

# 帝京大学宇都宮キャンパスにおける省エネルギー

## Energy Conservation at Utsunomiya Campus of Teikyo University

飽本一裕\*  
AKIMOTO, Kazuhiro

小幡輝夫\*  
OBATA, Teruo

森要\*  
MORI, Kaname

Recent efforts for energy conservation conducted at Utsunomiya campus of Teikyo University is summarized. The committee for energy saving was established in 2005 prior to the renewal of campus-wide air conditioning system. After the renewal it was decided to introduce a 10kW photovoltaic power station and a demand monitor system to the campus. Consequently, cost-performance of the photovoltaic power station was considerably improved.

**Keywords:** Energy Conservation, Photovoltaic Power, Demand Monitor, University

### 1. はじめに

地球環境の悪化や資源価格の変動につれ、省エネルギー(以下省エネ)活動が世界中で進展しつつある。そして今や省エネの波は教育機関にも押し寄せ、大学も例外ではなくなった。元来、最高学府である大学は、省エネにおいても率先してリーダーシップを取るべきだが、現状は企業にかなり遅れをとっているようだ。そこで遅まきながら文部科学省は2004年に、環境配慮促進法に基づき、国立大学に環境報告書の提出を義務付けた。さらに、2007年には官房長通知「地球温暖化対策に関する計画の策定について」を介し、私立大学にも省エネ努力を義務付けた。かくして、国内全大学で省エネが積極的に推進されることになった。

大学における包括的な省エネ手法に ESCO (Energy Service Company) がある。ESCO は米国で誕生後、先進諸国で盛んに展開されている。我が国では概して省エネルギーセンターの主導下、導入が図られ<sup>1,2</sup>、最近では大学でも積極的に利用されている。現在、国内の大学における ESCO は、主に新エネルギー・産業技術開発機構 (NEDO) からの補助金により推進されており、特に国立大学法人の医学部付属病院を中心に展開されている。他大学に先駆けて2005年度以降に ESCO を大規模に導入した公立2大学として、茨城県立医療大学と北九州市立大学の2大学がある<sup>3</sup>。さらに、ESCO に頼らず、独自の省エネ活動を精力的に展開する大学として、千葉商科大学や滋賀医科大学等がある。

本研究の目的は、大学における省エネ活動の推進に資するため、北関東内陸部に位置する帝京大学宇都宮キャンパスで近年実施された省エネ活動の紹介と分析にある。

序論に続き2章では、帝京大学宇都宮キャンパスと省エネ委員会の活動について述べた後、導入した省エネ手法を、太陽光発電装置やデマンド監視装置を中心に説明する。最後に3章では本稿の内容を結論として要約する。

### 2. 帝京大学宇都宮キャンパスにおける省エネ活動の経緯

#### 2.1 帝京大学宇都宮キャンパスの基礎データ

まず、帝京大学宇都宮キャンパスの概要は、以下のよう  
に要約できる。

敷地面積 285666 m<sup>2</sup>

契約電力 600kW

受電電圧 6.6kV

自家発電 ガスエンジン2基 (各300kW)

専任教員数 約80名

学生数 約1900名

特色 理工学部は1989年創立。現在、機械・精密システム工学科、航空宇宙工学科、電気・電子システム工学科、情報科学科、バイオサイエンス学科からなるが、2008年度より、電気・電子システム工学科と情報科学科はヒューマン情報システム学科に再編中。さらに、同年度より医療技術学部柔道整復学科が創設された。

主な建築構造 鉄骨造 地上4階7棟、地上3階2棟等

延床面積 32433 m<sup>2</sup>

竣工年度 1989~1990年 地上4階6棟等



写真1 帝京大学宇都宮キャンパス太陽光発電装置

\* 帝京大学大学院理工学研究科・教授  
〒320-8581 宇都宮市豊郷台 1-1 E-mail: akimoto@ees.teikyo-u.ac.jp  
URL: <http://ews10.ees.teikyo-u.ac.jp/~akimoto/index.html>

宇都宮キャンパスでは1989年(平成元年)4月に開設されて以来設備の老朽化が進み、特に空調設備の更新が必要となったため、諮問機関として2005年8月に「理工学部空調等設備更新諮問委員会」が結成された。さらに、時代の要請として省エネが脚光を浴びつつある状況や文部科学省の施策等を鑑み、2008年度に「理工学部省エネ委員会」に名称変更され、委員も各学科より1名が選出されている。

