

データセンターの省電力化施策による消費電力削減効果(事例)

2015年12月10日

ICT分野におけるエコロジーガイドライン協議会
データセンターの電力削減効果検討会

目次

1. はじめに

2. 省電力化施策による消費電力削減効果(事例)

(1) 高電圧直流給電システム導入

(2) スマート空調制御システム導入

(3) ビルエネルギー管理装置(BEMS)導入

(4) 冷水熱源+局所冷却システム導入

3. 今後の予定

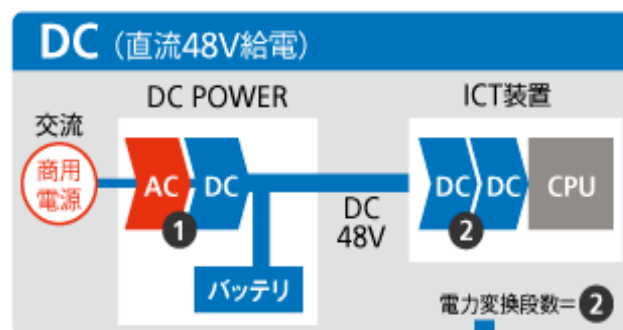
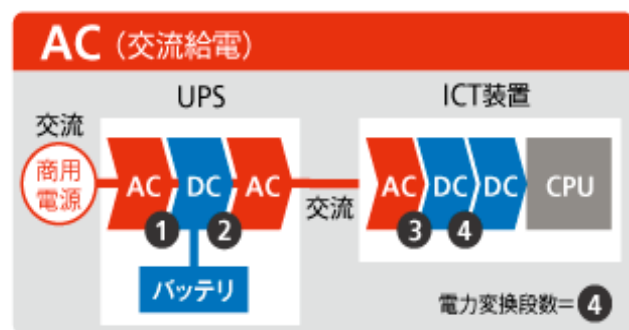
1. はじめに

- ICT分野におけるエコロジーガイドライン協議会は2009年6月に発足して、ICT機器およびデータセンターの省電力化をめざし、「ICT分野におけるエコロジーガイドライン」を策定している。
- ICT機器の消費電力削減量については、「電力削減効果の算定方法」と「電力削減効果の算出シート」を作成して、GE-PON装置とLTE基地局装置に関する全国規模の消費電力削減量を算出した。
- データセンターの省電力化についても、具体的な施策による効果の算出を要望する声が寄せられたので、今般、データセンターの省電力化に向けた施策(4事例)をモデル化して、消費電力削減量を算出した。様々な施策の効果検討の参考にさせていただければ幸いである。

2. (1) 高電圧直流給電システム導入(1/5)

■ 高電圧直流(DC380V)給電システムの特徴

- 直流給電は交流給電に比較して、変換が少なく、高効率・高信頼なシステム
- 高電圧で給電するため、ケーブルの細径化、電力損失の低減が可能
- 資材が減り設備コストの低減や設置自由度の向上が可能



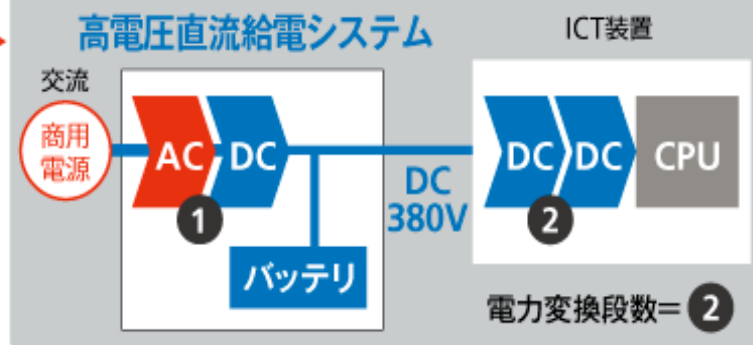
交流給電システムと比較し

消費電力量 20%削減

給電信頼度 10倍向上

設置スペース 40%削減

DC380V (高電圧直流給電)



