

# 消費者による電源ごとの受容度の比較分析

リスク工学グループ演習 10 班

井本隆志 加藤亮二 Geng Yankang Feng Jing

アドバイザー教員 鈴木研悟

## 1. 研究背景・目的

### 1.1. 研究背景

世界の年平均温度は上昇しており、世界の平均気温は、図 1 から分かるように 100 年で 0.73 度上昇しており 1990 年代半ば以降は高温になる日が多い<sup>[1]</sup>。またこの地球温暖化問題についてはパリ協定、また京都議定書で議論された。この地球温暖化の原因として考えられるのは、温室効果ガスの増加が挙げられ、火力発電所などから排出される排ガスがその原因の 1 つとして考えられる。この対策として日本では、環境問題解決のため再生可能エネルギーの推進が行われている。

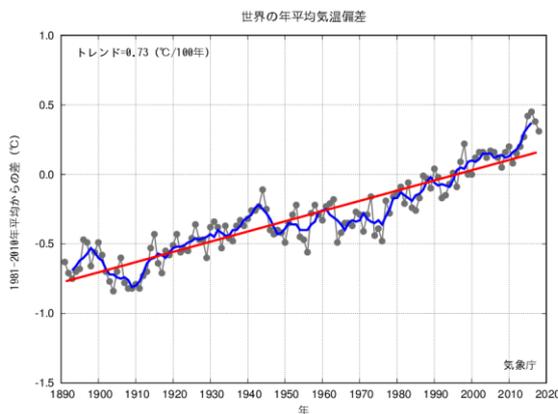


図 1 世界の年平均気温の推移

再生可能エネルギーの利点としては、温室効果ガスを出さないこと、また国内で生産できるため自給率を上げられるという点である。欠点としては、コストが高いため電気代が高くなる可能性、また気候に左右されやすいため安定供給

が困難という点<sup>[2]</sup>である。再生可能エネルギーの例として、風力発電、太陽光発電、水力発電、バイオマス発電などが挙げられる。日本の再生可能エネルギーの電源比率は、約 15%で他の先進国と比較すると低い数値となっている。先進国の中でもカナダの再生可能エネルギーの電源比率は、約 63%で日本の約 4 倍程度<sup>[2]</sup>である。

日本の政府は、日本の電力の自給率の低さや環境問題を解決するために、「長期エネルギー需給見通し」<sup>[3]</sup>を発表し、2030 年度までに再生可能エネルギーの電源比率を 22-24%に引き上げることを決定した。長期エネルギー需給見通しでは、再生可能エネルギーの電源比率を引き上げるもののほか、自給率を上げること、電力コストを下げることを決定している。

また日本では、2016 年度から電力自由化をスタートしており消費者は、電力自由化<sup>[4]</sup>により好きな電力会社を選択出来る時代となり、再生可能エネルギーを導入している電力会社を消費者が選択するかという点が課題となる。

### 1.2 研究目的

日本の政府が目標としているエネルギーミックスと消費者が求める将来のエネルギーミックスの割合の差を検証することで、政府と消費者の考える電源構成の違いがわかり、今後の政府のエネルギー政策の一助となると考える。また政府と消費者の考える電源比率に違いがある場合には消費者が再生可能エネルギーを導入して

いる電力会社を選択しない可能性があるため、電源比率の差を明らかにすることは、重要である。そのため、電力を購入する消費者が好むエネルギーミックスと日本の政府が将来目標としているエネルギーミックスの割合との差を検証することを目的とする。

## 2. 調査手法

本実習では、ロジットモデルとコンジョイント分析を用いて、消費者が電力を購入するときに重視する要因を明らかにして、消費者が選択するエネルギーを求めらる。

消費者が電力を購入する状況を想定するために、消費者は複数の電力会社から1つの電力会社と契約する状況を想定してもらおう。ここで、想定する電力会社は1種類の発電方法しか持たないものと仮定する。現実では、電力会社は数種類の電源(火力や水力など)から構成し、電気を売っているが、今回の調査はあくまで消費者の選好を明らかにする目的のため、単純化し、1つの電力会社は1つの電源しか持たないものとする。なお、現実の電力会社は複雑な電源構成が価格などに影響しているが、消費者が受け取る価格などの情報は、シンプルな情報(例えば、10円/kWhなど)である。そのため、1つの電力会社はいつの電源しか持たないと仮定しても問題ないものとする。すべての電力会社は、価格、CO2排出量などのK個の変数によって説明できる。これらの変数を属性と呼び、消費者がある電力会社を選択した場合、電力会社の属性の値によって、得られる満足度は異なり、この満足度を定量化したものを効用とする。消費者は効用がもっとも大きくなるよう電力会社を選択するものとする。

