

サーバ施設高効率化に向けたガイドライン

2016 年 12 月

TSCP 産学連携研究会
サーバ施設高効率化方策検討 WG

はじめに

大学での省エネルギー・省 CO₂に向けた取組、とりわけ今後さらなる増大が予想される計算機のエネルギー消費への対応は喫緊かつ重要な課題である。これに関連した 3 つの課題を挙げる。

- (1) 予算環境
- (2) セキュリティ(サイバーセキュリティと災害等に関する BCP の観点でのセキュリティ)
- (3) 地球環境の保全に対する責任

である。

東京大学は、これら 3 つの課題に適切に対処し、グローバルな研究競争に勝ち抜くべく研究アクティビティを維持・向上すると同時に、省エネルギーに対する社会的責任を果たしていかなければならない。本書はこれら課題に対処する手法としてとりまとめたものであり、各階層において想定されるメリットは以下の通りである。

【大 学 全 体】運営費交付金の圧迫低減。エネルギー購入量・購入費の減。社会的責任の履行。節電手法確立によりデマンドレスポンスに活用するなど、電力調達に有効な手法となる可能性。省エネルギーの推進

【学部・専攻単位】運営費交付金の圧迫低減。研究アクティビティの維持と活性化によるプレゼンス向上

【研 究 室 単 位】運営費交付金の圧迫低減。光熱水費削減による本来的な用途（研究設備・人材等）のための基盤的経費の確保と研究活動の更なる推進、さらに、セキュリティ(サイバーセキュリティと災害等に関する BCP の観点でのセキュリティ)の向上

(1) 予算環境の把握と改善

予算環境は最も重要な課題である。大学経営を取り巻く環境は大きく変化している。収入面で見ると大学全体の収益基盤である文部科学省からの運営費交付金は年々減少している。2015 年度の実績は 803 億円と、大学が国立大学法人化した当初(平成 16 年度)より約 10%減少しており、今後同様の傾向が継続すると思われる。一方、支出面では施設運営維持に係わる費用が増大の一途であり、その中でも光熱水費は近年伸長が顕著である。国立大学法人化時点に比べ、電力使用量は 1.1 倍、金額ベースで 1.8 倍程度となっている。これら費用は主として運営費交付金から賄われるため、収入減、支出増により結果として研究費、人件費といった基盤的経費が圧迫されている。近年の状況と傾向を考えると、今後の更なる状況悪化が懸念される。

研究に係わるエネルギー消費は単調増大傾向である。人工知能やビッグデータなどの計算機リソースを大量に使用する研究開発課題の急増と、これまであまり計算機リソースを利用すること

のなかった研究分野¹においても人工知能やビッグデータの利用が急速に進展しており、その結果データ量および計算機リソース（処理速度、ストレージ等）が急拡大しており、この傾向は今後も継続すると考えなければならない。計算機利用が不可欠となっている状況は理工学系のみならず、農学系、さらには経済学部など文系の研究においてもみられる傾向である²。そしてこれら要求スペックを満足すべく個々の研究室において個別にサーバを手配・管理している状況が散見されている。

未然に適切な対策を講じずにサーバ運用を行ってしまうと、エネルギー消費の膨張（光熱水費支出増）による予算環境の悪化が発生し、最悪の場合には、研究活動のサステナビリティが致命的に損なわれかねない。当然ながら研究アクティビティの増大は望ましいことであるが、付随的なエネルギー消費の増加による手許資金の光熱水費への流出は避けられない。

エネルギー消費に関連し、現在の学内での電力を主としたエネルギー使用に係わる費用負担事情は部局毎に異なるが、一括で処理するのが一般的であり、各構成員（研究室等）が使用量に応じた負担をする仕組み（受益者負担）にはなっていない。受益者負担を実現するには研究室等单位での個別計量が必要不可欠であるが、一部建物を除きほとんどの建物は未整備である。そのため各構成員は自身でどれだけエネルギーを消費しているかを把握することもなく、自身の財布から負担することもないため、省エネルギー意識が励起されずインセンティブが働かない状況となっている。個別計量については、予算環境の変化により、外部資金活用の観点からも重要性が増している。研究予算の縮小は活動の先細り、引いては淘汰につながりかねず、これを回避しなくてはならない。個別計量は光熱水費を外部資金の直接経費に計上することを可能とし、これにより用途の縛りのない間接経費を保全し、研究アクティビティを向上させることが可能である。既に先を見越し、このようなトライアルを実施している部局もある。工学部は個別計量による受益者負担方式を昨年度から導入している。今後、エネルギー使用量を見える化し、それに見合った負担をするという全体方向感も想定される状況であり、各研究室において省エネルギーの取組を推進する必要が一層増すことになる。

(2) セキュリティ対策

エネルギーには直接関連はないが、セキュリティもまた重要な課題である。サーバを研究室単位で保有・管理・運用している状況はセキュリティリスクに対する脆弱性を内包している。サイ

¹ キャンパスごとに 傾向が異なっており、それぞれのキャンパスに適した対策が適用されるべきであろう。(1)使用量の総量は本郷キャンパスに集中している。(2)柏キャンパスは施設の増設が現在も精力的に展開されており特に新規施設の導入にあたって計画的な施策の実施が望まれる。(3)白金キャンパスは大きな省エネルギーに成功している。

² 生物学、化学、建築学、農学など、ほとんど、すべての学術分野において、計算機リソース環境の充実と利用の増加が必要となってきた。遺伝子科学の分野においては、「ヒトゲノム解析センター」におけるスーパーコンピュータ環境の構築はその典型例とみることができる。

バー攻撃は増加傾向でありその手法は複雑・巧妙化している。こうした問題に対し、研究室単位の対応には限界があり早晩破綻を迎えかねない。サイバーセキュリティはクラウドやプラットフォームにて統合的に利用・担保することにより解決が可能であり、同時に省エネルギーも実現できる。情報システム本部では、事務系の端末を仮想集約化することにより、セキュリティ向上と省エネルギーを同時に実現している。また、自然災害等に対する事業・研究継続性に関するセキュリティ対策も重要な課題である³。近年相当の確率で発生することが想定されている首都直下型地震に対しても、商用停電・内線停電、また物理的損壊等のリスクが付きまとう。併せてデータ保全（コールドストレージも活用）、実験システムの保全（プログラム等）にも配慮し、研究の継続性に留意する必要がある。

(3) 地球環境の保全に対する責任と貢献

エネルギー消費（CO₂ 排出）抑制に対する社会的責任もまた、われわれ東京大学が果たさねばならない重大な課題である。当学におけるエネルギー消費量は膨大であり、東京都内で2番目にエネルギーを消費する事業所としてランクされている。エネルギー消費実態を分析すると、昼夜間を問わずベースとして使用されている電力量の比率は大きく、夜間の消費電力は日中のピーク時間帯と較べても6割程度となっている。これは当学のような総合大学の特徴的な実態である。これら人の在／不在に係わらず消費されている電力の原因として、実験施設、とりわけ計算機系由来の消費が少なからず存在することが想定され、これら電力に対しては可能な限り省エネルギーを図るべきである。

以上の通り、収入・支出面に関しても然ることながら、セキュリティ面も含めたサステナビリティの確保、社会的責任の履行への対応は重要な課題である。そこで本書では、サーバ施設に着目しそれら課題に対処する手法を紹介する。具体的な対策としては、新たな需要についてはサーバ室、或いはデータセンターに集約し、エネルギー効率を高めつつセキュリティを確保した運用を行うことを推奨する。一方、既存のデスクトップ・サーバ類については、サーバ室、或いはデータセンターで運用することを推奨する。既存のサーバ室を当面活用する場合においても更なる省エネルギーとなるよう配慮と適切な対処を行う必要があり、それらも包括的に紹介する。

³ 2016年10月13日(木)に送電ケーブルの火災によって発生した東京都内における大規模停電においては、多くの事業所において、停電によるICT機器の障害が発生し、「データ喪失」が多数、報告・認識されている。大学においても、研究等に関するデータ喪失を防止するための十分な停電対策が重要である。

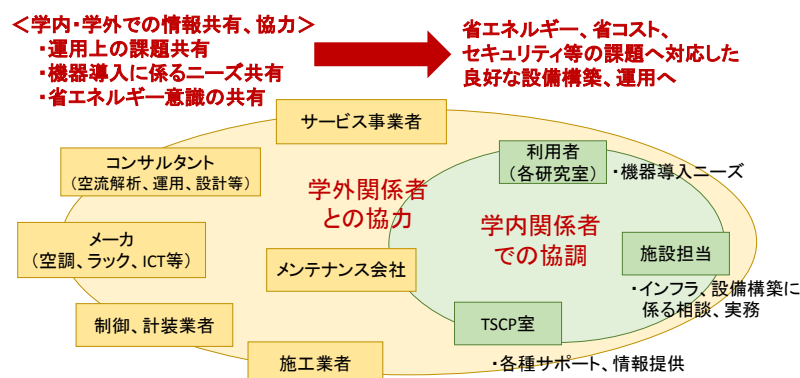


図 サステイナブルな設備構築運用に向けた学内外のアライアンス構築

なお、それら取り組みはサーバ類の使用者である教員と、施設、設備関係の実務を担う担当職員など学内関係者で協調することはもとより、学外関係者（サービス事業者、メーカー、施工業者など）含めて協力体制を構築し、目的意識を共有し対処していくことが極めて重要である。

低炭素でサステイナブルなキャンパスをひとつの社会モデルとして実現していくことが TSCP の目的である。CO₂ 排出量削減については COP21 でパリ協定が採択され削減目標を定める動静などがあり国際的・社会的な責任も一層、増している。これまで東京大学で独自に掲げている削減目標に向け、TSCP 室にて重点的に CO₂ 排出量削減の取組を進めてきている。平成 23 年に発生した震災後の電力危機に際しても「電力危機対策 WG」において電算系を含め研究の継続性を重視した施策を検討・実施し、平成 24 年の一般財団法人省エネルギーセンターの「省エネルギー大賞」受賞に至っている。

関連法令として省エネルギー法（エネルギー削減義務）や東京都における環境確保条例（CO₂ 排出量削減義務）が存在する。都条例については第一計画期間（平成 22～26 年度）での目標基準年度比 8%減をクリアしたものの、第二計画期間（平成 27～31 年度）においては更に高いハードル（基準年度比 17%減）が課せられている。これら法令にも対応しつつ、担当省庁、企業等とも連携、CO₂ 削減を推進し、サステイナブルなキャンパスの実現につなげていきたいと考えている。本書が研究継続性、大学低炭素化の一助となることを願うものである。

本書の構成

本書の構成は以下の通りとなっている。全章通読いただくことを推奨したいが、目的・理解に応じ必要部分を参照いただいても有用となるよう配慮しているので、適宜活用いただきたい。

第1章.計算機の省エネルギーに向けて

大学に存在する PC・計算機全般に関する全体感を記載している。計算機類を包括した省エネルギー手法の概要、および今後の大学におけるサーバ類の方向性について紹介している。

第2章.サーバ室のガイドライン

サーバ室において主に省エネルギー化を進めるために必要となる基本事項を、サーバ室の構成要素別に記載している。サーバ施設に係る関係者は通読し基本的な考えを共有いただければ幸いである。

第3章.ICT 機器設計・発注時に係るガイドライン（利用ユーザ向け）

省エネルギーとなる ICT 機器（CPU、メモリ、HDD、電源ユニット等）やラック、UPS の購入時における留意事項など、各研究室、専攻等において ICT 機器を調達しようとする際に参考となる要素をまとめて記載している。

第4章.ICT 機器施工時に係るガイドライン（利用ユーザ向け）

各研究室、専攻がサーバラックなどを含めて ICT 機器を新增設、更新する際の、施工時の留意事項を記載している。機器ラッキング時やケーブル敷設時の留意事項など図表を交え紹介し、省エネルギーのみならず安全性、保守性にも有用となるよう記載している。

第5章.既存サーバ室の省エネルギー化の進め方

既存サーバ室の運用、管理を行っている先生、施設担当者に参照頂くことを想定し、省エネルギー化に向けた考え方や、最低限行うべき実施事項等をまとめている。例えば本章より読み始め、気になる部分について第 2 章や参考資料を閲覧する、といった活用方法も有効と考える。

第6章.事例

第 5 章で紹介した既存サーバ室の省エネルギー化手法の実施事例や簡易に取り組める省エネルギー手法について紹介をしている。

参考資料

本編の参考となる技術要素、用語等を補足的に解説している。必要に応じ参照願いたい。

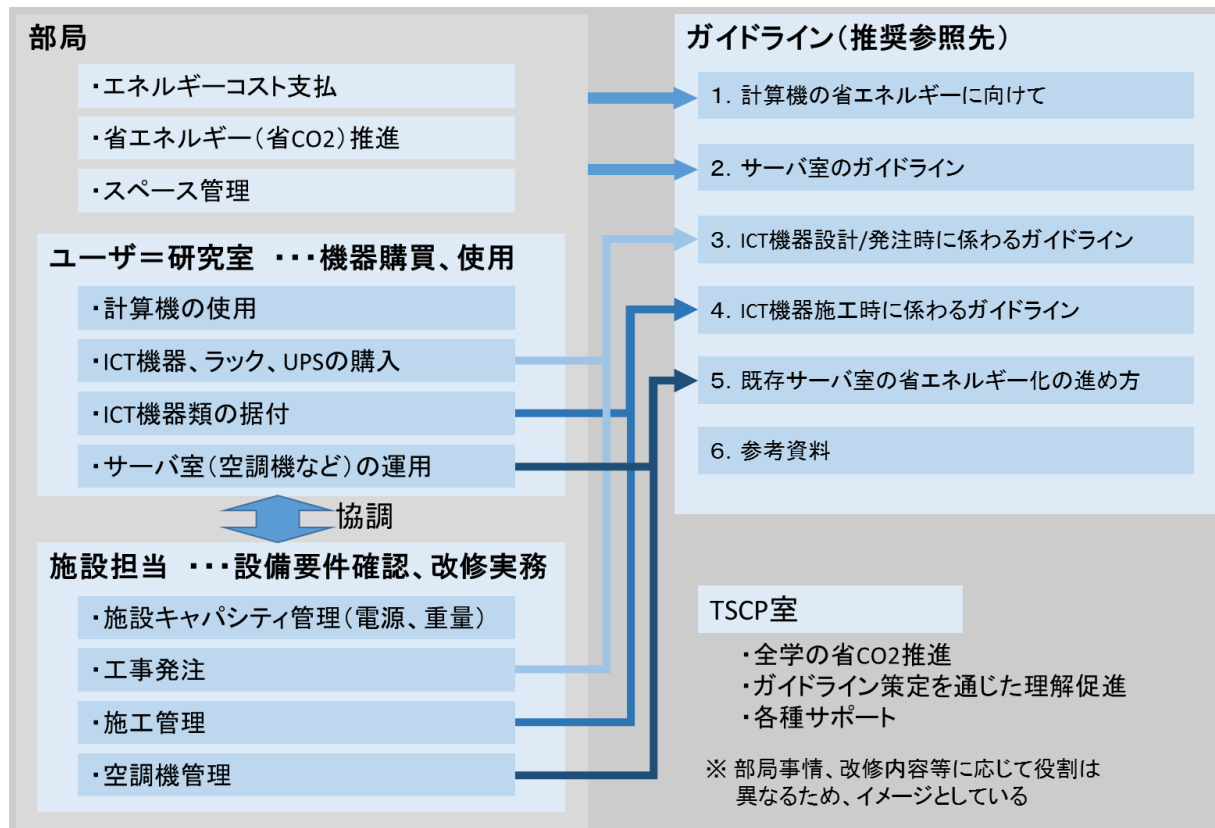


図 それぞれの役割と活用のイメージ

目次

1. 計算機の省エネルギーに向けて.....	1
1.1. 居室・実験室に存在する計算機.....	1
1.2. 省エネルギーに向けた各種対策.....	1
1.2.1. 古いコンピュータの見直し.....	2
1.2.2. 必要なサーバ（ウェブ・メール等）の効率化.....	2
1.2.3. 外部サービスの利用.....	2
1.3. 大学におけるサーバ類の今後の方向性.....	3
1.3.1. 学内サーバ室への集約.....	3
1.3.2. 外部サービスの利用.....	4
1.3.2.1. 外部データセンターの利用（ホスティング）.....	4
1.3.2.2. 外部クラウドの利用.....	4
1.3.3. ICT 機器新增設時の対策.....	5
1.3.4. サーバ室の省エネルギー化.....	5
2. サーバ室のガイドライン.....	8
2.1. サーバ室の構成要素とエネルギー消費.....	8
2.1.1. サーバ室の区分.....	8
2.1.2. サーバ室の電力消費.....	10
2.2. サーバ室.....	12
2.2.1. サーバ室のレイアウト.....	16
2.2.2. サーバ室の構造、造作.....	18
2.3. ICT 機器.....	23
2.3.1. 機器冷却.....	23
2.3.2. 機器給電.....	24
2.3.3. 消費電力見積もりツール・消費電力見える化の活用.....	25
2.4. サーバラック.....	29
2.4.1. サーバラックの基本仕様.....	29
2.4.2. サーバラックの空流対策.....	31
2.4.2.1. ショートサーキットの防止.....	32
2.4.2.2. サーバラックの排気対策.....	35
2.4.3. サーバラックの安全管理.....	36
2.5. 空調.....	40
2.5.1. 空調方式の選定.....	40
2.5.2. 高効率空調機の選定.....	46
2.5.3. 空調機の台数.....	47

2.5.4.	室内温度設定の管理	47
2.5.5.	空調機の制御方式の選定	48
2.5.6.	その他の考慮事項	49
2.6.	電気設備	51
2.6.1.	電力供給（利用ユーザ向け）	51
2.6.2.	電力供給（施設管理者向け）	52
2.6.3.	ラック内 UPS	55
2.6.4.	コンセント	56
2.6.5.	照明設備	57
2.7.	ケーブリング	58
2.8.	セキュリティ	59
2.9.	監視、測定	61
2.10.	消火、防火設備	63
2.11.	雷サージ（誘導雷）、電磁波対策	63
3.	ICT 機器設計／発注時に係るガイドライン（利用ユーザ向け）	64
3.1.	ICT 機器の選択	65
3.1.1.	古いサーバの見直し	65
3.1.2.	ライフサイクルコストでの評価	65
3.1.3.	低消費電力部品の利用	66
3.1.4.	電源ユニットの選択	69
3.1.5.	筐体選択	71
3.1.6.	動作環境温湿度条件	72
3.2.	サーバラックの選択	74
3.2.1.	ラック扉について	74
3.2.2.	エアシャッター付サーバラック	75
3.2.3.	側面給排気機器対応ラック	75
3.2.4.	サーバラックの耐震・固定について	76
3.2.5.	ラックの電源容量制限	77
3.3.	ラック内 UPS の選択	78
3.3.1.	UPS の給電方式	78
3.3.2.	UPS ユーティリティソフト	80
3.3.3.	バッテリーについて	82
3.3.4.	UPS 選定のポイント	84
3.4.	ラックへの機器搭載設計の考え方	87
3.5.	コンテインメント	89
4.	ICT 機器施工時に係るガイドライン（利用ユーザ向け）	90

4.1.	開口パネルの設置	90
4.2.	サーバラック内施工	92
4.2.1.	ICT 機器搭載	92
4.2.2.	機器搭載時の空流対策	94
4.2.3.	機器の固定・耐震	96
4.2.4.	ラック内設置物制限	97
4.3.	サーバラック内配線	97
4.3.1.	ラベリング	98
4.3.2.	配線ルート	98
4.3.3.	ケーブルのより分け	100
4.3.4.	余長処理	101
4.3.5.	結束方法	102
4.3.6.	抜け防止	103
4.3.7.	コンセントバー活用での注意	103
4.3.8.	ケーブル口塞ぎ	104
4.4.	サーバラック間配線	105
4.5.	サーバ室内施工における留意事項	106
5.	既存サーバ室の省エネルギー化の進め方	108
5.1.	サーバ室のルール化	110
5.2.	空流対策の流れ	110
5.3.	空流対策	112
5.3.1.	サーバラックでの基本対策	113
5.3.2.	サーバラック周辺での基本対策	114
5.3.3.	サーバ室の状況に応じて実施する対策	114
5.4.	空調制御用センサの適正化	118
5.5.	室内温度の調整	118
5.6.	空調機運転	119
6.	事例	121
6.1.	柏キャンパス総合研究棟サーバ室（空間情報センター）	121
6.1.1.	概要	121
6.1.2.	現状分析	121
6.1.3.	対策の検討	122
6.1.4.	空流解析の実施	123
6.1.5.	効果	124
6.2.	データセンター運用現場での取り組み例（株式会社富山富士通 提供）	125

1. 計算機の省エネルギーに向けて

1.1. 居室・実験室に存在する計算機

研究活動に使用される計算機類として、以下が挙げられる。

- PC 類（デスクトップ、ノート）
- サーバ類
- シンククライアント

これら計算機類は研究活動に必要不可欠であり、より高度なアウトプットの創出に向け、より高い処理能力、スペックへのニーズが高まっている。一方でこれらは高稼働で電力多消費の機器であり、省エネルギー（＝光熱水費抑制＝基盤研究費の確保）に対する配慮も欠かせない。そして省エネルギー配慮の取り組みはセキュリティ面など研究活動に資する効用を同時に得ることが可能である。本書はサーバ類に焦点を当てているが、これら計算機類についても本章にて手法を包括的に紹介する。

※ スーパーコンピュータについては別途「コンピュータサーバー室設備設置及び運用のガイドライン」を定めている。（<http://www.tscp.u-tokyo.ac.jp/data.html>）

1.2. 省エネルギーに向けた各種対策

省エネルギーに向けた対策は、以下の3つがある。概要を図 1-1 に示す。

- 古いコンピュータの見直し
- 必要なサーバ（ウェブ・メール等）の効率化
- 外部サービスの利用

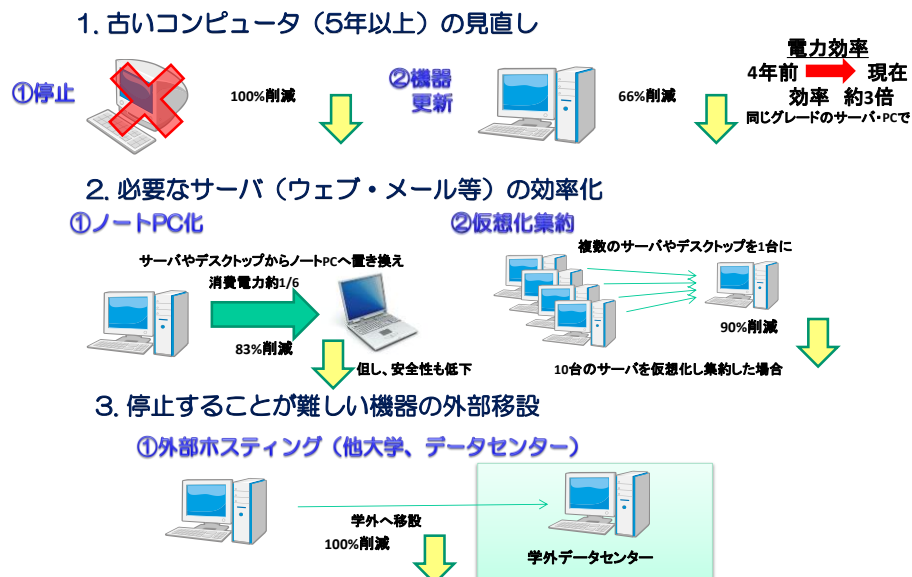


図 1-1 計算機類の省エネルギー手法

1.2.1. 古いコンピュータの見直し

新しいコンピュータへの更新は大幅な電力削減が期待できる。以下にメリットを示す。

- PC 性能向上による研究活動の更なる促進
- 作業快適性の向上（起動/作業時のストレス軽減）
- 省エネルギー化による光熱水費の削減
- ノート PC とする場合は可搬性の向上、省スペース

【省エネルギー効果概算】

$(100\text{W}-50\text{W}) \times 8\text{h} \times 200\text{日} = 80\text{kWh/年}$ （1,600 円/年・台）

※ 買い換え前後で 100W→50W になると想定。PC は数多く存在する機器であり、このような省エネルギーの積み上げが大きな効果となる。

1.2.2. 必要なサーバ（ウェブ・メール等）の効率化

複数のサーバやデスクトップを 1 台に集約することにより消費電力の削減が可能である。シンクライアントではユーザ端末側の機能を最低限としサーバ側に処理を集中させる。本学においても事務系端末における導入実績がある。そのメリットは以下のとおり。

- セキュリティ向上（一括対策が可能。データ管理も集約され情報漏洩リスクが減少）
- 運用管理効率向上（ソフトウェア管理、ハードウェアの物理的管理集約化）
- サーバ台数減によるトータルコスト抑制
- 省エネルギーにも寄与（光熱水費も削減）

【事務系端末シンクライアント化の省エネルギー効果概算】

$(100\text{W} - (4\text{W} + 24\text{W})) \times 8\text{h} \times 200\text{日} \times 3,000\text{人} = 345,600\text{ kWh/年}$ （691 万円/年）

※ 卓上 PC：100W、業務系シンクライアント：1 ユーザあたり 4W（実績値）＋液晶ディスプレイ：24W として算出

1.2.3. 外部サービスの利用

外部サービスの利用により省エネルギーが可能である。データセンターはサーバ類を集約運用する専用の施設であり、管理運用の効率、省エネルギー性能が極めて高い。「餅は餅屋」として管理運用は外部サービス業者に任せ研究活動にリソースを集中することが、大学のアクティビティ向上、省エネルギー、低炭素化の実現に繋がると考えられる。

外部サービス利用のメリットについては第 1.3.2 項に記載しているため参照されたい。

1.3. 大学におけるサーバ類の今後の方向性

大学におけるサーバ類は集約化することにより省エネルギー化が可能であり、その方法は大きく2通りである。

- ・ 学内のサーバ室に集約
- ・ 外部サービスを利用（データセンターに集約）

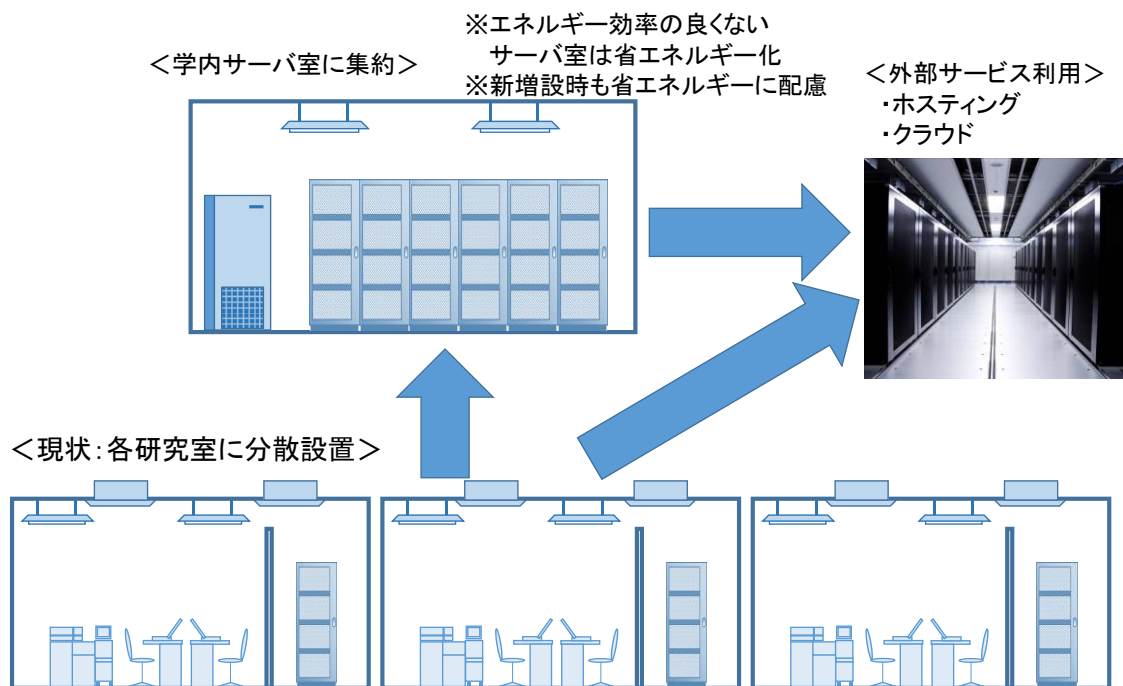


図 1-2 大学における今後の方向性

サーバ類に関しては研究室単位に分散設置されている状況が散見されている。同様の管理が必要な設備が分散設置されることは効率が良いとは言えず、管理運用面、また省エネルギーの観点からも集約化されることが望ましい。集約化により省力・省エネルギー化を実現し、人的リソースや基盤的経費を研究に集中させることが大学における研究活動に有用と考える。

1.3.1. 学内サーバ室への集約

研究室内に設置されたサーバを研究科、専攻などの単位で管理するサーバ室に集約することにより、以下のメリットが得られる。

- ・ サーバの排熱、冷却により室内環境が悪化することがなくなる
(サーバは24時間365日冷房を必要とし、部屋全体を必要以上に冷却)
- ・ 集約化により管理に要する労力が低減
- ・ 物理的セキュリティ（地震等への備え）も向上
- ・ サーバ専用の空調となるため、故障リスクが低減
- ・ エネルギー効率が向上（＝光熱水費が削減）

1.3.2. 外部サービスの利用

1.3.2.1. 外部データセンターの利用（ホスティング）

ホスティングでは学内にサーバを所有せず、サービス事業者がデータセンターにてサーバ運営管理を行う。先述の通りデータセンターは管理運用効率、省エネルギー性能が高く、以下のメリットがある。

- ・ 情報セキュリティが強固
- ・ 事業継続性（BCP）が強固
（自家発電機などの電源対策、強固な建物構造、良好な地盤立地などの地震対策）
- ・ 安定かつサーバに適した熱環境（熱リスクの極小化）
- ・ 運用柔軟性の向上（研究室移転やサーバ増設時等に設備要件を気にしなくて良い）
- ・ サーバを資産として保有しないため、経年による陳腐化を回避
- ・ サーバ利用に伴う大学内でのエネルギー消費は 0 となる（社会全体で見ても省エネルギー）

1.3.2.2. 外部クラウドの利用

データセンターにてクラウドのサービスを利用することにより、上述のメリットに加え以下のメリットがある。

- ・ 要求スペックに応じた柔軟な運用が可能
- ・ 更に省エネルギー（物理サーバ台数が少ない、負荷分散集中しやすく省エネルギー運用が可能）

なお東京都には事業者には CO₂ 排出量削減義務を課す「環境確保条例」が存在する。データセンターはエネルギー密度が高く CO₂ 排出量そのものは多いが、一方で省 CO₂ 性能に優れており、各企業等に分散設置されているサーバ類がデータセンターに集約されると社会全体として省 CO₂ が図れる。（日本データセンター協会資料によると、データセンター集約＋クラウド化により 40%程度の CO₂ が削減される。）

東京都もその特性を認識しており、環境配慮型データセンター認証などの制度を設け省 CO₂ に有効なデータセンター（＋クラウド）の利用を促している。低炭素社会の実現に向け、データセンターを有効に活用することは、社会のひとつの潮流ともいえる。

※ 外部サービス利用にあたっては既存システムの要件やサービス費などとの兼ね合いもある。利用に際してはサービス事業者とよく相談、調整することが必要である。

1.3.3. ICT 機器新增設時の対策

研究科、専攻がサーバ室に ICT 機器を新增設する際の設計、施工時の対策もまた重要である。構築時の基本的な考えや調達のポイントなどが予めわかっているならばメンテナンス性もよく、省エネルギー性の高い設備構築が可能となる。

設計、発注時に利用ユーザが留意すべき事項を第 3 章、機器導入・施工時に利用ユーザが留意すべき事項を第 4 章にそれぞれまとめている。目的に応じ参照されたい。

1.3.4. サーバ室の省エネルギー化

研究科、専攻によっては専用室により管理されているサーバもあるが、以下のような状況が散見されている。

- ・ 室用途・・・元々サーバ室向けではない部屋をそのまま利用
- ・ 空流・・・空気の流れが悪くサーバが効率よく冷えない（エネルギーロス、熱暴走リスク）
- ・ 空調機・・・天吊り型空調機などサーバに向いていない空調機を使用
- ・ ラック・・・耐震性など安全性への配慮がまちまち
- ・ ラック内施工・・・配線が煩雑になり作業効率、空調効率に影響

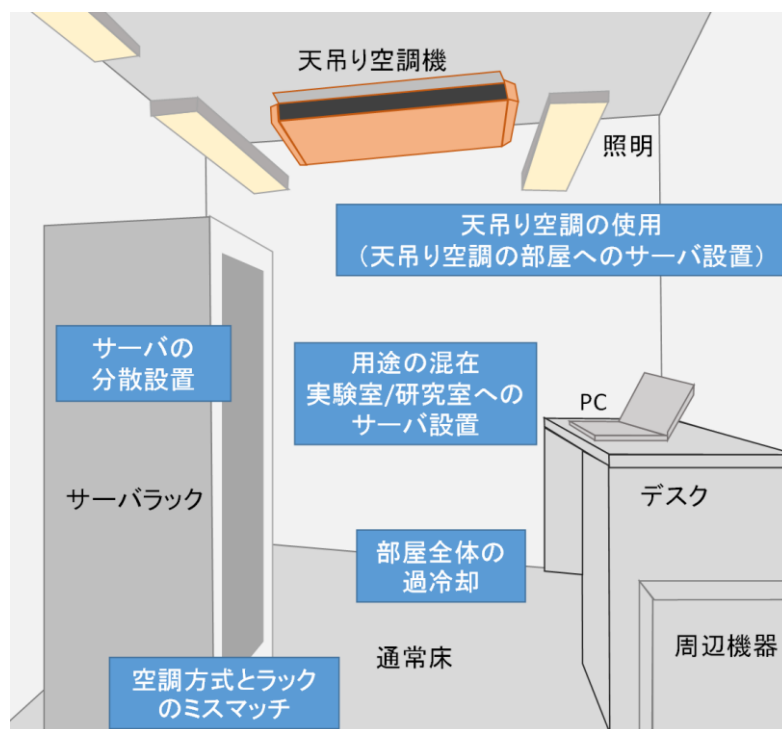


図 1-3 既存サーバ室の例

これらは運用上の不具合にも繋がる可能性があるうえ、空調用の光熱水費の増加にもつながる。サーバ室の運用開始時や設備更新時には予算に応じて導入される設備や対策グレードが決まってくるが、初期投資を抑えると「安物買いの銭失い」に陥りかねない。例えば空調の更新時に安

価な空調機を導入すると初期投資は安いですが光熱水費は高くなり、故障のリスクも高くなる場合がある。必要な対策は初期投資が余計にかかっても、結果としてトータルコストは下がり、各種リスクの軽減にもつなげることができる。

サーバ室における ICT 機器、空調、電源設備などの具体的な留意すべき事項は第 2 章、既存サーバ室での省エネルギー化の進め方については第 5 章に記載するので参照されたい。

なお、一例としてあげている、柏キャンパスにおけるサーバ室の改修事例では、運用上の不具合を解消しつつ光熱水費が年間 200 万円以上も削減されている。（「第 6.1 節 柏キャンパス総合研究棟サーバ室（空間情報センター）；pp. 121」を参照）

(コラム) 「見える化」について

昨今、家庭用の電力メーターが順次「スマートメーター」へ取り替えられている。スマートメーターとは通信機能を搭載した新しいタイプの電力メーターで、大きな特徴として 30 分単位の電力使用量のデータをユーザ側に提供できる仕様となっている（従前の電力メーターは、毎月の電力量を目視で確認することしか出来ない）。

スマートメーターは電力会社に対しても料金メニューの多様化や検針の省力化、設備投資の効率化などのメリットがある一方で、ユーザに対しても家庭での電力消費実態を「見える化」出来るというメリットがある。

「計測なくして改善なし」という言葉があるように、「見える化」は改善（家庭の場合は無駄、ムラの改善による省エネルギー（光熱水費の改善））に向けた PDCA サイクルを推進する強力なツールとなり得る。データにより具体的な目標設定や課題抽出が可能となり、より効果的な対策を講じ実行し、データに基づく効果検証を行い次のアクションにつなげていくことが可能となる。

TSCP 室も計測を行いキャンパスの省 CO₂につなげている。例えば工学部の建物では計測結果に基づき既存の空調設備の運用変更を行ったほか、熱源更新時も建物のエネルギー使用実態に即した省エネルギーな設備としてきている。

東大全体でも「見える化」を行った実績がある。2011 年東日本大震災のタイミングでキャンパスの消費電力量の「見える化」を行い、更にウェブ上での「見せる化」をすることによって目標ラインの共有・明確化、節電意識の向上、省エネルギー行動の促進につなげ、2011 年夏季は全学で 23%の消費電力量の削減（工学部実証建物では 31%の削減）を実現している。

見える化・計量は大学の研究活動にも有用である。個々の研究室においてどの程度のエネルギーが消費されているかは測っていないと意識される機会はなく、結果として貴重な基盤研究用の資金がエネルギーコストに消えてしまっているということにもなりかねない。また計量することによって光熱水費を外部資金の直接経費とすることも可能となる。

「見える化」「計量」はデータ類を収集するセンサ、計量器類の普及、さらには ICT 技術の進歩と相まって、より身近なものとなってきた。大学運営の効率化、サステナビリティの実現、社会的責任の全うに向け、更なる見える化の有効活用が期待される。

※家庭での見える化にはスマートメーターの他、個別に申込(Bルートサービス)、HEMS の設置が必要。

2. サーバ室のガイドライン

本章においては、サーバ室の特徴や具備すべき要件、室内のレイアウトやフロア、ICT 機器、空調、電源設備などの各設備の概要と主に省エネルギー化を進めるための考慮事項を記述する。

2.1. サーバ室の構成要素とエネルギー消費

2.1.1. サーバ室の区分

サーバ室の設備は以下より分類される。

- ① 建物設備
 - ・ 壁面・天井・二重床などの仕上げ
- ② 空調設備
 - ・ 空調機（屋内機・屋外機）、除加湿器、消火設備
- ③ 電気設備
 - ・ 受電設備、発電機、無停電電源装置、配電設備、分電盤、照明設備、コンセント
- ④ サーバ室設備
 - ・ サーバラック、通信配線設備
- ⑤ 計算設備
 - ・ PC・ストレージ・ネットワーク機器などの ICT 機器

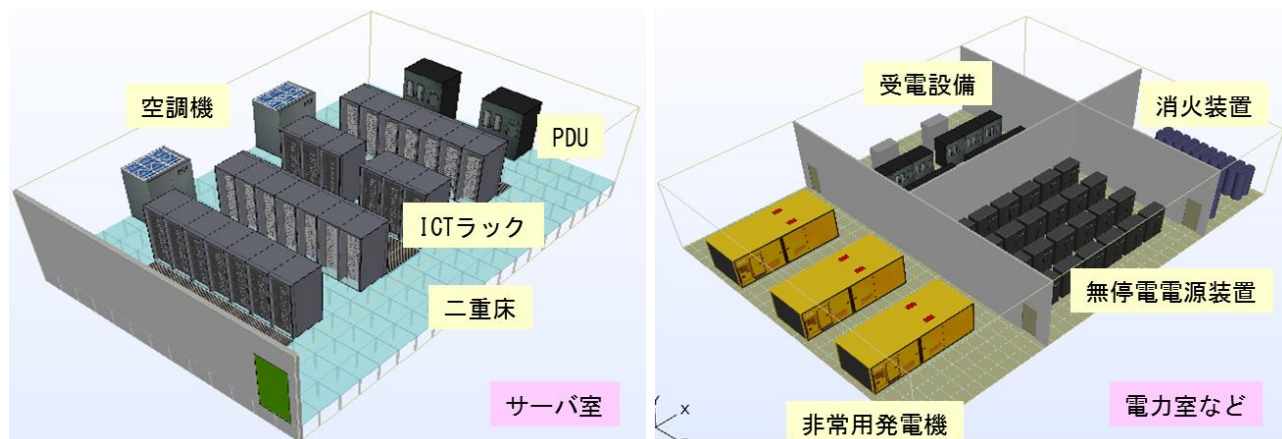


図 2-1 サーバ室の設備

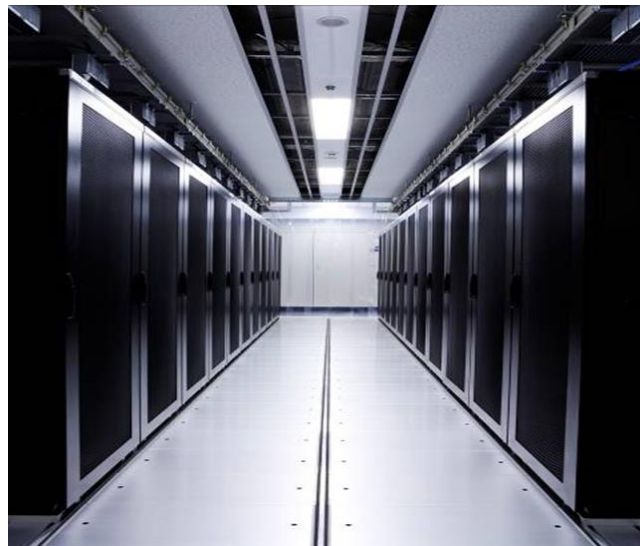
(コラム) データセンターとは(JDCC ホームページより引用)

データセンターとは、分散する ICT 機器を集約設置し効率よく運用するために作られた専用施設であり、以下のような具体的な効用がある。

- 環境にやさしい
- リスク(災害やセキュリティ事故など)に強い
- 専門の管理者・体制で運用コスト削減

データセンターの特長には下記のようなものがある。

- 通信事業者の光ファイバーなどの通信回線を大量に利用可能とするため、通常のオフィスビルと比べて非常に多くの通信回線が引き込み済となっている。また通常、複数の通信事業者の通信回線が利用可能になっている。
- 災害時にもサービスの提供に極力支障が出ないように建物自体も耐震構造とされている。
- 電力供給が途絶えた場合に備え大容量の蓄電池や自家発電装置等を備えている。
- 構内で火災が発生した場合にも中に設置されている機器を極力痛めないよう、通常のスプリンクラーではなく二酸化炭素やフロンガスによる消火設備を持っている。



(NTT コムウェア株式会社より提供)

図 2-2 サーバ室

2.1.2. サーバ室の電力消費

一般的なオフィスビルにおいては人の居る間は電力消費が大きくなるのに対し、ICT 機器が常時稼動しているサーバ室での電力消費は一日中ほぼ一定である。そのためエネルギー密度が非常に大きく、省エネルギー対策は大変重要である。

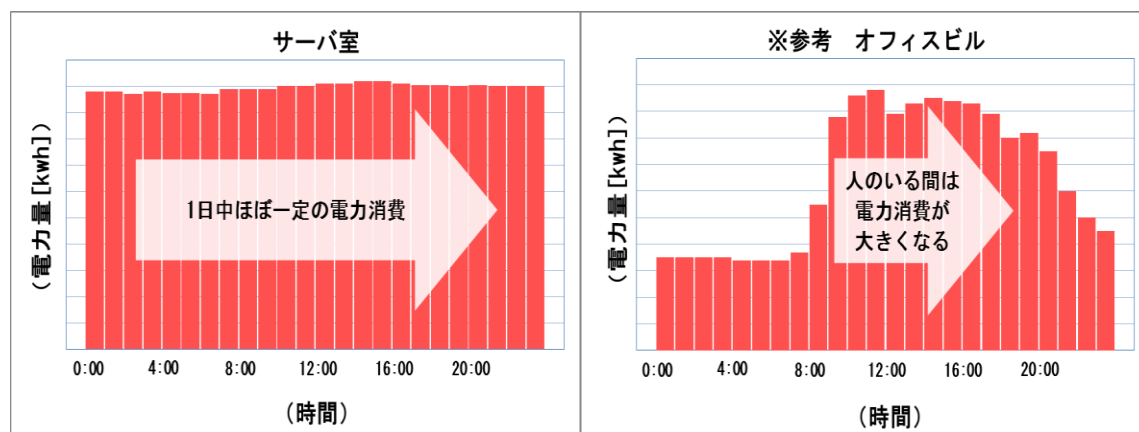


図 2-3 サーバ室での電力消費状況イメージ

サーバ室で消費される電力は、ICT 機器で消費される電力以外に冷却、照明などの機器、無停電電源装置(UPS)などの電源装置で消費される電力があり、これらのそれぞれをできるだけ少なくする工夫が省エネルギーにつながる。

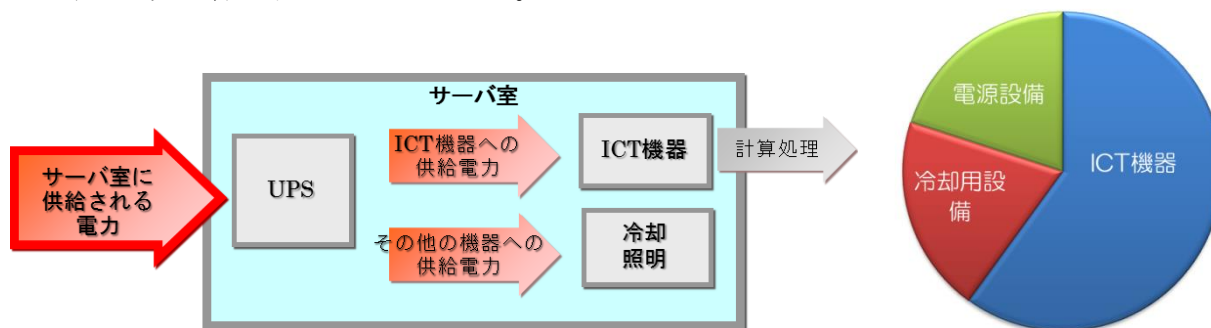


図 2-4 サーバ室での電力消費

(コラム) 「PUE」について

データセンターの省エネルギーの指標としては、米国 The Green Grid(TGG)において、PUE (Power Usage Effectiveness) が提唱されている。

PUE とはデータセンター（サーバ室）全体の電力消費と計算処理を行う ICT 機器の電力消費の比を示す指標であり、できるだけ ICT 機器に電力を利用する発想で効率を見るものである。

サーバ室における年平均 PUE の値は、次のように算出し、1 に近づくほど効率が良い。

数式 2-1 PUE の計算式

$$PUE = \frac{\text{サーバ室全体の年間消費電力量[kWh]}}{\text{ICT 装置の年間消費電力量[kWh]}}$$

サーバ室全体の消費電力計測対象：

ICT 装置、熱源設備、空調設備、換気設備、消火設備、照明設備

100kW のサーバ室を例に PUE ごとの年間の電気料金を示す。

<条件>

ラック： 20 台

ラック発熱： 5kW/ラック

ICT 機器： 100kW

運転時間： 8,760 時間/年

電気料金単価： 20 円/kWh

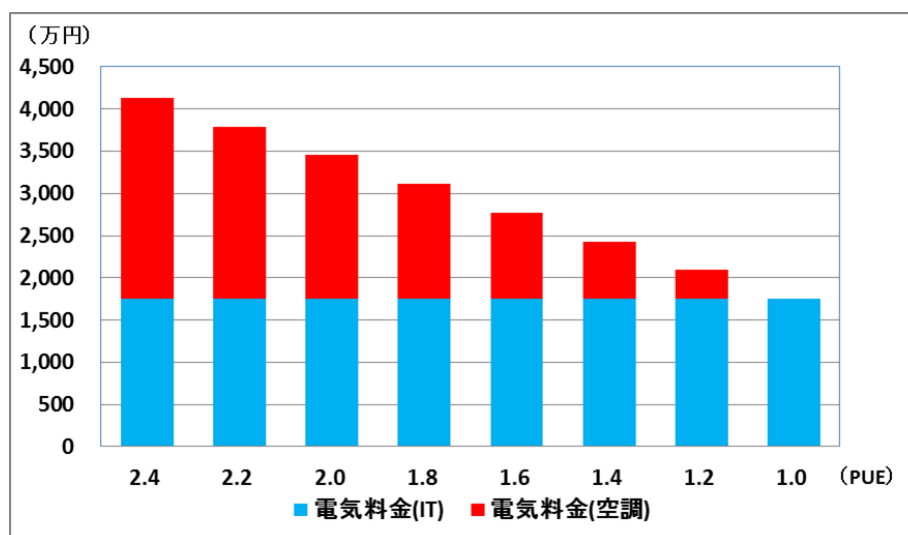


図 2-5 PUE 別電気料金比較表

2.2. サーバ室

サーバ室での消費電力のうち ICT 機器の次に大きな割合を占める空調電力を抑える事が重要である。昨今のサーバ室では、ICT 機器の電力密度、ラック当たりのサーバ搭載数、さらに各 ICT 機器の CPU の処理時間とも増加しており、ICT 機器を安全稼働させるため適切に ICT 機器を冷却する必要性が一層増している。特に空調機からの冷気が ICT 機器に供給されるかを検討することは必須といえる。サーバ室が冷やしすぎ(過冷却)や部屋全体を冷やしてしまっているなど、無駄なエネルギー消費とならないよう、空流を適切にコントロールし、冷やすべき箇所をきちんと冷やすことが重要である。

