



建築設備

The Magazine of Building Equipment 環境・都市・建築・設備の総合誌

■特集 ICTインフラの整備により変化する エネルギー管理の将来 その2

◆新建築・新設備

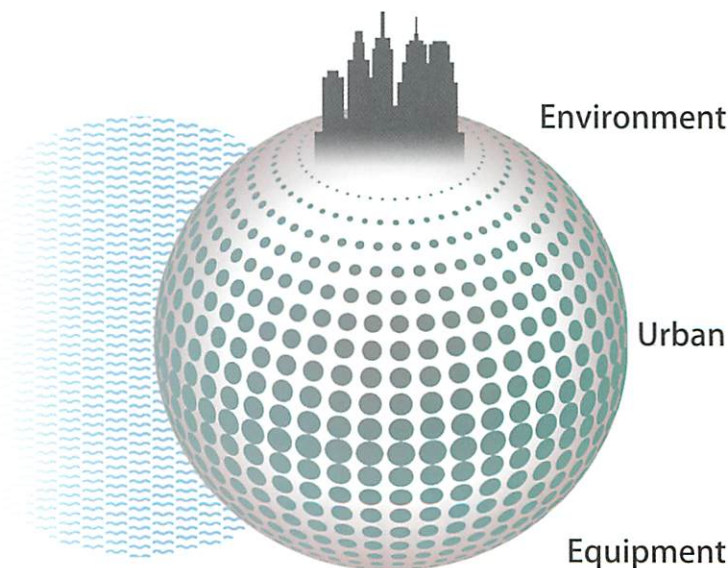
NTTファシリティーズ新大橋ビル

立命館中学校・高等学校長岡京キャンパス

加賀電子株式会社本社ビル

9
2014

第65巻第9号通巻第764号
平成26年9月1日発行
毎月1回1日発行
昭和30年12月7日
第三種郵便物認可
ISSN1346-9371



**BE
建築設備**

第 764 号

2014年
平成26年
9月号

定価 1,645円
年間購読料
19,740円
(送料共)

編集委員
委員長 石本建築事務所 梓 設計
副委員長 日建設総合研究所
東京大学大学院
新日本空調
NTTファシリティーズ
大塚林電機
高砂熱学工業
日高本建設
竹中工務店
鹿島建物総合管理
清水米建設
山下ピー・エム・コンサルタンツ
日立アプライアンス
博則 哲樹 義男 嗣誠 一徳 光雄 学文 剛男 裕功 信
村 澤 司 口 野 代 崎 島 藤 本 志 葉 山 田 浦 好 善
博 崇 秀 泰 仁 永 靖 正 英 隆 哲 功 信
木 原 湯 赤 井 浦 大 尾 小 工 坂 高 千 堀 増 松 三 三

発行所

一般社団法人 建築設備総合協会
〒108-0014 東京都港区芝5-26-20
(建築会館)

電話 03 (5445) 4266・4267

FAX 03 (5445) 4272

http://homepage2.nifty.com/abee/

発行人 一般社団法人 建築設備総合協会
会長 佐藤 信孝

制作協力 (株)日刊建設通信新聞社

■視点

2020年オリンピック・パラリンピックを契機に …………… 伊東 民雄 高砂熱学工業(株)…………… 1

■新建築・新設備

NTTファシリティーズ新大橋ビル…………… 高田 秀明・飯島 善行 (株)NTTファシリティーズ… 2
立命館中学校・高等学校長岡京キャンパス…… 本田 和馬・宮崎 裕輔 (学)立命館・鹿島建設(株)… 8
加賀電子株式会社本社ビル…………… 金井 誠・伊藤 圭一・中垣 圭司
(株)安井建築設計事務所・(株)竹中工務店… 19

■特集・ICTインフラの整備により変化するエネルギー管理の将来 その2

データセンターの省エネ性向上とクラウド利用の促進による情報システムのグリーン化
…………… 柳田 大介 経済産業省…………… 27
稼働信頼性を考慮したファシリティ基準(J-Tier)によるデータセンターの効率的運用
…………… 市川 孝誠 鹿島建設(株)…………… 33
DCIM (Data Center Infrastructure Manager) による
ICT機器連系のエネルギー管理とデータセンタ・ビジネスプロセス自動化の方向性
…………… 藤巻 秀明 富士通(株)…………… 40
データセンターにおけるさらなる省エネへの挑戦…………… 田中 邦裕 さくらインターネット(株)… 55
データセンターにおける直流給電技術…………… 松本 信幸 NTTデータ先端技術(株) … 63
スマートグリッド“エネスワロー”と東京工業大学グリーンヒルズ構想
…………… 伊原 学 東京工業大学…………… 70
ICTを採用した最新のFEMS (GreenTALK) …… 守谷 康 セイコーソリューションズ(株) … 81

■メディアニュース…………… 26

■広告索引、次号予定内容…………… 92

[事務局 出版部より] 図表はできるだけ見やすくなるよう心がけていますが、不都合がありましたらご連絡ください。

ICTインフラの整備により 変化するエネルギー管理の 将来 その2

データセンターの省エネ 性向上とクラウド利用の 促進による情報システム のグリーン化

柳田 大介

経済産業省 商務情報政策局 情報処理振興課
課長補佐

1. はじめに

現在の社会基盤は、情報システムに大きく依存している。一方で、情報システムの消費電力は増大を続けており、この抑制は社会的に急務となっている。情報システムの消費電力を低減する手法は種々存在するが、「①データセンターの省エネ性向上」と「②クラウド利用促進の有効性」に注目したい。

「①データセンターの省エネ性向上」については、ユーザー自身がオフィス等に情報システムを設置するケースに比べて、データセンターは空調等の効率や機器自体の省エネ性が高く、結果として情報システムの省エネ化が可能である。

「②クラウド利用促進の有効性」については、仮想化技術等によるIT機器の共有化がもたらす使用効率の飛躍的な向上が省エネ性を高めることにつながり、また情報システム投資のあり方を変える要素を秘めている。昨今、「クラウド」という言葉はさまざまな場面で聞かれるが、我が国においてはまだ市場規模が小さく、本格的な普及フェーズにあるとは言えない。

上記のような状況を踏まえ、データセンター設備等の省エネ性の向上、およびクラウド利用促進による我が国の情報システムの省エネ性を高める予算事業を今年度から開始した。事業背景と概要について、本寄稿にて示したい。

2. 情報システムの省エネルギー事情

2-1 情報システムの消費電力

情報システムの消費電力は情報システムの能力あたりの電力使用量として定義できる。これには、数多くのファクターが関係している。

1) 付帯設備のエネルギー効率

情報システムは単独で存在しているものではなく、多くの付帯設備に支えられている。これらの付帯設備のエネルギー消費量は大きく、付帯設備の消費電力が情報システム全体の消費電力に大きな影響を与える。

付帯設備のうち、最も大きい影響を持つのは冷却設備である。情報システムの消費電力が大きく

なればなるほど、その排熱を放散するための冷却設備の負荷が大きくなる。昨今では、冷涼な立地を利用した外気導入による冷却や、河川の水を用いた冷却等が注目されている。

もう一つ、大きな影響を持つのは電源関連設備である。データセンターへの給電は高電圧で行われるが、これを情報システムが利用する電圧まで降圧する際のロス（損失）は大きく、この効率は全体のエネルギー効率に大きな影響を与える。また、停電時に給電するための無停電電源装置（UPS）による電力損失も大きい。

2) ハードウェアのエネルギー効率

情報システムのハードウェア性能（計算性能等）は年々向上しており、特に消費電力あたりの性能向上は著しい。消費電力の大きい旧式のハードウェアを利用していると、新型のハードウェアと比べて相対的に消費電力効率が低くなる。逆に考えると、新型のハードウェアに置き換えるだけで、能力あたりの電力使用量を低減することもできる。

3) 情報システムの運用効率

ここでいう情報システムの運用効率とは、計算機への仕事の割り当ての効率である。いくら効率のよいハードウェアを情報システムに用いても、電源だけが入っている待機状態、もしくは極端に負荷の小さい計算機が存在するような状況では、トータルでのエネルギー効率は低いことになる。個々の計算機にそれぞれ適切な負荷がかかるように制御し、アイドル状態の計算機はシャットダウンする等の制御を行うことが運用効率の向上には欠かせない。

情報システム全体のエネルギー効率は、1)～3)の積として考えることができる。つまり、これら3つが全て揃うことで初めてトータルで高効率な情報システムとなる。

(計算式)

情報システム全体のエネルギー効率＝
付帯設備の効率×ハードウェア効率×運用効率

2-2 データセンターにおける省エネ指標

情報システムに係る付帯設備の効率は比較的古

くから着目されてきた。その指標は「PUE (Power Usage Effectiveness)」として知られており、データセンターにおける省エネ指標として事実上のデファクトとなっている。

PUEは、「データセンター全体の消費電力÷情報システムの消費電力」として定義される。データセンター全体の消費電力は大まかに言って、「情報システムの消費電力+付帯設備の消費電力」である。このPUE値が1に近いということは、付帯設備の消費電力が0に近いということになり、結果として情報システムのエネルギー効率が高いことを示す。数年前までは、PUE値2～3程度が業界の平均的な値であったが、昨今の先進的な環境では1.2を切ることも珍しくない。

ただし、このPUEにも課題が存在する。前述のとおり、PUE値は主に空調等の付帯設備の省エネ性に着目した指標であり、IT機器の消費電力や利用率が考慮されておらず、トータルでの省エネ指標とは言い切れない部分がある。このため、トータルで省エネ性を示すことのできる指標や、これを活用したより省エネ性を進めるための検討、仕組みの構築が必要と考える。

2-3 情報システムの設置・利用形態

情報システムの設置形態はエネルギー効率に決定的に大きな影響を与える。設置形態は、企業等の内部に情報システムを設置する「オンプレミス (on-premises)」と、外部のデータセンターを利用する形態に大別できる。外部のデータセンターの利用の形態は、さらにハウジング（コロケーション）、ホスティングに大別される。

1) オンプレミス

オンプレミスは、企業等が自前で保有するIT機器等の情報システムを、自社内部に設置し運用する形態である。データセンターと比べ、情報システムの設置に適した付帯設備を保有していないケースが多く、一般的には設備効率が悪い。

2) ハウジング（コロケーション）

ハウジングは、利用企業が保有するIT機器をデータセンターに設置するものである。データセンターは情報システムの設置を前提としており、こ

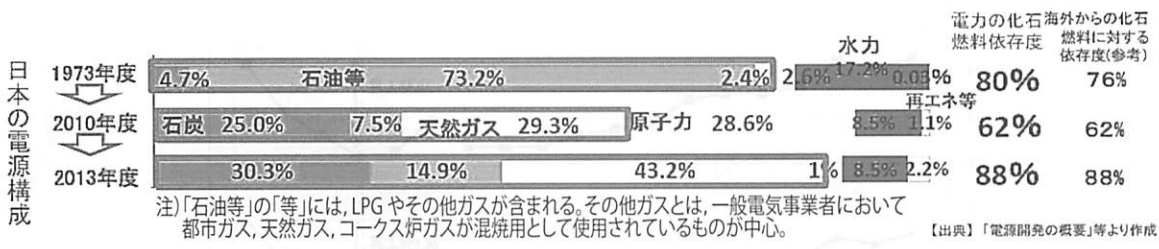


図-1 電力の化石燃料依存度の推移

れに適した空調等の付帯設備を導入することが一般的であり、オンプレミスよりも省エネ性が高いと言える。ただし、ハウジングではラックやケースの単位で場所を貸し出すため、スペース効率が必ずしも高いとは言えない。また、エネルギー消費の分布をデータセンター事業者側が決定できないことから、冷却の効率を上げることが難しい。

3) ホスティング

ホスティングは、IT機器をデータセンター事業者が所有し、この使用权を企業等に貸与する。データセンターがIT機器の配置を決定できるため、スペース効率・エネルギー効率がともに優れている。クラウドコンピューティングは、ホスティングをさらに推し進めたものであり、クラウド事業者が保有する資源を必要な時に必要な分だけ利用者に貸与するものである。ハウジングでは、利用者の資源への割り当てが固定的なのに対して、クラウドコンピューティングにおいては利用者への使用領域の割り当てがはるかにアグレッシブに行われる。クラウドコンピューティングでは、利用しない時には資源を解放することが一般的に行われる。これによって、IT機器の利用を柔軟にコントロールすることが可能となり、技術と運用次第でエネルギー使用効率の飛躍的な上昇が期待できる。

2-4 IT機器の消費電力

IT機器の集積度は年々高まっており、それに比例して消費電力が高くなる傾向にある。さまざまな技術革新や工夫により、消費電力の抑制が進んでいるものの、これを上回る勢いで集積度の高まりによる消費電力増大が見込まれている。このため、クラウドコンピューティングに代表される仮

想化技術等を駆使し、従来とは異なるアプローチで省エネ化を図る取り組みが必要である。

2-5 我が国の電力事情

我が国は、国際的な水準と比較して電気料金が低い。この背景として、電源構成における化石燃料の比率が高まっており、これらの化石燃料の資源価格の影響を受けやすい傾向にあることが考えられる。資源エネルギー庁が発表した「平成25年度エネルギー白書」によると、2013年の電力の化石燃料依存度は88%にも上り、第一次オイルショック時(80%)よりも高い水準にある(図-1)。

この背景として、2011年3月に発生した東日本大震災を契機とした原発停止が影響していることもあるが、我が国全体の電力が構造的に外部要因の影響を受けやすくなっており、高止まりする傾向にある。このような事情から、日本の電気料金は国際的にも高い水準にあるが、企業等が使う電気料金は2010年度から2013年までにかけて28.4%上昇している(図-2)。

電気料金の高騰は、経費の大きな部分を電気料金が占めるデータセンター事業者にとっては死活問題である。ハウジングにおいて、ユーザーに対して独立した費目として電気料金を請求できる場合はまだしも、ホスティングのようにユーザーの利用料金の一部に電気料金が含まれるケースにおいては、厳しい競争ゆえに電気料金の価格高騰分をユーザーに転嫁することが困難な場合もあり、データセンター事業者の国際競争力低下・利益圧迫の要因となる。

データセンター事業者が海外競争力を保つため、データセンターにおける省エネ性をより進める必要がある。

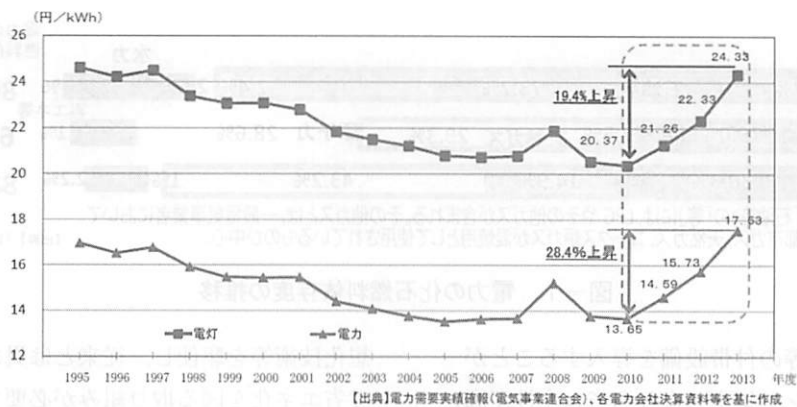


図-2 電気料金の推移

事業①：クラウド移転の促進（移行費用等を補助）

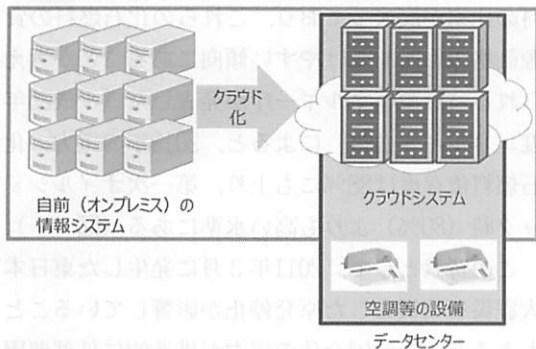


図-3 クラウド移転の促進

3. 経済産業省による政策

これらの背景を踏まえ、経済産業省ではクラウド利用の促進、およびデータセンター設備等の省エネ性の向上による我が国の情報システムの省エネ性を高める政策として、「中小企業等省エネルギー型クラウド利用実証支援事業」を平成26年度の予算事業として開始した。この予算事業は以下の3つの事業から構成されている。

3-1 クラウド移転の促進

オンプレミスもしくはハウジングで運用している自社の情報システムをクラウドに移転する計画のある中小企業等の事業者に対して、システム移転に伴う既存システムの改修費用や、データ移行等の移行作業に要する経費やクラウド環境構築後のテスト期間におけるクラウドサービス利用料等の一部を補助することで、事業者のクラウド移転

にかかる負担を軽減する事業である（図-3）。

補助申請にあたっては、移転対象となる現在の情報システムの消費電力量と、移転先となるクラウドサービスにおける消費電力量を比較し、省エネ効果があることを示すことが求められる。このため、補助申請者は現在の情報システムに係る消費電力量を一定期間測定しつつ、移転先のクラウドサービスにおける消費電力量をクラウドサービス事業者に提示してもらうことが必要となる。

クラウドサービス事業者については、本事業の主旨を確認した上で利用者ごとに消費電力量を提示できる事業者をあらかじめ登録制とし、補助申請者は登録済みクラウドサービスを選択することでクラウド移転後の消費電力量を算出できるという仕組みとなる。本事業により、どの程度の省エネ効果が生まれるかを実測ベースで把握できる。

3-2 クラウド提供基盤の拡充

3-1に示したクラウド移転を促進するためには、良質でかつ価格面で優れたクラウドサービスがさまざまな形で提供され、ユーザーが最適なサービスを選択できる必要がある。クラウドサービスを提供するためには、「クラウド基盤ソフトウェア」と呼ばれるサービス提供基盤を支えるソフトウェアを活用することが事実上必須となっている。

このクラウド基盤ソフトウェアは市販のものやオープンソースのものが存在しているが、いずれもインストールすればすぐに使えるものではな

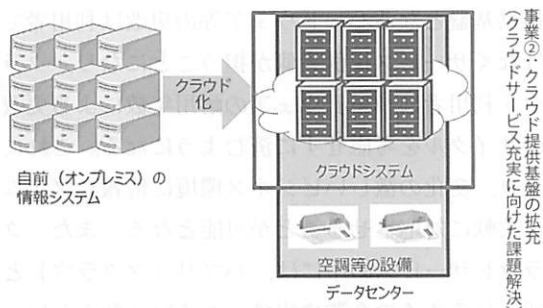


図-4 クラウド提供基盤の拡充

く、高度な知識と経験が求められる。そして、導入コスト面で優れるオープンソースのクラウド基盤ソフトウェアは、市販のものとは比べると機能面での不足、導入ガイド等の整備が不十分、といった課題があり、商用サービスに活用できるレベルに達していない部分がある。

このため、我が国においてクラウドサービスの提供基盤を拡充し、多くの事業者がクラウドサービスを提供しやすくするために、主にオープンソースのクラウド基盤ソフトウェア等が抱える課題を解決し、その成果を広く世の中に公開する実証を行うことで、クラウド環境の構築を容易にする。クラウド基盤ソフトウェアが抱える課題については、あらかじめ経済産業省が外部有識者からの知見をもとに整理し、さらに意見募集（パブリックコメント）にて内容をブラッシュアップした上で課題解決の公募を行う形で実施する（図-4）。

3-3 データセンターの省エネ化の促進

1) 新たな省エネ指標の普及推進

前述のとおり、現在データセンターでは「PUE」が主に省エネ指標として使われているが、これはデータセンターにおけるファシリティの指標に過ぎず、IT機器の性能や利用効率等が勘案されていない。これに対して、日本はデータセンターにおける新たな省エネ指標として「DPPE」を提唱し、国際標準化を進めている。このDPPEは、ファシリティに加えてIT機器そのものの省エネ性やIT

機器の利用効率、太陽光などのグリーンエネルギーの使用を勘案して算出するトータルでの省エネ指標であり、この指標を普及させるため、課題の洗い出しや共通基盤作りを実施する。

2) 省エネ性を客観的に示す制度の調査・実証

我が国では、データセンターの省エネ性を客観的に示す制度が未確立である。諸外国においては、第三者認定制度等が行われているケースも出てきており、認定を取得した事業者に対して税制の優遇等が行われることにより、さらなる省エネ化につながっている。

このため、我が国におけるデータセンターの省エネ性を客観的に示す基準（指標等）や第三者認定等の実現性と具体的な実装方法について、基準（指標等）の検討、諸外国の制度調査・導入が有効と考える場合の制度設計に係る実証を行う。

3) 地方分散化に資する省エネ化の実証

我が国のデータセンターの多くは関東（1都6県）に集中しているが、これらの地域では条例等でより一層の環境保護の取り組みが求められるようになっており、電力消費量の大きいデータセンター事業者の事業環境は厳しくなっている。加えて、これらの地域において大規模災害が発生した場合にデータセンターを利用した情報システムが利用できなくなるリスクがあり、国全体の事業継続性の低下が危惧される。

一方で、データセンターにて提供されるサービス形態として、構築されるロケーションの制約が少ないクラウドサービスが広がりつつあるが、これは利用者自身がデータセンターで運用する形態ではなく、利用者が駆けつけられる場所に設置される必要性が薄れている。また、冷涼な気候を活かした空調使用量の低減や、再生可能エネルギーとの関係による消費電力量の削減につながる技術等、運営コストの低減につながる取り組みが広がりつつある（図-5）。

このような流れを受け、国全体の事業継続性を向上させつつ、データセンターの省エネ性向上に資する実証を行うことで、データセンターの地方分散化を推進する。実証においては、省エネ効果

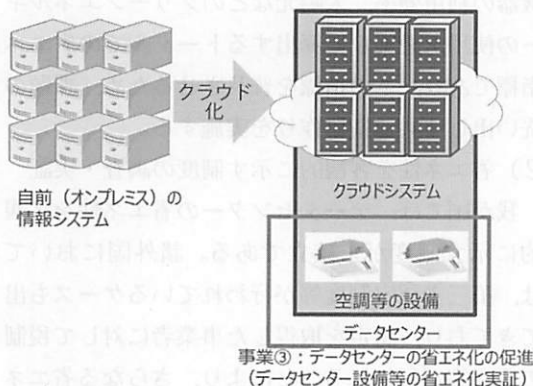


図-5 データセンターの省エネ化の促進

の可視化の仕組み、導入した際の省エネ効果の見込み、市場ポテンシャルの明示等により、近い将来に実用化されるアイデアを求める。

4. おわりに

本寄稿に示した経済産業省の政策の目的は、省エネ化の推進と、これによる国際競争力の確保が主である。ますますニーズが高まっているデータセンターの省エネ化を促進することで、国全体の情報システムに要する消費電力の削減を図る。我が国の電力事情から、さまざまな取り組みにより省エネ化を促進することが必須であるが、事業者には過度の負担を強いるのではなく、利用者が省エネ性に優れたサービスを選択し活用できる流れを促進し、トータルでのグリーン化を目指したい。

さらに、クラウド活用が秘めるものは省エネ化に限らない。現在、ユーザーが保有する情報システムは、ハードウェアの耐用年数に合わせて更改がなされることが主であるが、クラウド活用はこ

の流れを変える破壊力を秘めている。クラウドの提供基盤となるハードウェア等の更改は利用者ではなくサービス提供者側が担うことになり、クラウド利用者はハードウェアの耐用年数による更改のサイクルを考慮せずに済むようになる。これにより、変化の激しいビジネス環境に情報システムを柔軟に対応させることが可能となる。また、クラウドサービスの中には、パブリッククラウドと呼ばれる多くの企業や組織、あるいは個人といった不特定多数のユーザーを対象に広く提供される形態もあり、ユーザーは要件に合わせてサービスを選択して利用することができる。この形態では、要件を積み上げて情報システムを構築するものではないため、導入までの期間が比較的短く、コスト効率にも優れる傾向にある。これらの活用により、IT投資効率を高める効果が見込まれることも見逃せない。

そして、クラウドサービスはデータセンターにて提供される形態であり、ユーザーが自前で情報システムを管理する場合と比べて、データセンター事業者が物理面・運用面で最適なセキュリティ対策を施した状態でクラウドサービスが提供されることになり、情報セキュリティの向上効果が高まる。これにより、年々増加しその手口が巧妙化しているサイバー攻撃への対応を図ることも有効である。

このように、クラウド化によりさまざまな効果がもたらされることから、有益な分野としてニーズが一層拡大するものと推測する。我が国において、クラウドの活用がより促進されることを願いながら、政策として意義のある事業を実施する。

特集

ICTインフラの整備により 変化するエネルギー管理の 将来 その2

稼働信頼性を考慮した ファシリティ基準（J- Tier）によるデータセンタ ーの効率的運用

市川 孝誠

鹿島建設(株) iDCプロジェクト室

(特定非営利活動法人日本データセンター協会)

1. はじめに

スマートフォンやタブレット端末の急速な普及、FacebookやLINEを飛び交う多量の動画、人と人・人と物・物と物、全てがつながり快適で安全な環境とエネルギー消費の最適化を両立するスマートシティ構想等、ICT社会の発展に伴い情報流通量は増加の一途を辿っている。

経済産業省の試算によると、国内の情報流通量は今後爆発的に増大し、2025年には2006年の約190倍に達するとともに、IT機器が消費する電力の割合も、現在の国内総発電量の約5%から20%に増大するものと予想されている（図-1、2）。

東日本大震災の教訓として、自社内でサーバを運用していた都心近郊のセンターでは、非常用発電機が設置されていなかったり、非常用発電機は設置されていたが燃料の備蓄が3時間程度しかな

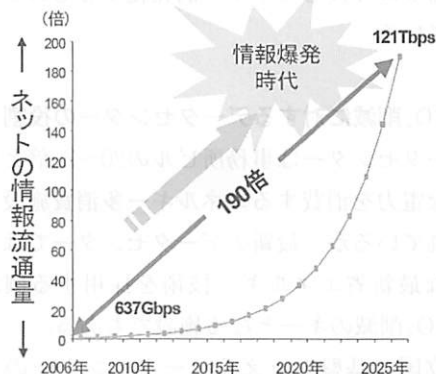


図-1 情報流通量の将来動向予測
(出典：経済産業省の情報政策について¹⁾)

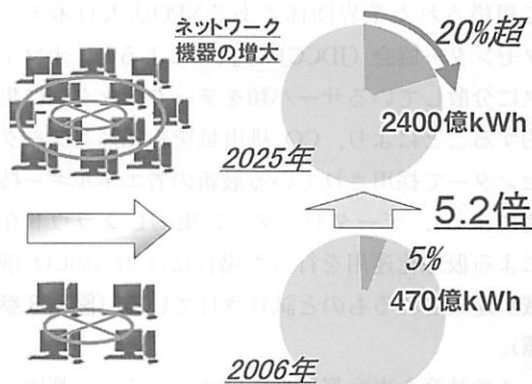


図-2 国内総発電量に占めるIT機器の割合予測
(出典：経済産業省の情報政策について¹⁾)

く、震災後に実施された複数回の計画停電に対して、非常用発電機燃料の調達に間に合わず、全館停電の発生等多くのトラブルに見舞われた。

一方、データセンターではこのような被害はなく、歴史的にも希な巨大地震や計画停電に際しても通常のサービスを提供し続けたことで、データセンターの高い信頼性が証明される結果となり、DR (Disaster Recovery) やBCP (Business Continuity Plan) 対策の重要性が再認識されたことから、データセンターへのアウトソーシングが急増する結果となった。

また、AmazonやIBM、マイクロソフトがクラウドコンピューティング市場に本格的に参入してきており、パブリッククラウド市場は今後5年間で2.1倍、プライベートクラウド市場も1.5倍に増加すると予想されており、日本国内のデータセンター需要は今後ますます活発化するものと予想されている。

2. CO₂削減に対するデータセンターの役割

データセンターは事務所ビルの20～30倍という膨大な電力を消費するエネルギー多消費施設と考えられているが、最新のデータセンターではさまざまな最新省エネルギー技術を採用する例が多く、CO₂削減のキーとなる施設でもある。

