

ISSN 1881-6436

## Discussion Paper Series

No. 16-02

家計のエネルギー選好が節電・省エネ行動に及ぼす影響

木下信

2017年3月

612-8577 京都市伏見区深草塚本 67  
龍谷大学経済学部

## 家計のエネルギー選好が節電・省エネ行動に及ぼす影響

木下 信<sup>1</sup>

### 概 要

2011年3月の東日本大震災以降、日本を取り巻くエネルギー環境は大きく変わりつつある。原子力発電所の再稼働が思うように進まず、原子力やCO<sub>2</sub>排出を伴う火力に代わる新しいエネルギー源として再生可能エネルギーが注目されている。一方で家庭でも節電の促進や省エネ機器の普及が必要はあると思われる。本論文では家庭にアンケートを実施し、家庭が節電するあるいは省エネ機器を選択する要因をコンジョイント分析した。要因として、年間電気料金、初期費用、補助金の有無など金銭的要因とCO<sub>2</sub>排出量、供給の安定性、主に使用する電源（原子力、天然ガス火力、太陽光、風力）といった非金銭的要因を考えた。その結果、年間電気料金や初期費用の低下など金銭的な要因が選択確率を上昇させる一方で供給安定性、使用するエネルギー源が再生可能エネルギーであることが選択確率を上昇させることが分かった。これらのWTPも大きかった。再生可能エネルギーの普及と節電、省エネ機器の普及が日本での重要なエネルギー政策と考えているが、再生可能エネルギーを利用した省エネ機器の普及は見込めると分かった。その際、再生可能エネルギーは天候に左右されるため供給安定性を確保するためにも蓄電池の普及も不可欠である。

キーワード 節電、省エネ、コンジョイント分析、再生可能エネルギー、ランダムパラメーターロジットモデル

### JEL classification

C25,L51,L94,L95,Q28

---

<sup>1</sup> 龍谷大学経済学部 612-8577 京都市伏見区深草塚本 67  
skinoshita@econ.ryukoku.ac.jp

## 1. はじめに

2011年3月の東日本大震災以降、日本を取り巻くエネルギー環境は大きく変化した。福島での東京電力の原子力発電事故をきっかけに他地域の原子力発電所も検査後の再稼働が困難な状況となっている。震災直後は火力発電で電力需要のほとんどを賄っていたが、特に石炭火力は地球温暖化ガスを多く排出するため、このまま火力発電に頼るのも困難である。そこでこれらに代わるエネルギー源として太陽光、風力といった再生可能エネルギーを普及させようという動きがある。そのため2012年7月に再生可能エネルギーの普及のために固定価格買取制度が実施された。さらに2015年7月には政府は2030年度の望ましい電源構成（ベスト・ミックス）案を策定し、再生可能エネルギーの割合を22から24%に増やす計画である。しかしながら水力を除く再生可能エネルギーの普及率は固定価格買取制度が実施されたにも関わらず、2014年度時点でわずか3.2%に過ぎない<sup>4</sup>。今後も将来の電源をどのようにするかを議論する必要があると同時に、将来の主要エネルギーとされる再生可能エネルギーをどのように普及させるかが重要である。

現在の日本では再生可能エネルギーの普及が大きな課題であるが、原子力発電所の再稼働に目途が立たず、地球温暖化問題から火力発電にも大きく依存できない状況になると、企業や一般家庭に節電や省エネを促す必要がある。節電や省エネを促すことはCO<sub>2</sub>の排出を減らすため、地球温暖化対策にもつながる。

本論文では再生可能エネルギーの普及と節電、省エネの促進が今後のエネルギー対策として必要であると考えている。省エネの促進としては具体的に省エネ機器の普及を考えている。再生可能エネルギーを普及させるための方法として家庭部門にも太陽光パネルを普及させる必要も考えている。そこで本論文では家庭部門がどのような要因で節電、省エネするかを表明選好の1つであり、選択実験を採用することからコンジョイント分析した。個人の省エネ行動とは具体的には省エネ機器の購入を意味し、購入する要因について分析する。その際、個人のエネルギー源に対する選好が個人の節電、省エネ行動にどのように影響するかに注目する。

---

<sup>2</sup> 本研究は文部科学省独立行政法人学術振興会科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）、基盤研究（C）（一般）課題番号16K03679を用いて行った。

<sup>3</sup> 龍谷大学経済学部 612-8577 京都市伏見区深草塚本 67

skinoshita@econ.ryukoku.ac.jp

<sup>4</sup> 電気事業連合会「電源別発電電力量構成比」2014年度

節電には一時的な電力需給のひっ迫に対応する短期的な節電と長期的な節電がある。ここでは長期的な節電に注目する。しかしながら地球温暖化や長期的なエネルギー不足の解消を目的として節電を促進する場合、個人は自分が節電しなくても、他の誰かが節電すれば問題ないと考える可能性がある。つまりフリーライドの問題が生じる。本論文ではフリーライドの問題も扱ってみたい。

## 2 先行研究のサーベイ

本論文では家庭部門の節電、省エネ行動を分析する。その際、個人のエネルギー源に対する選好がどのように影響するか注目する。本論文では個人の節電、省エネ行動とエネルギー選好に注目しているため、それぞれに関する先行研究を調べる必要がある。個人の節電や省エネ行動を実証的に研究した論文や、個人のエネルギー、特に再生可能エネルギーの選好を計測した論文は多く見られる。つまり節電、省エネ行動とエネルギー源とりわけ再生可能エネルギーの選好について別々に実証分析した論文は数多く見られるが、その関係を調べた実証研究は見られない。

まずは節電、省エネ行動を分析した研究を紹介する。中川・大森・栗田・村上 (2013) は家庭部門の省エネ機器の選好についてコンジョイント分析している。日本において家庭によって省エネ機器や設備が導入されないのは機器が高価であるという流動性制約の問題に着目し、補助金と支払い回数（分割払いの有無）が購入にどのように影響するか分析している。特に高価な機器に関しては補助金があること、分割払いが認められることが有意に購入に影響するという結論を得ている。Mizobuchi and Takeuchi(2016)では家庭部門におけるエアコンなどの省エネ機器の買い替えあるいは追加購入をアンケート調査により分析している。省エネのエアコンを購入した家庭では購入していない家庭より節電できていること、追加購入した家庭ではより省エネできている一方で買い替えた家庭では省エネができていないなどの結果を得ている。Revelt and Train(1998)はランダムパラメーターモデルで家庭の省エネ機器の選好を計測している。Ida, Murakami and Tanaka(2014)では日本の家庭に対して、スマートメーター、太陽光発電、電気自動車に対する選好を計測している。手法は選択実験による表明選好である。これらの機器の普及により地球温暖化ガスが大幅に削減できることを示している。Fowlie, Greenstone and Wolfram(2015)では大規模の低所得層も含む家庭部門による省エネ政策の結果、省エネ機器への投資は必ずしも投資費用に見合う便益が得られていないと実証結果を得ている。本論文では節電や省エネ行動にフリーライドが考えられることを指摘した。Grosche and Vance(2009)ではドイツの家庭が住宅の屋根や窓などにおける省エネ部材の購入において政府から補助金が支給されることでフリーライドが存在することを支払い意思額(Willingness to pay, WTP)の計測で明らかにしている。WTPが観察される実際の費用を上回る部分がフリーライドの部分であると示している。ただしこの研究は表明選好ではなく実際実現したデータを用いる顕示選好であ

る。Kwak, Yoo and Kwak(2010)は韓国での省エネ効果のあるエアコンや暖房機器に対する選好を選択実験により WTP を計測している。Arimura, Li, Newwill and Palmer(2011)は表明選好や選択実験ではないが、省エネプログラムの需要を計測し、長期的な需要効果があることを確認している。

本論文では夏場や冬場に見られるような一時的な電力需給のひっ迫に対処するような短期的な節電ではなく、長期的な節電に関心がある。本論文のような選択実験による表明選好ではないが、長期的な家庭部門の電力消費データを用いた研究もある。Allcott and Rogers(2014)では、アメリカの家庭に対し、他の家庭と比較したエネルギーレポートを介入という意味で配信し、節電行動にどのような効果があるのかを分析している。レポートを繰り返し配信する介入グループと何もしないコントロールグループで電力消費量を比較し、さらに2年後に介入をやめた家庭と続けた家庭で電力消費量にどのような違いがあるかを節電の長期的な効果と短期的な効果の比較として分析している。介入をやめた家庭でも習慣効果が働き比較的節電効果が持続するとの結果を得ている。

先ほどの研究は節電を促すために介入していたが、ナッジ(Nudges)による節電効果を計測した論文も見られる。まず Costa and Kahn(2015)では、電力会社の節電要請というナッジが個人の節電行動にどのように影響するかをフィールド実験している。その際、個人がリベラル・環境イデオロギーを持つか保守的かで節電への違いを調べ、リベラル・環境イデオロギーを持つ個人の方がより多く節電するとの結論を得ている。他にも Allcott and Kessler(2015)ではフィールド実験により家庭に節電レポートを送付するというナッジを行い、ナッジの効果を WTP で消費者の厚生を計測している。その結果厚生の増大を確認している。Newell and Siikamaki(2013)ではナッジの具体的な方法として情報ラベルの活用を提案している。Davis and Metcalf(2014)でもより良い情報が消費者により良い選択を促し、節電に寄与することを指摘している。Ayres, Raseman and Shih(2013)ではフィールド実験により他者との比較(peer comparison)により低コストで家庭に節電を促すことができると指摘している。Tanaka and Ida(2013)では東日本大震災直後に東京電力管内と関西電力管内で個人の節電行動、具体的にはエアコンの設定温度の決定などについてコンジョイント分析している。その結果、実際に計画停電を経験している東京電力管内ではより節電の傾向が見られるという結論を得ている。Mizobuchi and Takeuchi(2013)では家計へのフィールド実験により、金銭的要因と非金銭的要因が節電に影響するかを計測している。その結果、節電に対して金銭的報酬を与えたグループの方が節電するという結論を得ている。Ito, Ida and Tanaka(2015)ではけいはんな学研都市でのスマートシティでフィールド実験をしている。被験者をピーク時に電気料金を引き上げるグループ(Economic Incentive group)、ピーク時に節電要請のみを行うグループ(Moral Suasion group)、それと何もしないコントロールグループに分け、節電行動にどのような変化があるかを計測している。その結果、Economic Incentive group、Moral Suasion group とともに節電効果が見られるものの、Economic Incentive groupの方がより節電効果が大きいという結論を得ている。Mizobuchi

and Takeuchi(2012)では、家計に対してフィールド実験をしている。経済的な要因と心理的な要因が電力消費量にどのように影響するか計測している。その結果、経済的報酬を与えた経済的な要因だけでなく、心理的な要因も電力消費量の削減に効果があったという結論を得ている。特に心理的な要因のうち、社会的規範(social norm)、例えば、個人的責任の効果が大きいとしている。他にコンジョイント分析を用いた節電に関する論文としては古くは Poortinga etc.(2003)がある。この論文では節電に与える社会的、心理的要因に注目している。そして使用していない部屋の照明を消すなど具体的な節電の方法についての選好を計測している。その結果、節電につながる具体的な方法は選好するものの、電力消費量そのものを減らすということはあまり選好しないとの結論を得ている。

本論文では社会的規範(social norm)のための節電、省エネの促進にも注目している。Allcot(2011)では家庭に電力消費レポートを送り、近隣の家庭と比較させている。このような非価格介入が料金の引き上げと同様の節電効果を個人に促すことをフィールド実験により示している。Arimura etc.(2014)では、日本の家庭を対象にフィールド調査している。その結果、社会的規範は節電行動に少ししか影響しないという結論を得ている。計測の際、個人の社会的相互依存を考慮して推定している。

