

富士電機技報

FUJI ELECTRIC JOURNAL

2016
Vol.89 No.

2

特集 2015年度の技術成果と展望



特集 2015年度の技術成果と展望

われわれが住む地球は、急激な人口増加や工業化の急速な進展により、エネルギー問題、環境問題に直面しています。そのような中、地球温暖化防止に向けて再生可能エネルギーの利用が進み、世界のエネルギー技術は大きく変わろうとしています。富士電機は、エネルギー・環境技術の革新により、安全・安心で持続可能な社会の実現に邁進しております。“2015年度の技術成果と展望”号は、2015年度の技術成果の集大成と今後の展望をまとめたものです。新しい社会を構築する上で、皆さまに少しでも参考になるところがありましたら幸いです。

表紙写真（左上から右回り）

東海道新幹線車両向け主変換装置、第7世代「Xシリーズ」IGBT モジュール、SiC パワー半導体モジュール、屋外型 555 kVA パワーコンディショナ「PVI600BJ-3/555」、サーバ向け高効率バックアップ電源「F-DC POWER」



目次

特集 2015年度の技術成果と展望

特集に寄せて “エネルギー・環境技術の革新により、 安全・安心で持続可能な社会の実現に貢献” 北澤 通宏	68 (2)
特別対談 “IoT, M2M で進む社会・産業インフラの変革” —— 暗黙知を形式知に変え、お客さまに新しい価値を提供する —— 森川 博之 ・ 江口 直也	70 (4)
成果と展望 “強いコンポーネントをコアにした顧客価値を創出するソリューション” 江口 直也	74 (8)
ハイライト	80 (14)
発電システム □火力・地熱プラント □原子力 □再生可能エネルギー・電力安定化 □燃料電池	88 (22)
社会インフラ □エネルギーマネジメント	92 (26)
産業インフラ □変電システム □産業プラント □産業計測機器	96 (30)
パワエレ機器 □駆動システム □電源システム □輸送システム □受配電・開閉・制御機器コンポーネント	108 (42)
電子デバイス □パワー半導体 □感光体 □ディスク媒体	113 (47)
食品流通 □自動販売機 □店 舗 □流通システム	120 (54)
基盤・先端技術 □基盤技術 □先端技術	122 (56)
略語・商標	129 (63)
技術業績の表彰・受賞一覧	131 (65)
富士電機技報 2016 vol.89 no.2 掲載項目一覧	132 (66)

エネルギー・環境技術の革新により、 安全・安心で持続可能な社会の実現に貢献

富士電機は、1923年の創業以来、産業・社会インフラの分野で広く世の中に貢献してまいりました。

今、地球は、未曾有の人口増加や工業化の急速な進展により、エネルギー問題、環境問題に直面しています。富士電機は、ブランドステートメント“*Innovating Energy Technology*”に、エネルギー・環境技術の革新の追求により、安全・安心で持続可能な社会の実現に貢献するという思いを込めています。これからも、エネルギー・環境技術とものづくり力にさらに磨きをかけ、エネルギーを最も効率的に利用できる、付加価値の高い、環境にやさしい製品をグローバルに提供してまいります。

富士電機の研究開発は、パワー半導体とパワーエレクトロニクス（パワエレ）技術をコアに、計測、熱技術も含めて、徹底的に差別化したコンポーネントを開発しています。また、これらを核にして制御技術をプラットフォーム化し、パッケージ化してお客様に各種のソリューションを提供する製品の開発に注力しています。脚光を浴びているIoT（Internet of Things）では、富士電機が得意とするセンシング技術をはじめ、差別化機器およびプラットフォームの開発に注力しています。これらの開発を加速するため、また、開発体制を強化するために、2015年度には、パワー半導体

の中核拠点である松本工場に技術開発センターを、東京工場に全社の技術開発拠点となる研究開発棟を竣工させ、さらに、パワエレ機器の中核拠点となる鈴鹿工場にパワエレテクニカルセンターを建設中です。

富士電機は、パワー半導体技術とパワエレ技術のシナジーを追求しており、特にパワーデバイスに革命をもたらすと期待されているSiC（炭化けい素）によるパワーデバイスの開発と、そのデバイスを適用したパワエレ製品の開発に注力しています。パワー半導体の生産拠点である松本工場には、SiC デバイスの生産設備として、業界に先駆けて稼働させた6インチウェーハプロセスラインにより、600～1,700V耐圧のSBD（Schottky Barrier Diode）と1,200V耐圧のMOSFET（Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor）を量産しています。同時に、SiC デバイスが持つ性能を最大限に発揮できる超小型・高信頼性の各種モジュールを開発しています。さらに、共同研究体つくばパワーエレクトロニクスコンステレーション（TPEC）との共同開発品のSiC-SBDを使用した3,300V耐圧のハイブリッドモジュールを開発し、これを適用した駆動用主変換装置を東海旅客鉄道株式会社向けに開発しました。SiC モジュールを適用した装置としては、高速鉄道で世界初となる走行試験をN700系車両で行っています。また、インバータ用に



さらに信頼性を高めた SiC-MOSFET を開発し、SiC-SBD と組み合わせた All-SiC モジュールを開発しました。このモジュールの低損失という特長を生かして、これまでは設置が困難であった悪環境下でも設置可能な全閉自冷構造の防じん防水型のインバータを開発しました。今後も、SiC デバイスの特長を生かした新しい価値を提供する製品を開発していきます。同時に、短期間での効率的な製品開発のため、パワー半導体の開発工程と同期しながら、パワーエレクトロニクスプラットフォームも開発していきます。

顧客価値を創出するソリューションとしては、特徴あるセンシング技術や経験豊富な制御技術および得意とするパワーエレクトロニクス技術を組み合わせ、ボイラの燃料費削減に貢献するボイラ燃焼ソリューションパッケージや、業界トップレベルの振れ止め精度と省エネルギーを実現する港湾クレーンソリューション制御パッケージを開発しました。また、2016 年 4 月からの電力の小売全面自由化に対応した需給管理システムを開発し、株式会社エヌ・ティ・ティ・データおよび株式会社協和エクシオとの協業による新電力事業者向けクラウドサービスとして、販売を開始しました。

富士電機は、現場データのセンシングからゲートウェイ、ネットワーク技術、データ解析技術まで、一貫通貫の製品・技術を保有しており、IoT を活用した

各種ソリューションを準備しています。

その一つとして、クラウド型の総合設備管理システムを開発し、サービスの提供を開始しました。これにより、顧客設備の導入から運用、更新までのライフサイクルマネジメントが実現でき、顧客の設備管理効率の最大化、エネルギーコストの最小化が実現できます。今後も、IoT の活用による顧客価値を創出するソリューションを実現するため、差別化された機器やプラットフォーム技術を開発していきます。

基盤技術や将来を見据えた先端的な研究開発として、電磁ノイズシミュレーション技術の構築、高温動作デバイス用樹脂の開発、異種金属接合技術の開発、磁性材料の物性の研究、樹脂と金属の密着性解析技術の構築など、継続して推進しています。

富士電機は、経営理念のスローガンに“熱く、高く、そして優しく”を掲げております。“熱く”は、創造的な情熱とやる気、“高く”は、高い目標を掲げ邁進する心意気、そして、“優しく”は、人間としての心の豊かさ、こうした思いを心に留め、これからも社会のニーズを的確に把握し、エネルギー・環境技術の革新により、安全・安心で持続可能な社会の実現に貢献していく所存です。皆様のご指導ご鞭撻を心よりお願い申し上げます。

代表取締役社長

北澤通宏

IoT, M2M で進む社会・産業インフラの変革

—— 暗黙知を形式知に変え、お客さまに新しい価値を提供する ——

森川 博之 東京大学先端科学技術研究センター 教授

江口 直也 富士電機株式会社 執行役員 技術開発本部長

IoT や M2M の普及により社会全体が少しずつ変わり始めた。今後、IoT や M2M は産業システムにどのような変革をもたらすのか。産業インフラとパワエレを得意とする富士電機がこの未知の世界に切り込むには、何を強みとするべきか。IoT 分野の第一人者である東京大学先端科学技術研究センター教授の森川博之氏を迎え、提供する新しい価値をお客さまの立場になって考えることの重要性などについて、富士電機技術開発本部長の江口直也と意見を交換した。

IoT, M2M は始まっている

江口 森川先生とは、ネットワーク機器の省電力化についてのご指導や研究室との交流会など、緊密にお付き合いをさせていただいております。あらためて感謝を申し上げます。

富士電機は、今から 93 年前にジーメンスと古河電工の共同出資で誕生し、重電を中心に発展してきました。昨今、世の中では IoT (Internet of Things) や M2M (Machine to Machine) が盛んに叫ばれていますが、富士電機は産業プラント分野でリモートメンテナンスなども手掛けており、実は IoT に近いことを既にやっています。

IoT によって産業システムの大きな変革が進む中、われわれの持つリソースをどう生かしていくべきか、本日の対談の中でヒントを得たいと思います。

森川 私の研究室においても、IoT や M2M、ビッグデータなど、データを起点に新しい価値を作ることをファイナルターゲットにして取り組んでいます。データを集積、解析してお客さまに対してどのような価値を提供するか。具体的には農業データマイニング、風車の異常予兆検知などの研究を進めています。下のレイヤーである通信の分野と、農業や風力発電などさまざまな応用の分野と、大きく二つのテーマをセットで進めている感じです。

江口 富士電機は、センサやコントローラ、アクチュエータといったフィールド系の機器はそろっていま

すが、集めたデータで何をするかという部分がまだ弱いように思います。

森川 センサやアクチュエータをお持ちということは、データを集める入り口があるわけですから、これは大きな強みではないでしょうか。OECD が今プロモートしているように、データ駆動型経済は、データを起点に生産性を上げて価値を創造していくという概念です。

私は、一般の方々から「IoT とは何ですか」と聞かれると、「アナログのデジタル化」と答えています。例えば風力発電では、異常の検知を熟練者の経験と勘に頼っています。これをデジタル化して取り出すのが IoT です。

江口 暗黙知やノウハウといったものをデジタル化するのですね。

森川 そうです。デジタル化したことで赤字の路線バスが黒字化した例もあります。バスに GPS とセンサを設置して、運行状況やバス停ごとの乗降数のデータを集め、それを基に運行ダイヤやバス停の配置を変えました。それだけで赤字だった企業が黒字化しました。データを集めることで現状が見える化し、問題点がより分かりやすくなったのです。

スペインのバルセロナのお笑い劇場もデジタル化しています。座席の背面にカメラを設置し、観客の笑った回数がデジタルデータで座席ごとに出るようにしました。これにより何が変わったかという料金です。入場料は無料で、1 回笑うと 30 セント。すると意外や観客の満足度がアップして、売上げもアップしたというのですから驚きです。

IoT は、こうした例からも分かるように、とにかくやってしまうことが重要なような気がします。

江口 われわれはまずコストを考えてしまいますから、その先の価値創造までなかなか行きつきません。なかなかお客さまの立場になって新しい価値を考えることが難しい。先生の研究は、お客さまに何が提供できるかというところからスタートしていると聞き



森川 博之 もりかわ ひろゆき

1992 年 東京大学助手
1993 年 東京大学講師
1997 年 東京大学助教授
2006 年 東京大学教授
2007 年 現職
2002～2007 年 情報通信研究機構モバイルネットワークグループリーダー兼務
新世代 M2M コンソーシアム会長、
OECD デジタル経済政策委員会 (CDEP) 副議長など。電子情報通信学会フェロー。総務省情報通信審議会委員、国土交通省研究開発審議会委員、文部科学省科学技術・学術審議会専門委員など。

ました。素晴らしいことだと思います。

森川 大学での研究開発は、以前は基礎研究に始まり、実用化研究、そして社会に展開するというリニア型でしたが、今は現場の課題から入っていくことが多くなりました。

江口 産業界と近いですね。

森川 そうです。お客さまが何を必要としているのかということを徹底的に考えるアナリストのような人材が、大学でも必要とされています。

江口 先生は学生にどのように指導されていますか。

森川 農業をはじめ、さまざまな業種でIoTへの意識が高まっていますから、学生を現場に行かせてニーズを見つけ出すようなことにもトライしています。お客さまのニーズに気づき、それをインプリメントして提案する。われわれはこれをデザイン思考と呼んでいます。

江口 われわれも研究所のメンバーに、社内で実験をするだけでなく、もっとお客さまのところに出て行くように言っています。なかなか実行に移せていないのが現状ですが。

森川 研究者や技術者の10%くらいが、そうあるといいですね。とにかく飛び込んでみる。駄目だったらまた出直せばいいのです。

江口 富士電機が取り組んでいる植物工場は、それに近いかもしれません。苫小牧に2ヘクタールのイチゴ工場を建設し、富士電機の持つ機器や技術の農業分野への応用を試みているところです。栽培者の暗黙知を学び取って形式知にするために、現在、技術者を現場に張り付けています。釧路ではパブリカ工場も建設中です。

森川 先ほどのデータ駆動型経済の観点でいうと、グリーンハウスをアジアに展開して、得られるデータは日本に集め、ハウスを制御するノウハウでビジネスが展開できるといいですね。

江口 まさにIoTの世界ですね。

ハードに価値がなくなる？

江口 まず膨大なデータを集め、そこから新しい気づきがあり、新しい価値が生まれるというお話は大変興味深いのですが、企業からすると、目的なくデータを集めるのは難しいものがあります。

森川 データを集める際に、ある程度の仮説は必要かもしれません。ただ、仮説以外の気づきはデータから出てくる可能性がありますから、やはり無関係と思われるデータも切り捨ててはいけないと思います。

江口 そうするとセンサが取得したデータは、そのま

まストレートにクラウドに上げるべきでしょうか。ある程度処理したデータをクラウドに上げて、そこで深い分析をするという考え方もありますが。

森川 全部上げることでネットワークやストレージが破綻するかどうか、一つのポイントですね。例えば監視カメラのデータがそれに当たります。もう一つのポイントはリアルタイム性です。アップロードに時間がかかり過ぎては瞬時の判断や制御ができません。こうした場合にはローカルで情報を処理する必要があります。

江口 今や、さまざまな海外の巨大企業がIoTに乗り出しています。海外の巨大企業に比べたら小さな富士電機がIoTに取り組むにはどうしたらいいか、われわれが最も悩んでいる点です。一気に貫て上位から下位までワンストップでやるのか、複数の企業やものが有機的に結びついて共存共栄していく仕組みであるエコシステムの一部を分担してやるのか、自分たちのプレーする領域をある程度意識する必要があると考えています。もし将来、データを上げるだけでOKという世界になってしまったら、われわれは何の価値も持たない存在になってしまう。そうなるのは困りますからね。

森川 そういう将来を想定しておくことは非常に重要です。米国の有名な電機メーカーがソフトウェア会社を標榜（ひょうぼう）するようになったのも理由はそこで、ハードウェアに価値がなくなり始めているというのは世界全体の流れです。これからはハードとソフトの両面で考えていかななくてはいけません。ハードの差別化もきちんと考えていくべきでしょう。

江口 その点も非常に悩ましくて、AIまでいなくても、簡単な頭脳をフィールド系にも持ったほうがいいのでしょうか。

森川 そうですね。富士電機はお客さまのフィールド系に入り込んでいるわけですから、現場のノウハウが必ずあるはずで、それを徹底的に考えなければいけません。

考えることは非常に重要で、ドイツでは産学官でIndustrie 4.0を進めています、ドイツ政府が支出

江口 直也 えぐちなおや

1980年 富士電機製造株式会社（現富士電機株式会社）入社
2006年 富士電機システムズ株式会社 取締役
2009年 富士電機アドバンステクノロジー株式会社代表取締役社長
2010年 富士電機システムズ株式会社 取締役執行役員常務
2011年4月 富士電機株式会社の執行役員、技術開発本部長兼務



している300億円は、技術開発費というより会合費と懇親会費だと聞きました。ライバル企業や多数を占める中小企業にも集ってもらい、機器がインターネットでつながるためにインタフェースをどうするのかということを徹底的に考えるための支出だと思います。日本の場合、技術開発にはリソースをかけますが、考える場はほとんどありません。

江口 Industrie 4.0に標準化を主導されてしまうのではないかと、大変脅威に感じています。国に強いリーダーシップを期待します。

森川 IoTであらゆる機器がつながり、エコシステムの重要性が今まで以上に増えてきます。もはや1社で取り組む時代ではなく、われわれ大学も含めてチームで考えていかないといけないと思っています。

その点、欧米企業はうまいですね。例えば米国の企業が中核となって組織したIIC (Industrial Internet Consortium)。ドイツのIndustrie 4.0は製造業が対象ですが、IICはエネルギー、ヘルスケア、製造業、公共、運輸の五つの領域を対象としています。トップを外部から呼んでくるなど、オープンなイメージを前面に打ち出し、今や世界中から100を超える企業が参加しています。

日本の電機メーカーも仲間づくりは重要という意識はあると思います。エコシステムもチームで考えて取り組んでいかないと世界で戦えません。なかなか大変な時代です。

江口 チームの中で富士電機の存在感をいかに示すかということになったときに、世界から認められる何かがないといけませんね。

森川 そうですね。話は少しそれますが、僕がすごいなと思うのはフェラーリです。生産台数を減らして価格を上げて、でも売上げを伸ばしました。日本人の感覚だと、お客さまが欲しいのであれば安くしてたくさん売るのがですが、その逆で成功したわけです。こういう視点もこれからの技術者には必要だと思うのです。営業や販売のことは技術者には関係ないというわけにはいきません。

江口 そうですね。日本企業はすぐに価格競争に陥ってしまいます。メモリも液晶も太陽電池もそうです。最後には皆、海外の企業に価格で負けてしまいました。富士電機はパワーエレクトロニクスとパワー半導体をコア技術としています。パワー半導体は、価格競争に陥らないところで戦うようにしています。パワー半導体はノウハウが集積したアナログの世界ですから、中を開示しなければ一朝一夕にまねできる技術ではありません。

産業構造が変わる入り口に立っている

江口 先生の研究室では、ネットワーク機器やセンサなどの開発もされていますか。

森川 センサを使って、無線でデータを集めるところから先が研究対象です。僕らが今取り組んでいるのはマルチホップといって、複数の端末を介することでワンホップでは届かないところとの通信を可能にする技術です。マルチホップは設置に意外に手間がかかるので、簡単な仕組みで調整を可能にするなど、使い勝手の良さを差別化を目指しています。

江口 富士電機はセンサでの使い勝手の良さを追求しています。コードレス、低消費電力、小型化の技術を強みに、設置場所を選ばないガスセンサなどを製品化しています。また、現在、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術を応用し、自己給電のセンサの開発にも取り組んでいます。富士電機は、インバータ、モータ、アクチュエータなど、センサの先の技術もたくさん持っています。それらの組み合わせで何か一つ、世界断トツの技術を目指したいですね。断トツでないと思いきや残れないと思っています。

森川 組み合わせの妙というのは結構あるような気がして、重要な感じがしますね。ただ、われわれも、いいものを作ってもビジネスにならなかったら、学会で発表してもインパクトがないのです。

江口 インパクトという言葉はよく聞きますね。

森川 昔はできないことが多かったのですが、性能を5%や10%も上げれば大したものでした。今はお金さえかければ大抵のことはできますから、5%や10%性能を上げたところで、インパクトはほとんどありません。

江口 5%や10%上げるために、どれだけコストアップするのかと言われてしまいます。

森川 そうなのです。それだったら10倍の性能を目指しましょうとなります。

言葉は適切でないかもしれませんが、ITやICTがテクノロジーとして成熟したからこそ、IoTに形を変えて農業、土木、交通など、いろいろな業種に今、入り始めているのだと僕は見えています。今はまだ広がり始めてですね。

江口 入り口に立ったところですね。

森川 本当のデジタル化は、5年、10年、15年、20年と、これから長い年月をかけて進んでいくのではないのでしょうか。

江口 M2Mは文字通り、機械と機械が通信でつながり、新しい価値を生み出していくことですが、将来

はそこに人間の行動など、いろいろなものが複雑に介在していくことが考えられます。そうするともっと新しい価値が生まれるかもしれません。

森川 これからは IT や ICT が、経済学で言う“汎用技術”になっていくと思います。産業構造も大きく変わるのではないのでしょうか。

例えば、“汎用技術”の一つに蒸気機関があります。ピーター・ドラッカーは、蒸気機関の意義は鉄道を生み出したことではなく、鉄道というインフラができたことで、銀行、新聞、郵便などが登場し、産業構造が変わっていったことだと言っています。またある人は、蒸気機関が巨大な鉄道会社を生み、巨大な資金が必要になったからウォール街が生まれたと言っています。他に、巨大な鉄道会社は多くの中間管理職を必要としたから、その人たちの教育のためにビジネススクールが生まれたという説もあります。

それと同じで、IT や ICT は、センサやクラウドなどさまざまなインフラを生み出しました。これからいろいろなところで変化が起きてきて、やがて産業構造の変革につながるのではないのでしょうか。30年後の世界から今を振り返ると、「昔は全く違ったよね」というようになっていく気がします。

変化に早く気付けばチャンスですね。そうしたら僕は大学にいませんが…。学生にも、「若いのだから頭を柔らかくして考えようよ」と言っています。

江口 日本人は、柔軟に物事を考えることが苦手なのではないでしょうか。実際にものを作ってからでないと、次を発想できないというか。

森川 いやいや、能力はあります。やればできます。ぜひ富士電機もストラテジック・エクセレンス（優れた戦略）で切り開いていていただきたい。

それには研究者が部屋にこもってはいけません。事業を守らないといけな本隊に代わって、積極果敢に外に出てチャレンジするのが研究者のミッションの一つだと思います。

江口 その通りです。

森川 僕はよく、RTB、CTB という言い方をします。これは金融業界でも使われる言葉で、RTB は Run the Business あるいは Run the Bank、CTB は Change the Business あるいは Change the Bank です。金融業界の IT 部門を例に挙げると、IT システムを守るのが RTB です。CTB はフィンテック (FinTech : Financial Technology) のような新しい金融にトライしていくことです。

会社を守るためには RTB がきちんと売り上げることが必要で、RTB がチャレンジして失敗すると



土台が崩れてしまいます。

こうして考えると、IoT や研究所は CTB なのだと思うのです。

江口 そうですね。CTB だと思います。チャレンジすることが大事です。

森川 ところが実際は、CTB であるべき研究者は保守的な傾向が結構強い。チャレンジャーの研究者をもっと増やさないといけない気がします。

シリコンバレーは敵ではない

江口 先生のお話を伺って、IoT で産業構造が変わる入り口に今、われわれは立っているということがよく分かりました。最後に、難しい質問かもしれませんが、富士電機に期待されることが何かあればお聞かせください。

森川 表現は悪いですが、富士電機は地味な会社です。これをぜひ強みに変えていただきたい。

僕は IoT というのは地味にスマート化していくという技術だと思っています。富士電機は、スタートアップにはない暗黙知などのノウハウをたくさん持っています。そこをデジタル化して形式知にすることで、強みに変えられるはずですよ。

江口 お客様の言われたことを小まめにやるということが、富士電機の DNA です。あえて量で勝負しないで、小回りを利かすということですね。

森川 ライバルはシリコンバレーではありません。富士電機のテリトリーはシリコンバレーから見たら地味過ぎますから、彼らは入ってこないはずですよ。

江口 今年の研究開発方針の 1 番目は“顧客価値優先”です。お客様を知らないと研究は無理だよと言っています。

森川 それはいいですね。研究者にそれを言い続けることが必要だと思いますね。

江口 本日は森川先生から、富士電機は地味なところを強みに変えられるという意外なご指摘をいただきました。ぜひ、今後ともご指導をお願い致します。本日はどうもありがとうございました。

成果と展望

強いコンポーネントをコアにした顧客価値を創出するソリューション



江口 直也

富士電機株式会社 執行役員
技術開発本部長

1. まえがき

富士電機は、エネルギー・環境技術の革新の追求により、安全・安心で持続可能な社会の実現に貢献するという思いを込めて“*Innovating Energy Technology*”というブランドステートメントを策定しています。この思いを実現するため、富士電機では、電気エネルギーを安全・安心かつ効率的に供給・利用する技術や、熱エネルギーを無駄なく活用する技術、ならびにそれらを最適に制御する技術の開発に研究資源を集中しています。2013年に策定した中期経営計画の中では、パワー半導体とパワーエレクトロニクス（パワエレ）技術をコアにし、計測・熱コンポーネントも含めて、徹底的に差別化されたコンポーネントを開発し、それらを核にして、制御技術をプラットフォーム化・パッケージ化し、エネルギーソリューションを提供する研究方針を掲げています（図1）。本稿では、この方針に基づく最近の開発状況を紹介します。

2. パワー半導体とパワエレ技術のシナジー

パワー半導体技術とパワエレ技術は、富士電機のコア技

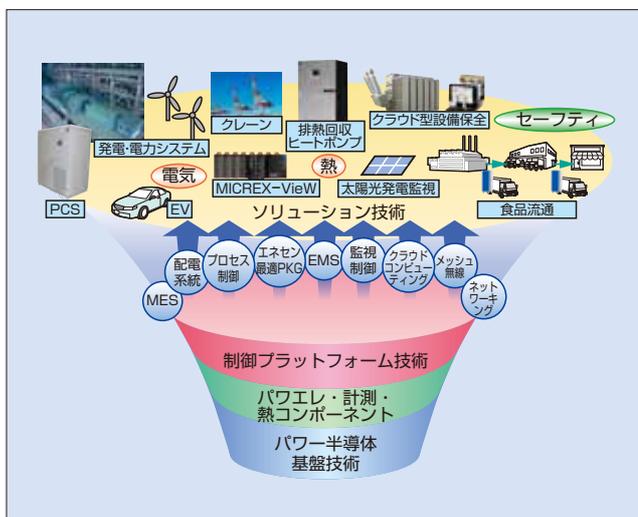


図1 富士電機のコア技術と注力分野

術です。これらのシナジーにより徹底的な差別化を狙っており、Siデバイスの物性限界を超えて劇的に損失を低減する次世代デバイスであるSiC（炭化けい素）パワー半導体と、これを適用したパワエレコンポーネントの開発に注力しています。

パワー半導体の生産拠点である松本工場では、SiC生産設備として業界に先駆けて稼働させた6インチウェーハプロセスラインにより、国立研究開発法人産業技術総合研究所と共同で開発した600～1,700V耐圧のSBD（Schottky Barrier Diode）と1,200V耐圧のMOSFET（Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor）を量産しています。同時に、SiCデバイスが持つ性能を最大限に発揮できるようにするため、高温動作、高放熱、低インダクタンスの超小型・高信頼性の各種モジュールを開発しています。

SiC-SBDをFWD（Free Wheeling Diode）に使用し、IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）チップには富士電機製の第6世代「Vシリーズ」を適用したハイブリッドモジュールを製品化しています。1,200V、1,700V耐圧に加え、低キャリア周波数で動作させる電気鉄道向けの1,700V耐圧のハイブリッドモジュールを製品化しました。高信頼性を確保するため、ベース材料にAlSiC（アルミニウムと炭化けい素の複合材料）、絶縁基板材料に高熱伝導度のAlN（窒化アルミニウム）を適用しており、インバータに適用した場合、Siモジュールと比較して32%損失を低減できます（キャリア周波数3kHz）⁽¹⁾。さらに、高耐圧の3,300V耐圧のハイブリッドモジュールも開発しました⁽²⁾（図2）。本モジュールで使用しているSiC-SBDは、共同研究体つくばパワーエレクトロニクスコンステレーション（TPEC）との共同開発品です。本モジュールは、高信頼性化のために、Sn-Sb系のはんだをチップ下のはんだに適用することにより、連続運転温度をSi-IGBTモジュールの125℃から150℃に高め、Si現行品と比較してモジュールのフットプリントを約30%低減しました。インバータに適用した場合、Siモジュールと比較して損失を38%低減できます（キャリア周波数10kHz）。

また、東海道新幹線車両向けに、SiCパワー半導体モ

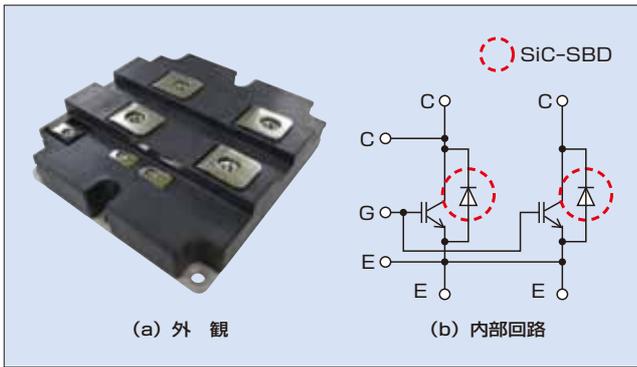


図2 3,300V 耐圧 SiC ハイブリッドモジュール

ジュールを搭載した省エネルギー（省エネ）と小型・軽量化を狙った主変換装置を、東海旅客鉄道株式会社と共同で開発しました（図3）。SiC パワー半導体モジュールは、従来の Si パワー半導体モジュールに比べて発熱量が少ないことから、主変換装置の冷却機構を簡素化でき、主変換装置を含む駆動システムの小型・軽量化と省エネ化を実現します。なお、高速鉄道の駆動システムに SiC パワー半導体モジュールを採用して実施した走行試験は、世界初となります。

インバータ用にさらに信頼性を高めた SiC-MOSFET を開発し、SiC-SBD と組み合わせた All-SiC モジュールを開発しました。このモジュールの低損失という特長を生かして、全閉自冷構造の防じん防水型のインバータを開発しました（図4）。このインバータは、これまででは困難だったじんあい、水、油などが掛かる環境に設置することができます。また、生産ラインにおいて複数あるモータの近くに分散して設置することができるよう、機能安全やカスタマイズロジック、オープンネットワークオプションなどの各種機能も備えており、プラントの省エネに貢献することが期待されます。

また、SiC-SBD を適用したサーバ用バックアップ電源システムを製品化しました（図5）。本システムは、従来はサーバラックに交流で供給されていた電力を、直流に変換して供給するシステムです。変換部に SiC-SBD を適用したことによる低損失化に加え、電力変換の回数を従来



図3 東海道新幹線車両向け主変換装置

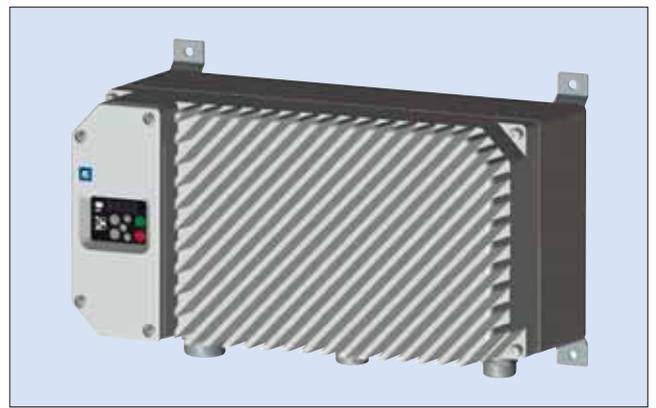


図4 全閉自冷構造の防じん防水型インバータ

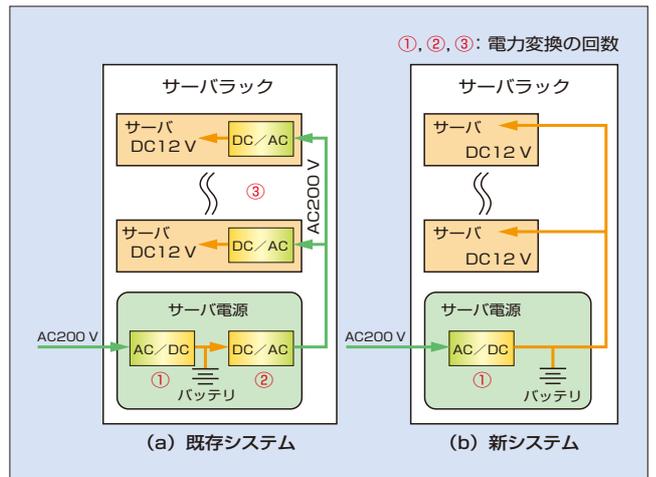


図5 サーバ用バックアップ電源システム

の3回から1回に減らすことで、効率を従来の84%から92%に向上でき、電力損失を従来の約半分に減らすことができます。データセンターでのサーバの高性能化・大容量化に伴う電力使用量の増加に対するソリューションを提供します。

また、さらなる低損失化が可能な SiC トレンチ型 MOSFET の開発を行っています。SiC の場合、面方位によって移動度（オン抵抗）やアバランシェ降伏（耐圧）の特性が変わるため、従来のシミュレーションによる特性予測は困難でした。TPEC の事業として、トレンチ面方位に対応したモデルの導入や横方向電界の考慮、およびパラメータの最適化により、オン抵抗、耐圧とも実測値によく合致する高精度なシミュレーションモデルを構築しました⁽³⁾。このシミュレーション技術を活用して、最適な SiC トレンチ型 MOSFET 構造を設計しています。

