

Powering the

DIGITAL

Economy

Liquid Cooling Overview

Schneider electric Secure Power

SE Cooling solutions

事業規模
Large



フリークーリング
空冷チラー
(~2MW)



水冷CRAH
(~250kW)



Fan wall
水冷CRAH
(~500kW)



DC向け



ファン冷却



Rack mount Cooling
(~3.5kW)
マイクロDC向け

5kW/RACK

発熱密度

Internal



ドライクーラー
空冷チラー
(~1.5MW)



InRow 水冷タイプ
InRow 冷媒タイプ
(~20kW/RACK)



Hyper Pod
コンテインメン
トシステム



HPC

液浸コンテナDC
60kWプレハブ



液浸シャーシ式
(~50kW/RACK)

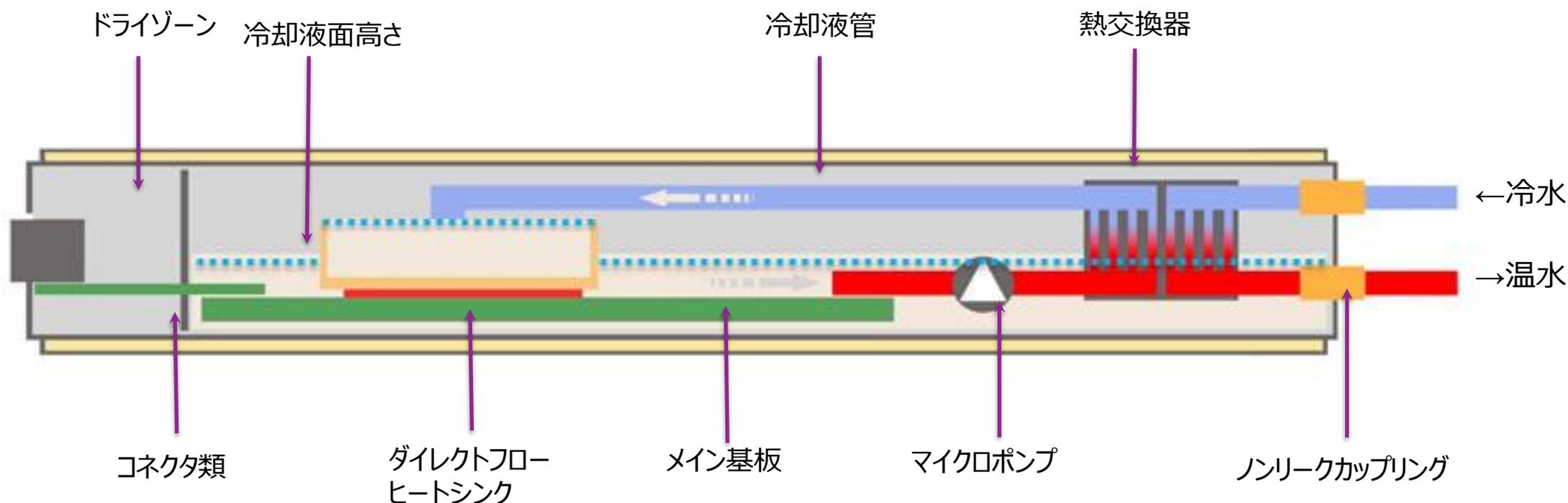


液浸マイクロ DC

High

edge

- ITシャーシの内部は半分の高さまで冷却液で満たされており、チップと基板上の部品を冷却する
- 冷却液は熱源から供給される冷水にて冷却され、ITシャーシ内を循環する



なぜ液体冷却が良いのか

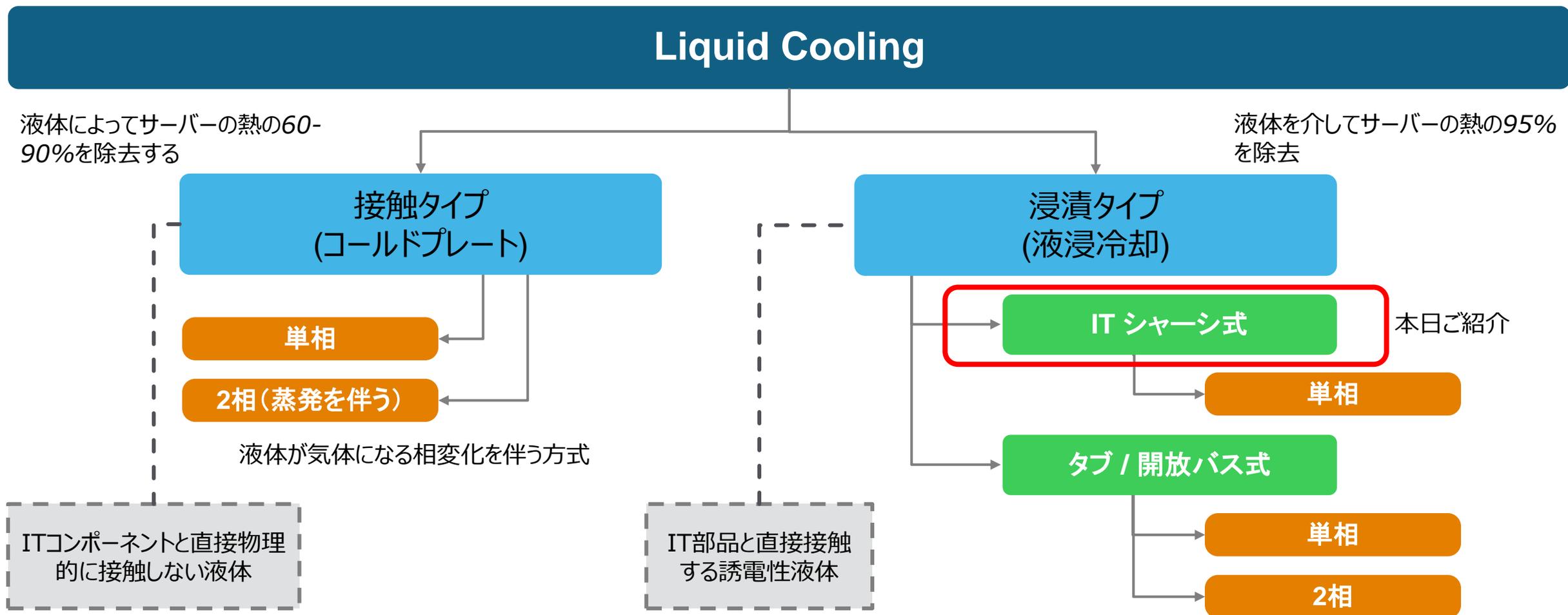
IT機器の熱を除去する方法としては、空気による冷却がこれまでは一般的です。液体と比較して、空気の熱伝達率は低く、非対流環境では良好な絶縁体（断熱材）となります。

