

# スパコンの消費電力の温度依存性と節電への応用

岩橋 建輔

自然科学研究機構 分子科学研究所 技術推進部

## 1. はじめに

近年電気単価が高騰しており、多くの電力を使うスパコンでは電気代が予算を圧迫している。使用する電力を減らすための方法として最初に浮かぶものは、一部のノードを停止するかCPUの動作クロックを下げるというものである。前者については運用上行わず、後者については昨年報告<sup>[1]</sup>をした。

それ以外の方法で節電できる方法を模索していたところ、スパコンで使用されているコア数と電力を過去3カ月のデータと共にグラフにして可視化(図1)したものがヒントとなった。今回はそのことについて報告する。

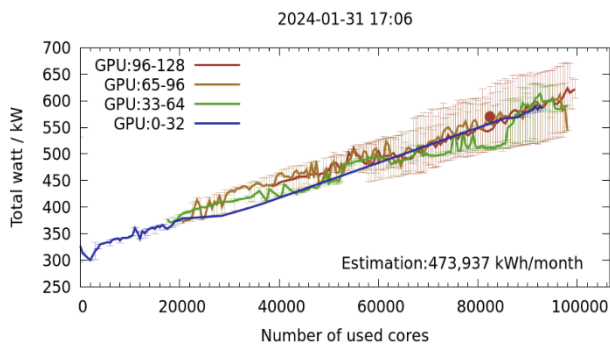


図1 使用CPU,GPU数と消費電力の関係

## 2. 過去5年の電力単価

昨年の報告<sup>[1]</sup>でも過去の電力状況について触れたので今回の報告ではこの一年の動向について言及する。

2024年度の電力単価は前年に比べて上がっている(図2)。その要因の一つとしては5月に再生可能エネルギー発電促進賦課金単価が1.40円/kWhから3.49円/kWh(2022年度並み)に引き上げられたためである。それ以外には研究所と中部電力との間の契約の変更に伴うものがある。最大需要電力の契約を引き下げて電力単価を抑えた一方で基本料金の割引が縮小され、全体では電力単価が上がることとなった。

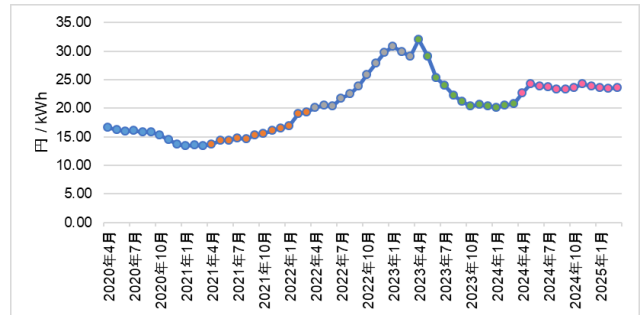


図2 過去5年の電力単価

## 2. スパコンの冷却システム

図3は2024年度現在のスパコンの冷却システムである。現在のシステムの特徴は空調機を使わずに旧システムの冷却塔(チラー無し)のみで運用可能な点である。冷却塔で冷やされた水はCDU(Cooling Distribution Unit)とARCS(Adaptive Rack Cooling System)の2か所のいずれかを通る。CDUでは二次冷却水と熱交換が行われ、二次冷却水でCPUやGPUを直接冷却している。メモリやInfiniBandなど直接水冷できない部品から発する熱はARCSで冷やされた空気で空冷される。

5台の空調機は二世代之前のシステムで使用していたものであり、定格では計82kWの消費電力となっている。仕様上は使わなくても安定運用できるはずなので、入室作業時以外は極力使用しない運用としていた。しかし、夏場においては部屋の室温が40度近くにまで達したため、1時間ほど空調機を稼働させる必要があった。