システム
効率の向上
(電力変換段数:少)
高信頼性

構築コスト低減
設備自由度向上

直流48V給電と比較し

ケーブル細径化による
配線コスト削減

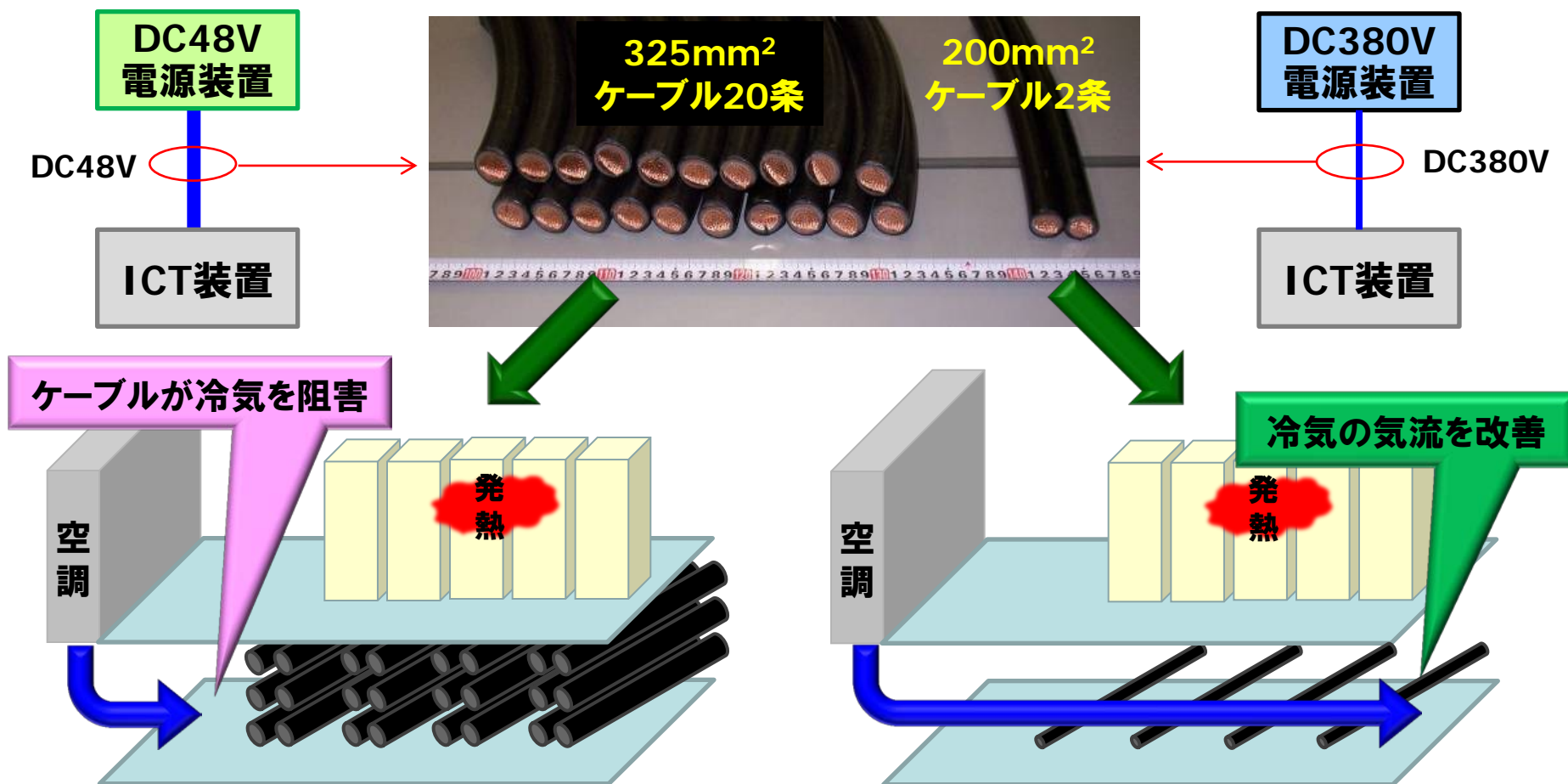
ケーブル敷設長の長距離化による
設置自由度の向上

電源装置の更なる
電力変換効率の向上

高電圧直流給電システム導入(2/5)

■ 高電圧直流(DC380V)給電システムのメリット例

- ・ 同じ電力を送るための電流を小さくすることが可能
 - ① ケーブル線径を細くできる。→ 工事費の削減、施工の改善
 - ② 二重床下気流改善が図れる。→ 空調効率の改善



高電圧直流給電システム導入(3/5)

■ 高電圧直流(DC380V)給電システムの省エネ効果算定方法

【算定式】

「省エネ効果」=「AC給電システムの年間電力消費量」
- 「DC380V給電システムの年間電力消費量」

「年間消費電力」=(1ラックあたりの電力)×(ラック数)
×(平均負荷率)×(稼働時間)÷(総合効率)

「総合効率」=(電源効率*¹)×(電源効率*²)
=(電源装置の効率)×(ICT装置内PSUの効率)

「稼働時間」=365(日)×24(h)=8,760(h)

【算定条件】

・ 1ラックあたりの電力消費 4(kW)/ラック
※ラック内ICT機器のCPU等が消費する電力

・ 平均負荷率 50(%)
・ 稼働条件 1年間(8,760時間)

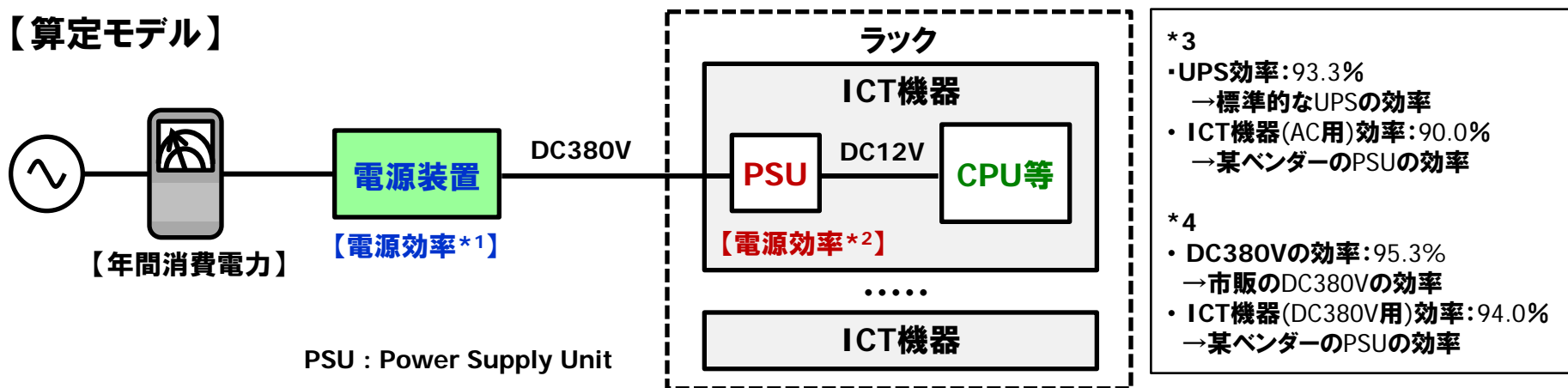
【AC UPS】*³

・ 総合効率 84.0(%)
(AC UPS:93.3(%)、AC ICT機器:90.0(%))

【DC380V】*⁴

・ 総合効率 89.6(%)
(DC380V:95.3(%)、DC ICT機器:94.0(%))

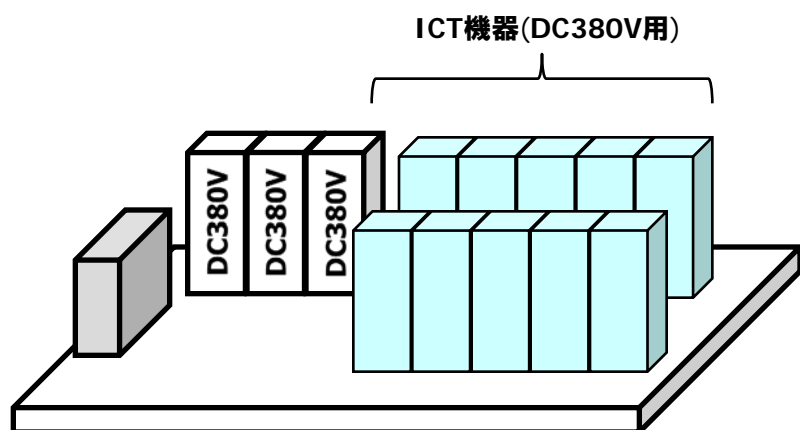
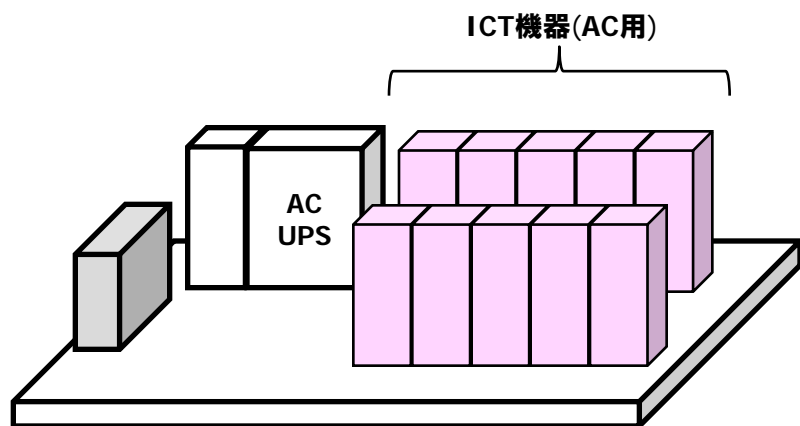
【算定モデル】



高電圧直流給電システム導入(4/5)

■ 高電圧直流(DC380V)給電システムの省エネ効果

- ・ 1,000ラック規模にDC380V給電システムを導入した場合、年間131万kWhの電力使用量削減に寄与



【算定条件】

- ・ ラック数 1,000ラック
- ・ 最大電力 4,000(kW) (4kW/ラック)
- ・ 平均負荷率 50(%)

