

富士電機技報

FUJI ELECTRIC JOURNAL

2017
Vol.90 No.

2

特集 2016年度の技術成果と展望



特集 2016 年度の技術成果と展望

富士電機は、エネルギー・環境技術の革新を追求し、エネルギーを安定的に最も効率的に利用できる、環境にやさしい製品・システムを創り出しています。強いコンポーネントとそれを活用した特徴あるシステムの創出や、これらをつなぐ IoT (Internet of Things) 技術の活用により、お客さまの価値を徹底的に追求するため、研究開発を行っています。

本号は、2016 年度の技術成果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

①データセンターの省エネを推進する大容量 UPS「7300WX-T3U/300」、②富士電機の駆動システムを搭載した東海旅客鉄道株式会社 N700A 新幹線電車、③オープンショーケースやコーヒーマシンでいっそう便利になるコンビニエンスストア、④さまざまな立地のメガソーラーを実現する PCS「PV11000BJ-3/1000」、⑤ FA 分野において高速・高精度で安全な操業を支えるサーボシステム「ALPHA7」、⑥高効率・小型化を実現する大容量車載用直接水冷型パワーモジュール、⑦「MICREX-VieW XX」やさまざまな制御機器が活躍する PA 分野、⑧富士電機の電気設備と制御システムが稼動する港湾のコンテナクレーン、⑨さまざまな製品や技術を生み出す研究開発部門



目次

特集 2016 年度の技術成果と展望	
特集に寄せて “熱く、高く、そして優しく” をスローガンに エネルギー・環境事業の革新を追求し 安全・安心で持続可能な社会の実現に貢献 北澤 通宏	62 (2)
特別対談 —— 100 周年を迎える 2023 年、1 兆円企業を目指すには —— 顧客価値起点の商品企画と研究開発に、技術マーケティングが果たす役割 宮永 博史 ・ 近藤 史郎	64 (4)
成果と展望 IoT がつなぐ強いコンポーネントと顧客価値を創出するソリューション 近藤 史郎	69 (9)
ハイライト	75 (15)
パワエレシステム・エネルギーソリューション □エネルギーマネジメント □変電システム □電源システム □受配電・開閉・制御機器	82 (22)
パワエレシステム・インダストリーソリューション □ファクトリーオートメーション □プロセスオートメーション □環境ソリューション □計測・制御 □輸送システム	89 (29)
電子デバイス □半導体 □ディスク媒体	99 (39)
発電 □発電プラント □新エネルギー	104 (44)
食品流通 □自動販売機 □店舗流通	108 (48)
サービス □サービス	110 (50)
基盤・先端技術 □基盤技術 □先端技術	112 (52)
略語・商標	117 (57)
技術業績の表彰・受賞一覧	119 (59)
富士電機技報 2017 vol.90 no.2 掲載項目一覧	120 (60)

“熱く、高く、そして優しく”をスローガンに エネルギー・環境事業の革新を追求し 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、人口増加や工業化の急速な進展により、エネルギー・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に“*Innovating Energy Technology*”を掲げています。エネルギー・環境技術の革新を追求し、エネルギーを安定的に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・システムを、今後もグローバルに提供し、安全・安心で持続可能な社会の実現に貢献してまいります。

当社は、2016年4月に2018年度中期経営計画を発表し、“富士電機のさらなる変革”に取り組んでいます。2017年4月には、オペレーション変革として“社会システム”“産業インフラ”“パワーエレ機器”事業を再編し、“パワーエレシステム事業本部”を新設しました。その狙いは、“強いコンポーネントを創出し、強いコンポーネントでシステムを強くする、そしてシステムを海外で伸長させる”ことにあります。広く産業分野に対して、エネルギーの最適化と安定化を実現する“エネルギーソリューション”と、工場の自動化や見える化により、生産性向上と省エネルギーを図る“インダストリーソリューション”を提供してまいります。

富士電機は、研究開発を加速するため、製品開発に関わる機能は各事業本部が担い、技術開発本部は先端研究・基盤研究に取り組む体制に転換してきています。パワーエレシステム事業本部においても、製品開発統括機能を新設・拡充しました。また、同時に研究開発の拠点の整備も実施してきました。2015年度には、松本工場にパワー半導体の技術開発センターを、東京工場に全社の研究開発および計測・制御のための研究開発棟を建設し、さらに2016年度は、

鈴鹿工場にパワーエレテクニカルセンターを建設し、パワーエレ機器の研究者・技術者を結集しています。

こうした中、研究開発においては、トップレベルのパワー半導体を核にパワーエレ製品を生み出し、さらに計測・制御技術を加えることで、統合され、差別化されたコンポーネントおよびシステム製品の創出に注力します。加えて、これらの特徴あるコンポーネント・システム製品をIoT (Internet of Things) でつなぎ、分析・予測・最適化のエンジン (analytics software) の活用で、お客様の価値を徹底的に追求します。

研究開発成果としては、第7世代IGBTの系列化を進めてSiを用いたパワー半導体群を刷新するとともに、スイッチング時の損失が少なく、パワー半導体に革命をもたらすと期待されているSiC (炭化けい素) を材料としたパワー半導体の研究開発に取り組み、これらを適用したパワーエレ製品とのシナジーを追求しています。既に上市したプレーナゲート型の次世代素子として開発に取り組んでいる1.2kV SiC トレンチゲート MOSFET では、世界最高レベルの低損失性能 ($R_{on} \cdot A = 3.5 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$) と高信頼性を実現しました。SiC パワー半導体を適用したパワーエレ製品としては、業界最高レベルの装置変換効率 97.5% を達成したSiC ハイブリッドモジュール搭載の大容量UPS (300kVA) を上市しました。加えて、ダイオード、トランジスタ共にSiCを適用したAll-SiCモジュールを用いたパワーエレ機器の開発が進んでいます。また、低損失に加えて高耐熱性を持つSiC半導体の性質を用いたハイエンドクラスのインバータ、高耐圧性能を生かした配電機器の研究開発も並行して進んでいます。



自動車の電動化トレンドに応じて、車載用パワー半導体はディスクリットからモジュール、インバータ、モータを含む総合的な開発を進めています。RC-IGBT、熱冷却技術、パッケージ技術を駆使して小型・高電力密度を実現していきます。車載用直接水冷型パワーモジュールについては、サンプル出荷を開始しました。

プロセスオートメーション分野では、お客様の高品質な製品製造と操業の安定化・効率化の課題に応えるべく、プラント向け監視制御システム「MICREX-VieW XX」に機能拡充を実施し、データ収集・表示処理の高速化、プラントデータの長期保存、セキュリティ強化など、大幅に機能を強化しました。今後、化学プラント、石油・ガスプラント、電力プラントなどさまざまなプラントの監視制御システムに提供していきます。

ファクトリーオートメーション分野では、性能重視、コスト重視、オープン化対応といった、異なる要求に応えることができるコンポーネント・システムの開発を進めています。これらの開発により、地域や業種により異なるお客様の価値を創出するシステム、ソリューション・サービスを提供していきます。一例を挙げると、業界最高レベルの高速・高精度な制御を実現する新サーボシステム「ALPHA7」を開発しました。今後、包装機器、ロボット、半導体装置などの分野に貢献していきます。

IoT 関連では、さまざまな現場のフィールド機器からデータを収集して処理を行うエッジコントローラ、ならびにこれらのデータを診断・分析し、予測、最適化を行う数値エンジンを備えた IoT プラットフォームを構築しました。これを用いて、自社工場を含む複数のパイロットプロジェクトを運用し、生産性の向上、製造品質の向上、運用・保

守の効率化、プラント効率の改善、工程品質トレーサビリティの確保など、適用事例を増やししながら、その効果を確認してきました。また、IoT を活用して自動販売機の利用機会の拡大を目指し、デジタルサイネージ、スマートフォンとの連携、音声・顔認識やジェスチャーの判別など、双方向コミュニケーション技術の開発にも取り組んでいます。今後は、これらの事例を活用しつつ、お客様視点で価値を提供できるシステム・サービスを提供していきます。

広く製品に貢献する共通的な基盤技術や将来を見据えた先端技術として、ビッグデータ分析技術、GIS などの閉閉装置の設計に貢献する電流遮断技術、シミュレーション技術、樹脂材料を用いた固体絶縁技術、半導体界面の解析技術、金属腐食研究を応用したタービンの余寿命診断技術、センサ技術などに、継続して取り組んでいきます。

富士電機は、経営の基本理念を“地球社会の良き企業市民として、地域、顧客、パートナーとの信頼関係を深め、誠実にその使命を果たします”とし、スローガンには、“熱く、高く、そして優しく”を掲げています。“熱く”は、新しい技術や製品を世の中のために生み出し社会に貢献するという情熱、“高く”は、高い目標を掲げてどんなに困難でもそれに邁進する気概、“優しく”は、お客様の喜びを自分たちの喜びとして感じることができるよう、人としての心の豊かさです。このスローガンの下、これからも社会のニーズを的確に把握し、多様な人材がチームとなり、エネルギー・環境技術の革新を通じて、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

顧客価値起点の商品企画と研究開発に、 技術マーケティングが果たす役割

宮永 博史 東京理科大学大学院 イノベーション研究科 技術経営 (MOT) 専攻 教授

近藤 史郎 富士電機株式会社 執行役員 技術開発本部長

性能が高ければ売れる時代は終わった。顧客価値を起点とした商品企画や研究開発が必須となり、新たなコンセプトを継続して創造できる企業だけが成功を収めることができる。強いコンポーネントとそれを核としたシステムビジネスに高い技術を持つ富士電機が、この混沌 (こんとん) とした海に漕 (こ)ぎ出すために必要なものは何か。技術経営の第一人者である東京理科大学大学院教授の宮永博史氏を迎え、今後の研究開発の在り方について、富士電機技術開発本部長の近藤史郎と意見を交換した。

情報収集がマーケティングの要

近藤 宮永先生には日頃から弊社の技術経営 (MOT) 研修において、若手技術者の育成にご協力をいただいております。誠にありがとうございます。

富士電機は、2023年に創立100周年を迎えます。その節目の年までに売上1兆円企業となることを目指し、現在“Renovation 2018”と呼ぶ改革を進めています。その一環として、この4月1日には事業

体制と研究開発体制を抜本的に見直し、富士電機の強みが最も生きる形に変更しました。

ご存じのように、日本の製品は世界の中で過剰品質に陥っている、お客さまが本当に求める価値から遠ざかっていると指摘されています。

これまで競争軸であった性能指標が、機能しない時代に突入したということに、私たちは大きな危機感を覚えています。この壁を乗り越えるには、顧客価値に立った商品企画や研究開発が必須と考え、今回の組織変更に至りました。今まさに、具体的な運営に向けてスタートを切ったところです。本日は、さまざまな企業を分析されている先生から、ぜひアドバイスをいただきたいと思います。

宮永 とても興味深い取組みと思います。本日はお話を伺うのが楽しみです。よろしくお祈りします。

近藤 まず事業体制の変更についてですが、富士電機のビジネスは大きく二つに分かれています。一つは、電力変換装置、コントローラ、センサなどのコンポーネントをお客さまに単体で売るビジネス、もう一つは、外部調達も含めてプラントとしてお客さまにシステムを納めるビジネスです。従来、この二つは別々の事業部門が担当してきました。今回の組織変更では、この二つのビジネスを一つの事業体の中に入れました。コンポーネントを強化し、それをベースに顧客価値に立ったシステムを創出する。さらにそのノウハウをパッケージにして海外展開を図る、ということを目指しています。

事業体制の変更と並行して研究開発体制も再構築し、従来よりも顧客価値の検証を可能な限り早い段



宮永 博史 みやなが ひろし

1981年 NTT 電気通信研究所。AT&T ベル研究所スーパーバイザー、ルーセントテクノロジー社マーケティング・ディレクターを歴任

1996年 コンサルティング業界に転じ、SRI インターナショナル

2000年 デロイト・トーマツ・コンサルティング (現アビームコンサルティング) 統括パートナー

2002年 同社取締役

2004年 東京理科大学大学院イノベーション研究科技術経営 (MOT) 専攻、教授

著書：『技術を武器にする経営』(共著、日本経済新聞出版社)、『顧客創造実践講座』(ファーストプレス) ほか多数

階で実行する仕組みに変えようとしています。プロトタイピングも製品開発における技術検証が主な目的であったものを、顧客価値の検証を狙いとして活性化しようと考えています。加えて、その価値を創出するために技術マーケティングのチームを専任で置きました。将来の成長エンジンとなる企画を立案する、要となるポジションです。

宮永 技術マーケティングは技術を生かし事業として成功するためにはとても重要です。ある会社の事例ですが、プラズマテレビ用のICを開発していたのですが、顧客はX社だけでした。開発者自身、X社のプラズマテレビを購入しようとは思っていなかった（魅力を感じなかった）のです。結局、X社のプラズマテレビが売れず、ICも売れず、プラズマテレビ自体が液晶に敗れて姿を消してしまいました。その液晶も今は苦戦しています。

このように将来は不確実です。しかもリソースは限られている。どこにリソースを集中するか、情報を収集し、分析することが極めて重要です。

日本のメーカーは真面目なので、A社で何か言われるとそれを開発し、B社で別のことを言われるとまた別の開発をと、顧客ごとにカスタム開発しがちです。

技術マーケティングに強い会社は違います。A社、B社の異なる言い分を標準化して、共通に売れる製品を開発しようとしています。そのためにも、可能性のある会社は全てコンタクトして情報を収集することが必要です。日本企業は高い技術を持っていますが、それを生かすも殺すも技術マーケティング次第だと私は思っています。

近藤 そのとおりだと思います。富士電機は、お客さまの先にお客さまがいるという商品が圧倒的に多い。富士電機のお客さまが競合他社に勝ち、その先のお客さまにより多くの製品を納入できるように、われわれは何をするべきか、そういった視点が必要だと考えています。日本のお客さまは皆さん優秀なので、お客さまのほうから要望が出てくる時代が長く続きました。しかし、お客さまもIoTの活用も含めて将来の在り方や新たな取組みを模索していると感じます。共に作っていくというやり方も重要になってきますね。

また、先生のおっしゃった開発の標準化は、富士電機が今まさに直面している問題の一つです。顧客の価値を事前に検証するためにプロトタイピングを活用していますが、お客さまの言うことを聞いていくと、いわば過剰なカスタム化が進んでしまう。どうブレイクスルーしたらいいでしょうか。

宮永 ある海外の自動車部品メーカーの事例が参考になると思います。この会社は、世界中の自動車メーカーがどのようなわがままを言っても絶対に断りません。自動車メーカーにとって最後の駆け込み寺となっています。だから、情報が自然に集まってくるのです。情報を取りにいくだけでなく、向こうからやってくる仕組みを構築しています。

この会社がインドのある自動車メーカーから、極めて安い自動車に使用するECU（電子制御装置）の開発を依頼されました。要求を満たすためには、ECUというハイテクデバイスのコスト削減が必要でした。世界中の自動車部品メーカーに声を掛けましたが、安価で高性能のECUを作るのは不可能だと、ことごとく断られたそうです。絶対にノーと言わないその部品メーカーだけが、インドの自動車メーカーのオードを受けました。

論理IC、アナログIC、電源ICなど異なる種類のICをワンチップ化するという難しい製品開発を行い、コストを削減することに成功したのです。それだけではありません。重要なのは、このECUをカスタム化せず、他の自動車にも採用されるようインタフェースを標準化したことです。世界中の自動車メーカーから情報が集まっているからこそ、できることでした。結果、インドの自動車自体はそれほど成功しませんでした。このECUは、日米欧の自動車メーカーから注文が殺到したのです。ここが技術マーケティングの腕の見せどころですね。

近藤 史郎 こんどう しろろう

- 1984年 富士電機製造株式会社（現富士電機株式会社）入社
- 2007年 富士電機アドバンステクノロジー株式会社取締役
- 2012年 富士電機企業管理（上海）有限公司董事長・総経理
- 2013年 富士電機株式会社産業インフラ事業本部計測制御システム事業部長
- 2016年 富士電機株式会社技術開発本部副本部長
- 2017年 富士電機株式会社執行役員、技術開発本部長兼務





近藤 私も、情報収集が技術マーケティングのある部分の死命を決すると思います。社内外のさまざまな人とのコミュニケーションや、新聞・雑誌・報告書などの公開情報、行動観察などを通じて情報を収集し、整理し、顧客価値を発見することが重要です。

宮永 あるお客さまが言ったことを別のお客さまにぶつけると、新たな反応がある。それをまた別のお客さまにぶつける。そういう繰り返しの中で、情報の蓄積は徐々に増えていき目利き力が上がります。

三つ連続してヒットするとブランドになる

近藤 先ほど少し触れましたように、弊社では顧客価値を事前に検証するためにプロトタイピングの活用を加速しようと考えています。しかし富士電機では、プロトタイピングは技術検証を目的に行ってきた経緯もあって、顧客価値検証への活用にはさらなるレベルアップが必要です。

宮永 おっしゃるようにプロトタイピングには2種類あります。技術検証を目的としたものがフォワードプロトタイピング。もう一つはバックワードプロトタイピングといって、お客さまにとって価値があるコンセプトかどうか確認するためのものです。

例えばある装置メーカーは、開発中の装置について図面ではなく、発泡スチロールで作った等身大の試作品を持ち込みます。実際に装置を使う作業員が、それを模倣的に使ってみる。そうすると、ここがぶつかるとか、ここが使いにくいとか、リアルに分か

ります。それを基に図面を修正する。バックワードのプロトタイピングをきちんとやれば、後になってスペックが変わるという手戻りはありません。

近藤 その段階でお客さまと商品企画をきっちり詰めていけば、後は自信を持って一気に作ることができますね。競合他社の動きが気になって企画がフラフラすることはないでしょう。

宮永 製品コンセプトを作るときも最初に三つ作り、同時に研究開発を始めるというのがキーポイントです。最初に発売する製品のコンセプト、数年後に発売する製品のコンセプト、さらに何年か先に発売する製品のコンセプト、この三つを最初に作っておくのです。

最初の製品は、既存の技術の組合せで開発できるコンセプトにして、その代わり早く出します。これに対して3番目の製品は、実現が難しいですから基礎研究から始める必要も出てきます。早めにスタートできれば、最初に出したコンセプトを競合他社がまねてきたころには、こちらは2番目のコンセプトを出している。他社が2番目をまねてきたころには、こちらは3番目が出ている、という具合です。

一般的に、商品は三つ連続してヒットすると、そのカテゴリでブランドが確立します。三つまでやらないと、せっかくカテゴリを切り開いても他社に抜かれてしまうことがあります。

近藤 一発屋さんですね。

宮永 そうです。抜かれてしまったら、他社のためにプロトタイピングをしてあげたようなものです。

例えばアップルは最初に iPod を出し、次に mini を出し、そして shuffle, nano, touch と、立て続けに製品を出しました。そうすると、デジタルオーディオプレーヤーのカテゴリではアップルのブランドが確立してきますし、他社も追いつくのをだんだん諦めるようになります。

最初に三つのコンセプトを考えることは、開発にとってメリットがあります。一つしか考えてないと、最初の製品にあれもこれも詰め込もうとしますよね。機能がてんこ盛りになるから開発が遅れる。その点、コンセプトが三つあれば、機能を分散することができます。最初の製品を予定どおり出して、お客さまの反応や売れ行きを見ればいいのです。

近藤 なるほど。最初の製品はパイロット的にある程度割り切って早く出すという判断もできますね。

宮永 実はこれもプロトタイピングです。プロトタイピングというと、試作品によるモノのプロトタイピングが一般的ですが、これは事業のプロトタイピングです。最初の製品を出すことで、事業としての採算性や将来性などいろいろと気付くことがあります。それを次に生かせばよいのです。

近藤 最初から2番目、3番目のコンセプトも作っておくけれども、1番目の経験から学んだことを基にどんどん修正していけばいいですね。

宮永 日本企業は、技術は持っていますから、後はコンセプト作りです。これができるようになれば世界で戦えます。高度成長期は性能が良ければ売れましたが、今は違いますからね。

技術マーケティングでモノが売れる

近藤 先生がマーケティングに関わるようになったのは、どういう経緯からですか。

宮永 私はもともと、NTT の研究所で半導体の研究をしていました。研究所時代はトップデータを出すことが使命でした。しかし、外資系の半導体会社に移って実践的に学んだのが技術マーケティングの重要性でした。技術マーケティング次第で、企業の技術が生きるかどうか、ビジネスが伸びるかどうか決まるのを目の当たりにしたのです。

その後、私自身が技術マーケティングの役割を担うようになったのですが、MBA のマーケティング講義を参考にしようにも、B to C の講義ばかりで B to B がほとんどありません。技術者を相手にする技術マーケティングは、消費者を対象にする B to C のマーケティングとは違います。こうした経験が、社会人大学院で、B to B の技術マーケティングの教育研究につながっています。

近藤 われわれもいろいろと吸収しようと思って勉強するのですが、B to C のケーススタディーが多くてあまり参考にならず困っていました。先生の取り組みは、日本のメーカーにとって大変ありがたいことです。

宮永 東京理科大学の社会人大学院で教えるようになったのも、実は自分の経験を省みて、プロトタイピングとして活用した結果なのです。コンサルティング会社に在籍していた当時、忙しくて部下をき



ちんと教育する時間が取れませんでした。そこで考えたのです。“企業の幹部たちは、中堅人材の教育が大事だと分かっているけど、現実にはそうした時間がなかなか取れず、忸怩（じくじ）たる思いを持っているのではないかと。そうであれば、私のさまざまな体験を基に、新しい事例も取り入れて、社会人に対してそういうサービスが提供できるのではないか”。これが今の仕事につながっています。

近藤 今でこそ技術マーケティングはB to Bが主流ですが、当時、そういうことに気付かれるところが先見の明だと思いますね。

宮永 おそらく、会社や専門分野といったドメインを変えてきているからだと思います。研究開発にいたり、外資系企業にいたり、技術マーケティングやコンサルティングにいたりしていますから。

コミュニケーションで顧客価値を知る

近藤 技術マーケティングにしても、プロトタイプングによる商品企画にしても、いかに多くの人とコミュニケーションを取り、そこから学んだものを自分なりに咀嚼（そしゃく）して形にしていくか、です。その能力が非常に重要であり、キーになっているのだと思います。

宮永 そのとおりです。理科大のもう一つの場の価値は、いろいろな業種の人が学んでいるのでコミュニケーション能力が磨かれるという点です。会社の中で使っている言葉では相手に通じません。相手の言うことに理解を示し、こちらも相手に伝わるような話し方をするようになってきます。これがおそらく技術マーケティングをするには大事なポイントですね。

近藤 確かに、自分の仕事を分かりやすく説明しなさいと言われて、スッと説明できるかというところが難しいですね。特に技術の話になると、バックグラウンドを共有していないとなかなか通じません。

宮永 コンポーネントの開発に携わっている人も、最終的なお客さまが自動車メーカーなら、その人たちと自動車の話ができないといけません。医療分野の人とは医療の話ができないといけません。その業界の知識やコミュニケーション能力がないと、お客さまの要望は理解できないと思います。自分の専門分野について詳しいのは当たり前です。そこにとどまらず、貪欲に知識を吸収しておくことが大切です。

近藤 そうですね。弊社でも新しいコンセプトの商品を作った場合に、メリットを明確に作り込んでいるはずなのに拡販がうまくいかないことがあります。



なぜそういうことが起きるのかというと、実際にその商品を使うお客さまに対して新しいコンセプトを説明できる人間が不足しているからです。これは大きな課題です。

先ほど、プロトタイプングの方法論で三つのコンセプトを同時にスタートするというお話がありましたが、人材もそのコンセプトに併せて育成する必要があるのではないのでしょうか。

宮永 富士電機の強いところは、パワエレシステム、発電、電子デバイス、食品流通など多くの事業を手がけているので、社内にそれぞれの知識を持った人がいます。それを集結すれば相当な強みとなります。

近藤 そう思うのですが、横のつながりが弱いので何とかしたいと思っています。例えば自動販売機の開発では、スマートフォンを使ったコンシューマー向けのサービスとして面白いアプリケーションを考えていますが、そのセンスを例えば産業分野に活用しようとしても、技術は伝えられてもサービスを発想するという面ではまだレベルアップが必要です。事業部を超えて価値や面白さを共有できるように、コミュニケーションを図っていかねればいけませんね。先生がおっしゃったように、富士電機がポテンシャルとして持っているシナジーを顕在化するという、とても大事な仕事があると思っています。

本日は宮永先生から、技術マーケティングやプロトタイプングについて貴重なアドバイスをいただきました。4月1日からスタートした富士電機の新体制が、まさしく顧客価値起点に向かっていくことに自信を深めることができました。今後ともご指導をよろしくお願い致します。本日はどうもありがとうございました。

成果と展望

IoT がつなぐ強いコンポーネントと顧客価値を創出するソリューション



近藤 史郎
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、パワー半導体とパワーエレクトロニクスをコア技術とし、計測・制御技術を駆使することで、電気・熱エネルギー技術を革新して、エネルギーを有効に利用するための特徴あるコンポーネント・システム製品を生み出しています。これらの製品をIoT (Internet of Things) でつなぎ、分析・予測・最適化のエンジン (analytics software) の活用で、お客さまの価値を徹底的に追求しています。

2016年度は前年度から取り組んだ研究開発拠点の整備(図1)を完了し、研究開発組織の再編を進めました。また、全社のIoT戦略を策定し、実行を推進する役割を担ったIoTプロジェクト室を新設しました。

研究開発方針としては、富士電機の注力分野とコア技術(図2)に対して、顧客価値創出を活動の中心に据えて、圧倒的に強いコンポーネントとソリューションの開発を掲げています。具体的には、SiC(炭化けい素)デバイスの成果の刈取り、パワエレ開発の強化・加速、IoTを活用した顧客価値創出、海外事業強化のための開発加速、共通基盤・先端技術開発の継続的強化に取り組んできました。ここでは、最近の開発状況についてご紹介します。



図1 完成した研究開発拠点

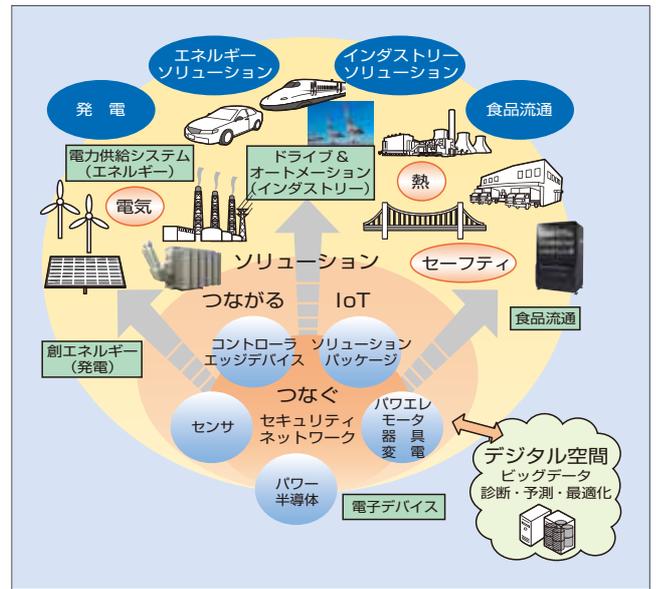


図2 富士電機の注力分野とコア技術

2. IoT 活用により顧客価値を創出するソリューション

世界規模でIoTの活用が進み、デジタル化による変革の時代を迎えています。これらの取組みを俯瞰(ふかん)すると、対象範囲の違いなど差異はあるものの、安価に入手可能になったICT (Information and Communication Technology) を用いて、顧客価値を創出するという点において、本質的には共通しています。

富士電機はIoTを、“顧客フィールド(機械、設備、インフラなど)のあらゆる情報をデジタル化し、サイバー空間で新しい顧客価値を創出するシステムの総称”と定義しています(図3)。これら価値創出の仕組みをプラットフォーム化し、エネルギー最適化や、安定操業、生産性向上、品質改善、熟練技術継承、環境改善などをソリューションメニューとして、製品化と機能拡充を継続しています。

