

コンピュータサーバ室設備設置及び 運用のガイドライン

- ・ 第 I 編 共通編
- ・ 第 II 編 新規構築編
- ・ 第 III 編 改修編
- ・ 第 IV 編 運用編

2016 年

TSCP 産学連携研究会
スパコン施設における省エネ化検討 WG

目次

第 I 編 共通編	4
第 I-1 節 目的	4
第 I-2 節 適用範囲	4
第 I-3 節 用語の定義	5
第 I-4 節 装置冷却方式	6
第 I-5 節 環境条件	7
第 I-5-1 項 温湿度条件	7
第 I-5-2 項 空気環境条件	7
第 I-6 節 熱負荷計算	9
第 I-7 節 省エネルギー目標	10
第 I-7-1 項 PUE	10
第 I-7-2 項 消費電力あたりの性能	11
第 II 編 新規構築編	13
第 II-1 節 目的	13
第 II-2 節 適用範囲	13
第 II-3 節 設置室の条件	14
第 II-4 節 中央監視システム	14
第 II-5 節 自動制御システム	14
第 II-6 節 冷却設備設計の手順	15
第 II-7 節 冷却設備共通事項	17
第 II-7-1 項 制御・監視	17
第 II-7-2 項 冗長性	17
第 II-8 節 空冷方式	17
第 II-8-1 項 基本事項	17
第 II-8-2 項 システム検討	17
第 II-8-3 項 高顕熱型年間冷房パッケージ空調機	18
第 II-8-4 項 空調ゾーニング	18
第 II-8-5 項 気流方式	18
第 II-8-6 項 アイルコンテインメント	19
第 II-8-7 項 外気冷房（エコノマイザ）	19
第 II-8-8 項 空気清浄度基準（外気冷房の場合）	20
第 II-8-9 項 腐食性ガス対応	20
第 II-8-10 項 その他検討事項	21
第 II-9 節 液冷方式（直接冷却方式）	22
第 II-9-1 項 基本事項	22

第 II-9-2 項 システム検討	22
第 II-9-3 項 熱源種別	22
第 II-9-4 項 冷媒条件	22
第 II-9-5 項 冷水ポンプ	23
第 II-10 節 換気設備	24
第 II-10-1 項 基本事項	24
第 II-10-2 項 エアフィルタ	24
第 II-11 節 電源設備	25
第 II-11-1 項 配電系の考え方	25
第 II-11-2 項 無停電電源装置	26
第 II-11-3 項 交流給電と直流給電の選定.....	26
第 II-11-4 項 蓄電池保持時間	27
第 II-11-5 項 直流給電の考え方.....	27
第 II-12 節 その他対策	30
第 II-12-1 項 騒音・振動対策	30
第 II-12-2 項 水防対策	30
第 III 編 改修編.....	31
第 III-1 節 目的	31
第 III-2 節 適用範囲	31
第 III-3 節 新規スーパーコンピュータ装置増設.....	32
第 III-3-1 項 新規増設検討	32
第 III-3-2 項 室内間仕切り	32
第 III-4 節 新規スーパーコンピュータ装置更新.....	32
第 III-4-1 項 装置更新に伴う冷却設備検討.....	32
第 III-4-2 項 装置更新に伴う電源設備検討.....	32
第 IV 編 運用編.....	33
第 IV-1 節 目的	33
第 IV-2 節 適用範囲	33
第 IV-3 節 環境測定	34
第 IV-3-1 項 温湿度測定方法	34
第 IV-3-2 項 設備動作確認	35
第 IV-3-3 項 異常時の対処	35
第 IV-4 節 冷却設備更新	36
第 IV-4-1 項 冷却設備の更新時期.....	36
第 IV-4-2 項 COP による検証.....	36
第 IV-5 節 冷却設備の節電対策	37
第 IV-5-1 項 運用面での節電対策.....	37
第 IV-5-2 項 設備面での節電対策.....	37

第 IV-5-3 項 運用時を考慮したシステムの選定.....	37
第 IV-6 節 電源設備の節電対策	38
第 IV-6-1 項 運用面での節電対策.....	38
第 IV-6-2 項 設備面での節電対策.....	38
第 IV-7 節 省エネルギー検証	39
第 IV-8 節 現況図面等の整備・管理.....	40

第I編 共通編

第I-1節 目的

本「コンピュータサーバ室設備設置及び運用のガイドライン」は、東京大学内各組織もしくはベンダーが、コンピュータサーバ室もしくは施設を新築もしくは改修する際に、省エネルギーを図りながら適切な環境を維持するために、検討する際のガイドラインとすることを目的とする。発注仕様書等に規定されている事項と重複する場合には、発注仕様書等の遵守を優先する。

第I編 共通編では、新規構築・改修どちらにも共通する内容について記述することとする。

第I-2節 適用範囲

本資料は、コンピュータサーバ室及びそれに付随する設備を対象とする。

第I-3節 用語の定義

- ・スーパーコンピュータ装置（装置）

大規模な科学技術計算に用いられる、大量のデータを高速に処理することが出来る超高性能コンピュータのことを言う。なお政府調達規定では50TFLOPS以上がスーパーコンピュータとして定義付けられている。

- ・コンピュータサーバ室

スーパーコンピュータを設置している室のことを言う。

- ・スーパーコンピュータ施設（施設）

スーパーコンピュータを設置する目的の建物及び建物設備のうち、主としてスーパーコンピュータに供する部分のことを言う。

- ・熱負荷（空調負荷）

コンピュータサーバ室においては目標とする温湿度環境に保つために、取り除くべき熱量のことをいう。

一般的に、夏季には室外から熱や湿気が室内へ侵入し、室内の照明や人間から熱や水分が放出されて室内の温湿度が高くなる。一方、冬季には低温で乾燥した外気が侵入し、室内の熱が室外へ流出して、室内の温湿度が低くなる。このような現象に対して、室内空気の温湿度を適切な状態に維持するために、空調設備が除去しなければならない熱量が冷房室内負荷であり、供給しなければならない熱量が暖房室内負荷である。

- ・熱負荷計算（空調負荷計算）

熱負荷（空調負荷）を求める計算のことをいう。

コンピュータサーバ室が取得する熱量を除去するために冷房機器が必要となる。それらの熱量を計算することを熱負荷計算という。これにより、冷房機器の容量を算出することができる。

- ・コールドアイル

冷たい空気が流れるエリアのことをいう。

例えば、1つの通路に対して装置の給気面が向かい合うように設けた通路。

- ・ホットアイル

熱い空気が流れるエリアのことをいう。

例えば、1つの通路に対して装置の排気面が向かい合うように設けた通路。

- ・熱源設備

空気もしくは水等を加熱・冷却するために必要な冷水・温水を製造する機器のこと。

第I-4節 装置冷却方式

スーパーコンピュータの冷却方式は、気流により装置を冷却する方式（空冷方式）と、装置内に冷水等を送り込み冷却する方式（液冷方式）とがある。それぞれの特徴について表 1 に示す。本ガイドラインが対象とするのは、装置そのものではなく冷却用熱源設備とする。

表 1 冷却方式

	空冷方式	液冷方式(直接冷却方式)
概要	スーパーコンピュータへ冷却した空気を供給し、装置の発熱を空気と熱交換することで、発熱部位を冷却する方式	ラックもしくはラック内熱交換装置まで直接冷水等を供給し熱交換することで、発熱部位を冷却する方式
メリット	装置増設に対応しやすい 装置近傍まで冷媒の配管を敷設する必要がない	比熱が大きいため、装置の発熱量が多くても冷却が可能
デメリット	発熱量が増えらると対応が困難になる	装置近傍まで配管を敷設する必要がある
主な熱源設備	空冷ヒートポンプパッケージ 空冷ヒートポンプチラー	ターボ冷凍機 空冷ヒートポンプチラー

第I-5節 環境条件

第I-5-1項 温湿度条件

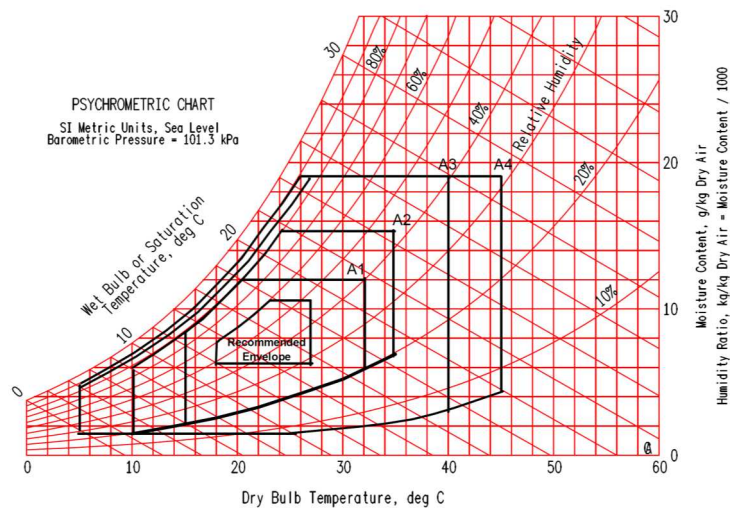
コンピュータサーバ室の設定温湿度条件は、装置の推奨温湿度条件に合わせて設定すること。温度条件については、装置温度が装置の**推奨温度上限温度（メーカーに確認）**となるように設定することが熱源設備の省エネルギー運用につながる。但し、室温の上昇とともにコンピュータに付属するファンの稼働も増えることから、運用後に計測データを確認しながら最適な設定温度を確認することが好ましい。

異なる温湿度条件の装置が混在する場合は、条件の厳しい方の条件を採用する。空調機能力算出用の外気条件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とする。

装置の推奨温湿度が提示されない場合は、2011 ASHRAE（アメリカ暖房冷凍空調学会） Environmental Guidelines for Datacom Equipment のデータセンタのA1クラス（15～32℃，20～80%RH）とすること。

※ASHRAE 基準の詳細については添付資料参照のこと。

分類	乾球温度	相対湿度	露点温度	
推奨範囲 (A1～A4)	18～27℃	≦60%RH	5.5～15℃	
許容範囲	A1	15～32℃	20～80%RH	≦17℃
	A2	10～35℃	20～80%RH	≦21℃
	A3	5～40℃	8～85%RH	-12～24℃
	A4	5～45℃	8～90%RH	-12～24℃



※枠中心：データセンタの推奨温湿度条件範囲

図 1 2011 ASHRAE Environmental Guidelines for Datacom Equipment
温湿度ガイドライン

第I-5-2項 空気環境条件

コンピュータ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 2 を基準とする。

但し、装置側からコンピュータ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 2 法規上の空気清浄度条件

ア 浮遊粉じんの量	0.15 mg/m3 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 1000 以下 (=1000 ppm 以下)

一方、データセンタ等の基準として、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。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こと。

