

富士電機技報

FUJI ELECTRIC JOURNAL

2021
Vol.94 No.

2

特集 2020年度の技術成果と展望



特集 2020 年度の技術成果と展望

富士電機は、「パリ協定」に基づく日本の“地球温暖化対策計画”などを踏まえて、2019 年に“環境ビジョン 2050”を発表しました。このビジョンの一部を 2021 年に見直し、脱炭素社会実現のために、生産時の温室効果ガスの排出量の削減や製品による社会の CO₂ 削減など、サプライチェーン全体でカーボンニュートラルを目指します。持続可能な社会の実現に貢献するため、エネルギー・環境技術の革新を追求し、顧客価値創出と、社会課題解決に資する研究開発を推進しています。

本号は、2020 年度の技術成果と今後の展望をまとめたものです。皆さまに少しでも参考になるところがありましたら幸いです。

表紙写真

- (1) 汎用インバータ「FRENIC-MEGA (G2) シリーズ」
- (2) 車載エアコン用 IPM
- (3) 大容量無停電電源装置「UPS7500WX」
- (4) 「完全非接触自動販売機」
- (5) 地熱発電用蒸気タービン
- (6) 母線プラグイン形配線用遮断器「G-TWIN Δ ELCB 50AF」



目 次

特集 2020 年度の技術成果と展望	
特集に寄せて “パワエレとパワー半導体事業を核にして、 SDGs 達成、脱炭素社会の実現に貢献” 北澤 通宏	71 (3)
“リアルフィールドとサイバー空間、 アナログとデジタルの技術を連携させて、 お客さまの新たな価値創出と社会課題解決を目指す” 近藤 史郎	72 (4)
対 談 “安全・安心で持続可能な社会の実現を目指して” エネルギー・環境分野において産学連携を深化させ、 社会課題であるカーボンニュートラル実現に貢献 福田 晋 ・ 近藤 史郎	73 (5)
座談会 “CO ₂ の排出削減を通じて、 安全・安心で持続可能な社会の実現を目指す” 板岡 健之 ・ 辻 健 ・ 林 潤一郎 ・ 吉田 隆 ・ 齋藤 秀介 ・ 中川 功夫	76 (8)
ハイライト	81 (13)
パワエレ エネルギー □エネルギーマネジメント □施設・電源システム □受配電・開閉・制御機器コンポーネント	89 (21)
パワエレ インダストリー □ファクトリーオートメーション □プロセスオートメーション □情報ソリューション □社会ソリューション □フィールドサービス	94 (26)
半導体 □産 業 □電 装	104 (36)
発電プラント □再生可能エネルギー □新エネルギー □ソリューション・サービス	108 (40)
食品流通 □自動販売機 □店舗流通	111 (43)
基盤・先端技術 □基盤技術 □先端技術	113 (45)
デザイン (Fe design)	119 (51)
略語・商標	120 (52)
技術業績の表彰・受賞一覧	122 (54)
富士電機技報 2021 vol.94 no.2 掲載項目一覧	124 (56)

Contents

Technical Achievement and Outlook in FY2020	
Preface	71 (3)
“Contributing to the Achievement of the SDGs and the Realization of a Decarbonized Society, Through Power Electronics and Power Semiconductor Businesses” KITAZAWA, Michihiro	
“Creating New Customer Value and Resolve Social Issues by Connecting Cyberspace with Real Field and Digital Technology with Analog Technology”	72 (4)
KONDO, Shiro	
Special Conversation	73 (5)
“Creating a Responsible and Sustainable Society” Deepen Industry–Academia Collaboration in Energy and Environment Fields to Achieve Carbon Neutrality, Which is a Social Issue FUKUDA, Susumu KONDO, Shiro	
Round-Table Discussion	76 (8)
“Creating a Responsible and Sustainable Society Through the Reduction of CO₂ Emissions” ITAOKA, Kenshi TSUJI, Takeshi HAYASHI, Junichiro YOSHIDA, Takashi SAITO, Shusuke NAKAGAWA, Isao	
Highlights	81 (13)
Power Electronics Energy ☐ Energy Management ☐ Power Supply and Facility Systems ☐ Electric Distribution, Switching and Control Devices	89 (21)
Power Electronics Industry ☐ Factory Automation ☐ Process Automation ☐ Information Solutions ☐ Social Solutions ☐ Field Services	94 (26)
Semiconductors ☐ Industrial ☐ Automotive	104 (36)
Power Generation ☐ Renewable Energy ☐ New Energy ☐ Solution Services	108 (40)
Food Distribution ☐ Vending Machines ☐ Store Distribution	111 (43)
Fundamental and Advanced Technologies ☐ Fundamental Technology ☐ Advanced Technology	113 (45)
Fe design	119 (51)
Abbreviations and Trademarks	120 (52)
Awards and Prizes for Technical Achievement	122 (54)
FUJI ELECTRIC JOURNAL vol.94 no.2 2021 Detailed Contents	124 (56)

パワエレとパワー半導体 事業を核にして、SDGs 達成、脱炭素社会の実現 に貢献



はじめに、2020年度は新型コロナウイルス感染症が世界に拡大し、社会、経済活動も大きな影響を受けた1年になりました。感染対策に尽力されている全ての皆様に心より感謝を申し上げます。

富士電機は、1923年の創業以来、エネルギー・環境技術を革新し、産業・社会インフラの分野で広く世の中に貢献してまいりました。

今、世界は大きな転換点を迎え、SDGsや気候変動対応は、グローバルでの共通課題となってきました。当社は、経営理念に“豊かさへの貢献”“創造への挑戦”“自然との調和”を掲げており、この世界の潮流は、まさに当社の経営理念そのものであり、企業活動を通じて、SDGs達成への貢献、2050年カーボンニュートラルの実現に貢献してまいります。当社は、創立100周年を迎える2023年度を最終年度とする5か年中期経営計画“令和.Proprosperity2023”において、“売上高1兆円、営業利益率8%以上”の目標達成を目指しています。ここには、エネルギー・環境事業を通じて、持続可能な社会の実現への貢献、社会と共に繁栄(Prosperity)していく、という思いを込めております。

成長分野と位置付けるパワエレ事業、パワー半導体事業は、再生可能エネルギーの安定供給や、工場・施設における省エネルギー、さらに自動車の電動化には欠かせない事業です。グリーン化、デジタル化が急進展する中、この両事業にリソースを

一層傾注し、中長期視点に立った研究開発を加速させています。世界トップクラスのパワー半導体とパワーエレクトロニクス技術のシナジーを徹底追求し、キーデバイスを活用した高効率機器に、これまで培ってきたエンジニアリングサービス、最適制御技術、IoTを組み合わせ、トータルシステムでお客さまや社会の課題解決・環境課題解決に貢献してまいります。

私がモットーとする経営は、従業員ファーストです。富士電機の経営理念のスローガンに掲げる、“熱く、高く、そして優しく”を社員と共に胸に刻み、社員とその家族の健康と安全を第一に、経営に当たってまいります。新しい技術や製品を生み出すことにより社会に貢献するという“熱い気持ち”、“高い目標”を掲げてどんな困難にも立ち向かっていく気概は、今日の環境下では一層重要になっています。ただ、“熱い”“高い”では事は成就せず、それ以上にお客さまや仲間、支えてくれている家族に感謝し、大切に思う“優しさ”が不可欠と考えています。私は、この優しさは当社のDNAであると考えており、この優しさにより、コミュニケーション力や多様な人財によるチーム力を一層高め、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

リアルフィールドとサイバー空間、アナログとデジタルの技術を連携させて、お客さまの新たな価値創出と社会課題解決を目指す

近藤 史郎 KONDO, Shiro

富士電機株式会社 取締役 執行役員常務 技術開発本部長



富士電機は、エネルギー・環境技術の革新により、安全・安心で持続可能な社会の実現に貢献するとの経営方針に基づいて、顧客価値創出、社会課題解決に資する研究開発を推進しています。事業戦略に沿った新製品開発、グローバル事業拡大を目的とした商材創出、技術マーケティングを起点としたテーマ探索の強化と共創の推進、中長期視点に立った基盤技術の強化と人財育成に取り組んでいます。近年は、脱炭素社会に貢献する自動車、鉄道、船舶などのモビリティ分野における電動化や環境対応およびグローバル市場の要請に応える商材と技術の開発に、リソースを重点的・継続的に投入しています。

以降、事業分野ごとに主要な取り組みを紹介します。

パワエレ エネルギー分野では、大規模化が進むデータセンター向けに、電力の安定供給とともに省スペース化と省エネルギー（省エネ）化に貢献する大容量無停電電源装置「UPS7500WX」を開発しました。最大 1,200 kVA の大電力供給が可能で業界最小レベルの設置面積を実現し、電力変換効率も業界最高レベルの 96.6% を達成しました。また、国立研究開発法人 新エネルギー産業技術総合開発機構（NEDO）の水素社会構築技術開発事業の一環として、10 MW 級大型水電解装置向け電源装置を納入しました。

低圧受配電・制御機器では、労働力の減少に対応するため、盤の主回路母線に差し込むだけで接続できる母線プラグイン形配線用遮断器と漏電遮断器や、省工数機器「F-QUIQ」の系列を拡大しました。配線工数の削減と作業品質の安定化により、電力供給の信頼性向上に貢献します。

パワエレ インダストリー分野では、パワーエレクトロニクス（パワエレ）技術をコアにインバータやサーボ、計測機器、制御機器などの特徴あるコンポーネントに IoT を組み合わせて、あらゆる産業分野の自動化、生産性向上、省エネなどの価値創出に貢献するシステムを開発しています。汎用インバータでは、高性能・多機能型インバータ「FRENIC-MEGA（G2）シリーズ」を開発し、性能・機能を大幅に刷新しました。高速な演算処理と独自のモータ制御技術により業界最高クラスの制御性能を達成し、加工品質や加工速度が向上しました。さらに、IGBT モジュールやインバータ冷却能力の予知保全機能を新たに搭載し、装置停止の未然防止に貢献します。モーション制御コントローラでは、演算処理能力を大幅に向上した「SPH5000M」を発売しました。同期するサーボモータを倍増し、大規模で高速・高精度の多軸モーション制御に

より生産性や品質向上に貢献します。船舶向け排ガス浄化システム（EGCS）では、船舶 IoT システムを開発し、運用を開始しました。船上の EGCS の運転状態を衛星通信により陸上で遠隔監視し、安定稼働に貢献します。

半導体分野では、パワエレ機器の低損失化（高効率化）、小型化、高信頼性化に貢献する第 7 世代 IGBT-IPM、大容量 RC-IGBT モジュール、All-SiC モジュールの系列化開発ならびに車載システムの小型・軽量化と高効率化に貢献する車載 IPM や車載 IPS の開発を進めました。車載エアコン用小容量 IPM では、第 7 世代「X シリーズ」のチップ技術をベースに車載用途に最適化し、業界トップクラスの低損失を実現しました。

発電プラント分野では、カーボンニュートラルの実現に向けた要請に応えるために、地熱・太陽光・水力・バイオマスなどの再生可能エネルギーを利用した発電プラントシステムの建設や、蒸気タービン・発電機、蓄電池を活用した電力安定化技術の開発を進めています。

食品流通分野では、感染症予防へのニーズの高まりを受け、自動販売機の選択ボタンに手を触れることなく商品を購入できる「完全非接触自動販売機」を開発しました。QR コードと Bluetooth を利用した機器認証技術により、スマートフォンで商品選択と決済ができます。

続いて、共通基盤技術と先端技術の開発領域について紹介します。パワエレ技術では、実装の高密度化が進むパワエレ機器向けに、冷却媒体の沸騰現象を利用した沸騰冷却促進技術の開発を進めています。沸騰気泡の大きさを制御する技術により、従来比 2 倍以上の伝熱性能を達成しました。パワー半導体技術では、3.3 kV 耐圧 SiC スーパージャンクション（SJ）MOSFET の開発を進めています。SJ 構造により、オン抵抗は従来の SiC トレンチ MOSFET の 1/3 以下を達成しました。計測制御技術では、再生可能エネルギーの大量導入に伴う系統周波数変動対策技術や複雑化する電圧分布などに対応する配電系統監視技術の開発を進めています。DX（デジタルトランスフォーメーション）関連技術では、拡張現実（AR）や AI を用いた保守支援技術を開発しました。DX により保守作業の効率化や熟練作業者の技術伝承や情報共有を実現します。今後も、設備保全のさらなる高度化を推進していきます。

富士電機は、お客さまの新たな価値創出と社会・環境課題の解決に向け、サイバー空間とリアルフィールド、アナログとデジタルの技術を連携、融合させて、安全・安心で持続可能な社会の実現に貢献してまいります。

安全・安心で持続可能な社会の実現を目指して エネルギー・環境分野において産学連携を深化させ、 社会課題であるカーボンニュートラル実現に貢献



福田 晋 ふくだ すむ

福田 晋 九州大学 理事（副学長）
大学院 生物資源環境科学府 農業資源経済学 教授
農学部 生物資源環境学科 生物資源生産科学 教授



近藤 史郎 こんどう しろう

近藤 史郎 富士電機株式会社 取締役 執行役員常務 技術開発本部長

日本政府は2020年10月、2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする“2050年カーボンニュートラル”を目指すことを宣言した。温暖化対策は企業にとってコストではなく、今や新たな革新をもたらす成長のチャンスである。電機メーカーとしてエネルギーを究めてきた富士電機は、カーボンニュートラルに向けてどのようなアプローチができるか。九州大学の産学官・社会連携担当理事の福田晋氏を迎え、産学連携の観点から社会課題への貢献について、富士電機技術開発本部長の近藤史郎と意見を交換した。

社会課題解決につながる研究開発へ

近藤 九州大学とは2009年に組織対応型連携を結び、これまでに多くの共同研究を行ってきました。先生方からのご指導、ご助言に感謝を申し上げます。

富士電機は“エネルギー・環境技術の革新により、安全・安心で持続可能な社会の実現に貢献する”という経営方針を掲げています。その中で“2050年カーボンニュートラル”実現に向けて、電機メーカーの富士電機が果たす役割は大きいと考えます。

本日は九州大学との連携強化や今後の方向性などについてご教授をいただきたいと思います。どうぞよろしくお願いいたします。

福田 よろしくお願ひいたします。

近藤 富士電機は過去から、ロードマップをベースに競争軸を明確にした研究開発を進めてきました。しかし、例えばエネルギー変換効率はもはや99%に達しており、スペックだけではお客さまに選んでいただけない。そのことから近年は、お客さまが求めているものを起点にした、顧客価値創出を目指した研究開発を推進してきました。

さらに今は、顧客価値創出に加えて、カーボンニュートラルをはじめとした社会課題を解決する研究開発が求められていると考えています。

福田 社会課題を解決するのに、企業一社ではどうにもなりません。大学も然りです。国連が2030年までの実現目標として定めたSDGs^{*1}の中に“パートナーシップで目標を達成しよう”という文言があります。富士電機と九州大学のパートナーシップが、SDGsの一つの目標実現につながると言えましょう。

近藤 当社の研究開発者の間では“複合技術の活用”がキーワードになっています。例えばパワーエレクトロニクス製品は、従来の回路、デバイス、制御だけでは、特徴ある製品は作れません。

材料、絶縁、構造、冷却などさまざまな技術をバックグラウンドとして持つメンバーが、協力していいテーマを作り、高い技術課題に対してチャレンジをしていくことが非常に大事になっています。そして、この視点からもオープンイノベーションが従来にも増して大事になってきています。

福田 九州大学にも同じようなことが言えます。大学は非常に多様多彩な部局が、社会課題やSDGsの解決につ



ながるような研究開発を行っています。専門を超えて他の分野・領域と融合しながら、新たな研究をしていく行為が非常に重要になってきています。

部局を超えた組織として、2019年4月にアジア・オセアニア研究教育機構を創設しました。アジア・オセア

ニアは欧米諸国の経済発展の影響を受け、諸問題が顕在化しています。これらの問題に、オール九大でインターセクショナルな視点で取り組んでいこうというものです。

機構には六つのクラスター（資源循環、生存基盤環境、文化変動、医療・健康、セキュリティ・防災、都市）があります。九州大学の教員・研究者を理系文系に関係なく一旦ばらばらにして、クラスターとして再編成しました。活発に動き始めており、富士電機と手を携える日も近いと想像します。

近藤 素晴らしい取り組みですね。例えばエネルギーの問題を一つ取っても、エネルギー資源の持ち方や消費のパターンなど、地域によって事情がまったく異なります。われわれはつい技術で問題解決を図ろうとしますが、エネルギー問題は社会受容の観点が極めて重要と認識しています。

福田 社会科学系あるいは人文科学系の研究者は、非常に長いタームで物事を捉えます。“歴史をさかのぼって今の課題をどのように位置付けるか”という具合です。また、経済学専攻の者は経済効率を考えますし、法学の研究者は制度や法律が技術とどうなじむかという視点で議論をします。

そういうメンバーが集まって一つの社会課題を目の前にすると、技術の適用に多くの制約があることが分かってきます。これが社会課題の解決につながるアプローチではないでしょうか。

九州大学と富士電機の組織対応型連携

福田 九州大学の産学連携は、学術研究・産学官連携本部（学産本部）が、企業や自治体からの相談を一元化して受ける体制をとっています。

以前は、論文や学会発表を通じて、企業から研究者個人にダイレクトにアプローチがありました。しかし、これでは共同研究が単発で終わってしまいもったいない。九州大学と企業が組織対組織という大きな枠組みで連携すれば、一つの共同研究のその先への展開が考えられます。

近藤 社会課題解決に向けた研究は、長いスパンを必要とするケースも多いため、中長期的な連携により九州大学

の幅広いリソースを活用できることは、企業にとって非常にありがたいです。

福田 企業との共同研究は、大学教育という視点から見ても大きな価値があります。博士課程や修士課程の研究者の卵が富士電機とチームを組むことにより、外からの知の刺激を受けます。また、彼らが研究しているターゲットが、社会につながっていることが意識できる。人が大きく育つことは、大学にとって財産です。

近藤 今はリモートでの意見交換が中心になっておりますが、やはり Face to Face は重要だと思っていますので、研究者同士の行き来を再開したいですね。10年後に向けてどういうテーマに取り組むのか、その探索から一緒に議論をさせていただきたいと思います。

福田 企業からのニーズに対してわれわれのシーズをマッチングさせることが、学産本部の最初の大事な役割です。相互の議論によって、問題解決の新しいアプローチの仕方を発見できたら本当に素晴らしいですね。それを可能にするのが、組織対応型の連携だと思います。



脱炭素の研究開発に多様な視点でアプローチ

近藤 地球温暖化対策のため、九州大学では研究所を設けて取り組まれていますね。

福田 2010年に文部科学省の“世界トップレベル研究拠点プログラム”の採択を受け、カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所（I²CNER^{*2}）を設置しました。公平な国際公募を行い、国内外からトップレベルの研究者を集めています。

I²CNERはカーボンニュートラルという最重要命題に対して、おそらく次世代のトップランナーになると思います。すでに富士電機と組織連携した共同研究が進んでいますね。今後も新しい知や技術が生まれることを願っています。

近藤 カーボンニュートラルに向けたソリューションが世界中で提案されていますが、経済合理性についての検討が重要で、2023年、2050年に至るプロセスの議論が重要と認識しています。

福田 おっしゃるとおりです。この課題は、経済や制度などさまざまな社会環境との関連の中で、新しい技術が確立されなければいけません。

I²CNERには社会工学的な経済評価ができる研究者が

います。また大学の経済学研究院や工学研究院などとも協力体制を敷いています。それらの協力を得て、今、富士電機と進めている共同研究についても、より実現性のある開発につなげていけると思います。

近藤 今、九州大学と進めているCO₂分離回収の研究開発も、単に分離技術にとどまらず、どういう地域に、どのようなシステムと組み合わせるのがいいかを、実際に現地にヒアリングまで行ってご提案いただいています。ここまでの連携は過去にありません。

福田 九州大学では“脱炭素”“医療・健康”“環境保全・食料”を研究の3本柱としています。脱炭素はまさに私どもの看板です。富士電機との組織対応型の連携協定で、ぜひ成果を出していきたいですね。

近藤 今、食料のお話が出ましたが、九州大学の農学研究院では“Qシリーズ”という農産物のブランドを展開していますね。

福田 九州大学の“九”から名付けました。牧草で肥育した“QBeef”、完全養殖のマサバ“Qサバ”などがあります。品種改良で食を豊かにするとともに、農家の経営安定にも貢献しています。

九州大学農学研究院には、食品流通や、そこに関わる加工技術の研究室もあります。富士電機では食品流通の事業も手掛けられていますよね。

近藤 富士電機は自動販売機のトップメーカーですが、そこで培った冷熱技術をベースにして、コンビニエンスストアやスーパーマーケットなどの食品流通ビジネスにも携わっています。

今後の食品流通のあり方は、非常に多様化すると思われます。この切り口についても、九州大学とぜひ意見交換したいですね。面白いテーマに発展しそうです。

中村哲先生に学ぶオンデマンド・オンサイト

近藤 九州大学医学部の卒業生には、貴学で特別主幹教授も務められ、アフガニスタンなどで人道支援に取り組まれた故中村哲先生がいらっしゃいます。

福田 中村先生は医師としてアフガニスタンに赴きました。そこで気付かれたことは、“病気の原因は栄養失調と、飲料用水の不足”ということ。先生は多くの人手を使って水路を掘り進めていきました。まるで江戸時代のようなやり方ですが、アフガニスタンの状況にはそれが



最適だったわけです。

その地域に、その時代に合った技術が花開くということの、まさに先鞭をつけられたのが中村先生だと私どもは思っています。“現地の要求に応じて、現地で協働して、課題解決に取り組む”。この考え方を私どもは“オンデマンド・オンサイト”と呼んでいます。先述のアジア・オセアニア研究教育機構の研究者の考えの原点にもなっています。

近藤 今はリモートでの会議が増え、デジタル技術により時間と空間の制約が少なくなってきました。そのメリットは活かしつつ、現場を起点としたリアルな協業を大切にしたいと思います。

福田 九州大学は2030年に向け、教育研究あるいは社会展開のイノベーション・エコシステムの中核となる、ということを目標として宣言しています。

これは、大学はアカデミー内にとどまるのではなく、社会からファンドを得て、成果を社会に出すということを意味しています。

産官学連携は今後の九州大学にとって、一つの大きな柱になっていきます。今後も長いスパンで、さまざまな課題にアプローチしていきたいですね。

近藤 ありがとうございます。東京に住んでいると、東京を中心に物事が動いているような勘違いをしがちですが、地図を見ると、九州はアジアに近くて大変いい場所です。地理上でもまさに“イノベーション・エコシステムの中核”として、今後いろいろなネットワークを築かせていただきたいと思います。本日はありがとうございました。

- *1 SDGs: Sustainable Development Goals (持続可能な開発目標)
- *2 九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所
International Institute for Carbon-Neutral Energy Research (I²CNER: アイスナー)

新型コロナウイルス感染症への対策を行った上で撮影しています。

CO₂ の排出削減を通じて、 安全・安心で持続可能な社会の実現を目指す

九州大学

板岡 健之 教授

辻 健 教授

林 潤一郎 教授

富士電機 技術開発本部

技師長 吉田 隆

主 席 齋藤 秀介

マネージャー 中川 功夫



九州大学の研究者と、富士電機の技術者が会し、温暖化の実情やエネルギー・環境技術の課題などについて語り合った。

CO₂ 排出が地球温暖化に及ぼす影響

司会 昨今、CO₂ の排出削減が盛んに叫ばれています。なぜ CO₂ の大気への排出を抑える必要があるのでしょうか。

板岡 大気中の CO₂ やメタンなどのガスは、毛布のように地球をくるみ、地球に入射した太陽エネルギーを宇宙に跳ね返すことを妨げます。これらを“温室効果ガス”と呼ぶのはそのためです。中でも CO₂ は、地球温暖化に大きな役割を果たしています。

温暖化がなぜ良くないかというと、第一に、水循環が活発化して大雨の頻度と程度が高まり、甚大な被害をもたらします。また、マラリアなどの動物媒介病も北上するでしょう。水の膨張と氷の溶解により海面が上がり、人が住む陸地も少なくなります。

こうしたデメリットを回避するためには、温暖化の原

因物質である CO₂ の濃度を安定化させなければいけません。CO₂ は自然排出もされますが、植物などによる吸収で均衡が保たれています。問題は CO₂ の人為的排出です。地下にあった炭素（化石燃料）を人為的に掘り出し地上で燃焼した結果、CO₂ 濃度が上昇しました。

辻 過去の地球の CO₂ 濃度の変化は、地層の記録からおおよそ推測できます。研究によると、数万年という長い時間を掛けて CO₂ 濃度が数十 ppm 上昇し、地球が温暖になった時期がありました。今はわずか数年で同程度上昇しています。多くの気候学者が、過去のデータを基に将来を予測しようと試みていますが、過去のデータが参考にならないほどのスピードです。つまり、このように急激な CO₂ 濃度の増加が地球環境に与える影響を予測できないところが怖いと思っています。

九州大学



板岡 健之

九州大学 教授
カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 (I²CNER)
マルチスケール構造科学ユニット

カーボンニュートラル実現の社会全体の仕組みを研究している。CCUS^{*} についても取り組んでいる。



辻 健

九州大学 教授
大学院工学研究院 地球資源システム部門
カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 (I²CNER)
マルチスケール構造科学ユニット長

元々は地震学、最近は資源探査、月や火星の探査、地熱発電などを研究テーマにしている。I²CNER では、CCS、特に CO₂ のモニタリング手法を開発している。



林 潤一郎

九州大学 教授
大学院総合理工学府 量子プロセス理工学専攻
先端物質化学研究所

一貫して炭素系資源の変換利用に関わる研究に携わる。石炭に関する研究や最近では主にバイオマス変換を研究している。

CO₂ 濃度上昇がもたらす非可逆的な事態

司会 問題は濃度上昇のスピードなのですね。

辻 もう一つ重要な問題は、非可逆的な事態が今、起き始めているということです。例えば氷や雪が溶けると太陽光の反射率が低下し、太陽の熱をさらに吸収します。また、気温が上昇すると北極やロシアなどにあるメタンハイドレートが溶け、メタンが大気中に放出される。メタンは CO₂ より温室効果が大きいガスなのです。

