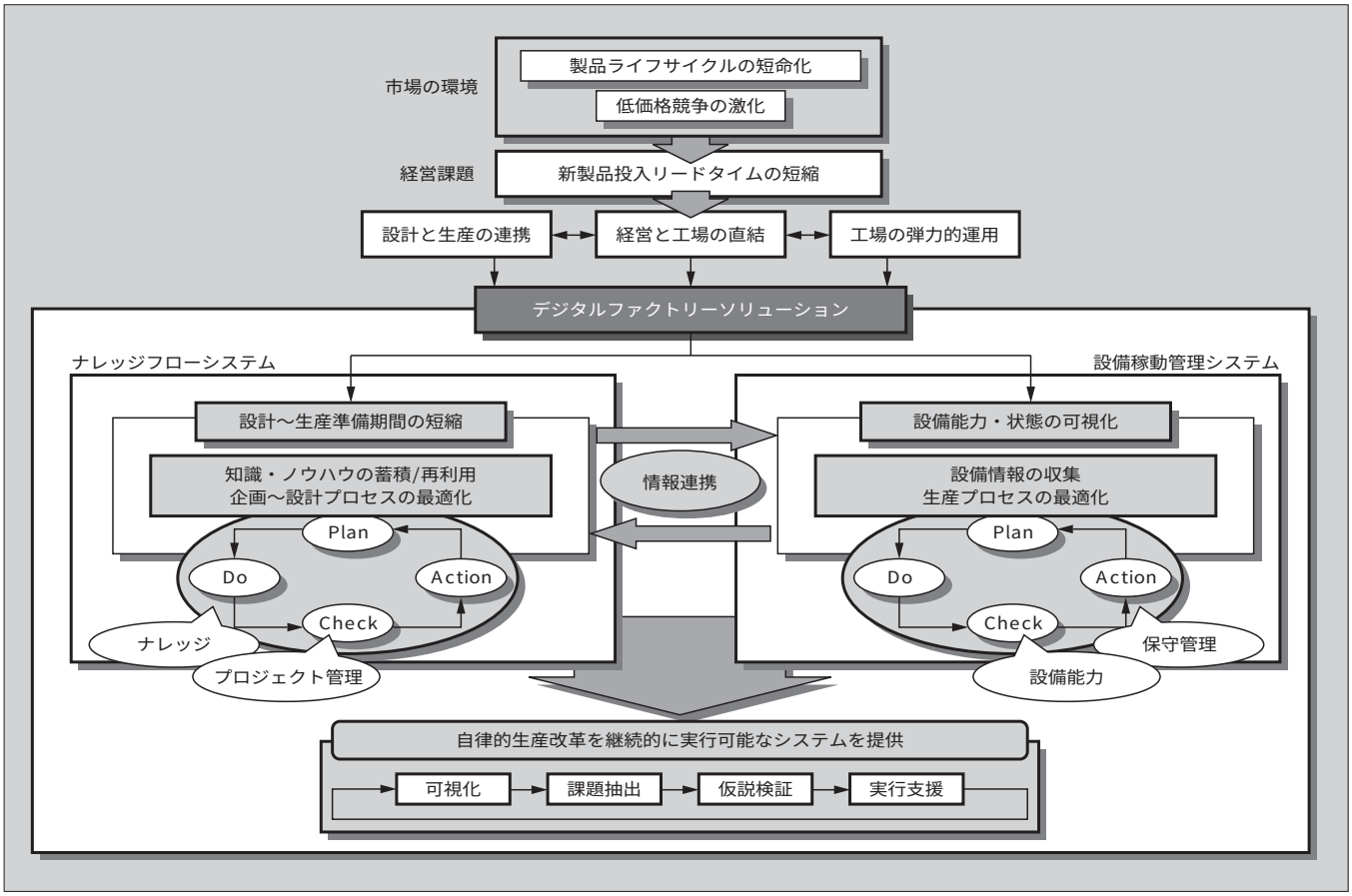
プロセスモデルは，アクティビティ（業務）の連なりとして表現する。記述したプロセスモデルを取り込んでワークフローに自動変換することができる。

(2)　データフローの整理

プロセスモデルの各アクティビティに着目して，そのアクティビティで使用する業務データの入出力を整理する。ここで定義した情報を利用して，業務システム制御用の

〈注〉iGrafx ： Coral Corp. の登録商標

図1　「デジタルファクトリーソリューション」の目的



テーブル群を自動生成する。

(3)　ワークフロー上の各種フォーマット（依頼書，指図書など）画面の作成

フォーム構成用の部品を自動生成する。HTML（Hyper Text Markup Language）エディタで記述されたレイアウトにこれらの部品を割り付ける（ドラッグ＆ドロップ）ことで，データアクセス制御テーブルとリンクした動作スクリプトを自動生成する。

4.1.2　ビジネスプロセスとナレッジマネジメント（Do）

可視化したプロセスに基づいた業務実行を支援する。

(1)　業務実行管理

標準ルールに従って業務を実行するために，プロセスモデル情報をもとにワークフロー管理を行う。エンジニアリングツールによりプロセスモデル情報は随時変更できる。また，業務履歴分析機能で利用するために実行履歴管理を行う。ここで業務データとワークフロー実行履歴とを関連づけて保存することで多様な分析を可能としている。例えば，業務の滞留，待ち行列などを把握することができる。

(2)　進捗（しんちょく）管理

プロジェクト状況をリアルタイムで閲覧するために，一覧表・ガントチャート・プロセスモデル図で表示を行う。

(3)　ディスカッション

業務実行中に相談，連絡，討議などを行うための機能である。ディスカッション履歴にはプロジェクト・業務情報を自動で付加・保存し，ナレッジ検索機能で有効に活用できるようにしている。

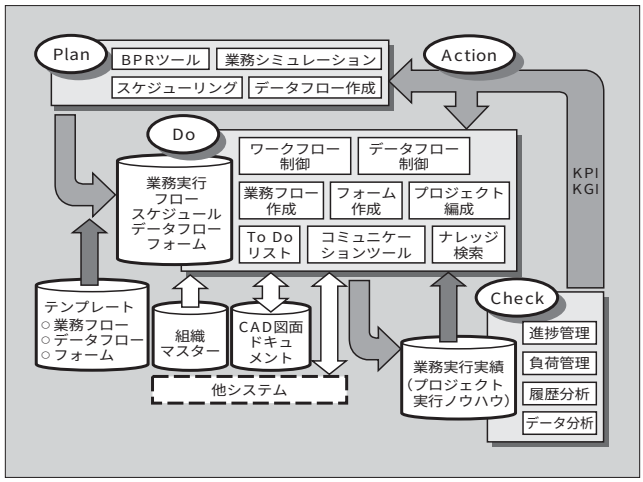
(4)　ナレッジ検索

業務実行結果と，課題検討時に用いた添付ドキュメントやディスカッションの結果などをプロジェクト・業務を特定するキーワードとリンクして保存している。この情報を利用し，検索時点で実施している業務に関連するキーワードを付加して検索を実行することにより，ユーザーが直面している課題にとって有用な情報の存在に気づく可能性を高めている。

4.1.3　業務分析とプロジェクトノウハウ活用（Check）

業務プロセスを改善するためには，作成したプロセスモデル（業務フロー図）を固定化するのではなく，実際に業務を行ってみた結果をもとに改良することが重要である。ナレッジフローシステムでは業務プロセス履歴（タイムスタンプ，例外処理）を記録し，業務実績を複数プロジェクト間で比較するなど，多角的に分析することができる。**図2**にナレッジフローシステムの機能構造を示す。

図2　ナレッジフローシステムの機能構造



4.2　設備稼動管理システムの機能

(1)　システムの目的

本システムは生産情報・設備情報をリアルタイムで把握・管理し，生産情報・設備情報の共有化，生産現場の「ものの可視化」を実現するものである。

生産現場における製造・保全部門では，リアルタイムで設備アラームや稼動情報の集中管理と設備プログラムの一元管理ができる。また，過去の履歴がシステムに蓄積されるため，生産性向上や保全活動のための分析に活用することができる。

生産技術部門では本システムにより全社の生産設備情報の管理を行うとともに，設備の実際の稼動率やサイクルタイムなど能力情報をリアルタイムで把握することができる。これにより，工程設計および作業設計の脱技量化，脱属人化，ならびに品質向上を実現する。その結果，製品の設計から量産までの生産準備段階における最適設計およびリードタイムの短縮が可能となる。

(2)　システム構成と機能

本システムは加工組立型生産ラインを対象として，次の3階層から成る。

①　現場情報収集システム
②　実績収集サーバ
③　全社サーバ

図3に生産ライン設備情報システムの構成を示す。

①の現場情報収集システムは設備情報を伝送する情報収

図3　設備稼動管理システムの構成

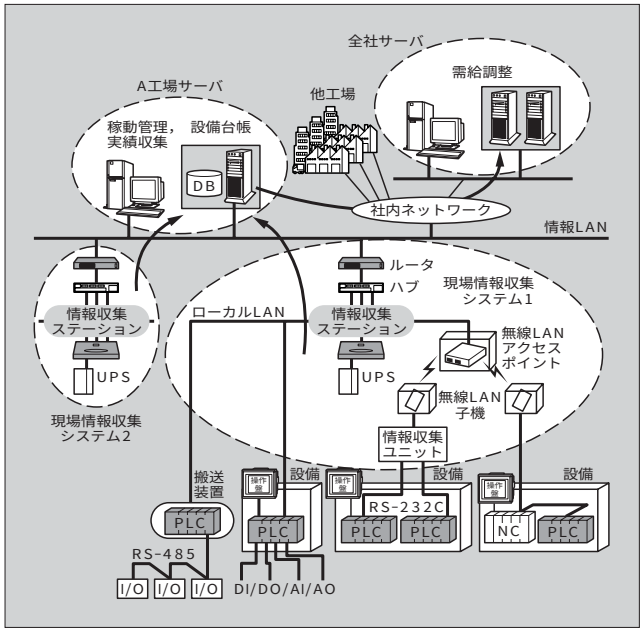


図４　作業性シミュレータによる組立作業の表示例

集ユニット，無線 LAN（Local Area Network）（有線 LAN でも可）と情報収集ステーションにより構成される。情報収集ステーションでは設備ごとに生産設備の生産能力情報・加工情報，工具の加工条件，稼動情報データを収集する。

