

経済実験による家庭部門の電力・CO₂ 排出量取引市場に関する基礎的検討

Investigation on electricity and carbon emission trading market of household sector by economic experiment

○岩崎堅太*¹⁾、吉川直樹¹⁾、天野耕二¹⁾

Kenta Iwasaki, Naoki Yoshikawa, Koji Amano

1) 立命館大学

*rv0017xk@ed.ritsumei.ac.jp

1. はじめに

低炭素政策の一つとして国家間、企業間の CO₂ 排出量取引の導入が世界的に注目されている。将来技術革新により、家庭間における排出量取引についても導入可能になると想定されるが、家庭レベルの市場の挙動に関する研究は少ない。また、市場特性の分析には、取引参加者の行動の把握が必要である。加えて、家庭による CO₂ 排出の約 7 割¹⁾が電力由来であることから、再生可能エネルギー発電を利用した電力会社を含めた、電力取引の分析も並行して行う必要がある。

そこで本研究では、家庭部門を対象とした電力使用における CO₂ 排出量取引市場と、家庭と電力会社の間を対象にした電力取引市場を想定し経済実験による家庭の行動特性の分析を試みる。排出量取引および電力取引における行動特性の把握を通して、市場の動きをより正確に分析するための情報の整理が本研究の目的である。

2. 研究方法

2.1 経済実験概要

本研究で家庭の行動特性を把握する手法として、キャップアンドトレード方式を用いた排出量取引市場と入札制度を用いた電力取引市場を模した経済実験を行った。電力全面自由化を考慮し、電力取引市場では系統電力と再生可能エネルギーによる電力供給を行う新電力会社（以下「再エネ」と称する）を想定した。

実験被験者は、家庭側と再エネ側の二つのプレイヤーに分かれて取引を行った。家庭側は排出量取引、電力使用、電力取引における行動特性を把握するために、1日の平均使用電力が 14kWh の一般的な家庭を想定している。再エネ側は、天候の不確実性とそれに基づく戦略的な行動を考慮するために、太陽光発電および蓄電池を有するものと想定し、実験の簡略化のため発電における CO₂ 排出がないものとした。家庭側は効用最大化、再エネ側は利益最大化を目標として取引を実行する。取引期間は 15 日間に設定し、電力取引は毎日 1 回として計 15 回行い、排出量取引は 3 日に 1 回として計 5 回の取引が実行される。家庭側は使用電力量の選択と、電力購入先を勘案しながら電力購入注文を行い、CO₂ 排出量を考慮しながら家庭間で排出枠の購入、売却の注文を行う。

再エネ側は天候による発電量と、蓄電量を勘案しながら電力販売注文を行う。天候は、晴れ、曇り、雨の 3 通りとし、それぞれに 1 日あたりの発電量を設定した。電力取引価格は 2 つの条件で実験を行い、設定 1 : 26、28、30、32、34 (円/kWh) の 5 通りの価格、設定 2 : 24、26、28、30、32 (円/kWh) の 5 通りの価格から選択させた。また、家庭側は使用電力量と再エネからの購入電力量の差分を、系統電力から購入するものとし、価格は 24 円/kWh で一定とする。使用電力量は選択基準として使用電力量ごとに効用を設定し 2 つの条件で実験を行った。設定 1 : 10、12、14、16、18 (kWh/日) の 5 段階、設定 2 : 10、11、12、13、14 (kWh/日) の 5 段階から選択させた。効用値は、電力と限界効用一定の合成財の 2 財によるコブダグラス型効用関数を想定し、表 1 のように特定化した。関数の推定に際し、短期の価格弾力性は電力中央研究所²⁾のデータを引用した。

表 1 使用電力量ごとの効用

使用電力量 (kWh/日)	10	11	12	13	14	16	18
効用(円)	596	623	650	676	700	746	790

再エネ側の販売電力量が、発電量+蓄電量を超える場合は、不足分をインバランス料金 35 円/kWh で電力を購入し補填する。この価格は、既存の系統電力の変動範囲外 インバランス料金³⁾を、加重平均し設定した。排出量取引価格は 1~9 (円/kWh 相当-CO₂) の 9 つの段階とし、家庭側は購入、売却どちらの注文も可能、再エネ側は取引を行わないものとした。各家庭の初期排出枠は、日本の削減目標の達成を勘案して、2005 年の家庭部門電力由来 CO₂ に 96.2% を乗じた上で、半月換算し世帯で除し、CO₂ 排出係数で除すことで初期排出枠は 165 (kWh 相当-CO₂) とした。15 日終了時点で、排出枠を超える排出が行われた場合、1kWh 相当-CO₂ あたり 10 円のペナルティーを科すものとした。実験全体の流れは図 S1 に、家庭側、再エネ側の効用・利益の計算について、図 S2 に示す。

