

サーバ室技術ガイドブック

～ 2025年追補版 AIDC ～

2025年7月8日

日本データセンター協会(JDCC)運営委員

サーバ室技術ガイドブックWG リーダ

OCPジャパン 運営委員

株式会社 KOCHIジャパン

尾西 弘之 info@kochithesuper.com

JDCC/GUTP サーバ室技術ガイドブック

データセンター
サーバ室技術ガイドブック
2025 年追補版

日本データセンター協会
サーバ室技術ガイドブック WG

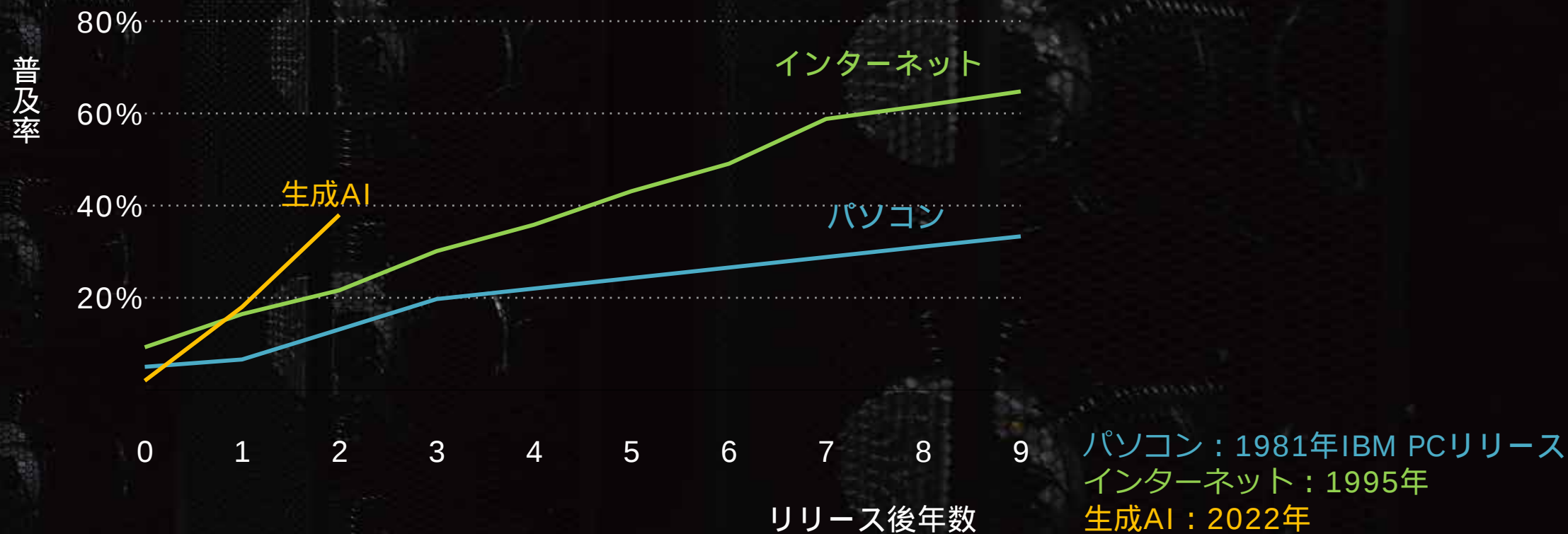
n JDCC/GUTP サーバ室技術ガイドブックWG
【主査】東京大学大学院 教授 江崎 浩
【WGリーダー】KOCHIジャパン 尾西 弘之

n 2025年追補版
• 2025. 6.9 JDCC総会に併せ、リリース
• 全560頁

n 主な改訂内容
n 「AI向けデータセンター」追補

n 電子ブック ¥50,000(税込)
• JDCCサイトでPDFファイルをダウンロード直販
<https://jdccshop.myshopify.com/collections/frontpage/products/%E3%83%87%E3%83%BC%E3%82%BF%E3%82%BB%E3%83%B3%E3%82%BF%E3%83%BC-%E3%82%B5%E3%83%BC%E3%83%90%E5%AE%A4%E6%8A%80%E8%A1%93%E3%82%AC%E3%82%A4%E3%83%89%E3%83%96%E3%83%83%E3%82%AF-2025%E5%B9%B4%E8%BF%BD%E8%A3%9C%E7%89%88-2025%E5%B9%B4%E6%9C%88%E7%99%BA%E8%A1%8C>
• Amazon PODでの2024年版は販売停止

(参考) 米国でのデジタル利用の普及



Sources: IEA analysis based on data from Bick et al. (2024).

ガイドブック リリース

n MTDC

- └ 「安全安心なICT機器の保管場所」
 - ・ ラックあたり数kW程度
- └ バーティカルな産業構造、ソリューション提供

n HSDC ; 2010年代、ハイパースケーラの参入

- └ 「デジタル・インフラストラクチャ」
- └ ネットワーク接続（レイテンシ）の重視；クラウドリージョン
- └ ホライゾンタルな産業構造に変化、オフリングサービス
- └ 不動産投資の対象として重視

n AIDC ; 2023年の自然言語ツールの利用環境が揃い、人工知能（AI）への関心と利用

- └ 処理計算能力の増大による、エネルギー消費の増大
 - ・ 高密度対応冷却（ラックあたり数10kW）
 - ・ 給電能力、電源品質の担保
 - ・ SDxの進展、AI制御
- └ 大量のエネルギー消費とESG重視
- └ データ主権【Sovereignty】



DC世代

2025

第一世代

- メインフレーム
- アウトソーシング

第二世代

- IAサーバ
- ハウジング DC

第三世代(MTDC)

- Webサービス
- コロケーションDC
- コンソリデーション

第四世代(HSDC)

- クラウド利用
- SDx(Software Defined XXX)

第五世代(AIDC)

- AIサービス
- IoT

HPC利用

サーバ室スペック

- Ø 高可用性
- Ø 耐障害性
- Ø 信頼性

+ 物理セキュリティ

- Ø 耐災害性
- Ø 都市型・郊外型

+ ネットワーク機能

- Ø IX接続
- Ø コネクティビティ
- Ø セキュリティ
- Ø 柔軟性
- Ø 堅牢性

+ クラウド接続

- Ø キャリアホテル
- Ø 高密度実装
- Ø 省電力
- Ø 拡張性
- Ø モジュール化

+ HPC/AI

- Ø 高密度実装
- Ø 大規模DC

+ エッジ機能

- Ø 高速ネットワーク
- Ø 低遅延
- Ø 多地点同時接続

第8章 AIDC（2025年追補）

8.1.AI向けDC 8-3

1. 人工知能（AI）の歴史
2. プライベートAIとパブリックAI
3. 機械学習などの計算処理
4. AIデータセンターの登場
5. 高出力ICT機器
6. エネルギー関連

8.2.利用者、オペレータの状況

1. MTDC利用者
2. サービス事業者
3. MTDC事業者

8.3.電気設備

1. 高出力ICT機器の接地
2. 高出力ICT機器への給電
3. 高出力ICT機器への直流給電

8.4.冷却設備

1. 冷却システム
2. 冷水系統
3. CDUとTCSループ
4. FWSループ
5. 室外機などの排熱装置

8.5.サーバ室

1. 高出力ICT機器向けサーバ室の分類
2. 空冷サーバ室での液冷ICT機器の収容（LTA）
3. 水冷空調サーバ室；リアドア空調による冷却
4. 液冷ICT機器収容水冷サーバ室（LTL）
5. サーバ室の設計
6. 騒音対策
7. モジュール化

8.6.液体冷却の設計ガイドライン

1. ASHRAE TC9.9サーマルガイドライン
2. TCS（ICT機器）
3. FWS（冷水システム）

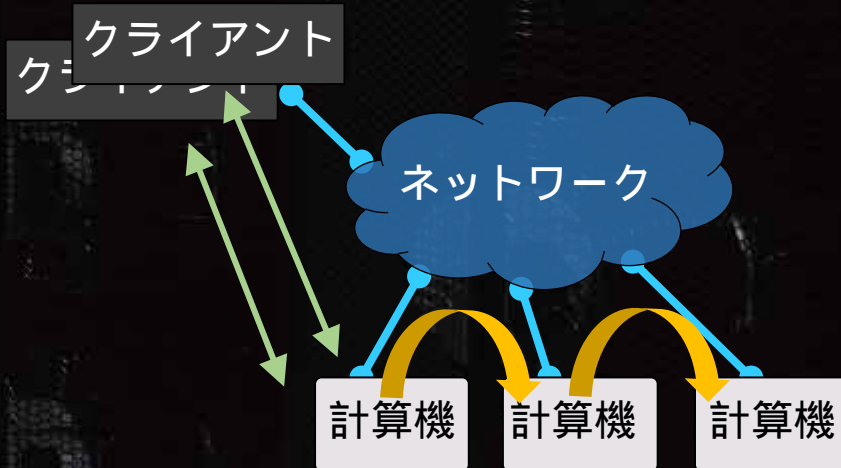
サービスの特徴

	クラウド(web) サービス	スーパー コンピュータ	AI学習処理	AI推論処理
主な用途	Webサービス	科学技術計算	LLM学習	AIチャットボット 生成AIアプリ
アーキテクチャ	CPUによるネットワーク分散処理	CPUによる並列処理と高速インターコネクト	GPUによる並列処理と高速インターコネクト	CPU / GPU / TPU / ASICなどによる処理
特徴	低レイテンシ、高可用性、拡張性	長時間にわたる並列処理による高い計算処理能力	長時間にわたる大規模並列処理による計算・データ処理能力の最大化	処理能力と計算効率を重視する レイテンシはアプリケーションに依存する
データセット	大規模な構造化、非構造化データ（ウェブページ、動画コンテンツなど）	大規模、構造化データ	大規模な非構造化データ（文章、図など）、構造化データ	大量の個別要求（検索、レコメンデーションなど）
性能指標	単位時間内での処理数、応答時間、アップタイム	FLOPS	単精度などでのFLOPS	単位時間内でのクエリ処理数、応答時間、アップタイム、対消費電力での性能

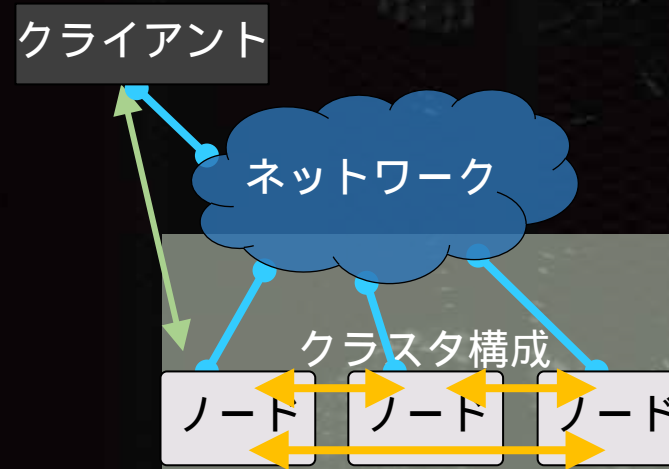
AI/ML計算基盤

【一般的基盤】1つひとつの計算機内で完結した処理を隣の計算機やクライアントとの間でやり取りする

【AI/ML基盤】1つの計算機ではまかないきれないほど大量のデータを扱うため、1つの処理を複数ノードに分散し、常に同期を取りつつ並列処理を行う



- 一般的なサービス（サービスチェイニング）
- マルチユーザ、マルチタスク



- クラスタによる分散処理
- RDMA、ロスレスNW、負荷分散

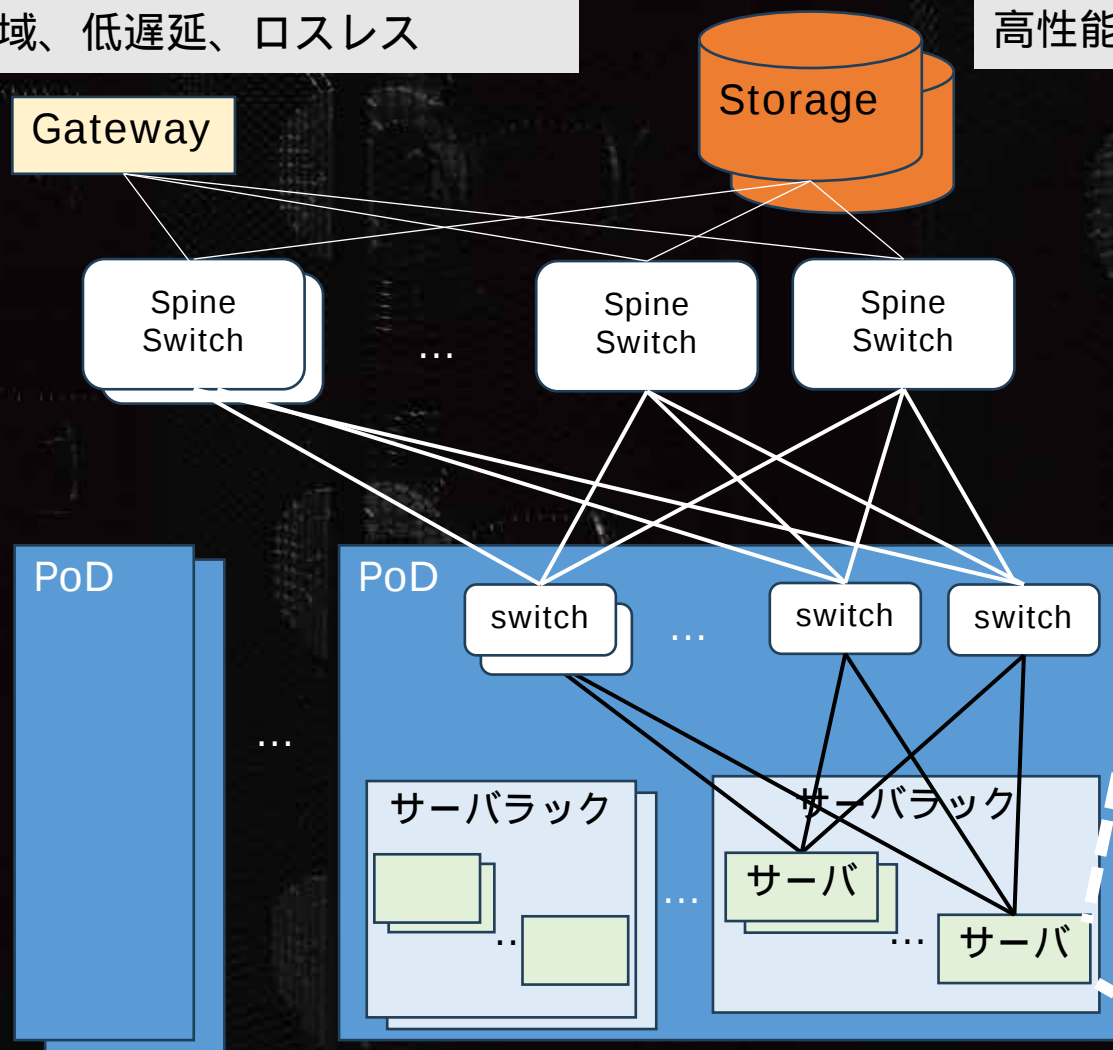
DCインフラへの要件
冷却能力の確保
エネルギー消費の抑制
サーバへの給電品質の確保

