

中国の中小ビルディングにおける省エネルギー照明制御システム

Energy Conservation by Lighting Control System in Medium-Scale Building in China

十河 知也* ・ 寺野 真明** ・ 福永 雅一*** ・ 黄 吉文***
Tomoya Sogo Masaaki Terano Masaichi Fukunaga JiWen Huang

中国の中小規模ビルディングにおける照明の省エネルギーに取り組み、多数の電力計測ポイントを監視できる「多回路電力チェッカー」による見える化と照明制御システム「Web計量対応形エミット・フル2線式リモコン」の制御の双方による運用改善、およびHf型照明器具の採用による高効率化によって、照明用エネルギーを大幅に削減できることと導入後に視的快適性が向上することを実証した。

日本で利用されている製品を中国で適用する際の問題点や、中国における配電形態やビルディング運用の違いなどを把握し、実運用で適切な制御方式と運用条件の実証を行い、その効果を確認した。

Lighting energy conservation activities in a medium-scale commercial building in China have produced a substantial reduction of energy consumption through operational improvements by monitoring several measuring points using a multi-circuit watt-hour meter and controlling with EMIT full 2-way remote control system along with the adoption of high-efficiency Hf type lighting fixtures. Improvements in the occupants' visual comfort were also recognized.

Problems with the application of products used in Japan to China, and the difference in the power distribution form and building operation were also identified. An appropriate control scheme and operating condition was verified in an actual installation while confirming its effect.

1. ま え が き

中国の成長発展は、北京オリンピック以降若干の陰りを見せているものの、なお世界の基準を大きく超える勢いで継続している。しかし同時に成長に必要なエネルギーの消費量も増大しており、それに伴う温室効果ガス排出量は世界全体の約20%を占めるほどに拡大している^{1), 2)}。

温室効果ガスの排出が地球環境に大きく影響を与えていることから、中国では第11次五ヵ年計画（十一五規画）において、人類が求める成長を自然から提供を受ける各種資源に対応させ、人類の消費活動を最小の環境代価をもって行う環境調和型の安定した社会を建設することを目指している。

2. 中小ビルディングにおける省エネルギーの課題

中国における事務所ビルディングの省エネルギーは、地球環境保護の観点からも大きな課題となっている。とくに、設備のインテリジェント化やネットワーク化がもたらす省

エネルギーへの期待は非常に大きく、照明設備に限らず空調・衛生設備についてもインテリジェント化による省エネルギー推進を図っている。しかし、その具体的な方策は確立されておらず、大規模ビルディングにのみ省エネルギー活動が進められているのが現状である。

また、照明制御システムに限定してみると、中国における照明制御は単純なスイッチを利用したダイレクト制御が大半であり、システム化されたものはきわめて少ない。この理由としては、以下の項目が挙げられる。

- (1) 中小規模ビルディングオーナーの省エネルギーに対する意識や関心が低い。
- (2) システム活用による利便性は理解してもらえるが、省エネルギー効果についてはよくわかってもらえない。
- (3) システムの導入コストが高く、費用対効果が得られにくいとの印象がある。

そこで、当社が日本国内で展開している照明制御システム「Web計量対応形エミット・フル2線式リモコン³⁾」や

* 先行技術開発研究所 Advanced Technologies Development Laboratory

** 情報機器事業本部 情報機器R & Dセンター Research & Development Center, Information Equipment & Wiring Products Manufacturing Business Unit

*** 新規商品創出技術開発部 New Product Technologies Development Department

計測システム「多回路電力チェッカー」を中国の中小規模ビルディングに適用し、その省エネルギー効果を評価する。これにより、中国における省エネルギー市場でのシステム展開の可能性を検討する。とくに中国での配電形態の違いに着目した電力計測方法を用いてビルディングの電力消費量を把握し、その結果から実運用に適したシステムの設計と調整を行うことで省エネルギー効果の最大化をねらう。

