

ISSN 1881-6436

## Discussion Paper Series

No. 15-03

エネルギー源とそのリスクが節電行動に与える影響：コンジョイント分析による計測

木下信

2016年3月

612-8577 京都市伏見区深草塚本 67  
龍谷大学経済学部

# エネルギー源とそのリスクが節電行動に与える影響：コンジョイント分析による計測

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、家庭でも節電の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、家庭が節電する要因をコンジョイント分析した。要因として、1カ月当たりの電気料金、CO<sub>2</sub>排出量、停電の可能性とその時間、主に使用する電源（原子力、石炭火力、天然ガス火力、太陽光、風力）を考えた。その結果、電気料金が上昇する、停電時間が長くなることが節電に影響すると分かった。2016年4月に始まった家庭も含めた電力自由化で再生可能エネルギーを評価して事業者を選択する家庭もいると思われる。そのような想定から供給が不安定と言われる再生可能エネルギーを主な電源に使用する際、家庭は節電するのに関心があったが、そのような結果には至らなかった。

キーワード 節電、コンジョイント分析、再生可能エネルギー、電力小売自由化

## JEL classification

---

<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

## C25,L51,L94,L95,Q28

### 1. はじめに<sup>2</sup>

2011年3月の東日本大震災以降、原子力発電所の停止に伴い、電力不足が懸念されてきた。震災直後は東京電力管内では実際に計画停電が実施され、関西電力管内でも原子力発電所が停止している間は、夏と冬の電力ピーク時にはたびたび節電の要請があった。2015年に入り、九州電力の川内原子力発電所が再稼働し、その後関西電力の高浜原子力発電所も再稼働された。しかしながら、すべての原子力発電所が再稼働するには至っておらず、今後も電力不足から節電要請や停電の懸念は続く予想され、将来の電源構成やエネルギー効率を考えることは必要であると思われる。それとともに各家庭にも節電を促し、省エネを促進することは必要であると思われる。

政府は2015年6月にエネルギー計画において、2030年度における電源構成（ベスト・ミックス）を発表している。原子力発電の比率を現在停止している原子力発電所を再稼働させることを前提に2割程度にする。太陽光を始めとする再生可能エネルギーを2割程度にするという内容である。原子力や化石燃料に代わるエネルギー源として再生可能エネルギーの普及を目指すというのが大きなポイントである。そのために2012年7月より固定価格買取制度を実施している。しかし2013年度でわずか2.2%<sup>3</sup>であることを考えると再生可能エネルギーの普及はまだ道半ばであるといえる。その他、CO<sub>2</sub>を始めとする地球温暖化ガスの排出を減らす必要もある。そのために火力発電の比率を減らし、再生可能エネルギーの比率を増やす必要がある。震災直後は火力発電を中心にしたため、CO<sub>2</sub>排出量は増加したものの、2014年度は再生可能エネルギーの普及や省エネの成果で2013年度比で3%減少とようやく減少に転じたようである<sup>4</sup>。

本論文の目的は、家計がどのような要因で節電するかを定量的に計測することである。その手法としてコンジョイント分析を用いる。注目すべき点はいくつかある。震災直後、東京電力管内では実際に計画停電はあったものの、関西電力管内では節電要請はあったものの、これまで一度も計画停電は行われていない。現実的には今後も計画停電を含む供給不安はないと思われる。しかしながら、原子力発電所が今後も順調に再稼働せず、一般的に供給が不安定とされる再生可能エネルギーが普及すると、停電の可能性が少なからず残ることを想定しないといけない。そこで本論文では実際に停電する可能性を考え、停電の可能性が存在し停電時間が長くなるリスクがあると家計はどれだけ節電する意思があるかを計測した。さらに主に使用する電源と節電行動の関係も計測した。原子力発電に反対し、再生可能エネルギーを支持するのであれば、仮に停電の可能性が高ければ、節電する意思