AIの進歩はデータセンター インフラストラクチャへの依存度が高まる

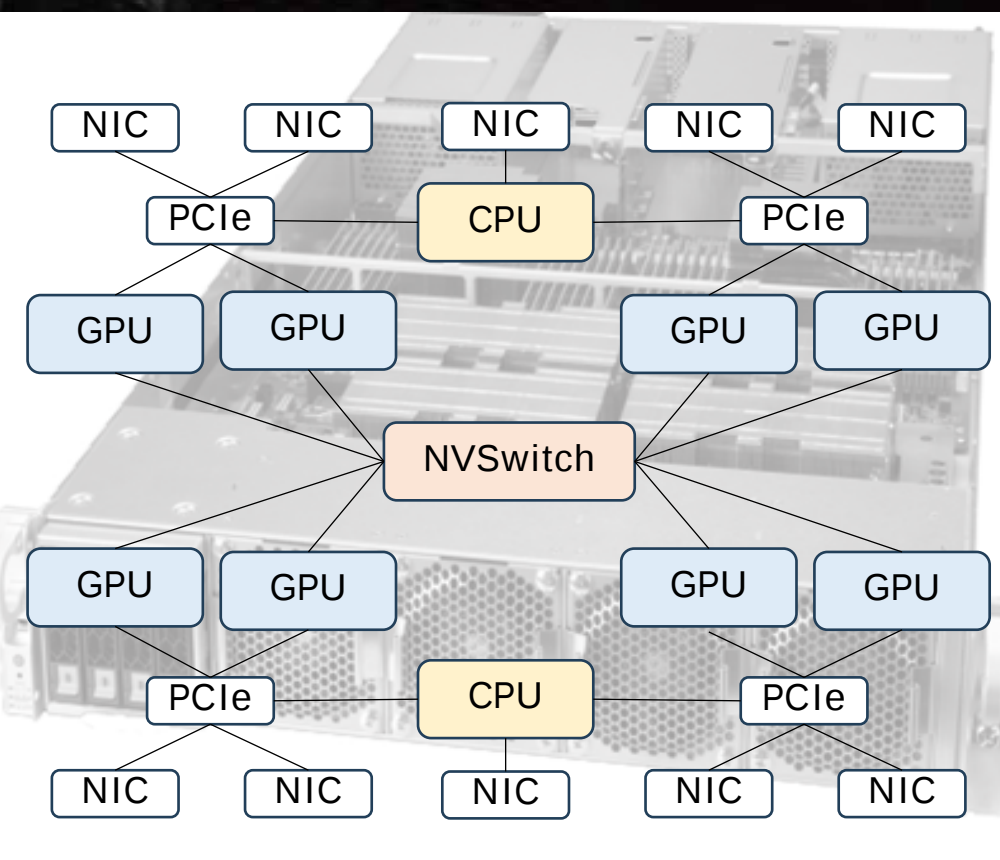
AI/MLクラスタ（ネットワークトポロジ）

GPUクラスタ専用のネットワーク
広帯域、低遅延、ロスレス

高性能・高信頼ストレージシステム



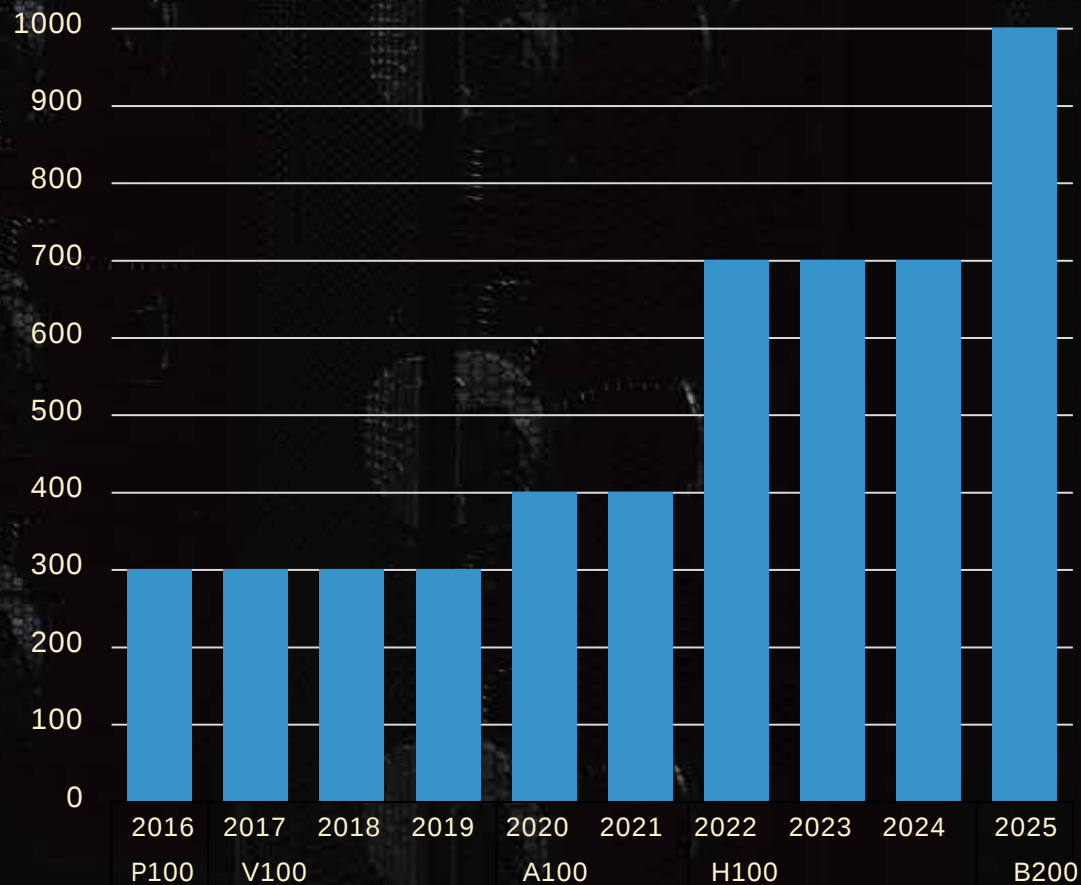
高出力ICT機器（GPUサーバ）



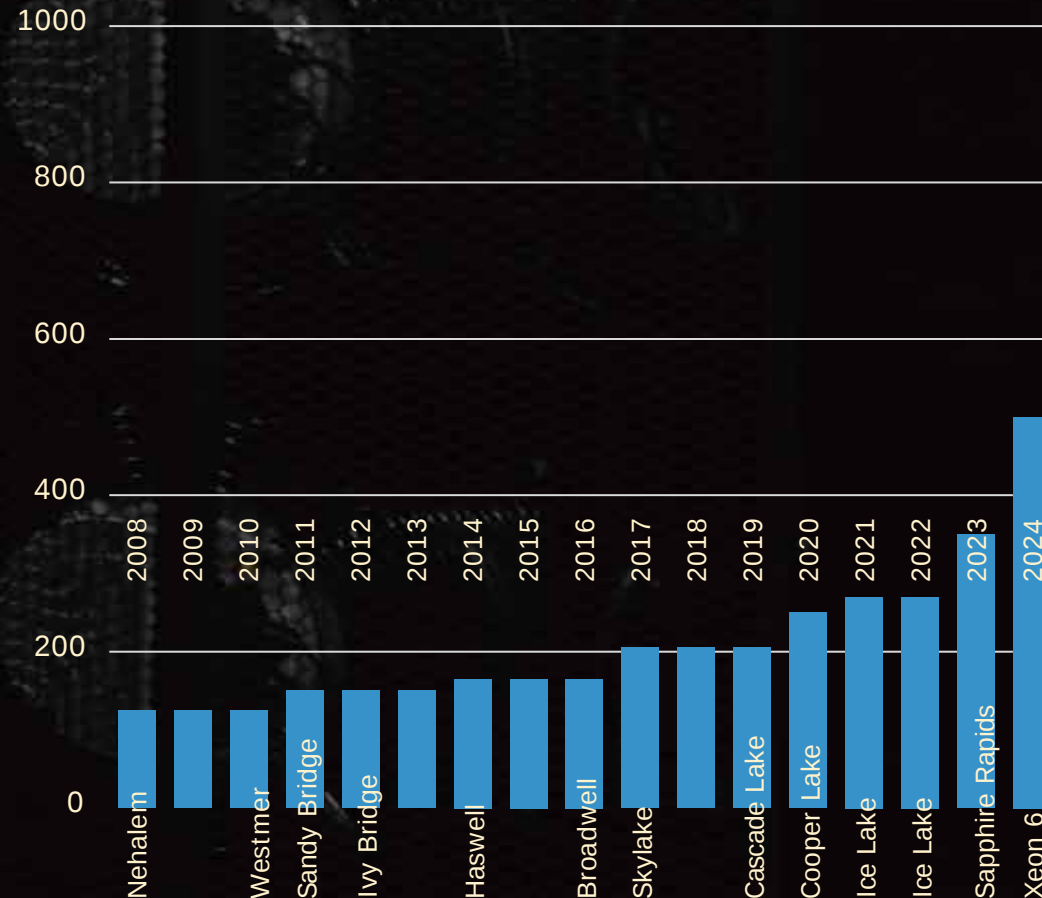
単一のインフラに様々なサービス／用途の通信を統合 AIネットワーキングを分離

デバイス発熱量の増加

GPU(nvidia)

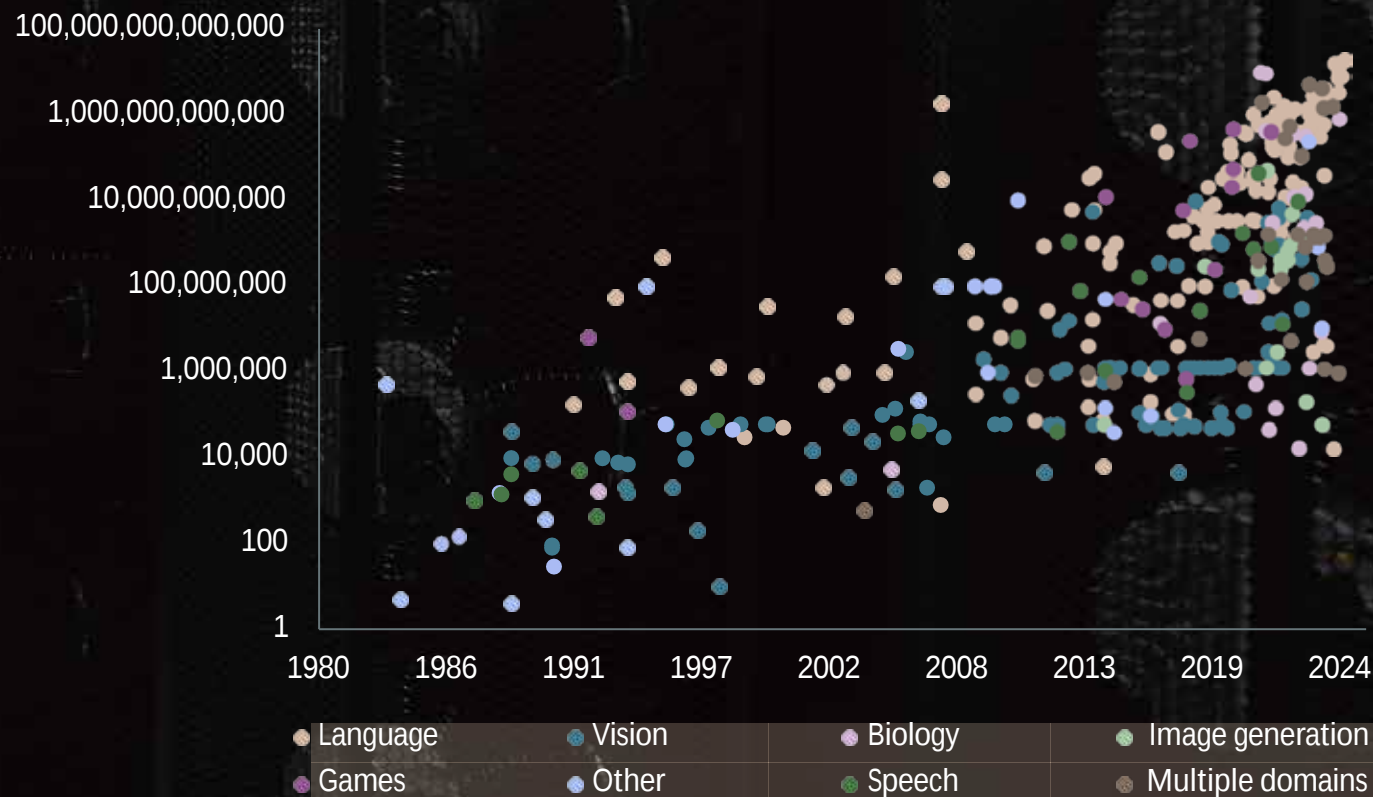


CPU(intel)



