

令和 2 年 6 月 16 日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2015～2019

課題番号：15K00645

研究課題名（和文）可視化と価格付けによる家庭用電力需要の制御に関する研究：離島でのフィールド実験

研究課題名（英文）A field experimental study on dynamic pricing effects on household electricity consumption

研究代表者

島田 幸司（Shimada, Koji）

立命館大学・経済学部・教授

研究者番号：70367986

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、再生可能エネルギーの供給変動を念頭に置いたダイナミックプライシングにより、インバランスリスクや電力卸売市場からの調達量を軽減させることができるかをフィールド実験により実証するものである。実験の結果、ダイナミックプライシングによる電力消費削減の平均処置効果は約5%であることが示された。太陽光発電等の再エネを主力電源とする新電力会社がこのようなプライシングにより需給マッチを図る可能性を示唆している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ダイナミックプライシングによる電力需要制御はこれまでおもにピークカットのために実証が進められてきた。一方、時間変動する再生可能エネルギー出力と需要をマッチさせる目的の研究は国内外をみてもほとんど例はなく、小規模ながらもフィールド実験でその効果を実証できたことは、研究成果の学術的意義である。太陽光発電をはじめとする再生可能エネルギーの普及が進み、夜間・曇天時の供給不足だけでなく、昼間・晴天時の供給余剰による電力系統への受入れ停止といった事態も発生している。ダイナミックプライシングを通じた需要側の行動変容で再生可能エネルギーをフルに活用できる可能性を示したことが本研究成果の社会的意義である。

研究成果の概要（英文）：The Study aimed at seeking the possibility to match the household electric power demand and supply from time-variant renewable energy through introducing a dynamic pricing. The field experiment in a remote island revealed that the treatment effect of dynamic pricing was approximately 5% reduction compared to control group and pre-intervention period. The result suggests that a dynamic pricing would be effective to mitigate the gap between demand and supply from renewable energy such as solar photovoltaic generation.

研究分野：環境・エネルギー経済

キーワード：dynamic pricing power consumption field experiment

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、世界規模で気候変動への対策が進められており、発電部門においても、CO₂ 排出量の少ない再生可能エネルギー(以下、再エネとする)の導入割合を増やすことが喫緊の課題となっている。2015年にフランス・パリで開催されたCOP21(国連気候変動枠組条約第21回締約国会議)では、2020年以降の温暖化対策の国際枠組み『パリ協定』が採択され、日本は2030年までに2013年比で26%のCO₂ 排出量を削減することを宣言した。これは欧米と比べても野心的な目標となっており、エネルギーミックスによる世界最高水準の排出量原単位への挑戦が必要となっている。

しかしながら、日本では、依然として、再生可能エネルギーによる発電割合は低いのが現状である。これには、再生可能エネルギーによる発電が、従来の発電と比べて発電コストがかかる、安定供給が難しいなど、再生可能エネルギー発電が持つ様々な性質が関係していると考えられるが、欧州では、電力供給の5割前後を再生可能エネルギーでまかなう地域も現れている。

また、近年は新たな問題として、再生可能エネルギー発電による電力が地域や時間帯によっては過剰供給になる、つまり、電力が余ってしまうという状況が起きており、一部の地域では系統への受け入れ制限をせざるをえない事態も生じている。今後、電力システム改革と再生可能エネルギー普及が両立するよう、適切な対策をとることが求められているといえる。

2. 研究の目的

上記の背景を踏まえ、本研究では出力に時間変動のある再エネと家庭用電力需要のマッチングを消費の見える化やダイナミックプライシングで実現できるかどうかをフィールド実験により実証することにある。

可能性が示唆されれば、再エネシェアの高い電力を環境意識が高い消費者や電力起因のCO₂ 排出量を減らしたい企業に販売する新電力(PPS)での社会実装が考えられる。たとえば、再エネの供給変動を念頭に置いたダイナミックプライシングにより、PPSのインバランスリスクやJEPXからの調達量を軽減させることが期待できる。