②の実績収集サーバは工場ごとなど適切な管理単位で複数の収集ステーションからデータを収集蓄積して DB 化するとともに，Web 形式で蓄積したデータの公開，データ分析などのサービスを提供する。

中小規模の場合は①，②のみで全体システムを構築することが可能だが，実績収集サーバが複数ある場合は全社サーバを設置して全社の情報を一元管理する。これにより，工場ごとのワークの作り分けを需給調整と合わせて計画可能となる。

4.3　生産シミュレーション支援システムの機能

4.3.1　NC シミュレーション

ワークと工具との干渉のチェックやサイクルタイム，刃具使用時間，切削量の算出など，NC プログラムの事前チェックを可視化して実施することができる。また，稼動中のプログラムで問題を生じた場合，さまざまな分析や対策を仮想的に行うことができる。三次元シミュレータをベースに次のような機能を付加している。

(1)　複数台の工作機械，ワークピース，搬送ラインの連携
(2)　NC プログラムとパラメータファイルからシミュレーションデータを自動作成
(3)　シミュレーション結果を XML（eXtensible Markup Language）形式で出力し，Web 形式でグラフ，表として表示

4.3.2　組立性シミュレーション

三次元組立シミュレーションを行うことにより，製品の不具合や作業の安全性を事前に検証することができる。また，工程の負荷分散，ラインの最適化，作業標準書の作成などを仮想空間で実施することが可能となる。

しかし，シミュレーションを行うためにはモデルの作成が必要であり，これに非常に時間がかかる。そこで，前述の三次元シミュレータをベースにモデルの作成効率化のツールとして以下を開発した。

(1)　作業員の基本姿勢，基本動作ライブラリ
(2)　ライブラリのシミュレータへの入出力ツール

また，ラインシミュレーション機能を用いて中間バッファの容量，利用率の評価，次工程ラインへの供給能力評価，各工程での作業員負荷の平準性評価，各ライン，各工程の稼動状況評価を行うことができる。結果として，ラインのボトルネック状況の確認，バッファ容量・在庫量の最適化，適正なロットサイズの決定が可能となる。**図４**に作業性シミュレータによる組立作業の表示例を示す。

5　あとがき

本稿では，組立加工型製造業を中心に今後の生産戦略における課題からソリューションまでを概説した。日本の製造業全体を見ると，自動車産業の生産性はきわめて高い。これは，高度な生産管理技術のたまものといえよう。

また，他の産業でも自動車における生産管理手法を競争力の回復につなげることは不可能ではないと考えられる。藤本隆宏教授は，「某大手エレクトロニクス企業の国内工場では，最近自動車メーカーの生産方式を本格導入した結果，国内工場の生産性が，数か月で実に 3 倍になった。この工場は，日本でトップ 10 %には入ると推定される立派な工場だったが，それでも，先進的な自動車メーカーとの生産性の差は 3 倍以上もあった」と指摘[(5)]している。

富士電機は，企業にソリューションを提案し，同時に多くを学ばせていただきながら，自らの製造業としての経験を，より現実的な情報ソリューションとして熟成させ，工場と経営を結ぶ情報システムの構築を提案し続ける所存である。

参考文献

(1)　横田四郎ほか．情報システム事業の展望．富士時報．vol.76, no.5, 2003, p.249-252.
(2)　東谷直紀ほか．デジタルファクトリーソリューション．富士時報．vol.76, no.5, 2003, p.258-265.
(3)　澤田善次郎．グローバル時代の生産戦略．日本生産管理学会，第 17 回全国大会講演論文集．2003, p.55-57.
(4)　酒井浩久，天坂格郎．デジタルエンジニアリングによる V-MICS-EM の提案と実証．日本生産管理学会．第 17 回全国大会講演論文集．2003, p.75-78.
(5)　藤本隆宏．アーキテクチャ発想で中国製造業を考える．〈http://www.rieti.go.jp/jp/papers/journal/0206/rr02.html〉. 2002.

多様な顧客ニーズを実現するプラントサービス
―プラントサービスの新たな提案―

吉田　清（よしだ　きよし）

1　まえがき

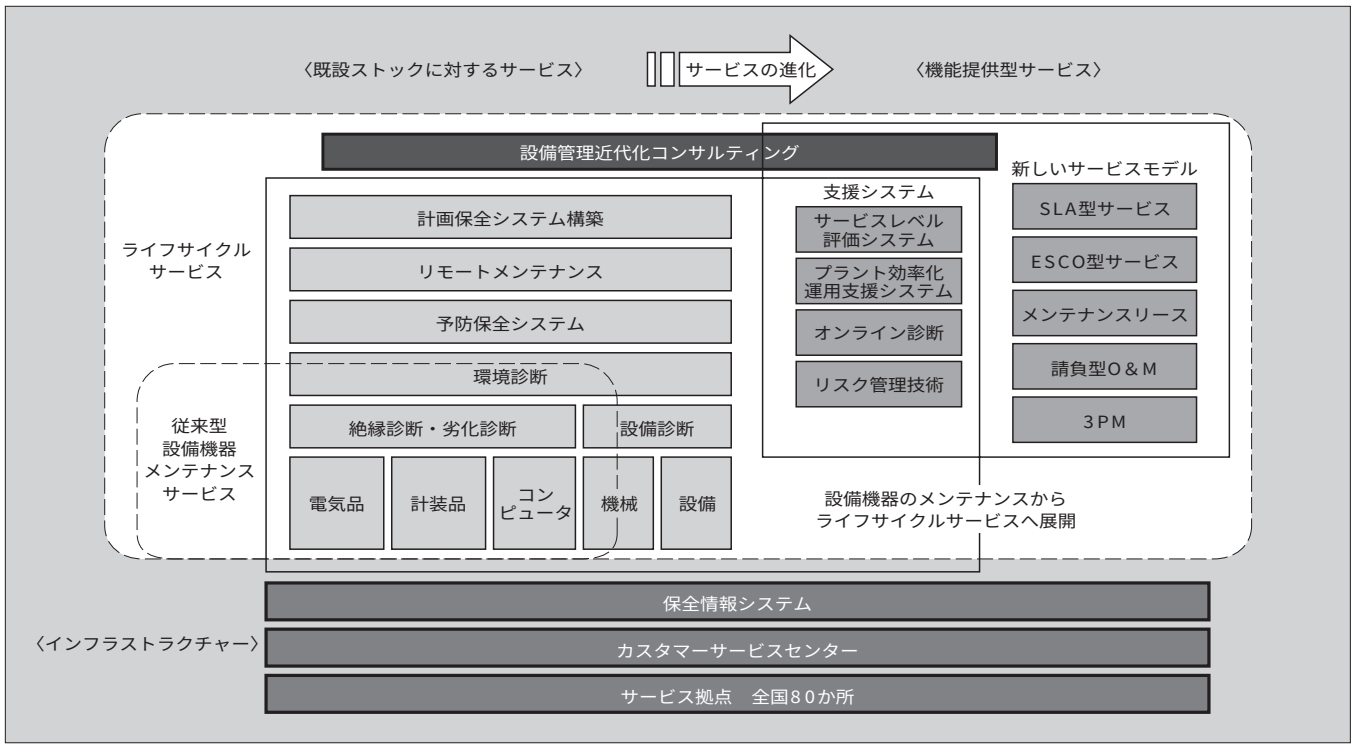
旺盛（おうせい）な設備投資を背景にした，機器納入を主目的とした事業活動は頭打ちの状態に達している。納入された豊富な資産（ストック）に着目し，それらを最適に維持・運用することにより新たな価値を生み出したり，さらには，機器の提供ではなく，顧客が求める機能や効果を提供するESCO（Energy Service Company）型サービスの定着など，市場環境は大きく変わりつつある。これらの変化に対応し，新たな成長のためのエンジンを提供するのが富士電機のプラントサービスである（**図1**）。

2　プラントサービスの現状と将来動向

2.1　業界動向

長引く不況の中，各企業は生き残りをかけて，コア事業に経営資源を集中させている。特に非コアであるユーティリティ設備については，アウトソーシングのニーズが高まっている。また，経営効率のさらなる追求は，過去に手を入れてこなかったメンテナンスの分野にもROA（Return On Assets）などの経営指標による評価が求められ，高いコストパフォーマンスの実現が必須となってきている。従来，現場作業者の技量と知識に依存してきたアフターサービスは，情報技術（IT）の急速な進歩を背景に，大きくその守備範囲を広げ，環境，安全，省エネルギーをも包含した，設備最適化のためのトータルソリューション