AI/MLモデルのサイズは指数関数的に増加

Training datapoints

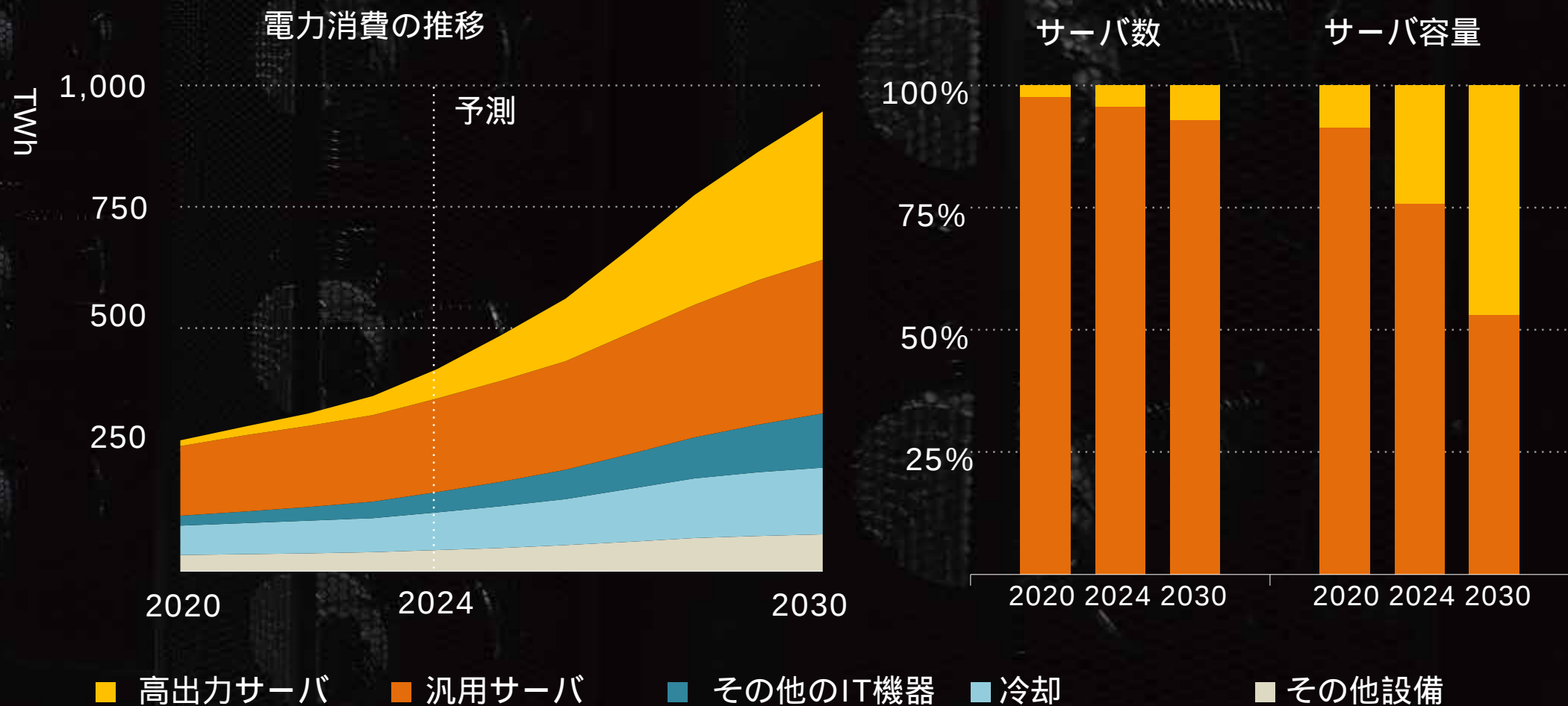


Sources: JLL Research

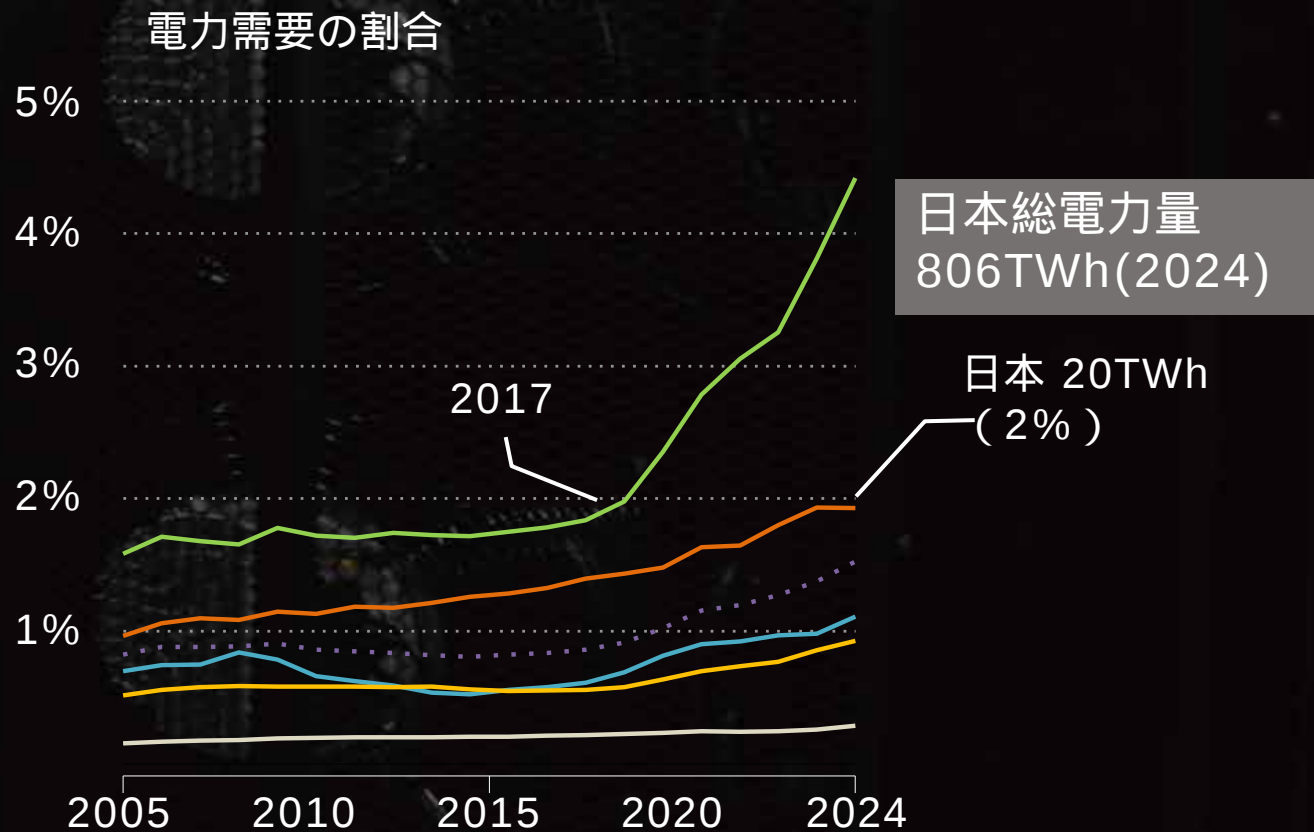
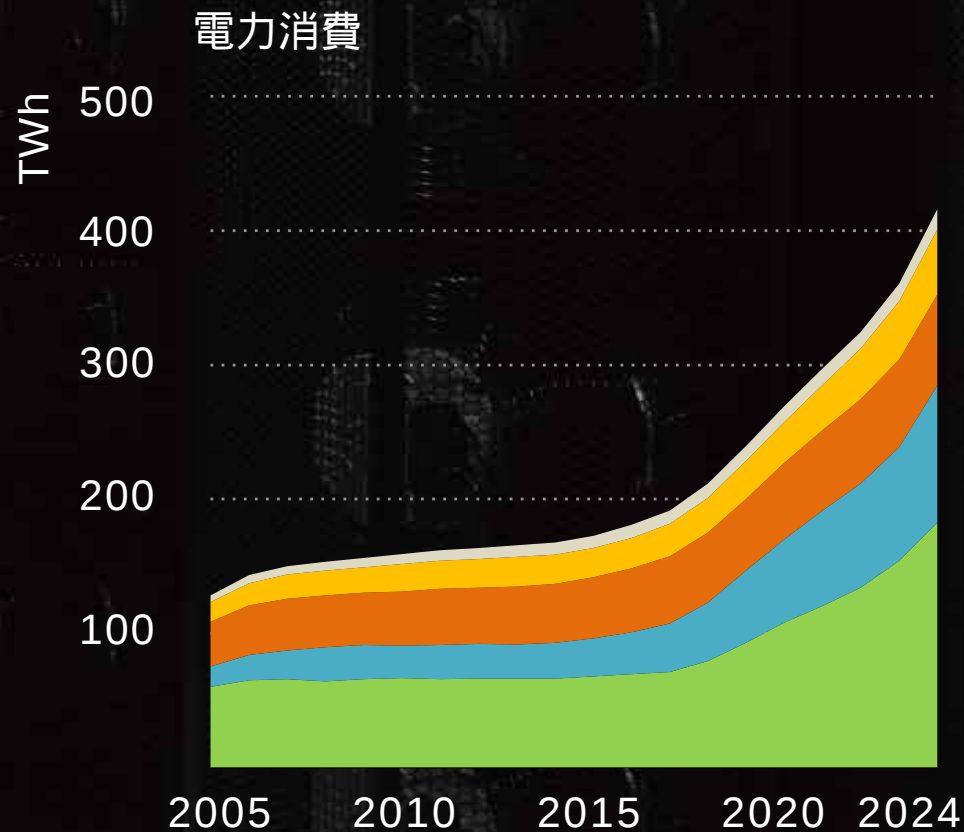
MTDC 数MW
↓
HSDC 数十MW
↓
AIDC さらに増大

デバイス発熱量の増大
×
クラスタサイズの増大

(参考) データセンター電力消費 2020-2030

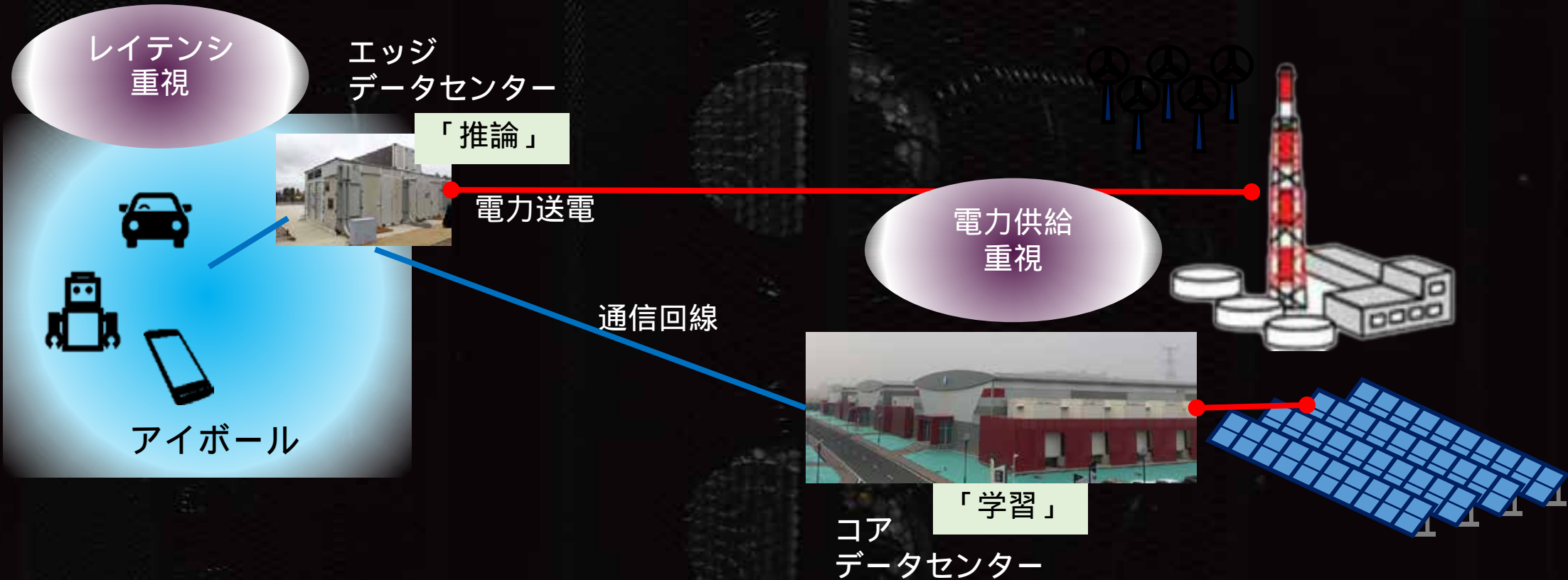


(参考) データセンターでの電力消費 2005-2024



■ 米国 ■ 中国 ■ 欧州 ■ APAC ■ その他 世界平均

ワット・ビット連携



生成AIにおいては、これまでのウェブサービスとは異なる規模の電力（特に「学習」）において必要とする。

- ・ 電力を意味するワットのシステム(電力系統)と、
 - ・ 通信を意味するビットのシステム(通信基盤)
- を一体的に整備する方向性を「ワット・ビット連携」