腐食性ガスは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ことが懸念される。

- 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。特に外気を直接取り入れて冷房を行う場合(外気冷房)で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こととする。

第I-6節 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、コンピュータ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。

コンピュータサーバ室の熱負荷は、大別すると、以下の負荷からなる。

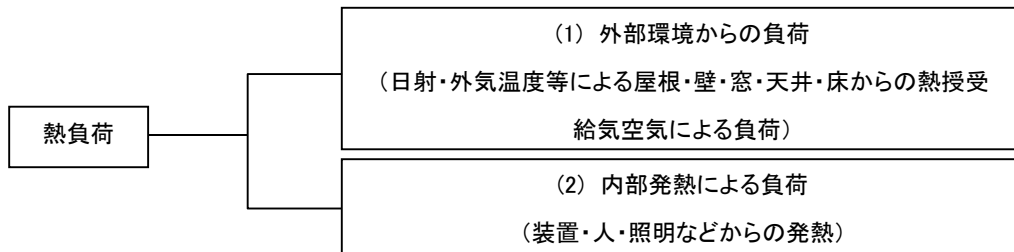


図 2 コンピュータサーバ室熱負荷分類

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

(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こと。

(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＋新增設装置定格消費電力として計算する。

$$\text{内部発熱による負荷[kW]} = \text{実績電流値から算出する既設消費電力[kW]} + \text{新增設装置定格消費電力[kW]}$$

※ 但し、直接冷却方式にて直接処理する熱負荷は除く

実績電流値から算出する既設消費電力[kW]とは・・・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出来る。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こと。実績電流値は、コンピュータ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こと。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、接触等により感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こと。

【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]× $\sqrt{3}$ ÷1000

AC100V（交流・単相 100 ボルト）：消費電力[kW]＝電流[A]×電圧 100[V]÷1000

DC-48V（直流 48 ボルト）：消費電力[kW]＝電流[A]×電圧 48[V]÷1000

【負荷の種類による負荷計算種別】

ア 冷房負荷計算

冷房負荷は、表3に示す負荷を対象として算定する。

表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

イ 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。

ウ 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。

第I-7節 省エネルギー目標

第I-7-1項 PUE

PUEは、コンピュータサーバ室あるいは施設全体が消費する電力とスーパーコンピュータ装置が消費する電力の比率であり、できるだけ小さいことが望ましく、理想的には1となる。コンピュータサーバ室・スーパーコンピュータ施設における年平均PUEの目標の目安を表4に示す。

年平均PUEの値は、次のように算出すること。

【コンピュータサーバ室 (PUE_r)】

$$PUE_r = \frac{\text{コンピュータサーバ室全体の年間消費電力量[kWh]}}{\text{スーパーコンピュータ装置の年間消費電力量[kWh]}}$$

コンピュータサーバ室全体の消費電力計測対象：

スーパーコンピュータ装置、熱源設備(ポンプ含む)^{※1}、空調設備^{※1}、換気設備^{※1}、消火設備^{※1}、照明設備^{※1}

※1：当該コンピュータサーバ室に関わる部分のみ

【スーパーコンピュータ施設 (PUE_f)】

$$PUE_f = \frac{\text{スーパーコンピュータ施設全体の年間消費電力量[kWh]}}{\text{スーパーコンピュータ装置の年間消費電力量[kWh]}}$$

スーパーコンピュータ施設全体の消費電力計測対象：

スーパーコンピュータ装置、熱源設備(ポンプ含む)、空調設備、換気設備、消火設備、照明設備

表 4 年平均 PUE 目標値

	年平均 PUE 目標値
	空冷方式/液冷方式
コンピュータサーバ室 (PUE _r)	1.3
スーパーコンピュータ施設 (PUE _f)	1.5

原則として、PUE の測定については表 5 に示す The Green Grid (米国) 推奨の PUE 測定に対する 3 つのレベルのアプローチ (ハイレベル分類) におけるレベル 3 とすること。但し、測定点等については測定の可否に応じて発注者と協議を行うこととする。スーパーコンピュータ装置の消費電力量測定は、図 3 を参考にすることとする。

表 5 The Green Grid(米国)推奨の PUE 測定に対する 3 つのレベルのアプローチ(ハイレベル分類)

	レベル 1(L1) 基礎	レベル 2(L2) 中級	レベル 3(L3) 上級
IT 機器の消費エネルギー	UPS(無停電電源装置)の出力	PDU(分電盤)の出力	IT 機器の入力
施設の消費エネルギー	受電点の入力	受電点の入力	受電点の入力
測定間隔	毎月/週	毎日/時	連続 (15 分以内の間隔)

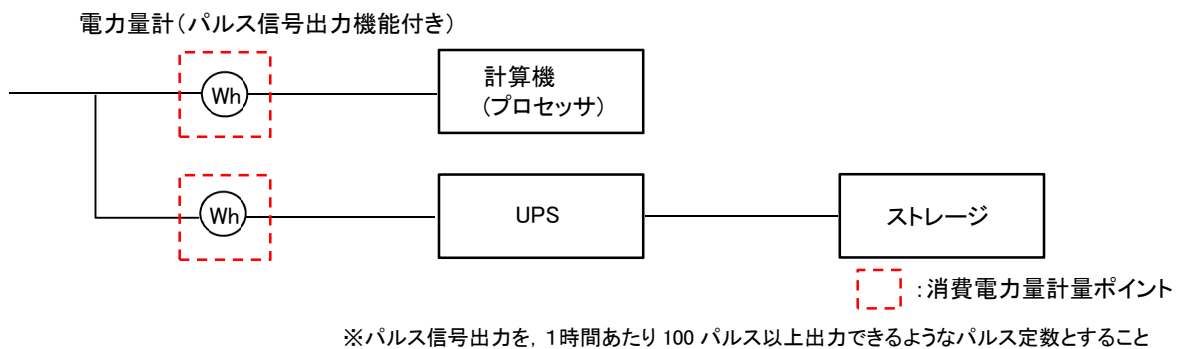


図 3 スーパーコンピュータ装置 消費電力量計量ポイント

第I-7-2項 消費電力あたりの性能

非常に高い性能を達成すべきスーパーコンピュータにおいて、スーパーコンピュータ装置の消費電力あたりの性能は重要な指標である。性能の表現にはさまざまなものがあるが、LINPACK ベンチマークを実行したときの、1秒あたりの浮動小数点演算数を表す FLOPS 値 (FLOPS は Floating-point Operations Per Second) はよく使われる指標である。図 4 に Green500 リストに基づくスーパーコンピュータ性能の年度推移を示す。Green500 とは、上記の FLOPS 値を消費電力で割った値を上位 500 位までをランク付けしたものである。この図からわかるように、この指標は年々向上している。

前節の PUE と本節のこの指標を理解する上で重要なことは、前節の PUE 値とこの指標の間に相関はあるが独立であることである。PUE は電力の時間積分である電力量で規定される一方、本節の指標は電力で規定される。スーパーコンピュータ装置の消費電力は時間と共に変化するので、二つの指標を単純に掛け合わせても意味のある指標にはならない。ま

た、省エネルギーで目指すべき目標は消費電力量当たりでスーパーコンピュータ装置が処理可能な計算量であるが、スーパーコンピュータの本来の目的は「高い性能」そのものであり、本来の目的を達成しながら省エネルギーを目指す必要がある。

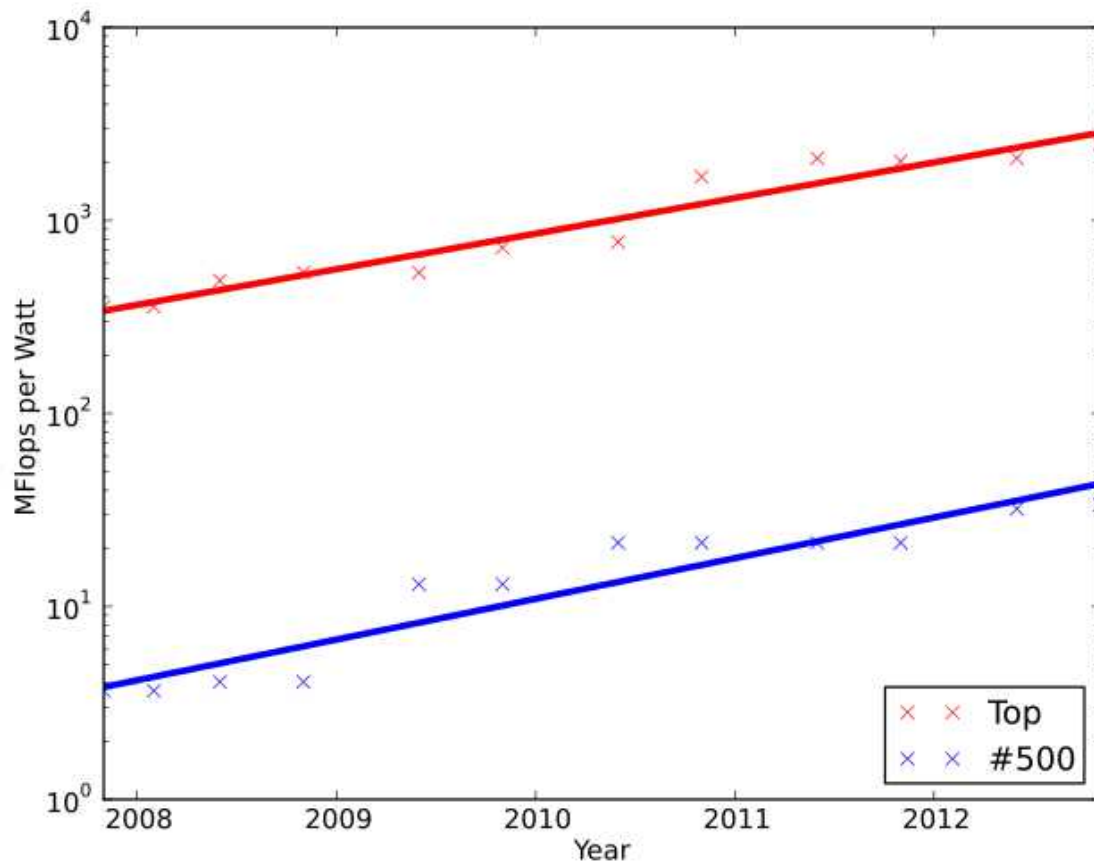


図 4 Green500 リストに基づくスーパーコンピュータ性能の年度推移
(青: Green500 にランクインされるレベル、赤: Green500 のトップレベル)

第II編 新規構築編

第II-1節 目的

新規にコンピュータサーバ室を構築する際に、適切な環境を維持できるようにするため、建物及び建物設備を設計する際の参考資料とすることを目的とする。

第II-2節 適用範囲

本資料は、コンピュータサーバ室及びそれに付随する設備を対象とする。

第II-3節 設置室の条件

建物を新規構築する際は、コンピュータサーバ室の二重床高さを考慮し、階高を決定することとする。液冷方式（直接冷却方式）採用の際も、配管スペースとして二重床を設けることもあるため、同様に考慮する必要がある。また、コンピュータサーバ室は北側の部屋とする事が外部環境からの熱負荷を抑制するのに効果的である。

