



Title	寒冷地における家庭用熱電併給システムの導入効果に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	武田, 清賢
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第11898号
Issue Date	2015-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/58851
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Kiyotaka_Takeda_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（工学） 氏名 武田 清賢

学 位 論 文 題 名

寒冷地における家庭用熱電併給システムの導入効果に関する研究

(Study on introducing effects of residential combined heat and power systems for cold regions)

改正省エネルギー法（エネルギーの使用の合理化に関する法律の一部を改正する法律）では、住宅の省エネルギー性能の判断基準として、基準一次エネルギー消費量が示され、その達成率の報告が求められる。そして、省エネルギー性能については、これまでの断熱・気密性能などに加え、暖冷房・給湯など住宅設備の機器効率を踏まえた評価が必要となる。住宅における省エネルギー化は、近年増加傾向にある民生部門のエネルギー消費量を削減する上でも重要である。このような状況から、給湯・暖房用のボイラは潜熱回収型が普及しつつあり、さらに高い省エネルギー性・環境保全性を有するガスエンジン、燃料電池などの家庭用熱電併給システムが注目されており、産官学一体となった研究・開発が進められている。

一方で、寒冷地区である北海道では、家庭部門における一人当たりのエネルギー使用量が全国平均の約 1.5 倍程度になっており、住宅における省エネルギー化が喫緊の課題である。また、エネルギーの使用形態に着目すると、電力負荷においては、非寒冷地区では夏と冬にピークとなる W 型、寒冷地では冬のみのピークである V 型となり、暖房においては、北海道は全国平均の 3 倍程度の負荷となる等、大きな違いがある。

このような背景より、本論文では負荷追従型ガスエンジン、固体高分子形燃料電池および固体酸化物形燃料電池を寒冷地の戸建て住宅に導入する際の効果について評価する。また、住宅性能・世帯人数および居住者の行動等より電力・給湯・暖房負荷を予測し、各家庭用熱電併給システムの一次エネルギー削減効果を予測することで、最適システムの導入を支援するためのツールを作成することを目的とする。

本論文は 10 章より構成され、各章の概要は以下の通りである。

第 1 章では、世界、日本のエネルギー需要・供給状態や各種エネルギー利用システムについて概説するとともに、家庭用熱電併給システムを導入する利点を明らかにした上で、本論文の構成を示した。

第 2 章では、家庭用熱電併給システムにおける国内外動向について概説するとともに、各家庭用熱電併給システムの特徴・利点などについて示す。

第 3 章では、寒冷地向け負荷追従型ガスエンジン家庭用熱電併給システムの部分負荷特性を示した。さらに、既往のエネルギー調査で得られた札幌地区の実測データより代表 4 世帯を選び、模擬負荷装置を用いた実験室実験にて運転データを取得し、シミュレーションの妥当性を確認した。さらに、既存の定格型ガスエンジン家庭用熱電併給システムを比較対象としたシミュレーションを実施したところ、解析対象となった全 35 世帯において、当該負荷追従型ガスエンジン家庭用熱電併給システムが既存の定格型ガスエンジン家庭用熱電併給システムを上回る一次エネルギー削減効果となった。

第 4 章では、試験モードによる実験およびフィールド実測試験による実使用下におけるシステム

性能評価を実施し、潜熱回収型給湯・暖房機単体の性能を示した。さらに、潜熱回収型給湯・暖房機を併用する負荷追従型ガスエンジン家庭用熱電併給システムのフィールド実測試験を実施した。冬期代表週および年間の運転状況の評価を通じ、本システムの省エネルギー性・経済性を明らかにした。

第5章では、3・4章で述べた負荷追従型ガスエンジン家庭用熱電併給システムの更なる高効率利用を目的として、新たな排熱利用方法について検討した。当該ガスエンジン家庭用熱電併給システムの冬期間における熱寄与率は、モニター平均で4割程度となっていることから、住宅全体で熱余りになっておらず、発電機会および排熱利用の拡大が導入効果の向上に繋がることを示した。札幌市内のモニター住宅にて、ガスエンジンの排熱を換気用の外気の加熱に利用するシステムのフィールド実測を行い、通年の導入効果を明らかにしたうえで、通常の排熱利用方式の結果(第4章)と比較し、高い一次エネルギー削減効果を示すことを明らかにした。

第6章では、寒冷地における家庭用固体高分子形燃料電池熱電併給システムの導入効果を明らかにすることを目的として、システムを札幌市内の戸建て住宅4軒に設置し、一年間の運転データを取得した。フィールド実測サイトのエネルギー負荷特性、発電・熱寄与率を纏め、新エネルギー財団、新エネルギー・産業技術総合開発機構による大規模実証の全国平均値との比較を示した。次いで、一次エネルギー削減量の実績を纏め、本州における実績との比較を行い、同程度のエネルギー負荷のサイトで比較すると、寒冷地サイトの方が高い一次エネルギー削減量となることを示した。最後に、家庭用固体高分子形燃料電池熱電併給システムにおいて、一次エネルギー削減量と電力・給湯負荷の相関性が高いことを示した。

第7章では、寒冷地における家庭用固体酸化物形燃料電池熱電併給システムの導入効果を明らかにすることを目的とした。まず、負荷変動特性・起動停止特性・部分負荷特性の実験室実験の結果を示した。次いで試験モード、および実使用を想定した実証実験を実施し、従来方式と一次エネルギー消費量および一次エネルギー削減率を比較した。さらに数値解析を行い、寒冷地戸建て住宅における通年の一次エネルギー削減効果を明らかにした。

第8章では、簡易的なアンケートにより、寒冷地における戸建て住宅のエネルギー使用量を予測し、先述の寒冷地向け家庭用熱電併給システム(負荷追従型ガスエンジン・固体高分子形燃料電池・固体酸化物形燃料電池)のエネルギー削減効果を予測する手法を示した。アンケートにおいては、各世帯の延床面積・テレビの視聴時間・世帯人数・一週間における入浴回数・建築年度・暖房設定温度を問うことで、通年の電力・給湯・暖房負荷をそれぞれ14.3%・21.1%・30.6%の平均誤差で予測できた。さらに、本予測負荷より簡易に各熱電併給システムの一次エネルギー消費量を試算する手法(簡易シミュレーション)について述べ、実測負荷と最適運転時間を求める詳細シミュレーションに対し、何れの熱電併給システムでも2割弱の誤差になることを示した。

第9章では、コミュニティ向けシステムの検討として、集合住宅およびコミュニティ内で熱電併給システムの発電電力を融通する際の導入効果についてシミュレーションを行った。先述の負荷追従型ガスエンジン熱電併給システムにおいて、個別設置方式(通常設置方式)・ネットワーク方式(ネットワーク外への逆潮流有・無)の比較を行い、個別設置方式と比較して高い一次エネルギー削減効果を得られることを確認した。

第10章では、本研究で得られた結果を要約して述べた。