---

<sup>2</sup> 本論文は「平成27年度龍谷大学科研費申請助成制度」の資金（20万円）を使用した。

<sup>3</sup> 経済産業省 資源エネルギー庁「日本のエネルギー情勢」より。

<http://www.enecho.meti.go.jp/about/faq/001/>

<sup>4</sup> 環境省試算による。

があるのか計測した。2016年4月より家庭部門でも電力の小売自由化が始まる。その結果、各家庭は自由に電力の事業者を選択することができる。原子力に反対し、再生可能エネルギーを支持するので、原子力発電所を持たず再生可能エネルギーを主な電源として電力を供給している事業者を選択する家庭も存在するかもしれない。そのような再生可能エネルギーを支持することが節電行動に影響するのに関心のあるところである。地球温暖化対策としてCO<sub>2</sub>を減らすために節電するかも計測した。震災直後と比較して、電力不足の問題は原子力発電所の再稼働に目途がついたことにより多少は解消された。しかし、今後も順調に原子力発電所が再稼働される保証はなく、原子力発電の比率を減らし、さらに地球温暖化ガスを減らすのであれば火力発電も減らし、再生可能性エネルギーを増やすのであれば、節電の必要は十分あると考えられる。

本論文の構成は次のとおりである。続く第2節では日本でのエネルギーを取り巻く環境と各所で実施されている省エネや節電の取り組みを紹介する。第3節では先行研究を紹介する。第4節では本論文で実施したコンジョイント分析の説明と実際のアンケートの内容を説明する。第5節ではアンケートの集計結果を解説する。第6節ではアンケート結果を分析するための計量分析の方法を説明し、第7節では推定結果を考察する。最後に第8節で、得られた推定結果から政策的含意を提言する。

## 2. 日本でのエネルギーを取り巻く環境と省エネ、節電の動き

2011年3月の東日本大震災以降、日本のエネルギーを取り巻く環境は大きく変化した。まず原子力発電所の停止に伴い、総発電量に占める原子力の割合は大きく低下した。2015年に入り、九州電力の川内原発の再稼働が見られるものの、震災以前の状態まで原子力発電の割合を戻すことは困難に思われる。

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）案を策定した<sup>5</sup>。原子力発電の比率を再稼働により2013年度の1%から20~22%に引き上げ、再生可能エネルギーの比率を2013年度の2%から22~24%に増やす計画である。一方で石炭火力を30%から26%に引き下げ、LNG火力も43%から27%に引き下げる。

このような電源構成を達成するためには、再生可能エネルギーの普及が急務である。再生可能エネルギーの普及を目指し、2012年7月に再生可能エネルギーの固定価格買取制度が開始された。発電事業者が太陽光発電や風力発電で発電した電力を電力会社が買い取る制度である。しかしその買取価格は高いと言われており、家庭への電気料金上昇という形で転嫁されるという問題がある。実際、経済産業省資源エネルギー庁の試算によると、2016年度からは月600円台後半になる見通しであり、買取制度が始まった2012年度の10倍になると言われている<sup>6</sup>。

<sup>5</sup> 経済産業省 資源エネルギー庁[2015]「長期エネルギー需給見通し 平成27年7月」

<sup>6</sup> 日本経済新聞朝刊1面、2016年3月18日

夏・冬の電力需要のピーク時のひっ迫を回避するため、各電力会社は各家庭に節電要請を行っている。需要家の行動を変化させるために、デマンド・レスポンスという取り組みがある<sup>7</sup>。デマンド・レスポンスとは、卸市場価格の高騰時または系統信頼性の低下時において、電気料金価格の設定またはインセンティブの支払いに応じて需要家側が電力の使用を抑制するように電力の消費パターンを変化させることを言う。デマンド・レスポンスには大きく分けて、電気料金型とネガワット取引がある。電気料金型には時間帯別料金、ピーク別料金、リアルタイム料金などがある。例えば、時間帯別料金では一般的に電気使用量が集中する時間帯の料金を高めに設定し、需要家に割高な時間帯での電気の使用を避け、割安な時間帯での電気の使用を促す。リアルタイム料金では需給バランスに一刻一刻対応して電気料金が増減する。ネガワット取引では、電力会社が需要家と契約を結び、卸電力価格が高騰またはひっ迫した際に、電力会社の要請に応じて負荷抑制・遮断を実行し、対価を得る仕組みである。

節電や省エネを促す取り組みとして、他にスマートシティ計画がある。日本ではけいはんな地区、北九州、豊田市、横浜市の4地域で実験が行われている。いくつかの世帯を対象にして、デマンド・レスポンスの実験や地球温暖化ガスの削減、電気自動車の導入、スマートメーターの導入による電力の見える化を行い、家庭に対して、意識的に電力消費の削減をさせるように取り組んでいる。