第II-4節 中央監視システム

計測・監視ポイントを表6に示す。スーパーコンピュータ装置や冷却設備、電源設備の運転状態・消費電力を遠隔で常時監視し、適切な運転状態を保ち、より省エネルギーな設備の稼働とするために、各設備の運転状態、計測機器の測定値、各装置・設備の消費電力量を集約する中央監視設備を設けることとする。

建物全体の中央監視システムが存在する場合には、相互連携をとるよう建物管理者と協議を行う必要がある。トラブル発生時には、即座に故障対応を行える体制を整備することが望ましい。

表 6 コンピュータサーバ室 計測・監視ポイント

		消費電力量	温度	湿度	警報
スーパー	計算機	○※1	○※2		○※4
コンピュータ装置	ストレージ	○※1	○※2		○※4
空調設備		○	○※3	○	○
電源設備					○
コンピュータサーバ室		○	○	○	○

※1: 第 I-7-1 項 PUE に示す計測ポイントを参照して、電力計設置位置を検討すること

※2: PC, ストレージの温度は、原則、装置吸込み部の温度を計測すること

※3: 空調設備の温度は、空冷方式の場合は空調機からの吹出・吸込空気温度、液冷方式(装置直接冷却)の場合は冷水入口・出口温度とする

※4: 環境条件(温湿度条件)が設定値を逸脱する見込みとなった場合に警報を出すこと

第II-5節 自動制御システム

より省エネルギーで、効率的にスーパーコンピュータ冷却設備を運用するために、自動制御システムを導入することを推奨する。導入する際は、冷却方式・熱源種類・装置要求条件などを考慮し、より効果が期待できるシステムを検討することとする。

第II-6節 冷却設備設計の手順

コンピュータサーバ室冷却設備の検討・設計に関する作業の流れの一例を図5、図6に示す。各設計に関する詳細手順は図中の節を参照すること。熱負荷の大きいスーパーコンピュータ装置においては、入札前から設計条件・運用条件、冷却方式を決め仕様に記載する場合が多い。

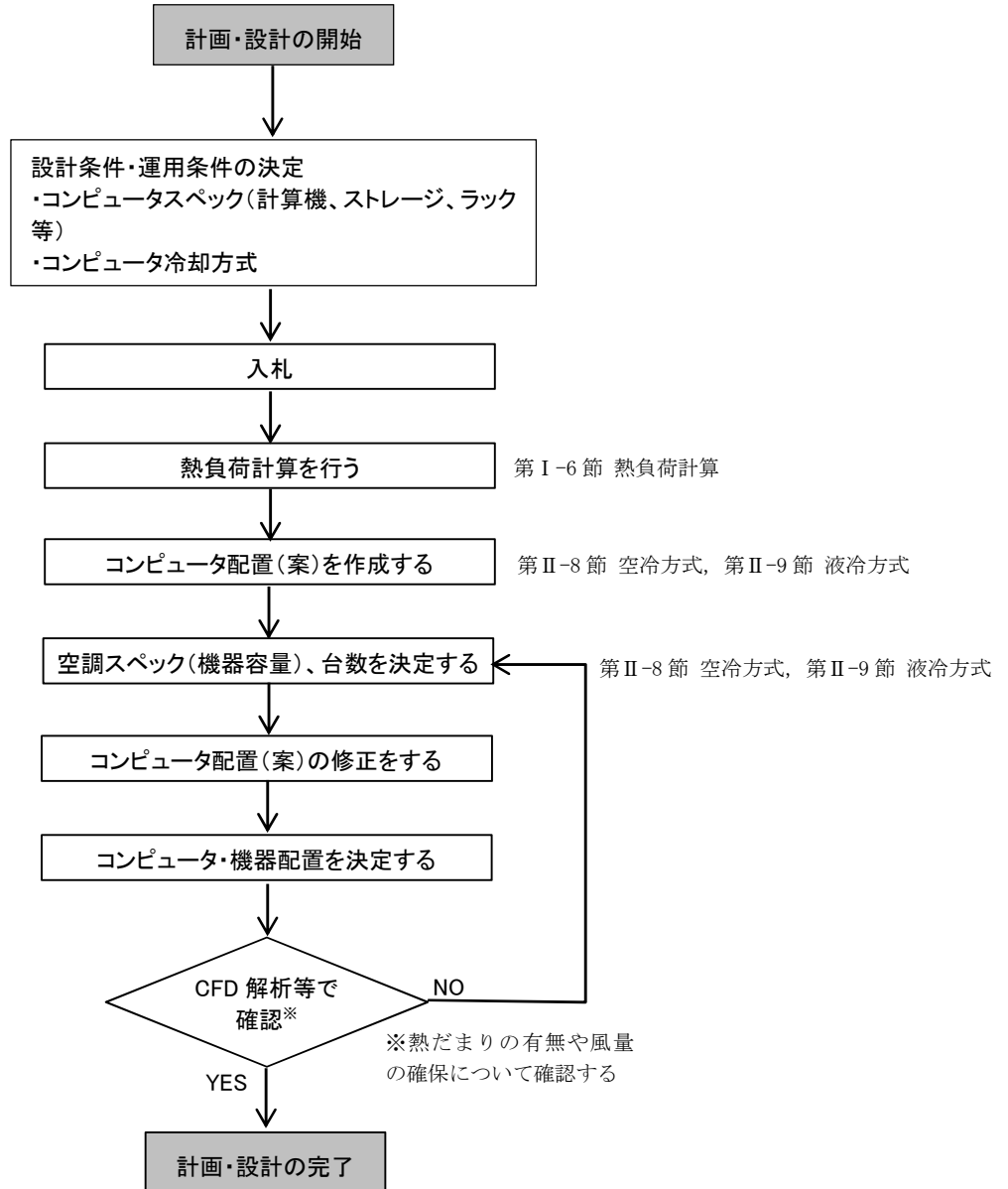


図5 コンピュータサーバ室 空調設備設計手順
(コンピュータ・建築設備一括発注の場合)

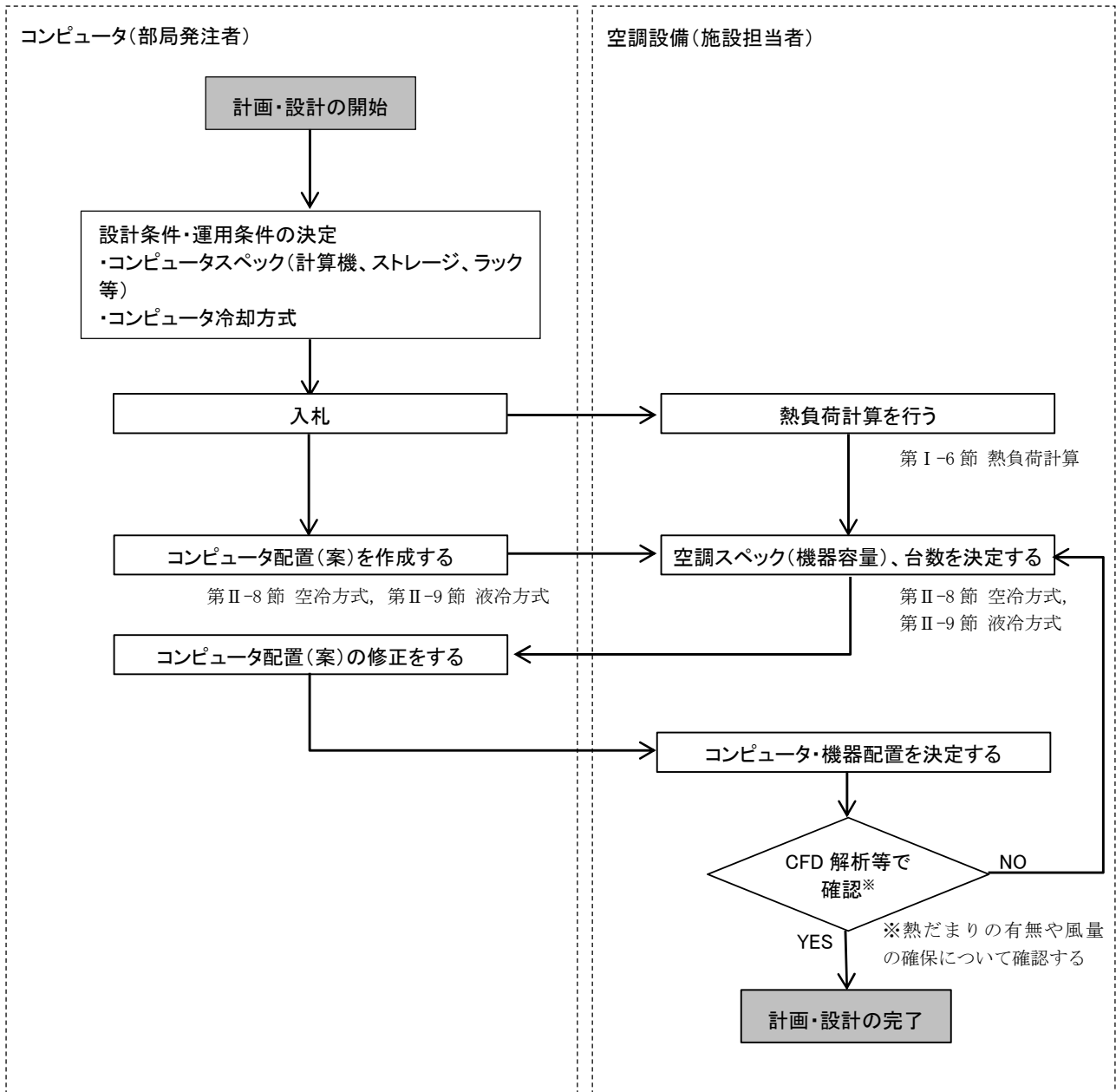


図 6 コンピュータサーバ室 空調設備設計手順
(コンピュータ・建築設備分割発注の場合)

第II-7節 冷却設備共通事項

第II-7-1項 制御・監視

冷却設備は、温度・流量を自動計測し、負荷の状況により空調機や冷凍機の運転状態を制御するようにする。また、各計測値や警報情報・運転状態を中央にて監視できるようにする。

※参照：第II-4節 中央監視システム，第II-5節 自動制御システム

第II-7-2項 冗長性

冷却設備の冗長性について、非常時の電源構成を考慮しつつ装置管理者がスーパーコンピュータ停止を許容するかどうか、また、スーパーコンピュータ装置要求条件を確認し、条件を設定することとする。

