



RIETI Discussion Paper Series 13-J-066

# 東日本大震災後のエネルギー・ミックス －電源別特性を考慮した需要分析－

森田 玉雪  
山梨県立大学

馬奈木 俊介  
経済産業研究所



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所

<http://www.rieti.go.jp/jp/>

## 東日本大震災後のエネルギー・ミックス －電源別特性を考慮した需要分析－

森田 玉雪 (山梨県立大学)

馬奈木 俊介 (東北大学)

### 要 旨

2011年の東日本大震災が東京電力福島第一原子力発電所の爆発を引き起こし、電力供給への不安を生ぜしめことから、家庭用エネルギー需要が量的にも質的にも変化した。クリーンエネルギーの担い手として推進されてきた原子力発電が国民の支持を得られなくなり、代替的に自然エネルギーへの関心が強まったのである。

本論文では、ウェブ調査を通じて東日本大震災前後の消費者の節電行動およびエネルギー選好の変化を明らかにし、今後の家庭用エネルギーに対する政策の在り方を提言する。

調査では複数の手法により求めた電源別の電力への支払意思額(WTP)を用いて、政府が提示する今後のエネルギー・ミックスのシナリオへの国民の金銭的評価も計量した。そこから、平均的にみれば、再生エネルギーの比率を高める政策に対して人々は最大6%強の電気代の上昇を受け入れる余地があることが判明した。政府は、このような電源別エネルギー・ミックスに係る消費者の需要も考慮して、エネルギー転換を進める必要がある。

キーワード：エネルギー・ミックス、家庭用電力需要、コンジョイント分析

JEL classification: C25、Q4、Q5

RIETI ディスカッション・ペーパーは、専門論文の形式でまとめられた研究成果を公開し、活発な議論を喚起することを目的としています。論文に述べられている見解は執筆者個人の責任で発表するものであり、(独)経済産業研究所としての見解を示すものではありません。

---

本稿は、独立行政法人経済産業研究所におけるプロジェクト「大震災後の環境・エネルギー・資源戦略に関わる経済分析」の成果の一部である。本稿の一部はJSPS 科研費 21330067 の助成を受けている。本稿の作成に当たっては経済産業研究所ディスカッション・ペーパー検討会参加者の方々から多くの有益なコメントを頂いた。

## 構成

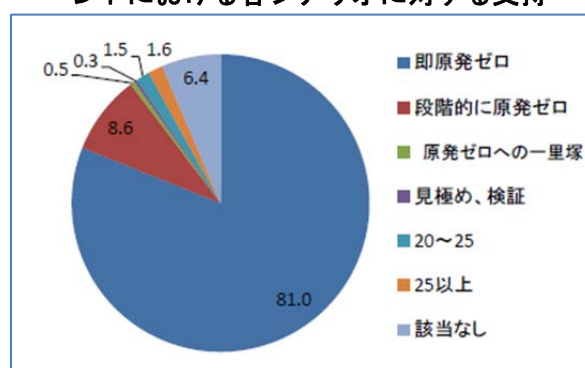
1	問題の背景と研究目的.....	3
2	研究手法.....	4
3	コンジョイント分析とその理論.....	5
3.1	選択型コンジョイント分析の概要と先行研究.....	5
3.2	選択型コンジョイント分析の基礎理論.....	6
3.3	選択確率分析.....	8
3.4	潜在クラスモデル.....	10
4	調査結果.....	11
4.1	回答者の属性.....	11
4.1.1	一般属性.....	11
4.1.2	震災前後の行動変化.....	12
4.1.3	情報とその影響.....	17
4.2	コンジョイント分析.....	23
4.2.1	回答者への提示方法.....	23
4.2.2	選択確率分析の結果.....	25
4.2.2.1	メディアン回帰の結果.....	25
4.2.2.2	最大スコア法の結果.....	27
4.2.3	潜在クラスモデルによる分析結果.....	29
4.2.3.1	多項ロジットの結果.....	30
4.2.3.2	潜在クラスモデルの結果.....	32
4.3	シナリオ別支払意思.....	36
5	まとめと今後の課題.....	38
	参考文献.....	40

## 1 問題の背景と研究目的

2011年3月11日に発生した東日本大震災は、東京電力福島第一原子力発電所の爆発を引き起こし、電力供給への不安を生ぜしめたため、家庭用エネルギー需要が量的にも質的にも変化した。特に、一部の地域で実施された計画停電が当事者に多大な不便を与えたことが報道され、国内全域に節電意識が広まり、電力供給源となるエネルギーの種類に対する消費者の関心も高まった。2012年の夏に国家戦略室「エネルギー・環境会議」が実施した「エネルギー・環境に関する選択肢」についてのパブリックコメントによれば、2012年7月2日（月）～8月12日（日）の42日間のコメント総数が2012年8月15日集計で89,124件に上った（国家戦略室（2011a））。同資料による経過分析では、原発ゼロシナリオへの支持が8割を超えるようになった<sup>1</sup>。クリーンエネルギーの担い手として推進されてきた原子力発電が国民の支持を得られなくなり、自然エネルギーへの関心が強まったのである。政府は今後の持続可能なエネルギー供給を実現するため、政策転換の必要性に迫られている。

本論文の目的は、東日本大震災前後の消費者の節電行動およびエネルギー選好の変化を明らかにし、今後の家庭用エネルギーに対する政策の在り方を提言することである。震災前後での消費者行動の変化を明らかにするとともに、コンジョイント分析を用いて電源別支払意思（WTP, Willingness to Pay）を計測する。さらに、求められた電源別支払意思を利用して、2012年夏に国家戦略室が提示した各シナリオを実現する場合、現在の電気料金がどれだけ上昇しても良いと考えているかを検証する。

図1 エネルギー・環境に関する選択肢のパブリックコメントにおける各シナリオに対する支持



資料：国家戦略室（2012），p.3

<sup>1</sup> 各シナリオの詳細については後掲図21参照。

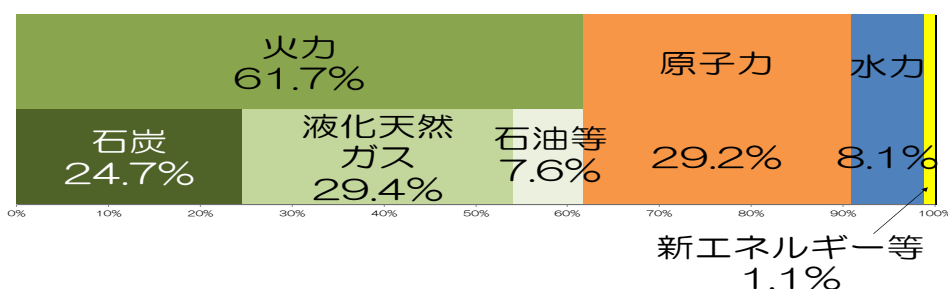
## 2 研究手法

今回の研究ではインターネット調査を用いた。調査の手順として、第一に、調査票の作成準備のためのフォーカス・グループ・ディスカッションを2回行った。人々のエネルギーに対する関心度の差異が今後のエネルギー政策に対する反応にどのような違いを生み出すかを観察するため、フォーカス・グループをエネルギーに対する関心の高さで「高関心層」と「低関心層」に分けてディスカッションを行うこととした。

高関心層と低関心層をスクリーニングするためには、①節電をしているか（エネルギーと無関係に家計のために節電している人を見分けるため、節電をしている人には理由も質問）、②省エネルギー家電やヒートポンプ給湯機などに関心があるか、③「生活が不便でもエネルギー資源を守れるほうが良い」と「エネルギー資源の保全より、生活が便利なほうが良い」のどちらに考えが近いか、④テレビや新聞などで取り上げられる節電についての情報、電気製品ごとの消費電力、太陽光や風力などの再生可能な自然エネルギーについての情報、のそれぞれの情報にどれだけ関心があるか、⑤こまめに照明を消す、コンセントを抜くなど待機電力を削減するなどの具体的な節電策をどれだけ実施しているか、の①～⑤について、いずれも4段階での質問を行って、関心度を測定した。

2012年2月5日に東京都内において、エネルギー高関心層8名および低関心層8名の各グループに対し、それぞれ、節電意識、震災前後の行動変化、エネルギーに対する今後の期待などを議論してもらった。震災の影響は程度の差はあるものの両グループに対して節電意識を呼び起こしていた。また、当初日本のエネルギー構成に対する興味が低かった低関心層は、途中で図2の発電電力構成を提示したところ、水力や新エネルギーの比率はもっと高くても良いという意見が出て、「再生エネルギー拡大が必要で、そのためにはある程度の費用負担もやむを得ない」という高関心層とあまり変わらない見解が主流となった。この点から筆者らは、エネルギーに関する情報の有無によって、消費者の関心の方向性が

図2 日本の発電電力量構成（2009年度）



資料： 資源エネルギー庁「平成22年度電力供給計画の概要」より筆者らが作成

変わる可能性を見出した。そこで、株式会社日経リサーチの協力のもとで期間を置いて2回の主調査を実施し、合間に一定の情報を提供することで、消費者の支払意思に変化が生じるか否かを検証する設計とした。

第二に事前調査である。これは設問の妥当性を確認するためのもので、2012年2月24日～28日に全国7,479サンプルに対して配信し、1,111サンプルを回収した(回収率14.85%)。

第三に1回目の主調査(今後「一回目調査」と表記する)を行った。2回目の調査を経たのちに最終的に3,000サンプルを確保することを目指して、性別・地域等を層化し、さらに3種類の異なる情報をほぼ同数ずつランダムに割り当てて2012年3月9日～13日に全国31,980サンプルに対して配信し、5,818サンプルを回収した(回収率18.19%)。調査票では、コンジョイント用質問の後にそれ以前の回答済み項目を修正できないようにしてから、情報を提示した。

第四に2回目の主調査(今後「二回目調査」と表記する)を実施した。一回目調査から2週間ほど経過した2012年3月23日～28日に、一回目調査の回答者のみを対象として5,313サンプルに配信し、3,338サンプルを得ることができた(回収率62.83%)。調査票の冒頭で、各回答者には一回目調査で割り当てたものと同じ情報を改めて提示し、コンジョイント用質問を再度行ったほか、追加的に回答者属性を得るようにした。

### 3 コンジョイント分析とその理論

#### 3.1 選択型コンジョイント分析の概要と先行研究

今回の調査では選択型コンジョイント分析を利用している。選択型コンジョイント分析とは、回答者に2～4種類程度の財またはサービスの例を複数回提示し、各回ごとに回答者自身が最も購入しても良いと思う財またはサービスの例を選択してもらうものである。財またはサービスは、価格、品質、提供方法など様々な属性が異なるものを組み合わせて提示される。組み合わせを工夫することにより、それぞれの属性に対して回答者がどれだけの効用を感じているかということ、限界効用として測ることが可能となる。そのためこの手法は、市場のない財に対する消費者の選好を得るための「表明選好法」と言われる<sup>2</sup>。さらに、価格に対する限界効用を基準とすることで、その他の属性に対する限界効用を金銭価値として表現することができる。各属性への限界効用を金銭価値としてあらわしたものを支払意思(Willingness to Pay, WTP)と称する。

---

<sup>2</sup> これに対し、実際の市場におけるデータから選好を導き出す手法は顕示選好法と呼ばれる。

選択型コンジョイントの手法はマーケティング、環境経済学、医療経済学など幅広い分野で応用されているものである。コンジョイント分析を利用した先行研究は非常に多数であり、例えば栗山他(2011)では、本論文でも用いる潜在クラスモデルの分析がされている。

エネルギーに関するコンジョイント分析の先行研究として海外では、米国内の8都市で契約形態・エネルギー構成・温暖化ガス排出量構成を属性として電源に対する支払意思を計測したRoe他(2001)、国内では電気機器およびガス機器に対する消費者選好に焦点を当て、条件付きロジットを用いて家庭用エネルギー需要を計測した中島他(2006)、および、資源量・CO<sub>2</sub>排出量・事故時の被害を属性として発電技術に対する支払意思を計測した電力中央研究所(2008)などがある。

以下では3.2で選択型コンジョイント分析の基礎理論、3.3で今回用いた選択確率によるコンジョイント分析の理論、3.4で選択型コンジョイント分析の応用である潜在クラスモデルの理論について解説する。

### 3.2 選択型コンジョイント分析の基礎理論

選択型コンジョイント分析では、消費者に、いくつかの属性を組み合わせた商品例を複数提示して購入する商品を選択してもらう。属性の組み合わせをプロフィールと呼ぶが、同じ組み合わせを避けるようにプロフィールを設計しておき、選択を数回繰り返してもらうことで、その選択パターンから支払意志額(Willingness to Pay, WTP)を推定するものである。

基本となる多項ロジット(Multinomial Logit, MNL)は次のようなモデルである。 $J$ 種類のプロフィールがあるとき、回答者 $n$ がプロフィール $j$ を選択したときの効用 $U_{nj}$ は、実験者が観察可能な効用 $V_{nj}$ と実験者が観察不可能な $\varepsilon_{nj}$ とに分かれ、次式のように表わされる<sup>3</sup>。

$$U_{nj} = V_{nj} + \varepsilon_{nj}, \quad i = 1, \dots, J \quad (1)$$

ここでは、 $\varepsilon_{nj}$ を独立かつ同一な極値分布(i.i.d extreme value distribution)に従うとする。このとき、 $\varepsilon_{nj}$ の確率密度関数は

$$f(\varepsilon_{nj}) = \exp(-\varepsilon_{nj}) \cdot \left\{ \exp(-\exp(-\varepsilon_{nj})) \right\}$$

となり、累積分布関数は

$$F(\varepsilon_{nj}) = \exp(-\exp(-\varepsilon_{nj}))$$

---

<sup>3</sup> モデルの詳細はTrain(2003)を参照されたい。

となる。2つの極値分布関数の差がロジスティック分布をすることから、 $\varepsilon_{nj}$  は以下のロジスティック分布に従う。

$$F(\varepsilon_{nji}^*) = \frac{\exp(\varepsilon_{nji}^*)}{1 + \exp(\varepsilon_{nji}^*)} \quad (2)$$

ある個人  $n$  がプロフィール  $i$  を選択する確率は、

$$\begin{aligned} P_{ni} &= \text{Prob}(V_{ni} + \varepsilon_{ni} > V_{nj} + \varepsilon_{nj} \quad \forall j \neq i) \\ &= \text{Prob}(\varepsilon_{nj} < \varepsilon_{ni} + V_{ni} - V_{nj} \quad \forall j \neq i) \end{aligned}$$

である。 $\varepsilon_{ni} + V_{ni} - V_{nj}$  の累積分布関数は  $\exp(-\exp(-(\varepsilon_{ni} + V_{ni} - V_{nj})))$  となるから、 $\varepsilon_{nj}$  が与えられれば  $i$  以外の全ての  $j$  の選択確率は  $P_{ni} | \varepsilon_{ni} = \prod_{j \neq i} \exp(-\exp(-(\varepsilon_{ni} + V_{ni} - V_{nj})))$  となる。 $\varepsilon_{nj}$  は未知であるため、これを全ての  $\varepsilon_{nj}$  について積分し(2)式の確率密度で加重すると、

$$\begin{aligned} P_{ni} &= \int (P_{ni} | \varepsilon_{ni}) f(\varepsilon_{ni}) d\varepsilon_{ni} \\ &= \int \left( \prod_{j \neq i} \exp\{-\exp(-(\varepsilon_{ni} + V_{ni} - V_{nj}))\} \right) \exp(-\varepsilon_{ni}) \cdot \{\exp(-\exp(-\varepsilon_{ni}))\} d\varepsilon_{ni} \end{aligned}$$

