

KIIS Quarterly vol.6-1

データセンターのグリーン化の動向

財団法人 関西情報・産業活性化センター 事業推進グループ
主席研究員 山岸 隆男

地球温暖化防止への取組みが世界的に大きな課題となる中、情報部門についても CO₂ 排出削減の取組み（グリーン I T）が求められている。グリーン I T の一つの柱である情報処理が集中して行なわれているデータセンターの省エネルギー化（グリーン of IT の取組み）の最新動向について調査したので紹介する。

Keywords : データセンター、グリーン I T、省エネルギー、エネルギー効率、PUE

1. はじめに

企業は、厳しい経済状況下でコスト削減と、事業の選択と集中が求められている。情報部門においてもコスト削減の観点から新規 I T 投資の見直しや凍結に加えて、従来はあまりコスト削減の対象とはならない運用管理費までも、削減要請がなされるようになってきている。また、情報部門は急激なビジネス環境の変化や業務の高度化から、扱うデータ量やシステム数は増加の一途を辿っており、限られた I T 人材で増大する業務を担うことが難しくなっている。更には、内部統制の観点からの高い安全性や信頼性、企業内の環境保全の取組みの一環として情報部門に省エネルギーが求められている。このような状況から情報処理のアウトソーシングが注目され、その受け皿の一つとしてデータセンターの利用ニーズが高まっている。データセンターにはサーバ等の I T 機器、空調等の冷却用設備や安定給電のための電源装置が配備されている。データセンターの設備には災害や障害に対する高い信頼性と共に省エネルギーを中心としたグリーン対応が一般企業以上に求められている。本稿は、データセンターのヒアリングやグリーン I T 関連情報か

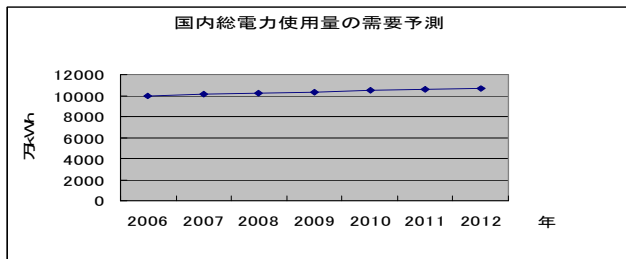
ら得られた知見を基に、次世代データセンターの課題の一つであるグリーン I T 対応の最新動向についてとりまとめたものである。

2. データセンターの電力使用量の実態

省エネルギー法が改正され（2010 年 4 月施行）、適用される事業者には、事業者全体のエネルギー使用量の報告書提出（毎年）が義務付けられている。また、第 1 種エネルギー管理指定事業所（原油換算 3000kl 以上）となる事業者には、省エネルギーの中期計画書の提出が義務付けられている。データセンターの電力使用量の増加に伴い、エネルギー指定事業所に該当するデータセンターが増えている。

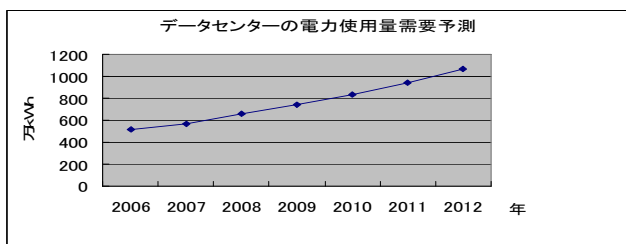
国内の総電力使用量は約 1 兆 kWh で 1%/年程度の率で需要が伸びているのに対して、国内のデータセンターの電力使用量は 5.7 億 kWh（2007 年度）で全体占める割合は 0.57% とまだまだ低いものの、今後は 13%/年程度の高い伸び率で需要が推移していくと予測されている（図 1、図 2）。今後、データセンターへのアウトソーシングによりエネルギー負荷が効率的に削減されていくものと期待されている。

