

富士電機技報

FUJI ELECTRIC JOURNAL

2015
Vol.88 No.

2

特集 2014年度の技術成果と展望



特集 2014年度の技術成果と展望

地球温暖化の影響と思われる異常気象が世界各地で頻発し、大きな被害が発生しています。そのような中、地球温暖化防止に向けて再生可能エネルギーの利用が進み、世界のエネルギー技術は大きく変わろうとしています。富士電機は、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できると考えています。“2014年度の技術成果と展望”号は、2014年度の技術成果の集大成と今後の展望をまとめたものです。新しい社会を構築する上で、皆さまに少しでも参考になるところがありましたら幸いです。

表紙写真（左上から右回り）

船舶用排ガス浄化システム、富士電機のトップランナーモータ「プレミアム効率モータ」、第2世代車載用IPM、欧州向けエレベータ用インバータ「FRENIC-Lift LM2A」、チョッパ回路用 All-SiC モジュール、メガソーラー用パワーコンディショナ「PVI1000AJ-3/1000」



目次

特集 2014年度の技術成果と展望

特集に寄せて “電気、熱エネルギー技術の革新により、 安全・安心で持続可能な社会の実現に貢献” 北澤 通宏	86 (2)
特別対談 “パワー半導体とパワーエレクトロニクスを核に、 ネットワーク化、標準化の時代をどう進むか” —— IoT, M2M から始まるものづくりの大変革 —— 新 誠一 ・ 江口 直也	88 (4)
成果と展望 “強いコンポーネントをコアにしたエネルギーソリューションの提供” 江口 直也	96 (12)
ハイライト	102 (18)
発電システム □火力・地熱プラント □再生可能エネルギー・電力安定化 □燃料電池 □原子力	110 (26)
社会インフラ □系統・配電 □エネルギーマネジメント □社会環境	114 (30)
産業インフラ □変電システム □産業プラント □産業計測機器	120 (36)
パワーエレ機器 □駆動システム □電源システム □輸送システム □受配電・開閉・制御機器コンポーネント	133 (49)
電子デバイス □パワー半導体 □感光体 □ディスク媒体	140 (56)
食品流通 □自動販売機 □店 舗 □流通システム	145 (61)
基盤・先端技術 □基盤技術 □先端技術	148 (64)
略語・商標	153 (69)
技術業績の表彰・受賞一覧	155 (71)
富士電機技報 2015 vol.88 no.2 掲載項目一覧	156 (72)

電気，熱エネルギー技術の革新により， 安全・安心で持続可能な社会の実現に貢献

富士電機は、経営方針に“エネルギー関連事業の拡大”“グローバル化”“チームによる総合力の発揮”を掲げ、ブランドステートメント“*Innovating Energy Technology*”には、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するという思いを込めています。

2014年度は、“2015年度中期経営計画”の中間年度として、2013年度に掲げた“攻めの経営元年”からさらに一歩踏み込み“攻めの経営拡大”の年と位置付け、“収益力の強化”“成長基盤の確立”に取り組みました。とりわけ、メーカーである富士電機にとって、“ものづくり力”“研究開発力”の強化は、将来の成長には欠かせません。ものづくりでは、国内のマザー工場の強化、生産技術エンジニアの育成、技能の伝承に取り組むとともに、地産地消を加速しています。また、研究開発では、パワー半導体とパワーエレクトロニクス（パワーエレ）技術をコアに、計測、熱技術も含めて、徹底的に差別化したコンポーネントを開発し、それらを核にして制御技術のプラットフォーム化とパッケージ化を行い、お客さまに各種のソリューションを提供する製品開発に注力しています。2014年度の研究開発もまさにこの点にフォーカスし、大きな成果を得ることができました。加えて、全社の研究開発、パワー

半導体、受配電・開閉・制御機器コンポーネントの開発強化に向け、東京、松本、吹上の各拠点で開発棟の建設を進めました。

2014年度の研究開発の主な成果をご紹介します。

電気，熱エネルギー技術革新のために特に注力したのは、パワーデバイスに革命をもたらすと期待されているSiC（炭化けい素）を適用したパワーデバイスの開発と、そのデバイスを適用したパワーエレ製品の開発です。SiC-SBD（Schottky Barrier Diode）を適用したハイブリッドモジュールを適用した690V系列のインバータ「FRENIC-VG スタックシリーズ」を発売しました。また、SiC-SBDとSiC-MOSFET（Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor）を用いたAll-SiCモジュールを開発し、メガソーラー用パワーコンディショナ（PCS）に適用し、発売しました。本製品は、2015年度日本電機工業会電機工業技術功績者表彰で最優秀賞を受賞いたしました。これらに加え、電力、産業、輸送の各分野への開発も進めています。

パワーエレ機器では、2015年4月から規制が始まったトップランナー制度に準拠した「プレミアム効率モータ」や、空調ファン駆動用として大幅な省エネルギー（省エネ）をもたらすインバーター一体型モータ、中国のファン・ポンプ市場向けの「FRENIC-VPシ



リーズ」など、特徴ある製品を開発しました。

差別化された熱コンポーネントとしては、データセンターの空調エネルギーの省エネを狙ったハイブリッド空調機「F-COOL NEO」を開発しました。本製品は、年間の消費電力量が、一般の空調機の約1/3であり、大幅な省エネが実現できます。本製品は、2014年度日本機械工業連合会会長賞を受賞いたしました。

最近、全てのものがインターネットにつながるIoT (Internet of Things) という概念が脚光を浴びています。富士電機は、現場のデータをクラウドに上げ、クラウド上での解析や最適化などによる各種サービスやソリューションを提供する「統合クラウドサービス」を開発しました。

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

最適な構造を精密にかつ効率的に設計するツールとして、2014年度はシミュレーション技術の開発に注力しました。熱流体や構造、電磁気、EMC (Electromagnetic Compatibility: 電気・磁気的な妨害を及ぼさないこと/及ぼされないこと) など、各種シミュレーション技術を構築してきました。さらに、材料関連においては、金属材料、磁性材料、樹脂材料などのシミュレーション技術に加え、腐食予測などの最先端

のシミュレーション技術も開発し、材料開発に適用しています。IoTによるサービスやソリューションの差別化のためには、収集したデータの解析技術の差別化が重要となり、その高度化の研究開発を進めています。

グローバルに製品を展開していくに当たって、国際規格対応はますます重要となっており、富士電機は国際規格への取組みを継続して強化しています。特に、パワエレやスマートコミュニティ関連では国際委員会活動に積極的に参画し、PCSのEMCやインバータ効率測定規格制定に貢献し、成果を上げています。

研究開発の効率化を狙って、オープンイノベーションを活用しています。中国では、研究開発、事業拡大のための浙江大学-富士電機イノベーションセンターをさらに発展させ、浙江大学-富士電機協業センターとして活動を強化しました。

富士電機は、社会のニーズを的確に把握し、創業以来培ってきた、電気、熱エネルギー技術を駆使したエネルギー関連事業を通じて、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

パワー半導体とパワーエレクトロニクスを核に、 ネットワーク化、標準化の時代をどう進むか —— IoT, M2M から始まるものづくりの大変革 ——



電気通信大学 情報理工学研究科
 知能機械工学専攻 教授
 新 誠一

富士電機株式会社 取締役執行役員
 技術開発本部長
 江口 直也

IoT や M2M, Industrie 4.0 が昨今、盛んにいわれるようになった。また、国内では電力システム改革も本格化する。エネルギーと情報そしてモノが融合し、社会やものづくりの仕組みが大きく変わろうとしている今、パワー半導体とパワーエレクトロニクス（パワエレ）をコア技術に持つ富士電機が進むべきはどの方向か。制御工学の第一人者である電気通信大学教授の新誠一氏を迎え、企業のアイデンティティーと変革の力などについて、富士電機技術開発本部長の江口直也と意見を交換した。

世界での競争力を誇るパワー半導体

江口 計測制御技術分野の第一人者の新先生には、技術研究組合やさまざまな場面でご指導をいただいております。あらためて感謝を申し上げます。

富士電機はエネルギー分野に注力し、電気エネルギー、熱エネルギー技術のイノベーションを起こし、持続可能な社会づくりへの貢献を目指しています。そのため、これまでパワー半導体やパワエレ機器など、エネルギーを有効に活用できるコンポーネントを中心に開発を行ってきました。

しかし、これからはコンポーネントだけでは大きなビジネスにつながらないでしょうし、競争力も失われていく可能性が高いと思われます。そこでコンポーネントをつなぎ合わせたシステム、あるいはソリューションにビジネスを広げていきたいと考えています。

そうした中、IoT (Internet of Things), M2M (Machine to Machine) や欧州を中心に Industrie 4.0 が昨今、盛んにいわれるようになりました。また、国内では電力システム改革も始まります。エネルギーと情報そしてモノが融合し、社会やものづく

りの仕組みが大きく変わろうとしています。このような時代のうねりの中、研究開発をどのように進めていったらいいか、計測制御技術と富士電機の発展のために、新先生にご意見をいただきたいと思えます。

新 おそらく江口さんと私は、同時期に技術者としての人生を過ごしていたと思います。1971年にインテル社のマイコン 4004 が発売され、計測制御の分野に大きな変化が起きた、非常に面白い時代でした。

先ほどおっしゃったパワー半導体ですが、日本は非常に大きな競争力を持っています。高い電圧や大きな電流に対しても壊れない構造を均質につくり上げる技術は、私は日本が世界一だと思っています。富士電機も SiC (炭化けい素) の半導体を製品化しています。これもすごいことです。

新聞やテレビで「日本の半導体はだめだ」と報道されるので皆さんそのように思っていますが、それは DRAM (Dynamic Random Access Memory) やプロセッサの話です。

今、技術が小さいものから大きなパワー系に移っていく中で、日本は軸足を少しずつ変えています。そこが正しく報道されていないのは残念です。

学生も日本の半導体はだめだと思っています。しかし、パワー半導体のメーカーは人材を必要としており、両者の間にミスマッチが起っています。

江口 日本において、微細加工して良いものを作りさえすれば売れた半導体チップのビジネスが、凋落（ちょうらく）してしまったことは非常にショックでした。片やパワー半導体は、アナログ部分というか、すり合わせ部分がありますから、単なる組み合わせでは作れません。

新 パワー半導体は、物理学や化学を知らないと作れませんね。

江口 そうです。半導体チップは微細加工を指向する設備産業によるものですから、例えば SiC のチップもいずれは海外企業に追い付かれるかもしれません。しかし半導体モジュールは、冷却にしろ、配線やノイズの低減にしろ、パッケージ化されている部品構成がノウハウです。

新 デバイスだけでなく、それを動かすインバータの回路やアルゴリズム、それをつなぐネットワークと、非常に複雑な技術が組み合わさっています。

富士電機はエネルギー分野に注力されているというお話でしたが、最近ではコンビニエンスストアのコーヒーマシンやドーナツのケースも手掛けていますね。以前からある自動販売機も非常に大きなビジネスに成長しているようです。歴史ある名門企業ですが、コンシューマ向けの商品まで作っているところが、21 世紀への大きな足掛かりになると私は思っています。

江口 富士電機は、発電・社会インフラ、産業インフラ、パワーエレクトロニクス機器、電子デバイス、食品流通という五つの事業分野があります。その一つである食品流通事業本部が自動販売機やコーヒーマシンを担当しています。

さらに、植物工場から食品加工工場、倉庫、物流、店舗まで、食品の上流から下流まで全てにビジネスを拡大しています。いわゆる 6 次産業のプロデューサーです。ただ、あくまでも基軸は、安全・安心で効率的なエネルギーの利用です。

IPv6 の登場で IoT, M2M が加速

新 18 世紀の産業革命以降、水力、石炭、石油とエネルギー源は変化しましたが、電力というエネルギーは変わらず必要とされてきました。富士電機はそのエネルギーにずっと携わってきた。

そして、20 世紀は新しく情報という概念が加わりました。20 世紀の世界モデルは、上から情報、

エネルギー、物質という 3 層構造で理解します。

では 21 世紀はどういう時代かということ、組み直しの時代です。そこに、本日の話題の IoT や M2M、そして Industrie 4.0 が関わってきます。

江口 富士電機の事業で、先ほど先生がおっしゃった情報、エネルギー、物質をいかに融合させられるかということが、これからの鍵だと思います。

新 日本の企業は世界的に見ても、非常に技術が進んでいます。BEMS (Building Energy Management System) や HEMS (Home Energy Management System) など、IoT に似た取組みは何十年も前から行っています。だから、江口さんのようにキャリアがある方からすると、昔からやっていることをやり直しているだけに見える。

しかし、決定的に違うところが一つあります。インターネットプロトコルが IPv4 (バージョン 4) から IPv6 (バージョン 6) に変わったことです。IPv4 ではアドレスは 40 億個しかありません。世界の人口より少ないので、1 人 1 台、スマートフォンを割り当てることができません。

IPv6 は 128 ビットアドレッシングになりますから、およそ 10 の 38 乗です。全てのものに IP アドレスを振っても、まだ余ります。1 人がスマートフォンを 100 台持っても大丈夫です。

皆さん、理解されていらっしゃるのですが、世界中が IoT, M2M で盛り上がってきた理由は、まさにこの点です。

江口 なるほど、根本的な理由はそこなのですね。

以前はリモート監視やメンテナンス、一部の制御を行う際は、個別のネットワークでコンピュータとつなぎ、必要なデータをポイントで見て判断し、再び現場に指示するというシステムでした。

今はとにかく現場にあるデータを、必要か必要でないかにかかわらず、できる限り取り込んでネットワークに乗せていきます。その過程で現場以外の経営指標など異種のデータも含まれてきます。以前は点のデータでしたが、今は面のデータで、その点が全く違います。

新 “異種” は重要なキーワードです。20 世紀は、富士電機が手掛けた仕事であれば、富士電機がネットワークの中を全部見ることができた。同質の世界ですから、予定調和的に設計も運営もできました。しかし、これからはそこに、何をするか分からない異種が入ってきます。予定調和ではなくなりますから、設計も急に難しくなります。

江口 モノのデータだけでなく、経営的な指標も入ってくるかもしれませんね。

新 IoT的な工場は、逆にいうと開かれた工場ですから、工場単独で生産計画を立てられないわけです。場合によっては、コンビニエンスストアで何が売れるかに応じて生産しなくてははいけない。天気で売れ行きが変わったりしますから大変です。

江口 先生が研究されている情報家電の自律分散システムや、ウェブレット解析を使った異常の診断は、IoTやM2Mでやろうとしていることと非常に近いですね。

新 私どもとしては、何十年前前からやっていたという意識です。ただ、20年前は通信容量が少なかった。初期のデジタル携帯は9.6 kbpsぐらいですから、画像は送れません。われわれが考えて動かしだしていた理想と現実があまりに違っていました。今はスマートフォンでも数百Mbpsです。画像だろうが何だろうが、ばんばん送れます。

江口 ウェブレット解析は、どのような応用が考えられるのですか。

新 今、どこも関心が高いのは生体信号解析ですね。IoTではなくIoE (Internet of Everything) です。特に、体温、脈拍、睡眠、運動といった人の健康状態や感情のデータが求められています。工場で働く方々の安全性を確保するためにも有効です。

われわれは、ものだけでなく人もネットワークに取り入れたいと常々考えていましたが、これまでは難しかった。しかし、全ての人々がスマートフォンを持つ時代になり、人も高速回線でつながりました。

人が機械に飲み込まれる？

新 私は、人と機械との共生の面白い時代を生きてきたと、つくづく思います。ただ、反省点が二つあります。

一つは、セキュリティの問題。もう一つは、人が機械の中身を分かっていないということです。

今、最新のスマートフォンはオクタコアの64ビットですから、これはもはやコンピュータです。ギガバイトのメモリが搭載されていて、Gbpsで通信します。こうなると人間よりも機械の方が優秀かもしれません。学生も使い方は知っていても、動く仕組みは知りません。

江口 全部を分かっている人は誰もいませんよね。

新 スマートフォンのソフトウェアは4,000万行を超えていますから、Windows XPと同じ規模です。この間まで高校生だった学生に、そのスマートフォンの組み込みシステムを教えるわけです。

私がいつも言っているのは、作っている人も分かってないということです。それぞれが分野別になっていますからね。

江口 現地でトラブルが起こったときの解析も、昔と全く違いますね。

新 われわれの時代は音やにおいが頼りでしたが、今、現地のサービスエンジニアの必需品はパソコンです。見ていても分からないからパソコンにつないで、画面に出てきた指示に従います。

江口 音やにおいをいかにセンシングしてクラウドに上げ、具体的な診断や予防保全に役立てるかが、IoTやM2Mの世界では求められるように思います。

新 確かにそれはとても大事なことです。ただ私は、機器がないところで経験させた上で機器を使わせたのです。機器がなくて苦勞して、情報化の便利さをあらためて考える。例えば、定規で線を引いたことのない人がいきなりCADを使っても設計はできませんが、人間として一番大事なところを失っているような気がしてなりません。

このままではIoT、M2Mを一つの大きなシナリオとして、人が機械に完全に飲み込まれてしまいます。ドラえもんがのび太くんの代わりに何とかしてくれるのと同じですね。私はそうではなく、人間がやることもあると思っています。

電力システム改革で果たす役割

江口 ところで、国内では電力システム改革がいよいよ本格化してきました。電力小売りは2016年4月から完全自由化、2020年には発送電が分離されます。IoT、M2M、あるいは情報制御という観点から、富士電機が目指す方向について、先生のお考えをお聞かせください。

新 先ほども出ましたが、“異種”という言葉がキーワードだと思います。

電力会社が自社で全てを行っているときは、全自



新 誠一 しんせいいち

1954年生まれ
1980年東京大学工学部助手
1988年筑波大学電子・情報工学系助教授
1992年東京大学工学部助教授
2006年電気通信大学電気通信学部教授
計測自動制御学会2013年度会長、フェロー。技術研究組合制御システムセキュリティセンター理事長。計測自動制御学会論文賞武田賞、技術賞、電気学会優秀技術活動賞技術報告賞、情報セキュリティ大学院大学情報セキュリティ文化賞などを受賞

動で経路を切り替える必要がありませんでした。風力発電や太陽光発電といった自然エネルギーによる電力供給を実現するには、経路の切り替えの確認や指示を全部自動化しないといけません。この自然エネルギー、すなわち異種とつながるところが大きな投資になっていくと思うのですね。

また、発電、送電と配電が分離し、各社それぞれに思惑がある中で、電力供給が不安定にならないように電圧や周波数を維持していく必要もあります。ここはぜひ、富士電機に技術開発で頑張っていたいただきたいですね。

江口 情報をまとめて運用しないといけませんね。

新 そのとおりです。天気が変わるだけで発電量がどんどん変わる。そのとき火力発電所はどう動かすのか、という話になってきますからね。

江口 現在、既に天気情報を取り込んで需給予測制御をやっていますが、周期が長いです。

新 ゲリラ豪雨への対応は不可欠ですね。周期の短いものに異種が混合して安全に動いた中で、各社それぞれに独自のビジネス可能な自由度を残したシステムが求められると思います。

江口 システムの安全が、ますます大事になりますね。安全で当たり前という感覚がありますが、安全自体が付加価値であり、価格アップの理由になるでしょうか。

新 リスクアナリシスの結果、投資しないとどういうリスクがあるかを明示した上で、経営者の判断を仰ぐことになるでしょう。

江口 一種の保険ですね。

新 そのとおりです。企業は事故や環境汚染が起こると賠償金を支払うことになりまますから、損害保険会社ではそれに対応した保険を用意しています。車にエアバッグが付いていると保険料が安くなるのと同じで、セキュリティに関して、サーバ系の ISMS (Information Security Management System) 認証を取ると保険料が4割安くなります。

今は、制御系の CSMS (Cyber Security Management System) の認証を取ると保険料が安くなる枠組みを作るよう、国に対してお願いをしているところです。

江口 認証が非常に重要になってくるわけですね。先生が理事長をなさっている制御システムセキュリティセンターでは、認証を行っていますか。

新 私どもが勝手に認証しているのではなく、認定機関として JAB (日本適合性認定協会) に認定してもらっていますし、ベースになっているのは国際標準です。第三者認証というきちんとした裏付けがあ

れば、保険会社もリスクが少ないです。

江口 Web カメラを初期設定のままインターネットに接続したため、私生活をのぞかれてしまったということがありました。IoT や M2M が広がったときに、セキュリティをどう考えて、国民を啓蒙 (けいもう) したらいいでしょうか。

新 サイバーセキュリティは、攻撃と対策がいたちごっこです。だから何もしないのではなく、いたちごっこであることを認めないといけません。どんなに良い製品も年月が経つと攻撃されるということを認め、必ずアップデートの機能を付けることが重要です。

例えば、スマートメータに何か問題が生じたら、ソフトウェアアップデートがかかるだけのフラッシュメモリを積んでおきますが、どのくらいのフラッシュメモリを積んだらいいか、そしてアップデートで対応できないときは機器交換になりますが、それに対する社内の体制をどう整えるか、というようなことです。

20 世紀は“作って売って”の時代でしたが、これからは売ったものをメンテナンスして使い続けていただく時代です。ものづくりだけではなく、サービス産業として捉える必要があります。

ビッグデータの解析には 物理と統計の融合が不可欠

江口 IoT, M2M による機械同士のネットワークやビッグデータの解析で、ビジネスのあり方は大きく変わろうとしています。富士電機にも貢献できるリソースはあると考えています。

新 十分にあります。貢献しなければいけません。

江口 富士電機は、工場の中の製品やシステムを得意としてきました。アクチュエータがあり、それをコントロールするコントローラがあり、ネット



江口 直也 えぐち なおや

1954 年生まれ
1980 年富士電機製造株式会社 (現富士電機株式会社) 入社
2006 年富士電機システムズ株式会社取締役
2009 年富士電機アドバンステクノロジー株式会社代表取締役社長
2010 年富士電機システムズ株式会社取締役執行役員常務
2011 年 4 月から富士電機株式会社の取締役執行役員となり、技術開発本部長を兼務



ワークもあります。しかし、ビッグデータの解析は数理解析が中心で、ICT（Information and Communication Technology）関連企業の得意とするところ。物理現象を得意とするわ

れわれがどの部分で貢献できるのか、先生のご意見をお聞かせください。

新 ビッグデータの技術の基本は統計学です。富士電機の得意とする物理的な原理からつかむという手法と、統計的につかむという手法がうまく合致すると、信頼性の高い結論が得られると思います。

物理的な原理が組み込まれない解析は危険です。典型的なのは金融ですね。ブラック・ショールズ方程式という確率微分方程式による投資方式があるのですが、ショールズのつくった会社はつぶれてしまいました。

江口 現在、IoTはICT関連企業が主導する形で進んでいます。われわれは現場のノウハウを持っているという自負もあり、率直に言ってビッグデータのシステムにただ組み込まれることに抵抗があります。うまく融合ができれば、今持っているノウハウ以上のことが得られるかもしれませんね。

新 得られることはたくさんありますよ。

一番分かりやすいのが自動車の例です。全てをコンピュータの指示で運転したら面白くありません。ドライバーは自分の意思で動かしたい。一方でコンピュータに守ってもらわないと事故を起こす。自由に動かせる領域と、危険なときに守ってくれる領域とを切り分けないとはいけません。

ご存じのように今や工場も、事故や災害に備えてBCP（Business Continuity Plan）を設定することになっています。一方でその範囲内で自由度がないと、新しい発想が湧いてきません。

富士電機の持つ現場のノウハウを、そのままビッグデータとして上げるのはいかがなものでしょうか。子どもの行動が全部分かったら、親は逐一、口を挟みたくなりますからね。子どもは育ちませんよ。

江口 面白い例えですね。

一人でも生きられる、 つながればよりよく生きられる

江口 IoT、M2Mがどういう方向に進もうとしているのか、混沌（こんとん）とした部分はありますが、

いずれにしても富士電機は強いコンポーネントは徹底的に強くし、それを計測・制御と組み合わせで新しいソリューションを提案していきたいと思っています。

新 今おっしゃった中に、本日の結論があります。つながって効果を上げていくと同時に、自分自身をきちんと磨くことが大事です。アイデンティティーがないまま他者とつながると、吸収されてなくなってしまいます。

江口 スマートグリッドに携わったときもそうでしたが、IoTとなると1社で全てに対応できる時代ではありません。オープンイノベーションや協業が非常に重要になってきています。その中で役割分担が難しいところですが、私は日本として負けたくありません。オールジャパンで戦えるところは戦いたいと強く思っています。

新 私も同感です。

江口 先生は技術研究組合に携わっていらっしゃいます。ある意味、旗を振ってオールジャパンを率いる立場です。昔の護送船団方式と比べて、今の日本はどうでしょうか。

新 以前、富士電機が自律分散ネットワークを開発したとき、国際標準化に当たって国際標準化機構の委員会で自律分散を説明することになりました。分散は見れば分かりますが、自律の説明が難しい。それが今のオープンイノベーションの状況ではないでしょうか。

そのとき私が説明したのは、一人でも生きられる、つながればもっとよく生きられる、ということです。

まず、情報機器がなくても生きられるようなエンジニアにしなくてははいけない。鉛筆1本あれば設計できるようなエンジニアにした上で、便利な道具があればうまく使える。そういう人材を大学では育成したいと常々考えています。

協業も同じです。富士電機だけで生きていける。そういうコアを持った上で他社と協業すると、一層の成果が上がるのではないのでしょうか。

高い技術は高く売る

江口 過去には富士電機は、いろいろな分野にビジネスを広げ過ぎた時代もありましたが、今は方向性がはっきりしています。

新 私として不満なのは、そのような高い技術を持っているのに、あまり自慢されないことです。日本の技術者は往々にしてそういう傾向にあります。しかしオープンイノベーションは、それではいけません。

世界中の消費者に喜んで使っていただくために、高い技術は高く売ってほしいのです。

江口 世界でビジネスをするとすると、価格の問題が生じます。安いものは日本の半分以下の価格です。

新 自分のコアの技術の宣伝が下手だから、価格競争になってしまうのです。価格競争になると、日本は人件費も高いですから負けますよ。

なぜ高いのかをもっと説明する必要があります。安いものを買って、すぐに立ち行かなくなって困っているユーザが多いのはご存じだと思います。

江口 安いものは寿命が短かったりしますよね。

その点、富士電機はコアとなる強い技術を持ちながら、そこに付加価値を加えた製品開発を進めています。例えばセンサでは、超深海で使える圧力センサなど、特徴があるものを結構作っています。これは今、アフリカでかなり需要があります。

また、富士電機が得意とする MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) という技術を使い、消費電力が従来の千分の 1 以下となる超小型のガスセンサを搭載した世界初の電池で駆動する家庭用ガス警報器を大阪ガス株式会社と共同で開発しました。

コントローラも DCS (Distributed Control System) レベルから PLC (Programmable Logic Controller) レベルまで一通りそろっています。無線ネットワークではアドホック通信方式を東京ガス株式会社をはじめとした数社と一緒に開発しました。

このような高い技術にコンポーネントやパワエレ、アクチュエータを組み合わせると、どういうことができるだろうと考えています。

ただ、ポテンシャルはありますが、世界の流れに乗り切れていない感じが正直します。先行し過ぎることも時々あり、世の中が盛り上がったときには疲れてしまっていたこともありました。

アジアが国際標準の第三勢力に

江口 今、非常に悩ましいのは、国際標準がヨーロッパを中心に作られていることです。われわれ日本はディフェンス側に甘んじてしまっています。

新 アメリカは非常に技術が進んでいます。そしてヨーロッパは仕組みづくりがうまい。確かに 20 世紀の日本の標準化は、ヨーロッパに付くかアメリカに付くかでしたが、ご承知のとおり、アジアが非常に活性化してきました。第三勢力として国際標準の中の大きな目玉になると思います。日本はアジアを基点に提案していくという、三つ目の戦略を手に入れた点が以前と違ってきています。

江口 アジアを基点に提案していく動きは強いのですか。

新 強い です。OPC (OLE for Process Control) も今、タイのキングモンクット工科大学ラカバン校に

機器を持ち込んで活動しています。ISO/IEC では提案に対して 5 か国の支持がないと、新しい New work item Proposal ができません。大学のルートを生かして、ASEAN (東南アジア諸国連合) に 5 か国の仲間を増やそうとしているところです。

日本政府はインフラの輸出に積極的ですから、以前に比べ環境はかなり変わってきていますね。

江口 標準化でもう一つ気になっているのは、どこで差を出すかという点です。先生の手書かれたものに「モジュールだが、すり合わせのりしろがあるモジュール」という言葉をたびたび見かけますが、これはどういうことでしょうか。

新 Industrie 4.0 はいろいろな見方があって、私は情報の 3D 化と捉えています。例えば、今、ある自動車会社では 3DCAD によって開発が行われています。その中に、生産システム、人も機械も PLC も全部入れて、動かしてみてもマニュアルを作って、世界中の工場に送って同時に新車を立ち上げるわけですが、3DCAD システムがマザー工場化している。そのモジュールの中にいろいろなノウハウなどを織り込まれたものが、「すり合わせのりしろがあるモジュール」ということです。

あるモデルを組み合わせると自動車を作れると分かると、モデルをどう組み合わせるかというシステム技術の一つのノウハウがあります。それから、もう一つはコンポーネントの中身で勝負する。金のモデルもあれば銅のモデルもある、使うエネルギーが違うとか、耐久性が違うとかいうことです。

先日、腕時計型のウェアラブルデバイスが発売されました。一番安いのはアルミニウムできています。次がステンレス、高いものは 18 金で 100 万円以上します。同じ機能ですが、素材で作り分けていく。こういう組み合わせの仕方やコンポーネントの作り方が競争領域になってくるのではないのでしょうか。

江口 競争領域が日本に残っていないといけませんね。

新 富士電機の深海で圧力を測定できるセンサなどは、完全に競争優位です。スマートフォンに搭載されているセンサでは、深海を測定できませんからね。



技術のオープン・クローズ戦略

江口 先生は未来の工場や未来の社会をどのようにイメージしていらっしゃいますか。

新 オバマ大統領も3Dプリンタに非常に興味を持っているようですが、われわれプロフェッショナルが製品を作る時代ではなくて、CADとプリンタでお客さまがお客さまの手元で作る時代になりつつあると思います。好みの車がカタログになれば、CADで作ってプリンタで出力すればいい。子どもの成長や家族の人数の変化に合わせて、車の形を変えていくこともできます。

これはつまり、異種である素人がどんどん入ってくるということです。ですからわれわれは素人が作っても、安全性やセキュリティが維持される仕組みづくりをしないとイケません。

実は、19世紀は工場と家は一緒でした。これを変えたのがフォードの生産システムで、土地が工業地帯と宅地とに分かれるようになりました。これからはその垣根がなくなります。工場が町に出いくのです。3Dプリンタが一家に一台あると便利ですよ。奥さまに指輪をプレゼントしようと思ったら、すぐに作れますからね。材料はともかくとして、プリンタは家電量販店で10万円で購入できます。

江口 究極の地産地消ですね。メーカーはどうなってしまうのでしょうか。

新 メーカーは逆に大事になってくるのではないのでしょうか。素人が勝手に作っても、きちんとしたものができるためには、裏で誰かが働いてないといけませんから。その基本となるものがモデルです。

ねじなどの部品を扱うあるメーカーでは、ねじの3Dモデルをダウンロードできるようにしています。お客さまが自分のCADの中にモデルをダウンロードして、ねじの大きさやなどを確かめた上で発注ができるのです。

江口 パワー半導体でも同じような動きが一部あります。モデルをダウンロードして、スイッチングロスなどを確かめることができます。

新 レファレンスの回路の中に入れて動くのかどうか、発熱量や電流の変化が大丈夫かどうか。今はそういうデータが必要とされる時代です。ある電子部品メーカーでは、LCRアクティブ回路のCADソフトウェアを無料で提供しています。その会社のコンデンサを入れると、こういう特性になるということをお客さまが事前に確認できるようにしているわけです。

コンポーネントで秀でている富士電機は、優位なポイントがたくさんあると思いますよ。センサやパワー半導体などを他社が使えるような形にするという、IoTが大事だと思います。独自プロトコルではなくて、世界で通用するAPI(Application Programming Interface)のようなイメージです。

江口 ある部分、オープンにするということですね。

新 オープン・クローズ戦略です。価値のあるところはクローズにして、他社でも使えるところはオープンにする。逆に言えば、富士電機の製品も他社にどんどん侵入していけるということです。

江口 最近、機械メーカーやICT企業など、いろいろな会社の方とお話する機会が以前に比べて本当に多くなりました。そういうときにアイデンティティをしっかりと持っていないと、何をやろうとしているのか、さっぱり分からなくなってしまいます。

新 各社それぞれが提案して、合体すると全部がうまくいく。そういうアライアンスはすばらしいですね。

技術者は夢の持てる職業、 企業と大学との連携で人材の育成を

江口 富士電機はセンサもコントローラもやっていますが、制御技術をさらに強化する必要があると思っています。制御は人を育成するのが難しいです。制御は対象物があって初めて学べるものですから、制御理論だけでは不十分でしょう。大学では制御をどう教えていらっしゃいますか。

新 私の学生時代、“数学は役に立たない”といわれていました。ところが、今はインバータにしても何

にしても、みんな数式ベースになりましたから、大学でやったことが全部役に立つのです。学生にフーリエ変換を教えると、彼らは教養程度にしか聞いていませんが、エンジニアは今やフーリエ変換を使うのは当たり前です。モデルも微分方程式で記述され



て設計するという時代に入ってきています。

江口 基礎理論をきちんとやるのが、制御においては重要だということですね。

新 今、大学は企業との結び付きを強めていっています。電気通信大学では2006年から文部科学省のプロジェクトで、高度IT人材養成コースを大学院のマスターコースで行っていて、現在、7、8社に来ていただいています。制御理論、デジタル信号処理が扱える数値解析ソフトウェアを使ったり、セキュリティの話をしてもらったり。われわれ教員が「これは社会で使われている」と言っても学生は全然聞きませんが、実際に企業の方が「会社で大事だから」と言うと、みんな急にコロッと態度が変わるのです。ぜひ、富士電機にもご協力をいただきたいと思います。

