

日本における固定価格買取制度（FIT）下での 再生可能エネルギー導入状況の特性と課題に関する研究 —再生可能エネルギー導入の単一化問題と需給のミスマッチ問題を中心に—

周 瑋生・蔣 超迪・錢 学鵬・仲上 健一

The Characteristics and Problems of the Introduction of Renewable Energy under
Feed-in Tariff (FIT) in Japan:
Focusing on Uniformity and Supply-demand Mismatch of Renewable Energy Introduction

Weisheng ZHOU, Chaodi JIANG, Xuepeng QIAN, Ken'ichi NAKAGAMI

Abstract

Feed-in Tariff (FIT) system was introduced to Japan in 2012. Since then the growth of renewable energy jumped into a higher level. However, by far photovoltaic systems (PVS) especially non-residential PVS were mostly deployed, and most of them are centered in the area with low energy consumption, which can lead to the unbalance between electricity demand and electricity supply. This study focus on two major problems mentioned above and analyze the problem by using some statistical methods including multiple-linear regression. (1) Even in the area such like Hokkaido with low solar radiation that was regarded as a key factor of affecting the output of PVS, still most of the renewable system deployed are PVS, It's will be difficult for other renewable energy to deploy when the capacity of the network is limited. (2) The committee used a competitive pricing method to compress the total cost. Meanwhile it also encouraged the investors to run their business at some places with low rent price and high solar radiation, which could exacerbate the unbalance between electricity demand and electricity supply because many areas like Kyushu have high solar radiation and low electricity consumption simultaneously. Setting FIT price according the condition of a specific area may help reduce the unbalance. (3) Germany improve the frequency of FIT price to prohibit excessive installments of PVS and subdivide the FIT price and set the FIT price of small-scale systems higher than the large one to encourage people invest on small-scale systems. (4) Because the circumstance in Japan differ from Germany, which indicates Japan may encounter some failure that didn't bother Germany and it also means Japan have to modify the FIT system according to its own circumstance rather than just duplicate it.

Key words: Feed-in tariff, renewable energy, Japan, Germany

1. はじめに

固定価格買取制度（FIT）は再生可能エネルギーの普及を促進するために、再生可能エネルギー源電力の買取価格を法律で定める政策である。世界においても、最も使われている再生可能エネルギー促進政策だと言えよう（REN21（2015）、Robertら（2012））。日本では、2011年8月26日にFIT制度が国会会議で可決され、2012年の7月1日から、正式的に施行された。

FIT制度の下で、再生可能エネルギーとりわけ太陽光発電の導入はかつてないスピードで進められてきた。しかし、それと同時に太陽光発電に偏る再生可能エネルギー導入の単一化問題及び需給のミスマッチ問題が顕在化された（松原（2015）、小林（2015））。本研究は、これまでのFIT制度下での再生可能エネルギー導入の系譜を検証し、日本の地域性、自然資源の賦存量、本制度の政策的課題などを計量的分析し、そしてFIT制度の先駆者であるドイツの経験を整理することによって、今後の政策展開に寄与することを目的とする。

2. 日本における再生可能エネルギーの導入現状の特性と課題

2.1. 再生可能エネルギー導入電源の単一化

図1に示すように、日本では、これまでの太陽光発電

（以下PV）の認定容量が他の再生可能エネルギー発電設備と比べれば圧倒的に多かった。特に10kW以上PVの場合、2014年では一時的に全体導入量の約9割にも及んでいた。現在でも、8割以上を占めている（2015年12月時点）。

日本において、太陽光発電の出力の季節変化は電力需要の季節変化と一致していなかった。電力消費量が大きい夏と冬では、PVの出力が少ないため、それに備えて、常に十分な電力供給を準備しなければならない。そうすると、太陽光発電をいくら大量に導入しても、火力発電等他の発電設備を減らすわけにはいかない。一方、太陽光発電の出力が多く、同時に電力消費量が少ない季節（春と秋）では、他の発電設備を稼働させず待機させたりしなければならない。また、太陽光発電の出力が電力需要を上回る恐れがあるので、それに備えて太陽光発電の出力抑制などの対応策に追われる。何れの状況でも、太陽光発電のみを大量に導入させるのは決して効率的ではない。一方で、バイオマスのような出力の季節変動が少なく、出力をコントロールしやすい電源、または風力発電のような、出力の季節変動が太陽光発電と異なった再生可能エネルギー発電設備を一定の比率で導入したほうが、電力システムの安定化に良い、また効率的だと考えられる。

