

エネルギー・環境ソリューションにおける電源技術

安東 圭司 (あんどう けいじ)

松原 正剛 (まつばら まさかた)

軽部 邦彦 (かるべ くにひこ)

特集

1 まえがき

1997年に採択し、2005年に発効した「京都議定書」では、2012年までに温室効果ガスの6%（対1990年）削減を求めている。

化石エネルギー消費などに伴う温室効果ガスの排出量を大幅に削減し、世界全体の排出量を自然界の吸収量と同等レベルにする必要がある。そして、生活の豊かさを実感する社会、いわゆる低炭素社会の構築が世界の潮流である。

しかしながら、インターネットに代表される情報化社会の進展は、情報量を爆発的に増大させ、2003年からの3年間に世界中で、人類が過去30万年にわたって蓄積してきた以上の情報蓄積が行われたという。その処理に必要とされるコンピュータの電力消費の急増につながっている。

米国の「サーベンス・オクスリー法」(SOX法：Sarbanes-Oxley Act) 施行や日本での商法改正による企業統制（日本版SOX法：「金融商品取引法」の一部規定）、情報セキュリティの進展に伴い、IDC（Internet Data Center）に委託（アウトソーシング）する大手企業が増加している。IDC市場は規模3.3兆円（2012年）、年率6%成長となる見込みである。

米国の状況を見ると、2006年から2011年までの5年間でIDCの総電力消費量は2倍となり、原子力発電所10基の新規建設を必要とするほどである。日本国内においてもインターネットを駆け巡る情報量は2025年には現状の約200倍になり、IDCでの消費電力は約2.5倍にも達するといわれている⁽¹⁾。IT機器の総電力消費量予測では、2006年は日本全体の電力消費量の約5%を占めていたものが、2025年には約20%に達すると予測されている⁽²⁾。

地球温暖化防止のためには、成長分野であるIDCでの省エネルギー（省エネ）対策も重要な要素であり、IT機器やファシリティ機器の省エネ・高効率化が求められている。

本稿では、エネルギー・環境という視点からIDC分野を中心とした省エネへの取り組みを紹介するとともに、太陽光発電をはじめとする自然エネルギーを利用した低炭素エ

ネルギーや産業分野での省エネへの取り組みについても紹介する。

2 IDCでの省エネルギーへの取り組み

IDCでの主な電力消費は、IT機器関係が30%、電源設備が25%、空調設備が残りの45%を占めている⁽³⁾。IDC分野での省エネ推進のためには各設備での省エネの取り組みが必要不可欠である。

IDCでの有効な電力使用効率の指標としてPUE（Power Usage Effectiveness）（132ページ「解説2」参照）がある。通常IDCではPUEが2.5前後であるが、この値を2未満にすることを目標として効率のよいIDCを目指している。

IDC分野における富士電機の省エネへの取り組みとして、電力消費が高い空調関連設備において、最適な空調システム計画だけでなく、そこで使用する電動機に超高効率な永久磁石形同期電動機（PMモータ）の採用などを提案し、インバータとPMモータで効率94%を達成し、省エネを推進している。

また、電源設備の省エネでは、トッランナー機器類を使用し効率化を図ることは当然であるが、IT機器への電源供給源であるUPS自体をトッランナー機器効率に近づけるため、さらなる高効率化により電源設備自体の省エネを追求している。

さらに、IDCで稼働しているサーバなどのIT機器に内蔵されている電源回路の高効率化・消費電力の低減に取り組むなどIDCシステムにおける空調設備・電源設備・IT機器それぞれでの省エネソリューションに取り組んでいる。

