

学位論文題名

コジェネレーションのネットワーク化による
都市エネルギー消費削減に関する研究

学位論文内容の要旨

京都議定書の発効に伴い、我が国では、民生部門の炭酸ガス排出量を大幅に削減することが重要な課題となっている。そこで、現在、有望な省エネルギーシステムとしてコジェネレーションシステム(CGS)が注目されており、その最適設備容量や導入効果の評価に関する研究が盛んに行われている。しかし、CGSの導入効果は、建物規模や導入地域などの様々な設定条件によって異なるため、これらを包括的かつ簡潔な形で表す評価手法が望まれている。また、CGSを電力系統とネットワーク化して運用することによって、CGSの炭酸ガス削減効果を著しく向上し得ることが指摘されているが、このような運転は電力系統に様々な悪影響を及ぼすことが懸念されている。

そこで、本研究では、まず様々な設定条件によって異なるCGSの導入効果を極力集約して評価するためのマッピング手法の提案を行った。これにより、代表的な建物種別におけるCGS導入効果の基本的な特性を明らかにすることができた。次に、この結果を踏まえ、電力制約を考慮しながら積極的にCGSの運転を行う分散協調型コジェネレーションネットワークシステム(CGNS)の提案を行い、その炭酸ガス削減効果および経済性について解析を行った。解析の結果、集合住宅の多い地域では、現状のシステムに比べ約2倍の炭酸ガス削減効果が期待できることが明らかとなった。しかも、系統電力の需要変動を平準化するポテンシャルを有し、電力会社にとっても受容し得るシステムであることが示された。

本論文は全5章で構成されている。以下にその内容と結果の概要を示す。

第1章は序論であり、本研究の背景と目的について述べるとともに、得られた結果の概要について論述した。また、CGSの最適設備容量や導入効果の評価、および分散型電源を組み入れた次世代エネルギーシステムに関する研究動向についてとりまとめた。

第2章では、建物規模や導入地域などの様々な設定条件によって異なるCGS導入効果を集約して評価するためのマッピング手法を提案した。本手法では、CGSによる炭酸ガスま

たはランニングコストの年間削減率を、削減量の時間積分から電力・熱需要の二重積分に変換した。これにより、導入効果を削減特性を示すマップと需要特性を示すマップの重ね合わせで評価することが可能となった。その結果、代表的な建物種別における最適設備容量や適合性を包括的に把握することができた。特に、熱需要の多い集合住宅では、余剰電力を電力系統に逆潮流することによって、大きな炭酸ガス削減効果が得られることから、既存の電力系統を利用した電力融通が炭酸ガス削減に有効であることが明らかとなった。さらに、本手法を応用することによって、電力・ガス料金および CGS 効率に対する導入効果の変化を定量的に評価するための手法を提示した。その結果、CGS 導入効果は建物種別や導入地域によらず、需要家の熱電比のみによって概ね推定できることが明らかとなった。

第 3 章では、前章で指摘した電力融通を実現するシステムとして分散協調型 CGNS を提案した。本システムは、電力系統への影響を考慮しながら積極的な CGS 運転と余剰電力の融通を行い、CGS の性能を最大限に引き出すものである。本システムの有効性を評価するため、本研究では集合住宅地域における導入効果を、余剰電力を自由に逆潮流できない現状システムと比較した。その結果、現状のシステムでは概して炭酸ガス削減効果が小さく、例え経済性より環境性を優先した運用を行ったとしても、電力系統に悪影響を及ぼすこととなり、期待通りの炭酸ガス削減効果が得られないことが明らかとなった。一方、本システムでは現状のシステムに比べて約 2 倍の炭酸ガス削減効果が得られるとともに、経済的にもメリットを確保できることが明らかとなった。さらに、年間を通して配電系統全体の負荷を大幅に低減できることから、基幹系統全体の負荷状況に応じて CGS を制御することにより、火力発電所の負荷平準化にも寄与できることを示した。