最後に最近のエネルギーを取り巻く環境として、電力の小売自由化を挙げておく。電力の小売自由化は大口需要家を対象に2000年から実施されてきたが、以降小口化され、2016年4月からは一般家庭も自由化の対象となった。つまり各家庭も自由に電力会社を選べるようになった。家庭は既存の地域電力会社だけでなく、多地域の電力会社や新規参入事業者から電力の購入が可能になる。事業者の中には、太陽光など再生可能エネルギーを主な電源として電力を供給しているものもあると考えられ、中には原子力発電に反対するので、原子力発電所を所有していない、再生可能エネルギーを主な電源として使用している事業者に乗り換えるということも考えられる。本論文では家庭の節電行動を分析しているが、今後の電力小売り自由化や政府の電源構成（ベスト・ミックス）も考えて、主に使用する電源と節電行動の関係を考え、さらにはそれぞれの電源が持つ特徴、とりわけ停電可能性や地球温暖化などリスクに着目し、これらの特徴を意識した上で各家庭が節電するのか考えることが本論文の注目するところである。

### 3. 先行研究のサーベイ

---

試算の詳細は経済産業省 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」にある。

<http://www.meti.go.jp/press/2015/03/20160318003/20160318003.html>

<sup>7</sup> 経済産業省 資源エネルギー庁「デマンドレスポンスについて 平成27年3月」

東日本大震災以降、日本では節電に関する研究が多く発表されている。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。

以上の研究は東日本大震災後の日本での節電に関する研究であるが、研究の手法としてはコンジョイント分析とフィールド実験によるものがある。本研究はコンジョイント分析を使用している。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。Costa and Kahn[2015]では、電力会社の節電要請という口出し(Nudges)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。最後に社会的規範(social norm)が節電行動にどのように影響するかを計測した研究を紹介しておく。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。このような非価格の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。

以上より、家庭の節電行動に影響する要因は電気料金の変化など金銭的な要因が大きく、その他の要因として心理的な要因や他人と比べて、社会的な重要性を考えて節電するかどうかという研究が見られる。本論文でも料金だけでなく、社会的な要請が家庭の節電にど

のように影響するかという点に着目する。具体的にはCO<sub>2</sub>排出といった地球温暖化問題、停電に対するリスク、主に使用する電源である。停電も社会的なコストは大きい。そのような点を意識して節電するかは重要な点である。再生可能エネルギーはCO<sub>2</sub>排出を減らすという社会的な要請を満たし、再生可能エネルギーの普及とともに家庭の節電に影響するかも注目すべき点である。

#### 4. コンジョイント分析

本論文では、家庭によるエネルギー源の選好についてコンジョイント分析により計測した<sup>8</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、選択してもらう表明選好法(Stated Preference Method,SP)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よく使われる。本論文では、将来の停電可能性や主に使用する電源の想定など将来の仮想的な状況を提示して、それに対する意思決定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てそれを組み合わせてプロフィールを作成するが、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、プロフィールを作成した。なお直交計画法はSPSS conjointを使用した。

本論文では家庭の節電行動を計測するため、次のような選択肢を想定した。

- 選択肢① 10～20%減らす
- 選択肢② 5～10%減らす
- 選択肢③ 変えない
- 選択肢④ 増やす

これらの選択肢は順序が明確であるため、計量分析では順序ロジット・モデルを使用した。

次にプロフィールで用いた属性を説明する。想定した属性は1カ月当たり電気料金の増減、CO<sub>2</sub>排出量、停電の有無とその時間、主に使用する電源である。

---

<sup>8</sup> コンジョイント分析については、Louviere etc.[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。家庭の電力とガスの間のエネルギー選好を計測している。

1 カ月当たり電気料金は現状と比較していくら増加するか減少するかを想定した。具体的には0円、+500円、+1000円、+1500円、+2000円、-500円、-1000円、-1500円、-2000円を想定した。水準は後で説明する主に使用する電源とも関係するが、原子力発電を再稼働する場合、現状より安く、火力は燃料高や為替レートの影響を受け、高くなる可能性も想定し、再生可能エネルギーは固定価格買い取り制度を想定し、高くなる可能性も想定した。

CO<sub>2</sub>排出量は2030年までに京都議定書の基準年である1990年と比べて何%増加あるいは減少するかを考えている。水準は0%、10%増加、20%増加、10%減少、20%減少を想定した。原子力はCO<sub>2</sub>を減少、火力（特に石炭）は増加、再生可能エネルギーは減少を想定した。