これまで述べたように最先端の SiC デバイスとその性能を最大限に引き出すモジュール技術を組み合わせ、さらにそれらを搭載した小型で低損失、かつ差別化されたパワーエレクトロニクス製品の開発により、SiC デバイスとその適用製品で世界トップレベルを狙っていきます。

従来の Si デバイスにおいては、さらなる小型化、低損失化、高信頼性化を実現した第7世代「X シリーズ」

IGBT モジュールを開発しました。

第7世代 IGBT チップは、ドリフト層の厚さを薄くし、表面のトレンチゲート構造を微細化・最適化することにより、オン電圧とターンオフ損失のトレードオフ関係を大幅に改善しました。SiC ハイブリッドモジュールにも適用し、新たに開発した薄型・高熱伝導度の AlN 絶縁基板により放熱性を向上させ、同時に高強度はんだの適用とワイヤボンディング設計を最適化することにより、パワーサイクル耐量を向上させました。さらに、耐熱性を向上させたシリコングルを適用することにより、X シリーズ IGBT モジュールでは、従来は 150℃であった連続動作温度を 175℃とすることが可能となりました。これにより、同じサイズで比較すると約 35% 出力電流を増加することができ、パワエレ装置の小型化、高効率化に貢献できます。

このような特徴あるパワー半導体の性能を最大限発揮して差別化されたパワエレ製品を短期間で効率的に開発し、タイムリーに市場投入するため、パワー半導体の開発周期と同期したパワエレプラットフォームを開発しています。2012 年度に上市した汎用インバータ「FRENIC-Ace」をプラットフォームとして、アジア市場向けの空調インバータ「FRENIC-eHVAC」や欧州市場向けエレベータ用インバータ「FRENIC-Lift」を短期間で開発し、上市しました。

同様に、新デバイスである SiC デバイスや X シリーズ IGBT モジュールを適用したパワエレのプラットフォーム開発も進めています。

3. 受配電・開閉・制御機器、計測・制御、熱コンポーネント

受配電・開閉・制御機器コンポーネントにおいては、生産設備やオフィスビル、商業施設における省エネに貢献するエネルギー監視機器「F-MPC Web ユニット」(UM12-10)を開発しました。これは、工場やビルなどに設置され、電気、水、ガス、温度などさまざまな計測値を収集・蓄積し、PCなどで監視するための Web 画面を内部で作成する Web サーバ機能を持っています。同時に、デマンド制御などを実施するコントローラとしても機能します。さらに、空調や照明など負荷機器の順序制御機能を搭載しました。USB ホスト機能や SD カードインタフェース、増設用の拡張スロットを備え、従来品と比較して拡張性も大幅に強化しています。計測機器との通信には、富士電機の「F-MPC シリーズ」の専用プロトコルに加え、MODBUS RTU プロトコルや Ethernet 対応機器とも接続可能であるため、他社製品を含めた幅広い計測機器からデータが収集できます(図6)。システム構築の容易化のために、接続された計測機器の自動検索機能を備えて設定を自動化しました。上位機器との通信においても Ethernet の TCP/IP 通信に加え、PLC のローダコマンドや MODBUS TCP に対応するなどして汎用性を高めています。

差別化された熱コンポーネントとして、ヒートポンプ

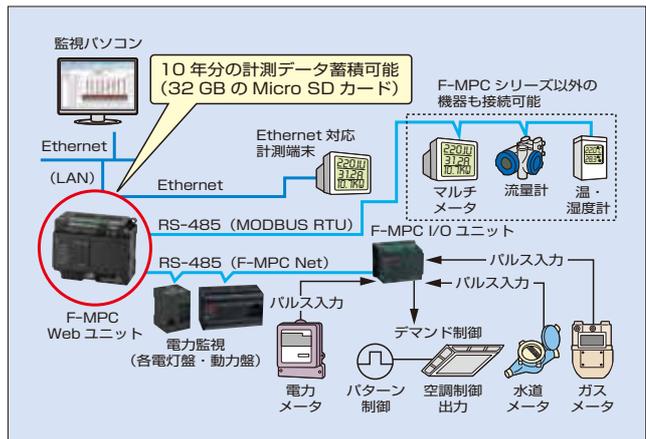


図6 「F-MPC Web ユニット」を用いた施設監視システムの例



図7 蒸気発生ヒートポンプ

技術を応用し、100～120℃の飽和蒸気を供給する中容量(30kW)の蒸気発生ヒートポンプを製品化しました(図7)。これまで有効に利用されていなかった60～80℃の温排水から熱を回収することができ、工場内で蒸気加熱を必要とする給水予熱や洗浄、殺菌、空調・加湿などの設備に適用できます。各設備の近傍に設置が可能のため、配管の延伸に伴う放熱ロスを抑制できます。また、蒸気の使用量に応じて、最大10台までの複数台運転ができます。このように、熱も含めた工場の省エネソリューションに貢献します。

4. 顧客価値を創出するソリューション

特徴あるセンシング技術と経験豊富な制御技術、さらに得意とするパワエレ技術を組み合わせ、ボイラの燃料費削減に貢献するボイラ燃焼ソリューションパッケージを開発しました(図8)。リアルタイムで計測が可能な独自のレーザ方式CO分析計を使用し、ボイラ排ガス中のCO濃度を常時基準値内に抑制しつつ、ボイラの効率が最も高くなる空気量で燃焼を制御することにより、燃料費の削減を実現します。実際のボイラで効果を実証しており、100t/hのボイラの場合、年間2,000万円以上の削減効果が期待でき

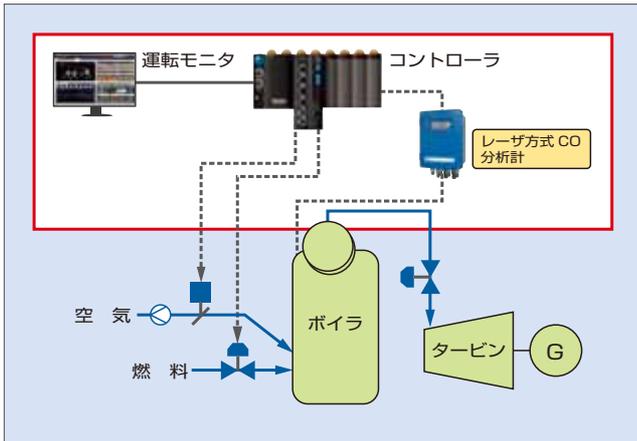


図8 ボイラ燃焼ソリューションパッケージ

ます。

同様に、計測制御技術とパワエレ技術のシナジーを活用したソリューションとして、クレーンソリューション制御パッケージを開発しました。港湾クレーンの振れ止め制御としては、業界トップレベルの精度を実現するとともに、回生エネルギーの有効活用を図り、38%の省エネが可能です。

特徴あるセンサをコアにしたソリューションとして、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) を応用した感振センサと、これを用いて建物の構造性能の一次診断を行う構造ヘルスマニタリングシステムを、建設会社と共同で開発し、製品化しました (図9)。

MEMS を応用した低価格の感振センサによる計測結果を用いて、振動データから建物の各階における最大加速度および最大層間変形角を推定し、地震後の健全性を診断するシステムです。本システムにより余震に耐えられる強度を維持できているかどうかの診断が可能であり、安全・安心ソリューションを提供できます。

2016年4月からの電力の小売全面自由化に対応して、小売電気事業者(新電力事業者)に課せられる“計画値同時同量制度”に対応した需給管理システムを開発しました。そして、株式会社エヌ・ティ・ティ・データおよび株式会

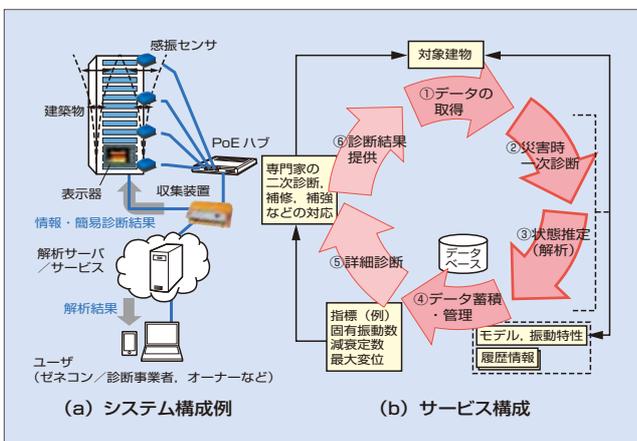


図9 建物健全性診断ソリューションの構成例

社 協和エクシオとの協業により、新電力事業者向けクラウドサービスとして販売を開始しました。需給シミュレーション技術に加え、多くの顧客の大量データを高速に処理する技術を適用して、次に示す特徴を持つサービスの提供が可能になります。

- (a) 低圧需要家向けの需要予測
- (b) バランシンググループ(需要・発電)を考慮した計画策定
- (c) 電力市場取引
- (d) 顧客情報管理システムと連携した顧客情報の自動取込み

サービス提供を行いながら、今後もお客さまの要望を取り込み、機能改善を実施していきます。

最近、すべてのものがインターネットにつながるIoT (Internet of Things) という概念が脚光を浴びています。富士電機は、現場データのセンシングからゲートウェイ、ネットワーク技術、データ解析技術まで、一貫通貫の製品・技術を保有しており、IoT を活用した顧客価値を創出する各種ソリューションを準備しています (図10)。

その一つとして、設備ライフサイクルマネジメント環境を実現するクラウド型総合設備管理システムを開発し、サービス提供を開始しました。先行してサービスを開始している“EMS サービス”に、新たに設備の“保全サービス”“稼動監視サービス”機能を加えて、一体化したクラウド型サービスを実現しました (図11)。設備の稼動状況の把握、保全・点検の記録、エネルギーの計測を通じて、設備の劣化や故障の予兆診断、エネルギー効率の総合的な管理が可能となりました。これにより、顧客設備の導入から運用、更新までのトータルライフサイクルマネジメントが実現でき、顧客の設備管理効率の最大化、エネルギーコストの最小化が実現できます。

ユニークな応用として、ウェアラブル型遠隔作業支援パッケージを製品化しました。現場の作業者が保持するメガネ型ウェアラブル端末と遠隔地の支援者側拠点(本部)とをインターネットでリアルタイムに接続し、独自に開発

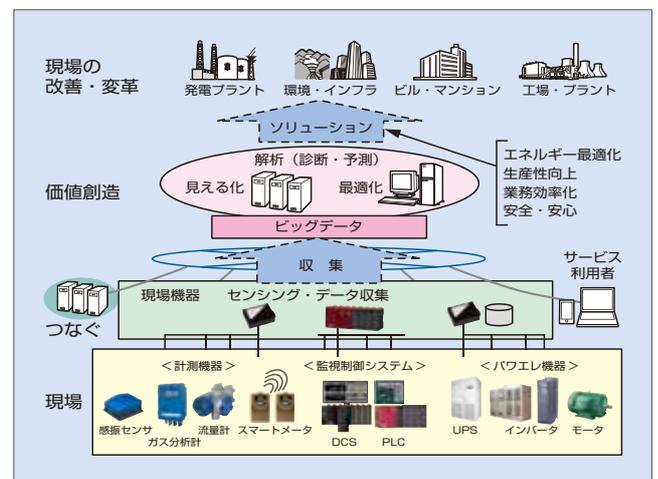


図10 富士電機のIoTソリューション

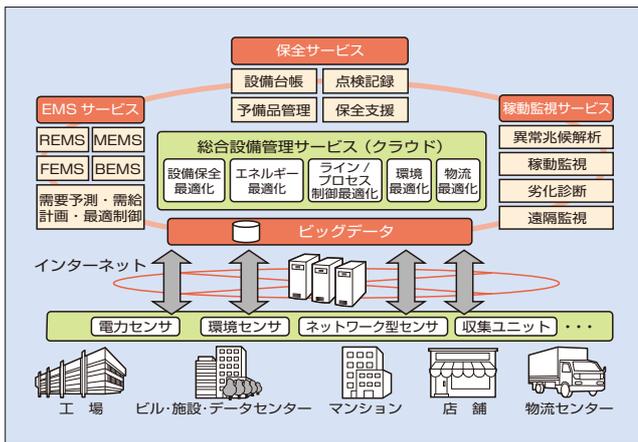


図11 クラウド型総合設備管理サービス

したソフトウェアを用いて、作業者への支援・指導を行うものです。作業状況の画像と音声の入力がハンズフリーで可能であり、それを基に遠隔地の熟練技術者からの確かな指示を受けることができます。

今後もIoTを活用した顧客価値を創出するソリューションの実現を目指し、IoTソリューションのための差別化された機器を開発していくとともに、そのプラットフォーム技術を開発していきます。

5. 基盤・先端技術

これまで述べてきた各技術を共通的に支える基盤技術や将来を見据えた先端的な研究開発を進めています。

熱流体や構造、電磁気、EMC (Electromagnetic Compatibility: 電気・磁気的な妨害を及ぼさないこと / 及ぼされないこと) など、各種シミュレーション技術を構築しています。

パワエレ機器に使用されるパワー半導体は、高速スイッチングにより、電磁ノイズを周囲に放出する可能性があります。従来、その対策は試行錯誤的なアプローチが主でしたが、富士電機では、設計段階から対策を検討するために電磁ノイズ(伝導ノイズ、放射ノイズ)シミュレーション技術の開発を進めています。伝導ノイズについては、開発初期には簡易モデルを適用し、詳細設計時には、より詳細なモデルにより正確なシミュレーションを実施し、製品を開発しています。

伝導ノイズよりもシミュレーションが難しい放射ノイズに対しては、モデル化が容易で計算時間が短い、機器の一部を抽出するシミュレーション技術を開発し、その解析を繰り返しながら、機器全体を解析する手法を確立しました⁽⁴⁾。これにより短時間で、よりよい機器構成を検討することが可能となりました(図12)。

材料技術としては、SiC デバイスなどの高温動作デバイスのパッケージ用として250℃に耐えられる樹脂の開発や、金属組織シミュレーションを活用した異種金属接合技術の開発、磁性材料の残留応力や熱による物性変化の研究など、

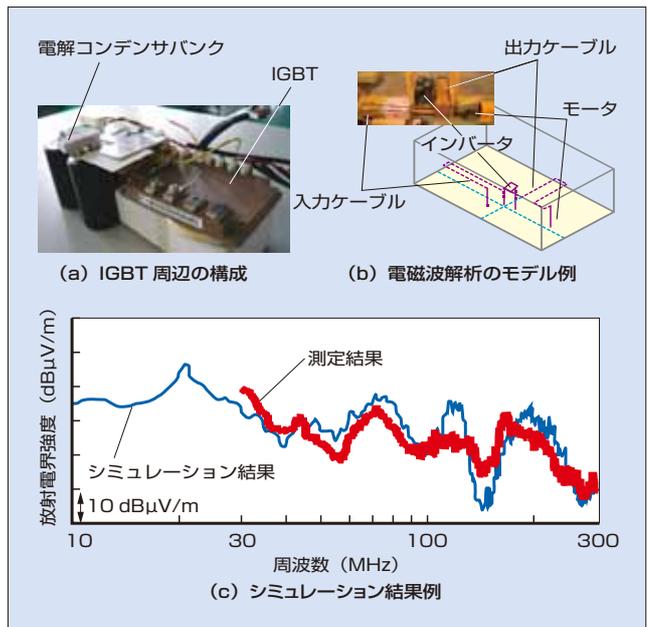


図12 放射ノイズシミュレーション結果例

継続して推進しています。

パワー半導体モジュールの信頼性に大きな影響を与える封止樹脂と金属との密着性についても、第一原理計算や分子動力学計算などのシミュレーション技術を活用した解析手法を確立しています。樹脂と密着のための助剤の分子構造から、樹脂と被接着部材との化学結合力を計算する技術を構築しました。被接着部材としてアルミニウムを例とした場合、助剤の種類による密着力の実測結果は、化学結合力の大小で説明できません⁽⁵⁾(図13)。この化学結合力に加え、アンカー効果や汚染などの外的要因、および機械特性による界面応力を考慮することにより、実際の密着力が推定できます。

また、グローバルに製品を展開していくに当たって、国際規格への対応はますます重要となっています。このような状況の中で、富士電機は国際規格への取組みを継続して強化しています。特に、パワエレ関連では国際委員会活動に積極的に取り組んでおり、パワーコンディショナ (PCS)

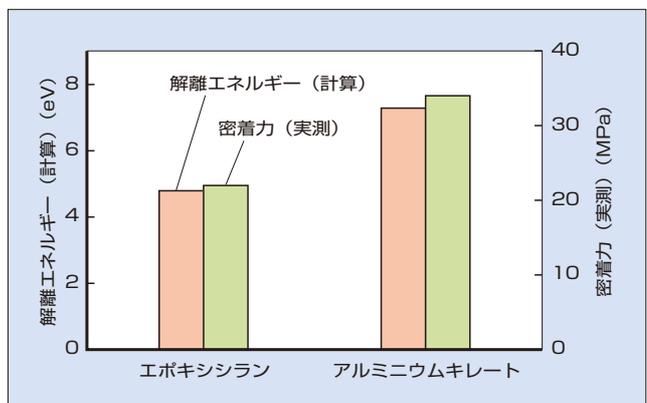


図13 化学結合力〔解離エネルギー(計算)〕と密着力(実測)との比較

における EMC やインバータ効率測定規格制定活動に貢献し、成果を上げています。

6. あとがき

富士電機が取り組んでいる、電気エネルギーを安全・安心に効率的に供給し、利用する技術や、無駄なく熱エネルギーを活用する技術、ならびにそれらを最適に制御する技術を中心にその概要を紹介しました。環境と調和した安全・安心で持続可能な社会の構築は、今後ますます重要になります。

開発強化に向けて、東京工場地区には全社の技術開発拠点となる研究開発棟（本館）が、松本工場地区にはパワー半導体の技術開発センターが、吹上工場地区には器具事業の評価試験棟がそれぞれ竣工し、稼動しました。さらにパワエレ製品開発の集約と効率化を狙った、鈴鹿工場地区のパワエレ開発センターが2016年秋から稼動する予定です。

このように今後も研究開発を精力的に進め、富士電機のブランドステートメントに込められた“エネルギー・

環境技術の革新の追求により、安全・安心で持続可能な社会の実現に貢献する”という思いを実現し、地球社会のよりよき企業市民として貢献すべく、邁進してまいります。

参考文献

- (1) 小根澤巧ほか. 1,700 V耐圧SiCハイブリッドモジュール. 富士電機技報. 2015, vol.88, no.4, p.245-248.
- (2) 金子悟史ほか. 3,300 V耐圧SiCハイブリッドモジュール技術. 富士電機技報. 2015, vol.88, no.4, p.249-253.
- (3) 小林勇介ほか. シミュレーションによるSiCトレンチ型MOSFETの特性予測. 富士電機技報. 2016, vol.89, no.1, p.11-15.
- (4) 玉手道雄ほか. パワーエレクトロニクス機器の電磁ノイズシミュレーション技術. 富士電機技報. 2016, vol.89, no.1, p.35-39.
- (5) 小笠原美紀, 立岡正明. 分子シミュレーションを活用した樹脂材料の密着性の解析. 富士電機技報. 2016, vol.89, no.1, p.26-29.



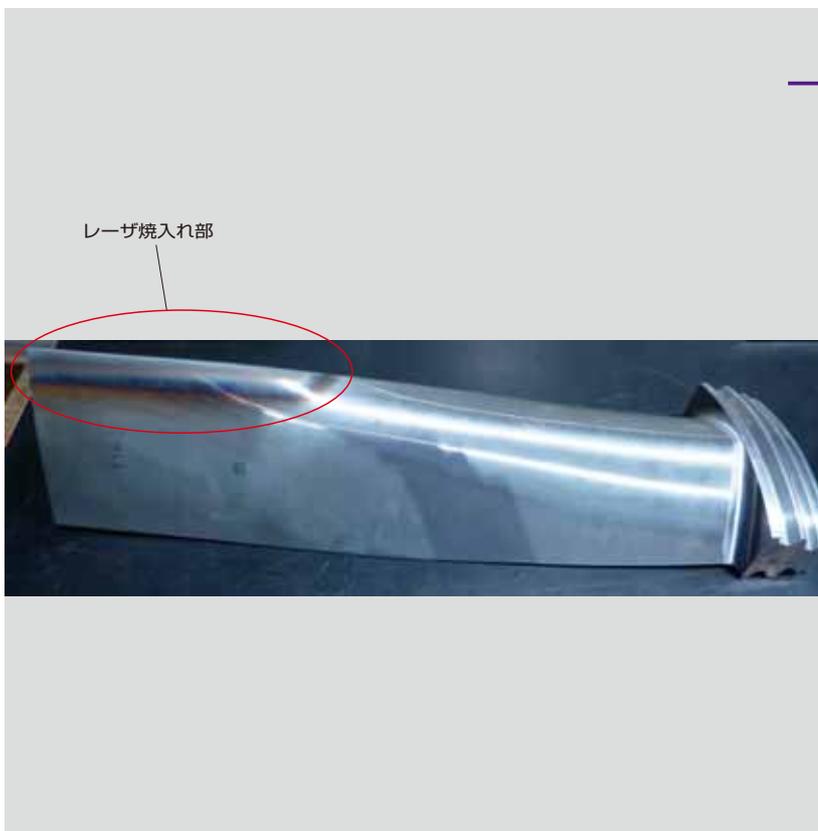


屋外型 555 kVA パワーコンディショナ「PVI600BJ-3/555」

富士電機は、新たに屋外型 555 kVA パワーコンディショナ (PCS) 「PVI600BJ-3/555」を発売した。本装置は、空調設備とコンテナが不要であり、システムの効率を最大にできるものである。好評の屋外型 1,000 kVA のシリーズに加え、富士電機が得意とする屋外型高効率 PCS のシリーズを拡充した。

主な特徴は次のとおりである。

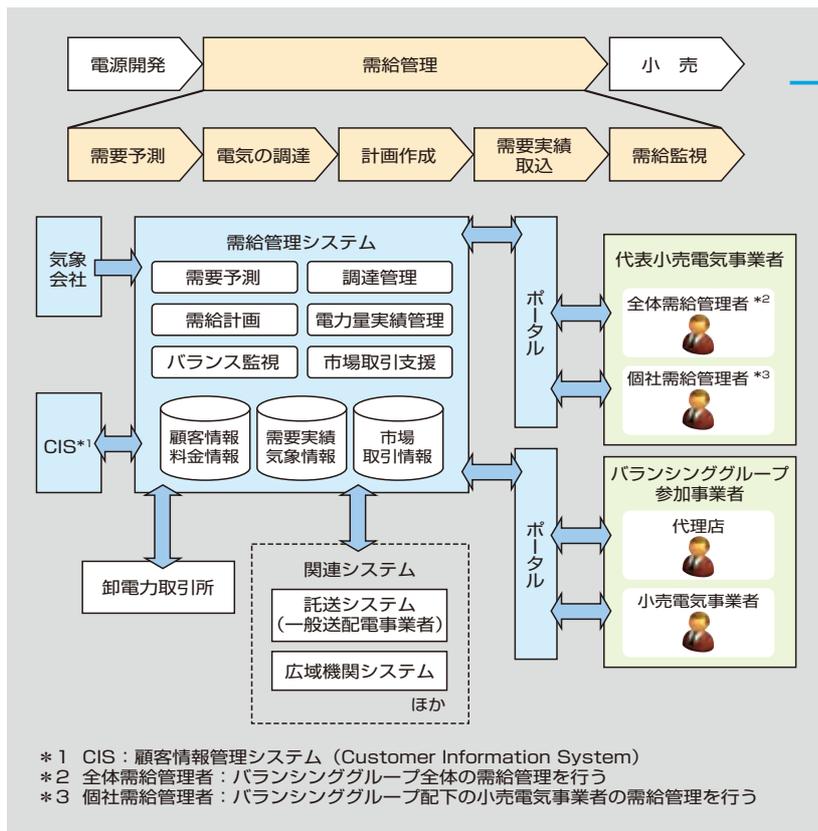
- (1) 出力容量：555 kVA (力率 90% 運転でも 500 kW 可能)
- (2) 入力電圧：DC600 V [最大電力点追従 (MPPT) 範囲 320 ~ 550 V]
- (3) 出力電圧：AC210 V 三相 3 線 50/60 Hz
- (4) 装置効率：98.1% (最高), 97.8% (EURO 効率)
- (5) 豊富なオプション：耐塩仕様、寒冷地仕様、直流分岐用ヒューズ、光通信対応ほか



タービンブレード超高深度レーザー焼入れ改質技術

蒸気タービンは発電効率を維持して長期間運転することが求められる。特に、タービンブレードは発電効率を左右する重要部品であるが、蒸気中に含まれる水滴との衝突により経年的に摩耗が生じ、発電効率を低下させてしまう。富士電機は、耐摩耗性の向上によるタービンブレードの長寿命化を目的として、レーザーを用いた超高深度焼入れ改質技術を開発した。

レーザーは、制御性に優れており複雑な形状を持つタービンブレードの焼入れに適しているが、極表面が加熱されるため高深度の焼入れができない。そこで、大面積レーザーの適用により、タービンブレード表面と内部の温度差を低減し、タービンブレード前縁部の全範囲をカバーする超高深度焼入れレーザー改質技術を開発した。これにより、タービン低圧翼の寿命が従来の 2 倍以上に向上した。



電力自由化に対応する需給管理システム

2016年4月からの電力自由化において小売電気事業者は“計画値同時同量制度”へ移行することになった。これに対応した需給管理システムを開発し、株式会社エヌ・ティ・ティ・データおよび株式会社協和エクシオとの協業により、クラウドサービスとして販売を開始した。

主な特徴は次のとおりである。

- (1) 低圧需要家向けの需要予測が可能である。
- (2) 需要側と発電側のバランスグループを考慮した計画策定が可能である。
- (3) 電力市場における取引が可能である。
- (4) 顧客情報管理システム (CIS) と連携することにより、需要家情報の取込みが可能である。

本システムは、今後も顧客のニーズを取り込み、サービスを提供しながら機能を改良していく。



仙台市交通局 地下鉄東西線向け電気設備 (新線設備)

富士電機は、2015年12月に開業した仙台市地下鉄東西線向けに、変電所2か所と電気室9か所の電気設備および電力管理システムと動力監視システムを納入した。

主な特徴は次のとおりである。

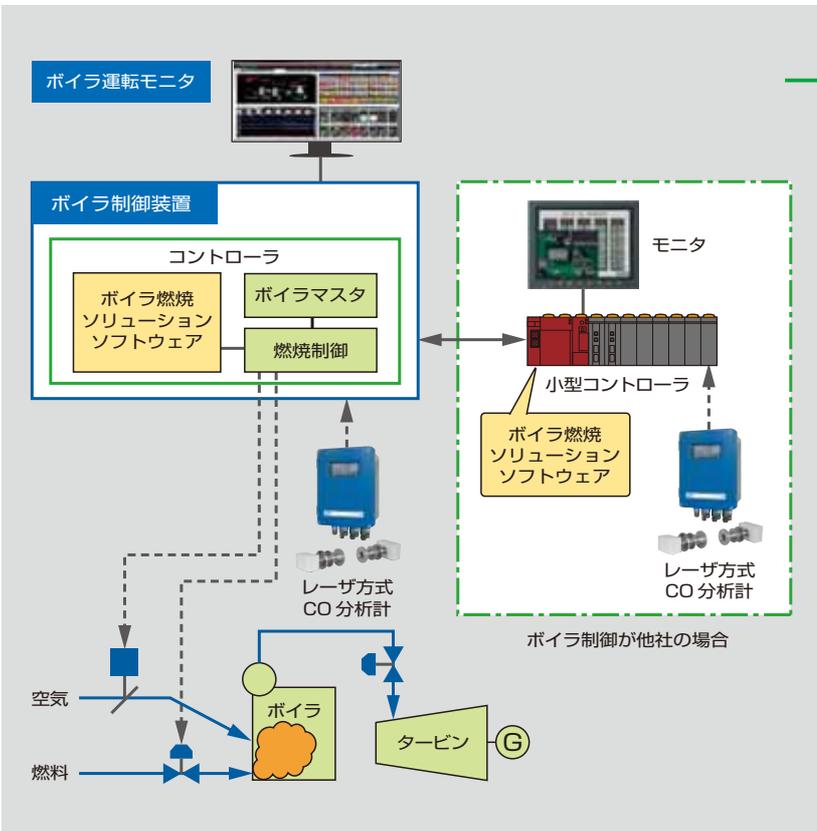
- (1) 変電所では東北電力株式会社から66kV2回線で受電し、DC1,500Vに変換して電車走行用に、6,600Vに降圧して駅舎電源用の負荷に電力を供給している。また、電力回生インバータにより車両の回生ブレーキ力の維持と省エネルギー化を実現している。
- (2) 電気室は各駅に設置され、駅の照明や自動改札機などの負荷に供給する。停電時を考慮し、負荷への電源供給の多重化やUPSにより安全性・信頼性を確保している。
- (3) 電力管理システムによる電力系統の統合管理で列車の安定走行を確保し、動力監視システムによる駅動力設備の統合管理で駅構内の快適空間を維持している。



寒冷地向け超高効率型データセンター

近年、クラウドサービス、映像配信サービス、IT アウトソーシングなどのサービスの拡大に伴い、データセンターの建設が増加している。また、サーバの高性能・高密度化も進み、冷却のための空調消費電力の低減が重要な課題になっている。

富士電機は、2015年11月に青森県六ヶ所村の青い森クラウドベース株式会社に、寒冷地向け超高効率型データセンターを納入した。冬季に降った雪氷を集めて断熱保管を行い、夏季にその融解水の冷熱を熱交換器を介して間接外気空調ユニット「F-COOL NEO」に送る。これによりデータセンターの高効率化を図ることができ、年間を通じた空調消費電力は、汎用空調機を用いた従来型データセンターに比べて約60%低減できる。



ボイラ燃焼ソリューションパッケージ

富士電機は、ボイラを超希薄空気領域で燃焼させ、排ガス熱損失の低減により燃料代を約1%削減できるボイラ燃焼ソリューションパッケージを発売した。例として、重油燃焼50t/hボイラで年間約1,400万円の燃料削減効果がある。

主な特徴は次のとおりである。

- (1) 独自技術の開発により、超希薄空気による高効率燃焼を実現できる。超希薄空気燃焼により、実際のボイラで排ガス残存酸素濃度0.8%台を実現した。
- (2) リアルタイム測定が可能なレーザ方式CO分析計とボイラ燃焼ソリューションソフトウェアとを組み合わせることで、ボイラ排ガス内のCO濃度を環境基準値内に抑えることができる。
- (3) ボイラ燃焼ソリューションパッケージは、既設のボイラ制御装置のメーカーに関係なく設置することができる。

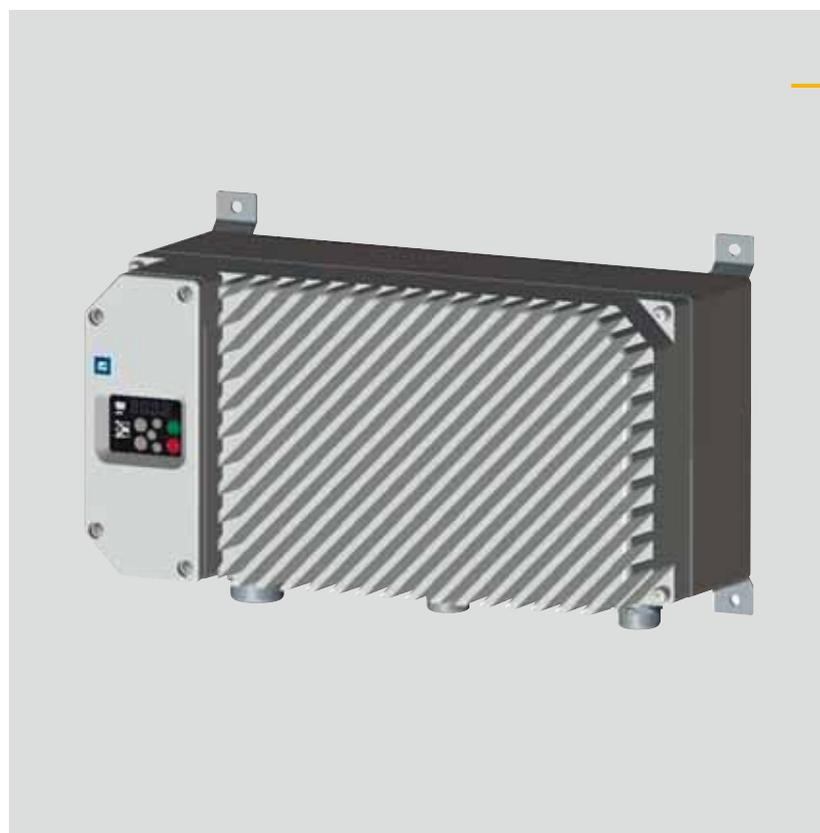


ウェアラブル型遠隔作業支援パッケージ

ウェアラブル型遠隔作業支援パッケージは、現場作業の品質向上・効率化および技術ノウハウの伝承・蓄積をサポートするクラウド型サービスである。作業員（現場）が保有するメガネ型ウェアラブル端末と支援者側拠点（本部）を音声・映像で双方向に接続できる指示・支援機能、ならびに事前に登録した作業手順指示や作業結果の登録などの作業支援機能を提供する。

