

再生可能エネルギー固定価格買取制度における 余剰買取と全量買取の比較分析*

牛 房 義 明

概要

本稿は、再生可能エネルギーの固定価格買取制度（Feed-in Tariff, FIT 制度）における余剰買取制度と全量買取制度が電力消費者にどのような影響を及ぼすのかを消費者行動の経済モデルを用いて検討し、次の点が明らかになった。

余剰買取制度だと全量買取制度に比べて電力消費者の効用水準は低くなるが、電力消費量は全量買取制度の場合より少ないため、余剰買取制度は節電、省エネ効果が高い。一方、全量買取制度は余剰買取制度より電力消費者の効用水準は高くなるが、電力消費量が余剰買取制度の場合より多いため、全量買取制度は余剰買取制度ほど節電、省エネ効果が高くない。さらに、再生可能エネルギーの普及の点から言えば、全量買取制度の方が再生可能エネルギーが普及する可能性が高い。

はじめに

東日本大震災に伴う福島第 1 原子力発電所の事故により各地の原子力発電所の稼働が停止したことで、一部の電力会社管内では電力需要ピーク時における需給逼迫が危惧されている。そのため短期的にはピーク時の電力需給の逼迫に対する早急な対応が求められ、長期的には原子力発電に依存しない新エネルギー供給システムの構築が求められる。特に原子力発電に代わるものとして、太陽光、風力、地熱、バイオマスなどの再生可能エネルギーが注目されており、再生可能エネルギーの普及を促すために 2014 年 7 月から固定価格買取制度（Feed-in Tariff, FIT）が施行された。この制度は、地球温暖化、エネルギー源の確保、環境汚染などの対策の一環として、再生可能エネルギーの普及拡大と再生可能エネルギーによる発電コストを低減することが目的で、ドイツやスペインなどで導入されてきた。実際の運用においては、再生可能エネルギー（太陽光、風力、地熱、バイオマスなどによる発電）を発電する一般家庭、事業者か

* 本稿は平成 24 年度北九州市立大学特別研究推進費の研究成果の一部である。

ら電気事業者が一定期間高い価格で買い取り、その費用はすべての電力消費者からの課徴金（サーチャージ）として回収される。高い買い取り価格は再生可能エネルギーの普及量、発電コストの推移に従って定期的に見直され、計画的に逡減していく。

ところで、固定価格買取制度は再生可能エネルギーによる発電設備を設置した家庭、事業者の自家消費分の電力の取り扱いにより次の2つの方式に分類することができる。1つは余剰買取制度と呼ばれるもので、自家消費分を除いた余剰分の電力が買取対象となる制度である。この制度の下では、自家消費分を抑えるほど買取量が増え、売電収入が増えるため、節電、省エネを促す効果がある。もう1つは全量買取制度と呼ばれるもので、再生可能エネルギーによって発電された電力すべてが買取対象となる制度である。この制度では、自家消費分の電力は再生可能エネルギー発電設備を設置していない家庭、事業者と同様に電力会社から購入される。余剰買取制度は「エネルギー供給事業者による非化石エネルギー源の利用及び化石エネルギー原料の有効な利用の促進に関する法律」にもとづき2010年11月より実施され、全量買取制度は「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」にもとづき2014年7月から実施されている固定価格買取制度である。

再生可能エネルギーの普及政策に関して固定価格買取制度以外にもRPS (Renewable Portfolio Standard) 制度がある。この制度はエネルギーの安定的かつ適切な供給を確保と新エネルギーの普及を目的に、電気事業者に対して毎年その販売電力量に応じた一定割合以上の新エネルギーから発電される電気の利用を義務付けた制度で、固定枠制の一種である。日本におけるRPS制度は「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」に該当し、2003年4月から施行された。しかしながら、日本のこの法律に基づく利用目標量が2014年度で160億kwhであり、総発電量の約1.6%相当となっており、目標水準が低く、大きな普及が期待できなかった。

