

グリーン・データセンターへの取り組み

Ecological Consideration for Internet Data Center

廣 田 博 美

要 約 今般日本ユニシスグループがICT サービスビジネスの礎として次世代 iDC を構築運用するにあたり、その考慮すべき環境負荷対応のうち CO₂ 削減を目的とした電力消費量低減を、省エネ型 IT 機器の採用と消費電力量を実測することで開始した。

さらに、自然エネルギー利活用による電力消費量大幅低減の可能性を確認した。

Abstract When the Nihon Unisys group performed building and operating the next-generation IDC as the foundation of the ICT service business, we started the power consumption reduction aimed at CO₂ reduction among measures well taken for the environmental load in selecting energy-saving IT equipment and observing the power usage.

In addition, we could confirm the possibility of large reductions in the power consumption through the practical use of natural energy.

1. は じ め に

ICT と環境との関係では大きく分けて“ICT の利活用による環境貢献”と“データセンター事業者としての環境配慮”の2面が議論される。

ここでは、ICT ホスティングサービスの中核をなす次世代データセンターを企画開発、運営する立場である筆者にとって、その配慮すべき環境対応の為の基礎知識を整理し、グリーン・データセンター構築への取り組みを著す。

2. データセンターを取り巻く環境対策の動向

2008年7月に開催された北海道洞爺湖サミットにおいて、環境・気候変動問題が主要議題として取り上げられ、2050年までに世界全体の温室効果ガス排出量の少なくとも50%削減を達成する目標を関係国で共有し採択することなどが合意された。今日、環境・気候変動問題は国際的に最も重要な課題であり、日本をはじめ先進諸国は排出量削減の目標達成はもとより、持続可能社会の実現に向けた技術開発や制度構築について、主導的な役割を果たすことが求められている。

こうしたなか、ICT 機器の増加・高機能化等による電力消費量の増加に対して、地球温暖化への影響の観点から厳しい目が向けられるようになってきている。とりわけ、そうした ICT 機器が集積するデータセンターは、ICT 社会の進展を支えるインフラとして重要性が増す一方で、その膨大な消費電力量や環境負荷についての懸念が高まりつつある。

総務省が2008年4月に発表した「地球温暖化問題への対応に向けた ICT 政策に関する研究会」の報告書^[1]によれば、国内のデータセンターの2007年度の電力消費量は、77.2億 kWh にのぼると推定されており、これは国内の総消費電力量のおよそ6%に相当する。今後、現状と

同じ状況で推移した場合、2011 年度には 121.5 億 kWh と約 1.5 倍に増大すると見られている。このため、電源・空調等の基幹設備への最新省エネ技術の導入や、エアフロー等の運用面の改善などの対策が急務とされている。総務省の推計によると、国内データセンターにおいてこれらの対策がとられた場合の 2011 年度消費電力量は、現状維持で推移した場合に比べ最大で 60% の削減が可能とされている（表 1）。

表 1 わが国のデータセンターにおける予測電力消費量

年度	(単位：億 kWh/年)		
	2007 年度	2011 年度	消費電力削減割合
現状維持	77.2	121.5	0%
シナリオ 1 省エネ対策 ^a	69.5	109.3	10%
シナリオ 2 運用改善 ^b	55.6	87.5	28%
シナリオ 3 最善策 ^c	37.8	59.5	51%
シナリオ 4 先端技術 ^d	30.9	48.6	60%

*a：現状の省エネ技術が今後も継続して実施される場合のシミュレーション

*b：新たな投資を想定せず、省エネ改善を図る場合のシミュレーション

*c：現時点での最高効率技術（最善策）が広く普及する場合のシミュレーション

*d：最高レベルの省エネ先端技術が最高の状態で実施される場合のシミュレーション
（総務省「地球温暖化問題への対応に向けた ICT 政策に関する研究会」報告書）

また、2008 年 5 月には、国会において平成 20 年度改正省エネ法が成立、翌 6 月には東京都において環境確保条例が相次いで成立するなど、事業者に対するエネルギー効率および CO₂ 排出量の管理義務徹底や対象範囲の拡大、罰則の強化を含む形での法規制化の動きも急速に進みつつある（表 2）。さらには、サブプライムローン問題に端を発する金融危機のあおりを受け、原油先物市場の低迷により原油価格は低水準であるものの、将来にわたって国際的な原油価格高騰の可能性とこれに伴う電力料金の値上げの可能性は否めず、データセンター事業者としてエネルギー効率化や CO₂ 削減は、まさに経営の根幹に直結した問題となりつつある。

表 2 今年度上半期における法制化の動き（2008 年）

2008.4	京都議定書の第1次約束期間の開始
2008.5	通常国会において改正省エネ法（エネルギーの使用の合理化に関する法律）成立
2008.6	東京都議会において「環境確保条例」改正案可決
2008.7	北海道洞爺湖サミット