齋藤 毎年のように地球のどこかで大規模な森林火災が起きています。自然災害が CO₂ 濃度上昇に与える影響は大きいのでしょうか。

板岡 例えばインドネシアの温室効果ガスの推計を見ると、森林や泥炭の火災による排出が大きく、年によっては非常に突出した値となっています。これはあくまで人間の活動の影響です。しかし、山火事には温暖化の影響があるかもしれませんが、基本的には自然の影響と捉えられていて、地球規模で見ると自然の山火事よりも人為的排出が圧倒的に濃度上昇に寄与しています。

中川 地球の生命を維持する上で境界になるような、CO₂ の値はあるのでしょうか。

林 私は門外漢ですが、その点については分からないというのが答えではないでしょうか。われわれ人間は気候変動に対して謙虚に、いい意味で正しく恐れて、そして未来の社会や産業のあり方を考えていくことが大事だと思います。

辻 人間は CO₂ に強いと思っています。CO₂ 濃度計を研究室に設置していますが、1,000 ppm になっても何も感じません。ただ、CO₂ に弱い生物が育たなくなるなど、

影響が出てくる可能性は大きいでしょうね。CO₂ が海に溶け込み pH が下がれば、殻を持つ生物は生きにくくなる。そうしたことが回り回って人間に影響を与えることは十分に考えられます。

板岡 九州には CO₂ が湧いている温泉があります。軽く 1,000 ppm を超えますが、皆さん気持ち良く入っていますね。

富士電機の取組み

吉田 富士電機の歴史は、エネルギーの歴史と言っても過言ではありません。事業分野も発電から送電、変電、配電、そして需要家サイドまで、エネルギー全般に関係した分野に展開しています。その中では、エネルギーの変換の効率を上げて省エネを図る取組みもあれば、地熱、水力、太陽光、風力、バイオマスなど再生可能エネルギー源の普及にも取り組んでいて、これらの事業を通して CO₂ の発生を抑えることに努力してきた会社だと自負しています。

今、CO₂ のゼロエミッションという新しいメッセージが世界規模で出てきています。カーボンニュートラルに対して、どういったソリューションを探索し作り上げていけるかが、今後の課題だと考えます。

齋藤 富士電機の主な視点は、CO₂ がなるべく出ないように効率を上げ、電化するというものでした。しかしこれからは、排出した CO₂ を回収するという視点も必要だと感じています。

中川 CO₂ を回収する技術開発も重要ですが、企業人としてはいかに低コスト化して利益を上げるかということも考える必要がある。先生方のアドバイスを生かし、推

富士電機



吉田 隆

技術開発本部 技師長



齋藤 秀介

技術開発本部 技術戦略室 イノベーション推進部 主席



中川 功夫

技術開発本部 先端技術研究所 エネルギー技術研究センター
熱エネルギー技術研究部 マネージャー

太陽電池、パワー半導体、エネルギー変換など富士電機の技術全般に従事してきた。

富士電機が将来取り組むべき技術を調査・探索する技術マーケティングに従事。最近ではカーボンニュートラルにも取り組んでいる。

燃料電池の研究開発に携わり、水素を取り出す改質器や脱硫器、化石燃料から水素を取り出す反応器、触媒の利用技術の研究開発を中心に従事してきた。

進していきたいです。

吉田 再生可能エネルギーをどのくらい日本が使いこなせるかも問題です。再生可能エネルギーの量を増やすことを試みると、系統側に大きな負荷が掛かります。その課題に対し、富士電機ではパワーエレクトロニクス技術をベースにした安定化装置や制御装置などで、系統の安定化に貢献しています。

電化だけでエネルギーは成り立つのか

林 温暖化対策を考える上で大事なキーワードが二つあります。一つは電化です。私自身は、電化は進めるべきだと考えています。最近の日本の電力の発電量（電力生産量）は 1 億 kW くらいです。今後はモビリティの電化が急速に進むでしょうし、今は燃料を焚いて温めている加熱も電化するとすると、電力需要は今より明らかに多くなります。極端に言えば倍になってもおかしくありません。具体的に言えば、CO₂ を多く排出している製鉄業を仮に電化した場合、最近の試算では 3,000 億 kW は下りません。

これだけの電力需要量を太陽光発電で賄おうとすると、パネルの設置面積は、わが国の宅地面積を大きく超えてしまいます。太陽光発電の普及に期待していますが、将来的にどこまでやるべきかという議論がほとんどなされていないような気がします。

もう一つのキーワードは CO₂ です。世界で今、年間 300 億 t くらいの CO₂ が排出されていると言われており、これは膨大な量です。御社としての技術開発への取り組みについてお話がありましたが、民間企業だけに対策を委ねるのではなく、政府が積極的に主導していくべき時期に来ているのではないかという思いもあります。

吉田 太陽光パネルの設置面積が足りないのは明白です。太陽光に風力などをプラスして、さらに足りない電力をどうするかは、1 社だけではなく国全体で考えなければいけないテーマだと感じています。

発電の世界でいうと、発電量と需要量は一致させなくては行けなくて、電力に携わる者はいかに一致させるかに苦労しています。今の発電の主役はガス火力で、発電量と需要量の調整役でもあります。今後その調整の役割をどうしていくのか、未来像をきちんと描く必要があると思います。

CO₂ の大幅削減に有望な CCS^{*2}

齋藤 CO₂ を日本近海に CCS 技術で埋めることを増やしていけば、今のエネルギーシステムのままもう少しいけるだろうと思うのですが、辻先生、いかがでしょうか。

辻 CCS はコストがさほど安くないなどの問題はありますが、近未来的に大量の CO₂ を削減するには、CCS は非常に有効な技術だと思います。

齋藤 日本で CCS が進まないのはなぜでしょうか。

辻 CO₂ 問題を一挙に解決するドリームテクノロジーが生まれることを期待し過ぎているように感じます。どのような CO₂ 削減技術にも長所と短所があります。CO₂ 削減技術では、三つのファクターを考えなくてはなりません。一つ目は、どれくらいの CO₂ を減らせるかということ。二つ目は、CO₂ をいつまでに減らせるかということ。そして三つ目はコストです。この三つをすべて満たす技術は今のところありませんし、その技術を開発している間にも CO₂ 濃度はどんどん上がってしまいます。

CCS は三つのファクターのうち、一つ目、二つ目の点では魅力的な技術です。そもそも CO₂ は地下にたくさんあり、そこに埋め戻すだけですから。

板岡 世界全体でカーボンニュートラルを 2050 年で実現させることは大変難しい。先進国は 2050 年での実現に向かって努力していますが、現実的には再生可能エネルギーを中心としたニュートラルな姿の実現は 2070 年や 2100 年でしょう。そこにつなぐためのブリッジテクノロジーとして CCS を使っていくことは重要だと考えます。

吉田 再生可能エネルギー比率が増えているドイツなどでは、電気の価格が高くなってきています。これは FIT 制度などの賦課金によるもので、特に、家庭用の電気料金が高くなっています。カーボンニュートラルの実現に向けて、これから社会の仕組みはどうなっていくのでしょうか。

林 エネルギー価格は、これまで低過ぎたと思います。低いと大胆な技術革新がどうしても抑えられる傾向にあります。日本は緊縮財政を続けていますが、欧米は考え方を始めました。マクロ的な視点で経済に対する考え方・見方を変えていかないと、エネルギー問題は解決しないのではないかと思います。CCS も、確かに新しいシステムの導入にはコストがかかります。しかし、CCS によって GDP が生み出されるという見方もあるわけですね。

板岡 エネルギー価格が低過ぎたことについて、私も同感です。現在少額の温暖化対策のための税がかかっていますが、近い将来、カーボンプライシングが生活に影響を与えるようなレベルになるでしょう。社会全体での温暖化対策に対する金銭的負担と引き替えに社会的厚生を上げるという考え方で社会の全体像を捉えるわけです。グリーン GDP など、今の GDP を超えた価値基準で、社会を再評価する仕組みをつくる必要があると思います。

世界的な視点でカーボンニュートラルを捉える

吉田 世界に目を転じると、発展途上国も CO₂ を多く排出しています。2050 年にカーボンニュートラルを目指す中で、日本は対外的にはどうしていったらいいのでしょうか。

板岡 カーボン削減のためのお金の掛け方という点では、日本の場合は、よりカーボンの少ない燃料に替える、あ



るいは太陽光発電のように価格が下がっている再生可能エネルギーから始めるなどが考えられます。しかし、それだけでは削減は足らず、お金の掛かる方法でも削減していかないと、カーボンニュートラルに行き着かないという状況です。

それに比べれば、途上国で削減するほうがはるかに安く済みます。世界が取り組んでいるのは、地球全体でCO₂濃度を安定化させる、気温を大きく上げないことなので、目的の整合性から考えれば、一国の目標というよりも世界で削減コストを捉え、安い国や地域で削減していくことがベストなわけです。そう考えるとカーボン・クレジットの導入は必然と言えます。とにかく安く温室効果ガス排出を下げやすいところで下げる努力を、地球全体で進めなければいけません。

辻 CCSについて言えば、IEAの1.5℃シナリオ^{※5}を達成するためには、15%程度の量のCO₂をCCSによって削減しなければなりません。そのためには年間100万tのCO₂を貯留できる場所が、世界中に6,000か所ほど必要になります。日本の周辺にもCO₂を貯留できる場所が多く存在しますが、大量のCO₂を日本周辺だけで貯留するには課題もありますから、世界全体でCO₂を貯留しやすいところで貯留すべきです。そうなってきたときは二国間取引のようなシステムが必要になります。

燃焼系エネルギーの可能性を探る

林 石炭火力でいうと、途上国に日本の技術を輸出していくことはCO₂削減に効果的だという議論が以前からありましたが、国際的に理解を得られなくなってきたのが実状です。石炭火力だけを押し通すことは極めて難しく、CCSがプラスされない限り厳しいと思っています。

板岡 安いエネルギー、特に電気へのアクセスを保証することは、SDGsでも取り上げられるように非常に重要な

ことですが、安定供給ができて最も安いエネルギーは石炭なのですね。もっとエネルギーを普及しなければいけないのに、石炭が使えないとなると逆に困ってしまう。石炭は単位当たりのCO₂排出量が圧倒的に高く、何とかしなければいけませんが。世界全体の持続的成長を担保するために、何を使ってエネルギー供給していくべきかは、大きな課題です。

齋藤 燃焼系エネルギーでは、バイオマスが考えられます。地球上のバイオマスの利用可能な量を算出すると、世界が1年間で使うエネルギー量に匹敵するという報告があります。資源としてのポテンシャル量は十分にあり、あまりコストが掛からないのであれば有望だと思うのですが、技術的ハードルが高いのでしょうか。

板岡 バイオマスは既存のエネルギーシステムとの互換性も良く、一時は大いに注目されました。地産地消という観点からもバイオマスを利用していく社会は、可能性としてあるように思います。

林 化石資源を代替するという意味では、バイオマスを利用しない手はないでしょう。まず世界的に取り組まなければいけないことは、ポテンシャルと現実に定常的に使える量のギャップをどう埋めるかということです。木質バイオマスであれば、植林によるサイクルの確立や、輸送も含めたサプライチェーン、インフラなどです。ヨーロッパは寒冷地が多く、早くから排熱利用する発電が進んでいました。森林の路網の整備が進み、その密度が高く、お手本になります。一方、途上国では農業バイオマスが多く、森林のように集積する必要がありません。

ただ、バイオマスは太陽光などに比べると、電力資源として効率がいいわけではありません。私はバイオマスを炭素源として、化学工業や製鉄業の還元剤に利用するのがいいと思います。

化学向けのバイオマス研究開発はかなりの勢いで進ん

でいます。ヨーロッパで多額の資金が投下されていますし、アメリカも継続的に研究しています。

板岡 供給側の持続的・安定的・環境整合的なバイオマスの供給が課題です。燃焼系で使うとすると、流動床炉では石炭でもバイオマスでも、両方とも燃やせますし、今の火力発電システムと整合性がある。再生可能エネルギーの調整電源としても有望でしょう。特に系統安定性を考えた場合、回転系で慣性力がある発電を残すとなると、その一翼を担う可能性がバイオマスにはあると思います。

林 日本は、バイオマスの供給システムを整えてパッケージとして輸出できる可能性もあります。

例えば農業バイオマスの場合、カリウムなど肥料起源の厄介物を低コストで処理する供給システムです。そこには、その地域の人たちへの教育も含むべきです。水道のようなインフラとは違う、環境というエッセンスが入ったトータルパッケージを日本発で実現していくわけです。土地によってバイオマスの質が違うので、土地の状態にカスタマイズしていけるエンジニアリングは需要が高いと思います。

脱炭素社会の実現に向けて技術の集結を

板岡 技術を総動員した温暖化対策が求められています。安くて使い勝手のいい技術を、よいタイミングで選び導入していくことです。カーボンリサイクル系の技術には、リサイクルに必要なエネルギーやコストが掛かるものもあります。そうした経済性も含めてきちんとした評価をもとに導入すれば、仕組みも整うのではないのでしょうか。

辻 江戸時代の生活に戻ったらいいのではないかという議論もありますが、技術を捨てて過去に戻ることは難しいです。下手をすると、もっとCO₂を出してしまします。やはり科学技術の力で、大気中のCO₂を減らしていかなければいけません。

地球の中には、元々カーボンがたくさんありました。地中をうまく使って、地球全体でCO₂をマネジメントしたいというのが私の夢です。将来もしかしたら寒冷期が到来するかもしれません。そういうときは地中に眠っているCO₂を外に出して地球を暖め、気温が高くなってきたらCO₂を地下に埋め戻す。部屋のように地球全体の大気をコントロールするイメージです。

CCSでは、CO₂を鉱物化する技術も出てきています。アイスランドでは圧入したCO₂の約95%が2年以内に鉱物化しました。結構速いスピードで安定してCO₂を

貯留できます。

また、大気中からCO₂を回収する技術(DAC^{*6})は非常に注目されていますが、ドリームプロジェクトとも言う人も多いです。大気中からCO₂を回収しても、濃縮した高濃度のCO₂を作ることが難しいのですね。ただ、大気中から回収されるCO₂の不純物は酸素や窒素などで、有害物質ではありませんから、地下と一緒に埋められるのではないかという新しいコンセプトも考えられています。それらをうまく組み合わせれば、今、皆さんが考えているよりも安全で安価なCCSができるのではないかと思います。

林 いい技術はたくさん生まれていますが、実装が追いつかず賞味期限が切れてしまう。昨今のエネルギー分野には、そういう歯がゆさを感じています。後倒しできない技術の検討の時期に差し掛かっているのではないのでしょうか。

中川 技術の視点で多くのアドバイスがありましたので、いろいろ参考にさせていただきたいと感じました。市民レベルで考えたとき、社会全体として脱炭素への啓蒙活動や教育の必要性も感じました。

齋藤 議論でもありましたが、環境と経済の問題を両立させないと、いい技術があっても普及はしないと思っています。これからも先生方の研究を活用させていただきながら、われわれも社会貢献できるようなものを開発していきたいと思いました。

吉田 カーボンニュートラルは難しさもありますが、エネルギーに関連した仕事をしている以上、意気に感じて取り組んでいかなければならないことを再確認しました。みんなで人類に貢献していきたいと思いました。どうもありがとうございました。

* 1 CCUS (Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage) : CO₂の回収・有効利用・貯留

* 2 CCS (Carbon dioxide Capture and Storage) : CO₂の回収・貯留

* 3 FIT (Feed-in Tariff) : 再生可能エネルギーの固定価格買取制度

* 4 賦課金 : 再生可能エネルギーで発電した電気の買取りのために、電気の利用者から集められた費用

* 5 IEA (International Energy Agency) : 国際エネルギー機関

* 6 DAC : Direct Air Capture

* 撮影時以外はマスクを着用し、撮影中は会話を行わないなど、新型コロナウイルス感染症への対策を行った上で撮影しています。



高性能・多機能形インバータ 「FRENIC-MEGA (G2) シリーズ」

近年、用途の拡大が進む汎用インバータでは、制御性能の向上に加えて省エネルギー（省エネ）や耐環境、予防保全・予知保全のニーズが高まっている。

開発した「FRENIC-MEGA (G2) シリーズ」は、高速な演算処理と独自のモータ制御技術により従来よりも応答速度が約2倍になるなど、制御性能が向上している。また、省エネを図るため PM モータに標準対応した。さらに、トレースバック機能、内蔵している半導体モジュールの寿命予報のメンテナンス機能、冷却能力低下警報機能、カスタマイズロジック機能を持ち、プリント基板を JIS や IEC の Class 3C2 の耐環境性能にも対応した。これらの特徴により、品質の安定化と生産性の向上を実現し、搬送機械や工作機械、ファン・ポンプなどのさまざまな分野で使用できる製品である。



大容量無停電電源装置 「UPS7500WX」

情報システムのクラウド化や電子商取引の増加に伴い、大規模データセンター（DC）が新設され、電気設備の大容量化や省エネルギー（省エネ）化が進められている。

富士電機は、DC 向けに安定かつ継続的に電力を供給する大容量無停電電源装置「UPS7500WX」を開発した。単機 UPS は、600 kVA の UPS モジュールを 2 台組み合わせることで、1,200 kVA の大電力が供給可能である。

本製品の主な特徴は次のとおりである。

- (1) 業界最高レベルの 96.6% の電力変換効率
- (2) 常時商用給電方式（HE モード：High Efficiency mode）を選択した場合、98.4% の高効率
- (3) UPS モジュールの構造を最適化し、業界最小レベルの設置面積を実現



世界最大級の水素製造装置用電源装置の納入

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の水素社会構築技術開発事業の一環として、東芝エネルギーシステム株式会社から旭化成エンジニアリング株式会社が世界最大級の 10 MW 級大型水電解装置を受注し、そのうち電源装置の設計製作を富士電機が請け負った。本装置は再生可能エネルギーである太陽光発電による電力を利用して水電解を行い、水素を製造する。福島水素エネルギー研究フィールド（福島県浪江町）に設置され、2020 年 3 月に稼働を開始した。

主な特徴は次のとおりである。

- (1) 定格一次容量 15,244 MVA の整流器用変圧器と定格直流電力 12 MW の整流器で構成される。
- (2) 十二相整流とすることで高調波障害を低減した。



四日市バイオマス発電所および室蘭バイオマス発電所の営業運転開始

富士電機は、バイオマス発電向け設備でカーボンニュートラル社会の実現に向けて貢献している。住友重機械工業株式会社経由で中部電力株式会社四日市バイオマス発電所（49 MW）、および日揮株式会社経由で ENEOS バイオマスパワー合同会社室蘭バイオマス発電所（74.9 MW）の蒸気タービン・発電機設備を納入し、それぞれ 2020 年 4 月および 5 月に営業運転を開始した。いずれも、再生可能エネルギーである木質バイオマス（パーム椰子殻や木質ペレット）を利用している。

今回の実績を生かし、富士電機が得意とする高い信頼性と高い効率を持った類似容量帯（50～112 MW）の蒸気タービンと発電機設備を使ったバイオマス発電の普及を図る。

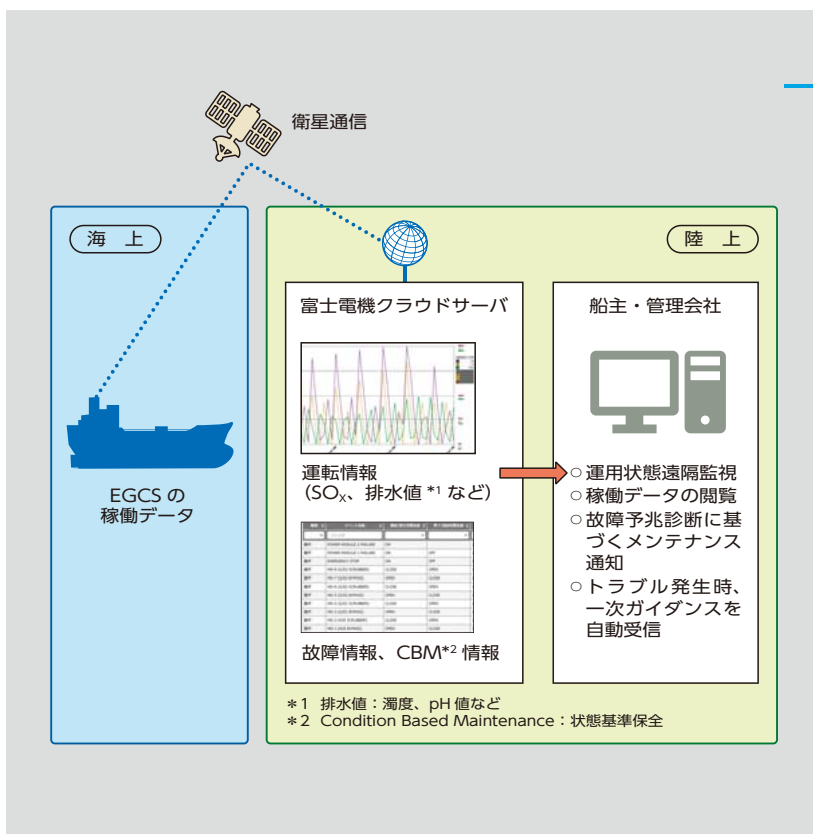


雪印メグミルク株式会社 バター製造プラント向け計測制御システム

雪印メグミルク株式会社では生産性の向上と品質の安定化を狙い、バター製造プラントを新設した。このプラントには、優れた視認性と操作性、ネットワーク・データベースの冗長化による高い信頼性を実現する「MICREX-VieW XX (ダブルエックス)」と、オプションとして新たに開発したプラントデータレコーダ「XDR」が採用された。

主な特徴は次のとおりである。

- (1) タグ付けして記録した全ての監視データから、再現した不具合発生時のプラント状態を基に原因解析を行い、安定操業を支援する。
- (2) 多品種生産における安定品質の実現を支援する。
- (3) 過去の事象やベテラン作業者の運転データを再現して作業者教育に活用できる。



船舶 IoT システム

富士電機は、船舶向けの排ガス浄化システム（EGCS）を 2018 年に発売した。船舶では頻繁に船員が交代するため、EGCS の操作やメンテナンスに関わる技術の浸透に時間がかかっていた。そのため、陸上からの遠隔監視サポートの要望が高かった。

そこで、2021 年 1 月から衛星通信を使った船舶 IoT システムの運用を開始した。これにより、逐次、船舶と陸上（富士電機の担当者やユーザー）の間で情報の共有が可能となった。

本システムの特徴は次のとおりである。

- (1) 陸上で EGCS の運転状況の監視や故障個所の把握ができ、安定稼働とトラブルの早期修復を支援
- (2) 運用・管理の効率化（設備保全費の低減）

今後は、EGCS 以外の機器の監視にも適用していく。

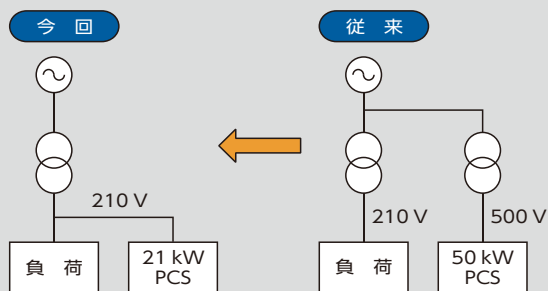


「SPH5000M」(コントローラ構成例)

MICREX-SX シリーズ 「SPH5000M」

複数のセンサやアクチュエータを使って制御する包装機や印刷機などでは、シーケンス制御の他に、多軸モーション制御による生産性や品質の向上、保守の容易さが要求される。この要求に応え、「SPH5000M」を発売した。主な特徴は次のとおりである。

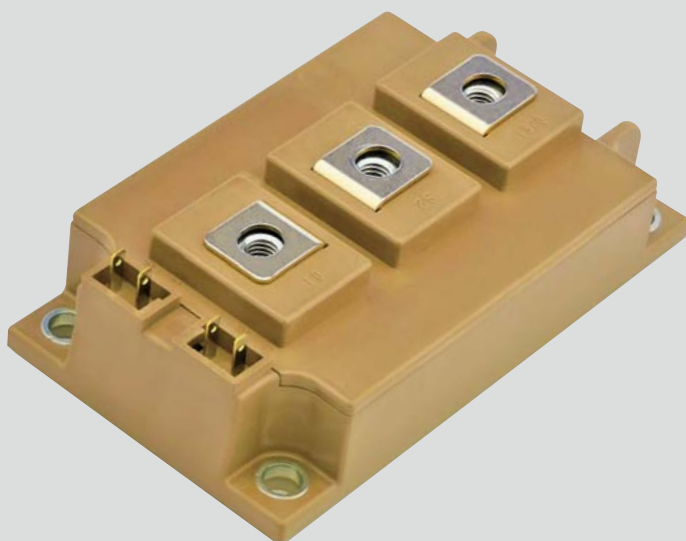
- (1) 従来に比べて演算処理能力を高め、同一制御周期で同期できるサーボモータ数を倍増した。
- (2) マルチコアマイコンを新規に採用し、2系統の PLC アプリケーションを並列に動作させ、シーケンス制御機能の高度化と、高速・高精度のモーション制御を実現した。
- (3) 最大 3 台まで制御周期を同期して動作でき、必要な機能・性能に合わせてコントローラの最適な構成が可能である。また、PLC 内に電池不要のメモリを採用した。



