

社会・産業インフラを支える環境・省エネルギー技術の現状と展望

Current Status and Future Outlook of Environmental and Energy-saving Technology that Supports Public and Industrial Infrastructures

川村 逸生 Itsuo Kawamura

横幕 博行 Hiroyuki Yokomaku

2008年後半、アメリカの金融危機に端を発した世界的経済危機が発生した。この危機を乗り切るために、地球環境保護をキーワードとした経済対策が行われ、世界各国で環境製品が注目を集め導入機運が高まっている。富士電機は、受変電分野や道路・交通分野、クリーンルーム分野、データセンタ分野など基盤分野と位置付けられる社会・産業インフラを支える産業プラントの領域でも、さまざまな省エネルギーや環境に配慮した新技術に挑戦している。“エネルギー・環境”で新たな時代の要求に応え、持続可能な社会の実現に貢献している。

To overcome the global economic crisis triggered by the financial crisis in the latter half of 2008, economic measures with a focus on environmental protection are being implemented. Throughout the world, eco-friendly products are attracting attention, and efforts to introduce such products are gaining momentum. Fuji Electric is working to develop various energy-saving and eco-friendly technologies for industrial plants that support public and industrial infrastructures in basic areas such as electrical substations, roads and transportation, clean rooms, data centers and the like. By responding to the demands of a new era with “energy-saving” and “eco-friendly” technologies, Fuji Electric intends to contribute to the realization of a sustainable society.

1 まえがき

世界規模での異常気象や温暖化を防止するため、気候変動枠組条約第3回締約国会議（COP3、京都会議）において、温室効果ガス削減の取組みが議決されて既に10年になる。日本の削減目標は2012年までに1990年基準で6%の削減であったが、図1に示すように、削減は思うようにはかどらず、目標を達成するためには抜本的な対策を打つ必要がある。

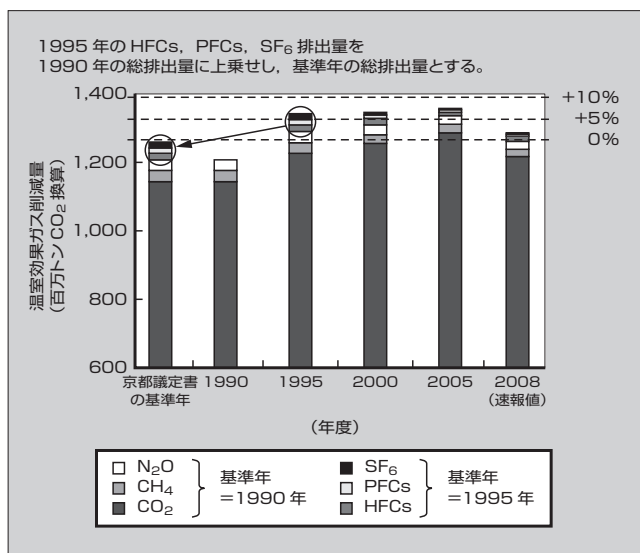
各国で温室効果ガス削減が思うように進まない中、2008年後半にアメリカの金融危機に端を発した世界的経済危機が発生した。これを乗り切るための経済対策では、オバマ政権のグリーンニューディール政策に代表されるように環境がキーワードとなっていることが特筆すべきことである。

日本では、鳩山首相が2009年9月の気候変動首脳会合（気候変動サミット）で、温室効果ガス排出量を2020年までに25%削減することを表明した。日本においても、地球環境に配慮した設備、装置への投資意欲が非常に活発になっている。“エネルギー・環境”対応の機器や設備が今後大きな分野に成長し、産業界をリードしていくことが期待されている。

富士電機では、“エネルギー・環境”をキーワードに、太陽電池や風力発電、燃料電池などの再生可能なクリーンエネルギー製品や、パワーエレクトロニクス（パワエレ）技術を適用した省エネルギー（省エネ）製品を市場に展開し、持続可能な社会の実現に貢献したいと考えている。