供給安定性は次のような場合を想定した。

- ①1年間で1時間以上の停電が1回（60分）
- ②1年間で30分の停電が1回（30分）
- ③1年間で数分の停電が1回（3分）
- ④1年間で数秒の停電が1回（0.05分）
- ⑤停電なし（常に安定的に供給される）（0分）

停電になる理由についても説明した。原子力発電所事故による停電、夏場・冬場の電力不足による停電あるいは計画停電、再生可能エネルギーの場合、日照時間や風による自然現象による供給不安定性が想定される。

主に使用する電源として、原子力、石炭火力、天然ガス（LNG）、太陽光、風力を想定した。その際、想定する電源比率も提示した。

原子力中心：原子力40%、火力（石炭）20%、火力（天然ガス）20%、再生可能エネルギー10%、水力10%

火力（石炭）中心：原子力10%、火力（石炭）40%、火力（天然ガス）30%、再生可能エネルギー10%、水力10%

火力（天然ガス）中心：原子力10%、火力（石炭）30%、火力（天然ガス）40%、再生可能エネルギー10%、水力10%

再生可能エネルギー中心（太陽光、風力）：原子力0%、火力（石炭）30%、火力（天然ガス）30%、再生可能エネルギー30%、水力10%

さらに各電源で想定されるリスクについても説明した。これはある電源を支持するのであれば、それに伴うリスクも承知した上で節電するかを調べるためである。



原子力：原発事故

火力（石炭）：CO<sub>2</sub>排出による地球温暖化問題

火力（天然ガス）：燃料費の上昇による値上げ

再生可能エネルギー：供給不安定性

以上のような属性とその水準を考え、直交計画法によりプロフィールを作成した。表1がプロフィールの例である。このようなプロフィールを1人当たり10問答えてもらった。なおできるだけたくさんのプロフィールを使用したいため、一連のプロフィールを2パターン作成し、サンプルを2つに分け、それぞれ別々に10問を答えてもらった。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。関東と関西<sup>9</sup>で400サンプルずつ、合計800サンプルである。関東と関西のそれぞれ400サンプルを半分に分け、それぞれに2パターンのプロフィールの1つを答えてもらっている。アンケートは2015年10月16日（金）に実施した。

表1 プロフィール例

属性	値
料金（1カ月当たり）	2000円低下
CO <sub>2</sub> 排出量	20%減少
停電（1年あたり）	停電なし
主な電源	原子力

次節ではアンケートの内容と集計結果を説明する。

## 5. アンケートの集計結果

本節ではアンケートの集計結果を説明する。コンジョイント分析と同時に個人属性やエネルギー問題について様々な意識調査をした。

表2 個人属性

### ①職業

	数	%
全体	800	100.0
会社員	416	52.0

<sup>9</sup> 関東は埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県であり、関西は滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県である。

公務員	42	5.3
学生	1	0.1
無職(主婦、定年退職含む)	193	24.1
自営業	65	8.1
その他	83	10.4

②年収(家計所得)

	数	%
全体	800	100.0
200万円未満	169	21.1
200万円～399万円	152	19.0
400万円～599万円	187	23.4
600万円～799万円	127	15.9
800万円～999万円	90	11.3
1,000万円以上	75	9.4

③学歴

	数	%
全体	800	100.0
中卒・高卒	193	24.1
専門学校・短大卒	170	21.3
大卒・大学院卒	437	54.6

④家族構成

	数	%
全体	800	100.0
単身	147	18.4
2人	205	25.6
3人	197	24.6
4人	179	22.4
5人	58	7.3
6人以上	14	1.8

⑤住居形態

	数	%

全体	800	100.0
1戸建(2世帯住宅含む)	410	51.3
集合住宅(マンション、アパート、団地など)	372	46.5
社宅、寮など	18	2.3

⑥性別

	数	%
全体	800	100.0
男性	523	65.4
女性	277	34.6

⑦年齢

	値
全体	800
平均値	48.01
最小値	21.00
最大値	69.00

表3 意識調査

①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	%
全体	800	100.0
非常にそう思う	260	32.5
ややそう思う	319	39.9
どちらとも言えない	169	21.1
あまりそう思わない	39	4.9
全くそう思わない	13	1.6

②東日本大震災後、節電を意識するようになりましたか。

	数	%
全体	800	100.0
かなり意識するようになった	226	28.3
少し意識するようになった	356	44.5
あまり変わらない	198	24.8
ほとんど意識しない	20	2.5