下表に空気と水の熱伝導率と熱容量の比較を示しますが、**水は空気と比較して23倍以上熱伝導率が高く、体積あたりの熱容量では約3,200倍と空気よりはるかに多くの熱を保持できる**ことが分かります。また、強制対流による空気の熱伝達率は $100\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 程度ですが、水の熱伝達率は3,000程度で、空気と比べると30倍以上の熱を伝えることができます。よって、IT機器から**同じ量の熱を伝える場合、液体の方が空気よりもはるかに流量が少なく、大幅な省エネが可能**であることも意味しています

	空気	水	
熱伝達係数 @25°C (W/(m ² ·K))	0.026	0.6089	水は空気の23倍
密度 (kg/m ³)	1.29 (1atm, 0°C)	1,000 (4°C)	
比熱 kJ/(kg·K))	1.004	4.2	高いと温まりにくい、冷めにくい
体積当たりの熱容量 (kJ/(m ³ ·K))	1.30	4,200	3230倍

液体冷却の種類について

From The Green Grid White Paper 70*



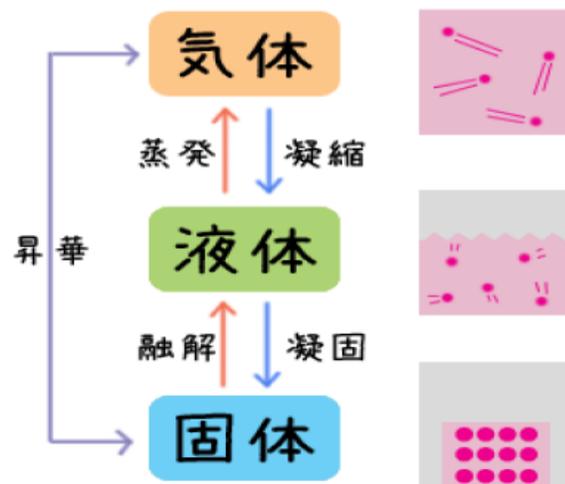
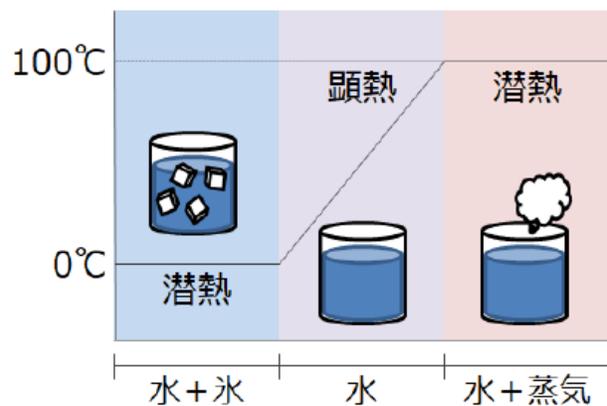
* Tub/open bath and IT Chassis form factors added for further clarity

