C211 需給両面からの民生用エネルギーシステムのモニタリングと省エネルギー化評価手法の開発

Development of a monitoring system and energy saving assessment method for energy system of public facility

○ 小西 洋紀 (早大) 中嶋 朗 (早大) 相磯 徹 (早大)
正 小野田 弘士 (早大) 正 永田 勝也 (早大)

Hiroki KONISHI, Waseda University, Waseda University, Okubo3-4-1, Shinjuku-ku, Tokyo
Hiroshi ONODA, ibid. Katsuya NAGATA, ibid
Akira NAKAJIMA, ibid. Toru AIISO, ibid

Recently, the energy saving is requested from correspondence to the global warming issue in all fields. Especially, the amount of the exhaust of the heat-trapping gas of the public welfare section keeps increasing and the correspondence of importance is requested. However, the operation results of the energy system have the current state of a lot of uncertain case's there, and not obtaining information to contribute to action of the energy saving as the realities. It is thought that it is effective to monitor operation information efficiently, and to do the analysis and the evaluation of the energy system based on the measurement data continuously in both the energy supply side and the demand side for a current improvement.

Then, it proposed the energy saving based on the measurement data by actually proposing the energy monitor about a certain public welfare facilities, and doing the measurement diagnosis.

Key Words: energy saving, monitoring system

1. 研究目的

近年地球温暖化問題が深刻化しており、なかでも民生部門の温室効果ガスの排出は増加傾向にある。しかし、そのエネルギーシステムは実態把握が困難であり、その明確な評価手法が確立されていないことから省エネルギー化が進んでいないという現状がある。そこで、本研究ではその対応策として、エネルギー供給側、需要側の双方において実態に即した検討を行い、エネルギーシステム全体に対して横断的に適用可能な評価手法を確立することを目的とする。

2. A 区役所の施設の省エネルギー提案

2. 1 施設の概要

評価対象とした区役所の概要を表 1 に示す。他の同種の施設と一次エネルギー消費原単位で比較するとほぼ平均的なエネルギー消費であるといえるが、同庁舎では CO2 排出量を基準値から、5%削減する計画を立てており、CO2 排出削減の早急な対応が必要となっている。

表 1. 対象施設の概要

項目	内容
竣工年	1990 年 10 月
構造	地下 2 階、地上 19 階、塔屋 1 階
延床面積	40,843m ²
従業員数	約 11,000 人

いて整理する。

毎日の日報データから、各季節の代表日の需要パターンを抽出し、一般化したものに、対応する日数を乗ずることによって、年間のエネルギー使用量を求める。

さらに、需要側におけるモニタリング結果をもとに削減効果を算定し、削減後の需要パターンに対して同様の計算を行うことで、年間の削減効果を算出するものとする。

計測対象施設の需要量は夏期、冬期、中間期の平日 2 パターンと土日 2 パターンの計 12 パターンに分類し、それぞれの季節、日数に対応するように設定した。

図 1 1 日の各需要量の変化

2. 2 省エネルギー評価の算定方法

前提条件となる年間の省エネルギー効果の算定方法につ

本評価で用いた電力、都市ガスの環境負荷データを表 2 に、電力・都市ガスの算定コストを表 3 に示す。

表2 電力・都市ガスの各種換算係数

種別	一次エネルギー	CO ₂ 排出原単位
電力	9.76 MJ/kWh ※1	0.368kg-CO ₂ /kWh ※3
都市ガス	45MJ/Nm ³ (HHV) ※2	2.08kg-CO ₂ /Nm ³ ※4

※1 エネルギーの使用の合理化に関する法律 (H18.3) ※2 東京ガス CSR2006 の 2005 年度値 ※3 環境省・経産省発表電気事業者別排出係数 (H18) ※4 地球温暖化対策の推進に関する法律 (H18.3)

表3 電力・都市ガスの算定コスト

種別	内容	契約料金
電力	契約種別	業務用電力 (6kV)
	基本料金単価	1638 円/kW・月
	契約電力	1550kW
	従量料	夏期(7月~9月) 12.0 円/kWh その他 10.9 円/kWh
都市ガス	従量料金	48.68 円/Nm ³

3. 供給側における省エネルギー対策の提案

3.1 前提条件

熱源機器の構成を表4に示す。

表4 対象施設における構成機器 (エネルギー供給側)

機器	能力
ガスエンジン CGS (G-1K) ×2 台	300kW × 2
ガスヒートポンプ (R-1K)	冷房: 606Mcal/h 暖房: 520Mcal/h
電動ヒートポンプ (R-2K) ×2 台	冷房: 257Mcal/h ×2 暖房: 204Mcal/h ×2
温水吸収式冷凍機 (R-4K)	冷房: 530Mcal/h
蒸気吸収式冷凍機 (R-5K)	冷房: 302Mcal/h
蒸気ボイラ (B-2K)	熱出力: 431Mcal/h

各構成機器の効率を示す。個別の熱供給機器にモニタリングを行うことでそれぞれの実測効率を把握した。ガスエンジン CGS やガスエンジンヒートポンプは高い負荷率で運転されていること、電動ヒートポンプは低い負荷率でも運転されているといった特徴がある。