第 4 章では、特に需要変動が大きく、前章の解析が成立しなくなる可能性の高い住宅を対象として、需要変動の影響および CGS をより有効に活用するためのシステムについて検討した。まず、10 分間隔の詳細な実測需要データを用いた導入効果の解析を行い、1 時間平均で表現された需要パターンに対する結果と比較した。その結果、平均化したデータに比べ、10 分間隔データでは一次エネルギー削減率が著しく小さくなってしまったことが明らかとなった。この需要変動影響を少なくする手法の一つとして、集合住宅等における住宅間の電力融通および蓄熱槽の設置の効果について解析した。その結果、住宅 6 戸以上の電力融通や蓄熱槽の設置は需要変動影響の緩和に非常に有効であり、CGS 導入効果を大幅に改善できることを示した。次に、現在導入が検討されつつある天然ガス改質型燃料電池コージェネを含めて、種々の CGS を集合住宅に用いた場合の解析を行った。その結果、CGS と蓄熱槽を設置した住宅群で大規模な電力ネットワークを構築し、台数制御等を行うことによって、可能な限り定格運転を行うシステムが炭酸ガス削減に対して最も有効であることが示された。しかも第 3 章で提案したような分散協調型 CGNS が可能となれば、集合住宅単独で達成で

きるより以上の省エネルギー効果が得られることが明らかとなった。

第 5 章は本研究の結論であり，得られた結果の概要を示した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 近 久 武 美
副 査 教 授 工 藤 勲
副 査 教 授 工 藤 一 彦
副 査 教 授 小 川 英 之

学 位 論 文 題 名

コジェネレーションのネットワーク化による 都市エネルギー消費削減に関する研究

民生部門の有望な省エネルギーシステムとしてコジェネレーションシステム（CGS）が注目されており、その最適設備容量や導入効果を評価する研究が盛んに行われている。しかし、CGS の導入効果は様々な設定条件によって左右されるため、その効果は十分に明らかにされていない。そこで本研究では、CGS の導入効果を包括的に評価するためのマッピング手法の提案を行うほか、系統電力と協調的な運用を行うCGSネットワークシステムの提案を行い、その炭酸ガス削減および経済性に及ぼす効果を明らかにしたものである。

CGS は導入地域や建物種別、あるいは電力・ガス料金などの様々な設定条件によって炭酸ガス削減効果および経済性が異なるが、これを極力集約して評価するためのマッピング手法を提案した。本手法では、CGS による炭酸ガスまたはランニングコストの年間削減率を、削減率の時間積分の形から電力・熱需要の二重積分に変換している。これにより、削減特性を示すマップと需要特性を示すマップの重ね合わせで効果を評価することが可能となった。その結果、代表的な建物種別における最適設備容量や適合性を包括的に把握することができた。特に、熱需要の多い集合住宅では、余剰電力を系統に戻す逆潮流を許容することによって、大きな炭酸ガス削減効果が得られることから、既存の電力システムを利用した電力融通が民生部門の炭酸ガス削減に有効であることが明らかとなった。また、CGS 導入効果は建物種別や導入地域によらず、需要家の熱電比のみによって概ね推定できることが明らかとなった。

次にこの結果を踏まえ、分散協調型コジェネレーションネットワークシステム（CGNS）の提案を行い、配電系統の電力制約を考慮しながらその炭酸ガス削減効果および経済性について解析を行った。この分散協調型CGNSは、熱需要の多い建物でCGSを優先的に運転し、余剰電力を既存の電力システムを介して融通することを可能とするシステムである。解析の結果、集

合住宅の多い地域に本システムを導入すると現状のシステムに比べ約2倍程度の炭酸ガス削減が期待できることが明らかとなった。しかも、系統電力の需要変動を平準化するポテンシャルを有し、電力会社にとっても受容し得るシステムであることが示された。

一方、需要変動が大きく前章の解析が成立しなくなる可能性の高い住宅を対象として、需要変動の影響およびCGSをより有効に活用するためのシステムについて検討した。その結果、1時間間隔で平均化した負荷データに比べ、10分間隔データでは一次エネルギー削減率が著しく小さくなってしまふことが明らかとなった。この需要変動影響を少なくする手法の一つとして、集合住宅等における住宅間の電力融通および蓄熱槽の設置の効果について解析した。その結果、住宅6戸以上の電力融通や蓄熱槽の設置は需要変動影響の緩和に非常に有効であり、CGS導入効果を大幅に改善できることを示した。このほか、現在導入が検討されつつある天然ガス改質型燃料電池コジェネを含め、種々のCGSを集合住宅に用いた場合の解析を行った。その結果、CGSと蓄熱槽を設置した住宅群で大規模な電力ネットワークを構築し、台数制御等によって可能な限り定格運転を行うシステムが炭酸ガス削減に対して最も有効であることが示された。しかも上述したような分散協調型CGNSが可能となれば、集合住宅単独で達成できるより以上の省エネルギー効果が得られることが明らかとなった。

これを要するに、著者は、都市エネルギー消費削減に有効なコジェネレーションシステムのネットワーク化に関する新知見を得たものであり、熱工学ならびにエネルギー工学の発展に対して貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。