IT立国の基盤を支えるデータセンターのあるべき姿を追求することを目的として、日本で初めて設立されたデータセンター事業者および利用者で組織された業界団体であるNPO法人日本データセンター協会 (JDCC) の試算によると、オフィスに分散しているサーバ類をデータセンターに集約することにより、CO₂排出量を約15% (データセンターで採用されている最新の省エネルギー技術による)、データセンターに集約しクラウド化による仮想化運用を行った場合には40%のCO₂削減が達成されるものと試算されている (図-3 参照)。

この試算を東京都に当てはめてみると、都内のオフィスに設置されているサーバ台数は102万台、1年間に消費される電力量は4,467百万kWh、CO₂

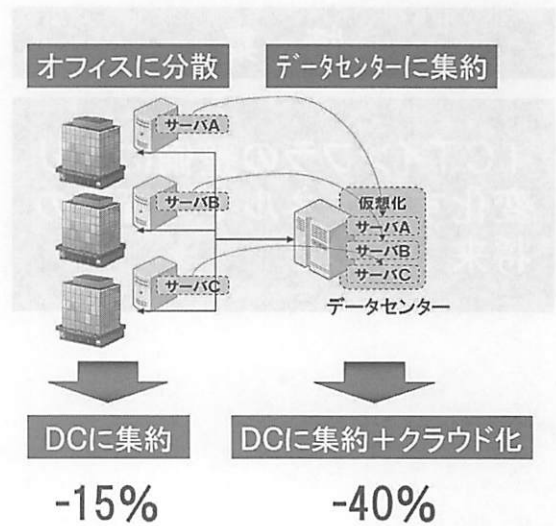


図-3 データセンター利用による省エネ効果試算 (出典：日本データセンター協会資料)

換算で170万tと見込まれているが、このサーバをデータセンターに集約することにより、業務系事業所総量の約3% (25.6万t)、データセンターに集約しクラウドコンピューティング等の仮想化運用を行うことにより、業務系事業所総量の約8% (68.4万t) のCO₂が削減できると見込まれる。

オフィスに分散されたサーバをデータセンターに集約することで、業務分野における東京都のCO₂削減目標 (第一計画期間) が達成できると見込まれ、CO₂削減に対してデータセンターの果たすべき役割は大きいものとなっている。

3. データセンターの省エネ指標 (PUE)

3-1 PUEとは

データセンターでは省エネ性能を表すものとしてPUE (Power Usage Effectiveness: 電力利用効率) という指標が一般的に使われている。

PUEは、データセンター (総施設) の全消費エネルギーをIT機器の消費エネルギー (電力量) で割ったものであり、データセンター (総施設) がIT機器の何倍の消費エネルギーで稼働しているかをみる指標である。

このため、PUEは1.0以上の数値を示し、数値が1.0に近づくほど、データセンターのエネルギー効

率は高いこととなる。

$$\text{PUE} = \frac{\text{データセンター（総施設）の全消費エネルギー}}{\text{IT機器の全消費エネルギー}}$$

3-2 PUEを活用したエネルギー管理

1) PUEの比較による省エネ対策の効果確認

データセンターのPUEを継続的にトレンド監視することにより、外部環境（気温等）の影響等による変化がデータセンターのエネルギー消費にどのように影響するか把握することができる。

また、省エネ対策を実施した前後のPUEを比較することにより、実施した省エネ対策の効果を正確に評価することが可能となる。

評価に当たっては、省エネ対策実施前・後のPUE値を比較することになるが、工事が長期に亘った場合など外気温の変動により対策の効果が正確に評価できない場合もあるため、前年同月との比較を行う等、多面的に評価することが重要である。

2) PUE構成要素の細分化による詳細評価

データセンター全体のPUE値をILF（IT Load Factor：IT負荷率）、CLF（Cooling Load Factor：冷却負荷率）、PLF（Power Load Factor：電力負荷率）に分割してトレンドを観察することにより、改善効果の確認や改善対象の発見が容易となり、新たな改善対策の立案・検討を促進することが可能となる（図-4）。

3) データセンターの省エネベンチマーク評価

PUEを比較することにより、データセンターの省エネルギー性能に関する比較評価が可能となる

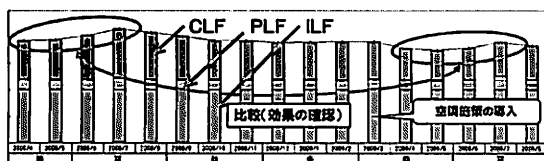


図-4 PUE構成要素の細分化による評価事例
(出典：日本データセンター協会資料²⁾)

はずであるが、従来は明確な基準がなく、各社が独自の条件でPUEを算出していたため、PUEで省エネベンチマーク評価を行うことができなかった。

このため、JDCCではPUEの算出に関する共通の基準となる「PUE計測・計算方法に関するガイドライン」を作成した。

また、1年間の累積集計としてPUEを算出するとともに、PUEの比較に際しては、単純にエネルギー効率のみではなく、データセンターの用途やグレードといったプロフィール情報と合わせてベンチマーク評価を行うことを推奨している。

図-5にティアレベル（JDCC FS）とPUEの一般的な関係を示すが、ティア3やティア4といった電源系・空調系の冗長化が図られたデータセンターの場合、予備機の台数が多くなることから、ティア1やティア2という冗長構成がとられていないデータセンターと比べPUEが大きくなる傾向がある。

データセンターに求める稼働信頼性により目標とすべきPUEも異なってくるため、信頼性とPUEを総合的に評価することが重要となる。

また、自社データセンターのPUEが他社データセンターのPUEに対して劣った場合でも、それを省エネ改善活動の契機とするとともに、PUEの差は改善可能なポテンシャルととらえ活動することが求められる。

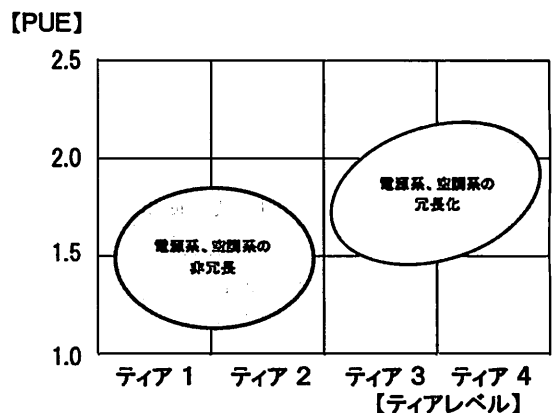


図-5 PUEとティアレベルの関係
(出典：日本データセンター協会資料²⁾)

4. 稼働信頼性を考慮したデータセンターのファシリティ基準

4-1 日本の実情に即した基準(J-Tier)の作成

データセンターのファシリティに関する日本国内の基準としては、(公財)金融情報システムセンター(FISC)が発行する「金融機関等コンピュータシステムの安全対策基準」(以下、「FISC基準」)や(一社)電子情報技術産業協会(JEITA)が発行する「情報システムの設備環境基準」および「情報システムの設備ガイド」(以下、「JEITA基準」)があるが、これらの基準は金融機関のコンピュータセンターとして国が認めるための最低限の基準であったり、情報システムの設置環境として、推奨される内容をまとめたガイドラインであった。

一方、データセンターに求める稼働信頼性を実現するためのファシリティ内容を定めた基準としては、米国の民間団体(Uptime Institute)が作成した「Tier」が最も有名であり、グローバルスタンダードとして近年日本でも一般的に使用されている。

Tierが求める稼働信頼性を表-1に示すが、Tier I~Tier IVの4段階にレベル分けされており、Tier Iが求める稼働信頼性は99.67%(年間の停電時間:28.8時間)、Tier IVで99.99%(年間停電時間:48分)とTierの数字が大きくなるほど稼働信頼性も高いレベルが求められている。

Tierでは、この稼働信頼性を確保するために必要となるファシリティを定めており、Tier IV(稼働信頼性:99.99%)を実現するためには、電源の供給経路として「2系統(2 active)」、自家発電

機・UPS・空調機のシステム構成として「2N(必要台数×2セット)」、Tier III(稼働信頼性:99.98%)を実現するためには、電源の供給経路として「2系統(1 active, 1 alternate)」、自家発電機は「2N(必要台数×2セット)」、UPS・空調機は「N(必要台数)+1台」を要求している。

表-2にTier基準(Uptime Tier 2008)を示すが、Tier基準の中で日本の実情から判断してオーバースペックと考えられる項目が自家発電機である。

日本では商用電源の供給信頼性が非常に高く、自家発電機はあくまで商用電源のバックアップと一般的に考えられているが、Tierでは自分で維持管理・運転できる自家発電機をメイン(Primary)の電源と考えており、いつ停電するかわからない商用電源についてはあくまで自家発電機のバックアップとして位置づけている。

表-3に各国の商用電源供給信頼性を示すが、日本の商用電源(東京電力)は年間の停電回数が1需要家当たり0.18回(年間の停電時間:18分)であり、1回の停電によるシステム復旧までの所要時間を4hと仮定して計算すると、エンドユーザの年間停電時間は43分となることから、稼働信頼性としては99.99%となり、Tier IVレベルの稼働信頼性が確保されているものと判断される。

一方、アメリカやイギリスの商用電源の年間停電回数はアメリカ(0.86回/年)、イギリス(0.68回/年)であり、エンドユーザの稼働信頼性を同様に試算すると、アメリカ(稼働信頼性:99.96%)、イギリス(稼働信頼性:99.97%)となり、Tier IIレベルの稼働信頼性しかないものと評価される。

表-1 各Tierレベルが求める稼働信頼性(Uptime Tier 2008)

	Tier I	Tier II	Tier III	Tier IV
定期保守による機能停止	2回/年 (12時間/回)	3回/2年 (12時間/回)	なし	なし
サイト障害	6回/5年	1回/年	1回/2.5年	1回/5年
エンドユーザの年間停電時間	28.8時間	22時間	96分	48分
エンドユーザの稼働信頼性	99.67%	99.75%	99.98%	99.99%
施設想定	小規模な サーバールーム	オフラインの データセンター	一般的な データセンター	金融機関等の データセンター

*エンドユーザの稼働信頼性:1回の停電によるシステム復旧までの所要時間を4hと仮定して計算。

表－2 Tier基準 (Uptime Tier 2008)³⁾

	Tier I	Tier II	Tier III	Tier IV
電源の供給経路	1	1	1 active 1 alternate	2 active
自家発電機のシステム構成	N	N+1	2N	2N
UPSのシステム構成	N	N+1	N+1	2N
空調機のシステム構成	N	N	N+1	2N

* Nは必要台数を示す。

表－3 商用電源の供給信頼性比較

	商用電源の 年間停電時間	停電回数 (回/年)	エンドユーザの 年間停電時間	エンドユーザの 稼働信頼性
日本 (東京電力)	18 分/年	0.18	43 分/年	99.99%
アメリカ	86 分/年	0.86	206 分/年	99.96%
イギリス	68 分/年	0.68	163 分/年	99.97%

* エンドユーザの稼働信頼性：1回の停電によるシステム復旧までの所要時間を4hと仮定して計算。
(出典：東京電力サステナビリティレポート2009⁴⁾)

表－4 J-Tierが求めるサービスレベル

ティア	サービスレベル
ティア1	<ul style="list-style-type: none"> 短時間の停電に対して、サービスを提供可能。 エンドユーザの稼働信頼性：99.67%
ティア2	<ul style="list-style-type: none"> 長時間の停電に対してもサービスを提供可能。 エンドユーザの稼働信頼性：99.75%
ティア3	<ul style="list-style-type: none"> 機器の故障やメンテナンスなど一部設備の停止時に対しても、サービスを継続して提供可能。 エンドユーザの稼働信頼性：99.98%
ティア4	<ul style="list-style-type: none"> 機器の故障やメンテナンスなど一部設備の停止時において、同時に一部機器に障害が発生してもサービスを継続して提供可能。 エンドユーザの稼働信頼性：99.99%

(出典：データセンターファシリティスタンダード⁵⁾)

このように、日本の商用電源の高い供給信頼性を考えると、商用電源をメインと考え、自家発電電源は商用電源のバックアップと位置づけることが妥当と考えられること、および日本製品の品質の高さ（故障率の低さ）を考慮すべきであるという判断から、日本データセンター協会(JDCC)では、Uptime Tierが求める稼働信頼性を実現する日本の実情に即したファシリティ基準として、データセンターファシリティスタンダード (J-Tier) を策定した。

表－4にJ-Tierにおいて各ティアレベルが実現すべきサービスレベルを示す。

また、表－5にデータセンターファシリティスタンダード (J-Tier) を示すが、具体的なシステム構成としては、ティア4 (稼働信頼性:99.99%)

を実現するためには、電源の供給経路としては「複数経路」、自家発電機は「N (必要台数) + 1台」、UPS・空調機のシステム構成として「N (必要台数) + 2台」としている。

一方、ティア3 (稼働信頼性:99.98%) を実現するためには、電源の供給経路としては「複数経路」、自家発電機は「N (必要台数)」、UPS・空調機は「N (必要台数) + 1台」、ティア2 (稼働信頼性:99.75%) を実現するためには、電源の供給経路としては「単一経路」、自家発電機・UPS・空調機のシステム構成として「N (必要台数)」、ティア1 (稼働信頼性:99.67%) を実現するためには、電源の供給経路としては「単一経路」、自家発電機は「規定なし」、UPS・空調機は「N (必要台数)」を要求している。

4-2 UPSの設置台数と可用性の関係

UPS (無停電電源装置) が運転を継続するに当たって、何らかの理由により故障するリスクが少なくとも年1回あるものとする。

その修理と復旧にかかる時間が24時間だったとすると、UPSが1年間のうち機能していない割合は0.274% (24時間÷8760時間) となる。

逆にいえばUPSが継続して機能を果たすことができる割合が99.726%となり、これを可用性 (Availability) と呼ぶ。

UPS単体の可用性を99.726%として、例えばUPS 2台 (A機、B機とする) の「1+1システム」

表-5 データセンターファシリティスタンダード (J-Tier) ⁵⁾

	ティア1	ティア2	ティア3	ティア4
電源の供給経路	単一経路		複数経路	
自家発電機のシステム構成	規定なし	N		N+1
UPSのシステム構成	N		N+1	N+2
空調機のシステム構成	N		N+1	N+2

表-6 UPSシステムの可用性試算結果

	UPS (単体) の年間停止時間	
	24時間/台	8時間/台
1台	99.7260%	99.9087%
1+1台 (2N)	99.9992%	99.9999%
2+1台 (N+1)	99.9978%	99.9997%
3+1台 (N+1)	99.9955%	99.9995%
4+1台 (N+1)	99.9925%	99.9992%
5+1台 (N+1)	99.9888%	99.9988%
6+1台 (N+1)	99.9844%	99.9983%
7+1台 (N+1)	99.9792%	99.9977%

(出典：データセンターファシリティスタンダード⁵⁾)

表-7 空調機の設置台数と冷却能力の余裕度

N	【N+1】システム	【N+2】システム
1台	200% (100%/台×2台)	300% (100%/台×3台)
2台	150% (50%/台×3台)	200% (50%/台×4台)
3台	136% (34%/台×4台)	170% (34%/台×5台)
4台	125% (25%/台×5台)	150% (25%/台×6台)
5台	120% (20%/台×6台)	140% (20%/台×7台)
6台	119% (17%/台×7台)	133% (17%/台×8台)
7台	120% (15%/台×8台)	129% (14%/台×9台)
8台	117% (13%/台×9台)	125% (13%/台×10台)
9台	108% (12%/台×10台)	122% (11%/台×11台)
10台	110% (10%/台×11台)	120% (10%/台×12台)
11台	120% (10%/台×12台)	118% (9%/台×13台)

(出典：データセンターファシリティスタンダード⁵⁾)

におけるシステムとしての可用性としては、UPSが2台、または少なくともどちらか1台が機能していればよく、下記のような組み合わせの合計となる。

[1+1システムの可用性]

$$= ("A正常" \text{ and } "B正常") + ("A正常" \text{ and } "B異常") + ("A異常" \text{ and } "B正常")$$

$$= (0.99726 \times 0.99726) + (0.99726 \times 0.00274) \times 2$$

$$= 99.9992\%$$

同様に「2+1システム」(UPS 3台)の場合は、3台または少なくとも2台が正常であればよいので、可用性は次のようになる。

[2+1システムの可用性]

$$= (0.99726 \times 0.99726 \times 0.99726) + (0.99726 \times 0.99726 \times 0.00274) \times 3$$

$$= 99.9978\%$$

表-6にUPSシステムの可用性試算結果を示すが、N+1構成のUPSシステムにおいて、可用性の要求レベルを99.99%以上とすると、UPS 1台当たりの年間停止時間が24時間/台の場合には、システム構成の上限は「4+1台」となり、システム構成台数としては、N=4台が上限となる。

日本製品の信頼性、とりわけUPSの信頼性はきわめて高く、UPS 1台当たりの年間停止時間は概ね8時間/台以下であるといわれている。

先ほどと同じように可用性の要求レベルを99.99%以上とすると、日本で一般的に使用されているUPSの場合、システム構成の上限は計算上「18+1台」となりN=18台が上限とすることができる。

また、日本で一般的に使用されているUPSの場合、N+1構成のUPSシステムにおいて、N=4台の可用性は99.9992%であり、海外で一般に使用されている海外製UPS(年間停止時間が24時間/台)の場合の1+1台(2N)システムと同様の可用性が確保されていることになる。

このような可用性の試算結果から、多くのデータセンターでは稼働信頼性のさらなる向上を求めて必要台数N=6~8台を上限とする例が多い。

4-3 空調機の設置台数と冷却能力の関係

空調機の設置台数と冷却能力の余裕度の関係を表-7に示すが、必要台数(N)に対して予備機の台数が少ない場合は空調機全数運転時における冷却能力の余裕度がなくなり、信頼性を損なうことになるので注意が必要となる。

JEITA基準では、空調機全数運転時における冷却能力として120%(余裕度:20%)以上となることを求めている。また、予備機台数の設定に当たっては冷却能力の余裕度も併せて検討することが求められており、N+1のシステムではN=7~8台、N+2のシステムではN=10~11台を上限とすることが推奨される。

5. エネルギーマネジメントの実施

データセンターの消費電力が著しく増大している反面、データセンターを安定稼働させるためには十分な電力供給を確保しなければならない。

一方、地球環境への負荷を低減させるため世界的にエネルギー消費量の削減が求められており、データセンターにおいてもその例外ではない。

データセンターで消費される電力は、IT機器の稼働および空調設備の稼働を主体として、電気設備、監視設備、照明設備など多様な形態で利用されており、データセンターの安定稼働および省エネルギーのためには、消費される電力量を適切に監視し、把握することが重要であり、「電力計測マネジメントシステムによる常時監視とマネジメントの実施」が求められている。

また、最適な空気調和を実施するためには、サーバ室内において適切で十分な測定箇所での温度、湿度の監視が重要となることから、「温湿度計測マネジメントシステムによる常時監視とマネジメントの実施」についても実施することが望ましい。

J-Tierではティア3、ティア4に対して、事業者が自社のデータセンターで消費されるエネルギー(電力、ガス、石油等)量を適切に監視し、把握するための「全体エネルギーマネジメントシ

テム」の実施を推奨しており、全体エネルギーマネジメントを実施するために不可欠となる「電力計測マネジメントシステム」や「温湿度計測マネジメントシステム」による常時監視とマネジメントの実施についても併せて実施することを推奨している。

①全体エネルギーマネジメントの実施

- ・データセンター全体で消費されるエネルギー量(電力、ガス等)を適切に監視し、マネジメントを行う。

②電力計測マネジメントシステムによる常時監視とマネジメントの実施

- ・消費される電力量を用途ごとに適切に監視し、負荷の状態に応じたマネジメントを行う。

③温湿度計測マネジメントシステムによる常時監視とマネジメントの実施

- ・サーバ室等の温湿度を適切に監視し、空調設備を最適に運用するためのマネジメントを行う。

6. おわりに

東日本大震災は東日本地域に甚大な被害をもたらしたが、データセンターについては仙台市内を含めサービスを停止したセンターはなかった。

歴史的にも希な巨大地震による被害がなかったことは、日本のデータセンターの高い信頼性が証明された結果であり、エネルギーマネジメントの実施による効率的な運用を併せて行うことにより、低炭素・高度防災社会の実現に寄与するものと考えられる。

[参考文献]

- 1) 経済産業省：経済産業省の情報政策について
- 2) 日本データセンター協会：PUEの計測・計算方法に関するガイドライン
- 3) Uptime Institute: Tier Classifications Define Site Infrastructure Performance
- 4) 東京電力(株): サステナビリティレポート2009
- 5) 日本データセンター協会：データセンターファシリティスタンダード

ICTインフラの整備により
変化するエネルギー管理の
将来 その2

DCIM(Data Center
Infrastructure Manager)
によるICT機器関係のエ
ネルギー管理とデータセ
ンタ・ビジネスプロセス自
動化の方向性

藤巻 秀明

富士通(株) 統合商品戦略本部

はじめに

ここ数年、最新鋭のデータセンタが次々と竣工しているが、それらを見るとほとんどのデータセンタでエントランス等にリアルタイムのPUE表示がされている。電力監視を中心にDCIMの導入が進んでいることがうかがえる。ただ、大部分のデータセンタではPUEを表示するところ(各種センサデータをモニタする)までで留まっているというのもまた事実である。先進的なデータセンタではPUEの表示に留まらず、データセンタ全体の効率を高めるためにDCIMを積極的に導入している。

本稿ではPUEの表示からさらに一歩進めるために富士通にて実施した種々の施策と、それをDCIM(Data Center Infrastructure Manager)に組み込んだ製品を紹介する。

1. DCIMの機能(図-1)

ひとくちにDCIMと言っても、その機能は多岐にわたっており、どこまでをDCIMと呼ぶのかという定義はあまり固まっていない。大雑把には従来からある台帳管理を延長し、Inventory Management, Asset Managementを中心に据えたものが多い。さらに言えば現状の国内のDCIM需要はこの分野が中心となっている。管理対象は大きく、①データセンタ設備、②データセンタ内ICT機器に分かれており、現状はそれぞれ別の管理システムによって管理されていることが多い(例、施設総合管理システム:富士通 Futuric/SX, ICT機器管理:富士通ICT資産管理システム)。

さらに最近ではInventory Management, Asset Managementに時間軸の概念を取り入れ、将来の増設計画や、増強予測に基づく簡単なシミュレーションを提供するDCIMも登場してきている。これはユーザにはうれしい機能であり、ICT機器増設が決まってから設置空きスペースや電力設備・空調設備能力の余力を計算せずとも、将来予測に従って、予めスペースや電源・空調を増強しておくことが可能となる。さらには作業手順まで指示してくれるので、現場の作業が非常にやりやすくなる。

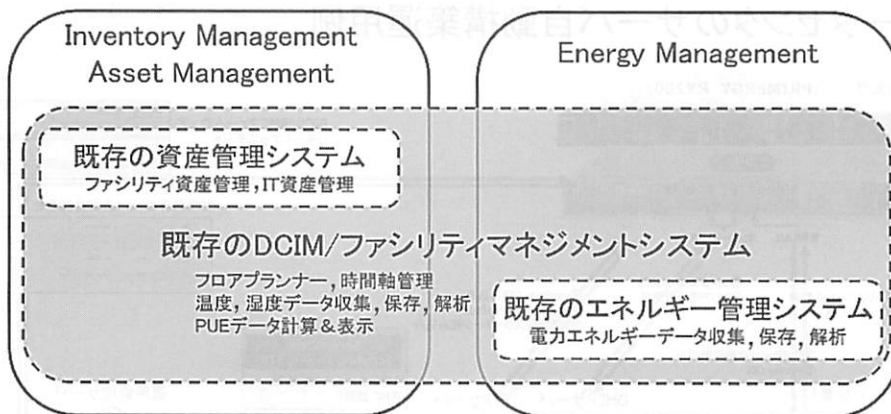


図-1 現状のDCIM機能

このようにInventory Management, Asset Managementの分野はまだ課題はあるものの、逐次改善、改良が進んでいると考えている。

DCIMの2つ目の機能はEnergy Managementである。これはデータセンタで消費されるエネルギーをいかに管理するかという観点で、①電力の見える化、②設備・機器の遠隔制御、③総合エネルギー管理システムによる省電力最適化制御に分類される。電力の見える化は、冒頭でも触れたように最近のデータセンタではPUEという指標をリアルタイムに表示するようになっており、最新データセンタを中心にかなり普及していると考えている。設備・機器の遠隔監視も中央監視システムという名称でほとんどの最新データセンタでは導入が進んでいる。これからの課題は、③総合エネルギー管理システムによる省電力最適化制御であると考えており、本稿ではこの部分を中心に後述する。

DCIMの3つ目の機能は、今までDCIMという名称ではあまり触れられていなかった分野になる。我々はProfile Managementと呼んでいるが、これはデータセンタにおいて毎日のようにICT機器が大量に増設される中、システム運用・構築部門がそのインストレーション作業を未だに人手で行っているという現状を改善するための自動構築・省力化ツールである。

現状、特にIaaS, PaaS, SaaSといったクラウド

サービス基盤をデータセンタに構築する場合に、人手で行っているICT機器構築作業(図-2)が人件費という形でコスト増大の主因となっている。Profile ManagerはこのICT機器構築作業を自動化することにより運用費用を大幅に削減するツールである。一見ICT機器側のみのツールのように見えるが、実はDCIMの最初の2つの機能であるInventory Management, Asset Management, およびEnergy Managementと密連係する必要があり、連係して初めて自動構築ツールとして成り立つ。これについても本稿の後半で述べたい。

2. エネルギー管理

2-1 センサデータ収集

エネルギー管理は、まず最初に必要なデータを収集するところから始まる。電力消費という観点では、分電盤に電力計を設置してリアルタイムの消費電力をモニタする。これはセンターの集中電源設備であったり、フロア単位やラック単位であったり、さらにはサーバなどICT機器単位であったりと種々の粒度が存在する。設備という観点では電力設備自身の消費電力(=電力損失)や空調機の消費電力、照明等付随設備の消費電力もモニタリングの対象である。最近では必要な部分にはほとんど電力センサがつくようになってきた。これにより今までわからなかった(気がつかなかっ