と求められるから、選択確率は

$$P_{ni} = \frac{\exp(V_{ni})}{\sum_j \exp(V_{nj})}$$

となる。ここで、観察可能な効用  $V_{nj}$  がパラメータに関して線型であると仮定すると、プロフィール  $j$  の観察された変数のベクトル  $\mathbf{x}_{nj}$  に対し、

$$V_{nj} = \beta' \mathbf{x}_{nj} \quad (3)$$

という関係を与えることができ、この場合、

$$P_{ni} = \frac{\exp(\beta' \mathbf{x}_{ni})}{\sum_j \exp(\beta' \mathbf{x}_{nj})} \quad (4)$$

とあらわされる。ここで  $\beta$  は、推定されるパラメータであり、限界効用を表している。

推計を行う際には、「プロフィールを選択すると1、選択しないと0」という二値変数を用いて、個人  $n$  のプロフィール  $i$  の選択確率を  $\prod_i (P_{ni})^{y_{ni}}$  (ただし、 $y_{ni}$  は個人  $n$  が  $i$  を選択すると1、その他は0となる変数) という形で得る。N人分の回答を用いるときは、

$$L(\beta) = \prod_{n=1}^N \prod_i (P_{ni})^{y_{ni}}$$

を最大化するような  $\beta$  を求めればよい。ただし、このままだと非線形であるため、対数をとった対数尤度関数 (log likelihood function)  $LL(\beta)$  を最大化するような  $\beta$  を求める。



$$LL(\beta) = \sum_{n=1}^N \sum_i y_{ni} \ln P_{ni}$$

選択実験においては、個人  $n$  は  $V_{nj}$  および  $\varepsilon_{nj}$  を知っており、効用を最大化する選択を行うことができるものと仮定している。しかし、実験者が提示する変数は  $\mathbf{x}_{nj}$  のみであり、回答者にとって  $\varepsilon_{nj}$  が既知であるかどうかを判別することはできない。

### 3.3 選択確率分析

そこで、 $\varepsilon_{nj}$  に対する不確実性を明確化させる、選択確率実験を設計したのが Blass 他 (2010) である<sup>4</sup>。個人  $n$  の効用関数(1)式を、改めて

$$U_{nj} = V_{nj} + \varepsilon_{nj} = x_{nj}\beta_n + \varepsilon_{nj}, \quad i = 1, \dots, J \quad (5)$$

と書き直す。もし個人  $n$  が  $\varepsilon_n$  に関して主観的確率分布を持つならば、実験者はその確率分布を尋ねることができる。 $q_{nj}$  を、個人  $n$  がプロファイル  $j$  を選択する確率と定義する。前項と異なり、 $q_{nj}$  は 0 または 1 の二値ではなく、0 から 1 の間の任意の値を取り得る。 $q_{nj}$  は、個人  $n$  が  $\varepsilon_n$  を認識してプロファイル  $j$  を最適にするときの主観的確率である。(5)式の効用関数を持つ個人のプロファイル  $j$  に対する主観的選択確率は、

$$q_{nj} = Q[x_{nj}\beta_n + \varepsilon_{nj} > x_{nk}\beta_n + \varepsilon_{nk}, \quad \text{all } k \neq j] \quad (6)$$

であり、(6)式の右辺は、表明選好確率の主観的ランダム効用を与えるものである。

主観的確率分布  $Q_n$  は、提示される選択シナリオでは現れないが、現実の選択を行うときに現れる不確実性を組み込んだものとなる。各個人にとって、実際の選択でも不確実な部分が残ることを考慮しているのである。通常の経済学ではこのような不確実性について、「主観的期待効用を最大化する」と仮定し、個人が期待効用を最大化する組み合わせを選ぶ確率を 1 とおく。このため、プロファイル A とプロファイル B の間で選択する場合に A を選ぶ確率は 1 または 0 とされ、もし全ての回答者が A を選んだとすると実際の選択においても全員が 100% の確率で A の財を購入すると想定される。しかし、主観的確率分布を用いる場合には、A を 60%、B を 40% のように、選択確率が示される。全ての回答者が A を 60% で選択すると回答し、誤差項が統計的に独立である場合には、その集団が実際に選択を行う場合には 6 割の個人だけが実際に A の財を購入するという考察ができるのである。

このような表明選好確率を用いるためには、主観的確率分布  $Q_n$  に仮定を置かなくてはならない。誤差項には独立かつ同一な極値分布を仮定して(6)式の選択確率を MNL で表すと

<sup>4</sup> 以下の説明は Blass 他 (2010) による。

$$q_{ni} = \frac{\exp(\beta' \mathbf{x}_{ni})}{\sum_j \exp(\beta' \mathbf{x}_{nj})}, \quad j=1, \dots, J \quad (7)$$

となる．ここに対数オッズ変換 (log-odds transformation) を行くと，

$$\ln\left(\frac{q_{nj}}{q_{n1}}\right) = (x_{nj} - x_{n1})\beta_n = (x_{nj} - x_{n1})b + u_{nj} \quad j=2, \dots, J \quad (8)$$

$$\text{ただし } \beta_n = b + \eta_n, \quad u_{nj} = (x_{nj} - x_{n1})\eta_n$$

のように線形で表される． $j=1$ となるプロファイルは任意に選択する．

表明選考法の標準的な分析では，クロスセクショナルな  $\beta$  の分布，したがって  $\eta$  の分布が， $x$  に依存しないことが仮定される．ここでもその仮定を保持する．一般性を損なわないように  $E(\eta) = 0$  と標準化すれば， $b = E(\beta)$ ， $E(\mu|x) = 0$  となり，(8)式は次のようにあらわされる．

$$E\left[\ln\left(\frac{q_{nj}}{q_{n1}}\right) \middle| x\right] = (x_{nj} - x_{n1})b \quad (9)$$

(9)式において，平均選好係数  $b$  は， $\beta$  の分布形にかかわらず，最小二乗法によって推計することができる．他の表明選好法の分析のように， $\beta$  の分布を仮定しなくてもよい．

ただし，回答者の選好表明が，5～10%区切りなど離散的に表されることによって，問題が生じる．たとえば，41%を40%とすることは大きな問題とならないが，1%を0%にする場合には，対数オッズ変換した際にマイナス無限大の値が生じてしまい，最小二乗法が利用できなくなる．そこで  $\beta$  の分布に「 $b$  を中心として対称的に分布する」という仮定をおく．

この対称性の仮定により観察されない  $u_{nj}$  が  $x_n$  の条件付きでゼロの周辺に対称的に分布することになる．したがって， $x_n$  条件付きのもとで中央値 (メディアン) がゼロになる．このことにより，メディアン回帰を行うことができる<sup>5</sup>．

<sup>5</sup> メディアン回帰は，分位点回帰のうち 50%点を推計するものである．通常の回帰分析は  $y_i = \mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta} + u_i$ ， $i=1, \dots, N$  (ただし  $\mathbf{x} : K \times 1$  の列ベクトル， $\boldsymbol{\beta} : K \times 1$  の列ベクトル) において， $\sum_{i=1}^N (y_i - \mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta})^2$  を最小化するものであり， $\mathbf{X}$  を説明変数の  $N \times K$  行列とし，推定値を  $\hat{\boldsymbol{\beta}}$  と表わせば， $\hat{\boldsymbol{\beta}} = (\mathbf{X}' \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}' \mathbf{y}$  を求めるものである．

他方，分位点回帰は  $Q(\boldsymbol{\beta}_q) = \sum_{i: y_i \geq \mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta}} q |y_i - \mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta}_q| + \sum_{i: y_i < \mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta}} (1-q) |y_i - \mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta}_q| \dots (n1)$  を最小化する  $\hat{\boldsymbol{\beta}}_q$  を推定するものである． $0 < q < 1$  で， $q = 0.5$  のときがメディアン回帰で，(n1)式は  $\sum_i |y_i - \mathbf{x}_i' \hat{\boldsymbol{\beta}}_{0.5}|$  となる．(n1)式は微分不可能であるから，線形計画法 (シンプレックス法)

$$M \left[ \ln \left( \frac{q_{nj}}{q_{n1}} \right) \middle| x \right] = (x_{nj} - x_{n1})b \quad (10)$$

ランダム変数のメディアンは、変換後もメディアンであるという、変換に対する不変性がある。すなわち、 $y$ がメディアン  $M$  を持つランダム変数であるとき、どの関数  $f(y)$  についても、 $y < M \Rightarrow f(y) < M$  かつ  $y > M \Rightarrow f(y) > M$  となる。(10)式における  $q$  の小さな値がゼロに、大きな値が1に変換されたとしても、メディアン回帰であれば推計が可能である。ここで  $b$  は「対称的な選好分布の中心値」というのが正確な表現である。

さらに、プロフィール( $j, k$ )からの選択モデルを考える。Manski (1999) では、 $\varepsilon_{nj} - \varepsilon_{nk}$  の主観的中央値をゼロと置き、 $\beta$  のクロスセクショナルな分布が対称だと仮定する。前者の仮定からは、不等式

$$q_{nj} \geq 0.5 \Leftrightarrow (x_{nj} - x_{nk})\beta_i \geq 0$$

が成り立ち、後者の仮定からは、不等式

$$P(q_{nj} \geq 0.5 | x) \geq 0.5 \Leftrightarrow (x_{nj} - x_{nk})b \geq 0$$

が成り立つ。この  $b$  を、Manski (1975, 1985)の最大スコア法 (Maximum Score Method) <sup>6</sup>で求めることもできるのである。

### 3.4 潜在クラスモデル

本研究では、前項の Blass 他による選択確率分析の結果と対比するために、3.1 項の多項ロジット (MNL) を用いた分析も行う。しかし、MNL は誤差項に独立かつ同一な極値分布 i.i.d. を仮定していることから、選択実験の場合には「無関係な選択肢からの独立」 (Independent of Irrelevant Alternatives, IIA) という条件を前提としなくてはならない。この IIA 条件は現実的には厳しすぎる条件である。この条件を緩和する推計方法がいくつか編み出されている。その1つがパラメータ  $\beta$  に或る確率分布を仮定する混合ロジットモデル (Mixed Logit Model, MLM) であり、もう1つが回答者の属性が潜在的なグループに分かれ

を用いて  $Q(\hat{\beta}_q)$  の最小値を求める。このときの推定値は以下の条件を満たしている。

$$\hat{\beta}_q \stackrel{a}{\square} N(\beta_q, \mathbf{A}^{-1}\mathbf{B}\mathbf{A}^{-1})$$

ただし  $\mathbf{A} = \sum_i q(1-q)\mathbf{x}_i\mathbf{x}'_i$ ,  $\mathbf{B} = \sum_i f_{u_q}(0|\mathbf{x}_i)\mathbf{x}_i\mathbf{x}'_i$ ,  $f_{u_q}(0|\mathbf{x}_i)$  は誤差項  $u_q = y - \mathbf{x}'\beta_q$  の条件付確率密度を表わす。詳細は Cameron and Trivedi (2009) などを参照。

<sup>6</sup> 最大スコア法については Sherman (2012) が簡潔に示している。

ていると仮定する潜在クラスモデル (Latent Class Model, LCM) である<sup>7</sup>。本研究の分析には LCM を用いた。

LCM は MNL を次のように拡張する。  $Q$  種類の潜在的なグループが存在するとき、グループ  $q$  に属する個人  $n$  がプロフィール  $i$  を選択する確率は

$$P_{ni|q} = \frac{\exp(\beta'_q \mathbf{x}_{ni})}{\sum_j \exp(\beta'_j \mathbf{x}_{ni})}, \quad q = 1 \dots Q \quad (7')$$

である。個人がグループに属する確率は  $z$  を個人属性とすれば(7)式と同様に  $\exp(\theta'_q \mathbf{z}_n) / \sum_{q=1}^Q \exp(\theta'_q \mathbf{z}_n)$  (ただし  $\theta_Q=0$  とする) となるから、グループを考慮した時に個人  $n$  がプロフィール  $i$  を選択する確率は(7'')で表される。

$$P_{ni} = \frac{\exp(\theta'_q \mathbf{z}_n)}{\sum_q \exp(\theta'_q \mathbf{z}_n)} \frac{\exp(\beta'_q \mathbf{x}_{ni})}{\sum_j \exp(\beta'_j \mathbf{x}_{ni})} \quad q = 1 \dots Q \quad (7'')$$

エネルギーに対する支払意思が回答者の属性によって大きく異なることが予測されたため、LCM を適用し、回答者属性がもたらす選択確率への影響  $\theta_q$  およびグループごとの限界効用  $\beta_q$  を推計する。

## 4 調査結果

### 4.1 回答者の属性

本項では回答者の属性、エネルギーに対する見解、および震災前後の節電行動の変化の有無などを示す。

#### 4.1.1 一般属性

2 回の調査を経て最終的に集めた回答者は 20 歳以上 70 歳未満の男女 3,339 名である。一回目調査の段階で性別・年齢・居住地域に配慮して 5,818 回答を集めたが、分析はそのうち二回目調査に回答した人だけを対象とする。性別は男性が 1,866 名 (55.9%)、女性が 1,473 名 (44.1%) で、人口比<sup>8</sup>より男性の比率がわずかに高くなっているが、これは二回目調査

<sup>7</sup> MLM と LCM を比較した Green and Hensher (2003)によれば、絶対的に優れている手法はなく、手法の選択は分析者の判断に委ねられる。本研究では LCM を用いるが、例えば森田・馬奈木 (2010) および森田他 (2013) などでは、エネルギーとは異なる分野で MLM による分析を行っている。

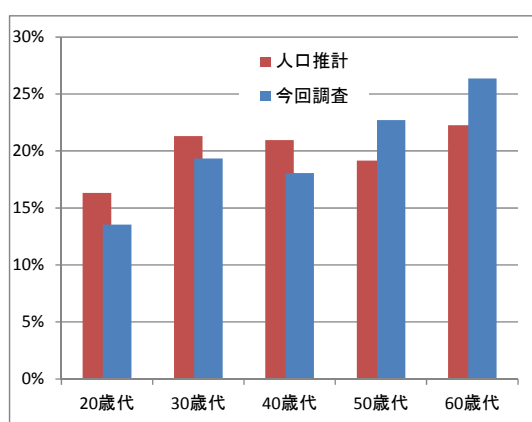
<sup>8</sup> 総務省統計局の人口推計 (平成 24 年 1 月 1 日現在) によれば、日本の 20 歳以上 70 歳未満の人口の男女比は 50.0%対 50.0%となっている。

への参加率が男性の方が高かったためである（二回目への参加率は全体で 63%だが、男性は 66%と女性の 59%より 5%水準で有意に高い）。

年齢層は図 3 に示すように、人口推計と比較すると 50 歳以上の比率が高く 40 代以下の比率が低い。Tukey の多重比較によると 20 代のみ有意に二回目調査への参加率が低くなっているだけであり、その他の世代は参加率の影響は受けていない。

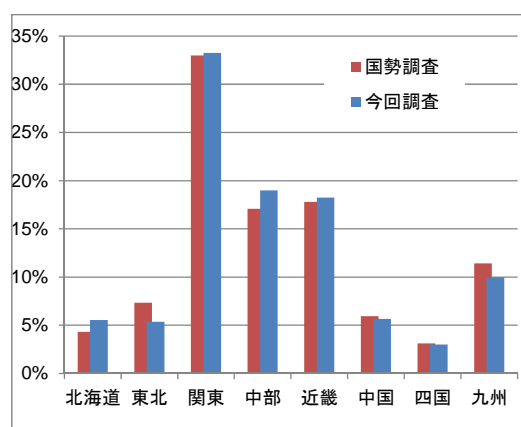
地域分布は図 4 の通りである。こちらは参加率の影響を受けていないため東日本大震災の被災に起因するものと思われるが、東北地方の回答者の比率が全国分布よりもやや低い。

