The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	大学施設における消費電力の可視化 : 大阪大学CMCグリーンITプロジェクト
Author(s)	間下, 以大; 繁田, 浩功
Citation	サイバーメディア・フォーラム. 2011, 12, p. 31-38
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/70316
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

大学施設における消費電力の可視化
～大阪大学 CMC グリーン IT プロジェクト～

間下 以大（大阪大学 サイバーメディアセンター）
繁田 浩功（大阪大学 大学院情報科学研究科 情報システム工学専攻）

1．はじめに

大学組織は多くの学生や教職員を抱えるのみならず、各研究室や付属研究所、大学病院などの多くの施設を保有しており、CO2 排出量は各地域の事業所の中でも高い値を示している。大学施設の CO2 排出量削減は近年注目を浴びており、情報技術に関する CO2 排出量の削減についてや[1]、大学が排出する CO2 削減方法についての報告[2]がなされている。大阪大学の場合、CO2 排出量の約 70%は電力消費に起因している。すなわち、大学におけるエネルギー消費の削減には、電力消費の削減が最も効果的といえる。電力消費の 3 大要因は「空調」「照明」およびコンセントを経由した電力消費の大半を占める「IT 機器」であるが、大学の場合はこれに大規模な実験設備が加わる。各大学は省エネルギー運動を行っているが、消費電力は依然として漸増傾向にある。

大学における省エネルギー運動による消費電力の削減効果が成果を上げていない要因として、組織の多様性が考えられる。大学では、研究室ごとに使用している実験機器や活動時間帯が異なり、画一的な対策による消費電力の削減は難しいといえる。例えば、一般的には空調の設定温度による消費エネルギー削減が推奨されているが、温度管理が重要な施設や研究室は数多くあり、画一的に空調の利用を制限することはできない。このような状況が多々あり、各研究室単位での自主的な省エネルギー効果に期待せざるを得ない状態である。しかし、大学では一般に研究室が電気代を支払うという意識は少なく、電気とインターネットは只という考えが一般的である。消費電力の計測が行われている例もあるが、その粒度は契約している地区単位などであり、よくても建物単位程度である。そのため、各研究室での電力消費量などはわからず、学生や教職員の節約がどの程度効果を上げているのかもわからない。すなわち、大学の多様性のために、自主的な動きによるエネルギー削減を期待せざるを得ないが、各研究室が使用している電気代がどの程度なのかすら把握できず、自主的に動くための情報が不足しているという状態である。

大阪大学サイバーメディアセンターでも情報教育教室の開放数を利用者数に応じた変更や電源管理のスケジュール化によって消費電力の抑制に努めてきた。しかし、近年では横ばい状態、あるいは機器の更新による増加傾向にある。これ以上の消費電力の削減には、教職員、学生の意識喚起と、あらたに削減可能な消費電力の発見が必要であるが、先述の情報不足により難しい状態である。

このような消費エネルギー削減の難しさに対して、消費電力の可視化（見える化・見せる化）が有効であると考えられている。すなわち、各施設内での消費電力を計測、インターネットを通じて配信し、大学内の教職員、学生に見せることで先述の情報不足を補い、消費電力の削減を促すことができると考えられている。このような情報通信技術を用いた消費エネルギーの削減効果は SMART 2020 [3] で示されており、情報通信技術による大学の消費エネルギーの削減効果も大きいと期待できる。

このような情報通信技術と消費電力の可視化による消費エネルギー削減の試みとして、東京大学におけるグリーン東大工学部プロジェクト[4]や、カリフォルニア州立大学サンディエゴ校の Energy Dashboard[5]などがある。Energy Dashboard の試みでは、人の活動とあわせた分析が行われており、空調設備と気温の上昇による消費電力の増加や、夜間、週末、週日と変化しない基礎的な電力消費量について言及されている。また、データセンターを寒冷地の水力発電施設の近くに配置することで CO2 の排出量を抑制する試み[6]や、アイスランドにデータセンターを配置する[7]などという、大規模な CO2 排出量の抑制策もなされている。