ICT 機器の冷却は、一般的な「冷やす」意味の冷却ではなく、ICT 機器での発熱を空気により「熱を抜く」冷却である。空気(送風)により熱を抜くためには ICT 機器の消費電力 1kW の発熱に対し、1 時間当たり約 300 m³の風量を給気⁴する必要がある。室内空調機からの風量を効率的に ICT 機器の抜熱に利用することが省エネルギーの重要なポイントである。(参考 1.1.1 項参照)

空調機からの必要風量の算出にあたっては、以下の点に関しても注意が必要である。

- ICT 機器の総消費電力相当の冷却能力が空調機にあること
- ICT 機器に適切な冷気が供給されていること

このため、サーバ室を新たに設計する際には、以下の点を考慮することが必要である。

- ホットアイルとコールドアイルを明確にしたサーバ室のレイアウト
- 空流を阻害しないサーバラック
- ショートサーキットを防止する空流対策

⁴ 本書の中では「給気」と「吸気」と類似の用語を用いている。サーバ室の要件として、空調装置を主体に見た場合に「給気」、ICT 機器を主体に見た場合には「吸気」としている。

サーバ室の温湿度条件は、ICT 機器の推奨温湿度条件に合わせて設定する。温度条件については、装置温度が ICT 機器の推奨温度上限に近い温度（メーカーに確認）となるように設定することが省エネルギーにつながる。

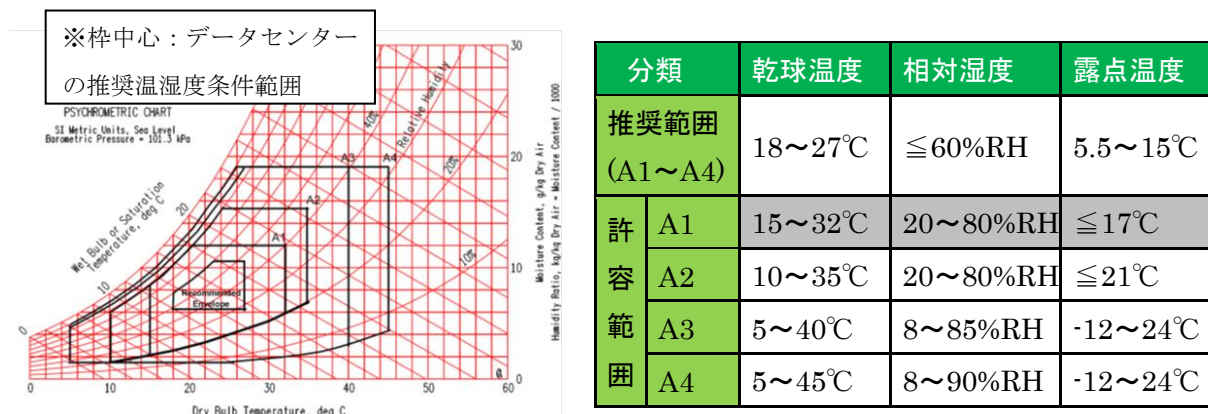
項目	条件			
装置吸気 温湿度 許容値	装置状態	動作時（許容値）	動作時（推奨値）	休止時
	温度	10～35℃	18～28℃	5～45℃
	湿度	20～80% RH （結露しないこと）	5.5℃ DP ～15℃ DP かつ 60% RH 以下	8～80% RH （結露しないこと）

動作時：電源投入され、装置が稼働している状態
 休止時：電源未投入で、装置が停止している状態

（富士通株式会社カタログより引用）

図 2-6 サーバ機器類動作環境例

一般的にサーバ室には異なる温湿度条件の ICT 装置が混在しており、それら機器を適正環境に保つためには 2011 ASHRAE（アメリカ暖房冷凍空調学会） Environmental Guidelines for Datacom Equipment のデータセンターの A1 クラス（15～32℃、20～80%RH）に準拠することが望まれる。



（出典；ASHRAE TC9.9 2015.1）

図 2-7 ASHRAE 温湿度ガイドライン

(コラム) サーバ機器類の適正冷却温度

第 2.5.4 節に後述するように、空調装置の吹き出し温度を上げることで、空調装置の電力を抑えることができる。

一方、高温状態でのサーバ機器類は

- 冷却ファンの消費電力が増加
- 使用 IC の半導体内での漏れ電流が増加 (IC 破壊につながる)
- HDD などの寿命が短縮

するため、空調電力と ICT 装置の対温度消費電流でのバランスがとれるスイートスポットで運転する必要がある。

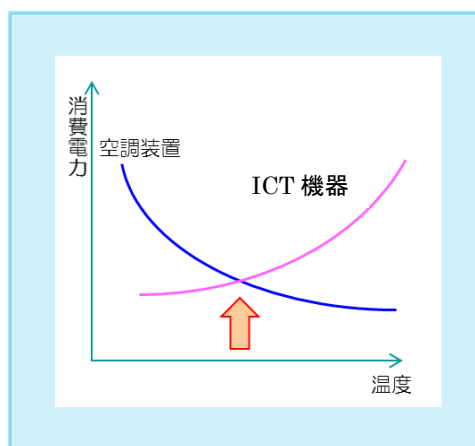
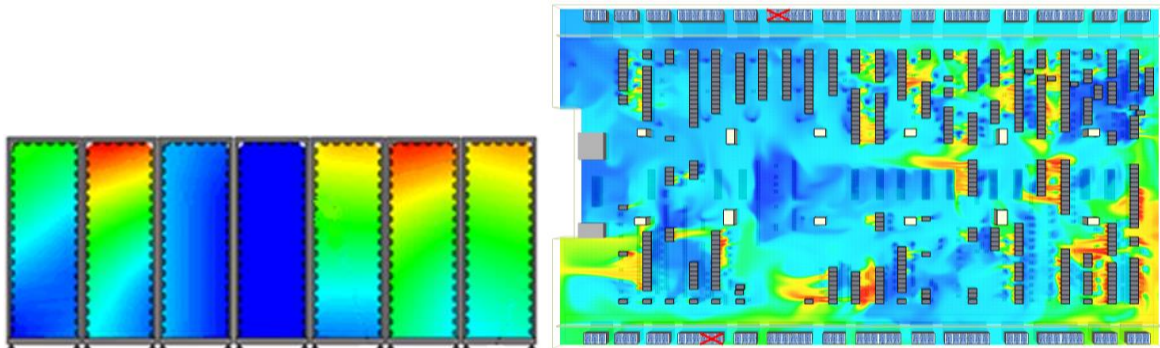


図 2-8 環境温度と消費電力の関係

サーバ室に置かれる ICT 機器の発熱量にはバラツキがあり、サーバ室内での温度は一定ではない。



(1)サーバラックへの給気温度分布例

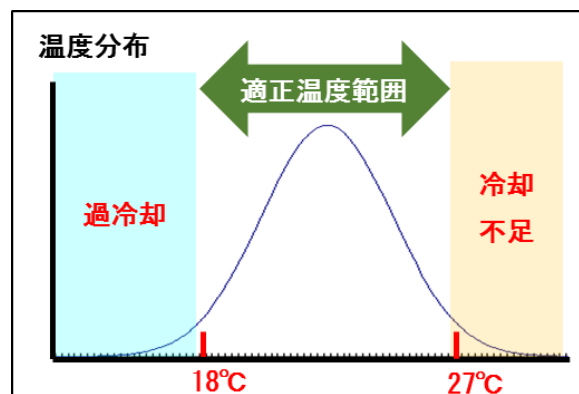
(2) サーバ室内の温度分布例

図 2-9 サーバ室内の温度分布（赤：高温、青：低温）

サーバ給気温度の分布は ICT 機器の許容温湿度範囲内に収まっている必要がある。空調装置のメンテナンス、ICT 機器の負荷変動などによるサーバ給気温度の変動に備え、ASHRAE 推奨温度を越えるところが

- ・ 低温度の場合 過冷却
- ・ 高温度の場合 冷却不足

となり、対処が必要である。



（温度範囲は ASHRAE 推奨温度範囲）

図 2-10 サーバ給気温度の分布

過冷却、冷却不足を防止するには、給気温度のばらつきを小さくし、空調の温度制御を容易にするため、空流対策を予め実施しておく必要がある。

ICT 機器毎の発熱量の違いにより、サーバ室内では局所的な高温状態、「ホットスポット（熱溜り）」が発生することがある。ホットスポットが発生した場合でも ICT 機器への給気温度を適

正範囲内にするため、空調機の吹出温度を低く設定(過冷却)することがあり、結果として多くの電力を消費することになっている。この対策として、空流を考慮したサーバ室の設計を行い、ICT 機器への給気温度を均等化し、ホットスポットを防止する。更に、空調吹出温度を上げることも可能となり、空調装置の送風機、熱源の省エネルギーを行うことができる。

サーバ運用に際してはサーバ室ならびに ICT 機器のモニタリングをするために温度センサや電力センサを配置し、サーバ室内の空流や温度管理に活用することが望ましい。空流解析技術を活用し、事前に複数のケーススタディを実施し、安全かつ最適なサーバ室内の空流が得られるように検討することが重要である。

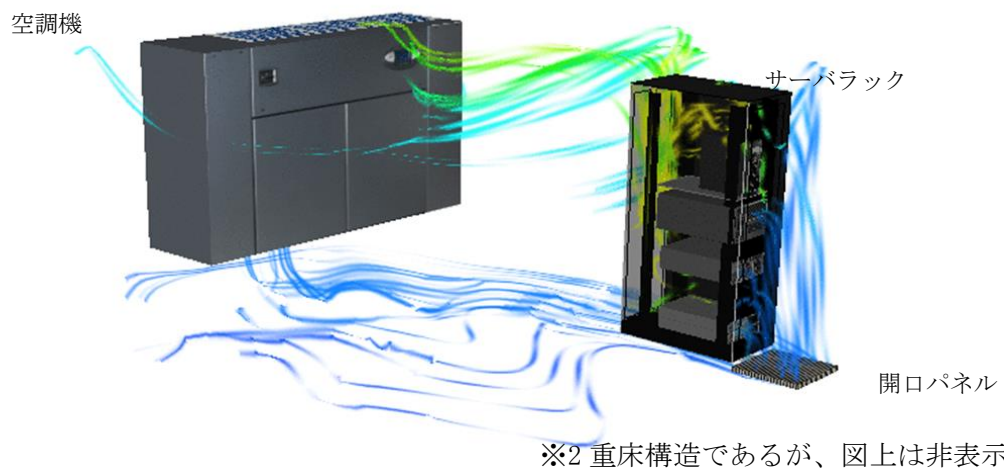


図 2-11 空流のイメージ

2.2.1. サーバ室のレイアウト

これまでサーバ室の多くは、サーバを「冷やす」との誤解からサーバ室全体を冷やしていることが見受けられた。しかし、送風により ICT 機器からの発熱を抜くことへの理解が進み、空調装置からの冷気を有効に使うために、空流を前提としたサーバラックの配置が行われるようになってきた。

ICT 機器での前面吸気背面排気が一般化しており、サーバラックにおいても前面から給気し、背面より排気する、コールドアイル（サーバへの給気を行う通路）とホットアイル（サーバからの暖気を受ける通路）を明確に分けるアイルの分離方式が普及してきている。（参考 1.3.1 項参照。）これにより空調装置からの冷気を有効に使うことや空調装置での送風量を減らすことができ、省エネルギーにつながる。

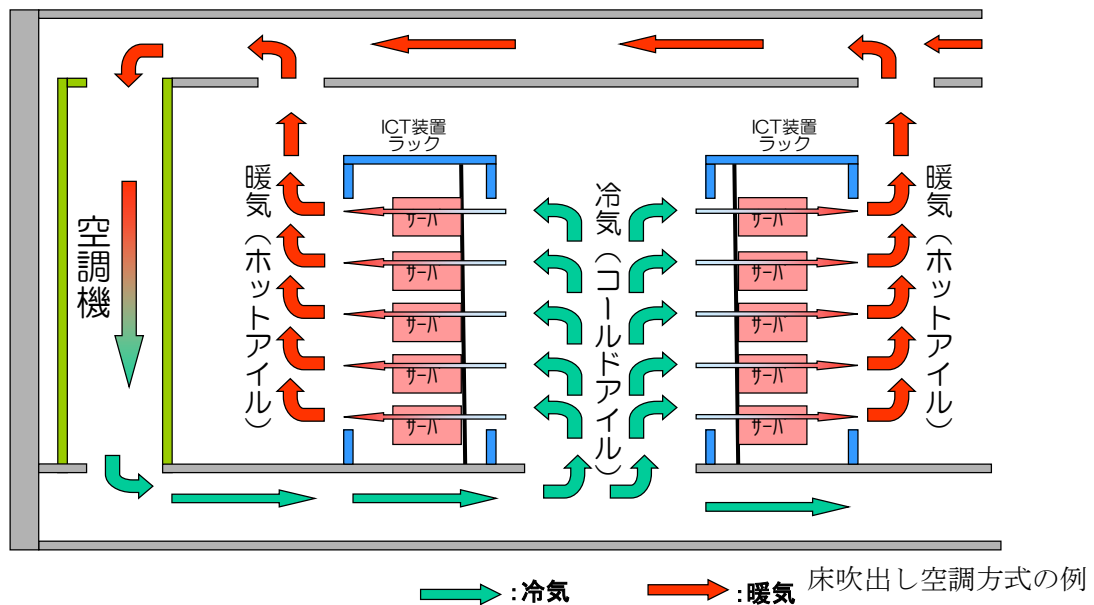


図 2-12 アイル分離方式

サーバ室のレイアウトを検討する場合、空調機の特徴やメンテナンス性を考慮した計画を行うことが重要になる。

レイアウト設計時に留意する項目は以下の通り。詳細については、専門家と相談すること。

① 空調機の特徴に合わせた機器配置の決定（コールドアイル、ホットアイルの分離）

- 空調機の吹出口から供給された冷気がサーバラックの排気に混合されずに提供され、サーバラックから排気された空気が、熱だまりを起こさない適正な配置を行う
- 床吹き出し空調方式や天井レターン方式を採用する場合は、吹出口（コールドアイル）、吸込口（ホットアイル）の適正な設置を検討する
- 近年多様な冷却方式があるため、その特徴に合わせたレイアウトの検討を行う
- サーバラックは、間隔は空けず、隣り合わせに設置する

② メンテナンススペースの確保

空調機や分電盤などのメンテナンススペースの検討を行う。

③ 空調機の別室設置

近年、入室者の制限をかける観点からサーバ室と空調機械室を分けて計画するケースが増えている。扱うデータの重要度に応じてスペース検討を行う。

④ 空流解析による室内環境の確認

空流解析により、空調設備で適切なサーバ室環境が実現できるようにシミュレーション確

認を行う。

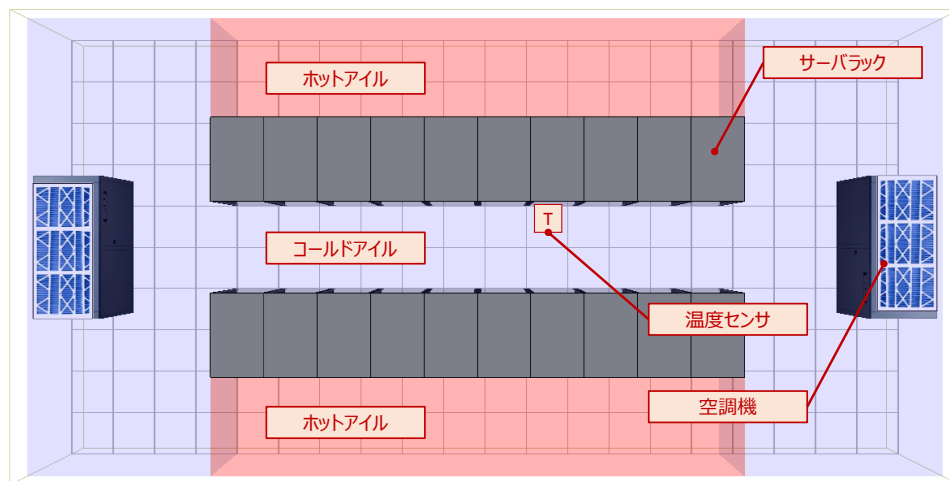


図 2-13 空調設備配置例

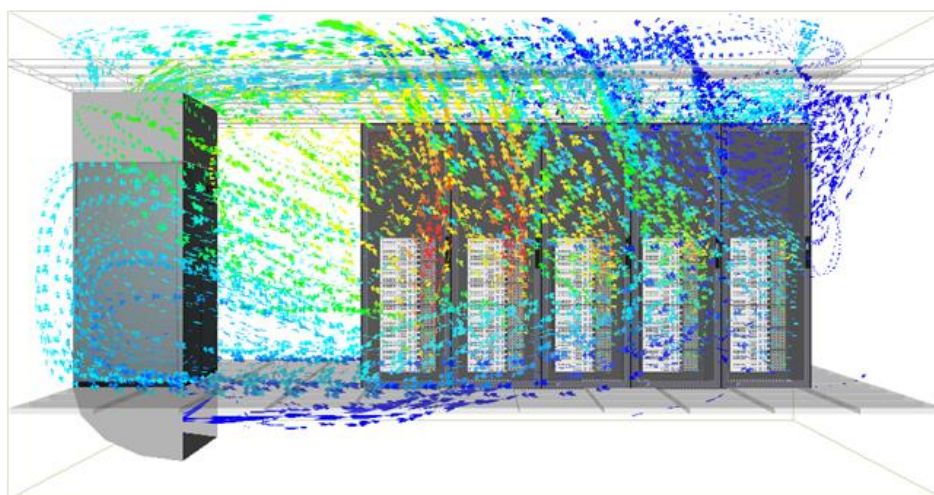


図 2-14 空流解析例

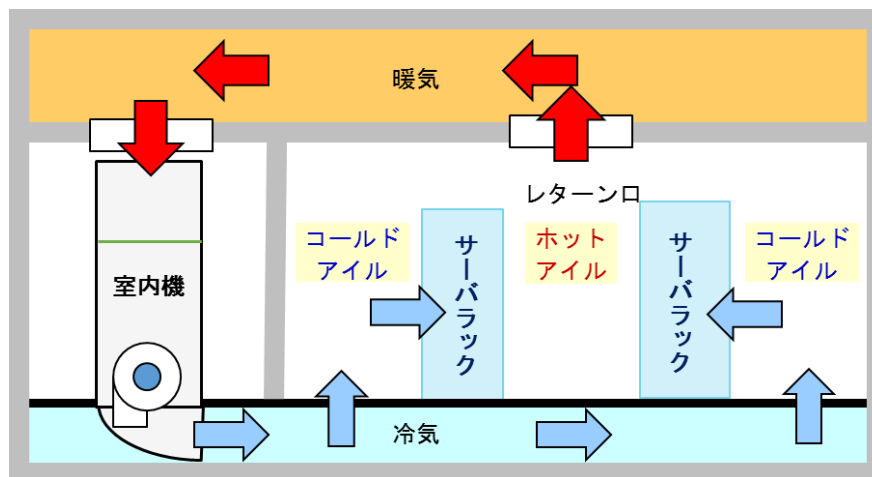
2.2.2. サーバ室の構造、造作

サーバ室にはサーバラックの他、分電盤、空調室内機などを設置する。このため、耐震性能、静電性能、搭載許容荷重を満足する以外に省エネルギーの上でいくつかの考慮点がある。

フロアとしては、二重構造となっている二重床を採用することが多い。床下は空調機からの冷気の流路と各種ケーブル配線を行う空間として使用し、床上に ICT 装置などを搭載するラックを設置する。なお、上吹出空調、ラック型空調などの空調方式を採用している場合には、冷気の流路としては利用されない。

また、天井を用意して、天井内を排気用のダクトとして利用する場合もある。

サーバ室に利用される天井、壁面、フロアについては、耐震、防火、電磁防止、帯電防止などの基本性能を有する素材を利用することが求められる。



床吹出し空調方式の例

図 2-15 サーバ室フロアの構造例

冷気が効率よくサーバに給気、排気されることが省エネルギーの観点からも重要であり、以下の点を考慮する必要がある。

- 空調機からコールドアイルへの床下での冷気の損失を抑える
- 冷気の還気へのショートサーキットを抑える
- ホットアイル、天井空間からコールドアイルへのショートサーキットを抑える
- コールドアイルからホットアイル、天井空間へのショートサーキットを抑える
- レターン口から空調機への還気の損失を抑える

フロア設計時の留意事項を以下に示す。詳細については、専門家と相談すること。

① サーバ室フロアの諸元

ICT 機器の他、分電盤、空調室内機などの重量物を搭載するために、サーバ室フロアでは耐震性能、搭載許容荷重が重視される。また、EMS 対策（電磁防止、帯電防止）についても考慮した部材、構造を利用する。

二重床を採用する場合には、ICT 機器などの搬入時の段差に対する安全性を確保するためにランプ（傾斜床）を設置する。ランプの中は最小で 1,800mm は確保し、傾斜は 12 分の 1 以下とすること。

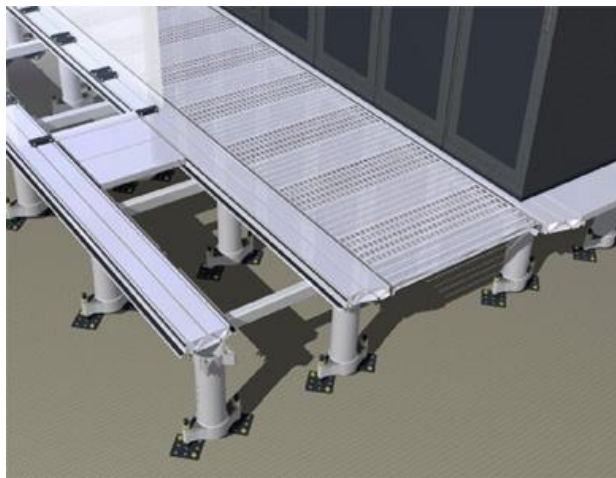
② 開口パネルの設置

床吹出し空調方式を採用する場合、冷気をコールドアイルに供給するために開口パネルを利用する。ICT 機器の発熱量に応じて、開口パネルの設置枚数を調整することにより、開口量を調整する。開口パネルに開口度調整機能を持つものもある。開口パネルはコールドアイル側とし、ホットアイル側に配置しないようにする。



(センクシア株式会社より提供)

図 2-16 開口パネルの例



(株式会社 NTT ファシリティーズ HP より引用)

図 2-17 架台一体型二重床の例

二重床への耐震固定やサーバラック下部からのケーブルロのためには、開口パネルなどに開口、固定などの加工を必要とする。これらの工事期間の短縮のために、あらかじめサーバラックを固定するレールを備え、様々な開口率を持つパネルを組み合わせている、架台一体型二重床を採用する例が増えている。

③ 耐震性の確保

サーバラックの耐震性能、許容荷重を維持するためにサーバラックを固定することが重要であり、さまざまな工法が開発されている。

免震、制震性能を有する免震構造の建物が多くのデータセンターで採用されている。また、建物構造が耐震構造の場合においてもサーバ室の免震性能を確保するためのサーバラック用免震装置がよく利用されている。

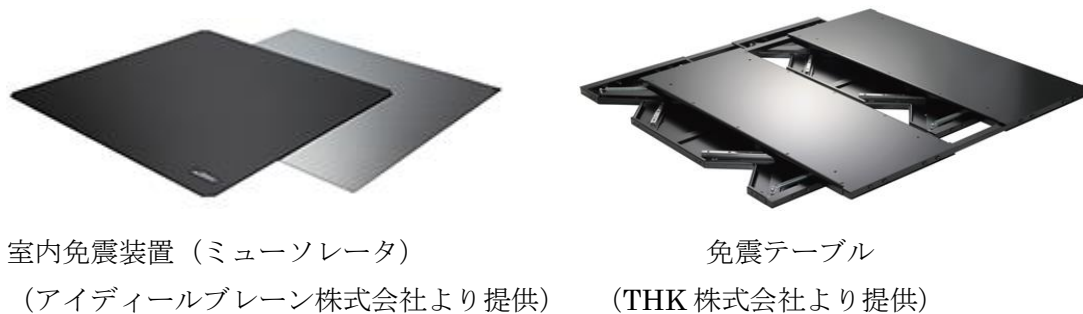
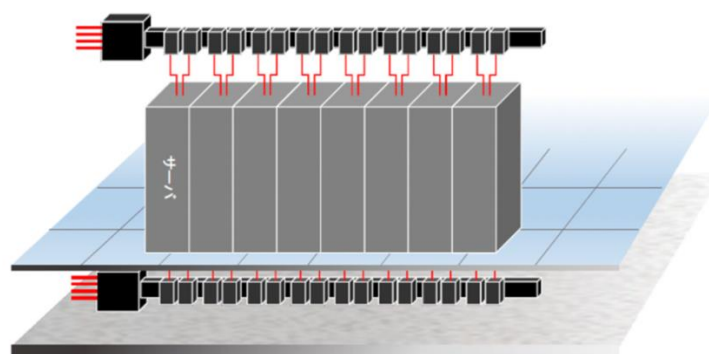


図 2-18 床免震装置の例

④ 床下空流の確保

床吹出し空調方式を採用する場合、床下にある各種電源線、通信線、配管は冷気の流れを阻害するため、空調有効スペースを確保する必要がある。これらのケーブル付設を効率化するためにバスダクトを利用する例が増えており、更に床下空流を阻害しないようにするためにサーバラック上部に配線することが一般化してきている。

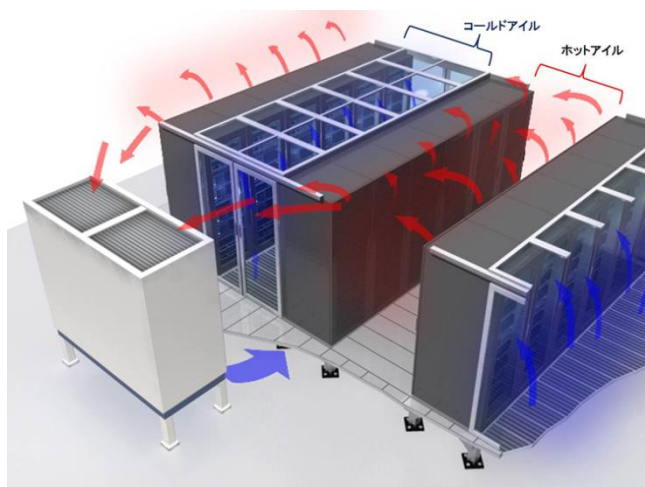


（共同カイトック株式会社より提供）

図 2-19 バスダクトの例

⑤ コンテインメント

コールドアイルもしくはホットアイルを区画することで、ICT 機器への給気、排気を明確に区分することが出来、効率的に空調を行うことが可能となる。



(日比谷総合設備株式会社より提供)

図 2-20 コールドアイルコンテインメントの例

⑥ 天井の諸元

天井には照明設備、消火、防火用、監視カメラなどの設備が取付けられる。多くの天井は、建物構造（スラブ）より懸垂用鉄棒（ステー）などによる吊り下げ天井であり、同様に吊り下げられることの多い、配管などと共に耐震性能を満足する必要がある。

サーバラック上部から天井までの距離（天井空間）を確保し、天井空間からコールドアイルへの暖気ショートサーキットを防止すること。

天井内を還気用のダクトとして利用する場合、天井裏配管などが還気を阻害しない配置にする。

⑦ レターン口の配置

天井内を排気用のダクトとして利用する場合、暖気を空調機に戻す、レターン口の位置はホットアイル上部とし、暖気を効率よく還気できることが重要である。

2.3. ICT 機器

サーバ室での消費電力のうちサーバ、ネットワーク機器、ストレージなどの ICT 機器が最も大きな割合を占めており、消費電力を抑える事が重要である。ICT 機器の調達時に考慮すべき消費電力を抑える事項については、第 3.1 節に記述しており、本節においてはサーバ室の省エネルギーに関する留意事項を示す。

2.3.1. 機器冷却

ICT 機器の消費電力（発熱量）が同等以下であっても、それぞれの ICT 機器の排気の風量・風速が異なることによって、サーバ室内にホットスポットが生じる等、冷却が困難になることがある。事前にベンダ、TSCP 室に相談し、必要であれば空流解析等による検証を実施すること。

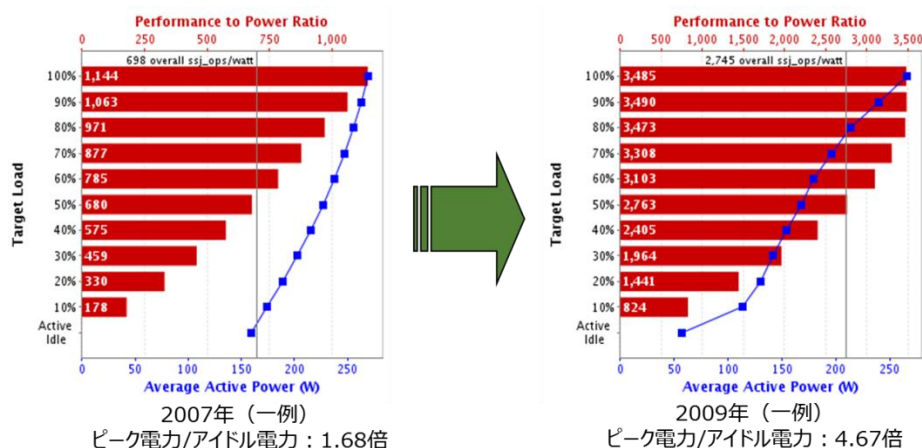
① 機器発熱の変化への考慮

ICT 機器における省エネルギーの取組により ICT 機器（特にサーバは顕著）の排気はその風量が大きく変動するようになり、その高密度化により ICT 機器の排気はより風速が速くなるように変化してきている。その結果、システムの置き換えで旧システムと新システムで消費電力が増えない場合でも、演算処理負荷の変動が大きいシステムでは空調システムがその変動に追従できない、高密度化されたシステムでは今までは想定されないような ICT 機器排気の回り込みによる熱だまりが発生する等、空調システムに問題が生じる可能性があり、空調システムとの整合の再確認や別章にある空流対策が必要になる場合がある。システムをより省エネルギーにするためにも、システム新增設、更新などの機会に合わせてその検討を実施すること。

② ICT 機器の省エネルギー化による排気風量の変化について

ICT 機器の省エネルギー化の取組としてプロセッサを中心に使用しない回路を停止させる (Clock Gating、Power Gating)、必要な演算処理量に合わせて動作電圧や周波数を変える (Dynamic Voltage Frequency Scaling、Throttling) 等の仕組みが組み込まれてきている。その結果、ICT 機器において演算処理量に比例して消費電力が変動する傾向がより顕著になっている。以下に SPEC Power のスコアの一例を示すが、最大負荷時の消費電力は同程度であっても最小負荷時の消費電力は 1/3 になっている。

また、ICT 機器はこの発熱量の変動に対してファン消費電力を削減するため、ファンの回転数を制御して能力（風量）を変動させる。この消費電力変動は、負荷変動に合わせて極めて短時間に生じるので、小規模なサーバ室においては空調システムが追従できない場合がある。このようなことが懸念される場合には TSCP 室に相談すること。



出典：Standard Performance Evaluation Corporation
<http://www.spec.org/>

図 2-21 SPEC Power スコア例

③ ICT 機器の高密度化による排気風速の変化

ICT 機器の高密度化によりラック搭載型の ICT 装置はより薄くなってきている。

機器の吸排気は前面から背面に行われるため、ICT 機器が高密度化により ICT 機器が薄くなると、その冷却風の断面積が小さくなる。空気比熱は変わらないため、ICT 機器発熱が同じであれば必要な冷却風量は同じになる。同じ風量を小さい断面積に通過させるには風速を上げるしかなく、例えば同じ発熱量の 2U サーバに対して 1U サーバはほぼ倍の風速で排気することになる。

排気風速が速くなることによって、今までは生じなかった ICT 機器の排気の回り込みによる熱だまりが生じる可能性が高くなる。

2.3.2. 機器給電

日本の一般的な商用電圧は単相 100V であるが、配電ロスを削減するためより高い電圧である単相 200V での給電を実施すること。

複数の分電盤を使って給電するような大規模なシステムでは、三相 200V 等での給電も施設担当と相談、検討を実施すること。

① 機器給電電圧の選択

- ICT 機器の給電電圧は、日本の商用電圧 100V 周波数 50/60Hz に対応しているが、より高い電圧で給電・配電した方が、配電ロスを削減できる。ICT 機器は通常、グローバルに存在する商用電圧 100-240V 周波数 50/60Hz に対応できるようになっているため、200V での給電を行えば配電ロスを半減できる。
- 100V と 200V では給電ケーブルのプラグ形状が異なるので、200V 給電に使用する電

源コードセット入手については、その機器の供給ベンダに相談すること。一般的に 200V 対応のコードセットやコンセントバーとしては、国際規格 IEC60320 製品の入手性が高い（標準で添付されている場合もある）。

- ICT システムの規模によってはより効率的な配電方式があり、単相交流ではなく三相交流を使うことで配電ケーブルのスペースを削減でき、空調冷風の空気の流れを改善できる可能性もある。下記に給配電構成について例示するが、その採用については、ベンダと TSCP 室に相談のこと。

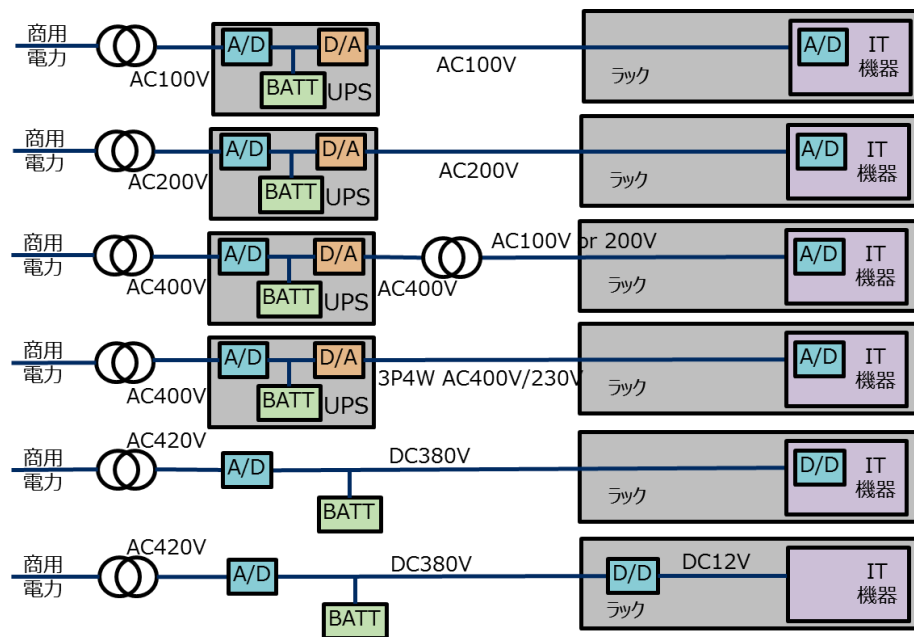


図 2-22 配電構成事例

2.3.3. 消費電力見積もりツール・消費電力見える化の活用

ICT 機器導入に当たって過剰な電源設備、空調設備の導入を防止するため、ICT 機器の消費電力（発熱量）の見積もりは、最大構成、最大負荷の定格電力によるのではなく実際に使用する構成、負荷での見積もりを実施すること。

また、その運用に当たっては消費電力・環境温度等の見える化を行い過剰な ICT 機器、空調機機器の稼働を避け省エネルギーな運用（電気料金の削減）を心掛けること。

① ICT 機器消費電力見積もりの高精度化

- メーカーが提供する消費電力見積もりツールを活用することでカタログに記載されている最大構成、最大負荷の定格電力ではなく、実際に使用する構成・負荷での電力を見積もることで、余剰な空調・配電のファシリティ設備を削減できる。

② ICT 機器の省電力機能の活用

- 消費電力の見える化

ICT 環境の省エネルギー対策を推進する上で、その消費電力量の把握は重要である。ICT 機器による電力使用の少ない、あるいは多すぎる時間帯やその使用量をまず把握することから、電力削減への取り組みが始まる。ICT 機器に標準添付された運用管理ソフトウェアと ICT 機器に搭載された管理モジュール (BMC) との連携により、各 ICT 機器の消費電力を可視化する機能を提供されている ICT 機器もある。

時間帯に応じて変化する各 ICT 機器の消費電力の推移を集計、グラフ化し、システム全体の消費電力をより直感的に掴むことで、迅速かつ多角的な節電対策の立案が可能になる。

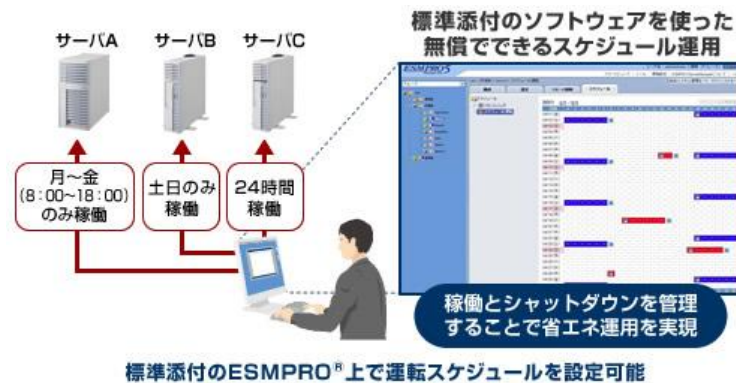


(日本電気株式会社より提供)

図 2-23 ICT 機器添付の運用管理ソフトウェアと本体装置搭載の BMC の連携事例

- スケジュール運用による節電

ICT 機器によって消費電力の推移を基に立案した節電対策に沿って、各 ICT 機器の稼働スケジュール設定が可能なものがある。スケジュール運用の管理画面から時間帯/日/曜日/週単位での細かな電源自動制御を行うことで、不必要な ICT 機器稼働による電力消費を容易に抑制することができる。また、グループ化した複数 ICT 機器の一括電源投入やシャットダウンにより、パフォーマンス要求に応じた稼働 ICT 機器数を最適化することで、業務に支障をきたすことなく効果的な省エネルギー運用を実現できる。



〔日本電気株式会社より提供〕

図 2-24 ICT 機器添付の運用管理ソフトウェアのスケジュール運用設定事例

- ピーク電力の制御

ICT 機器のピーク電力を抑える場合、利用している施設内で電力使用制限が設定されている場合に有効な電力ピーク制御 (Power Capping) 機能を標準提供しているものがある。利用する電力の上限設定を行うことで、パフォーマンスと電力のバランスを利用状況に応じて最適化でき、ICT 機器の最大消費電力の管理や、限りある施設内の電源リソース節約が可能となる。



〔日本電気株式会社より提供〕

図 2-25 ICT 機器添付の運用管理ソフトウェアの電力ピーク制御運用設定事例

また、複数台 ICT 機器が利用する電力量の上限設定が行える、電力自動分配(Group Power Capping)機能をサポートする ICT 機器もある。グループ全体で電力抑制の負荷分散を行うことから、ICT 機器毎の設定による単体での性能低下を緩和し、業務への影響を抑えたバランスのとれた節電が可能となる。



(日本電気株式会社より提供)

図 2-26 ICT 機器添付の運用管理ソフトウェアのグループ電力ピーク制御運用設定事例

2.4. サーバラック

2.4.1. サーバラックの基本仕様

サーバ室の設置環境およびシステム構成に適したサーバラックを選定する事により、安全で安定した運用を図ると共に、省エネルギー化を図ることができる。

留意事項は、以下の通り。

① 前面、背面扉の適正な開口率の確保

ICT 機器などの吸排気を考慮し、前面、背面扉のパンチング開口率は、単位面積当り 70% 以上を利用する。なお、開口が大きすぎる場合にはドライバなどの工具での操作などのリスクがあるため、配意したラック扉を使用すること。

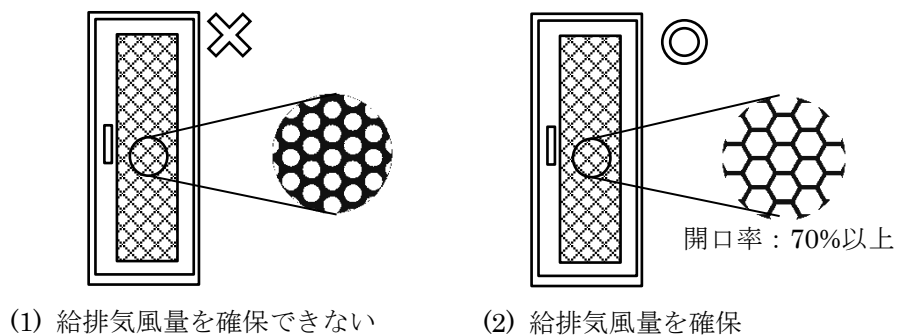


図 2-27 ラック開口率の選定

② 奥行き寸法の選択

電源・配線の煩雑化を防止するためにコンセントバーおよび配線スペースも考慮した奥行き寸法のサーバラックを選択する。

※ 将来を見据えた機器寸法より、奥行き寸法は 1,000mm 以上が望ましい。

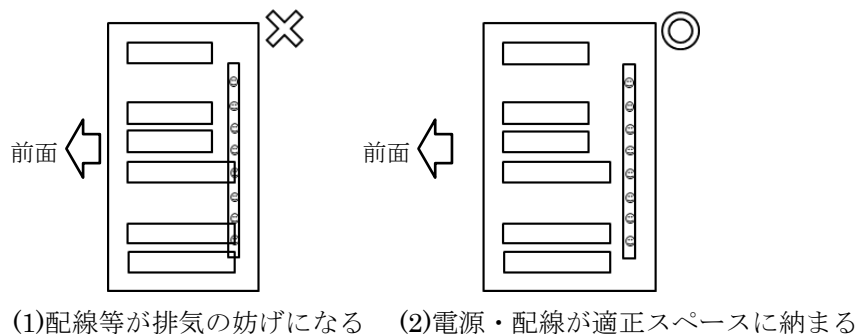


図 2-28 サーバラック奥行き寸法の選定

③ 安全確保

地震発生時における人の安全確保が重要であることから、フロアへの固定ができ、耐震性能が明確にされたラックを使用する。耐震評価基準としては、兵庫県南部地震波、NEBS 規格にて評価されている。

機器を適正に固定するため、規格を厳守すること。ネットワーク・通信機器を適正に固定するため、EIA 規格（EIA-310-D）・ユニバーサルピッチのケージナット仕様を選択すること。

④ 情報セキュリティ対策

必要レベルに応じ、ラック扉に施錠する。

- ・ キー付ハンドル
- ・ ダイヤル錠ハンドル
- ・ 電気錠による管理

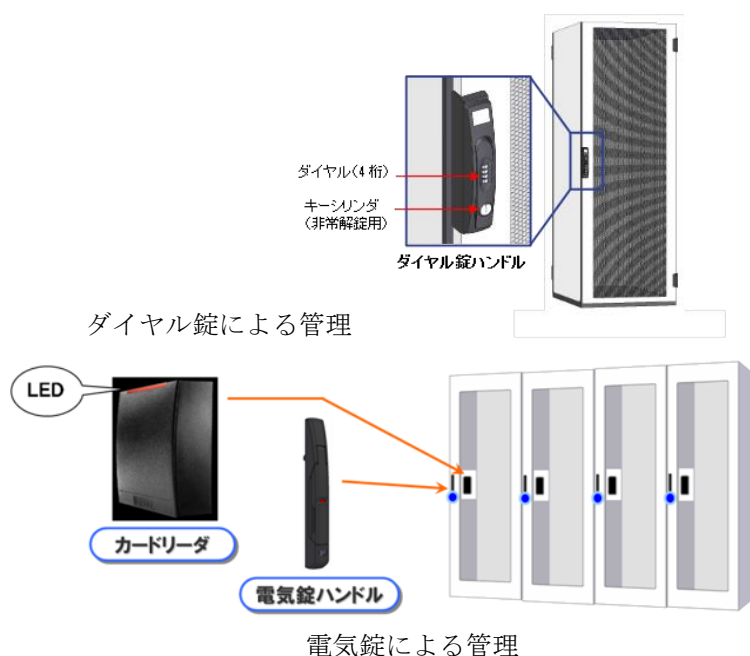


図 2-29 ラックの施錠管理

2.4.2. サーバラックの空流対策

ラック内の空流管理は ICT 機器の安全な動作環境を保証するために重要な事項である。特に、ICT 機器の排気がラック内で再循環し、再度 ICT 機器に吸い込まれてしまう環境は回避しなければならない。

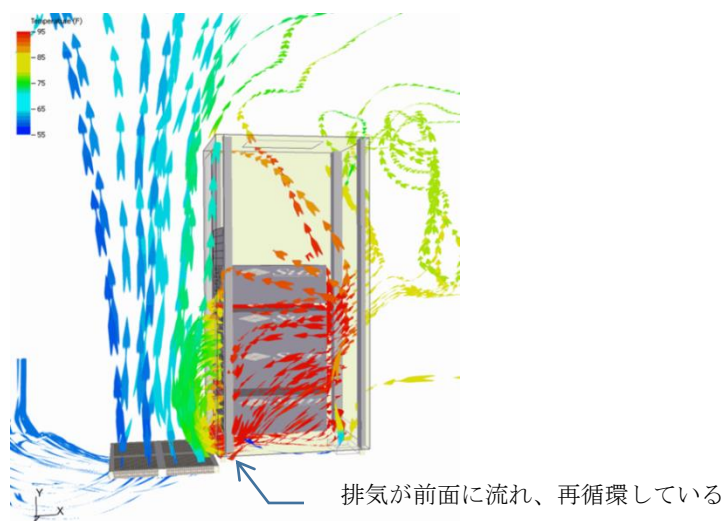


図 2-30 排気の再循環

対策としては、ブランクパネルを活用し、ICT 機器からの排気（暖気）が ICT 機器に吸い込まれるような不要なショートサーキットを防ぐことが重要である。

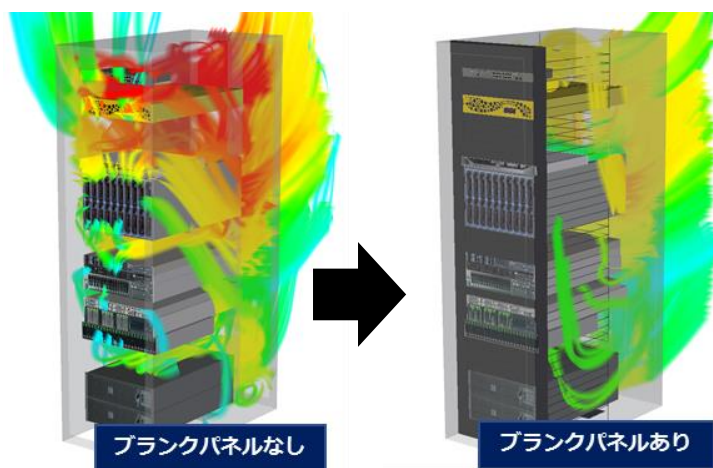


図 2-31 ブランクパネルによる対策

ブランクパネル設置などの空流対策により、ICT 機器吸い込み側に排気が回り込まなくなり、空調機の冷却能力を機器の吸気口に集中させることができ、ICT 機器前面の周辺温度を空調機の設定温度と近づけることができる。これにより空調機の設定温度を上げることが可能となり、省エネルギー効果を得られる。

