

サーバールームの安定運用と省エネ化

エアフローマネジメント（気流制御）による取り組み

（一財）建築コスト管理システム研究所・新技術調査検討会

1 はじめに

近年、高度情報化社会の進展により、情報通信技術の利用はますます進み、サーバールームの需要が急激に増加している。また、省エネルギー関係法令などの法的要求への対応と、運用コストの削減は、サーバールームを保有する施設にとって急務となっている。

サーバールームの安定運用と省エネルギーの両立を実現するためには、空調システムの最適化、特に空気の流れを制御することが重要となる。IT機器の冷却はサーバの安定稼働に関わる問題のため、省エネ化は容易ではないが、適切なエアフローマネジメント（気流制御）により、熱だまりや過冷却を解消することで冷却効率が向上する。

ここで紹介するAdaptivCOOL*は、シミュレーション技術と、それに基づいたエアフローマネジメントを行うことで、熱問題の解決と高い運転効率を実現するサーバールーム向け温熱環境ソリューションである。サーバールームの運用を継続しながらでも適用でき、比較的少ないコストで大きな効果をもたらす方法である。

2 サーバールーム空調の現況

新設のサーバールームでは、様々な空調システムの実装も行われているが、既設のサーバールームでは、サーバールーム用空調機（CRAC：Computer

Room Air Conditioner）の床吹き出し方式が採用されている事例が最も多い。

床吹き出し方式の空調では、CRACが作り出した冷気をフリーアクセスに給気し、グリルパネル（開口タイル）経由で、サーバラック前面の吸込み側に冷気を供給する。サーバを冷却し温度が上がった排気（排熱）はサーバ後方に排出され、CRACに戻り再度冷却されるという循環になっている。

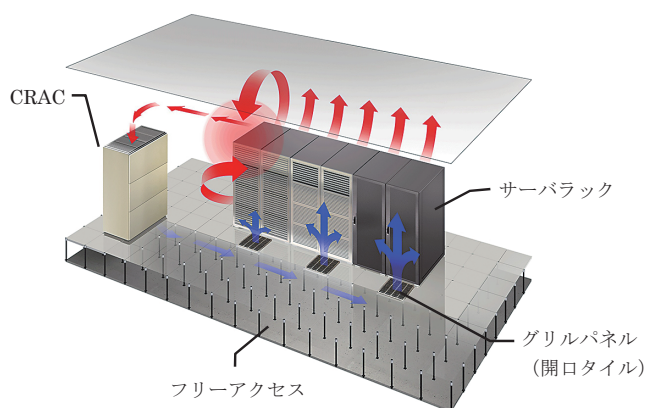


図1 床吹き出し方式

個々のサーバが発生する熱は、その機種や負荷によって違いがあり、また時間による変動もある。つまり、サーバ単位、サーバラック単位で冷却に必要な冷気量はそれぞれ異なり、更にそれが時間により変化する。

一方、サーバに冷気を供給する側としては、グリルパネルからの供給風量を制御するのは難しく、成り行きでの冷気の分配にならざるを得ない。その結果、サーバの熱負荷と冷気の供給がバランスせず、熱だまりや過冷却のエリアができることがある。

* 商標について

AdaptivCOOLは、米国Degree Controls社の商標です。

更にサーバールームを運用する期間が長くなるに従い、サーバの増減とともに、熱負荷も変化し、バランスを取ることが困難になる。

結果として、熱だまりを避けるためにサーバールーム全体の過冷却を許容しエネルギーコストを負担するか、リスクがありながらも高い温度環境で運用を継続するかのいずれかとなる。

2.1 推奨温湿度条件

現在、1サーバラック当たりのIT負荷は4kW前後が最も多いが、今後は8～10kW程度まで増大していくことが想定される。

サーバやネットワーク機器などのIT機器は、安定稼働のためにASHRAEガイドラインで規定されている推奨温湿度範囲内¹⁾に維持することが求められる。ASHRAE TC9.9が2011年に発行したガイドラインでは、推奨される温熱環境範囲として温度は下限18℃から上限27℃、湿度は下限が露点温度5.5℃DPから上限が相対湿度60% RH、または露点温度15℃DPと定義されている（図2）。

