

太陽光発電大量導入時における系統安定化対策最適オプションの検討

環境システム学専攻 環境システム学情報学分野

76757 大野皓史 (指導教員: 松橋隆治)

Keywords: Photovoltaic power generation system, Selling price, Dissemination

1. 序論

2008年6月に発表された『『低炭素社会・日本』をめざして(福田ビジョン)』において、「太陽光発電世界の座を再び獲得することを目指し、2020年度に10倍、30年度に40倍(2005年度比、2005年度の太陽光発電導入量:約140万kW)の太陽光発電を導入する」という目標が掲げられている。しかし、太陽光発電を大量に導入するにあたっては、①配電系統への電力逆潮流の困難化、②LFC(Load Frequency Control; 負荷周波数制御)の調整力不足、③余剰電力の発生などの問題がある。「低炭素電力供給システムに関する研究会」による試算では、太陽光発電を大量導入した際、電力系統安定化のために必要となるコストを2030年までに4.61~6.70兆円としている。

本研究では、太陽光発電が近い将来大量に導入されるということを前提に、上述の問題に対応するために予期されるコストを、電力会社側・需要家側の双方の視点から捉えることを目的とする。同時に太陽光発電の導入や蓄電池等の設備の導入、省エネ行動等によって、電力に係わるCO₂排出量がどのような変化を見せるかを明らかにする。

本研究では、まず太陽光発電が2030年度までに5300万kW導入されるシナリオについて考える。次に、太陽光発電が大量導入された場合の需要に与える影響を評価する。さらに、2008年2月から3月に横浜市で行われた省エネ実験のデータを解析し、省エ

ネ行動によるエネルギー使用削減効果について算定する。最後にそれらの結果を用いて、多地域最適電源計画モデルを運用する。これにより、将来(2030年)における太陽光発電太陽導入時の影響や、省エネによる電源構成の変化等を評価する。さらに蓄電池を追加することによる発電コストやCO₂排出量の変化を見る。

太陽光発電普及シナリオの作成



電力需要への影響を計算。

横浜市での省エネ実験結果を将来に当てはめることにより、省エネ行動による電源構成の変化、CO₂削減量の実態を探る。



多地域最適電源計画モデルを用いて、電源構成、発電コスト、CO₂排出係数等を算定(現状ケース、省エネケース)



蓄電池を追加

図1 本研究の概要

2. 太陽光発電普及シナリオ

吉田らは住宅用太陽光発電システムの導入に対する消費者の選好分析に基づいて、2010年度までの太陽光発電の普及のための有効な施策を検討している。過去の実績とアンケート調査の両面から評価し、住宅用

太陽光発電システムの単年普及率（可能ベース）を、初期投資額、売電価格、潜在発電電力量によって説明するモデルを提示した。このモデルにより、太陽光発電の設置や売電に関する補助金を導入したときに太陽光発電が将来的にどれほど普及するかを求めることができる。

吉田らによれば、太陽光発電の導入に関する効用関数は、初期投資額 I (万円/kW)、売電価格 S (円/kWh)、潜在発電電力量 W (kWh/kW) を用いて、以下のように表される。

$$V = 5.12 \times 10^{-3} W - 2.74 \times 10^{-2} I + 2.87 \times 10^{-1} S - 9.51 \dots (1)$$

この効用関数より、都道府県別の普及率を推定して、太陽光発電の導入量を算定した。

このモデルによると、売電価格を 29.89 円/kWh とした時、2030 年までの太陽光発電導入量が 5300 万 kW となる。またその時の 2030 年度までの累積補助金額は約 1 兆 6700 億円となった。

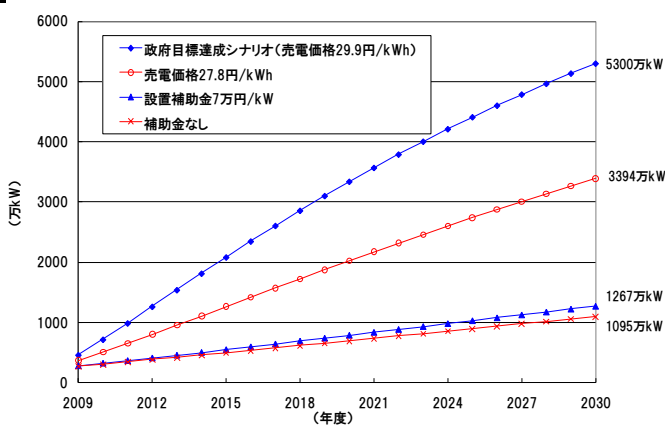


図2 各シナリオにおける年度別の太陽光発電累積普及量

3. 省エネ実験結果

2008年2月から3月にかけて、横浜市において家庭における省エネ実験を行った。

電力使用量を実測した9世帯における期間中の電力使用量削減率は6.45%であった。また、平日と休日の違いによる電力使用量削減率を求めたところ、平日の削減率は5.65%、休日の削減率は7.05%であった。