## 2.2 太陽光発電装置の分析

空調等設備更新諮問委員会は空調システムに関して検討後、太陽光発電装置とデマンド監視装置の導入を提案した。前者は、本キャンパスに位置する理工学部および省エネ活動のシンボリックな存在でもある。後者は、著者らの調査により、省エネ装置として効果が高いことが判明していたため導入が決定された。

太陽光発電装置は出力約10kWで、三菱電機製多結晶パネル60枚で構成されている(写真1)。パネルの方位は真南だが、仰角を宇都宮市の緯度にほぼ合わせ、35度に固定した点の特徴だ。したがって、固定設置方式としては最高クラスの発電効率が期待される。本装置は新エネルギー財団(NEF)の助成を受け、2007年1月18日より発電を開始した。NEFとの共同研究として発電情報を定期的にNEFに報告している。本装置の2年間の月別発電量を図1に示す。

本装置は年間約12000kWh、毎月平均1000kWh発電するが、図1から分かるように、その平均値から3割前後も月別発電量が変化する。しかも、日照時間の長い夏・秋季よりも短い冬・春季の方が相対的に発電量が多い。発電量は晴天率に大きく依存するが、図2に示されているように、発電

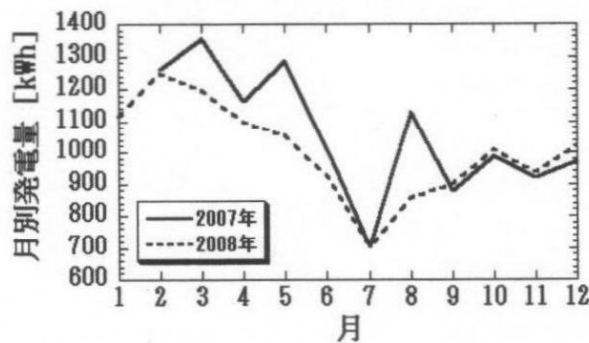


図1 帝京大学宇都宮キャンパス太陽光発電装置の月別発電量

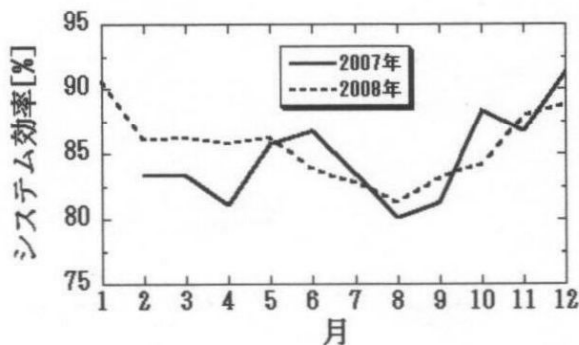


図2 帝京大学宇都宮キャンパス太陽光発電装置の月別システム効率

システム効率(平均85%)は気温に逆相関し、低温の方が有利なことも一因である。(システム効率とは日積算交流出力電力量と日積算日射量との比率)図3には宇都宮市における月別日照時間を示す。さらに、図4には同市の月別平均気温を示した(図3、4共に、宇都宮地方気象台のデータを活用)。宇都宮の日照時間は冬から春にかけて長く、夏から秋に短くなる傾向がある。これらがどのように、発電量やシステム効率と関連するかを調べるため表1に、月別発電量と月別システム効率の、日照時間と平均気温に対する相関係数をまとめた。

これらから、発電量は日照時間とももちろん強く関連するが、平均気温とはかなり逆相関することがわかる。さらにシステム効率は、日照時間とはあまり相関せず、平均気温とかなり逆相関する。したがって、月別発電量も平均気温とかなり逆相関することが理解できる。ちなみに、システム効率は1度の温度上昇に対し、0.4~0.5%低下すると言われているので、図2の変化はほぼ気温変化で説明できる。さらに本装置の1kWあたりの年平均発電量は1200kWh/kW/年だが、新エネルギー財団が、全国の太陽光発電装置を対象に1997年度から2001年度まで実施した統計調査の結果によると、平均値は991kWh/kW/年なので、平均を2割以上も上回っており、かなり良好といえる。