空流対策としては以下がある。

- ショートサーキットの防止

サーバラックでの対策

- ブランクパネル
- エアシャッター
- ダクト式ブランクパネル ※（ハーフデプス機器が設置されている場合）
- 側面給排気機器用整流板 ※（側面給排気機器が設置されている場合）
- ラック上部遮蔽板 ※
- ラック下部スカート

サーバラック周辺での基本対策

- ケーブル口塞ぎ
- 床開口パネル調整 ※

- サーバラックの排気対策

- 配線処理
- 排気上方誘導板（高発熱 ICT 機器が搭載されている場合）

※印の対策は主に既存サーバ室向けのため、第 5.3.1 項に記載している。

2.4.2.1. ショートサーキットの防止

ICT 機器の排気が吸気側にショートサーキットすると空調効率が大きく悪化する。

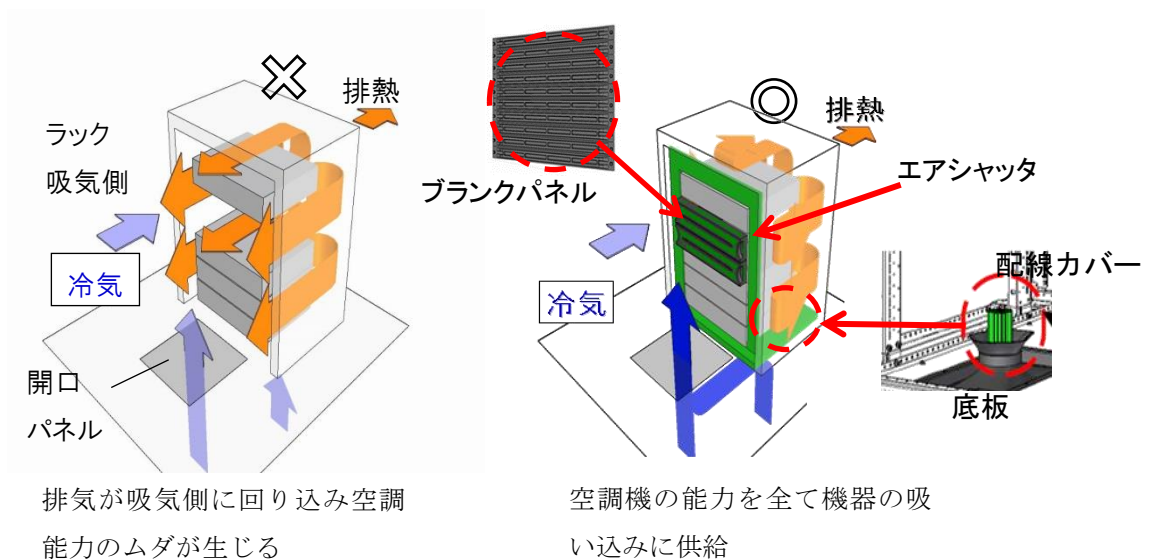


図 2-32 サーバラック内の空流対策

- ICT 機器を搭載するアングルの外側に空間がある場合、空間を塞ぐブランクパネルやシートなどのエアシャッタにて空流を遮蔽すること。
- 配線などを通したい場合は、ゴムシート（切込付）や難燃ブラシ付配線口を活用する。
- ICT 機器が搭載されていない空きスペースをブランクパネルで塞ぐ事で排熱と冷気の混合を防止する。金属パネル、難燃樹脂シート（低コスト）、配線用の難燃ブラシ付などがある。
- 床下空調にて床下からケーブル入線する場合、サーバラックに底板を設け、ケーブル口塞ぎなどで冷気の流入を防ぐ。

① ブランクパネル

サーバラック内の空きスロットを適切に塞ぐことで ICT 機器の排熱と冷気との混合を防止する。ブランクパネルにはパネル式とブラシ式がある。

なお、棚板に搭載する機器については装置形状をふまえて個別に検討する必要がある。

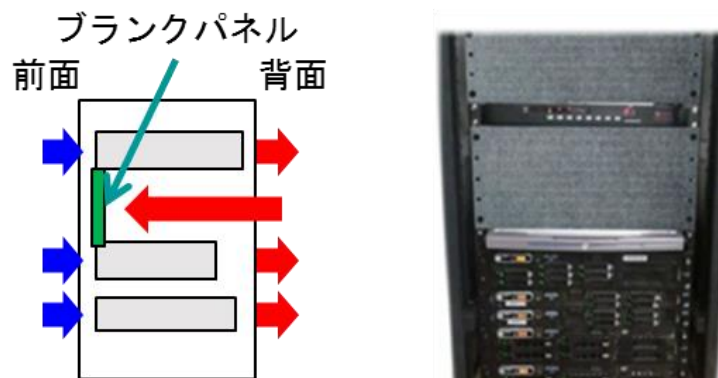
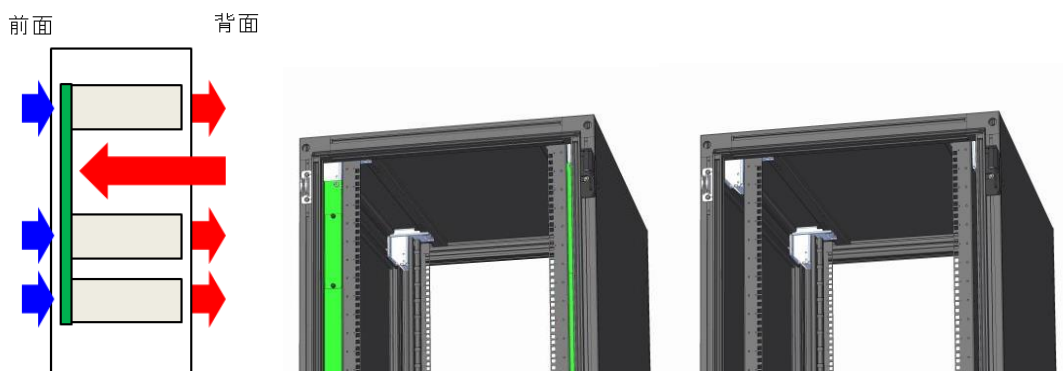


図 2-33 ブランクパネル

② エアシャッタ

サーバラック前面の上部、側面にある間隙を適切に塞ぐことで、ICT 機器の排熱と冷気との混合を防止する。



エアシャッタ付サーバラック エアシャッタなしサーバラック

図 2-34 エアシャッタ

③ ケーブル口塞ぎ

二重床パネルのケーブル取り出し口を適切に塞ぐことで、床下冷気の漏れを防止する。巾着でケーブルを覆う方法とブランクパネルを加工した方法などがある。

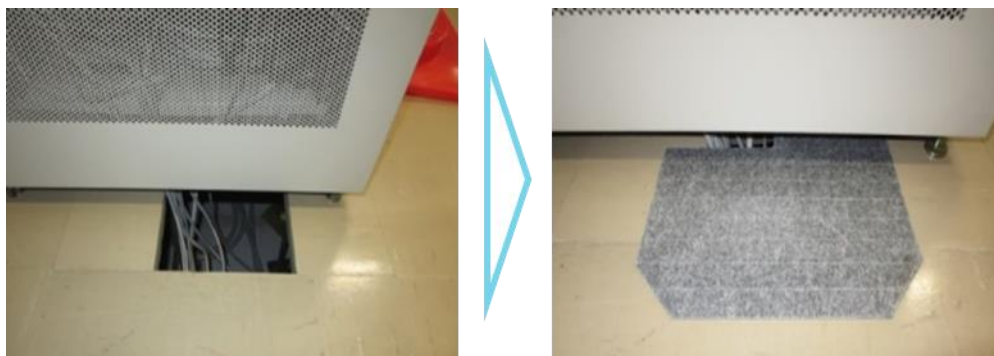
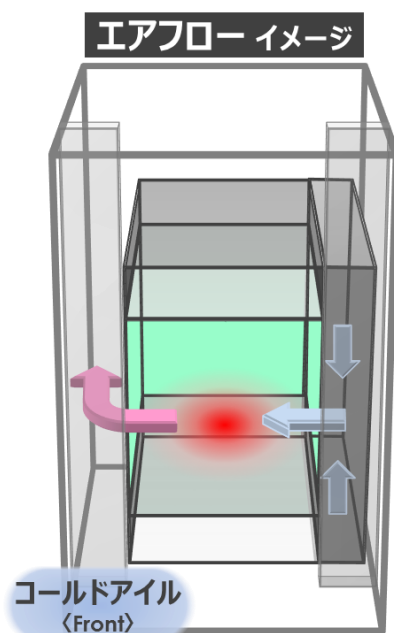


図 2-35 ケーブル口塞ぎ

④ 側面吸排気機器用整流板

ネットワーク機器では、側面からの吸気、反対側面からの排気方式をとった、側面吸排気機器が多い。側面吸排気機器用整流板は、機器における左右方向の空流を前後方向に矯正することで、熱溜まりと他の機器への影響を防止する。整流板以外に整流機能を有したサーバラックも販売されている。



(日東工業株式会社より提供)

図 2-36 側面吸排気機器用サーバラック

⑤ サーバラック下部スカート

サーバラック下部における床パネルとのすき間を適切に塞ぐことで、ICT 機器の排熱がサーバラック下部を経由してコールドアイルに回り込むことを防止する。

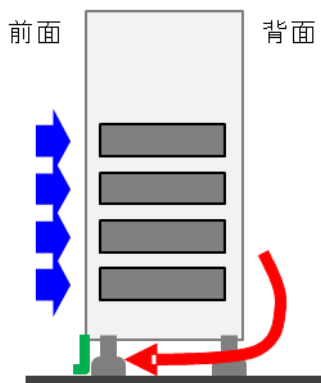


図 2-37 サーバラック下部スカート

2.4.2.2. サーバラックの排気対策

① 配線処理

ICT 機器の背面のケーブル配線により排気を塞ぐことがあり、排熱ができず熱暴走などのトラブルを発生させることがある。機器に繋がる配線処理は、できるだけ吸排気の妨げにならないよう束ねる。ケーブルホルダー、結束テープ（マジックテープ）などを利用する。

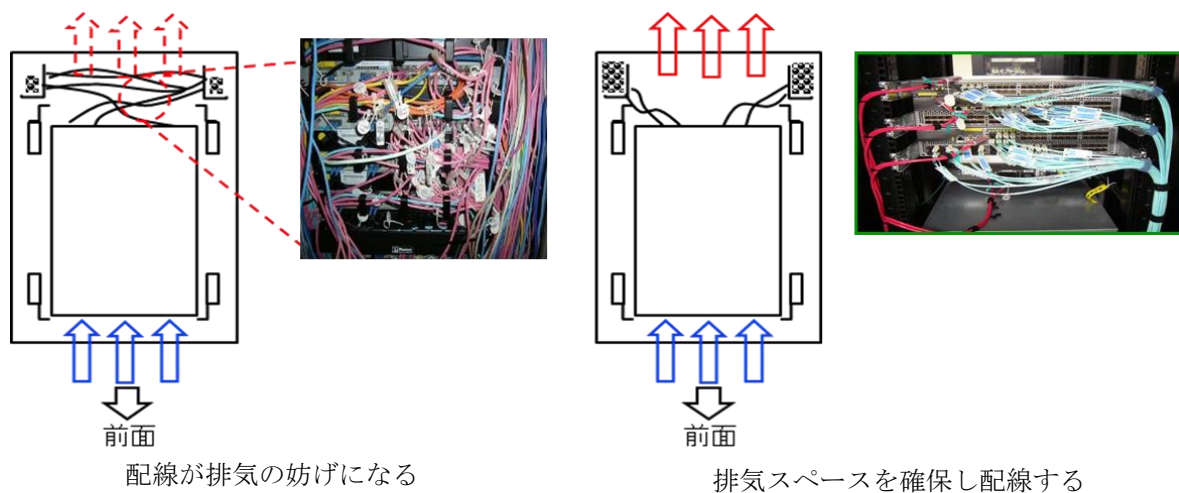


図 2-38 配線処理による空流改善

② 排気上方誘導板

サーバラックの排気は他ラックの温度上昇に影響する可能性がある。ICT 機器の吸排気方向や排気の強さなどにより、排熱の吸気側への回り込みなどの悪影響を及ぼす場合、風向を誘導する部材等を利用し空流の最適化を図る。

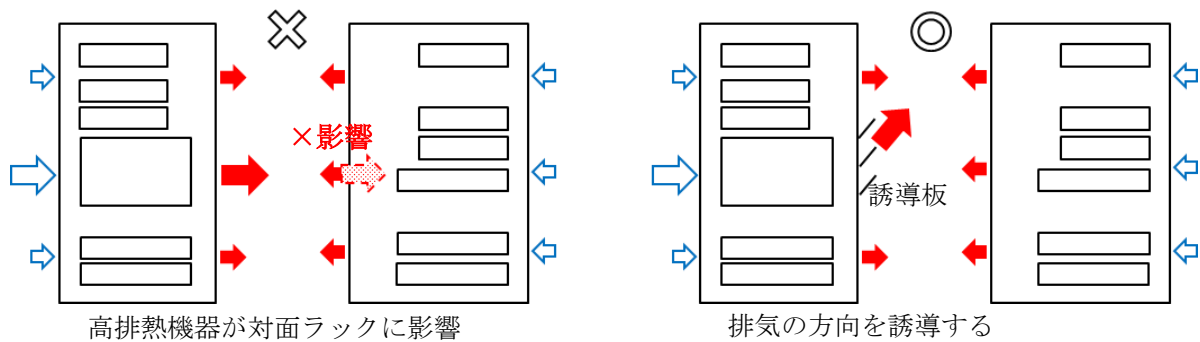


図 2-39 排気上方誘導板

2.4.3. サーバラックの安全管理

空流対策による省エネルギーの他、サーバラックの電源管理、地震等への対策、機器搭載のバランスを配慮する事により、運用管理の軽減や異常・緊急時の人に対する安全性向上を図る必要がある。

サーバラックでの搭載機器の重心位置が高いと危険度や機器損傷の確率が高くなる。適正な機器搭載や運用管理をする事により、安定して長く活用できる。

留意事項は、以下の通り。

① 重心位置を低くする

重心位置はサーバラック高さの半分以下にする。

ICT 機器搭載による重心位置が高いと、転倒の恐れが高くなる。サーバラックに機器を搭載する際、重量物を下の方へ、軽量物を上の方へ配置する事により、地震発生時の安定性と共に、取付け作業時の安全性も確保する事ができる。

② サーバラックの固定

サーバラックは床固定とし、スタビライザは使用しない。

スタビライザは搭載された ICT 機器のメンテナンスのため手前に引き出す際にサーバラックの重心が移動し転倒することを防止するために用いられるが、地震の揺れなどで移動する危険が残る。サーバ室では床にある開口パネルを塞ぐこともある。

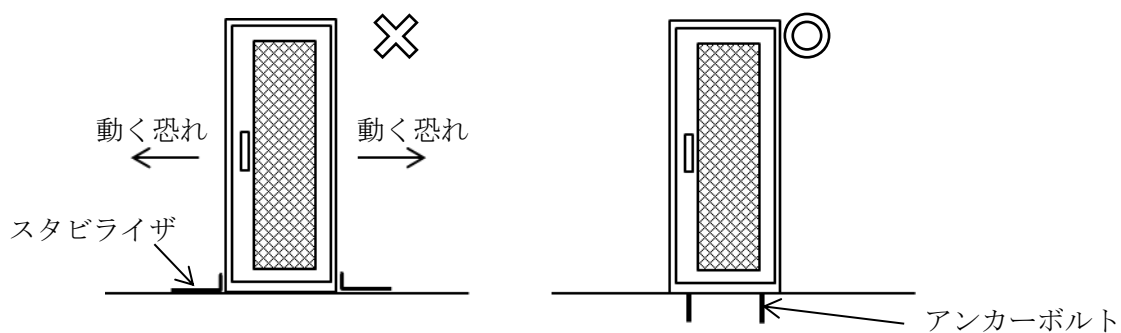
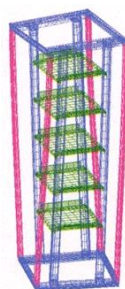


図 2-40 ラック固定の留意事項

③ 耐震性能の確保

耐震荷重性能以上の機器を搭載すると、地震等の際の倒壊など周辺の人への影響も危惧される。ラックの許容荷重および耐震荷重を把握する事により、安全と耐久性の確保を図る。

予め高荷重になる事が想定される場合は、ラックメーカーに相談し、必要に応じて解析などを行うこととする。耐震試験設備と強度解析が明確な製品は解析精度の信頼性が高い。



(1) 耐震試験設備 (2) 耐震強度解析イメージ

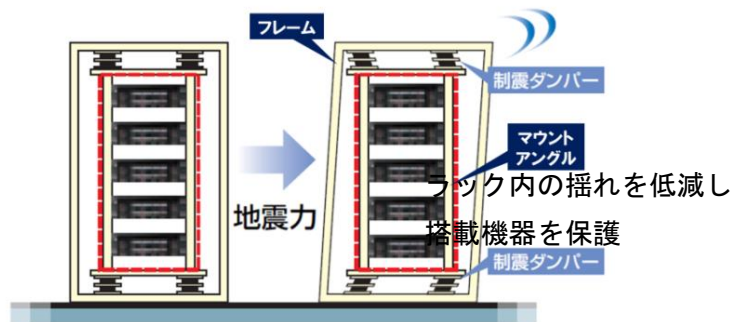
(日東工業株式会社より提供)

図 2-41 サーバラックの耐震試験

④ 制震ラックの利用

地震の揺れにより、機器の破損やデータ損失の恐れがある。地震による機器の停止が起きないようにする為に、搭載した機器への衝撃を低減する制震ラックが販売されている。免震ビル、耐震ビル、免震床など建物構造、免震台の利用などの条件と必要耐震性能により利用するかを決める。

制震ラックでは制震ダンパーにより機器への衝撃緩和と共にラックフレームへの衝撃も緩和する為、ラック自身の耐久性にも優れている。



(日東工業株式会社より提供)

図 2-42 制震ラック

⑤ 不燃性、難燃性材質の使用

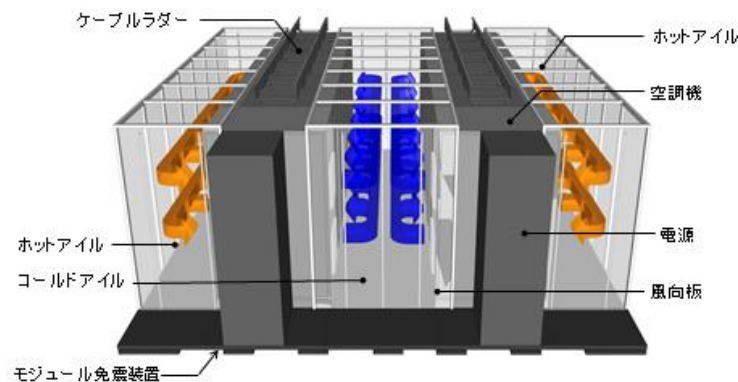
樹脂製品などは、火災の危険性を防止する為、不燃性、難燃性の物を使用する。

(コラム) 高密度（高排熱）化するシステムへの対応方法

サーバラックに搭載される機器類の進化に伴い、ラック単位当りの高集積化・高排熱化が進んでいる。HPC（high performance computing）の導入を進める上では、さらにハイレベルでの空調方法、電源対応を考えていく事が必要となる。

モジュール化や水冷機器などを取り入れていく事により、エネルギー効率の高い HPC の構築が可能となる。

サーバラックに対し、分電盤、空調機、免震装置もワンパッケージにし、コンテインメント化する事により、イニシャルコスト、ランニングコストも大きく改善する事ができる。モジュール単位にて電源・空調を構成する事により、必要最小限の電源容量・空調出力に抑えられる。



（株式会社竹中工務店より提供）

図 2-43 HPC に対応した設備構成例

空気による冷却では排熱処理が追いつかない状況になっており、空気の約 3,000 倍の熱伝達能力を持つ水により冷却する機器（水冷リアドア）が開発されている。ラックの背面を水冷リアドアとし排気を直接冷却する事により、ファン動力も不要となり、フロアの温度上昇にも影響なく、エネルギー効率の高い大容量の排熱処理ができる。



（東亜電気工業株式会社より提供）

図 2-44 水冷リアドアのシステム

2.5. 空調

本章では主にサーバ室に設置される室内空調装置(個別空調、パッケージエアコン⁵)の省エネルギーについての以下のような留意事項を示す。

- 空調方式の選定
- 高効率空調機の選定
- 空調機の台数
- 室内温度設定の管理
- 空調機の制御方式の選定
-

2.5.1. 空調方式の選定

サーバ室に導入される空調方式として以下がある。

- 床吹出し空調方式
- 上吹出し空調方式
- 天吊り空調方式
- ラック型空調方式

⁵ データセンターにおいては、サーバ室毎に空調機を設置し冷媒を使用する個別空調以外に、空気調和機（エアハン・ファンコイル等）と一ヶ所に集中した熱源機器（冷凍機等）とで構成されるセントラル空調が用いられることが多い。

① 床吹き出し空調方式

二重床を利用して、空調機からの冷気を供給し、床パネルの開口部からサーバラックに冷気を供給する。サーバからの排熱された排気は、空調機の上部に戻る（天井内を排気用のダクトとするケースもある。）

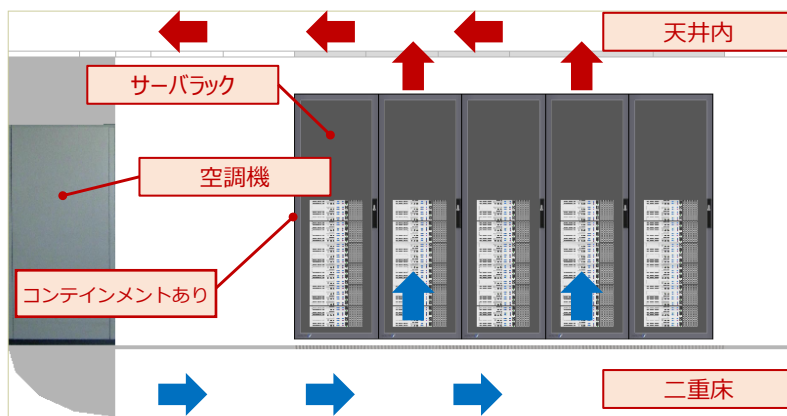
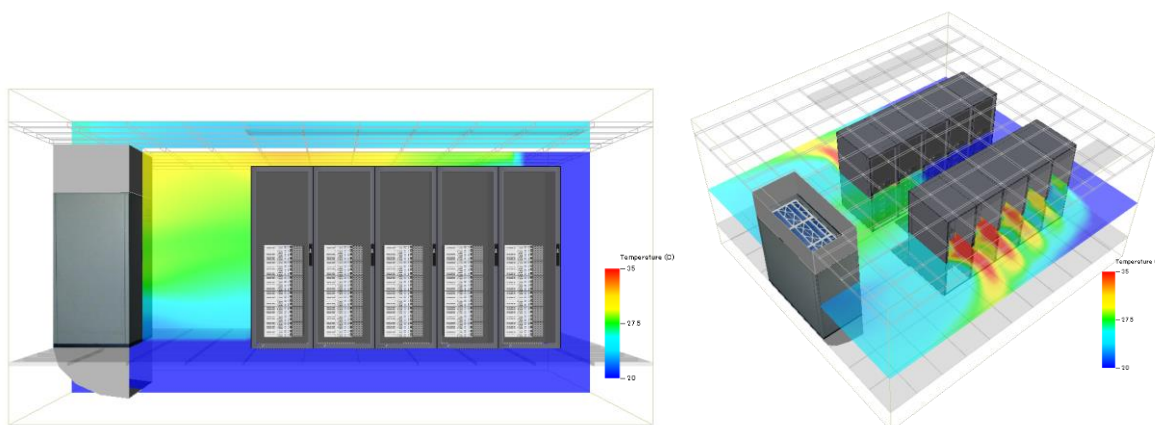


図 2-45 床吹き出し空調方式



温度分布（断面）

温度分布（斜め上）

図 2-46 床吹き出し空調方式温度分布

<POINT>

- ・ 大規模及び中規模（20 ラック程度）のサーバ室に導入されている。
- ・ 二重床下の供給する冷気の到達距離が約 10m 程度である。
- ・ 二重床内を LAN や電源などの配線スペースとして活用されている。
ケーブルが冷風を阻害するケースもあり、ラック上部に配線スペースを設ける傾向になりつつある。

② 上吹出し空調方式

自立型の空調機の上から冷気を室内に供給する。サーバからの排気は、空調機の本体に戻るが、冷気と混合される傾向になる。この場合、空調機の風量をより多く供給しなければならないため、省エネルギー性が劣る。また、コンテインメント等の施策が行いにくく、熱問題が生じた場合、対策が困難になりやすい。

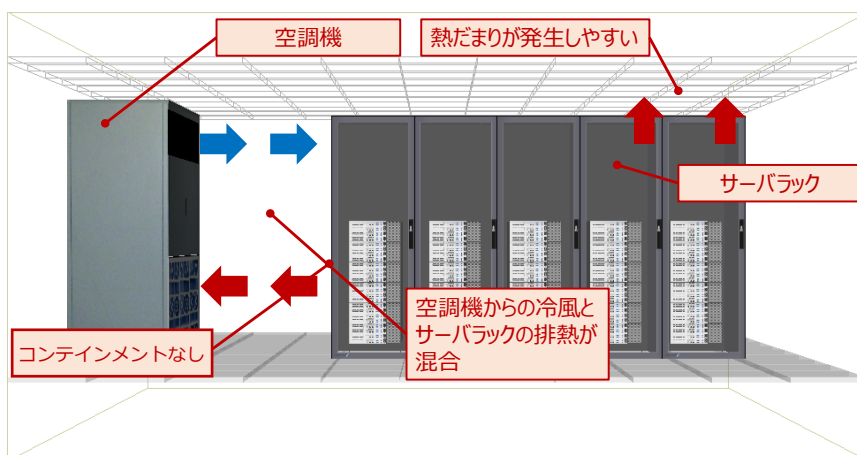


図 2-47 上吹出空調方式



温度分布（断面）

温度分布（斜め上）

図 2-48 上吹出空調方式温度分布

<POINT>

- 空調機が安価なため、小規模のサーバ室で良くみられる。
- サーバ排熱が空調機に戻りにくく、熱だまりを発生させやすい。
- 冷気の供給が足りないため、さらに余分な空調機を稼働させる必要があるため、空調機の電気料金が無駄にかかり、PUE など数値が悪化する。
- 空調機の周りにサーバ排熱が戻りにくいいため、空調機周辺は設定温度を満たし、冷房温度に達したと誤認識する。

③ 天吊り空調方式

天吊り空調機は、室内上部から冷気を供給する。ICT 機器まで冷気が届きにくく、またサーバの排熱が空調機に戻る過程で冷気と混合されやすく、空調機の風量を多く供給しなければならないため省エネルギー性が劣る。また、コンテインメント等の施策を前提に設計されるケース以外、熱問題が生じた場合、対策が困難になりやすい。本来的にサーバ室向けの空調方式ではない。

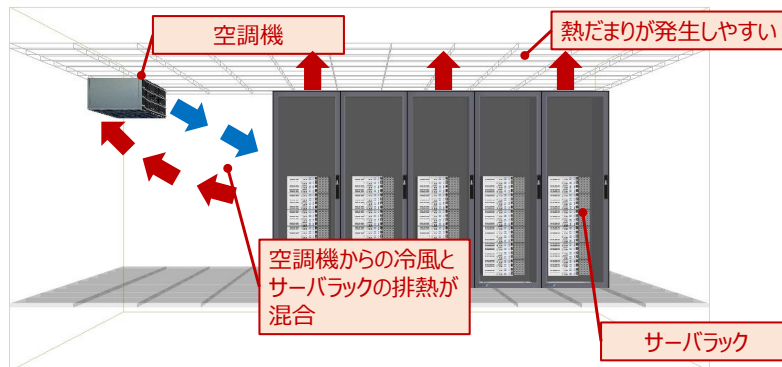
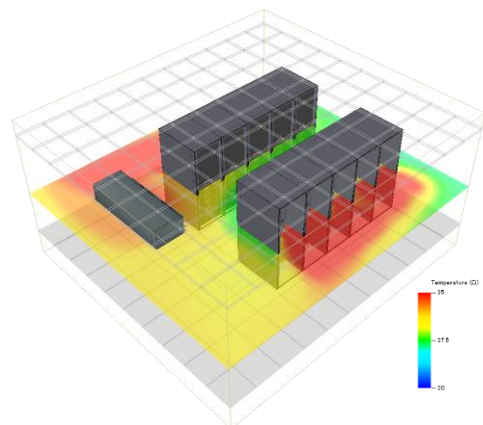


図 2-49 天吊り空調方式



温度分布（断面）



温度分布（斜め上）

図 2-50 天吊り空調方式温度分布

<POINT>

- 空調機が安価なため、小規模のサーバ室で良くみられる。
- サーバ排熱が空調機に戻りにくく、熱だまりを発生させやすい。
- 冷気の供給が足りず、さらに余分な空調機を稼働させる必要があるため、空調機の電気料金が無駄にかかり、PUE など数値が悪化する。
- 空調機の周りにサーバ排熱が戻らないため、空調機周辺は設定温度を満たし、冷房温度に達したと誤認識する。
- サーバラックの上部に設置する場合は機器の下部に漏水対策を行う必要がある。

④ ラック型空調方式

ラック型空調機は、サーバラックの架列に設置され、空調機の前面から冷気を供給する。サーバからの排気は、空調機の背面に戻る。サーバラック近傍に空調機を設置するため、搬送動力が少なくすむため、省エネルギー性が高い。

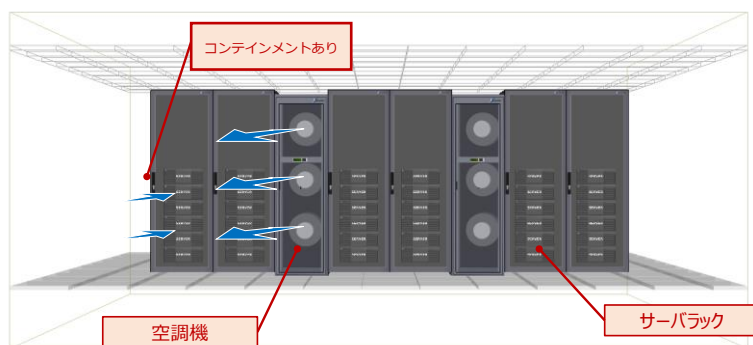


図 2-51 ラック型空調方式

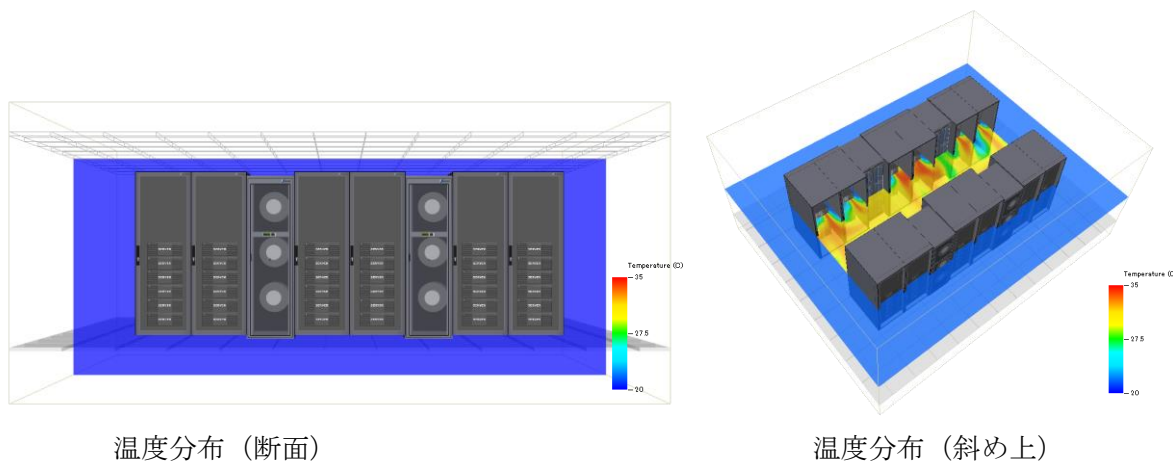


図 2-52 ラック型空調方式温度分布

<POINT>

- 一部のデータセンターや部分的に発熱の多いエリアなどに採用されている。
- 空調機の近傍で空調するため、搬送動力がすくなくすむ。
- コールドアイルに冷気を直接供給するので、コンテインメントは必須となる。
- 機器は高顕熱型であるためドレンは不要であるが、漏水対策を行う必要がある。

(コラム) 電力消費の観点から空調装置の 2 点に着目した省電力対策がある

- 熱源（特に圧縮機）；冷気を作る
 - 冷気温度を下げると圧縮機の消費電力が増大
⇒吹出し温度を上げる
 - 外気温度が高いと圧縮機の消費電力が増大
⇒適切に室外機を配置する
- 送風機；冷気をサーバ室内に届ける
 - 送風量が多いと送風機の消費電力が増大（送風量の 3 乗）
⇒空流改善（床下、床開口パネル、天井）
⇒送風機（インバータ制御）の調整

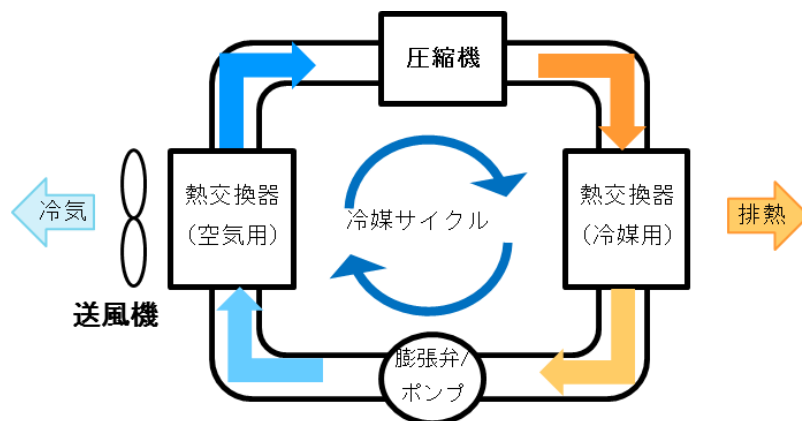


図 2-53 空調装置の原理

2.5.2. 高効率空調機を選定

サーバ室の空調機は、24 時間 365 日稼働するため、省エネルギー性の高い機種を選定することが重要になる。空調機の性能を表す指標の一つとして COP(Coefficient Of Performance; 成績係数) がある。一般的な空調機の価格は安いが年間 COP は低いものが多い。サーバ室用の高顕熱型空調機の価格は高いが年間 COP は高くなることから、高顕熱型空調機を選定すること。

【調達時のポイント】

空調機の導入検討する場合は、インシヤルコストだけではなく、ランニングコストも含めた評価を提示させる。

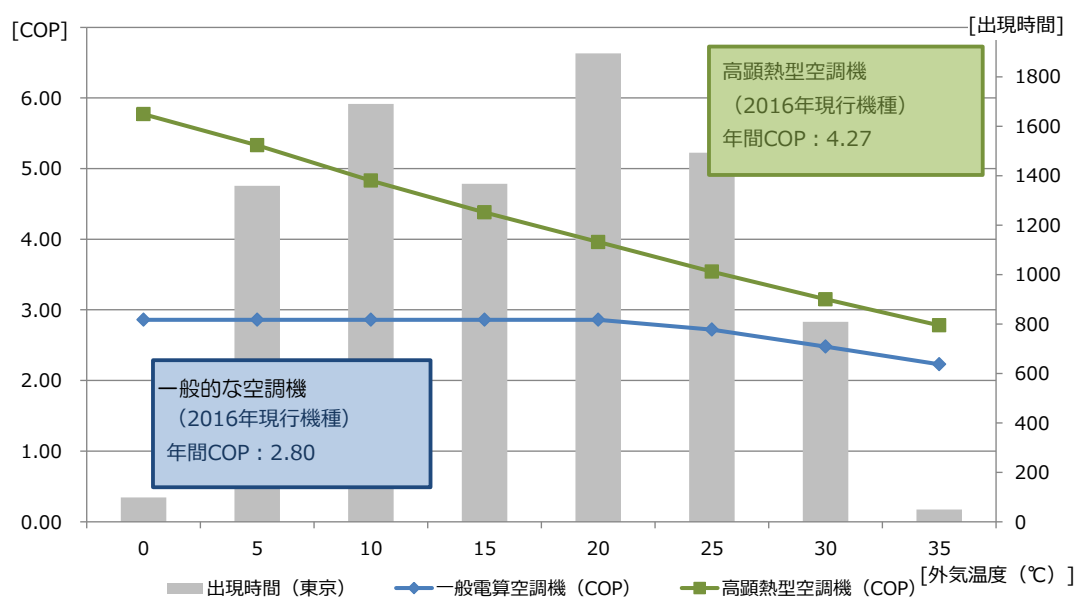


図 2-54 外気温度別 COP 比較-東京-

(参考) 一般的な空調機と高顕熱型空調機との比較試算

PUE2.0 のサーバ室において、一般的な空調機と高顕熱型空調機を採用した場合の年間電力量の削減効果を算出する。ラック 20 台規模のサーバ室を想定すると、年間で約 600 万円程度の光熱水費が削減される。

<条件>

サーバ室の PUE : 2.0

ラック : 20 台

ラック発熱 : 5kW/ラック

ICT 機器 : 100kW

運転時間 : 8,760 時間/年

電気料金単価 : 20 円/kWh

削減率 : 34% 効率割合より算出 (一般 : 2.8、高顕熱型 : 4.27)

2.5.3. 空調機の台数

- 空調機の台数は、最大負荷に対して複数台の構成にする。
- 空調機を複数台導入することで、フィルター清掃などのメンテナンス性の向上や故障時のリスク分散をはかることができる。
- 空調機を複数台導入する事で、負荷に応じて運転台数を制限することができ、省エネルギーをはかることができる。
- 大型の空調機は保守費を含めて一般的に高価であり、小型の空調機を複数台用意することで、初期投資、運用費用を抑えることが期待できる。

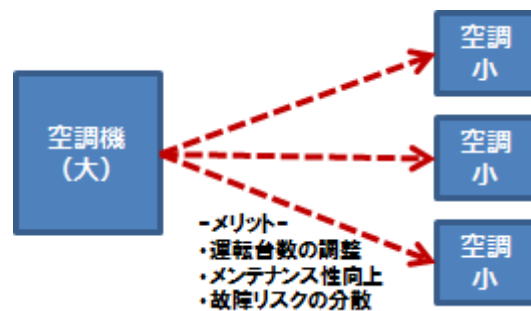


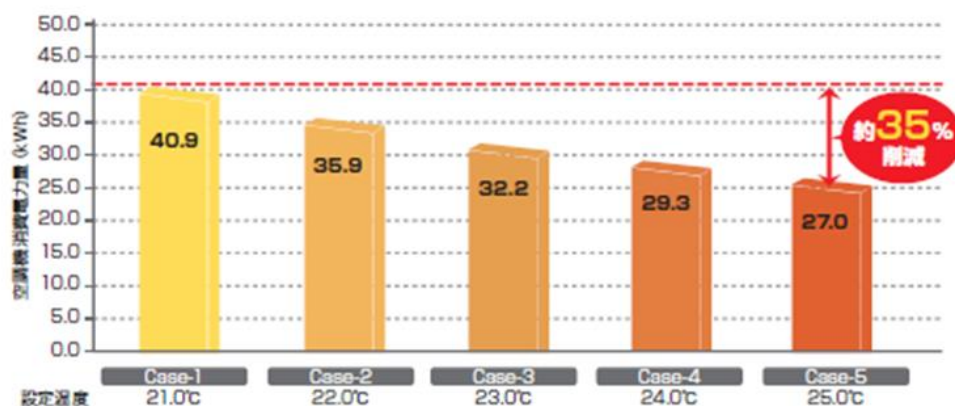
図 2-55 空調機の台数選定

【調達時のポイント】

空調機の導入検討する場合は、メンテナンス対応・故障時リスクの分散、ICT 機器の稼働状況に応じて運転台数を調整できるよう複数台の構成にする

2.5.4. 室内温度設定の管理

室内が過冷却にならないように、空調機の設定温度を適正に管理する。空調機の設定温度を上げると空調機の効率が向上し省エネルギーとなる。



(日比谷総合設備株式会社より提供)

図 2-56 室内設定温度を変更した場合の空調機の消費電力

(参考) 温度緩和した場合の効果試算

PUE2.0 のサーバ室において、室内設定温度 21℃から 22℃～25℃まで設定温度を緩和した際の年間電力量の削減効果を算出する。第 2.5.2 項と同様ラック 20 台の規模を想定すると、温度設定を 4℃変更することにより年間約 600 万円の光熱水費が削減される。

<条件> 以下以外は第 2.5.2 項の参考試算と同等

空調電力削減： 室内温度 21℃から設定温度変更した場合の削減効果

21.0℃→22.0℃：9.7%、 21.0℃→23.0℃：21.3%

21.0℃→24.0℃：28.3%、 21.0℃→25.0℃：34.0%

2.5.5. 空調機の制御方式の選定

空調機は、空調機の吸込み温度あるいは吹出し温度の 2 通りの温度による空調機の稼働を制御する方式がある。サーバ室の利用形態、状況により選択する。

- 吹出し温度優先 サーバ室への給気に基づく制御
サーバ吸気温度（コールドアイル温度）を重視する場合に用いる
- 吸込み温度優先 サーバ室からの還気すなわち室内温度に基づく制御
省エネルギー性を重視する場合に用いる

サーバ室では、サーバ給気面の温度管理が重要なため、空調機は吹出し温度優先制御を採用する場合が多い。一部では、サーバラックの給気面に温度センサを設置することもある。

表 2-1 温度制御方式

	吹出し温度優先		吸込み温度優先	
温度センサ位置	空調機の吹出口 ※ラックの給気面含む		空調機の還り口	
特徴	吹出温度を一定		還り温度を一定	
サーバ室利用	○	サーバ吸気温度を重視	×	還り温度は重要でない

また、風量制御としては、インバータ（INV）を使用した可変風量制御と固定風量制御の 2 通りの制御方式がある。

- 可変風量制御 送風ファンの回転数を可変として風量を制御する
- 固定風量制御 送風ファンの回転数を固定として一定の送風を行う

一般的なサーバ室では、固定風量制御を採用しているケースが多い。近年、省エネルギーの観点から可変風量制御を採用する場合も増えている。

固定風量制御の場合、空調機から必要以上に風量を送風するため、エネルギー的に無駄になることがあるが、可変風量制御の場合、空調機から必要に応じた風量を送風するため、省エネルギー

一を図ることができる。

表 2-2 風量制御

	可変風量制御		固定風量制御	
風量の特徴	風量が少ない		風量が多い	
熱だまりの発生	×	室内温度バラツキが多くなる	○	発生しにくい
省エネルギー	○	送風ファン動力が小さい	×	送風ファン動力が大きい

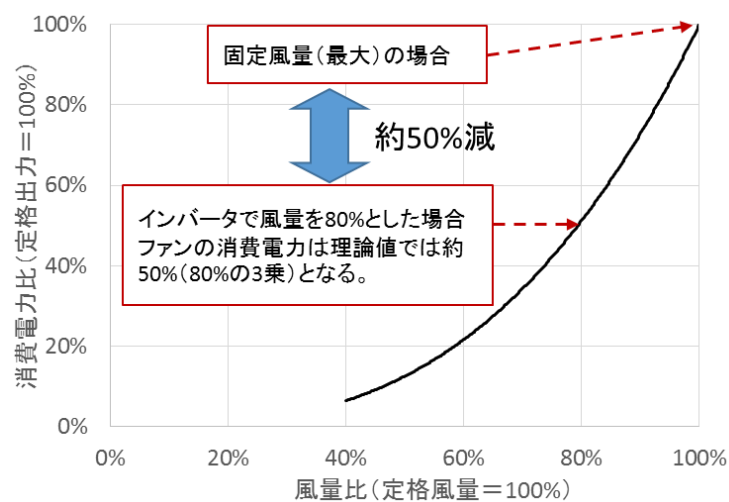


図 2-57 空調機風量と消費電力の関係

2.5.6. その他の考慮事項

① 温度センサ設置位置

サーバ室ではラック給気面の温度管理が重要なため、空調制御用温度センサを ICT 機器からの排気が当たらないコールドアイル側に設置するなど、適正な位置に設置する。

② 配管ルートの最短化

室内機と室外機をつなぐ冷媒配管は、距離が長いほど空調機の効率が低下するため、配管のルートを短くするように検討を行う。

③ 適正な外気導入量の算定

過剰な外気の導入は夏期に室内湿度が上昇してしまうなど室内環境を悪化させる原因となる。

また外気が少ないと室内をプラス圧に保てなくなり、埃や外部の空気の侵入を許すことになる。

④ 室外機の配置

空調機は外気温度に応じて効率が変化するため、室外機を多数設置する場合は、室外機の排熱が回り込まないように配置検討を行う。

⑤ 漏水・結露対策

一般の空調機も高顕熱型の空調機のいずれも一般的なドレン対策は必要である。空調機の周囲にサーバラックは極力設置しない。やむをえず設置する際には、防水堤やドレンパンなどの漏水対策を行う。また、漏水を早期に検出するために、漏水検知帯などを使用して管理を行う。

2.6. 電気設備

安定した ICT 機器の運用のためには安定した電力供給の計画が必要である。適切な運用方法とコストのバランスにより施設要件を設定した計画を行うことが必要である。また、火災、漏電、などに対する安全も確保する必要があり取扱いには十分注意する必要がある。

2.6.1. 電力供給（利用ユーザ向け）

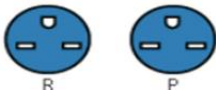
- 機器導入前に、必要な機器の電源種類を確認し、配電計画を行う。（参考資料参照）
 - 電圧 100V,200V,240V、交流,直流、単相,三相、2 線,3 線,4 線 など
- 機器に必要なコンセント形状を確認しておくこと。
 - IEC, NEMA, 国内向け など
- 電源が A 系か B 系か直ぐに判るように電源ケーブルに色別表示を行う。
- 各ラックや各サーバ単位に遮断機回路（ブレーカ）を分けること。

遮断回路分けは、ブレーカ容量にもよるが（電流値 10A 程度を目安）、サーバのグルーピングや、ネットワーク、その他機器などのグループ構成により回路分けを行い、使用目的を統一していくことが望ましい。
- 各コンセント回路にはどの分岐盤・分電盤のどのブレーカから電源が来ているか判るように表示すること。

【禁止事項】

- 建物 壁面などの壁コンセントをサーバ用には使用しない。
- コンセント形状が合わない場合、変換プラグを使用するのではなく、適合できるコンセント形状を持つケーブルを使用すること。
- PC その他、持ち込み機器を使用する場合は、サーバ用コンセントから電源をとらないこと。