水冷の利用

- u 米国製メインフレームなどが中心に発達し、工業製品の製造工場からの転用で、冷却水を利用していた
 - u DCが進化する過程で、漏水により故障発生などがサービス提供に支障をきたす例が出てきた
 - p 国内では、1984年に金融情報システムセンター(FISC : The Center for Financial Industry Information Systems)が設立され、『金融機関等コンピュータシステムの安全対策基準』によるガイドラインが制定された
 - この中で、「サーバ室内への水の配管は避ける」ことが提唱され、
 - 国内では、他の業種も含め、このFISCガイドラインに準拠し、水を利用した冷却が避けられ、冷媒を利用するパッケージ型が主流となった
 - 米国を含む海外では冷却水の利用は一般的
 - 海外では、日本のように水資源は潤沢ではなく、WUEについての議論は盛んに
 - u HSDCでは、米国系テックジャイアントが主なテナントであり、水冷利用に躊躇しないため、ハイパースケールDCでの冷水の利用が国内でも一般的となった
 - u 2023/05発行のFISC 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（第11版）より、冷水の利用を図るように変更した
-
- AIDCにおいては、より発熱密度が高くなり、空冷では限界があり、水冷が必須となってきている

空冷 vs. 水冷

- ICT機器の消費電力1kWの発熱に対し、1分当たり約1.8ℓの流量(TCS ; $\Delta T = 8$ の場合)を要する
- 市場に出ているCDUでは毎分1.5ℓ程度の製品が一般的である。

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

F : 風量[m³/h]
Q : 発熱量[W]
C_p : 比熱[J/(kg·K)]
ρ : 密度[kg/m³]
T : 温度差[K] (サーバの排気温度
- サーバの吸気温度)

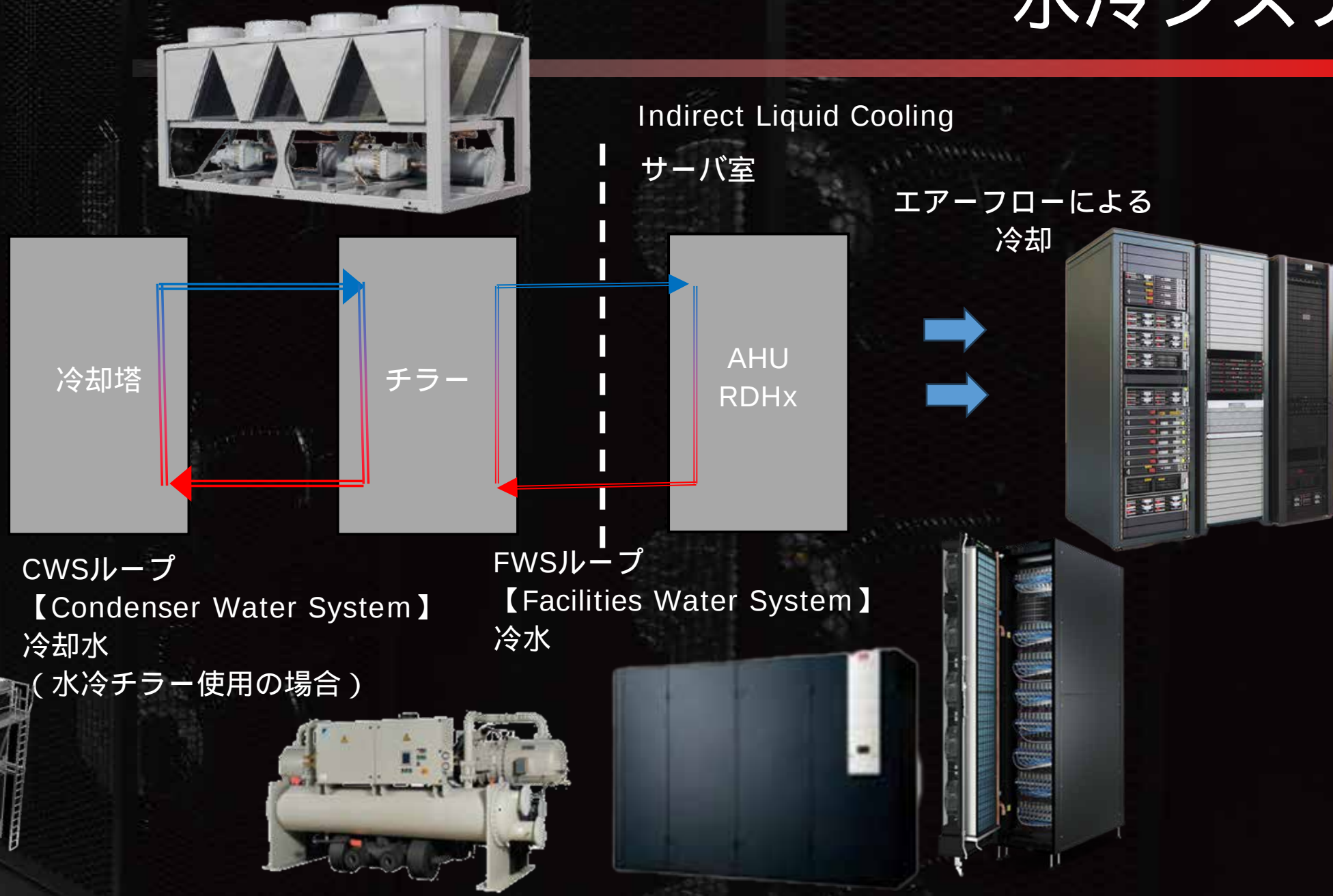
密度ρ : 1,000 kg/m³ (40 時)
比熱C_p : 4,180 J/kg · K (1 J = 1 W · s)
ΔT : ΔTは8 K程度

$$\begin{aligned} \text{必要流量(m}^3\text{/min)} &= 1,000(\text{W}) / (1,000(\text{kg/m}^3) \times \\ &\quad 4,180(\text{J/kg} \cdot \text{K}) \times 8(\text{K})) \\ &= 0.0018 (\text{m}^3\text{/min}) \\ &\quad \mathbf{1.8(\ell/min)} \end{aligned}$$

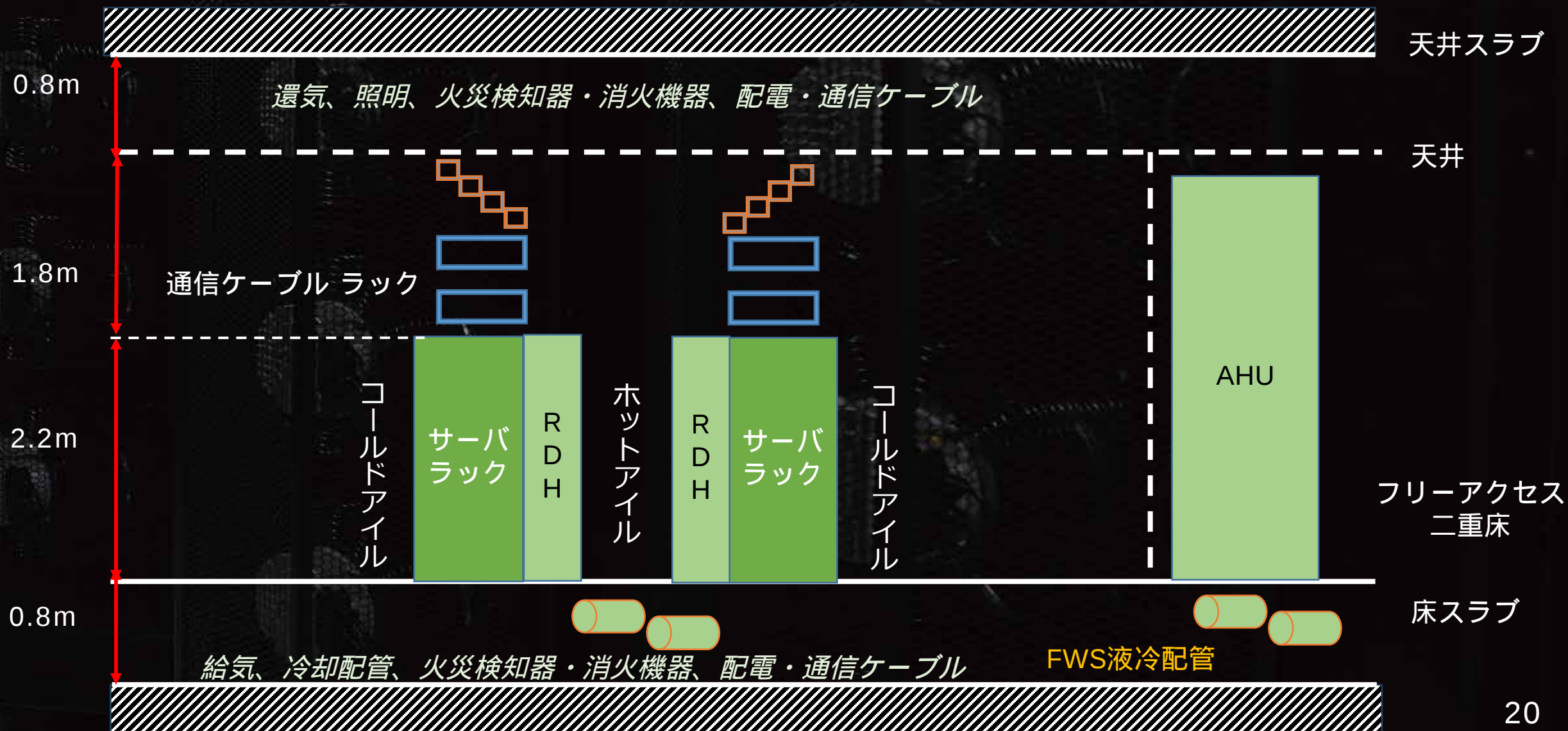
空冷の場合、5m³/min(300 m³/hr) ; $\Delta T = 10$ の場合

- n 空気の比熱は1,008J/Kg (40)で、水の比熱は4,180J/Kg 程度
 - ・ 質量あたりでは、水は空気の4倍程度の熱を運べる
- n 水の密度はおおよそ1000kg/m³、空気の密度はおおよそ1.2kg/m³
 - ・ 体積あたりにすると、水は3,500倍の熱を運べる

水冷システム



水冷空調によるサーバ室の断面例



ICT機器 コンポーネント冷却

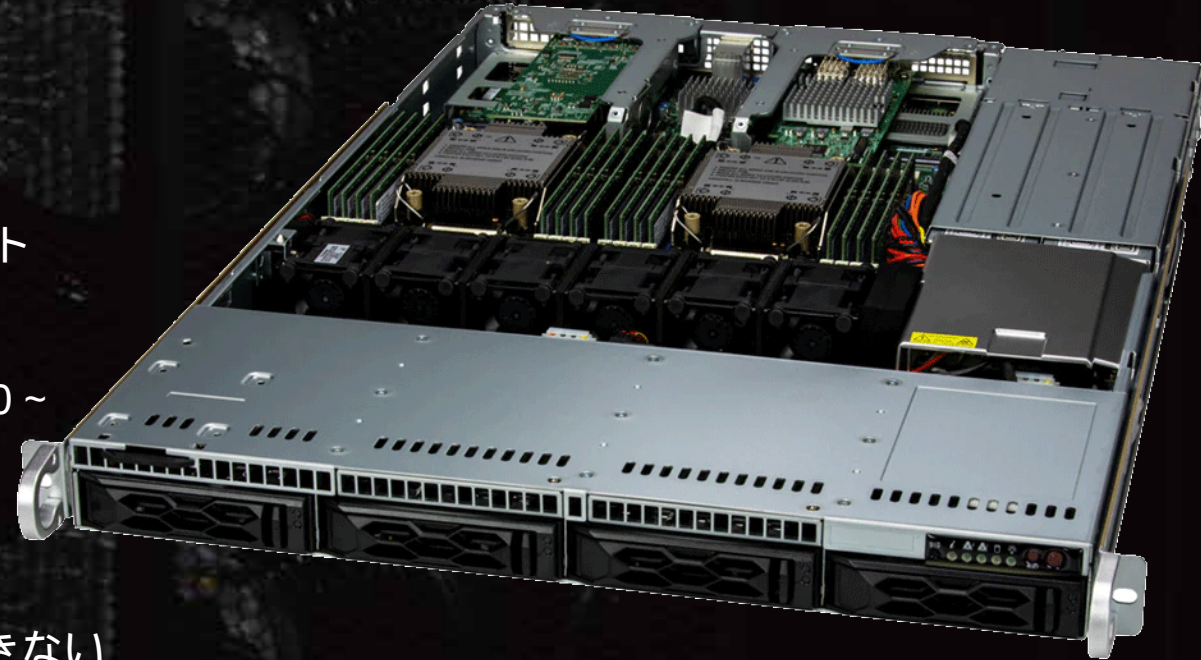
l 自己冷却可能なコンポーネント（コイル、トランス、コンデンサなど）

l 自己冷却不能なコンポーネント

- 基板に放熱することにより冷却可能なコンポーネント（ $15\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 以下の部品（ $20\sim 30\text{W}$ 以下の半導体IC））
- ヒートシンクなど冷却デバイスを使用するコンポーネント（PSU、CPU、GPUなど）

u 自然空冷

u 空冷ファンによる強制空冷（ $90\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 以下の部品（ $120\sim 150\text{W}$ 以下の半導体IC））



n 発熱は体積（部品全体）で起こるが、放熱は表面からしかできない

o 小型部品は「基板放熱」、大型部品は「表面放熱」

o 基板の熱伝導率が大きくなるほど、部品温度は均一化（低発熱部品についても温度は上昇）

ü 基板；高発熱部品には放熱器、低発熱部品にはヒータ

ü 温度上昇 = 熱流束（ W/m^2 ） / 熱伝導率（ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ）

