

# カーボンニュートラルの実現に向けた ソリューション・技術の現状と展望

Carbon-Neutral Solutions and Technologies: Current Status and Future Outlook

大野 健 ONO, Takeshi

外山 健太郎 TOYAMA, Kentaro

## ① まえがき

2015年、気候変動問題に関する国際的な枠組みである「パリ協定」において、次に示す目標が採択された。

- 世界の平均気温上昇を産業革命以前と比べて2℃より十分に低く保ち、1.5℃に抑える努力をする。
- できる限り早く世界の温室効果ガス排出量をピークアウトし、21世紀後半には温室効果ガス排出量と吸収量のバランスを取る。

世界全体の温室効果ガス排出量の約2%を日本が占めており(2019年時点)<sup>(1)(2)</sup>、その削減が求められている。

2020年10月、日本政府は“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、すなわち2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す”ことを宣言し、“2030年度において、温室効果ガス46%削減(2013年度比)を目指すこと、さらに50%の高みに向けて挑戦を続ける”ことを2021年4月に表明した。これを踏まえて“2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略”を策定し、温室効果ガスの削減と経済成長の両立を目指している。経済産業省は、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ために必要な経済社会システム全体の変革であるグリーントランスフォーメーション(GX: Green Transformation)を提唱し、GXに積極的に取り組む“企業群”が、官・学・金と一体として経済社会システム全体の変革のための議論と新たな市場の創造のための実践を行う場として“GXリーグ”<sup>(3)</sup>を設立した。富士電機もGXリーグに参加しており、カーボンニュートラルの実現と経済成長に貢献していく。本稿では、カーボンニュートラルに向けたさまざまな動きが加速する状況における、富士電機のカーボンニュートラルの実現に向けたソリューション・技術の現状と展望について述べる。

## ② 商材・ソリューション

### 2.1 全体像

富士電機では、脱炭素社会の実現に向け、エネルギーの供給サイドから需要サイドおよびそれをつなぐ流通分野までのそれぞれの領域で、商材・ソリューションを展開している。図1に富士電機のカーボンニュートラル全体像を示す。

供給サイドでは、各種の再生可能エネルギー(再エネ)発電設備を手掛けており、太陽光発電や地熱発電では、トップクラスのシェアを保持している。

需要サイドでは、工場などの電化や省エネルギー(省エネ)設備、EMS(Energy Management System)による最適化でエネルギーの効率的な運用に貢献している。また、交通分野でもカーボンニュートラルの取組みが進んでおり、富士電機は船舶の電動化や港湾から船舶への電力供給設備、および港湾のEMSによる最適運用を顧客に提供している。自動車の電動化においても、高性能なパワー半導体を提供することで電費の向上に貢献している。



図1 富士電機のカーボンニュートラル全体像

エネルギーの供給と需要をつなぐ流通分野では、EMS や需給管理・蓄電システムにより、再エネ拡大に対応する電力システムの安定化やエネルギーの最適運用に貢献している。

## 2.2 エネルギーマネジメント分野

### (1) 電力流通ソリューションの取組み

パリ協定や RE100 など、環境問題への取組みが世界的に求められている中、持続的な経営を行うため、ESG（環境・社会・ガバナンス：Environment Social Governance）の観点を重視する考え方が広まっている。そのため、企業では、消費電力の再エネへの転換が進んでおり、自社の屋根や隣接地に太陽光発電設備を設置し、自家消費するケースが急増している。ただ、それだけでは自社の需要を賄いきれないため、遠隔地に再エネ発電設備を設置して、自社に供給する自己託送やオフサイト PPA 事業者の増加が見込まれている。

富士電機では、電力システム改革による電力小売りの全面自由化が開始したときから小売り事業者向けに提供してきた需給管理サービスを発展させ、再エネ予測を加えた自己託送の管理システムを開発し、需要家や PPA 向けに展開を計画している。また、卒 FIT（Feed-in Tariff）を見据え、再エネ事業者向けに市場取引を最適に行うシステムを開発し、系統用蓄電システムと連携したソリューションの提案を展開している。図 2 に最適運用システムを示す。

一般送配電事業者向けには、配電システムにおける再エネ分散型電源の増加による影響をシミュレーションできる系統計画支援システムを提供している。安定的な電力供給を可能とする配電システムの設備設計業務に活用されている（133 ページ、「再生可能エネルギーの導入拡大を支える電力流通ソリューション」参照）。

### (2) EMS の取組み全般と最新技術

地方都市における地域の活力を維持するための施策として、コンパクトシティ<sup>(\*)3)</sup>の構築が各地で行われている。コンパクトシティでは、熱と電気を地産地消するコージェネレーションプラントを核とする地域単位のエネルギーシステムを構築して、エネルギー利用を最適化する取組みが求められている。大規模災害時に

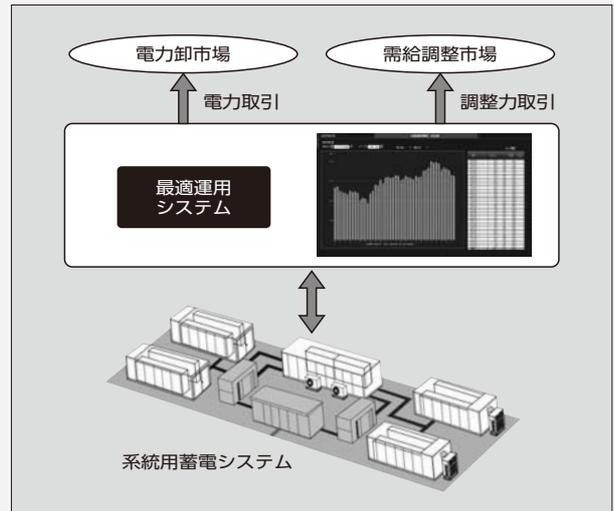


図 2 最適運用システム

もエネルギー供給を確保し、BCP（事業継続計画：Business Continuity Plan）や LCP（生活継続計画：Life Continuity Plan）を実現するためにも、効率的なエネルギー運用の基盤となる地域エネルギーマネジメントシステム（CEMS：Community Energy Management System）が重要となっている。CEMS の中核となる EMS 技術は長年進化を続けており、需要予測や最適化計画、デマンドレスポンス機能の高度化や運用の自動化を進め、省力化や省エネ、CO<sub>2</sub>削減に貢献するとともに、設備管理の高度化も図られている。各種エネルギー設備の効率を監視してその変動要因を見える化し、運用者を支援することが可能なシステムに進化している。また、各種 EMS を支えるプラットフォーム技術の最新化により、導入費用の低減に加え、設備の変更・追加に対応するシステムのメンテナンス作業の効率化を図り、ライフサイクルコストの低減にも取り組んでいる（127 ページ、「全体最適を実現するデジタルツインモデル型 CEMS」参照）。

### (3) 系統用蓄電システム技術

近年、定置型蓄電池には、発電から需要まで、さまざまなニーズがあり、国の支援の後押しを受けておのおの用途への導入が進んでいる。再エネ発電では、系統連系要件に適合させるための電力安定化に蓄電システムが用いられている。今後は、裁定取引など

#### (\*)1 RE100

事業に使うエネルギーを 100% 再エネ電力で賄うことを目標として 2014 年に結成された企業連合のことである。

#### (\*)2 オフサイト PPA

オフサイト PPA（Power Purchase Agreement）とは、再エネ電源の所有者である発電事業者と電力の購入者が、事前に合意した価格および期間における再エ

ネ電力の売買契約を締結し、需要地ではないオフサイトに導入された再エネ電源で発電された再エネ電力を、一般の電力システムを介して当該電力の購入者に供給する契約方式のことである。これに対してオンサイト PPA とは、発電事業者が需要家の敷地内に太陽光発電設備を発電事業者の費用により設置して所有・維持管理した上で、発電設備から発電された電気を需要家に供給する仕組みである。

#### (\*)3 コンパクトシティ

人口減少や高齢化による人口問題を解決するため、全国の中で特に地方自治体に取り組んでいる都市構造のことである。居住を公共交通沿線や日常生活の拠点に緩やかに誘導し、人口集積を維持・増加させて居住と生活サービス施設との距離を短縮する。これにより、生活サービス施設の立地と経営を支え、市民の生活利便性を維持することを狙いとしている。

