

早稲田大学大学院 環境・エネルギー研究科

博士論文審査報告書

論文題目

家庭におけるエネルギー消費行動の
評価と改善に関する研究

A study on assessment and improvement of energy consumption behavior
in the residential sector

申請者

伊原	克将
Katsumasa	IHARA

環境・エネルギー研究科 環境配慮デザイン研究

2014年 2月

地球温暖化抑制の観点から、家庭部門でのCO₂の削減はいまや世界的課題となっている。とくにわが国では2011年の東日本大震災以降のエネルギー逼迫状況から、この課題への対処は重要である。しかしながら、家庭用エネルギー機器の大型化や多様化、さらには保有台数の増加に加えて世帯数も増えたことにより、2011年度の家庭部門におけるエネルギー消費量は1990年度と比較して約25%も増加している。

こうしたなかにあつて、わが国では2030年に向けて「家庭部門のエネルギー消費から発生するCO₂を半減させること」が目標として掲げられている。とくに重要視される需要側の取り組みとしては、低炭素型成長を可能とするエネルギー需要構造の実現に向けた具体的な施策の展開が求められている。こうした情勢に対して基盤となるのは、家庭のエネルギー消費実態の正確な把握であり、そのための手法開発が求められておる。加えて市民の省エネ意識や知識の動向の分析やそれに基づく実効性が高く、かつ効果的な対応の提示・実践が重要であるといえる。

本論文では、上記のような状況に対処するため、まず家庭でのエネルギー消費の推定手法として信頼性が高く、また詳細な予測が可能な手法を開発している。さらに大規模な省エネ意識・知識に関するアンケート調査を実施し、過去の同種の調査と比較検討して、その差異を分析している。また上記の結果等を参考に、家庭のエネルギー消費の削減に向けた数種の具体的な施策展開を社会実証実験として実施し、その解析を通して有効性を評価している。以上をもって、わが国の家庭部門でのエネルギー消費の削減ならびに温暖化対策の実効性ある施策の展開に寄与することを目的としている。

第1章は、序章であり、研究の背景や目的を述べている。わが国を始め、世界各国の家庭部門の省エネ施策やエネルギー消費の推定方法等に関する既往の研究や取り組みを調査・分析し、今後の方向性や解決すべき課題を整理している。

第2章では、生活活動時間を用いた家庭におけるエネルギー消費の推定手法(REEDA)の開発とその活用方法について述べている。

REEDA手法では、NHKが5年ごとに実施している国民生活時間調査の結果を活用している。そのなかで示されている起床在宅活動の平均行為者率の時間変化が家庭の電力消費量やガス消費量のそれと極めて類似していることに着目したものである。

家庭のエネルギー消費量を推定する手法は、代表性・信頼性のある結果を推定可能な「統計法」と世帯構成別・時間帯別などの詳細な消費実態を検討する「実測ベース法」に分類することができる。REEDA手法は、両者の長所を兼ね備えたものであり、精度の高い全国規模の家庭部門全体のエネルギー消費の推定・予測から世帯属性別や地域別・時間帯別等の同種の推定・予測まで行うことができるものである。

REED手法では、先述の生活時間調査結果と第3章に掲げる家庭でのエネルギー消費に関する実測調査に重回帰分析を適用して推定式を導いている。

生活活動におけるエネルギー消費状況を推定する際には、まず上記の推定式に生活時間を代入することにより、生活活動におけるエネルギー消費状況を推定する。具体的には、推定式に生活活動ごとの各時刻の平均行為者率を代入することによって各時刻におけるエネルギー消費量を推定することが可能となる。その際、さまざまな世帯構成に対応できるよう、推定式の変数となる平均行為者率を合成する方法を検討している。つぎに、使用機器に関しては公表されている性能値を用いて機器別のエネルギー消費量を算出し、推定式から導いた結果と機器別の消費量との対応関係を分析することで、各

生活活動における機器の使用内訳を推定することを可能としている。

以上のように REEDA 手法では、生活活動ごとのエネルギー消費量を算定でき、またその際の使用機器も推定できる。さらに、これらを組み合わせたエネルギー消費行動の評価によって、従来の「機器主体」の省エネ対策だけでなく、生活活動の変革・改善につながる有効な改善策を総合的に検討することが可能となる。

第3章では、家庭でのエネルギー消費実態について多数の実測データを取得し、それを分析するとともに、第2章で示した REEDA 手法の精度をこれらのデータと比較することによって検証している。

家庭のエネルギー消費の実測データは、電力が全国 1230 世帯、都市ガスが千葉県の 733 世帯の約 2 年間分の HEMS (Home Energy Management System) で計測したものである。まず、これらのデータを用いて、まず気温や世帯属性がエネルギー消費に及ぼす影響について分析している。すなわち、家庭の電力消費は暖房・冷房の運転期間を介して気温の影響を大きく受け、一方、都市ガス消費については気温が低いほど消費量が大きくなるなどの一般的傾向を確認している。また世帯属性によって家庭における時刻別のエネルギー消費傾向が異なるが、世帯人数が時刻別のエネルギー消費に与える影響は大きくないことを明らかにしている。