また機器使用等の申告データを分析することにより、図3、図4の結果を得た。

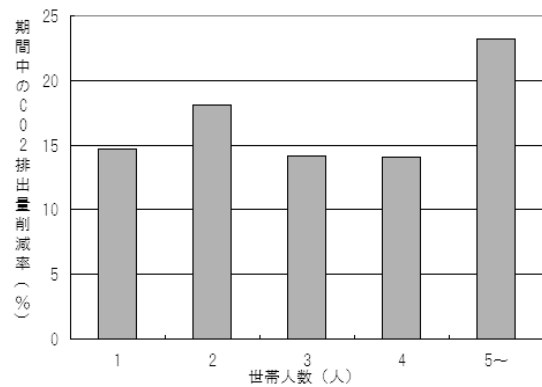


図3 世帯人数別のCO2削減率

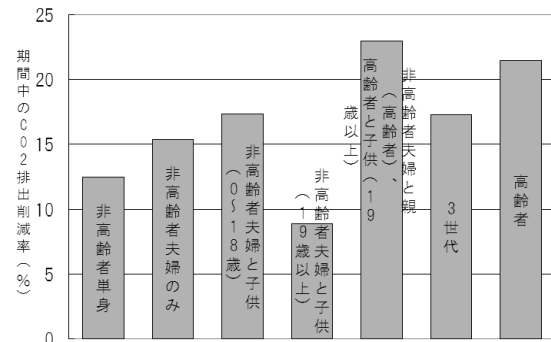


図4 世帯属性別のCO2削減率

この実験により、省エネ行動は世帯属性や世帯人数、平日や休日の区別なく行うことができるということがわかった。また、高羽によれば、夏季に東京で行った省エネ実験においてもエネルギー使用の削減に成功している。よって本研究では、省エネ行動に季節や平日・休日による差はないもの

と考える。

4. 多地域最適電源計画モデル

太陽光発電の大量導入により、電力会社側がどのような発電を行うかを芦名ら⁴⁾の多地域最適電源計画モデルを用いて算定する。

このモデルでは、全国を都道府県単位で60地域に分割し、それぞれに域内の電力需要を代表する需要ノードをひとつ、発電所を表す発電ノードを複数設けている。需要ノードは都道府県庁所在地に置き、発電ノードは実際の電源立地に合わせて設定する。解析期間を2000年から2030年とし、期間中の総発電コスト最小化を目的関数として、最適化ツールGAMS (The General Algebraic Modeling System) を適用して5年ごとに設備容量および発電量を求めることができる。以下に、モデルにて用いている目的関数を示す。

$$\min C_T = \sum_y \frac{1}{(1+i)^y} \times \left\{ \left[\sum (C_c(g) + C_{o,f}(g)) \times P_c(l, g, y) \right] + \left[\sum (C_{o,v}(g) + C_f(g)) \times Q_g(p, t, l, g, y) \right] \right\}$$

・・・(2)

C_T : 総発電コスト, $C_c(s)$: 建設費の減価償却分, $C_{o,f}(g)$: 運転維持費の固定分, $C_{o,v}(g)$: 運転維持費の変動分, $C_f(g)$: 燃料, $P_c(l, g, y)$: 設備容量, $Q_g(p, t, l, g, y)$: 発電ノードの出力, p : 需要パターン (pattern), t : 時間 (time; hr), L : 発電ノードの位置 (location), g : 発電方式 (generation type), y : 解析年度 (yr)

5. 結果

5.1 余剰電力の発生について

多地域最適電源計画モデルを用いて求めた結果によると、太陽光発電による変動が大きくなっても発電所の設備容量の変化は

ほとんどなく、よって余剰電力発生対策のための費用は必要ないという結論に到った。よって本研究では余剰電力対策費用を計上しない。

5.2 蓄電池の設置

2030年までに太陽光発電が大量導入されたときの発電単価について電源計画モデルによって考察する。太陽光発電の導入量がなしと考えた場合の2030年の発電単価が7.25円/kWhであるのに対し、太陽光発電設備が5300万kW導入された場合の発電単価は7.43円/kWhと高くなっている。この発電単価の上昇を抑えるために蓄電池を導入することを考える。

まず、2030年までに省エネが進まないケースを考える。蓄電池の設置容量を変化させたときの発電価格の変化を図3に示した。このとき、発電単価を、太陽光発電の導入がない時の7.25円/kWhにおさえる蓄電池の容量を近似式から求めると、 2.33×10^4 MWhとなる。