本稿では、社会・産業インフラを支える産業プラント分野における環境、省エネについて、①受変電分野、②道路・交通分野、③クリーンルーム分野および④データセンタ分野の取組みを紹介する。

図1 日本の温室効果ガス排出量



2 受変電分野

受変電機器は、電力会社から送電されてくる超高压の電力を、工場やビルなどの需要家が使用できる電圧に変換するものである。近年はこれに電力品質を向上する機能も付加されている。

代表的な装置として、開閉装置、変圧器、パワエレ応用機器〔無停電電源装置（UPS）、加熱機器、電力補償装置〕などがある。次に各機器の現状と最新技術を紹介する。

(1) 開閉装置

SF₆は絶縁性能と消弧性能に優れ、ガス絶縁開閉装置用の絶縁、消弧媒体として広く利用されている。しかしながら、SF₆の地球温暖化係数（GWP）は、CO₂の約23,900倍である。このためSF₆は規制対象ガスの一つに指定され、

表1 パームヤシ油と鉱油の特性比較

比較項目	条件	パームヤシ 脂肪酸エステル	鉱油
密度 (g/cm ³)	15℃	0.86	0.88
動粘度 (mm ² /s)	40℃	5.06	8.13
引火点 (℃)	開放式	176	152
流動点 (℃)		-32.5	-45
全酸価 (mgKOH/g)		0.005	0.01
比誘導率	80℃	2.95	2.2
体積抵抗率 (Ω・cm)	80℃	7.1×10 ¹²	7.6×10 ¹⁵
絶縁破壊電圧 (kV)	2.5mm	81	70~75

使用量および放出量の削減が大きな課題となっている。

課題解決のため、代替ガスの研究・開発が各社にて活発に行われている。現在では、自然ガスの中で最も絶縁性能が高く、安全な乾燥空気が選定されている。富士電機では、乾燥空気を使用した72kVクラスまでのガス絶縁開閉装置の開発を完了しており、今後も適用拡大が期待される。

(2) 変圧器

変圧器は用途や使用条件などに応じて、油入変圧器、モールド変圧器、ガス変圧器などを使い分けている。油入（鉱油）変圧器が最も一般的に普及しているが、ビルの屋内、地下設備や商業地域などの防災を考慮する必要がある場所へはモールド変圧器やガス絶縁変圧器などの難燃性変圧器が適用されている。

また、鉱油入変圧器に代わる対環境性能を持つ変圧器として、大豆や菜種などを絶縁油の原料とした植物油入変圧器が商品化されている。富士電機は環境にやさしく、かつ性能が高く、信頼性・安定性に優れたパームヤシを原料とした新しい変圧器を開発し、製品化している。パームヤシ油と鉱油の特性比較表を表1に示す。

(3) パワエレ応用機器

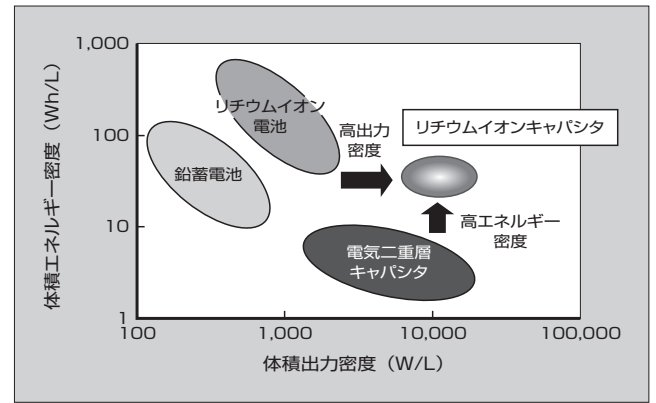
受変電設備に使用する代表的なパワエレ応用機器として、周波数変換装置や無効電力補償装置、UPSがある。特にUPS分野では、蓄電デバイスとしてエネルギー密度と環境への配慮の観点から従来採用された鉛蓄電池に代わり、電気二重層キャパシタなどを適用した製品が実用化されている。富士電機では、電気二重層キャパシタより大きな出力が可能なりチウムイオンキャパシタを採用した瞬低対策装置を製品化した。各エネルギー貯蔵デバイスの特性比較を図2に示す。