第II-8節 空冷方式

第II-8-1項 基本事項

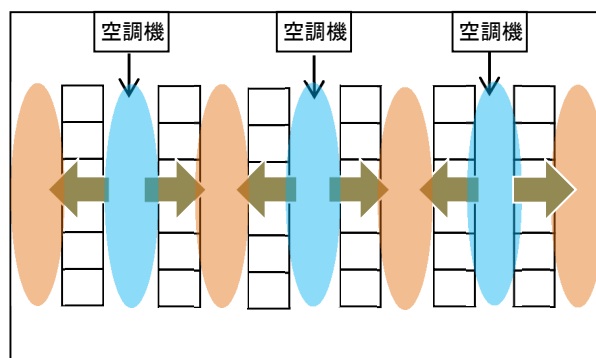
本節においては、冷却方式を空冷方式とする場合について記述する。

第II-8-2項以降では、一般的に望ましいと言われている方式を記載するが、設置環境によってはより適切な空冷方式もあるため、本節で述べることは一般的な留意事項、ガイドラインである。

第II-8-2項 システム検討

下記の項目について留意すること。

- ① 二重床吹き出し方式の空調機では、ケーブル敷設は空調気流の妨げとならないように配置すること。また、還り気流の妨げにならないように装置上部に気流経路を確保すること。
- ② 室内機と架台との間は電気的な絶縁を行う。
- ③ 室内機は、原則として壁側に配置する。また、装置の配列と空調気流の方向が一致するよう、室内機は装置配列と直交配置とし、ラック吸込み面（コールドアイル）に冷却された空気を供給するように配置する（図7参照）。到達距離が長くなる場合は、CFD解析等により検討を行い必要に応じて両サイドに室内機を配置する。



※矢印：空気の流れを示す

図7 装置・室内機配置例(コンピュータサーバ室)

- ④ より多くの発熱量に対応可能なように室奥行きが短くなるように装置レイアウトを行う。
- ⑤ 空調機・排水管等漏水が懸念される箇所には、漏水検知帯を設置する。

- ⑥ 信頼性・機能性確保の為、耐震性能・騒音防止・振動防止・安全性などを満足すること。
- ⑦ 装置の要求条件を確認し、電磁波対策が必要な場合は電磁波対策された機器を選定すること。
- ⑧ 年平均 PUE を満足する冷却効率を考慮し空調機を選定する。もしくは、定格及び部分負荷効率(COP)が高い高効率空調機を選定する。
- ⑨ CFD 解析は、装置配置・装置のプロポーシオン・発熱量などの必要条件を確認のもと実施すること。CFD 解析によるラック吸込部温度分布の確認により課題を抽出し、適切に冷却できるような設計を行うこと。
- ⑩ 空冷方式（下吹き）の電算室等の場合は床スラブが冷却されるため、下階の天井スラブにて結露が発生する可能性がある。その場合は、結露対策が必要になるため、当該室の仕様を確認することとする。

第II-8-3項 高顕熱型年間冷房パッケージ空調機

個別分散空調機を選定する場合は、効率の良い高顕熱型年間冷房パッケージ空調機の採用が望ましい。ただし、高顕熱型は除湿効果が低いため、室内の湿度環境によっては除湿器の設置を検討する。

第II-8-4項 空調ゾーニング

使用時間や、計算機・ストレージなどの装置の発熱特徴が異なるゾーンは、省エネルギーや空調設備の高効率運転を考慮すると、別ゾーンとして考えるのが望ましい。また、気流方式が異なる場合、別ゾーンとして検討する。

第II-8-5項 気流方式

空冷方式の場合、装置の吸気・排気を明確化し、適切な気流を作り出すことで、効率的に装置の冷却が可能となり省エネルギーが図れる。表 7 に、気流方式とその特徴を示す。

表 7 気流方式の種類と特徴

気流方式	特徴
二重床方式	二重床を通して装置に冷気を供給する方式
プレナム天井方式	排気を天井に導き、天井プレナムを通して空調機まで戻す方式
横吹き方式	二重床を設けず、壁もしくは直置き型室内機から冷気を吹き出す方式
ダブルデッキ方式	装置を置くフロアと、空調や電源などの設備関連機器を置くフロアを完全分離 設備フロアに冷気を満たして、設備フロアと装置フロアの圧力差を用いて、冷気を装置フロアに送り込む仕組み
局所冷却	空調機を発熱量が多い装置直近に設置するタスク空調方式。

二重床方式を行う場合においては、ラックあたりの発熱量や装置・空調機レイアウトなどを鑑み、十分な風量が確保できる二重床高さを検討することとする。

第II-8-6項 アイルコンテインメント

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、装置の吸気・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ため、アイルコンテインメントの採用を検討する。

第II-8-7項 外気冷房（エコノマイザ）

冷却水が外気と熱交換することにより熱を除去するフリークーリング（ウォーターサイド・エコノマイザ）や外気を直接または間接的に取入れる外気冷房（エアサイド・エコノマイザ）は、夏季であっても夜間などは利用可能であるため導入システムに応じて検討を行うこと。

ウォーターサイド・エコノマイザ：

冷却要件を部分的あるいは完全に満たすことが出来る冷却水を生成するために低温の屋外の乾球または湿球温度条件を利用するシステム

エアサイド・エコノマイザ：

外気が一定の条件を満たすとき、部分的にあるいは全面的に冷却用に外気を使用するように設計されたシステム

外気冷房（エコノマイザ）を検討する場合、以下の項目に留意する。

- ウォーターサイド・エコノマイザとエアサイド・エコノマイザで、どちらが有利になるか、気候条件によって変わる。立地する地域の気候条件を用いて、有利となるシステムを検討する必要がある。
- 給気温度の設定を上げると省エネルギーが図れる。

日本の夏季の高温多湿の環境下においては、外気冷房（エアサイド・エコノマイザ）では十分にスーパーコンピュータを冷却することが出来ない可能性が高い。そのため、冷却塔があるシステムの場合フリークーリング（ウォーターサイド・エコノマイザ）の検討を優先することを推奨する。

外気冷房（エアサイド・エコノマイザ）を採用する際には、外気取入れ量が多くなるため、室内空気質についても十分に検討を行う必要がある。設置装置に応じて規定空気質基準を定め、検討することとする。また、ショートサーキットを防止の観点から装置排気のまわり込み空気を防止する措置を必須とする。

第II-8-8項 空気清浄度基準（外気冷房の場合）

室内環境規定基準について、例えばASHRAE 規定基準を採用する場合には以下の基準となる。

ASHRAE（アメリカ暖房冷凍空調学会）にて、データセンタの空気清浄度は、データセンタにおいて推奨している空気清浄度の環境基準である ISO14644-1 (JIS B9920:2002) 清浄度クラスのクラス 8 を満たすこととされている。

表 8 に ISO14644-1 における清浄度クラスと測定粒径ごとの上限濃度を示す。この基準を満たすためには、換気設備に設けるフィルタを中性能フィルタ以上の性能を持つものとし、かつ、換気量の適正化を図る必要がある。外気を用いた空調を行う場合、取入れ外気量が増えるため、空気質を保つためには取入れ外気量とフィルタの仕様検討が重要である。

表 8 ISO14644-1 清浄度クラスと測定粒径ごとの上限濃度[粒子数/m³]

清浄度 クラス	測定粒径					
	≥0.1 μm	≥0.2 μm	≥0.3 μm	≥0.5 μm	≥1 μm	≥5 μm
Class1	10	2	-	-	-	-
Class2	100	24	10	4	-	-
Class3	1,000	237	102	35	8	-
Class4	10,000	2,370	1,020	352	83	-
Class5	100,000	23,700	10,200	3,520	832	29
Class6	1,000,000	237,000	102,000	35,200	8,320	293
Class7	-	-	-	352,000	83,200	2,930
Class8	-	-	-	3,520,000	832,000	29,300
Class9	-	-	-	-	8,320,000	293,000

第II-8-9項 腐食性ガス対応

(1) 外気取入れ位置の設定

コンピュータサーバ室内には腐食性ガスの発生がなく外気を取入れは保守要員のための安全衛生、並びに室内を正圧に維持するために行うが、腐食性ガスの発生源や、近隣工場の汚染がある場合にはできるだけ腐食性ガスを取り込まないような位置に取入口を設置する。

(2) 活性炭フィルタによる浄化方法

やむを得ず腐食性ガスが取り込まれる可能性が高い場合は、ガスの除去に用いられる活性炭フィルタを採用することも検討する。活性炭フィルタの性能としてグラム当り 600～1500 m²の表面積を有する極めて精微な多孔構造を持ち、以下の項目を勘案して採用する。

- ① 吸着効果を十分に発揮できること
- ② 圧力損失が少ないこと
- ③ 設置スペースが小さいこと
- ④ 保守を考慮し、取り外し、交換が容易にできること
- ⑤ 耐腐食性があること

第II-8-10項 その他検討事項

(1) コールドアイル, ホットアイルの遵守

コンピュータサーバ室内を効率的に冷却するため, 冷気を送るコールドアイル, 暖気を空調機へ戻すホットアイルを考えたシステムとする。設置する機器の排熱口はホットアイル側に向けコールドアイル側に排熱しないこととする。機器の特性上, コールドアイル側に排気される場合はラック側で対策を講じ, ホットアイル側へ排気することとする。

(2) ラック内熱循環対策

ラック内排気熱循環を防止する為に, ラックの機器未実装位置にブランクパネルを設置したり, パネルマウント部の両サイドにヒートシャッターを設置する。ブランクパネルには, スリットの入ったブランクパネルを使用することは出来ない。また, 機器の形状によりブランクパネルを設置できない程度の隙間が有る場合は, テープなどで目張りを行なう。

(3) 機器背面ケーブル

機器背面のケーブルが, 排気口を塞がないように考慮する。特に排気熱量の多い機器の場合は排気口の開口面積を十分確保すること。

(4) 有効二重床高さの確認

ワイヤリングマネジメント等により床内状況を適正に保つこと。計画時・運用時を通じて有効床高さを継続的に確認することが必要である。

(5) 前室の設置

コンピュータサーバ室は, 塵埃流入防止の観点から正圧としているため, 扉開閉時における室内空気流出が著しく, 省エネルギーの観点からは好ましい状況ではない。そこで, セキュリティも向上することからコンピュータサーバ室には前室を設けることが好ましい。

第II-9節 液冷方式（直接冷却方式）

第II-9-1項 基本事項

本節においては、冷却方式を液冷方式（直接冷却方式）とする場合について記述する。

第II-9-2 項以降では、一般的に望ましいと言われている方式を記載するが、設置環境によってはより適切な液冷方式もあるため、本節で述べることは一般的な留意事項、ガイドラインである。

