

大阪大学スーパーコンピュータの電力コスト算定の仕組み

木越 信一郎¹⁾, 勝浦 裕貴¹⁾, 寺前 勇希¹⁾, 上野 雅矢¹⁾, 伊達 進²⁾

1) 大阪大学情報推進部情報基盤課

2) 大阪大学サイバーメディアセンター

kigoshi@cmc.osaka-u.ac.jp

Estimation Mechanism of Electric Power Cost for Supercomputing Systems at Osaka University

Shinichiro Kigoshi¹⁾, Yuki Katsuura¹⁾, Yuki Teramae¹⁾, Masaya Ueno¹⁾, Susumu Date²⁾

1) Department of Information and Communications Technology Services, Osaka University

2) Cybermedia Center, Osaka University

概要

大学において電力コストは重要な関心事であり、情報基盤の占める割合は無視できない。とりわけ、スーパーコンピュータは膨大な電力を必要とするため、ハードウェアおよびソフトウェアの整備だけでなく、財政的な観点においても安定的な運営・運用ができるように配慮する必要がある。本学のスーパーコンピュータでは、その利用に伴う消費電力相当分の利用負担金を利用者が支払う受益者負担の仕組みで運用が行われている。そのため、スーパーコンピュータ利用に伴う利用者からの収入と電気料金支出を把握することもまた重要である。しかし、大学と一般電気事業者間の契約に基づき大学に請求される電力コストは、ある一定のルールに従って各部局で負担する仕組みとなっているため、スーパーコンピュータ運用に伴う正確な電力コストの算出は、電気料金制度の仕組みを正しく理解する必要がある。本稿では、大阪大学と電気事業者の契約に基づく電気料金制度の仕組み、および、大学内での電気代負担分担の仕組みを記し、スーパーコンピュータの運営に関連する料金制度について今後の展望を記す。

1 はじめに

大阪大学サイバーメディアセンターは 1986 年からスーパーコンピュータを設置し、全国共同利用施設として全国の研究者・利用者のために科学技術計算のサービスを提供している。スーパーコンピュータを安定的に稼働させるためには、ハードウェアおよびソフトウェア障害に対する迅速な対応だけでなく、財政的な観点においても検討しておく必要がある。事実、2022 年度の電気代高騰は、スーパーコンピュータの安定的な運転・運用を阻害する主要因となっている。本学のスーパーコンピュータは、利用者の行う計算に必要となる消費電力相当の電気代を利用負担金としている。それゆえに、今日の燃料費高騰による電気代の急激な高騰は、スーパーコンピュータを安定的に運転・運用し、利用者に十分な計算資源量を提供することを財政的に困難にしている。それゆえ、財政的な視点からスーパーコンピュータの運転・運

用を安定的にするためには、スーパーコンピュータ設計時の電気設備・空調設備の消費電力に関する知識に加え、スーパーコンピュータの利用に伴い定常的に発生する電気料金がどのように決定され、実際の電気代の請求に至るのかの理解も必要である。とりわけ、スーパーコンピュータの電力量は極めて大きく、スーパーコンピュータの運用・運転を安定的におこなうためには、昨今のような電気代急騰時において早めの節電計画策定のため請求額の計算や予測に関する知識も必要である。本稿では、大阪大学と電気事業者の契約に基づく電気料金制度の仕組み、および、大学内での電気代負担分担の仕組みを記すとともに、本学のスーパーコンピュータの運営に関連する利用負担金制度について今後の展望を記す。

2 大阪大学の電気料金契約の現状

家庭向けの電気料金は 2016 年より電気料金の自由化が行われている。一方、企業や大学等の大

口需要家に対しては、2000年3月から電力自由化が行われている [1]。大阪大学の場合、毎年10月に大学本部が入札によりキャンパス全体の電力を供給する電力会社を選定している。過去の入札実績では大阪大学においては一般電気事業者である関西電力以外にも、いわゆる新電力といわれる小売電気事業者を含め幾度か供給事業者との契約実績がある。2021年度、2022年度においては、関西電力との契約となっている。