江口 やはり人材育成は大学と企業が一体になってやらないといけませんね。

新 従来、企業で必要とされる知識を大学で教えるのは大変でした。高度IT人材養成コースでは、企業が育てたい人材を自ら教えることができます。

江口 人材育成の重要性を痛感しますね。デンマークのオールボー大学に今、女性社員が一人留学しており、先日、激励に行ってきました。制御理論を真っ向から勉強していました。彼女のような人材をどんどん育てていきたいですね。機会を作って、先生のところでも勉強させていただきたいと思います。

新 私も教員ですから、若い人々には夢を与えたいですね。初等中等教育といわれる高校までは、正解のあることを教えます。それでは夢は出てきません。大学で彼らの意識を変えるのに、とても苦勞をしています。「実は人間は何も知らないんだ。だから君たちが新しい製品を開発したり、新しいものを発明したりできる。何をやったって、すぐ新しいものができる」と、事あるごとに言っています。

江口 昔と比べて若者が保守的になってきています。少子化の影響でしょうか。

新 日本が一番いいですからね。富士電機がインフラをしっかり整えているからかもしれませんよ。冗談はさておき、日本がこれだけ良い国になったのは、私はエンジニアの力も大きいと思っています。

江口 先生のコラムには、あまりエンジニアが優遇されてないと書かれていました。

新 おそらく江口さんや私の世代は、技術者になることは尊敬される要因の一つでした。それがバブルの前後から、多くの理料系の逸材が金融系に流れるようになりました。しかし、技術者の私からすると、「これを開発したのは私だ」「このプラントは私が



造ったんだ」という感覚を、卒業生には味わってもらいたいですね。最低一つ成功体験がないと、技術者として非常に不幸だと思うのです。

江口 技術者はそういう意味では夢を持てる職業ですね。

新 富士電機は非常に伝統のある会社です。社会を揺るがす困難がありましたし、今日話題となっているIoTもあります。そうした大きな変化の中で、あるときは会社の形態を大きく変えて、あるときは選択と集中をし、しっかりと生き残ってきました。その歴史が現在の足場を築いています。その持続性と、アイデンティティーをきちんと持ちながらも時代とともに変わる会社であるということを、学生にも世間にも、もっと評価してもらいたいですね。

それは、わが電気通信大学も同じです。第二次世界大戦後に電気通信大学という名前になりましたが、当時、無線大学とか通信大学という案もあったそうで、電気通信大学というのは非常に先見の明のある名前だと思います。東京大学、東北大学など、他の国立大学法人の設置する大学はみな地名が付いていますが、唯一われわれだけ地名が付いていません。われわれは技術だけなのです。

私は21世紀も電気通信の時代だと思っています。IoTにおいて電気と通信は大事な技術ですから、富士電機と手を取り合い、日本に貢献していきたいと思っています。

江口 本日は新先生から、富士電機は多くの優れた技術を持っているけれども、自己アピールが足りないという意見をいただきました。今後はアピールにも力を入れて、そして人材を大切に日本社会に、ひいては世界に貢献していきたいと考えています。ぜひ、今後ともご指導をお願いいたします。本日はどうもありがとうございました。

成果と展望

強いコンポーネントをコアにしたエネルギーソリューションの提供



江口 直也

富士電機株式会社 取締役執行役員
技術開発本部長

1. まえがき

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

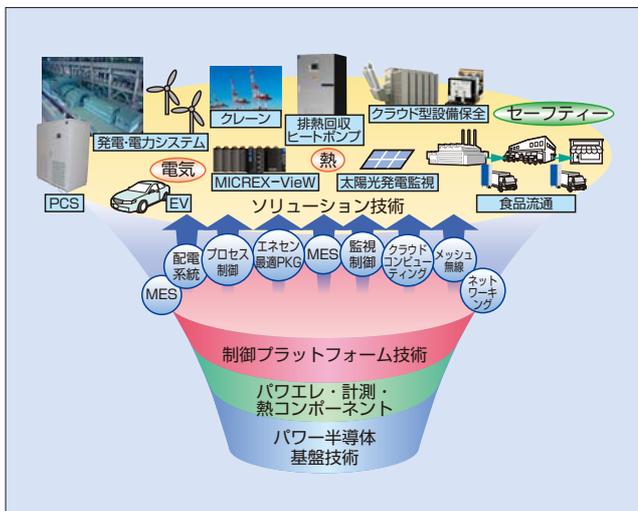


図1 富士電機のコア技術と注力分野

2. 世界トップレベルを狙う SiC デバイスとその適用製品

パワー半導体とパワエレ技術のシナジーにより、徹底的な差別化を狙うコンポーネントの開発としては、Siデバイスの物性限界を超えて劇的に損失を低減する次世代デバイスであるSiC（炭化けい素）パワー半導体と、これを適用したパワエレコンポーネントの開発に集中しています。

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

1,200V耐圧のSiC-SBDをFWD（Free Wheeling Diode）に使用し、IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）チップには富士電機製の第6世代「Vシリーズ」を適用したハイブリッドモジュールを製品化しました。このハイブリッドモジュールをインバータに適用した場合、従来のSiデバイスを使用した場合と比較して、発生損失を最大約30%低減することが可能で、特に高周波動作において低減効果が大きくなります。⁽¹⁾さらに、1,700V耐圧のSiC-SBDをFWDに使用したハイブリッドモジュールも製品化し（図2）、690V系列のインバータ「FRENIC-VGスタックシリーズ」に搭載して2014年11月に発売しました（図3）。このハイブリッドモジュールにより発生損失を約30%低減できました。このモジュールは高速でスイッチングするため、並列に接続したデバイスの電流分担の適切化やEMC（Electromagnetic Compatibility：電気・磁気的な妨害を及ぼさないこと／及ぼされないこと）の低ノイズ化が必要であり、電磁解析シミュレーションを駆使してインピーダンスのマッチング設計を実施しています。⁽²⁾

さらに、SiC-SBDとSiC-MOSFETを用いたAll-SiC



図2 SiC ハイブリッドモジュール

効率は、98.8%と高い効率を実現しています。また、直流昇圧回路とインバータ回路を最適に組み合わせることにより、フットプリントサイズを60%に小型化しています。本製品は、2015年度日本電機工業会電機工業技術功績者表彰で最優秀賞を受賞いたしました。

さらに、SiCの利点が発揮できる3,300Vなどの高耐圧のSBDとMOSFETのデバイス・モジュール開発を進め、試作品の評価とそれらを適用したパワエレ製品の開発を加速しています。

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

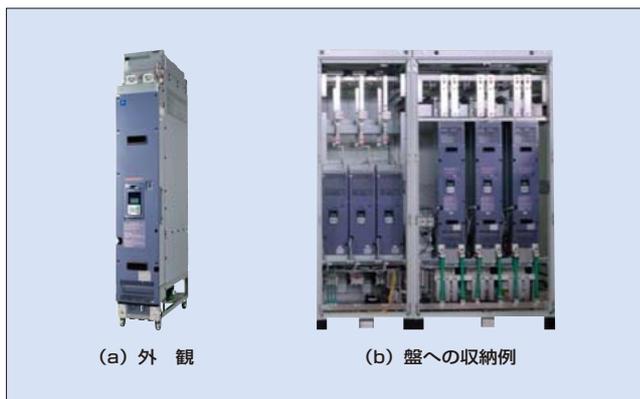


図3 690V 系列インバータ「FRENIC-VG スタックシリーズ」

3. 差別化されたパワエレ製品

パワー半導体技術とパワエレ技術は富士電機のコア技術であり、SiC以外でも、これら二つの技術のシナジーを生かして省エネルギー（省エネ）につながる特徴あるコンポーネントを開発しています。

1台のモータで発電と駆動を行うマイルドハイブリッド車向けのインバータに搭載される、RC (Reverse-Conducting)-IGBT を適用したモジュールを開発しています。RC-IGBTは、IGBTとFWDを1チップ化したデバイスです。富士電機で量産しているフィールドストップ型IGBTをベースに最先端の薄ウェーハ加工技術により、低損失化した650V耐圧のRC-IGBTを開発しました。これにより、通常のIGBTとFWDの組み合わせと比較して、20%の小型化が実現できます。

全世界の使用エネルギーの約40%を占めるモータの高効率化のため、日本でもトップランナー制度によって効率規制が2015年4月から開始されました。その規制基準に対応した「プレミアム効率モータ」を開発しました。有限要素法や電磁界解析を駆使して、スロット形状の最適化による銅損や鉄損の低減、熱流体回路網法を活用した熱設計による風損の低減などにより効率規制値を満足させました(図5)。

また、空調機器のファン駆動用としてモータにインバータ機能を内蔵したインバータ一体型モータを開発しました(図6)。ファンの冷却風による冷却構造とし、熱設計と耐振動解析を実施し、汎用インバータと標準モータの組み合わせと比較して、体積は38%減、質量は31%軽量化を実現しました。ダンパ制御の場合と比較しても、40%以上の省エネ効果が得られます(6)。

グローバル市場向けインバータ製品としては、中国ファン・ポンプ市場向けの「FRENIC-VPシリーズ」や空調向け「FRENIC-HVAC」の北米の575V電源に対応した機種の開発、欧州市場向けエレベータ用インバータ「FRENIC-Lift」のモデルチェンジなど、品ぞろえを進め

モジュールを開発し、メガソーラー用パワーコンディショナ(PCS: Power Conditioning Sub-system)に適用しました(図4)。このモジュールは、SiCデバイスの高密度実装のため、ワイヤボンディングに代わりパワー基板上に形成した銅ピンにより配線しています。さらに、低熱抵抗化のために厚銅板が接合された窒化けい素基板を採用し、エポキシ樹脂封止などの技術を適用することで、高温動作、高放熱、低インダクタンスを実現した超小型・高信頼性モジュールです。

このモジュールを搭載したメガソーラー用PCSの最大



図4 メガソーラー用パワーコンディショナと All-SiC モジュール

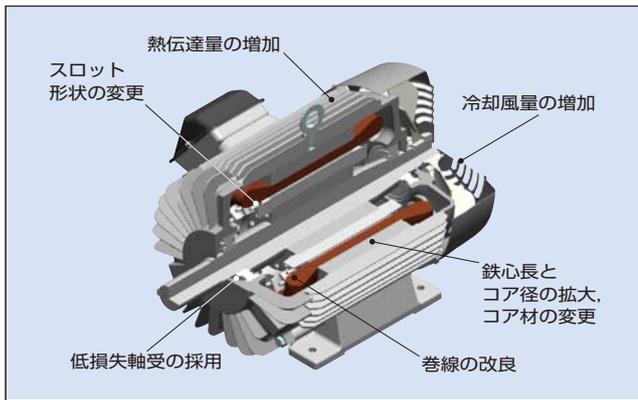


図5 モータの損失低減策

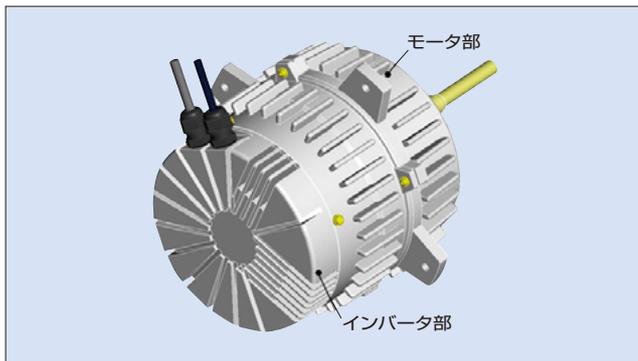


図6 インバーター体型モータ（開発機）

ています。

受配電・開閉・制御機器コンポーネントにおいては、省スペースかつ高信頼性という設備や制御システムのニーズに応える制御機器を開発しています。小型電磁接触器「SKシリーズ」の32A品（SK32形）では、横幅寸法53mmの小型化を実現し、取付け面積を33%削減しました。永久磁石を用いた有極電磁石を新たに開発し、電磁石容量を大幅に低減しています（図7）。図に示すプランジャ動作時の電圧降下による不安定動作をなくすため、コイルへの電圧印加後、コイル電流が十分に上昇してからプランジャが動作するよう、永久磁石の磁束量を最適化しました。こ

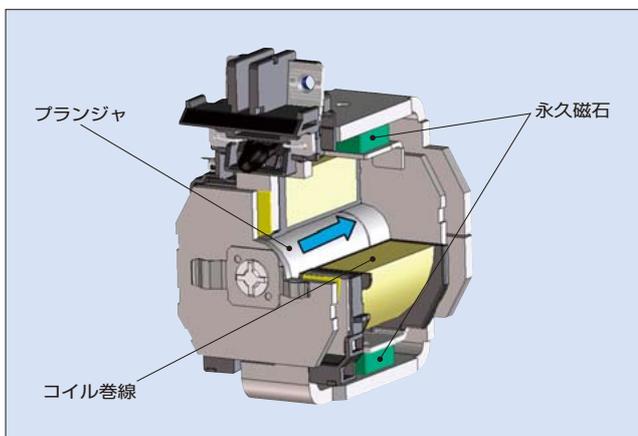


図7 直流電磁石

れにより、投入動作直前の永久磁石とプランジャ間の保持力を大きくして動作を安定させ、小さな電磁石で必要十分な吸引力の確保を実現しました。

また、充電部を露出させないことで、安全性を高めたサーキットプロテクタを開発しました。制御回路を保護するための端子カバーの機能を製品に一体化して製品外形を従来より20%小型化し、かつ、ねじアップ端子構造の標準採用により配線工数を大幅に削減しています。

4. 計測・熱コンポーネント

富士電機が得意とするMEMS（Micro Electro Mechanical Systems）技術でセンサを小型化し、消費電力を千分の1以下とすることで電池駆動を可能とした、世界初の電池で駆動する家庭用ガス警報器を開発しました。大阪ガス株式会社からは2015年5月に発売され、東京ガス株式会社からは10月に発売されます。大阪ガス株式会社との共同研究により、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）助成事業“次世代高信頼性ガスセンサー技術開発”の支援の下、長期信頼性を確立しました。

差別化された熱コンポーネントとして、データセンターの空調エネルギーの省エネを狙った、外気の冷熱と蒸気圧縮式の冷凍冷房を組み合わせたハイブリッド空調機「F-COOL NEO」を開発しました（図8）。外気の冷熱活用に当たっては、外気に含まれる塵埃（じんあい）や腐食性物質などの影響を受けにくい間接方式を採用し、外気温度と冷房負荷に応じてそれぞれの運転割合を自動で制御する方式を開発しました。モジュール型の模擬データセンターでの実測データを基に推定した年間の消費電力量は、一般の空調機の約1/3であり、大幅な省エネが実現できます。なお、本製品は、2014年度日本機械工業連合会会長賞を受賞しました。



図8 ハイブリッド空調機「F-COOL NEO」評価装置

5. 制御システムプラットフォーム

エネルギーの安定供給，省エネ，安全・安心，自動化・効率化に貢献する各種制御ソリューションパッケージを開発しています。そのコア要素として制御システム層，ソフトウェアライブラリ層，エンジニアリング環境から構成される制御システムプラットフォームを開発しました⁽⁷⁾。

工場における製品の品質向上と操業の安定化・高効率化ソリューションとして，高速コントローラ・大容量ネットワークによる駆動システムソリューションを開発しました。図9に示すように，従来は統合コントローラと専用モーションコントローラの2台のコントローラで構成していた機械制御システムを，高速・高精度コントローラ「SPH3000MM」により1台で構成することが可能となります。SPH3000MMは，従来の「SXバス」と比較して，4倍の伝送速度と100倍超のタクト精度を実現する高速フィールドバスである「E-SXバス」を2系統搭載しています。

また，高速・大容量制御ネットワークである「SX-Net」とE-SXバスを実装した高速・大容量ネットワーク対応コントローラ「SPH3000MG」により，複数のコントローラの同期が可能となります。さらに，複数コントローラや操作・監視装置を制御ネットワークで接続して構成されるプラント制御システムの高精度化が実現できます。鉄鋼プロセスライン制御システムの各セクションを統括するコントローラとインバータを制御するコントローラ（DMC：Drive Master Controller）として，SPH3000MGを適用した例を図10に示します。1台のDMCで最大で64台のインバータを制御することができ，コントローラの台数を大幅に削減することが可能となります。

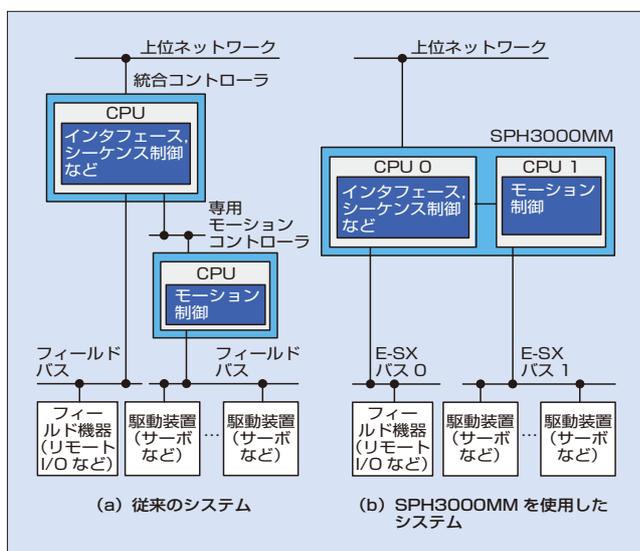


図9 従来システムと「SPH3000MM」システム

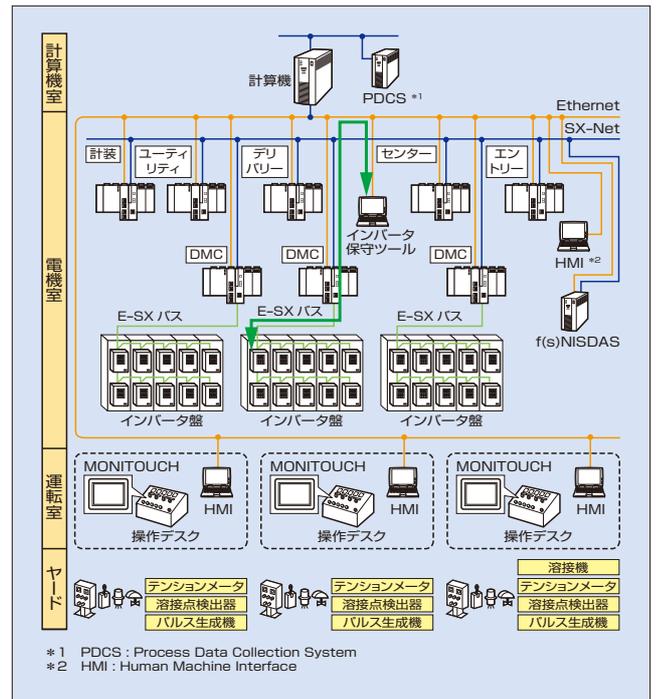


図10 新しい鉄鋼プロセスライン制御システムの構成例

6. エネルギーソリューション

エネルギーソリューションとして，火力発電や地熱発電の高効率化を継続的に推進しています。さらに，電気エネルギーや熱エネルギーの最適制御により省エネを実現する各種エネルギーマネジメントシステム（EMS：Energy Management System）を開発し，スマートコミュニティの構築を目指しています。

2010年度から開始された経済産業省“次世代エネルギー・社会システム実証事業”では，四つの地域（横浜市，豊田市，けいはんな学研都市，北九州市）で，次世代エネルギーシステムの実現を視野に，地域の再生可能エネルギーの安定で高効率な活用やBEMS（Building Energy Management System），HEMS（Home Energy Management System），FEMS（Factory Energy Management System），REMS（Retail Energy Management System）などのエネルギーマネジメントシステムの開発・実証が行われました。富士電機は，北九州市，けいはんな学研都市の実証システムに積極的に参加し，2014年度でそれぞれ実証を終了しました。

北九州市では，“地域節電所”を核とした地域エネルギーマネジメントシステム（CEMS：Cluster Energy Management System）を開発し，各種実証を実施しました。CEMSからの節電要請に対して，一般家庭自身で参加・不参加を決めて，参加に応じてプリペイドカードに交換できるエコポイント付与による需要調整の実証をしました。また，太陽光発電の発電量が多く余剰電力が発生する軽負荷日において需要を喚起する“秋季CBP（クリティ

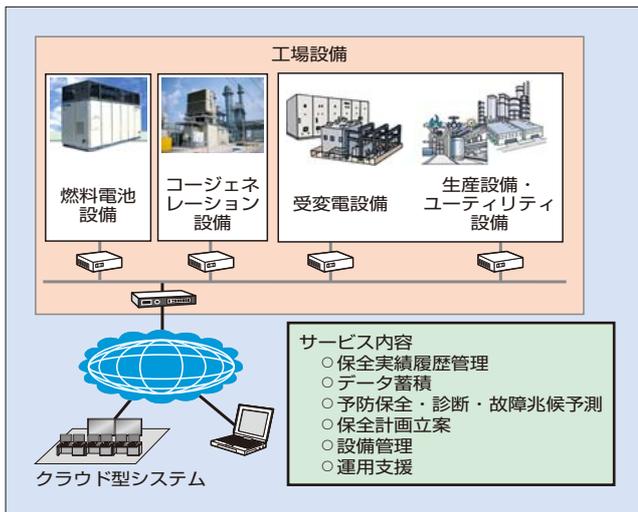


図11 統合クラウドサービス

カル・ボトム・プライシング)”を行いました。

けいはんな学研都市の実証事業では、BEMSやREMSを対象に商用施設やホテルなどにおいて、イベントの有無や入場者数の推測値からエネルギー需要を予測する入場者対応予測アルゴリズムの要素技術開発と実証を行いました。

また、店舗ショーケースで培ってきた気流制御によるエアーカーテン技術と計測制御を活用して、冷凍冷蔵倉庫において、さらなる省エネ制御ソリューションの開発も進めています。

最近、全てのものがインターネットにつながるIoT (Internet of Things) という概念が脚光を浴びています。富士電機は、現場のデータをクラウドに上げ、クラウド上での解析や最適化などによる各種サービスやソリューションの提供を考えています。その一つとして、「統合クラウドサービス」を開発しました。富士電機の強みであるセンシング技術を基に収集したデータをクラウド上で省エネ分析を行う技術をはじめ、需要予測技術や品質傾向解析技術、設備劣化診断技術などを駆使し、エネルギー管理・省エネ制御支援、設備稼働監視、保全業務支援などの機能を一体化して、設備導入から運用・更新までのトータルライフサイクルを通じて全体最適を支援するサービスです(図11)。

今後も、特徴あるセンシング技術と現場ノウハウを生かした各種の分析・解析技術や最適化技術を進化させ、IoTを活用したサービス、ソリューションを創出します。

7. 基盤・先端技術

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

IoTによるサービスやソリューションの差別化のためには、収集したデータの解析技術の差別化が重要となります。製造プロセスの異常診断のために多変量統計的プロセス管理による異常診断技術を開発しました。その技術をタービンシャフトの振動データ解析に適用した例を図12、図13

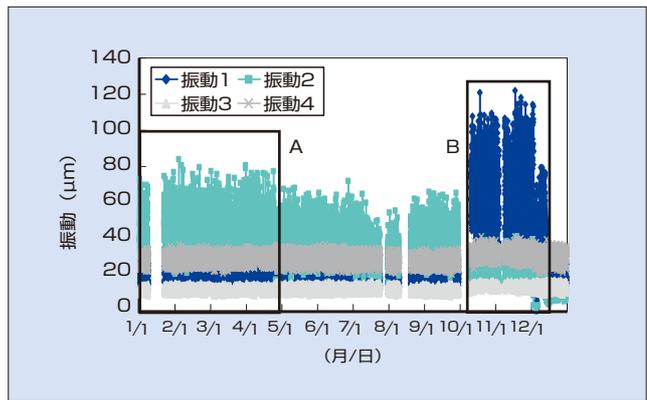


図12 タービンシャフトの振動データ

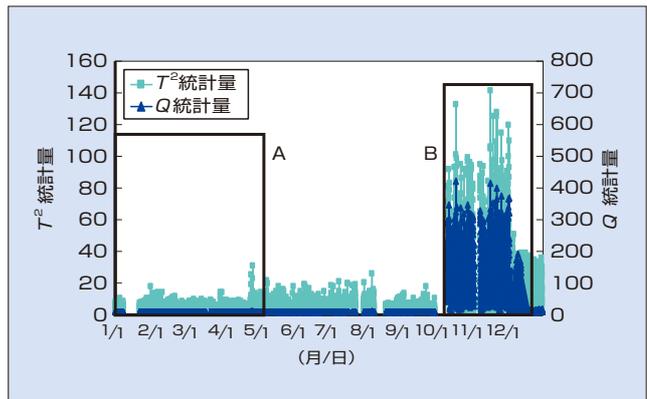


図13 振動データの解析結果

に示します。図12は、振動データで、図中のB区間はセンサに異常があり、判断のしきい値である120μm以下ですが、異常かどうかの判断ができません。一方、正常区間(図中のA)で変量統計的プロセス管理モデルを構築して統計量を評価した図13では、B区分の統計量が他の部分と比較して大幅に大きくなっており、その区間が異常であることを明確にすることができました。その他、部分的最小二乗法や数式による最適化手法の開発と、実データへの適用検証も実施しています。

また、熱流体や構造、電磁気、EMCなど、各種シミュレーション技術を構築しています。それらに加えて、受配電・開閉・制御機器コンポーネントなどの接点の開閉時に発生するアーク挙動のシミュレーション技術を開発しました。熱流体解析と電磁界解析を連成させることにより、外部磁場やアークそのものの電磁力を考慮するとともに、アークによって発生する蒸発ガスもモデルに組み込んでいます。

サーキットプロテクタのアークシミュレーションの例を図14、図15に示します。図14からアーク電圧の計算結果が実測とよく一致していることがわかります。また、本シミュレーションにより、時系列で温度分布、電流密度、ガス流速、圧力、ガス成分などを計算することができ、消弧室の設計検討に活用することができます。

このほか、熱力学的なシミュレーションによるタービン

材料の腐食予測など最先端のシミュレーション技術の研究も継続して実施しています。

材料技術としては、SiC などの高温動作デバイスのパッケージ用として 250℃ に耐えられる樹脂の開発をはじめ、金属組織シミュレーションを活用した異種金属接合技術の開発、磁性材料の残留応力や熱による物性変化などについて、継続して研究を推進しています。

また、グローバルに製品を展開していくに当たって、国際規格への対応はますます重要となっており、富士電機もこの国際規格への取組みを継続して強化しています。特に、パワエレやスマートコミュニティ関連では、国際

委員会活動に積極的に取り組んでおり、PCS の EMC やインバータ効率測定の規格制定活動に貢献し、成果を上げています。

8. あとがき

富士電機が取り組んでいる、電気エネルギーを安全・安心に効率的に供給して利用する技術や、無駄なく熱エネルギーを活用する技術、ならびにそれらを最適に制御する技術を中心にその概要を紹介しました。

2014 年度は、研究開発力の強化に向けて、全社の研究開発棟として東京工場に、パワー半導体の技術開発センターとして松本工場に、器具事業の評価試験機集約を行う研究開発棟として吹上工場に、それぞれ建設を開始しました。

このように今後も研究開発を精力的に進め、富士電機のブランドステートメントに込められた“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する”という思いを実現し、地球社会のよりよき企業市民として貢献すべく、邁進してまいります。

参考文献

- (1) 小林邦雄ほか. 1,200 V 耐圧 SiC ハイブリッドモジュール. 富士電機技報. 2014, vol.87, no.4, p.240-243.
- (2) 佐藤和久ほか. SiC ハイブリッドモジュールを搭載した 690 V 系列インバータ「FRENIC-VG スタックシリーズ」. 富士電機技報. 2015, vol.88, no.1, p.32-35.
- (3) 梨子田典弘ほか. メガソーラー用パワーコンディショナ向け All-SiC モジュール. 富士電機技報. 2014, vol.87, no.4, p.244-248.
- (4) 大島雅文ほか. All-SiC モジュール搭載のメガソーラー用 PCS「PVI1000AJ-3/1000」. 富士電機技報. 2015, vol.88, no.1, p.13-17.
- (5) 館憲弘ほか. 富士電機のトップランナーモータ——「プレミアム効率モータ」の損失低減技術——. 富士電機技報. 2015, vol.88, no.1, p.36-40.
- (6) 宇津野良ほか. インバーター体型モータ. 富士電機技報. 2015, vol.88, no.1, p.41-45.
- (7) 近藤史郎ほか. ソリューションを支える計測・制御技術の現状と展望. 富士電機技報. 2014, vol.87, no.1, p.4-8.
- (8) 坂田昌良ほか. アークシミュレーション技術. 富士電機技報. 2014, vol.87, no.3, p.216-221.