3. 研究の方法

兵庫県南あわじ市沼島で行われた、ダイナミックプライシング方式を用いた経済実験では、太陽光発電の供給に沿った電力消費を促す取り組みであり、従来のピークカット、ピークシフトを目的とした実験とは異なり、太陽光発電による電力供給が過多(過少)になっているのに対して、消費者にプライシングを通じて消費を促す(抑える)ことを目的としている。供給量の不安定な太陽光発電(再エネ)の普及の観点から、極めて重要な実験であるといえる。

この経済実験は、2016年7月6日から、同年8月16日にかけて行われた(図1参照)。7月6日から7月20日までを実験前期間、7月20日から8月2日を実験期間、8月2日から8月16日までを実験後期間と設定している。また、実験参加世帯数は50(世帯)であり、これらを実験群28世帯、対照群22世帯にランダムに分けた。

また、実験参加世帯に対し、実験開始前に7,000ポイントを付与し、実験終了後に残ポイントに相当する現金を支払うこととした(1ポイント=1円)。ポイントの控除率は、気象庁による徳島の週間天気予報(7月19日と7月26日発表)に基づいて決定された。具体的には、前日、当日両方の予想に晴れが含まれている場合に20pt/[KWh/人]、前日、当日のどちらかに晴れが含まれている場合40pt/[KWh/人]、前日、当日両方に晴れが含まれていない場合80pt/[KWh/人]控除するとこととし、発電・蓄電が少ないと想定される日ほど控除ポイントが高く設定されている。

14日間の実験期間のうち、控除率20pt/[KWh/人]の日が4日間、40pt/[KWh/人]が4日間、80pt/[KWh/人]が6日間であった。各世帯の電力消費量はスマートメーターによりリアルタイムに計測され、これを1時間ごとの消費量に集計して計量分析に用いた。また、各世帯にタブレットを配布し、自世帯の電力使用量、タブレットを配布している全世帯の一人当たり平均電力使用量、前日のデータを対象にした電力使用量ランキングの情報を得られるようにするなど、リアルタイムな可視化あわせて行った。

4. 研究成果

ダイナミックプライシング実験が電力消費量に影響を与える要因を明らかにするために行ったパネルデータ分析の結果について考察する。

このパネルデータ分析では、ハウスマン検定により変量効果モデルが採択された。推定の結果(表1)を見ると、決定係数が0.5641となっており、推定式の説明力は6割弱となっている。

分析結果を順にみると、プライシングに関する変数として用いた実験群ダミー変数は有意な結果が得られなかったものの、実験期間ダミー変数は5%水準で有意な結果となっており、実験期間中はそれ以外の期間と比べて電力使用量が5.2%増加することが分かった。

実験期間中には電力消費量が5.2%増加したのは、実験前期間に比べて気温が大幅に上昇したことにより消費量増加効果を冷房度変数が十分に制御できなかったためと考えられる。

また、差分の差分法に関する変数(実験群ダミー変数と実験期間ダミー変数の交差項)によって推定したプライシング効果の結果は1%水準で有意な結果となり、プライシングによって電力

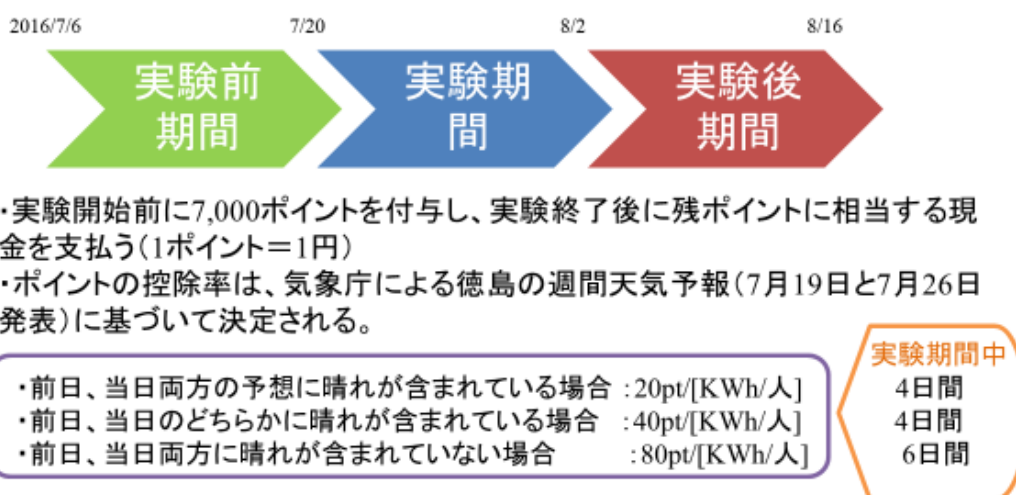
消費量が5.7%減少することが明らかになった。このことから、プライシングによって電力消費をコントロールすることができるといえる。

