



| | |
|--------------|---|
| Title | 建物側と熱源側の省エネルギー対策を最適化する建築空調エネルギー評価手法の開発 |
| Author(s) | 宇野, 義隆 |
| Citation | 大阪大学, 2022, 博士論文 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://doi.org/10.18910/88069 |
| rights | |
| Note | |

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (宇 野 義 隆)

論文題名

建物側と熱源側の省エネルギー対策を最適化する建築空調エネルギー評価手法の開発

論文内容の要旨

住宅・建築物のネットゼロエネルギー化を目指して建物側と熱源側が一体となって更なる省エネルギーに取り組む上で、建物側での熱負荷低減策が熱源のエネルギー性能に与える影響を整理しておくことが重要である。本論文では、民生部門を対象に建物側と熱源側を一貫してシミュレーションにより評価することで、建物側での熱負荷低減策が熱源のエネルギー性能に与える影響を明らかにすることを目的とした。

第1章 序論

民生部門における省エネルギーの必要性や省エネルギー対策の現状に触れ、建物側での省エネルギー対策と熱源側での省エネルギー対策の融合が課題であることを示した。また、建物側での熱負荷低減策が熱源システムのエネルギー性能に与える影響を明らかにすることの必要性について論じた。

第2章 戸建て住宅における蓄熱性能の違いが冷暖房エネルギー消費量に与える影響

住宅において蓄熱性能が熱源のエネルギー性能に与える影響を明らかにするため、温暖地に建てられた戸建て住宅を対象とし、躯体の蓄熱性能の違いが冷暖房システムの消費エネルギーに与える影響をシミュレーションにより評価した。蓄熱性能が高いほど、冷暖房ともに消費電力量が少なくなり、期間COP(Coefficient Of Performance)は冷房が低下、暖房が向上することを示した。蓄熱性能が最高となるvery heavyの場合、標準的な蓄熱性能に対し、消費電力量は冷房で11%、暖房で15%低下し、期間COPは冷房で4%低下、暖房で11%向上することを示した。また、異なる断熱性能における躯体の蓄熱性能の違いによる影響についても評価し、断熱性能が同一であれば、断熱性能の高低に関わらず蓄熱性能は同様の影響を与えることを示した。

第3章 オフィスビルにおける建物側での熱負荷削減対策が熱源システムのエネルギー効率に与える影響

事務所ビルにおいて建物側での熱負荷低減策により生じる様々な熱負荷パターンが熱源システムのエネルギー性能に与える影響を明らかにするため、個別熱源を有する中規模オフィスビルを対象に、建物側での熱負荷低減策が熱源システムのエネルギー効率に与える影響をシミュレーションにより評価した。建物側での熱負荷低減策はピーク負荷を下げるだけでなく、特に著しく負荷が低下した暖房において、低負荷率での運転比率の増加を引き起こし暖房熱源COPが30%低下することを示した。また、熱負荷低減と冷暖房熱源機器の高効率化が徹底されて消費エネルギーの総量が従来と比べて大幅に低減する中で、換気消費エネルギーが与える影響が大きくなることを示した。

第4章 地域冷暖房プラントと建物側空調システムとの協調制御の省エネルギー性評価

地域冷暖房において部分負荷時に流量負荷が設計より過剰となる問題とその解消が全体のエネルギー性能に与える影響を明らかにするため、課題を解決しうるエネルギーサービス契約形態の提案および省エネルギー可能性をシミュレーションにより評価した。部分負荷時に流量負荷が設計より過剰となる問題の解決や省エネルギー施策の追加導入を行うことで、建物空調システムおよび地域冷暖房プラントの全体でエネルギー消費量が23.9%低減し、地域冷暖房プラントの総合エネルギー効率指標が1.52から1.64に向上することを示した。また、提案したエネルギーサービス契約に関連するリスクを評価し、地球温暖化やヒートアイランド現象による気候変動の影響を考慮した価格決定モデルを採用すべきであることを示した。

第5章 結論

各章の成果をまとめるとともに、今後の課題および本研究の発展性について述べた。

論文審査の結果の要旨及び担当者

| 氏 名 (宇野 義 隆) | | |
|--------------|---------|-------|
| | (職) | 氏 名 |
| 論文審査担当者 | 主 査 教 授 | 下田 吉之 |
| | 副 査 教 授 | 山中 俊夫 |
| | 副 査 准教授 | 山口 容平 |