【AC UPS】

- ・ 総合効率 84.0(%)
(AC UPS:93.3(%)、AC ICT機器:90.0(%))

【DC380V】

- ・ 総合効率 89.6(%)
(DC380V:95.3(%)、DC ICT機器:94.0(%))

【試算結果】

「AC 給電システムの年間電力使用量」
 $= 4,000 \times 0.50 \times 24 \times 365 \div 0.840 = 2,086$ (万kWh)

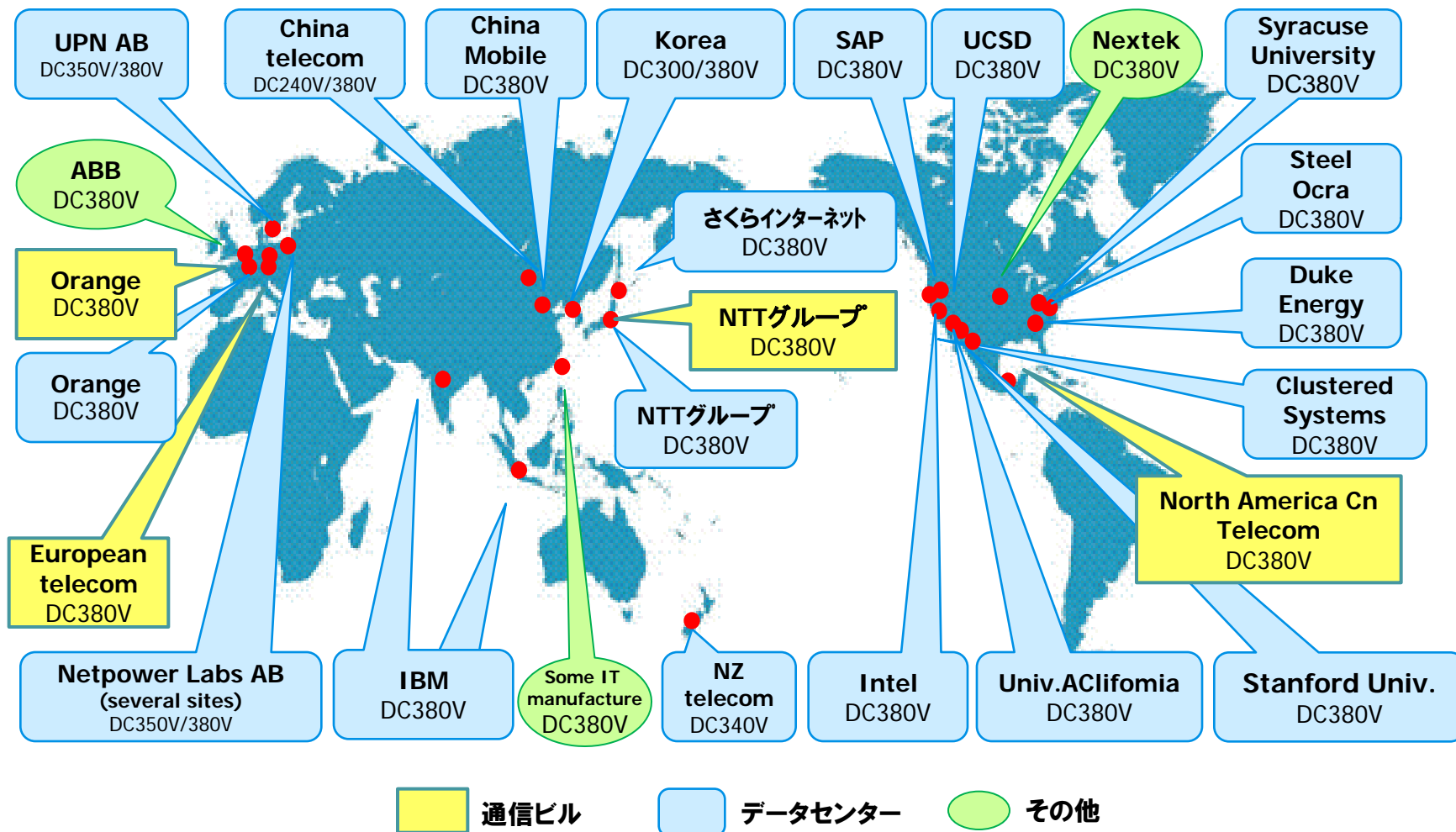
「DC380V給電システムの年間電力使用量」
 $= 4,000 \times 0.50 \times 24 \times 365 \div 0.896 = 1,955$ (万kWh)

「電力量削減効果(年間)」
 $= (\text{AC 給電システムの電力消費量}) - (\text{DC380V給電システムの電力消費量}) = 2,086 - 1,955 = 131$ (万kWh)

高電圧直流給電システム導入(5/5)

