

続

「山は動いた」

～東京大学 電力見える化の取組み～

東大工学部2号館の成果報告書

シムックス株式会社

代表取締役 中島高英

東京大学 大規模集積システム設計教育研究センター 助教 落合 秀也

東京大学大学院 情報工学系

教授 江崎 浩

－ 目次 －

はじめに

第1章 GUTP 9月21日 プレス発表 解説

第1節 プレス発表の概要

第2節 工学部2号館の実施内容

第3節 取組みー1 「教員毎のリアルタイム見える化」

第4節 取組みー2 「twitter を用いた電力使用量の見せる化」

第5節 今後の展開

第2章 工学部2号館 ピーク電力 ～目標値を大幅に越える成果～

第1節 成果 44%削減に成功！

第2節 工学部2号館 7, 8月 ピーク電力と気温分析

第3節 工学部2号館 7, 8月 ピーク電力削減率分析

第4節 工学部2号館 7, 8月 ピーク電力時刻帯分析

第3章 工学部2号館 使用電力量 ～大きなコスト削減に～

第1節 成果 31%削減に成功

第2節 工学部2号館 7, 8月 使用電力量 前年比分析

第3節 工学部2号館 7, 8月 使用電力量 削減率分析

第4節 工学部2号館 7, 8月 使用電力量 効果分析

第4章 仮説 電力負荷分析

第1節 負荷分析 ～仮説 活動負荷とベース負荷について

第2節 工学部2号館 8月 活動負荷とベース負荷の算出

第3節 工学部2号館 8月 ベース負荷分析

第4節 工学部2号館 8月 活動負荷分析

第5章 東大全学の成果～東京大学広報 報道発表資料から～

第1節 9月21日 報道発表資料

第2節 東京大学の取組み

第3節 東大全学 ピーク電力と最高気温

第4節 東大全学 使用電力量 前年比較

謝辞

はじめに

この夏の節電は皆様のご協力により、東京大学全学ではピーク電力平均 31%、使用電力量 23%の削減、工学部 2 号館ではピーク電力平均 44%、使用電力量 平均 31%の削減を実現致しました。ピーク電力 30%、使用量 25%の目標を達成し大きな成果を出すことができました。

この成果は GUTP にとっても 3 つの大きな意義を持っています。

- ① デマコン制御を使用せず、人の意志と行動によって節電を実行した点です。工学部 2 号館の教職員全員一丸となって 3. 11 以前の行動を見直し静かに確実に節電を実行されました。山を動かすのは人の意志であることを証明したことにもなります。「蒸気よりも電力よりも原子力よりも強力な力がある。それは意志の力だ」(アインシュタイン)
- ② この 2 月に IEEE1888 として FIAP が国際標準通信基準に採用されて初めて大きな実践的な導入となりました。変電所のデータをリアルタイムに見える化する為に使用されました。未踏の世界であった変電所のデータを FIAP 変換し、FIAP ストレージに集め、FIAP アプリケーションを使いインターネットでの情報配信を実現したことで FIAP が現場で十分通用する技術であることを証明しました。
- ③ GUTP の技術が、東京大学 5 キャンパスの見える化に大きく貢献した点にあります。GUTP の技術がなければここまでのレベルを短期間で実現することは難しかったでしょう。

本稿は、工学部 2 号館についてのプレス発表記事解説、ピーク電力と電力使用量の 2 つ側面からの分析と賢い節電を行うためのデータの見方として活動負荷とベース負荷という新しい見方を説明しています。最後に東京大学全学の成果を資料として載せております。

この成果に満足することなく更なる進化に向けて、皆様のご意見ご希望をお寄せ頂き取り組んで参りたいと願っております。

第1章 GUTP 9月21日 プレス発表 解説

第1節 プレス発表骨子

2011年9月21日に東京大学グリーン ICTプロジェクトは、東京大学 広報課から工学部2号館における節電成果を発表しました。図1参照。

本章は、その内容の解説を行います。

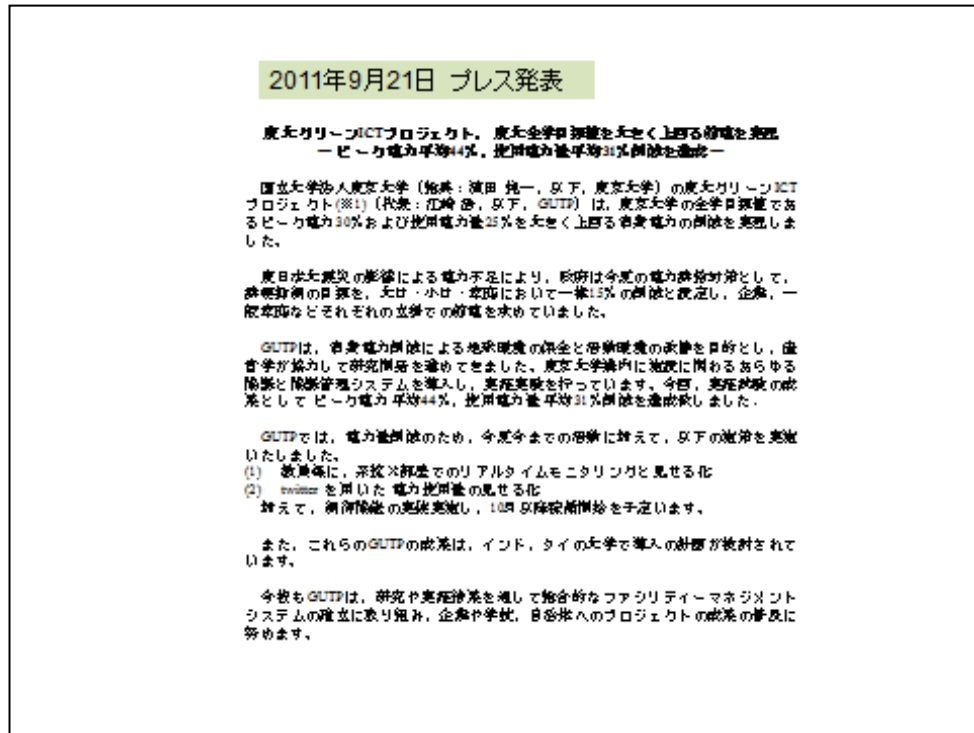


図1 2011年9月21日 GUTP プレス発表

2011年9月21日のプレス発表の内容は、背景、成果、実施内容、今後の展開について述べられています。

(1) **背景** 東日本大震災の影響による電力供給量不足により、政府は今夏の電力需給対策として、需要抑制の目標を、大口・小口・家庭において一律15%の削減と設定し、企業、一般家庭などそれぞれの立場での節電が求められていました。

GUTPは、消費電力削減による地球環境の保全と活動環境の改善を目的とし、産官学が協力して研究開発を進めてきました。東京大学工学部2号館では、施設に関わるあらゆる機器と機器管理システムを導入し、実証実験を行っています。これらの経験を活かして大学本部の削減目標値、前年比で最大値を30%、使用量で25%の削減を目指して活動を行いました。