第II-9-2項 システム検討

以下の項目に留意する。

- ① 装置の冷却構造が開放型（オープンラック）か密閉型（クローズドラック）なのか確認する。
- ② 熱源設計用の装置要求条件を確認する（処理熱量、必要流量、冷水供給温度など）
- ③ 適している冷却流体を選択する。また、pH、硬度、濁度、バクテリアなどにも注意する。
- ④ 諸条件を満足するポンプ能力を選定し、過大な容量にならないよう注意する（バックアップは別途検討する）。
- ⑤ 冷媒の送水温度は出来るだけ高く設定し、冷凍機効率とエコノマイザの運転時間を最大化する設計を検討する。
- ⑥ フリークーリングを活用する等、効率的な放熱設計を行う。
- ⑦ 熱源設備の法定耐用年数（15年）、省エネルギーに配慮したシステムとすること。
- ⑧ 空調機・熱交換器・配管等漏水が懸念される箇所には、漏水検知帯を設置する。
- ⑨ 漏水リスクや冷却液の補充方法を考慮し、配管敷設位置や給水配管、導線を検討すること。

第II-9-3項 熱源種別

主な熱源種類とその特徴を表9に示す。

表 9 主な熱源種類

	ターボ冷凍機	空冷ヒートポンプチラー	冷却塔
作動原理	羽根車の高速回転による遠心力で冷媒ガスを圧縮する。	冷媒を用い、ヒートポンプの原理で冷水を生成する。	循環水の一部を蒸発させるときの潜熱により残りの水の冷却を行う。
特徴	大容量で低圧縮比に向いている。吸収式冷凍機より低温の冷水が得られる。冷却塔が必要	パッケージ化・小型化されており、高効率化が進んでいる。屋外、屋上設置も可能なため、スペースの有効利用が図れる。	ポンプの稼働のみで、冷水の生成が可能となるため、電力消費量が他の熱源と比較し、少なくて済む。
主エネルギー源	電気	電気	電気

第II-9-4項 冷媒条件

冷媒の条件設定により省エネルギー化が図れる。

- ① スーパーコンピュータは負荷変動が少ない装置であれば、省エネルギー化を図るために変流量制御を検討する。
- ② 冷水温度はなるべく高めに設定するようにする。

第II-9-5項 冷水ポンプ

冷水ポンプは、一般的には1年365日、1日24時間運転する。下記により、運転の高効率化が見込める。

- ① 冷水の ΔT を最適化する。より大きな ΔT では、より少ない流量で済ませることが出来る。
- ② 高効率モーターを採用する。
- ③ インバータ運転とする。

第II-10節 換気設備

第II-10-1項 基本事項

- 換気方式は、第一種換気（給気・排気とも機械換気）もしくは第二種換気（給気のみ機械換気）とする。コンピュータサーバ室内を正圧とするために、第一種換気とする場合は、給気量が排気量を下回らないように機器選定・風量調整を行うこと。
- 換気回数は原則的として、一般建物（RC造）では0.1回/h、一般建物（S造）及びプレハブ建物では0.3回/hとする。なお、作業人員を考慮した外気量が必要とされる場合は、その必要換気容量を満たす換気設備を設ける。

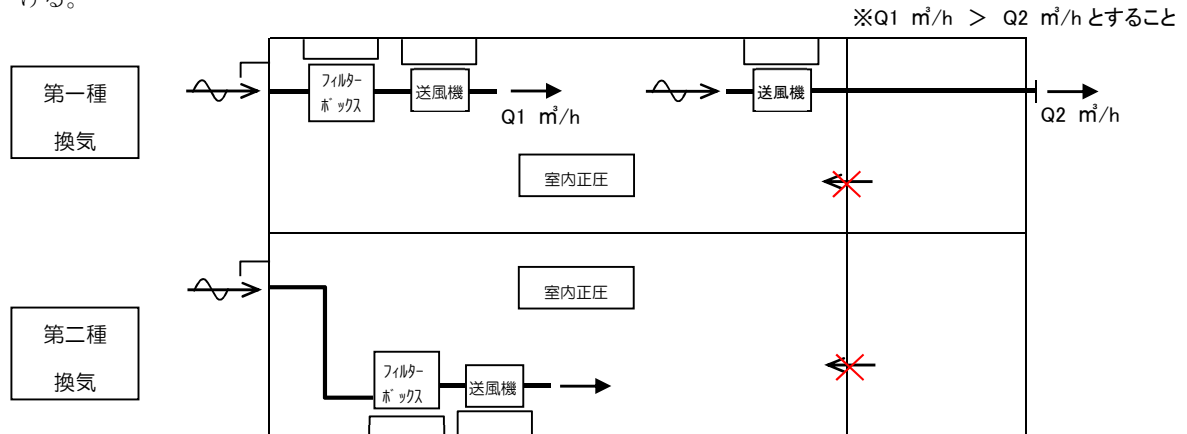


図 8 換気設備概要

第II-10-2項 エアフィルタ

- 室内を目標とする空気質にするため、取入れ外気の塵埃除去を行う。そのために、必要な性能を満たすフィルタを設置する。また、取入れ外気の濾過のみでは除塵機能が不十分な場合は除塵効率の高いフィルタを設ける。空調機のフィルタはコイル保護の粗塵用にとどめ、空調機送風動力を軽減し、送風圧力変動および風量変動による能力変動を避ける方式とする。
- 高浄度の装置、あるいは外気に多量の塵埃を含んでいる場合等に、主フィルタの上流にプレフィルタを設け、2段目のフィルタの効果を長時間保つことも可能である。
- 室内浮遊粉塵量の規定値は装置仕様によるが、装置仕様がない場合には、第I-5-2項 空気環境条件 表2を適用する。

表 10 集じん用エアフィルタの種類

フィルタ種類	性能
粗じん用エアフィルタ	粒径 $5 \mu\text{m}$ より大きい粒子の除去に用いる
中性能エアフィルタ	粒径 $5 \mu\text{m}$ より小さい粒子に対して、中程度の粒子捕集率を持つ
HEPA フィルタ	粒径 $0.3 \mu\text{m}$ の粒子に対して 99.97%以上の捕集率をもつ
ULPA フィルタ	粒径 $0.15 \mu\text{m}$ の粒子に対して 99.995%以上の捕集率をもつ

エアサイド・エコノマイザ（直接外気冷房）を採用する場合、取入れ外気量が多くなるため、第II-8-8項 空気清浄度基準に示す基準を遵守するには、HEPA フィルタ以上のフィルタを採用することとする。

第II-11節 電源設備

本ガイドラインで記述する電源設備の範囲は、図9図で示すとおりである。

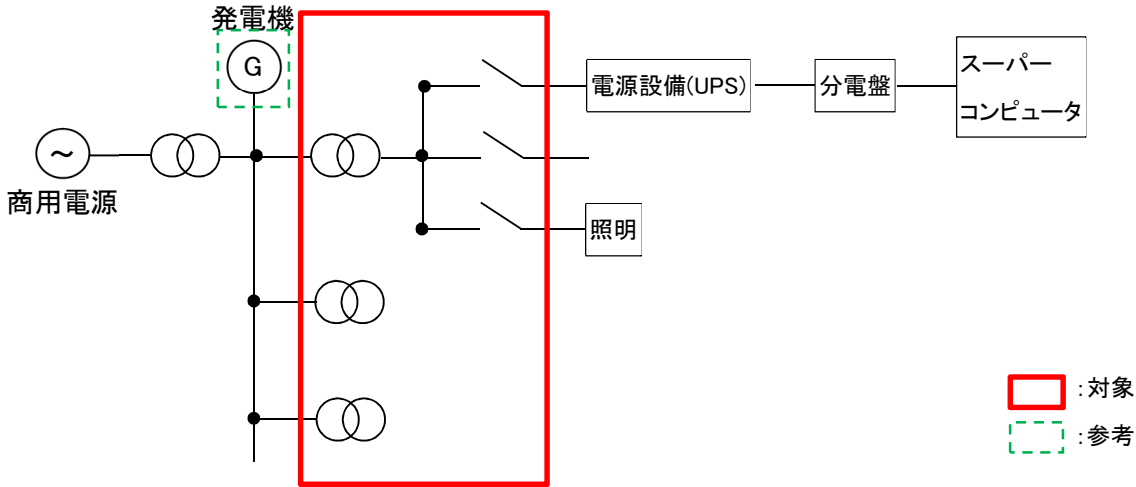


図9 本ガイドライン対象電源設備

第II-11-1項 配電系の考え方

建物内の配電系設備について、変圧器のバンク数は故障、点検を考慮して2バンクとすることが望ましい。

表11 配電系統パターン

	1系統	2系統	2系統2重化
回路方式			
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・単純構成で経済的 ・システムの短絡容量は低減不可能 ・母線点検時は全停電 	<ul style="list-style-type: none"> ・システムの短絡容量を低減できる ・部分的停電で母線の点検が出来る 	<ul style="list-style-type: none"> ・無停電で母線の点検が出来る ・異系統の運転が出来る
事故	<ul style="list-style-type: none"> ・母線事故で全停電 	<ul style="list-style-type: none"> ・母線区分で停電範囲が限定可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・別系統で送電が可能
保守	<ul style="list-style-type: none"> ・母線点検時に全停電 	<ul style="list-style-type: none"> ・母線点検時、バンク毎に点検可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・別系統で送電が可能

第II-11-2項 無停電電源装置

商用停電や商用電源電圧瞬時低下、周波数変動などによるスーパーコンピュータの機能停止を防止するため重要度と経済性を考慮の上必要箇所に無停電電源装置（UPS）の設置を検討する。

スーパーコンピュータの場合、装置全体を UPS 保護の対象とすることは装置の規模によっては現実的ではないことがある。データ保全が重要なストレージのみを対象として設置するなど、コスト・スペースを勘案して保護する範囲を検討する必要がある。また、冷却設備が停止し、機器のみが運転を継続した場合の発熱についても十分考慮する。

第II-11-3項 交流給電と直流給電の選定

スーパーコンピュータには、直流入力と交流入力がある。直流・交流の電源を比較すると、一般的には直流給電システムのほうが高い信頼性が得られる。また、直流給電システムは、交流給電システムと比べ UPS の直流/交流変換部とスーパーコンピュータ内の電源部の交流/直流変換部が不要であるため、効率を 20%ほど高めることが出来るので、インシヤルコストの回収を大幅に早めることが可能となる。しかし、スーパーコンピュータは必要な機器を組み合わせで構築することが多いため、入力タイプを直流のみに限定することは出来ない。この場合、直流または交流入力、電源構成は単一入力タイプと冗長 2 系統入力タイプのいずれか、もしくはそれらの組み合わせにあるため、交流電源も用意する必要がある。このため、交流給電システムについても高信頼化を図っていく必要がある。