今後、IoTの浸透とともに、さまざまなモノが、自律してネットワークに接続していきます。富士電機では、既設

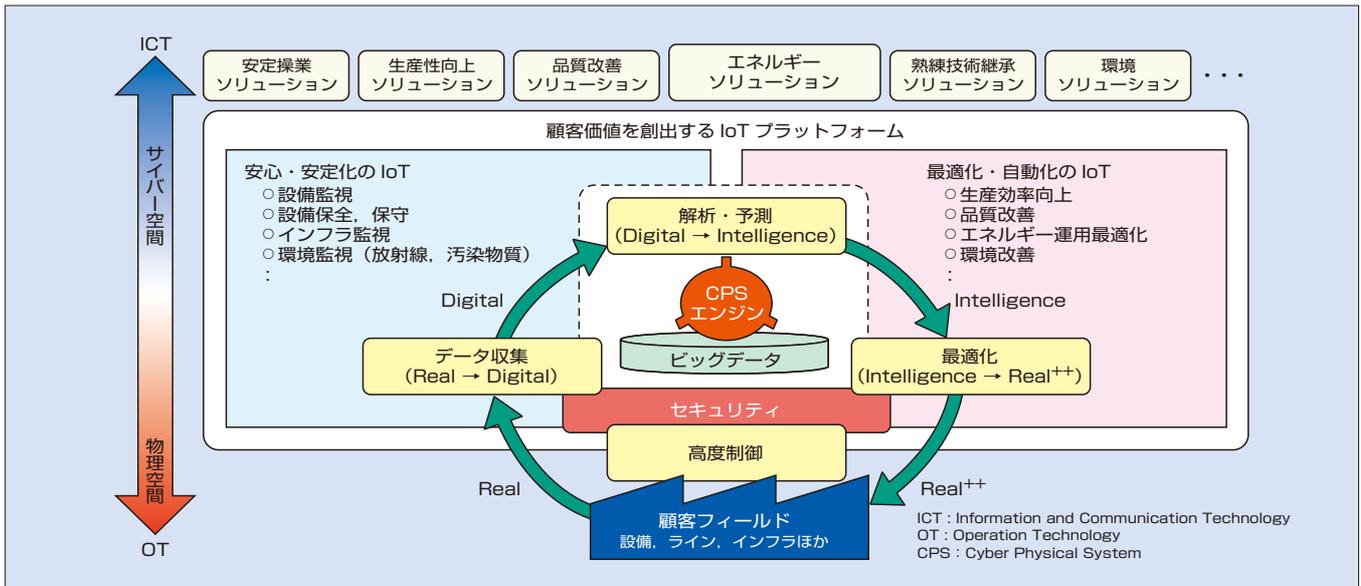


図3 富士電機のIoTのコンセプト

のデバイスや設備について自社製、他社製を問わず、サイバー空間に接続する独自の製品開発を行っています(図4)。

エネルギーの最適利用、設備の安定稼働、生産性・品質向上などのさまざまな顧客価値を創出するために、解析、診断や予測、最適化、高度制御、認識などの多くの技術を保有しています。これらの技術群をCPS(Cyber Physical System)エンジンと呼び、IoTプラットフォームの中核的技術と位置づけています(図5)。

富士電機のIoT活用コンセプトは“スモール・クイックスタート”です。顧客の課題に対して、必ずしも、いき

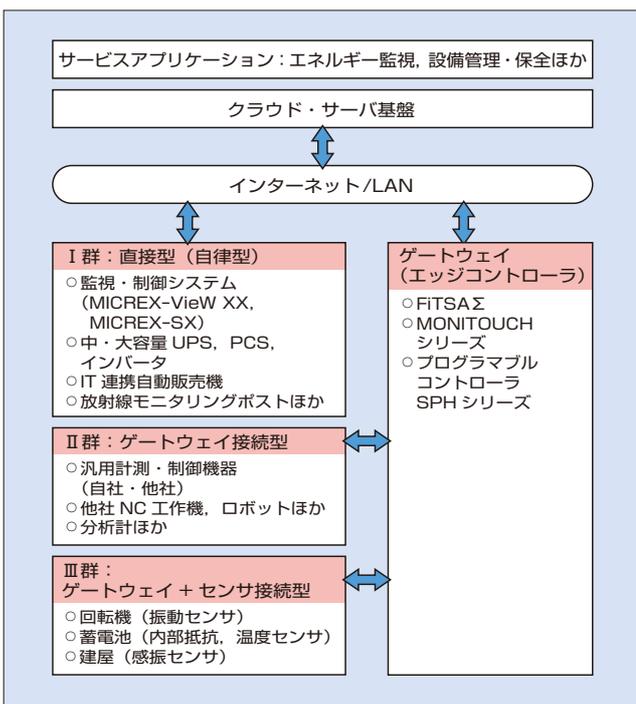


図4 サイバー空間への接続タイプ別製品開発

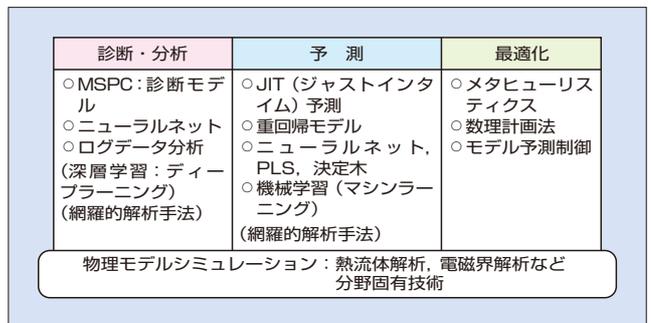


図5 CPSエンジンの例

なり全領域IoT化ではなく、効果の上がる部分を特定し、実装から効果評価までを短時間で実施することが重要と考えています。富士電機では、CPSエンジンの中で、特に製造現場で診断や予測に効果が期待できるMSPC(多変量統計のプロセス管理)をソフトウェアパッケージとして製品化し、スモール・クイックスタートで実績を積み上げています。また、自社工場を含む複数のプロジェクトを運



図6 デジタルサイネージ自動販売機

用し、生産性の向上、製造品質の向上、運用・保守の効率化、プラント効率の改善、工程品質トレーサビリティの確保など、適用事例を増やししながら効果を確認しています。IoT 活用はエネルギー・インダストリー分野にとどまらず、例えば、次世代の自動販売機として、デジタルサイネージ、スマートフォンとの連携、音声・顔認識やジェスチャーなどによる双方向コミュニケーションに関する技術開発に取り組んでいます（図 6）。

今後、さらに、顧客視点で価値を提供できるシステム・サービスを提供していきます。

3. パワー半導体とパワエレ技術のシナジー

富士電機は、新製品の開発を進め、Si パワー半導体の性能改善に取り組んできました。IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）は既に第 7 世代をリリースしています。2016 年度は、その系列化が進みました。これと並行して、スイッチング時の損失が少なく、パワー半導体に革命をもたらすと期待されている SiC を材料としたパワー半導体の研究開発にも全社を挙げて取り組むとともに、これらを適用したパワエレ製品の研究開発を進め、パワー半導体とパワエレ製品のシナジーを追求しています。

富士電機は、高圧・大容量インバータや風力発電システムなどの需要拡大に応えるために、第 7 世代「X シリーズ」IGBT モジュールの系列において、定格電圧 1,700 V の大容量 IGBT モジュールを開発しました。半導体チップの特性改善によって電力損失を低減するとともに、高放熱絶縁基板を用いることで熱抵抗を大幅に低減し、従来の技術では困難であった最大定格 1,700 V/1,800 A の製品化を達成しました。また、連続動作保証温度を従来の 150℃から 175℃に高め、小型化、低損失化、高信頼性化の要求に応えました。また、IGBT および FWD（Free Wheeling Diode）の革新技術となる、RC-IGBT（Reverse-Conducting IGBT：逆導通 IGBT）を開発しました。RC-IGBT は IGBT チップと FWD チップを一体化する技術であり、モジュールパッケージの最大定格電流を向上させることが可能となるため、産業分野向け製品の系列拡大を進めています。

自動車の電動化トレンドに応じて車載用パワー半導体においては、ディスクリートからモジュール、インバータ、モータを含む総合的な開発を進めています。車載用製品には小型化が求められます。RC-IGBT は、熱冷却技術、パッケージ技術と組み合わせることでモジュールの大幅な小型・高電力密度化を実現することができるため、車載用 IGBT モジュールへの採用が進んでいます。2016 年度は車載用直接水冷型パワーモジュール（図 7）のサンプル出荷を開始しました。

SiC では既に上市したプレーナゲート型 SiC-MOSFET（Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor）の次世代素子として、6 インチ基板を用いたトレンチゲ



図 7 車載用直接水冷型パワーモジュール

ト型の SiC-MOSFET を開発しました。1.2kV 定格のトレンチゲート型 SiC-MOSFET は、富士電機のプレーナゲート型 SiC-MOSFET に対し、セルピッチを約半分まで微細化して単位面積当たりのオン抵抗を約 50% 低減し、世界最高レベルの低損失性能（ $R_{on} \cdot A = 3.5 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ ）と高信頼性を実現しました。

富士電機はこれまで銅ピン接続と樹脂封止技術を適用して、モジュール内部の配線インダクタンスを低減し、SiC デバイスの高速動作、高信頼性、高温動作を可能とし、定格容量 1,200 V/100 A までの All-SiC モジュールを製品化してきました。2016 年度は、新構造パッケージにより大容量化を進め、第 1 世代 SiC トレンチゲート MOSFET を搭載した定格容量 1,200 V/400 A の All-SiC モジュールを実現しました（図 8）。情報システムのクラウド化や IoT の導入などにより、北米ではデータセンターの建設が増加しています。これに伴い現在約 1,000 億円の無停電電源装置（UPS）市場は年率 3% 以上の成長が見込まれており、大容量 UPS 「7300WX-T3U」（300 kVA）を発売しました（図 9）。本製品には、富士電機が開発した SiC パワー半導体、および富士電機独自技術の RB-IGBT（Reverse-Blocking IGBT：逆阻止 IGBT）を用いた“3 レベル電力変換回路”を適用し、業界最高レベルの 97.5% の装置変



図 8 定格容量 1,200 V/400 A の All-SiC モジュール



図9 SiC ハイブリッドモジュール搭載の大容量無停電電源装置

換効率を実現しました。本UPSは、低負荷（負荷率25%時）においても96.3%の装置変換効率を達成しており、電力損失を低減して省エネルギー（省エネ）に貢献します。

これに続いて、現在、ダイオード、トランジスタともにSiCを適用したAll-SiCモジュール搭載のパワエレ機器の研究開発が進んでいます。例を挙げると、低損失に加えて高耐熱性を持ったハイエンドクラスのインバータや、高耐圧性能を生かした配電機器があります。

4. エネルギーソリューション

再生可能エネルギーの大量導入や電力取引市場の制度見直しに伴い、電力システムの周波数動揺や分散型電源の逆流による電圧上昇など、系統で発生する問題への対応が求められています。これに応えるため、蓄電池制御システムや可変インダクタンスを用いた静止型無効電力補償装置(SVC)を安定化対策の中心的な製品として展開していきます。次世代配電制御機器としては、高耐圧というSiCの特長を生かしたSVCの開発にも取り組んでいます。また、新たな取組みとして、発電機、蓄電設備などの需要家設備をまとめて運用することにより電力の調整力とするパワープラント(VPP)の実証に参加し、技術的な知見やビジネスモデルの検討を進めています。

変電システム分野向けでは、受変電設備や大容量パワエレ装置を開発し、環境対応など各種のソリューションビジネスを展開しています。また、電力分野では、世界的なエネルギー需要の拡大により発電所や変電所の建設が進み、開閉装置の需要も増加しています。富士電機は、アジアを中心にグローバルに事業拡大を推し進めており、このたびIEC規格に準拠した145kVガス絶縁開閉装置(GIS)「SDH714」を開発し、発売しました(図10)。遮断構造を見直すとともに、密閉容器にアルミニウム合金を採用することなどにより、業界最小・最軽量クラス(従来製品比で据付面積30%減、質量35%減)を実現するとともに、新設計により保守性も大幅に向上しました。

電源システム分野では、サーバの高性能・高密度化によ



図10 145kV ガス絶縁開閉装置「SDH714」

リデータセンターにおける消費電力が急激に増加しており、省エネに対するニーズがよりいっそう高まっています。富士電機では、従来のビル型に比べて1/2の工期(約半年)で施工が可能であり、省エネ機器を含んだ受変電設備、UPS、間接外気空調機などを含めて、EPC(設計・調達・建設)で請け負っています。一例を挙げると、株式会社IDCフロンティア向けモジュール型データセンターを納入しました(図11)。

これまで、データセンター向け空調機としては、熱交換器を介して外気冷熱のみを取り込む間接外気導入式の空調機「F-COOL NEO」(冷房能力40kW)を販売しており、近年、サーバの高性能・高密度化により発熱量が飛躍的に増加していることから、新たに冷房能力を向上させた56kWタイプを開発しました。特徴としては、外気冷房と内蔵の冷凍機との併用運転により、年間の消費電力を一般の空調機の約1/3に節約できます。間接外気利用のため、外気に含まれる水分、PM2.5などのじんあい、腐食性物質の影響を受けにくく、また、必要なユーティリティは電源のみであり、冷却水を必要としないことなどが挙げられます。今後も、国内外に向けてシステム全体でのEPC



図11 株式会社IDC フロンティア向けモジュール型データセンターの外観

ソリューションを展開し、顧客の課題解決に向けたシステム・製品を提供していきます。

5. インダストリーソリューション

プロセスオートメーション分野では、顧客の高品質な製品製造と操業の安定化・効率化の課題に応えるべく、プラント向け監視制御システム「MICREX-VieW XX」に機能拡充を実施し、リモート監視ステーションの開発、データ収集・表示処理の高速化、プラントデータの長期保存、セキュリティ強化など、大幅に機能を強化しました。今後、化学プラント、石油・ガスプラント、電力プラントなどさまざまなプラントの監視制御システムに提供していきます。**図 12** に、神戸市環境局事業部西クリーンセンター向け監視制御システムへの適用例を示します。

富士電機は、世界の港湾で活躍しているコンテナクレーンに数多くの電気品を納入しています。このたび、国内の港湾向けコンテナクレーンの電気設備と制御システムを納入しました（**図 13**）。ドライブ装置には、スタック型の PWM コンバータと高性能ベクトルインバータを採用して、省スペース、高性能・高信頼性を実現し、モニタリング装置には、クレーンの状態監視、荷役管理、故障監視および



図 12 「MICREX-VieW XX」の適用例



図 13 港湾向けコンテナクレーン



図 14 「ALPHA7」(モータ・サーボアンプ)

故障トレースバック機能を搭載し、故障が発生したときにも迅速な解析と復旧が可能です。また、高精度の振れ止め制御システムを採用したことにより、経験の浅いオペレータでも熟練者と同様の安定した操業が可能です。

ファクトリーオートメーション分野では、性能重視、コスト重視、オープン化対応といった、異なる要求に応えることができるコンポーネント・システムの開発を進めています。これらの開発により、地域や業種により異なる顧客の価値を創出するシステム、ソリューション・サービスを提供してまいります。一例を挙げると、業界最高レベルの高速・高精度な制御を実現する新サーボシステム「ALPHA7」(**図 14**)と、「MICREX-SX シリーズ」のモーションコントローラ「SPH3000D」を開発し、発売しました。

モーションコントロールシステムは、工場の生産設備や自動化機械をはじめとした産業機械における位置決め、速度、トルクの制御など、半導体製造装置や工作機械、印刷機械、包装機械などの幅広い分野で使用されています。ここに、ALPHA7 と SPH3000D を用いることにより、モーション制御を一つの CPU モジュールで行うことができます。高額なモーション専用モジュールが不要なため、高機能・高性能なモーションシステムをコストパフォーマンスの高い構成で実現することが可能となります。

今後、包装機器、ロボット、半導体装置分野への適用を進めていきます。

6. 基盤・先端技術

富士電機では、これまで述べてきた各技術を共通的に支える基盤技術、ならびに将来を見据えた先端技術の研究開発を行っています。共通基盤技術としては、電磁気、絶縁、EMC (Electromagnetic Compatibility)、熱流体、機械、樹脂・金属材料などに関わる実験、評価・解析やシミュレーションに取り組んでおり、先端技術としては、GaN (窒化ガリウム) などの SiC の先を担う半導体材料の研究、ならびに材料物性や劣化現象などを予測する計算科学に取

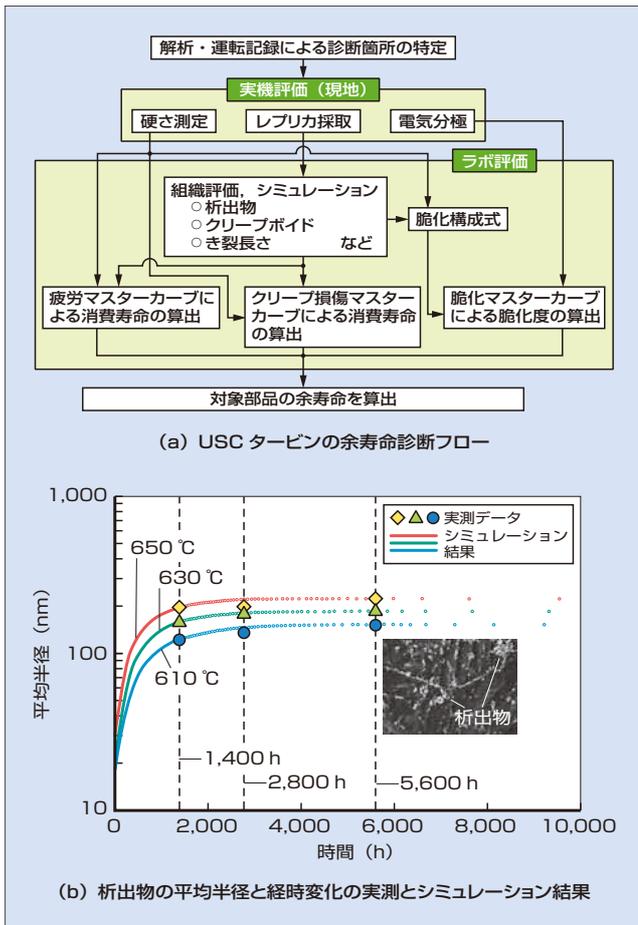


図 15 余寿命診断技術

り組んでいます。

火力発電プラントでは、高効率化のために蒸気温度を約 600 °C にまで高めた USC (Ultra Super Critical) タービンが主流になりつつあります。タービンは、材料の経

年劣化によって破損リスクが高まるため、経年劣化を予測する余寿命診断技術が不可欠となります。しかし、USC タービンでは劣化現象が複雑なため、これまで精度の良い余寿命診断技術はありませんでした。富士電機では、クリープや脆化などの劣化現象について、長時間試験やシミュレーションによりメカニズムを解明し、材料中の析出物の粒径などの変化から劣化現象を予測できる寿命計算式の構築、ならびに電気分極法などの非破壊検査法の適用による高精度な余寿命診断技術の開発を行いました (図 15)。

7. あとがき

本稿では、富士電機が取り組んでいる、電気エネルギーを安全・安心で効率的に利用する技術、熱エネルギーを有効に利用し省エネルギーに寄与する技術、そしてこれらを最適に制御し、IoT でつなぐことによって付加価値を高めるソリューション技術の概要を紹介してまいりました。環境と調和し、持続可能な社会を実現することは、今後ますます重要になります。

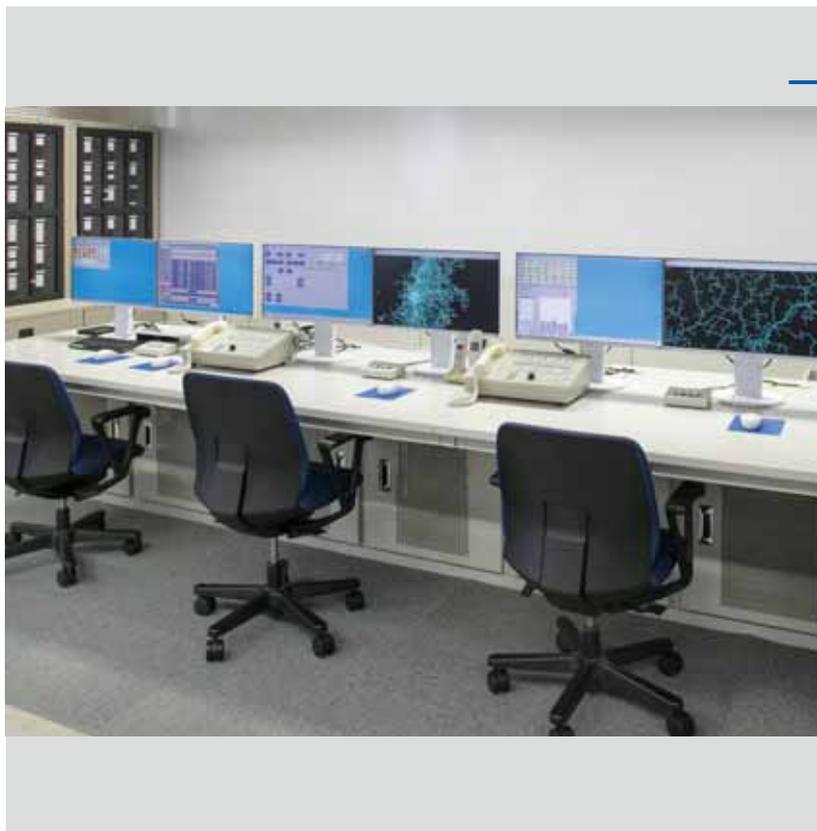
富士電機では、2016 年度から新製品開発のプロセス変革に着手し、お客さまの価値創造に貢献できる商品を企画し、これに供する研究開発を進めてまいります。

今後も、エネルギー・環境技術の革新により、付加価値の高い、環境にやさしい製品・システムをお客さまに提供することで、安全・安心で持続可能な社会の実現に貢献してまいります。

参考文献

- (1) 近藤史郎, 福住光記. IoT新時代の計測・制御ソリューションの現状と展望. 富士電機技報. 2016, vol.89, no3, p.138-145.



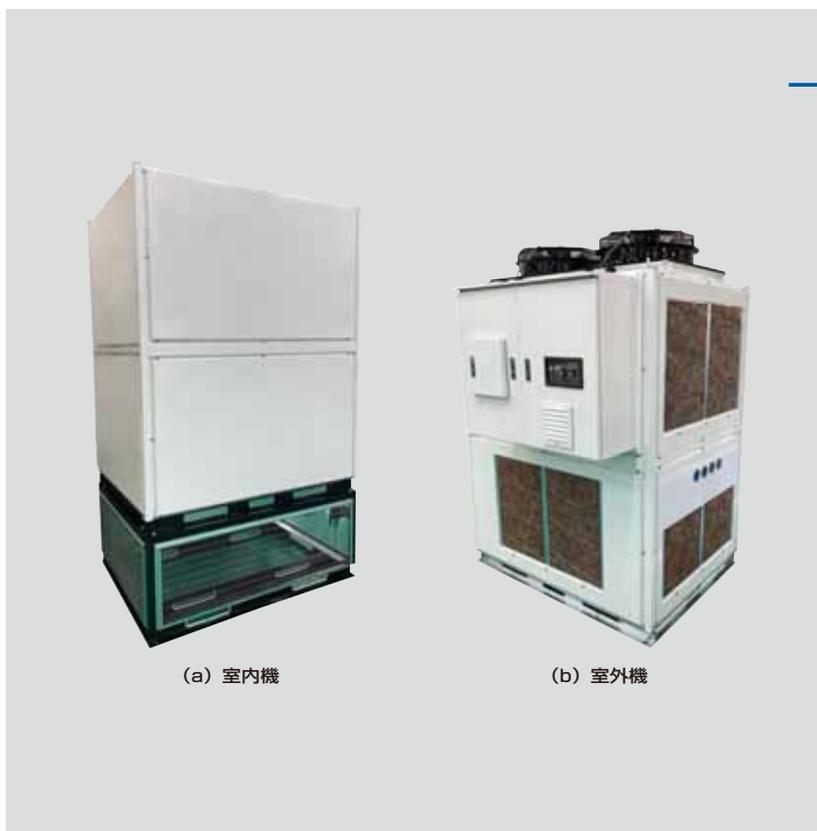


東北電力株式会社向け広域ネットワーク型配電自動化システム

東北電力株式会社向けに、大規模災害が発生したときでも運用が継続できる、広域ネットワーク型配電自動化システムを納入した。

主な特徴は次のとおりである。

- (1) 距離の離れた2か所の営業所にサーバを設置し、サーバ間で相互にバックアップを行うことにより、一方の営業所が被災した場合でも、他の営業所で運用を継続できる。
- (2) バックアップへの切替えを1秒以内で行うことにより、切替えによる業務への影響を最小限にした。
- (3) サーバと操作端末をネットワークで接続し、操作端末にアプリケーションソフトウェアを実装しないことにより、メンテナンスの効率化とシステム保守費の削減を実現した。



間接外気活用省エネルギーハイブリッド空調機「F-COOL NEO」の拡充

近年、データセンターは、サーバの高性能・高密度化により発熱量が飛躍的に増加している。

富士電機は、データセンターの省エネルギー化のために、熱交換器を介して外気冷熱のみを取り込む間接外気活用の空調機「F-COOL NEO」(冷房能力40kW)を販売してきており、新たに冷房能力56kWのタイプを開発した。

主な特徴は次のとおりである。

- (1) 外気冷房と内蔵の冷凍機との併用運転により、年間の消費電力を一般の空調機の約1/3に節約できる。
- (2) 間接的に外気を利用するため、外気に含まれる水分、PM2.5などのじんあいおよび腐食性物質の影響を受けにくい。
- (3) 必要なユーティリティは電源のみであり、冷水や冷却水は不要である。また、給気(吹出し空気)を下向きにしたので、フリーアクセスフロアに対応しやすい。

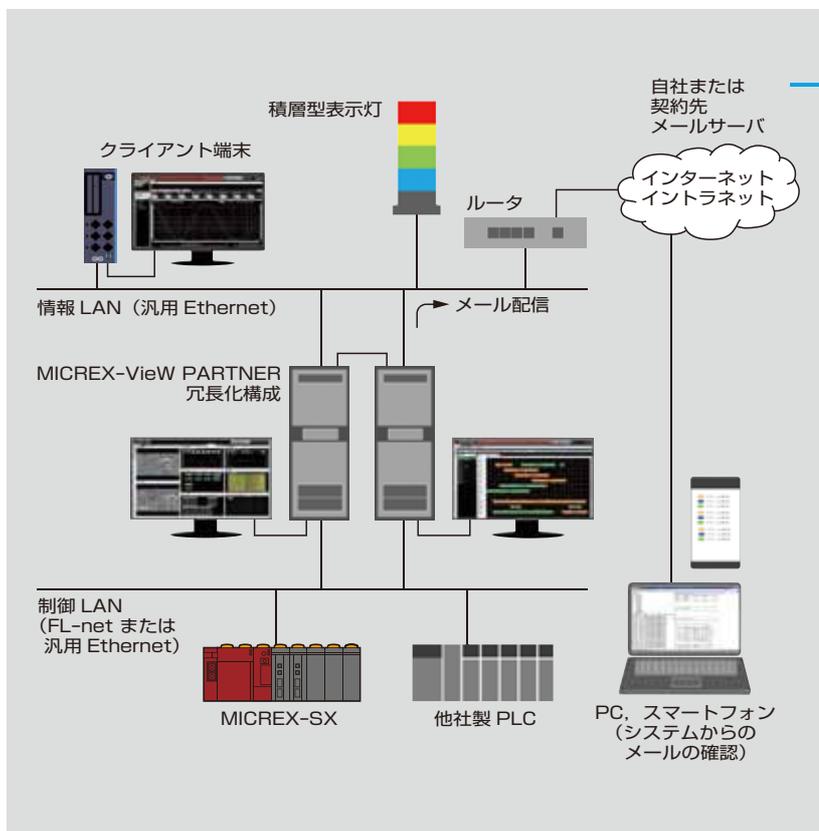


密閉型高電圧コンタクタ「SVE135」

直流配電システムや電気自動車の普及に伴って需要が急増している直流回路用のコンタクタでは、小型化および安全性と接触信頼性の向上が強く求められている。富士電機はこれらの要求に応えるため、定格電圧 DC450 V、定格電流 135 A の密閉型高電圧コンタクタ「SVE135」を開発した。

主な特徴は次のとおりである。

- (1) 遮断用ガスを封入した密閉カプセル内に接点部を配置したことにより、遮断性能が向上するとともに、小型化と高接触信頼性を実現した。
- (2) 独自の接点部構造により、高過電流耐量および主回路の無極性化と正逆両方向で同じ遮断性能を実現した。
- (3) 全方向の取付けを可能にするとともに、最小誤動作衝撃 490 m/s^2 を実現した。