図1 国内電力使用量の需要予測



出所：総合資源エネルギー調査会「2030年のエネルギー需要展望」(2005年3月)より一部抜粋

図2 データセンターの電力使用量需要予測



出所：ミック経済研究所「国内データセンターの消費電力量」2008年5月より

3. データセンター内の主な電気使用設備

データセンターにはデータの保管とシステム処理を高度に集中して行なうためのIT機器(サーバやストレージ等)が多数設置されており、それらIT機器からの発熱を抑え故障リスクを回避するための冷却用設備や電力を安定供給するための電源装置などが配備されている(図4)。それらの電力使用の割合の例を図3に示す。IT機器以外の機器・設備の電力使用量は極力少ないことが望まれ、そのための様々な取り組みがなされている。

図3 データセンターの電力使用割合

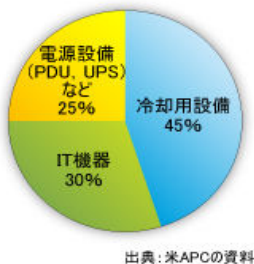
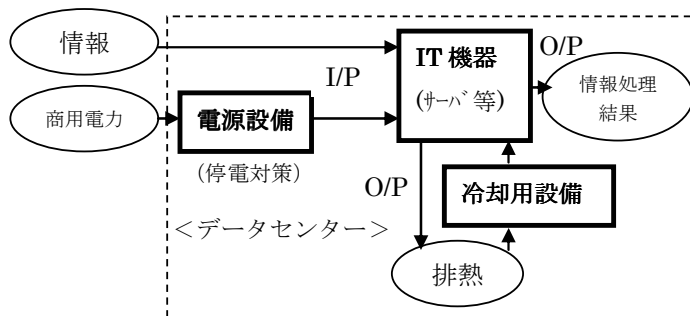
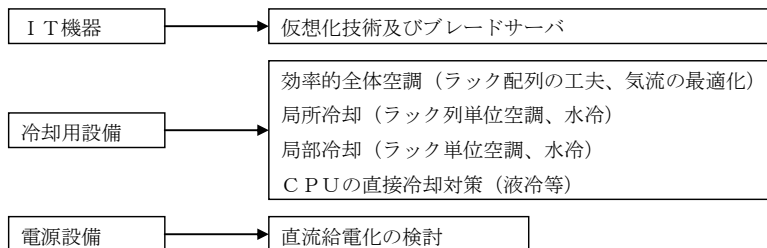


図4 データセンターにおける電力使用箇所



データセンターの省エネルギー化は、IT機器、冷却用設備、電源設備のそれぞれにおいて取り組まれている。IT機器では、仮想化ソフトウェア技術を使ったサーバの空領域の最大限活用により、サーバ台数を削減して省エネルギー化を図っている。また、サーバ機能を集約し省スペース化を図るためのブレードサーバが開発され、省電力化の工夫などがされている。しかし、このことで排熱の局在化が起こっている。冷却用設備では、全体的な冷却の効率化対策とブレードサーバなどに対応した局部・局所の冷却対策及び空気以外の冷媒利用という形で省エネルギーが検討されている。電源設備では、UPS(無停電電源装置)の蓄電池以降の直流・交流のエネルギー変換ロス対策という形で省エネルギー化が検討されている。データセンターの省エネルギーについては、NEDO(グリーンITプロジェクト)で冷却システム技術の開発を中心に電力使用量の30%削減を目標に検討が進められている他、日本データセンター協会、グリーンIT推進協議会などのデータセンター関連団体や関連企業でも同様の検討が進められている。

図5 データセンターの省エネルギー対策技術の検討

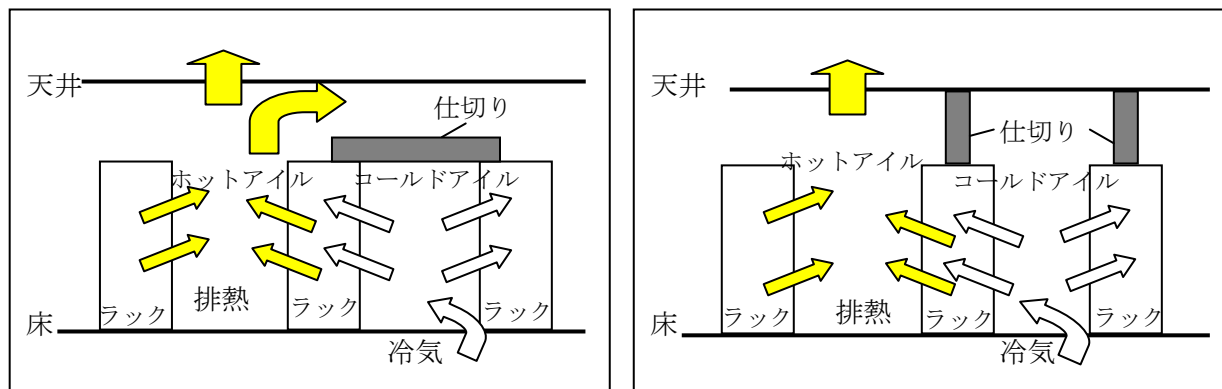


4. 冷却用設備の省エネルギー対策

データセンターのサーバ室の冷却は、現在ほとんどが空調により行なわれている。ラックの背面對峙配列

(ホットアイルとコールドアイルの設定)と仕切りを用いて排熱の冷氣流側(コールドアイル)への回り込み防止によった空調設備の冷却効率の向上を図っているデータセンターが多い。

図6 仕切りによる排熱のコールドアイル側への回り込み阻止の工夫例



この他、空調冷却の効率化として冷氣流の通路空間を確保する工夫(ケーブルを床下ではなく天井側にケーブルを設置、ラック内の配線の集約整理など)を含め、冷氣や排熱の気流の流れを最適化する様々な工夫が各データセンターで取組まれている。

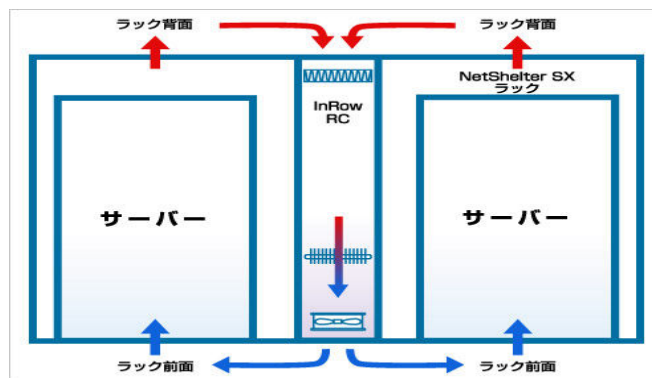
排熱の局在化(熱溜り)に起因するサーバ(CPU)の熱暴走によってシステム停止が起こる可能性があり、その予防策として上記のサーバ室全体空調の効率化だけでは限界がある。また、サーバ室の発熱状況はサーバの稼動状況によっても変化する。このサーバ室内の発熱状態(空調実施状況下)をリアルタイムで測定・可視化する技術も開発されつつある。熱溜りが発生している箇所だけを的確に追加冷却を行えば効率的な冷却を実現することができる。

局所の熱溜りの追加冷却対策としてメインフレーム時代に冷媒に用いられていた水が見直されている。水の熱伝導度は空気の23倍(水:0.561W/mK、空気:0.0241W/mK)で水熱容量(比熱×質量)は空気の3360倍(1kgで水:4.2×10³J/K、空気:1.25J/K)であるため、水は空気に比べて23倍も速く、3360倍も多く、熱を吸収することができる。

水冷装置を熱溜りのあるラック列の間に設置する

冷却方式もでてきている。なお、水冷装置からの水漏れは電子回路のショートひいてはデータの損壊に繋がるため、厳密な漏水対策(水用配管には継ぎ目のない可とう管の使用等)がとられている。

