

# スーパーコンピュータセンターを含む データセンター省エネ技術トレンド

20年間に及ぶデータセンター省エネ化技術のトレンドを解説。  
フロン、水、空気に順にPUEが下がりますが、建物コストも上がる。  
バランスする設計手法を紹介します。

本資料は産総研を代表する資料ではありません。

国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
デジタルアーキテクチャ研究センター  
テクニカルスタッフ

National Institute of Advanced Industrial Science and  
Technology (AIST), Digital Architecture Promotion Center  
Technical Staff

杉田 正

[tadashi.sugita@aist.go.jp](mailto:tadashi.sugita@aist.go.jp)  
[sugi@lxs.jp](mailto:sugi@lxs.jp)

1. 自己紹介 どんなサイズも**PUE=1.1**
2. C工事から始めよう
3. **風量**を設計 基本はキャッピング
4. 高密度実装はラック**前後スペース**が重要
5. スパコンデータセンター ツアー
6. 近い未来

# 1. 自己紹介 どんなサイズもPUE=1.1

日本で私だけ  
省エネデータセンター デザイナー

100KWから 12MWまで PUE=1.1

どうして? ・ ・ サーバーを設計するように  
データセンターをデザインする。

# Long time Charenge 20Years

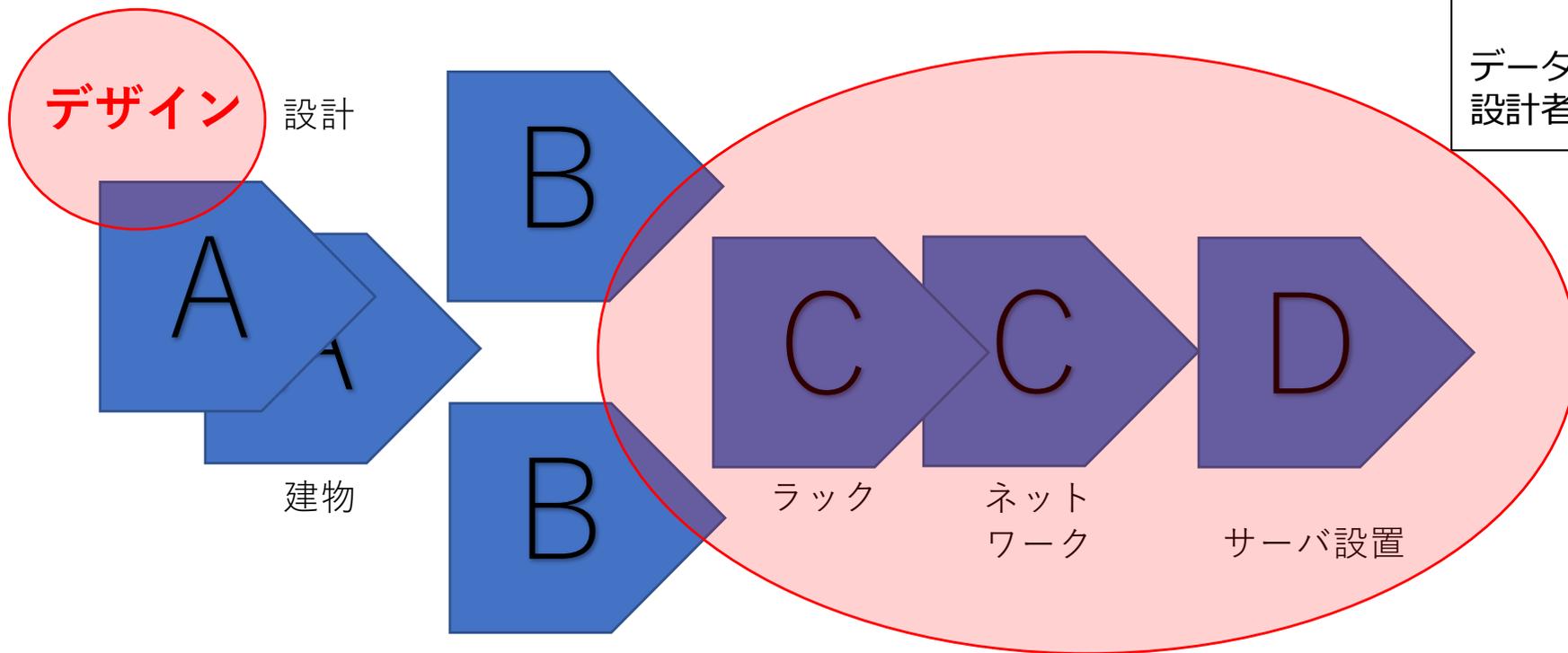
でっかいサーバの排熱は  
難しい

答え：冷却では無く排熱動力を減らす

# 省エネデータセンターをデザインするのが仕事。 建物を作るのはゼネコンだがサーバのことは知らない

インテルかAMDか？  
GPUはちゃんと動くか？  
1ラックKVA？  
“稼働率”は？  
ニューラルエンジンに  
対応出来るか？  
5G 6G エッジ処理

データセンターを作る  