太陽光発電は、九州のように日射条件の良い地域に、大量に導入されたのは資源利用の角度から言えばメリッ

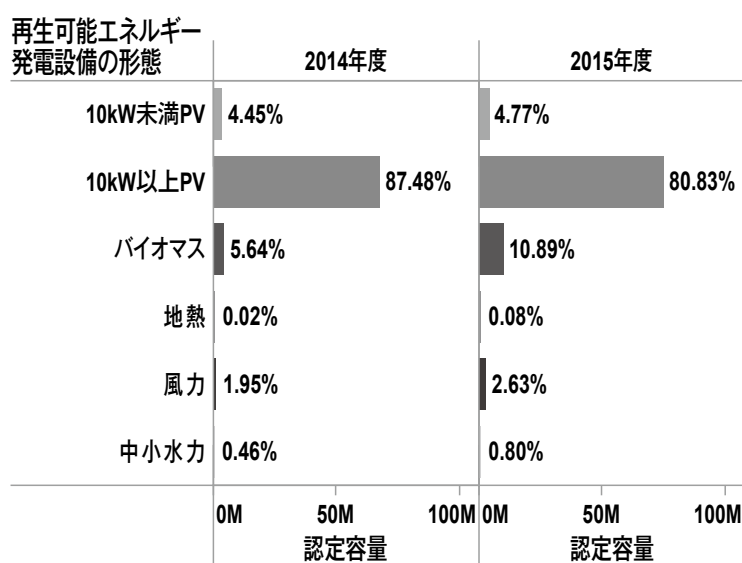


図1 再生可能エネルギーの認定容量と割合

（出所）：資源エネルギー庁固定価格買取制度情報公表用ウェブサイトのデータをもとに筆者作成

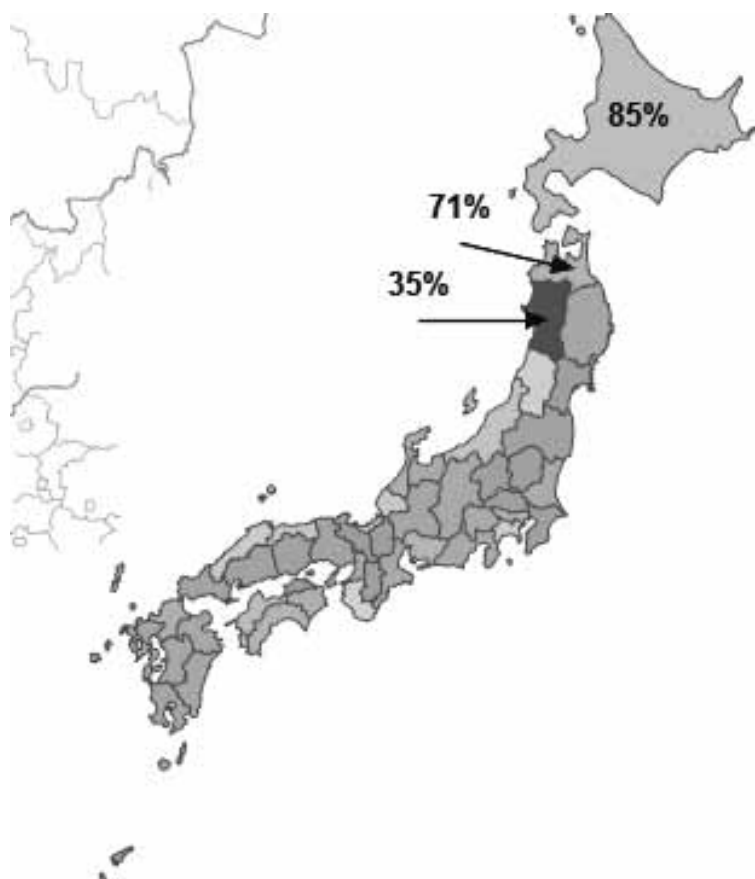


図2 各地域の太陽光発電の認定状況（2015年12月）

（出所）：図1と同じ

注：数字が表示されなかった地域における太陽発電の認定量の割合が全部75%以上である

トがあるが、日射条件の比較的貧弱な地域にもその導入容量が、他の再生可能エネルギーより圧倒的に多いのが課題の一つとなる。

図2が示すように、日本各地において、太陽光発電の認定量が殆ど75%以上で圧倒的に多かった。特に、北海道・東北のような風力資源が豊富で、風力発電のポテンシャルも大きい地域でも、全体的に太陽光発電の認定量が多かった（環境省、「平成22年再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書」）。

再生可能エネルギーの認定量（太陽光発電と風力発電）と地域における自然資源賦存状況（日射量と風速）との関係性を探るために、次は以下の分析方法を使う。

まず、北海道・青森県・秋田県からそれぞれ15の地域をランダムに抽出する。合計45の市町村における風力資源の太陽光資源に対する比較優勢を、スケール化した風速からスケール化した日射量を差し引いたもので数値化する。この風力資源の比較優勢と太陽光発電・風力

発電の認定容量との相関性を分析する。分析結果は以下のとおりである。

- 1) 全体的に、20kW以上風力発電の認定容量は10kW以上の太陽光発電より少なかった。
- 2) 風速の比較優勢が大きくなるにつれ、20kW以上風力発電の認定容量は顕著な増加傾向を示さなかった。また風速と風力発電の認定容量の間、相関分析を行ったところ、統計学的に有意ではなかったことが分かる。
- 3) 風速の比較優勢を表す数値が正であり、また年間平均風速は6m/s以上である場合でも、風力発電の認定容量より太陽光発電の認定容量が多かった市町村も多くある。例えば、秋田県能代市、秋田県鹿角市、青森県東津軽郡平内町等が挙げられる。
- 4) 風速条件が良い、同時に日射量条件も良い市町村においては、太陽発電の認定容量が殆ど風力発電の認定容量より多かった。例えば、青森県の八戸市では、

年間平均風速は6m/s以上になっていたが、20kW以上風力発電の認定容量はゼロだったのに対して、10kW以上太陽発電の認定容量は207MWにも及んだ。

- 5) 風速が6m/s以上になっていた18市町村の中、10kW以上太陽発電の認定容量は合計およそ419MWに対して、20kW以上風力発電の認定容量の合計は凡そその半分の204MWだった。

以上の分析より、日射条件の良くない、同時に風力発電に適した地域においても、太陽光発電の認定容量が全体的に多いことが分かる。しかし、日本の地域間送電網が貧弱であるため、再生可能エネルギーを受け入れる容量は限られている。そのため、太陽発電のみが大量にされると、風力発電など他の再生可能エネルギー電力を受け入れる余地がなくなる。つまり、電力システム全体の安定性を保つために、前述したようにバイオマス・風力発電を導入しようとしても、接続容量を増えない限り難しい。

2.2. 再生可能エネルギー発電設備の認定量と電力需要とのミスマッチ

日本の各地域において再エネ発電設備の認定量と電力需要間、ミスマッチが存在している。例えば、九州電力の所管地域では、電力需要量が少ないものの、10kW以上太陽光発電設備の認定容量が一番多い。一方、電力需要の大きい東京電力と関西電力の所管地域での認定容量が少なかった。

本来、地域間の電力融通が自由に行われれば何の問題にもならないが、大規模な電力融通に備わる地域間送電線が欠如していたため、広域にわたる電力融通は小規模に留まっていた。そのため、再エネ発電設備による発電も殆どその地域内で消費しなければならない。しかし、通常では、電力消費量の少ない地域では、周波数の調整能力も小さいので、これらの地域に再エネ発電が集中的に導入することは、該当地域の周波数調整力を超えるリスクも高まることを意味する。また、その周波数調整の負担を軽減するために、再生可能エネルギー電力の優先的接続ルールも変更しなければならない¹⁾。また場合によって再エネ発電設備の出力抑制も求められる。結局、一部の再エネ発電設備の発電機会の喪失につながる。