このような政策が実施されている中、再生可能エネルギーに関する経済分析に関してはこれまで次のような研究が行われてきた。Haas et al (2004) は、再生可能エネルギー導入に関し、FIT制度とRPS制度の経済モデルを構築し、FIT制度は再生可能エネルギーの技術革新を促進するのに適し、RPS制度は発電事業者の効率化が図られると主張している。Menanteau et al (2003) は、再生可能エネルギーの限界費用曲線が増加すると仮定した場合、理論的にはFIT制度の方が再生可能エネルギーに対する投資が安定し、普及すると主張する。大島(2010)は欧米のFIT制度とRPS制度を調査し、それぞれの長所、短所を明らかにし、日本の再生可能エネルギーが普及するための政策を検討している。このように再生可能エネルギーに関する経済分析のこれまでの主な研究はFIT制度とRPS制度の比較が中心である。本稿では、再生可能エネルギーの固定価格買取制度 (Feed-in Tariff, FIT制度) における余剰買取制度と全量買取制度が電力消費者にどのような影響を及ぼすのかをミクロ経済学における消費者行動の理論を用いて、各制度の比較を行い、それらの特徴を明らかにし、固定価格買取制度における再生可能エネルギー普及策を検討する。

本稿の構成は以下の通りである。1節では再生可能エネルギーの固定価格買取制度における消費者行動の定式化を行う。2節では余剰買取制度と全量買取制度の比較を行う。3節はまとめである。

1 固定価格買取制度における消費者行動モデル

ここでは、固定価格買取制度のもとでの余剰買取と全量買取が消費者に及ぼす影響を検討する。本稿では、一般の消費者が再生可能エネルギーとして導入するエネルギーの多くは太陽光発電であることから、太陽光発電の導入例をもとにモデル化を行う。

余剰買取は発電した再生可能エネルギーを自家消費し、その際に余った分の電気を電気事業者が買い取る仕組みであり、全量買取は発電した再生可能エネルギーを全て電気事業者が買い取る仕組みである。ちなみに電気事業者が再生可能エネルギーを買い取る際にかかる費用は、余剰買取の場合、太陽光発電促進付加金で、全量買取の場合、再生可能エネルギー発電促進賦課金という名称で電力消費者から徴収される¹。

1.1 基本モデル

本稿では固定価格買取制度が導入されていないケースを基本モデルとして、余剰買取と全量買取を比較する。本稿では以下のように消費者の行動を定式化する。消費者はある所得の下で電力と電力以外の財・サービス（合成財）を消費する。電力消費量を x 、合成財の消費量を y とし、消費者の効用関数を $u = u(x, y)$ とする。効用関数 u は $u_i > 0$ 、 $u_{ii} < 0$ ($i = x, y$) を満たす。電力量料金を p 、合成財の価格を 1 とし、所得を I とする。これらの表記より予算制約式は $px + y = I$ となり、この予算制約式のもとで効用関数 u を最大化にする問題は以下の式になる。

$$L^b = u(x, y) + \lambda^b (I - px - y) \quad \lambda^b \text{ はラグランジュ乗数}$$

上記の式の最大化の条件は、

$$L_x^b = u_x - \lambda^b p = 0 \tag{1.1}$$

$$L_y^b = u_y - \lambda^b = 0 \tag{1.2}$$

$$L_\lambda^b = I - px - y = 0 \tag{1.3}$$

となり、(1.1) 式、(1.2) 式より、

$$\frac{u_x}{u_y} = p \tag{1.4}$$

が得られる。(1.4) 式の左辺は限界代替率を表し、右辺は予算制約線の傾きを表す。

1.2 余剰買取制度

次に余剰買取における消費者行動の定式化を行う。消費者は再生可能エネルギー施設（太陽光発電）を設置する際 PV の費用がかかる²。この再生可能エネルギー施設から z の電力が発生