主な特徴は次のとおりである。

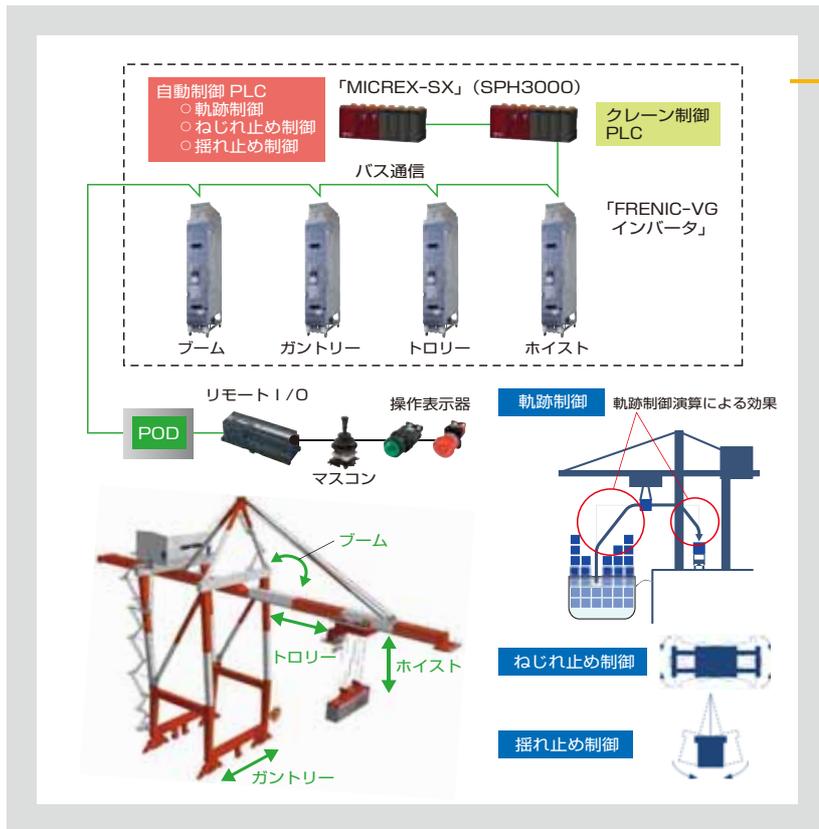
- (1) 小型・軽量端末の採用と音声操作のハンズフリーにより、安全で効率的な作業環境を提供する。
- (2) 熟練技術者の視点からの指示・支援により、作業品質を確保するとともに技術伝承にも貢献する。
- (3) 作業指示の映像・画像や作業結果の記録などがクラウドにて一元管理され、関係者間での共有化やエビデンスとなる。



高性能コンパクト型 IP65 対応インバータ

SiC（炭化けい素）デバイスの特徴である低損失を生かして耐環境性を強化した防じん防水型の小型インバータを開発した。

保護等級が IP65 であるため、食品加工機械など水洗いをする環境でも盤への収納が不要になり、省配線化などによりトータルコストダウンが可能となる。また、外部冷却ファンを使用しないため、加工機械など粉じんの多い環境でもファンフィルタの目詰まりの心配がなく、メンテナンスが不要である。生産ラインにおいて複数あるモータの近くに分散して設置できるように、機能安全、カスタマイズロジック、オープンネットワークオプションなどの各種機能に対応している。高性能でコンパクトな全閉自冷構造のインバータである。



クレーンソリューション制御パッケージ

富士電機は、昨今の港湾の STS クレーンに求められる自動運転・省人化に対応できる、クレーンソリューション制御パッケージを開発し、海外の港湾に納入した。

この制御パッケージは、富士電機の「FRENIC-VG インバータ」「MVK モータ」および PLC として「MICREX-SX (SPH3000)」、他社製の汎用振れ角センサーで構成している。最新のつり荷コンテナの揺れ・ねじれの振れ止め制御理論と、最短の移動時間で運転できる軌跡制御理論を PLC ソフトウェアに組み込み、業界最高レベルを実現した。振れ止め制御精度を向上させることにより、停止に掛かる時間を他社比で 25% 削減するとともに、軌跡制御を同一ベンチマーク条件において従来比で 20% 削減した。

サーバ向け高効率バックアップ電源「F-DC POWER」

クラウドコンピューティングの急速な普及を背景として拡大を続けているデータセンター市場では、急増する電力消費量の削減が喫緊の課題となっている。

富士電機は、データセンターにおいて多くの電力を消費するサーバ向けに高効率バックアップ電源「F-DC POWER」を開発した。

従来は 3 回必要であった電力変換を 1 回に低減することで、既存システムに比べて効率を 8 ポイント改善することができる。また、ピークアシスト機能により、入力電力ピークを抑止できる。サーバ電源の電力変換素子には富士電機製の SiC (炭化けい素) パワー半導体を適用した。これらの工夫により、データセンターの大幅な省エネルギーとランニングコスト削減に貢献する。





東海道新幹線車両向け SiC パワー半導体モジュール適用主変換装置

富士電機と東海旅客鉄道株式会社は、東海道新幹線車両向けに SiC（炭化けい素）パワー半導体モジュールを適用した主変換装置を共同で開発した。東海道新幹線 N700 系車両に搭載し、走行試験による評価を実施中である。高速鉄道の駆動システムに SiC パワー半導体モジュールを適用しての走行試験は世界初となる。

主な特徴は次のとおりである。

- (1) 富士電機が鉄道車両用に開発した定格電圧 3,300 V、定格電流 1,200 A の SiC パワー半導体モジュールを適用した。
- (2) SiC パワー半導体モジュールは発熱量が少ないことから主変換装置の冷却機構を簡素化でき、主変換装置を含む駆動システムの小型・軽量化が可能である。



エネルギー監視機器「F-MPC Web ユニット」(UM12-10)

近年、電力監視用機器の市場では、電力使用量の見える化に加えて、省エネルギー（省エネ）制御への需要が高まっている。また、電力監視用機器には、データ蓄積機能の拡張のための汎用インターフェース、および他の計測器との接続の容易性が求められている。

これらの要求に応えるため、従来品が持っていたデータ収集機能に加えて、収集したデータを基に電力使用量のピークカットを行う省エネ制御機能を設けたエネルギー監視機器「F-MPC Web ユニット」(UM12-10)を開発した。

主な特徴は次のとおりである。

- (1) 省エネ制御機能の標準搭載
- (2) USB と SD カードのインターフェースの搭載
- (3) 接続計測器の自動検索機能を搭載（簡単設定機能）

第7世代「Xシリーズ」 IGBT モジュール

IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) モジュールを適用する電力変換装置においては、近年、小型化、低損失化、高信頼性が強く求められている。これらの要求に応えるため、新たに開発した第7世代「Xシリーズ」IGBT モジュールは、IGBT・FWD (Free Wheeling Diode) チップの大幅な損失低減、ならびに高放熱・高耐熱・高信頼性パッケージの開発により、モジュールのさらなる小型化、低損失化、高信頼性化を実現した。また、高温動作時の特性や耐量を向上させたことで、連続動作時の最大保証温度を従来の150℃から175℃へ向上させた。

これにより、出力電流の大幅な増加が可能となり、電力変換装置のさらなる小型化と高パワー密度化に貢献できる。

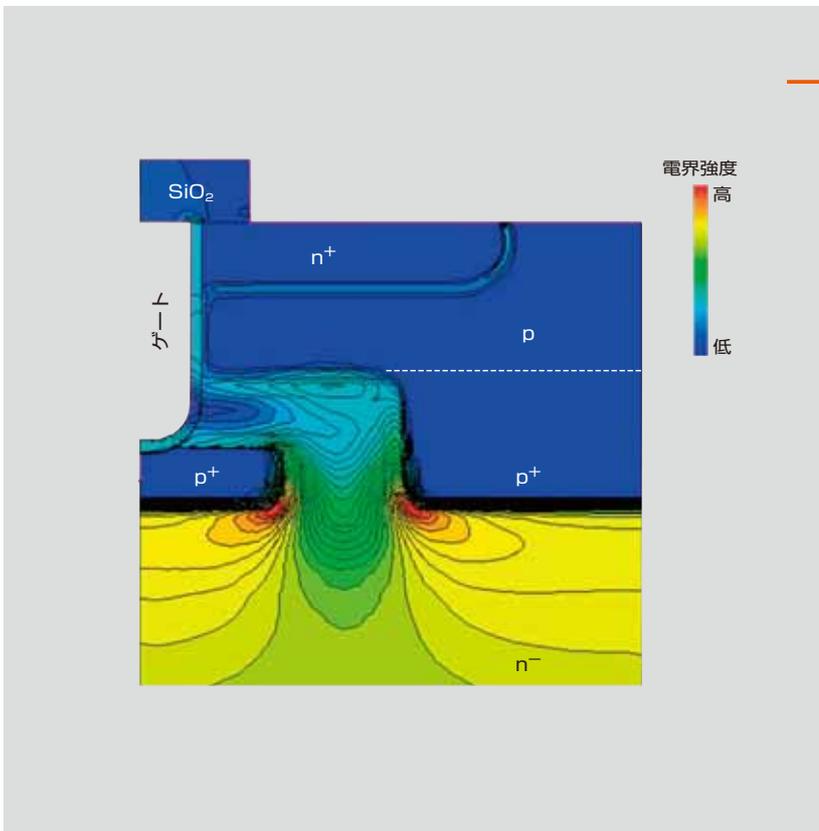


1.2 kV-SiC トレンチ型 MOSFET の 特性予測

富士電機は、パワーエレクトロニクス機器の省電力化、小型化の要求に応えるため、低損失化が可能なSiC (炭化けい素) トレンチ型 MOSFET を開発している。SiC は、面方位によって移動度 (オン抵抗) やアバランシェ降伏 (耐圧) の特性が変わるため、シミュレーションによる特性予測が困難であった。

今回、トレンチ面方位に対応したクーロン散乱モデルの導入、および横方向電界を考慮した畠山モデルの適用とパラメータの最適化により、実測値への合わせ込みを行った。その結果、オン抵抗、耐圧がともに実測値によく合致し、高精度なシミュレーションモデルの構築に成功した。

本研究は、共同研究体つくばパワーエレクトロニクスコンステレーション (TPEC) の事業として行われたものである。





イオンディライト株式会社向けデジタルサイネージ自動販売機

イオンディライト株式会社向けにデジタルサイネージ自動販売機を開発した。本製品は、46インチの液晶画面とタッチパネルを搭載しており、広告と商品画像を表示している。利用者は、商品画像にタッチすることで商品を購入できる。運用に当たっては、サーバを介してオンラインでコンテンツ配信（広告、商品画像など）や保守管理を行うことができる。

主な特徴は次のとおりである。

- (1) サイネージに仕様を最適化した制御ユニットにより、液晶画面やタッチパネルが制御でき、制御用PCが不要である。
- (2) 液晶画面の四隅に赤外線カメラを配置し、指のみを認識する信号処理方式により、利用者は太陽光や雨、埃（ほこり）などの外乱の影響を受けずに商品を選択できる。



発電システム

火力・地熱プラント
原子力
再生可能エネルギー・電力安定化
燃料電池



展望

2015年7月に経済産業省は“長期エネルギー需給見通し”を決定し、日本における2030年のエネルギーミックス（電源構成）を決定した。さらに、電力の小売全面自由化を2016年4月から実施することを決定した。これらのことから、2015年度は国内電力業界における転機の年であり、今後の発展に向けたベースが明確になった年であると認識されている。

環境にやさしい発電関連技術を多く持つ富士電機は、2030年において再生可能エネルギーが高い割合を占めるエネルギーミックスの実現に、貢献できるものと考えている。

海外市場においては、原油安や新たな金融不安があるものの、アジアやアフリカを中心とした電力需要の伸びを受けて活発な商談がある。

火力・地熱プラント分野では、新規受注は堅調であった。さらに、サービス事業においては、国内における保守・補修の継続受注に加えて、海外市場において米国 RTS Holdings 社グループの事業買収を行い、同事業の発展に向けて本格的に始動した年となった。

火力市場においては、国内では、複数台のバイオマス混焼火力発電の蒸気タービン・発電機および周辺設備を新規顧客から受注するとともに、超臨界圧 650 MW 級大型石炭火力設備も受注した。海外では、東南アジア諸国を中心に多数の蒸気タービン・発電機設備の引渡しを完了するとともに、韓国では新規受注が実現した。

地熱市場においては、国内では、新たな地熱バイナリー発電設備の受注を確実にするとともに、複数の将来案件を実現するためのサポートを継続している。海外では、期待していた案件の延伸はあったが、アイスランド、フィリピンおよびメキシコにおいて、蒸気タービン・発電機設備を受注することができた。さらに、2016年度の受注に向けた商談を継続している。

原子力分野では、福島での事故を教訓とした新規規制基準とその運用方法が確立し、原子力規制委員会の審査をクリアした川内原子力発電所 1・2号機が発電を再開した。また、廃止措置が決定した発電所もあり、軽水炉関連ビジネスが立ち上がりつつある。福島サイトでは、汚染水対策

や燃料デブリの取出しに向けた設計・開発が技術研究組合国際廃炉研究開発機構（IRID）を中心に進められている。

このような環境の中で富士電機は、東京電力ホールディングス株式会社向けに、海水中の放射能濃度を連続で測定して監視する海洋モニタリング設備を開発し、納入した。この設備は、福島第一原子力発電所の周辺で運用が開始されている。また、原子力施設の運転や廃止措置の過程で発生する放射性廃棄物を、安全に処理し、処分することへの貢献を目指し、ジオポリマー材料を用いた技術の適用を進めている。この技術は、放射性廃棄物をセメントに代わって安定に固形化するものである。

再生可能エネルギー・電力安定化分野では、メガソーラーの国内市場は、2014年度をピークにして減少傾向ではあるものの、いまだ 4GW 以上の建設需要があり、今後も設備の建設は継続していくと見込まれる。2015年度は EPC 案件として、とまこまい勇払メガソーラー（DC 出力 29.8 MW、AC 出力 21 MW）が 10月に竣工した。ここでは、屋外型の単機容量 1,000 kVA のパワーコンディショナ（PCS）を 21 台設置して、システムの高効率化を実現した。また、新たに空調システムとコンテナが不要な屋外型 555 kVA PCS を製品化し、高効率 PCS のシリーズを拡充した。風力発電では、大規模風力発電プロジェクトの着工・建設が見込まれる。

燃料電池分野では、再生可能エネルギーの“固定価格買取制度”（FIT）の対象となる下水消化ガス仕様のりん酸形燃料電池を 8 台納入した。富士電機の東京工場に設置した燃料電池は、新たな機能として、クリーンで CO₂ 濃度が高い排気を近設の植物工場実験施設に供給できるようにし、イチゴ栽培に利用する実験を 2016 年 10 月から行う予定である。海外では、協力関係にあった N2telligence 社に出資し、排気が低酸素空気であることを活用してドイツを中心に拡販を目指している。さらに、高発電効率の固体酸化物形燃料電池システムの実現を目指し、2014年度から国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）のプロジェクトに参画し、数十 kW 機の開発を進めている。

火力・地熱プラント

① インドネシア・カモジャン地熱発電所 5号機向け蒸気タービンおよび発電機

インドネシア・カモジャン地熱発電所において、富士電機は2007年に4号機向けに蒸気タービン・発電機を納入している。今回、新たに5号機（送電端出力35MW）向けに機器の供給および据付け・試運転の指導業務を受注し、2015年7月に引渡しを完了した。

5号機では、軸流排気式タービンとローレベル直接接触式復水器の構成を採用している。軸流排気式のタービンは、下方排気式と比較して建屋の高さを低くすることができ、さらにローレベル式の復水器と組み合わせることで、深い排水ピットの掘削も不要となる。引渡し納期は契約後23か月であり、同じ容量における標準的な納期と比較して約1か月短い。しかし、この機器構成により土木建築工期を短縮することで、納期内の引渡しを達成した。

図1 蒸気タービンおよび発電機



② カナダ・クイーンエリザベス発電所向け蒸気タービンおよび発電機

富士電機は、電力会社のサスクパワー社が行ったカナダ・サスカチュワン州のクイーンエリザベス発電所の拡張工事向けに、出力99.9MWの蒸気タービン・発電機を納入した。

この工事は、既設のガスタービン3台の構成に対してガスタービンを3台、廃熱回収ボイラを6台、蒸気タービン・発電機を1台追加し、6-6-1構成の複合火力発電設備とする拡張であり、2015年9月から営業運転を行っている。

複数のガスタービン・廃熱回収ボイラと、富士電機の蒸気タービン・発電機との組合せにより、きめ細かな負荷調整が可能な発電設備であり、地域の電力需要の変動に対応している。

図2 拡張工事中のクイーンエリザベス発電所



③ 日本製紙石巻エネルギーセンター株式会社 石巻雲雀野発電所 1号発電設備

富士電機は、2015年に株式会社IHIから日本製紙石巻エネルギーセンター株式会社 石巻雲雀野（ひばりの）発電所1号発電設備設置工事において、蒸気タービン・発電機と電気・制御設備の設計、調達、製作、据付けを受注した。本発電設備の発電端出力は149MWであり、富士電機は実績が豊富な1気筒再熱再生復水タービン（軸流排気型）と空気冷却式発電機を納入する。本発電設備は、日本製紙株式会社と三菱商事株式会社が設立した日本製紙石巻エネルギーセンター株式会社が計画を進めてきたもので、日本製紙株式会社 石巻工場の南側の敷地に石炭・バイオマス混焼火力発電設備を設置する。

石巻の復興のシンボルとして期待されており、2018年3月に運転開始を予定している。

図3 石巻雲雀野発電所 1号発電設備の完成予想図



火力・地熱プラント

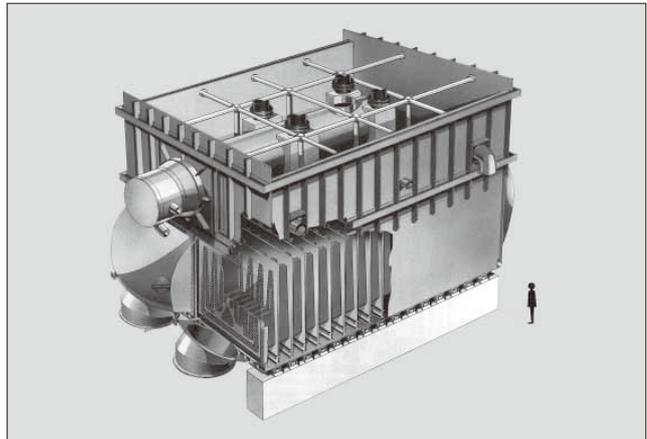
④ 海水リーク診断システム「細管リークバスター」

復水器における海水リークは、細管腐食や細管への異物衝突などにより発生し、発電設備に重大な障害を引き起こす。近年では設備の老朽化に起因する海水リークが多発する傾向にある。

富士電機は、海水リークの発生を即時にオンラインで検出し、細管群の中からリーク箇所を短時間で特定する機能を備えた海水リーク診断システム「細管リークバスター」を開発した。本システムは、検出精度を高めた構成であり、数分以内でリークの有無を検出することができる。さらに、ヘリウムを用いた検出方法によって、短時間でリーク箇所を特定できる。これにより、被害を最小限に抑えることができる。

本システムに用いた検知技術は特許出願中である。

図4 診断対象となる表面式復水器の例



原子力

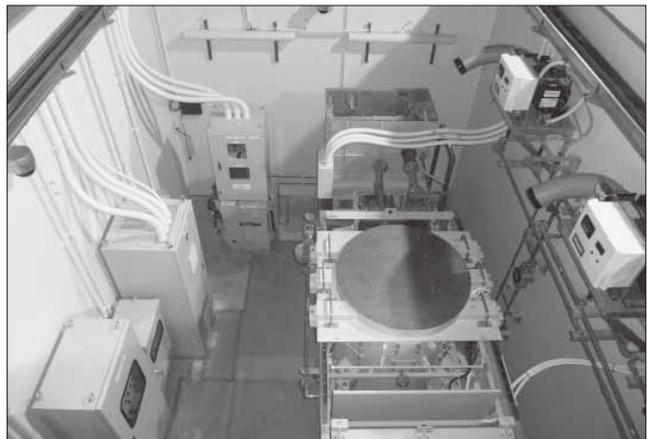
① 海水放射線モニタ

富士電機は、東京電力ホールディングス株式会社 福島第一原子力発電所の周辺における海洋モニタリング設備を開発し、納入した。

海水放射線モニタは、海水中の汚染の主要核種であるセシウム134、セシウム137およびβ線核種の放射能濃度を連続して測定・監視する装置である。この装置は、海水をくみ上げる取水ポンプ、海水中の砂を除去する各種フィルタ、海生生物の成長を抑制する紫外線殺菌装置およびβ線・γ線モニタから構成される。防波堤の突端に設置されることから、装置を取納するカバーには水密性はもちろんのこと、荒天時の波にも耐えられる構造としている。

2015年4月に連続モニタリング運用を開始し、実測データが顧客のホームページで公開されている。

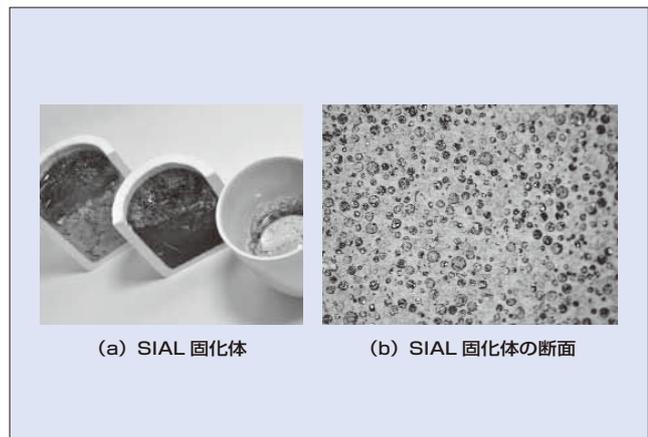
図5 海水放射線モニタの内部全景



② 放射性廃棄物固化化技術

放射性廃棄物の固化化・安定化技術として、ジオポリマーが注目されている。富士電機は、世界で唯一の商用化されているジオポリマーである、英国 AMEC F&W 社の“SIAL”を使って、国内の原子力プラントで発生する放射性廃棄物の安定化技術に取り組んでいる。セシウムイオンやコバルトイオンを吸着させたイオン交換樹脂の模擬廃棄物に対して、廃樹脂減容安定化処理装置「Fuji Resin Reducer」で処理した残渣（ざんさ）を SIAL で固化化して評価した。その結果、セメントで固化化したものに比べ、同等以上の圧縮強度を持ち、内包したセシウムやコバルトなどの水への浸出が2桁以上少なくなることを確認した。原子力発電所などから発生する種々の廃棄物への適用性評価を進めている。

図6 SIAL 固化体と断面



再生可能エネルギー・電力安定化

① とまこまい勇払メガソーラー発電所 (AC21 MW) の構築

富士電機は、丸紅株式会社出資のとまこまい勇払メガソーラー株式会社から総出力 AC21 MW の太陽光発電所の元請工事を受注した。2014年4月の現地着工から535日間無事故・無災害で完工し、2015年10月に営業運転を開始した。事業用地は苫東工業団地に隣接し、新千歳空港に進入する航空路の直下に位置する。A、B、Cの3か所に分かれた約48haの敷地に、114,440枚の太陽電池を配置した。DC29.8 MW の出力を単機容量 1,000 kW のパワーコンディショナ (PCS) 21 台により交流に変換し、変圧器で昇圧して北海道電力株式会社の 66 kV 送電線に連系している。本事業は、顧客が経済産業省の“固定価格買取制度”を利用して行う 20 年間の売電事業である。

図7 とまこまい勇払メガソーラー発電所 A、B 地区全景



燃料電池

① 東京工場本館向け燃料電池

富士電機 東京工場の本館に、出力 100 kW の燃料電池を設置した。この燃料電池から出力する電力は、太陽光発電や蓄電池とともに自立系統を構成しており、停電時にも重要負荷への給電が可能である。発電時に発生する高温排熱 (90℃温水) は吸収式冷凍機で冷水にし、中温排熱 (50℃温水) とともに本館の空調に利用している。また、燃料電池の排気はクリーンで CO₂ 濃度が高いため、これを近接の植物工場実験施設へ送り、イチゴ栽培に利用する実験を 2016 年 10 月から行う予定である。

本設備は、一般社団法人 都市ガス振興センターのガスコージェネレーション推進事業費補助金を利用したものである。

図8 東京工場に設置した燃料電池



② 常圧型固体酸化物形燃料電池

富士電機は、現在販売中の発電出力 100 kW のりん酸形燃料電池 (PAFC) に加え、常圧型の固体酸化物形燃料電池 (SOFC) を開発中である。数十 kW 規模の業務用コージェネレーションシステムを想定し、2014 年度から国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) のプロジェクトである“固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発”に参画し、開発を進めている。2015 年度までに 10 kW 規模の SOFC モジュール検証機を製作し、性能評価を実施した。その結果、NEDO の目標である DC 発電端効率 55% 以上 (AC 発電効率 50% 相当) を達成した。今後、50 kW 級実証機の設計と製作を行い、フィールド実証を実施する計画である。2018 年度の市場投入を目指している。

図9 固体酸化物形燃料電池



社会インフラ



エネルギーマネジメント

展望

東日本大震災以降、中長期のエネルギーバランスや電源立地を見直すエネルギーミックス、電力システム制度改革などにより新たなエネルギー供給のあり方が検討され、さまざまな変化が起き始めている。この変化によって生じる電力供給システムに関する新たな課題に対し、それを解決する機能を持つシステムが求められている。また、エネルギー市場の変革により、新電力を中心に新規参入事業者のさまざまなサービスが始まっている。

一方、国土強靱（きょうじん）化において、徹底した防災・減災対策や老朽化対策を強力に推進する方針が示され、その一環として、ダムや水門設備の整備および自治体などによる防災拠点の整備が本格化してきている。

エネルギーマネジメント分野では、富士電機は、主に次に示すシステム・装置の開発と展開を行っている。

- (a) 電力システムの監視制御システムや配電自動化システム
- (b) 系統保護リレー
- (c) 遠方監視制御装置（テレコン）
- (d) 電力系統解析シミュレータ
- (e) ダム管理システム
- (f) 蓄電制御システム
- (g) エネルギーマネジメントシステム（EMS）

現在、大きな市場の動きに対応し、一般電気事業者や自治体など従来の顧客には、既存のシステムの高度化を提案している。新電力をはじめとする新規顧客向けには、これまで培ったシステム技術を活用した新たな取組みを行っている。2015年度の主な取組みは次のとおりである。

2016年4月からの電力の小売完全自由化に対応して急激に増加している新電力向けに、“計画値同時同量制度”などの新制度に対応した電力の需給運用を支える需給管理システムを開発し、株式会社エヌ・ティ・ティ・データおよび株式会社協和エクシオとの協業にて、クラウドサービスを開始した。今後もサービスメニューを拡大し、ネガワット市場への対応やバーチャルパワープラント（VPP）などに対応したサービスの展開を目指す。

また、2020年以降の発送電分離に向け、新規事業を検討する事業者が現れてきている。その一つとして、電力品

質の確保や予備力の一部を担うアンシラリーサービスを指向する住友商事株式会社向けに、九州の離島（甌島）で技術検証を行うリユース蓄電池システムを納入した。今後、蓄電池を活用したサービスの事業性評価を行い、蓄電制御システムの展開を目指す。

一般電気事業者では、再生可能エネルギーの導入量の増加に伴い、系統安定化や余剰電力対策などのニーズが顕在化してきている。

これらのニーズに対し、北海道電力株式会社管内にて、住友電気工業株式会社向けに電力品質の確保や余剰電力対策を行う大規模蓄電池（60MWhレドックスフロー電池）の大容量交直変換装置やバンク間調整を行うバンクコントローラを開発し、納入した。

また、中部電力株式会社向けには各種分散型電源を模擬し、系統安定化解析やスマートグリッド制御の評価を行うハイブリッド型の電力系統解析シミュレータを納入した。

太陽光発電などの分散型電源の増加に伴う配電線の電圧上昇問題に対しては、SiC（炭化けい素）デバイスを用いた次世代電圧調整機器（SVC）の開発、ならびに集中電圧制御システムによって配電系統全体の電圧を把握し、電圧調整機器を最適に制御する機能の高度化開発を行っている。

電力安定化においては、蓄電技術に大きな期待が掛かっている。独立行政法人製品評価技術基盤機構（NITE）では、蓄電システムを検証する世界最大の施設が構築された。そこに蓄電池検証用システムとして、500kWhの大型リチウムイオン電池設備を納入した。

自治体や国土交通省、農林水産省などでは国土強靱化の方針の下、管轄のダムや水門の整備が進んでいる。富士電機は、北海道開発局の漁川ダムや広島県の野呂川ダム、沖縄県の金城ダム、独立行政法人水資源機構の比奈知ダム、関西電力株式会社の小屋平ダムにダム管理システムを納入した。

今後もエネルギー制御の最新技術を維持し、エネルギーの安定供給ならびに安全・安心な社会の実現に貢献していく所存である。

エネルギーマネジメント

① 新デジタル形送電線保護リレー装置

高い性能と品質を確保した新デジタル形送電線保護リレー装置を開発した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 回線選択リレーと距離保護リレーを同一ハードウェアで構成し、装置構造の標準化を図った。
- (2) 主演算部にユニット型デジタルリレーを採用し、入出力部の周辺ユニットと合わせてパッケージ化したことにより、ユニットごとの交換が可能である。
- (3) デジタルリレー部の高性能化とコンパクト化を実現し、信頼性と保守性を向上させた。
- (4) Web機能の搭載によりヒューマンインタフェース機能を向上させた。また、ユニットの前面で運用状態などの基本的な情報を確認できる。
- (5) JEC-2501-2010に準拠した耐ノイズ性能を実現した。

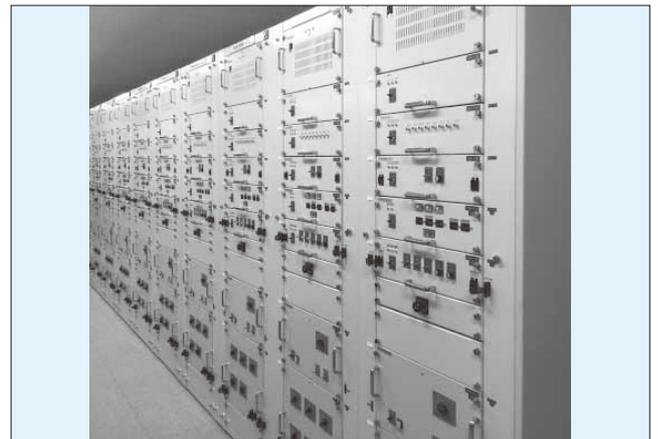
図1 新デジタル形送電線保護リレー装置



② 中部電力株式会社向け電力系統解析シミュレータ

近年、IPネットワーク技術を適用した変電所の情報通信デジタル化が検討されている。富士電機は、電力系統の変電所などに幅広く導入可能な IEC 61850/IEC 61588 準拠の IED (Intelligent Electronic Device) を使用して、デジタルネットワーク化された変電所およびオンライン計測情報を基にした電力系統制御システムを模擬できる系統シミュレータを開発した。制御演算ロジックの入力に各モデルの IED から収集した監視値を使用し、制御演算結果を制御指令値として IED へ出力する。さらに、新規に開発したスマートグリッド制御模擬サーバにより、系統全体の潮流を監視して潮流の自動制御を行うシステムを模擬し、次世代の系統安定化解析を可能とした。なお、自動制御ロジックはユーザが任意に作成できる。

図2 電力系統解析シミュレータ (多機能発電機モデル)



③ 北海道開発局向け漁川ダム放流設備制御装置

富士電機は、2016年3月に北海道開発局札幌開発建設部向け漁川ダム放流設備制御装置を納入した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 制御機能を担う演算処理装置は、装置の二重化により信頼性が向上した。装置間通信には、一般社団法人日本電機工業会のオープンネットワーク規格に準拠した汎用プロトコルの FL-net を採用しており、他社の機側操作盤とも接続できるオープン化を実現した。
- (2) 恵庭市の有明事務所と光ファイバケーブルで結び、利水ゲートの遠隔操作制御を実現した。
- (3) 自動音声ガイダンスによる操作支援、異常の要因別にグループ分けした電話通報、ユニバーサルデザインの採用など、マンマシンインタフェースの高度化を実現した。