3. 中小ビルディングでの省エネルギー性の実証

3.1 「Web計量対応形エミット・フル2線式リモコン」

「Web計量対応形エミット・フル2線式リモコン」は、図1に示すように、±24Vの信号線2線ですべてのスイッチとセンサを配線し、1系統当り最大256点の照明制御が可能な「多重伝送フル2線式リモコン」を最大31系統と、最大16回路の電力管理点を1台で計測可能な「多回路電力チェッカー」を最大31台接続可能なシステムである。また、別途Webサーバユニットを接続することにより、スイッチやセンサなどの端末状態を管理し、Webブラウザを利用して遠隔からビルディング管理を行うことが可能となる。

「Web計量対応形エミット・フル2線式リモコン」は、照明回路に対して指定された時刻や日の出、日の入りに基づくスケジュール制御を行うとともに、下位に照度センサや熱線センサを接続してこれらの信号情報と合わせて照明のON/OFFだけでなく調光制御も行うことが可能なシステムである。また、センサ自体の有効と無効を設定することも可能である。

3.2 計測システムの導入計画

中国における電源系統は日本と異なり、各階分電盤の主

幹部までを三相4線式380Vで、そこから下位は単相2線式220Vで配線している。日本で使用されている「多回路電力チェッカー」は、単相2線式、単相3線式、三相3線式に対応しているが、三相4線式に対応していないため、そのままでは測定することはできない。