図1　富士電機のプラントサービス



吉田　清

民需向けPA，FA，情報システムのエンジニアリングおよびサービス事業に従事。現在，富士電機システムズ(株)サービス事業本部副本部長。

サービスへと変貌（へんぼう）しつつある。

2.2　富士電機の現状と目指す方向

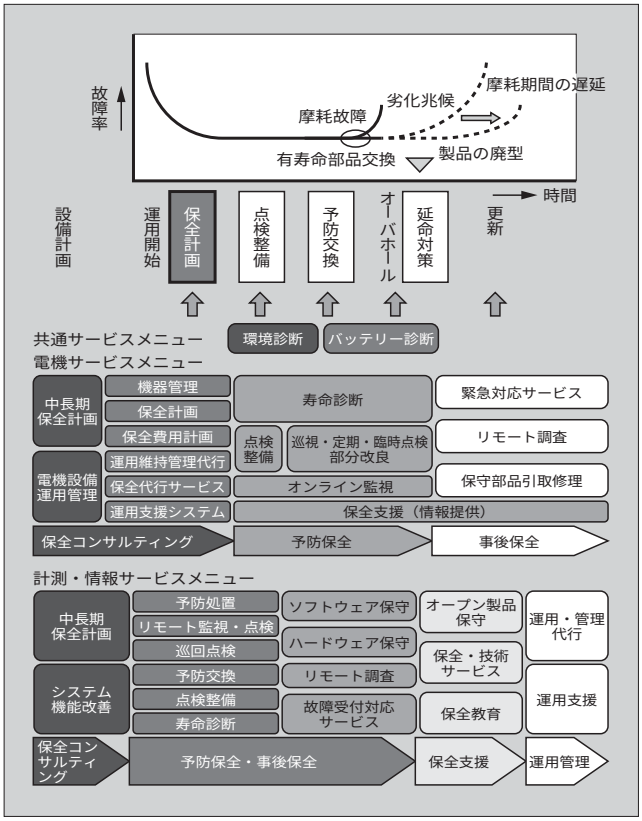
富士電機は電機・計測・コンピュータの総合メーカーとして，電力，公共，民需に至る各種プラントに対して，幅広い機器の納入を行ってきた。そして，これら設備の安定稼動のため，全国 80 か所に網羅されたサービス拠点を通じて，現場に密着した，きめ細かなサービスを提供してきた。「COMET」はこれらのサービス業務を支える実行体系である（**図 2**）。豊富なメニューぞろえと，メーカーとしての質の高い診断，解析技術を特徴としており，納入設備の安定的な維持，運用に貢献してきた。

一方，経済環境の急速な変革は，富士電機の提供するサービス内容にも進化を促し，時代の要請にマッチした，新たなメニューの提供と実行が求められ始めた。

従来，主に，定期的な作業，あるいは不具合発生時の事後対策として行われてきた保全作業に対し，ライフサイクルを通したコストと運用の全体最適化を図ること，また維持管理業務や機能提供型サービスに対する，SLA（Service Level Agreement）の設定やリスク管理技術の向上は，サービス実行上の大きな命題となった。これらは顧客企業の経営指標の改善に大きく貢献するものであり，新しい市場領域を創生するための重要課題である。

富士電機はこれらの状況を受け止め，新たな視点でのサービスモデルを順次構築している。**図 1** は富士電機がとらえているプラントサービス体系の全貌（ぜんぼう）であり，従来型設備機器メンテナンスから，ライフサイクルサービスへ，さらには，機能提供型サービスも含んだソリューションサービスへとその内容を進化させている。これらは具体的実行の中で，さらにブラッシュアップを図っているところである。

図2　COMET



3　プラントサービスの新しい提案

サービスを顧客の企業価値を高めるレベルにまで進化させるには，深掘りし，乗り越えるべき幾つかの主要な課題がある。

(1)　保全業務への経営的視点の導入
(2)　事後保全，時間基準保全からの脱却
(3)　機能提供型，リスク管理型サービスの育成
(4)　資産管理最適化システムの構築
(5)　IT とナレッジの活用と蓄積

これらを解決・実行するために，富士電機が提供しているソリューションを，「プラントサービスの新しい提案」として，以下その一端を紹介する。

3.1　設備管理近代化コンサルティング

富士電機の目指すプラントサービスは設備のライフサイクルにわたって，工場全体の安定運用と運用コストの低減を行うことである。これを実現するための導入サービスとして，「設備管理近代化コンサルティング」を展開している。これはメンテナンスを経営的視点でとらえ，プレ診断により，具体的な故障低減，メンテナンス費の削減，エネルギーコストの削減の可能性を示し，顧客と提案者側相互の了解のもとに活動を進めていくものである。工場全体，あるいは生産設備，ユーティリティ設備に対して，次の 4 ステップにより実施する。

(1)　予備調査：改善余地・概略効果の見極め
(2)　効果の見極めと改善提案：設備管理状況調査によりコストダウンポテンシャルの提示と改善提案
(3)　仕組み作り：計画保全体制の構築，施設管理情報システムの導入，省エネルギー対策（電気，水，蒸気，ガスなどエネルギーの削減，最適化）の実施
(4)　改善のブラッシュアップ：CBM（Condition Based Maintenance）体制の構築，メンテナンス一括請負，PAM（Plant Asset Management）構築に向けた情報化などの提案・実施

3.2　予防保全システム

事後保全や機械的な TBM（Time Based Maintenance）から脱却し，より的確な CBM 体制を構築するため，富士電機はメーカーの特徴を生かした多様な予防保全サービスを提供している。

3.2.1　環境診断

長期間にわたり設備・機器の信頼性を維持するためには，良好な設置環境が必要である。設備・機器が受けるさまざまな環境要因は，ストレスとして蓄積され，構造部材の劣化や電子部品の性能低下，プリント基板などの腐食という

ような症状となって現れる。富士電機ではこれら蓄積性ストレスの調査と評価に対する豊富なデータに基づき，多くの診断メニューを準備している。

3.2.2　余寿命診断

高圧回転機の寿命は，巻線絶縁材の劣化に大きく依存している。富士電機は，これまで稼動実績評価による診断法（マスターカーブから劣化の度合をランク付け）や，物理化学的絶縁熱劣化診断法（絶縁材のサンプルから余寿命算出）によって予防保全を行ってきた。今回これらの実績を踏まえ，より確実な予測を可能にした「高圧回転機・余寿命診断」を開発した。回転機の絶縁診断データから，運転維持に必要な絶縁耐力に到達するまでの余寿命年を即座に算出することができるシステムである（**図3**）。

3.2.3　蓄電池劣化診断

重要負荷を停電時バックアップする産業用蓄電池は，多数直列に接続されているため，1個の不良が致命的になる。個々の蓄電池の状態を正確に診断できるBSC（Battery Super Checker）により，劣化状態に近づいた蓄電池セルを事前に交換することが可能となる。BSCは電気設備運転中に短時間，定電流放電で測定，診断し，劣化状況に応じた対策・措置を迅速に提案できる富士電機の独自開発（特許取得）品である（**図4**）。

3.2.4　オンライン診断システム（ProHealth）

「ProHealth」は生産設備における安定操業を実現するために，工作機械用オンライン診断システムとして開発したものである（**図5**）。オンラインで収集した各種傾向データの総合的評価により，故障予測を行い，突発故障を未然に防止することができる。特に高速サンプリング機能により，切削などの工程に応じた電流挙動を正確に把握し，時系列での詳細診断を実現している。また故障状況は同じでも，原因は一つとは限らないため，蓄積された傾向データに対する分析環境を提供するとともに，保全管理システム，ライン情報システム（稼動，工作条件，プログラムなどの管理）と連携した，より高度な診断システムへと発展させることが可能である。

図3　高圧回転機の余寿命予測・概念図

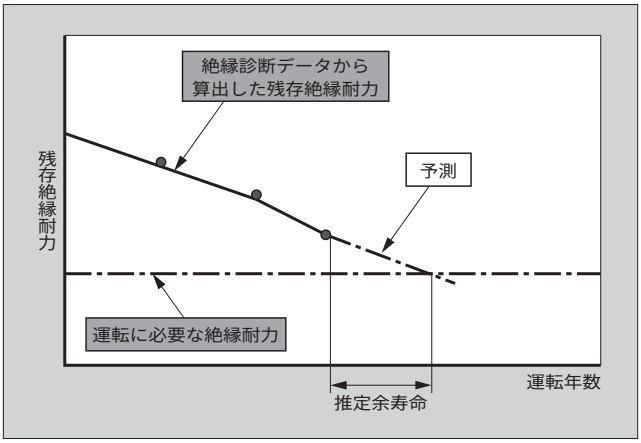


図4　BSCと蓄電池

3.3　機能提供型サービス

顧客の設備投資負担を軽減させたり，資産をオフバランス化しながら，求める機能を実現する新しい形のサービスが広がりつつある。現在，富士電機が実行している幾つかの事例を紹介する。

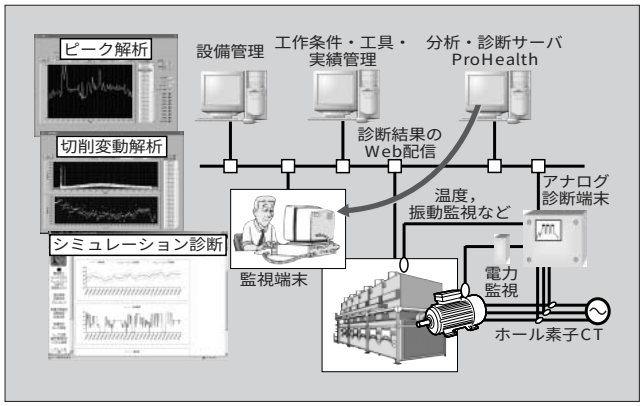
3.3.1　請負形O＆M

メンテナンス要員の確保や，世代交代による技術伝承の問題が待ったなしの状況となりつつある中で，公共分野や一部民需企業の中には事業の選択と集中から，メンテナンス業務を外部へ委託する傾向が出始めている。富士電機は上下水道分野での豊富な運転維持管理の経験を基に，設備のオペレーションとメンテナンスを一括で請け負う「請負形O＆M」（Operation and Maintenance）を展開している（**図6**）。2003年に稼動を開始したごみ発電プラントでは，15年間の長期にわたり運転監視，維持修繕，焼却灰処理，薬品の手配，環境調査などを一括請け負っている。「最適化運用支援システム」など先端技術も導入し，長期安定運転を目指している。