データセンターの利用は、社会全体の視点からみると、エネルギー効率向上や CO₂ 排出削減に貢献するという側面があるものの、大量のエネルギー消費や CO₂ 排出の拠点という側面から、規制の対象にも取り上げられる可能性がある。

このような状況の下、すでに国内外の業界団体などから、データセンターの環境対応レベルを測るものとして、いくつかの指標が提唱されている。その中で、データセンター事業者を主体とする標準指標として具備すべき公平性・改善容易性・計測容易性がある程度担保される点

や、すでに業界内外にも一定の認知があるという点において米国 The Green Grid（以下、TGG）が提唱する「PUE（電力利用効率）」を指標として用いることが望ましいという意見が多く出されている。次章では、この PUE について考察する。

3. データセンター効率指標 PUE（Power Usage Effectiveness：電力利用効率）とは

「地球温暖化問題への対応に向けた ICT 政策に関する研究会報告書」（2008 年 4 月）では、データセンターの環境配慮のレベルを比較する指標として、米国において広く利用されている DCD（Data Center Density：データセンター密度）が紹介されている。この報告でも、空調などの設備も含んだデータセンター全体の効率についても配慮すべきとし、従来の DCD に加え、付帯設備の評価指標として PUE が効果的であるとしている。

PUE はデータセンター全体の消費電力を ICT 機器の消費電力で除すことにより、従来、DCD では表現しきれなかった、データセンターにおける ICT 機器自体が消費する電力と、ICT 機器の安定動作を確保するために必要となる空調等で使用せざるを得ない消費電力の割合を示す指標となり得るとしている。

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

また、データセンターの規模に関わらず数値を算出できるため、容易にデータセンターとの比較が可能であるだけでなく、時系列で PUE を記録することで、省エネサーバ導入や空調設備の改善を行ったデータセンター事業者の省エネ対策努力を定量的に評価することが可能としている。

しかしながら、以下のようにデータセンターの環境対応レベルを図る共通指標として問題点も指摘されている。

- （問題 1） ICT 機器の省エネ化により、数値が悪化するケースがある。
- （問題 2） 信頼性の確保が指標に悪影響を及ぼすケースがある。
- （問題 3） 「ICT 機器の消費電力」が演算処理の効率性を表現できない。
- （問題 4） データセンターの稼働率（稼働サーバ数）によって数値が変動する。

1) ICT 機器の省エネ化により、数値が悪化するケースがある

図 1 のように省電力型の ICT 機器を使用したにも関わらず、PUE が悪化するケースである。

TGG のホワイトペーパー「GREEN GRID のデータセンター電力効率指標：PUE AND DCiE」^[2]の中で、「PUE のさらなる開発」として定義している「構成要素の細分化」を採用する。TGG では IT 機器と施設インフラ間の境界の曖昧さを解消する意図で、PUE の構成要素の細分化を試みている。具体的には、以下のように三つの要素に分解される。

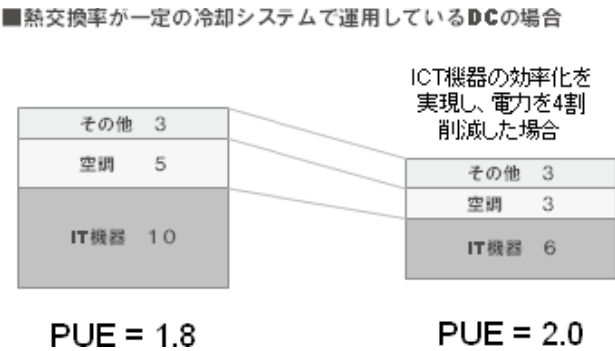


図1 ICT機器の効率化によりPUEが悪化するケース

$PUE = CLF \text{ (Cooling Load Factor)} + PLF \text{ (Power Load Factor)} + ILF \text{ (IT Load Factor)}$
CLF：冷却負荷率：冷却設備で消費される電力をIT機器で消費される電力で除した比率
PLF：電力負荷率：電力供給のための機器により消費される電力（電力損失）をIT機器で消費される電力で除した比率
ILF：IT負荷率：IT機器で消費される電力を除した比率（必ず1となる）

PUEという一つのかたまりで評価をすると、図1のようなケースが発生した場合にその分析が困難になるが、その構成要素を細分化することで効率性の評価を局所的に行うことが可能となる（図2）。図1の例で言えば、「その他」をTGGが定めているようにPLFの構成要素とするならば、PLFの値が0.3から0.5に悪化していることになり、この分析が必要であることが理解できる。