本章では、特に富士電機のパワーエレクトロニクス（パワエレ）技術を生かした電源分野とIT機器分野での省エネへの取り組みについて紹介する。

2.1 IDC電源分野での取り組み

IDCで使用される無停電電源装置（UPS：Uninterruptible Power System）の効率は従来型で91%程度



安東 圭司

パワーエレクトロニクス技術をコアにしたエネルギー・環境事業の企画・開発に従事。現在、富士電機システムズ株式会社ドライブ事業本部車両・特機・電源統括部副統括部長。



松原 正剛

UPSを主体とした電源設備の企画・開発・手配に従事。現在、富士電機システムズ株式会社ドライブ事業本部車両・特機・電源統括部・電源技術部長。



軽部 邦彦

高周波交流電源および直流安定化電源の開発・設計に従事。現在、富士電機ハイテック株式会社設計開発部課長。電気学会会員。

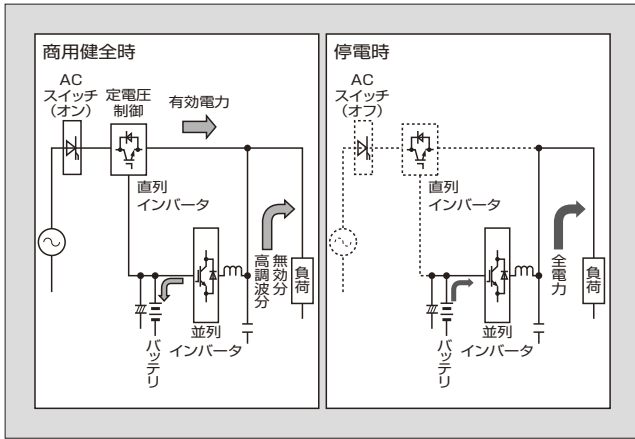
であり、変圧器などの効率に比べるとはるかに悪かった。そこで IDC 向けを主体として、より変圧器の効率に近づけた高効率の UPS (「UPS7000D シリーズ」「UPS8000D シリーズ」「UPS8100D シリーズ」) を開発した。

(1) UPS7000D シリーズの特徴

従来型 UPS に対し、絶縁トランスをなくすことにより効率の向上を図った。500 kVA 機において効率は 95% を達成、損失は従来比 45% 減を達成した。

IDC で主流の 400 V 機とすることで占有面積も従来の約

図 1 UPS8000D シリーズの動作原理



70% にし、スペースの有効活用ができるようにしている。システム構成としては、IDC で採用されている並列冗長システムや最近主流になりつつある待機冗長方式に対応し、個別入力、個別バッテリー方式を採用している。

一方、絶縁トランスをなくしたために UPS 前後が非絶縁となるため地絡協調を考慮する必要がある。また、直送電源と UPS 入力電源が異なる場合は、異なる接地系の切