誘導加熱装置も省エネ、CO₂削減機器として注目されている。食品の加熱・殺菌分野では従来ボイラの飽和蒸気を利用していたが、誘導加熱技術を用いると短時間で効率的に過熱蒸気を発生することが可能で、地球環境にやさしいシステムとして注目を集めている。

③ 道路・交通分野

産業プラント分野の道路・交通分野への納入機器としては、受変電やUPS機器、遠方制御機器、電気集じん機、

図2 各蓄電デバイスのエネルギー密度と出力密度



換気機器、ETC 機器が挙げられる。各機器の小型化や省エネ化、環境対応技術の適用が進んでいる。

(1) 電気集じん設備

電気集じん設備は、開発当初はトンネル内の空気を清浄化し、ドライバーの視環境を確保する目的で設置されてきた。近年は、視環境確保以外に、トンネル出口近隣などの環境対策の目的で設置されるケースも増えてきている。このため、小型化や省メンテナンス化、高性能化の要求が強くなってきている。電極形状の変更やパワエレ技術を適用した高周波インバータ技術の適用を行い、市場ニーズに添えている。

(2) ETC

高速道路の料金所付近での渋滞に起因した排ガスの増加による周辺環境や地球環境への影響を削減するため、2000年ごろからETC（自動料金支払いシステム）の普及が始まった。金融危機に起因した経済危機対策の一環として、高速道路通行料の減額や無料化が実施、検討され、ますます料金所付近での渋滞が懸念されている。ETC 搭載車が80%を超える中、保守性や対環境性能の向上を意図した新しい製品が求められている。

④ クリーンルーム分野

クリーンルーム（CR）は、半導体や液晶表示パネル（LCD）、電子部品、精密機械などのインダストリー分野および医薬品・食品などのバイオテクノロジー分野などに幅広く利用されている。インダストリー分野では半導体の微細化、液晶の大型化が進んでいる。生産性を向上させるため製造工程では歩留りやスループットを向上させるための取り組みが行われている。また、一般空調よりもエネルギー消費量が多大であるので、省エネの取り組みも重要である。

富士電機はCRシステムで培ったノウハウを生かして、製造プロセスに直結した課題を解決する制御アイテムについて、さまざまな観点から開発に取り組んでいる。その概念を図3に示す。

(1) クリーンルームの技術動向

CR技術は、プロセス微細化と大型化に対応して発展してきた。パーティクル制御、温度湿度制御、気流制御、ケ

ミカル汚染制御など要求精度の高度化が求められている。従来は、CR 全体を制御対象としたボールルームが構築されてきた。最近では、製造装置などの必要な領域だけを制御するミニエンバイロメント化方式が採用され、省エネやコスト削減が図られている。したがって、個別装置に対応し、かつインライン対応のCR 機器が必要である。また、自動化に対応するための搬送装置などでは、搬送車の大型化や高速の動きにより発塵（はつじん）や気流の乱れが生じ、歩留り低下の要因となっていて、この動的気流をコントロールする技術が求められている。

CR システムを構築するためのエンジニアリングツールとして、三次元CG、三次元気流・熱シミュレーション、気流可視化などを使用し、社内実験設備においてさまざまな課題の事前検証が可能である。図4 に気流可視化の例を示す。社内実験室に持ち込んだ実機を走行させ気流可視化と気流制御により課題解決し、液晶工場向けに最適なCR を提供している。