さらに、これらの実測データと REEDA 手法による推定結果を比較し、高い精度で一致することを確認し、その有用性を検証している。

第4章では、REEDA 手法を活用して家庭のエネルギー消費行動を評価することによって、生活活動の変革・改善に繋がる有効な省エネ対策を具体的に提案している。

家庭におけるエネルギー消費行動の評価するに当たって REEDA 手法を用いれば、対象となる活動の変革・改善に向けて該当機器の「より効率的な使用」を優先すべきなのか、「使用時間をより短縮すべき」なのかを定量的に判断できることになる。したがって、ケースに応じて有効な行動改善策を提案することが可能である。

以上のような方法を活用することによって、曜日別・季節別・世帯属性別に当該生活活動の対策の方向性を広範に示している。例えば世帯構成別に関する評価の結果では、シングル世帯や子供あるいはシニアのいる世帯について時間当たりの消費量が削減でき、行為時間も短縮できる外出行動が有効であることを示唆している。また主婦のいる世帯については、ガスコンロの火力調整など、炊事・掃除・洗濯の効率化に関する対策が有効であることを示している。

第5章では、第4章で提案した行動改善策に対する実行容易性を、全国規模の意識調査を行って体系的に評価した結果について述べている。

筆者の所属する永田研究室では、2004 年度に行動改善策に関する全国規模の意識調査を行っている。本論文では、これと同様の調査・解析を行い、両者の比較を行って両者の差異を考察している。

比較評価の結果では、省エネ配慮性や実行容易性は過去と較べて全体的に向上していること、また在宅時間が長く家事を行う女性の省エネ配慮性が普遍的に高く、男性の勤労者のそれは過去と同様に低いことを明らかにしている。さらに、高齢者や低年収者の省エネ配慮性が高くなったことから省エネ意識が社会貢献から経済的要因へと変化していると分析し、今後は経済的なインセンティブの付与が重要であるとしている。

第6章では、これまでに検討した行動改善策の推進のため、環境省が提案している家庭

向けの「うちエコ診断」の効果分析を通じ、情報提供の有効性を検証している。

「うちエコ診断」は、専門家が専用の診断ツールを用いて、各家庭におけるエネルギー消費量やCO₂排出量の実態を見える化し、各家庭の光熱費や気候、ライフスタイルに合わせたオーダーメイドの省エネ対策に関する情報を提供・提案するものである。

筆者は、2011年12月から2月にかけて実施された「うちエコ診断」の結果に対してHEMSによる電力消費量の実測データと事後アンケートを活用して、その効果を検証している。

その結果では、「うちエコ診断」の受診有無による効果に差はなく、省エネルギー対策の実行数が多いほど省エネ効果が大きいことを明らかにした。また省エネ機器の購買行動に関しては、情報を提供するだけでもそれが促進されることを示した。

第7章では、著者が企画し、北九州スマートコミュニティ創造事業で社会実験として実施した節電行動促進プログラムの内容と効果について論述している。

このプログラムにおいては、夏の電力需給逼迫時に対象世帯へ地域の店舗で利用可能な割引クーポンを配布し、その活用によって外出行動すなわち節電行動を促すものである。その効果は各世帯のスマートメーターから取得した電力消費に関する実測データとクーポンの利用状況や事後アンケートから検証する。

まず、対象の354世帯の電力消費を分析し、クーポン利用による外出が大幅な節電効果をもたらすことを示している。ついで、経済的インセンティブ情報のメール配信タイミングによって利用枚数に最大2.3倍の差があり、当日13時のタイミングが効果的であることを確認している。クーポンは、昼間は10代以下の子供がいるキッズ世帯が外食のために、夕方は60代以上の一人暮らしまたは夫婦二人暮らしのシニア世帯が買い物のために利用する傾向にある。

第8章では、本論文のまとめとして本研究で得られた成果を要約するとともに、今後の研究の展望について述べている。

本論文では、信頼性が高く、かつ詳細に家庭のエネルギー消費を推定・予測できる有用な手法を開発し、その精度を多数の実測データで検証している。また、これを用いて世帯属性や曜日等を考慮した省エネ行動の方向性を提示している。さらに省エネ意識の変遷を考察するとともに、家庭での省エネや節電行動促進のための施策を提案・検証している。

以上、要するに本論文は政策やビジネス展開等の場面で活用可能な家庭でのエネルギー消費の推定手法を開発するとともに、現在の市民の省エネ意識を把握し、これらをベースにしていくつかの家庭での省エネ施策を実施・検証して貴重な示唆を与えている。今後のわが国の省エネ施策や温暖化対策の進展に多大の貢献が期待されるものである。よって、博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。

2014年2月

(主査)早稲田大学教授		永田 勝也
早稲田大学教授	工学博士(早稲田大学)	関谷 弘志
早稲田大学准教授	博士(工学) 早稲田大学	小野田 弘士