進化する設備監視システム

「MICREX-VieW PARTNER」

富士電機は、2016年7月に発売した設備監視システム「MICREX-VieW PARTNER」の機能拡張を行い、新バージョンを開発した。MICREX-VieW PARTNERは、工場全体の運転監視やエネルギー監視のためのシステムの導入費を抑え、かつ使い勝手の良い操作性により、現場の見える化と安定運用に貢献する。

拡張した機能の特徴は次のとおりである。

- (1) 接続ドライバの拡充により、FL-net による接続や他社の PLC との接続が可能となり、システム構成の幅が広がった。
- (2) MICREX-VieW PARTNER で検出した機器動作や故障などの情報を、ネットワーク経由でメール配信などによって外部へ通知することが可能である。
- (3) インタプリタ型簡易言語により、複雑な連動条件や演算式を MICREX-VieW PARTNER の本体で容易に構築することが可能である。



モーションコントロールシステム

サーボシステムとモーションコントローラを組み合わせたモーションコントロールシステムは、半導体、液晶製造装置、電子部品加工装置など産業機械全般に用途を拡げている。その中で、よりいっそうの高速・高精度化、立上げ調整時間の短縮に加えて、安全性や保守メンテナンス性の向上といったニーズが高まっている。これらのニーズに応えるため、富士電機は、サーボシステム「ALPHA7」とモーションコントローラ「SPH3000D」を開発し、製品化した。ALPHA7は、業界最高レベルの高速・高精度な駆動制御を実現し、より安全な操業を支えるセーフティ機能を標準で装備している。また、シーケンス制御とモーション制御を1台のCPUで行うSPH3000Dは、ALPHA7の性能を最大限に引き出すことができる。ALPHA7とSPH3000Dを組み合わせたモーションコントロールシステムは、生産性向上、コスト削減、安全性向上に貢献する。



高精度スプール形超音波流量計「FST」の機種拡充

高精度スプール形超音波流量計は、配管内に挿入した3対のセンサにより、油類を含む各種液体の流量を $\pm 0.2\%$ of rateの高精度で測定できる。これにより、流量の適正な制御を行うことが可能であり、設備全体の省エネルギーや品質向上に寄与する。

富士電機は、高精度スプール形超音波流量計「FST」の口径 $\phi 50$ mmサイズを2016年に発売し、今回、適用範囲を拡大するため次の機種拡充を行った。

- (1) 石油・化学プラント向けに、ATEX、TIIS、NEPSIの各規格を満足する防爆型を追加した（順次発売）。
- (2) サイズを拡充し、業界における汎用3口径である $\phi 50$ mm、 $\phi 80$ mm、 $\phi 100$ mmをそろえた。

東日本旅客鉄道株式会社 E235 系向け ドア駆動装置

東日本旅客鉄道株式会社は、2017年5月に山手線 E235 系通勤形車両の量産車の運用を開始した。富士電機は、この新型車両向けにラック・アンド・ピニオン方式のドア駆動装置を納入した。順次、539両分（合計 4,312台）を納入する。

主な特徴は次のとおりである。

- (1) 高分解能エンコーダとサーボ制御を組み合わせたドア制御シーケンスの採用により、戸挟み検知精度を高めたことによる安全性の向上
- (2) 小型・軽量化（従来品比 15% 軽減）と機器のユニット化によるメンテナンス性の向上
- (3) 完全密閉型エンコーダの採用による耐環境性の向上
- (4) レアメタル使用量の削減による環境負荷の軽減
- (5) 列車情報管理システムへの対応による通信信頼性と機器状態の監視機能の向上



大容量車載用直接水冷型パワーモジュール (750V/1,200A)

富士電機は、国内外で市場が成長している電気自動車やハイブリッド自動車向けにパワーモジュールの開発や市場展開を行っている。

車載用パワーモジュールは、自動車の限られたスペースに搭載されるため、製品の小型化が要求されている。車載用直接水冷型パワーモジュールは、内部配線にリードフレームを採用し、面積効率を向上させることで高電力密度化を実現している。また、放熱性能に優れたウォータージャケット一体型構造を採用している。さらに、パワー素子には、IGBT と FWD を一つのチップに統合した RC-IGBT（逆導通 IGBT）を採用することで、汎用 6 in 1 モジュールとしては世界最大容量の定格 750 V/1,200 A を実現している。





SiC トレンチゲート MOSFET 適用の All-SiC モジュール (1,200 V/400 A)

電力変換装置のさらなる高効率化、小型化、大容量化の要求に対し、これを実現する SiC デバイスの製品化への期待が高まっている。富士電機は、これまで銅ピン接続と樹脂封止技術を適用した新構造パッケージにて、定格容量 1,200 V/100 A までの All-SiC モジュールを製品化してきた。この新構造パッケージは、内部の配線インダクタンスを低減するとともに、高温動作が可能であり、SiC デバイスの高速動作や高信頼性を実現している。

今回、さらに定格容量を拡大するため、新たに大容量新構造パッケージを開発した。本パッケージに、低オン抵抗と高速スイッチング特性を兼ね備えた第 1 世代 SiC トレンチゲート MOSFET を搭載することにより、定格容量 1,200 V/400 A の All-SiC モジュールを実現した。



出光大分地熱株式会社 滝上バイナリー発電所の営業運転開始

出光大分地熱株式会社から発電設備を EPC 契約で受注した滝上バイナリー発電所が、2017 年 3 月に営業運転を開始した。バイナリー発電とは、加熱源により、沸点の低い媒体を蒸発させ、その蒸気でタービンを回す発電方式である。加熱源として、これまで利用できなかった低温の蒸気や熱水を有効に利用できるため、将来有望な発電方式である。

商用機としては富士電機の初号機であり、タービンを川崎工場で作成した。発電端出力は最大 5,050 kW であり、日本最大級である。

熊本地震、長雨、寒波など、屋外での工事を妨げる要素が多かったが、顧客や関係各社の協力により、当初の予定どおりに引渡しを完了した。



大規模太陽光発電向けパワーコンディショナ「PVI1000BJ-3/1000」

富士電機は、拡大が続く国内外の大規模太陽光発電（メガソーラー）向けに新型のパワーコンディショナ（PCS）「PVI1000BJ-3/1000」を開発した。従来機の特徴である高効率、屋外型、空調レスの仕様はそのまま、大幅な小型・軽量化を実現した。これにより、山間部のメガソーラーへの適用も可能である。

主な特徴は次のとおりである。

- (1) 装置容量：1,000 kVA
- (2) 直流入力電圧：DC1,000 V
- (3) 交流入力電圧：AC380 V
- (4) 最大効率：98.5%
- (5) 外形寸法：W2,000×D950×H1,940 (mm)
- (6) 質量：2,000kg（従来機の7,500 kgから約75%低減）
- (7) 豊富なオプション：寒冷地仕様、耐塩仕様、ヒューズ分岐ほか



株式会社セブン-イレブン・ジャパン向けカフェラテマシン

株式会社セブン-イレブン・ジャパンはセブンカフェに、新たにミルクメニューを追加することになった。富士電機は、簡単なオペレーションで衛生状態を保ったまま牛乳が扱えるシステムの開発を進めた。

主な特徴は次のとおりである。

- (1) 無菌充填パック牛乳を世界で初めて採用し、画期的な配管システムにより、常温部分の配管に残る牛乳をゼロにした。
- (2) 新規に開発した専用洗剤と自動洗浄機能により、販売モジュールの衛生状態の維持を容易にした。
- (3) これまで必須であった分解洗浄が不要なインライン型牛乳泡立て機構により、細やかな泡の生成を可能にした。
- (4) カフェラテとコーヒーの販売ステージを別々にすることにより、アレルギーでもある牛乳が意図せず混入しない構造を採用した。

無線式回転機振動診断システム

「Wiserot」の防爆認証

無線式回転機振動診断システム「Wiserot」は、回転機やファン・ポンプなど機械設備の振動を計測して異常を早期に発見するものであり、自動車、鉄鋼、化学（非防爆エリア）などの製造プラントで数多く採用されている。

富士電機は国内外で防爆認証を取得し、新たなラインアップとして防爆対応の無線振動センサを製品化した。国内外の石油化学プラントなどの防爆エリアに適用が可能である。耐圧防爆構造は Ex db II B+H₂T4 Gb で、本体はアルミニウム鋳物であるが上部カバーは無線通信を考慮してポリカーボネートを採用している。

今回取得した国内外の防爆認証は次のとおりである。

- (1) IEC 60079-0/1/11
- (2) EN 60079-0/1/11
- (3) JNIOOSH-TR-46-1, 2, 6 : 2015



(a) 送受信機

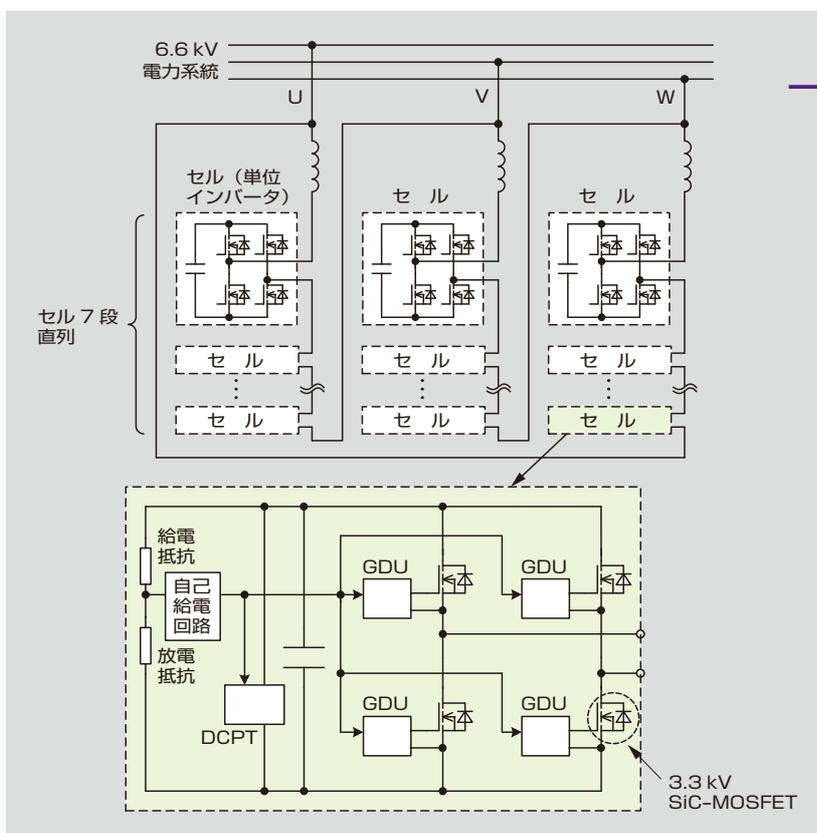
(b) 無線振動センサ

6.6 kV 電力系統直接連系の MMC 方式の無効電力補償装置 (STATCOM)

富士電機は、内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) に参画し、6.6 kV 電力系統に連系変圧器を用いずに直接連系が可能な MMC 方式の無効電力補償装置 (STATCOM) の開発を行っている。

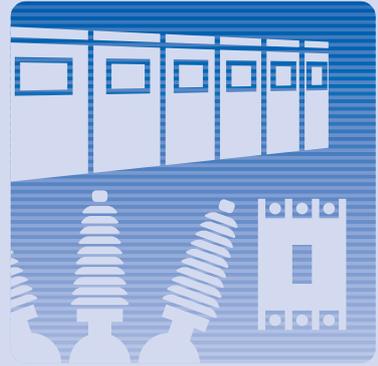
主な特徴は次のとおりである。

- (1) パワーデバイスとして 3.3 kV 高耐圧 SiC-MOSFET を適用することにより、高効率化を実現できる。
- (2) SiC 素子のゲート駆動回路 (GDU) や直流電圧検出器 (DCPT) の電源を、主回路電位から非絶縁で給電する自己給電技術により、周辺回路の小型化を実現できる。
- (3) 富士電機独自のセル (単位インバータ) 直流電圧均等化制御により、無効電力補償だけでなく逆相電力補償も可能である。



パワエレシステム・エネルギーソリューション

エネルギーマネジメント
変電システム
電源システム
受配電・開閉・制御機器



展望

エネルギーマネジメント

東日本大震災以降、再生可能エネルギーが大量に導入されるとともに電力取引市場の制度見直しが行われている。電力システムでは、周波数動揺や分散型電源の逆流による電圧上昇などの問題が発生している。また、電力会社では震災時の事業継続計画（BCP）の需要が高まってきている。

富士電機は、各種の実証事業で系統安定化技術を培ってきており、それを用いた蓄電池制御システムや可変インダクタンスによる静止型無効電力補償装置（SVC）を安定化対策の中核として展開していく。また、次世代に向けてSiC（炭化けい素）を用いたSVCを開発中である。災害対策としては、広域分散システム技術を駆使し、電力会社における自動化システムの安定運用に貢献していく。また、新たな取組みとして、バーチャルパワープラント（VPP）の実証事業に参加し、技術的な検討を行っている。発電機や蓄電設備などの需要家設備をまとめて運用することによって電力の調整力とするものである。今後も、市場ニーズに的確に応える製品の開発とタイムリーな提供により社会に貢献していく。

変電システム

変電システムにおいては、受変電設備や大容量パワーエレクトロニクス装置により、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。また海外では、アジアにおけるインフラ拡大の期待に応えるため、タイに変圧器、開閉装置、配電盤の生産拠点を立ち上げ、販売、エンジニアリング、サービスを含めた現地完結型事業の展開に向けて体制強化を進めている。

電力分野では、IEC規格に準拠し、大幅な小型・軽量化および保守性の向上を図った145kVガス絶縁開閉装置（GIS）を開発し、発売した。産業・施設電機分野では、電力市場の自由化に伴い、新エネルギーの利用が促進される中、バイオマス発電用に小型化と省メンテナンス化に配慮した受変電設備を納入した。産業電源分野では、中東・バーレーン向けに世界最大規模の整流器「S-Former」を受注した。交通分野では、安定輸送を支えるための事業を

展開しており、設備寿命を迎えた変電設備や複数の電力監視システムの更新工事を受注し、納入した。

電源システム

電源システムにおいては、サーバの高性能・高密度化によってデータセンターにおける消費電力が急激に増加しており、省エネルギー（省エネ）に対するニーズがよりいっそう高まっている。また、省エネの促進を目的とした政策などにより、省エネ製品への更新需要も期待される。

データセンター向け空調設備として、間接外気空調機「F-COOL NEO」に冷房能力が大きい56kWタイプを加えた。無停電電源装置（UPS）では、SiCデバイスを適用し、消費電力の低減に貢献する高効率、大容量UPS（333kVA）を発売した。また、サーバ用直流バックアップ電源「F-DC POWER」は、IT市場への急速な浸透が予測されるOCP仕様への対応を完了した。今後も、国内外に向けてシステム全体のEPCソリューションを展開する中から新たな顧客の経営課題を明らかにし、課題解決に向けたシステム・製品を提供していく。

受配電・開閉・制御機器

受配電・開閉・制御機器においては、再生可能エネルギー関連設備、ビルディング・施設の電気設備、および工場生産ラインの制御システムにおいて、電気を効率的かつ安全に利用するための受配電機器、ならびに生産設備や生産機械の自動化・最適化を図る制御機器に対する需要が高まっている。

低圧受配電機器では、施工の省力化・省配線化を実現する母線プラグイン遮断器「BVシリーズ」「EVシリーズ」の70mmピッチ品を開発した。工具が不要なブランクカバーや挿入力の低減を図るなど、操作性も向上させている。高圧受配電機器では、パネルカット形状における使い勝手の向上、絶縁性能の向上、グリスアップ期間の延長などによってライフサイクルコストを低減するとともに、RoHS指令に対応した高圧真空遮断器「MULTI.VCB」の引出形を開発した。

エネルギーマネジメント

1 比奈知ダム管理用制御処理設備

富士電機は、独立行政法人 水資源機構が管轄する比奈知ダムに、ダム管理用制御処理設備を納入した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 放流設備の遠方手動制御を行う遠方手動操作卓に、視認性を考慮した大型の液晶ディスプレイを採用した。
- (2) 発電機の緊急停止・起動時に、下流河川への放流量の異常を防止するため、自動代替放流制御機能を採用した。
- (3) 放流操作装置と放流判断支援装置に、両装置の機能を重複させ二重化構成とすることで信頼性を向上させた。
- (4) 障害が発生したときに、工場の保守システムから遠隔で現地システムの調査を可能とすることにより、迅速な対応と技術員などの維持管理費の削減が可能である。

図1 ダム管理用制御処理設備

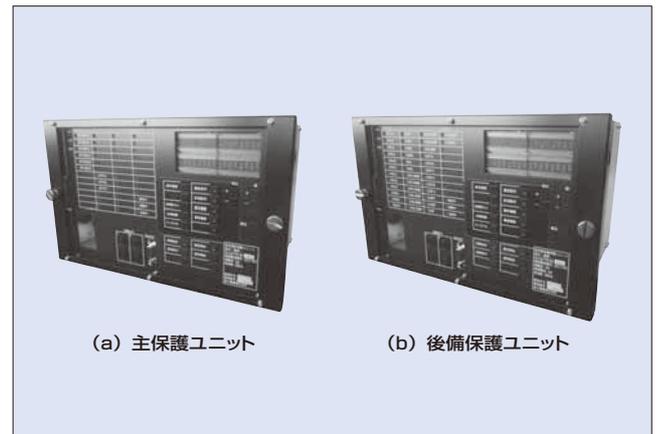


2 沖縄電力株式会社向け配電用変圧器保護継電装置

沖縄電力株式会社向けに、第二世代ユニット形デジタルリレー（DUJ形）を適用した配電用変圧器保護継電装置を開発し、納入した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 主保護と後備保護をそれぞれ独立したユニットで構成することにより、保護機能を完全に分離し、運用や保守性の向上を実現した。
- (2) ユニット形デジタルリレーを採用し、機能をパッケージ化したことにより、将来の更新が容易である。
- (3) 保守用のツールは不要となり、ユニット前面の表示器、操作スイッチにて、整定や試験設定などが可能である。
- (4) 装置動作時、異常発生時、手動起動時に入力電流量などのデータを保存するデータセーブ機能を実装した。
- (5) JEC-2501：2010 準拠の耐ノイズ性を実現した。

図2 配電用変圧器保護継電装置



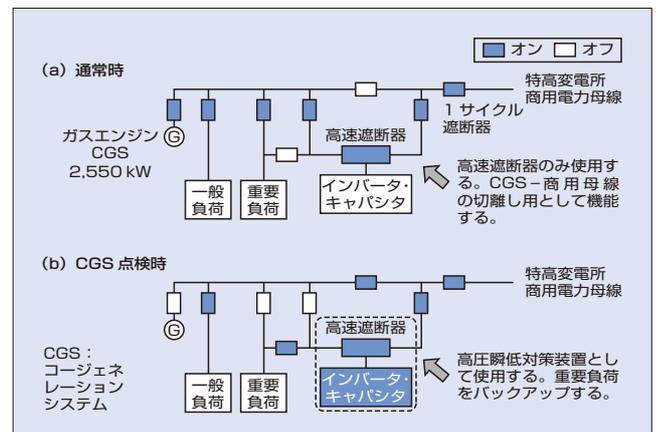
変電システム

1 山梨製作所 高圧瞬低対策装置による電源の高信頼性化

半導体などの高付加価値製品の生産ラインは、瞬時の電圧低下（瞬低）であっても多大な被害が発生する。富士電機 山梨製作所では、コージェネレーションシステムと1サイクル遮断器により対策を行ってきたが、電圧低下が大きいと生産ラインの被害を免れない場合があった。

今回、既存の高圧瞬低対策装置の高速遮断器をコージェネレーションシステムとの母線連絡遮断器として利用することにより、2msでの切離しを可能とし、電圧低下が大きい場合でも生産ラインの被害が発生しないようにした。また、コージェネレーションシステムの点検時にはキャパシタによる高圧瞬低対策装置として動作させることにより、常時、瞬低対策を行うことができ、山梨製作所の電源の高信頼性化を実現した。

図3 山梨製作所の電源系統



変電システム

② インドネシア向け大容量変圧整流装置「S-Former」 既設他社製整流器の更新

富士電機は、アルミニウム精錬やソーダ電解などの用途で数多くの大容量変圧整流装置「S-Former」を製作・納入している。今回のインドネシア向けS-Formerは、既設の他社製整流器のみの更新であり、更新後は既設の他社製変圧器とのカップリングとなる。主な特徴を次に示す。

- (1) 顧客要求による将来の設備拡張を考慮し、6相、非同相逆並列接続方式における定格直流電流を、既設の37kAから45kAに増加した。
- (2) 電流の増加に対し、内部構造を縮小化して既設の設置寸法および交流・直流端子取合い位置に合わせた。
- (3) 整流器内部で銅製導体とアルミニウム製端子を接合したことにより、既設のアルミニウム製直流ブスバーとの溶接接続を可能とした。

図4 「S-Former」

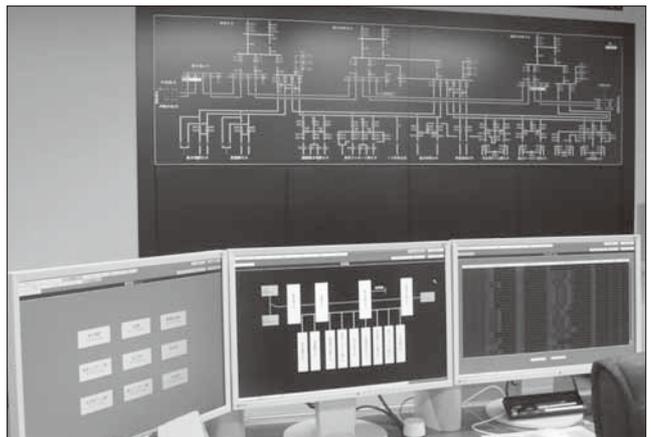


③ 東京臨海高速鉄道株式会社 りんかい線 電力監視システムの更新

東京臨海高速鉄道株式会社 りんかい線に電力監視システムを納入した。既設を更新するものであり、主な特徴は次のとおりである。

- (1) 中央制御装置の冗長化および中央指令室と沿線電気室の光ループ型ネットワーク接続で信頼性を向上した。
- (2) 中央指令室の電源設備に、停電時に2時間の給電を行うUPSを設置し、万一の大規模災害に備えている。
- (3) 3画面マルチ表示の指令卓により、複数の変電所および付帯設備を同時に監視できる。
- (4) 電力監視に関連する次のシステムを併せて構築した。
 - 指令員の業務負荷の軽減を図る保守作業支援システム
 - 変電所設備のモニタリングを行うITVカメラ
 - 中央指令室と沿線電気室などを結ぶ集中電話システム

図5 電力監視システム（中央指令室）



④ あいの風とやま鉄道株式会社 とやま指令所 電力管理システム

あいの風とやま鉄道株式会社 とやま指令所に電力管理システムを納入した。監視範囲は、石動駅から越中宮崎駅までの全線であり、14か所の変電所、き電区分所、補助き電区分所などを対象に監視制御を行っている。

本システムは、中央処理装置、IPネットワーク方式の遠方監視制御装置、監視制御卓、システム監視卓などで構成している。主な特徴は次のとおりである。

- (1) システムの中核である中央処理装置と遠方監視制御装置を二重化することにより、高い信頼性を実現している。
- (2) スケジュール制御機能、停電申請機能、登録パターンのメンテナンス機能および集計機能という各種作業統制機能を備えており、業務の効率化に貢献している。

図6 電力管理システム（とやま指令所）



変電システム

⑤ 西日本旅客鉄道株式会社 金沢指令所 電力管理システムの更新

西日本旅客鉄道株式会社 金沢支社に電力管理システムを納入した。監視範囲は、北陸本線の新疋田から津幡まで、七尾線および小浜線であり、金沢支社管内32か所の変電所などを対象に監視制御を行っている。本システムは、中央処理装置、情報結合装置、監視制御卓、システム監視卓などで構成している。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 情報結合装置により新旧システムの切替えを容易にし、安全性の確保と試験の効率化を実現した。
- (2) システムの中核である中央処理装置を二重化することにより、高い信頼性を実現している。
- (3) スケジュール制御などの各種自動運転機能のほか、集計機能などの各種作業統制機能を持ち、業務の効率化に貢献している。

図7 電力管理システム（金沢指令所）



電源システム

① 大容量パワーエレクトロニクス試験装置

富士電機は、大容量のUPSやPCSなどのパワーエレクトロニクス製品を対象とした、規格認証・ガイドライン適合試験に対応した試験装置を開発した。容量は1ラインで750kVAであり、最大で4ラインの並列運転が可能のため、3,000kVAまでの試験に対応できる。

系統、負荷、蓄電池のシミュレーション機能を実現する3種類の電力変換装置で構成されており、プログラミングによって各種試験モードを連動して制御することで、単機大容量や並列UPSなどの大規模システムの製品試験が可能である。また、本装置の特徴として電力回生機能を備えているため、構内受電の他の試験ラインに影響を及ぼさない。さらに、消費電力を従来の1/6に低減し、環境負荷の低減に貢献する。

図8 大容量パワーエレクトロニクス試験装置

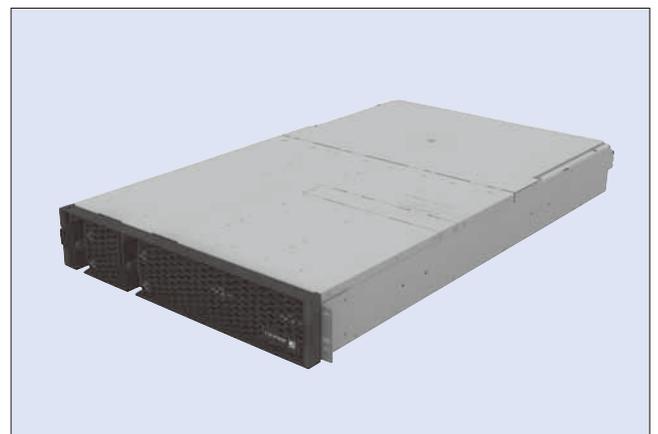


② OCP仕様対応電源「F-DC POWER」

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の市場では、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、データセンターの省エネルギーに貢献するサーバ用直流バックアップ電源「F-DC POWER」を上市しており、このたび、OCP（Open Compute Project）仕様に対応した製品を開発した。OCPは米国Facebook社が中心となって推進しているIT機器の仕様であり、今後、北米や国内のIT市場で急速に浸透していくことが予測されている。主な仕様は次のとおりである。

- (1) 出力容量：7.5 kW（3+1冗長構成）
- (2) 変換効率：94%
- (3) 外形寸法：W450×D740×H89（mm）

図9 OCP仕様対応電源「F-DC POWER」



電源システム

③ 株式会社 IDC フロンティア向けモジュール型データセンター

富士電機は、株式会社 IDC フロンティア 白河データセンターの3号棟と4号棟を施工した。基本設計から建築・土木を含む設備工事の施工管理に至るまで、全てをEPC（設計、調達、建設）で請け負い、省エネルギータイプの機器を含む変電設備、無停電電源装置、間接外気空調機などを納めた。モジュール型の設計コンセプトにより、従来のビル型に比べて半分の工期（約半年）で完了した。

建設においては電気、空調、建築土木などの幅広い知見が必要であり、富士電機の製作工場、試験部門、CE部門、関係会社、さらに協力会社を含めて多岐にわたる技術を結集し、“One Stop（一括請負）”でまとめた。このノウハウや経験を生かし、今後も省エネルギー型データセンターの構築に貢献していく。

図10 白河データセンター（4号棟）の外観



④ シンガポール・キングスランド社向けデータセンター

富士電機アジアパシフィック社は、シンガポールにおける大手データセンター事業者のキングスランド社からデータセンター向け設備一式を受注し、2016年12月に引渡しを完了した。

本データセンターにおいては、高圧・低圧パネル、変圧器、発電機、無停電電源装置（UPS）、空調設備、消防設備、セキュリティ設備、監視システムなどを納入し、自社製品と他社製品を組み合わせてシステムを構築した。このようなEPCのプロジェクトを富士電機アジアパシフィック社が元請けとなって取りまとめたのは初めてである。その実績が高く評価され、同社のデータセンター増設プロジェクトも継続して受注した。増設プロジェクトは、2017年4月から工事を開始している。