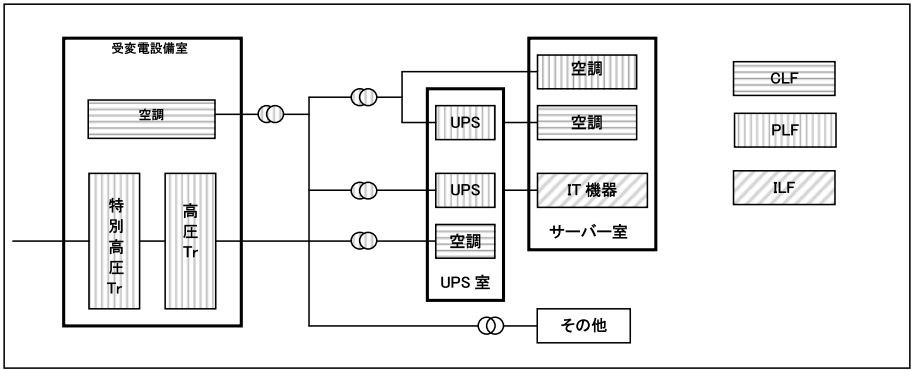


図2 PUE構成要素の概略図

2) 信頼性の確保が指標に悪影響を及ぼすケースがある
信頼性の確保に重点を置いたデータセンター、例えばTier IV^{*1}のセンターではUPSの低負荷運転に起因するUPSのロスが電力負荷率（PLF）の数値に影響を与え、PUEの数値の悪化を招く。冗長性の確保が信頼性の向上と効率性の低下を招くことを、効率性のみを表現しようとしているPUEでは表現不能であることは必然である。

3) 「ICT 機器の消費電力」が演算処理の効率性を表現できない

電力消費量にのみ着目した PUE は、データセンターの演算に関する総仕事量を表現していない。IT 負荷率 (ILF) では、いかに効率的な演算を行なっている ICT 機器においても、その数値は 1 となるが、省エネルギー化、高効率化が図られた最新鋭の ICT 機器と、そのライフサイクルをほぼ全うした旧型の ICT 機器の生産性が PUE では同一になり得ることは合理性を欠く。TGG においても長期戦略として、データセンターの生産性を評価する指標として DCP (Data Center Productivity) の策定に取り組んでいる。DCP では、データセンターへの入力電力に対し、正味の有効仕事量がなされ则认为る。この「有効仕事量」を「設備全体の消費電力」で除すことで、この DCP は計算される。ただし、TGG の報告書でも指摘されているとおり、ICT 機器の生産性の算出は非常に困難であるが、米国環境保護庁 (EPA) の国際エネルギー・スタープログラムや標準性能評価法人 (Standard Performance Evaluation Corporation : SPEC) のベンチマークをひとつの参考とすることができるとする。

4) データセンターの稼働率 (稼働サーバ数) によって数値が変動する

現行データセンターのほとんどがサーバ室全体を冷却する方式を採用している。このため、稼働開始から間もないデータセンターでは、対象サーバが極端に少ないため過冷却運転にならざるを得ない。このため PUE の値が極端に悪くなるものと予想される。インバーター方式などによる運転量の制御が可能な冷却装置の導入はこのような状況下で PUE を改善するが、空調の無駄が依然発生する可能性は否めない。

最新のコンピュータ室空調機 (CRAC) は、部屋単位を冷却する方式から、近接冷却のものを採用する流れになってきている。これらを採用することで適正な数値を生成することができるのであれば、本来の目的である省エネ度を表すためにこの状況下での数値の悪化は正当な評価として受け入れるべきである。

以上は PUE の定義そのものに対する指摘、問題点であったが、実際の指標としての運用を考えた場合、更に以下の考慮が必要となってくる。

(問題 5) 「データセンター全体の消費電力」の明確な定義 (測定ポイント) が必要である。

(問題 6) データセンター事業者が単独では改善できない要素もある。

5) 「データセンター全体の消費電力」の明確な定義 (測定ポイント) が必要である

データセンターのサーバ室に隣接する形でコールセンターオフィスや開発拠点などが設営されている場合、電力消費量の測定範囲、測定方法について明確なガイドラインがない。データセンター全体の消費電力を計測する最も簡単な方法は、「建物の電気メーターが示す値の内、データセンター部分のみの電力を測定する」ことであるが、実際問題として建物の中に、研究室やオフィスなど数多くの機能を含む場合には、そのデータセンター環境だけの電力消費を区別するのが困難である。

6) データセンター事業者が単独では改善できない要素もある

コロケーションといった事業形態の場合、ハウジングラック内は原則としてエンドユーザーの管理範囲となる。ハウジングラック内のケーブリングおよびサーバの配置などによってエアフローが大きく変わることが一般に知られており、結果としてデータセンターの空調効率改善における大きな要素となり得る。PUEをデータセンター事業者の環境対応指標とするのであれば、ユーザーの管理範囲については、ユーザーの責任で解決する仕組みを形成する必要があると思われるが、コロケーションビジネスをホスティングビジネスに発展させることで、この課題は解消できるはずである。