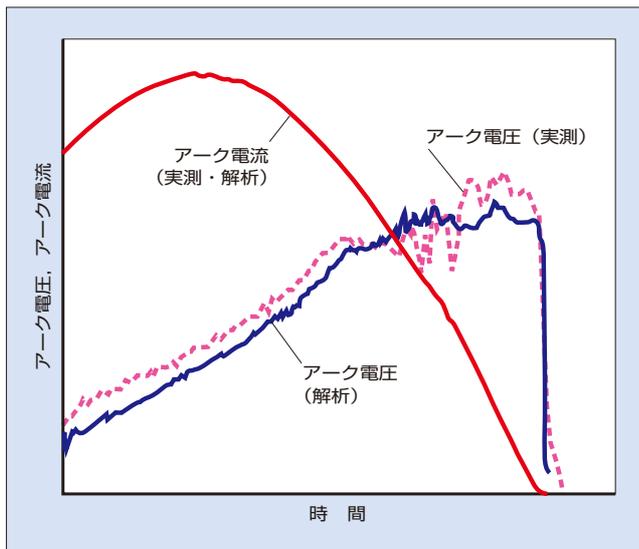


図 14 遮断時のアーク電流とアーク電圧

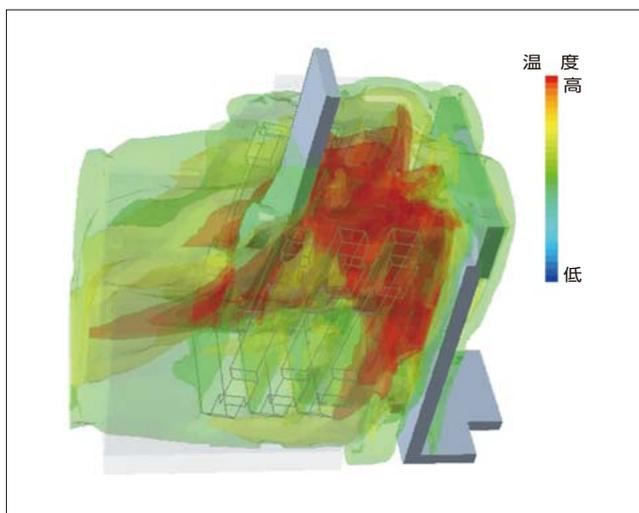


図 15 サーキットプロテクタのアークシミュレーション結果

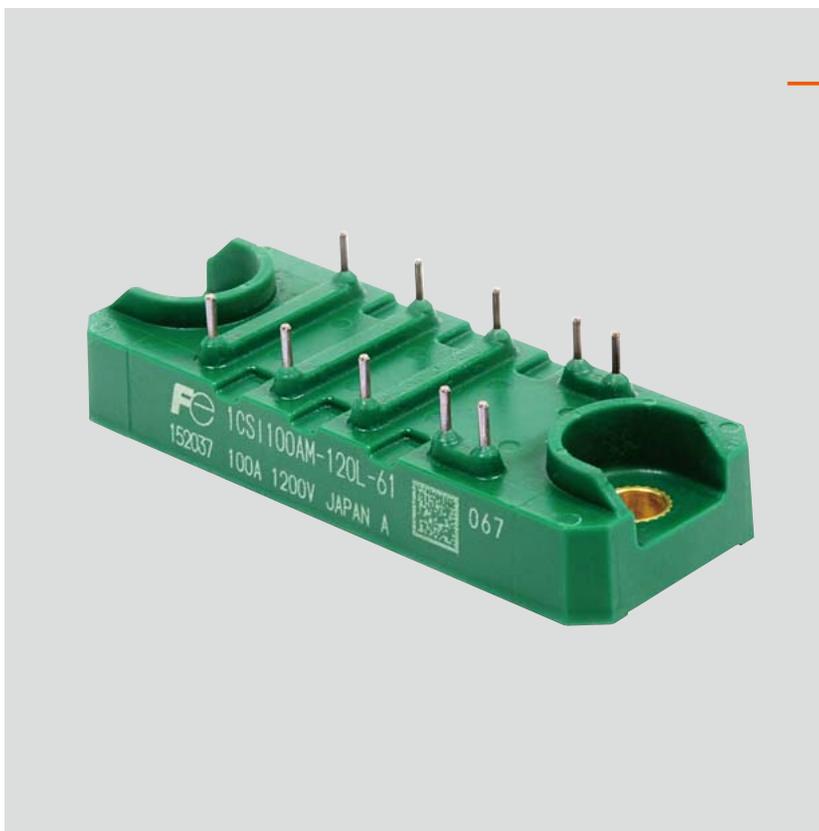


All-SiC モジュール搭載のメガソーラー用 PCS「PVI1000AJ-3/1000」

近年、太陽光発電システムに対して、より高い発電性能と信頼性が求められている。このシステムの中心となるパワーコンディショナ（PCS）には、大容量化をはじめ、高効率、電源系統にじょう乱が発生しても発電状態を継続する信頼性、トータルコストの低減などが求められる。

富士電機は、メガソーラー用 PCS「PVI1000AJ-3/1000」を開発した。次世代半導体デバイスである SiC（炭化けい素）-MOSFET（Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor）と SiC-SBD（Schottky Barrier Diode）から成る All-SiC モジュールを採用することにより、装置の最大効率が業界最高レベルの 98.8% を達成した。また、従来機種と比較してフットプリントサイズが約 60% となる小型化を実現している。

本製品は、平成 27 年度（第 64 回）電機工業技術功績者表彰 最優秀賞を受賞している。

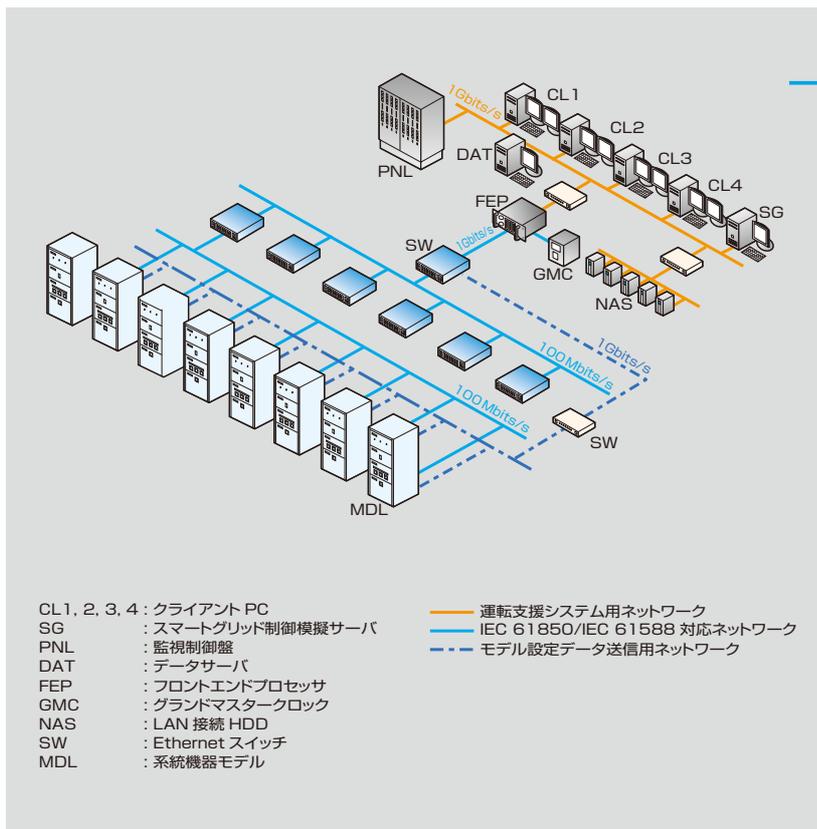


チョッパ回路用 All-SiC モジュール

低炭素社会の実現に向け、消費電力の大幅な低減が期待できる SiC（炭化けい素）デバイスが注目を浴びている。富士電機は、松本工場の 6 インチラインで量産を開始した SiC-MOSFET（Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor）と SiC-SBD（Schottky Barrier Diode）を適用し、チョッパ回路用 All-SiC モジュールを製品化した。

本モジュールは、1,200 V/100 A 定格であり、従来の Si-IGBT モジュールに対してフットプリントサイズが約 55% となる小型化を実現した。本モジュールは、太陽光発電用パワーコンディショナ（PCS）の昇圧回路に採用され、回路の小型化と大幅な損失低減に貢献している。これにより、PCS のサイズが 20% 小型化されるとともに、変換効率は業界最高レベルの 98.8% を達成した。

中部電力株式会社向け 系統解析シミュレータ



富士電機は、中部電力株式会社 系統解析 (PSA) センターにスマートグリッドを模擬できる“ハイブリッド系統解析シミュレータ”を納入した。

本設備は、実電圧・実電流による電力系統解析を行う系統解析シミュレータであり、分散電源を含む多様な系統構成を模擬できる。

情報通信インフラとして、電力用通信プロトコル (IEC 61850) と時刻同期方式 (IEC 61588) を採用し、次世代情報通信技術に基づく系統制御システムの開発・検証に適用が可能である。

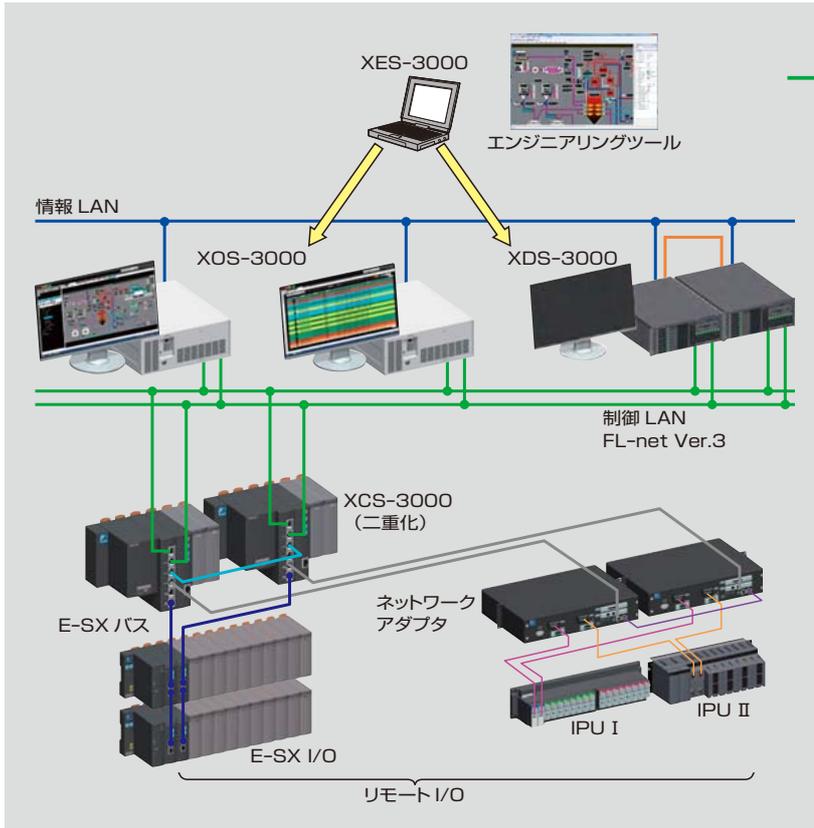
今後、再生可能エネルギーの大量導入による系統への影響評価や、再生可能エネルギーの最適運用を可能とするスマートグリッド技術の検証に寄与することが期待される。

船舶用排ガス浄化システム (サイクロン式 SO_x スクラバ)



船舶からの大気汚染を防止するため、国際条約 (MARPOL 条約) に基づき、排ガス規制が順次強化されている。富士電機は、2015 年から強化される SO_x・PM 規制に対応した船舶用排ガス浄化システム (サイクロン式 SO_x スクラバ) を開発した。本装置は、排ガス中に海水を噴霧し、その液滴に SO_x を溶解させて低減する。主な特徴を次に示す。

- (1) 従来品と比べて容積で 50% 以上縮小した業界最小サイズ (直径 2m, 高さ 7m) を実現した。新造船だけでなく既存船にも搭載が容易である。
- (2) サイクロン式の採用により、装置内に渦流を生成し、SO_x 吸収反応時間を確保した。
- (3) 高拡散噴霧ノズルの採用により SO_x 低減率を 98% 以上に向上し、2015 年からの指定海域規制に対応した。
- (4) SO_x 溶解のモデル実験と流体シミュレーションを行い、圧力損失や液滴飛散率の低減を実現した。



中小規模監視制御システム 「MICREX-VieW XX」

富士電機は、産業・社会インフラにおける要求に応えるために制御システムアーキテクチャを共通化した中小規模監視制御システム「MICREX-VieW XX (ダブルエックス)」を開発し、発売した。製品コンセプトは“優れた視認性と操作性”“電機制御と計測制御の融合”“高い信頼性”“効率的なエンジニアリング”“高い継承性”であり、富士電機の技術力を集約し高度に融合させたシステムである。

監視性と操作性に優れた次世代 HCI、高速・大容量コントローラ、高信頼性システム構成 (I/O、コントローラ、データベース、ネットワークの全てを冗長化)、および高い効率性を持つ統合エンジニアリングツールで構成する。多機能ネットワークアダプタを接続することで既設の資産を有効に活用し、短期間に、かつ安価に高信頼システムに更新できる。



欧州向けエレベータ用インバータ 「FRENIC-Lift LM2A」

欧州では、エレベータについて安全規格への対応や制御方式の高度化が求められている。また、既存の建物に設置するために機械室が不要なエレベータの需要が高まり、制御盤を昇降路内や乗降口扉横の狭いスペースに設置するための薄型・小型化が不可欠となっている。富士電機は、これらの要求に応じてエレベータ用インバータ「FRENIC-Lift LM2A」を製品化した。

主な特徴は次のとおりである。

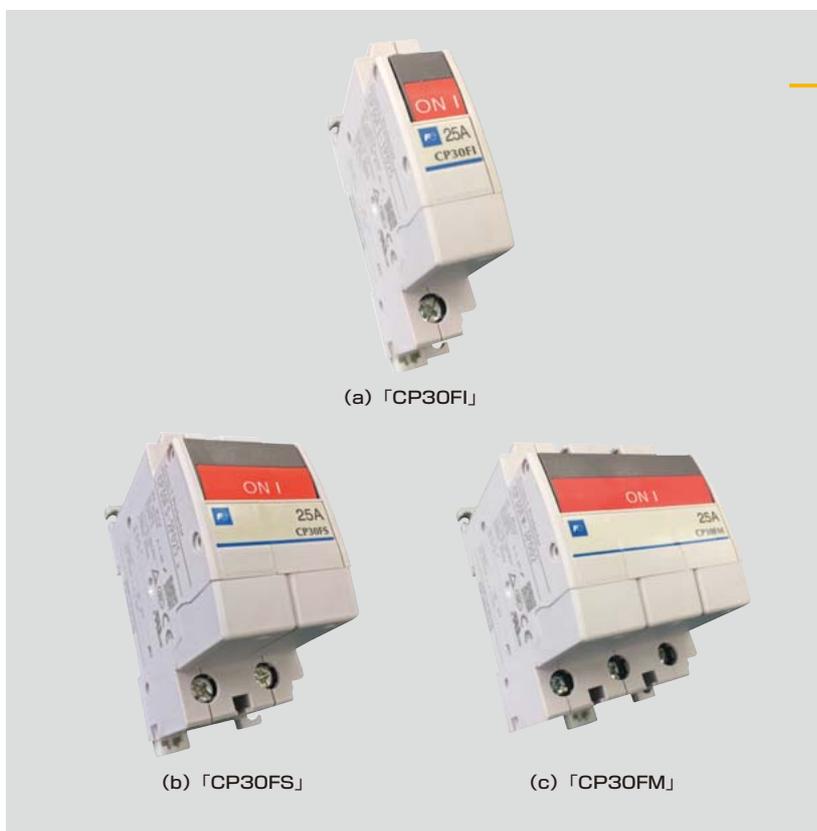
- (1) 従来品の横幅 220 mm から 140 mm に薄型化して業界最小クラスのサイズの実現 (7.5 kW EMC フィルタ内蔵)
- (2) 欧州安全規格 (EN81-20) の第三者認証の取得 (モータ出力遮断のコンタクトレス対応)
- (3) 欧州市場の主要なエンコーダに対応
- (4) エレベータ距離制御用の通信機能 (DCP4/DSP417) を 2015 年度に搭載予定



高周波絶縁型補助電源装置

海外の地下鉄車両や新交通システム車両に適した、小型・軽量の高周波絶縁型補助電源装置を開発した。最近の鉄道車両は、省エネルギー化やサービス機器の増加のため、軽量化が推進されており、補助電源装置にも小型・軽量化が強く求められている。従来は、三相交流を商用周波トランスで絶縁する方式が主流であったが、今回、共振型インバータで変換した高周波電圧を高周波トランスで絶縁する方式とした。高周波により磁束を下げることで、トランスの質量を従来の約1/10に軽量化できる。また、共振型インバータを用いることで、パワーデバイスのスイッチング損失の低減を図っている。

本装置は、従来方式に対し、装置体積で約25%減の小型化を、装置質量で約35%減の軽量化を実現している。



サーキットプロテクタ「CP30F」のモデルチェンジ

サーキットプロテクタは各種制御盤の制御回路および機器の保護、電子機器の回路保護に使用される遮断器である。近年、制御盤や機器は小型化、省配線化、安全性の向上、グローバル化といった市場ニーズが高まっている。富士電機はこれに応えるため、サーキットプロテクタ「CP30F」のモデルチェンジを行った。

主な特徴は次のとおりである。

- (1) 端子カバーの機能を製品と一体化し、設置面積を既存品に対して20%縮小した。
- (2) 新しい端子構造を採用し、接続電線の配線工数を既存品に対して40%削減した。
- (3) 主端子の保護等級をIP20とした。
- (4) JIS, UL, IEC および GB 規格に適合している。



富士電機のトップランナーモーター 「プレミアム効率モーター」

近年、地球温暖化防止のため、世界的に使用エネルギー削減の機運が高まり、日本も「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」（省エネ法）に基づくトップランナー基準を採用し、適用機器を拡大してきた。三相誘導電動機も2013年に対象となり、富士電機はこの基準を満足する「プレミアム効率モーター」を製品化した。

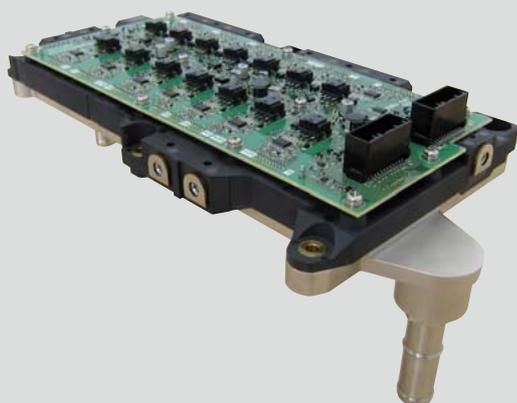
主な特徴は次のとおりである。

- (1) 溝寸法やコア材の最適化などで損失を低減し、0.75～375kWの出力でトップランナー基準の効率を実現した。
- (2) JIS C 4210に示す枠番号および取合い寸法に準拠しており、取替えが容易である。
- (3) 温度上昇を抑えつつ絶縁性能を上げ、鋳鉄フレームの範囲を拡大して耐食性の向上や低騒音化を促進した。また、屋外仕様の保護等級を世界標準に合わせてIP55とした。

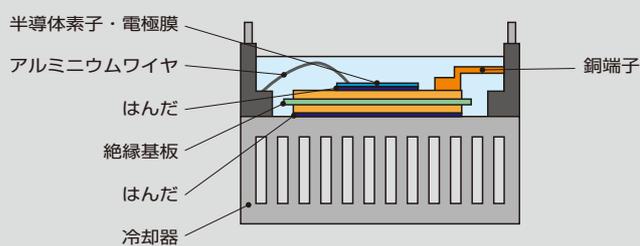


1,200V 耐圧の SiC ハイブリッドモジュール

富士電機は、省エネルギーに貢献するインバータに適用するパワーデバイスとして、1,200V耐圧のSiCハイブリッドモジュールの開発を推進している。このハイブリッドモジュールには、国立研究開発法人産業技術総合研究所と共同で開発し、松本工場の6インチラインで量産するSiC-SBD（Schottky Barrier Diode）チップを採用した。IGBT（Insulate Gate Bipolar Transistor）には、富士電機製で最新の第6世代「Vシリーズ」IGBTチップを搭載した。このSiCハイブリッドモジュールのパッケージには、Siモジュールと同じ2in1パッケージを採用して互換性を持たせた。300A定格品において、従来のSiモジュールに比べて約25%の低損失化を実現した。



(a) 外観



(b) 断面図

第2世代車載用 IPM

ハイブリッド自動車（HEV）や電気自動車（EV）のモータ制御に用いるインテリジェントパワーモジュール（IPM）には、小型・軽量化が求められている。

富士電機は、第2世代の車載用アルミニウム直接水冷型 IPM において、冷却器の高放熱化、接合材料の高耐熱化、立体配線による実装面積の削減により、第1世代に対して大幅な小型化を実現した。具体的には、ヒートシンクとウォータージャケットを一体化した薄型アルミニウム直接水冷構造の冷却器設計技術、175℃連続動作を可能とする高耐熱材料（アルミニウムワイヤ、電極膜、はんだ）、小型立体配線を可能とする超音波銅端子接合技術を開発した。

これらの技術を確認することで、第1世代に対して体積 30%、質量 60% の低減を実現した。

ヒータ電力 ZERO 自動販売機

自動販売機の省エネルギー（省エネ）要求がますます高まっている。富士電機は、一年間の実運転における消費電力量を大幅に削減することをコンセプトに、これまで部分的に使用していた電熱ヒータを一切使用せずに、加熱効率の高いヒートポンプを全ての運転領域で行うことが可能な自動販売機を開発した。従来の省エネ型自動販売機と比較して約 15% の年間消費電力量を削減できる。

主な特徴は次のとおりである。

- (1) 全庫内・全運転領域をヒートポンプ加熱のみにし、主要運転領域における加熱効率を、従来比で約 50% 向上した。
- (2) 圧縮機メーカーとの共同開発による、自販機用に改良した高効率圧縮機を搭載した。
- (3) 高密度アルミニウムフィンを採用した新型熱交換器による、高い熱交換効率を実現した。





株式会社セブン-イレブン・ジャパン向け ドーナツ仕器

株式会社セブン-イレブン・ジャパンが2013年から導入した“セブンカフェ”に続き、“セブンカフェドーナツ”を販売するための仕器を開発した。本製品は、庫内温度を一定に保冷しながらも、乾燥を防ぐことができる冷却方式の採用により、ドーナツの美味しさを保つことができるショーケースである。

主な特徴は次のとおりである。

- (1) 冷却器にはペルチェユニットを採用し、庫内冷気循環方式によるきめ細やかな保冷性能を実現した。
- (2) “セブンカフェ”と統一感がある外装と、やさしさを表現したRデザインに合わせたLED照明を開発した。
- (3) 清掃性を考慮して、フロントガラス開閉構造と棚板着脱構造を採用した。さらに、棚をスライド方式にすることで、ドーナツを取り出しやすくした。

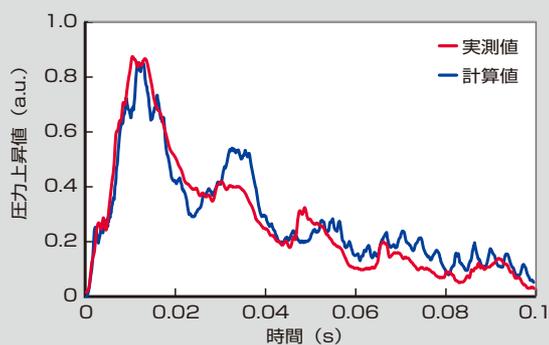


苫東ファーム株式会社 植物工場プラント 向け設備

北海道苫小牧市に建設された苫東ファーム株式会社の太陽光利用型植物工場プラント向けに、複合環境制御システムをはじめ、受変電設備、環境計測機器、冷蔵設備、次世代新物流マテハン「D-BOX」などを納入した。プラントの鍵を握る複合環境制御システムは、温度、湿度、CO₂濃度といった情報の一元管理を行うとともに、時間帯や複数の環境情報などを組み合わせた高度な環境制御を行うものである。これにより、安定的かつ高品質なイチゴの通年栽培を目指す。また、木質バイオマスを活用したエネルギー供給センターからの熱供給により、化石燃料の使用量を削減した施設運営を実現している。

今後は、植物工場の事業者に対して、各種設備・システムに加えて経営や施設運営のノウハウを含めた植物工場全体のエンジニアリングを提供していく。





(a) 配電盤内部の圧力上昇値の比較



(b) 配電盤内部アーク試験の様子（第三者認証試験）

配電盤内部の短絡事故を想定したアーク連成解析技術

国際標準規格（IEC 62271-200）では、配電盤内部で短絡事故が発生した場合の安全性が規定されており、事故時のアークによる圧力上昇に対応する構造が要求されている。

富士電機は、この規格に適合させるため、配電盤に特化した三次元簡易有限体積法熱流体解析と、発生するアークエネルギーを予測するアーク連成解析とを行うための解析ツールを開発した。これにより、次に示すことが可能となった。

- (1) 配電盤の形状や放圧構造の考慮
- (2) 解析時間の大幅削減（従来比 1/100 程度）
- (3) 配電盤内部の圧力上昇の高精度予測（図 (a)）
- (4) 高温ガス対流解析・配電盤筐体（きょうたい）の強度解析による配電盤内外の安全性を満足する設計

本解析ツールを使用して設計した盤で第三者認証試験（図(b)）に合格し、IEC 規格に適合した配電盤を製品化した。



発電システム



火力・地熱プラント
再生可能エネルギー・電力安定化
燃料電池
原子力

展望

2014年度は原子力発電所の再稼働に向けた新規規制基準適合審査が続けられているが、依然として火力発電所の高稼働は継続している。一方で、国連気候変動パリ会議(COP21)をにらみ、エネルギーミックスも並行して検討され、既存の老朽化火力の更新も加速するものと予測される。太陽光発電については、設備認定容量と建設設備容量の差はまだ大きく、2015年度以降も建設は継続するとみられている。その他の再生可能エネルギーについては、小規模の地熱バイナリー発電と並行して、大規模地熱発電や風力発電の建設が活発化していくものと予測される。

海外では、新興国を中心に長期的な電力需要の伸長に裏付けされた大容量高効率石炭火力発電、ガスタービン発電所のコンバインド化およびガスタービンコンバインドサイクル(GTCC)発電の建設が継続している。また、地熱発電は東南アジアでの開発に加え、アフリカなど他の地域でも具現化が進むと予測される。

火力発電分野では、2014年度に国内大型GTCC案件を受注した。また、石炭バイオマス混焼火力向け中容量蒸気タービン・発電機設備(3案件)を受注した。一方、海外についても新規市場の開拓を主眼にアジア市場以外の案件にも取り組み、サウジアラビアでの受注に結びつけた。研究開発として、A-USC(先進超々臨界圧)向け蒸気タービン用高温弁要素技術開発を継続している。地熱発電分野では、初のバイナリー発電設備を九州滝上地区で受注した。また、海外においても、現地業者とのパートナーリングによる元請けとして、インドネシアで2案件、アイスランドで1案件を受注した。

太陽光発電設備では、EPC案件として木曾岬干拓地メガソーラーが、直流出力49.2MW、交流出力35MWで2014年12月に竣工した。太陽光発電用パワーコンディショナ(PCS)は、屋外型単機容量1MW、35台を適用して高効率化を追求している。コンポーネントとしては、富士電機製のSiCモジュールをチョッパ回路に搭載し、DC1,000V対応、屋内型単機容量1MW、変換効率98.8%を実現したAll-SiCモジュール搭載のPCSを製品化した。

風力発電分野では、環境アセスメント手続きを終了した

大規模風力発電プロジェクトの着工や運転開始が見込まれる。富士電機は、コンポーネント、システム、元請けの三つのビジネスを軸に風力事業を拡大していく。安定化装置用PCSは自立運転機能付き750kVAの開発を完了し、安定化装置の市場拡大を図る。

燃料電池分野では、再生可能エネルギーの固定価格買取制度(FIT)の対象となる、下水消化ガス仕様の機種を、2014年度に4か所の下水処理場に合計10台納入し、運転を開始した。そのほかに、国内では、病院、地域熱供給事業、大学にそれぞれ1台ずつ都市ガス仕様の機種を納入した。海外では、韓国に1台、南アフリカに1台、天然ガス仕様の機種を納入し、運転を開始している。

原子力分野では、福島第一原子力発電所の事故から4年が経過し、同発電所では着実なサイトの保全のフェーズに移るとともに、技術研究組合 国際廃炉研究開発機構(IRID)などを中心に、廃炉に向けた格納容器内の観察や止水、デブリの取出し、汚染水処理による2次廃棄物の処理方法など、多岐にわたる技術開発が開始された。富士電機は、廃止措置に必要な遠隔解体などの技術開発のほか、原子力発電所などで発生する放射性廃棄物の安定化に着目して、海外の技術も含めた適用可能な技術開発を進めている。新たに施行された新規規制基準への取り組みでは、発電用原子炉に向けて各種耐震盤の標準設計化と加振試験による機能確認を推進し、原子力発電所などにおいて必要となる耐震対応の高圧配電盤を完成させ、原子力発電所に納入した。核燃料サイクル関連施設では、富士電機が納入した設備について、再起動に向けた新規規制基準対応の各種評価を顧客と連携して実施している。また、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構の高速実験炉“常陽”では、炉内干渉物回収装置を設計、製作、納入し、事業者と協同で実施した作業により干渉物の回収に成功した。

富士電機は、地熱、太陽光、風力などの再生エネルギーや国内外の高効率火力発電、燃料電池に積極的に取り組みとともに、福島第一原子力発電所の保全・廃止措置に必要な関連技術や核燃料サイクル分野にも取り組み、社会に貢献していく。

火力・地熱プラント

① オマーン・SUR IPP 発電所の営業運転開始

オマーン・フェニックス社向けSUR IPP 発電所(2,000MW コンバインドサイクル発電所)が2014年12月に営業運転を開始した。事業会社のフェニックス社は、丸紅株式会社、中部電力株式会社などの日本企業が事業運営の中心を担っている。本発電所は、今後、年平均9%以上の電力需要の増加が見込まれるオマーンにおいて、国内電力需要の25%程度を担う重要なものである。

富士電機は、蒸気タービンおよび発電機設備一式(328.2MW×2台, 161.7MW×1台)を韓国・大宇建設株式会社経由で納入した。蒸気タービンには、復水器を低圧タービンの左右に配置した二車室複流再熱混圧復水式を採用している。発電機には、328.2MW用に水素冷却式、161.7MW用に空気冷却式を採用している。

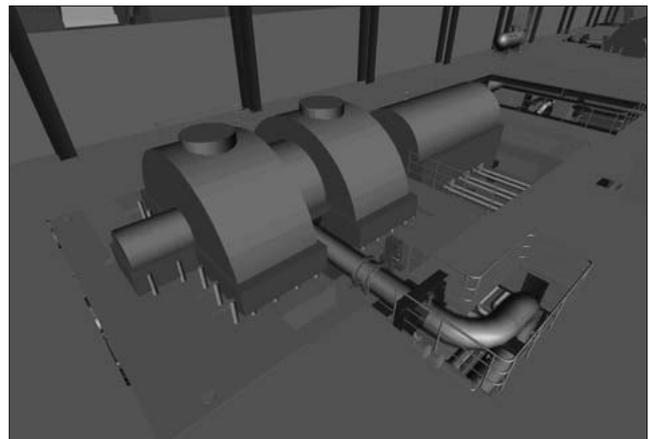
図1 SUR IPP 発電所全景



② インドネシア・ウルブル地熱発電所3号機・4号機

2014年8月に、住友商事株式会社とインドネシアのエンジニアリング会社大手であるPT Rekayasa Industriが、PT Pertamina Geothermal Energy からインドネシアのスマトラ島南部に建設されるウルブル地熱発電所3号機および4号機(58.8MW×2基)をフルターンキー契約で受注した。富士電機は、住友商事株式会社の下、蒸気タービン、発電機を含む発電所の主要設備を供給する。3号機は2016年7月に、4号機は2017年4月に完工予定である。富士電機は、2012年に同地区にあるインドネシア国有電力会社ウルブル地熱発電所の1号機および2号機(55MW×2基)を完工しており、今回の発電所建設により、富士電機が同地区で手掛ける地熱発電所の総出力は220MWを超えることになる。

図2 蒸気タービンおよび発電機の設置イメージ



③ 出光大分地熱株式会社 滝上バイナリー発電所

富士電機は、2017年3月に稼動開始を予定している出光大分地熱株式会社 滝上バイナリー発電所の設備全体の設計、調達、製作、建設を一括して受注した。これまでの地熱発電は、地上に湧き出てくる高温蒸気と熱水のうち、高温蒸気だけを取り出して発電に利用してきたが、本発電所は、利用せずに地中に戻っていた130℃の熱水もバイナリー方式で発電に活用するものである。この方式により、最大5.05MWの電力を発電する計画で、年間の発電量は3,100万kWhを見込んでいる。この発電量は、一般家庭に換算して約8,600世帯分の使用量に相当する規模である。発電に利用した後の熱水は、地下に還元するので、地熱資源に与える影響も従来の方式と変わらない。今後の地熱発電に期待される方式である。

図3 滝上バイナリー発電所完成予想図



© 2015 Google, Map Data © 2015 ZENRIN

火力・地熱プラント

④ コンバインドサイクル化に伴う発電設備の改造工事

富士電機は、株式会社神戸製鋼所 神鋼加古川発電所において、ガスタービンの設置による既設発電設備のコンバインドサイクル化に伴い、既設CDQ1号蒸気タービン発電設備の改造工事を実施した。

コンバインドサイクルでは、ガスタービンの起動・停止時などにおいて、排熱回収ボイラ（HRSG）から発生した蒸気を既設の復水器に受け入れるため、復水器にフラッシュボックスを増設した。また、既設機とは異なる運用に対応するため、蒸気タービン制御系の改造や監視機能の追加、保護インタロックの追加を行い、操作性および信頼性を高めている。

計画どおり工事を完了し、2015年2月から営業運転を開始している。

図4 CDQ1号蒸気タービン発電設備



再生可能エネルギー・電力安定化

① 木曾岬干拓地メガソーラー（DC49.2MW）

富士電機は、丸紅株式会社出資の木曾岬メガソーラー株式会社からDC49.2MW太陽光発電設備の元請工事を受注した。事業用地は三重県と愛知県にまたがる木曾岬干拓地である。総出力AC35MWの太陽光発電設備であり、およそ1,000m×570m（57ha）の敷地に、太陽電池パネル196,620枚を設置した。2013年7月の着工から2014年12月の竣工まで、528日間の工期を無事故・無災害で完成した。富士電機の単機容量1,000kWのパワーコンディショナ（PCS）を35台使用し、昇圧変圧器を経由して中部電力株式会社の77kV特高ネットワークシステムの末端に連系している。本事業は、顧客が経済産業省の固定価格買取制度を利用して行う20年間の売電事業である。

図5 木曾岬干拓地メガソーラー全景



② 蓄電池用パワーコンディショナ「PVI800-3/750」

富士電機は、出力変動を伴う再生可能エネルギーの課題を解決するために、大容量の蓄電池用パワーコンディショナ（PCS）の開発と市場展開を行っている。

蓄電池用PCS「PVI800-3/750」（DC800V、750kW）は、単機容量750kWであり、内部電源（冷却ファン電源、制御電源）を含めて最高効率97.7%を達成した屋内専用タイプのPCSである。蓄電池出力750kW時に系統力率0.9補償（833kVA出力）が可能で、系統力率の補償要請とユーザ設備高稼働率の両立を実現した。

本PCSは、自立運転時の安定した波形特性が特徴であり、ウインドファームなどでの自立電源として、マイクログリッド化が可能である。

図6 「PVI800-3/750」



燃料電池

① 下水処理場向け燃料電池

下水処理場で発生する下水消化ガスは、メタン濃度が約60%、CO₂濃度が約40%で、バイオガスの一種である。2012年度から施行された、再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT）では、下水消化ガス発電は太陽光発電並みの高額で、20年間の買取りが保証されている。富士電機は、2002年から国内の下水処理場において燃料電池による発電の実績がある。このFIT制度の下、発電効率の高い燃料電池が下水消化ガス発電設備として注目され、2014年度には、4サイトに10台を納入し、運転を開始した。2015年4月現在、国内の下水処理場6サイトで18台の燃料電池が稼働している。燃料電池の排熱は、消化槽の加温に利用し、発電と合わせて高い総合効率を達成している。

図7 下水処理場向け燃料電池



原子力

① 高速実験炉 常陽の MARICO-2 試料部の回収

高速実験炉 常陽では、2007年6月に MARICO-2 試料部（炉心に挿入される計測線付きの照射装置）の切離しができなかったことにより、原子炉容器内において試料部が折れ曲がった状態で留まってしまふ事象が発生した。

富士電機は、試料部を炉内から回収する装置を、2012年3月から2014年3月にかけて設計し、製作した。回収作業は、高速炉特有の大気を遮断した高温、高放射線環境下での制約に加え、変形した試料部を真すぐに引き上げられないなどの制約もあった。このため、回収装置は、役割や機能を適切に分担した複数の装置で構成した。現地での回収作業は、事業者の国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構と協同で2014年6月から開始し、同年9月に試料部の回収に成功した。

図8 原子炉格納容器内における回収作業



② 原子力発電所向け高圧配電盤（耐震仕様）

富士電機は、原子力発電所で必要となる耐震仕様の高圧配電盤を完成し、納入した。本高圧配電盤は、原子力施設に適用される規制基準で求められる耐震性能を考慮し、水平3G、鉛直2Gの加速度に耐えられる設計とした。この値は従来の原子力施設向けの耐震性能に対して約3倍の強度である。本高圧配電盤の特徴は、遮断器が運転待機状態（遮断器を試験位置に引出した状態）においても加振時の機能維持が確認できることとともに、遮断器出し入れの操作性においても一般仕様の配電盤と同程度の容易性を確保したことである。これは、遮断器を強固に固定することと、工具を使わずに容易に引き出し入れができることという相反する要求を同時に実現させたものである。

図9 高圧配電盤（耐震仕様）



社会インフラ

系統・配電
エネルギーマネジメント
社会環境



展望

系統・配電分野では、電力流通に関連した各設備の監視制御システムと遠隔制御に必要な遠方監視制御装置（TC）の開発と納入、ならびに発電分野で必要なダム管理システムや発電集中監視制御システムの開発と納入を行っている。