相変化と潜熱、顕熱

- 気体、液体の状態が変化することを相変化と呼び、気体と液体が混在する状態を二相状態と呼ぶ

状態の変化が起こらずに水の温度だけを変化させるのに使われる熱のことを顕熱といい、温度変化が起こらずに状態変化をするのに使われる熱のことを潜熱といいます。

顕熱処理：温度変化をさせること
潜熱処理：状態変化をさせること

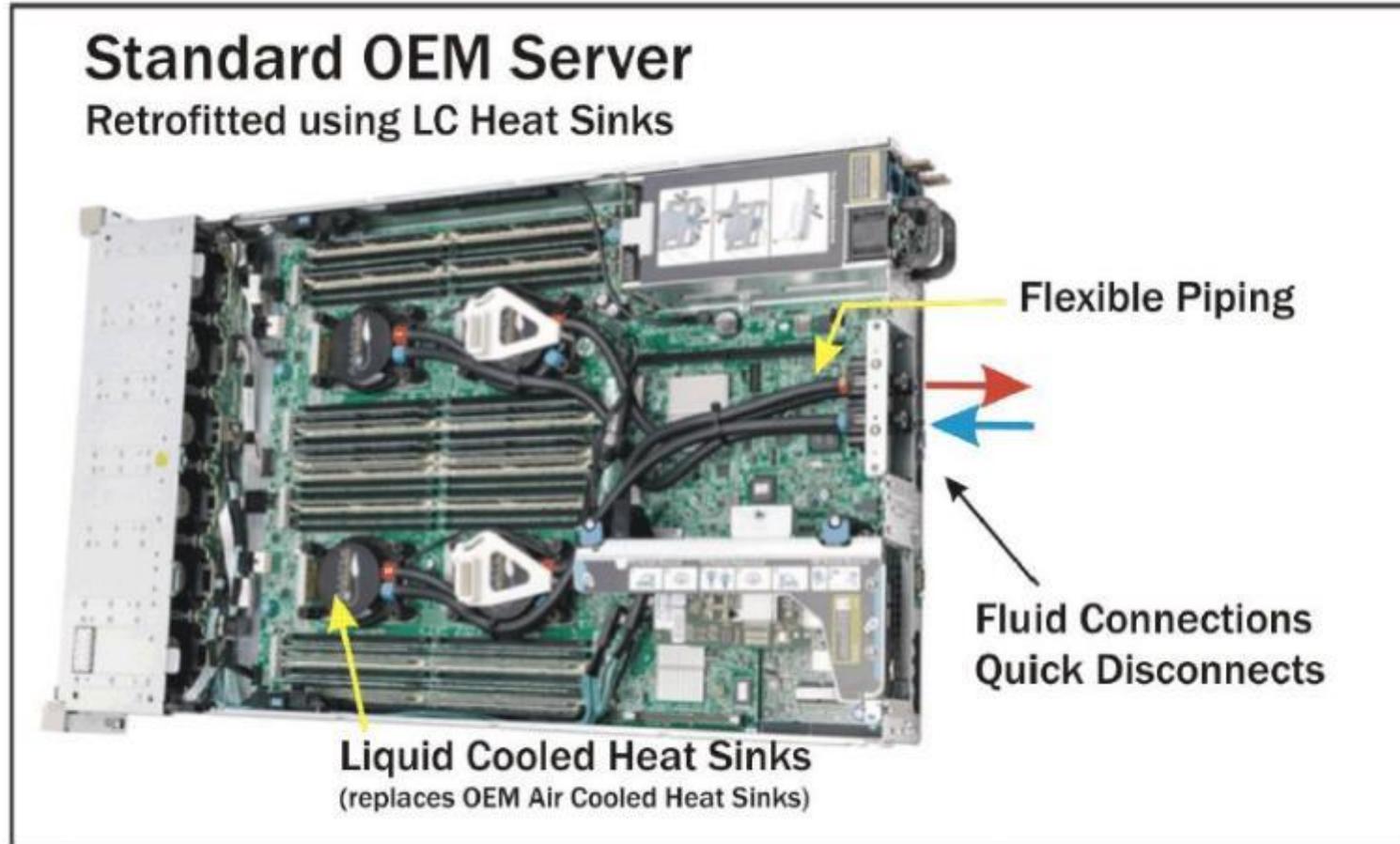


- 液体が蒸発する時に熱を奪います、これを蒸発潜熱と呼びます



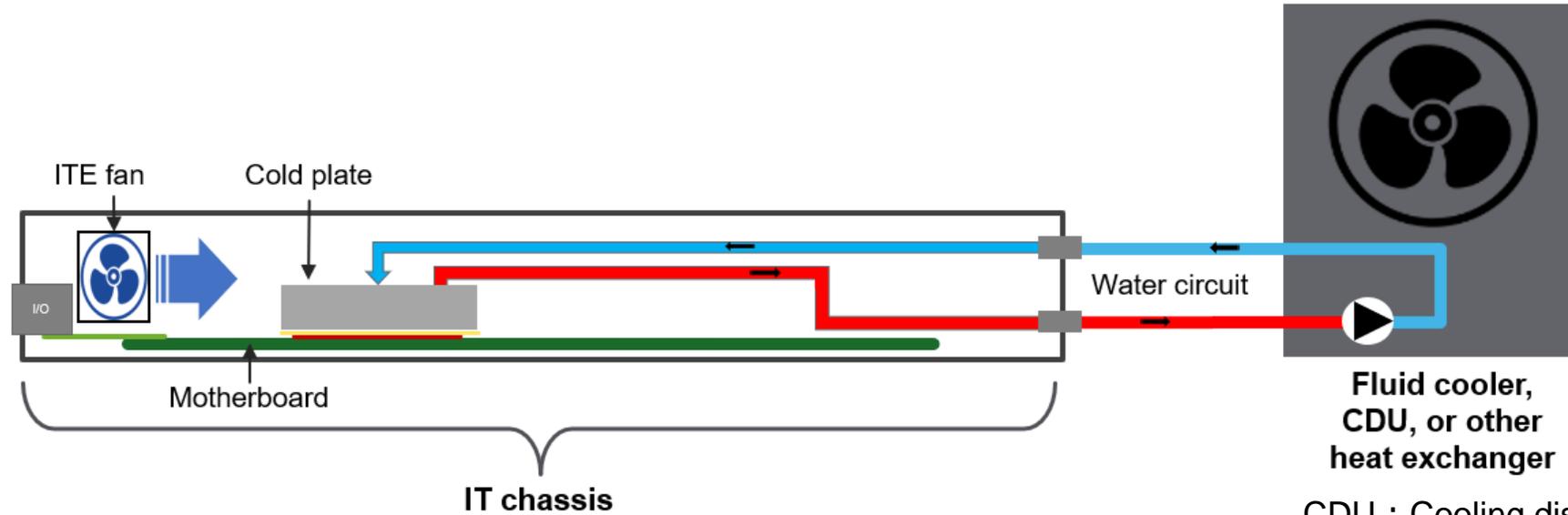
直接接触ヒートシンク式液冷却

From The Green Grid White Paper 70



液体をヒートシンクに流し、直接接触したチップを冷却する

直接接触式ヒートシンク液冷却 – 単相