2.2 温熱環境の阻害要因

表1は、サーバールームの温熱環境を阻害する要因とその原因をまとめたものである。

表1 サーバルームでの課題の例

温熱環境阻害要因	想定される具体事例
グリルパネルから風がでない	床下の障害物
	グリルパネルの過剰配置
	CRACの供給風量が少ない
	床下での乱流や渦の発生
CRACの運転効率の悪化	室内の構造物により、排気がCRACに戻らない
	冷風のショートサーキット
	隣接するCRAC間での干渉
	CRACレイアウトの不良
	CRAC運転台数が過剰
	CRAC温度設定値が不適切
温熱環境に対する認識不足	サーバラックへの機器の過剰搭載
	サーバラックレイアウト不良
	グリルパネルレイアウト不良
	排気の回り込み

一般的にサーバールーム内のフリーアクセスは、空調用に使用しているだけでなく、ネットワークケーブルや電源ケーブルの配線場所としても使用されている場合が多く、床下がケーブルで埋ま

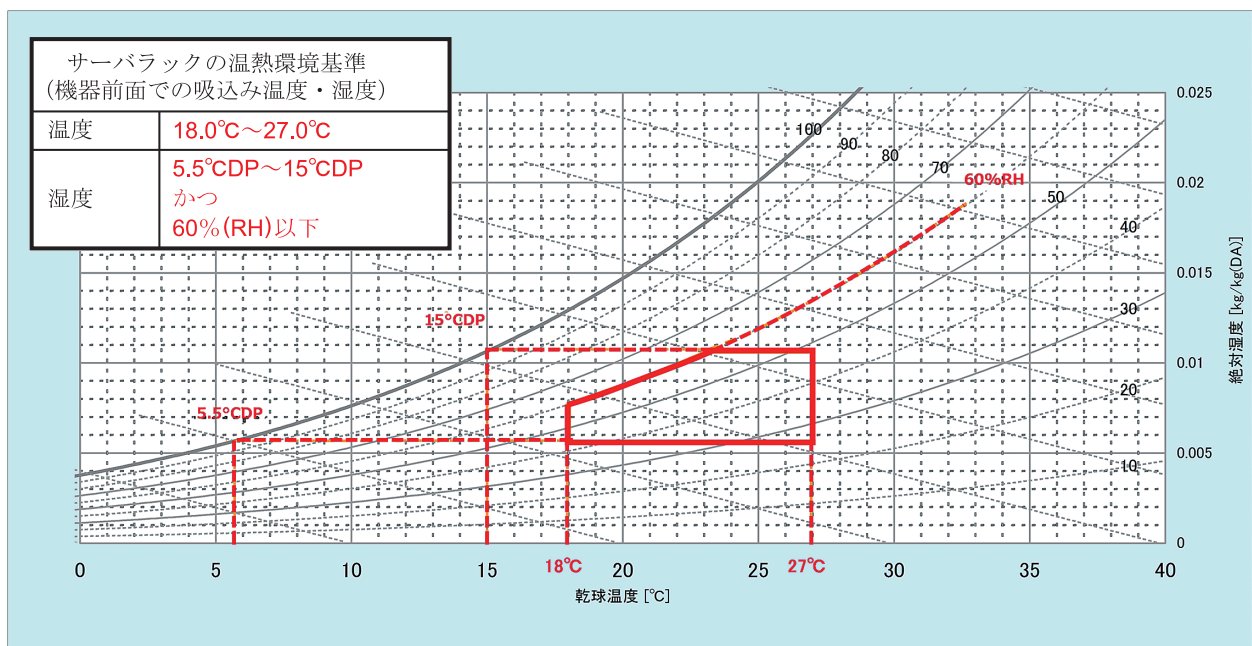


図2 空気線図上での推奨温湿度範囲

り、冷気の移動が妨げられ、グリルパネルから冷気が出ないことがある。



写真1 床下障害物

その結果、サーバの必要風量が、グリルパネルからの供給風量だけでは足りず、サーバからの排熱が混合しサーバの吸込み温度が上昇してしまうケースが頻発している。このときCRACの温度設定値を下げることで温熱環境を改善させることが多いが、この対策が原因でCRACの運転効率を大きく低下させている。しかし、本当の原因であるエアフローの混合問題は改善されていないままなので、温熱環境悪化のリスクは残ったままである。