図11 キングスランド社データセンターの外観



⑤ 間接外気冷却方式コンテナ型データセンター「co-IZmo/I」

データセンターでは、膨大な消費電力を削減すること、および事業規模に応じて段階的に設備を増築できる拡張性が求められている。

富士電機は、株式会社インターネットイニシアティブと共同で間接外気冷却方式コンテナ型データセンター「co-IZmo/I」（コイズモアイ）を開発し、国内外へ販売している。2016年には、アジアの某国に環境配慮型データセンターをフルターンキーで納入した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 外気冷熱の利用による空調電力の大幅な削減
（従来型データセンターに比べて40%の消費電力削減）
- (2) モジュール連結による規模に応じた柔軟な拡張
- (3) サーバを搭載したままの運搬・設置で工期短縮

図12 「co-IZmo/I」（国内実証用設備）



電源システム

⑥ 電子デバイス工場向けクリーンルーム

富士電機は、スマートフォン用電子デバイスを製造するためのクリーンルーム設備において、機器製作から内装部材などの調達、現地据付け、試験までを含めたEPC事業として受注し、納入を完了した。

約6,500m²の一般空調の建屋を、3か月という短工期でクリーンルームに改修するものである。短工期と高品質を両立させるため、設備が類似している納入実績を基に設計仕様の共通化を図った。機器や部材を共通化することにより、コストダウンの要求にも応えた。クリーンルームの主な仕様は次のとおりである。

- (1) 清浄度：クラス1,000 (Fed.Std.209D)
- (2) 気流方式：垂直層流方式

図13 クリーンルームの例



受配電・開閉・制御機器

① 電子式漏電遮断器「EXシリーズ」

近年、病院やデータセンターなどの高い給電信頼性が求められる受配電設備には、漏電プレアラーム、定格電流の可調整・計測機能を持った高機能電子式遮断器の要求が高まっている。富士電機はこれらの要求に応えるため、小型漏電・計測ユニットを搭載した電子式漏電遮断器「EXシリーズ」を開発した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 設置面積で従来比30%の小型化（配線用遮断器と同一外形サイズ）
- (2) 漏電プレアラーム機能と幅広い感度電流の設定
- (3) 電流・電圧監視および遠隔操作に対応する通信機能
- (4) 既存シリーズと共用可能な付属品
- (5) IEC, JIS, GBのグローバル規格に適合

図14 「EX250RAE」

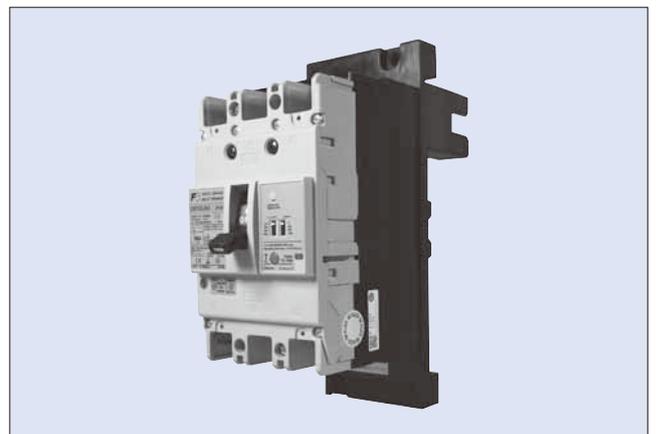


② 母線プラグイン遮断器「BVシリーズ」「EVシリーズ」

近年、国内の受配電市場は、オリンピック特需や更新などで需要が高まっている。中でも、電気設備の増設や電気容量の変更などにおいて、工事期間の短縮と配電盤の小型化により、省工数および配線の省スペース化が可能な機器が求められている。富士電機は、これらの要求に応え、70mmピッチタイプの母線プラグイン遮断器「BVシリーズ」「EVシリーズ」を開発した。主な特徴を次に示す。

- (1) 一次側給電部にプラグイン端子構造を採用したことにより、ブレーカの取付けと配線工数を削減した。
- (2) 配電盤の予備スペース用の絶縁板における取付け工数を削減した。
- (3) 400AF以上の挿入力を低減した。
- (4) 共通母線接続により、省スペース化を実現した。

図15 「BVシリーズ」「EVシリーズ」



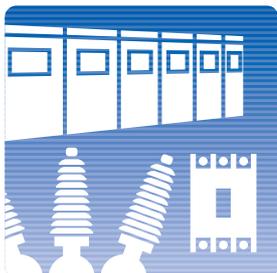
受配電・開閉・制御機器

③ 省エネルギータイプ漏電遮断器「EK2Q」

近年、複写機やプリンタなどの電気機器に使用される漏電遮断器には、いっそうの消費電力の低減が求められている。富士電機は、入力電圧と電流の位相を約90°ずらし、漏電検出用ICの電源回路を無効電力化する、省エネルギータイプ漏電遮断器「EK2Q」を開発した。主な特徴は次のとおりである。

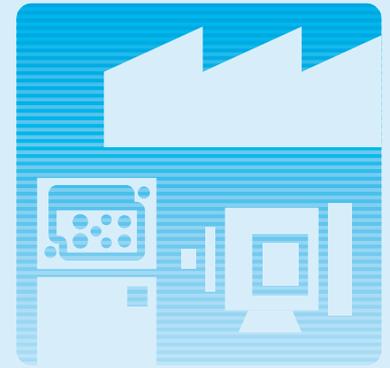
- (1) 世界最高クラスの省エネルギー性能：待機消費電力 15mW/AC100V（75%削減）
- (2) 現行品との互換性：現行品と同一の外形で取付けの互換性を確保
- (3) 環境対応：RoHS指令に対応したカドミウムフリー
- (4) グローバル規格適合：cULus, TÜV (IEC), CCC, PSE

図16 「EK2Q」



パワエレシステム・ インダストリーソリューション

ファクトリーオートメーション
プロセスオートメーション
環境ソリューション
計測・制御
輸送システム



展 望

富士電機は、パワーエレクトロニクス（パワエレ）機器において、電力変換技術を軸にさらなる高効率化、小型・軽量化に取り組み、社会・産業を中心に、さまざまな分野に展開し、貢献している。

ファクトリーオートメーション

ファクトリーオートメーションにおいては、オフィスビルや工場の省エネルギー（省エネ）の需要の高まりに応じて、商用切替一体型インバータ「FRENIC-HVAC PDシリーズ」を製品化した。インバータの導入時にこれまで必要であった周辺回路をインバータに取り込んだものであり、制御盤が不要であるため大幅な省スペース化が可能である。また、昇降用途などでインバータの回生エネルギーを電源に戻すことにより、大幅な省エネ・省スペース化が実現できるコンパクト形コンバータ「FRENIC-eRHR」「FRENIC-eRHC」を製品化した。

モーションシステムとしては生産設備の高度化に対応するため、サーボシステム「ALPHA7」、サーボモータの各シリーズおよびモーションコントローラ「SPH3000D」を製品化した。また、生産の高効率化と人件費の高騰が進むアジア市場に適用するため、サーボシステム「ALPHA5 Smart Plus シリーズ」と小型コントローラ「SPF シリーズ」を製品化した。HMIは、視認性や外部インタフェースを重要視した「TECHNOSHOT シリーズ」を製品化した。

回転機においては、グローバルに効率規制の施行が拡大している中、中国のGB2および米国のEISAに対応した海外効率規制対応モータを製品化した。

プロセスオートメーション

プロセスオートメーションにおいては、駆動制御技術、計測制御技術および誘導炉・溶解炉などの工業電熱技術をコアとして、生産設備の安定稼動と原単位削減を実現する機器・システムを展開している。

鉄鋼・非鉄分野では、自動車や家電の生産集積地として期待されるインドネシアおよびトルコに、高速ドライブ制

御システムを納入した。国内では、既設ソフトウェア資産を有効に活用しながら、上位システムとの連携や保守支援を強化した産業用ドライブ装置および監視制御システムを適用し、事業を拡大している。

化学および食品分野では、消費者ニーズの多様化に伴い、消費市場向け末端製品の製造プラントにおいて新設や改造が増加している。これらの分野では多品種少量生産や安定操業に加え、品質の向上や製造効率の向上が従来に増して求められている。富士電機は、これまで培ってきた制御技術に加え、プラントの異常を予見してオペレータに通知する仕組みを開発し、提供を開始した。今後、異常回避操作をオペレータに通知する機能も追加する予定である。

ごみ処理分野では、既設設備システムの更新に加えて、設備の老朽化に伴う建替え工事および事業統合による新設が増加している。更新では、顧客のアプリケーション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、豊富な納入実績に基づく制御ノウハウを適用した制御性の最適化を提供している。また、排ガスなどの環境対策に必要なコスト削減も求められており、応答時間を短縮したガス分析計と組み合わせたソリューションを提供している。

工業電熱分野では、電磁界解析および熱解析の技術を用いて、誘導加熱の用途拡大を図っている。今後は、さらなる高周波領域における電源装置の拡充を行い、新しい用途への適用を推進していく。

環境ソリューション

環境ソリューションにおいては、排水処理における新しい生物処理方式として、「汚泥レス排水処理システム」を開発した。磁力によって汚泥を分離する磁気分離装置と排水処理に適したパチルス菌とを組み合わせたものであり、余剰汚泥がほとんど発生しない排水処理システムである。本システムでは沈殿槽と汚泥脱水機が不要となり、設備のイニシャルコストと、電力費や薬品費などのランニングコストの両方の抑制および省スペース化に対応できる。

植物工場分野では、設備内骨材を削減するとともに、採光性と施設内の作業性を向上させる高軒高ハウス工法を開

発した。また、CO₂と暖房熱を単一燃料から生成して供給する「CO₂・熱供給システム」を開発した。このシステムは、従来の設備に比べ、運用コストを3割程度削減できる。本工法とシステムは、株式会社北海道サラダパプリカの植物工場に採用されている。

計測・制御

計測・制御においては、強いコンポーネントとして用途や適用場所を明確にしてシステムを支える計測機器・センサを提供していく。中国のプラスチック成型機市場向け温度調節計、石油・化学プラント向けの安全規格認証（SIL）対応の圧力発信器や防爆認証対応の高精度スプール形超音波式流量計を製品化した。また、計測機器・センサ信号（温湿度やアナログ出力）を上位システムに接続する環境情報センシング用の無線センサネットワークシステム

「FeMIEL2.0」の拡張開発を行った。

輸送システム

輸送システムにおいては、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（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開発した。試作機を東海道新幹線N700系車両に搭載し、走行試験を継続中である。高速鉄道の駆動システムへのSiCパワー半導体モジュールの適用は世界初である。また、高周波共振回路技術を適用して、小型・軽量の補助電源装置を開発した。車両用ドア駆動システムについては、従来の空気式ドアに比べて信頼性とメンテナンス性を改善したラック・アンド・ピニオン方式の電気式ドアを、東日本旅客鉄道株式会社の山手線量産車向けに納入し、2017年5月に営業運転が開始された。

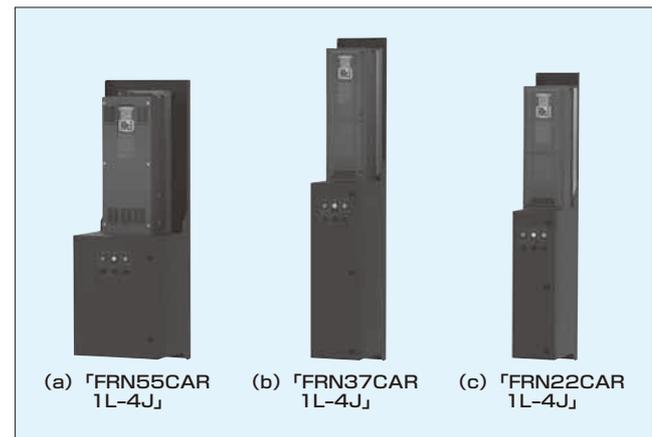
ファクトリーオートメーション

① 商用切替回路一体形空調用途向けインバータ「FRENIC-HVAC PDシリーズ」

ファン・ポンプ用途に特化した空調用途向けインバータ「FRENIC-HVACシリーズ」において、商用切替回路を内蔵し、一体化した「FRENIC-HVAC PDシリーズ」（三相200V 0.75~45kW、三相400V 3.7~90kW）を開発した。

- (1) 商用切替回路を内蔵したことにより、インバータの故障時などに商用運転に切り替えることができるため、設備の信頼性が向上する。
- (2) 防水・防じん構造（IP55対応）であり、専用の制御盤への収容が不要なため、壁面取付けが可能である。
- (3) リニアライズ機能、温度差一定制御・圧力差一定制御、自動省エネルギー運転など、FRENIC-HVACの空調に特化した省エネルギー制御機能をそのまま搭載しているため、節電やトータルコストの低減に貢献できる。

図1 「FRENIC-HVAC PDシリーズ」



② コンパクト形コンバータ「FRENIC-eRHR」「FRENIC-eRHC」

従来機種に比べてコンパクトな電源回生コンバータ「FRENIC-eRHR」とPWMコンバータ「FRENIC-eRHC」の2シリーズを開発した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) インバータに電源回生コンバータを適用することにより、省エネルギーと制動能力を大幅に向上した。
- (2) 制動抵抗器や制動ユニットの代わりに使用することで、省スペース化と発生損失の低減を可能にした。
- (3) FRENIC-eRHCは、PWM制御により高調波電流を大幅に低減し、インバータとの組合せで高調波抑制対策ガイドラインの換算係数 K_i を0として扱うことができる。また、力率がほぼ1で運転できるため、電源変圧器容量や機器などの小型化が可能である。

図2 「RHR22C-2EJ」「RHR30C-4EJ」



ファクトリーオートメーション

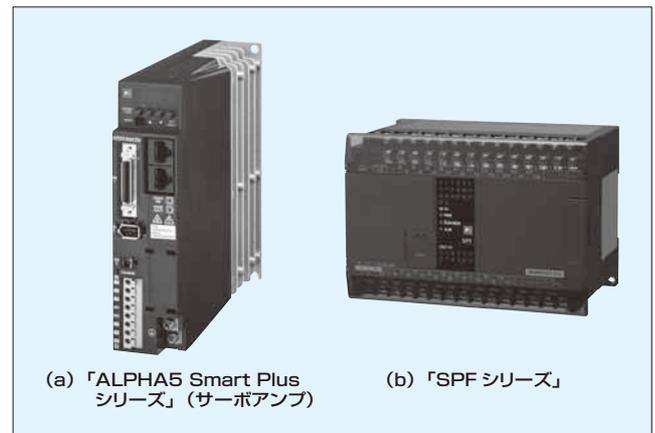
③ 中国・アジア市場向けサーボシステム「ALPHA5 Smart Plusシリーズ」

中国・アジアでは、加工機械や取出しロボット、包装機などの制御において、パルス列、アナログによる汎用インタフェースが主流である。富士電機は、既に多くの納入実績がある「ALPHA5 Smartシリーズ」に、制御機能の追加および改善を行った「ALPHA5 Smart Plusシリーズ」を開発した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) ダイナミックブレーキ機能の搭載
- (2) 単相入力機種種の拡大 (0.75 ⇒ 1.5 kW)

また、ALPHA5 Smart Plusシリーズと組み合わせることで、4軸以下の小規模システムの制御に最適な小型コントローラ「SPFシリーズ」を開発し、I/O点数を360ワードから512ワードに拡大した。

図3 「ALPHA5 Smart Plusシリーズ」「SPFシリーズ」



(a) 「ALPHA5 Smart Plusシリーズ」(サーボアンプ)

(b) 「SPFシリーズ」

④ プログラマブル表示器「TECHNOSHOTシリーズ」

富士電機は、プログラマブル表示器「TECHNOSHOTシリーズ」の「TS2060」「TS2060i」を発売した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 5.7型 TFTカラー液晶の採用による視認性の向上(表示色数、輝度、視野角、コントラスト)
- (2) USB Ver. 2.0対応による高速データ通信
- (3) 画面データメモリ容量とバックアップメモリ容量の増加による表現力やデータ保持能力の向上*
- (4) Ethernetの標準装備による幅広い通信への対応*
- (5) SDカード対応によるデータ活用時の利便性の向上*
- (6) 上位互換により「UG221H」「V806」の画面資産の流用が可能

* TS2060iのみ

図4 「TS2060i」



⑤ 海外高効率規制認証モータ

モータ(三相誘導電動機)は、省エネルギーなどを目的に効率規制が各国に広がりつつあり、また各国において法規制化が加速している。富士電機は、中国および米国・カナダの効率規制に対応した高効率モータを開発し、次に示す認証を取得した。

- (1) 中国向け [0.75 ~ 375 kW (2, 4, 6極機)] :

GB18613-2012のGB2級(効率クラスIE3)、新中國版RoHSおよびCCC認証(対象機種のみ)

- (2) 米国・カナダ向け [0.75 ~ 30 kW (2, 4, 6極機)] :

EISA・EEAct(効率クラスIE3)、安全規格UL・cUL

- (3) 米国向け [0.75 ~ 55 kW (2, 4極機)], [0.75 ~ 45 kW (6極機)] :

EISA(効率クラスIE3)

図5 中国向けGB2級認証取得モータ



プロセスオートメーション

① 棒鋼・形鋼圧延設備用電気品

インドネシアの某社向けに、棒鋼・形鋼圧延設備用電気品を納入した。最新の制御システムにより、高性能かつ高信頼性のシステム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実現した。主な特徴を次に示す。

- (1) 3レベルインバータ「FRENIC4400 VM5R」において新たに650kVAの容量系列を開発し、鋼材切断用シャーに適用した。これによって全体容量を低減し、コストダウンとコンパクト化を実現した。
- (2) 操業における監視機能および保守性に優れたシステムを構築し、安定操業を可能にした。
 - HMIやローダによる遠方監視と保守
 - 「f(s) NISDAS 7」で高速収集を行った操業データ（任意の時点での、電流、電圧、速度など）の活用

図6 圧延ミルライン全景

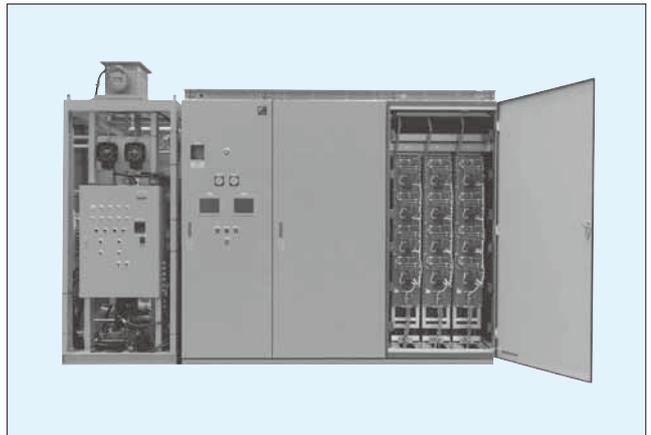


② 古河電気工業株式会社 日光事業所向け熱間可逆圧延機駆動装置

古河電気工業株式会社 日光事業所向け熱間可逆圧延機駆動装置として、大容量水冷インバータと同期電動機を納入した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 水冷方式による設置面積の削減（従来比59%減）
- (2) 3レベル方式による高調波の低減（従来比59%減）
- (3) 新型監視制御装置による操作性と視認性の向上
- (4) 大容量水冷インバータ「FRENIC4800 CM6/VM6」
 - 入力：3φ, 3,000V, 5,200kW
 - 出力：3φ, 3,100V, 6,200kVA
 - 過負荷耐量：150% 1分間
- (5) 同期電動機
 - 出力：2,800kW, 160/320 min⁻¹
 - 過負荷耐量：225% 1分間

図7 「FRENIC4800 CM6/VM6」



③ 港湾向けコンテナクレーン用電気設備

富士電機は、世界の港湾で活躍しているコンテナクレーン用に電気設備を数多く納入している。このたび、国内の港湾向けに制御システムを含むコンテナクレーン用電気設備を納入した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) ドライブ装置にスタック型のPWMコンバータと高性能ベクトルインバータを採用し、省スペース、高性能・高信頼性を実現するとともに、保守性の向上を図った。
- (2) モニタリング装置は、クレーンの状態監視、荷役管理、故障監視および故障トレースバックの各機能を持ち、故障が発生したときにも迅速な解析と復旧が可能である。
- (3) 高精度の振れ止め制御システムを採用したことにより、経験の浅いオペレータでも熟練者と同様の安定した操業が可能である。

図8 コンテナクレーン全景



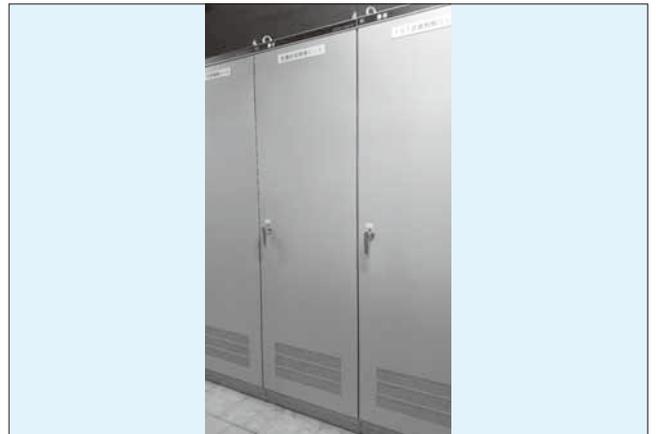
プロセスオートメーション

4 愛知製鋼株式会社 BT-CC 設備向け監視制御装置の更新

近年、装置の老朽化に対応する更新において、高品質を確保しつつ、設備の停止期間を短く、かつ新たな付加価値を提供することがメーカーに求められている。富士電機は、愛知製鋼株式会社 BT-CC 設備において監視制御装置を更新した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) マルチウィンドウ表示や汎用 OS のような分かりやすい操作により、効率的かつ容易なプラントの操業、アラームと動作・操作履歴の統合による迅速な故障要因分析など、より高いレベルの安全・安心な操業を実現した。
- (2) 新オペレータ端末と新コントローラを既設の制御 LAN「DPCS-F」と新制御 LAN (FL-net Ver.3 準拠) の 2 回線に接続し、パラレルラン試験を行うことにより、高品質かつ短期間での設備の立上げを実現した。

図 9 監視制御装置

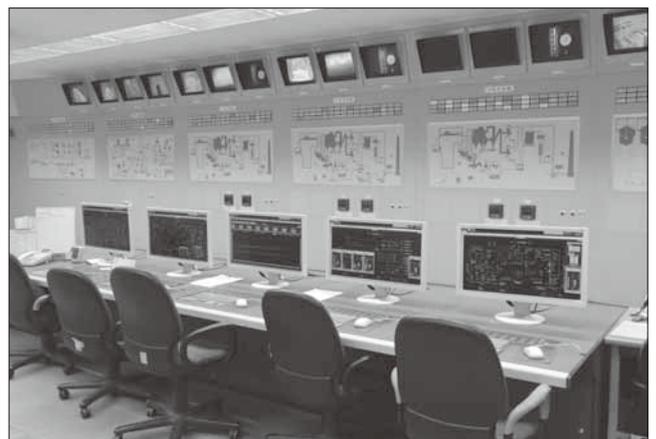


5 ごみ焼却プラント向け監視制御システムの更新

各自治体では、既設のごみ処理施設の長期運用を目的とした大規模改修を行っており、その一環として監視制御システムの更新が盛んに実施されている。

富士電機は、神戸市環境局事業部西クリーンセンターにおいて、既設システムの「MICREX-IX」を最新の監視制御システム「MICREX-VieW XX」に更新した。更新後は、ネットワークアダプタを使用して既設の I/O と PLC を更新システムに接続し、既設資産を流用することにより、品質の確保と更新期間の短縮を図った。また、更新期間中もプラントの一部設備は監視制御を行う必要があったため、既設の制御ネットワーク「DPCS-F」を残して更新システムと既設システムの並列稼動を行った上で切替工事を進め、プラントの運用に影響を与えることなく更新を完了した。

図 10 神戸市環境局事業部西クリーンセンターの中央制御室

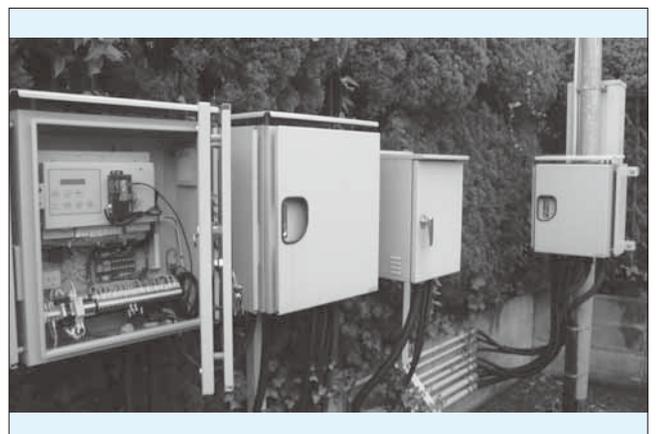


6 都市ガス事業者向け遠隔監視遮断システム

富士電機は、地震発生時の被害を抑制するため、都市ガス事業者向けに中圧・低圧ガバナ用の遠隔監視遮断システムを納入してきた。今回、これまでの実績を基に提案を行い、某ガス事業者から低圧ガバナ用遠隔監視遮断システムを受注した。LTE 回線を採用した子局通信装置が必要であることから新規に開発した。今後、2,000 台以上の需要が見込める。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 株式会社 NTT ドコモの LTE 回線 (Xi) に対応
- (2) 壁掛盤 [W500×H600 (mm)] に収納
- (3) 停電時に 24 時間以上の電源バックアップ可能
- (4) 通信プロトコルの変更が可能なファームウェアの採用
- (5) アナログ入力 8 点、デジタル入力 16 点、デジタル出力 4 点まで可能

図 11 LTE 回線対応子局通信装置の設置例



プロセスオートメーション

7 東レ・ダウコーニング株式会社 新工場向け監視制御システム

東レ・ダウコーニング株式会社の千葉地区に新設される工場向けに、分散型制御装置「MICREX-NX」と現場設置型防爆モニタから成る監視制御システムを納入した。

監視制御の対象となる設備は、3基のタンクと2基のミキサで構成されており、バッチ制御が必要なプロセスである。別工場向け監視制御システムにおいて他社システムを更新してMICREX-NXを同じ年に導入しており、そのサーバを共用し、本システムとしては監視操作端末を2台設置した。また、防爆エリアの現場で監視操作を行うために、防爆モニタを2台設置した。これにより、現場の機器やタンクの前で、人間の五感を生かして音やおいなどの変化を把握しながら安全に監視操作を行うことが可能になった。

図 12 防爆モニタ

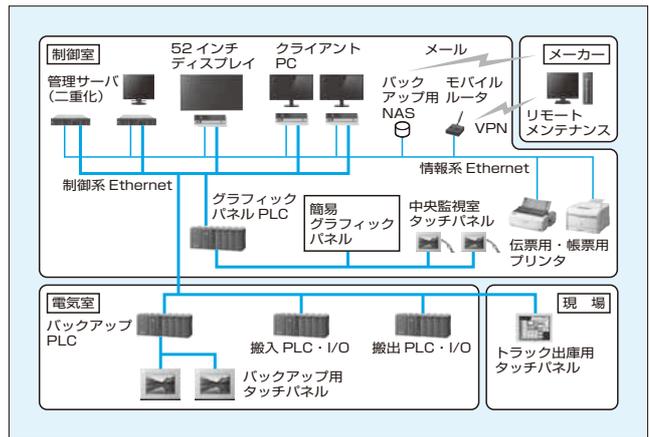


8 穀物サイロ用監視制御システム

食用および肥料用の穀物の多くを輸入に依存しているわが国において、穀物サイロは輸入した穀物の中間備蓄という重要な役割を担っている。富士電機は、汎用 SCADA とプログラブルコントローラ「MICREX-SX」にて、高品質、高機能の穀物サイロ用監視制御システムを構築した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 複数の搬送ルートをあらかじめ設定できるとともに、穀物の銘柄や穀物サイロの状況に応じて最適な搬送ルートを選択できる。
- (2) 直前に搬送した銘柄の管理およびエアパーシ動作履歴の管理により、穀物の混在（コンタミ）を防止する。
- (3) サイロまでの搬送ルートや管理状況を記録するとともに、穀物のトレースのための履歴データを生成する。

図 13 システム構成図



9 高効率エンジニアリングツール「HEART」の新機能

「HEART」は、Excel や Visio で作成した制御機能仕様書から制御ソフトウェアを自動で生成できるエンジニアリングツールであり、その仕様書上でモニタリングも行える。このたび、新たに次に示す機能を開発した。