■ 高電圧直流(DC380V)給電システムの拡大

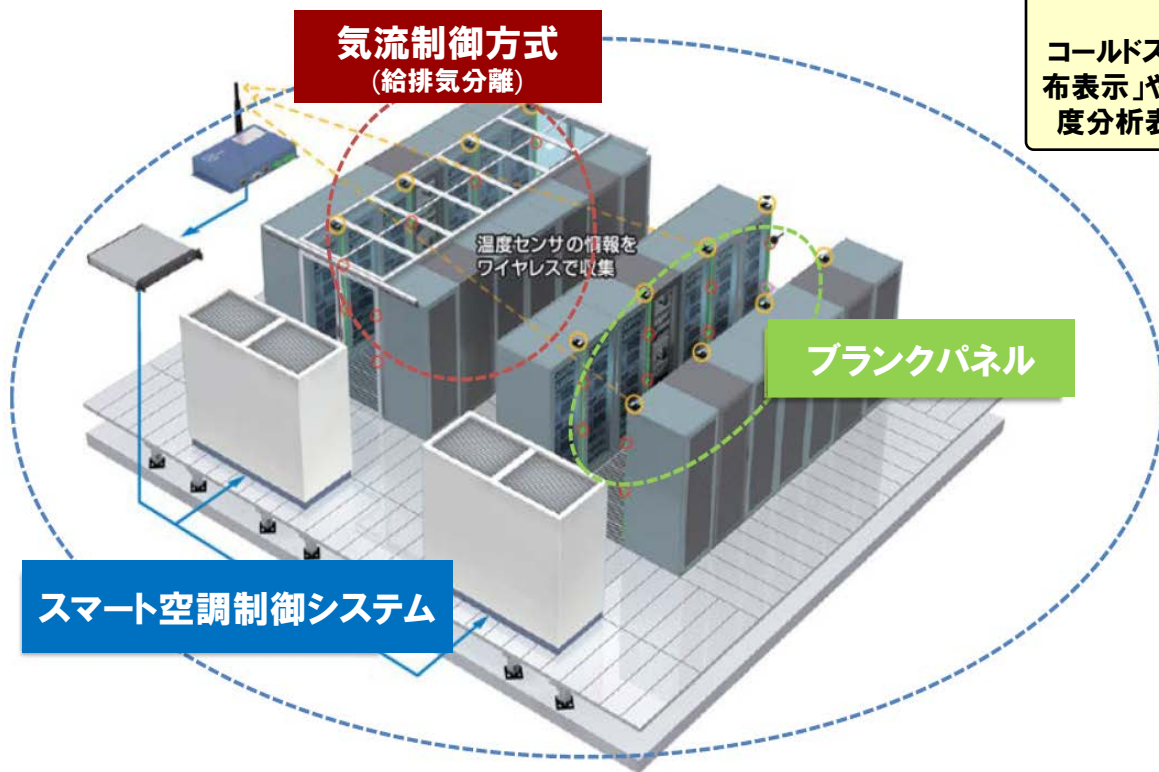
- ・ 世界中の通信事業者、データセンター事業者、研究機関等で導入が拡大中



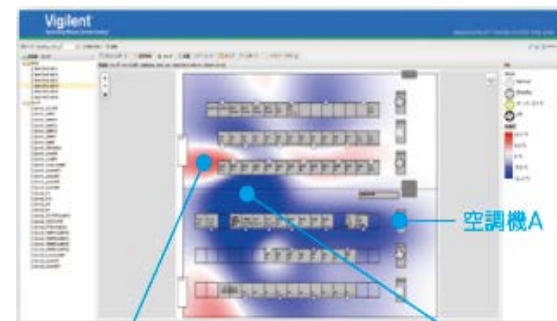
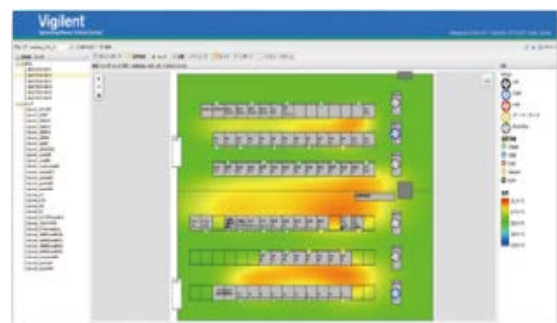
2. (2) スマート空調制御システム導入(1/4)

■ スマート空調制御システムの概要

- ・ サーバラック全面にワイヤレス温度センサモジュールを設置し、空調機と関連づけ
- ・ 各センサ計測値の変動に合わせて対象空調機を選定、自動制御により最適化
→ コールド/ホットスポットの見える化、最適化、及び空調消費電力の削減を実現



【補足】
コールドスポット、ホットスポットの位置と範囲を表示する「温度分布表示」や、各空調機の冷却影響範囲を分析して表示する「影響度分析表示」等の見える化ツール活用で、更なる省エネが可能



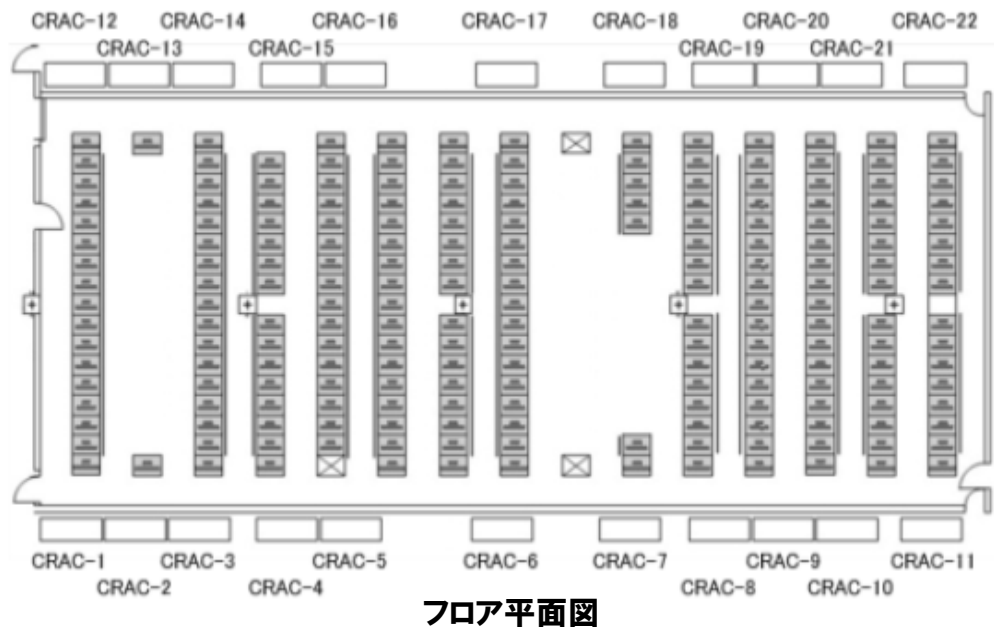
赤表示:
空調機Aが冷却できない範囲

青表示:
空調機Aの冷却範囲

出典 : https://www.ntt-f.co.jp/service/products_service/aco_dash/

スマート空調制御システム導入(2/4)

■ スマート空調制御システム導入による削減効果例

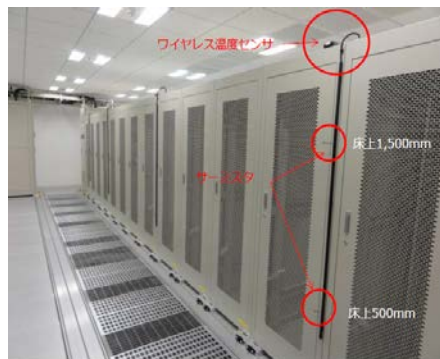


【導入事例】

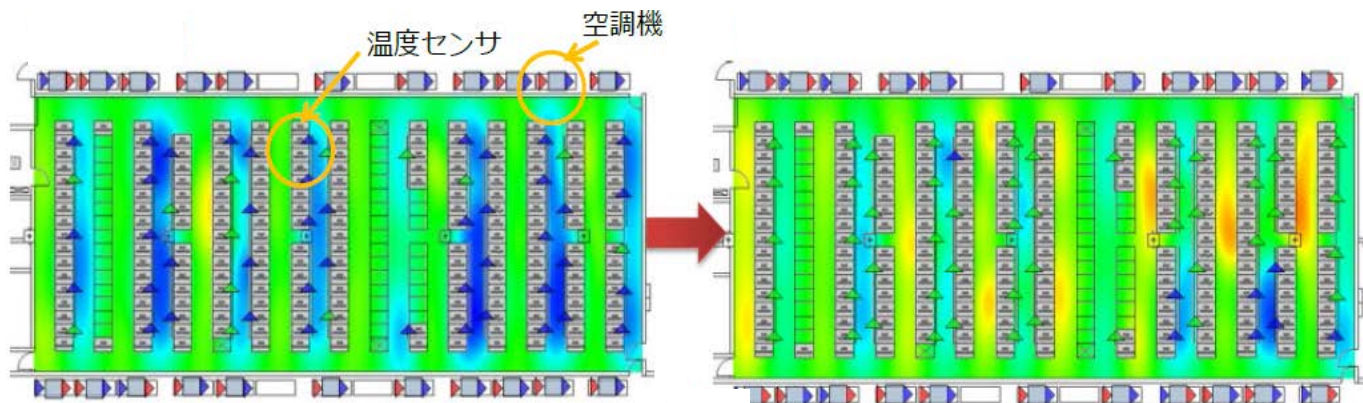
導入場所 通信センタビル内フロア
二重床面積 650m²
ラック数 206ラック
空調数 高効率高顕熱型空冷PAC
22台(17台が稼動)
空調方式 二重床下 横吹出し
天井レタン方式