熱流束が大きい部分（CPUなどの搭載場所）は銅プレートで「熱拡散」

n 伝熱量(W) = 部品表面積 (S) × 熱伝導率 (h) × (部品表面温度 (T_c) - 周囲温度 (T_a))

ICT機器内部コンポーネントのTDP

n 世代により変化するが、2024年時点での目安は以下の通り

消費電力などの目安	汎用サーバ	GPUサーバ	GPUフラグシップ
CPU、メモリ	100 ~ 300W	100 ~ 300W	100 ~ 600W
GPU		~ 300W	~ 700W
内部SSD	10W	数10W	
ネットワーク	数W	数10W	
PSUなど（損失）	数W	数10W	

⇐ コールドプレート
装着
その他の領域は、
（強制）空冷

ラック当たり空冷での
冷却能力は10kW以下

n サーバ機器；コールドプレート用配管用に奥行が長くなる傾向；
2024年時点では、サーバ奥行は1,200mmを見込むことが望まれる



BLACKWELL COMPUTE NODE

冷却限界の例

- 冷却限界は、その時点の技術限界（CPU温度制限，設置環境温度，寸法制限など）により変化

現状：CPU温度制限 = 95℃，設置環境温度 = 35℃

- 可能な限りの冷却実装構造を改善を実施した時の空冷限界：300W/CPU

- ☐ 大型ヒートシンク + ヒートパイプ構造 + 風速3m/sの評価で 熱抵抗 = 0.2℃/W

- ☐ 環境温度35℃ 環境でCPU温度は95℃（冷却限界）

実際にはヒートシンク寸法制限，風量制限により空冷限界はもっと低い

- 一般的な実装構造を考慮した時の空冷限界・液冷限界

空冷限界：凡そ200W(51W/cm²)

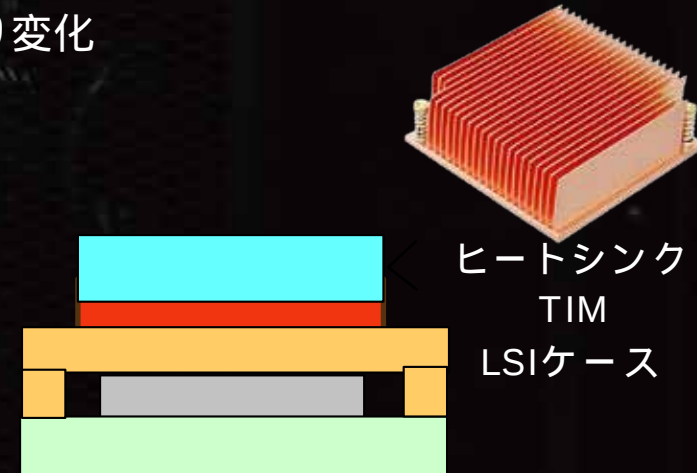
- ☐ 空冷限界熱抵抗は0.295℃/W

- ☐ 35℃ 環境 CPU温度は95℃

液冷限界：凡そ470W(117W/cm²)

- ☐ 水冷限界熱抵抗は0.16℃/W

- ☐ 20℃ 水温 CPU温度は95℃



ヒートシンク
TIM
LSIケース

	空冷限界	液冷限界
ヒートシンク	0.18	0.045
TIM	0.035	0.035
CPUパッケージ	0.08	0.08
総熱抵抗 /W	0.295	0.16

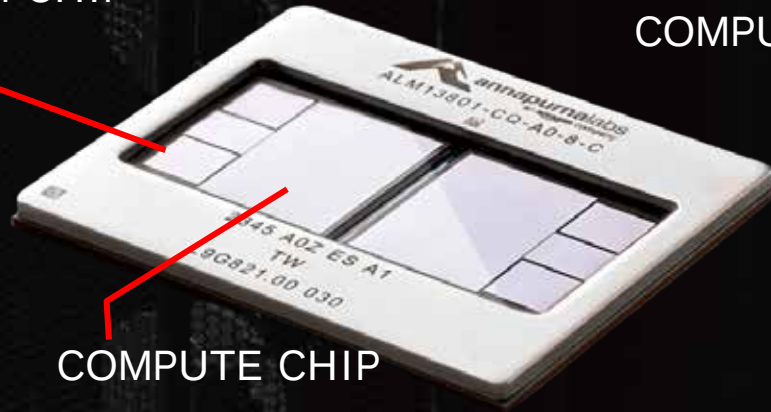
熱抵抗としてはCPUパッケージ熱抵抗が支配的
（標準品は必須、プロセッサベンダ含めた改善が必要）

TIM : Thermal Interface Material

デバイス パッケージング

- デバイスのパッケージングは、1980 年代にマルチチップモジュール (MCM) からシステム イン パッケージを経て、現在はチップレットに移行
- パッケージングは、TSV (Through Silicon Via) ベースのシリコンインターポーザ (2.5D)、スタックダイ (3D)、組込み型マルチダイ相互接続ブリッジ (2.5D)、ファンアウト MCMなど様々な方式がある
- インターポーザと呼ばれるデバイスを使用して、複数のチップを1つのパッケージ内で接続する技術
- インターポーザは実際には小さなチップで、通常のPCBベースのマザーボードと比べて約10倍の帯域幅でチップを相互接続できる、小型のマザーボードのような役割を果たす

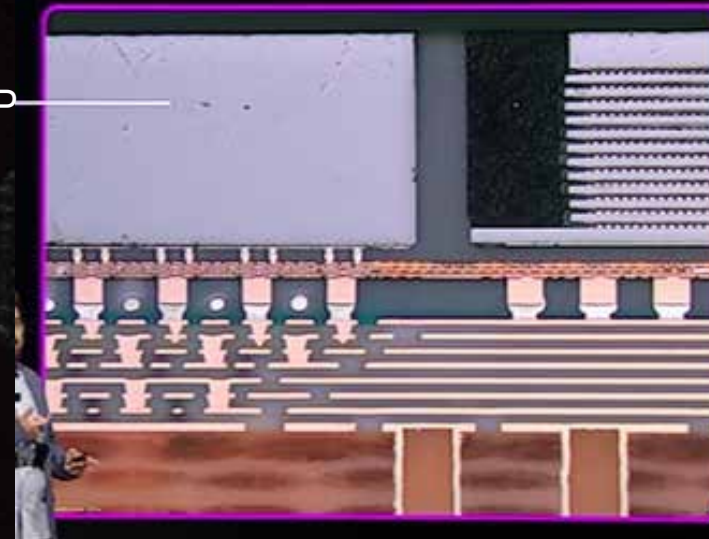
HBM CHIP



COMPUTE CHIP

AWS Trainium2

COMPUTE CHIP

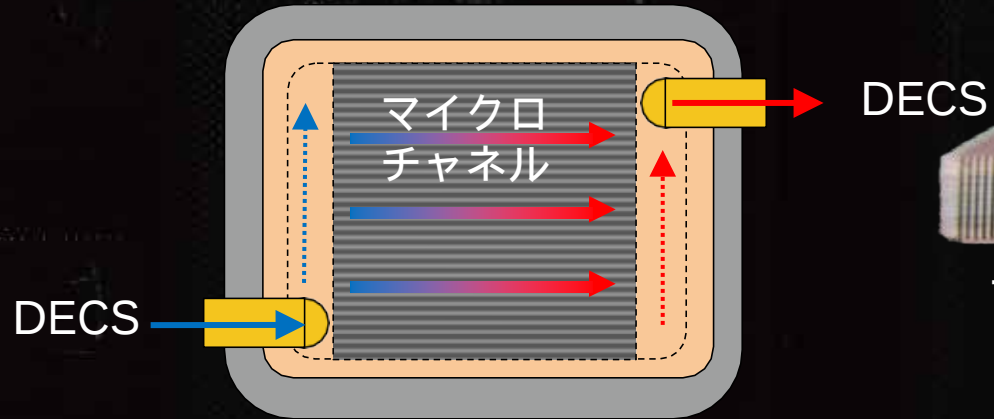


HBM CHIP

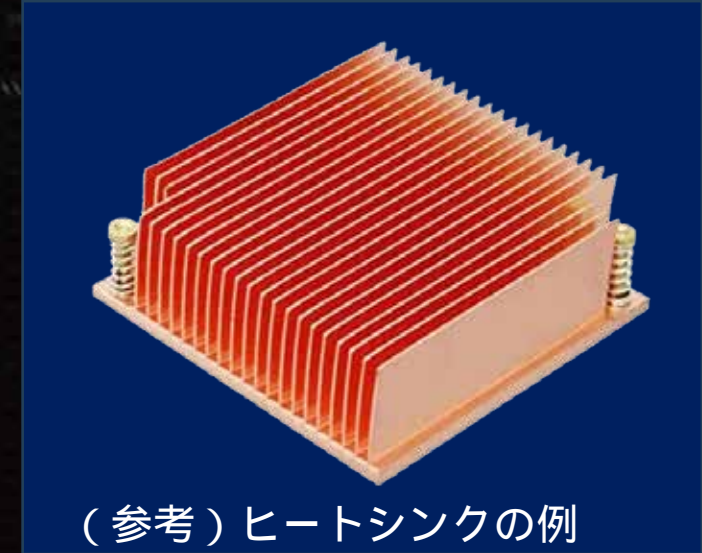
INTERPOSER

PowerVia

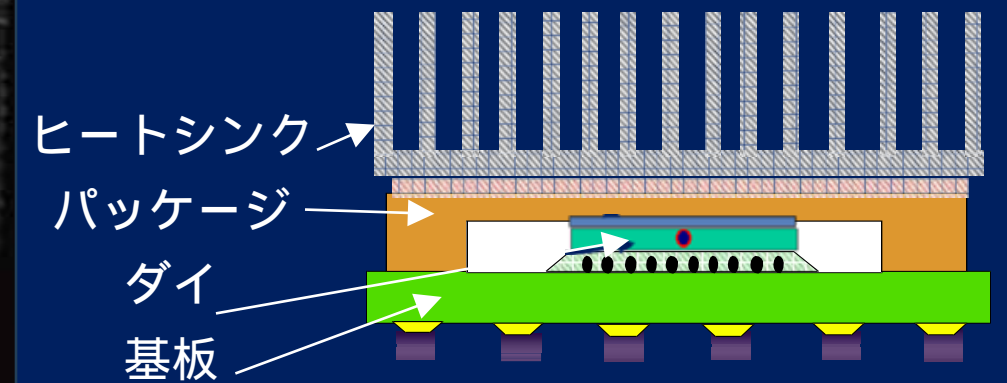
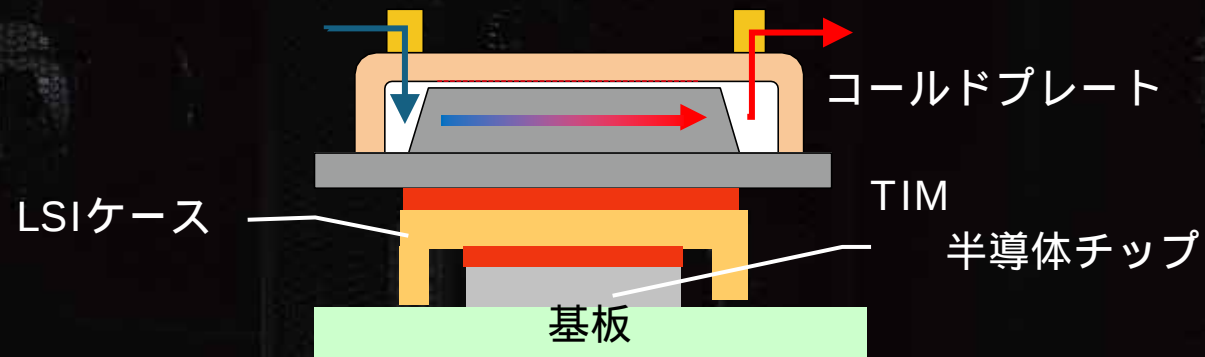
コールドプレート