図3 漁川ダム管理支所のダム放流設備制御装置



エネルギーマネジメント

④ 甌島リユース蓄電池システム

鹿児島県薩摩川内市の甌島（こしきしま）において、電気自動車（EV）の使用済みバッテリーを用いたリユース蓄電池システムを構築し、施主の住友商事株式会社への納入を経て実証事業での運用が開始された。出力は400kVA×2台、蓄電池容量は約600kWh（実効容量）である。

再生可能エネルギーの接続制限がある島内で、複数の発電事業者を通信ネットワークでつなぎ、一つの蓄電池で効率よく出力変動を抑制して接続可能容量の最大化を図る。設備をコンパクト化し、省エネルギーと無人運転・遠隔監視を実現する最新技術を盛り込んでいる。EVの普及で大量に排出される蓄電池を再利用し、再生可能エネルギーの問題を解決する環境に優しい事業モデルである。エネルギーの地産地消を目指す自治体などへの導入が期待される。

図4 甌島蓄電センターの外観



⑤ NITE 向け大型リチウムイオン電池設備

独立行政法人 製品評価技術基盤機構（NITE）向けに500kW/500kWhの大型リチウムイオン電池設備を開発し、納入した。NITEはグローバル認証基盤整備事業の一環として、メガワットクラスの大型蓄電池システムに対して試験評価が可能な世界最大規模の複合型施設を建設した。納入した大型リチウムイオン電池設備は四つの号機からなる試験設備の一つである。主な特徴は次のとおりである。

- (1) コンテナ格納形式であり、柔軟な構成が可能である。
- (2) 複数メーカー、多機種のパワーコンディショナ（PCS）やリチウムイオン電池との連携運用が可能である。
- (3) 自立、自立並列、連系などの状態で、高速、高効率、大容量の運用が可能である。
- (4) 将来の国際規格を見据えた高い安全性を実現している。

図5 大型リチウムイオン電池設備の外観

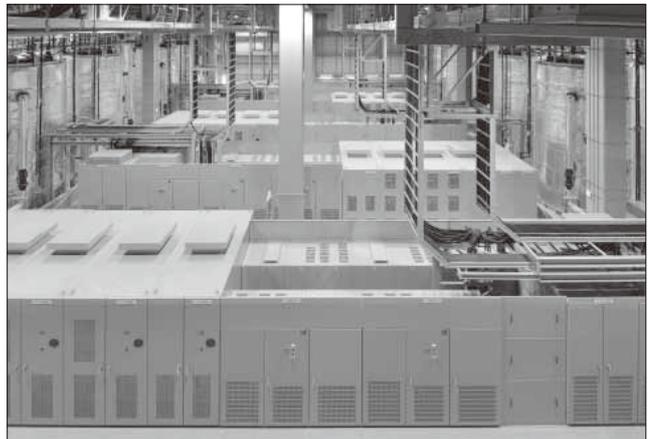


⑥ 南早来変電所向け系統安定化用大容量交直変換装置

風力発電や太陽光発電の発電出力は、天候に依存して不規則な変動が生じる。このため、電力系統への導入拡大に伴って周波数などの電力品質への影響が懸念されている。

富士電機は、住友電気工業株式会社から、世界最大級の60MWhレドックスフロー電池による系統安定化実証設備のうち2.5MVA×13バンクの大容量交直変換装置とバンクコントローラを受注し、2015年12月に北海道電力株式会社 南早来変電所に納入した。周波数の変動を検出して高速に充放電を行うガバナフリー相当制御、中央給電指令所システムからの余剰電力（下げ代）対策運転、電池状態に基づくバンク最適起動、バンク間出力配分制御などに対応している。今後の実証試験においては、発電出力の変動に対する新たな調整力としての成果が期待されている。

図6 大容量交直変換装置の設置状況

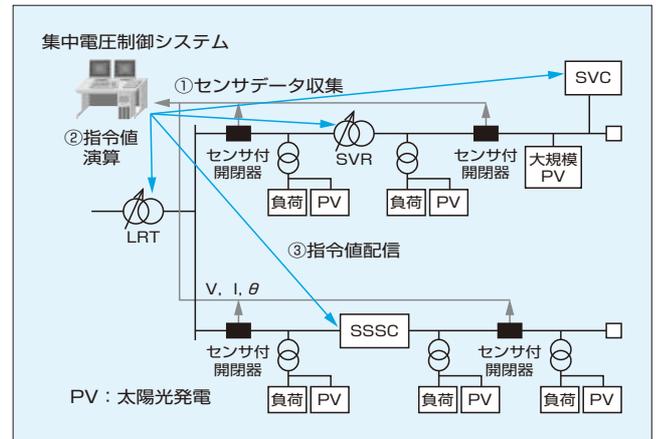


エネルギーマネジメント

⑦ 配電系統向け集中電圧制御システム

太陽光発電が配電系統に大量に導入されると、電圧が適正範囲を逸脱する恐れがある。この課題の克服のため、富士電機はSiCデバイスを適用した次世代電圧調整機器（静止型無効電力補償装置：SVC）、および集中電圧制御システムの開発を進めている。集中電圧制御システムとは、センサ付開閉器の計測情報を基に、配電系統全体の電圧を適正範囲内に収める指令値を演算し、配電系統内の電圧調整機器をリアルタイムで制御するものである。従来の負荷時タップ切換変圧器（LRT）、自動電圧調整器（SVR）のほか、新たにSVCや静止型同期直列補償装置（SSSC）といった次世代電圧調整機器を制御対象に加えることで、高い電圧維持性能を実現した。本件はNEDOの“分散型エネルギー一次世代電力網構築実証事業”にて実証を進めている。

図7 集中電圧制御の概念



産業インフラ

変電システム
産業プラント
産業計測機器



展望

変電システム

変電システム事業は、電力、産業、交通の各分野向けに、受変電設備や大容量パワーエレクトロニクス（パワエレ）装置により、信頼性向上、高効率化、環境対応などのソリューションビジネスを展開している。アジアではインフラ拡大の期待に応えるため、電力用変圧器や開閉装置の生産拠点としてタイに富士タスコ社と富士電機マニュファクチャリング（タイランド）社を立ち上げた。販売、エンジニアリング、生産の拠点を持つ現地完結型事業を展開するため、エンジニアリング拠点の強化にも注力し、体制の構築を進めている。

電力分野では、安定して信頼性の高い電力供給を支えるために、国内の火力発電所向けに 300 kV ガス絶縁開閉装置（GIS）を納入した。

産業分野の施設電機関連では、安定操業を確保するための既設設備の更新を行った。老朽化した設備に対して設備診断などの保全サービスにより、信頼性向上への提案を積極的に行っている。また、環境、省エネルギー（省エネ）、省メンテナンスに配慮した機器を積極的に提案している。産業電源関連では、電力品質の改善への要求が高まる中、国内の電炉メーカーに、系統電圧の変動抑制のための大容量自励フリッカ補償装置を納入した。

交通分野では、安定輸送を確保するための既設変電所の設備更新を行うとともに、地下鉄の新線向けに、電力供給設備および電力管理・動力監視システムを納入した。

産業プラント

国内では、素材系産業を中心に老朽化した設備に対する更新投資および競争力強化のための合理化投資が、過年度に引き続き堅調である。加えて、組立・加工産業の一部では、サプライチェーンの見直しの一環として設備増強（国内回帰）も数多く計画されている。一方、海外では、中国市場の減速に伴う供給過剰や資源価格の下落を受けて設備投資を見直す動きもあるが、基本的にはアジアを中心として設備投資は拡大傾向にある。

産業プラント事業は、駆動制御技術、計測制御技術、機

電技術、環境技術ならびに情報技術をコアとして、生産設備の安定稼働とエネルギーの有効利用を実現する製品・システムを展開している。

鉄鋼・非鉄分野では、ドライブシステムの高度化・情報化対応を支える産業用ドライブの新制御装置を開発し、順次製品への搭載を開始した。また、エンジニアリング効率と品質の向上のため、既存ソフトウェアを最新システムで動作させるためのコンバータや各種制御システムパッケージを開発し、導入を進めている。

化学分野および食品分野では、末端消費財の多様化ニーズを受け、最終製品を製造する設備への投資が増加している。分散型制御装置「MICREX-NX」「MICREX-VieWXX」とパソコンを組み合わせて、バッチ制御、レシピ管理、トレーサビリティ機能など、顧客の要望に応えたソリューションを提供している。

ごみ処理分野では、既設制御システムの更新に加え、顧客の事業統合を受けた設備の新設も増加している。更新では顧客のソフトウェアなどの既存資産を最大限に活用し、新設では最新システムの新機能を活用して顧客設備の運用やライフサイクルコストを最適化している。

流通システム分野では、独自のアルゴリズムにより冷凍機の稼働を最適化する冷凍冷蔵倉庫向け省エネルギーシステムを開発し、発売した。このシステムにより、年間の消費電力量を 12% 以上削減することが可能である。

近年、建設が拡大しているデータセンターでは、サーバの高性能化・高密度化が進み、冷却のための空調消費電力の低減が課題になっている。そのソリューションとして、間接外気空調ユニット「F-COOL NEO」を採用した寒冷地向け超高効率データセンターを開発し、納入した。冬季に降った雪氷を集めて断熱保管を行い、夏季にその融解熱の冷熱を利用することにより、汎用空調機を用いた場合に比べて年間の空調消費電力を 60% 低減できる。

国際条約（MARPOL 条約）によって CO₂ 削減と環境影響物質（NO_x、SO_x、PM）削減の要求がある。SO_x・PM 規制に対応する船舶用排ガス浄化システム（サイクロン式 SO_x スクラバ）を開発し、一般財団法人 日本海事協会と

今治造船株式会社の共同研究（対象：新造船主機関）に供試した。海洋環境保全への貢献と海運業界の課題である事業コストの削減を目指す。

産業計測機器

産業計測機器事業は、計測機器・センサ、放射線機器・システム、工業電熱を提供しており、顧客における環境対策、省エネ、安全・安心の実現、ならびにIoT時代のセンサプラットフォームとネットワークセンサの整備に取り組んでいる。

計測機器・センサ分野では、環境・省エネ分野に特徴ある製品を展開している。液体の流量計測においてコリオリ式流量計に匹敵する精度を持つスプール形超音波流量計「FST」を開発し、発売した。今後、口径種の拡充や防爆認証の取得、通信機能などアプリケーションに合わせた仕

様を追加していく。また、超音波計測技術を使った省エネ用途のガス・蒸気流量計や用途別応用製品の開発を推進していく。

放射線機器・システム分野では、海外市場に向けた新型個人線量計の製品開発を行うとともにプロセスモニタの技術開発を推進してきた。今後は、海外市場向け線量計のシリーズ化やプロセスモニタの製品開発を完了させ、市場に投入していく。また、環境線量管理を中心にサービス事業の開発や廃炉関連向けモニタの技術開発を推進していく。

工業電熱分野では、高効率・コンパクトな新型溶解炉の系列化を行った。今後、国内・海外への展開を加速する。また、厨房（ちゅうぼう）機器用途を中心とする5kW以下の小型IHインバータの系列拡充を行い、新用途も含め展開していく。

変電システム

① 東京都交通局 新宿線 江戸川特高受電変電所電気設備の更新

江戸川特高受電変電所は、東京電力66kV 2回線を受電し、22kV 直流き電変電所と6.6kV 駅電気室へ各3回線を送電する。富士電機が納入した主要機器は、72kV・24kV 開閉装置、15MVA 受電用・4.45MVA 整流器用・5MVA 高圧配電用の特高変圧器、純水沸騰冷却式シリコン整流器および直流1,500V・7.2kV 閉鎖配電盤である。

- (1) 72kV・24kV 開閉装置は、ガス絶縁C-GISの採用により、コンパクト化を実現している。
- (2) 特高変圧器は、安全性・防災性に優れたSF₆ガス絶縁を採用している。
- (3) 隣接変電所との22kV・6.6kV・DC1,500V 送電システムの相互電力融通を可能とし、電車の安全・安定輸送を実現している。

図1 24kV C-GIS と直流1,500V・7.2kV 閉鎖配電盤



② 西日本旅客鉄道株式会社 摩耶駅 直流電力変換装置

西日本旅客鉄道株式会社に直流電力変換装置を納入した。本装置は、直流1,500Vを単相200Vに変換するものであり、電車がブレーキをかけたときに発生する回生電力を駅の照明などの電源として有効に活用することで省エネルギー化を実現する。西日本旅客鉄道株式会社で初の導入である。本装置は、直流高速度遮断器、インバータ装置、保護装置、簡易遠方監視制御装置および蓄電池制御盤で構成される。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 屋外用閉鎖配電盤構造であり、保守性に優れている。
- (2) 長年培った回生電力吸収装置のノウハウを生かし、信号系や通信系に影響を及ぼさないよう制御している。
- (3) 逆潮流防止機能を持つ。

図2 直流電力変換装置



変電システム

③ 東北電力株式会社 新仙台火力発電所第3号系列向け 300 kV GIS

富士電機は、東北電力株式会社 新仙台火力発電所第3号系列向けに特別高圧電気設備として、300 kV ガス絶縁開閉装置（GIS）を納入した。

津波への対策のため大規模な鉄鋼製の架台を設け、その上に GIS を据え付けている。この配置に当たっては、事前に GIS を含めて強度解析を行い、十分な強度と安全性が確保できることを確認している。富士電機の 300 kV GIS はアルミニウムタンクを採用した軽量型であり、この特長を耐震設計に生かしている。

新仙台火力発電所の第3-1号は2015年12月に営業運転を開始しており、第3-2号は2016年7月に営業運転を開始する予定である。

図3 新仙台火力発電所 300 kV GIS



④ 花王サニタリープロダクツ愛媛株式会社向け 72 kV Eco C-GIS

花王サニタリープロダクツ愛媛株式会社の 66 kV 特高受電設備更新工事において、72 kV Eco C-GIS を納入した。既設のブッシング引込を、更新後はケーブルヘッド設置によるケーブル引込とし、停電時に既設の受電ブッシング部からケーブルヘッドに分岐することにより短時間の切替工事が可能になった。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 絶縁ガスは従来の SF₆ に代わり乾燥空気（ドライエア）を使用しているため、環境面で無害である。
- (2) 内部点検時や撤去時に SF₆ の回収作業が不要であるため、費用削減および工期短縮が可能である。
- (3) 絶縁ガスの圧力が大気圧まで低下した場合でも、系統電圧における絶縁性能を確保している。

図4 72 kV Eco C-GIS

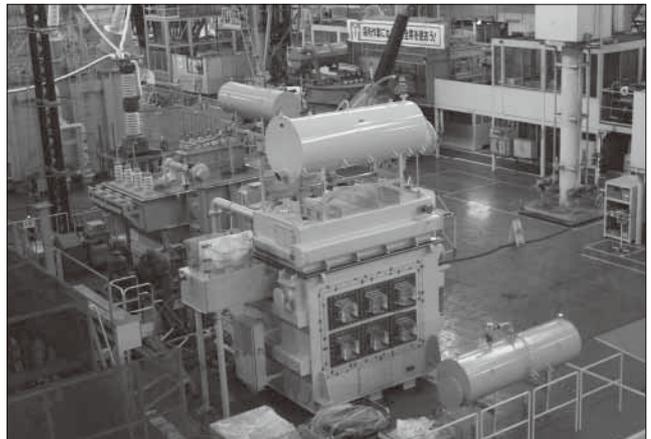


⑤ 米国向け既設他社製整流器用変圧器の更新

米国の某社向けに他社製整流器とクローズカップルをさせた整流器用変圧器について、容量アップを伴う更新案件を受注した。変圧器の容量は約 26 MVA であり、直流電流出力は 36 kA の 2 台で構成される。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 既設の整流器と接続するに当たり、富士電機独自の同相逆並列接続技術によるローカルヒート対策が適用できないため、三次元磁界解析を実施して、2次大電流導体およびそのダクト部構造の最適化を図った。
- (2) 既設の変圧器に対して約 10% の容量アップとなるが、現地における配置上の制限の課題を解決するために設計検討を実施し、最適配置および変圧器本体のコンパクト化を図り、既設変圧器と同等の平面寸法を達成した。

図5 整流器用変圧器



変電システム

⑥ 三興製鋼株式会社向け製鋼用大容量自励式フリッカ補償装置

2015年12月にスチールプラント株式会社を経由し三興製鋼株式会社向けに製鋼用大容量自励式フリッカ補償装置を納入した。電気炉の操業による急峻（きゅうしゅん）な系統電圧の変動は、フリッカ障害を発生させる恐れがある。本装置は、系統電圧の変動を抑制することを目的とし、2多重変圧器とインバータから成る40MVAの装置および35Mvarのコンデンサ設備で構成される。特徴を次に示す。

- (1) 既設の大容量他励式フリッカ補償装置（他励容量90MVA、フィルタ容量78.5Mvar）を自励式フリッカ補償装置に更新することで、少ない設備容量で高いフリッカ補償性能を実現した。
- (2) コンパクトな縦型・薄型3レベル水冷式インバータを採用し、寸法制限のある既設電気室への設置を実現した。

図6 製鋼用大容量自励式フリッカ補償装置



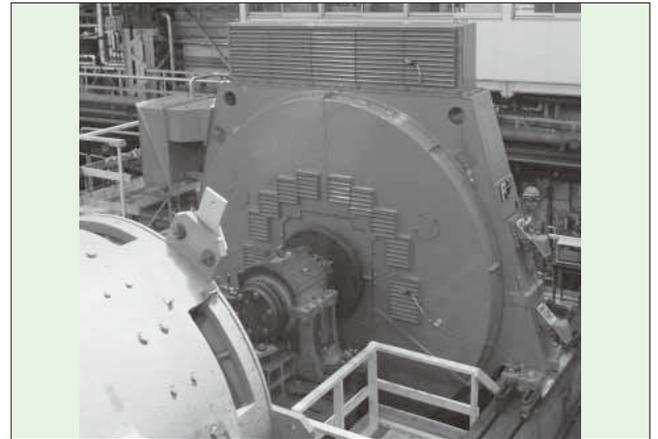
産業プラント

① 住友化学株式会社向けレシプロコンプレッサ用同期電動機

富士電機は、住友化学株式会社向けレシプロコンプレッサ用同期電動機の更新を行った。更新した電動機は、3kV 3,040kW 26極同期電動機と3kV 600kW 14極誘導電動機である。主な特徴は次のとおりである。

- (1) コンプレッサ軸に電動機回転子をオーバハンクさせて電動機側に軸受を持たない構造とすることで、コンパクト化を実現している。
- (2) 固定子巻線を分割巻線構造とすることで、始動電流を低減させている。
- (3) 主端子箱を分割型とすることで、固定子を移動するときケーブル末端処理が不要になり、メンテナンス性を向上させている。

図7 3kV 3,040kW 26極同期電動機（工場試験）



② CEマーク適合の「FRENIC-VGM」インバータ盤

海外の冷延鋼板プロセスライン向けに、CEマークに適合した「FRENIC-VGM」インバータ盤を製作し、納入した。

CEマークに適合させるためにはEN規格やIEC規格に準拠している必要があるが、これらの規格の接地システムの概念は国内規格と大きく異なる。また、CEマークの要求事項に従った盤の構造と盤内機器の使用が必要となるため、従来の基本仕様を大幅に見直した。

このインバータ盤について、EC指令に基づく規格適合性審査を富士電機で実施し、CEマーク適合の自己宣言を行っている。

EN規格やIEC規格に準拠したインバータ盤を製品のラインアップに加えることにより、電動応用プラントの海外における事業拡大に貢献する。

図8 「FRENIC-VGM」インバータ盤



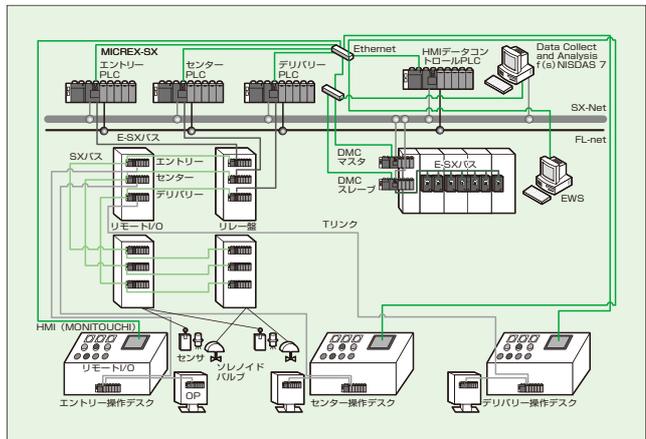
産業プラント

③ 連続式溶融亜鉛めっきライン電機設備

インドネシアの某社向けに連続式溶融亜鉛めっきライン電機設備を納入した。最新の制御システムを採用し、高性能・高信頼性を実現するとともに、保守性や操業可視化などの付加機能の向上を図った。主な特徴を次に示す。

- (1) インバータには「FRENIC-VGM」を、各セクションを統括するコントローラとインバータ制御用コントローラ（DMC）には「SPH3000MG」を適用し、ギガビット制御LAN「SX-Net」でネットワークを構築した。
- (2) DMCは1台で最大64台のインバータを制御し、保守ツールからEthernet経由で、DMCの統括監視・操作が可能である。
- (3) SX-Net上の「f(s) NISDAS 7」で、数千点のプラントデータの高速収集（1,024ワード/1ms）が可能である。

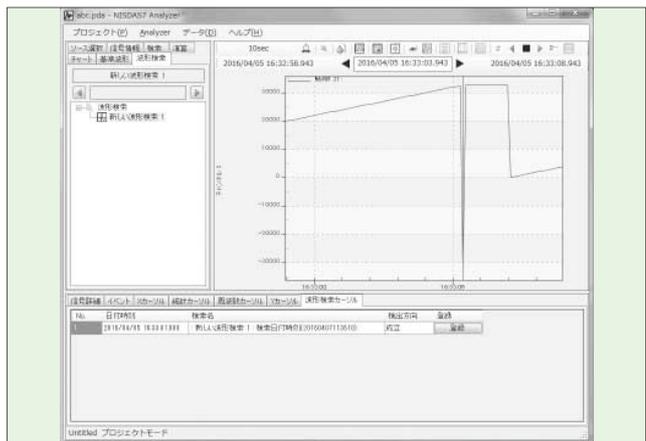
図9 システム構成



④ データ収集・解析支援パッケージソフトウェア「f(s) NISDAS 7」の新機能

富士電機では、設備の運転安定化や予防保全向けにデータ収集・解析支援パッケージソフトウェア「f(s) NISDAS 7」を販売している。今回、FL-net (OPCN-2) の共通メモリの値を収集する機能を追加した。FL-netは、PLC、ロボット・コントローラ（RC）、数値制御装置（CNC）などの制御装置（コントローラ）とパソコンの間の通信を実現するコントローラレベルのネットワークである。各通信ノードの変数名を登録することにより、簡単に信号を登録できる。変数名は「MICREX-SX シリーズ」の「SX-Programmer Expert」および「SX-Programmer Standard」の表記に対応している。また、解析機能に波形検索機能を追加した。この機能により、設備における特定の事象を簡単に検索でき、運転の安定化に寄与する。

図10 波形検出結果画面



⑤ JFE スチール株式会社 東日本製鉄所千葉地区第4製鋼工場 二次精錬設備電気・計装システムの更新

富士電機は、JFE スチール株式会社 東日本製鉄所千葉地区第4製鋼工場精錬プロセス制御システムにおける二次精錬設備電気・計装システムの更新工事を受注し、顧客との綿密な更新計画の立案・実行により無事に更新を完了した。

この更新では、「MICREX-IX」で構築された既設システム全体を「MICREX-NX」へ安全・安心かつ効率的に一括で更新するため、次に示す開発を行った。

既設システムの定義変更を行うことなく、TリンクのI/O伝送を分岐して更新システム側とのI/O並列稼働ができる仕組みを開発し、操業中の入出力状態を比較することで品質の向上を図った。また、上位プロセスコンピュータとの通信では、FL-net準拠のLANデバイスを開発し、従来のDPCS-Fと同様のシームレスな接続を実現した。

図11 千葉地区第4製鋼工場 二次精錬設備電気・計装システム



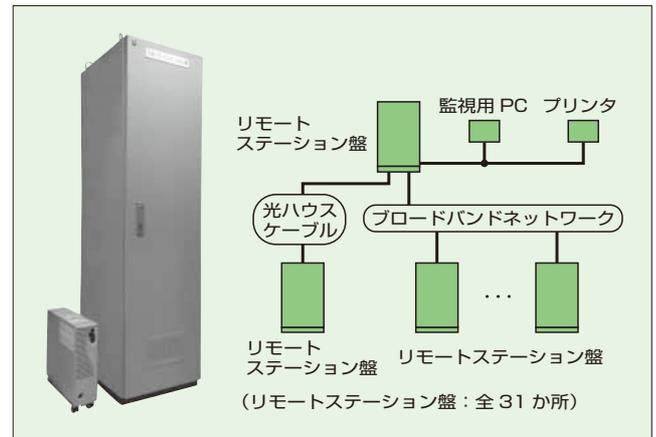
産業プラント

⑥ 成田国際空港第1ターミナル向け昇降機監視システム

富士電機は成田国際空港第2ターミナル向けに昇降機監視システムを納入しており、長年の安定した運用で高い信頼を得ている。このたび、同空港の第1ターミナル向け昇降機監視システムの更新工事を受注し、他社製の既設システムについて事前の調査を綿密に行うことにより、トラブルなく工事を完遂した。

ターミナルビル内に点在するエレベータ79台、エスカレータ88台、動く歩道33台について、近傍に新設したリモートステーション盤(31か所)にて状態信号を収集し、LANを介して中央に設置した監視用PCで集中監視を行うシステムである。昇降機の通信方式がメーカー独自のものがあつたが、インターフェースを工夫することで対応した。適用したシステムは「FOCUS-SX」である。

図12 リモートステーション盤とシステム構成

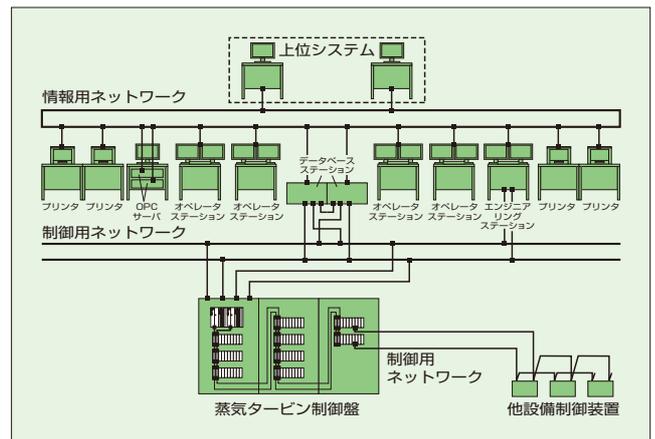


⑦ 発電プラント向け監視制御システム

富士電機は、高効率化を目的とするコンバインドサイクル発電プラント向けに、蒸気タービン発電機およびその監視制御を行うシステムを納入している。監視制御システムの主な特徴は次のとおりである。

- (1) システムの基幹となるコントローラ、データベースステーションおよび制御ネットワークの冗長化を図ることにより、信頼性の高いシステムを構築できる。
- (2) 蒸気タービン発電機が既設と連動して自動的に起動および停止するシステムとすることにより、コンバインド化に伴うオペレーション負荷の上昇を軽減できる。
- (3) 上位システムとのインターフェースにOPCを採用することにより、統合管理が容易なシステムを構築できる。

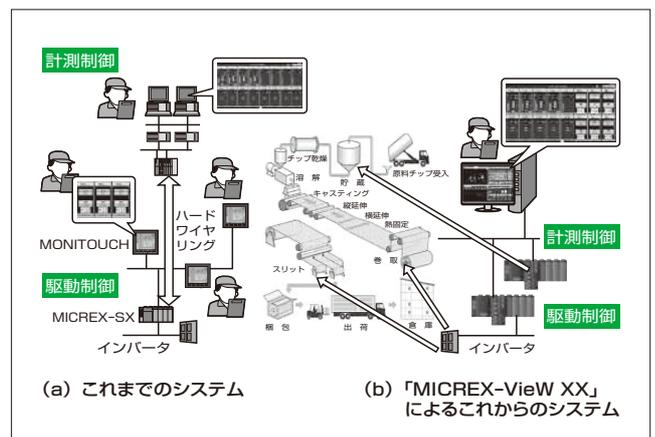
図13 システム構成



⑧ 化学プラント向け監視制御システムパッケージ

富士電機の監視制御システムの特徴の一つとしてEIC統合がある。今回、化学分野さらには医薬品・食品分野に展開するため、それぞれの分野で必要とする機能を、共通プラットフォームである「MICREX-VieW XX」において駆動制御と計測制御の一体化という観点から開発した。その機能は、統合ソリューションとしての電気機器フェースプレートと計測機器フェースプレートとの管理一体化、国際規格S88に対応したバッチ制御パッケージ、国際規格PART11に対応可能な電子記録・電子認証パッケージである。これらの三つの機能を軸に、駆動制御と計測制御のシームレスでコンパクトなシステムを市場に提供する。さらに、駆動と計測のデータ統合管理や設備の一元管理により、管理コストの削減を実現する。

図14 駆動制御と計測制御の一体化



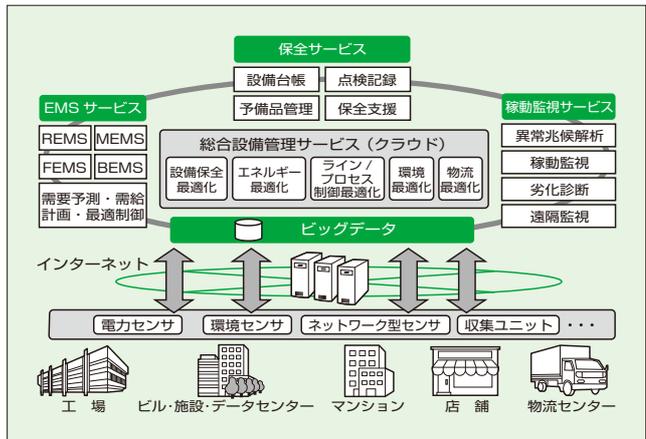
産業プラント

⑨ 総合設備管理サービスの機能拡充

富士電機は、設備ライフサイクルマネジメント環境を実現するクラウド型総合設備管理システムを開発し、サービスの提供を開始した。

2015年度は、先行してサービスを開始している“EMSサービス”に、新たに設備の“稼動監視サービス”“保全サービス”の機能を加え、一体化したクラウド型サービスを実現した。このクラウド型サービス環境を活用し、設備の稼動状況の把握、保全・点検の記録、エネルギーの計測を通じて、設備の劣化や故障の予兆診断、エネルギー効率の総合的な管理が可能となった。富士電機は、設備の導入から運用、更新までのトータルライフサイクルマネジメントを実現し、顧客の設備管理効率の最大化およびエネルギーコストの最小化の実現を強力にサポートする。

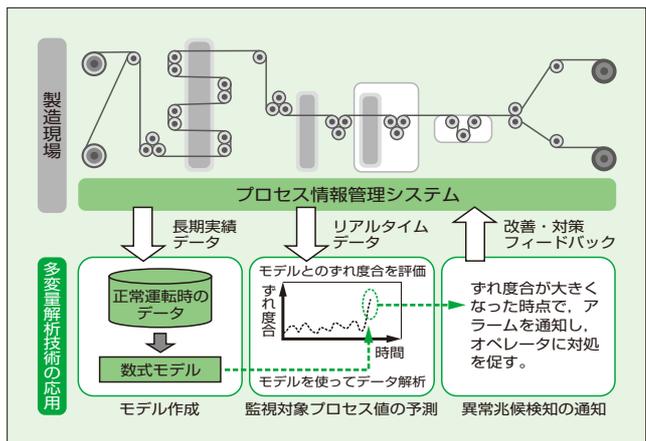
図 15 総合設備管理サービス



⑩ 多変量解析による異常兆候解析・劣化診断技術

本技術は、プラントの安定操作のために設備やセンサから日々発生する膨大なデータを用い、多変量解析を行うことによって異常兆候や設備劣化を検出するものである。一般的にプラントでは定期点検が実施され、重要設備では毎日点検が行われている。しかし、それにもかかわらず故障が発生してしまう場合がある。故障発生の兆候を捉えられない理由の一つは、瞬時のデータを見ていても全体が徐々に変化するケースを検出できないからである。そこで、月単位あるいは年単位の正常運転時の多変量データから数式モデルを作成し、長期的な視点で高精度な予測と異常兆候を検知する手法を開発した。実プラントの計測データに適用した結果、故障の数時間前あるいは数日前から異常兆候を捉えることができた。