本装置の発電状況は、学生の教育を目的に、本館棟1号

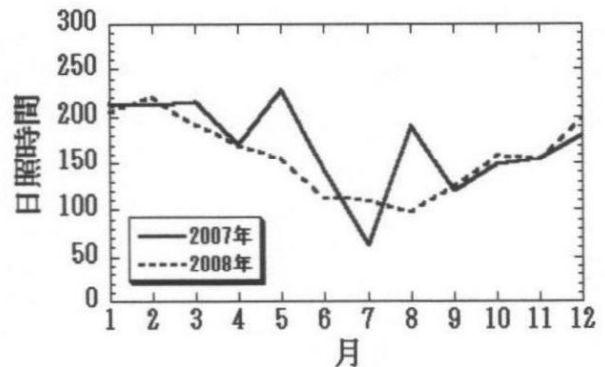


図3 宇都宮市における月別日照時間

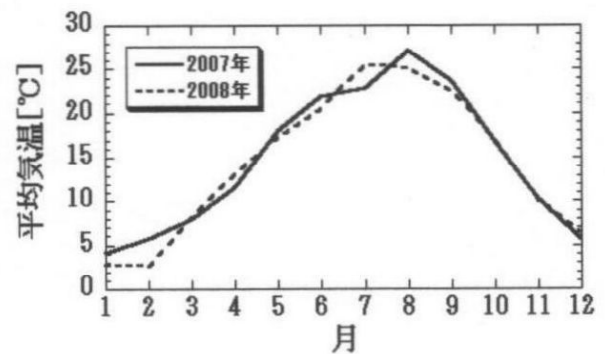


図4 宇都宮市における月別平均気温

表1 月別発電量と月別システム効率の相関係数

	日照時間	平均気温
月別発電量	0.91	-0.56
月別システム効率	0.22	-0.64

館1階ロビーにある大型モニターにて発電時間帯にリアルタイムで公開している。太陽光発電の説明に加え、その日の時間別発電状況や、その月の日付別発電実績、さらにその年の月別発電データ等が繰り返し紹介されている。しかし、残念ながら学生の関心は薄く、モニターを眺める学生の姿は希少である。太陽光発電に関連する授業中に本システムを紹介する等の、新たなてこ入れ策が必要と思われる。

このように導入システムは、教育用機能も有するため比較的高価格に設定されている。その価格の半分以上が補助金により賄われたものの、それでも単純投資回収年数は約50年と投資の魅力に乏しい側面がある。このままでは導入意欲が希薄な事業体にはアピールし難いだろう。

図5は工場を含む企業等で実施可能な各種省エネ手法の初期投資額と年間CO<sub>2</sub>削減量(単位 t-C)を示す<sup>4-6</sup>。他の省エネ手法に比較して、本太陽光発電装置の年間CO<sub>2</sub>削減量は格段に少なく(1.5t-Cの節水コマ並であることがわかる。

さらに図6には、上記省エネ手法の、投資額1万円当りのCO<sub>2</sub>削減量(=CO<sub>2</sub>削減率=r:単位 kg-C)と単純投資回収年(t)をプロットした<sup>4-6</sup>。ここでもやはり、他の省エネ手法と比較して、太陽光発電装置(t=47, r=1.8kg-C)はすこぶる低効率であることが見てとれる。それどころか電気関連の省エネ手法としても、残念ながら最低レベルである。ところで、著者らの研究結果<sup>6</sup>によると、電気関連省エネ手法は押しなべて直線r=100/tに乗る。本太陽光発電装置も例外ではない。

### 2.3 デマンド監視装置

太陽光発電装置と共に導入したデマンド監視装置(PLC電力モニター)はECOPRO21[(株)アンシブルが開発]で、電力線通信(PLC)を利用するため低価格が特徴である。キャンパスでの消費電力は、本館棟、ヒューマン情報システム学科棟および情報科学科棟、航空工学科棟およびバイオサイエンス棟等の5系統でモニターされている。これらに変電所や発電装置を含む全9箇所が監視対象である。その結果判明する、キャンパスの消費電力量等は、太陽光発電装置の関連情報を表示するモニターの真上に設置された表示機にリアルタイムで示されるが、パソコンを利用すれば、上の5系統の消費電力や過去の日付の電力消費状況等まで検

索並びにグラフ表示可能である。そして、キャンパスの消費電力がデマンド警報値(550kW)に近づくと、電子メールにより警報が配信される。メール受信者は、省エネ委員、総務課担当職員と間接的に設備担当者である。警報を受けるや否や設備担当者は、3台ある冷温水発生機の内1台を停止し、総務課担当職員は、各所の冷暖房温度や照明を確認する等の措置をとる。