(2) クリーンルーム機器

CR 関連機器として、CR 付帯機器や製造ライン用の装置対応機器、CR 内の環境監視機器などをラインアップしている。次に代表例を示す。

- (a) CR 付帯機器：FFU（ファンフィルタユニット）、クリーン冷却装置、クリーンエアーカーテン、クリーンブース

FFU は、現在のCR において最も多用されている機器である。従来のAC モータからDC モータに替わり30% 程度の省エネ化とともに風速を自由にコントロールできる。十数万 m² の大規模な液晶工場のCR ではFFU が2万から3万台にもなり、集中監視制御を行っている。さらに、FFU1 台ごとにコントローラを取り付けるのではなく、複数台（4台）のFFU をまとめて1台のコントローラで制御する製品を多数納入している。FFU を高効率化するため、構成部品のコントローラ、モータ、ファンの最適化を図った総合効率60% の製品を納入した（当社従来比10%UP）。また、CR のミニエンバイロメント化に対応したクリーン冷却装置、ク

リーンブース、装置対応FFU あるいは清浄度の異なる空間を効率よくクリーン化できるクリーンエアーカーテンなどを提供している。

- (b) 装置対応機器：露光前精密温調装置、超精密サーマルブース、装置対応FFU

露光前精密温調装置は、TFT のアレイ工程に使用されるもので大型ガラス基板の面内温度を短時間で±0.2℃以内に均一化する。この装置の性能は露光装置のスループットに大きな影響を及ぼす。

超精密サーマルブースは、高精度な工程で要求される温度精度±0.005℃を保証している。富士電機のアドバンストPID制御は、外乱影響を最小限とし短時間で温度精度の安定化が図れる。

装置対応FFU は、製造装置に搭載できるように薄型・軽量とした。

- (c) 環境監視機器：環境センサ、風向風速センサ

CR 内の環境監視や見える化のために使用する環境センサは、パーティクル、温度、湿度、差圧などを同時にオンラインで測定する。風向風速センサは、コンパクトな寸法で装置のL/UL（ロード/アンロード）部分や清浄度の異なる空間の境界などに簡単に設置でき、気流の方向と風速を測定し、CR のクロスコンタミネーションコントロールの支援ツールとして活用できる。環境センサや風向風速センサを分散最適配置すると、CR 内の異常や変化が起きている場所を特定し、分析や評価につなげられる。また、これらのセンサをFFU などと連動させCR 内の環境を最適化することもできる。

5 データセンタ分野

データセンタは、インターネットの普及により世界各地で建設されている。このデータセンタの国内市場規模は年間1.3兆円、あるいはインフラの設備投資規模は年間2,000億円ともいわれ、今後ますます増大する傾向にある。また、情報通信機器の国内消費電力量は、2025年には全体の消費電力量の20%前後を占めるといわれている。このデータセンタは、セキュリティや安全などの要求とともに、省エネ化が必要不可欠なものである。

図3 クリーンルームで要求される環境制御

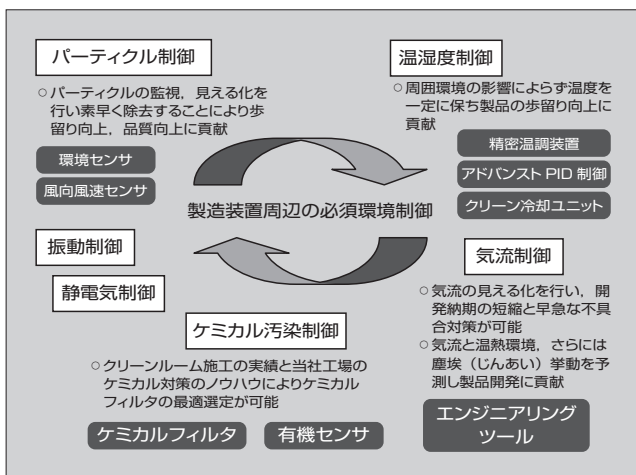
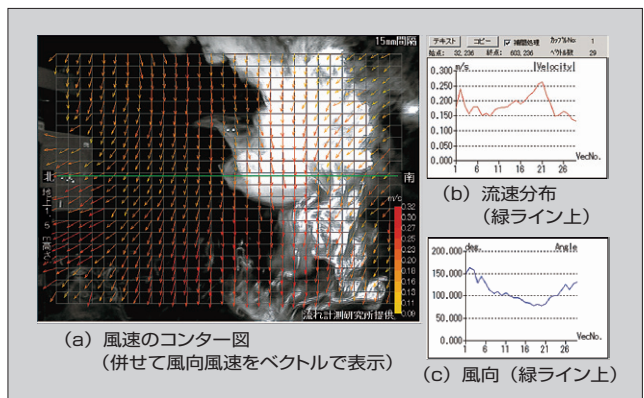


