

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 20 日現在

機関番号：22301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24560500

研究課題名(和文)再生可能エネルギーと省エネルギーのための制度設計

研究課題名(英文)Studies of policy instruments to promote renewable energy use and energy conservation

研究代表者

山本 芳弘 (Yamamoto, Yoshihiro)

高崎経済大学・経済学部・准教授

研究者番号：20419435

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：住宅用太陽光発電システムを普及させるためのインセンティブとして、発電された電力の買い取りと設備導入に対する補助金交付の最適な組み合わせを、省エネルギーの促進も考慮に入れて、明らかにした。また、住宅用太陽光発電システムの普及過程におけるオピニオン・リーダーシップの役割とその活用方法を明らかにした。さらに、再生可能エネルギーから発電された電力が送配電網に流れ込むことで生じる電力システムへの悪影響を緩和するとともに、電力の効率的な利用を促すインセンティブを提案した。最後に、地域内で再生可能エネルギー資源から発電し、その電力を地域内で効率的に利用するために検討すべき課題を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：The study yielded four main results. First, it calculated optimal combinations of feed-in tariffs and capital subsidies to achieve certain policy goals in promoting renewable energy use and energy conservation. Second, it clarified roles of opinion leadership and proposed how to use it for the diffusion of renewable energy technology. Third, the study proposed an incentive system to prevent the electricity generated from renewable energy sources from flowing excessively into the grid and instead encourage customer-generators to use it themselves efficiently. Finally, it suggested future research topics we should address so that renewable energy sources would be utilized efficiently to generate and consume electricity within a local area.

研究分野：再生可能エネルギー政策

キーワード：再生可能エネルギー 省エネルギー インセンティブ 住宅用太陽光発電 固定価格買い取り制度 補助金 オピニオン・リーダーシップ 普及

1. 研究開始当初の背景

電力に関しての再生可能エネルギー及び省エネルギーへの関心と期待が高まっている。地球温暖化問題に加えて、2011年3月11日に発生した東日本大震災は、電力供給不足や原子力発電に対する不信感などの新たな課題をもたらした。これらの問題に対処するためには、再生可能エネルギーの利用や省エネルギーの促進を、特に電力利用において一層推進することが不可欠である。

これについては、これまで様々な施策がなされてきた。再生可能エネルギー利用に関しては、太陽光発電設備を設置するときの設備導入補助金制度や発電された電力の固定価格買い取り制度などが実施されてきた。また、省エネルギー促進に関しては、省エネ家電の開発や電力消費の見える化などの技術開発面に加えて、デマンド・サイド・マネジメント(DSM)や季時別料金制度などが実施されてきた。

このような施策からわかるように、電力に関わる再生可能エネルギーの利用と省エネルギーの促進は、最終目的は同じであっても、個々に議論されてきた。それは、典型的には、前者が太陽光発電や風力発電等の再生可能エネルギー技術の普及にかかわる問題である一方、後者は電力消費行動を修正させるという問題だからである。これは、本来、需要と供給という一体であるべきものを個々に扱っていたということであり、統一的に対処することができればより大きな効果が期待できると考えられる。

それを可能にするのが、情報通信技術を駆使したスマートメーターの導入である。これが導入されると、消費者は、電力価格に関する情報を得てエネルギー消費を調節し、電力を効率的に利用することができるようになる。しかし、その電力価格は、単に市場で決まる価格であってはならない。再生可能エネルギーの利用を考慮に入れたものでなければならない。そのため、再生可能エネルギー利用と省エネルギー促進の両方を考慮に入れた新たな料金制度の設計が必要になっている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、再生可能エネルギーから発電された電力の買い取り価格を、再生可能エネルギーの利用を後押しするのみならず、省エネルギーを促進するためには、どのように制度設計すべきかを明らかにすることである。