電力流通においては、今後の“電力改革”に応じた電力設備の効率的な運用や、水力発電所に代表される水の効率的な運用がますます重要となってくる。その中で、富士電機は、系統配電監視制御システムの継続的な納入と、宮崎県企業局、岩手県企業局、荒川水力株式会社の発電集中監視制御システムの新規納入、関西電力株式会社の黒部ダムと仙人谷ダムの遠隔監視操作卓の新規納入、山形県の神室ダムや四国地方整備局の柳瀬ダムのダム管理システムの新規納入を行った。また、ダムゲートの制御技術を生かし、津波対策として、水門や陸間（りっこう）の遠隔制御化にも注力しており、東京都港湾局の港地区における7か所の水門に遠方監視制御システムを納入した。

海外展開としては、国内での実績をベースに、アジア地区での配電自動化システムの実証を開始しており、今後も新興国を中心とした国際貢献に努めていく計画である。

エネルギーマネジメント分野では、電力システム改革を控え、電力事業への新規参入や電力会社の選択など、市場競争の確立に向けた構造変革のときを迎えている。

“選択型”“競争型”市場環境の進行により、デマンドレスポンスやネガワット取引を想定したピーク時の供給力調整や、エネルギーの効率的な利用をサポートするエネルギーマネジメントシステム（EMS）が本格的に立ち上がると想定される。

2014年度、富士電機は大規模実証（北九州市、けいはんな学研都市）の最終年として、再生可能エネルギーの大量導入のための需要制御技術、系統安定化技術、および設備の最適運用技術の検証を完了した。この実証により、新しい地域エネルギーマネジメントの形を先行して構築できた。また、北九州地区でのスマートコミュニティ創造事業で開発した地域エネルギーマネジメントシステム（CEMS）の実績をベースに、2016年4月から始まる電力の小売り

自由化への貢献に向け、「新電力需給制御システム」をクラウド型で提供する準備を進めている。

今後進んでいく電力システム改革では、効率的、経済的に優れた再生可能エネルギーの活用が必要であり、富士電機は、新技術の開発と運用システムへの適用を推進している。

海外にも積極的にシステム展開を図り、トンガ王国向けマイクログリッドシステム、キリバス共和国向け太陽光発電システム、実証事業から参画していた舟山海洋科技実証島向けに大容量パワーコンディショナ（PCS）を納入した。

開発においては、中部電力株式会社向けに再生可能エネルギーの大量導入における系統への影響の評価や、スマートグリッド制御の検証および電力安定供給に必要な対策を検討するハイブリッド系統解析シミュレータ、ならびに東北電力株式会社向けに太陽光発電の配電系統への大量導入に伴う電圧上昇問題を克服する配電用の静止型無効電力補償装置（SVC）を開発した。

さらに、国立研究開発法人 理化学研究所と共同研究を行い、スーパーコンピュータ“京”における設備最適運転により、光熱費削減の可能性を検証した。

今後は、培った技術やノウハウを活用し、電力の安定供給を実現するとともに地球環境問題にも対応した新しいEMSを国内のみならず海外へも展開していく。

社会環境分野では、工場や事業所などの運営コスト（ライフサイクルコスト）の削減が求められている。富士電機は、工場や事業所のランニングコストの多くを占める排水処理設備に着目し、排水処理設備のランニングコストを低減する技術を開発した。食品・飲料工場などの分野を対象に、従来の高効率電機品の導入やインバータ化などの省エネルギー提案に加え、新たなソリューションとして、高い排水処理能力を持つバチルス属細菌とその活性を維持する薬剤（ミネラル）を導入することにより、電力費および産業廃棄物処分費の削減を可能にしている。今後は、難分解排水処理などにも適用分野を拡大し、顧客ニーズに幅広く応えていく。

系統・配電

1 宮崎県企業局向け総合監視制御システム

富士電機は、2015年3月に宮崎県企業局に総合監視制御システムを納入した。総合監視制御システムの主な特徴は次のとおりである。

- (1) 宮崎県営の水力発電所や工業用水道施設などを宮崎市企業局庁舎から集中監視制御を行うシステムである。
- (2) 60インチ液晶ディスプレイ10面で構成した総合監視盤を採用した。
- (3) 企業局庁舎が被災した場合を想定し、遠隔地に簡易型のバックアップ装置を設置して信頼性を向上させた。
- (4) 計算機システムと子局TCとの通信は、日本電機工業会規格のオープンネットワークプロトコルであるPMCNを採用した。

図1 総合監視盤

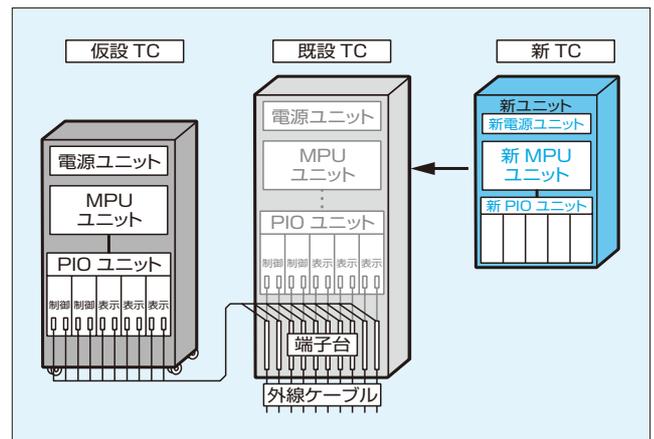


2 関西電力株式会社向け遠方監視制御装置のパートリブレース

これまで被遠方監視制御装置（TC）の更新は、15～20年周期で行われてきたが、莫大（ばくだい）なマンパワーと費用が掛かることから、予定どおりに更新を進められない恐れがあった。

そこで、費用を抑えつつTCを新しいものに更新する手法としてTCのパートリブレース手法を提案し、採用された。本手法により、既設ケーブルをそのまま利用することができ、これまで莫大な費用を掛けて行ってきたケーブル敷設の再設計やその敷設工事などが不要となり、大幅なマンパワーと更新費用が削減された。また、仮設TCを設けることで新TCへの切替までの間、既設TCでの継続運用（夜間直接運転期間の短縮）を可能とし、運転員の負担を軽減することができた。

図2 パートリブレース手法



3 東京都港湾局向け港地区水門遠方監視制御システム

東京都港湾局向けに水門遠方監視制御システムを納入した。港湾局港地区における7か所の水門と2か所の排水機場の水門の遠方監視制御を行うシステムであり、主な特徴は次のとおりである。

- (1) 高潮対策センターおよび第二高潮対策センターとのデータ送受信は光ファイバーによるループ構成とし、信頼性向上を図っている。
- (2) ハイビジョン監視用カメラを導入し、高精細化による監視性の向上を図っている。
- (3) 送受信データ（映像、音声、監視・制御信号）はIP化し、汎用性と大データ容量に対応している。
- (4) 通船警告表示板、信号灯、常夜灯にLED照明を採用し、省エネルギーに配慮している。

図3 高浜水門全景



系統・配電

4 岩手県企業局向け施設総合管理所集中監視制御システム

岩手県企業局向け施設総合管理所集中監視制御システムを納入した。企業局の16か所の水力発電所およびその関連設備の集中監視制御を行うシステムである。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 主要装置の二重化構成により信頼性の向上を図った。
- (2) IPネットワークの将来の導入を容易にするため、システムと発電所間の通信に日本電機工業会規格のオープンネットワークプロトコルであるPMCNを採用した。
- (3) 監視操作卓は1卓当たり3画面の4台構成とし、操作性の向上を図った。また、画面表示コントローラ本体は別室に設置することで制御室を静音化し、操作員のストレス軽減を図った。
- (4) 発電制御による農業用水供給の自動調節機能を持つ。

図4 制御室全景



5 関西電力株式会社向け黒部川第四発電所黒部ダム遠隔監視操作卓

富士電機は、株式会社エネゲートと協力して2015年3月に、黒部川水系に位置する関西電力株式会社仙人谷ダムに、黒部川第四発電所黒部ダム遠隔監視操作卓を納入した。遠隔監視操作卓の主な特徴は次のとおりである。

- (1) 黒部ダム下流の仙人谷ダムから黒部ダムの監視・操作ができる。
- (2) 関西電力株式会社が進める新高機能操作卓への更新計画で、初の遠隔監視操作卓である。
- (3) 仙人谷ダムと黒部ダム間の制御機能の通信には、日本電機工業会規格のオープンネットワークであるFL-netを採用した。

図5 遠隔監視操作卓（仙人谷ダム）と監視操作卓（黒部ダム）

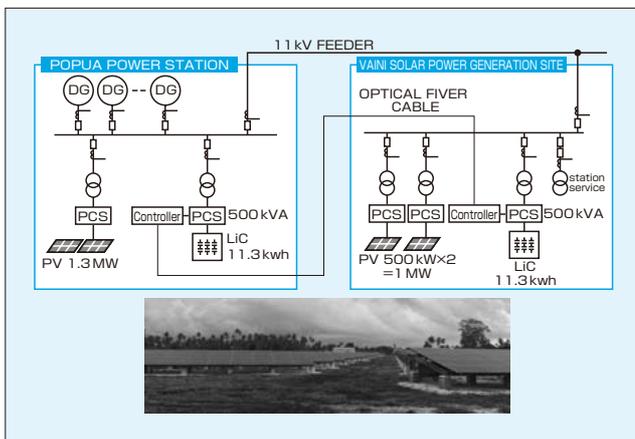


エネルギーマネジメント

1 トンガ王国向けマイクログリッドシステム

富士電機は、南洋貿易株式会社と共同で、トンガ電力公社（Tonga Power Limited）から“トンガ王国に対する無償資金協力マイクログリッドシステム導入計画”によるマイクログリッドシステムを受注し、2015年3月に同国トンガタブ島に納入した。本システムは、1MWの太陽光発電設備と500kW×2の蓄電システムにより構成され、不安定な再生可能エネルギーの出力変動を蓄電デバイスの高速な充放電により抑制し、同島に安定した電力供給を行っている。蓄電システムは、新設の太陽光発電所と既設のディーゼル発電所に分散して設置し、連係して制御を行っている。蓄電デバイスに、リチウムイオンキャパシタを採用したことで、大電流の充放電および40万回以上の安定的なサイクル寿命が期待できる。

図6 システム構成と太陽光発電所全景

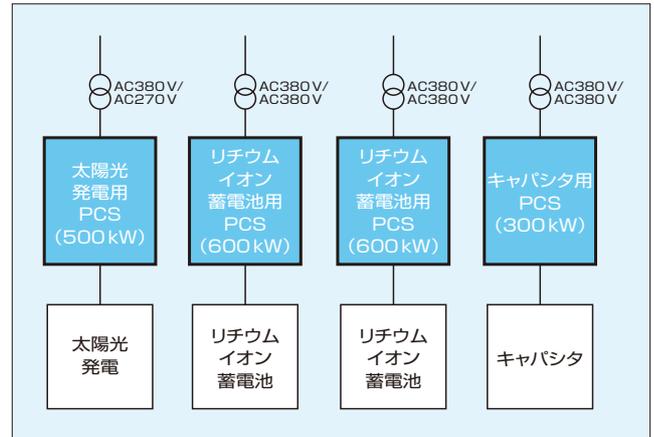


エネルギーマネジメント

② 中国・浙江大学舟山海洋科技実証島向け大容量 PCS

中国・浙江大学舟山海洋科技実証島新エネルギーマイクログリッド実証に、中国浙江大学と共同で参加した。同実証では、大規模で多様な自然エネルギー（風力、太陽光、海流）による発電を総合的に利用し、さらに、蓄電池とキャパシタを用いたハイブリッド型蓄電制御による電力安定化を実現する総合型新エネルギー利用を実証する。富士電機は、同実証の計画段階から浙江大学とシステムおよび主要設備の共同研究を行い、500kWの太陽光発電用PCS設備、1,200kWのリチウムイオン電池用PCS設備、300kWのキャパシタ用PCS設備を納入した。同時に浙江大学と共同で、離島の特殊なニーズに適したPCSおよび制御システムの現地仕様への対応と開発を行い、その成果を順次、同実証プロジェクトに適用した。

図7 新エネルギーマイクログリッド実証の構成概要



③ キリバス共和国向け太陽光発電システム

富士電機は、太平洋環境共同体（PEC）基金による無償援助プロジェクトとして、キリバス共和国向けに400kWの太陽光発電システムを納入した。本システムは、富士電機製の太陽光発電用PCS 100kW×4台を中心とした分散システムで構築している。少ない土地を有効に活用するため、屋根タイプの架台を構築し、既存建物の上に太陽光モジュールを設置することで、日中、最大限に発電したときに、全体需要の約12～20%の電力を供給できる。赤道直下地域の特徴である日射量の急激な変動に備えて、出力抑制制御を設けており、最大発電電力の抑制を可能にしている。キリバスでは太陽光発電の増設も計画しており、系統安定化のために蓄電システムを併設する構想がある。このため、蓄電池設備の導入が容易なシステム構成としている。

図8 屋根タイプの太陽光モジュール



④ 東北電力株式会社向け配電用静止型無効電力補償装置

富士電機は、太陽光発電の配電系統への大量導入に伴う電圧上昇問題の克服のため、東北電力株式会社と共同で磁束制御型可変インダクタを用いた配電用の静止型無効電力補償装置（SVC）を開発し、納入した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 主回路は、巻線と鉄心のみのシンプルな構成でありながら、インダクタンスの連続調整機能を備えている。
- (2) 冷却用ファンおよび高調波フィルタ用コンデンサのない構成であり、寿命や信頼性に優れる。
- (3) 自動電圧調整器（SVR）などの他の電圧調整装置との協調を考慮した制御が可能である。
- (4) 制御装置に計測機能および監視機能を搭載し、遠隔で監視・制御ができる構成とした。

図9 配電用静止型無効電力補償装置



エネルギーマネジメント

⑤ スーパーコンピュータ“京”における設備最適運転

富士電機は、国立研究開発法人 理化学研究所と共同研究を行い、2014年度からスーパーコンピュータ“京”における運用コストの削減を目的に熱源最適運転シミュレーションを行ってきた。京を設置している理化学研究所 計算科学研究機構（AICS）全体の年間消費電力は、一般家庭の約2万5千世帯分に相当しており、年間を通して冷熱需要が高く、運用コストの削減が課題となっている。共同研究では、富士電機の最適運転機能を用いて京のエネルギーモデルを構築し、コストミニマムとなるシミュレーションを行った。その結果、設備の運用改善で光熱費を年間1.8%削減できる可能性を確認した。2015年度はフィールドデータを取り込み、実稼動での効果を検証し、理化学研究所と共に京のさらなる運用効率化を進めていく。

図10 スーパーコンピュータ“京”

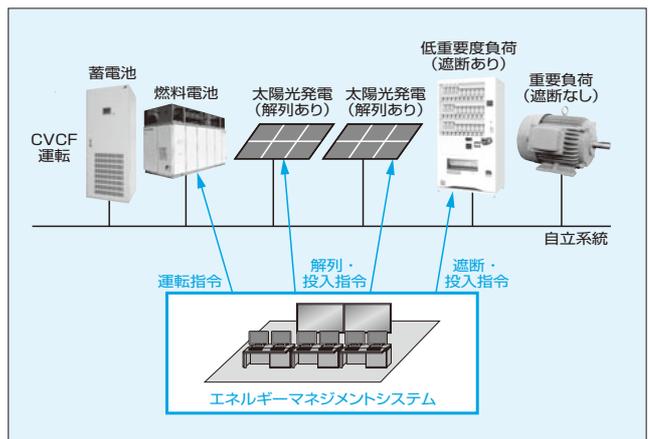


⑥ 太陽光発電を用いた災害時自立運転技術

富士電機は、小容量の蓄電池と出力が不安定な太陽光発電を組み合わせることで、災害時でも自立運転が可能な技術を開発した。太陽光発電量が過大な場合には太陽光発電を解列し、負荷が過大な場合には重要度の低い負荷を遮断することで需給バランスを調整し、小容量の蓄電池でも自立運転を実現できる。高価な蓄電池の容量が少なく済むことから、低コストで電力供給システムを構築することが可能である。

この技術を適用した電力供給システムは、非常用発電機や燃料電池など、安定供給が可能な発電設備との併用が可能である。したがって、太陽光発電が出力できない夜間でも自立運転を行えるため、昼夜連続して電力供給を行うことができる。

図11 電力供給システムの構成例



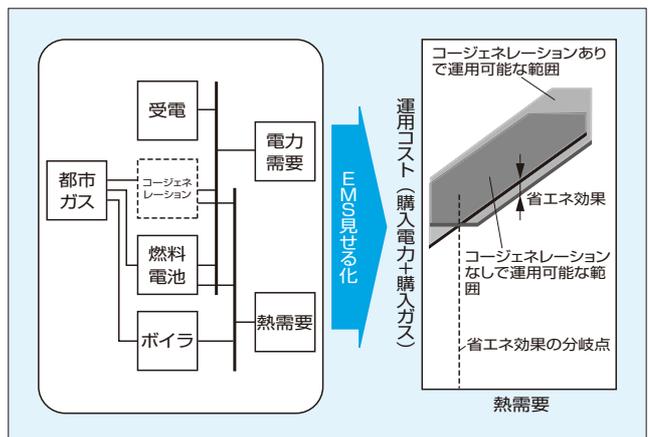
⑦ 数式処理技術に基づくエネルギー運用最適化の可視化技術

エネルギー運用の最適化に貢献するEMS（Energy Management System）機能の一つとして、プラント機器の構成情報から省エネルギー（省エネ）化が可能な余地を解析し、可視化する技術（EMS見える化）を開発した。

プラントを構成する各機器の消費電力特性や各種の運用制約条件を数式として与えると、最先端の数式処理技術である記号代数計算アルゴリズムによって、プラントの運用可能範囲を自動で計算する。設備導入前後の運用可能範囲を比較することで、省エネ効果を可視化する仕組みである。

本技術は、国内・海外を含め、EMSの導入時の効果試算やEMS運用時の運用効果の検証などで活用していく予定である。

図12 可視化技術の例（コージェネレーション導入効果）



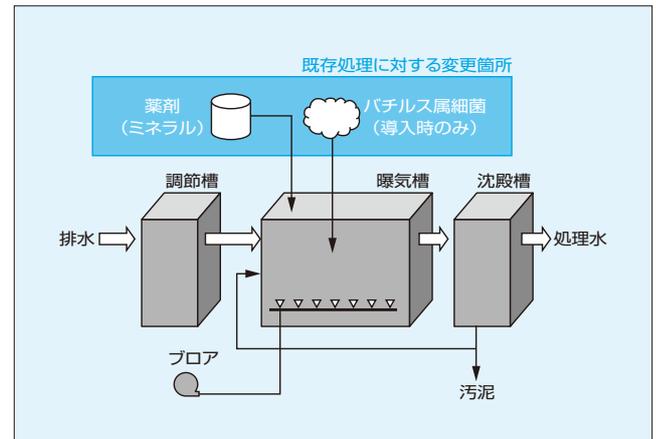
社会環境

① バチルス属細菌を利用した排水処理コスト低減システム

食品・飲料工場などの排水処理設備を対象に、ランニングコストを低減する排水処理システムを開発した。高い排水処理能力を持つバチルス属細菌と、その活性を維持する薬剤（ミネラル）を既設の排水処理設備に投入することで、大規模な改造を行うことなく、曝気（ぼっき）電力費および産廃（汚泥）処分費の削減、処理水質の改善、悪臭の低減を図ることができる。主な特徴は次のとおりである。

- (1) バチルス属細菌は低酸素濃度で高い処理能力を持つため、ブロー電力費を従来より 20～40% 削減できる。
- (2) バチルス属細菌の産生する酵素が汚泥を分解するため、産廃処分費を従来より 20～50% 削減できる。
- (3) 排水処理水質の改善および悪臭の低減により、環境に対する CSR が向上する。

図 13 排水処理システムの例



産業インフラ

変電システム
産業プラント
産業計測機器



展望

変電システム

変電システム事業は、電力、産業、施設、交通分野向けに受変電設備、大容量パワーエレクトロニクス（パワエレ）装置を駆使し、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、海外事業拡大の期待に応えるため、海外向け機器の開発を推進している。

電力変電分野では、安定した信頼性の高い電力供給を支えるための事業を展開している。特徴的なものとして、輸送に貨車積載方式を採用し、納入した300MVA変圧器や、パーレーン・電水庁向けにターンキー方式で納入した66kV変電所設備がある。また、IEC規格に対応した新型GIS（Gas Insulated Switchgear）の開発を進めている。

産業・施設電機分野では、安定操業を確保するための既設設備の更新工事を受注し、納入するとともに、老朽化設備に対して設備診断などの保全サービスにより、信頼性向上への提案を積極的に展開している。

産業電源分野では、電力品質改善システムへの要求が高まる中、双方向電力融通と周波数の安定化を図る定格容量20MVAの自励式周波数変換装置の初号機を納入した。

鉄道地上分野では、安定輸送を確保するための既設変電所の更新に当たり、乾燥空気（ドライエア）を使用した24kVおよび72kVの環境配慮型C-GISなど、環境、省エネルギー（省エネ）、省メンテナンスに配慮した機器を積極的に提案し、納入した。

産業プラント

国内では、素材産業（鉄鋼、化学）、組立・加工産業（自動車、電気機械）とともに、更新投資や合理化投資が拡大している。また、海外では、今後もアジア市場での設備投資が増加し、特にASEANでは伸長すると予測している。

産業プラント事業は、“電気＋熱”を主体とした省エネソリューションを提案し、生産時のエネルギー利用の効率化、設備の安定稼動をライフサイクルサービスで提供している。駆動制御技術、計測制御技術、機電技術、エネルギーマネジメント技術、AIR環境技術をコアにし

て、顧客の課題解決システムとして製品化し、さらにIoT（Internet of Things）やクラウドへの展開でトータルソリューションを展開していく。

鉄鋼・非鉄分野では、海外での高級鋼生産現地化プロジェクトを狙い、IEC、CEマークなどの海外規格に対応した製品を投入した。一方、国内では老朽化更新需要の拡大を受け、更新対応製品として直流可変速制御装置「LEONIC-Mシリーズ」、交流可変速制御装置「FRENIC4000シリーズ」の互換機、中小規模向け監視制御システム「MICREX-VieW XX」のマイグレーションタイプを投入した。

化学分野では、新素材を中心に設備投資が増加傾向にある。MICREX-VieW XXにおいて、バッチ制御用パッケージを充実していく。

ごみ処理分野では、基幹的な設備の改良を行いながら30年の設備寿命を40年に延命化して運用することを目指している。分散型制御装置（DCS）について、継承システムにより短期間でスムーズな更新を実現してきた。セメント分野においても同様に設備延命化でDCSの更新が計画され、段階的部分更新が多い中、混在システムにおける一元管理を実現してきた。

組立産業分野では、産業施設内のエネルギー（電気、熱）制御やライン制御、ならびに環境最適化に貢献する施設内エンジニアリングと、ライフサイクルにわたる総合設備管理サービスを提供している。国内やアジア市場での組立加工分野への設備投資増加を踏まえ、ビジネスの範囲の拡大を図っている。富士電機 山梨製作所において、ガスエンジンと燃料電池によるコージェネレーションシステムと最適化EMS（Energy Management System）を導入し、電力安定化とエネルギーコスト最小化を実現した。基盤となる「統合クラウドサービス」を開発し、今後、EMSサービス、保全サービス、稼動監視サービスを順次追加し、提供していく。

AIR環境分野では、間接外気活用の省エネルギーハイブリッド空調機や、外気冷熱と雪氷を活用した省エネ・モジュール型データセンターを製品化した。

産業計測機器

産業計測機器事業は、計測機器・センサ、コントローラ、工業電熱、放射線機器・システムを提供しており、顧客の環境対策や安全・安心の実現、およびIoTの時代に即したセンサプラットフォームの整備に取り組んでいる。

計測機器・センサでは、環境・エネルギー分野で特徴ある製品を展開している。大気環境の測定用に微小粒子状物質（PM2.5）の成分などをリアルタイムで分析できるエアロゾル複合分析計を、バイオマスプラント用には、CH₄、CO₂、H₂S、O₂を1台で測定できるバイオマス向けガス分析計を業界に先駆けて開発し、製品化した。

コントローラでは、MICREX-VieW XXを核に、計測機器、パワーエレ機器、制御ソフトウェアなどを用途別に組

み合わせたパッケージ商品を開発した。今後、燃焼制御、クレーン制御をはじめとするさまざまな用途のパッケージを拡充し、展開する。

工業電熱では、高効率IGBT電源と特殊コイルを適用した高効率・コンパクトな新型溶解炉を開発し、製品化した。国内・海外に幅広く展開していく。

放射線機器・システムでは、福島復興に貢献する製品に注力し、焼却施設向けに高温対応排気筒ダストモニタを、除染作業を支援するために高感度γ線可視化コンプトンカメラを開発し、市場に投入した。今後は、福島復興に貢献する製品だけでなく、テロ対策のための放射線計測機器の開発にも注力する。

変電システム

① バーレーン・ALBA社向けアルミニウム製錬用変圧整流装置「S-FORMER」増設工事の完遂

富士電機は、2004年にバーレーン・ALBA社向けにアルミニウム製錬用変圧整流装置「S-FORMER」を6台納入しており、このたびさらに1台増設するフルターンキー工事を完遂した。既設埋設物調査、土木・基礎工事、機器据付け、4種類の冷却水配管・直流導体工事、220kVケーブル配線工事、現地試験を遂行した。主な特徴を次に示す。

- (1) 限られたスペースに増設することが必須であり、計画場所における地中埋設物の調査結果に基づき、レイアウト、基礎の最適設計および施工を実施した。
- (2) 既設アルミニウム製錬設備を停止させることなく、運転中に本増設工事を遂行した。特に直流導体の接続は、運転中の大電流による強磁界の条件下で、安全確保および作業手順の確認・管理の下、溶接を達成した。

図1 アルミニウム精錬用変圧整流装置「S-FORMER」



② JNC株式会社 水俣製造所向け自励式周波数変換装置

2015年1月にJNC株式会社 水俣製造所向けに自励式周波数変換装置の初号機を納入した。本装置は、自家発系（50Hz）と九州電力系統（60Hz）を連系し、双方向の電力融通と周波数の安定化を目的としたものであり、3多重変圧器とインバータから成る定格容量20MVAの装置である。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 自励式インバータにより、有効・無効電力の制御が可能である。
- (2) 高性能デジタル制御装置により、周波数一定制御、電力一定制御、自立運転の3パターン的高速制御を切り替えて行うことが可能である。
- (3) コンパクトな縦型・薄型3レベル水冷式インバータを採用し、装置の高さを抑えて盤の小型化を実現した。

図2 自励式周波数変換装置



変電システム

③ 種子島宇宙センター 大崎第2発電所発電設備（7号機・8号機）

富士電機は、国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 種子島宇宙センターにおいて、増加する電力需要への対応と老朽化が進む既設発電設備の信頼性向上などを目的とした、大崎第2発電所発電設備新設工事（7号機・8号機）ほかを受注し、2015年3月に竣工（しゅんこう）を迎えた。

本設備は常用発電設備であることから、経済性と高い信頼性が求められている。特徴として、同期発電機の鉄心材料に高品質のけい素鋼板を使用することで発電効率の高効率化を達成している（JEM1354の規約効率に対して1%以上改善）。また、排ガス利用蒸気ボイラを設置し、発電所の空調熱源として利用するなど、省エネルギーに貢献する。発電機制御盤においては、制御用PLCのCPUモジュールを二重化することで、高い信頼性を確保している。

図3 大崎第2発電所発電設備（7号機・8号機）



© JAXA

④ 京王電鉄株式会社 稲城変電所向け 72kV キュービクル型空気絶縁開閉装置「SDD707」

稲城変電所に鉄道事業者用環境配慮型 C-GIS の 72kV キュービクル型空気絶縁開閉装置「SDD707」を納入した。この C-GIS は、絶縁ガスに従来の温室効果ガスである SF₆ に代わり、乾燥空気（ドライエア）を使用している。主な特徴は次のとおりである。

(1) 対環境性に優れた絶縁ガス

乾燥空気であるため地球温暖化の抑制に貢献する。

(2) C-GIS の信頼性確保

乾燥空気は従来の SF₆ に比べて絶縁性能が低いため、複合絶縁の採用、最適な形状・表面仕上げなどの工夫により絶縁性能を満足している。また、低圧力ドライエア絶縁方式であり、万が一、圧力が大気圧まで低下した場合でも、系統電圧における絶縁性能を確保している。

図4 72kV キュービクル型空気絶縁開閉装置「SDD707」



⑤ 横浜市交通局 横浜市高速鉄道3号線 高島町変電所の更新

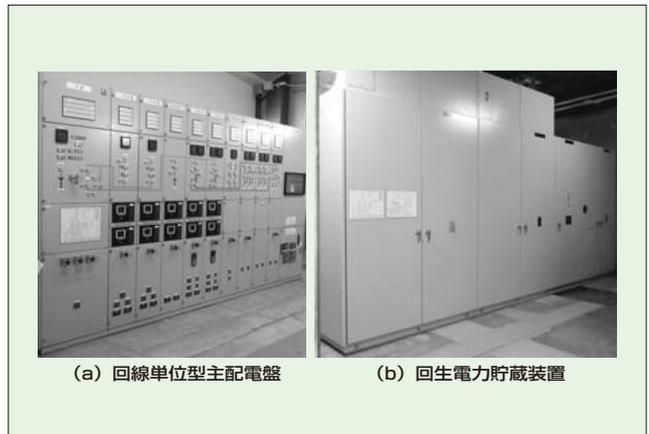
電車用電力機器の更新と災害時の非常走行を主目的として、高島町変電所の更新工事を実施した。主要機器は、24kV 環境配慮型 C-GIS、純水沸騰冷却式シリコン整流器、直流 750V 閉鎖配電盤、所内電源用モールド変圧器および新設の回生電力貯蔵装置などである。主な特徴を次に示す。

(1) 乾燥空気を使用した環境配慮型 C-GIS の採用により、脱 SF₆ ガス化を実現している。

(2) 回線区分を明確化した回線単位型主配電盤の採用により、保守性の向上を図っている。

(3) 回生電力貯蔵装置（ニッケル水素電池）の採用により、列車の回生電力を有効に利用して省エネルギーを図るとともに、災害時（停電時）には横浜駅付近の駅間に停車した列車を次の駅まで走行させることを可能としている。

図5 回線単位型主配電盤と回生電力貯蔵装置



(a) 回線単位型主配電盤

(b) 回生電力貯蔵装置

変電システム

6 西日本旅客鉄道株式会社 福知山指令所 電力管理システムの更新

西日本旅客鉄道株式会社 福知山支社に電力管理システムを納入した。監視範囲は、山陰本線の園部から居組まで、福知山線の広野から福知山まで、舞鶴線および播但線であり、福知山支社管内 22 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、IP ネットワーク方式遠方監視制御装置、監視制御卓、大画面装置、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で、高い運転継続性を実現している。
- (2) スケジュール制御、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用意しており、業務の効率化に貢献している。

図6 福知山指令所 電力管理システム



7 貨車積載方式による大型変圧器の輸送

東京電力株式会社 西毛変電所向け 275 kV 300 MVA 変圧器の輸送に貨車積載方式を適用した。輸送規模は、質量が約 160t、専用貨車取付け時の全長が 35 m 以上に及んだ。

千葉工場は岸壁に面しているため、大型変圧器の輸送に際しては納入先に近い港湾部まで大型船で運び、陸送する事例が多い。今回の納入先は内陸部の群馬県に位置し、近隣の群馬藤岡駅に荷卸し可能なスペースを確保できた。そのため貨車積載による輸送方式に利があると判断し、適用に至っている。荷卸し後は深夜にトレーラで輸送した。電力会社向け大型変圧器の輸送に貨車積載方式を適用したのは、千葉工場として約 10 年ぶりである。

この変圧器は、現地輸送を無事に終えた後、据付け工事と試験を経て営業運転を行っている。

図7 輸送時の大型変圧器（千葉工場近傍）

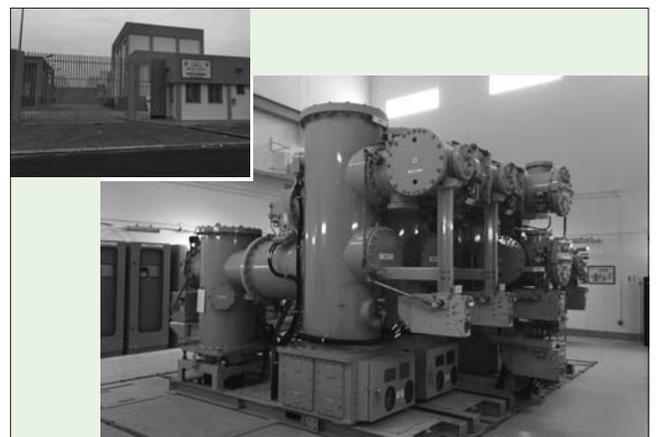


8 バーレーン・電水庁向け ESL66 kV 変電所・HYL66 kV 変電所の運転開始

Eskan Samaheej (ESL) 66 kV 変電所と Huneniyah (HYL) 66 kV 変電所は、バーレーン国内の新興住宅地への電力供給用に建設され、それぞれ 2015 年 1 月と 3 月に運転を開始した。各変電所は 66 kV ガス絶縁開閉装置、11 kV 閉鎖配電盤、制御・保護盤、所内電源設備、中性点抵抗器、高・低圧ケーブルなどで構成されている。

