

早稲田大学大学院 環境・エネルギー研究科

# 博士論文概要書

## 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	
氏名	伊原	克将
	Katsumasa	Ihara

研究科・研究指導  
(課程内のみ)

環境・エネルギー研究科 環境配慮デザイン研究

2013年12月

2009 年度における家庭部門のエネルギー消費をエネルギー源別にみると、電気による消費が 50.5%と最も高く、その割合も増加している。このことから、家庭において電化製品を使用することによるエネルギー消費の比重が最も高く、かつ増加傾向であることがわかる。電化製品に着目すると、2011 年型のアエアコンは、2001 年型と比較し約 14%の省エネを達成しているなど、電化製品の省エネルギー化は進んでいる。一方で、2009 年度における家庭部門のエネルギー消費量は 1990 年度と比較すると約 23.1%増加している。つまり、家庭部門の省エネルギー化に向けた取組みについては、エネルギー機器(供給側)の効率化が主流で、エネルギー機器の利用方法の改善や利用時間の短縮といった使う側の省エネルギー化への対応が不十分であるといえる。また、エネルギー機器そのものの利便性が向上したことによる使用状況の変化もエネルギー消費量の増加に影響していると考えられる。したがって、家庭部門の省エネルギー化を推進するためには、世帯や個人がライフスタイルや行動スタイルをどのように変えればよいのか、またその根底にある意識の変革を促すにはどのような手段をとればよいのかということを十分に検討する必要がある。

経済産業省が平成 22 年 6 月に発行したエネルギー基本計画には、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。目標の実現に向けた具体策としては、エネルギー供給側と需要側に関連する施策に分類されている。供給側の取組みとしては、再生可能エネルギーの導入拡大や電力・ガスの供給システムの強化を通じた新たな社会(スマートコミュニティ)の実現といった自立的かつ環境調和的なエネルギー供給構造の実現に向けた施策が計画されている。需要側の取組みとしては、省エネ機器の普及や ZEH(Zero Energy House)普及の推進、国民運動の活発化といった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施策が計画されている。しかし、同計画においてライフスタイルの省エネルギー化に向けた意識改革やライフスタイルの転換に関する計画や取組みは触れられているが、その事例は少ない。

また、経済産業省と内閣府が行ったエネルギーに関する世論調査では、「省エネについては、仮に不十分であっても、基本的な自分の生活スタイルは変えない範囲で、不要な電気の消灯や普通に買える範囲の省エネ機器の購入などの取組みを進めるべき」と回答した割合が全体の 34.5%と最も多く、約 70%が「基本的な自分の生活スタイルを変えたくない」と回答している。したがって、世帯や個人は家庭の省エネよりも生活の質の維持・向上を優先している傾向にあるということがいえる。つまり、既存の取組みだけではライフスタイルの変革を促すことは困難であると考えられる。

企業活動に視点をあてると、企業の社会貢献活動が、全国規模の取組みとして拡大した事例が存在する。例えば、製品の売上によって得た利益の一部を、社会に貢献する事業を行っている NGO などの組織に寄付する活動などがあり、企業は社会貢献事業への積極的な姿勢を示すことで、その事業への資金を集めることができるだけでなく、企業のイメージ向上やステークホルダーからの評価なども期待でき、NGO などの組織は資金獲得と活動の認知を高めることが期待できる。イオンの「幸せの黄色いレシートキャンペーン」やボルビックの「1L for 10L」などが、その代表例であるが、これらは、全国規模の取組みとして拡大しただけでなく、継続的な取組みとなっている。ボルビックの「1L for 10L」は、ボルビックの売り上げの一部をアフリカで飲料水を確保するための井戸づくりおよび 10 年間のメンテナンス費用としてユニセフを通じ寄付する活動であるが、このような活動が生活者の商品購入に対するインセンティブとなり、国内だけでなく全世界的な取組みとして拡大した。企業の省エネ活動においては、JCB の「エコ・アクション・ポイント」などが代表例としてあげられるが、本事例も含めて継続的かつ全国的な活動に拡大した事例は見当たらない。しかし、家庭の省エネルギー化に向けては、企業から適切な情報やインセンティブを提供することによって効果向上や規模の拡大が見込めると考えられる。