論文審査の結果の要旨

建築分野のカーボンニュートラル達成の上で、エネルギー消費の大きな部分を占める冷暖房用途のエネルギー消費を削減することは重要な課題である。このためには、室を適切な温湿度に保つために冷暖房装置に要求される熱負荷を建築外皮や換気、内部発熱を調整することで削減することと、冷暖房装置が熱負荷を効率よく処理することにより消費エネルギーを削減することの両者が求められる。しかし、建築側の工夫で熱負荷を削減することは、冷暖房装置の最大能力に対して低い負荷、すなわち低部分負荷での運転となり、一般的な冷凍機・ヒートポンプ・エアコンディショナ等の冷暖房熱源装置では効率低下の要因となって両者の効果が相殺される場合がある。この問題については前者が主に建築工学分野で、後者の問題が主に機械工学分野で検討されているために、これまで十分な研究がおこなわれてこなかった。熱負荷の低減技術および冷暖房装置の効率向上技術に関してはそれぞれ近年目ざましい向上を遂げており、建築のエネルギー消費を更に低減し、ZEB(ゼロエネルギービル)、ZEH(ゼロエネルギーハウス)の設計技術を進展させるためには、両者を統合して最適化する計画手法が求められる。

本論文は、住宅、建築、地域冷暖房の3つの異なる対象について、それぞれ建築側の省エネルギー対策の効果と冷暖房熱源側の効果を一貫して評価するシミュレーションモデルを構築し、その影響を評価しようとするものである。本論文で得られた主な結果は以下の通りである。

- (1) 温暖地に建てられた戸建て住宅について、躯体の蓄熱性能および断熱性能をパラメータとして冷暖房システムの消費エネルギーに与える影響をシミュレーションにより明らかにしている。断熱性能が同等となるように蓄熱性能を変化させた条件下において、蓄熱性能が高いほど冷暖房ともに供給熱量ならびに電力消費量が少なくなること、冷暖房装置の COP (成績係数) は、暖房時には蓄熱性能が高くなると同時に COP が高くなり相乗効果があるものの、冷房時には蓄熱性能が高くなると同時に COP が低くなることを明らかにしている。断熱性能を変化させた場合、冷暖房合計消費電力量は断熱性能が高いほど少なくなるものの、冷房の供給熱量と消費電力量は断熱性能が高いほど大きくなることを示し、更に異なる蓄熱性能と断熱性能の組み合わせが冷暖房装置の期間 COP に与える影響を定量的に明らかにしている。
- (2) 中規模オフィスビルを対象に、外壁高断熱化や照明の LED 化など、具体的な熱負荷削減対策毎に建物の年間熱負荷発生状況をシミュレーションで求めた上で、それが熱源の COP に与える影響を中央熱源方式と個別分散方式のそれぞれで評価している。暖房において建物側の熱負荷減少は暖房の低負荷率領域での運転を増加させ、暖房熱源 COP を大きく低下させることを明らかにしている。冷房熱源 COP については最大負荷や年間負荷の総量が暖房ほど大きく変化しなかったことから大きな変化は見られていないが、熱負荷低減対策の効果で低負荷領域での運転が増加し

た場合には熱源 COP が低下することを確認している。また、これらの結果から、建物側での熱負荷低減が進む中で、部分負荷問題への対策がより重要となること、特に熱源機において設計段階から低負荷時の効率を高めることの必要性を指摘している。

(3) 地域冷暖房システムにおける熱源プラントおよび建物空調システムの協調制御による省エネルギーの可能性について、スウェーデンの地域暖房でおこなわれているエネルギーサービス事業の実例を紹介した上で、地域冷暖房が主体の日本に同じエネルギーサービス事業が導入された場合を想定し、熱負荷低減だけで無く建物側空調システム的设计・運用上の不具合の調整により、建物空調システムと地域冷暖房プラントの両方で省エネルギー効果が得られることを定量的に明らかにしている。

このように、従来別々に取り組まれていた建物側の省エネルギー対策と冷暖房熱源システムの効率向上対策の両者を一貫して評価・最適化することで、更なる省エネルギー効果が得られることが定量的に示されたことは、今後の建築分野のカーボンニュートラル対策を進めていく上で貴重な知見を与えるものと評価できる。

以上のように、本論文は建築工学と機械工学の境界領域を開拓する端緒となりうる研究成果を提示しており、環境・エネルギー工学の発展に寄与すること大である。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。