図 3 回答者の年齢別分布



資料：総務省統計局「人口推計」（平成 24 年 1 月現在）

図 4 回答者の地域別分布



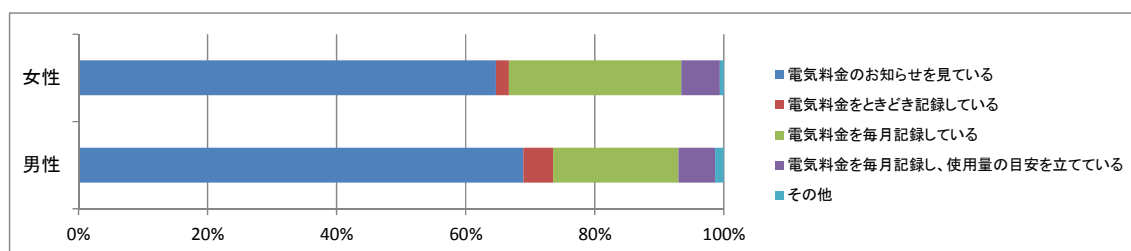
資料：平成 21 年国勢調査

#### 4.1.2 震災前後の行動変化

本項では、震災前と震災後で回答者の節電意識やエネルギーに関する認識が変化したかなどを示す。

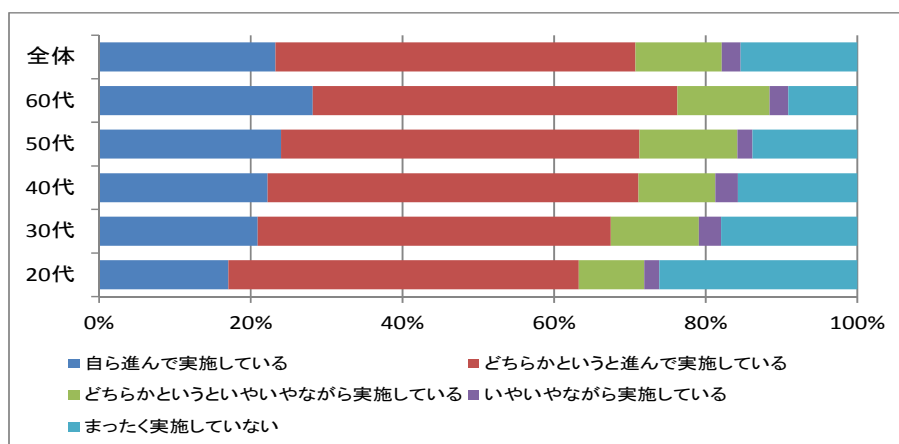
まず震災とはかかわりなく、普段電気料金を気にしているかどうかを二択で尋ねたところ、78.6%の回答者が「気にしている」と回答した。男女比では男性が 73.8%，女性が 84.6%と、女性の方が高い（有意水準 5%）。気にする方法については 6 割以上が電気料金のお知らせ（検針票）を見ているだけであるが、図 5 にあるように、女性の方が毎月記録を付ける傾向にある。

図 5 家庭の電気料金に対する関心



震災前後の節電意識の変化については、調査時点で節電しているか否かから質問した。「あなたは、この冬に節電をどの程度実施していますか」という問いに対して、8割強が実施していると回答している(図6)。ここで特徴的であったのは年齢別の回答の差であり、年齢が低くなるほど自主的に実施している比率が下がったことである(Tukeyの多重比較の結果、40代と50代の間以外は有意差が認められた)。特に20代は「まったく実施していない」層が2割を超えている。

図6 質問時点での節電行動(年代別)



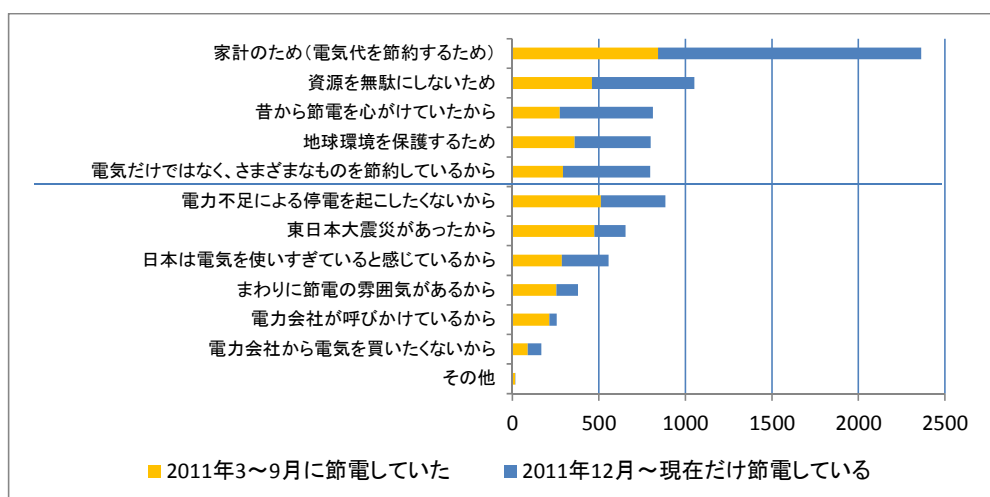
回答時点における具体的な節電方法を、「あなたは、普段の生活で以下に挙げることを実施していますか」という形式で複数回答で尋ねたところ、約85%の回答者が「こまめに照明を消す」と答えたのに次いで、半数ほどが「冷暖房の設定温度を控えめにする」とした(表1)。省エネ家電への買い替えも3割弱みられた。回答者のほとんどが何らかの形で節電行動をとっており、「特に実施していることはない」回答者は4%に過ぎない。前問で「(節電を)まったく実施していない」と回答した人も、「節電」とは意識しないながらも小さな節電行動をとっていることが分かる。

表1 実施している節電方法

項目	総数に対する比率	回答数
こまめに照明を消す	84.8%	2,831
エアコン・冷暖房の設定温度を控えめにする	51.2%	1,710
コンセントを抜くなど、待機電力を削減する	46.4%	1,549
炊飯器などの保温機能を使用しない	41.5%	1,386
エアコン・冷暖房を使用しない	33.7%	1,125
LED電球などの省エネ家電に買い換える	31.3%	1,045
照明の設定を暗くする	29.9%	998
冷蔵庫の開閉を少なくする	26.0%	867
テレビを見る時間を減らす	20.8%	693
乾燥機を使用しない	20.2%	676
無駄な電話やメールを控える	15.9%	531
温水洗浄便座を使用しない	15.7%	523
早寝する	12.9%	432
特に実施していることはない	4.0%	135
その他	1.6%	52

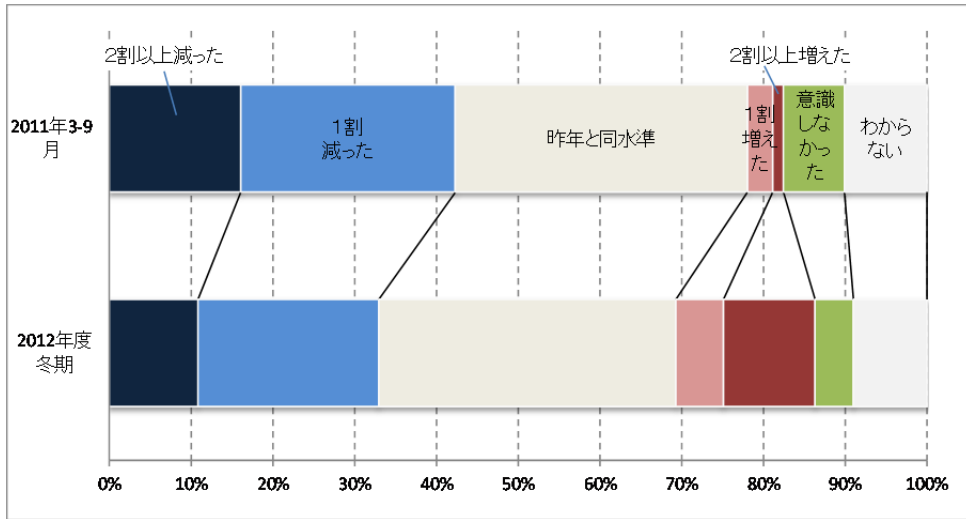
節電行動は震災前後で変化したのであろうか。節電を行う理由から変化を読み取る。図7には、震災後の春夏（2011年3月以降9月まで）における節電理由（黄色）と、回答時点の冬（2011年12月～2月）における節電理由（青色）を複数回答で聞いた結果を示している。両者の合計である横棒グラフの長さは、両時期共に節電をしている回答者数を示しており、震災後と比較して冬になると節電をしている理由がより多く選ばれていることが窺える。また、その理由も変化している。下段の7項目は震災直後に多く選ばれ、上段の5項目は直近に多く選ばれている。震災直後は、外からの節電の呼びかけに呼応する形での節電が多かったが、震災後半年経過すると、いわゆる「節約」を動機としたものの方が選ばれるようになったことが分かる。震災の半年後には電力会社による計画停電の呼びかけがなくなったことで、外からの働き掛けによる節電動機は影を薄め、より、主体的な節電動機が中心になってきている。

図7 節電を行う理由（複数回答）



節電しているかどうかというのは本人の認識の問題であり、その問いからだけでは実際に電力消費量を減らすことにつながっているかどうか分からない。節電という意識がないなかで、こまめに電気を消している人もいる。そのため、実際に電力使用量そのものが減っているかどうかを確認する必要がある。前年同期と比較して電力使用量が減ったかどうかを、2011年3～9月と2011年12～2月の各時期について聞いた結果が図8である。前年同期との気温差があるため、地域ごとの気象条件を詳細に調査しないと電力使用量の増減が節電の効果であるかどうかを正確に判断することはできないが、あくまで目安として、いずれの時期も震災前より電力使用量が減っている回答者が多い。ただし、震災直後よりも時間が経った2011年度冬期の方が、節電の実質的な効果は下がっていきそうである。

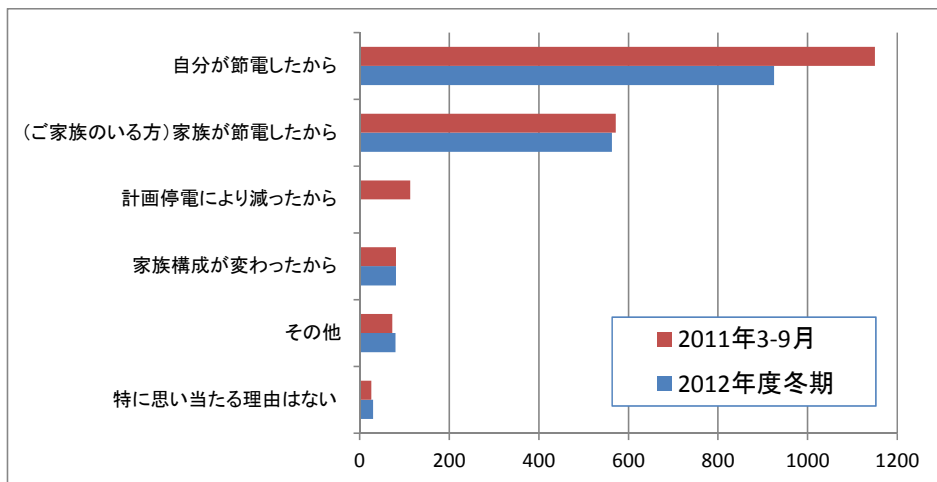
図 8 前年同期からの電気使用量の変化



注：引越しなどがあって前年との比較ができない回答者を除いている。

節電効果が下がった理由を探るため、電力使用量が減少したと答えた回答者（2011年3～9月 1,346名→2011年度冬期 1,122名）を対象に、電力使用量が減少した理由を回答してもらった（図9）。冬期に電力使用量が減少したと回答した人が減ったことに寄与しているのは、計画停電が実施されなかったこと、「自分が節電した」と答えた人が減ったことである。回答者自身の節電への心がけが緩んだことも、電力使用量の減少を抑えたひとつの要因であるものとみられる。

図 9 前年同期と比較して電力使用量が減少した理由



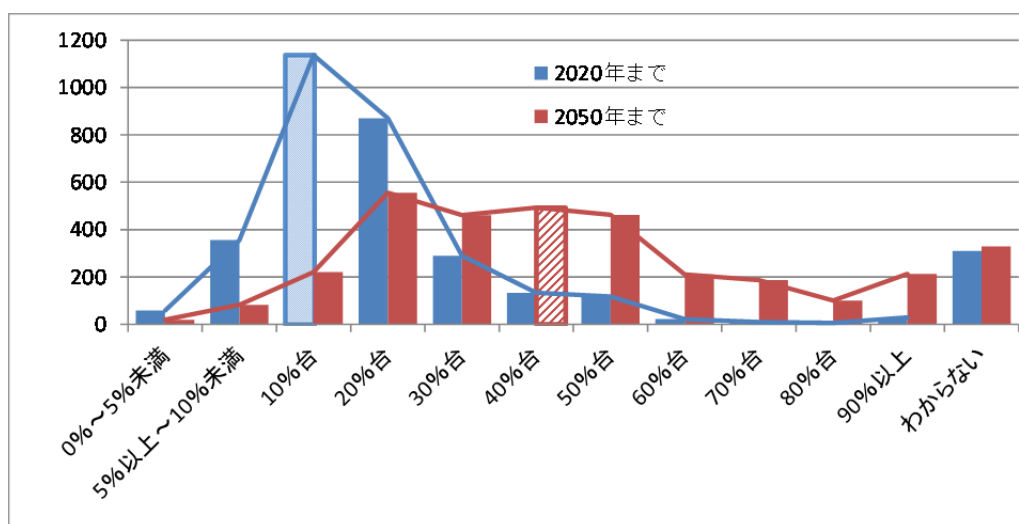
ここからは、回答者のエネルギー源に対する意識を紹介する。

第1章の背景で述べたとおり、東日本大震災の後、国民の中で原子力に代わるクリーンエネルギーとして自然エネルギーが注目されるようになった。そこで、回答者には、発



電用エネルギーのうちの自然エネルギーの比率を、いつごろまでに何割にしたいかを尋ねた。前掲図2を提示して2009年度の日本における自然エネルギーの比率は「水力」と「新エネルギー」を合わせて約9%であることを理解してもらった上で、発電電力量に占める自然エネルギーの比率を(1)2020年まで、(2)2050年までにそれぞれ何パーセントにするのが良いと考えるかを聞いた<sup>9</sup>。これは菅元首相が計画を前倒しし、OECDで2020年代のできるだけ早い時期までにその比率を20%とする目標を示したこと<sup>10</sup>を評価する設問でもある。結果として図10のような分布が得られた。中央値が含まれる層を斜線で示している。2020年までの比率では10%台を中心に回答が集中しているが、2050年まででは幅が広がり40%台が中心となったことがわかる。自然エネルギーの拡大が望まれているが、その速度と幅には相当の個人差があることが読み取れる。

図10 将来の発電電力量に占める自然エネルギー比率への期待



注：斜線は中央値を含む層である。

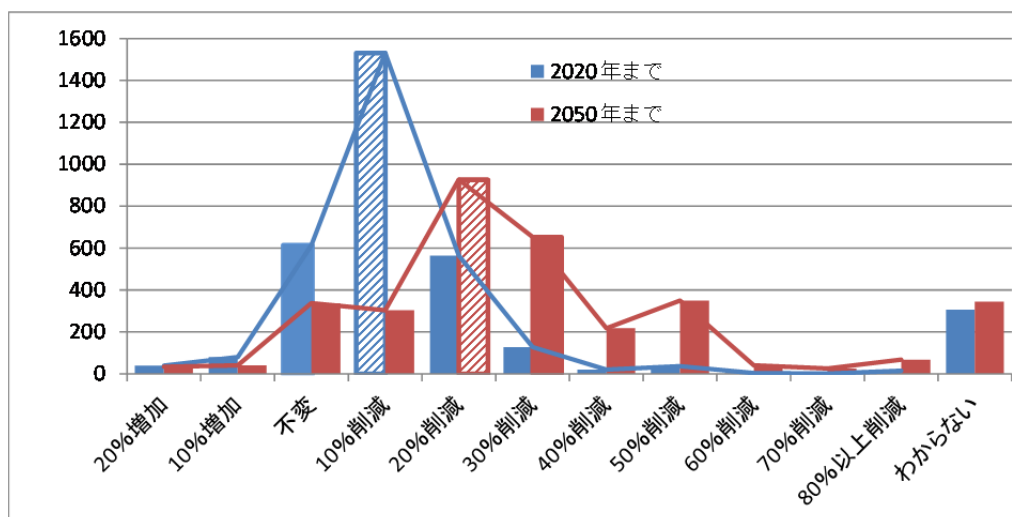
化石エネルギーを利用する際には二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) が発生することから、コンジョイント調査では CO<sub>2</sub> の排出量も属性として示している。そこで回答者には日本は2020年まで、