4. グリーン・データセンターへの取り組み

4.1 PUE 値の改善

PUE 値の改善は PLF および CLF の省エネルギー化であり、ILF の改善は IT 機器そのものの省エネ対応が必要となる。前章で記述したとおり、ILF のみの改善は PUE 値を悪化させるが、本来の目的である CO₂ 排出量低減にはやはり必要な対応である。

4.2 ILF の改善

仮想化技術を駆使したシステム統合化を促進し、サーバに代表される IT 機器の高稼働率を実現することで、余剰能力で消費されるエネルギーを削減することができる。また、省電力化対応の新しい ICT 機器を採用することによる対応も有効である。

MiF (Modeled iDC Farm) の名で表される日本ユニシスの次世代 iDC 基盤を構成する主要な ICT 機器はそれぞれのベンダーの 2004 年の販売機器と比べて約 30% の省電力化が図られている。また、特にサーバに関しては CPU 稼働率に呼応して CPU 本体の省運転モードや、クーリングファンの停止、低出力運転などを備えている。

個々の ICT 機器の省電力化に加え、MiF の基本設計コンセプトの一つである仮想化により、サーバーの集約度を 4 ないし 16 に設定してある。これは、サーバ稼働台数を 1/4 ないし 1/16 に削減することを可能としている。ストレージについては、領域の集約化により、フラグメントの発生を抑え、実質的な稼働ディスクの数を減らすことができる。ネットワークデバイスについても、高集約化、仮想化を実装し、省電力化を図っている。

以下は、2009 年 10 月より開始予定の ILF (電力消費量) 実測サービスに使用する消費電力測定機器の説明である。これらにより、MiF 本体の ILF (電力消費量) の把握、維持、改善が可能である。

① クランプセンサ

電流、電圧、抵抗等を計る計測器にテストがある。その中の一つとしてクランプセンサがある。これは電流測定の際、電線を切離せずに挟みこむだけで簡単に計測でき、回路に直接触れずに安全に測定が行なえるというもので、電力関連の現場で、電線の負荷電流、漏れ電流等を検出するために広く使用されるようになった。価格も数千円の安価なものから数万円のものまで数多く販売されている。

比較的小型のクランプセンサは、分電盤のブレーカに取り付けることによって、そこに繋がれている IT 機器の消費電力を計測できる。持ち運びが可能であり、IT 機器を停止するこ

となく簡易に計測できることから、短期間の一時的な使用に適している。クランプセンサは、一定期間に蓄積した電流・電力データを CSV 形式で出力できるため、それを使ってソフトウェアで分析することが可能である。

② インテリジェント PDU (Intelligent Power Distribution Unit)

ホスティングサービスやソフトウェアサービスを提供するデータセンターは、それらのサービス単位の消費電力を計測する必要がある。それには計測機を定常的に設置可能で IT 機器毎に計測できるインテリジェント PDU が適している。

インテリジェント PDU とは、サーバやネットワーク機器が接続されたコンセント電源のオン・オフや消費電力のモニタリングをリアルタイムに実行できる PDU である。モニタリングしたデータは、ネットワーク経由でサーバに送信することが可能であり、そのデータをデータベースに蓄積し分析することによって消費電力を詳細に把握できるため、電力のキャパシティプランニングを効率的に行うことが可能となる。また、計測項目に上限・下限のしきい値を設定でき、それを超えた場合は SNMP トラップ等のイベントにより警告し、温度や湿度管理ができる機種もある。

インテリジェント PDU を使用したデータセンター消費電力監視システムでは、常時監視によるサービス利用者へのリアルタイムな情報提供が可能となる。

③ IT 機器による消費電力計測

昨今の IT 機器は省電力対応が施されており、消費電力の管理機能を有している。この機能を利用することにより、計測器を外部に取り付けて消費電力を計測する場合と比べて、より精度の高い計測ができるだけでなく、利用状況に関連付いた細かい計測と分析が可能となる。サーバ消費電力と発熱の集中管理された制御を提供する統合された電力管理システムは、サーバの消費電力と熱出力をデータセンターレベルで管理でき、サーバが必要とする電力と冷却機能の削減を可能とする。ただし、現状では、すべての IT 機器でそのような管理機能が備わっているわけではなく、またすべての IT 機器を集中管理する上では、標準化された電力監視・管理の仕組みが必要である。日本ヒューレット・パッカード株式会社の Insight Power Manager (IPM) (図 3) は、個別サーバ、サーバグループ、個別 c-Class エンクロージャ、c-Class エンクロージャグループ、またはこれらの混在システムの消費電力をグラフィカルに監視および管理する。