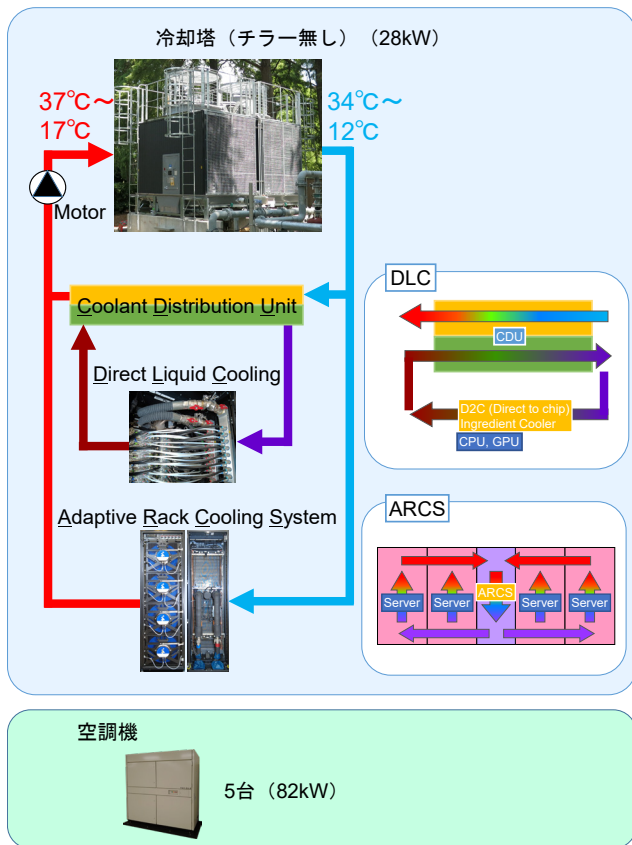


図3 スパコンの冷却システム全体像

### 3. スパコンの消費電力と温度の関係

気温が上昇するにつれスパコンの消費電力が上がっていると感じたため、解析を行った。スパコンに直接関係する温度は入りの冷却水の温度もしくは出の冷却水の温度であるので、それぞれの温度依存性については図4、図5のようになった。冷却水の温度上がることにより消費電力が増えることが明確となった。

例えば 10 万コア使用時に入りの冷却水の温度を 32 度から 16 度に下げることができたとしたら約 90kW 消費電力を下げることができる。同様に出的冷却水の温度を 38 度から 22 度に下げることができたとしたら約 110kW 消費電力を下げることができる。

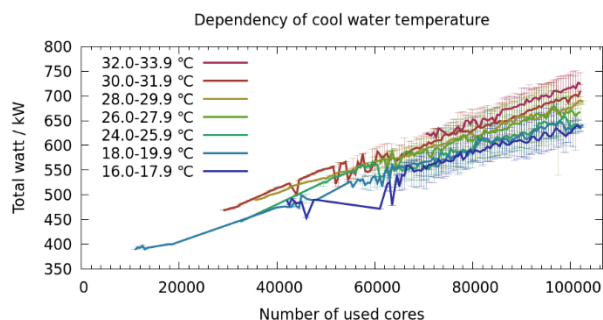


図4 入りの冷却水温度と消費電力の関係

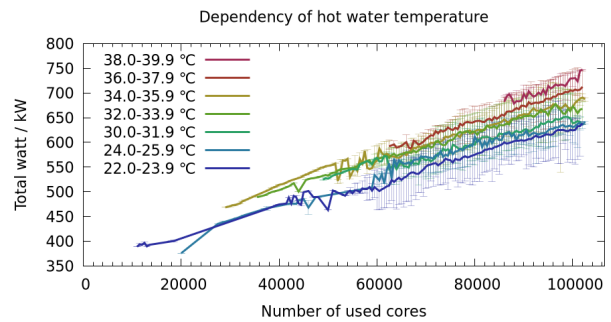


図5 出の冷却水温度と消費電力の関係

### 4. 空調機活用による消費電力の削減

空調機の消費電力は室内と室外の温度差に相関があることが知られている。室外の温度の方が低い場合は送風や冷媒の循環のための電力が大半となっている。既設の空調機2台を室外の温度が低い場合に稼働させたときの消費電力は約 6kW であった。