設計者は知っているのか？



クラウドサービス構築・運用 経験がある

# 年間何億円も省エネ 30年償却で建設費が浮く

	pPUE (おおよそ)	差違	採用時期・その他	10MWDCの 1年間電気代
従来	1.65~ 2.8	---	10年以上の古いデータセンター	20億円以上
高効率CRAC	~1.5	高性能コンプレッサー採用	NTTが主導して10年前に開発	15億円
キャッピング	~1.35	冷気分散防止 ホットスポット対策	開発は10年前、この数年普及	13.5億円
水冷コイル 排熱	~1.15	室内熱交換無し (冷水製造にコンプレッサー)	海外でGoogleが採用 日本では数MW以上の大型DCで 採用	11.5億円
省エネ 間接 外気冷却	~1.1	冷水ポンプ無し (夏場のみCRAC使用)	海外でFaceBookが採用 日本でも2年前から採用	11億円
直接 外気排熱	~1.07	ホコリ、腐食ガス、湿度侵入の欠点有 り	研究施設のみ	10.7億円
その他	1.1以下	水冷アタッチ、液浸、雪冷熱利用	スパコン (サーバが高価) や 研究施設	

冷暖を分離して熱搬送効率を上げるとpPUE=1.1、雪や上昇気流を使ってさらに省エネ。

## 自己紹介

国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
デジタルアーキテクチャ推進センター  
研究情報利用推進室 テクニカルスタッフ

- 2011年 NEDOグリーンITプロジェクト コンテナデータセンター構築（つくば）  
pPUE=1.15実現の実験設備構築（伊藤先生ご指導）
- 2013年～2018年 NEDO雪山貯蔵による高効率熱供給システムの研究開発  
（北海道美唄市）冬期pPUE=1.015 夏期pPUE=1.05
- 2014年 経産省補助による省エネデータセンター構築（倉敷チロロネット） pPUE=1.1
- 2016年 12MW級都市型データセンター設計（東京都新宿区） pPUE=1.1
- 2018年 産総研スパコンABCデータセンター構築メンバ（千葉県柏市）  
1.5MW連続稼働でpPUE=1.1 ※都市型3カ所は設計段階での騒音条例クリアが難敵

