

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

主 論 文 の 要 旨

論文題目 負荷予測と数値計画法による変風量空調システムの最適制御と自然通風利用によるエネルギー削減効果に関する研究

氏 名 吉田 友紀子

論 文 内 容 の 要 旨

目的：

本論は、室内快適性を考慮して、負荷予測に基づく変風量空調システムの最適制御および空調機の運転停止を伴う積極的な自然通風利用により、エネルギー削減方策の一つを提示することが主題である。

論文要旨：

近年、大幅なエネルギー削減を実現するために環境配慮型の建築設計が行われており、一つの手法として自然通風利用が注目されている。自然通風利用には、窓を開けて室内に外気を直接取り入れ、かつ、空調機の運転停止を伴うもの、または自然換気と機械換気の併用運転（以下、ハイブリッド空調）をするものがある。また、自然通風利用は、時間帯により期待される空調負荷削減効果が異なり、昼間の利用は居住者の快適性を重視しつつ、中間期の冷房負荷削減を目的としたものである。夜間の利用は、ナイトパーズと呼ばれる室内の冷却効果を利用して空調運転開始時の冷房負荷を抑える役割がある。

本論では、快適性と変風量空調システムの運用改善を検討するため、昼間の自然通風利用による中間期の冷房負荷削減について検討した。R. de Dear (1998) が提唱する Adaptive model によると、自然通風利用可能な外気温と快適性指標の一つである作用温度には関係性があることが示されている。さらに、快適性を示す世界標準指標として知られる ASHRAE-55 快適域 (1992) は、人体にとって快適と考えられる温度、湿度の設定に幅がある点に特徴がある。変風量空調システムは、各室の室内温度設定値（固定）に基づき、各室の室負荷に応じて給気風量を変化させ、必要となる室負荷を処理する省エネルギー技術である。そこで、変風量空調システムにおける室内温度設定を見直し、快適性を満足させつつ自然換気可能な屋外環境である時に、自然通風利用によりエネルギー削減を図ることが可能であると考えた。

まず、ある環境配慮型建物について、設計時の建物性能を評価し、変風量空調システムの運用実態を把握するために BEMS を構築した。その結果、設計時に検討された自然通風が、運用時に効果的に利用されていないことがわかった。また、以前より認識されている冬期のペリメータ暖房運転とインテリア冷房運転による室内混合損失の問題が未だ解決されていないことが実測により確認された。AHU 冷房運転時における AHU 給気温度の低下と FCU 暖房運転の影響による AHU 還気温度の上昇による温度差が大きいときに、室内混合損失を生じるおそれがあることがわかった。よって、FCU 暖房運転時の AHU 給気温度と AHU 還気温度の温度差を小さくするため、空調機内の室内温度設定に幅を設け、ASHRAE 快適域内は AHU 換気運転をする運用改善が、効果的であることがわかった。

次に、気象データから外皮性能及び内部発熱による室負荷を予測し、変風量空調システムの最適制御を行う運用改善手法を検討した。負荷予測は、動的熱負荷シミュレーションを用いて、1 時間ごとの室内環境を推定した。処理すべき冷暖房負荷から 1 時間ごとの空調運転モードと発停を計画し、冷暖房時には数理計画法による最適制御を行う運転手法を採用した。ここでは、室内環境条件の見直し（室内温度設定に幅を設け、ASHRAE 快適域内は AHU 換気運転）が効果的な運用改善手法であることが実証された。

さらに、空調機を停止させる自然換気モードの検討を行った。主風向における自然換気利用の換気経路があらかじめ分かっており、外皮性能に優れる環境配慮型建物である場合、内部発熱負荷を用いて室負荷を予測し、自然換気必要風量を定量化することで、自然換気の効果をもっと発揮できることを確認した。ただし、昼間の自然通風利用のため空調機を停止させる際に、居住者による窓の開動作が必要となるため、自然通風利用可能な状態かどうかと空調機の稼働状況を知らせる仕組みが必要とされた。そのため、居住者向けにエネルギー管理用リアルタイムモニタを構築し、推奨空調モード設定（冷房、暖房、機械換気、自然換気）の表示、空調システムの稼働状況、室内温度設定及び計測値をリアルタイムに表示し、情報の見える化を図った。さらに、設計思想を居住者に理解してもらうための説明資料や居住者向けエネルギー管理モニタのマニュアルを配布した。環境配慮に対する居住者の共通認識の醸成を図り、室内温度設定の妥当性を各自が判断できるように情報提供を行うことで省エネ行動に結びつける仕組みを構築した。なお、構築したシステムは、標準化をめざすため、インターネットと同一の通信回線（TCP-IP 技術）を用いる BAC-net を採用した。

最終的に、まとめとして室内温度幅設定（室温上限 28℃、室温下限 20℃）、居住域空調（AHU 給気風量小）、自然換気利用を考慮した空調モード（冷房、暖房、機械換気、自然換気）を提案し、理想的な運用を行うことで大幅なエネルギー削減を期待できることを示した。