表 2-3 コンセント形状例

引掛型			
L5-15(R,P) 接地形2P 15A 125V		L5-20(R,P) 接地形2P 20A 125V	
L5-30(R,P) 接地形2P 30A 125V		L6-15(R,P) 接地形2P 15A 250V	
L6-20(R,P) 接地形2P 20A 250V		L6-30(R,P) 接地形2P 30A 250V	
L8-20(R,P) 接地形2P 20A 480V		L14-30(R,P) 接地形3P 30A 250/480V	
L15-30(R,P) 接地形3P 30A 250V		L16-20(R,P) 接地形3P 20A 480V	
平刃型			
5-15(R,P) 接地形2P 15A 125V		5-20(R,P) 接地形2P 20A 125V	
6-15(R,P) 接地形2P 15A 250V		6-20(R,P) 接地形2P 20A 250V	
6-30(R,P) 接地形2P 30A 250V			

(富士通株式会社 HP より引用)

2.6.2. 電力供給（施設管理者向け）

- 電力供給においてはグレードに合わせた、冗長化、二重化を決定する。
- 負荷の増設毎に分電盤・分岐盤・低圧配電盤まで短絡保護協調を再確認すること。
- 閉鎖配電盤において高圧母線を二重化する場合は、同一函体内に両系統の母線が収納されないよう配慮すること。
- 将来増設として、負荷側無停電・活線近接作業を行なうことなく将来の増設作業が可能な対応を考慮しておくこと。

電源容量

- 将来の拡張を含めた値として設定し、この値を電気並びに空調設備設計基準値とする。
- UPS やトランスの容量設定は必要な能力に対し、機器の定格を目安とした管理値にて計画を行う。

警報

- 配電盤には警報による停止装置を組み込まず、電圧降下、温度上昇、地絡、デマンド警報等の警報表示のみとする。

雷対応

- 構造躯体を利用した等電位接地方式を採用する。
- 接地用 SPD を利用し接地する方式を検討する。

最近の電気設備機器は、旧来の機器より効率の良いものが多く、これらの機器を採用することで電力を削減することが可能である。

省電力機器の例

- 高電圧直流給電(HVDC)
- 変圧器：アモルファス変圧器（軽負荷時）
- UPS：軽負荷時においても効率の良い UPS
- 照明：エネルギー効率の良い照明器具
- 照明の制御：初期照度補正，人感センサ・照度センサ制御，スケジュール制御等

進相コンデンサを設置し負荷力率を改善することで節電が可能である。また、負荷状況によりコンデンサの投入量を自動的に制御し、力率の調整を行う自動力率調整装置を設置することでより電力が削減できる。コンデンサ接続場所は、負荷側に近い方が節電効果を得られるが、設置台数が増えるため、高圧側に設置することが推奨される。

(コラム) 受配電設備

電力会社の供給電圧の違いによって、電圧は低圧・高圧・特別高圧の3つがある。

特別高圧は、受電電圧が 20,000V 以上で、さらに契約電力が 2,000kW 以上の場合であり、設備は低圧や高圧よりも高価であり、維持管理費も膨大となるが、電気料金は従量料金が安く設定されている場合が多く、大規模データセンターにおいて利用されている。電圧は 22kV、33kV、66kV、77kV、154kV であり、誘導電流により絶縁用防具などは役に立たず、感電事故などの危険がある。

高圧受電と低圧受電は契約電力で区分され、50kW が境目で、電圧は 6.6kV で供給されている。小規模テナントや一般家庭においては、これを柱上変圧器により降圧し、100V もしくは 200V で給電されている。

データセンターにおいては、特別高圧あるいは 6.6kV の電圧を受電し、変圧器で降圧し、各装置での必要な電力を供給しており、変圧器のバンク数は故障、点検を考慮して 2 バンクとしていることが多い。

停電などに備え、異なる変電所から異なる経路で受電することが電力の安定供給面に優れる。

電力会社からの停電に備え、データセンターでは非常用発電機設備を設置していることが多い。ガスタービン発電機やディーゼル発電機を使用しており、燃料タンク、冷却装置などを付随して設置している。

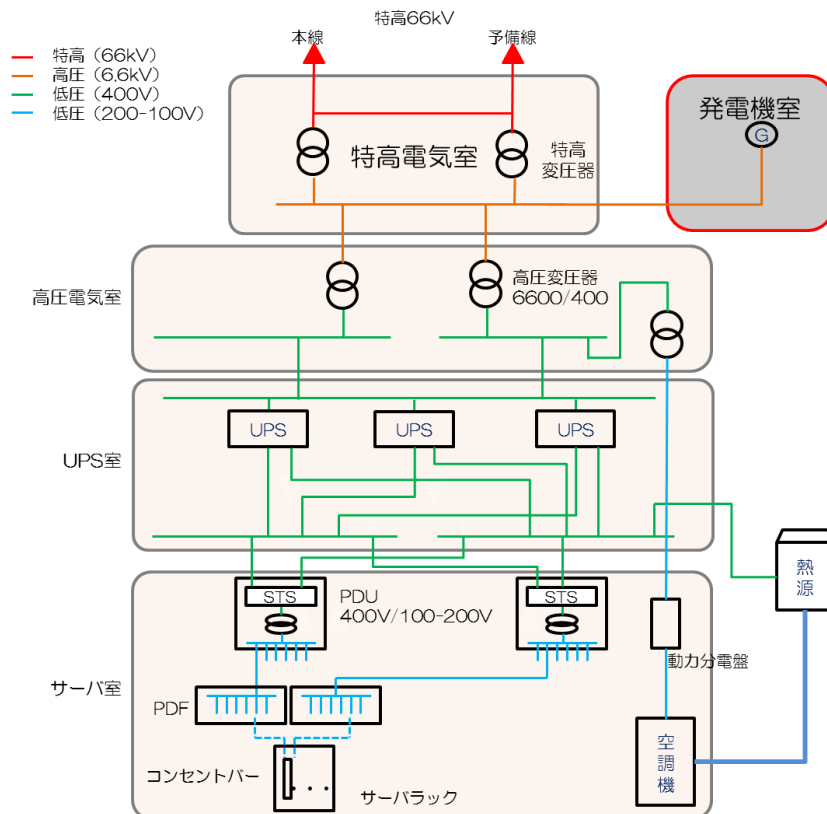


図 2-58 電力装置

2.6.3. ラック内 UPS

電力会社から供給される交流電源は、様々な要因によって、停電や瞬停などの不安定な電圧状態になることがある。例えば、瞬停はおもに落雷の影響によって発生し、地域によって発生頻度に差はあるが、日本では年平均 3～4 回の瞬停が発生していると言われている。その継続時間は殆どが 0.07～2 秒である。一般にサーバの電源は 0.01 秒程度の瞬停が発生しても問題なく動作継続できるが、それを越えると電源が持たなくなり、突然システムダウンに至る恐れがある。

そのため大規模なデータセンターでは、建屋の電源設備内に大型の UPS(Uninterruptible Power Supply ; 無停電電源装置)を組み込んで、データセンター全体の電源安定化を図るが、オフィスや大学内研究室、小規模なサーバ室ではそのような電源安定化がされていないケースが多く、ラック内にローカル UPS を搭載してサーバを交流電源の異常から守る必要がある。

UPS とはサーバや周辺機器と電源の間に接続して、雷や停電などによって、交流電源に異常があったとき、UPS に内蔵しているバッテリーから電力を供給する装置である。バッテリーは消耗品なので、定期的な交換が重要である。

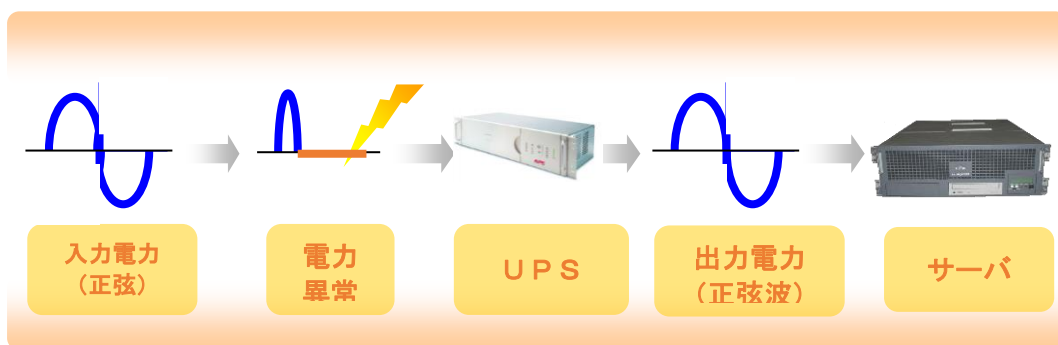


図 2-59 UPS (無停電電源装置)

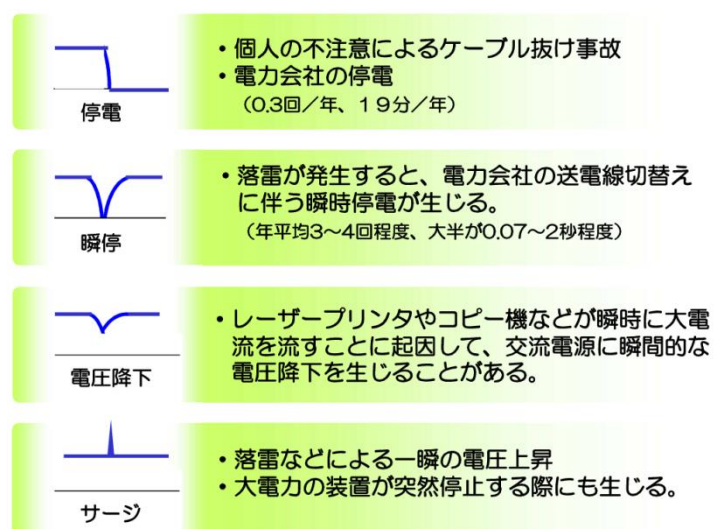


図 2-60 交流電源の異常

ラック内 UPS の導入は ICT 設備の導入に併せて研究室での準備を行うことが多いため、導入時の留意事項については第 3.3 章に記述する。

2.6.4. コンセント

サーバ室での保守作業などを行うために壁コンセントを設置しているが、使用する場合には施設管理者に確認してから利用すること。商用電源であり、UPS などは経由していないので停電時に使用できないことに注意する。ICT 機器などに接続することは厳禁である。

サーバラック内の ICT 機器などに接続する場合には、サーバラック内のコンセントバーを利用する。

- 機器の消費電力がラックに搭載されたコンセントバーの定格を越えないようにする。
- 運用している電流値などを把握する事により、使用状況の把握や全体の使用バランスを取れるようにする。

最近使われる電流計付コンセントバーは、電流表示機能や閾値管理さらに不使用 ICT 機器の ON-OFF 制御などを行う事が出来る。



(大和電器株式会社より提供)

図 2-61 電流計付コンセントバー

2.6.5. 照明設備

サーバ室などの照明はメンテナンス、故障時の対応に必要である。

商用停電時には避難のための非常照明器具が設置され点灯するが、非常用発電機より給電されることが安全上望ましい。

ICT 設備への影響を避けるために低雑音性能が求められるが、LED 照明器具でも対策品（低電磁波器具）の採用を検討しても良い。

地震時などの落下防止対策が必要であり、ワイヤーやストラップなどによる固定を確認する。

省エネルギーの観点からは、消費電力の低い LED 照明を採用し、エリア毎に人感センサを用いて明るさ調整、不在時の消灯などが望まれる。

2.7. ケーブリング

サーバ室内に引き込まれた通信線、電力線などを分配するために各種ケーブルの配線ルートを確保する必要がある。ネットワーク構成、ルート、接続方法などはサーバ室の利用形態により異なる。二重床を採用している場合には、床下に配線している例も多いが、空流を阻害することがあり、サーバラックの上にケーブルラックを予め設置する例が増えている。将来の増設に加え、照明、煙感知、火災検知などと干渉を生じ無い様に計画、設計する必要がある。



図 2-62 ケーブルラダー

ケーブルの増設、更新などの作業スペース、電磁誘導が通信線への雑音となることから、いくつかの敷設上の注意点がある

- ・ 天井からの距離 300mm 以上
- ・ (二重床からの距離 50mm 以上)
- ・ ケーブルラック間隔 300mm 以上
- ・ ケーブル積み上げ 150mm 以下
- ・ 電力線と通信線の並走 300mm 以上
- ・ 電力線と通信線の交差 50mm 以上

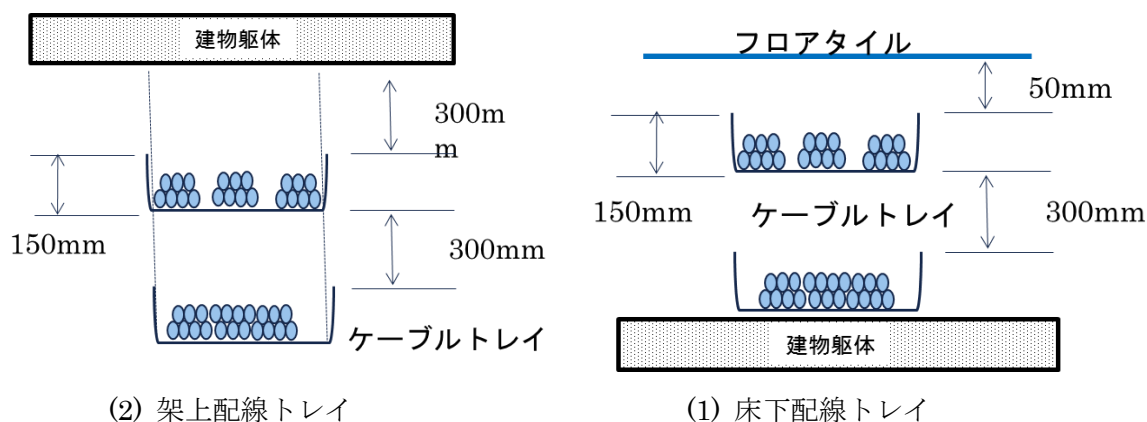


図 2-63 ケーブルトレイ設置基準

2.8. セキュリティ

サーバ室で扱うデータの機密性に応じて、セキュリティ設備を導入する。

留意事項は、以下の通り。

① 入退室管理システム（サーバ室の入退室）

- IC カードおよび生体認証など、必要に応じた入退室の管理を行う。
- 入退室管理システムを導入する事によって、入退室の記録を自動で残すことが可能になるため、入退室記録の管理を行う。

② セキュリティカメラシステム

- 部屋入口やラック列に、監視カメラを設置し、必要に応じた映像記録の管理を行う。
- 映像記録のデータの保存期間の管理を行う。

部屋入口：入退室者の映像記録（犯罪の抑制効果もある）

ラック列：入室者の作業管理

③ ラック鍵管理システム

- ラック付属鍵は全ラック同一となる場合が多く、必要に応じて鍵の種類を分ける。
- 電気錠管理システムを導入する場合は、操作する権限を適正に設定する。
- 電気錠管理システムを導入する事によって、入退室の記録を自動で残すことが可能になるため、入退室記録の管理を行う。

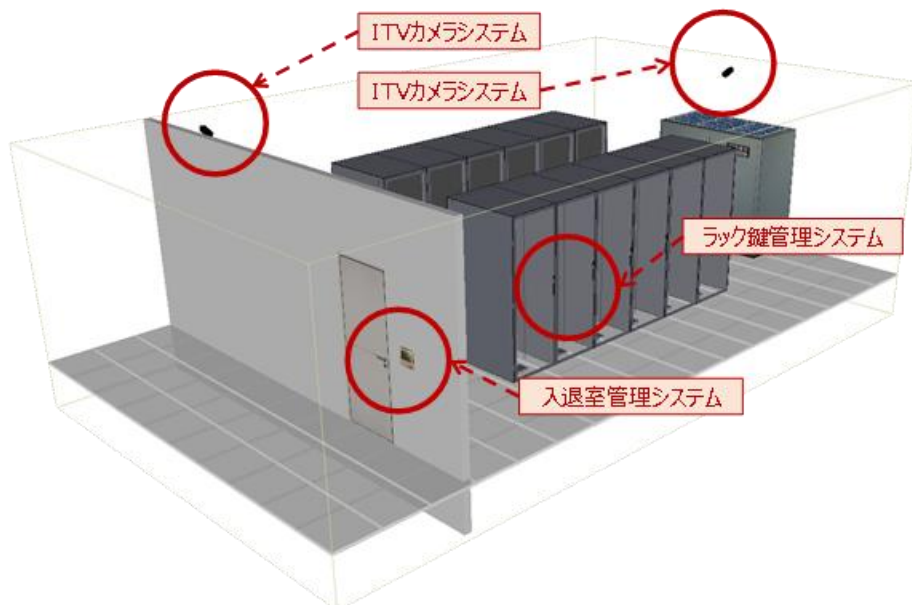


図 2-64 サーバ室のセキュリティ

(コラム) データセンターでのアクセス管理

サーバ室では重要なデータを扱っていることから、防火、各種情報の流出、不正使用、破壊、盗難等から保護するため、敷地からサーバ室までの間に、段階的にアクセス制限、入退館・入退室管理、監視を行う。サーバ室には様々な情報資産が保管されていることから、不正あるいは不要な入室を防止する入退室管理を徹底する必要がある。サーバ室のセキュリティ性能を向上するために、前室を設け、入室資格を持つ者しか入室できないような施錠を行い、入退室の記録を行うと共に、共連れ防止、持ち込み、持ち出し管理を行う。ICT 機器の搬入などの場合にも作業の安全に考慮しながら、セキュリティ要件を満たす必要がある。建築基準法、消防法により、2 ヶ所以上の出入口が必要であるが、常時使用する出入り口を限定する運用上の配慮が必要である。また、火災などの非常時に脱出を容易にするためにパニックオープン機能を持つ防火扉が用いられている。

データセンターの基幹ネットワークを構成する装置あるいはセキュリティ要件の厳格なシステムについては、よりアクセス制限を厳格にし、通常の ICT 機器とは別サーバ室やケージなどで区画することが望ましい。



(NTT コムウェア株式会社より提供)

図 2-65 多段防御の例

2.9. 監視、測定

サーバ室の可用性を維持するために、建物設備の管理に加え、サーバ室環境、電源容量、効率などの監視を行い、必要なアクションを取る必要がある。

① 温湿度監視

- ICT 機器の動作環境を上回る高温あるいは温度の急激な変化による ICT 機器の故障、寿命への影響を避け、低湿度での静電気発生による ICT 機器の故障、高湿度による結露などを防止するため、温湿度状態の監視を行う。
- サーバ室の温度環境が不均一の場合、空調の効率化のため空調装置などの運転計画、増設計画などに反映させる。
- 一般的に空調制御の為に空調装置の風量制御、吹出し温度制御、加湿・除湿制御への入力として室内の各点の状態を監視している。

② 電力などエネルギー監視

- 省エネルギーの観点で、各種モニタリングを行い問題点の抽出を行うことが必要である。サーバ室単位、電源系統単位、ラック単位などで使用電力を計測・計量を可能とし、どこでどれだけ電気を使用しているかを把握（見える化）する。
- ICT 機器の稼動状態により電力は変動するため、瞬時値の他に傾向値を把握し、電力装置の稼動計画、増設計画などに反映させる。
- 電力装置では、その使用の度合いにより効率が変化するため、定期的な傾向を分析することにより、改善点を抽出し、継続的な節電を行うことも重要である。
- サーバラックに提供される電源系統ごとに電流値を計測し、電流管理を行うことができる。電源系統の電流を計測する事で、過剰の ICT 機器の搭載防止を行う。最近使われるインテリジェントコンセントバーは、電流表示機能や閾値管理さらに不使用 ICT 機器の ON-OFF 制御などを行う事が出来る。
- 研究費と一般経費の仕分けなどにも活用できる。

③ 漏水検知

サーバ室特有のものとして、液体の漏れによる ICT 機器への影響が懸念される。サーバ室においては、結露の他、空調装置で利用されている冷却用の冷媒や圧縮機の油、バッテリーなどの電解液などの漏れがあげられる。

【測定内容】

① 電気設備

- 計量：電圧、電流、電力量

- ・ 警報：停電（電圧降下）、絶縁警報、電力地絡
- ② 空調設備
 - ・ 計量：冷水量、送風温度、差圧、室内温湿度、空気質（粉塵など）
 - ・ 警報：故障
- ③ 防災
 - ・ 警報：超高感度煙感知
- ④ その他
 - ・ 警報：漏水検知、

【表示】

- ・ 計量、計測値については グラフ等時系列に表示し、適切な上限値、下限値内に収まっている、異常値が見られないなど 管理値による監視を行う。また異常の際は ブザーなどで警報を出すことが必要である。
- ・ 測定内容については PUE、CO₂ 排出量などを計算することにより、より評価しやすい指標を示すことも必要である。
- ・ ダッシュボードなどにより瞬時値表示を行い、日常の状態監視をおこなう。

【データ収集装置の機能】

- ・ 外部メモリ機能・データファイルの汎用性（CSV など）・付属ソフトの有効性
- ・ 遠隔データ監視（通信プロトコル）など必要機能の検討を行う。
- ・ データ管理の手法の確立
- ・ 計量されたデータの管理を行う。

（参考 DCIM）

データセンターにおける設備管理情報、ICT 機器管理情報を統一的に管理する「見える化」ツールとして、DCIM(Data Center Infrastructure Management)がある。データセンターの構成情報(CMDB; Configuration Management Database)に温湿度および電力監視センサからの情報、ファシリティからの情報を元に、データセンターの運用、管理、計画を一元的に行うことができる。

2.10. 消火、防火設備

消火、防火については、消防法により規定されている適切な防災設備を設置する必要がある。

消防法で規定されている館内監視としての火災検知に加え、サーバ室の空気は空調装置により循環していることから、空調装置の吸気に煙感知器などを設置し、火災探知を行う。超高感度煙感知設備は、電線などのケーブルの発熱による微粒子を検知することで一般の煙感知設備より早期の火災予兆検知が可能となる。

火災時の消火について、国内では水消火による ICT 機器のダメージを嫌う傾向にあり、ガス系（ハロゲン化物、不活性ガス）の消火システムが多く採用されている。人体への影響を考慮し、警報、入室制限、避難などの設備との連動が必要である。

延焼防止のため、ケーブル引き込み口などには火災止めなどの設置が必要である。



図 2-66 消火設備

2.11. 雷サージ（誘導雷）、電磁波対策

落雷は電圧最大 10 億 V で電流数万 A から数十万 A に達し、約 900GW の電力相当に及ぶことがあり、直撃雷、誘導雷、逆流雷による過電圧が発生することがある。このため、ファシリティおよび ICT 機器への影響を避ける対策が必要である。対策には、避雷器（SPD）を電源線、通信線、アース線などに設置することがある。またアース線を接続することは必須である。

自然現象である雷以外にも、ICT 機器などの電気機器が稼動している場合、電磁波の影響で電磁界障害、電波障害によるファシリティ、ICT 機器の誤作動、故障などが起こることがある。電磁波対策 EMI は、サーバ室内などデータセンター内に電磁波の干渉防止、電波シールドなどが有効である。

また、サーバ室内においては、防塵、静電気対策として静電靴を利用する。

3. ICT 機器設計／発注時に係るガイドライン（利用ユーザ向け）

本章においては、各研究室、専攻がサーバラックなどを含めて ICT 機器を設計、発注する際に留意すべき事項を記述している。

なお、昨今では ICT 機器単位の購入からラック単位での購入形態が多くなってきている。ラック単位での購入の場合には、第 4 章にも留意すること。

サーバ室の電力消費の大きな部分を占める ICT 機器の省エネルギーについて以下に留意する。

- ・ 省エネルギー法適合品、グリーン購入法適合品、Energy Star 認証品の指定
- ・ 必要なサーバ処理能力に合わせた CPU、メモリ、ディスク、電源ユニット、筐体の選択とその指定
- ・ より高い給電電圧（基本的には単相 200V）の指定
- ・ 電力の見える化、スケジュール運転、電力ピーク制御等の省エネルギー機能の指定等

※ 大規模なスーパーコンピュータ調達においては、利用される想定的主要な処理プログラムでのベンチマークを行い、その処理能力を調達条件にしている。必要十分で適正規模の調達のため、ベンチマーク用のプログラム提供、ベンダでのベンチマーク実施等の手間はかかるが、上記留意事項への対応可能性も検討すること。

ICT 機器には省エネルギー基準、省エネルギー法による適合品、グリーン購入法適合品、Energy Star による認証品があり、導入においてそれらの選択を行うこと。

※ スーパーコンピュータ、フォルトトレラントコンピュータ等対象外の製品もある。



(1)省エネルギーラベル



(2)エコマーク



(3) Energy Star

図 3-1 各種認証ラベル

電子計算機の環境ラベルとグリーン購入法との関係は以下の通り（2016 年時点）。

- (1) 省エネルギーラベルの認証製品のうち、エネルギー基準達成率 200%以上の製品が、グリーン購入法の消費電力の基準に適合している。（サーバ型電子計算機は 180%以上）。
- (2) エコマーク（No.119）認定品は、グリーン購入法に適合している。
- (3) Energy Star Ver6.0 認証品は、グリーン購入法の消費電力の判断基準に適合している。

3.1. ICT 機器の選択

3.1.1. 古いサーバの見直し

- サーバ省エネルギー性能のトレンド（1W 当たりのサーバ処理能力）は年率 40%で向上している。
- 従って古いサーバを置き換えるだけでサーバ室は省エネルギーとなる。

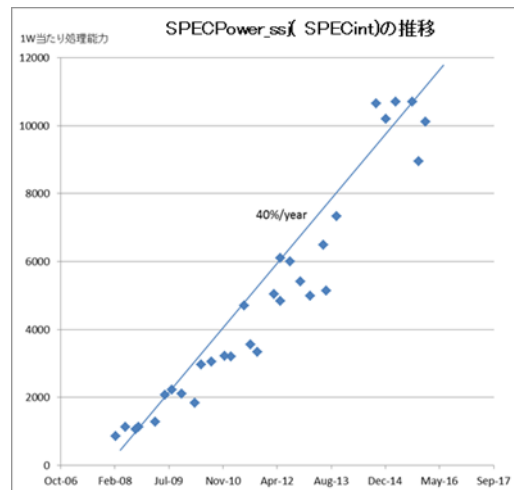


図 3-2 SpecPower_ss (SPECint)の推移

3.1.2. ライフサイクルコストでの評価

- ICT 機器を購入する場合は、購入費用（CAPEX）と運用費用（OPEX＝電気料金）を常に比較する。
- 購入費用が安い機器は省エネルギー性能が悪い場合もあり、運用費用（電気料金）がかさむ場合がある。
- 電気料金（たとえば 5 年間分）が購入料金を上回る機器は省エネルギーとなる別の装置を検討する。

（参考）1kW の ICT 機器の 5 年間電気料金（24 時間 100%稼働で計算）

$$1 \text{ kW} \times 24 \text{ h} \times 365 \text{ 日} \times 5 \text{ 年} \times 20 \text{ 円/kWh} = 876,000 \text{ 円}$$

【調達時のポイント】

装置価格と同時に 5 年間⁶の電気代を提示させ、合計金額で調達判断する

⁶ ここでは、一般的な償却期間を 5 年としているが、ICT 機器の利用期間を想定したライフタイムでの規定が望ましい。

3.1.3. 低消費電力部品の利用

ICT 機器内部で電力消費が大きい部品は以下の通り。

- CPU 38%
- Memory 24%
- HDD 14%

これら部品を低消費電力部品に変更することにより省エネルギーを実現することができる。

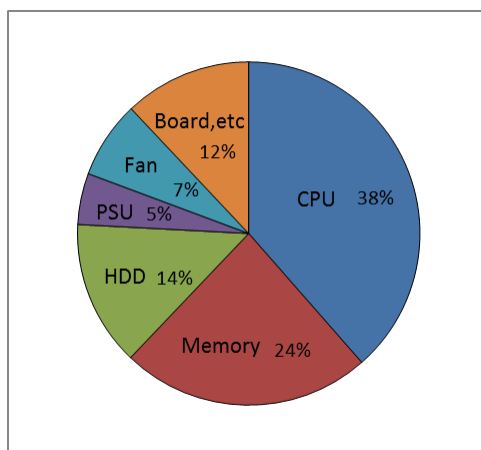


図 3-3 サーバ内部電力割合例

① CPU 選択

- サーバ類の消費電力で大きなウェイトを占める（約 38%）ものは CPU であり、CPU 選択は省エネルギーを考える上で大きな要素となる。
- 現在はほぼ同性能で低消費電力タイプの CPU が品揃えされており、低消費電力 CPU に変更すると TDP が 20W 程度削減できる。
- 性能は約 5%低下するが消費電力が大幅に削減されるため、性能/TDP は 23%改善する。性能第一の HPC（高性能コンピュータ：スパコン）用途以外は低消費電力 CPU を推奨する。

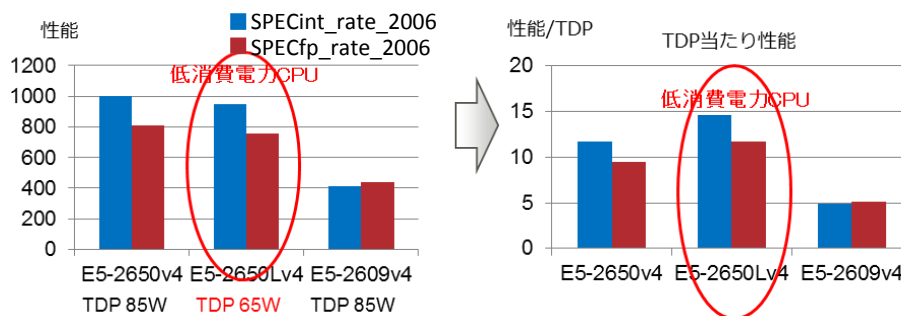


図 3-4 低消費電力 CPU

【調達時のポイント】

要求性能とその性能での消費電力を提示させ、省電力を加点項目とする。インテル CPU であれば CPU 種別数字末尾に L が付いている物を選択する。

② メモリ選択

- CPU の次に消費電力で大きなウェイトを占める（24%）ものはメモリである。こちらでも低消費電力メモリが用意されている場合が多いので低消費電力タイプを選択する。低消費電力メモリモジュールは動作電圧が低い分消費電力も小さい。
- 近年は仮想化サーバの普及で大容量メモリ構成が当たり前になってきているが、メモリの消費電力はメモリ容量ではなく、DIMM（メモリモジュール）の数で決まる要素が大きい。
- 同じシステムメモリ容量を構成する場合に小容量の DIMM を多数使用するより、大容量 DIMM を少数構成の方が省エネルギーとなる。

⇒ 8 GB DIMM × 24 個 = 192 GB : 約 144 W（定格）

⇒ 32 GB DIMM × 6 個 = 192 GB: 約 36 W（定格）6w/DIMM 概算

※ サーバに依るがメモリチャネル数より DIMM 数を減らすとメモリスループットが減少するので DIMM 最適な最少値を考慮する必要がある

【調達時のポイント】

要求性能とその性能での消費電力を提示させ、省エネルギーを加点項目とする

③ HDD/SSD 選択

- 一般的に HDD（ハードディスク）よりは SSD（半導体ディスク）の方が省エネルギーとなる。同じ 2.5”形状で比較すると SSD は HDD に比較し消費電力半減となるだけでなく、同時に性能も上がるので性能／電力も改善する。
- 一方で性能を求めず大容量を指向する場合は低速大容量の 3.5”HDD も選択肢となる。

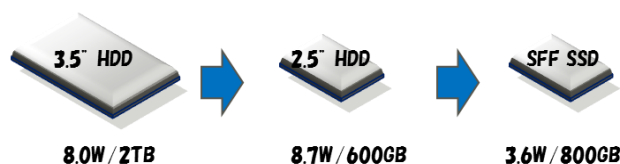


図 3-5 HDD/SSD の消費電力

【調達時のポイント】

要求性能とその性能での消費電力を提示させ、省エネルギーを加点項目とする。
新規購入の場合は SSD を第一選択候補に検討する。

- ※ Flash 第一世代で問題となった SSD 寿命問題は、SSD 内部で交替領域の大容量化、交替アルゴリズムの工夫、ガーベジコレクション組込み、強力な誤り訂正符号の採用などにより、現状の第三世代では HDD と同等の実用上問題にならないレベルに改善した。
- ※ HDD/SSD も容量よりは個数で消費電力が決まる要素が大きいため、同じシステム容量なら大容量 HDD/SSD で個数を減らした方がより低消費電力となる。

（コラム）自分でプログラムを組む場合は I/O 書込みを極力減らす

- ・ 研究者自身でプログラムを作成する場合、HDD/SSD への書込み動作を減らすと省エネルギーとなる。特に SSD ではこの傾向が顕著となる。
- ・ これは HDD/SSD では read より write operation 時の消費電力が大きいためである
 - ✓ HDD : write 動作は数%消費電力大
 - ✓ SSD : write 動作消費電力大、Erase 動作は更に 2～3 倍の電力

従って自力でプログラムを書く場合、極力 HDD/SSD への書込み動作を減らす。

特に SSD ではある程度大きな書込みや累計書込み容量が増えると内部で erase 動作が頻繁に発生し消費電力が大幅に増加するため、書込みオペレーションの削減は省エネルギーに大きな効果がある。

3.1.4. 電源ユニットの選択

① 電圧は可能な限り 200V を使用

電源ユニット選択における留意事項は以下の通り。

- 現在の殆どの ICT 機器の電源ユニットは、日本・米国（100V）から英国（240V）までの幅広い入力電圧に対してひとつの電源ユニットで対応するユニバーサル PSU を搭載している。マージンも含めると ICT 機器の多くは AC 90V～264V の電圧で動作可能な設計となっている。
- ユニバーサル PSU の場合、同じ電源ユニットで入力電圧幅が広く取れるが、電源ユニットの抵抗成分による損失は電流の二乗に比例するため、入力の最低電圧である 100V 動作は最も効率が悪い。逆に入力電源電圧が規定内(100V～240V)で高ければ高いほど高効率となる（50%負荷で 2%程度省エネルギー）。
- 従って 100V で動作している ICT 機器を 200V に電圧変更するだけで省エネルギーとなる。（電気用品安全法に準拠した電源ケーブル・プラグ変更は必要となる）。

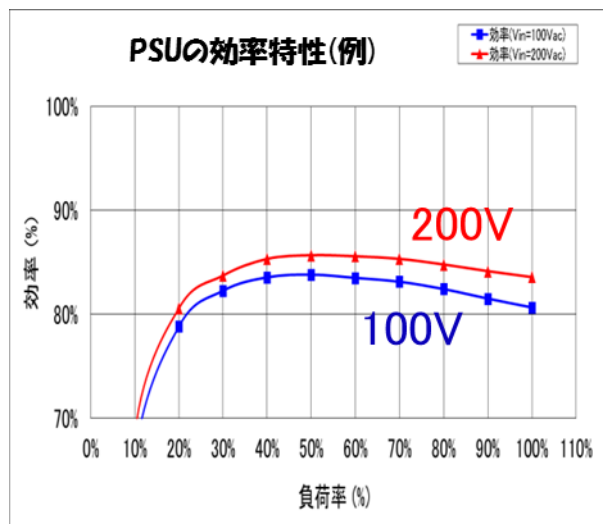


図 3-6 電源ユニット変換効率

② 電源ユニットは 80PLUS の Platinum/Titanium を指定

電源ユニットの高効率指標認証制度”80PLUS”では変換効率に応じてランク認定を行っている。

（効率が悪い） Bronze<Silver<Gold<Platinum<Titanium （効率が良い）



図 3-7 80PLUS

年々、高いランクの PSU が増えており、ICT 機器導入時にはできるだけランクの高い PSU を選択すると良い。既設置の ICT 機器でも電源ユニットを高効率タイプに交換可能な場合は、PSU 交換のみで省エネルギーとなる。

【調達時のポイント】

電源ユニットは 80PLUS Platinum 以上と指定する

③ サーバ構成定格内なるべく小さい容量の電源ユニットを選択

- 通常、電源ユニットの効率は最大定格比で負荷率 50%程度が最高となる。
- （未確定の将来の拡張に備えるなどの理由で）必要以上に大容量の電源ユニットを搭載した場合は稼働中の負荷率が低くなり、特に低負荷運転時の電源ユニット変換効率が著しく低下する。

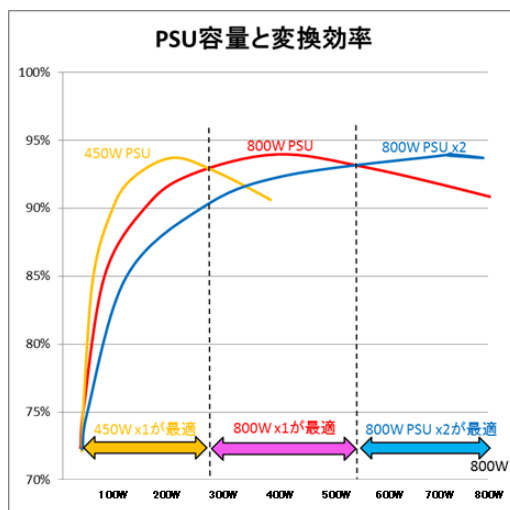


図 3-8 電源ユニットの選択と変換効率

例) 機器構成最大定格 300W

① 800W PSU 搭載時

装置消費電力 300W : PSU 負荷率 38% PSU 変換効率 92%

装置消費電力 150W : PSU 負荷率 18% PSU 変換効率 87%

② 450W PSU 搭載時

装置消費電力 300W : PSU 負荷率 67% PSU 変換効率 94%

装置消費電力 150W : PSU 負荷率 33% PSU 変換効率 91%

【調達時のポイント】

将来の増強が無い場合は、その旨明記し省電力を加点項目とする。

また必要以上の定格の電源ユニットは要求しない。

④ 不必要な冗長電源は避ける

- ・ 冗長(1+1 冗長)では電源ユニットの稼働率が非冗長時の半分となる。
- ・ 冗長電源は PSU 変換効率の悪い軽負荷で使うことになるので、24 時間 365 日運用のような高可用性が要求される場合を除き、避けた方がよい

【調達時のポイント】

冗長電源が不要な場合は、その旨明記し省電力を加点項目とする。

また敢えて「電源冗長無し」と明記する。

3.1.5. 筐体選択

近年の ICT 機器は高密度化が進み薄い筐体を使用する傾向がある。薄い筐体で風量を確保するためには、小型高回転ファンが必要となり、高回転により消費電力が増加する傾向にある。特に 1U 筐体の高密度サーバでこの傾向が顕著となる。

- ・ 1U サーバは装置高さが約 4.5cm しかなく、40mm 角の小型ファンを搭載しているが、小口径であるため風量を確保しにくい。
- ・ 一方で 2U サーバは 60mm 角ファンが搭載可能であり風量を確保しやすく冷却しやすい。
- ・ 従って可能であれば 60mm 角ファン搭載の 2U 筐体にすることが望ましい。

【注意点】エントリ仕様のまま筐体サイズを 2U としているものなどは省電力となるが、一般的には大きい筐体のモデルは拡張性の高い（＝搭載部品の多い）サーバ仕様になって消費電力が増大するため注意が必要（拡張性を必要としない場合、そのようなモデルの 2U 製品を選択しない）。

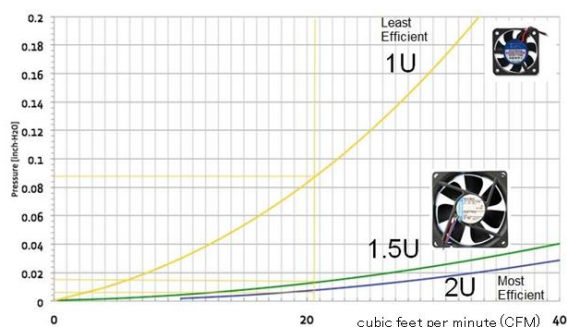


図 3-9 冷却ファン口径と風量

【調達時のポイント】

大きさに制限が無い場合（＝省スペースが不要な場合）、2U の高さを許容する旨を明記し、1U と同じハード構成で筐体を 2U とすることでファン口径を大きくし省電力とした装置に加点を与えられるような調達条件（省スペースよりも省電力を加点）とする

3.1.6. 動作環境温湿度条件

サーバ室で規定されている温湿度条件に合致した ICT 機器を選定すること。

同一サーバ室に異なる温湿度条件の ICT 装置が混在した場合、空調機の設定はより厳しい条件に合わせる必要があり、省エネルギーにつながらない恐れがある。

(事例) 同等性能でのサーバ構成変更による省エネルギー化

表 3-1 同等性能でのサーバ構成変更による省エネルギー化事例

例. FUJITSU PRIMERGY RX2530M2 (CPU 負荷 50%/100%で試算)の場合		CPU 負荷	
		50%	100%
①	構成 (CPU x2, 192GB memory, 2.4TB HDD)	305W	468W
②	電源電圧を 100V→200V に変更	300W	460W
③	低消費電力 CPU に変更 (E5-2650→E5-2650L)	272W	362W
④	総容量は変えずに DIMM 数を削減 (8GBx24→32GBx6)	234W	292W
⑤	総容量は変えずに HDD を SSD に変更	215W	277W
⑥	冗長電源をやめる	200W	270W
⑦	電源ユニット定格容量を小さくする	199W	270W
⑧	大きな筐体に変更 (RX2530 1U→RX2520 2U)	196W	262W

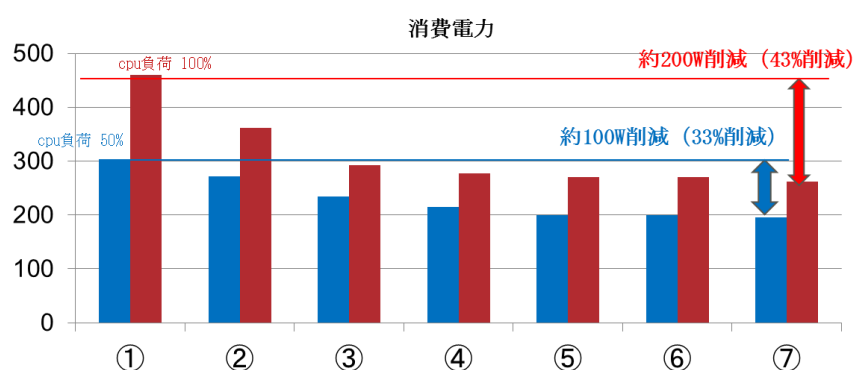


図 3-10 同等性能でのサーバ構成変更による省エネルギー化事例

(コラム) 仮想化によるサーバ集約効果

システム更新時に並行して仮想化集約によるサーバ削減と総消費電力削減を行うことが多いが、事前の業務プロセスも含んだ移行プロセス全体を俯瞰するとメリットと共に留意点も存在する。

- 仮想化によりサーバ台数は 1/5～1/10 に削減可能。
- 台数減と同等の消費電力削減は期待できない。一般的には仮想集約で約 60%の電力削減が期待できる。アセスメントなどにより同時にシステム最適化を実施した場合、最大 80%の電力削減例がある。
- 標準化作業も同時並行して実施仮想集約した先の物理サーバはメモリ容量、HDD 容量、I/O 能力要求が高いためリッチ構成となる（＝消費電力が大きいシステム）。
- 集約先サーバはホットスポットになりやすいので、配置に留意が必要。
- 仮想化が不可能、あるいは時間が掛かりすぎる処理も存在する。
（10%～20%は仮想化対象外）
- 仮想化集約には前準備に数年かかることが多い
古いシステムは（パッケージソフト、自作ソフト共に）ソフトウェアが仮想化対応していないことが多く、移植性に問題が残っている
 - まずは旧サーバ内で VM 化してみる（意外にできない）
 - IP アドレスの仮想化、物理アクセスの排除などを確認する
- ソフト開発／選択に際してはポータビリティに留意する
 - 市販のミドルウェア／ソフトウェアは仮想化対応しているものが多いが、研究に不必要な機能も同時に付いてくる場合が多いので事前の十分な吟味が必要
 - ソフトを自力開発する場合は物理アドレスアクセスを避けるなど、ポータビリティを考慮した設計とする
- 仮想化 DC 統合&DC 移行：
 - 十分な事前検証を行い、移行設計、実移行で完了までに計 2～3 年掛かる
 - 仮想化・標準化済のサーバはポータビリティが良い
 - 物理サーバはマイグレーションが困難（現実的では無い）
 - 移行に先立ちシステムの仮想化・標準化の実施が必須

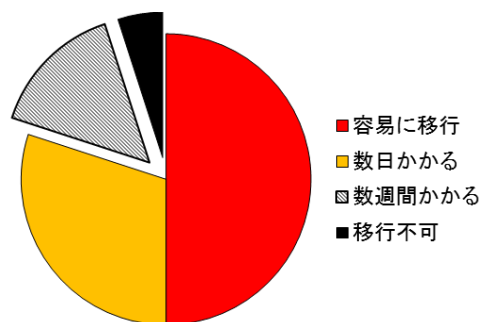


図 3-11 仮想化集約の傾向

3.2. サーバラックの選択

サーバラックは、隣接するサーバラックの間に空きの無い様に設置する。

サーバ室のスペース、空調、電力の効率的な使用、管理の容易性の観点から、サーバ室に設置する「標準ラック※¹」を選定すること。主要要件を以下に示す。

表 3-2 標準ラックの主要要件

ラック規格	19 インチラック（TIA/EIA-310-D, JIS C 6010）
サイズ	高さ 2,000mm（42U）程度※ ² 、幅 600～800mm、奥行 900～1,200mm
ドアパネル	- 前面板と背面板はパンチング扉（穴あきパネル）であること - 施錠可能なこと - 架列端のラックの側面には側面板を設置すること - エアシャッタ（後述）が設置されていること
開口※ ³	- 前面給気、背面排気のサーバに対応するため、前面、背面のドアパネルの開口率は 70%以上であること - 底面板の開口はケーブル配線に必要な部分のみ開けられること - 天井開口（あるいは天井ファン）は設けないこと
耐震性	1,000gal の揺れに対応したラックであること
固定	- 床や架台に固定設置できること - ラック同士は、ラック連結金具によって連結可能なこと

※1： ラック単位、或いは複数ラックで独自冷却、独自搭載方式を採用している装置に関しては、標準ラック利用対象外。

※2： 空流対策設計として「コンテインメント（後述）」を導入（または導入を予定）している場合は、ラックの高さを揃えて購入することが重要となる。（ラックの高さが一定でない架列へのコンテインメントは、コスト増を招く恐れがある）

※3： サーバラック前背面に開口の無いサーバラック、サーバラック上面に排気用ファンあるいは上方への強制排気口のあるサーバラックは利用しないこと。

3.2.1. ラック扉について

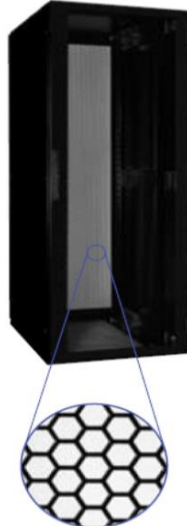
機器の落下防止、空調効率低下防止、セキュリティ確保など、「ラック扉」についての留意事項は以下のとおり。

- ・ サーバの冷却方式に合った扉を使用する。
- ・ 防災扉を使用する。耐熱性の低いアクリル扉※¹は火災につながるため使用しない。（火災防止面だけでなく、パンチング扉とコスト的にも同一になっている）
- ・ ホットアイル/コールドアイル設計の場合、パンチング扉※²を使用する。

- 既存で、床下吹き上げ冷却※³のラックが存在する場合、開口無しの扉を使用する。（ラック底面から天井のファンへ冷気を流すため。）



※1 アクリル扉



※2 パンチング扉



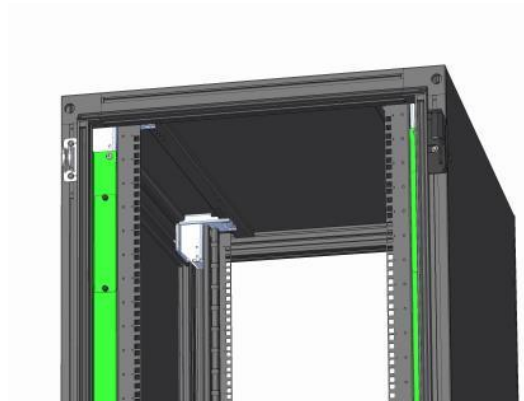
※3 床下吹き上げ冷却

（日東工業株式会社より提供）

図 3-12 ラック扉

3.2.2. エアシャッター付サーバラック

ラック内のトップやサイドの隙間を適切に塞いでいるエアシャッター付ラックを利用することで、サーバラックの空流を一定方向にし、サーバ機器類からの排熱と空調機からの冷気との混合（冷却効率の低下）を防止する。