《スマート空調システム》

センサ数 114個
センサ位置 床上50cm、150cm



センサ設置状況



設置前(過冷却状況有)

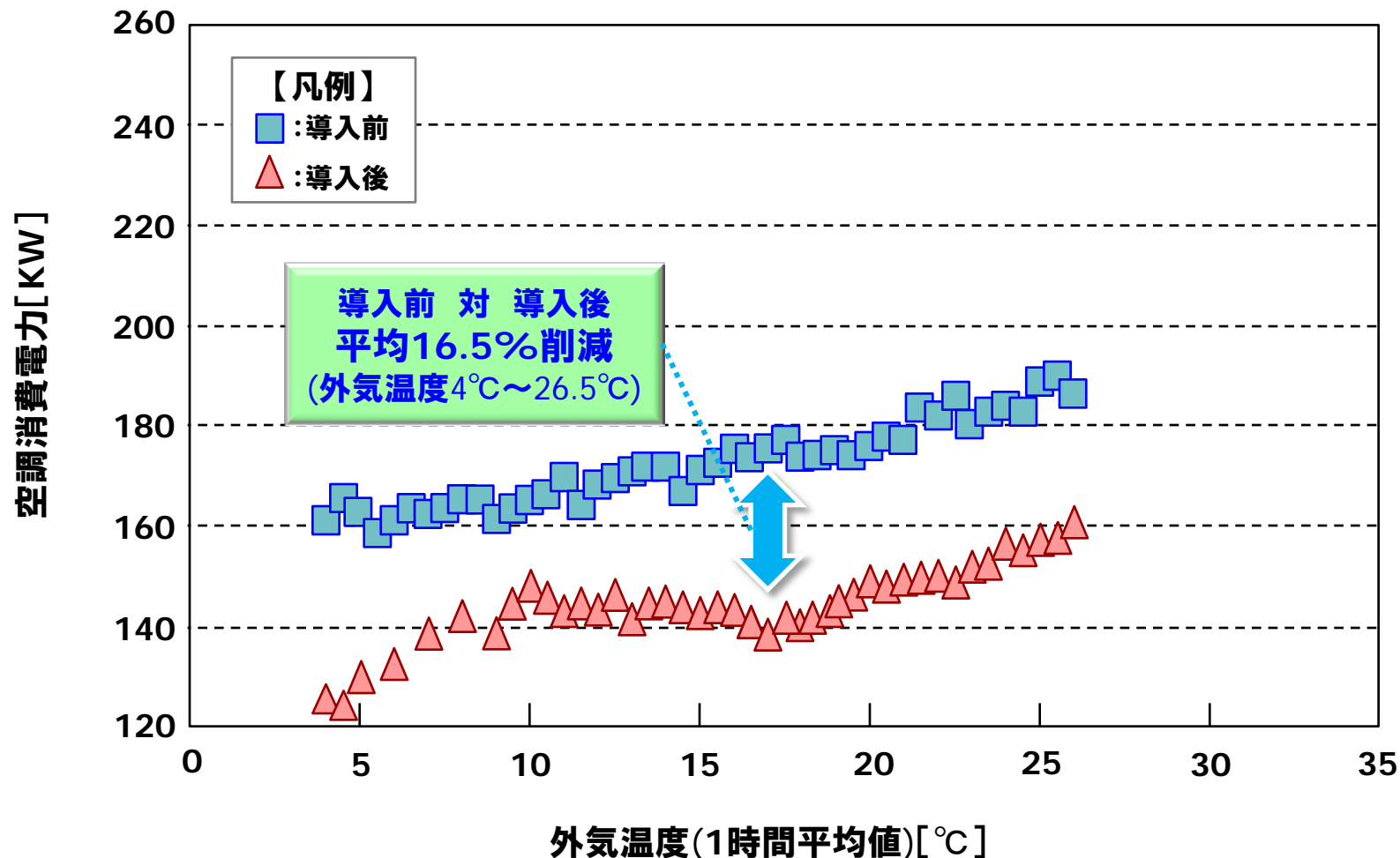
設置前後の温度分布状況

設置後(温度分布の改善)

スマート空調制御システム導入(3/4)

■ スマート空調制御システム導入前後の空調消費電力測定結果例

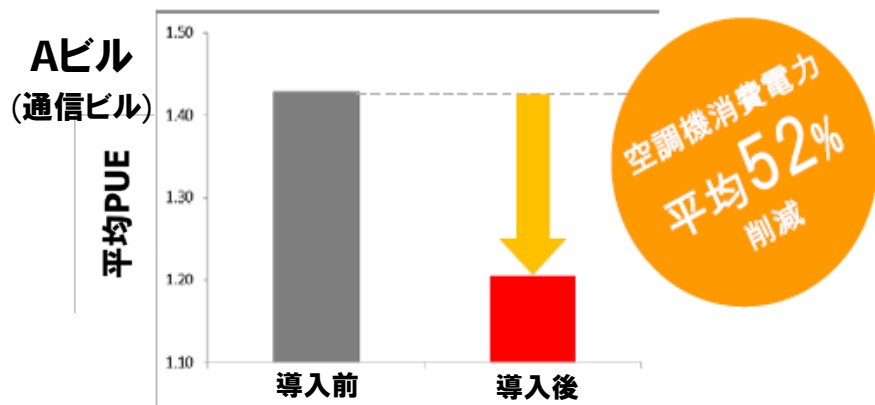
- ・ 外気温の変化(4~26.5°C、0.5°C刻み)に対して、空調の消費電力の平均値をプロット
- ・ 導入の前後で、平均16.5%の電力削減を実現



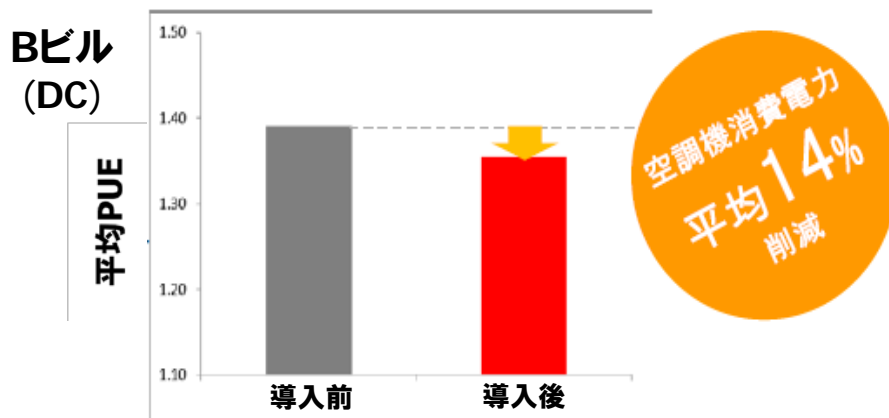
スマート空調制御システム導入(4/4)