本論文では再生可能エネルギーへの選好にも注目している。再生可能エネルギーに関する選好研究は多く見られるがそのうちいくつかを紹介しておく。Scarpa and Willis(2010)では、再生可能エネルギーを用いた発電技術に対するイギリスでの家計の選好を選択実験により計測し、Banfi, Farsi, Filippini and Jakob(2008)では選択実験によりスイスの住居用建物におけるエネルギー節約方法に対する支払意志額(WTP)を計測している。他に、Bergman, Hanley and Wright(2006)ではスコットランドでの再生可能エネルギーの選好について選択実験により計測している。その際、風力発電など再生可能エネルギーの投資がもたらす外部的なコストと便益に注目している。風力発電所ができることで地域の雇用が増加する一方で景観が損なわれる可能性もある。そのような地域社会全体での最適を考えて再生可能エネルギーへの投資をすることが望ましいと考えている。Alberini, Banfi and Ramseier(2013)ではスイスの家庭における省エネ投資についてコンジョイント分析している。具体的にはエネルギー効率的な住宅改築への投資である。割引率は比較的低いものの、将来のエネルギー価格に不確実性を感じれば、補助金や節約できる金額よりも初期の投資コストを重視し、現状維持を選ぶ傾向にあることを示している。Sundt and Rehdanz(2015)は再生可能エネルギーの WTP を計測し、WTP を被説明変数とするメタ回帰分析により同じ再生可能エネルギーでもその種類により評価に違いがあることを明らかにしている。Bordhers, Duke and Parsons(2007)では特にグリーンエネルギーに対する個人の支払い意志額(WTP)を計測している。本研究と同様に選択実験を実施しており、まずグリーンプログラムに参加するか現状維持かの選択を行い、次にグリーンプログラムの中でもどのプログラムを選択するかを決定させる構造になっており、入れ子型ロジット・モデルを使用している。Yoo and Ready(2014)は再生可能エネルギーの種類によって選好に多様性があるかを

ランダムパラメーターロジットモデルで計測している。太陽光については他の再生可能エネルギーと比べて回答者の選好に多様性があるとの結論を得ている。Roe, Teisl, Levy and Russel(2001)では、アメリカでの消費者のグリーンエネルギーに対する支払意志額を計測している。ただし、本論文で用いるコンジョイント分析でなく、価格プレミアムを被説明変数とするヘドニック分析を用いている。日本での研究もいくつか紹介しておく。森田・馬奈木(2013)では、東日本大震災以降の電源選好を計測している。特に、震災以降の個人の再生可能エネルギーへの関心の高まりに注目し、再生可能エネルギーの選好を計測している。手法はコンジョイント分析を用いている。電源別の支払い意志額(WTP)を計測し、エネルギー・ミックスに対する政策提言をしている。太陽光や風力といった再生可能エネルギーに対する高いWTPを得ている。Murakami, Ida, Tanaka and Friedman(2015)では再生可能エネルギーと原子力発電の消費者のWTPを計測し、日本とアメリカで比較している。コンジョイント分析を用いている。その結果、両方の国で原子力に対し負のWTPが、再生可能エネルギーに対しては正のWTPを得ている。Ida, Takemura and Sato(2015)ではある日本人の間で原子力発電と電気料金の値上げにトレードオフがあることを指摘し、コンジョイント分析により内部矛盾を計測している。

### 3 コンジョイント分析

本論文では、家庭部門による節電や省エネ行動についてコンジョイント分析した<sup>5</sup>。コンジョイント分析とはまだ普及していない様々な属性を持つ仮想的な財・サービスについて、個人に提示し、最も望ましいものを選択してもらう表明選好法(Stated Preference Method,SP)の1つである。普及前の財・サービスに対する選好を計測することから、マーケティングの分野でもよく使われる。本論文でも将来の年間電気使用料金やCO<sub>2</sub>排出量、エネルギー源が変化したときの節電や省エネ行動を計測することから、表明選好法の1つであるコンジョイント分析を使用した。コンジョイント分析ではいくつかの属性を持つ財・サービスを個人に提示する。その際、属性の数をいくつにするかが問題である。少なすぎると財・サービスの特徴を表現するのに不十分であり、多すぎると選択に困ることになる。一般的に5、6個が適当と言われている。属性とその水準を決定し、様々な組み合わせを持つカードを組み合わせさせてプロファイルを作成する。しかしながらあらゆる組合せを考えれば膨大になり、属性間に相関があれば多重共線性の問題も生じる。そこでこのような問題を回避するために、直交計画法により組合せを決定し、非現実なもの、誰もが選択しそうなものを取り除いて、プロファイルを作成した。なお直交計画法はSPSS conjoint

---

<sup>5</sup> コンジョイント分析については、Louviere, Hensher and Swait(2000)、栗山・庄子(2005)、柘植・栗山・三谷(2011)、栗山・柘植・庄子(2013)を参考にした。コンジョイント分析を用いた研究の例として、中島・依田・木下(2006)がある。家庭の電力とガス間のエネルギー選好を計測している。

version 17.0 を使用した。

表明選好法には他に仮想評価法(Contingent Valuation Method,CVM)がある。仮想評価法は例えば森林など市場価格がつかない対象に対し利用者の金銭的価値を定量的に評価する方法である。ただし評価対象が持つ様々な属性に対してそれぞれの金銭的評価はできない。CVM ではある 1つの対象に対して金銭的価値を計測する。本論文では様々な特徴を持ついくつかの節電、省エネプランの中から個人に 1つ選択してもらう選択実験をする。さらにそれぞれの特徴が持つ金銭的価値を計測する。そのためコンジョイント分析を使用した。

次に実施したアンケートについて説明する。本論文では 2つのアンケートを実施した。1つは節電に関するもの、もう 1つは省エネ機器購入に関するものである。まず節電に関するものを説明する。個人には次の選択肢を提示した。

選択肢 1 : 節電プラン A エアコンの温度を夏 26°C、冬 18°Cに設定 (節電なし)

選択肢 2 : 節電プラン B エアコンの温度を夏 28°C、冬 16°Cに設定 (少し節電)

選択肢 3 : 節電プラン C エアコンの温度を夏 30°C、冬 14°Cに設定 (かなり節電)

エアコンの温度設定は節電の具体例として個人にイメージしてもらうために提示した。節電プラン A はほとんど節電しない、節電プラン B は少し節電する、節電プラン C はかなり節電するイメージである。この 3つの選択肢のうち最も望ましいものを 1つ選んでもらう。

これらの節電プランの属性として、年間当たりの電気使用料金の増減、CO<sub>2</sub> 排出量の増減、電力の供給安定性、使用する主なエネルギー源を考えた。

それぞれの属性を採用した理由とその水準は次のようになる。

#### ①年間当たりの電気使用料金の増減

電気使用料金は価格変数である。年間当たりとしたのは長期的な節電をイメージしてもらうためである。節電の結果、年間で現在の何%、電気使用料金が節約できるかを考えた。想定した水準は、30%節約、20%節約、10%節約、変わらない、10%増加、20%増加である。節電しない場合、あるいは原油価格などの市況や状況によっては料金が上昇する可能性も考えた。

#### ② CO<sub>2</sub> 排出量の増減

節電の結果、地球温暖化ガスの 1つである CO<sub>2</sub> 排出量がどれだけ減るかを考えた。CO<sub>2</sub> 排出量を属性に採用したのは個人が地球温暖化対策に関心があるかを見るためである。もし地球温暖化対策に関心がある個人であれば、CO<sub>2</sub> 排出量を減らすために節電するはずである。非金銭的要因の 1つとして考えている。想定した水準は、20%減少、10%減少、変わらない、10%増加である。ただ節電しない場合やエネルギー源によっては CO<sub>2</sub> 排出量が



増える可能性も考えた。地球温暖化問題は自分が節電をして CO2 排出削減に貢献しなくても他の誰かが削減してくれることで地球温暖化問題が解決されると考えている個人もいると思われる。仮にこの変数が有意でなければ個人は CO2 排出削減には関心がなく、他の誰かにフリーライドしている可能性も考えられる。

### ③電力の供給安定性

供給安定性は1年間で「常に安定的に供給されている」あるいは「数回短時間の停電や明るさの低下がある」のどちらかを想定した。安定供給は1を割り当て、停電ありは0を割り当て数値化し、ダミー変数を用いる。再生可能エネルギーの場合、天候など気象条件から発電の不安定性がある可能性を想定した。一方で節電しない場合も電力需給のひっ迫を回避するため電力会社が意図的に計画停電を実施する可能性も想定した。

### ④使用する主なエネルギー源

原子力、火力（天然ガス）、再生可能エネルギー（太陽光、風力）を考えた。いずれのエネルギーも既存電力会社、ガス会社から調達することを想定した。各エネルギー源についてダミー変数として回帰分析に利用した。

なお、アンケートを実施するに当たり、回答者にアンケートの内容を理解してもらうために、こちらが考えるアンケートの主旨つまり問題意識をあらかじめ回答者には伝えた。問題意識とは、2011年3月の東日本大震災以降、原子力発電所の再稼働の目途が立たないこと、地球温暖化対策のため CO2 排出を伴う石炭・石油など化石燃料に頼るのは困難な状況であること、そのような状況では太陽光、風力など再生可能エネルギーの普及は急務になること、同時に各家庭にも節電を促し、太陽光パネル、省エネ家電を普及させる必要があることである。

ここで想定した水準を用い、直交計画法により生成したカードを組み合わせてプロファイルを作成した。プロファイルを作るとき、全員がある1つの選択肢を選びそうな組み合わせ、あるいは全員がある1つの選択肢を選ばなさそうな組み合わせや非現実なカードは排除した。表1はプロファイルの例である。

表1 プロファイル例（節電行動）

	省エネプラン A (節電なし)	省エネプラン B (少し節電)	省エネプラン C (かなり節電)
	エアコンの温度 夏 26℃、冬 18℃ に設定	エアコンの温度 夏 28℃、冬 16℃ に設定	エアコンの温度 夏 30℃、冬 14℃ に設定
年間当たり料金	10%減少	30%減少	10%減少
CO2 排出量	変わらない	10%減少	20%減少
供給安定性	常に安定供給	常に安定供給	常に安定供給

使用する主な電源	原子力	火力	風力
----------	-----	----	----

表1のようなプロフィールを回答者に提示し、最も望ましいものを1つ選んでもらった。1人の回答者に属性の値を変えたものを10問答えてもらった。

次は省エネ機器の購入に関するアンケートを説明する。回答者には次のような選択肢を提示した。

選択肢1：現状維持

省エネプランに加入しない、つまり何も購入しない。使用するエネルギー源は従来型エネルギー源である原子力、火力

選択肢2：省エネプランA

省エネ機器を購入、使用するエネルギー源は原子力、火力、再生可能エネルギー（太陽光、風力）

選択肢3：省エネプランB

省エネ機器を購入、使用するエネルギー源は原子力、火力、再生可能エネルギー（太陽光、風力）

省エネプランへの参加とは具体的には省エネ機器（エアコン、冷蔵庫）を購入することを考えている。これらの省エネプランは様々な属性を持ち、その値が変化する。属性としては省エネ機器の購入代金（初期費用）、年間当たり電気使用料金の増減、購入の際の補助金の有無とその金額、CO<sub>2</sub>排出量の増減、電力の供給安定性、使用する主なエネルギー源を考えた。

次にそれぞれの属性を採用した理由とその水準を説明する。

①省エネ機器の購入代金（初期費用）

具体的に冷蔵庫、エアコンなどの省エネ家電あるいは太陽光パネル、風力発電機を購入することをイメージしてもらった。省エネ機器、太陽光パネル、風力発電機の購入代金はいずれも100万円、150万円、200万円のいずれかとした。ただしいずれの機器も10年間使用すると仮定して個人に提示した。使用年数を10年間としたのは次に説明するように再生可能エネルギーの電力会社の買い取りが10年間であるためである。購入しない場合は0円である。