1 2013年9月時点における太陽光発電促進付加金（太陽光発電促進付加金は電力会社ごとに異なる）、再生可能エネルギー発電促進賦課金の単価はそれぞれ 0.09/kWh（九州電力管内の単価）、0.35 円 / kWh である。

2 実際は太陽光発電を設置していない消費者もいることから、太陽光発電を設定しない消費者の固定価格買取制度による影響を分析する必要がある。しかしながら、太陽光設置費用、固定価格買取による収入を考慮しないでモデル化すればよい。

すると仮定する³。再生可能エネルギーの固定買取価格は p_f とする。余剰買取においては、余剰電力だけが買い取られることから、電力消費量と再生可能エネルギーによる発電量の差である $z-x (\geq 0)$ が電気事業者に価格 p_f で買い取られる。したがって、 $p_f(z-x)$ が消費者の収入となり、余剰買取制度における予算制約式は $y + PV = I + p_f(z-x)$ である。この予算制約式の下での消費者の効用最大化問題は次の式で定式化される。

$$L^s = u(x, y) + \lambda^s \{I + p_f(z-x) - y - PV\} + \mu^s(z-x)$$

λ^s, μ^s はラグランジュ乗数

上記の式の最大化の条件は、クーン・タッカーの定理により、

$$L_x^s = u_x - \lambda^s p_f - \mu^s = 0 \quad (1.5)$$

$$L_y^s = u_y - \lambda^s = 0 \quad (1.6)$$

$$L_\lambda^s = I + p_f(z-x) - y - PV = 0 \quad (1.7)$$

$$L_\mu^s = z-x \geq 0, \mu^s \geq 0, \mu^s(z-x) = 0 \quad (1.8)$$

となり、(1.5)式、(1.6)式、(1.8)式より、

$$\frac{u_x}{u_y} = p_f \quad (1.9)$$

が得られる。(1.4)式同様、(1.9)式の左辺は限界代替率を表し、右辺は余剰買取における予算制約線の傾きを表す。

1.3 全量買取制度

最後に全量買取制度における消費者行動の定式化を行う。全量買取制度では、発電した再生可能エネルギーをすべて電気事業者が買い取り、消費者が利用する電力は電気事業者から購入する。この時の買取価格は分析を単純にするために余剰買取制度と同じ p_f と仮定する。そのため、再生可能エネルギーを設置し、電力を発電した消費者は $p_f z$ の収入を得る。ただ、消費者が電気事業者から電力を購入する際の電気料金は、通常の電力量料金 p だけでなく、固定価格買取制度導入により発生する費用を回収するための賦課金（サーチャージ） s が上乗せされる。また、余剰買取制度と同様に再生可能エネルギー施設（太陽光発電）の設置費用は PV とする。全量買取制度における予算制約式は $(p+s)x + y + PV = I + p_f z$ である。この予算制約式の下での消費者の効用最大化問題は次の式で定式化される。

$$L^t = u(x, y) + \lambda^t \{I + p_f z - (p+s)x - y - PV\} \quad \lambda^t \text{ はラグランジュ乗数}$$

上記の式の最大化の条件は、

$$L_x^t = u_x - \lambda^t (p+s) = 0 \quad (1.10)$$

$$L_y^t = u_y - \lambda^t = 0 \quad (1.11)$$

$$L_\lambda^t = I + p_f z - (p+s)x - y - PV = 0 \quad (1.12)$$

³ 太陽光発電の発電量は天候により変動するが、本稿では一定と仮定する。

となり，(1.10)式，(1.11)式より，

$$\frac{u_x}{u_y} = p + s \quad (1.13)$$

が得られる。(1.13)式の左辺は限界代替率を表し，右辺は予算制約線の傾きを表す。

2 制度間の消費者行動の比較分析

本節では，前節の基本モデルをベースに再生可能エネルギーの固定価格買取制度の下での余剰買取制度と全量買取制度における消費者行動を比較し，各制度の長所と短所を検討する。