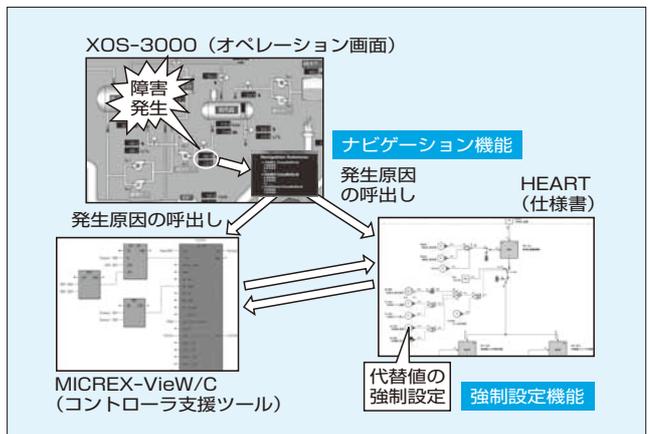
(1) ナビゲーション機能

プラントに障害が発生したときなどに、オペレーション画面から故障や警報の発生原因に容易にたどり着くことができ、迅速な対応が可能である。

(2) 強制設定機能

プラントの異常、センサの故障、設備の部分点検などの際に、異常を一時的に回避、あるいは二次障害を回避するためのものである。ユーザが設定した代替値により、操業を継続できる。

図 14 ナビゲーション機能と強制設定機能



プロセスオートメーション

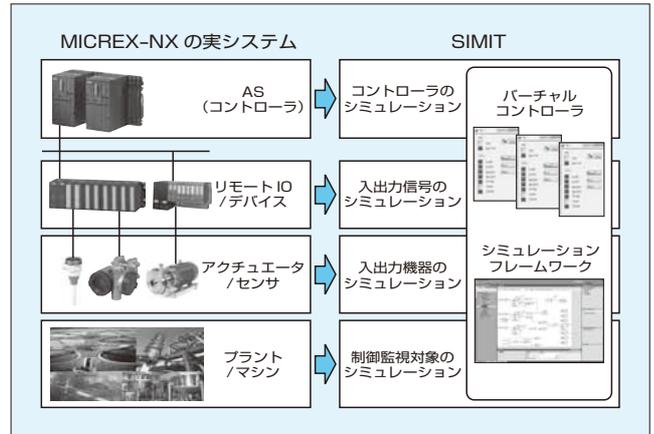
10 プラントシミュレータ SIMIT と「MICREX-NX」の連携

富士電機は、DCSの「MICREX-NX」とプラントシミュレータ SIMIT との連携を可能にした、デジタルエンジニアリングソリューションの提供を開始した。

SIMIT は、シミュレーションによるエンジニアリングが可能なツールであり、コントローラや入出力信号のシミュレーション、ならびにセンサやバルブなどの入出力機器およびプラントや機械などの制御対象全体のモデル構築とシミュレーションが可能である。さらに、バーチャルコントローラと SIMIT を組み合わせることにより、運転員に対するトレーニングシステムとしても使用できる。

SIMIT と MICREX-NX は、シームレスに連携することが可能であり、シミュレーションによって制御プログラムの品質の向上およびプラント運転の最適化を実現できる。

図 15 SIMIT のシステムイメージ



11 「MICREX-View XX (ダブルエックス)」の機能拡充

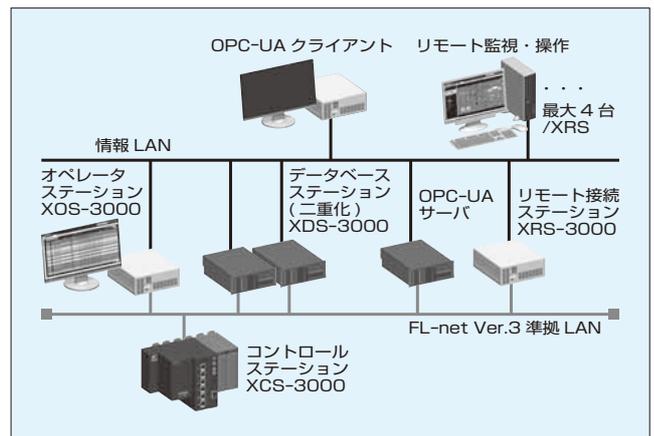
関連論文：富士電機技報 2016, vol.89, no.3, p.186

富士電機は、顧客における高品質な製品製造と操業の安定化・効率化の課題に応えるため、プラント向け監視制御システム「MICREX-View XX (ダブルエックス)」の機能拡充を行い、新たなシステム構成を追加した。

- (1) リモート接続ステーションを開発し、製造現場から離れたオフィスにおいて現場と同じ画面と操作性で遠隔監視操作を行うことを可能とした。
- (2) OPC-UA サーバを開発し、最新の通信技術を取り入れた高いセキュリティを確保するとともに、プラント情報への柔軟なアクセスを可能とした。

MICREX-View XX は、データ収集・表示処理の高速化、プラントデータの長期保存、セキュリティ強化など、進化を続けている。

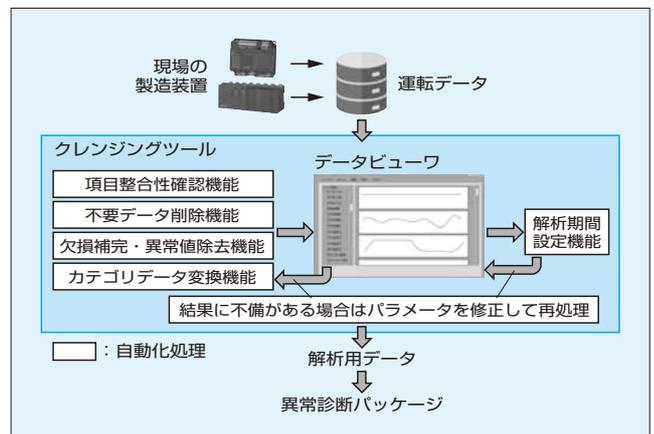
図 16 リモート監視・操作と OPC-UA サーバの構成



12 異常診断向けデータクレンジングツール

設備やプラントから得られる大量の運転データを用いて、異常診断を行うためのデータを作成するデータクレンジングツールを開発した。多変量統計的プロセス管理などの異常診断では、正確な診断結果を得るために、データに含まれる診断に関係しない設備停止期間や欠損・異常などのデータを専門家の知見に基づいて除去・修正すること(データクレンジング)が必須となる。本ツールでは、社内の専門家が手作業で実施していたデータクレンジングを自動化し、専門知識がなくても行えるようにした。また、100 万点以上のデータを瞬時に操作できるグラフ描画機能により、従来、特に工数を要していたクレンジング結果の確認作業を効率化した。実際のデータを用いた評価を実施し、従来の約 1/5 の工数で実施可能との結果を得た。

図 17 データクレンジングツールによる自動化



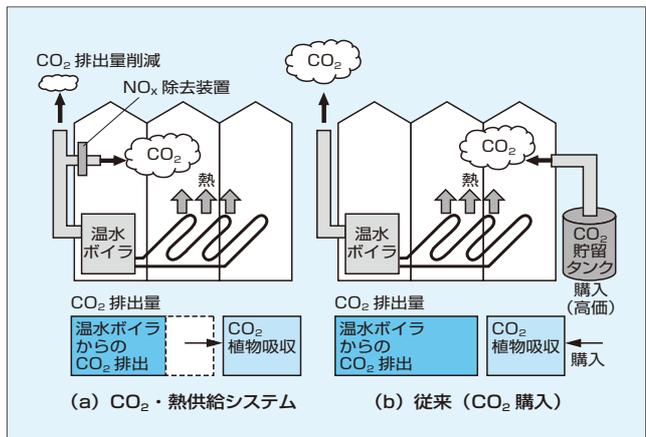
環境ソリューション

① 植物工場の高軒高ハウス工法および「CO₂・熱供給システム」

富士電機は太陽光利用型植物工場向けに、この分野の先進国であるオランダで開発された技術を応用し、かつ国内基準に準拠した高軒高ハウス工法を開発した。軒高を上げるとともに設備内骨材を削減することにより、採光性と施設内の作業性を向上させた。また、収穫量の拡大に不可欠なCO₂と暖房熱を単一燃料から生成して供給する「CO₂・熱供給システム」を開発した。このシステムは、暖房熱を生成するときに発生するCO₂を利用し、これらを併せて供給することにより、個別に供給する従来の設備に比べ、運用コストを3割程度削減するとともに環境負荷の低減に貢献する。

本工法とシステムは、株式会社北海道サラダパブリカの植物工場に採用されており、今後、さらに展開していく。

図 18 「CO₂・熱供給システム」の概念図



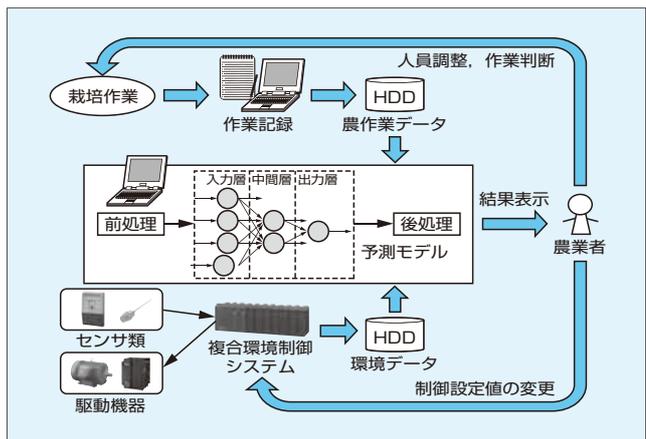
② 生産プロセスデータ予測システム

植物工場における課題を解決する手段の一つとして、イチゴの収穫量を予測する技術を開発した。過去の環境データと農作業データを基に機械学習を行うことにより、高い予測精度を実現した。加えて、従来の数式による予測方法で必要であった複雑なパラメータ設定を不要とし、予測モデルの調整工数を大幅に削減した。1日単位で高精度な収穫量予測を行うことにより、顧客への出荷量の回答や作業量の見積りが可能となるため、販売ロスの低減や作業効率の向上による収益改善が期待できる。

北海道にある植物工場「苫東ファーム」における実収穫量を短期の予測収穫量と比較したところ、平均15%の予測精度を達成した。今後、中長期の予測精度を向上させるとともに他の作物への展開を目指す。

関連論文：富士電機技報 2016, vol.89, no.3, p.163

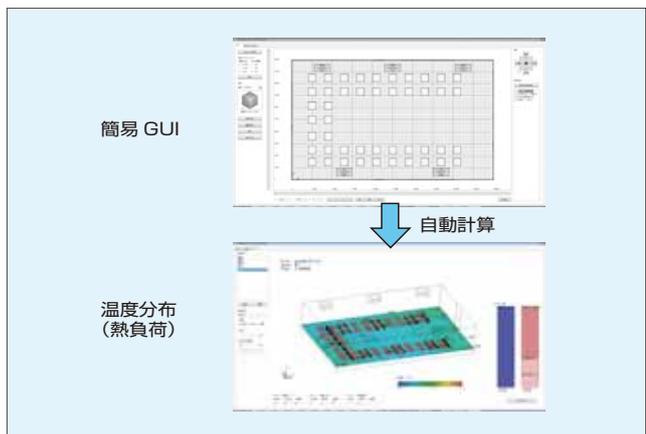
図 19 生産プロセスデータ予測システムの構成



③ 要冷倉庫向け設計シミュレーション

要冷倉庫をはじめとする大規模な冷凍冷蔵設備を対象に、ユニットクーラやエアカーテンなどの室内空調機器の配置と選定を短時間・高精度で設計可能にするエンジニアリングツールを開発した。このツールは、特徴として簡易GUIによる室内空調機器の直感的な配置操作機能、および熱流体解析による要冷倉庫内の熱負荷と温度分布の三次元分析機能がある。特に、熱流体解析では扉開閉などの要冷倉庫特有の非定常現象を予測するために、定常計算と非定常計算を組み合わせた“疑似非定常計算”を新たに開発して短時間・高精度の分析を実現した。これにより、室内空調機器の配置と選定の時間を従来に対して20%短縮し、熱負荷の予測精度を15%向上する設計が可能となった。

図 20 エンジニアリングツールによる設計シミュレーション



計測・制御

① デジタル温度調節計マイクロコントローラ X 「PXE5」

富士電機の温度調節計は、高品質で手頃な価格の「PXFシリーズ」など、世界で販売累計 300 万台を超える実績を持つ。中国のプラスチック成型機械市場向けに、新たに開発した「PXE5」を 2016 年 9 月に発売した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) PID オートチューニング、ファジィ制御に加えて、2 自由度 PID 制御の標準搭載
- (2) 1 台でのデュアル制御（加熱用、冷却用）
- (3) 奥行き 62 mm，前面表示部厚み 1.6 mm の薄型構造
- (4) 前面防水仕様（NEMA4X）の標準搭載
- (5) ローダインタフェースの標準搭載

図 21 「PXE5」

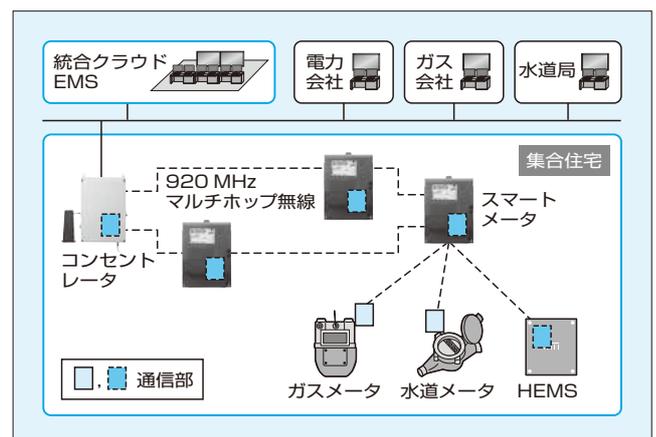


② スマートメータ用遠隔検針システム

遠隔検針システムは、ビルやマンション、複合商業施設における電気やガスの検針データを収集し、クラウドで管理することにより、検針業務の効率化や異常時の対応の迅速化に寄与する。一般販売用スマートメータが電力会社向けのタイプに切り替わることから、富士電機は、データ収集方式および遠隔操作方式の変更に対応したスマートメータ用遠隔検針システムを開発した。主な特徴を次に示す。

- (1) 電力供給の停止と復帰および契約電力の変更を遠隔から行うことが可能である。
- (2) 電気とガスの使用量を一括で収集し、管理することが可能である。
- (3) スマートメータとガスメータのアラーム情報を通知することにより、迅速な対応が可能である。

図 22 システム構成



③ 冷凍冷蔵倉庫向けゾーニングエアカーテン

冷凍冷蔵倉庫では荷量の変動が大きく、荷量が少ないときには無駄な空間を冷却するというエネルギーロスを生んでいる。富士電機は、荷量に合わせて冷却範囲を変更することで省エネルギー（省エネ）を可能にするゾーニングエアカーテンを開発した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 大規模空間を気流だけで異なる二つの温度帯に分離する温度ゾーニングが可能である。
- (2) 商品のないエリアの設定温度を上げることにより、省エネを実現する。
- (3) 天井に設置する構造としたことにより、フォークリフトなどとの衝突事故のリスクを大幅に低減した。
- (4) 可動機構（オプション）を導入することにより、温度ゾーニングの範囲を変更できる。

図 23 可動機構付きゾーニングエアカーテン



計測・制御

④ 機能安全認証圧力発信器

近年、石油・化学プラントでは、緊急遮断装置や消防設備など、緊急時に作動させる安全システムの信頼性要求が高まっており、システムの構成機器には、機能安全規格認証 IEC 61508 が指定されるようになってきている。これに適合するため、大幅に自己診断機能を強化した圧力発信器を開発し、認証を取得した。併せて、世界最高クラスの応答など、性能、機能面の改善も実現した。仕様を次に示す。

(1) 機能安全規格認証 (IEC 61508)

ハードウェア：SIL2，ソフトウェア：SIL3

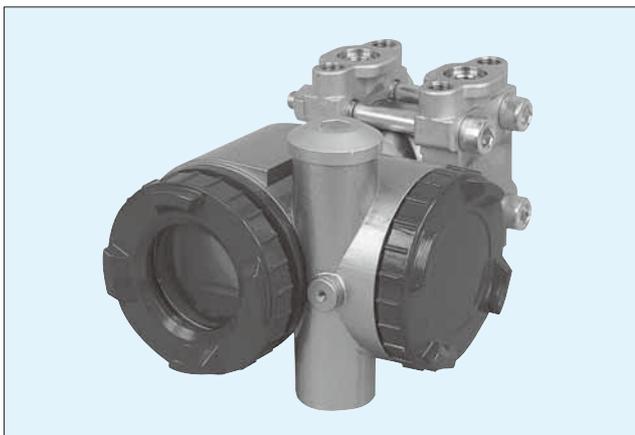
(2) 高速応答

むだ時間：40 ms，出力更新周期：40 ms

(3) HART 通信

最新のバージョン 7 に対応

図 24 機能安全認証圧力発信器

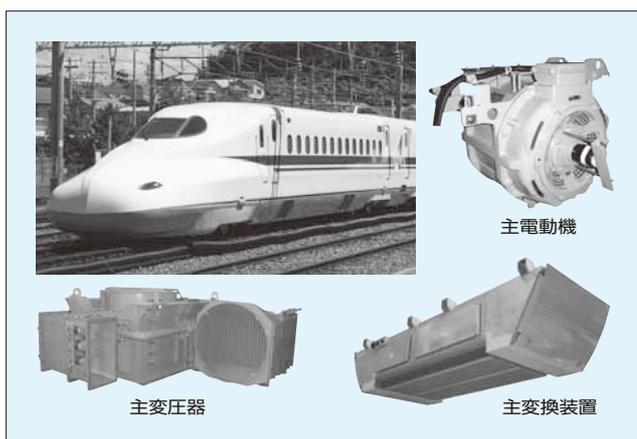


輸送システム

① 東海旅客鉄道株式会社 N700A 新幹線電車用電機品

東海旅客鉄道株式会社は、最新の技術開発成果を反映させた N700A 新幹線電車（3次車）の投入を 2017 年 3 月から開始した。富士電機は、N700 系や N700A 新幹線電車用の電機品としてパワーエレクトロニクス技術とシステムコントロール技術をベースに、駆動システム（主変圧器、主変換装置、主電動機）を製作し、2007 年 4 月から納入してきた。主変換装置においては、装置冷却用ブロワを使わない走行風冷却方式の採用により、低騒音化と高効率化を実現してきており、N700A（3次車）では、電気ゲート信号化と箱素材のステンレス化により、さらなる小型・軽量化を行うことで、環境性能の向上や省エネルギーに貢献している。また、主要部品は、N700 系や N700A（1次車、2次車）と共通化を図り、製品品質を維持している。

図 25 N700A 新幹線電車用電機品



② 高温・防じん対応鉄道車両用補助電源装置

富士電機は、国内外で鉄道車両用補助電源装置の市場展開を行っている。今回、高温環境に対応するとともに、防じん性能を高めた鉄道車両用補助電源装置を開発した。

補助電源装置の入力電圧は DC750 V（第三軌条）であり、出力電圧と容量は三相が AC400 V 146.4 kVA，単相が AC240 V 3.6 kVA である。主な特徴を次に示す。

(1) 高周波共振回路技術を適用し、絶縁トランスを小型化することで装置の小型・軽量化を実現した。

(2) 機器室内への熱交換器の設置、および素子冷却にヒートパイプを挿入した冷却体を採用することにより、冷却効率を向上させ外気温 65℃ に対応した。

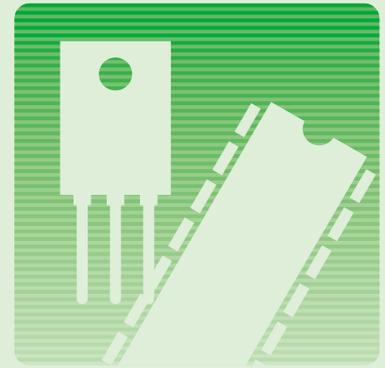
(3) 点検カバーの締付け力を高めてカバー周囲のパッキンの気密性を向上し、防じん防水規格 IP65 に対応した。

図 26 高温・防じん対応鉄道車両用補助電源装置



電子デバイス

半導体
ディスク媒体



展望

半導体

パワー半導体は、世界のエネルギー需要の拡大と、CO₂排出量の抑制を代表とする地球環境保全を目的とした省エネルギー・創エネルギー意識の向上を受けて、産業機器や家電製品のみならず、自動車、太陽光発電、風力発電などの分野において、その用途が拡大している。富士電機は、エネルギー変換効率が高く、かつ低ノイズで使いやすいパワー半導体製品の開発を続け、社会に貢献している。

パワー半導体の代表的な例にIGBTが挙げられる。IGBTは1980年代に開発され、その後の低損失化や高放熱技術などの革新とともにデバイスの世代交代が進み、富士電機の最新IGBTは第7世代に及ぶ。また、シリコンに代わる次世代半導体材料としてSiC（炭化けい素）を適用した製品の開発を進め、第1世代トレンチゲートMOSFETを適用したAll-SiCモジュールを開発した。

産業分野および環境エネルギー分野向けには、最新の第7世代IGBT技術を適用した1,700V耐圧の大容量IGBTモジュールを開発した。従来製品と互換性のあるパッケージでの製品系列に加え、高放熱、低インダクタンス、高信頼性を特徴とする新規パッケージ「HPnC」（High Power next Core）を製品系列として開発した。HPnCはその特徴から、電鉄分野向けのモジュールにも適しており、今後、本製品により電鉄市場にも展開していく。

また、IGBTとFWDの技術革新を行い、RC-IGBTを開発した。RC-IGBTチップは、IGBTチップとFWDチップを一体化したものであり、モジュールパッケージの最大定格電流の向上が可能となるため、産業分野向け製品の系列拡大を進めている。

電装分野では、電子制御化の進展とともに大規模化する制御ユニット（ECU）の小型化に貢献するため、第4世代IPS技術を適用した車載用ハイサイド2in1 IPS「F5114H」を開発した。SOP-8パッケージと同じ外形寸法のSSOP-12パッケージに、従来品と同等の機能を持ったチップを2個搭載し、1チャンネル品と同等の実装面積で2チャンネル化を実現した。また、車載用DC/DCコンバータや充電器向けに、高効率な電力変換を実現する車載用第

2世代SJ-MOSFET「Super J MOS S2Aシリーズ」を製品化した。本製品は、車載品の信頼性規格AEC-Q101に準拠し、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、低損失化と使いやすさの向上を両立している。さらに、ハイブリッド自動車、電気自動車などのモータ駆動に用いられる車載用IGBTの分野では、前述のRC-IGBTと富士電機独自の直接水冷構造を用いた製品の系列化を進めている。

ディスクリット製品では、UPSや太陽光発電用PCS向けに、高効率な電力変換を実現するTO-247-4Lパッケージの高速ディスクリットIGBT「High-Speed Wシリーズ」を製品化した。本製品では、4端子とすることで駆動回路のエミッタコモンインダクタンスおよびゲート-エミッタループの配線インダクタンスを小さくできるため、スイッチング損失の大幅低減を可能にした。また、電源回路の軽負荷時の効率向上、低待機電力化およびシステムのコストダウンという市場要求に応えるため、高効率電源用に、力率改善を行う臨界モードPFC制御IC「FA1A60N」とソフトスイッチング制御を行うLLC電流共振制御IC「FA6B20N」を製品化した。これらは連係動作を行うことで動作モードを自動で切り替え、AC85~264Vと幅広い入力電圧で大幅な軽負荷時の効率改善と待機電力の低減を実現し、さらには部品点数の削減を可能にした。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に貢献していく。

ディスク媒体

IoT時代の到来により、世界の情報量は飛躍的な増加が見込まれ、ハードディスクドライブ（HDD）は大容量・低価格なストレージとして引き続き重要な役割を期待されている。富士電機のHDD用磁気記録媒体では、2016年度に業界最高となる記録容量1TB/枚の2.5インチ媒体およびニアラインサーバ向け記憶容量1.33TB/枚の3.5インチ媒体の量産を開始した。今後も、市場要求に応える媒体を開発し、提供していくことでIT社会の発展に貢献していく。

半導体

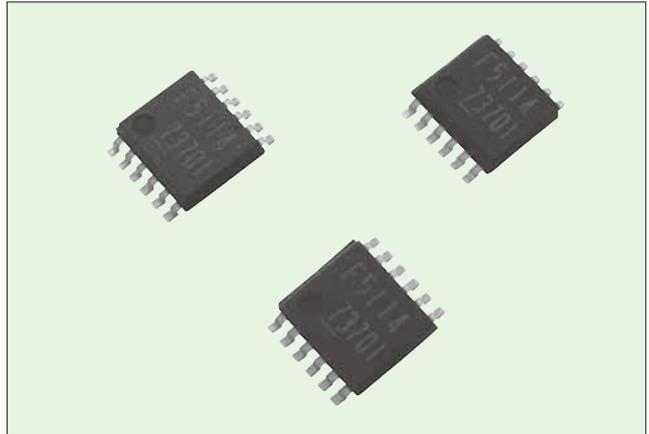
① 車載用ハイサイド2 in 1 IPS「F5114H」

自動車電装分野の半導体への小型化、高信頼性化の要求を受け、さらなる小型化を目的として第4世代IPSのプロセス・デバイス技術を用いた車載用ハイサイド2 in 1 IPS「F5114H」を開発した。

SOP-8パッケージと同じ外形寸法のSSOP-12パッケージに、従来品と同等の機能である過電流保護機能、過熱保護機能、負荷開放検出機能、低電圧検出機能を持ったチップを2個搭載した。各チップは、リードフレームにより分離し、独立した動作が可能であり、片チャンネルの異常時でも他方のチャンネルの動作を阻害しない設計である。また、高温の環境で使用することが可能な高信頼性ワイヤを採用し、デバイスや環境温度の高温化に対して信頼性を確保する設計としている。

●関連論文：富士電機技報 2016, vol.89, no.4, p.275

図1 「F5114H」



② 高効率電源用 LLC 電流共振制御 IC「FA6B20N」

出力電力が100Wを超える電源では、低ノイズ化に有効なソフトスイッチング制御を行う LLC 電流共振回路が広く使用されており、効率向上とシステムのコストダウンが求められている。富士電機は、AC85～264Vの幅広い入力電圧に対応し、さらなる軽負荷時の効率改善と部品点数の削減を実現する LLC 電流共振制御 IC「FA6B20N」を開発した。この IC を使用した電源の特徴を次に示す。

- (1) 力率改善 (PFC) 制御 IC「FA1A60N」との連係により軽負荷時の PFC 回路を含む電源全体の効率を向上させた (出力電力 5W 時の効率 75%)。
- (2) スタンバイ状態における消費電力を低減した。
- (3) 低入力電圧時の重負荷起動が可能である。
- (4) ノーマル状態とスタンバイ状態の自動切替えを行う。

●関連論文：富士電機技報 2016, vol.89, no.4, p.283

図2 「FA6B20N」



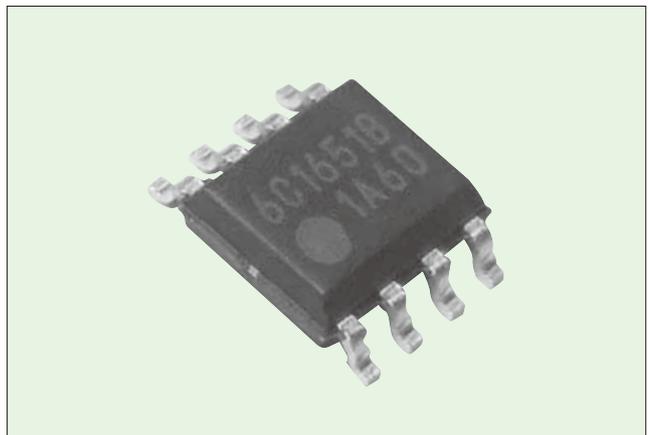
③ 高効率電源用臨界モード PFC 制御 IC「FA1A60N」

電子機器に用いられている比較的大きな容量のスイッチング電源には、高調波電流を抑える力率改善 (PFC) 回路が必要である。富士電機は、電源における軽負荷時の効率向上と低待機電力を実現する、臨界モード PFC 制御 IC「FA1A60N」を開発した。従来の軽負荷時に効率を向上させるボトムスキップ機能 (最大周波数制限) に加え、スタンバイ状態では意図的にスイッチング停止期間を設けるバースト機能により、PFC 出力電圧を維持しながらさらなる低待機電力を実現した。また、LLC 電流共振制御 IC「FA6B20N」との連係機能による入力電圧情報に応じたバースト動作で、待機電力の AC 入力電圧依存性を低減しさらなる電源特性の向上が可能である。特徴を次に示す。