可視化の際に重要と考えられるのが見える化、見せる化の手段とその効果である。消費電力計測の見える化によって期待できる効果は主に、

- **無駄の発見**：消費電力を計測、見える化によって最も削減しやすい消費電力の発見が期待できる。
- **消費電力の平準化**：1日の消費電力の変化とその用途を知ることでピーク消費電力の抑制手段の発見が期待できる。しかし、地域単位などの大規模な平準化には施設間や研究部門間での相互協力が必要な場合もあると思われる。
- **省エネルギー意識の持続効果の評価**：消費電力削減を呼びかけた場合の効果とその持続期間が得られると考えられる。すなわち、消費電力の削減を呼びかけた場合の効果の持続性を定量的に評価でき、消費電力の見える化により効果的な意識喚起のタイミングの発見が期待できる。また、見せる化の効果についても検証が可能と考えられる。

である。一方、消費電力の見せる化における狙いは、消費エネルギーをユーザに提示することで消費電力を削減しようという意識が呼び起こし、持続させることである。しかし、その見せ方によってはユーザの負荷が高くなり、結果的には消費電力の削減効果が得られないという場合も考えられる。そのため、見せる化の効果は削減された消費電力として評価し、最も効果的な見せる化手法とその効果の実証が重要である。

消費電力の可視化を行うにはその規模と粒度も重要である。建物単位での計測では、研究室で消費されている電力すら分からず、無駄の発見や各研究室の性質に応じた消費電力の削減策が発見しにくい。また、個人の省エネルギー行動の寄与率が見えず、省エネルギー意識の持続も期待できない。一方コンセント単位や利用機器単位での計測では、詳細な分析などには効果的であると考えられるが、すべてのデータを見せると可視化された消費電力を見るユーザの負荷が高くなる。結果として、その負荷の高さからユーザが見なくなり、消費電力の削減効果が得られないという場合も考えられる。消費電力可視化の規模と粒度はユーザの負荷だけでなく設置コストとも関係するため、実証は重要と言える。

このような消費電力の見える化、見せる化の効果を実証するにはある程度の規模で多様性を含んだデータを収集する必要がある。そのため、大阪大学サイバーメディアセンターとマイクロソフトは、共同プロジェクト「大阪大学 CMC グリーン IT プロジェクト」を開始した。本プロジェクトでは、サイバーメディアセンター豊中教育研究棟内における電力消費を、照明、空調などといった物理的な属性とともに所属研究室、行動時間帯などといったユーザの属性に合わせて柔軟に可視化するシステムを構築した。また、電力消費の状況をポータルサイトやデジタルサイネージなどを通じて提示することにより、学生や教職員の意識や行動の変化を分析し、効果的な消費電力の削減方法についても検証する。これにより、電力消費に対する意識を向上させる大学の効果的なエネルギーマネジメントの実現が期待できる。本稿では、本プロジェクトのために構築した消費電力計測、可視化システムについて述べる。

２．施設および可視化システムの概要

２．１　計測対象施設の構成

本システムで計測対象とする施設は大阪大学サイバーメディアセンター豊中教育研究棟である。本施設は地下 1F、地上 7F からなる。本施設の主な構成を表 1 に示す。教室はすべて教育用計算機端末の設置された教室であるが、情報教育用の端末と語学教育用の端末がある。各端末は 9:00〜17:00 の間で授業の無い時間は自由利用が可能である。各研究部門は文系、理系ともにあり計算機の使用量なども異なる。

情報教育用教室	5 教室（端末 335 台）
語学教育用教室	3 教室（端末 267 台）
計算機室	2 室（24 時間空調）
研究部門	5
事務室	1

表１　サイバーメディアセンター豊中教育研究棟の構成

本プロジェクトでの計測対象となる分電盤は、各フロアに数カ所設置されている。各フロアに電灯分電盤と呼ばれる分電盤が 1 つあり、フロア内の電灯だけでなく、空調および個室のコンセントへ電力を供給している。これとは別に、実験室や教室毎に独立した分電盤が設置されており、部屋内のコンセントへ電力を供給している。