また、ポイント控除率（疑似的な価格）の違いによって電力消費量がどのように変化するかを示したのが図2である。控除額 20pt の日は、実験前期間と比べて電力消費量が 2.44%増加し、控除額 80pt の日は、実験前期間と比べて電力消費量が 1.97%減少することがわかる。

控除額が少ないほど消費者は電力消費を増やす傾向にあり、また、控除額が多くなるほど電力消費を抑えようとしている。ダイナミックプライシングの介入を受けた世帯が何らの行動変容を起こし、太陽光発電ポテンシャルに沿う形で電力消費をシフトさせた解釈できる。

控除率が 300%変化したときに、エネルギー消費は 220%変化しているので、価格弾性値は $0.73(=220/300)$ となる。

■ 経済実験の設計

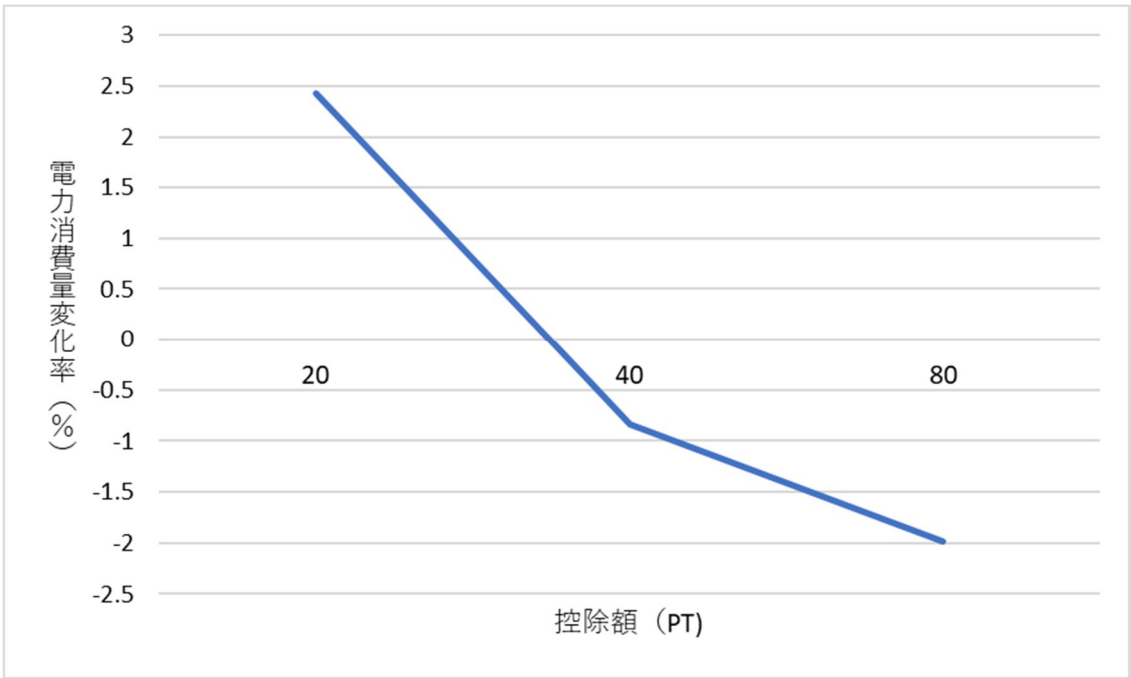


【図1 フィールド実験の期間と設計】

【表1 電力消費量に与えるダイナミックプライシングの効果の推定結果】

モデル	パネルデータ分析 (Random Effect モデル)		
サンプル数	28,617		
グループ数	43		
自由度調整済み決定係数	within: 0.1226 between: 0.5641 overall: 0.2874		
項目	回帰係数	z 値	p 値
実験期間中ダミー変数	0.0516***	5.29	0.000
実験群ダミー変数	-0.1451	-1.39	0.164
プライシング効果	-0.0573***	-4.70	0.000
世帯人員数	0.1416***	2.87	0.004
冷房度	0.0326***	14.06	0.000
日平均風速	-0.0126***	-4.89	0.000
エアコン台数	0.0038	0.05	0.962
冷蔵庫台数	0.2451**	2.31	0.021
業務用冷凍庫台数	0.2648***	2.60	0.009
オール電化ダミー変数	0.2604**	2.52	0.012
木造家屋ダミー変数	0.0361	0.24	0.807
南区ダミー変数	0.0633	0.33	0.739
中区ダミー変数	0.0919	0.56	0.575
北区ダミー変数	0.1326	0.74	0.461
東区ダミー変数	-0.0555	-0.31	0.755
アクセス回数	0.0791***	3.46	0.001
時間帯ダミー-1 (0-3 時)	-0.1969*	-1.65	0.098
時間帯ダミー-2 (3-6 時)	0.0262**	2.19	0.028
時間帯ダミー-3 (6-9 時)	-0.0891***	-7.27	0.000
時間帯ダミー-4 (9-12 時)	-0.0067	-0.48	0.634
時間帯ダミー-5 (12-15 時)	0.0437***	2.97	0.003
時間帯ダミー-6 (15-18 時)	0.3819***	28.13	0.000
時間帯ダミー-7 (18-21 時)	0.3684***	30.77	0.000

(注) ***、**、*はそれぞれ統計学的に1%、5%、10%水準で有意であることを示す。



【図2 控除額に対する電力消費量の変化率】

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Thanh Tam Ho, Sarana Shinkuma and Koji Shimada	4. 巻 11
2. 論文標題 The Effects of Dynamic Pricing of Electric Power on Consumer Behavior: A Propensity Score Analysis for Empirical Study on Nushima Island, Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Energies	6. 最初と最後の頁 2175