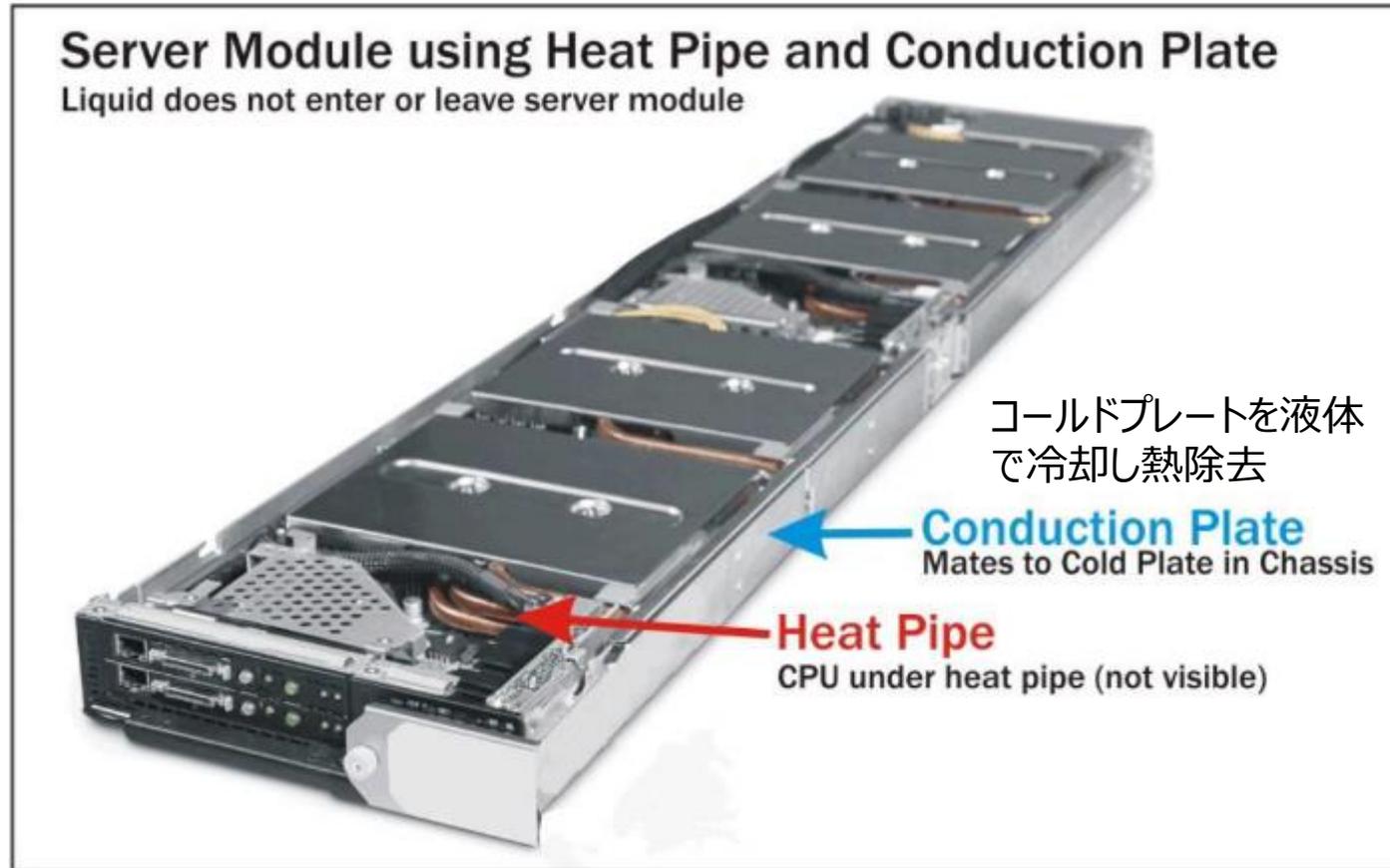


CDU : Cooling distribution unit

設備側から供給される冷却水の温度や配水先をコントロールする装置

- 現状最も普及している液冷方式
- 最も高温のチップを冷却することができる
- 水はチューブでCPUやGPU等の上に配置されたコールドプレートに分配され、液体は直接IT機器には触れない
- 熱の65-90%を液体で除去、サーバーのファンは必要だが、低速運転
- 水は、液マニホールドを介してサーバーに分配され、通常はドリフプレスコネクタにて接続
- ほとんどのシステムはCDUから加圧システム (< 2 bar) を介して送水
- 漏れ防止システム (LPS) を搭載したCDUは既に存在し、吸引で大気圧以下とし、水を循環させています