<sup>9</sup> 設問は以下の通り。《あなたは、発電電力量に占める自然エネルギーの比率を(1)2020年まで、(2)2050年までにそれぞれ何パーセントにするのが良いとお考えですか。図にあるように、2009年度の日本における自然エネルギーの比率は「水力」と「新エネルギー」を合わせて約9%でした。2003年に策定された政府の「エネルギー基本計画」では、2030年までに自然エネルギーを20%にする目標が掲げられていますが、菅前首相がOECDで2020年代のできるだけ早い時期までに20%とする目標を示しました。》

<sup>10</sup> 2011年5月25日、パリの経済協力開発機構 (OECD) における講演での発言。

および 2050 年までに、現在と比べて CO<sub>2</sub> をどの程度に変化させるべきと考えているかを尋ねた (図 11)。その結果、2020 年までは 10%削減を中心に意見が分布しているが、2050 年になると最多回答かつ中心となるのが 20%削減ではあるものの、その他はばらばらな分布となった。2050 年の日本の CO<sub>2</sub> 排出量には国民的なコンセンサスが無い様子がうかがえる。

図 11 将来の CO<sub>2</sub> 排出量への期待



注：斜線は中央値を含む層である。

#### 4.1.3 情報とその影響

ここまでは、回答者が既知の情報をもとに判断した結果を示した。本小項では今後のエネルギー・ミックスについて、既知の情報のもとでの考えと、原子力発電に関する情報を読んだ場合との考えに変化があるかどうかを示す。ここで情報の内容を原子力発電に関わるものとしたのは、東日本大震災後の東京電力福島第一原子力発電所の事故の影響が停電のみならず放射性物質の放出という形で大きな影響を与えていたからである。調査設計時点の世論調査<sup>11</sup>結果から原子力発電をなくす方向への傾きがみられた (第1節「研究の目的と背景」で述べたように、震災後1年半を経過した政府のパブリックコメントにおいても原発ゼロという選択肢が多数の支持を集めていた)。

情報については、原子力発電を推進する有識者の発言にみられる原子力に対してポジティブとなる情報 (情報 1)、原子力発電に反対する有識者の発言にみられる原子力に対して

<sup>11</sup> NHK放送文化研究所による世論調査「原発とエネルギーに関する意識調査」(2011年6月, 8月, 10月)など。その後本調査実施時の2012年3月にも実施された。2011年における各機関の世論調査の結果については国家戦略室(2011b)に簡潔にまとめられている。

ネガティブとなる情報（情報 2），どちらの見解も含まず，情報 1 と情報 2 の対象者に共通して示す一般的な情報（基本情報のみ）を，ランダムに回答者に割り振った．二回目調査では，一回目と同じ情報が表示されるようにしている．表 2 に示すように，二回目においてもおおむね均等に割り振られるように回答を回収している．

**表 2 各回における情報別回答者数**

	一回目回答者数		二回目回答者数		一回目から二回目への減少率
情報 1	1,767	33.2%	1,105	33.1%	37.5%
情報 2	1,759	33.1%	1,125	33.7%	36.0%
基本情報のみ	1,792	33.7%	1,109	33.2%	38.1%

回答者に示した情報に対しては，各回答者の受け止め方も調べている．ここでは各情報とその受け止め方を図 12～図 14 に示す．受け止め方は「接する頻度」「信頼度」「有用度」「興味度」の 4 点から聞いている．なお図中には記入していないが，本文では左に近い=10，やや左に近い=5，やや右に近い=-5，右に近い=-10 で得点化した結果を{ }内に記述する．全員が左に近いと回答した場合に 10 となるように得点化した．

図 12 の情報 1 では，①～⑤の情報に接する頻度は順に{1.5, 2.3, -0.2, -0.9, -0.8}であり，単純平均<sup>12</sup>は{0.4}である．信頼度は順に{-3.0, 0.3, -2.3, -1.6, -2.5}で平均{-1.8}，有用度は{-0.4, 0.7, -1.6, -1.0, -0.9}で平均{-0.6}，興味度は{0.9, 1.8, -0.9, -0.4, 0.0}で平均{0.3}であった．

図 13 の情報 2 では，①～⑤の情報に接する頻度にはばらつきがあり，順に{4.6, -0.9, -1.5, 2.9, 4.7}であった．平均は{2.0}である．信頼度は耳にする機会が少なかった②，③についても比較的高く，順に{5.6, 4.4, 4.0, 6.1, 6.5}で平均{5.3}，有用度は{5.3, 4.2, 4.4, 6.1, 6.1}で平均{5.2}，興味度は{6.1, 4.7, 5.1, 6.4, 6.7}で平均{5.8}と，いずれも高かった．

図 14 の基本情報（特殊な情報が無い場合であり，比較の基準となるケースと考える）は具体的な内容がないため，接する頻度は{3.2}で良くあった方だが，信頼度は{-0.3}で拮抗，有用度{1.7}，興味度{4.2}であった．

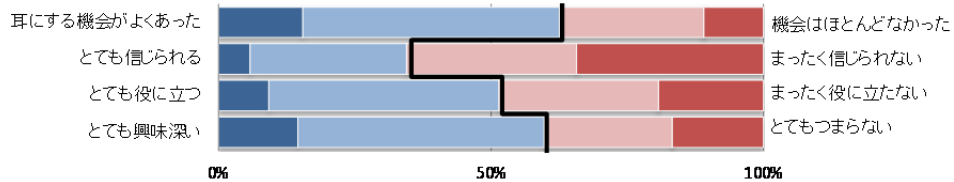
総じて，回答者は情報 1 に対しては信頼，有用性，興味のいずれも感じにくい状況であったことが示された．前掲表 2 の一回目調査から二回目調査への回答者の減少率が最も低かったのが情報 2 の読者であったことは，偶然ではないかも知れない．次節のコンジョイント分析においては，情報の前後で回答者の支払意思が変化するかどうかを検証する．

<sup>12</sup> 各情報の性質が異なるため単純平均は正確な比較を可能とするものではないが，あくまで目安として算出している．

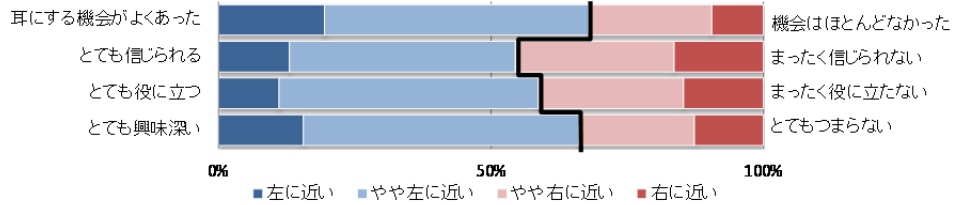
図 12 情報 1 とその受け止め方

現在、日本では原子力発電の今後についての関心が高まっています。原子力発電の安全性や経済性について、政府関係者、科学者や技術者の間で異なる意見がさまざまに交わされています。原子力発電を今後も進めようという人たちは原子力発電について以下のような見解を述べています。

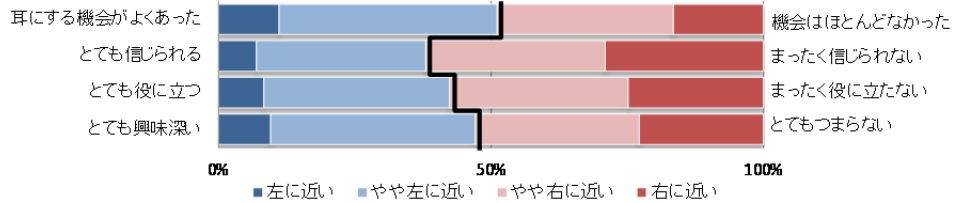
① 福島第一は古かったこと、津波の想定が不十分だったことや、人為的要因が重なったことにより事故が起きた。耐震性などの安全基準を上げた新しい原発は稼働しても安全である。



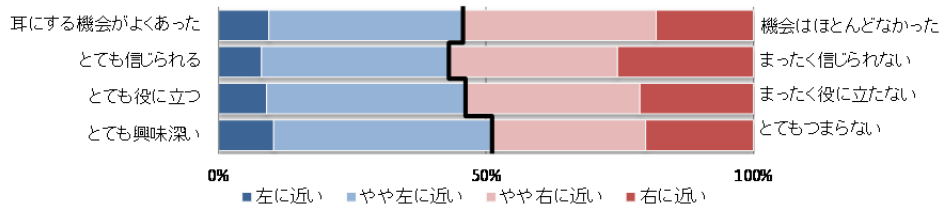
② 原子力発電は発電時のCO2排出量が少ない。稼働しないと日本のCO2排出量が増えてしまう。



③ 既にお金をかけて原子力発電所を作ったので、設備を使うことが資源の有効利用になる。



④ 原子力発電所を使い続けていると、日本の原子力技術が向上する。



⑤ 核燃料サイクルが回れば、廃棄物の処理量も減り、ウランの輸入も不必要となる。

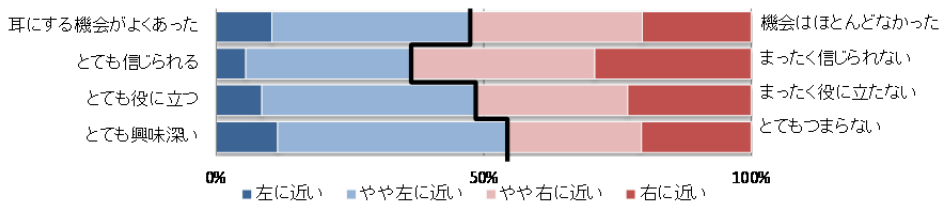
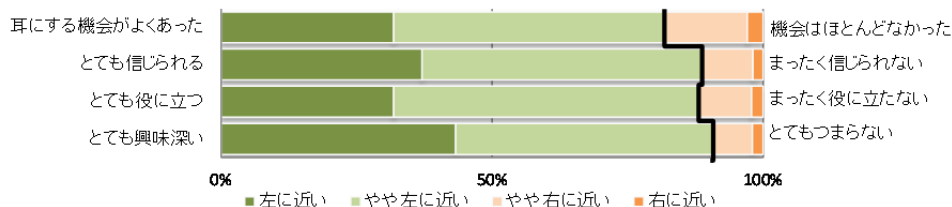


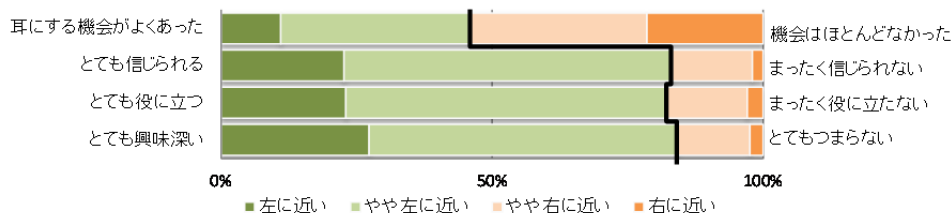
図 13 情報 2 とその受け止め方

現在、日本では原子力発電の今後についての関心が高まっています。原子力発電の安全性や経済性について、政府関係者、科学者や技術者の間で異なる意見がさまざまに交わされています。原子力発電をやめるべきだと主張する人たちは原子力発電について以下のような見解を述べています。

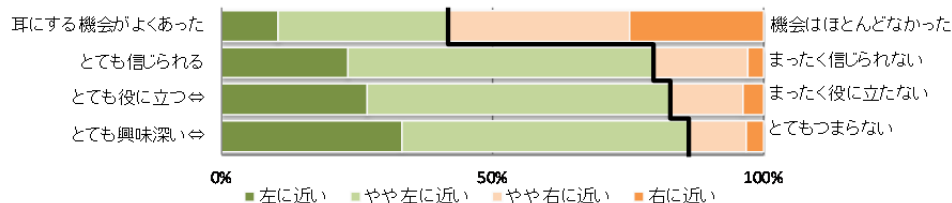
① 日本は地震国であり、安全基準の如何にかかわらず、事故の可能性は高い。



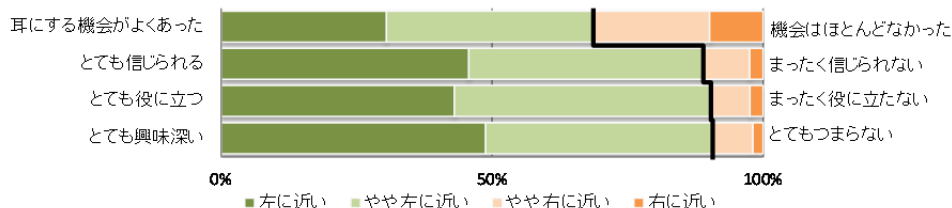
② ウランを生成して原子力発電の燃料をつくるときにCO2を排出する。



③ 原子力発電は夜間の余剰電力で水をくみ上げてコストの高い揚水発電を行っているため、それを合わせると原発の発電コストは安くない。



④ 現在の核技術では、放射性物質が原発の外に放出されたときに無害化することが不可能である。



⑤ 核廃棄物の処理負担を次世代に先送りしている。

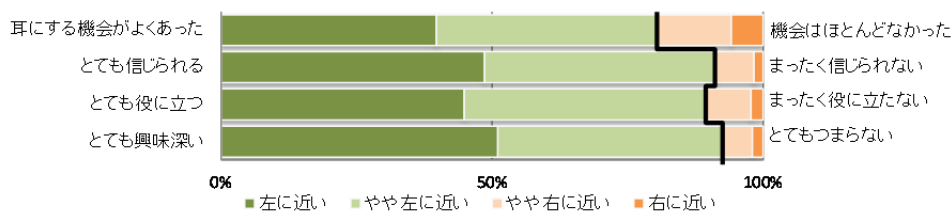
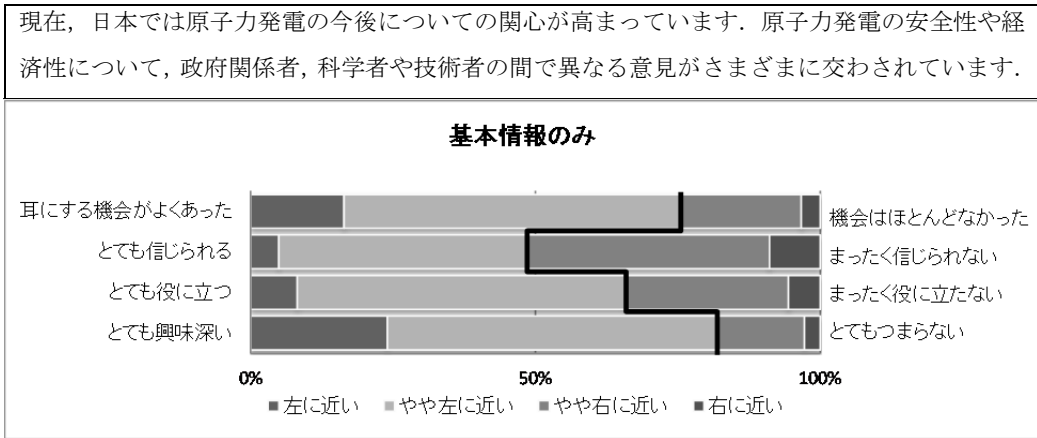