国内向け太陽光発電用ストリング形 PCS の系列拡充

日本国内の太陽光発電は、工場などの自家消費向けに導入が進んでいる。従来の 50 kW ストリング形パワーコンディショナ (PCS) は、太陽電池が発電した直流電力を、交流に変換し、専用の変圧器を介して 6.6 kV の電力系統に接続する必要があった。低圧系統に直接連系できる 10 kW 程度の小容量の PCS は、変圧器のスペースや費用が節約できる。さらなる導入コストを低減したいという要望に応えるため、低圧系統 (三相 AC210 V) に接続できる PCS (21 kW) を開発した。

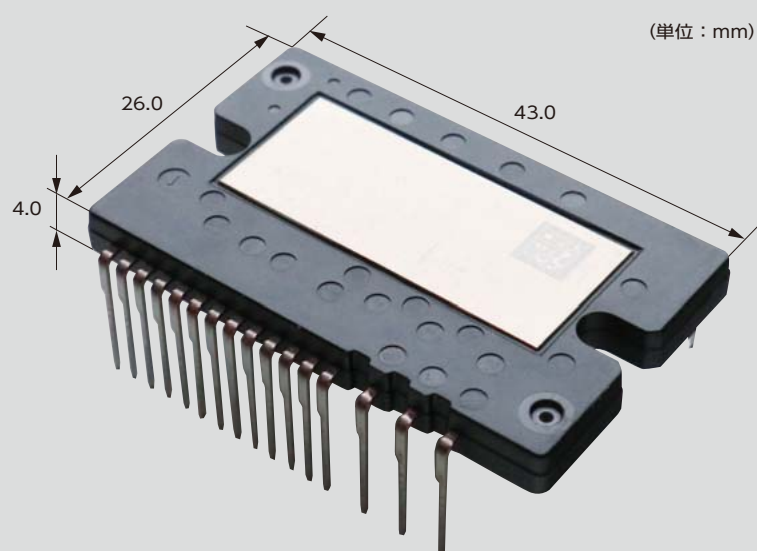
この PCS は、変圧器のスペースや費用が節約できるだけでなく、10 kW の PCS よりも約 2 倍の容量があり、必要台数が減り工事費用も削減できる。さらに、停電時の自立運転 (3 kVA) によって非常時にも電力供給が継続できる。



第2世代トレンチゲート SiC-MOSFET 搭載 All-SiC モジュール 「62 mm STD 2 in 1」

近年、脱炭素社会の実現に向けパワーエレクトロニクス（パワエレ）機器の電力変換効率のさらなる向上が求められている。この要求に対応するためには、パワエレ機器に搭載されるパワー半導体の低損失化が必要であり、大幅な低損失化を可能とする次世代デバイスとして SiC が注目されている。

富士電機は、Si-IGBT のパッケージと互換性を持ち、第2世代トレンチゲート SiC-MOSFET を搭載した All-SiC 2 in 1 モジュール（1,200 V、1,700 V）を開発した。SiC-MOSFET の高速なターンオフ特性を生かすため、内部インダクタンスを抑えてサージ電圧を抑制した。スイッチング損失が大幅に低減し、同一定格の Si-IGBT と同じスイッチング速度条件で、5 倍のキャリア周波数で 1.5 倍の電流が出力でき、インバータによる高効率で円滑なモータ制御が可能になる。

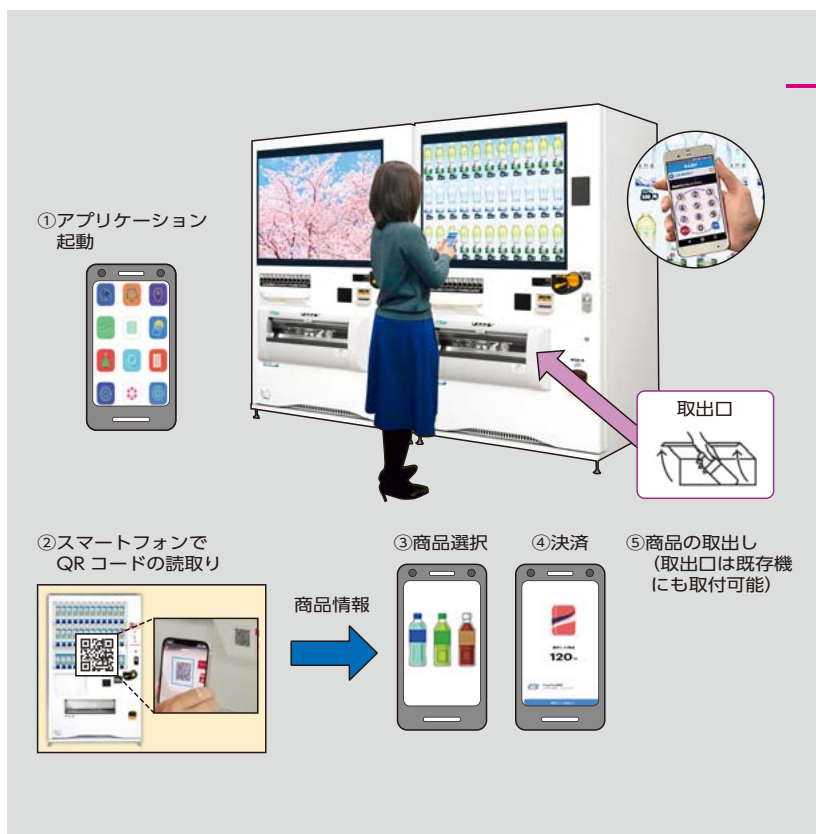


車載エアコン用 IPM

富士電機は、三相インバータブリッジ回路、制御回路と保護回路を一つのパッケージに内蔵した車載エアコン用 IPM を開発した。本製品に内蔵した IGBT と FWD は、第7世代「X シリーズ」のチップ技術をベースにさらに最適化し、標準品に対してトータル損失を維持しつつ、ノイズ性能を改善した。さらに、車載用電子部品の信頼性規格である AEC-Q101 相当に準拠している。また、ねじ締結部は、十分な強度を確保しつつ切欠き構造とすることで、自動実装に対応している。

主な特徴は次のとおりである。

- (1) 定格電圧/定格電流：600 V/30 A
- (2) HVIC 内蔵によりマイコンから直接駆動が可能
- (3) 保護機能：過電流、低電圧、リニア温度出力、アラーム出力



手を触れずに商品購入が可能な 「完全非接触自動販売機」

新型コロナウイルスなどへの感染予防の観点から、自動販売機に手を触れずに商品が購入できる新開発の通信端末を搭載した「完全非接触自動販売機」を開発した。

- (1) スマートフォンのアプリケーションを使って自動販売機に掲示された QR コードから固有情報を読み取り可能
- (2) QR コードと Bluetooth を利用した機器認証技術によりセキュリティを確保
- (3) 自動販売機の固有情報を基にサーバから取得した商品情報の中から商品を選択可能
- (4) 決済サービスを介してキャッシュレスで支払い可能
- (5) 商品購入に連動して自動で開閉する外開きの商品取出口から商品を取り出し可能
- (6) 取出口は既設機にも取付け可能

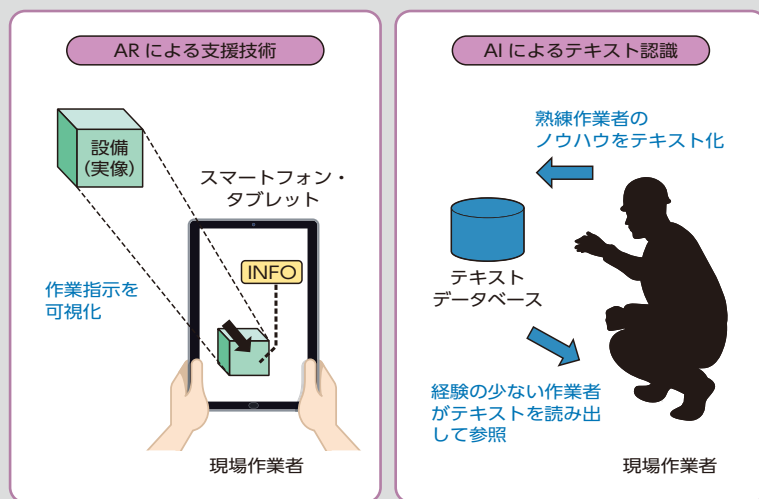


母線プラグイン形配線用遮断器と 漏電遮断器のラインアップ拡充

近年の労働力の減少や作業スキルの低下が懸念される中、富士電機は、配線工数を削減し、同時に盤の品質と信頼性を高める器具製品の普及を推進してきた。普及をさらに加速するため、盤の主回路母線に差し込むだけで接続ができる、母線プラグイン形の 50AF 小型遮断器を開発し、ラインアップに加えた。

主な特徴は次のとおりである。

- (1) 主回路母線ピッチを従来の 70 mm から 30 mm に、遮断器（3 極品）の幅寸法を 75 mm から 54 mm に縮小、小型化した。
- (2) 母線は JIS 標準ブスバーの使用を可能とし、従来の銀またはスズめっき品に加え、顧客ニーズに応じてニッケルめっき品も使用可能にした。
- (3) 各国の規格認証を取得し、グローバル対応に貢献する。



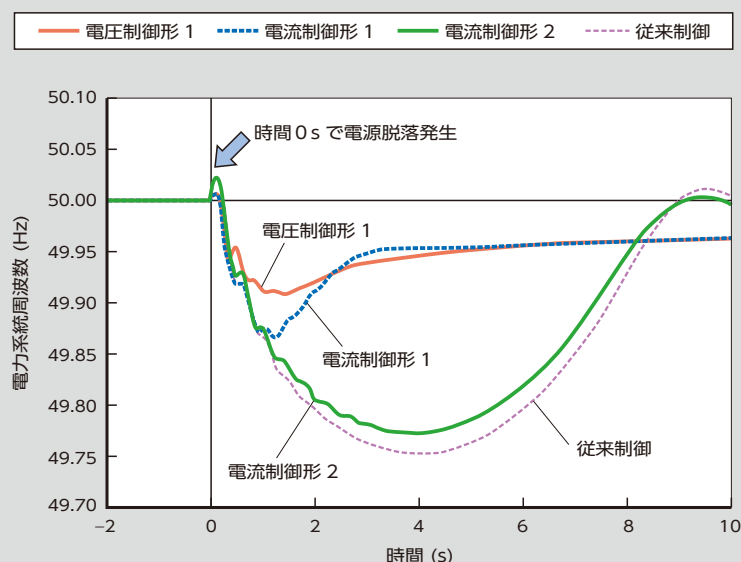
保守支援技術の例

拡張現実（AR）とAIを用いた保守支援技術の高度化

富士電機は、DX（デジタルトランスフォーメーション）関連技術を活用し、設備の保守・保全業務や現場の熟練者の技能伝承を支援するため、拡張現実（AR：Augmented Reality）と、AIによるテキスト認識技術による保守支援技術を開発した。

- (1) ARによる支援技術：仮想物体を用いてオペレーター（支援者）からの作業指示を、現場の空間や設備にリアルタイムに重畳して可視化し、支援者と現場作業者の間の意思疎通を円滑に行う。
- (2) AIテキスト認識：熟練作業者のノウハウをテキスト化して分類し、技能データとして蓄積する。経験の少ない作業者は、データを読み出して、現場で参照できる。

これらの技術により、作業の効率化や設備保全の高度化に取り組む。



電源脱路時の系統周波数変動シミュレーションの例

疑似慣性制御技術—系統周波数の変動抑制への適用

再生可能エネルギー（再エネ）が大量導入された電力系統において送電事故などが原因となって系統周波数に大きな変動が生じると、大規模な停電事故に繋がることが懸念される。疑似慣性によって周波数を安定化するPCS制御アルゴリズムを候補として複数選り、モデリングとシミュレーションを行った。

再エネ導入率の低い系統に適している電流制御形では、従来の太陽光PCSなどに容易に搭載可能なアルゴリズムを見いだした。将来の再エネの大量導入時に必要となる火力発電などの同期発電機と同等の系統安定化特性を持つ電圧制御形のものは、アルゴリズムの候補として有効であることを確認した。

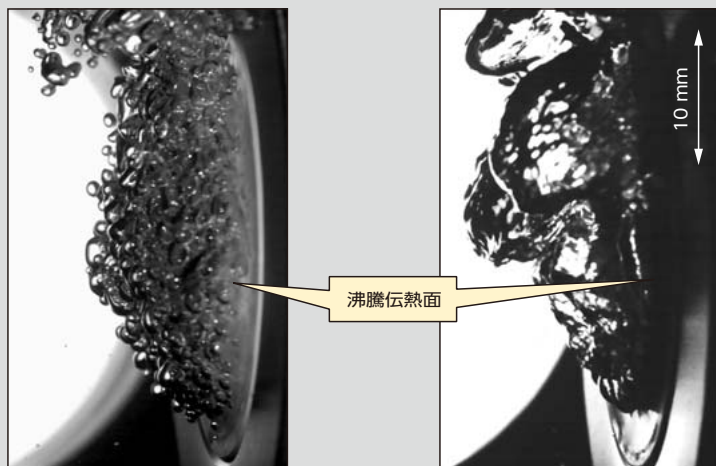
なお、この成果は、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）からの委託業務“再生可能エネルギーの大量導入に向けた次世代電力ネットワーク安定化技術開発”において得られたものである。

気泡スケールを制御する 新しい沸騰促進技術

変電機器をはじめとしたパワーエレクトロニクス（パワエレ）分野で進む実装の高密度化に対応する高い冷却性能が求められている。そこで、冷却装置のさらなる高性能化を図るため、次の二つを組み合わせた沸騰気泡のサイズ（スケール）を制御する新たな技術を開発した。

- (1) 純水に界面活性剤を添加して表面張力を低減した沸騰媒体
- (2) 沸騰気泡の面方向の成長・合体を阻害する表面形状を持つ沸騰伝熱面

この技術により、従来の純水沸騰と比較して、約 2.5 倍の沸騰伝熱性能が得られることを確認した。今後は、この技術を使ってパワエレ製品の小型・高性能化を図っていく。



(a) 沸騰気泡スケール制御技術の適用

(b) 従来の純水沸騰

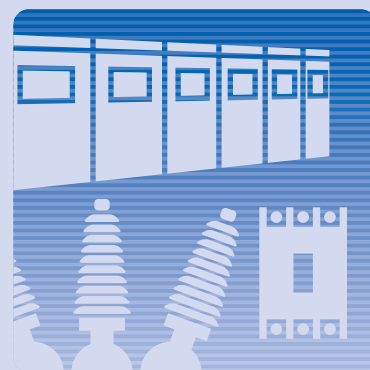


パワエレ エネルギー

エネルギーマネジメント

施設・電源システム

受配電・開閉・制御機器コンポーネント



パワエレ エネルギーでは、パワーエレクトロニクス（パワエレ）技術、変電技術、エネルギーの監視制御技術をコアに、開閉装置、変圧器、保護リレー、UPS（Uninterruptible Power System）、電機盤などのコンポーネントとそれらを組み合わせたエネルギーソリューションを展開している。

エネルギーマネジメント

富士電機は、開閉装置、変圧器、保護リレーなどのコンポーネントとともに配電自動化や蓄電制御および需給管理などのシステムを国内外に展開している。また、東南アジア、中東などの電力系統への設備投資に対応するため、積極的に国外生産拠点の強化を進めている。

変電システム分野では、国外電力会社の新設変電所に従来機種よりもコンパクトな 145 kV ガス絶縁開閉装置（GIS）を納入した。その他に整流装置の更新に合わせ、直流遮断器（DCDS）をユニット化し、「S-FORMER Mini」と組み合わせた新たな整流設備を納入した。国内でも機器の更新需要に対応し、産業用変電所や鉄道用電力管理システムを納入した。

電力流通システム分野では、集合住宅やビル、工場向けの機械式電力量計の置換えに最適な電子式表面取付形電力量計を開発した。その他に、水力発電の監視制御システムや国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の水素社会構築技術開発事業の一環として、世界最大級の水素製造装置用電源装置を納入した。また、前述の GIS の小型化による SF₆ ガスの削減や環境にやさしいエネルギーの導入拡大を支援し、環境への取組みを推進している。

施設・電源システム

国内外の産業分野、特にデジタルデータの増加に対応するため新設や増設が盛んなデータセンターを対象に変圧器、配電盤、UPS を組み合わせた電源システムの据付工事や保守サービスを含めた電気設備まるごとソリューションを展開している。

施設電源分野では、データセンターの電気設備の大容量化や省エネルギー化の要望に対応するため、大容量無停電電源装置「UPS7500WX」を開発した。この装置は、単機 UPS として最大 1,200 kVA の電力を、業界最高レベルの電力変換効率 96.6% で供給し、常時商用給電方式を選択することで電力変換効率 98.4% が可能である。

施設電機分野では、株式会社九電工と日本ガイシ株式会社と協力して NAS 電池を用いた 2,400 kW 蓄電池 PCS（Power Conditioning System）を国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構（JAXA）種子島宇宙センターに納入した。これにより、PCS の高速な出力応答性と蓄電池の特性を生かした電力供給のさらなる安定化に貢献した。

今後もデータセンターの大規模化や産業分野のニーズに応えるとともに、環境負荷の低減を図り、市場への貢献を進めていく。

受配電・開閉・制御機器コンポーネント

受配電・開閉・制御機器コンポーネントでは、再生可能エネルギー関連設備、ビルディング・施設の電気設備、および工場生産ラインの制御システムなどにおいて、電気を効率的かつ安全に利用するための受配電機器・開閉機器、ならびに生産設備や生産機械の自動化・最適化を行う制御機器を展開している。

低圧受配電・制御機器では、スプリング端子を採用し、制御盤の配線工数を低減するねじレスのプッシュイン方式を採用した「F-QuiQ」のラインアップにコマンドスイッチを新たに加えた。また、一次側端子を母線挿込み式にすることで配線作業工数を低減する母線プラグイン形に 30 mm ピッチの小型新製品を開発してラインアップに加えた。これらの製品は、盤の小型化への貢献とともに、工数の削減と配線品質の向上により近年の労働力や作業熟練者の減少を解決し、市場ニーズに応える製品である。

今後も、ニーズに応える受配電・開閉・制御機器コンポーネントを開発することで市場への貢献を進めていく。

エネルギーマネジメント

① 東北電力ネットワーク株式会社向け配電研修用アナログシミュレータ

富士電機は、東北電力ネットワーク株式会社の総合研修センター（南相馬市）に、配電システムの研修に用いるアナログシミュレータを納入した。

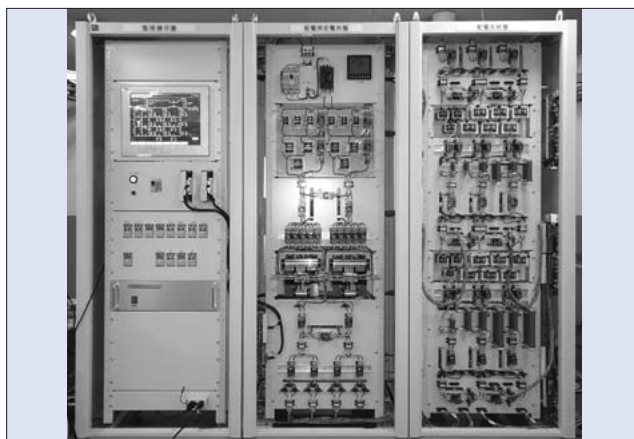
本装置は、配電システムを縮小モデルを使って模擬するため、配電系統の特性を原理に従って再現できる。

タッチパネルを用いた簡単な監視操作により、さまざまな条件下での系統現象を見える化できるため、次のような難解な原理の理解を助ける。

- (1) 配電線ループの際に発生する横流現象
- (2) 配電線地絡発生時の地絡方向リレーの動作

今後、再生可能エネルギーの主力電源化に備えた配電系統の技術研修をサポートするため、配電自動化システム子局モデルや、分散電源モデルを追加し、機能の充実を図る。

図1 配電研修用アナログシミュレータ



② 高知県公営企業局向け集中監視制御システム

富士電機は、高知県公営企業局に発電所集中監視制御システムを納入した。同局が所有する水力発電所3か所と取水口などの関連施設が監視制御対象である。

発電所の運用を担う制御所は、高知市内を流れる鏡川沿いに位置しているため降雨が想定最大規模に達すると、洪水によりシステムに被害が及ぶことが予想された。そこで、広域ネットワークサービスを使用して中核装置であるサーバを災害リスクが低い遠隔地に設置するシステム構成とした。仮に災害が発生し、制御所での運用が困難となった場合、サーバ設置拠点のバックアップ用操作卓において運用を継続する。

水力発電は再生可能エネルギーであり、本システムがその効率的運用の一助となり、低炭素化に貢献していく。

図2 監視制御室



③ 表面取付形電力量計「HF シリーズ」

電力量計のスマートメータ化が進む中、集合住宅やビル・工場向けでは、電力量の計量機能に特化した低価格なメータへの需要が高い。その需要に対応し、かつ、機械式電力量計（機械式）の置換えに最適な電子式の表面取付形電力量計「HF シリーズ」を開発した。特徴を次に示す。

- (1) 約40%の小型化と約60%の軽量化（機械式比）
- (2) 相線式、定格電圧・電流などの顧客仕様に応えた全18機種シリーズ化と検針監視システムにも対応
- (3) 誤計量や誤接続を防止する状態異常検知機能の搭載
- (4) 検定を受けて、取引証明用計器として使用可能
- (5) 屋外設置が可能な普通耐候形
- (6) パルス発信装置付および変成器付計器では内蔵バッテリーにより、停電時も計量値の読取りが可能

図3 「F6HF-R」（単相3線式、120A仕様）



エネルギーマネジメント

4 出光興産株式会社 徳山事業所 受変電設備の更新

出光興産株式会社 徳山事業所の中央変電所および二次変電所の老朽化に伴い信頼性・保守性の高い受変電設備を、2020 年 9 月に納入した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 監視制御システムを冗長化させた。
- (2) 中央変電所 5 か所と二次変電所 20 か所を常時監視制御が可能である。
- (3) 発電機用保護継電器を二重化し、発電機の運転中でも保護継電器が交換できる。
- (4) 絶縁被覆付きの二重母線構造を採用し、信頼性を高めた。
- (5) 高圧配電盤背面の保護カバーの一部に赤外線透過フィルムを採用したことで、赤外線診断によって通電状態での異常発熱が点検できる。

図 4 受変電設備



5 東武鉄道株式会社 東上線電力管理システムの更新

東武鉄道株式会社の東上線電力管理システムを更新し、2020 年 9 月に運用を開始した。本システムは、東上線および越生線の変電所と、き電区分所の電力設備の遠方監視制御を行っている。システムの特徴は次のとおりである。

- (1) 遠方監視制御回線の IP 伝送・冗長光回線化および制御用計算機を 3 台としてシステムの信頼性を高め、分散配置により制御所災害などの異常事態に備えている。
- (2) 大型ディスプレイによる全体系統表示、系統操作はワイド画面を生かして二つの隣接変電所を表示または一つの変電所と対向するフィードまでの表示により、電力系統状況の把握を容易にし、人的エラーを防止する。
- (3) 複数の変電所で行っていた故障の自動復旧回路を制御所の計算機に移行し、現場の保守業務を簡易にした。

図 5 電力管理システム（電気指令室）



6 オマーン・Yanqul（ヤンクル）変電所向け 145 kV GIS

富士電機は、オマーンに新設されたヤンクル変電所に、新型 145 kV ガス絶縁開閉装置（GIS）を納入した。国外電力会社の新設変電所向けとしては、初めての新型 GIS の納入である。新型 GIS は、設置面積が、従来機種の 70% と省スペースなので、輸送や据付けが簡単になった。また、最新の国際規格に準拠していることに加え、保守の簡素化や予防保全という顧客のニーズに対応するため、切離し装置付き計器用変圧器やデジタルガス密度計、部分放電センサなどの新技術を採用した。

2021 年 2 月に現地作業を完了、同年 4 月に受電し、現在は当該地域の電力の安定供給に貢献している。

今後は、同国を含めた中東諸国およびタイなどの東南アジアをターゲットに受注活動を推進していく。

図 6 新型 145 kV ガス絶縁開閉装置



エネルギー・マネジメント

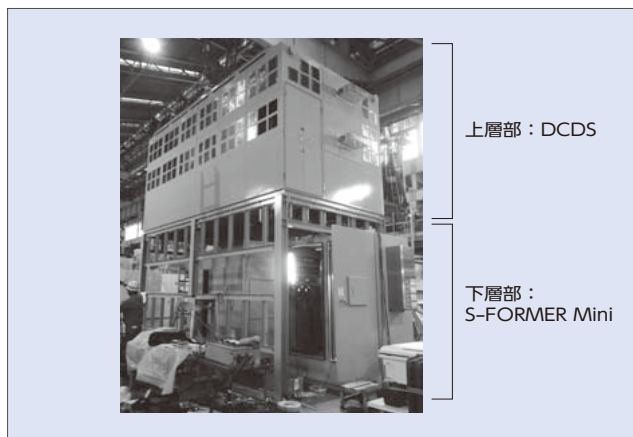
⑦ DCDS ユニット付「S-FORMER Mini」の納入

国外の電解ソーダプラントの整流装置を更新するため、「S-FORMER Mini」と直流断路器（DCDS）ユニットからなる整流設備を納入し、2020 年 4 月に設備稼働を開始した。整流器本体を取り囲むように架台を設け、その上に DCDS ユニットを配置して限られたスペースに設置できるようにした。ユニット内の DCDS 本体と整流器の出力電流を通電するブスバーの質量に耐えられるように、十分な架台強度を確保した。また、電磁界解析などを行い、大電流直流磁界による局所加熱を防止する対策を講じた。本設備の主な特徴は次のとおりである。