②年間当たり電気使用料金の増減

省エネ機器購入後、年間で現在の何%電気料金が節約できるかを考えた。水準は50%削減、30%削減、10%削減、変わらないを考えた。購入しない場合は変わらないである。なお太陽光パネルや風力発電機を設置して発電した場合、自分で使わなかった余剰電力を電力会社に買い取ってもらうことで売電収入を得ることができる。売電収入は余剰電力がど

れだけあるかに依存し、それは節電の程度にもよるため、売電収入は電気使用料金の削減として含めた。つまり売電収入が多ければ、その分、年間での電気使用料金は削減されることになる。2016年度の買取期間は太陽光の場合住宅用で発電量 10kW 未満だと 10 年間である<sup>6</sup>。ただし購入しない場合、年間当たり電気使用料金は変わらないとした。

#### ③購入の際の補助金の有無とその金額

省エネ機器や太陽光パネルを購入する際、政府から補助金が支給されることがある。補助金の有無とその金額を考えた。補助金額は購入金額のうち何%が支給されるかとした。想定する補助金額の水準は0%、10%、30%とした。プロフィールには省エネ機器や太陽光パネルを購入しても補助金が支給されないケースも考えた。仮に補助金が支給されなくても省エネ機器や太陽光パネルを選好する意欲が高いかどうかを見るためである。補助金は省エネ機器や太陽光パネルを普及させたいとき、あるいは地球温暖化問題のような個人ではなく社会全体が直面するような問題を解決する目的があるときに支給されることが多い。節電、省エネの目的として地球温暖化対策を考えると、自分1人が節電しなくてもあるいは省エネ機器を買わなくても他の誰かが節電するあるいは省エネ機器を買うことで問題を解決できると考える人もいるかもしれない。このようなフリーライドの存在あるいは外部効果が考えられるときに補助金を支給するのが望ましいとされている。もし補助金がなくても省エネ機器や太陽光パネルを選好する意欲が高ければ、そのような問題は考えずに、地球温暖化問題を解決することができる。購入しない場合は補助金は支給されない。

#### ④CO2 排出量の増減

節電の結果、地球温暖化ガスの1つであるCO2排出量がどれだけ削減されるかを考えた。属性として採用した理由は前の節電のアンケートと同様である。想定した水準は、30%削減、20%削減、10%削減、変わらないとした。ただし購入しない場合、現状のまま変化しないとした。増加するケースは考えていない。

#### ⑤電力の供給安定性

供給安定性は1年間で「常に安定的に供給されている」あるいは「数回短時間の停電や明るさの低下がある」のどちらかを想定した。内容は節電のアンケートと同様である。再生可能エネルギーの場合、天候など気象条件から発電の不安定性がある可能性を想定した。購入しない場合は再生可能エネルギーは利用しないので「常に安定的に供給されている」とした。

#### ⑥使用する主なエネルギー源

原子力、火力（天然ガス）、再生可能エネルギー（太陽光、風力）を考えた。原子力と火力は既存電力会社、ガス会社から調達することを想定した。太陽光は太陽光パネルを、風力は風力発電機を設置し発電により電力を調達することを考えた。各エネルギー源につい

---

<sup>6</sup> 経済産業省資源エネルギー庁より。ただし風力の買取期間は20年である。太陽光の買取期間に合わせて省エネ機器の使用期間を10年としたが、簡単化のため風力発電の買取期間も10年で統一する。

でダミー変数を用い、回帰分析に利用した。ただし、現状維持（購入しない）の場合、回答者の居住する地域の電力会社が供給している最もウエイトの高いエネルギー源（火力あるいは原子力）とした。

このアンケートでも同様に、回答者にアンケートの内容を理解してもらうために、こちらが考えるアンケートの主旨つまり問題意識をあらかじめ回答者には伝えた。以上のような属性とその水準を設定し、直交計画法により生成したカードを組み合わせるプロファイルを作成した。その際非現実なカードや全員がある1つの選択肢を選択するような組み合わせはないようにした。表2はプロファイルの例である。

表2 プロファイル例（省エネ機器選択）

	現状維持(加入しない)	省エネプラン A	省エネプラン B
初期費用	0円	150万円	200万円
年間使用料金	変わらない	30%減少	30%減少
補助金額	なし	10%	なし
CO2 排出量	変わらないもしくは増える	20%減少	30%減少
供給安定性	常に安定供給	常に安定供給	常に安定供給
使用する主な電源	原子力もしくは火力	原子力	太陽光

表2のようなプロファイルを回答者に提示し、最も望ましいものを1つ選んでもらった。1人の回答者に属性の値を変えたものを10問答えてもらった。アンケートは楽天リサーチに依頼し、Webアンケートを利用した。回答者の居住地は関東、関西、中京エリアとした<sup>7</sup>。合計1000サンプルで各地域の人口でウエイト付けした。アンケートは2017年2月16日（金）に実施した。

#### 4 アンケート結果

ここではアンケートに回答した個人の属性を説明する。まずは節電行動のアンケートに回答した個人の属性である。

表3 個人の属性（節電行動）

職業	人数	%
----	----	---

<sup>7</sup> 関東エリアは埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、関西エリアは滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県、中京エリアは愛知県、岐阜県、三重県である。

会社員	403	53.7
公務員	34	4.5
学生	19	2.5
無職(主婦、定年退職含む)	153	20.4
自営業	55	7.3
その他	86	11.5
全体	750	100.0

年収(家計所得)	人数	%
200万円未満	205	27.3
200万円～399万円	162	21.6
400万円～599万円	168	22.4
600万円～799万円	91	12.1
800万円～999万円	64	8.5
1,000万円以上	60	8.0
全体	750	100.0

学歴	人数	%
中卒・高卒	199	26.5
専門学校・短大卒	177	23.6
大卒・大学院卒	374	49.9
全体	750	100.0

家族人数	人数	%
単身	163	21.7
2人	160	21.3
3人	189	25.2
4人	164	21.9
5人	51	6.8
6人以上	23	3.1
全体	750	100.0

住居	人数	%
1戸建(2世帯住宅含む)	348	46.4
集合住宅(マンション、アパート、団地など)	374	49.9
社宅、寮など	28	3.7

全体	750	100.0
----	-----	-------

性別	人数	%
男性	382	50.9
女性	368	49.1
全体	750	100.0

年齢	
平均値(歳)	40.57
最小値(歳)	20.00
最大値(歳)	59.00
全体	750

年代	人数	%
20代	154	20.5
30代	192	25.6
40代	227	30.3
50代	177	23.6
全体	750	100.0

居住地	人数	%
茨城県	22	2.9
栃木県	12	1.6
群馬県	16	2.1
埼玉県	62	8.3
千葉県	45	6.0
東京都	183	24.4
神奈川県	95	12.7
関東圏	435	58.0
岐阜県	23	3.1
愛知県	78	10.4
三重県	13	1.7
中京圏	114	15.2
滋賀県	15	2.0
京都府	26	3.5
大阪府	77	10.3

兵庫県	58	7.7
奈良県	15	2.0
和歌山県	10	1.3
関西圏	201	26.8
全体	750	100.0

職業については無職者が約2割を占める。その分所得が200万円以下の家計が27%を占め、最も割合が多い。6割以上が年収600万円未満である。学歴は大学・大学院卒が約半数である。都市部を中心にアンケートに回答してもらっているため学歴はやや高めである。家族構成は単身が2割である。4人が25%存在し、2人、3人も約2割である。住居については戸建と集合住宅がそれぞれ約半数であり、社宅の割合は少ない。年代は30代、40代がやや多い。売電期間を10年間としたので調査対象は50歳代までである。居住地域は関東圏が約6割、中京圏が約15%、関西圏が26%である。この比率は実際の人口に対して均等に割りつけている。

次に省エネ機器選択のアンケートに回答した個人の属性である。傾向は節電行動の分析の回答者と大きな違いはない。

表4 個人の属性（省エネ機器選択）

職業	数	%
会社員	409	54.5
公務員	28	3.7
学生	27	3.6
無職(主婦、定年退職含む)	155	20.7
自営業	43	5.7
その他	88	11.7
全体	750	100.0

年収(家計所得)	数	%
200万円未満	209	27.9
200万円～399万円	153	20.4
400万円～599万円	173	23.1
600万円～799万円	97	12.9
800万円～999万円	48	6.4
1,000万円以上	70	9.3
全体	750	100.0

学歴	数	%
中卒・高卒	203	27.1
専門学校・短大卒	173	23.1
大卒・大学院卒	374	49.9
全体	750	100.0

家族構成	数	%
単身	151	20.1
2人	160	21.3
3人	197	26.3
4人	159	21.2
5人	62	8.3
6人以上	21	2.8
全体	750	100.0

住居形態	数	%
1戸建(2世帯住宅含む)	363	48.4
集合住宅(マンション、アパート、団地など)	355	47.3
社宅、寮など	32	4.3
全体	750	100.0

性別	数	%
男性	382	50.9
女性	368	49.1
全体	750	100.0

年代	数	%
20代	154	20.5
30代	192	25.6
40代	227	30.3
50代	177	23.6
全体	750	100.0

年齢	
平均値(歳)	40.50
最小値(歳)	20.00



最大値(歳)	59.00
全体	750

都道府県	数	%
茨城県	23	3.1
栃木県	13	1.7
群馬県	6	0.8
埼玉県	58	7.7
千葉県	56	7.5
東京都	187	24.9
神奈川県	92	12.3
関東圏	435	58.0
岐阜県	13	1.7
愛知県	84	11.2
三重県	17	2.3
中京圏	114	15.2
滋賀県	15	2.0
京都府	24	3.2
大阪府	85	11.3
兵庫県	56	7.5
奈良県	14	1.9
和歌山県	7	0.9
関西圏	201	26.8
全体	750	100.0

次はエネルギーに関する意識調査である。節電行動の分析の回答者の回答のみを示す。

表5 エネルギーに関する意識調査（節電行動の分析）

Q 次の省エネ機器について関心度はどれぐらいですか。

		全体	すでに持っている	関心がある。今すぐにも買いたい、買う予定である	関心があるが、すぐに買ったとは思わない	関心がない
1.省エネ家電(エアコン)	数	750	292	51	268	139
	%	100.0	38.9	6.8	35.7	18.5
2.省エネ家電(冷蔵庫)	数	750	244	74	290	142
	%	100.0	32.5	9.9	38.7	18.9
3.太陽光パネル	数	750	51	35	284	380
	%	100.0	6.8	4.7	37.9	50.7
4.風力発電機	数	750	3	18	221	508
	%	100.0	0.4	2.4	29.5	67.7

Q あなたは東日本大震災以降、電気料金が高くなったと感じますか。

	数	%
非常にそう思う	132	17.6
ややそう思う	278	37.1
どちらとも言えない	254	33.9
あまりそう思わない	60	8.0
全くそう思わない	26	3.5
全体	750	100.0

Q あなたは東日本大震災後、節電を意識するようになりましたか。

	数	%
かなり意識するようになった	151	20.1
少し意識するようになった	345	46.0
あまり変わらない	218	29.1
ほとんど意識しない	36	4.8
全体	750	100.0

Q CO2削減についてどのように考えますか。

	数	%
さらに減らすべき	374	49.9

少し減らせばいい	307	40.9
減らす必要はない	56	7.5
増やしてもいい	13	1.7
全体	750	100.0

Q 今後のエネルギー源としてどれがふさわしいと思いますか。望ましい順に3つ選んでください。

原子力	数	%
1位	129	17.2
2位	40	5.3
3位	75	10.0
4位以下	506	67.5
全体	750	100.0

火力(石炭)	数	%
1位	20	2.7
2位	53	7.1
3位	29	3.9
4位以下	648	86.4
全体	750	100.0

火力(天然ガス)	数	%
1位	89	11.9
2位	100	13.3
3位	85	11.3
4位以下	476	63.5
全体	750	100.0

水力	数	%
1位	78	10.4
2位	122	16.3
3位	158	21.1
4位以下	392	52.3
全体	750	100.0

太陽光	数	%
1位	294	39.2

2位	143	19.1
3位	88	11.7
4位以下	225	30.0
全体	750	100.0

風力	数	%
1位	56	7.5
2位	157	20.9
3位	132	17.6
4位以下	405	54.0
全体	750	100.0

地熱	数	%
1位	41	5.5
2位	90	12.0
3位	87	11.6
4位以下	532	70.9
全体	750	100.0

バイオマス	数	%
1位	43	5.7
2位	45	6.0
3位	96	12.8
4位以下	566	75.5
全体	750	100.0

省エネ家電については約3割がすでに持っているのに対して、約3割が関心はあるがすぐには買いたいとは思わないと考えている。太陽光や風力発電機については約3割が関心はあるがすぐには買いたいとは思わないと考えているのに対して半数以上が関心がないと回答している。電気料金については東日本大震災以降、高くなったと感じている人が約半数である。節電意識については半数以上が節電を意識するようになったと回答している。CO2削減については8割以上が削減すべきと回答している。今後の主要なエネルギー源は太陽光や風力を上位に回答している人が多く、原子力や火力（石炭、天然ガス）は4位以下が最も多かった。

## 5 計量モデル

## 5.1 ランダムパラメーターロジットモデル

本論文では選択型実験であるコンジョイント分析を利用している。つまり被説明変数が離散変数となる。ただし選択肢は3つである。このとき計量経済モデルとして離散選択モデルを使うことになるが、一般的によく使われるモデルの1つとして条件付きロジットモデルがある。しかしながら、条件付きロジットモデルは誤差項に独立で同一の分布の仮定(Independent and Identical Distribution, IID)を置き、その結果として他の無関係な選択肢からの独立の仮定(Independence of Irrelevant Alternatives, IIA)を満たさなければならない。しかしながらこの仮定はかなり制約が強く様々な場面において満たされない場合が多い。例えば、個人がエネルギー源を選択する場合、この個人が直面している選択肢として、原子力、火力、太陽光があるとすると、ここにもう1つ風力という選択肢が加わったとき、この個人が再生可能エネルギーというカテゴリー内で選好すれば、太陽光と風力はどちらでもいいことになり、太陽光の選択比率が低下することになる。これが IIA の仮定が満たされない状況である。条件付きロジットモデルではこの問題が頻繁に起こるため、この問題に対処するために再生可能エネルギーというカテゴリーを考え、その中に太陽光と風力という選択肢があるという選択肢の入れ子構造を考えた入れ子型ロジットモデル(nested logit model)がある。他にパラメータにある分布を仮定し、個人の選好の多様性を反映したランダムパラメーターロジットモデル(random parameter logit model)あるいは混合ロジットモデル(mixed logit model)もある。ランダムパラメーターロジットモデルは個人の選好の多様性を反映するだけでなく、制約のない代替パターンや時間を通じた観察されない要因における相関関係を考慮するより一般的なモデルとして知られている。ここでもこのような観点からランダムパラメーターロジットモデルを用いることにする<sup>8</sup>。ランダムパラメーターロジットモデルはそれぞれのパラメーターは分布を持つと仮定する。効用関数は次のように定式化される。

$$U_{nj} = \alpha'x_{nj} + \beta'_nz_{nj} + \varepsilon_{nj}$$

この関数は個人  $n$  が 選択肢  $j$  を選択したときに得られる効用水準である。 $\alpha$  はランダムでないパラメーターであり、 $\beta_n$  はランダムなパラメーターとして各個人の選好を表し、個人により変化することで選好の多様性を表現できる。本論文では定数項と価格変数である年間当たり電気料金のパラメーターをランダムでないパラメーターとする。一方で CO2 排出量などその他の説明変数のパラメーターはランダムパラメーターとする。 $\varepsilon_{nj}$  はランダムな誤差項であり、独立で同一な(iid)極値分布を持つとする。

<sup>8</sup> ランダムパラメーターロジットモデルの説明は Train(2003)や Louviere, Hensher and Swait(2000)を参考にした。

$\beta_n$ で条件付けした確率は

$$L_{ni}(\beta_n) = \frac{\exp(\beta_n' x_{ni})}{\sum_j \exp(\beta_n' x_{nj})}$$

である。

ランダムパラメーターロジットモデルの確率は

$$P_{ni} = \int \left( \frac{\exp(\beta_n' x_{ni})}{\sum_j \exp(\beta_n' x_{nj})} \right) f(\beta) d\beta$$

である。

この確率は条件付きでない選択確率であり、 $L_{ni}(\beta_n)$ をすべての $\beta_n$ で積分したものである。ここで $\beta_n$ の分布を仮定する。一般的には正規分布、対数分布、三角分布を仮定する。本論文では正規分布を仮定する。

推定にはシミュレーション法を用いる。シミュレーションされた確率は

$$\tilde{P}_{ni} = \frac{1}{R} \sum_{r=1}^R L_{ni}(\beta^r)$$

である。 $R$ は抽出の数である。このシミュレーションされた確率は $P_{ni}$ のバイアスのない推定量である。シミュレーションされた対数尤度(simulated log likelihood, SLL)は

$$SLL = \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^J d_{nj} \ln \tilde{P}_{nj}$$

である。個人  $n$  が選択肢  $j$  を選択すれば  $d=1$ 、選択しなければ  $d=0$  である。シミュレーションされた最尤推定量を得るために SLL を最大化する。シミュレーションには 100 回のハルトンドローを用いた。推定には Limdep NLOGIT 5 を用いた。

## 5.2 入れ子型ロジットモデル

本論文では節電の分析では選択肢 1 が節電しない、選択肢 2 と 3 は節電の程度を表す。省エネ機器選択の分析では、選択肢 1 は省エネプランに加入しない、選択肢 2 と 3 では加入するなどの省エネプランを選択するかという選択肢になっている。つまり個人は節電するかしないか、あるいは省エネプランに加入するかしないかの決定をし、それからどの程度節電するか、あるいはどの省エネプランに入るかを決定するかもしれない。つまり選択肢 2 と 3 が同じカテゴリー（ネスト）になることも考えられる。そのような理由から入れ子型ロジットモデル(nested logit model)でも推定してみた<sup>9</sup>。入れ子型ロジットモデルでは誤差項 $\varepsilon_{nj}$ の累積分布は次のように仮定される。

<sup>9</sup> 入れ子型ロジットモデルの説明は Train (2002)、Hensher, Rose and Greene(2005)、Louviere, Hensher and Swait(2000)、栗山・庄子(2005)を参考にした。

$$\exp\left(-\sum_{k=1}^K \left(\sum_{j \in B_k} e^{-\varepsilon_{nj}/\lambda_k}\right)^{\lambda_k}\right)$$

この分布は一般化極値分布の一種である。Kはネストの数、kはネスト番号を表す。観察不可能な誤差項  $\varepsilon$  はネスト内の選択肢間では相関し、ネスト外の実験肢間では相関しない。 $\lambda_k$ はネスト k 内の誤差項の相関度合いを示すスケールパラメーターである。その値が高いほど相関は低い。 $\lambda_k = 1$ のとき同じネスト内では全く相関しないことになる。条件付ロジットモデルでは選択肢間のスケールパラメーターはすべて同じ値になる。個人 n が選択肢 i を選択する確率は

$$P_{ni} = \frac{e^{V_{ni}/\lambda_k} \left(\sum_{j \in B_k} e^{V_{nj}/\lambda_k}\right)^{\lambda_k - 1}}{\sum_{l=1}^K \left(\sum_{j \in B_l} e^{V_{nj}/\lambda_k}\right)^{\lambda_l}}$$

である。 $V_{ni}$ は効用関数の確定項である。推定は最尤法を用いる。この選択確率を用いて尤度関数を作り、対数尤度関数を最大にするパラメーターを求める。次にこの選択確率を次のように書きなおす。

$$P_{ni} = P_{ni|B_k} P_{nB_k}$$

$P_{ni|B_k}$  はネスト内の選択肢つまりあるネスト k が選択されたという条件の下で選択肢 i を選択する条件付確率である。 $P_{nB_k}$  はネスト内の選択肢が選択される確率である。つまり個人はまずあるネストを選択し、次にそのネスト内の選択肢を選択する確率となる。 $P_{ni}$  は条件付確率と限界確率の積となっている。さらにこの条件付確率と限界確率はそれぞれ次のように書ける。

$$P_{nB_k} = \frac{e^{W_{nk} + \lambda_k I_{nk}}}{\sum_{l=1}^K e^{W_{nl} + \lambda_l I_{nl}}}$$

$$P_{ni|B_k} = \frac{e^{Y_{ni}/\lambda_k}}{\sum_{j \in B_k} e^{Y_{nj}/\lambda_k}}$$

W はネストの属性を表す変数であり、Y は各選択肢の属性を表す変数である。I はネストの内在価値(inclusive value, IV)と呼ばれ、次のような式で表現される。

$$I_{nk} = \ln \sum_{j \in B_k} e^{Y_{nj}/\lambda_k}$$

入れ子型ロジットモデルでは内在価値(inclusive value, IV)パラメーターを推定する。IV はログサム変数あるいは期待最大効用とも呼ばれる。ここでは末端の選択肢に対する IV は

$$IV = \log[\exp(V_1) + \exp(V_2) + \exp(V_3)]$$

である。V は選択肢 1、2、3 それぞれに対する効用水準である。一方で例えば節電する (save) あるいはしない (nosave) の選択肢に対する IV は

$$IV = \log[\exp(V_{\text{save}}) + \exp(V_{\text{nosave}})]$$

である。IV パラメーターは必ず 0 から 1 の間の値をとる。IV パラメーターが 1 のときは条件付ロジットモデルである。1 を超えるときはネスト構造が不適切となる。

なお入れ子型ロジットモデルではどこかのレベル、つまりネストの枝、ここでは節電する、しないあるいは省エネプログラムに加入する、しないの選択や末端の選択肢に対するスケールパラメーターのどちらかを 1 に標準化する必要がある。末端レベルつまり各選択肢のスケールパラメーターを 1 に標準化するモデルをランダム効用モデル 1 (Random utility model 1, RU1) と呼ぶ。一方で上位レベル、つまりここでは節電するか、しないかや省エネプログラムに加入する、しないのスケールパラメーターを 1 に標準化し、下位レベル、つまり各選択肢のスケールパラメーターをフリーにするモデルをランダム効用モデル 2 (Random utility model 2, RU2) と呼ぶ。ここでは RU2 を使う。

## 6 推定結果

### 6.1 記述統計

それぞれの分析に対して記述統計の結果を説明する。まずは節電行動に関する分析の記述統計である。表 6 は各選択肢に対する選択数と選択確率である。

表 6 選択確率 (節電行動)

	選択肢 1	選択肢 2	選択肢 3	合計
選択数	1513	4254	1733	7500
選択確率	0.202	0.567	0.231	1
合計	750 × 10	750 × 10	750 × 10	2250 × 10

選択肢 2、つまり少し節電するを選択する確率が高いことが分かる。選択肢 1、つまり節電しないを選択する確率は比較的少なく、個人はどちらかと言うと節電に関心がある傾向にあることが分かる。次の表 7 は選択された選択肢に関してその属性の記述統計である。供給安定性の平均値が 1 に近いことから個人は供給安定性を望んでいることが分かる。エ



エネルギー源の平均値はいずれも低い。

表7 記述統計（節電行動）

	料金	CO2	供給安定性	原子力	火力	太陽光	風力
平均	-10.773	-8.823	0.812	0.235	0.385	0.201	0.180
中央値	-10	-10	1	0	0	0	0
最頻値	-10	-10	1	0	0	0	0
標準偏差	16.163	9.420	0.391	0.424	0.487	0.400	0.384
分散	261.250	88.746	0.153	0.180	0.237	0.160	0.147
尖度	-0.555	-0.703	0.552	-0.429	-1.778	0.238	0.784
歪度	0.640	0.459	-1.597	1.253	0.472	1.496	1.669
範囲	50	30	1	1	1	1	1
最小	-30	-20	0	0	0	0	0
最大	20	10	1	1	1	1	1
合計	-80800	-66170	6090	1759	2889	1504	1348
標本数	750×10	750×10	750×10	750×10	750×10	750×10	750×10

