

## 論文内容の要旨

論文題目 集合住宅における消費エネルギーの住戸差および  
日・季節変動要因に関する研究

氏 名 前 真 之

地球環境問題の深刻化に伴い、各分野におけるエネルギー消費の抑制が大きな課題になってきている。わが国におけるエネルギー消費は、産業用途の伸びが近年になり鈍化する一方で、民生部門とりわけ家庭用途が顕著に増加しており、住宅における省エネ推進が緊急の課題となりつつある。

この問題の解決策の1つとして、燃料電池やガスエンジンなどの熱源から電気・熱を同時に供給することでシステム全体の高効率化を目指す、コージェネレーションシステムの住宅への導入が検討されつつあるが、こうした電熱同時供給型熱源は導入先の電熱需要特性により、効率が大きく変化するため、設計時には電熱需要の正確な事前予測が不可欠となる。しかしながら、従来の住宅におけるエネルギー消費の把握状況および評価方法は、未だに部分的で不十分なものに留まっており、新型熱源導入を十分に支援できていないのが現状である。

住宅におけるエネルギー消費は、住民の生活の中での機器使用に伴って発生するものであり、地域や季節・住民の家族構成・ライフスタイルなどの影響を強く受ける。エネルギー消費量は、既往研究においては平均化された原単位の形で扱われてきたが、実際には住戸毎に差があり、また同一住戸においても日々異なった挙動を示すことから、それらの要因に対し十分な検討を行うことが極めて重要であると考えられる。

本論文においては、住宅、特にスケールメリットから新型熱源導入可能性が高い集合住宅を重点的な対象とし、従来明らかにされていない住宅での複雑なエネルギー消費の実態について、そ

の住戸差をもたらす要因、同一住戸における日々の消費変動要因を、様々な角度から分析した。

また、住宅におけるエネルギー消費は、暖冷房・給湯給水・照明等と多岐の用途にわたるため、複数用途を同時に計測できた場合にはそれらを融合して扱うようにし、併せて各用途に関して住戸毎の特徴を抽出するように留意した。

給湯給水に関しては、季節や地域差の影響を受けずに実際の消費を比較できる、湯・水の消費行為ベースでのデータ整理・分析手法を提案している。調査対象も、若年から高齢・単身から5人家族までと多様であり、重要な知見を蓄積することができた。併せて、給湯給水の実測においては水栓ごとの調査が困難な場合が多いことを考慮し、住戸入口1点のみでの計測結果から水栓用途を推定できる、ニューラルネットワークによる用途判定手法も試みている。

暖房・冷房に関しては、特に使用時間帯に住戸差が顕著に表れることを示し、従来の平均行為者率による扱いを離れて標準的な使用時間体のパターン抽出を行うことより、使用時間帯の差が暖冷房の使用やエネルギー消費に大きな影響をもつことを明らかにした。また、日々の変動に関しては、季節や曜日・天候などの日変動と住民の在宅状況が消費量に与える影響を分析し、個々の要因の度合いを評価した。

照明等については、消費量の住戸差について家族構成や機器の所有状況の影響が大きいことを示し、また日々の変動には在宅状況の影響が最も大きいことを明らかにした。また全国1500住戸における大規模な調査結果から、地域ごとの消費電力や推定冷房使用状況について分析している。

全国の住宅における消費エネルギーは極めて広大なテーマであるため、本論文においては、様々な特徴をもつ5つの調査毎に、それぞれ1章を設ける構成とした。各調査においては、多くの住戸を対象としたアンケートや検針値による広域調査と、選定住戸において計測器を設置して詳細な計測を行う詳細調査を必要に応じて併用し、できるだけ広くかつ詳細・正確に負荷の実態が把握できるように配慮した。これらの調査結果はそれ自体が有用であるのみならず、本論文の中で用いた各種の分析方法が、今後の消費エネルギー調査・研究において有効であると確信している。

章の構成は以下のとおりである。

## 1章 研究の背景と目的

1章においては、住宅の消費エネルギーに関係する統計資料を整理し、合わせてこの分野での既往研究の流れを概観し、その問題点を検証する中で本研究の方向性を示した。

## 2章 30歳代夫婦＋幼児1～2人世帯の集合住宅における実測調査

2章においては、兵庫県の若い夫婦＋幼児1～2人が居住する集合住宅における、全用途の詳細

細な調査結果を扱った。入居家族構成は均質であったため、同一家族構成の住戸間における消費エネルギー差の要因を主に分析することにした。調査方法としては、全住戸に対するアンケート調査と、選定 10 住戸における詳細な実測調査を併用し、アンケートによる全体傾向の把握・実測によるエネルギー消費の詳細把握からなる 2 段階での分析により、冷房・暖房・給湯給水・照明等に関するエネルギー消費構造を分析している。また、住民の在宅状況がエネルギー消費に大きな影響をもたらすことが予想されたことから、詳細実測においては給湯給水の使用状況から住民の在宅状況を類推して分析に供した。