本施設の授業で訪れる学生を除いた人員を表 2 に示す。このように、本施設は大阪大学の施設としては比較的小規模であるが、多様な設備、研究部門に加え、教室もあり、大学施設の多様性を小規模にしたものと言える。そのため本システムの成果を他の施設へ応用が容易であると期待できる。

役　職	人　数
教員・研究員	29
職　員	10
研究室に所属する学生	47

表 2　サイバーメディアセンター豊中教育研究棟の人員構成

2．2　システム概要

消費力の計測、収集システム全体の構成を図 1 に示す。本システムは、主に消費電力計測装置と、計測結果収集サーバ、可視化サーバからなる。各分電盤で計測された消費電力は、施設内の LAN を通じて計測結果を収集するサーバにあつめられる。収集された計測結果は随時データベースへ登録されていく。このデータベースから可視化ポータルサイトやデジタルサイネージなどで提示されるコンテンツが作られる。以降、消費電力の計測と可視化システムの詳細について述べる。

3．消費電力計測システム

本システムにおける電力計測およびデータ収集はユビテック社の BX-Office によって行う。消費電力の計測装置には、多回路エネルギーモニタ（BT3720：パナソニック電工）、およびエコパワーメータ（AKW1110：パナソニック電工）である。多回路エネルギーモニタは分電盤内の遮断機毎の計測が可能であり、1 台で最大 16 箇所の計測が可能である。エコパワーメータは分電盤の主幹単位での消費電力の計測を行う。本システムでは、エコパワーメータを 5F に集中設置し、詳細な計測を行い、エコパワーメータを施設内のすべての分電盤に設置し、施設全体の消費電力の計測を行う。多回路エネルギーモニタおよびエコパワーメータを分電盤に設置した様子を図 2 にしめす。また、各階の設置数と計測ポイント数を表 3 に示す。本システムでは消費電力の計測は 10 分毎とした。これらすべての計測結果は一度計測結果収集用のサーバに集められ、データベースへ転送される。

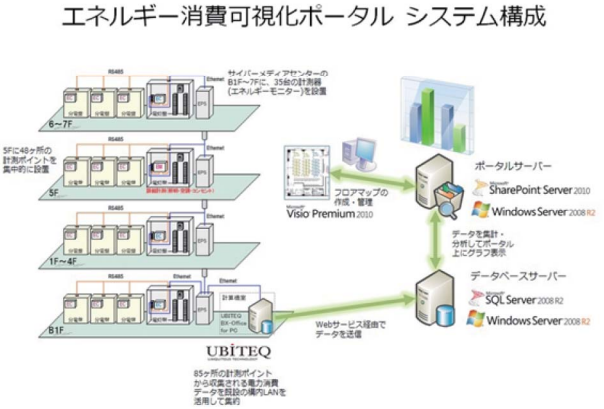

図 1　システム概要

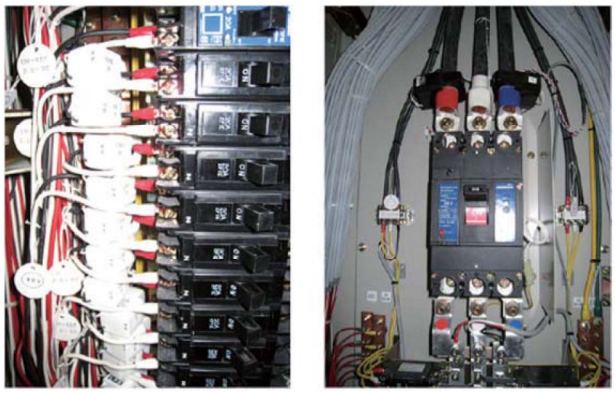

図 2　多回路エネルギーモニタおよびエコパワーメータを設置した様子

フロア	設置機器	台　数	計測ポイント数
B1F	多回路エネルギーモニタ	1	5
	エコパワーメータ	5	6
1F	エコパワーメータ	3	4
2F	エコパワーメータ	4	4
3F	エコパワーメータ	4	4
4F	エコパワーメータ	4	4
5F	多回路エネルギーモニタ	2	45
	エコパワーメータ	4	4
6F	エコパワーメータ	5	6
7F	エコパワーメータ	4	4

