

審査の結果の要旨

氏名 迫 博司

建築の使用エネルギーを削減するために、センサーなどの測定器機器を配してデータを収集し、使用エネルギーを測定分析するための技術開発研究は幅広く展開し、その有効性を示唆する研究もなされてきている。しかしながら、データ測定間隔が大きいと、気象変動や建物稼働率及び室内利用方法などの変動要因によりエネルギー使用量が削減した場合と、本来の省エネルギー対策の効果を分析演算上峻別することが困難であるにもかかわらず、時間間隔の短い測定データを大量に収集し解析した研究は殆ど行われてこなかった。こうした研究開発の現状を踏まえ、筆者は、建物 137 棟の 1 分毎のエネルギー使用データを収集し、これをもとに本論文を執筆している。本論文は、収集データをもとに既存建築設備の省エネルギー化の余地がどのくらいあるのかを定量的に評価するとともに、その省エネルギー対策の手がかりを得ることを目的にしており、序章、結論を含め 6 章から成る。

第 2 章では、ESCO (Energy Service Company) 事業や、単なるエネルギー使用量モニタリングとの相違を整理しつつ、「省エネルギー・サービスプロバイダ」とは、「建物所有者以外の動産所有会社が、建物所有者の設備に対して、省エネルギー制御の導入または省エネルギー改修を自社負担で実施し、改修後のエネルギー削減実績に基づき、報酬を建物所有者から受け取る」省エネルギーの事業モデルであると定義している。

第 3 章では、契約電力 50kW 以上高圧受電建物 120 棟を対象に、電力デマンドの抑制結果の特徴を分析して 1 日あたりの最大電力消費量と電力デマンドに強い相関があることを明らかにしたうえで、ベンチマークを設定する道筋を示している。また、地域冷暖房 (DHC) 3 建物、空調熱源 3 建物、空調 2 次側機器 2 建物、ビル用マルチエアコン 9 建物の合計 17 建物を対象に、各建築設備システムのエネルギー使用効率を分析し、エネルギー削減余地がどのくらいあるのかを推定評価している。例えば、熱源の容量に対して実負荷は 50% 以下で (設計時の熱源負荷設定量は過大)、低負荷で非効率に熱機器が稼働している建物が存在していることを明らかにしている。また、空調 2 次側機器運転効率の評価により、空調機の省エネルギー制御において 1 次エネルギー換算で 33% 程度の省エネルギー化が、また外調機の省エネルギー制御で 54% の省エネルギー化が可能であることを示している。さらに、削減余地として、様々な用途建物で冷熱の低負荷運転時間が存在すること、病院では年間を通じた蒸気消費量が存在すること、複合施設や金融機関用途では、通常消費量に対して大きな冷水デマンドが存在することが示されている。これらの事実をもとに、本論文では、空調設備の熱源・空調 2 次側・デマンド毎に、検証項目、検証結果の判断指標をもとに省エネルギー化の余地を評価するとともに、省エネルギー化方法を同定していく手順・枠組を示している。

第 4 章では、前章の結果をもとに、設計仕様とエネルギーの実負荷との差異を分析し、省エネルギー改修に当たっての設計仕様をどのように設定すればよいのか、その道筋を実証的に示している。ここでは、熱源仕様と実負荷の差異分析により、改修時に熱源容量のダウンサイジングをすれば大きな省エネルギー効果があることを明らかにしている。また、ダウンサイジングを行う場合に、建物所有者と合意しておくべき事項 (将来の用途変更を含む建物の各室の利用用途、照明の照度の考え方など) を示している。

第 5 章では、第 3 章で得られた知見を空調エネルギーのマネジメントに適用する道筋を示している。具体的には、曜日別・時間別の外気温度データ、空調エネルギー使用量にかかわるモニタリングデータをもとに空調エネルギー負荷量を簡易に予測する方法を提案している。電気式熱源、電気式ヒートポンプエアコンについては、留意事項とともに工学的には精度の高い予測ができることを実証している。この手法は熱のデマンドレスポンスにおけるベンチマークの設定と削減余地を、簡易な分析をもとに評価可能にするもので、工学的実用性の高い成果であると評価できる。

以上のように本論文は、1 分間隔で測定されたエネルギー使用量に関するデータをもとに、電力デマンドのベンチマークを設定する方法、地域冷暖房 (DHC) の省エネルギー化の余地を評価する方法、空調熱源運転効率化の省エネルギー化の余地を評価する方法、空調 2 次側機器運転効率の省エネルギー化の余地を評価する方法、ビル用マルチ運転効率の省エネルギー化の余地を評価する方法を実証的に示している。これらの手法・方法を、省エネルギー・サービスプロバイダがよりどこにすることによって、既存建物の運用改善による大幅な省エネルギーを実現することが期待され、その工学的価値は高いと評価できる。また、本論文が提示した、省エネルギー化の余地を検証するための手順・枠組は、空調機器の専門家ではない一般建築技術者でも、エネルギー使用データをもとに、運用改善方法や空調機器の省エネルギー改修を同定していくことを支援するものであり、極めて高い有用性があると考えられる。

以上のような本論文の新規性、及び工学的有用性に鑑みて、本論文は博士 (工学) の学位請求論文として一定水準に達していると判断できることから、本論文を博士 (工学) の学位請求論文として合格と認める。