(2) **成果** 今回、実証試験の成果としてピーク電力 平均44%削減、使用電力量31%削減を達成致しました。

(3)実施内容 特に下記の2つを実施しました。

- ①教員毎に、系統×部屋でのリアルタイムモニタリングと見える化
- ②twitter を用いた 電力使用量の見える化

(4)今後の展開 今後の展開については4つの柱を表明しています。

詳しくは第5節をご覧ください。

第2節 工学部2号館の実施内容

実施内容のシステム図は図2となります。

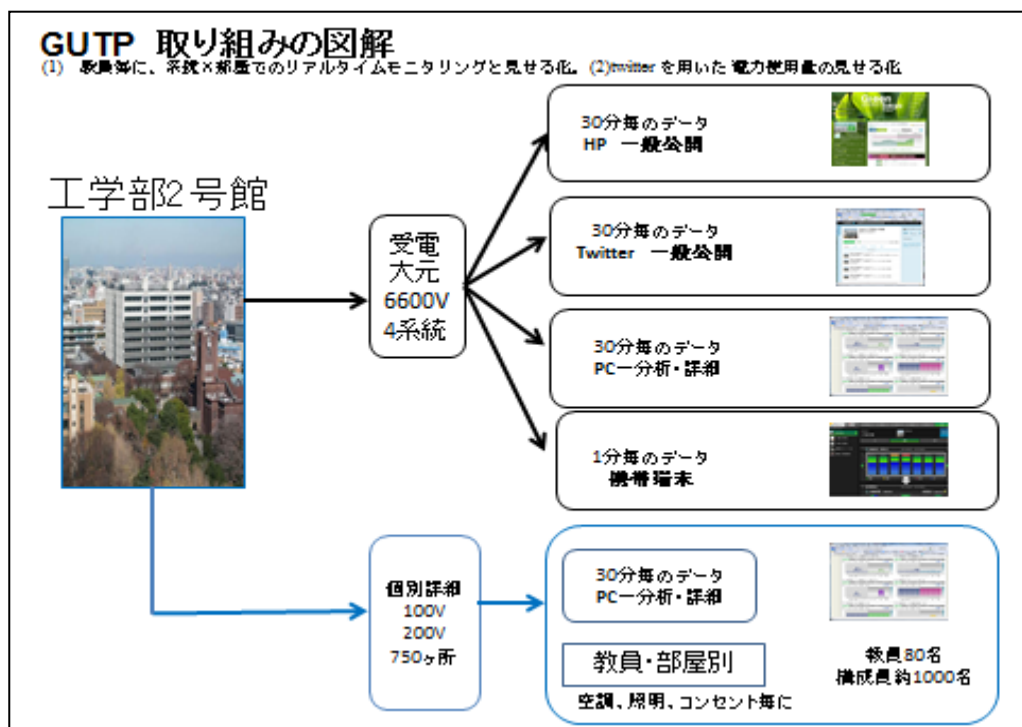


図2 GUTPの取組 システム概念図

第3節 取組み-1 「教員毎のリアルタイム見える化」

～ 実施内容の教員毎に、系統×部屋でのリアルタイムモニタリングと見える化

2010年度GUTPの活動において2010年5月からWGの横断的なタスクフォースチームを組織し、工学部2号館の教員、職員の皆様の協力をえて2011年3月末にカットオーバーしました。工学部2号館の部屋単位で使用電力を空調、照明、コンセント毎に計測し、部屋と担当教員と紐付けを行い、リアルタイムで使用電力の見える化システムとなっています。

これにより、教員一人一人が、節電に取り組むための情報基盤が整備されました。リアルタイムの電力計測は、30分毎にラインキング付きで見える化されています。図3はそのシステム図です。

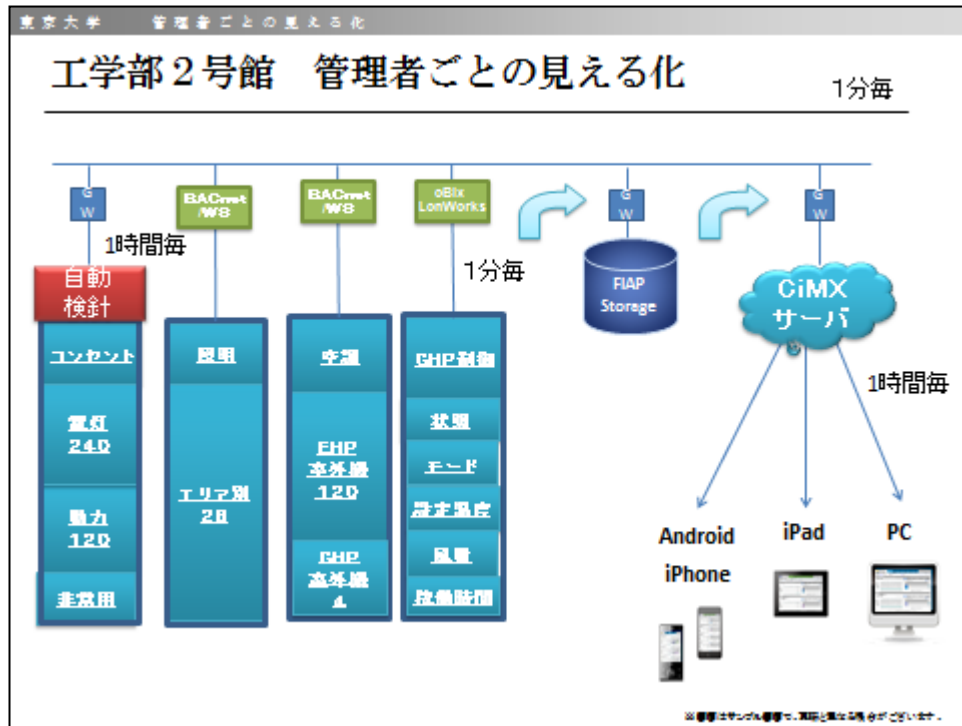


図3 工学部2号館 教員毎の見える化 システム図

第4節 取組み-2 「twitter を用いた 電力使用量の見える化」

～ (工学部2号館の全体) twitter を用いた 電力使用量の見える化

2011年3月11日に起きた東日本大震災に対応して、工学部2号館全体の電力の見える化の実施の要望が出され、GUTPとして緊急にシステムの立ち上げを行いました。

これは、2009年度の制御実証実験WGで行った「受電大元の電力をBACnet/WSとFIAPの相互接続の実施」の実績が大いに役立ち電力計測部分が利用できました。

山武 藤村 xxさんと落合助教の頑張りにより3月18日には、接続を復活出来き、山武のBEMS「SAVIC」から工学部2号館の受電大元6600V、4系統の分の電力データがFIAPサーバに収集格納できるようになりました。