空調機を使って室温を下げることであれば間接的に出の冷却水の温度を下げ、スパコンの消費電力を下げることを期待される。スパコンの消費電力の下げ幅の方が空調機使用による消費電力の上げ幅よりも大きければ節電となっている。

このような考察により、夏場に空調機の温度設定を 29 度にして稼働させた。もし空調機を稼働させなかった場合には排熱が追い付かず、出の冷却水の温度が 38 度を超えることも十分有り得ることもあり、その場合にも節電となったと思われる。

### 5. 温度上昇による消費電力増加の原因

原因としては2つのことが考えられる。1つ目はリーク電流によるもので、温度が高いと半導体からのリーク電流が増えるというものである。残念ながら定量的には測定できていない。2つ目は筐体にある空冷ファンが高速に回るようになることである。ファンの消費電力は微々たるものと思いがちであるが、1個で 12V 5.5A (=66W) のファン (図6) が4ノードあたり5個搭載されている。筐体の違うものあり正確ではないが演算サーバーは全部で 836 ノードあるので定格では 69kW となっている。これ以外にもストレージの筐体や他のサーバーもあるため、実際にはもう少し多くの消費電力増となっている。また、図4、図5で段階的に消費電力が増えていることから一定温度に達するとファンの回転数が段階的に増えるような仕組みになっていると想像される。以上のことからファンの回転数増が温度依存

の主要因であると推測される。

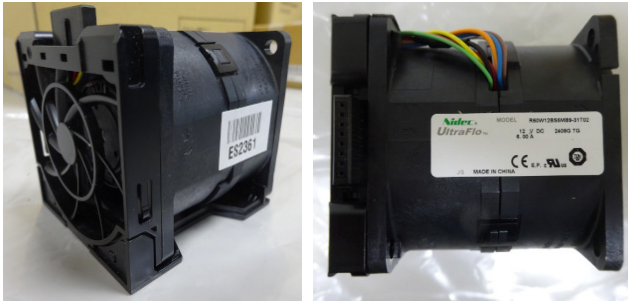


図6 演算サーバーの実際のファン

## 6. 電力使用量

以上の考察により 2024 年は夏場に一部空調機を 29 度設定で稼働させる運用で行った結果の電力使用量を図7に載せた。2023 年 4-11 月および 2024 年 11 月はターボブーストをオフにして運用しているため、消費電力は低くなっている。他には、4 月は年度切り替えのため運用が 2 日少なくなっていること、および 2 月は日数が少ないことが原因で他の月よりも消費電力が低くなっている。電力が多くなっている 2024 年 6-9 月については更なる空調機使用により電力削減できたかもしれない。例えば 8 月は 571MWh であったが空調機を定格で動かして 61MWh を使って 5 月並みの温度に設定できれば消費電力は 497MWh となり、少なくとも 13MWh 節電でき 30 万円程電気代を節約することができたと思われる。

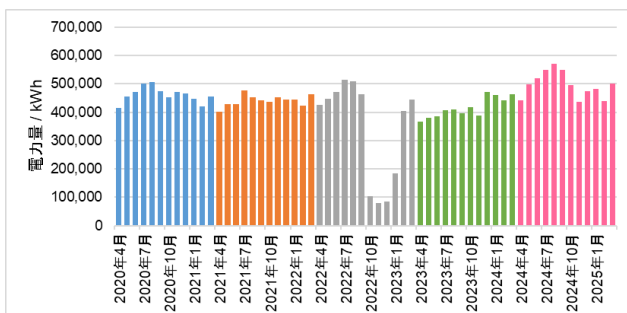


図7 過去5年の電力使用量

## 7. まとめ

空調機無しで運用可能なスパコンシステムにおいて空調機を使うことは余分な電力を使うものと思いついてきたが、実際には筐体内のファンが高速に回ることによる消費電力が増えることの考慮が欠けており、空調機を使った方が節電になっていることが明らかになった。

## 参考文献

- [1] 岩橋建輔 “スパコンの節電運用について” 令和 5 年度高エネルギー加速器研究機構技術研究会