2016年より東京大学 江崎先生ご指導の「次世代データセンター勉強会」世話役メンバ  
また、産総研開発技術を提供するとして技術開発コンサルも行っています。

本資料は産総研を代表する資料ではありません。

# 産総研スパコン ABCI 2.0

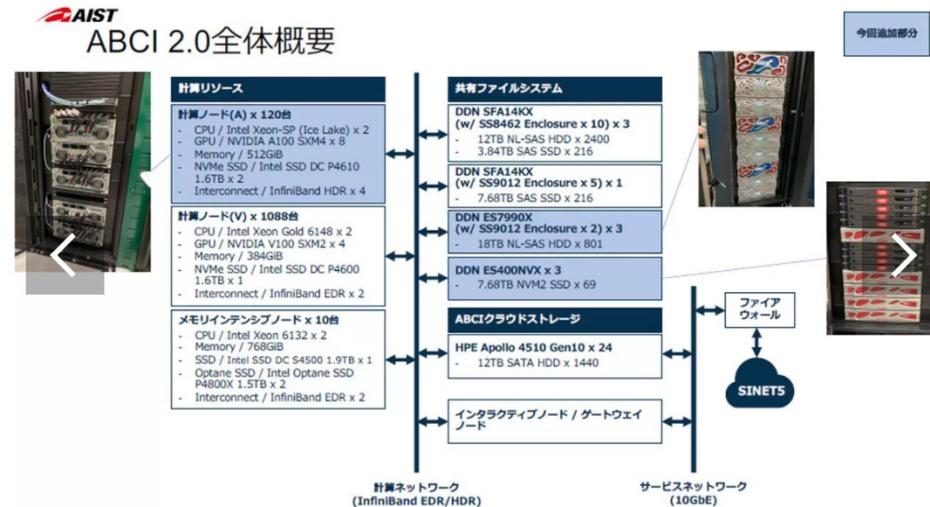
YouTube JP 検索

ピーク性能  
57.3 PFlops (倍精度)  
550 PFlops (半精度)  
10 PFlops = 1秒間に10億の演算処理を行う能力

System  
(1088 Compute Nodes)