次は省エネ機器選択の分析に関する記述統計の結果である。表8は選択数と選択確率である。

表8 選択確率（省エネ機器選択）

	選択肢1	選択肢2	選択肢3	合計
選択数	3488	1996	2016	7500
選択確率	0.4651	0.2661	0.2688	1
合計	750×10	750×10	750×10	2250×10

選択肢1を選択した人が多い。個人は省エネプログラムに加入しない傾向がある。選択肢2と3の選択確率はほぼ同じである。次の表9は選択された選択肢に関してその属性の記述統計である。ここでも供給安定性の平均値が1に近いことから個人は供給安定性を望んでいることが分かる。エネルギー源の平均値はいずれも低い。

表9 記述統計（省エネ機器選択）

	初期費用	料金	補助金	CO2	供給安定性	原子力	火力	太陽光	風力
--	------	----	-----	-----	-------	-----	----	-----	----

平均	78.260	-16.800	4.847	-9.628	0.799	0.107	0.530	0.194	0.169
中央値	100	0	0	0	1	0	1	0	0
最頻値	0	0	0	0	1	0	1	0	0
標準偏差	79.464	20.858	9.404	11.467	0.400	0.309	0.499	0.396	0.375
分散	6314.548	435.045	88.428	131.492	0.160	0.096	0.249	0.157	0.140
尖度	-1.482	-1.245	2.483	-1.047	0.238	4.475	-1.986	0.390	1.124
歪度	0.306	-0.707	1.952	-0.707	-1.496	2.544	-0.120	1.546	1.767
範囲	200	50	30	30	1	1	1	1	1
最小	0	-50	0	-30	0	0	0	0	0
最大	200	0	30	0	1	1	1	1	1
合計	586950	-126000	36350	-72210	5996	802	3974	1457	1267
標本数	750×10	750×10	750×10	750×10	750×10	750×10	750×10	750×10	750×10

## 6.2 推定結果

### 6.2.1 節電行動分析の推定結果

ここでは推定結果の説明をする。まずは節電行動の分析について推定結果を説明する。表10はランダムパラメーターロジットモデルでの推定結果である。

表10 推定結果（節電行動、ランダムパラメーターロジットモデル）

変数名	係数	標準誤差	z値	p値
ランダムパラメーター				
CO2 排出量	-0.00954	0.00429	-2.22	0.026
供給安定性	0.76946	0.07451	10.33	0.000
原子力	-0.66369	0.09301	-7.14	0.000
太陽光	0.56977	0.09425	6.05	0.000
風力	0.26894	0.08795	3.06	0.002
非ランダムパラメーター				
年間料金	-0.01197	0.00176	-6.8	0.000
選択肢1定数項	0.64926	0.10105	6.43	0.000
選択肢2定数項	1.82583	0.07126	25.62	0.000
標準偏差				
CO2 排出量	0.07935	0.00371	21.38	0.000

供給安定性	0.16572	0.25612	0.65	0.518
原子力	1.88915	0.10476	18.03	0.000
太陽光	1.25790	0.09619	13.08	0.000
風力	0.58279	0.14764	3.95	0.000
対数尤度	-6297.451			
マクファーデン R <sup>2</sup>	0.236			

年間料金の係数の符号は負であり、有意水準1%で有意である。年間料金が低下すると選択確率は上昇する。CO<sub>2</sub>排出量の係数の符号は負であり、有意水準5%で有意である。CO<sub>2</sub>排出量が減少すると選択確率は上昇する。供給安定性の符号は正であり、有意水準1%で有意である。供給安定性が確保されると選択確率は上昇する。原子力ダミーの係数の符号は負であり、有意水準1%で有意である。主な電源が原子力だと選択確率は低下する。再生可能エネルギーである太陽光と風力の符号は正であり、ともに有意水準1%で有意である。太陽光や風力といった再生可能エネルギーだと選択確率は上昇する。ただし太陽光の方が少し係数の値が大きい。選択肢1、2の定数項はともに正で有意水準1%で有意である。ただし選択肢2定数項の方が値が大きい。個人は属性の水準に関わらず、節電を意識する傾向にあると言える。ランダムパラメーターロジットモデルでは個人の選好の多様性を考慮する。ランダムパラメーターの標準偏差よりその多様性の有無が分かる。供給安定性以外のCO<sub>2</sub>排出量、原子力、太陽光、風力の標準偏差は有意である。供給安定性についてはほとんどすべての人が必要性を感じているため多様性はないと考えられる。一方で他の変数については個人の間で選好のばらつきが見られることになる。

次は家計収入などの個人属性を説明変数に加えて同じくランダムパラメーターロジットモデルで推定した。表11は推定結果である。

表11 推定結果（節電行動、ランダムパラメーターロジットモデル、個人属性あり）

変数名	係数	標準誤差	z値	p値
ランダムパラメーター				
CO <sub>2</sub> 排出量	-0.00566	0.0043	-1.31	0.189
供給安定性	0.77885	0.07624	10.22	0.000
原子力	-0.72635	0.09483	-7.66	0.000
太陽光	0.59675	0.09207	6.48	0.000
風力	0.27097	0.0883	3.07	0.002
非ランダムパラメーター				
年間料金	-0.01204	0.00178	-6.78	0.000
選択肢1定数項	1.42461	0.33248	4.28	0.000
所得	0.06244	0.04226	1.48	0.140

学歴	-0.17164	0.07246	-2.37	0.018
家族人数	-0.09523	0.04917	-1.94	0.053
戸建	0.20913	0.1354	1.54	0.122
年齢	-0.01488	0.00611	-2.44	0.015
性別	0.3558	0.12326	2.89	0.004
選択肢2定数項	2.19132	0.25775	8.5	0.000
所得	0.01693	0.03339	0.51	0.612
学歴	-0.14679	0.05756	-2.55	0.011
家族人数	-0.04634	0.03833	-1.21	0.227
戸建	0.26107	0.10614	2.46	0.014
年齢	0.00081	0.00476	0.17	0.866
性別	-0.20353	0.09612	-2.12	0.034
標準偏差				
CO2 排出量	0.08028	0.00357	22.51	0.000
供給安定性	0.3873	0.13054	2.97	0.003
原子力	1.90621	0.08874	21.48	0.000
太陽光	1.23552	0.09774	12.64	0.000
風力	0.52783	0.1293	4.08	0.000
対数尤度	-6257.86			
マクファーデン R <sup>2</sup>	0.241			

まず、年間料金など選択肢固有の属性については CO2 排出量が有意でなくなる他はほとんど変わらない。家計所得は選択肢 1、2 とも有意でない。学歴の係数は負で有意であるため、学歴が高いことは選択肢 1、2 とも選択確率が下がる方向に影響する。家族人数が多いことは選択肢 1 に関しては係数が負で有意であるため、選択確率が下がる方向に影響するが、選択肢 2 に関しては有意でない。戸建ダミーは選択肢 2 のみ有意である。符号が正なので戸建に住んでいる人は選択肢 2、つまり節電を選択する確率が高くなる。年齢は選択肢 1 のみ有意である。符号が負なので、年齢が高いと選択肢 1 を選ぶ確率、つまり節電しない確率が低下する。最後に性別ダミーは選択肢 1 では正で有意、選択肢 2 では負で有意である。男性だと節電しない確率が上昇し、節電する確率が低下する。つまり男性は節電しないが、女性は節電する傾向にある。

入れ子型ロジットモデルでも推定した。選択肢 1 が節電しない、選択肢 2 と 3 が節電するとなっており、選択肢 2 と 3 が同じカテゴリーのネスト構造になっていると考えている。なお上位レベル、つまり節電するか、しないかのスケールパラメーターを 1 に標準化し、下位レベル、つまり各選択肢のスケールパラメーターをフリーにするランダム効用モデル 2 (Random utility model 2, RU2) を用いた。表 12 はその推定結果である。

表 12 推定結果（節電行動、入れ子型ロジットモデル）

変数名	係数	標準誤差	z値	p値
年間料金	-0.0090	0.0017	-5.19	0.000
CO2 排出量	-0.0095	0.0027	-3.47	0.001
供給安定性	0.4065	0.0679	5.99	0.000
原子力	-0.4038	0.0676	-5.97	0.000
太陽光	0.4149	0.1070	3.88	0.000
風力	0.0863	0.0695	1.24	0.214
選択肢1定数項	0.5395	0.3796	1.42	0.155
選択肢2定数項	1.2935	0.2661	4.86	0.000
IV パラメーター				
節電しない	1			
節電する	1.0388	0.2316	4.49	0.000
対数尤度	-7285.98			
マクファーデン R <sup>2</sup>	0.221			

推定結果はランダムパラメーターロジットモデルと大きく変わらないが、風力が符号は正であるものの有意でなくなっている。注目すべき点はIVパラメーターである。本来0から1の間に収まるはずであるが、IVパラメーターが1を超えている。つまり選択肢2と3の間の代替よりも選択肢2と1、あるいは選択肢3と1の代替の方が大きいことを意味しており、ネスト構造が適切ではないといえる。個人は節電するかしないかを選択し、それからどの程度節電するのかを選択するのではなく、選択肢の属性を見て選択肢を選んでいられる。同じ節電するというカテゴリー内にある選択肢2と3は似たような選択肢ではないと考えている。入れ子型ロジットモデルでの推定は適切とは言えない。

次の表13は個人属性を説明変数に加えた推定結果であるが、IVパラメーターについては同様のことが言える。

表 13 推定結果（節電行動、入れ子型ロジットモデル、個人属性あり）

変数名	係数	標準誤差	z値	p値
年間料金	-0.0091	0.0017	-5.21	0.000
CO2 排出量	-0.0096	0.0028	-3.48	0.001
供給安定性	0.4097	0.0681	6.01	0.000
原子力	-0.4067	0.0678	-6	0.000
太陽光	0.4158	0.1071	3.88	0.000

風力	0.0867	0.0698	1.24	0.214
選択肢1定数項	1.1611	0.4772	2.43	0.015
所得	0.0691	0.0251	2.76	0.006
学歴	-0.1367	0.0482	-2.83	0.005
家族人数	-0.0749	0.0309	-2.42	0.015
戸建	0.1729	0.0911	1.9	0.058
年齢	-0.0141	0.0037	-3.78	0.000
性別	0.3531	0.0767	4.6	0.000
選択肢2定数項	1.6652	0.3797	4.39	0.000
所得	0.0193	0.0221	0.87	0.383
学歴	-0.1224	0.0463	-2.64	0.008
家族人数	-0.0365	0.0258	-1.42	0.157
戸建	0.2044	0.0826	2.47	0.013
年齢	-0.0021	0.0030	-0.68	0.499
性別	-0.1136	0.0659	-1.72	0.085
IV パラメーター				
節電しない	1			0.001
節電する	1.0377	0.2298	4.52	0.000
対数尤度	-7230.32			
マクファーデン R <sup>2</sup>	0.227			

## 6.2.2 省エネ機器選択分析の推定結果

次は省エネ機器選択の分析に関する推定結果である。まずランダムパラメーターロジットモデルの推定結果を説明する。

表 14 推定結果（省エネ機器選択、ランダムパラメーターロジットモデル）

変数名	係数	標準誤差	z値	p値
ランダムパラメーター				
初期費用	-0.01949	0.00224	-8.71	0.000
補助金額	0.0087	0.0029	3	0.003
CO2 排出量	-0.00719	0.00509	-1.41	0.158
供給安定性	0.69653	0.15348	4.54	0.000
原子力	-1.45308	0.19494	-7.45	0.000
太陽光	1.41504	0.12036	11.76	0.000