図 2 UPS8000D シリーズの切換特性

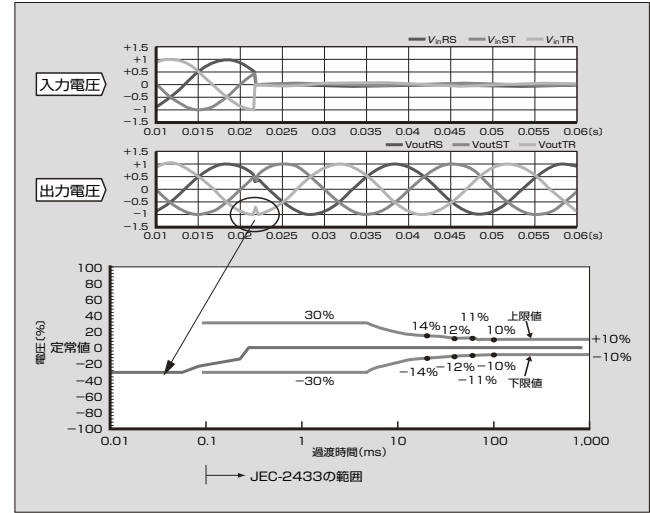


表 1 UPS シリーズごとの機能比較

(注 1)	UPS6000D シリーズ (従来機種)	UPS7000D シリーズ	UPS8000D シリーズ
効 率	91%	95%	98% (Eco モード時)
設置面積 (注 2)	100	70	60 (注 3)
相 数	三相 3 線	三相 3 線	三相 3 線
出力電圧	415V	415V	415V
電圧精度 (整定時)	± 1.0% 以内	± 1.0% 以内	AVR モード時: ± 2% 以内 ECO モード時: 設定値による (± 1 ~ ± 5%)
出力周波数	50 Hz ± 1% バッテリー運転時: ± 0.01%	50 Hz ± 1% または ± 2% バッテリー運転時: ± 0.01%	入力と同じ バッテリー運転時: ± 0.01%
負荷力率	0.7 (遅れ) ~ 1.0 定格 0.8 または 0.9 (遅れ)	0.7 (遅れ) ~ 1.0 定格 0.9 (遅れ)	0.7 (遅れ) ~ 1.0 定格 1.0
過渡電圧変動 (注 4)	± 5% 以内	± 5% 以内	± 5% 以内
電圧波形ひずみ率	2.5% (直線性負荷 100% 時の 全調波の二乗平均値) 5% 以下 (整流器負荷 100% 時の 全調波の二乗平均値)	2.5% (直線性負荷 100% 時の 全調波の二乗平均値) 5% 以下 (整流器負荷 100% 時の 全調波の二乗平均値)	5% 以下
過負荷耐量	125% : 10 分 150% : 1 分	125% : 10 分 150% : 1 分 200% : 2 秒	125% : 10 分 200% : 1 分 800% : 1 サイクル 【停電時】 150% : 10 秒
直流公称電圧	360V	528V	384V
停電切換時間	JEC-2433 クラス 1 準拠	JEC-2433 クラス 1 準拠	JEC-2433 クラス 1 準拠

(注 1) 500 kVA, 415 V, 50 Hz 機での比較
(注 2) 6000 シリーズを 100 とした場合
(注 3) 保守バイパス込みの比較。待機冗長対応時には保守バイパスなしで 7000 シリーズと同等予定
(注 4) 負荷 0 → 100% の場合

換えとなるため、UPSのバッテリー電源を介しての切換え動作となる。

(2) UPS8000Dシリーズ/UPS8100Dシリーズの特徴

従来型のUPSは交流入力をいったん直流に変換し、さらにその直流を交流に変換して出力を行っていたため損失が大きかった。また、絶縁トランスをなくしたとしても変換にかかわる部分の効率は無視できないものとなっている。

富士電機は電源の変換による効率低下を避けるため、直接入力電源を制御して負荷機器の要求に合った電源を供給することで98%の高効率(500kVA機, ECOモード時)とし、損失では従来比78%減を達成している。

通常の運転は、図1に示すように入力電源に対しAVR(自動電圧調整器)補償とアクティブフィルタ補償を行い安定した電源を負荷に供給する。商用電源が停電または低下した場合は瞬時にバッテリーからの給電に切り換え、安定した電源を継続して供給する。

切換え時の過渡電圧特性は図2に示すようにJEC-2433で規定された最も厳しいクラス1を満足(UPS8000Dシリーズ)しており、常時インバータ給電方式と同等の特性を持っている。

当該シリーズは100kVA以上のUPS8000DシリーズとAVR機能を制約した75kVA以下のUPS8100Dシリーズで構成している。

通常の給電は商用電源を主体としているので、UPSの故障時などは同一の商用電源への切換えを標準としていた。並列冗長システムでは問題なかったが、待機冗長システムや入力と直送系の電源が異なる場合のシステムに対応できていなかった。2009年度中にこの機能の拡充によりIDC分野での主流になりつつある待機冗長方式にも対応できるためさらなる適用拡大が見込まれる。

表1に従来機種UPS6000Dシリーズと、ここで紹介したUPS7000D, UPS8000Dシリーズの特徴の比較を示す。システム対応としては、表2に示すように従来のシリーズと同様な対応を可能としている。

2.2 IT機器分野での取組み

コンピュータやサーバなどの装置は、商用電源である100Vや200Vの交流を直流に変換し、CPUやメモリなどに供給する小型電源を搭載している。

図3に示すように、CPU、メモリなどの動作電圧が3.3V, 5Vが主流であったころの従来の給電方式は、集中給電方式であり、電源と装置のマザーボードの間が配線で接続されていた。

最近では動作電圧が1V台に低下しつつあり、配線やマザーボードの配線パターンによるインダクタンスの影響により、負荷の動作に支障を来すようになった。これを抑制するために、図4に示すようにAC入力をいったん12Vあるいは48Vの直流に変換するフロントエンド電源を設け、その後段に可能な限り負荷の直近にDC/DCコンバータを配置することで、上記インダクタンスの影響を低減する分散給電方式がとられるようになってきている。

