

地域特性を考慮したわが国における自然エネルギー導入策の提案

環境システム学専攻 循環型社会創成学分野研究室

76754 今井義人 2009年3月修了

指導教官：森口祐一 教授 亀山康子 准教授 橋本征二 准教授

キーワード：太陽光、風力、多地域最適電源計画モデル、自然エネルギー普及政策

1. 背景・目的

地球温暖化問題や化石燃料の節減、エネルギー自給率の向上などを目的として、太陽光・風力をはじめとした自然エネルギーの導入が、世界的に進展している。わが国においても、政府目標（福田ビジョン）にて示されたように、今後自然エネルギーの導入が大幅に進むものと考えられる。一方で、わが国の現状を見ると劇的に導入量を伸ばしている海外の諸国に比べて、国内の導入は良好であるとは言えない状況にある。障害となっている理由は、高コストなことや、自然エネルギーは出力変動を伴うため、系統への受け入れが困難なこと、普及制度がうまく作用していないことなどが考えられる。

また、太陽光・風力は一般に日本のどの地域でも設置可能だが、発電量は日射量や風況が影響する地域毎に異なる。そこで、本研究では地域毎の発電量の差異に着目し、以下の項目を目的とする。

- 1) 日射量・風況データより、太陽光発電・風力発電の地域毎年間発電量を推計する
- 2) 電源計画モデルにより 2030 年に太陽光・風力が大量に導入された状況を再現し、地域毎の CO2 削減費用、発電単価を算出する
- 3) 地域毎の特性を踏まえた制度の提案を行う

2. 研究の手法

太陽光・風力の年間発電量

太陽光の年間発電量の推計のために、標準気象データ（MET-PV3）より、時間別斜面日射量の平年値を 365 日 24 時間で出力した。日射の方位、傾斜角は南向き 30° とした。また、太陽光パネルは、温度が上昇すると効率が落ちる特性があり、月平均気温を使って考慮した。また、パワーコンディショナの運転効率を考慮して算出した。太陽光の年間発電量を図 1 で示す。風力発電の年間発電量については、風速出現確率分布¹⁾から算出した。

$$f(v) = \frac{k}{c} \left(\frac{v}{c} \right)^{k-1} \exp \left\{ - \left(\frac{v}{c} \right)^k \right\}$$

ここで、 $f(v)$ は風速 v の出現確立率分布、 c は尺度係数、 k は形状係数である。想定した風車は定格出力 2MW、ハブ高さ 80m、カットイン風速 3m/s、カットアウト風速 25m/s のものとし、NEDO の風況マップを用いて、地上 70m での風速と形状係数を取得した。必要な風速は地上 80m 地点での平均風速であるため、経験則であるべき指数を使って地上 80m の平均風速に補正した。得られた風速出現確立分布と風車の出力曲線から、年間発電量を算出した（図 2）

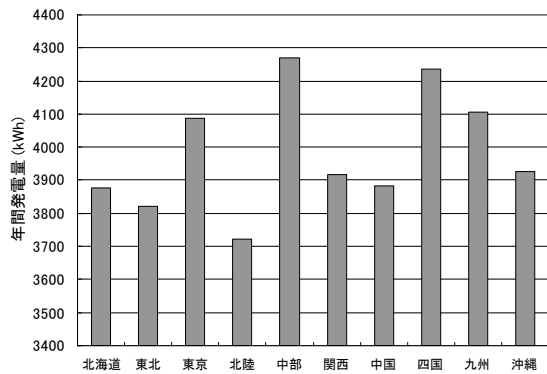


図1 3.5kW 太陽光発電の年間出
多地域最適電源計画モデル²⁾の概要

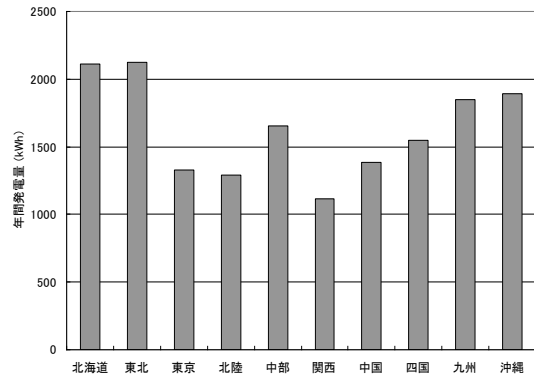


図2 1MW 風力発電の年間発電量

各電力会社の電源構成と地域性を評価するため、多地域最適電源計画モデルを使用する。モデルは、全国を都道府県単位に分割し、それぞれの地域で実際の発電所立地と送電ネットワークを再現、需給を満たし、総コストの最小化を目的関数として構成されている。以下にモデルで使用する目的関数を示す。

