

ISSN 1881-6436

Discussion Paper Series

No. 14-02

家計によるエネルギー源選択のコンジョイント分析

木下信

2014年10月

612-8577 京都市伏見区深草塚本 67
龍谷大学経済学部

ISSN 1881-6436

Discussion Paper Series

No. 14-02*

Conjoint Analysis of Household's Energy Choice in Japan

Shin Kinoshita

October 2014

Faculty of Economics,

Ryukoku University

67 Tsukamoto-cho, Fukakusa, Fushimi-ku,

Kyoto, Japan

612-8577

家計によるエネルギー源選択のコンジョイント分析

木下 信¹

概 要

2011年3月の東日本大震災以降、原子力発電所の再稼働が困難になり、原子力に代わるエネルギー源が急務となった。ここ数年火力を中心に電力を供給してきたが、燃料価格の上昇により、電気料金の値上げが相次いだ。本研究では次世代のエネルギーとして期待されている太陽光、風力といった再生可能エネルギーに注目し、家計にアンケートを実施し、コンジョイント分析により、家計のエネルギー源の選好を計測し、各エネルギー源に対する支払意志額(WTP)を計測した。その結果、原子力についてはマイナスの評価を再生可能エネルギーについてはプラスの評価をしていることが分かった。

キーワード エネルギー選択、コンジョイント分析、原子力発電、再生可能エネルギー、電力小売自由化

JEL classification

C25,L51,L94,L95,Q28

¹ 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

Conjoint Analysis of Household's Energy Choice in Japan

Shin Kinoshita²

Abstract

After the big earthquake in the east part of Japan on March 11, 2011, the atomic power plants stopped and have not started again yet. So another energy sources are needed instead of the atomic power generation. We have used the thermal power after the earthquake but because of the rise of price of LNG, we face the rise of electricity charges. I focus on renewable energies such as solar power, wind power and so on. I estimate the household's preference on energy sources by the conjoint analysis and calculate their willingness to pay (WTP). I find that they have negative evaluation on the atomic power, while have positive evaluation on renewable energies.

Keywords

energy choice, conjoint analysis, atomic power generation, renewable energies, deregulation of electric power

JEL classification

C25, L51, L94, L95, Q28

²Faculty of Economics, Ryukoku University

67 Tsukamoto-cho, Fukakusa, Fushimi-ku, Kyoto, Japan 612-8577

skinoshita@econ.ryukoku.ac.jp

1 はじめに³

2011年3月11日の東日本大震災以降、原子力発電所の再稼働が困難となり、原子力に代わる新しいエネルギー源が急務となった。原子力発電所の停止以降、日本はLNGを輸入し、火力発電を主体とする電力供給を行っている。しかしながら、LNG価格の高騰や円安により、LNGの輸入価格は上昇し、それに伴い、電気料金も値上がり傾向になった。さらに原子力発電所での発電ができないため、夏と冬の電力需要が多い時期には電力不足による突発的な停電の懸念から計画停電や節電の要請がほぼ毎年行われている。また火力発電はCO₂といった地球温暖化ガスを排出するため、京都議定書以降、日本が世界に約束したCO₂削減も困難となり、実際にCO₂排出量は2012年現在で2010年よりも増加している⁴。一方で、原子力、火力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が期待されているが、メガソーラーの建設は進むものの、主なエネルギー源として電力を供給できるには至っていない。2012年7月に再生可能エネルギー買取制度が実施され、発電市場の新規参入は増加した。しかし、電力会社の買取価格は割高と言われ、その分が家庭への電気料金に上乗せされるという懸念がある。

他にも最近のエネルギーを取り巻く環境として取り上げたいのが、電力の小売自由化である。電力の小売自由化は2000年から開始された。その結果、需要家は既存の地域電力会社だけでなく新規参入者や他地域の電力会社からも自由に電力を購入することが可能となった。最初は大口需要家が対象だったものの、段階的に小口化し、自由化対象が拡大した。2016年4月より家庭部門も含む小売自由化が決まり、家庭でもどの事業者から電力を購入するかを決める必要がある。同時にガスについても小売自由化される。このようなエネルギーを取り巻く環境の変化から、家計に対してエネルギー源に対する選好を計測し、消費者の選好からエネルギー政策を考えることも重要と思われる。そこで本研究では家計部門にアンケートを実施し、コンジョイント分析により家計のエネルギー源に対する選好を計測した。様々なエネルギー源がある中で、今回は原子力と太陽光などの再生可能エネルギーの選好に注目した。具体的には支払意志額(WTP)を計測することで選好を評価する。仮に原子力のWTPのマイナスが大きく、再生可能エネルギーのWTPが大きいという結果になれば、消費者の選好という観点から、原子力を縮小し、再生可能エネルギーの割合を増やすエネルギー政策を支持できる。あるいは少し電気料金が高くても再生可能エネルギーを普及させるという政策が可能となるかもしれない。本研究はこのような消費者選好の観点から将来のエネルギー源を考える1つの材料になりえると考えられる。

本論文の構成は次の通りである。第2節では最近のエネルギーを取り巻く環境について

³ 本研究は大阪ガス(株)主催の「規制と競争研究会」での研究資金(50万円)を用いて実施している。大阪ガスの研究会の担当者の方々、並びに参加されている先生方からは有益なコメントをいただいている。ここに感謝の意を表します。なお本論文の誤りについてはすべて筆者の責任です。

⁴ 「エネルギー白書」(2014年)による。

詳しく整理する。第3節では先行研究を紹介し、第4節では本研究で使用するコンジョイント分析の説明と実際に使用したプロファイルとアンケートの説明をする。第5節では回収したアンケート結果の説明をし、第6節ではコンジョイント分析の推定結果を考察する。最後に第7節で結論と将来のエネルギー政策を考える。

2 エネルギーを取り巻く環境

2011年3月11日の東日本大震災以降、東京電力管内の福島原発が事故を起こし、国内のその他の原子力発電所が点検に入ったが、再稼働が困難となった。そのため、火力発電に頼らざるを得ない状態になり、LNGの輸入が増加、価格の高騰や円安により発電の原材料価格が上昇し、それに伴い電気料金の値上げも相次いだ。さらに電力需要の多い夏場と冬場は現存する火力発電設備を最大限稼働するものの、節電の要請を余儀なくされ、計画停電の可能性も取りざたされた。

原子力発電所の停止に伴う電力不足以外にもエネルギーを取り巻く課題は多い。まず挙げられるのが地球温暖化ガス問題である。日本は1997年の京都議定書により、1990年と比較して、2008年から2012年間に地球温暖化ガスの排出量を6%削減することを約束した。しかし、2013年度の「エネルギー白書」にて、原子力発電量の停止のため、化石燃料（天然ガス、石炭、石油）が増え、CO₂など温暖化ガスの総排出量は2012年度に13億4300万トンとなり、2010年度比で6.9%増加したことが報告された。

2012年7月には、再生可能エネルギーの固定価格買取制度が開始された。これは太陽光、風力、地熱、バイオマスなど地球温暖化対策にもなる再生可能エネルギーの普及が目的であり、太陽光発電など再生可能エネルギーを用いて発電した事業者は関西電力など既存電力会社に電力を販売することができ、同時に電力会社には電力の買い取りを義務付けた。しかし、その買取価格は高めであると言われており、その分、電力会社は電気料金に買取価格を上乗せして、各需要家に販売すると言われていた。2014年度の買取価格の一覧は以下の表1のようになる。