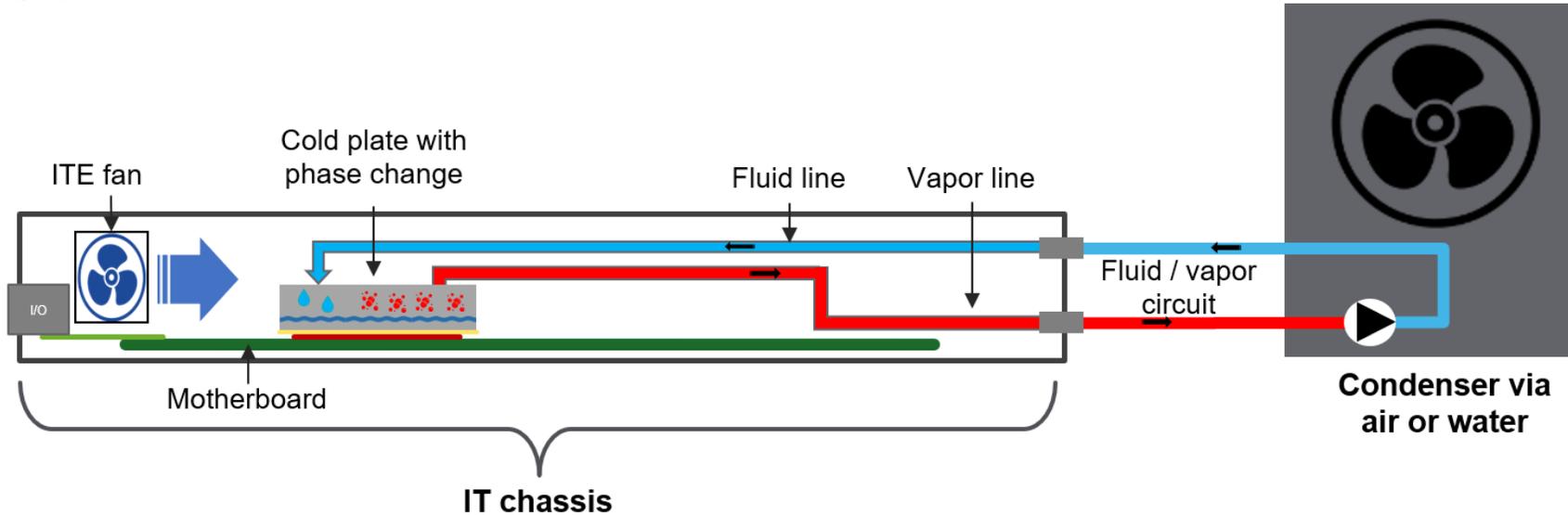
From The Green Grid White Paper 70



サーバーオンボード部品の冷却はヒートパイプで行う

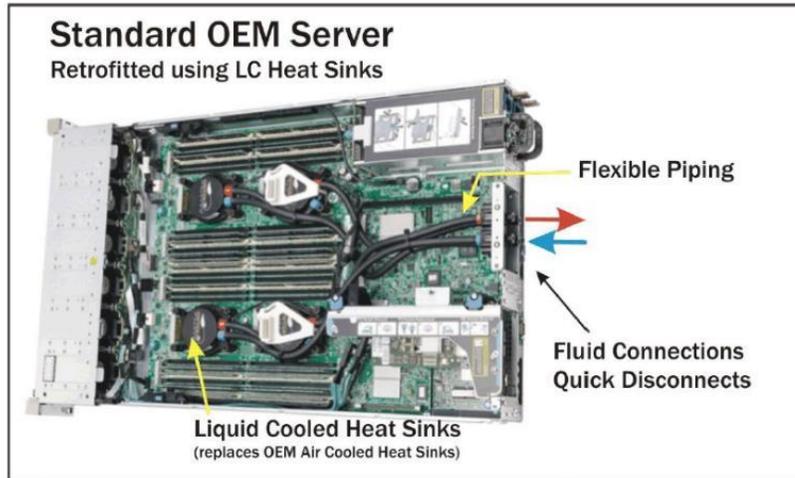
直接接触ヒートシンク式 – 2 相タイプ

冷媒使用



- 50°Cでの相変化を利用
- CPUやGPUのコールドプレートにチューブで液体を供給
- 熱の65-80%を液体で除去する。(メモリの冷却はまだ不可能) **サーバファンは引き続き必要**
- **水漏れの心配がない**
- **液体は誘電体であり、相変化を伴う**
- **最も高温のチップを冷却できる (と宣伝されている)**

直接接触ヒートシンク式液冷却



From The Green Grid White Paper 70

液体を冷却ジャケットに流し、直接接触したチップを冷却する

対応品が既にサーバーメーカーからラインナップされており、発熱量が高いGPUサーバーなどは水冷が推奨されている
現在、1割程度のラインナップだが今後増え3割程度になる予定
冷却ジャケット組み込みサーバーもあり、メーカー保証付き

直接接触式のメリットとデメリット

PROs

- ✓ 対応品のサーバーが既にラインナップされている
- ✓ 既成品のラックが使える
- ✓ 空冷とほぼ同等のメンテナンス作業でOK

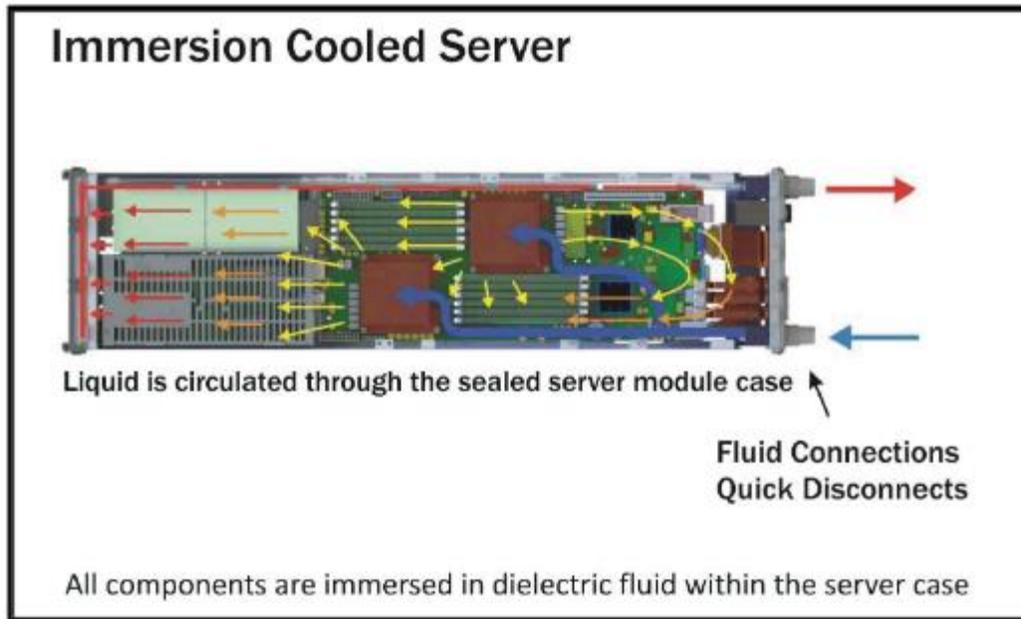
CONs

- ✗ 全ての熱を除去できないので、空冷設備が必要
- ✗ 漏水対策 (Leak prevention systems)の追加コストと運用費
- ✗ サーバーファンが残る