3.3.2　メンテナンスリース

設備計画に際し，設備をリースの形で導入すると同時に長期のメンテナンスを一括して契約するサービスである。これにより，顧客の初期投資負担が大きく軽減されるとともに，以降の費用負担が平準化される。設備に対するライフサイクルコストの平準化が図れるため，手持ち資金の有効活用が可能となり，経営の計画性が高まる（**図7**）。電気設備やコージェネレーション設備をはじめ，不動産以外のあらゆる設備を対象としている。

図5　オンライン診断システム（ProHealth）



3.3.3　ESCO

ESCO は省エネルギーに対する包括的な機能提供サービスである。顧客との契約形態として，省エネルギーのパフォーマンス値を保証する「ギャランティード・セイビングス方式」と設備投資も含めた形で省エネルギーを一括請け負い，実行していく「シェアード・セイビングス方式」がある。近年，シェアード・セイビングス方式の要請が高まっており，これはまさに物売りビジネスからの脱却を意味している。富士電機・松本工場に設置したコージェネレーション ESCO の事例を**図 8** に示す。

3.4　資産管理最適化システム

既存設備資産の管理と運用を最適化し，これを経営指標の改善に生かす PAM（Plant Asset Management）はこれからのストックビジネスの主テーマになっていくと考えられる。富士電機は IT，最適化技術，シミュレーション技術などを駆使した，特徴ある先進メニューを提供している。

3.4.1　プラント効率化運用支援システム

工場や事務所などに電気・熱・空気を供給するユーティリティ設備（発電・熱源などの動力設備）を対象とし，エネルギーとメンテナンスコストを同時に削減して，総合的な最適運用を実現する支援システムである（**図 9**）。独自の構造化ニューラルネットワークにより電気・熱負荷などの高精度予測を実現し，生物や物理現象のアナロジーに基づく新しい最適化手法であるメタヒューリスティクスにより，数式化できない現場サイドの制約も取り込んだ実用的なシステムとしている。

3.4.2　作業管理 POJ

維持管理費の削減，保全員の減少，熟練者の高齢化などによりメンテナンスノウハウの継承が困難になりつつある。POJ（Point Of Job）は IT を現場作業に導入し，携帯情報端末（PDA）による現場ワークフローの実現，広域に点在する拠点の現場作業の標準化・体系化，Web による統括管理などで現場作業のコストダウン，品質向上と品質維持を実現している（**図10**）。

「人」と「作業」の管理をする仕組みは，今後ますます重要になると思われる。同時に，設備台帳・図面と連携することにより，特徴ある設備管理業務システムを構築することが可能である。

3.4.3　統合図面監視システム（LDA）

LDA は CAD（Computer Aided Design）図面をベースに設備の監視表示，維持保全，台帳管理，図面・文書管理機能など設備管理に必要な情報を面的なレイアウト情報とともにダイナミックに表示する。また，監視システムと連携して警報や故障状態を自動表示し，直感的なマウス操作だけで設備台帳や故障修理履歴，関連図面を即座に得ることができるシステムである。

3.5　カスタマーサービスセンター

富士電機のプラントサービス推進の中核となるのが，カ

図６　請負形 O & M 実施例

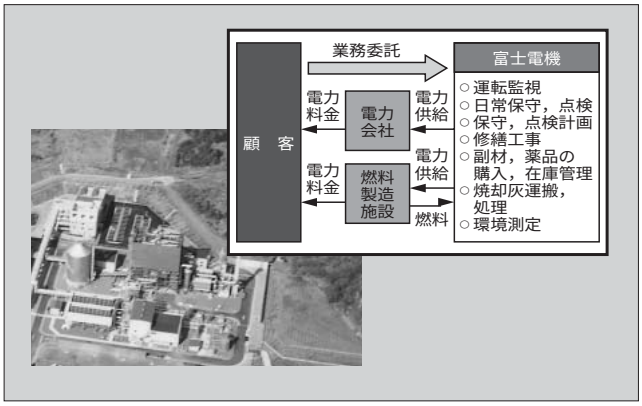


図７　メンテナンスリースによるライフサイクルコストの比較

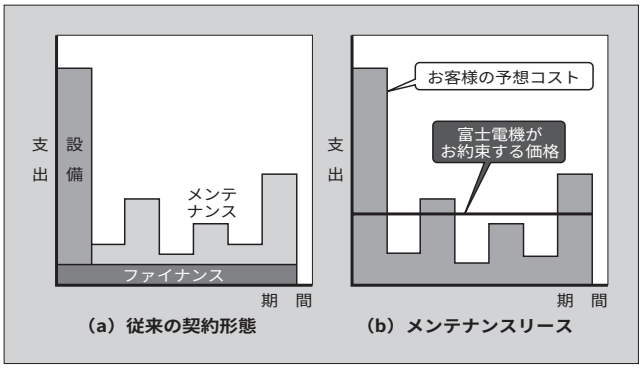


図８　コージェネレーション ESCO 事業の構成例

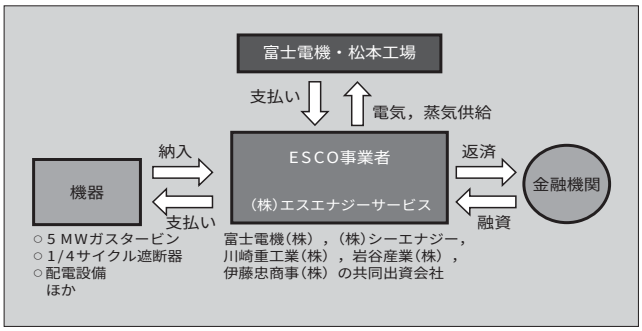
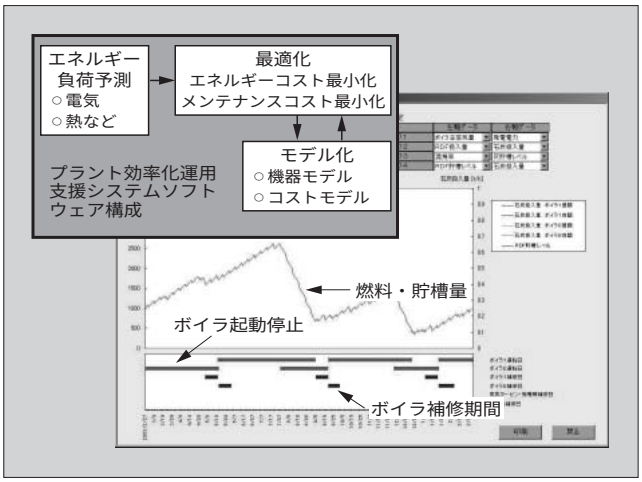


図９　プラント効率化運用支援システム



スタマーサービスセンターである（**図11**）。Web，データベース，セキュリティ，現場情報端末などITの急速な進歩と広がりは，従来個別の機能として完成度を求めてきた，診断，リモートメンテナンス，図面管理，ノウハウ蓄積，顧客対応などの機能を融合し，顧客へ最先端のサービスを提供する総合センターとして，レベルアップされてきた。富士電機カスタマーサービスセンターの特徴は次のとおりであり，さらに発展を続けている。

(1)　コールセンター機能

豊富な設備納入と維持管理の経験に裏付けされた，メンテナンス系コールセンターである（**図12**）。ここでは単に受付窓口としての機能だけではなく，作業スケジュール管理や保守情報管理などの機能を提供するとともに，現場装置の診断データのリモート監視や工場の施設管理システムとも連携させることにより，広範なサービスを提供している。富士電機は本コールセンターを1999年にオープンし，クレーム，技術問合せ，障害修復などへの迅速な対応によ