表1 2014年度の調達価格と調達期間⁵

電源	調達区分	調達価格1kWh 当たり	調達期間
太陽光	10kW 以上	32 円(+税)	20 年
	10kW 未満(余剰買取)	37 円	10 年
	10kW 未満(ダブル発電・余剰買取)	30 円	
風力	20kW 以上	22 円(+税)	20 年
	20kW 未満	55 円(+税)	
洋上風力		36 円(+税)	
地熱	1.5 万 kW 以上	26 円(+税)	15 年
	1.5 万 kW 未満	40 円(+税)	
水力	1000kW 以上 30000kW 未満	14 円(+税)	20 年
	200kW 以上 1000kW 未満	21 円(+税)	
	200kW 未満	25 円(+税)	
バイオマス	メタン発酵ガス	39 円(+税)	
	間伐材等由来の木質バイオマス	32 円(+税)	
	一般木質バイオマス・農作物残さ	24 円(+税)	
	建設資材廃棄物	13 円(+税)	
	一般廃棄物・その他バイオマス	17 円(+税)	

さらにもう1つこれから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きたい。2000年以降、段階的に電力の小売自由化が行われ、工場、オフィス、大規模商業施設といった大口需要家については、自由化が完了し、需要家は新規参入者であるPPSも含めたあらゆる電力供給会社から電力を購入することが可能となった。しかし、小規模商店や一般家庭といった小口需要家については2007年に自由化が検討開始するところまでは決まっていたものの、先送りされ、2014年6月に2016年4月から実施されることがようやく決まった。その結果、一般家庭でも既存の地域電力会社だけでなく、他地域の電力会社や新規参入事業者から電力を購入することが可能になる。自由化を見越して、2014年9月現在、ソフトバンクやKDDIといった通信事業者が家庭部門への参入を表明してい

⁵ 経済産業省資源エネルギー庁「再生可能エネルギー固定価格買取制度ガイドブック」より筆者がまとめた。

る。いずれも通信やCATVとのセット割引を検討している。自由化により一般家庭にとっても価格やサービス、さらにはどのような電源で発電しているかに注目して電気を購入することが可能となる。同時にガス産業においても自由化が検討され、電力、ガスも含めた総合的なエネルギー間競争が期待される。さらには今後の電力供給体制をどのようにするかという議論が重要であり、送配電分離の議論からも慎重に考える必要がある。

以上のようなエネルギーを取り巻く環境から考えるべき点がいくつかある。まずは原子力発電の再稼働が厳しく、縮小を余儀なくされるという前提の下で、どのようなエネルギー源が望ましいかという点である。次に地球温暖化対策としてのエネルギー源を考える必要がある。本研究では電力の一般家庭向けの小売自由化を想定したエネルギー源の選好を考えている。このような観点から、特に再生可能エネルギーの重要性に注目し、コンジョイント分析により、その結果支払意志額(WTP)を計測することにより、家計によるエネルギー源の選好を計測し、消費者選好の観点から今後の日本での主要なエネルギー源はどれが望ましいか、普及する条件は何かを考える。

本研究はエネルギー・ミックスの考えとも通じるところがある。エネルギー・ミックスとは、発電するエネルギー源の配分を決めることである。エネルギー源には原子力、火力(天然ガス)、石炭火力、水力、それ以外にバイオマス、太陽光、風力、地熱などの再生可能エネルギーが挙げられる。また2014年4月に決定された政府の「エネルギー基本計画」でも将来のエネルギー源をどうするかについて議論されている。しかし、あくまでも原子力発電の依存を減らすエネルギー源について言及するのみで、具体的な主要と位置付けるエネルギー源や配分については議論されていない。本研究は家庭も含めた小売自由化を控えて、将来のエネルギー源をどのようにするかについての示唆を与えることを目標としている。

3 先行研究のサーベイ

家計によるエネルギー選択の研究としては、中島・依田・木下(2006)がある。この研究は家庭用のエネルギー市場における電気機器とガス機器に対する選好をコンジョイント分析により計測している。計量経済学の手法は条件付ロジット・モデルを使用している。当時は特に都市部で電力会社とガス会社の競争が激しかった。この研究ではオール電化やガスコージェネ、燃料電池といった次世代のエネルギー機器に対する選好も計測している。中島・依田・木下(2006)は家庭部門も含めた電力自由化を想定した研究であった。この点で本研究と共通するところがある。他に家計によるエネルギーの選択を計測した研究としては、森田・馬奈木(2013)がある。この研究は東日本大震災以降の電源選好を計測している。特に、震災以降の個人の自然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実施している。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。本研究

は電源別の選好を計測するが、特に 2016 年 4 月以降実施される家庭部門も含めた電力自由化を想定し、将来のエネルギー源を家計の選好から考察しただけでなく、自由化後のエネルギー供給体制を考えた点で違いがある。

海外の研究についても見ておく。自然エネルギーに対する消費者の支払い意志額を計測したものとしては、Roe, Teisl, Levy and Russel(2001)がある。この研究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たものである。ただし、本研究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。他にもエネルギー源の選好を分析した研究は数多く見られるが、次に Bordhers, Duke and Parsons(2007)を挙げておく。この研究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 (W T P) 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を取るかの選択を行い、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、ネステッド・ロジット・モデルを使用している。本研究とは違い、自然エネルギーの評価のみに特化しており、本研究のように原子力も含めた様々な電源と比較した選好ではない。他には、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た Scarpa and Willis(2010)や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 (W T P) を計測した Banfi, Farsi, Filippini and Jakob(2008)がある。

本研究の先行研究に対して重要な点は、地球温暖化対策として再生可能エネルギーの重要性に着目した研究は多く見られるものの、未曾有の大災害を経験した日本での原子力発電に代わるエネルギー源としての消費者の選好を計測した点である。この点では日本と同様に地震の多い国のエネルギー政策を考える上で重要な示唆を持つかもしれない。

4 コンジョイント分析

本研究では、家計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⁶。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。本研究でも将来のエネルギー源に対する選好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。

⁶ コンジョイント分析については、栗山・庄子 (2005)、栗山・柘植・庄子(2013)、柘植・栗山・三谷 (2011) を参考にした。なおエネルギーの研究ではないが、コンジョイント分析を用いた研究の例として、木下・依田・佐藤 (2005) がある。I P 電話の需要予測を計測している。

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。

本研究の目的はエネルギー源に対する家計の選好を計測することである。そのため、次のような選択枝を想定した。

選択枝1：原子力中心

原子力発電所を再稼働し、2011年3月の東日本大震災以前の電力供給体制に戻すことを想定

選択枝2：火力中心

原子力発電所を再稼働せず、現状の火力中心の発電を継続させることを想定

選択枝3：再生可能エネルギー中心

原子力発電所を再稼働せず、太陽光、風力など再生可能エネルギーを中心とするエネルギー源を想定

この3つの選択枝について、属性の水準を様々に変えて、どれか1つを選択してもらった。つまり属性が変化するエネルギー源を1つ選択してもらうことになる。また、具体的な電源の比率を次のように想定した。

選択枝1：原子力中心 原子力50%、火力40%、水力その他10%

選択枝2：火力中心 原子力10%、火力80%、水力その他10%

選択枝3：自然エネルギー中心 原子力0%、火力60%、自然エネルギー30%、水力その他10%

このような電源の比率を想定していることも家計には提示した。選択枝1の比率は東日本大震災前の関西電力における比率を参考にしている。

次に各選択枝の属性とその水準を次のように想定した。

①料金設定：料金は1カ月あたり、現状と比較していくら増加するか減少するかを想定0円、+500円、+1000円、+1500円、+2000円、-500円、-1000円、-1500円、-2000円を想定した。

各選択枝について、原子力発電を再稼働する場合、現状より安く、火力は現状通り高く、再生可能エネルギーは固定価格買い取り制度を想定し、高めに設定した。

②CO₂排出量：CO₂排出量は2030年までに現在2014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。各選択肢に対しては原子力はCO₂を減少、火力は増加、再生可能エネルギーは減少を想定した。