- (1) 直流 2 出力する構成で制御も含めた一括システム品
- (2) DCDS ユニット

W5.6×D3.0×H6.2 (m)、質量 17 t

図 7 DCDS ユニット付「S-FORMER Mini」

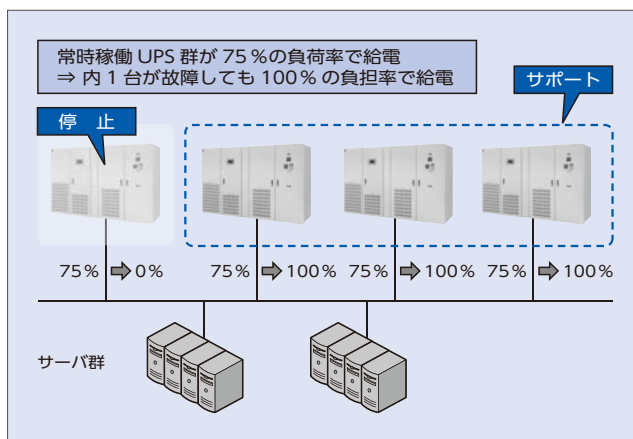


施設・電源システム

① 大容量共通予備 UPS システムの納入

データセンターの UPS システムでは、信頼性、経済性と設置スペースの三つの要素が重要である。富士電機は、この三つの要素のバランスに配慮した大容量 UPS システムを国内の某データセンターに納入した。このシステムは、故障時に予備機による給電に切り替わる方式とは異なり、通常時は 4 台の UPS 群が、常用機と予備機の区別なく 75 % の負荷率で給電している。いずれかの UPS 群が故障した際、残りの三つの UPS 群が 100 % の負荷率で給電を継続する。予備機に切り替わるシステムと比較すると、稼働中の UPS の出力調整で冗長するため、切替え時の失敗のリスクがなく稼働信頼性が高い。さらに、UPS 入力変圧器を大容量化にしてサブ変電所からの高圧分岐数を減らし、省スペース化と導入コストの削減を図った。

図 8 大容量共通予備 UPS システム

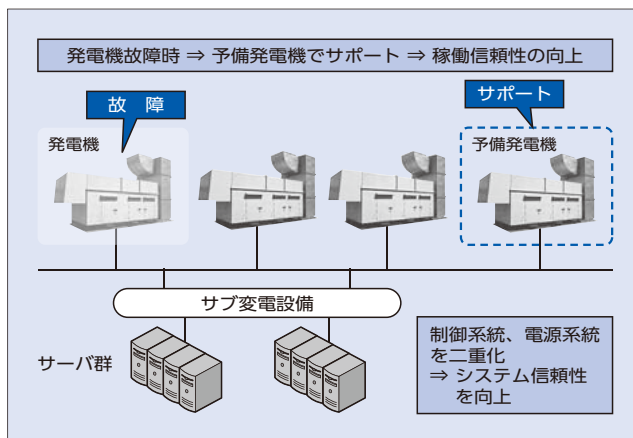


② 大容量非常用発電機並列システムの納入

国内の某データセンターに、電源システムの非常用バックアップ電源として重要な設備であり、高い信頼性が要求される非常用発電機システムを納入した。単機容量の大きいガスタービン発電機の並列システムとすることで複数のサブ変電設備に電源供給が可能であり、発電機定格容量に対する負荷容量の割合が高くなり経済的である。また、次の構成とすることで信頼性を高めた。

- (1) 発電機の N+1 共通予備システムを採用したので、万が一に発電機が故障しても容量不足にならずに電力の供給が継続できる。
- (2) 発電機制御回路や制御電源系統、交流補機電源系統、始動用蓄電池システム、燃料供給システムをそれぞれ二重化することで信頼性を向上させた。

図 9 大容量非常用発電機並列システム



施設・電源システム

③ JAXA 種子島宇宙センター向け蓄電池 PCS

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構（JAXA）種子島宇宙センターでは、搭載機器の点検・組立を行う設備などに自家発電機で電力を供給している。富士電機は、株式会社九電工と日本ガイシ株式会社と協力して NAS 電池を用いた 2,400 kW 蓄電池 PCS を納入し、PCS の高速な出力応答性と蓄電池の特性を生かし、電力供給のさらなる安定化に貢献した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 発電機バックアップ：複数台発電機が運転中、故障発生時に予備機が起動するまで PCS により連続給電可能
- (2) 周波数安定化：発電機で追従できない負荷変動に PCS が応答し、発電機の回転数（周波数）を安定化
- (3) 高効率運転化：PCS により、発電機の負荷率を調整することで発電機の高効率運転が可能

図 10 NAS 電池を用いた 2,400 kW 蓄電池 PCS



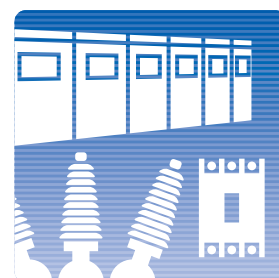
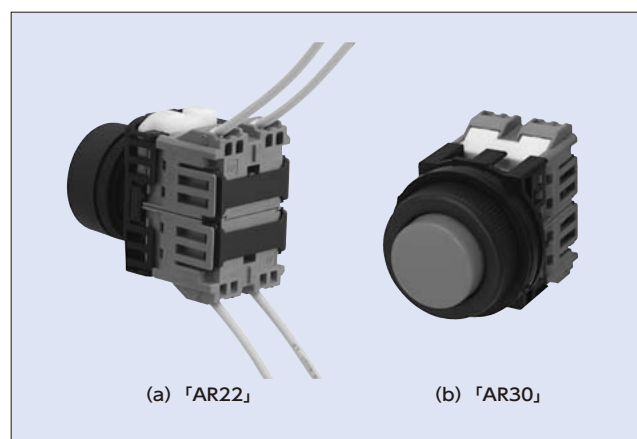
受配電・開閉・制御機器コンポーネント

① 省工数機器「F-QuiQ」ラインアップ拡充 AR 形コマンドスイッチ

近年の労働力や熟練作業者の減少から、制御器具には配線工数の削減、スキルレス、メンテナンスフリーといったニーズが高い。このようなニーズに応えるため、電線を差し込むだけで配線ができる配線用遮断器や電磁開閉器などのスプリング端子機器「F-QuiQ」を、他社に先駆けて発売した。このたび、ラインアップにコマンドスイッチを加えた。操作部は従来のねじ端子品と共用化することで互換性を持たせ、パネル奥行寸法は同じで接点部の付替えができるとともに、最大 8 接点まで接点数を拡張できる。主な特徴を次に示す。

- (1) 配線工数 30% 削減と作業品質の安定化
- (2) 独自の板ばね構造で緩まず、増し締めも不要
- (3) 独自の配線インジケータで、配線完了が視覚的に可能

図 11 コマンドスイッチ「AR22」「AR30」



パワエレ インダストリー

ファクトリーオートメーション
プロセスオートメーション
情報ソリューション
社会ソリューション
フィールドサービス



パワエレ インダストリーは、駆動機器や計測機器、制御機器に IoT（Internet of Things）を組み合わせ、システム化し、あらゆる産業分野の自動化と省エネルギー（省エネ）に貢献している。

国外では、工場の立ち上げと現地子会社の統合により、地産地消に加えて現地設計機能を拡大し、ものづくり一貫体制を推進している。

ファクトリーオートメーション

駆動機器分野では、高性能・多機能形インバータ「FRENIC-MEGA（G2）シリーズ」を開発した。業界最高クラスの応答性を持ち、加工品質の安定化や加工速度の向上を行うとともに、装置停止の未然防止を可能にするため予知保全機能を搭載している。

小容量電源分野では、三相電源の利用が多い半導体製造装置向けに三相入出力の UPS（Uninterruptible Power System）を開発した。通信機能を強化して顧客の監視システムに UPS の状態を通知することで、半導体製造システムの運用の高度化に貢献する。

計測機器分野では、ボイラの燃焼効率向上に貢献するレーザガス分析計や、蒸気供給ライン上流の蒸気流量の計測に対応するためクランプオン式蒸気用超音波流量計の口径拡充などで省エネの推進に貢献する。

制御機器分野では、モーション制御を行うプログラマブルコントローラ MICREX-SX シリーズ「SPH5000M」を開発した。同期できるサーボモータの数を倍増し、大規模で高速なモーション制御を実現した。また、生産現場の稼働状況を可視化し、事務所の IT システムと連携が容易なプログラマブル操作表示器「MONITOUCH X1 シリーズ」を開発した。

FA システム分野では、自動車産業で使用するタイヤ試験機や電動車（EV）向け部品用温調試験装置を開発した。

プロセスオートメーション

駆動制御システム分野および高圧インバータ分野で

は、更新需要に対応するため、「FRENIC4000VM5R」や「FRENIC4600FM4」と互換性があり、レトロフィットに対応する製品を開発し、ラインアップに加えた。

計測システム分野では、バター製造プラント向けに監視制御システム「MICREX-VieW XX（ダブルエックス）」を納入した。新たに開発したプラントデータレコーダ「XDR」により、不具合発生時のプラント状態を再現することで原因解析を支援するとともに、ベテラン作業員による運転データを再現することで生産を安定化するための作業員教育などを支援する。

工業電熱分野では、高効率高周波誘導炉「F-MELT100G シリーズ」を開発した。炉体の電氣的損失の低減などに加え、保守保全強化のためのセルフチェック機能などを拡張することで、省エネと操業の安定化を推進する。

PCS（Power Conditioning System）分野では、AC210V クラスで国内市場最高レベルの効率と容量を持つ太陽光発電用ストリング形 PCS を開発し、再生可能エネルギーの利用拡大に貢献する。

情報ソリューション

情報ソリューションでは、富士電機が顧客に提供するさまざまなシステムに組み込む情報制御システムを供給するとともに、IoT を活用し、自治体や企業などの業務の合理化、生産性の向上、省エネを推進するツールやシステムを展開している。

近年の働き方改革により脱紙・脱ハンコが進む中、企業内の精算・支払業務に伴う紙（領収書・請求書）を廃して、電子申請・電子保管が可能なシステムを開発した。各企業の間接業務の合理化、およびテレワーク推進に貢献する。

工場で使用する冷水システムを最適に制御して、省エネを行う冷水システム向けインテリジェントコントローラを開発した。また、倉庫管理を効率化する「FLEXLOGI（倉庫実行管理システム）」の拡張開発を行い、画面デザインの改良などにより一層の使いやすさを実現した。

社会ソリューション

社会ソリューションでは、鉄道車両電機システムや船舶用システム、交通機器システム、放射線管理システムなどを展開し、社会インフラの安全・安心と省エネ化に貢献している。

鉄道分野では、鉄道車両向けに営業車への搭載による高頻度測定と長時間測定を目的としてパンタグラフ測定システムを開発し、東海道新幹線の走行試験にて検証を行い、パンタグラフの各種データを収集できることを確認した。

船舶分野では、排ガス浄化システムを管理する船舶 IoT システムを開発した。クラウドと衛星通信を活用して陸上から運転状況監視や故障箇所把握を逐次行い、安定稼働と

故障発生時の早期修復を支援する。また、排ガス洗浄装置サイクロン方式 SO_x スクラバは、ラインアップを拡張し、20 MW 出力に対応した 2 L サイズのスクラバを発売し、船舶の排ガスによる大気汚染の防止に貢献する。

フィールドサービス

フィールドサービスでは、従来型の定期点検や修理などの保守サービスに加え、IoT やアナリティクス・AI を活用した設備保全最適化ソリューションを展開している。

受配電設備向けに、稼働情報と保全情報の一元管理・分析により、保守・保全業務の高度化や効率化を推進する「まるごとスマート保安サービス」を開発した。

ファクトリーオートメーション

① 半導体製造装置向け UPS

半導体製造装置は、瞬停などによってプロセス中のウェーハに不具合が生じないように、作業を安全に継続・停止できるように UPS が導入されている。今回、半導体製造装置向けに三相出力や防水などに対応した常時商用型 UPS (200 V、7.5 kVA) を開発した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 半導体製造装置に多い三相機器に対応しているので、システムの設計が容易に行うことができる。
- (2) IP22 に対応した筐体（きょうたい）なので、水を使用する工程を含め全工程に標準仕様で設置できる。
- (3) ログ機能や停電発生時の入力電源の波形記録機能などにより UPS の状態を監視して、半導体製造装置システムの高度な監視と運用が可能になる。

図1 「MSP752FEAC2T-CPN」

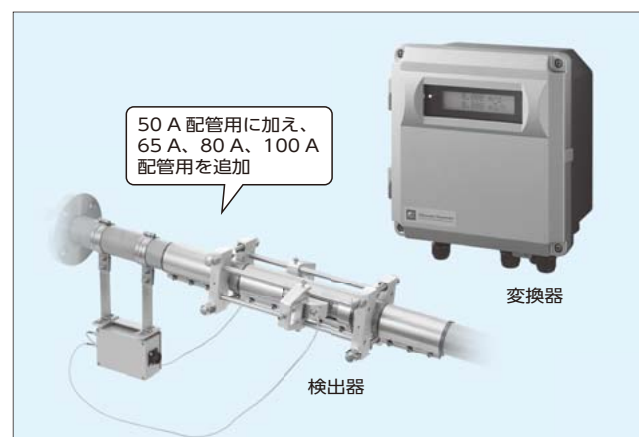


② クランプオン式蒸気用超音波流量計の拡充

電気の省エネルギー（省エネ）が進む一方、蒸気の省エネは遅れている。理由の一つは、配管を切断して流量計を設置する必要があり、蒸気エネルギーロスを容易に把握できないことにある。富士電機は、配管工事不要で設置できるクランプオン式蒸気用超音波流量計（50 A 配管用）を 2019 年に発売した。2020 年には、蒸気供給ラインの上流で多く使われる 65 A、80 A、100 A 配管用の蒸気流量計を開発し、発売した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 配管工事が不要で、設備稼働中でも設置が可能
 - (2) エネルギー損失・圧力損失がなく、省エネに最適
 - (3) 可動部がなくウォーターハンマーによる影響なし
- 今後、工場全体の蒸気の見える化にいっそう貢献する。

図2 クランプオン式蒸気用超音波流量計



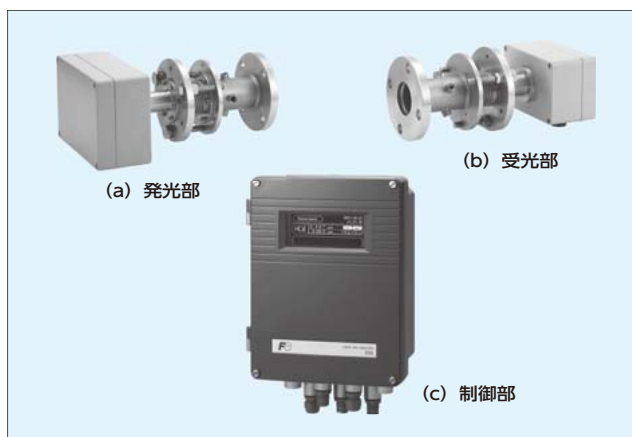
ファクトリーオートメーション

③ 燃焼制御用レーザガス分析計の改良

過熱蒸気を作るボイラの燃焼効率の向上と省エネルギー（省エネ）化のために、高温の燃焼ガス中の一酸化炭素（CO）濃度を測定するレーザガス分析計を開発した（2021年9月発売予定）。本分析計は、耐熱性を向上し、より高温の燃焼制御に適用可能となった。また、既設の O₂ 計と組み合わせると、低い酸素濃度でも不完全燃焼を起こさない最適燃焼制御が可能になり、省エネを実現することができる。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 測定できる燃焼ガス温度の上限が、従来の 400℃から 1,200℃となり、これまで高温のために設置できなかった燃焼室などの環境でも使用できる。
- (2) 測定のためのサンプリング機器が不要なため、2秒以下の高速応答による制御が可能である。

図3 レーザガス分析計



④ 「MONITOUCH X1 シリーズ」

富士電機は、生産現場の HMI としての利用に加え、現場のデータを可視化し、オフィスなどの IT システムと連携を可能にする「MONITOUCH X1 シリーズ」を開発し、2020 年 10 月に発売した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) Windows10 IoT Enterprise を搭載しているので、現場で Windows アプリケーションやユーザアプリケーションが利用できる。
- (2) プロトコルとして OPC UA や MQTT を搭載し、IT システムとのシームレスな連携が可能である。
- (3) 従来の MONITOUCH で作成された既存画面を X1 シリーズにコンバートして使用できる。
- (4) 耐環境性能（IP66 相当）に優れており、劣悪な環境でも安定した運用が可能である。

図4 「MONITOUCH X1 シリーズ」

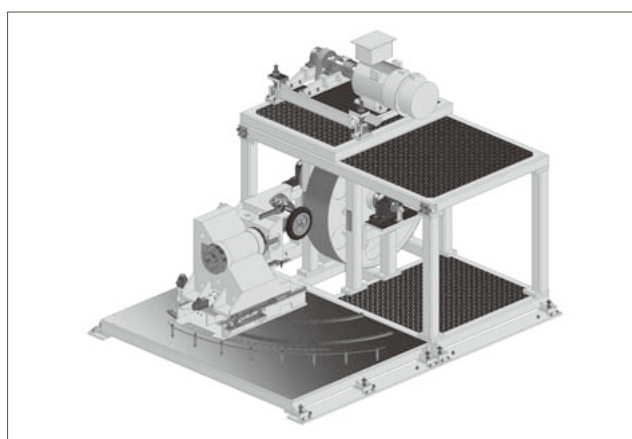


⑤ インドネシアタイヤメーカー向けタイヤ試験機の初号機の納入

富士電機として初号機である自動二輪用タイヤ試験機をインドネシアのタイヤメーカーに納入した。本試験機の特徴は次のとおりである。

- (1) コーナリング特性試験と転がり抵抗試験が可能
 - (2) スリップ角（ハンドルを切ったときに生じるタイヤと進行方向とのずれ角）±15°と、キャンバー角（車両の傾き）0～60°範囲を±0.1°の高精度でタイヤの姿勢を制御し、測定することが可能
 - (3) 各試験は自動モードで実行され、帳票出力が可能
- 本試験機により、タイヤの開発に必要なデータを高い精度で入手することができる。今回の納入をきっかけに、拡販していく。

図5 タイヤ試験装置外観図



ファクトリーオートメーション

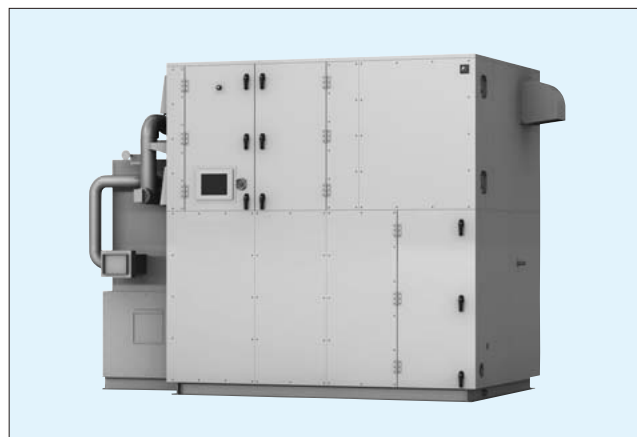
⑥ 電動車 (EV) 向け部品用温調試験装置

排ガスや CO₂ 排出などの規制によって、自動車の電動化 (EV) が進み、国内では 2030 年度までに約 4 割が EV になると予測されている。こうした中、富士電機は、モータやインバータなどの EV 向け部品 (供試体) 用の温調試験装置を開発した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 供試体の試験温度を $-40 \sim +120^{\circ}\text{C}$ の広い範囲で制御できる。
- (2) 供試体の発熱量の変動に対し、温度精度 $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ で循環する給気の温度を制御し、供試体を設置する恒温槽内を安定した試験環境にする。

この装置により、再現性と安定性のある試験環境を提供し、自動車関連の性能評価試験を効率よく行うことができる。

図 6 温調試験装置



プロセスオートメーション

① 共英製鋼株式会社 山口事業所の圧延設備の更新

共英製鋼株式会社 山口事業所の条鋼圧延設備の電気品 (既設他社製) の老朽化に伴い、粗列*用の圧延主機の直流電動機 5 台を、交流電動機に更新する工事を受注し、完工した。夏季に工場が休止する 14 日間を利用して、電動機、変圧器と駆動制御装置一式の更新工事と試験調整を、無事故・無災害で遅延なく行った。

駆動制御装置には、最新の高精度・高機能の産業用 3 レベル IGBT インバータ「FRENIC4400VM6」を採用した。条鋼がかみ込んで負荷の急変によってロール回転数が低下するインパクトドロップを抑制するため、状態量を予測するオブザーバ制御と回転数の低下分を予測して高めに設定する機能を採用し、製品品質と操業安定の向上に貢献する。また、2021 年度に仕上列を更新し同設備の更新を完了した。

*粗列：素材を最初に圧延する設備のこと

図 7 粗列用 3 レベルインバータ制御装置

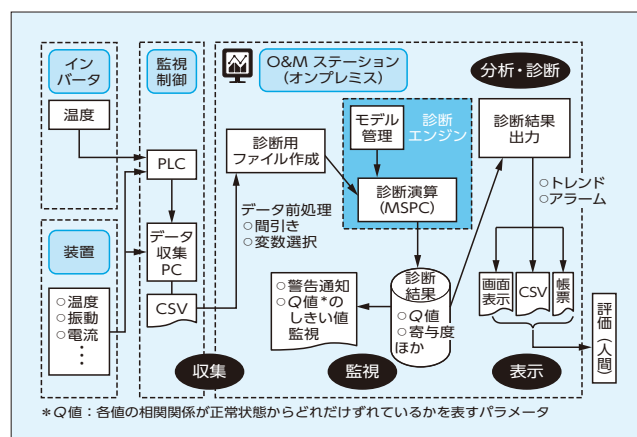


② プラント設備の予兆診断システム

富士電機は、プラント設備の故障率の高い部位の各種計測データから異常の兆候を察知し、設備停止に至る前に通知する予兆診断システムを開発した。大規模プラント設備を中心にこのシステムを用いることで、異常発生時に伴う危険状態の未然防止やゼロダウンタイムが見込める。このシステムの特徴と今後の予定は次のとおりである。

- (1) MSPC (多変量統計的プロセス管理) エンジンを採用している。しきい値による単純な判断とは異なり、多数の状態を総合的に判断することで、健全な状態からの逸脱を監視・通知する。
- (2) 現状はオンプレミスでの運用であるが、将来的にクラウドサービスへの利用も可能にする。なお、診断可能な対象を順次拡大する予定である。

図 8 予兆診断システムの構成図



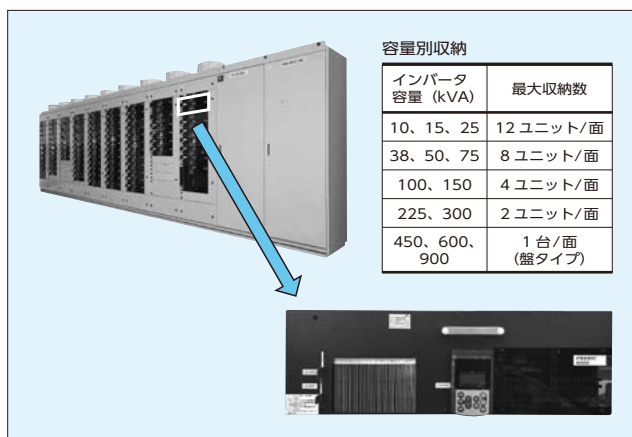
プロセスオートメーション

③ 産業用低圧インバータ「FRENIC4000 VM6 シリーズ」による VM5R 向けレトロフィット対応

富士電機は、産業用低圧インバータ「FRENIC4000 シリーズ」の新機種「VM6」を 2020 年度に発売した。一方で生産終了となった旧機種「VM5R」のユーザーに対して、今後も予備品や設備増設などの要望に対応する必要がある。そこで、最新の VM6 をベースに、VM5R と互換性があるレトロフィット機種を開発した。本機種は、VM5R と次のような点で互換性を備えている。

- (1) ハードウェアの外寸寸法およびインタフェース仕様
多段積ユニットタイプ（300 kVA 以下）はユニットごと交換可能。盤タイプ（450 kVA 以上）ではタッチパネルも交換。
- (2) ソフトウェアの機能
保守用ローダは新ソフトウェアの導入が必要。

図 9 レトロフィット機種「VM6」

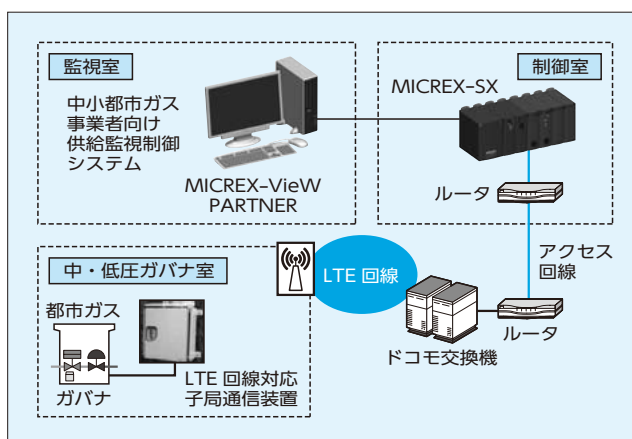


④ 「MICREX-View PARTNER」による中小都市ガス事業者向け供給監視制御システム

富士電機は、これまで大手都市ガス事業者向けに中・低圧ガバナ（整圧器）用の遠隔監視制御システムを納入してきた。この実績を基に、中小規模の都市ガス事業者向けに供給監視制御システムパッケージを開発した。監視操作には「MICREX-View PARTNER」、各子局装置との通信には「MICREX-SX」を使っている。主な特徴は次のとおりである。

- (1) LTE 回線を使って、供給エリアの圧力、流量や地震計による揺れを監視する。
- (2) 地震発生時は地震情報を収集し、オペレーターの操作で地震発生エリアの都市ガスの遠隔遮断が可能である。
- (3) 通信で使用量を取得するので、現場記録計が不要になり、料金請求用の圧力決裁帳票の作成を容易にした。

図 10 供給監視制御システムの全体構成

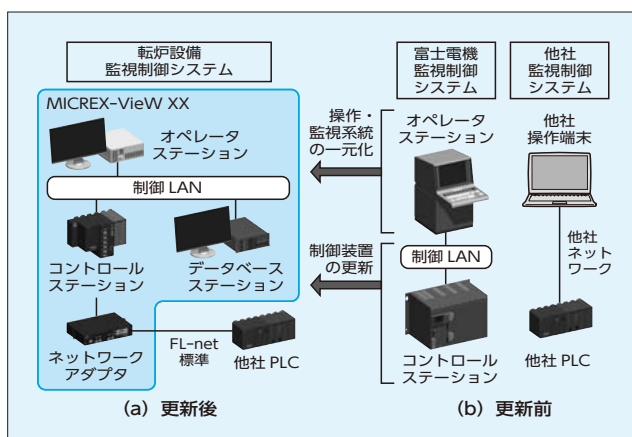


⑤ 製鉄所の転炉設備監視制御システムの更新

国内某製鉄所の転炉設備の既設監視制御システムは富士電機と他社のシステムから構成され、操作・監視が別々の端末から行われていた。この操作・監視システムを統合し、「MICREX-View XX（ダブルエックス）」を使って一元化したシステムに更新した。これにより顧客は、効率よく操作・監視ができるようになった。

また、コロナ禍という社会情勢の中、富士電機の工場での立会検査をオンラインで行うため、監視制御システムを遠方から監視できるオンライン立会検査の仕組みを組み込み、高度化が進むリモートオペレーション・サービスを活用した。これにより、顧客のオンライン立会検査が実現でき、工事工程の順守と品質確保が可能になった。今後は、他の案件にもオンライン立会検査を展開する予定である。

図 11 転炉設備監視制御システム



プロセスオートメーション

⑥ 「MICREX-VieW XX (ダブルエックス)」を活用した酸素プラント監視制御システムの更新

国内某製鉄所内の「MICREX-AX」で構成された酸素プラント監視制御システムは 20 年以上運用され、更新時期を迎えていた。システム拡張性確保、更新コスト抑制、停止期間最短化の要望に応えるため次の対応を行った。

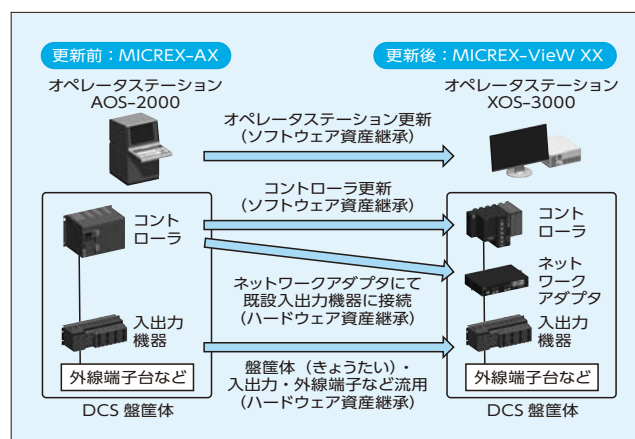
(1) 「MICREX-VieW XX (ダブルエックス)」の採用による高い継承性と信頼性の確保とオープンネットワーク採用によるシステム構成の拡張性の確保

(2) 既設と同等の画面・計装ライブラリによる機能継承

(3) 既設盤筐体（きょうたい）および盤内構成機器を活用

また、既存の構成機器は分割して更新できるので数期に分けた設備投資を可能にした。加えて、入出力機器は継続使用としたので、外線工事が不要となり生産調整が必要とされない 28 時間以内で、システム更新を完了した。

図 12 「MICREX-VieW XX」へのマイグレーション



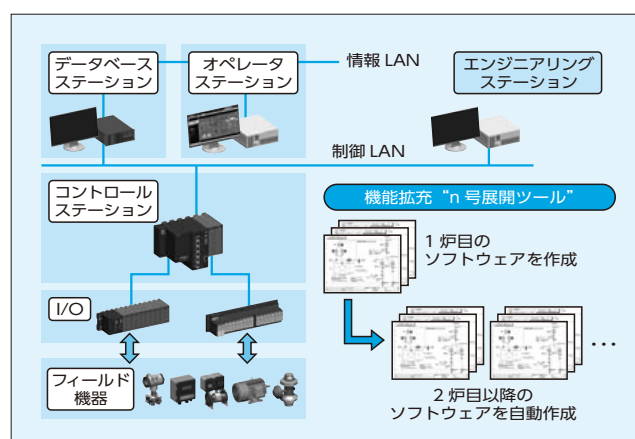
⑦ 「MICREX-VieW XX (ダブルエックス)」のエンジニアリングの信頼性向上

「MICREX-VieW XX (ダブルエックス)」は、鉄鋼、化学、ごみ処理をはじめとしたさまざまな分野のプラントの安定・安全操業を提供する監視制御システムである。今回、MICREX-VieW XX のエンジニアリングステーションの機能を拡充した。この機能拡充で開発した“n 号展開ツール”では、ごみ処理施設など複数の焼却炉からなるプラントにおいて、1 炉分の制御システムを作成することで 2 炉目以降、自動で展開することが可能になる。

これにより、工期の短縮だけでなく、ヒューマンエラーを削減した信頼性の高いシステムの構築が実現する。

今後は、リモート操作でエンジニアリングステーションにアクセスして、エンジニアリングを可能とするツールを開発してさらなる機能拡充を図る。

図 13 監視制御システムのエンジニアリング構成概要

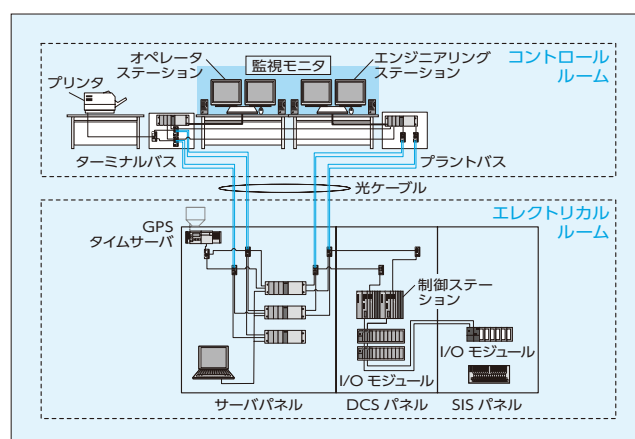


⑧ 水素液化プラント向け監視制御システム

川崎重工業株式会社経由でオーストラリア・メルボルン近郊にある Hydrogen Engineering Australia の水素液化プラントに、DCS（分散型制御システム）と SIS（安全計装システム）からなる監視制御システムを納入した。

このシステムは、シーメンス社の SIMATIC PCS7 を採用し、監視モニタ 4 台、制御ステーション 1 台に加えて、設備の異常時に、水素の特性を考慮して安全に停止させる SIS で構成した。また、信頼性を高めるため、制御用 CPU、伝送ボード、電源と制御回線の二重化を採用した。

図 14 システム構成図



プロセスオートメーション

⑨ 高効率エンジニアリング支援ツール「HEART」の機能拡充

「HEART シリーズ」は Visio や Excel で作成した制御機能仕様書をコントローラのソフトウェアとして実行し、仕様書上で実行状態がオンラインモニタできるエンジニアリングツールである。今回、次の機能を拡充した。

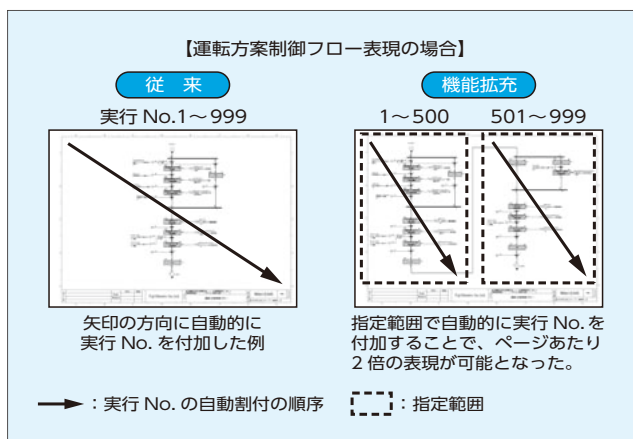
(1) 選択範囲の実行 No. の割付けとシェイプの拡充

制御動作の複雑化に伴う仕様書の表現量増加に対応するため、実行 No.（実行順序）の自動割付けを従来のページ単位に加え、任意の選択範囲も可能にした。さらに仕様書の作成を容易にするシェイプ（部品）の拡充を行ったことで、仕様書表現の自由度を高め可読性を向上させた。

(2) ページ解析機能

仕様書から制御ソフトウェアを自動生成する際のエラー原因の解析機能を強化し、利便性を向上させた。

図 15 選択範囲の実行 No.（実行順序）設定

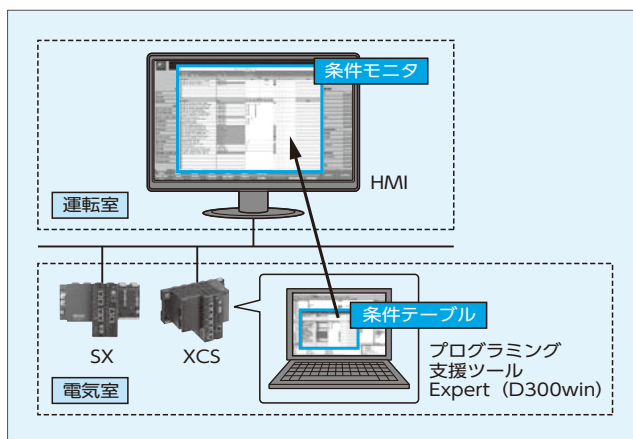


⑩ HMI にも表示できる「HEART-EXCITE（条件モニタ）」

富士電機の「HEART-EXCITE（条件テーブル）」は、ロード用 PC に搭載するプログラミング支援ツール「Expert（D300win）」のアドオンである。設備のインタロックを運転方案の表現様式のままコントローラのソフトウェアとして実行し、実行状態をモニタできる。最初に故障した要因を表示する機能があり、問題解決に役立っている。

この条件テーブルを運転室の HMI で確認できる「HEART-EXCITE（条件モニタ）」を開発した。異常発生時にオペレーターは、HMI 上で条件テーブルを参照できるので、発生原因がを見つけやすくなった。また、インタロックの変更があると、HMI 上の表示がアップロードされるので、変更作業が容易に行える。

図 16 システム構成



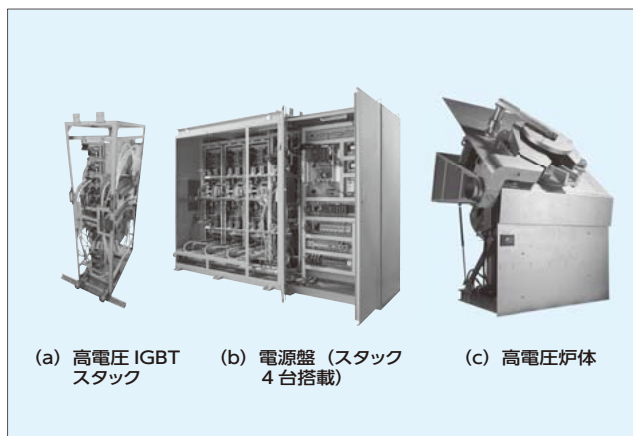
⑪ 高効率高周波誘導炉「F-MELT100G シリーズ」

誘導炉設備は、鋳造工場の中心的設備であり、省エネルギー性と安定稼働が求められる。これらの要求にグローバルで応える高効率高周波誘導炉「F-MELT100G シリーズ」を開発した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 高電圧炉体と新型高電圧 IGBT スタックの組合せにより、ラインアップを 30 t/20 MW まで拡大した。
- (2) 高電圧化により配線やコイルの抵抗損を低減した。
- (3) 新型高電圧 IGBT スタックの採用により、電源盤スペースを従来比 60% に削減した。
- (4) 誘導炉用に開発したダイレクトデジタル制御（DDC）ユニットにセルフチェック機能や RAS（Reliability Availability and Serviceability）機能を組み込むことにより、予防保全の強化やダウンタイムを短縮した。

➡ 関連論文：富士電機技報 2021, vol.94, no.1, p.10

図 17 「F-MELT100G シリーズ」



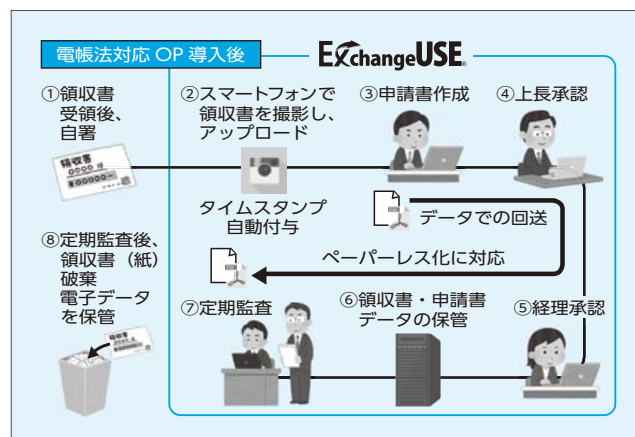
情報ソリューション

① 「ExchangeUSE」旅費経費ワークフローの「電子帳簿保存法」対応

近年、テレワークや業務のデジタル化が進み、ペーパーレス化や脱押印化が進んでいる。領収書などの国税関係書類においても、データでの保存を認めた「電子帳簿保存法」（電帳法）の改正が2022年1月に施行される。

富士電機は、「ExchangeUSE」の旅費経費ワークフローにおいて、電帳法のスキャナ保存制度の認証を取得した電帳法対応オプションを開発した。これまでは押印済の申請書と領収書を紙で処理していたが、データ（PDF）での保管が可能となる。本オプションの導入により、スマートフォンやスキャナで電子化した領収書などの電子データが扱える。申請書の印刷や領収書貼付などの社員の工数削減、印刷コストの削減、領収書の保管スペースや会計監査時の工数削減につながる。

図 18 電帳法対応オプション導入後のフロー

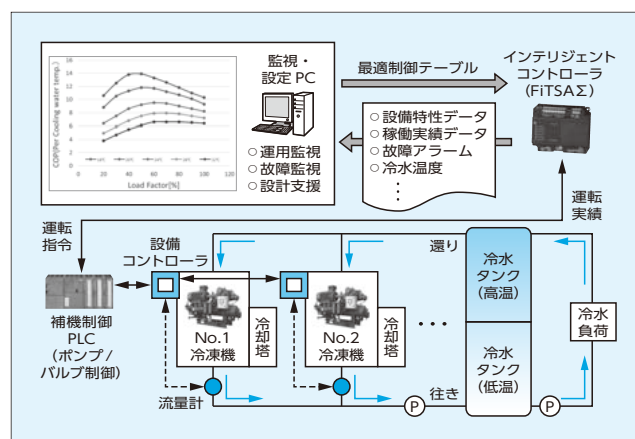


② 冷水システム向けインテリジェントコントローラ

乳業や食品の製造工場全体のエネルギー消費で大きな割合を占める冷凍機群からなる冷水システムにおいて、エネルギーの効率的な運用は重要である。富士電機の高度な IoT・AI 技術や制御技術と中国冰山集団の冷凍設備における豊富な運用ノウハウを融合し、冷水システム全体の COP（Coefficient of Performance）を最大化するインテリジェントコントローラを開発し、2021 年度の上市予定である。

冷凍機群の COP 特性、冷却水温度、補機動力の消費電力などの要素を考慮してエネルギー最適化ツールを使って生成した制御テーブルを、エッジコントローラに実装する。冰山冷熱科技有限公司のエネルギーセンターにおける評価試験では、最大で 13.6% の電力料金の削減を確認した。

図 19 インテリジェントコントローラを用いた冷水システム構成例

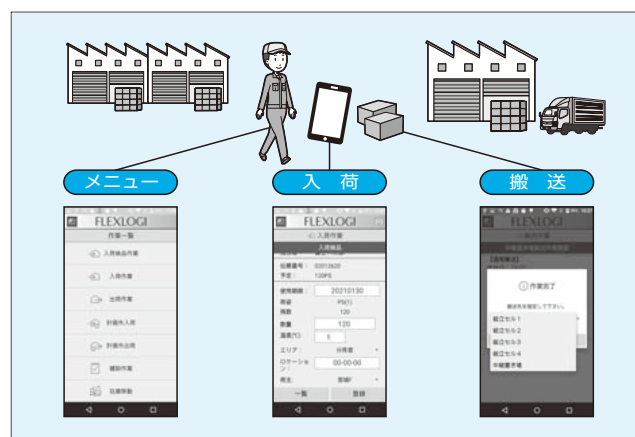


③ 倉庫実行管理システムの端末向けソフトウェアのバージョンアップ

国内における物販 EC（電子商取引：Electronic Commerce）の市場規模は、毎年 6% 以上の高い成長率となっている。EC では、多品種・多頻度、小口配送となり物流の作業現場への負担が大きく、効率化や自動化、作業者の作業環境の改善に対する要望が増えている。富士電機は、これらの要望に応えるソフトウェアパッケージである「FLEXLOGI（倉庫実行管理システム）」を提供している。このたび、さらに利便性を高めるため、次のバージョンアップを行った。

- (1) 端末（スマートフォン）のボタンなどの各表示エレメントの見た目や位置、サイズ感を統一してユーザビリティの向上を図った。
- (2) 連携できる端末機器の機種を増やし、選択肢を拡大した。

図 20 物流作業の業務用スマートフォン画面



社会ソリューション

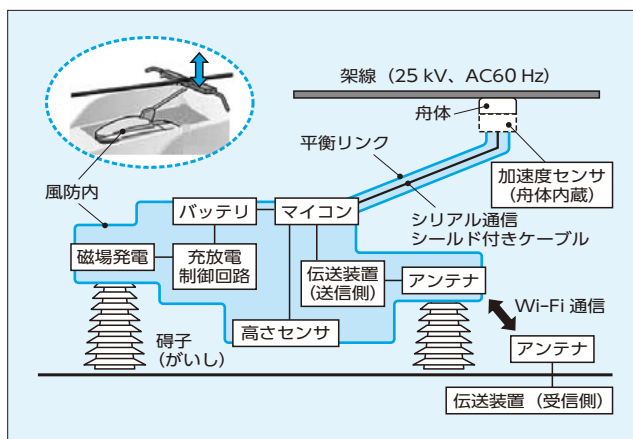
① パンタグラフ測定システム

富士電機は、鉄道車両向けにパンタグラフ測定システムを開発し、そのプロト機を東海道新幹線の走行試験にて検証を行い、パンタグラフの各種データを収集できることを確認した。本システムは、営業車への搭載による高頻度測定と長時間測定を目的として開発を行い、次の特徴を有する。

- (1) 車両の屋根上に搭載されているパンタグラフの様々な状態を監視する測定データを無線通信により車内に伝送し、車両速度や車両位置情報と合わせて記録ができる。
- (2) 測定データの収集方式の見直し、および低電力タイプの無線通信方式の採用により消費電力を抑え、バッテリー電力による稼働時間を拡大した（従来の 39 倍）。
- (3) さらに、パンタグラフの集電電流を利用した磁場発電を採用し、以前なかったバッテリーの充電機能を備えた。

*本開発で発明した特許については、東海旅客鉄道株式会社と共同出願した。

図 21 パンタグラフ測定システムのイメージ図



② ソウル市向け電気集じん機

ソウル市中心部の幹線道路では、慢性的な渋滞を緩和するために地下トンネルの建設が進んでいる。国民の環境意識の高まりと地域環境保全のため自動車の排ガス中の粉じんなどを除去する電気集じん機の設置が決定した。

第三者試験機関によるコンペティションにおいて、富士電機の電気集じん機は、処理風速 9 m/s、集じん率 90% 以上の条件を満足し、技術優位性と長年の納入実績が認められ、ソウル済物浦トンネル 1 工区に採用された。

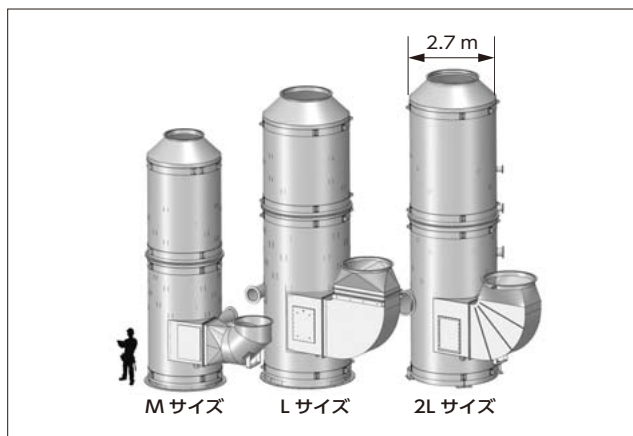
韓国の協業企業が本プロジェクトを取りまとめ、富士電機は機器製作を担っている。コロナ禍の中、工場での立会いを行うことができないため、韓国監理団の協力の下、Web による工場性能検査を行って出荷した。現地据付試験後の 2021 年 4 月に開通した。

図 22 ソウル済物浦トンネル 1 工区向け電気集じん機

③ サイクロン方式 SO_x スクラバのサイズ拡充

船舶では「MARPOL 条約」により排ガス規制が強化されている。富士電機は硫黄酸化物 (SO_x) 排出規制に対応する SO_x スクラバと、それを搭載した船舶用排ガス浄化システム (EGCS) を提供している。16 MW クラスまでのエンジン出力に対応する従来の M、L サイズの製品群を拡張し、20 MW の出力に対応した“2L サイズ”のスクラバを発売した。サイクロン方式の特長を生かして効率的に排ガスを脱硫し、排ガス規制値（燃料中硫黄濃度 0.5% 相当）を達成しつつ、スクラバの塔径を従来の“L サイズ”と同等の 2.7 m（競合他社比 23% 減）に小型化した。これにより、ファンネル*を拡張せずに搭載できる。また、構造の最適化により、スクラバ本体の強度を保ちつつ、軽量化および船舶への設置が簡単にできるようになった。

*ファンネル：船の煙突

図 23 SO_x スクラバ

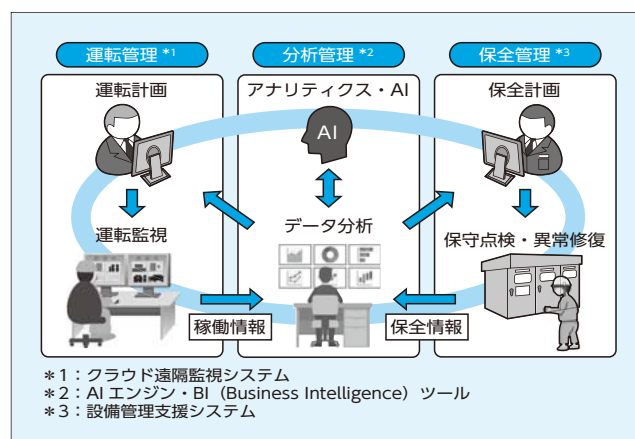
フィールドサービス

① 「まるごとスマート保安サービス」

保安人材が減少傾向にある中、設備を安定稼働させるため、IoT や AI を活用した“スマート保安”の実現が急務となっている。富士電機は、IoT を活用したシステムソリューション「Promizer」として、受配電設備を対象に、稼働情報と保安情報を一元管理・分析ができる「まるごとスマート保安サービス」の提供を開始した。このサービスにより、設備の高効率な運用と安定稼働を実現する。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 運転・保安管理のデータ統合による多角的な分析
- (2) 一元管理による見える化やシームレスな情報・データ・知見の共有
- (3) 機器メーカー特有の設備診断技術と保安ノウハウ
- (4) IoT や AI データを活用したデータ収集と分析

図 24 データ管理の概要



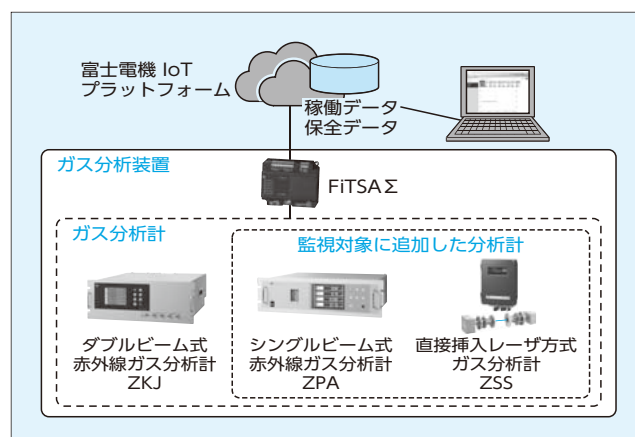
② ガス分析装置遠隔監視サービスの対象拡大

工場の各種ボイラ・廃棄物焼却炉などは、法律によって排ガス分析装置を設置し、適正な保守メンテナンスによって安定稼働することが求められている。

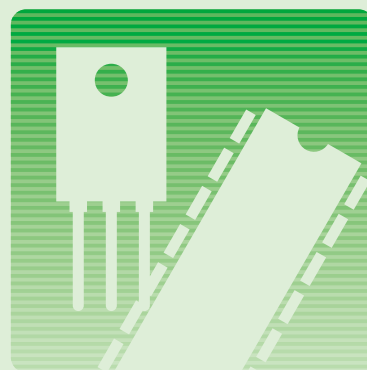
富士電機は、業界初のクラウドを利用したガス分析装置遠隔監視システムを開発し、2019 年度から遠隔監視クラウドサービスを提供している。2020 年度から、監視対象のガス分析計を、これまでのダブルビーム式赤外線ガス分析計「ZKJ 形」に加えて、シングルビーム方式赤外線ガス分析計「ZPA 形」、および直接挿入形レーザ方式ガス分析計「ZSS 形」を対象とした。