図10　作業管理POJ

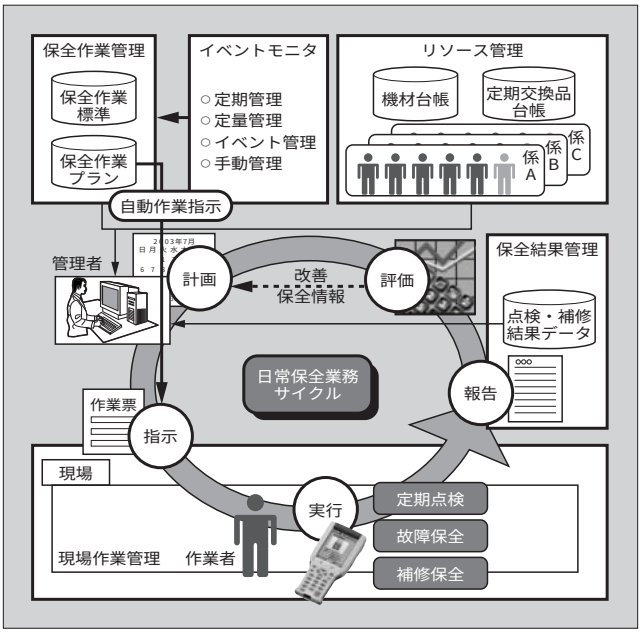
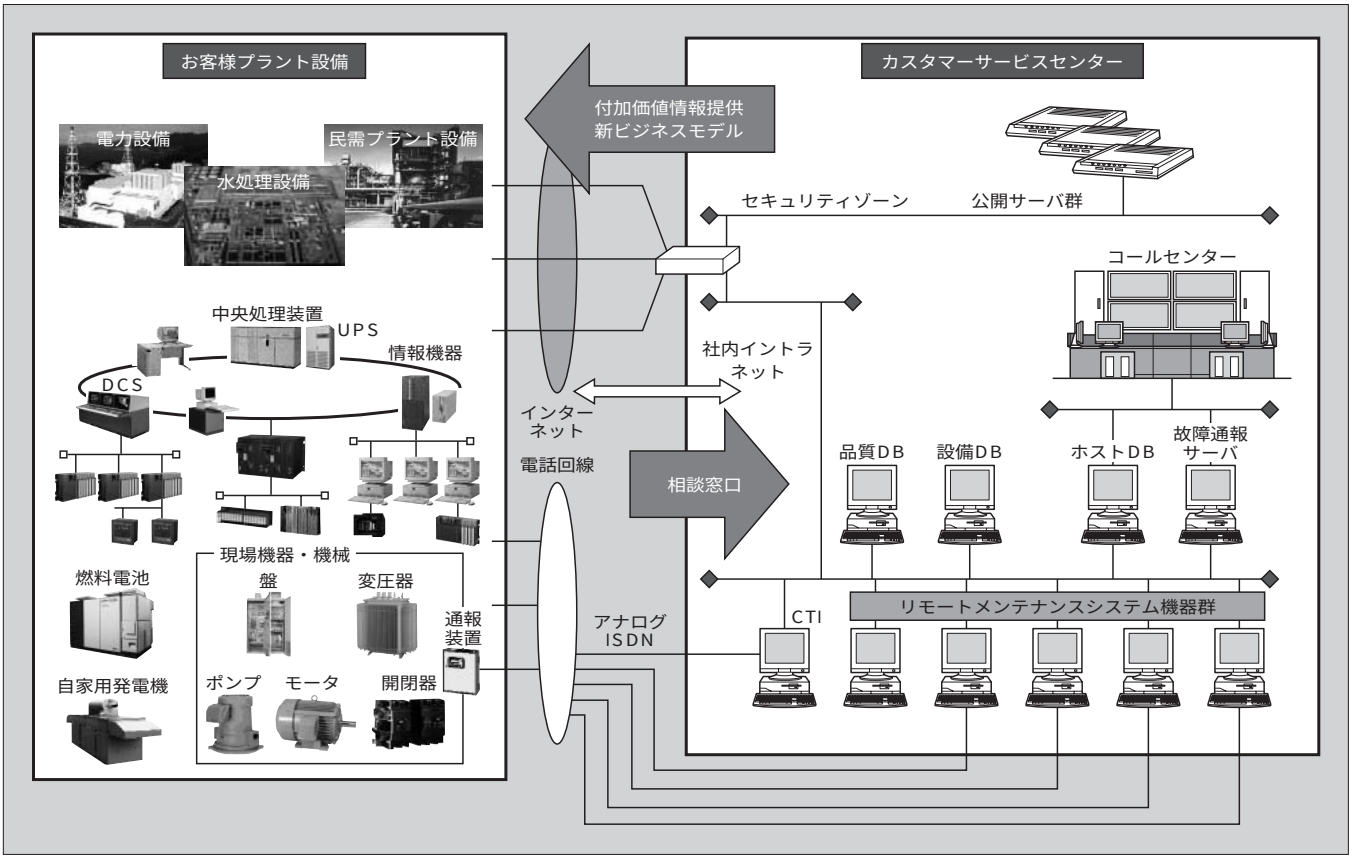


図12　コールセンター

図11　富士電機カスタマーサービスセンター



り，顧客満足度の向上に大きく貢献している。

また，本システムをベースにパッケージ化を行い「コールセンター構築サービス（CRM24）」として外販も行っている。

(2)　e-サービス機能

リモートメンテナンス，オートコール，オンライン診断，設備管理などの豊富なサービスを実行している。各種診断技術や施設管理などについては，パッケージを利用したASP（Application Service Provider）サービスを指向している。またパッケージの品ぞろえに際しては，専門技術を有するパートナーとの連携も考慮し，顧客の立場に立った最適なサービスを迅速に提供できる形としていく。

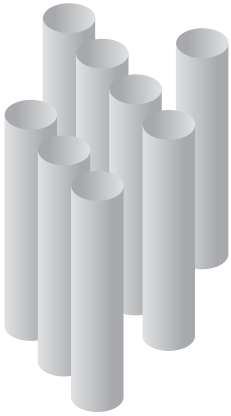
(3)　ナレッジおよびサービスネットワーク

顧客設備ごとの保全データや各種支援システムが整備されている。これらはプラントサービス実行上のナレッジデータベースとして，実行の中でレベルアップされていく。また，本カスタマーセンターは全国に張り巡らされた拠点に対し，フィールドサービスを統括する司令塔として，顧客に対し質の高いサービスを迅速に提供する重要な役割を担っている。

4　あとがき

富士電機の目指すプラントサービスについて，その概要を紹介した。厳しい経済環境と変革の中で，各企業は初期投資だけでなく，ライフサイクルにわたり最適なソリューションを求めている。これに応えるべくメニューの創出と整備を鋭意行っているところである。

サービスのゴールは，お客様に信頼と安心を提供し，継続的なパートナーシップを築き上げることと考えている。この実現のため，当該分野において，第一級の評価を有するサービスプロバイダーを目指していく所存である。



豊かな地球社会のために
富士電機は、今、—

電機システム カンパニー

主な営業品目
情報・通信・制御システム，水処理・計測システム，電力システム，放射線管理システム，FA ・物流システム，環境システム，電動力応用システム，産業用電源，車両用電機品，クリーンルーム設備，レーザ機器，ビジョン機器，電力量計，変電システム，火力機器，水力機器，原子力機器，省エネルギーシステム，新エネルギーシステム

機器・制御 カンパニー

主な営業品目
電磁開閉器，操作表示機器，制御リレー，タイマ，ガス関連機器，配線用遮断器，漏電遮断器，限流ヒューズ，高圧受配電機器，汎用モールド変圧器，電力制御機器，電力監視機器，交流電力調整器，検出用スイッチ，プログラマブルコントローラ，プログラマブル操作表示器，ネットワーク機器，インダクションモータ，同期モータ，ギヤードモータ，ブレーキモータ，ファン，クーラントポンプ，ブロワ，汎用インバータ，サーボシステム，加熱用インバータ，UPS，ミニ UPS

電子 カンパニー

主な営業品目
磁気記録媒体，パワートランジスタ，パワーモジュール，スマートパワーデバイス，整流ダイオード，モノリシック IC，ハイブリッド IC，半導体センサ，サージアブソーバ，感光体およびその周辺装置

富士電機リテイル システムズ（株）

主な営業品目
自動販売機，コールドチェーン機器，フードサービス機器，通貨関連機器

環境・情報・サービス・コンポーネントを
キーワードとして、
新しい技術の時代を
拓こうとしています。

カンパニー別営業品目

電機システムカンパニー

情報・通信・制御システム，水処理・計測システム，電力システム，放射線管理システム，FA・物流システム，環境システム，電動力応用システム，産業用電源，車両用電機品，クリーンルーム設備，レーザ機器，ビジョン機器，電力量計，変電システム，火力機器，水力機器，原子力機器，省エネルギーシステム，新エネルギーシステム，UPS

機器・制御カンパニー

電磁開閉器，操作表示機器，制御リレー，タイマ，ガス関連機器，配線用遮断器，漏電遮断器，限流ヒューズ，高圧受配電機器，電力制御機器，電力監視機器，交流電力調整器，検出用スイッチ，プログラマブルコントローラ，プログラマブル操作表示器，ネットワーク機器，インダクションモータ，同期モータ，ギヤードモータ，ブレーキモータ，ファン，クーラントポンプ，ブロワ，汎用インバータ，サーボシステム，加熱用インバータ，ミニ UPS

電子カンパニー

磁気記録媒体，パワートランジスタ，パワーモジュール，スマートパワーデバイス，整流ダイオード，モノリシック IC，ハイブリッド IC，半導体センサ，サージアブソーバ，感光体およびその周辺装置

富士電機リテイルシステムズ（株）*

自動販売機，コールドチェーン機器，フードサービス機器，通貨関連機器

＊平成 15 年 4 月 流通機器システムカンパニーと富士電機冷機（株），吹上富士自販機（株）は再編統合され，富士電機リテイルシステムズ（株）として発足しました。

富士時報	第 76 巻 第 7 号	平成 15 年 6 月 30 日 印刷 平成 15 年 7 月 10 日 発行 定価 525 円（本体 500 円・送料別）
編集兼発行人	原嶋 孝一	
発行所	富士電機株式会社 技術企画室	〒141-0032 東京都品川区大崎一丁目 11 番 2 号 （ゲートシティ大崎イーストタワー）
編集室	富士電機情報サービス株式会社内 「富士時報」編集室	〒151-0053 東京都渋谷区代々木四丁目 30 番 3 号 （新宿コヤマビル） 電話（03）5388 －7826 FAX（03）5388 －7369
印刷所	富士電機情報サービス株式会社	〒151-0053 東京都渋谷区代々木四丁目 30 番 3 号 （新宿コヤマビル） 電話（03）5388 －8241
発売元	株式会社オーム社	〒101-8460 東京都千代田区神田錦町三丁目 1 番地 電話（03）3233 －0641 振替口座 東京 6－20018

© 2003 Fuji Electric Co., Ltd., Printed in Japan（禁無断転載）

富士時報論文抄録

パワーエレクトロニクスの革新技術

海田　英俊
富士時報　Vol.76 No.7 p.373-376（2003）

パワーエレクトロニクスは電気エネルギーのコントロールを通して省エネルギーに寄与しているが，地球環境問題への取組みに重要な役割を果たすにはさらなる革新が必要と考える。本稿ではパワーエレクトロニクスが飛躍するための課題と，先進的な技術開発に対する富士電機の取組みについて述べる。