電力需要の少ない地域において、再生可能エネルギーの導入量が多いことについて分析を行った。太陽光発電の導入に影響要因を考えれば、太陽光発電の出力量と直

接関係する日射量の賦存状況が挙げられる。また、太陽光発電事業のために、相当な用地も必要なので、重要なコストである土地の賃借料も関わると考えられる。このように、日本各地域における10kW以上太陽光発電の認定量と、該当地域の日射量及び土地賃借料との関係を明かすために、以下のように重回帰分析を行った。

サンプル抽出に関しては、まず日照時間を観測している気象観測所（アメダス）の所在地、合わせて843地点（市町村）を調査の母集団とする。この母集団にある各地点に番号を付けた後、ランダムに80地点をサンプルとして抽出する。各市町村の10kW以上太陽光発電設備の認定量（2015年12月）を被説明変数とする。京都市・堺市等の政令指定都市もサンプルとして抽出されたが、それらの地域の規模が明らかに他の市町村より大きい、また地価の幅も大きいので、サンプルの一致性を保つため、京都市・堺市等政令指定都市のデータを採用しなかった。

場所が確認された後、説明変数とした日射量データをNEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）の日射量データベースから調べる。NEDOの日射量データベースが記録している日射量データは、月別、方位角別、傾斜角別に記録されているが、便宜上方位角0度、傾斜角度30度、年平均全天日射量を使う。地域によって、少しばらつきがあるが、方位角0度・傾斜角度30度で設置される太陽光発電設備大体最大の出力が保証される。

説明変数の土地の賃借料については、直接なデータがないため、各市町村の平均地価を代わりに使う（土地価格が土地の賃借料の水準を反映できる）。そして、不動産住宅情報サイトであるスマイティからその平均地価データを調べる。勿論、日射量・土地賃借料の他に、地形・空き地の割合などの要因も挙げられるが、データの入手が難しいため、ここで説明変数を日射量・土地賃借料だけに絞る。

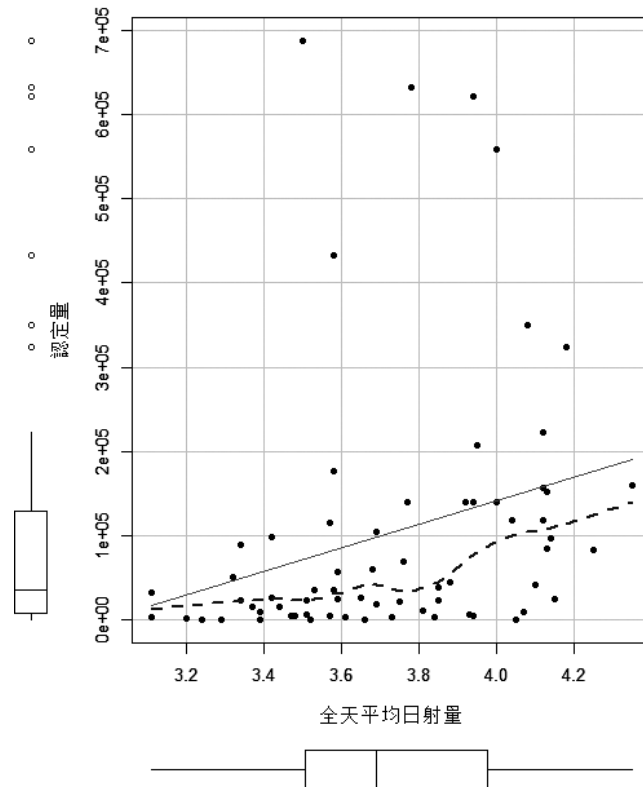


図3 局所的な回帰平滑化 (loess) を使った日射量と認定量の散布図
(横軸: kWh/m²·day、縦軸: kW)

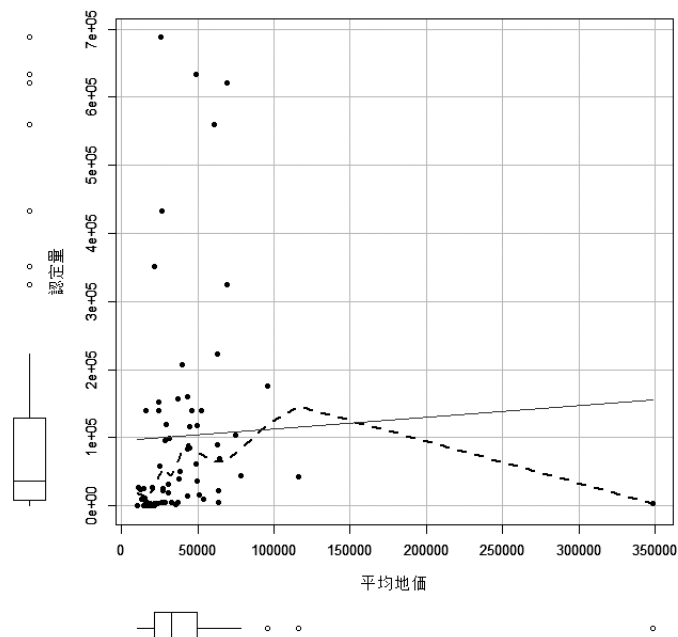


図4 局所的な回帰平滑化 (loess) を使った平均地価と認定量の散布図
(横軸: 円/m²、縦軸: kW)

10kW 以上太陽光発電の認定量と日射量・平均地価との関係を図3、図4に示した。これらの散布図を観察して、OLS モデルの線性 (linearity) を保つために、説明変数に一定の変形を加えた。また、変数間の交互項の可能性を考慮に入れる。

$$y = -1434000 + 138800x - 1.032z + 101300 \times \log(z) \quad (1)$$

注：x、z、yそれぞれ日射量、地価、10kW 以上太陽光発電認定量である。

表1 ステップワイズ法で回帰分析モデルに投入される変数

変数	
日射量 (x)	x
	x ²
	exp(x)
地価 (z)	z
	z ²
	z ³
	log(z)
交差項	x*z
	x*z ²
	x*z ³
	x*log(z)
	x ² *z
	x ² *z ²
	x ² *z ³
	x ² *log(z)
	exp(x)*z
	exp(x)*z ²
	exp(x)*z ³
exp(x)*log(z)	