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

ここで、 C_T は総発電コスト、 $C_c(g)$ 建設費の減価償却分、 $C_{o,f}(g)$ は運転維持費の固定分、 $C_{o,v}(g)$ は運転維持費の変動分、 $C_f(g)$ は燃料費、 $P(l, g, y)$; 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 は時間 (time, hr) l は発電ノードの位置 g は発電方式 (generation type) y ;

解析年度 (yr) である。発電種別は、原子力、石炭、石油、ガスボイラー、ガスコンバインド、一般水力、揚水式水力の 8 種類である。将来コストは割引率 3% で現在価値に換算し、総発電コストを算出する。電源別発電量は最適解として決定される。モデルの解析期間は 5 年おきで 2030 年までである。本研究では 2030 年断面での解析を行った。

2.3 モデルの拡張

このモデルに太陽光、風力発電を導入した。まず、太陽光発電の時間別出力は年間発電量推計に用いた日射データを使用して、出力曲線で表現した。この出力曲線は地域毎に設定し、全国の日照の状況を再現している。図 3 に札幌、千葉、神戸、沖縄の四箇所における同日の出力曲線を示す。また、風力については、風速出現確率分布に年間積算時間をかけて、出力を再現した。

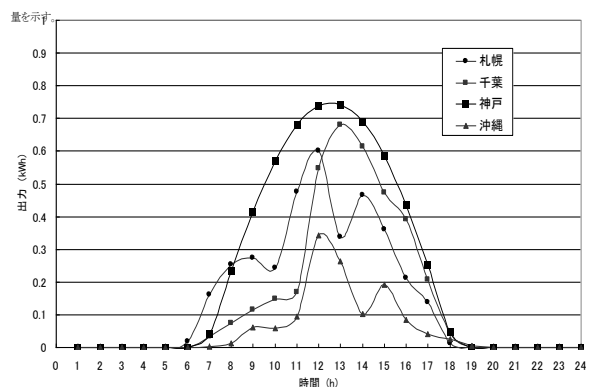


図3 太陽光出力曲線

太陽光発電の将来コストは、戒能³⁾による推計値を用い、風力については、NEDOの風力発電ロードマップに従うとした。

2.4 シナリオの設定

表1にシナリオの設定を示す。

表1 シナリオの設定

BAU	自然エネルギー導入なし
A-1	太陽光53GW、風力5GW、RPSケース
A-2	太陽光53GW、風力5GW、優先ケース
B-1	太陽光106GW、風力10GW、RPSケース
B-2	太陽光106GW、風力10GW、優先ケース

太陽光・風力の導入シナリオを設定する。ケースAでは、太陽光：53GW、風力：5GWの政策目標である「長期エネルギー需給の見通し」に沿ったもので、ケースBでは太陽光：106GW、風力10GWの導入量とした。また、この導入量の配置のさせ方で、ケース1は各地域需要の5%を太陽光、1%を風力でまかなうという設定をし、ケース2では年間発電量の多い地域から優先的に導入が進むとした。例としてシナリオA-1とシナリオA-2の地域別太陽光・風力の導入量を図4、図5に示す。