同様に電力を5%省エネするケースを考える。この場合、発電単価を、太陽光発電の導入がない時の7.27円/kWhにおさえる蓄電池の容量を近似式から求めると、 2.69×10^4 MWhとなる。

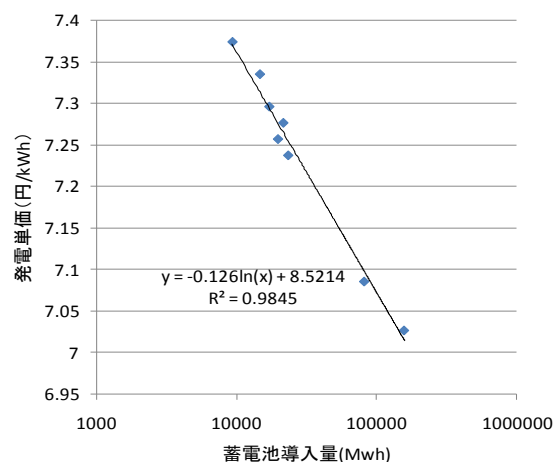


図3 蓄電池の導入量と発電単価の関係 (省

エネなしケース)

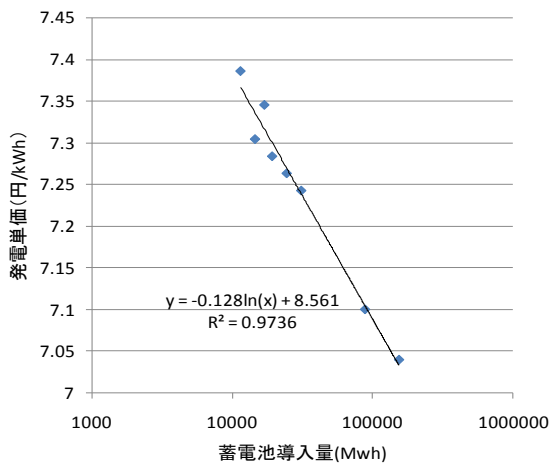


図3 蓄電池の導入量と発電単価の関係 (省エネケース)

6. まとめ

以上の研究によって得られた結論を以下にまとめる。

まず、太陽光発電の導入量を2030年度に5300万kWという政府目標を達成するには、太陽光発電による売電価格を29.9円/kWhとする必要がある。23円/kWhを上回る分は補助金によるとすると、2030年までの売電価格への補助金額の累計額は1.67兆円である。

第3章では、家庭での電力および都市ガス使用量を実測することにより、省エネ行動によって、エネルギー使用量が減少していることがわかり、その削減率は電力で6.45%であった。また実測データの分析から、平日・休日を問わず省エネ行動ができるということがわかった。さらに、世帯人数や世帯属性にかかわらず、一定程度様に省エネ行動ができるということがわかった。

第4章では、多地域最適電源計画モデルを用いて太陽光発電が大量導入された場合

に危惧される余剰電力の発生について考察を行ったが、本研究では余剰電力の発生に関する追加負担は考慮しなくてよいという結論に達した。また、太陽光発電導入による発電単価の上昇に対応するために蓄電池を設置することを考えた場合、省エネが進まないケースでは蓄電池は 2.33×10^4 MWh必要であり、省エネが進むケースでは、 2.49×10^4 MWhの蓄電池が必要であることがわかった。このことから、以上の容量の蓄電池を導入すれば、配電システムの強化などの最低限の対策を行うだけで、太陽光発電の大量導入に対応できる。ただし、蓄電池導入のコスト負担を、太陽光発電を導入する需要家側に委ねると、太陽光発電の設置価格が上昇することになってしまい、普及が鈍化する。よって蓄電池のコスト負担について今後考察が必要である。

さらに、太陽光発電の導入と5%の省エネにより、電力に関わるCO2排出量は2030年度時点で、1年間に45Mt削減できることがわかった。

参考文献

- 1) 吉田好邦;選好分析による住宅用太陽光発電の普及可能性評価, 日本太陽エネルギー学会, 34-1(2007), 47-53
- 2) 芦名秀一;全国広域運用を想定した電源運用のシナリオ解析;エネルギー資源学会 26-6(2005), 421-427
- 3) 芦名秀一;多地域最適電源計画モデルを用いたわが国電力部門におけるCO2削減シナリオの検討, エネルギー資源学会, 29-1(2007)
- 4) 新太陽エネルギー利用ハンドブック編集委員会編;新太陽エネルギー利用ハンドブック;初版第2刷(2001)