表2 モデル関連各変数のデータ

	係数	標準差	t 値	p 値
切片	-1.434e+06	8.845e+05	-1.621	0.1103
日射量	1.388e+05	5.699e+04	2.436	0.0178*
平均地価	-1.032e+00	2.450e+00	-0.421	0.6750
log (平均地価)	1.013e+05	9.331e+04	1.086	0.2820

有意水準: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '' 1
 Multiple R-squared: 0.1942 Adjusted R-squared: 0.1539
 F-statistic: 4.821 on 3 and 60 DF, p-value: 0.004505

表2に示すように、日射量の係数の p 値が 0.05 より小さいので、5% の水準で市町村における 10kW 以上太陽光発電の認定量と関係していることが分かった。また、その係数は正であるので、日射量が高ければ高いほど、10kW 以上太陽光発電の認定量も多くなることを意味している。一方、平均地価の係数の p 値が大きいため、認定量の関係が確定されなかった。

以上の分析により、10kW 以上太陽光発電が日射条件の良いところに集中する傾向が確認された。しかし、日本では、日射量の多い地域においては、大体電力消費量が少ないため、最終的には電力需要の少ない地域に大量な太陽光発電設備が導入された結果となった (表3)。

このように、再生可能エネルギー発電設備の認定量と電力需要とのミスマッチが発生したのは、日本における自然資源の賦存状況にも深く関連するからと考えられる。

このように、実際に重回帰分析モデルに投入される変数の数が多いため、理論上可能なモデル数も非常に多かった²⁾。そのため、P 値 (閾値を 0.15 とする) と AIC 値 (赤池情報量規準) を判断基準としたステップワイズ法³⁾ を使って、最適なモデルを選出する。

続いて、選出されたモデルに対して学生化残差 (studentized residual) で外れ値 (outlier) を測定したところ⁴⁾、岩手県遠野市と静岡県菊川市が外れ値であることが明らかになった。更に、異常値を測定したところ、岩手県遠野市と東京都江戸川区が強影響値 (influence point) であることが判明した。これらの外れ値及び強影響値を外して、回帰分析を行ったところ、改善されたモデルが得られた。

表3 各県庁所在地の日射量と該当地域の電力消費量のランク（日射量トップ15位）

地域	日射量 (kWh/m ² ・day)	消費量のランク (位)
山梨県	4.44	44
高知県	4.4	45
宮崎県	4.36	19
静岡県	4.3	11
愛知県	4.21	2
鹿児島県	4.21	31
岐阜県	4.21	25
愛媛県	4.18	26
徳島県	4.18	37
群馬県	4.17	21
三重県	4.17	16
広島県	4.17	12
和歌山県	4.15	41
香川県	4.12	5
熊本県	4.11	29

(出所) 日射量データはNDEO日射に関するデータベースから、電力消費量は経産省電力調査統計表2012年の電力消費データから

2.3. 再生可能エネルギーの固定価格制度設計上の課題

2.3.1. 太陽光発電システム技術の学習効果

再エネ設備の導入・認定は全国的に、太陽光発電に偏ったのは、太陽光発電設備導入の学習効果および日本の買取価格の決定方法に深く関わる。FIT制度が実施された当初、調達価格等算定委員会は、各種類の再生可能エネルギーに対して、コストベースに大体同じレベルの内部収益率（IRR）を加えて買取価格を設定した。投資効果が同一ならば、種類別の再生可能エネルギーの認定量は大きな差がないはずだが、その基準となるコストは飽くまで価格設定当時のコストである。しかし、学習効果のため、太陽光発電システムは他の再生可能エネルギー発電設備より極めて速いスピードでコストダウンし続けていたことが買取価格に反映されなかった。

実際に、10kW以上50kW未満の太陽光発電システムの平均費用は2年間（平成24年7-9月期から、平成26年9-12月期まで）で、31%も減少した（調達価格等算定委員会、「平成27年度調達価格及び調達期間に関する意見」）。しかも、当初、再生可能エネルギーの買取価格は発電事業者が発電申し込みを提出した時点での価格で決められるので、発電事業者達は、発電システム価格の下落を待って、一旦仮押さしたケースが多い。その現象

の典型的な例は、2013年、特に2014年の3月に、新しい買取価格が適用される前に、毎々駆け込み導入が発生することである。2014年から制度が徐々に改正され、また一部悪質な案件の認定資格も取り消され、そして平成26年から失効期限付き認定制度も導入された。

学習効果により持続的なコストダウンだけではなく、太陽光発電の他の利点も買取価格に反映されなかった。例えば、太陽光発電に関する環境アセスメントは風力発電などと比べ、比較的に通過しやすく、また設備設置の工期も非常に短いことも挙げられる。結局、買取価格が大体同じ収益率で算定されたのにも関わらず、事実上太陽光発電への投資はより高い利益をもらえるため、発電事業者は当然太陽光発電への投資を選択する。

2.3.2. 費用便益評価

調達価格等算定委員会（以下委員会）は、「再エネ法」の規定に準じて、基本的に「供給が効率的に実施される場合に通常要すると認められる費用」を原則に再エネの買取価格を設定する（コストベース）。再エネ発電の費用は基本的に設備費用・運転維持費用・土地造成費用・土地賃借料などの部分から構成されている。各部分の費用の算定に当たって、「実態の費用を反映した当該コストデータ」と「新しい市況を反映しているデータ」が必要となる（調達価格等算定委員会、「平成27年調達価格及び調達期間に関する意見」）。