データセンターのサーバ自動構築運用例

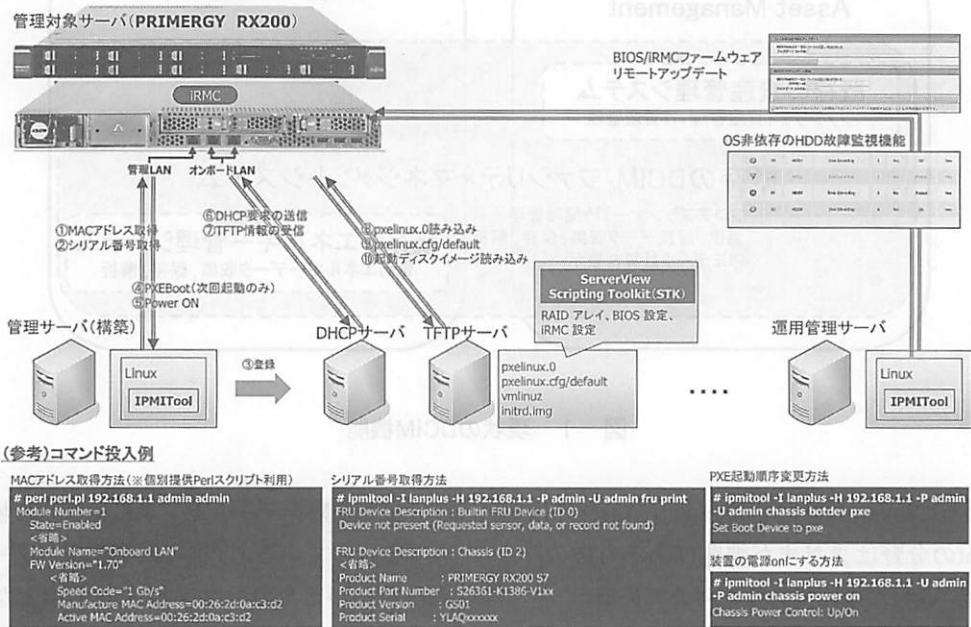


図-2 ICT機器の構築作業手順

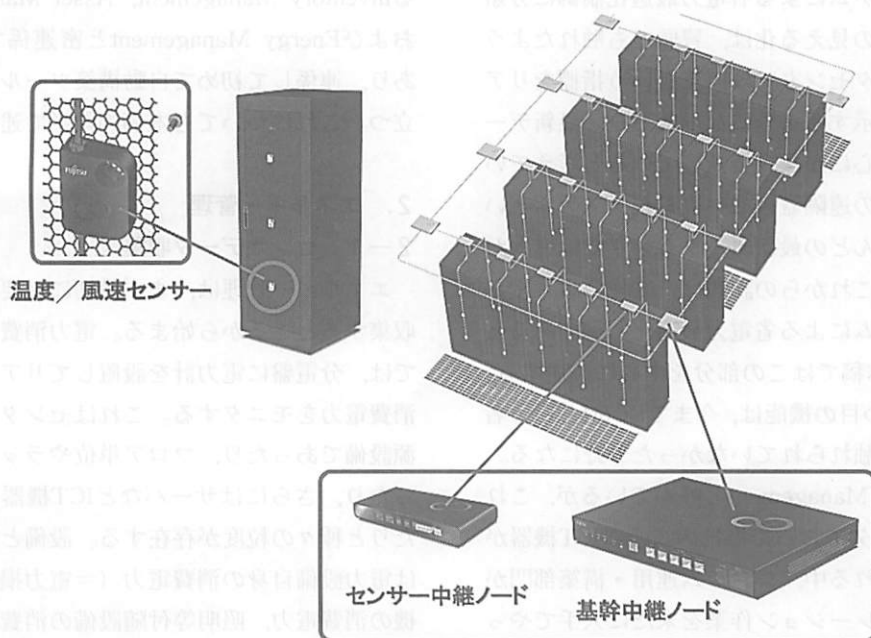


図-3 環境監視センサーネットワーク

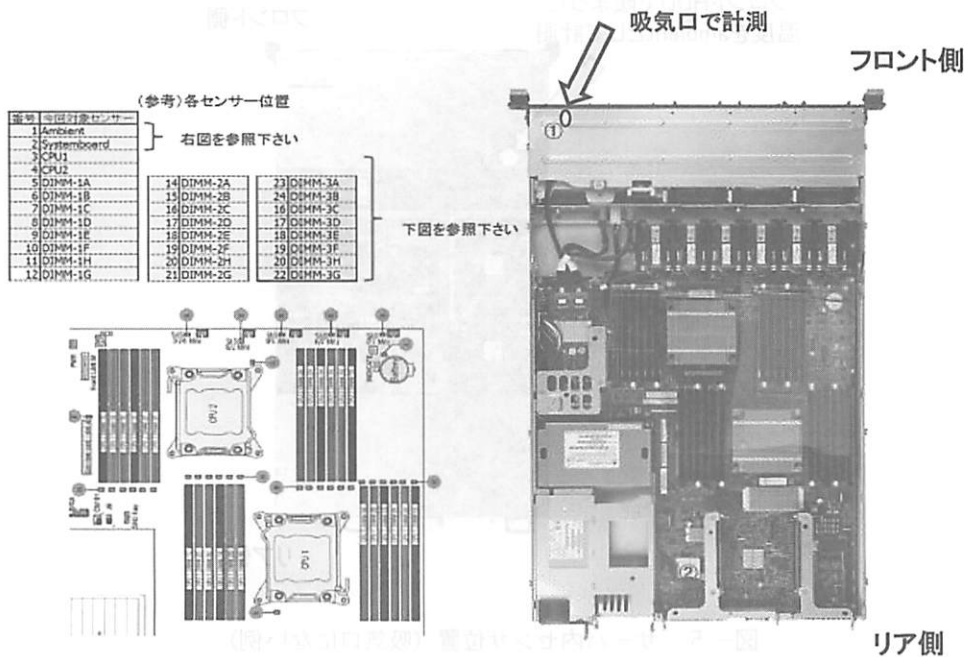


図-4 サーバ内センサ位置 (吸気口)

た) 電力の無駄遣いや改善方法などが見えるようになってきている。

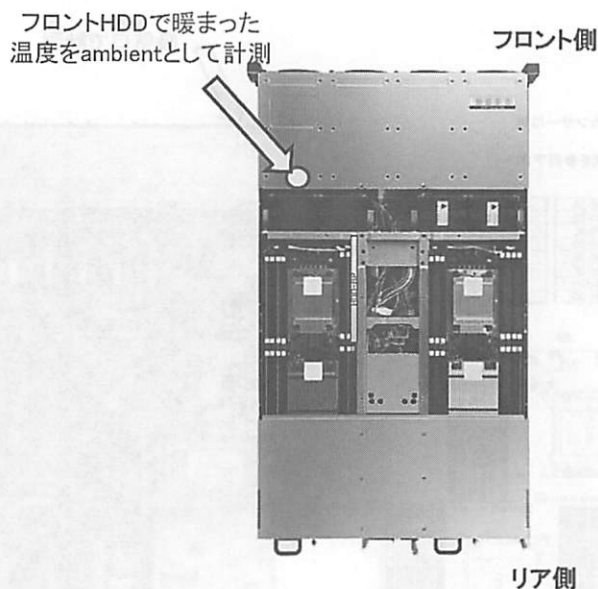
表示の仕方は人間にわかりやすいようにビジュアル化しダッシュボードに全体表示をした上で、部分部分はドリルダウンできるようにしたものが多く。これはデータセンターのみならず、工場やショッピングセンターなど大型設備のあるものにはすべて適用が可能である。富士通でも「環境ダッシュボード」という名称で工場向け省エネソリューションを商品化しているが、電力料金の大幅削減を実現できたとのことで非常に好評である。自社工場 (富士通アイソテック株) でも採用し大きな成果を上げている。

温度監視という観点では従来は温度センサが空調機やフロアにしかついていなかったが、最近では小フロア単位→ラック列単位→ラック単位→ラック内複数ポイント→サーバ単位と順次温度測定粒度が細かくなりつつある。現状で最新鋭のデータセンターではラック内の吸気側に1~3カ所、排気側と同じく1~3カ所程度の温度センサを設置

している。細かく温度モニタをすることにより、細かな空調制御が可能となる (図-3)。

最新の例として富士通のコンテナデータセンターにおける温度モニタの手法を以下に説明する。富士通では空調制御にあたり最もセンシティブな吸気温度をきめ細かくモニタする方針を採用した。一番簡単なのは吸気側に多数の温度センサを配置することであるが、これには意外に多額の初期投資が必要であった。このためICT機器内に元々持っている温度センサを活用できないかと考えた。図-4にサーバ内の温度センサ位置の例を示す。

サーバ内に設置された吸気温度センサ情報は、IPMIという業界標準プロトコルにより専用の管理LANポート (これも最近のサーバにはほとんど搭載されている) から外部に読み出しが可能である。DCIMを搭載した管理サーバはネットワークを通してすべてのサーバの温度情報を入手することができる。例えばラックに40台のサーバが搭載されている場合は、ラックの最下部の吸気温度や中央部の吸気温度、ラック最上部の吸気温度な



図一五 サーバ内センサ位置（吸気口にない例）

ど自由に温度センサ情報を収集することが可能である。管理LANポートはお客様が使う業務用のネットワークとは物理的に分離・独立しているため、エンドユーザのネットワークと競合せずに使用可能であることも大きなポイントである。

実際にこのインターフェースを利用しているお客様は既に国内で10社を超えているが、各社ともに自社独自開発のツール（DCIM相当）を採用しており、センサ情報収集部分も自社開発ソフトとなっている。自社開発DCIMを持たないお客様にもこのインターフェースを利用できるようにした製品が、富士通のServerView Infrastructure Managerである。

このインターフェースを使うにあたり幾つかの留意点がある。1つは温度の単位である。ServerView Infrastructure Managerは自社製サーバだけでなく他社のサーバもサポートするマルチベンダ対応製品となっている。したがって他社製サーバ内の温度センサ値も読み出し可能である。しかしながら、海外製のICT機器の多くは温度の単位が華氏となっており、IPMIで読み出せる温度情報も華氏での情報となっている。一方で国産ベンダ

のICT機器の場合は摂氏表示であることが多い。

このようにベンダやモデルによって単位が異なる場合があるため、DCIM内部でICT機器のモデル名あるいはIPMIコマンド戻り値に単位を入れ込むことにより華氏・摂氏の変換を行う必要がある。ServerView Infrastructure Managerはこの変換機能を内蔵している。

もう1つの留意点は表示温度の誤差である。ICT機器の温度センサは、本来は自分自身の冷却ファン制御や装置保護のための温度アラーム、(最終的に)自動停止のためのセンサであり、外部からの読み出しは必ずしも想定していない。このため搭載されているセンサの測定精度がベンダによって異なるという問題がある。国産ベンダ製品の搭載センサは総じて精度の高いものとなっているが、一部海外製は安価なセンサを搭載している場合があり、ある程度の余裕を持った温度制御が必要となる。

さらにモデルによって温度センサの搭載位置が異なるという問題がある。図一四は現時点の富士通IAサーバの温度センサ位置である。RX200というモデルに代表されるPRIMERGY製品のほとん

どは吸気口近くに温度センサが搭載されている。ところが図-5に示したCX400（現行機）は温度センサがフロント側のハードディスク・バックパネルに搭載されており、正確に吸気口でないため測定温度に偏差とばらつきが生じる。

CX400次期モデルではセンサ位置変更を予定しており問題が解消されるが、同様にベンダ間、同じベンダでもモデル間でセンサ位置が異なる場合が多いことを留意する必要がある。これらもDCIM側でICT機器のモデル名に従って補正を行う必要がある。

2-2 空調機連係

ICT機器と空調機の連係動作は長年議論されてきているが、なかなか実用化に至っていないのが現状である。富士通の例を挙げると、2009年竣工の館林データセンタ新棟でラックに搭載した温度センサおよび風速センサのデータを利用してフロアの空調機（水冷）の給気温度、風量を制御可能とした。当時では画期的だったと自負しているが、空調機とのインターフェースおよびDCIM（社内では省エネマネジメントシステムと呼称）はいずれも独自仕様であった。一方、2012年に製品化したコンテナデータセンタでは内蔵しているDCIMと空調機（富士電機製間接外気空調装置）とのインターフェースの公開化を念頭に置いてい

ため、標準インターフェースという考え方を打ち込んでいる。

表-1はICT機器ではほとんどすべての機器で標準サポートしているSNMPおよびMIBでの空調機インターフェース案である。センサ類の情報相

表-1 SNMP空調機インターフェースの例（空調機MIB）

項目	データ型
空調機ID 装置バージョン	Int
空調機ID ソフトバージョン	Int
給気(SA)温度(計測値)	Int
還気(RA)温度	Int
冷却出力	Int
外気(OA)温度	Int
給気(SA)風量設定値(読出用)	Int
給気(SA)温度設定値(読出用)	Int
運転状態(On/Off)	Word
給気(SA)風量設定(※ファン周波数)	Int
給気(SA)温度設定(※ファン周波数)	Int
運転指示(On/Off)	Word
重故障	Word
軽故障	Word
操作場所(リモート/ローカル)	Word
通信異常	Word

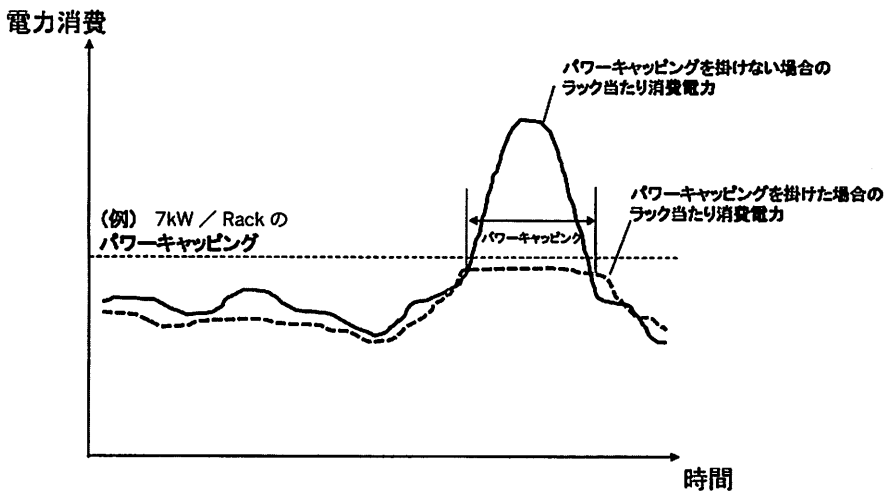
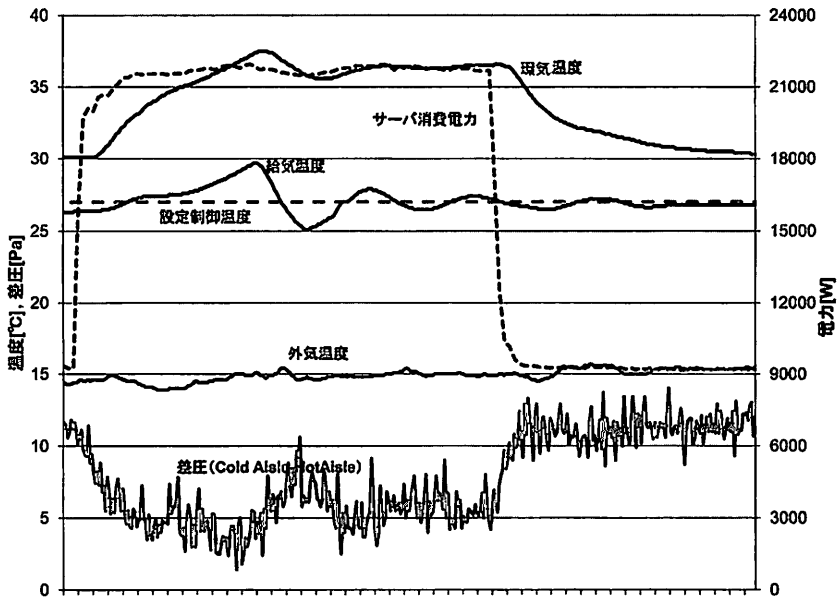


図-6 パワーキャッピングによる制御例



図一七 給気温度制御例

互通信、動作状態・ステータスの相互確認、さらに相互動作制御を可能とする定義となっている。

空調機制御に関して言えば、給気温度、風量、オン・オフなどの制御インターフェースが定義されている。この類のインターフェースは標準化されないと意味がなく、現在グリーン東大プロジェクトを中心にMIBにかかわらず何らかの標準化をする方向で活動している。

ICT機器－空調機インターフェースを利用した実使用例結果を図一六に示す。

これは富士通のコンテナデータセンタと内蔵されたInfrastructure Managerの組み合わせ制御の例である。図一六は空調機冷却能力を一定にしておき、ICT機器の発熱量が空調機能力を超えそうな場合に、ICT機器側の発熱量を抑制する機能をキックする、いわゆるパワーキャッピングを行う例である。一般にパワーキャッピングが機能してから実際にICT機器発熱量が減少するのに数秒かかるが、閾値に余裕を持たせたり、元々のサーバフロアの容積による温度変化遅延があるため、問題なく商用利用可能である。図一六を見るとわかるが、ICT機器の発熱量が一定以下になると自動的にパワーキャッピングを解除し通常運転に戻

る。

次にICT機器にパワーキャッピング制御を掛けずに空調機の動作台数や風量および給気温度を制御したケースを挙げる。幾つかの制御方法が考えられるが、1つには全体消費電力抑制のために動作する空調機の数を増減する手法がある。ICT機器の電力が一定の値を超えた場合に、それまで停止していた空調機を起動させ空調能力の増強を図る。

2つ目は給気温度を制御する手法である。図一七はICT機器の発熱量を急激に上げた場合の制御結果である。

サーバの発熱量が増大してから若干の時間をおいてホットアイル（＝空調機環気）温度が上昇する。これに対し空調機給気温度が設定温度になるように制御した例で、若干の温度のぶれはあるものの、ある一定以内にコールドアイル温度変化を抑制することができた。

同様に空調機風量による制御も可能であるが、こちらはサーバ等の内蔵ファン回転速度（＝サーバ自身の冷却風量）との関係を取る必要があり、ホットアイルとコールドアイルの圧力差を考慮したさらに精度の高い関係動作が必要となる。図一

7に差圧（ホットアイルとコールドアイルの圧力差）の変化をプロットした。風量制御をしていない時のデータであり、サーバ負荷の増大（発熱量の増大）に合わせて内蔵ファンの回転数が上がるため、差圧が小さくなっていることが分かる。この現象が強く現れるとホットアイルからの逆流が発生してしまうが、逆流を防止するための圧力センサ出力により空調機の風量を同時制御する。

富士通コンテナデータセンターの場合は空調機の風量制御が実際にはインバータファンの周波数であるため、コールドアイルの構造などを十分考慮した上で風量換算し、一方でサーバ内部のファン回転速度からラック内サーバによる風量を算出した上で全体制御を行った。通常はかなり難しい制御となるが、コンテナデータセンターの場合は比較的狭い空間での制御であったことと空調機がコールドアイル前面からの壁給気方式であったため、空調機動作台数を変化させたりしてもエアフロー的にはあまり問題がなかった。また空調機風量も比較的計算しやすかったため、ファン周波数と風量の関係も数式モデル化しやすく制御が楽であった。

しかしながら通常の建物のデータセンターフロアの場合は、事前に複数の空調機のオン・オフをした場合や風量を制御した場合など、非常に多くのケースを想定して全体エアフローの変化を予め熱流体シミュレーション等で把握し最適制御する必要がある。

これは現実には非常に難しく、現在けいはんなデータセンター実験設備（環境省「平成25年度CO₂排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業」¹⁾）において機械学習の手法を導入した共同実証実験を実施している。

2-3 湿度制御

湿度制御は日本では非常に悩ましい問題である。表-1で示した空調機インターフェース案でも、明確に湿度制御を対象とした定義はない。事実上冷却による除湿（とその後の加熱）による制御であり、湿度単独制御は難しいとの認識である。海外のデータセンターではミストによる加湿

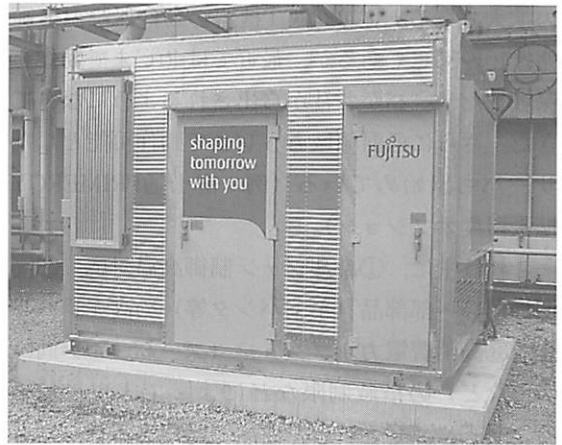


写真-1 富士通研究所コンテナ

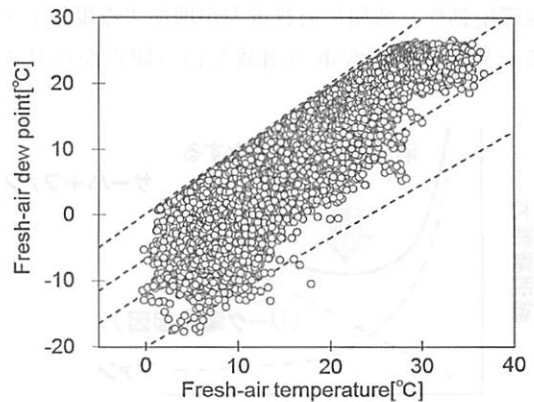


図-8 川崎市での温度・湿度分布

（と気化熱による冷却）を採用しているところもあるが、いずれも低湿度地域に立地しているため、除湿機能は実質的にはないと理解している。

本稿では²⁾富士通研究所の実験コンテナデータセンターにおける外気導入型冷却の湿度制御について紹介する。写真-1は川崎市に設置してある富士通研究所コンテナである。

完全外気導入型であり温度、湿度ともに外気に大きく依存する。

図-8は川崎市における温度・湿度の分布図である²⁾。かなりの部分がASHRAEクラスA2の領域に入っているが、高湿度によりA2領域からはみ出た部分が存在する。この部分の対策について、ICT機器側でできることを踏まえた上で対応手法を確立し、実際の実証コンテナに実装した。

ICT機器側で可能なこととは動作保証温度範囲

の拡大である。従来のICT機器の動作保証温度範囲は10～35℃であるが、最近では40℃まで動作を保証したサーバが各社から出されるようになってきた。さらに低温領域も5℃まで動作可能としたサーバも出始めている（例、富士通PRIMERGY拡張温度オプション）。

これは主に、①冷却ファン制御高温対応、②高温に弱い一部部品（キャパシタ等）の高グレード化、③高消費電力オプション（スーパーコン向けCPUなど）の搭載制限などによって実現している。45℃や50℃といった温度で動作するサーバも実現可能であるが、CPUシリコンの漏れ電流が高温環境動作で増加し消費電力が増加する現象があるため、全体消費電力削減という観点から見る

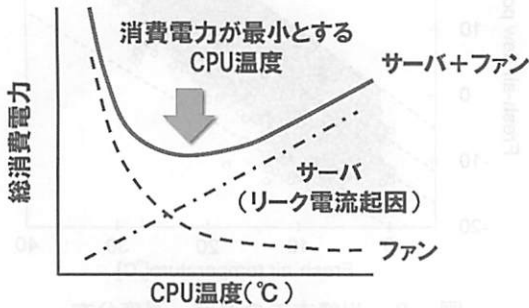


図-9 ICT機器のCPU温度と総消費電力の関係概念図

と、さらなる高温環境動作は本末転倒となってしまうことが多い³⁾(図-9)。現時点の半導体テクノロジーでは必ずしも選択肢として適切ではないと考えている。

さてこのようにしてICT機器側が高温環境動作可能となると、今までは空調機による除湿しか対策がなかった「相対湿度が高いためにASHRAEクラスA2からはみ出た部分」については、温度を上げてやることによってA2領域内に入れ込むことが可能となる²⁾(図-10)。

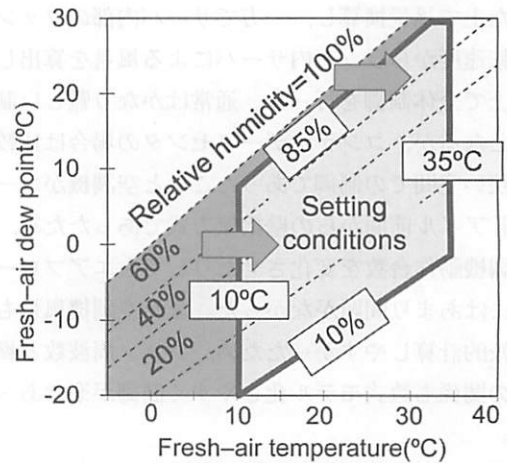


図-10 排気利用温度上昇による相対湿度低下

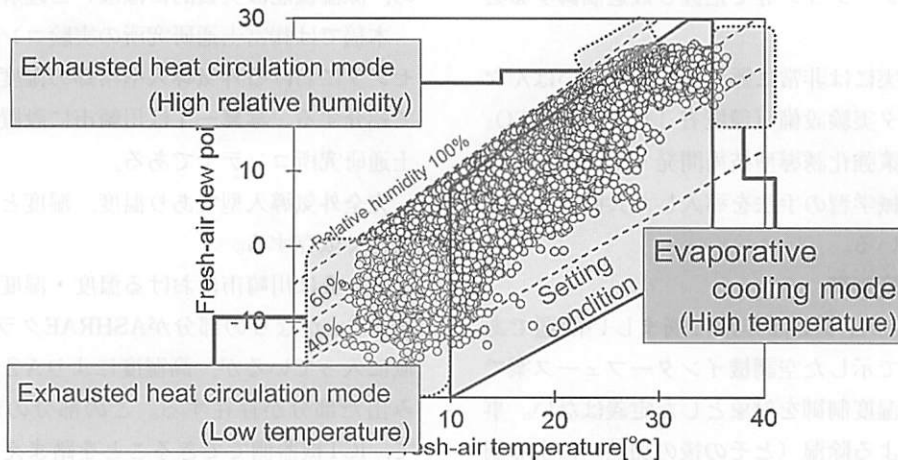


図-11 富士通研究所コンテナによる温度・湿度制御分布

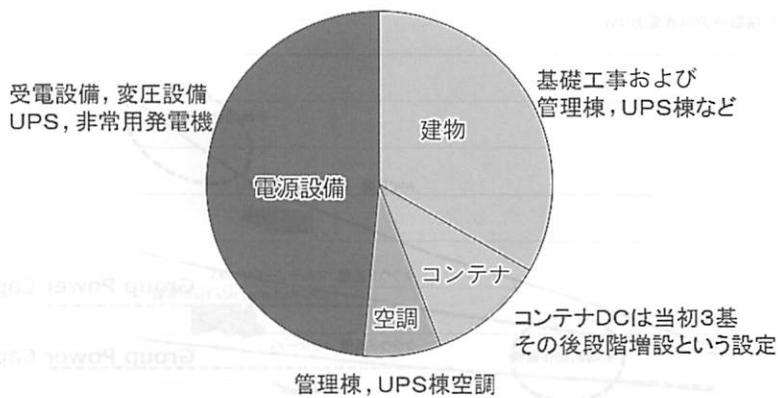


図-12 コンテナDCの初期費用例

具体的にはホットアイルの空気と外気を混合する際にホットアイルの空気割合を上げてやることにより、コールドアイル温度を上げ相対湿度を下げる。コールドアイル温度は40℃まではICT機器で対応可能であるので、ほとんどの場合はこの方法で高湿度環境対応可能となる。実際に富士通研究所の実証コンテナ（川崎市に設置）の場合は年間99.9%をこの方法によってカバーすることができた（図-11）。

残りの制御不能な高温多湿環境では補助的に空調機を併用しているものの、年間の稼働時間を極小化しているため空調電力の大幅削減を実現した。

この湿度制御にもDCIMが適用可能である。環境定義を外気導入に切り替えた上で制御ターゲットをASHRAEクラスA2またはA3に定義し、湿度制御のポリシーを「コールドアイルの温度を上げることによる相対湿度低下」とすることにより自動制御が可能となる。温度センサ、湿度センサの値で制御不能領域と判断した場合の補助空調の起動についても同様である。

高湿度ばかりが議論の対象となりやすいが、実は低湿度環境についても考慮が必要である。ICT機器の動作保証湿度範囲は10～85%としている場合が多いが、低湿度に関して最もセンシティブなのは静電気である。静電気に関しては国際規格が既に存在し、±6kVcontact/±8kVairでの非破壊条件などが規定されている。

静電気対策は基本的にはアースをきちんと取ることが重要であり、例えば富士通のサーバは内部モジュールすべてを静電気対策のためにアース対応している。このように、低湿度に関しては静電気対策がきちんと施されているICT機器を選ぶことにより問題を回避できる場合が多い。

実際、コンテナデータセンタ実証実験で使用した富士通サーバにおいて問題は発生していない。加湿器が意外に電力を消費することを考えると、低湿度環境動作も十分検討に値すると考える。

2-4 パワーキャッピング

図-12はコンテナデータセンタを採用した場合の新規データセンタ初期費用の例である。コンテナが安価であったり、外気空調によって空調機コストが削減できたりした結果、通常のデータセンタと比較してデータセンタフロア（＝コンテナ）の占める割合が小さくなっていることがわかる。逆に相対的に初期費用の負担が大きくなっている部分が電源設備である。

富士通のグリーンインフラ・ソリューションサービスの中でこの部分の費用削減についてよく相談を受けるが、ひとつの解決方法として消費電力の「平準化」を紹介することが多い。現在のデータセンタ設備はピークに合わせた設計となっていることが多く、高価な電源設備、空調設備の稼働率は実はかなり低い。この設備稼働率を上げること（電力・空調設備のライトサイジング）が大き