### 2-1 ロジットモデル

ロジットモデルにおいて消費者  $n$  が電力会社

$i$  を選択する確率  $P_{ni}$  は以下の式で表される。

$$p_{ni} = \frac{\exp(V_{ni})}{\sum_j \exp(V_{nj})} \quad (1)$$

ここで、 $V_{ni}$  は、消費者  $n$  が電力会社  $i$  を選択したときの効用である。

$$V_{ni} = \sum_{k=1}^K \beta_k \cdot x_{nik} + C \quad (2)$$

$x_{nik}$  は電力会社  $i$ 、消費者  $n$  についての属性  $K$  の値、 $\beta_k$  は属性  $K$  が効用に与える影響の大きさを表す係数である。

### 2-2 コンジョイント分析

式(2)の係数である  $\beta_k$  と  $C$  はコンジョイント分析と呼ばれるアンケート手法により推計される。調査者は回答者が選択可能な電力会社の組み合わせを表すカードを数種類用意し、その中から2枚を回答者に提示してどちらをより購入したいか選んでもらう。図2に例示する通り、各カードにはそれぞれの属性値が記されている。異なる属性値が記載されたカードの様々な組み合わせについて回答を得ることで、回答者がどの属性値の値を重視して、電力会社を選択しているか明らかにすることが出来る。

本実習で採用した属性およびコンジョイント分析のカードに記した属性値の範囲は表1に示す通りである。各属性については、班員で協議し、電力消費者が電力会社を選択するときに影響すると考えた属性である。「電気料金」、

「CO2排出量」の水準については、国内の様々な発電方法の値を調査し、それらの最大値、中央値、最小値に近い値を用いた。自給率については、発電資源を「輸入」しているときに0、「国産」の場合は1である。過酷事故リスクについて、発電、または、発電資源によって、過酷事故リスクがない場合を0、ある場合を1と

する。なお、各属性を設定するに当たり、「価格」、「CO2 排出量」、「過酷事故リスク」について、値が高くなると選択確率が低くなり、「自給率」について、値が高くなると、選択確率が低くなるのではないかと想定している。

表 1 属性と属性値の範囲

属性(単位)	属性値の範囲
価格(円/kWh)	10,20,30
CO2 排出量 (g-CO2/kWh)	0,500,1000
自給率	0,1
過酷事故リスク	0,1

アンケートにおいて、各属性と属性値が効率よく比較できるよう、直交表<sup>[5]</sup>を用いて、表2のように各カードを作成した。なおアンケートは、作成した9枚のカードをすべて比較できるよう36通りの組み合わせを用意し、アンケート回答者には36通りの組み合わせについて、それぞれ比較してもらい、回答を得る。

表 2 電力会社

No	属性値(単位)			
	価格 (円/kWh)	CO2 排出量 (g-CO2/kWh)	自給率	リスク 過酷事故
電力会社 A	10	0	0	0
電力会社 B	10	500	1	1
電力会社 C	10	1000	0	0
電力会社 D	20	0	1	1
電力会社 E	20	500	1	0
電力会社 F	20	1000	0	1
電力会社 G	30	0	0	1
電力会社 H	30	500	0	0
電力会社 I	30	1000	1	0

コンジョイント分析のアンケート調査は Google フォームを用いて行った。表3と図3にアンケートの概要と回答者の内訳を示す。また、アンケート調査では、回答者に以下の状況を想定して回答してもらう。以下は実際に行ったアンケート調査から引用している。

【本調査の想定状況】

本調査では、皆様は以下の状況を想定してください。

- ① 今月、つくば市に引っ越してきました。
- ② 新生活を始めるに当たり、電気会社と契約する必要があります。
- ③ そこに、2つの電力会社が訪れ、それぞれ属性値を提示しています。
- ④ あなたは、どちらか1社と契約する必要があります。提示された条件以外に条件の違いはありません。