委員会は全国における再生可能エネルギーの導入ケースを対象に、実態費用の全体平均値を基準にし、より「競争的な手法」を使用した結果、一部高価のケースを費用の計算から排除されたため、算定されたコストは実際に全体平均コストよりも少なかった。例えば、委員会は平成27年の10kW以上PVSの買取価格を算定した時、実際の土地賃借料の全国平均値は219円/m²/年だったが（中央値は152円/m²/年）、委員会は高価のケースを排除し、中央値よりも低い150円/m²/年というデータを使用した。しかも固定価格の算定に当たっては、導入されたケースの全体コストを算定の基準とするではなく、各部分のコストの平均値（実はそれより低い数値が使用）を組み合わせた数字を基準としていた。その結果、委員会が試算したコストは全体の平均コストより明らかに低い。「効率」と「競争」を強調したこの固定買取価格の決め方は、全国規模の導入コストを抑える狙いがあると考えられる。しかし、全体的な導入費用の低減を追求す

ると同時に、地域間送電線が弱いこと（広域的に電力の融通が難しい）、また肝心の電力需要と自然資源の賦存状況（九州が代表しているように、自然資源賦存状況の良い地域では、電力需要が少ない）という重要な要素が固定価格に反映させなかった。

電力需要と自然資源の賦存状況を制度に反映させた事例では、中国政府は2013年にFIT制度を導入し、ドイツのように全国均一的な買取価格を採用せず、買取価格を区域別（東部、中部、西部）に三つの太陽光発電の買取価格を設定したことが挙げられる。西部の買取価格を一番低い0.9元/kWh、中部の買取価格を0.95元/kWh、東部の買取価格を1元/kWhに設定した。何故ならば、中国において、電力需要は西から東へと通増するが、日射量の方が逡減する。太陽光発電の導入量と電力需要とのミスマッチを抑える狙いがあるとされている。

日本も当時中国のように各地域の電力需要と自然資源の賦存状況に応じて、異なった買取価格を設定すれば、ミスマッチ問題が今ほどに深刻にならないと考えられる。

3. ドイツにおける再生可能エネルギー導入の現状と経験

3.1. 再生可能エネルギー電源の多様性の保持とその経験

1990年代のドイツでは、再生可能エネルギー電力の中に水力発電と陸上風力発電の割合が一番多かった。20世紀に入ると、太陽光発電とバイオマス発電は次第に割合を増やし、同時に水力発電の割合が縮小した。2014年のドイツにおける再生可能エネルギー電力の構成を見ると、陸上風力発電（34%）・バイオマス発電（26.8%）・太陽光発電（21.8%）及び水力発電（12.8%）がそれぞれ一定の割合を占め、日本のように太陽光発電が大半を占める現状と大きく違い、ドイツにおける再生可能エネルギーは一定の多様性が保たれた。

前述したように、20世紀に入る前に、ドイツにおける再生可能エネルギーは完全に陸上風力発電に偏っていた。また、2008年からは、太陽光発電設備の導入スピードが次第に他の再生可能エネルギー設備を凌ぐようになった。その後、太陽光発電設備の導入量を抑えるために、ドイツ政府も色々な対応策を打ち出したが、太陽光発電の拡張は一向収まらず、2012年では再生可能エネルギーの中に、太陽光発電の割合が46.7%にも及ん

だ。2012年から、再生可能エネルギーにおける太陽光発電の割合が次第に縮小し、再生可能エネルギー電力のバランスも漸くよくなった。ドイツは今のような電源の多様性の保持に成功したのは、幾度となくPDCA（plan-do-check-act cycle）のプロセスを辿った。特に「再生可能エネルギー法」（EEG法）の法改正の経緯は、日本にとって参考の意義が大きい（竹内（2015））。

FITの発端とも言われている「電力供給法」は、電力会社に対し、供給区域内の再生可能エネルギー源による発電電力を、電力の小売り価格と一定比率（90%）で買取を義務付けた。全ての再生可能エネルギーの買取価格がそのように同じ価格水準で設定されていたため、コストの一番安い陸上風力発電だけが大量に導入された。

こうした背景で生み出されたのは、2000年のEEG法だった。この法律は、今のFITの主要なフレームワークをも決めた。「電力供給法」と違い、EEG法の下では、再生可能エネルギー電力の買取価格を、一定の比率ではなく、各種類の再生可能エネルギーに対して、コストベースで異なった価格を設定することが決められた。このように、陸上風力発電だけでなく、バイオマス発電と太陽光発電も次第に導入された。なお、当時高価だった太陽光発電に対して、全体の導入コストを抑えるため、350MWの導入上限を設けた（2002年7月に、その上限を1,000MWまでに引き上げた）。

EEG法2004年の法改正では、太陽光発電設備に対する導入容量上限をなくした。また、太陽光発電特に小規模の太陽光発電設備の買い取り価格を大いに引き上げた。他に、地熱発電の買取価格をも引き上げた。更に、再エネ発電設備の出力・設置形態によって買取価格を区分・細分化した。そして、新しい革新技術（埋立ガス、バイオガス等）を奨励するため、ボーナスも導入した。このように、多種類・多規模の発電設備が次第に導入されるようになった。

太陽光発電設備の導入上限をなくしたことは太陽光発電の導入量を確実に増加させた、2008年時点で、ドイツの太陽光発電設備の累積導入容量が世界一位となった（REN21, Global status report 2009）。しかし、高価だった太陽光発電の大量導入に伴った賦課金の急増問題が視野に入った。特に、隣国のスペインでは、政府に対し、反対の声が大量に寄せられた。結局、民衆の怒りを納めるため、再生可能発電事業に対して環境税を課するなど、実質的に買取価格の削減を適用した。ドイツ国内でも、

2009年時点で太陽光発電による賦課金は、賦課金全体の半分以上をも占めた。こういう状況を踏まえて、2009年1月から実施されたEEG2009は、太陽光発電に対して、特に1MV以上の発電設備に対し、買取価格に大きな削減率を適用した。しかし、太陽光発電に対する買取価格削減が太陽光発電の増加スピードを鈍化させたものの、再生可能エネルギー発電設備の全体における太陽光発電の割合がなお拡大し続けていた。何故ならば、その頃ドイツも日本と同様に、太陽光発電システムのコストダウンを買取価格に反映させていなかったため、太陽光発電に投資した場合、事実上他の再生可能エネルギーより大きな利益が得られる。そのため、EEG2012は、先ず買取価格の改定頻度をこれまでの半年に一度から月にした。また、直近1年間の新規設置容量に応じて、買取価格を-0.5%から2.8%の低減率を適用した。