③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。

1) 原子力

	数	%
全体	800	100.0
1 位	157	19.6
2 位	51	6.4
3 位	92	11.5
未回答	500	62.5

2) 火力（石炭）

	数	%
全体	800	100.0
1 位	21	2.6
2 位	41	5.1
3 位	39	4.9
未回答	699	87.4

3) 火力（天然ガス）

	数	%
全体	800	100.0
1 位	123	15.4
2 位	138	17.3
3 位	89	11.1
未回答	450	56.3

4) 水力

	数	%
全体	800	100.0
1 位	71	8.9
2 位	151	18.9
3 位	129	16.1
未回答	449	56.1

5) 太陽光

	数	%
全体	800	100.0
1位	300	37.5
2位	141	17.6
3位	125	15.6
未回答	234	29.3

6) 風力

	数	%
全体	800	100.0
1位	18	2.3
2位	107	13.4
3位	114	14.3
未回答	561	70.1

7) 地熱

	数	%
全体	800	100.0
1位	58	7.3
2位	95	11.9
3位	103	12.9
未回答	544	68.0

8) バイオマス

	数	%
全体	800	100.0
1位	30	3.8
2位	45	5.6
3位	64	8.0
未回答	661	82.6

9) 潮力・波力

	数	%
全体	800	100.0

1位	15	1.9
2位	29	3.6
3位	43	5.4
未回答	713	89.1

④現在のエネルギーを取り巻く問題について深刻度（リスク）について5段階で答えて下さい。

	数	最も深刻でない	↑	どちらでもない	↓	最も深刻
1.原発事故	800 100.0	11 1.4	18 2.3	88 11.0	148 18.5	535 66.9
2.地球温暖化問題	800 100.0	19 2.4	32 4.0	125 15.6	357 44.6	267 33.4
3.電気料金の上昇	800 100.0	19 2.4	47 5.9	226 28.3	355 44.4	153 19.1
4.電力不足による停電	800 100.0	21 2.6	75 9.4	240 30.0	308 38.5	156 19.5
5.再生可能エネルギーの普及	800 100.0	56 7.0	69 8.6	332 41.5	237 29.6	106 13.3
6.太陽光発電、風力発電設備による景観の悪化	800 100.0	133 16.6	164 20.5	307 38.4	153 19.1	43 5.4
7.電力小売り自由化	800 100.0	109 13.6	139 17.4	392 49.0	109 13.6	51 6.4
8.電力会社の倒産	800 100.0	71 8.9	95 11.9	344 43.0	190 23.8	100 12.5

⑤CO2削減について

	数	%
全体	800	100.0

さらに減らすべき	421	52.6
少し減らせばいい	260	32.5
減らす必要はない	55	6.9
増やしてもいい	12	1.5
分からない	52	6.5

意識調査の結果について解説しておく、東日本大震災以降、電気料金が高くなったと感じている人が多く、節電を意識するようになった人も多い。そして今後のふさわしいエネルギー源として、太陽光と答えている人が最も多かった。次に天然ガス火力と水力、次いで原子力というところである。CO<sub>2</sub>についてはさらに減らすべきと考えている人が多く、エネルギーを取り巻くリスクについては、原発事故、地球温暖化問題、停電を深刻と考えている人が多かった。

## 6. 計量分析

本論文ではアンケートで得られた結果を計量経済分析をした。各家庭にふさわしい選択肢を選択してもらうのだが、選択肢に明確な序列があるため、順序ロジット・モデルを用いた<sup>10</sup>。選択肢は次の4つであった。

選択肢① 10～20%減らす

選択肢② 5～10%減らす

選択肢③ 変えない

選択肢④ 増やす

回帰モデルは

$$y_i^* = \sum \beta x_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

となる。 $y_i^*$  は潜在的な効用水準である。 $\varepsilon$  は誤差項である。順序ロジット・モデルにおいてもランダム効用モデルで説明できる。個人がある選択肢を選択するメカニズムは次のようになる。

$$\begin{aligned}
 y_i &= 1 \text{ if } c_{-1} < y_i^* \leq c_0 \\
 &= 2 \text{ if } c_0 < y_i^* \leq c_1 \\
 &= 3 \text{ if } c_1 < y_i^* \leq c_2
 \end{aligned}$$

