

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月13日現在

機関番号：22301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21560427

研究課題名（和文） 再生可能エネルギーの利用を促進する社会経済システムの研究

研究課題名（英文） Studies of socio-economic systems promoting the use of renewable energy sources

## 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

研究成果の概要（和文）：研究課題 1 として、住宅用太陽光発電を効率的に普及させるための太陽光発電買い取り制度について研究した。社会厚生や電気料金負担の観点からは、設置家計が電力販売量を増やすためにどの程度電力消費を抑制するかが鍵になることを明らかにした。研究課題 2 として、廃棄物系バイオマス利活用事業の効果的な運営形態について研究した。効果的な運営形態は、投入するバイオマスや生産物の種類等に関連することが示唆された。

研究成果の概要（英文）：There are two topics in this research project. The first, main topic is what mechanism should be introduced to purchase electricity produced from residential photovoltaic (PV) systems when a government is aimed at increasing solar power generation. One of the primary findings is that what mechanism produces most social welfare and causes a lower electricity rate depends on the extent to which households with PV systems installed would reduce the amount of electricity consumption so as to increase the amount of PV electricity sale. The other topic is what form of management is appropriate for running a project making use of biomass discarded as waste. It is suggested that the optimal form should be associated with what kinds of biomass are used and what is produced in a project.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	300,000	90,000	390,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	1,300,000	390,000	1,690,000

研究分野：経済学、工学

科研費の分科・細目：電気電子工学、社会システム工学

キーワード：再生可能エネルギー、太陽光発電、バイオマス、制度設計

## 1. 研究開始当初の背景

地球温暖化問題やエネルギー問題は、現代社会における最重要課題のひとつである。地球温暖化問題に関しては、我が国は京都議定書において温室効果ガスを 1990 年比 6 パー

セント削減することが義務付けられている。既に第 1 約束期間（2008 - 2012 年）に入っており、早急な対策が求められている。一方、エネルギー問題に関しては、一次エネルギー総供給のほとんどすべてを輸入に頼ってい

る我が国は、エネルギーセキュリティ上、極めて脆弱な供給構造にある。そして、近年の原油価格高騰、国際原油獲得競争、原子力発電に対する国民の不信・不安感などが、問題の重大性に拍車を掛けている。

このような状況下、太陽光、バイオマス、風力、などの再生可能エネルギーは、温室効果ガスである二酸化炭素を排出しない(カーボンニュートラルな)エネルギー源であるばかりか純国産エネルギーであることから、その利用が我が国のみならず世界中で注目を集めている。例えば、ブラジルや米国ではサトウキビやトウモロコシからエタノールを生産し自動車燃料に使用している。また、ドイツの太陽光発電量および風力発電量は、世界全体のそれぞれ約5割および約4割を占めている。

しかしながら、このような再生可能エネルギーの供給量は、エネルギー供給全体から見れば多くても数パーセントに過ぎないのが実情である。

このように再生可能エネルギー供給量が小さいのは、一般に太陽光、バイオマス、風力などの再生可能エネルギー源は広く浅く存在しているため、その利用が経済的に成り立ちにくいからである。したがって、単に工学的な技術開発課題のみならず、社会経済システムを適切に設計することにより社会経済的にも実現可能にすることが必要である。

このようなアプローチとしては、再生可能エネルギーによって発電された電力の販売目標量を定めた RPS 制度や、再生可能エネルギーによって発電された電力をある定められた価格で電力会社が買い取ることを定めた FIT 制度などがある。しかしながら、これらは未だ導入されたばかりであり、より望ましい制度が期待されている。

## 2. 研究の目的

本研究では、再生可能エネルギーの利用を、より効率的・効率的に拡大させるための社会経済システムを明らかにすることを目的とする。そのために、社会システム工学の観点からの研究を行う。

研究対象としては、(1) 住宅用太陽光発電と (2) 廃棄物系バイオマス利活用とする。なお、温室効果ガスの排出削減目標を定めた京都議定書において、目標達成のための補完的方法として認められた京都メカニズム(排出量取引、クリーン開発メカニズム、及び共同実施)も住宅用太陽光発電やバイオマス利活用の推進には重要な役割を果たすが、本研究では京都メカニズムは含めず、以下の観点から研究する。

