

# 博士論文審査報告書

## 論 文 題 目

自家消費を向上させるゼロ・エネルギーハウスの効率的設備運用に関する研究

Efficient Facility Operation Measures for Zero Energy House to Improve Self-consumption

申 請 者

金 ジョンミン

Jung min KIM

建築学専攻 建築環境研究

2020年2月

日本の民生部門におけるエネルギー消費量は近年増加しており、省エネルギーや再生可能エネルギーの有効利用がさらに求められている。2014年4月には「第4次エネルギー基本計画」が閣議決定され、「住宅については2020年までに標準的な新築住宅で、2030年までに新築住宅の平均でネット・ゼロ・エネルギー・ハウスの実現を目指す」という政策目標が設定されている。また、住宅における固定価格買取制度が2019年11月から順次終了しているため、自家消費を向上させる運用方法を検討することが必要となっている。本論文は、ゼロ・エネルギーハウス（Zero Energy House：以下 ZEH）の自家消費を向上させるために効率的な設備運用の提案を行い、その有効性を示すことを目的としている。実験住宅を用いて太陽光発電電力の有効利用に関する実験を行うとともに、数値計算を用いてヒートポンプ給湯器の昼間運転や太陽光発電と燃料電池の併用発電の有効性に関する研究を行っている。

本論文は6章で構成されており、各章の要旨は以下の通りである。

第1章では、本研究の目的を述べるとともに、研究背景及び既往研究について概観している。

第2章では、本研究で扱う対象住宅の概要について述べている。太陽光発電、蓄電池、燃料電池、高性能エアコン、放射冷暖房、ヒートポンプ給湯器等が導入されている。また、設備機器と電気設備を連携制御するため、対象住宅では、ホーム・エネルギー・マネジメント・システムが導入されている。

第3章では、夏季と冬季の予冷熱運転が太陽光発電の自家消費率及び熱的快適性に与える影響を把握するため、第2章で示した住宅において空調運用条件の異なる11条件で物理環境・電力量の測定、サーマルマネキンを用いた実験を行っている。予冷・予熱運転を行うことにより、帰宅時と帰宅後の夜間在宅時の温熱環境が快適範囲内で安定したことがサーマルマネキンを用いた測定により示されている。また、エアコンより放射冷暖房の方が予冷・予熱効果があり、予冷・予熱は3時間稼働よりも6時間稼働の方が、蓄熱効果が長く持続し、非空調時間帯の快適性を向上できたことが確認されている。さらに、予冷・予熱により帰宅後の夜間在宅時間帯の冷暖房電力消費も削減できることを示している。また、実験データを用いてヒートポンプ給湯器の昼間運転に関して数値計算を行っている。ヒートポンプ給湯器を夜間運転から昼間運転へ切り替えることで太陽光発電の自家消費率が向上することを示している。冷暖房の予冷・予熱運転及びヒートポンプ給湯器の昼間運転を行うことで、快適性を向上しながら、売買電力量の削減と自家消費率の向上を実現できることを明らかにしている。本結果は今後のZEHの最適運用方法を具体的に示すもので、高く評価できる。

第 4 章では、夏季日中の 2 時間のデマンドレスポンスを想定した予冷運転による電力需要のシフト効果と、居住者行動の工夫が予冷時や空調停止時における快適性や健康性に及ぼす影響の把握を目的に実験を行っている。予冷運転を行うことで、デマンドレスポンス時にエアコンを停止しても快適性・健康性が維持できる可能性が示されている。また、家事を予冷時間帯に合わせることによってデマンドレスポンス時に快適に過ごせるエアコン停止時間が 65 分まで延長できることを被験者実験により確認している。加えて、居住者行動の工夫がない場合はストレスが高くなることを示している。実験結果より、エアコンの予冷運転と家事を予冷時間帯に合わせて行う居住者行動の工夫を組み合わせることが有効であることを明らかにした。予冷運転に合わせた居住者行動による効果を評価した貴重な研究成果として高く評価できる。

第 5 章では、太陽光発電・燃料電池・蓄電池の個別性能試験結果をもとに家庭用分散型エネルギーシステムの数値解析モデルを作成し、ライフスタイルが異なる複数の生活パターンにおける省エネルギー効果及び経済性評価を行っている。売買電力量に関して、太陽光発電のみの場合は 2 人世帯と 4 人世帯の両条件ともに太陽光発電量の増加に伴い、売電量は増加し、買電量は減少したことを示している。また、太陽光発電の単独発電と太陽光発電と燃料電池の併用発電ともに太陽光発電容量の増加に伴い、自家消費率が低下する傾向にあることを示している。加えて、併用発電の場合は太陽光発電と燃料電池により発電をするため、単独発電に比べ自家消費率が低い結果となったことを示している。年間一次エネルギー削減量は単独発電で 17%、太陽光発電の余剰電力のみを売る条件の併用発電で 37%、太陽光発電と燃料電池の余剰電力を売る条件の併用発電で 56% となり、単独発電より併用発電の方が一次エネルギー削減に効果があることを示している。年間コストに関しては、太陽光発電の余剰電力のみを売る場合は単独発電より併用発電の方が経済的に有利であることを示している。実験結果に基づく数値計算を行うことで、世帯構成や電力消費型などの様々なライフスタイルに対して最適設備運用方法の提案を行っていることは価値がある成果として認められる。

第 6 章では、各章の研究結果を総括している。

本論文では、住宅における予冷・予熱運転やヒートポンプ給湯器の昼間運転による再生可能エネルギーの有効利用に関して評価している。さらに、被験者実験を行うことで、単にエネルギー有効利用効果を評価することだけではなく、居住者行動を含めた ZEH における自家消費を向上させる効率的な設備運用方法を提案していることは高く評価できる。

以上、本論文は建築環境学の発展に貢献する有用な研究成果をまとめたものであり、学術的に高く評価できる。従って、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。

2020年2月

審査員 主査 早稲田大学理工学術院 教授  
工学博士（早稲田大学） 田邊 新一 \_\_\_\_\_

早稲田大学理工学術院 教授  
工学博士（早稲田大学） 長谷見雄二 \_\_\_\_\_

早稲田大学理工学術院 教授  
博士（工学）早稲田大学 高口 洋人 \_\_\_\_\_

芝浦工業大学建築学部 教授  
博士（工学）早稲田大学 秋元 孝之 \_\_\_\_\_