図2 各構成機器の負荷率と効率の関係

日報データの解析と施設へのヒアリングから熱源機器が

稼動する優先順位を決定した。現状の CGS は平日の昼間の 8 時~17 時の間は最大発電運転を行っており、それ以外の時間や休日には、CGS は停止している。冷水を供給する場合、CGS が稼動している時間帯は吸収式冷凍機、温水吸収式冷凍機が優先的に稼動し、それ以外の時間帯は電動ヒートポンプを優先的に稼動させている。温水を供給する場合は、蒸気ボイラと CGS の排熱を用いることで、温水熱交換器、温水回収熱交換器から優先的に熱供給を行っている。また、冷房需要が多くなる夏期においては、昼間にガスエンジンヒートポンプを稼動させている。

3.1 供給側のエネルギーシミュレーション結果

対象施設における供給側の計測結果の一例として、夏期のエネルギーフロー、一次エネルギー消費量、空調バランスならびに空調需要の算定結果を図3に示す。

図3 夏期の供給側の算定結果

夏期は、昼間の構成機器の一次エネルギー消費は CGS によるものが多くなっているが、GHP, EHP による一次エネルギー消費も多くなっている。中間期は CGS からの一次エネルギー消費がほとんどで、空調需要は吸収式冷凍機から供給している。冬期の一次エネルギー消費は中間期と同様、CGS によるものがほとんどを占めているが、蒸気ボイラの利用も多くなっている。また、空調需要は朝方が多くなっているという特徴がある。

CO₂排出量とランニングコストの関係を図4に示す。

図4 CO₂排出量とランニングコストの関係

CO₂排出量、ランニングコストともに、夏期、冬期、中間期の順に小さくなっている。

3.2 供給側の運用方法の変更による省エネルギー性評価

中間期における最適運用方法を検討する。中間期における熱源機器の運用方法における制約条件としては、現状で昼間に2台運転させている CGS が2台とも停止させた場合、契約電力が上昇 (現状の契約電力は 1550kW) し、施設にお

いて契約電力が上昇する場合には、基本料金の上昇によりコストアップ（本施設の場合 1638 円/kW・月）につながることから、CGS を 2 台停止させた場合は現実的な提案でないといえる。そこで、中間期において昼間に CGS を最低 1 台運転させる制約条件のもとでの、最適運転点を検討する。

1) 筆者らが開発した省エネルギー評価ソフトを用いて最適運転パターンを算出した。本評価プログラムは、一次エネルギーや CO₂ 排出量やランニングコストの観点から、施設で省エネルギー対策を行った場合の最適な熱供給システムやその削減量を自動的に算出することが可能である。

(a) 現状運転パターン (b) 最適運転パターン
図 5 最適運転パターンの算定結果

現状では、CGS が 2 台、吸収式冷凍機が稼動する運転パターンとなっているが、最適運転モデルは CGS を 1 台、電動ヒートポンプを稼動させる運転パターンであることがわかった。これは、中間期においては CGS の排熱がうまく活用できないこと、補機動力を考慮した場合に、吸収式冷凍機の運転が必ずしも効率的でないためと考えられる。

3. 3 設置機器の制約条件を受けない場合の省エネルギー効果

設置機器の制約条件を受けない場合の最適運転の検討を行う。CGS を終日停止させた場合 (①CGS 停止)、CGS を昼間 (8 時～17 時) に 1 台 (300kW 発電) 運転させた場合 (②CGS 昼間 1 台運転)、現状の運転パターンである CGS を昼間 (8 時～17 時) に 2 台 (600kW 発電) 運転させた場合 (③CGS 昼間 2 台運転)、余剰電力が発生しないように電力消費パターンにあわせて CGS 発電量を調整した運転をする場合 (④買電制御運転)、電力負荷にかかわらず終日 (0 時～24 時) CGS を 2 台 (600kW 発電) 運転させた場合の計 5 パターンの省エネルギー効果を算定する。

図 6 CGS の発電パターン

CGS の発電パターンは図 6 のようになり、①CGS 停止、②CGS 昼間一台運転の場合は契約電力が上昇し、⑤最大発電

運転の場合は逆潮流電力が発生する。

次に CGS の運用方法の変更における省エネルギー効果を算定した。CGS の年間稼働時間と運用コスト、CO₂ 排出量の関係を図 7 に示す。

図 7 CGS 稼働時間と運用コスト、CO₂ 排出量の関係

横軸が CGS の年間の稼働時間を示しており、左縦軸が運用コスト (総コスト、従量料金、基本料金)、右縦軸が CO₂ 排出量を示している。こちらの結果からは、従量料金と基本料金を含めた総コストは現状運転が最小となっているが、CO₂ 排出量、ランニングコスト (= 従量料金) は CGS を完全停止させる場合が最小となっている。運用コストと CO₂ 排出量と年間 CGS の稼働時間の関係からは、総コストは現状運転パターンが最小となるが、ランニングコスト、CO₂ 排出量は CGS の稼働時間が増えるに従い単調に増加していることがわかった。