そこで、主幹部の三相4線式配線を三つの測定回路に分離し、R相、S相、T相の3回路を別々に測定して合算する方式を採用する。図2にその測定方法の概略図を示す。

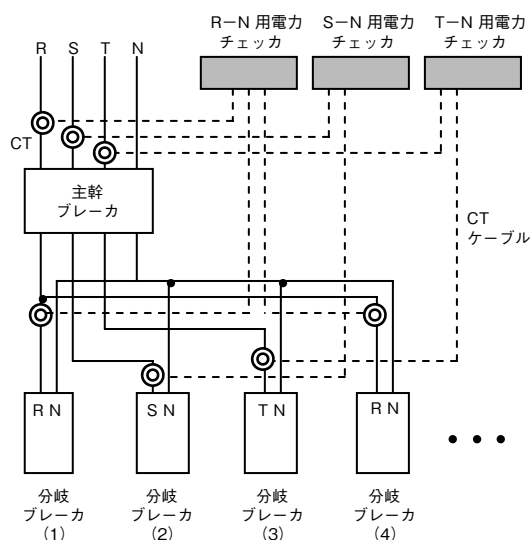


図2 三相4線式の計測方式

3.3 照明器具と照明制御システムの改修計画

制御システムを導入するにあたり、ビルディングの入居者の利用形態に適応した設定を行う必要がある。表1に、各エリアにおける導入器具および制御設定について示す。

外光が有効に利用できる大事務室およびエレベータホー

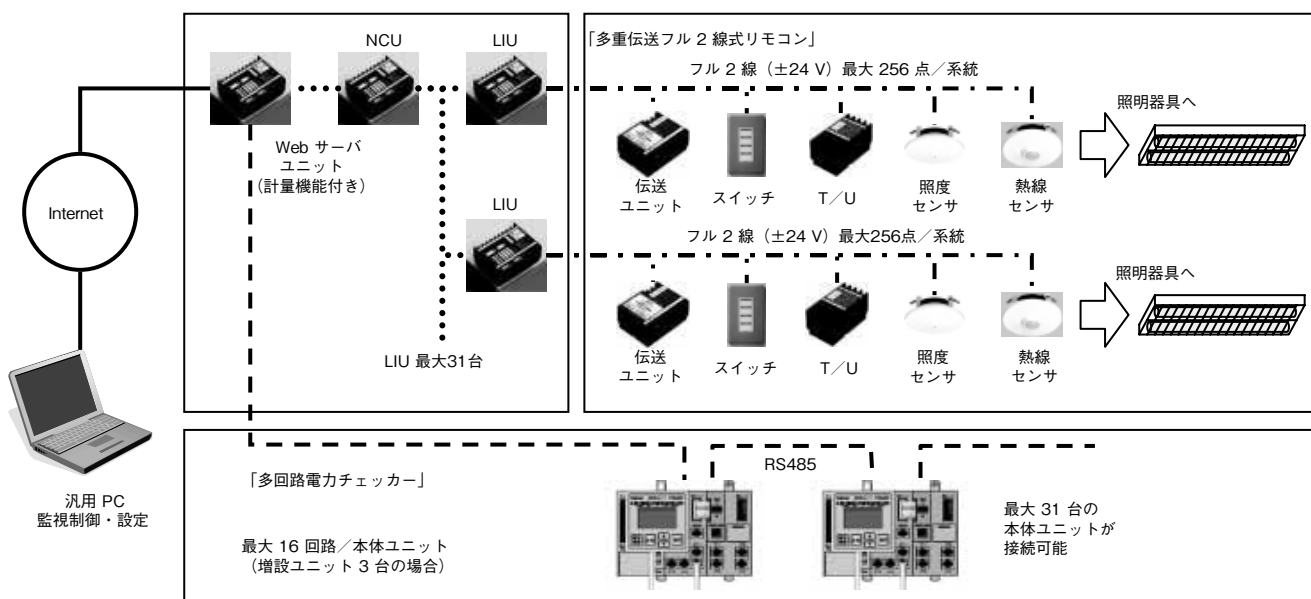


図1 「Web計量対応形エミット・フル2線式リモコン」

ルに照度センサと Hf 調光型照明器具を採用し、外光利用が可能な時間帯には自動的に照明器具の出力を低減し、省エネルギーを図っている。それ以外の部屋では、外光を利用して照明を減光できる器具が少ないため、効果が得にくいことから定出力型照明器具を採用する。

また共用部においては、不在時にも常時照明が点灯されているケースが多く見受けられることから、対象となるエリアに熱線センサを設置し、規定時間を経過した後に消灯している。しかし入居者にヒアリングをした結果、トイレを除く、通路、エントランス、およびエレベータホールでは、見栄えを損なわない範囲で省エネルギーを実施したいとの意向がある。そこでその方策として、「Web 計量対応形エミット・フル 2 線式リモコン」のスケジュール制御機能を用い、熱線センサの検出時間帯を業務時間外および休日に限定することで、業務時間内には消灯しないように工夫している。

表1 各エリアにおける導入器具および制御設定

エリア	器具種別	時間条件	照度センサ条件	熱線センサ条件	設定	
責任者事務室	Hf	全日	通常運転			
責任者会議室	Hf	全日	通常運転			
事務室 (3室)	Hf	全日	通常運転			
大会議室	Hf	全日	なし	在	主照明ON	
			なし	不在	15分後OFF	
	インパータ		なし	在	間接ON	
			なし	不在	15分後OFF	
印刷室	Hf	全日	なし	在	ON	
			なし	不在	10分後OFF	
大事務室	Hf 調光	全日	100 lx未満	なし	100 %点灯	
			100 lx以上	なし	50 %点灯	
			300 lx以上	なし	OFF	
	Hf	全日	通常運転			
主通路	インパータ	業務時間内	通常運転			
		業務時間外	なし	在	1/2 回路ON	
			なし	不在	6分後OFF	
男女トイレ	インパータ	全日	40 lx未満	在	ON	
			40 lx以上	在	OFF	
			なし	不在	3分後OFF	
エントランス	インパータ	業務時間内	通常運転			
		業務時間外	なし	在	ON	
			なし	不在	6分後OFF	
エレベータホール	Hf 調光	業務時間内	通常運転			
			業務時間外	50 lx未満	在	75 %点灯
				50 lx未満	不在	25 %点灯
				50 lx以上	在/不在	OFF

4. 実証結果

4.1 中国の中規模ビルディングの概要

今回、北京市にある延床面積約 5000 m²、基準階床面積約 470 m²の中規模ビルディングを対象とし、代表階となる3階フロアにおいて、「Web 計量対応形エミット・フル 2 線式リモコン」、「多回路電力チェッカー」、および Hf 高効率照明器具を用いて省エネルギー効果を評価する。

対象ビルディングの外観とエントランスの写真を図3に示す。また、3階フロアの平面図を図4に示す。本ビルディングは建築設計業務を行う事務所ビルディングであり、対象とするフロアは責任者の個室、会議室、各種事務室、印刷室、ロビー、トイレで構成されている。