分散給電方式は集中給電方式と比較すると変換器の段数(直列使用数)が多くなるため、変換効率が劣り省エネの面で不利である。しかしながら、顧客からは集中給電方式と同等、あるいはそれ以上の電源効率が要求されており、その指標として、国際エネルギースタブプログラム(エナジースター)(132ページの「解説2」参照)、CSCI(Climate Savers Computing Initiative)(132ページの「解説2」参照)などの効率規定を満足することが必要である。

表2 UPSシリーズごとのシステム対応比較

項目(概念図)(注1)	UPS6000D シリーズ (従来機種)	UPS7000D シリーズ	UPS8000D シリーズ
単機 	○	○	○
並列冗長 	○	○	○
待機冗長 	○	○	○(注2)

(注1) 500kVA, 415V, 50Hz機での比較
(注2) 2009年度に対応予定

図3 従来の集中給電方式

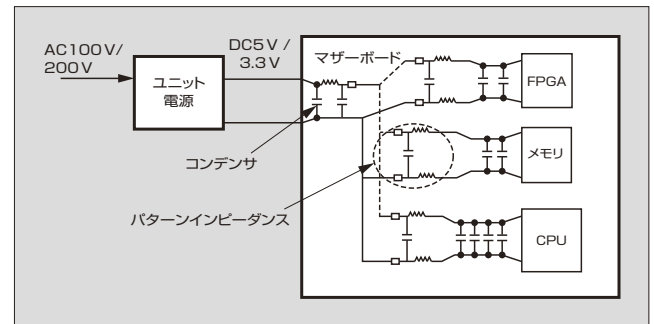
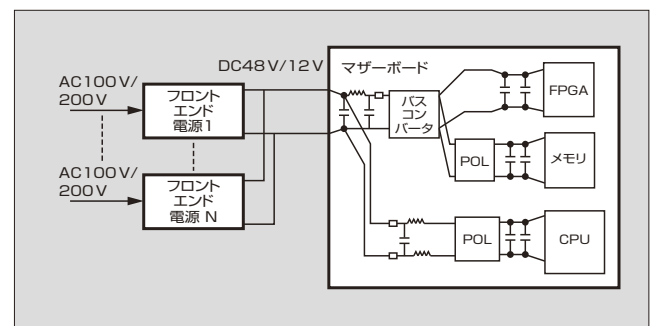


図4 分散給電方式の一例



富士電機ではこれらの規定をクリアするために、変換回路、スイッチング素子、配線構造などに先端的な技術を適用し製品開発を行っている。以下にフロントエンド電源とバスコンバータの例を示す。

(1) フロントエンド電源

図5に出力12V、2kWの製品を示す。

本電源は、エナジースター、CSCIの最も厳しい効率規定である、負荷率50%において92%の効率要求を満足している。外形寸法は100(W)×375(D)×41(H)(mm)である。

(2) バスコンバータ

図6に、入力が直流48V、出力12V、200Wのバスコンバータを示す。

本電源は、業界標準である1/8ブリックサイズ〔22.8(W)×57.8(D)×8.8(H)(mm)〕で、効率92.5%、体積当たりの出力電力が16W/ccと、高効率・高密度化されている。

現在、制御回路のデジタル化に取り組んでいる。制御性能の向上だけでなく、出荷工程での試験工数の低減、ハードウェアの多機種水平展開ができるように開発を進めている。また富士電機グループのデバイス部門と協力し、新素子〔シリコンカーバイド(SiC)MOSFET〕の電源適用に

