

審査の結果の要旨

氏名 堂山 俊貴

地域冷暖房システムは単体または複数の熱源プラントから地域導管を通じて特定区域内の建物群に冷温水・蒸気を供給するシステムのことを言う。その熱供給事業においては、需要家の熱利用が需要家自身の裁量に任されているために、熱供給事業者の熱源プラント運用に影響が及び、その効率的な運用には限界があることが長年の課題とされてきた。本論文は、「地域冷暖房システムにおける地域導管の非定常熱流体モデルの開発と需給連携管理による省エネルギー効果」と題し、熱供給事業法改正による規定緩和を背景に、需要家と熱供給事業者の将来的な連携管理（需給連携管理）を想定した場合の地域冷暖房システムのエネルギー・経済両面の便益の可能性について検討を行ったもので、全 6 章で構成されている。各章をまとめると以下の通りとなる。

第 1 章では、本論文の背景と目的について述べている。

第 2 章では、本論文で対象とした地域冷暖房システムの熱源プラント構成、地域導管、需要家について述べている。1993 年に熱供給を開始した実在の地域冷暖房システムで、近年の運転実績から年間システム成績係数 (COP) が 0.81、年間消費電力量に占めるポンプ比率が過大であることを指摘している。需要家の不適切な熱利用によって冷温水流量が増加している可能性を踏まえ、対象の地域冷暖房システムの大規模更新時における需要家と熱供給事業者の新たな需給連携管理の必要性と今後の更新計画の方向性について述べた。

第 3 章では、多くの既往研究で対象外とされてきた地域導管のモデル化を行っている。流体力学に基づいた冷温水の非定常状態を精緻に再現し、その熱損失量や応答時間遅れを再現することを可能としている。需給連携管理においては、需要家と熱供給事業者をつなぐ地域導管は重要なエレメントであり、地域導管全域にわたって任意の解像度と時間間隔で冷温水の温度計算が可能な地域導管モデルは、地域冷暖房システムのデマンドレスポンスや事業継続計画といった今後の検討においても有用であることを考察している。

第 4 章では、需要家の熱需要モデルと熱供給事業者の熱源プラントモデルを構築している。熱需要モデルでは冷温水の利用温度差と要求流量を需要家特性

に応じて計算し、熱源プラントモデルではプラント内の冷温水の圧力-流量バランスとPI制御に基づいて冷温水の状態量と熱源機やポンプのエネルギー消費量を計算する。特に熱源プラントモデルの核心である圧力-流量バランス計算については、流量保存則と圧力の一意性に基づいて、密閉系送水管路網の圧力-流量分布を求める計算過程を詳述している。

第5章では、第3章と第4章で構築した3つのモデルを統合し、需要家も含めた地域冷暖房システム全体のシミュレーションを可能にしている。需要家特性3ケース、熱源プラント冷温水の供給温度2ケース、供給圧力3ケースの組合せ計18ケースについてケーススタディを実施し、現状の基準ケースと比較して、最大、(夏季)冷水20%・温水14%、(中間季)冷水22%・温水10%、(冬季)冷水13%・温水6%、(年間)冷温水16%のエネルギー消費削減が需給連携管理によって見込まれることを明らかにしている。さらに、得られた省エネルギー効果をもとに、従来の熱量課金制に加えて流量実績に応じて熱料金を割り引く流量割引制度を提案し、需給連携管理の経済的便益と採算性について検討を加えている。

第6章では、本論文で得られた知見と今後の課題をまとめ、総括としている。

以上、要するに、本論文は、地域冷暖房システムの省エネルギーに関して、地域導管の非定常熱流体モデル、需要家の熱需要モデル、熱供給事業者の熱源プラントモデルを構築・統合し、地域冷暖房システム全体のシミュレーションを可能にするとともに、ケーススタディを通じて需給連携管理による省エネルギー効果を定量的に明らかにし、さらに、需給連携管理のビジネス化に向けて従来の熱量課金制に加えて流量割引制度の併用による経済性の検討を行ったもので、建築設備工学に寄与するところが大きい。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。