2.2 実験条件

本研究では 8 回の実験を行った。それらを実験 A~H とし、2.1 で述べた以外の条件を表 S1 に示す。実験 A~D は設定 1 で実験を行い、実験 E~H は設定 2 で実験

表 2 家庭側実験結果

	設定 1				設定 2				比較対象
	実験A	実験B	実験C	実験D	実験E	実験F	実験G	実験H	
平均効用(円)	7295.7	7256.8	7191.9	7212.4	7306.0	7381.7	7365.4	7357.2	7010
平均残排出枠 (kWh相当-CO ₂)	16.60	5.48	0.39	1.68	11.54	7.85	26.82	29.08	-45
平均使用電力量 (kWh/日)	12.5	13.3	12.4	12.5	11.7	11.6	11.9	11.9	14

を行った。また、実験 A、B、G、H における再エネ供給可能量は、14kWh 毎日使用すると想定した時に不足する枠の量とし、実験 C、D、E、F は不足する枠の半分の量とした。

3. 結果と考察

3.1 家庭側実験結果

家庭側プレイヤーの実験結果を表 2 に示す。比較対象は、電力を 1 日 14kWh 使用し、そのすべてを系統電力から購入した場合の結果である。各実験で比較対象よりも、平均効用、平均残排出枠、平均使用電力量が向上した値となり、家庭間における CO₂ 排出量取引の有用性が示された。

3.2 家庭側行動分析結果

次に家庭側プレイヤーの行動を、電力使用、電力購入、排出量取引行動の 3 つの行動から、クラスター分析を行った結果が表 3、表 4 である。表 3 は設定 1 のプレイヤーの分析、表 4 は設定 2 のプレイヤーの分析である。

表 3 行動分析結果 (設定 1)

クラスター	電力使用	電力購入	排出枠取引	サンプル数
1 省エネ・排出枠販売	10、12kWh の選択が多い	30円までの注文が多い	4円から売り注文	12
2 省エネ・排出枠購入	10、12kWh の選択が多い	30円までの注文が多い	少ない	4
3 排出枠注文少	平均	32円までの注文が多い	注文自体が少ない	15
4 電力大量消費	14kWh以上の選択が多い	34円でも注文	9円でも買い注文	2
5 その他	10もしくは18kWh	購入なしまたは大量購入	9円でも買い注文	2

表 4 行動分析結果 (設定 2)

クラスター	電力使用	電力購入	排出枠取引	サンプル数
1 省エネ・排出枠販売	10、11kWh の選択が多い	28円までの注文が多い	1円から売り注文	11
2 排出枠購入	14kWh の選択が多い	30円までの注文が多い	6円までの買い注文	4
3 再エネ購入	満遍なく選択	32円でも注文	6円から売り注文	9
4 再エネ購入・排出枠販売	12kWh までの選択が多い	26円までの注文が多い	1円から売り注文	15
5 排出枠販売	10もしくは14kWh	28円までの注文が多い	3円から売り注文	8

それぞれ 5 つのクラスターに分けることができることが分かった。また、それらの行動が効用の結果に影響があるか、多重比較分散分析を行った結果が図 1 である。左図は設定 1 のプレイヤーの分析であり、サンプル数が

少ないクラスター 4、5 を除いたもの、右図は設定 2 のプレイヤーの分析である。

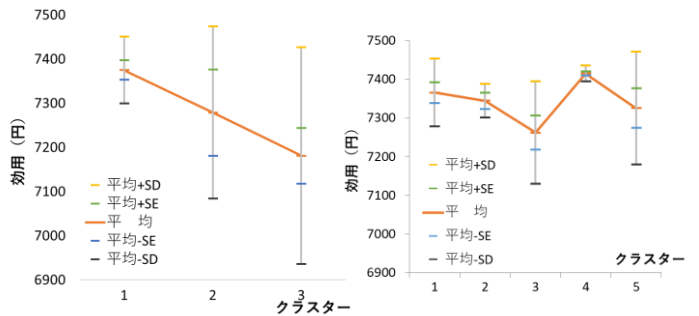


図 1 多重比較分散分析 (左：設定 1、右：設定 2)

設定 1 の実験では、省エネ・排出量販売グループと排出枠注文少グループを比較した場合、P 値が 0.033 と効用の結果に有意な差があることが分かった。また、設定 2 のグループでは、再エネ購入グループと再エネ購入・排出枠販売グループを比較した場合、P 値が 0.033 と効用の結果に有意な差があることが分かった。

4. おわりに

分析結果から家庭間における排出量取引の有用性が示された。また、家庭の行動により、効用に有意な差があることが示された。

本研究では使用電力の選択基準の効用が、天候などに関係なく一定と仮定して実験を行っている。また、初期排出枠、世帯の設定は一律である。これらの点が今後の課題だと考える。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 (JP 15K06277) からの支援により実施された。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1)環境省：“2015 年度の温室効果ガス排出量 (確報値)”, (2015)
- 2)電力中央研究所：“地域別電灯・電力需要の価格弾力性の分析”, (2013)
- 3)経済産業省：“第 7 回 制度設計ワーキンググループ事務局提出資料”, (オンライン), 入手先< http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/kihonseisaku/denryoku_system/seido_sekkei_wg/007_haifu.html >, (2014-7-30)