1:51 / 3:11

ABCI (AI橋渡しクラウド) ~世界トップクラスの大規模AI計算システム~ 【産総研公式】



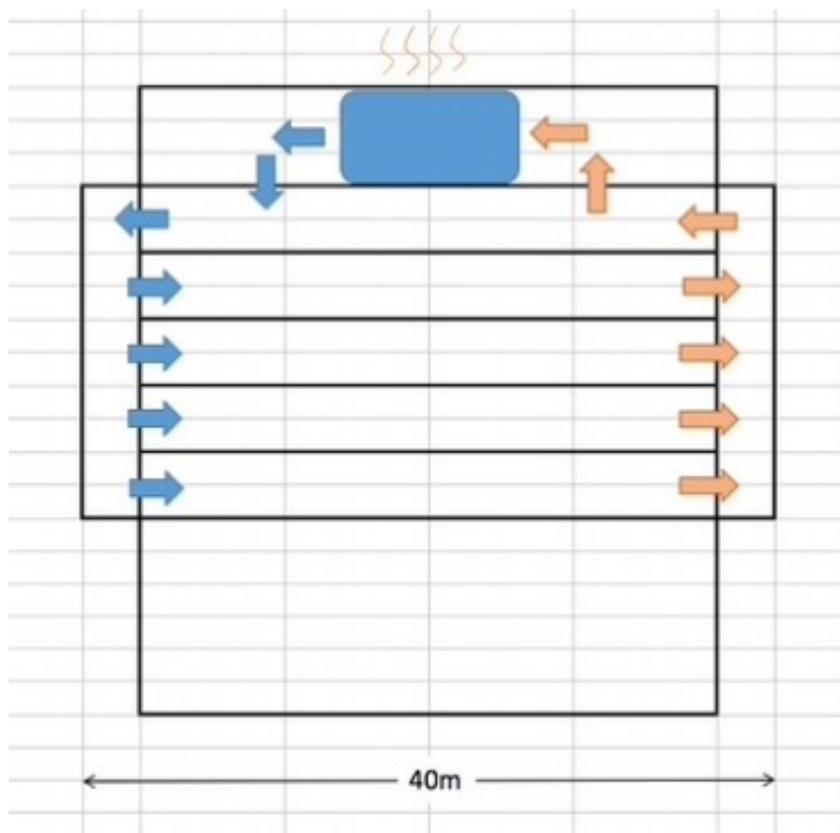
NVIDIA V100 4352GPU

本年5月アップデート  
A100 GPU × 8のGPUノードを  
120ノード追加

引用先：産総研のABCIスパコンが大幅アップグレード マイナビニュース