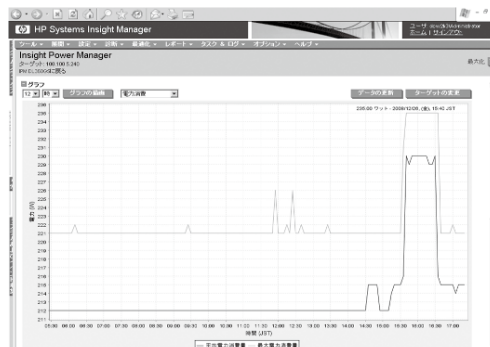


図3 日本ヒューレット・パッカード株式会社 Insight Power Manager (IPM)

4.3 CLFの改善

IT機器の冷却に伴う消費電力の低減は以下の対処で実現できる。

- ① 冷却装置そのものの省エネルギー化，熱負荷に応じた運転量の制御（インバーターエアコン）
- ② IT機器の配置を考慮した冷却効率の向上（ホットアイル/コールドアイル）
- ③ 外気導入など電力消費を伴わない冷却技術の採用（フリークーリング）

冷却装置，冷却方法については，今後データセンターのグリーン対応を図る上で中心的なテーマとなるであろう。本稿では上記③の電力消費を伴わない冷却技術について述べる。以下の三つの方法がある。

- ・ 外気冷房：冬期から中間期で外気温が室温より低い場合に外気を建物内に直接導入して冷房を行うことで省エネルギーを図る空調システム。
- ・ フリークーリング：冬季から中間期で外気温が低い場合に外気を利用して冷水をつくり冷熱源として使用することで省エネルギーを図る空調システム。空気プレクーリング，冷水プレクーリング方式がある。
- ・ 氷雪エネルギー：雪氷の持つ冷熱を活用して冷却する空調システム。直接熱交換冷風循環方式や熱交換冷水循環方式等がある。

4.4 電力消費を伴わない冷却技術

北海道洞爺湖サミットの報道向け施設として用意されたルスツリゾート国際メディアセンターは，その館内冷房に氷雪エネルギーを利用した環境にやさしい施設であった。冬場の雪を氷室に貯蔵保管し，夏場にその冷気を利用して冷房を行うその技術に着目し，データセンター冷房への応用の可能性を研究した。

いわゆる氷室を使用した貯蔵技術ははるか平安の昔から知られている技術であり，野菜類の保存等には地方によってはごく当たり前に使われている。図4はルスツリゾート国際メディアセンターと同一方式で冷房を行っている北海道美唄市にあるJAびばい米穀雪零温貯蔵施設「雪蔵工房」の米倉に設置されている氷室である（直接熱交換冷風循環方式）。図5は札幌郊外にあるモエレ沼公園ガラスのピラミッドの冷房に使用している融雪庫である（熱交換冷水循環方式）。いずれも，水の気化熱 2256.7J/g ，融解熱 333.5J/g を利用している。



図4 JAびばい雪蔵工房雪倉



図5 モエレ沼公園ガラスのピラミッド雪倉

4.5 データセンター冷房への適用

大量の雪を集積しやすい豪雪地帯での立地を前提とし、2000 ラック規模のデータセンターの冷房を冷熱に依存した場合の電力消費量を試算する。おのずと寒冷地である北海道が前提となった。当初、夏季における冷房はすべて氷雪利用を想定して試算を開始したが、寒冷地の外気特性にも注目し外気導入によるフリークーリングとの併用を試みた。以下に試算の概要を挙げる。

4.5.1 検証モデルの前提

- 1) データセンター規模とサーバラック電気容量
2,000 ラック収容データセンター、5KW/ラック
- 2) 検証地域（カッコ内は気象データの都市名）
 - ① 東京近郊（東京）
 - ② 寒冷地（札幌）
- 3) 比較パターン
 - ① 東京：100%空調（熱源）利用の冷房負荷、CO₂ 排出量
 - ② 東京：外気活用の冷房負荷、CO₂ 排出量
 - ③ 札幌：外気活用の冷房負荷、CO₂ 排出量
 - ④ 札幌：外気・雪氷活用の冷房負荷、CO₂ 排出量

【注記】

- ① CO₂ の原単位：CO₂ 排出量の算定は 2007 年度の東京電力、北海道電力の原単位を使用

東京電力(株)	0.000425 t-CO ₂ /kwh
北海道電力(株)	0.000517 t-CO ₂ /kwh
- ② 消費電力量の算定においては、COP*² を 2.5 と仮定する。

4.5.2 冷房方式と冷房負荷試算方法

検証地域の外気温度に基づき、その地域における可能な冷房方式から、採用する冷房方式とその利用期間を設定し、必要な冷房負荷に対して、削減が可能となる冷房負荷を算出することにより、比較検証を実施する。

- ① サーバ室の空調吹出温度を 18℃、サーバが排出する熱により暖められた空気が空調機に戻る温度を 26℃とした時の冷房方法と冷房負荷試算方法を図 6 に示す。