■ スマート空調制御システムによる省エネ効果事例

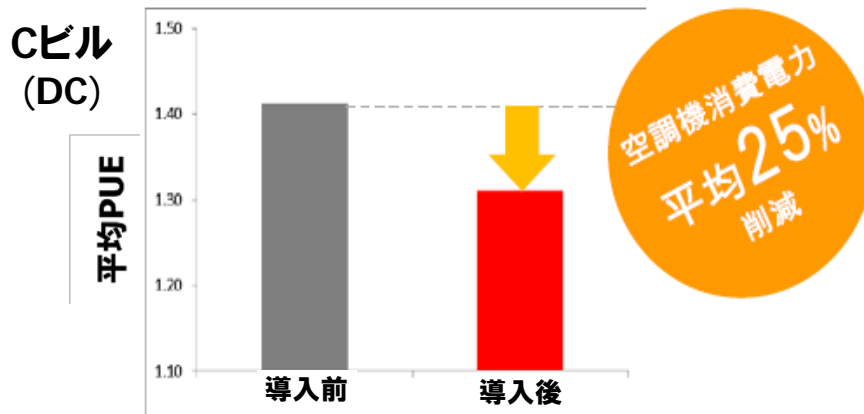
- ・ スマート空調制御システムにより、平均14～52%の空調機消費電力削減に寄与



フロア面積 : 310m²
空調機台数 : 高効率年間冷房型空調機×3台
空調消費電力 : 導入前28.1(kW)→13.5(kW)



フロア面積 : 1,280m²
空調機台数 : 高効率年間冷房型空調機×24台
空調消費電力 : 導入前152.4(kW)→131.3(kW)



フロア面積 : 560m²
空調機台数 : 高効率年間冷房型空調機×12台
空調消費電力 : 導入前53.3(kW)→40.2(kW)

2. (3) ビルエネルギー管理装置(BEMS)導入(1/3)

■ ビルエネルギー管理装置(BEMS)の概要

- ・ BEMSを用いてデータセンター内のエネルギー使用を用途毎に把握することで、無駄な電力使用の発見が可能になる。また、改善施策の検討、実施、効果検証の循環(PDCA)を実施して、継続的な省エネに繋げる。

・ 活用例(パッケージエアコン方式の場合)

BEMSによりサーバールーム毎のICT機器および空調の消費電力の把握が可能となり、PUE値向上のための判断材料の収集・分析を効率的に行う。

〈手順〉

- ① BEMSを用いてサーバールーム毎にPUE値を算出する。
- ② 目標とするPUE値を定めて、改善が必要な部屋を抽出する。
- ③ 要改善の部屋に対し、PUE値の優れた部屋との違いを考察し、改善策を講じる。
- ④ BEMSを用いてその効果を確認する。必要に応じ、②の手順に戻り改善する。

〈改善策の例〉

- ① 空調機の吹出し温度を上げる。停止可能な空調機を停止する。
- ② 床下吹き出しの場合、不要な吹出口を塞ぐ。
- ③ 床下吹き出しの場合、気流を阻害する床下障害物を除去する。
- ④ ラック内の空気の流れを整える。

ビルエネルギー管理装置(BEMS)導入(2/3)

■ ビルエネルギー管理装置(BEMS)導入の効果

- 様々な改善施策の積み重ねが効果となることから、施策毎の定量的な数値の算出は困難であるが、データセンター全体のPUE値を向上させるために改善点を抽出するツールとして有効である。

〈課題・注意点〉

- BEMS設置時に、計測点を部屋毎のPUE値が算出できるように配置する。
- 熱源(サーバラック)の配置は時間の経過と共に変化するため、継続的な改善の取組みが必要。
- 空調機を停止する際、空調能力だけでなく風量不足にならないよう設計する。(絞りすぎてサーバラックに風が届かなくなる場合がある)
- 過度な削減は停電や空調機故障時の温度上昇マージンを減らすためサーバ等機器停止のリスクが増す。
- PDCAの過程では、対象の電源構成や空調方式が大きく影響するため、具体的な対策の実施には拠点固有の特徴を掴むことが重要。このため、経験や実績の積み上げが必要となる。

ビルエネルギー管理装置(BEMS)導入(3/3)

■ PUE値改善の取組み例

- BEMSによりサーバールーム毎にPUE値を算出。PUE値の低い部屋を特定し、空調の最適化を実施

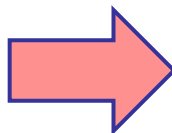
BEMSによる各部屋の電力測定イメージ

建物全体のPUE値 1.83

室名	項目	kWh
サーバールーム1	ICT電力	120,000
	空調電力	140,000
	電力損失	20,000
	PUE値	2.33
サーバールーム2	ICT電力	620,000
	空調電力	290,000
	電力損失	50,000
	PUE値	1.55
サーバールーム3	ICT電力	590,000
	空調電力	260,000
	電力損失	50,000
	PUE値	1.53
サーバールーム4	ICT電力	580,000
	空調電力	250,000
	電力損失	50,000
	PUE値	1.52
サーバールーム5	ICT電力	90,000
	空調電力	100,000
	電力損失	8,000
	PUE値	2.20

PUE値が低い部屋

サーバールーム1及び5に対策実施

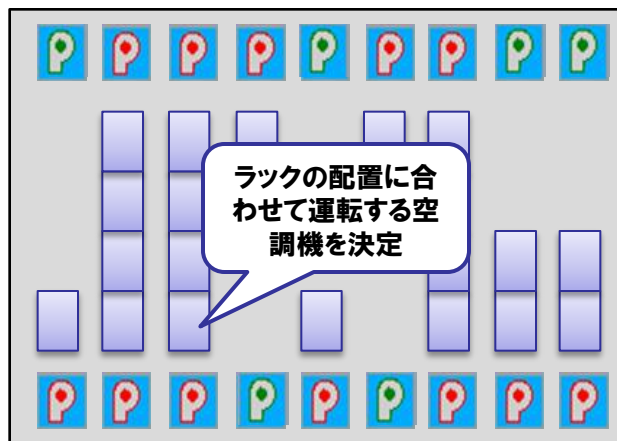


フリーアクセス空調吹き出し口の見直し例



ルーバーを調節することで、空調吹き出し口を冷やしたいラックに向け、効率の良い気流を作る。

ラック設置数に応じた空調運転台数の最適化例



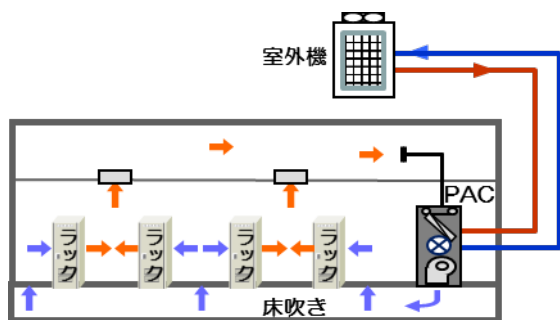
空調機状態
OFF
ON

2. (4) 冷水熱源＋局所冷却システム導入(1/6)