図4 ガラス基板のロード/アンロード部分の気流可視化の例



(1) データセンタの省エネ化と製品

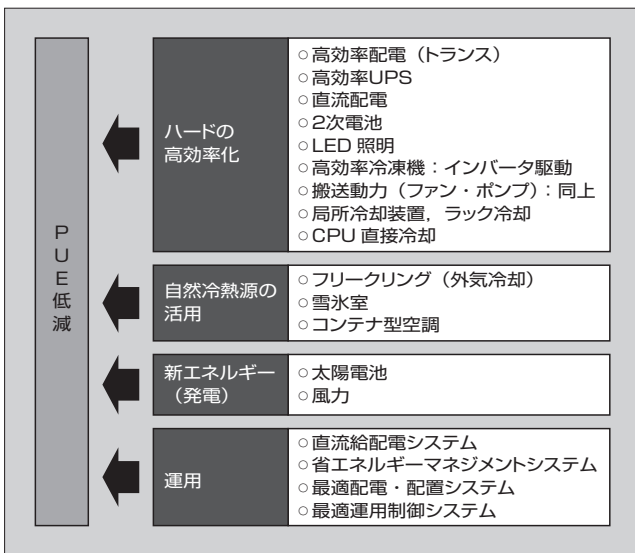
データセンタのエネルギー使用量のうち、現状では空調が37%と大きなウェイトを占めている。さらにサーバ本体が50%を消費している。残り50%は空調を含め、UPS、配電、照明などで消費している。いわゆる電力使用効率(PUE) (85ページ「解説」参照) が2となる。PUEをいかに低減させるかが今後の課題でありさまざまな取組みがされている。例えば、機器の高効率化やインバータ運転の採用、空調関連ではシステムや機器の成績係数(COP) (85ページ「解説」参照) の向上、自然エネルギーの有効利用などが挙げられる。さらに関連機器の現状使用量を個別に把握し、見える化し、効率よく最適に運用するかが重要である。これを実現する最適化マネジメントシステムの構築も必要となっている。図5にPUE低減のアイテムと

図6にPUE低減のステップを示す。

(2) データセンタの熱対策

データセンタの主体であるサーバは熱の塊である。ラック1台当たりの発熱量は4~8kW程度、将来は12~20kW程度の高密度化となることが予想されている。従来は、ゾーン単位の空調機により部屋全体を冷却していた。最近はサーバ当たりの熱負荷が増大しつつあるのでサーバ間の熱アンバランスによって、熱だまり部分ができていた。熱だまり対策として、高COPの結露レス局所空調装置、ホットアイル(高温領域)とコールドアイル(低温領域)の間仕切りをするアイルキャップなどの効率的な熱除去を行う省エネ化製品を商品化した。また、サーバの電力量の集中監視を行い、増設や移設時に各サーバに最適かつ効率的に給電可能な支援ツールを提供している。