マイクロチャネルフィンの例

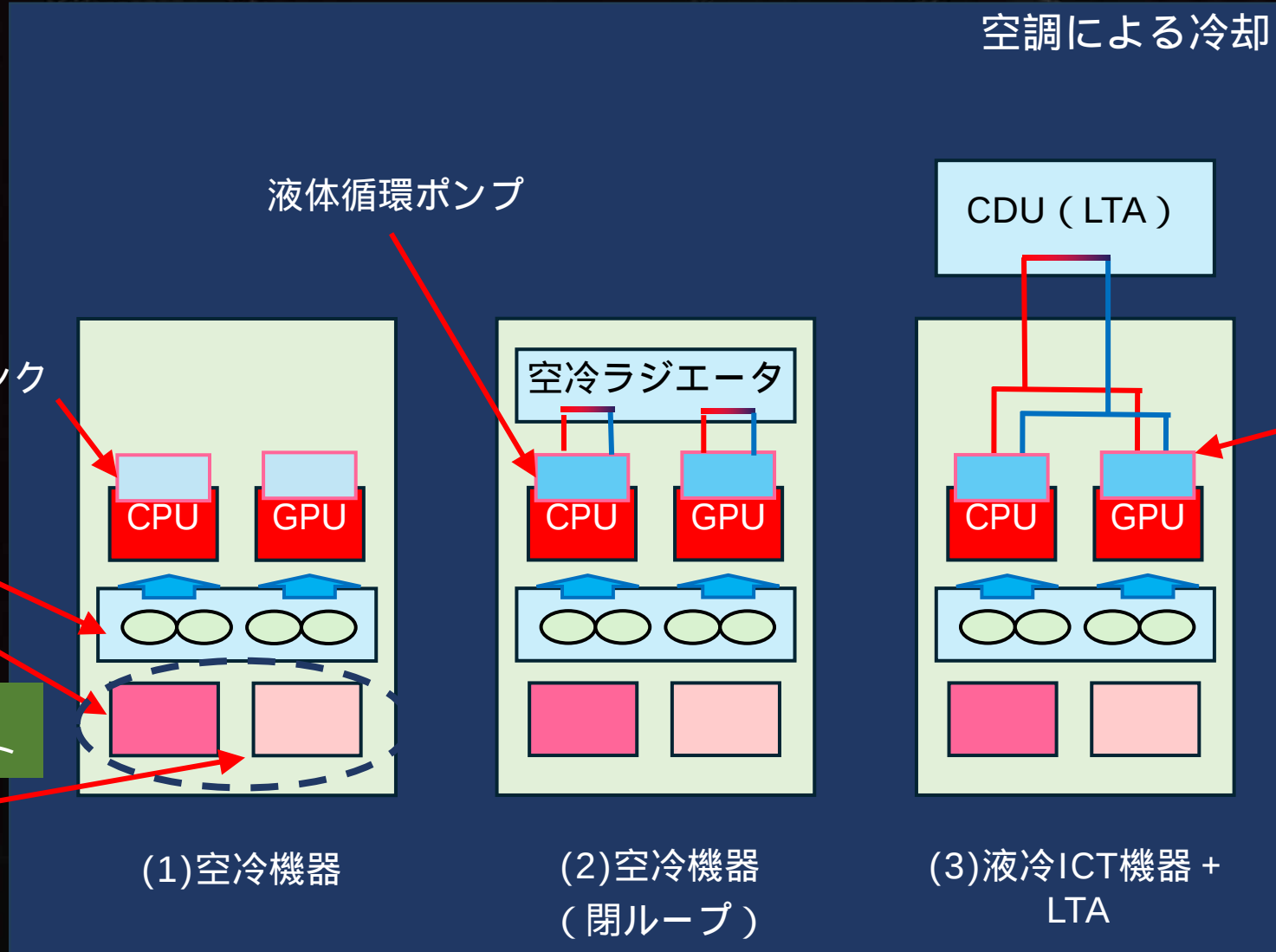


(参考) ヒートシンクの例



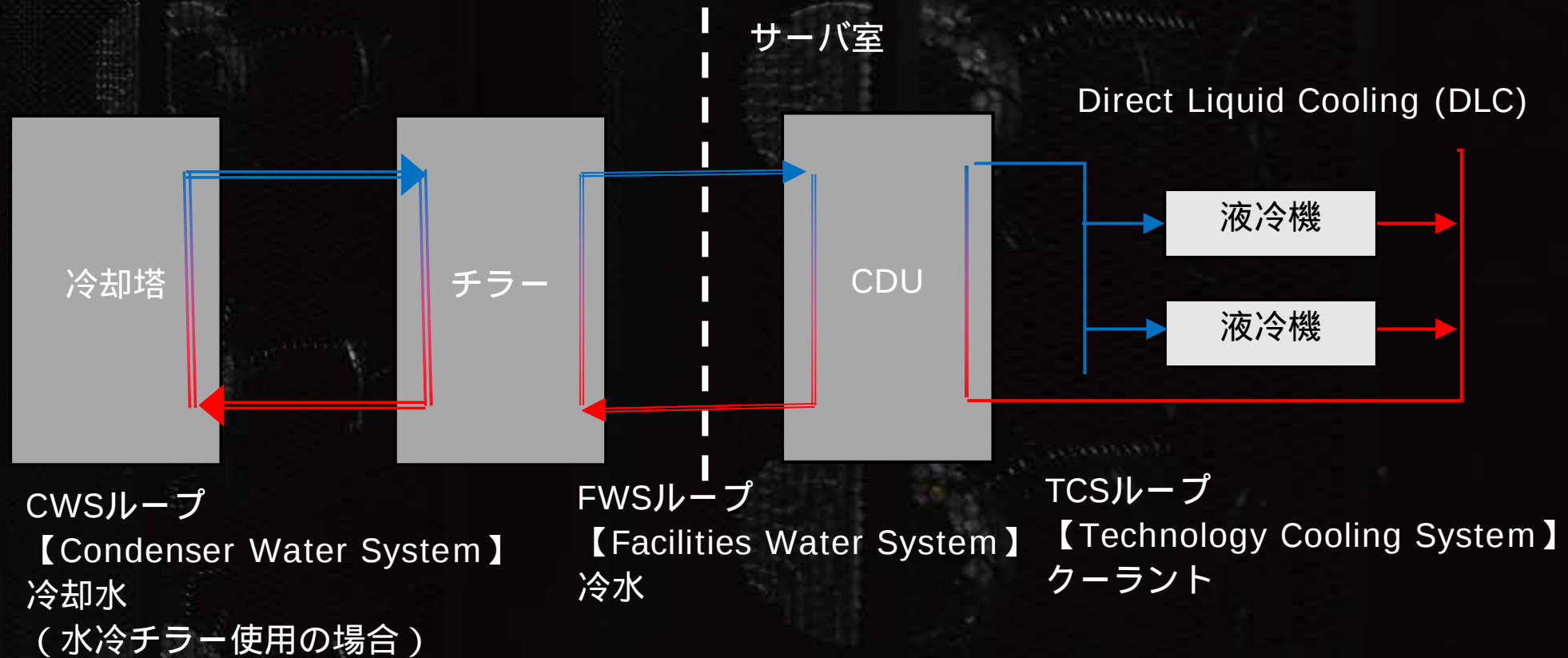
(参考) 空冷プロセッサ搭載断面

ICT機器のエアフローによる冷却

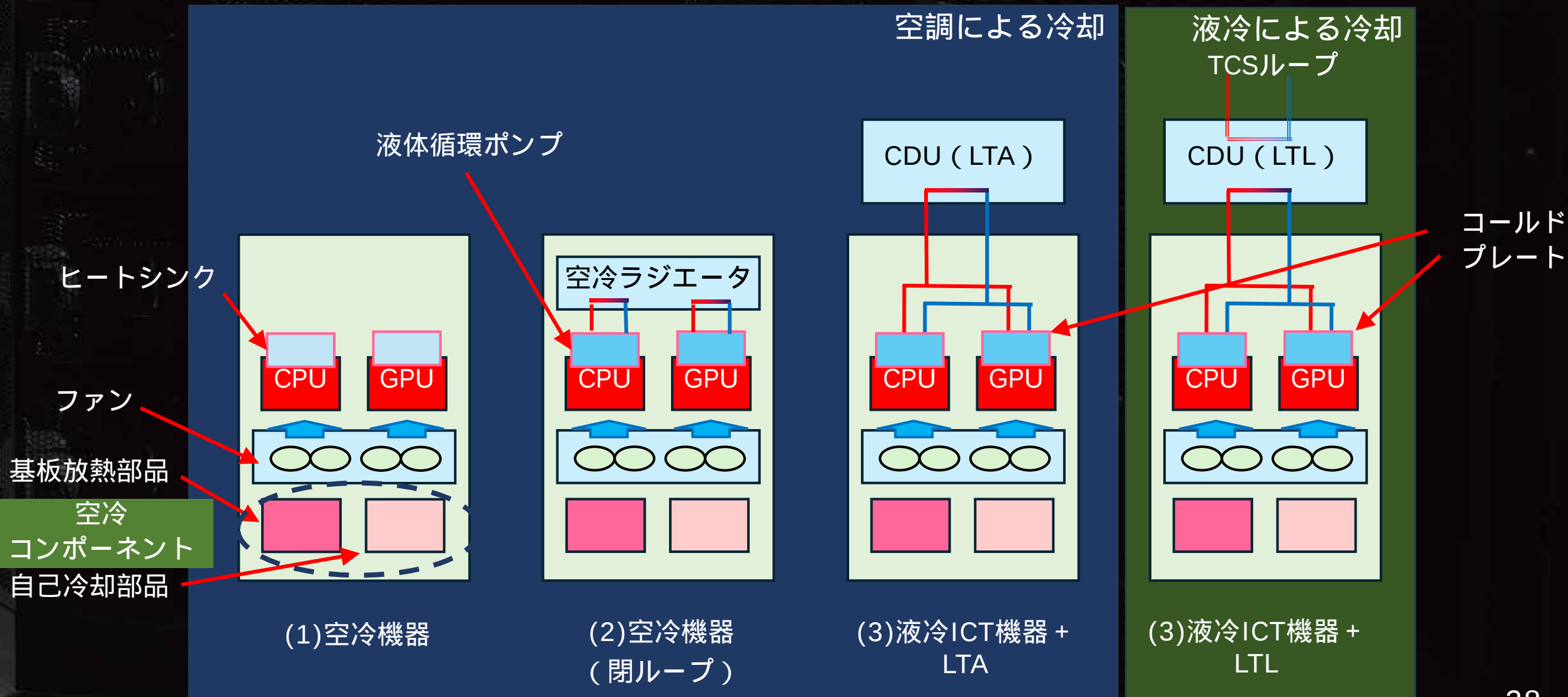


DLC
コールド
プレート

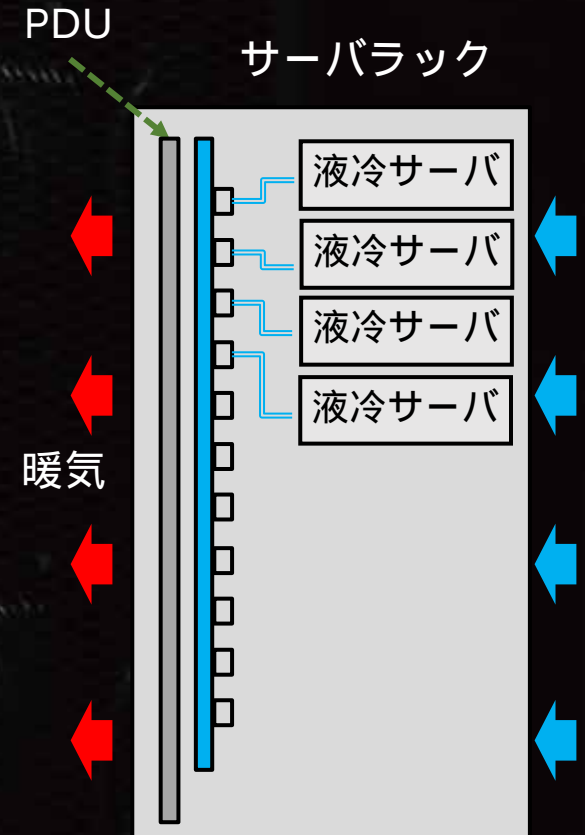
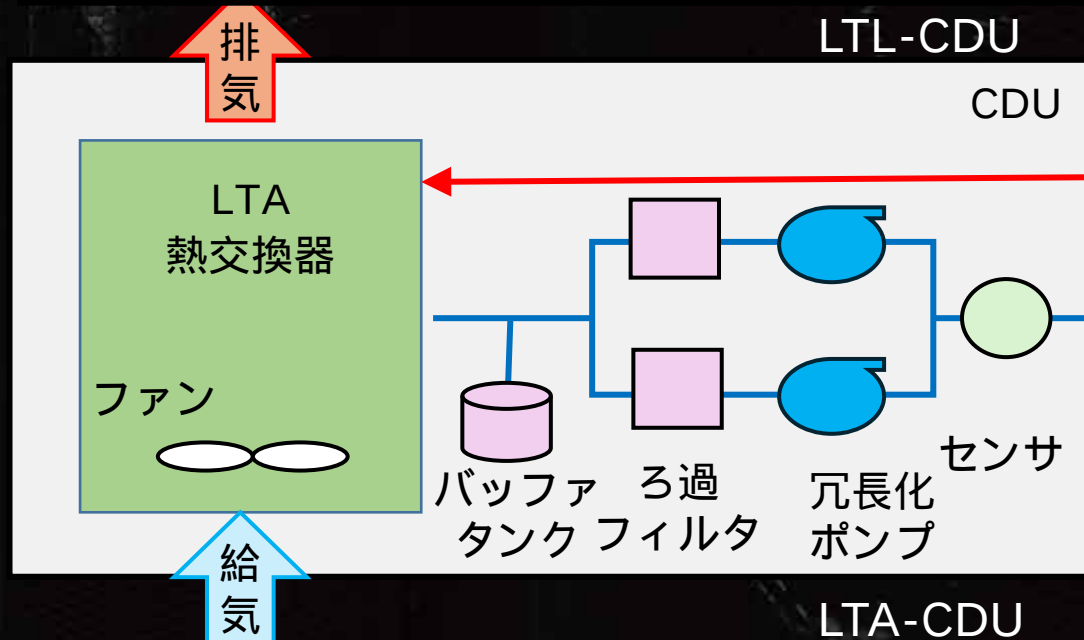
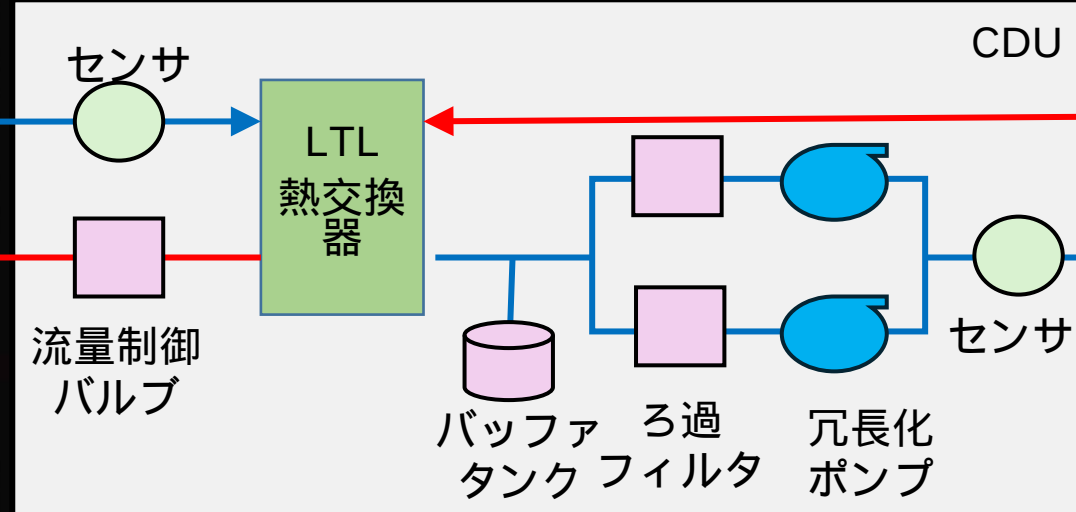
液冷ICT機器用水冷システム