以上のように、家庭部門のエネルギー消費状況と現状動向や、家庭の省エネルギー化や節電に向けた従来研

究を踏まえると、家庭の省エネルギー化や節電に関する課題として、エネルギー機器の効率化の取り組みが主流で、使う側の省エネルギー化に向けた取り組みが不十分であること。また、さまざまな家庭のエネルギー消費実態を十分に把握することが困難であり、実態を踏まえた効果的な対策や施策の導出に限界があるということ。そして、省エネや節電意識に関して、限定的な事例分析や評価に留まっているということがあげられる。したがって、家庭の省エネルギー化や節電に向けて、家庭のエネルギー消費実態について、代表性のある結果を定期的かつ継続的に評価すること。また、個人や世帯の属性の違いによる省エネ・節電意識を体系的に評価するとともに、その変革を促す方法を検討していくことが求められる。

そこで本研究では、家庭における行動や意識の評価を行い効果的な対策や施策を導出する方法の検討を行った。つぎに、対策や施策の効果向上に向けて、情報やインセンティブを提供することによって意識や行動を変革する方法について検討した。行動を評価する際には、先に述べたように家庭のエネルギー消費実態について代表性のある結果を定期的かつ継続的に評価することが求められる。そこで、生活行動の評価を出発点とした新たな評価手法として「エネルギー消費行動評価手法」を開発した。意識の評価においては、個人や世帯の属性の違いによる省エネ・節電意識を体系的に評価することが求められる。そこで、全国規模の省エネルギー意識調査に基づいて省エネルギー意識の体系的な評価を行った。これらの評価を通じ、効果的な対策な施策を導出する方法について検討した。また、導出した対策や施策の効果を向上するために、意識や行動の変革を狙った情報やインセンティブの効果的な提供方法について、うちエコ診断や北九州スマートコミュニティ創造事業における効果検証を通じて検討した。これらを通じて、ライフスタイルの変革を動機づける実効性のある社会システムの一案を提案した。

本論文は、7章から構成されている。

第1章では、本研究の背景、目的を明らかにするとともに、家庭のエネルギー消費行動に関する評価や行動改善に対する意識評価についての従来研究を整理した。さらに、省エネルギー情報を提供することによる行動改善効果を検証した事例についても整理した。以上を通じて、本研究の新規性・独自性・必要性を示している。

第2章では、全国の家庭におけるエネルギー消費に関する実測データを取得し、その解析を通じて、家庭のエネルギー消費実態について述べている。

1230 世帯の家庭のエネルギー消費に関する実測データを取得し、それを解析することによって、家庭のエネルギー消費と生活行動の関係性を明らかにするとともに、重回帰分析を活用することによって家庭におけるエネルギー消費実態を明らかにした。

第3章では、生活時間データを活用することによって、世帯属性別のエネルギー消費状況を推定する方法を構築するとともに、その応用例について述べている。

まず、生活時間データをクラスター分析することによって、家庭内生活行動を類型化し、世帯構成別の家庭内生活行動を推定する方法を示した。つぎに、推定した家庭内生活行動に基づいて、世帯構成別のエネルギー消費状況を推定した。推定結果と実測データを比較したところ、両者に大きな差がなかったため、推定法が有効であることを確認した。また、世帯構成別のエネルギー消費状況については、シングル世帯、シニア世帯、その他の世帯で、エネルギー消費傾向が大きく異なることをしめした。

第4章では、家庭におけるエネルギー消費量の推定法を活用し、エネルギー消費行動評価手法を開発し、その実施例について述べている。

開発した手法は、対象となる行動に対して、相対的に機器の設定変更などによってエネルギー消費を効率化すべきすべきなのか、機器を使う行為時間を短縮すべきなのかを定量的に評価することが可能である。そこで、本手法を用い、エネルギー消費行動を評価した。

