



モジュール性：CDU採用における長期的な成功の秘訣

liquidstack®

新たなフェーズへ：進化する冷却の課題

次世代のGPUプラットフォームをはじめとする高密度ワークロードの登場により、熱管理は従来の空冷の限界を超えつつあります。その結果、液体冷却、より具体的には、ダイレクトチップ冷却（以下DTC）が、AIデータセンターの運用の基盤となりつつあります。

しかし、開発者や事業者がDTCの導入を進める中で、課題はもはや「液体冷却を導入すべきか否か」ではなく、「インフラの再設計を何度も繰り返すことなく、いかに確実かつ効率的に拡張（スケール）していくか」に移っています。そして、数ある検討事項の中で最も重要なのが、インフラの拡張性、柔軟性、そして長期的な存続可能性です。すべてのDTC液体冷却システムにおいて「心臓」として機能する冷却液分配ユニット（Coolant Distribution Unit、以下CDU）は、現代のAIインフラにおける最重要テクノロジーの1つです。

結論として、モジュール式のCDU設計こそが、**予測可能な拡張、導入の効率化、資本効率の向上、そして液体冷却環境における長期的な成功に不可欠です。**

本記事では、CDUの仕組み、モジュール性が極めて重要である理由、そして事業者が初期の導入段階から数MW規模のAI環境にいたるまで、冷却インフラを予測通りに拡張していく方法について詳しく解説します。

CDUとは何か、なぜDTC導入において重要なのか

CDUは、DTCを支える中核技術です。この高度な装置は、システム全体に冷却水を循環・制御し、現代のAIワークロードに必要な熱安定性を維持します。DTCシステムにおいて、CDUは液体冷却運用のコントロールセンターとして機能し、以下を管理します。

- ・施設水（一次側）とITループ（二次側）の間の熱交換
- ・流量、圧力、および温度の制御
- ・冷却水の品質とシステムの信頼性維持

ラックあたり100kWを超えることも多い高密度環境では、CDUの精度と信頼性が、パフォーマンス、稼働時間、および運用のレジリエンス（回復力）に直結します。しかし、すべてのCDUアーキテクチャが同じように作られているわけではありません。その基礎となるアーキテクチャによって、進化するAIインフラの要件や数MW規模の展開にいかに効果的に対応できるかが決まります。

液体冷却システムにおいてCDUは中心的な役割を果たすため、導入にあたって適切な装置を選択することの重要性はいくら強調してもしすぎることはありません。パフォーマンス、稼働時間、そして効率性に直接影響を与えるこの極めて重要なインフラは、目の前にある課題だけでなく、将来の要求にも対応できるように構築されている必要があります。CDUのアーキテクチャは極めて重要であり、その「モジュール性（分割・共通化構造）」は、目先の運用と長期的な成功の双方にとってミッションクリティカル（不可欠）な要素なのです。

従来のCDU設計における問題点

歴史的に、多くのCDUは中央集権型の単一構造（モノリシック）システムとして設計されてきました。このアプローチは機能的ではあるものの、特に急速に拡大するAI環境においては、目先および長期的な運用の成功を脅かす制限や制約をもたらす可能性があります。主な制限には以下のものが挙げられます。

- ・**過剰投資（オーバープロビジョニング）**：将来の予測需要に基づいて事前に容量を導入する必要があり、資源の無駄遣いにつながります。
- ・**非効率なスペース利用**：大型の集中型ユニットは貴重なグレイスペース（設備機械室など）を消費し、設置面積の制約から全体の容量を制限します。
- ・**限られた柔軟性**：従来のモノリシックなCDUで容量を拡張する場合、大幅なシステム再設計やダウンタイムを伴うことがよくあります。
- ・**デッドキャパシティ（容量の埋没）リスク**：段階的な拡張ができないため、予測通りに成長しなかった場合、使用されない冷却容量がアイドル状態のまま放置されるリスクがあります。

ワークロード、ラック密度、そして導入スケジュールがますます予測不可能になっている環境において、これらの制約はどれもコスト高を招く要因になります。そして、これらが積み重なると、データセンターの運営を成功させる上で深刻な問題を引き起こしかねません。