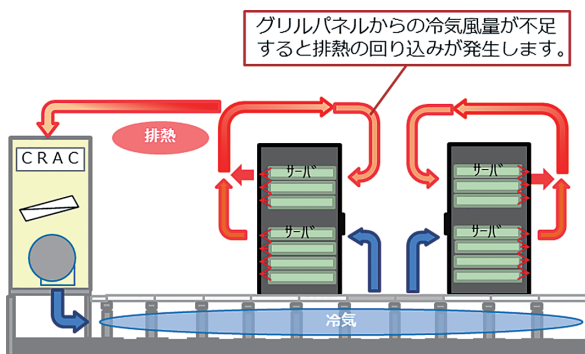


図3 冷気とサーバ排熱の混合

またIT機器の増設や撤去等の運用上の変化に対応するために、グリルパネルの再配置や、空調の温度設定変更などの対策を実施している。これら個別の対応は、部分的に正しい施策であるが、サーバルームの床下は連続空間のため影響を及ぼ

す範囲が大きく、意図せずに他のエリアの冷却効率に悪影響を及ぼす可能性を秘めている。

施策実施の際は、サーバルーム全体の状況を把握し、それぞれの施策の相互作用を理解することで、体系的なアプローチを展開することができる³⁾。

なお、サーバルームの規模、サーバラックやCRACの数、レイアウトが異なっても、原因とその影響の相互関係はどれも似ており、それに対する解決策も同様である。

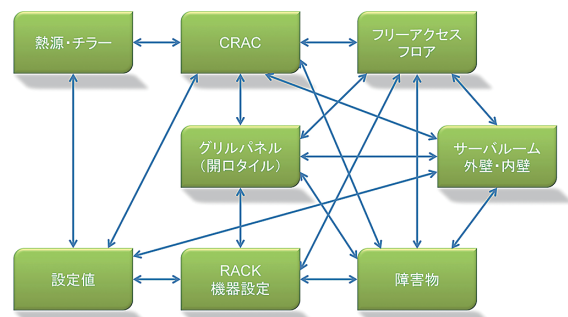


図4 温熱環境阻害要因の相互関係

2.3 サーバルーム空調への要求

サーバルームの空調システムに求められるものは、①継続的な安定稼働、②温熱環境の維持、③省エネルギーの三つである。

継続的な安定稼働のためには真の冗長化システムが必要であり、IT機器類は、推奨温湿度範囲内に維持しつつ、CRAC等の冷却機器は不要な冷熱と供給風量を極力抑え、高い運転効率を維持して運用する必要がある。

サーバルームは絶えず進化し続けており、今後も大きなIT負荷の変動が平面的／時間的に生じる可能性がある。このIT負荷変動に対応するためには、空調システム側でも負荷変動に追従できる仕組みが不可欠となる。

これらの課題に対して、エアフローマネジメントというアプローチで解決に導こうとするのが、AdaptivCOOLソリューションである。

3 AdaptivCOOL

AdaptivCOOLの基本コンセプトはDemand Based Coolingである。これは熱負荷に応じて必要なところに必要なだけ冷気を供給することであり、サーバールーム内の気流を制御することにより実現する。

サーバールーム内に発生する熱だまりに着目して、サーバに対する供給風量を制御するのは当然だが、個々のCRACに対しても、還気温度と給気温度に適切な温度差がつくように供給風量を制御することで、CRACの高効率運転に寄与する。

このように、問題がある特定箇所だけに注目するのではなく、サーバールーム全体を対象としたエアフローマネジメントが、理想的な温熱環境と省エネルギー／省CO₂の実現、IT機器の安定運用に対して極めて有効である。

AdaptivCOOLは大きく分けて、CFDシミュレーション（Computational Fluid Dynamics：数値流体力学）を利用した温熱環境の見える化やシナリオ分析を実現する「温熱環境アセスメント」と、実際に室内の気流を制御するためのシステム機器「DBC（Demand Based Cooling）システム」により構成される。

3.1 温熱環境アセスメント

(1) CFDシミュレーション

サーバールームでの温熱環境改善は、トライアルアンドエラーを繰り返して「とりあえずやってみる」ということは難しい。なぜならば、24時間365日稼働しているサーバールームで「やってみたがうまくいかなかった」ことは許されないからである。そのため、CFDによる温熱環境シミュレーションが威力を発揮する。