さらに、各季節におけるランニングコスト (基本料金を含まない) と CO₂ 排出量の関係を図 8 に示す。

図 8 各季節のランニングコストと CO₂ 排出量

CO₂ 排出量とランニングコスト (基本料金を含まない) はすべての季節において、CGS の稼働時間が少なくなるに従い減少している。しかしながら、CGS を停止させた場合、夏期においては契約電力が上昇し、EHP の増設が必要となる (2 台停止させた場合)。また、冬期においては蒸気ボイラの増設が必要となる。以上から、CGS の停止による制約条件を受けず、CO₂ 排出量とランニングコストを最小化する運転パターンは現状の運転パターンから中間期に 1 台 CGS を停止する場合であるといえる。

4. 需要側における省エネルギー対策の提案

エネルギー需要側の計測は、一般的なオフィスとしての利用形態をもつ 9 階において、WEB 上で遠隔監視が可能なエネルギーモニタリングシステムによる計測を行った。 9

階の分電盤において電力計測を行うとともに、温湿度・室内CO₂濃度の計測も併せて行っている。

運用による対策として、(a)空調機の間欠運転 (b) 残業時消灯の徹底：需要側運用対策が挙げられ、設備更新による対策として、(c) 高効率照明器具への更新 (d) 省エネ型OA機器への更新 が挙げられる。

需要側において実行可能な省エネルギー対策とその削減効果を図9に示す。

図9 需要側における省エネルギー対策と削減効果

5. 需給両面からの省エネルギー提案

5.1 需給両面からの省エネルギー提案

以上の結果をもとに需給両面からの省エネルギー化提案を行った。本施設において適用可能な供給側（一次側）と需要側（二次側）の省エネルギー策を以下に示す7つの手法を提案した。

- (i) 中間期にCGSを停止させる：供給側運用対策
- (ii) 温室度の適正管理：需要側運用対策
- (iii) 空調機の間欠運転：需要側運用対策
- (iv) 残業時消灯の徹底：需要側運用対策
- (v) 高効率照明器具への更新：需要側設備更新
- (vi) 省エネ型OA機器への更新：需要側設備更新
- (vii) ターボ冷凍機への更新：供給側設備更新

このうち、(ii)、(iii)、(iv)、(v)、(vi)に関しては需要側における実行可能な省エネルギー対策は対象施設におけるエネルギーモニタリングから提案し、モニタリング実績から施設全体の省エネルギー効果を算定した。(vii)については対象となる施設では現状設置のガスエンジンヒートポンプでは温熱供給を行っていないため、高効率なターボ冷凍機に更新することで、大幅な省エネ効果を見込むことができるため提案した。目標とする省エネ率（光熱費削減率）は、運用改善によるものを3%~5%と設定し、設備更新によるものを10%以上と設定した。また、需要側の設備更新により、夏期の電力のピークが減少するため、契約電力が100kWh減少するものとし、供給側の設備更新を行った場合は、電力のピークが上昇するので、契約電力が100kW上昇するものとして検討した（双方の対策を行った場合は契約電力に変更なし）。

5.2 需給の省エネルギー対策による省エネルギー効果

需給の省エネルギー対策による省エネルギー効果の算定結果を示す。需要側の設備更新を行うことにより、ランニングコストとCO₂排出量の双方を効果的に削減できているが、供給側の設備更新を行った場合は、CO₂排出量のみを効果的に削減できている。これは、ターボ冷凍機の導入によ

る契約電力の上昇を考慮したためである。需給それぞれ個別に対策を行った場合では、運用改善による省エネ率の目標値である3%削減に届いていないが、需給双方の対策を行った場合では、CO₂排出量を3%削減できている。同様に、設備更新によるものとしては、需給双方の対策を行った場合のみ目標とするCO₂排出量の10%削減を達成している。最大削減ケースの需給両面の設備更新を行った場合は、CO₂排出量を11.9%削減しており、運用コストは7.5%削減できている。

図10 省エネルギー効果の算定結果

6. 結論

以下の結論が得られた。

- エネルギーの供給側、需要側の双方にエネルギーモニタリングシステムを導入し、供給側においては現状の熱源機器の運転パターンを把握し、需要側においてはエネルギーの消費実態を把握した。
- 供給側の熱源機器の運用方法の変更による省エネルギー化を検討し、中間期に昼間のCGSを1台停止させ、電動ヒートポンプを稼働させることで、CO₂排出量を最小化できることを示した。
- 現状に設置させている機器の制約を受けない条件化のもとで、CGSの運用方法の変更による省エネルギー効果を算定した結果、現状運転パターンが総コストを最小化させる運転パターンとなっているが、CGSの稼働時間が増えるに従いCO₂排出量とランニングコストは単調に増加することがわかった。
- 需要側、供給側の双方において施設に最も効果的な省エネルギー手法を提案し、需給両面の対策を行うことでCO₂排出量を、運用改善による対策で3%以上、設備更新による対策で10%以上削減できることを明らかにした。

7. 参考文献

- 1) 永田勝也他, 需要・供給のマッチングを考慮したエネルギーシステムの最適運用支援ソフトの開発とその適用, 第25回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集, pp227-230