○PFC 部効率 90.4% (AC100V, 5W 負荷時: 従来 77.4%)

●関連論文：富士電機技報 2016, vol.89, no.4, p.283

図3 「FA1A60N」



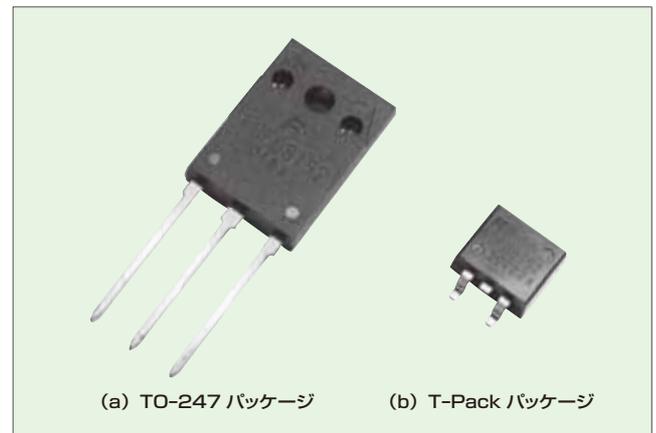
半導体

④ 車載用第2世代 SJ-MOSFET 「Super J MOS S2A シリーズ」

富士電機は、車載用 DC/DC コンバータや充電器に適したパワー MOSFET として、車載用第2世代 SJ-MOSFET 「Super J MOS S2A 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、併せてターンオフ時のサージ電圧を 5% 低減した（チョッパ回路でゲート抵抗が 2Ω の場合）。これにより、従来品より低損失で使いやすい製品となっている。また、車載品の信頼性規格 AEC-Q101 に準拠し、次の製品系列を取りそろえて多様な要求に対応できる。

- (1) 耐圧：400 V, 500 V, 600 V
- (2) オン抵抗：25.4 ~ 160 mΩ（600 V 耐圧品）
- (3) パッケージ：TO-247, T-Pack

図4 「Super J MOS S2A シリーズ」

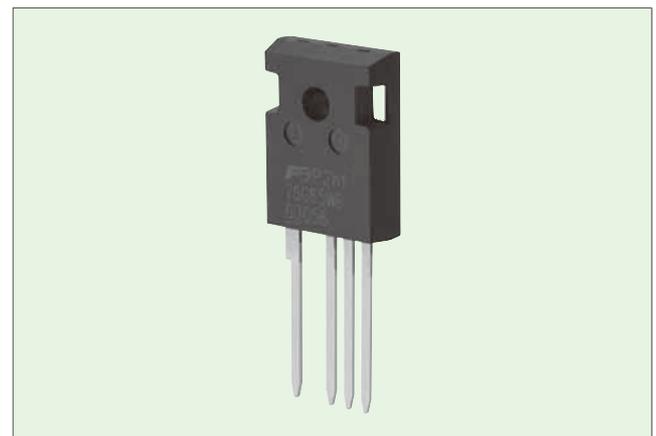


⑤ TO-247-4L パッケージの高速ディスクリット IGBT 「High-Speed W シリーズ」

近年、UPS や PCS では、機器の高効率化への要求が高まっている。これらの機器向けに、サブエミッタ端子を追加した TO-247-4L パッケージの高速ディスクリット IGBT 「High-Speed W シリーズ」を開発した。従来の TO-247 パッケージ品と比較して、大幅なスイッチング損失の低減を可能とした。主な特徴は次のとおりである。

- (1) エミッタコモンインダクタンスの削減
- (2) ゲート-エミッタループの配線インダクタンス低減によるスイッチング損失の低減
- (3) ターンオフ損失：約 15% 低減（TO-247 比）
- (4) ターンオン損失：約 55% 低減（TO-247 比）
- (5) 定格電圧・電流：650 V/50 A, 75 A, 1,200 V/40 A

図5 「High-Speed W シリーズ」(TO-247-4L パッケージ)

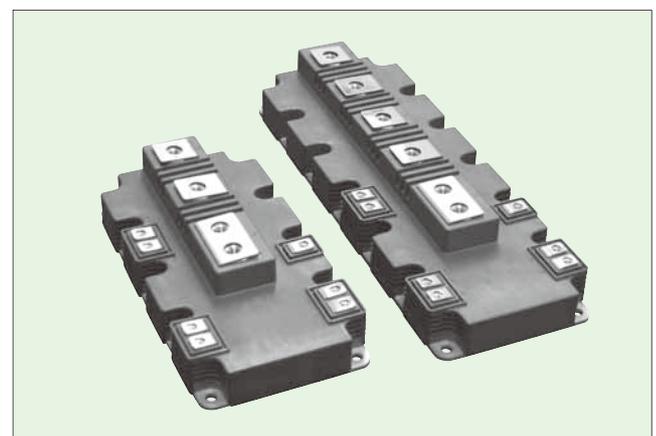


⑥ 第7世代 「X シリーズ」 1,700V 大容量 IGBT モジュール

産業インフラ分野で使用される高圧・大容量インバータや風力発電システムなどの電力変換装置用に、大容量 IGBT モジュールの需要が拡大している。富士電機は、第7世代 「X シリーズ」 IGBT モジュールの系列において、定格電圧 1,700 V の大容量 IGBT モジュールを開発した。

本製品は、半導体チップの特性改善によって電力損失を低減するとともに、新規に開発した高放熱絶縁基板を用いることで熱抵抗を大幅に低減し、従来の技術では困難であった最大定格 1,700 V/1,800 A の製品化を達成した。また、 ΔT_j パワーサイクル耐量の向上と絶縁用シリコンゲルの耐熱性の向上により、連続動作保証温度を従来の 150℃ から 175℃ に拡大した。これらにより、小型化、低損失化、高信頼性化の要求に応えることができた。

図6 第7世代 「X シリーズ」 1,700V 大容量 IGBT モジュール



半導体

7 大容量 IGBT モジュール用パッケージ「HPnC」

近年、電力変換装置のさらなる高電流密度化と高効率化の要求に応えるため、富士電機は、電鉄分野向け、再生可能エネルギー（太陽光発電、風力発電）分野向けの大容量モジュール用に、新規パッケージである「HPnC」（High Power next Core）を開発した。HPnCの特徴として、第7世代チップ技術の適用によるチップの低損失化と T_{jop} の175℃化が挙げられる。加えて、パッケージ技術として、AlN絶縁基板の適用による高放熱化を行った。また、ラミネート構造を適用した主端子構造により、内部インダクタンスを10nHに低減し、高速スイッチング化を実現した。さらに、超音波端子接合によってRoHS対応を行った。これらの技術の適用により、従来の「HPM」に対して、12%の電流密度の拡大と高効率化を実現している。

図7 「HPnC」



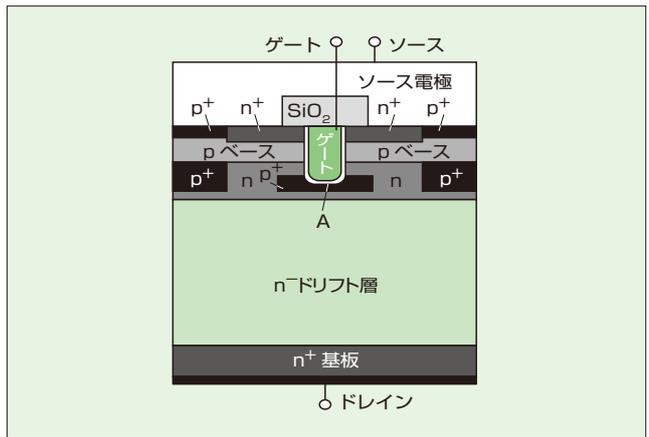
8 6インチ SiC トレンチゲート MOSFET

富士電機は、6インチSiC（炭化けい素）基板を用いて動作時のオン抵抗をより低減したトレンチゲート構造のSiC-MOSFETを開発した。定格1,200VのトレンチゲートSiC-MOSFETでは、従来のプレーナゲート構造品に対してセルピッチを約半分まで微細化し、単位面積当たりのオン抵抗を約50%低減できた。開発したトレンチゲートSiC-MOSFETは、トレンチ底のゲート酸化膜をp形拡散層で覆う構造とした（図中A）。この構造により、逆電圧印加時のゲート酸化膜中の電界が緩和され、ゲート酸化膜の信頼性が向上した。

2017年度は、より高耐圧の定格1,700Vと定格3,300VのトレンチゲートSiC-MOSFETの開発を計画している。

関連論文：富士電機技報 2016, vol.89, no.4, p.234

図8 SiC トレンチゲート MOSFET の断面構造



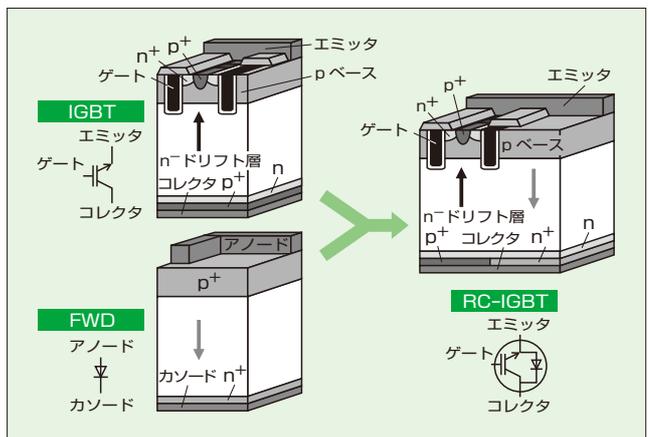
9 産業用 RC-IGBT チップ

富士電機では、IGBT モジュールの定格電流の拡大を実現するために、IGBT チップとFWD チップを一体化したRC-IGBT チップの開発を行っている。本チップの適用により、第7世代 IGBT モジュールでは実現できない定格電流の製品を開発し、従来よりもワンランク小さいパッケージに搭載することができる。

1,200V耐圧の素子において、既存の第7世代のIGBTチップとFWDチップに対してチップサイズを25%低減するために、ウェーハ裏面のフォトリソグラフィ技術の確立、IGBT部とFWD部のパターンおよびピッチの最適設計、RC-IGBTチップに最適なライフタイム制御方法の確立などを行った。これにより、同一パッケージにおける最大定格電流を20%向上させることが可能となった。

関連論文：富士電機技報 2016, vol.89, no.4, p.256

図9 RC-IGBT チップの断面図



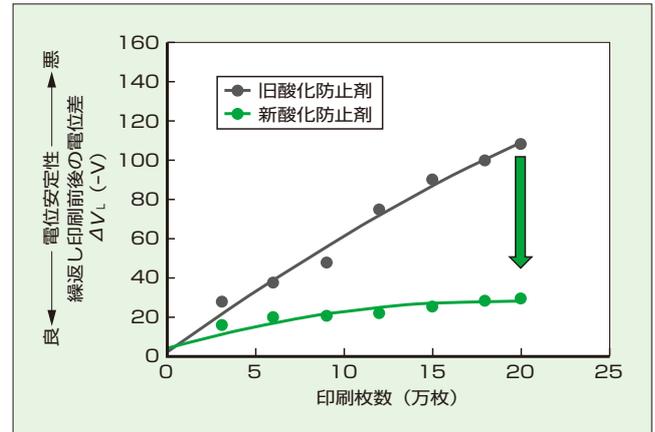
半導体

10 負帯電型高性能有機感光体

電子写真プリンタおよび複写機は、高速化とともに、メンテナンスフリー化の観点から長寿命化が進んでいる。主要コンポーネントである感光体には、高応答性、高耐刷性が求められるが、高応答性に対応した電荷輸送材は放電生成物の影響により電位挙動が不安定になりやすいという欠点がある。

富士電機では、長期間の使用にも耐えうる電位挙動が安定した負帯電型高性能有機感光体の開発を進めている。帯電部材から発生する放電物質の影響を受けて感光体表面が酸化されることから、表面層に適用する電荷輸送材の構造に着目するとともに、相溶性の観点も考慮して酸化防止剤の構造を選定し、添加量の最適化を行った。これにより、電位挙動を大幅に改善することに成功した。

図10 酸化防止剤による電位安定性の向上



ディスク媒体

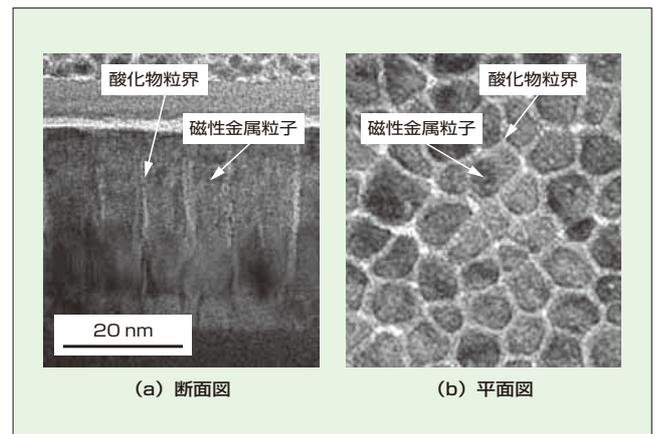
1 瓦書き記録 (SMR) 方式磁気記録媒体の高記録密度化

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、高記録密度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) 方式を採用した HDD の製品化が進んでいる。

富士電機では、SMR 方式に最適な記録媒体を開発するために、積層グラニューラ磁性層を持つ多層薄膜設計の高度化を進めている。磁性粒子間相互作用を低減・均一化し、磁性層間相互作用を適切に制御することで、線記録密度とトラック記録密度の両立を実現し、1,330 Gbits/in² の高い面記録密度を達成した。

本技術は、2016年9月から量産を開始しているモバイル向け媒体 (1TB/枚) に適用しており、今後、データセンター向け媒体に順次展開する予定である。

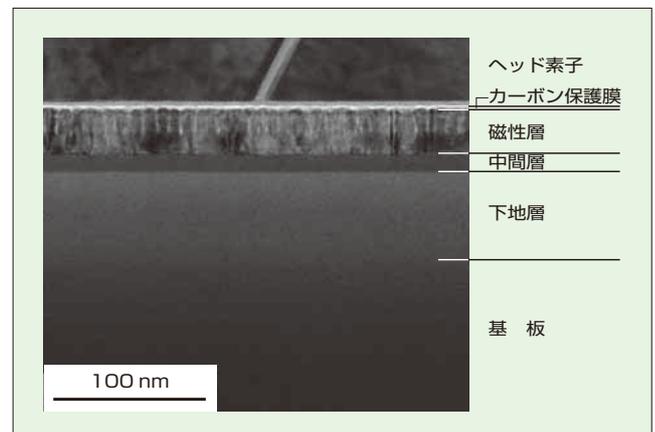
図11 磁気記録媒体のTEM像



2 ニアラインサーバ向け高信頼性磁気記録媒体

HDD の用途の中でも、大容量かつ高い信頼性が要求されるニアラインサーバ向けに、記録容量が 1.33 TB/枚の 3.5 インチアルミニウム磁気記録媒体を開発した。記録密度の向上のために、ヘッド-磁性層間の距離を狭めるとともに、使用環境に合う高い信頼性を両立させる必要があった。そこで、スパッタ成膜条件やクリーニング条件を最適化して、数ナノメートルの高さの微小欠陥を低減した。また、カーボン保護膜の膜厚分布を従来に対して 10% 低減するとともに、スパッタ成膜時の表面粗さの増大を抑えることで耐食性を向上させた。さらに、スパッタ膜硬度を従来に対して 2 倍に上げることで機械的耐久性を達成した。これらにより、顧客の認定を取得し 2017 年 3 月から量産を開始した。

図12 ヘッドディスクインタフェース (HDI) のイメージ



発電

発電プラント 新エネルギー



展望

国内の電力市場では、2016年4月に小売電気事業への参入が全面的に自由化され、全ての消費者が、電力会社や料金メニューを自由に選択できるようになった。小売りの自由化に伴い、電力の取引方法が変化してきている。2016年度は、「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」(FIT)において、2017年4月からの制度改定前に系統接続契約を締結するための申請が増加した年であった。また、“地熱資源開発調査事業費助成金交付事業”の公募が2016年3月から開始され、この事業を活用した地熱エネルギーの開発が促進されている。

海外の電力市場では、「パリ協定」を受けて、経済協力開発機構(OECD)の輸出信用・信用保証部会が石炭火力の発電設備の輸出を規制する方針(2017年1月から適用)に合意するなど、温室効果ガスの排出量規制が強化されている。

火力発電や地熱発電の分野では、これらの市況の変化の中で、装置やプラントの効率改善とサービスの拡大を主眼に研究開発を進め、成果につなげた。

火力発電分野では、国内で複数台のバイオマス混焼発電用の蒸気タービン・発電機を受注した。海外でもアジアにおいて3台の蒸気タービン・発電機を受注した。

地熱発電分野では、国内で2台目となるバイナリー発電設備を受注し、2017年度末の完成に向けて推進中である。海外では、計画の延伸などにより、受注はインドネシアのみとなったが、2017年度の成約に向けて、多数の有望な案件に取り組んでいる。サービス分野では、顧客ニーズに合わせた提案活動を行うために、商材の拡大を継続的に進めている。また、海外でもサービスの提供範囲を広げるために、工事の提供を関係会社との連携により進めてきた。さらには、顧客の運用に合わせた蒸気タービン・発電機の改造案件なども受注し、推進中である。

原子力発電分野では、福島第一原子力発電所の事故以降、原子力発電所の再稼働と廃炉の両面におけるソリューションが求められている。その中で、遠隔ハンドリング装置や

耐震盤などにおいて、新規制基準に対応した技術と製品を提供している。また、原子力施設の運転や廃炉の過程で発生する放射性廃棄物の安全な処理と保管の早期実現が求められており、英国・エイメック・フォスター・ウィラー社と共同で、種々の特徴を持つジオポリマー材料を用いた廃棄物固化技術を国内に適用するための開発を進めている。

太陽光発電分野では、国内のメガソーラーの建設は2014年度をピークに減少傾向ではあるが、いまだ20GW規模の需要があり、今後も継続していくと見込まれる。2016年度は、一括請負工事(EPC)で受注した上北六ヶ所太陽光発電所(DC出力71MW、AC出力51MW)と山口光発電所(DC出力19.6MW、AC出力14MW)がともに2017年2月に竣工した。直近では、FITの買取価格の低下による採算性の確保、ならびに再生可能エネルギーの導入量の増加に伴う系統の安定化が課題である。これらの課題を解決するために、高性能・低価格のパワーコンディショナ(PCS)や系統安定化システムを開発し、提供している。

風力発電分野では、2016年度から大規模なウインドファームの建設が始まっており、市場は今後も増加するものと考えられる。富士電機は、蓄電池とPCSを組み合わせた系統安定化システムの販売で納入実績を増やしてきた。今後は太陽光発電で培ったノウハウを付加することにより、システム販売に加えてEPCにも本格的に取り組んでいく。

燃料電池分野では、りん酸形燃料電池(PAFC)の都市ガス仕様を1台、FITの対象となる下水消化ガス仕様を3台納入した。海外では、ドイツなどで室内の酸素濃度を低減することで火災を予防する防火システムが普及しつつある。このシステムへの燃料電池の適用に注力しており、特に有効とされる冷凍倉庫向けのシステムに初号機を納入した。さらに、高発電効率の固体酸化物形燃料電池(SOFC)の実現を目指し、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て50kW級のフィールド実証機の開発を進めている。

発電プラント

① インドネシア・ラヘンドン地熱発電所 5号機・6号機の運転開始

富士電機は、地熱開発が急速に進むインドネシアにおいて、住友商事株式会社を主契約者として、送電端出力40MW（20MW×2台）の地熱発電設備をEPC契約で受注し、主機である地熱蒸気タービン・発電機、復水器、主要補機を設計・製造し、納入した。また、エンジニアリング全体の取りまとめを行い、5号機は2016年9月に、6号機は予定より約3か月前倒しして2017年1月に営業運転を開始した。軸流排気式の蒸気タービンを採用し、上向き排気式である既設の発電設備よりも高さを抑えることで、建設費を低減している。また、工期短縮のために蒸気タービンと発電機は、それぞれがパッケージ化されたスキッド方式で出荷した。これにより現地で組合せが不要となり、当初の予定よりも短納期での引渡しを達成した。

図1 ラヘンドン地熱発電所 5号機・6号機の全景



② 鈴川エネルギーセンター向け再熱蒸気タービン設備

鈴川エネルギーセンター株式会社の火力発電所向け1ケーシング再熱蒸気タービン設備〔定格出力112MW、3,000r/min、主蒸気16.7MPa（絶対圧）/566℃、再熱蒸気566℃〕を株式会社IHIから受注し、製造・納入・設置工事を完遂した。本発電所は、石炭と再生可能エネルギーであるバイオマスの混焼を適用した小売電気事業用であり、2016年9月に営業運転を開始した。

高い信頼性と効率が要求される主機設備に、富士電機の中容量1ケーシング再熱機が採用された。再熱機であるが、1ケーシングの構造と主蒸気弁のタービン直載化により、コンパクトな配置を実現している。さらに、復水設備と給水加熱設備も納入しており、蒸気タービンサイクルとして総合的な最適化を行っている。

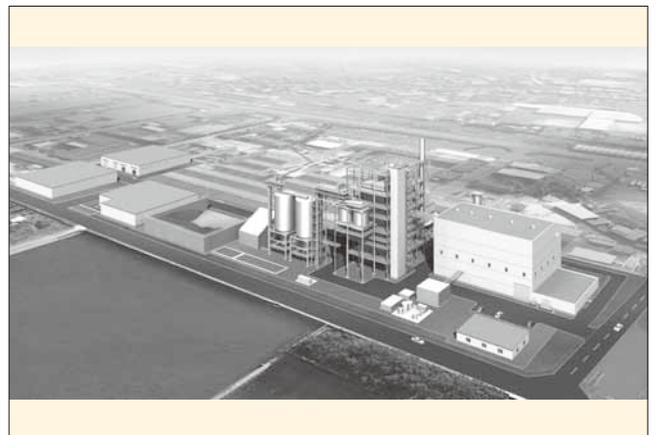
図2 再熱蒸気タービン



③ 国内火力発電所向け蒸気タービン・発電機の受注

富士電機は、2016年度に国内の火力発電所向け設備として、蒸気タービン・発電機を受注した。住友重機械工業株式会社から受注したエア・ウォーター & エネルギア・パワー山口株式会社 防府バイオマス・石炭混焼発電所（112MW）向けと、JFEエンジニアリング株式会社から受注した豊前ニューエナジー合同会社 豊前バイオマス発電所（75MW）向けである。これらは、バイオマス燃料を主燃料とする再熱方式を採用した高効率な発電設備であり、「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」（FIT）を活用した売電事業を目的としている。今後も、資源の有効活用と環境負荷の低減が可能な、バイオマス燃料や低品位炭を活用した高効率発電設備向けに蒸気タービン・発電機を納入し、電力安定供給と地球温暖化対策に貢献する。

図3 豊前バイオマス発電所の完成予想図



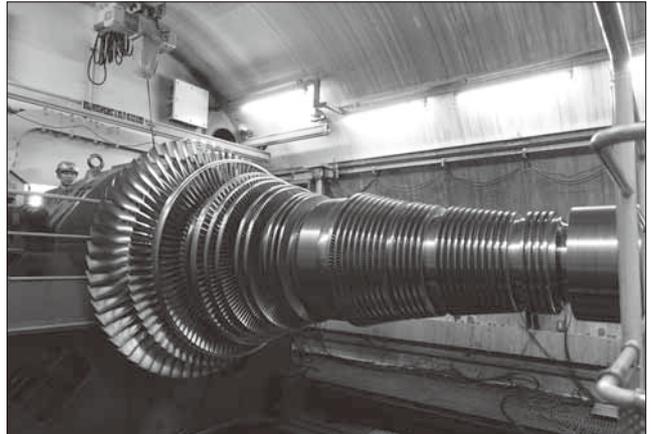
発電プラント

④ 台湾 FCFC 社 新港 2 号発電所蒸気タービンの更新

本プロジェクトは、台湾 FCFC 社 新港 2 号発電所向けに他社が 1988 年に納入した 56 MW の蒸気タービンの老朽化による置換えである。基礎の大半を流用しながら他社製の蒸気タービンを富士電機製に置き換える初の案件である。蒸気タービンおよび付帯設備の置換えとして受注し、2017 年 3 月末に製品の出荷を完了した。本発電所では、対象機以降に富士電機が納入した 3 号機 (101 MW) と 4 号機 (147 MW) が順調に運用されている。

今回、顧客との良好な信頼関係とメンテナンスが評価され、最新設備への更新提案が実を結び受注に至った。本件は今後、活況が予想される海外火力サービス市場における礎となる。これからも、新規サービス分野におけるノウハウを蓄積し、サービスビジネスの拡大を図っていく。

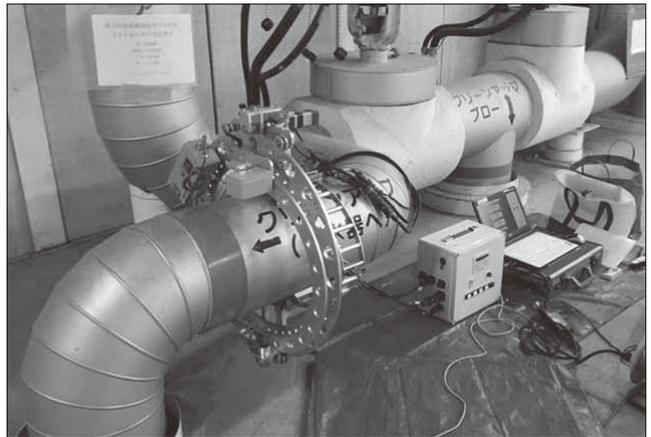
図 4 更新した蒸気タービン (高速バランス試験)



⑤ 放射線による配管内厚測定技術

近年、発電プラントなどの安定稼働の観点から、配管の肉厚 (減肉) 管理の重要性が増している。従来は、配管の保温材を取り外してから肉厚を測定しなければならなかったが、富士電機は放射線が物質を透過する際の減衰特性を利用し、保温材付きのまま配管の肉厚測定が可能な装置を開発した。本装置は、放射線を 3 方向から照射するスリービーム方式 (特許第 5375541 号) を採用し、据付け時の芯ぶれ量の最小化を図っている。東北電力株式会社と共同で研究開発を行い、火力設備配管減肉管理技術規格 (JSME S TBI-2016) に新しい試験方法として認定された。低レベル放射線源を使用する表示付認証機器のため、取扱いの資格、管理区域の設定、使用許可などが不要であり、取扱いが容易な小型・軽量の装置である。

図 5 配管内厚測定装置の設置例

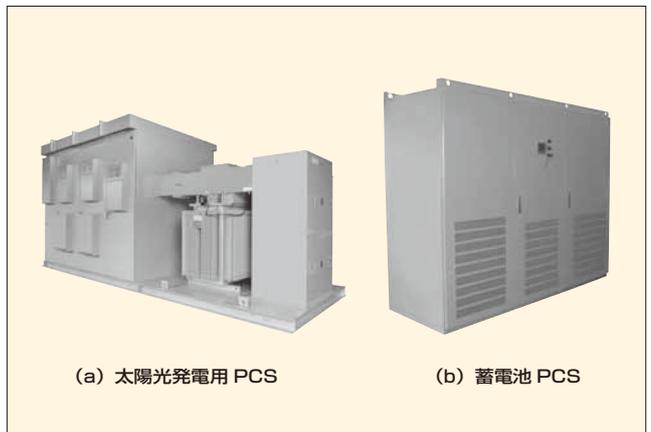


新エネルギー

① 日高庫富太陽光発電所向け電気設備

太陽光発電や風力発電は、出力が変動する電源であり、系統への影響を抑えるため、変動の抑制が求められている。北海道電力株式会社の管内では、新たに電力系統への接続申請を行う場合は、蓄電池を併設して連系点電力を一定の変動量以下に収める必要がある。連系点契約電力は 9 MW であり、要求規定は 1 分間で $\pm 1\%$ 以内である。富士電機は、株式会社北弘電社から日高庫富太陽光発電所向けの制御システムを含む電気設備を受注した。この発電所は、道内初の変動抑制付大型太陽光発電所であり、2017 年 4 月に稼働を開始した。太陽光発電用 PCS、蓄電池 PCS、特高受変電システムおよび変動制御を行うシステムコントローラを富士電機が納入し、顧客が総定格容量 3.6 MWh のリチウムイオン電池を設置してシステムを構築した。