デマンド監視装置の導入以来、本キャンパスの消費電力がごく簡単にモニター可能になった。本キャンパスの契約電力は2004年以來672kWで、夏季の正午過ぎ頃および冬季の夕刻に消費電力が最大になる。夕刻にはキャンパスの自家発電用ガスエンジンが停止されるが、その時間帯には、日が短い冬季には主に照明用電力を得るため、買電量が上昇する傾向がある。デマンド監視装置導入後、電力消費状況をモニターし検討した結果、契約電力を2008年度からひとまず600kWまで切り下げた。その際、電力会社の抵抗にあつたため電力会社も切り替えた。しかしこの処置だけで、電力(基本)料金を年間240万円も節約できた。その結果、デマンド監視装置単体の単純投資回収年数は約2年となった。これは、著者らの調査結果と同程度である。キャンパス全体でさらに組織的な省エネ活動を展開すれば、このデマンド値はさらに低減可能と期待している。

ちなみに、単体では投資意欲をそれほど刺激しない太陽光発電装置だが、デマンド監視装置と併設すれば、単純投資回収年数が約50年から約5年に激減し、省エネ装置としての魅力が増すことも実証できた。この数値(5年)を他の省エネ装置と比較すると「中の下」程度と分類される。この、太陽光発電装置とデマンド監視装置の併設効果こそが、本論文で最も強調したい結果といえる。これにより、家庭用のものに比べて大規模な太陽光発電装置が、各地の事業所において従来より迅速に普及する可能性も示された。