- ② 年間の拡張アメダス気象データ（標準年）より、昼（8:00～20:00）、夜（20:00～8:00）の運転切り替えとし、外気温度に応じて冷房手法を表3のように設定し、冷房負荷削減量を算出した（表4）。
- ③ 具体的な制御は想定せず、外気温による各種冷房方式の切り替え判断のみを行うものとする。
- ④ 可能な冷房方式が複数ある期間に関しては、冷房負荷の分担割合は様々なケースが想定されるため、本試算では、外気冷房（図7）、次にフリークーリング（図8）を優先し、それらが使えない期間に雪氷を利用するものとする。

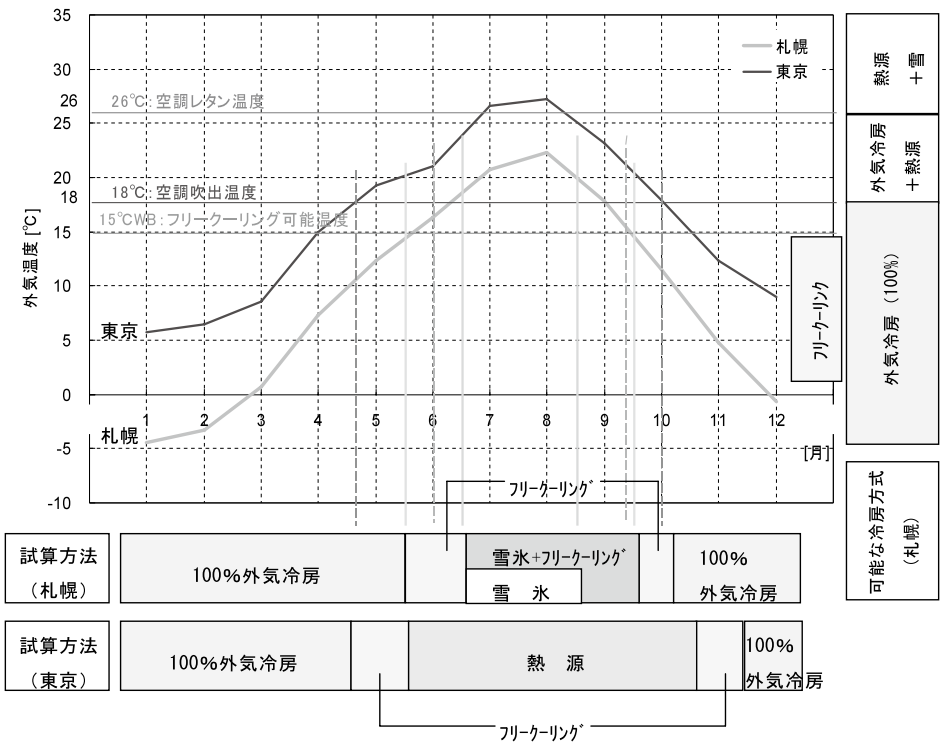


図6 冷房方法と冷房負荷試算方法

表3 冷房方法の切り替え

東京	昼 8:00～20:00	夜 20:00～8:00
T1	外気冷房 外気温＜18℃	
期間	1/1～4/17、11/13～12/31	
T2	熱源+フリークーリング(優先) フリークーリング時の条件 ・湿球温度＜15℃WB(空気がフリークーリング) ・湿球温度＜8℃WB(冷水がフリークーリング)	
期間	4/18～5/31、10/15～11/12	
T3	熱源 外気温＞18℃ 湿球温度＞15℃WB	
期間	6/1～10/14	

札幌	昼 8:00～20:00	夜 20:00～8:00
S1	外気冷房 外気温＜18℃	
期間	1/1～5/15、10/4～12/31	
S2	熱源+フリークーリング(優先) フリークーリング時の条件 ・湿球温度＜15℃WB(空気がフリークーリング) ・湿球温度＜8℃WB(冷水がフリークーリング)	
期間	5/16～6/15、9/16～10/3	
S3	雪氷+フリークーリング フリークーリング時の条件 ・湿球温度＜15℃WB(空気がフリークーリング) ・湿球温度＜8℃WB(冷水がフリークーリング)	
期間	6/16～7/14、8/16～9/15	
S4	雪氷 6月16日～8月15日のうち、「S3」以外	
期間	7/15～8/15	

表4 東京と札幌における冷房負荷量試算

1) 東京		外気導入による削減	空気ブレーキングによる削減	冷水ブレーキングによる削減	氷雪利用による削減	熱源が必要な冷房負荷量
一般空調時	87,600MWh	-	-	-	-	87,600.0MWh
外気利用	87,600MWh	▲37,200MWh	▲8,611.8MWh	▲272.0MWh	-	41,561.2MWh
2) 札幌		外気導入による削減	空気ブレーキングによる削減	冷水ブレーキングによる削減	氷雪利用による削減	熱源が必要な冷房負荷量
一般空調時	87,600MWh	-	-	-	-	87,600.0MWh
外気利用	87,600MWh	▲53,520MWh	▲13,218.77MWh	▲486.1MWh	-	87,600.0MWh
外気+雪氷	87,600MWh	▲53,520MWh	▲13,218.78MWh	▲486.0MWh	▲20,248.6MWh	126.7MWh

