

# エネルギー効率の高いグリーンデータセンターの実現

## Realization of Energy-efficient, Green Data Centers

● 川口清二      ● 畦上慎司      ● 鈴木康修      ● 山手亮平

### あらまし

データセンター(DC)のエネルギー消費量は、クラウドコンピューティングの普及などによって増加傾向にあり、DCの環境パフォーマンスに対する社会の関心が高まってきている。富士通グループでは2012年度より「富士通グループ環境行動計画」にDCのグリーン化を掲げ、国内外においてDCの環境負荷低減を進めてきた。まず、34の主要なDCのベンチマークを行い、重要な改善ポイント(短期・中長期)を抽出した。次に、改善を行っていくための環境の整備として、各DCの改善施策内容をまとめたガイドラインを作成し、施策前後のエネルギー削減量と改善効率を確認できるダッシュボードを開発した。また、活動を継続していくために早期に改善成果をメンバーと共有するなど、活動の協力体制も構築した。このような運用改善と並行して、人工知能による革新的な空調制御技術や液浸によるサーバ冷却システムなど、中長期にわたる開発を数多く実施している。

本稿では、DCのグリーン化を実現するための富士通の取り組みについて紹介する。

### Abstract

The energy consumption of data centers (DCs) has been increasing with the growth of cloud computing services. Thus, there has been a growing interest in the environmental performance of DCs. Fujitsu Group added the target of “achieving green DCs” to the Fujitsu Group Environmental Action Plan in 2012, and established the Green DC Committee in pursuit of lowering the environmental load of DCs in Japan and abroad. First, we benchmarked 34 major DCs and identified key challenges for short- and mid- to long-term periods. Second, we prepared guidelines to specify improvement measures for these DCs in order to develop a basis for action. For this, we created a dashboard which allowed the user to verify the results of measures in terms of the reduction of energy consumption and efficiency. Concurrently, a collaboration system was also developed to promptly share the results among members of the Green DC Committee in order to continue this initiative. Simultaneously with this operational improvement, we have been working on a number of long-term developments such as an innovative air conditioning technology using artificial intelligence and a liquid immersion cooling system for servers. This paper reports Fujitsu’s various efforts to realize green DCs.

## まえがき

データセンター（DC）のエネルギー消費量は、クラウドコンピューティングの普及などによって増加傾向にあり、今後のクラウドビジネスの伸長に伴いCO<sub>2</sub>排出量も増加していくことが予想される。このため、DCのグリーン化の推進は富士通グループにとって社会的責任であるとともに、ビジネス基盤の強化の面でも長期的な視点で取り組むべき重要なテーマとなっている。

富士通グループの事業別CO<sub>2</sub>排出量（2012年度）に占めるDCの割合は27%であり、国内の主要な19のDCにおけるCO<sub>2</sub>排出量の増加率は2010年度から2012年度の3年間で8.1%であった。このような状況の中、富士通グループでは2012年度にグリーンDC委員会を設立し、「第7期富士通グループ環境行動計画」（2013～2015年度）において「主要なDCの環境パフォーマンス向上」を掲げ、国内外にある34のDCでエネルギー効率化に取り組んだ。これにより、サーバ室の冷却エネルギー削減を主とした空調改善が進み、DCのエネルギー効率指標であるPUE<sup>(注1)</sup>を年平均で2%以上低減した。

この活動はまず、DCのエネルギー効率の改善を行っていくための環境整備から始まった。国際的な業界団体であるTGG（The Green Grid）が提供しているDCMM（Data Center Maturity Model）Equalizerを活用してDCの成熟度レベルを確認し、改善点を抽出した。また、改善を最短期間で最適化するため、各DCの施策のノウハウを社内のグリーンDC委員会のメンバーと共有し、それらをまとめたガイドラインを制定した。更に、改善効果や活動状況をリアルタイムに共有できるように、データセンターエネルギー効率可視化ダッシュボードも開発した。2016年度より第8期環境行動計画がスタートし、富士通グループでは「DCのPUEを2018年度末までに2013年度比8%以上改善すること」を掲げて活動中である。

本稿では、第8期環境行動計画の達成に向けたDCのグリーン化活動について述べる。

(注1) Power Usage Effectivenessの略。DCのエネルギー効率指標であり、以下の式で計算される。  
PUE=DC全体の電力消費量÷ICT機器の電力消費量