本案件は、運転可能な状態で顧客へ引き渡すターンキープロジェクトとして契約したものであり、各国のエンジニアで構成する現地プロジェクト事務所が中心になって進めた。変電所の基本設計をはじめ、各機器の仕様決定、見積りの入手、人員・機材の手配、工程管理、据付け工事、試験、顧客との打合せなど、多岐にわたる業務を現地で実行したことにより顧客から高い評価を得ている。

図8 ESL66 kV 変電所の外観と 66 kV ガス絶縁開閉装置



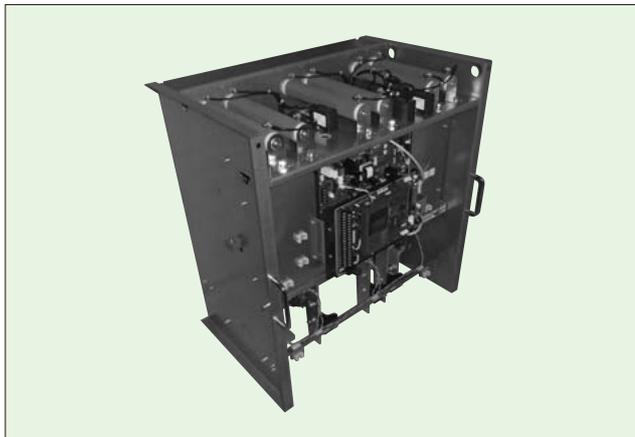
産業プラント

① 直流電動機制御装置「LEONIC-M Compact」の系列拡大

プラント向け直流電動機制御装置「LEONIC-M Compact」において、性能向上のための開発を行い、これまで150kWまでであった系列を拡大した。新たな電機子主回路スタックは、定格電圧がDC440Vで、320kW 850Aと450kW 1,200Aの2機種である。特徴を次に示す。

- (1) 従来のユニット型に替わり、モジュール型サイリスタを採用することにより、大幅な小型化を実現した。
- (2) 電機子主回路は、可逆制御が可能のように可逆、片側の2種類をラインアップした。
- (3) 界磁回路は、単相混合ブリッジのほか、さまざまなバリエーションから選択することが可能である。
- (4) 従来のLEONIC-M Compactの特徴を継承しているため、既設置との連携や更新が容易である。

図9 電機子主回路スタック

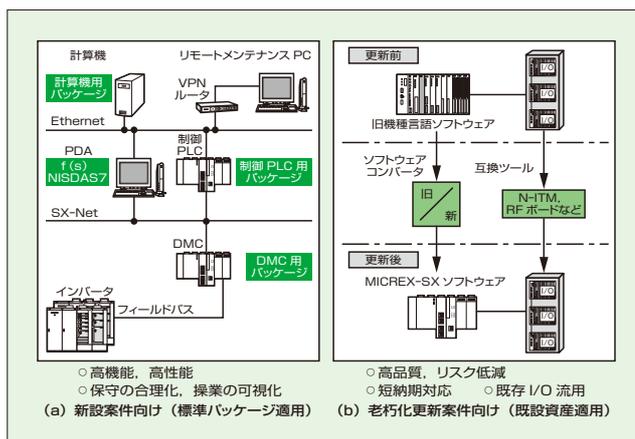


② 鉄鋼プラント制御システム向けパッケージと更新ツール

鉄鋼プラント制御システムでは、高性能・高信頼性に加えて、保守合理化、操業可視化などの付加機能も求められる。富士電機は、新設案件向け各種パッケージや老朽化更新案件向け各種更新ツールを開発・適用し、最適なソリューションを提供している。主な特徴を次に示す。

- (1) 圧延、表面処理などの設備ごとの標準パッケージ群
- (2) ドライブマスターコントローラ(DMC)におけるパッケージ化した高速ドライブ制御
- (3) 「f(s) NISDAS7」によるコントローラレベルでの高速データ収集と可視化
- (4) ソフトウェアコンバータと互換ツール群(互換I/Oシリーズ, 互換伝送ボード, 互換ドライブ装置)による既存のシステム資産の有効活用

図10 鉄鋼プラント制御システム向けパッケージと更新ツール



③ 情報・プロセス制御システム「MICREX-NX」の機能拡充

富士電機は、プラントの“安全操業”“安定運用”“快適オペレーション”を実現するために情報・プロセス制御システム「MICREX-NX」を提供している。このたび、鉄鋼ユーザからの要望に応え、次の機能拡充を行った。

- (1) 視認性の向上

画面レイアウト、計器フェイスプレート、オーバービューについてユニバーサルデザインを適用した。

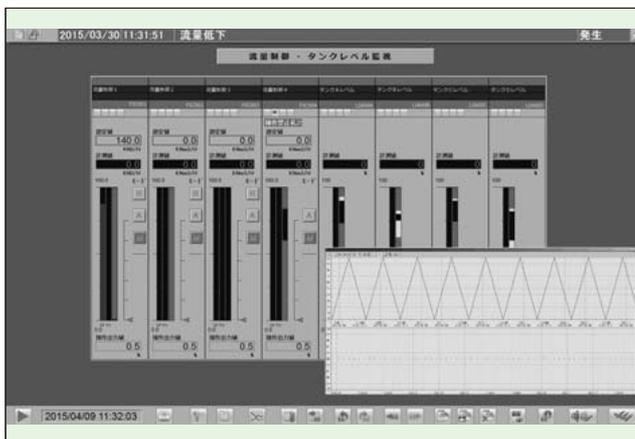
- (2) 高度なセキュリティ対策

登録プログラムのみ実行を許可することにより、負荷の増大を抑制しつつウイルス防御が可能になった。

- (3) 汎用インタフェースによる柔軟な更新・増設

FL-net 準拠 LAN リンクデバイスにより、各装置との共通メモリインタフェースが可能になった。

図11 オペレーション画面(ユニバーサルデザイン)



産業プラント

4 化学プラント向け監視制御システム

富士電機は、南海化学株式会社 和歌山工場の電解槽制御設備において、既存の他社製監視制御システムの老朽化に伴い、中小規模監視制御システム「MICREX-VieW VX」への更新を行った。

か性ソーダの製造プラント用監視制御システムとしては初めての納入であったが、顧客との綿密な打ち合わせと現地調査を行うことで、問題なく納入することができた。現場での工事期間も9日間と短い切替期間であったが、ダイソーエンジニアリング株式会社と切替計画を策定することで、計画どおりに更新工事を完了した。

更新に当たっては、既設のキャビネットを流用するなど経済性を重視した上で、使用する機器について長期安定稼動を考慮した信頼性と保守性を確保したシステムである。

図12 南海化学株式会社 和歌山工場向け電解槽制御システム

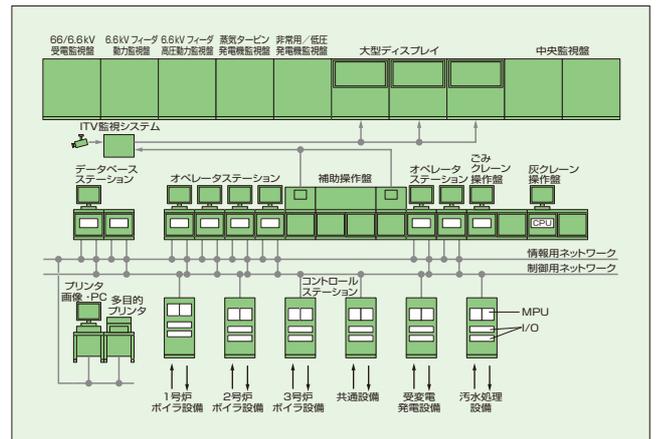


5 ごみ焼却施設向け分散制御システム

現在、ごみ焼却施設は、1990年ごろまでに稼動を開始した施設で更新時期を迎えている。一方で、各自治体の財政状況は厳しい状況にあり、ライフサイクルコストを低減する目的で、既存施設の有効利用（ストックマネジメント）を図ることで、計画的かつ効率的な維持管理や更新を進め、長寿命化・延命化を図ることが多くなっている。

こうした状況の中で、施設の中核を担う分散制御システム（DCS）も更新が相次いでいる。図は港清掃工場向けのシステムである。更新工事は、2014年9月の定期点検期間中に一括全面更新で行った。筐体（きょうたい）や外線ケーブルなどの既設品を流用することで工事期間を大幅に短縮し、トラブルなしで更新後の立上げを実現するとともに、設備の安定稼動に大きく貢献した。

図13 港清掃工場プラント制御用電算システム

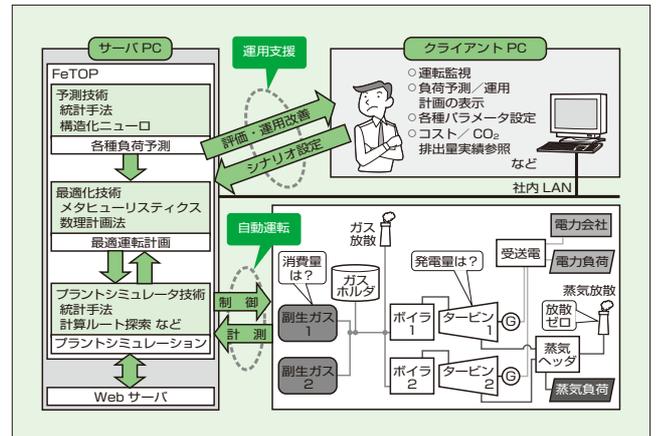


6 エネルギープラント最適運用システム「FeTOP」

富士電機は、事業所の電力・熱・蒸気を供給するエネルギープラントを対象に、コストや環境負荷の削減を実現する最適運用システム「FeTOP」を開発し、販売してきた。これまでの組立加工工場や鉄鋼プラントに加えて、最近では排水処理や大規模病院にも導入し、運用を開始した。

- 1) 時々刻々のエネルギー需給量を高精度で予測する。
- 2) メタヒューリスティクスを用いた独自の最適化技術により、実操業でのさまざまな条件（需給、運用ルール、制約、特性など）を全て考慮した自動運転が可能である。
- 3) プラントシミュレータをはじめとした運用支援環境を備えており、故障発生時の縮退運転検証や運用教育などに活用できる。富士電機のEMSプラットフォーム「Energy GATE」にも搭載できる。

図14 「FeTOP」の主な機能



産業プラント

⑦ 排熱回収高温ヒートポンプ

工場における未利用の低温排熱（60～80℃）を回収し、生産現場で蒸気を再生する排熱回収高温ヒートポンプの量産設計を開始した。主な特徴は次のとおりである。

(1) 高効率

自動販売機で培ってきたヒートポンプサイクル技術をベースに、独自の二相加熱による蒸気生成最適方式により、成績係数（COP）最大 3.5 を実現した。

(2) 小型・低コスト

独自に開発した排熱回収高温ヒートポンプシミュレータを用いて熱交換機の限界設計を実施し、費用対効果を最大化した。また、機器設置面積 1m×1m 以内という自動販売機並みのサイズを実現した。2013 年度から三重工場で、2014 年度から飯山工場でフィールドテストを実施中である。

図 15 排熱回収高温ヒートポンプ（フィールドテスト機）



⑧ 山梨製作所向けスマートファクトリーシステム

山梨製作所において、電力と熱のベストミックスを行うスマートファクトリー化計画の一環として、ガスエンジンと燃料電池によるコージェネレーションシステム（コージェネ）と最適化 EMS を設置した。主な特徴を次に示す。

- (1) 創エネルギー：コージェネの電力で工場内全負荷に供給する。
- (2) 省エネルギー：コージェネで発生する排熱を蒸気・冷水に変換し、工場内設備で有効活用を図る。
- (3) エネルギー最適化：電力と熱の需要を予測して供給機器の最適運転計画を立てることで、コスト最小化を実現する。
- (4) 電力安定化：コージェネと電力会社の系統連系による電源二重化と、1 サイクル VCB の導入による電力会社の瞬停・停電時の工場内負荷への電源補償とを実現する。

図 16 コージェネレーションシステムの外観

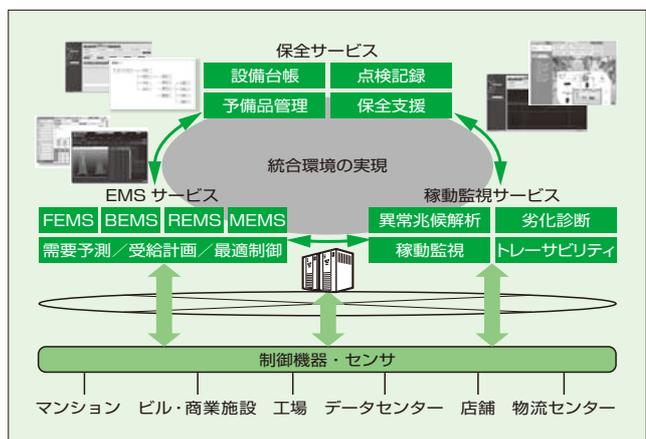


⑨ 「統合クラウドサービス」

設備のライフサイクルマネジメントを総合的に支援する「統合クラウドサービス」を開発し、2015 年度から順次提供を開始する。本サービスは、富士電機の強みであるセンシング技術、省エネルギー分析技術、需要予測技術、品質傾向解析技術、設備劣化診断技術などをベースとして、EMS（Energy Management System）サービス、稼動監視サービス、保全サービスを統合クラウド基盤で一体化したサービスである。

稼動状況をクラウド環境でモニタリングし、各種情報を総合的に管理する。これにより、設備導入から運用・更新までのトータルライフサイクルを通してスマート化および安全・安心の実現に貢献し、経営視点でのコスト最小化・効果最大化など全体最適の実現を支援する。

図 17 「統合クラウドサービス」



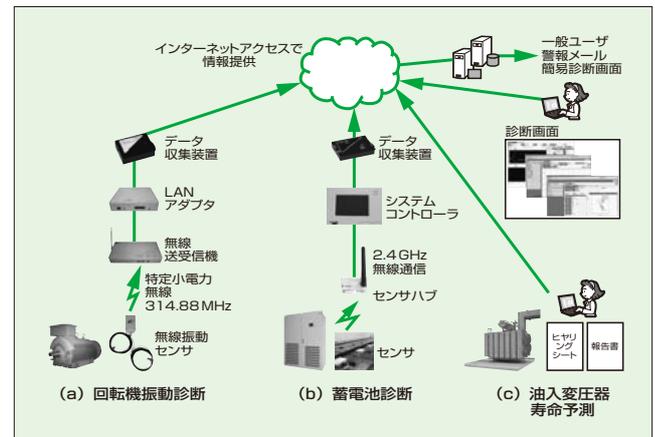
産業プラント

10 クラウド型設備保全サービス

富士電機は、プラントの設備が導入から運用・更新まで安定稼動・最適運用ができるように、ライフサイクルビジネスに取り組んできた。特に設備保全サービスでは、設備の老朽化や保全技術者の高齢化、海外拠点での設備保全のあり方が近年問題視されており、クラウド型設備保全サービスを立ち上げ、機能強化に取り組んでいる。サービスには、稼動監視、設備診断、異常兆候解析、設備管理支援、保全作業支援の機能があり、設備診断機能において、今回、クラウド環境に対応するため、次の開発を行った。

- (1) 回転機の軸受部の異常振動を検出・通知する診断
- (2) 蓄電池の劣化状況について傾向監視を行い、早期に異常を発見する診断
- (3) 油入変圧器の余寿命を推定する診断

図 18 クラウド型設備保全サービス



11 産業用空調制御ソフトウェアプラットフォーム

富士電機と富士古河 E&C は、産業用省エネルギー機器をさらに効率よく制御できるシーケンサ用のソフトウェアプラットフォームを開発した。制御対象機器は、空調機、ポンプ、冷凍機および冷却塔であり、主な特徴は次のとおりである。

- (1) 外気湿球温度による冷却水温度可変制御を標準搭載とし、インバータ冷凍機の成績係数を大幅に向上させることができる。
- (2) 露点演算を標準搭載とし、湿度制御精度を大幅に向上させた。また、恒温恒湿制御においては必要最小限の冷却で再熱・加湿するため、従来方式より効率が高い。
- (3) 設定用のノートパソコンは不要であり、タッチパネルから容易に制御設定を行うことができる。

図 19 設定状態画面

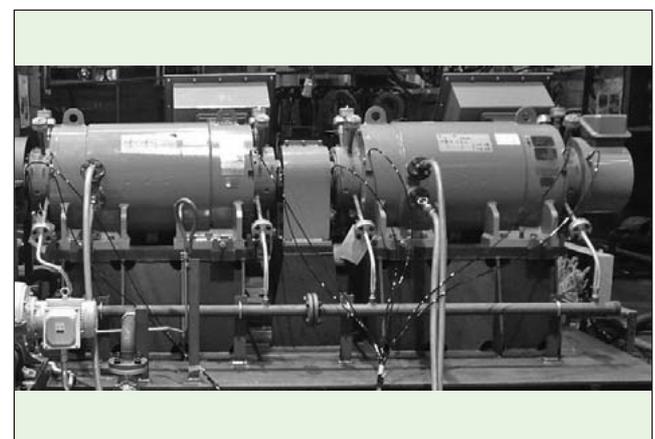


12 排熱回収蒸気タービン用高速発電システム

排熱回収蒸気タービン用の高速発電システムを国内某社に納入した。発電機の仕様は、350 kW、440 V、6 極、 $9,100 \text{ min}^{-1}$ 、455 Hz であり、2 台タンデム構成として蒸気タービンに接続した。本発電システムは排熱利用を目的としたものであり、従来比で約 15% の発電効率の向上を実現した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 減速機なしで蒸気タービンと発電機を直結しており、減速機を使って発電機回転数を減速する従来方式に比べて高効率である。
- (2) ベクトル制御形インバータと電源回生 PWM コンバータを使って周波数変換を実現した。
- (3) 永久磁石形同期発電機の採用により、従来の巻線形発電機に比べて高効率である。

図 20 2 台タンデム構成の高速発電機



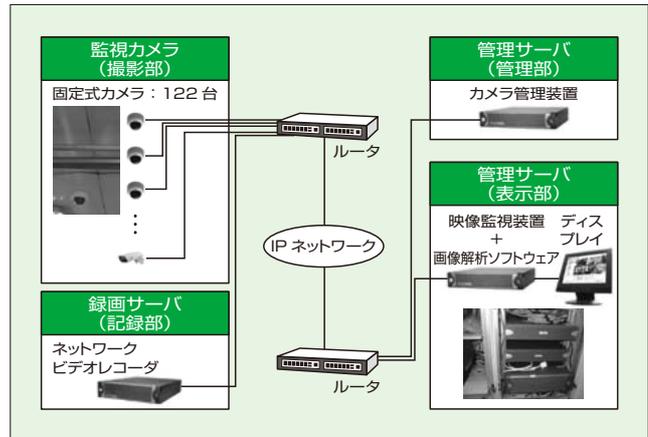
産業プラント

13 味の素ゼネラルフーズ株式会社向けフードディフェンスシステム

富士電機は、食品業界において社会的な課題になっているフードディフェンスとして、異物混入防止と生産性向上解析システムに取り組んでいる。フードディフェンスシステムは、監視カメラ（IPカメラ）と録画サーバ、およびネットワークを組み合わせて、食品工場における作業員の不正や製造機械の不具合を自動で監視するシステムである。

今回、味の素ゼネラルフーズ株式会社に、122台の監視カメラ、複数台の管理・録画サーバおよびネットワーク（有線LANおよび無線LAN）から成るフードディフェンスシステムを納入した。今後、さらに機能を追加することにより、状態監視の記録だけでなく、現場における異常の検出精度の向上や利便性の向上などを図っていく。

図 21 フードディフェンスシステム



14 間接外気活用省エネルギーハイブリッド空調機「F-COOL NEO」

データセンターの省エネルギー化のために、自然エネルギーである外気冷熱を用いた外気冷房の導入が進められている。富士電機は、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を販売してきた。この空調機は室内機と室外機を一体化しているが、今回、これに加えて設置自由度が高い室内機と室外機を分離したタイプを開発した。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。

図 22 「F-COOL NEO」



産業計測機器

1 「MICREX-VieW XX」のコントローラ「XCS-3000」

中小規模監視制御システム「MICREX-VieW XX」のコントローラ「XCS-3000」を、市場に展開している。

- (1) マルチプロセッサ構成のアーキテクチャを採用することにより、ネットワーク処理とプログラム演算処理を並行して実行できる。
- (2) 外形寸法 W145.0×D69.8×H113.1 (mm) のコンパクトな筐体（きょうたい）、最速8ns/基本命令の高速演算機能およびプログラム512Kステップの大容量メモリなどにより、小規模から中規模までのシステムに適用できる。
- (3) 1Gbits/s Ethernetで回線二重化機能を持つ制御ネットワークにより、高速・大容量のデータ通信ができる。
- (4) 等値化データ512Kワードを70msで転送する等値化プロトコルの搭載により、高信頼性システムを構築できる。

図 23 「XCS-3000」



産業計測機器

② 「MICREX-VieW XX」のネットワークアダプタ

中小規模監視制御システム「MICREX-VieW XX」のコントローラ「XCS-3000」に接続するネットワークアダプタ（NA）を、市場に展開している。コントローラとの接続は、1 Gbits/s Ethernet に高速データ転送プロトコルを搭載した NA バスによる。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 合計六つのスロットにさまざまな通信カードを実装することで、富士電機の独自のネットワークだけでなくオープンネットワークとの接続も可能である。
- (2) 最速 10 ms のデータリフレッシュ性能を持つ。
- (3) 二重化構成により高信頼性化を実現できる。
- (4) ネットワークアダプタ接続の共通仕様化により、システムのエンジニアリング効率の向上に加えて、将来のネットワークの増設・拡張が容易である。

図 24 ネットワークアダプタ



③ プログラマブル表示器「MONITOUCH V9 シリーズ」

近年、スマートフォンやタブレットの普及が進み、誰もが所有する時代となってきている。産業分野で要求される高い品質を維持しつつ、民生用のモバイル機器との親和性を高めることをコンセプトとしたプログラマブル表示器「MONITOUCH V9 シリーズ」を開発した。MONITOUCH V9 シリーズは高い操作性と最新のネットワーク技術を搭載し、次の特徴を備えている。

- (1) 静電容量方式のタッチスイッチを採用し、より直感的な操作が実現可能である。
- (2) VPN 機能に対応し、VPN ルータおよびネットワークスキルが不要で容易に遠隔監視や操作が実現可能である。
- (3) 無線 LAN を搭載し、モバイル機器やノート PC との無線による情報通信が可能である。

図 25 「MONITOUCH V9 シリーズ」



④ バイオマス向けガス分析計「ZPAF」

富士電機は、バイオマスプラントの発生ガスを 1 台で測定するバイオマス向けガス分析計「ZPAF」を発売した。

バイオマスプラントでは発生ガスを利用するが、有害な H₂S（硫化水素）も発生する。H₂S の測定において、これまでの連続測定方式では高濃度（数百 ppm）には対応できなかった。ZPAF は、定電位電解方式のセンサを採用したことにより、0～500 ppm または 0～2,000 ppm の測定が可能である。これまでバイオマス向けでは複数の分析計を組み合わせていたが、ZPAF は 1 台で対応できる。主な特徴は次のとおりである。

- (1) CH₄、CO₂、H₂S、O₂ を 1 台で測定する。
- (2) H₂S センサと O₂ センサを現場で交換できる。
- (3) 自動校正、濃度警報、2 レンジ測定機能がある。

図 26 「ZPAF」



産業計測機器

⑤ 電池式住宅用火災（熱式）・ガス・CO 警報器

業界初の電池式住宅用火災（熱式）・ガス・CO 警報器を富士電機が開発し、2015年5月に大阪ガス株式会社が発売した。メタンセンサを、独自のMEMS技術で超小型化し、従来の約1/1000に低消費電力化したことにより、内蔵電池での動作を可能にした。従来品と比べて次の特徴があり、ユーザへの訴求力と高信頼性を兼ね備えている。

- (1) 電源コードがないため取付けが容易で、設置後の美観に優れている。
- (2) 災害などの停電時においてもガスの監視が可能であり、ユーザの安全性が向上している。
- (3) 約30%の小型・軽量化や商用電源を使用しないことから省資源・省エネルギーの製品である。
- (4) 製品性能を担保する自己診断機能を向上している。

図 27 電池式住宅用火災（熱式）・ガス・CO 警報器



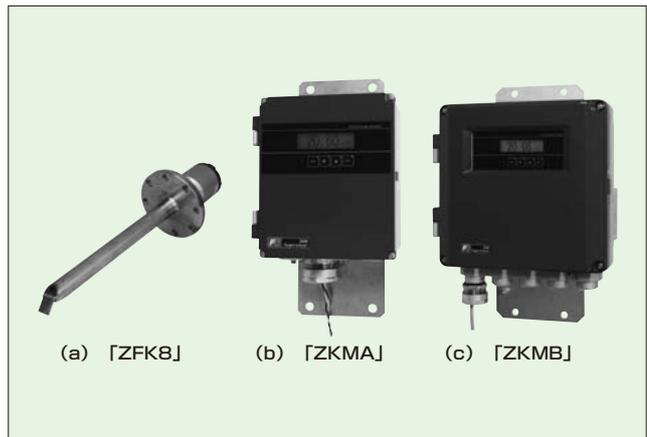
⑥ HART 通信機能搭載のジルコニア酸素計「ZFK8」「ZKMA」「ZKMB」

富士電機は、国際標準である HART 通信の機能を搭載したジルコニア酸素計を開発した。

ジルコニア酸素計は、さまざまな燃焼管理や燃焼制御の現場で、設備効率の向上および省エネルギーの実現のために使われている。現場に点在する計器の内部パラメータの確認や変更には、これまで設置場所で操作を行っていた。HART 通信は、アナログ出力（DC4～20mA）にデジタル信号を重畳して通信を行うもので、この機能を搭載することにより、離れた場所から集中的に操作することができる。また、HART 通信機能以外の特徴は次のとおりである。

- (1) 現場でのセンサの交換が容易な検出器
- (2) 設置場所を選ばない小型・軽量の交換器
- (3) ヒータ過熱防止などの安全機能の搭載

図 28 ジルコニア酸素計



⑦ 焼却施設向け高温対応排気筒ダストモニタ

富士電機は、震災復興事業として福島県で建設が進められている仮設焼却施設向けの高温対応排気筒ダストモニタ*について、普及を図るために従来よりも低価格のものを開発した。

従来品は、高温対応検出器を用いた複雑な冷却構造を持ち、その後段で高温ガスを冷却してポンプなどの腐食につながる酸や水を凝縮・排出する大掛かりな構造であった。開発品では、設計時に熱解析を行うことにより、検出器周辺の冷却構造および高温の測定ガスへの断熱構造を最適化した。また、高温対応ポンプなどを採用することにより、ガスを酸露点以上の高温に維持して酸や水を排出しないシンプルな構造を実現した。

* 出願中特許：排気筒ダストモニタ（焼却炉向け高温対応）

図 29 高温対応排気筒ダストモニタ



産業計測機器

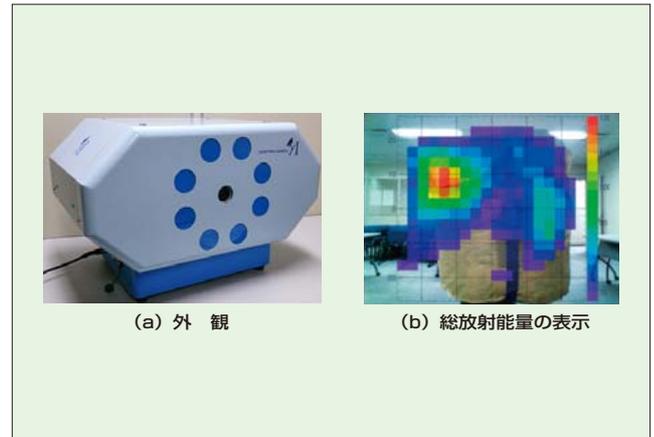
⑧ 高感度 γ 線可視化コンプトンカメラ「コンプトンカメラ ガンマ・アイ」

高感度 γ 線可視化コンプトンカメラ「コンプトンカメラ ガンマ・アイ」は、福島第一原子力発電所の事故による汚染地域の測定作業を円滑に行うため、特に低レベル汚染地域の汚染状況を可視化するための製品である。

バックグラウンドレベルから $10 \mu\text{Sv/h}$ 程度の環境を測定対象とし、カメラの撮影範囲の総放射線量 (Bq) を表示するとともに、放射線の強さによりカメラの映像を色分けして表示することが可能である。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 測定核種：Cs-134, Cs-137
- (2) 検出器：CsI (TI) シンチレーション検出器
- (3) 測定時間：約 10 分 (1 MBq 相当・距離 3 m において)
- (4) 検出距離：1 ~ 30 m

図 30 「コンプトンカメラ ガンマ・アイ」

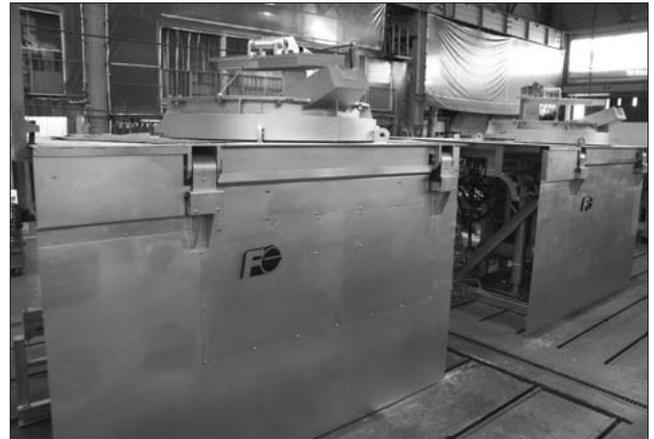


⑨ 新型溶解炉

鑄造工場では、電力エネルギー消費の大半を占める誘導溶解炉（溶解炉）での省エネルギー（省エネ）化の要求がよりいっそう高まっている。富士電機は、独自の高效率 IGBT 電源と特殊コイルを用いた炉体による省エネに特化した新型溶解炉を開発し、従来品と比べて 3 ~ 5% の省エネ化を実現した。炉体構成品の最適配置と IGBT 電源との組合せにより溶解時間の短縮と省エネ効果が得られ、設備生産性の向上が期待できる。初号機でのフィールド検証を経て、2014 年度に 2t 溶解炉と 3t 溶解炉を納入した。

省エネ化以外の特徴は、ブロック組立構造による簡素化でコイルの交換時間を約 1/3 に短縮したことと、冷却強化により、溶解材料中から発生する蒸気化した亜鉛の影響を少なくしてコイルの品質と信頼性を高めたことである。

図 31 新型溶解炉 (3t, 2,250kW) の炉体

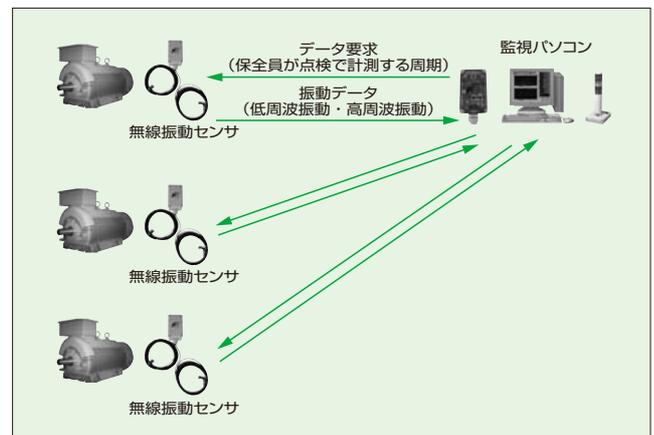


⑩ 無線式回転機振動監視システム「WISEROT」の海外対応

無線式回転機振動監視システム「WISEROT」は、モータや機械設備の状態監視を目的とした製品であり、機械設備の振動と温度を定期的に計測し、傾向監視を行うことで早期に設備の異常兆候を捉えるものである。無線通信を採用したシステムであるため、従来の有線式オンライン振動監視や、手動による振動計測では適用が困難であった範囲・分野へ適用が可能である。

2014 年度は、海外対応に必要な CE マークと R&TTE 指令に適合させるとともに、EU、マレーシア、タイ、シンガポール、インドネシアの無線認証を取得した。今後も、順次、無線認証の取得国を追加して、海外サービス量の拡大に取り組む。

図 32 「WISEROT」の構成例



産業計測機器

⑪ 無線センサの自立電源化技術

無線センサの電源用の配線やバッテリーの交換を不要とする自立電源化技術を開発した。無線センサへの電源供給には、設置環境や設備の微小な振動により発電する振動発電技術を適用した。また、無線センサの消費電力の大部分を占める通信電力を圧縮センシング技術で削減した。

- (1) 発電方式には逆磁歪（じわい）方式を採用し、振動周波数 100 Hz、加速度 0.98 m/s^2 (0.1 G) の振動で平均発電電力は約 $330 \mu\text{W}$ である。
- (2) 従来の圧縮センシングを応用した選択的圧縮センシング技術を国立大学法人 東京大学と共同で開発し、通信電力を 50% 以上削減した。
- (3) 応用例として、モータ監視システム（図）に使われる無線振動センサで電源なしの運用を可能とした。

図 33 自立電源によるモータ監視システム

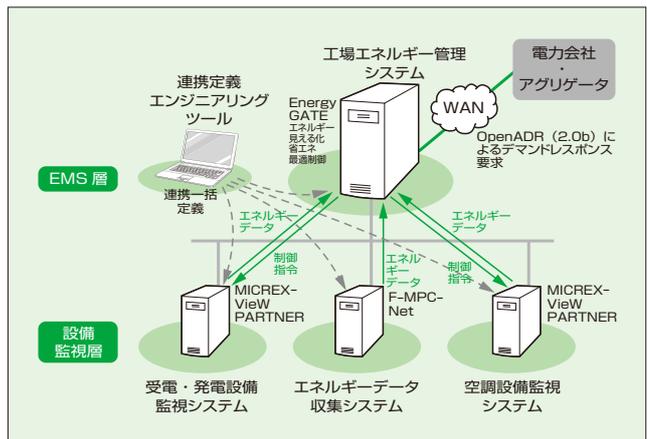


⑫ EMS 層と設備監視層のエンジニアリング連携技術

工場におけるエネルギー管理システム（EMS 層）と複数の設備監視層との自動連携機能を強化した。設備監視層は、受電・発電・空調設備の監視システムや各種エネルギーデータ収集システムなどである。