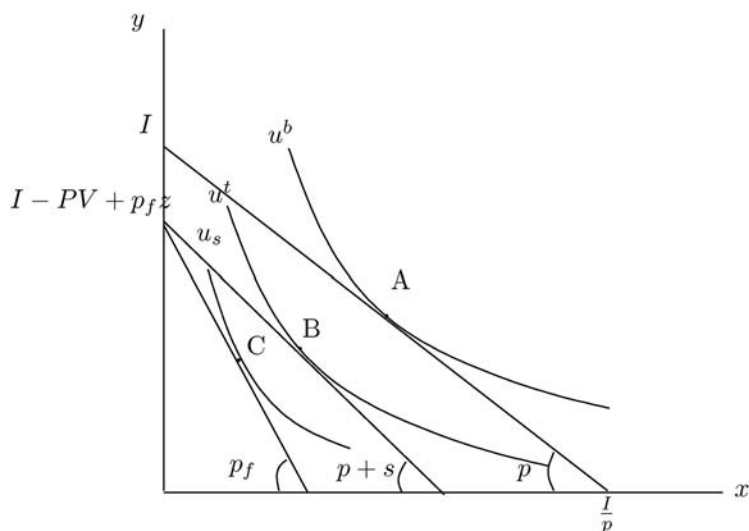
はじめに前節で定式化された基本モデル，余剰買取制度，全量買取制度における効用最大化問題を無差別曲線と予算制約線のグラフを利用して視覚的に整理する。図1は横軸を電力消費量 x ，縦軸を合成財の消費量 y とする，3本の予算制約線は右から基本モデル，全量買取制度，余剰買取制度の予算制約線となり，傾きはそれぞれ p ， $p+s$ ， p_f である。 $p < p+s$ が成り立つことは明らかだが， $p+s$ と p_f の大小関係は次の理由より $p+s < p_f$ となる。固定価格買取制度では再生可能エネルギーの買取価格 p_f は再生可能エネルギー普及のため，一般の電力量料金 p より高く設定されている。一方，再生可能エネルギーを買い取る原資はすべての電力消費者から賦課金（サーチャージ） s として広く薄く徴収される。そのため，買取価格 p_f は一般の電力量料金に上乗せした $p+s$ より高くなる⁴。次に，図1の縦軸と予算制約線が交わる点を確認する。基本モデルでは，その交点は $(x,y)=(0,I)$ となり，全量買取制度，余剰買取制度の予算線と縦軸が交わる点とともに $(x,y)=(0,I-PV+p_fz)$ となる。最後に3つの無差別曲線を見ると，予算制約線と同様に右から基本モデル，全量買取制度，余剰買取制度における無差別曲線となり，右上に行くほど効用が高い。基本モデル，全量買取制度，余剰買取制度における最適点はそれぞれ点A，B，Cで表している。

基本モデルは固定価格買取制度が導入される前の予算制約のもとで効用を最大化するため，最も効用が高く，電力消費量，合成財の消費量が一番多い。次に高いのが全量買取制度で，電力という財・サービスが正常財と仮定すれば，電力消費量は基本モデル，全量買取制度，余剰買取制度の順に減っていく。

固定価格買取制度を導入する場合，図1から余剰買取制度と全量買取制度で消費者行動の変化を読み取ることができ，次の2点が言える。1つは効用水準の違いである。余剰買取制度における予算制約線の傾きは p_f ，全量買取制度の予算制約線の傾きは $p+s$ で， $p+s < p_f$ が成り立つため，余剰買取制度の予算制約線の方が全量買取制度の予算制約線より原点に近く，予算制約が厳しい。そのため，余剰買取制度における効用水準は低くなる。しかしながら，余剰買取制度における電力消費量は全量買取制度と比べれば少ないことが分かる（図1における点Cと点Bからそれぞれ横軸に向かって真下に進むと各制度における電力消費量になる）。余剰買取制度は予算制約が厳しくなることから，電力消費量を抑える（すなわち節電，省エネをより積極的に行う）可能性があり，東日本大震災以降の原子力発電所の稼働停止による電力不足を回