③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」のどちらかを想定した。安定供給は数字の1を割り当て、停電ありは0を割り当て、数値化した。各選択肢に対しては、原子力は停電なし、火力は現状のように電力不足から計画停電も含めた停電の可能性あり、再生可能エネルギーは発電の不安定性から停電の可能性を想定した。

以上のような選択肢、属性とその水準を決定し、直交計画法によりプロフィールを作成した。その際、プレテストも実施し、アンケートの答えやすさ、問題点を挙げてもらい修正した⁷。次の表2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人あたり8問答えてもらった。

表2 プロファイル例

属性	選択肢1	選択肢2	選択肢3
主な電源	原子力	火力	自然エネルギー
料金（1カ月当たり）	2000円マイナス	2000円プラス	変わらない
CO ₂ 排出量	10%減少	10%増加	10%減少
停電（1年あたり）	なし	なし	あり

ここで作成したプロフィールは個人に望ましいエネルギー源を選択してもらうという点では分かりやすいかもしれない。しかし、各選択肢に対する価格などの弾力性を計算することで、電源に対する選好は計測できるが、コンジョイント分析では各エネルギー源に対する支払意志額（Willingness to Pay, WTP）を計算したい。そのためには使用する主な電源を属性に含め、その推定した係数を価格の推定した係数で割ることでWTPを計算する必要がある。そのような理由から次のような選択肢やプロフィールも考えた。先に説明したプロフィールをパターン1とし、これから説明するプロフィールをパターン2として区別する。

パターン2の選択肢は次の3つを想定した。

選択肢1：原子力発電と火力を主な発電源とする既存の地域電力会社から電力を購入することを想定（震災前）。

⁷ 2014年6月30日の大阪ガス「規制と競争研究会」にて、参加者を対象に実施した。

選択肢 2：原子力発電所を持たず、主に火力を発電源とする既存の電力会社から電力を購入することを想定。また再生可能エネルギーの固定価格買取制度により、電力を買い取ることを想定（現状を想定）。

選択肢 3：原子力発電所を持たない新規参入の事業者から電力を購入することを想定。発電源は太陽光、風力など再生可能エネルギーや火力（天然ガス）を想定（小売自由化後）。

つまり、パターン 2 では、電源そのものを選ぶのではなく、ある電源を主に用いて発電している事業者を個人に選択してもらうという方法をとっている。このような選択は将来電力が家庭部門でも自由化され、各家庭がどのような事業者から電力を購入するのかを想定している。この場合、主な発電源を属性に含めることが可能となる。各選択肢の属性とその水準については次のようになる。

①料金水準：料金は 1 カ月あたり、現状と比較していくら増加するか減少するかを考える。既存電力会社から電力を購入する場合、原子力発電は現状より安く、火力は現状通り高く、自然エネルギーは再生可能エネルギーの固定買い取り制度を想定し、高めに設定する。一方で、新規参入事業者から電力を購入する場合、例えばそれが通信事業者の場合、携帯電話やインターネット、CATV とのセット割引により、安く購入できる可能性があるとして想定する。水準についてはパターン 1 と同様、プラスマイナス 2000 円を想定する。

②CO₂ 排出量と③ 供給安定性についてはパターン 1 と同様の想定である。つまり、

②CO₂ 排出量：CO₂ 排出量は 2030 年までに現在 2014 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。各選択肢に対しては原子力はCO₂を減少、火力は増加、再生可能エネルギーは減少を想定。

③ 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」のどちらかを想定。安定供給は数字の 1 を割り当て、停電ありは 0 を割り当て、数値化した。各選択肢に対しては、原子力は停電なし、火力は現状のように電力不足から計画停電も含めた停電の可能性あり、再生可能エネルギーは発電の不安定性から停電の可能性を想定。

④主な発電源：原子力、火力（天然ガス）、太陽光、風力

それぞれにダミー変数を設け、推定した係数を料金の推定した係数で割ることで、各電源に対する支払意志額（WTP）を計測する。

以上よりパターン 2 のプロファイルは次の表 3 のようになる。

表3 プロファイル例（パターン2）

属性	選択肢1	選択肢2	選択肢3
料金（1カ月当たり）	2000円マイナス	1000円プラス	1000円マイナス
CO ₂ 排出量	10%減少	10%増加	20%減少
停電（1年あたり）	なし	あり	あり
主な電源	原子力	火力	太陽光

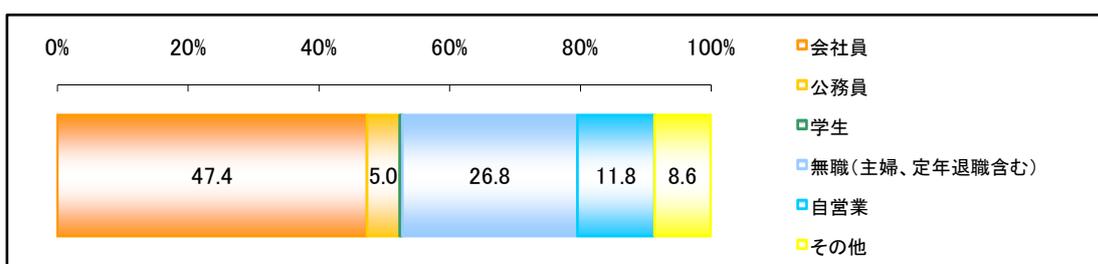
以上のような想定でプロフィールを作成し、Web アンケートを利用した。アンケートは楽天リサーチに依頼した。サンプルは関西と関東でそれぞれ250家計、合計500家計を集めてもらった。アンケートの実施日は2014年8月28日（木）から29日（金）である。次節ではアンケートの内容と集計結果を説明する。

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エネルギー問題について様々な質問をした。

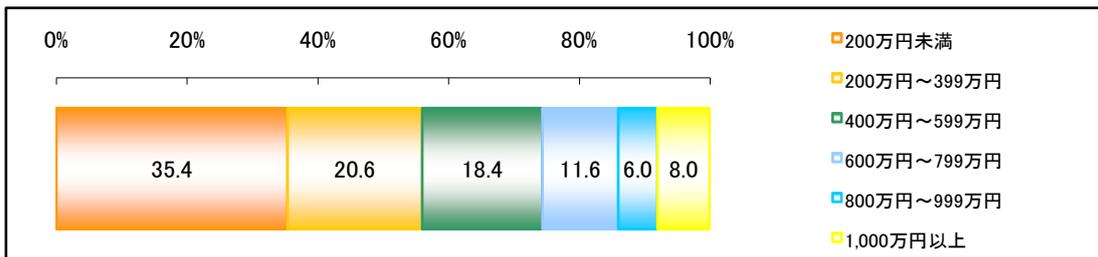
○社会属性に関する質問

Q1.あなたの職業はどれですか。あてはまるものを1つ選んでください。



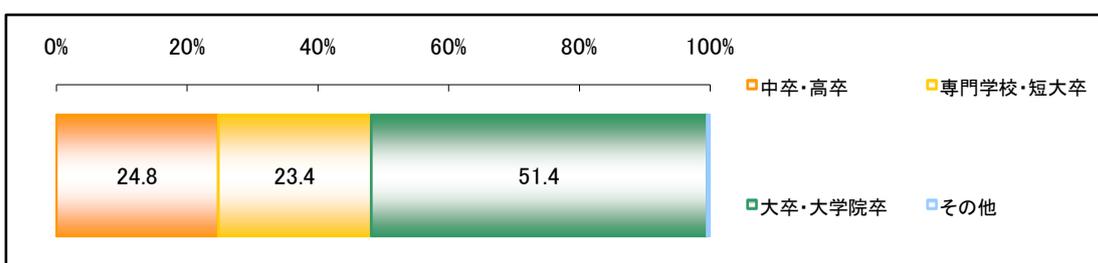
Web アンケートであるが、職業は会社員が多く、ばらけていたのでよかった。無職の割合がやや高いのが気になるところである。