(a) 外観



(b) エントランス

図3 実証ビルディング

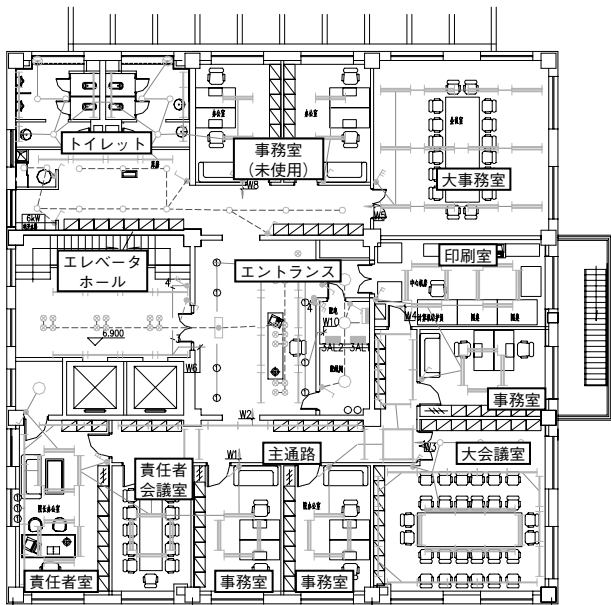


図4 実証ビルディング (平面図)

4.2 既存設備

対象ビルディングは、中国における一般的な設備を有したものである。各階に電灯用および動力用の分電盤を備え、電灯用の分電盤から照明器具やOA機器へ電力供給を行っている。各事務室の照明器具はT5型の高効率ルーバ型照明器具を採用しており、省エネルギーを意識した設計になっている。しかし、エントランスや通路にはT8銅鉄型安定器を利用した間接照明方式を採用しており、省エネルギーよりも見栄えに重点をおいた設計となっている。

また動力用の分電盤からは、室内に設置されたエアコンディショナや電気温水器に電力供給を行っている。なお、このエアコンディショナは冷房専用となっており、暖房については北京市が供給する地域暖房を利用できる仕組みとなっている。

4.3 改修前のエネルギー消費実態

実験を行ったビルディングの対象フロアにおけるシステム改修前の月別電力消費量を図5に示す。なお暖房については、前述の地域暖房システムを利用していることから、冬期の空調電力消費量が少ない。

フロアの電力消費量に占める照明電力の割合は36.1%と最も大きく、各月の平均照明電力消費量は約1390 kWh/月となっている。照明器具は調光型でなくスケジュール機能もないことから、月々の差異は勤務日数と日々の運転時間の違いにより発生していると考えられる。とくに、春節(旧正月)や国慶節などの長期休暇がある月は、エネルギー消費量が減少する傾向がみられる。

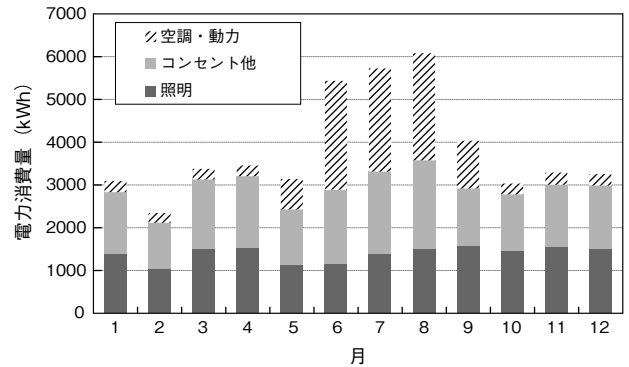


図5 改修前の電力消費量

4.4 見える化による無駄の検出

2006年7月の3階フロアにおける照明電力消費量をチャートの形で表したものを図6に示す。図中の濃い塗りつぶし部分は、1時間当たり1.0 kWh以上の電力を消費していることを示しており、また薄い塗りつぶし部分は0.2 kWh以上で1.0 kWh未満の電力を消費していることを示している。