4 日本の場合，太陽光発電（10kWh未満）だと2013年9月時点で買取価格は38円で，課徴金は0.35円/kWhである。

図1：基本モデルと各制度における予算制約線と無差別曲線



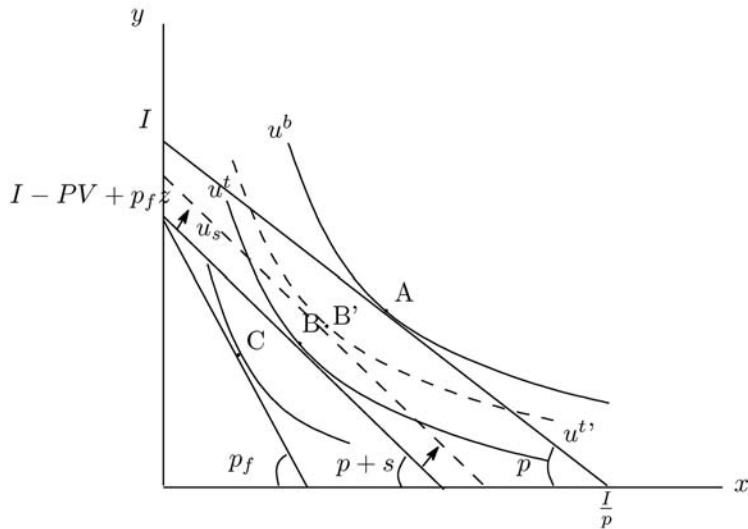
避する1つの有効な手段になる可能性がある。2点目としては、再生可能エネルギーの普及の点から言えば、FIT制度導入前の基本モデルの次に効用水準が高い全量買取制度を実施するほうが、消費者の経済的な負担は余剰買取制度より小さいため、普及政策としては効果が高いと言える。

ところで、現在の日本における再生可能エネルギー普及政策はFIT制度だけではなく、再生可能エネルギー発電設置者に対する国や地方自治体からの補助金制度がある。例えば、一般家庭が太陽光発電を設置する際に補助金を受給することができれば、固定価格買取制度における予算制約線が補助金分だけ右上にシフトすることになり、効用が改善される。図2を用いてこの点について説明する。図2では、全量買取制度において太陽光発電を設置した電力消費者が補助金を受給したケースを描いている。補助金の受給はその額だけ、全量買取制度における予算制約線を右上にシフトさせ、点線のような予算制約線になる。この予算制約の下で効用を最大化する点は点B'となり、効用は u' となる。余剰買取制度においても補助金の受給は予算制約線を右上にシフトさせ、効用が高くなる。ただし、補助金による効用が改善するのは、再生可能エネルギー発電を設置する電力消費者のみであり、再生可能エネルギー発電を設置しない、または設置できない電力消費者の予算制約線は影響を受けない。

3 おわりに

本稿では、再生可能エネルギー普及政策の1つである固定価格買取制度に焦点をあて、この制度において電力消費者が余剰買取制度と全量買取制度のそれぞれに直面した際に、どのよう

図2：再生可能エネルギー発電装置設置に補助金を給付する場合



な影響を受けるかを消費者行動モデルを用いて検討した。余剰買取制度だと全量買取制度に比べて太陽光発電を設置した電力消費者の予算制約が厳しくなるため、効用が小さくなる。しかしながら、電力消費量が全量買取制度の場合より少ないため、余剰買取制度は節電、省エネ効果が高いといえる。一方、全量買取制度は余剰買取制度より電力消費者の予算制約が緩くなるため、効用水準は高くなるが、電力消費量が余剰買取制度の場合より多くなり、全量買取制度は余剰買取制度ほど節電、省エネ効果が高くない。さらに、再生可能エネルギーの普及の点から言えば、再生可能エネルギー導入にかかる消費者の経済的な負担は全量買取度の方が小さいため、全量買取制度が普及政策として好ましいことを示した。