浸漬型液冷却

From The Green Grid White Paper 70

IT シャーシ式液浸



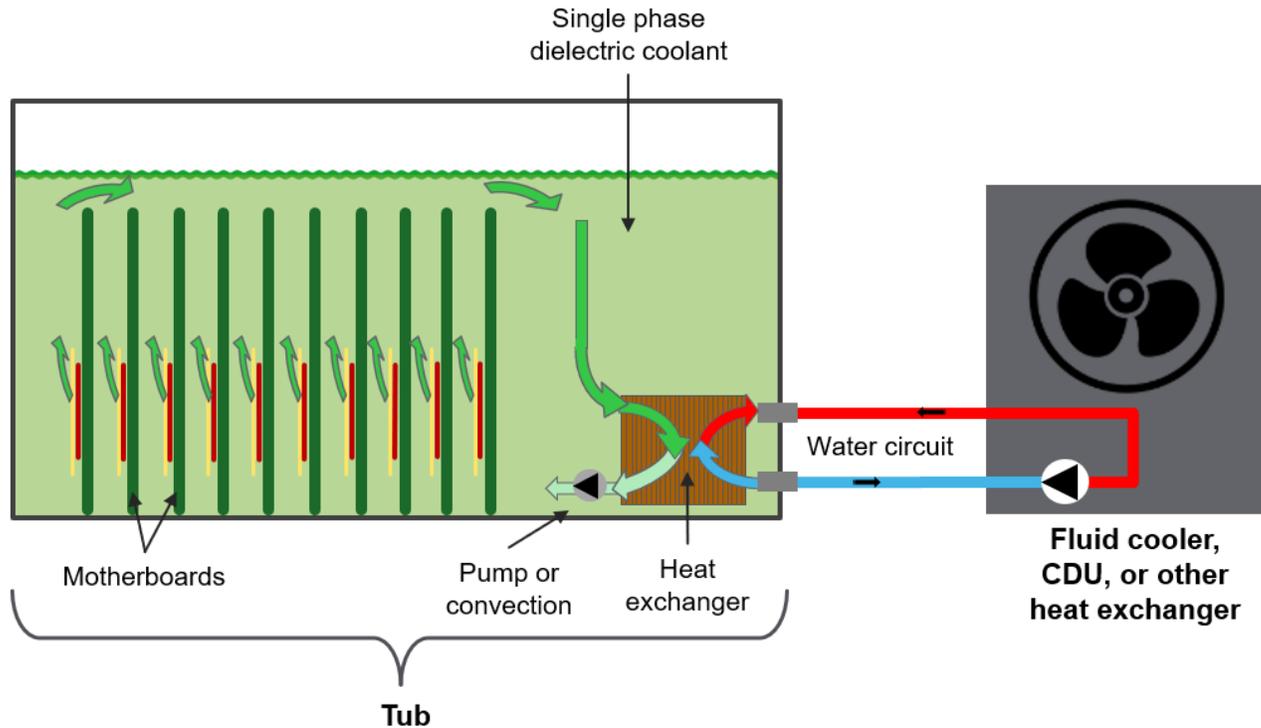
タンク式液浸



Photo courtesy CGG Geoscience and Green Revolution

浸漬型 – タンク式/オープンバス - 単相

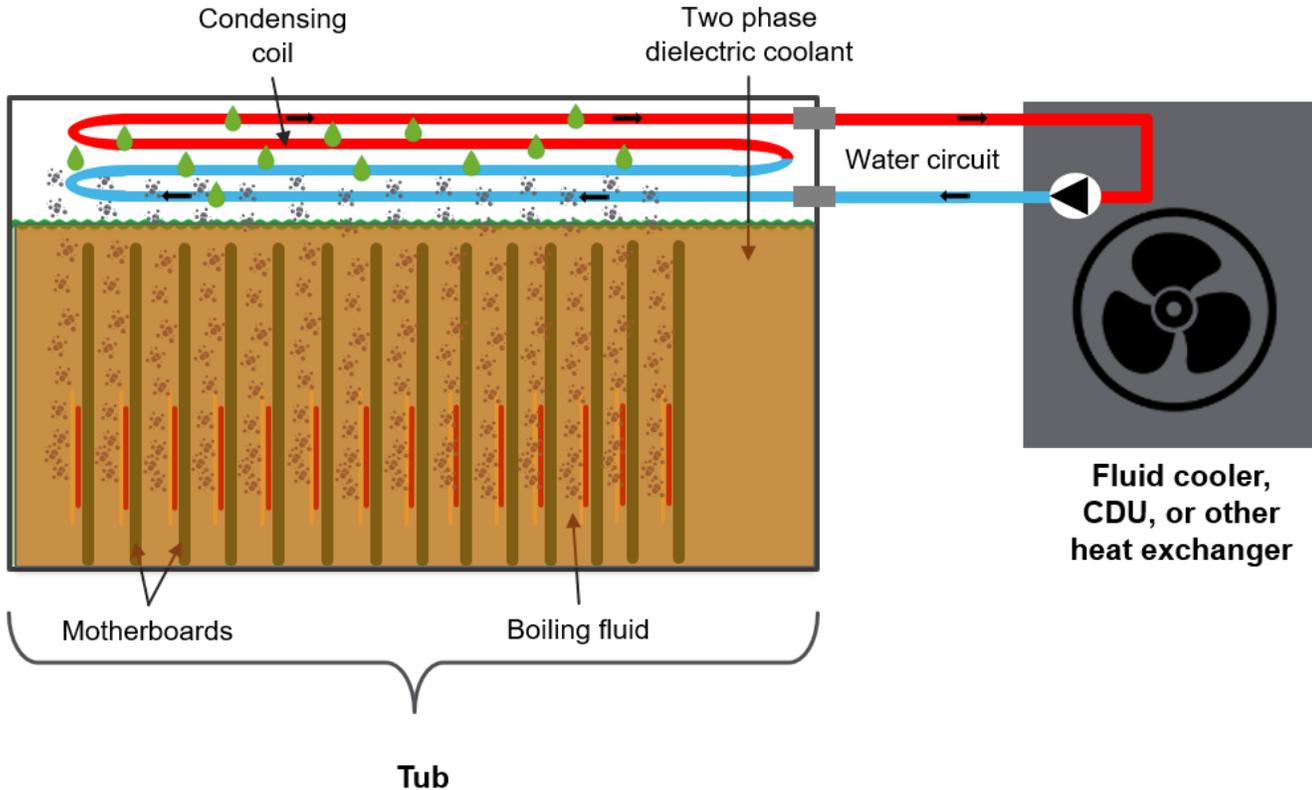
多くは油浸冷却を採用



- 特殊なバス設計
- IT機器の熱の95%以上を液体で除去
(残り5%は配線などの補器電力)
- 現在、中程度のチップを冷却することが可能
- 多くの液体を必要とする
- コスト効率の良いオイルベースの誘電体が一般的
- ファン不要、誘電体液の循環はポンプか自然対流を利用する
- サーバーに油がついており、メンテナンスが課題
- 非常にシンプルなシステムで、費用対効果も高い

浸漬型 – 2相

冷媒系の液体を使用し、タンク内で蒸発、凝縮の相変化を伴う



- 特殊な浴槽設計
- サーバーはカバーを外し、ブラケットに吊り下げ
- IT機器の熱を95%以上除去します。
- 多くの液体を必要とする
- 高価なフッ素系誘電体液を使用。
- ファンやポンプは不要。沸騰相変化で液体を循環
- サーバーを液体から取りだすと、すぐに乾燥する為、クリーンな環境で作業できる。
- GWPが高い為、システムを密閉しておくことが重要

浸漬型液冷却



タンク浸漬型
 サーバーそのものをタンク内に満たした液体に浸漬
 ファンを取るので、サーバー側で特殊ソフトが必要となる
 改造によりサーバーのメーカー保証がなくなるため、別会社での保証スキームが必要