図5 FH2000U1

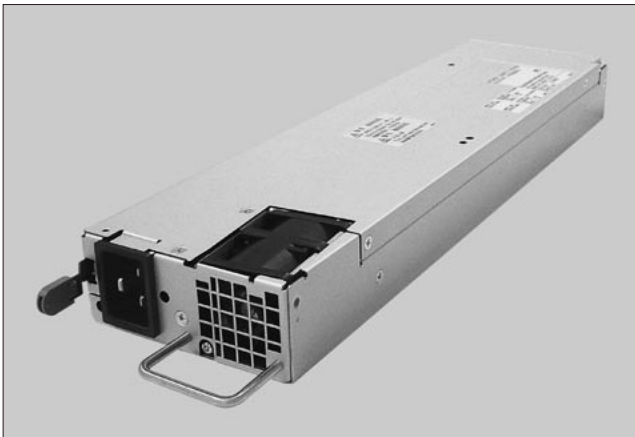
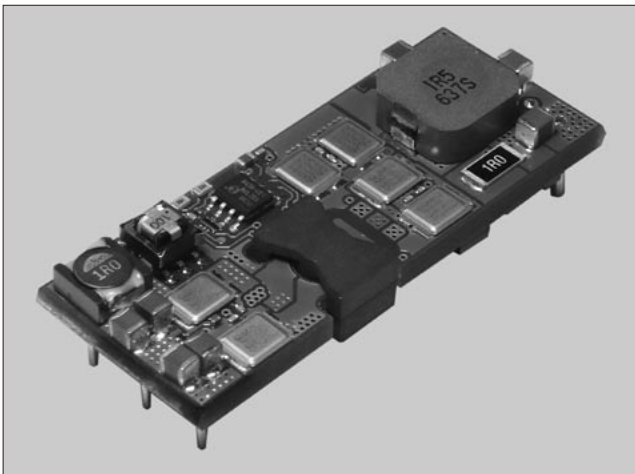


図6 200W バスコンバータ



も注力する予定である。

③ 産業分野での省エネルギーへの取り組み

産業分野では省エネへの取り組みの一例としてエレベータ業界向け複合電源がある。顧客ごとに製品のシステム構成や必要とされる機器、機能が異なる。顧客ニーズを取り込んで、顧客への提供価値を最大化した製品を商品企画として提案することが必要である。

エレベータ業界では安全性に対する意識の高まり、新設の約7割に“停電時自動着床装置”が設置されている。

従来方式では、インバータ部、制御ユニットおよびブレーキ制御ごとにバッテリーを搭載し、個別にバックアップシステム構成していた。そのため電源ユニットが多くなり構成回路が複雑であったため、メンテナンスが大変であった。また、エレベータの減速停止時に発生する回生電力は抵抗で消費して熱として発散させていた。

富士電機は、エレベータ向け非常電源として装置全体を見直し統合した。装置の簡略化、高効率化を実現し、図

図7 エレベータ用非常電源の例

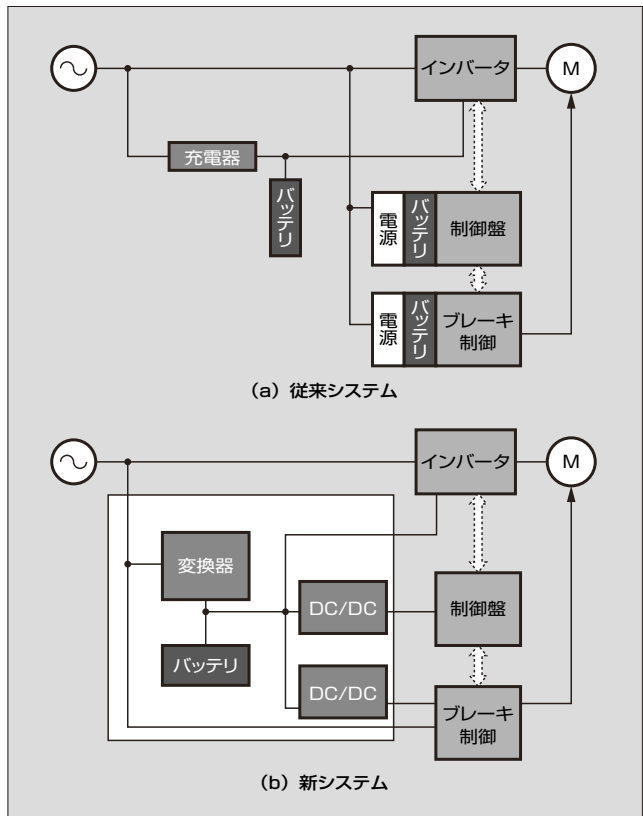


表3 エレベータ用非常電源装置の比較

項目	従来システム	富士電機提案の新システム
バッテリー電源	各ユニット(エレベータ本体、制御部、ブレーキ制御部)単位で必要	非常電源部1か所に集約
停止時の回生エネルギー	抵抗器などで放熱	バッテリーの充電に使用