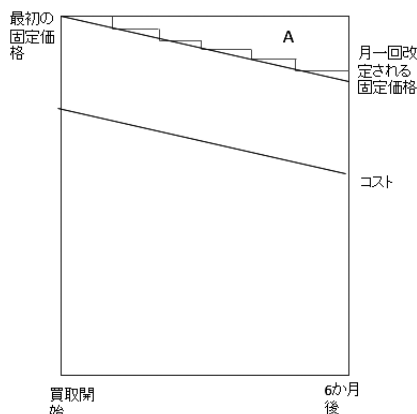


図5 月に一回改定される固定価格買取制度のイメージ図

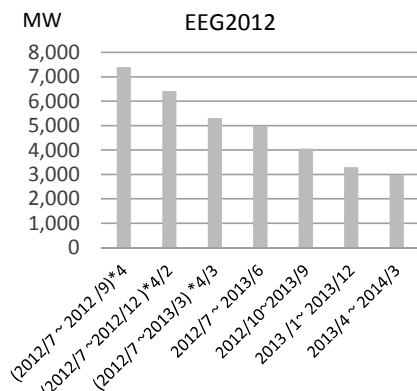


図6 削減率参照期間での太陽光発電導入量の推移 (EEG2012)

(出所) 連邦ネットワーク庁のデータをもとに作成

図5が示しているように、持続的なコストダウンによる太陽光発電の過剰利益 (A) が縮小した。図6がこの制度の実際の効果を表した。この制度で、太陽光発電の新規認定量が漸く少なくなった。

3.2. ドイツにおける「ミスマッチ」問題の解消について

図7はドイツ各地域における電力消費量を示した。西のノルトラインヴェストファーレン州 (Nordrhein-Westfalen) の電力消費量が最も多く、それに続くのは、南部にあるバイエルン自由州 (Bayern) とバーデンヴェルテンベルク州 (Baden-Württemberg) 及び北西にあるニーダーザクセン州 (Niedersachsen) である。

前述したように、日本において、認定量の一番多かった10kW以上太陽光発電は、主に電力消費量の少ない地域に集中している。これに対して、ドイツの場合では、大体電力消費量の多い地域に、再生可能エネルギーの導入量も多い。エネルギー別で言えば、風力発電だけが主に電力需要の少ない地域に導入されている。他の再生可能エネルギーの発電量水準が大体その地域の電力需要水準と一致している。

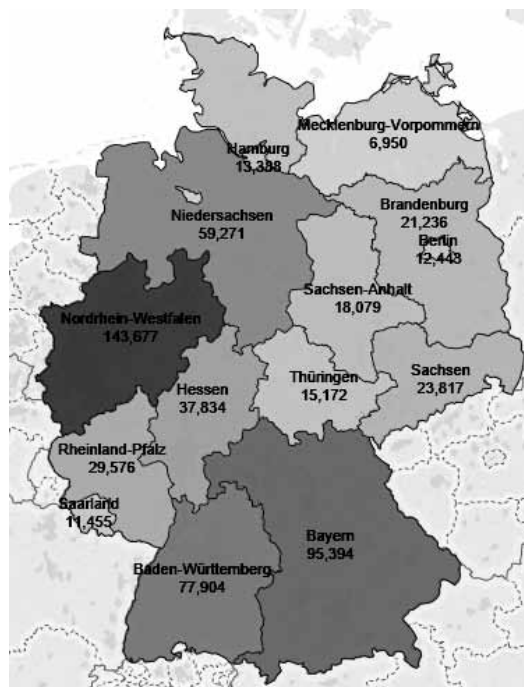


図7 ドイツ各地域における電力消費量 (2013年、単位: 百万 kWh)

(出所) ドイツ新エネルギー局のデータをもとに作成

ドイツは日本のように、深刻なミスマッチ問題に晒されなかったのは、独自の自然資源の賦存状況にも関係している。例えば、ドイツも日本と同じ、太陽光発電の導入は主に日射量の良い地域集中した。しかし、日射条件の良いドイツ南部では、同時に電力需要の大きい工業密集地でもあるため、南部に太陽光発電が大量に導入されることは、むしろいい結果に繋がる。

自然条件もさることながら、一層重要なのは、ドイツ政府の再生可能エネルギーを徹底的に普及させる姿勢である。先ず、導入目標については、日本は2015年まで、具体的な再生可能エネルギーの導入目標を発表しなかったが、ドイツの場合では、EEG2009から、再生可能エネルギーの導入目標をその法律に入れられた。その後、幾つの法改正も踏まえて、EEG2014で公表された導入目標では、2025年までに再生可能エネルギー電力の導入目標を40～45%、2035年までに55～60%と言う極めて高い目標を設定した。その目標の実現に向けて、ドイツ政府は送電システムの徹底的な増強に力を入れた。2009年に公表された「送電線拡張計画」(EnLAG)では、24の送電線プロジェクト(合計1,876キロメートル)の実施が決められた(最近の改正案では、24番目プロジェクトは他の案に代替された)。

施工中また建設予定の送電線は大体南北方向になっている。何故ならば、電力の供給のバランスを保つため、電力需要の少なく、風力発電が大量に導入された北部にある再生可能エネルギー電力を、電力需要の大きい南部に送るためである。またノルトラインヴェストファーレン州の電力消費量が一番多いが、再生可能エネルギーの導入量が少ないので、ノルトラインヴェストファーレン州あたりの送電網の建設計画も密集している。

ドイツ連邦ネットワーク庁の「2015年モニタリング報告」によると、2015年の第三四半期迄に、「送電線拡張計画」の30%が完成された。また、いつも変化し続ける再生可能エネルギーの導入状況と、再生可能エネルギー技術及び送電技術と適合するため、ドイツの送電線補強計画は、今後10年から20年迄間のニーズに合わせて、毎年新たな計画が検討・公布される。