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/en11082175	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Thoa Thi Kim Nguyen, Koji Shimada, Yuki Ochi, Takuya Matsumoto, Hiroshi Matsugi and Takao Awata	4. 巻 9
2. 論文標題 An Experimental Study of the Impact of Dynamic Electricity Pricing on Consumer Behavior: An Analysis for a Remote Island in Japan	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Energies	6. 最初と最後の頁 1093
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/en9121093	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Koji Shimada, Yuki Ochi, Takuya Matsumoto, Hiroshi Matsugi, Takao Awata	4. 巻 2015
2. 論文標題 An Empirical Study of Real-time Feedback and Dynamic Pricing Effects on Electric Power Consumption - Field Experiment on a Remote Island in Japan	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Proceedings of the 4th International Conference on Smart Cities and Green ICT Systems (SMARTGREENS-2015)	6. 最初と最後の頁 201-208
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5220/0005434402010208	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 島田幸司
2. 発表標題 電力システム改革と再生可能エネルギー普及は両立するか
3. 学会等名 量子科学技術研究開発機構 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 島田幸司
2. 発表標題 電力システム改革と再生可能エネルギー普及は両立するか
3. 学会等名 立命館英国事務所セミナー
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Thoa Thi Kim Nguyen , Koji Shimada
2. 発表標題 An Empirical Study on Electric Power 's Dynamic Pricing Impacts on Consumer Behavior
3. 学会等名 The 10th International Conference on the "Regional Innovation and Cooperation in Asia" (国際学会)
4. 発表年 2015年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	松本 卓也 (Matsumoto Takuya) (00625642)	神戸大学・企画評価室・特命助教 (14501)	