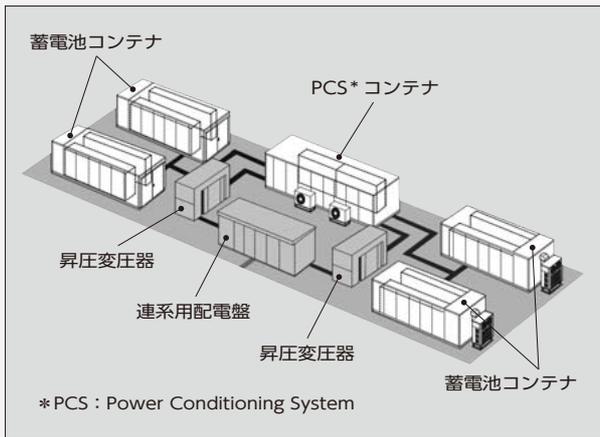


図3 系統用蓄電システムの構成

のニーズが拡大してくると想定している。送配電分野では、系統用蓄電池を運営する蓄電事業者が増加しており、各種市場（電力卸市場・需給調整市場・容量市場）で取引を行うための系統用蓄電池が急増している。図3に系統用蓄電システムの構成を示す。需要家では、需要のピークカットや、再エネをムダなく使用するために蓄電池の導入が始まっており、電力料金の高騰や環境対策の観点から、今後、増加していくと想定している。

富士電機は長年、蓄電池を使った電力安定化技術や、各種実証実験を経て高度化させてきた。また、さまざまなメーカーの蓄電池を適用できるようにPCS（Power Conditioning System）や制御システムを進化させてきた。現在、制御ソフトウェアのパッケージ化を進めており、より低価格で高性能な蓄電システムの展開を目指している（138ページ、「電力の安定供給に貢献する系統用蓄電システム」参照）。

(4) 分散型電力システムの設計シミュレーション技術

近年、脱炭素先行地域をはじめ、さまざまな地域で地域マイクログリッドの導入の検討が進んでいる。図4に地域マイクログリッドのシステムモデル例を示す。地域のカーボンニュートラルの実現に有効であると考えられており、その実現のためには地域の再エネを地域でムダなく使う地産地消が必要となる。もう一つの目的に、地域のBCPがある。自然災害などによる停電時でも、重要施設（病院や避難所など）へのエネルギーの供給を継続させることが求められている。数多くの設備が複雑に関係するこのようなグリッドの設計は非常に難しく、さまざまな検討や実証研究が必要である。富士電機では、これまでの実証試験で得た知見と電力システムのシミュレーション技術により、グリッドの設備設計を支援する設計シミュレータを開発し、シミュレーションサービスを行っている。

このシミュレータは、地域マイクログリッドの構成により、最適な設備容量を算出するとともに、電力品

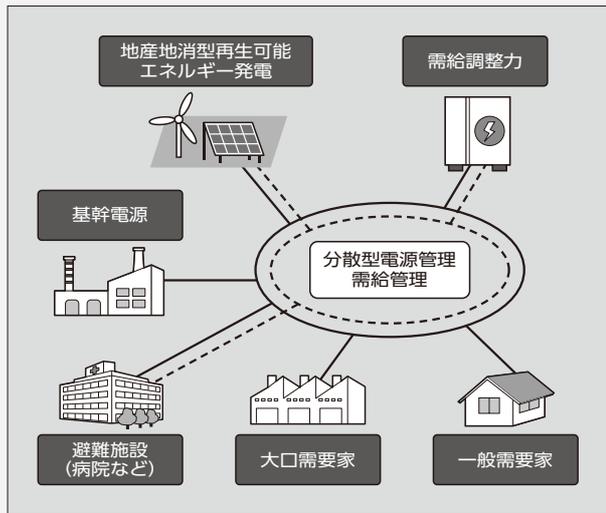


図4 地域マイクログリッドのシステムモデル例

質評価を行うものである。現在、機能拡充を行っており、再エネ発電事業者向けの蓄電設備の設計や運用計画の検証を行う機能などを開発している（145ページ、「新たな分散型電源システムの設備導入に向けた設備設計シミュレーション技術」参照）。