No.1 を目指す汎用インバータ

山添　　勝
富士時報　Vol.76 No.7 p.377-381（2003）

富士汎用インバータが初めて世に出てから，27 年が経過した。この歴史を製品，技術から振り返るとともに，今後汎用インバータに求められること，技術動向，富士汎用インバータの目指すところについて紹介する。今後の富士汎用インバータは，「環境」をキーワードにノイズレスかつ特定有害物質を含まないインバータを目指し，多様化するアプリケーションに対応できる高性能・高機能化，メンテナンス性の向上などユーザーにとってコストパフォーマンスの高い製品を目指していきたい。

高性能・高機能を目指すパワー半導体

重兼　寿夫
富士時報　Vol.76 No.7 p.382-386（2003）

電子装置を人間の身体に例えるなら，パワーデバイスは筋肉を制御する役割を担っている。デバイスの低損失化を狙いパワー MOSFET スーパー FAP-G シリーズや第五世代 IGBT の U シリーズを製品化した。理想の筋肉を目指し，産業分野には IPM を，電源分野には M-POWER を，さらに自動車分野にはスマートパワー MOSFET といったインテリジェントパワーデバイスを供給している。さらにスーパージャンクション MOSFET やマトリックスコンバータ用逆阻止 IGBT を世に送り出そうとしている。

電子機器の小型化・低消費電力化に貢献する電源 IC 技術

黒田　栄寿
富士時報　Vol.76 No.7 p.387-391（2003）

電源技術は電子機器の低消費電力化，小型軽量化にとって，キーテクノロジーである。その制御を担う電源 IC に対しても，低消費電流化，高集積化，パワーデバイス内蔵化などの要求が強くなっている。この動きに対応するため，富士電機では，バイポーラ技術から CMOS 技術への転換を進めている。本稿では，これまでの技術，製品開発の取組みと，今後注力すべきパワーデバイスの低オン抵抗化やインダクタ一体化技術などについて，概要を紹介する。

安全でおいしい水づくりへのソリューション

星川　　寛
富士時報　Vol.76 No.7 p.392-396（2003）

安全でおいしい水を安定して国民に提供することは，水道にとって最も重要なことである。しかし，近年大都市を中心にして水道水源の汚染が進行して，臭気物質問題，トリハロメタン問題，クリプトスポリジウム問題などが起き，社会問題化している。これらは，既存の浄水プロセスでは処理ができないので，これを解決するために富士電機は，オゾンおよび生物活性炭（BAC）処理システムを開発した。ここでは，このシステムを中心に，システムの監視・制御用の水質計と次世代浄水処理システムとしての膜ろ過システムを紹介する。

燃料電池の最先端技術

瀬谷　彰利
富士時報　Vol.76 No.7 p.397-400（2003）

富士電機は，基礎研究から得られた成果やシミュレーション技術，豊富な運転実績に基づくノウハウの結晶としてりん酸形燃料電池を実用化し，初期性能，運転実績ともに非常に高い評価を得ている。さらに，富士電機は，りん酸形燃料電池で培った高度な技術をベースに定置用固体高分子形燃料電池の開発を推進しており，その実用化のために，先端的な技術開発と製品開発を整合させながら開発を進めている。富士電機は，これらの先端的な燃料電池技術が地球に優しい社会のキーテクノロジーとなることを目指している。

フィルム基板太陽電池の特徴と展望

鴨下　友義
富士時報　Vol.76 No.7 p.401-404（2003）

富士電機が開発しているフィルム基板太陽電池モジュールについて，その特徴ならびに開発の現状および今後の展望について紹介する。フィルム基板を使用することにより，量産性の高いロールツーロールプロセスを採用できる。太陽電池の発電層を 30 nm/min の高速で形成しても安定化効率 8 %以上が達成されたため，量産化にめどがついた。軽量，フレキシブルという太陽電池の特徴を生かし，意匠性に富んだ製品という狙いから開発の重点を置いている建材一体型モジュールのラインアップを，それぞれの特徴とともに紹介する。

富士電機グループの環境への取組み

辻　　正教
富士時報　Vol.76 No.7 p.405-408（2003）

環境に対する取組みが，グリーン調達，環境経営の観点から評価されるようになってきた。また，EU では有害化学物質の使用禁止など，製品に対する環境規制の動きも急である。これからの環境活動では，一部門の対応でなく，各部門，グループ一丸となった，そしてグローバルな視点からの活動が必要である。富士電機はこれら今日的課題に積極的に対応すべく，環境保護基本方針および環境保護推進体制を見直し，グループを挙げた環境保全活動の推進と環境配慮型製品への取組み強化を始めた。

Abstracts (Fuji Electric Journal)

Fuji Electric's General-purpose Inverter Aims to be No. 1

Masaru Yamazoe

Fuji Electric Journal Vol.76 No.7 p.377–381 (2003)

Twenty-seven years have passed since Fuji Electric first introduced its general-purpose inverter to the world. This paper looks back on the products and technology over the course of those years and also describes the requirements and technical trends of future general-purpose inverters and the goals for Fuji Electric's general-purpose inverter. With the environment as an ever-important concern, future Fuji Electric general-purpose inverters will aim to be noiseless and free from all specified toxic substances. Fuji Electric will also aim to make its general-purpose inverters efficient on a cost/performance basis, providing them with a high level of performance and functionality capable of supporting a diversifying array of applications and providing improved ease of maintenance.

Power Supply IC Technology Contributes to Smaller Size and Lower Power Consumption of Electronic Equipment

Eiji Kuroda

Fuji Electric Journal Vol.76 No.7 p.387–391 (2003)

Power supply technology is an important technology for lowering the power consumption of electronic equipment and making that equipment smaller and lighter weight. The ICs responsible for controlling such power supply units are increasingly being required to have lower current consumption, higher level of integration, built-in power devices, etc. In response to these trends, Fuji Electric is promoting a shift from bipolar to CMOS technology. This paper describes the technology and product development up to now, as well as the technology for lowering on-resistance and integrating the inductor into a single unit, which will be the focus in the future.

Leading-edge Technology for Fuel Cells

Akitoshi Seya

Fuji Electric Journal Vol.76 No.7 p.397–400 (2003)

Based on the results of know-how gleaned from basic research, simulation techniques, and a long history of successful operation, Fuji Electric has utilized phosphoric acid fuel cells in practical applications and both the initial performance and operating results have been extremely favorable. Moreover, based on the advanced technology acquired from phosphoric acid fuel cells, Fuji Electric is promoting development of stationary polymer electrolyte fuel cells and is coordinating development of leading-edge technology with product development in order to realize practical applications of these polymer electrolyte fuel cells. Fuji Electric aims to develop these leading-edge fuel cell technologies into key technologies for an earth-friendly society.

Eco-management by the Fuji Electric Group

Masanori Tsuji

Fuji Electric Journal Vol.76 No.7 p.405–408 (2003)

Environmental activities have come to be evaluated on the basis of green procurement and environmental management. In the EU, there is an urgency to tighten environmental regulations for products, such as by prohibiting the use of toxic chemical substances. Such environmental activities must be implemented as a group effort that unites all departments in support of the environmental conservation efforts and environment-conscious product developments. Furthermore, these actions must be implemented from a global perspective. In response to these relevant problems of today, Fuji Electric has taken the initiative to reevaluate its basic policy and framework for promoting environmental preservation, to promote group activities for environmental conservation, and to intensify its efforts to develop environment-conscious products.

Innovative Power Electronics Technology

Hidetoshi Umida

Fuji Electric Journal Vol.76 No.7 p.373–376 (2003)

Power electronics technology contributes to energy-savings by controlling electrical energy. Further technical innovation, however, is required if power electronics is to play an important role in solving global environment problems. This paper describes the challenges that must be overcome in order to achieve breakthroughs in power electronics technology and Fuji Electric's efforts in leading-edge technological development.

Fuji Power Semiconductor Devices Aim for Higher Performance and Higher Functionality

Hisao Shigekane

Fuji Electric Journal Vol.76 No.7 p.382–386 (2003)

In making an analogy between an electronic system and the human body, it can be said that power devices are used in a manner similar to muscle controllers. Fuji Electric has commercialized the Super FAP-G series of power MOSFETs and the 5th generation U-series of IGBTs, which were developed to realize lower power loss. To configure the ideal "muscle," Fuji Electric produces and supplies intelligent power devices such as IPM devices for industrial applications, M-POWER devices for switching mode power supplies, and Smart Power MOSFETs for automotive applications. In addition, Fuji Electric is planning product launches for Super Junction Power MOSFETs and Reverse Blocking IGBTs in the near future.

Water Treatment for Safe and Good-tasting Water

Hiroshi Hoshikawa

Fuji Electric Journal Vol.76 No.7 p.392–396 (2003)

The ability to provide a stable supply of safe and good-tasting water to residents is the most important objective of a water system. In recent years, however, water source pollution has worsened especially in large urban areas, and the problems of odorous compounds, trihalomethane, and cryptosporidium have arisen and have become problems of public concern. These problems cannot be solved with existing water purification processes, and therefore Fuji Electric has developed an ozonation and biological activated carbon (BAC) treatment system. Focusing on this system, a water quality analyzer for system monitoring and control and a membrane filtration system for advanced water purification are described.