(1) 住宅用太陽光発電 家計に太陽光発電システムの設置を促す方策として、太陽光発

電システムで発電された電力を電力会社で買い取るという方法と、家計が太陽光発電システムを設置する際に補助金を与えるという方法がある。前者に関しては、発電された電力のうちのどれだけを買取るのか、いくらで買い取るのか、買い取り費用は誰がどのようにして負担するのかなどの課題がある。一方、後者に関しては、補助金額をいくりにするのか、電力の買い取り制度との関係はどのようになっているのかなどの課題がある。本研究では、より効率的・効果的に住宅用太陽光発電システムを普及させるという目標のもとで、これらの諸課題を解明する。

(2) 廃棄物系バイオマス利活用 廃棄物系バイオマスとは、食品残渣、農業廃棄物(稲ワラ、麦ワラ、バガス等)、家畜糞尿、林業廃棄物(林地残材、端材等)などのように、廃棄物として排出されたバイオマスをさす。これらは、直接燃焼やメタン発酵によりエネルギー源として利用されたり、堆肥やコンポスト製造の原料として利用されたりする。地域から排出された廃棄物系バイオマスをその地域内で利活用し、生産物を地域内で消費するという流れは、循環型社会を形成することになる。本研究では、このような循環型社会を効率的・効果的に形成するためには、廃棄物系バイオマス利活用事業をどのような形で運営するのが望ましいかを明らかにする。

## 3. 研究の方法

住宅用太陽光発電に関する研究課題と廃棄物系バイオマス利活用事業に関する研究課題それぞれで、次のような研究方法をとる。

(1) 住宅用太陽光発電 住宅用太陽光発電システムによって発電された電力の買い取り制度にはいくつかの方式がある。ウェブサイト、文献、及び調査資料等を用いて、各国・各地域においてどのような買い取り方式が採用されているのかを調査する。そして、それらを比較検討し、いくつかの典型的な方式に分類する。次いで、方式間の違いが太陽光発電システムの普及にどのような影響を及ぼすのかを明らかにするために、ミクロ経済モデルを考案し分析する。更に、考案したモデルを拡張することにより、買い取り制度と太陽光発電システムを設置する際の補助金制度との関係性も明らかにする。

(2) 廃棄物系バイオマス利活用 まず、廃棄物系バイオマスの利活用として、具体的にどのような事業があるのかを調査する。調査資料やウェブサイト等を利用して情報を収集する。次に、それらの事例から共通する特徴を見出す。投入される廃棄物系バイオマス

の種類、使用する技術、及び最終生産物などの観点から調査する。循環型社会形成の観点からは、自治体の果たす役割が大きいと考えられる。そこで、廃棄物系バイオマス利活用を官民協働の観点から分析する。一般的な官民協働についてマイクロ経済学的アプローチによる先行研究をレビューする。次いで、先行研究のモデルをベースにしたモデルを考案し、廃棄物系バイオマス利活用事業を効率的・効果的に運営するための条件について分析する。

#### 4. 研究成果

住宅用太陽光発電に関する研究成果を述べた後、廃棄物系バイオマス利活用事業に関する研究成果を述べる。

(1) 住宅用太陽光発電 住宅用太陽光発電システムから発電された電力を電力会社が買い取る制度を中心に研究した。

- ① 事例調査 住宅用太陽光発電システムから発電された電力を電力会社が買い取る制度には、大きく分けて3つの方式がある。我が国では、太陽光発電された電力のうちその家計で消費されず送電線に送り込まれた電力（余剰電力）を買い取る方式（余剰電力量買い取り方式）を採用している。これに対して、主にアメリカの州レベルでは、検針期間中の太陽光発電量と電力消費量を差し引き計算し、太陽光発電量が大きい場合にその差を買い取る方式（純発電量買い取り方式）が採用されている。一方、ドイツやスペインでは、太陽光発電した電力のすべてを買い取る方式（全発電量買い取り方式）になっている。ある目標の家計数に太陽光発電システムを設置させようとするとき、より効率的・効果的に目標達成できるのはどの方式なのかを明らかにする必要がある。
- ② ミクロ経済モデル 事例調査に基づき、全発電量買い取り方式、余剰電力量買い取り方式、純発電量買い取り方式の3方式を比較するために、マイクロ経済モデルを考案した。モデルの概要は、以下の通りである。各家計は、電力消費量、太陽光発電システムを設置した場合の発電量、設置費用、設置から得られる効用などのパラメータが異なると仮定する。太陽光発電した電力を電力会社に販売することができるということは、家計のシステム設置の費用負担額が実質的に軽減され、より設置しやすくなることを意味する。各家計は独自のパラメータをもっているため、家計毎に太陽光発電の買い取り価