## 海外DCにおける取り組み

本章では、富士通オーストラリアなどの海外DCにおけるグリーン化の取り組みについて述べる。

### ● DCエネルギーの効率化

富士通グループのDCの電力使用量は、海外が約6割、国内が約4割となっており、第8期環境行動計画に掲げたPUEの改善目標の達成には海外での取り組みが重要である。これまでも第7期環境行動計画の目標達成に向け、PUE改善活動を実施してきた。その結果、2012年度から約6%のPUE改善に成功した。第8期環境行動計画ではここからの改善となるため、更なる努力が必要となる。

2015年度も、ICT機器を管理するサーバ室と空調設備や電源設備のあるマシン室の両方での改善施策を実施してきた。海外にあるDCの中でも、50%以上の電力消費を占める富士通オーストラリアでは、一部のサーバ室において新しいアイルキャッピング方式による空調効率化の検証を実施している。この方式は、コールドアイル、ホットアイルともに天板が開放され、かつ確実な冷暖分離が行われる。コールドアイルでは、過剰な風量（風圧）をICT機器に供給することで生じる排熱の回り込み（内部循環）を防止するため、開放された天板部から過剰な吸気を排出することでアイル内の圧力上昇を抑えることが可能である。

2016年度は、以上の取り組みの継続および展開に加え、UPS（Uninterruptible Power Supply：無停電電源装置）や空調機などの設備更新の面でも、高効率な省エネルギーモデルを採用することで改善に取り組んでいる。今後は、PUE改善の限界値を見極めることにも重点を置き、的を絞った改善活動を実施していく必要がある。

### ● 再生可能エネルギーの利活用

今般、再生可能エネルギーの使用が全世界で注目される中、富士通フィンランドではオフィスおよびDCにおいては、2014年から継続して100%再生可能エネルギーの利用を達成している。このエネルギーのソースは、水力発電である。

## DCエネルギー改善環境の整備

本章では、改善施策後の検証方法について述べる。

● 従来の課題

DCのエネルギー効率化には、ファシリティ全体の効率改善が必要である。これまでに実行した改善施策は、サーバ室内からマシン室内まで多岐にわたる。中でも、サーバ室内の空調温度設定を上げることは、空調設備の省エネルギー化に有効である反面、ICT機器の動作に影響を及ぼすなど、操業リスクを伴う場合もある。そのため、施策後の検証は重要であり、改善によってデータが変化する項目、または変化が考えられる項目を見落とさないことが肝要である。

従来の測定と検証には、主にビル管理システムが活用されていた。しかし、空調関連設備の運転状況とサーバ室内の温度状況がカテゴリーごとに分割して表示されるビル管理システムは、省エネルギー施策の効果測定・検証には不向きである。特に、必要となる複数のパラメーターを同時に閲覧できないことが問題である。多種多様な機器・設備が関連する施策において、ある特定の機器のエネルギー消費量が削減されたとしても、DCの建屋全体のエネルギー消費量が削減されたとは言い切れない。

例えば、冷凍機と冷水ポンプとの関係を見てみる。冷凍機はサーバの冷却に要する冷水を製造するが、この冷水の温度設定が高ければ冷凍機の消

費電力は下がる。しかし、冷水の温度が高くなるとサーバ室での冷水の要求量が増加し、冷水ポンプの消費電力が増加する場合がある。このように、特定のカテゴリーごとに画面が分割されているビル管理システムでは、施策後のサーバ室内の温度変化や各種エネルギーデータを一目で確認することが困難であった。

● 集約画面作成による課題解決

富士通では、2012年度からエネルギー使用量が大きい主要なDCを対象として、空調運用改善の施策に取り組んできた。前述したビル管理システムの課題を解決するために導入した手段が「PI(Plant Information)システム」の活用である。PIシステムとは、米OSIsoft社が提供するリアルタイムデータとイベントの管理を行うシステムである。今回は、PIシステムの中の「PI ProcessBook」という機能を活用した。これは、ビル管理システムなどのリアルタイムデータを任意のカスタマイズ画面上に自由に配置することで、監視画面を作成する機能である。この機能により、過去のデータも含めて数値・グラフ・図を表示できる。これにより、空調運用改善に関する施策の集約画面(図-1)を作成した。