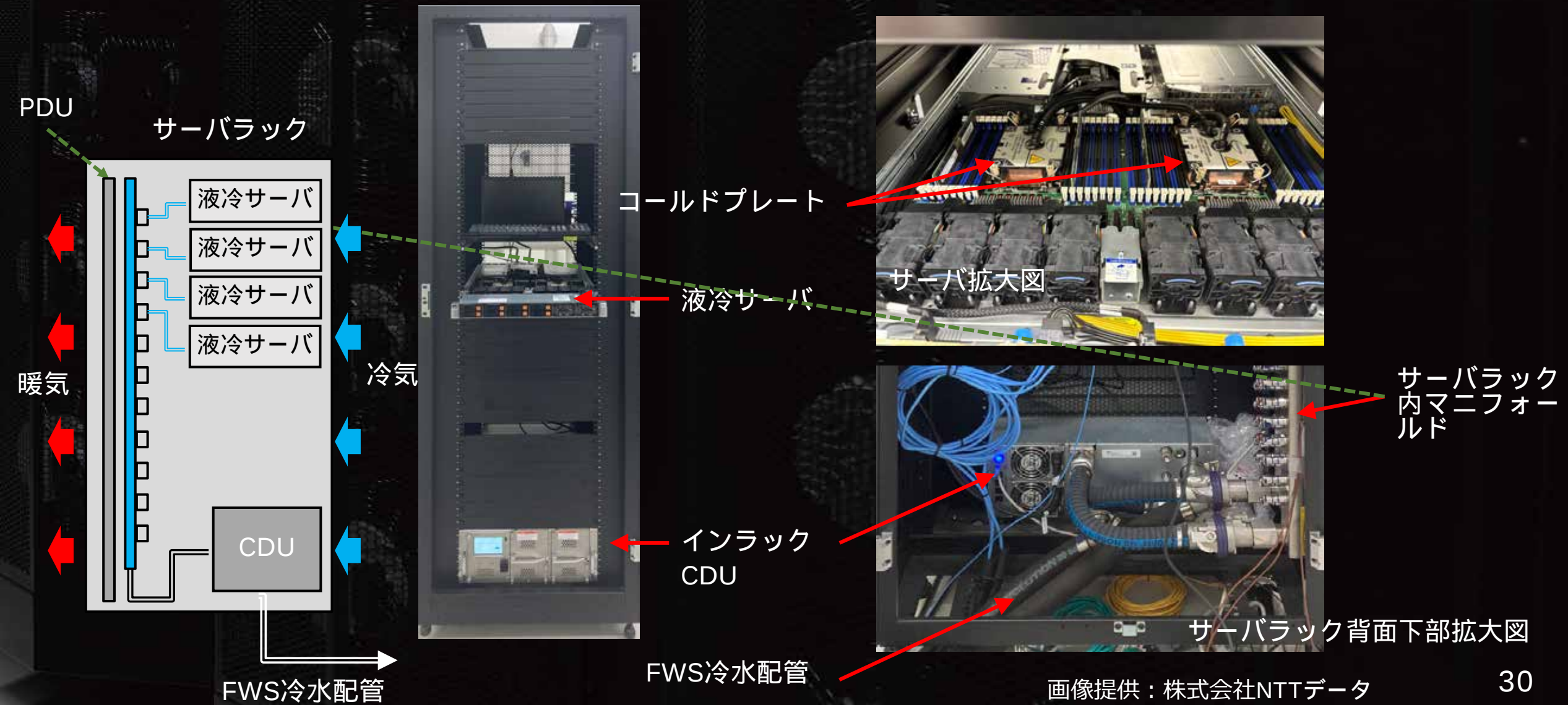
空冷、液冷ICT機器



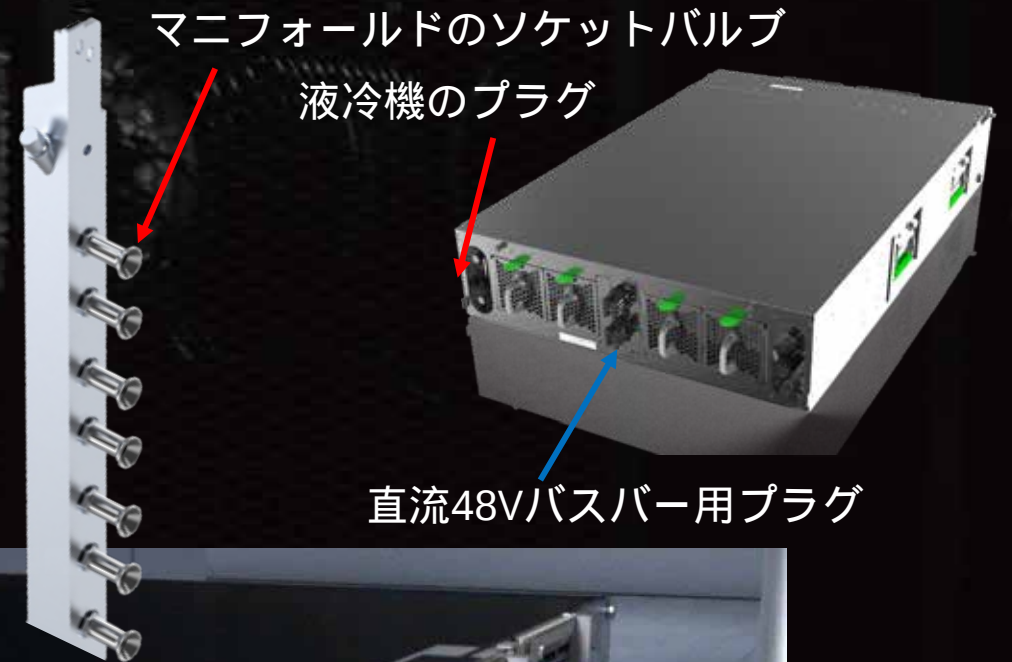
CDU



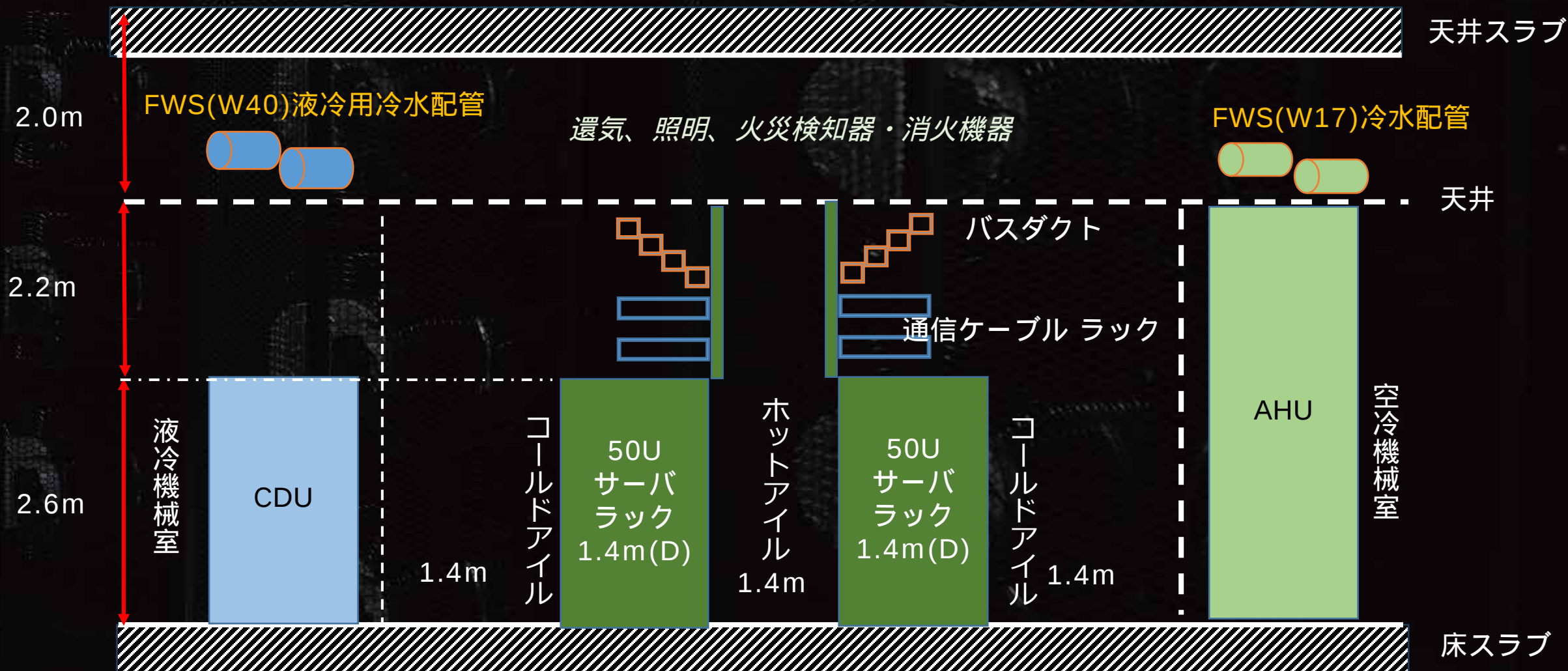
インラックCDUと液冷ICT機器の例



Open Rack V3 Blind Mate



液冷サーバ室断面例



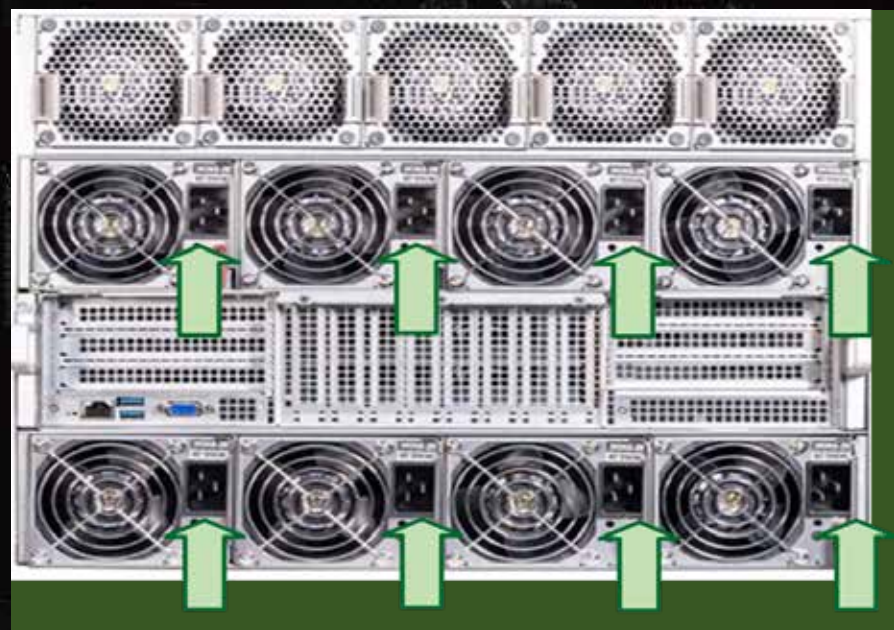
┆ 20,000 N/m² (吊り + 床荷重)