格の最小値、つまり閾値が存在する。この閾値を小さい方から順に並べることにより、目標とする家計数が太陽光発電システムを設置するために設定しなければならない買い取り価格を決定することができる。この買い取り価格を、全発電量買い取り方式、余剰電力量買い取り方式、純発電量買い取り方式の3方式でそれぞれ計算する。計算された買い取り価格を基に買い取り費用総額も計算することができる。それを電力消費する全家計に対する電力価格に上乘せるとすれば、そのときの電力価格を計算することができる。また、家計の効用、電力会社の利益、及び太陽光発電利用による環境便益の合計を社会厚生と定義すれば、各方式で社会厚生を計算することもできる。

- ③ 3方式の特徴 余剰電力量買い取り方式と純発電量買い取り方式では、消費電力量を削減するほどより多くの太陽光発電を販売できる可能性がある。したがって、これらの2方式では、消費電力量削減のインセンティブがある。一方、全発電量買い取り方式では、販売可能な電力量は常に全発電量で一定であるから、電力消費量削減のインセンティブはない。また、3方式の内、余剰電力量買い取り方式と純発電量買い取り方式は、実質的に同等のメカニズムであることがモデル分析で明らかになった。したがって、買い取り方式は、実質的には、全発電量買い取り方式と純発電量買い取り方式（または余剰電力量買い取り方式）の2方式に分類されることが明らかになった。
- ④ 社会厚生の大さの比較 全発電量買い取り方式と純発電量買い取り方式とで、社会厚生の大さを比較する。まず、純発電量買い取り方式において電力消費量削減のインセンティブがないと仮定する。この場合、全発電量買い取り方式の方が社会厚生は大きくなることがモデル分析で明らかになった。この結果は、太陽光発電は温室効果ガス排出削減や従来型発電の費用節減をもたらすから、太陽光発電された電力をより高く評価する方式（全発電量買い取り方式）の方が社会厚生は大きくなると解釈することができる。次に、純発電量買い取り方式において電力消費量削減インセンティブがある場合を検討する。この場合、純発電量買い取り方式では温室効果ガス排出削減と従来型発電の費用節減をもたらすから、この方式における社会厚生は大きくなる。したがって、どちらの方式がより大きな社会厚生をもたらすかは、電力消費量削減

のインセンティブがどの程度働くかに依存することが明らかになった。

- ⑤ 電力価格の比較 太陽光発電の買い取り費用は、電力価格に上乗せされることが多い。そこで、買い取り費用全額を全ての電力消費家計向けの電力価格に上乗せした場合、各方式の電力価格がどのようになるかを比較する。家計によって電力消費量や設置した場合の太陽光発電量などのパラメータが異なる。そのため、一般論として、買い取り費用を上乗せした場合の電力価格に関する確たる結果は得られない。しかしながら、家計間のパラメータの相違が小さい場合を考えると次の結果を得る。まず、純発電量買い取り方式において、電力消費量削減のインセンティブがないと仮定する。この場合、モデル分析により電力価格における違いはより小さくなることが明らかになった。消費電力量削減のインセンティブがある場合、純発電量買い取り方式では、より少ない電力消費量に対する電気料金徴収で買い取り費用を賄わなければならない。そのため、純発電量買い取り方式の方が電力価格は高くなる可能性がある。
- ⑥ 設置補助金制度の導入 太陽光発電システムの普及には、太陽光発電された電力の買い取り制度とともに、システムを設置する場合の補助金制度が多く国・地域で採用されている。設置補助金制度を分析するため、家計の所得が大きくなるにつれて太陽光発電設置から得られる効用が大きくなるように、前述のモデルの効用関数の形を変更した。その上で、電力価格、買い取り価格、設置補助金額の3つのパラメータの関係を明らかにした。そして、次の結果を得た。太陽光発電システムを設置した場合より多くの発電が可能であるか、家計の可処分所得がより大きいか、あるいは電力消費量がより少ないかのいずれかひとつが満たされているならば、家計は設置補助金よりも、高い買い取り価格を望むことが明らかになった。
- ⑦ 今後の展開 本研究では、太陽光発電された電力の買い取り価格や設置補助金額をみて、各家計が太陽光発電システムを設置するか否かを決定するというモデルに基づいて分析した。新技術や新しい行動様式を採用するか否かを決定する場合、このように自己完結的に意思決定を行うだけでは限らない。他人の判断にも左右されることがある。例えば、近所や知り合いが太陽光発電システムを設置してい