そのための具体的課題として、次の4つの研究課題を設定した。

(1) 住宅用太陽光発電システム導入のためのインセンティブについての研究

住宅用太陽光発電システムを普及させるための施策として、設備導入に対する補助金交付と発電された電力の固定価格での買い

取りという2つのインセンティブがある。これらを、省エネルギーの観点からも、どのように組み合わせるのが望ましいのかを明らかにする。

(2) オピニオン・リーダーシップを通じた住宅用太陽光発電システム導入についての研究

一般家庭が住宅用太陽光発電システムを導入するか否かを判断したり、省エネルギー行動をとったりするには、オピニオン・リーダーシップを通じた情報のコミュニケーションが重要な役割を果たす。オピニオン・リーダーシップを機能させるためには、再生可能エネルギー買い取りの固定価格をどのように設定すべきかを明らかにする。

(3) 再生可能エネルギーから発電された電力がもたらす技術的問題を緩和するインセンティブについての研究

分散型電源である再生可能エネルギーから発電された電力が送配電網に大量に流入すると、電力が従来向きとは逆向きに流れ(逆潮流の発生)電力システムに悪影響を及ぼすことが懸念されている。そこで、再生可能エネルギーから発電された電力を発電者自ら消費し過剰に送配電網に流し込むことを回避させるとともに、電力の効率的な使用を促すためには、再生可能エネルギーの売買価格をどのように設定すべきかを明らかにする。

(4) 地域で再生可能エネルギーを利用するための方法についての研究

再生可能エネルギーから発電された電力を送電線で既存電力会社に販売するのでは、当該地域への便益は限られてしまう。地域の再生可能エネルギー資源から発電した電力を地域内で効率的かつ効果的に利用するには、どのような取り組みが必要かを明らかにする。

3. 研究の方法

4つの研究課題に対応して、次のような研究方法を採用した。

(1) 住宅用太陽光発電システム導入のためのインセンティブについての研究

ミクロ経済学に基づくモデルを開発し、分析した。各家庭は太陽光発電に対する評価と設置した場合の発電見込み量を有すると仮定し、発電された電力の買い取り価格と設備導入に対する補助金の最適な組み合わせを検討した。また、モデルによる分析結果の検証とモデルでは明らかにできないケースの分析のために、数値シミュレーションを行った。

(2) オピニオン・リーダーシップを通じた住宅用太陽光発電システム導入についての研究

太陽光発電システムのような革新的な技術が社会に普及する過程について、普及理論からの検討を行った。そして、オピニオン・リーダーとみなされる人の選別や住宅用太陽光発電システムに対する支払意思額を調べるために、アンケート調査を実施した。

(3) 再生可能エネルギーから発電された電力がもたらす技術的問題を緩和するインセンティブについての研究

どのような技術的課題が生じるのかについての情報を得るため、電気工学系の文献調査を行った。その結果を念頭に、協力ゲーム理論で扱われる費用負担ルールを適用するモデル化を行った。

(4) 地域で再生可能エネルギーを利用するための方法についての研究

地域レベルでの再生可能エネルギー事業について、調査報告書や先行研究をレビューした。特に、協同組合を通じた事業のあり方について、群馬県及び福島県の中小企業団体中央会や実際の協同組合にインタビュー調査を行った。また、関連する経済学や社会学などの文献を調査した。

4. 研究成果

各研究課題に対して、次のような研究成果を得た。

(1) 住宅用太陽光発電システム導入のためのインセンティブについての研究成果

主な成果

発電される電力量を最大化するためには、買い取り価格をできるだけ高くする一方、設備導入補助金はできるだけ少なくする方が望ましい。

また、社会的総余剰を最大化するためには、太陽光発電により回避できる従来型発電の発電単価と、太陽光発電1単位がもたらす社会的便益(例えば、温室効果ガス排出量の低減、エネルギー安全保障への貢献、発電に伴う廃棄物の削減など)の和を基準に買い取り価格を設定する一方、設備導入補助金は普及目標を達成できるような水準に設定するのが望ましい。

さらに、太陽光発電に対する評価が高い家庭は普及のためのオピニオン・リーダーになる可能性が高いという前提条件のもとでは、そのような家庭に対して設置を促すためには、太陽光発電の買い取り価格をできるだけ低く設定する一方、設備導入補助金をできるだけ大きくすることが望ましい。