図 6 太陽光発電用 PCS と蓄電池 PCS



新エネルギー

② ドイツ・Wolf ButterBack KG 向けりん酸形燃料電池

室内の酸素濃度を低減することで火災を予防する防火システムが、ドイツなどで普及しつつある。富士電機では、この防火システムへのりん酸形燃料電池（PAFC）の適用に注力している。2016年12月に、有力な適用先である冷凍倉庫向けの初号機を、ドイツ・Wolf ButterBack KGに納入した。燃料電池から排出される低酸素濃度の排空気を利用するため、膜分離・吸着分離を利用して酸素濃度を低減する従来のシステムに比べ、コンプレッサによるエネルギー消費（ランニングコスト）や騒音・振動を抑えられるため、環境性が高く高効率なシステム構成を実現している。今回の実績を生かし、冷凍倉庫の防火システムへの燃料電池のさらなる適用拡大を目指していく。

図7 りん酸形燃料電池



③ 業務用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100kWのりん酸形燃料電池（PAFC）に加え、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。2016年度は実規模サイズの45kW級検証機の性能評価を実施し、目標性能であるDC発電効率55%以上（AC発電効率50%相当）・排熱回収効率30%以上を達成した。また、ワンパッケージとなる実証機的设计・製作を完了した。2017年度から50kW級のフィールド実証機による実証を行い、2018年度の市場への投入を目指している。

●関連論文：富士電機技報 2017, vol.90, no.1, p.26

図8 固体酸化物形燃料電池



食品流通

自動販売機
店舗流通



展 望

自動販売機

自動販売機をもっとインタラクティブにできないかと考え始めてから約5年、さまざまな仕組みを検討してきた。大型の画面を活用したデジタルサイネージ自動販売機、スマートフォンとの連携、音声認識や顔認識、ジェスチャーなどによる双方向コミュニケーションの実現を推し進めてきた。一方で、飲料メーカーは2016年度にスマートフォンと自動販売機の連携によるポイントサービスを急激に展開し始めている。

狙いは顧客の囲い込みである。自動販売機と連携できるアプリケーションをスマートフォンにインストールすると、自動販売機で購入するごとに付与されるポイントによって、飲料クーポンの発行や景品との交換などができる。また、獲得したクーポンはプレゼントできるなど、人と人をつなげるツールとしても活用されている。本サービスに対応した自動販売機の近くを通ると、自動販売機の設置場所が自動的にスマートフォンにポップアップ情報として案内され、スマートフォンを通じて飲料の購入を誘導するなど、各社さまざまな工夫がなされている。

スマート化は、中国における自動販売機においても進んでいる。ディスプレイを搭載し、広告宣伝や電子マネーの決済に活用されている。また、インターネットを活用した自動販売機オペレーションの支援として売切れの管理や売上げデータの把握を行うなど、自動販売機を運営する上でのサポートも自動販売機の拡大のためには重要な技術の一つとなっている。

今後は飲料だけではなく、食品や物品などさまざまな商品を販売する機器が求められており、無人店舗化を目指した製品を順次ラインアップしていく。

店舗流通

2017年2月に、コンビニエンスストア用コーヒーマシンの新機種であるカフェラテマシンの本格的な展開を開始した。牛乳からきめの細かい泡を短時間で作り出すことを特徴としている。

過去に富士電機はビールディスペンサーを製造・販売し

ており、きめの細かい泡を作り出す機構を独自に開発してきた。今回はそれを応用したものである。自動販売機のコーヒーが実際に豆から粉砕してその場でドリップしていることは意外に知られていない。富士電機にとっては自動販売機などの製品や、そのための機能部品を開発することは当然であるが、おいしさそのものを定量化する評価手法を研究することも成功の鍵となる。本物にこだわり、しかも短時間での提供が可能な専門店に負けない調理技術の追求を今後も継続していく。

駅構内の売店のほとんどがコンビニエンスストア化しており、良質のロケーションを次々と開拓することはコンビニエンスストア業界にとって重要なことである。店づくりをもっと簡単にかつスピーディにするために、冷凍機一体型ショーケースを開発した。従来のような室外機とショーケースをつなぐ冷媒配管や冷却の際に発生するドレン水を処理する配管が不要であり、設置して電源を接続すればすぐに運転が可能である。

冷凍機一体型のショーケースは以前から展開しているが、今までのケースは本体下部に冷凍機を格納しているものが多かった。質量が大きい冷凍ユニットを安定して組み込むためである。しかし、それでは床からのデッドスペースが生じるため、商品の陳列容量が減ってしまう。そこで開発したノンリーク式オープンショーケース「USFTL22D1」は、本体の構造を見直し、上部に冷凍機を取めることで陳列スペースの減少を抑制している。

世の中では人手不足や過重労働ということが社会問題化している。自動販売機の業界ならびにスーパーマーケットやコンビニエンスストアの業界においても例外ではない。きめ細かなサービスを展開することに伴って業務内容が複雑化し、こなすべき業務も増加してきている。富士電機が提供する機材も、より良質なものを追求することはもちろんのこと、メンテナンスやオペレーションにおいても簡単に素早く行えることが求められている。

富士電機が得意とするIoT、メカトロニクス、冷却・加熱の技術を組み合わせ、人にやさしく地球にやさしい機材の提供を今後も目指していく。

自動販売機

① デジタルサイネージ自動販売機「JI35」

富士電機は、株式会社 JR 東日本ウォータービジネスと共同で、大型のデジタルサイネージ自動販売機「JI35」を開発した。本製品のコンセプトは、新しい価値体験の提案であり、その普及に向けた市場テストを実施している。主な特徴は次のとおりである。

- (1) スマートフォンのアプリケーションにより、商品の QR コードを自動販売機にかざして購入できる。
- (2) 従来とは異なる新しいデザインを採用し、高さを 1.8m から 2.1m に変更したことに加え、これまでの自動販売機にない全く新しいアイコン（外観）とした。
- (3) 46 インチの液晶ディスプレイを 2 面搭載し、前面に大型のタッチパネルを配置することにより、ディスプレイの大型化と一体感のあるデザインを実現した。

図1 「JI35」



店舗流通

① ノンリーク式オープンショーケース「USFTL22D1」

富士電機は、ビルイン型店舗などに対応できるノンリーク式オープンショーケース「USFTL22D1」を開発した。この製品は、工事の簡素化および冷媒漏れのリスクの低減の観点から冷凍機ユニットを内蔵し、ショーケースの上部に配置することで低床化を実現した。特徴を次に示す。

- (1) ドレン水の自己蒸発機能により埋設配管が不要となり、設置工事の簡素化を実現した。
- (2) 低床化することにより、棚段数を増やして商品陳列エリアの拡大を実現した。
- (3) ショーケース業界で初めて、環境負荷が低い冷媒である R1234yf を採用した。
- (4) 冷凍機ユニットをモジュール化することにより、サービスメンテナンス性が向上した。

図2 「USFTL22D1」



サービス



サービス

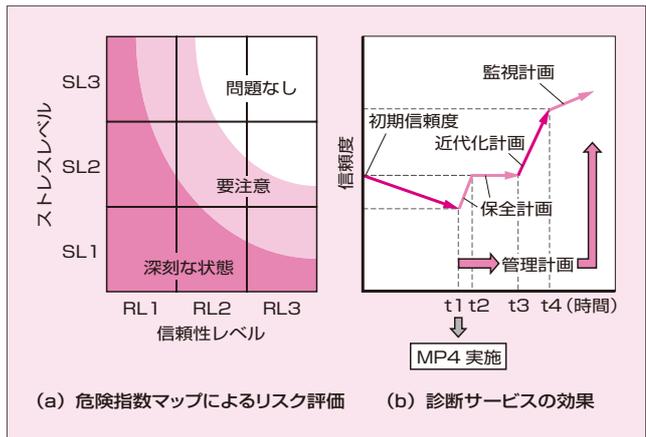
サービス

① 受変電設備総合診断サービス

受変電設備総合診断サービスは、富士電機の設備診断技術とシュナイダーエレクトリック社のコンサルティング手法“MP4”を融合し、受変電設備の信頼性・安定性の向上に貢献する提案サービスである。受変電設備の安定操業の妨げとなるリスクを分析し、そのリスクによる生産設備への影響を最小限化する。MP4のステップを次に示す。

- (1) 配電系統と生産設備を把握する。
- (2) 受変電設備と電気機器のストレスレベル・信頼性レベルを評価する。
- (3) 危険指数マップにより、運用管理を含む受変電システムの総合的な重要度を分析する。
- (4) 四つの推奨事項として、保全計画、近代化計画、監視計画および管理計画を提示する。

図1 リスク評価と診断サービスの効果



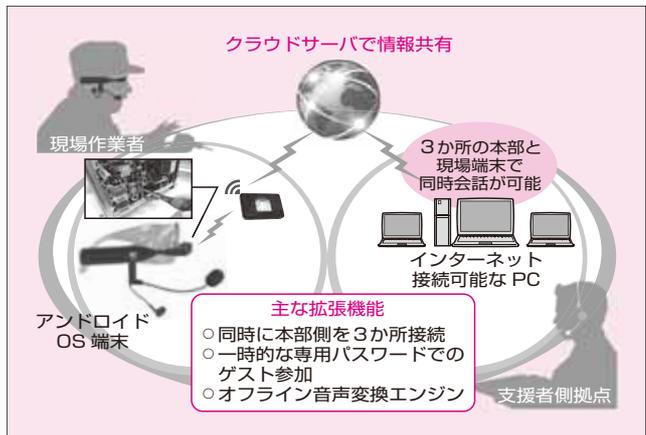
② ウェアラブル型遠隔作業支援パッケージ「FWOSP」の機能拡張

ウェアラブル型遠隔作業支援パッケージ「FWOSP」は、現場における作業の品質や効率の向上、および技術ノウハウの伝承や蓄積をサポートするクラウドサービスである。

作業者が保有するメガネ型ウェアラブル端末と、本部側のPCを音声と映像で双方向に接続し、指示・支援機能や、事前に登録した作業手順の指示や作業結果の音声登録などを行う作業支援機能を拡張した(2),(3)はオプション。

- (1) 現場と3か所の本部を同時に接続することにより、現場の作業者に対して、よりの確な作業支援が可能である。
- (2) 一時的な専用パスワードの発行により、セキュリティを強化しつつ、第三者からの指示や支援が可能である。
- (3) 作業結果の音声記録機能は、通信環境が悪い場合でも、オフラインの状態でも利用が可能である。

図2 「FWOSP」



サービス

③ 太陽光パネル診断サービス

改正された「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」(FIT)が2017年4月1日から施行され、長期の安定的な発電を確保するために、保守点検と維持管理が審査基準に盛り込まれた。富士電機はこれに応えるため、遠隔監視・メンテナンスサービスをメニュー化して提供している。

太陽光発電設備における発電量の異常や太陽光パネルの劣化の監視には、さまざまな課題がある。富士電機は、太陽光パネルの性能変化を系統的に捉え、発電量の異常や太陽光パネルの劣化を検出する診断アルゴリズムを開発した。この診断アルゴリズムを用いた無線式ストリング計測システムをクラウド環境上に構築し、太陽光パネル診断サービスとして提供を開始した。

図3 計測システムの画面例と太陽光パネルの異常状態



基盤・先端技術

基盤技術
先端技術



展 望

富士電機は、顧客価値を創出する圧倒的に強いコンポーネントやソリューションの開発に注力している。同時に、そのような開発を支える基盤技術や先端技術の研究開発にも精力的に取り組んでいる。

基盤としての材料技術においては、高耐熱性樹脂や絶縁材料、触媒などの狙った物性を短期間で確実に実現するために、シミュレーションによる材料設計技術を開発している。また、金属組織の変化や腐食などの劣化についてのシミュレーション技術も構築中である。

さらに、コンポーネントの開発・設計期間の大幅な短縮を狙い、試作回数を減らすためにモデルをベースにした設計手法をパワーエレクトロニクス機器や遮断器などで開発しており、随時、適用している。

顧客価値を創出するソリューションとして、IoT技術が脚光を浴びており、富士電機でも“Small, Quick Start & Spiral-Up”をキーワードに、豊富なフィールドデバイスと特徴ある高度な解析技術を武器にソリューションの拡大を図っている。そのための基盤技術として、フィールドデバイスとしての組み込み機器の多機能化に対応するために、リアルタイムOSと汎用OSなどの異なるOSを単一のマルチコアCPU上で動作させる技術を開発した。また、解析技術として、素早く目的に合致した解析を実行するために、その解析に適した形にデータを前処理するデータクレンジング技術を開発し、Quick Startの武器としている。さらに、具体的なソリューションを例にビッグデータの分析・解析技術を開発している。例えば、電力システム改革における新たなプレーヤーとして増加している新電力事業者向けの需給管理システムを開発した。金融工学を適用した市場取引・発電計画の作成や電力需要の予測が可能で、業務時間の大幅な短縮や収益の最大化を実現できる。

Siに比べ、絶縁破壊電圧や熱伝導率が高いSiC（炭化けい素）を用いたSiC-MOSFETを鋭意開発している。その低オン抵抗化や高信頼性を実現するために、放射光トポグラフィや各種分光分析などの最先端の分析・解析技術を駆使しており、また、新たな分析・解析手法も開発している。MOS界面の構造を原子スケールの分解能で評価でき

る手法を開発し、理想的な界面設計モデルの構築に適用している。また、さらなる低オン抵抗の可能性のあるGaN（窒化ガリウム）デバイスの開発にも注力している。

SiCデバイスを適用した先端的な装置としては、内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）に参画し、6.6kV電力システムに変圧器なしで直接連系が可能なMMC方式の無効電力補償装置（STATCOM）を開発中である。

火力発電プラントの差別化を実現するために、現在主流となりつつある蒸気温度を約600℃にまで高めたUSCタービン材料の劣化現象のメカニズムを解明し、劣化を予測する寿命計算式を構築、非破壊検査と組み合わせた高精度な余寿命診断技術を開発した。

顧客から強い要求がある開閉装置の小型・軽量化の実現のために、電流遮断技術を高度化している。消弧圧力解析技術や高精度な電磁場-熱流体連成解析技術などを構築し、大幅な小型・軽量化を実現したIEC規格に準拠のガス絶縁開閉装置（GIS）を開発した。

新たな顧客価値を創出するセンシング技術として、複屈折フーリエ分光法を適用した高感度分光技術を開発した。この技術は、従来の分光器の約100倍の検出感度を実現でき、食品や薬品のオンラインでの異物検査やコンクリートの劣化計測など、これまでは不可能であった計測が可能となる。このほか、MEMS技術を活用した特徴あるセンサとそのセンサを活用したソリューションも開発中である。

今後、増加することが予想されるデータセンター向けに、kVクラスの高圧交流から直流を直接供給できるマルチセル方式直接高圧入力回路技術を開発した。この技術により、受配電設備を省略でき、従来の電源システム構成に対して、システム全体で効率を約12ポイント向上させることができ、革新的な低コスト・高効率の電源システムを構築できる。

このように富士電機は、電気・熱エネルギー技術や環境技術の革新につながる先端技術に挑戦するとともに、製品開発を支える基盤技術をブラッシュアップしながら、圧倒的に差別化可能な顧客価値を創出するコンポーネントやソリューションを提供していく。

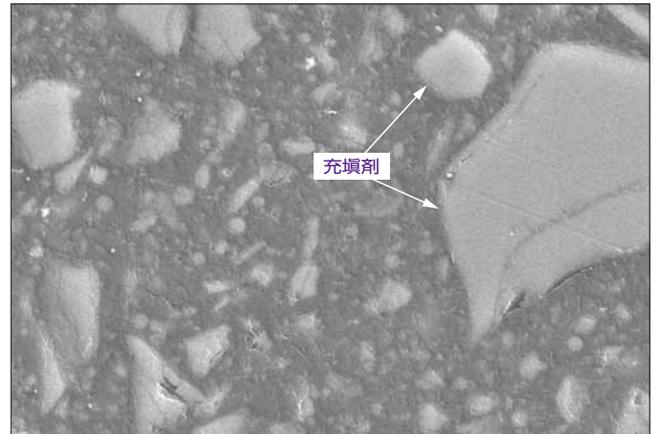
基盤技術

① キュービクルガス絶縁開閉装置（C-GIS）用絶縁樹脂封止技術

キュービクルガス絶縁開閉装置（C-GIS）の小型化のため、電気絶縁性に優れたエポキシ樹脂による真空遮断器（VCB）構成部品の固体絶縁化を推進している。

従来の高電圧機器用エポキシ樹脂では、線膨張係数が大きく、そのまま封止するとエポキシ樹脂にクラックなどの欠陥が生じるため、製品への適用が困難であった。そこで、高強度でありながら従来よりも線膨張係数の小さい充填剤を配合し、さらに、充填剤との密着性が向上する硬化剤を用いることにより、クラック発生を抑制し、低線膨張化と高強度化が両立できるエポキシ樹脂を開発した。今後、製品への適用を検討していく。

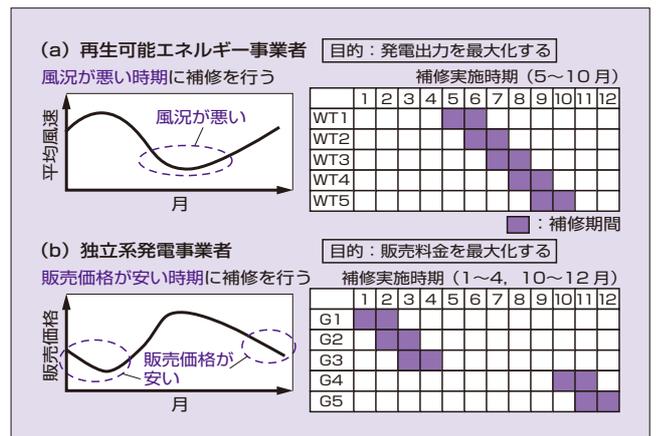
図1 エポキシ樹脂のマイクロ構造



② 発電機定期補修計画機能

電力システム改革により、発電事業者は、広域運用機関に発電機定期補修計画を提出する義務が生じた。発電機定期補修計画は考慮すべきさまざまな制約条件を満たしながら発電量の最大化や販売料金の最大化など、目的に合う計画を作成する必要がある。人手による検討では莫大な作業を要することから、支援機能が望まれている。富士電機は、計画者の負担低減を目的に発電機定期補修計画機能を開発した。本機能はさまざまなタイプの発電事業者（再生可能エネルギー事業者、独立系発電事業者など）に適用でき、目的に応じた計画の立案が可能である。従来の数理計画法では発電機台数が増加するに従って計算量が大幅に増加し、実用時間内での計画立案が困難であったが、タブーサーチを用いることで計算時間の高速化を図っている。

図2 補修計画の例



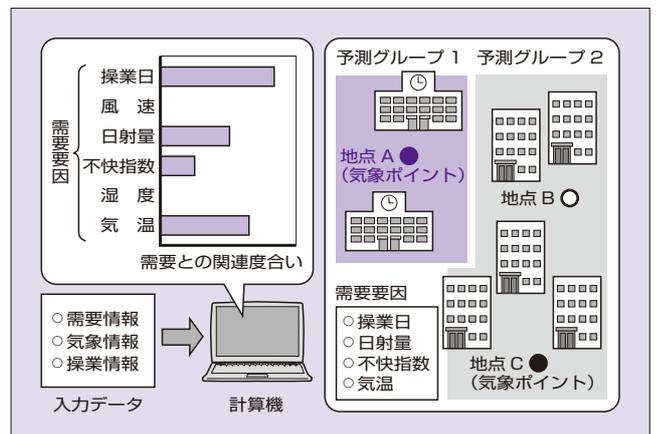
③ ビッグデータ分析技術を用いた電力需要予測の高精度化

電力事業者は、電力需要の予測値と実績値に差が生じると高いインバランス料金の支払いが生じるため、高精度な予測手法を求めている。電力需要は、さまざまな需要家の合計値であり、高精度な予測には、操業状況、気象状況、需要状況など多くの要因を適切に選定する必要がある。

富士電機は、この課題を解決するためビッグデータ分析技術を適用し、需要予測の高精度化を実現した。

- (1) 膨大な候補データの中から電力需要に関連する要因を選定する。
- (2) 需要家群の気象情報を用いた予測には、膨大な地点の中から最適な地点として気象ポイントを選定する。
- (3) 膨大な需要家の中から類似する需要家を自動的に選定しグルーピングする。

図3 需要予測へのビッグデータ分析技術の適用例



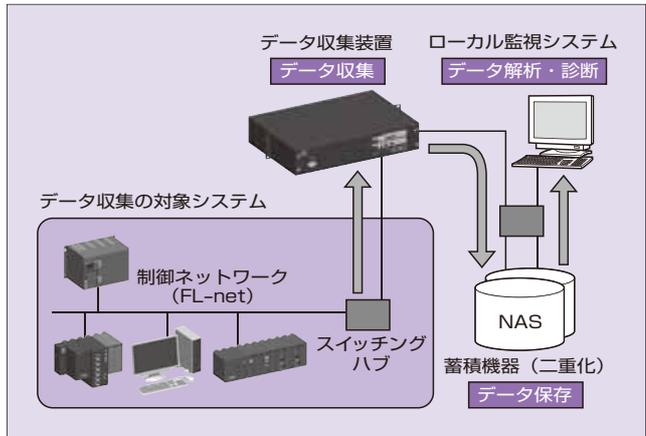
基盤技術

④ 産業プラント向けレガシー機器対応のデータ収集装置

産業プラント向けの監視制御システムにおいて、長期に稼動しているものは、機器増設や部分リプレースなどを実施している。このため、世代の違う制御機器や多種多様なネットワークが混在しており、設備の安定稼動や運用コスト削減を実現する上でボトルネックとなっている。

監視制御システムの設備保全の容易化を目的に、種々のネットワークや制御機器などのレガシー機器に対応したデータ収集装置を開発した。本装置は、制御機器の改造やネットワークの増設を不要とし、既存システムに影響を与えずに着脱が可能である。また、大量の収集データの中から必要とする保全情報を選択するフィルタ機能、ならびに関連した複数のデータをまとめるサマリ機能により、データ量を削減し、長期間のデータ蓄積と傾向監視を実現する。

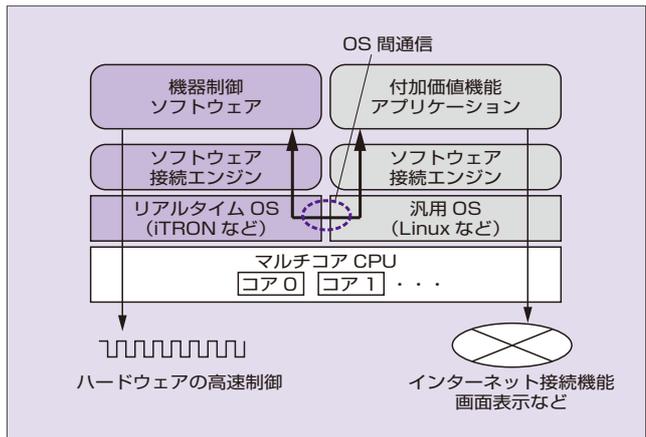
図4 データ収集装置の接続構成



⑤ 組み込み機器へのマルチ OS・マルチコア適用技術

近年、IoT への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。リアルタイム OS と汎用 OS (Linux) などの異なる OS を単一のマルチコア CPU で動作させるマルチ OS・マルチコア適用技術を開発した。リアルタイム OS 上で動作する従来の制御機能と、汎用 OS の持つ付加価値機能（通信規格対応など）との連携動作や、複数コアでの同時実行による高速化を可能にすることで、組み込み機器の多機能化を容易にした。また、さまざまな言語で作成されたソフトウェアが OS に依存せず動作可能となるソフトウェア接続エンジンを開発した。これにより、組み込みソフトウェアがリアルタイム OS と汎用 OS のどちらでも動作可能となり、組み込み機器ごとに異なる性能要求に迅速かつ容易に対応することが可能となった。

図5 マルチ OS 適用時のソフトウェア構成の例

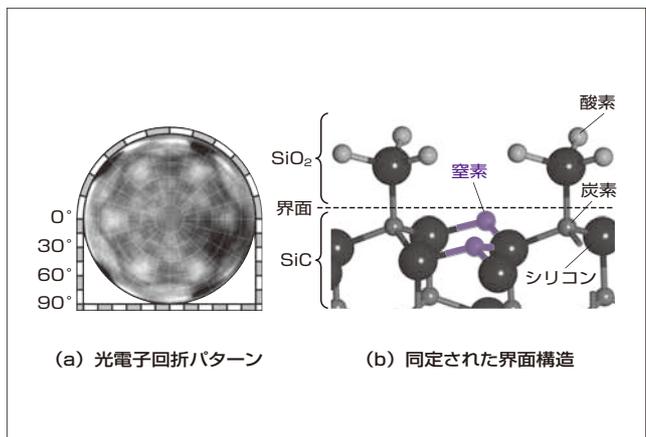


先端技術

① 光電子回折法による SiC 解析技術

SiC-MOSFET の低損失化には、MOS 界面 (SiO_2/SiC) の最適な設計が不可欠である。最適な界面設計を行うためには、界面を構成している元素の配列を原子スケールで知る必要がある。富士電機は、放射光 X 線を用いた光電子回折法により、特性が異なる実素子界面を評価した。光電子回折パターンから原子の位置を原子スケールの空間分解能で解析することにより、低損失化に寄与している窒素の原子配列が明らかになった。この情報を基に、理想的な界面設計のモデルを構築し、モデルに近づけるためのプロセス技術を適用することにより、従来よりも低損失の高性能 SiC-MOSFET を実現した。本研究の一部は、奈良先端科学技術大学院大学との共同研究で実施された。

図6 窒素の光電子回折パターンと同定された界面構造



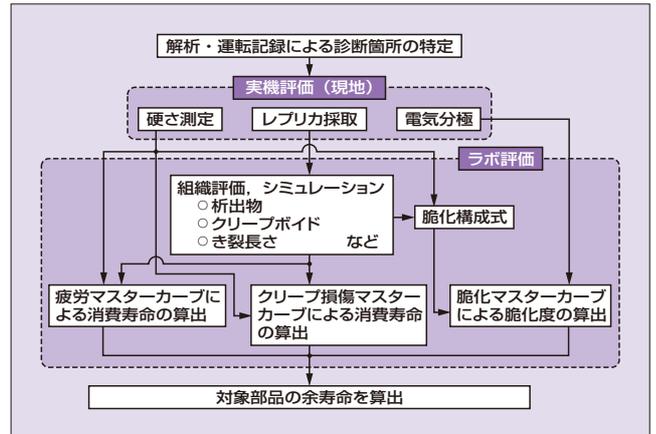
先端技術

② USC タービンの余寿命診断技術

火力発電プラントでは、高効率化のため蒸気温度を約600℃にまで高めたUSC (Ultra Super Critical) タービンが主流になりつつある。タービンを長期間使用すると、材料の経年劣化により、破損リスクが高まる。破損を未然に防止するためには、経年劣化を予測する余寿命診断技術が不可欠であるが、USC タービンでは劣化現象が複雑であるため、これまで精度の良い余寿命診断技術はなかった。

富士電機は、クリープや脆化などの劣化現象について、長時間試験やシミュレーションによってメカニズムを解明し、材料中の析出物の粒径などの変化から劣化現象を予測する寿命計算式の構築、および電気分極法などの非破壊検査法の適用により、高精度な余寿命診断技術を開発した。プラントの保守管理や安定的な発電に寄与していく。

図7 余寿命診断フロー

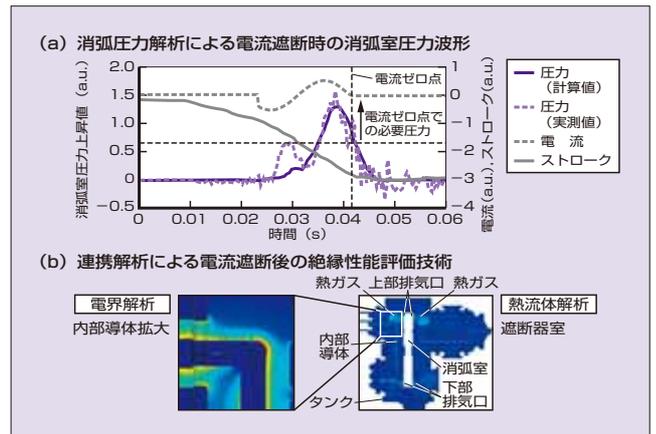


③ ガス絶縁開閉装置 (GIS) における電流遮断技術

富士電機は、IEC規格に準拠したガス絶縁開閉装置 (GIS) を開発した。この新型GISの開発では、新たな電流遮断技術を開発し、消弧室に機構部の操作力低減による小型・軽量化が可能な直列熱パuffa方式を採用した。