Q2.あなたの年収はいくらですか。あてはまるものを1つ選んでください。



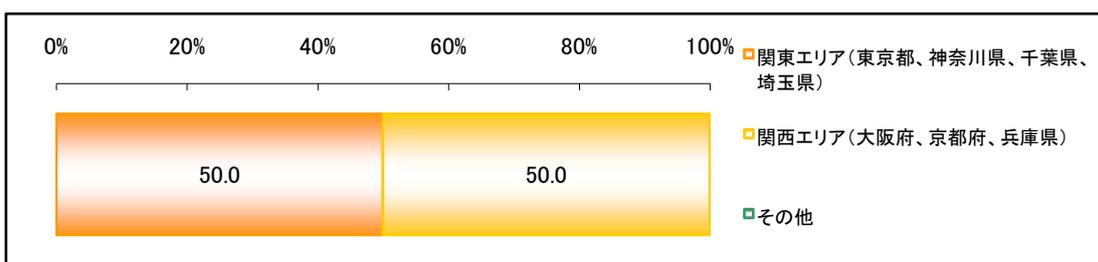
200万円未満が多く、比較的低所得者が多い。

Q3.あなたの学歴はどれですか。あてはまるものを1つ選んでください。

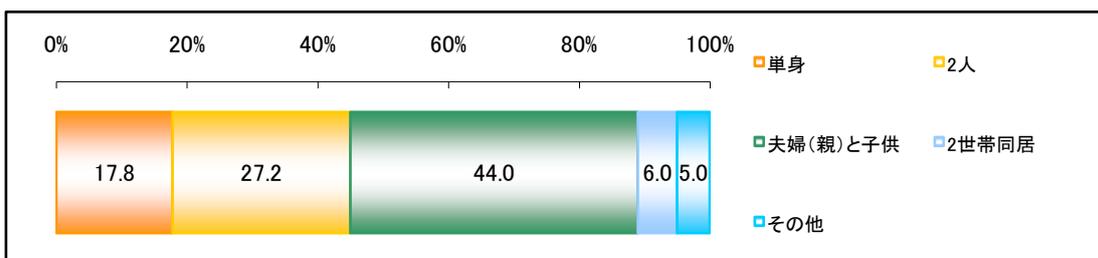


大卒・大学院卒が約半数を占める。

Q4.あなたのお住まいの地域はどちらですか。あてはまるものを1つ選んでください。

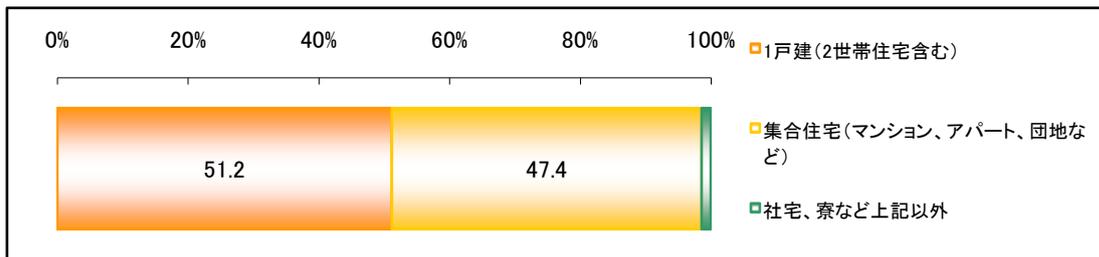


Q5.あなたの家族構成はどれですか。あてはまるものを1つ選んでください。



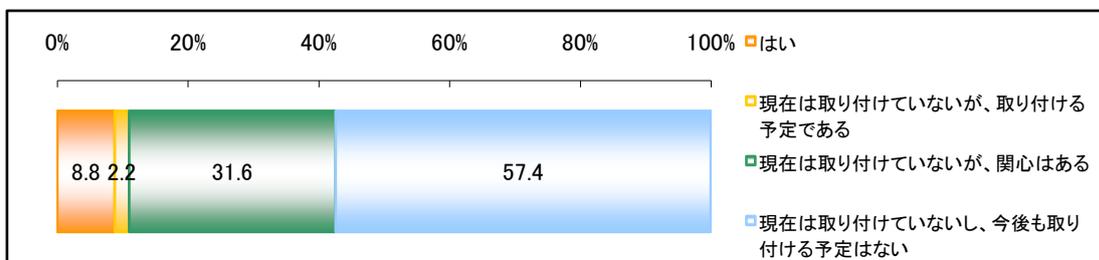
夫婦と子供が多いが、特定の形態に偏ることがなく、ばらけていたのでよかった。

Q6.あなたがお住まいの住居はどの形態ですか。あてはまるものを1つ選んでください。



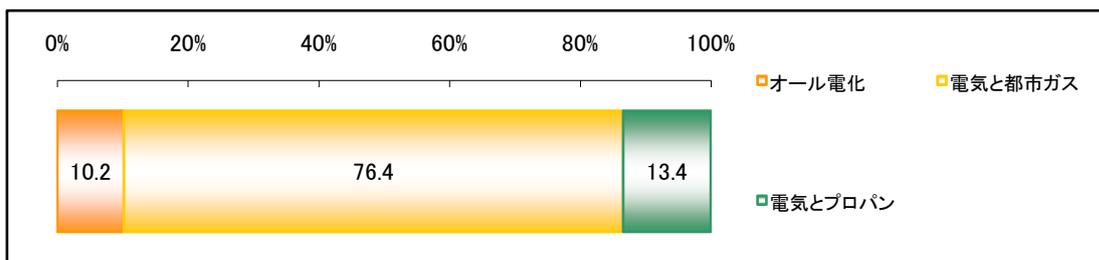
1戸建てと集合住宅が約半数ずつである。

Q7.現在、太陽光パネルを取り付けていますか。または取り付けたいと思いますか。すでに1戸建て住宅にお住まいの方は現在の状況を、現在1戸建て住宅にお住まいでない方は、仮に1戸建て住宅にお住まいであると仮定してお答えください。



取り付ける予定のない人が半数以上を占める。

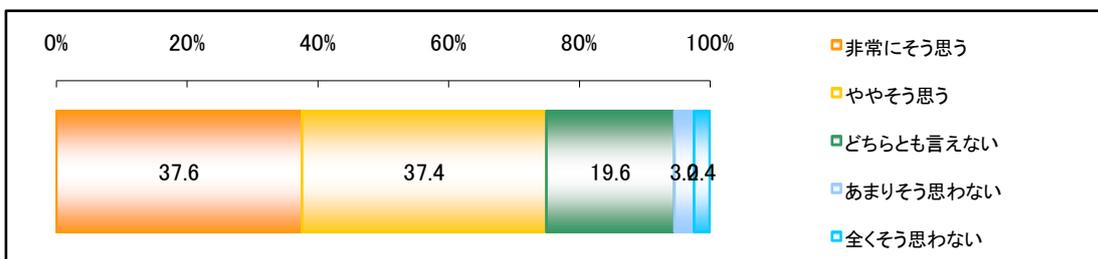
Q8.あなたのご家庭で現在使用しているエネルギー源は何ですか。あてはまるものを1つ選んでください。