2.3 交通・輸送分野

(1) 交通・輸送分野の取組み全般

運輸部門のCO<sub>2</sub>排出量で約8割を占める自動車において、CO<sub>2</sub>排出量の削減を図るため、次世代自動車の普及促進が進められている。燃費規制の活用や導入支援、インフラ整備を図るとともに、ICT（Information and Communication Technology）技術を活用した交通流の円滑化の取組みの強化を図っている。また、CO<sub>2</sub>排出原単位の小さい輸送手段への転換として、公共交通の利用促進や、トラック輸送の効率化、海運や鉄道へのモーダルシフトのさらなる推進を図っている<sup>(4)</sup>。

日本の鉄道は世界トップクラスの輸送量を誇り、他の輸送機関と比較して単位輸送当たりのCO<sub>2</sub>排出量が低い環境のトップランナーであるが、さらに「鉄道事業そのものの脱炭素化（鉄道の脱炭素）」「鉄道アセットを活用した脱炭素化（鉄道による脱炭素）」「環境優位性のある鉄道利用を通じた脱炭素化（鉄道が支える脱炭素）」の三つの柱に沿った取組みを推進している。富士電機は、鉄道の脱炭素化に向けて、再エネ、駆動装置高効率化、車両の回生電力を有効活用する自励式電力回生インバータを提供している。

次世代自動車で伸長する電動車市場においては、航続可能距離の向上などが求められており、電力損失の低減、および搭載スペースの制限から高電力密度化と小型化がパワー半導体の大きな課題となっている。富士電機は、シリコン（Si）製RC-IGBT<sup>(\*)</sup>製品を他社に先駆けて開発し、Si製品より大幅に電力損失低減が可

能な炭化けい素<sup>(※5)</sup> (SiC) 製品を開発している。モジュール製品の系列拡大による軽・小型車向けの小型・薄型パッケージ系列の拡充と、電気自動車向けの SiC 新製品の開発を推進している<sup>(5)</sup> (156 ページ、“自動車の電動化に貢献するパワー半導体” 参照)。

### (2) 船舶・港湾分野の取組み

世界各国での 2050 年のカーボンニュートラル実現に向け、港湾の脱炭素化への関心が高まっている。日本における CO<sub>2</sub> 排出量は、製油所、発電プラント、鉄鋼、化学工業などが約 6 割を占める<sup>(6)</sup>。これらの多くは臨海部に立地し、輸出入や運搬に港湾を使う。港湾では、従来の化石燃料から電気への切替え(電化)が進んでいる。さらなる脱炭素化のため、日本政府は港湾・船舶に関連する企業・団体から成るコンソーシアムを構築し、“カーボンニュートラルポ<sup>(※6)</sup>”の実現に向けた検討を進めている。

富士電機は、カーボンニュートラルポ<sup>(※6)</sup>のコンソーシアムに参画しており、自社製品やシステムの標準規格化を視野に検討を推進している。富士電機は、これまでも港湾・船舶のカーボンニュートラルに取り組んでおり、日本初の完全バッテリー駆動船である“e-Oshima”には、富士電機の電気推進システムが採用されている。また、国内メーカーで唯一、直流配電方式を採用することで、電力変換装置の小型化、省スペース化も実現している。他にも、富士電機の陸上電力供給システムは、港に停泊する船舶への電力供給を担う。船舶が港に停泊する際、船舶内の発電機(ディーゼルエンジン)を停止させ、船舶に必要な電力を陸上から送電することで、CO<sub>2</sub> 排出量削減に貢献している。本システムは、業界トップクラスの大容量・小型化を実現した。

カーボンニュートラルポ<sup>(※6)</sup>の構築を通して、大幅な脱炭素化に貢献している(151 ページ、“船舶・港湾分野におけるカーボンニュートラルへの取組み” 参照)。