Photo courtesy CGG Geoscience and Green Revolution

タンク油浸型のメリットデメリット

PROs

- ✓ シンプルデザイン
- ✓ コスト効果が高い
- ✓ 全ての排熱を除去し、ファンが不要となる

CONs

- ✗ 油タンクのメンテナンスが大変（オイル交換）
- ✗ タンク重量が重くなる為、床耐荷重の確認
- ✗ タンクの段積み不可

冷媒系ではGWP高い、液体が高価というデメリットもある

それぞれの特徴を合わせ持つシステムも存在します

直接接触式ダイレクトチップ^o

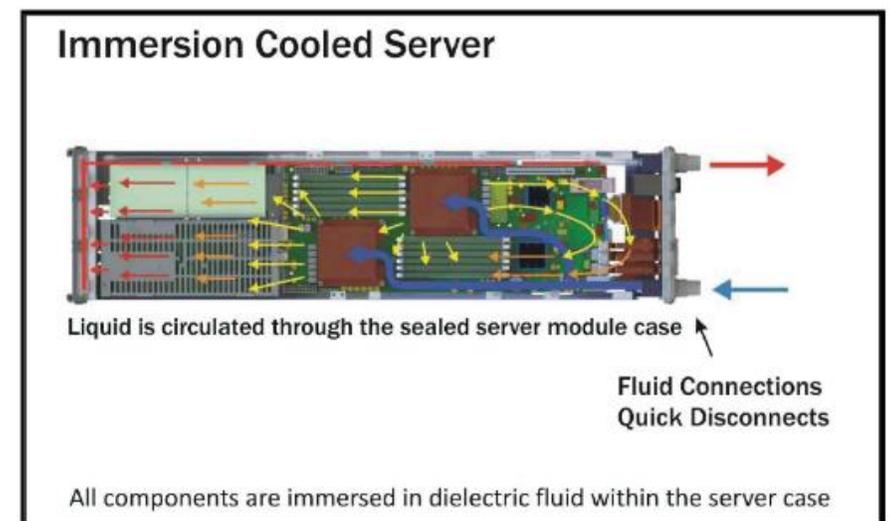
- メンテナンス性良い
- サーバラックへの収納ができる

Cost-effective,
high efficiency,
reliable, fan-
free cooling

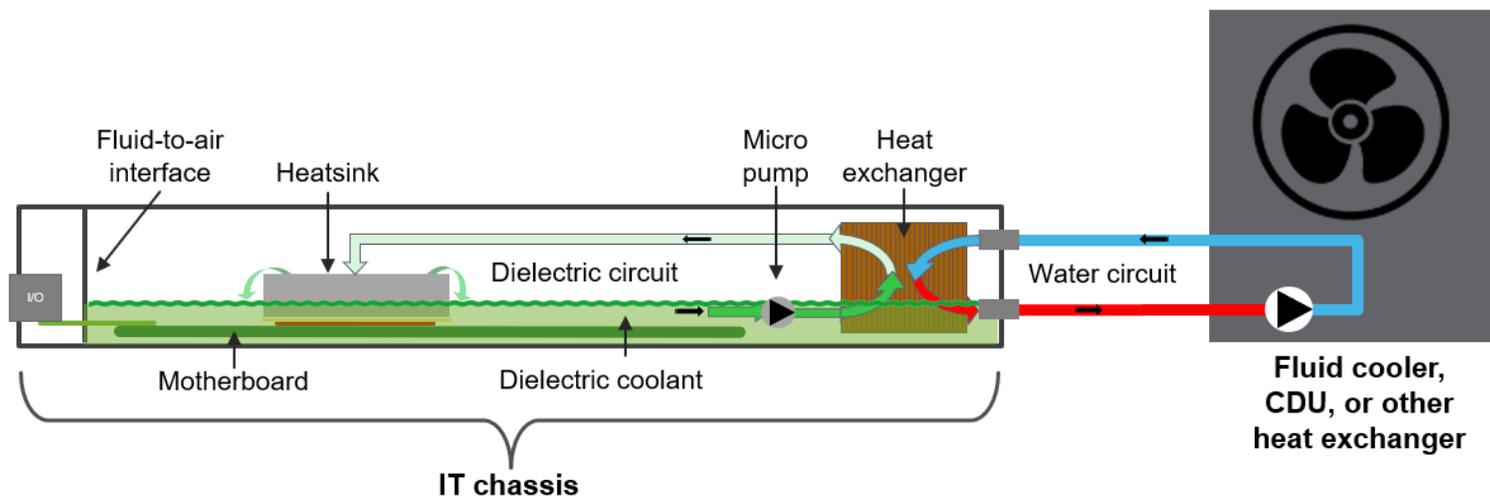
タンク浸漬型

- 包括的に全ての排熱を除去
- シンプルな設計

THE ANSWER... ITシャーシ式液浸



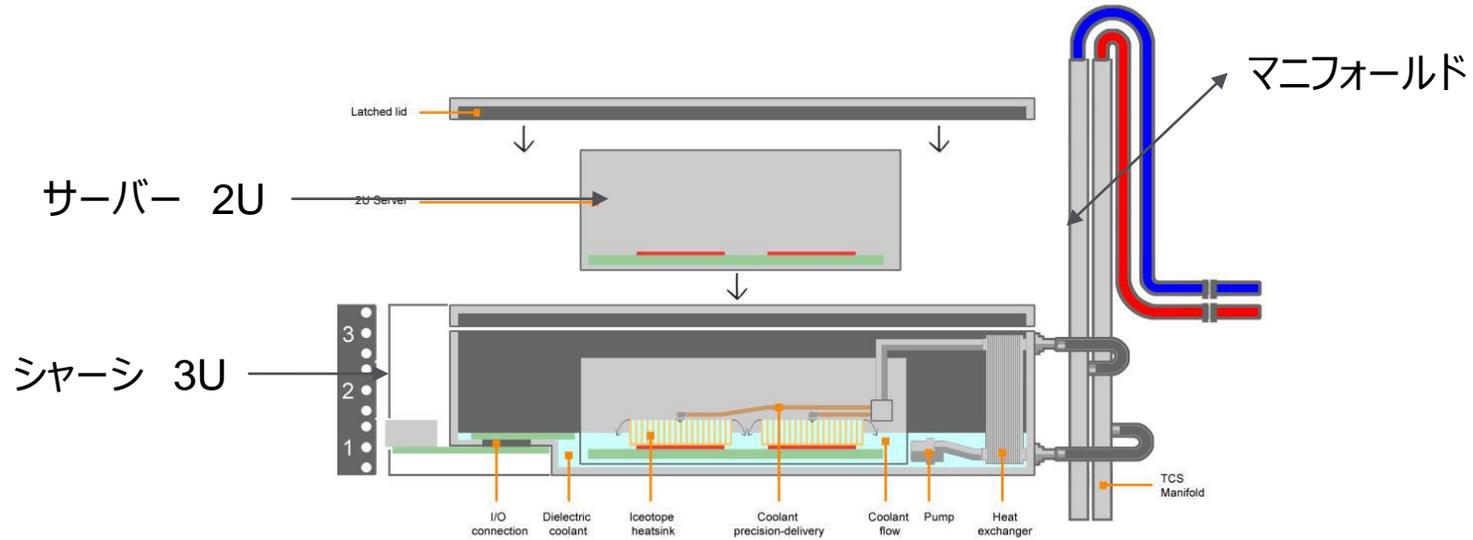
ITシャーシ式液浸



- ◆ サーバーの熱を液体で95%以上除去し、ファンは不要
- ◆ 誘電体液の使用を最小化（フル充填ではなく半量）
- ◆ ダイレクトチップ方式と同じように、水配管に接続
- ◆ 40°Cでも冷却可能、チラー不要
- ◆ 密閉型シャーシ設計、密閉されているので、液体が汚れない