（日東工業株式会社より提供）

図 3-13 エアシャッター付サーバラック

3.2.3. 側面給排気機器対応ラック

側面給排気のサーバ機器※を新規に導入する場合は、前面給気、背面排気へ給排気方向が矯正

可能なラックをあわせて導入すること。（側面給排気機器対応ラックについては、納入メーカーへ確認すること。） ※ CISCO 社製 Catalyst 6500 シリーズ の NW 機器など

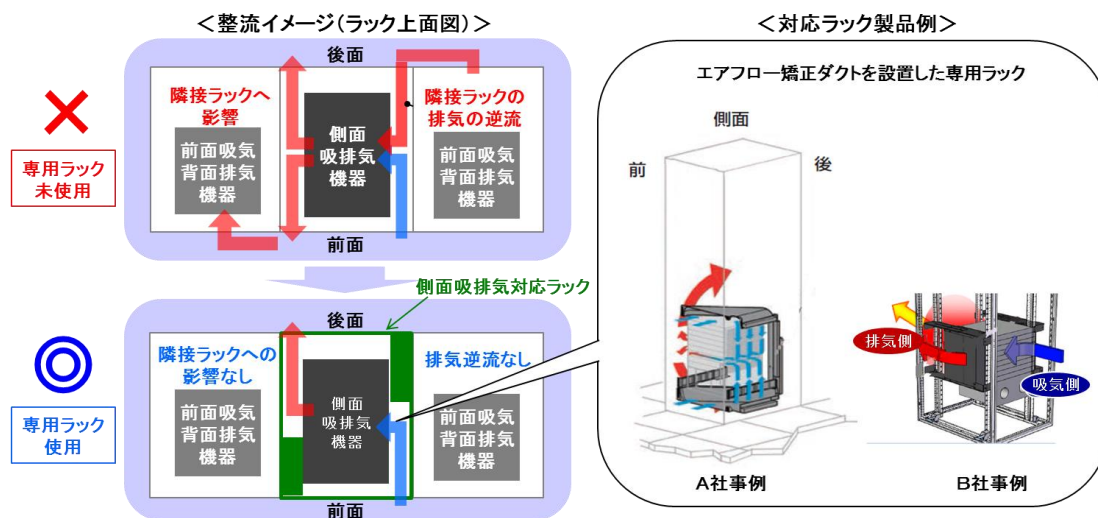


図 3-14 側面給排気機器対応サーバラック

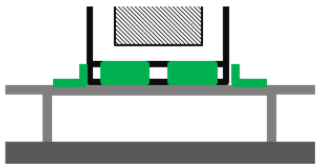
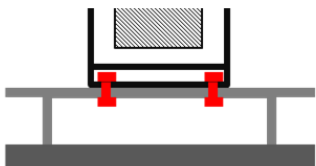
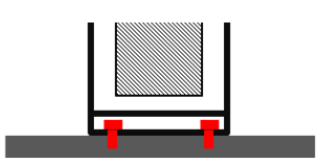
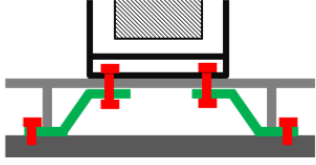
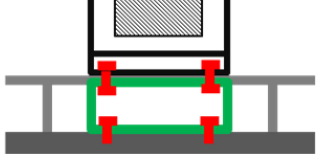
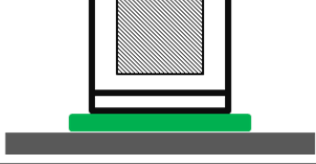
3.2.4. サーバラックの耐震・固定について

地震によるサーバラックの転倒を防止するため、サーバラックを固定すること。
複数のサーバラックを設置する際にはサーバラック同士を連結すること。
「ラック免震装置」を導入する場合は、免震装置にあわせた設置方法をとること。

ラックへの機器搭載にあたっては以下の基準を遵守すること。

- 重量物は下方に搭載し、重心位置はラックの高さの 1/2 以下とする。
- ラックマウントレールを用いての設置を基本とし、マウントできない機器は耐震ベルト等で棚板に固定する。
- スタビライザ（転倒防止板）はサーバ室では床にある開口パネルを塞ぐことがあり、サーバラックの床固定には使用しない。

表 3-3 ラック固定の例

工法など	施工	イメージ図
スタビライザーのみ	ラックに付属（またはオプション）のスタビライザー（メーカーによりスカート、転倒防止板などの名称あり）による設置。 ※地震対策として不十分。	
フリーアクセスパネル固定	フリーアクセスパネルとラックをボルトで固定。 ※地震の際にフリーアクセスパネルの跳ね上げ防止が考慮されていること	
アンカー固定	床に直置きの場合、アンカーボルトを打ち込みラック本体（又はスタビライザー）とスラブ面を固定。	
斜平鋼固定	パネル固定での強度を補うため、フリーアクセスパネルとスラブ間に斜平鋼を挟み込み、ボルトで固定	
架台固定	ラック設置スペース分のフリーアクセスパネルを取り除き、ラックサイズにあわせた架台を埋め込みボルトで固定。	
ラック免震	ラック免震装置を床に設置し、その上にラックを配置。	

3.2.5. ラックの電源容量制限

給電設備を効率化するとともに熱溜まりの発生を防止し、空調消費電力を抑制するためにラック毎の消費電力に上限を定めて平準化すること。

消費電力条件

- 機器の導入にあたっては、ラックあたり供給電力の範囲内※に機器の消費電力の合計が収まるように留意する。
- 供給電力の範囲を超える機器を設置する場合は、複数のラックに分散して機器を設置する。

- ※ ラック当たりの供給電力（上限）は、サーバ室毎に異なるため、施設担当に相談した上で数値を確認し、火災や停電につながらないように留意すること。施設担当側で上限値を定めていない場合は、専門家に相談し、空調機の冷却性能を基に数値を決定すること。

3.3. ラック内 UPS の選択

ラック内 UPS を導入する際に参考となる UPS の基本方式や、安定稼動・省エネルギー実現に向けた UPS 選択のポイントを概説する。

3.3.1. UPS の給電方式

UPS には複数の給電方式がある。

① 常時商用方式

平常時は入力された交流電源をそのままスルーで出力し、ひとたび電源異常を検出するとインバータを起動しバッテリーに切り替えて、バックアップ給電する方式。

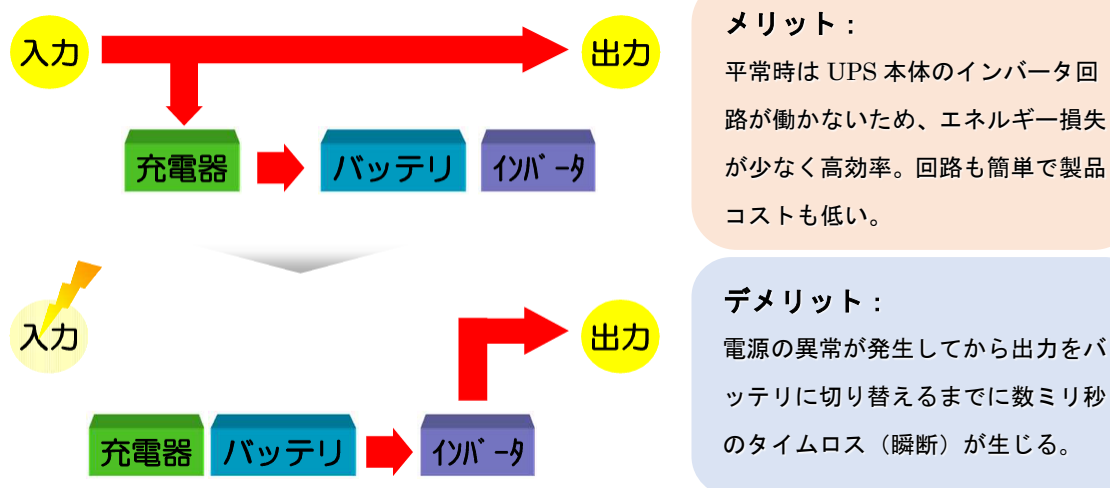


図 3-15 常時商用方式

② ラインインタラクティブ方式

平常時は常時商用方式と同じように入力された交流電源をそのまま出力するが、15%前後の多少の変動であれば内部の回路を使って電圧を調整し安定化させて出力し、電圧が大きく変動したときに、はじめてバッテリーからの給電に切り替える方式。

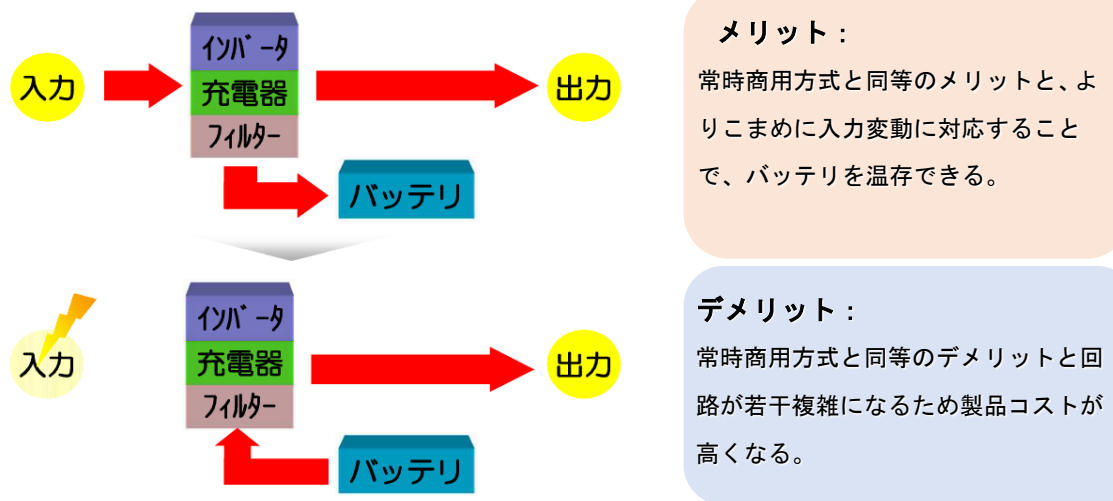


図 3-16 ラインインタラクティブ方式

③ 常時インバータ方式

平常時も交流電源異常時も関係なく、常にインバータ回路を通して安定した電圧を供給する方式。常にインバータ回路が動作しているおかげで、交流電源異常時にバッテリー給電に切り替える際に瞬断はなく、また、出力電圧をきれいなサイン波形に補正することもできる。

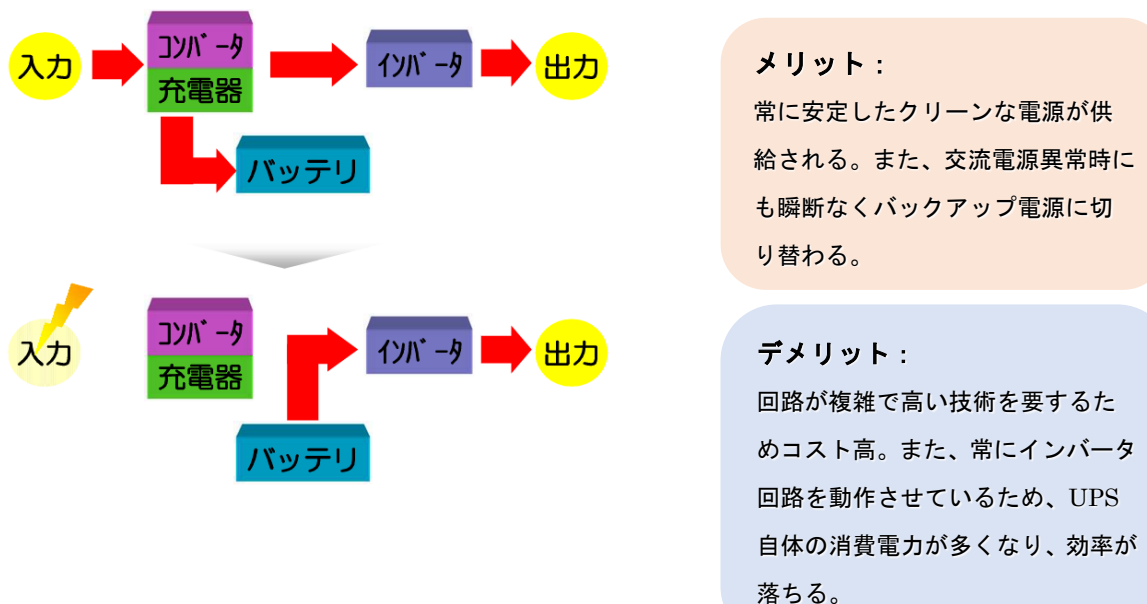


図 3-17 常時インバータ方式

以上、簡単にまとめると概ね以下ようになる。

表 3-4 UPS 各方式比較

	コスト	出力安定性	信頼度	変換効率
常時商用方式	◎	△	△	◎
ラインインタラクティブ方式		○		○
常時インバータ方式	△	◎	◎	△

常時インバータ方式
と比べると安い

出力電圧精度
±2%以内

バッテリー切り替え時
も瞬断なし

通常は入力交流電源
をスルーで出力

常時インバータ方式の UPS は、

- a) 交流電源が普段から不安定（設備老朽化、給電系容量不足、大容量モータ負荷併設、等）
- b) 僅かな瞬断でも動作が不安定となり得る機器を使用（精密加工機械、等）

というようなケースでは有用である。

しかし、サーバは CISPR 規格に準拠して 10msec までの瞬断には全く問題なく耐えられるので、a)に問題のない環境で使うのであれば、常時商用（またはラインインタラクティブ）方式の UPS を調達の方がコスト面でも省エネルギー面でも有利となる（その際、切り替え時間が 10msec を越えないものを選定すること。）

【調達時のポイント】

省エネルギー観点では常時商用、ラインインタラクティブ方式が優れており、UPS に接続する機器が瞬断に弱い精密機器か、通常の ICT 機器かを判断した上で、切り替え時間 10msec 未満を調達条件として常時商用、ラインインタラクティブ方式を採用する。

3.3.2. UPS ユーティリティソフト

UPS を購入しサーバの電源を UPS に繋いだ後、しばらくすると交流電源が停電し、UPS がバッテリーバックアップを始めたとする。しかし、停電が中々復旧しないときには、そのままバッテリーが切れて ICT 機器が突然停止する。バッテリーが切れる前に人が手動でプログラムを正常終了させないと処理中のデータを失いかねない。

上記事態を回避するため、殆どのラック内 UPS には、UPS メーカーが専用の UPS 管理ユーティリティソフトを準備している。UPS とサーバを LAN 等でケーブル接続した上でソフトをイ

インストールして走らせれば、停電等の交流電源異常が発生したときに自動的にアプリケーションをクローズしサーバの OS をきれいにシャットダウンできる。この UPS 管理ユーティリティを使うと、以下のようなことが可能になる。

表 3-5 UPS 管理ユーティリティソフト機能

機能	説明
自動シャットダウン	バッテリー運転が切れる前にコンピュータをシャットダウンする機能。シャットダウンするまでの時間はユーザが設定する。OS をシャットダウンするだけでなく、実行中のアプリケーションをクローズ 処理をするものもある。1 台のサーバだけでなく、ネットワークを通じて複数のサーバをシャットダウンできるものもある。
UPS のモニタ	コンピュータからバッテリーの充電率や残寿命、交流電源の状態などを監視できる機能。システム稼働中の電源システムの安定度がわかるので、様々なトラブル要因を未然に取り除くことにも役に立つ。
スケジュール運転	UPS の自動シャットダウン機能を使って、設定した日付や時間にサーバを 停止させたり起動させたりする機能。 省エネルギー面でもこの機能が役立つ。
遠隔操作	管理者が常にサーバやネットワークの近くに居るとは限らない。その場合にネットワーク経由で遠隔地からサーバを停止したり再起動させたりする機能。遠隔地から UPS を操作できるので、データセンターの無人化、集中管理が実現できる。 ただし何らかのセキュリティ対策と併用すること。

注意点として、UPS 管理ユーティリティソフトは基本的に UPS メーカー間の互換性がない、という点がある。従ってソフトの機能は各社共通の基本的な必要最小限の使用に留めることが望ましい。

【調達時のポイント】

UPS 管理ソフトによって、ICT 機器のノーマルシャットダウンをする機能は必須と考える。
その上でベンダ間互換が無い事を前提に最低限の機能のみ利用する。
調達時には対象となる ICT 機器が UPS 管理ソフトでノーマルシャットダウン可能であることを条件とする。

3.3.3. バッテリについて

充放電可能なバッテリーとして現在主流なものとして、鉛バッテリー、ニッケル水素バッテリー、リチウムイオンバッテリーなどがある。

表 3-6 バッテリ比較

タイプ	特徴	主な用途
鉛バッテリー 	大容量でかつ圧倒的に低コスト。満充電状態を継続しても安全性・信頼性に優れる。充電制御も比較的容易。一時、鉛の環境への影響が問題視されたが現在ではリサイクルシステムが確立。	・ UPS ・ 自動車(セルモータ用)
ニッケル水素バッテリー 	鉛バッテリーに比べ高エネルギー密度であり小型／軽量化に有利。過充電／過放電に強く急速充電が可能なため起動/停止を繰り返す用途や電力平準化用途に適する。	・ 鉄道の地上蓄電設備 ・ 電気自動車の動力源
リチウムイオンバッテリー 	ニッケル水素バッテリーより更にエネルギー密度が高いため携帯機器の小型／軽量化に有利。残存容量や充電状態も監視しやすい。	・ 携帯電話 ・ ノートパソコン

現在市場にある殆どの UPS が鉛バッテリーを採用している。まれに小容量タイプの UPS でニッケル水素バッテリーやリチウムイオンバッテリーを採用しているものもあるが、現状では少ない。これは経済性・コストの問題であり、例えば現状、鉛バッテリーに対し、ニッケル水素バッテリーは2倍以上、リチウムイオンバッテリーは4倍以上のコストがかかると言われており、小型化／軽量化が特に求められる場合以外は用いられない事が多い。

【調達時のポイント】

現状では UPS 用途として鉛バッテリーで大きな問題は無い。

ただし鉛バッテリーは希硫酸を使用しており、僅かにガスを発生するので設置場所に留意する必要がある。UPS 設置場所の環境条件、人の有無などを明示した上で安全性を担保することを調達条件とする

UPS のバッテリーは徐々に劣化していく（生鮮食料品の鮮度が徐々に落ちるのと同じようなも

の)。劣化はあるとき突然起こるのではなく毎日少しずつ進む。UPS メーカーが公称するバックアップ時間は新品のときの値であって、最終的に寿命を迎えたころには初期値の半分程度になっている（バックアップ時間がそれくらいに減るタイミングを「寿命」と定義している）。なお、寿命になったバッテリーは産業廃棄物として処理する必要がある。通常、純正品であればメーカーに返却すれば適切に処理される。

【調達時のポイント】

バッテリーには寿命があり、定期交換が必要であることを認識した上で、ある程度寿命の長い（ICT 機器と同等の 5 年など）バッテリーを調達条件とする。
頻繁な交換は工数増大だけで無く産業廃棄物削減に逆行する。きちんと回収することを前提に調達する。

鉛バッテリーの寿命は製品によって様々あるが、概ね 2 年～5 年程度で、温度や放電回数に左右される。そのため、同じ時期にまとめて導入した UPS でも、バッテリーが寿命になる時期にズレが生じることがあり、ラック内 UPS の調達台数が増えるとバッテリー寿命交換のオペレーションも想定外に煩雑となる。そのような理由からも、できるだけバッテリーを長持ちさせることが望ましいと言える。

a) 長寿命バッテリーを使用した UPS を採用

一口に鉛バッテリーと言っても、普通の寿命のものから長寿命なものまで色々存在する。UPS メーカーや製品ラインナップによって違うので要注意。
国際的なメジャーブランドだからと言って、必ずしも長寿命という訳ではないので注意が必要。

b) バッテリー環境温度を平均して 25℃程度に維持

バッテリーは温度が高いと寿命が短くなるので、できるだけ環境温度を下げたいが、その為の空調代がかかるのも事実。温度があまり低いとバッテリー内の化学反応が不活性となり放電時間が短くなるというデメリットがあるため、平均して 25℃程度の環境で使い続けるのが最も適している。空調費用削減のためには動作温度範囲の広いニッケル水素電池やリチウムイオン電池の選択も視野に入る。

c) 頻繁な充放電が起こらないように使う

交流電源が頻繁に異常となるような環境で UPS を使用すると、頻繁に充放電を繰り返すため、バッテリーの寿命が短くなる。まずは交流電源がどうして頻繁に異常となるのか調べ、可能な限り問題の元を断つ。それが難しく UPS を導入するときは、ラインインタラクティブ方式や常時インバータ方式の UPS 採用を検討する。

【調達時のポイント】

バッテリー環境温度が高い場合は、ニッケル水素電池やリチウムイオン電池の選択も視野にいれる。この場合空調コストとバッテリーコストのバランスを見る必要があるため、5 年間の TCO 算出を調達条件とする。

鉛バッテリーは長期間充電されていない空の状態にすると、充電できなくなる。周囲温度に依存するが、25℃程度なら 6 カ月、40℃程度なら 3 ヶ月が目安。それ以上カラのままにならないように充電を行う。

3.3.4. UPS 選定のポイント

UPS を調達する際に特に留意すべき選定ポイントを以下に説明する。

① UPS の容量

UPS 選定時に注意すべき「容量」には、以下の 2 つがある。

a) UPS 機器自体の出力容量

これは UPS 内の電源回路(電子回路)の交流出力能力で、例えば、製品の説明に 750VA とか 1500VA とか書かれているもの。バックアップしたいサーバの電力の総和を超えないようにしないと、電源回路がオーバーロードになってダウンする。UPS にはサーバの電源をつなぐコンセントがたくさん並んでいるが、つなぐ機器の電力総和を考えずに自由につないでよいという訳ではない (UPS はコンセントタップではない)。

UPS の電力は、VA (ブイエー) と W (ワット) の 2 種類が規定されている (それぞれ「皮相電力」、「有効電力」と言う)。一般的にサーバは VA でも W でも殆ど同じ値であるが、UPS は VA より W の方が小さいことが多い。UPS 選定にあたっては、VA と W の両方とも容量オーバーにならないようにする。

b) バッテリー容量

UPS に内蔵されるバッテリーの蓄電能力。これはバックアップ時間に影響する。停電が起きた時、サーバ等をどれくらいの時間バッテリーで動作させるかに応じてバッテリー容量を選定する。このとき、UPS 製品によっては、本体機器の外部に増設するバッテリー機構がオプション商品として用意されているものもある。

必要なバックアップ時間は、停電発生時に ICT 機器がデータの退避処理をきちんと完了できる時間とする。ICT 機器のメモリ容量やストレージとのインタフェース速度等によって異なるので、システム構築を担当するエンジニアに見積もってもらう事が多いが、「安全であろうからとりあえず長めにする」というような乱暴な選定をすると

UPS が過剰に大きくなるので、しっかり無駄のないように見積もることが肝心。

バッテリーは生ものであり、毎日少しずつ徐々に劣化していき、「寿命」になると初期値の半分程度のバックアップ時間になっていることを忘れない事。なお、カタログに記載される容量は、表記寿命経過時（劣化後）の容量とされているのが業界通例である。

【調達時のポイント】

- UPS はコンセントタップとして使用しない。
VA 表示と W 表示を区別する。
- UPS は「大は小を兼ねる」とはならず、必要以上に大容量の UPS は省エネルギーに逆行する。
- ノーマルシャットダウンに必要な最小限の容量（＋若干のマージン）に留める。
- 調達時には接続 ICT 機器の消費電力とノーマルシャットダウン必要な時間を明記した上で調達を掛ける。

② UPS 出力波形

安い UPS の中には、インバータ回路を簡単にするため、交流出力が正弦波ではなく矩形波のものがあるが、基本的に「矩形波出力の UPS は ICT 機器には使えない」と考えること。理由は、以下の様な誤動作・故障が発生するため。

a) ICT 機器内電源ユニットの誤動作

ICT 機器は「高調波電流規制」（交流電源に流れる電流をできるだけ正弦波に近づける規制）に対応するため、電源ユニット内に特殊な回路（「力率改善回路」と呼ぶ）を持っている。これは入力電圧がサイン波であることを利用して、入力電流を正弦波に整形する動きをするもので、入力電圧が矩形波だとうまく動作できない。また、ICT 機器電源には、入力の交流電源に停電などの電圧低下が発生していないかどうかを監視する回路が付いているが、矩形波では正しく監視できないことがある。

b) ICT 機器内電源ユニットの破損の恐れ

一部の ICT 機器電源では、小容量の制御用電源を生成するために商用トランス（50Hz や 60Hz という商用周波数で動作するトランス）を使う。ここに矩形波を入力すると異常発熱して破損する恐れがある。

c) AC ファンの異常回転

交流電源で動作するファンを使って冷却している場合、ファンの回転異常が発生する。

【調達時のポイント】

矩形波出力の UPS は採用しない。正弦波出力を調達条件とする。

③ 突入電流

ICT 機器の電源投入時には、一時的に大きな電流が流れることがある。例えば、定常電流が 3A でも、電源投入時にはピーク 30A の電流が流れることがある。これは ICT 機器内の電源系統につながっている多数のコンデンサが最初は充電されていない空の状態であり、それらを短時間に充電すべく通常電流より余分な電流が必要となるため、「突入電流」と呼ぶ。UPS の交流出力がいきなりオンになると（例えば分電盤のブレーカを入れた時など）、ICT 機器に大きな突入電流が流れるが、この値があまり大きいと

- UPS が過電流異常を検出して止まってしまうことがある（ブレーカを切って直ぐ入れ直すと、コンデンサが中途半端に充電された状態から再スタートとなり、若干突入電流が小さくなって今度はうまく立ち上がる、などということが起きたりする）。
- 1 台の UPS に複数の ICT 機器をつないでいて、1 台をオンしたときに、突入電流によって UPS の交流出力電圧が一瞬低下し、稼働中の ICT 機器がダウンすることがある。こういうトラブルを事前に避けるには、UPS に接続される ICT 機器の突入電流を把握して、その値で過電流検出しない UPS を選定する必要がある。

ところが、ICT 機器の突入電流が判らない、または UPS 導入後に ICT 機器を増設する、などの理由で、実際には突入電流を完全に把握した UPS を選定するのが難しいケースも多い。

このような懸念があるときは、UPS がオンするときに“ゆっくり”立ち上がるタイプのもを選ぶ方法もある（これを「ソフトスタート機能」、「スロースタート機能」などと呼ぶ）。ただし、ソフトスタート機能がある UPS は常時インバータ方式に限られるので、コストや省エネルギー性とのトレードオフになる。

【調達時のポイント】

どうしても突入電流によるトラブル回避（ICT 機器の総突入電流算出が出来ないなど）が出来ない場合にはソフトスタート機能付き UPS を検討する。

UPS に接続される ICT 機器の突入電流（各機器のカタログ値で良い）が把握出来る場合は、その合計値で UPS が過電流検出しない事を調達条件とする。

3.4. ラックへの機器搭載設計の考え方

ラック内の機器搭載設計にあたっては、熱溜り防止と安全性確保の観点から以下の搭載方法を標準とする。

① 最大搭載重量の明確化による危険性回避

- ラック最大搭載重量の範囲内での機器搭載（それ以上の機器は複数ラックに分割して搭載）
※ ラックを含んだ最大搭載重量（床荷重）は、施設担当に部屋毎の数値を確認すること。

② 機器搭載方向統一による空流の確保（ショートサーキット防止）

- 空調方式およびラックにあわせた給排気方向での機器搭載

③ 機器の搭載順序標準化による安全強化、設置・交換時の作業負荷低減

- 重量物をラック下部へ、軽量物をラック上部へ配置
- 重心位置はラック高さの 1/2 以下にする

④ ラック搭載できない機器の棚板搭載による保守性の向上

- 棚板に機器を搭載し、耐震固定バンドにて安全に固定

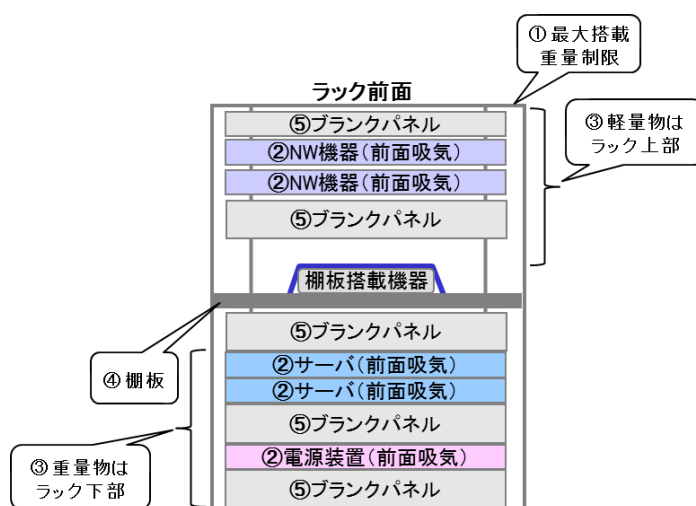


図 3-18 ラックへの機器搭載設計の考え方

空調設備からの冷気と ICT 機器からの排気との混合（ショートサーキット）による ICT 機器の給気温度上昇を防ぎ、空調効率を改善し省エネルギーを図るためにラック／ICT 機器の空流に配慮すること。

① ラック／ICT 機器給排気方向の統一

② ラック内における空きユニットへのブランクパネル設置（排熱の回り込み等防止）

③ ケーブル取り出し口の大きさの最小化（冷気漏れの防止。床吹出し方式の空調を採用している場合）

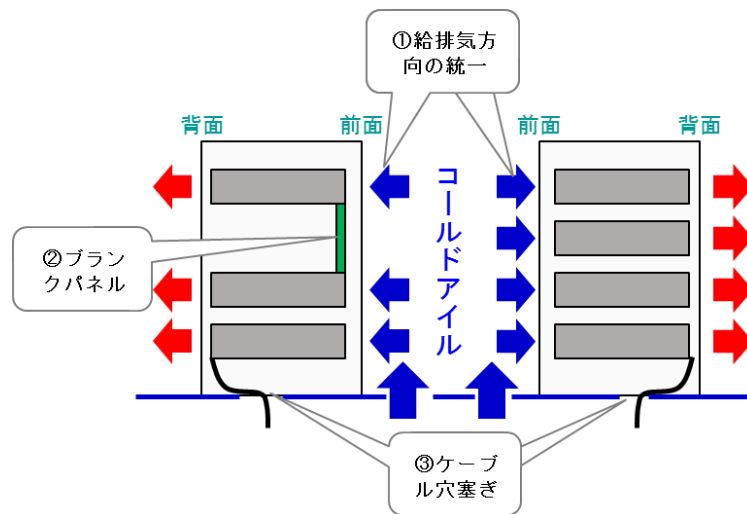


図 3-19 ラック給排気

高発熱 ICT 機器を連続して搭載した場合、排気の直進性が大きくなり対向ラックまで届き、対向ラック側に搭載されている ICT 機器の温度が上昇してしまうケース(①)がある。よって、排気上方誘導板 (②) を設置し、対向ラックへの影響を防止すること。

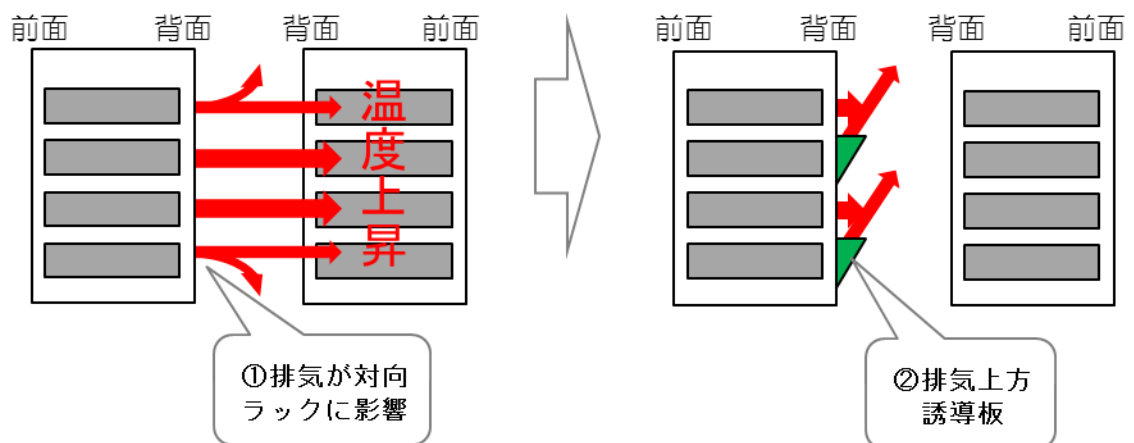


図 3-20 排気上方誘導板

3.5. コンテインメント

空流対策として、コンテインメントの実施を検討する。

コンテインメントとは「囲い込み」のことである。ラック列間の通路を壁や屋根等で区画し、ICT 装置への給気（低温）と排気（高温）を物理的に分離して効率的な空調環境を実現する。

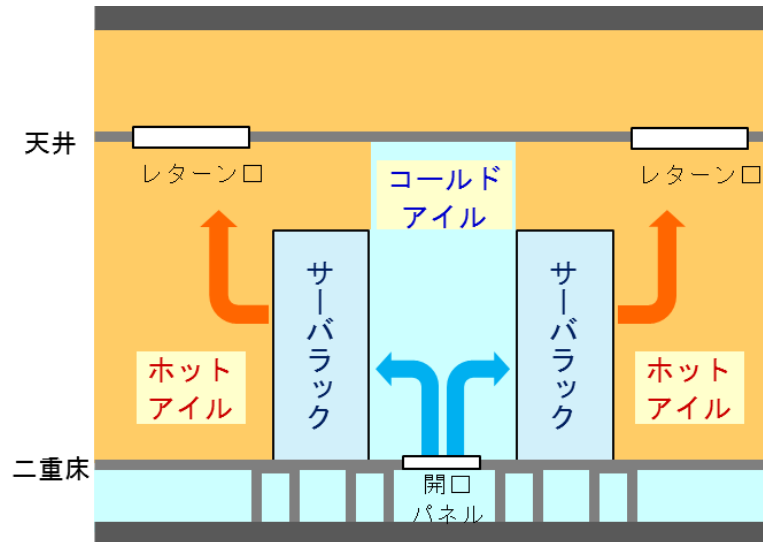


図 3-21 コンテインメントのイメージ

コンテインメントは、一般に「1 ラックあたり実効 4kW」を越えるような高発熱ラックが必要な場合に適用を検討するが、空流およびサーバラックや空調機に関する総合的な知識が必要であるため、専門家に相談しながら進めること。

また、「1 ラックあたり実効 10kW」を越えるような HPC（高性能コンピュータ：スパコン）の場合には、空冷での冷却能力を越えることから、ICT 機器でのコールドプレートによる冷却などの導入を提供ベンダと相談すること。

4. ICT 機器施工時に係るガイドライン（利用ユーザ向け）

本章においては、各研究室、専攻がサーバラックなどを含めて ICT 機器を新增設、更新する際の施工上留意すべき事項を記述している。

ICT 機器を新增設、更新する際には、開口パネルの設置などサーバラックへの給気を確保した上で機器搭載を実施することが必要である。ICT 機器搭載後、必要な空流対策、固定などを実施すること。

4.1. 開口パネルの設置

床吹出し空調方式を使用しているフロアにおいては、ICT 機器の発熱に合わせて、二重床に開口パネルを設置し、冷気をサーバラックに届ける必要がある。開口パネルは二重床パネルと交換する形態で、床自体に設置する。以下に設置数と設置位置の考え方を示す。

① 設置数（枚数）

- 開口パネルの設置数は、サーバラックの発熱量にあわせて調整することが基本である。サーバ室の空調により異なるが、一般的な条件において 1 枚の開口パネルからの送風で ICT 機器約 2~4kW の冷却が可能である。
- 既設のサーバ室にラックを増設する際には、既存の設置数だけで十分に冷却可能な場合もあるため、増設の必要性和必要枚数については施設担当に確認して決定すること。施設担当で判断できない場合は、専門家に相談すること。

② 設置位置

- ・ コールドアイル／ホットアイルが分離されているフロアにおいては、サーバラックの設置（新增設）にあわせて、コールドアイル側（＝サーバラック前扉側）の当該ラック近傍に設置するのが基本となる。
- ・ 開口パネルの設置は、ラック設置後、ICT 機器の稼動前に行う。
- ・ 開口パネルの上にサーバラック等空流を阻害するものを置いてはいけない。

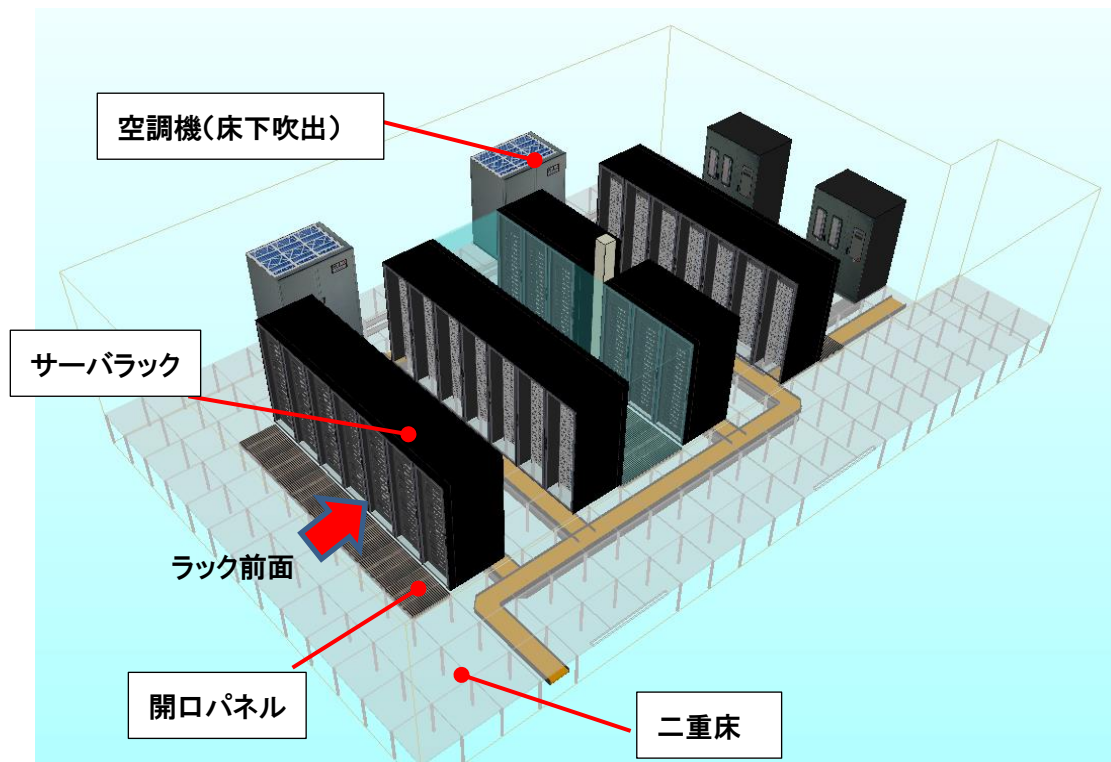


図 4-1 開口パネルの設置位置

4.2. サーバラック内施工

4.2.1. ICT 機器搭載

サーバラックへの ICT 機器搭載における留意事項について、以下に概要を記述する。

- ・ フロア毎に定められた「ラック搭載重量制限（床荷重制限）」を厳守する
- ・ ラック毎、電源回路毎に定められた「最大使用電力制限」内で機器を搭載する
- ・ 施工実態を明確にした「設備記録（ラック搭載図）」を作成する
- ・ ラックの転倒防止のため、重心位置はラックの下方となるように機器を搭載する
- ・ 機器は、空調方式にあった吸排気方向（基本は前面吸気／背面排気）で搭載し、吸排気方向の異なる機器（側面給排気等）は、排気方向を合わせる対策を実施する
- ・ ラックへの空流対策を実施する（ブランクパネル、エアシャッター、等）
- ・ 搭載機器は、ラックに、ユニット単位で、専用レールや専用ねじでマウントする
- ・ ラックマウントできない機器は、棚板を用いて、ベルトなどで固定設置する
- ・ ラック内には不要物を置かない（例：工具、段ボール等の可燃物、メディア等）

① 制限事項の厳守（搭載重量制限、使用電力制限）

- ・ サーバ室の二重床損壊やビル躯体への悪影響を防止し、ラックの損壊や倒壊を防ぐために以下に留意し搭載重量制限を行う。
 - 床の耐荷重量の観点から、ラック当たりの最大荷重（ラック重量含む）※を超えてはならない。
 - 最大搭載重量は各ラックの耐荷重量に従い、ユニットに空きがあっても、耐荷重量を超えて搭載してはならない。

※ ラック当たりの最大荷重は施設担当に相談し、サーバ室毎に数値を確認する。

- ・ 過負荷による電源遮断を防止するため最大使用電力の範囲内で以下に留意し機器を搭載する。
 - ラックのユニットに空きがあっても、機器の合計電力がラック当たり最大使用電力※を超えてはならない。
 - 電源コンセントは、記載の定格消費電力を守って使用する。

※ ラック当たりの最大使用電力は施設担当に相談し、部屋毎の数値を確認する。

② 搭載状態の管理

施工時（前後）にはサーバ室内リソースを有効活用するため、施工に関する実態を明確にした以下の設備記録を作成する。

➤ ラック搭載図

ラック内機器搭載状態を管理するために作成する。ラック内機器搭載状況、ケーブル配線状況、搭載重量、定格電源容量などが確認できる図表

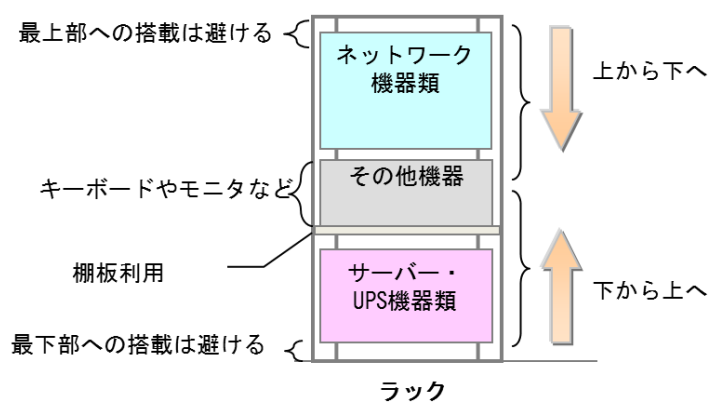
➤ 施工確認票

施工結果を確認するために作成する。ラック施工における遵守事項の実施を確認するためのチェックリスト

③ 機器の搭載順序

耐震性等の安全性の向上、設置時や機器交換時の作業負荷低減、作業性・保守性の向上のため以下に留意し、搭載順を一律に統一すること。また、重心位置がラック下方となるように搭載する。

- サーバ・UPS 機器類など重量機器は下部から上へ順番に配置する。
- ネットワーク機器類は上部から下へ順番に配置する。



※線長制限のある機器配置は、機器マニュアルに従って搭載すること。

図 4-2 ラック内機器搭載順

4.2.2. 機器搭載時の空流対策

コールドアイルに暖気が入ることによる空調効率の低下を防ぐために、以下に留意し搭載する。

- ① 搭載機器の向きは、ラックの給排気方向※に合わせて設置する。（※ホットアイル／コールドアイル設計の場合、ラック前面から給気して背面へ排気する）
 - ・ 側面給排気や下面排気などの特殊な機器は、ベンダが提供する整流パーツを搭載するなど、他の機器と給排気の向きをそろえて設置する。

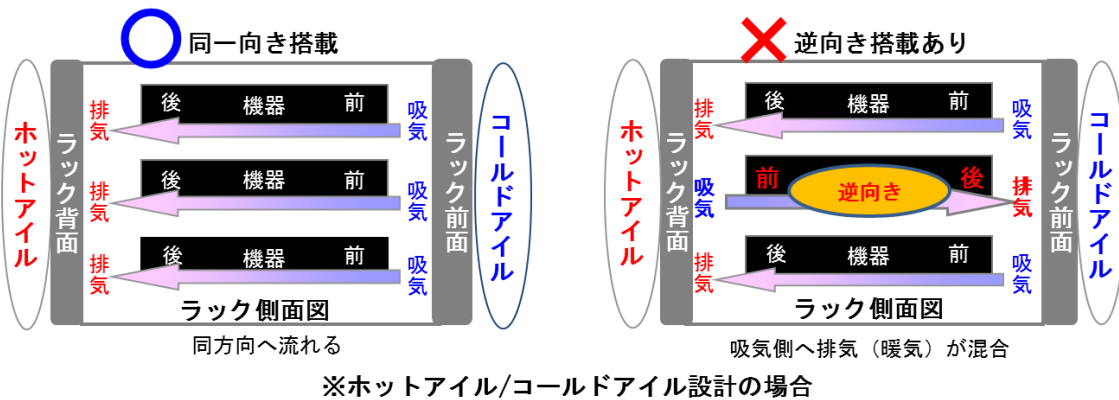


図 4-3 機器搭載方向

- ② ラックには、サーバの安定運用と空調効率向上のため、以下の空流対策を実施すること。
 - ・ 機器の排熱の回り込み（ショートサーキット）を防止し空調効率を向上させるため、前面給気・背面排気のラックには、空きユニットにブランクパネルを設置する。



図 4-4 ブランクパネル

- ・ 保守用 PC はラックマウントドロワー（引き出し型保管スペース）に設置し、無駄な空きユニットを作らない。（保守用 PC を棚置きにすると、開いて操作する高さ分のブランクパネルの設置ができなくなるため）

4. ICT機器施工時に係るガイドライン（利用ユーザ向け）

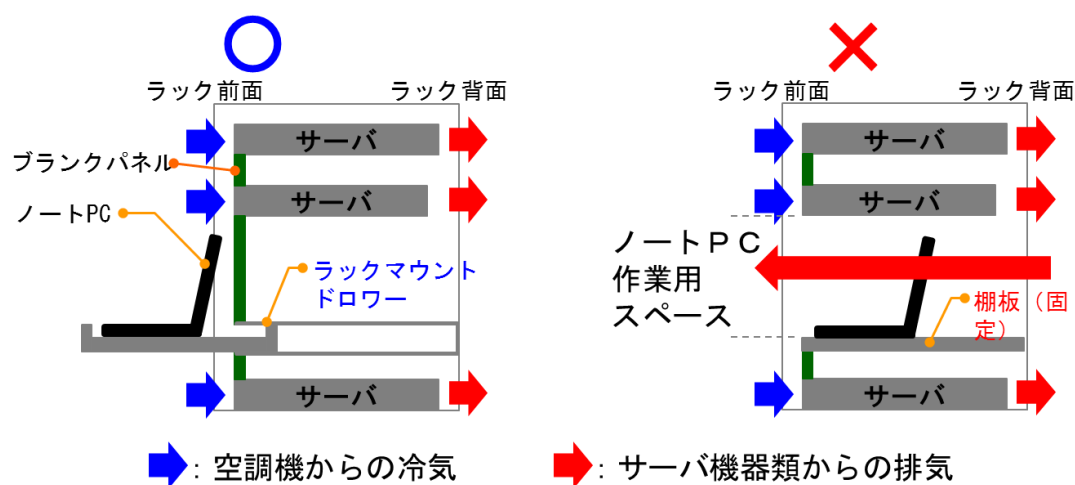


図 4-5 保守用 PC の設置例（ラックマウントドロワー）

- ラック内において上部やマウントアングル、ラックフレーム間等の隙間を適切に塞ぐことで、サーバラック内の空流を一定方向にし、サーバ機器類からの排熱と空調機からの冷氣との混合を防止するためエアシャッター対策を行う。(エアシャッター付サーバラックの場合には不要)