Supporting Information

S.1 実験の流れ

実験の流れを図 S1 に示す。また、効用・利益の計算方法は図 S2 に示す。

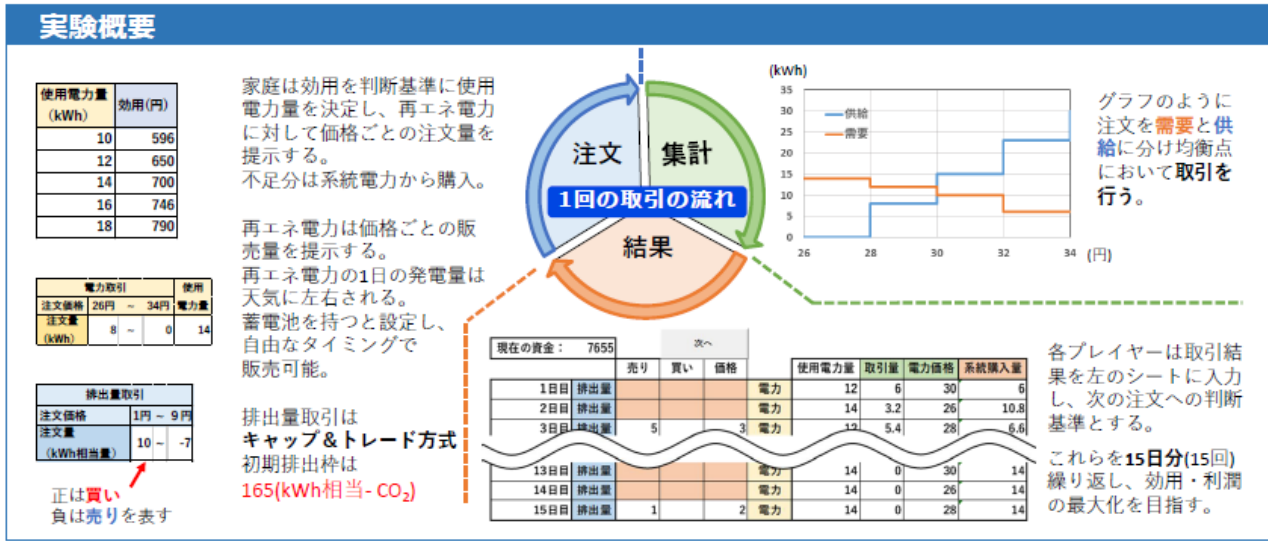


図 S1 実験の流れ

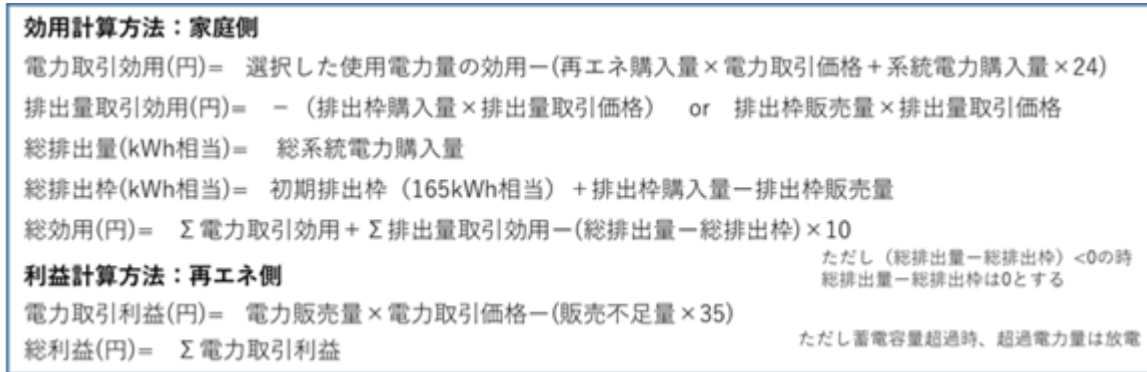


図 S2 効用・利益計算方法

S.2 実験条件

表 S1 実験条件

	設定 1				設定 2			
	実験A	実験B	実験C	実験D	実験E	実験F	実験G	実験H
被験者数:家庭(人)	10	6	10	9	13	12	11	12
被験者数:再エネ(人)	3	3	3	3	3	3	3	3
再エネ総発電量(kWh)	441.6	280.8	218.4	218.4	280.8	280.8	499.2	530.4
再エネ供給割合結果	20.6%	20.1%	11.5%	12.7%	12.3%	9.5%	22.3%	23.7%