曜日別の評価では、夏季および春季は、休日の方が電力消費による影響が大きく、冬季および秋季は、平日の方が電力消費による影響が大きいといった評価実施例を取り上げ、季節に応じて、行動がエネルギー消費に与える影響が異なるため、優先すべき対策が異なることを述べた。季節別の評価では、空調使用に影響する行動と熱の使用に影響する行動について、季節間で電力消費傾向が異なるという評価実施例を示し、ライフスタイルが一定でも、季節別に有効な施策が異なり、さらにはいずれのケースでも冬季から優先的に施策を打つべきであるということを示した。また、世帯構成別の評価では、電力消費行動について、夏季、平日は、自由行動において、未成人の子どもがいる世帯の電力消費による影響が特に大きく、シニア世帯については行為時間による影響が大きいことを示した。また、炊事・掃除・洗濯については、主婦のいる世帯の電力消費による影響が大きいことを示した。ガス消費行動については、特に入浴によるガス消費の影響が大きく、全体として、炊事・掃除・洗濯については、行為時間による影響が大きいことを示した。以上のような評価実施例において、世帯構成別に有効な行動改善策について述べた。

第5章では、家庭におけるエネルギー消費行動改善策に関する全国規模の意識調査の結果を分析することによって、属性別の意識を体系的に評価するとともに、過去の調査結果と比較し意識変遷を評価することで、属性別の有効な行動改善策について述べている。

行動改善策の実行のし易さ(以下、実行容易度)については、過去と比較して認知度や意識が高まったと考えられる暖房便座やエアコンに関する対策は、向上率が高く、実行容易度が平均的に高いことを示した。また、認知度が低いと考えられるエアコンのフィルター掃除や掃除機の集塵袋の交換といった対策は、依然として対応が十分ではないことを示した。

属性別の評価では、各行動改善策の認知度が高まったことから、全体傾向として実行容易度が5~10%程度向上しているということを示した。また、省エネ配慮性について、女性で年収が低く、高齢層であるほど配慮性が高いことや、認知度について、若年層のほうが高い傾向にあり、これが高いほど配慮性も高い傾向にあることを示した。一方で、男性の省エネ配慮性や認知度は低い傾向にあるため、これらの属性に対する施策や対策を優先して検討する必要があることを述べた。過去の結果と比較すると、認知度については、若年層であるほど高い傾向にあること。省エネ配慮性については、女性の方が高い傾向にあること。これらについて、傾向に変化がないことを示した。勤労者と考えられる男性については、依然として配慮性、認知度ともに低い傾向であることを示した。また、時代変化によって省エネ行動の目的が社会貢献から節約に変わり、これによって高年収より低年収の属性の配慮性が高くなったことを示した。以上から、今後は、倫理的・道徳的といったインセンティブではなく経済的なインセンティブが有効であると考えられ、その際には、省エネに関する情報提供を行うことによって認知度を高めることも重要であることを述べた。

第6章では、うちエコ診断の効果検証を通じて、家庭に対して省エネルギー情報を提供することによる行動改善効果を示し、その効果を向上する方法について述べている。

うちエコ診断の実施による明確な行動改善効果はなかった。一方で、診断受診者の中でも省エネ対策をより多く実行した世帯のほうが電力消費量の増加が抑制される傾向にあったことから、対策の実行率を向上させることが重要であることを定量的に示した。そこで、うちエコ診断実施後のアンケートによって取得したデータに基づき、行動改善策の実行要因を分析した。

購買行動については、価格とは無関係に買い替えを検討されないケースが多かったが、全体として、10万円以上の対策は、「投資が高い」ため買い替えられないケースが多く、それ以下の対策は「最近買い替えた」ことが阻害要因となっているケースが多いことから、初期価格に応じて段階的に影響する阻害要因が異なることを示した。ま

た、数千円程度の製品については、情報提供のみで効果があるということ。10 万から 100 万円以下の製品は、経済的インセンティブの付与に効果があること。100 万円を超える製品については、経済的インセンティブ付与によってすぐに効果を得ることは困難であるということを示した。