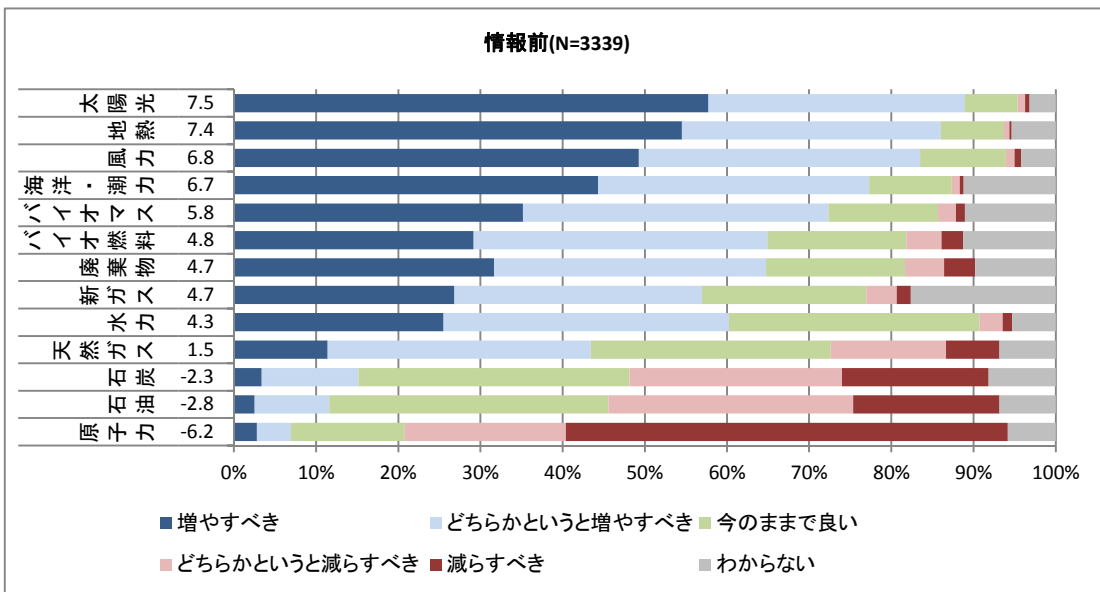
図 14 基本情報とその受け止め方



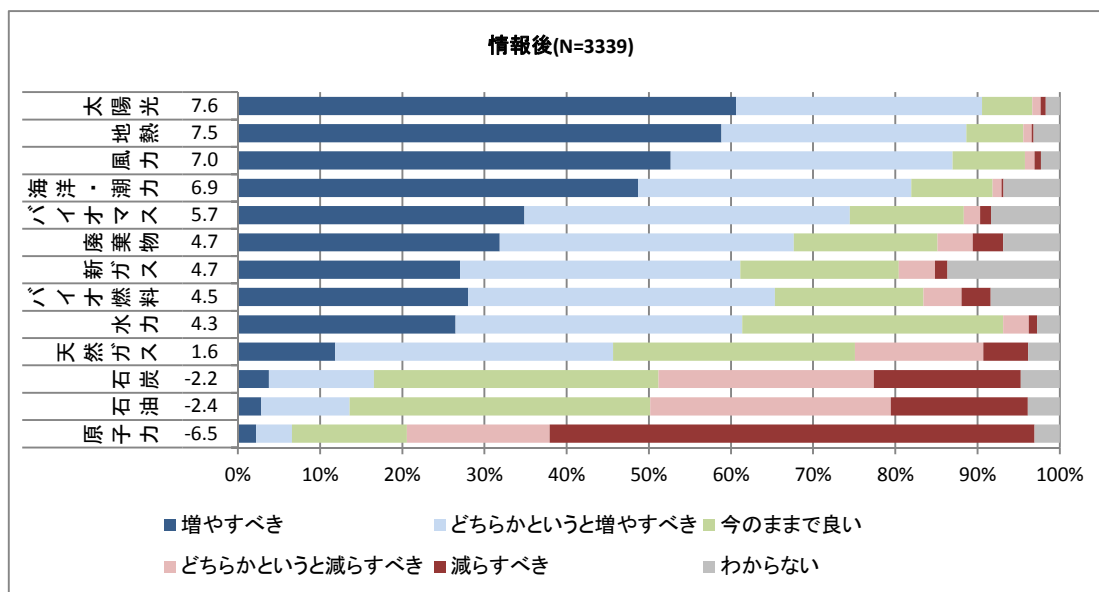
回答者には今後の電源として，どのエネルギーを増やし，どのエネルギーを減らすべきかを尋ね，以上の情報を読む前の一回目調査と読んだあとの二回目調査で，結果が異なるかどうかを比較した．電源別に情報前と情報後の回答状況を示したものが図 15 である．各項目の横に出ている数字は，増やすべき=10，どちらかという増やすべき=5，今のままで良い=0，どちらかという減らすべき=-5，減らすべき=-10 で点数化したものである．情報前も情報後もともに減らすべきが多かった電源は石炭，石油，原子力である．原子力に対する認識は，情報後（図 15 パネル 2）に減らすべきとする比率が高くなっている．

図 15 今後のエネルギー源についての認識

パネル 1



## パネル2



注1：「海洋・潮力」の脚注には「潮の干満による水位の差などを利用する」と説明。

注2：バイオマスは「バイオマス（再生可能な、生物由来の有機性資源）」と表記。注には「直接またはガスを採って燃す。バイオマスは光合成により二酸化炭素を吸収することから、燃やしたときに出るCO<sub>2</sub>は大気中のCO<sub>2</sub>の総量を増やさないとされる。」と説明している。

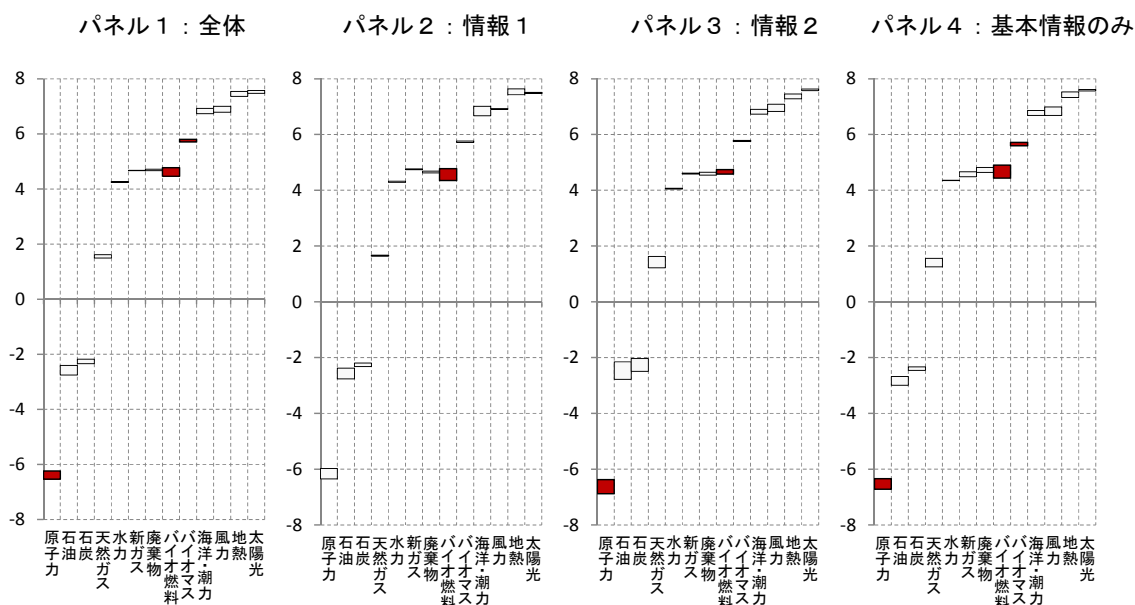
注3：「新ガス」は質問文では「非在来型天然ガス」と表示し、脚注に「シェールガス、コールベッドメタン、タイトガスサンドなど、技術の発達によりこれまで採掘できなかった場所から採れるようになったガス」と示した。

注4：バイオ燃料にはカッコ付きで（バイオエタノールなど）と表示。

図15から、情報前後の変化分のみを取り上げてグラフ化したものが図16パネル1である。点数の変化をローソク足で示しており、情報を読んだ後により増やすべきとされたエネルギー源を白色で下端から上端へ、より減らすべきとされたエネルギー源を濃色で上端から下端へ変化を読み取ることができる。ここではさらにパネル2以下に、情報別の変化を描いている。

回答者全体の結果を示すパネル1では、バイオ燃料とバイオマスは増やすべきとする比率が下がり、原子力は減らすべきとする絶対値が増え、いずれも減少方向に変化した。その他のエネルギーは増やすべきとされたものはより増やすように、減らすべきとされたものはより減らさないという増加方向での変化がみられた。情報別に大きな差が出たのは原子力であった。情報1の原子力に対してポジティブな情報を読んだ回答者は減らすべきというポイントが下がって増加方向に変化しているが、情報2のネガティブな情報および特に付加情報のない情報3を読んだ回答者はより減らすべきであるという減少方向に動いた。ポジティブな情報が、減らすべきとする比率を下げる方向に働いている。

図 16 今後のエネルギー源についての認識—情報前後の変化



注：情報を読んだ後により増やすべきとされたエネルギー源は白色で下端から上端へ，より減らすべきとされたエネルギー源は濃色で上端から下端へ変化したことを表している。

## 4.2 コンジョイント分析

本論文の調査においては，回答者に属性の異なる電源を比較してもらう形式で回答者の支払意思を計測する．4.2.1 でコンジョイント分析用質問の具体的な提示方法を示す．次いで分析結果を，選択確率分析のメディアン回帰（4.2.2.1）と同分析の最大スコア法（4.2.2.2），多項ロジット分析（4.2.3.1），および潜在クラス分析（4.2.3.2）の3種類の分析方法で提示する．

### 4.2.1 回答者への提示方法

回答者には，コンジョイントの回答方法を十分に理解してもらうため，丁寧な説明をつける．以下が今回利用した説明文である．

ここからは，家庭でお使いになる電力を発電する方法を，みなさんが選べると仮定してお答えください．（天然ガス（火力），（原子力），（太陽光），（風力）の4種類の発電方法でつくられた電力を，自由に買うことができるとします．

みなさんが発電方法を選ぶと，それに応じて＜電力供給の安定性＞，＜発電によるCO2の排出量＞，＜電気料金＞がそれぞれ変化します．

＜電力供給の安定性＞は，（常に安定的に供給されている）か，（まれに一時的に停電することがある）のどちらかだとします．（まれに一時的な停電することがある）場合，2～3か月に1回くらい短時間停電することもあるとお考えください．

＜発電によるCO2の排出量＞は，みなさんが選ぶ発電方法が増えることで，2020年における日本のCO2の排出量が，現在と比べて変化することを表します．



<電気料金>は、みなさんが世帯で支払っている1か月あたりの料金に加えるか減じるかで変化します。

いまからA、Bの2つのパターンの発電方法を並べてお示しします。2つのうちどちらか良いと思う方を選び、良い方をどのくらい選びたいかを教えてください。

たとえば

Aを90%選びたい場合 A 90%, B 10%

Aを避けてBだけを選びたい場合 A 0%, B 100%

となります。

2つのパターンを、全部で8回比べていただきます。不自然に思われるパターンも出てまいります。実際に生じることを想定してお考えください。電気料金も、ご自身が実際にお支払いになることを想定してお答えください。料金が上乗せされる場合は、ほかのものを買うことができなくなり、料金が下がる場合には、その分のお金が浮くことになります。

ご家庭の電力料金がお分かりにならない方は、次の条件を目安にお答えください。

- ・一般家庭1軒当たりの電力使用量は東京電力管内平均で1か月300kWhです。
- ・1軒あたりの電気料金は30A契約で1か月約7000円です。

電源の属性は発電方法、電力供給の安定性、2020年におけるCO<sub>2</sub>排出量の現在比増減、電気料金の4つで、各属性の水準は表3に示した通りである。CO<sub>2</sub>排出量の水準は3段階であるが、現在の技術では2020年までの天然ガス発電の増加はCO<sub>2</sub>排出量を増やし、原子力や自然エネルギーの増加はCO<sub>2</sub>排出量を減らすとされていることから、水準の内容を変えてある。

表3 電源の属性と各属性の水準

発電方法	電力供給の安定性	発電にかかるCO <sub>2</sub> 排出量(現在と比べて)		電気料金
		原子力・太陽光・風力	天然ガス	
天然ガス(火力)	電力は常に供給される	20% 減る↓↓	現在と変わらない	1か月あたり1500円上昇↑↑↑
原子力		10% 減る↓	10% 増える↑	1か月あたり1000円上昇↑↑
太陽光	まれに一時的な停電が起きる	現在と変わらない	20% 増える↑↑	1か月あたり500円上昇↑
風力		現在と変わらない	20% 増える↑↑	なし(現在と変わらない)
				1か月あたり500円低下↓

回答者が見るカードの一例が図17である。パターンAとパターンBを比べて、どちらの電気に支払いたい方を選んでもらうが、その際、Aにどのくらい電気料金を支払っても良いと思うかを5%刻みで答えてもらう。選択肢はプルダウンメニューになっており、回答者が計算で煩わされないで済むように、例えばAに25%の表示にはBに75%の表示がセットされている。カードに表示される属性の組み合わせは、直交計画法を応用して作成する。各回答者には、合わせて8組を回答してもらう。

図 17 回答者に提示するカードの例

	A	B
発電方法	太陽光発電	風力発電
電力供給の安定性	まれに一時的な停電がおきる	電力は常に供給される
CO2 排出量	CO2 削減量 10%減る	CO2 削減量 20%減る
電気料金	なし(現在と変わらない)	1か月あたり 500 円低下 ↓
	A	B
	A: <u>25</u> %	B: <u>75</u> % ▼

注：下段のAとBには合計して 100%となる組み合わせが 5%刻みのプルダウンメニューで表示される。

#### 4.2.2 選択確率分析の結果

Blass 他 (2010) による選択確率分析の結果を、3.3 で説明したメディアン回帰と最大スコア法のそれぞれについて示す。

##### 4.2.2.1 メディアン回帰の結果

選択確率分析ではカード A と B の差を利用するため、分析対象は 3,339 人×8 問=26,712 サンプルとなる。選択比率を推計する際には、説明変数が定量的である必要がある。価格、電源安定性（安定・不安定の二値）、CO2 排出量に関しては数値化されているが、電力の種類は定性的な属性でありそのままでは利用することができない。そこで、図 15 パネル 1 の情報前に求めた点数を基準として、原子力が 1 となるように調整して数値化を行った<sup>13</sup>。基本統計量を表 4 に、推計結果を表 5 に掲載している。

表 4 メディアン回帰に利用した変数の基本統計量

カードAの値-カードBの値		平均	標準偏差	最小値	最大値	中央値	標本数
情報前	選択比率（対数値）	-0.6965	6.7568	-11.5129	11.5129	0	26712
	価格	204.0843	1048.2120	-2000	2000	500	26712
	エネルギー（点数）	0.0049	1.1111	-1.6	1.6	0.1000	26712
	電源安定性	0.2753	0.7807	-1	1	0	26712
	CO <sub>2</sub>	0.3935	19.1745	-40	30	10	26712
情報後	選択比率（対数値）	-0.7390	6.8425	-11.5129	11.5129	0	26712
	価格	197.9635	1050.8340	-2000	2000	500	26712
	エネルギー（点数）	0.0141	1.1074	-1.6	1.6	0.1	26712
	電源安定性	0.2856	0.7786	-1	1	0	26712
	CO <sub>2</sub>	-0.2029	19.1808	-40	30	0	26712

<sup>13</sup> 原子力=1, 石油火力=1.4, 風力=2.5, 太陽光=2.6 を与えた。これは、図 15 中の得点を  $s$  とし、各属性に与える値を  $v$  とするとき、 $v = 0.12s + 1.73$  で線形変換したものである。