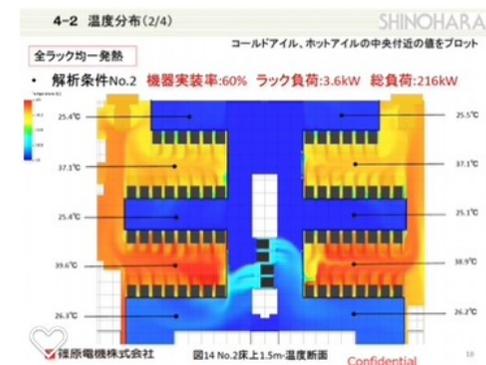
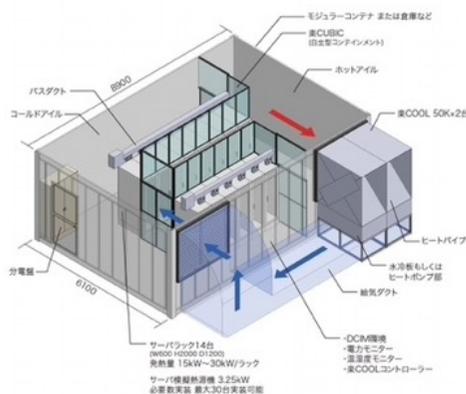
<https://news.mynavi.jp/article/20210507-1884603/>

# 12MW 東京新宿 pPUE=1.1以下

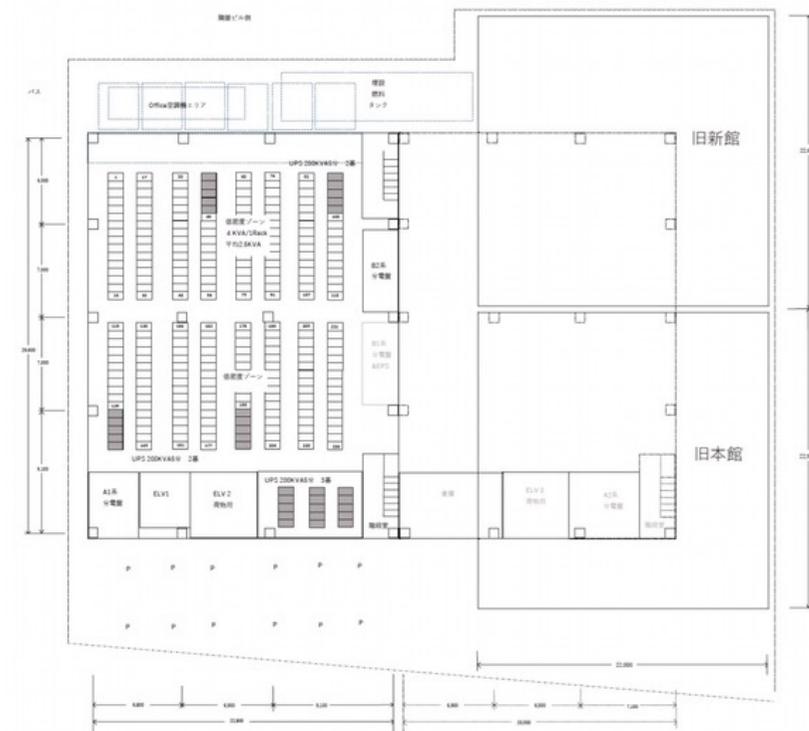
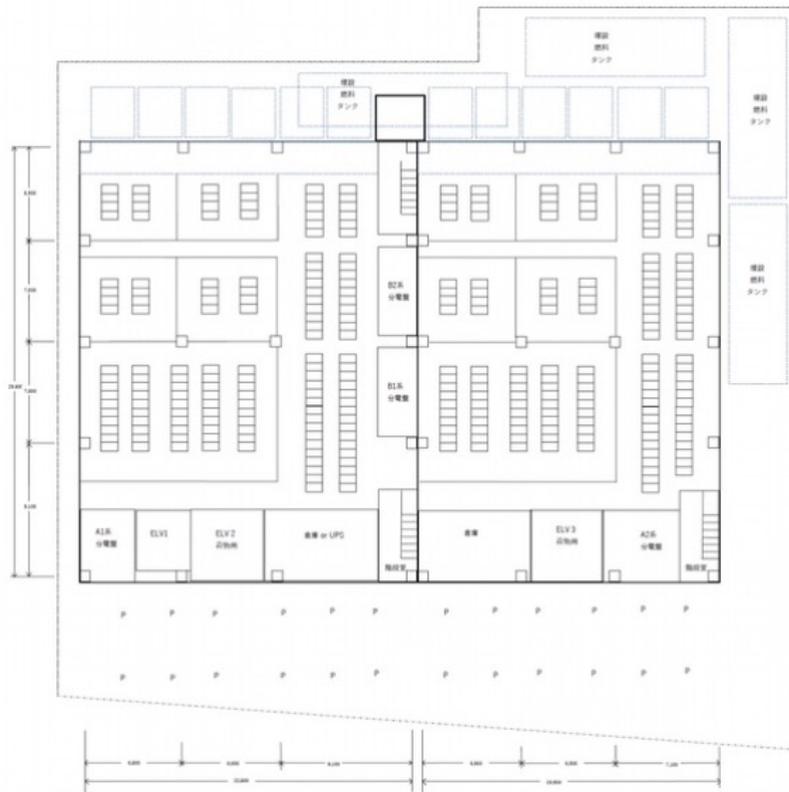