図5 電力使用効率(PUE)低減のアイテム

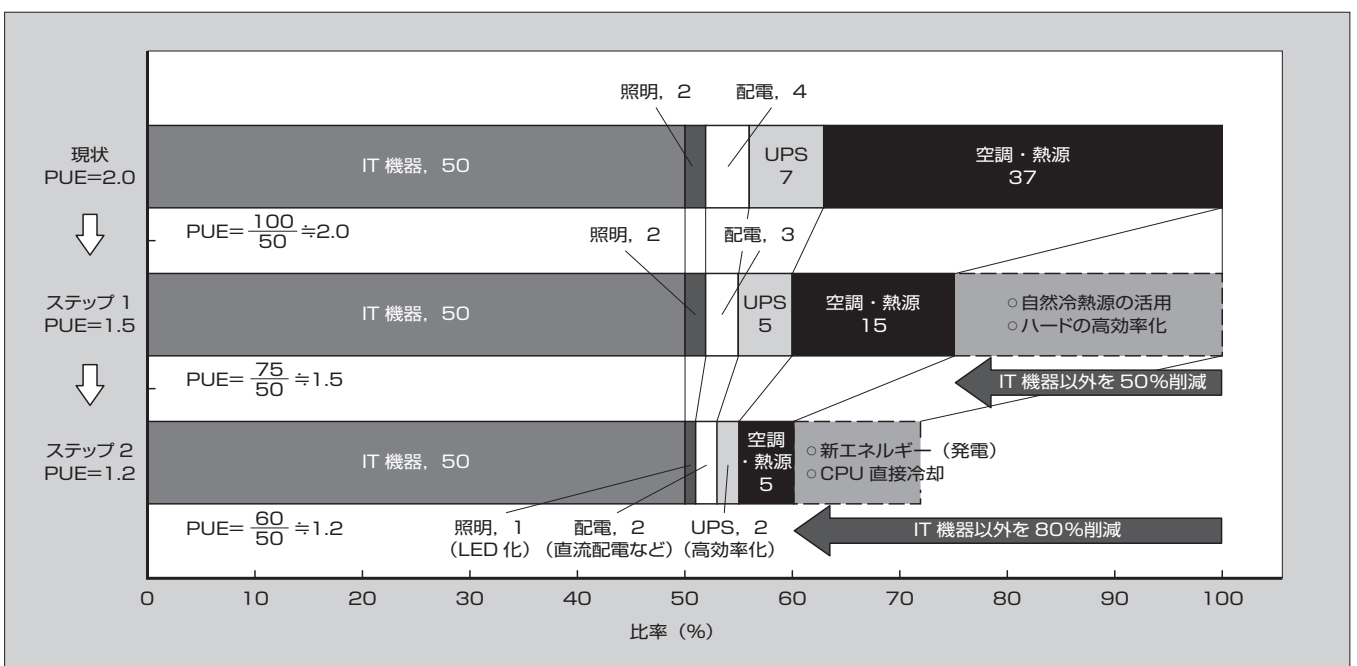


⑥ あとがき

今後、中国やインドに代表される発展途上国の経済発展により、地球環境を取り巻く状況はますます厳しくなっていくことは明らかである。その点からも、環境対策技術が重要性を増していくと考える。現在注目を浴びている再生可能エネルギーや自動車、家電分野での環境対応、省エネルギー対応だけでなく、社会・産業を支える基盤分野でも、環境対応、省エネルギー対応製品の開発を進める必要がある。

受変電、道路・交通分野においては、都市部を中心に乾燥空気や植物油を採用した環境配慮型変電技術や道路網の地下化に伴う空気のさらなるクリーン化技術への期待が大きい。クリーンルーム分野においては、半導体の微細化や液晶の大型化への技術革新が進展しており、クリーンルームに対する要求も多様化していくものと考えている。また、

図6 電力使用効率(PUE)低減のステップ



データセンタ分野においては、クラウドコンピュータの時代に入り、さまざまな利用形態への対応が求められている。

今後とも市場ニーズをとらえた技術開発を行い、より良い製品を提供していく所存である。

参考文献

- (1) “温室効果ガス排出量・吸収量データベース”. 独立行政法人国立環境研究所.
<http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir-j.html>, (参照 2010-02-08.)



川村 逸生

パワーエレクトロニクス装置のエンジニアリング、設計、開発に従事。現在、富士電機システムズ株式会社産業プラント事業本部第一統括部長。電気学会会員。



横幕 博行

クリーンルームエンジニアリング業務に従事。現在、富士電機システムズ株式会社産業プラント事業本部第二統括部長。電気設備学会会員、空気調和・衛生工学会会員。





*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。