

「環境負荷低減等に資する建築電気設備の新技术に関する調査研究」

国土交通省大臣官房官庁営繕部設備・環境課
設備安全対策官 本間 一紀
電気技術係長 ○大竹 一久

1. 研究内容

官庁営繕部では、グリーン庁舎の整備、E S C O事業を含むグリーン改修の推進、官庁施設の適正な運用管理の徹底等、総合的な環境負荷低減のための取組を強化しているところである。

一方、環境負荷低減に資する新たな省エネルギー・省資源型の機器やシステムなどの研究・開発等は急速に進展しており、こうした新技术・システムを官庁施設に導入する手法について、早急に検討することが求められている。

このため、官庁施設に導入した場合に環境負荷の低減に資することが見込まれるものの、具体的な低減効果の見積もり方法や設計手法などがとりまとめられていないことが導入の障害となっている新技术・システムについて、最新の技術動向を調査し導入に際しての問題点等の整理を行うとともに、官庁施設における電力消費量の実態等を踏まえた効率的かつ効果的な導入手法等について研究を行った。

2. 研究方針と体制

本テーマの研究にあたっては、次に示すサブテーマ及びこれに基づく各地方整備局等の個別テーマを設定し、グループ毎に調査研究を進めた。

2. 1 省エネルギー型の新技术に関する調査研究

- ・新光源（LED照明、無電極ランプ、セラミックメタルハライドランプ）
- ・照明制御装置の評価及びその適用・設計手法
- ・マイクロ水力発電

2. 2 エネルギーの効率的運用技術に関する調査研究

- ・電力貯蔵型電源（NAS電池）

2. 3 省資源型の新技术に関する調査研究

- ・無線式時計
- ・電力線通信（PLC）

2. 4 電力負荷の計測及び分析に関する調査研究

- ・電力計量システム（システム及び効率的な電力モニタリング）
- ・電力消費量の実態調査に基づいた温室効果ガスの排出抑制を考慮した変圧器容量の算定方法の検討

3. 研究結果

個別テーマの研究結果は、「5. 個別テーマの研究結果」に示す。ここでは、各個別テーマについて、官庁施設への導入手法、問題点の要旨を示す。

3. 1 省エネルギー型の新技術に関する調査研究

3. 1. 1 新光源

・LED照明

従来形ダウンライトとの仕様比較を行った結果、現状の光束では、一般照明として使用するの難しいことが分かった。従って、現状のLED照明の有効利用として、点滅回数が寿命に影響を与えない利点を生かし、人感センサを用いた自動点滅制御を多く行う場所（廊下、ホール、便所等）への一般照明との併用設置が考えられる。2010年頃には、蛍光灯と同等の100lm/Wの発光効率が見込まれており、将来的には、一般照明としての使用も期待できる。

・無電極ランプ

長寿命（約60,000時間）であることから、ランプ交換等のメンテナンスが削減できる。これにより、器具の耐用年数を考慮し、従来形光源では昇降装置が必要であった場所（ホール、体育館等の高天井）に、昇降装置を用いずに、設置することが、経済的であり、有効な導入手法と考えられる。

・セラミックメタルハライドランプ

HIDランプの中では、最もランプ効率が優れているため、導入コストの低廉化が進めば、従来形HID灯を使用している場所（屋外、体育館等）への設置が有効と考えられ、省エネルギー効果も期待できる。

3. 1. 2 照明制御装置の評価及びその適用・設計手法

昼光利用制御を行う際には、調光下限値が5%以下のPZ器具の効果的な使用により、高い省エネルギー効果が得られることが分かった。最適な照明制御手法として、「外光により十分な照度を得られる場合は、調光下限値が5%以下のPZ器具による制御方式の採用を検討する。」を、建築設備設計基準に反映させるべきと考えられる。