3月22日には、図4のようにFIAPストレージからEspDragonを使って電力の見える化システムを立ち上げました。

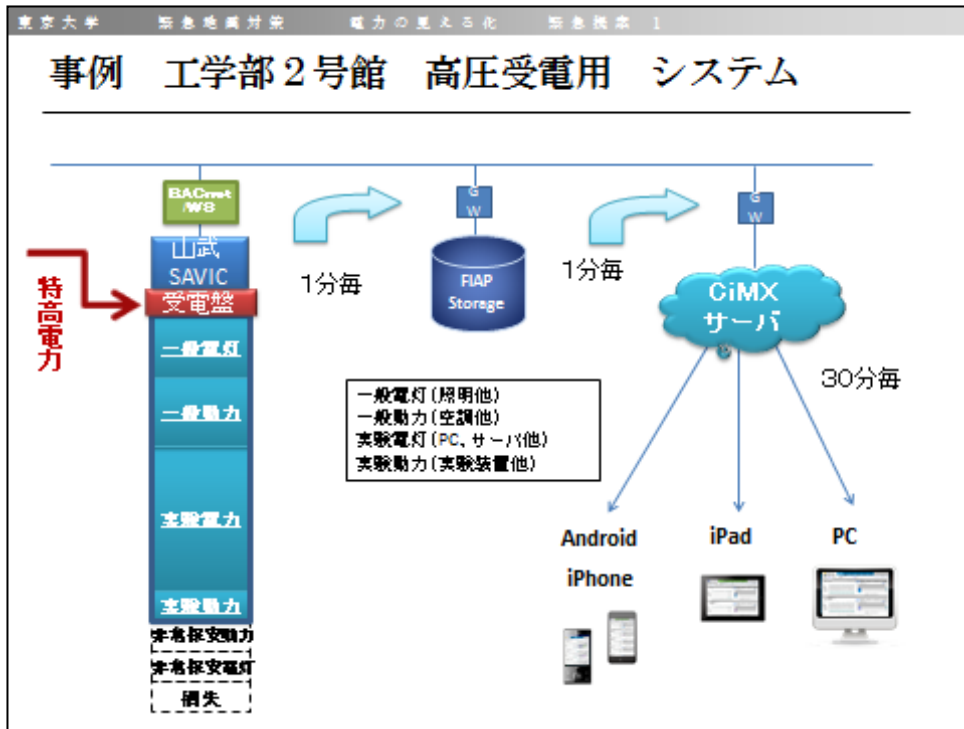


図4 工学部2号館 全館 電力見える化 システム フェーズ1

さらに3月23日には、図5のように1分ごとの電力データを携帯端末でも見えるようになりました。

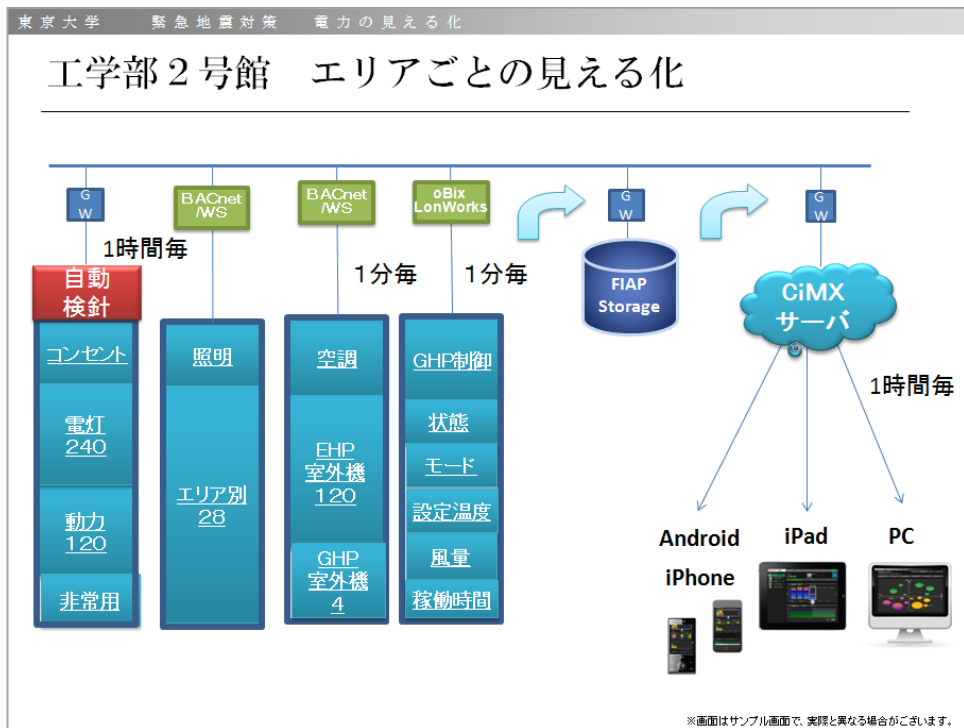


図5 工学部2号館 全館 電力見える化 システム フェーズ2

4月22日からは、GUTPのホームページ上での一般公開に踏み切りました。

図6のように、48時間グラフに削減目標値（当時は25%。5月より30%に変更）ラインを出し、30分毎更新で情報提供をしています。



図6 工学部2号館 全館 電力見える化 システム フェーズ3

また、図7のように、同時にTwitterを使った情報提供を開始しました。



図7 Twitter画面

3.11の対応策としてはスピード感溢れる対応をGUTPでは行ってきました。

これらの成果は、東京大学5キャンパスの見える化にも大きく貢献し、さらに今後のGUTPの活動は世界に広がっていきます。

第5節 今後の展開

GUTP では、4つの柱をたてさらなる発展と展開を考えています。図8参照。

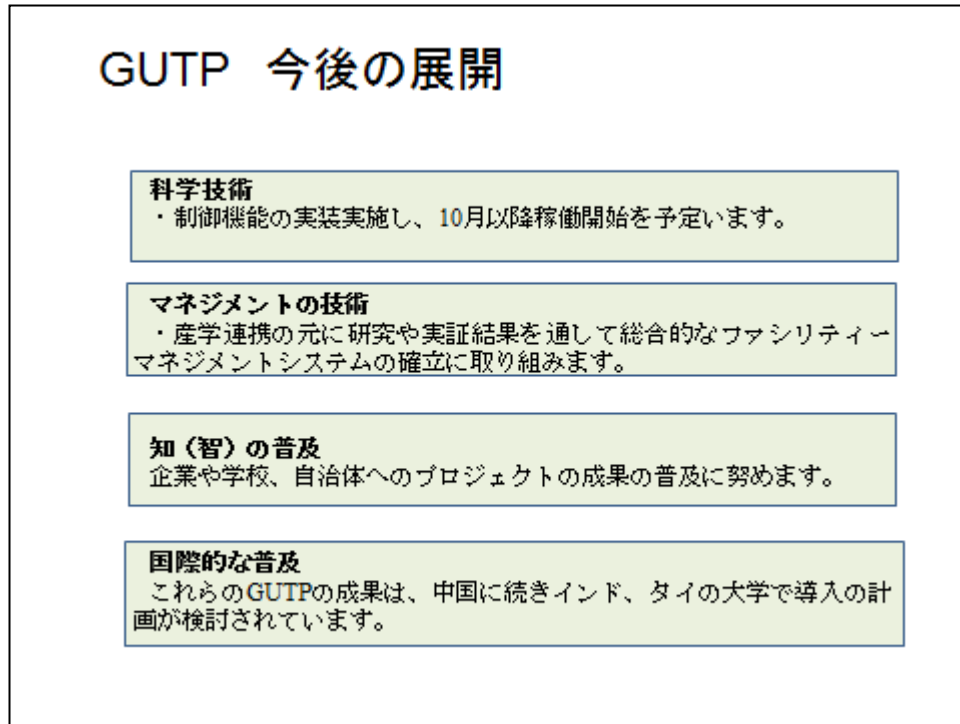


図8 今後の展開 図解

4つの柱をご紹介します。

- ① 科学技術面においては、本年10月より制御機能を実装した実験の開始。これは工学部2号館に於いてFIAPによる空調の協調制御の実証実験を行うことです。利用者の負担を最小限に留めるためのデマンドコントロールのアルゴリズムを実装し空調機20台を制御する予定です。
- ② 技術だけでなくマネジメント面でも総合的なファシリティーマネジメントシステムの確立を目指して取組を行っています。
- ③ 知（智）の普及については企業や学校、自治体へのプロジェクトの成果の普及を計っています。
- ④ 国際化への対応では、インド、タイの大学で導入の計画が検討されています。各WG（ワーキンググループ）は、上記の目的に沿って活動をしており、その取組みをご紹介します。
 - ・設計標準化（旧名仕様策定）WGでは、従来のビル管理システムを利用者サイドから見直し、ICT技術を使った実践的なファシリティーマネジメントシステムの標準化の為の活動をしており、

- ・プロトコル標準化 WG では、本年 2 月に FIAP を IEEE1888 として世界標準規格にし、今年度は普及に向けた各種活動を行っています。
 - ・制御検証 WG では、実施内容の教員毎のリアルタイムの見せる化を行い、前述 ①を担当しています。
 - ・コンセプト WG と見える化 WG では、この夏各企業で実施された節電対策の調査と分析を行い「賢い節電方法」を研究しています。
- また、「節電セミナー」を横断的なタスクチームにより開催しました。これらの成果はホームページを通じ情報公開に努めております。

第2章 工学部2号館 ピーク電力 ～目標値を大幅に越える成果～

第1節 成果 44%削減に成功!