表 5 メディアン回帰による推計結果

		係数	標準誤差	t値	P値	95%信頼区間	
情報前	価格	-0.0007	0.0000	-29.3900	0.0000	-0.0008	-0.0007
	エネルギー（1点上昇）	1.0269	0.0235	43.7300	0.0000	0.9809	1.0730
	電源不安定	-0.6889	0.0326	-21.1000	0.0000	-0.7529	-0.6249
	CO <sub>2</sub> （1%上昇）	0.0117	0.0014	8.6200	0.0000	0.0090	0.0144
	定数項	-0.0030	0.0275	-0.1100	0.9120	-0.0569	0.0508
情報後	価格	-0.0007	0.0000	-123.6900	0.0000	-0.0007	-0.0007
	エネルギー（1点上昇）	1.0835	0.0056	194.1500	0.0000	1.0726	1.0945
	電源不安定	-0.6586	0.0077	-85.4400	0.0000	-0.6737	-0.6435
	CO <sub>2</sub> （1%上昇）	0.0150	0.0003	46.2100	0.0000	0.0143	0.0156
	定数項	0.0001	0.0065	0.0100	0.9890	-0.0127	0.0128

これらの結果から WTP を計算したものが次の表 6 である。上記の方法では、各項目の 1 単位の変化が係数（限界効用）として示されるだけであるが、表 6 ではのちの分析と比較しやすいように、それぞれの選択肢に対する WTP を算出している。

表 6 選択確率分析—メディアン回帰による WTP の推計値（単位：円）

		情報前	情報後	情報前後の差
火力、停電無し、CO <sub>2</sub> 不変の電源への WTP		-	-	-
火力に変えて	原子力であれば	-609.8	-599.6	10.3
	風力であれば	1677.1	1648.9	-28.2
	太陽光であれば	1829.5	1798.8	-30.8
安定性	たまに停電があれば	-926.7	-960.0	-33.3
CO <sub>2</sub>	-20%であれば	-421.0	-419.4	1.7
	-10%であれば	-210.5	-209.7	0.8
	+10%であれば	210.5	209.7	-0.8
	+20%であれば	421.0	419.4	-1.7

この方法で推計する場合には、「火力、停電無し、CO<sub>2</sub>不変の電源（以下、本文中では基本の電源と称する）」に対する WTP は求められないため、空欄になっている。仮に火力 100%・停電無し・CO<sub>2</sub>不変の電源の電力料金が月に 3,000 円であったとすると<sup>14</sup>、回答者は、火力 100%の電源が原子力 100%に変わればそこから 600 円程度差し引きたい、つまり 2,400 円しか支払いたくないと思っていることになる。再生エネルギーである風力や太陽光による電源には、1,600 円～1,800 円を追加的に支払っても良く、月額 4,600～4,800 円程度支払う意思がある。CO<sub>2</sub>に関しては、予想と逆の符号で、CO<sub>2</sub>が 10%増えるごとに 210 円支払っても良いという結果となった。CO<sub>2</sub>については、図 11 から看取されるように 2020 年に 10%削減することを望む回答者が多かったものの、20%までを望む回答者は削減しなく

<sup>14</sup> 後述する多項ロジットで求めた値の近似値を利用している。

ても良い（不変）とする回答者とほぼ同数であり、消費者の選好が線形ではない可能性がある。そのことを反映して予想と逆の符号が現れたと察する。

情報を読む前と読んだ後の変化の差はいずれの項目においても小さかった。情報別に同様に WTP を求めたが、いずれも大きな変化を示さなかった。

#### 4.2.2.2 最大スコア法の結果

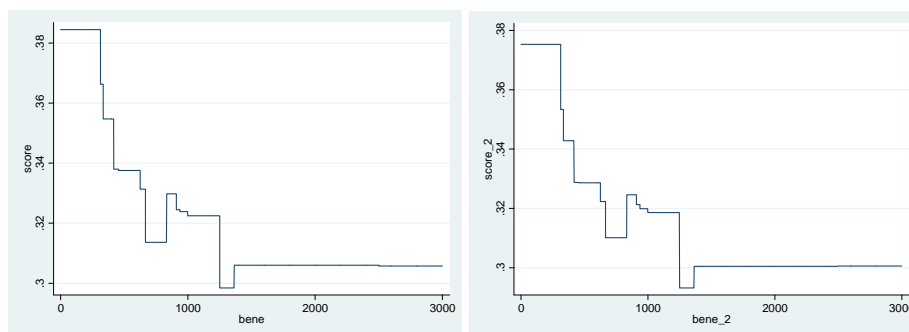
つづいて、選択確率分析のもう一つの分析方法である最大スコア法を用いた分析結果を示す。最大スコア法で解を求めるときの問題点は、最大値を求める目的関数が非線形かつ滑らかでないということである。そのため、大域的最大値が必ずしも 1 点に定まらず、ある区間の幅を持つ場合があり、コンピュータープログラムで最大値を算出することが難しい。今回は最大値の幅を見出す工夫を行い、解の幅を提示できるようにしている。

WTP が範囲で決まってくるため、情報の前後における細かい変化を把握することはできなかった。情報前と情報後では、図 18 から読み取れるように目的関数の形状は変化しているが、結果として大域的最大値の範囲が変化するほどの影響はなく、情報前後で同一の範囲が最大値となった。なお、スコアが正の値をとるように正負を逆転して表示しているため、図 18 のグラフでは最小値が WTP の範囲となっている。

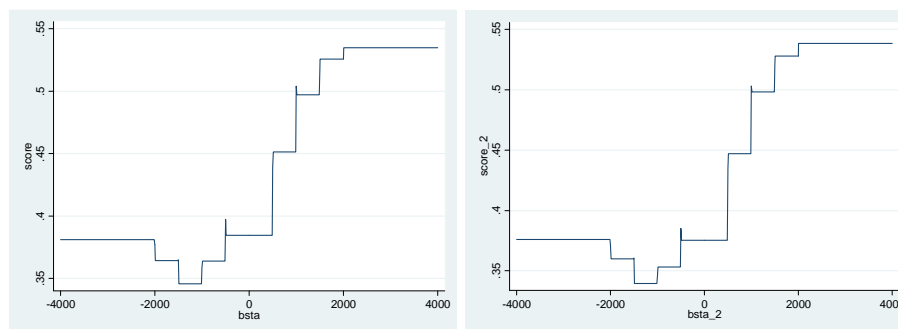
目的関数を最大化する各属性の範囲と平均値を表 7 に示した。情報の前後で同一の範囲となっている。

図 18 情報前後の目的関数の変化

パネル 1 電源の種類（電源 1 点に対する WTP）左：情報前 右：情報後



パネル2 電源の不安定さ 左：情報前 右：情報後



パネル3 CO2の排出 左：情報前 右：情報後

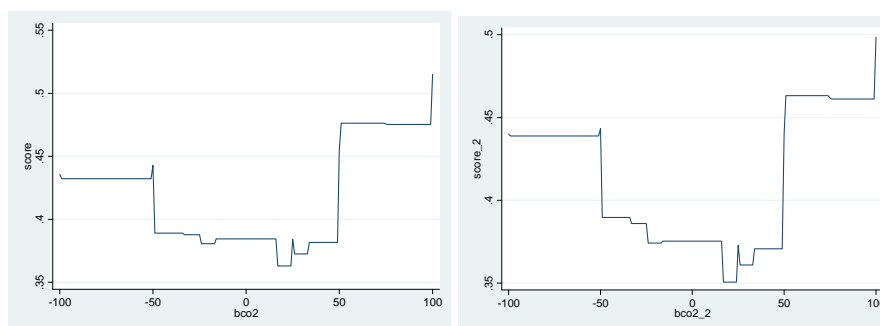


表 7 選択確率分析—最大スコア法で求めた各属性に対する WTP の幅

		範囲と平均値(月額、円)	
火力、停電無し、CO <sub>2</sub> 不変の電源へのWTP		-	-
火力に変えて	原子力であれば	-545.6 ≦	-522.8 < -500.0
	風力であれば	1375.0 ≦	1437.7 < 1500.4
	太陽光であれば	1500.0 ≦	1568.4 < 1636.8
安定性	たまに停電があれば	-1500 <	-1250 < -1000
CO <sub>2</sub>	-20%であれば	-500 <	-420 ≦ -340
	-10%であれば	-250 <	-210 ≦ -170
	+10%であれば	170 ≦	210 < 250
	+20%であれば	340 ≦	420 < 500

Blass 他 (2010) が行った推計と同様、メディアン回帰の結果と最大スコア法の結果（範囲の平均値）は傾向が似ている。最大スコア法では、原子力による電源に対しては 520 円程度下げて欲しい反面、自然エネルギーには 1,500 程度上乗せしたいと考えている。電源の安定性については、メディアン回帰のときよりも、平均値のマイナス幅が 200 円程度大きいほか、範囲が-1,500 円から-500 円と、幅広になっている。CO<sub>2</sub>に関しては、平均値がメディアン回帰の結果とほぼ同じ値となった。これらの結果を鑑みれば、選択確率分析においてはいずれの方法も代替的に利用し得ると考えられる。

選択確率分析は、理論上は消費者の選好をより正確に把握することができるため、今後重要性を増す分析手法である。ただし、属性が定量的でなくてはならないこと（定性的な場合には定量化に注意を要すること）、最大スコア法の場合は解が範囲で定まる場合があること<sup>15</sup>に配慮しなくてはならない。また、新しい方法であるため、回答者の属性を含んだ分析を行う手法がまだ試されていないようである。今後の応用と発展が期待される。

#### 4.2.3 潜在クラスモデルによる分析結果

ここからは、通常の実験型コンジョイント分析から潜在クラスモデルへの拡張を行うために、選択データを2肢の離散選択に変換して分析を行う。

データを変換する際には、プロフィールAの選択確率>プロフィールBの選択確率であるときにAの選択=1、Bの選択=0とし、プロフィールAの選択確率<プロフィールBの選択確率であるときにAの選択=0、Bの選択=1とする。ただし問題となるのはプロフィールAの選択確率=プロフィールBの選択確率=50%のときである。Blass 他（2010）の調査では選択確率が等しいときは片方のプロフィールを選択したものとして扱っている。Blass 他によるアメリカ人回答者を対象にした調査では50%を選択した比率が5%程度であり（図19 パネル1）、その方法をとることに大きな影響はないものとみられる。しかし、今回の一回目の調査では50%を選んだ回答数が全体の13%に及んでいるため、片方の選択肢に含ませることは誤ったバイアスを引き起こす可能性がある。推測のみに基づいてあえてステレオタイプな表現をすれば、白黒をつけるのを苦手とする日本人は50%を選びやすいのかもしれない。事前調査の時点からこの傾向は見られ、属性とその水準に「判断しやすい」組み合わせを選んで提示することも一考したが、その際には水準の組み合わせが偏る可能性があることから、今回は特に組み合わせに変化を加えなかった。そこで、ここでは選択確率が等しかった場合には、離散的二肢選択における「どちらも選ばない」という第三の選択肢が選ばれたものとして、分析を行うこととした<sup>16</sup>。

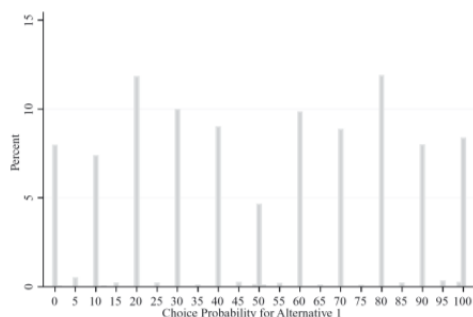
---

<sup>15</sup> 今回の分析では全ての解が範囲を持っていたが、筆者らが別の調査で最大スコア法の試算をしたところ、解が一点に定まるケースもあった。解が範囲をとるか一意で定まるかを定める条件は明らかでないが、場合によって範囲をとると言える。

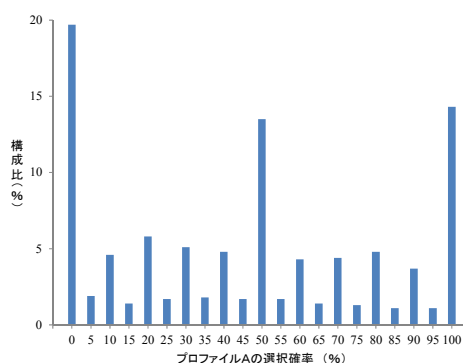
<sup>16</sup> 両者の選択確率が等しいことは、「どちらも同じくらい選びたい」場合と「どちらも同じくらい選ばない」場合の2通りある。今回はそのどちらに相当するかを峻別していないが、この問題点は、通常の実験型コンジョイント分析において、「どれも選ばない」のいわゆる no choice option においても存在していると考えられる。No-choice option を置く場合と置かない場合に選択行動に違いが生じることについては Parker and Schifft（2011）など、複数の文献で分析されているが、筆者の知る限りいずれも「どれも選ばない」を拒絶（reject）と評価しており、双方のプロフィールに価値がある場合を考慮に入れていない。「可能であればどちらも選び

図 19 回答者の選択確率のヒストグラム

パネル1 Blass 他のケース



パネル2 一回目調査のケース



資料： Blass 他 (2010) p.429, Figure 1 Histogram of Elicited Probabilities.

#### 4.2.3.1 多項ロジットの結果

潜在クラスモデルを行う前に、通常の多項ロジット (MNL) での分析結果を示す。表 8 は情報前、表 9 は情報後のものである。利用したソフトウェアは Econometric Software 社の NLOGIT である。

表 8 多項ロジット推計結果 (情報前)

	係数	標準誤差	z値	P値
定数項	1.72431 ***	0.04015	42.94	0.0000
価格	-0.00054 ***	0.00001	-39.62	0.0000
原子力	-1.28716 ***	0.04669	-27.57	0.0000
太陽光	0.39247 ***	0.04230	9.28	0.0000
風力	0.13620 ***	0.04406	3.09	0.0020
停電	-0.49386 ***	0.01778	-27.78	0.0000
CO <sub>2</sub> -20%	0.19150 ***	0.02516	7.61	0.0000
CO <sub>2</sub> -10%	0.17006 ***	0.02804	6.06	0.0000
CO <sub>2</sub> +10%	-0.12576 ***	0.04534	-2.77	0.0055
CO <sub>2</sub> +20%	-0.28763 ***	0.05368	-5.36	0.0000

表 9 多項ロジット推計結果 (情報後)

	係数	標準誤差	z値	P値
定数項	1.85537 ***	0.04135	44.87	0.0000
価格	-0.00060 ***	0.00001	-43.52	0.0000
原子力	-1.17935 ***	0.04755	-24.80	0.0000
太陽光	0.51946 ***	0.04312	12.05	0.0000
風力	0.23426 ***	0.04477	5.23	0.0000
停電	-0.53226 ***	0.01789	-29.74	0.0000
CO <sub>2</sub> -20%	0.15106 ***	0.02526	5.98	0.0000
CO <sub>2</sub> -10%	0.07147 **	0.02826	2.53	0.0114
CO <sub>2</sub> +10%	-0.01852	0.04635	-0.40	0.6895
CO <sub>2</sub> +20%	-0.13088 **	0.05385	-2.43	0.0151

たいほど良い」というオプションについては理論的に困難なこともありこれまで検討されてこなかったが、現実的にはそのオプションを組み入れる可能性を追求していくべきであろう。

ここから求められた WTP が表 10(1)である。表 10 の(2)以下には、各情報別の WTP も示す。

表 10 多項ロジットによる WTP (単位：円)

(1) 全体

		情報前	情報後	情報前後の差
火力、停電無し、CO <sub>2</sub> 不変の電源へのWTP		3193.2	3092.3	-100.9
火力に変えて	原子力であれば	-2383.6	-1965.6	418.0
	風力であれば	252.2	390.4	138.2
	太陽光であれば	726.8	865.8	139.0
安定性	たまたに停電があれば	-914.6	-887.1	27.5
CO <sub>2</sub>	-20%であれば	354.6	251.8	-102.9
	-10%であれば	314.9	119.1	-195.8
	+10%であれば	-232.9	-	-
	+20%であれば	-532.6	-218.1	314.5