3. 1. 3 マイクロ水力発電

未利用エネルギーの活用として有効な技術ではあるが、官庁施設への導入は、設置可能な条件、箇所を考慮すると、現状では困難と考えられる。

3. 2 エネルギーの効率的運用技術に関する調査研究

3. 2. 1 電力貯蔵型電源（NAS電池）

電力負荷平準化を行った結果として、割安な夜間電力の有効利用により、電気料金が削減されることが確認できた。

また、導入を検討する際には、自立運転機能や高速切替スイッチを付加することにより、従来の非常用発電機又はUPSとしての運用も考えられる。

NAS電池を導入し、個々の施設の電力負荷平準化を図ることにより、国全体の電力負荷平準化に寄与し、火力発電所の出力抑制によるCO₂排出削減につながることを期待できる。

3. 3 省資源型の新技術に関する調査研究

3. 3. 1 無線式時計

子時計の移設時際には、配線・結線費が不要となる為、模様替え等が想定される施設への導入が有効と考えられる。又、ケーブル等の施工材料が削減される為、省資源に寄与できると考えられる。

3. 3. 2 電力線通信（PLC）

改修工事において、既存の電力線を活用し、電力計測監視装置の設備システムへの導入に有効と考えられるが、高速通信を行うシステムや電力線を必要としないシステムへの導入は困難と考えられる。

3. 4 電力負荷の計測及び分析に関する調査研究

3. 4. 1 電力計量システム（システム及び効率的な電力モニタリング）

施設規模や用途を考慮し、計測点数の検討、計測結果の周知方法の検討、削減効果の蓄積等が必要であるが、電力負荷の実態把握やグリーン化技術の効果検証の為、導入は必要と考えられる。

3. 4. 2 電力消費量の実態調査に基づいた温室効果ガスの排出抑制を考慮した変圧器容量の算定方法の検討

適正な変圧器容量の算定方法として、実測値の分析が有効と考えられるが、今後、電力計量システム等の活用により、多くの実測値の収集・分析と負荷についての詳細な調査が必要である。

4. 今後の課題

建築電気設備の新技術・システムについて、官庁施設における効果的な導入手法、問題点を示すことができた。今後は、本研究成果を官庁施設整備に反映させるため、有効な手法や提案について、更に技術的、経済的に検討を進め、建築設備設計基準等の技術基準類に取り入れていきたい。

5. 個別テーマの研究結果

5. 1 新光源（LED照明、無電極ランプ、セラミックメタルハライドランプ）に関する調査研究

沖縄総合事務局開発建設部営繕課 喜屋武 悟

5. 1. 1 新技術の概要

照明用光源は、技術的進歩が著しく、従来形の光源と比べ、新光源は高い省エネルギー効果が期待されている。本研究では、下記に示す各新光源の特徴を考慮し、官庁施設に導入する際に有効と考えられる設置場所の検討を行い、効果的な導入手法を提案するものである。

・LED照明

P型半導体とN型半導体を接合したLEDチップに順方向の電圧をかけ、電子と正孔を移動させ再結合した際に発生した余分なエネルギーが可視光となって発光する。長寿命、環境安全性が高いが、光束に課題がある。

・無電極ランプ

高周波電流をコイルに流すことにより高周波磁界を与え、その磁界より誘導電界を発生させ、ランプ内部の水銀蒸気を励起させ、蛍光体に紫外線が放射されることにより可視光を発生させる。長寿命だがコスト面に課題がある。

・セラミックメタルハライドランプ

発光管にセラミックを使用したメタルハライドランプであり、従来のメタルハライドランプと比較して、高効率、小型、高演色性といった特徴がある。

5. 1. 2 新技術の導入手法及び効果

・LED照明

官庁施設への導入の際に、検討する従来形ダウンライトとの仕様比較を表1に示す。長寿命ではあるが、光束が低い為、同じ照度を求めると相当な台数が必要となり、一般照明用としては実用的ではない。この為、点滅回数が寿命に影響を与えない利点を生かし、人感センサを用いた自動点滅制御が効果的な廊下、ホール、便所等に、一般照明と併用設置することが有効と考えられる。