● 集約画面作成の効果

集約画面作成により、以下の三つの効果が得ら

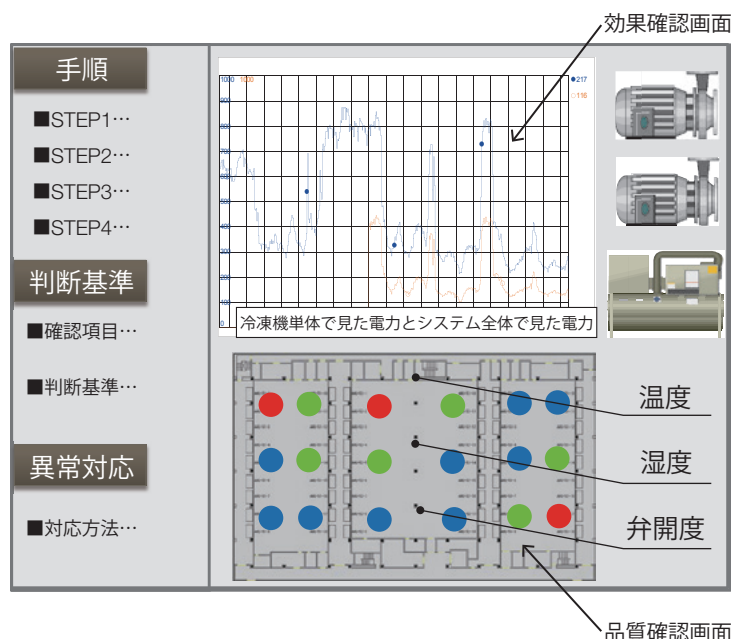


図-1 集約画面

れた。

(1) 真の効果の確認

前述したように、施策に関連する機器・設備が消費する電力を一つのグラフに集約して表示させることで、機器単体ではなくシステム全体での増減をリアルタイムに把握し、真のエネルギー削減効果を確認できるようになった。

(2) サーバ室の冷却品質を確保したチューニング

省エネ効果の確認項目となる冷凍機・ポンプ類の電力と、サーバ室の冷却品質指標となる空調機の給気温度・湿度などを同時に確認し、冷水温度設定をチューニングすることで、安定操業の維持と更なる改善点の抽出が可能になった。

(3) ノウハウの見える化

これまでエンジニアの頭の中に入っていた確認すべきデータや、施策実行の判断基準などの省エネルギー施策のノウハウを画面上に表示できるようになった。これによって、他拠点への展開をよりスムーズに行えるようになり、改善のための環境を整備することができた。

集約画面を活用してDC運用部門が省エネ施策を検討し、2015年度に空調の運用改善などを行った結果、DCのPUEを前年度比で約4%改善することに成功した。今後も、最適な検証方法で施策効果とICT機器の安定稼働を十分に確認しながら省エネを実施していく。

環境配慮型DCの技術革新

本章では、DCの冷却効率化の取り組みについて述べる。

● 革新的な空調制御技術の開発

DC特有の課題であった情報機器の出し入れや稼働中のラック配置の変更など、従来は空調機を状況に応じてチューニングしていた。こうしたチューニングに柔軟に対応すべく、JIT (Just In Time) モデリング空調制御技術を開発した(図-2)。この技術は、各センサーから得られたDCの温度・湿度・電力データを基に1時間後の温度・湿度を予測し、消費電力が小さくなるように空調機を制御する技術である。今回、100ラック規模の実データを利用して1,000ラック規模のDCのシミュレーションを行った結果、約20%の省電力化が見込まれることが分かった。2016年度は、この技術を実際のDCに適用して有効性を確認し、2017年度より各DCに展開する予定である。

● 館林DC新棟での取り組み

富士通では、以前から環境配慮型DCに向けた技術革新として、外気冷却方式の導入に取り組んできた<sup>(1)</sup>。2016年4月にオープンした館林DCのC棟では、最新の外気冷却方式の採用とサーバ室の空調条件の見直しによって、シミュレーションにおいて1.2(設計値)という優れたPUEを達成した。以