また、診断機能、帳票出力機能を持たせたことで、異常兆候の早期発見、部品交換などの最適な保安実施時期の判断を容易にして安定稼働を支援している。

図 25 システム構成



半導体



産業 電装

CO₂ 排出抑制による地球温暖化対策や、安全・安心で持続可能な社会を実現するために、電気エネルギーを効率的に利用し、省エネルギー・創エネルギーに貢献するパワーエレクトロニクス技術への期待が高まっている。近年、産業機器や家電製品だけでなく、自動車、太陽光発電、風力発電などの幅広い分野で、電力変換素子のキーデバイスとしてパワー半導体の需要が拡大している。富士電機は、パワー半導体の代表的な素子である IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）を中心に、多くの技術革新とともに、さらなる高効率化、小型化、高信頼性化といったニーズに応える製品を実現してきた。

産業

富士電機は IPM（Intelligent Power Module）を開発し、製品化している。最新の第 7 世代 IGBT-IPM「P638 パッケージ」では、第 7 世代のチップ技術やパッケージ技術を適用し、650 ～ 1,700 V 耐圧の幅広い製品を系列化した。また、第 3 世代小容量 IPM「P633C シリーズ」IPM としてエアコンや産業用インバータ、サーボ用途に駆動 IC と保護機能を内蔵した IPM を開発した。

IGBT チップと FWD（Free Wheeling Diode）チップを一体化し、さらなる高密度化が期待できる RC-IGBT（逆導通 IGBT）技術と第 7 世代 X シリーズの技術とを組み合わせた 1,700 V RC-IGBT モジュール「Dual XT」を開発し、第 7 世代 IGBT モジュール「X シリーズ」製品の系列をさらに拡充した。小型・高密度化に伴う温度上昇を低減し、これにより、これまで実現ができなかった同一パッケージでの電流定格拡大が可能となった。また、SiC 素子の適用拡大を進めて第 2 世代 SiC-MOSFET を搭載し、Si-IGBT とパッケージ互換となる All-SiC 2 in 1 モ

ジュール（1,200 V、1,700 V）を開発した。これにより電力変換装置の大幅な出力電流アップに貢献できる。

ディスクリート製品では、PCS や UPS 用機器の高効率・小型化の要望に応えるため、新たにディスクリート IGBT「XS シリーズ」1,200 V 耐圧 40 A 製品を系列化した。

IC 製品では、電源回路の小型化、軽負荷時の効率向上およびシステムコストダウンという市場要求に応えるため、小容量の平滑コンデンサに対応した出力電圧リップルの抑制と軽負荷の効率を改善する制御機能を内蔵し、部品点数の削減を可能とする、臨界モード PFC 制御 IC「FA1B00N シリーズ」、および LLC 電流共振制御 IC「FA6C00N」シリーズを開発した。

通信基地局電源や EV ステーション用機器の高効率・小型化および高信頼性の要望に応えるため、ディスクリート SiC-SBD「第 2 世代シリーズ」650 V 耐圧 6 A、8 A、10 A 製品の系列化を行った。

IC 分野では、小型で高品質が要求される産業用 IPM 向けに、600 V 保証の三相 1 チップ HVIC を開発し、チップ面積を削減した。

電装

電装分野では、X シリーズ技術を基に車載エアコン向けに最適化、業界トップクラスの低損失を実現した車載用小容量 IPM を開発した。自動車の電子制御システムの高集積化に対応するため、小型・高放熱 SON（Small Outline Non-leaded）パッケージを採用した第 5 世代 IPS（Intelligent Power Switch）を開発した。

また、xEV 向けに、小型・薄型で高出力の直接水冷パワーモジュールを開発している。

産 業

① 第7世代 IGBT-IPM 「P638 パッケージ」

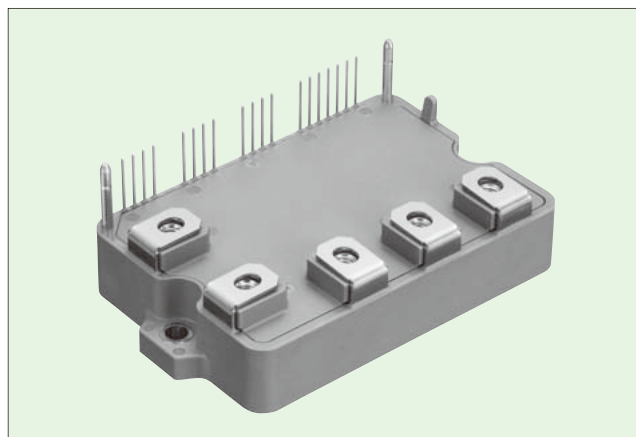
近年、モータ制御装置などに使用される IPM (Intelligent Power Module) には、低損失化や高出力での駆動、小型化の要求が高まっている。これらの要求に応えるため、第7世代 IPM では、第6世代 IPM に比べて損失を 10% 低減した。また、連続動作時のチップの許容温度を従来の 125℃から 150℃に拡大しており、より高電流出力での駆動が可能となる。今回、小型ながら主端子をねじで取り付ける「P638 パッケージ」を開発し、第7世代 IPM 系列に加えた。この製品は、従来の第6世代の同一定格品に比べて設置面積を 54% 削減し、小型化を達成した。

○定格：650 V/50 A、75 A、100 A、150 A

1,200 V/25 A、35 A、50 A、75 A

○外形寸法：W90×D55×H22 (mm)

図1 「P638 パッケージ」



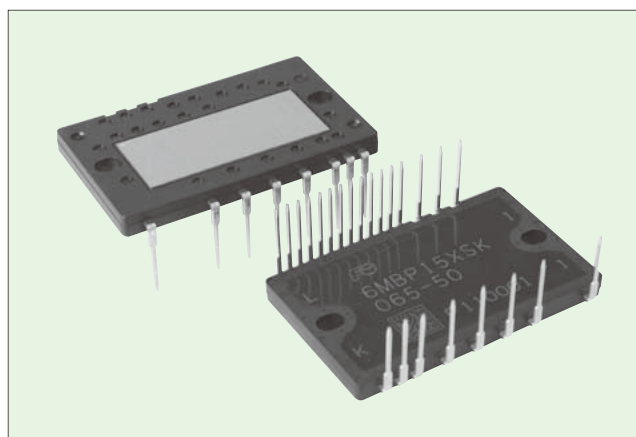
② 第3世代小容量 IPM 「P633C シリーズ」

近年、中国および他の新興国を中心にエネルギー需要が増加し、環境対策の重要性からエアコンなどのモータドライブ機器のインバータ化が加速している。これらのインバータ回路で求められる低損失と EMC (電磁両立性) の要求に応えるため、定格電圧 / 定格電流：650 V/15 ~ 30 A の第3世代小容量 IPM 「P633C シリーズ」を開発した。

第7世代 IGBT と FWD チップ技術をベースに、拡散と濃度プロファイルの最適化によって、発生損失は従来比 32% の低減と発生ノイズの 10 dB μ V 低減を同時に実現した。さらに、耐ノイズ性が高い三相 1 チップ HVIC* を新たに開発し、これを採用することにより、外来サージ耐量を向上させた。

*関連記事：本号 半導体 “600 V 保証三相 1 チップ HVIC”

図2 「P633C シリーズ」



③ 1,700 V 第7世代 「X シリーズ」産業用 RC-IGBT モジュール 「Dual XT」

IGBT モジュールの大容量化、高信頼性といった市場要求に応えるため、IGBT と FWD の機能をワンチップ化した RC-IGBT (逆導通 IGBT) を搭載した定格電圧 1,200 V 第7世代 「X シリーズ」産業用 RC-IGBT モジュールを製品化している。新たに 1,700 V 「Dual XT」(1,700 V/800 A) を開発し、系列に加えた。

同じパッケージを用いて IGBT と FWD を搭載した旧世代の第6世代 「V シリーズ」のモジュールに比べ、最大定格電流を 550 A から 800 A に拡大した。さらに、第7世代と RC-IGBT 技術により、損失と放熱性を改善した。これにより低周波動作時の温度変化を抑制し、熱応力による疲労破壊を防ぎ、顧客装置の長寿命化を実現する。

図3 「Dual XT」(1,700 V/800 A)



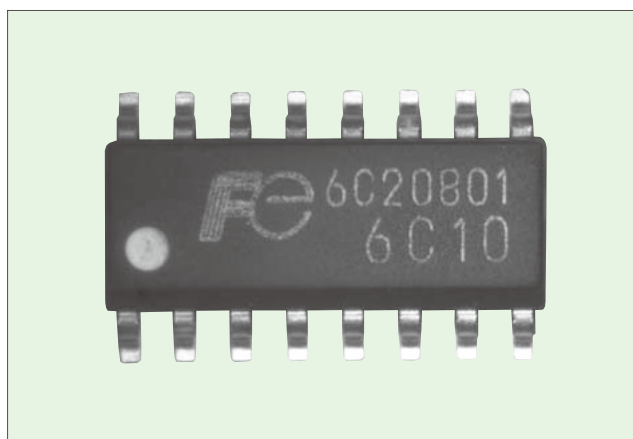
産 業

④ 第 4 世代 LLC 制御 IC 「FA6C00 シリーズ」

出力電力が 75 W を超えるスイッチング電源には、高効率化や低ノイズ化に有効な LLC 電流共振回路が広く使用されている。この回路を使った電源では、軽負荷時の効率のさらなる改善や電源部品の削減が求められている。

この要求に応えるため、第 4 世代 LLC 制御 IC 「FA6C00 シリーズ」を開発した。この IC は、10～20 W の中負荷領域では、従来の連続スイッチング制御に代わり高周波バースト制御を採用して、出力電圧リップルと音鳴りを抑制しながら効率も同時に改善した。10 W 以下の軽負荷領域では、従来と同様に低周波バースト制御を行う。また、出力電圧制御に共振電流位相比制御を新たに採用することで、位相補償部品を 9 個から 2 個に削減して電源のコストダウンを可能にした。

図 4 「FA6C00 シリーズ」



⑤ 第 2 世代 ディスクリット SiC-SBD

サーバや通信基地局、充電ステーションなどでは、電源機器の高効率化、および高信頼性の要求が強い。これらを実現する 650 V の第 2 世代 ディスクリット SiC-SBD を開発した。従来の第 1 世代品と比較して、基板抵抗の低減、オーミック領域の接触抵抗低減により、順電圧 V_F とサージ順電流 I_{FSM} を改善した。主な特徴を次に示す。

- (1) 低順電圧 ($T_{vj}=25^\circ\text{C}$ 、従来比 18% 低減) による電源機器の高効率化
- (2) サージ順電流 (耐サージ電流) の改善 ($T_{vj}=25^\circ\text{C}$ 、従来比 64% 向上) による電源機器の高信頼性化
- (3) 定格電圧 / 定格電流: 650 V/6 A、8 A、10 A
- (4) 外形: TO-220-2、TO-220F-2

図 5 第 2 世代 ディスクリット SiC-SBD



⑥ 600 V 保証三相 1 チップ HVIC

小型で高品質が要求される産業用 IPM 用に、600 V 保証の三相 1 チップ HVIC を開発した。三相 1 チップ HVIC は U、V、W 相の上アーム側 IGBT のゲート駆動回路を一つのチップに集積したハイサイドゲートドライバ IC である。従来の 3 チップ構成の IC を 1 チップ化したことでワイヤ本数も削減でき、IPM の小型化が可能となる。

今回開発した IC では、ノイズ誤動作防止回路やデバイス集積化技術により、IGBT のスイッチングや外来サージに起因したノイズに対する高い耐性とチップ面積の縮小を両立した。従来の単相 HVIC の総チップ面積に比べて 40% 以上削減した。これにより、ノイズ耐性の高い高品質な IPM 製品の実現に貢献している。

*関連記事: 本号 半導体 “第 3 世代小容量 IPM 「P633C シリーズ」”

図 6 三相 1 チップ HVIC のチップ



電 装

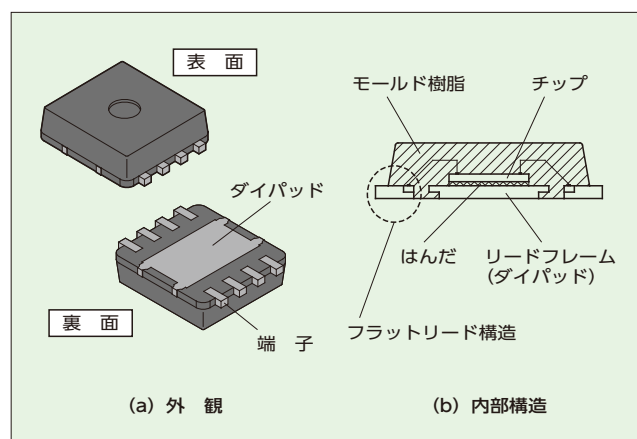
① 車載用第 5 世代 IPS 「F5202H」

自動車の電子制御システムの大規模化に伴い、システムの高集積化が進み、MOSFET、保護回路と制御回路を一体化した IPS（Intelligent Power Switch）などの部品の小型・高放熱化が求められている。

第 5 世代 IPS 「F5202H」では、この要求に応えるため、裏面に放熱性に優れたダイパッドを備えた SON（Small Outline Non-leaded）パッケージを採用し、従来製品の「F5106H」に比べ、パッケージ面積を 45% 削減し、熱抵抗を 80% 低減した。三重拡散構造デバイス技術を適用し、基本機能を維持したままチップサイズを 45% 削減し、パッケージの小型化に対応した。エンジンルーム内の過酷な環境での使用を想定し、使用部材の最適化を行い、車載向け集積回路（IC）の信頼性規格 AEC-Q100 に準拠した。

●関連論文：富士電機技報 2020, vol.93, no.4, p.219

図 7 「F5202H」



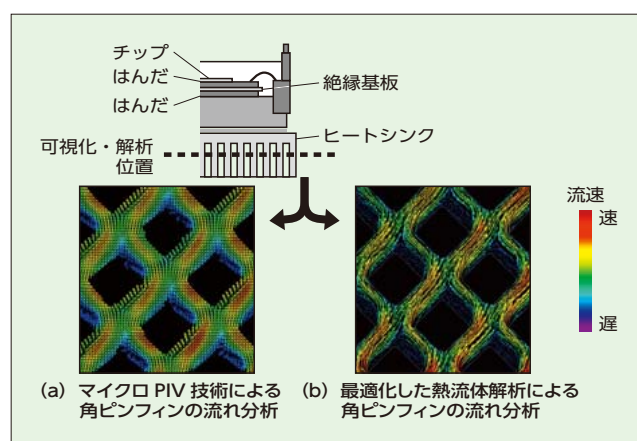
② 可視化技術を用いた熱流体解析技術の高度化

車載用パワーモジュールは、高電力密度化（小型・薄型化、高出力化）を達成するために、高い冷却性能を持つ直接水冷技術を採用している。さらなる高電力密度化のため、流れの可視化技術と熱流体解析を併用した高精度な設計技術の構築によって冷却性能の向上を進めている。

マイクロ PIV（Particle Image Velocimetry）を用いた可視化技術により、冷却器内部の流れを詳細に可視化し、フィン周りの流れを正確に捉えた。可視化の結果を活用し、熱流体解析のメッシュルールなどの解析条件を最適化することで、解析誤差を 3～5% に抑えた。

今後、この解析技術を活用してフィン周りの流れを最適化し、冷却性能を向上させることで、さらに高電力密度化したモジュールを開発していく。

図 8 可視化技術と熱流体解析による角ピンフィンの流れ



発電プラント



再生可能エネルギー
新エネルギー
ソリューション・サービス

脱炭素が世界的な潮流となる中、温室効果ガスを排出しない再生可能エネルギー市場が拡大する。日本では、“2050 年カーボンニュートラル”への挑戦を“経済と環境の好循環”につなげるための産業政策として“2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略”が策定された。加えて、災害に対する電力供給網の強靱（きょうじん）さも求められる日本では、再生可能エネルギーを含む分散型エネルギー源の重要性が増している。

このような中、富士電機は、事業ポートフォリオの変革を加速し、再生可能エネルギー・分散型電源分野において社会に貢献する取組みを加速している。

再生可能エネルギー・新エネルギー

世界トップクラスのシェアを持つ地熱発電分野では、国内やアジア、アフリカをはじめとした有望地域を対象に豊富な実績に裏打ちされた提案力を強みとした取組みを継続している。2020 年度は、ニュージーランドでタウハラ地熱発電所の発電設備一式を受注した。トリプルフラッシュ方式を採用し、プラント発電端出力は約 160 MW であり、単機容量としては世界最大規模の地熱発電所となる。国内では小規模熱源向けの発電設備の拡販、国外のローカル企業との関係強化、サプライチェーン強化を進めることで市場におけるプレゼンス向上を図り、受注活動を加速していく。

太陽光・風力発電分野では、パワー半導体を搭載した高効率なパワーコンディショナ、ならびに蓄電池を活用した電力の安定化やピークシフトに寄与するソリューションを強みに、太陽光・風力発電設備の受注拡大を推し進めている。2020 年度は、国内において EPC で請け負っている大型の自家消費風力発電設備の工事が進行したほか、メガソーラーや、洋上風力発電向けの電気設備を新たに受注した。2021 年度も、国内外で拡大する太陽光・風力発電の需要に対し、電力安定化のソリューションなどの差別化商材を生かして受注拡大に取り組む。

水力発電分野では、北海道企業局清水沢発電所向け水車発電機が運転開始した。変動する流量に対し、大小二つの発電機（3,200 kW、290 kW）を使い分けることで出力アップを実現している。2020 年度も前年度に引き続き高水準の受注を獲得、2021 年度は旺盛な需要に対応を図るとともに、環境に配慮した新技術の適用拡大を推進する。

再生可能エネルギーであるバイオマス発電分野では、蒸気タービン・発電機を中心とした設備の納入に加えて、新規設備を受注している。

このように富士電機は、カーボンニュートラルに向け発電設備の供給に継続して貢献していく。

ソリューション・サービス

保守・更新分野では、国外の発電所向けのサービスを現地で完結させるオンショア・オンサイト化を引き続き推進している。

富士電機の技術指導をリモートで提供できるリモート TFA（技術指導員）サービスは、現地のリアルタイムの映像を日本側で確認しながら、現地派遣した場合と同等の技術指導を行うものである。2020 年度は、コロナ禍においてもリモートとリアル（現場派遣）の双方を活用して、従来と同等の技術サービスをお客さまに展開できた。

原子力分野では、継続して遠隔ハンドリングや放射線計測、廃棄物処理（遠隔切断、先進固化など）など富士電機特有の技術を活用し、発電所の安全な再稼働や廃止措置、放射性廃棄物処理への貢献を継続的に推進している。2020 年度は新たな取組みとして、特定重大事故等対処施設向けに、耐震性能と防じん防水性能を持つ高圧配電盤の供給準備を開始した。

富士電機は、環境にやさしいクリーンエネルギーの供給や、安全・安心なエネルギー供給の監視・維持・管理などのサービスにおいて、経済と環境の好循環に向けた取組みを推進している。

再生可能エネルギー

① ニュージーランド・コンタクトエナジー社向けタウハラ地熱発電所プロジェクトの受注

2021 年 2 月に、ニュージーランドのコンタクトエナジー社との主契約者である住友商事株式会社からタウハラ地熱発電所の発電設備一式を受注した。タウハラ地熱発電所は、オークランドから約 280 km 南に位置するタウポ地区に建設される。発電端出力は約 160 MW であり、トリプルフラッシュ方式を採用する。富士電機が 2010 年に納入したヌ・アワ・プルワ地熱発電所の約 140 MW（当時単機容量世界最大）を上回り、単機容量としては世界最大規模の地熱発電所となる。富士電機は、これまでにニュージーランドの計 4 か所の地熱発電所の建設に携わっており、タウハラ地熱発電所は 2023 年に完工の予定である。完成後は、同国の地熱発電設備容量の約 4 割を占める 450 MW 相当の地熱開発に貢献することになる。

図 1 発電所完成予定図



新エネルギー

① 出力変動緩和システムを適用した山地への設置に対応したメガソーラー

富士電機が EPC で請負った GPD 尾幌太陽光発電所を、事業者との契約納期（31 か月）よりも 2 か月短縮し 2020 年 5 月に発電事業者へ引渡し、現在順調に稼働している。

本発電所は、北海道厚岸町の西方に位置する約 59 ha の事業用地に約 31.7 MW の太陽光パネル、交流連系定格 20 MW の PCS と約 8.7 MWh のリチウムイオン蓄電池を設置した。蓄電池の充放電によって出力変動を緩和するシステムを使い、北海道電力株式会社の出力変動に関する技術要件（出力の変化速度 1%/分以下）を満足した。

ほぼ山地であった事業用地を、国内初採用の重機を用いて約 100 万 m³ の切盛りを行い造成した。また、1 本脚の杭のタイプの太陽光パネル架台を富士電機で初めて採用するなど、これらによって全体コストを圧縮した。

図 2 尾幌太陽光発電所の全景



② 韓国向けりん酸形燃料電池

韓国では、新・再生可能エネルギーへの支援が積極的に行われ、燃料電池の導入が加速している。富士電機は、2017 年に韓国の中小規模発電事業者へ 100 kW りん酸形燃料電池の納入を開始し、2020 年度までに納入した 25 台が韓国の厳しい寒さの冬季においても屋外で安定した発電を行っている。2020 年度には、韓国各地のサウナやプールなどに収めた 7 台が新たに稼働し、売電が開始されている。

富士電機の燃料電池は、-20℃でも運転可能であり、多様な環境に設置した実績を生かし、中小規模売電事業およびコージェネレーションの利用を中心に燃料電池の普及拡大につなげていく。

図 3 りん酸形燃料電池



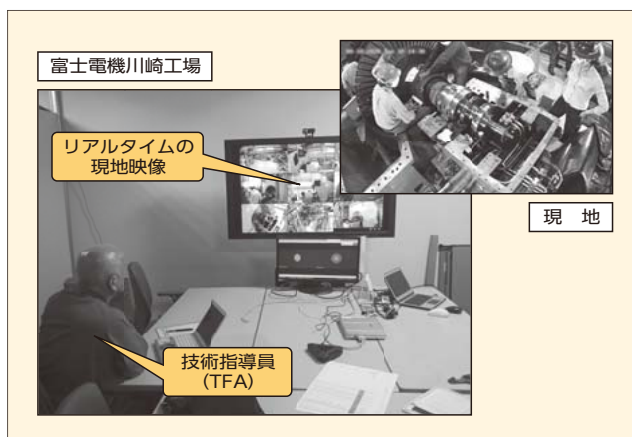
ソリューション・サービス

① リモート TFA サービス

火力・地熱発電設備の主要機器である蒸気タービンや発電機の不急の点検はコロナ禍において延伸される傾向にある。一方で、技術指導員（TFA：Technical Field Advisor）が必要な不具合への対応や、重要な更新や点検の実施についての顧客の要望は以前と変わらない。富士電機は、Web で技術指導を提供するリモート TFA サービスを開発した。このサービスは、現地のリアルタイムの映像を、インターネットを通じて富士電機の工場で確認しながら、現地派遣の場合と同等の技術指導を行うものである。

国外での実績を積み重ねながら、今後、渡航困難な危険地域での点検の実施およびリモートと現地派遣のハイブリッドによる対応など、多種多様な顧客ニーズに最大限に応えていく。

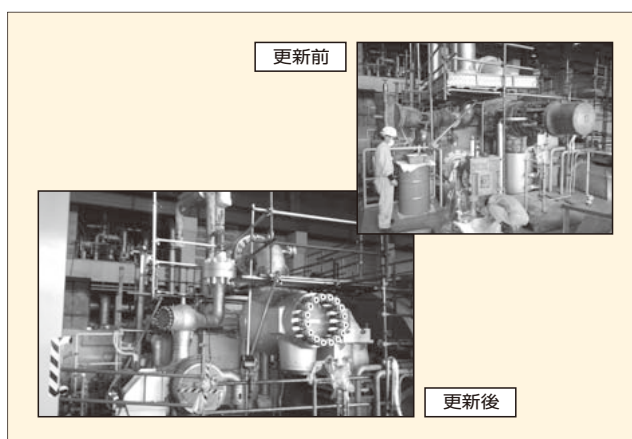
図 4 リモート TFA サービス（川崎工場と現地）



② 宇部興産株式会社 宇部興産発電所 145 MW タービン更新Ⅱ期工事

1982 年に運転を開始した山口県の宇部興産発電所 145 MW 蒸気タービン発電設備は、38 年間宇部地区の各拠点に電源供給を行っている。今回、今後も継続して電源を安定供給するため、長期運用により経年劣化した主要部品のうち蒸気主要弁ケーシング 5 台を更新した。送電先の各拠点の操業計画に支障がないように、30 日の定期検査期間内に更新作業を終了し電源供給を再開する必要があった。機器更新作業は既設品の撤去および新規品の据付けならびに弁ケーシングへの蒸気配管 10 数か所の再接続を狭い場所で各作業が錯綜せずに期間内で行えるように作業順序と人員配置を工夫して、計画工期で更新作業を終了し、電源供給を再開することができた。2022 年には外部ケーシングの更新を行う計画で、今後の長期運用に備える。

図 5 蒸気主要弁ケーシング更新前後の状況



③ 原子力施設向け耐震防じん防水盤

原子力施設に関わる新規制基準では、安全上重要な施設に対して、備えるべき機能が強化・新設され、電気盤や制御盤も、耐震要求が強化されている。これらの盤は屋内仕様であるため、設置には建屋が必要であった。そこで、富士電機は、高圧盤の設置場所の制約をなくすため、納入実績のある耐震構造に防じん防水構造を付加した屋外仕様の高圧配電盤を開発している。

2020 年度に開発した高圧配電盤は、特定重大事故等対処施設に求められる耐震性能（固有値 20 Hz 以上）を持ち、パッキンなどの工夫で IP56（粉じんからの保護、水の強い直接噴流によっても有害な影響を受けない）相当であることを確認した。2021 年度は、国内初となる完全な防じん防水構造を持った IP66 相当の屋外耐震盤の開発を進める。