行動改善については、個人の判断のみで実行が可能な省エネ対策をタイプ A に、世帯の同意や協力を得ることが必要と考えられる対策をタイプ B と設定し、その関係性を分析した。その結果、タイプ A の対策は家族の同意が得られやすいため実行容易性が高い傾向にあり、タイプ B の対策は同意を得られにくいいため実行容易性が低い傾向にあることを示した。以上から、情報提供の効果を向上させるためには、個人のみで情報やインセンティブを提供することは不十分であり、必要に応じて世帯全体に対して同意が得られるように配慮する必要があることを述べた。また、適切な省エネ対策を提案できれば、20～40%程度の新たな実行が見込めることを示した。

第7章では、北九州市スマートコミュニティ創造事業における家庭の節電行動促進プログラムにおける節電効果を示し、実行要因を分析することでその促進方法について述べている。

実証では、夏の電力需給逼迫時に節電行動(外出行動)を促進するための経済的インセンティブとして地域の店舗で利用可能な割引クーポンを対象世帯に配布し、その効果を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、クーポンの利用状況、および事後アンケートから検証した。なお、評価対象世帯数は 357 であった。

評価の結果、ダイナミックプライシング(以下、DP)を実施しない世帯については効果が現れたが、DP を実施した世帯については、その限りではなかったため、複数の経済的インセンティブを同時に付与する方法は、必ずしも効果があるわけではないということを示した。また、クーポンの利用世帯数と削減効果に相関関係があり、クーポン利用によって削減効果があることを述べた。さらに、世帯個別にクーポン利用時の行動改善効果を確認すると、利用時に大きく節電効果が現れていることから、外出行動は大幅な効果があるということを示した。

プログラムの期待値については、全体とクーポンを利用者として大きく差はなく、経済性や社会貢献に対する期待値が高いことを示した。また、本プログラムの満足度を向上するためには経済性に関する要素が最も重要である一方で、参加意向について、満足度とは無関係に高かったことから、必ずしも満足度を高めることが参加率の向上につながるとは限らないことを述べた。また、情報配信のタイミングを3パターンに変化させ、その効果検証を行ったところ、直前告知の効果が最も高かったため、適切なタイミングで情報を配信することによって効果が向上することを示した。また、クーポンの使用時刻については、昼間はキッズ世帯が外食のために、夕方はシニアが買い物のためにクーポンを使用する傾向にあるため、世帯構成ごとに異なるライフスタイルに応じて、インセンティブの種類やその配信タイミングを変更することで、さらなる効果向上が見込めるということを示した。

第7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、今後の研究展望について述べる。

## 早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

[査読論文，論文・口頭発表，著書，その他の分類別・年代の新しい順に記入してください]

氏 名 伊原 克将 印

(2013年1月 現在)

分 類	著者(申請者含む), 題名, 発行掲載誌名/発表場所・巻号・頁, 発行/発表年月
査読論文	伊原克将, 小野田弘士, 永田勝也, ライフスタイルの省エネルギー化に向けた情報提供に関する研究～家庭向け省エネ診断における HEMS を活用した効果分析の結果を応用して～, 環境資源工学会  伊原克将, 小野田弘士, 永田勝也, HEMS を活用した家庭部門における電力消費実態の推計手法の開発, 環境共生学会
口頭発表	○伊原克将, 永田勝也, 小野田弘士, 中嶋崇史, 佐藤雄, HEMS データを活用した生活パターンの類型化に基づく CO2 削減ポテンシャルの推定, 第 21 回日本エネルギー学会大会講演要旨集, 2012・7  ○伊原克将, 児島豪志, 近藤智則, 佐藤友紀, 羽田久一, 三次仁, モノの ID を利用したマルチベンダ, 異種機器の協調制御による家庭内エネルギー削減”, 信学技報、IEICE Technical Report, USN2011-7(2011-5), pp.29-34  ○伊原克将, 古市直斗, 切川卓也, 小野田弘士, 永田勝也, 静脈施設における安全・安心対応策に関する検討：一般廃棄物処理施設を対象とした安心につながる情報共有手法の高度化, 環境工学総合シンポジウム講演論文集 2009(19), 252-254, 2009-07-08  永田勝也, 小野田弘士, 切川卓也, 村岡元司, ○伊原克将, 村田寿見雄, 嶋野智貴 (早稲田大学), 現場での操業情報の効率的な取得に向けた情報取得支援ツールの開発に関する研究, 第 41 回 安全工学会研究発表会, P121-124, 2008  永田勝也, 小野田弘士, 切川卓也, 村岡元司, ○伊原克将, 村田寿見雄, 嶋野智貴, 廃棄物処理・リサイクルシステムにおける安全対応策に関する研究 (施設 A の運転引継ノートの記載事項の分析とその活用方法の検討), 第 19 回 廃棄物学会研究発表会. P215-217, 2008  永田勝也, 小野田弘士, 切川卓也, 村岡元司, ○伊原克将, 村田寿見雄, 嶋野智貴, 廃棄物処理・リサイクルシステムにおける安全・安心対応策に関する検討：3D-VR 技術等を活用した効果的な運転員教育支援ツールの開発, 環境工学総合シンポジウム講演論文集 2008(18), 246-247, 2008-07-09

