

## 第2回 IEA から改善を勧告されたドイツの太陽光発電 両立しない Cap and trade と固定価格買取制度

山口光恒

東京大学先端科学技術研究センター特任教授

### はじめに

前回はスペインでの太陽光発電促進策の迷走ぶりを基に、今後の日本の再生可能エネルギー論議に於いて単なる量的拡大を求めるのではなく、経済への影響（コスト）、環境効果、エネルギー安定供給、雇用、電力料金値上げによる国民生活や企業の国際競争力への影響、技術革新効果など総合的観点からの冷静な判断の必要性を訴えた。

今回はドイツを取り上げる。ドイツは 1998 年の総選挙の結果、社会民主党と緑の党による赤緑連立政権（シュレーダー首相）が発足し、連立の政策協定で脱原子力発電への方針転換が明記された。2002 年には法律改正により原発の新規建設の禁止と既存発電所のフェーズアウト（発電所ごとにほぼ 32 年経過時点で廃止）が決まった。原子力代替の選択肢は化石燃料と再生可能エネルギーであるが、前者については温暖化対策の観点から難しく、必然的に再生可能エネルギーの促進が重要な課題となり、2000 年に固定価格高値買い取り制度（FIT）を導入し、再生可能エネルギー促進で世界の最先端を走ってきた。しかしこれによる電力料金引き上げへの批判、エネルギー安定供給、そして更なる温暖化対策のためにメルケル首相は昨年原発の稼働年数の延長を決めたばかりであるが、今回の福島第一原発事故を契機としてこれを 3 ヶ月間凍結せざるを得なくなった。今後ドイツのエネルギー政策のゆくえは予断を許さない。

上記から今回はドイツを例にとり、エッセンの経済研究所 RWI の環境・資源部門の責任者であるフロンデル教授を中心としたグループの研究（以下 Frondel 他）を中心に<sup>1</sup>、太陽光に焦点を当て、コストおよび環境効果の両面から FIT の効果を検討する。なお、雇用への影響については別途まとめる所存である。

## 2、ドイツにおける FIT の効果

### 2-1 効果があった FIT による量的拡大

ドイツで再生可能エネルギーの電力会社による買取制度が導入されたのは 1991 年であったが、本格的な導入が進んだのは 2000 年の再生可能エネルギー源法（EEG）以降である。この法律は電力会社（配電会社）に再生可能エネルギーの固定価格による 20 年間の長期買取を義務づけ（FIT、ただし水力は規模により 15 或いは 30 年）、この結果、発電電力量に

---

<sup>1</sup> “Economic impacts from the promotion of renewable energy technologies: The German experience”, Manuel Frondel, Nolan Ritter, Christoph M. Schmidt, Colin Vance, Energy Policy 38, 2010 および “Germany’s solar cell promotion: Dark clouds on the horizon”, Manuel Frondel, Nolan Ritter, Christoph M. Schmidt, Energy Policy 36, 2008

占める再生可能エネルギー割合は 2000 年の 6.6%から 2009 年には 16%にまで上昇した。

ここで太陽光と風力について FIT の水準を確認しておく。2009 年の固定買取価格は太陽光 43.0、風力（陸上）9.2（いずれも 1kWh あたりユーロセント）と太陽光の水準が圧倒的に高い。当然のことながら FIT 買取価格と電力卸売価格との差（これが補助金に相当する）も同様である（表 1）。

（表 1）買取価格と卸売価格との差 2009 年、単位：€/kWh (A)

	買取価格 (A)	卸売価格 (B)	補助金相当額 (A-B)
太陽光	43.01	5.16	37.85
風力（陸上）	9.20	5.16	4.04

出典：Frondel 他の論文（2010）から作成

この結果、太陽光は発電量が 6.2%にすぎないにも関わらず、FIT による電力会社の買取金額 90 億ユーロのうち 24.6%を占めている（2008 年）。このように太陽光への手厚い補助によりドイツの太陽光発電容量は増加の一途で、2008 年には世界の太陽光ビジネスの 42%を占めるに至った。量的拡大という観点からは FIT は明らかな成功であった。では経済的にはどうか。

## 2-2 巨額に達する太陽光発電のコスト（経済的観点）

まずコストの定義を述べておく。ここでコストとは太陽光発電促進のコストのことで、補助金の総額を指す（太陽光発電設備建設コストではない）。

$$\text{太陽光発電コスト} = \text{補助金総額} = (\text{FIT 価格} - \text{電力卸売価格}) \times \text{発電電力量}^2$$

