

住宅用太陽光発電普及制度の評価に関する研究

2010年3月修了

環境システム学専攻 環境システム情報学分野

指導教員 松橋 隆治 教授

86658 川崎 亘

温暖化対策の一つとして、再生可能エネルギーの利用があげられる。2009年の11月に新たな固定価格の買い取り制度が開始された太陽光発電は特に注目を浴びている。本研究では、生活行動パターンから導出した需要値と発電モデルから住宅用太陽光発電導入世帯での電力収支構造を再現し、選好分析から太陽光発電普及制度における各属性への選好度合いと省エネインセンティブを明らかにした上で、太陽光発電普及制度の評価を行った。余剰電力買取制度の持つ省エネ効果を定量化したと同時に、余剰電力買取制度による省エネ効果は、太陽光発電の導入による発電量と比較した場合それほど大きくないこと、国民負担の観点からは余剰電力の買取制度は効率的な普及を示した。

Keywords 住宅用太陽光発電 固定価格買い取り制度 余剰電力 コンジョイント分析 CVM 分析

1. 序論

1.1 研究の背景

京都議定書において、日本は90年比-6%の削減目標が課せられているものの、2008年時点の日本の排出量は90年比+6%となっており排出抑制に向けた対策は急務である。

その中でも特に家庭部門での温室効果ガス排出量の増加が顕著であり図1に示すように34.7%の増加となっている。

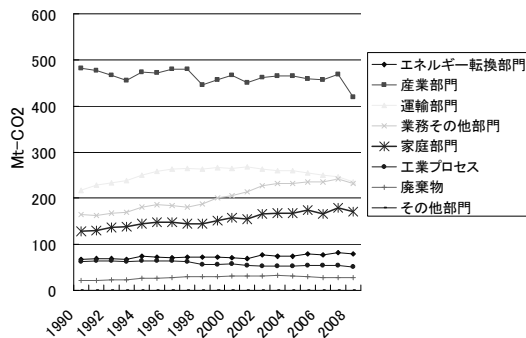


図1 日本の部門別温室効果ガス排出量推移¹⁾

温室効果ガスの一つである二酸化炭素の多くは化石燃料の使用による人為的なものであり、これらを風力や太陽光といった再生可能エネルギーに置き換えることで排出を抑制できる。特に家庭部門での温室効果ガス排出量は、電力使用に伴うものが最も大きく、これを住宅用太陽光発電による自家発電でまかなうことで抑制が可能である。

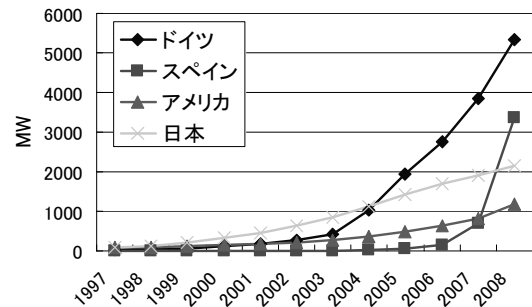


図2 国別太陽光発電電累積導入量の推移²⁾

2004年までは、図2に示すように太陽光発電電累積導入量で世界のトップを走ってきた日本であるが、現在ではドイツ・スペインに越され第3位となっている。2020年に2800万kWを導入するためには、ドイツやスペインでの爆発的な普及を促したように、政策による効率的な後押しが必要である。

1.2 既往研究と目的

本研究ではこれまで太陽光発電普及制度の評価を行ってきた。吉田ら³⁾は選好分析に基づき、潜在発電量、売電額、初期投資額を説明変数とし、普及シミュレーションを行っている。アリウィジット⁴⁾もまた同様の手法で日独の国際比較を行っている。しかし、実際に余剰電力がどれほど発生するのか、家庭の電力収支構造を考慮した上で評価を行ったものは見当たらない。

そこで、本研究では家庭の電力収支構造を再現した上で、余剰電力買取制度の省エネ効

果の検証、普及シミュレーション及び、太陽光発電普及施策のあり方を検討する。

省エネ効果とは、省エネにより図3の消費量aがbへ下がった場合に生まれる①に相当する部分が全量買取制度の場合 24 円/kWh の価値を持つ一方、余剰電力買取制度の場合 48 円/kWh の価値を持つことで強い省エネインセンティブが働くというものである。