7、表3に示す顧客ニーズに応える新しい電源システムを構築し提案している。交流電源を突合せしてバックアップする方式を採用して、各制御ユニットに対しバックアップ電源を供給するものである。

本方式では、電源部を共通化することで回路の簡略化と制御部の連携による最適な避難システムを構築している。さらに、エレベータの昇降時に発生する回生電力を吸収することなどの省エネに取り組んでいる。

本システムではエレベータ棟内の制御盤に収納を可能とするための高密度実装技術を用いて、従来のエレベータ設備計画への対応を実現している。

4 自然エネルギー分野への取組み

自然エネルギーを利用する太陽光発電，風力発電などの新エネルギー分野で使用されるパワーコンディショナが代表的な製品である。

日本国内においても、図8に示すように太陽光発電は家庭用が多く、今後の市場拡大の期待も大きい。

電力各社も相次いで大規模太陽光発電設備（メガソーラー）の計画を発表している。電気事業連合会は、2008年9月に“2020年度までに電力10社合計で約30地点・14万kWを導入”というメガソーラー発電導入計画を発

図8 日本国内の太陽光発電市場と用途別内訳

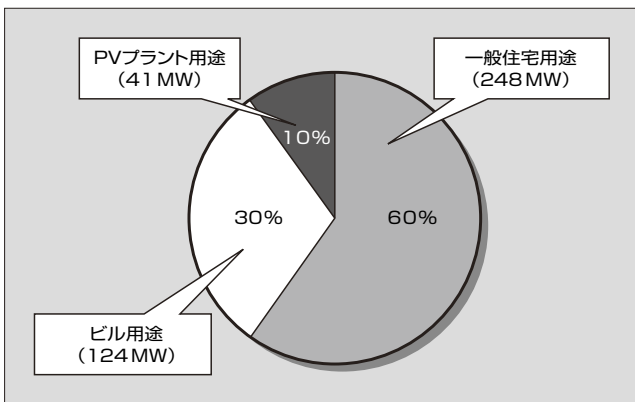
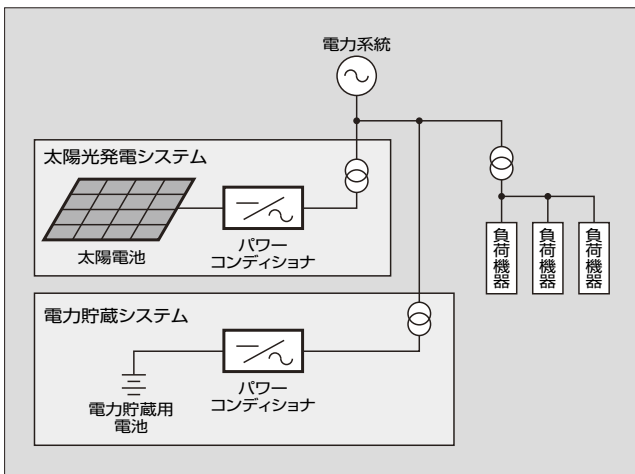


図9 太陽光発電システムの構成例



表した。

このように、国内外で小規模家庭用から大規模メガソーラーまで、地球温暖化、CO₂削減に向けて取組みが広がっている。

図9に示すように、太陽光発電システムにおいては、太陽電池で発電した直流電力を系統に送り込むため、交流電力に変換するパワーコンディショナがシステムの中心的な存在である。

パワーコンディショナは単なる太陽電池で発電された直流電力を交流に変換するインバータ機能だけでなく、太陽電池から見た負荷インピーダンスを調節して、最も大きな電力を取り出す最大電力追従制御機能を持っている。また、系統交流電力に悪影響を与えないよう、系統保護機能や単独運転防止機能を備えており、いずれも系統の停電時に安全にパワーコンディショナの停止が可能である。