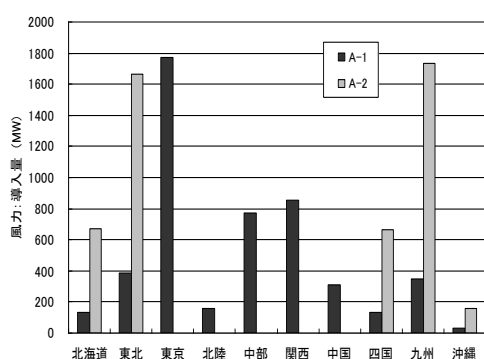


図4 太陽光導入量

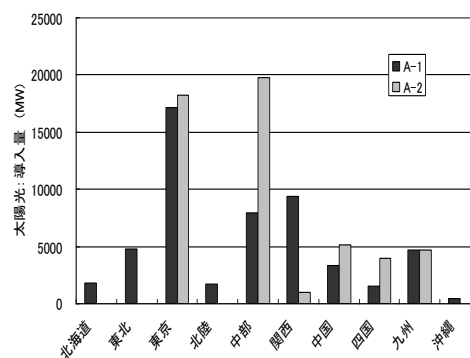


図5 風力発電導入量

3. 計算結果

CO2の地域毎の削減費用を表2に示す。

表2 地域別CO2削減費用

JPY/t-CO2	A-1	A-2	B-1	B-2
北海道	29594	5394	29933	7627
東北	22639	-6331	19862	-5595
東京	23032	26601	26856	37719
北陸	6647	-2403	16378	-6689
中部	30468	24887	20894	27819
関西	51391	140445	33317	21270
中国	27373	17814	27985	11440
四国	33320	53955	35124	83345
九州	27247	20826	24011	18782
沖縄	13411	3144	13056	2473

CO2 削減費用で見ると、もっとも安くなるのは沖縄で、とくに発電単価の安い風力のみが入った場合は 3000 円程度となる。沖縄の発電設備は、石炭・石油のみであり炭素濃度が高いため、自然エネルギーが入るほど安くなる。

一方東北、北陸では削減費用がマイナスになっている。これは他社からの融通が影響している。東北では、BAU と A-2 を比較すると発電量が 1.4TWh 程度 (1.5%) 減少している。その減少分は NGCC が主であり、CO2 が減少しかつ全体のコストも低下したことから、削減費用がマイナスとなった。逆に北海道では発電量が増加しており、送電により需要がまかなわれた。北陸も同様で、A-2、B-2 では太陽光・風力は導入されていないが、発電量が減少してコストも下がっている。このように、地域毎に CO2 削減費用は大きく異なる。

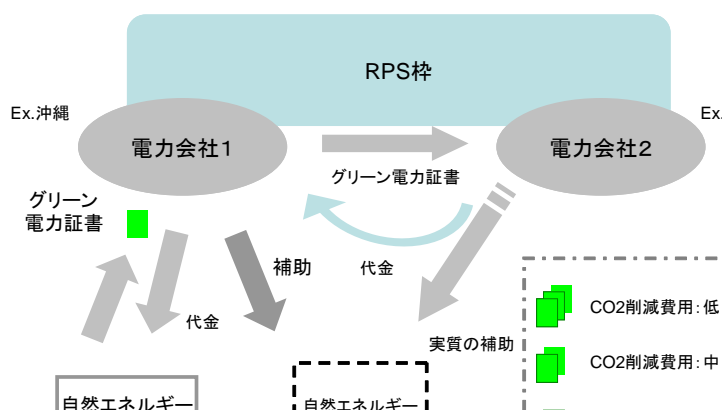
4. 自然エネルギー導入策の提案

自然エネルギーの地域特性を考慮した制度を提案する。

今回提案するのは拡大グリーン電力証書である。これまでのグリーン電力証書とは以下に挙げる点で異なる。

- 電力会社にかかる RPS 枠に割り当てることが可能
- 各電力会社の CO2 削減費用によってグレードを設ける

現状の RPS 制度では自社の管轄内での風力発電、もしくは太陽光発電から RPS クレジットを得るか。他者からクレジットを購入という方法しかなかった。しかし、例えば風況がよく CO2 削減費用が安い沖縄電力と、削減費用が高く適地のない関西をとると、この制度により関西電力は沖縄から RPS クレジット (=グリーン電力証書) を得ることができる。



1) 日本太陽エネルギー学会; 新太陽エネルギーハンドブック、(2000)

2) 芦名・藤野; 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、29-1(2008),1-7.

3) 経済産業省; 低炭素電力供給システムに関する研究会新エネルギー大量導入に伴う系統安定化対策・コスト負担検討小委員会(第3回)-配付資料