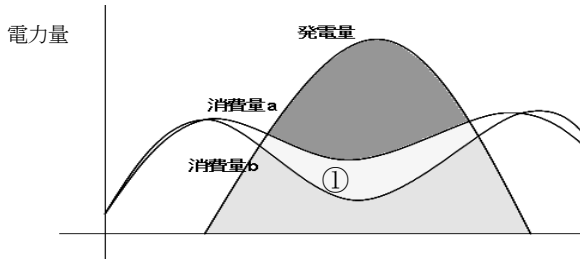


図3 省エネ効果のイメージ

1.3 研究の全体像

次に本研究の全体像について述べる。はじめに、需要・供給それぞれのモデルを用いて家庭用太陽光発電システム導入世帯の電力収支構造を再現する。また、選好分析により省エネ行動と普及制度への消費者選好を明らかにする。その後、これら家庭の需給構造と需要家の選好結果を統合し、シミュレーション、省エネ効果及び、制度の評価を行う。(図4)

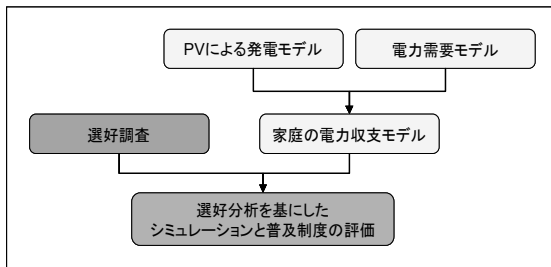


図4 研究の全体像

2. 家庭の電力収支モデル

2.1 家庭の電力需要モデル

余剰電力の発生状況を把握するため、できるだけ細かく時々刻々と変化する家庭のエネルギー需要を再現する。生活者を8分類し、その組み合わせにより世帯を構成する。基本となる行動パターンの作成は空気調和・衛生工学会により作成された生活スケジュール自動生成プログラム⁵⁾⁶⁾を用いた。このプログラムは統計値に基づき1日の行動パターンを15分毎にモデル化することができる。また、

行動に対応する電力消費は河野⁷⁾を参考に設定、空調負荷はSMASH for Windows Ver.2を用い作成した。図5に電力需要値の例を示す。

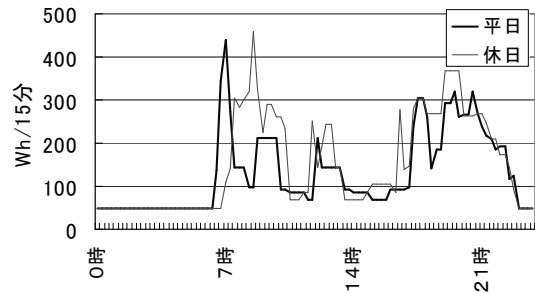


図5 中間期・4人家族・電力需要推移

2.2 太陽光発電による供給モデル

実測値をもとに発電量をモデル化した山崎⁸⁾を参考に、中間期・暖房期・冷房期の3つの季節、晴れ・曇り・雨・変動の4つの天候の組み合わせの12通りについて、15分ごとの発電状況を再現した。図6に例を示す。

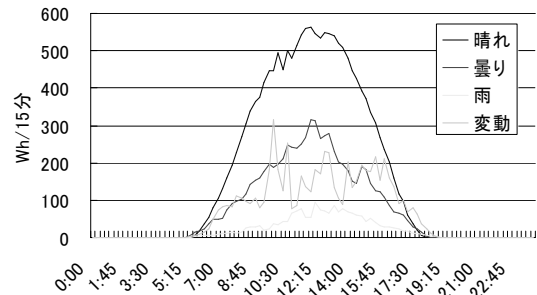


図6 発電量の時間推移 (3.5kW システム・夏)

2.3 太陽光発電設置世帯の電力収支

これまでに作成した二つのモデルを重ね合わせることで、家庭において発生する余剰電力をモデル化した。図7に例を示す。

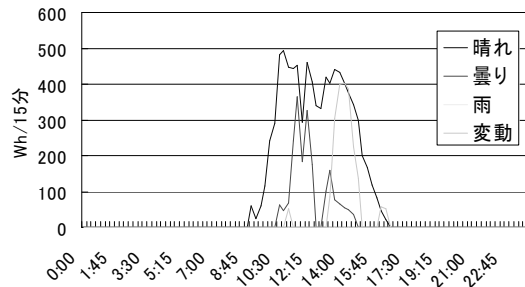


図7 余剰電力発生推移 (冬・平日・4人家族)