消費者行動の経済モデルから以上のような含意が得られたが、本モデルでは十分に考察されなかった点と今後の検討課題について3点述べる。

現在の電力不足は原子力発電所の稼働停止が大きな理由であるが、特に電力が不足するのは猛暑や厳冬の日の電力需要がピークになる時間帯である。夏の時期だとそのピーク時間は午後13時から17時、冬の時期だと7時から9時と18時から20時にあたる。本稿におけるモデルは静学モデルであるため、現在の電力不足問題を回避するために、より一層詳細な解決策を提示することには限界がある。ただ、余剰買取制度はピーク時間の電力消費を抑え、ピークオフの時間帯に電気の消費をシフトさせる誘因が働く可能性が十分にある。というのも、夏のピーク時間帯の天気の良い日は太陽光発電が稼働し、その時間帯に自家消費を抑えれば売電による収入が増える可能性があるためである。ただ、今後太陽光発電が普及し、電力需要が少なくなる春や秋の時期には、太陽光発電による電力が余ることになり、電力系統が不安定になる可能性がある⁵。この点に関しては、余剰電力の貯蔵技術の開発がより一層進められる必要がある。

5 松村(2010)は、余剰買取制度は電力消費を太陽光発電の稼働時間帯から不稼働時間帯にシフトさせる誘因を与えることからゆがみをもたらす可能性を指摘する。

2つめは、全量買取制度の限界についてである。地球温暖化問題に関する議論において、大橋（2009）によれば、2020年で温室効果ガス排出量を1990年比で25%削減するために必要な太陽光発電量は2005年比で55倍（7900万kW）と述べ、この目標を達成するのに余剰買取制度から全量買取制度に変更しても不十分であると指摘する。もし全量買取制度で実現を試みるのなら、高い買取価格（48円/kWh）を20年間保証し、送配電網の安定化費用が必要となり、消費者の負担が莫大になる恐れがあると言う。そのため、全量買取制度の限界、費用便益を十分に考慮する必要がある。

最後に、本稿では経済理論モデルによる再生可能エネルギーの理論的分析を試みたが、再生可能エネルギーに関するデータを用いた実証分析も行われる⁶。今後の研究の方向性の1つとして、本稿における経済理論モデルを公表されているデータを用いて分析し、余剰買取制度と全量買取制度における現実の消費者の経済行動について検証することである。

参考文献

- [1] Haas, R. et al (2004): “How to promote renewable energy systems successfully and effectively,” *Energy Policy*, Vol.32(6), pp. 833-839.
- [2] 花田真一（2012）：『再生可能エネルギー普及政策の経済評価』，三菱経済研究所。
- [3] 松村敏弘（2010）：「太陽光発電，全量購入を」，日本経済新聞 経済教室 2010年8月20日朝刊。
- [4] Menanteau, P. et al (2003): “Prices versus quantities: choosing policies for promoting the development of renewable energy” *Energy Policy*, Vol.31(8), pp. 799-812.
- [5] 大橋 弘，明城 聡①（2009）：「住宅用太陽光発電の普及に向けた公的補助金の定量分析」，ディスカッション・ペーパー NO.56，科学技術政策研究所 第1研究グループ。
URL : <http://hdl.handle.net/11035/488>（アクセス日：2013年9月30日）。
- [6] 大橋 弘，明城 聡②（2009）：「太陽光発電の普及に向けた新たな電力買取制度の分析」，ディスカッション・ペーパー NO.57，科学技術政策研究所 第1研究グループ。
URL : <http://hdl.handle.net/11035/471>（アクセス日：2013年9月30日）。
- [7] 大橋 弘（2009）：「太陽光発電の買い取り制度 「全量購入」には問題点も」，日本経済新聞 経済教室 2009年11月10日朝刊。
- [8] 大島堅一（2010）：『再生可能エネルギーの政治経済学』，東洋経済新報社。

6 例えば，大橋，明城①（2009），大橋，明城②（2009），花田（2012）を参照。