図 6 耐震防じん防水盤



食品流通

自動販売機 店舗流通



自動販売機

コロナ禍における在宅勤務やステイホームといった新しい生活様式は、オフィスや屋外に設置された自動販売機（自販機）を通じた商品購入に大きな影響を及ぼした。また、感染症対策が日常となり、非接触・非対面による商品購入というニーズを顕在化させた。

一方、日本はキャッシュレス化では世界に遅れをとり、日本政府は成長戦略フォローアップ（令和元年 6 月 21 日閣議決定）にて“2025 年 6 月までに、キャッシュレス決済比率を倍増し、4 割程度とすることを目指す”とした。比較的高額な商品が取り扱われる量販店や外食産業ではクレジットカードによるキャッシュレス決済が浸透しつつあるが、市中に 230 万台以上普及している飲料・食品自販機では少額商品であるため、電子マネーや QR コード決済といった少額に特化した決済方法の対応が求められている。

富士電機は、前述の社会要請に対応するため、選択ボタンなどに触れることなく商品を購入できる外部通信ユニットを搭載した「完全非接触自動販売機」を開発した。QR コードを使って自販機とエンドユーザーのスマートフォンを接続する。次に、スマートフォンから商品を選択すると同時にキャッシュレス決済を行う。決済後取出口が自動で開き、自販機や現金に全く触れずに商品を購入できる。

この外部通信ユニットを活用し、スマート化も加速させる。自販機の売上や運転状態をリアルタイムでデータを収集し、これまで多くの経験と労力が必要であった商品補充や売れ筋商品の適切な配置変更などオペレーションの効率化を図り、ランニングコストの低減と省人化を図る。個々に独立していた自販機をネットワーク化することで最適配送ルートなどを提供し、効率化を拡大していく。さらに、双方向性を活用し、エンドユーザーと対話することで、マーケティング機材としても進化させていく。

コロナ禍による生活様式の変化は、自販機市場にとって必ずしも逆風とは限らない。前述のように、非接触・非対面ニーズはむしろ無人化・自動化の需要を掘り起こした。多くの企業が模索し、自販機による自社製品の無人販売を実現し、成果を挙げ始めている。しかし、これまでの自販

機は、缶・ペットボトルや一部の限られた形状の食品しか販売できず、食品については温度管理と降雨への対応の難しさから、屋内でしか販売ができなかった。

富士電機は、販売商品の汎用性を高めて屋外にも設置できる自販機「マルチ君」を開発した。さまざまな形状の物品を販売できるマルチ販売ラックを搭載し、自由にレイアウトが変えられるフリーアドレスディスプレイによって、利便性と商品の訴求力を向上させた。

今後幅広いロケーションで、顧客の売上拡大に貢献する自販機となるよう考えている。

店舗流通

2019 年には、オゾン層保護と地球温暖化対策のため「モントリオール議定書」の改正、いわゆる「キガリ改正」が発効された。締約国のうち、先進国は 2029 年までに地球温暖化ガスを CO₂ 換算で、2011～2013 年の平均値から 70% 削減しなければならない。これに伴い、冷凍機用冷媒を地球温暖化係数（GWP：Global Warming Potential）の低いものに早急に転換することが必要となっている。

富士電機は、冷凍食品用機器の冷媒を低 GWP 化したショーケースを開発した。冷凍機にインバータを採用し、庫内吹き出し温度から PID 制御（Proportional-Integral-Differential Controller）によりコンプレッサの回転数を最適制御し、省エネルギー化も実現した。また、冷凍機を内蔵したショーケースにおいては、省力化のため、凝縮器のフィルタをポリプロピレン製のメッシュからスクレーパ付きのエッチング加工したステンレス鋼板に変更することで、静電気によるごみの付着防止とスクレーパを使ったごみ除去によって清掃時間を大幅に短縮した。

今後も、冷媒のさらなる低 GWP 化を推進しつつ、省人・省力化による店舗環境の向上にも取り組んでいく。

流通・小売分野において、近年、一段と変化が早いニーズに柔軟に対応するため、顧客視点で課題解決を積極的に提案していく。カーボンニュートラルと持続可能な社会の実現に貢献する製品の開発に邁進していく。

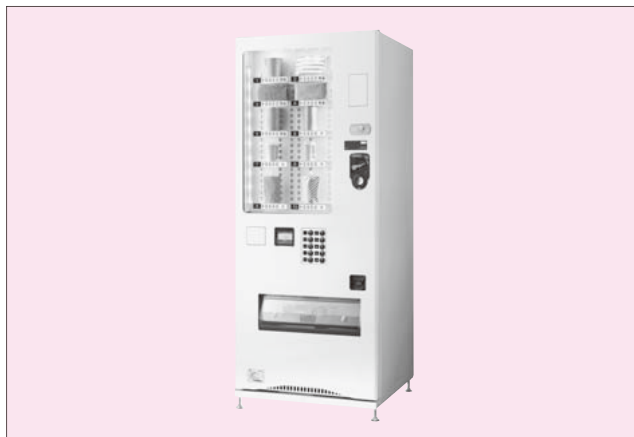
自動販売機

① 小型汎用自動販売機「マルチ君」

販売商品の多様化に対応し、屋外にも設置可能な小型汎用自動販売機を開発した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 一定の大きさや重量であれば、商品形状や包装形態に拘わらずに、常温から冷蔵が必要な商品まで、多種多様な販売が可能である。
- (2) 従来比 2 割減の省スペース設計で、小型で設置場所の自由度が高い。屋外にも設置可能な扉構造なので、設置場所の制約がない。
- (3) 交通系電子マネーや QR コード決済など多様な決済方法に対応が可能である。
- (4) “フリーディスプレイ”を採用し、売りたい商品を自由自在にレイアウトして展示できる。

図1 「マルチ君」



店舗流通

① 低 GWP の混合冷媒を採用したショーケース

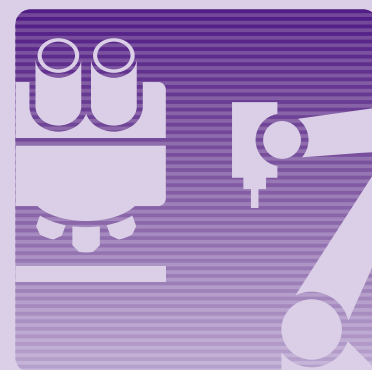
「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」は 2016 年に改正され、2029 年までに温室効果ガスである代替フロン^①の排出を t-CO₂ 換算で 70% 削減する目標が設定された。日本政府は、排出量を削減するとともに、地球温暖化係数（GWP：Global Warming Potential）の低い冷媒の使用を求めている。これに対応するため、富士電機は従来よりも半分以下の GWP に抑えた混合冷媒を採用した。この冷媒の圧縮機吐出温度は、80℃と従来に比べて 10℃も高く、圧縮機の許容温度を超える。さらに、単一冷媒と異なり、蒸発開始温度と終了温度の差が 6℃もある。そこで、圧縮機保護制御と、この温度差を考慮して蒸発熱を最大限に利用する冷却サイクルを開発した。今後も引き続き、地球にやさしい製品の開発を推進していく。

図2 環境負荷低減対応平型アイスケース



基盤・先端技術

基盤技術
先端技術



富士電機は、新たな顧客価値の創出と SDGs など社会課題解決に向けた強いコンポーネント、システムおよびソリューションの開発に注力するとともに、これらの開発を支える基盤技術や差別化を実現する先端技術の研究開発に取り組んでいる。

再生可能エネルギー（再エネ）である地熱発電では、地熱蒸気中に含まれる不純物が地熱蒸気タービンに付着堆積することで発電効率が低下するという課題を解決するために、不純物であるシリカの付着を抑制する炭素系コーティング技術を開発した。

また、受配電設備のさらなる安全性の向上や小型化のために、新たな絶縁材料や電力機器の監視技術の開発を進めている。絶縁材料では、2017 年から国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）のプロジェクトに参画し、従来よりも 30% の小型化を目指したガス絶縁開閉装置向けに誘電率傾斜機能材料（ ϵ -FGM）を開発している。電力機器の監視技術として、受配電設備での短絡事故による設備の損傷を軽減するため、短絡点のアーク放電を高速に検知する技術を開発した。また、電力設備の外部金属接地壁面に簡単に取り付けられる TEV センサ（静電容量センサ）を利用して絶縁故障の予兆信号を検出し、設備の安全性と稼働率向上を実現する部分放電検知技術を開発した。

パワーエレクトロニクス分野においては、純水に界面活性剤を添加した冷却媒体の沸騰現象を利用した沸騰冷却促進技術による機器の小型化や、回転機における循環電流を考慮した損失の高精度な計算手法の構築、ターボ機械などにおけるモータのギヤレス化や、小型・高効率化に向けた超高速 PM モータの駆動制御技術と磁気軸受制御技術を開発した。

次世代パワー半導体では、大幅な省エネルギー（省エネ）化が期待されているスーパージャンクション（SJ）構造を持つ超低オン抵抗 3.3 kV 耐電圧クラスのトレンチゲート型 SiC-SJ-MOSFET を開発した。

食品流通機器では、冷凍冷蔵ショーケースにおける食品をはじめとした保冷商品の高品質温度管理と省電力化を実

現するため、ファンの微小な風で熱交換器の霜を昇華・剥離によって除去することが可能な冷凍回路技術を開発した。

先端的シミュレーション技術として、材料の疲労寿命を想定する設計技術の獲得を狙い、疲労き裂進展の予測シミュレーション技術の構築を進めている。材料の疲労特性から導出した損傷率を基に、き裂発生位置とその進展形状が予測できる技術を開発した。今後、精度向上と製品への適用を図る。

計測制御技術として、再エネの大量導入に伴う系統周波数の変動拡大への対策技術や、複雑化する電圧分布などに対応する配電系統監視技術を開発している。NEDO からの委託業務により周波数変動を低減する太陽光 PCS（Power Conditioning System）の制御技術を開発し、シミュレーションにより有効性を確認した。また、計測値の誤差や異常値を除去し自動的に補正を行う、限られた計測情報から精度よく配電系統状態が推定可能な技術を開発した。

DX（デジタルトランスフォーメーション）を実現するための AI や IoT 関連技術の開発も進めている。省エネには設備運用の最適化が重要である。そこで、複数のソルバ（AI ソフトウェア）の中から最適なソルバを選定する機能を開発した。汎用モデリング言語などによる定式化を行い、各ソルバで演算させることで最速のソルバを選定する。大規模プラントや高速性が要求される場合に活用していく。

IoT（Internet of Things）関連技術として、システム全体を俯瞰（ふかん）してシステム要求仕様書を自動生成する機能を、システムモデリング言語「SysML」を活用して開発した。本機能により仕様の不整合を減らし、開発効率や品質向上が期待できる。また、IoT 機器を経由した攻撃防止のため、不正なソフトウェアの起動や書込みを防止するセキュアブート技術を開発した。ROM 容量や起動時間増加のデメリットを小さくする構造としており、広く富士電機製品に適用が可能である。

このように富士電機は、製品開発を支える基盤技術、先端技術を徹底的に強化することにより、安全・安心で持続可能な社会の実現のためのソリューションを提供していく。

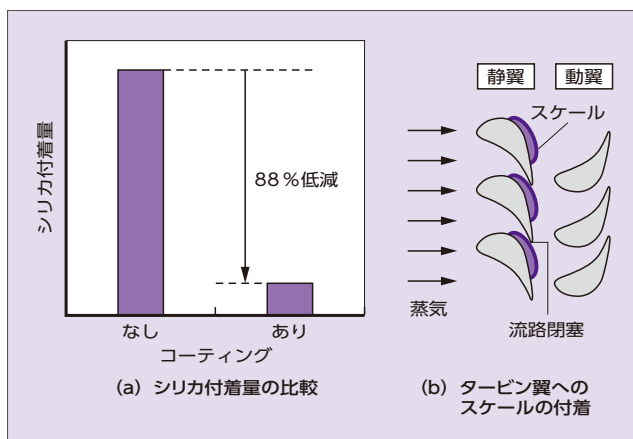
基盤技術

① 地熱蒸気タービン表面の低付着コーティング技術

地熱蒸気タービンでは、地熱蒸気中に含まれるシリカなどが付着堆積するスケリングという現象がある。この大量のスケールがタービン翼間の蒸気流路を閉塞して、発電効率を低下させることがある。この対策として、炭素を主材とした低付着コーティング技術を NEDO の地熱発電技術研究開発に参画して開発した。

低付着コーティングとしてタービン材である 13%Cr 鋼よりも反応性が低くスケールが付着しにくい炭素コーティングを採用し、さらにシリカの付着因子となりうる炭素中の欠陥を低減するコーティングプロセスを開発することで、タービン材と比較してスケールの付着量を飛躍的に抑制した。本開発により、スケール付着による地熱蒸気タービンの効率低下の抑制が期待できる。

図1 タービン材へのコーティングの効果



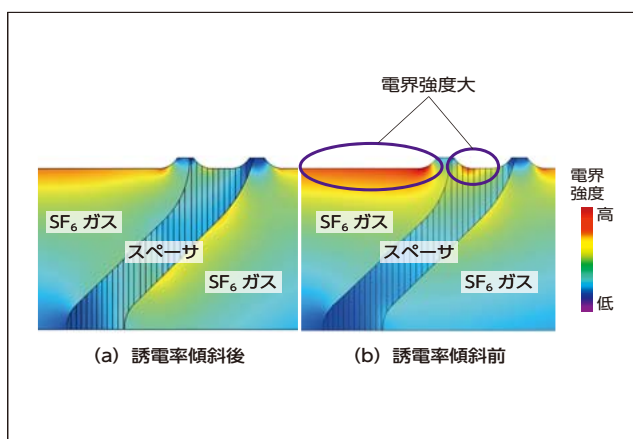
② 誘電率傾斜機能材料 (FGM) スペースの逆求解解析による誘電率分布設計技術

富士電機は 2017 年から NEDO のプロジェクトに参画し、電力の安定供給に不可欠な高電圧電力機器の小型化や信頼性向上を実現するため、誘電率傾斜機能材料 (ϵ -FGM) を適用して、従来よりも小型化したガス絶縁開閉装置 (GIS) 用の絶縁スペーサを開発している。

この中でガス中の導体部の最大電界強度を理論的な限界まで低減すると同時に、樹脂中の電界強度とのバランスも考慮して、最適な誘電率傾斜を求める逆求解解析システムを開発した。本手法を適用して、従来よりも 30% 小型の絶縁スペーサ (245 kV 相当) を試作し、絶縁性が IEC 規格に適合することを確認した。

本手法を各種高電圧機器の絶縁設計に活用し、機器の小型化や据付面積の低減を図っていく。

図2 逆求解解析で得られた電界強度分布



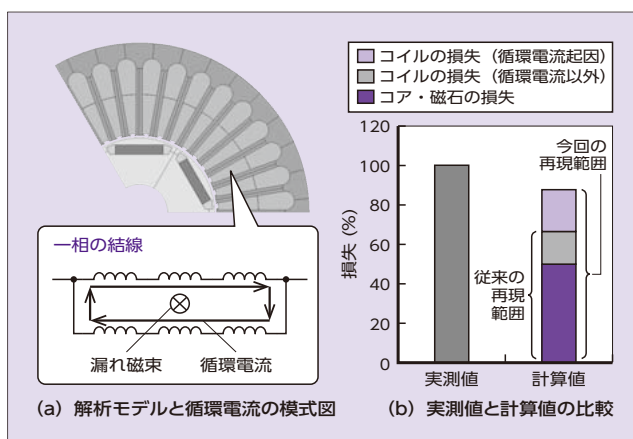
③ 回転機の効率向上を実現する磁界解析技術

回転機の省エネルギーを図るためには、発生要因ごとの損失を定量化し、対策を検討する必要がある。

富士電機は、並列する素線からなる巻線に、交流の漏れ磁束が鎖交することで発生する循環電流による損失を新たに考慮する計算手法を、東海大学と千葉工業大学との共同研究によって開発した。

図(a)には回転機の磁界解析モデルと循環電流の模式図を、図(b)には回転機の損失実測値を 100% として計算値と比較した結果を示す。従来の計算では、損失の約 70% を再現できていたのが、循環電流を考慮することで約 90% まで再現できるようになり、高い精度で損失を予測できるようになった。今後、高効率回転機の開発に本手法を活用していく予定である。

図3 回転機における循環電流と損失



基盤技術

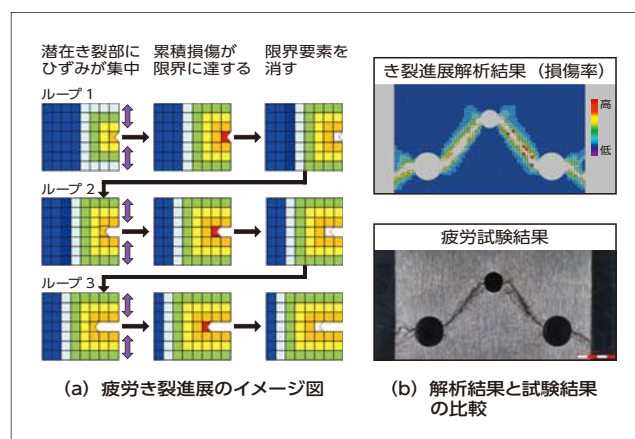
④ 疲労き裂進展シミュレーション技術

船舶、自動車、発電などの分野の機器や半導体モジュールのように繰返し応力を受ける製品の信頼性を向上させるためには、破壊までの疲労き裂進展を予測する必要がある。しかし従来、実験による材料の疲労特性を使って構造物の破壊を予測していた。そこで、き裂進展を予測するため、次の手順で行うシミュレーション技術を開発している。

- (1) 構造物をメッシュ状の要素に分割したモデルを作る。
- (2) 各要素への繰返し応力による負荷を累積する。
- (3) 累積負荷が限界値に達した要素は、疲労破壊したと見なしモデルから取り除く。(2)に戻って計算を繰り返す。

実験サンプルによる疲労試験を行い、き裂発生位置とき裂進展形状が予測可能であることを確認した。今後、製品の信頼性向上への活用を目指し開発を進める。

図4 疲労き裂進展シミュレーションの概念と解析結果

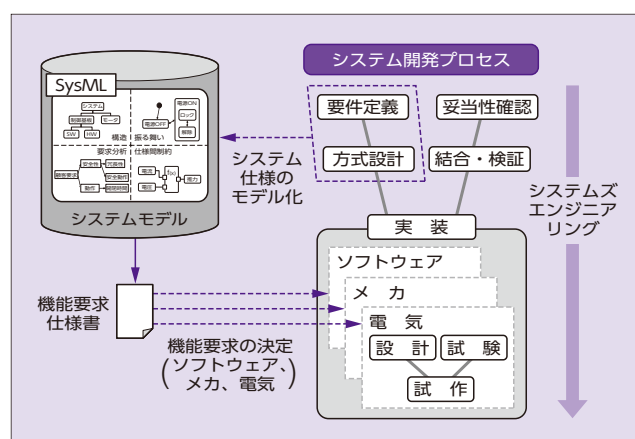


⑤ システムモデリング言語 SysML を活用したシステム開発

システム開発では、システム全体を俯瞰（ふかん）して詳細な仕様を決定する“システムズエンジニアリング”が有効である。近年は情報通信技術の発展に伴うシステムの大規模・複雑化により、重要性が増している。

富士電機は、システムモデリング言語“SysML (Systems Modeling Language)”によるシステムズエンジニアリング手法の研究開発を進め、SysML で記述したモデルからシステム要求仕様書を自動生成する機能を開発した。システムを俯瞰して要求仕様を決定できるので、関係する各種技術分野間の仕様の不整合による不具合を減らし、開発効率や品質が向上する。今後は、動作や制御を模擬する各種シミュレータと連携して、製品開発のシステム仕様の検討段階において妥当性の確認に用いる予定である。

図5 SysML を活用したシステム開発プロセス

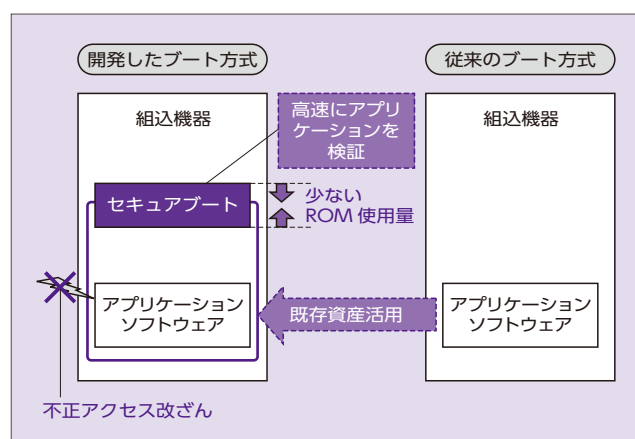


⑥ 組込機器向けソフトウェア保護技術

昨今多発している IoT (Internet of Things) 機器を踏み台にした攻撃への対策として、不正なソフトウェアの起動や書き込みを防止するセキュアブート技術を開発した。

組込機器のセキュリティ対策を行う上で問題となることが多い ROM 使用量や起動時間の増加を抑制することにより、安価なプロセッサに搭載可能とした。また、既存ソフトウェアを流用可能な構造とし、セキュリティ対応に伴う開発コストを抑えることを可能とした。これにより、富士電機製品のセキュリティ強化を進め、お使い頂く顧客の安全・安心に貢献する。

図6 開発したセキュアブート技術の特徴



基盤技術

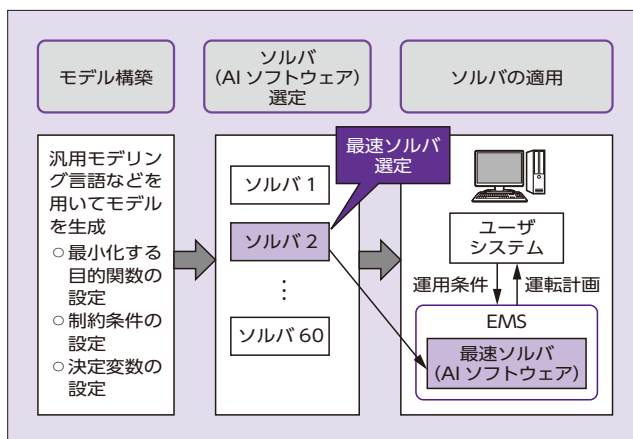
⑦ EMS における運用計画立案の高速最適化 AI 技術

EMS（エネルギーマネジメントシステム）は、ソフトウェアである最適化 AI（ソルバ）を用いて、工場やビルの省エネルギー（省エネ）・省 CO₂ を行うための設備の起動停止や出力設定などの運用計画を立案している。しかし、プラントの大規模化や複雑化が進む中、ソルバの性能のさらなる高速化が求められていた。

富士電機は、対象設備の運用計画を高速で立案する上で最適なものを、複数のソルバの中から選択する機能を開発した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 汎用モデリング言語などでモデルを構築するため、さまざまなソルバが使用可能
- (2) 構築したモデルを基に複数のソルバで計算を実行、最速のソルバを選定

図7 ソルバの最適化の概要



先端技術

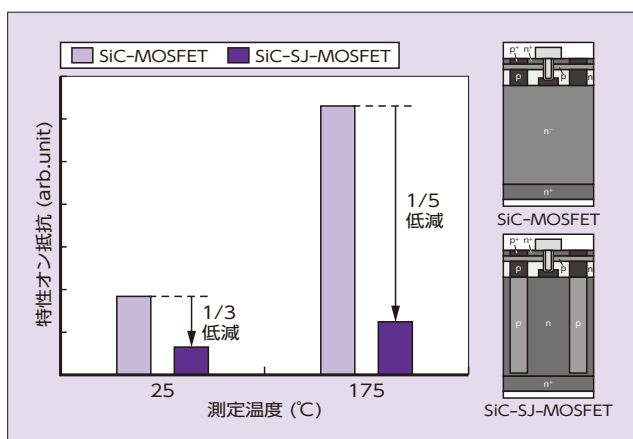
① 超低オン抵抗 3.3 kV SiC スーパージャンクション MOSFET

脱炭素社会を背景に、一層の省エネルギーを実現する上で、高耐压 SiC パワーデバイスが必要である。富士電機は、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）の事業に参画し、3.3 kV 耐压クラスのトレンチゲート型 SiC スーパージャンクション MOSFET（SiC-SJ-MOSFET）チップを開発した。

一般に MOSFET では、高耐压化のためにドリフト層のキャリア濃度を下げるとオン抵抗が高くなってしまふ。周期的な pn カラムを持った SJ 構造では、ドリフト層のキャリア濃度を下げずに高耐压化できる。

本チップは、3.3 kV 以上の耐压を持ち、オン抵抗が 25℃において従来のトレンチゲート型 SiC-MOSFET の 1/3、175℃において 1/5 と極めて低い。

図8 SJ 有無による SiC-MOSFET のオン抵抗

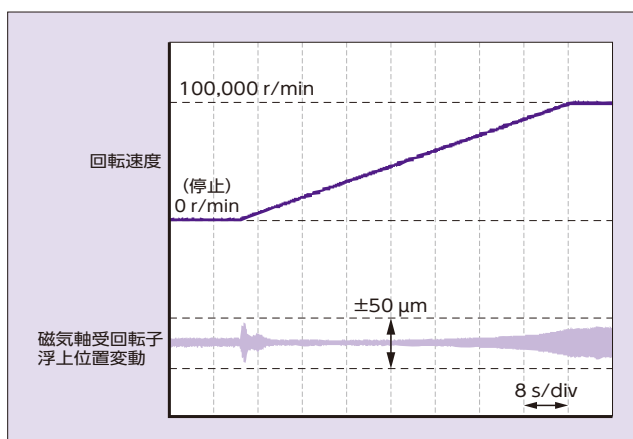


② 超高速 PM モータと磁気軸受の制御技術

ターボ機械などの高効率化や省メンテナンス化を図るため、ギアレス高速モータの要望が高い。そこで、4 極 10 万回転/分の超高速 PM モータ向けの高速駆動制御技術と、高速回転を実現する上で必要な磁気軸受制御技術を開発した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 定格出力 2.4 kW の PM モータに対して、出力周波数 3.3 kHz のベクトル制御を適用し、回転速度 10 万回転/分、モータ効率 91.4%、速度変動 0.5% 以内を実現した。
- (2) 磁気軸受によって浮上する回転子の位置変動を高精度に分析するアルゴリズムを開発し、磁気軸受制御パラメータの調整効果を高め、安定した浮上制御を実現した。今後、大容量化などを進め、応用範囲の拡大を図る。