従来のCDUアーキテクチャでは、拡張フェーズを迎えるたびに再設計や過剰構築を迫られることが多く、それが不必要な導入の複雑化を生み出し、資本の埋没（無駄な投資）を発生させてしまうのです。

モジュール性：CDU設計へのよりスマートなアプローチ

モジュール式のCDUアーキテクチャは、標準化されたビルディングブロック（構成単位）によって段階的かつ反復可能なインフラ導入を可能にし、従来のモノリシックな設計に見られた「一括導入」モデルからの脱却を実現します。実務的な観点から言えば、モジュール性とは需要の拡大に応じて個別のユニット単位で容量を追加できることを意味し、全体の開発スケジュールを市場の実態やAI導入の需要と完全に同期させることができます。また、導入構成の柔軟性が大幅に高まり、ラックレベル、列（ロウ）レベル、またはゾーンベースの冷却に対応できるようになります。

さらに、モジュール式システムは「プラグアンドプレイ」方式の拡張を前提に設計されているため、ダウンタイムがほとんど、あるいはまったく発生せず、業務への支障も最小限に抑えられます。現在、多くの事業者が2.5MW規模の導入から10MW、さらにはそれ以上へと、冷却インフラを効率的に拡張できる反復可能な数MW展開戦略を採用し始めています。

より技術的な視点で見ると、モジュール式CDUには一体型構造には見られない、以下のような価値ある機能やケーパビリティが組み込まれていることがよくあります。

- ・分散型ポンプシステムによる局所的流量制御
- ・拡張可能な熱交換器容量
- ・システムの回復力（信頼性）を高める冗長モジュール

その結果、データセンターの成長スピードから先走ることも、遅れることもなく、常にその歩みに合わせて進化し続ける冷却インフラが実現します。

スペースの最大化と将来への備え

現代のデータセンターにおいて、スペースは収益そのものです。インフラ設備に割り当てられる1平方フィートは、IT機器（サーバー）を設置できないスペースを意味します。従来のCDU設計は設置面積が大きく集中配置されるため、ホワイトスペース（IT機器エリア）とグレースペース（電気・機械設備エリア）の両方を圧迫してしまうという課題がありました。

モジュール式CDUは、小型で分散配置が可能なフットプリントを採用し、実際の熱負荷（サーバー）の近くに展開できるようにすることで、この状況を一変させます。ユニットが小型化されたことで、貴重な床面積が解放され、配置やレイアウトの柔軟性が大幅に向上します。

結果として、1平方フィートあたりの計算密度（コンピュート密度）を高めることが可能になり、施設の経済的パフォーマンスを直接的に向上させます。ここまではすでに明確になっているメリットですが、現在データセンター事業者が直面している最大の課題の1つは「不確実性」です。

AIワークロードは急速に進化を遂げており、GPUアーキテクチャや熱プロファイル（発熱特性）は世代ごとに変化し、ラック密度は予測不可能な形で上昇し続けています。モジュール式CDU設計は、この不確実性にいくつかの方法で対処するための拡張可能なフレームワークを提供します。

- ・冷却能力は実際の需要に応じて拡張可能
- ・システム全体を交換することなく新しいハードウェア要件に適応可能
- ・インフラの陳腐化を防ぎ、ライフサイクル価値を延長可能

最終的にモジュール性は、事業者が現在のスペースを最大限に活用できるようにすると同時に、将来の未知の要求に対する備えを可能にします。

事業者が開発期間の短縮とAI展開のさらなる大規模化を推し進める中、実際の導入需要に合わせてインフラを段階的に拡張できるこの能力は、ますます重要になっています。

そして、これら双方の能力こそが、今日の競争が激しく変化の速い市場で成功を収めるためのミッションクリティカル（極めて重要）な要素なのです。

運用のメリット：稼働の維持、継続、そして最適化

モジュール型CDUシステムは、データセンターの最適化に決定的な差を生む、極めて大きな運用上のメリットをもたらします。まず何よりも、稼働中の（ライブ状態の）ワークロードを停止することなく、冷却容量の拡張が可能です。また、分散型のモジュール方式を採用することで、システム自体に冗長性を持たせることができます。万が一、1つのモジュールがメンテナンスを必要とする場合でも、他のモジュールが稼働を継続します。