<sup>10</sup> 順序ロジット・モデルの説明は Greene and Hensher(2010)を参考にした。

$$=4 \text{ if } c_2 < y_i^* \leq c_3$$

c はある選択肢を選択する閾値である。例えば、ある個人の効用水準が  $c_1$  から  $c_2$  の間にあるとき、選択肢 3 を選択する。順序ロジット・モデルではパラメータ  $\beta$  だけでなく、閾値  $c$  も推定することになる。各選択肢を選択する確率を定式化し、対数尤度関数を作り、これを最大化するパラメータ  $\beta, c$  を最尤法で推定する。

## 7. 推定結果

本節では順序ロジット・モデルの推定結果を解説する。まず各選択肢の選択数は表 3 のとおりである。

表 3 選択数

選択肢	数
1	1922
2	3180
3	2682
4	216

全体的には節電する傾向にある。しかし「③変えない」も多い。

表 4 はプロフィールに記載した選択に関わる条件のみを説明変数にした推定結果である。

表 4 推定結果

	係数	標準誤差	Z値	p値	限界効果
料金	-0.000197	0.000017	-11.33	0.00	0.000035
CO2	-0.003646	0.003198	-1.14	0.25	0.000656
停電	-0.002903	0.001079	-2.69	0.01	0.000523
原子力	0.105617	0.111215	0.95	0.34	-0.018689
天然ガス	0.117357	0.062346	1.88	0.06	-0.020793
太陽光	0.246804	0.105910	2.33	0.02	-0.042668
風力	0.442355	0.109648	4.03	0.00	-0.073051
cut1	-1.115342	0.066002			
cut2	0.636091	0.065097			
cut3	3.688323	0.092296			

Log likelihood -9285.7997 Pseudo R2 0.0107



電源はダミー変数であるため、石炭火力をベースカテゴリーとした。料金の係数は負で有意水準1%で有意である。よって料金が上がれば、節電する傾向にあると言える。CO<sub>2</sub>の係数は負であるものの、有意でない。よってCO<sub>2</sub>の増加は節電に影響しないことが分かる。停電の係数は負で有意水準1%で有意である。停電の可能性があり、かつ時間が長くなると節電する傾向があると言える。最後に電源についてである。原子力と天然ガスは有意でない。しかし太陽光と風力といった再生可能エネルギーを主な電源として利用する場合、係数は正で有意水準1%で有意である。これは再生可能エネルギーだと節電せず電気を使う傾向にあることになる。つまり、主に使う電源が何かについては節電には寄与しない。ここで限界効果の結果についても説明しておく。ここでは、説明変数が1単位増加すると、節電する確率が何%増加するかを意味している。限界効果は説明変数の平均値を用いて計算している。ロジット・モデルでは非線形であるため、推定した係数の値を直接評価することはできない。従って、限界効果で説明変数が変化したときの節電に対する反応度を計測することになる。すると、CO<sub>2</sub>排出量の限界効果が比較的大きい。CO<sub>2</sub>の排出量が増えると節電する効果が比較的大きいのではないかと考えられる。

次は、所得や学歴など個人属性を説明変数に加えて推定した。表5はその推定結果である。

表5 推定結果

	係数	標準誤差	Z値	p値	限界効果
料金	-0.000197	0.000017	-11.33	0.00	0.000035
CO <sub>2</sub>	-0.003625	0.003200	-1.13	0.26	0.000651
停電	-0.002882	0.001080	-2.67	0.01	0.000517
原子力	0.107942	0.111253	0.97	0.33	-0.019041
天然ガス	0.117277	0.062378	1.88	0.06	-0.020722
太陽光	0.246738	0.105965	2.33	0.02	-0.042537
風力	0.443412	0.109717	4.04	0.00	-0.072995
所得	0.000370	0.014185	0.03	0.98	-0.000066
学歴	-0.039796	0.026232	-1.52	0.13	0.007143
家族人数	-0.034945	0.018054	-1.94	0.05	0.006273
戸建て	-0.485616	0.138400	-3.51	0.00	0.086820
マンション	-0.319477	0.137544	-2.32	0.02	0.057667
地域	0.037566	0.041916	0.90	0.37	-0.006743
cut1	-1.686646	0.170928			
cut2	0.071095	0.169804			
cut3	3.129201	0.181399			