## ③ 新製品・新技術

### 3.1 全体像

社会課題あるいは顧客課題解決に向けた取組みとして、新しい価値を創出する新製品の開発に取り組んで

いる。この取組みの一つとして、新製品開発に特化したプロジェクト室を立ち上げ、2023 年 2 月に閣議決定された“GX 実現に向けた基本方針”や顧客への直接ヒアリングによる将来動向の調査結果を基にしたロードマップを独自に策定することで、新製品の市場展開時期を想定しながら開発を進めている。

脱炭素社会の実現に向け、省エネ技術のさらなる深掘りや社会的な変化点となる燃料転換に対応した新製品開発の取組みと展望を述べる。

## 3.2 省エネ

### (1) 省エネの取組み全般

省エネの観点による新製品創出では、小売業における店舗の脱炭素化に向けた店舗トータル省エネソリューション、工業熱プロセスの排熱を活用した蒸気発生ヒートポンプ、冷熱を発生させるエジェクタ冷却機による熱の省エネソリューションの開発を進めている。

また、太陽光発電拡大や水素燃料電池、蓄電池、電気自動車などの普及により需要家の直流負荷が増加することを想定し、既存の交流配電システムに対して変換ロス低減による省エネ効果が期待できる直流配電システムの検討も進めているので、その取組み状況を述べる。

### (2) 店舗の省エネ化

昨今の環境配慮意識の高まり、エネルギーコスト高騰を背景として、コンビニエンスストアにおいても省エネは重要な経営課題として認識されている。富士電機は、店内の快適性を損なうことなく、高い省エネ性能を実現する技術の開発に取り組んでいる。店舗内の快適性と消費電力量は、天気や季節に大きく影響を受ける。これらを把握するために、店舗全体をモデル化し、さまざまな条件を再現するシミュレータを開発した。なお、快適性を定量的に評価するために、人間の温冷感を指標化した予想平均温冷感申告(PMV: Predicted Mean Vote)を判断指標として採用した。

また、店舗全体の消費電力量を削減するために、消費電力の最大値を下げるピークカットを実現するための店舗内機器の制御技術の開発も進めている。例えば、ショーケースにおいて定期的実施する必要がある熱交換器の除霜動作は消費電力が大きいので、多数ある

#### (※4) RC-IGBT

Reverse-Conducting IGBT (逆導通 IGBT) の略である。モジュールにおいて対で使われる IGBT と FWD をワンチップ化した素子である。IGBT 部と FWD 部が交互に動作するので放熱性に優れ、モジュール内のチップ数を削減できるため、IGBT モジュールの小型化とパワー密度向上につながる。

#### (※5) 炭化けい素 (SiC)

けい素 (Si) と炭素 (C) の化合物である。3C、4H、6H など多くの結晶の構造多形が存在し、構造によって 2.2~3.3eV のバンドギャップを持つワイドギャップ半導体として知られる。絶縁破壊電圧や熱伝導率が高いなどパワーデバイスとして有利な物性を持つため、高耐圧・低損失・高温動作デバイスが実現できるとして実用化が進められている。

#### (※6) カーボンニュートラルポ<sup>(※6)</sup>

港湾において、水素・燃料アンモニアなどの大量・安定・安価な輸入・貯蔵などを可能とする受入れ環境の整備や、港湾オペレーションおよび港湾立地産業の脱炭素化を図り、脱炭素化社会の実現に貢献していく港湾のことである。

熱交換器の除霜タイミングが重ならないように制御することで最大消費電力を抑えることができる。他にも、ウォークインショーケースや空調機を制御する技術も開発を進めている（162 ページ、“コンビニエンスストア店舗向け省エネルギーソリューション” 参照）。

(3) 工業熱プロセスの省エネ化

富士電機では、長年にわたり自動販売機に適用して培ってきたヒートポンプ技術を独自に発展させ、主に産業分野における未利用エネルギーから効率的に熱エネルギーを回収し、産業分野のさまざまな加熱プロセスや冷熱プロセスに再利用する排熱回収技術、電化技術に取り組んでいる。2018 年には、60℃以上の排温水から排熱を回収して 120℃の飽和蒸気を出力することができる排熱回収型の蒸気発生ヒートポンプを発売した。小型で分散配置可能な製品として、飲料製造における殺菌工程や、半導体工場でのクリーンルームの加湿工程などに導入が進んでいる。