連携定義エンジニアリングツールにより、簡単な定義操作で複数の設備監視システムの計測値を定周期で EMS 層に連携させることができる。EMS 層の省エネルギー最適計算（エネルギーコスト、CO₂削減）機能と複数の設備監視システムを連携させたことで、工場全体のエネルギー需給バランス制御や省エネルギー制御が可能である。また、EMS 層の OpenADR (2.0b) により、電力会社やアグリゲータから受信するデマンドレスポンス要求に対して各設備監視システムと連携して自動制御を行うことができる。

図 34 全体システム構成

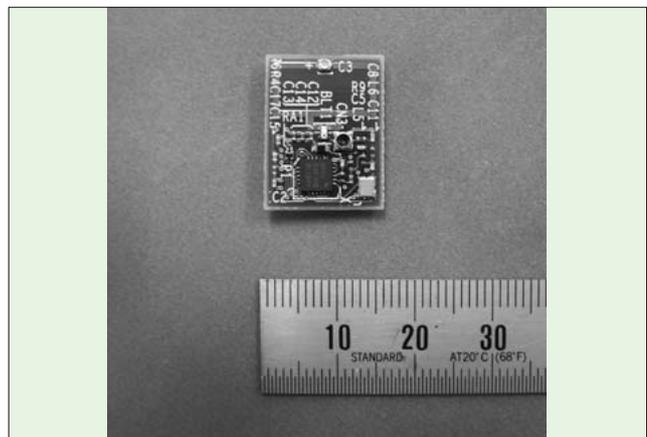


⑬ アンテナ内蔵の組込み用途向け超小型無線モジュール

富士電機は、920 MHz 帯の無線モジュールにおいて、アンテナを基板上に内蔵しながら、外形寸法が 15×20 (mm) と業界最小クラスの小型化を実現した。超小型であるため既存機器への組込みが容易であり、既存機器が持つシリアル通信インタフェースに接続することで、シリアル通信を無線に変換できる。加えて、入出力を切換え可能なデジタル入出力 2 点とアナログ入力 1 点を持ち、機器側のデータに直接アクセスできる。また、消費電力を抑えるための富士電機独自の非同期通信プロトコルや、通信範囲を拡張するための中継機能を備えている。特徴を次に示す。

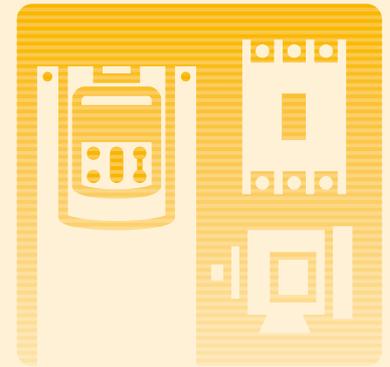
- (1) 使用周波数帯：922.4 ~ 928.0 MHz
- (2) 通信距離：100 m (内蔵アンテナ, 見通しの場合)
- (3) 国内認証：ARIB STD-T108 取得予定

図 35 超小型無線モジュール



パワーエレ機器

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



展望

今日、パワーエレクトロニクス（パワーエレ）機器は、ライフラインを支える社会インフラから耐久消費財に至るまで、あらゆる分野に浸透しており、特に省エネルギーと電気エネルギーの高効率利用の点から大きく期待されている。また、SiC（炭化けい素）材料を使用した新型のパワーデバイスがいよいよ実用段階に入り、普及が期待されている。

駆動システム分野では、電動機の可変速駆動において顧客の多様なニーズに応えるため、プラットフォーム技術に基づく機種展開を行っている。マシナームレスのエレベータ用インバータとして、「FRENIC-Lift LM2A」を製品化した。欧州市場で必須の安全規格対応、および EMC フィルタ内蔵で業界最小クラスのスリム化を達成した。また、空調用途向け「FRENIC-eHVAC シリーズ」では、EMC フィルタを標準で内蔵するとともに、「FRENIC-Ace シリーズ」で好評のカスタマイズ機能をさらに強化して、多彩な制御・通信オプションを用意した。さらに、大容量の高圧電動機を直接駆動する高圧インバータ「FRENIC4600FM6e シリーズ」を製品化した。定格入力電圧 6kV/10kV、出力容量 460kVA～15.6MVA の広範囲をカバーするとともに、インバータ並列運転や同期電動機駆動など多彩な運転制御機能を搭載している。

回転機においては、「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」（省エネ法）のトップランナー基準に従った IE3 効率の「プレミアム効率モータ」を製品化した。スロット構造や巻線、コア材の最適化などによる損失低減を行い、IEC 60034-30/JIS C 4034-30 のプレミアム効率 IE3 を達成するとともに、屋外仕様の保護等級を IP55 とした。

電源システム分野では、無停電電源装置（UPS）として、国内市場の更新需要向けに、現行機と互換性を保ちつつ出力電力密度を 10% 向上した三相 200V 系大容量 UPS「6000DX シリーズ」と、北米市場向けに世界最高レベルの 97.5% の効率である三相 400V 系大容量 UPS「7000HX-T3U」を製品化した。また、データセンターの消費電力の低減に向けて、サーバのスイッチング電源と UPS を一体化したラックマウント型直流 UPS を開発した。配電口スを低減し、UPS の設置スペースが不要な電源として期

待されている。さらに、再生可能エネルギーに関連して、All-SiC モジュールを搭載したメガソーラー用パワーコンディショナ（PCS）「PVH1000AJ-3/1000」を製品化した。SiC パワーデバイスの特長を最大限に生かして、従来機との比較で 60% となる小型化を実現しており、平成 27 年度（第 64 回）電機工業技術功績者表彰 最優秀賞を受賞した。

輸送システム分野では、共振型インバータと高周波トランスを組み合わせた高周波絶縁方式の補助電源装置を開発した。従来方式に比べて、大幅な小型・軽量化を達成している。永久磁石式回転型扁平（へんぺい）モータとラック・アンド・ピニオンを組み合わせたドアを北米市場に出荷した。また、米国ワシントン首都圏交通局地下鉄向けに補助電源装置とリニアドアの供給を開始した。両製品とも富士電機の鉄道車両では初となる「バイアメリカ法」に対応した主要部品調達と最終組立を行っている。さらに、高輝度、高精細ディスプレイを適用した車内案内表示システム、Ethernet を適用した列車通信カードを開発した。

受配電・開閉・制御機器コンポーネント分野では、再生可能エネルギー分野をはじめ、生産設備やオフィスビル、商業施設における省スペースで信頼性の高い受配電設備や制御システムの需要が高まっている。太陽光発電設備に最適な 400～800 AF の無極性直流高電圧ブレーカ、データセンター向けに業界最小サイズの 2 極プラグイン形ブレーカを開発した。エネルギー監視システムでは、「F-MPC PV シリーズ」の CT 方式品を開発した。CT による電流検出方式を採用し、発電電圧 DC1,000V に標準で対応しており、太陽電池パネルをストリング単位で 12 ストリングまで計測可能である。また、電磁開閉器では、駆動装置の一次側開閉器として最適な「SK シリーズ」の AC 操作および DC 操作の 18A、22A、32A 品や、太陽光発電設備向けに最適な「SC-N12/DS」を開発した。制御機器では、シンクロセーフコンタクト搭載で、安全性を向上させた φ30 の非常停止用押しボタンスイッチを開発した。

今後も、パワーエレ機器におけるさまざまな技術、製品、ソリューションの開発を行い、顧客満足を追求するとともに、持続可能な社会の実現に貢献する所存である。

駆動システム

① 空調用途向けインバータ「FRENIC-eHVAC シリーズ」

空調用途向けインバータをより普及させるため、市場が要求する仕様および価格に応えた「FRENIC-eHVAC シリーズ」を製品化した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 最適設計により空調市場が要求する価格を実現した。
- (2) 強化したカスタマイズロジックを標準で搭載し、エンドユーザの求める専用機能への柔軟な対応が可能である。
- (3) PID制御、カスケード運転、強制運転など空調用途で要求される機能を標準で搭載した。
- (4) BACnet通信プロトコルを標準で搭載するとともに、多彩な制御オプションや通信オプションを製品化したことにより、システム対応が容易である。
- (5) 19言語対応の多機能タッチパネルをオプションで準備しており、より多くの国・地域に対応できる。

図1 「FRENIC-eHVAC シリーズ」



② 高圧インバータ「FRENIC4600FM6e シリーズ」

高圧インバータは、最も大きな市場である中国において、ローカルメーカーの台頭による低価格化が加速している。これに対抗可能な市場競争力を持ち、かつ電力・冶金をはじめとする分野に合致した差別化・付属機能を備えた高圧インバータ「FRENIC4600FM6e シリーズ」を開発した。

- (1) 電圧系列・容量系列
 - 6.0 kV, 450 ~ 9,350 kVA
 - 10.0 kV, 500 ~ 15,600 kVA
- (2) 回路構成の簡素化による市場競争力の向上
- (3) インバータ並列運転制御による大容量モータ駆動、同期機駆動
- (4) セルバイパス機能による冗長化運転（付属機能）
- (5) IEC, GB, DL（中国の国家電力規格）に準拠

図2 「FRENIC4600FM6e シリーズ」(10.0 kV, 1,280 kVA機)



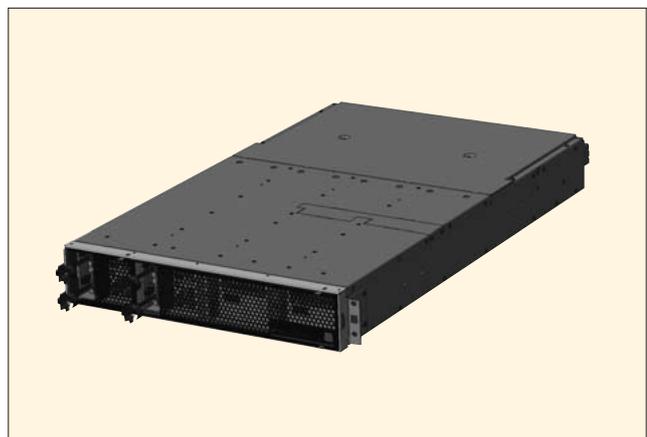
電源システム

① ラックマウント型直流 UPS

多大な電力を消費するデータセンターの消費電力低減が重要な課題となっている。このたび、富士電機はデータセンターの省エネルギーを実現するラックマウント型の直流無停電電源装置（UPS）を開発した。本装置は、無停電電源とスイッチング電源を一体化し、配電全体の電力ロスを低減するものである。主な特徴は次のとおりである。

- (1) データセンターの配電ロスを5～7%低減した。
- (2) 無停電電源の設置スペースが不要となり、約20%の面積の削減を実現した。
- (3) 単機出力容量を2.5kW単位で拡張できる。
- (4) サーバラックに電力制限をかけながら、一定時間、制限電力以上の負荷でサーバを動作可能とするパワーアシスト機能を搭載した。

図3 ラックマウント型直流 UPS



電源システム

② 三相 200V 系大容量 UPS 「6000DX シリーズ」

電算・通信設備は 200V で動作するものが多く、国内市場では 200V 出力の無停電電源装置 (UPS) の需要が高い。富士電機は、三相 200V 系 UPS の最新機種として「6000DX シリーズ」を開発した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 既設設備の更新需要に対応するため、寸法は従来機種と同一にして、互換性を確保した。
- (2) 定格負荷力率 1.0 に標準で対応することにより、出力電力密度を 10% 向上させた。
- (3) 操作・表示画面に液晶タッチパネルを採用し、操作性・保守性を向上させた。
- (4) 並列冗長システム、待機冗長システム、母線一括システムといった多様なシステム構成に対応できる。

● 関連論文：富士電機技報 2015, vol.88, no.1, p.22

図 4 「6000DX シリーズ」(200kVA 機)



輸送システム

① ワシントン首都圏交通局地下鉄車両向けドア駆動装置および補助電源装置

富士電機は、ワシントン首都圏交通局の地下鉄車両向けにドア駆動装置 (リニア同期モータ駆動) と補助電源装置 (入力: DC700V/出力: AC230V, AC120V, DC37.5V) を製品化し、納入を開始している。机上自動診断装置、車上診断 PC 用ソフトウェアなどの付帯機器と、本体の自己診断機能を連携させ保守性を向上した。

米国製製品の優先購入を義務付ける「バイアメリカ法」に対応するため、国内工場から米国の工場拠点へ技術移管を行い、米国内で主要部品調達と最終組立を行っている。また、鉄道交通局より要求される次の規格に適合している。

- (1) 鉄道車両電気品規格: IEC 60571
- (2) EMC 規格: IEC 61000-6-2 他
- (3) 振動衝撃規格: IEC 61373

図 5 ワシントン首都圏交通局の新型地下鉄車両 (7000 系)

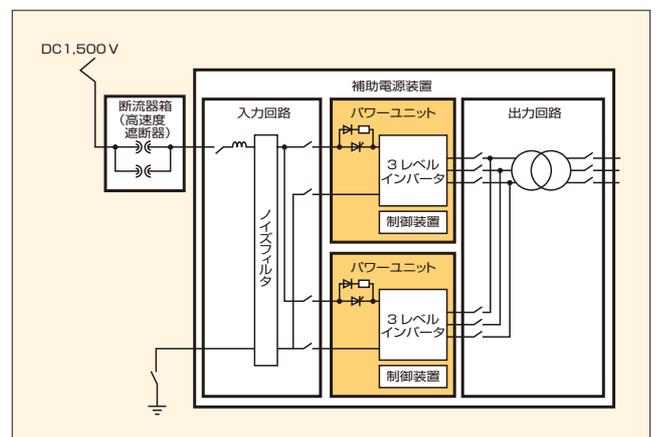


② 山陽電気鉄道株式会社 新造電車用補助電源装置

車両用補助電源装置には、鉄道車両という過酷な使用環境から、高信頼性、静粛性、小型・軽量化が求められ、それらの要求は日々高度化している。

山陽電気鉄道株式会社 新造電車用補助電源装置では、パワーユニットを常用系と待機系から成る二重化構成とし、故障時には常用系から待機系に切り替える待機冗長方式を採用することで、信頼性向上を図っている。回路方式に直流 1,500V 架線入力対応の 3 レベルインバータ方式を採用するとともに、スイッチング特性に優れた 1.7kV 定格の IGBT 素子を適用した。これにより、スイッチングに伴う発生損失の低減、キャリア周波数の高周波数化と出力電圧ひずみの低減による低騒音化、ならびに出力交流フィルタリアクトルの削減による小型・軽量化を実現した。

図 6 新造電車用補助電源装置の簡易結線図



輸送システム

③ えちごトキめき鉄道株式会社向け電源装置

えちごトキめき鉄道は、北陸新幹線と並行する在来線として、2015年3月14日に開業した。旧北陸本線区間の日本海ひすいラインには、西日本旅客鉄道株式会社のキハ122系気動車をベースにした新型のET122系気動車が投入された。

富士電機は、これまで納入してきた気動車用電源装置の経験を生かし、ET122系気動車向けに電源装置を納入した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 発電機制御回路は、キハ122系気動車と同一とし、整流器の制御回路は、従来のアナログ方式からデジタル方式に変更した。
- (2) 冗長性を持たせており、複数の車両を併結した状態で、1台の電源装置が故障したときにもバックアップできる。

図7 ET122系気動車と電源装置



④ 北米向け鉄道用ラック・アンド・ピニオン方式ドア駆動装置

富士電機は、ソノマ・マリン地区鉄道公社 (SONOMA-MARIN AREA RAIL TRANSIT) が新規に投入するディーゼル車両向けに、乗降用と貫通路用のドア駆動装置を納入した。ラック・アンド・ピニオン方式のドアでは、営業試験車に続き北米市場で2例目となる。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 高い信頼性が評価されている既存製品の機構部分を継承することにより、高い信頼性と安全性を実現した。
- (2) モータ特性の改善により消費電力を52%低減した。
- (3) 工場出荷時の調整により顧客側の調整を容易にした。
- (4) 故障診断機能により故障時の原因調査を容易にした。
- (5) 乗客やその持ち物がドアに挟まった場合の検知性能を向上し、より高い安全性を実現した。

図8 新型車両とラック・アンド・ピニオン方式ドア駆動装置



⑤ 鉄道用車内案内表示システム

車内案内表示システムを東洋電機製造株式会社と共同で開発し、南海電気鉄道株式会社のケーブルカー（鋼索線）に設置して2015年3月1日から運用を開始した。ケーブルカー車内の正面上部に案内表示器を設置し、沿線情報、駅施設の案内、観光情報などを多国語（日本語・英語・フランス語）と画像で表示している。主な特徴を次に示す。

- (1) 高輝度、高精細ディスプレイ（32インチハーフカットサイズ）
- (2) 鉄道車両に適用される電子機器規格（IEC 60571）に準拠
- (3) 制御電源とコンピュータを内蔵した一体型
- (4) 長寿命LEDバックライトの適用による長寿命化（6万時間）、低消費電力化

図9 ケーブルカー車内の案内表示器



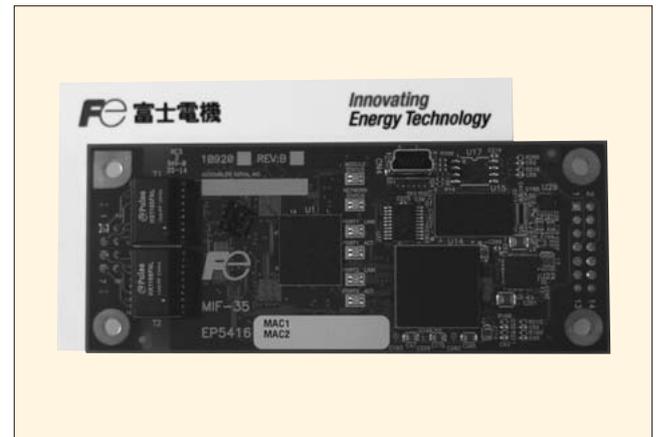
輸送システム

⑥ IEC 61375-2-3 準拠 鉄道車両用 TRDP 方式列車通信カード

世界の鉄道業界において、Ethernet を適用した鉄道車両用通信ネットワークの国際規格化が進められている。これに対応し、さまざまな鉄道車両搭載機器を共通に接続できる通信カードを開発した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) IEC 61375-2-3 準拠の TRDP プロトコルを搭載する。
- (2) 二つの通信ポートとネットワークスイッチ機能を持ち、プロパルジョン装置などの機器に搭載することで、適用機器の機能に応じたさまざまな冗長型通信トポロジーが構成可能である。
- (3) 鉄道分野に求められる耐環境性、高信頼性、高速応答性を備えている。
- (4) ハードウェアを変更することなく、PROFINET などの他の通信プロトコルも搭載可能である。

図 10 通信カード（名刺との比較）



受配電・開閉・制御機器コンポーネント

① 小型電磁接触器「SK シリーズ」の機種拡充（SK32 形）

小型電磁接触器「SK シリーズ」の SK06～22 形（5 定格）は、小型・低消費電力化の特徴により、発売以来好評を得ている。今回、その上位フレームとなる 32A 品（SK32 形）を開発し、ラインアップを拡充した。SK シリーズは特に機械制御装置などの小型・省エネルギー化に貢献することを目的とした製品である。主な特徴を次に示す。

- (1) 横幅寸法 53mm の小型化を実現（当社相当品「SC-N1」比で取付け面積を 33% 減少）
- (2) 新設計の電磁石を採用し、電磁石容量を大幅に低減（直流操作電磁石容量 2.4 W、当社相当品「SC-N1/G」比で電磁石容量を 73% 減少）
- (3) 直流操作品はコイルサージ吸収素子を標準装備
- (4) 端子カバーを標準装備（保護等級：IP20）

図 11 「SK32A」



② 太陽光発電設備向け電磁接触器「SC-N12/DS」

太陽光発電設備用パワーコンディショナ（PCS）に使用される電磁接触器は、その PCS の仕様や設置される使用環境など、さまざまな要求に対応する必要がある。

富士電機では、これまでに 660 A、800 A 定格の太陽光発電設備向け電磁接触器「SC-N14/DS」「SC-N16/DS」をラインアップしている。今回、多様化するニーズに対応した 550 A 定格品「SC-N12/DS」を開発し、そのラインアップを拡充した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 標準形電磁接触器（450 A 定格）をベースにして、外形は同一のまま国内他社にない 550 A 定格品を開発した。
- (2) 使用周囲温度を拡大し、多様な使用環境に対応した。（標準形：-5～+55℃、開発品：-10～+60℃）

図 12 「SC-N12/DS」550 A 定格品



受配電・開閉・制御機器コンポーネント

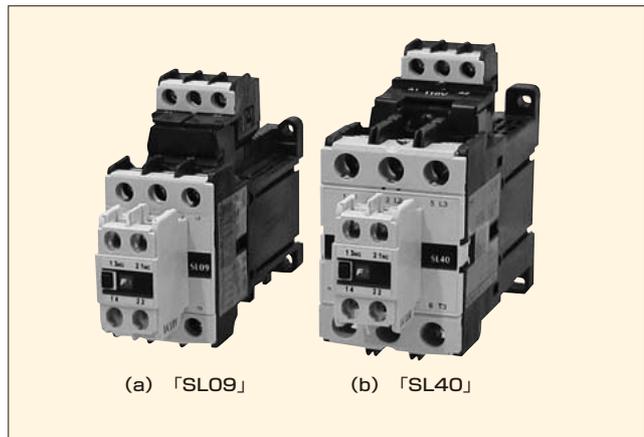
③ 静音電磁接触器「SLシリーズ」

中国のエレベータ市場では、高級ホテルやマンションを中心にマシンルームレス化が進み、エレベータかご自体の近傍に制御盤が設置されることから、電磁接触器の動作音に静音化が求められている。

静音電磁接触器「SLシリーズ」は、標準品よりも動作音を低減し、中国のエレベータ市場をターゲットにした電磁接触器である。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 電磁接触器の動作音の低減（標準交流品と比較して約10dBA以上低減）
- (2) AC/DC 共用の操作回路
- (3) 中国強制製品認証（CCC）の取得
- (4) コイルサージ吸収機能の内蔵

図13 「SLシリーズ」



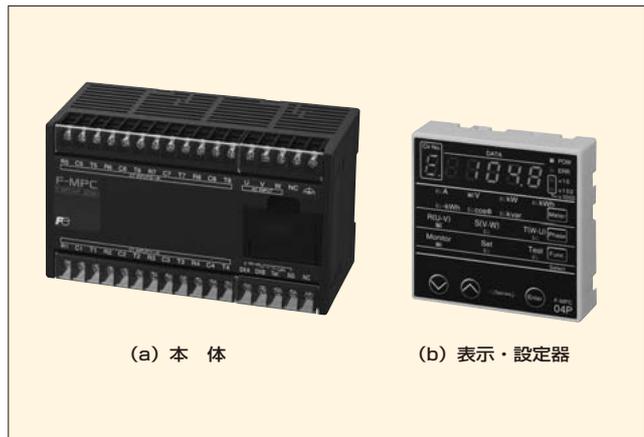
④ 多回路形電力監視ユニット「F-MPC04Pシリーズ」の機種拡充

エネルギー監視の機運が高まる中、分電盤の小型化・省電力に寄与するため、2014年1月に「F-MPC04Pシリーズ」の三相3線式（8回路計測）をモデルチェンジした。今回、单相2線式（12回路計測）および三相4線式（4回路計測）をモデルチェンジし、機種を拡充した。

新型の「F-MPC04P」は、近年の分散型電源の普及に伴う逆流の計測にも対応した。主な特徴を次に示す。

- (1) 小型・軽量化（従来比60%）、低消費電力化（同50%）
- (2) 表示・設定器の大型化（□48→□80）によるユーザビリティの向上
- (3) 上位システムソフトウェアの変更なしで置換えが可能
- (4) RS-485通信プロトコルにMODBUS/RTUを追加
- (5) 組合せ専用分割CTに100A品と800A品を追加

図14 「F-MPC04P」



⑤ スtring監視ユニット「F-MPC PVシリーズ」の機種拡充

太陽光発電システムのString監視を目的とする「F-MPC PVシリーズ」に、CTによる電流検出方式を適用した機種を開発し、ラインアップを拡充した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 太陽光で発電した電力を制御電源に使用することで電源配線を不要とし、既設設備への取付け性を向上させた。
- (2) 計測電流定格20Aと200AをCTで選択できる。
- (3) Diを2点持ち、SPD故障などの監視が可能である。
- (4) 使用温度範囲：-20～+70℃
- (5) 電源回路にヒューズを内蔵し、主回路への影響を防止した。
- (6) サービス電源（5V出力）を用意し、無線器を利用して通信配線をなくすこともできる。

図15 「F-MPC PV」CT方式



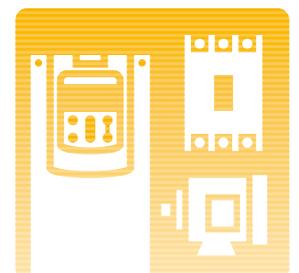
受配電・開閉・制御機器コンポーネント

⑥ デジタルパワーメータ「PM5000シリーズ」

「PM5000シリーズ」は、コストパフォーマンスに優れたデジタルパワーメータである。主な特徴は次のとおりである。

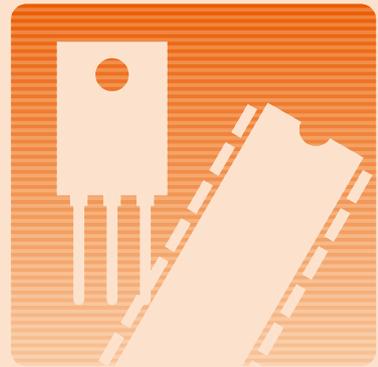
- (1) 高精度な電力・電力量計測，データロギング機能，高調波計測，警報，デジタル入出力機能
- (2) RS-485 または直接 Ethernet に標準接続
- (3) DIN96 mm 角サイズのディスプレイ枠で，特別な工具なしに，盤面などに取付けが可能
- (4) Ethernet 付きメータは Web サーバ機能を装備し，ブラウザから容易に監視が可能
- (5) 128×128 ドットの高精細な LCD 画面付きメータで，計測項目をグラフィカルに LCD 画面に表示

図 16 「PM5000シリーズ」



電子デバイス

パワー半導体
感光体
ディスク媒体



展 望

パワー半導体

地球温暖化を防止し、環境との調和を図り、安全・安心で持続可能な社会を実現する上で、再生可能エネルギーの普及“創エネルギー”と、その効率的な利用“省エネルギー”を支えるパワーエレクトロニクス技術への世の中の期待は非常に大きい。このような中、富士電機では、エネルギー変換効率が高く、低ノイズで地球環境にやさしいパワー半導体製品を開発している。パワー半導体は、環境・エネルギー分野の製品や、産業機械、自動車、家電製品に適用され、世の中に貢献している。

環境・エネルギー分野では、太陽光発電用パワーコンディショナ（PCS：Power Conditioning Sub-system）向けに3レベル電力変換回路用IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）モジュールの系列を拡大した。より高い電力変換効率を追求し、近年の入力電圧の高電圧化に対応するために、中間双方向スイッチに富士電機独自の900V耐圧のRB（Reverse-Blocking）-IGBTを適用したAT-NPC（Advanced T-type Neutral-Point-Clamped）回路を搭載したIGBTモジュールである。

産業機械分野では、NC、サーボ、スピンドルなどの工作機械向けに最新の「Vシリーズ」IGBTの技術を適用したIPM（Intelligent Power Module）製品の系列を拡大した。さらに、容量22kW以下のモータドライブ用途に“MiniSKiiP”を製品化した。これは、装置のさらなる小型化に貢献できる。また、溶接機や無停電電源装置（UPS：Uninterruptible Power System）の小型化に貢献する1,200V高速ディスクリットIGBT「High Speed Wシリーズ」を開発した。従来よりも高速スイッチングを可能とし、溶接機やUPSの小型化に貢献できる。

自動車分野では、高出力モータの制御などに使用する大電流IPS（Intelligent Power Switch）の系列を拡大した。従来製品と比較して、同一パッケージでオン抵抗を37.5%低減させ、かつエネルギー耐量保証は従来製品と同等レベルを実現した。また、第6世代圧力センサに相対圧センサの系列を追加した。100kPaレンジの相対圧力を±1kPaの精度で測定が可能であり、アイドリングストップ時のブ

レーキ倍力装置の内圧監視に用いられ、燃費改善と排出ガスの低減に貢献している。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IGBTの分野では、富士電機独自の直接水冷構造と逆導通型のRC-IGBTチップを用いた製品の系列化を進めている。

家電製品などの電源分野では、ノートPC、プリンタや比較的小型のTV向けに第6世代PWM制御ICの製品系列を拡充した。従来のスイッチング周波数65kHzに加えて100kHzまでの高周波動作に対応させることで、トランスなどの部品の小型化を可能としたほか、電源の多様な仕様に対応可能なラインアップをそろえている。

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

感光体

感光体市場は、中国メーカーの伸長に伴って価格重視と品質重視の2極化が進んでいる。富士電機は、装置の高速・長寿命化に対応した感光体の高性能化を進めている。

2014年度には、新たな層設計技術の適用により印字品質を高めた正帯電型有機感光体と、保管安定性および耐摩耗性に優れた材料の適用により耐久性を2倍に高めた高耐久型有機感光体とを開発・量産化した。今後も、顧客ニーズに応えた感光体の提供を通じて、オフィス環境の省エネルギー、コスト削減、業務効率向上に貢献していく。

ディスク媒体

ハードディスクドライブ（HDD）向け垂直磁気記録媒体は、ビッグデータ解析やクラウドコンピューティングの普及に伴い、一層の大容量化と低コスト化が求められている。

富士電機は2014年度に、1枚当たりの記録容量が1TBの3.5インチアルミニウム基板媒体の特性改善品と、同500GBの2.5インチアルミニウム基板媒体の新製品とを開発・量産化し、低コスト化と顧客の製造良品率の改善に貢献した。今後も、IT社会の発展に貢献するため、新技術である瓦書き記録（SMR：Shingled Magnetic Recording）方式に適した大容量媒体の開発を推進していく。

パワー半導体

① 新型パッケージを用いた産業用 RC-IGBT モジュール技術

近年、急速に市場を拡大している産業用 IGBT モジュール向けに、IGBT とダイオードを一体化した RC-IGBT（逆導通 IGBT）を開発し、高放熱と高信頼性を両立した新型パッケージと組み合わせることで、IGBT モジュールの大幅な小型化とパワー密度の向上を達成した。RC-IGBT は、従来の IGBT やダイオードと同等の低損失化を実現し、1,200 V 100 A 定格においてチップ面積の 27% 低減を達成した。さらに、RC-IGBT と新型パッケージを組み合わせることで、従来の 2 in 1 モジュールに対し 42% の設置面積で、同等のインバータ損失と大幅な IGBT チップ温度の低減を可能とした。同じ IGBT チップ温度で比較した場合には、58% 大きい出力電流で動作が可能である。これにより、電力変換装置の小型化とコストダウンに貢献できる。

図1 新型パッケージの RC-IGBT モジュール



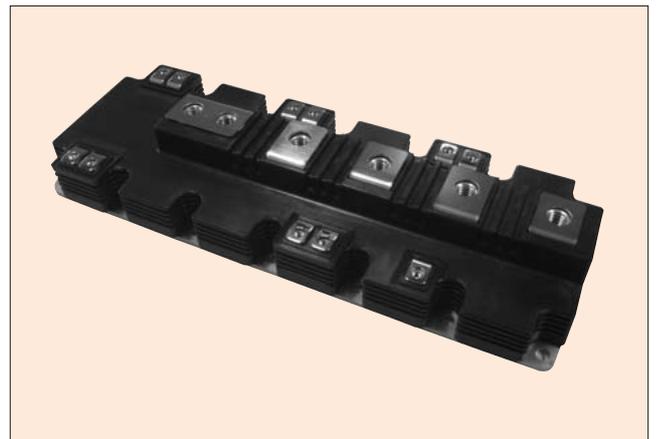
② 大容量 3 レベル用 IGBT モジュール

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

大容量 3 レベル用 IGBT モジュールは、3 レベル電力変換回路を 1 パッケージにして大容量化したモジュールであり、定格は 1,200 V/450 A, 600 A, 900 A である。電力変換効率の向上と装置の小型化を実現し、並列接続による装置の大容量化も容易である。さらに、将来の太陽光発電の高電圧化に備え、DC1,500 V に対応できる I-type モジュール (1,200 V/600 A) を製品化する。主な特徴を次に示す。

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

図2 T-type と I-type 共通の大容量 3 レベル用モジュール

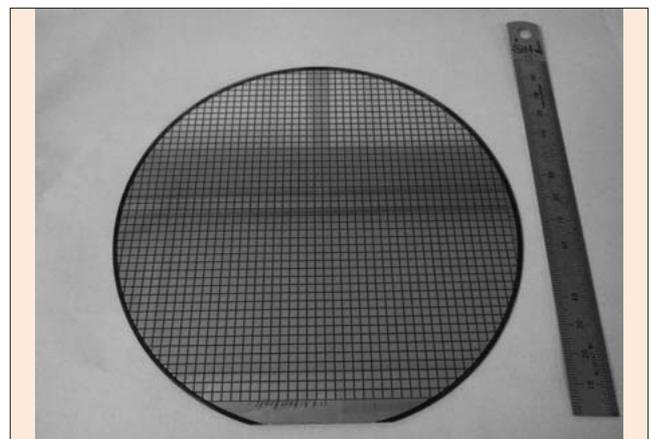


③ 6 インチ SiC-MOSFET

富士電機では、6 インチ SiC（炭化けい素）基板を用いた SiC-MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) の開発を進めている。SiC-MOSFET は、従来の Si デバイスと比較して SiC 基板上に形成するゲート酸化膜に電子や正孔をトラップする準位が多く、MOSFET をオンさせるゲート電圧（しきい値）が時間とともに変動する課題があった。ゲート酸化膜の製造条件を工夫することで、しきい値安定性に優れた SiC-MOSFET の開発に成功した。