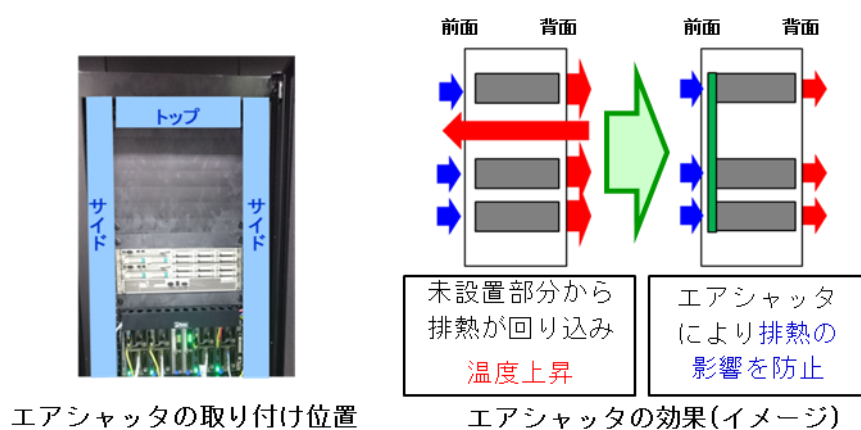


図 4-6 エアシャッタ

- 高発熱サーバからの排気による対向ラックの温度上昇など、機器への悪影響を防止するため、サーバラック背面に排気上方誘導板を設置する。

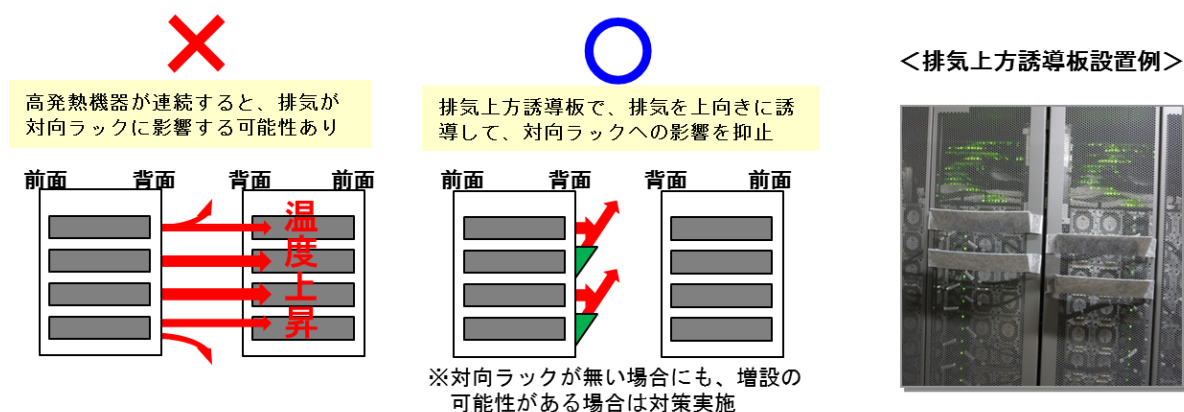


図 4-7 排気上方誘導板

4.2.3. 機器の固定・耐震

- ① サーバラックへの機器固定が不完全であると、ネジが外れて機器が外れやすく、交換など保守時にネジが外れないなどの事故を防止するため以下に留意する。
 - ユニット（ラックの機器搭載単位）にあわせて機器をネジで固定する。
 - ラックレール（ガイドレール）が用意されている機器は、可能な限りラックレール（ガイドレール）を使用してマウントする。

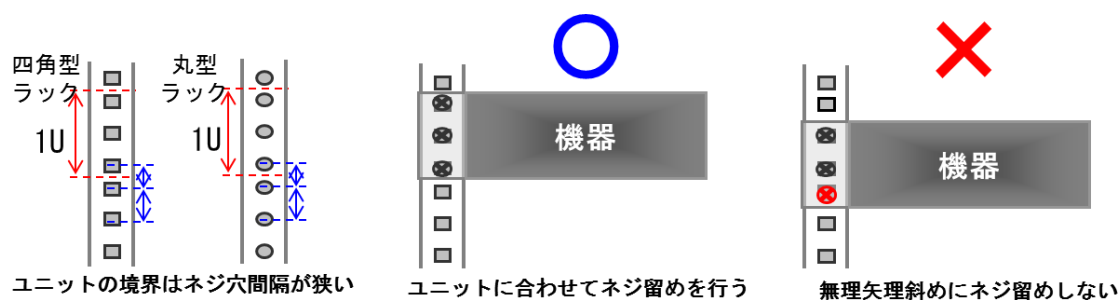


図 4-8 サーバラックへの機器固定

- ② 搭載機器の上に他の機器を直置きすると、機器交換を行う場合に機器移設などの付帯作業が発生するため以下に留意する。
 - ラックマウントやネジ止めできない機器は、棚板を設置して、その上に置く。（機器は動かないように固定する）

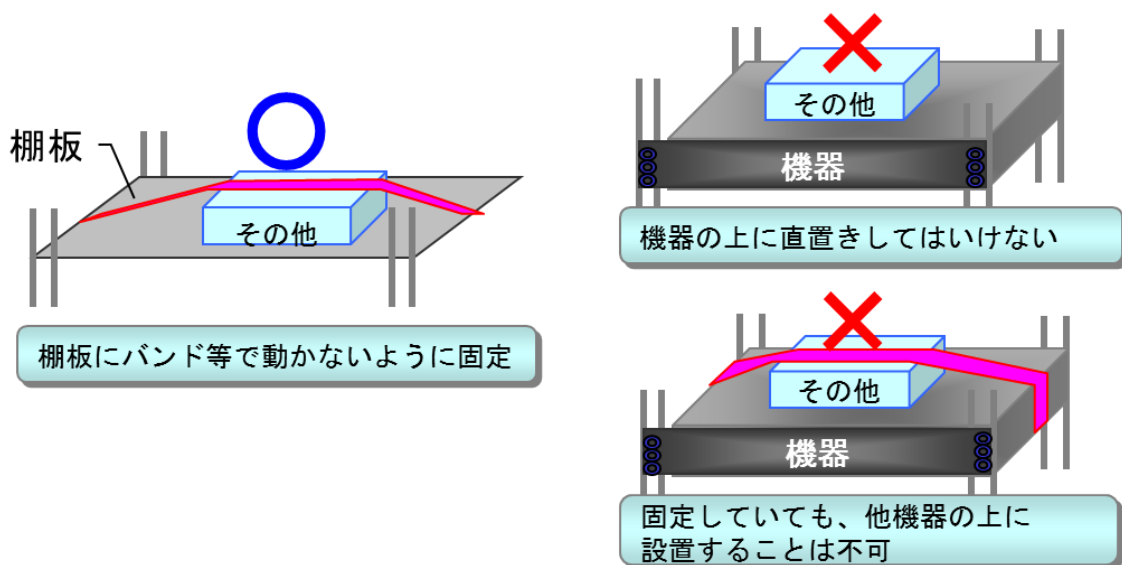


図 4-9 ネジ止めできない機器の固定

- ③ 前面または背面のみ（計 2 箇所）で固定した「ハーフデプス機器（奥行きが短い機器）」において、自重でネジが緩み水平が保てなくなるケースがある。定期的にねじ止めの緩みを点検し、締め直しを実施して水平を維持する。

4.2.4. ラック内設置物制限

非固定物の移動による事故や火災、その他予期せぬ事故の発生を防ぐため、ラック内には可燃物は置かないこと。原則として、システムを構成する機器以外は設置不可。



ダンボールなどの可燃物



交換用物品
(メディア、ケーブル含む)

図 4-10 ラック内設置不可物品例

4.3. サーバラック内配線

サーバラック内の機器配線における留意事項について、以下に概要を記述する。

配線部材の選定や施工上の工夫により、保守性向上だけでなく空流をスムーズにして省エネルギーにつながる効果も見込める。

【留意事項】

- ・ ケーブルの両端に接続元、接続先がわかるタグやラベルを取り付け管理する
- ・ 配線ルートは、機器の交換・増設作業、機器の吸排気を妨げないように留意し、機器に重ならないように、左右に寄り分けて配線する
- ・ 通信配線は、可能な限りラック上部のネットワーク機器に集約する
- ・ ラック間で配線が必要な場合は、ラック側面を経由した配線は原則不可
- ・ ノイズの影響を防ぐため、通信ケーブルと電源ケーブルは、間隔を空ける
- ・ ケーブルは、適切な余長を確保したうえでしっかり固定しておく
- ・ 結束材は、不燃・難燃性の素材を用い、金属製の素材を使わない
- ・ ケーブルには抜け防止処置を行う
- ・ コンセントバーは、磁石付きでも、他の結束材で必ずラック本体に固定する
- ・ 冗長化電源は別々のコンセントバーへ分けて接続する
- ・ 床下冷気の漏れ防止のため、二重床パネルのケーブル引き込み口を適切に塞ぐ

4.3.1. ラベリング

- ① ケーブル識別を容易に判断でき、誤抜去を防止するため、電源および通信ケーブルには、接続元と接続先を記述したケーブルタグまたはケーブルラベルを取り付ける。

■ケーブルタグ

- ・ ケーブルに必要事項を記述したタグを下げるタイプ
- ・ 紐やナイロンタイでケーブルに巻きつける



■ケーブルラベル

- ・ ケーブルに必要事項を記述したラベルを貼るタイプ
- ・ 専用のラベル等で作成したテープを貼る

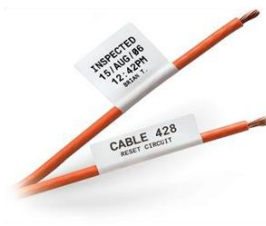


図 4-11 ケーブルタグ、ケーブルラベル

- ② ケーブルタグ、ケーブルラベルは、タグ、ラベルの記述方法は統一し、記述内容に変更があった場合には速やかに変更を実施する。

4.3.2. 配線ルート

ケーブル配線は、ICT 機器を稼動させる上で必須のものであるが、配線自体が空流を阻害し、ICT 機器の温度上昇や冷却効率低下（エネルギー損失）につながる可能性がある。問題発生を

未然に防ぐための留意事項を以下に示す。

- ① ケーブルの選定においては、施工性の向上および空流阻害防止の観点から、規格を満たす範囲で、細く、柔軟性の高いものを選定することが望ましい。
- ② 機器の状態確認や機器交換などの妨げになるため、ケーブルが他の機器に重なるような処理を行わない。
- ③ 他の機器や電源ユニットの挿抜を妨げるルートにケーブルを配線しない。

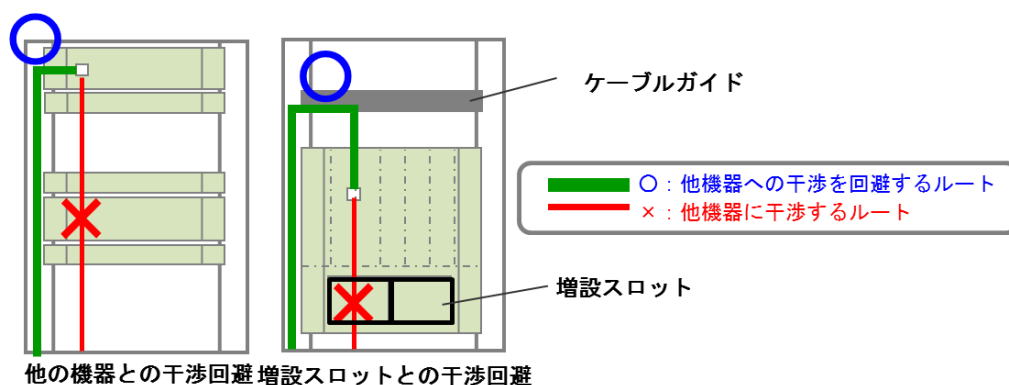


図 4-12 他機器と干渉しない配線ルートの例

- ④ 可能な限り、サーバラック内通信配線をラック上部の NW 機器に集約する。（ToR：トップオブラック）それによりラック間の配線を減らし空流阻害防止に繋がるだけでなく、サーバ室への搬入前の配線作業が可能となり、サーバ室内での作業時間短縮に繋がる。

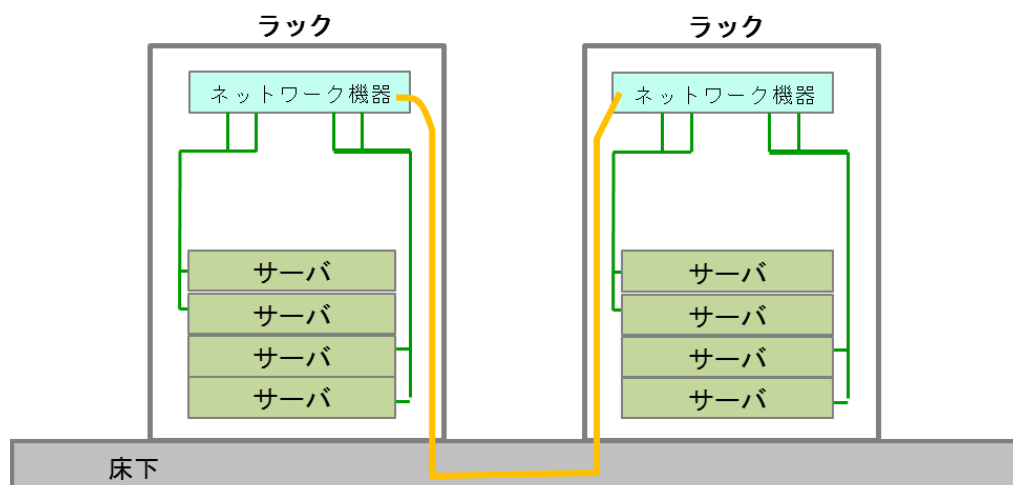


図 4-13 ToR のイメージ

- ⑤ 機器設置・撤去工事における予期せぬケーブル損傷やケーブル抜去の発生を防止するため、ラックを跨る配線については各ケーブルの線長制限の範囲内で、床下を経由して配線する。

（原則、ラック側面を経由した配線は行わない）

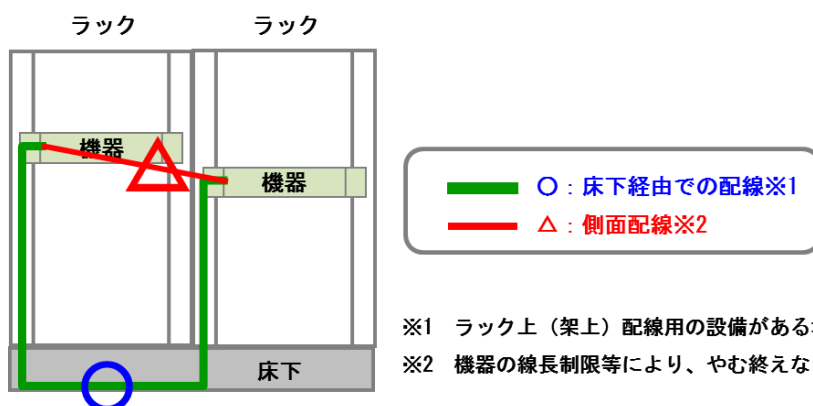
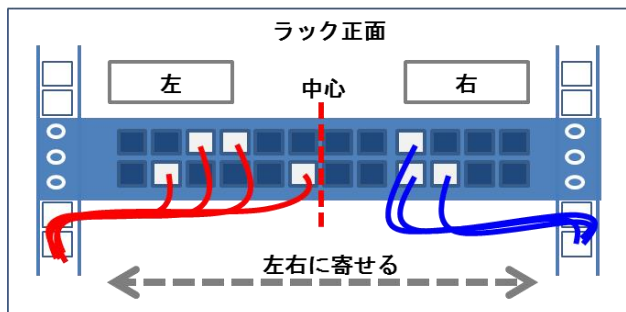


図 4-14 配線イメージ

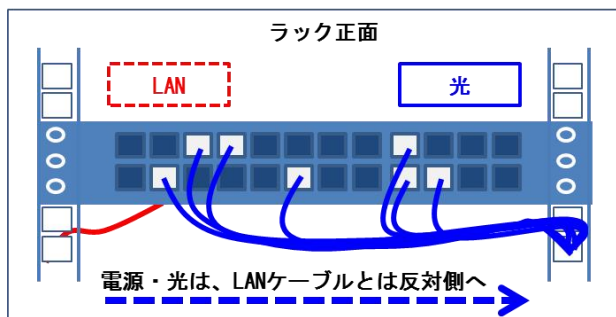
4.3.3. ケーブルのより分け

- ① 空流遮断を防止し、保守性の向上（ケーブル判別の容易化など）につなげるため、接続部分がサーバラック中心から左にある場合は左側へ、サーバラック中心から右にある場合は右側へより分ける。あるいは、線種ごとに左右へより分ける。



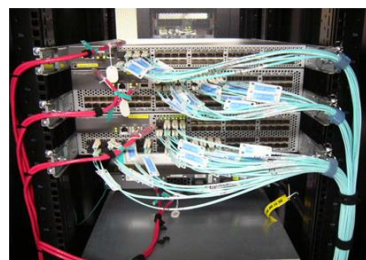
中心分け

施工例



線種分け

施工例



LANと光のケーブルより分け（左：LAN、右：光）

図 4-15 ケーブルのより分け

- ② 通信ケーブルと電源ケーブル間の電磁誘導により、通信ケーブルに誘導電流が流れノイズが発生することがあるため線種間のケーブル敷設間隔を空け、ノイズの発生を防止する。

4.3.4. 余長処理

- ① 空流遮断による熱溜りの発生や機器保守時作業への影響を防止するため、電源ケーブルなどが長すぎるときには、サーバラック内を取り巻くようにケーブルガイド等を利用してケーブルを回して配線する。

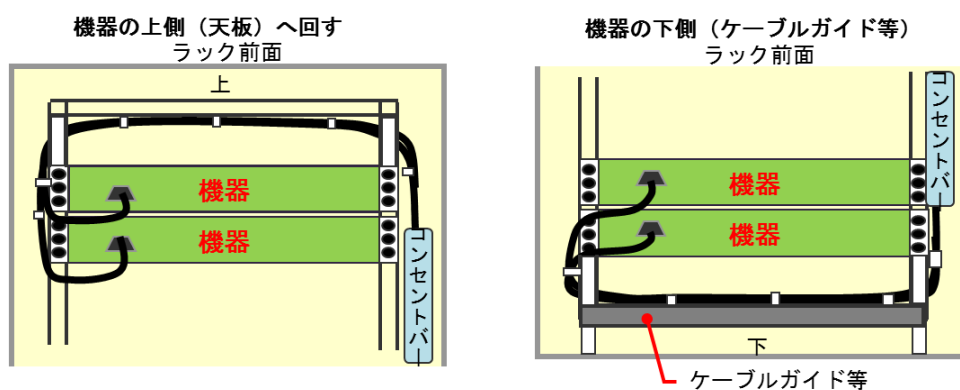
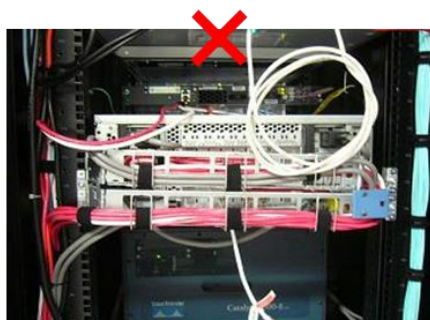


図 4-16 余長処理の例

- ② 空流の遮断による熱溜りの発生や機器保守時作業への影響を防止するため、以下の余長処理は禁止する。

- ・ 円形にまとめる。
- ・ とぐろを巻く。
- ・ 機器の上に置く



空中で円形にまとめる



機器の上にとぐろを巻く

図 4-17 禁止する余長処理の例

4.3.5. 結束方法

- ① 整然とした施工内容にし、保守性の向上を図るために、結束、ケーブルサポートなど配線用に使用する部材は、可能な限り専用の部材を使用して結束を行う。

結束部材例



被覆保護部材例

- ・名前：スパイラルチューブ
- ・特徴：ケーブルに巻きつけ、被覆を保護する。



ケーブルサポート部材例

- ・名前：ケーブルガイド
- ・特徴：ケーブルの配線ルートを補助する。



図 4-18 結束部材の例

- ② 故障や火災を防止するため以下の部材を用いた結束は禁止する。

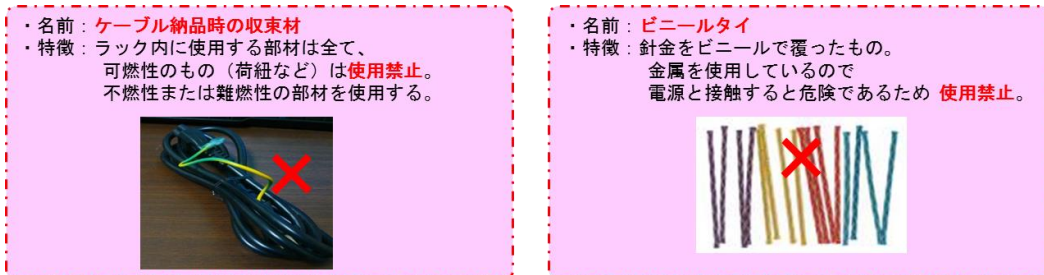
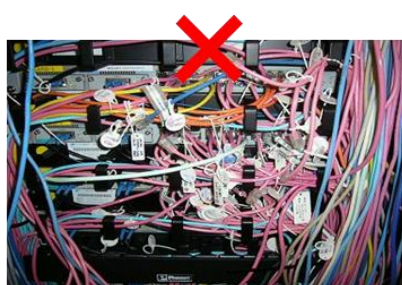


図 4-19 禁止する結束部材例

- ③ 配線が煩雑にならないよう以下に留意すること。

- ・ ネットワーク機器の設置時は、ケーブルガイドを同時に設置する
- ・ 以後の増設時に使用できることを考慮し、ケーブルガイドには空きを設けておく。



適切な結束がなされないと保守が煩雑になる

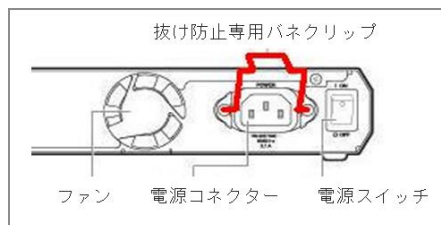
図 4-20 結束例

4.3.6. 抜け防止

① 電源ケーブルの意図しない抜けを防止するため以下に留意する。

- ・ バネクリップなどの抜け防止金具でケーブルを固定する。
- ・ 機器側、コンセント側の両方に抜け防止を施す。

バネクリップ使用

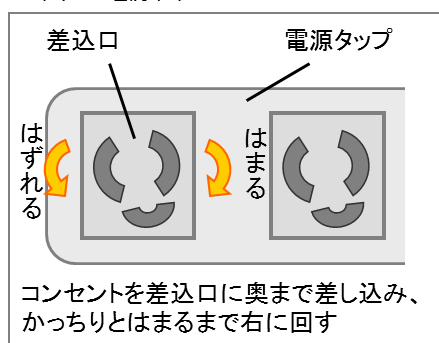


機器の電源部分に取り付け、ケーブルにクリップを引っ掛ける。

使用例

図 4-21 機器側抜け防止策例

ロック式電源タップ



接地形2P
15A
125V
抜止形

図 4-22 コンセント側抜け防止策例

② 通信ケーブルの意図しない抜けを防止するため、コネクタの抜け防止ピンが破損しているケーブルは使用禁止とする。（通常の光ケーブル／LAN コネクタは抜け防止になっているため、特別な抜け防止策は実施しなくて良い。）

4.3.7. コンセントバー活用での注意

コンセントバーの落下や、誤抜去による意図しない機器の電源断の発生を防ぐため以下に留意すること。

- ・ 磁石付きのコンセントバーであっても、必ずラック本体に固定する。磁石のみの固定だと、コンセントを抜く際やケーブルの自重でコンセントバーごと外れてしまう。
- ・ 接続元と接続先を記述したタグ／ラベルを取り付ける。
- ・ 冗長化電源は別々のコンセントバーへ分けて接続する。（同じコンセントバーには接続しない）

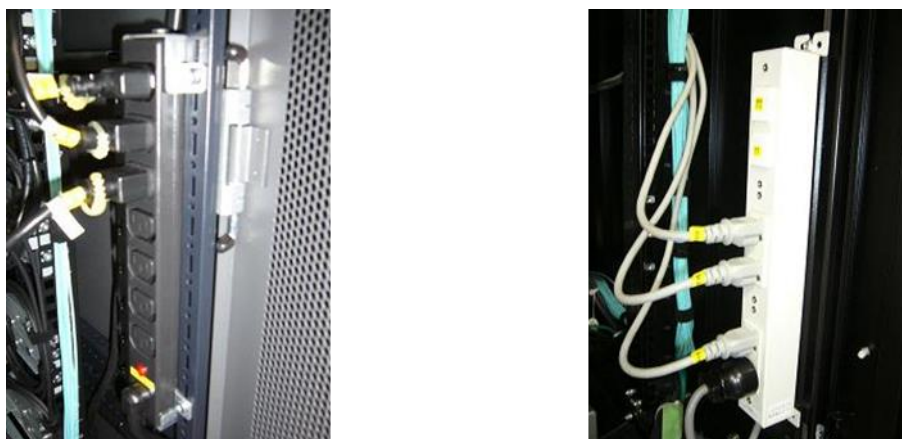


図 4-23 コンセントバーの活用

4.3.8. ケーブル口塞ぎ

床吹出し方式の空調を採用している場合、床下冷気の漏れを防止するため、二重床パネルのケーブル引き込み口を適切に塞ぐこと。

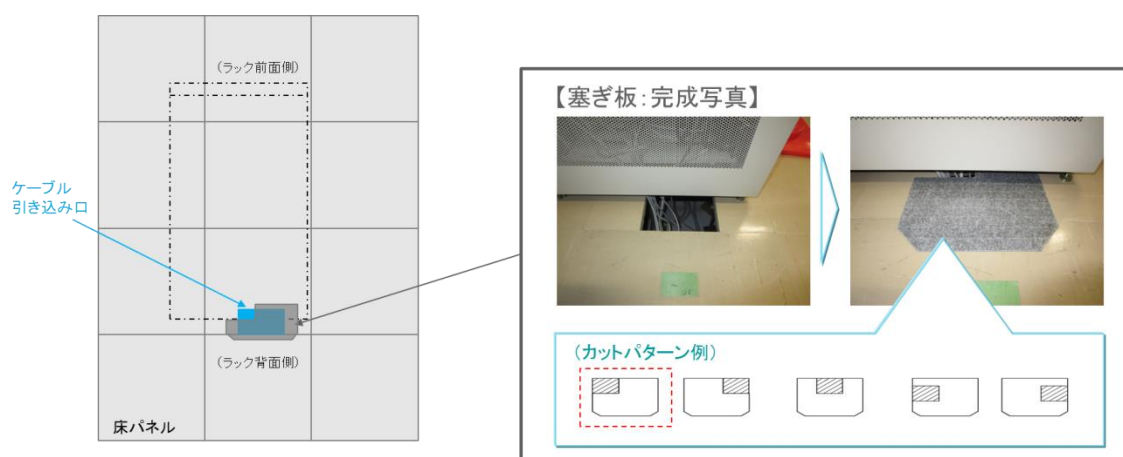


図 4-24 ケーブル穴塞ぎ

4.4. サーバラック間配線

二重床を利用した、床吹出し空調方式を採用しているサーバ室においては、床下を空調機からの冷気の通路としていることが多い。このような場合には、床下に設置されている配管、配線が空流を阻害しないようにすることが必要である。



図 4-25 空流を阻害する床下配線の例

サーバラックの上部にケーブルラックなどを用いて、できるだけ床下には配線などを敷設しないことが必要である。床下に配線を敷設せざるを得ない場合には、十分な空調有効スペースを確保し、ケーブルルーティングシステムなどの採用を検討する。

4.5. サーバ室内施工における留意事項

サーバ室で各種工事を行う際には、既設の機器への配慮が非常に重要になる。
施工時に留意する項目を示す。



図 4-26 ICT 機器のリスク管理

① 室内養生の実施

- ・ 室内養生を行う事で、塵埃による既設機器への影響を防止する。
- ・ 必要に応じて電磁波遮断シートを使い工具等から発生する電磁波の影響を防止する。
- ・ 既設設備（消火・空調）へ誤発報・運転停止の防止など留意する。

② 漏水対策

- ・ 空調機から発生するドレン排水先の確認を実施する。（通水試験の完全実施）

③ 停電対策

- ・ 工事用に使用するコンセントの確認と使用の徹底を行う。
- ・ 漏電・過電流防止機能付きブレーカを使用することで、他エリアへの停電防止を行う。
- ・ 必要に応じてコア抜き部分のX線撮影をおこない、配線などの破損防止を行う。

④ 騒音・振動対策

- ・ 騒音・振動が発生する作業を行う場合は、周辺への配慮の検討を行う。
- ・ 試し打ちや低騒音・低振動工具の活用や作業時間調整を行う。

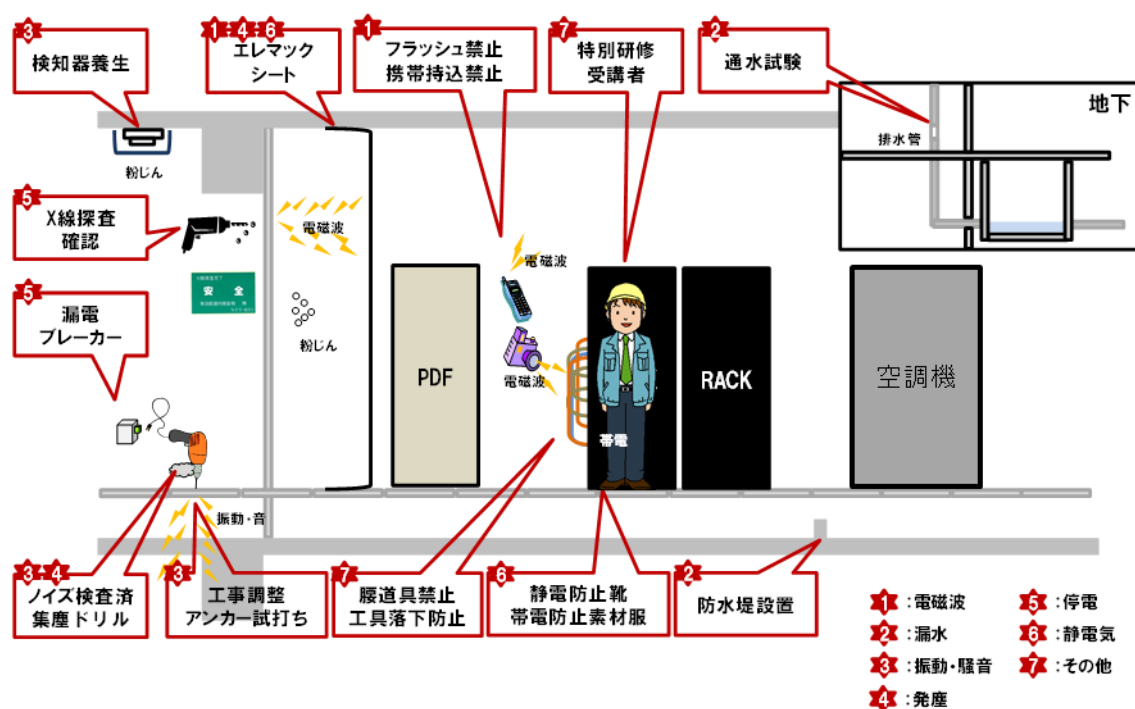
⑤ 静電対策

- サーバ室では、静電気がトラブルの原因になることがあるため静電防止靴を使用する。

⑥ 工事業者の選定

- サーバ室は特殊な設備であるため、サーバ室などの過去の施工実績など検討する。

4. ICT 機器施工時に係るガイドライン（利用ユーザ向け）



(日比谷総合設備株式会社より提供)

図 4-27 サーバ室内施工時リスクマネジメント（例）

5. 既存サーバ室の省エネルギー化の進め方

第3章、第4章に準拠し ICT 機を新增設、更新したサーバ室においても、ICT 機器の運用状態の変化によりホットスポットが発生することもあり、定期的に運用状態を監視する必要がある。

本章では、既存サーバ室での運用状態で判明したホットスポットの解消あるいは、ガイドラインに準拠していない既存サーバ室に対する省エネルギー対策を記述する。

既存サーバ室の省エネルギー化を KKD(勘・経験・度胸)で実施した場合、却って悪化することがあり、現状を把握し、対策案の費用対効果を見極めたうえで、具体的対策を実施すること。

既存サーバ室の省エネルギー化を実現するためには、施設管理並びに ICT 機器の担当者が情報交換を行いながら対策を練ることが大切である、詳細については、専門家と相談すること。

ICT 機器毎の発熱量の違いにより、サーバ室内では局所的な高温状態、ホットスポット（熱溜り）が発生することがある。ホットスポットにより ICT 機器への給気温度異常などが発生している場合には、空流対策を施すことにより改善することが多い。また、運用状態の変化によりホットスポットによる温度異常が発生した場合でも ICT 機器への給気温度を適正範囲内に抑えるために空調機の吹出温度を必要以上に低く設定しているサーバ室が多い。吹き出し温度を低く設定していることは空調装置での無駄な電力を消費している状態にあり、適正化することにより、省エネルギーを実現できる。

また、空流改善によりサーバ室内のホットスポットを解消し、温度分布を均等化することにより、空調吹出温度を更に上げることが可能となり、空調装置の送風機、熱源の一層の省エネルギーを行うことができる。

既存サーバ室の空流改善による、ICT 機器給気温度の変化と空調（送風）機の消費電力の変化の例を以下に示す。

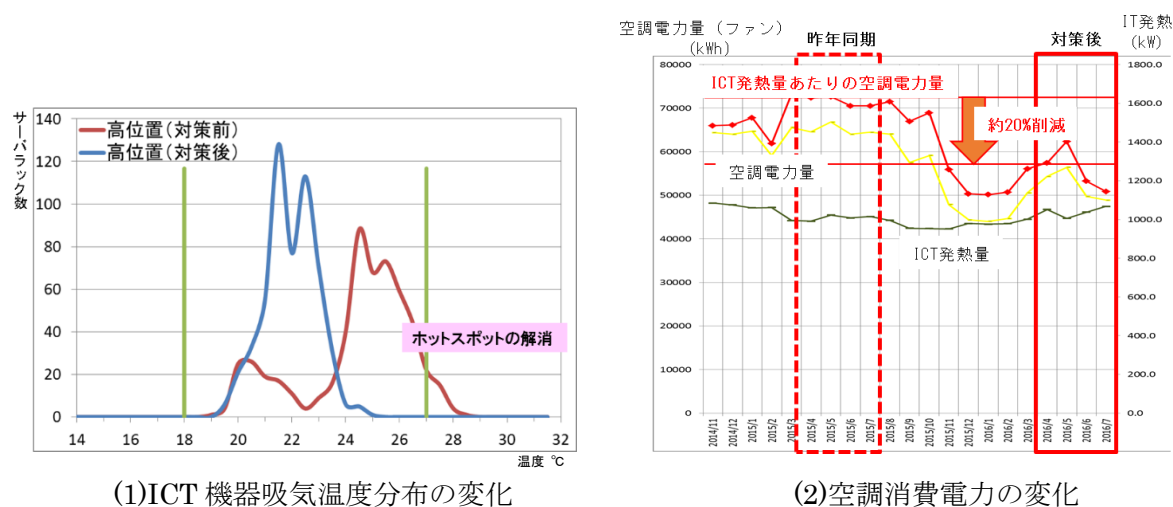


図 5-1 改善効果例

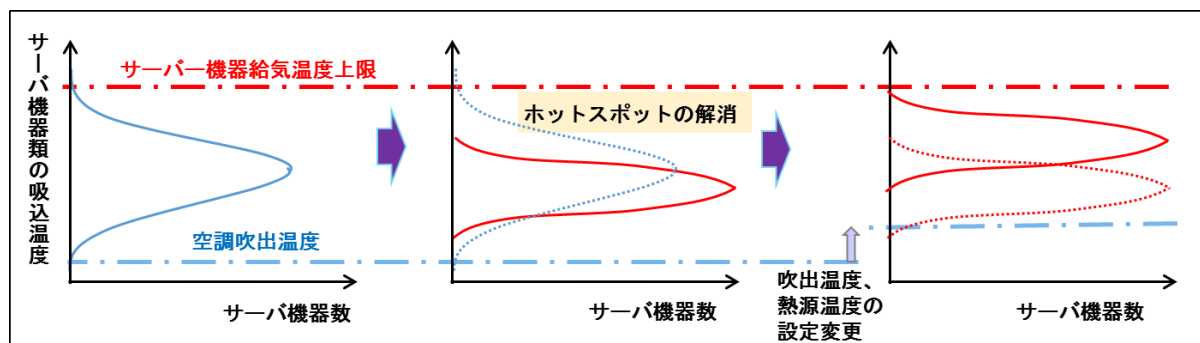


図 5-2 空流対策と空調設定の変更

既存サーバ室の省エネルギー化は以下の順序で実施する。

- ① サーバ室のルール化
- ② ショートサーキット抑制（空流対策により、空調機の風量を効率化）
- ③ 空調制御用センサの適正化により空調機の風量を効率化
- ④ コールドアイル温度の適正化（室内温度（送風制御温度）と吹出温度（給気温度）の調整により空調機の風量、熱源（圧縮機）を効率化）

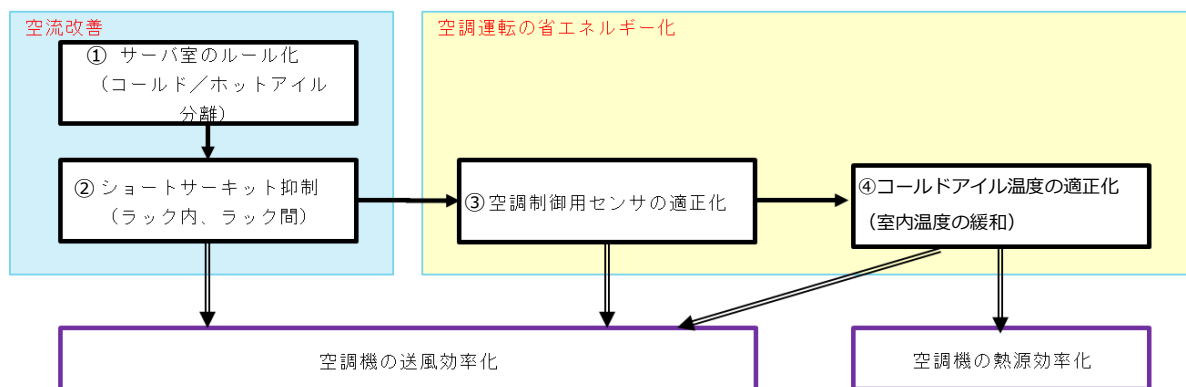


図 5-3 省エネルギー化の順序

5.1. サーバ室のルール化

既存サーバ室では、第 2 章で述べているようなホットアイルとコールドアイルの分離などを行わずにサーバラックなどが配置されていることが多い。予算に応じて第 2 章に示すガイドラインにできるだけ準拠することが必要であり、搭載されているサーバラック、ICT 機器の再配置などの移設が必要な場合もあり、施設管理担当者とサーバ室利用者で専門家を交えて相談し、サーバ室単位でのルールを決定する。また、このような改造には費用を要することが多いため、最低限のサーバラック、ICT 機器の配置見直しを行い、新增設あるいは更新の都度、第 3 章及び第 5 章のガイドラインに準拠し、サーバ室を設定したルールに時間をかけて近づけていくことが現実的である。

5.2. 空流対策の流れ

既存サーバ室では、施設管理担当者とサーバ室利用者が協力し、空流ならびに温度の環境改善、最適化することが大切である。ICT 機器やサーバラックの配置が両者間で環境に適した運用形態でないと、非効率化ならびに無駄を生み散財につながる。空流解析によるシミュレーションが空流対策をする上での常套手段となっている。

なお、空流解析実施の前提として、ブランクパネル、エアシャッタなどのサーバラック内での冷暖気のショートサーキット対策が実施済みであることを前提としていることに注意する必要がある。また、二重床の床下空流をシミュレーションできない空流解析ソフトウェア（CFD；Computational Fluid Dynamics）があるので、注意が必要である。

既存サーバ室の空流改善を進めるためには以下の順序で実施する。また、効果の把握とともに残課題の有無があるかを評価することが重要である。

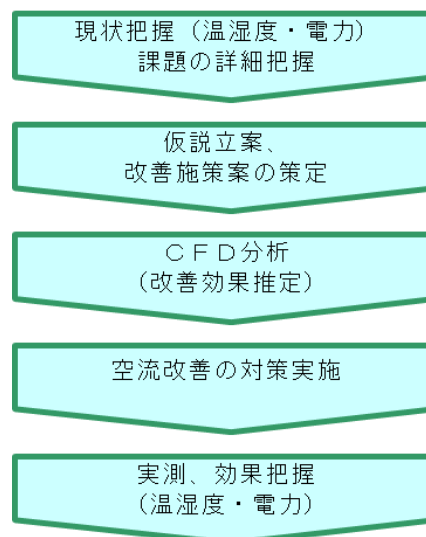


図 5-4 空流改善の進め方

① 現状把握

サーバ室のサーバラック配置、ICT 機器搭載状況、電源系統、空調機器能力などの構成情報、空調機器、ICT 機器の消費電力を収集するとともにサーバ室内の温度分布状況を実測し、ホットスポットの状況を確認する。

サーモカメラを活用し、現状の温度状況を把握する方法もあり、面単位でどの箇所が高温になっているのかが一目で確認することができる。

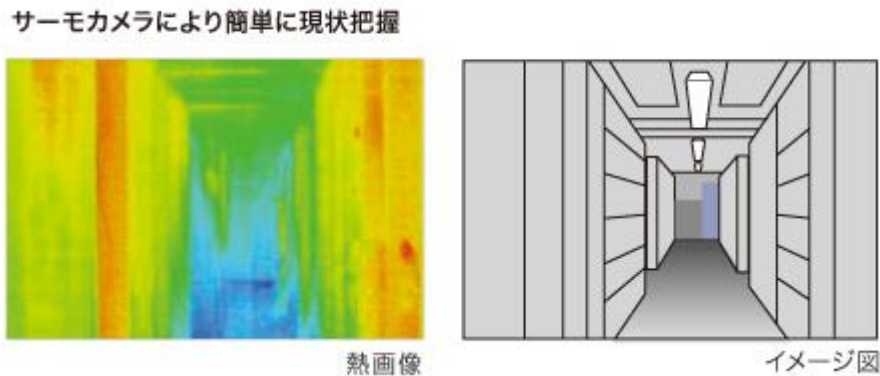


図 5-5 サーモカメラの活用(ラックフロントドアの表面温度)

② 仮説立案

ホットスポットの状況から、ICT 機器の搭載、発熱状況のアンバランスなどの原因を究明し、対応する空流改善の仮説を策定する。

③ CFD 解析

サーバ室の構成情報をベースに空流シミュレーションを実施し、実測との差異を求める。差異を分析し、実際のサーバ室の実態と用意した構成情報との差異を求め、構成情報に反映する。

空流改善の仮説を CFD 解析により、効果を推定し、費用対効果での最適な対策案を求める。

④ 対策の実施

ICT 機器の運転状況、温度状態を監視しながら、対策を実施する。

⑤ 実測・効果把握

空調機器、ICT 機器の消費電力、サーバ室内の温度分布状況を実測し、その効果を確認する。

5.3. 空流対策

以下の対策については最低限実施すること。これらを「基本対策」と呼ぶ。詳細については第 2.3.2 項を参照のこと。

- サーバラックでの基本対策
 - ブランクパネル（ラックマウントドロワー対策を含む）（第 2.4.2 項参照）
 - エアシャッター（第 2.4.2 項参照）
 - 配線処理（第 2.4.2 項参照）
 - ハーフデプス機器が設置されている場合には
 - ダクト式ブランクパネルあるいはラック前面への ICT 機器の移動
 - 排気上方誘導板（高発熱 ICT 機器が搭載されている場合）（第 2.4.2 項参照）
 - 側面給排気機器が設置されている場合には
 - 側面給排気機器用整流板
- サーバラック周辺での基本対策
 - ケーブル口塞ぎ（第 2.4.2 項参照）
 - 床開口パネル調整

また、サーバラックの給排気方向と ICT 機器の吸排気方向が異なる場合（「逆ざし」と呼ぶ）には、ICT 機器の搭載を見直す場合もある。

サーバ室の状況に応じて実施する対策には、以下がある。

- ラック上部遮蔽板
- ラック下部スカート（第 2.4.2 項参照）
- ラック間塞ぎ
- 床下風向板
- コンテインメント

本章においては、第 2 章にて既に述べた対策以外について記述する。

5.3.1. サーバラックでの基本対策

① ダクト式ブランクパネル

ハーフデプス機器等がサーバラック前面のマウントアングルよりも奥に設置されている場合、隙間からの排熱戻りを抑止する。

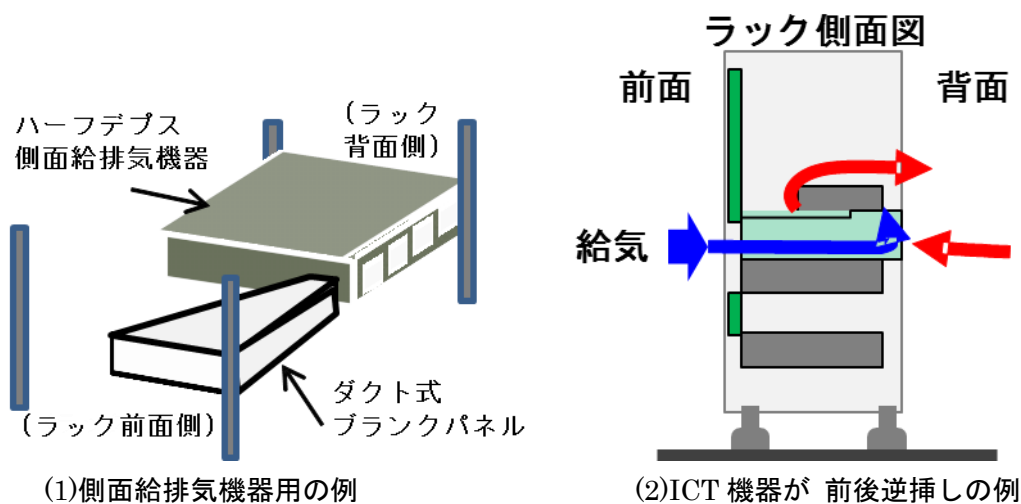


図 5-6 ダクト式ブランクパネル

② 側面給排気機器用整流板

側面吸排気機器用整流板は、機器における左右方向の空流を前後方向に矯正することで、熱溜まりと他の機器への影響を防止する。下図に示すようなブランクパネルを加工した整流板を利用する。