飲料工場での殺菌工程への適用例として、図 5 に新たな飲料殺菌の熱プロセスを示す。ここでは、加熱殺菌用の蒸気の供給源として蒸気ボイラと蒸気発生ヒートポンプを併用する。加熱殺菌後に排出される 70℃以上の排温水が持つ熱エネルギーを、ヒートポンプにより回収して高温の蒸気を発生することにより、蒸気ボイラが消費する燃料を減らして CO<sub>2</sub> の排出量を削減できる。さらに、高温蒸気発生ヒートポンプから排出される 60℃以上 70℃未満の比較的低温の排温水は、これまでは有効活用されてこなかったが、エジェクタ冷却機を適用すれば、この低温の排温水からさらに熱エネルギーを回収し、チラーと組み合わせることにより冷水を高効率に生成することができる。

排熱回収技術の適用分野のさらなる拡大を目指して、より高い 150℃の飽和蒸気を発生する高温蒸気発生ヒートポンプの開発を進めている。高温の蒸気を効率良く発生するために、排温水から排熱を回収する部分

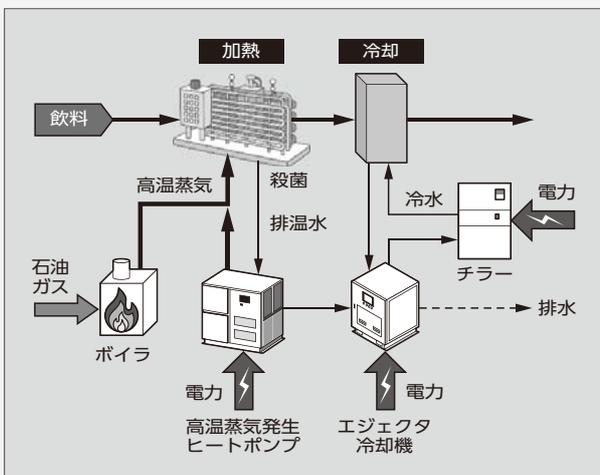


図 5 新たな飲料殺菌の熱プロセス

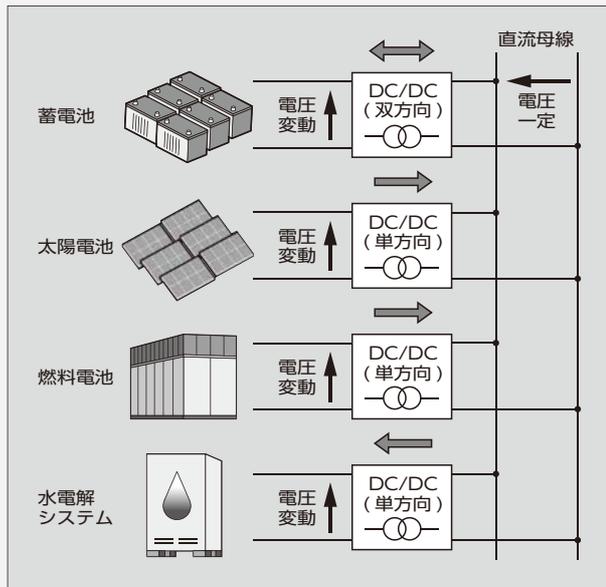


図 6 再エネの直流配電システム

と高温熱源で水を沸騰させる蒸気発生部の二つの圧縮膨脹サイクルを、同時に実現できるスクロール方式の 2 段圧縮機構を開発している。スクロールの外周から中心までの間を分割構造とし、外側を低段圧縮室、内側を高段圧縮室とすることにより、一つの圧縮機構で 2 段圧縮を実現する。この分割構造では、圧縮室間の冷媒逆流による圧縮動力の増大が懸念されるが、圧縮室の圧力を均圧化する圧縮室連通溝構造により逆流を抑制することができている（175 ページ、“熱プロセスの電化に貢献する排熱回収・利用技術” 参照）。