工学部2号館では、3.11以降の緊急対応の結果、3月21日から4月7日の約3週間の間は前年同日比で60%の電力の削減を実現しました。図9参照。

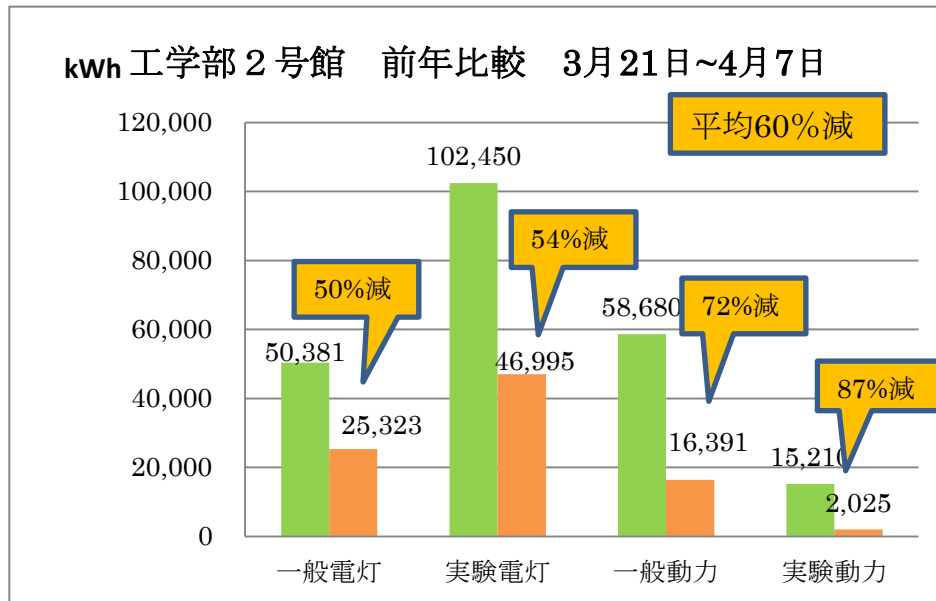


図9 震災直後の実績値

しかし、それは活動停止と苦痛と季節要因があってこそその60%減実現でした。それに対して今回の課題は、研究教育活動を維持し夏場の空調電力が増大しても30%削減の実現をしなければならないという過酷な条件がありました。

結果は、7、8月の62日間1488時間において、ピーク電力で越えたのは、1時間のみであり期間平均では削減目標値に対して56%、削減率で-44%を実現しました。

第2節 工学部2号館 7、8月 ピーク電力と気温分析

図10は2011年7月~8月の日別ピーク電力と最高気温のグラフです。7月12日15時台に削減目標値に対して2%越えの72%になりましたがそれ以外の日は削減目標値を越えることはありませんでした。

一般的には、気温の上昇と空調電力の上昇は相関しています。しかし、工学部2号館では、デマコン制御を使わず皆様の協力により気温が上昇してもピーク電力を越えませんでした。それを示すのが図11です。