3 電気料金の構成要素

本学に請求される電力料金は、3.1項に示す基本料金、3.2項に示す使用量に基づく電気料金から構成される。以下、それぞれについて記す。

3.1 基本料金

基本料金は契約時に定まり契約期間中は変動しない。この基本料金は、本学の場合、3.1.1-3.1.3項に示す項目に細分され、次の式のようになる。

$$\text{契約電力} + \text{予備電力} - \text{力率修正}$$

3.1.1 契約電力

本項目は、電源供給を変電所から受ける際の最大契約電力 (kW) である(図 1(a))。この契約電力量は本学の1年間の契約期間で利用できる最大電力であり、これを原則として超えないものとして仕様を定め契約される。この契約電力に基づき、電気事業者の請求する月額金額が設定されている。

3.1.2 予備電力

本項目は受電している変電所の電線路における故障時に予備電線路に切り替え可能とするように電気供給を受ける場合に必要な料金である(図 1(b))。本項目は、前項と同様、kW 単位で契約時に月額金額が設定される。

3.1.3 力率修正

基本料金のうち 3.1.1 項の契約電力に対して力率に応じた割引・割増が毎月力率に応じて行われている。力率とは受電した電力が有効に活用された割合のことである。力率の改善の手法については本稿では詳細は触れないが力率を改善すれば契約電力の割引を得ることができる。

3.2 使用量に応じた電力料金

次に、本学請求される電気料金を構成する使用量に応じた電気料金は電力量 (kWh) での課金となる。仮に 1kW の電力を 1 時間使用した場合の電力量は 1kWh となる。本学においては高圧受電設備内の電気メーターで使用量を計量している。この使用量に対して 3.2.1-3.2.4 項に示す 1kWh あたりの単価の合計を乗じて使用量に応じた電力料金が次の式のように決定される。

$$\text{電気使用量(kWh)} \times (\text{電力使用料} + \text{燃料費調整単価} + \text{卸市場価格調整額} + \text{再生可能エネルギー発電促進賦課金})$$

3.2.1 電力使用料

電気事業者の入札により kWh 単価が契約されている(図 1(c))。契約期間中は常に一定で基礎となる契約単価である。本学の場合は使用時期に応じて夏季 (7~9 月期) とその他季でそれぞれ違う単価になっており、夏季は割高になっている。これ以外にも休日や夜間時間帯による割安な単価も設定されている。本学の消費電力量にこの kWh 単価を乗じたものが電力使用量として請求される。

3.2.2 燃料費調整単価

本項目は、燃料調整制度[2]に基づき電気事業者の発電コストに関する増減を調整するものである(図 1(d))。一般電気事業者でそれぞれ異なり、過去の原油・石炭・LNG の原料の貿易統計価格と為替レートに応じて毎月違う単価になる。決定スケジュールは関西電力管内の場合は毎月の月末に翌々月の燃料調整費が発表されている。この調整費は発表時の過去 3 ヶ月の貿易統計により算出されている。たとえば 1 月と 2 月と 3 月の貿易統計価格の実績から 4 月末に 6 月に適応される燃料調整費が発表になる。このため燃料費調整単価は 2 ヶ月先の予測が可能な指標となっている。この燃料費調整単価は、上述の kWh 単価に加算される。それゆえ、消費電力量に燃料費調整単価を乗じた金額が上乘せして請求される。

3.2.3 卸市場価格調整額

卸市場価格調整[3]の仕組みは 2022 年にできた仕組みで、日本卸電力取引所 (JEPX) のスポット市場価格に応じて電気料金変動する(図 1(e))。関

西電力の場合は2022年9月から制度が始まっている。本学は2022年10月の入札結果でこの契約メニュー体系に変更となってしまう、電力の卸売市場に連動した調整額が新たに発生することになった。関西電力の場合月末に翌月の単価が発表されている。

本項目は、上述の kWh 単価に加算される。それゆえ、消費電力量に卸市場価格調整額の単価を乗じた金額が上乘せして請求される。

3.2.4 再生可能エネルギー発電促進賦課金

再生可能エネルギーの固定価格買取制度[3]に基づき国内一律で家庭向け・法人向けも等しく1kWh単位で賦課される料金(図1(f))。毎年4月に翌5月から翌年4月までの1年間の単価が発表される。単価は1年を通して常に一定である。

3.3 電気料金の変動について

前項までで説明した電気料金の構成要素がどのように変動するかを示したものが図1である。このうち基本料金である3.1.1契約電力(a)3.1.2予備電力(b)は契約時に定まっており毎月の変動はない。ただし基本料金の(a)と(b)は大学としては毎月一定だが、本学では4.1で説明する最大使用電力に基づいて按分される。