5層上昇気流を使う  
 直角ラック配置で静圧を制御  
 コールドアイル・ホットアイル間の  
 微差圧も大きい

おそらく省エネ 世界一



# FISC対応ゲージから クラウド対応高密度実装を可能とするデザイン



作図：杉田

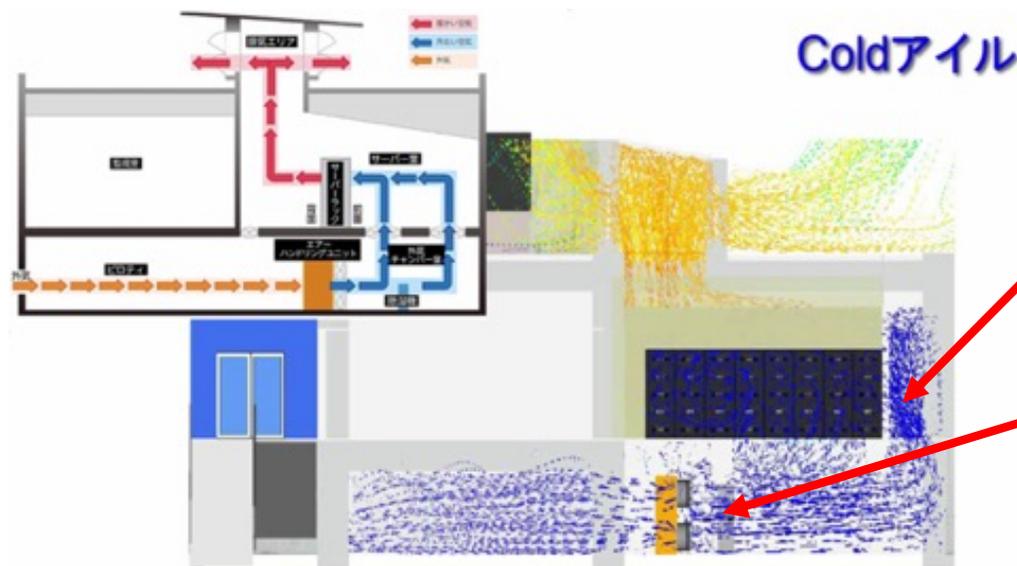
## 空冷-水冷(AHU)方式 / pPUE1.1-1.5

### 空冷-水冷、外気導入 天候により自動切り替え

倉敷チロロネットデータセンター  
12KVA/1Rack x10 x2列を3組

空冷-水冷（間接外気）、外気導入併用 地下水を利用した熱処理

経済産業省 クラウド補助金を得て建設されました。



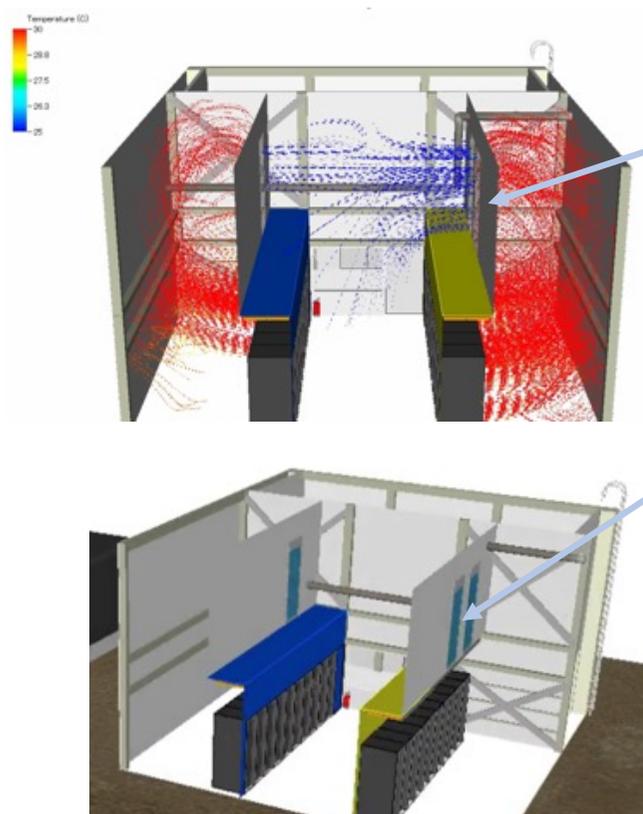
コールドアイル  
床面積を拡張  
風速を抑えている

サーバー熱を井戸  
水を使い“捨てる”

引用先 : <https://www.chiroro.co.jp/datacenter/> からフューチャーファシリティーズCFD解析図

# 雪冷熱エネルギーを使い、さらなる省エネ

NEDO事業/再生可能エネルギー熱利用技術開発/その他再生可能  
エネルギー熱利用トータルシステムの高効率化・規格化/都市除排雪を  
利用した雪山貯蔵による高効率熱供給システムの研究開発



ラック上部に水冷コイル40KW/1枚  
循環ファンは無し、サーバーファンを利用  
コイルへは融雪水を利用

**pPUE = 約 1.05 (冬は1.015)**

水冷コイル（熱交換器）の能力は、通過する  
“**风量**”で決まる。  
温度制御は、水冷コイルを流れる雪山からの  
冷水水量で行う。

**熱搬送動力を省エネ**  
**水冷コイル通過风量は、**  
**サーバー内蔵ファンだけ**

# NEDO グリーンITプロジェクト 2007年～2012年

## **間接外気導入**、外気導入、横吹き冷却、 風量制御と計測などの実験装置

水を使わず  
アルミ熱交換器を使う  
AHU：エアーハンドラー  
名称「グリーンユニット」  
間接外気冷却システム  
直接外気導入も可能  
2011年杉田が設計  
最大23KWを排熱可能



次世代モジュール型データセンタ構成

引用先：[http://www.nedo.go.jp/activities/DA\\_00036.html](http://www.nedo.go.jp/activities/DA_00036.html)