ドイツのような大規模の送配電の建設は、勿論膨大なコストにもつながる。2014年では、ドイツの四つの送電システム(TSO)は合計で17億6千9百万ユーロを投資した。そして、808配電システム(DSO)は合計61億9千3百万ユーロを投資した(連邦ネットワーク

庁)。日本は、北本連系線の送電容量を60万kWから90万kWへとシステムの補強も実施されているが、ドイツのように全国的な規模ではなかった。つまり、日本の既存の送電システムで再生可能エネルギー導入の最大化を求める状況と異なり、ドイツの場合では、再生可能エネルギー導入の最大化を求めるため、高い導入目標に適した送電システムを建設・補強しようとしている。それが再生可能エネルギーの促進に当たって、日独の最大の違点とも言える。

しかし、再生可能エネルギー電力の需給ミスマッチを改善するには、必ずしも巨大な費用が伴う訳でもない。再生可能エネルギーを電力需要の多い地域を中心に導入する、つまり「地産地消」型の導入に舵を切ることの一つの解決法だと考えられる。

図8より、日本において、2MW以上大規模の太陽光発電の認定量が最も多かったことが分かる。それに続くのは10kW～50kWまでの設備だった。一方、10kW以下住宅用太陽光発電及び、50kWから1MWまでの設備導入量は非常に少なかった。今までの導入は明らかに、「地産地消」型の導入ではなく、企業など事業者達が売電利益のために主導していたと分かる。

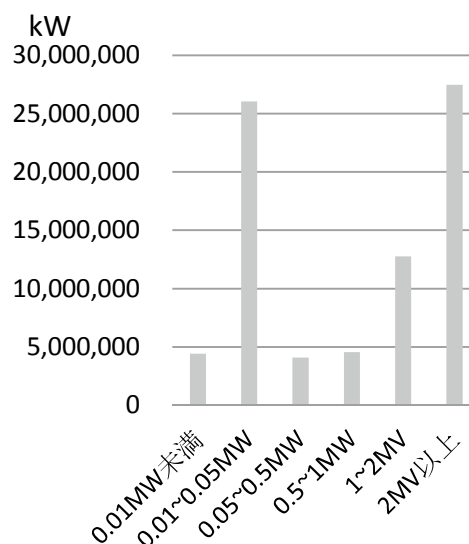


図8 規模別太陽光発電の認定量 (2015年12月まで)
(出所) 資源エネルギーの固定価格買取制度情報公表用ウェブサイトのデータをもとに作成

大規模の太陽光発電の導入量が多い理由として、日本の固定買取価格の設定に関係していると考えられる。太

太陽光発電の買取価格が大きく「10kW未満」と「10kW以上」の2種類の規模によって区別化されている。しかし、実際に導入規模が増大するにつれて、太陽光発電システムの平均的なコストが安くなる傾向がある。それにも関わらず、買取価格は同水準で決められる。このように、大規模設備を導入した場合、小規模導入の場合より明らかに収益が多くなるため、大規模太陽光発電が中心的に導入された判断は問題がない。

また、設備規模が50kWに達すると、追加的に膨大な費用が伴うため、50kWを境目に、導入量が一旦と落ち込み、一定の規模以上になると、導入量が再び向上するようになっている。それは「地産地消」型の導入を実現するために、本来一層活用されるべき屋上スペース（特に電力需要の大きい大都市の場合）は⁵⁾、現在の制度の下で十分に活用されていなかったことを示唆している。

これに対して、ドイツの場合では、中小規模（0.01MW以上0.04MW以下）の屋上設置型の導入量が一番多かった（図9）。全体的にも、1MW以下の設備が全体の74%を占めていた。そして、設置形態別で見れば、屋上設置型の太陽光発電設備は73%を占めていた。この現象の裏側には、ドイツが図の中に示した5つの規模と設置形態（屋上・地上）別に、買取価格が細分化されたことがある。小規模であればあるほど、また屋上設置の場合、買取価格が高くなるため、小規模・屋上設置型の太陽光発電の導入量も多くなる。

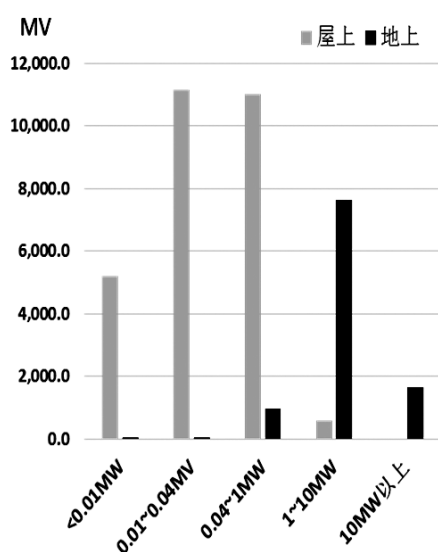


図9 ドイツにおける模別太陽光発電の認定量（2014年）

（出所）図7と同じ

大規模な発電設備導入を中心に導入することは勿論メリットもある。何しろ、小規模再生可能エネルギーの売電価格より大規模の方が低いからだ。例えば、当初の「10kW未満」の太陽光発電の買取価格が42円/kWhに対し、「10kW以上」の太陽光発電の買取価格が40円/kWhだった。年間数百億kWhの太陽光発電の発電量、また20年間の買取期間を考えれば、大規模の太陽光発電を中心に導入させることは、膨大なコストを回避することができる。しかし、それは飽くまで一定数量内の導入に限っている。もし再生可能エネルギーの導入量がある地域の接続可能量を上回れば、対応策として、太陽光発電の出力抑制、送電システムの補強などの手段が強いられる。そのため、大規模の発電設備を中心に導入するシナリオの導入コストは急に上昇すると考えられる。一方、「地産地消」型の導入の場合、最初の導入コストが高いが、出力された電力が殆ど現地で消費されるので、接続可能量も前者より多い筈。つまり、一定の導入量になると、大規模発電設備が中心的な導入のコストが「地産地消」型の導入コストを上回ることもあり得る。