Features and Prospects of Solar Cells Formed on a Film Substrate

Tomoyoshi Kamoshita

Fuji Electric Journal Vol.76 No.7 p.401–404 (2003)

This paper describes the features, current status of development and prospects for solar cells formed on a film substrate. Use of a film substrate enables a roll-to-roll process to be used during manufacture, and this is a great advantage for mass production. Stabilized efficiency of over 8 % was achieved during deposition of a photoelectric transfer layer at a rate of 30 nm/min. This result shows promise for mass production and practical use. Leveraging their features of light weight, flexibility and good appearance, solar cells have been integrated with roofing materials, and a product lineup of these roofing modules is introduced.

色変換方式による有機 EL ディスプレイ

桜井　建弥
富士時報　Vol.76 No.7 p.409-414（2003）

富士電機の有機 EL パネルの開発現状をまとめた。富士電機は色変換方式と呼ばれるフルカラー化法を採用して寿命や見栄えでトップレベルのディスプレイを実現した。長寿命化の課題では，素子のキャリヤバランスの最適化，水分除去法，革新的な水分対策について述べる。また，実用化問題として，円偏光板を画面に張り付けずにコントラストを向上させる技術，画像欠陥の一つであるリークに対する取組みについて紹介する。これらの技術を用いて，色変換方式フルカラー有機 EL 技術の優位性を示す。

21 世紀の外部メモリを担う磁気記録媒体

大月　章弘
富士時報　Vol.76 No.7 p.415-420（2003）

1956 年に実用化された磁気記録媒体は，高密度化・小型化・低価格化技術の進展により，今やコンピュータ用外部メモリ市場の主流を占めるに至っている。長手磁気記録の限界こそ見え始めたが，それを打破する垂直磁気記録の進展により，今後磁気記録媒体の用途はさらに拡大するものと予想されている。富士電機は，最近，世界最高面記録密度のグラニュラー磁性層垂直媒体の開発に成功した。2005 年以降の磁気記録媒体の主流を占めるといわれている垂直媒体の，富士電機における最新の開発状況を紹介する。

安全で快適な社会を守るセンサ技術

北出 雄二郎
富士時報　Vol.76 No.7 p.421-424（2003）

富士電機は，これまで半導体ひずみセンサ利用機器，放射線モニタ，各種 FA センサなどのユニークなセンサコンポーネントを開発し，世の中に提供してきた。これからは「安全」「快適さ」をキーワードに，富士電機独自のセンサデバイス技術とユーザビリティを考えたセンサシステム技術を構築し，社会に暮らす人々に役立つセンサを提案していく。ここでは安全な水の供給，衛生的な食品流通に役立つバイオセンサ，エネルギーを見守る電流センサなどを紹介する。

世界市場を目指す低圧開閉機器

井出　安俊
富士時報　Vol.76 No.7 p.425-428（2003）

電気設備の主要コンポーネントである低圧開閉機器の主要な開発テーマは，従来から小型化，高性能化，使いやすさの向上であり，いずれも普遍的テーマとして今後も追求され続ける。富士電機は，今までこれらのテーマを極限まで追求した特徴ある商品を送り出してきた。近年，グローバル化対応や環境性向上など新たな開発テーマの重要性が増している。本稿では，近年の商品シリーズを紹介し，新たな市場動向，技術動向への取組みについて述べる。

IT で進化する設備機器の監視保守システム

渡辺　哲仁
富士時報　Vol.76 No.7 p.429-433（2003）

生産・製造設備の現場および自動販売機・店舗ショーケースなどの小売機器の現場では，効率化・省力化・コストダウンを目的とした効果的な設備管理が強く望まれている。インターネット技術の適用により，これらの設備・機器に対して，リモート監視・保守ができるようになってきた。本稿では，統合コントローラ「MICREX-SX」や自動販売機におけるインターネット接続の機能概要とネットワーク対応を実現するためのソフトウェア技術，Java 技術，組込みセキュリティ技術の概要を紹介する。

商空間創造に貢献する自動販売機の IT 活用

高田　正実
富士時報　Vol.76 No.7 p.434-438（2003）

快適な商空間創造に貢献する IT（情報技術）を自動販売機に代表される自動化機器や通貨機器，さらにコールドチェーン機器を融合した食流通分野に焦点をあて現状と今後の展望を述べる。特に自動販売機の進化を IT 適用の視点でとらえ，ネットワーク化や制御方式の進化，さらにライフサイクルにわたる統合サービスシステムについて述べる。IT 化が進む 21 世紀は自動販売機の新時代になると考え，次世代自動販売機のコンセプトについても紹介する。

新製品投入期間を短縮する「デジタルファクトリーソリューション」

松浦　由武
富士時報　Vol.76 No.7 p.439-442（2003）

近年，製造業は，市場ニーズの多様化に対して，ディジタルエンジニアリングを活用して新製品の市場投入までの期間を短縮してきた。さらに，近い将来，アジアマーケットの拡大が引き金となり，全世界同時生産，発売による市場占有が競争優位の必須要素になると予測されている。本稿では，これらの課題解決のため，富士電機が開発した，「生産ラインの柔軟な運用」と，「生産準備期間の大幅な短縮」を支援するソリューションを紹介する。

多様な顧客ニーズを実現するプラントサービス ――プラントサービスの新たな提案――

吉田　　清
富士時報　Vol.76 No.7 p.443-448（2003）

プラントの安定運用と運用費の低減を目指し，計画保全，操業の高効率化，余寿命予測といったライフサイクルにわたった中長期的なサービスソリューションに取り組んでいる。そのために開発してきた，新しい保守保全技術・余寿命診断技術，ESCO 形サービスを代表とする新しいビジネスモデル，プラント効率化運用支援システムなどの支援ツールを紹介する。さらに，プラントサービス事業のセンター的位置づけとなる，IT を駆使した富士電機のカスタマーサービスセンターの現状と将来展望を紹介する。

Development of Granular-type Perpendicular Magnetic Recording Media

Akihiro Otsuka

Fuji Electric Journal Vol.76 No.7 p.415–420 (2003)

Magnetic recording media, which has been used in practical applications since 1956, has advanced technologically to achieve higher density, smaller size and lower price. As a result of these advances, the market for magnetic recording media has grown and magnetic recording media is presently the mainstream media used for external memory in the computer industry. Although limitations to longitudinal recording technology have begun to become evident, perpendicular recording technology breaks through those limitations and is expected to drive additional market growth. At the end of 2002, Fuji Electric succeeded in developing granular-type perpendicular magnetic recording media having the highest areal density level in the world. By 2005, perpendicular recording technology is expected to become the mainstream type of external memory in not only the computer industry but in other industries as well. This paper describes the current status of Fuji Electric's development of perpendicular recording media.

Fabrication of High Efficiency OLED Displays with the CCM Method

Kenya Sakurai

Fuji Electric Journal Vol.76 No.7 p.409–414 (2003)

This paper summarizes the development status of Fuji Electric's OLED panels. By utilizing a full-colorization technique known as the color conversion method (CCM), Fuji Electric has realized a display that provides top-ranked lifespan and appearance. Optimization of the carrier balance of elements, moisture removal, and innovative anti-moisture measures are presented as issues related to a longer panel lifespan. Issues relating to practical applications, such as techniques to enhance contrast without attaching a circular polarizer to the screen and efforts to prevent leaks, which are one type of screen defects, are also described. Using these techniques, the superiority of CCM full-color OLED technology is demonstrated.

Low Voltage Switching Devices that Target the Global Market

Yasutoshi Ide

Fuji Electric Journal Vol.76 No.7 p.425–428 (2003)

The pursuits of smaller size, higher performance and easier operation have been major trends in the development of low voltage switching devices and these general trends will continue. Fuji Electric has been providing unique products that conform to these trends and meet market requirements. Recently, it is becoming important to focus on new development trends such as meeting the challenges of globalization and creating environment-conscious products. This paper introduces Fuji Electric's new products and describes how we reflect new market requirements and trends in our new products.

Sensor Technology to Protect a Safe and Comfortable Society

Yujiro Kitaide

Fuji Electric Journal Vol.76 No.7 p.421–424 (2003)

Fuji Electric has thus far developed and provided unique sensor components, including a device that uses a semiconductor strain sensor, a radiation monitor, and various types of FA sensors. Based on the key concepts of safety and comfort, Fuji Electric intends to develop proprietary sensory device technology and sensor system technology that is designed for usability, and to provide sensors that are useful for society. The types of sensors described in this paper include biosensors that are useful for ensuring a safe water supply and sanitary food distribution, and current sensors that monitor energy usage.

Information Technology Applied to Vending Machines Helps to Create Commercial Amenity Space

Masami Takada

Fuji Electric Journal Vol.76 No.7 p.434–438 (2003)

Focusing on the field of food distribution, in which vending machines such as typical automated machines, cash machines and cold chain machines are used in combination, this paper describes the current state and future prospects regarding the application of information technology (IT) to create commercial amenity space. The evolution of vending machines is described from the perspective of the application of IT. Advances in networking and control methods are also discussed and an integrated service system that spans the entire lifecycle is presented. The 21st century is considered to be a new era for vending machines, and concepts for next-generation vending machines are also presented.

IT-driven Evolution of Remote Monitoring and Maintenance Systems for Onsite Equipment

Tetsuhito Watanabe

Fuji Electric Journal Vol.76 No.7 p.429–433 (2003)

Efficient facilities management is strongly desired at manufacturing and production facilities and at sites of retail sales equipment such as vending machines and in-store displays in order to improve efficiency, decrease power consumption and cut costs. The application of Internet technology makes it possible to remotely monitor and maintain these facilities and equipment. This paper presents overviews of the MICREX-SX integrated controller, the Internet connection function in vending machines, software technology to achieve network compatibility, Java technology, and embedded security technology.