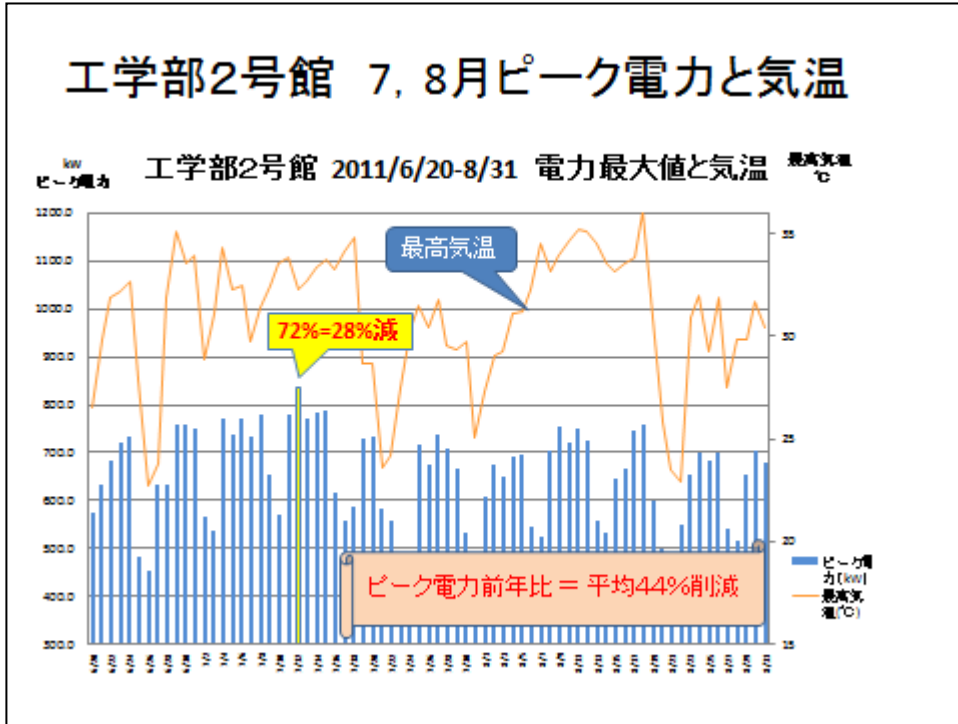


図 10 工学部2号館 7, 8月 ピーク電力と気温グラフ

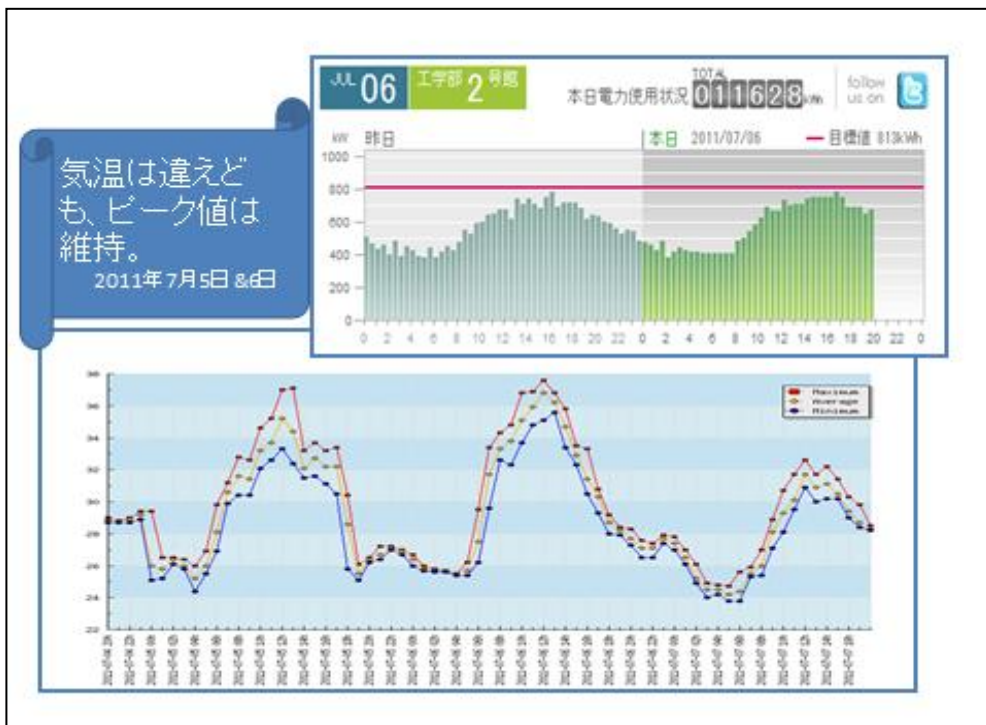


図 11 工学部2号館 7月5日-6日 ピーク電力と気温グラフ

第3節 工学部2号館 7, 8月 ピーク電力削減率分析

削減率から見たのが図12です。

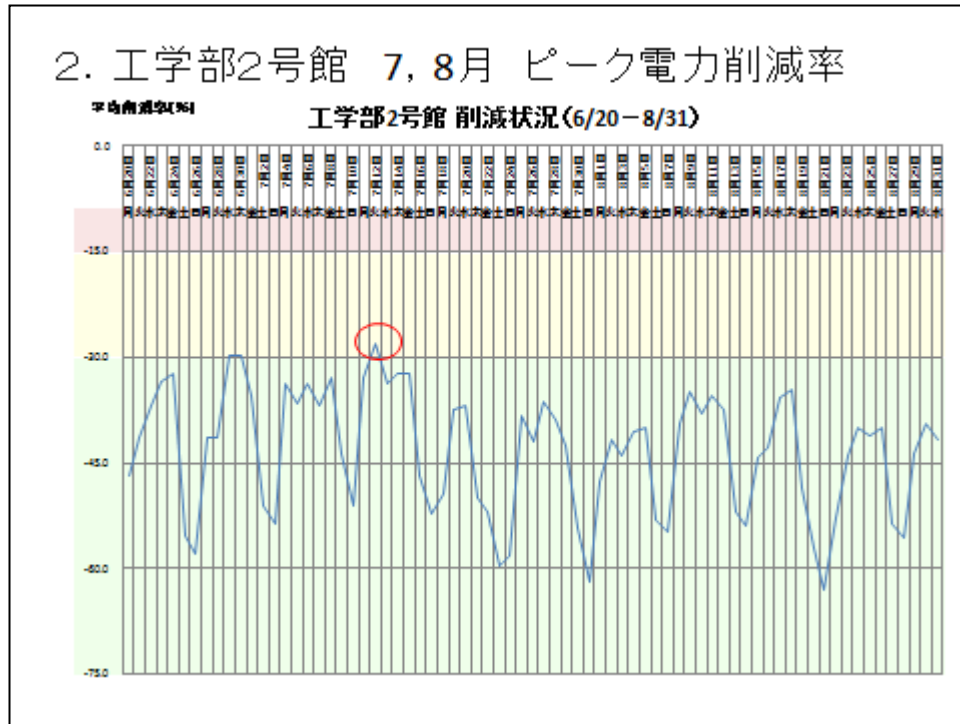


図12 工学部2号館 7月5日-6日 ピーク電力削減率

第4節 工学部2号館 7, 8月 ピーク電力時刻帯分析

1時間ごとに7, 8月の62日間1488時間に対してひとつひとつがどうなっていたかを分析してみました。

削減目標値70%以下を50%未満と50%~70%の2つに分けて集計をしてみました。その結果、50%未満が期間中約7割を占め、50%~70%が約3割でした。

図13はそのグラフです。

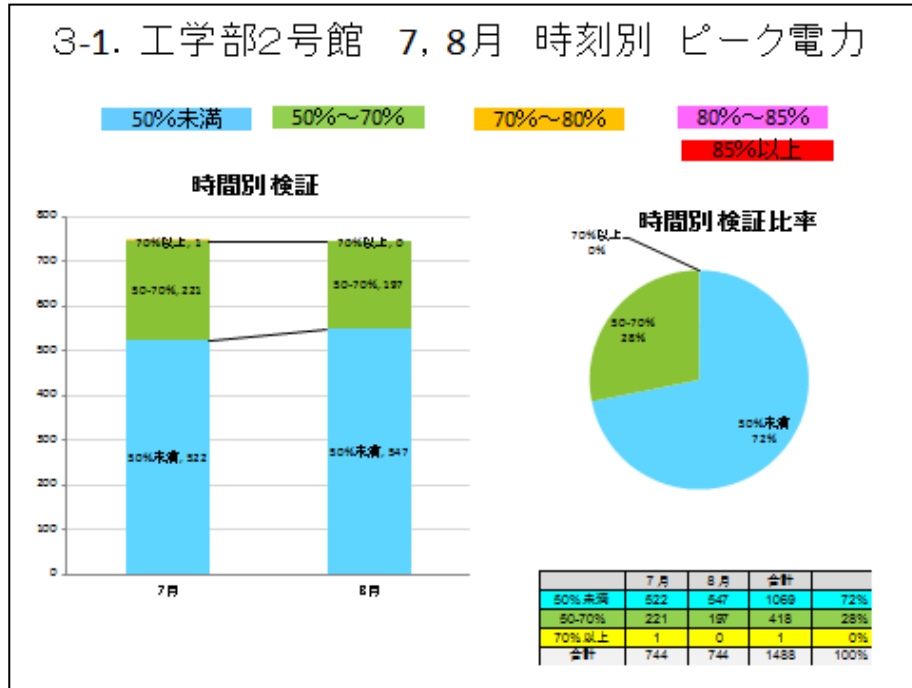


図13 工学部2号館 7月-8月ピーク電力の時刻別

さらに、どの時刻が50%未満、50%~70%、70%~85%だったかを示すのが図14です。

図は7, 8月それぞれ1か月を表しています。横軸が1日~31日の日を表し縦軸が0時~23時の24時間を表しています。

これにより、分布状態がひと目でわかります。

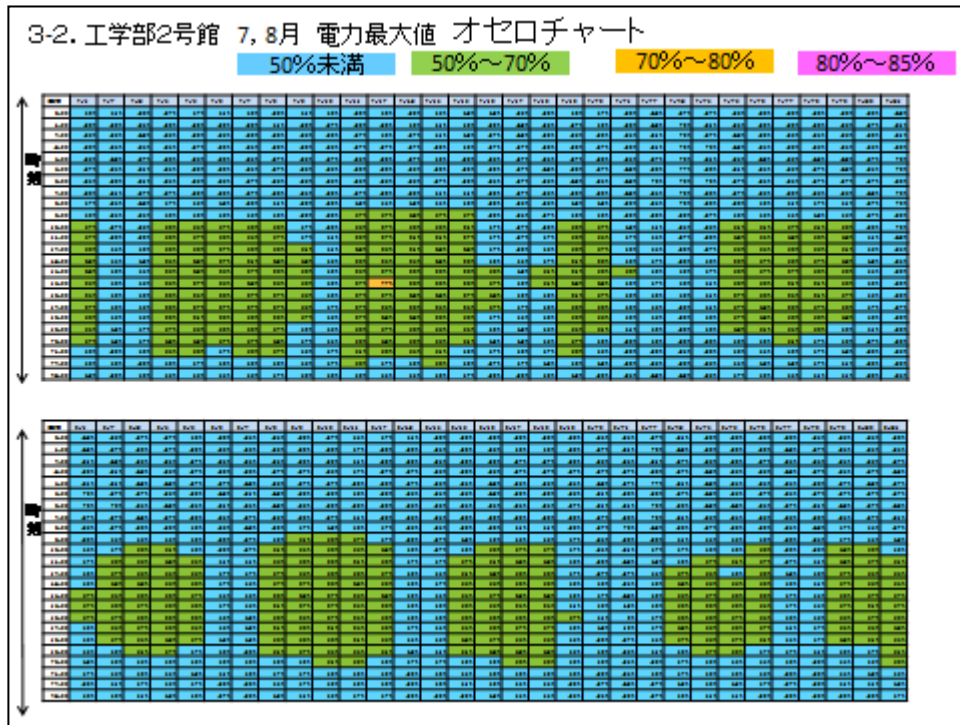


図 14 工学部2号館 7月-8月ピーク電力の時刻別

第 3 章 使用電力量 31%削減に成功

第 1 節 工学部 2 号館 7, 8 月 使用電力量 前年比分析

使用電力量は、どうなったのでしょうか。それをこれから見ていきましょう。

まず、前年同月と比べてみました。その結果は前年の 7 月 533,156kWh に対して今年の 7 月は 384,240kWh でした。削減率で前年比 28%となりました。8 月においては前年 562,887kWh に対して 371,520kWh でした。削減率で前年比 32%となりました。7, 8 月を合わせると 31%の使用電力量を削減したことになります。それをグラフで表すと図 15 のようになります。