これを見ると、2006年7月13日や7月29日など深夜から早朝にわたって電力消費が連続している。ヒアリングの結果、入居者が照明を消し忘れて帰宅したのが原因であることを確認している。このように収集されたエネルギー消費量のデータを効果的に見える化することにより、ビルディング運用における電力消費の無駄を発見することが可能となる。

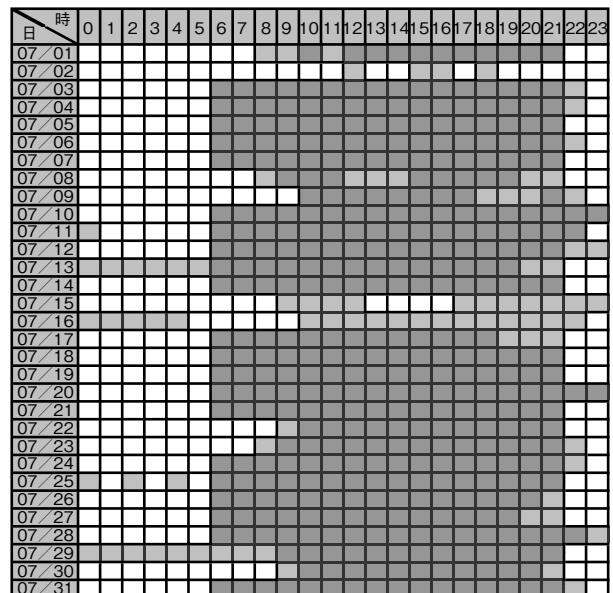


図6 3階照明電力消費の見える化(2006年7月)

4.5 改修後の対象エリアにおける省エネルギー効果

実験期間の平日における1日の平均照明電力消費量について、改修前後での比較を行った結果を図7に示す。

同図から対象フロアにおいては、改修前に61.6 kWh

／日だった照明電力消費量が、Hf照明器具やインバータ型安定器の採用により約20%（削減量12.2 kWh／日）、「Web計量対応形エミット・フル2線式リモコン」を利用した制御による効果で、さらに約33%（削減量20.3 kWh／日）、合わせて約53%（削減量32.5 kWh／日）の省エネルギー効果が得られている。

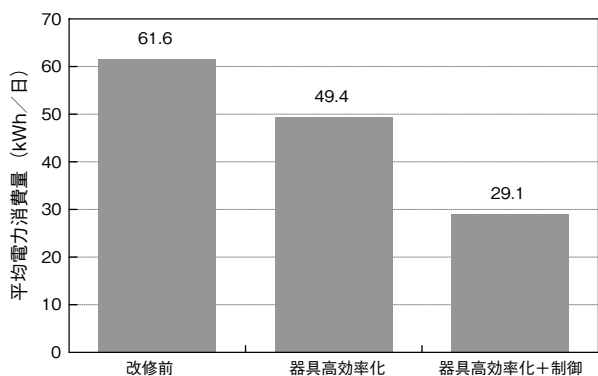


図7 改修前後における照明電力消費量の変化

4.6 改修後の省エネルギー効果例

各エリアの省エネルギー効果の一例として、大事務室における検証結果について述べる。

大事務室は北面と東面にガラス窓を有する部屋となっている。そこで窓側部分にHf調光型照明器具を採用し、残りのエリアは非調光のHf照明器具を採用している。また表1に示すように、窓側部分は外光量に応じて照明器具の明るさを2段階で変化させることで、省エネルギーを図っている。

改修前後における電力消費量の比較結果を図8に示す。Hf照明器具の採用による器具の高効率化の効果で、全体的なエネルギー削減効果が得られている。また、外光利用による効果が午前から夕方前までの時間帯に現れており、省エネルギー化が実現できている。