・無電極ランプ

表2より、CO₂削減効果はあるが、ポール灯については初期投資回収年が器具の耐用年数を上回る結果となった。ホールの照明については、長寿命（約 60,000 時間）であることから、下面カバー付器具を採用し、ランプ交換を考慮しない為、ランプ交換等の保守時に使用する昇降装置が不要と考え、初期投資回収が可能となった。このことから、ランプ交換が困難等メンテナンスの考慮が必要なホール、体育館等の高天井への設置に有効である。

表1 照明仕様比較

	LED	コンパクト形 蛍光灯H16形
光束(lm)	265	1,200
消費電力(W)	5.3	20
発光効率(lm/W)	50	60
寿命(時間)	40,000	10,000

・セラミックメタルハライドランプ

表2より、ホールの照明・ポール灯共に初期投資回収年が器具の耐用年数を上回るが、CO₂削減効果はやや見込まれる結果となった。HIDランプの中では、最もランプ効率が優れており、立ち上がり時間を要求されない場所（屋外、体育館等）への設置に有効と考えられる。

表2 従来形の光源と比較した場合の導入効果

比較対象	新光源	コスト差 (千円)	年間 運用削減 電力量 (kWh/年)	年間 庁舎全体 電力量 (kWh/年)	年間 CO ₂ 削減量 (kg-CO ₂ / 年)	庁舎あたり のCO ₂ 削減率 (%)	投資 効果 (円/kg- CO ₂ ・年)	初期投資 回収年 (年)
※1	無電極ランプ(150形)	74	825	35,643	304	2.31	12	7
※1	セラミックメタルハライドランプ(150W)	188	713	35,643	262	2.00	36	22
※2	無電極ランプ(50形)	77	230	35,643	85	0.65	46	28
※2	セラミックメタルハライドランプ(70W)	98	117	35,643	43	0.33	114	70

【施設概要】RC造 2階建て 延べ床面積 約 1,420 m²

※1 ホールの照明を従来形の昇降機能付水銀灯 250W と同程度の光束・同台数にて比較

※2 ポール灯を従来形の水銀灯 100W と同程度の光束・同台数にて比較

5. 2 照明制御装置の評価及びその適用・設計手法に関する調査研究

中国地方整備局営繕部設備課 山口 貴之 田中 幸一

5. 2. 1 研究の概要

事務室で採用している昼光利用制御は、明るさセンサと連続調光照明器具の配置パターンとその制御方法により省エネ効果は大きく異なる。昼光利用制御は広く採用されているものの、具体的な設計手法がない為、本研究では、一般的な事務室での照明改修を想定し、明るさセンサと連続調光照明器具の配置パターンと制御方法を変化させた時の省エネ効果の比較を行い、官庁施設へ導入する最適な照明制御手法を提案するものである。

5. 2. 2 官庁施設への導入手法

昼光利用制御を行う際に使用する連続調光照明器具の安定器の選択（調光下限値が35%以下のPX器具と5%以下のPZ器具）に注目し、PZ器具の効果的な使用による最適な照明制御手法を検討した。

照明改修内容は、既設FL40W2灯用を連続調光照明器具Hf32W2灯用に更新と想定した。投資効果の結果を表3に示す。表3より、昼光の影響が大きい窓側でPZ器具を使用すると効果が高くなった。又、昼光の影響が小さい部屋内側でPZ器具を使用してもCO₂削減量はほとんど変わらなかった。これは、設定照度に調光する際に、PX器具の調光下限値である35%より低く調光することがないためである。その結果得られた最適と考えられる照明制御手法の明るさセンサと連続調光照明器具の配置パターンを図1に示す。

表3：制御方法と投資効果の関係

窓側からの照明器具の配置とセンサによる制御方法				改修費 (千円)	1年間 CO2 削減量 (kg-CO2/ 年)	投資効果 (円/kg-CO2)
1 列	2 列	3 列	4 列			
PX	PX	PX		469	415	56.5
PX	PX		PX		411	57.1
PX		PX	PX		407	57.6
PZ	PX	PX		485	468	51.8
PZ	PX		PX		463	52.4
PZ	PZ	PX			503	49.8
PZ		PX	PX	501	484	51.8
PZ	PZ		PX		499	51.8
PZ		PZ	PX		493	52.4
PZ	PZ	PZ		532	509	52.3
PZ	PZ		PZ		499	53.3
PZ		PZ	PZ		493	54.0