図7 水によるサーバラック列冷却の例



出所: APCジャパン

図8 コンテナ型データセンター



出所: 日本HP

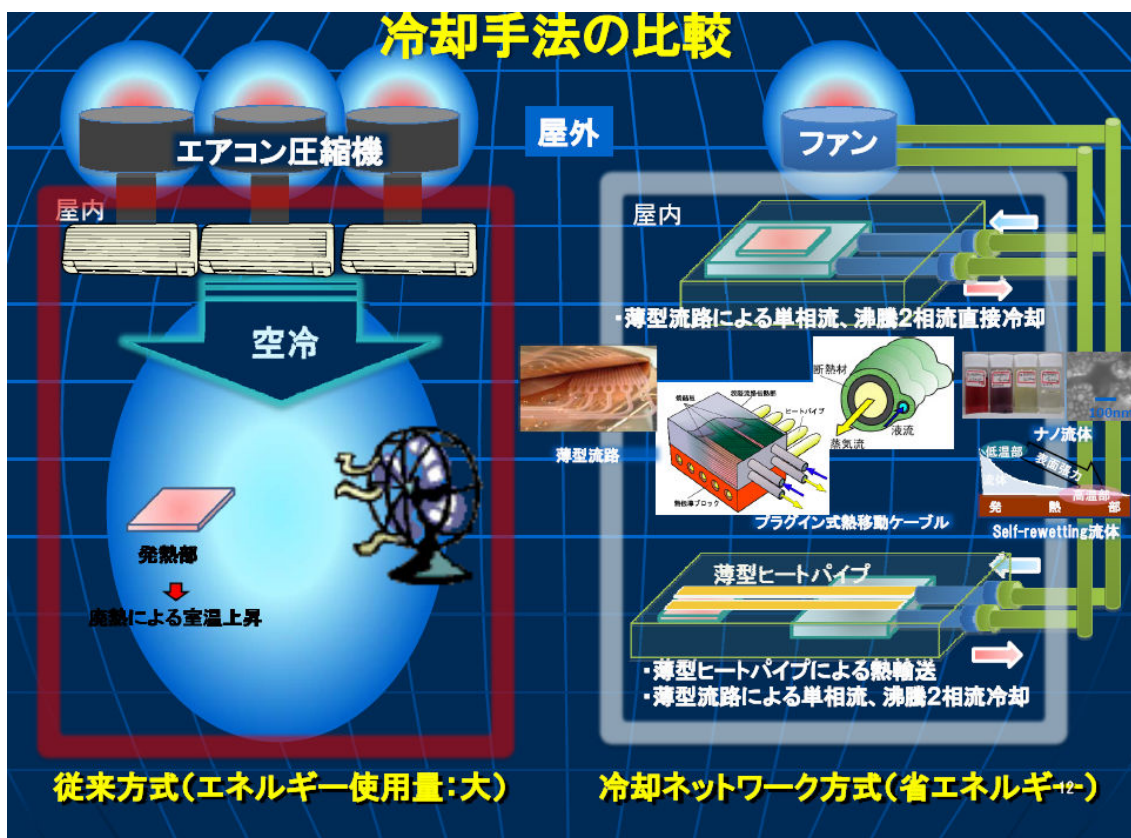
このように局所冷却方式をうまく組み合わせることにより過剰な全体冷却を抑止し、冷却効率を向上させることができる。また、アメリカではコンテナ内にサーバを高度集積化した移動可能なデータセンターが開発されている（図8）。そこでもサーバ室内は水で効率的に冷却されている。日本では地震（水配管の損傷）の心配もあり、水冷方式への心理的抵抗が大きい。今後、サーバの集約化が進むにつれて水冷方式の採用が増えていくものと予想される。

また、ヒートパイプの原理を利用したCPUの直接冷却方法も検討されている。

ヒートパイプは、いつまでもコップの水を飲み続ける玩具の水飲み鳥の原理を用いている。揮発性の液が

封入された一端を過熱し、もう一端を冷却させる。加熱したCPUのところで蒸発する際に潜熱を吸収し、蒸気は熱と共に他端に移動していく。他端で冷却された液は毛細管原理により元の位置にもどり、これが繰り返される。空冷とは違い、離れた位置で冷却することができるのでスペースの制約をあまり受けずに冷却できるという特徴がある。NEDOの「グリーンネットワーク・システム技術研究開発プロジェクト（グリーンITプロジェクト）」の一つとして行なわれている産業技術総合研究所での検討例を図9に示す。