(4) 直流配電システム

カーボンニュートラルの実現に向けて、動力源を従来の内燃機関から蓄電池に替えた電気自動車や電気推進船、あるいは CO<sub>2</sub> を排出しない燃料電池を動力源とする燃料電池自動車や燃料電池船、燃料電池建設機械の実用化も検討が進んでいる。蓄電池や燃料電池など直流で動作する機器を高効率に利用するために、直流配電システムは有力な手段の一つである。図 6 に再エネの直流配電システムを示す。

富士電機は、高効率な直流配電システムの構築を可能にする DC/DC コンバータを開発している。その回路構成として、広範囲の入出力電圧で高い変換効率を維持できるデュアルアクティブブリッジ（DAB：Dual Active Bridge）を採用し、容量 200 kW の試作機により定格条件で変換効率 98% を達成している（170 ページ、“高効率な直流配電システムの構築を可能にする DC/DC コンバータ” 参照）。

3.3 燃料転換

(1) 燃料転換の取組み全般

社会的な変化点となる燃料転換に貢献する新製品開

発の取組み状況において、水素燃料に関しては、その活用として市販の車載用燃料電池を活用した開発を進めている。

また、水素・アンモニアの流通を実現する上で必要不可欠な計測技術の開発も進めている。

(2) 水素活用（燃料電池）

カーボンニュートラル社会の実現に向けて、水素を有効活用する手段の一つに燃料電池がある。燃料電池は、燃料を燃焼させることなく電気化学反応により発電するため、排ガス中に大気汚染物質をほとんど含まず、低騒音・低振動であり、発電出力が小さくても高い発電効率が見られるという特徴がある。そのため、自動車、荷役機械などの移動体用から家庭・事業所などの定置用まで、さまざまな用途への適用が期待されている。

燃料電池は、使用される電解質の種類によって、アルカリ形、熔融炭酸塩形、リン酸形、固体酸化物形、固体高分子形などの種類があり、それぞれの特徴に合わせて製品化されている。富士電機は、1961年からさまざまな種類の燃料電池の開発を開始し、リン酸形燃料電池においては、1998年に商品機を発売し、これまでに137台を納入した<sup>(7)</sup>。

長年の開発を通じて獲得した知見を生かして、現在、純水素を燃料に用いる固体高分子形燃料電池システムを開発している。図7に工場施設向け120kW燃料電池実証機の外観を示す。このシステムは、信頼性が確認されている車載用燃料電池モジュールを採用し、富士電機の保有する燃料電池の制御・メンテナンス技術や電気機器を組み合わせたシステムであり、産業向けの定置用のみならず、港湾クレーンや船舶などの移動体用途をもターゲットにしている（166ページ、「水素社会の実現に貢献する燃料電池ソリューション」参照）。