40Uラックフル搭載時の消費電力(kW)

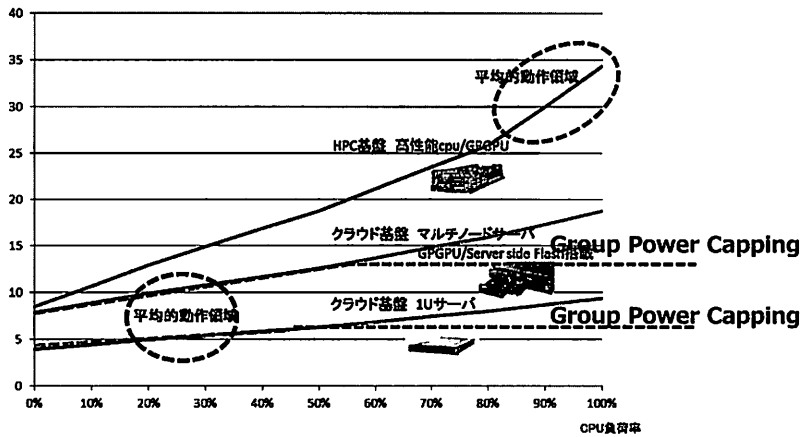


図-13 グループパワーキャッピング

な方向性である。トヨタ生産方式の柱の1つである「平準化は利益の源泉」という言葉は実はデータセンタにも当てはまる。

図-13に電力平準化を支援するグループパワーキャッピングの例を示す。グラフの上, 中, 下の3本の線はそれぞれHPC基盤, 高密度クラウド基盤, 標準クラウド基盤におけるCPU負荷率に応じたサーバの消費電力増大をラック単位で表したものである。現在のデータセンタの多くはCPU負荷100%時の最大消費電力を基にブレーカ設計, ラック契約が行われている。図-13の上のラインにあるようにHPC基盤(いわゆるスーパーコンピュータ)ではCPU負荷率が100%近辺になることが多く, ラック当たりの電力設計もCPU負荷率100%を想定して設計する必要がある。しかしながら一般的なクラウド用途だと, 中, 下のラインのようにCPU負荷率は平均で20~30%と低い状態がほとんどで, この用途に対してHPC用途と同じCPU負荷100%で給電と冷却設計を行うと, どうしても過剰設備となってしまう。かといって, ラック内サーバ全数が100%負荷という状態が全くないとも言いきれず, 結局, 過剰設備を抱えたまま運用することが多くなっている。

このような稼働率の低いデータセンタファシリティーの稼働率を上げることが, すなわち運用コス

トと初期投資コストの削減に直結する。そのためにはICT機器の実際の消費電力をリアルタイムでモニタすることが必要であり, なおかつまれに起こるかもしれない全数CPU負荷率100%にどう対応するかが課題となる。この課題に対する1つの解がDCIMによる「グループパワーキャッピング」である。

最近のサーバは電力管理機能を標準で搭載している。これはCPU内部に標準搭載されている機能で, ACPIのステート制御と呼んでいる。自分自身および外部から設定可能なステートに従ってCPUは動作周波数を変化させて動作する。CPU動作周波数が低くなるとCPUは動いたままで消費電力を減少させる。同時に性能も低下するが止まることはない。この機能を使いラック単位で消費電力の上限値を設定し, その値を超えないように制御する機能がグループパワーキャッピングである。これによりラック単位, ラック列単位, フロア単位の消費電力上限設定が可能であり, それに合わせて給電設備, 空調設備をライトサイジングすることができる。

3. マルチテナント機能

以上のように, DCIMを採用することによりInventory Management, Asset Managementが時間

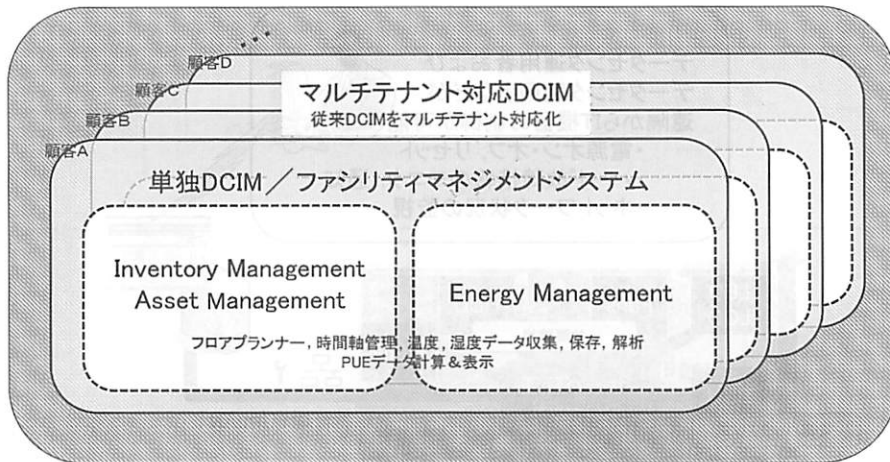


図-14 マルチテナント対応DCIM

軸方向も含め予測、検証可能となり、Energy Managementもモニタリングを中心に普及が進み、電力の見える化が進展し、さらにグループパワーキャッピング機能を利用したファシリティのライトサイジングも可能となりつつある。

しかしながら現状のデータセンター事業がハウジング/コロケーションの割合が多いことを考えると、それぞれのマネジメント機能を顧客別に適用し、さらに顧客にモニタ結果の情報提示と省電力対策の支援提案をすることによって、例えば顧客のタスクスケジューリング（時間制約のない処理を閑散時間にシフトなど）のモチベーションを喚起する等、データセンター全体の平準化にも寄与する動きに誘導することが望ましい。また稼働状況や電力消費状況が可視化されるサービス提供が可能となると、それ自体がハウジング向けデータセンターの差別化にもなり得る。またセンタ側にとっても設備稼働率の向上やピークシフトという観点で意味がある。

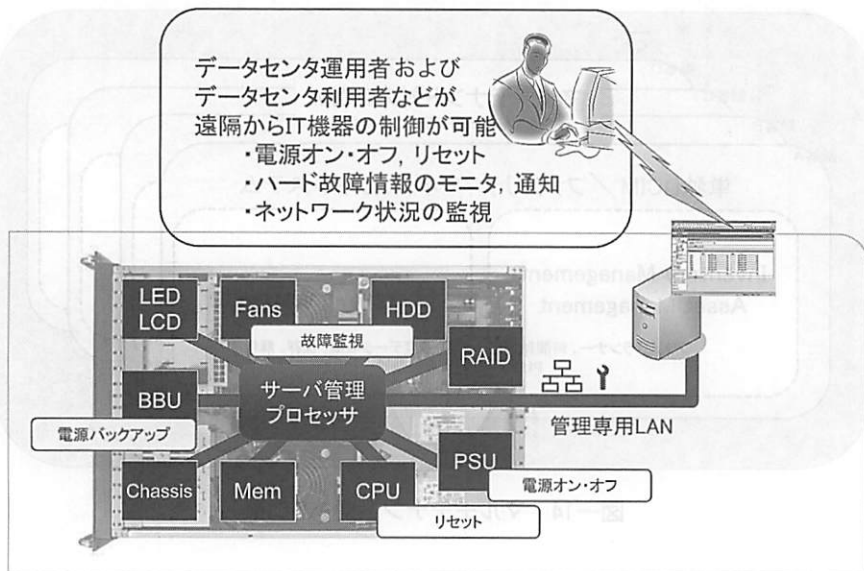
残念ながら現状のほとんどのDCIMはこの顧客個別管理（マルチテナント管理）に対応できていない。ここでは海外の例ではあるが、顧客別管理ができて例（io社）を挙げる。io社は2011年にサービスを開始したモジュールデータセンタ採用のハウジング事業者である。13万m²、100MW、Tier III、SSAE16 type IIの巨大なフロアにモジュ

ールデータセンタを配置した構造となっている。⁴⁾

- 独自モジュールデータセンタを基本構造とし、モジュール単位でハウジングサービス
- 各モジュールで空調機を持ち（水冷空調機で熱源は外部に共通設備を持つ）、モジュール単位で温度制御
- IT機器から直接SNMPを介して稼働情報を収集
特筆すべき点は、この13万m²のセンターの運用要員がわずか46名であることである。この大幅な省力化にはio社独自開発のDCIMが大きな役割を担っている。io社独自DCIMは顧客のIT機器の管理インターフェース（業務用ネットワークとは独立）からサーバ内部の温度、吸気温度などの情報を入手し、顧客別に稼働状況をダッシュボードに表示、さらには顧客のiPhoneにもDCIM画面を表示することができる。コンテナ単位とはいえ、マルチテナントに対応したDCIMとなっている。

国内でも最新のデータセンタは顧客単位で小部屋を作り提供する方向に向かっており、顧客ごとの個別管理や個別情報提供（マルチテナント機能）がやりやすくなりつつある（図-14）。

富士通ServerView Infrastructure Managerもこのようなトレンドを把握しマルチテナント機能に関してもタイムリーに提供する。



図一五 データセンタIT機器の管理専用LANの使用例

4. プロファイル管理

Profile Managerというツールは今まではICT機器側のツールと捉えられることが多かった。実際、機能的にはサーバの構築作業の自動化ツール、仮想環境における仮想サーバの管理という内容であり、一見データセンタの建物や設備とは関係が薄いように考えがちである。しかしながら、データセンタの業務が従来のハウジングからホスティング、クラウドサービス基盤となるに従い、データセンタ設備と密接に関係するようになってきた。

データセンタ事業を遂行する立場から見ると、Profile Managerは「データセンタビジネスプロセス自動化ツール」と言うこともできる。そして、この機能とデータセンタのファシリティ管理機能、資産管理機能の連係が新たな領域となる。

一例を挙げると、DCIMの1つ目の機能であるInventory Management, Asset Managementが持っているサーバの物理搭載位置情報、さらにフロアプランナー機能と密連係することによって、仮想サーバの適正配置のみならず物理サーバの適正配置(=消費電力とラック当たり発熱量の平準化)が可能となることである。

Profile Managerは新規サーバがフロアに導入される際に、サーバ上に構築するHypervisorやOS、アプリケーションを管理可能である。したがってそのサーバの平均発熱量や排気風量も予測することができる。一方、フロアプランナーはこれまでの動作状況、熱分布および空調能力、エアフロー予測(シミュレーション)から新規サーバの最適設置場所候補をダッシュボードに表示する。サーバ設置、稼働後も、稼働状況と発熱量状況から仮想サーバの再配置をHypervisorと連係して動作させたり、VM Migrationができない物理サーバであっても、DCIMの2つ目の機能であるEnergy Management機能と連係して空調機の最適運用を支援する。

4-1 リモート制御

図一五にデータセンタ内IT機器の管理専用LANの使い方例を示す。

現在のサーバのほとんどは業務用のLANとは別に管理専用LANポートを備えており、データセンタファシリティ運用者から顧客資産であるサーバ内のデータなどへのアクセスを制限した上で、データセンタファシリティ運用に必要なハード情報をモニタすることができる。例えば冒頭で挙げ

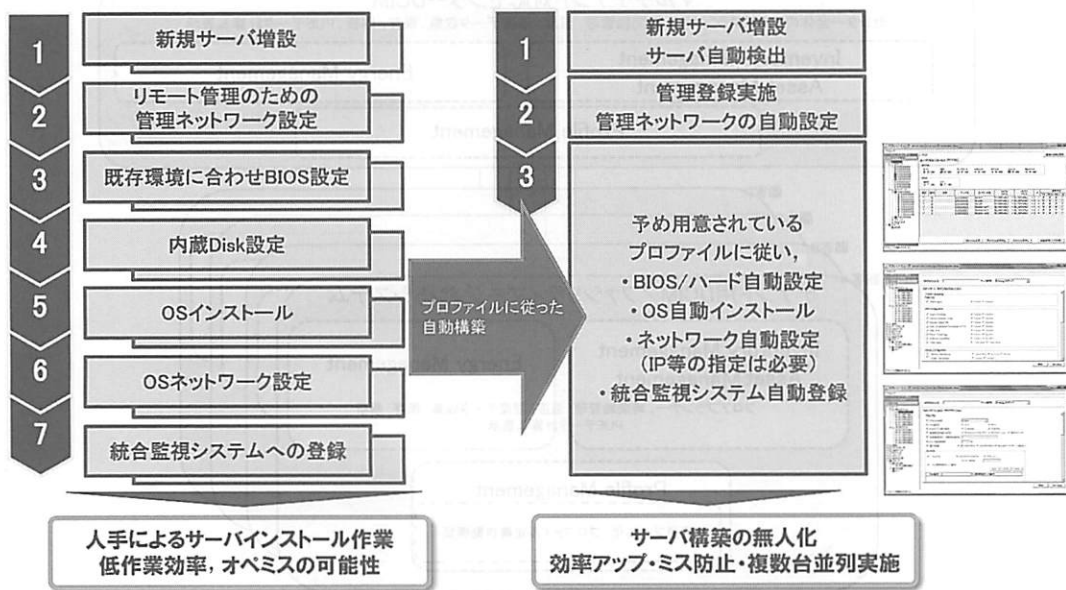


図-16 データセンタ・ビジネスプロセスの自動化

たサーバの吸気温度センサの値や内部のファン回転数（＝サーバ自身による風量計算が可能）がモニタ可能であるし、さらには管理LANからの情報をセンタの集中監視システムに組み込んだり、マルチテナント機能として顧客にサービス提供したりすることも可能である。実際に弊社のお客様事例として、東京のセンターから地域にあるサーバの遠隔保守や場合によってはリセット操作などを商用利用している例もある。

このリモート制御をベースに、データセンタビジネスプロセス自動化に向けた機能を次に述べる。

4-2 自動構築

図-16にサーバの自動構築の例を挙げる。

データセンタに新たなサーバが導入された場合に、予めサーバベンダより提供されたMACアドレス、シリアルNo.を基にインストールすべきハード設定、さらにOSやアプリケーションソフトなどを定義しておく。フロアプランナーに従ってラック搭載された物理サーバのケーブル類が接続された時点で（この時点ではサーバに電源は入っていない）センターのDCIM Profile Managerが新

規サーバに対してMACアドレス、シリアルNo.要求コマンドを発行する。サーバはスタンバイ電源で動作している管理プロセッサを介してMACアドレスを応答する。返ってきたMACアドレス情報（Ethernet MACアドレスは世界唯一のアドレスが元々割り当てられている）を基に物理サーバを特定し、その後ハード設定から、OSインストール、アプリケーションのインストールまでサーバ構築作業を無人で自動完了させる（図-3の操作を自動化）。一連の構築作業が自動終了すると、Profile Managerはサービス基盤設定完了通知とともに運用側にサーバを提供する。この間、人間の手を煩わせることはない。

4-3 Profile Management

このような一連の自動構築作業を担うのがProfile Managerであるが、IaaS、PaaS、SaaSが一般的となってきた現状では、データセンタの資産管理やエネルギー管理という観点から見てもDCIMの一モジュールとして動作することが必須となりつつある。

長い歴史があり既に周辺技術も含め完成度の高い領域にあるBEMSと連携しつつ、IaaS、PaaSな

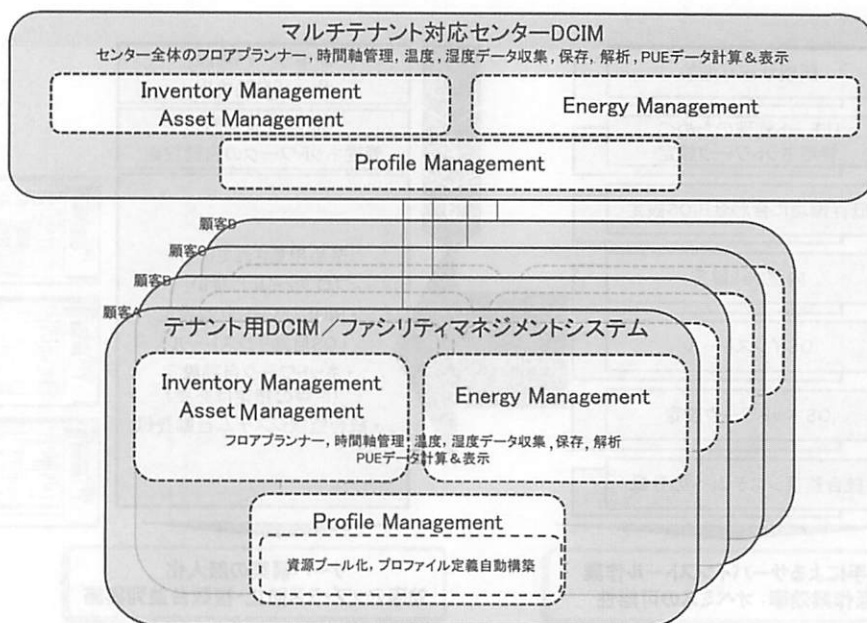


図-17 マルチテナント/プロフィール管理対応DCIM

どの最終サービス形態を意識したデータセンタエネルギー管理が必要となってきた。Profile ManagerはICT機器の中に閉じているものではなく、DCIMの一機能として既存のBEMSや中央監視システムと連携することが今後の方向性であるとする。

サービスプロバイダの方々と情報交換をすると、現時点では技術的に難しいが、VM単位で省電力設定をできないかという相談も受けるようになってきた。さらなる最適化技術が求められているとする。

5. おわりに

本稿ではDCIM (Data Center Infrastructure Manager) の機能をInventory Management, Asset Managementと、Energy Management、そして今まではICT側の機能として分離されていたProfile Managementの3機能に分けて、最新の技術動向を述べた(図-17)。

次世代のDCIMは、従来のBEMS、従来の資産管理ツールと競合するのではなく、密関係や共存することによって、より効率の高い柔軟性のある全

体システムを構築していくと考える。そのためにも、この世界にOpen化のコンセプトを導入し、各機能エンジン、モジュールがOpen Interfaceを介して連携できるような方向性を目指していきたい。

【参考文献・参考web】

- 1) 松岡茂登 大阪大学サイバーメディアセンター：グリーン東大DCIM 分科会講演資料 Energy Centric Software Defined Datacenter infrastructure management 2014.7.2
- 2) Hiroshi Endo他 (株)富士通研究所 Hotpower 2013, Cooperative control architecture of fan-less servers and fresh-air cooling in container servers for low power operation
- 3) 杉本利夫 他 (株)富士通研究所 富士通研究所リリース 2012.4.4, <http://pr.fujitsu.com/jp/news/2012/04/4-2.html>
- 4) io社公開web <http://www.io.com/>

ICTインフラの整備により 変化するエネルギー管理の 将来 その2

データセンターにおけるさらなる省エネへの挑戦

田中 邦裕

さくらインターネット(株)
代表取締役社長

1. はじめに

企業活動におけるITの重要性が高まっている昨今、IT機器の安定した運用は経営における最重要課題の1つとして認識されている。加えて、世の中の省エネルギー化の風潮を背景として、IT機器の省エネ化という「グリーンIT」の考え方も広がってきた。

今の社会においては、ITによってエコを実現するというアプローチが増えているが、これからはIT自体のエコということにも注目しなければならず、IT機器自体によって消費される電力が年々増加している現状の改善は喫緊の課題であると言えよう。

そのような中、さくらインターネット(株)では、災害が少ないというBCP的な観点に加えて、消費電力が少ないというグリーンIT的な観点の両方を兼ね備えたデータセンターを、2011年に北海道石狩市に建設した。

データセンターは、発電機や蓄電池設備、ガス消火設備や空調装置など、ITを支える設備が整えられた施設であり、IT機器の集積基地として重要なインフラの1つとして認識されている。

データセンターの歴史は古く、銀行や証券会社など、コンピュータによって電算処理を行う企業において建設され、その多くは都市近郊の地盤の強い場所、例えば関東であれば多摩地区、関西であれば北摂地区などを中心に立地されてきた。

しかし、インターネットの発展でネットワークが広く張り巡らされたこともあり、必ずしも都市近郊の立地である必要はなくなり、海外の大規模データセンターは、郊外の広大な土地に立地していることも多い。

加えて、データセンターにおける消費電力の約半分を占める空調設備の消費電力を抑えるべく、北方の寒冷地に建設される例も増えている。例えばアイスランドやノルウェーなどにFacebook社やGoogle社などがデータセンターを建設している。

そのような流れの中で、北海道の広大な土地と冷涼な気候を生かしたデータセンターが日本でも



写真-1 石狩データセンター全景

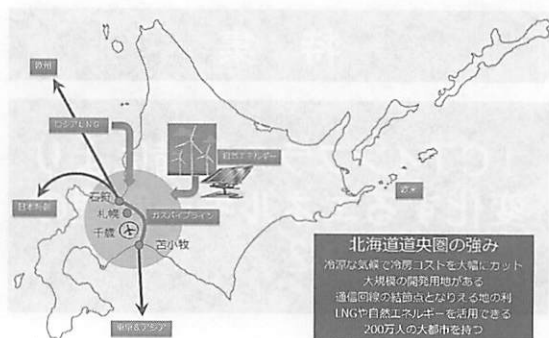


図-1 北海道中央圏の強み

建設された。その1つが石狩湾新港地域に建設された石狩データセンターである。

2. 石狩データセンターについて

石狩湾新港地域は、札幌の北方に位置する北海道石狩市と小樽市にまたがる約3,000haの国内有数規模の広大な工業団地であり、年間の平均気温は約8℃、夏場においても30℃を上回る日はほとんどないという冷涼な場所である。

石狩データセンターは、この工業団地に5haの土地を確保し、合計8棟のデータセンター棟を建設する計画で、現在は写真-1の2棟（2棟が一体となっている）が先行開業し、総ラック数は1,100ラックである。将来的に8棟まで建設された際には4,000ラックを超える大規模なものになる予定である。

なお、石狩湾新港地域のメリットは広大な土地と冷涼な気候だけではない。

1つは、光ファイバーの結節点として、日本海側のケーブルやロシアを経由したヨーロッパへの経路を持っていることである。

データセンターでは大容量の通信回線を必要としており、ケーブルの敷設には大きなコストがかかるが、ケーブルが経由している場所にデータセンターを作ることによって大容量の回線を安価に利用することが可能になる。

もう1つは、ロシアを中心とした北極圏のLNGを受け入れる基地があることや、風力発電の適地であることなど、エネルギーに恵まれているということである。

データセンターでは大きな電力を消費するため、その電力需要を満たすだけの供給能力が必要である。また、自然エネルギーなどの活用も重要なテーマであり、電力を長距離送電するよりは、電力のある場所にデータセンターを作ることが全体最適の観点では重要である。

最後に、石狩市は札幌市に隣接しており、優秀な人材を確保しやすいという点があげられる。データセンターでは、大量の雇用を必要としているわけではないが、サーバーやネットワークなどのIT機器をメンテナンスできる優秀な人材は、郊外ではなかなか得られないため、大都市に隣接しているということが重要なポイントである（図-1）。

3. 石狩データセンターにおける外気空調

ここまで回線やエネルギーなどの話を書いてきたが、石狩データセンターの特徴は何とんでも冷涼な外気を使った空調効率の改善である。図-2のように、冷涼な外気とIT機器からの排気を混合させ、IT機器の稼働に最適な温湿度条件の空気を作るという仕組みになっている。

外気はデータセンターの下部から取り込み、温湿度条件が理想の状況である場合には、そのままIT機器の設置されているラックルームに給気される。冬場など温度の低い時期は、外部から取り込んだ冷たい空気とラックルームからの排気を混合し、適温にした空気をラックルームに給気するが、冬場については空気が乾燥しているため、加湿を行って適切な温湿度に調整している。



図-2 外気空調の仕組み

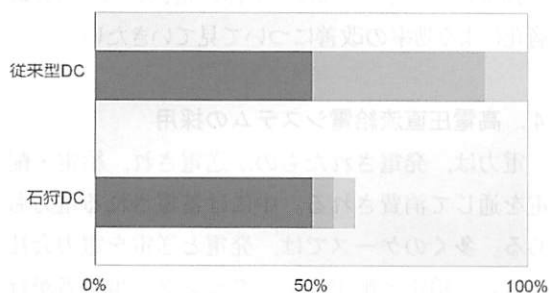


図-3 外気空調による電力削減効果

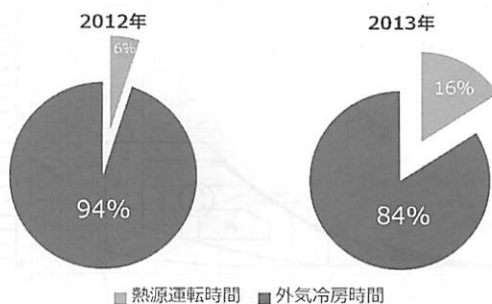


図-4 外気冷房と熱源運転の比較

なお、夏場の昼間については適切な温湿度を超える時間帯があり、そのような場合にはターボ冷凍機で作られた冷水を空調機に供給し、冷房運転を行うこともある。

このような制御を組み合わせると、1年を通じて適切な温湿度の空気を作り、ラックルームに給電できる仕組みとしている。

一般的なデータセンターについては、通年で冷房運転を行うことが多いが、上記のような制御を行うことで、空調にかかる消費電力を8割以上削減させることができ、全体で見ると4割程度の消費電力削減につながった(図-3)。つまり、従来型のデータセンターの場合でPUEが2.0だったものに対して、石狩データセンターはPUEが1.2になることを意味している。

ちなみに、消費電力が下がることで、受電設備や非常用発電機などの容量を減らすことにもつながり、設備投資の削減や、それに伴う減価償却費の削減が行えるようになるため、全体としての投資効果も非常に高まると言える。

具体的なPUEの年間推移は図-4のとおりである。稼働開始直後の2012年は夏場に1.6~1.7程度だったほかは1.2前後で推移し、平均では1.3弱であったが、2013年については平均1.2程度であった。

PUEは分母がIT機器の消費電力、分子が全体の消費電力となるため、IT機器の使用電力が少ない時はPUEが大きくなりやすく、2012年と2013年の差は稼働率によるものと考えられる。

このデータを見る限り、机上での削減効果で出されたPUE1.2という数値が達成されていることが分かり、今後さらなる稼働率の向上に伴って、PUE1.1前後で安定的に推移するものと考えられる。

なお、外気の温湿度については2013年のほうが不利な状況であり、2012年は6%の期間のみで冷房運転を行ったのに対して、2013年は16%の期間で冷房運転がなされていた。

つまり、2012年に対して2013年のほうが温湿度条件が悪化したにもかかわらず、稼働率の向上に

11. サーバ室1-A 2013年1月1日 火曜日 ~ 2013年12月31日 火曜日

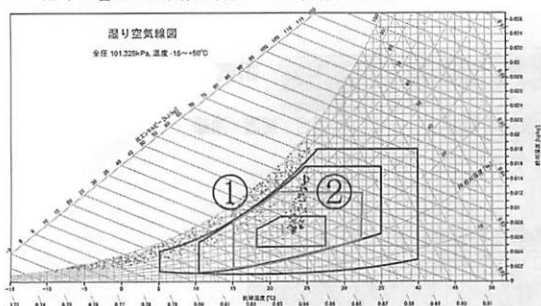


図-5 空気線図 (2013年1~12月)

11. サーバ室1-A 2014年1月1日 水曜日 ~ 2014年3月31日 月曜日

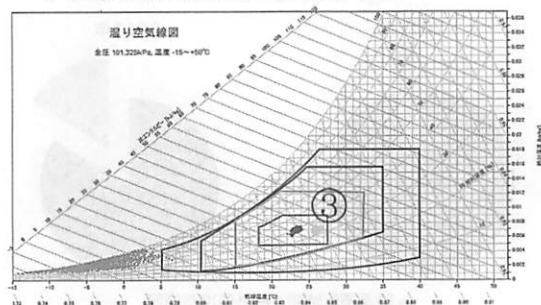


図-6 空気線図 (2014年1~3月)