(2) 情報 1

		情報前	情報後	情報前後の差
火力、停電無し、CO <sub>2</sub> 不変の電源へのWTP		3195.5	3127.4	-68.0
火力に変えて	原子力であれば	-2179.5	-1822.5	357.0
	風力であれば	389.6	460.2	70.6
	太陽光であれば	861.9	903.0	41.1
安定性	たまたに停電があれば	-1037.9	-902.3	135.6
CO <sub>2</sub>	-20%であれば	396.8	306.9	-89.9
	-10%であれば	188.9	-	-
	+10%であれば	-	-	-
	+20%であれば	-416.9	-386.3	30.6

(3) 情報 2

		情報前	情報後	情報前後の差
火力、停電無し、CO <sub>2</sub> 不変の電源へのWTP		3276.6	3304.4	27.9
火力に変えて	原子力であれば	-2735.0	-2352.0	383.0
	風力であれば	-	296.2	-
	太陽光であれば	627.9	924.1	296.2
安定性	たまたに停電があれば	-810.5	-915.4	-104.9
CO <sub>2</sub>	-20%であれば	368.4	313.5	-54.9
	-10%であれば	443.9	171.4	-272.5
	+10%であれば	-389.0	-254.7	134.3
	+20%であれば	-753.4	-	-

(4) 基本情報のみ

		情報前	情報後	情報前後の差
火力、停電無し、CO <sub>2</sub> 不変の電源へのWTP		3113.8	2886.5	-227.3
火力に変えて	原子力であれば	-2252.0	-1761.8	490.3
	風力であれば	251.9	424.4	172.5
	太陽光であれば	707.9	801.4	93.4
安定性	たまたに停電があれば	-898.9	-854.5	44.4
CO <sub>2</sub>	-20%であれば	298.6	156.1	-142.5
	-10%であれば	308.5	-	-
	+10%であれば	-	-	-
	+20%であれば	-428.9	-	-

注1：下線は10%水準で有意であることを表す。その他は5%水準で有意である。

注2：横棒 (-) は、10%以下の水準で有意にならなかった項目を示す。



情報前後での各エネルギーに対する WTP の変化分を、情報別に基本状況のみの場合と比較してみる（表 11）<sup>17</sup>。情報を読んだのちに、基本情報のみのグループは、二回目調査の際には原子力に対するマイナス幅を 490.3 円縮め、風力への支払いを 172.5 円拡大し、太陽光への支払いを 93.4 円拡大した。これに対して、情報 1 のグループも、情報 2 のグループも、原子力に対してはマイナス幅の縮め方が小さかった（基本情報比-133.2 円、-107.2 円）。風力に関しては、情報 2 の一回目調査の値が非有意だったため、比較できない。特徴的であったのは、太陽光に対する支払意思である。いずれのグループも 2 回目の方が支払意思が高まったのであるが、その拡大幅は、情報 1 は基本情報のグループより 52.3 円小さく、情報 2 は 202.7 円大きかった。原子力に関する情報を読んだ影響が原子力に対してではなく、太陽光への選好の変化の差として表れた可能性が高い。

**表 11 基本情報のみの場合と比較した情報前後の変化（単位：円）**

	情報 1	情報 2
原子力	-133.2	-107.3
風力	-101.9	-
太陽光	-52.3	202.7

#### 4.2.3.2 潜在クラスモデルの結果

これまでのいずれの分析も、回答者の異質性を仮定しないものとなっている。そこで、潜在クラスモデル（LCM）を用いて回答者のグループ分けを試み、どのような属性の回答者がどのような選択行動をとるのかを明らかにする。

はじめに、分析者が想定する属性などを入れずに、唯一、回答の特徴からクラス数を見極める。具体的には、クラス数を 2 から順に増やして推計を行い、それぞれのモデルの情報量基準を比較することで、最も当てはまりが良くなるクラス数を見つける。「情報後」の回答についてクラス数を探したところ、6 クラスにおいて情報量基準値が最小となり、回答者の特徴は 6 つのグループに分かれそうであることが分かった。

続いて、それらの属性を説明する変数を探索する。様々な属性の組み合わせを投入して、6 クラスに近いところで最も当てはまりが良くなるものを探す。今回の結果においては、年齢・性別・所得・原発からの距離・情報の種類・電気料金を気にしている、など、表 12 に

<sup>17</sup> 本来、各係数が誤差範囲を持つため、統計的には WTP においても誤差範囲を考慮しなくてはならない。ここでは、情報前後の変化の特徴をおおまかにつかむために、誤差範囲を含めずに議論している。

示した属性が影響を及ぼすことが判明した。子供の有無や利他性など、アンケート項目の中から関連があると思われる変数を投入したものの、いずれも有意にならなかった。

**表 12 潜在クラスモデルで使用する属性変数の基本統計量**

変数名	説明	平均	標準偏差	最小値	最大値	標本数
年齢	年齢 (1歳区切り)	47.3528	13.4583	20	69	80136
高所得	世帯年収900万円以上=1、それ以外=0	0.1980	0.3985	0	1	80136
原発30キロ	原発および関連施設の立地場所から30キロ圏内の市町村に居住=1、それ以外=0	0.0288	0.1671	0	1	80136
男性	男性=1、女性=0	0.5589	0.4965	0	1	80136
料金チェック	毎月の電気料金を気にしている=1、それ以外=0	0.7856	0.4104	0	1	80136
情報1	情報1を提示された回答者=1、それ以外=0	0.3309	0.4706	0	1	80136
情報2	情報2を提示された回答者=1、それ以外=0	0.3369	0.4727	0	1	80136

これらの属性を入れた上で、改めて最適なクラス数を探索する。クラス数が6のときにいずれの情報量基準においても値が最小になっていることから (表 13 太字部分)、属性を入れた上でのクラス数も6を採用する。

**表 13 属性変数を含めた場合の各モデルの情報量基準値**

	多項 ロジット	潜在クラス			
		5クラス	6クラス	7クラス	8クラス
赤池情報量基準 (AIC)	1.66737	1.52306	<b>1.49663</b>	1.49714	1.51463
有限標本AIC	1.66737	1.52308	<b>1.49666</b>	1.49718	1.51469
ベイズ情報量基準	1.67043	1.54821	<b>1.52730</b>	1.53334	1.55635
Hannan Quinn情報量基準	1.66836	1.53118	<b>1.50652</b>	1.50882	1.52809

表 12 の属性を入れた上で、クラス数を6として推計された潜在クラスモデルの結果は、表 14 および図 20 の通りである。

クラス1は回答者が所属する確率が5.4%の小さいグループであるが、(7')式における回答者属性の係数 $\theta$ を推計する際の基準になっている (基準とするグループはソフトウェアが決定するため、分析者が選択することはできない)。クラス1の特徴は、「火力、停電無し、CO<sub>2</sub>不変」の基本的な電源への支払意思 (月額) が中程度であること、原子力、風力、太陽光のいずれのエネルギーでも火力より好むこと、電源が不安定だと2,589円マイナスであること、CO<sub>2</sub>は減れば500円程度余分に支払うが、10%か20%かで大きな違いが無い、という点である。

クラス2以下は、所属確率が高い順に並べてある。もっとも所属確率が高いクラス2は48.5%となっている。特徴は、基本的な電源への支払意思は2番目に高い4,200円程度であるが、原子力に変えた場合のマイナス幅が5,700円とグループ中で最も大きく、原子力で発電される場合には電気料金を支払うどころか、1,500円程度受け取りたいと考えている点にある。他方で風力には680円程度、太陽光発電に対しては追加的に1,260円程度でも支払え

るなど、再生可能エネルギーへの志向が比較的強い。停電に関しては1,000円差し引くことを求めている。CO<sub>2</sub>に対しては、増減量に応じて支払意思が増減しており、削減量への意識も論理的予測と整合的である。このクラスに属する確率の高い個人がクラス1と異なる点は表14の右表から読み取れる。年齢が高い、女性、電気料金を気にかけている人がこのクラスに所属しやすい傾向にある。

クラス3の所属確率は17.5%である。基本となる電源への支払意思が1,400円程度でやや低く、エネルギーの変換に対して、あまり大きな反応を示さないグループである。供給の安定性やCO<sub>2</sub>に対しても反応が小さい。このクラスは、女性で電気料金をチェックしているという点はクラス2と共通であるが、世帯所得が年間900万円未満という特徴がある。

クラス4は14.8%の所属確率である。基本となる電源に支払おうとする意欲がマイナスであるが、係数のP値が0.144と、10%水準でも有意ではない。特徴的なのは、再生可能エネルギーへのプラス幅が全クラス中で最大なことである。原子力へのマイナス幅もクラス2に次いで大きい。また、CO<sub>2</sub>に対しては、選択確率分析でみられた傾向と同じで、減少させるとWTPがマイナスになり、増加させるとプラスになる。選択確率分析では水準に応じた線形の増減を仮定していたが、ここでは絶対値が20%のときより10%のときの方が大きい。金額も高く、10%増えるのであれば1,800円程度上乗せしても良いと考えている。再生可能エネルギーへの志向は強いものの、原子力への忌避があることから、CO<sub>2</sub>が出る火力を否定していないとみられる。属性は、年齢が高く、世帯所得が900万円未満の女性である。

クラス5は13.7%の所属確率である。基本の電源への支払意思が最も高い。原子力に対する値は非有意であるが、再生可能エネルギーに対する支払意思が大きくマイナスとなっている。この属性は、年齢が高く、情報1を読んでいるというのが特徴的である。情報の影響は、6クラスに分割した際にはこのクラスにだけ現れており、原子力発電についてのポジティブな情報を読んだグループが再生可能エネルギーへの選好度を下げた可能性が読み取れる。

クラス6は全ての変数が非有意であり、所属確率も0.0%とほとんどない。しかし、このことは、最適なクラス数が5であることを示しているわけではない。結果はここに掲載していないが、クラス数を5にした場合の所属確率は{47.6%, 30.4%, 22.0%, 0.00%, 0.00%}となった。所属確率がほぼ0であっても、そのクラスが不要であるわけではない。

なお、いずれのクラスにも効いていない属性であるにもかかわらず、原発および関連施設から30キロ以内に居住していること、と、情報2を読んでいること、を変数に含んでいる。これらは他のクラス数にしたときには有意になる場合があった変数であり、6クラスでは顕在化しないが、潜在的に影響を及ぼし得る属性であることが推測されたためである。

表 14 潜在クラスモデルの結果

クラス 1 (5.4%)			情報後	属性変数名	符号	係数 $\theta$
火力、停電無し、CO <sub>2</sub> 不変の電源へのWTP			2941.8 <sup>***</sup>	属性の基準となるクラス		
火力に変えて	原子力であれば		799.0 <sup>*</sup>			
	風力であれば		844.2 <sup>*</sup>			
	太陽光であれば		576.7			
安定性	たまたに停電があれば		-2589.4 <sup>***</sup>			
CO <sub>2</sub>	-20%であれば		516.1 <sup>***</sup>			
	-10%であれば		545.6 <sup>***</sup>			
	+10%であれば		477.9			
	+20%であれば		301.7			

クラス 2 (48.5%)			情報後	クラス1と比較		
火力、停電無し、CO <sub>2</sub> 不変の電源へのWTP			4209.8 <sup>***</sup>	属性変数名	符号	係数 $\theta$
火力に変えて	原子力であれば		-5704.8 <sup>***</sup>	定数項		0.5300
	風力であれば		676.6 <sup>***</sup>	年齢	+	0.0404 <sup>***</sup>
	太陽光であれば		1260.3 <sup>***</sup>	高所得		-0.2857
安定性	たまたに停電があれば		-1044.2 <sup>***</sup>	原発30キロ		-0.6498
				男性	-	-0.9433 <sup>***</sup>
CO <sub>2</sub>	-20%であれば		398.9 <sup>***</sup>	料金チェック	+	0.4412 <sup>**</sup>
	-10%であれば		252.7 <sup>**</sup>	情報1		0.0127
	+10%であれば		-239.1 <sup>*</sup>	情報2		0.2604
	+20%であれば		-372.5 <sup>**</sup>			

クラス 3 (17.5%)			情報後	クラス1と比較		
火力、停電無し、CO <sub>2</sub> 不変の電源へのWTP			1433.2 <sup>***</sup>	属性変数名	符号	係数 $\theta$
火力に変えて	原子力であれば		-80.8	定数項	+	1.7647 <sup>***</sup>
	風力であれば		277.6 <sup>***</sup>	年齢		-0.0117
	太陽光であれば		295.7 <sup>***</sup>	高所得	-	-0.4974 <sup>*</sup>
安定性	たまたに停電があれば		-315.7 <sup>***</sup>	原発30キロ		-0.0379
				男性	-	-0.5203 <sup>**</sup>
CO <sub>2</sub>	-20%であれば		107.8 <sup>**</sup>	料金チェック	+	0.4439 <sup>*</sup>
	-10%であれば		33.9	情報1		-0.0504
	+10%であれば		-135.4 <sup>*</sup>	情報2		0.0492
	+20%であれば		-248.1 <sup>***</sup>			

クラス 4 (14.8%)			情報後	クラス1と比較		
火力、停電無し、CO <sub>2</sub> 不変の電源へのWTP			-762.6	属性変数名	符号	係数 $\theta$
火力に変えて	原子力であれば		-4456.8 <sup>***</sup>	定数項		-0.4423
	風力であれば		2486.8 <sup>***</sup>	年齢	+	0.0377 <sup>***</sup>
	太陽光であれば		3616.0 <sup>***</sup>	高所得	-	-0.8481 <sup>***</sup>
安定性	たまたに停電があれば		-939.0 <sup>***</sup>	原発30キロ		-0.6832 <sup>*</sup>
				男性	-	-0.4566 <sup>*</sup>
CO <sub>2</sub>	-20%であれば		-1184.9 <sup>***</sup>	料金チェック		0.0734
	-10%であれば		-2080.0 <sup>***</sup>	情報1		0.0581
	+10%であれば		1755.7 <sup>***</sup>	情報2		0.3400
	+20%であれば		1294.0 <sup>**</sup>			

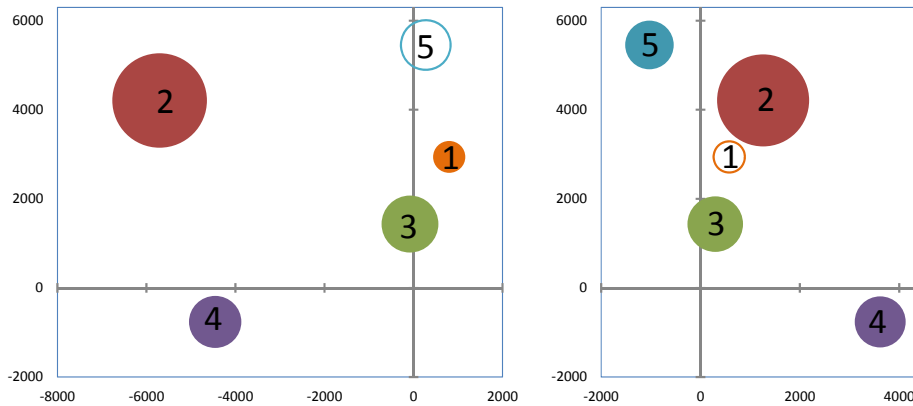
クラス 5 (13.7%)			情報後	クラス1と比較		
火力、停電無し、CO <sub>2</sub> 不変の電源へのWTP			5452.2 <sup>***</sup>	属性変数名	符号	係数 $\theta$
火力に変えて	原子力であれば		274.8	定数項		0.1818
	風力であれば		-2440.8 <sup>***</sup>	年齢	+	0.0145 <sup>*</sup>
	太陽光であれば		-1028.0 <sup>**</sup>	高所得		-0.1756
安定性	たまたに停電があれば		-1277.1 <sup>***</sup>	原発30キロ		-0.0095
				男性		-0.2768
CO <sub>2</sub>	-20%であれば		750.3 <sup>**</sup>	料金チェック		-0.0016
	-10%であれば		698.3 <sup>**</sup>	情報1	+	0.5610 <sup>**</sup>
	+10%であれば		-205.1	情報2		0.3734
	+20%であれば		-209.5			