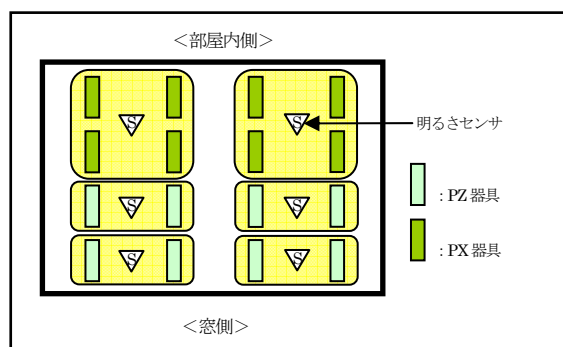


図1：最適な照明制御手法

5. 2. 3 効果の検証

図1と同様の明るさセンサと連続調光照明器具の配置パターンを行った施設において、測定により算出した昼光率を用いて、安定器選択と投資効果の関係を検証した。結果を表4に示す。

表4：実測した昼光率を用いた投資効果

窓側からの照明器具の配置とセンサによる制御方法				改修費 (千円)	1年間 CO2 削減量 (kg-CO2/ 年)	投資効果 (円/kg-CO2)
1 列	2 列	3 列	4 列			
PX	PX	PX		469	401	58.5
PZ	PX	PX		485	461	52.6
PZ	PZ	PX		501	492	50.9
PZ	PZ	PZ		532	495	53.7

表4より、図1と同様に、窓側から2列をPZ器具、部屋側2列をPX器具とした場合の投資効果が最も高くなった。このことから、提案した照明制御手法を実際の施設に導入しても高い効果が得られると期待できる。

5. 2. 4 まとめ

本研究において、高い省エネルギー効果を得るためには、昼光の影響が大きい場所では照明器具を可能な限り調光することが重要であり、その部分にPX器具より調光下限値が低いPZ器具を使用することが効果的であることがわかった。

但し、各室の状況（階数、外光の進入度合い）に応じた昼光利用制御と各室の用途等に応じた光環境のバランスを検討する必要がある。

5. 3 マイクロ水力発電に関する調査研究

四国地方整備局営繕部設計課 中空 健二

5. 3. 1 新技術の概要

水力発電は、水車を水力により回転させ、軸結された発電機により電力を発生させるものである。又、発電過程でCO₂発生はないが、立地条件の制約が多い。本研究では、数十kW程度以下のマイクロ水力発電を、官庁施設に導入する際の条件等を整理し、導入の検討

を行った。

5. 3. 2 官庁施設への導入検討

次に示す設置箇所を有する官庁施設への導入を検討した。

- ①空調システムの蓄熱水槽への落水 ②受水タンクへの流入点
- ③浄化槽からの排水 ④屋上の雨水

又、マイクロ水力発電を導入するには、次に示す条件が必要である。

- ・落差と流量を持った水源が存在していること。
- ・水車に悪影響を及ぼさない水質であること。
- ・発電設備の設置により、関係する設備システムなどに悪影響を与えないこと。

結果として、上水以外では水処理装置が必要となり、飲用水を使用する場合は水質管理の考慮が必要となる為、②～④への導入は困難と考えられる。又、空調システムの蓄熱水槽への落水は、有効な落差の確保が難しい為、①への導入も困難と考えられる。検討の結果、官庁施設への導入は、現状では困難と考えられる。

5. 4 電力貯蔵型電源（NAS電池）に関する調査研究

北海道開発局営繕部設備課 武田 泰幸
北陸地方整備局営繕部技術・評価課 武藤 能之

5. 4. 1 新技術の概要

NAS電池を導入することにより、電力量料金の割安な夜間に充電し、電力量料金が安い昼間に放電することで受電電力を平準化（図2）でき、契約電力の低減が可能となる。本研究では、官庁施設への導入手法、導入による効果検証と有効と考えられる運用方法の検討を行った。