図9 CPUの冷却方法の比較（空冷とヒートパイプを用いた直接冷却方法）



出所：グリッド協議会第27回ワークショップ「次世代データセンター構築技術」（2009.9.2）より

5. 直流給電化の検討

データセンターでは、商用電力の停電や瞬低などの可能性を考慮し、一旦、直流に変換して蓄電池に電力を蓄えて再び交流に戻してサーバ室内のIT機器に電力を供給している。

IT機器の電子回路（CPU）は直流使用につき、再びIT機器内で直流に変換して電力を使用している。

1回の変換毎に約20%のエネルギーロスがあり、また、エネルギーロス分は熱となってサーバ室内に放

出されるため、この排熱の冷却のために更に電力を使うことになる。

このようにエネルギー変換ロスが多いことから、UPSの蓄電池からの直流をそのままIT機器に供給するという直流給電方式が検討されている。新しい方式より2回分のエネルギー変換ロスや冷却電力の一部を削減することが期待されている。

図10 現状のIT機器への交流給電（変換3回）

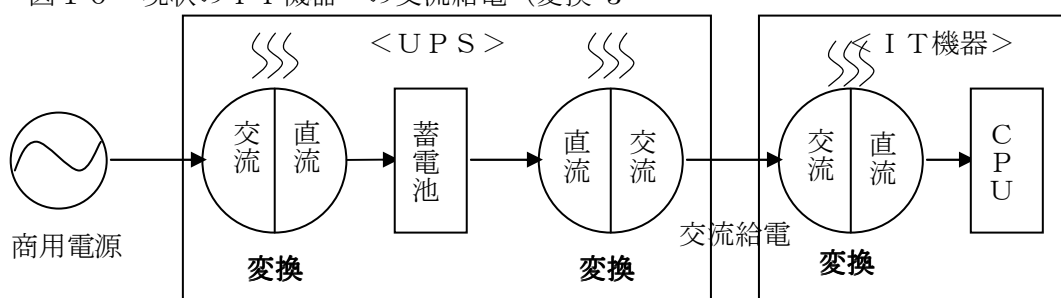
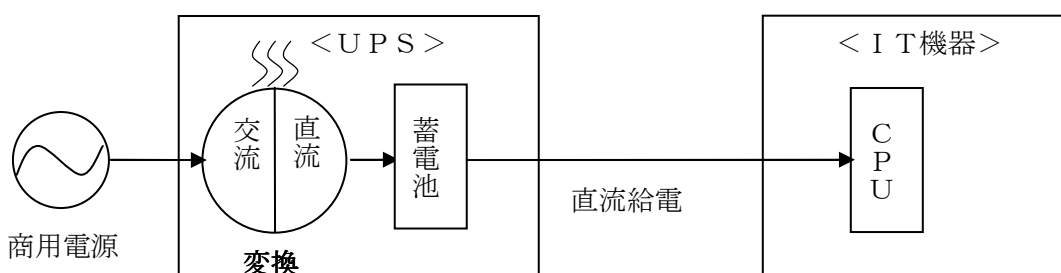


図11 IT機器への直流給電化（変換1回）



但し、直流給電方式の課題として次の3つがある。第一に、安全面の問題である。直流は交流のような周期変動（0Vをベースする正弦波）を有する電圧ではなく一定の電圧が人体にかかり感電の危険性が高まるため、感電対策をとる必要がある。また、高い直流電圧の場合は、アーク放電が起きると交流のようにアークが切れないので火災などの要因にもなり、放電対策をとる必要もある。第二に、直流電圧を何Vにするのがよいのか等については、日米の関係者等の中で検討されているものの、標準化がされていないことである。

第三に、直流給電に対応したIT機器（サーバ等）が、現段階では量産化されていないので割高な価格となっていることである。この課題については、電圧等が標準化され直流給電化が普及していくと解決するものである。