現在、スーパーコンピュータは、交流給電システムが一般的であるため、直流給電システムを導入する場合は、スーパーコンピュータ選定段階や設備更新時に、直流電源仕様のスーパーコンピュータを選定するように提案する必要がある。また、直流電源使用のスーパーコンピュータを提案するうえで、一部交流電源仕様のスーパーコンピュータが導入される場合には、スペース・コストに優位な直流入力 UPS の導入が望まれる。

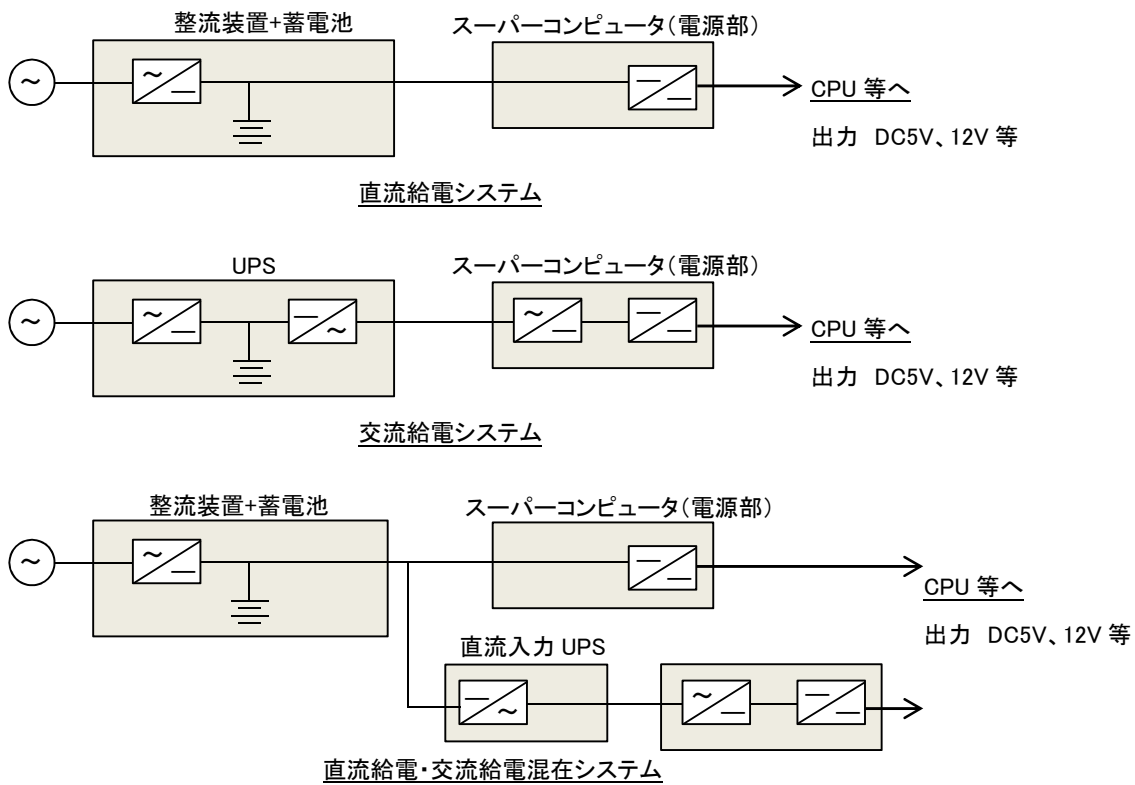


図 10 給電システムとスーパーコンピュータ内電源構成

第II-11-4項 蓄電池保持時間

蓄電池保持時間については、保守形態や停電発生状況を考慮した設定が必要である。

(1) 保守に関する蓄電池保持時間

- ・ 故障発生を検出し、保守者に対応を連絡する時間：A
- ・ 保守者が駆けつける時間：B
- ・ 保守者が故障修理または一次措置を行う時間：C

(2) 電源回復時の充電時間： α

- ・ 商用停電及び非常用発電機のエンジン起動失敗により蓄電池が放電したエネルギーの回復充電中に再度停電が発生し、かつエンジン起動失敗した場合、システムダウンとなる恐れがあるため、放電を回復するために必要な時間を考慮した保持時間の検討が必要である。

$$\text{蓄電池保持時間} = A + B + C + \alpha$$

商用停電または蓄電池運転状態を検知し、装置を自動的にシャットダウンする機能を使用し、装置が正常に停止するまで時間を蓄電池保持時間とすることも検討する。

第II-11-5項 直流給電の考え方

近年、スーパーコンピュータについても直流給電可能な機種が増加している。ここでは、スーパーコンピュータへの直流給電を積極的に広める意味を込めて、直流給電により給電システムに求められている高信頼化された給電システムの構築を検討する。

(1) 直流給電システムの適用

直流入力可能なスーパーコンピュータに対して、直流給電システムを適用する。なお、直流給電を推進していくうえで、一部交流電源仕様のスーパーコンピュータが導入される場合、(直流電源仕様と交流電源仕様との混在)は、新たに交流電源システムを構築するより、コスト・スペース等に優位な直流UPSの導入が望まれる。

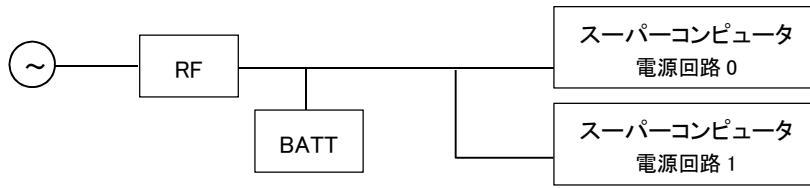
(2) 直流給電システムの構成

直流給電システムの構成は、交流入力を直流(一般的には-48V)へ変換する整流装置、停電時等のエネルギー源となる蓄電池から構成される。整流装置の整流器ユニットは、N+1台構成とし、必要保持時間を確保した蓄電池を組み合わせることにより、交流給電システムと比較して、1桁高い(計算比較)信頼性が得られる。

直流給電システムでは、信頼性・経済性を考慮し、整流装置での1系統給電を推奨する。なお、更なる高信頼性を要求する場合は、二重化方式を提案する。

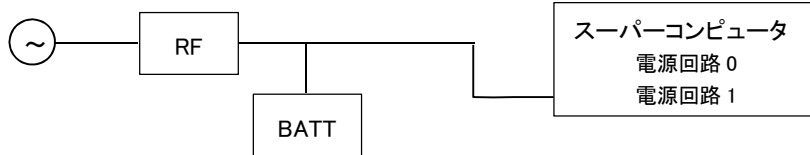
1) 系統別給電形態

1 系統入力機器

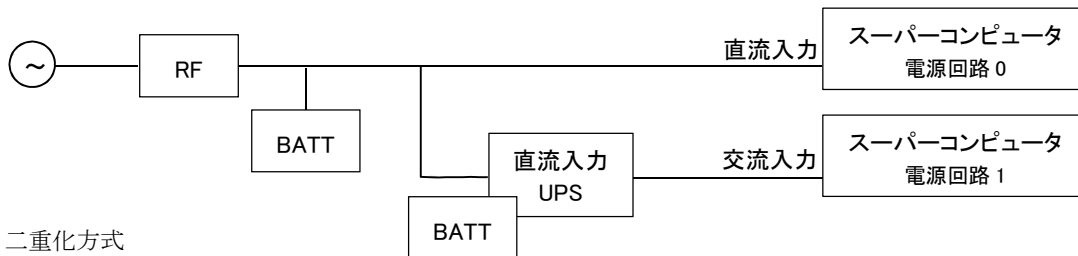


<凡例>
RF:整流装置
BATT:蓄電池

2 系統入力機器



2) 直流・交流負荷混在 (1 系統入力機器の場合)



3) 二重化方式

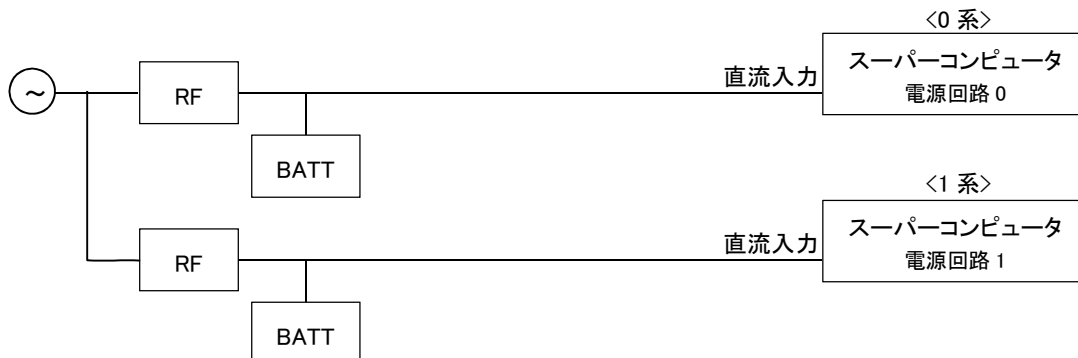


図 11 給電方式

二重化方式の場合、0系、1系のスーパーコンピュータ間で、電氣的（通信線含む）アイソレーションされていなければならない。そのため、給電線、接地線の接続方法はもとより、通信線の接続状況についても十分な確認が必要になる。

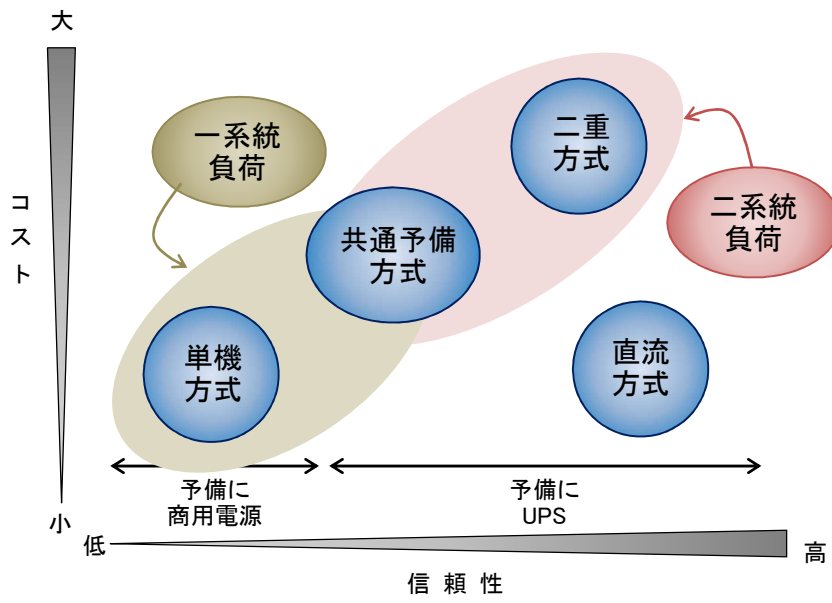


図 12 交流給電システムの選択メニュー

第II-12節 その他対策

第II-12-1項 騒音・振動対策

工場及び事業場における事業活動に伴う騒音に対しては、騒音規制法(昭和 43. 6. 10 法律 98 号)にて建物の敷地境界線上において守るべき規制基準(騒音レベル)が規定されている。具体的に適用される規制値は、各都道府県の条例・告示により、都市計画法による用途地域別に基準値が定められている。昼間と夜間の規制値が異なるが、夜間の基準値のほうが厳しいため、夜間の基準値を遵守する必要がある。空調室外機の運転音が敷地境界でどれほどになるか検討し、基準値を超える場合は騒音対策を行う必要がある。下記の対策案を検討する。