図 16 異常兆候解析・劣化診断技術の概要



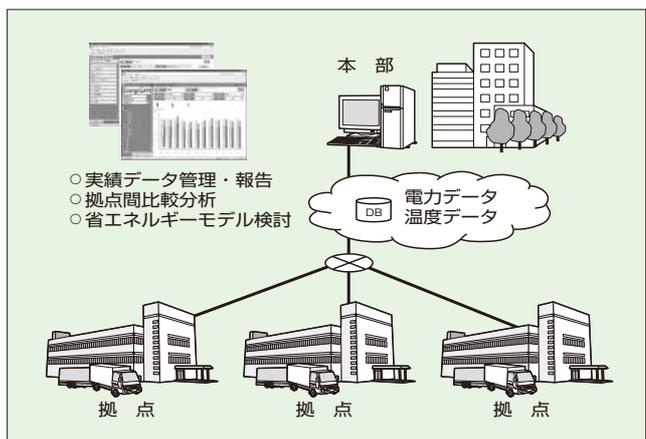
⑪ 要冷物流センター向け統合 EMS

冷蔵・冷凍食品を取り扱う要冷物流センターでは、大空間を所定の温度に保つために通常の物流センターに比べてエネルギーコストが大きく、これを効率的に削減することが望まれている。富士電機は要冷物流センター向けの統合EMSを開発し、エネルギー利用状況の見える化や省エネルギー(省エネ)のための支援サービスの提供を開始した。

- (1) クラウドシステムの利用により、初期導入コストや管理工数を抑制できる。
- (2) 複数拠点の一括管理が可能であり、拠点間比較による省エネノウハウの蓄積・共有を支援する。
- (3) 庫内の温度情報との突合せにより、センターの運用実態を踏まえた省エネ分析が可能である。
- (4) 拠点の規模に応じて見える化の範囲を設定できる。

関連論文：富士電機技報 2015, vol.88, no.3, p.191

図 17 要冷物流センター向け統合 EMS の概要



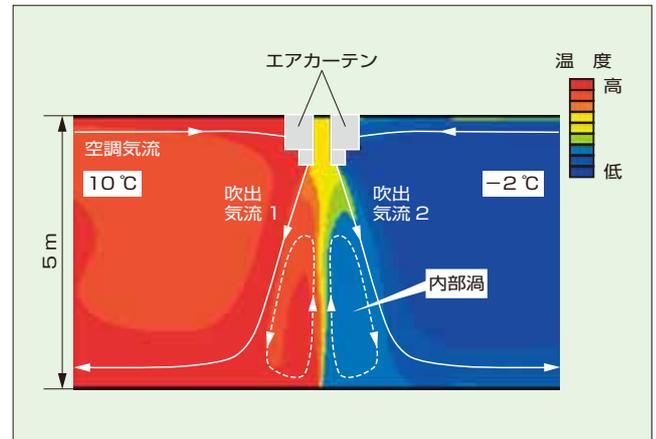
産業プラント

12 気流制御システム“ゾーニングエアカーテン”

要冷センターや植物工場など大空間の空調設備向けに、気流のみで室内空間の温度分割を行う気流制御システム“ゾーニングエアカーテン”を開発した。このシステムは、2台のエアカーテンを所定の間隔で設置し、それぞれの吹出気流のバランスによってエアカーテン間に内部渦を誘起させることを特徴としている。これにより、二つの吹出気流による空気遮断と熱移動が少ない内部渦により、従来に比べて45%向上という高い熱遮断効果を実現し、室内空間の温度分割が可能になった。

要冷センターの冷蔵倉庫を想定した環境でゾーニングエアカーテンについてシミュレーション解析を行い、断熱壁の代替として気流のみにより、室内空間を目標とする温度差10Kで温度分割ができることを確認した。

図18 温度分割のシミュレーション解析結果

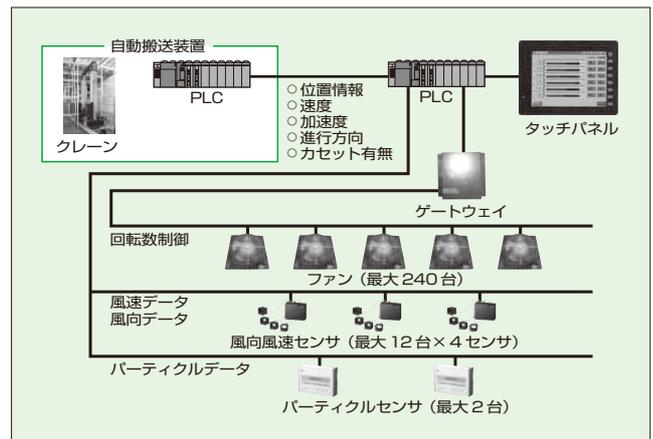


13 クリーンルーム用気流改善制御システム

クリーンルーム内でのじんあいの主な発生源は自動搬送装置の駆動部であり、自動搬送装置近辺の清浄度を維持することは製品の歩留りに大きく影響する。富士電機は、従来のクリーン技術にセンシング技術と制御技術を組み合わせることで、発じんの巻上りを抑制して素早く除去する気流改善制御システムを開発した。このシステムにより、省エネルギーな高浄度空間を構築できる。特徴を次に示す。

- (1) 自動搬送装置の位置情報や速度を取り込み、駆動部の近傍に設置したファンの回転数の自動制御を行い、巻上りを抑制する。
- (2) 鉛直方向の風速を常時監視し、巻上り発生の有無を学習することでファンの回転数を最適化し、ランニングコストの低減に貢献する。

図19 気流改善制御システムの概要

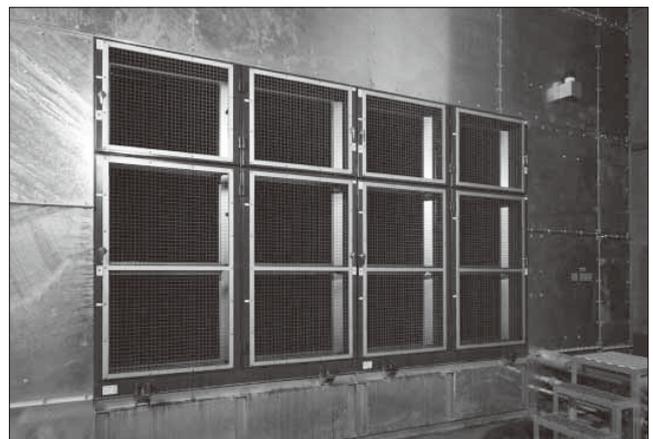


14 都市高速道路中央環状品川線向け大気浄化装置

都市中心部では、自動車交通が集中するため環状道路が建設され、高速道路の地下トンネル化が進んでいる。地下トンネルでは、トンネル内空気のSPMを電気集じん機で80%以上除去するとともに、脱硝装置でNO₂を90%以上除去し、換気塔から上空高く吹き上げて拡散させる。これにより、地下トンネル内と換気塔周辺の環境を維持して道路利用者や地域住民に安全・安心を提供している。

富士電機は西松建設株式会社と協業し、2009年に初めて首都高速中央環状新宿線に電気集じん機と脱硝装置からなる大気浄化装置を納入した。運用実績を踏まえて大気浄化装置を統合・スリム化し、狭い地下トンネル内への設置を可能とした。2015年に都市高速道路中央環状品川線に納入され、安全・安心の提供に貢献している。

図20 中目黒換気所電気集じん機

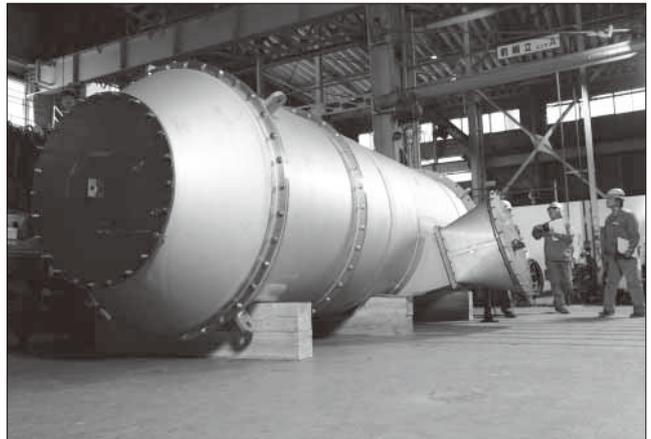


産業プラント

15 船舶用排ガス浄化システム（サイクロン式SO_xスクラバ）

船舶からの大気汚染を防止するため、国際条約（MARPOL条約）に基づき、排ガス規制が順次強化されている。富士電機は、SO_x・PM規制に対応する船舶用排ガス浄化システム（サイクロン式SO_xスクラバ）を開発した。本装置は、排ガス中にアルカリ水を噴霧し、その液滴にSO_xを溶解させて低減する。主な特徴を次に示す。

- (1) 容積で従来比50%以上縮小した業界最小サイズを実現し、一般財団法人日本海事協会・今治造船株式会社の共同研究（対象：新造船主機関）に供試した。
- (2) サイクロン式の採用により、装置内に渦流を生成し、SO_x低減率を98%以上に向上した。
- (3) SO_x溶解のモデル実験と流体シミュレーションを行い、圧力損失や液滴飛散率の低減を実現した。

図21 主機関9MW用SO_xスクラバ（直径2m、高さ6m）

16 株式会社北海道サラダパブリカ 植物工場プラント向け設備

株式会社北海道サラダパブリカ 太陽光利用型植物工場プラントは、約2.2haの栽培面積で国内最大規模のパプリカ生産拠点として北海道釧路市に建築中である。富士電機は、同プラントに複合環境制御システムをはじめ、植物への日射効率を向上するための入射光拡散型の温室被覆材、生産効率を上げられる2列並走型の栽培装置などを納入する。これらの設備により、最適な栽培環境を確保して単位面積当たりの収穫量で国内最大を目指す。運営面では、当地の冷涼な気候を生かし、他産地が供給困難な高温時期の安定出荷および周年供給で高単価取引を実現させる。

今後は、本プラントで得る栽培環境技術および栽培事業運営に関するノウハウや大規模植物工場のEPC実績を基に、植物工場プラント事業の拡大を目指す。

図22 植物工場プラント（建設状況）



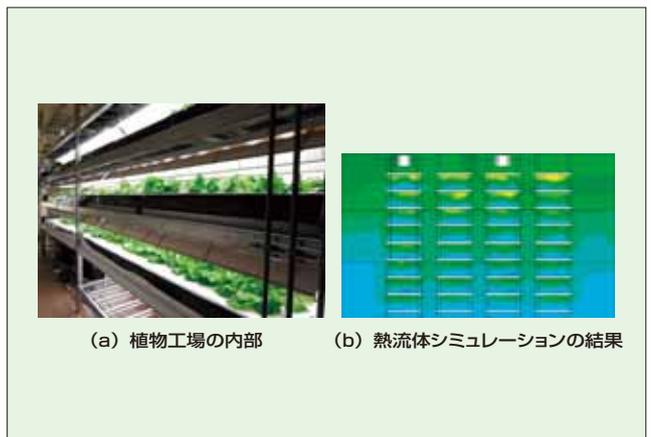
17 完全人工光型植物工場の空調設備

近年、食品の安定供給が重要視される中、季節や天候に左右されず、多段栽培も可能な完全人工光型植物工場が脚光を浴びている。

富士電機は、熱流体解析技術を駆使し、作物の安定生産にとって特に重要となる施設内の温度均一化を実現した完全人工光型植物工場の空調設備を某社に納入した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 植物の蒸散作用と照明の発熱負荷を考慮した熱負荷計算により、最適な機器容量を設定した。
- (2) 通路幅や通風口の開口率などの物理的条件を踏まえた熱流体シミュレーションを行い、施設内の温度分布と風速分布を確認して適正な能力や配置を持つ空調設備とした。

図23 植物工場の内部と熱流体シミュレーションの結果

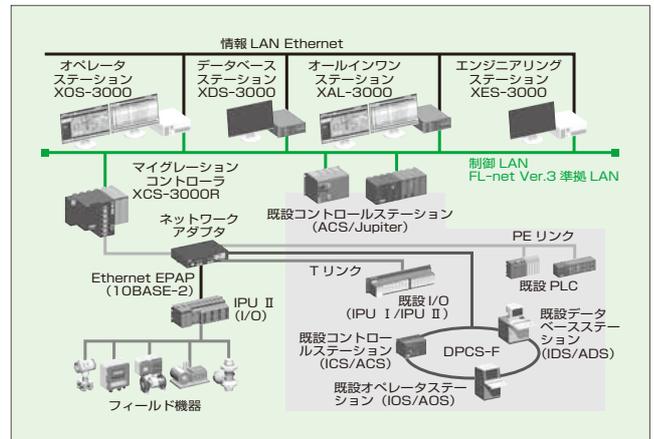


産業プラント

18 中小規模監視制御システム「MICREX-View XX」の系列拡充

富士電機は、従来の「MICREX シリーズ」との互換性を確保した「MICREX-View XX マイグレーションシステム」と、オールインワンステーション「XAL-3000」を開発した。MICREX-View XX マイグレーションシステムは、ネットワークアダプタ経由で既設のネットワークやI/Oを接続することができ、配線工事を省力化できる。さらに、既設システムの画面とコントローラのアプリケーションを流用することにより、短期間で信頼性の高いシステムに更新できる。XAL-3000は、オペレータステーション「XOS-3000」とデータベースステーション「XDS-3000」を1台に集約したものであり、二重化構成によって高信頼性を確保しつつ、初期導入と保守のトータルコストを削減できる小規模システムの構築が可能である。

図 24 「MICREX-View XX マイグレーションシステム」



19 共通設備監視システム「MICREX-View PARTNER」

富士電機は、ISO エネルギーマネジメント階層のレベルⅢ (EMS) ～レベルⅠ (収集装置) をつなぐレベルⅡの中核となる共通設備監視システム「MICREX-View PARTNER」を開発した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 垂直・水平連携の強化により、設備単独、ライン内、工場全体および工場間におけるエネルギーマネジメントシステムをシームレスに構築できる。
- (2) システムの増改築が容易であり、監視ポイントを上位・下位のどちらからでも簡単に設定できる。
- (3) 最新の ICT によるオペレータのアクセスコントロール機能で、操作性の向上とセキュリティの強化を図った。
- (4) 中小規模監視制御システム「MICREX-View XX」と同じ作法で利用でき、ユーザの教育負担を軽減できる。

図 25 操作画面の例

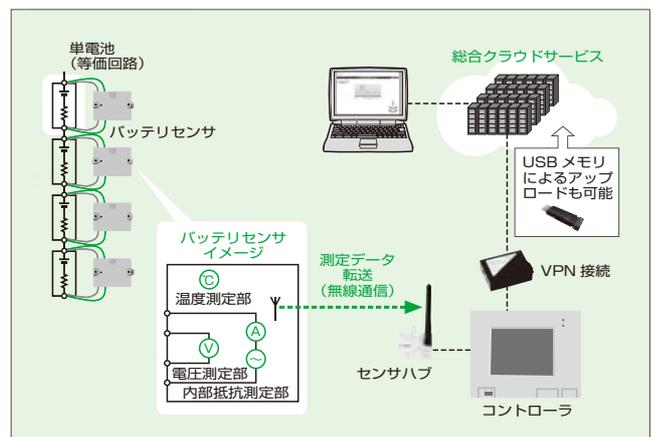


20 クラウド型バッテリー診断サービス

富士電機は、設備保全の分野に IoT や M2M を活用した「総合クラウドサービス」を展開している。クラウド型バッテリー診断サービスは、バッテリーを必要とする設備の安定稼働を提供するものである。単電池単位で測定が可能であり、制御弁式バッテリーの電圧、内部抵抗、温度を継続的に監視することによりバッテリーの特性変化を捉え、異常や経年劣化を把握できる。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 突発的な故障による損失を回避できる。
- (2) 劣化兆候を捉えて修理・更新の計画を立案できる。
- (3) 年 1～2 回の点検による予測管理から常時監視による保全管理へ転換できる。
- (4) 数値化された傾向管理によって更新時期を予測でき、リスクとコストの低減が可能である。

図 26 クラウド型バッテリー診断サービスの概要



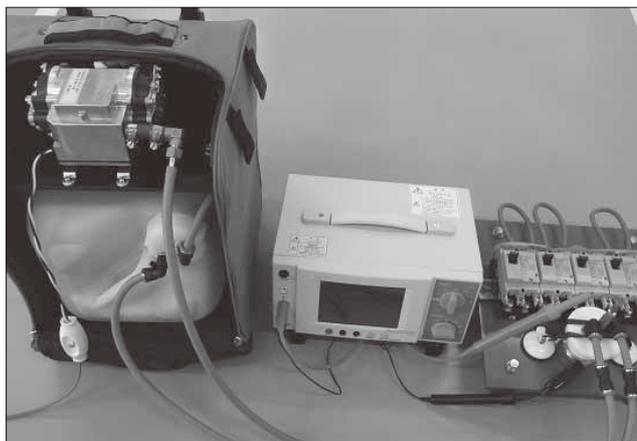
産業プラント

② 表面抵抗測定装置による絶縁診断サービス

長期間使用されている受配電機器では、適切な更新時期を見極めることが重要であり、そのため絶縁診断の技術が求められている。既存の診断手法では、使用環境と付着物の分析から高湿度での表面抵抗を推定している。この手法の問題点として、表面抵抗の精度が保証できないこと、持帰り分析が必要であること、および洗浄効果が反映できないことが挙げられる。

富士電機は、据え付けられている受配電機器の絶縁物の表面抵抗を、任意の湿度条件にて現地で直接測定する表面抵抗測定装置を開発した。表面抵抗の精度を保証でき、定期点検での洗浄による表面抵抗の回復効果や絶縁物の劣化特性（余寿命）を捕捉することが可能になった。この装置により、新たな絶縁診断サービスを提供する。

図 27 表面抵抗測定装置



産業計測機器

① 新型電子式個人線量計「NRF50」

富士電機は、市場ニーズを反映した新型電子式個人線量計「NRF50」を開発した。NRF50は、大型ドットタイプLCD、無線通信モジュール、緊急時用コールボタンなど、従来品にはない特徴を持つ。また、線量計の国際規格であるIEC 61526 Ed3.0およびANSI N42.20に準拠するとともに、MIL-STD-461Fを満足するEMC（Electromagnetic Compatibility）性能、IP65/67の防水性能および優れた堅牢（けんろう）性を合わせ持つ。無線通信には900MHz無線とWi-Fiのいずれかを選択でき、リアルタイム遠隔監視システムにより、作業員の被ばくの低減を図ることができる。原子力施設での利用の他、除染作業や放射線テロ対策としての利用が期待される。

図 28 「NRF50」



② 福島第一原子力発電所向け車両側面測定支援モニタ

富士電機は、福島第一原子力発電所向けに、退構車両の放射性物質による表面汚染の有無を測定する車両側面測定支援モニタを開発し、納入した。本モニタにより、全て人手の作業で実施していた退構車両の汚染測定のうち、側面形状が平坦な車両を対象として側面部の測定を自動化し、正確性の向上と効率化に貢献できた。

高バックグラウンド環境下でも感度よく汚染測定が可能な小型PLシンチレーション検出器を開発し、この検出器を多数、車両に合わせて最適に配置することにより、車両側面の大面積部を高精度かつ短時間で測定することを可能にした。

図 29 車両側面測定支援モニタによる車両の測定状況



産業計測機器

③ 特殊用途向けアナログ回路圧力発信器

富士電機は、原子力発電所向けに耐放射線性能に優れたアナログ回路圧力発信器を開発した。現在、石油、化学、鉄鋼、発電所などにおける制御や監視に用いる圧力発信器は、マイコンを搭載したデジタル回路発信器が主流であるが、集積度の高い半導体は放射線に対して弱いため、原子力発電所においては低放射線領域での使用に限定されている。アナログ回路発信器は、デジタル回路発信器では対応できない要求に応えることができる。主な特徴を次に示す。

- (1) 耐放射線性能：耐放射線に優れた電子部品の採用と回路構造により照射量 50 kGy の耐放射線性能を達成した。
- (2) 耐高温特性：冷却水漏れ事故を想定した 125℃ の耐高温特性を満足している。
- (3) 地震振動：加速度 5G に耐える構造設計である。

図 30 アナログ回路圧力発信器

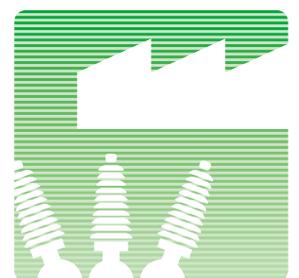


④ 高精度スプール形超音波流量計「FST」

高精度スプール形超音波流量計「FST」は、配管内部にマルチパス（3 測線）センサを設置して各種液体を高精度で測定することにより、省エネルギーや品質の向上に貢献でき、適用範囲の拡大が期待できる製品である。主な特徴は次のとおりである。

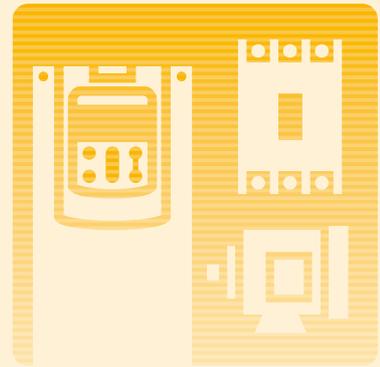
- (1) 3 対の超音波センサを配管に対向するように配置し、独自のデジタル信号処理や演算処理アルゴリズムを駆使して高精度な流量計測を実現した。
精度：± 0.2% of rate（流速 1～10 m/s）
- (2) 電磁流量計では測定が困難な導電性が低い油類や純水などの測定が可能である。
- (3) 電磁流量計よりも高温の液体の測定が可能である。
測定流体温度：-40～+150℃

図 31 「FST」



パワーエレ機器

駆動システム
 電源システム
 輸送システム
 受配電・開閉・制御機器コンポーネント



展 望

パワーエレクトロニクス（パワーエレ）機器は、ライフラインから産業・社会インフラに至るまで、広い分野で日常生活や生産活動の根幹を支えている。省エネルギー（省エネ）の観点では高効率変換技術への期待が大きく、SiC（炭化けい素）パワーデバイスを搭載した製品の普及、さらには効率や安全といった規制への対応が求められている。

駆動システム分野では、高性能コンパクト型 IP65 対応インバータを開発した。SiC パワーデバイスの適用により主回路の損失を 44% 低減し、インバータの小型化と全閉自冷構造を実現した。じんあい、水や油などが掛かる環境下においても盤外での設置が可能で、外部冷却ファンが不要の防じん防水型インバータである。また、SiC ハイブリッドモジュール搭載 PWM コンバータ「RHC シリーズ」（スタックタイプ）は、海外において需要が伸びているクレーンや鉄鋼用途向けに、690 V 系列を新たにラインアップした。容量 355 kW 以上の製品には SiC パワーデバイスを適用し、発生損失の低減による小型化を実現した。

電源システム分野では、無停電電源装置（UPS）をデータセンター向けに納入している。データセンターの設備投資はクラウドサービスの普及やビッグデータの活用などにより年々増加傾向にある。高効率化やシステム化が加速する中、北米やアジア向けに各国の規格に準拠した高効率な大容量 UPS を製品化した。また、UPS とサーバ内部電源を一体化し、配電の変換ロスを低減させたラックマウント型直流 UPS を製品化した。今後は、SiC パワーデバイスを適用した高効率製品を拡充していく。

輸送システム分野では、東海旅客鉄道株式会社と共同で東海道新幹線車両向けに SiC パワーデバイスを適用した主変換装置を開発した。試作機を N700 系車両に搭載し、高速鉄道では世界初の SiC パワーデバイス適用駆動システムによる走行試験を実施中である。また、高周波スイッチングによる絶縁技術を適用して、商用周波トランスを用いない小型軽量の補助電源装置の製品化を進めている。車両用ドア駆動装置については、従来の空気式ドア駆動装置の製品に対して、高い信頼性を持ちメンテナンス性を改善した電気式ドア駆動装置のラック・アンド・ピニオン方式

の製品を東京都交通局 日暮里・舎人ライナーや埼玉新都市交通株式会社 ニューシャトルの新車両に納入し、現在、営業運転中である。回転機においては、中国 GB2 と米国 EISA（ともに効率クラス IE3）に対応した海外効率規制対応モータを開発した。米国 EISA 対応モータは、UL 規格にも対応している。また、電気自動車の普及と搭載モータの高速回転化により必要とされる低慣性高速電動機をそれぞれ開発した。

受配電・開閉・制御機器コンポーネント分野では、再生可能エネルギー関連をはじめ、生産設備やオフィスビル、商業施設において、省スペースで信頼性の高い受配電設備や制御システムの需要が高まっている。「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」（省エネ法）改正に伴うトップランナーモータ（IE3）の普及に合わせ、100～250 AF の「G-TWIN シリーズ」ブレーカ、および新型サーマルリレーを組み合わせた小型電磁開閉器「SW-N03」～「SW-N5-1」を開発した。低圧受配電機器では、電灯分電盤の付加価値向上という市場要求に応え、中性線欠相保護ブレーカに漏電警報機能を追加した単 3 中性線欠相保護・漏電警報付きブレーカを開発した。高圧真空遮断器では、東南アジア市場向けに単体で IEC 62271-200 に準拠し、真空バルブを固体絶縁とすることで大幅な小型化を実現した 24 kV 真空遮断器（VCB）を開発した。エネルギー監視システムでは、省エネ対策のサポート機能などを拡充し、ユーザインタフェースを簡易化した「F-MPC Web ユニット」（UM12-10）を開発した。配電盤においては、グローバル化に向けて富士電機マニュファクチャリング（タイランド）社でのスイッチギヤの生産を開始し、富士 SMBE 社（シンガポール）への MV スwitchギヤの移管を計画している。IEC 対応スイッチギヤは、7.2 kV/31.5 kA の開発・製品化に続いて 24 kV/25 kA の開発を完了した。国内向け JEM 規格のものに比べて、万一の内部アーク事故時の対策など人への安全性の向上が図られている。

今後も、新たな技術、製品開発に取り組み、顧客満足を追及して接続可能な社会の実現に貢献する所存である。

駆動システム

① サーボシステム「ALPHA5 Smart シリーズ」(多軸一体タイプ)

中国を中心としたアジア市場をメインターゲットに展開しているサーボシステム「ALPHA5 Smart シリーズ」において、新たに多軸一体タイプ(最大接続軸数:5軸)を開発した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) コンバータ部を共通化することにより、電源配線の省配線化および低価格化を実現した。
- (2) 直流中間コンデンサを共通化し、各インバータ部への電源供給を直流給電とすることで、回生電力の有効利用による省電力化を実現した。
- (3) インバータ部に、0.2 kW、0.4 kW、0.75 kW の3タイプをラインアップし、容量の組合せの自由度が拡大した。
- (4) 単軸交換が可能な構成により、メンテナンス性が向上した。

図1 「ALPHA5 Smart シリーズ」(多軸一体タイプ)



② SiC ハイブリッドモジュール搭載 PWM コンバータ「RHC シリーズ」

電源回生による省エネルギー、力率改善、高調波抑制を目的として PWM コンバータが採用されているが、近年では大規模システムへの適用が増えて大容量化が求められている。富士電機は、大容量化に対応した PWM コンバータ「RHC シリーズ」を開発した。特徴を次に示す。

- (1) FWD には SiC を、IGBT には Si を使用した SiC ハイブリッドモジュールを採用し、外形が同一の従来の Si モジュールの製品と比べて約 43% の容量拡大を実現した(スタックタイプ)。
- (2) ダイレクトパラ接続方式で出力 450 kW、最大 4 台による並列接続(1,700 kW/690 V 系列)が可能である。
- (3) ソフトウェア、端子台基板、タッチパネルの交換だけで、インバータ「FRENIC-VG」と共通の予備品を使える。

図2 「RHC シリーズ」(スタックタイプ)



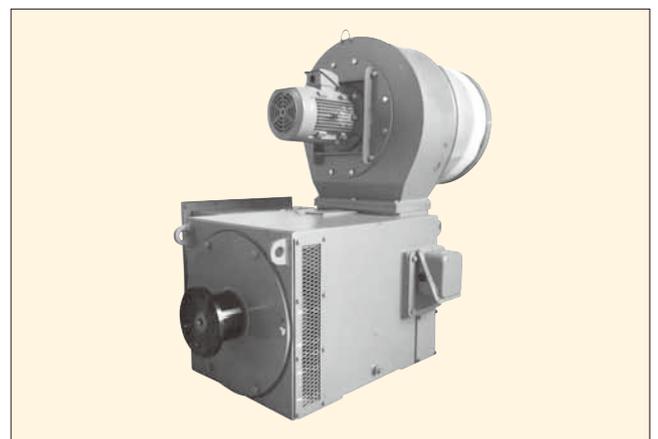
③ 自動車試験機用低慣性高速電動機

自動車のエンジンやトランスミッション、ディファレンシャルギヤなどの試験機用の動力や負荷として、定格出力 500 kW の低慣性高速電動機を開発した。特徴を次に示す。

- (1) 誘導電動機であるため、特に無通電時にトルクリップルや鉄損が発生せず、滑らかに回転することができる。
- (2) 試験機用動力として回転子の設計を刷新し、従来の電動機に比べ、低慣性、高速回転、高トルクを実現した。
- (3) 冷却方式を空冷とすることにより、水冷装置や配管作業などを不要とした。
- (4) グリース潤滑の密封軸受の採用により、強制給油装置を不要とした。

引き続き、220 kW 機、370 kW 機を開発し、機種バリエーションを拡充する予定である。

図3 自動車試験機用低慣性高速電動機



電源システム

① 北米向け高効率 UPS 「UPS7000HX-T3U」

UPS の市場において特に拡大が期待されているデータセンター向けでは、高品質・高効率の UPS が要求され、その証明として各種認証への対応が重要となっている。

北米向け高効率 UPS 「UPS7000HX-T3U」は、入出力交流電圧 480 V、装置容量 500 kVA にて、常時インバータ給電方式で業界最高レベルの装置効率 97.5% を達成している。また、北米への展開に当たり、次の第三者認証を取得している。

- (1) 米国の安全規格 UL 1778 およびカナダの安全規格 CSA C22.2 No. 107.3-14
- (2) 国際エネルギースタープログラム Energy Star
- (3) カリフォルニア州の耐震規格 OSHPD

図4 「UPS7000HX-T3U」



② 三相 400 V 系大容量 UPS 「UPS7000HX シリーズ」のラインアップ拡充

富士電機は、海外向け製品の拡充を目指すため、先行して投入している大容量 UPS 「UPS7000HX シリーズ」のラインアップの拡充として、「UPS7000HX-T4C」(300/400/500 kVA) を開発した。本製品は、安全・安心を提供するために、第三者認証機関による適合性評価を行い、次に示す各国の安全規格に対応した。

- (1) 欧州の安全規格 EN 62040-1 および EMC 規格 EN 62040-2 の適合性証明書を取得し、CE マーク適合を宣言した。
- (2) UPS の性能および試験方法に関する国際規格 IEC 62040-3 の要求に適合した。
- (3) 中国公認認証機関の泰爾（タイアール）による安全性試験を実施し、泰爾認証を取得した。

図5 「UPS7000HX-T4C」



輸送システム

① 東京都交通局 日暮里・舎人ライナー向けラック・アンド・ピニオン方式ドア駆動装置

東京都交通局が 2015 年 10 月 10 日から運用を開始した日暮里・舎人ライナー 330 形車両では、従来の空気式ドア駆動装置に替えて電気式ドア駆動装置が採用された。富士電機は、ラック・アンド・ピニオン方式のドア駆動装置を納入した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 富士電機の従来製品の機構部分を継承しながら最新のパワーエレクトロニクス技術を採用し、高い信頼性と安全性を実現した。
- (2) 施錠機構の調整方法の標準化により、車両製作時および保守時のドア取付け作業や施錠調整作業を容易にした。
- (3) 故障診断機能により、メンテナンス時間を短縮した。
- (4) 最新のセンシング技術を採用することで、乗客やその持ち物がドアに挟まった場合の検知性能を向上した。

図6 330 形車両とラック・アンド・ピニオン方式ドア駆動装置



輸送システム

② 埼玉新都市交通株式会社 ニューシャトル向けラック・アンド・ピニオン方式ドア駆動装置

埼玉新都市交通株式会社が2015年11月4日から運用を開始したニューシャトル2020系車両では、従来の空気式ドア駆動装置に替えて電気式ドア駆動装置が採用された。富士電機は、ラック・アンド・ピニオン方式のドア駆動装置を納入した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) ドア装置本体の搭載スペースの制約から車体への斜め取付けを実現するため、装置本体のつり下げ方式・ドアパネルとの接続方式を改良しフレキシビリティを向上した。
- (2) 施錠機構の調整方法の標準化により、車両製作時および保守時のドア取付け作業や施錠調整作業を容易にした。
- (3) 故障診断機能により、メンテナンス時間を短縮した。
- (4) 最新のセンシング技術を採用することで、乗客やその持ち物がドアに挟まった場合の検知性能を向上した。