実際のサーバールームのCFDモデルを作成するために、実際のサーバールームで詳細調査を実施する。この調査では、気流に影響を与えるすべてのオブジェクト情報を収集し、既存のサーバールームを忠実に再現する。そのため、設計プロセスで用いる簡略化モデルではなく、実負荷データを用いた詳細なCFDモデルとなる。

CFDシミュレーションでは、複雑な冷却問題が見える化し、これまでは推定作業だった運用改善作業の効率を大幅に改善することができる。CFDシミュレーションの更なるメリットは、実際のサーバールームで試行できない施策を、モデル上で試すことができる点である。例えば、CRACの故障を想定して、CRAC停止時の温度上昇を予測することなど、現場レベルで予測・分析したいシナリオは数多くある。

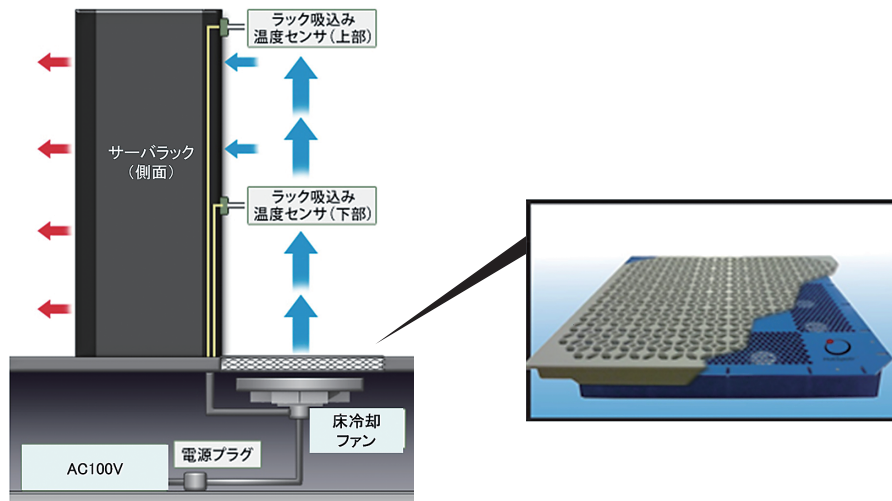


図5 床冷却ファンによる空気の流れ

3.2 DBC(Demand Based Cooling)システム

次に、実際に室内の気流を制御するためのシステム機器を紹介する。

(1) 床冷却ファンによる冷却

床冷却ファンは、供給風量が不足しているサーバラックの周辺に設置し、冷気をサーバラック前面に強制的に吹き上げることで熱だまりを解消する。

床冷却ファンは、サーバラックに取り付けたセンサが計測したサーバ前面の吸込み温度と連動して自動的に回転数を増減するため、変動する熱負荷に対応した冷却が可能になり、個別サーバラックでの最適化を実現できる。



図6 床冷却ファン

(2) 天井還気ファンによる冷却

サーバから排出された排気が、天井の梁や様々な障害物によって、CRACに戻るための経路が確保できない場合も多い。結果としてはその近辺に熱気がたまることになり、サーバの温熱環境の悪化に繋がる。これを避ける方法の一つが、天井還気ファンにより熱気を積極的にCRACに戻すことである。これにより排熱がスムーズにCRACに戻り、室内の熱だまりを防ぐとともに、CRACの還気温度が上昇し、CRACの運転効率が向上することで、省エネルギーにも寄与する。

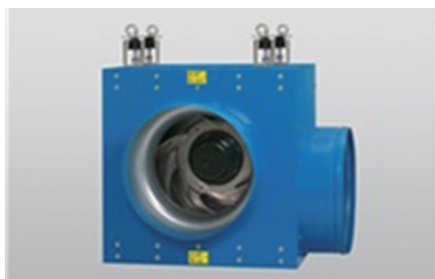


図7 天井還気ファン

(3) Demand Based Cooling制御

気流の制御方法の最後に、部屋全体の空気の流れを考慮した連携制御について述べる。床吹き出し方式のサーバルームにおいては、床下も室内と同じように一つに繋がっていることが多く、ある部分の影響は部屋全体に伝わることとなる。例えば一つのCRACをメンテナンスで停止した際には、そのCRACの近傍だけでなく、離れた場所にも影響が伝播していく。たとえ代替CRACを1台起動してCRACの熱処理能力の合計値を同じにしても、CRACの位置による影響があり、結果としてサーバルーム内が全く同じ温熱環境になることはない。