クラス 6 (0.0%)			情報後	クラス1と比較		
火力、停電無し、CO <sub>2</sub> 不変の電源へのWTP			-1741.0	属性変数名	符号	係数 $\theta$
火力に変えて	原子力であれば		1856.1	定数項		3.8515
	風力であれば		-18362.0	年齢		-0.3064
	太陽光であれば		17495.4	高所得		-1.2010
安定性	たまたに停電があれば		-3752.8	原発30キロ		1.1275
				男性		-1.5470
CO <sub>2</sub>	-20%であれば		6816.6	料金チェック		-7.8319
	-10%であれば		-6830.8	情報1		-0.8637
	+10%であれば		-16917.7	情報2		0.5990
	+20%であれば		-17973.7			

注：\*\*\*は1%，\*\*は5%，\*は1%水準で有意であることを示す。

図 20 各クラスにおける、基本料金と電源への支払意思の関係（縦軸＝基本料金）  
 パネル1 原子力発電（横軸） パネル2 太陽光発電（横軸）



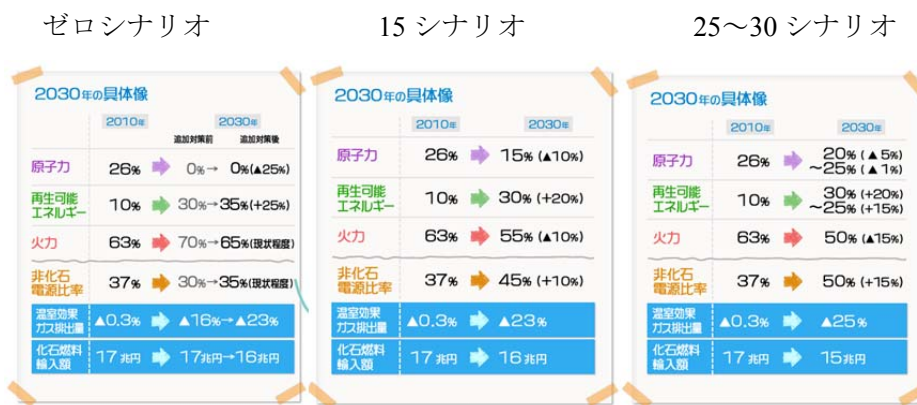
注1：縦軸は基本の電源へのWTP，円の面積が各クラスへの所属確率を示している。  
 注2：10%水準でも有意でない推計値が含まれる場合，円を白抜きにしてある。

### 4.3 シナリオ別支払意思

冒頭の問題の背景でも述べた政府の「エネルギー・環境に関する選択肢のパブリックコメント」は非常に高い関心を呼んだ。そこで、本項では、その中で示された3種類のシナリオのエネルギー・ミックスについて、実現した場合に人々がどれだけ支払意思を持っているのかを、これまで推計した複数のWTPを利用して算出する。

政府による3つのシナリオは国家戦略室のホームページに掲載されており、2030年のエネルギー・ミックスが以下の通りに示されている<sup>18</sup>。

図 21 国家戦略室が提示した2030年のエネルギー・ミックスの具体像



資料：国家戦略室ホームページ <http://www.npu.go.jp/sentakushi/scenario/scenario1.html>, <http://www.npu.go.jp/sentakushi/scenario/scenario2.html>, <http://www.npu.go.jp/sentakushi/scenario/scenario3.html> より抜粋。

<sup>18</sup> 国家戦略室「話そうエネルギーと環境のみらい」  
<http://www.npu.go.jp/sentakushi/scenario/index.html>

今回の推計結果のうち、選択確率分析の結果からはメディアン回帰の結果を、通常の実験モデルの多項ロジットと潜在クラスモデル（所属確率は5%だが原子力への支払意思が正であったクラス1、及び50%程度の所属確率を示したクラス2）の結果をそれぞれ用いて、2030年における各シナリオに対する支払意思を計算した（表15）。

1か所を除いて全てがプラスになっている。これは、全てのシナリオで再生可能エネルギーを15~25%増加させる設定になっているためである<sup>19</sup>。

**表 15 各シナリオに対する支払意思**

	ゼロ シナリオ	15 シナリオ	20-25 シナリオ	
各シナリオにおける減少量（%ポイント）				
原子力	-25%	-10%	-5%	-1%
再生可能エネルギー	25%	20%	20%	15%
メディアン回帰（原子力-600円、再生可能1,700円）				
原子力	150	60	30	6
再生可能エネルギー	425	340	340	255
<b>合計</b>	<b>575</b>	<b>400</b>	<b>370</b>	<b>261</b>
多項ロジット（原子力-2,000円、再生可能500円）				
原子力	500	200	100	20
再生可能エネルギー	125	100	100	75
<b>合計</b>	<b>625</b>	<b>300</b>	<b>200</b>	<b>95</b>
潜在クラス1（原子力800円、再生可能650円）				
原子力	-200	-80	-40	-8
再生可能エネルギー	162.5	130	130	97.5
<b>合計</b>	<b>-37.5</b>	<b>50</b>	<b>90</b>	<b>89.5</b>
潜在クラス2（原子力-5,700円、再生可能900円）				
原子力	1425	570	285	57
再生可能エネルギー	225	180	180	135
<b>合計</b>	<b>1650</b>	<b>750</b>	<b>465</b>	<b>192</b>

注1：表6、表10（1）、表14クラス1、表14クラス2の結果より算出。

注2：括弧内の数字は各推計におけるWTPの値である。

ここで、アンケート回答者の一か月あたり電気代の平均値は約10,000円であったことを利用する。表15中で最も支払意思が高いのは、原子力に対するマイナス幅が大きい潜在クラス2に属する人々が、ゼロシナリオに対して月額1,650円（16.5%）上乗せして、月額11,650

<sup>19</sup> クラス5の原子力が有意であれば比較の対称となった。仮に表14クラス5の原子力が300円で有意であり、再生可能エネルギーが-1,700円であるとすれば、ゼロシナリオへの支払意欲は-575円、15シナリオは-370円、20-25シナリオは-355~-258円でいずれも負値（電気料金引き下げが必要）となったことになる。

円払っても良いというものであった。国民がこのクラスに属する確率が 50%であることを鑑みると、エネルギー・環境に関する選択肢のパブリックコメントにおいてゼロシナリオを支持した人々が、単に原発をなくすということではなく、費用負担を覚悟の上で支持していたことが窺える。

平均的には、メディアン回帰や多項ロジットの結果から、20-25 シナリオでも 95 円～370 円、15 シナリオなら 300～400 円、ゼロシナリオなら 575～625 円（最大 6%強）支払う意思がある。メディアン回帰と多項ロジットの結果は、各電源に対する限界効用に明確な差があるが、「原子力の減少と再生可能エネルギーの増加」を組み合わせるために、シナリオに対する支払意思の値がかけ離れることはなかった。

なお、原子力への WTP が高い潜在クラス 1 は、ゼロシナリオに対して -37.5 円を求めている。電気代が 3.75% 下がらなければ、ゼロシナリオにしたくないということである。5.4% のこのクラスと、再生エネルギーに負の WTP をもつ 13.7% のクラス 5、あわせて 19.1% は、いずれのシナリオにも反対であろう。現実の政策として再生エネルギーを増加させるためには一時的にせよ転換コストが必要であり、この層における支払意思の低さが、国民によるコスト負担を難しくさせることが考えられる。

上述の議論は、2012 年 3 月の調査結果をもとにしたものである。しかし、その後東京電力が電気料金の値上げに踏み切っており、他の電力会社も値上げを申請している。東京電力は 2012 年 9 月から家庭用電気料金に平均 8.46% の値上げを行った。実際の計算方法は複雑だが、この率を単純に当てはめれば、10,000 円の電気代が 846 円上昇することになっており、全体平均でゼロシナリオに支払っても良いという 575～625 円上昇を大きく超えている。2013 年 5 月に関西電力が 9.75% 程度、九州電力が 6.23% 程度の値上げを行う予定であるほか、四国電力と東北電力も同年 7 月からの各平均 10.94% と 11.41% の値上げを申請している。これだけの値上げをする限り、再生可能エネルギーの比率を上げ、原子力を下げなければ、国民の納得は得られない。

政府としては、電力会社の値上げ申請を了承するのであれば、需要の面から考えるには確実に再生可能エネルギーの比率を上げ、原子力の比率を下げる方策を国民に対して提示する必要がある。

## 5 まとめと今後の課題

東日本大震災を契機に生じた電力供給不安は、家庭用エネルギー需要を量的にも質的にも変化させた。国民には節電意識が浸透し、電力供給源となるエネルギーの種類に対する

国民の関心も高まった。そこで、筆者らは、東日本大震災前後の家庭用電力需要の変化を、アンケート調査を通じて解明する課題に取り組んだ。

回答者は、震災後、節電によって家庭の電気使用量を減らすようになった。ただし、震災直後は電力不足への懸念が主な理由に入っていたが、半年以上経つと、むしろ、家計のため（電気代を節約するため）という理由が中心となった。

電源となるエネルギーのうち、太陽光・風力などの新エネルギーに水力を加えた「自然エネルギー」を今後どうするべきと考えるかという質問には、2020年までには10%まで増やすことがコンセンサスとなっている様子だが、2050年という遠い先になると見解が分かれる。ただし、中心は40%増加にあり、2020年より先に向けて、なるべく増やしたいという意向が強い。

エネルギーの種類ごとに国民の支払意思（WTP）がどう異なるか、複数の手法を用いて計測した。本論文での分析の特徴は(1)同一回答者に調査を2回行い、1回目は情報を読まない状態で、2回目は情報を読んだ状態で回答してもらい、情報の影響を調べたこと、(2)選択確率分析という新しい分析手法を用いたこと、の2点である。

さらに、求めたWTPの値を用いて、政府が提示する今後のエネルギー・ミックスのシナリオへの国民の金銭的評価を明らかにした。エネルギー転換には賛成派も反対派も存在するが、両者の存在を織り込んだ上で平均的にみれば、再生エネルギーを増加させる政策に対して人々は最大6%強の電気代の上昇を受け入れる余地があることが判明した。この6%強という数字は、電力会社各社が実際に上げ、または上げようとしている金額に比して低いものとなっている。ベースとなる料金が上がれば、再生エネルギーへのWTPは下がることも考えられるため、政府は、再生エネルギーへの転換に早急に道筋をつける必要があると言えよう。

技術的な今後の課題として、選択確率分析を応用して分析に回答者の属性を含められるようにすることと、質的データを量的データに変換する手法を確立すべきことが挙げられる。より一般的な課題としては、今後のエネルギー・ミックスの在り方について、広く正確に国民の声を把握するべく、今回のような調査を定期的に繰り返せることが望ましい。



## 参考文献

- Blass, Asher A., Saul Lach, and Charles F. Manski (2010) “Using Elicited Choice Probabilities to Estimate Random Utility Models: Preferences for Electricity Reliability,” *International Economic Review*, Vol. 51, No. 2, 421–440.
- Cameron, A. Colin and Pravin K. Trivedi (2009) *Microeconometrics Using Stata*, Stata Press Publication, College Station, Texas.
- Greene, W. H. and D. Hensher (2003) “A Latent Class Model for Discrete Choice Analysis: Contrasts with Mixed Logit,” *Transportation Research, Part B*, 37, 681–698.
- Manski, C., (1975) “Maximum Score Estimation of the Stochastic Utility Model of Choice,” *Journal of Econometrics*, 3, pp.205–28.
- , (1985) “Semiparametric Analysis of Discrete Response: Asymptotic Properties of the Maximum Score Estimator,” *Journal of Econometrics*, 27, pp.313–33.
- Parker, Jeffrey R. and Rom Y. Shrift (2011) “Rejectable Choice Sets: How Seemingly Irrelevant No-choice Options Affect Consumer Decision Processes,” *Journal of Marketing Research*, Vol. XLVIII (October 2011), pp.840–854.
- Roe, Brian, Mario F. Teisl, Alan Levy, and Matthew Russell (2001) “US Consumers' Willingness to Pay for Green Electricity,” *Energy Policy*, 29, pp.917–925.
- Sherman, Robert P. (2012). "Maximum score methods." *The New Palgrave Dictionary of Economics*. Second Edition. Eds. Steven N. Durlauf and Lawrence E. Blume. Palgrave Macmillan, 2008. The New Palgrave Dictionary of Economics Online. Palgrave Macmillan. 24 December 2012 <[http://www.dictionaryofeconomics.com/article?id=pde2008\\_M000363](http://www.dictionaryofeconomics.com/article?id=pde2008_M000363)> doi:10.1057/9780230226203.1066
- Train, K. E. (2003). *Discrete Choice Methods with Simulation*, Cambridge University Press, USA.
- NHK放送文化研究所(2011年7月)「2011年6月 原発とエネルギーに関する意識調査 単純集計表」<http://www.nhk.or.jp/bunken/summary/yoron/social/pdf/110709.pdf> .  
ホームページ <http://www.nhk.or.jp/bunken/yoron/social/index.html>.
- , (2011年8月)「2011年8月 原発とエネルギーに関する意識調査 単純集計表」  
<http://www.nhk.or.jp/bunken/summary/yoron/social/pdf/110827.pdf>  
ホームページ <http://www.nhk.or.jp/bunken/yoron/social/index.html>.
- , (2011年11月)「2011年10月 原発とエネルギーに関する意識調査 単純集計表」  
<http://www.nhk.or.jp/bunken/summary/yoron/social/pdf/111104.pdf> .  
ホームページ <http://www.nhk.or.jp/bunken/yoron/social/index.html>.
- , (2012年4月)「2012年3月 原発とエネルギーに関する意識調査 単純集計表」  
<http://www.nhk.or.jp/bunken/summary/yoron/social/pdf/120401.pdf>

- ホームページ <http://www.nhk.or.jp/bunken/yoron/social/index.html>.
- 栗山浩一・庄子康・三谷羊平 (2011) 「表明選考法の最新テクニック 1：選好の多様性」『環境評価の最新テクニック』柘植隆宏・栗山浩一・三谷羊平編著，勁草書房，第 2 章，pp.27-53.
- 国家戦略室 (2011a) 「資料 5-5 マスコミ等の世論調査の結果について」  
平成 24 年 8 月 22 日国民的議論に関する検証会合 (第 1 回) 配布資料。  
<http://www.npu.go.jp/policy/policy09/pdf/20120827/shiryo2-5.pdf> .  
ホームページ [http://www.npu.go.jp/policy/policy09/archive12\\_01.html#haifu](http://www.npu.go.jp/policy/policy09/archive12_01.html#haifu).
- 国家戦略室 (2011b) 「資料 5-2-1 パブリックコメントの取りまとめ結果について」  
平成 24 年 8 月 22 日国民的議論に関する検証会合 (第 1 回) 配布資料。  
[www.npu.go.jp/policy/policy09/pdf/20120822/shiryo5-2-1.pdf](http://www.npu.go.jp/policy/policy09/pdf/20120822/shiryo5-2-1.pdf).  
ホームページ [http://www.npu.go.jp/policy/policy09/archive12\\_01.html#haifu](http://www.npu.go.jp/policy/policy09/archive12_01.html#haifu).  
(2013.1.26 ダウンロード)
- 電力中央研究所 (2008) 「コンジョイント分析によるエネルギー技術特性評価手法の開発」電力中央研究所報告 L07012.
- 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』 58(2), pp.23-33.
- 森田玉雪・馬奈木俊介 (2010) 「水産エコラベリングの発展可能性—ウェブ調査による需要分析」『資源経済学への招待—ケーススタディとしての水産業』寶多康弘・馬奈木俊介編著，ミネルヴァ書房，第 9 章，pp.173-204.
- 森田玉雪・馬奈木俊介・山本公香 (2013) 「大震災と地域活動—地域活動への参加意欲」『山梨国際研究』 第 8 号，pp. 94-103.