電気と都市ガスの併用がほとんどである。

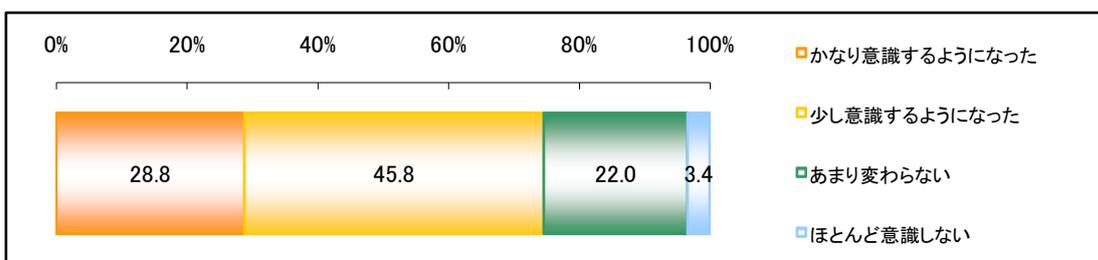
○意識調査に関する質問

Q9.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。あてはまるものを1つ選んでください。



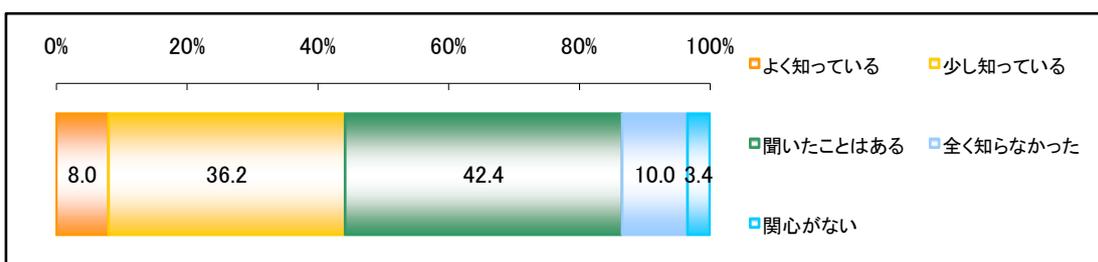
どちらかというとも高いと感じている人が多い。

Q10.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。あてはまるものを1つ選んでください。



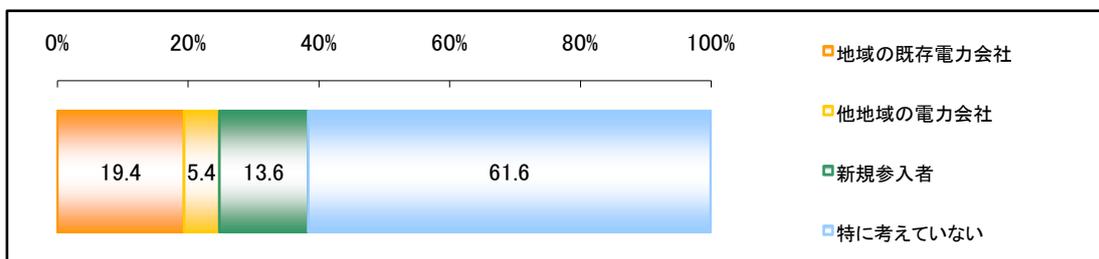
節電を意識している人がほとんどである。

Q11.2014年6月に2016年から一般家庭でも他地域の電力会社や新規参入者などから自由に電気を購入できる全面自由化が決まりましたが、どの程度知っていましたか。あてはまるものを1つ選んでください。



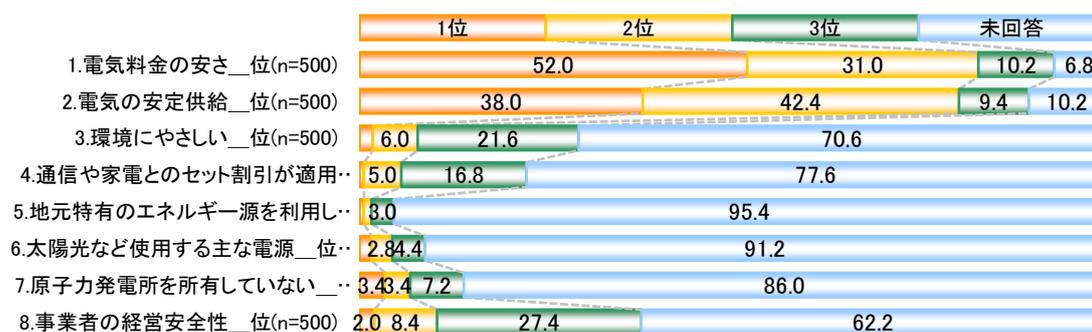
よく知っている人は少なく、聞いたことはある程度である。

Q12.電力の自由化以降、どのような電気の購入を考えていますか。あてはまるものを1つ選んでください。



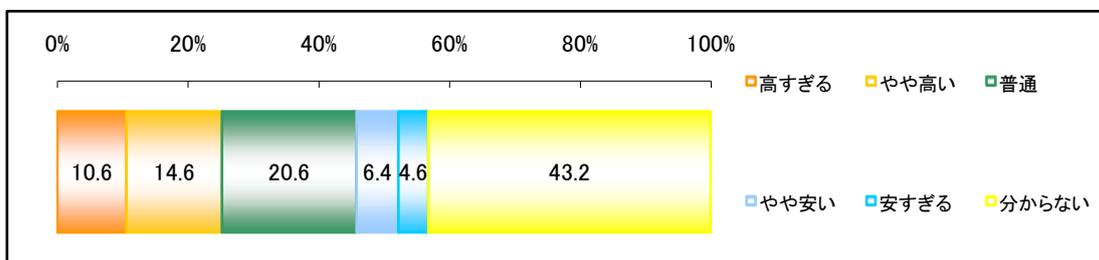
半数以上の人は今のところは特に考えていない。しかし、新規参入者と答える人も見られる。地域の電力会社に決めている人は少ない。

Q13.電力会社を選ぶ際に重視するものは何ですか。あてはまるものを重要な順に上位3位まで選んでください。(1~3の半角数字でご記入ください)



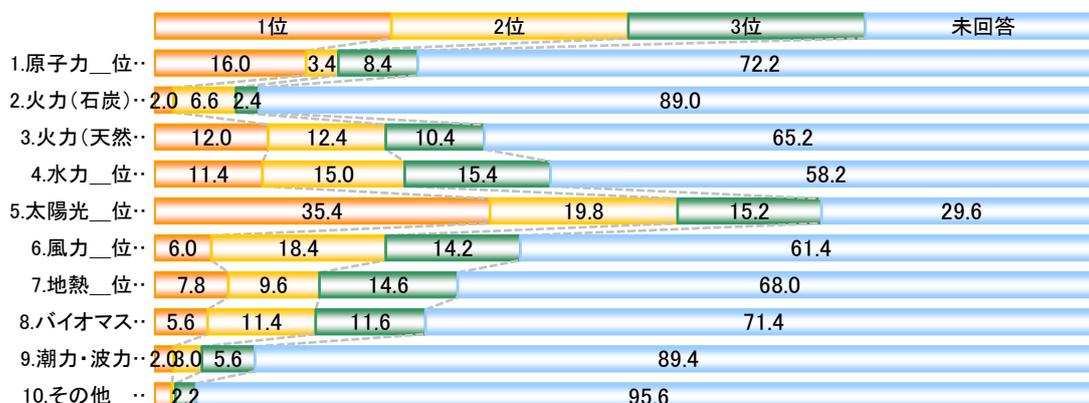
電気料金の安さと安定供給を上位に挙げている人が多い。3位に事業者の経営安全性を挙げている人が多かった。

Q14.2012年7月から、再生可能エネルギーの固定価格買取制度が始まりました。買取価格についてどのように思いますか。あてはまるものを1つ選んでください。



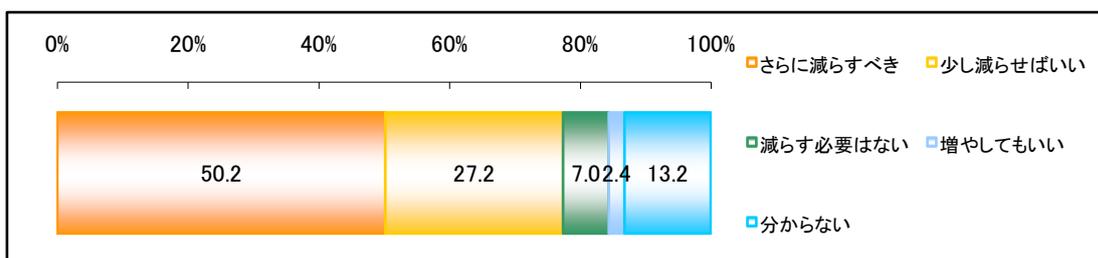
高いと答えている人が少なかった。分からないと答えている人が最も多い。

Q15.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。望ましい順に上位3位までを選んでください。(1~3の半角数字でご記入ください)



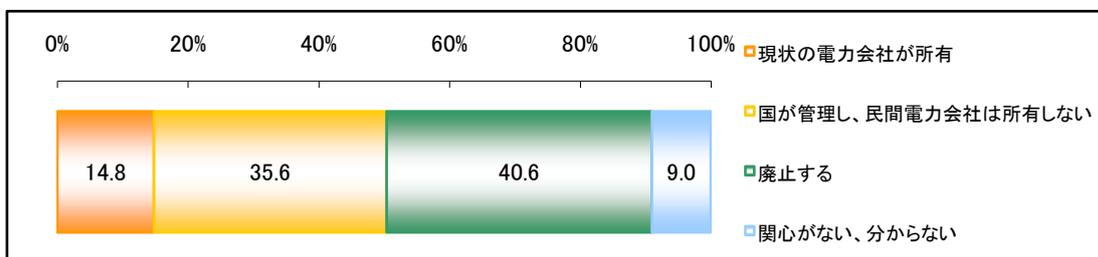
太陽光を1位に挙げている人が多かった。

Q16.1997年の京都議定書以降、各国は地球温暖化防止のため、CO2の排出を減らすように求められています。CO2削減についてどのように考えますか。あてはまるものを1つ選んでください。



さらに減らすべきと考えている人が多い。

Q17.これからの原子力発電をどのようにすべきだと思いますか。あてはまるものを1つ選んでください。



廃止するが最も多い。国が管理すると答えた人も多い。

以上のような社会属性に関する質問とエネルギーや節電に対する意識に関する質問をした。パターン1とパターン2はそれぞれ別々の個人に回答してもらっているが、質問が重

複するため、ここではパターン1の回答のみ掲載する。総じて、節電や将来のエネルギー源、原子力発電に対する意識は高いことが分かる。一方で電力自由化については認識はしているものの、具体的な内容については今のところ知識が乏しいように思える。

6 計量モデル

本論文では、回答者から得られた回答を条件付ロジット (Conditional Logit)モデルで分析した⁸。条件付ロジット・モデルはランダム効用理論と整合的であり、厚生経済学の議論にのせることができる。ランダム効用関数は、確定項 $V(\cdot)$ と確率的に変動する項 ε で構成される。つまり、個人 n が選択肢 i を選択したときの効用を次のように表現できる。

$$U_{in} = V_{in}(x_{in}, m_{in}) + \varepsilon_{in} \quad (1)$$

ここで、 x_i は選択肢 i の属性ベクトルである。ここではCO₂排出量、供給安定性、主な電源である。 m_i は貨幣属性である。ここでは1カ月あたりの電気料金である。個人の社会的特性などその他の要因の影響は一括して誤差項 ε に含める。また、分析を単純にするために、効用関数の確定項 V に線形の関数形(2)式を仮定する。(X_k は選択肢の第 k 属性、 X_m は貨幣属性を表す)。

$$V = \sum_k \beta_k X_k + \beta_m X_m \quad (2)$$

効用関数(1)式の下で、個人が最も効用が高い選択肢を選択すると仮定すると、個人 n が選択肢 i を選択する確率、すなわち $U_{in} > U_{jn} (\forall j \neq i)$ となる確率 P_{in} は、

$$P_{in} = \text{prob}(V_{in} + \varepsilon_{in} > V_{jn} + \varepsilon_{jn}) = \text{prob}(\varepsilon_{in} - \varepsilon_{jn} > V_{jn} - V_{in}) \quad (3)$$

となる。そこで確率項 ε の確率分布型として独立で同一の第1種極値分布(IIDEV I)を仮定すると、選択確率 P_{in} は

$$P_{in} = \exp(V_{in}) / \sum_j \exp(V_{jn}) \quad (4)$$

エラー! ブックマークが定義されていません。と表される(McFadden, 1974)。

パラメータ推定は(4)式を用いて、(5)式のような対数尤度関数を定め、最尤法により行う。(d_{in} は個人 n がプロフィール i を選択した時に1、それ以外を選択したとき0となるダミー変数を表す。)

⁸条件付ロジットモデルの説明は Train(2003), Louviere, Hensher and Swait(2000)を参考にした。

$$\ln L = \sum_n \sum_i d_{in} \ln P_{in} \quad (5)$$

推定方法としては条件付ロジット・モデル以外にも混合ロジット・モデルや潜在クラスター・モデルも最近ではよく使われている。しかし、今回は後に地域別の選好同一性テストをするため、パラメータの分布を想定する混合ロジット・モデルではなく、条件付ロジット・モデルを使用している。

7 推定結果

本節では、主に条件付ロジットモデルの推定結果を説明する。まずはじめに記述統計を説明する。パターン1について選択数並びに比率は次の表4のようになった。

表4 選択確率（パターン1）

	選択数	選択比率
選択肢1	1334	0.334
選択肢2	595	0.149
選択肢3	2071	0.518

選択肢3を選択した人が約半数存在する。つまり再生可能エネルギーを愛好する傾向が強いことが伺える。一方で選択肢2を選択した人は少ない。現状の火力中心では料金が高めなため、選択が少ないと考えられる。選択比率は500人に8通りのプロフィールを回答してもらっているので、総サンプルは4000となる。さらに選択された選択肢について属性である料金、CO2排出量、供給安定性について記述統計を計算した。計算結果は次の表5、6、7のとおりである。

表5 記述統計（パターン1、選択肢1）

	料金	CO2排出量	安定性
平均	-1326.087	-12.53	1
中央値	-1500	-10	1
最頻値	-2000	-10	1
標準偏差	605.15	6.75	0
分散	366205.68	45.60	0
最小	-2000	-20	1
最大	-500	0	1
標本数	1334	1334	1334

表6 記述統計（パターン1、選択枝2）

	料金	CO2排出量	安定性
平均	1057.983	8.319	0.652
中央値	1000	10	1
最頻値	500	0	1
標準偏差	691.762	8.218	0.477
分散	478534.6	67.541	0.227
最小	0	0	0
最大	2000	20	1
標本数	595	595	595

表7 記述統計（パターン1、選択枝3）

	料金	CO2排出量	安定性
平均	961.854	-15.910	0.491
中央値	1000	-20	0
最頻値	1000	-20	0
標準偏差	605.325	4.918	0.500
分散	366418.589	24.183	0.250
最小	0	-20	0
最大	2000	-10	1
標本数	2071	2071	2071

次にパターン2について選択数並びに比率は次の表8のようになった。

表8 選択確率（パターン2）

	選択数	選択比率
選択枝1	1187	0.297
選択枝2	1167	0.292
選択枝3	1646	0.412

選択枝3を選択した人の比率が最も高い。よって、原子力発電所を持たない再生可能エネルギーや天然ガスを主な発電源とする新規参入の事業者を選択する傾向がある。選択枝1と2についてはほぼ同数である。

パターン1と同様に記述統計も計算した。計算結果は以下の表9、10、11のとおりである。

表9 記述統計（パターン2、選択枝1）

	料金	CO2排出量	安定性	原子力	火力	太陽光	風力
平均	-589.722	-5.712	1	0.663	0.337	0	0
中央値	-1000	-10	1	1	0	0	0
最頻値	-2000	-20	1	1	0	0	0
標準偏差	1327.709	14.043	0	0.473	0.473	0	0
分散	1762811.643	197.195	0	0.224	0.224	0	0
最小	-2000	-20	1	0	0	0	0
最大	2000	20	1	1	1	0	0
標本数	1187	1187	1187	1187	1187	1187	1187