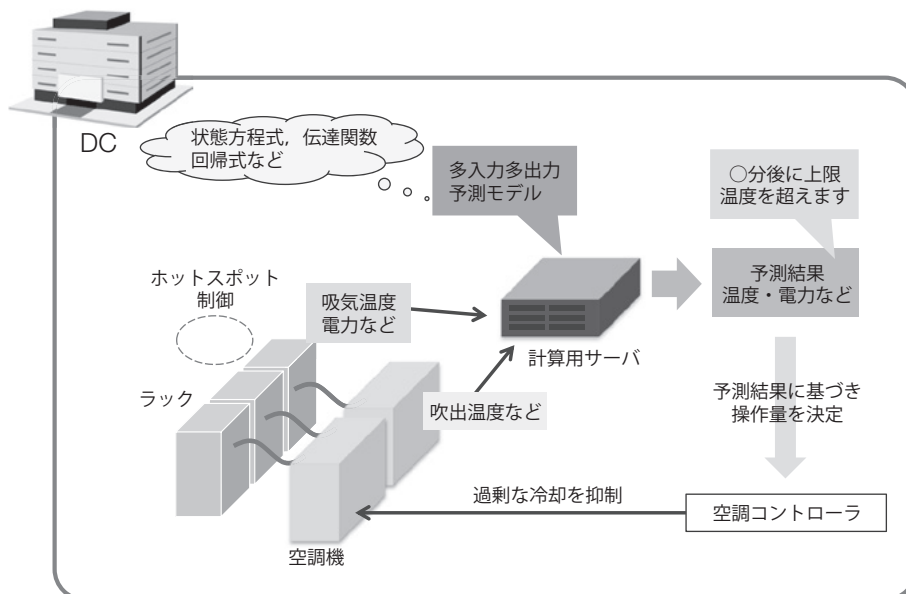


図-2 JITモデリング制御

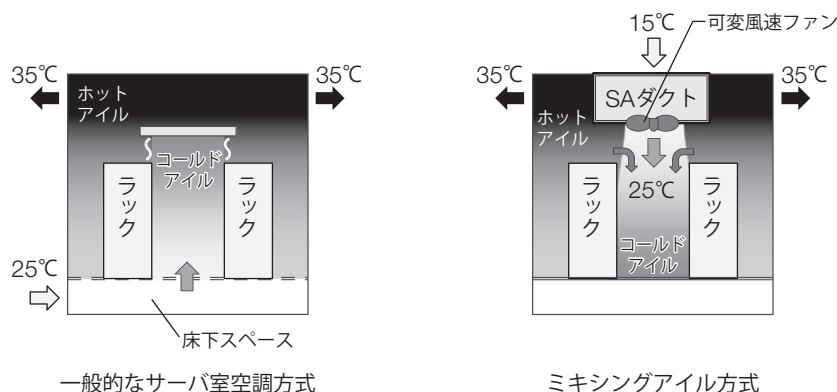


図-3 サーバ室空調方式

下に、その事例を紹介する。

(1) ミキシングアイル方式の採用

一部のサーバ室で採用したミキシングアイル方式とは、サーバ室のコールドアイル上に設置された可変風速ファンからの低温給気と、ホットアイルの暖気を混合し、サーバ吸い込み条件<sup>(注2)</sup>に見合った温度・湿度に調整して供給する方式である(図-3)。外気の温湿度をモニタリングし、条件に見合った低温外気の給気を行うことによって供給風量が少なくなり、給気(SA)を搬送する動力が低減できた。定格送風時と比較すると、年平均で可変風速ファンの動力を23%まで落として運転可能である。

(2) 外気冷却方式の最大活用

館林C棟では、外気冷却方式を前提とした建屋構造を採用した(図-4)。具体的には、隣接する二つのサーバ室の間に、屋上からサーバフロアまで垂直に給気(OA)ダクトと排気(EA)ダクトを並べて設置した。これにより搬送動力を低減するとともに、屋上でOAとEAを混合でき、外気が低温であっても結露することなく外気の利用が可能となった。

(3) サーバ室ごとの空調条件

館林C棟は、スタンダード室、クラウド室、およびFISC<sup>(注3)</sup>に対応したプレミアム室の3タイプの

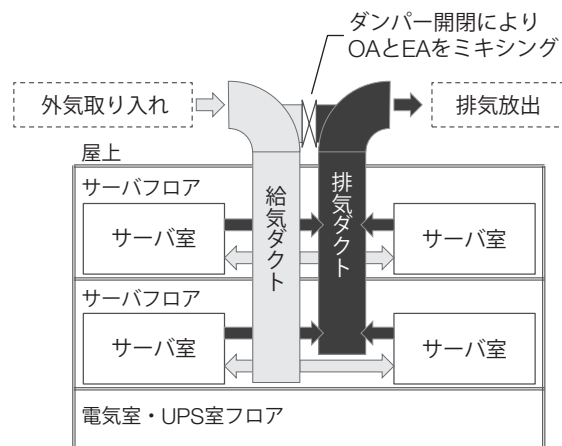


図-4 館林C棟 建屋構造

サーバ室を提供しており、それぞれ異なる空調条件(サーバに設置されているファンの吸い込み条件)で運用している。例えば、プレミアム室の温度は18~28℃、湿度(相対湿度)は20%以内の幅で管理するが、ほかのサーバ室はICT機器の動作に問題のない範囲で管理する。これにより、後述する外気冷却の有効期間を増加させ、エネルギー消費を抑制できるようになった。