- ◆ 冷却に水を消費しない
- ◆ 省エネ PUE < 1.06



現状のデザイン



W600



幅600mmで標準ラックサイズと合わせているが、強度等を考えるとW750mmは必要

2UのGPUサーバーを3Uの液浸シャーシに搭載
横幅は21インチとなり、標準19インチラックには搭載不可
特殊ラックは必須、全体的に特注品が多く、値段が高価となる
課題がある

こちらの浸漬も改造によりサーバーのメーカー保証がなくなるため、
サイバーメーカー協業、または別会社での保証スキームが必要

⇒全世界での採用が進めばマスマリットも出てくる

液体冷却の効果

Save Space & Capex

- **液体で冷却する為、HACS、CACs、フリアクが不要**
- 冷水を各サーバーに分配するためのコストは増加しますが、従来のチラーやCRAHは不要、トランスやスイッチギアなどの**電力系統機器のサイズダウンが可能**

Save energy

- 冷却に45℃の水を活用できるため、多くの気候で**1年の大半をコンプレッサーレスで冷却できる**
- 液冷のもう一つの利点は、**ITファンの消費電力を削減**できることです。これは4～15%の節約となります

Save water

- **蒸発式冷却塔を使用しなくてもあらゆる地域で冷却水の供給が可能**

シュナイダーエレクトリック芝浦オフィス Showroom



液浸シャーシ（ダミーサーバー）の実機展示

Life Is On

Schneider
Electric