表10 記述統計（パターン2、選択枝2）

	料金	CO2排出量	安定性	原子力	火力	太陽光	風力
平均	1074.550	-11.868	0.626	0	0.167	0.661	0.172
中央値	1000	-10	1	0	0	1	0
最頻値	1500	-20	1	0	0	1	0
標準偏差	658.442	9.867	0.484	0	0.373	0.474	0.378
分散	433545.574	97.365	0.234	0	0.139	0.224	0.143
最小	-500	-20	0	0	0	0	0
最大	2000	10	1	0	1	1	1
標本数	1167	1167	1167	1167	1167	1167	1167

表11 記述統計（パターン2、選択枝3）

	料金	CO2排出量	安定性	原子力	火力	太陽光	風力
平均	-388.518	-10.043	0.437	0	0.175	0.333	0.492
中央値	-1000	-10	0	0	0	0	0
最頻値	-1000	-10	0	0	0	0	0
標準偏差	784.653	8.394	0.496	0	0.380	0.471	0.500
分散	615679.625	70.454	0.246	0	0.144	0.222	0.250
最小	-1000	-20	0	0	0	0	0
最大	2000	20	1	0	1	1	1
標本数	1646	1646	1646	1646	1646	1646	1646

次に、条件付ロジットモデルの推定結果を説明する。パターン1の推計結果は以下の表12のようになった。

表 12 推定結果 (パターン 1)

変数	係数	標準誤差	z値	p値
料金	-0.000262	0.00005	-5.247	0
CO2 排出量	-0.011755	0.00493	-2.385	0.0171
安定性	0.231683	0.06421	3.608	0.0003
定数項1	-1.119380	0.13406	-8.35	0
定数項2	-0.954429	0.13186	-7.238	0

対数尤度 -3946.876

マクファーデンR² 0.00379

料金の係数は負で有意であった。よって料金が安ければ、選択確率が増加することが分かる。これは仮説と整合的である。CO₂排出量の係数は負で有意である。よってCO₂排出が減少すれば、選択確率は上昇すると言える。次に供給安定性の係数の符号は正で有意性が高い。よって、停電がなければ選択確率が増加すると言える。推定結果についてはいずれも仮説と整合的であった。

次に金銭的な変数以外の変数の推定された係数を金銭的な変数である料金の推定された係数で割ることで、支払意志額 (WTP) を計測した。以下の表 13 が計算結果である。

表 13 支払意志額 (WTP)

変数	WTP
CO2 排出量	44.91037
安定性	885.131

例えば、安定性について説明すると、停電がなくなることに對して、家計は1カ月あたり 885 円支払ってもいいと考えていることが分かる。これは一般的な家庭の1カ月あたり電気料金を考えると、かなり高いのではないかと思われる。CO₂排出量については44円であり、それほど評価していないと言える。

次にパターン2の推定結果を説明する。推定結果は次の表 14 のようになった。

表 14 推定結果 (パターン 2)

変数	係数	標準誤差	z値	p値
料金	-0.000445	0.0000364	-12.211	0
CO2 排出量	-0.004817	0.0031838	-1.513	0.1303
安定性	0.343372	0.0761735	4.508	0
原子力	-0.762100	0.1300732	-5.859	0
太陽光	1.271524	0.1012771	12.555	0
風力	0.738187	0.0762882	9.676	0
定数項1	0.630363	0.0960322	6.564	0
定数項2	0.013310	0.0534011	0.249	0.8032

対数尤度 -4068.870

マクファーデンR² 0.06273

料金の推定した係数は負で有意性が高い。よって料金が安くなれば選択確率が高くなると言える。CO₂ 排出量については係数の符号は負であるものの、有意性を満たさなかった。安定性については係数は正で有意性が高い。停電がなければ選択確率が高くなることが分かる。次に主な電源のダミー変数について説明する。ここでは火力を基準にした。よって係数の符号は火力に代えて他のエネルギー源を使ったとき、係数の符号が正であればその電源の選択確率は増加し、負であればその電源の選択確率は減少する。その結果、原子力は負で有意性が高い。よって原子力に代えると選択確率は低下する。一方で太陽光、風力の係数は正で有意性が高かった。よって太陽光や風力であれば選択確率は増加することが分かる。

次に支払意志額 (WTP) を計測した。以下は計算結果の表 15 である。

表 15 支払意志額 (WTP)

変数	WTP
CO2 排出量	10.8249
安定性	771.6388
原子力	-1712.6217
太陽光	2857.4217
風力	1658.8834

供給安定性のWTPは 771.6 円であった。これは停電がないことに1カ月あたり 771.6 円の支払いを評価していることになる。原子力のWTPは負であることから、原子力は必要としていないことが分かる。一方で太陽光と風力はそれぞれ 2857.4、1658.9 である。火力から太陽光あるいは風力に代えると1カ月あたりそれぞれ 2857.4 円、1658.9 円支払って

もいいと考えていることが分かる。

弾力性と限界効果も計測した。計算結果は以下の表 16、17、18、19 のとおりである。弾力性は特に料金の弾力性（価格弾力性）に注目する。料金が 1% 低下すると、各選択肢の選択確率が何% 増加するかを知るためである。再生可能エネルギーの料金が低下したとき、その選択確率が大きく増加するのであれば、再生可能エネルギーの普及には料金の低下が消費者選好の観点から必要と考えられる。その他の属性、特にダミー変数として表現している供給安定性、電源については限界効果を見る。例えば、停電がなくなると、再生可能エネルギーの選択確率が何% 増加するかには関心がある。仮に限界効果の値が大きければ、再生可能エネルギーの普及には供給の安定性が重要ということになる。

表 16 弾力性（パターン 1）

	料金	CO2排出量	安定性
選択肢 1	0.2245	0.0979	0.1544
選択肢 2	-0.2525	-0.0873	0.123
選択肢 3	-0.1289	0.0932	0.0564

表 17 弾力性（パターン 2）

	料金	CO2排出量	安定性	原子力	太陽光	風力
選択肢 1	0.0855	0.0152	0.2415	-0.3264	0	0
選択肢 2	-0.3077	0.0194	0.1523	0	0.4003	0.0509
選択肢 3	0.0458	0.017	0.1094	0	0.1341	0.2239

表 18 限界効果（パターン 1）

	料金	CO2排出量	安定性
選択肢 1	-0.0058	-0.2601	5.126
選択肢 2	-0.0033	-0.1485	2.9269
選択肢 3	-0.0065	-0.2921	5.7562

表 19 限界効果（パターン 2）

	料金	CO2排出量	安定性	原子力	太陽光	風力
選択肢 1	-0.009	-0.097	6.9137	-15.345	25.6018	14.8632
選択肢 2	-0.0084	-0.091	6.4863	-14.396	24.0194	13.9444
選択肢 3	-0.0101	-0.109	7.7677	-17.2402	28.7649	16.6993

計測結果を解説する。まず弾力性について、パターン 1 の選択肢 2 と 3 の料金の弾力性が負である。これは料金が下がれば、火力あるいは再生可能エネルギーの選択確率が増加

することを意味する。ただし、それほど大きな値ではない。つまり弾力性はそれほど大きくないと言える。パターン2については選択枝2のみが料金の弾力性が負である。つまり原子力を持たない現状の電気事業者の料金が下がれば、選択確率が増加することが分かる。

次に限界効果の計測結果を解説する。限界効果で注目するのは、供給安定性や発電源のようなダミー変数として扱っている属性の変化である。まずパターン1、2とも供給安定性の限界効果の値が正で大きい。よって電源が何であろうと、事業者がどこであろうと、停電がなくなれば、選択確率は上昇すると言える。次に、パターン2の電源の限界効果であるが、原子力は負で値が大きく、太陽光、風力は正で値が大きい。よって原子力だと選択確率が減少し、太陽光あるいは風力だと選択確率は上昇すると言える。