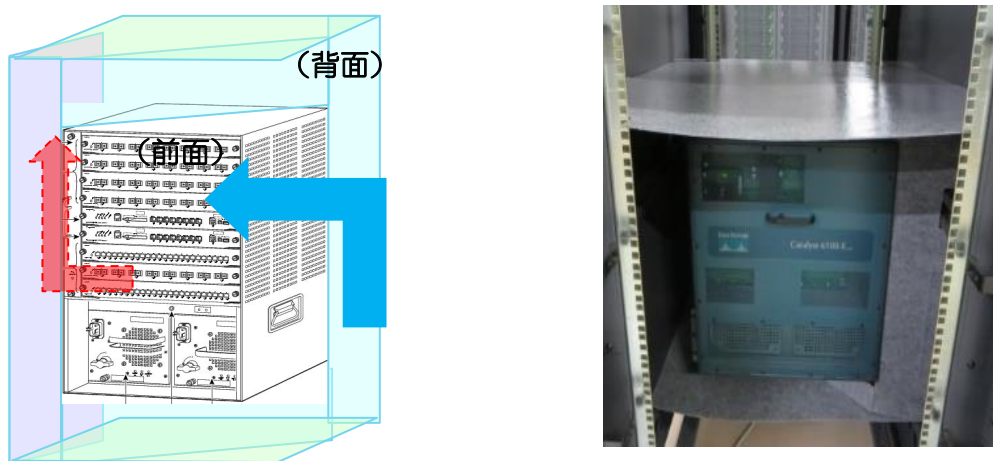


図 5-7 側面給排気機器用整流板

5.3.2. サーバラック周辺での基本対策

① 床開口パネル調整

二重床を採用している場合、第 4.1 節にて説明しているとおり、コールドアイルへの冷氣送風を行うように開口パネルを設置する。ホットアイル側に開口パネルが設置されている場合には移設（または閉塞）すること。

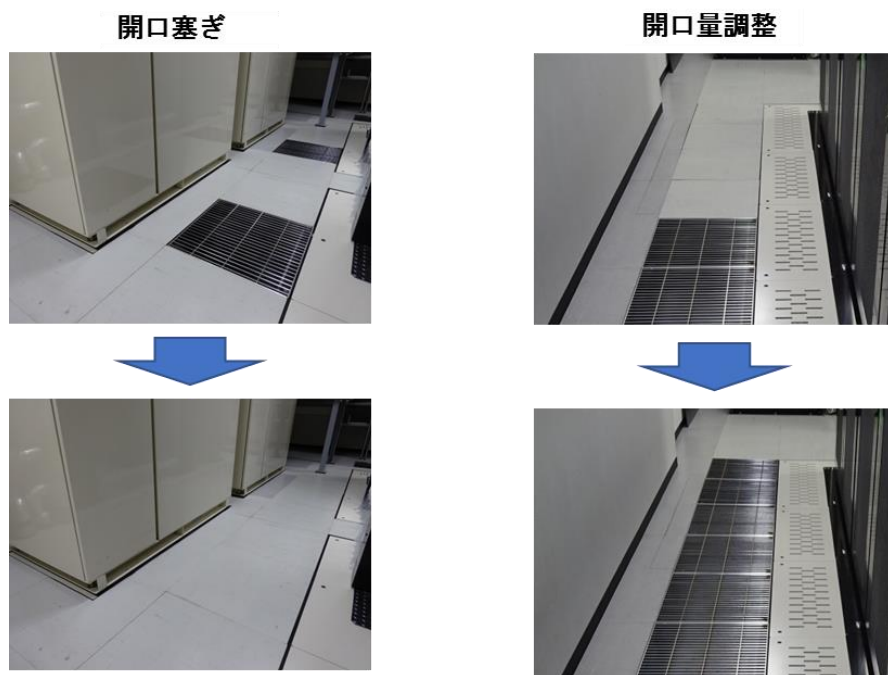


図 5-8 開口塞ぎおよび開口パネルの移設

5.3.3. サーバ室の状況に応じて実施する対策

① サーバラック上部遮蔽板

ホットアイルの暖気がサーバラック上部よりコールドアイルに戻ることを遮蔽する。

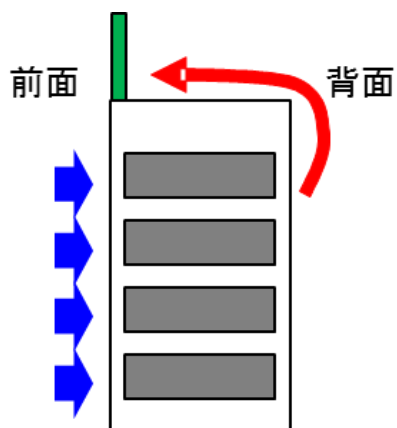


図 5-9 サーバラック上部遮蔽板

② ラック間塞ぎ

隣接するサーバラックとの間が空いている場合ラック間の隙間を適切に塞ぐことによって、ICT 機器の排熱と冷気との混合を防止し、空調効率向上を図る。

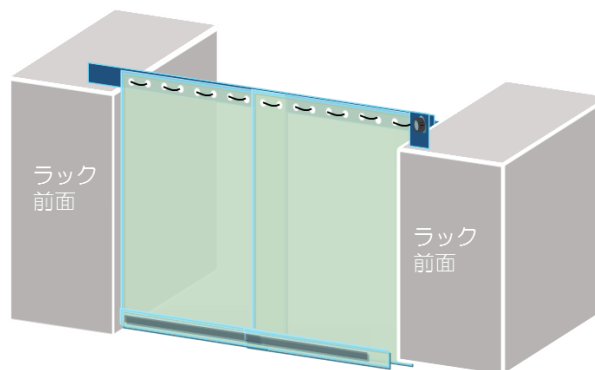


図 5-10 ラック間塞ぎの例

③ 床下風向板

床吹き出し空調方式を採用している場合、床下の空流を整えることで、十分な冷気をコールドアイルに供給し、室内の熱溜まりを防止する。床下には、様々な配管、ケーブルが敷設されていることが多いため、設置の検討にあたっては専門家に相談すること。

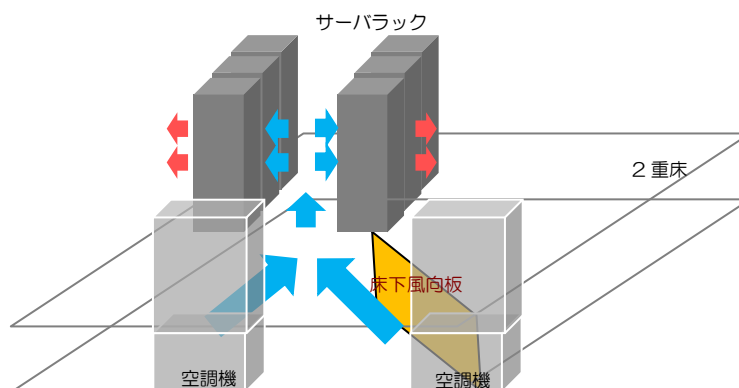


図 5-11 床下風向板

④ コンテインメント

既存サーバ室に第 3.5 節に説明しているコンテインメントを施すことにより、大きな効果をあげることができる。稼働中のサーバラックなどに取付けることから、サーバ室毎に現場あわせが必要であり、設置の検討にあたっては専門家に相談すること。

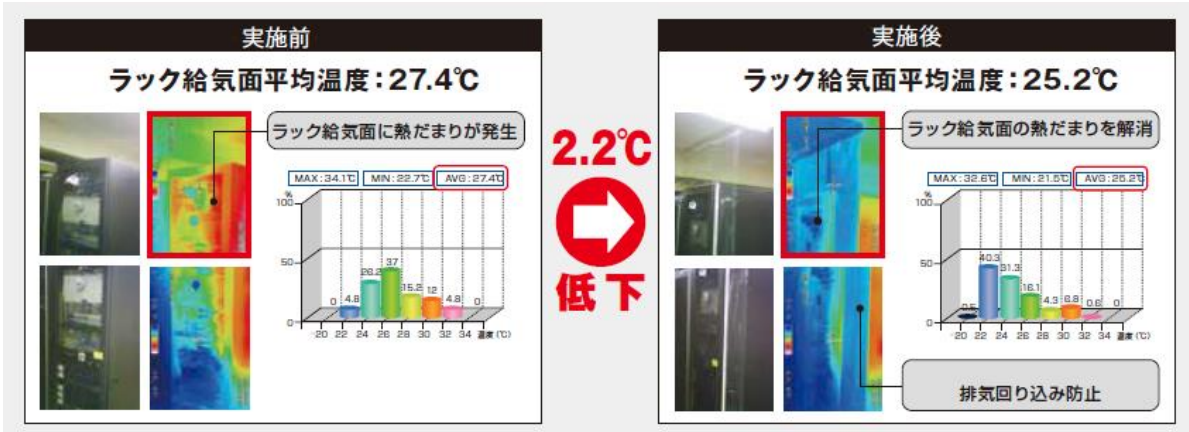


図 5-12 コンテインメントの効果

(コラム) ボックスタイプのコンテインメント

(日比谷総合設備株式会社より提供)

コンテインメントに関してはさまざまな手法があるが、安価で小規模に行え、コールドアイル側、ホットアイル側どちらでも設置可能なボックスタイプのコンテインメントもあり、効果を検証するために貸し出しを行う会社もある。詳しい内容は TSCP 室に相談のこと。

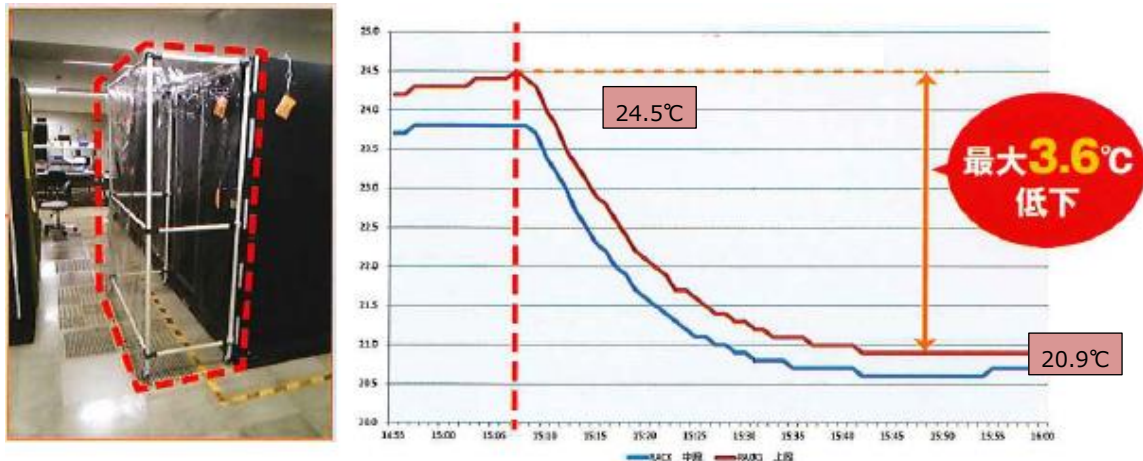
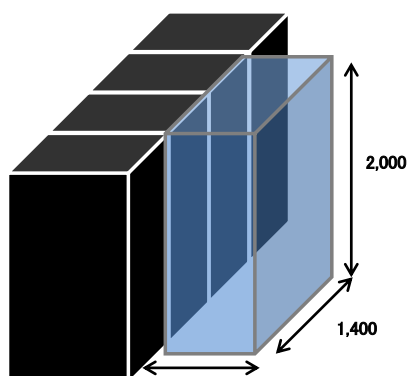


図 5-13 ボックスタイプのコンテインメント効果

ボックスタイプのコンテインメント(2個用)

W1,400×D600×H2,000



<商品の仕様>

生地： セイデンクリスタル 0.5mm (帯電防止・防災)
 フレーム： 静電パイプ 外径：27.5/鋼管肉厚：0.7
 (導電性 ABS 樹脂を被覆した溶融亜鉛メッキ鋼管パイプ)
 ジョイント：ユニプラジョイント
 その他： キャスター・キャスター止め付き
 ※サイズ変更可能。

図 5-14 ボックスタイプのコンテインメント (イメージ)

5.4. 空調制御用センサの適正化

従来のサーバ室では、空調制御用センサは部屋全体を冷却する対人冷却の発想で配置されることが多く、空調制御用センサが ICT 機器からの排気（暖気）の影響を受け、本来必要な ICT 機器への給気に必要な温度をより高温な状態と認識し、空調送風量を大きくしてしまうことにより、空調機電力の無駄が発生していることがある。

これを是正するためには ICT 機器への給気すなわちコールドアイルに空調制御用センサを配置する必要がある。センサの移設は施設管理者での対応であり、サーバ室利用者と調整の上、専門家と相談し対策を進めること。

5.5. 室内温度の調整

空流対策を実施したサーバ室では、コールドアイルでの温度のバラツキが抑えられており、コールドアイルの温度を上げる（空調制御の設定値を上げる）ことができる。温度を上げることで、室内空調機の送風量を抑え、空調ファン動力の抑制による省エネルギーが期待できる。

例えば、コールドアイルでの温度上限値は 27℃とし、負荷変動による温度変動、空調装置停止時の冗長性を考慮し、マージンを 1℃とした場合、コールドアイル最高温度を 26℃になるように設定する。

空調制御センサの設定値の変更は施設管理者での対応であり、コールドアイルの温度状況を監視しながら行う必要がある。一度に大幅な設定変更をすると ICT 機器などへの影響が懸念されるため、0.5℃あるいは 1℃程度の変更を目標温度まで幾度か繰り返して行うこと。実施にあたってはサーバ室利用者と調整の上、専門家と相談し対策を進めること。

5.6. 空調機運転

一連の空流改善で述べた省エネルギー化以外に空調機の運転でいくつか考慮する必要がある。

① 空調制御方式の適正化

第 2.5.5 項に記載しているとおり、空調機の温度制御には次の 2 方式がある。

- 吹出し温度優先
- 吸込み温度優先

サーバ室の運用状況に応じて、変更を実施する。変更にあたっては、制御の観測ポイントを切り替えることから、一時的に圧縮機が停止することもあるので、サーバ室の状況を監視しながら実施すること。

同様に風量の制御には次の 2 方式があり、サーバ室の運用状況に応じて、変更を実施する。

- 可変風量制御
- 固定風量制御

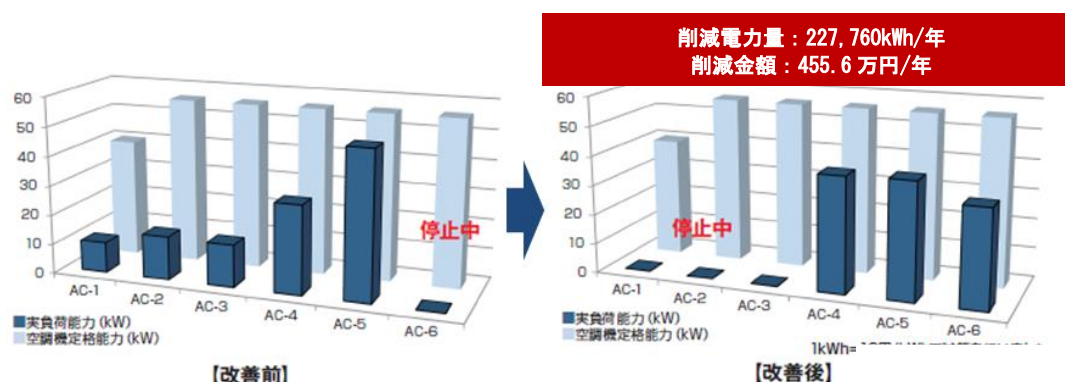
固定風量制御の場合、風量を変更できる。急激な風量低下により ICT 機器への給気温度の上昇につながる恐れがあるため、サーバ室の状況を監視しながら実施すること。

空調機の風量は室内負荷により決定されるが、ICT 機器の冷却ファンのように短時間の変動に追従運転することはできない。急激に ICT 機器が高負荷運転し、冷却ファン風量が上昇した際は、空調機からの風量が不足し、ICT 機器に不具合が起きることが考えられる。そのような懸念がある場合は TSCP 室に相談のこと。

② 運転台数の適正化

空調機は設定温度が維持されるように ICT 機器などの負荷に併せて冷房能力を制御している。空調機の負荷率が高すぎるあるいは、低すぎる場合には空調機の運転台数の適正化を図る。

- ICT 機器未利用時および低負荷運転時の空調機運転台数の適正化をはかる
- 不要な空調機は開口部を塞ぎショートサーキットを防止する。



(日比谷総合設備株式会社より提供)

図 5-15 空調機の運転台数適正化

③ フィルター清掃の徹底

空調機のフィルターを定期的に清掃して、目詰まりを起こして運転効率が下がらないように管理する。

④ 室外機清掃の徹底

空調機の熱交換器の汚れやほこりを清掃（3～5年に1回）して、運転効率が下がらないように管理する。

6. 事例

6.1. 柏キャンパス総合研究棟サーバ室（空間情報センター）

6.1.1. 概要

空間情報センターのサーバ室においては空調機の老朽化に伴う故障等の不具合が度重なって発生。故障に伴う補修費用はもとより故障に備えた人的負担も重く、課題となっていた。それら課題を学内関係者、メーカー等民間企業とも共有し、協力しながら各種対策を講じ、更新を行った。

【主な対策】

- ・空調機の効率的な更新、ビニルカーテンコンテインメント、ブランクパネル等空流対策

【効果】

- ・設備冗長性の向上（人的負担も減）
- ・ランニングコストの削減（年間約 240 万円＋従前必要としていた故障補修費用）

6.1.2. 現状分析

対策前は以下のような状況であった。

【空調機】

- ・空調機は1台のみであり、近年故障が続いていた。
- ・故障に対応するための警報対応は先生が行っており、365日注意を払う必要があった。故障時は向かいの部屋から業務用扇風機で冷気を回すなど特別の対応を行う必要があった。
- ・冷房温度も故障に備え低めに設定されていた（室温 18℃）。

【部屋レイアウト・空流】

- ・サーバ室を隣接部屋まで増床しており、二重床と通常の OA 床の部分が併存し、2重床吹上方式と前面給気方式が混在（床下吹出の冷気を OA 床方向に流していた）。
- ・ラック周辺に書架等が存在し、空流の妨げとなっていた。
- ・空きラックへのブランクパネルの処置はなされていなかった。

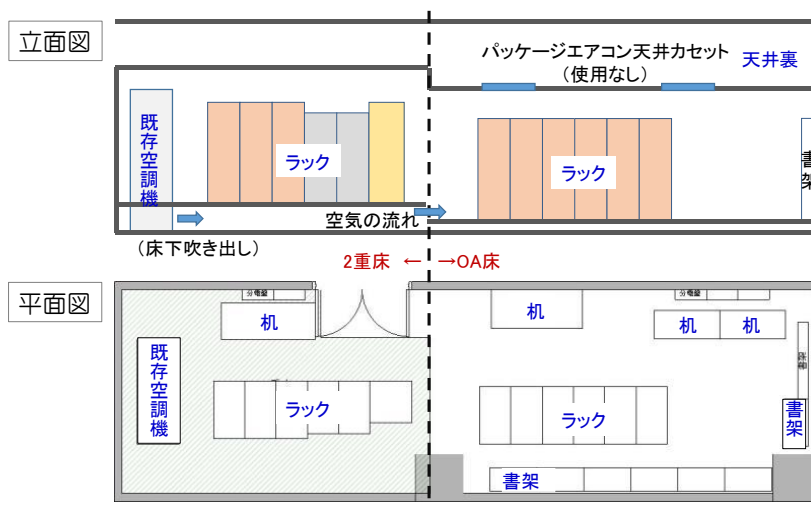


図 6-1 室内レイアウト



図 6-2 室内写真

6.1.3. 対策の検討

上述課題、現状分析をもとに対策を立案した。

【空調機の更新】

- ・高効率な高顕熱型 ICT 装置用空調機を採用
- ・1 台構成から 2 台構成へと変更（冗長性の向上）
- ・サーバ発熱量に応じ効率よく稼働するよう設備容量を選定（47.5kW→20kW×2 台）

【空流の改善－冷暖気分離】

- ・2 重床吹上方式を廃止し前面給気背面排気方式へ統一
- ・ビニルカーテンによるコンテインメントを施し、冷氣/暖気を分離

【空流の改善－ショートサーキットの防止】

- ・空きラックへブランクパネルを設置
- ・ラック扉の開口率を向上

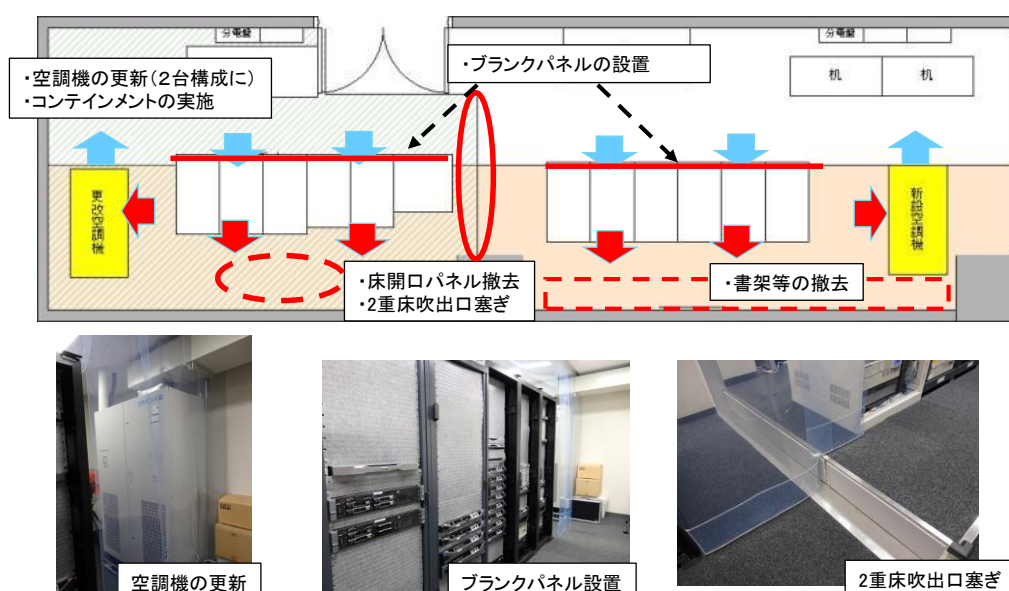


図 6-3 改修方針（平面図）

6.1.4. 空流解析の実施

改修前の状況と、対策実施後を想定した空流解析をそれぞれ行い、対策の妥当性および効果を事前検証した。その結果は下図に示す通りであった。

改修前においては、空調機に近いラックにおいて冷気がそのまま空調機に戻る「冷気のショートサーキット」が確認され、空調装置の過度な送風など非効率な運転が行われていることが想定された。

また、サーバの排気がラック内を経由して吸気へ戻る「暖気のショートサーキット」が発生し、一部ラックでの熱だまりの発生が確認された。吸気温度が不均一で一部分が高いと部屋全体を冷やさねばならず、非効率な運転につながる。

一方、対策実施後を想定した解析結果では、コンテインメントによる冷気と暖気の分離が行われ、サーバ吸気温度が安定し、効率的な空調が為されることが確認された。あわせて、空調設定温度を上げた場合についても解析を行い、空調機の効率向上のため空調機吹出温度を高めにも設定してもラック吸気温度が適正温度に保てることも確認された。

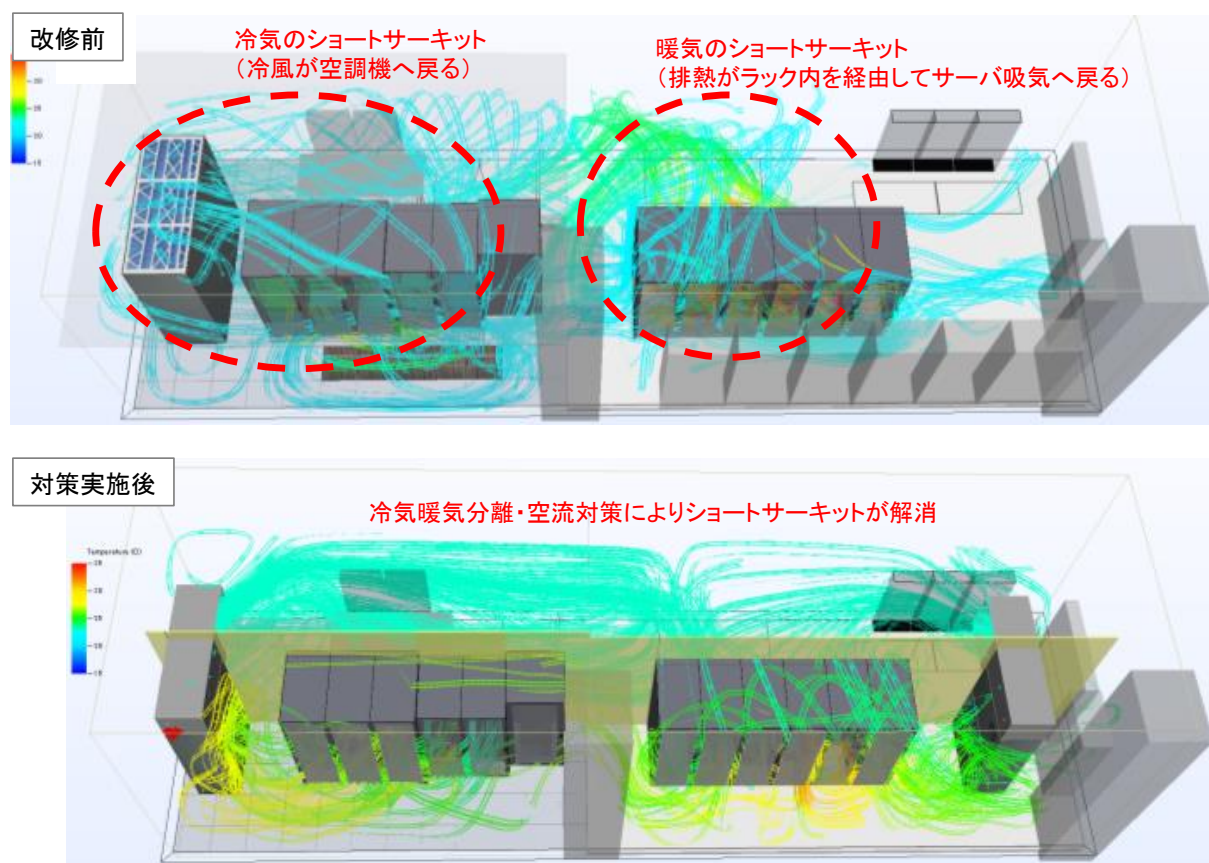


図 6-4 空流解析の結果

6.1.5. 効果

改修工事は2016年3月に実施され、それ以降不具合は発生しておらず、安定した運用がなされ人的負担も軽減されている。

対策前後の電力消費量の推移を下図に示す。サーバ室の消費電力は2015年7月以降ほぼ一定（約7,000kWh）であるが、空調消費電力は改修を行った2016年4月以降、大幅に減少している（約15,000kWh→3,000kWh）。なお、2015年10月の消費電力が大きく落ち込んでいるのは空調機の故障によるものである（10月以降も不具合を抱えながら運転）。

また、故障の都度発生していた改修費用もなくなるため、ランニングコストは電力料金以上に軽減される見込みである。

【年間ランニングコスト削減額概算】

$$(15,000 \text{ kWh} - 3,000 \text{ kWh}) \times 20 \text{ 円/kWh} \times 12 \text{ ヶ月} = 240 \text{ 万円/年}$$

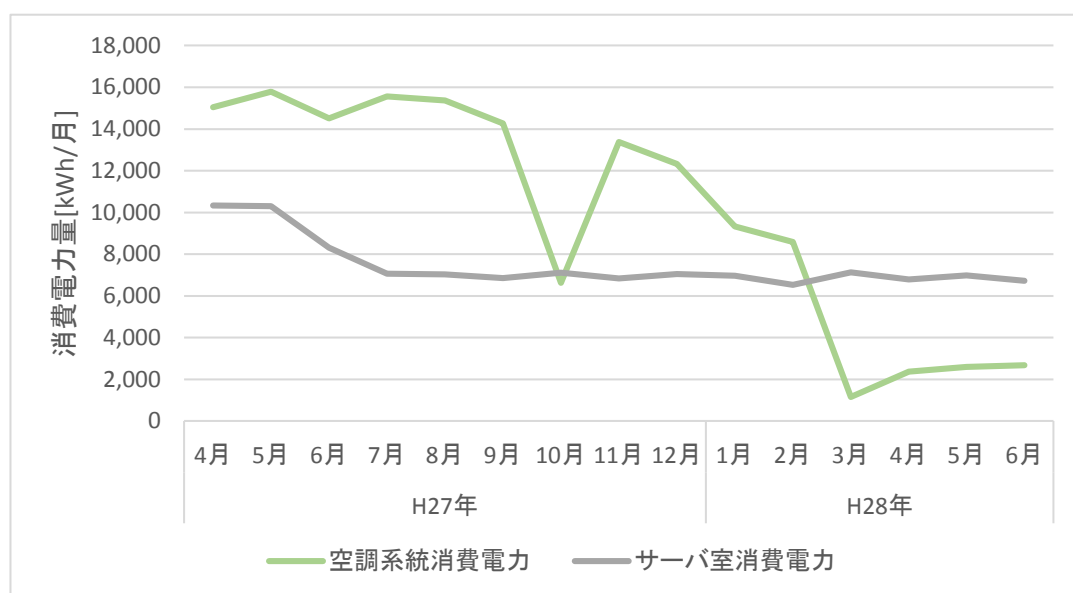


図 6-5 消費電力の推移

本改修では空調機の改修効果が大きく出ている。空流、温度設定など、更なる運用改善を行う予定である。

6.2. データセンター運用現場での取り組み例（株式会社富山富士通 提供）

ここでは大規模な改修を伴わない、簡単な仕掛けにより自力にて行うことも可能な取り組み事例を紹介する。

①すだれ、パネルブラインド（遮光、断熱）

すだれやパネル、ブラインド、フィルムを使い窓の遮光、遮熱対策を行う。

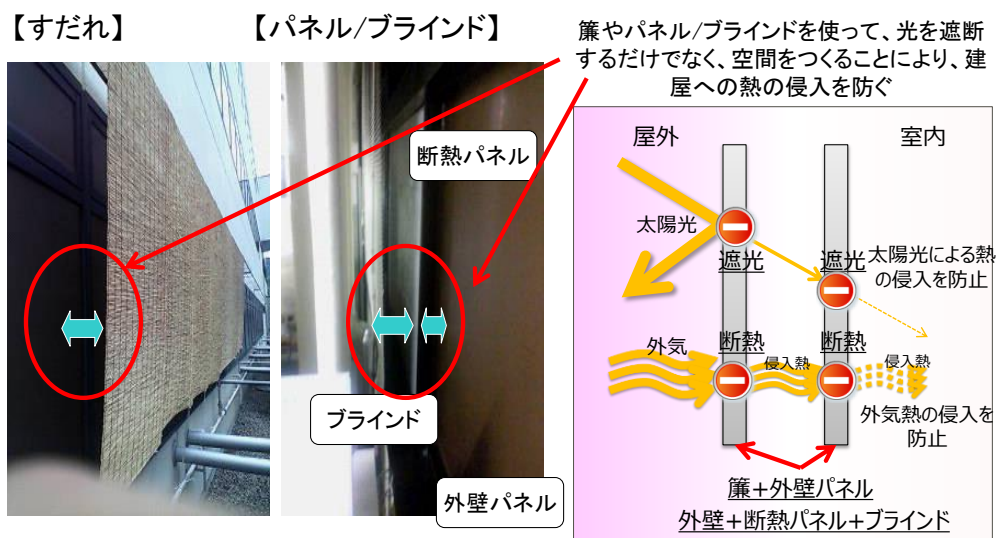


図 6-6 簾等による遮光、断熱

②外気の導入

冬季の冷たい外気を取り入れ、冷却効率の向上を図る。外気のエンタルピが室内より低い場合に有効であり、時期は冬季（11月から4月頃）となる。

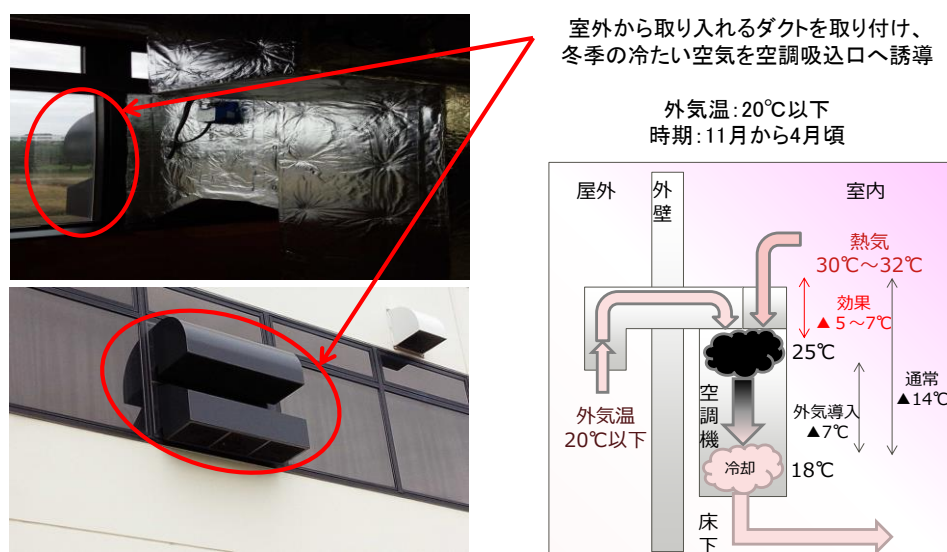


図 6-7 外気冷房

③ 室外機への散水

空調機の室外機へ水を噴霧する。噴霧した水が室外機で蒸発し、蒸発潜熱により周囲が冷却されることにより空調機の効率が上がり、消費電力が削減される。室外機に悪影響を与える恐れもあり、メーカーと相談の上実施した。

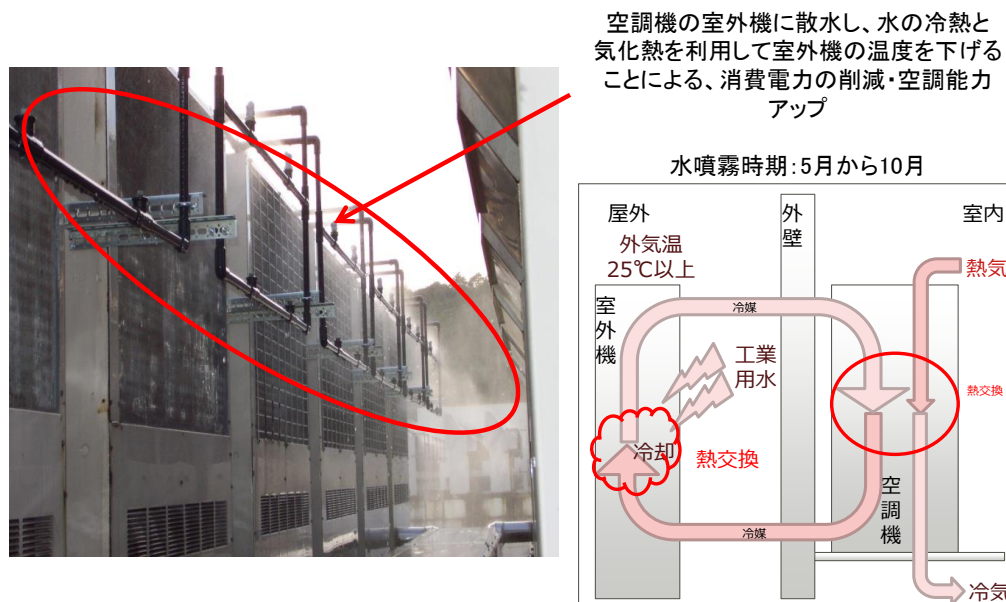


図 6-8 室外機への散水

④ サーバ排熱の改修による事務所暖房利用

水冷式空調機にてサーバ排熱を熱源水に吸収させ、事務所暖房に活用する。

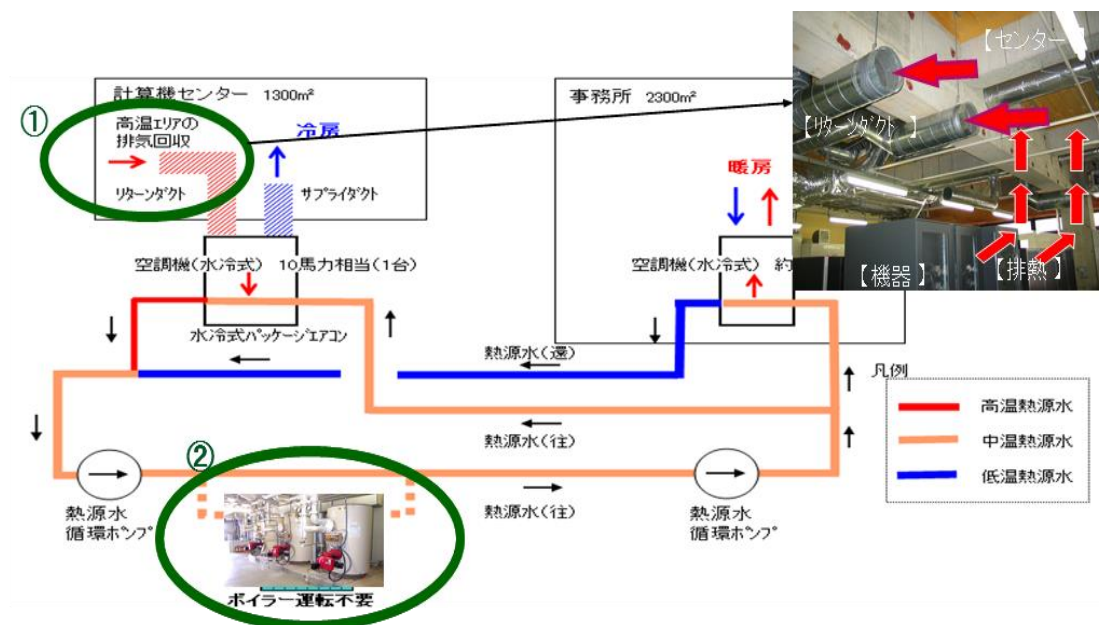


図 6-9 サーバ排熱の暖房利用

⑤ 廃材、安価な材料を利用したコンテインメント

廃材を利用したコールドアイルコンテインメントの実証を行い、軽量、安価、運用が容易なコールドアイルカバーを制作。

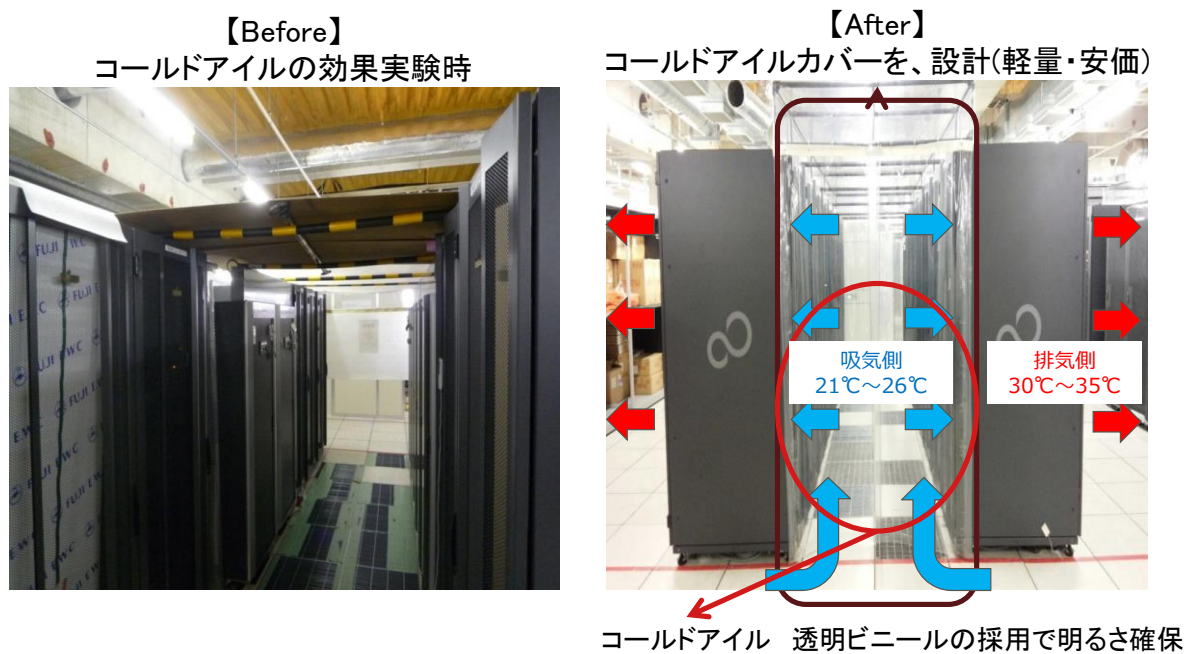


図 6-10 廃材を利用したコンテインメント

参考資料 目次

参考資料 1. 技術参考資料.....	1
参考 1.1. サーバ室の要件.....	1
参考 1.1.1. サーバ室を安全運用するための必要風量.....	1
参考 1.1.2. 空気環境条件.....	2
参考 1.1.3. 熱負荷計算.....	4
参考 1.2. ICT 機器類.....	6
参考 1.2.1. サーバ処理能力あたりの消費電力.....	6
参考 1.2.2. ICT 機器類の消費電力動向.....	9
参考 1.2.3. 電力密度の傾向.....	9
参考 1.3. サーバラック.....	10
参考 1.3.1. サーバラックの変遷.....	10
参考 1.3.2. サーバラックの耐震性能.....	11
参考 1.4. 空調装置.....	13
参考 1.4.1. COP とは.....	13
参考 1.4.2. 負荷率とは.....	14
参考 1.4.3. サーバ室向け空調機の特徴.....	15
参考 1.5. 電気設備.....	16
参考資料 2. 用語集.....	18
参考 2.1. 用語集.....	18
参考 2.2. データセンター関連での標準規格一覧.....	23
参考 2.3. 環境・省エネルギー性能の認証制度.....	24
参考 2.4. データセンター関連での業界団体一覧.....	25

参考資料1. 技術参考資料

参考1.1. サーバ室の要件

参考1.1.1. サーバ室を安全運用するための必要風量

サーバ機器類での発熱を抜熱するには、空調機により上記温湿度範囲の冷気を供給する消費電力 1kW の発熱に対し、1 時間当たり約 300 m³の風量を要する。以下の算出式により ICT 機器稼働時の消費電力値（＝発熱量）から必要最低限の冷風量を導き出すことができる

数式 1-1 ICT 機器発熱に対する風量の計算式

$$F = \frac{Q}{C_p \times \rho \times \Delta T \times 1 / (60 \times 60)}$$

F：風量[m³/h]
 Q：発熱量[W]
 C_p：空気比熱[J/(kg・K)]
 ρ：空気密度[kg/m³]
 ΔT：温度差[°C]

※ 密度 ρ：1.205 kg/m³（20℃時参照）、比熱 C_p：1,006 J/kg・K（1 J=1W・s）、ΔT：（サーバの排気温度－サーバの吸い込み温度）で表すことができる。通常、サーバの ΔT は 10～15℃程度で見積もる。

例) サーバ室内の ICT 機器の消費電力(定格時：カタログ値)の総和が 1kW の際に冷やすために必要な風量(≡ 空調機から供給される必要がある風量)

$$\begin{aligned}
 \text{必要風量(m}^3\text{/s)} &= 1,000(\text{W}) / (1.205(\text{kg/m}^3) \times 1,006(\text{J/kg} \cdot \text{K}) \times 10(^{\circ}\text{C})) \\
 &= 0.0825 (\text{m}^3\text{/s}) \\
 &= 297 (\text{m}^3\text{/h})
 \end{aligned}$$

※ 安全率を考慮し、ΔT=10℃と仮定することとする。

参考1.1.2. 空気環境条件

サーバ室の浮遊粉塵量、一酸化炭素含有率、二酸化炭素含有率などの含有率は、装置の機能上および保健衛生上の影響が無い値を目標とする。建物が建築基準法施行令第129条の2の3第3項および建築物における衛生的環境の確保に関する法律（通称：ビル管理法）施行令第2条第1項に適用される場合は、表1-1を基準とする。

但し、装置側からサーバ室の空気質を規定する場合には、この限りではない。

表 1-1 法規上の空気清浄度条件

ア 浮遊粉じん	0.15 mg/m ³ 以下
イ 一酸化炭素の含有率	100 万分の 10 以下（＝10 ppm 以下） ※外気がすでに 10ppm 以上ある場合には 20ppm 以下としても可
ウ 二酸化炭素の含有率	100 万分の 1,000 以下（＝1,000 ppm 以下）

一方、サーバ室等の基準として、腐食性ガス濃度の規格化はされていない。装置側の要求基準に応じて計画するが、国際電気標準会議制定標準規格 IEC60721-3-3（JIS C 0116）に記すガス種類の基準が必要である。IEC60721-3-3（JIS C 0116）は、腐食性ガスの許容濃度について記しており、環境分類の項目「3C1L」に準拠することを推奨する。IEC60721-3-3 で「3C1L」の環境は、「室内空気を連続して調整している場所」としている。各腐食性ガスの許容濃度について、表1-2に示す基準値を満たす必要がある。立地場所によって検出されるガスの種類・特徴が異なるので留意する。

表 1-2 IEC60721-3-3（JIS C 0116）における環境分類「3C1L」

ガス種類	規定値
海塩	なし
二酸化硫黄(SO ₂)	Max 0.037[cm ³ /m ³]
硫化水素(H ₂ S)	Max 0.0071[cm ³ /m ³]
塩素(Cl ₂)	Max 0.0034[cm ³ /m ³]
塩化水素(HCl)	Max 0.0066[cm ³ /m ³]
フッ化水素(HF)	Max 0.0036[cm ³ /m ³]
アンモニア(NH ₃)	Max 0.42[cm ³ /m ³]
オゾン(O ₃)	Max 0.005[cm ³ /m ³]
窒素酸化物(NO ₂)	Max 0.052[cm ³ /m ³]

腐食性ガスは以上のような種類があり、自動車から放出される排気ガスや、温泉・火山地帯において噴出する硫化水素ガス、市街地の淀んだ川底から発生するガスなどがある。腐食が進行すると、装置の安定稼働を妨げる可能性があり、以下のような不具合が発生する。

- ① スイッチ、コネクタの接触不良
- ② 配線の断線、配管の局部腐食
- ③ 装置構成金属材料の発錆、磨耗、腐食疲労、破断
- ④ プリント配線のマイグレーション、ウイスカによる短絡
- ⑤ リーク電流による電食
- ⑥ 外装の発錆、局部的腐食

このような事象が懸念される地域に立地する施設においては、取得する外気から腐食性ガスを除外するために、適切な空気清浄設備を設ける必要がある。特に外気冷房を行う場合には取入外気量が増えるため、許容値以下に腐食性ガス濃度を保つためには取入外気量と空気清浄設備の検討を行う。

参考1.1.3. 熱負荷計算

熱負荷計算については、原則、文部省機械設備工事設計資料（平成 8 年版）によるものとする。
なお、サーバ室は年間冷房運転のため、暖房時の熱負荷は計算しない。

サーバ室の熱負荷は、大別すると、以下の負荷からなる。

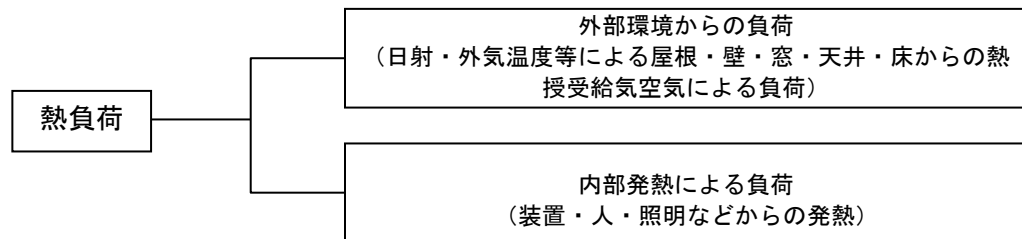


図 1-1 サーバ室熱負荷分類

数式 1-2 熱負荷算定式

$$\text{熱負荷[kW]} = \text{外部環境からの負荷[kW]} + \text{内部発熱による負荷[kW]}$$

(1)外部環境からの負荷の求め方

負荷計算の際、使用する気象データは、文部省機械設備設計資料（冷暖房設計用気象データ）を原則として使用すること。異なる気象データを使用する場合は、発注者と協議を行う。