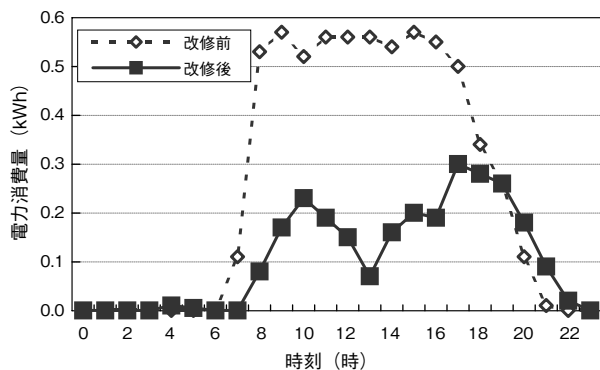


図8 大事務室の省エネルギー効果

4.7 改修後の明るさの変化に関する評価

照度を維持もしくは向上することを目標としていること

から、省エネルギー照明制御システムの改修前後における照度についても評価する必要がある。そこで、改修前、改修直後、および改修約1ヶ月経過後における照度を実測し、その結果を表2に示す。

各条件における照度実測データを見ると、評価を行ったすべてのエリアにおいて改修後の照度が高いことがわかる。

表2 各エリアの照度実測結果

(単位: lx)			
エリア	改修前	改修直後	改修後1ヶ月
責任者事務室	671	1292	(未計測)
責任者会議室	640	987	984
事務室(3室)	361	830	768
大会議室	630	1407	1421
印刷室	597	1050	1174
大事務室	(未計測)	651	582
主通路	215	401	385
エントランス	49	184	183

4.8 明るさ感アンケートによる評価

照度の向上を入居者がどのように感じているかについてのアンケートを実施する。アンケートは、寺野らが提案しているプロダクティビティー評価票構造⁴⁾を参考に、7段階の明るさ感（非常に暗い、暗い、やや暗い、適当、やや明るい、明るい、非常に明るい）と、5段階の光環境に関する満足度（不満、やや不満、普通、やや満足、満足）について質問するもので、その結果を表3に示す。改修後では不満感の減少傾向がみられ、その分満足している割合が高くなっている。これは本改修により、視環境を向上させつつ省エネルギー化を実現できることを示している。

表3 光環境に関する満足度

	不満	やや不満	普通	やや満足	満足
秋季(改修前)	3%	10%	53%	29%	5%
冬季(改修前)	0%	7%	43%	43%	7%
夏季(改修後)	0%	0%	40%	40%	20%

5. あとがき

中国の中小規模ビルディングにおける照明の省エネルギーに取り組み、多数の電力計測ポイントを監視できる「多回路電力チェッカー」による見える化と照明制御システム「Web計量対応形エミット・フル2線式リモコン」の制御の双方による運用改善、およびHf型照明器具の採用による高効率化によって、照明用エネルギーを大幅に削減できることと導入後に視的快適性が向上することを実証した。

中国の配電形態やビルディングの運用形態は日本と異なり、省エネルギー効果を最大化するために適切な計測計画

に基づいてビルディングのエネルギー消費実態を明らかにするとともに、実際の運用に合った効率的な制御を行うことが必要である。

今後、採用したシステムを事務用途以外の中小規模ビルディングに適用可能とするために必要な技術開発を推進し、日本のみならず、海外での中小規模ビルディング用省エネルギーシステムの製品化を目指す。

*参考文献

- 1) 李 志東：中国のエネルギー・環境問題，経済産業ジャーナル，No. 402（2004）
- 2) Masaaki Terano, Tomoya Sogo, Masaichi Fukunaga, Jiwen Huang：Open Communication Protocol and Energy Saving, Electrical Technology of Intelligent Buildings, p. 31-33（2008）
- 3) Takao Hatano：FULL-2WAY Lighting Control System, Electrical Technology of Intelligent Buildings, p. 80-81（2005）
- 4) 寺野 真明, 橋本 哲, 杉浦 敏浩, 増田 弘子, 中村 政治, 近藤 靖史, 川瀬 貴晴：室内環境の改善によるプロダクティビティ向上に関する調査研究（第6報）標準的な主観評価票に関する提案，空気調和衛生工学会学術講演会論文集，p. 637-640（2004）

◆執筆者紹介



十河 知也
先行技術開発研究所



寺野 真明
情報機器 R & D センター
博士（工学）



福永 雅一
新規商品創出技術開発部



黄 吉文
新規商品創出技術開発部
博士（工学）