図7 2020系車両とラック・アンド・ピニオン方式ドア駆動装置



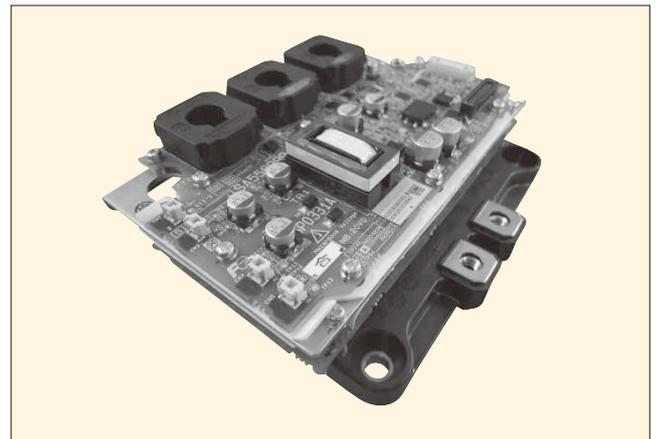
③ 電流センサ付き小型・高機能 IPM

CO₂排出量の低減など環境規制が厳しくなる中、世界的にハイブリッド自動車（HEV）や電気自動車（EV）などの普及が進んでいる。これらに搭載されるインバータ部には、特に高効率化や小型・高機能化が求められている。

これらのニーズに応えるため、電流センサ付き小型・高機能 IPM を開発し、主に中国向けに量産を開始した。富士電機独自の直接水冷 IGBT モジュールを採用するとともに、放熱設計技術や電流センサとの一体化設計により小型・高機能化を実現した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 入力電圧：DC380V，最大電流：270A（1min）
- (2) PWM 信号入力による容易なモータ駆動（ゲート駆動回路内蔵）
- (3) 高信頼性（電流・電圧保護回路内蔵）

図8 電流センサ付き小型・高機能 IPM



受配電・開閉・制御機器コンポーネント

① 小型電磁開閉器「SW-N03」～「SW-N5-1」

制御盤や機械装置には、省資源・省スペース化が求められており、その構成部品であるサーマルリレーにも、小型化、省配線、安全性向上の要求がある。さらに、2015年4月から“トップランナー制度”が施行され、IE3モータが市場に流通してきており、これに適したサーマルリレーが必要となっている。富士電機は、これらの要求に応えるため、26A以下の定格においてIE3モータに適したサーマルリレーを搭載した小型電磁開閉器「SW-N03」～「SW-N5-1」を開発し市場に投入した。特徴を次に示す。

- (1) IE3モータに適した、定格電流の7.2倍で3秒以上の動作時間を確保し、始動電流による不要動作を軽減した。
- (2) 欠相保護機能を標準で備え、電動機保護を強化した。
- (3) 端子配列の見直しにより、操作性と配線性を向上した。

図9 「SW-N03」



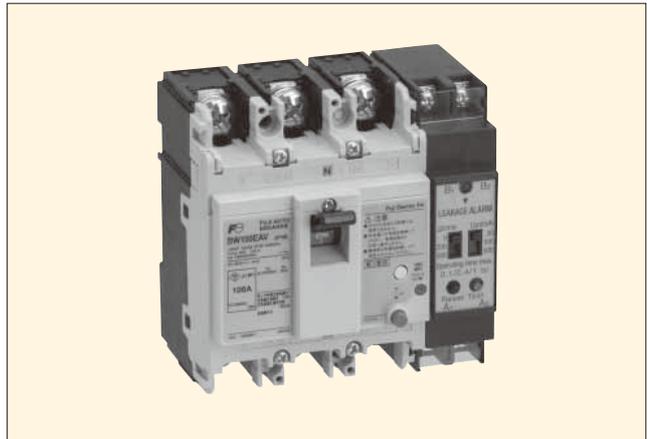
受配電・開閉・制御機器コンポーネント

② 「G-TWIN シリーズ」における単3中性線欠相保護・漏電警報付オートブレーカの機種拡充

日本では、単相3線回路における中性線の欠相による事故を抑制するため、単3中性線欠相保護機能付配線用遮断器が使用されている。しかし近年、病院、公共施設、水処理などにおいては、漏電を検出しても電源供給を遮断できない用途が増加している。このため、中性線欠相保護と漏電警報に1台で対応する単3中性線欠相保護・漏電警報付オートブレーカを開発した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 50 AF, 100 AF は業界最小サイズを実現した。
- (2) 漏電リレーと単3中性線欠相保護機能付配線用遮断器を併用した漏電警報方式に比べて、盤の省スペース化と配線工数の削減を実現できる。
- (3) 漏電の感度電流は、30 mA, 100 mA, 500 mA の切替でワイドレンジに対応できる。

図10 単3中性線欠相保護・漏電警報付オートブレーカ



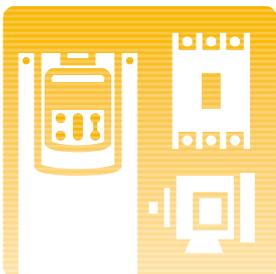
③ 東南アジア向け 24kV 真空遮断器 (VCB)

主に東南アジアの受配電市場に向けて IEC 規格適合のスイッチギヤに搭載する真空遮断器 (VCB) を開発した。

仕様は、定格電圧 24kV, 定格遮断電流 25kA, 定格電流 1,250A である。主な特徴は次のとおりである。

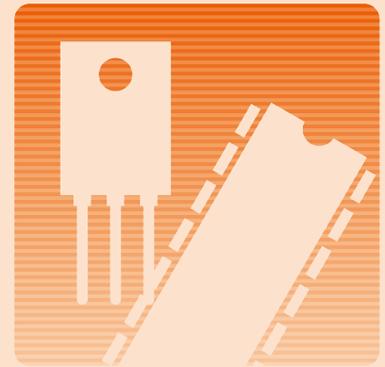
- (1) IEC 62271-200 に適合した安全機構の搭載
 - 外部操作機構ユニットにより、扉を閉じた状態で盤外から挿入・引出操作ができる。
 - インタロック機構により、投入状態では挿入・引出操作を禁止し、試験位置のときだけ正面の扉を開放できる。
- (2) 主回路部への固体絶縁バルブの採用による小型化
 相間ピッチ 230 mm ⇒ 210 mm, 極間ピッチ 470 mm ⇒ 310 mm, 外形高さ 1,125 mm ⇒ 788 mm

図11 「HS2520F-12Mf-A」



電子デバイス

パワー半導体
感光体
ディスク媒体



展 望

パワー半導体

地球環境保護やエネルギーの安定供給確保のために、再生可能エネルギーの普及“創エネルギー”と、その効率的な利用“省エネルギー”を支えるパワーエレクトロニクス技術に対する世の中の期待は非常に大きい。このような中、富士電機は、エネルギー変換効率が高く、低ノイズで地球環境にやさしいパワー半導体製品を開発し、それらは、環境・エネルギー分野の製品や、産業機械、自動車および家電製品に適用され、世の中に貢献している。

パワー半導体に幅広く適用されている IGBT は、1980 年代に開発され、現在の主流は第 6 世代に及ぶ。富士電機はさらなる低損失化、高放熱、高耐熱化技術を確立し、第 7 世代 IGBT を開発した。近年、新材料として注目されている SiC（炭化けい素）の開発も進め、Si-IGBT と SiC-SBD との複合製品 SiC-MOSFET を適用した第 1 世代の All-SiC モジュールを開発した。

環境・エネルギー分野では、太陽光発電用 PCS 向けの 3 レベル変換回路用 IGBT モジュールの製品系列をさらに拡充した。システムの高電圧化に対応可能な中間スイッチ部に 1,200 V 耐圧の富士電機独自の RB-IGBT を適用した、AT-NPC 回路構成のモジュール製品を量産化した。また、直流電圧 1,500 V システムに対応する NPC3 レベル対応モジュールをラインアップに加えた。

産業機械分野では、サーボアンプの多軸対応に適した IPM 製品を開発した。放熱設計の最適化により IPM の外形を小さくでき、多軸サーボアンプの小型化に貢献する。

家電製品や小容量の産業用モータドライブ向けに、システムの小型化・省エネルギーの要求に対応した第 2 世代小容量 IPM を製品化した。第 7 世代 IGBT 技術を適用し、第 1 世代品に対して定格・最大負荷領域で 20% 以上の低損失化を実現している。

自動車分野では、第 6 世代圧力センサの系列に燃料ガス用の相対圧センサを追加した。 $-80 \sim +5$ kPa レンジの圧力を $\pm 1.5\%$ F.S. 以下 (25℃) の精度で測定でき、燃料供給システムの内圧監視により、有害な燃料ガスの排出抑制に貢献する。さらに、電気自動車、ハイブリッド車などの

モータ駆動に用いられる車載 IGBT の分野では、富士電機独自の直接水冷構造と逆導通型の RC-IGBT チップを用いた製品の系列化を進めている。

電源分野では、通信・エネルギー分野を含むさまざまな用途向けに、高効率な電力変換を実現する第 2 世代低損失 SJ-MOSFET 「Super J MOS S2 シリーズ」を製品化した。第 2 世代品では、単位面積で規格化されたオン抵抗をさらに低減し、ターンオフ時のスイッチング損失と電圧サージのトレードオフを改善することで、電力変換効率の向上と使いやすさを両立している。また、電源事情が不安定な新興国向けの家電製品に適した、電源ラインからのサージに強く低待機電力機能を内蔵した高電圧入力対応 PWM 制御 IC 「FA8A80 シリーズ」を製品化した。

これからも、地球にやさしいパワー半導体製品を開発し、安全・安心で持続可能な社会の実現を目指していく。

感光体

プリンタや複写機などの電子写真機器に用いられる感光体は、印刷コスト低減を目的とした高速化・高耐久化が求められている。

2015 年度は、新たな添加剤の開発などにより光疲労に伴う画質劣化を解消した高速対応有機感光体を開発・量産すると共に、次世代高耐久型有機感光体の基本設計を完了した。今後も、これらの高耐久型感光体の量産化を含めて顧客ニーズに応えた感光体を提供し、オフィス環境の省エネルギー、コスト削減、業務効率向上に貢献していく。

ディスク媒体

ハードディスクドライブ (HDD) 向け磁気記録媒体は、クラウドサーバ向けの需要が引き続き旺盛であり、大容量・低コスト化がますます重要となっている。

富士電機は 2015 年度に大容量化が可能な瓦書き記録方式に適した媒体の基本層構成を確立し、2016 年度には記録容量が 1 TB / 枚の 2.5 インチ媒体の量産を開始する予定である。今後も、大容量記録媒体の開発を推進し、IT インフラの中核である高信頼性ストレージを提供していく。

パワー半導体

① 1,700V 耐圧 SiC ハイブリッドモジュール

近年、高耐熱性と高破壊電界耐量特性を持つ SiC（炭化けい素）デバイスにより、Si デバイスでは実現が困難である飛躍的な低損失化が期待されている。富士電機は、これまでに SiC-SBD（Schottky Barrier Diode）チップと Si-IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）チップとを組み合わせ、搭載した、SiC ハイブリッドモジュールを製品化している。今回、新たに電気鉄道の主電源向けに 1,700V 耐圧 SiC ハイブリッドモジュールを開発した。本製品は、損失を重視した標準仕様に加え、定常損失と低ターンオフサージ電圧を重視した低 $V_{CE(sat)}$ 仕様との 2 系列を持つ。標準仕様では、従来の Si モジュールに対してインバータ動作における発生損失の 32% 低減（キャリア周波数 3kHz）を実現した。

● 関連論文：富士電機技報 2015, vol.88, no.4, p.245

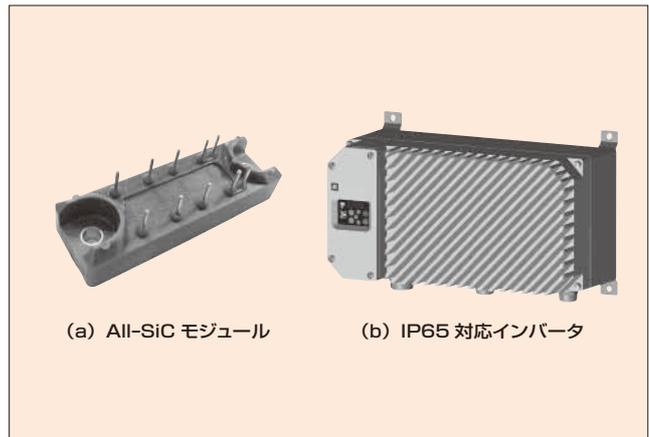
図1 1,700V 耐圧 SiC ハイブリッドモジュール



② 小容量 All-SiC モジュール

富士電機では、低炭素社会の実現に向け、2014年に 1,200V/100A 定格の All-SiC モジュールを搭載した太陽光発電用パワーコンディショナ（PCS）を製品化した。今回、さまざまなアプリケーションへの展開を見据え、最大 50A 定格である小容量 All-SiC モジュールを開発した。定格容量に応じたパッケージ構造の最適化により、フットプリントサイズを 100A 定格品と比較して 30% 低減した。また、従来の Si 製品と比較して 44% の低損失化を実現した。さらに、高温動作保証、高信頼性、低熱抵抗という本パッケージの特長を生かし、自冷構造を持つ密閉空間内にモジュールを適用することで、耐環境性を強化した防じん防水型の高性能コンパクト型 IP65 対応インバータの開発に寄与した。

図2 All-SiC モジュールと IP65 対応インバータ



(a) All-SiC モジュール

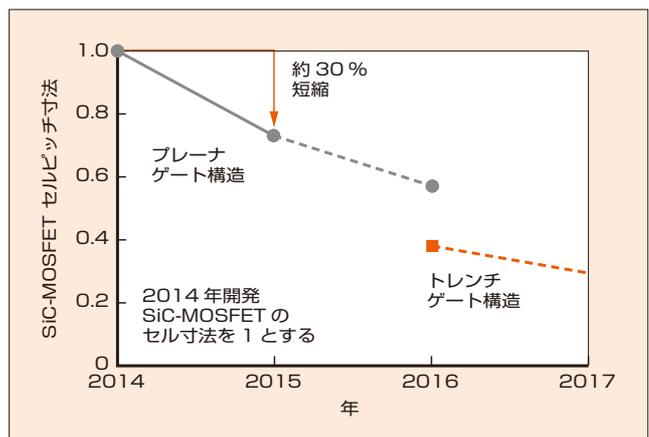
(b) IP65 対応インバータ

③ 6 インチ SiC-MOSFET

富士電機では、6 インチ SiC（炭化けい素）基板を用い、動作時のオン抵抗をより低減したプレーナゲート構造の SiC-MOSFET（Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor）を開発した。特性改善のため、セルピッチ寸法やチャネル長を従来品に対して約 30% 短縮し、600V、1,200V、1,700V 定格のプレーナ型 SiC-MOSFET を系列化した。

2016 年度は、SiC-MOSFET と SiC-SBD（Schottky Barrier Diode）とを搭載した All-SiC モジュール、およびディスクリット SiC-MOSFET の製品化を計画している。また、よりいっそうの低オン抵抗化のため、プレーナゲート構造でのさらなる微細化とともに、トレンチゲート構造の SiC-MOSFET の技術開発を進めている。

図3 SiC-MOSFET の微細化ロードマップ



パワー半導体

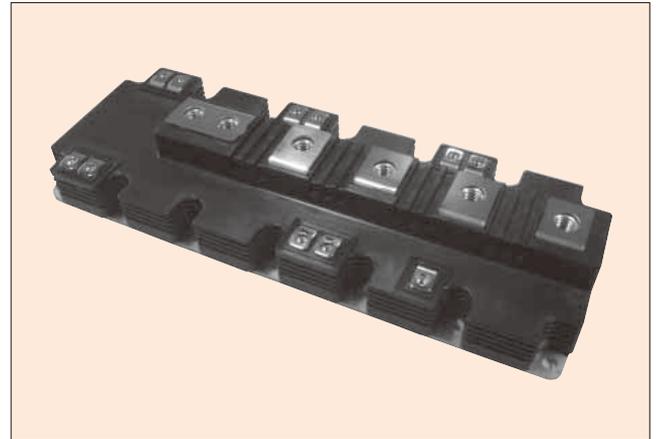
④ 大容量3レベル用IGBTモジュールの系列拡充

富士電機は、風力発電や太陽光発電などの再生可能エネルギー分野に適用される大容量3レベル用IGBTモジュールの開発に注力しており、市場から高い評価を得ている。

大容量3レベル用IGBTモジュールは、3レベル電力変換回路を1パッケージにして大容量化したものである。今回、T-typeモジュールの定格1,700V/450A、600Aを製品化し、系列を拡充した。電力変換効率の向上と装置の小型化を実現し、並列接続による装置の大容量化も容易である。さらに、太陽光発電における出力の高電圧化に備え、DC1,500Vに対応できるI-typeモジュールの定格1,200V/600Aを製品化する。主な特徴を次に示す。

- (1) T-type：RB-IGBTを適用して高効率化を実現
- (2) I-type：T-typeと端子の互換性があり置換が容易

図4 T-typeとI-type共通の大容量3レベル用モジュール



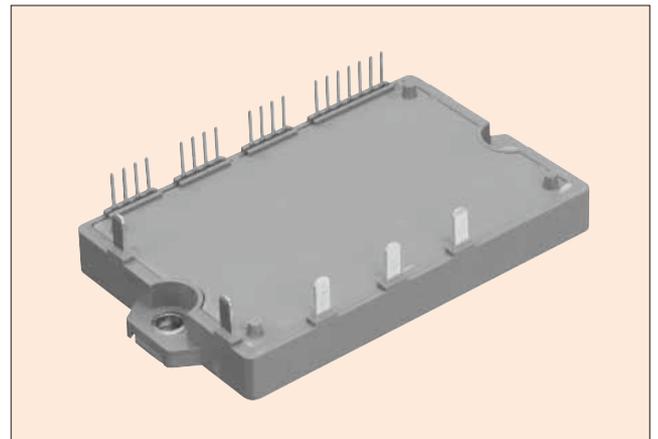
⑤ 「Vシリーズ」IPM高放熱タイプ「P626パッケージ」

近年、サーボアンプには、小型化、多軸化、およびキャリア周波数アップによる高性能化が要求されている。そのため、適用されるIPMでは小型化をはじめ、チップ温度の低減、パワーサイクル寿命の確保が重要な課題である。

今回、高熱伝導の窒化アルミニウム絶縁基板を適用した高放熱タイプ「P626パッケージ」を開発し、「Vシリーズ」IPMの系列を拡充した。熱抵抗を30%低減することでチップ温度上昇を低減すると同時に、パワーサイクル寿命の大幅な改善を実現した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 定格電圧/電流：600V/75A (6in1)
- (2) 外形寸法：W87×D50×H12 (mm)
- (3) 熱抵抗 $R_{th(j-c)max}$ ：0.43℃/W (IGBT),
0.65℃/W (FWD)

図5 「P626パッケージ」

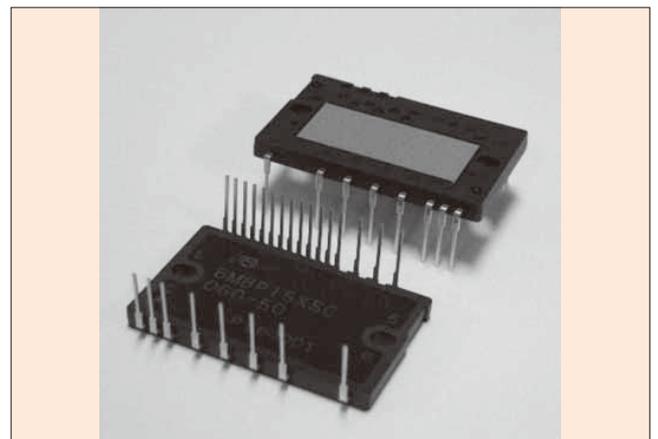


⑥ 第2世代小容量IPM

富士電機は、省エネルギー（省エネ）要求の高いエアコン、洗濯機などの家電製品や産業用モータドライブ市場において、インバータシステムの構築に必要なパワーデバイスや制御ICなどを1パッケージに集積した第2世代小容量IPMを開発した。第2世代小容量IPMは、第7世代IGBT技術をベースとすることで低損失を実現している。その適用効果として、エアコン運転時の全負荷範囲において従来品に対して損失を低減し、特に省エネ性能に影響を与える中間負荷領域において10%の低損失化を実現している。動作保証温度範囲を125℃から150℃に広げたことで許容出力電流が約25%拡大し、省エネの実現、出力電流の拡大、およびシステム設計の自由度が向上した。

▶ 関連論文：富士電機技報 2015, vol.88, no.4, p.259

図6 第2世代小容量IPM



パワー半導体

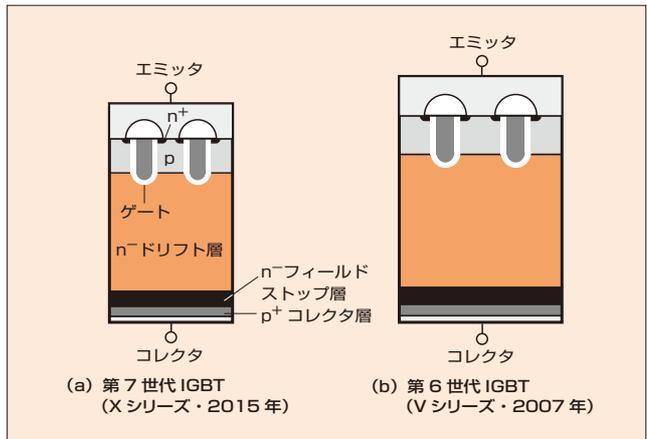
7 第7世代 IGBT チップ

IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) モジュールの市場規模は今後も拡大が期待されており、特に環境・エネルギー分野では電力変換装置に対する低損失化の要求が高まっている。この要求に応えるため、第7世代 IGBT・FWD (Free Wheeling Diode) チップの開発を行った。

IGBT チップは、表面構造を微細化し、ドリフト層を薄くすることにより、第6世代 IGBT に対してオン電圧 25% (0.5 V) 低減、ターンオフ損失 10% 低減と、大幅に特性を改善した。FWD チップは、シリコン厚さを薄くするとともに、新たなライフタイムの制御方法によってキャリア分布の最適化を行った。この結果、低損失化とソフトリカバリー化を同時に実現し、同一サージ電圧で逆回復損失の 30% 低減を達成した。

関連論文：富士電機技報 2015, vol.88, no.4, p.254

図7 第7世代 IGBT チップの断面構造

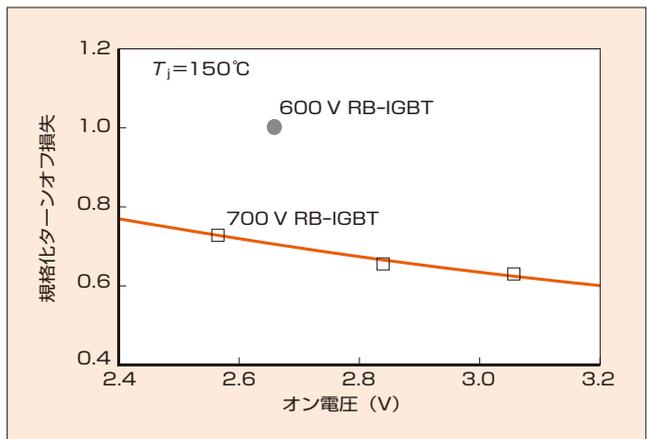


8 大容量電源向け 700 V RB-IGBT

電力変換装置の高効率化のために、順・逆バイアスの双方に耐圧を持つ RB-IGBT を中性点クランプスイッチとする AT-NPC (Advanced T-type Neutral-Point-Clamped) 電力変換回路が注目されている。RB-IGBT の適用で素子数が低減できるほか、低導通損失化が可能になる。

富士電機では、入力電圧の高い地域や装置の大容量化に対応するために、600 V RB-IGBT をベースに、700 V RB-IGBT を製品化している。700 V RB-IGBT の適用により、大容量化時の高速スイッチング、および素子のスイッチング損失とオン電圧のトレードオフの改善による装置の高効率化が可能になる。逆方向の漏れ電流も 600 V RB-IGBT の約 1/10 に低減するため、信頼性や装置設計の自由度の向上に貢献できる。

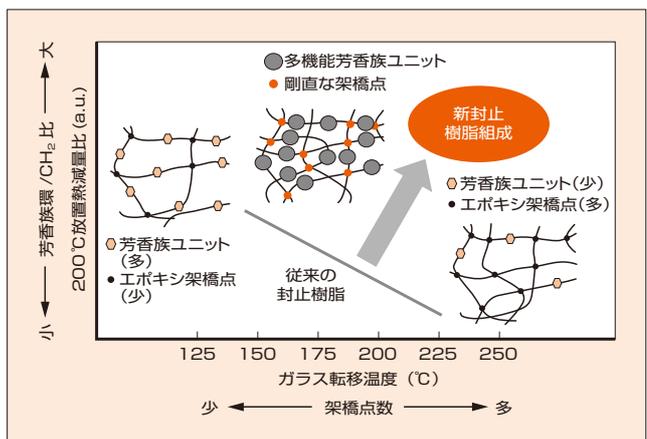
図8 ターンオフ損失とオン電圧のトレードオフ関係



9 高耐熱高密着封止樹脂

富士電機は、動作温度の限界が 175℃である従来の Si に対して、200℃以上の高温でも動作が可能な SiC (炭化けい素) をパワーデバイスに適用し、産業用、車載用への展開を進めている。従来の封止樹脂組成では、耐熱指標であるガラス転移温度 T_g の高温化を図ると熱分解が促進されるため、高温環境における強度、密着性、絶縁性の低下が課題であった。そこで、パワーデバイスとしての絶縁性能の要求を満たす高耐熱高密着封止樹脂を開発した。 T_g を向上しつつ、熱分解による物性低下が少ない高耐熱高密着の樹脂骨格を採用した。200℃での高温動作を保証する高温放置試験 (UL1557 に準ずる加速試験 225℃ 6,663h 相当) において、封止樹脂と絶縁基板、素子などの構成部材との剥離や、封止樹脂のクラックが発生しない。

図9 封止樹脂の高耐熱高密着の概念図

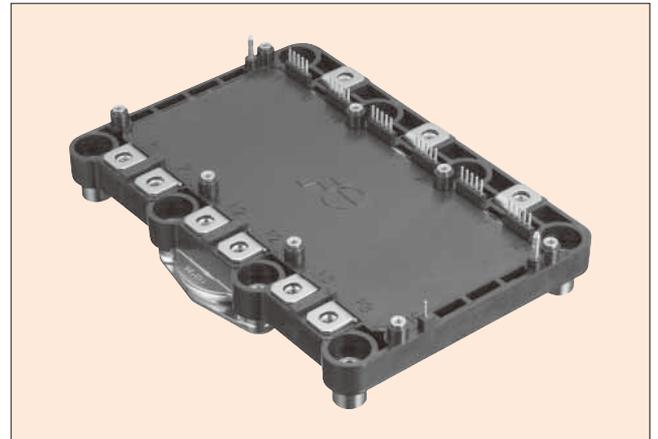


パワー半導体

10 電気自動車・ハイブリッド車用大容量車載標準モジュール

近年、電気自動車およびハイブリッド車に用いられるインバータは、高電力・低損失であることが求められ、主要部品であるパワーモジュールにも、小型でかつ大容量化が求められる。富士電機は、次世代車載用パワーモジュールとして、大容量車載標準モジュールを開発した。本モジュールは、アルミニウムを適用したカバー一体型の冷却器を採用した直接水冷型である。冷却器は、最適化された流路設計により、従来型の冷却器に対して約40%の冷却性能の向上を実現している。一方、パワー素子は、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) と FWD (Free Wheeling Diode) を同一チップ上に形成した RC-IGBT (逆導通 IGBT) を採用し、汎用 6in1 モジュールとしては最大容量の定格 750 V/800 A を実現している。

図 10 大容量車載標準モジュール

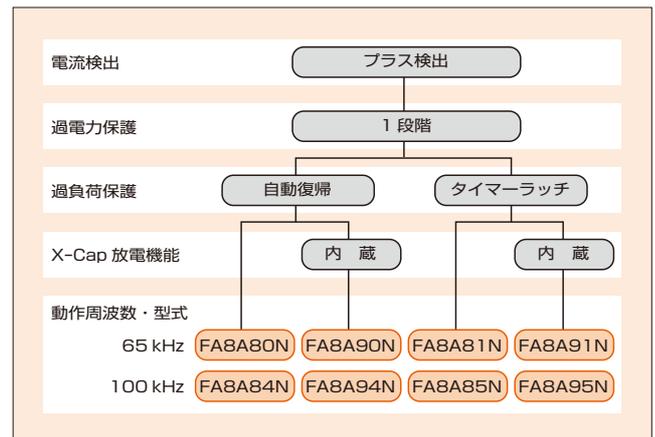


11 高電圧入力対応 PWM 制御 IC 「FA8A80 シリーズ」

近年、家電製品やサーバなどの電子機器は、常時稼働が増え、待機電力の削減要求がますます強まっている。さらに、今後拡大が見込める新興国は、電力事情が不安定なために瞬時停電が多い。このため、瞬時停電からの復帰時に過電圧が発生しても壊れにくく、外部サージに強い高信頼性電源が必要とされている。

富士電機は、状態設定機能・各種保護機能が充実した第6世代 PWM 電源制御 IC 「FA8A60 シリーズ」をベースに、AC に接続される高電圧入力端子の ESD 耐量保証 2kV と耐圧保証 650 V が対応可能な高信頼性の「FA8A80 シリーズ」を開発した。FA8A60 シリーズと端子・機能・特性に互換性があり、従来品の電源設計資産を用いることで、新規電源設計要素の簡略化を図ることができる。

図 11 「FA8A80 シリーズ」の系列



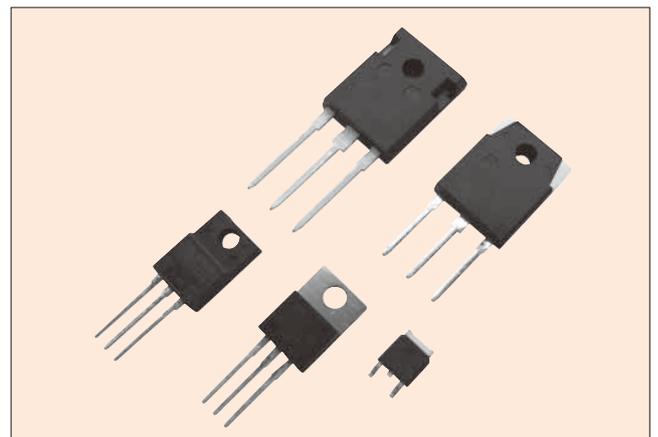
12 「Super J MOS S2 シリーズ」

富士電機は、スイッチング電源の高効率化・小型化に貢献できるパワーデバイスとして、スーパージャンクション技術を適用した「Super J MOS S2 シリーズ」を開発した。本製品は、単位面積当たりのオン抵抗を従来比で 25% 低減しており、寄生容量（出力容量： C_{oss} ）の充放電エネルギーも従来比で 30% 低減している。ターンオフ時のサージ電圧も従来よりも低く抑えているため、低損失で使いやすい製品である。製品の主な仕様は次のとおりである。

- (1) 耐圧：600 V
- (2) オン抵抗：25 ~ 380 mΩ
- (3) パッケージ：TO-247, TO-3P, TO-220F, TO-220, TO-252

➡ 関連論文：富士電機技報 2015, vol.88, no.4, p.292

図 12 「Super J MOS S2 シリーズ」



パワー半導体

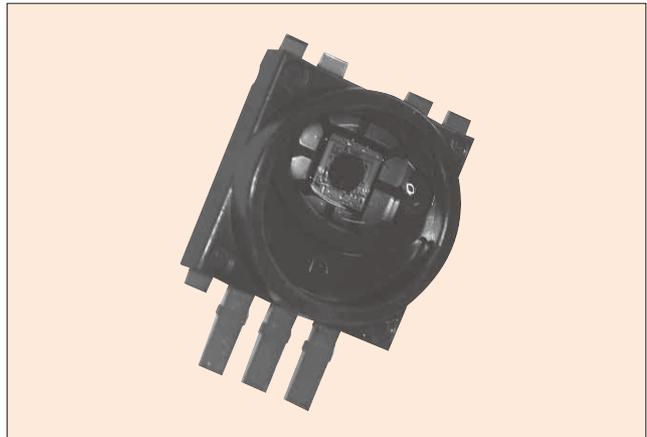
13 車載用燃料タンク圧検知相対圧センサ

近年、自動車には安全性や快適性に加えて、環境負荷の低減が強く求められている。車載用燃料タンク圧検知相対圧センサは、環境負荷物質である燃料蒸発ガスの排出抑制装置の制御を目的としており、第6世代小型圧力センサの技術をベースに、気化燃料への耐性向上やEMC（電磁両立性）の強化、保護機能の向上を行うことで、耐久性の確保と高精度な検知を両立させている。主な特徴を次に示す。