風力	1.0538	0.11644	9.05	0.000
非ランダムパラメーター				
年間料金	-0.02263	0.00254	-8.92	0.000
選択肢1定数項	0.30977	0.42365	0.73	0.465
選択肢2定数項	0.91692	0.19293	4.75	0.000
標準偏差				
初期費用	0.03026	0.00134	22.67	0.000
補助金額	0.0023	0.00598	0.38	0.701
CO2 排出量	0.05223	0.00817	6.39	0.000
供給安定性	1.53834	0.12842	11.98	0.000
原子力	3.37602	0.22782	14.82	0.000
太陽光	0.44555	0.17778	2.51	0.012
風力	0.26066	0.1707	1.53	0.127
対数尤度	-4688.76			
マクファーデン R <sup>2</sup>	0.431			

初期費用、年間料金はともに係数の符号は負で有意水準1%で有意である。つまり初期費用や年間料金が低下すると、選択確率は高くなる。補助金額の符号は正で有意水準1%で有意である。補助金額が高くなると選択確率は高くなる。これらは金銭的な属性であり、個人は金銭的な属性には有意に反応すると言える。一方でCO2排出量は符号は負であるものの有意ではない。供給安定性は正で有意水準1%で有意である。供給安定性の確保は選択確率を高める。次はエネルギー源の結果を見る。原子力は負で有意水準1%で有意、太陽光と風力は正で有意水準1%で有意である。個人は使用する電源が原子力だと省エネ機器に選択に消極的であり、太陽光や風力といった再生可能エネルギーだと選択に積極的になる。つまり同じ省エネ機器でも太陽光や風力といった再生可能エネルギーがエネルギー源だと普及する見込みがあると思われる。選択肢2の定数項が正で有意水準1%で有意であることから、属性の水準に関係なく個人は省エネ機器を選択する傾向にある。次はランダムパラメーターの標準偏差より個人の選好多様性を考察する。補助金額以外は有意である。補助金額以外は個人の間で選好のばらつきが見られることになる。逆に補助金額に関しては個人の選好は似ていることになる。

次は家計収入などの個人属性を説明変数に加えて同じくランダムパラメーターロジットモデルで推定した。表15は推定結果である。

表15 推定結果(省エネ機器選択、ランダムパラメーターロジットモデル、個人属性あり)

変数名	係数	標準誤差	z値	p値
ランダムパラメーター				

初期費用	-0.01429	0.00222	-6.45	0
補助金額	0.0071	0.00291	2.44	0.0147
CO2 排出量	-0.00995	0.00481	-2.07	0.0387
供給安定性	0.71922	0.15436	4.66	0
原子力	-1.62352	0.21899	-7.41	0
太陽光	1.41035	0.12366	11.4	0
風力	1.03867	0.1205	8.62	0
非ランダムパラメーター				
年間料金	-0.02327	0.00253	-9.2	0
選択肢1定数項	2.19117	0.99878	2.19	0.0282
所得	-0.03925	0.09618	-0.41	0.6832
学歴	-0.44147	0.21718	-2.03	0.0421
家族人数	-0.03343	0.1235	-0.27	0.7866
戸建	-0.14776	0.39061	-0.38	0.7052
年齢	0.36065	0.41205	0.88	0.3814
性別	-0.01882	0.0161	-1.17	0.2422
選択肢2定数項	1.38932	0.46268	3	0.0027
所得	0.0452	0.05406	0.84	0.4031
学歴	-0.235	0.10578	-2.22	0.0263
家族人数	0.08145	0.06688	1.22	0.2233
戸建	-0.20196	0.18945	-1.07	0.2864
年齢	0.22658	0.19275	1.18	0.2398
性別	-0.00654	0.00783	-0.84	0.4036
標準偏差				
初期費用	0.03213	0.00129	24.99	0
補助金額	0.00874	0.00779	1.12	0.262
CO2 排出量	0.02951	0.00894	3.3	0.001
供給安定性	1.72595	0.13261	13.02	0
原子力	3.21642	0.19597	16.41	0
太陽光	0.71762	0.17875	4.01	0.0001
風力	0.51963	0.15907	3.27	0.0011
対数尤度	-4654.68			
マクファーデン R <sup>2</sup>	0.435			

年間料金など選択肢固有の属性については個人属性を入れない場合と比べて推定結果は



ほとんど変わらない。ただし、CO2 排出量が係数の符号が負で有意となっている。CO2 排出量が減少すれば、選択確率は増加する。個人属性で有意なものは学歴のみである。符号は負なので学歴が高いと選択肢 1、2 ともに選択確率は低下する。

選択肢は選択肢 1 は加入しない、選択肢 2、3 は加入するとなっている。個人は選択する際、まず加入するかしないのかを考え、それからどちらのプランを選択するのかを考える可能性もある。そこで選択肢 2 と 3 がネスト構造になっていると考え、入れ子型ロジットモデルでも推定した。表 16 はその推定結果である。

表 16 推定結果（省エネ機器選択、入れ子型ロジットモデル）

変数名	係数	標準誤差	z値	p値
初期費用	-0.0022	0.0009	-2.54	0.011
年間料金	-0.0056	0.0012	-4.64	0.000
補助金額	0.0042	0.0013	3.32	0.001
CO2 排出量	-0.0027	0.0020	-1.36	0.172
供給安定性	0.1714	0.0536	3.2	0.001
原子力	-0.1530	0.0488	-3.13	0.002
太陽光	0.4088	0.0919	4.45	0.000
風力	0.3594	0.0848	4.24	0.000
選択肢1定数項	0.2401	0.2091	1.15	0.251
選択肢2定数項	0.0369	0.0761	0.48	0.628
IV パラメーター				
加入しない	1			
加入する	0.4476	0.0955	4.69	0.000
対数尤度	-7600.53			
マクファーデン R <sup>2</sup>	0.048			

推定結果はランダムパラメーターロジットモデルと変わらない。IV パラメーターが有意である。その値も 0 から 1 の間に収まっている。ネスト構造は適切と言える。つまり加入しないという選択肢 1 と加入するという選択肢 2 と 3 は別物であり、選択肢 2 と 3 の間の代替関係は強いと言える。個人は省エネプランに加入するかしないかをまず考え、それからどちらの省エネプランに加入するかを考えている。

表 17 推定結果（省エネ機器選択、入れ子型ロジットモデル、個人属性あり）

変数名	係数	標準誤差	z値	p値
初期費用	-0.0022	0.0009	-2.52	0.012

年間料金	-0.0054	0.0012	-4.58	0.000
補助金額	0.0041	0.0012	3.33	0.001
CO2 排出量	-0.0025	0.0019	-1.31	0.190
供給安定性	0.1688	0.0529	3.19	0.001
原子力	-0.1516	0.0477	-3.18	0.002
太陽光	0.3947	0.0887	4.45	0.000
風力	0.3455	0.0815	4.24	0.000
選択肢1定数項	0.7520	0.2552	2.95	0.003
所得	-0.0980	0.0172	-5.7	0.000
学歴	0.0305	0.0305	1	0.317
家族人数	-0.0764	0.0201	-3.8	0.000
戸建	0.0486	0.0534	0.91	0.363
年齢	0.2669	0.0527	5.06	0.000
性別	-0.0068	0.0025	-2.67	0.008
選択肢2定数項	0.2605	0.1239	2.1	0.036
所得	0.0111	0.0104	1.07	0.286
学歴	-0.0328	0.0197	-1.66	0.097
家族人数	0.0121	0.0123	0.98	0.325
戸建	0.0070	0.0322	0.22	0.827
年齢	0.0973	0.0374	2.6	0.009
性別	-0.0067	0.0020	-3.32	0.001
IV パラメーター				
加入しない	1			
加入する	0.4267	0.0907	4.7	0.000
対数尤度	-7541.86			
マクファーデン R <sup>2</sup>	0.055			

選択肢固有の属性についてはほとんど変わらない。家計所得については選択肢1では係数は負で有意水準1%で有意であるものの、選択肢2では有意でない。所得が高いと選択肢1を選択する確率が低下する。つまり省エネプランに加入しない確率が低下する。学歴は選択肢1では有意でないが、選択肢2では係数は負で有意水準10%で有意である。学歴が高いと選択肢2を選択する確率が低下する。つまり省エネプランに加入する確率が低下する。家族人数は選択肢1では係数は負で有意水準1%で有意であるものの、選択肢2では有意でない。家族人数が多いと省エネプランに加入しない確率が低下する。年齢は選択肢1、2ともに係数の符号は正で有意水準1%で有意である。年齢が高いほど省エネプラ

ンに加入しない確率、加入する確率がともに上昇する。性別（男性ダミー）は選択肢 1、2 ともに係数は負で有意水準 1% で有意である。女性ほど省エネプランに加入しない確率、加入する確率がともに上昇する。ここでも IV パラメーターが有意であり、その値も 0 から 1 の間に収まっている。ネスト構造は適切と言える。

### 6.2.3 支払い意思額(Willingness to pay, WTP)の計測

ランダムパラメーターロジットモデルの推定結果を用いて、各属性について支払い意思額 (WTP) を計測した。効用関数を線形と仮定すると、効用関数は次の式のように書ける。

$$V_{nj} = \alpha'x_{nj} + \beta_n'z_{nj}$$

$V_{nj}$  は効用関数の確定項である。この式を全微分すると、次の式が得られる。

$$dV_{nj} = \frac{\partial V_{nj}}{\partial x_{nj}} dx_{nj} + \frac{\partial V_{nj}}{\partial z_{nj}} dz_{nj}$$

今仮にある属性  $x_i$  の WTP を計測する。効用水準は変化せず ( $dV_{nj} = 0$ )、他の属性が変化しないと仮定すると、限界的な(marginal)WTP が得られる。

$$MWTP = - \frac{\frac{\partial V_{nj}}{\partial x_i}}{\frac{\partial V_{nj}}{\partial x_m}}$$

$x_m$  は金銭的変数である。ここでは年間電気使用料金である。MWTP をパラメーターを用いて次のように書く。

$$MWTP = - \frac{\beta_i}{\beta_m}$$

$\beta_i$  はある属性  $i$  の係数パラメーターである。 $\beta_m$  は金銭的変数の係数パラメーターである。ここでは年間電気使用料金に相当する。つまり WTP は各属性の係数パラメーターを金銭的変数の係数パラメーターで割ることで求められる。次の表 18、19 は節電行動の分析と省エネ機器購入の分析での得られた WTP である。ただし、ランダムパラメーターロジットモデル（個人属性なし）の推定結果を利用している。

表 18 WTP (節電行動)

CO2 排出量	-0.797
---------	--------

供給安定性	64.282
原子力	-55.446
太陽光	47.600
風力	22.468

表 19 WTP (省エネ機器購入)

初期費用	-0.861
補助金額	0.384
CO2 排出量	-0.318
供給安定性	30.779
原子力	-64.210
太陽光	62.529
風力	46.567

いずれも、供給安定性、再生可能エネルギーの WTP が高い。個人は供給安定性や再生可能エネルギーを高く評価していると分かる。一方で原子力の評価がマイナスである。

#### 6.2.4 弾力性の分析

ここでは弾力性の分析をする<sup>10</sup>。弾力性には自己弾力性と交差弾力性がある。自己弾力性とは例えば、選択肢 1 において価格が 1% 変化したとき、選択肢 1 の選択確率が何% 変化するかを見る。一方で交差弾力性は、選択肢 1 において価格が 1% 変化したとき、選択肢 1 以外の選択肢 2 や 3 の選択確率が何% 変化するかを見る。特に交差弾力性に注目する。その理由は本論文での目的の 1 つとして使用するエネルギー源が個人の節電や省エネ機器の購入にどのように影響するかに注目していた。仮に選択肢 2 や 3 への太陽光や風力の交差弾力性がプラスあれば、使用するエネルギー源が太陽光や風力になると選択肢 2 や 3 への選択確率が上昇することになり、太陽光や風力が節電や省エネ機器の購入に影響することになる。他にも供給安定性が確保されれば、選択肢 2 や 3 の選択確率が増加することも重要である。まず節電行動の分析について、ランダムパラメーターロジットモデルの弾力性を見る。表 20 はその結果をまとめたものである。