(3) 水素・アンモニア計測技術

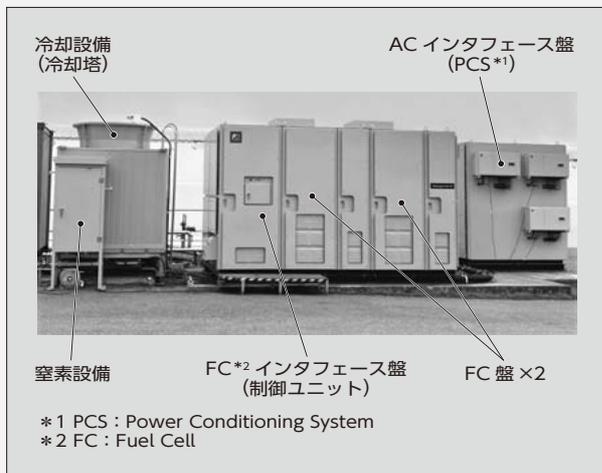


図7 工場施設向け120kW燃料電池実証機

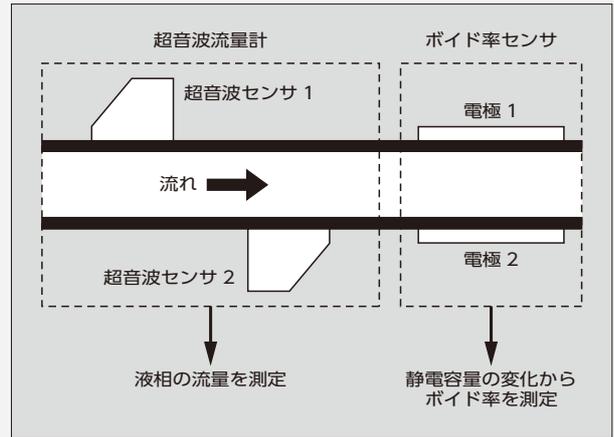


図8 混相流量計の構成

水素は、一般的なガス分析計で計測に使われる赤外線吸収強度が低く、毒性のあるアンモニアは、安全性の確保が必要であり、漏えいがないことを確認する計測機器として、極めて低い濃度（数ppm以下）を測定できなければならない。このため、水素とアンモニアのガス濃度測定では、高感度化が共通の課題となっている。高感度化のためにはノイズの影響を除去する技術が重要であるため、ウェーブレット変換方式を採用した。

さらに、水素・アンモニアに対しては、気相と液相が混在する混相流を測定できることが望まれている。

図8に開発中の混相流量計の構成を示す。

液体の流量を測定する超音波センサ<sup>(8)</sup>と、単位体積の混相流体中に気相が占める体積割合であるボイド率を測定するボイド率センサから構成される。超音波センサによる流量測定については、従来からの伝搬時間差方式に加えて、気泡がある状態で測定することができるパルスドップラー方式でも動作する構成を検討している。測定したボイド率に基づいて、超音波センサの流量測定方式を伝搬時間差方式とパルスドップラー方式のいずれか精度の高い方に切り替えることで、混相流の流量を安定して測定することが可能になる（179ページ、「水素・アンモニアの普及を支える計測技術」参照）。

4 あとがき

富士電機のカーボンニュートラルに関する現状の取組みと今後の新製品創出の展望を述べた。これからも環境にやさしい機器とシステムにて、社会のカーボンニュートラルの実現に貢献していく所存である。

参考文献

- (1) “Climate Change 2023 Synthesis Report”. IPCC. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/>

report/IPCC\_AR6\_SYR\_LongerReport.pdf, (参照 2023-8-30).

- (2) “日本国温室効果ガスインベントリ報告書 2023年”. 国立研究開発法人 国立環境研究所. [https://www.nies.go.jp/gio/archive/nir/jqjm1000001v3c7t-att/NIR-JPN-2023-v3.0\\_J\\_gioweb.pdf](https://www.nies.go.jp/gio/archive/nir/jqjm1000001v3c7t-att/NIR-JPN-2023-v3.0_J_gioweb.pdf), (参照 2023-8-30).
- (3) “GXリーグ基本構想”. 経済産業省. 2022-02-01. [https://www.meti.go.jp/policy/energy\\_environment/global\\_warming/GX-league/gxleague\\_concept.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/GX-league/gxleague_concept.pdf), (参照 2023-08-30).
- (4) “令和4年度版国土交通白書”. 国土交通省. 2022-06-21. <https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001486961.pdf>, (参照 2023-08-30).
- (5) 佐藤悠司ほか. xEV向けIGBTモジュールの高電力密度化を実現するパッケージ技術. 富士電機技報. 2022, vol.95, no.4, p.185-188.
- (6) “カーボンニュートラルポート (CNP) の形成に向けた施策の方向性”. 国土交通省. <https://www.mlit.go.jp/>

kowan/content/001448303.pdf, (参照 2023-8-30).

- (7) 高野洋ほか. 各種燃料電池の研究・開発と 100 kW リン酸形燃料電池の商用化. 電気化学. 2023, vol.91, no.3, p.358-361.
- (8) 矢尾博信ほか. ハイブリット超音波流量計. 富士時報. 2004, vol.77, no.6, p.432-435.



### 大野 健

系統監視制御およびエネルギーマネジメントシステムのエンジニアリング業務に従事。現在、富士電機株式会社エネルギー事業本部エネルギーマネジメント事業部長。電気学会会員。



### 外山 健太郎

パワエレシステム、変電機器の研究開発に従事。現在、富士電機株式会社インダストリー事業本部開発統括部長兼エネルギー事業本部開発統括部長。日本機械学会会員、日本 AEM 学会会員。





\*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。