■ 空調方式による評価モデル概説(1/3)

● 個別熱源 空冷式パッケージ方式(PAC)

構成図



※PAC：Package Air Conditioning

概要・特徴

- ①室内機と室外機間を冷媒配管で接続し、個別運転ができる全体空調方式
- ②室内機は直膨コイル、圧縮機、ファンでパッケージングされ、1台あたりの冷却能力は80kW以下
- ③省エネ性能は空調機器の単体性能で決まる

年間消費電力算定

年間消費電力量 Q_N (kWh/年)
 $Q_N = N \times P_N \times K_N \times 8,760$ (h)
N: PAC台数
P_N: 定格消費電力(kW/h)
K_N: 時間外気温度負荷率補正係数
(COP変動特性)

概要・特徴の記載事項

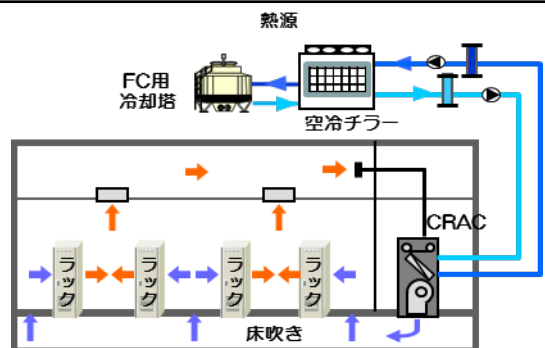
- ①: 空調フローの説明
- ②: 室内冷却ユニットの説明
- ③、④: 省エネ性能の説明

冷水熱源＋局所冷却システム導入(2/6)

■ 空調方式による評価モデル概説(2/3)

● 集中熱源 空冷式チラー方式(+CRAC)

構成図



※CRAC: Computer Room Air Conditioning(本例:FCU同等)

概要・特徴

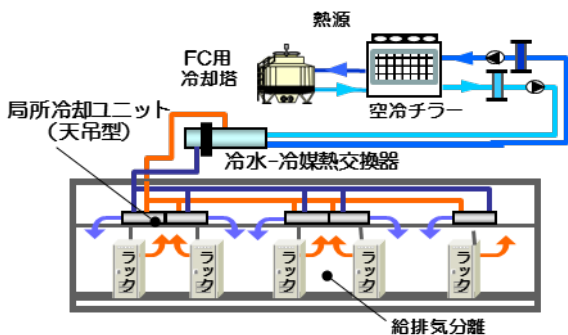
- ①空冷式チラーで冷水を製造し(集中熱源)、冷水を空調室内機(CRAC)に分配し、冷却する全体空調方式
- ②CRACは冷水コイル、ファンで構成し、1台あたりの冷却能力は100kW程度
- ③機器の台数運転とINV制御の採用により、負荷に追従した運転と、フリークーリング(FC)導入で熱源側で省エネが図れる

年間消費電力算定

年間消費電力量 Q_N (kWh/年)
 $Q_N = Q_C + Q_P + Q_R + Q_{FC}$
 Q_C : 空冷チラー(kWh/年) ※1
 Q_P : 冷水ポンプ(kWh/年) ※2
 Q_R : CRAC (kWh/年) ※2
 Q_{FC} : FC (kWh/年) ※2

● 集中熱源 空冷式チラー方式(+局所冷却システム)

構成図



※冷媒自然循環採用:室内機側冷凍サイクルで圧縮行程行わず冷媒を循環

概要・特徴

- ①空冷式チラーで冷水を製造し(集中熱源)、冷水を水-冷媒熱交換器に分配し、局所冷却システムの循環冷媒を冷却する局所型冷却システム
- ②局所冷却ユニットは直膨コイルとファンで構成し1台あたり冷却能力は30kW以下
- ③集中熱源 チラー+CRAC方式同様
- ④冷媒自然循環技術と局所冷却システムにより、全体空調方式より大幅に少ない搬送動力で冷却できる

年間消費電力算定

年間消費電力量 Q_N (kWh/年)
 $Q_N = Q_C + Q_P + Q_K + Q_{FC}$
 Q_C : 空冷チラー(kWh/年) ※1
 Q_P : 冷水ポンプ(kWh/年) ※2
 Q_K : 局所冷却(kWh/年) ※2
 Q_{FC} : FC (kWh/年) ※2

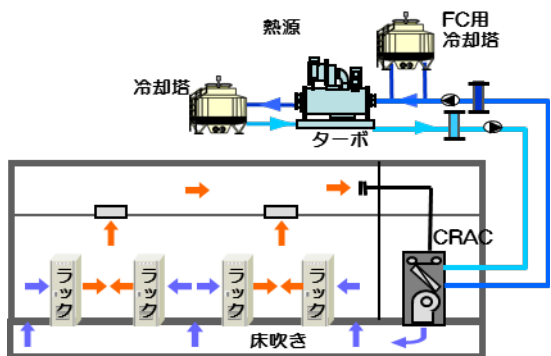
※1: 時間外気温温度負荷率能力補正係数あり
 ※2: 負荷率による能力補正係数あり

冷水熱源＋局所冷却システム導入(3/6)

■ 空調方式による評価モデル概説(3/3)

● 集中熱源 ターボ冷凍機方式(+CRAC)

構成図



概要・特徴

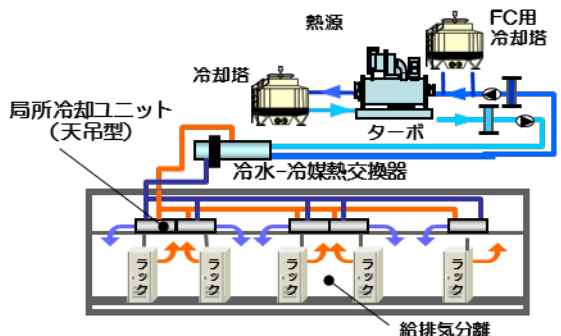
- ①ターボ冷凍機で冷水を製造し(集中熱源)、冷水をCRACに分配して冷却する全体空調方式
- ②CRACは冷水コイル、ファンで構成し、1台あたりの冷却能力は100kW程度
- ③ターボ冷凍機により冷凍機効率はトップレベルで、機器の台数運転とINV制御採用により、負荷に追従した運転と、FCの導入で熱源側で省エネが図れる

年間消費電力算定

年間消費電力量 Q_N (kWh/年)
 $Q_N = Q_T + Q_P + Q_R + Q_{FC}$
 Q_T :ターボ冷凍機(kWh/年) ※1
 Q_P :冷水ポンプ(kWh/年) ※2
 Q_R :CRAC (kWh/年) ※2
 Q_{FC} :FC (kWh/年) ※2

● 集中熱源 ターボ冷凍機方式(+局所冷却システム)

構成図



概要・特徴

- ①ターボ冷凍機で冷水を製造し(集中熱源)、冷水を水-冷媒熱交換器に分配し、局所冷却システムの循環冷媒を冷却する局所型冷却システム
- ②局所冷却ユニットは直膨コイルとファンで構成し、1台あたり冷却能力は30kW以下
- ③集中熱源 ターボ+CRAC方式同様
- ④冷媒自然循環技術と局所冷却システムにより、全体空調方式より大幅に少ない搬送動力で冷却できる