2014年の秋から、日本各地で再生可能エネルギー発電の接続保留問題が頻発したことから、現在では多く地域において、「接続可能量」を超えていたと考えられる。本来ならば、FIT制度を導入する際、国のニーズに応じて、導入目標を定め、その目標に準じて諸導入シナリオを想定し、コストの低いシナリオを選択するのが合理的だと考えられる。しかし、2015年7月公表された「長期エネルギー需給見通し」の中、2030年のエネルギーミックスも提示された例えば太陽発電の導入目標について、電源構成の7%にすると決められた。

4. おわりに

本研究では日本における固定価格買取制度（FIT）下での再生可能エネルギーの導入の現状を巡って、特に再生可能エネルギー導入の単一化問題、及び再生可能エネルギーの認定量と電力需要とのミスマッチ問題について、分析を行った。まとめた分析結果は以下となる。

- 1) 太陽光発電が全国的に導入量が多いだけでなく、太陽光発電より他の再生可能エネルギー（風力発電）の導入に適した地域においても、太陽光発電の導入量が多くなっている。日本に区域間送電網が欠如した現状の中、再生可能エネルギーの接続可能量は限

られているため、地域における発電ポテンシャルの大きい再生可能エネルギーを導入させるように、自然資源の賦存状況を制度に反映させたほうが効率的に良いと考えられる。

- 2) 太陽光発電の固定価格の算定に当たって、委員会が「競争的手法」を導入し、また全国統一な買取価格を設定することは、自然資源の有効利用の面から言えば良いが、日本において日射条件の良い地域は全体的に電力需要が少ないため、結果的には電力需要の少ない地域に、太陽光発電が大量に導入された。このように、ミスマッチ問題を解決するために、中国のように、自然資源の賦存状況と電力需要状況を買取価格に反映させ、地域別に買取価格を設定することが一つの方法だと考えられる。
- 3) 大規模の発電設備を中心的に導入させること（集中型導入）は最初の段階では、導入費用の節約になるが、一定の導入量を超えれば、再生可能エネルギーの出力が抑制されるなど、全体の導入コストが急上昇する可能性もあるので、最初から導入目標を決め、コストの少ない導入シナリオを想定することが大事だと考えられる。
- 4) FIT 制度の先駆者であるドイツは日本のように深刻な問題に晒されなかったのは、買取価格の改定頻度を上げ、買取価格を細分化し、小規模・屋上設置型の太陽光発電の買取価格を高く設定するなど適切な制度改正もさることながら、自然資源の賦存状況、発達した送電網が代表したドイツの導入環境にも深く関係している。
- 5) 再生可能エネルギーの導入環境が異なるため、日本はドイツの優れた経験を採り入れるだけでなく、自らの導入環境に沿って、制度を設計することも非常に大事だと考えられる。

注

- 1) 2015年1月22日、経産省が公布した再エネ特措法の「施行規則の一部を改正する省令」では、従来の再生可能エネルギー電力の優先接続ルールを変更し、原子力電力を優先給電させる。また、再エネ電力の送電線への接続拒否を電力会社ができるようにした。
- 2) 変数が19個もあるので、理論上では、 2^{19} 州種の可能性がある。
- 3) 利用された関数は car パッケージの中にある stepAIC 関数である。
- 4) 外れ値と強影響点の測定に当たって、それぞれ R の car パッケージの outlierTest 関数と influencePlot 関数を使った。
- 5) 太陽光発電パネルを屋上に設置する場合、1kW あたりに5～10平方メートルの面積が必要となる。

参考文献

Robert Gross, Jonathan Stern, Chris Charles, Jack Nicholls, Chiara Candelise, Phil Heptonstall, Philip Greenacre (2012). On picking winners: The need for targeted support for renewable energy. *Centre For Energy Policy and Technology, Imperial College London*

松原弘直（2015）「再生可能エネルギー固定価格買取制度による2年半の成果と課題」『農村と都市を結ぶ』第65巻7号、10-19頁

小野章昌（2014）「再エネ検証：ドイツの行き詰まりが示唆するもの」『日本原子力学会雑誌』56巻、12号、30-35頁

竹内純子（2015）「第5章：ドイツのエネルギー政策の理想と現実」『電力システム改革の検証』（山内宏隆・澤昭裕編）、白桃書房、113-138頁

Bundesnetzagentur (2016) Monitoring Report 2015
http://www.bundesnetzagentur.de/EN/Areas/Energy/Companies/DataCollection_Monitoring/MonitoringBenchmarkReport2015/Monitoring_Benchmark_Report_2015_node.html (2017年10月20日アクセス)

REN21 (2015) 「Renewables 2015 Global Status Report」
http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015_Onlinebook_low1.pdf

Renewable Energy Source Act (EEG2004)
https://www.clearingstelle-eeg.de/files/node/8/EEG_2004_Englische_Version.pdf

Renewable Energy Source Act (EEG2009)
https://www.clearingstelle-eeg.de/files/node/8/EEG_2009_Englische_Version.pdf

Renewable Energy Source Act (EEG2012)
https://www.clearingstelle-eeg.de/files/node/8/EEG_2012_Englische_Version.pdf

Renewable Energy Source Act (EEG2014)
https://www.clearingstelle-eeg.de/files/node/8/EEG_2014_Englische_Version.pdf

固定価格買取制度実施状況に関する公示ウェブサイト
http://www.FIT.go.jp/statistics/public_sp.html (2017年10月20日アクセス)

調達価格等算定委員会（2015）『平成27年度調達価格及び調達期間に関する意見』

NEDO 日射量データベース
<http://www.nedo.go.jp/library/nissharyou.html?from=b> (2017年10月20日アクセス)

NEDO 局所風速マップ
<http://app8.infoc.nedo.go.jp/nedo/> (2017年10月20日アクセス)

ドイツ新エネルギー局再生可能エネルギー電力導入状況
<https://www.foederal-erneuerbar.de/uebersicht/bundeslaende> (2017年10月20日アクセス)

経済産業省電力調査統計表

<http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/> (2017年10月20日アクセス)