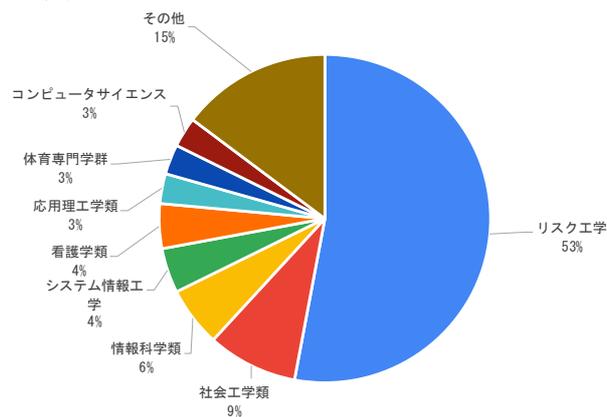


図 2 回答者の専攻内訳

表 3 アンケートの概要

調査方法	google フォーム
調査期間	9/6-9/28
調査対象	筑波大学生
回答数	68
有効回答数	68

3 分析

消費者を対象として、各エネルギー電源の受容度影響される要因を明らかにする。

### 3.1 アンケートの結果整理

仮説：アンケートで考えられる 4 つの要因は消費者の購買意欲に影響を与える。

Step 1: モデルに入力できる形式にするため、アンケート結果を Excel の offset 関数により、整理する。

Step 2: ロジスティクスモデルの構造

SPSS を用いて、二項ロジットモデルから、アンケート結果を分析し、消費者の効用を明らかにする。

### 3.2 結果

まずはモデルの要約：Cox&Snell の寄与率と Nagelkerke R2 乗の寄与率から、この回帰モデルの寄与率は 0.268~0.358 と考えられる。Nagelkerke R2 乗は Cox&Snell R2 乗の調整値である。一般的に、Nagelkerke R2 は 0.2 以上なら、モデリング結果は許容範囲内だと思う<sup>[7]</sup>。

本分析の要約は表 4 に示し、条件を満たしているため、モデルが有効であるといえる。続いて、分類テーブルを表 5 に示す。アンケート結果整理した後、「この電力会社は選択する」の場合は、データ表に 1 で示す、逆に選択しないの場合はデータ表に 0 で示す。観測はアンケートの真実値である。予測は、計算したモデルの関数値 0、1 である。データ数は選択肢 (72 項) \* 人数 (68 人) = 4896 件。0 と 1 各 2448 件。その中、予測と観測が一致のは: 1334 件 (両方が 0) と 2150 件 (両方が 1) の数量である。予測が観測と一致しないのは: 1114 件 (予測が 1, 観測が 0 の数量) と 298 件 (観測が 1, 予測が 1) の数量である。正解率の計算は下式で示す:

$$\frac{1334}{1334+1114} = 0.545$$

$$\frac{2150}{298+2150} = 0.878$$

$$\frac{1334+2150}{1334+1114+298+2150} = 0.712$$

これは、予測したモデルが実測値の約 7 割を説

明していることを示す、ダミアンケートでランダムやっているの 50% ぐらいの結果より精度が高い、モデル式に意味があると認める。

表 6 は、モデルの推計結果を示すのは：価格、CO2 排出量、過酷事故リスクが上がった場合、効用が減少し、自給率が上がれば、効用が上昇する。(表 6) 方程式中の変数について、仮説は：方程式中の各独立変数は方程式の従属変数に有意ではなく、各変数の係数は 0 である。有意確率が 0.1 というのは、10 回に 1 回有意ではなくということである。有意確率が 0.05 というのは、20 回に 1 回起こりうるということになる。つまり、有意確率が小さいほど、仮説成立の確率が小さくなり、方程式中の各独立変数は従属変数に有意と認める。一般的に、有意確率 0.05 以下ならいい従属変数と思われる<sup>[8]</sup>。ここのサンプル数量が不足、故に 0.091 でも有意と認める。