使用量に応じた料金である3.2.1-3.2.4の単価のうち3.2.1電力使用料(c)は契約時に単価が定まっており毎月の単価変動はない。3.2.2燃料調整費(d)と3.2.3卸市場価格調整額(e)は、輸入価格や市場動向により毎月単価が増減する。3.2.4再生可能エネルギー発電促進賦課金(f)は年間で一定で図2のように5月のみ単価改定が行われる。

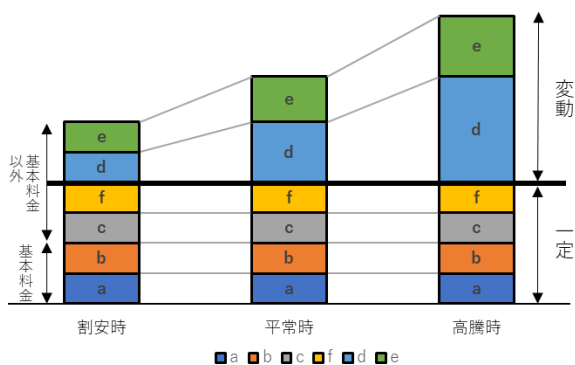


図1 電気料金の要素と単価の変動例

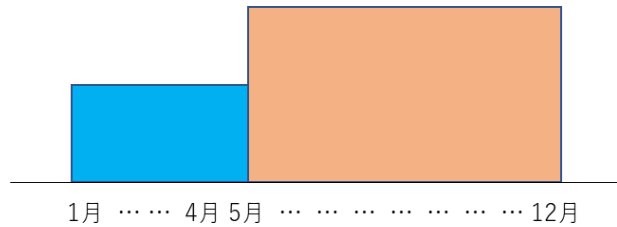


図2 再生可能エネルギー発電促進賦課金の変動例

4 大学本部からの請求

上述したように、毎月計量・請求された電気料金は一括契約を行っている大学本部に請求される。その後、学内の按分ルールに応じて各部局の予算から引き上げが行われる。次項では、本学の一般的な部局のケースにおける請求例を記載する。

4.1 基本料金に関する請求

本学の場合、3.1項の基本料金部分は各部局が請求月内で使った最大使用電力(kW)を用いて部局単位で比率に応じて按分されて請求される(図3)。最大電力は受電設備内のピーク電力を測定できるデマンドメーターで計測されている。それゆえ、スーパーコンピュータの利用率が高くなり最大使用電力量が大きくなると、部局に請求される基本料金部分が大きくなる。

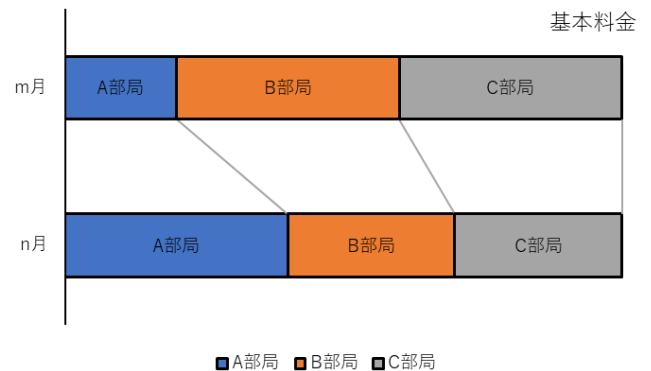


図3 基本料金の按分例

4.2 使用量に応じた請求

本学の場合、部局の電気使用量のメーターの使用量に応じて3.2項で説明した式のとおり請求されることになる。

5 スーパーコンピュータ運用と電力対応

前項までは電気料金算定や部局が電気代を引き上げられるまでを説明した。本項以降では本学サイバーメディアセンターのスーパーコンピュータ利用料金と電力料金算定や軽減などの電力対応の必要性を記載する。

5.1 スーパーコンピュータの負担金制度

本学サイバーメディアセンターのスーパーコンピュータ SQUID と OCTOPUS はともにポイント制度を採用している[5][6]。利用者はあらかじめポイントを購入しスーパーコンピュータを利用すると次の式で算出するポイントを消費することになる。

消費ノード時間×消費係数×季節係数

消費係数はスーパーコンピュータの種類別で異なり、例えば GPU のように大きな消費電力を必要とするものは高く設定されている。季節係数は 0 から 1 の値を期間に応じて設定できるように制度設計しており、スーパーコンピュータの需要を見据え、閑散期は 1 未満の値に設定して利用促進し、繁忙期の需要集中を分散するようにしている。このように本稿執筆時におけるポイント消費に関してはスーパーコンピュータの消費電力に関する部分はあるものの電気料金単価に関する考えは組み入れられておらず、昨今のような電力高騰期の単価高騰には対応できないのが実情である。