しかしながら、省エネ設備としては発電量が10kWh程度のため、全受電電力量の0.5%程度を削減するに過ぎない。

最後に、太陽光発電装置およびデマンド監視装置は毎年、学生の卒業研究にも利用されていることを付記しておく。

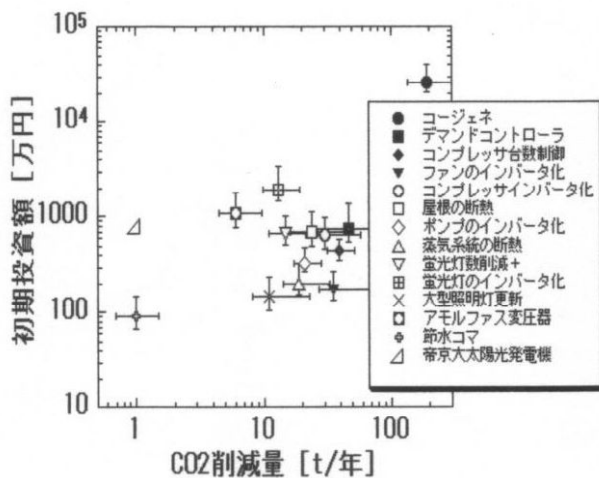


図5 初期投資額と年間CO<sub>2</sub>削減量

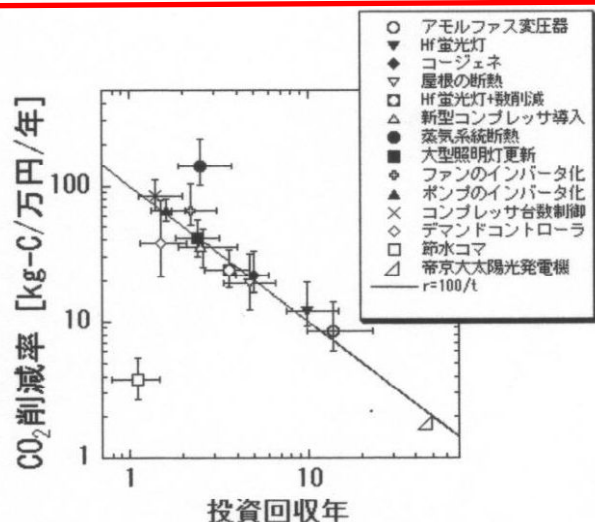


図6 各種省エネ手法のCO<sub>2</sub>削減率—投資回収年の分布図

表2 各種照明の省エネ効果

場所と省エネ対策			1日の 点灯時間	年間の 点灯日数	年間の消 費電力量	省エネ効果 (削減率)
			h			
全館誘導灯照明	前	蛍光灯型 : 16.5W x 144 台	24	365	20,814	71
	後	冷陰極管型 : 4.8W x 144 台			6,055	
実習工場照明	前	水銀灯:798W x 16 台+525W x 26 台	12	265	84,009	67
	後	セラミックメタルハライド灯:208W x 42 台			27,780	
体育館メインアリーナ 照明	前	水銀灯:423W x 35 台+ナトリウム灯: 318W x 35 台	8	265	54,982	59
	後	セラミックメタルハライドランプ:305W x 70 台			27,780	
全館トイレ照明	前	4種類蛍光灯合計:12665W, 人感センサー	9	265	30,182	67
	後	導入	3		10,061	
1号館廊下照明	前	蛍光灯:45W x 267 台, 人感センサー導入	8	265	25,550	50
	後		4		12,775	
1号館階段室照明へ の人感センサー導入	前	蛍光灯:45W x 16 台	12	265	2,290	42
	後	蛍光灯:45Wx 16 台 x2h, 45Wx 8 台 x10h	2, 10		1,336	

2.4 その他の導入省エネ手法

上記2装置に加え、事務局等と協力しながら宇都宮キャンパスに導入した諸設備と効果とを下記と表2に列挙する。

まず、設備更新時期に合わせて省エネタイプの空調機が導入された。20年前の空調機と比較すると省エネがかなり進んでおり、特に冬場の省エネに貢献している。

表2は、照明関係の省エネ設備の効果を試算した結果である。誘導灯は24時間使用するので、蛍光灯型から冷陰極管型へ交換され、71%という大きな削減率が得られている。実習工場や体育館の水銀灯がセラミックメタルハライド灯へ切り替えられ、前者では67%、後者では59%削減でき、使用電力量を大幅に低減できている。また、トイレ、廊下、階段室の照明に人感センサーが導入され、42~67%の削減率になり、削減効果が大きい。

さて、これら諸活動の成果を見てみよう。2004年度から2008年度における本キャンパスの受電電力量の推移を図7に示す。(自家発電量は130万kWh/年前後で推移)空調や照明等の更新により、受電電力量が順調に低減されたことが見て取れる。過去5年間で約15パーセント減少した。今後は教室や実験室の照明の更新等も予定されており、さらなる削減が期待できる。

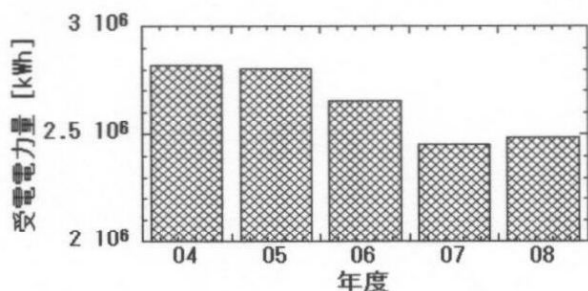


図7 受電電力量の年次推移

3. 結論

帝京大宇都宮キャンパスにおける最近の省エネ活動を紹介した。独自性の高い省エネ手法として、太陽光発電装置とデマンド監視装置を同時導入した結果、電力基本料金が大幅に節約でき、太陽光発電装置単体では長期に亘る投資回収年数をほぼ5年に短縮した。また、空調や照明等を更新した結果、直近の4年間で受電電力量が約15%削減された。

謝辞

本キャンパスの太陽光発電装置は、帝京大学理工学部太陽光発電新技術等フィールドテスト事業として、新エネルギー財団の助成を受けて設置されました。設置に際し、帝京大学沖永佳史理事長・学長にご尽力戴きました。また、帝京大学理工学部省エネ委員会のメンバー諸氏および、電力データ取得とその利用等にご協力戴いた本キャンパス事務局、とくに総務・会計チームの田原晴乙氏、そして環境整備(株)と(株)アンシブルの皆様へ感謝いたします。

参考文献

- 1) ESCO事業導入研究会; ESCO事業導入調査報告書, (財)省エネルギーセンター (1998)
- 2) 村越千春, 中上英俊, 住沢剛, 第16回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集 p.1 (2000)
- 3) 鮑本一裕, 第27回エネルギー・資源学会研究会講演論文集 CD (2008)
- 4) 鮑本一裕, 第22回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集, p.419 (2006)
- 5) 鮑本一裕, 第25回エネルギー・資源学会研究会講演論文集, p.203 (2006)
- 6) 鮑本一裕, 第23回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集 CD (2007)