工学部2号館 7, 8 月 使用電力量前年比較

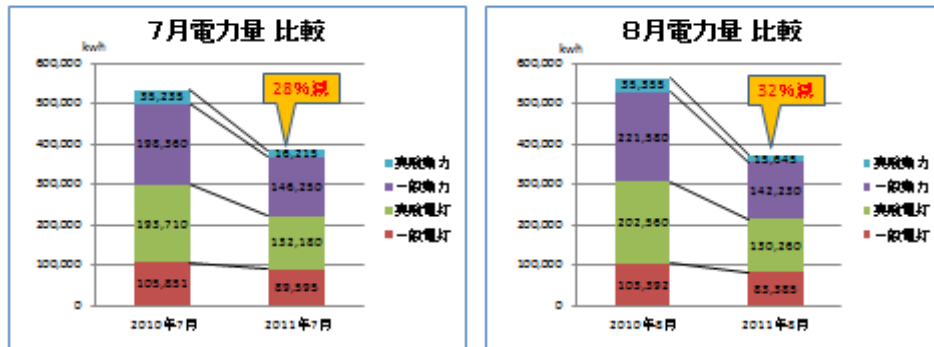


図 15 工学部 2 号館 全体の使用電力量 前年比較

第 2 節 工学部 2 号館 7, 8 月 使用電力量 系統別分析

工学部 2 号館では、本郷キャンパスの大元の変電所から 6600V で受電しそれを 4 つの系統に分けて 100V, 200V に変電し電力を供給しています。系統に分ける手前 6600V の電力を計測しています。系統とは使用目的によって分けられています。電灯を一般と実験に、動力を一般と実験の 4 つ系統で供給が行われています。「電灯」というと照明用電力と考えがちですがそうではありません。電灯と動力という呼び方は電力会社が長年使っている用語で一般的ではありません。一般電灯は照明等、一般動力は空調やエレベータ等、実験電灯は PC やサーバ等、実験動力は大型の実験機器等となっています。その内訳は図 16 の通りです。

名称	2010年7月	2010年8月	合計	2011年7月	2011年8月	合計
F1一般電灯 電力量	105,851	103,392	209,243	89,595	83,385	172,980
F2実験電灯 電力量	193,710	202,560	396,270	132,180	130,260	262,440
F3一般動力 電力量	198,360	221,580	419,940	146,250	142,230	288,480
F4実験動力 電力量	35,235	35,355	70,590	16,215	15,645	31,860
合計値	533,156	562,887	1,096,043	384,240	371,520	755,760

図16 工学部2号館 全体の使用電力量 系統別 2年間分

第3節 工学部2号館 7, 8月 使用電力量 削減率

それぞれの削減率は図17となっています。

名称	7月比	8月比	7+8月比
F1一般電灯 電力量	-15%	-19%	-17%
F2実験電灯 電力量	-32%	-36%	-34%
F3一般動力 電力量	-26%	-36%	-31%
F4実験動力 電力量	-54%	-56%	-55%
合計値	-28%	-34%	-31%

図17 工学部2号館 全体の使用電力量 系統別 削減率

第4節 工学部2号館 7, 8月 使用電力量 効果分析

コスト面での効果について考えてみましょう。図18をご覧ください。7, 8月の合計の削減量は34万kWhです。仮に電気代をkWh当たり15円として計算すると500万円の電気代の削減ができたこととなります。単価15円はあくまでも仮の推定金額です。一般的なビルでは単価25円、家庭では27円(消費税込み)です。何故、仮としたかは電力会社がそれぞれの利用者に対して公表させない契約を結んでいるからです。利用者は公開したくても契約の縛りにより公開できない状況になっているためです。

工学部2号館の年間使用電力量は2010年度では約540万kWhでした。単純に単価15円とすると年間の電気代は8100万円、単価を25円とすると1億3500万円となります。

もし、7-8月と同じレベルで削減が維持されるとすると削減効果は単価15円ならば約2500万円、単価25円ならば約4200万円の電気代が削減されることとなります。

工学部2号館での投資金額は約5000万円ですので、これらシステムの投資回収期間は、2年間以内ということになります。

使用電力量前年比	k Wh		
	7月	8月	2か月間
2010年	533,156	562,887	1,096,043
2011年	384,240	371,520	755,760
前年との差	-148,916	-191,367	-340,283
削減率	-28%	-34%	-31%
推定削減電気代 @15円	¥-2,233,740	¥-2,870,505	¥-5,104,245

図 18 工学部2号館 全体の使用電力量 前年比較

第4章 仮説 電力負荷分析

第1節 負荷分析 ～仮説活動負荷とベース負荷について

電力は電気機器が消費しています。これらの電気機器はすべて何らかの目的で購入し、コンセントに接続して使われています。電気から貯めておくということができないため使われていない時にも電気機器は電力を消費しています。それがいわゆる待機電力と呼ばれているものです。さらに詳細にながめてみると利用者が利用していない時にも電力は消費されています。本来、必要な時必要な分だけ電力が供給される仕組みがあればいいのですが現在そこまでは至っていません。

すべての電気機器の電力を計ることはコスト面から大変困難な状況です。電力が何らかの活動のために使われるという前提に立ち、ビルや工場で大元の電力計測だけで節電を行う方法ないものかと考えてみました。

活動が停止している間も電力は消費されていることに気づきました。活動を停止している間とは年間ではお正月や休日です。一日で見えれば夜間です。活動が停止している間と活動中の電力を比べてみました。

経営財務でよく使われている「固定費」と「変動費」という考え方を応用して簡便な方法で問題分析を行うために仮説を立てみました。活動があってもなくても消費される電力を「ベース負荷電力」、活動を行うために消費される電力を「活動負荷電力」と定義します。

電力の削減の方法は、ベース負荷電力を減らすための方法と活動負荷電力を減らす方法ではおのずと違ってきます。賢い節電をするために、ベース負荷と活動負荷のそれぞれの対策実施方法を明確にしておく必要があります。

活動負荷とベース負荷の簡便な算出方法として、月の日ごとの最小値をみつけます。

その量をベース負荷電力量とします。これが「固定費」にあたります。次に同じように最大値をみつけます。最大値から最小値を引いた量を活動負荷電力量とします。

これなら、簡単に活動負荷とベース負荷の電力量を算出することができます。休日でも一部仕事をしている場合もあります。そこで正月元旦の電力量を見てみます。月の最小値よりも値が小さければほとんど活動が停止している状態と推定できます。その値をベース負荷電力量として定義をすることもできます。

第2節 工学部2号館 8月 活動負荷とベース負荷の算出

実際に工学部2号館の8月の使用電力を使ってベース負荷電力と活動負荷電力を見ていきましょう。図19は工学部2号館の2010年8月と2011年8月の最大値と最

小値です。

最小値すなわちベース負荷電力は2010年が15,137kWh、2011年は8267kWhとなりました。

最大値は2010年が20,385kWh、2011年は14,380kWhとなっています。最大値はから最小値を引いた活動負荷電力は2010年が5,249kWh、2011年は6,113kWhとなりました。

また驚くことに2011年の最大値14,380kWhは前年の最小値15,137kWhよりも少なくなっています。

	一般動力	実験電灯	一般電灯	実験動力	合計	
ベース負荷(2011年-2011年)	-3,225	-2,520	-300	-825	-6,870	-45%
活動負荷(2011年-2010年)	990	285	-756	345	865	4%
2011年	一般動力	実験電灯	一般電灯	実験動力	合計	
8月最小値 2011/8/21	2,715	3,465	1,817	270	8,267	
8月最大値 2011/8/11	6,030	4,470	3,190	690	14,380	
活動負荷	3,315	1,005	1,373	420	6,113	43%
2010年	一般動力	実験電灯	一般電灯	実験動力	合計	
8月最小値 2010/8/15	5940	5985	2116.5	1095	15,137	
8月最大値 2010/8/30	8265	6705	4245	1170	20,385	
活動負荷	2,325	720	2,129	75	5,249	26%