よって、PUEが上がりにくくなったことを意味している。

さて、ここまではPUEの変化についてみてきたが、温湿度が本当にコントロールされているかということも重要なポイントである。

IT機器を取り巻く環境においてはASHRAE（アメリカ空調学会）という団体によって適切な温湿度条件が決められ、空気線図に推奨値と許容値が定められている。

図-5は、石狩データセンターにおける2013年の温湿度と、ASHRAEで定められた推奨値と許容値をプロットしたものである。薄い点①は外気の温湿度、濃い点②はラックルームに給気される空気の温湿度を示している。数値についてはASHRAE A2許容値の範囲内でコントロールされており、中でも温度（横軸）についてはASHRAE推奨値の範囲内となっている。

ちなみに北海道は本州に対して湿度は低いのだが、それでもASHRAEの推奨値よりも高くなる日が多く、春と秋の中間期においては、湿度が高め

に推移してしまうところが課題である。

図-6は2014年1月から3月までの、厳冬期の空気線図である。冬場は気温が低く、湿度も低く推移するため、IT機器の排熱との混合で、かなり精度の高い温湿度のコントロールが行われていることが分かる。濃い点③がラックルームへの給気であるが、ASHRAE推奨値のまん中に集中させることができています。

ここまで、外気を活用した空調コストの削減および温湿度のコントロールについて見てきた。ここからは、空調のみならず全体の電源システムの最適化による効率の改善について見ていきたい。

4. 高電圧直流給電システムの採用

電力は、発電されたものが送電され、給電・配電を通じて消費される。中には蓄電される電力もある。多くのケースでは、発電と送電を電力会社が行い、給電と配電はデータセンター事業者が行い、電力消費はデータセンターの利用者によって行われる形となっている。

これらの全体最適を行うことにより、さらなる改善につながるものと考えており、実際に石狩データセンターにおいては、給電と配電を直流で行う「高電圧直流給電システム」に関する実証研究を行っている。

現在の送電の主流は交流であるが、これは100年以上前に行われた、エジソンが推す直流と、テスラが推す交流との電流戦争の結果であり、長距離で大規模な送電を考慮した際に、トランスで電圧の昇降が簡単にできるという交流の利点がテスラを勝利に導いた。また、以前は洗濯機やエアコン、照明なども交流で稼働することが前提であり、電力消費においても交流のほうが都合が良かった。ちなみに、日本では東日本の50Hzと西日本の60Hzに分かれており、昔の洗濯機では東日本と西日本で洗濯時間が異なるということもあった。

ただ、現在では消費される電力の多くが直流負荷に変わってきており、直流への変換において大きなロスを生じさせている（図-7）。

例えば洗濯機やエアコンなどはインバーター制

御になり、交流をいちど直流に変換しなければならないし、LED照明については直流で稼働している。加えて、パソコンや携帯電話の充電においてもACアダプターなどの変換装置を経由させて直流に変換しており、そのロスを決して無視できるものではない。

このような理由から、受電した交流の電力を一括して直流に変換するシステムに注目が集まっており、中でも400V程度の比較的高圧の電力で配電する取り組みが高電圧直流給電システム、略してHVDC (High Voltage DC=HVDC) と呼ばれるシステムが石狩データセンターにて稼働中である。

図-8は、従来の方式と直流給電方式の違いをまとめたものである。

データセンターの場合には、電圧降下や瞬停、周波数変動などを補償するためのUPS装置が設置されているが、バッテリーは直流でなければならないため、交流をいちど直流に変換して、再度交流へと変換し直している。そして、交流で配電してIT機器の中でさらにもういちど直流に変換す

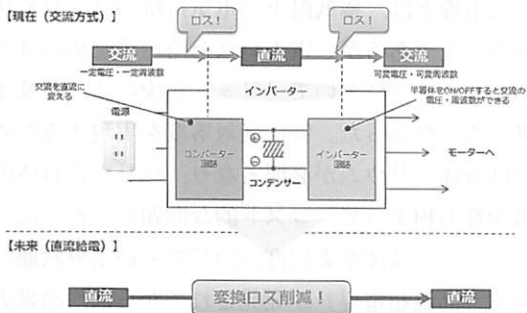


図-7 交流給電におけるロス

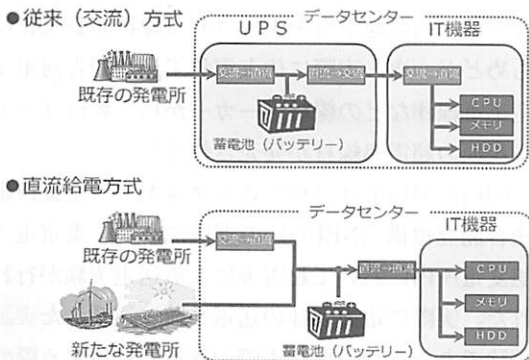


図-8 交流給電と直流給電の比較

るということをしている。

直流給電方式になると、バッテリーを経由した電力をそのまま直流で配電し、IT機器へも直流のまま給電することができる。この形式になれば、直流と交流との変換を3回から1回へと減らすことができ、機器コストや変換ロスを減らし、信頼性を向上させることが可能になる。

さくらインターネットにおいては2011年より実験を開始し、2013年3月から石狩データセンターにおける商用環境において本格稼働を開始させた。

消費電力的なメリットで見ると、石狩データセンターでは従来の給電方式の場合に4割の電力が削減できたところが、直流給電方式によってさらに削減幅が大きくなり、これまでのデータセンターに比べると半分の電力でIT機器を稼働できるようになった(図-9)。

電力ロスの削減ができる部分で言うと、まずはバッテリーから出た電力を交流に変換する部分である。機器にもよるが、極めて高効率のUPSであっても2~3%程度の電力ロスが発生し、一般的なUPSの場合には5~10%程度の電力ロスが発生する。

次に電力ロスの削減ができる部分は、IT機器の中にある直流へ変換する部分である。一般的に電源装置と呼ばれている。一昔前のものだと30%程度の電力ロスが発生し、最新の高効率なものだと5~10%程度の電力ロスが発生するが、高効率なものは非常に高価だけでなく、電源装置の負荷が低い時には、電力ロスが大きくなってしまふ。

なお、最近のCPUは負荷の低い状況では電力消費を抑える仕組みになっており、実際の電源消費

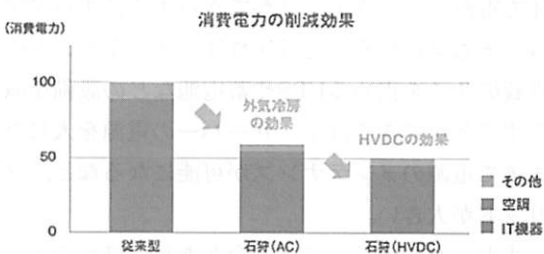


図-9 直流給電方式による電力削減効果

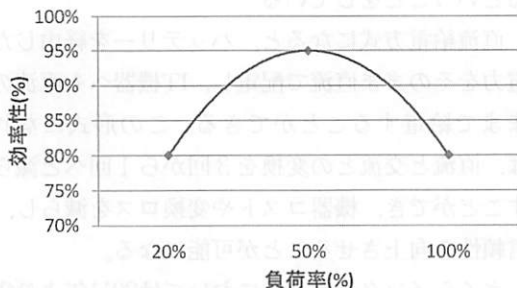


図-10 負荷状態による効率性の違い

量はかなり低い状況にある。また、冗長化して電源装置を搭載している場合には、2台ひと組のケースだと、最大でも1台の電源装置に50%までしか負荷がかからず、実際にはそれよりも低い負荷率になる(図-10)。

そうすると、電源装置のメーカーが保証する高い効率の得られる利用率よりも低下してしまい、実際の電力ロスが大きくなる傾向にあるようである。直流給電を行うことにより、これらの電力ロスが大幅に削減されることになる。

このほかにも、IT機器内部の電源装置を外出することで省スペース化が図れることや、発熱源が減って排熱にかかる電力消費を小さくできるなど、さまざまなメリットが挙げられる。まとめると以下の4点である。

- ・電力ロスを低減させる
- ・変換部分が減ることで信頼性が向上する
- ・シンプルになることで投資コストが抑制できる
- ・IT機器内部の電源装置がなくなり、省スペース化ができ、発熱源も排除できる

なお、図-11のようにIT機器の電源装置が入っていた部分をバッテリーに積み替えて、IT機器単体で電源のバックアップができるようにするアプローチも見られる。そうすれば、データセンター投資の多くを占めるUPSや蓄電池などの設備を減らすことができるほか、サーバーの電源を入れたままで電源のメンテナンスが可能になるなど、メリットが大きい。

また、バッテリーには寿命があり、ほかのデータセンター機器に比べて短いスパンで交換が必要

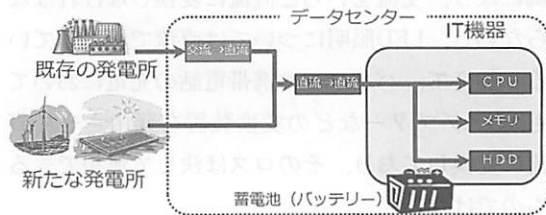


図-11 バッテリーを搭載したサーバーの活用

であるが、IT機器にバッテリーを搭載することで、ライフサイクルの統一も可能になる。

現在、さまざまなサーバーメーカーが研究を進めているが、もうしばらくするとバッテリーの搭載されたサーバー機器も一般的になるだろう。

5. 超電導直流送電への挑戦

さて、ここまでは給電と配電および蓄電にフォーカスを当てて述べたが、石狩データセンターにおいてはさらに踏み込んだ取り組みとして、自営の送電システムを超電導直流方式で行う準備を進めている。

超電導とは、極低温で電気抵抗が0になる状態のことであるが、電力ロスと冷やすためのコストとバランスにおいてメリットが少なく、普及は進んでこなかった。特に絶対零度を実現するためには液体ヘリウムが必要となり、ヘリウム自体の希少性も相まって、コスト的な問題が多かった。

しかし、液体窒素程度の冷却でも超電導状態になる「高温超電導」が発見されてからは、冷媒のコストも、冷やすための電力コストもともに低減され、超電導がにわかに注目を集め始めている。今では、高温超電導を実現させる線材の長尺化にもめどがつき、実際に住友電気工業㈱や古河電気工業㈱などの線材メーカーから、数百メートル規模の超電導線材が発売されている。

国内においては、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の支援により、東京電力旭変電所内において超電導による送電実験が行われた。実際に電力会社の送電システムに連系した実証試験であり、超電導を実際の送電に利用する際の技術的な課題の抽出および、運転性、信頼性など

の検証が進められた。

なお、この実験のケースでは交流のまま超電導送電を行ったため、系統関係については比較的容易であったが、交流の場合には交流損が発生して抵抗が0にならず、電力ロスが発生して冷却のコストが高くなるという課題がある。そのため、石狩データセンターにおける高温超電導送電プロジェクトでは、直流で送電することとしている。これであれば電気抵抗は0になり、超電導状態を維持するためのコストの低減が図れる。

ここで、直流送電の現状についても紹介しておきたい。

送電については交流が主流であることはすでに述べたが、直流の送電については徐々にではあるが進んでいる。

交流送電のメリットが電圧変換が容易であるということはすでに述べたとおりであるが、デメリットも少なくない。例えば、三相交流の場合に3本ないしは4本の電線が必要となり、直流が2本（場合によっては1本）で済むのに対して、電線の本数が多くなるというデメリットがある。また、交流の場合には実効値に対してピーク値が高くなり、例えば100Vといいつつも最大の電圧は141Vとなるため、電線の耐圧を上げなければならないという問題もある。

さらに交流の送電線は、回路図には表れないコンデンサ成分やインダクタ（コイル）成分が存在し、交流を流した場合、これらが抵抗（リアクタンス）となって交流損と呼ばれる送電ロスを発生させる。直流の場合はこの影響がなく、約300kmを超える長距離送電では交流よりも直流のほうが有利になるといわれている。

このように交流のデメリットを克服するのが直流送電であるが、実際に直流送電が進んできた大きな理由の1つは、90年代以降に半導体での大容量電力変換が可能になったことである。以前は、直流を交流にするためには直流モーターを稼働させて、それに直結した交流発電機で交流を生成するしかなかった。

この方法だと、駆動部が必要になるために、変

換効率が極めて悪かったのだが、GTOやIGBTといった半導体による、電力を直接変換することのできる素子の出現により、直流の扱いは非常にハードルが下がったと言えよう。

実際に北海道と本州の間をつなぐ北本連系と呼ばれる送電線において、交流を直流に変換して長距離の直流送電が行われており、欧米やインドなどでは50万kV、75万kVの長距離直流送電が実用化されている。

以上のように、電力変換が半導体によって簡単になったことを背景に、今後は直流送電も広がっていくものと思われる。

さて、ここまで直流送電を見てきたが、消費者に給電する際には電圧を降下させて交流に変換しなければならないため、このために必要な機器のコストや電力ロスとのバランスが重要である。

その上で、石狩データセンターにおけるプロジェクトでは、送電としては低電圧といえる400V程度を採用するとともに、交流には変換せずに直流給電システムに直流のまま給電する方法をとっている。超電導送電を利用すれば大電流を送れるようになるため、400V程度の電圧であってもロスなく大電力を送ることができる。

石狩データセンターのケースでは、太陽光発電で生み出された400V前後の直流電力を、パソコンで交流に変換することなく超電導直流送電を行い、IT機器を収めるラックまで400Vのまま送電しようというものである（図-12）。これにより、太陽光発電側のパソコンが必要なく、受電側においても特に必要な変換器等はなく、給電する際に12Vへの降圧を行うのみで済む。

このように、発電から給電に至るまで全てを直流で行うことにより、電力ロスの低減や投資しなければならない機器の抑制にもつながる。

ところで石狩データセンターのケースでは400Vで送電しているが、これはあくまでも近距離かつ数MWという比較的小規模な送電であるから実現可能だと考えている。電力会社規模の大規模な実用化を目指す場合には、やはり数十kV以上の高電圧での送電が中心になってくるだろう。

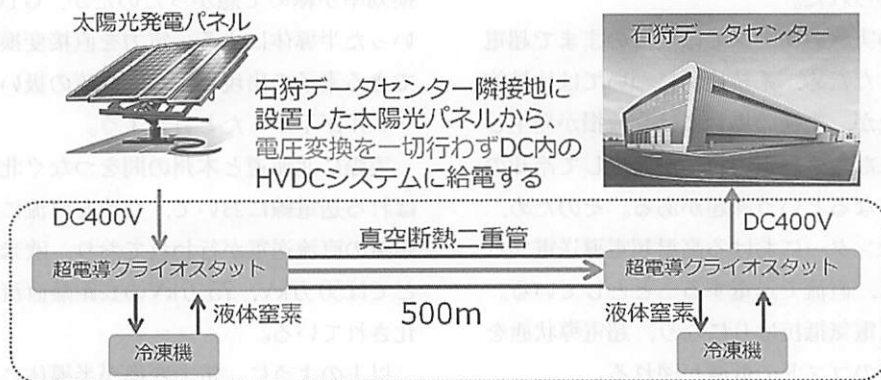


図-12 石狩データセンターにおける超電導直流送電実験



図-13 データセンターを中心としたスマートグリッドへの取り組み

このときには、高電圧・大電力の変換器が必要になると考えられるが、すでに50Hzと60Hzの変換をする電力変換所は実用化されており、特に問題はないと考えられる。交流で高電圧・大電力を送電するには電磁波等の影響が大きく、鉄塔を建てて高いところを架空で送電したり、大きな tunnel を掘って地下に埋設するなどの方法が必要になる。

しかし、直流超電導送電の場合には電磁波は出ず、水道管ほどの小さなパイプで大電力を送電できるようになる。つまり、郊外に作った発電所から安価に都市部へ送電できるようになることを意味している。実際にヨーロッパにおいては、サハラ砂漠で発電した電力を直流超電導技術を使った長距離送電を行うという、DESERTECという野心的なプロジェクトも提唱されている。

6. おわりに

石狩データセンターにおいては、外気を使って空調にかかる電力コストを低減させるのみならず、送電や給電において直流や超電導を活用して、電力システム全体の改善を進めている。

データセンターでは、1つの拠点で数十MWという大電力を消費するため、より踏み込んだ施策が経済合理性を持つことが多い。

最近では、スマートグリッドに注目が集まっているが、大電力を消費するデータセンターを中心に電力グリッドの最適化をするという考え方も提唱されてきた(図-13)。さくらインターネットにおいては、そのような立場を活用して、さらなる改善に努めていきたいと考えている。

ICTインフラの整備により 変化するエネルギー管理の 将来 その2

データセンターに おける直流給電技術

松本 信幸

NTTデータ先端技術㈱

環境テクノロジー事業部

グリーンコンサルティングビジネスユニット

チーフエンジニア

1. はじめに

携帯可能な情報端末の普及や、SNSなどといった身近で利用可能なネットワーク・アプリケーションの急速な進展に伴い、ネットワーク上を駆け巡る情報の量は飛躍的に増大しており、今後も増加する見込みとなっている。

こうしたことから、インフラとしてのデータ・ネットワークにおいて消費される電力は今後も増大し、なかでもデータセンターにおける電力の消費が大きな比率を占めることから、データセンターに対する省エネ施策がますます重要となる。

今回、こうしたデータセンターに対する省エネ施策のなかから、データセンターの施設内における電力の変換損失を抑制することにより全体としての電力消費を削減する手法として、直流給電方式を紹介するとともに、直流給電方式を採用することによって生まれる、省エネ以外の新しいメリットについても紹介する。

2. データセンター向け直流給電方式の概要

データセンターは、重要な情報インフラの1つである。したがって、高い信頼性が求められるものであり、その対応の1つが停電対策である。

停電は、大きく2種類に分けて考えることができる。負荷の過剰を含む、発電系もしくは送配電系の障害に伴う本格的な停電と、送配電系への落雷などによる一時的な停電、いわゆる瞬電である。

停電に対しては、データセンター内に発電機を用意するなどして、数時間から数十時間の電力断にも対応できるようにするが、落雷等による瞬電においては、1秒にも満たないごく短時間の電力断であり、別の手段で対応する必要がある。

なお、中長期の停電においても、実際には電力が断たれてから、発電機を起動するまでの数分間に対応しておく必要があり、こうしたごく短時間の電力断への対応は、多くの場合において蓄電池が用いられている。

蓄電池は、直流で動作するものであることか

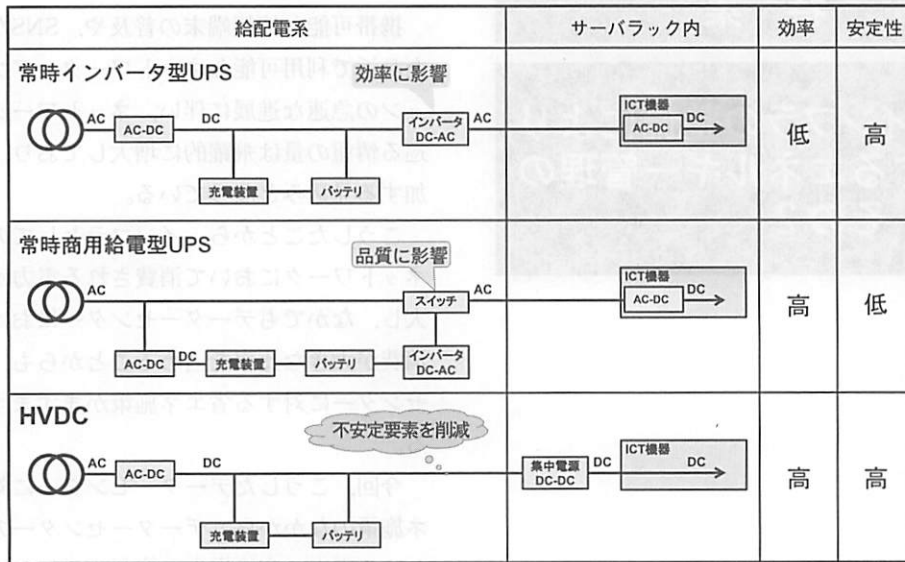


図-1 データセンターにおける給電構成

ら、商用の交流で建屋内に引き込まれた電力は、いったん直流に変換され、蓄電池に充電される。充電されている電力は、使用する際に交流に再変換されたうえで、サーバーなどのICT機器に供給されることになる(図-1)。

サーバーなどのICT機器は、一部48Vの直流が用いられることもあるが、交流で受電するのが一般的であり、この交流による電力を装置内で直流化し回路上で用いるようになっている。そして多くのICT機器では、ハードディスクの動作電圧に起因する12Vの直流を基本としている。

2-1 HVDC (High Voltage Direct Current)

このように、商用の交流でデータセンターという施設に供給される電力は、施設の安定運用を担保するという観点から一度直流化され、蓄電池等の設備を経た後、交流に再変換され、ICT機器へと供給される。そして最終的に、ICT機器内では、再度直流に変換され消費されることとなる。

こうした、再三にわたる交流と直流の変換を低減し、施設内においてはすべてを直流で処理することによって、変換段数を減らし、変換の際に生じる無駄を削減しようとする試みがHVDC (High Voltage Direct Current : 高電圧直流給電) であ

る。

HVDCは、施設に供給された交流を400V弱の直流に変換して、施設内の配電を実施する。

つまり、インターネット・データセンターなどにおける、ICT機器が実装された、いわゆるサーバーラックに対する配電は、このHVDCによって実施されることになる。つまり、蓄電池を経由したのちの、直流から交流に再変換を行う部分を削減してしまうのである。

このHVDCについては、ITU-T L.1200として国際標準化されたものをはじめいくつかの方式が存在しており、たとえばこのITU-T L.1200では、260Vから400Vまでの直流による電力で動作するものとして規定され、この範囲内の電圧で配電を行うものが実用化されている。

2-2 高電圧を用いる際の安全性

400V弱の直流を用いて配電を行う場合、気になるのは漏電等の事故である。特に人が配線に触れた際、人体に危険が生じないかという問題が一番にあげられる。

こうした懸念に対応するため、一般的なHVDCでは中点アース方式を選択している。

この中点アース方式とは、たとえば340Vで配電

47kΩの高抵抗によって、安全な電流に制限！

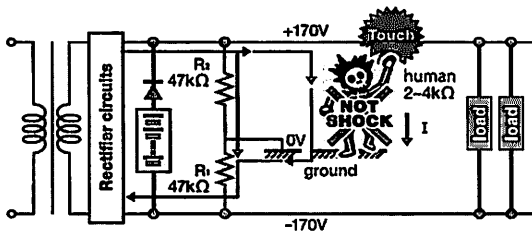


図-2 中点アース方式

される経路において、電位を+170Vと-170Vに設定することにより接地部との電位差が供給電圧の半分となるようにしたうえで、送電線間に高抵抗を用意することによって、万が一の際にも人体を流れる電流を、危害が加わらない値まで下げようとしている（図-2）。

こうすることで、もしも作業者が運転中にHVDCの送電線に触れたとしても、警報が出るだけで、触れてしまった人体への影響は無視してよいほど軽微となり、運転自体にも大きな支障は出ない。

2-3 DC12V受電型ICT機器群

直流の状態で、いわゆるサーバーラックに送られた電力は、最終的にICT機器に供給されるのであるが、多くのICT機器は交流による電力で動作するようになっているため、この部分においても削減の余地がある。

1つには、400V弱の直流を直接ICT機器に供給する方法である。しかしこの方法では、日ごろから高電圧を扱っている技術者であればともかく、サーバーなどの電子機器を扱っている人たちからすれば、いかに安全であると言われ、理解はしていても、怖いから扱いたくないという意見も出ている。

しかし真の理由としては、400V弱の直流をICT機器に直接供給する方法では、多少ましになるという程度で、目立った省エネ効果が得られないという点があげられる。

このため、ICT機器群に対する省エネ効果を最大にする方策がDC12V受電型ICT機器群の採用

となる。

データセンターなどで用いるICT機器は、信頼性向上のため電源ユニットを冗長構成で用いる。つまり、1台の機器に対して、最大電力の供給が行える電源ユニットを2台以上用いる。

冗長構成を持たせたうえでの最小構成は、電源ユニットを2台用いる方法であるが、これはあくまでも冗長構成が目的であるため、1台の電源ユニットであっても正常にICT機器が動作できるだけの負荷に対応できるものでなければならない。つまり、たとえば最大電力消費1000Wの機器であった場合、500Wの電源ユニットを2台用意して負荷を分担するのではなく、1台が故障しても支障がないように1000W以上の負荷に対応できる電源ユニットを2台用意することになる。

こうなると、通常の運転中において、電源ユニットの負荷は50%を超えることはありえず、データセンターが提供するサービスによって異なりはするが、クラウド・サービスのような場合においては10%さえ超えない負荷で運転することとなる。そして、電源ユニットは、負荷が軽い状態においては効率が低下するのである。つまり、信頼性を確保する代償として、変換損失の大きい状態での運転を強いられている（図-3）。

こうした状況を改善するため、サーバーラックを1台の装置と見なし、電源ユニットを集中運用させ、各ICT機器に対しては、ICT機器のメインボードに供給される電圧である12Vを直接供給する方式を提案している。つまり、DC12V機器の配備と、それに電力を供給するための集中電源装置によってサーバーラックを構成するのである。

こうすれば、各ICT機器に分散配置されていた冗長構成としての電源ユニットが共用化されることとなるため、負荷に応じて電源ユニットを運転させる手法と併用すると、電源ユニット1台当たりの負荷について、50%を超えた状態で運転することも可能となる（図-4）。

3. 直流給電方式による省エネ効果

このように、データセンターにおける給配電

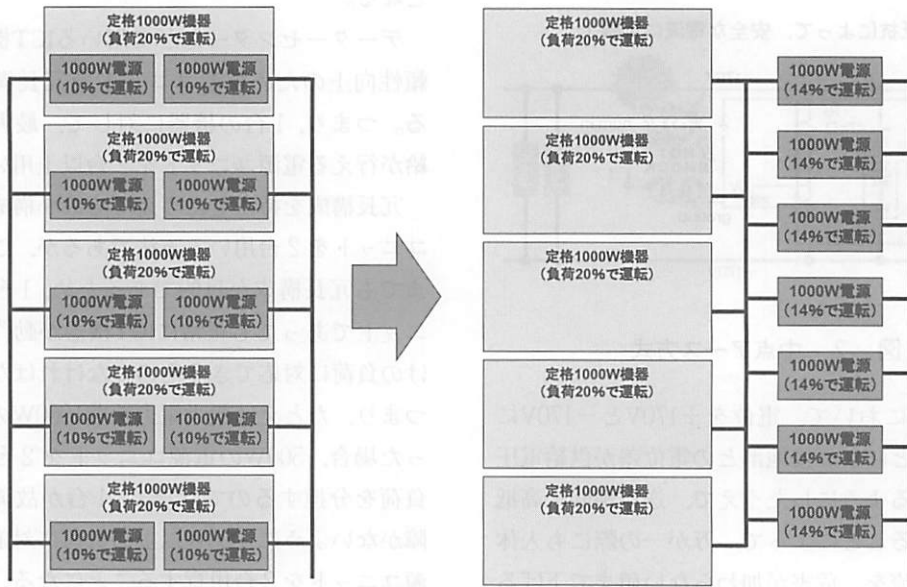


図-3 電源ユニットの台数削減と運転効率向上

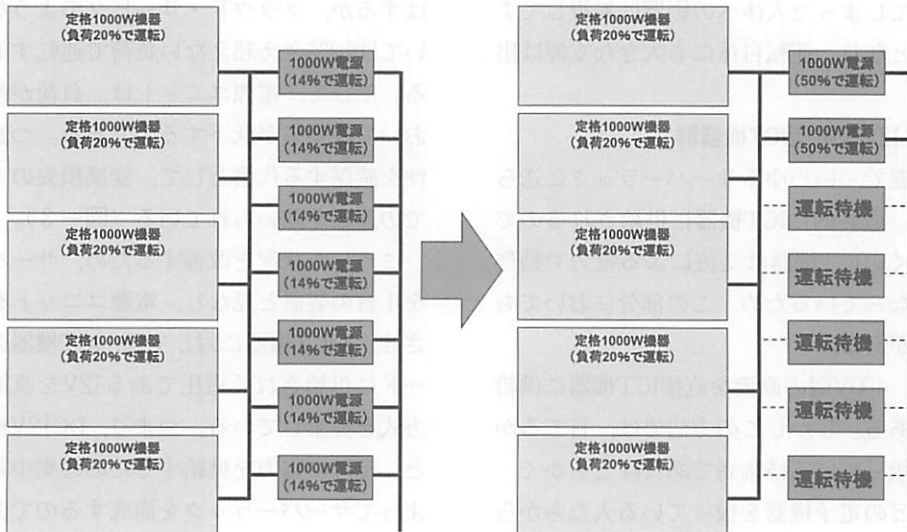


図-4 電源ユニット運転台数を制御

の方式を直流に一本化することによって、1つには交流と直流の変換段数を削減できるため変換損失を低減することが可能となり、もう1つは、各種ICT機器の電源ユニットを共用化することによって電源ユニットの運転効率を改善し、その結果、電力消費の無駄を抑制することが可能とな