3. 選好分析

家庭用太陽光発電普及制度設計のための消費者選好と省エネインセンティブを明らかにするため、選好分析を行った。

3.1 コンジョイント分析

コンジョイント分析により消費者の太陽光発電購入時における、初期投資額、年間利得額、買取価格の変動リスクの各属性に対する選好を明らかにする。本研究では、効用関数を(1)とおき、

$$V_{ij} = \beta_{int} x_{ijint} + \beta_{bnf} x_{ijbnf} + \beta_{rsk} x_{ijrsk} \quad (1)$$

ロジットモデルを用いて初期投資： β_{int} 、年間利得額 β_{bnf} 、売電価格変動リスク（ダミー変数）： β_{rsk} の各パラメータ推定した。表1, 2に結果を示す。

表1 コンジョイント分析結果

	パラメータ	T値	p値
初期投資	-0.0337	-8.92	0.00
年間利得額	0.3020	7.85	0.00
リスク	-0.8656	-9.38	0.00
最大対数尤度	-2075.22		
ρ^2 値	0.065		

表2 限界支払い意思額

	MWTP
△初期投資/△年間利得	-8.96
△初期投資/△リスク	25.69
△年間利得/△リスク	-2.87

パラメータの正負は初期投資の上昇、リスクが存在は効用を減少させ、年間利得額の上昇は効用を増加させるという直感的にも正しいものであった。また、リスクの存在は初期投資 25.7 万円に相当することが示された。

3.2 CVM 分析

次に CVM 分析を行い、各省エネ行動（照明と温水洗浄便座の省エネ、家事のシフト、冷蔵庫の更新）に対して、いくらもらえるならその省エネ行動を実施するかという受け入れ補償額を算出した。効用関数を $V = a + \beta \ln T$ とおき、コンジョイント分析同様ロジットモデルを用いて各パラメータを推定した。次に CVM 分析の結果を図 8 と表 3 に示す。

表3 照明 CVM 結果

	ロジット	t値	p値	ワイブル
定数項a	-0.5322	-5.35	0.00	0.0817
提示額b	-0.9848	-4.57	0.00	1.7509
尤度(MAX)	-224.20			-223.53
中央値	583			571

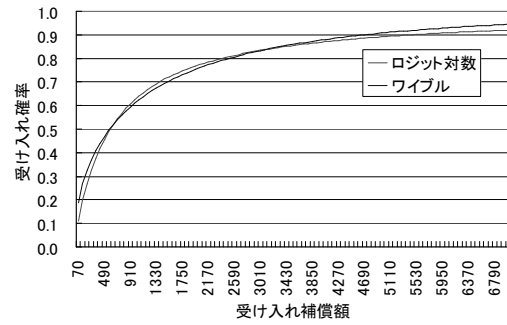


図8 照明受け入れ確率分布

照明と温水洗浄便座の省エネ行動に対する受け取り補償額の中央値はどちらも 500 円前後という結果を得た。

4. 普及予測と制度評価

4.1 普及シミュレーション

普及をモデル化するにあたり吉田らのモデルを参考にする。吉田らのモデルと今回の調査により得られた効用関数を統合することで、初期投資額： I 、潜在発電量： W 、年間利得額： S 、リスク： R を説明変数とする(2)を新たな普及率のモデルとする。また、推定選択確率はロジットモデルにより与えられる。

$$V_i = -2.74 \times 10^{-2} \times I_i + 5.12 \times 10^{-3} \times W_i + 2.46 \times 10^{-1} \times (S_i - 2.3) - 7.04 \times 10^{-1} \times R_i - 9.51 \quad (2)$$

次にシミュレーションの概要を図に示す。

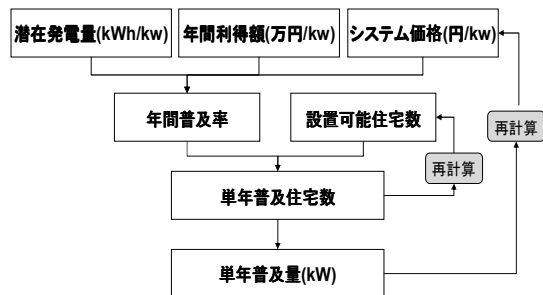


図9 シミュレーション概要

各条件を設定することで単年普及量を算出する。翌年度の計算を行う場合は、前年までの計算結果を反映させる形で行った。

シミュレーションの結果、同じ投資回収年数になるように初期投資額と売電額をそれぞれ設定したところ、初期投資額を抑えた方が、普及率が高くなることが示された。

4.2 余剰電力買取制度の省エネ効果

次に省エネ効果を定量化する。2章で作成した電力収支モデルを利用し、その中で省エネ行動を行った場合の売買電量の変化をもとにそれぞれの省エネを行った場合に得られる年間利得を再現した。そこで得られた年間利得の変化から3章のCVM分析に得られた確率分布に当てはめることで各制度の省エネ効果を表4に示す。