5.2 基本料に関連する電力対応

本学の場合、基本料部分は各部局が請求月内で使った最大電力(kW)を用いて部局単位で比率に応じて按分されて請求される。最大電力は受電設備内のピーク電力を測定できるデマンドメーターで計測されている。

スーパーコンピュータは通常のサーバと異なり需要により稼働ノード数を引き上げたり、引き下げたりすることができる。稼働するノードを少なくすればするほど当然節約となる。それ以外にも本学の場合は 4.1 項に示した基本料請求方法をとっているため、節約のためにピーク電力をカットする必要がある。例えばメンテナンス作業においてフル稼働運転や一斉起動を避けることや、高

い電力消費を伴うベンチマーク作業や短期で終わる並列度が極端に高いユーザ向けに行う全ノード運転は月末と月初めの 2 ヶ月に跨らないよう計画することも想定している。

5.3 電気使用量削減に関連する対応

本センターでは電力使用量を減らすためにスーパーコンピュータの動的節電を行っている。これはスケジューラの機能を用いてジョブが投入されずアイドル状態になっているノードを管理者や保守要員の手動対応を必要とせず自動的に電源を遮断し、必要に応じて再稼働させることができる。この対応は 2022 年度から着手して評価状態であるが、SQUID、OCTOPUS ともに高い計算需要があるため劇的な節電にはつながっていない。

5.4 決算期における電力対応

年末から年度末の決算期においては予算執行状況や利用料収入の動向把握をしながら電気料金の請求額の予想が必要となる。これは国や大学の予算が単年度決算で財源の次年度繰り越しの制約によるところが大きい。例えば 3 月末付近で高額の利用料収入を得ても簡単に翌年度に繰り越すことができない。つまり決算期はスーパーコンピュータの利用料収入と電気料金支出の収支バランスが取れるよう、収支計画を定期的に見直しスーパーコンピュータの稼働計画や節電計画を立案していく必要がある。電気料金の請求額予測は定期的に行うことが必要となり、常に月末発表される翌月以降の電気代単価情報を得ながら、場合により予測単価も加味し支出予定の電気代を算出する必要がある。特に年度末の直前では電気室での電気使用量の定期的な日常の計量情報も把握をしながら精度ある請求予測を行う必要がある。特に 2021 年度の電気代高騰期からは決算期は予算決算の部局会計事務担当者や電気料金請求情報を随時共有し、決算に向けての情報共有の体勢をとっている。

6 まとめと展望

本稿では電気料金の仕組みと電力を記載した。過去のスーパーコンピュータは消費電力も規模も現在と比べ小さく、電気代単価も安価な時代が長く続いていて技術職員は特に電気料金の精緻な把

握や予測は意識していなかった。しかし今後はそのような体制では基盤センターの財務状況を揺るがしかねず、電力価格を構成する資源エネルギー価格、為替相場、電力卸売価格等の市況情報の把握や、電力料金制度変更の動向把握等の知見を深める必要がある。それ以外にも持続可能なスーパーコンピュータ運営には負担金制度の従来のような硬直的な単価改訂ではなく、急な電力高騰期であっても柔軟に対応できる制度への改良も必要である。これらをもって電気料金高騰期においても安定的なスーパーコンピュータの運営を目指していきたい。

参考文献

- [1] 資源エネルギー庁,電力の小売全面自由化って何?,
https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/electric/electricity_liberalization/what/
- [2] 資源エネルギー庁,燃料費調整制度について,
https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/electric/fee/fuel_cost_adjustment_001/
- [3] 関西電力株式会社,卸市場価格調整について,
<https://biz.kepco.jp/elec/seido/marketprice/>
- [4] 資源エネルギー庁,固定価格買取制度について,
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/surcharge.html
- [5] 大阪大学サイバーメディアセンター大規模計算機システム,ポイント制度について,
<http://www.hpc.cmc.osaka-u.ac.jp/system/manual/point/>
- [6] 勝浦裕貴, 寺前勇希, 木越信一郎, 伊達進, スーパーコンピュータ OCTOPUS の混雑緩和に向けた取り組み, 大学推進 ICT 推進協議会 2020 年度年次大会, 2020 年 12 月.