図19 工学部2号館 8月 ベース負荷電力と活動負荷電力

第3節 工学部2号館 8月 ベース負荷分析

ベース負荷を前年と比較してみると-6,870kW、比率で-45%と改善されています。

2010年8月の最小値と2011年1月1日、2011年8月の最小値の3つの値を比べてみたのが図20です。

ベース負荷	一般動力	実験電灯	一般電灯	実験動力	合計	
前年8月最小値 2010/8/15	5,940	5,985	2,117	1,095	15,137	100%
本年正月元旦 2011/1/1	2,940	5,730	1,566	690	10,926	72%
本年8月最小値 2011/8/21	2,715	3,465	1,817	270	8,267	55%

図20 工学部2号館 ベース負荷電力

2010年8月を100とすると、2011年1月1日は72%、2011年8月は55%となっています。活動を休止した時にスイッチを切った量は1月1日10,926kWhから8,267kWhを引いた2,659kWhとなり24%も改善したことになります。図21参照。

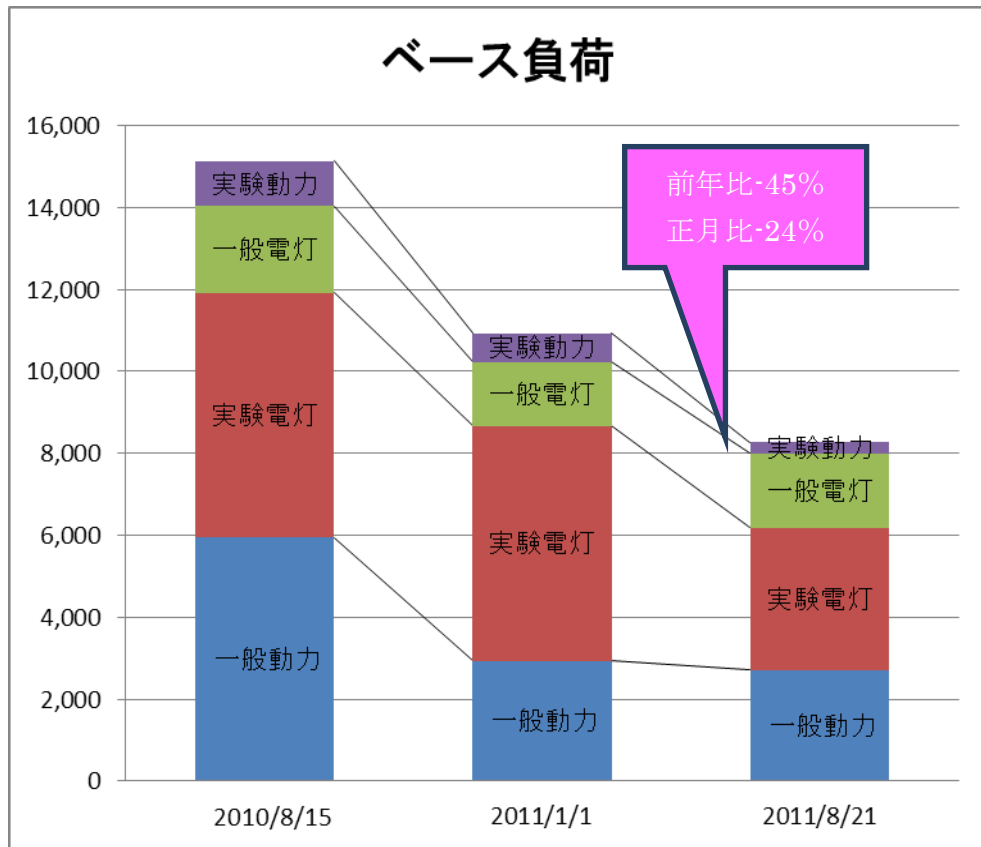


図 21 工学部 2号館 ベース負荷電力 前年・正月との比較

第 4 節 工学部 2号館 8月 活動負荷分析

活動負荷を前年と比較してみると 865kWh 増加し、増減率も 4%増加したことがわかります。大幅な節電が実現したはずなのに増加しているのはおかしいのではないかとと思われる方もおられるかも知れません。そこで活動負荷率という見方をします。

活動負荷率とは (最大値-最小値) ÷ 最大値 = 活動負荷率で算出します。活動していない時と活動している時の差の比率と考えてください。変動費の弾力性を示します。弾力性が高いほど、こまめにスイッチを切って必要な時に必要な分だけの電力を使っているということになります。

工学部 2号館の活動負荷率は 2010 年 26%、2011 年 43%と大きく改善されていることがわかります。

第5章 東大全学の成果～東京大学広報 報道発表資料から～

第1節 9月21日 報道発表資料

2011年9月21日に東京大学広報課から発表された成果は図22です。

報道発表資料
平成23年9月21日

東京大学における電力需給対策に係るこれまでの節電状況等について
東京大学電力危機対策チーム

本学では、今般の電力危機に際し、大学が社会に対し先導的役割を果たす必要性から、研究と教育の質を確実に維持しつつ使用最大電力の30%削減など積極的な節電目標を掲げ「電力危機対策チーム」を組織し、空調の運用の効率化、照明器具の間引きの徹底、電算機サーバーの集約化、電気使用量の見える化（大学ホームページに公表）、活動時間のシフトなど節電対策に取り組んできました。

この夏の厳しい電力供給事情の中、7月及び8月の電力使用の最盛期を経過いたしました。これまでの電力の削減状況については、下記のとおり、概ね所定の目標に沿った形で推移しております。

今後も、教育研究活動の質を維持しつつ、引き続き効果的な電力抑制に取り組んでまいります。

- 4月～8月の節電状況（対前年の同月比）
 - 最大電力：4キャンパス（病院を除く）で31%減（平日の平均値）
 - （使用電力量：4キャンパス（病院を除く）で23%減）

【別添資料参照】

参考URL：http://www.u-tokyo.ac.jp/public/anti_disaster_20110311_j.html

お問い合わせ先：本部環境課渡邊北澤

TEL（内線）03-5841-2250, 03-5841-2251

E-mail energy @ ml.adm.u-tokyo.ac.jp

図22 2011年9月21日 東大全学プレス発表

第2節 東京大学の取組み

報道資料によると成果は、最大電力については4月～8月までの4か間平日平均で-31%の削減、使用電力量は-23%の削減を実現しました。但し病院を除くとあります。この場

合の病院とは本郷キャンパスの東大病院と白金キャンパスすべてを指します。

具体的な取り組みについては6つあったとされています。

1. 電力危機対策チームを組織し節電の取組を行った。
2. 電力使用量の見える化を行い、ホームページにも公開した。
3. 活動時間のシフトを実施した。
4. 空調の運用の効率化を図った。
5. 照明器具の間引きを行った。
6. 電算機サーバーの集約化を行った。