表 20 弾力性 (節電行動、ランダムパラメーターロジットモデル)

	選択確率					
--	------	--	--	--	--	--

<sup>10</sup> Ida and Kuroda(2005)では入れ子型ロジットモデルの、Ida and Kuroda(2009)ではランダムパラメーターロジットモデルの弾力性を計測している。対象は日本の通信サービスに対する需要である。

年間電気料金	選択肢1		選択肢2		選択肢3	
選択肢1	-0.0234	***	0.04317	***	0.02375	***
選択肢2	0.00589	***	-0.0401	***	0.02412	***
選択肢3	0.008	***	0.06708	***	-0.06908	***

	選択確率					
CO2 排出量	選択肢1		選択肢2		選択肢3	
選択肢1	0.12645	***	0.03385	***	-0.07842	***
選択肢2	-0.02168	***	0.01721	***	-0.09689	***
選択肢3	-0.0815	***	-0.06333	***	0.33516	***

	選択確率					
供給安定性	選択肢1		選択肢2		選択肢3	
選択肢1	0.32793	***	-0.22764	***	-0.09379	***
選択肢2	-0.08892	***	0.17369	***	-0.0991	***
選択肢3	-0.09347	***	-0.25225	***	0.34226	***

	選択確率					
原子力	選択肢1		選択肢2		選択肢3	
選択肢1	0.12643	***	0.05177	***	-0.00261	***
選択肢2	-0.03447	***	-0.03924	***	-0.0023	***
選択肢3	-0.0209	***	0.03408	***	0.00863	***

	選択確率					
太陽光	選択肢1		選択肢2		選択肢3	
選択肢1	0		-0.01	***	-0.08936	***
選択肢2	0		0.0088	***	-0.08908	***
選択肢3	0		-0.01659	***	0.254	***

	選択確率					
風力	選択肢1		選択肢2		選択肢3	
選択肢1	0		-0.01984	***	-0.02142	***
選択肢2	0		0.01892	***	-0.02408	***
選択肢3	0		-0.02001	***	0.10776	***

ほとんどすべてについて自己弾力性は正（年間電気料金については負）、交差弾力性は負

(年間電気料金については正)である。ただし、原子力について選択肢2においては自己弾力性は負、交差弾力性は正になっている。

次は入れ子型ロジットモデルでの弾力性である。

表 21 弾力性 (節電行動、入れ子型ロジットモデル)

	選択確率								
年間電気料金	選択肢1			選択肢2			選択肢3		
	ネスト間	ネスト内	合計	ネスト間	ネスト内	合計	ネスト間	ネスト内	合計
選択肢1	-0.037	0	-0.037	0.063	0	0.063	0.027	0	0.027
選択肢2	0.008	0	0.008	-0.013	-0.031	-0.044	-0.006	0.032	0.025
選択肢3	0.008	0	0.008	-0.013	0.073	0.06	-0.006	-0.073	-0.079

	選択確率								
CO2 排出量	選択肢1			選択肢2			選択肢3		
	ネスト間	ネスト内	合計	ネスト間	ネスト内	合計	ネスト間	ネスト内	合計
選択肢1	0.052	0	0.052	-0.03	0	-0.03	-0.04	0	-0.04
選択肢2	-0.014	0	-0.014	0.008	0.019	0.027	0.01	-0.048	-0.038
選択肢3	-0.014	0	-0.014	0.008	-0.036	-0.028	0.01	0.117	0.126

	選択確率								
供給安定性	選択肢1			選択肢2			選択肢3		
	ネスト間	ネスト内	合計	ネスト間	ネスト内	合計	ネスト間	ネスト内	合計
選択肢1	0.259	0	0.259	-0.19	0	-0.19	-0.074	0	-0.074
選択肢2	-0.067	0	-0.067	0.046	0.086	0.132	0.017	-0.088	-0.07
選択肢3	-0.067	0	-0.067	0.046	-0.227	-0.181	0.017	0.225	0.243

	選択確率								
原子力	選択肢1			選択肢2			選択肢3		
	ネスト間	ネスト内	合計	ネスト間	ネスト内	合計	ネスト間	ネスト内	合計
選択肢1	-0.196	0	-0.196	0.042	0	0.042	0.006	0	0.006
選択肢2	0.047	0	0.047	-0.01	-0.028	-0.038	-0.002	0.008	0.006
選択肢3	0.047	0	0.047	-0.01	0.049	0.04	-0.002	-0.031	-0.033

	選択確率								
太陽光	選択肢1			選択肢2			選択肢3		
	ネスト間	ネスト内	合計	ネスト間	ネスト内	合計	ネスト間	ネスト内	合計
選択肢1	0	0	0	-0.027	0	-0.027	-0.056	0	-0.056
選択肢2	0	0	0	0.007	0.008	0.014	0.015	-0.069	-0.054
選択肢3	0	0	0	0.007	-0.032	-0.026	0.015	0.131	0.146

	選択確率								
風力	選択肢1			選択肢2			選択肢3		
	ネスト間	ネスト内	合計	ネスト間	ネスト内	合計	ネスト間	ネスト内	合計
選択肢1	0	0	0	-0.009	0	-0.009	-0.007	0	-0.007
選択肢2	0	0	0	0.003	0.006	0.008	0.002	-0.008	-0.007
選択肢3	0	0	0	0.003	-0.011	-0.008	0.002	0.025	0.027

原子力を除いて自己弾力性は正（年間電気料金は負）、交差弾力性は負（年間電気料金は正）である。

次は省エネ機器購入の分析について弾力性を考える。まずはランダムパラメーターロジットモデルの弾力性である。表 22 はその計測結果である。

表 22 弾力性（省エネ機器購入、ランダムパラメーターロジットモデル）

	選択確率					
初期費用	選択肢1		選択肢2		選択肢3	
選択肢1	0		-0.2924	***	-0.1117	***
選択肢2	0		0.3690	***	0.2351	***
選択肢3	0		0.1796	***	-0.0730	***

	選択確率					
年間電気料金	選択肢1		選択肢2		選択肢3	
選択肢1	0		0.0905	***	0.0337	***
選択肢2	0		-0.2566	***	0.1281	***
選択肢3	0		0.1425	***	-0.2036	***

	選択確率					
補助金	選択肢1		選択肢2		選択肢3	
選択肢1	0		-0.0141	***	-0.0020	***

選択肢2	0		0.0473	***	-0.0048	***
選択肢3	0		-0.0242	***	0.0102	***

	選択確率					
CO2 排出量	選択肢1		選択肢2		選択肢3	
選択肢1	0		-0.0102	***	-0.0156	***
選択肢2	0		0.0422	***	-0.0425	***
選択肢3	0		-0.0401	***	0.0800	***

	選択確率					
供給安定性	選択肢1		選択肢2		選択肢3	
選択肢1	0.1186	***	-0.0471	***	-0.0379	***
選択肢2	-0.1621	***	0.2318	***	-0.0898	***
選択肢3	-0.0954	***	-0.0717	***	0.2046	***

	選択確率					
原子力	選択肢1		選択肢2		選択肢3	
選択肢1	0		-0.0295	***	-0.0038	***
選択肢2	0		0.0984	***	-0.0021	***
選択肢3	0		-0.0064	***	0.0202	***

	選択確率					
太陽光	選択肢1		選択肢2		選択肢3	
選択肢1	0		-0.0597	***	-0.0319	***
選択肢2	0		0.0851	***	-0.0734	***
選択肢3	0		-0.0858	***	0.1138	***

	選択確率					
風力	選択肢1		選択肢2		選択肢3	
選択肢1	0		-0.0161	***	-0.0280	***
選択肢2	0		0.0314	***	-0.0964	***
選択肢3	0		-0.0212	***	0.1254	***

まずは金銭的変数（初期費用、年間電気使用料金、補助金）の弾力性を説明する。初期費用については選択肢3の自己弾力性が負である。つまり初期費用が下がれば、選択肢3の選択確率が上がることになる。一方で選択肢2の自己弾力性は正である。初期費用が下がれば、選択肢2の選択確率が下がることになる。選択肢3に対する交差弾力性も正なので、



選択肢2での初期費用が下がれば、選択肢3の選択確率が下がることになる。選択肢3での選択肢2に対する交差弾力性は正なので、初期費用が下がれば、選択肢2の選択確率は低下する。次は年間電気使用料金の弾力性である。すべての選択肢において自己弾力性は負、交差弾力性は正であった。つまり年間電気使用料金が下がれば、その選択肢の選択確率は増加し、他の選択肢の選択確率は低下する。補助金についても同様の傾向が見られる。補助金が増えれば、その選択肢の選択確率は増加し、他の選択肢の選択確率は低下する。次に金銭的変数以外の弾力性を説明する。CO2排出量、供給安定性、使用する電源のすべてにおいて自己弾力性は正、交差弾力性は負である。例えば供給安定性が確保されればその選択肢の選択確率は上昇し、他の選択肢の選択確率は低下する。再生可能エネルギーについても使用する電源が再生可能エネルギーであればその選択肢の選択確率は上昇し、他の選択肢の選択確率は低下する。ただ原子力についても自己弾力性は正、交差弾力性は負である。原子力だとその選択肢に対する選択確率が上昇し、他の選択肢に対する選択確率は下がることになる。

入れ子型ロジットモデルについても弾力性を計算した。表23はその結果である。

表23 弾力性（省エネ機器購入、入れ子型ロジットモデル）

	選択肢1			選択肢2			選択肢3		
初期費用	選択肢1			選択肢2			選択肢3		
	ネスト間	ネスト内	合計	ネスト間	ネスト内	合計	ネスト間	ネスト内	合計
選択肢1	0	0	0	-0.067	0	-0.067	-0.109	0	-0.109
選択肢2	0	0	0	0.058	0.323	0.381	0.098	-0.462	-0.364
選択肢3	0	0	0	0.058	-0.278	-0.22	0.098	0.466	0.564

	選択肢1			選択肢2			選択肢3		
年間電気料金	選択肢1			選択肢2			選択肢3		
	ネスト間	ネスト内	合計	ネスト間	ネスト内	合計	ネスト間	ネスト内	合計
選択肢1	0	0	0	0.052	0	0.052	0.042	0	0.042
選択肢2	0	0	0	-0.042	-0.188	-0.23	-0.035	0.172	0.137
選択肢3	0	0	0	-0.042	0.209	0.167	-0.035	-0.176	-0.211

	選択肢1			選択肢2			選択肢3		
補助金額	選択肢1			選択肢2			選択肢3		
	ネスト間	ネスト内	合計	ネスト間	ネスト内	合計	ネスト間	ネスト内	合計
選択肢1	0	0	0	-0.016	0	-0.016	-0.005	0	-0.005
選択肢2	0	0	0	0.013	0.068	0.081	0.004	-0.019	-0.015

選択肢3	0	0	0	0.013	-0.064	-0.051	0.004	0.018	0.022
------	---	---	---	-------	--------	--------	-------	-------	-------

	選択確率								
CO2 排出量	選択肢1			選択肢2			選択肢3		
	ネスト間	ネスト内	合計	ネスト間	ネスト内	合計	ネスト間	ネスト内	合計
選択肢1	0	0	0	-0.011	0	-0.011	-0.015	0	-0.015
選択肢2	0	0	0	0.009	0.034	0.043	0.013	-0.064	-0.05
選択肢3	0	0	0	0.009	-0.044	-0.035	0.013	0.056	0.069

	選択確率								
供給安定性	選択肢1			選択肢2			選択肢3		
	ネスト間	ネスト内	合計	ネスト間	ネスト内	合計	ネスト間	ネスト内	合計
選択肢1	0.092	0	0.092	-0.023	0	-0.023	-0.034	0	-0.034
選択肢2	-0.08	0	-0.08	0.021	0.17	0.19	0.029	-0.141	-0.112
選択肢3	-0.08	0	-0.08	0.021	-0.098	-0.078	0.029	0.165	0.195