将来の予測について Frondel 他は、卸売価格は他の学者の文献の数値、FIT 価格については実績及び 2010 年については大幅改訂を踏まえた数値を用いている<sup>3</sup>。コストについても 1 点注意すべき点がある。それは一旦契約をするとその後技術進歩によって太陽光の発電原価が大幅に下落した場合でも、20 年間にわたって kWh あたり同額の補助金が続くということである。2011 年現在ドイツの FIT は続いているが、仮に 2012 年にこの制度をやめてもその影響は 2030 年まで残るのである。

上記は直接コストであるが、この他この結果としての電力価格上昇に起因する家計や企

<sup>2</sup> 式の右辺の FIT 価格および発電電力量は 20 年間不変、卸売価格は毎年変動する。各年度について買取期間 20 年の合計数値を求め、これを総計したのが補助金総額である。なお、Frondel 他は、こうして算定した補助金総額を 2%の割引率で 2007 年の現在価値に引き直している。

<sup>3</sup> FIT 価格の実績は、屋根に設置する 30kW 以下の小型発電の数値を用いている。また、2010 年については実際は 1 月の 39.14€/kWh から 10 月の 33.03€/kWh まで 3 回改訂があったが論文ではこれは考慮済みとして 35.49€/kWh を採用している。貝塚泉「世界の太陽光発電最新動向」（光発電 Vol.34、2011 年 3 月、太陽光発電協会）によると、タリフの発電規模等に応じてもう少し複雑で、2012 年以後のタリフの低減率も一律 10%ではないが、大凡のコストの算定という観点からは Frondel 他の計算は受け入れ可能であると思う。

業の実質購買力の減少という間接コストもある。しかし本稿ではこの点は無視して考える。

太陽光発電促進のコスト（補助金総額）は次表右欄の通りである。なお、下記は 2011 年に FIT が打ち切られた場合の計算であるが、実際には買い取り価格は低減するものの FIT が続くので、この額はさらに増加することに注意が必要である。

（表 3）太陽光発電促進のコスト（2007 年価格）

年度	発電量 年間増加量 百万 kWh	kWh あたり net コスト FIT-卸売価格 (€/kWh)		コスト（補助金）累計	
		初年度	20 年後の 最終年度	名目 10 億€	実質 10 億€ (2007 年価格)
2000	64	47.99	42.49	0.581	0.559
2001	52	47.94	42.15	0.469	0.442
2002	72	45.36	39.33	0.609	0.563
2003	125	42.90	36.63	0.989	0.897
2004	244	47.74	41.21	2.152	1.913
2005	725	50.23	44.85	6.919	6.027
2006	938	47.30	41.78	8.385	7.164
2007	1280	44.50	38.86	10.705	8.969
2008	1310	41.82	36.05	10.282	8.409
2009	3073	37.85	31.96	21.515	17.345
2010	3073	30.08	24.07	16.701	13.224
累計	10956			79.307	65.512

出典：Fronedel 他（2010）なお、コスト累計（名目）の数字は計算間違いと思われるので一部修正

表の見方を 2000 年の数字を例に説明する。2 列目の数字 64 百万 kWh は 2000 年に新規に増加した太陽光発電量、その右の初年度の 47.99€/kWh は 2000 年の FIT 価格から同年の卸売価格を控除した net のコスト（補助金）、その右の最終年度の 42.49€/kWh は同一年度の FIT から 20 年目の卸売価格を控除した net のコスト（卸売価格の上昇と共に、net コストが低減する）、その右の 0.581B€ は 2000 年の純増発電量 64 百万 kWh に同年以後 2019 年までの net コストを乗じた額の合計、その右欄はこれを 2007 年価格にした数字である。2005 年以降太陽光発電導入促進が進み、累計コスト（補助金）が急増している様子が読み取れる。なお、2010 年の発電量増加は FIT の引き下げ（インセンティブの低下）もあり前年同水準と仮定されているが、買い取り価格の下落による補助金の低下で累計コストは減少している。

上記の通り仮に 2010 年で FIT 制度を打ち切りにしても累計コスト（補助金）は実質で 655 億ユーロ（7.2 兆円）という巨額に達すると言うことである。実際には 2011 年以後もこの制度が続けられており、この額は更に増加する。日照時間の短い北国のドイツで、なぜこのように太陽光を優遇するのか、やや理解に苦しむところである。

### 3、環境効果と削減費用—Cap & Trade と両立しない FIT

再生可能エネルギー促進の大きな目的の一つに温暖化対策（CO<sub>2</sub> 排出削減）がある。果たしてこの面で効果があったのだろうか。また、太陽光の FIT は費用効果的であったのであろうか。