- ① 室外機低騒音運転モードのある空調機を選定し、低騒音モードに設定する。その場合、冷却能力が制限される場合があるため、冷却負荷とのバランスに留意する。
- ② 圧縮機(コンプレッサ)を室外機ではなく、室内機に持つ空調機を選定する。
(但し、室内機から装置への振動伝搬を考慮した絶縁処理を行うこと)
- ③ 室外機サイレンサーの設置※
- ④ 遮音壁を設ける※
- ⑤ 住宅からできる限り離れた位置に室外機を設ける

参考：東京都における騒音の規制基準値

http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/air/noise_vibration/environment_standards/noise.html

※ 室外機、熱交換率に留意する。

第II-12-2項 水防対策

外壁を冷媒配管・ケーブル等が貫通する箇所については適切な止水処理を行うこととする。ハザードマップなどにより行政が予測し、公表している水害時の水没レベルより低い位置に貫通部を設けないこととする。図 13 に、外壁貫通部止水処理概要を記す。

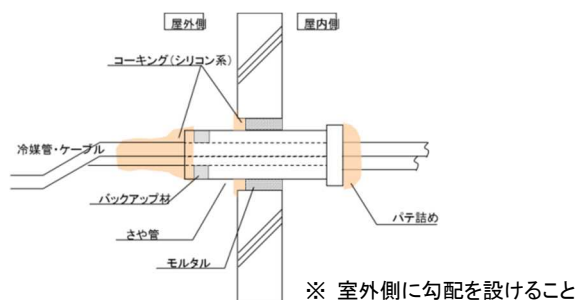


図 13 外壁貫通部 止水処理概要

SUS フードを設置した事例や貫通部に直接雨水等が当たらないように対処した事例を図に示す



図 14 貫通部に直接雨水等が当たらないように対処した事例

第Ⅲ編 改修編

第Ⅲ-1節 目的

第Ⅲ編 コンピュータサーバ室改修編は、既存コンピュータサーバ室において、スーパーコンピュータ装置を増設または更新する際の参考資料とすることを目的とする

第Ⅲ-2節 適用範囲

本資料は、コンピュータサーバ室及びそれに付随する設備を対象とする。

第Ⅲ-3節 新規スーパーコンピュータ装置増設

第Ⅲ-3-1項 新規増設検討

運用中のコンピュータサーバ室において装置の増設を検討する際は、運用中の装置に影響しないように新規ゾーンとして構築することとする。

第Ⅲ-3-2項 室内間仕切り

同一空間に別ゾーンが存在する場合には、間仕切壁など建築的に区画を行うようにする。もし、間仕切壁の構築が出来ない場合には、静電気を発生させないように帯電防止効果のあるシートによる間仕切りなどで、簡易的に空間を仕切るようにすることとする。

第Ⅲ-4節 新規スーパーコンピュータ装置更新

第Ⅲ-4-1項 装置更新に伴う冷却設備検討

スーパーコンピュータの更新は陳腐化等により約 5 年の周期で行われているが、冷却機器等の設備は法定耐用年数が 15 年程度^{※1}となっており、更新必要周期が一致していない。イニシャルコストの低減、廃棄物処理による環境に与える負荷抑制の観点から、スーパーコンピュータ装置の更新を行う場合、冷却設備で使用可能な機器・配管・配線等は極力継続使用することを推奨する。既存のコンピュータサーバ室においてスーパーコンピュータ装置を更新する場合、下記の手順により冷却設備検討を行うこととする。

- ① 冷却設備で使用可能な機器・配管・配線等を選定
- ② 更新後のスーパーコンピュータ装置の許容温度などの要求条件を確認
- ③ 更新後のスーパーコンピュータ装置の発熱量を確認
- ④ 熱負荷計算を行う。
- ⑤ 空調能力が足りているか確認する。足りていない場合は、熱源・空調機の増設などの検討を行う。
- ⑥ 空冷方式の場合、二重床パネルの再配置を行い、気流の調整を行う。

なお、スーパーコンピュータ装置の更新は、すべての装置の入れ替えを想定しているが、もし一部の装置を稼働させたまま更新を行う場合は、稼働装置の発熱を処理することが出来る空調機を常に稼働させることとする。そのためには、一時的に仮設空調機または仮設電源を必要とする場合がある。

※1：国税庁 減価償却資産の耐用年数（建物・建物附属設備）

建物附属設備

ー冷房、暖房、通風又はボイラー設備

・冷暖房設備（冷凍機の出力が二十二キロワット以下のもの） 13年

・その他のもの 15年

第Ⅲ-4-2項 装置更新に伴う電源設備検討

電源設備についても、使用可能なものについては極力継続使用することを推奨する。更新後のスーパーコンピュータ装置の要求条件を確認し、不足している場合は増設を行うこととする。

第IV編 運用編

第IV-1節 目的

環境に起因したトラブルは設置後から長時間経過した後に見えてくるものが多く、障害が発生してから対応する場合多大な費用と工数を要することが考えられる。本編は、設置環境に起因するトラブルを未然に防止する為及び省電力化を進める為に、運用時に設備について行うべき項目について、参考資料とすることを目的とする

第IV-2節 適用範囲

本資料は、コンピュータサーバ室及びそれに付随する設備を対象とする。

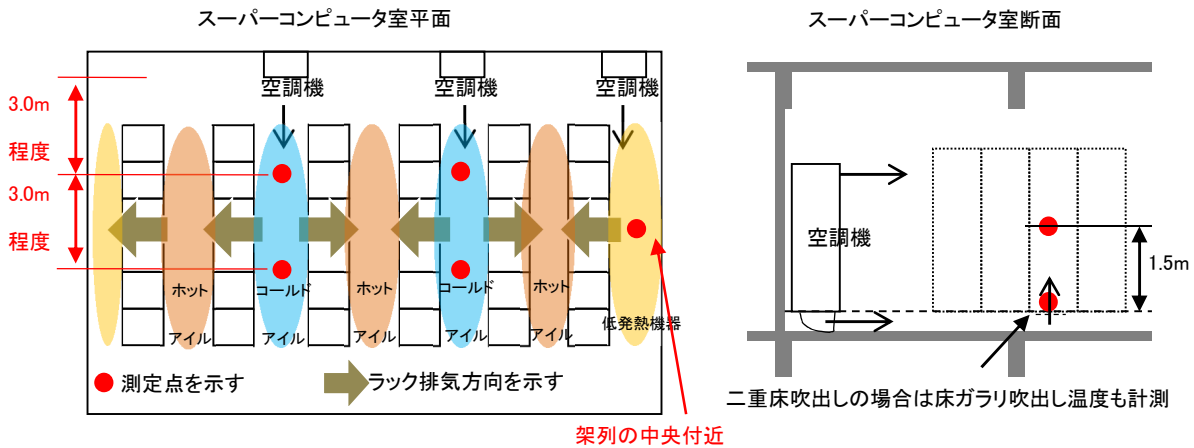
第IV-3節 環境測定

既存コンピュータサーバ室の温湿度環境が良好な状態となっているかを確認するため、中央監視設備もしくはその他の計測機器により環境チェックを行う。チェックにより熱だまりや空調機の不具合が確認された場合は、熱だまり解消のための検討を行う。

第IV-3-1項 温湿度測定方法

(1) 空冷方式の場合

装置類の運用温度を満足するよう継続的にコンピュータサーバ室の温熱環境の測定を行い、常に室内の温湿度を観測できる状態しておく必要がある。消費電力（排熱量）の少ない機器はコールドアイルに1箇所、消費電力（排熱量）の多い機器はコールドアイルに複数個所の測定器（温湿度計）を設置する。測定器（温湿度計）の設置位置は他の装置の排気の影響を受けなく、装置の吸込み側にて、高さ1.5m程度とする。床空調の場合は床下吹き出し空気温度も測定する。温湿度測定の結果、許容温度を常時逸脱する場合は、熱溜りが発生している状況と考えられるため温熱環境の改善検討が必要である。



架列の中央付近

図 15 温湿度計測地点



ヴァイサラ株式会社
HUMICAP® HM40
ハンディタイプ湿度温度計



ヴァイサラ株式会社
HUMICAP® HM70
ハンディタイプ湿度温度計



株式会社ティアンドデイ
おんどとり TR-72wf
温度・湿度データロガー（センサ外付）
※移動計測には適しません、
定期測定・記録が可能です。

図 16 温湿度計例

(2) 液冷方式（直接冷却方式）の場合

液冷方式（直接冷却方式）の場合は、下記の温度を確認すること。許容温度を逸脱している場合は、設定値異常もしくはシステム異常が発生している可能性が高いため、運転状況を確認することとする。

- ・ 装置本体温度
- ・ 冷水送水温度

第IV-3-2項 設備動作確認

良好な温熱環境を維持するため、中央監視設備にて、運転状況の確認、異常の有無を常時監視することとする。温度異常や設備故障などで警報が発生している場合には、現地にて状況確認、緊急対応を行うこととする。また、巡視点検時には、目視でも点検を行なう。

第IV-3-3項 異常時の対処

中央監視設備や環境チェックにおいて異常が認められる場合は、必要な対策を検討するほか、運用面において可能なものは対策を行う。

以下に例を示す。

- ① 空調設定温度が基準値以外になっている場合、空調機の設定温度及び風量を変更し基準値になる様に設定する。設定変更後に再度測定を行なう場合は、設定変更後1時間経過後に行なう。
- ② 空調能力の低下が認められる場合、装置負荷の変動がなく設定温度に達しなくなった場合は、空調機の能力低下が考えられる。原因としては空調機の劣化や部品の故障等も考えられるが、屋外機の coils の目詰まりで能力が低下することがあるため定期的な coils 洗浄を実施する。特に道路沿いなどのコンピュータサーバ室では1回/年の洗浄を推奨する。
- ③ 室内機、室外機の吹出し口、吸込み口に阻害する物がある場合、後から施工したケーブルラック等により気流を阻害する物がある場合は、阻害物の移動や風向の調節を行う。改善できない場合はダクト設置等の対策を検討する。
- ④ 二重床吹出しの場合は、発熱量の多い装置給気側に床吹出しグリルを配置換えするなどの対策を行う。
- ⑤ 室内の正圧が保たれない場合、コンピュータサーバ室の室内は室外からの塵埃の進入を防止するため常に正圧を維持することが必要である。特に、換気装置に全熱交換機を設置している場合はフィルタの目詰まりにより給気量が減り負圧となってしまうことが懸念されるため、フィルタ清掃を行うことが必要であり、換気装置の改修時には第2種換気に更新することを推奨する。
- ⑥ 空調機の異常に早急に対処するために、警報を遠隔監視すること。コンピュータサーバ室においては室内温湿度の状況も常時監視できる監視装置の設置が望ましい。
- ⑦ コールドアイル、ホットアイルが遵守できているかどうか、確認する。
- ⑧ ブランクパネルの設置が十分かどうか、確認する。
- ⑨ 機器背面ケーブルが排気口を塞いでいないかどうか、確認する。
- ⑩ 空調機能力の不足が懸念される場合、下記の方法にて空調機の能力が足りているかどうか、確認を行う。