6. エネルギー効率化の評価手法の検討

データセンターのエネルギー効率化の指標として、アメリカ業界団体であるグリーン・グリッドが提唱するPUE（Power Usage Effectiveness、電力消費効

率) がデファクトスタンダード (事実上の標準) となっている。PUEは(データセンター全体の消費電力) / (IT機器の消費電力) でエネルギー効率を評価している (下表)。PUEは1よりも大きく、1に近いほどエネルギー効率が高いとされる。

表 PUEによるエネルギー効率の評価例

PUE	評価
≥ 3	効率が悪い
$3 > \geq 2.5$	効率がやや悪い
$2.5 > \geq 2.3$	普通
$2.3 > \geq 2.0$	効率がややよい
$2.0 >$	効率がよい
$(2.00 > \geq 1.83)$	ブロンズ (効率がよい)
$(1.83 > \geq 1.68)$	シルバー (効率が非常によい)
$(1.68 > \geq 1.00)$	ゴールド (効率が極めてよい)

日本データセンターのPUEの平均は2.2 (JEITA調査) で、3以上のデータセンターも多く、エネルギー効率改善の余地がある。PUEはデータセンターのエネルギー効率化の指標としてシンプルで分かりやすいものの、下記のように電力使用量の内容が明確でないなどの問題点が指摘されており、当該データセンターの時系列的なエネルギー効率の推移は評価できても他のデータセンターとの相対比較評価などが難しい状況にある。

- ・電力使用量を計量する時間帯が規定されていない (例えばある期間の平均値、最小値等)
- ・電力使用量の計量内容も規定されていない (例えばオフィスの電力使用量の包含の有無、や測定カ所の違い等)

その他、省電力IT機器を導入すると指標が大きくなるなどIT機器の効率化が配慮されていない。エネルギー効率化と一般的にトレードオフの関係にある設備の冗長性の採用 (信頼性向上) との関係やエネルギー使用量当りの成果 (生産性) の評価などもPUEでは判断することができない。

このような問題点を改善するため、例えばグリーンIT推進協議会からはエネルギー使用効率化指標 (DPPE: Datacenter Performance Per Energy) が提唱されている。DPPEは下記の4つの要素を組み合わせる。