今回の電流遮断技術の開発では、ノズルのアブレーションを考慮した消弧圧力解析技術 (図(a))、可動接触子の移動や熱ガスの発生を考慮した高精度な電磁場-熱流体連成解析技術、電流ゼロ点でのコンダクタンス減衰過程推定による遮断性能予測技術、および熱流体解析と電界解析を連携して熱ガスによる絶縁ガスの密度低下を考慮した電流遮断後の絶縁性能評価技術 (図(b)) を構築した。これらの電流遮断評価技術を設計に展開することにより、第三者認証試験に合格した。

図8 構築した電流遮断評価技術

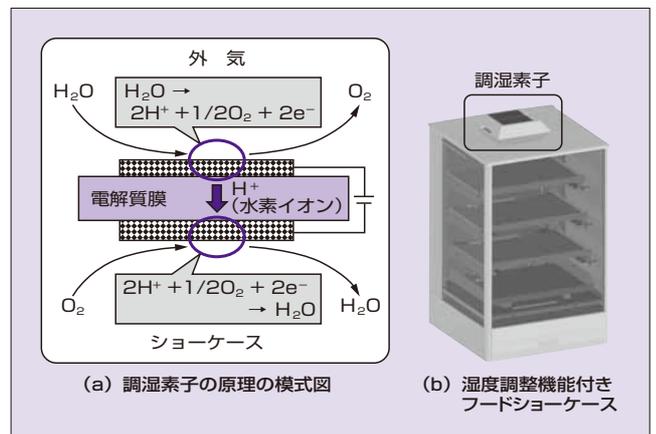


④ 湿度調整機能付きフードショーケース

食品の鮮度やおいしさを維持したまま、販売できる技術の要求が高まっている。富士電機では、保有する燃料電池の技術を生かし、フードショーケースの湿度を制御することにより、食品の鮮度やおいしさを保つ技術 (調湿素子) を開発している。図(a)に示すように、調湿素子に電圧を印加することで、外気に含まれている水分をO₂とH⁺(水素イオン)に分解する。生成したH⁺は、電解質膜を通して、ショーケース側に移動し水(水蒸気)を生成することができる。生成される水は原理的にきれいな水(水蒸気)であり、衛生的にフードショーケース内の湿度を制御することが可能となる。

今後、耐久性やメンテナンス性を向上させ、おいしさを維持できるフードショーケースの製品化を進めていく。

図9 調湿素子の原理と湿度調整機能付きフードショーケース



先端技術

⑤ 高圧交流直接入力を可能としたマルチセル方式電源装置技術

富士電機では、データセンター向けに kV クラスの高圧交流を直接受電可能とし、中間変圧設備が不要となるマルチセル方式電源装置を開発した。主な特徴を次に示す。

(1) 高圧高周波変換回路

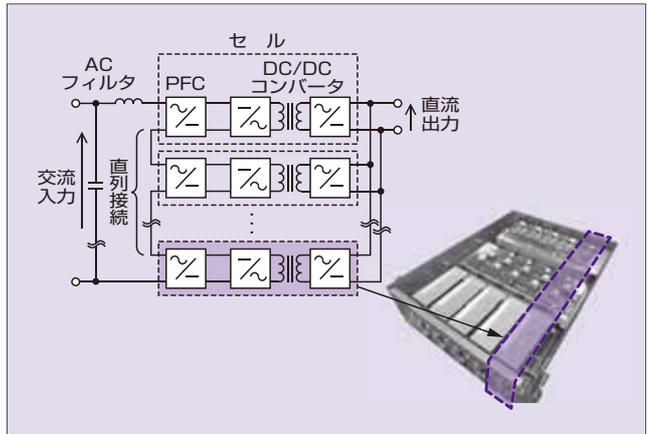
低耐圧スイッチング素子から成る変換回路（セル）の直列接続構成（マルチセル方式）で高周波動作を実現した。

(2) 小型化

マルチセル方式を利用したマルチレベル動作および 70 kHz の高周波スイッチングにより AC フィルタやトランスを小型化し、高耐圧にもかかわらずラックに搭載可能なサイズを実現した。

試作機の効率は定格出力時 96.0% であり、従来のシステム構成に対してシステム全体で約 12 ポイント向上した。

図 10 マルチセル方式電源装置の回路構成と外観



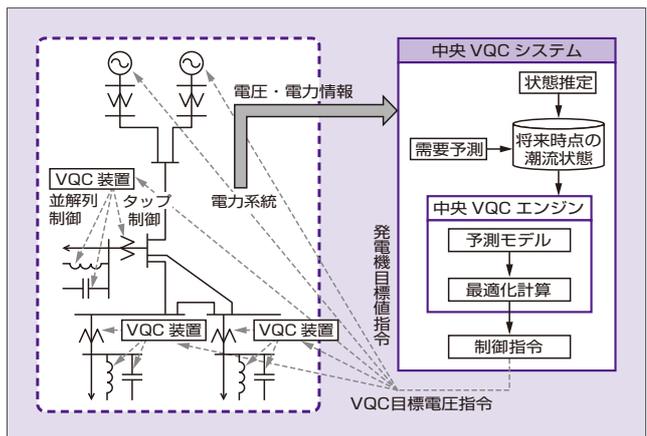
⑥ 次世代型中央電圧無効電力制御方式の最適化計算技術

発送電分離に向けて、送配電事業者には大幅なコスト削減要求が課されており、送電損失低減のための次世代型中央電圧無効電力制御方式（中央 VQC 方式）の導入が進むと予想される。中央 VQC 方式では、電力系統全体の送電損失の最小化を図るため、全系の電圧・電力情報の計測値を基に短時間で最適な電圧・無効電力制御目標値を計算する必要がある。富士電機では、目標値の計算を高速化する最適化計算技術の開発に取り組んでいる。特徴を次に示す。

(1) 最適化計算技術により、電力系統全体の送電損失が最小となる目標値を高速に算出できる。

(2) 需要予測や状態推定、VQC 装置の推定技術により、数分後の潮流状態を予測し、送電損失の低減効果を向上させる。

図 11 次世代型中央電圧無効電力制御方式

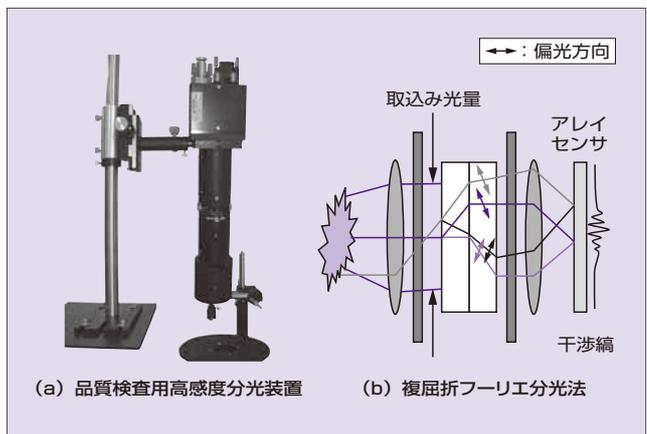


⑦ 非接触・非侵襲検査を実現する高感度分光技術

非接触・非侵襲で薬品や食品などの製造ラインのリアルタイム検査を実現する高感度分光技術を開発した。本技術には、複屈折フーリエ分光法を用いている。この方法は、スリットのない構造のため、光をむだなく集光することができ、微弱な光でも効率よく分光計測を行うことが可能となる。従来のスリットを用いる分散型分光器と比べて、検出感度は約 100 倍である。この技術により、今までオフラインで抜取りによって行っていた異物検査をオンラインでリアルタイムに行うことができる。

これらの特長を生かして薬品・食品の品質検査だけでなく、コンクリート構造物の劣化計測や生体の非侵襲計測などへの適用も進めている。

図 12 試作した高感度分光装置と複屈折フーリエ分光法



略語（本号で使った主な略語）

CGS	Cogeneration System	コージェネレーションシステム
CPS	Cyber Physical System	
DCPT	DC Potential Transformer	直流電圧検出器
DCS	Distributed Control System	分散型制御システム
ECU	Electronic Control Unit	
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 and Construction	
FWD	Free Wheeling Diode	
GDU	Gate Drive Unit	ゲート駆動回路
GIS	Gas-Insulated Switchgear	ガス絶縁開閉装置
HDD	Hard Disc Drive	ハードディスクドライブ
HDI	Head Disk Interface	ヘッドディスクインタフェース
HEMS	Home Energy Management System	ホームエネルギーマネジメントシステム
HMI	Human Machine Interface	
ICT	Information and Communication Technology	
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor	絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ
IoT	Internet of Things	
IPS	Intelligent Power Switch	
ITV	Industrial Television	工業用テレビ
LAN	Local Area Network	
LTE	Long Term Evolution	
MEMS	Micro Electro Mechanical Systems	微小電気機械システム
MMC	Modular Multilevel Converter	
MOSFET	Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor	
MSPC	Multivariate Statistical Process Control	多変量統計のプロセス管理
NAS	Network Attached Storage	
OCP	Open Compute Project	
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
PFC	Power Factor Correction	力率改善
PLC	Programmable Logic Controller	
PM	Particulate Matter	微小粒子状物質
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
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition	
SMR	Shingled Magnetic Recording	瓦書き記録
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
TEM	Transmission Electron Microscope	透過型電子顕微鏡
TFT	Thin Film Transistor	
UPS	Uninterruptible Power System	無停電電源装置
USB	Universal Serial Bus	
USC	Ultra Super Critical	
VCB	Vacuum Circuit Breaker	真空遮断器
VPN	Virtual Private Network	
VPP	Virtual Power Plant	バーチャルパワープラント
VQC	Voltage and Reactive Power Control	電圧無効電力制御

商標（本号に記載した主な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
Excel	Microsoft Corporation 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
OPC	OPC Foundation の商標または登録商標
Visio	Microsoft Corporation 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。

訂正：富士電機技報. 2017, vol.90, no.1, p.19. 著者紹介

(正) 日本電機工業会スイッチギヤ技術専門委員。 (誤) 日本電機工業会会員。スイッチギヤ技術専門委員。

技術業績の表彰・受賞一覧（2016年度）順不同

一般社団法人 日本電気協会 関東支部

●平成 28 年度考案表彰 優秀賞

「屋外自立型パワーコンディショナーの開発」

富士電機株式会社 大島 雅文, 前田 哲也
久世 直樹, 鶴崎 勇
山根 祐輔, 藤倉 政信

一般社団法人 日本機械工業連合会

●平成 28 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

「排温水熱回収型小容量蒸気発生ヒートポンプ」

富士電機株式会社 吉田 隆, 山口 貴久
白井 英登, 岩崎 正道

一般社団法人 日本電機工業会

●2016 年度（第 65 回）電機工業技術功績者表彰 奨励賞

「高速・省エネ監視システムの開発」

富士電機株式会社 松本 雅好, 笹野喜三郎

「バッテリーレス・ワイヤレス SAW 温度センサシステムの開発」

富士電機株式会社 工藤 高裕, 古市 卓也

一般社団法人 日本鉄道車輛工業会

●平成 28 年度（第 27 回）鉄道車両工業精励者表彰

富士電機株式会社 東海 純男

一般社団法人 日本ガス協会

●平成 28 年度技術賞

「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合同受賞〕

一般社団法人 エレクトロニクス実装学会

●第 30 回エレクトロニクス実装学会春季講演大会 優秀賞

「All-SiC モジュール パッケージ設計技術」

富士電機株式会社 仲野 逸人, 日向裕一郎
梨子田典弘, 仲村 秀世
中村 瑤子, 福田 祐樹
堀 元人, 池田 良成

モノづくり日本会議（日刊工業新聞社 主催）

●2016 年超モノづくり部品大賞 奨励賞

「グラスフロント型自動販売機用搬出機構〔ツイストラック〕」

富士電機株式会社 北澤 通宏

一般財団法人 省エネルギーセンター

●平成 28 年度省エネ大賞 経済産業大臣賞（節電分野）

「FEMS を活用した電気と熱の最適利用による省エネの取り組み」

富士電機株式会社 山梨製作所

加藤 博久, 富田 一好
市川 量一, 白井 英登
石田 努, 竜田 尚登

公益社団法人 発明協会

●平成 28 年度全国発明表彰 発明賞

「電界分布制御型 IGBT 電力用素子の発明」

富士電機株式会社 大月 正人, 百田 聖自
桐澤 光明, 吉村 尚

●平成 28 年度関東地方発明表彰 発明奨励賞

「トレンチ構造型 IGBT 半導体素子」

富士電機株式会社 百田 聖自, 小野沢勇一
大月 正人, 脇本 博樹

公益社団法人 日本設計工学会

●The Most Interesting Reading 賞

「工業用スイッチの操作性と安全性設計」

富士電機機器制御株式会社 鈴木 健司, 町田 謹斎

公益社団法人 日本化学会

●第 65 回化学技術賞

「超低消費電力薄膜ガスセンサーの開発」

富士電機株式会社 鈴木 卓弥, 村田 尚義
〔大阪ガス株式会社との合同受賞〕

公益財団法人 日本デザイン振興会

●グッドデザイン賞

「冷凍保冷コンテナ [WALKOOL frozen]」

富士電機株式会社 北澤 通宏

公益財団法人 電気科学技術奨励会

●第 64 回電気科学技術奨励賞

「メガソーラー用パワーコンディショナ（660kW ~ 1MW）の高効率化」

富士電機株式会社 藤井 幹介, 佐賀 翔直
能登 泰之

「可変時定数制御を適用した蓄電池システムの開発」

富士電機株式会社 神通川 亨

特集に寄せて “熱く、高く、そして優しく”をスローガンに エネルギー・環境事業の革新を追求し 安全・安心で持続可能な社会の実現に貢献	62 (2)
---	--------

特別対談 —— 100周年を迎える2023年、 1兆円企業を目指すには —— 顧客価値起点の商品企画と研究開発に、 技術マーケティングが果たす役割	64 (4)
---	--------

成果と展望 IoTがつなぐ強いコンポーネントと 顧客価値を創出するソリューション	69 (9)
--	--------

ハイライト	75 (15)
-------	---------

- 東北電力株式会社向け広域ネットワーク型配電自動化システム
- 間接外気活用省エネルギーハイブリッド空調機「F-COOL NEO」の拡充
- 密閉型高電圧コンタクタ「SVE135」
- 進化する設備監視システム「MICREX-VieW PARTNER」
- モーションコントロールシステム
- 高精度スプール形超音波流量計「FST」の機種拡充
- 東日本旅客鉄道株式会社 E235系向けドア駆動装置
- 大容量車載用直接水冷型パワーモジュール (750V/1,200A)
- SiC トレンチゲート MOSFET 適用の All-SiC モジュール (1,200V/400A)
- 出光大分地熱株式会社 滝上バイナリー発電所の営業運転開始
- 大規模太陽光発電向けパワーコンディショナ「PVI1000BJ-3/1000」
- 株式会社セブナーイレブン・ジャパン向けカフェラテマシン
- 無線式回転機振動診断システム「Wiserot」の防爆認証
- 6.6kV 電力系統直接連系の MMC 方式の無効電力補償装置 (STATCOM)

パワエレシステム・エネルギーソリューション	82 (22)
-----------------------	---------

- エネルギーマネジメント…………… 83 (23)
 - ① 比奈知ダム管理用制御処理設備
 - ② 沖縄電力株式会社向け配電用変圧器保護継電装置
- 変電システム…………… 83 (23)
 - ① 山梨製作所 高圧瞬低対策装置による電源の高信頼性化
 - ② インドネシア向け大容量変圧整流装置「S-Former」既設他社製整流器の更新
 - ③ 東京臨海高速鉄道株式会社 りんかい線 電力監視システムの更新
 - ④ あいの風とやま鉄道株式会社 とやま指令所 電力管理システム
 - ⑤ 西日本旅客鉄道株式会社 金沢指令所 電力管理システムの更新
- 電源システム…………… 85 (25)
 - ① 大容量パワーエレクトロニクス試験装置

- ② OCP仕様対応電源「F-DC POWER」
- ③ 株式会社 IDC フロンティア向けモジュール型データセンター
- ④ シンガポール・キングスランド社向けデータセンター
- ⑤ 間接外気冷却方式コンテナ型データセンター「co-IZmo/I」
- ⑥ 電子デバイス工場向けクリーンルーム

受配電・開閉・制御機器……………	87 (27)
------------------	---------

- ① 電子式漏電遮断器「EX シリーズ」
- ② 母線プラグイン遮断器「BV シリーズ」「EV シリーズ」
- ③ 省エネルギータイプ漏電遮断器「EK2Q」

パワエレシステム・インダストリーソリューション	89 (29)
-------------------------	---------

ファクトリーオートメーション……………	90 (30)
---------------------	---------

- ① 商用切替回路一体形空調用途向けインバータ「FRENIC-HVAC PD シリーズ」
- ② コンパクト形コンバータ「FRENIC-eRHR」「FRENIC-eRHC」
- ③ 中国・アジア市場向けサーボシステム「ALPHA5 Smart Plus シリーズ」
- ④ プログラマブル表示器「TECHNOSHOT シリーズ」
- ⑤ 海外高効率規制認証モータ

プロセスオートメーション……………	92 (32)
-------------------	---------

- ① 棒鋼・形鋼圧延設備用電気品
- ② 古河電気工業株式会社 日光事業所向け熱間可逆圧延機駆動装置
- ③ 港湾向けコンテナクレーン用電気設備
- ④ 愛知製鋼株式会社 BT-CC 設備向け監視制御装置の更新
- ⑤ ごみ焼却プラント向け監視制御システムの更新
- ⑥ 都市ガス事業者向け遠隔監視遮断システム
- ⑦ 東レ・ダウコーニング株式会社 新工場向け監視制御システム
- ⑧ 穀物サイロ用監視制御システム
- ⑨ 高効率エンジニアリングツール「HEART」の新機能
- ⑩ プラントシミュレータ SIMIT と「MICREX-NX」の連携
- ⑪ 「MICREX-VieW XX (ダブルエックス)」の機能拡充
- ⑫ 異常診断向けデータクレンジングツール

環境ソリューション……………	96 (36)
----------------	---------

- ① 植物工場の高軒高ハウス工法および「CO₂・熱供給システム」
- ② 生産プロセスデータ予測システム
- ③ 要冷倉庫向け設計シミュレーション

計測・制御……………	97 (37)
------------	---------

- ① デジタル温度調節計マイクロコントローラ X「PXE5」
- ② スマートメータ用遠隔検針システム
- ③ 冷凍冷蔵倉庫向けゾーニングエアカーテン
- ④ 機能安全認証圧力発信器

輸送システム……………	98 (38)
-------------	---------

- ① 東海旅客鉄道株式会社 N700A 新幹線電車用電機品
- ② 高温・防じん対応鉄道車両用補助電源装置

電子デバイス 99 (39)

- 半導体**..... 100 (40)
- ① 車載用ハイサイド 2 in 1 IPS 「F5114H」
 - ② 高効率電源用 LLC 電流共振制御 IC 「FA6B20N」
 - ③ 高効率電源用臨界モード PFC 制御 IC 「FA1A60N」
 - ④ 車載用第 2 世代 SJ-MOSFET 「Super J MOS S2A シリーズ」
 - ⑤ TO-247-4L パッケージの高速ディスクリット IGBT 「High-Speed W シリーズ」
 - ⑥ 第 7 世代 「X シリーズ」 1,700 V 大容量 IGBT モジュール
 - ⑦ 大容量 IGBT モジュール用パッケージ 「HPnC」
 - ⑧ 6 インチ SiC トレンチゲート MOSFET
 - ⑨ 産業用 RC-IGBT チップ
 - ⑩ 負帯電型高機能有機感光体

- ディスク媒体**..... 103 (43)
- ① 瓦書き記録 (SMR) 方式磁気記録媒体の高記録密度化
 - ② ニアラインサーバ向け高信頼性磁気記録媒体

発 電 104 (44)

- 発電プラント**..... 105 (45)
- ① インドネシア・ラヘンドン地熱発電所 5 号機・6 号機の運転開始
 - ② 鈴川エネルギーセンター向け蒸気タービン設備
 - ③ 国内火力発電所向け蒸気タービン・発電機の受注
 - ④ 台湾 FCFC 社 新港 2 号発電所向け蒸気タービンの更新
 - ⑤ 放射線による配管肉厚測定技術
- 新エネルギー**..... 106 (46)
- ① 日高庫富太陽光発電所向け電気設備
 - ② ドイツ・Wolf ButterBack KG 向けりん酸形燃料電池
 - ③ 業務用固体酸化物形燃料電池

食品流通 108 (48)

- 自動販売機**..... 109 (49)
- ① デジタルサイネージ自動販売機 「JI35」
- 店舗流通**..... 109 (49)
- ① ノンリーク式オープンショーケース 「USFTL22D1」

サービス 110 (50)

- サービス**..... 110 (50)
- ① 受変電設備総合診断サービス
 - ② ウェアラブル型遠隔作業支援パッケージ 「FWOSP」の機能拡張
 - ③ 太陽光パネル診断サービス

基盤・先端技術 112 (52)

- 基盤技術**..... 113 (53)
- ① キュービクルガス絶縁開閉装置 (C-GIS) 用絶縁樹脂封止技術
 - ② 発電機定期補修計画機能
 - ③ ビッグデータ分析技術を用いた電力需要予測の高精度化
 - ④ 産業プラント向けレガシー機器対応のデータ収集装置
 - ⑤ 組込み機器へのマルチ OS・マルチコア適用技術
- 先端技術**..... 114 (54)
- ① 光電子回折法による SiC 解析技術
 - ② USC タービンの余寿命診断技術
 - ③ ガス絶縁開閉装置 (GIS) における電流遮断技術
 - ④ 湿度調整機能付きフードショーケース
 - ⑤ 高圧交流直接入力を可能としたマルチセル方式電源装置技術
 - ⑥ 次世代型中央電圧無効電力制御方式の最適化計算技術
 - ⑦ 非接触・非侵襲検査を実現する高感度分光技術

主要事業内容

パワーエレクトロニクス

●エネルギーソリューション

確かな技術で電力インフラを支え、エネルギーの安定供給、最適化、安定化に貢献します。

エネルギーマネジメント

FEMS, 新電力流通, スマートメータ

変電システム・電力変電

産業変電, 鉄道地上変電, 産業電源設備

電源システム・無停電電源装置 (UPS)

パワーコンディショナ (PCS), データセンター, 配電盤

器具

受配電, 制御機器

●インダストリーソリューション

パワーエレクトロニクス応用製品に計測機器, IoT を組み合わせ、工場の自動化や見える化により、生産性の向上と省エネを実現します。

ファクトリーオートメーション

インバータ, FA コンポーネント, FA システム, 回転機

プロセスオートメーション

駆動制御システム, 計測制御システム, 工業電熱

環境・社会ソリューション

計測機器・センサ, 放射線管理システム, 植物工場, 物流システム, 輸送システム

IT ソリューション・情報システム

情報システム

発電

高度なプラントエンジニアリング力で、高効率かつ環境にやさしいクリーンエネルギーを供給する各種発電プラント設備を通じて、拡大する電力需要にお応えします。

発電プラント

火力・地熱発電設備, 水力発電設備

新エネルギー

太陽光発電システム, 風力発電システム, 燃料電池

電子デバイス

産業・新エネルギー分野, 自動車分野といった分野において、パワーエレクトロニクスのキーデバイスであるパワー半導体を提供し、高効率化や省エネ化に貢献します。

半導体

パワー半導体

ディスク媒体

食品流通

コア技術である冷熱技術に、メカトロニクス技術やIoT を組み合わせ、食品流通分野における最適な商材とソリューションを提供することにより、食の安全・安心に貢献します。

自販機

飲料・食品自動販売機

店舗流通

店舗設備機器, 金銭機器, エネルギー管理システム

次号予定

富士電機技報 第90巻 第3号

特集 受配電・開閉・制御機器コンポーネント

富士電機技報企画委員会

企画委員長 近藤 史郎

企画委員幹事 吉田 隆

企画委員 荻野 慎次 斎藤 哲哉 片桐 源一 濱村 昌己

奥田 善久 鈴木 智宏 熊谷 明恭 久野 宏仁

吉田 隆 橋本 親 眞下 真弓 大山 和則

事務局 木村 基 小野寺拓也 小野 直樹 山本 亮太

柳下 修

富士電機技報 第90巻 第2号

平成29年6月20日印刷 平成29年6月30日発行

編集兼発行人 近藤 史郎

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

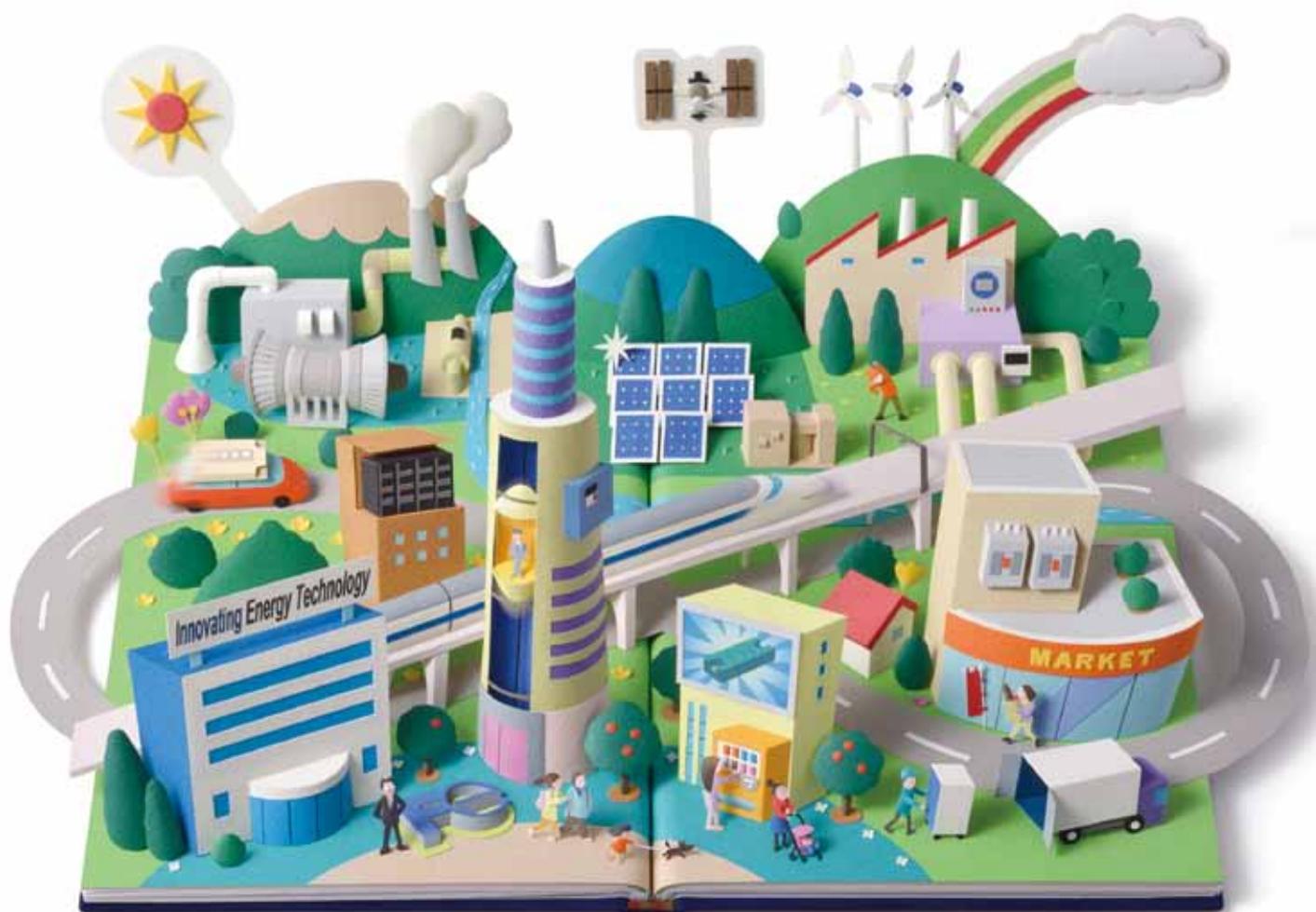
FUJI ELECTRIC REVIEW (英文) <http://www.fujielectric.com/company/tech/contents3.html>

* 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。

© 2017 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

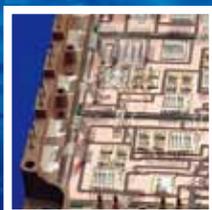
Innovating Energy Technology

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