(1)~(3)の施策により、群馬県館林市の気象条件において、各室平均で年間約7,000時間、1年のうち80%の期間で外気を有効利用できる試算である。

(4) そのほかの施策

・低負荷運転に優れた冷熱源設備の採用

DCはお客様の要求に応じてICT機器を増強させるため熱負荷は徐々に増えていくが、お客様の要

(注2) 製品を保護するために各機器メーカーが規定する、サーバ設置場所の温度・湿度の条件。

(注3) 公益財団法人 金融情報システムセンターで定める、金融機関など向けのコンピュータシステムに求められる安全対策基準。

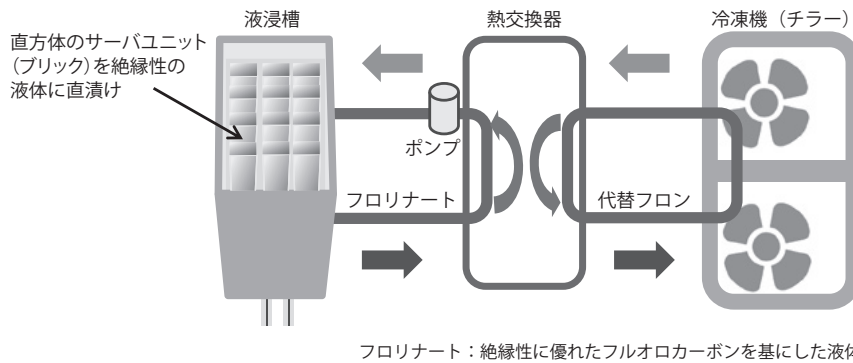


図-5 液浸冷却システムの概略

求の少ない設備導入初期は低負荷で運転する必要がある。そのため、冷熱源設備には低負荷運転時の効率に優れたインバータ制御の空冷モジュールチラーを採用した。

・無線式温度センサーの採用

サーバラックの前面に無線式温度センサーを設置し、吸い込み温度を正確に計測することで、送風温度や風量の制御を行う。

現在、館林DCのC棟では、ICT機器の稼働に合わせて性能検証を実施中である。コミショニングを通じて、自動制御パラメーターの最適設定や各種運転条件の見直しを行っており、実測PUEで1.2を早期に達成することを目指している。今後も、環境配慮型DCの構築・運用を通じて、安心・安全なアウトソーシングビジネスを展開し、お客様の課題解決に貢献していきたい。

更なる技術の追求

本章では、現在検証中の主な技術について述べる。

● 液浸冷却技術

今後のIoT (Internet of Things) ビジネスの伸長によりDCのエネルギー消費量が拡大すると予想される中、DC向けの省エネ技術の開発のためにExaScaler社と資本提携し、液浸冷却技術の基本機能、システム動作、コストダウン効果などの検証を進めている。液浸冷却技術は、ICT機器を液体の中に丸ごと沈めて冷却する方法である(図-5)。この方法は、空冷と比較して冷却効率が飛躍的に向上することからICT機器の高密度集約が可能となる。これによって、設置スペースが削減されるほか、

低温維持による故障率の低下、ICT機器のリーク電流の低減、および内蔵ファンの撤去による消費電力の削減が図れ、今後DC全体の更なるコストダウンが可能となる。

● AIによる学習制御技術

DCの空調制御技術は、AI (人工知能) を活用した学習制御による最適化の時代に突入している。富士通が実証実験を行ったAIモデルでは、風量、処理熱量、外気温度、ICT機器への負荷などの様々なパラメーターに対し、AIエンジンの学習によって空調特性を自動的にモデル化させる技術を確認した。今後、その結果を空調機器の制御部にフィードバックして、空調の電力効率化を図る予定である。

む す び

本稿では、データセンターグリーン化の推進に必要な改善のための環境整備および新技術導入の取り組みについて紹介した。これからますます進展するIoT社会と、それに伴う更なるクラウド需要の高まりに柔軟に対応すべく、今後も効率化と高信頼性を重要テーマと捉え、長期的な視点で取り組んでいく。

参考文献

(1) 小林賢造ほか：環境配慮型データセンターの推進。FUJITSU, Vol.65, No.2, p.78-84 (2014).  
<http://img.jp.fujitsu.com/downloads/jp/jmag/vol65-2/paper12.pdf>

著者紹介

---



**川口清二** (かわぐち せいじ)

環境本部  
グリーンファシリティ統括部  
データセンターのグリーン化, 環境管理に従事。



**畦上慎司** (あぜがみ しんじ)

環境本部  
グリーンファシリティ統括部  
データセンターのグリーン化, 建築設計に従事。



**鈴木康修** (すずき やすのぶ)

環境本部  
グリーンファシリティ統括部  
データセンターのグリーン化, 環境管理に従事。



**山手亮平** (やまて りょうへい)

環境本部  
グリーンファシリティ統括部  
データセンターのグリーン化, 環境管理に従事。