暖冷房に関しては、空調機の使用時間帯のパターン分類を中心に分析し、冷房は在宅していても使用しない時間帯が住戸毎に存在していて多様な使われ方をする一方で、暖房は在宅時常時使用する住戸がほとんどであることを示した。給湯・給水に関しては、湯水の消費行為ベースによる評価を行い、各住戸の特徴を明らかにした。照明等に関しては、生活スタイルや使用家電機器の影響を分析し、妻の勤務状況や特定機器の使用などが有意であり、また日変動要因としては在宅状況の影響が最も大きいことを示した。

### 3章 都心部集合住宅におけるライフスタイルと消費エネルギーに関する調査

3章においては、東京・大阪の都心部集合住宅におけるアンケート調査から、ライフスタイルと各用途の消費エネルギーの関係を分析している。ライフスタイルに関しては既往研究のように属性ごとに平均化された行動確率から離れ、同一属性内での生活時間のタイプ分類を軸にクラスター分析により検討を加えた。その結果、拘束性が強い外出時間帯の違いが食事や入浴などの生活行動に大きな影響を与えている実態が明らかになり、居住者の生活モデル化の方向性を示すことができた。暖冷房に関しても同様に使用時間帯のタイプ分類を行い、生活時間タイプとの相関が強いことを確認した。消費エネルギーについては、エネルギー種類別検針値からの用途推定を行い、各用途での消費エネルギーが従来知られてきた家族構成等の影響を強く受けることを確認する一方で、生活時間タイプにも強く影響されることを明らかにし、消費エネルギーを考える際には住民のライフスタイルを考慮することが重要であることを示した。

### 4章 都心部集合住宅における給湯・給水消費実態調査

4章においては、東京の都心部集合住宅 22 住戸において、台所・浴室・洗面・洗濯・便所の水栓別に計測された給湯・給水の詳細な実測データを扱い、給湯・給水消費の実態を明らかにするとともに、その評価方法構築の基礎的検討を行った。

実測結果を用途ごとに湯水消費行為の形に整理した上で、その季節変動要因・住戸差要因・日

変動要因について詳細に分析を行った結果、給湯熱負荷の季節変動が主に給水温度の変化によること、住戸間の湯水使用の差は主に行為回数に表れることを明らかにし、併せて消費量の日変動や消費行為の流量・温度・継続時間等の分布状況について基礎データを整理した。

続いて今後の評価手法開発のため、モンテカルロシミュレーションにより日々の消費行為回数分布と消費行為あたり消費量分布の独立性を検討し、両者を独立として扱った場合においても、日消費量の平均・変動の計算値は実際値に極めて近くなることを明らかにした。このことより、日々の消費変動を評価するためには、行為回数の日変化を重点的に扱えばよいであろうと思われる。

併せて今後の給湯・給水消費の実測結果分析を容易にするため、本データが水栓別に計測されていることを利用しニューラルネットワークによる用途判定を試み、その有効性を確認した。

## 5章 若年・高齢の単身・夫婦世帯における給湯・給水消費量の実測調査

5章では、若年の単身・夫婦世帯や高齢夫婦世帯を対象に、東京近辺の集合住宅・戸建住宅計7住戸において給湯・給水の実測結果を扱い、今までに十分に調査が行われてこなかったこれらの家族構成の住戸における消費実態を把握した。また、本データは給水・給湯各1点で計測されたもので用途が不明であるため、前章で検証したニューラルネットワークによる用途判定を適応し、用途を推定して分析した。

## 6章 全国の省エネナビ設置住戸における消費電力調査

6章では、省エネルギーセンターが普及活動を行っている省エネナビによる、全国の戸建・集合住宅約1500戸における電力の計測結果を分析し、電力消費の地域差や年間変動・時刻変動を把握した。さらに夏季については、冷房使用による電力消費の変動から、冷房使用時間帯を推定し、その地域差を検証した。

## 7章 集合住宅における消費エネルギーに関する評価方法

7章では、上記の調査結果から得た知見に基づき、集合住宅における消費エネルギーの評価手法の基礎的な提案として、集合住宅専有部における消費エネルギー評価プログラムと、循環部挙動の評価プログラムを示している。

## 8章 まとめ

全体の総括として、本論文で用いた手法を整理し、得られた知見を総括している。