表4 各制度での省エネ実施率・照明省エネ

円/年	余剰買取	全量買取
買電変化	-1115	-2477
売電収入	2724	0
年間利得変化	3838	2477
省エネ実施率	86%	81%

4.3 制度評価

次に余剰電力買取制度と全量買取制度、それぞれの普及シミュレーションを行った。どちらも初期の買取価格48円/kWhとし、毎年5%ずつ逡減するという条件で計算した。図10に日本における全太陽光発電の導入量を示す。また、太陽光発電の買取額は広く国民負担とすることが決定されているため、普及シミュレーションと並行した国民負担額を図11に示す。

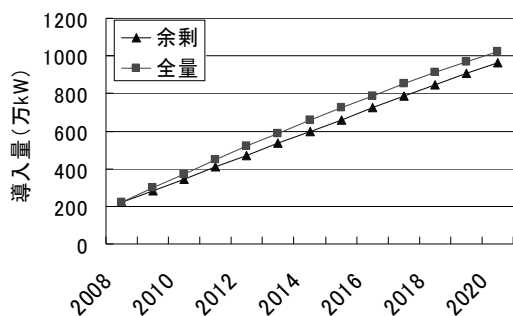


図10 制度別普及量推移

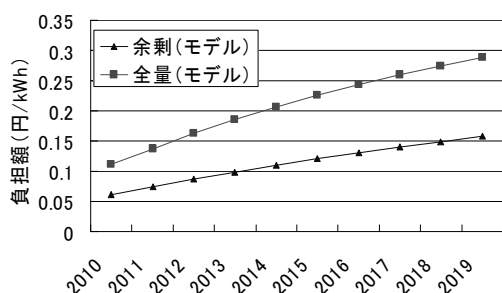


図11 国民負担額の推移

シミュレーションの結果、太陽光発電の導入量には大きな差は見られないものの、全量買取時の国民負担額は余剰電力買取時のおよそ1.8倍となることが示された。

また、表5に示すように、余剰電力買取制度による省エネ効果の計算も行ったが、太陽光発電による発電量と比較した場合、あまり大きくないものと言える、一方、2019年時点での国民負担額を同価格とする場合、全導入量で約150万kWの差となることが示された。

表5 2019年の国民負担が同価格の場合の導入量

	余剰買取	全量買取
全導入量(万kW)	998	833
PVによる発電量(億kWh/年)	104.7	87.4
省エネ効果(万kWh/年)	2874	-

5. 結論

5.1 まとめ

以下に、本研究で明らかにしたことを示す。

- ・代表世帯類型ごとの余剰電力発生状況
- ・買取価格変動リスクに対する消費者選好
- ・余剰電力買取制度の省エネ効果
- ・制度ごとの太陽光発電普及予測

これらの知見をもとに、太陽光発電普及制度のあり方を提言する。国民負担の視点に立つと、余剰電力買取制度は全量買取制度と比較した場合、効率的な普及施策となる。また、価格変動リスクを消費者は大変嫌うため、買い取り期間の長期保証を行っていくことが有効である。

参考文献

- 1) GIO 温室効果ガスインベントリ,
<http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/nir-j.html>
- 2) IEA: Trends in Photovoltaic Applications (2009)
- 3) 吉田好邦・金山真之・松橋隆治: 選好分析による住宅用太陽光発電普及可能性評価, 日本太陽エネルギー学会誌, vol. 27, No. 4, pp. 47-54 (2008)
- 4) ソンボン・アリウィジット: 選考調査に基づいた住宅用太陽光発電の普及可能性の国際比較 (2009)
- 5) 社団法人空気調和・衛生工学会: 住宅の消費エネルギー計算用設定条件のモデル化, 1996.
- 6) 社団法人空気調和・衛生工学会: 住宅における生活スケジュールとエネルギー消費, 2000.
- 7) 河野孝史: 一般生活者の行動パターンに基づく住宅用エネルギーシステムの研究, 2005.
- 8) 山崎幸弘: 再生可能エネルギーを考慮した住宅のエネルギー需要構造に関する研究, 2009