個々の床冷却ファンや天井還気ファンは、温度制御することで個別最適は実現可能であるが、先に述べたようにサーバルーム内と床下はすべて連続した空間であるため、個々の対策を行ったところで部屋全体が最適になるとは限らない。ネットワークで繋がれた床冷却ファンと天井還気ファンが連携し部屋全体の大きな空気の流れを制御することで、全体最適が可能となる。

一方、温熱環境を最適化することで無駄をなくすことができるが、それは同時に負荷変動に対する余裕の低減にも繋がる。省エネルギーの最適化の実施には、部屋全体の制御のような安定運用の手段を併せ持つことが必要で、エアフローマネジメントを適切に行うことで、安定運用と省エネ化の両立ができる。

表2 気流制御の導入効果

CRACで作った冷気の有効利用	省エネルギー
CRACの運転効率の向上	省エネルギー
不要なCRACの停止	省エネルギー、冗長化準備
停止したCRACを冗長機として活用	安定運用
温熱環境の変化に追従し最適環境維持	安定運用

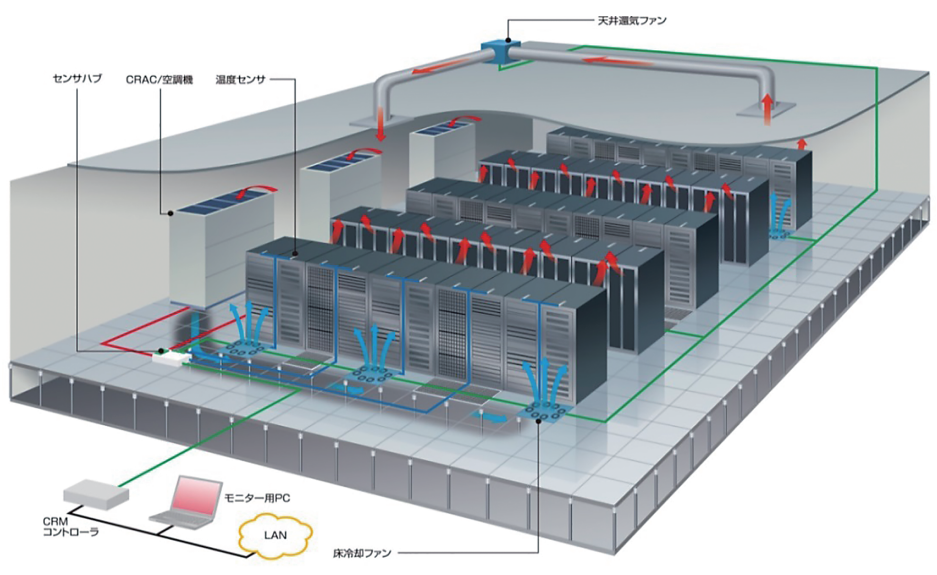


図8 AdaptivCOOL DBCシステム

4 導入効果

次に、AdaptivCOOLの導入事例を紹介する。

4.1 事例A (省エネルギー)

面積 400㎡、CRAC 8台、サーバラック 95台

■導入前状況

- ・ CRAC運転台数4台 (4台は将来用)
- ・ 問題となる熱だまりはなし
- ・ 一部エリアが過冷却状態
- ・ 全般的にグリルパネルからの供給風量が少ない
- ・ 隣接CRACが影響し合い、オンオフを繰り返す