表３　計測ポイント数

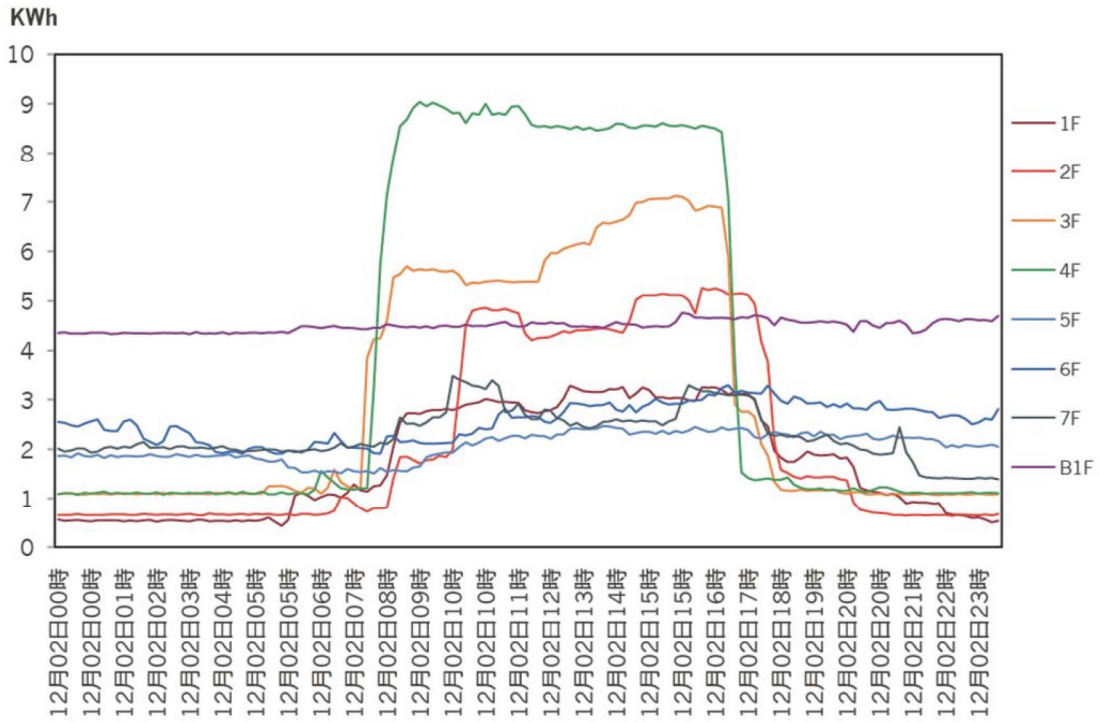

図３　フロア別消費電力の可視化例：１日の動き

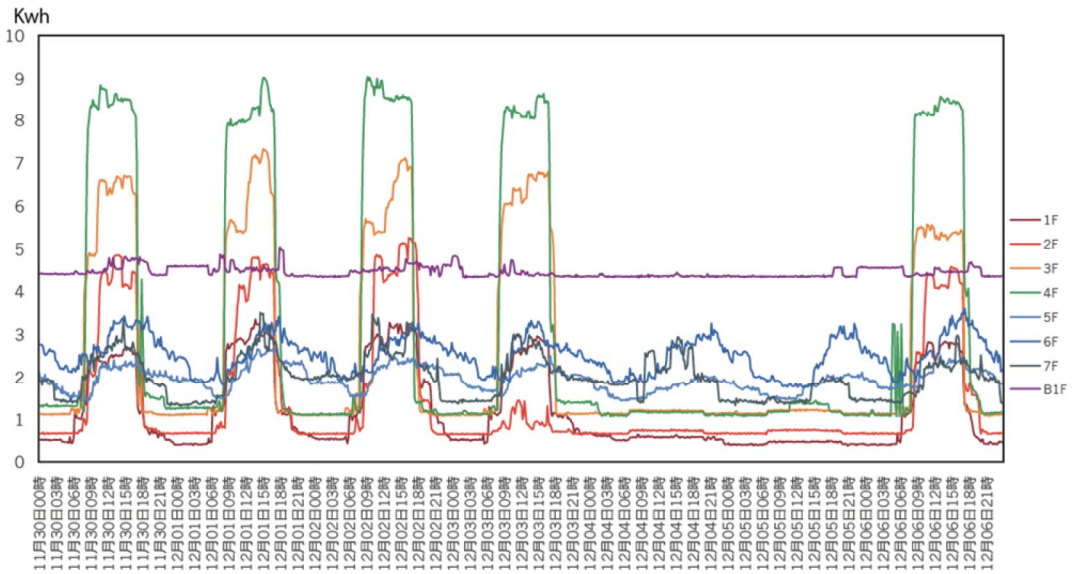

図 4　フロア別消費電力の可視化例：1 週間の動き

4．可視化システム

可視化サーバは、データベースとポータルサイトから構成される。データベースには SQLServer2008 R2、ポータルサイトには、SharePoint Server 2010 を用いた。SharePoint の機能により、Excel のグラフをウェブブラウザで提示できる。Excel で作成されるグラフは管理者による編集が簡単であり、柔軟な可視化が可能となる。フロア別消費電力の可視化例を図 3 および図 4、図 5 に示す。図 3 は一日の消費電力をフロア単位で集計し、グラフ化したものである。図 4 は 1 週間の消費電力の変化であり、図 5 はフロア毎の電力消費率をグラフ化したものである。このように可視化することで、

- 日時によって変動しない消費電力が相当量存在する
- 変動しない消費電力の多くは主に地下の計算機室が原因
- ピーク時の消費電力は 1F～4F の割合が多い
- 5F 以上の研究部門は教室にくらべて消費電力量が少ないが、深夜まで利用されている

などが見て取れる。このことから、教室で利用されている電力の削減がピーク電力の削減に効果的であることや、計算機室の消費電力の削減が施設全体の消費電力の削減に効果的であると考えられる。