(a) サーバ等装置類の消費電力測定

中央監視設備にて装置類の消費電力量を確認する。中央監視設備がない場合には、装置類に供給されている分電盤（PDF）の電流計の値、または UPS 等供給先が単独の出力電流値により装置類の消費電流を測定す

る。上記により確認出来ない場合は、クランプメータ等により電流値を測定する。測定した消費電流値[A]をkW換算し、その100%を装置負荷（空調顕熱負荷）とする。

(b) 外部環境負荷（建物負荷）

建物設計時の熱負荷計算書を確認し、該当室の建物負荷を確認する。

(c) 空調負荷の計算

第I-6節 熱負荷計算を参照の上、実施することとする。

(d) 必要風量の計算

空調顕熱負荷より装置冷却に必要な概算風量を求める。

$$\text{必要循環風量}[\text{m}^3/\text{min}] = \text{空調機顕熱負荷}[\text{kW}] \times 1000 \div (0.336 \times \Delta t [^\circ\text{C}]) / 60 [\text{min}]$$

(e) 空調能力の把握

設置されている空調機ごとに冷却能力、風量等の仕様値を確認する。

(f) 空調能力充足検討

・ 顕熱負荷[kW] < 空調機顕熱能力[kW]

・ 全熱負荷[kW] < 空調機全熱能力[kW]

上記をいずれも満足する場合は空調機能力が足りていると判断できる。いずれかが満足できない場合は空調機の能力不足が考えられるため空調機の増設を検討する必要がある。

・ 必要風量[m³/min] < 空調機風量[m³/min]

上記を満足する場合は空調機風量が足りていると判断する。満足しない場合は必要な循環風量が不足していることが考えられるため、空調機の更新や循環ファンの設置、還気ダクトの設置など検討が必要である。

第IV-4節 冷却設備更新

第IV-4-1項 冷却設備の更新時期

冷却設備の更新時期は、特に更新時期が定められていない場合は15年(有形減価償却資産の耐用年数)とするが、コンピュータサーバ室の空調機や冷凍機は24時間運転であるため、運転時間考慮し適切な時期に部品更新等を実施することを推奨する。

【参考】「建築物修繕措置判定手法」（国交省官庁営繕部） 空冷空調機の主な部品交換周期

- ・ 圧縮機・・・・・・・・・・20,000時間ごと
- ・ 電動機・・・・・・・・・・30,000時間ごと
- ・ 電子制御部品・・・・・・・・10,000時間ごと
- ・ ドレンパン等ケーシング・・20,000時間ごと
- ・ 送風機・・・・・・・・・・30,000時間ごと

※本資料は「(社)日本冷凍空調設備連合会」よりの資料であり目安の1つとされたい。

第IV-4-2項 COPによる検証

空調熱源機の運転評価はCOP(成績係数)で確認することができる。

$$\text{COP} = \text{空調機の冷却能力}[\text{kW}] \div \text{空調機の定格消費電力}[\text{kW}]$$

空冷空調機のCOPは概ね3.5~5.0(詳細はメーカーカタログ等で確認する)であるが、これを下回る場合は空調機が非効率な運転状態であると考えられる。そのため、継続的にエネルギーデータ分析を行い使用状況(外気温度や出口温度

設定など)を考慮して運転評価を行う必要がある。機器の劣化による非効率運転が確認された場合は、メンテナンスや機器の更新を検討する。

第IV-5節 冷却設備の節電対策

運用しているスーパーコンピュータ施設において、冷却設備において更なる省エネルギー化を図る場合、次項以降の対策を検討する余地がある。

第IV-5-1項 運用面での節電対策

- ① 設定温度の緩和
- ② 冷凍機の出口冷水温度の変更
- ③ 外気導入量の最適化
- ④ インバータによる風量の調整
- ⑤ 空調機の間欠運転・輪番停止
- ⑥ 冷凍機・冷却塔のメンテナンス実施
- ⑦ 空調コイルの洗浄
- ⑧ エアフィルタの清掃
- ⑨ ラックや床の隙間を塞ぐ
- ⑩ 床パネルの再配置
- ⑪ 気流障害箇所の整理
- ⑫ 有効二重床高さの確認

第IV-5-2項 設備面での節電対策

- ① 高効率機器への更新
- ② アイルコンテインメントの実施
- ③ ラック温度監視の実施
- ④ 省エネサーバーへのリプレース、仮想化と空調の連動
- ⑤ フリークーリング、外気冷房の導入
- ⑥ 自然エネルギーの併用利用
- ⑦ ブランクパネルの配置
- ⑧ 屋外機への水噴霧装置の設置

第IV-5-3項 運用時を考慮したシステムの選定

(1) 高効率空調機

高顕熱型設計かつ年間総合 COP(成績係数(空調設備効率を示す指標))が高い空調機を選定することが望ましい。また、ラック型空調機などのタスク空調機を高発熱エリアに設置し、二重床吹出し空調機の冷気供給を補助することで、効率的な冷却を行うことが可能。

(2) 冷水利用空調システムの統合制御

冷水利用空調において、熱源系・送水系・空調系機器の情報を統合し、室内の状態を監視しながら、負荷の状況

に応じて柔軟に熱源機器やポンプの設定値を制御することで、高い信頼性を保ちながら省エネルギーを実現できるシステム。

(3) 空調自動制御システム

サーバラックの吸込温度データ、消費電力量等の情報を収集し、その分析結果に基づいて空調機を個別に自動制御するシステム。なお、制御プロセスはAI エンジンによる学習機能を備え、分析結果をリアルタイムに反映する機能を有することが好ましい。

第IV-6節 電源設備の節電対策

第IV-6-1項 運用面での節電対策

運用しているスーパーコンピュータ施設において、電源設備において更なる省エネルギー化を図る場合、次項以降の対策を検討する余地がある。

(1) 使用していない変圧器の停止

変圧器に電圧が印加されている場合、負荷がない場合においても損失（無負荷損）が発生する。停止しても問題のない変圧器については、一次側の遮断器（開閉器）を切ることで無負荷損が少なくなる。

(2) 照明の間引き点灯及び消灯

暗くしても作業上・運用上問題のない場所については、照明の間引き点灯又は調光機能による減光、常時人がいない場所については消灯を行うこと。

間引き点灯、減光の例

- ・ 日中、外光により明るさの確保できる場所（間引き点灯、減光、消灯）
- ・ 廊下、エレベータホール、エントランス等の共用部（間引き点灯）

消灯の例

- ・ 日中、外光により明るさの確保できる場所
- ・ サーバ室

消灯したい場所と点灯したい場所が同じスイッチで点灯する場合は、消灯したい照明器具のランプを取り外して対応すること。

(3) 電源の冗長構成運用

電源機器の万一の故障を想定し、電源システムを冗長化している場合は、各電源機器が効率よく運用できるよう、負荷バランスを考慮すること。負荷の使用状況、電源システムにより対応は異なる。

(4) 不要UPSの停止

UPSを並列接続で使用している場合、UPS合計容量に対して使用している負荷が少なく、UPSを停止しても問題のない場合は、UPSを停止することが可能で電力が削減できる。

(5) 不要機器の停止

未使用の機器や使用頻度の少ない機器は、電源を切るかコンセントを抜いて待機電力を削除する。

第IV-6-2項 設備面での節電対策

(1) 高効率機器の採用

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

- ・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

(2) 進相コンデンサの設置

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。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ことを考慮する。

(3) 電力の見える化

受変電機器，分電盤，動力盤，PDU盤，PDF盤などに電力，電力量，電流等の計測，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）することで，次の省エネルギーに向けて改善点を抽出し，継続的に節電が可能となる。

(4) サーバ室内ケーブルの整理

サーバ室内（フリーアクセスフロア内も含む）に多量のケーブルが集中する場所は，気流障害の原因となる。ケーブルルートの見直しやケーブルの整理，不要ケーブルの撤去を行うことで，空調効率が良くなり節電が出来る。

(5) 最大電力の削減（ピークカット）

下記設備を導入することで最大使用電力を削減（ピークカット）することが出来る。

- ・新エネルギーの導入（太陽光発電，風力発電，バイオマス発電）
- ・蓄熱システムの導入（氷蓄熱冷房）

第IV-7節 省エネルギー検証

第 I-7-2 項(p11)に記載したように、省エネルギーで目指すべき目標は消費電力量当たりでスーパーコンピュータ装置が処理可能な計算量であるが、これを正確に把握することは難しい。

これまでに提案されている各種指標の中で、PUE は運用時に比較的容易に算出しやすい値である。PUE を用いる場合には、中央監視設備にて 1 年以上計測された各装置・設備の消費電力量を基に、年平均 PUE を算出し、その算出値が目標値以下になっているかどうかを検証することになる。PUE の算出方法、目標値は前述（P. 11）を参照のこと。

第IV-8節 現況図面等の整備・管理

コンピュータサーバ室を運用してゆくうえで、現況を示す図面類を整備し管理することが重要である。

設備の修理・更新履歴，増設等の記録等を最新の状況で管理し空調環境管理の記録等で把握することで，装置増設の際の空調機増設の要否判断や，中長期的な整備計画の立案に役立てることにより効率的な投資に貢献できる。

現況資料には以下のようなものがある。

- ① 建物現況図（平面図，立面図，断面図，構造図，仕上げ表等）
- ② コンピュータサーバ室装置，ラック配置図
- ③ 消費電力量記録
- ④ 機器，能力・仕様一覧表など設備機器台帳
- ⑤ 更新履歴，修理履歴等

<作成日>

2016年4月20日

<作成者>

TSCP 産学連携研究会

スパコン施設における省エネ化検討 WG

主 査：東京電機大学 柳原 隆司教授

メ ン バ ー：NTT コムウェア 尾西 弘之，由川 秀明，堀 直樹，大和田 明志

NTT ファシリティーズ 武久 修，山城 暁

アドバイザー：医科学研究所 斉藤 あゆむ

事 務 局：TSCP 室 迫田 一昭，岡本 泰英