最後に、家庭に設置を促すための費用を最小にする買い取り価格と設備導入補助金の組み合わせは、各家庭の太陽光発電そのものに対する評価や発電見込み量に依存して決まるため、一般的なルールとしては定まらない。そこで、発電見込み量は正規分布に従う一方、太陽光発電そのものに対する評価は一

様分布に従うと仮定して数値シミュレーションを行った結果、太陽光発電の買い取り価格を比較的安く設定した方が費用は小さくなること示された。

国内外における位置づけとインパクト

日本においては、太陽光発電の買い取り価格を通常の電気料金単価に比べて十分高く設定する一方、国、都道府県、市町村の各行政レベルで設備導入補助金が利用できる状況にあったため、住宅用太陽光発電システムは大いに普及した。しかしながら、特に太陽光発電の買い取り価格に関しては、それが適正な価格設定なのか否かが議論されてきた。また、海外でも、再生可能エネルギーから発電された電力の買い取り価格をどのように設定すべきかについては、多くの国で模索状態である。本研究成果は、この問題への対処において有益な情報を与えるものである。

今後の展望

今回の研究では、住宅用太陽光発電システムを対象にしたが、それ以外の再生可能エネルギー種類(例えば、風力発電やバイオマス発電など)や設置主体(特に、業務部門や地域活性化なども期待した自治体関連)に、研究対象を広げて研究する。

また、普及が進むにつれて、普及目的の政策ではなく、再生可能エネルギー発電を分散型電源としてエネルギーシステムの中に組み込むための経済制度が重要になってくる。このような課題に対して、本研究の成果がどのように拡張されるのかを明らかにする。

(2) オピニオン・リーダーシップを通じた住宅用太陽光発電システム導入についての研究成果

主な成果

住宅用太陽光発電システムを設置した家庭に対するアンケート調査の結果、採用を決定する際に誰かに相談したり助言を求めたりした家庭は32パーセント、また、設置後に導入を検討している人から相談を受けたり助言を求められたりした家庭は43パーセントを占めていた。このように、太陽光発電システムを導入するか否かの意思決定には情報コミュニケーションが重要な役割を果たしていることが明らかになった。

次に、アンケート回答の属性を用いてアンケート回答者の中から住宅用太陽光発電に関するオピニオン・リーダーである可能性が高い人を抽出した。このようなオピニオン・リーダーは太陽光発電に対する評価が高いという仮説を設け、検証した。アンケート回答から得られた支払意思額を分析した結果、このオピニオン・リーダーの支払意思額はそうでない人たちよりも有意に高いことが明らかになった。

国内外における位置づけとインパクト

普及理論では、普及とはイノベーションに関する情報のコミュニケーション過程であると定義される。したがって、情報の発信元

となるオピニオン・リーダーに太陽光発電システムの設置を促すことができれば、普及がより効率的に進むと考えられる。本研究結果に基づくと、この場合、見込み発電量が大きい家庭よりも支払意思額が大きい家庭に設置させるのが望ましいということになる。そのためには、太陽光発電の買い取り価格を高くするのではなく、むしろ設備導入補助金を高くする方が望ましいということが示唆される。

今後の展望

このようなオピニオン・リーダーシップによる普及が、住宅用太陽光発電以外の再生可能エネルギーや省エネルギー行動の促進でも成り立つか否かを検証する。

また、地域で再生可能エネルギーを利用したり省エネルギーを促進したりするために、オピニオン・リーダーシップを有効活用する方策を検討する。

(3) 再生可能エネルギーから発電された電力がもたらす技術的問題を緩和するインセンティブについての研究成果

主な成果

再生可能エネルギー発電を含む分散型電源から送配電網へ過剰に電力が流入すると、電力システムに悪影響をもたらす可能性がある。これを緩和させるための費用を、オマン シャプレイの方法に基づいて、分担して負担するインセンティブを提案した。その方法は次の通りである。まず、分散型電源から送配電網へと供給される有効電力1単位のために必要となる無効電力量を計算する。この計算において、オマン シャプレイのルールを適用する。その際、包絡法 (data envelopment method) を応用した。こうして無効電力の価格が定まると、分散型電源からの電力供給者は有効電力供給量に応じてこの価格に基づく費用を負担する一方、無効電力供給者は無効電力供給量に応じてこの価格に基づく報酬を受け取るようにする。