るのであれば自分も設置してみようと考えられるかもしれない。また、太陽光発電システムが普及し送電線に送り込まれる電力量が大きくなると、系統安定性が低下し、社会的便益が低下することが考えられる。このような、個人の意思決定が社会全体に影響を与える側面をモデル化して分析する必要がある。

(2) 廃棄物系バイオマス利活用 廃棄物系バイオマス利活用をより効率的・効果的に進めるためには、どのような事業運営形態が望ましいかを研究した。

- ① 事例調査 社団法人日本有機資源協会が作成したバイオマス利活用データベースを基に、廃棄物系バイオマス利活用事業の事例をリストアップした。それらについて、ウェブサイト閲覧調査、電話インタビュー、及び現地訪問などを行い、主な利活用事業の傾向を調べた。調査の結果、次の点が明らかになった。(1) 現在多く利活用されている廃棄物系バイオマスは、食品廃棄物、家畜糞尿、林業廃棄物、廃食用油である、(2) 利活用事業で生産されているものは、食品廃棄物や家畜糞尿からのコンポストやメタン、林業廃棄物から木質ペレット、廃食用油からバイオディーゼルである(ただし、焼却処理による熱回収は通常行われているため、本研究からは除外した)、(3) 自治体、民間企業、NPOなどが事業にかかわっている。特に、事業コーディネイトの点で自治体が大きな役割を果たしていることが多い。
- ② 官民協働モデル分析 事例調査の結果、廃棄物系バイオマス利活用事業がうまく運営されるには、自治体を中心とした官民協働がひとつの鍵になることが示唆された。そこで、官民協働についてミクロ経済モデルを用いて分析した。先行研究のレビューでは、不完備契約の理論に基づくモデル化が中心であった。代表的モデル化のポイントは、政府部門(自治体)が、設備等の建設とその稼動を個別に契約するか(従来型)、一括してひとつの主体と契約するか(官民協働型)という点である。本研究では、官民協働型に地域住民も参加する住民参加官民協働型もモデルに組み入れた。そして、各契約方式で、契約後のイノベーション(改良や改善など)の大きさを比較した。その結果、官民協働型が必ずしもより大きなイノベーションをもたらすわけではないことが明らかになった。

- ③ 定性的検討 モデル分析では、事例調査とは異なり、官民協働の有利性が示唆されなかった。そこで、改めて利活用事業を調査検討した。その結果、投入される廃棄物系バイオマスや生産物の種類などによって、官民協働が機能している場合とそうでない場合があることが推察された。
- ④ 今後の展開 次の二点が考えられる。一点面として、比較的うまく運営されていると考えられる事業を選び、それについてより詳細な調査検討を行うことである。その際、官民協働が有効に働くための条件を事例研究から導き出すことを目標にする。二点目としては、モデルの再検討である。先行研究のモデル化のように設備等の建設と運営に関する契約に関する側面ではなく、利活用事業において関係主体がどのような役割を果たしているのかという側面を明示的に取り入れたモデル化が必要ではないかと考えられる。

#### 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)

- ① Yamamoto, Y. (2012), “Pricing electricity from residential photovoltaic systems: a comparison of feed-in tariffs, net metering, and net purchase and sale”, *Solar Energy*, DOI: 10.1016/j.solener.2012.06.001, forthcoming. (査読有)
- ② Yamamoto, Y. (2011), “Measures to promote adoption of residential photovoltaic systems”, *Proceedings of the World Renewable Energy Congress (WREC) 2011, May 8-11, 2011, Linköping, Sweden*, 2658-2665. (査読有)

[学会発表] (計5件)

- ① Yamamoto, Y. (2011), “Measures to promote adoption of residential photovoltaic systems”, *World Renewable Energy Congress (WREC) 2011, May 8-11, 2011, Linköping, Sweden*, 2658-2665.
- ② 山本芳弘 (2011), 「太陽光発電設備からの電力の買い取り制度に関する考察」, 第27回エネルギー・経済・環境コンファレンス, 2011年1月25-26日, 東京, CD-ROM.
- ③ Yamamoto, Y. (2010), “Who runs a biomass utilization project?”, 11th European Conference of the International Association for Energy

Economics, August 25-28, 2010, Vilnius, Lithuania, CD-ROM.

- ④ 山本芳弘 (2010), 「住宅用太陽光発電システム導入促進策と費用負担」, 第26回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 2010年1月26-27日, 東京, CD-ROM.
- ⑤ Yamamoto, Y. (2009), “Biomass utilization through public-private partnerships”, 5th international Symposium of Asian Regional Policy, October 23, Takasaki, Japan, 121-126.

#### 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：