これらをまとめると図 23 になります。

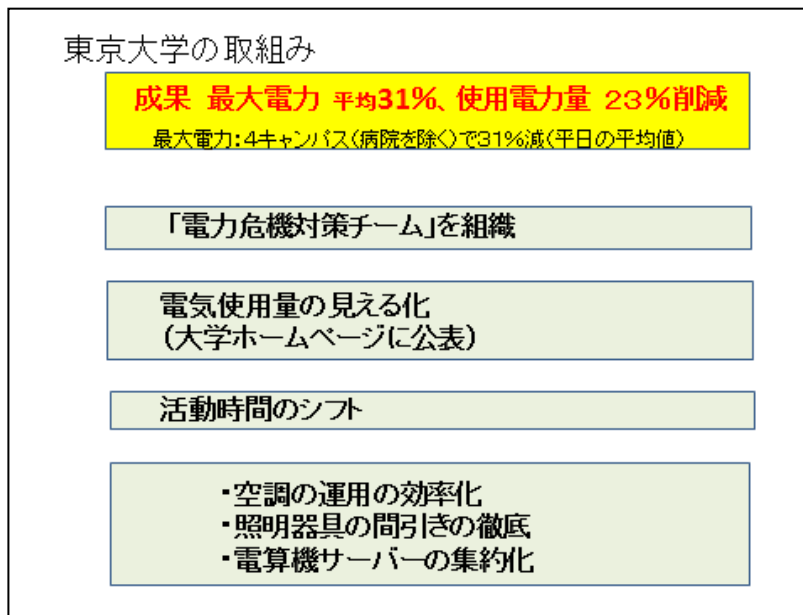


図 23 東大全学の成果と取組み

第3節 東大全学 ピーク電力と最高気温

さらに報道発表資料には4キャンパスの6月から9月上旬までのピーク電力と最高気温のグラフが発表されています。図24参照。

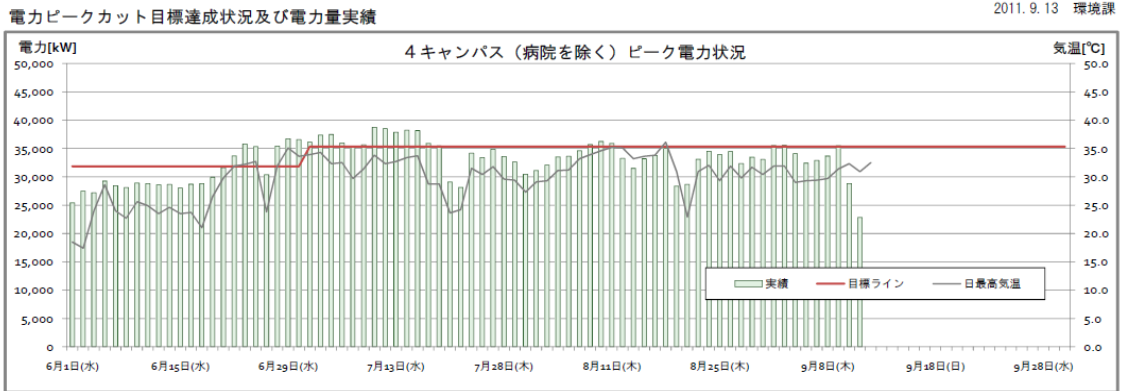


図24 東大4キャンパスの最大電力と最高気温グラフ

第4節 東大全学 使用電力量 前年比較

使用電力量についてもキャンパスごとの前年比較グラフが発表されました。図25参照。

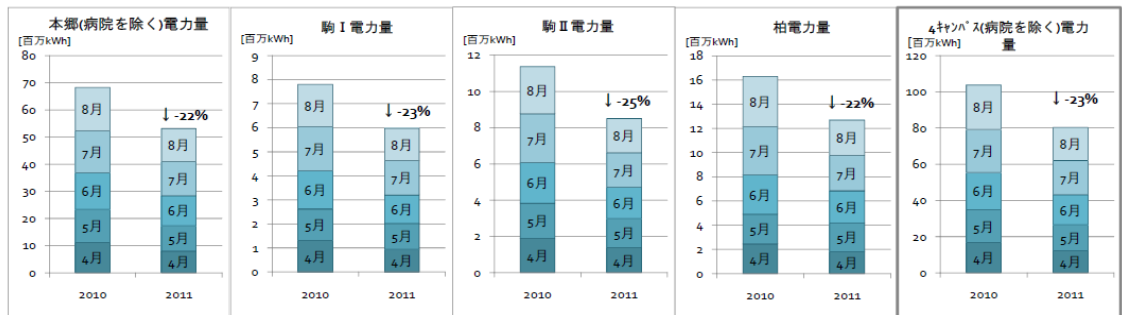


図25 東大4キャンパスの使用電力量の前年比較

謝辞

1、見える化を含めた電力危機対策において、方針策定に関わった研究継続対策 WG の皆様、特にプロジェクトリーダー 松本洋一郎理事をはじめ全部局のプロジェクトチーム員、前副学長 山田一郎先生、TSCP 室長 磯部雅彦先生、工学系研究科 近山隆先生、理学系研究科 西原寛先生、情報基盤センター 石川裕センター長、施設部 平井明成部長、江崎浩先生、玉造潤史先生のご尽力がなければ、本プロジェクトは始動しませんでした。深謝の意を表します。

2、見える化の実施にあたり、施設部、TSCP、情報システム本部の各担当皆様、特に迫田一昭 TSCP 室室長補佐、環境課 渡邊壽夫 課長、施設部環境課 エネルギー管理チームリーダ 北澤理 副課長、施設部保全課 建築設備保全チーム 三井亮平、施設部環境課 エネルギー管理チーム 西原正嗣、施設部環境課 エネルギー管理チーム 石手亜紀子、情報システム本部（情報システム担当） 講師 中村誠先生、大規模集積システム設計教育研究センター 落合秀也助教には限られた時間の中でのご尽力をいただきましたこと深く感謝しております。

3、キャンパス間の連携にあたり、生産技術研究所所長野城智也先生と研究グループの方、各キャンパスの設備とネットワークの担当の方々、特に駒場 I の研究科長補佐 准教授 菊川芳夫先生、情報ネットワーク室 特任助教 石原知洋先生、経理課専門員（施設担当） 早瀬和弘、施設課 成澤博幸係長、駒場 II の電子計算機室 助教 山本成一先生、施設チーム 永野太係長、白金の IT サービス室 技術専門職員 津田倫延、経理課 施設第二 片岡透 係長、柏の先端エネルギー工学専攻 助教 藤枝俊輔先生、施設係 専門員 利根川伸一の皆様にはご尽力いただきましたこと深く感謝しております。

4、産業界からは (株)日立製作所、三菱電機(株)、(株)東芝、(株)明電舎、(株)高岳製作所、パナソニック電工(株)、(株)近計システム、(株)エービル、(株)山武、シムックス(株)皆様には高度な技術提供をしていただきましたこと深く感謝しております。

5、産学連携の東大グリーン ICT プロジェクト(GUTP) の愛知時計電機(株)、旭化成エレクトロニクス(株)、総合警備保障(株)(ALSOK)、伊藤忠商事(株)、(株)NTT ファシリテーターズ、(株)大塚商会、(株)オプティム、オリックス(株)、鹿島建設(株)、(株)関東コーワ、キューアンドエー(株)、コクヨ(株)、三機工業(株)、シスコシステムズ(株)、Citrix System Japan、シムックス(株)、Schneider Electric Group、ジョンソン・コントロール(株)、新日鉄エンジニアリング(株)、新菱冷熱工業(株)、ダイキン工業(株)、(株)竹中工務店、(株)ディー・エス・アイ、(株)東芝、東洋電機製造(株)、日本 IBM(株)、日

本電気(株)、日本電信電話(株)、日本マイクロソフト(株)、日本ベリサイン(株)、パナソニック(株)、パナソニック電工(株)、(株)日立製作所、富士通(株)、富士ゼロックス(株)、三井情報(株)、三井不動産(株)、三菱重工業(株)、三菱商事(株)、(株)三菱総合研究所、(株)山武、(株)ラック、(株)リコー、(株)ユビテックに皆様にご支援をいただきましたことを深く感謝しております。

最後にプロジェクトにご指導ご協力をいただきましたすべての皆様に深く感謝し、心より御礼を申し上げたく、謝辞にかえさせていただきます。