表 4 モデルの要約

Cox-Snell R2 乗	Nagelkerke R2 乗
0.268	0.358

表 5 分類テーブル

	予測		正解の割合	
	0	1		
観測	0	1334	1114	54.5%
	1	298	2150	87.8%
全体のパーセント	71.2%			

表 6 方程式中の変数

	係 数	有意確率
価格	-0	0.000
二酸化炭素	-0	0.000
自給率	0.1	0.091
過酷事故リスク	-1	0.000
定数項	4.2	0.000

4 考察

4.1 消費者受容性影響要因

各変数の尺度が差異があるので、消費者は各変数について感度を直観的に示すため、各変数は以下の式で数値幅を統一する。表 7 はその結果である。

標準化係数 =  
(変数の最大値-変数の最小値) × 非標準化係数

表 7 標準化係数

価格	二酸化炭 素	自給率	過酷事故リスク
-2.720	-1.000	0.138	-1.423

表より、消費者の電力選択に影響を与えた要因は、価格(|-2.720|) > 過酷事故リスク(|-1.423|) > 二酸化炭素排出量(|-1.000|) > 自給率(|0.138|)である。ここの自給率はダミ変数で示し、1 の場合は国産、0 の場合は輸入。過酷事故リスクもダミ変数で示し、1 の場合はリスクあり、0 の場合はリスク無しと設定される。価格、過酷事故リスクと二酸化炭素排出量は全部マイナス影響である。要するに、これらの変数の値が高くなる、消費者に選択される可能性が低くなる。

式(2)より、消費者が各電源を選択したときの効用が明らかになる。これに現実の電源の値(火力発電や水力発電等)を代入することで、現実の電力に対する消費者の効用を把握することが出来る。次に求めた各効用から、式(1)を用いて、実際値を始めて使い、各電力の選択確率を求めることが出来る。

結果を表 8 に示す。また、2013 と 2030 年の消費者は現時点の消費者と同じ選好を有すると仮定し、計算し、モデルで消費者の効用と選択確率を計算する。その結果を表 9 に示す。また、表 8 と表 9 の中で各電源選択確率値/総和選択確率値の割合を占める、消費者の効用が最大となる電源構成を図 4 に示す。

図 4 を見ると、2030 年太陽光を電源としての価格が下がるので、割合の増加がある。また、再生エネルギー価格の下がるに影響された化石燃料の割合が低くなる。これは、消費者は低価格、二酸化炭素排出量少ない、過酷事故リスク低いエネルギーが好きである、電力選択を変更することを示している。すなわち、一つエネルギー少々の価格変動でも、購買意欲に大きな影響されるだけではなく、マーケット各エネルギーの割合に影響するという事である。

今回分析した結果と政府が 2030 年の目指す電源構成(図 5)と比較すると、政府の再生エネルギー構成割合は本モデル予測する割合より少ない、これは、一方、そこで作る図 4 は、他の外的要因を考えず、消費者選択確率でエネルギー割合を決めてエネルギー構造表を作るの原因である。例えば、再生エネルギーの多い供給の実現に難しいかもしれない。または、今回構造したモデルは、ただ消費者の好みを確率の形で考える純粋な希望予測である。

表 8 2013 年電源構成予測

2013	β	火力	LNG	太陽光	水力	原子力	風力	バイオマス
価格	-0.136	12.3	13.7	24.2	11	10.1	21.6	29.7
CO2	-0.001	864	476	0	0	0	0	0
自給率	0.138	0	0	1	1	0	1	1
過酷事故リスク	-1.423	0	0	0	0	1	0	0
定数	4.219							
		火力	LNG	太陽光	水力	原子力	風力	バイオマス
効用	v	1.68	1.88	1.07	2.86	1.42	1.42	0.32
選択確率		0.13	0.16	0.07	0.42	0.10	0.10	0.03

表 9 2030 年電源構成予測

2030	β	火力	LNG	太陽光	水力	原子力	風力	バイオマス
価格	-0.136	12.9	13.4	12.7	11	10.1	13.9	29.7
CO2	-0.001	864	476	0	0	0	0	0
自給率	0.138	0	0	1	1	0	1	1
過酷事故リスク	-1.423	0	0	0	0	1	0	0
定数	4.219							
		火力	LNG	太陽光	水力	原子力	風力	バイオマス
効用	v	1.60	1.92	2.63	2.86	1.42	2.47	0.32
選択確率		0.08	0.11	0.23	0.29	0.07	0.19	0.02