現在でも見学可能。

スーパーコンピュータセンターを含む データセンター省エネ技術トレンド

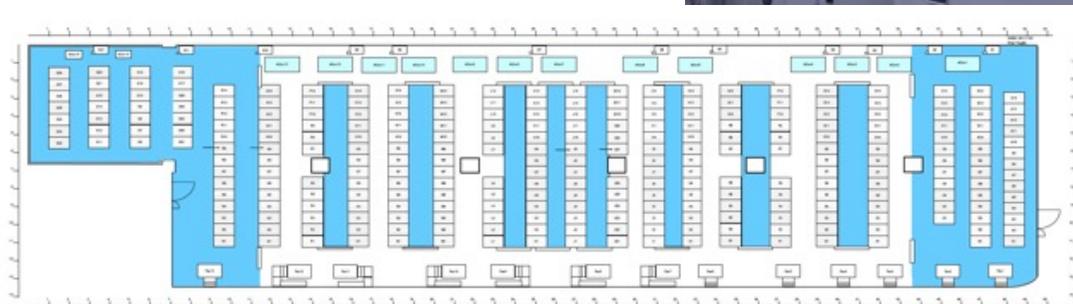
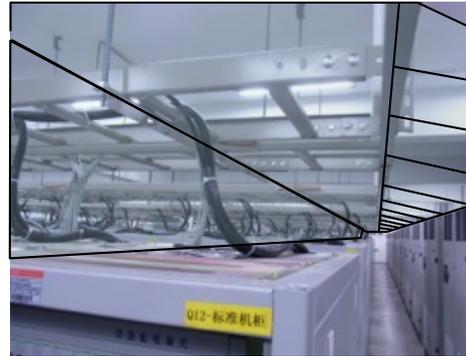
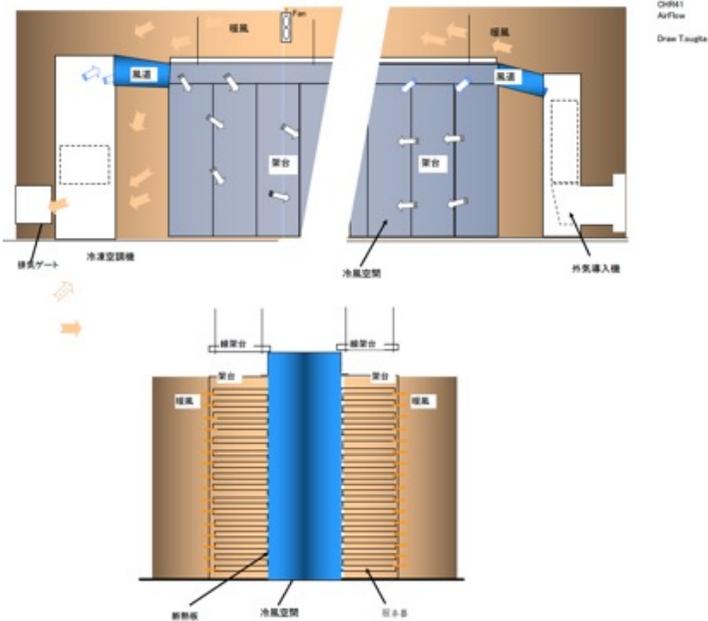
# 中国江蘇省揚州市 中国電信データセンター(1)



出所：LXStyle,Inc 2011年12月  
300ラックx2フロア  
キャッピング工事



# 中国江蘇省揚州市 中国電信データセンター



出所：LXStyle,Inc 2011年12月  
300ラック×2フロア  
キャッピング工事

キャッピングがお客さんに  
不評と聞くが、電気代が  
下がって、利用料金が  
下がれば反対しない

# 日本で最初にブレードサーバー大量導入。

## 空冷 10KVA 1m<sup>3</sup>/sec 風速1m/sec

2004年5月から10年以上  
現在まで稼働。  
PUE=1.3を実現



ブレードサーバ 8ブレード1筐体8段実装  
12cm角DCファン@3台 x 8 = 24台稼働/ 1 Rack  
最低速@60CFMとして1筐体180CFM  
8段1,440CFMが必須風量  
1,440CFM = 2,450m<sup>3</sup>/h = 0.68m<sup>3</sup>/sec  
ラック断面積を1m<sup>2</sup>とすると **風速0.68m/sec以上必要**

キャッピング  
PUE=1.3  
2004年施工

風量設計目安として**約2倍 10KVA 1m<sup>3</sup>/sec 風速1m/sec**が良い

60mm角x20mm厚	フレーム厚み	最大風量 (m <sup>3</sup> /min)																							
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10	20	30	40		
40mm角	20mm	[Bar chart showing airflow capacity for 40mm frame with 20mm thickness]																							
	28mm	[Bar chart showing airflow capacity for 40mm frame with 28mm thickness]																							
120mm角	25mm	[Bar chart showing airflow capacity for 120mm frame with 25mm thickness]																							
	38mm	[Bar chart showing airflow capacity for 120mm frame with 38mm thickness]																							
フレームサイズ	フレーム厚み	最大風量 (CFM)																							
		5	10	15	20	25	30	35	50	100	150	200	250	300	350	500	1000								

**風量を管理  
して省エネ化**

引用先：山洋電気 DCファン  
[https://products.sanyodenki.com/contents/hp0009/list.php?CNo=9#size\\_40](https://products.sanyodenki.com/contents/hp0009/list.php?CNo=9#size_40)

サーバー内蔵ファンは  
この風量で変速する  
つまり16年昔にWSCを。