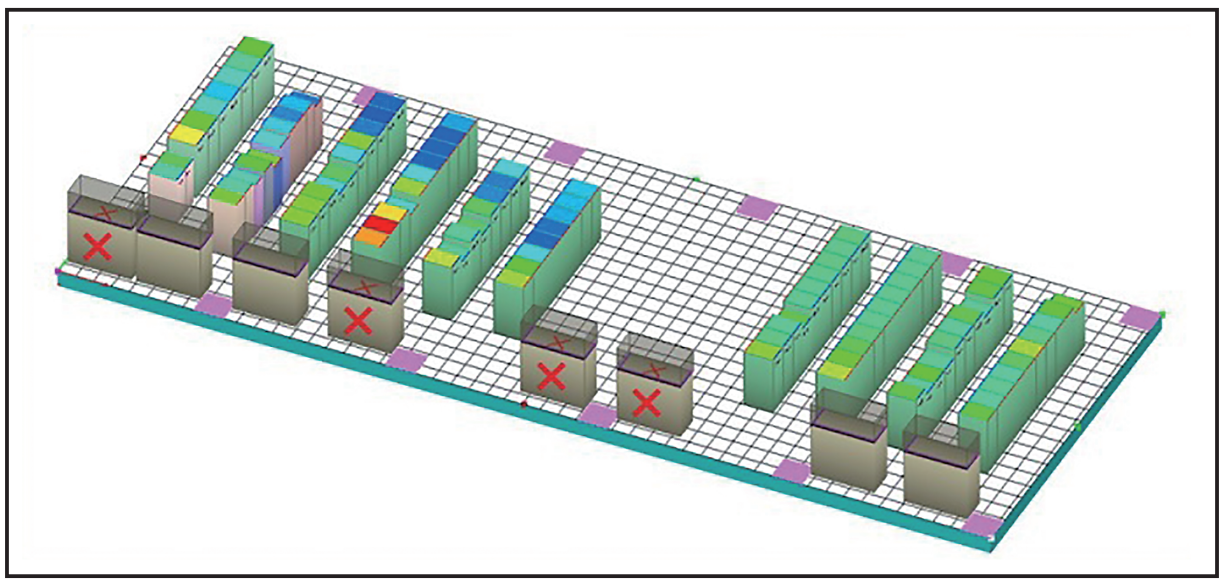


図9 AdaptivCOOL導入前

■導入後状況

- ・ CRAC運転台数を4台から2台に削減
- ・ CFDシミュレーションに従い、冷気の分配を最適化
- ・ 高密度サーバラックへの供給風量の増加
- ・ CRAC停止と設定温度緩和により48%の省エネルギー

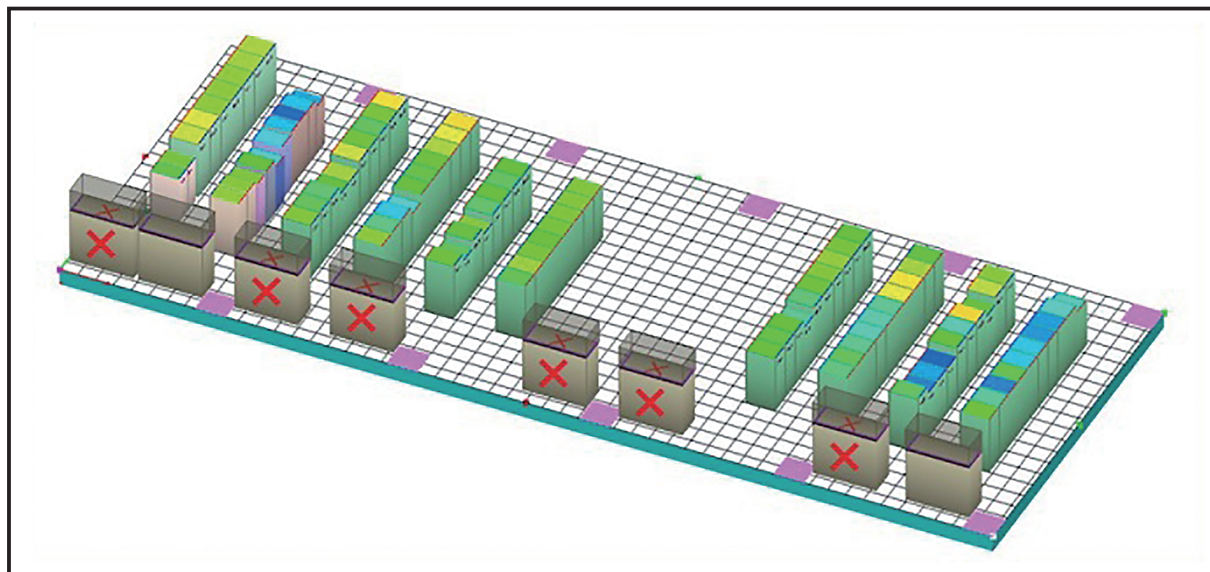


図10 AdaptivCOOL導入後

図11は、サーバラックの吸い込み温度毎の分布である。全体として冷やし過ぎの傾向にあったサーバラックの温度が上昇し、更に比較的狭い温度範囲に集中していることが分かる。これに伴ってCRACの運転台数が削減でき、稼働しているCRACの運転効率も向上し、48%の省エネルギーという結果が得られている。