表4 パワーコンディショナの系列

仕様	仕様							備考
	出力容量 (kW)	50	100	200	300	400	500	
定格出力電圧	AC380V/400V/415V							
定格周波数	50/60Hz							
電気方式	三相3線式または三相4線式							
絶縁方式	商用周波絶縁トランス方式							
出力力率	0.95以上							定格時
出力電流ひずみ率	総合5%以下、各次3%以下							定格時
定格入力電圧	DC500V							
入力電圧範囲	DC0~700V							
入力電圧(運転範囲)	DC250~600V							
入力電圧(MPPT範囲)	DC250~600V							
設置	屋内自立型							
ケーブル引込み	上部引込み							下部引込みはオプション
冷却方式	強制空冷							
盤幅 (mm)	500	1,000	1,500	2,000	2,500	3,000	変圧器をのぞく	
盤高 (mm)	1,950							
盤奥行き (mm)	800							
重量 (kg)	400	800	1,200	1,600	2,000	2,400	変圧器をのぞく	
周囲温度	屋内: -5~+40℃							
相対湿度	30~90%							氷結/結露なきこと
高度	1,000m以下							

富士電機は表4に示す中容量から大容量までのパワーコンディショナを系列化し、フィルム型アモルファス太陽電池「FWAVE」とともに、太陽光発電の中核となるパワーコンディショナを製品化し、自社販売やOEM販売により国内外への拡販を行う計画である。

特に、メガソーラーシステムの場合、家庭用などの太陽光発電設備とは異なり電力システムに与える影響も大きい。発電電力の変動が激しい自然エネルギーの利用で、電力貯蔵システムとの連携をとった電力平準技術は必要不可欠である。NAS電池に代表される大電力貯蔵システムでも、交流電力と直流電力の変換を行うパワーコンディショナが重要である。

富士電機はパワエレ技術を生かして、これらコンディショナ製品の系列化を推進するとともに電力システムとの連携技術を生かしソーラーシステムとしての提案を行っていく。

5 あとがき

本稿では、富士電機が得意とするパワーエレクトロニ

クス技術を使用した、エネルギー・環境分野における省エネルギーソリューションでの取組みの一例として、UPS、IT機器用電源およびパワーコンディショナを使用した省エネルギー対策について紹介した。

今後は、IDCでの空調・電源・IT機器の各分野における省エネルギーへの取組みだけでなく、IDC分野全体として、システム的な省エネルギーソリューション構築に向けて努力していく所存である。

参考文献

- (1) グリーンITイニシアチブの推進。2008年10月。経済産業省商務情報政策局（高濱航氏発表）。
- (2) 経済産業省、情報通信機器の革新的省エネ技術への期待。グリーンITシンポジウム2007。
- (3) APCホワイトペーパー。#114『エネルギー効率の高いデータセンターの構成』。2006年。
- (4) Solarbuzz。
<http://www.solarbuzz.com/>（参照2009-03-19）。

解説1 クラッシュアスターン、プロペラレーシング

■クラッシュアスターン

プロペラを全速前進から停止、全速後進とし、船を急停止させることをいう。“アスターン”は後進を意味し、推進装置が壊れることを覚悟しても船体を急停止しなければならないことを想定して“クラッシュ”の名が付いているといわれている。

■プロペラレーシング

船が航行中、荒天時などにプロペラが水中から露出し空回りになることをいう。プロペラレーシングが発生すると、推進装置の負荷が急速に減少し増加する。

解説2 PUE, 国際エネルギースタープログラム (エナジースター), CSCI

■PUE (Power Usage Effectiveness)

$$PUE = \frac{\text{IDC設備全体の消費電力}}{\text{IT機器の消費電力}}$$

数値が小さいほどIDC（インターネットデータセンター）でのIT機器以外での消費電力が少ないといえる。

■国際エネルギースタープログラム (エナジースター)

電気機器の省エネルギーのための国際的な環境ラベリング制度である。経済産業省と米環境保護局の相互承認の下で運営されている。対象となる製品は家電製品から産業機械、コンピュータまで幅広い。装置用電源では効率により4種類のランクに分けられている。最も厳しい値として、フロントエンド電源には負荷率50%時に92%の効率が要求されている。

■CSCI (Climate Savers Computing Initiative)

Google社とIntel社によって2007年に開始されたクライメイト・セイバーズコンピューティング・イニシアチブ(CSCI)は、エコロジー意識の高い一般消費者、企業、環境保護団体が参加する非営利団体である。コンピュータの電力効率改善、非動作時のコンピュータの消費電力削減を実現するスマートなテクノロジーの開発、導入、利用を推進していくことを目標としている。国際エネルギースタープログラムのフロントエンド電源への要求効率を、2009年7月以降から適用することが要求されている。



*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。