国内外における位置づけとインパクト

再生可能エネルギー発電を含む分散型電源から供給された電力の価格付けにオマン シャプレイのルールを適用するという提案は2件確認されているが、どちらも仮定が強く実際の適用は難しいと考えられる。本研究での方法は、包絡法を応用することでより実際的な手法であるということが出来る。今後、再生可能エネルギーから送配電網への電力供給が増加すると予想されるため、この研究成果は一層重要になると思われる。

今後の展望

研究を完結させるため、数値シミュレーションを行う。これを通じて、提案した方法の有効性を検証する。

また、電力に対する超過供給が発生している時点での追加的な電力需要は、電力システムへの悪影響を緩和するという点で正の効果をもつ。このような電力需要を正の外部性

として評価することで、電力の効率的な使用を促すことにもつながる。このような方向での研究も進める。

(4) 地域で再生可能エネルギーを利用するための方法についての研究成果

主な成果

先行研究の文献調査を通じて、今後研究すべき4つの課題を明らかにした。具体的には、バイオマス利活用事業でバイオマス供給者と利活用事業者が共同して事業を実施することによる経済効率性改善の可能性、再生可能エネルギー資源の管理のあり方、オピニオン・リーダーシップを通じたコミュニティでの合意形成、日本での自治会・町内会組織による地域での再生可能エネルギー事業の可能性の4つの課題を指摘した。

国内外における位置づけとインパクト

従来、再生可能エネルギーに関する研究では、固定価格買い取り制度のあり方など普及を目的とした制度設計に関するものが中心であった。一方、地域での再生可能エネルギー利用については、事例の報告はなされているものの学術的研究はほとんどない。本研究成果は、このギャップを埋める第一歩である。

今後の展望

本研究で導いた研究課題に、実際に着手する必要がある。特に、地域での再生可能エネルギー利用の観点から、どのような体制で事業を実施するのが望ましいのかを明らかにすることは、地域活性化の観点などからも重要である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

Yamamoto, Y. (2016), "The role of community energy in renewable energy use and development", *Renewable Energy and Environmental Sustainability*, 1(18), 1-4. DOI: 10.1051/rees/2016040 (査読有)

Yamamoto, Y. (2015), "Opinion leadership and willingness to pay for residential photovoltaic systems", *Energy Policy*, 83, 185-192. DOI: 10.1016/j.enpol.2015.04.014 (査読有)

[学会発表](計6件)

Yamamoto, Y. (2015), "An analysis of a renewable energy cooperative from a social point of view", 14th World Renewable Energy Congress, June 8-12, 2015, Bucharest, Romania.

Yamamoto, Y. (2014), "Allocation of reactive power service cost to distributed generators", 5th International Conference on Sustainable Energy and Environment, November 19-21, 2014,

Bangkok, Thailand.

Yamamoto, Y. (2013), "Decision making of households on adopting photovoltaic systems", World Renewable Energy Congress, July 14-18, 2013, Perth, Australia.

山本芳弘 (2013), 「住宅用太陽光発電システムの普及」, 第32回エネルギー・資源学会研究発表会, 2013年6月6-7日, 砂防会館(東京都千代田区).

Yamamoto, Y. (2012), "Optimal feed-in tariffs and subsidies for residential photovoltaic systems", 31st USAEE/IAEE North American Conference, November 4-7, 2012, Austin, USA.

山本芳弘 (2012), 「住宅用太陽光発電システム導入支援策について再考」, 第31回エネルギー・資源学会研究発表会, 2012年6月5-6日, 大阪国際会議場(大阪市北区).

〔図書〕(計1件)

山本芳弘 (2015), 「再生可能エネルギー普及のための政策」, 高崎経済大学地域政策研究センター編『環境政策の新展開』分担執筆第5章担当, 勁草書房, 85-100.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山本 芳弘 (YAMAMOTO, Yoshihiro)

高崎経済大学・経済学部・准教授

研究者番号: 20419435

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: