

京都大学	博士 (工学)	氏名	近藤 修平
論文題目	住宅における給湯用エネルギーの削減に関する研究		

(論文内容の要旨)

本論文では、住宅におけるエネルギー消費の削減を目指し、実測調査によりエネルギー消費の実態を明らかにするとともに、電力及び居住者の協力が得にくい給湯エネルギー消費削減手法の提案を目的としている。

本論文は6章で構成されている。第1章は序論であり、従来の研究のレビューを行い、本論文の目的と構成を示している。第6章は本論文の結論であり、第2章から第5章は、以下の内容となっている。

第2章では、日本建築学会が行った日本全国80軒の住宅におけるエネルギー消費実態調査の一貫として、調査を分担した関西地区13軒の住宅におけるエネルギー消費実態計測結果について検討し、エネルギー消費の用途別分析を行った。その結果、住宅におけるエネルギー消費においては給湯が最も多く、ついで暖冷房用途が多いことが分かった。従って、住宅のエネルギー消費を削減するには給湯における省エネルギーが重要であるが、同時に行った居住者へのアンケート調査より入浴回数を制限するなどの給湯における省エネルギーへの協力は得にくいことがわかった。そこで、比較的協力が得やすい家電機器の省エネルギーに着目し、特に暖冷房以外の電力消費に対して在宅者のライフスタイルが及ぼす影響を調べた。中間期(春・秋)の電力消費量に関して、13軒の住宅の中から電力消費が最大と最小な住宅を抽出し、これら住宅間における電力消費量の差異を分析した。その結果、電力消費が最大の住宅では、昼間の在宅者によるテレビや照明の使用や、電気式ポットの連続的な使用が電力消費に大きな影響を及ぼしていることが分かった。つまり、昼間の在宅者の生活スタイルがエネルギー消費に与える影響の大きいことが明らかであり、電力を削減する方策としては、昼間の照明負荷削減とともに、使用していない家電機器は電源から外すといったライフスタイル改善が重要であることを指摘した。

第3章では、住宅のエネルギー消費の中で最も大きな割合を占める給湯用エネルギー消費のより詳細な内容を把握するために、第2章とは異なる10軒の住宅を対象として調査を行った。第2章で行った全ガス使用量から用途別に分離して推測するのではなく、給湯器における給水温度・給湯温度・給湯量を実測した。その結果、給湯使用量の季節的な変動は、季節ごとの水温と給湯温度の差と入浴スタイルの変動(湯張り入浴又はシャワー浴)に大きく影響されており、冬期の給湯使用量は夏期のそれに比べて3倍から10倍大きく、冬期における給湯使用量の削減は、給湯エネルギー削減対策を検討する上で重要な課題であることが分かった。

また、燃料電池などの分散電源システムでは、発電と同時に発生する熱(給湯)をバランス良く使用するため、定格発電能力や蓄熱槽の容量を設計することが必要である。そこで、給湯使用量と同時に電力使用量も測定し、熱と電気の比率(熱電比)を求め、熱源の違い(ガス又は灯油、電気)が熱電比の季節推移に及ぼす影響を明らかにした。

第4章および第5章では、第3章の測定で得た給湯データを用いて、各種蓄熱式給湯システムのための給湯使用量の予測可能性について検討するとともに、住宅内の温熱環境と関係した

氏名	近藤 修平
----	-------

給湯エネルギー削減対策の提案を行った。

第4章では、各種蓄熱式給湯システムのエネルギー削減に供する効率的な運用に必要な、翌日の給湯使用量の予測手法について検討した。まず、アンケート結果および測定結果をもとに、入浴スタイルの日変動の有無と日中における給湯使用状況の曜日依存性の観点から3種類に分類した。また、給湯の日積算値を通常の午前0時を基準として算出するのではなく、深夜帰宅などの居住者のライフスタイルを考慮して、例えば午前4時を起点とすることにより日積算給湯使用量データの変化幅を小さくできることを示した。それらの結果を基に、各入浴パターンの日積算給湯使用量を予測する自己回帰モデルを作成し、その精度の検証を行った。今回給湯予測の対象とした6軒の住宅のうち、毎日シャワー浴を基本とし不規則に湯張り入浴を行う1軒の住宅では、居住者からの入浴に関する翌日の入浴に関する情報なしには日積算給湯使用量の予測は困難であるが、残りの5軒の住宅においては、日積算給湯使用量の予測が可能であることを示した。

第5章では、住宅内の温熱環境と給湯温度の関係に着目した分析を行った。その結果、冬期の室温が低く温熱環境に満足していない住宅では、給湯使用量が多くなる傾向にあることを明らかにした。これは、既往のアンケート調査による研究において、冬場の入浴の目的として”冬は保温のため”が多くあげられていることに対応するものと考えられる。そこで居住者の滞在時間が長い居間における温熱環境を改善することにより、給湯温度を下げて給湯消費量を削減する可能性について検討した結果、断熱などにより適切な室内温熱環境を形成することで給湯使用量削減の可能性を示した。

## (論文審査の結果の要旨)

本論文では、住宅におけるエネルギー消費の削減を目指し、実測調査によりエネルギー消費の実態を明らかにするとともに、電力および居住者の協力が得にくい給湯エネルギー消費削減手法の提案を目的としている。本研究の成果は以下のように要約される。

## (1) エネルギー消費の実態把握

関西地区の13軒の住宅においてエネルギー消費量の計測を行うとともに用途別分析を行い、住宅におけるエネルギー消費としては給湯用が最も多く、ついで暖冷房用が多いことを明らかにした。従って、省エネルギーを考える上で給湯分野の対策が重要であるが、同時に行った居住者へのアンケート調査からは、家電機器に関する省エネルギーへの協力は得やすいが、給湯については省エネルギーへの協力が難しいことも示された。

## (2) 暖冷房以外の電力消費に対して在宅者のライフスタイルが及ぼす影響

居住者の協力が得やすい電力消費削減に関して、暖冷房以外の生活スタイルの改善による省エネルギー対策を検討するため、中間期(春、秋)の使用状況を分析した。その結果、昼間在宅者の生活スタイルがエネルギー消費に与える影響が大きいことを明らかにした。電力の省エネルギー策として、使用していない家電機器は電源から外すなどのライフスタイルの改善およびによる昼間の照明負荷削減の重要性を指摘した。

## (3) 時系列解析による給湯消費量予測手法の提案

実測及びアンケート調査に基づき入浴パターンを3種類に分類した。さらに各入浴パターンに対して日積算給湯使用量を予測する確率的モデル(自己回帰モデル)を作成し、その精度の検証を行った。6軒中5軒の住宅においては、日積算給湯使用量の予測が可能であることを示した。これらの時系列モデルは、給湯用エネルギーの定量的評価に有用なツールとして利用されるものである。

## (4) 室内温熱環境制御による給湯消費削減

住宅内の温熱環境と給湯温度の関係に着目した分析を行い、冬期の室温が低く温熱環境に満足していない住宅では、給湯使用量が多くなる傾向にあることを明らかにした。これに基づき、適切な室内温熱環境を形成することにより、給湯使用量削減の可能性を示した。

以上のように、本論文は住宅におけるエネルギー消費の実態を明らかにするとともに、給湯使用量の確率的予測モデルを提案し、その予測精度について検討している。さらに、給湯使用と室内温熱環境の関連性に基づき、室内温熱環境の制御による住宅のトータルエネルギー管理手法の提案を行うものであり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成23年2月21日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。