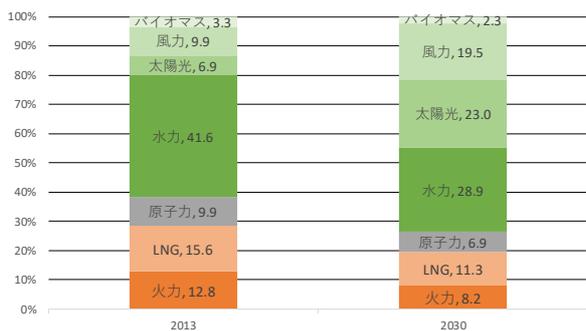


図 4<sup>[9]</sup> モデルで予測図

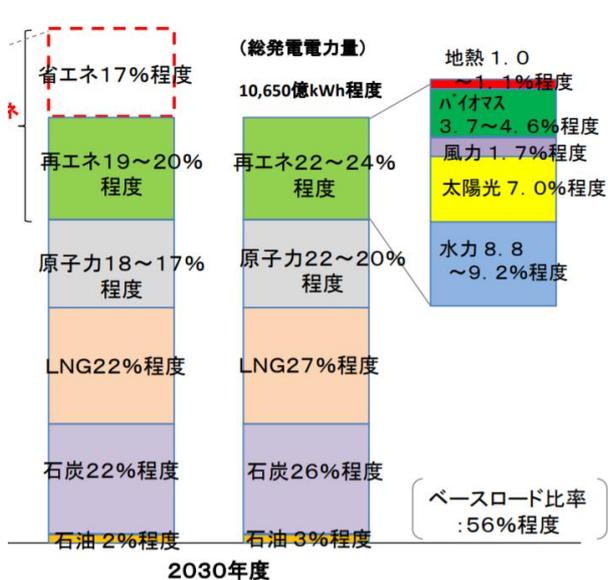


図 5 2030 年政府のエネルギー構成目標<sup>[9]</sup>

## 5.まとめ

本演習では、ロジットモデルとコンジョイント分析を用いて、消費者が電力を購入するときに重視する要因を明らかにし、求めたモデルから消費者が望むエネルギーミックスを明らかにした。その結果、消費者が電力会社を選択するときは、価格、過酷事故リスク、二酸化炭素排出量、自給率の順番で優先していることがわかった。過去に東日本大震災などを経験していることから、過酷事故リスクについて敏感であると考えられる。自給率が最も低かった原因としては、消費者に直接関わらないからと考えられる。ま

た政府の再生可能エネルギー構成割合は本モデル予測する割合より少ないことがわかった。そのことから消費者は再生可能エネルギーについての受容度は政府の予想より高いことが分かる。今後の課題としては、アンケート対象者を増やすこと、が挙げられる。

## 参考文献

- 国土交通省・気象庁「世界の気象庁」  
[https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an\\_wld.html](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_wld.html)
- 経済産業省・資源エネルギー庁「再生可能エネルギー」  
[https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/saiene/renewable/outline/index.html](https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/renewable/outline/index.html)
- 経済産業省・資源エネルギー庁「長期エネルギー需給見通し」  
[https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic\\_policy\\_subcommittee/mitoshi/pdf/report\\_01.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/pdf/report_01.pdf) (最終閲覧日 2019/10/11)
- 経済産業省・資源エネルギー庁「電力自由化」  
[https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity\\_and\\_gas/electric/electricity\\_liberalization/what/](https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/electric/electricity_liberalization/what/)
- 鈴木研悟, 田部豊, 大田純, 近久武美: 北海道の家庭部門における暖房・給油機期の選択行動のモデル解析, 日本機械学会「No. 14-11」第 19 回動力・エネルギー技術シンポジウム講演論文集, 2014. 06. 28
- Monodukuri「直交表で水準数が余る時, 足りない時の対処法」  
<https://www.monodukuri.com/gihou/article/75> (最終閲覧日 2019/10/11)
- 内田治: SPSS によるロジスティック回帰分析 第 2 版, 株式会社オーム社, 2016
- 君山由良: コンジョイント分析, データ分析研究所, 統計解析書シリーズ A-58 2010
- 経済産業省・資源エネルギー庁「2030 年エネルギーミックス実現へ に向けた対応について~全体整理~」  
[https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic\\_policy\\_subcommittee/025/pdf/025\\_008.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/025/pdf/025_008.pdf)