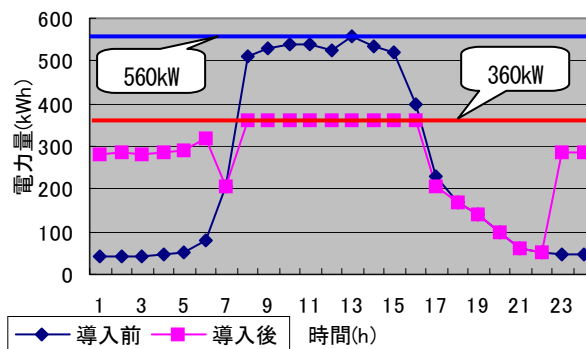


図2 日負荷曲線(夏季)

5. 4. 2 官庁施設への導入手法

昼間の窓口業務が多く、昼夜間の電力差が大きな官庁施設で導入が可能である。但し、消防法上、危険物扱いとなる等の関係法令等の規制があり、危険物一般取扱所設置許可等の手続きが必要である。又、危険物取扱者による遠隔監視等の保守監視や法定点検以外のメンテナンスを行う必要がある。

5. 4. 3 新技術の導入効果及び運用方法

夏季の日負荷曲線が図2に示す電力量の官庁施設において、各季節、休日等のデータを用い、年間運用電力量、年間運用電気料金の効果検証を行った。その結果、NAS電池の総合効率（75%程度）の関係で放電時より充電時の電力量が多くなる為、年間運用電力量は増加となるが、契約電力の低減による基本料金の削減と割安な夜間電力の活用により、

年間運用電気料金は、導入前と比べ、約 14%の削減効果がある結果となった。

また、NAS 電池は、受電電力の平準化と非常用電源の兼用として、商用系統の停電を検出すると数秒で自立運転を開始し非常用負荷への電力供給を行う運用方法も可能である。化石燃料を使用する非常用発電機と比べ、常時稼動しているため起動の信頼性が高く、CO₂削減効果も期待できるなどの特徴がある。ただし、非常用発電機は、燃料補給を行えば継続的な運転が可能だが、NAS 電池の場合は、充電容量に限りがあるため、非常用対象負荷の絞り込みが必要である。

さらに、高速切替スイッチを付加することにより、UPS の代わりに停電時のバックアップ電源として運用することも考えられる。

5. 4. 4 まとめ

本研究では、NAS 電池の導入により年間運用電気料金については削減が見込める結果となった。今回の算出は総合効率を一定で行ったが、実際は放電パターンにより効率が変動するので、その施設にあった放電パターンを設定し算出する必要がある。

また、非常用発電機の新設時、並びに既存非常用発電機の増設や更新時に際しては、非常用電源としての運用、環境負荷低減の観点からNAS 電池の導入を検討することも考えられる。

5. 5 無線式時計に関する調査研究

四国地方整備局営繕部設計課 中空 健二

5. 5. 1 新技術の概要

従来の有線式電気時計システムは、親時計から子時計へ有極パルス信号を送信することにより運針を行っており、時刻修正は親時計がAM・FM放送を受信することにより行っていた。無線式時計システムは、標準電波を受信し、中継局より電波を発信し子時計等の制御（時刻規正）を行うものである。

5. 5. 2 官庁施設への導入手法及び効果

現存する庁舎において、従来の有線式電気時計システムと無線式時計システムとの導入コスト比較を行った結果、無線式時計システムは電線管・ケーブルに要する費用が大幅に低減できるが、機器が比較的高価なため現状ではコストアップとなった。しかし、模様替え等による機器の移設の際には、配線や結線に要する費用が不要であることから、導入の効果はあると思われる。又、ケーブル等の施工材料が削減される為、省資源に寄与できると考えられる。

但し、導入にあっては、電波を使用したシステムであるため、設置場所の状況に影響を受けやすく、ノイズ発生源や伝搬障壁に対して確認が必要である。

5. 6 電力線通信(PLC)技術の官庁施設への導入に関する調査研究

東北地方整備局営繕部設備課 森田 明広 木村 広太

5. 6. 1 新技術の概要

PLCとは、PLCモデムにより電力線に高周波の情報信号(2~30MHz)を乗せ、コンセントから接続されているPLCモデムにて、再び電源と情報信号とに振り分けて機器に供給する。PLCは、通信速度、有線であることからセキュリティ面で無線LANに勝り、導入が有線LANより容易なことが利点であるが、バッテリーの充電器やインバータ機器類等の影響を受けると通信速度が低下するという欠点がある。