引き続き、1,200 V 定格 SiC-MOSFET と SiC-SBD (Schottky Barrier Diode) とを搭載した All-SiC モジュールの開発を進めている。また、1,700 V 定格、3,300 V 定格までの高耐圧 SiC-MOSFET の開発を計画している。

図3 6 インチ SiC ウェーハ



パワー半導体

④ 電気自動車・ハイブリッド車用大容量車載標準モジュール

近年、電気自動車はハイパワー化が進み、パワーモジュールにも大容量化が求められている。電気自動車・ハイブリッド車用大容量車載標準モジュールを開発した。

本製品は、モータ駆動用インバータ回路を内蔵したパワーモジュールであり、汎用モジュールとしては最大級の750V/800Aクラスのものジュールである。デバイスは第7世代チップ技術を応用したRC-IGBT（逆導通IGBT）を採用している。これは、IGBTとFWD（Free Wheeling Diode）を同一チップ上に形成したデバイスであり、モジュールの小型化に貢献している。また、冷却器はアルミニウム製のウォータージャケットを採用しており、富士電機の従来型アルミニウムヒートシンクに対し、約40%の冷却性能の向上を実現している。

図4 大容量車載標準モジュール



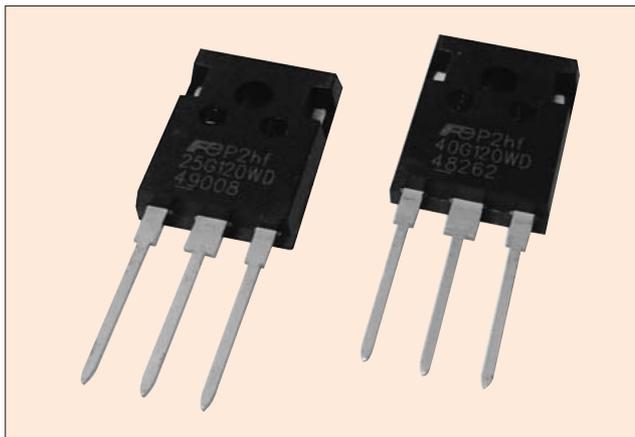
⑤ 1,200V 高速ディスクリット IGBT 「High-Speed W シリーズ」

近年、溶接機や無停電電源装置（UPS）では、機器の小型化のための高周波化や高効率化への要求が強い。これらの機器向けに、1,200V 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「High-Speed V シリーズ」を高周波用途向けに最適化し、スイッチング損失を大幅に低減させた。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 高周波駆動（20～100 kHz）
- (2) ターンオフ損失約40%低減（従来比）
- (3) 定格電圧・電流：1,200V/25A, 40A
- (4) $T_{jmax}=175^{\circ}C$ 保証
- (5) 外形：TO-247（オール鉛フリー）

図5 「High-Speed W シリーズ」



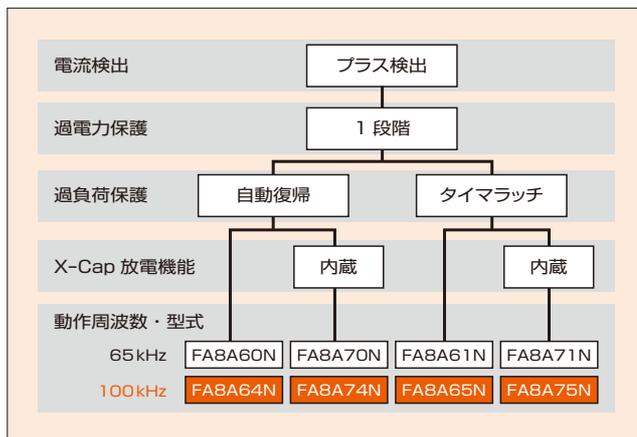
⑥ 第6世代 PWM 制御 IC の系列拡充

近年、家電製品やサーバなどの電子機器は、常時稼働システムが増え、待機電力の削減要求がますます強まっている。富士電機は、状態設定機能や各種保護機能が充実した第6世代 PWM 制御 IC 「FA8A60 シリーズ」を製品化しているが、さらに小型化のニーズが高まってきている。

このようなニーズに応えるため、電源体積の主要素の一つであるトランスの小型化を狙い、動作周波数を65kHzから100kHzに変更した「FA8A64 シリーズ」を開発し、製品系列に追加した。

FA8A60 シリーズと、端子、機能、特性に互換性があり、従来電源の設計資産を用いることができ、新規の電源設計要素の簡略化を図ることが可能である。

図6 第6世代 PWM 制御 IC の系列表



パワー半導体

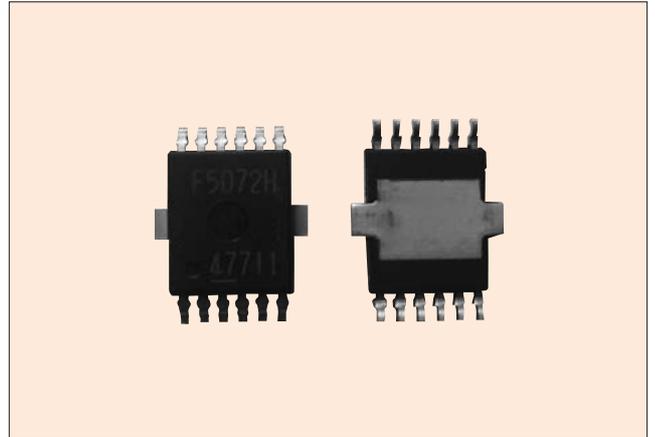
7 自動車用大電流 IPS

自動車電装分野では、システムの小型化、高信頼性化、高機能化の要求が高まっている。これらの要求に応えるため、高出力モータの制御などに使用する大電流 IPS (Intelligent Power Switch) を開発した。

この IPS は、トレンチ構造を用いたパワー MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) と制御部 IC とをチップオンチップ構造とすることで、小型パッケージで低オン抵抗 (最大 5mΩ) を実現している。高い信頼性を実現するために、過電流・過熱検出、低電圧検出などの保護機能を搭載した。また、放熱性の良いパッケージを採用し、並列接続時のエネルギー分担バランスの良い構成とすることで、低オン抵抗化による電流量の増加から生じる温度上昇に対処している。

関連論文：富士電機技報 2014, vol.87, no.4, p.273

図7 自動車用大電流 IPS



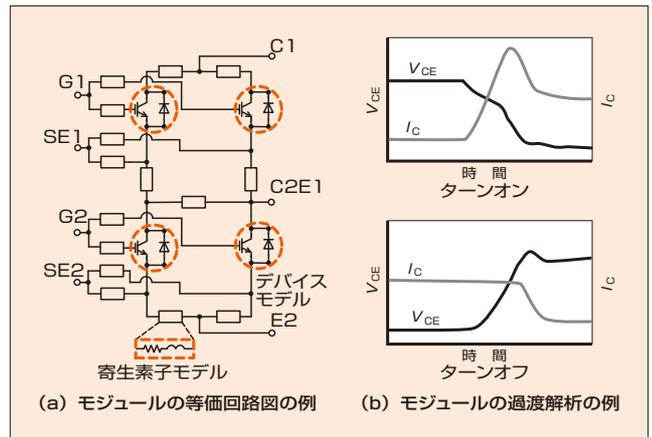
8 パワー半導体のシミュレーション技術

パワー半導体への低損失・大容量化などの要求が高まる中、シミュレーション技術の重要性が増している。

富士電機では、デバイス設計やパッケージ設計におけるシミュレーション技術の開発とともに、SiCをはじめとするデバイスの高速化や並列化によって複雑化するモジュール全体の挙動を解析するためのシミュレーション技術の開発に取り組んでいる。図に示すパッケージ構造に内在する寄生素子のモデルと、デバイスモデルとを組み合わせたモジュールの等価回路を用いて過渡解析を行い、モジュールのスイッチング動作を確認している。さらに、低ノイズ化に向けた電磁界解析技術の開発にも取り組んでいる。

これらのシミュレーション技術が、富士電機のパワー半導体の高機能化や高品質化を支えている。

図8 モジュールのスイッチング特性のシミュレーション例

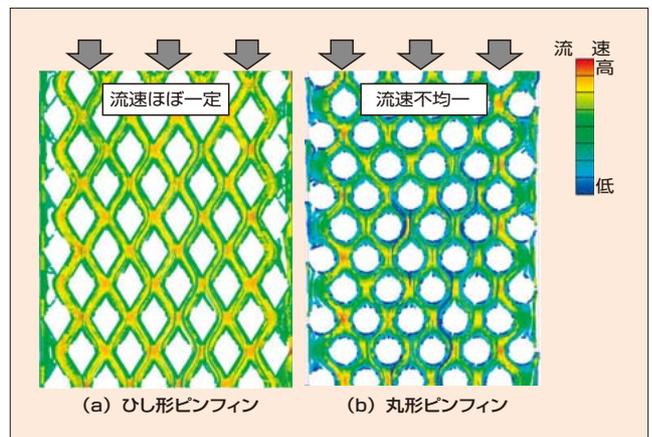


9 次世代パワー半導体向け流体シミュレーション技術

電力変換装置やモータ制御装置などに用いるパワー半導体モジュールは、近年、冷却システムの高効率化を目的に水冷化の検討が進められている。

冷却器の冷却性解析には、熱流体シミュレーションを用いる。冷却器内に流れる冷媒流速の解析や冷媒の圧力損失の解析を一貫して行う、流体シミュレーション技術を開発した。図に、冷却器の冷媒流れを解析した結果を示す。このシミュレーション技術により、短時間で冷媒流速や圧力損失の最適化が可能になった。さらに、顧客ごとに異なる冷却システムに対して、ポンプ性能を踏まえたシステム全体の設計を行うことで、効率向上を図っている。その結果、空冷に比べて約3倍の損失(熱)を冷却できる冷却器の作製が可能になった。

図9 冷却器の冷媒流速解析結果



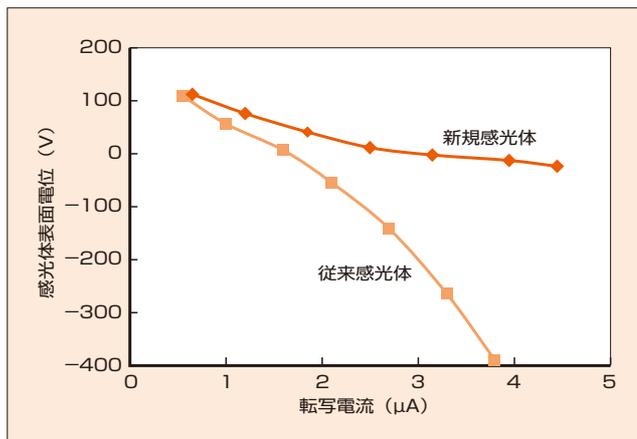
感光体

① 高品質正帯電型有機感光体

電子写真プリンタおよび複写機は、高速化・高画質化が進んでいる。これらに搭載される感光体は、画像品質を担う重要なコンポーネントであり、各種周辺プロセスからのストレスに対して影響を受けない高安定性が求められている。特に正帯電方式における転写プロセスでは、負極性バイアスを印加することにより、感光体表面に付着したトナーを紙に転写させ画像を形成する。このとき印加バイアスが高いと、感光体表面のトナーの有無による履歴が異なり、画質が低下することが知られている。

富士電機は、新たに転写プロセスにおける電子注入を制御する層設計技術を確立した。この技術の適用により、転写後の感光体表面が負極性に帯電することを抑制し、安定した画像品質が得られる感光体を開発した。

図10 正帯電型有機感光体の転写特性

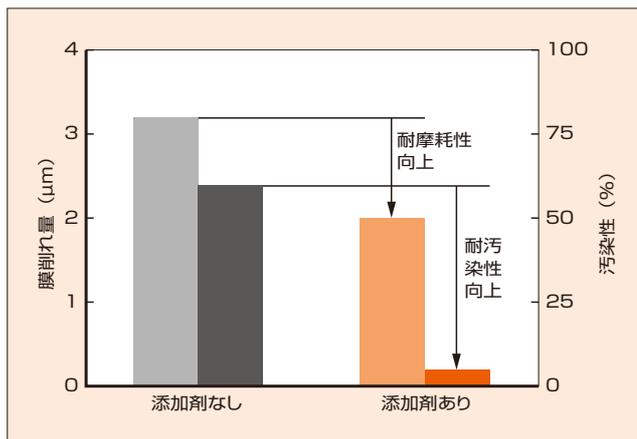


② 高耐久型有機感光体

近年、複写機、プリンタ、ファクシミリなどの画像形成装置は、小型化、高速化および長寿命化が進んでいる。一方、感光体と接触する帯電ローラや転写ローラなどの周辺部材は、多岐にわたる製品が展開されており、感光体表面には、各種周辺部材からの溶出成分に対する耐久性も求められている。

富士電機は、表面の感光層に形成される空隙に対して適切な大きさの添加剤分子を設計し、空隙に添加剤を充填することで、より強固な膜を形成することを可能にした。かつ、周辺部材から浸み出す成分が感光体表面に浸入することを抑制することで、耐汚染性を改善するとともに耐摩耗性を向上させ、繰り返し使用時および使用環境条件の変化時に電気特性が安定した高耐久型有機感光体を実現した。

図11 添加剤による耐久性の向上



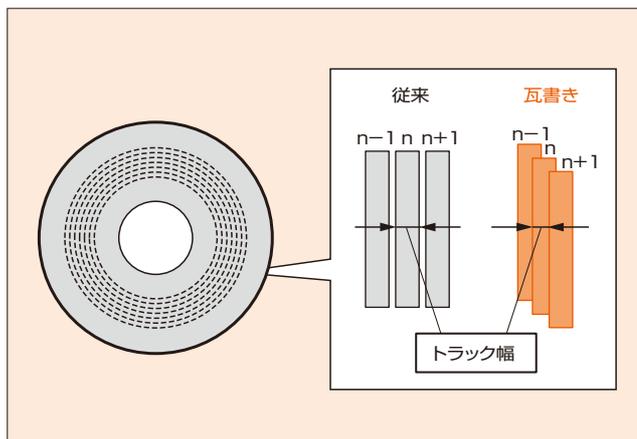
ディスク媒体

① 瓦書き記録 (SMR) 用垂直磁気記録媒体

HDDのさらなる高記録容量化に向け、新たな磁気記録方式である瓦書き記録 (SMR) の採用が始まろうとしている。SMRでは、従来一定の間隔で並んでいたデータトラックを瓦のように重ねて記録し、実効的なトラック幅が狭まることで、記録密度が向上する。

富士電機は、SMRに対応した垂直磁気記録媒体の技術開発を進めている。磁性層の多層化などの工夫により、記録容易性を維持しつつ、データトラック間の相互磁気干渉を抑制した。さらに、カーボン保護膜、潤滑剤の最適化により、耐久性を損なうことなくヘッド低浮上化を達成し、記録・再生能を改善した。当該技術は2016年度に製品化するHDD向け媒体 (記録密度 1,500 Gbits/in²、2.5 インチ媒体で 1 TB/枚) に適用する予定である。

図12 瓦書き記録におけるデータトラック記録方法の模式図



食品流通

自動販売機
店舗
流通システム



展望

人口減少や少子高齢化はもちろんのこと、単身世帯の増加、女性の社会進出の増加などにより、食品流通事業の市場は、消費の形態や小売業の環境が様変わりしてきている。特に消費者は、利便性、食の安全・安心を求める傾向が強くなっており、食品・飲料を扱うメーカーは、消費者の要望への対応と、環境配慮のための省エネルギー（省エネ）化にも強い関心を示している。富士電機の食品流通分野では、スーパーマーケットや自動販売機など、最終消費者に近い所での事業を展開するとともに、食品の加工・保管分野における要冷倉庫や、食品加工工場の冷凍関連事業などにも参入している。今後、さらに植物工場まで幅広く事業を展開し、生産から消費までの食品流通に携わるべく上流にドメインを拡大して事業を進めていく。

食品流通分野の研究開発のキーワードは、“省エネルギー”“利便性”“グローバル対応”“安全・安心”である。冷熱機器の省エネを進める冷熱制御技術については、飲料の加温冷却を行う自動販売機、店舗で食料品を陳列するショーケースなどへ適用している。また、食品の流過程に寄与する製品やシステムにも、この技術を展開している。

缶飲料を販売する自動販売機においては、内部の排熱に加えて外気を熱源として利用する富士電機独自のハイブリッドヒートポンプ自動販売機を開発してきた。2014 年度には省エネ性能をさらに向上し、業界初のヒータレス 2015 年モデル「ハイブリッド ZERO」を市場に投入した。この自動販売機には、商品の加熱をハイブリッドヒートポンプのみで行い、従来は部分的に使用していたヒータを一切使用しない方式を開発し、採用した。これにより加熱効率を 50% 向上させる効果を得た。さらに、冷却回路を自動車部品メーカーと共同で開発し、流体の膨張時の損失エネルギーを有効利用する、エジェクタと呼ばれる部品を自動販売機に初めて採用した。これにより効率が大幅に改善し、年間消費電力を 25% 低減した。

カップ飲料を販売する自動販売機においては、オフィス向けに特化した身近でおいしいコーヒーを提供する超小型カップ式自動販売機を開発した。一杯取りドリップ式コーヒー抽出システムと、衛生性・清掃性に優れたカップミキ

シング機構を持ち、小型化のための機構部品を開発し、搭載した。また、低消費電力についても業界トップクラスの性能を持つ製品である。

グローバル展開としては海外生産を目的とした物品自動販売機「Twistar」を開発し、7 月にはタイにおいて量産を開始し、中国・東南アジア各国への販売を開始した。

店舗向け製品においては、コンビニエンスストアのカウンタで 2013 年から導入されているコーヒーマシンに続き、ドーナツを販売する什器を開発した。ドーナツ特有のおいしさを保蔵する庫内環境に着目し、一定の温度で保冷しながらも乾燥を防ぐことで、いつでもおいしい商品の提供を実現させた。また、冷凍食品やアイス食品の需要の高まりに応えるため、冷凍機内蔵型平型アイスケースを開発した。エアカーテンを改良することにより、必要冷凍能力の低減を実現し、小型化と省エネ性能の向上を可能とした。

食品の流過程における保管や仕分けを目的とした要冷倉庫市場においては、既存の冷蔵・冷凍倉庫が築 30 年以上経過しているものが多くなってきている。このため、フロン冷媒の規制強化による維持費用の増加や壁の断熱性能の低下による電気代の増加など、管理コストが大幅に増加するケースが多々出てきている。これらの環境変化に応えるため、冷蔵設備の稼動を最適化する省エネルギー制御システムを開発した。冷凍ユニットの容量制御やユニットクーラのファンの負荷に応じた風量制御を行うなど、要冷倉庫における年間消費電力量の 12% 削減を実現している。

また、新たな取組みとして、太陽光利用型植物工場プラント向けに、複合環境制御システムをはじめとする、受変電設備、冷蔵設備などを納入し、実証実験を推進するとともに、植物の生育に最適な環境の構築と省エネ化を推進し、植物工場全体のエンジニアリングを提供していく予定である。

今後も富士電機は、利便性、食の安全・安心、省エネ化といった社会の要請を踏まえて、“冷熱技術”“メカトロ技術”“組込みソフトウェア技術”を生かした製品開発を展開し、新たな技術によって新たな市場の開拓に取り組んでいく。

自動販売機

① エジェクタ搭載ピークシフト自動販売機

富士電機は、冷却用電力を最長で16時間使用せずに1日中冷たい飲料の提供が可能なピークシフト型のCO₂冷媒自動販売機を市場に展開している。このたび、さらに省エネルギー（省エネ）および節電性を高めるため、冷却回路にエジェクタを搭載し、冷却効率を高めた省エネシステムを確立した。圧縮機の電力を約30%低減し、年間消費電力量も約25%低減が可能である。主な特徴を次に示す。

- (1) エジェクタの使用により、圧縮機の駆動力と膨張過程の損失を低減した。
- (2) 周囲環境や負荷に対応した昇圧量適正化制御の構築により、きめ細かな省エネ運転を実現した。
- (3) 気液分離器を最適化し、気液分離性能を維持したまま冷凍機油戻り量を確保した。

図1 エジェクタ搭載ピークシフト自動販売機



② 株式会社ジャパンビバレッジホールディングス向け超小型カップ式自動販売機

カップ飲料オペレータのトップ企業である株式会社ジャパンビバレッジホールディングスと超小型カップ式自動販売機を共同で開発した。コンパクトサイズ、低消費電力など、オフィスへの設置に適した仕様であり、身近でおいしい本格的なコーヒーが提供できる。主な特徴を次に示す。

- (1) コーヒーショップのメニューボードをイメージして、商品展示と選択ボタンをまとめた一体シートキーを搭載した。
- (2) 一杯取りドリップ式コーヒー抽出システムと、コンパクトサイズで衛生性・清掃性に優れたカップミキシング方式として業界初の横一軸搬送システムを搭載した。
- (3) 業界トップの低消費電力量 849 kWh/y を実現した。

図2 超小型カップ式自動販売機



店舗

① 7.5尺平型アイスケース

コンビニエンスストア業界において、冷凍食品やアイス食品の売上げ拡大に大きく貢献する大容量のオープンタイプの平型アイスケースのニーズが高まっている。富士電機は、省エネルギー性を強化した7.5尺幅の冷凍機内蔵型平型アイスケースを開発した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 外気熱侵入量を抑制する高性能エアカーテンで着霜量を低減し、消費電力量を他社機比で20%削減した。
- (2) 機械室内の排熱構造を最適化することにより、凝縮能力を向上させてコンデンシングユニットの高効率化を実現した。
- (3) 開発当初から標準化設計を行い、平型ショーケースのベースモデルとして構築した。これにより、冷蔵・冷凍ショーケースなどへのシリーズ展開を可能にした。

図3 平型アイスケース



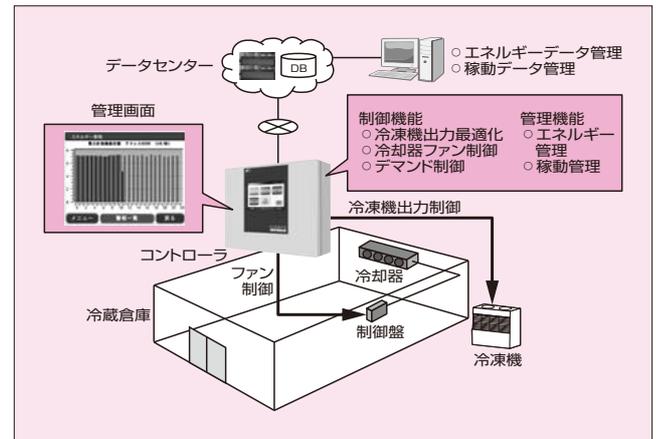
流通システム

① 冷蔵倉庫向け省エネルギー制御システム

食品の流通過程における保管や仕分けを目的とした冷蔵倉庫では、電気料金の上昇などを背景に、エネルギー利用量の削減が重要な課題となっている。富士電機は、倉庫内の冷蔵設備（冷却器、冷凍機）の稼動を最適化する省エネルギー制御システムを開発した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 省エネルギー機能：独自のアルゴリズムによる庫内の負荷状況に応じた冷凍機の出力制御機能，ならびに冷却器を間欠運転で制御することにより，倉庫における年間消費電力量を12%削減できる。
- (2) 管理機能：視認性ならびに操作性の高い表示機能により，エネルギー管理や稼動管理を容易にできる。

図4 冷蔵倉庫向け省エネルギー制御システムの構成



基盤・先端技術

基盤技術
先端技術



展望

パワーエレクトロニクス（パワエレ）などのエネルギー関連分野は、今後の成長分野として期待されている。このため、継続的に産官学連携の大規模プロジェクトが実施されている。これらのプロジェクトにより、これまで日本が競争力を保持してきたSiパワー半導体に次ぐ次世代パワー半導体として、SiC（炭化けい素）やGaN（窒化ガリウム）などのワイドバンドギャップ半導体材料の開発や、これらを利用したパワエレ機器に関する研究開発が推進できるよう、環境整備が行われている。

パワー半導体やパワエレ機器を製品化するためには、分化した要素技術とこれらをまとめるすり合わせ技術が必要となる。パワー半導体の要素技術としては、基盤となる高品質な半導体を形成する技術、基板上にエピタキシャル層を製膜する技術、イオンインプランテーションで不純物をドーピングしp/n制御する技術、フォトリソグラフィ技術、トレンチ形成技術、絶縁膜の形成技術、ショットキー接合やオーミック接合を形成する半導体・金属接合技術などのプロセス関連技術、ならびにプロセス各工程の共通基盤技術がある。これらの要素技術を統合して、目的とする性能・コストを満たす、素子とプロセスを設計・構築することによりパワー半導体素子が完成する。ワイドバンドギャップ半導体の研究開発では、各要素技術のレベルを高めることそのものが重要で難易度の高い先端技術の開発となるが、最終的にパワー半導体素子を競争力ある製品とするためには、要素技術をすり合わせてコスト・性能面での競争力を高めることが重要である。パワー半導体素子と端子部を電氣的に接続する技術、絶縁・耐久性を付与するためのパッケージ技術。そして、出来上がったパワー半導体モジュールを用いたパワエレ機器、そしてこれらをキーコンポーネントとする電力システムなどについても、素子性能の向上に伴い、同様の要求に対応する必要がある。

富士電機は、パワー半導体とパワエレをコア技術の核と位置づけて、必要な基盤・先端技術の研究開発を進め、これらのコア技術を計測・制御技術でシステム化することで、電気・熱エネルギーの関連ソリューションへの取組みを強化している。自社で保有していない先端技術については、

積極的に産官学連携プロジェクト、共同研究へ参画し、獲得を進めている。

SiC関連としては、技術研究組合 次世代パワーエレクトロニクス研究開発機構の高速成長が可能な縦型CVD炉において、エピタキシャル膜成長速度の推定が可能なシミュレーション技術を開発した。また、SiC-トレンチ型MOSFETの開発を国立研究開発法人 産業技術総合研究所と共同で行い、3.3kVクラスで、従来のプレーナ型より20%低いオン抵抗を達成した。さらに、SiC-SBDを開発し、逆回復損失が小さい特長を生かし、インバータ発生損失の25%低減を可能とした。また、これらの半導体素子を開発するために、放射光トポグラフィや分光分析をはじめとした各種の分析技術を駆使し、工程ごとに、欠陥種類や位置、基板応力や変形を追跡評価し、積層欠陥の発生の少ないプロセス技術の構築に貢献した。

パワエレ機器では、小型化・高密度化に対応し、電磁界解析と熱流体解析との連携により損失分布を発熱条件として反映し、従来よりも高精度に温度予測が可能な解析手法を確立した。また、IEC（国際電気標準会議）にて国際規格が多数制定される中、富士電機はこれに積極的に対応し活動功績が評価された。

このほか、電気・熱システムとこれを支えるコンポーネントの高性能化、安全性の向上のため、さまざまな開発を行った。太陽光発電システムの保護技術では、落雷などによる過電流の発生を推定するために系統保護装置とその設置技術を開発した。高温対応はんだ接合材料では、高パワー密度化による電力変換機器の高出力・小型化の実現ができるよう、高温連続動作寿命が従来に比べて約2.6倍の鉛フリーはんだ合金を開発した。配電盤内部の短絡事故を想定したアーク連成解析技術では、配電盤の形状や放圧構造が考慮できるとともに、解析時間の大幅削減（従来比1/100程度）が実現できる、三次元簡易有限体積法熱流体解析とアーク連成解析とを行う解析ツールを開発した。

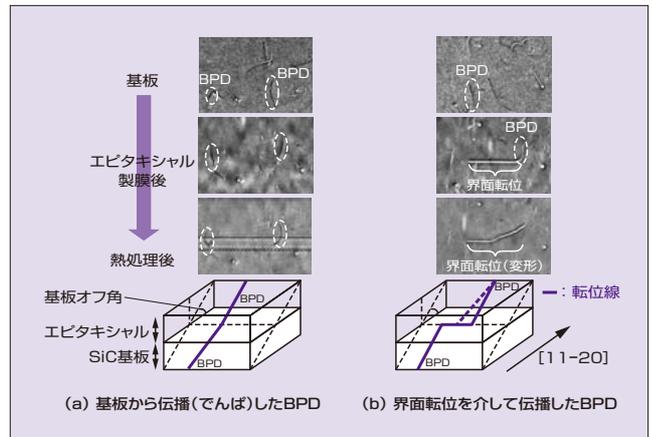
富士電機は、今後も、電気・熱エネルギー技術の革新につながる先端技術への挑戦と、これらの開発を支える基盤技術を駆使して研究開発の質の向上に取り組んでいく。

基盤技術

① 次世代パワーデバイスの開発を支える分析・解析技術

SiC-MOSFETの信頼性向上のためには、デバイス構造中の結晶欠陥制御が不可欠である。特に、本質的に基板に内在する結晶転位を無害な形態へと変化させ、最終的にエピタキシャル膜中に発生する積層欠陥をなくす技術が鍵となる。結晶転位は、プロセスの各段階で発生する熱的・機械的な応力で変化するが、変化過程はこれまで不明であった。富士電機は、放射光トポグラフィや分光分析などの各種の分析技術を駆使して解析し、基板からデバイスに至る工程ごとに、欠陥種類や位置、基板応力や変形を追跡評価した。これを基に、デバイス製造工程での欠陥の発生を抑え、動作時のMOSFETの特性変化が従来の1/5以下となる高信頼性SiC-MOSFETを可能とした。

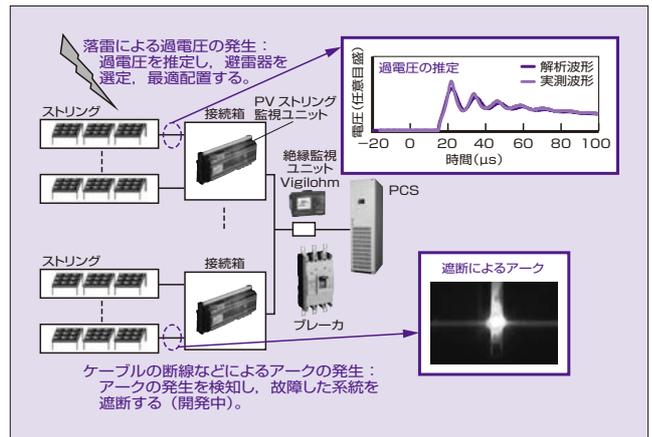
図1 SiC基底面転位(BPD)の放射光トポグラフィ像



② 太陽光発電システムの保護技術

太陽光発電システムの普及拡大に伴い、分散型発電設備の安全運用に対するニーズが高まっている。富士電機では、系統保護に必要な装置開発に加え、これらを適切に選定、設置するための技術開発に取り組んでいる。これまでに、遮断器の選定に必要な短絡などに伴う系統電圧および電流の挙動の解析技術、ならびに避雷器の選定に必要な落雷などによる過電圧の発生を推定するための解析技術を開発した。現在、回路の接続不良やケーブルの断線などに起因するアーク故障を速やかに検知するための技術開発に取り組んでいる。今後、ストリング監視装置や絶縁監視装置などを組み合わせることによって、より安全なシステムを提案していく。

図2 太陽光発電システムの安全運用に関わる製品および技術

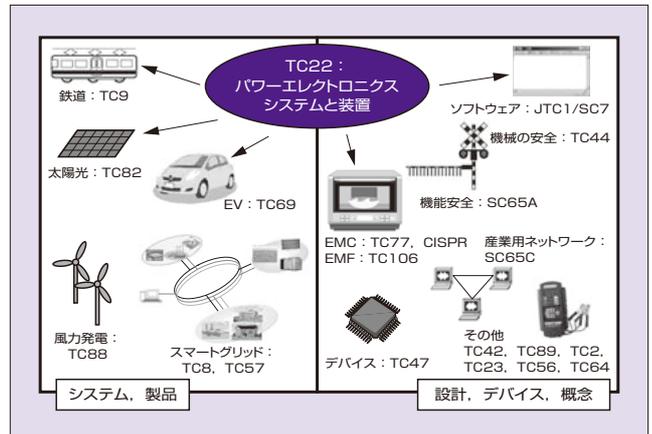


③ パワーエレクトロニクス関連の国際規格への対応

パワーエレクトロニクス分野では、IEC（国際電気標準会議）にて国際規格が多数制定されている。近年、その規格審議数は増え、グローバル市場に展開するためには審議への参加や対応技術の開発が必要であり、富士電機も積極的に対応してきた。ドライブ効率規格では、測定方法・測定順序について、JEMAにて合同で実施した試験結果を基に日本から国際審議へ展開し、リーダーとしてIEC規格ドラフトに反映させた。富士電機は、高周波エミッション国際規格CISPR11第5.1版改訂の活動功績が評価され、IEC1906賞を受賞した。また、太陽光発電装置用系統連系電力変換装置に対するEMC要件のCISPR11導入の功績が評価され、JEMA分散型電源EMC検討委員会チームの一員として電機工業技術功績者表彰を受賞した。