る。実際、クラウドのようなサービスを提供するためのデータセンターにおいて、前者の給配電直流化によって交流を用いて給配電を行う方式と比較して数%の改善を記録し、後者のサーバーラック内における電源ユニットの共用化では、同一機

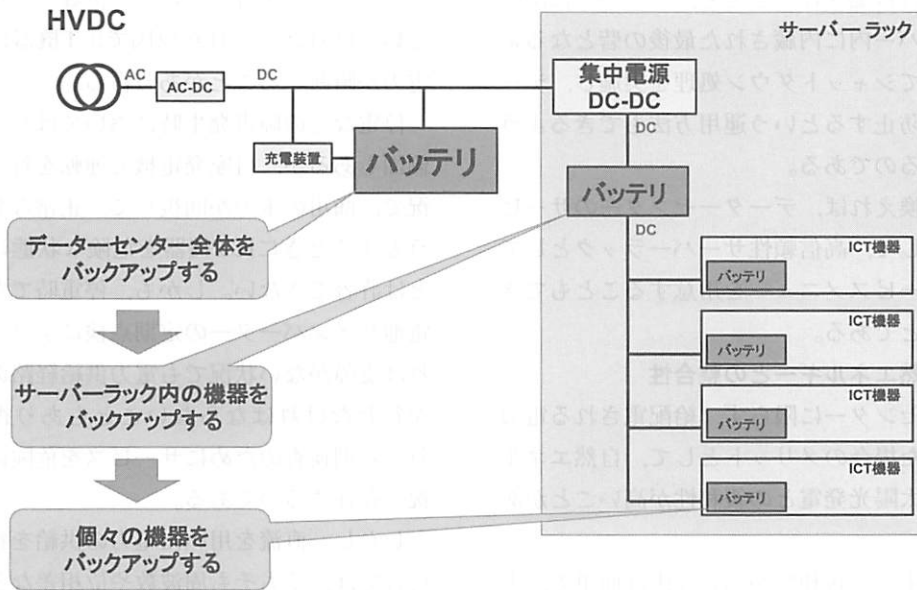


図-5 分散した蓄電池の配置

種のサーバーを交流入力で使用した時と比較して10%以上の省エネになったことから、システム全体で比較した場合、20%近い省エネになったという事例も存在している。

4. 直流給電方式による省エネ以外のメリット

4-1 蓄電池の分散配置

データセンターにおいて、変換損失を発生させていた根本の原因は、瞬電時の信頼性を向上させる目的で配備される蓄電池である。この構成を保持しながら変換時の無駄を削減するために、HVDCとして直流を用いた施設内の配電を行うようにするのであるが、全体が直流化されるということは、裏を返すと、どこにでも蓄電池を配備することができるという意味にもなる。

旧来の構成では、配電を交流で行うことから、蓄電池の配置は、直流から交流に変換を行うインバーターの前段にしか配置できなかったため、設備全体を一括で保護する構成とならざるを得ないのであるが、構成要素からインバーターがなくなっているので蓄電池はどこにでも配置できるようになる。具体的にはサーバーラックの中や、場合によってはサーバーそのものに蓄電池を用意する

こともできる(図-5)。

こうなると、データセンター内において、重点的に保護したい部分に限定して強化を行うことも可能となる。

停電が発生した際、一般的な対応としては、商用電源の喪失時において、とりあえずは蓄電池の電力を用いて運転の継続を実施し、その間に発電機を起動させるというものになるが、残念ながら一定の割合で発電機の起動に失敗することがある。こういう状況に対応するため、信頼性を高めたいデータセンターでは、発電機にも冗長構成を持たせ、発電機の起動失敗時における支障を回避するようにしているところもある。

しかし、サーバーラックなどに分散配置された蓄電池を用意できた場合、より重要な処理を行っているサーバーを重点的に保護することが可能になってくる。一例を示すと、発電機の起動に失敗した場合、多くのICT機器は動作を停止しても、特定のサーバーラックにおいては、依然動作を継続し、そこで行われている処理を別のデータセンターに引き渡す時間を稼ぐことも可能となる。そうして、処理を引き渡したのち、サーバーラック内に用意された蓄電池の放電によって、ネット

ワーク機器は稼働を停止しても、サーバーに関しては、サーバー内に内蔵された最後の砦となる蓄電池によってシャットダウン処理を実施し、データの破損を防止するという運用方法もできるようになってくるのである。

言い方を換えれば、データセンターのサービスの1つとして、高信頼性サーバーラックとして一段高いサービスメニューを用意することもできるということである。

4-2 自然エネルギーとの整合性

データセンターに限らず、給配電される電力を直流化した場合のメリットとして、自然エネルギー、特に太陽光発電との親和性が高いことがあげられる。

太陽光発電との親和性が高い理由は簡単で、太陽電池パネルは、他の発電方式と異なり直流で電力の生成が行われるためである。

一般的には、メガソーラーを含め、太陽電池パネルで生成された電力は、交流に変換されて公衆電力網に送られる。しかし、実際には太陽光による発電は、そのままでは電力が安定しないことから公衆電力網における送配電線に少くない負荷を与える、その内容がひいては電力の利用者に波及しかねないことから、電力事業者は太陽光発電による電力を簡単には受け取らない。いや、受け取れない。

太陽光発電による電力を無駄なく利用するためには、直流で生成された電力を直流のまま直近で利用することであり、直流を用いたデータセンターでは、電圧にさえ注意しておけば、そのままに近い形で活用することも可能となる。実際、そのような実証実験も行われている。

4-3 保守性の向上

データセンターという運用形態においては、交流への再変換を行わないということに対する大きなメリットが存在している。

交流と一言でいっても、日本の東側と西側では周波数が異なっているため、電力の融通が容易にできない。同様に、商用の交流電力と施設内のインバーターによって生成された交流電力につい

て、切り替えを行う際に、周波数と位相が一致していなければ、それが原因でICT機器に供給する電力が瞬断することがあり得る。

停電などの障害発生時においてはやむを得ない側面もあるが、自家発電機で運転を行っている状況で、商用の電力が回復して、正常な状態に戻そうとするときにICT機器を危険な状態にさらすことは許容できない。しかも、停電時でなくても蓄電池やインバーターの定期点検により、本来であれば支障がない状況でも電力供給経路の切り替えを行わなければならないこともあり得る。つまり、定期検査のためにサービスを危険にさらす状況が存在するのである。

しかし、直流を用いた電力の供給を行っている場合では、そもそも周波数や位相差などというものがないため、蓄電池などの、いわゆる予備系への切り替えに際して、たいして気を付ける必要がない。単にスイッチを切り替えるだけの操作でしかない。つまり、定期保守を行う際における人的負荷を劇的に削減することが可能なのである。

4-4 冗長構成の考え方

データセンターの中でも、いわゆるインターネット・データセンターで行われるサービスにおいては、複数のデータセンターを分散配置することによって信頼性を確保することも可能となる。たとえば、完全に二重化されたデータセンター設備を用意するより、関東と関西にシンプルなデータセンターを用意するほうがよいケースもあり得る。

交流を用いて施設内の給電を行っていた時であれば、複雑な構成を維持しなくてはならなかったのであるが、直流化によって、部分的な信頼性の強化や定期点検の簡略化が行えるのであれば、データセンターに対する冗長構成の考え方そのものが変わってくるのである(図-5)。

5. データセンター以外への適用

施設内や構内における電力供給において直流化を実施したほうがよいケースは、データセンタ

一以外にもある。

実際、電力を消費する機器を見渡してみると、交流でなければ動作できない機器は、意外と少ない。

照明はLED化されたことにより、白熱電球などとは異なり直流のほうが実は相性が良い。PCなどの情報機器も装置内部では直流で動作しているし、実のところ家電製品でさえ、大半は直流でも問題はない。洗濯機や乾燥機、エアコンといった、いわゆるモーターを用いる白物家電でも、多くの場合、商用の交流で供給されている電力をいったん直流に変換し、内蔵されたインバーターで商用交流とは異なった周波数の交流を生成しているため、直流で給電を実施した場合、機器内の最初の部分に位置する、交流から直流を生成する機能が不要になるため、それだけでも多少の省エネは期待できるのである。

このように、大多数の電気機器は、直流で電力の供給を行ったほうが、電力の無駄は削減できるのである。

とはいえ、家庭用の電力源を直流で供給されるように切り替えるのは、少々困難を伴うことが考えられるが、オフィスや工場といった、同じような機器を複数同時に使用する場所においては、直流化の検討を行ってもよいのではなかろうか。

6. 直流給電方式の課題

6-1 後手に回っているガイドライン

しかし、実際に直流化を考えた場合、技術とは異なる点で、越えなければならないハードルが存在していることも事実である。

それは機器の信頼性を担保するガイドラインが整備されていないことが一番にあげられる。誤解がないように書いておくと、現状が危険だというわけではない。多くの場合、他のガイドライン

を、安全側に寄せて準用している。

ハードルとなるものの一例として、電磁波関連のガイドラインがあげられる。電磁波関連のガイドラインとしては、国内ではVCCIがある。これは、電波の放射レベルなどを測定し、基準値を下回るように開発することによって、他の機器に悪影響を与えないようにするためのもので、電波による放射電磁界と、電源線を伝った回り込みを防止する伝導電磁界の2種類を測定するようになっていたのだが、電源線の基準が交流となっていることから、現時点では直流を用いた場合の合否判定が行えないのである。

もちろん、電源線から検出されるノイズ成分の強さを見ればよいという見解もあると思うが、どのような環境下で測定を行う必要があるかの規定がないため、試験の正当性が担保できない。前提を調整することによって合格データを用意することも可能になってしまう。

また、電力の供給を行う電線を、どのように配線するべきかについても明確ではない。データセンターのように、特定用途の建物内で、保守要員が常駐しているような環境であれば、運用で回避することも可能とはなるが、たとえば駅舎内の照明をLED化するにあたりホームの配線を直流化するとすると、不特定多数が近づくところであることから、十分に検討しておく必要があると考えるし、電気の素人が扱う一般家庭においても同様である。

こうした、汎用化された直流化としての運用上のガイドラインが制定されない限り、いかに省エネに役立つとはいえ安易に直流化することは、現時点では限定目的以外ではハードルがあると言わざるを得ないが、各種団体等が積極的に検討を行っているため、近い将来、順にハードルは下がってくるとみられる。

ICTインフラの整備により 変化するエネルギー管理の 将来 その2

スマートグリッド“エネスワロー”と東京工業大学 グリーンヒルズ構想

伊原 学

東京工業大学 准教授

大学院理工学研究科化学専攻

(炭素循環エネルギー研究センター兼務、

環境エネルギー機構)

本稿では、60%以上の低炭素化と電力自給自足が設計上可能で、かつ高い耐震性能を有するビルとして設計され、南壁面、西壁面、屋上が総枚数4570枚の太陽電池パネルで覆われた特徴を有する東京工業大学（東工大）環境エネルギーイノベーション棟の設備と、既存のエネルギー設備の情報通信を可能とするスマートグリッド“エネスワロー”の概要、そして、スマートキャンパス構想である“グリーンヒルズ構想”の現在と将来の展開について述べる。

1. スマートグリッド“エネスワロー”開発の背景、東工大“環境エネルギーイノベーション棟”の建設

エネスワロー ver. 1は、東京工業大学大岡山キャンパス（東京都目黒区）に建設された環境エネルギーイノベーション棟（EEI棟）内の分散電源と各種設備などのエネルギーデータを統合、制御する棟内スマートグリッド管理システムである。

図-1に、エネスワロー ver. 1のトップ画面のスクリーンショットを示す。画面の受電電力がマイナスを示しているのは、この日時において棟内で使う電力に余剰がでて東工大大岡山キャンパスの別棟に電力を供給していることを示す。東工大EEI棟は60%以上の低炭素化と電力自給自足が設計上可能で、かつ高い耐震性能を有するビルとして設計され、南壁面、西壁面、屋上が総枚数4570枚の太陽電池パネルで覆われた特長を有する。写真-1に南東から見たEEI棟の外観写真を示す。

日本は地震等の自然災害に対するリスクを常に意識し、平時の運用と上手なバランスを保ちながら、エネルギーを含めた社会的インフラを整備していく必要がある。このような背景のもと計画されたのが、後述する東工大“グリーンヒルズ構想”であり、その第1ステージとして開発されたのがスマートグリッド管理システム“エネスワロー”である。

2009年1月、東京工業大学は、教員約230名からなる環境エネルギー機構の研究拠点として、大岡山キャンパスに新棟を建設するプロジェクトを

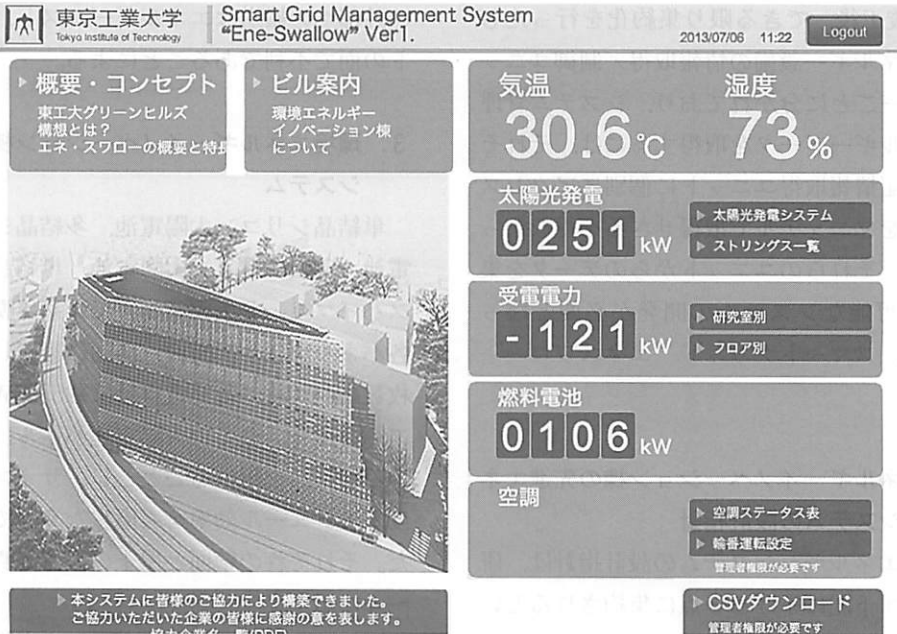


図-1 エネスワロー ver. 1のトップ画面



写真-1 外観

立ち上げ、国立大学法人等施設整備費補助金実施事業として提案することを決めた。一方、東京都では、2008年7月に環境確保条例の改正によって「温室効果ガス排出総量削減義務と排出量取引制度」を導入し、東工大も大規模事業所として、これらの制度への対応が求められていた。そこで、同機構の設立準備メンバーが中心となり、新棟設計における基本構想を次のようにまとめた。

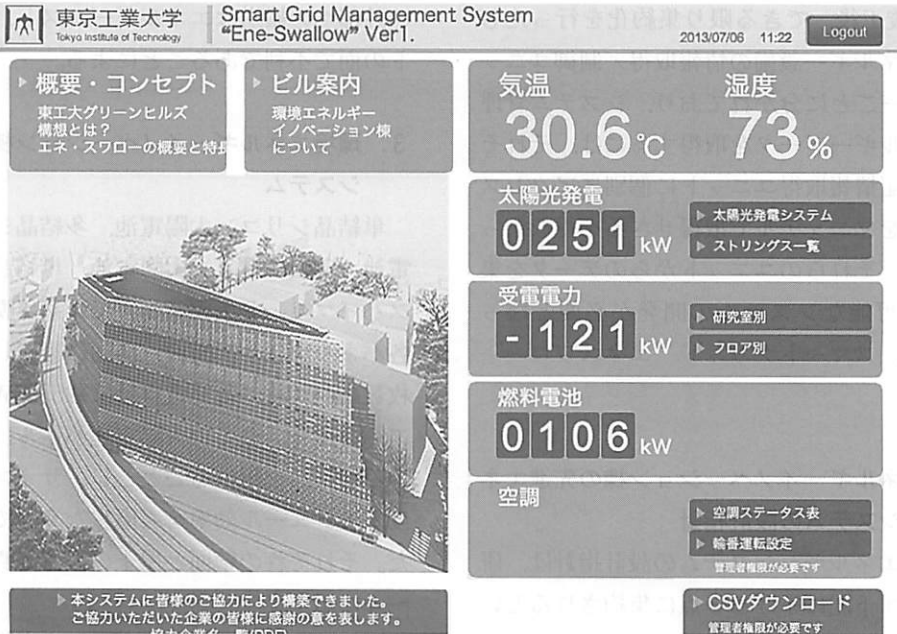
①CO₂排出量の削減を、設計における最大のプライオリティとし（既存の東工大研究棟比60%以上のCO₂排出量の削減目標）、②可能な限り将来

表-1 東工大EEI棟の設計クレジットと建築概要

東京工業大学 環境エネルギーイノベーション棟
基本構想：東京工業大学 環境エネルギー機構
デザイナーキテクト：塚本由晴研究室（意匠）、 竹内徹研究室（構造）、伊原学研究室（環境・エネルギー）
設計：東京工業大学施設運営部+日本設計
工事場所：東京都目黒区大岡山2-12-1 （東京工業大学 大岡山キャンパス構内）
構造：鉄骨構造、鉄骨鉄筋コンクリート構造
規模：地上7階、地下2階 軒高32.56m、最高部高さ33.94m、建築面積1,742m ² 、延床面積9,554m ² 、基準階面積1,150m ²
工程：設計期間 2009年4月～2009年12月 施工期間 2010年2月～2012年2月

の技術的進展を考慮した設備設計を行い、③世界の環境エネルギー研究の拠点となるべき研究環境、④環境エネルギーにおける異分野融合研究促進のため、壁のない研究室空間、⑤将来の大地震に備えた高い耐震性、⑥「機能美」を追求し、先進設備と都市景観とを調和させた意匠性——を有する設計とする。

設計クレジットと建築概要を表-1に示す。



図一 エネスワロー ver. 1のトップ画面



写真一 外観

立ち上げ、国立大学法人等施設整備費補助金実施事業として提案することを決めた。一方、東京都では、2008年7月に環境確保条例の改正によって「温室効果ガス排出総量削減義務と排出量取引制度」を導入し、東工大も大規模事業所として、これらの制度への対応が求められていた。そこで、同機構の設立準備メンバーが中心となり、新棟設計における基本構想を次のようにまとめた。

①CO₂排出量の削減を、設計における最大のプライオリティとし（既存の東工大研究棟比60%以上のCO₂排出量の削減目標）、②可能な限り将来

表一 東工大EEI棟の設計クレジットと建築概要

東京工業大学 環境エネルギーイノベーション棟
基本構想：東京工業大学 環境エネルギー機構
デザイナーキテクト：塚本由晴研究室（意匠）、竹内徹研究室（構造）、伊原学研究室（環境・エネルギー）
設計：東京工業大学施設運営部+日本設計
工事場所：東京都目黒区大岡山2-12-1（東京工業大学 大岡山キャンパス構内）
構造：鉄骨構造、鉄骨鉄筋コンクリート構造
規模：地上7階、地下2階
軒高32.56m、最高部高さ33.94m、建築面積1,742m ² 、延床面積9,554m ² 、基準階面積1,150m ²
工程：設計期間 2009年4月～2009年12月
施工期間 2010年2月～2012年2月

の技術的進展を考慮した設備設計を行い、③世界の環境エネルギー研究の拠点となるべき研究環境、④環境エネルギーにおける異分野融合研究促進のため、壁のない研究室空間、⑤将来の大地震に備えた高い耐震性、⑥「機能美」を追求し、先進設備と都市景観とを調和させた意匠性——を有する設計とする。

設計クレジットと建築概要を表一に示す。

EEl棟の竣工後、できる限り集約化を行ったものの、各エネルギー設備の情報取得/制御ユニットはメーカーごとに分かれており、システム管理者が各エネルギーデータを取得するには、それぞれ個別の上記情報取得ユニットに個別にアクセスしてデータをマニュアルで取得せざるを得なかった。そこで、それらのユニットからのデータを集約化、制御可能なシステムの開発が必要となった。それが、スマートグリッド“エネスワロー”である。

2. 環境エネルギーイノベーション棟の先進エネルギーシステムの設計指針

効率的なエネルギーシステムの設計指針は、研究棟に限らず下記に挙げる3点に集約されるといってもよい。まず、徹底した省エネルギー化である。ここには、機器の高効率化、廃熱の利用、効率的スイッチング、主にビル内における内部発熱量によって、決めるべき太陽光による熱の遮蔽（取り込み）、断熱、通風や換気などの自然エネルギーの活用などが挙げられる。次に重要になるのが、エネルギー需要（熱電比とその総量）に合致した高効率分散発電システムの導入である。本研究棟では、南面/西面/屋上すべての壁面へ高密度設置した太陽電池パネルと、その不足分を補う排熱利用型高効率燃料電池とを組み合わせた「自然エネルギー/化石エネルギー複合型」の高効率分散型発電システムを導入した。また、電力の自給自足を設計の目的とはせず、電気・熱のエネルギー需給バランスによっては外部電力との適切な関係（系統連系など）によってエネルギーを総合的にマネジメントすることで、エネルギーシステムの効率的運用および導入コストも考慮した設備容量の最適化が行える。また、電気・熱のエネルギー需給バランスをできる限り合致させたい一方で、それでも時間や季節によってエネルギーに余剰が出る場合は、熱の利用効率を最大化し、余剰や不足分は電力にて調整するエネルギーシステムの設計が望ましい。これは、電気は既存の電力系統を使って外部に容易に送電できるのに対し、熱

の外部への搬送はエネルギーコスト、経済的コストの面で不利であることによる。

3. 環境エネルギーイノベーション棟の太陽電池システム

単結晶シリコン太陽電池、多結晶シリコン太陽電池、薄膜シリコン太陽電池、単結晶アモルファスハイブリッド太陽電池、CIS系薄膜太陽電池の各パネルを屋上、南面、西面に設置し、総パネル枚数約4570枚、総発電容量は約650kWである。コストを考え、全ての太陽電池パネルは市販されている規格品を用いることとし、サイズ、風荷重強度、モジュール効率を考慮したうえで最適配置した。それぞれの壁面と屋上の設置写真を写真1-2～4に示す。

南側のセットバックを利用して太陽電池パネルが設置されたソーラーエンベロープを傾斜させ、投影面積の増加による発電量の向上とともに、この傾斜による空間によって通風が確保されることにより、太陽電池の温度上昇による電圧低下を防ぐ。

遮光が必要な実験室フロアでは、太陽電池パネルを壁なりに設置し、採光が必要な居室フロアではルーバー状に設置した。このルーバーの設置角度と設置間隔は、東京の冬至における南中高度31°で太陽光が入射時に影が入らないことを基準にし、室内の照度シミュレーションと年間発電量予測から、採光の確保と年間発電量の最大化が両立できる設置方法とした。特に下部太陽電池パネルは表面反射によって室内に散乱光を届け、室内照度を向上させる役割も担う。これまでコストパフォーマンスを重視した太陽電池パネルの設置が一般的であったのに対し、本設計では将来の低価格化と都市部への太陽電池パネルの最大導入を見据え、年間発電量を最大化する新たな高密度設置方法を採用した。設置概念図を図1-2に示す。

写真1-5は2月9日午前中の南からの外観写真である。写真南の南壁面を左から南1面、南2面、この他に西壁面、屋上に太陽電池パネルが設置されている。この写真でわかるように、この季



写真一 2 壁面 (南面)



写真一 3 壁面 (西面)

節、時間では南2面が主に太陽光を受けていて、冬期には朝から南2面が主に発電し、正午にかけて屋上、南1面、そしてさらに夕方は西壁面が主に発電する。したがって、本棟の太陽電池パネル設置では、屋上への設置に比べて長い時間、主に発電する発電面が入れ替わりながら発電することになる。図一3に各壁面の月ごとの発電量を示す。屋上の日射量および太陽電池パネルによる発電量は、10月から2月にかけて低下するのに対し、それを補うように南1、2面の太陽電池パネルからの発電量が増加することによって、年間を通して安定した発電量が得られているのがわかる。

4. 燃料電池システムとその関連設備

燃料電池発電システムとして、100kWのリン酸型燃料電池を採用した。燃料電池システムでは、発電端効率とともに、いかに排熱を有効利用でき



写真一 4 屋上

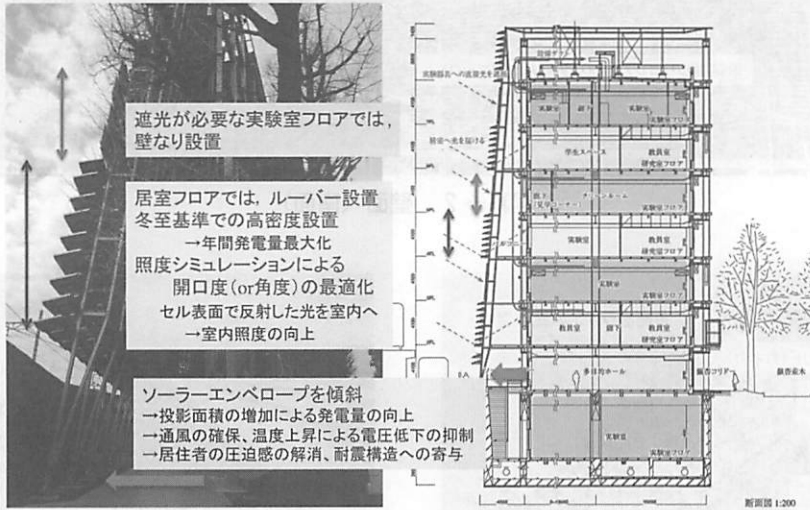
るかが総合効率の向上を決定する。特に、低温排熱の利用は総合効率向上の鍵である。本研究棟では、高温排熱を吸収式冷凍機などによって外気処理空調に利用し、さらに低温排熱をセラミックローターによるデシカント空調に利用した後、温度制御の必要のないトイレの手洗い水として供給するほか、シャワー室の給湯の予備加熱にも利用する。図一4に、燃料電池システムにおける排熱利用の概念図を示す。

5. 徹底した高効率なシステム化やスイッチングなどによる省エネルギー化

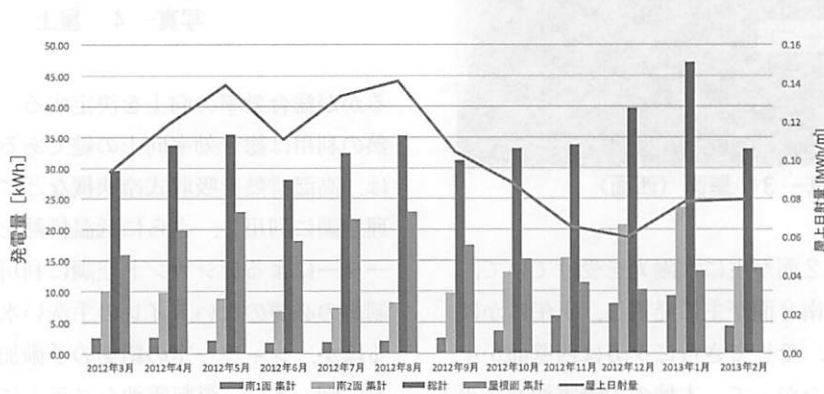
太陽電池の研究では、湿度コントロールされた塵のないクリーンルームが必要である。クリーンルームでは燃料電池の排熱を相対湿度低減のための再加熱や加熱に用い、人感センサーによって研究者の動きを感知して、選択可能な3種類のモード(通常モード、省エネモード、無人モード)で、パッケージエアコンと一体となったファン・フィルター・ユニットを自動運転する。これによって、良好な研究環境を維持しながら、省エネルギー化