年間消費電力算定

年間消費電力量 Q_N (kWh/年)
 $Q_N = Q_T + Q_P + Q_K + Q_{FC}$
 Q_T :ターボ冷凍機(kWh/年) ※1
 Q_P :冷水ポンプ(kWh/年) ※2
 Q_K :局所冷却(kWh/年) ※2
 Q_{FC} :FC (kWh/年) ※2

※1:時間外気温温度負荷率能力補正係数あり
 ※2:負荷率による能力補正係数あり

※冷媒自然循環採用:室内機側冷凍サイクルで圧縮行程行わず冷媒を循環

冷水熱源＋局所冷却システム導入(4/6)

■ 空調方式による評価モデル諸元

- 地域 ・ 東京、室内条件(25°C、50%RH)
- 冷却負荷 ・ ICT機器4kW／架
- 小規模 ・ 300m²、1室、冷却負荷400kW(4kW 100架)
- 中規模 ・ 800m²、2室、冷却負荷2,000kW(4kW 500架)
- 大規模 ・ 1,000m²、6室、冷却負荷7,200kW(4kW 1,800架)
- 空調熱源 ・ 個別熱源(PAC)、集中熱源(FC有チラー、同ターボ)
- 空調搬送 ・ 全体空調(PAC、CRAC)、局所空調
- 局所空調 ・ 冷媒自然循環方式
- フリークーリング(FC)容量 ・ 冷却負荷全体50%の冷却容量
- 冷水レンジ ・ CRAC 14-21°C差、局所12-17°C差
- 空調能力 ・ 冷却負荷×1.3、N+1冗長構成

冷水熱源＋局所冷却システム導入(5/6)

■ 空調方式別消費電力試算の比較

空調方式	個別熱源	集中熱源			
	高効率PAC	チラー＋CRAC	チラー＋局所冷却	ターボ＋CRAC	ターボ＋局所冷却
～ 小規模データセンターモデル ～					
消費電力*	938,510	906,628	690,027	821,546	604,894
消費電力指標	100	97	74	88	64
～ 中規模データセンターモデル ～					
消費電力*	4,538,937	4,429,137	3,407,899	4,146,400	3,168,424
消費電力指標	100	98	75	91	70
～ 大規模データセンターモデル ～					
消費電力*	16,534,990	16,032,509	12,648,366	15,105,205	11,823,757
消費電力指標	100	97	76	91	72

* (消費電力:kWh/年)

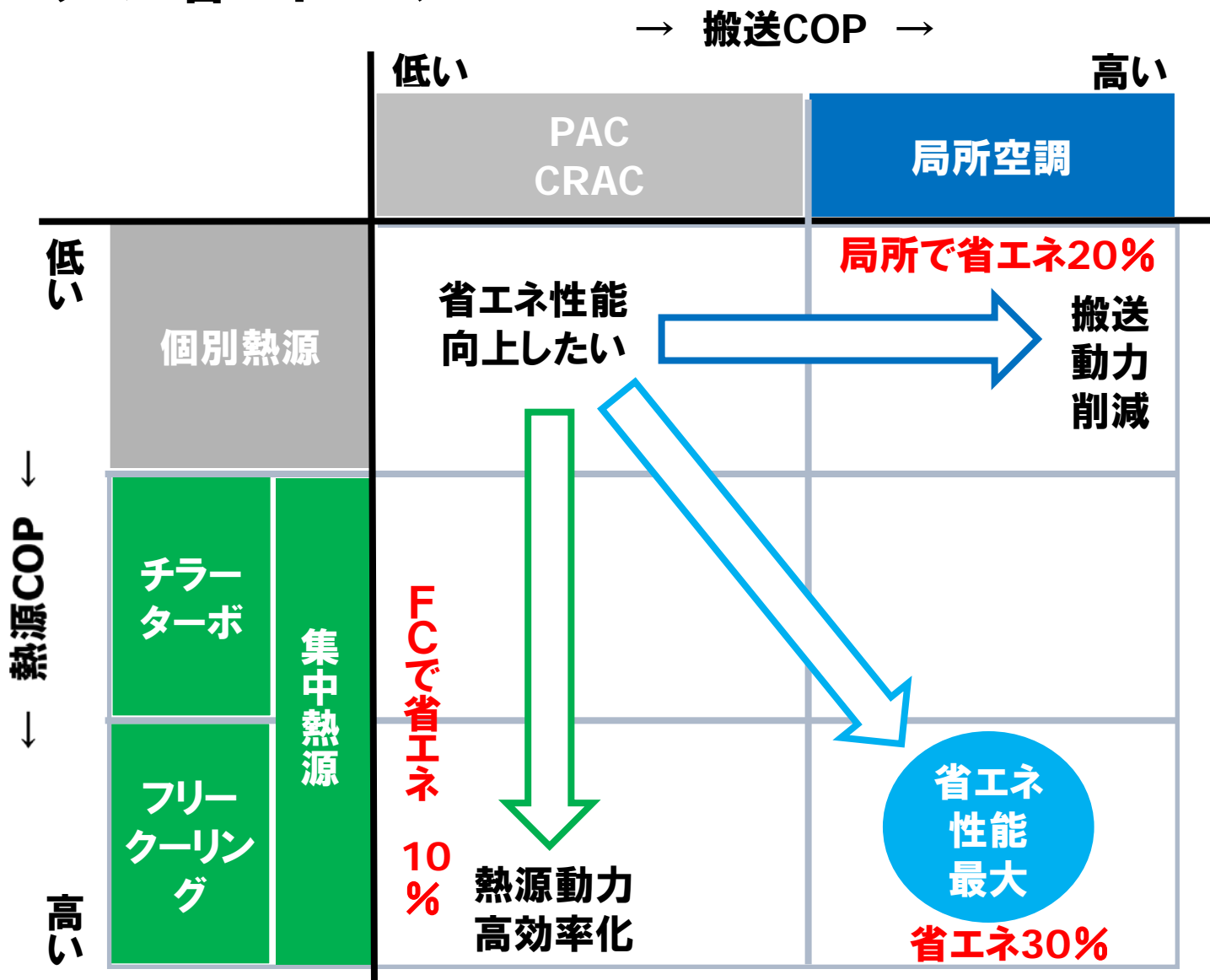
【算定結果】

- ・ 熱源方式として、集中熱源は個別熱源より10%以上の効果が見込める。
- ・ 室内冷却方式として、局所冷却は部屋全体冷却※より20%以上の効果が見込める。
- ・ 省エネ性能は集中熱源と局所空調冷却の連携で効果が最大化する。

※部屋全体冷却:PAC、CRACなど部屋全体の空気循環で冷却する。

冷水熱源＋局所冷却システム導入(6/6)

■ 冷水モデル・省エネスコア



3. 今後の予定

- 本資料では、データセンターの構築・運用サイドから、省電力化に向けた施策(4事例)をモデル化して、消費電力削減量を算出したが、今後は、小規模から中規模のデータセンターの施策をモデル化して、効果の算出を検討する。