(2)内部発熱による負荷の求め方

新設装置の発熱量は、設計電流値等から把握する。既設装置がある場合、装置の発熱量は、実績電流値から算出する既設消費電力に新增設装置定格消費電力を加えて求める。

数式 1-3 内部発熱負荷算定式

$$\text{内部発熱による負荷[kW]} = \text{既設消費電力[kW]} + \text{新增設装置消費電力[kW]}$$

※ 但し、直接冷却方式にて直接処理する熱負荷は除く

既に装置が設置されている場合は、既設装置による内部発熱を考慮する必要がある。その場合、稼働中の装置の電流値を計測することで、実際の装置消費電力を把握することができる。電圧により、消費電力の算出方法が異なるため、使用電圧を確認する。実績電流値は、サーバ室に収納されている装置の配線系統を確認の上、分電盤の一次側で計測する。分電盤が複数ある場合は、それぞれ消費電力を参集し、合計する。計測の際は、接触等により漏電を起こさないように、絶縁手袋を着用するなど、十分に注意・対策を行ってから実施する。

【既設消費電力[kW]算出方法（例）】

AC200V（交流・三相三線 200 ボルト）：消費電力[kW]＝電流[A]×電圧 200[V]× $\sqrt{3}$ ÷1,000

AC100V（交流・単相 100 ボルト）：消費電力[kW]＝電流[A]×電圧 100[V]÷1,000

DC-48V（直流 48 ボルト）：消費電力[kW]＝電流[A]×電圧 48[V]÷1,000

【負荷の種類による負荷計算種別】

1. 冷房負荷計算

冷房負荷は、表 1-3 に示す負荷を対象として算定する。

表 1-3 冷房負荷計算 対象負荷

(1) 外部環境からの負荷	(2) 内部発熱による負荷
① 構造体負荷	⑤ 照明負荷
② ガラス面負荷	⑥ 人体負荷
③ すきま風負荷	⑦ その他の室内負荷
④ 外気負荷	

※装置の発熱による負荷は、⑦その他の室内負荷に含む

※⑥人体負荷は、想定在室人員数を計画ごとに運営部門と協議すること

2. 加湿負荷計算

加湿設備を設ける場合、冷房負荷計算用温湿度条件（冬季）の下限值で加湿負荷を計算する。

3. 除湿負荷計算

除湿設備を設ける場合、冷房負荷計算用温湿度条件（夏季）の上限値で除湿負荷を計算する。

参考1.2. ICT 機器類

参考1.2.1. サーバ処理能力あたりの消費電力

国内、海外において幾つかの ICT 機器の省エネルギー基準がある。そのいずれにおいても機器の性能(能力)とその消費電力との比による省エネルギー指標で比較可能な基準が定められており、用途に近い処理負荷、性能(能力)による省エネルギー指標で優れた機器を採用することが望ましい。その用途における負荷等が明確でないならば、省エネルギー法、グリーン購入法ないし Energy Star に適合する機器を選択することで、省エネルギーな機器を選択することができる。

- エネルギーの仕様の合理化に関する法律（省エネルギー法）

省エネルギー法が対象とする事業分野としては、“工場等”、“輸送”、“住宅・建築物”、“機械器具等”があり、その“機械器具等”に電子計算機（サーバ型、クライアント型）、磁気ディスク装置（ストレージ）、ルーティング機器・スイッチング機器（ネットワーク）が含まれる。

省エネルギー法では対象となる機器で現在製品化されている製品のうち、それぞれの機器に合わせて設定されたエネルギー消費効率が最も優れている機器以上とするよう製品化努力を行うトップランナー方式であり、その基準を上回る機器は省エネルギーな機器と言える。

- エネルギーの使用の合理化等に関する法律（昭和五十四年六月二十二日法律第四十九号）：<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S54/S54HO049.html>
- 特定エネルギー消費機器のエネルギー消費性能の向上に関するエネルギー消費機器等製造事業者等の判断の基準等
 - 電子計算機：
http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/summary/pdf/top_runner/06toprunner_denshikeisanki.pdf
 - 磁気ディスク装置：
http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/summary/pdf/top_runner/07toprunner_zikidisuku.pdf
 - ルーティング機器：
http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/summary/pdf/top_runner/22toprunner_routing.pdf
 - スwitching機器：
http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/summary/pdf/top_runner/23toprunner_swithing.pdf
- Energy Star

Energy Star は、米国エネルギー省と環境保護庁による省エネルギー電気製品のための環境ラベリング制度で、その後、国際連携プログラムによりカナダ、EU、オーストラ

リア、日本など 9 つの国・地域で運用されている。

Energy Star で認証基準の考え方は、製品化されている機器の上位 25% が適合・認証されるよう決められ、適時見直しが行われている。

Energy Star : <https://www.energystar.gov/>

- 国際エネルギースタープログラム（日本）: <http://www.energystar.jp/>

Energy Star Servers で使用される性能対消費電力比の指標は、そのワークロードとして SPEC (Standard Performance Evaluation Corporation) が設計した SERT (Server Efficiency Ration Tool) が使用される。

SERT で使用されているワークロードは CPU 関係 7 種、Memory 関係 2 種、Storage (I/O) 2 種、Hybrid (後述の SPEC Power 相当) と Idle 時のスコアの 13 種になる。一般的な性能ベンチマークとは異なる複数の負荷量でその時の消費電力を測定する。SPEC Power 相当である Hybrid は、一般的な三階層のトランザクションシステムを Java VM 上で実行するベンチマークであり、一般的な業務サーバ用途で参照されると良い。
- SPECpower_ssj™2008

SPECpower_ssj™2008 は、SPEC (Standard Performance Evaluation Corporation) が設計したサーバの性能対電力比を測定するベンチマークテストであり、省エネルギー性能をアピールしたいサーバベンダが、その測定登録を行っている。そのため、各ベンダで省エネルギー性能の高いサーバが登録されていると言える。また、そのベンチマークテストのワークロードは、下記のようなビジネス系のワークロードである。

 - SPECpower_ssj™2008 のワークロードは、三階層クライアントサーバシステムで、注文処理、支払の記録、注文ステータスの確認、在庫確認と納品管理、顧客レポート処理の 6 つの異なる性質のトランザクションからなる。
 - 複数の JVM 上で実行される Java アプリから構成され、全て測定対象のサーバ上で実行される。
 - SPECpower_ssj™2008 は、負荷状況を変えた 13 回の測定を行う。まず、最初に測定対象のサーバの 100% 負荷を確認する測定を行い、その後、100% 負荷から 10% 負荷、アクティブアイドルまで 10% 刻みに間隔をおいて負荷をかけてパフォーマンスと電力の測定を行う。負荷測定時間、測定環境、計測器等も定められている。
 - パフォーマンスの単位は、ssj_ops で、測定された ssj_ops の合計を消費電力の合計で除したものが、SPECpower_ssj™2008 の主要な指標である overall ssj_ops/watt。
- グリーン購入法

「国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律（グリーン購入法）」は、国及び独立行政法人等における環境物品等の調達を総合的かつ計画的に推進するため、環境物品等の調達の推進に関する基本方針を策定することを規定している。

基本方針は、国等の機関が重点的に調達推進する環境物品等の種類である特定調達品目

及びその判断基準について規定し、原則として毎年 1 回見直される。

特定調達品目及びその判断の基準等の検討は、基本方針に定める基本的考え方に基づき実施されている。特定調達品目の分野品目は、21 分野 270 品目あり、ICT 機器としては、電子計算機、磁気ディスク装置、ディスプレイがある。(省エネ法では、対象外の 20 万メガ演算以上のクライアント型電子計算機もグリーン購入法では対象とされる。ただし、20 万メガ演算以上のサーバ型電子計算機はグリーン購入法の対象外。)

<http://www.env.go.jp/policy/hozen/green/g-law/index.html>

参考1.2.2. ICT 機器類の消費電力動向

ICT 機器は上記のように処理能力あたりの消費電力が向上しているが、より高性能化が進み、サーバラックあたりの消費電力は増加する傾向にある

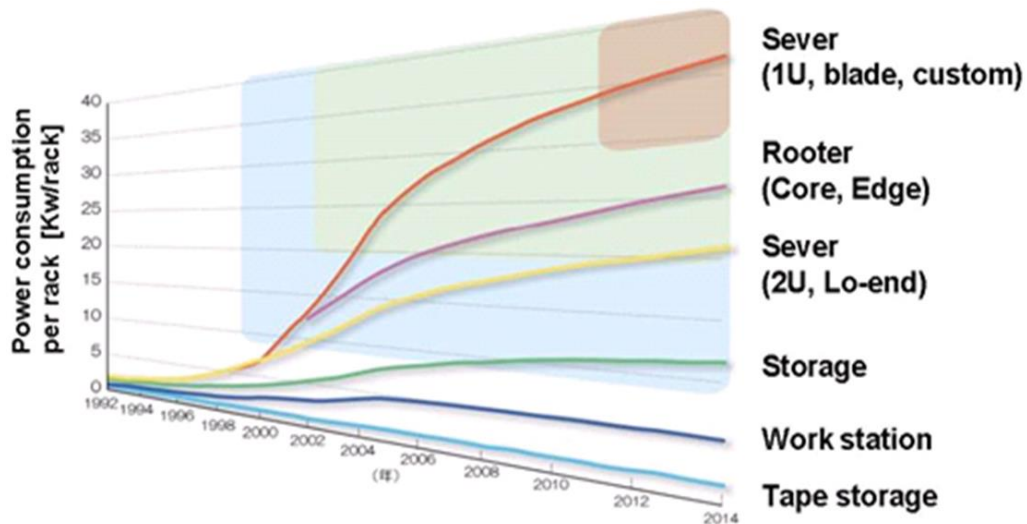


図 1-2 ICT システムの電力密度予測（出典；ASHRAE TC9.9 2015.1）

参考1.2.3. 電力密度の傾向

ICT 設備は用途により必要な性能が異なり、エンタープライズ／クラウドシステムは平均 CPU 負荷が 20～30%、一方、HPC（High Performance Computer）システムは GPGPU/高性能 CPU、高速メモリ搭載より 35kW/Rack を超えることがある。

40Uラックフル搭載時の消費電力(kW)

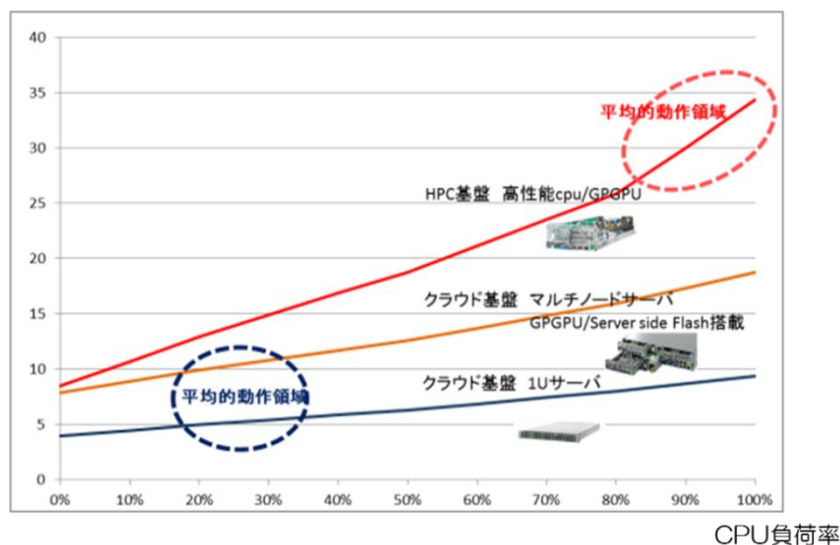


図 1-3 電力密度の傾向

参考1.3. サーバラック

参考1.3.1. サーバラックの変遷

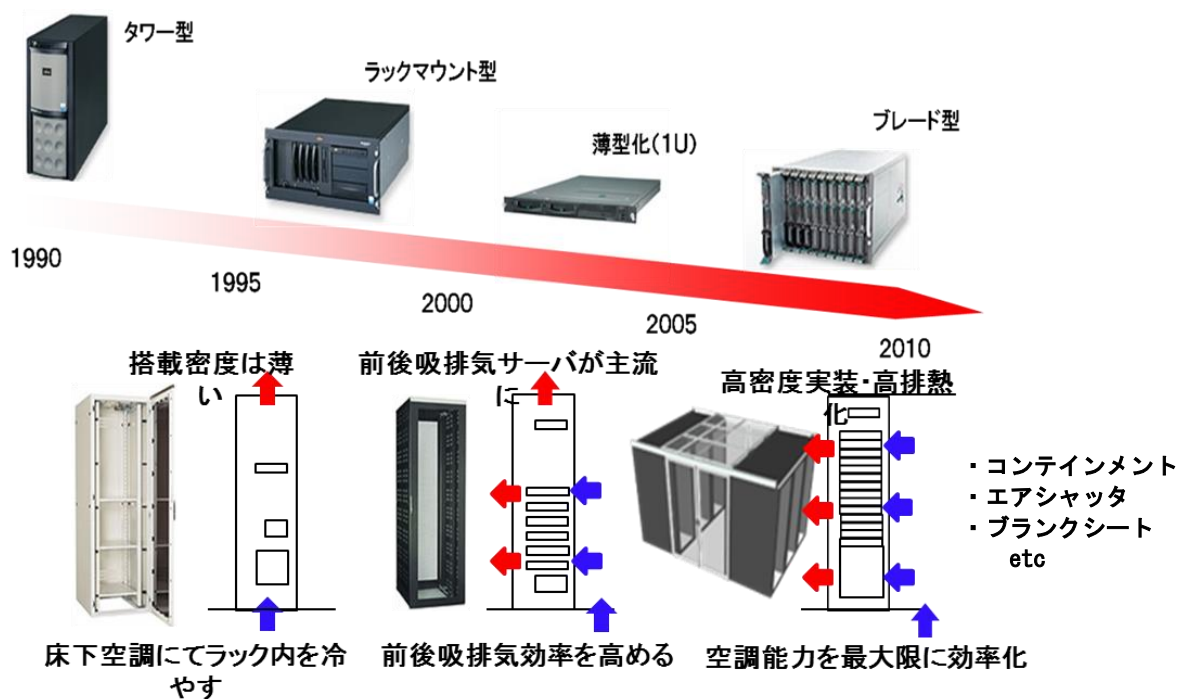
現在データセンターにおいて多く利用されている ICT 機器はラック搭載型である。元々工場などでの FA(Factory Automation)用途で利用されていた 19 インチラックと電気通信業界において交換機などで利用されていた通信機械用架を母体に 1990 年代後半に登場した。

1980 年代ではメインフレームコンピュータ全盛時代でサーバ室（電算室）全体を冷却し、あまり空流には配慮しない設計であり、サーバ機器はタワー型が主流であった。

1990 年代にメインフレームの高性能化に伴う発熱量の増大に対応するために床下空調が開発され、二重床を利用することが多くなった。また FA 用途と同様に天板より排気する技術により、サーバラックも床下より冷気を給気し、上部より排気する方式が登場した。この頃よりラック搭載型のサーバが主流となっている。

2000 年代にサーバラックへの ICT 機器の搭載密度が高くなり、ICT 機器では前後吸排気を採用することが多くなり、サーバラック前面より吸気し、背面より排気する方式が一般化した。

2010 年代になると更なる ICT 機器の高密度実装が要望され、空調能力を効率化するためにコンテインメント、エアシャッター、ブランクパネルなどの空流を考慮したサーバラックが一般化した。



（日東工業株式会社より提供）

図 1-4 サーバラックの動向

サーバラック前面より吸気し、背面より排気するためにサーバラックの前面、背面扉にはパン

チングによる開口が施されている。パンチング加工技術の進歩により、サーバラック扉での通風量を多くするために、開口率は大きくなってきている。セキュリティの観点（物理的にドライバー等が通らない）からこれ以上開口率は大きくはならないと想定される。

サーバラックを通過する風量が多いと作業の安全、搭載機器の緩みなどを発生する危険が伴うため、サーバラック扉での通風量から一般的に使用される 42U サーバラックではサーバラックあたり約 10kW に押さえることが一般的である。

製品化時期	パンチング開口率	
2001 年	51%（丸穴パンチング）	
2007 年	76%（ハニカムパンチング）	
2014 年	86%（ハニカムパンチング）	

（日東工業株式会社より提供）

図 1-5 パンチング開口率の変遷

参考1.3.2. サーバラックの耐震性能

サーバラックに対する要件として、耐震性能と搭載許容荷重がある。ICT 機器の性能向上、クラウド化に伴う ICT 機器の高密度実装の傾向にあわせ、許容荷重は年々増加の傾向にある。ICT 機器での重量は 1U あたり最大 20kg～25kg であり、一般的に使用される 42U サーバラックでは最大 1,000kg の搭載荷重で充分であると想定される。

1995 年の兵庫県南部地震、2004 年の新潟県中越地震、2011 年の東北地方太平洋沖地震など、地震大国といわれる日本においては、構造物への耐震性能は欠かせないものになっている。今後、東海地震、東南海地震、首都圏直下型地震など巨大地震の発生も予測されており、万全の備えを要する。サーバラックには、安全確保（倒壊、移動、搭載物の脱落などの防止）、物理保護（サーバラック損傷防止）、機能保護（地震時、後での ICT 機器正常機能）が求められ、耐震、免震、制震などの性能を有するサーバラックが登場している。

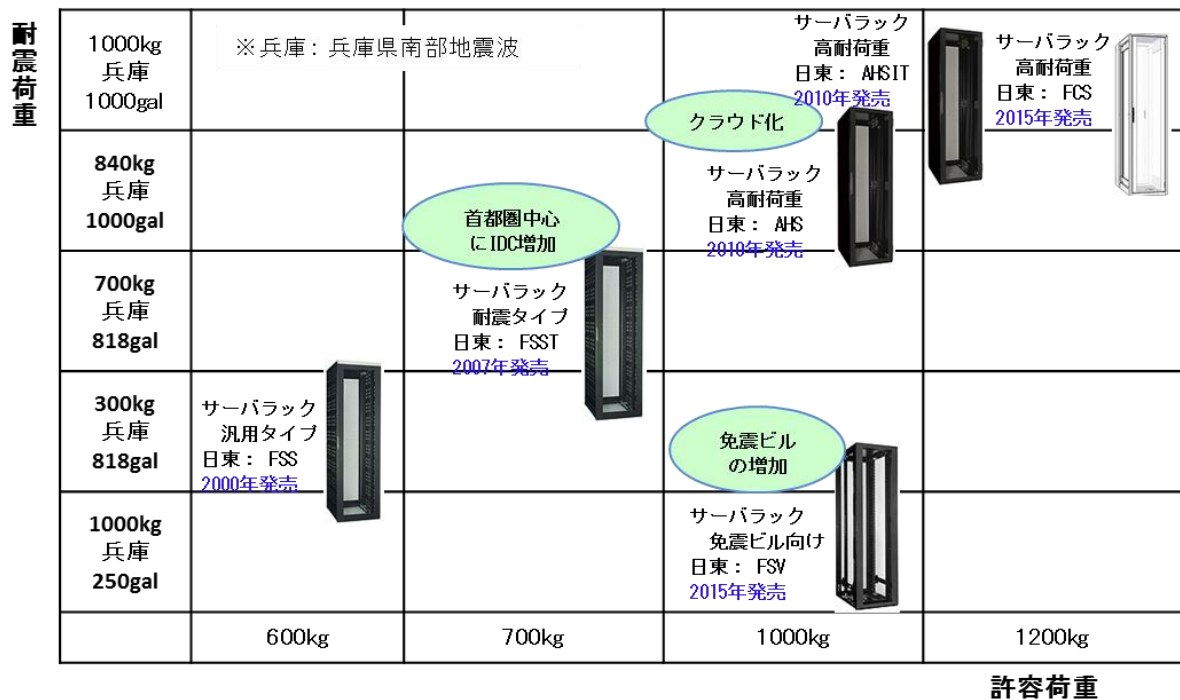
耐震性能を表す規格として、各地震の際の地震波や、NEBS、NTT 規格に基づく耐震試験があり、サーバラック各社では各耐震試験での搭載荷重を表示している。

表 1-4 に、ICT 機器の耐震基準の概要をまとめる。NEBS 基準と NTT 基準は通信ビルや機器に適用することが想定され、NTT ファシリティーズ基準は、データセンターの ICT 機器への適用を想定したものである。

表 1-4 ICT 機器の耐震基準

	NEBS 基準	NTT 基準	NTT ファシリティーズ基準
動作許容値			
加速度許容値	1600gal (Zone4)	1000gal	1000gal
加振周波数	0.3 - 50Hz	0.5 - 50Hz	0.5 - 50Hz
加振方向	X, Y, Z 各軸	三軸同時加振	三軸同時加振
加速度波形	地震合成波形 VERTEQ II	人工地震波 (* Response waves on building floor)	人工地震波 (* Response waves on building floor)
加振時間	30 秒	40 秒	40 秒
物理的許容値			
加速度許容値	1600gal (Zone0 - 4)	1200gal (R04 - R12)	1200gal (R04 - R12)
加振周波数	0.3 - 50Hz	0.5 - 50Hz	0.5 - 50Hz
加振方向	X, Y, Z 各軸	三軸同時加振	三軸同時加振
加速度波形	地震合成波形 VERTEQ II	人工地震波 (* 建物床面の応答波)	人工地震波 (* 建物床面の応答波)
加振時間	30 秒	40 秒	40 秒
筐体トップの変位量	75mm 以下	50/100mm 以下	50/100mm 以下
*想定する建物の応答倍率が異なるので、Z 軸の最大加速度は異なっている。			

(出典 ; TGG データセンターに関する日本の地域特性)



(日東工業株式会社より提供)

図 1-6 サーバラック 耐震・許容荷重の変遷

参考1.4. 空調装置

参考1.4.1. COP とは

空調機の性能を表す指標の一つとして COP(Coefficient Of Performance; 成績係数) がある。これは、入力エネルギーに対しての空調能力を表したもので以下の式から算出することができる。一般的に、空調機の COP は室内温度が高いほど、また外気温度が低いほど大きくなる。

数式 1-4 COP 算出式

$$\text{COP} = \frac{\text{空調能力[kW]}}{\text{入力エネルギー（電気・ガス等）[kW]}}$$

通常、機器単体での COP で評価することが多いが、システム全体での COP で評価することもある。サーバ室の空調方式の場合、パッケージ型空調機が多く採用されており、カタログの仕様書から求める事ができる。

大規模な空調システムで構成される場合、下記の機器などが含まれる。

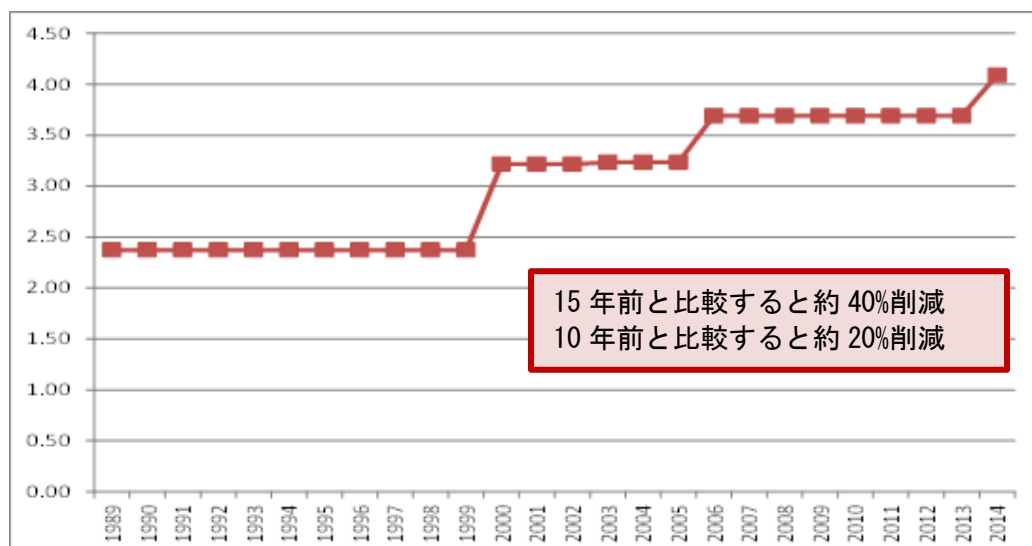
システムに含まれる機器の例

熱源機器：吸収式冷温水発生器、ターボ冷凍機、チラー、ボイラー等

搬送設備：ポンプ等

空調設備：エアーハンドラー、ファンコイルユニット等

COP 数値が高いほど効率の良い空調システムと言える。COP の数値が低い場合は、無駄なエネルギーを使用している可能性がある所以对策を行う必要性が考えられる。



(日比谷総合設備株式会社調べ)

図 1-7 パッケージ空調機 COP 変遷

表 1-5 現行機種と旧機種との年間電力量と電気料金比較

＜設定値＞			＜空調機の更新（15年前→現行機種）の削減効果＞			＜空調機の更新（10年前→現行機種）の削減効果＞		
電気料金単価	20円/ k W h		年間電力量	368,391 kW h		年間電力量	184,196 kW h	
IT電力	100 kW		年間電気料金	737 万円		年間電気料金	368 万円	

年	COP (冷房のみ)	PUE	電力			年間電力量			年間電気料金（万円）		
			IT	空調	合計	IT	空調	合計	IT	空調	合計
15年前（1999年）	2.37	2.00	100 kW	100 kW	200 kW	876,000 kW h	876,000 kW h	1,752,000 kW h	1,752 万円	1,752 万円	3,504 万円
現行機種（2014年）	4.09	1.58	100 kW	58 kW	158 kW	876,000 kW h	507,609 kW h	1,383,609 kW h	1,752 万円	1,015 万円	2,767 万円

年	COP (冷房のみ)	PUE	電力			年間電力量			年間電気料金（万円）		
			IT	空調	合計	IT	空調	合計	IT	空調	合計
10年前（2004年）	3.23	2.00	100 kW	100 kW	200 kW	876,000 kW h	876,000 kW h	1,752,000 kW h	1,752 万円	1,752 万円	3,504 万円
現行機種（2014年）	4.09	1.79	100 kW	79 kW	179 kW	876,000 kW h	691,804 kW h	1,567,804 kW h	1,752 万円	1,384 万円	3,136 万円

<条件>

サーバ室の PUE : 2.0 (現行機種 : COP4.09)

ラック： 20台 ラック発熱： 5kW/ラック

ICT 機器： 100kW

運転時間： 8,760 時間/年 電気料金単価： 20 円/kWh

現行機種に対し10年前の空調機（2004年）の削減割合：21%（3.23：4.09）

現行機種に対し 15 年前の空調機（1999 年）の削減割合：42%（2.37：4.09）

参考1.4.2. 負荷率とは

空調機が処理している熱量（≡冷房能力）の定格冷房能力に対する割合を負荷率という。

数式 1-5 負荷率算出式

$$\text{負荷率} = \frac{\text{空調機の処理熱量[kW]}}{\text{空調機の定格冷房能力[kW]}}$$

空調機の負荷率は、空調機の稼働率あるいは余力と見ることができ、負荷率は空調機の運転台数の適正化を行うための判断材料になる。

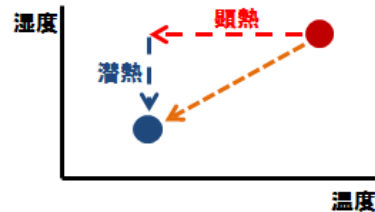
参考1.4.3. サーバ室向け空調機の特徴

サーバ室の発する熱の多くは ICT 機器から発する顕熱負荷のため、一般的な空調機より高顕熱型の空調機の方が、省エネルギー効果が高い。そのため、サーバ室やデータセンターでは、高顕熱型空調機を採用するケースが多くみられる。サーバ室の空調設備の特徴は以下の通りである。

- 高顕熱負荷処理型
- 低外気温時の高効率制御
- 加湿・除湿の別途検討

<一般的な空調機>

一般的な空調機は、一定の比率で顕熱と潜熱を同時に処理する
潜熱処理（除湿）を行う場合、ドレン水が発生する



<高顕熱型の空調機>

高顕熱型の空調機は、顕熱処理を優先して処理を行う
(潜熱処理は大きなエネルギーが必要)

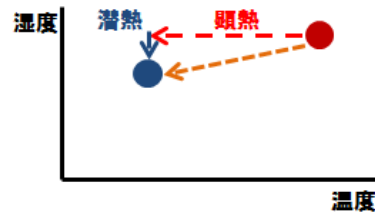


図 1-8 一般的な空調機と高顕熱型空調機の違い

表 1-6 顕熱負荷と潜熱負荷

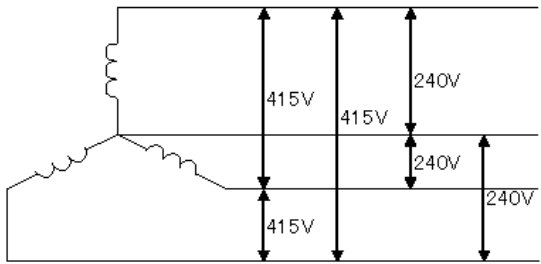
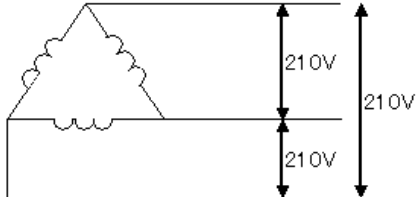
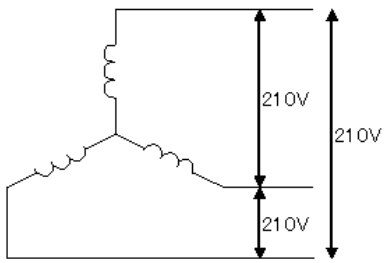
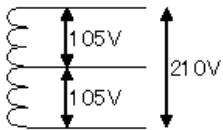
			具体的内容	顕熱負荷	潜熱負荷
空調機負荷	室内負荷	貫流負荷	壁などを通じて出入りする熱	○	—
		日射負荷	日射によって入る熱	○	—
		室内発生負荷	照明負荷	○	—
			人体負荷	○	○
			IT機器発熱負荷	◎	
		すきま風負荷	すきま風が含む熱と水蒸気	○	○
	外気負荷		換気の際に取り入れる風が含む熱と水蒸気	○	○
	ファン発熱負荷		空調機のFANなどの熱	○	—

参考1.5. 電気設備

日本国内で一般的な交流給電は以下の通りである。省エネルギーの観点からは、電圧が高いほど、分岐回路でより多くの電力を供給でき、電力損失などを防ぐことができる。

また、最近では電力損失の少なく、集中 UPS の分散化がはかれることから、高電圧直流（200V-400V）による給電も採用が進んでいる。

表 1-7 相数と線数

相数と線数	回 路	備 考
三相 4 線 415V/240V		
三相 3 線 210V		デルタ結線
		スター結線
単相 3 線 200V/100V		
単相 2 線 200V/100V		

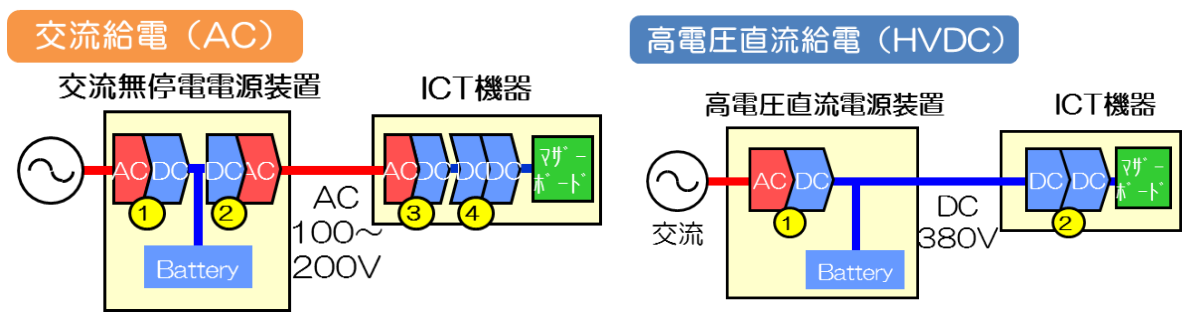


図 1-9 交流給電と高電圧直流給電

参考資料2. 用語集

参考2.1. 用語集

用語	定義
ICT 装置	
ICT 装置	サーバ、ルータ、ストレージ等を含む機器装置を指す。
仮想化	サーバなどの ICT 機器のハードウェアを物理的な構成にとらわれずに論理的に統合あるいは分割する技術を指す。
TDP(Thermal Design Power)	設計上想定される CPU の最大放熱量を指す。熱設計電力とも呼ぶ。
HPC(high performance computer)	単位時間当たりの計算量が非常に多い、高性能な計算処理を行うコンピュータを指す。
BMC(Baseboard Management Controller)	ハードウェア障害等のためにオペレーティングシステムがダウンしている場合においても、障害通報機能およびリモートコントロール機能を提供するサーバ管理チップを指す。通常、IPMI(Intelligent Platform Management Interface)と呼ばれるサーバ管理インタフェースに準拠している。
パワーキャッピング	最近の ICT 装置に搭載されている電力制限機能を指す。サーバによる電力消費の上限を設定できるため、データセンターの電源装置を効率的に計画できる。
シンククライアント	ユーザが使うクライアント端末に必要な最小限の処理をさせ、ほとんどの処理をサーバ側に集中させたシステムアーキテクチャを指す(広義のシンククライアント)。 シンククライアントアーキテクチャで使われるように機能を絞り込んだ専用のクライアント端末のことを指す場合もある(狭義のシンククライアント)。
側面吸排気機器	一部のネットワーク機器に用いられている、側面から吸気し、他側面から排気する装置を指す。ネットワーク機器に接続するインタフェース(ポート)を前面あるいは背面意配置していることから吸排気口を側面に配置している。
EMC(Electromagnetic Compatibility)	電子機器より出る不要電波放射を抑制するあるいは不要電波放射による干渉を避ける対策あるいは規定を指す。
サーバラック	
サーバラック	ICT 装置を搭載する架台を指す。キャビネットとも呼ばれる。

前面給気ラック	前背面扉に給排気の開口のある扉付のサーバラックを指す。
オープンラック	前背面に扉またはカバーを持たないサーバラックを指す。 側面カバーの有無は問わない。 ICT 機器のアクセスが容易でセキュリティ上の懸念があることと空流対策が困難なために、一般的にサーバ室では利用されない。
クローズドラック	前背面扉、側板に給排気用の開口を持たないサーバラックを指す。 サーバラックの底部開口から冷気を吸い込み、サーバラック上面（天井）部から暖気を排気する構造であり、事務室などで低発熱なネットワーク機器を設置する場合に用いられ、一般的にサーバ室では利用されない。
リアドア	サーバラックの背面側の扉を指す。サーバからの排気をコールドアイルに排出する。 高発熱機器に対応し、排熱効率を上げるために冷却用ラジエータを装備することもある
ブランクパネル	サーバラック内の空きスロットを適切に塞ぐために設置する、サーバラック内に設置する遮蔽板を指す。
エアシャッタ	サーバラック前面の上下、左右のサーバラックとラックアングルとの間隙を塞ぐ遮蔽板を指す。 予めエアシャッタを装備したサーバラックが一般的となっている。
整流板	ICT 装置の給気および排気の風向を制御する空流ガイドを指す。
EIA 規格（EIA-310-D）	米国電子機械工業会(EIA; Electronic Industries Alliance)によって定められた、サーバラックと搭載する ICT 機器への外形に関する規格。機器の幅（機器取付けよう支柱の水平間隔）は 19 インチ(482.6mm)で、高さは 1.75 インチ(44.45mm)の倍数。1.75 インチを 1 U と呼ぶ。支柱取付けネジのピッチ（水平間隔）は、ユニバーサルピッチとワイドピッチの 2 種類がある。ワイドピッチは、ネジ穴間隔が 31.75mm と 12.7mm の繰り返しである。ユニバーサルピッチは、ワイドピッチの 31.75mm の中間にネジ穴があり、1U 機器の中央を一点で搭載可能である。取り付け用のネジの径は、5mm と 6mm があるので注

	意が必要である。一方、奥行は規定がなく、取付ける機器の奥行きを考慮して選択する。
ラックアングル	サーバラックにおいて ICT 機器を搭載、固定する支柱を指す。マウントアングルとも呼ぶ。
マウントレール	支柱取付け可能重量以上の重量機器を搭載するために、サーバラック側面の支柱を渡すようにレールを通すことで耐重量をアップさせるもの。また、サーバラック内に引き出し（ドロワー）のような機能を持ったものもある。
棚板	ラックアングルなどにネジ止めなどできないモニターなどの機器を搭載するための棚を指す。
耐震ベルト	ラックアングルなどに固定することができない ICT 装置を棚板などに固定するためのベルトを指す。
ケーブルガイド	サーバラック内の電力、通信線の配線を整然と配置し、人為故障を防ぐと同時に空流を確保するために取付ける支えを指す。
配線カバー	サーバラック内の電力、通信線の配線を整然と配置し、人為故障を防ぐと同時に空流を確保するために取付ける蓋を指す。
スタビライザ	サーバラックの転倒を防止するためにラック下部に取付ける安定板を指す。
制震ラック	制震機能を有するサーバラックを指す。
床免震装置	免震機能を有する台を指す。
コンセントバー	サーバラック内で ICT 機器への電力を供給するコンセントを指す。サーバラック側面のラックアングルに装着される。サーバ室では電力計などの機能を有するインテリジェント型が用いられる。
兵庫県南部地震波	地震の揺れをあらわす指標として計測震度や最大速度、最大加速度がある。しかし、地震動の時間変化の情報が含まれず、周波数特性の違いを表すことができず、耐震性能の評価は困難である。そこで、過去の地震波記録を元に耐震設計に用いる地震動を定めている。サーバラックでは兵庫県南部地震を用いることが多い。
NEBS 規格	NEBS(Network Equipment Building Systems)は可用性の高い通信サービスを実現するために通信事業者が機器購入の目安とする基準を指す。高温や高湿度、また火災や振動などの障害原因となる物理的、電氣的、電磁的などの

	要因に対する耐性の評価、認定を行うもの。
サーバ室	
コールドアイル	空調機が送り出してサーバ等が吸引する冷気を集めた通路空間を指す。
ホットアイル	サーバ等のサーバラックの列で区切られたサーバ室内の空間のうち、サーバの排熱だけを集めた空間を指す。
ホットスポット	装置や部品の局所的な場所において異常に高温となることを指し、熱だまりともいう。
天井レターン	天井内を排気用のダクトとして利用する場合、暖気を空調機に戻す天井に開けられた排気口を指す。
コンテインメント	コールドアイルとホットアイル部分を隔壁等によって分離して、空調効率を向上させる考え方を指す。
二重床	二重構造となっている床を指す。床下は空調からの冷気の流路と各種ケーブル配線を行う空間として使用し、床上に ICT 装置などを搭載するサーバラックを設置する
フロアパネル	サーバ室で用いられ、サーバラックなどを据付、固定する二重床のパネルを指す。耐震、防火、電磁防止、帯電防止などの基本性能を有する。
空調有効スペース	二重床下の高さのうち、各種ケーブル配線の積み上げ高さを除いた空調冷気を流す領域の高さを指す。
ITV カメラ	サーバ室内での行動監視による犯罪抑止を行うために設置する監視カメラを指す。サーバ室内に死角の無い様に設置し、画像の監視、蓄積を行う
空調設備	
高顕熱型空調機	顕熱処理を優先して処理を行う空調機。顕熱比率の高いサーバ室、データセンターに向いている。
タスク空調	局所的に冷却する。「発熱の大きな機器や耐熱性の低い機器の周辺（タスク域）を局所的に冷却する装置」
室内発熱密度	室内の全発熱量[W]／サーバ室内床面積
許容上限温度	ICT 装置の動作保証温度の最高値を指す。
標準温度	空調機が全数正常に運転している際の ICT 装置への給気温度上限値
空調運用温度	空調機の運用時の設定温度を指す。ICT 装置への給気温度が標準温度を超過しないように設定する。
電源設備	

無停電電源装置	商用電源系統の不足の故障や商用電源電圧瞬時低下、周波数変動などによる ICT 機器の機能停止を防止する装置を指す。
空流解析	
CPM (Cooling Path Management)	空流の経路を床下空流、ICT 機器空流、排気空流と段階を追って系統的に解析し、ICT 機器への給気を最適化することを指す。
ショートサーキット	空調装置からの冷気が ICT 機器の冷却に利用されず、空調に還気したり（冷気ショートサーキット）、ICT 機器からの排気が冷気にもどる（暖気ショートサーキット）ことを指す。

参考2.2. データセンター関連での標準規格一覧

- Uptime Institute Tier Ratings for Data Centres
 - ASHRAE TC9.9 Guidelines for Mission Critical Facilities
 - ANSI/TIA 942 – Infrastructure Standard for Data Centres
 - ANSI/BICSI 002 – Data Centre Design and Implementation Best Practice
-
- ANSI/TIA 942 – Infrastructure Standard for Data Centres



データセンターの定義

コンピュータルーム及びそのサポートエリアを含むことが基本機能となっている建物または建物の部分

- EU Code of Conduct for Data Centres



European Commission Code of Conduct for Data Centre Energy Efficiency:

<http://iet.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/ict-codes-conduct/data-centres-energy-efficiency>

EU(欧州連合)によるデータセンターによる環境、経済、エネルギー供給の影響を抑えることを目標に制定された行動規範である。IT 機器、ファシリティによる電力消費について規定している。

データセンターの定義

「データセンター」はエンタープライズサーバ、サーバ通信機器、冷却系装置及び電力機器を含む、ある形式のデータサービスを提供する全ての建物、施設及び部屋が含まれる。

参考2.3. 環境・省エネルギー性能の認証制度



PC グリーンラベル

- 有限責任中間法人パソコン3R 推進センター(JEITAから独立)によるPC類の3R（リデュース（Reduce）、リユース（Reuse）、リサイクル（Recycle））についての業界共通の自主指針を満たすことを示すラベリング制度



省エネルギーラベル

- JIS規格の省エネルギー基準達成率とエネルギー消費効率のPCの性能を満たすことを示すラベリング制度



エネルギースター: <https://www3.epa.gov/>

- Energy Star は、米国エネルギー省と環境保護庁による省エネルギー電気製品のための環境ラベリング制度で、その後、国際連携プログラムによりカナダ、EU、オーストラリア、日本など 9 つの国・地域で運用されている。



エコマーク

- 省エネ法の基準消費エネルギー効率、電源オフ時の消費電力量、長期間コンセントから抜いていても機能障害が生じないこと、国際エネルギースターの基準の一部などの基準を満たすことを示すラベリング制度。



80PLUS

- ICT 機器の電源が 20%から 100%の負荷環境において、電源の交直変換効率が 80%以上であることを示すラベリング制度。

参考2.4. データセンター関連での業界団体一覧



ASHRAE（米国暖房冷房空調学会）：<http://tc99.ashraetcs.org/>

- ASHRAE TC(Technical Committee) 9.9 で決定されるガイドラインなどが参考にされる。



アップタイム・インスティテュート (Uptime Institute)：<https://uptimeinstitute.com/>

- 設計(Design)、施設の仕様(Facility)、運用の仕様(Operations)に関するティア認証(Tier Certification)を実施している。IT ファシリティ向けとして世界認証である。
- 評価基準が米国の基準をベースとしており、日本の IT ファシリティには完全に適していない。日本の IT ファシリティ環境に適した基準を JDCC により再構成されている。



JDCC（日本データセンター協会）：<http://www.jdcc.or.jp/>

- 日本における DC 事業者、関連事業者の連携と協力、DC 事業の強化・発展に寄与する活動を行っている団体
- ASHRAE、Uptime の技術情報などの情報共有、国内 DC 向けガイドラインの作成に尽力している



FISC（金融情報システムセンター）：<https://www.fisc.or.jp>

- 金融情報システムの安全性を確保するための自主基準の策定や普及啓蒙活動を行うとともに、金融機関における情報システムの活用や安全性を巡る諸問題について調査・研究を行う機関
- 「金融機関等コンピュータシステムの安全対策基準・解説書(通称;FISC 安全対策基準)」は金融機関等のシステム構築や検査を行う際の安全対策基準として広く活用されている。
- 第 8 版（平成 27 年 6 月版）では、設備基準 138 項、運用基準 114 項、技術基準 53 項より構成されている。



The Green Grid (TGG)：<http://www.thegreengrid.org/>

- データセンターやサーバ室、IT 機器のエネルギー消費効率を高めることを目的に米国で設立された団体。

- サーバの消費電力の測定基準や、消費電力削減のための技術開発に取り組み、PUE (Power Usage Effectiveness) と呼ばれる設備全体の消費電力から IT 機器のみの消費電力を割って算出した指標を提案し、広く使われている



DOE(United States Department of Energy:米国エネルギー省): <http://www.energy.gov/>

- エネルギー保障と核安全保障を担当する官庁。



EPA(Environmental Protection Agency:米国環境保護庁): <https://www3.epa.gov/>

- 市民の健康保護と自然環境保護を目的とした、アメリカ合衆国の行政機関。



USGBC (米国グリーンビルディング協会): <http://www.usgbc.org.leed/>

- LEED (USGBC が開発、および運用を行っている建物と敷地利用についての環境性能評価システム) とは、持続可能な建築物と土地利用についての世界標準の環境性能評価システムを普及し、省エネルギー、環境に配慮した建物などの認証システムである。LEED v4 にデータセンター分野が追加された。



ANSI (米国国家規格協会): [http:// www.ansi.org](http://www.ansi.org)

- アメリカ合衆国の国内における工業分野の標準化組織であり、公の合意形成のためにさまざまな規格開発を担っており、電子工業会 (EIA)、電気通信工業会 (TIA) などの国内規格作成団体による仕様を承認し、ANSI 規格とする。データセンター関連の主な規格は以下の通り
 - ANSI/TIA 942 – Infrastructure Standard for Data Centres
 - ANSI/BICSI 002 – Data Centre Design and Implementation Best Practice



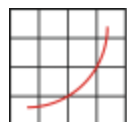
TIA (Telecommunications Industry Association:米国通信工業会): <https://www.tiaonline.org/>

- 通信技術の規格を検討、制定してきた団体。



BICSI (Building Industry Consulting Service International):<https://www.bicsi.org/>

- 米国において、1974 年に設立された情報配線システムの設計・施工に関する非営利の教育機関。



spec[®]

SPEC (Standard Performance Evaluation Corporation) <http://www.spec.org/>

＜作成日＞ 2016 年 12 月 12 日

＜作成者＞ TSCP 産学連携研究会
サーバ施設高効率化方策検討 WG
主 査：東京電機大学
メ ン バ ー：東京大学
東京大学 施設部
NTT コムウェア株式会社
株式会社竹中工務店
日本電気株式会社
日東工業株式会社
日比谷総合設備株式会社
富士通株式会社
Future Facilities 株式会社
株式会社宮川製作所
事 務 局：東京大学 TSCP 室

柳原 隆司教授
江崎 浩教授、玉造 潤史准教授、小林 博樹講師
北澤 理
尾西 弘之、由川 秀明、中野 歩、大和田 明志
小林 哲雄
中井 康博、河戸 邦雄、岡田 圭一
細谷 明裕
高橋 慎一、坂尾 健一、内園 修二
藤巻 秀明、高橋 晋
池田 利宏
金津 潤
迫田 一昭、山田 崇司

＜執筆担当＞ NTT コムウェア株式会社（幹事会社）
株式会社竹中工務店
日本電気株式会社、富士通株式会社
日東工業株式会社
日比谷総合設備株式会社
Future Facilities 株式会社

全体のまとめ、空流対策、参考資料
電気設備関連
ICT 機器関連
サーバラック関連
空調関連
空流解析関連