特徴的な太陽電池パネルの設置

従来、コストパフォーマンス優先の設置一年間発電量などの機能および安全性優先の設置へ



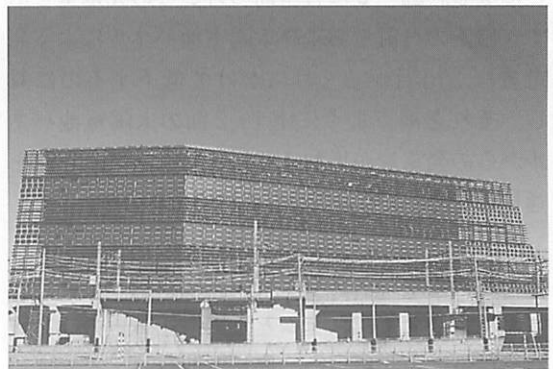
図一 2 太陽電池パネル設置概念図



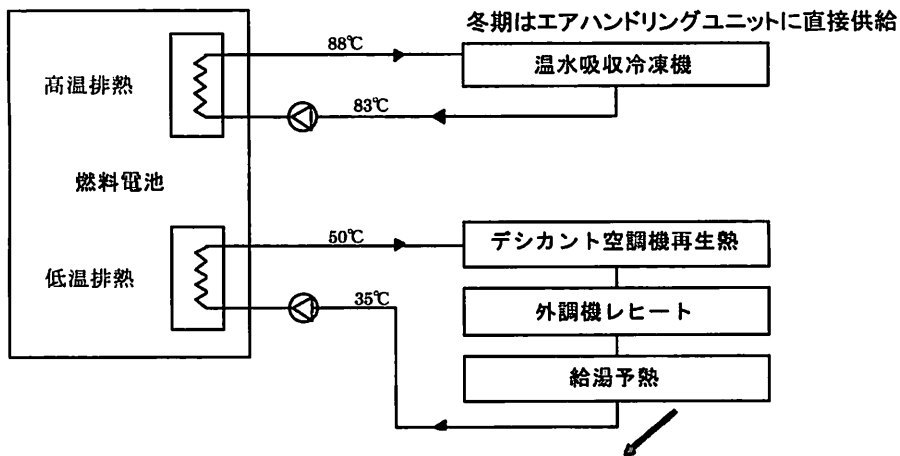
図一 3 EEI棟の太陽電池パネルの発電量の季節依存性

が可能となる。

環境エネルギー関連材料の開発などに必要なドラフトチャンバーの排気容量を、学内実績データから詳細予測して決定し、圧力損失による動力負荷軽減のため、最上階（7階）とクリーンルーム（5階）にのみドラフトチャンバーを設置した。全面扉の開口度と、瞬時に連動する風量制御バルブおよび人感センサーにより、研究者が不在時には全面扉が自動降下し、さらに長期間不在が続く場合には、風量を最小限に低減させるシステムを採用した。屋上に設置された3台の排風機によ



写真一 5 南からの外観（2月9日午前）



トイレの手洗い水(なりゆき温度), シャワー室の給湯予熱

図一 4 燃料電池の排熱の利用

てドラフトチャンバーから排気された空気は、スクラバーおよび吸着カラムを通して清浄化され、各自動バルブの開度とヘッダーの圧力によって3台の排風機の風量をインバーター制御し、必要に応じて台数制限などの自動運転を行う。

年間を通じて温度が安定している地中熱を利用する地中熱ヒートポンプと排風機の動力を削減できる放射冷暖房を組み合わせた空調システムを、主に学生たちが自由に研究ディスカッションを行うリフレッシュルームに採用した。これは、省エネルギー化と自然な快適性ととも、都市部におけるヒートアイランド現象の抑制に効果がある。

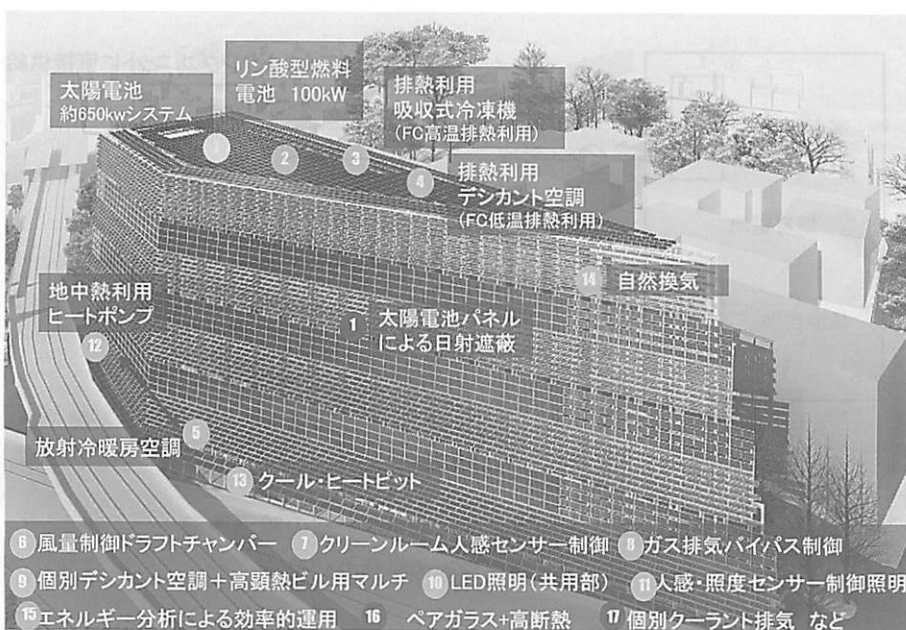
自然エネルギーのパッシブな活用も検討した。1階および地下の外気処理空調の取り込みは、空調による電力負荷を計算し、地下の研究棟基礎を通して行うか(クール・ヒートピット)、地上の取り込み口から行うかを自動的に選択する。EEI棟東側は夏期でも地下の温度が低く保たれており、基礎を通しての外気処理空調の取り込み(クールピット)が有効であった。また、網戸や小窓を適切に設置し、中間期には居住者が窓を開け通風を確保しやすい設計とした。また、トイレの洗浄水には雨水や湧水を利用することで、低炭素化への貢献と災害時の水の確保とが期待できる。図一5にEEI棟の主なエネルギー設備の概要を示す。

6. “Ene-Swallow”(エネスワロー)によるEEI棟内のスマートグリッド化

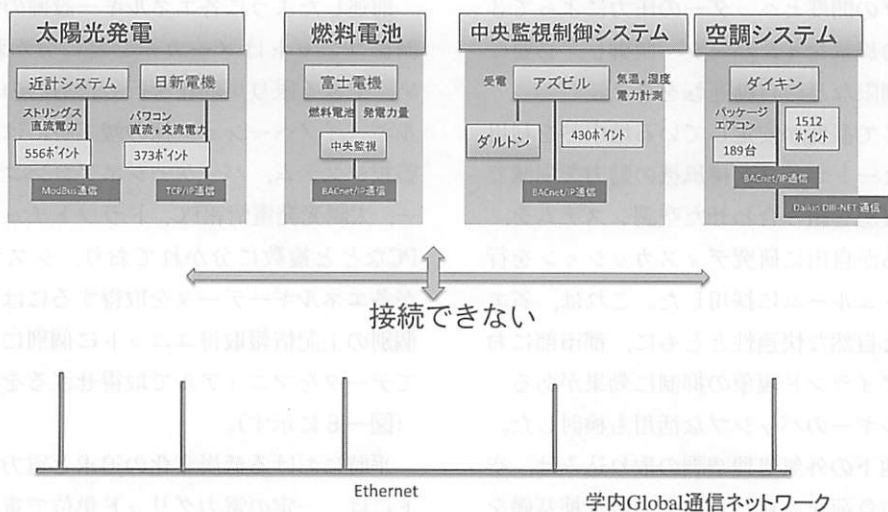
前述したように各エネルギー設備の情報取得/制御ユニットはメーカーごとに分かれているため、できる限り集約化を行ったものの、環境エネルギーイノベーション棟の竣工時には、ビル中央監視システム、パッケージエアコンコントローラー、太陽光発電情報PC、ドラフトチャンバー運用PCなどと複数に分かれており、システム管理者が各エネルギーデータを取得するには、それぞれ個別の上記情報取得ユニットに個別にアクセスしてデータをマニュアルで取得せざるを得なかった(図一6に示す)。

平時における低炭素化の追求と電力ピークカットには、一定の電力グリッド単位で電力・熱のエネルギー需給を把握し、総合的かつより効率的な運用を行い、エネルギー需給をバランスさせ平準化させるスマートグリッドの構築が有効である。さらに、この機能を拡張して外部送電がとまった災害時に使うことで、特定の負荷に電力を供給しながら自立運転が可能となる仕組みも構築できる。エネスワロー ver.1はこのようなシステムの構築を目的とし、下記のような体制で開発されたスマートグリッド管理システムである。

エネスワローでは、太陽電池、燃料電池からの



図一五 東京工業大学 環境エネルギーイノベーション棟のエネルギー設備の概要



図一六 竣工直後の各エネルギー機器の制御通信ネットワーク

発電情報および各配電盤などからの電力消費情報、そして外気温や日射強度などの気象情報を集約取得する。さらに、取得した膨大な情報からユーザーに役立つ情報を選択、一般化するなどして「電力の見える化」を行う。くわえて、特定の電力消費量、発電量、気象条件、空調設定などの複数の情報取得/制御ユニットからの複合的なトリガー条件をシステム管理者が自由に設定し、設定

したトリガー条件を満たした場合には、ユーザーに無理のない方法で空調の電力負荷を抑制することができる機能をもつ。

これらの機能の実現には、異なるメーカーの異なるインターネット通信プロトコルを有する機器を規格化し、1つのサーバーにデータを集約することが必要である。本システムでは、異なる通信プロトコルをIEEE1888の国際規格に変換するマ

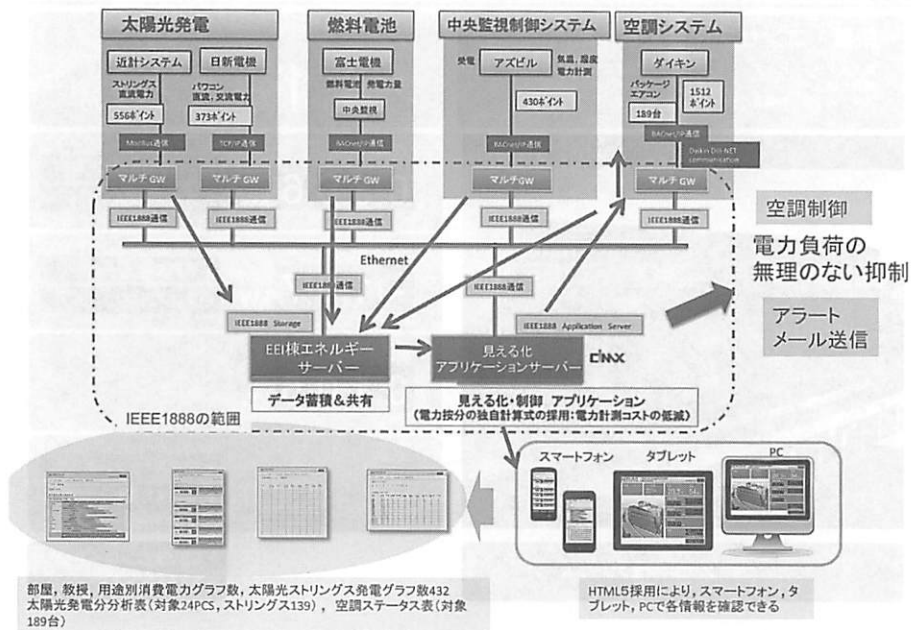


図-7 エネスワロー機能概要

表-2 エネスワロー ver. 1 設計クレジット

設計 統括：東京工業大学 伊原学研究室
 システム設計：NTTデータカスタマサービス(株)+(株)NTTデータビジネスシステムズ
 ソフトウェア設計：シムックス(株)
 エネルギーデータ計測：東京工業大学施設運営部+(株)ユアテック+アズビル(株)+ダイキン工業(株)
 +日新電機(株)+(株)近計システム

ルチゲートウェイを採用し、EEI棟エネルギーサーバーにすべての電力情報を集約化、データを蓄積する。さらにEEI棟見える化サーバーはEEI棟エネルギーサーバーに蓄積された、あるいは入力されるデータを選択取得し、電力を用途別、フロア別、研究室別などに按分する。この際に各エネルギー機器の動作原理に基づき独自の按分式を用いることで、電力計の数を最小限におさえることができるので、詳細な電力データの取得、見える化、自動制御、メールアラート自動配信などの多機能スマートグリッドシステムの構築と低コスト化が可能である。また、これらの情報はスマートフォンやタブレット、PCによって閲覧することができる(概要を図-7に示す)。エネスワロー

ver. 1の特長をまとめると下記ようになる。また、設計クレジットを表-2に示す。

1. IEEE1888に規格化するマルチゲートウェイを採用することで、BACnet/IP通信、TCP/IP通信、ModBus通信、DAIKIN DIII-NET通信などの異なるプロトコルを有するメーカーの機器を接続し、各データを集約取得することが可能である。
2. 権限を有する管理者は、TCP/IPによるインターネット経由で中央監視システムに接続が可能である。
3. 外調機風量も考慮したドラフトチャンバー電力按分計算式などを採用するなど、各機器のシステム原理から導き出される独自の按分式



図-8 エネスワロー ver. 1のトップ画面（1月10日）

を使って、詳細でより正確な電力按分を行うことが可能であり、電力計を最小限にでき低コスト化が実現できる。

4. 257 スtringsのうちの半分のStringについて、直流電流、直流電圧を計測し、PCSデータと比較して表示する機能を有している。
5. 空調の設定温度、計測温度、外気温度、受電量などから自動的に、かつユーザーに無理なく空調の負荷抑制を行う機能を有している。
6. 空調の設定温度、計測温度、外気温度、受電量などが一定の条件を満たした場合、自動的にメール配信する機能を有している。

図-8は2014年1月10日11時27分のエネスワロー ver. 1のトップ画面のスクリーンショットである。外気温4.1°Cで太陽電池の発電量が366kW、燃料電池105kWで107kWの電力を大岡山キャンパスに送電していることを示している。この日、東工大大岡山キャンパスでは電力消費量が増加し契約電力量に近づいたため、節電警報が出ている。このエネスワロー ver. 1によって、平常時に

おいて一定の電力グリッド単位で電力・熱のエネルギー需給を把握し、総合的かつより効率的な運用を行って低炭素化を追求するとともに、電力の見える化を行い、エネルギー需給をバランスさせ標準化させるスマートグリッドの構築が可能となり、EEI棟にて運用が開始された。

7. 環境エネルギーイノベーション棟の設計結果 ・運用実績

環境エネルギーイノベーション棟の竣工後、2012年3月～2013年2月の2012年実績で、①CO₂排出量削減率（リファレンス研究棟基準）約60%以上、②電力をほぼ自給（設計時面積基準）、約90%の電力を自給（現面積基準）、③太陽電池からの電力比率約30%以上、④年間の電力・ガス・水道料金削減額3000万円以上となり、エネルギー需要の多い研究棟においてもほぼ設計どおりの低炭素化と電力の自給自足の両立を実現することができた。本研究棟の電力の自給自足は、低炭素化の追求、つまりは高効率化の追求と設備コストとを考慮した結果、おのずと導き出された結果である。

研究棟ではシビアな空調環境を必要とするなど、そのエネルギー需要は一般的な設備であれば

オフィスビルの数倍になる。さらに本研究棟では、環境エネルギー研究を推進するための先端的研究環境として、約860m²のクリーンルームや約30台の先進的ドラフトチャンバーなど、なかでも特に電力を多く必要とする機器が設置されている。また、都市においては有効な土地利用も課題のひとつであることから、発電システムも含めたすべてのエネルギー設備を研究棟内に設置することを前提とした。つまり、本研究棟は都市型の分散型エネルギーシステムのモデルとなることを目指した。

東京の屋上に太陽電池パネルを設置した場合、年間発電量は屋上面積当たり約100～150kWh/m²/yearとなる。一方、上記期間における太陽電池パネルの発電量は約420MWh/yearであったので、基準階面積の1150m²当たり365.22kWh/m²/yearとなる。これは通常の屋上設置に比べ壁面設置によって約2.4倍に増加していることを示しており、建築面積当たりでも1.6倍もの発電量を達成したことを意味している。

太陽電池を代表とする自然エネルギーはさらなる普及が望まれているものの、一方で気象条件と直結しているため、本質的に不安定であり、エネルギー密度が低い。したがって、主要電源としての役割をどれだけ果たすことができるのかが問われている。本設計結果は、電力需要が多く制約の大きい都市のビルであっても、太陽電池パネルの電力比率を30%以上とし、主要電源となり得ることを示している。一方で、自然エネルギーの電力比率を上げ、低炭素化と電力の自給自足の両立を実現するには高効率機器の導入と適切なシステム設計、そしてその効率的な運用などによる省エネルギー化を同時に検討する必要があることも示す。また、太陽電池パネルの発電量の変動を補うベース電源として、化石エネルギーを使った高効率燃料電池システムなどの存在も重要であり、自然エネルギーの大容量導入には、その変動を低減する高効率な化石燃料ベースの分散発電機との組み合わせによるシステム化が適している。さらに、一定程度は外部の送電網からの電力供給がよ

り効率的な運用と過剰な設備設計を防ぐために有効であることも示唆している。

8. 環境エネルギーイノベーション棟をコアとする東工大“グリーンヒルズ構想”

低炭素化や自然エネルギーの導入促進とともにエネルギーセキュリティを考慮した電力の多様性、そして災害のリスク、電力不足などの要因から、現在の集中発電のみによるエネルギーシステムに加えて、分散型エネルギーシステムの実現が必要となってくる。都市における分散型エネルギーシステムの実現には、建築と一体となりエネルギー需要に合致したエネルギーシステム設計が必要となるとともに、分散型の電源を一定の単位で制御、安定化させる電力ネットワーク（スマートグリッド）が重要になる。東工大“グリーンヒルズ構想”では、大岡山、すずかけ台、田町の各キャンパス内に、各種の高効率分散発電機、蓄電池を増やし、さらに本研究棟が学内の詳細な電力需要を把握・監視し制御することで、キャンパスマイクログリッドを構築する。各キャンパス内は実際にキャンパスマイクログリッドを構築し、各キャンパス間はエネルギー情報のみをやり取りするバーチャルなキャンパスマイクログリッドを構築する。田町は東京都心、大岡山は東京南部、すずかけ台は東京近郊とローカルな気象条件が異なるため、メリットがある。

平常時は電気と熱の需要に合わせて、できる限り高効率な運転を行い「低炭素化」に寄与するとともに、消費電力が契約電力を超えそうな場合は、電力のピークカットを優先に運用することで低炭素化と経済性の向上の両立も図る。また、外部送電が停止する災害時には、本研究棟が蓄電池などとの関係によって、各種分散発電機を自立運転させるというものである。この電力をメールサーバーに優先的に配電し、学内の通信手段を確保し、トイレ使用などに必要な電力、水を供給して、地域の防災拠点を目指す計画である。さらに、それらのいわば「生」のリアルタイムエネルギーデータを研究、および講義などの教育にも活用する。

安全・安心な低炭素社会へ 東工大 グリーンヒルズ構想

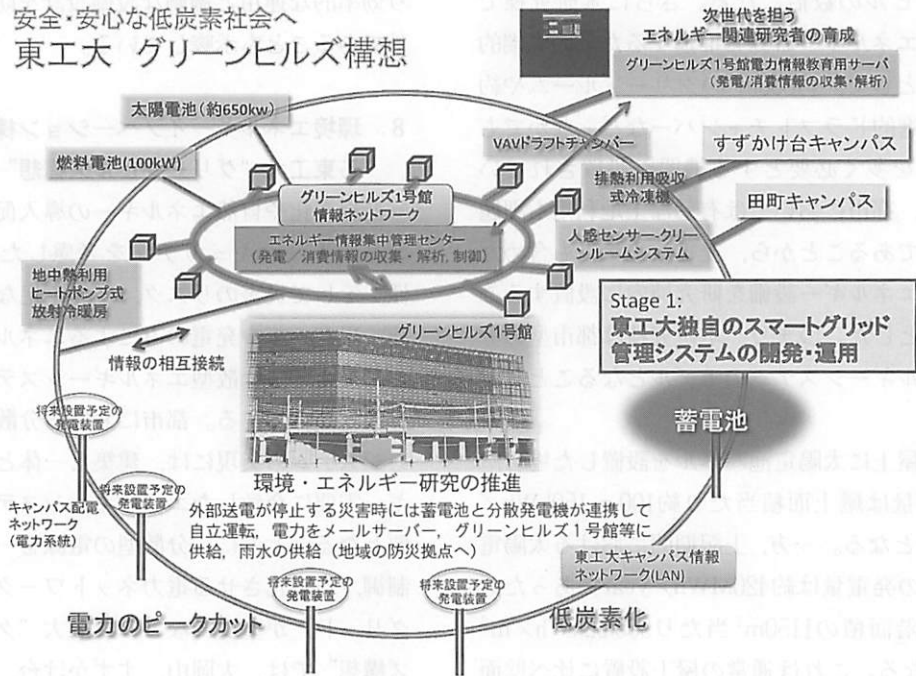


図-9 グリーンヒルズ構想概要

図-9にグリーンヒルズ構想の概要を示す。つまり、グリーンヒルズ構想では、日本が抱える地震等の自然災害に対するリスクに備えながら、平時の運用上のメリットを生み出して、非常時との上手なコストバランスを保ち、エネルギーを含めた社会的インフラを整備していくことができる。

9. 将来にむけて

「環境エネルギーイノベーション棟」という名称は、本研究棟がエネルギー設備の研究対象となるだけでなく、この研究棟を拠点に環境エネルギー研究を推進していくことに由来している。研究棟における研究をベースにした環境エネルギーイノベーション棟の設計、そしてキャンパス構想である“グリーンヒルズ構想”が将来のエネルギー、そして将来の都市のあり方の1つのモデルとなることを目指したい。これらのエネルギーのあり方、都市のあり方の新しい変革には、いわば「日本のものづくり」の結集が必要であり、日本発の世界に向けた産業創出につながる。日本産業にとっても好機である。

これらエネルギーシステムと一体となった都市のあり方の変革において大学が果たすべき役割は大きい。エネルギー分野は、化学、電気、機械、材料などの多様な学術領域を必要とする。加えて、エネルギー分野と建築分野、さらには情報通信分野との融合研究はこれからのキーワードである。そのため、横断的なエネルギーにおける学理、“多元的エネルギー学理”の構築が求められている。2013年11月26日に、スマートエネルギーキャンパス推進における大学間連携の枠組みを目指す「新たな時代の地域づくりと大学の役割 第1回大学連携スマートキャンパスシンポジウム」が本学にて開催され、文部科学省から来賓をお招きし、東京大学、信州大学、名古屋大学、三重大学、京都大学、大阪大学および本学から各大学の取り組みの報告と今後の取り組みについてパネルディスカッションが行われた。今後、全国の大学が連携し、“多元的エネルギー学理”をベースとした“知”を持った大学のイニシアティブによる企業間連携がより重要になるであろう。

ICTインフラの整備により 変化するエネルギー管理の 将来 その2

ICTを採用した最新の FEMS (GreenTALK)

守谷 康

セイコーソリューションズ(株)
システムインテグレーション統括部
GT営業部

1. はじめに

製造業におけるEMS (Energy Management System) の導入は、他の産業に比べれば進んでいると思います。特に2011年の東日本大震災の際には、電気の需給調整により生産現場に大きな影響を与えたことから、電気使用量の見える化や、デマンド監視装置といった機器が、多くのお客様に採用されてきました。

しかし震災後3年が経過し、「現在あらゆる角度から見直しが行われている」と聞いています。

2. FEMSへの新たな要望

代表的な要望として、大きく次の3つがあげられます。

- ①電気使用量の計測ポイントの見直し
- ②電気使用量以外のエネルギー全般の管理・見える化
- ③エネルギー以外の情報も含めた工場全体の見える化

2-1 電気使用量の計測ポイントの見直し

電力を計測している場所の変更や、計測領域の拡大が検討されています。

計測できているポイントの情報分析等による改善が一通り終了し、課題も見え、次の手を考える上で、計測ポイントの変更・追加が行われています。

2-2 電気使用量以外のエネルギー全般の管理・見える化

工場内で使用されるエネルギーは、電力だけでなくガス、水、蒸気、エアーなどが計測・管理対象として考えられています。また、蒸気・エアーに関しては、量だけでなく圧力値なども管理項目として存在します。

さらに、収集した情報に関しては、計測値そのまま使用する以外に、CO₂換算、原油換算などを行い、全体エネルギー量として数値化するという要望も増えてきています。

2-3 エネルギー以外の情報も含めた工場全体の見える化

代表的なものとして、環境情報(温度、湿度、

照度など)、品質情報(水質(pH値)、パーティクル量、差圧値など)、設備の稼働情報(稼働率、生産量、On/Off情報など)等があげられます。

工場の中は既にさまざまなデータが散在している状況とっていいでしょう。これらをシステムでつなぐことでデータ連係が可能となり、ただ電力の使用量を見るだけでなく、生産全体にかかわるエネルギー量・原単位の算出や、効率的な生産環境を維持する指標など付加価値のあるデータが生まれてきます。

3. FEMS (Factory Energy Management System) 構築における問題点とその解決策

3-1 FEMS構築における問題点

製造業のお客様に対してFEMS提案を行っていると、現状の仕組みにおける問題点がいくつも出てきます。この問題がFEMS構築におけるハードルとっていいでしょう。代表的なものは以下の通りです。

- ①既に計測装置が導入されている
- ②計測情報ごとにシステムが存在していて運用が不便
- ③設置工事による生産への影響とコスト

1) 既に計測装置が導入されている

FEMSを提案する場合、既に何らかの計測装置が導入されているケースが多々あります。電気であれば、キュービクルに電力計を設置し、定期的に人が目視確認するとか、現場の分電盤に電力計を設置して、電力計提供会社の無料ソフトを使っている等の話を聞きます。当然お客様からは、導入済みの電力計を有効に利用して、安価にシステムを構築したいという要望が発生します。

システム導入の検討にあたっては、ほとんどの場合、既に設置されている計測機器メーカーへの問い合わせからはじまります。

例えば「A社の電力計を使用しているから、システムもA社に相談する」となります。しかし、特に現場では、工場の電力計が1社のメーカーで統一されていないことも多く、1つのシステムで管理することは難しいといえます。また、A社の電力

計はA社のシステムでしか利用できないという制約が、比較検討が進まない原因となっています。自分たちは計測データを「こんなふうに見たい」けれども、「このシステムでは思い通りに見られない」というように、既存の電力計を有効利用するためには、要望を十分に満たせない仕組みで我慢することになってしまいます。

このようなあきらめが、システム導入が進まない原因の1つだと考えています。

2) 計測情報ごとにシステムが存在していて運用が不便

電気、水、ガス、蒸気などの計測には、現状では別々のシステムが稼働していると聞きます。システム導入当初は各エネルギーデータを連係する要件がなかったため、別々のシステムで計測していても問題はありませんでした。ただし、全エネルギーデータをトータルで見ようとしたときには、電気、水、ガス、蒸気とそれぞれのシステムからデータを抜き出し、手動で集計することになります。

その結果、システム運用やデータ集計の手間が、運用者にとって負担となっているのが現状です。

3) 設置工事による生産への影響とコスト

既に工場が稼働している状態で、FEMSの導入を検討するお客様が大半です。したがって、導入にあたっては、生産への影響が最小限になるように検討する必要があります。

例えば、蒸気や水の計測を追加するのに、配管を切らない方法で提案してほしいといった要望や、電力計測を行う上で、コストも含めて配線敷設工事を極力減らしてほしいといった要望があります。