●関連論文：富士電機技報 2015, vol.88, no.1, p.71

図3 パワーエレクトロニクスを取り巻く国際規格



基盤技術

④ MARPOL 条約における「船舶からの大気汚染防止のための規則」に対応したガス分析技術

船舶からの大気汚染を防止するため、国際条約（MARPOL 条約）に基づいて、排ガス規制が順次強化されている。富士電機は、船舶用エンジンの排ガスの連続監視要求として「船舶からの大気汚染防止のための規則」に対応したガス分析技術を開発した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) レーザ方式により水分干渉の影響を抑えた湿式計測を可能とした。これにより、水分除去装置が不要となり、装置全体の小型化を実現した。
- (2) 1台の装置に2個のレーザ素子を内蔵し、SO₂（二酸化硫黄）とCO₂の同時計測を実現した。
- (3) SO₂の計測に量子カスケードレーザを適用し、高感度化を実現した。

図4 レーザ方式 SO₂/CO₂ ガス分析計



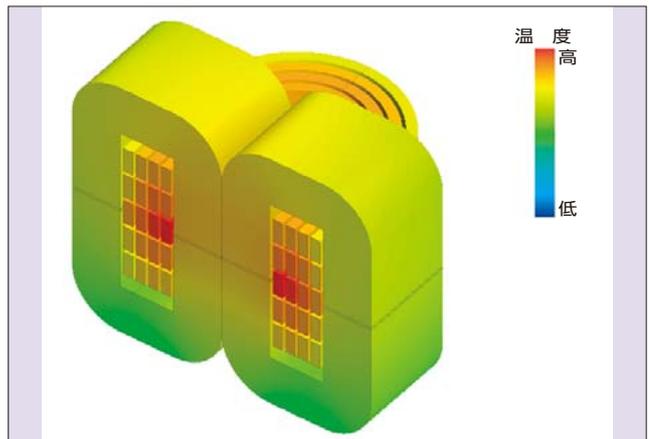
⑤ リアクトル設計における熱シミュレーション技術

近年、パワーエレクトロニクス機器の小型・高密度化が進んでおり、装置の熱設計においてリアクトルやトランスなど磁気部品の温度予測精度の向上が求められている。

温度を精度よく求めるためには、損失の算定精度が重要であり、電磁界解析において磁気特性や漏れ磁束による渦電流損の考慮などモデル化による精度の向上を図った。さらに、電磁界解析と熱流体解析との連携により損失分布を発熱条件として反映することにより、従来よりも高精度に温度予測が可能な解析手法を確立した。これにより、ホットスポットなど詳細な温度分布を解析で把握でき、リアクトル冷却構造の設計精度を向上させることができる。

今後、本手法を装置設計に適用し、試作回数の低減、開発期間の短縮を図る。

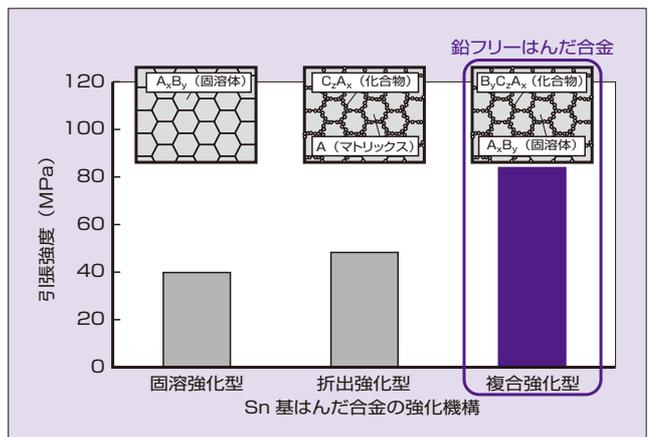
図5 電磁界と熱流体の連携によるリアクトル温度解析例



⑥ 高温対応はんだ接合材料

パワー半導体の接合材料には高温動作・高信頼性化の要求により、高耐熱および耐疲労寿命特性が求められる。富士電機は、1990年以降はんだ接合材料の独自開発を推進してきており、環境に優しく信頼性の高い電力変換機器の実現により社会に貢献してきた。電力変換機器のさらなる高性能化に応えるため、高温動作に対応した新たな鉛フリーはんだ合金を開発した。この鉛フリーはんだ合金は、金属材料の強化機構である固溶強化型と析出強化型それぞれの材料の詳細な故障解析により劣化メカニズムを明確にし、両者の欠点を補って複合強化を行ったものである。これにより、高温連続動作（ $T_{jmax} = 175^{\circ}C$ ）寿命は従来はんだに比べて約2.6倍の向上を達成し、高パワー密度化による電力変換機器の高出力・小型化の実現が可能である。

図6 はんだ合金の強化機構と機械的特性の関係



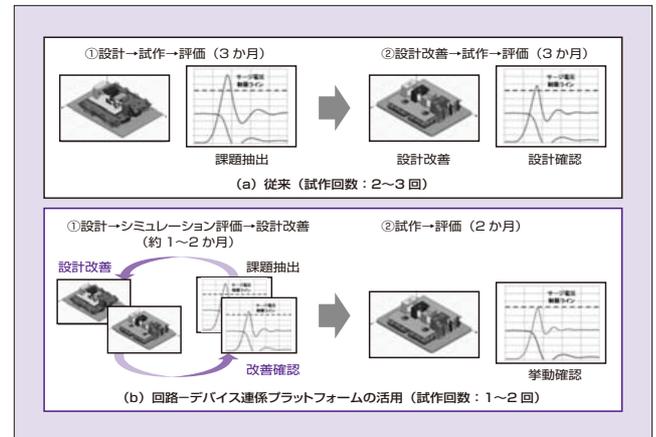
基盤技術

⑦ 回路-デバイス連係プラットフォームを活用したモジュール設計技術

パワーエレクトロニクス機器の低損失化・高電力密度化のために、高周波スイッチング対応のパワーモジュールが求められている。パワーデバイスの性能を引き出し、高周波対応を実現するためにはパワーデバイスの損失とサージ電圧に影響を与えるパワーモジュール内配線構造の最適化が必要である。従来は、配線構造の評価と改善のために試作と実測を繰り返しており、開発期間が長期化していた。

富士電機では、シミュレーション技術を用いてパワーモジュールに組み込んだパワーデバイスの挙動を高精度に計算可能な回路-デバイス連係プラットフォームを活用し、設計段階で配線構造の評価と改善を可能とする技術開発に取り組んでいる。これにより試作回数を削減し、開発期間の短縮を実現している。

図7 モジュール開発フロー

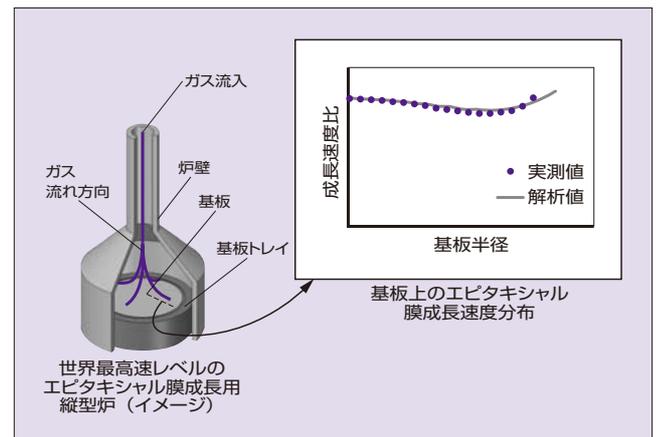


先端技術

① SiC エピタキシャル膜成長のシミュレーション技術

化学気相成長によるエピタキシャル膜成長では、生産性向上のため、高速かつ均一な結晶を生成させることが重要である。本研究では、技術研究組合 次世代パワーエレクトロニクス研究開発機構で用いている高速成長が可能な縦型 CVD 炉において、エピタキシャル膜成長速度の推定が可能なシミュレーション技術を開発した。シミュレーションでは、温度やガス流量などの製造条件の変化に伴う基板上的エピタキシャル膜成長速度の分布を推定することが可能となった。本研究は、経済産業省および国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) から委託された“低炭素社会を実現する新材料パワー半導体プロジェクト”の成果である。

図8 基板上的エピタキシャル膜成長速度分布

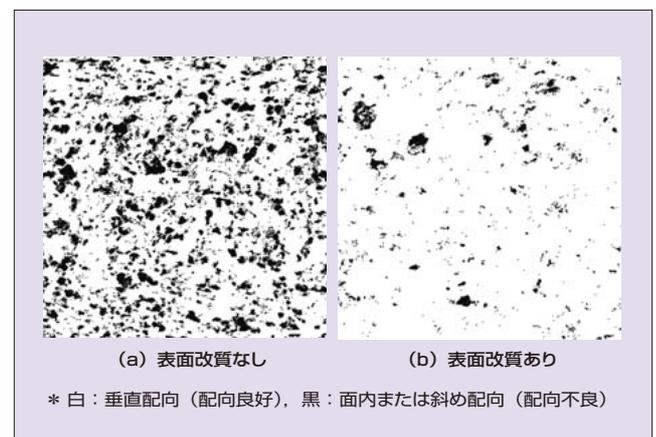


② 熱アシスト磁気記録向け磁性層配向技術

熱アシスト磁気記録方式の媒体磁性層には、磁気異方性エネルギーの高い FePt の規則合金を用いている。立方晶系である FePt 磁性膜は、現行の垂直磁気記録方式の媒体磁性層で使用している六方晶系 CoPt 磁性膜に比べて、結晶の配向不良が発生しやすく、その結果として記録再生を行った際の低域ノイズも大きくなりやすい。

富士電機は、結晶の配向不良を低減するため、磁性層の直下にあるシード層の開発に取り組んだ。新たに開発したシード層を導入することにより、その直上に成長する磁性粒子の配向不良を、既存のシード層に比べて 25% 低減できた。今後は、このシード層を適用した媒体において、効果を検証していく。

図9 シード層上に成膜した FePt の結晶方位マッピング

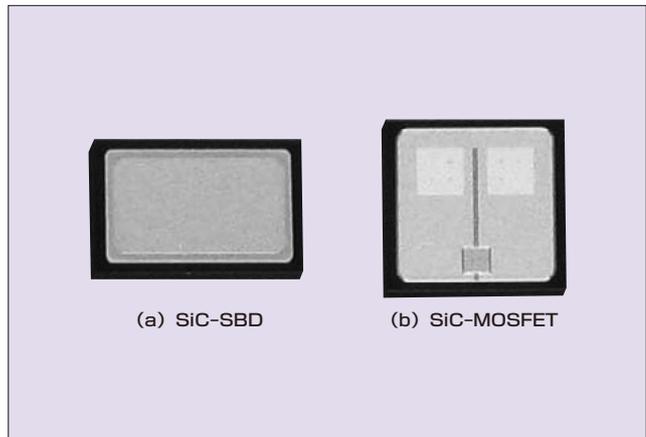


先端技術

③ 3,300 V の SiC-SBD および SiC-MOSFET

SiC-SBD は逆回復損失が非常に小さいという特徴がある。3,300 V の IGBT モジュールに使われているシリコンダイオードを SiC-SBD に置き換えてハイブリッドモジュールとすることで、インバータ発生損失を 25% 低減することが可能である。また、SiC-MOSFET は SiC-SBD と組み合わせることで All-SiC モジュールとしてインバータ回路に用いられ、発生損失のさらなる低減が可能である。SiC-MOSFET には IEMOS 構造を採用し、室温における特性オン抵抗値 $14 \text{ m}\Omega\text{cm}^2$ を達成した。これらの 3,300 V の SiC モジュールは、鉄道車輛や送配電機器への適用が期待されている。本研究あるいは本研究の一部は、共同研究体「つくばパワーエレクトロニクスコンステレーション (TPEC)」の事業として行われたものである。

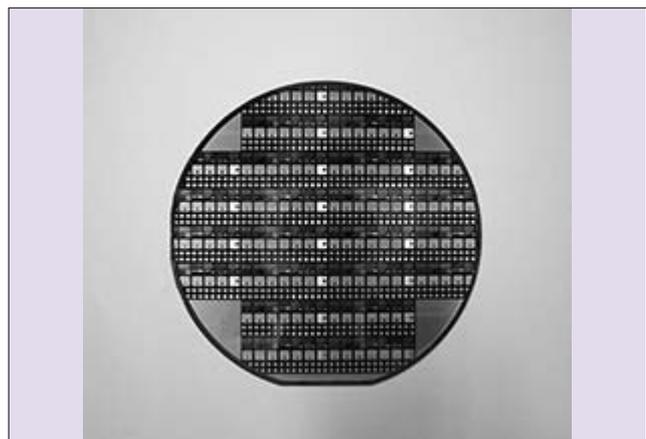
図 10 チップ外観



④ SiC トレンチ型 MOSFET

近年、電力変換装置の高効率化、小型化の要求に応え、低損失化が可能な SiC-MOSFET の実用化が進められている。これらの構造はプレーナ型であるため微細化によるオン抵抗の低減には限界が存在する。そこで、さらなるオン抵抗の低減に向け、富士電機は微細化に有利なトレンチ型 MOSFET の開発を国立研究開発法人 産業技術総合研究所と共同で行っている。開発しているトレンチ型 MOSFET は、低オン抵抗を目指すとともに、高信頼性を確保するためにトレンチゲートより深い p 型ウェル構造を用い、トレンチボトムのゲート酸化膜電界の緩和を図っている。本構造で試作した 3.3 kV クラスのトレンチ型 MOSFET は、プレーナ型より 20% 低いオン抵抗を達成している。

図 11 3.3 kV SiC トレンチ型 MOSFET のウェーハ



⑤ ロボット操作における視覚フィードバック制御

近年、ロボットによる自動化が進められているが、人間の知覚（視覚、力覚、触覚など）に頼った作業に関しては、実用レベルに達していない。そこで、人間のように状況に応じた行動ができるよう、視覚情報、力覚情報などをリアルタイムにフィードバックして、アーム軌道や作業を行なう際の力を制御するロボットの自律制御技術の開発を進めている。

今回、視覚情報をロボットのフィードバック制御に用いた電子部品の自動実装技術を開発した。電子部品をプリント基板に挿入する際に、2台のカメラでリード先端とスルーホールを中心を捉え、その両者が各カメラ画像上で一致するようにアーム軌道を逐次修正することにより、位置ずれによる挿入の失敗がなく高精度な挿入が可能となった。

図 12 視覚フィードバック制御による電子部品実装



略語（本号で使った主な略語）

API	Application Programming Interface	
A-USC	Advanced Ultra-Supercritical	先進超々臨界圧
BACnet	Building Automation and Control Networking Protocol	
BCP	Business Continuity Plan	
BEMS	Building Energy Management System	ビルエネルギーマネジメントシステム
BPD	Basal Plane Dislocation	基底面転位
CDQ	Coke Dry Quenching	コークス乾式消火設備
CEMS	Cluster Energy Management System	地域エネルギーマネジメントシステム
COP	Coefficient of Performance	成績係数
CSMS	Cyber Security Management System	
DCS	Distributed Control System	分散型制御システム
DMC	Drive Master Controller	ドライブマスターコントローラ
DRAM	Dynamic Random Access Memory	
EHG	Electro-Hydraulic Governor	
EMC	Electromagnetic Compatibility	電磁両立性
EMS	Energy Management System	エネルギーマネジメントシステム
EPC	Engineering Procurement Construction	
FEMS	Factory Energy Management System	工場エネルギーマネジメントシステム
FIT	Feed-in Tariff	固定価格買取制度
FWD	Free Wheeling Diode	
GIS	Gas Insulated Switchgear	ガス絶縁開閉装置
GTCC	Gas Turbine Combined Cycle	ガスタービンコンバインドサイクル
HDD	Hard Disc Drive	
HEMS	Home Energy Management System	家庭内エネルギーマネジメントシステム
HRSG	Heat Recovery Steam Generator	排熱回収ボイラ
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
IoE	Internet of Everything	
IoT	Internet of Things	
IPS	Intelligent Power Switch	
ISMS	Information Security Management System	
LCD	Liquid Crystal Display	液晶ディスプレイ
M2M	Machine to Machine	
MEMS	Micro Electro Mechanical Systems	微小電気機械システム
MOSFET	Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor	
OPC	OLE for Process Control	
PCS	Power Conditioning Sub-system	パワーコンディショナ
PDA	Personal Digital Assistant	携帯情報端末
PLC	Programmable Logic Controller	
PM2.5	Particulate Matter	微小粒子状物質
PMCN	Protocol for Mission Critical Industrial Network Use	
PWM	Pulse Width Modulation	パルス幅変調
RB-IGBT	Reverse-Blocking IGBT	逆阻止 IGBT
RC-IGBT	Reverse-Conducting IGBT	逆導通 IGBT
REMS	Retail Energy Management System	店舗流通エネルギーマネジメントシステム
SBD	Schottky Barrier Diode	
SMR	Shingled Magnetic Recording	
SVC	Static Var Compensator	静止型無効電力補償装置
SVR	Step Voltage Regulator	自動電圧調整器
TRDP	Train Real-time Data Protocol	
UPS	Uninterruptible Power System	無停電電源装置
VCB	Vacuum Circuit Breaker	真空遮断器
VPN	Virtual Private Network	

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
FL-net	一般社団法人 日本電機工業会の商標または登録商標
HART	HART Communication Foundation の商標または登録商標
MiniSKiiP	SEMIKRON Elektronik GmbH & Co.KG の商標または登録商標
MODBUS	フランス Schneider Automation, Inc. の商標または登録商標
OpenADR (2.0b)	OpenADR Alliance の商標または登録商標
PROFINET	PROFIBUS User Organization の商標または登録商標
Windows XP	米国 Microsoft Corp. の商標または登録商標
ピークシフトおよび 	日本コカ・コーラ株式会社の登録商標

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. 2015, vol.88, no.1, p.36.

(正)

しかし、2013年11月に「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」（省エネ法）の改正が施行され、モータのトップランナー制度として2015年4月から効率の規制が始まることとなった。

(誤)

しかし、2014年11月に「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」（省エネ法）が改正され、モータのトップランナー制度として2015年4月から効率の規制が始まることとなった。

技術業績の表彰・受賞一覧（2014年度）順不同

一般社団法人 電気学会

●第70回電気学術振興賞 進歩賞

「世界初の66kV/6kV-三相2MVA高温超電導変圧器の開発」

富士電機株式会社 富岡 章
〔九州電力株式会社との共同受賞〕

●平成26年産業応用部門特別賞（技術開発賞）

「産業応用部門の新技術発展に対する貢献」

富士電機株式会社 海田 英俊

一般社団法人 日本電機工業会

●平成26年度（第63回）電機工業技術功績者表彰 優良賞

「国内最大級3MWダイレクト駆動風力発電機の開発」

富士電機株式会社 西村 健, 星 昌博

●平成26年度（第63回）電機工業技術功績者表彰 奨励賞

「国内初リアクトルレスダイレクトパラインバータの開発」

富士電機株式会社 山田 達也, 金子 貴之

●平成27年度（第64回）電機工業技術功績者表彰 最優秀賞

「世界初オールSiCモジュールを適用した太陽光発電用
パワーコンディショナの開発」

富士電機株式会社 大島 雅文, 能登 泰之

●平成27年度（第64回）電機工業技術功績者表彰 優良賞

「産業用モータの省エネ法トップランナー化、規格類の整備
及び普及促進」

富士電機株式会社 館 憲弘, 首藤 雅夫

●平成27年度（第64回）電機工業技術功績者表彰 優良賞

「太陽光発電用パワーコンディショナ直流側伝導妨害波の測
定方法及び限度値の国際規格（CISPR11）への反映」

富士電機株式会社 吉岡 康哉

一般社団法人 日本機械工業連合会

●平成26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

「間接外気空調ユニット（F-COOL NEO）」

富士電機株式会社 高橋 正樹, 小池 拓人
後藤 幹生, 小木曾孝治, 大賀 俊輔

モノづくり日本会議（日刊工業新聞社主催）

●“超”モノづくり部品大賞 生活関連部品賞

「小型高効率コーヒーマル」

富士電機株式会社

公益社団法人 応用物理学会

●第36回（2014年春季）応用物理学会講演奨励賞

「ゲートバイアスストレスによるしきい値電圧変動の緩和挙
動と新規測定法の提案」

富士電機株式会社 染谷 満, 武井 学

公益社団法人 発明協会

●平成26年度関東地方発明表彰 発明奨励賞

「無停電電源システム（特許第5131403号）」

富士電機株式会社 幸林 久詩

●平成26年度関東地方発明表彰 発明奨励賞

「鉄道車両用ドア駆動制御装置（特許第4049111号）」

富士電機株式会社 佐藤 芳信

●平成26年度関東地方発明表彰 発明奨励賞

「高速スイッチング用低損失IGBT（特許第4857566号）」

富士電機株式会社 大月 正人

●平成26年度関東地方発明表彰 発明奨励賞

「プログラマブルコントローラ（特許第4978373号）」

富士電機株式会社 鈴木 元治

●平成26年度関東地方発明表彰 発明奨励賞

「無効電力補償装置の制御方式（特許第5018205号）」

富士電機株式会社 篠原 博

IEC

●TC EXPERTS AWARDED IN 2014 THE 1906 AWARD

「CISPR/B標準化活動」

富士電機株式会社 吉岡 康哉

特集に寄せて “電気、熱エネルギー技術の革新により、 安全・安心で持続可能な社会の実現に貢献”	86 (2)
---	--------

特別対談 “パワー半導体とパワーエレクトロニクスを核に、 ネットワーク化、標準化の時代をどう進むか” —— IoT, M2M から始まるものづくりの大変革 ——	88 (4)
---	--------

成果と展望 “強いコンポーネントをコアにした エネルギーソリューションの提供”	96 (12)
---	---------

ハイライト	102 (18)
-------	----------

All-SiC モジュール搭載のメガソーラー用 PCS
「PVI1000AJ-3/1000」
チョップ回路用 All-SiC モジュール
中部電力株式会社向け系統解析シミュレータ
船舶用排ガス浄化システム (サイクロン式 SOx スクラバ)
中小規模監視制御システム「MICREX-VieW XX」
欧州向けエレベータ用インバータ「FRENIC-Lift LM2A」
高周波絶縁型補助電源装置
サーキットプロテクタ「CP30F」のモデルチェンジ
富士電機のトッランナーモータ「プレミアム効率モータ」
1,200V 耐圧の SiC ハイブリッドモジュール
第2世代車載用 IPM
ヒータ電力 ZERO 自動販売機
株式会社セブン-イレブン・ジャパン向けドーナツ仕器
苦東ファーム株式会社 植物工場プラント向け設備
配電盤内部の短絡事故を想定したアーク連成解析技術

発電システム	110 (26)
--------	----------

火力・地熱プラント…………… 111 (27)	
① オマーン・SUR IPP 発電所の営業運転開始	
② インドネシア・ウルブル地熱発電所 3号機・4号機	
③ 出光大分地熱株式会社 滝上バイナリー発電所	
④ コンバインドサイクル化に伴う発電設備の改造工事	
再生可能エネルギー・電力安定化…………… 112 (28)	
① 木曾岬干拓地メガソーラー (DC49.2MW)	
② 蓄電池用パワーコンディショナ「PVI800-3/750」	
燃料電池…………… 113 (29)	
① 下水処理場向け燃料電池	
原子力…………… 113 (29)	
① 高速実験炉 常陽の MARICO-2 試料部の回収	
② 原子力発電所向け高圧配電盤 (耐震仕様)	

社会インフラ	114 (30)
--------	----------

系統・配電…………… 115 (31)	
① 宮崎県企業局向け総合監視制御システム	
② 関西電力株式会社向け遠方監視制御装置のパートリプレース	
③ 東京都港湾局向け港地区水門遠方監視制御システム	

④ 岩手県企業局向け施設総合管理所集中監視制御システム	
⑤ 関西電力株式会社向け黒部川第四発電所黒部ダム遠隔監視 操作卓	

エネルギーマネジメント…………… 116 (32)	
---------------------------	--

① トンガ王国向けマイクログリッドシステム	
② 中国・浙江大学舟山海洋科技実証島向け大容量 PCS	
③ キリバス共和国向け太陽光発電システム	
④ 東北電力株式会社向け配電用静止型無効電力補償装置	
⑤ スーパーコンピュータ“京”における設備最適運転	
⑥ 太陽光発電を用いた災害時自立運転技術	
⑦ 数式処理技術に基づくエネルギー運用最適化の可視化技術	

社会環境…………… 119 (35)	
--------------------	--

① パチルス属細菌を利用した排水処理コスト低減システム	
-----------------------------	--

産業インフラ	120 (36)
--------	----------

変電システム…………… 121 (37)	
----------------------	--

① バーレーン・ALBA 社向けアルミニウム製錬用変圧整流装 置「S-FORMER」増設工事の完遂	
② JNC 株式会社 水俣製造所向け自励式周波数変換装置	
③ 種子島宇宙センター 大崎第2 発電所発電設備 (7号機・ 8号機)	
④ 京王電鉄株式会社 稲城変電所向け 72kV キュービクル型空 気絶縁開閉装置「SDD707」	
⑤ 横浜市交通局 横浜市高速鉄道3号線 高島町変電所の更新	
⑥ 西日本旅客鉄道株式会社 福知山指令所 電力管理システム の更新	
⑦ 貨車積載方式による大型変圧器の輸送	
⑧ バーレーン・電水庁向け ESL66kV 変電所・HYL66kV 変 電所の運転開始	

産業プラント…………… 124 (40)	
----------------------	--

① 直流電動機制御装置「LEONIC-M Compact」の系列拡大	
② 鉄鋼プラント制御システム向けパッケージと更新ツール	
③ 情報・プロセス制御システム「MICREX-NX」の機能拡充	
④ 化学プラント向け監視制御システム	
⑤ ごみ焼却施設向け分散制御システム	
⑥ エネルギープラント最適運用システム「FeTOP」	
⑦ 排熱回収高温ヒートポンプ	
⑧ 山梨製作所向けスマートファクトリーシステム	
⑨ 「統合クラウドサービス」	
⑩ クラウド型設備保全サービス	
⑪ 産業用空調制御ソフトウェアプラットフォーム	
⑫ 排熱回収蒸気タービン用高速発電システム	
⑬ 味の素ゼネラルフーズ株式会社向けフードディフェンスシ ステム	
⑭ 間接外気活用省エネルギーハイブリッド空調機 「F-COOL NEO」	

産業計測機器…………… 128 (44)	
----------------------	--

① 「MICREX-VieW XX」のコントローラ「XCS-3000」	
② 「MICREX-VieW XX」の ネットワークアダプタ	
③ プログラマブル表示器「MONITOUCH V9 シリーズ」	

- ④ バイオマス向けガス分析計「ZPAF」
- ⑤ 電池式住宅用火災(熱式)・ガス・CO 警報器
- ⑥ HART 通信機能搭載のジルコニア酸素計「ZFK8」「ZKMA」「ZKMB」
- ⑦ 焼却施設向け高温対応排気筒ダストモニタ
- ⑧ 高感度 γ 線可視化コンプトンカメラ「コンプトンカメラ ガンマ・アイ」
- ⑨ 新型溶解炉
- ⑩ 無線式回転機振動監視システム「WISEROT」の海外対応
- ⑪ 無線センサの自立電源化技術
- ⑫ EMS 層と設備監視層のエンジニアリング連携技術
- ⑬ アンテナ内蔵の組み込み用途向け超小型無線モジュール

パワーエレ機器 133 (49)

駆動システム..... 134 (50)

- ① 空調用途向けインバータ「FRENIC-eHVAC シリーズ」
- ② 高圧インバータ「FRENIC4600FM6e シリーズ」

電源システム..... 134 (50)

- ① ラックマウント型直流 UPS
- ② 三相 200 V 系大容量 UPS「6000DX シリーズ」

輸送システム..... 135 (51)

- ① ワシントン首都圏交通局地下鉄車両向けドア駆動装置および補助電源装置
- ② 山陽電気鉄道株式会社 新造電車で補助電源装置
- ③ えちごトキめき鉄道株式会社向け電源装置
- ④ 北米向け鉄道用ラック・アンド・ピニオン方式ドア駆動装置
- ⑤ 鉄道用車内案内表示システム
- ⑥ IEC 61375-2-3 準拠 鉄道車両用 TRDP 方式列車通信カード

受配電・開閉・制御機器コンポーネント..... 137 (53)

- ① 小型電磁接触器「SK シリーズ」の機種拡充 (SK32 形)
- ② 太陽光発電設備向け電磁接触器「SC-N12/DS」
- ③ 静音電磁接触器「SL シリーズ」
- ④ 多回路形電力監視ユニット「F-MPC04P シリーズ」の機種拡充
- ⑤ ストリング監視ユニット「F-MPC PV シリーズ」の機種拡充
- ⑥ デジタルパワーメータ「PM5000 シリーズ」

電子デバイス 140 (56)

パワー半導体..... 141 (57)

- ① 新型パッケージを用いた産業用 RC-IGBT モジュール技術

- ② 大容量 3 レベル用 IGBT モジュール
- ③ 6 インチ SiC-MOSFET
- ④ 電気自動車・ハイブリッド車用大容量車載標準モジュール
- ⑤ 1,200 V 高速ディスクリット IGBT「High-Speed W シリーズ」
- ⑥ 第 6 世代 PWM 制御 IC の系列拡充
- ⑦ 自動車用大電流 IPS
- ⑧ パワー半導体のシミュレーション技術
- ⑨ 次世代パワー半導体向け流体シミュレーション技術

感光体..... 144 (60)

- ① 高品質正帯電型有機感光体
- ② 高耐久型有機感光体

ディスク媒体..... 144 (60)

- ① 瓦書き記録 (SMR) 用垂直磁気記録媒体

食品流通 145 (61)

自動販売機..... 146 (62)

- ① エジェクタ搭載ピークシフト自動販売機
- ② 株式会社ジャパンビバレッジホールディングス向け超小型カップ式自動販売機

店舗..... 146 (62)

- ① 7.5 尺平型アイスケース

流通システム..... 147 (63)

- ① 冷蔵倉庫向け省エネルギー制御システム

基盤・先端技術 148 (64)

基盤技術..... 149 (65)

- ① 次世代パワーデバイスの開発を支える分析・解析技術
- ② 太陽光発電システムの保護技術
- ③ パワーエレクトロニクス関連の国際規格への対応
- ④ MARPOL 条約における「船舶からの大気汚染防止のための規則」に対応したガス分析技術
- ⑤ リアクトル設計における熱シミュレーション技術
- ⑥ 高温対応はんだ接合材料
- ⑦ 回路デバイス連係プラットフォームを活用したモジュール設計技術

先端技術..... 151 (67)

- ① SiC エピタキシャル膜成長のシミュレーション技術
- ② 熱アシスト磁気記録向け磁性層配向技術
- ③ 3,300 V の SiC-SBD および SiC-MOSFET
- ④ SiC トレンチ型 MOSFET
- ⑤ ロボット操作における視覚フィードバック制御

主要事業内容

発電・社会インフラ

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

発電プラント

火力・地熱・水力発電設備、原子力関連機器、太陽光発電システム、燃料電池

社会システム

エネルギーマネジメントシステム、電力量計

社会情報

情報システム

産業インフラ

産業分野のさまざまなお客様に、生産ライン・インフラ設備に関わる「省エネ化」「ライフサイクルサービス」を提供します。

変電

変電設備、産業電源設備

機電システム

産業用ドライブシステム、加熱・誘導炉設備、工場エネルギーマネジメントシステム、データセンター、クリーンルーム設備

計測制御システム

プラント制御システム、計測システム、放射線管理システム

設備工事

電気・空調設備工事

パワーエレクトロニクス

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

ドライブ

インバータ・サーボ、モータ、EV用システム、輸送システム

パワーサプライ

無停電電源装置 (UPS)、パワーコンディショナ (PCS)

器具

受配電・制御機器

電子デバイス

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

半導体

パワー半導体、感光体

ディスク媒体

ディスク媒体

食品流通

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

自販機

飲料・食品自動販売機

店舗流通

流通システム、ショーケース、通貨機器

次号予定

富士電機技報 第88巻 第3号

食品流通の冷熱技術とグローバルソリューション

富士電機技報企画委員会

企画委員長	江口 直也
企画委員幹事	瀬谷 彰利
企画委員	荻野 慎次 斎藤 哲哉 片桐 源一 根岸 久方 八ツ田 豊 尾崎 覚 鶴田 芳雄 久野 宏仁 須藤 晴彦 吉田 隆 橋本 親 眞下 真弓 安納 俊之 大山 和則
事務局	木村 基 小野 直樹 山本 亮太 柳下 修

富士電機技報 第88巻 第2号

平成27年6月20日印刷 平成27年6月30日発行

編集兼発行人	江口 直也
発行所	富士電機株式会社 技術開発本部 〒141-0032 東京都品川区大崎一丁目11番2号 (ゲートシティ大崎イーストタワー)
編集・印刷	富士オフィス&ライフサービス株式会社内 「富士電機技報」編集室 〒191-8502 東京都日野市富士町1番地 電話 (042) 585-6965 FAX (042) 585-6539
発売元	株式会社 オーム社 〒101-8460 東京都千代田区神田錦町三丁目1番地 電話 (03) 3233-0641 振替口座 東京 6-20018
定価	756円 (本体700円・送料別)

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

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

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

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

© 2015 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。



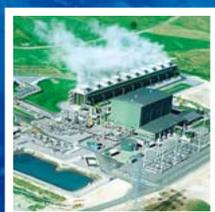
電気、熱エネルギー技術の革新の追求により、
エネルギーを最も効率的に利用できる製品を創り出し、
安全・安心で持続可能な社会の実現に貢献します。

FE 富士電機

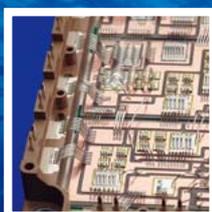
Innovating Energy Technology

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