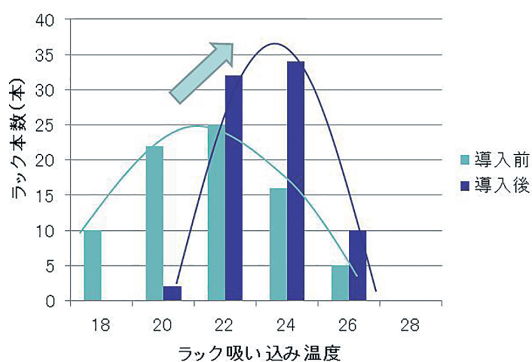


図11 サーバラック吸い込み温度の改善結果-1

4.2 事例B (熱だまり解消、省エネルギー)

面積 250㎡、CRAC 3台、サーバラック 62台

■導入前状況

- ・ CRAC運転台数3台
- ・ 12サーバラックが28℃以上 (ASHRAE基準外)
- ・ サーバラック温度範囲が9℃と幅広く分布し、冷気の適正分配が不十分 (20℃～29℃)

■導入後状況

- ・ CFDシミュレーションに従い、冷気の分配を最適化
- ・ 熱だまり除去で25℃以上のサーバラックなし
- ・ CRACの運転効率向上により22%の省エネルギーを実現

図12でのサーバラックの吸い込み温度毎の分布を見ると分かるように、20℃程度のサーバラックもありながら、すべてのCRACを運転しても28℃

以上の熱だまりが存在している状況であった。気流制御により熱だまりの除去をするとともに、CRAC間の熱負荷を均等化することで運転効率が向上し、22%の省エネルギーも実現した。

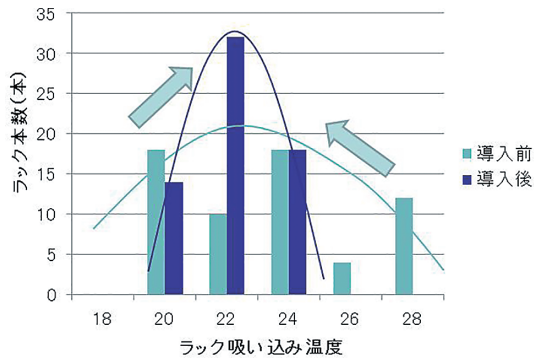


図12 サーバラック吸い込み温度の改善結果-2

最後に、本調査に当たりアズビル（株）殿に資料提供等のご協力をいただいたことに対し、感謝の意を表します。

なお、建築コスト管理システム研究所のホームページに本原稿をカラーで掲載しております。

<http://www.ribc.or.jp/research/pdf/report/report51.pdf>

5 コストに関して

サーバールームの安定運用を目的とした熱問題の改善施策として、従来は、CRACの追加などサーバールームの改修工事が行われてきた。

今回のAdaptivCOOLは、サーバールーム内の空気の流れを制御し温熱環境を継続的に維持する新たな手法として、比較的少ないコストで大きな効果をもたらすものと考えられる。

6 おわりに

サーバールームが機能し続けるという最優先の目的を達成するために、温熱環境の維持は、高信頼IT機器の導入や電源の冗長化などと並んで、重要項目である。と同時に運用のエネルギーやコストを削減することが求められている中、CFDシミュレーションとエアフローマネジメントによる温熱環境制御は、安定運用と省エネルギーという一見相反する要求を両立するソリューションとして有効であり、常に変化し続けるサーバールームに対応できる手段であると考えられる。

(参考文献)

- 1) ASHRAE TC 9.9, "2011 Thermal Guidelines for Data Processing Environments - Expanded Data Center Classes and Usage Guidance"
- 2) *Best Practices for Datacom Facility Energy Efficiency*, Second Edition, ASHRAE, 2009
- 3) Wally Phelps, "New Techniques for Energy-Efficient Data Center. Cooling Apply to Both Large and Small Centers."
- 4) 吉田公彦・海老原克司「データセンターのエアフローマネジメント」『Azbil Technical Review』2014年4月発行号