┆ 国内では、冷水配管を天井に配置することに懸念を持つことがあり、床下配置することがある

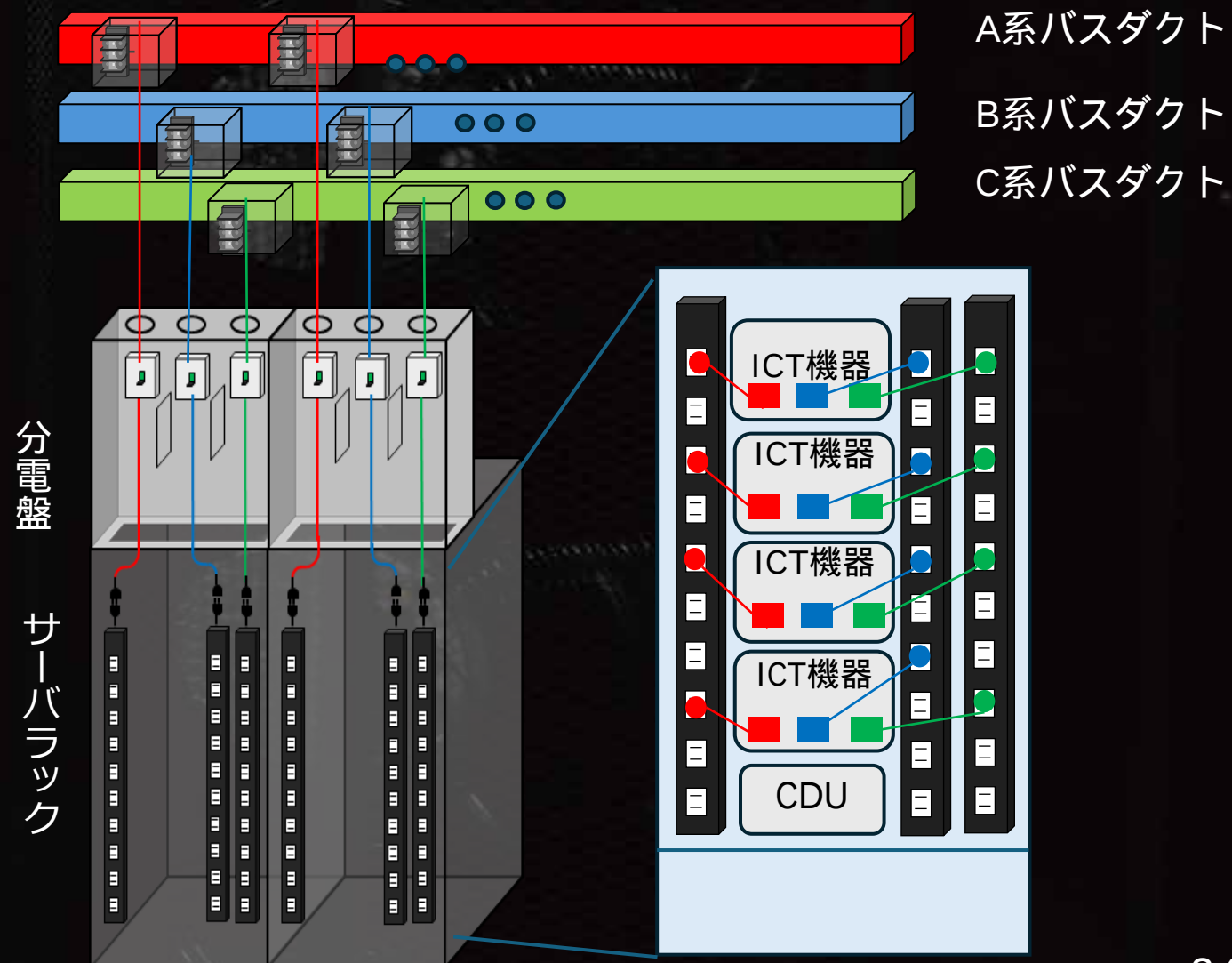
電源配電方式の例



2系統電源接続 (A系、B系)
PSU【Power Supply Unit】



8 PSU搭載サーバ



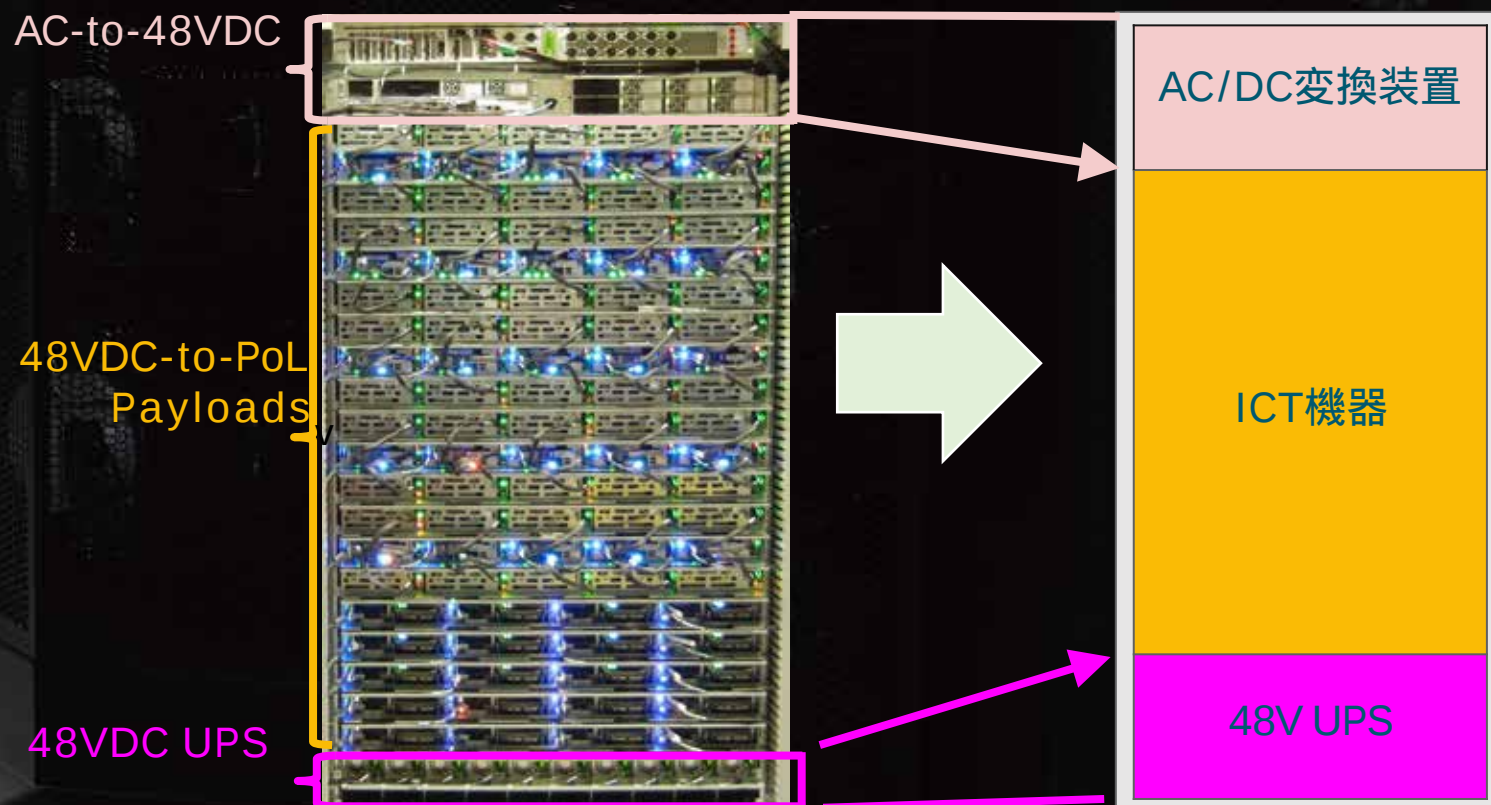
バスダクト仕様

仕様	UPS幹線バスダクト	サーバ給電用バスダクト
適用規格	JIS C 8364	JIS C 8364
配電方式	単相3線、三相3線、三相4線	単相3線、三相3線、三相4線
定格電圧	600V（交流）、750V（直流）	600V（交流）、750V（直流）
定格電流	800～3,500A（単相）、600～6,000A（三相）	200～1,200A (2024 OCP global Summit(nvidia)では1,400A)

- Ⅰ 400V三相交流では凡そ860kW（1,200A × 415V × $\sqrt{3}$ ）
- Ⅰ 冗長構成の組み方にもよるが、PoDサイズ（ラック構成）の制約条件

OCP Global Summit 2024でのGoogleの発表

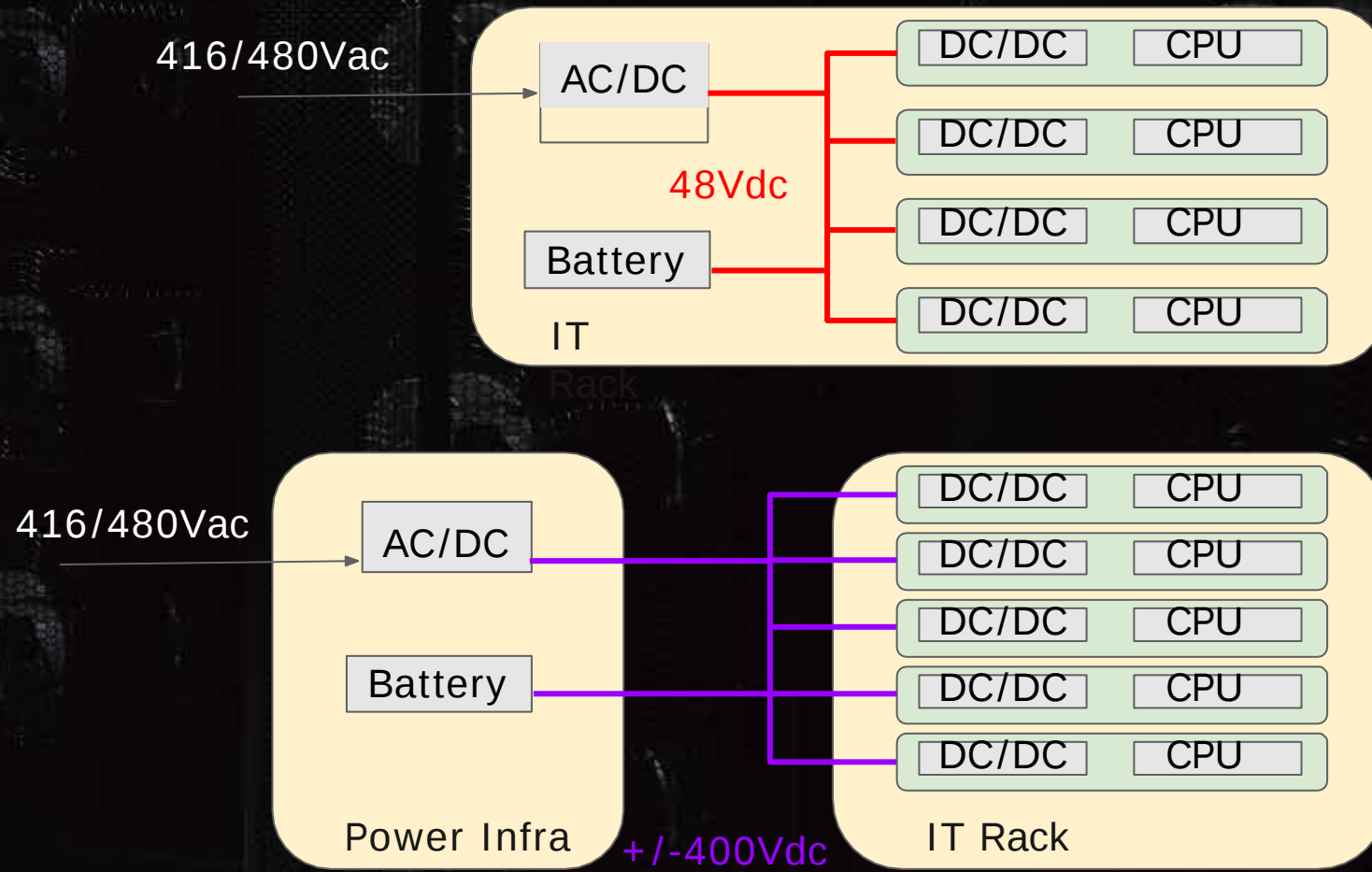
- n サーバラックあたり100kW/rackを超える、次世代のML用サーバラックでは、大型化する電源装置を収容するスペースがなくなる
- n ORV3での直流48Vバスバーは大電力に対応して大型化するため、サーバラック内で大きなスペースを要する
直流12V → 直流48V → より高い電圧へ



- 高電圧では、同じ電流で、多くの電力を供給できる

https://drive.google.com/file/d/1BCiJ5XJg1bbhF7I_BKvnSzjoUCIUdGk2/view?usp=drive_link 36

直流±400Vでのサーバラックへの給電



- 0-400Vと0-800Vアーキテクチャの利点を組合わせ
- EV用に開発された成熟した400Vdcコンポーネントを活用
- ITラックからサイドカーへの追い出し

非常用発電機・UPS

n CDUはUPS収容

- 停電発生による、CDU停止は、急激な温度上昇につながり、IT機器に損傷を与える

n 学習用AIDCでは、スーパーコンピュータ向けと同様に、

- 大量の電力消費であり、汎用DC並みの蓄電池容量はコストに見合わない
- IT機器の損傷を防止し、元データを保持さえしていれば、良い（コスト見合いで中断時データの保存）

n UPSでの蓄電設備による給電

停電発生後、

- データの保全
- サーバ機器の故障防止

を目的にIT機器のシャットダウン（5分～10分）に対応することが必須条件

ü 蓄電池の小容量化

ü 非常用発電機の小容量化（最低限の機器に限定）



JDCC・GUTP サーバ室技術ガイドブックWG リーダ

info_guidebook@jdcc.or.jp

OCPジャパン 運営委員

株式会社 KOCHIジャパン

尾西 弘之

info@kochithesuper.com