【東京・札幌】 T1・S1

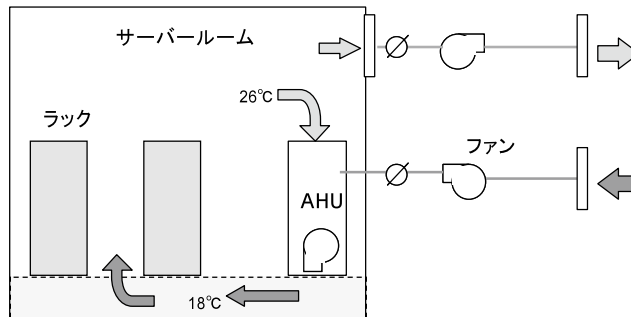
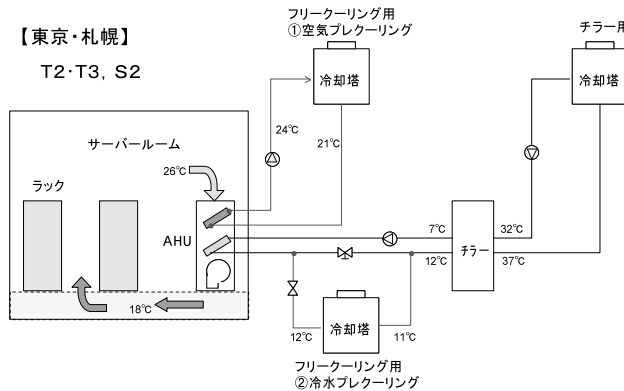


図7 外気冷房概念図

【東京・札幌】
T2・T3, S2


【札幌】 S3・S4

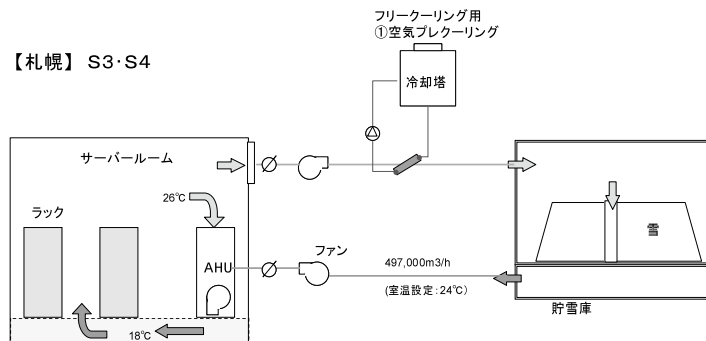


図8 フリークーリング概念図

表 5 電力削減率および CO₂ 排出量削減率

		冷房負荷 (MWh)	電力消費量 (MWh)	電力削減率	CO ₂ 排出量 (t-CO ₂)	CO ₂ 排出 量
東京	一般空調時	87,600.0	35,040.0	-	14,892.0	-
	外気利用時	41,516.2	16,606.5	52.6%	7,057.8	52.6%
札幌	外気利用時	20,375.3	8,150.1	76.7%	4,213.6	71.7%
	外気＋ 氷雪利用時	126.7	50.7	99.9%	26.2	99.8%

※削減率は東京の一般空調時と比較した削減の割合を示す。

2,000 ラック収容のデータセンターの空調設備に要する電力消費量および CO₂ 排出量を比較すると、表 5 の通りとなる。札幌にて外気および氷雪を利用すると東京との比較では電力消費量を 99.9%、CO₂ 排出量では 99.8% の削減が可能である。なお、電力削減率と CO₂ 排出量削減率の値が異なるのは東京電力、北海道電力の CO₂ 原単位（2007 年）がそれぞれ 0.425kg/kwh および 0.517kg/kwh であり、電力使用に対する CO₂ 排出に関しては東京の方が若干有利であるからである（柏崎原発の運転休止、泊 3 号原発の稼働で北海道電力の方が今後有利になる可能性もある）。

なお、本試算では以下①②について勘案していない。また、外気冷房の実施は、建物の外壁に開口部を設ける必要があり、建物の状況により導入可能な外気量に制限が生じることとなる。本試算では制限が無いものとして算定している。

- ① 外気冷房やフリークーリングを実施する際の、冷却塔、ポンプ、ファンなどの消費電力
- ② 低温外気導入時に必要となる湿度調整（加湿）のための消費電力

これらはおおむね冷房消費電力の 10% 程度であるから、低温地域の特性を最大限活用してデータセンターを運用すれば、その消費電力を大幅に削減できる可能性が十分あり、CLI を低減し PUE を改善することが可能である。