Plant Service that Meet Various Customer Needs —— Newly Proposed Plant Service ——

Kiyoshi Yoshida

Fuji Electric Journal Vol.76 No.7 p.443–448 (2003)

Aiming for stable plant operation and lower operating cost, Fuji Electric provides medium and long-term service solutions that span the lifecycle of a plant. The solutions include such services as scheduled maintenance, boosting operating efficiency, and assessment of the remaining lifespan. This paper presents new maintenance techniques and remaining lifespan assessment techniques, a new business model as typified by an ESCO-type service, and support tools such as an efficiency-boosting plant operation support system. In addition, the current status and future outlook for Fuji Electric's IT-driven customer service center, which centrally positions the plant service business, is also presented.

Future Solutions for the Manufacturing Industry

Yoshitake Matsuura

Fuji Electric Journal Vol.76 No.7 p.439–442 (2003)

In response to diversifying needs of the market, digital engineering technology has been utilized by the manufacturing industry in recent years to shorten the time-to-market for new products. Moreover, in the near future, with expansion of the Asian market as a trigger, it is expected that the capability for simultaneous production and sales throughout the world will become an essential element of a competitive strategy to secure market share. This paper presents business solutions developed by Fuji Electric to support flexible operation of the production line and to significantly reduce the duration of pilot production.

富士電機株式会社

本社事務所	☎(03)5435-7111	〒141-0032	東京都品川区大崎一丁目11番2号（ゲートシティ大崎イーストタワー）
北海道支社	☎(011)261-7231	〒060-0042	札幌市中央区大通西四丁目1番地（道銀ビル）
東北支社	☎(022)225-5351	〒980-0811	仙台市青葉区一番町一丁目3番1号（日本生命仙台ビル）
北陸支社	☎(076)441-1231	〒930-0004	富山市桜橋通り3番1号（富山電気ビル）
中部支社	☎(052)204-0290	〒460-0003	名古屋市中区錦一丁目19番24号（名古屋第一ビル）
関西支社	☎(06)6455-3800	〒553-0002	大阪市福島区鷺洲一丁目11番19号（富士電機大阪ビル）
中国支社	☎(082)247-4231	〒730-0022	広島市中区銀山町14番18号
四国支社	☎(087)851-9101	〒760-0017	高松市番町一丁目6番8号（高松興銀ビル）
九州支社	☎(092)731-7111	〒810-0001	福岡市中央区天神二丁目12番1号（天神ビル）
首都圏北部支店	☎(048)657-1231	〒330-0802	さいたま市大宮区宮町一丁目38番1号（野村不動産大宮共同ビル）
北関東支店	☎(048)648-6600	〒330-0854	さいたま市大宮区桜木町一丁目9番地1（三谷ビル）
首都圏東部支店	☎(043)223-0702	〒260-0015	千葉市中央区富士見二丁目15番11号（日本生命千葉富士見ビル）
神奈川支店	☎(045)325-5611	〒220-0004	横浜市西区北幸二丁目8番4号（横浜西口KNビル）
新潟支店	☎(025)284-5314	〒950-0965	新潟市新光町16番地4（荏原新潟ビル）
長野支店	☎(026)228-6731	〒380-0836	長野市南県町1002番地（陽光エースビル）
東愛知支店	☎(0566)24-4031	〒448-0857	刈谷市大手町二丁目15番地（センターヒルOTE21）
兵庫支店	☎(078)325-8185	〒650-0033	神戸市中央区江戸町95番地（井門神戸ビル）
岡山支店	☎(086)227-7500	〒700-0024	岡山市駅元町1番6号（岡山フコク生命駅前ビル）
山口支店	☎(0836)21-3177	〒755-8577	宇部市相生町8番1号（宇部興産ビル）
松山支店	☎(089)933-9100	〒790-0011	松山市千舟町四丁目5番4号（住友生命松山千舟町ビル）
沖縄支店	☎(098)862-8625	〒900-0004	那覇市銘苅二丁目4番51号（ジェイ・ツービル）
道北営業所	☎(0166)68-2166	〒078-8801	旭川市緑が丘東一条四丁目1番19号（旭川リサーチパーク内）
北見営業所	☎(0157)22-5225	〒090-0831	北見市西富町二丁目18番18号
釧路営業所	☎(0154)22-4295	〒085-0032	釧路市新栄町8番13号
道東営業所	☎(0155)24-2416	〒080-0803	帯広市東三条南十丁目15番地
道南営業所	☎(0138)26-2366	〒040-0061	函館市海岸町5番18号
青森営業所	☎(017)777-7802	〒030-0861	青森市長島二丁目25番3号（ニッセイ青森センタービル）
盛岡営業所	☎(019)654-1741	〒020-0021	盛岡市中央通一丁目7番25号（朝日生命盛岡中央通ビル）
秋田営業所	☎(018)824-3401	〒010-0962	秋田市八橋大畑一丁目5番16号
山形営業所	☎(023)641-2371	〒990-0057	山形市宮町一丁目10番12号
新庄営業所	☎(0233)23-1710	〒996-0001	新庄市五日町1324番地の6
福島営業所	☎(024)932-0879	〒963-8033	郡山市亀田一丁目2番5号
いわき営業所	☎(0246)27-9595	〒973-8402	いわき市内郷御厩町二丁目29番地
水戸営業所	☎(029)231-3571	〒310-0805	水戸市中央二丁目7番33号（あいおい損保・水戸第一ビル）
茨城営業所	☎(029)266-2945	〒311-1307	茨城県東茨城郡大洗町桜道304番地（茨交大洗駅前ビル）
栃木営業所	☎(028)639-1151	〒321-0953	宇都宮市東宿郷三丁目1番9号（USK東宿郷ビル）
金沢営業所	☎(076)221-9228	〒920-0031	金沢市広岡一丁目1番18号（伊藤忠金沢ビル）
福井営業所	☎(0776)21-0605	〒910-0005	福井市大手二丁目7番15号（安田生命福井ビル）
山梨営業所	☎(055)222-4421	〒400-0858	甲府市相生一丁目1番21号（清田ビル）
長野営業所	☎(026)228-0475	〒380-0836	長野市南県町1002番地（陽光エースビル）
甲信営業所	☎(026)336-6740	〒390-0811	松本市中央四丁目5番35号（長野県鋳物会館）
松本営業所	☎(0263)40-3001	〒390-0852	松本市島立943番地（ハーモネートビル）
岐阜営業所	☎(058)251-7110	〒500-8868	岐阜市光明町三丁目1番地（太陽ビル）
静岡営業所	☎(054)251-9532	〒420-0053	静岡市弥勒二丁目5番28号（静岡荏原ビル）
京滋営業所	☎(075)253-6081	〒604-8162	京都市中京区烏丸通蛸薬師上ル七観音町637（朝日生命京都ビル）
和歌山営業所	☎(073)432-5433	〒640-8052	和歌山市鷺ノ森堂前丁17番地
鳥取営業所	☎(0857)23-4219	〒680-0862	鳥取市雲山153番地36〔鳥電商事(株)内〕
倉吉営業所	☎(0858)23-5300	〒682-0802	倉吉市東巌城町181番地（平成ビル）
山陰営業所	☎(0852)21-9666	〒690-0007	松江市御手船場町549番地1（損保ジャパン松江ビル）
徳島営業所	☎(088)655-3533	〒770-0832	徳島市寺島本町東二丁目5番地1（元木ビル）
高知営業所	☎(088)824-8122	〒780-0870	高知市本町四丁目1番16号（高知電気ビル別館）
小倉営業所	☎(093)521-8084	〒802-0014	北九州市小倉北区砂津二丁目1番40号（富士電機小倉ビル）
長崎営業所	☎(095)827-4657	〒850-0037	長崎市金屋町7番12号
熊本営業所	☎(096)387-7351	〒862-0950	熊本市水前寺六丁目27番20号（神水恵比須ビル）
大分営業所	☎(097)537-3434	〒870-0036	大分市寿町5番20号
宮崎営業所	☎(0985)20-8178	〒880-0805	宮崎市橘通東三丁目1番47号（宮崎プレジデントビル）
南九州営業所	☎(099)812-6522	〒890-0046	鹿児島市西田一丁目5番1号（GEエジソンビル鹿児島）
エネルギー製作所	☎(044)333-7111	〒210-9530	川崎市川崎区田辺新田1番1号
変電システム製作所	☎(0436)42-8111	〒290-8511	市原市八幡海岸通7番地
千葉製作所	☎(0436)42-8111	〒290-8511	市原市八幡海岸通7番地
東京システム製作所	☎(042)583-6111	〒191-8502	日野市富士町1番地
神戸工場	☎(078)991-2111	〒651-2271	神戸市西区高塚台四丁目1番地の1
鈴鹿工場	☎(0593)83-8100	〒513-8633	鈴鹿市南玉垣町5520番地
松本工場	☎(0263)25-7111	〒390-0821	松本市筑摩四丁目18番1号
山梨工場	☎(055)285-6111	〒400-0222	山梨県南アルプス市飯野221番地の1
技術開発・生産センター	☎(048)548-1111	〒369-0192	埼玉県北足立郡吹上町南一丁目5番45号
機器製作所	☎(0287)22-7111	〒324-8510	大田原市中田原1043番地
(株)富士電機総合研究所	☎(0468)56-1191	〒240-0194	横須賀市長坂二丁目2番1号
(株)ＦＦＣ	☎(03)5351-0200	〒151-0053	東京都渋谷区代々木四丁目30番3号（新宿コヤマビル）

昭和40年6月3日　第三種郵便物認可　平成15年7月10日発行（毎月1回10日発行）富士時報　第76巻　第7号（通巻第820号）

e-Front runners

本誌は再生紙を使用しています。

定価525円（本体500円）