	選択確率								
原子力	選択肢1			選択肢2			選択肢3		
	ネスト間	ネスト内	合計	ネスト間	ネスト内	合計	ネスト間	ネスト内	合計
選択肢1	0	0	0	0.015	0	0.015	0.001	0	0.001
選択肢2	0	0	0	-0.014	-0.107	-0.121	-0.001	0.006	0.005
選択肢3	0	0	0	-0.014	0.064	0.05	-0.001	-0.028	-0.029

	選択確率								
太陽光	選択肢1			選択肢2			選択肢3		
	ネスト間	ネスト内	合計	ネスト間	ネスト内	合計	ネスト間	ネスト内	合計
選択肢1	0	0	0	-0.036	0	-0.036	-0.043	0	-0.043
選択肢2	0	0	0	0.027	0.042	0.069	0.039	-0.182	-0.144
選択肢3	0	0	0	0.027	-0.141	-0.114	0.039	0.092	0.13

	選択確率								
風力	選択肢1			選択肢2			選択肢3		
	ネスト間	ネスト内	合計	ネスト間	ネスト内	合計	ネスト間	ネスト内	合計
選択肢1	0	0	0	-0.015	0	-0.015	-0.046	0	-0.046

選択肢2	0	0	0	0.014	0.015	0.029	0.041	-0.195	-0.154
選択肢3	0	0	0	0.014	-0.066	-0.051	0.041	0.126	0.167

ほとんどの属性についてランダムパラメーターロジットモデルのときと同じ傾向にある。つまり自己弾力性は正（初期費用と年間電気料金は負）、交差弾力性は負（初期費用と年間電気料金は正）である。

## 7 結論

本論文では個人の節電や省エネ機器の選好を分析した。その際、年間使用料金や初期費用、補助金のような金銭的な要因以外に CO2 排出量や使用する主なエネルギー源といった金銭的な要因以外の要因がどのように個人の節電や省エネ機器の選好に影響するかに注目した。表明選好の1つであるコンジョイント分析を行い、推定にはランダムパラメーターロジットモデルと入れ子型ロジットモデルを使用した。その結果、金銭的な要因には大きく反応した。つまり年間使用料金が安くなるほど、初期費用が下がるほど、補助金の比率が上がるほど選択確率は上昇する。一方で金銭的な要因以外では CO2 排出量が増えると選択確率は下がり、供給安定性が確保されると選択確率は上がり、原子力だと選択確率は下がり、再生可能エネルギーだと選択確率は上がった。WTP でも供給安定性や再生可能エネルギーに対しては正の評価があるものの、CO2 排出量の増加や原子力には負の評価である。節電や省エネ機器の普及にはその安定性も必要であるが、使用するエネルギー源も大きく影響すると思われる。発電方法が再生可能エネルギーだと普及する可能性があり、太陽光パネルや風力発電機と同時に蓄電池の普及も必要であると思われる。問題は長期的な節電を促すこと、CO2 排出量の削減は個人が削減に取り組まなくても他の誰かが削減に取り組んでくれば社会全体で目標とされる CO2 削減が実現できてしまうため、個人が節電に取り組む、省エネ機器に投資するインセンティブを持たなくなる、いわゆるフリーライドの問題が生じることである。個人に節電や省エネ機器への投資を促すために補助金は必要となるかもしれない。しかしながら、補助金に対する WTP は 0.384 とそれほど高くない。個人の再生可能エネルギーの関心が高いため、補助金がなくても個人は省エネ機器の購入に積極的になるかもしれない。

節電や省エネを促すこと、再生可能エネルギーを普及させることは日本では重要な課題である。本論文では個人の再生可能エネルギーへの関心が明らかになると同時に、再生可能エネルギーへの関心を利用すれば節電や省エネを促すことも可能であることも分かった。ただ再生可能エネルギーは天候に左右されるため、同時に蓄電池も普及させ供給の安定化に努める必要もある。

## 参考文献

Alberini, Anna, Silvia Banfi and Celine Ramseier(2013)"Energy efficiency investments in the home: Swiss homeowners and expectations about future energy prices", *The Energy Journal*, Vol.34,No.1,pp.49-86

Allcott, Hunt(2011) "Social norms and energy conservation" *Journal of Public Economics*,95 ,p1082-1095

Allcott, Hunt and Judd B. Kessler(2015)"The welfare effects of nudges: a case study of energy use social comparisons", NBER working paper series 21671, National bureau of economic research,pp.1-74

Allcott, Hunt and Todd Rogers(2014)"The short-run and long-run effects of behavioral interventions: experimental evidence from energy conservation", *American Economic Review*, Vol.104,No.10, pp.3003-3037

Arimura, Toshi H., Hajime Katayama and Mari Sakudo(2014) "Do social norms matter to energy saving behavior? Endogenous social and correlated effects", *TCER Working Paper Series* ,E-76, Tokyo Center for Economic Research

Arimura, Toshi H.,Shanjun Li, Richard G. Newell and Karen Palmer(2011) "Cost-effectiveness of electricity energy efficiency programs", NBER working paper series 17556, National bureau of economic research,pp.1-44

Ayres, Ian , Sophie Raseman and Alice Shin(2013)"Evidence from two large field experiments that peer comparison feedback can reduce residential energy usage", *Journal of law economics and organization*,Vol.29,pp.992-1022

Banfi, Silvia, Mehdi Farsi, Massimo Filippini and Martin Jakob(2008)," Willngness to pay for energy-saving measures in residential buildings", *Energy Economics*, 30 p503-516

Bergmann, Ariel , Nick Hanley and Robert Wright(2006)"Valuing the attributes of renewable energy investments", *Energy Policy*, Vol.34, pp.1004-1014

Borchers, Allison M., Joshua M. Duke and George R. Parsons(2007), "Does willingness to pay for green energy differ by source?", *Energy Policy*, 35, p3327-3334

Costa, Dora L. and Mattew E. Kahn(2013) "Energy conservation "Nudges" and environmentalist ideology: Evidence from a randomized residential electricity field experiment" *Journal of the European Economic Association*,11, p680-702

Davis Lucas W. and Gilbert E. Metcalf(2014)"Does better information lead to better choices? Evidence from energy-efficiency labels", NBER working paper series 20720, National bureau of economic research,pp.1-51

Fowlie, Meredith, Michael Greenstone and Catherine Wolfram(2015) "Do energy efficiency investments deliver? Evidence from the weatherization assistance program",

- NBER working paper series 21331, National bureau of economic research, pp.1-56
- Goett, Andrew, Kathleen Hudson and Kenneth Train(2000), "Customers' choice among retail energy suppliers: The willingness-to-pay for service attributes", *The Energy Journal*,21,p1-28
- Greene, William H. and David A. Hensher(2010) *Modeling Ordered Choices*, Cambridge
- Grosche, Peter and Colin Vance(2009) "Willingness to pay for energy conservation and free-ridership on subsidization: evidence from Germany", *The Energy Journal*, Vol.30 No2, pp.135-153
- Hensher ,David A., John M.Rose and William H.Greene(2005),*Applied Choice Analysis A primer*, Cambridge
- Ida, Takanori and Toshifumi Kuroda(2006) "Discrete choice analysis of demand for broadband in Japan", *Journal of Regulatory Economics*,29:1,p5-22
- Ida, Takanori and Toshifumi Kuroda(2009) "Discrete choice model analysis of mobile telephone service demand in Japan", *Empirical Economics*,36,p65-80
- Ida, Takanori, Kayo Murakami and Makoto Tanaka(2014) "A stated preference analysis of smart meters, photovoltaic generation, and electric vehicles in Japan: Implications for penetration and GHG reduction", *Energy research & Social science*, Vol.2, pp.75-89
- Ida, Takanori, Kousuke Takemura and Masayuki Sato(2015), "Inner conflict between nuclear power generation and electricity rates: A Japanese case study", *Energy Economics*, 48, p61-69
- Ito, Koichiro, Takanori Ida and Makoto Tanaka(2015) "The persistence of moral suasion and economic incentives: Field experimental evidence from energy demand", *NBER Working Paper Series* 20910
- 経済産業省 資源エネルギー庁「再生可能エネルギーの平成 28 年度の買取価格・賦課金単価を決定しました」
- <http://www.meti.go.jp/press/2015/03/20160318003/20160318003.html>
- 栗山浩一・庄子康編著(2005)『環境と観光の経済評価』、頸草書房
- 栗山浩一・柘植隆宏・庄子康(2012)『初心者のための環境評価入門』、頸草書房
- Kwak, So-Yoon, Seung-Hoon Yoo and Seung-Jun Kwak(2010) "Valuing energy-saving measures in residential buildings: A choice experiment study", *Energy Policy*, Vol.38, pp.673-677
- Louviere, Jordan J., David A.Hensher and Joffre D.Swait(2000),*Stated Choice Methods Analysis and Application*, Cambridge
- McFadden (1974),"Conditional logit analysis of qualitative choice behavior", in P. Zarembka,ed., *Frontiers in Econometrics*, Academic Press, New York, p.105-142
- Mizobuchi, Kenichi and Kenji Takeuchi(2012)"The influences of economic and

- psychological factors on energy-saving behavior : A field experiment in Matsuyama, Japan", *Discussion Paper*, No.1206, Faculty of Economics ,Kobe University
- Mizobuchi, Kenichi and Kenji Takeuchi(2013)"The influences of financial and non-financial factors on energy-saving behaviour : A field experiment in Japan", *Energy Economics*,63, p775-787
- Mizobuchi, Kenichi and Kenji Takeuchi(2016) "Replacement or additional purchase: the impact of energy-efficient appliances on household electricity saving" ,*Energy Policy*,93,p137-148
- Murakami, Kayo, Takanori Ida, Makoto Tanaka and Lee Friedman(2015), "Consumers' willingness to pay for renewable and nuclear energy: A comparative analysis between the US and Japan", *Energy Economics*, 50, p178-189
- 中川雅央・大森恵子・栗田郁真・村上佳世 (2013)「家庭部門における価格帯別省エネルギー機器・設備の導入促進のための経済的手法の効果分析」、KIER Discussion Paper Series No.1305、京都大学経済研究所
- 中島みき・依田高典・木下信(2006)「家庭用エネルギー需要のコンジョイント分析」『公益事業研究』第58巻第2号 p23-33
- Newell, Richard G. and Juha V. Siikamaki(2013)"Nudging energy efficiency behavior: the role of information labels", NBER working paper series 19224, National bureau of economic research,pp.1-41
- Poortinga Wouter , Linda Steg , Charles Vlek and Gerwin Wiersma(2003) "Household preferences for energy-saving measures: A conjoint analysis", *Journal of Economic Psychology*, 24, p49-64
- Revelt, David and Kenneth Train(1998) "Mixed logit with repeated choices: Households' choices of appliance efficiency level", *The review of economics and statistics*,Vol.80,No.4, pp.647-657
- Roe, Brian, Mario F. Teisl, Alan Levy and Matthew Russel(2001), "US consumers' willingness to pay for green electricity", *Energy Policy*, 29, p917-925
- Scarpa, Riccardo and Ken Willis(2010), "Willingness-to-pay for renewable energy : Primary and discretionary choice of British households' for micro-generation technologies", *Energy Economics* ,32, p129-136
- Sundt, Swantje and Katrin Rehdanz(2015)"Consumer' willingness to pay for green electricity: a meta-analysis of the literature", *Energy Economics*,Vol.51,pp.1-8
- Tanaka, Makoto and Takanori Ida(2013) "Voluntary electricity conservation of households after the Great East Japan Earthquake: A stated preference analysis", *Energy Economics*, 39, p296-304
- Train ,Kenneth E. (2002), *Discrete Choice Methods with Simulation*, Cambridge

柘植隆宏・栗山浩一・三谷羊平(2011)『環境評価の最新テクニック』、頸草書房

Yoo, James and Richard C. Ready(2014) "Preference heterogeneity for renewable energy technology", *Energy Economics*, Vol.42,pp.101-114