ここで Frondel 他は重要な指摘をしている。それは EU ETS（EU 排出権取引制度）と FIT は両立しないということである。具体的にはこの制度はエネルギー・産業部門を対象に総量規制を行い、個別主体間での取引を認める典型的な Cap & Trade 制度である。この制度の特徴は効率性である。即ち、取引を通して全ての主体の（限界）削減費用が均等化することで、対象部門全体としての削減コストが最小となる。他方 FIT によって太陽光の導入を増やし、その化石燃料による発電が減少すれば、当然 CO<sub>2</sub> 排出量は削減される。ここで CO<sub>2</sub> 削減費用とは太陽光導入のコスト（補助金）である。Frondel 論文では、太陽光発電はガスと石炭（褐炭は除く）の火力発電に代替すると仮定し、この場合 CO<sub>2</sub> 排出量は kWh あたり 0.584kg であるとの他の論文の数字から、太陽光への代替による CO<sub>2</sub> 削減の限界削減費用を計算している。その結果はトンあたり削減費用が 716 ユーロと驚く程高い。IEA ではガスに代替する前提で 1000 ユーロと計算しているが、2000 年の FIT 導入以来シェアを減らしたのは原子力と石炭であり、ガスは増えているので、ガスに代替との仮定は信憑性が薄い。もし原子力に代替した場合には削減コストは無量大となり、石炭であれば CO<sub>2</sub> 削減効果が大きいので 716 ユーロより安くなる。こうしてみるとトンあたり 716 ユーロという数値もある程度妥当性があるものと思われる。

ここで再び EU ETS にもどる。周知の通りこの制度の下でのこれまでの CO<sub>2</sub> の最高値はトンあたり 30 ユーロ程度である。もし発電部門がトン 716 ユーロもかけて CO<sub>2</sub> を減らしたとしても（総排出量は不変なので）その分他の部門で 30 ユーロ以下の排出削減が行われなくなるだけである。つまり FIT を進めれば進める程 EU ETS 全体の削減量は不変なまま、削減コストが増大する（日本は Cap and trade を導入していないが自主的手法で削減絶対量を決めれば同じ状況となる）。この結果は電気料金の上昇となって企業の国際競争力や家計に影響を与える。FIT の環境効果がないだけでなく、EU ETS 本来の「所期の目標の最小費用での達成」という効率性を損なうのである。

この点は EU 委員会内部でも夙に指摘されていたところで、筆者もブラッセルでこの種論議を何度も交わした経験がある。これに対する反論としては初期配分の際に FIT による発電部門での排出削減を予め考慮の上、更に厳しい Cap（排出上限）を設定すれば、環境効果はあるというものであるが<sup>4</sup>、実際には初期配分の際してこうした配慮が行われた形跡はなく、また、もしそうしたことがあったとしても、同じ Cap を EU ETS のみで実現するのに比べ、削減コストは遙かに高くなる。こうしたことから、国際エネルギー機関（IEA）

---

<sup>4</sup> “Renewable energy and employment in Germany”, Ulrike et al. Energy Policy 36, 2008

は 2007 年の国別レビューの中で、特に太陽光に関して「高値の FIT は費用効果的ではないので、これ以外の政策の採用」を勧告している程である（同じレビューで原子力発電のフェーズアウトの見直しも勧告している点は興味深い）。

勿論 FIT 導入にはエネルギー安全保障、雇用、技術進歩等別の観点からの総合的検討が必要である。従って本稿でドイツの FIT の全てを否定するつもりは毛頭無いが、少なくとも太陽光に関しては賢明な政策とは言い難い。実際ドイツでは IEA の勧告や電気料金引き上げに対する国民や企業からの批判を受けて、太陽光については 2010 年に 3 度も買取価格を引き下げ、それ以後も継続的に引き下げの方向である。これまでの議論から明らかな通り、ドイツの最大の問題点は買取価格を 20 年間固定することで極めて巨額な補助金が累積することである。

日本で現在考えられている太陽光の案は、固定価格買取の期間を 10 年とすることでこうしたリスクを軽減している。また、買取価格も当初は高めに設定するものの、その後は技術進歩の状況を勘案の上段階的に引き下げる、住宅など小規模な太陽光発電については全量ではなく例外的に余剰買取とするなど随所に補助金の垂れ流しを防ぐ工夫が見られる。日本は今回の原子力発電所事故の結果エネルギー供給量の絶対的不足に直面している。当面は火力発電の増と電力需要抑制で乗り切るしかないが、中長期には原子力、火力、再生可能エネルギーも含めた将来の日本のエネルギーのベストミックスについての冷静な検討が必要であることを、ドイツの例は示している。