次に、関東と関西を別に推計した。関東では東日本大震災以降、原発事故の被害や計画停電に直面し、関西とはエネルギーに対する選好が大きく異なると考えたためである。まずパターン1の推計結果が次の表20、21になる。

表20 推計結果（関東）

変数	係数	標準誤差	z値	p値
料金	-0.000287	0.00007	-3.987	0.0001
CO2 排出量	-0.016123	0.00716	-2.252	0.0243
安定性	0.322608	0.09278	3.477	0.0005
定数項1	-1.459295	0.19523	-7.475	0
定数項2	-0.972298	0.19005	-5.116	0

対数尤度 -1909.794

マクファーデンR² 0.00447

表21 推計結果（関西）

変数	係数	標準誤差	z値	p値
料金	-0.000244	0.00007	-3.488	0.0005
CO2 排出量	-0.008259	0.00687	-1.202	0.2292
安定性	0.148352	0.08983	1.651	0.0986
定数項1	-0.809053	0.18653	-4.337	0
定数項2	-0.907282	0.18484	-4.909	0

対数尤度 -2011.388

マクファーデンR² 0.00395

係数の符合に関しては関東と関西は同じである。ただし、CO2排出量については関東では有意であるのに対して、関西では有意でない。安定性についても関西では係数の値が小さく、有意性も低い。

関東と関西の支払意志額（WTP）は次の表 22、23 のとおりである。

表 22 支払意志額（WTP）（関東）

変数	WTP
CO2 排出量	56.1045
安定性	1122.6232

表 23 支払意志額（WTP）（関西）

変数	WTP
CO2 排出量	33.8854
安定性	608.6974

特に供給の安定性については関東の方がWTPが大きい。これは関東では東日本大震災後に計画停電に直面したことが関係しているかもしれない。

次の表 24、25 はパターン 2 の推定結果である。

表 24 推定結果（関東）

変数	係数	標準誤差	z値	p値
料金	-0.000440	0.0000527	-8.355	0
CO2 排出量	-0.005588	0.0045913	-1.217	0.2236
安定性	0.319374	0.1089854	2.93	0.0034
原子力	-0.743162	0.1877318	-3.959	0.0001
太陽光	1.333528	0.1456307	9.157	0
風力	0.783209	0.1089118	7.191	0
定数項1	0.588783	0.1377049	4.276	0
定数項2	0.006385	0.0757671	0.084	0.9328

対数尤度 -2012.38

マクファーデンR² 0.06969

表 25 推定結果（関西）

変数	係数	標準誤差	z値	p値
料金	-0.000450	0.0000506	-8.904	0
CO2 排出量	-0.004103	0.0044264	-0.927	0.3539
安定性	0.367310	0.1067390	3.441	0.0006
原子力	-0.779325	0.1808319	-4.31	0
太陽光	1.208137	0.1411354	8.56	0
風力	0.691760	0.1070151	6.464	0
定数項1	0.666811	0.1342576	4.967	0
定数項2	0.019349	0.0754164	0.257	0.7975

対数尤度 -2052.119

マクファーデンR² 0.05651

係数の符号や有意性とも関東と関西では大きな違いが見られない。
次の表 26、27 は支払意志額（WTP）である。特に大きな違いは見られない。

表 26 支払意志額（WTP）（関東）

変数	WTP
CO2 排出量	12.7016
安定性	725.9491
原子力	-1689.2348
太陽光	3031.1594
風力	1780.2622

表 27 支払意志額（WTP）（関西）

変数	WTP
CO2 排出量	9.1135
安定性	815.8464
原子力	-1730.9871
太陽光	2683.4361
風力	1536.4943

最後に関東と関西で選好が異なるかどうかについて、選好同一性テストを行った。選好同一性テストは尤度比検定であり、次の検定統計量を考える。

$$-2[LL(A+B)-(LL(A)+LL(B))]$$

LL(A+B)は関東と関西のデータをまとめて推定した対数尤度である。帰無仮説は選好が同一、対立仮説は選好が異なるである。検定統計量は推定するパラメータの数を自由度とする χ^2 分布に従う。

検定の結果は次のとおりである。まずパターン1は 51.388 であった。自由度が5、上側確率5%での臨界値 11.07 であることから帰無仮説は棄却される。よって、関東と関西では選好は異なると言える。一方でパターン2では 8.742 であった。自由度が8、上側確率5%での臨界値が 15.51 であるから帰無仮説は棄却できない。よって関東と関西では選好は同じと言える。この結果は矛盾するように思われる。しかし、エネルギーの選択には違いがあるものの、事業者の選択については違いがないと考えることはできる。

8 おわりに

本研究では、家計に対して、コンジョイント分析を行い、エネルギー源に対する選好を計測した。その結果、原子力をマイナスに評価し、太陽光、風力といった再生可能エネルギーをプラスに評価していることがWTPより分かった。2011年3月の東日本大震災以降、原子力発電所の再稼働が困難となり、原子力を中心とするエネルギー政策の転換を迫られている。少なくとも拡大や震災以前の状態に戻すことはできず、最低でも縮小せざるを得ない状況にある。一方で震災以降エネルギー源の中心であった火力についても地球温暖化や輸入燃料費の高騰の問題からこれ以上の拡張は困難と思われる。節電や計画停電なども限界がある。これからのエネルギー源として期待されている太陽光や風力などの再生可能エネルギーについても買取制度の導入をきっかけとして新規参入が相次ぐものの、料金や供給安定性については依然として課題は多い。今回の研究で分かったことは、再生可能エネルギーが発電源であれば、家計は少々料金が高くなっても支払う意思があるということである。これは再生可能エネルギーの普及を目的として導入された固定買取制度をサポートする結果にもなる。家計の再生可能エネルギーに対する需要の大きさが確認されたので、今後、原子力を縮小し、再生可能エネルギーを中心とするエネルギー供給体制を考える1つの資料となるかもしれない。また2016年以降の電力の小売自由化に照準を合わせて、新規参入事業者も増えることが想定されるが、太陽光など再生可能エネルギーを発電の中心とする事業者も現れることが想定され、自由化後のエネルギー供給体制を考えるきっかけとなることが期待される。

参考文献

- 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
- Borchers, Allison M., Joshua M. Duke and George R. Parsons(2007), "Does wilingness to pay for green energy differ by source?", *Energy Policy*, 35, p3327-3334
- Hensher ,David A., John M.Rose and William H.Greene(2005),*Applied Choice Analysis A primer*, Cambridge
- 経済産業省 資源エネルギー庁(2014)「再生可能エネルギー固定価格買取制度ガイドブック」
- 経済産業省 資源エネルギー庁(2014)「2013 年度エネルギー白書」
- 木下信・依田高典・佐藤真行 (2005)「コンジョイント分析による I P 電話需要の計測」『公益事業研究』第 57 巻第 2 号 p 65-74
- 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
- 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
- 森田玉雪・馬奈木俊介(2013)「東日本大震災後のエネルギー・ミックスー電源別特性を考慮した需要分析ー」RIETI Discussion Paper Series 13-J-066、経済産業研究所
- 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 p 23-33
- Scarpa, Riccardo and Ken Willis(2010), "Wilingness-to-pay for renewable energy : Primary and discretionary choice of British households' for micro-generation technologies", *Energy Economics* ,32, p129-136
- 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
- Train ,Kenneth E. (2002), *Discrete Choice Methods with Simulation*, Cambridge
- Roe, Brian, Mario F. Teisl, Alan Levy and Matthew Russel(2001), "US consumers' wilingness to pay for green electricity", *Energy Policy*, 29, p917-925