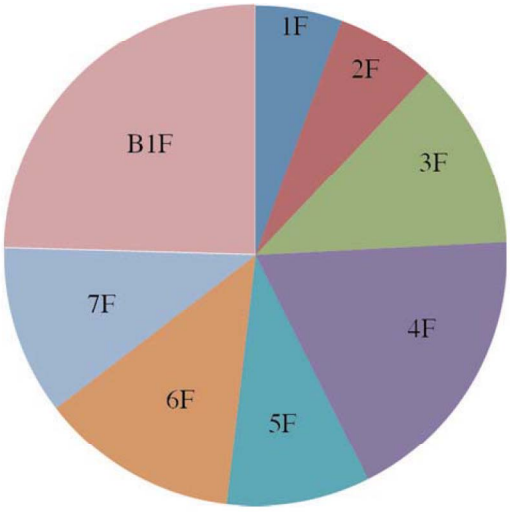

図 5　フロア別消費電力の可視化例：フロア毎の消費率

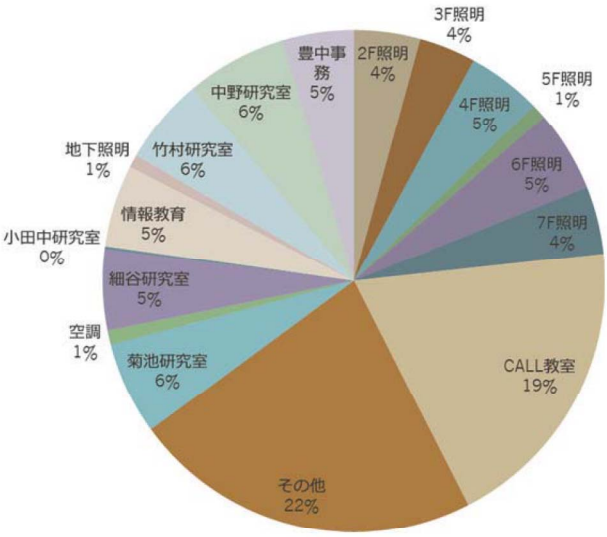

図 6　部門別消費電力の可視化例

本システムでは、消費電力の見える化を計測ポイント単位から研究部門（研究室）単位へ変換して見える化を行う。これには、あらかじめデータベースに計測ポイントに対応する部門ラベルを設定しておき、各ラベル毎に集計しなおすことで提供する。これにより、建物の階や教室という設備単位での見える化だけでなく、研究部門という人の属性に近い見える化が可能になる。研究部門別電力の可視化例を図 7 に示す。図 6 と同様の計測結果を基にしたグラフであるが、部門別で表示することでより人の属性に近づいた見える化になっていることがわかる。また、本施設では一部の研究室や教室は複数の階に存在するためこのような可視化は有効であると考えられる。しかし、1 つの計測ポイントに複数の研究室が利用している場合があり、提示する情報が正しくないという問題がある。これをコストをかけずに解決するため、5F の計測結果を基に複数のラベルと重み係数を設定し、より正確な情報を提示する必要がある。

５．おわりに

本稿では、大阪大学サイバーメディアセンターグリーン IT プロジェクトで構築した消費電力可視化システムについて述べた。本システムでは大阪大学サイバーメディアセンター豊中教育研究棟における消費電力を分電盤単位で計測し可視化する。また、一部の分電盤ではさらに詳細な遮断機単位での計測を行う。本システムにおける見せる化の部分は Microsoft 社の SharePoint Server によって構築した。本システムでは各計測点にラベル付けを行い、ラベル毎に集計することによって研究部門単位での消費電力の可視化を行った。本稿におけるラベル付けは計測ポイントとラベルを 1 対 1 で対応づけるものであったが、複数のラベルと利用率を設定し、より正確な情報を提示する予定である。

今後は本システムによる消費電力の削減効果とユーザの意識の変化を確認するため、施設内の教職員、学生に対するアンケートを行い、その結果を踏まえて可視化効果の検証を行う。また、デジタルサイネージなどの見せる化手法を導入し、その省エネルギー効果を検証する。

謝辞

共同研究者である、マイクロソフト株式会社　西嶋美保子氏、槇健志氏、熊野和久氏に感謝する。

なお、本研究はマイクロソフト株式会社の協力によって行われたものである。

参考文献

1. Karla Hignite, “Low-Carbon Computing,” EDUCAUSE Review, vol. 44, no. 6, pp. 34-51, November/December 2009.
2. Bill St. Arnaud, Larry Smarr, Jerry Sheehan, and Tom DeFanti, “Campuses as Living Laboratories for the Greener Future,” EDUCAUSE Review, vol. 44, no. 6, pp.14-33 November/December 2009.
3. “SMART 2020,” http://www.smart2020.org/ 最終アクセス 2011 年 1 月 26 日
4. Kaoru Yoshida, and Hiroshi Esaki, “Energy Saving with ICT --Green University of Tokyo Project—,” EcoDesign 2009, Sapporo(Japan), December 2009.
5. Yuvraj Agarwal, Thomas Weng, and Rajesh Gupta, “The Energy Dashboard: Improving the Visibility of Energy Consumption at a Campus-Wide Scale,” First ACM Workshop on Embedded Sensing Systems For Energy-Efficiency In Buildings, November 2009.
6. “Cisco, EMC Team with MIT to Launch \$100M Green Data Center,” http://www.greenbiz.com/news/2009/06/11/cisco-emc-team-mit-launch-100m-green-data-center, June 11, 2009. 最終アクセス 2011 年 1 月 26 日
7. “Iceland: Refrigerating a Green Data Centre,” http://www.ciol.com/Enterprise/News-Reports/Iceland-Refrigerating-a-green-data-centre/26609121591/0/, CIOL June 26, 2009. 最終アクセス 2011 年 1 月 26 日