## 早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

分類	著者(申請者含む), 題名, 発行掲載誌名/発表場所・巻号・頁, 発行/発表年月
その他	<p>佐伯凌汰, 小野田弘士, 中嶋崇史, 伊原克将, 永田勝也, 実測データの分析による行動推測と世帯属性に応じた環境配慮行動の提案, 第 22 回日本エネルギー学会大会講演要旨集, 2013, 7</p> <p>中島光太, 本藤祐樹, 伊原克将, 川原博満, 中垣藍子, 省エネルギー行動の実施における家庭内コミュニケーションの重要性, 第 22 回日本エネルギー学会大会講演要旨集, 2013, 7</p> <p>中島光太, 本藤祐樹, 川原博満, 中垣藍子, 伊原克将, 家庭内のコミュニケーションが日常生活の省エネルギー行動に与える影響, 第 21 回日本エネルギー学会大会講演要旨集, 2012・7</p> <p>関悠一郎, 國上健悟, 伊原克将, 村岡元司, 切川卓也, 小野田弘士, 永田勝也, 廃棄物処理・リサイクルシステムにおける安全・安心対応策に関する検討: 個別施設における安全対応システムの構築, 環境工学総合シンポジウム講演論文集 2010(20), 147-150, 2010-06-26</p> <p>古市直斗, 伊原克将, 村岡元司, 切川卓也, 小野田弘士, 永田勝也, 廃棄物処理・リサイクル関連施設における安全・安心を志向した運転員教育支援ツール APT の開発, 環境工学総合シンポジウム講演論文集 2009(19), 241-244, 2009-07-08</p> <p>切川卓也, 古市直斗, 伊原克将, 村岡元司, 永田勝也, 小野田弘士, 廃棄物処理・リサイクル関連施設における事故・トラブル・ヒヤリハット事例データベースの構築と安全向上策の検討, 環境工学総合シンポジウム講演論文集 2009(19), 237-240, 2009-07-08</p> <p>永田勝也, 小野田弘士, 切川卓也, 村岡元司, 伊原克将, 村田寿見雄, 嶋野智貴, 廃棄物処理・リサイクルシステムにおける安全・安心対応策に関する検討: 第 3 編 操業管理システムの高度化, 環境工学総合シンポジウム講演論文集 2008(18), 248-250, 2008-07-09</p> <p>永田勝也, 小野田弘士, 切川卓也, 村岡元司, 伊原克将, 村田寿見雄, 嶋野智貴, 廃棄物処理・リサイクルシステムにおける安全・安心対応策に関する検討: 個別の施設における操業情報等の電子化・DB 化とその活用方法の検討, 環境工学総合シンポジウム講演論文集 2008(18), 242-245, 2008-07-09</p> <p>永田勝也, 小野田弘士, 切川卓也, 村岡元司, 伊原克将, 廃棄物処理・リサイクル関連施設における目標値管理システムの構築に関する検討, 第 19 回 廃棄物学会研究発表会, P218-220, 2008</p> <p>永田勝也, 小野田弘士, 切川卓也, 村岡元司, 伊原克将, 村田寿見雄, 嶋野智貴 (早稲田大学), 廃棄物処理・リサイクル関連施設における現場での非常業務の発生状況とメンテナンスの有効性に関する検討, 第 41 回 安全工学会研究発表会, 125-128</p>