さらに、標準化されたモジュール・アーキテクチャは、設計、試運転、そして将来の拡張プロセスを簡素化し、導入までのタイムラインを大幅に短縮（スピード導入）することに貢献します。モジュール型ソリューションは、保守性（サービス性）の観点からも非常にシンプルです。システム全体をシャットダウンしたり、オーバーホール（大規模分解修理）を行ったりすることなく、個々のモジュール単位でのメンテナンスや交換ができるためです。これらのメリットを総合すると、稼働率（アップタイム）が大幅に向上し、より強靱なデータセンター運用（レジリエンス）へと直結します。こうした特性は、AI、エッジ、ハイパフォーマンス・コンピューティング（HPC）に求められる『常時稼働』の環境において、ますます不可欠な要素となっています。わずか1秒のシステム停止が即座に損失（減収）に繋がる今の時代、稼働を止めずに拡張できる価値は、単なる『便利さ』の域を超え、企業の最終利益（ボトムライン）そのものを守る決定打となります。

モジュール式CDU設計に対するLiquidStackのアプローチ

モジュール性がベストプラクティス（最善策）として広く認知されつつある一方で、すべての製品が同じレベルのパフォーマンス、拡張性、あるいは導入の柔軟性を備えているわけではありません。LiquidStackのGigaModularアプローチは、高密度でミッションクリティカルなAI環境を支えるために、ゼロから設計・構築されています。

業界初のモジュール式CDUプラットフォームであるGigaModularは、導入リスクを最小限に抑え、インフラの度重なる再設計を回避しながら、2.5MWから最大14MWの規模まで予測通りに拡張することを可能にします。

LiquidStack社のモジュール式CDUソリューションは、以下の目的を達成するために設計されています。

- ・数MW規模のDTC導入に合わせて効率的に拡張する
- ・新築および既存設備の改修（レトロフィット）の双方をシームレスに統合する
- ・次世代GPUワークロードに対して高精度な熱管理を提供する

モジュール式アーキテクチャと、これまでに培われた液体冷却の専門知識を組み合わせることで、LiquidStackは事業者が以下のメリットを享受できるようにします。

- ・スペース利用の最適化
- ・初期資本要件（設備投資）の削減
- ・進化し続ける需要に対してインフラを将来にわたって対応させる

LiquidStackは、モジュール性を単なる「追加機能」として扱うのではなく、長期的なパフォーマンスと適応性を支える核となる設計原則として位置づけています。

そして忘れてはならないのは、「真のモジュール性」を備えたソリューションと、単に「名ばかりのモジュール式」にすぎないソリューションを明確に区別することが極めて重要である、という点です。

「真のモジュール式」と呼ぶにふさわしい製品であるためには、CDUは少なくとも以下の項目（チェックボックス）を満たしている必要があります。

- ・拡張性（スケラビリティ）：システムの稼働を中断することなく、容量をシームレスに追加できるか？
- ・統合性（インテグレーション）：既存の施設が持つ制約の範囲内で、CDUが適切に機能するか？
- ・保守性（サービスアビリティ）：各コンポーネントにアクセスしやすく、メンテナンスが容易であるか？
- ・信頼性（リライアビリティ）：高負荷での連続運転を前提としたシステム設計になっているか？

戦略的必須要件としてのモジュール性

AIデータセンターがますます過酷になるワークロードに対応して進化するには、冷却インフラもそれとともに進化しなければなりません。AIインフラへの投資を行う組織にとって、モジュール性は拡張性、レジリエンス（回復力）、そして経済的効率性を兼ね備えた成長を実現するための戦略的必須要件になりつつあります。LiquidStackのGigaModularアーキテクチャのようなプラットフォームを採用することで、事業者は初期の導入段階からGW規模のAIキャパシティにいたるまで、需要の拡大と完全に歩調を合わせながら、インフラを予測通りに拡張していくことが可能になります。