4.6 PLF の改善

UPS を含む電源設備での電力消費（エネルギーロス）を以下の対処で実現する。

- ・ 高効率変圧器等の採用
- ・ 冗長性の見直し（N+1 化）
- ・ 機器効率を考慮した運転量
- ・ 直流電源設備の採用

4.7 クリーンエネルギーの採用

グリーン・データセンターの定義が環境に配慮したデータセンターであることは冒頭に述べているが、環境配慮が電力消費量を削減することで CO₂ 削減を目的としている今日（空気汚染、土壌汚染、騒音などの公害がないことが前提）、CO₂ を排出しない手段により発電された電力すなわちクリーンエネルギーを使用したデータセンターもグリーン・データセンターと言えるのである。

残念ながら、水力発電や原子力発電など、化石燃料の消費によらない発電も電力各社の CO₂ 原単位の計算に組み入れられており、今日の電力行政では、一部の大規模工場で運転しているプライベート発電所を除き、消費電力に見合った CO₂ 排出量削減義務が科せられてしまう。

データセンター向け大規模太陽光発電システムの実現性となると、現在のところ太陽電池の技術革新は薄膜技術等の応用で大規模発電への期待はあるものの、その効率、価格面ではまだ実用化の域には達していない。また、その性格上、悪天候時や夜間の電力発電量低下を補う蓄電技術等付随技術の開発も必要であり、データセンター事業者として太陽光発電システムのプライベート運用によるグリーン・データセンター構築にはまだ時間がかかりそうである。

図9は北海道稚内市で実証実験中の大規模太陽光発電設備である。5,000Kwhの発電量を目指して増設中である。前章の2000ラック規模のデータセンターを駆動させるためには10,000Kwhの発電容量が必要となる。



図9 稚内メガソーラープロジェクト太陽光発電設備

現在の太陽電池発電効率からこの容量を賄うためには約20haもの広大な用地が必要となるが、これを首都圏に求めるには難がある。太陽電池の発電効率は低温時に高効率となることから、前章の氷雪エネルギーと相まって、低温地域でのデータセンター誘致が環境を配慮する上で好都合である。

5. おわりに

電力は電力会社から供給される物を使用するのが当たり前の今日であるが、産業革命のころは発電所は自前で用意するものであった。それがトーマス・エジソンの直流送電に異を唱えたニコラ・テスラの交流送電の登場により、遠隔地への電力供給が可能となった。まさに、今日のICT環境のクラウドへの進化と同じである。

しかしながら、自動車メーカーや鉄鋼メーカーなどの大規模工場では、消費量、コスト、外部要因による事故への懸念から、電力会社からの電力供給に頼らず自家発電設備を稼働させているものも少なくない。同様の理由で大規模データセンターも自前の発電設備で電力をまかなうのが最良であろう。もちろんクリーンエネルギー発電が前提である。

-
- * 1 米国 Uptime Institute 社の提唱しているデータセンターの格付け基準。信頼性、可用性、安全性の観点から最低位の Tier I から最高位の Tier IV まで規定されている。Tier IV を冠するデータセンターでは稼働率 99.99% を求められるため、電源設備についても完全な冗長化を実施することから、電力消費量の観点からは非効率的であると映る。
 - * 2 Coefficient Of Performance の略。機器に入力されたエネルギーによって、どれだけのエネルギーを出力できるかを数値で示した成績係数。空調機が 1kW の電力消費で 1kW の冷房能力を発揮すると「冷房能力÷消費電力」で、冷房 COP は 1。データセンターで使用している一般的な空調機の COP カタログ値を採用。

- 参考文献** [1] 「地球温暖化問題への対応に向けた ICT 政策に関する研究会」報告書，総務省，2008 年 4 月
- [2] 「GREEN GRID のデータセンター電力効率指標：PUE AND DCiE」，The Green Grid，2007 年 2 月
- [3] 「各電力会社の全電源力平均電力原単位 2007 年度係数」，日本経済新聞，2008 年 8 月 13 日
- [4] 「北海道グリーンエネルギーデータセンター研究会中間報告」，北海道グリーンエネルギーデータセンター研究会，2008 年 10 月 16 日

執筆者紹介 廣 田 博 美 (Hiromi Hirota)

1982 年日本ユニパック(株)入社。1100/2200 シリーズオペレーティングシステムの開発，保守，サポートに従事。2004 年よりデータセンターオートメーション関連ソリューションビジネスを手掛ける。現在 ICT サービス本部サービス商品企画部にて次世代 iDC 基盤 MiF の設計および SaaS サービス企画に従事。

NCA（ネットワークコンピューティングアライアンス）理事，北海道グリーンエネルギーデータセンター研究会会員。