図9 10 万回転/分 超高速 PM モータの加速波形と浮上位置変動



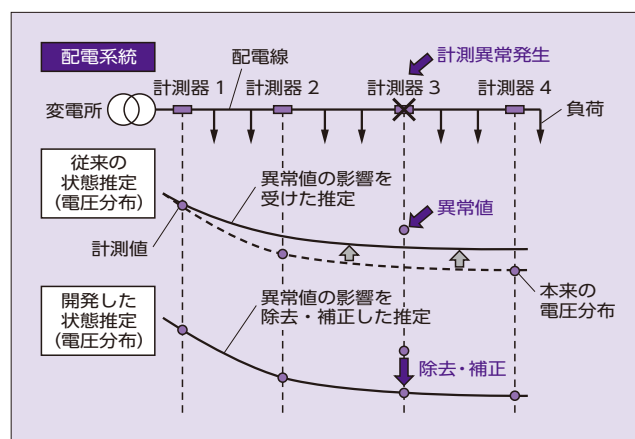
先端技術

③ AI を活用した計測異常検知技術－配電系統監視への適用

近年、太陽光発電や電気自動車（EV）、蓄電池の配電系統への接続が増加しており、それに伴う複雑化した電力・電圧分布（状態）を監視する技術が求められている。監視の際に実施される状態推定（系統上の限られた計測情報から未計測の状態を推定）では、計測値に誤差や異常があった場合でも、要求される推定精度の維持が重要となる。

富士電機は、明治大学との共同研究によって、AI 技術であるコレントロピーと JIT（Just-In-Time）モデリングを活用した新たな状態推定技術を開発した。この技術によって、ノイズや計測器故障、通信障害などによって計測誤差が生じて、異常値を検知し、除去と補正を自動的に行うロバストな状態推定が実現した。また、計測値間に時刻非同期性がある場合への対策も行っている。

図 10 異常値の検知と除去・補正の効果



④ 高速アーク検知技術

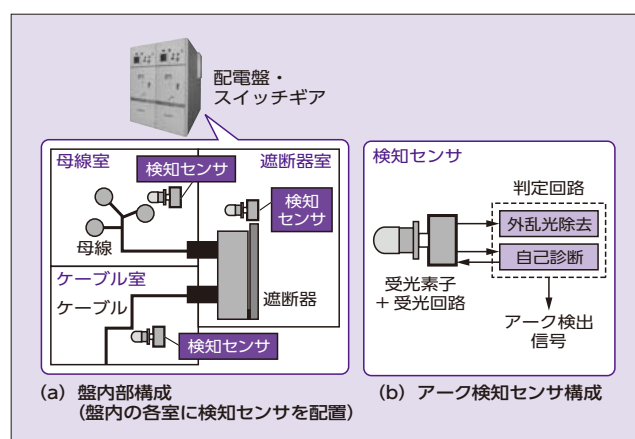
受配電設備で短絡事故が起こると、数 kA から数十 kA の電流が流れ、短絡点でアーク放電（アークプラズマ）が発生する。このとき、20,000℃以上の高温に達し、周囲に多大な損傷を与える。富士電機は、この損傷を軽減するため、高速アーク検知技術を確立した。

発生したアーク光を、高速かつ高い信頼性で検出するアーク検知技術の特徴は次のとおりである。

- (1) アーク発生から数ミリ秒以内に検出信号を出力
- (2) 外乱光除去機能によってアーク光の誤検知を防止
- (3) 自己診断機能によって故障や汚れなどによるセンサの異常を早期発見し、検知漏れや誤動作を防止

今後、アークによる損傷を低減するアーク消弧装置と組み合わせた検証試験を行う。

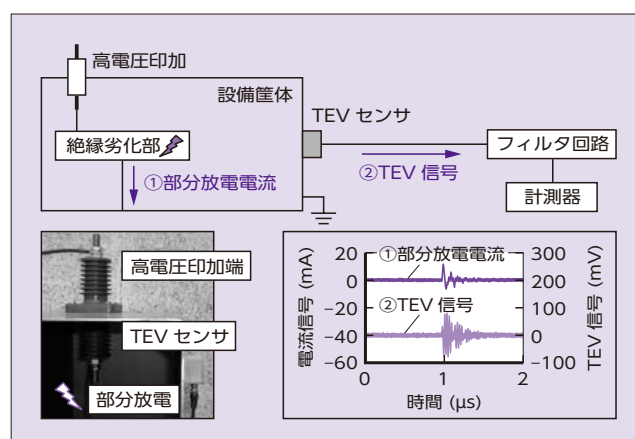
図 11 装置構成



⑤ 密閉盤外部からの部分放電信号検出技術

電力設備は、高経年化に伴い絶縁故障の発生リスクが上昇する。稼働中に絶縁異常を未然に検知して設備の故障による停止を防ぐ技術が求められる。富士電機は、電力設備の筐体（きょうたい）などの外部金属接地壁面に簡単に取り付けられる静電容量（TEV）センサを利用した絶縁故障の予兆信号（部分放電信号）の検出技術を構築した。この技術は、部分放電で発生した電流（図中①）から、TEV センサを用いて TEV 信号（図中②）を検出し、フィルタ回路を用いて環境ノイズから分離する。これにより、絶縁破壊の前駆現象である 100 pC の微小な部分放電を検出できる。この技術によって稼働中の既設設備に対する絶縁異常の常時監視が可能になり、高経年設備の絶縁故障を防止することができる。

図 12 TEV センサを用いた部分放電測定システムおよび実測例



先端技術

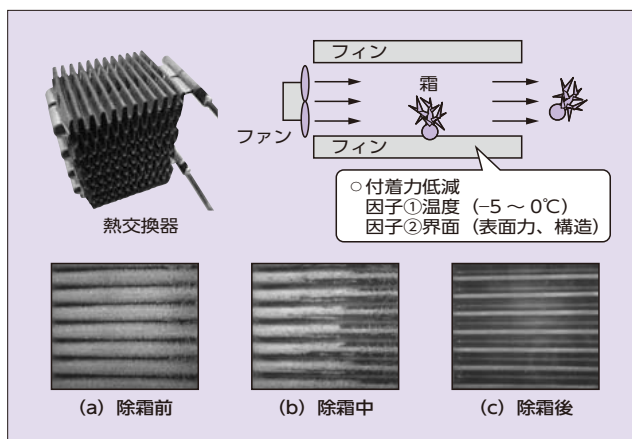
⑥ 霜を溶かさず昇華・剥離除霜技術

冷凍ショーケースは、熱交換器を使って庫内を約 -20°C に冷却している。その際、熱交換器の表面温度が -20°C 以下の低温となるため、空気中の水蒸気を基に霜が成長する。従来は、一定周期でヒータ加熱により霜を溶かして除霜していたため庫内温度が最大 15 K 上昇することがあった。

開発した新しい除霜方式では、霜の付着力が低下する $-5 \sim 0^{\circ}\text{C}$ に熱交換器の温度を制御し、その間に昇華（気化）またはファンのわずかな風圧や他の機械部品が動作する時の振動によって霜を剥離して除霜する。

この技術により、除霜中も庫内温度の上昇を 5 K 以下に抑制して適切な温度範囲に保ち、品質を維持したまま食品などの商品が保存できる。また、除霜中のヒータ電力を大幅に削減し、最大電力を 30 % 削減できる。

図 13 昇華・剥離除霜の原理





交流電力調整器 [APR-V シリーズ] が、 2020 年度グッドデザイン賞を受賞しました。

本製品は、交流電圧・電流・電力を無段階に調整し、温度制御、照明の調光、電源の制御などに使用される交流電力調整器です。置き換え需要に応えるため従来製品とのサイズの互換性を保ちつつ、IoT に対応したいというニーズに応えるため、通信プロトコルや出力信号を従来製品よりも充実させています。

開発に当たり、暗い電気盤に収容されても表示された文字の視認性を確保できるように、黒色のボディに白色の文字を配置して色彩のコントラストを高めています。また、ランプ表示や注意表示、仕様表示、製品名称表示などをゾーニングして、シリーズ内での外観の統一感と操作性を意識してデザインしました。これらの取組みと、従来機種とのサイズの互換性を保った上で機能を拡充させている点が評価されました。

※受賞対象は 20A/45A/60A 仕様



**GOOD DESIGN
AWARD 2020**

略語（本号で使った主な略語）

AI	Artificial Intelligence	人工知能
AR	Augmented Reality	拡張現実
BI	Business Intelligence	
CBM	Condition Based Maintenance	状態基準保全
CCS	Carbon dioxide Capture and Storage	CO ₂ の回収・貯留
CCUS	Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage	CO ₂ の回収・有効利用・貯留
COP	Coefficient of Performance	
DAC	Direct Air Capture	
DC	Data Center	データセンター
DCDS	Direct Current Disconnect Switch	直流断路器
DCS	Distributed Control System	分散型制御システム
DDC	Direct Digital Controller	
DX	Digital Transformation	
EC	Electronic Commerce	
EGCS	Exhaust Gas Cleaning Systems	排ガス浄化システム
EMC	Electromagnetic Compatibility	電磁両立性
EPC	Engineering Procurement and Construction	
EV	Electric Vehicle	電気自動車
FIT	Feed-in Tariff	再生可能エネルギーの固定価格買取制度
FWD	Free Wheeling Diode	
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GIS	Gas Insulated Switchgear	ガス絶縁開閉装置
GWP	Global Warming Potential	地球温暖化係数
HMI	Human Machine Interface	
HVIC	High Voltage Integrated Circuit	
IEA	International Energy Agency	国際エネルギー機関
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor	
IoT	Internet of Things	
IPM	Intelligent Power Module	
IPS	Intelligent Power Switch	
JIT	Just-In-Time	
MOSFET	Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor	
MSPC	Multivariate Statistical Process Control	多変量統計的プロセス管理
PCS	Power Conditioning System	パワーコンディショナ
PID	Proportional-Integral-Differential	
PIV	Particle Image Velocimetry	
PLC	Programmable Logic Controller	プログラマブルコントローラ
PM	Permanent Magnet	
RAS	Reliability Availability and Serviceability	
RC-IGBT	Reverse-Conducting IGBT	逆導通 IGBT
SBD	Schottky Barrier Diode	
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
SiC-SBD	Silicon Carbide-Schottky Barrier Diode	
SIS	Safety Instrument System	安全計装システム
SON	Small Outline Non-leaded	
SysML	Systems Modeling Language	
TEV	Transient Earth Voltage	
TFA	Technical Field Advisor	
UPS	Uninterruptible Power System	無停電電源装置
VCT	Voltage Current Transformer	
ε -FGM	ε -Functionally Graded Material	誘電率傾斜機能材料

商標（本号に記載した主な商標または登録商標）

Bluetooth	Bluetooth SIG, Inc. の商標または登録商標
Excel	Microsoft Corporation 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
LTE	欧州電気通信標準協会（ETSI）の商標または登録商標
NAS	日本碍子株式会社の商標または登録商標
QR コード	株式会社デンソーウェーブの商標または登録商標
Visio	Microsoft Corporation の商標または登録商標
Wi-Fi	Wi-Fi Alliance の商標または登録商標
Windows	Microsoft Corporation の商標または登録商標

その他の会社名、製品名は、それぞれの会社の商標または登録商標である。

技術業績の表彰・受賞一覧（2020 年度） 順不同

一般社団法人 電気学会

- 2020 年部門優秀論文発表賞
(対象技術委員会：半導体電力変換技術委員会)
「非対称平衡方式アクティブノイズキャンセラとスペクトラム拡散による PFC のノイズ低減」
技術開発本部 荒海 竜之介
- 令和 2 年度電気学会 フェロー認定者
「パワエレおよび再エネシステム関連の国際規格活動」
技術開発本部 高橋 弘

一般社団法人 電子情報通信学会

- 2020 年度エレクトロニクスソサイエティ活動功労表彰
「機構デバイス研究専門委員会幹事としての貢献」
富士電機機器制御株式会社 鈴木 健司

一般社団法人 日本ガス協会

- 2020 年度技術賞 ガス技術部門
「スマートメーター用通信端末の開発」
富士電機株式会社
〔株式会社 NTT ドコモ、沖電気工業株式会社、東光東芝メーターシステムズ株式会社、パナソニック株式会社との共同受賞〕

一般社団法人 日本鉄道車輛工業会

- 令和 2 年度（第 31 回）鉄道車両工業精励者表彰
パワエレ インダストリー事業本部 横木 健一

一般社団法人 スマートプロセス学会

- スマートプロセス学会 論文賞（2021 年 4 月受賞）
「Sn-Sb-Ag 系高温鉛フリーはんだ合金の機械的性質に及ぼす微量 Ni 及び Ge 添加の影響」
生産・調達本部 渡邊 裕彦
〔群馬大学との共同受賞〕

公益社団法人 発明協会

- 令和 2 年度関東地方発明表彰 発明奨励賞
「半導体ウェハのめっき方法（特許第 5545000 号）」
半導体事業本部 浦野 裕一
「半導体装置の不純物層形成方法（特許第 5515821 号）」
半導体事業本部 高橋 英紀、毎熊 健
山路 将晴

公益社団法人 日本冷凍空調学会

- 2020 年度日本冷凍空調学会 学術賞
「微細加工面を利用した霜結晶の生成抑制に関する研究」
技術開発本部 田岸 未来子
〔玉川大学との共同受賞〕

公益財団法人 日本デザイン振興会

- GOOD DESIGN AWARD 2020
「交流電力調整器 [APR-V シリーズ]」
富士電機エフテック株式会社
富士電機テクニカ株式会社
富士電機機器制御株式会社
富士電機株式会社

The Japan Society of Applied Physics
(公益社団法人 応用物理学会)

- 2020 International Conference on Solid State Devices and Materials SSDM Paper Award
「Demonstration of 1200 V/1.4 mΩ cm² Vertical GaN Planar MOSFET Fabricated by All Ion Implantation Process」
技術開発本部 田中 亮、高島 信也
上野 勝典、松山 秀昭
福島 悠太、江戸 雅晴
〔山梨大学との共同受賞〕

The 23rd International Conference on Electrical Machines and Systems
(ICEMS2020)

- ICEMS2020
Excellent Paper Award
「Analysis of In-plane Eddy-current Loss in Electrical Steel Sheets of 6-pole 36-slot Permanent-magnet Synchronous Machines」
技術開発本部 今盛 聡
〔東海大学、千葉工業大学との共同受賞〕
「Conductive Noise Suppression with Canceling for Miniaturization of EMI Filters in PFC Converter」
技術開発本部 山田 隆二、荒海 竜之介
藤田 悟
〔東京都立大学との共同受賞〕

2020 IEEE 9th International Power Electronics and
Motion Control Conference
(IPEMC2020 ECCE Asia)

● IPEMC2020 ECCE Asia

Best Paper Award

「Stability Analysis and Comprehensive Design of Grid-
tied Inverter with Active Damped LCL Filter」

技術開発本部

藤田 悟、鳥羽 章夫

〔長岡技術科学大学との共同受賞〕

経済産業省 特許庁

●令和3年度「知財功労賞」 特許庁長官表彰 知財活用企業（特
許）

富士電機株式会社

特集に寄せて “パワエレとパワー半導体事業を核にして、 SDGs 達成、脱炭素社会の実現に貢献”	71 (3)
--	--------

“リアルフィールドとサイバー空間、 アナログとデジタルの技術を連携させて、 お客さまの新たな価値創出と社会課題解決を目指す”	72 (4)
--	--------

対 談 “安全・安心で持続可能な社会の実現を目指して” エネルギー・環境分野において産学連携を深化させ、 社会課題であるカーボンニュートラル実現に貢献	73 (5)
--	--------

座談会 “CO ₂ の排出削減を通じて、 安全・安心で持続可能な社会の実現を目指す”	76 (8)
---	--------

ハイライト	81 (13)
-------	---------

- 高性能・多機能形インバータ
「FRENIC-MEGA (G2) シリーズ」
- 大容量無停電電源装置「UPS7500WX」
- 世界最大級の水素製造装置用電源装置の納入
- 四日市バイオマス発電所および
室蘭バイオマス発電所の営業運転開始
- 雪印メグミルク株式会社 バター製造
プラント向け計測制御システム
- 船舶 IoT システム
- MICREX-SX シリーズ「SPH5000M」
- 国内向け太陽光発電用ストリング形 PCS の系列拡充
- 第 2 世代トレンチゲート SiC-MOSFET 搭載
All-SiC モジュール「62 mm STD 2 in 1」
- 車載エアコン用 IPM
- 手を触れずに商品購入が可能な
「完全非接触自動販売機」
- 母線プラグイン形配線用遮断器と
漏電遮断器のラインアップ拡充
- 拡張現実 (AR) と AI を用いた
保守支援技術の高度化
- 疑似慣性制御技術-系統周波数の変動抑制への適用
- 気泡スケールを制御する新しい沸騰促進技術

パワエレ エネルギー	89 (21)
------------	---------

エネルギーマネジメント	90 (22)
① 東北電力ネットワーク株式会社向け配電研修用アナログシミュレータ	
② 高知県公営企業局向け集中監視制御システム	
③ 表面取付形電力量計「HF シリーズ」	
④ 出光興産株式会社 徳山事業所 受変電設備の更新	
⑤ 東武鉄道株式会社 東上線電力管理システムの更新	
⑥ オマーン・Yanqul (ヤンクル) 変電所向け 145 kV GIS	

⑦ DCDS ユニット付「S-FORMER Mini」の納入	
施設・電源システム	92 (24)
① 大容量共通予備 UPS システムの納入	
② 大容量非常用発電機並列システムの納入	
③ JAXA 種子島宇宙センター向け蓄電池 PCS	
受配電・開閉・制御機器コンポーネント	93 (25)
① 省工数機器「F-QuiQ」ラインアップ拡充 AR 形コン ドスイッチ	

パワエレ インダストリー	94 (26)
--------------	---------

ファクトリーオートメーション	95 (27)
① 半導体製造装置向け UPS	
② クランプオン式蒸気用超音波流量計の拡充	
③ 燃焼制御用レーザガス分析計の改良	
④ 「MONITOUCH X1 シリーズ」	
⑤ インドネシアタイヤメーカー向けタイヤ試験機の初号機の 納入	
⑥ 電動車 (EV) 向け部品用温調試験装置	

プロセスオートメーション	97 (29)
① 共英製鋼株式会社 山口事業所の圧延設備の更新	
② プラント設備の予兆診断システム	
③ 産業用低圧インバータ「FRENIC4000 VM6 シリーズ」に よる VM5R 向けレトロフィット対応	
④ 「MICREX-VieW PARTNER」による中小都市ガス事業者 向け供給監視制御システム	
⑤ 製鉄所の転炉設備監視制御システムの更新	
⑥ 「MICREX-VieW XX (ダブルエックス)」を活用した酸素 プラント監視制御システムの更新	
⑦ 「MICREX-VieW XX (ダブルエックス)」のエンジニアリ ングの信頼性向上	
⑧ 水素液化プラント向け監視制御システム	
⑨ 高効率エンジニアリング支援ツール「HEART」の機能拡充	
⑩ HMI にも表示できる「HEART-EXCITE (条件モニタ)」	
⑪ 高効率高周波誘導炉「F-MELT100G シリーズ」	

情報ソリューション	101 (33)
① 「ExchangeUSE」旅費経費ワークフローの「電子帳簿保存 法」対応	
② 冷水システム向けインテリジェントコントローラ	
③ 倉庫実行管理システムの端末向けソフトウェアのバージョ ンアップ	

社会ソリューション	102 (34)
① パンタグラフ測定システム	
② ソウル市向け電気集じん機	
③ サイクロン方式 SO _x スクラバのサイズ拡充	
フィールドサービス	103 (35)
① 「まるごとスマート保安サービス」	
② ガス分析装置遠隔監視サービスの対象拡大	

半導体 104 (36)

産 業.....105 (37)

- ① 第7世代 IGBT-IPM「P638 パッケージ」
- ② 第3世代小容量 IPM「P633C シリーズ」
- ③ 1,700V 第7世代「X シリーズ」産業用 RC-IGBT モジュール「Dual XT」
- ④ 第4世代 LLC 制御 IC「FA6C00 シリーズ」
- ⑤ 第2世代 ディスクリット SiC-SBD
- ⑥ 600V 保証三相 1 チップ HVIC

電 装.....107 (39)

- ① 車載用第5世代 IPS「F5202H」
- ② 可視化技術を用いた熱流体解析技術の高度化

発電プラント 108 (40)

再生可能エネルギー.....109 (41)

- ① ニュージーランド・コンタクトエナジー社向けタウハラ地熱発電所プロジェクトの受注

新エネルギー.....109 (41)

- ① 出力変動緩和システムを適用した山地への設置に対応したメガソーラー
- ② 韓国向けりん酸形燃料電池

ソリューション・サービス.....110 (42)

- ① リモート TFA サービス
- ② 宇部興産株式会社 宇部興産発電所 145MW タービン更新Ⅱ期工事
- ③ 原子力施設向け耐震防じん防水盤

食品流通 111 (43)

自動販売機.....112 (44)

- ① 小型汎用自動販売機「マルチ君」

店舗流通.....112 (44)

- ① 低 GWP の混合冷媒を採用したショーケース

基盤・先端技術 113 (45)

基盤技術.....114 (46)

- ① 地熱蒸気タービン表面の低付着コーティング技術
- ② 誘電率傾斜機能材料 (FGM) スペーサの逆求解解析による誘電率分布設計技術
- ③ 回転機の効率向上を実現する磁界解析技術
- ④ 疲労き裂進展シミュレーション技術
- ⑤ システムモデリング言語 SysML を活用したシステム開発
- ⑥ 組込機器向けソフトウェア保護技術
- ⑦ EMS における運用計画立案の高速最適化 AI 技術

先端技術.....116 (48)

- ① 超低オン抵抗 3.3 kV SiC スーパージャンクション MOSFET
- ② 超高速 PM モータと磁気軸受の制御技術
- ③ AI を活用した計測異常検知技術-配電系統監視への適用
- ④ 高速アーク検知技術
- ⑤ 密閉盤外部からの部分放電信号検出技術
- ⑥ 霜を溶かさない昇華・剥離除霜技術



主要事業内容

パワエレ エネルギー

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

エネルギーマネジメント

エネルギーマネジメントシステム（EMS）、電力流通、スマートメータ、変電

施設・電源システム

データセンター、無停電電源装置（UPS）、配電盤

器具

受配電・制御機器

パワエレ インダストリー

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

オートメーション

インバータ、モータ、FA コンポーネント、計測機器、FA システム、駆動制御システム、計測制御システム、工業電熱

社会ソリューション

鉄道車両電機品、EV システム、放射線管理システム、船舶用排ガス浄化システム

情報ソリューション

情報制御システム

半導体

高い品質、変換効率を実現、小型化・省エネ化に貢献します。

産 業

IGBT モジュール、SiC モジュール、MOSFET、ダイオード、電源制御 IC、感光体

電 装

IGBT モジュール、圧力センサ、パワー IC、イグナイタ

発電プラント

高度なプラントエンジニアリング力で、設計・製作から現地据付・試運転・アフターサービスまで一貫して提供します。

再生可能・新エネルギー

地熱発電、水力発電、太陽光発電、風力発電、燃料電池

火力発電・原子力関連設備

食品流通

自動化・省エネを食の安全・安心とともに提供します。

自販機

飲料・食品自動販売機

店舗流通

店舗設備機器、金銭機器、エネルギー管理システム

*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）

https://www.fujielectric.co.jp/about/company/contents_02_03.html

FUJI ELECTRIC REVIEW（英文）

<https://www.fujielectric.com/company/tech/contents3.html>

富士電機技術期刊（中文）

<http://www.fujielectric.com.cn/jtkw.html>



次号予定

富士電機技報 第94巻 第3号

特集 富士電機の DX（デジタルトランスフォーメーション）

富士電機技報企画会議

幹 事 中山 和哉

企画メンバー 斎藤 哲哉 桑山 仁平 眞下 真弓 前田政一郎

渡部 雅教 熊谷 明恭 片桐 源一 出野 裕

岡本 泰道

事務局 荻野 慎次 堀口 道子

編集室 藤木 徹 木村 基 小野寺拓也 小野 直樹

高橋 徹

富士電機技報 第94巻 第2号

令和3年6月20日 印刷 令和3年6月30日 発行

編集兼発行人 近藤 史郎

発 行 所 富士電機株式会社 技術開発本部
〒141-0032 東京都品川区大崎一丁目11番2号
（ゲートシティ大崎イーストタワー）

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

発 売 元 株式会社オーム社
〒101-8460 東京都千代田区神田錦町三丁目1番地
電話（03）3233-0641
振替口座 東京 6-20018

*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。

© 2021 Fuji Electric Co., Ltd., Printed in Japan（禁無断転載）

エネルギー・環境事業で、
持続可能な社会の実現に貢献します。



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
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

F 富士電機

本誌は、環境に配慮したFSC® 認証紙および一部を除いて植物油インキを使用しています。また、ユニバーサルデザイン(UD)の考えに基づいた見やすいデザインの文字を採用しています。