5. 6. 2 官庁施設への導入手法及び効果

一般家庭には普及し始めているPLCであるが、官庁施設には電力計測監視装置の設備システムへの導入が考えられる。新営工事の際に、PLCを導入した場合と従来形方式の場合とのコスト比較を試算した結果、現状ではPLC関連機器が高価である為、従来形方式よりもコストが高くなった。しかし、改修工事の際には、通信ケーブルが不要というメリットを生かし、配線工事に伴う建築工事も大幅に軽減される為、PLCを導入することにより、コスト縮減となる可能性がある。

5. 7 電力計量システム(システム及び効率的な電力モニタリング)に関する調査研究

九州地方整備局営繕部設備課 志手 克教 吉村 和晃

5. 7. 1 新技術の概要

電力計量システムは、一般に、数回路の電力消費量をまとめて計測できる「多回路電力計」と、この計測結果を集めてLANを通じて中央監視制御装置等に送信するための「ネットワークアダプタ」等から構成されており、計測結果は、中央監視装置等で計測・管理されるものである。

5. 7. 2 官庁施設への導入手法及び効果

消費エネルギーの大きい負荷(熱源、照明、コンセント、空調設備の順)を考慮して測定項目を設定し、計測の目的別にモニタリング手法を提案した。

施設で削減可能な運用段階の削減率をメーカーヒアリングにより10%と定め、想定される効果を算出した結果、初期投資回収年は、5~10年程度となり、LCCとしては回収可能なシステムであることがわかった。

電力計量システムは、庁舎のフロア毎や官署毎に光熱量やCO₂削減量等を比較し、LANや表示装置等による職員への周知により、環境に対する啓発や競争力が高められ削減効果が継続されるものである。今後は、導入による削減効果を蓄積することが必要である。

5. 8 電力消費量の実態調査に基づいた温室効果ガスの排出抑制を考慮した変圧器容量の算定方法の検討

関東地方整備局営繕部筑波分室 矢島 俊明
中部地方整備局営繕部設備課 柴田 信介
近畿地方整備局営繕部設備課 川口 正人

5. 8. 1 調査の概要

現在、官庁施設で一般的に使用している変圧器容量の算定方法は、昭和55年に作成された。近年、高効率変圧器や照明制御等の新技術・システムの導入が進み、現状を反映した変圧器容量の算定方法の再検討が必要と思われる。そのため、温室効果ガスの排出抑制を考慮した変圧器選定方法を検討するため、既存官庁施設における電力消費量の実態等を調査・分析し、その傾向を把握した。

5. 8. 2 調査・分析方法及び結果

全国35台の単相・三相変圧器について、負荷の実測値を調査した。この実測値データをもとに負荷種別毎の需要率を算出・分析し、現在変圧器容量の算定に使用している負荷種別毎の補正係数（需要率に相当）の値と比較した。今回の分析方法として、最頻値を採用した。

その結果、照明負荷及びコンセント負荷の需要率については、現在の補正係数の値に比べ、全般的に低めの値となる傾向であることがわかった。原因として、照明負荷及びコンセント負荷については、照明器具やコンセント負荷の高効率化等の省エネ機器及び昼光利用や人感センサによる照明制御等の省エネ制御等の普及、廊下照明の間引き点灯等の運用による省エネ効果等の影響の為と考えられる。

ファンコイル及び動力関係の負荷の需要率については、十分な分析ができなかった。原因として、空調方式による需要率のばらつき等と考えられる。

5. 8. 3 まとめ

補正係数を小さく設定することができれば、変圧器の電力損失の低減等が可能となり、温室効果ガス抑制のための手段としても有益と考えられる。今後は、負荷についての詳細な調査を検討する必要があると思われる。