○DUE (Data Center Use Efficiency) : 有効活用電力効率

○ITPE (IT Performance per Energy) : 処理性能を電力で割った値

○DCiE (Data Center Infrastructure Efficiency) : PUEの逆数でエネルギー効率指標

○GPE (Green Power Efficiency) : 自然エネルギー利用率

その他グリーン・グリッドなどデータセンター関連団体からも新しい評価指標や客観性を担保するための第三者認定も検討・提唱されている。

7. 自然エネルギーを活用した今後の取組み

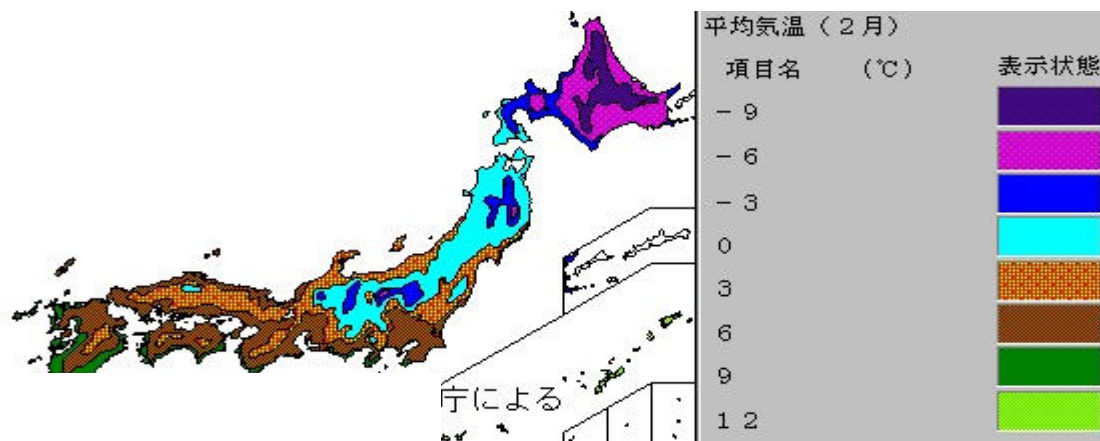
情報処理のアウトソーシング先であるデータセンターの利用が今後益々増大していく中で、グリーン化の取組みはデータセンターの喫緊の課題の一つとなっている。本稿で紹介したように冷却用設備や電源設備、IT機器の省エネルギー化は図られていくが、サーバ室などの冷却には、自然の冷気の活用も考えられる。北海道や東北、信州などの寒冷地では外気温を間接もしくは直接取り入れることにより、冬場などサーバ室の冷却の電力を大幅に削減することができる。また、豪雪地帯などでは、比較的長期に亘って雪解け水を水冷に利用することも可能である。今後のクラウドコンピューティング時代の大型データセンターの立地条件として、寒冷地としては北海道が有利であるが、災害時の都心データセンターとの同時被災の回避とIT要員の短い駆けつけ時間という、相反する要求がある中、将来リニアモーターカーが開通する時には、停車駅予定地である飯田市 (長野県) や甲府市 (山梨県) の付近もデータセンターの有力候補地になる可能性がある。更には、現在あまり利用されていない冷却

による吸収熱の有効を進めれば、データセンター全体の電力使用量の一層削減やデータセンター外（近隣）での排熱の有効活用（寒冷期の温室栽培など）をすることができる。

IT機器、冷却用設備、電源設備以外にもオフィスゾーンなどの照明等で数%の電力使用があるといわ

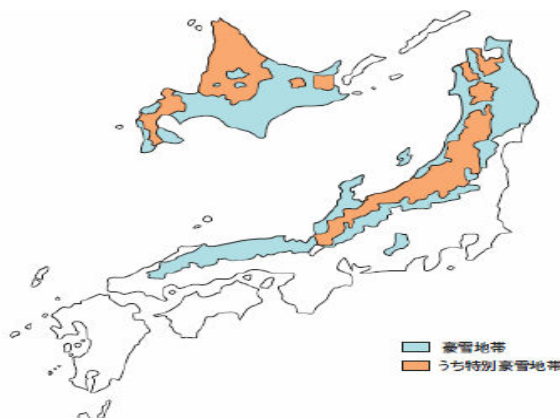
れている。照明については人感センサーなどによる無駄削減やLED灯などの採用により省電力化を図ると共に、太陽光などの自然エネルギーの活用や屋上や壁面の緑化などによる断熱性能の向上等を含めた併せ技によってデータセンター全体のCO₂排出削減を図っていく必要がある。

図12 日本の2月の平均気温の分布（自然冷気の冷却活用関連）



出所：気象庁「1990年日本気候図」

図13 豪雪地帯・特別豪雪地帯指定図（雪解け水の冷却活用の関連）



出所：内閣府HP「防災情報のページ」

8. おわりに

データセンターの省電力化の取組みはコスト削減にもつながり、データセンターと利用者の双方にメリットが生まれるため、国内外の関係団体が十分に議論して省エネルギーの取組みの効率性(少ない電力消費

で大きな成果を生み出す)の物差しとなる評価基準が早期に確立されることが期待される。

最後に、データセンターの見学を含む色々なデータセンターの取組みに関するヒアリング等でご教示いただきました各位に対して、謝意を表します。

(参考) データセンター関連団体

データセンターのグリーン化(省エネルギー)等に取組んでいる組織として下記のような団体があります。

- 日本データセンター協会
<http://www.jdcc.or.jp/>
- ASP・SaaS データセンター促進協議会

<http://www.aspicjapan.org/asp/about/index.html>

- グリーン IT 推進協議会
<http://www.greenit-pc.jp/>
- グリーン・グリッド
<http://www.thegreengrid.org/ja-jp>