Log likelihood -9267.5176 Pseudo R2 0.0126

所得、学歴は有意でない。一方で家族人数、戸建て住まい、マンション住まいはいずれも係数は負で有意である。つまり家族人数が多い、戸建てに住んでいる、マンションに住んでいる人は節電する傾向にある。住んでいる地域については有意でなかった。実際に計画停電を経験した関東と停電していない関西で節電行動に大きな差が見られると思われたが、実際には違いがないことが分かった。これは本論文の調査は東日本大震災直後の計画停電からすでに数年経過しており、節電行動が震災直後と比べて関東と関西で大きな違いがなくなっているためと考えられる。次に限界効果を見ると、戸建ての限界効果が比較的大きい。個人は戸建てに引っ越すと節電を意識する度合いが大きくなると考えられる。

表6は個人の意識を説明変数に加えた推定結果である。具体的には節電意識、再生可能エネルギーを支持するか、CO<sub>2</sub>排出量を減らすべきと考えているかを説明変数に加えている。このような意識を示す変数を説明変数に加えた理由は、停電の可能性や主に使用する電源などプロフィールの条件が変化してもすべての質問に対して、同じ選択肢を選択する個人が多く見られたためである。つまり条件の変化により節電行動が変化するのではなく、本々個人が持っている意識により節電行動が決まるのではないかと考えたためである。節電意識は「1. かなり意識するようになった」、「2. 少し意識するようになった」、「3. あまり変わらない」、「4. ほとんど意識しない」である。再生可能エネルギーを支持するかどうかについては、太陽光、風力、地熱、バイオマス、潮力・波力を1番目あるいは2番目に支持した人を「1」とするダミー変数を割り当てた。CO<sub>2</sub>に関する意識は、「1. さらに減らすべき」、「2. 少し減らせばいい」、「3. 減らす必要はない」、「4. 増やしてもいい」である。なお質問には「5. 分からない」も選択肢としてあったが、これを選択した個人は削除した。

表6 推定結果

	係数	標準誤差	Z値	p値	限界効果
料金	-0.0002102	0.0000182	-11.56	0.00	0.0000371
CO <sub>2</sub>	-0.0044799	0.0033441	-1.34	0.18	0.0007899
停電	-0.0032588	0.0011321	-2.88	0.00	0.0005746
原子力	0.1015609	0.1160521	0.88	0.38	-0.0176104
天然ガス	0.1221245	0.0653314	1.87	0.06	-0.0211742
太陽光	0.2638040	0.1108557	2.38	0.02	-0.0445079
風力	0.4559248	0.1145589	3.98	0.00	-0.0734311
節電意識	0.4760940	0.0295710	16.10	0.00	-0.0839452
再生支持	-0.0356005	0.0461481	-0.77	0.44	0.0062589
CO <sub>2</sub> 意識	0.5556902	0.0329335	16.87	0.00	-0.0979797
cut1	0.6237048	0.1028449			

cut2	2.5492150	0.1070492			
cut3	5.7324750	0.1331753			

Log likelihood -8294.5046 Pseudo R2 0.0513

節電意識の係数は正で有意水準1%でも有意であった。よって節電意識がそもそも高い人は停電の可能性や主に使用する電源がどのような条件であっても節電意欲が高い。CO<sub>2</sub>削減を支持する人も節電意欲が高い。再生可能エネルギーを支持する人は有意でなかった。つまり再生可能エネルギーを支持するかどうかは節電意欲に関係ない。限界効果を見ても、節電意識とCO<sub>2</sub>意識では値が大きく、節電意識が高い、CO<sub>2</sub>削減意識が高ければ、節電への反応は大きいと考えられる。

表7は、個人属性と意識のすべての変数を説明変数に加えた推定結果である。

表7 推定結果

	係数	標準誤差	Z値	p値	限界効果
料金	-0.0002104	0.0000182	-11.57	0.00	0.0000370
CO2	-0.0044491	0.0033458	-1.33	0.18	0.0007834
停電	-0.0032515	0.0011325	-2.87	0.00	0.0005726
原子力	0.1031536	0.1161059	0.89	0.37	-0.0178580
天然ガス	0.1225339	0.0653476	1.88	0.06	-0.0212157
太陽光	0.2645019	0.1108968	2.39	0.02	-0.0445593
風力	0.4564413	0.1146264	3.98	0.00	-0.0734019
所得	0.0135084	0.0151459	0.89	0.37	-0.0023787
学歴	-0.0386747	0.0277103	-1.40	0.16	0.0068102
家族人数	-0.0069906	0.0189713	-0.37	0.71	0.0012310
戸建て	-0.2206777	0.1559549	-1.42	0.16	0.0387795
マンション	-0.0699974	0.1547161	-0.45	0.65	0.0123421
地域	-0.0044905	0.0441464	-0.10	0.92	0.0007907
節電意識	0.4687740	0.0296901	15.79	0.00	-0.0825466
再生支持	-0.0319650	0.0472512	-0.68	0.50	0.0056141
CO2意識	0.5598267	0.0331009	16.91	0.00	-0.0985801
cut1	0.4001077	0.2024286			
cut2	2.3286720	0.2042223			
cut3	5.5146280	0.2193717			