- (1) 圧力／出力電圧範囲：+5～-80 kPa / 0.5～4.5 V
- (2) 温度範囲：-40～+135℃
- (3) 圧力誤差精度：±1.5%F.S.以下（25℃）
- (4) 温度誤差精度：2.0倍（Max）
- (5) 対応燃料：ガソリン，ディーゼル軽油，E10，E25，E85，M15，M100，バイオディーゼル

関連論文：富士電機技報 2015, vol.88, no.4, p.283

図13 車載用燃料タンク圧検知相対圧センサ



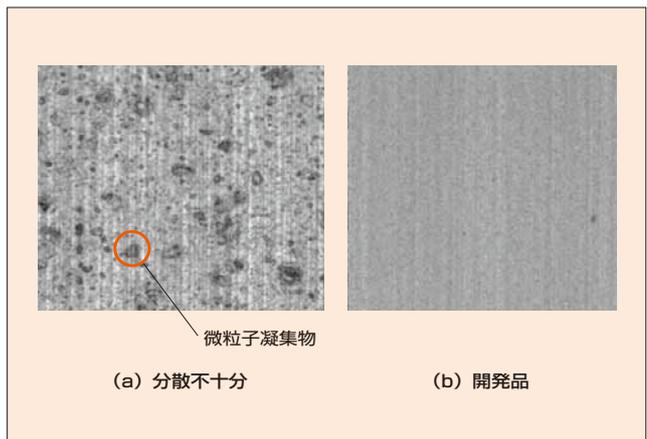
感光体

1 高耐久型有機感光体

感光体が搭載されるプリンタや複写機は、長寿命化、高速化、省資源、小型化などが要求されている。感光体はクリーニング部材やトナーなどの周辺部材との接触により摩擦が進むことから、表面の耐摩耗性を高めて耐久性を向上することが求められている。

富士電機では、感光体の機能性材料の開発による耐久性の向上を進めている。感光体の表面層の耐久性を改善するためには、表面層に微粒子を添加することが有効である。微粒子を表面層に分散することにより、微粒子表面と感光体材料の相互作用から感光体材料の拘束力が向上し、表面層の耐久性が向上する。添加微粒子と表面層への分散技術により、高い耐久性を持つ有機感光体の実現に向けて開発を進めている。

図14 微粒子分散型感光体の表面状態

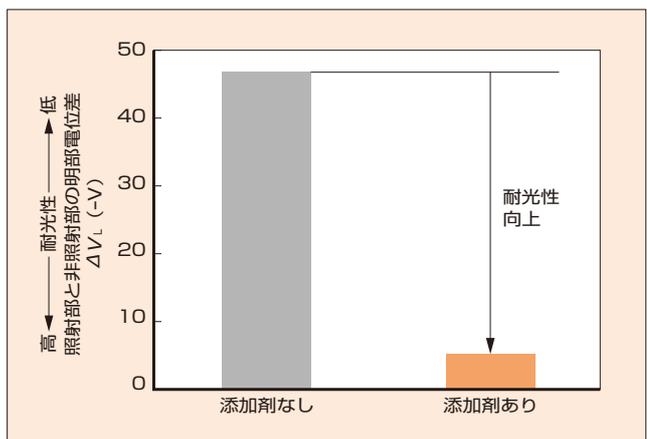


2 高速対応負帯電型有機感光体

オフィスで使用されるプリンタや複写機は、高速印刷化や印刷コストの削減が進められており、これらに搭載される感光体には、高耐久性と高速応答性が求められる。高速応答性に応えるため、電荷輸送層に高移動度の電荷輸送剤を用いるが、高移動度の電荷輸送剤は光疲労しやすい欠点があり、何らかの手段で耐光性を付与する必要がある。

富士電機では、このような課題を解決する高速対応負帯電型有機感光体を開発するため、耐光性の付与に有効な添加剤の開発を進めている。電子輸送剤の分子構造や吸光スペクトルに着目し、最大吸光波長や電気特性への影響を考慮した材料選定、および添加量の最適化により、電気特性などへの悪影響を最小限に抑え、従来に対して耐光性を大幅に改善した感光体の開発に成功した。

図15 添加剤による耐光性の向上



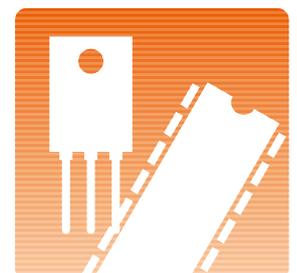
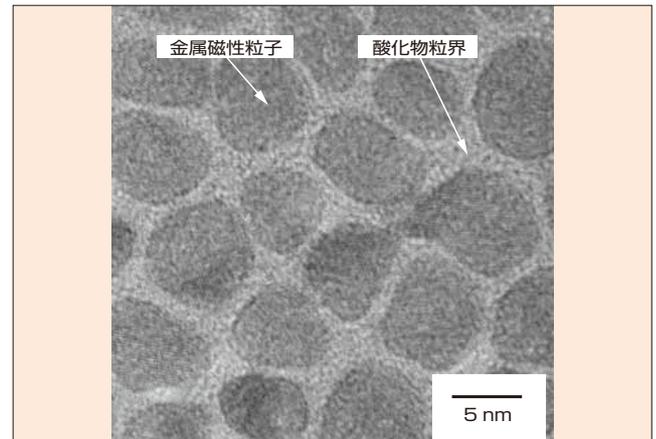
ディスク媒体

① 瓦書き記録 (SMR) 方式磁気記録媒体の高記録密度化

HDD 市場は、その牽引役が PC 用途からデータセンター向けへとシフトしつつあり、高記録容量化への要求がさらに強まっている。そのため、新しい記録方式である瓦書き記録 (SMR) を採用した HDD の製品化が進んでいる。

富士電機では、積層グラニューラ磁性層を持つ多層薄膜記録層の各層組成およびその成膜条件の最適化により、磁性粒子の小径化と均一化を図るとともに、磁性層間の磁気的相互作用を適切に制御することで、SMR 方式に最適な記録媒体の開発を進めている。その結果、記録容易性を維持しつつ明瞭な磁化反転を実現させ、同時に記録にじみを抑制することで、 $1,235 \text{ Gbits/in}^2$ の高記録密度を達成した。本技術は、2016 年度に製品化を予定しているデータセンター向け HDD 用記録媒体に適用する予定である。

図 16 磁気記録媒体の平面 TEM 像



食品流通

自動販売機
店舗
流通システム



展望

2016年に開催された伊勢志摩サミットの国際メディアセンターに、大型画面と各種センサを搭載したデジタルサイネージ自動販売機を出展した。自動販売機の前で微笑むと、ミネラルウォーターを無料で提供するというものである。笑顔の他に、ジェスチャーでグッドサインを示しても提供できる。また、この自動販売機は、日本語、ドイツ語、イタリア語、英語、フランス語といった多言語対応を搭載し、使用する人にストレスがないように配慮している。各国から集まった報道関係者に“笑顔を提供したい”と願ったの取組みである。

自動販売機

日本ではまだまだ普及が進んでいないが、中国や欧州では、商品の紹介や広告などを画像配信によって行うスマート自動販売機が普及してきている。また、電子決済においてはクラウド系の決済が急激に普及してきており、スマートフォンとの連携が必須となってきている。

富士電機では、太陽光や埃（ほこり）、雪、雨といった外乱にも影響されないタッチパネルをはじめ、大型ディスプレイ、各種センシング技術の開発などを行い、完全屋外対応の未来型自動販売機の開発を進めてきた。これからの自動販売機の一つの形として、従来のようにただ黙って商品を購入するという形態から、イベントやキャンペーンに参加するようなインタラクティブ（双方向）な機能を搭載した次世代自動販売機の準備を継続的に進めている。2015年度にイオンディライト株式会社向けに出荷を開始したデジタルサイネージ自動販売機もその一つであり、店舗への集客のツールとしてその活用が期待されている。

店舗

食品流通事業において決済機能は重要な要素の一つであり、国内外で様変わりする決済事情に応じてさまざまな製品の提供を行ってきた。国内においては各種電子マネーが普及する中で、プリペイド型電子マネーを運用するに当たり、利用者に電子マネーをチャージする場をどのように提供するのが運営側の一つの課題となっている。POSレジ

でのチャージ、携帯電話でのオンラインチャージなどいくつかの手段があり、利用年齢層、客単価の比較的高いスーパーマーケットなどでは、扱いが容易な現金チャージ機の設置が電子マネーの利用促進につながる。また、電子マネーを格納する媒体も、カードから携帯電話へ、さらにスマートフォンへとその形を変えているため、カードが店舗のユーザビリティ向上も重要な課題である。

自動販売機や自動つり銭機のグローバル対応に伴い、各国紙幣の鑑別アルゴリズムの開発案件が増加傾向にある中で、鑑別技術の宿命として偽造券への速やかな対応が求められている。これらの課題に対し、鑑別アルゴリズムの自動生成手法を開発した。将来的には自動つり銭機などをインターネットでつなげることで、アルゴリズムを常に最新に更新することができ、顧客へのサービスを向上することが可能となる。同時にメカトロニクス技術を駆使し、金銭処理スピードの向上と総合的な信頼性の向上を目指していく。

流通システム

家庭用冷凍食品の生産量は年々増加傾向にあり10年前に比べ10%以上増加している。コンビニエンスストアやスーパーマーケットなどによる冷凍食品の取扱いが増加していることに加え、宅配食の増加などにより今後も普及が予想できる。また、アジア各国においては近年、冷凍食品に対する需要も増加しており、これに伴って定温物流の需要も増加している。これらの需要に対応するため、可搬型の冷凍保冷库「WALKOOL（フローズン）」の販売を開始した。食品生産拠点から店舗売場までシームレスな低温物流を実現する。

富士電機の中でも比較的消費者に近い食品流通事業では、人々の生活の変化に敏感に対応することが必要である。嗜好（しこう）や生活スタイルの変化に対し、どのような商品が求められていくのかを想像し、顧客のニーズを先取りしたオンリーワン商品を積極的に展開していく。

店舗

① 楽天株式会社向け小型 Edy チャージ機「RBCT16-E01」

富士電機は、2004年から小型 Edy チャージ機を市場に展開している。楽天株式会社向けの新型機として、従来型カードや携帯電話に加え、昨今の大型化したスマートフォンにも対応した小型 Edy チャージ機「RBCT16-E01」を開発した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 新設計のカード決済処理部により、高度なセキュリティと高い拡張性を実現した。
- (2) 富士電機の保守サーバへの接続機能を搭載し、リモートメンテナンスを可能にした。
- (3) カードかざし部の形状を見直し、大型スマートフォンの対応を可能にした。

図1 「RBCT16-E01」



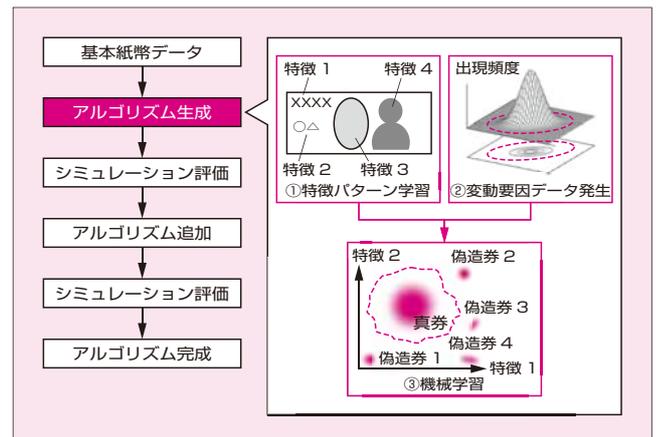
② 機械学習技術の紙幣鑑別への適用

紙幣鑑別における認識アルゴリズムは、これまで対象紙幣が変わるたびに開発を繰り返す必要があった。対象紙幣ごとに特徴となる形状・位置・セキュリティ情報に基づいて、紙幣を鑑別するアルゴリズムを構築するためである。このたび、基本紙幣データに基づき、計算機で認識アルゴリズムを自動生成する手法を開発した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 新券発行時に特徴を自動的に抽出することで、迅速な対応が可能となった。
- (2) 統計的にばらつきを推定しており、真券の受付率が向上した。
- (3) 機械学習法を用いた認識アルゴリズムにより、偽造券の排除率が飛躍的に向上した。

◆関連論文：富士電機技報 2015, vol.88, no.3, p.205

図2 認識アルゴリズムの自動生成フロー



流通システム

① 冷凍保冷庫「WALKOOL (フローズン)」

自動販売機で培った冷熱技術を生かし、物流業界で今後活用が見込まれる可搬型の冷凍保冷庫「WALKOOL (フローズン)」を開発し、生産を開始した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 蓄冷材と真空断熱材 (VIP) を活用し、電源がなくても -20°C 以下の状態を 8 時間維持できる。
- (2) 外形寸法は物流業界で標準的に使用される台車サイズに準拠し、内容量は 400 L を確保した。
- (3) 外装はデザイン性も考慮したオールステンレス仕様である。

今後は海外での展開も視野に、国際規格の認証取得を進めていく。

図3 「WALKOOL (フローズン)」



基盤・先端技術



基盤技術
先端技術

展望

2015年は、原油価格の大幅な低減、中国経済の構造転換の兆し、インドにおけるエネルギー需要の増加など、変化の予兆を感じる1年となった。

省エネルギー・省資源技術は、米国、日本、EUで進歩しエネルギー消費の低減が進んだ。一方、インドや東南アジア、中国においては、エネルギー消費は引き続き増加すると考えられている。これらの状況から、省エネルギーに関連する電力インフラ、パワーエレクトロニクス（パワエレ）機器、パワー半導体には需要増加が期待される。

エネルギー、医療、輸送、産業の各分野で、IoTやM2Mに関する、広範囲な取組みが始まっている。

富士電機では、これらの状況に対応し、顧客のニーズに応える製品を、発電システム、社会インフラ、産業インフラ、パワエレ機器、電子デバイス、食品流通の分野で開発している。また、これらを支える基盤技術・先端技術の開発を進め、より高品質で安全・安心な製品を顧客に提供できるよう、努力を続けている。

具体的には、発電用タービンにおける経年的な金属組織の変化を精度よく予測する技術を開発するために、熱力学を応用したPhase Field法によるシミュレーション技術を確認し、高温材料の長時間劣化予測を可能とした。また、タービンブレードの超高深度レーザ焼入れにより、耐摩耗性を向上させる技術を開発した。

冷却水流路や蒸気タービンの排気室などの流体機器の形状を最適化する新しい方法として、アジョイント法による形状最適化技術を構築し、圧力損失を低減した。

電力システム改革に対応して、電源調達コストの最小化、連続起動・停止制約などの各種電源制約の考慮、連系線の空き容量制約の考慮という三つの特徴を持つ発電・連系線計画の自動化技術を開発した。電力事業の業務効率化と利益向上のため、電力市場取引を支援する技術の開発に取り組んだ。また、変電システム設計のために、系統インピーダンスが複雑に変化する場合であっても高調波フィルタやSTATCOMの最適容量を解析する技術を開発した。

工場・プラントを安全かつ効率的に運転するため、過去のプラント操業データを用いて予測モデルを構築し、プラ

ントの異常兆候を早期に検知するシステムを開発した。また、プロセス製造工程の約半分を占めるバッチプロセスを対象として、早期の異常診断により不良品の生産を未然に防止する技術を開発した。

近年、IoTやM2Mに対する期待から、単一CPU上でリアルタイムOSと、Linuxをはじめとする汎用OSなどの異なるOSとを並行動作させるマルチOS適用技術を開発し、組込み機器の多機能化を迅速かつ容易に実現した。また、ネットワーク接続が当たり前となりつつある組込み機器においては、暗号鍵の長期保存を実現する難読化技術に取り組み、必要なROMサイズを70%以上削減するとともに、従来手法に対する攻撃への耐性化を実現した。センサにおいては、MEMSメタンセンサをベースに、超低消費電力MEMSガスセンサによる多成分ガス検出技術を開発し、LPガス（イソブタンとプロパンが主成分）や水素を高感度かつ選択的に検出可能であることを確認した。

パワエレ機器の小型化・高密度化に対応し、伝熱経路を詳細にモデル化し、高精度に温度予測が可能なシミュレーション技術を確認した。また、独自に開発した高精度デバイスモデルと配線構造の寄生インダクタンス解析技術を組み合わせることにより、スイッチング試験を回路シミュレーション上で実行可能な技術を開発し、回路の設計精度の向上や試作回数の低減を実現した。

電子デバイスでは、国立研究開発法人 産業技術総合研究所を中核とする戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)に参画し、20kV級超高耐圧SiC-PiNダイオードを開発した。また、ハードディスク媒体の次世代記録方式として有力候補と考えられる熱アシスト磁気記録方式の開発として、FePt規則合金磁性膜の配向性改良にも取り組んだ。これらの素子の特性は、デバイス界面の原子配列や、半導体中の微小な欠陥に影響される。このため、種々の最先端分析技術や第一原理計算の手法を駆使して解析に取り組んだ。

今後も、電気・熱エネルギー技術、環境技術の革新につながる先端技術への挑戦、および安全・安心で顧客の信頼に応える製品開発を、基盤技術を駆使して進めていく。

基盤技術

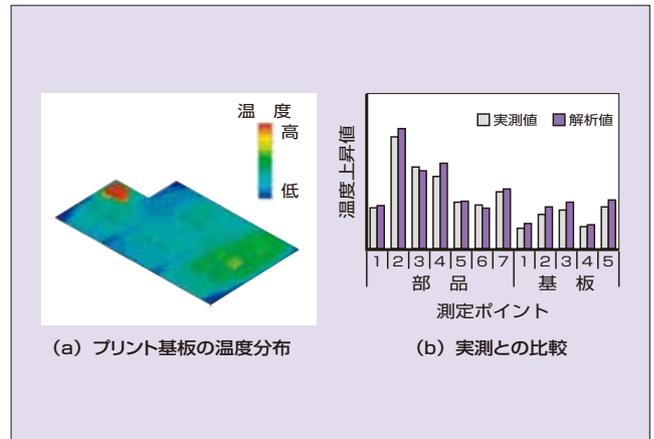
① パワーエレクトロニクス機器の冷却設計技術

近年、パワーエレクトロニクス機器の小型化、高密度化が進んでおり、機器の熱設計においてシミュレーションの重要性が増加している。

富士電機では、設計段階に応じたシミュレーション技術の開発に取り組んでいる。詳細設計においては、プリント基板の配線パターンなどの伝熱経路を詳細にモデル化し、実装部品の構造から導かれる伝熱特性を考慮することにより、従来よりも高精度に温度予測が可能なシミュレーション技術を確立した。

これにより、機器に組み込まれた状態でのプリント基板や実装部品の温度分布を解析して把握でき、設計精度を向上させることができる。本技術を機器設計に活用することによって、試作回数の低減や開発期間の短縮を実現する。

図1 プリント基板の温度シミュレーションの例

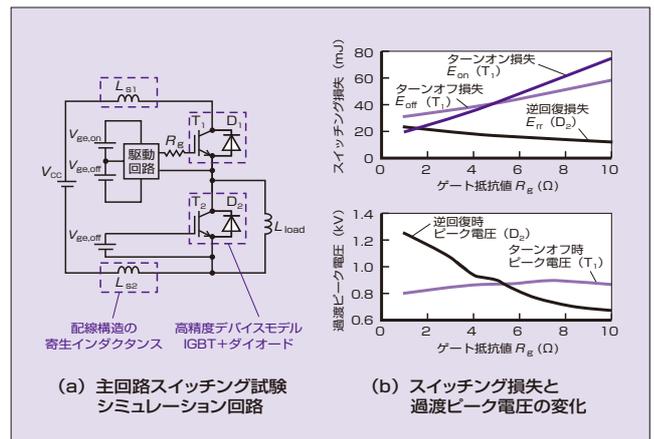


② パワーエレクトロニクス機器開発のための回路シミュレーション技術

パワーエレクトロニクス機器の開発においては、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) やダイオードに代表されるパワーデバイスの性能を最大限引き出すため、駆動回路や周辺回路の最適設計の重要性が増している。

富士電機は、独自に開発した高精度デバイスモデルと配線構造の寄生インダクタンス解析技術を組み合わせることにより、パワーデバイスの性能を評価するためのスイッチング試験を回路シミュレーション上で実行可能な技術を開発した (図(a))。これにより、ゲート駆動条件を変更した場合におけるスイッチング損失と過渡ピーク電圧のトレードオフ解析を事前に行うことが可能となる (図(b))。駆動回路や周辺回路の設計精度の向上と、機器開発期間の短縮を実現している。

図2 回路シミュレーションによるゲート駆動条件の事前検討

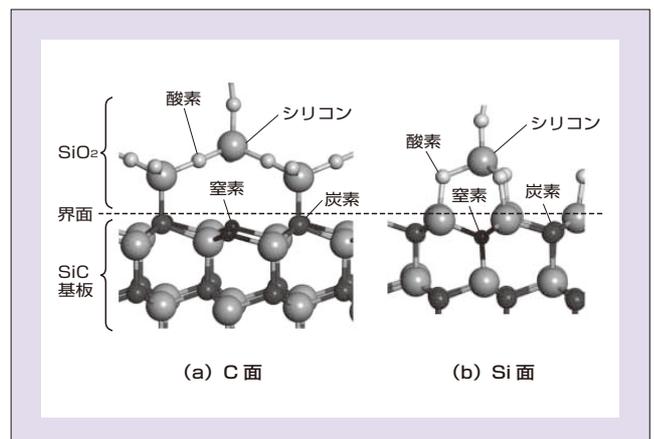


③ 次世代パワーデバイスの開発を支える分析・解析技術

パワーエレクトロニクス機器の低損失化の必要性が高まっており、ワイドバンドギャップ半導体のSiC (炭化けい素) を使用したSiC-MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) などの次世代パワーデバイスの研究開発を行っている。SiC-MOSFETの電気特性は、ゲート酸化膜界面における原子配列の仕方に影響される。現在、この原子配列を解析するため、X線光電子分光法といった種々の分析手法や第一原理計算によるシミュレーション手法を用いた解析に取り組んでいる。これらの手法を用いて、ゲート酸化膜界面に窒素を導入した場合の窒素による終端構造がSiC基板の種類(面方位)によって異なることを推定した(図)。今後、窒素原子の導入メカニズムを解析し、プロセス開発に貢献する。

● 関連論文: 富士電機技報 2016, vol.89, no.1, p.21

図3 解析によって推定したSiC/SiO₂界面構造



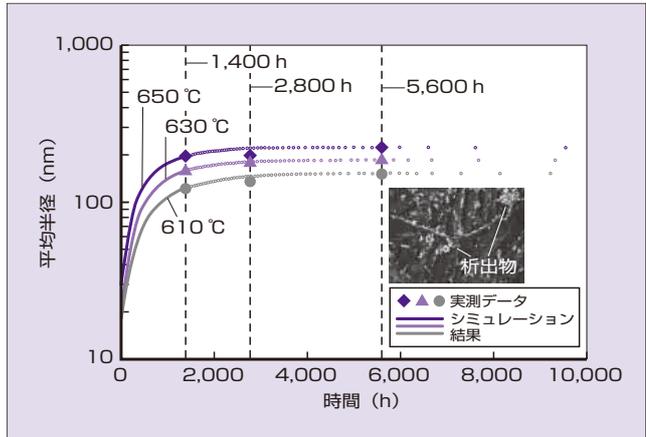
基盤技術

④ 劣化評価技術につながる金属組成シミュレーション技術

タービン製品に使用される金属の多くは高温下での経年使用に伴い、クリープ、疲労、脆化（ぜいか）など種々の損傷を受けて金属組織が変化する。製品の長期的な安全性を確保し、安定的に運用していくために、経年的な組織変化を精度よく予測する技術の必要性は極めて高い。

富士電機は、熱力学を応用した Phase Field 法を利用し、時間経過を考慮したシミュレーション技術を確立した。図は1万時間経過後までの加熱時効に伴う鋼中析出物の粒径変化をシミュレーションしたものであり、実測と精度よく一致している。本技術により、高温材料の長時間劣化予測が可能となった。今後、製品の劣化評価技術として活用していくとともに、腐食などの他の劣化現象のシミュレーション技術の開発を行う予定である。

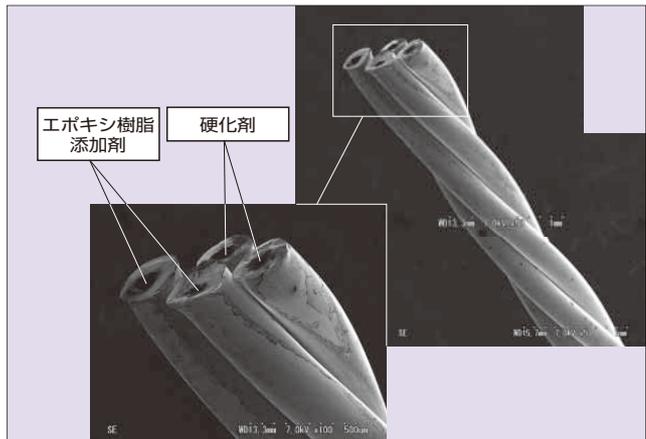
図4 加熱時効に伴う鋼中析出物の粒径変化



⑤ エポキシフラックス入り糸はんだ

高密度実装用小型チップ部品のはんだ付が可能なエポキシフラックス系クリームはんだを開発した。本クリームはんだの特徴は、熱硬化するエポキシフラックスで微小なはんだ接合部の補強が可能なことである。一方、はんだ付不良が発生した場合には、糸はんだによるリペアが不可欠であり、さらにエポキシフラックスによるリペアも必要となる。しかしながら、糸はんだの製造過程で熱が加わるため、そのままではエポキシフラックスは加熱硬化してしまう。そこで、エポキシ樹脂と硬化剤を別々の糸はんだとし、束ねて縫（よ）ることではんだ付可能なエポキシフラックス入り糸はんだを開発した。適切な活性剤を添加することにより、従来と同等の性能を持つ。今後、これらの糸はんだを製品に適用していく。

図5 エポキシフラックス入り糸はんだの構造

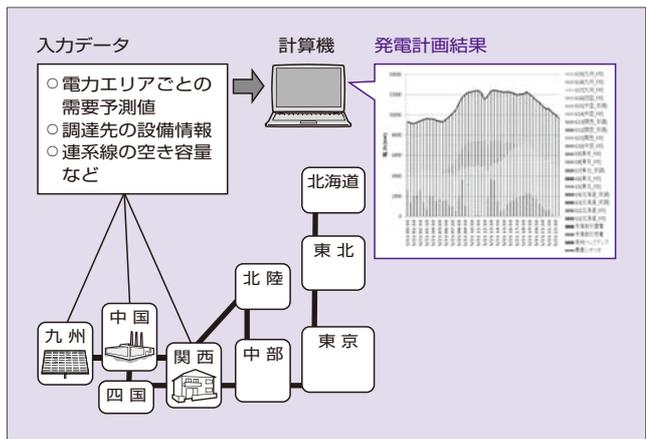


⑥ 電力システム改革に対応した発電・連系線計画手法

電力システム改革により、電力広域的運営推進機関に発電・連系線計画の提出が義務付けられる。通常、多くの電源は大消費地と異なる電力エリアにあるため、電力エリア間を結ぶ連系線の使用量の計画と、コストが最小の電源調達計画が重要になる。しかし、さまざまな電源のコスト、特性、制約を考慮して、コストが最小の計画を手作業で立案することは、多くの時間を費やすという問題があった。

富士電機では、電力事業の業務効率化のため、発電・連系線計画を計算する技術の開発に取り組んでいる。本技術の主な特徴は、電源調達コストの最小化、連続起動・停止制約などの各種電源制約の考慮、連系線の空き容量制約の考慮の三つである。本技術の導入により、発電・連系線計画の計算の自動化が実現できる。

図6 発電計画結果の例



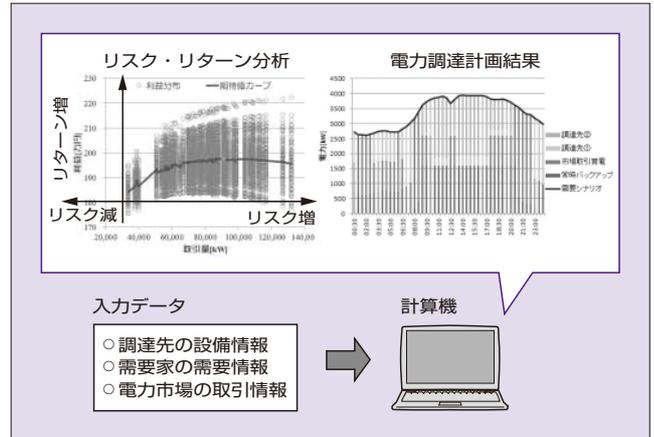
基盤技術

7 電力システム改革に対応した電力市場取引支援技術

電力システム改革により、電力事業者にとって、電源調達の間として電力市場が重要となっている。しかし、電力調達計画には、自前の発電機、発電事業者、電力市場など膨大な要素の組合せがあり、手作業では多くの時間を費やすことになる。さらに、需要と市場価格には不確定な変動があり、これらの予測が外れた場合の利益とリスクを考慮した取引量を手作業で計画するのは困難である。

富士電機では、電力事業の業務効率化と利益向上のため、電力市場取引を支援する技術の開発に取り組んでいる。本技術の主な特徴は、電力調達計画の事前検証、需要と市場価格の不確定性による利益とリスクを考慮した最適取引量自動算出の二つである。本技術の導入により、電力市場取引の支援が実現できる。

図7 電力市場取引支援技術の適用例

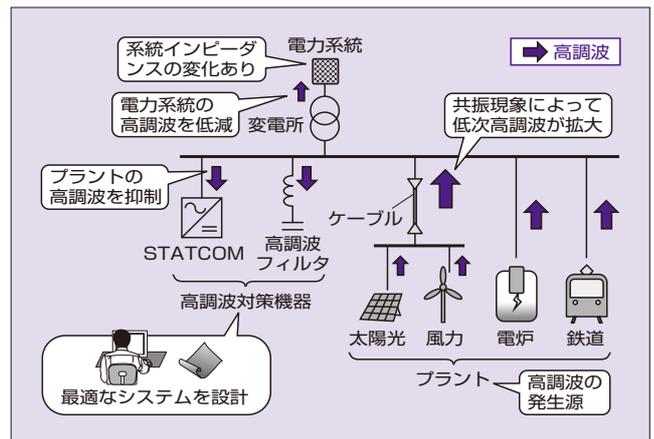


8 変電システム設計のための高調波解析の自動化

高調波を発生するプラント（太陽光、風力、電炉、鉄道など）が比較的弱い電力システムに連系する場合、共振現象によって低次高調波が拡大し、規定の範囲内に抑制することが困難になることがある。さらに電力システムの系統インピーダンスは運用条件によって変化するため、その変化に対応して高調波を抑制することができる最適な変電システムを構築することが課題である。

富士電機は、系統インピーダンスが複雑に変化する場合でも高調波フィルタやSTATCOMの最適容量を解析する技術を開発した。本技術ではパラメータの膨大な組合せ数を削減する解の探索方法の採用、および汎用解析ソフトウェアを活用した繰り返し作業部分の自動化を実施している。今後、変電システムの設計時間短縮や品質向上を図る。

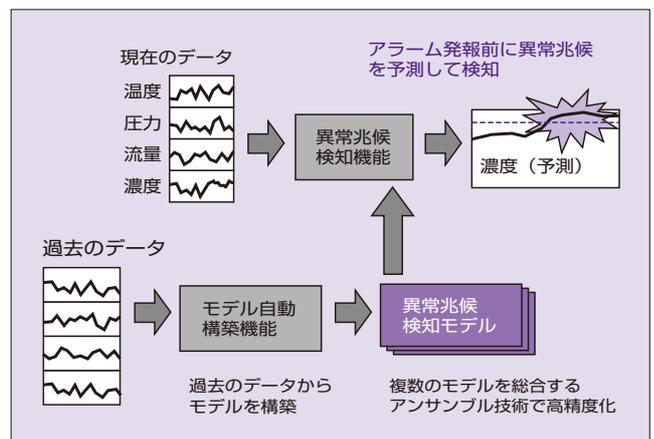
図8 高調波抑制のための変電システム



9 モデル自動生成技術を活用した異常兆候検知システム

近年、特に高まっている工場・プラントの安全かつ効率的な運転に対する操業支援ニーズに対して、プラントの異常兆候を早期に検知するシステムを開発した。蓄積された過去のプラント操業データを用いて予測モデルを構築しておき、逐次、予測モデルでプラント状態を予測することで異常を早期に検知できる。また、異常状態の発生が予測可能であり、予測モデルの自動構築が可能である。複数のモデルの予測結果を総合的に判断するアンサンブル技術による高精度予測である。開発したシステムは、実プラントのデータを用いて効果を検証している。1年間分のデータを用いた実験では、ある種類のアラームが実際に発生した回数のうち、約90%を事前に予測できた。