このような要望に応えようとする、計測するセンサの種類や通信方式が多様化してしまい、全体を管理するシステムに対する要件が増え、対応できる製品を探すことが難しくなります。

3-2 問題点に対する解決策

前項で述べたように、FEMS構築における問題点はさまざまです。

この問題点の解決策として下記の3点をクリアにできれば、将来にわたり活用できるツールになります。

- ①さまざまな計測対象を1つのツールで管理できるか
- ②計測データを集計し1つの単位に集計（計算）できるか
- ③工費を削減する対策があるか

また、上記に加え、運用するシステムは、使い勝手を犠牲にすることなく、本来のやりたいこと（目的）に沿って自由に設定・操作できることが重要です。

4. 問題点に応える仕組み—GreenTALK

4-1 GreenTALKはどんな製品か

GreenTALKは、オンプレミス型のEMSと呼ばれる製品として位置づけられています。特に、工場向けのFEMSや、ビル・店舗向けのBEMS（Building Energy Management System）を中心とした分野で採用されている製品です。また、既存施設に後付けでシステム構築する事例がほとんどです。

GreenTALKの構造は、大きく3つの機能で構成されています。

- Gateway機能
- Storage機能
- 見える化機能

図-1のように、各機能が完全に分離できていることから、小規模システム（サーバ1台構成）から大規模システム（複数のサーバ構成）まで対応が可能となっています。

機能構成の面と製品の特長から、工場の分野ではさまざまな見える化の要望に対応しています。

4-2 GreenTALKが問題点を解決できる

1) さまざまな計測データを一元管理できる

セイコーソリューションズは、名前の通りソリューション提供ベンダーで、センサや計測機器の製造を中核としているメーカーではありません。したがって接続するセンサや計測機器は市販されている製品が対象となります。

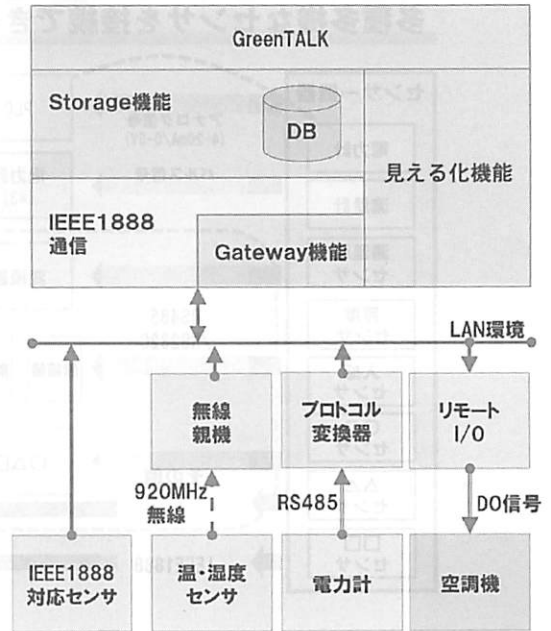


図-1 GreenTALKの機能

これらの機器はメーカーごとに、インターフェイス、プロトコルが異なりますが、GreenTALKは各種プロトコルに対応しており、1つのシステム上で管理することができます。

GreenTALKは、マルチメーカー、マルチプロトコル、マルチセンサの接続を実現し、最終的にはイーサネットに変換して通信します。さらに、東京大学の江崎浩教授が代表を務める「東大グリーンICTプロジェクト」が主導し国際標準化された、ベンダー間の相互接続が可能な通信プロトコル「IEEE1888」にも対応しています（図-2）。※GreenTALKはIEEE1888のwriteサーバ機能を有しています。

これにより、多くのメリットが生まれます。

- そもそもオープンなネットワークを利用しているため、コンピュータの一般的なセキュリティ対策を実施することができる。
 - 計測機器のメーカーに縛られることなく、選きたいセンサを接続することができる。
- 2) 計測データを集計し、1つの単位に集計する
センサからの計測データは、測定単位ごとにデータ収集・管理します。ある測定ポイントにおい

多種多様なセンサを接続できる

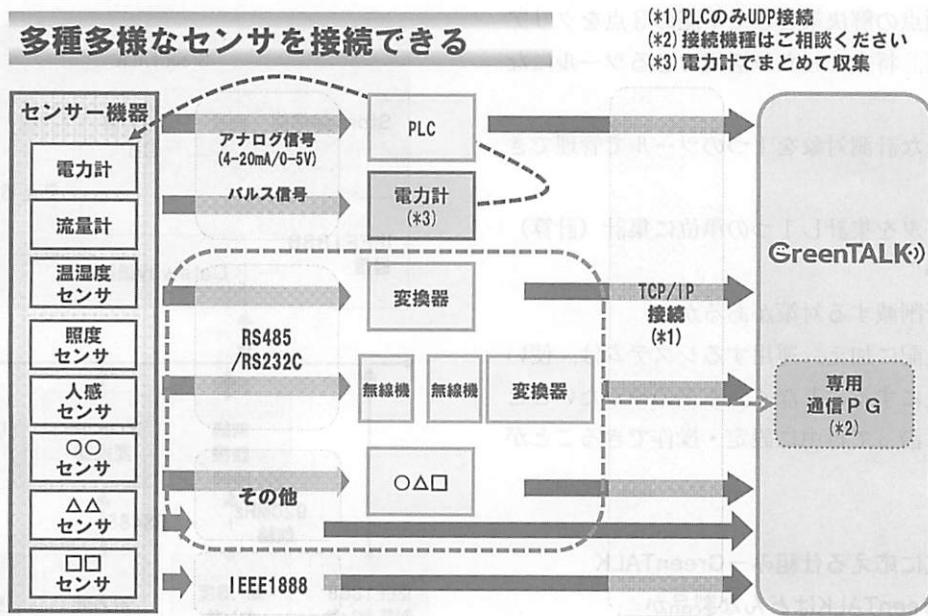


図-2 GreenTALKの構造

て、1日の変化や1時間単位、1日単位のデータを見る上ではこのデータは重要となります。

しかし運用上、すべてのデータを測定単位で細かく確認をするのかということ、そうではないと思います。

一般的には、建物単位、設備単位、部署単位といった単位で集計をして、管理をしています。

また集約する際に、共有部の計測点に関しては、部門で按分をする必要も発生してきます。GreenTALKでは、ソフト管理（オプション機能）で加算、減算の機能を利用して、計測データと同様に管理ポイントを作成することができます（図-3）。

また、エネルギー全体量の集計として、単位を合わせるための換算ロジックも実装しています。CO₂換算や、原油換算といった機能を利用して、エネルギー使用量の把握にも利用できる機能となります。

3) 工事費を削減するための工夫

GreenTALKでは、センサと同様に伝送経路（ネットワーク）に関してもお客様のニーズに合わせた提案をしています。特に、センサ機器とデータ蓄積をしているサーバ機器間のネットワークは、

従来の方式とは大きく違います。

従来はセンサ機器のほとんどがRS485のインターフェイスであったため、シリアルケーブルを長距離敷設して、データ集約する方式をとっていました。この方式だと、専用のケーブルを何本も敷設するか、数珠つなぎするかのいずれかとなります。

しかし、私たちの方式では、RS485のケーブル敷設距離を極力短くし、工場内に既に敷設されている社内LAN環境に接続することで、ケーブルの敷設距離、施工コストを削減しています。また、LAN環境とRS485の通信環境では、圧倒的にデータ伝送速度も違うので、大規模なデータ収集システムとして提供することが可能です。

また、RS485の敷設距離短縮のみならず、無線機器を有効利用することにより、配線自体を削減することも可能となります。

ただし、無線には周波数帯により伝送量、つながりやすさ等の特性があります。使用前には、しっかりとした無線調査を行い、ネットワーク環境を整えることが重要です。そして、無線はデータが多少欠落しても問題にならないような構成にすることが必要だと考えます。

ソフト管理オプションを使って、計測データを自由に集計可能

- ・ソフト管理オプションを使えば、部署や系統単位で仮想的に管理ポイントを設定できて、実測定ポイントのデータ値を部署単位で割り振ったり（按分）、系統別に集約が可能です。
- ・ソフト管理オプション1式でソフトポイント10ポイントまで登録が可能です。

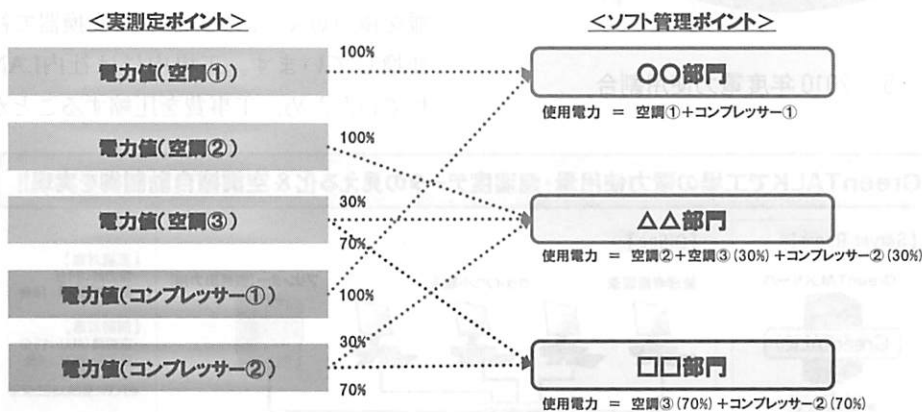


図-3 ソフト管理オプション

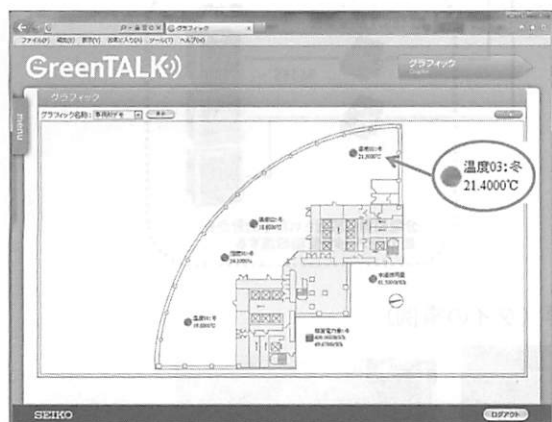


図-4 監視画面

4) お客様が自由に設定・操作できるために

お客様からの要望として、監視画面の作成依頼が多く寄せられました。GreenTALKでは、収集したデータをグラフや表で表示するだけではなく、それらのデータがどこで取得されているかをレイアウト図上に表示することができます。

平面図上に計測情報が表示されるので、どこでどれくらいの使用量があるかがわかりやすく、また、計測箇所におけるデマンド警報やネットワーク異常は、色を変えて表示できるので、発生箇所が一目で見つけやすくなっています(図-4)。

背景として表示したい画像データを準備すれば、設定画面を操作することにより、監視画面を複数作成することができます。また、計測点の追加・削除も簡単です。

※本機能は、2014年10月に機能アップ版をリリース予定です。

5. 導入事例の紹介

弊社システムを導入いただいた中から、3つの事例を紹介します。

5-1 空調制御による電力使用量の削減

はじめに紹介する導入事例は、弊社のグループ工場にあたるSEIKO PRECISION (Thailand) CO.,LTD. (以下、SPT) です。

1) 導入の経緯

SPTでは、2010年度の電力使用量に関して、コスト削減を目的に使用量の削減を検討していました(図-5)。

タイという国柄から、空調運転が過剰になりがちで、それにより冷え過ぎ・結露による天井破損といった事故も発生していました。

そこで、全体的な空調制御(適正温度による運転)を視野にシステムの導入を検討しました。

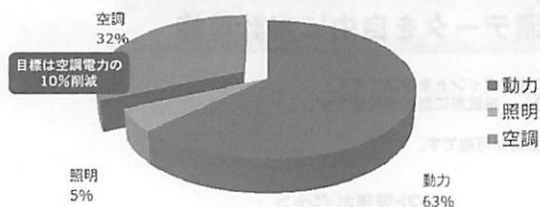


図-5 2010年度電力使用割合

2) システム概要

GreenTALKでは電力計測と温湿度計測を行い、空調機に対して発停制御を実施しています(図-6)。

電力計はModbus-RTU通信(RS485)の通信距離を極力短くし、プロトコル変換器で社内LANに変換しています。工場内には社内LANが敷設されていたため、工事費を圧縮することができまし

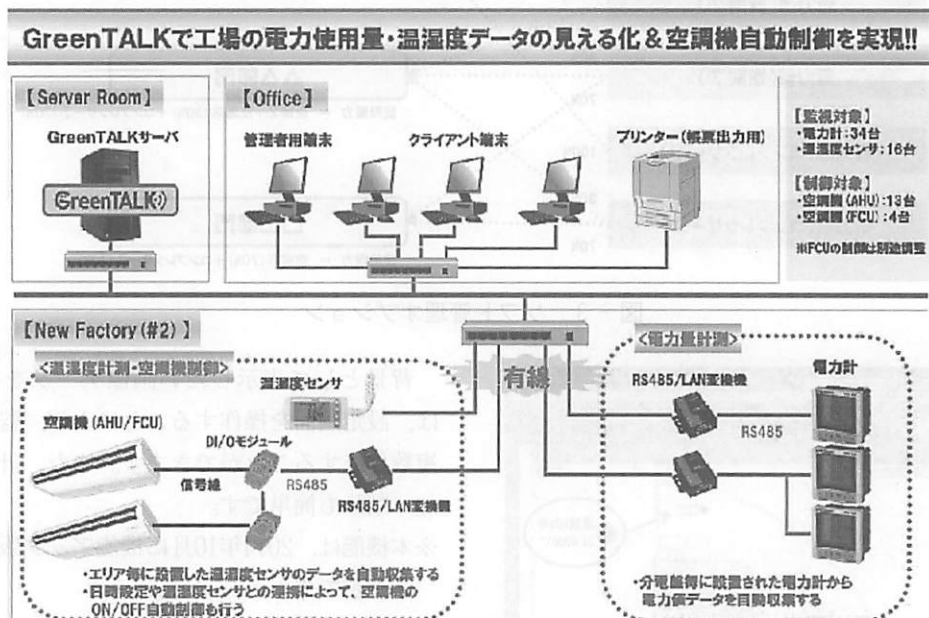


図-6 システム概要(タイの事例)



写真-1 空調制御

制御オプションを使って、お客様独自の最適運転を実現可能

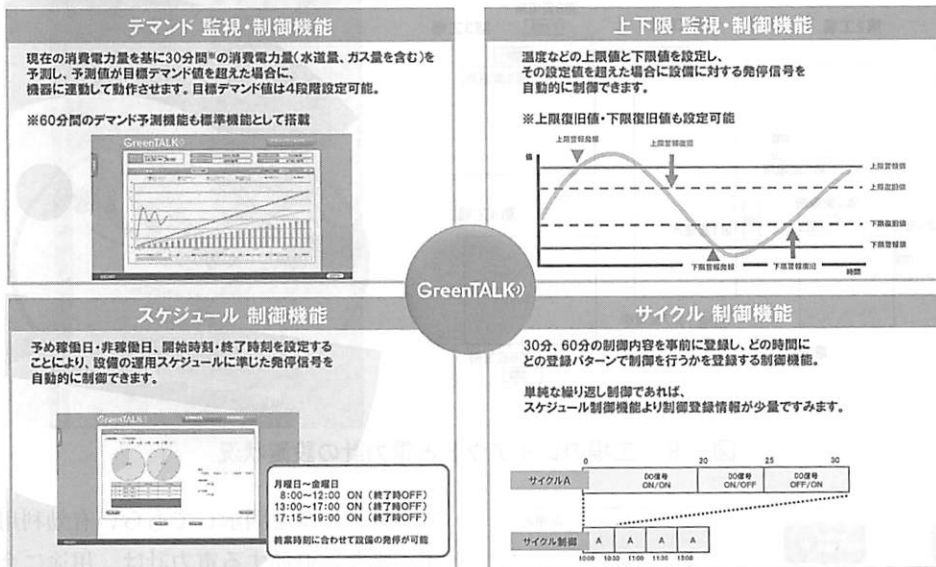


図-7 制御機能

た。

温湿度計はイーサネット直収の機器を選択したので、電源とイーサネットケーブルがあれば、場所を選ばずに設置することができました。今回は空調制御用として、空調機に対応した場所を特定し、設置しました。

空調制御は、設定信号により室外機のコンプレッサーのOn/Offを実現しています。GreenTALKから接点信号をイーサネット経由でコマンド送信し、プロトコル変換器でRS485に変換、その後DO出力機から接点信号を室外機が制御する回路に入れることにより、制御を実現しています。

GreenTALKには4つの制御機能があります(図-7)。

- ・デマンド監視・制御機能
- ・上下限監視・制御機能
- ・スケジュール制御機能
- ・サイクル制御機能

本システムでは、スケジュールによる発停と温度値を使った上下限判定により、空調機を制御しています。

3) 導入の効果

出社・退社時間に合わせたスケジュールによる空調機の制御と、温度閾値(例えば26~27°C)による上下限監視で運転を制御することにより、電力使用量の約6%の削減を実現しました。

4) 今後の展開

SEIKO PRECISION (Thailand) CO.,LTD.は、今後、下記の2点の展開を検討しています。

- ・電力の見える化の範囲ならびに空調制御範囲の拡大
- ・クリーンルームの見える化を同一システムで管理

また、セイコーソリューションズ(株)は、2014年度より正式にタイ国内でのシステム提供を開始します(日本語版、英語版に対応)。

5-2 電力使用量のリアルタイム把握から次のネタ探し

長野県の精密部品工場の事例を紹介します。

1) 導入の経緯

こちらの工場では、工場内に点在するキュービクル内に既に電力計を設置済みでした(約120回路)(図-8)。システム導入前は、担当者が目視

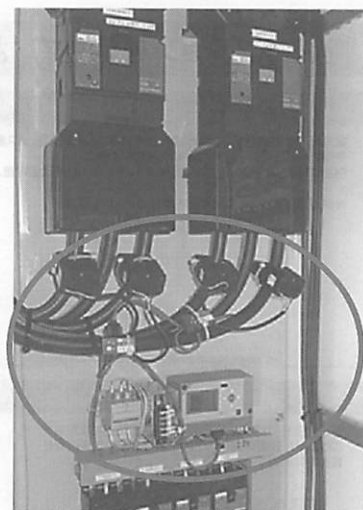
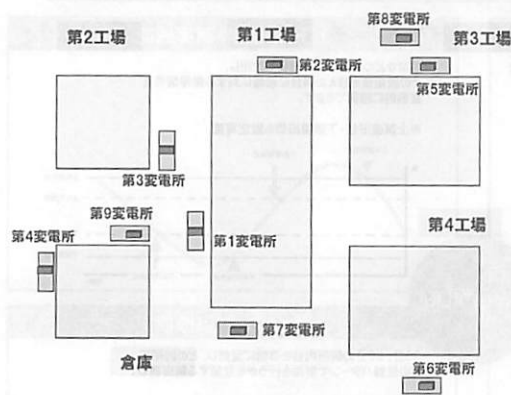


図-8 工場のレイアウトと電力計の設置状況

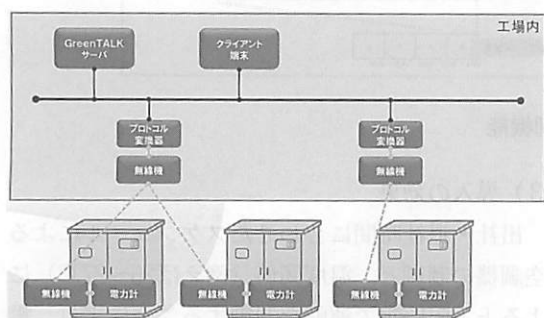


図-9 システム構成（精密部品工場の事例）

でこの電力計のメータ値を記録して、毎月報告書にまとめるとい運用を行っていました。

省エネ活動は継続的に行われており、次の段階にすすむためには、現在よりもスケールの短いデータの記録が必要と考え、システム導入を検討することになりました。

導入にあたり、越えるべき課題が3点ありました。

- ・既に設置済みの電力計を使用すること
- ・キュービクルにはネットワークはないが、工事費を抑えること
- ・システム導入時のインシヤルコストを抑え、拡張とともに段階的に投資できる仕組みであること

2) システム概要

電力計測は、既設の電力計（120回路）につい

てプロトコルを開示してもらい有効利用しています。また、追加する電力計は、用途に合わせて別の電力計を選択して構成しています。

既設の電力計とGreenTALK間の通信は、配線を極力除くために、無線（2.4GHz）を利用した構成をとっています。

全体的には、工場内に敷設されている社内LAN環境を使い、キュービクルと工場の社内LANまでの間にRS485を無線化するユニットを用いて、電力計との通信を行っています。2.4GHzの無線は直進性の強い電波特性となっており、障害物に影響を受けやすいため、無線調査等を行い、中継機を配置しています。無線を利用したことにより、当初計画したキュービクルと社内LAN間を有線接続（イーサネットケーブル）して埋設する工事費と比べ、大幅に削減することができました（図-9）。

3) 導入の効果

導入前は月1回の検針だったため、電力使用量の細かい変化を捉えることができませんでした。

本システムを導入したことにより、時間単位の使用量の変化や計測箇所ごとの傾向なども見えるようになり、現場での省エネ改善活動の効果をすぐに検証できるようになりました。

現在は、部署ごとにデマンド機能を利用した目標管理が実施され、社員の意識向上にもつなが

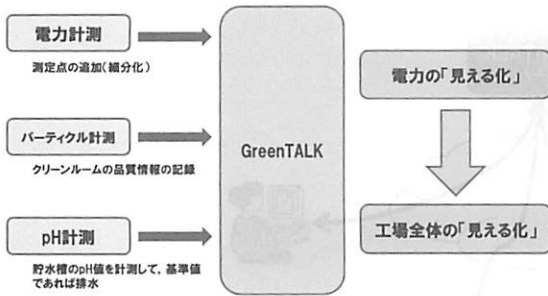


図-10 システムの拡張

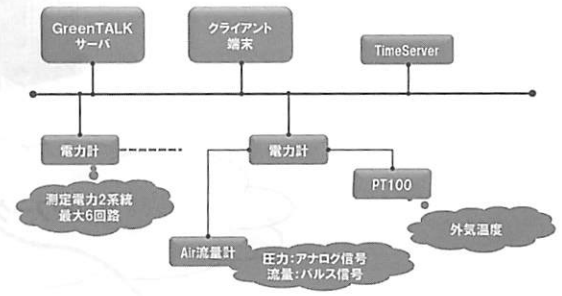


図-11 システム構成(輸送機器製造工場の事例)

表-1 電力計測方法

<p>今までの計測方法</p>	<p>多くの電力計はRS485のシリアル通信を利用して情報収集を行い、収集する情報は収集時点の現在値データとなります。また、RS485の通信は半2重通信のため、電力計ごとに要求回答を繰り返すことになります。したがって、電力計の数が増えると、1台目からn台目まで情報収集した場合、同一時刻でのデータとして収集することが難しくなります。</p>
<p>今回の計測方法</p>	<p>特定の電力計を利用することにより、指定時間データを収集することができます。この場合、電力計に正しい時刻を設定する必要があります。GreenTALKサーバはNTPサーバ(弊社製品:TimeServer)と通信することで、サーバから電力計に対して、正しい時刻を通知でき、システム全体で時刻が統一されます。指定時間データとの組み合わせで、より正確なデータ収集が可能となります。</p>

ているということです。

4) 今後の展開 (図-10)

今回の導入で、工場全体の電力使用量をこまめに見ることができるようになりました。今後は、電力計測のみならず、工場全体の見える化に向けて、下記の計測を追加する検討をしています。

- ・クリーンルームの品質管理を目的とした塵、差圧のデータ収集
- ・貯水槽の水門開閉の判断を目的とした貯水槽内のpH測定
- ・空調の電力使用量の分析を目的とした外気温度測定

5-3 電力使用量の把握は時間が重要

埼玉県の輸送機器製造工場の事例を紹介しましょう。

1) 導入の経緯

こちらの工場では、担当者が電気管理をしていることから、2つの要件がありました。

1つは、電力量(有効、無効、皮相)、電流値、電圧値、力率値等の情報収集が必要で、管理項目が

多い状況のため、フィードー盤のメータ情報を自席で監視したいということ。

もう1つは、電力監視ポイントが複数あり、部門単位や建物単位、系統単位で集計した際に誤差が生じているため、情報の収集タイミングを同期させたいということでした。

2) システム概要 (図-11)

本システムで収集している情報は、以下の通りです。

- 電力計(電力量他): 1回計測/分
- 流量計(Airの圧力、流量等): 1回計測/分
- 外気温度: 1回計測/分

これらの計測情報の中で、電力計測は約130回路あり、この情報を同一時刻で収集する要件がありました。

電力計測結果の収集方法を、今までの方式とは違う方法で実現しています(表-1)。

3) 導入の効果

今までの計測方式では、合算値が全体使用量とはなっておらず、おおよその使用割合の把握にと

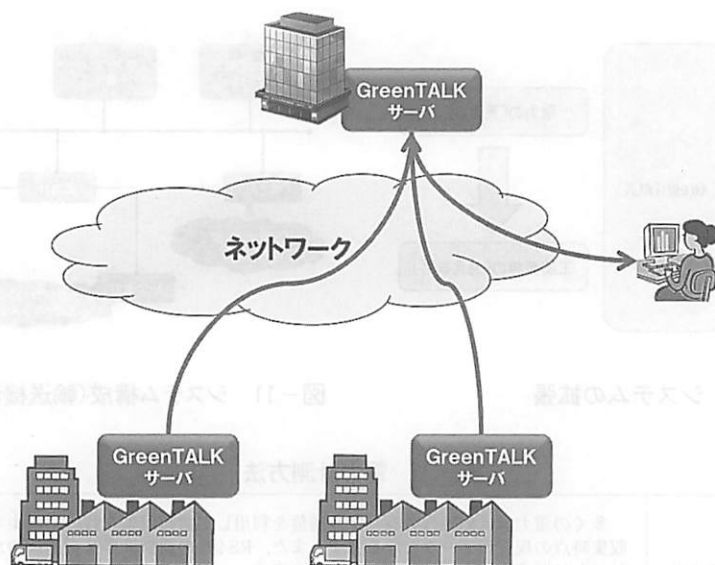


図-12 工場の横展開

どまっていた。

しかし今回の方式により、データの精度が向上し、時間別の使用分布や、部門ごとの使用傾向をつかむことができるようになりました。

4) 今後の展開

こちらの工場では、今後の大きな方向性として以下2点を考えています。

- ・計測箇所の拡大（詳細化）
- ・工場の横展開

1つは計測箇所の拡大で、トランスの2次側計測から、分電盤内のブレーカー単位の計測に展開していく予定となっています。同じ電力計測でもトランスの2次側計測で収集している情報とは違い、分電盤内のブレーカー単位の場合には、積算電力量と瞬時電力に絞って収集する方針です。

もう1つは、横展開として、別の工場にもGreenTALKを使用したデータ管理を実現し、将来的にはデータセンターにデータを集め、会社全体のエネルギー使用量を把握することを検討しています（図-12）。

6. 最後に

今後も製造現場におけるFEMSの導入は拡大していくでしょう。さらに、単純なエネルギーの見

える化にとどまらず、各企業の目的にあわせて、要件は多様化していくものと考えられます。

そのためには、ITCの技術を中心にネットワーク、セキュリティ、標準化といった、一般的なコンピュータシステム（システムインテグレーション）が不可欠になってきます。従来のような計測機に縛られて複数のシステムを管理するのではなく、1つのシステムで管理でき、さらに将来的に拡張できるものが、運用者にとっても投資効果の面でもやさしいシステムだと考えています。

また、データの種類、計測点の量が膨大になり、結果、ビッグデータ化も進み最終的には単純な見える化にとどまらず、データ分析までのトータルシステムに拡張していくものと考えています。

私たちセイコーソリューションズ(株)は、システムインテグレーションを行っている会社です。今後もそれぞれの課題に最適ソリューションを提供し、現場の声を反映させたよりよい製品にアップグレードしていく所存です。

※GreenTALKおよびGreenTALKロゴはセイコーソリューションズ(株)の登録商標です。