Log likelihood -8286.9936 Pseudo R2 0.0522

## 8. 政策的含意 (おわりに)

本論文では各家庭がどのような条件で節電するかをコンジョイント分析により計測した。原子力発電所が再稼働され、東日本大震災直後と比べて、電力の供給懸念が和らいでいるものの、すべての原子力発電所が再稼働され、震災前の供給に戻るには程遠く、夏・冬の電力需要のピーク時には各家庭にも節電する必要があると思われる。東日本大震災後は火力発電で電力を賄ってきた。しかしCO<sub>2</sub>排出を増やしてしまう可能性があるため、地球温暖化対策という点から火力発電に頼るのも望ましくない。またLNG価格が高騰し、それが家庭向けの電気料金に転嫁される可能性があるため、電気料金の不安定性をもたらす可能性もある。再生可能エネルギーを普及させる目的で2012年7月に固定価格買取制度を実施したものの、家庭への電気料金負担が大きくなり、本格的な普及にはまだほど遠い。このように考えると各家庭には節電する必要があるように思われる。本論文では1カ月あたりの電気料金、CO<sub>2</sub>排出量、停電の可能性、主に使用する電源が個人の節電行動どのように影響するかを計測した。その結果、電気料金が上がり、停電の可能性が大きくなれば個人は節電することが分かった。CO<sub>2</sub>排出量の増加は節電行動にはつながらなかった。ピーク時には料金を上げて電気の使用を減らすという料金体系を支持する結果になった。

今回注目したのは、停電の可能性やCO<sub>2</sub>排出量の増加、使用する電源の種類が家庭の節電行動に影響を与えるかどうかである。政府は将来の電源構成（ベスト・ミックス）として、原子力発電を減らし、太陽光や風力といった再生可能エネルギーを普及させるという方向にある。また震災以降、個人の間でも原子力発電に反対し、再生可能エネルギーを高く評価するという動きもある。しかしながら、一般的に再生可能エネルギーは供給が不安定であると言われている。現実的に停電することはほとんどないと思われるが、仮に供給が不安定であると言われている再生可能エネルギーを選択した場合、実際に節電するのに関心のあるところである。また2016年4月から家庭部門でも電力自由化が実施され、各家庭でも自由に電力会社を選べるようになった。家庭によっては原子力発電を支持しないので、原子力発電を使わず、主に再生可能エネルギーを使っている事業者と契約する家庭もいると思われる。その際仮に契約した事業者の電力供給が不安定になる場合、節電してでもそのような事業者、電源を選択するかは関心のあるところである。今回の論文では主に使用する電源が再生可能エネルギーであっても節電を促さないという結果になった。今後の研究の変更点としては、特に電力の小売自由化による事業者の選択行動ともからめて、個人に再生可能エネルギーか原子力か望ましい電源を選択させ、選択した電源のグループによって節電行動がどのように異なるかを計測することが必要と思われる。

#### 参考文献

Allcott, Hunt[2011] "Social norms and energy conservation" *Journal of Public*

*Economics*,95 ,p1082-1095

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

Costa, Dora L. and Matthew 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

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「日本のエネルギー情勢」

<http://www.enecho.meti.go.jp/about/faq/001/>

経済産業省 資源エネルギー庁[2015]「デマンドレスポンスについて 平成 27 年 3 月」

経済産業省 資源エネルギー庁[2015]「長期エネルギー需給見通し 平成 27 年 7 月」

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

Greene, William H. and David A. Hensher[2010] *Modeling Ordered Choices*, Cambridge

Louviere, Jordan J., David A.Hensher and Joffre D.Swait[2000] *Stated Choice Methods Analysis and Application*, Cambridge

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

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 p 23-33

日本経済新聞朝刊 1 面、2016 年 3 月 18 日

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

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

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