図9 モデル自動生成技術の概要

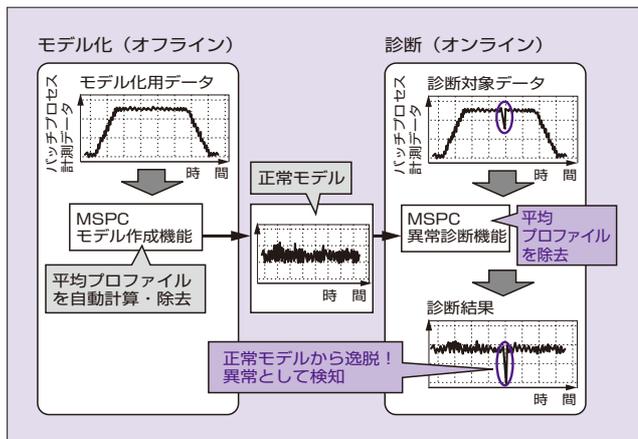


基盤技術

10 バッチプロセス向け MSPC 技術

プロセス製造工程の約半分を占めるバッチプロセスを対象として、早期の異常診断により不良品の生産を未然に防止する技術を開発した。従来の技術では、バッチプロセス終了後には異常診断が行えず、不良品の生産の未然防止には役立たなかった。これに対して、今回開発したバッチプロセス向け MSPC (Multivariate Statistical Process Control) 技術は、バッチプロセス進行中の異常診断が可能である。バッチプロセスの計測データをそのまま扱うのではなく、データから自動で計算した平均プロファイルを除いた上で正常モデルからの逸脱を検知する独自の技術である。データの動きがバッチプロセスと類似しているショーケースの計測データを用い、正常モデルからの逸脱により異常（故障）に至る変化を検知できることを確認した。

図 10 バッチプロセス向け MSPC 技術の考え方

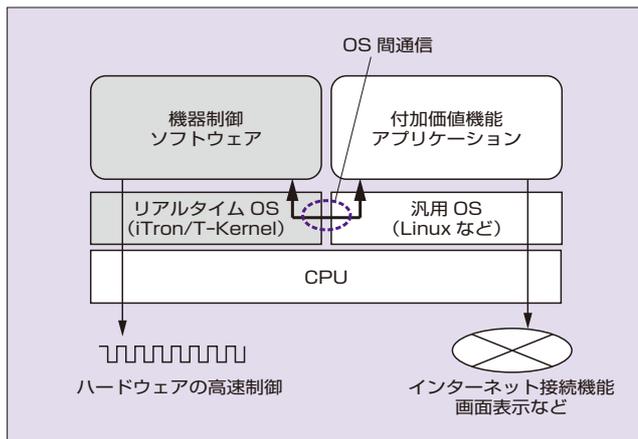


11 組み込み機器へのマルチ OS 適用技術

近年、IoT に対する期待から組み込み機器に対する多機能化の要求が高まっている。単一 CPU 上でリアルタイム OS と、Linux をはじめとする汎用 OS などの異なる OS を複数同時に並行して動作させるマルチ OS 適用技術を開発した。マルチ OS の動作環境では、従来のリアルタイム OS 上で動作する高速な制御ソフトウェアを変更せずそのまま動作させ、汎用 OS 上では多様な通信規格への対応や画面表示など、付加価値機能のあるアプリケーションを動作させることができる。また、OS 間通信を利用して制御機能と付加価値機能との高速な連携動作も可能である。

従来の制御機能の品質や性能はそのままに付加価値機能を実装することにより、組み込み機器の多機能化を迅速かつ容易に実現することを可能にした。

図 11 マルチ OS 適用時のソフトウェア構成の例

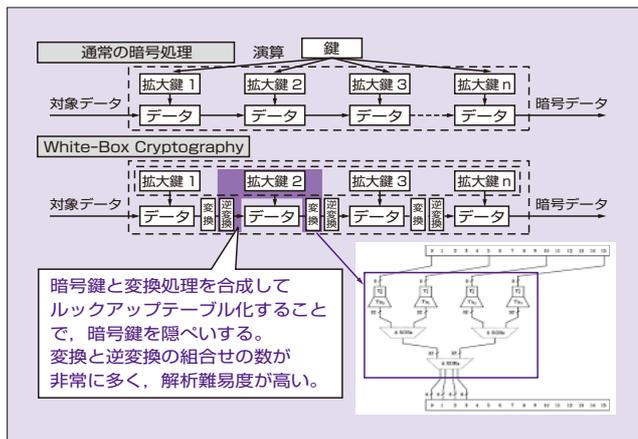


12 セキュリティ暗号鍵の長期保存技術

暗号化は、セキュリティ対策の一つとして欠かせない技術であり、その安全性は、暗号鍵を不正入手・解析などの攻撃からいかに保護するかに懸かっている。IoT や M2M などネットワーク接続が当たり前となりつつある組み込み機器においては、その長いライフサイクルにわたって暗号鍵を保護していく必要性がますます高まっている。

今回開発した、暗号鍵の長期保存を実現する難読化技術は、数学的根拠に裏付けられたセキュリティ強度を持つ手法であり、難読化された暗号鍵から元の暗号鍵を推測することを困難にする。さらに、必要な ROM サイズを 70% 以上削減するとともに、従来手法に対する攻撃への耐性化 (2¹⁸⁹ 倍のセキュリティ強度向上) を図ることで、組み込み機器向けに小容量・高セキュリティ化を実現した。

図 12 暗号鍵難読化の原理

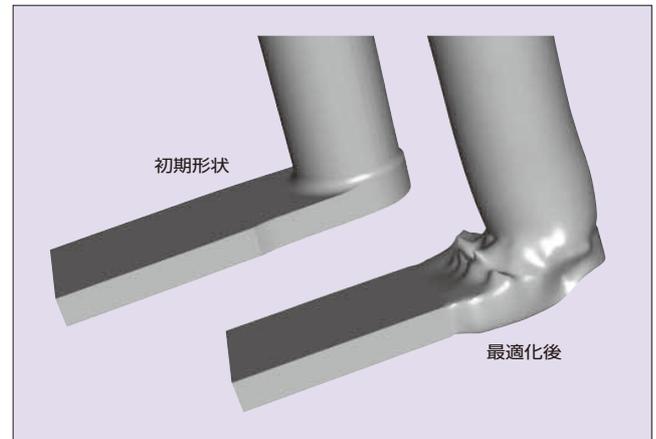


基盤技術

13 アジョイント法による流路形状の最適化技術

流体機器の形状を最適化する新しい方法として、アジョイント法による形状最適化技術を構築した。アジョイント解（感度分布）は、目的関数を改善する形状修正の方向を示す。アジョイント解に応じて形状を変化させる操作を繰り返すことで最適形状を得る。設計者が想定していなかった複雑な形状を導き出すことにより、高い改善効果が得られる。従来のパラメータ最適化法との比較では、単純な風洞の検証モデルにおいて圧力損失低減率が1.5倍、計算時間が1/10という優れた結果を示した。また、モータの冷却水流路や蒸気タービンの排気室に対して試験的に適用した。圧力損失について従来法との比較で、モータの冷却水流路は実験により33%の低減効果を、蒸気タービンの排気室は解析により30%の低減効果を得た。

図13 最適化による冷却水流路の変化

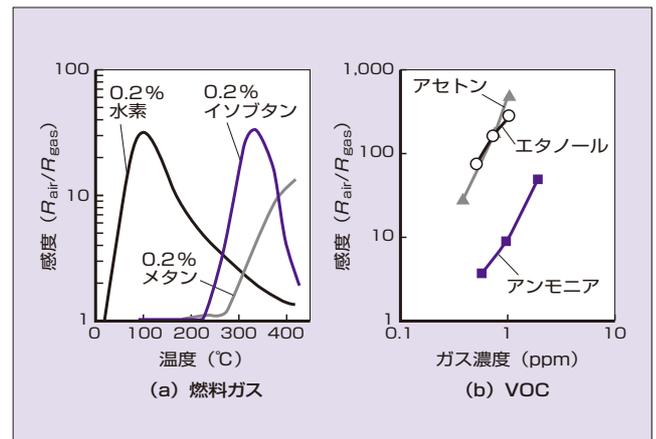


先端技術

1 超低消費電力 MEMS ガスセンサの多成分検出技術

2015年に発売した世界初の電池式都市ガス警報器には、従来比1/1000以下という超低消費電力MEMSメタンセンサを搭載している。このセンサの技術をベースに、超低消費電力MEMSガスセンサの多成分ガス検出技術を開発している。MEMSメタンセンサのヒータ温度を最適化することで、LPガス（イソブタンとプロパンが主成分）や水素を高感度かつ選択的に検出できることを確認した。また、センサの間欠駆動の条件を最適化することで微量のVOC（揮発性有機化合物）を検出することができ、特にアセトンやエタノールに関しては、1ppm以下のガスに対しても高い感度があることを確認した。この技術は、環境計測や医療・ヘルスクエアなど他分野への応用展開が期待できる。

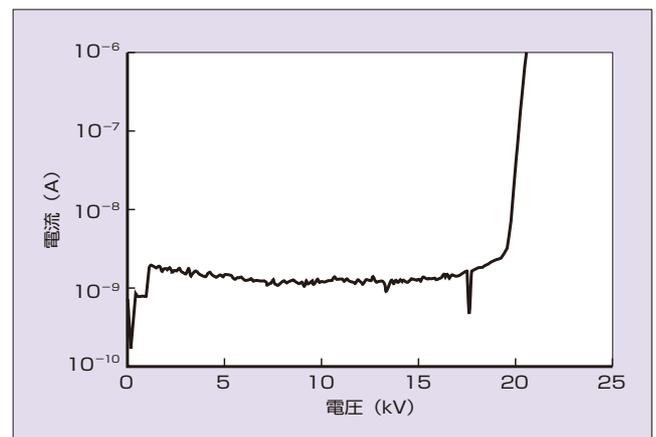
図14 超低消費電力MEMSガスセンサの感度



2 20kV級超高耐圧SiC-PiNダイオード

国立研究開発法人 産業技術総合研究所を中核とする戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) に参画し、20kV級超高耐圧SiC-PiNダイオードを開発した。本ダイオードは、送配電機器などの超高耐圧応用分野においてSiC-IGBTと組み合わせて使用される。従来のシリコン素子と比べて高耐圧かつ低損失であり、装置の省エネルギー化および小型・軽量化への貢献が期待されている。高耐圧化のため多段JTE (Junction Termination Extension) 構造を最適に設計した。また、厚さ200 μm 以上の高品質エピタキシャル膜を採用するとともに、エピタキシャル膜中のドーピング濃度を $3 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ という非常に低い値に抑えることで、20kV以上の世界最高レベルの耐圧特性を実現できた。

図15 20kV級超高耐圧SiC-PiNダイオードの耐圧特性



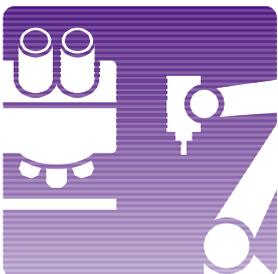
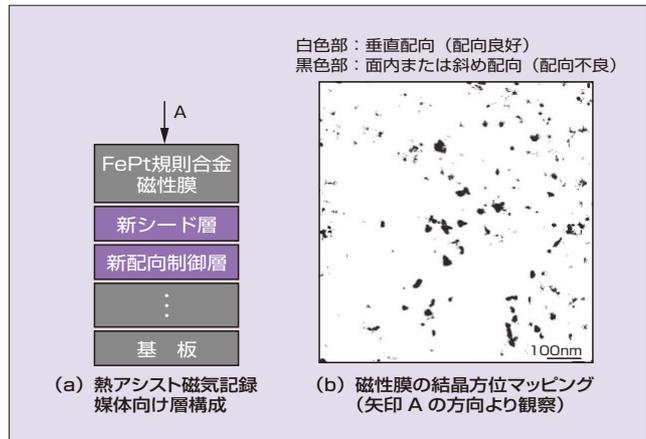
先端技術

③ 熱アシスト磁気記録媒体の配向制御技術

ハードディスクドライブは、データセンター向けストレージやパーソナルストレージとして、さらなる大容量化が求められている。大容量化を支える次世代記録方式の有力候補は熱アシスト磁気記録方式であり、対応する磁気記録媒体には、高い保磁力を持つ FePt 規則合金磁性膜が用いられる。FePt 規則合金磁性膜は、既存の CoPt 磁性膜に比べて配向不良が発生しやすく、記録再生を行った際のノイズが課題である。

富士電機は、シード層の垂直配向性を促進させる配向制御層を新たに開発し、これをシード層の下へ導入することによって、FePt 規則合金磁性膜の配向不良が従来の 30% から 2.4% まで抑えられることを確認した。今後は、本技術を用いた磁気記録媒体の実用化の検討を進めていく。

図 16 磁性膜の結晶方位マッピング



略語（本号で使った主な略語）

AT-NPC	Advanced T-type Neutral-Point-Clamped	
BEMS	Building Energy Management System	ビルエネルギーマネジメントシステム
EMC	Electromagnetic Compatibility	電磁両立性
EMS	Energy Management System	エネルギーマネジメントシステム
EPC	Engineering Procurement Construction	
EV	Electric Vehicle	電気自動車
FEMS	Factory Energy Management System	工場エネルギーマネジメントシステム
FWD	Free Wheeling Diode	
GIS	Gas Insulated Switchgear	ガス絶縁開閉装置
HEV	Hybrid Electric Vehicle	ハイブリッド自動車
ICT	Information and Communication Technology	
IED	Intelligent Electronic Device	
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor	絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ
IH	Induction Heating	誘導加熱
IIC	Industrial Internet Consortium	
IoT	Internet of Things	
IPM	Intelligent Power Module	
JTE	Junction Termination Extension	
LAN	Local Area Network	
LRT	Load Ratio Control Transformer	負荷時タップ切換変圧器
M2M	Machine to Machine	
MEMS	Micro Electro Mechanical Systems	微小電気機械システム
MOSFET	Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor	金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ
MPPT	Maximum Power Point Tracking	最大電力点追従
MSPC	Multivariate Statistical Process Control	
PAFC	Phosphoric Acid Fuel Cell	りん酸形燃料電池
PCS	Power Conditioning Sub-system	パワーコンディショナ
PiN	P-intrinsic-N	
PLC	Programmable Logic Controller	
PM	Particulate Matter	微小粒子状物質
POS	Point of Sales	販売時点情報管理（システム）
PWM	Pulse Width Modulation	パルス幅変調
RB-IGBT	Reverse-Blocking IGBT	逆阻止 IGBT
RC-IGBT	Reverse-Conducting IGBT	逆導通 IGBT
REMS	Retail Energy Management System	店舗流通エネルギーマネジメントシステム
SBD	Schottky Barrier Diode	
SMR	Shingled Magnetic Recording	瓦書き記録
SOFC	Solid Oxide Fuel Cell	固体酸化物形燃料電池
SPM	Suspended Particulate Matter	浮遊粒子状物質
SSSC	Static Synchronous Series Compensator	静止型同期直列補償装置
STATCOM	Static Synchronous Compensator	自励式無効電力補償装置
SVC	Static Var Compensator	静止型無効電力補償装置
SVR	Step Voltage Regulator	自動電圧調整器
UPS	Uninterruptible Power System	無停電電源装置
USB	Universal Serial Bus	
VCB	Vacuum Circuit Breaker	真空遮断器
VIP	Vacuum Insulation Panel	真空断熱材
VOC	Volatile Organic Compounds	揮発性有機化合物
VPN	Virtual Private Network	
VPP	Virtual Power Plant	バーチャルパワープラント

商標（本号に記載した主な商標または登録商標）

Android	Google Inc. の商標または登録商標
Edy	楽天 Edy 株式会社の商標または登録商標
Ethernet	富士ゼロックス株式会社の商標または登録商標
Linux	Linus Torvalds 氏の日本およびその他の国における商標または登録商標
MODBUS	Schneider Automation, Inc. の商標または登録商標
OPC	OPC Foundation の商標または登録商標
Wi-Fi	Wi-Fi Alliance の商標または登録商標

その他の会社名、製品名は、それぞれの会社の商標または登録商標である。

技術業績の表彰・受賞一覧（2015年度）順不同

一般社団法人 電気学会

●第71回電気学術振興賞 進歩賞

「分散型電源およびスマートグリッドに関する解析を実現する電力系統シミュレータの開発」

富士電機株式会社 原田 慈
〔中部電力株式会社、株式会社 中電シーティーアイとの共同受賞〕

一般社団法人 日本電機工業会

●第64回（平成27年度）電機工業技術功績者表彰 奨励賞

「業界最小ヒューズ付高圧交流負荷開閉器の開発」

富士電機株式会社 菊地 征範，宮崎 哲司

●第65回（平成28年度）電機工業技術功績者表彰 優良賞

「ハイブリッド SiC 素子を 690V 電源用途に適用した高性能産業用インバータの商品化」

富士電機株式会社 野村 和貴，古庄 泰章

●第65回（平成28年度）電機工業技術功績者表彰 奨励賞

「位置決め機能搭載、高性能・小形スタンダードインバータ FRENIC-Ace の開発」

富士電機株式会社 鷹見 裕一，玉手 道雄

「欧州エレベータ規格に対応したスリム形インバータの開発」

富士電機株式会社 木内 忠昭，仲渡 由征

「サーキットプロテクタの開発」

富士電機機器制御株式会社 江村 武史，千葉 英樹

一般社団法人 日本機械工業連合会

●平成27年度優秀省エネルギー機器表彰 日本機械工業連合会会長賞

「ヒータ電力ゼロ自動販売機（ハイブリッド ZERO）」

富士電機株式会社

一般社団法人 日本有機資源協会

●第3回食品産業もったいない大賞 農林水産省食料産業局長賞

「高機能保冷コンテナを活用した物流効率化による消費エネルギー削減及び包装材使用量削減」

富士電機株式会社

一般社団法人 日本ガス協会

●平成28年度技術大賞・技術賞・技術奨励賞

「電池駆動ガス警報器の開発」

富士電機株式会社

〔矢崎エナジーシステム株式会社，新コスモス電機株式会社との共同受賞〕

公益社団法人 電気化学会

●平成28年度電気化学会 電気化学会技術賞（棚橋賞）

「超低消費電力ガスセンサの開発」

富士電機株式会社 鈴木 卓弥，長瀬 徳美
〔大阪ガス株式会社との共同受賞〕

一般社団法人 省エネルギーセンター

●省エネルギーセンター会長賞

「CO₂冷媒自動販売機」

富士電機株式会社
〔株式会社デンソーとの共同受賞〕

一般財団法人 日本科学技術連盟

●第45回信頼性・安全性シンポジウム 推奨報文賞

「175℃連続動作を保証する IGBT モジュールのパッケージ技術」

富士電機株式会社 百瀬 文彦

日本冷凍空調学会，空気調和・衛生工学会，日本機械学会（共催）

●第49回回空気調和・冷凍連合講演会 優秀講演賞

「温排水の熱エネルギーを利用した蒸気生成ヒートポンプシステムの開発」

富士電機株式会社 柴田 修平

株式会社 日刊工業新聞社

●第58回十大新製品賞

「エアロゾル複合分析計」

富士電機株式会社

モノづくり日本会議（日刊工業新聞社 主催）

●2015年 超モノづくり部品大賞 電気・電子部品賞

「缶自動販売機用 DC 駆動搬出機構（DC バンドメカ）」

富士電機株式会社

公益社団法人 発明協会

●平成27年度関東地方発明表彰 発明奨励賞

「パワー半導体装置のワイヤボンディング方法」

富士電機株式会社 菊地 昌宏，塩川 国夫

「断線故障検知回路」

富士電機株式会社 植松 克之，西川 睦雄
上柳 勝道

特集に寄せて “エネルギー・環境技術の革新により、 安全・安心で持続可能な社会の実現に貢献”	68 (2)
--	--------

特別対談 “IoT, M2M で進む社会・産業インフラの変革” —— 暗黙知を形式知に変え、 お客さまに新しい価値を提供する ——	70 (4)
--	--------

成果と展望 “強いコンポーネントをコアにした 顧客価値を創出するソリューション”	74 (8)
--	--------

ハイライト	80 (14)
-------	---------

- 屋外型 555 kVA パワーコンディショナ「PVI600BJ-3/555」
- タービンブレード超高深度レーザ焼入れ改質技術
- 電力自由化に対応する需給管理システム
- 仙台市交通局 地下鉄東西線向け電気設備（新線設備）
- 寒冷地向け超高効率型データセンター
- ボイラ燃焼ソリューションパッケージ
- ウェアラブル型遠隔作業支援パッケージ
- 高性能コンパクト型 IP65 対応インバータ
- クレーンソリューション制御パッケージ
- サーバ向け高効率バックアップ電源「F-DC POWER」
- 東海道新幹線車両向け SiC パワー半導体モジュール適用主変換装置
- エネルギー監視機器「F-MPC Web ユニット」(UM12-10)
- 第7世代「X シリーズ」IGBT モジュール
- 1.2 kV-SiC トレンチ型 MOSFET の特性予測
- イオンディライト株式会社向けデジタルサイネージ自動販売機

発電システム	88 (22)
--------	---------

火力・地熱プラント…………… 89 (23)

- ① インドネシア・カモジャン地熱発電所 5 号機向け蒸気タービンおよび発電機
- ② カナダ・クイーンエリザベス発電所向け蒸気タービンおよび発電機
- ③ 日本製紙石巻エネルギーセンター株式会社 石巻雲雀野発電所 1 号発電設備
- ④ 海水リーク診断システム「細管リークバスター」

原子力…………… 90 (24)

- ① 海水放射線モニタ
- ② 放射性廃棄物固化技術

再生可能エネルギー・電力安定化…………… 91 (25)

- ① とまこまい勇払メガソーラー発電所 (AC21 MW) の構築

燃料電池…………… 91 (25)

- ① 東京工場本館向け燃料電池
- ② 常圧型固体酸化物形燃料電池

社会インフラ	92 (26)
--------	---------

エネルギーマネジメント…………… 93 (27)

- ① 新デジタル形送電線保護リレー装置
- ② 中部電力株式会社向け電力系統解析シミュレータ
- ③ 北海道開発局向け漁川ダム放流設備制御装置
- ④ 甌島リユース蓄電池システム
- ⑤ NITE 向け大型リチウムイオン電池設備
- ⑥ 南早来変電所向け系統安定化用大容量交直変換装置
- ⑦ 配電系統向け集中電圧制御システム

産業インフラ	96 (30)
--------	---------

変電システム…………… 97 (31)

- ① 東京都交通局 新宿線 江戸川特高受電変電所電気設備の更新
- ② 西日本旅客鉄道株式会社 摩耶駅 直流電力変換装置
- ③ 東北電力株式会社 新仙台火力発電所第 3 号系列向け 300 kV GIS
- ④ 花王サニタリープロダクツ愛媛株式会社向け 72 kV Eco C-GIS
- ⑤ 米国向け既設他社製整流器用変圧器の更新
- ⑥ 三興製鋼株式会社向け製鋼用大容量自励式フリッカ補償装置

産業プラント…………… 99 (33)

- ① 住友化学株式会社向けレシプロコンプレッサ用同期電動機
- ② CE マーク適合の「FRENIC-VGM」インバータ盤
- ③ 連続式溶融亜鉛めっきライン電機設備
- ④ データ収集・解析支援パッケージソフトウェア「f (s) NISDAS 7」の新機能
- ⑤ JFE スチール株式会社 東日本製鉄所千葉地区第 4 製鋼工場 二次精錬設備電気・計装システムの更新
- ⑥ 成田国際空港第 1 ターミナル向け昇降機監視システム
- ⑦ 発電プラント向け監視制御システム
- ⑧ 化学プラント向け監視制御システムパッケージ
- ⑨ 総合設備管理サービスの機能拡充
- ⑩ 多変量解析による異常兆候解析・劣化診断技術
- ⑪ 要冷物流センター向け統合 EMS
- ⑫ 気流制御システム“ゾーニングエアカーテン”
- ⑬ クリーンルーム用気流改善制御システム
- ⑭ 都市高速道路中央環状品川線向け大気浄化装置
- ⑮ 船舶用排ガス浄化システム (サイクロン式 SO_x スクラバ)
- ⑯ 株式会社 北海道サラダパブリカ 植物工場プラント向け設備
- ⑰ 完全人工光型植物工場の空調設備
- ⑱ 中小規模監視制御システム「MICREX-VieW XX」の系列拡充
- ⑲ 共通設備監視システム「MICREX-VieW PARTNER」
- ⑳ クラウド型バッテリー診断サービス
- ㉑ 表面抵抗測定装置による絶縁診断サービス

産業計測機器…………… 106 (40)

- ① 新型電子式個人線量計「NRF50」
- ② 福島第一原子力発電所向け車両側面測定支援モニタ
- ③ 特殊用途向けアナログ回路圧力発信器

④ 高精度スプール形超音波流量計「FST」

パワーエレ機器 108 (42)

駆動システム..... 109 (43)

- ① サーボシステム「ALPHA5 Smart シリーズ」(多軸一体タイプ)
- ② SiC ハイブリッドモジュール搭載 PWM コンバータ「RHC シリーズ」
- ③ 自動車試験機用低慣性高速電動機

電源システム..... 110 (44)

- ① 北米向け高効率 UPS「UPS7000HX-T3U」
- ② 三相 400V 系大容量 UPS「UPS7000HX シリーズ」のラインアップ拡充

輸送システム..... 110 (44)

- ① 東京都交通局 日暮里・舎人ライナー向けラック・アンド・ピニオン方式ドア駆動装置
- ② 埼玉新都市交通株式会社 ニューシャトル向けラック・アンド・ピニオン方式ドア駆動装置
- ③ 電流センサ付き小型・高機能 IPM

受配電・開閉・制御機器コンポーネント..... 111 (45)

- ① 小型電磁開閉器「SW-N03」～「SW-N5-1」
- ② 「G-TWIN シリーズ」における単 3 中性線欠相保護・漏電警報付オートブレーカの機種拡充
- ③ 東南アジア向け 24kV 真空遮断器 (VCB)

電子デバイス 113 (47)

パワー半導体..... 114 (48)

- ① 1,700V 耐圧 SiC ハイブリッドモジュール
- ② 小容量 All-SiC モジュール
- ③ 6 インチ SiC-MOSFET
- ④ 大容量 3 レベル用 IGBT モジュールの系列拡充
- ⑤ 「V シリーズ」IPM 高放熱タイプ「P626 パッケージ」
- ⑥ 第 2 世代小容量 IPM
- ⑦ 第 7 世代 IGBT チップ
- ⑧ 大容量電源向け 700V RB-IGBT
- ⑨ 高耐熱高密着封止樹脂
- ⑩ 電気自動車・ハイブリッド車用大容量車載標準モジュール

⑪ 高電圧入力対応 PWM 制御 IC「FA8A80 シリーズ」

⑫ 「Super J MOS S2 シリーズ」

⑬ 車載用燃料タンク圧検知相対圧センサ

感光体..... 118 (52)

- ① 高耐久型有機感光体
- ② 高速対応負帯電型有機感光体

ディスク媒体..... 119 (53)

- ① 瓦書き記録 (SMR) 方式磁気記録媒体の高記録密度化

食品流通 120 (54)

店舗..... 121 (55)

- ① 楽天株式会社向け小型 Edy チャージ機「RBCT16-E01」
- ② 機械学習技術の紙幣鑑別への適用

流通システム..... 121 (55)

- ① 冷凍保冷库「WALKOOL (フローズン)」

基盤・先端技術 122 (56)

基盤技術..... 123 (57)

- ① パワーエレクトロニクス機器の冷却設計技術
- ② パワーエレクトロニクス機器開発のための回路シミュレーション技術
- ③ 次世代パワーデバイスの開発を支える分析・解析技術
- ④ 劣化評価技術につながる金属組成シミュレーション技術
- ⑤ エポキシフラックス入り糸はんだ
- ⑥ 電力システム改革に対応した発電・連系線計画手法
- ⑦ 電力システム改革に対応した電力市場取引支援技術
- ⑧ 変電システム設計のための高調波解析の自動化
- ⑨ モデル自動生成技術を適用した異常兆候検知システム
- ⑩ バッチプロセス向け MSPC 技術
- ⑪ 組込み機器へのマルチ OS 適用技術
- ⑫ セキュリティ暗号鍵の長期保存技術
- ⑬ アジョイント法による流路形状の最適化技術

先端技術..... 127 (61)

- ① 超低消費電力 MEMS ガスセンサの多成分検出技術
- ② 20kV 級超高耐圧 SiC-PiN ダイオード
- ③ 熱アシスト磁気記録媒体の配向制御技術

主要事業内容

発電・社会インフラ

環境にやさしい発電プラントとエネルギーマネジメントを融合させ、スマートコミュニティの実現に貢献します。

創エネルギー

高効率火力発電設備、地熱発電設備、太陽光発電システム、水力発電設備、燃料電池

エネルギーマネジメント

地域エネルギーマネジメント、スマートメータ

産業インフラ

生産ライン・インフラ設備に関わる、エネルギーの安定供給、省エネルギー、安全・安心を提供します。

生産設備

駆動制御機器、監視制御システム、計測機器、工場電熱

変電設備

受変電設備、大容量整流器、変圧器

設備工事

建築、空調

パワーエレクトロニクス機器

エネルギーの効率化や安定化に寄与するパワーエレクトロニクス応用製品を提供します。

エレベータ、搬送ライン

汎用インバータ、モータ

データセンター

無停電電源装置

メガソーラー

パワーコンディショナ

配電盤

電磁開閉器

電子デバイス

産業、自動車、電源分野および新エネルギー分野に欠かせないパワー半導体をはじめとする電子デバイスを提供します。

インバータ、ロボットなど（産業・新エネルギー分野）

IGBT モジュール、SiC モジュール

自動車電装など（自動車分野）

車載用 IGBT、圧力センサ

サーバなど（電源分野）

電源制御 IC、MOSFET

食品流通

冷熱技術をコアに、メカトロニクスや IT を融合し、最適な製品とソリューションを提供します。

自販機

缶・ペット自販機、カップ自販機、食品・物品自販機

店舗流通

冷凍・冷蔵ショーケース、自動釣銭機、店舗省エネシステム

流通システム

要冷・冷蔵設備、次世代保冷コンテナ

次号予定

富士電機技報 第89巻 第3号

特集 IoT時代に向かう計測・制御ソリューション

富士電機技報企画委員会

企画委員長 江口 直也

企画委員幹事 瀬谷 彰利

企画委員 荻野 慎次 斎藤 哲哉 片桐 源一 根岸 久方

八ツ田 豊 奥田 善久 竹野入俊司 久野 宏仁

吉田 隆 橋本 親 眞下 真弓 大山 和則

事務局 木村 基 小野 直樹 山本 亮太 柳下 修

富士電機技報 第89巻 第2号

平成28年6月20日印刷 平成28年6月30日発行

編集兼発行人 江口 直也

発行所

富士電機株式会社 技術開発本部
〒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・印刷

富士オフィス&ライフサービス株式会社内
「富士電機技報」編集室
〒191-8502 東京都日野市富士町1番地
電話 (042) 585-6965
FAX (042) 585-6539

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

定価

756円(本体700円・送料別)

*本誌に掲載されている論文を含め、創刊からのアーカイブスは下記 URL で利用できます。

富士電機技報(和文) http://www.fujielectric.co.jp/about/company/contents_02_03.html

FUJI ELECTRIC REVIEW(英文) <http://www.fujielectric.com/company/tech/contents3.html>

*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する商標または登録商標である場合があります。

© 2016 Fuji Electric Co., Ltd. Printed in Japan (禁無断転載)

Innovating Energy Technology

エネルギー技術を、究める。



電気、熱エネルギー技術の革新の追求により、
エネルギーを最も効率的に利用できる製品を創り出し、
安全・安心で持続可能な社会の実現に貢献します。

FE 富士電機

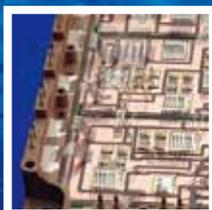
Innovating Energy Technology

エネルギー技術を、究める。

電気、熱エネルギー技術の革新の追求により、
エネルギーを最も効率的に利用できる製品を創り出し、
安全・安心で持続可能な社会の実現に貢献します。



耐食・材料・熱水利用技術
地熱発電プラント



デバイス技術
IGBTパワー半導体



パワーエレクトロニクス技術
メガソーラー向けPCS
(パワーコンディショナ)



パワーエレクトロニクス技術
インバータ



パワーエレクトロニクス技術
UPS(無停電電源装置)



熱交換・冷媒制御技術
ハイブリッドヒートポンプ式
自動販売機

FE 富士電機