



RIETI Discussion Paper Series 13-J-070

再生可能エネルギー普及促進策の経済分析
～固定価格買取(FIT)制度と再生可能エネルギー利用割合基準
(RPS)制度のどちらが望ましいか?～

日引 聡
上智大学

庫川 幸秀
東京工業大学



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所

<http://www.rieti.go.jp/jp/>

再生可能エネルギー普及促進策の経済分析

～固定価格買取（FIT）制度と再生可能エネルギー利用割合基準（RPS）制度

のどちらが望ましいか？～¹日引 聡（上智大学）²、庫川 幸秀（東京工業大学）

要 旨

再生可能エネルギーの導入を促進する政策手段として、近年、日本でも導入され、注目されているものに、固定価格買取（FITと略称する）制度、再生可能エネルギー利用割合基準（以下ではRPSと略称する）制度がある。本稿では、独占的に価格支配力を持つ一般電気事業者（外部費用を伴う火力発電）と価格受容者として競争的に行動する再生可能エネルギー事業者（外部費用を伴わない再生可能エネルギー）が発電を行う場合、FIT制度とRPS制度のどちらが経済厚生上望ましいかについて明らかにすることを目的としている。

RPS制度では、電力小売市場と再生可能エネルギー市場において一般電気事業者は価格支配力を発揮できる一方で、発電に応じて再生可能エネルギーを購入しなければならないため、発電の限界費用は大きくなる。一方、FIT制度では、一般電気事業者は電力小売市場で価格支配力を発揮できるが、再生可能エネルギー市場において買取価格が固定されているため、価格支配力は発揮できない。

分析の結果、限界外部費用が大きい場合には、RPS制度を実施することが望ましいことが明らかになった。これは、限界外部費用が大きい場合、発電限界費用を引き上げることで経済厚生へのロスを減少させることが、価格支配力による経済厚生へのロスと比較して、相対的に経済厚生への改善に役立つからである。さらに、RPS制度の場合、一般電気事業者に対して適切な初期割当を実施することで、ファーストベストを実現できることが明らかになった。

キーワード：固定価格買取制度、FIT制度、再生可能エネルギー利用割合基準制度、RPS制度、再生可能エネルギー、次善策、初期割当

JEL: L13, L94, Q28, Q48, Q58

RIETI ディスカッション・ペーパーは、専門論文の形式でまとめられた研究成果を公開し、活発な議論を喚起することを目的としています。論文に述べられている見解は執筆者個人の責任で発表するものであり、(独)経済産業研究所としての見解を示すものではありません。

¹本稿は(独)経済産業研究所におけるプロジェクト「大震災後の環境・エネルギー・資源戦略に関わる経済分析」の成果の一部である。本稿を作成するに当たっては、赤尾健一氏、大橋弘氏、岡田洋祐氏、寶多康弘氏、東田啓作氏、藤田昌久氏、馬奈木俊介氏、森川正之氏、森田玉雪氏、経済産業研究所ディスカッション・ペーパー検討会参加者の方々から多くの有益なコメントをいただいた。

²〒102-8554 東京都千代田区紀尾井町7-1 上智大学経済学部 E-mail:hibiki@sophia.ac.jp

第1節 はじめに

地球温暖化防止のために、二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの排出削減が国際的に重要な政策課題になっている。二酸化炭素の排出削減促進策の一つとして、太陽光発電、風力発電など再生可能エネルギーの導入促進が期待されている¹。再生可能エネルギーは、化石燃料を中心とした従来のエネルギーに比べて、環境負荷が小さいというメリットがある一方で、コスト高、発電の不安定性の問題という障害があるため、その導入が社会的に望ましいものであったとしても、政府による政策支援がなければ、十分普及しない。

再生可能エネルギーの導入を促進する政策手段には、設備導入に対する補助金や固定価格買取（Feed-in Tariff、以下では、FIT と略称する）制度、再生可能エネルギー利用割合基準（Renewables Portfolio Standard、以下では RPS と略称する）制度など、様々なものがある。中でも、近年注目されている政策手段に、FIT 制度と RPS 制度がある。

FIT 制度は、再生可能エネルギーによる発電に対して、通常の電気料金より高い料金を設定して、非再生可能エネルギー事業者による買取りを義務付ける制度をいう。この制度を導入したドイツでは、電力総発電量に対する再生可能エネルギー発電割合が 2000 年に 6.3%であったものが、2007 年末には倍増し、導入促進に大きな役割を果たしたと評価されている。一方、RPS 制度は、非再生可能エネルギーによる発電事業者に対して、その販売電力量に応じて一定割合以上の再生可能エネルギーによる発電量の調達を義務づけるものである。再生可能エネルギー発電の電力価格は、政府によって決められるのではなく、再生可能エネルギー発電市場の需給を反映して決定されるという特徴がある。

REN21（Renewable Energy Policy Network for the 21st Century）（2013）によると、2013 年時点で 127 カ国において何らかの再生可能エネルギー普及支援策が導入されている。また、71 カ国が国レベルで、28 の州が州レベルで FIT 制度を採用しているのに対し、RPS 制度は 22 カ国が国レベルで、54 の州（米国、カナダ、インドなど）が州レベルで採用しており、FIT 制度の導入に比べて RPS 制度の導入が少ない。日本では 2003 年 4 月 1 日から「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」に基づいて RPS 制度が、また、2012 年 7 月 1 日から FIT 制度（固定価格全量買取制度）が実施されている。

FIT 制度や RPS 制度に関する先行研究としては Amundsen, Bergman (2012)、Amundsen, Mortensen (2001)、Jensen, Skytte (2002)、Tanaka and Chen (掲載予定)、庫川 (2013) などがあるが、両制度を比較し、経済厚生観点からどちらの制度の導入が望ましいかを理論的に分析した研究はない。

外部費用を伴う非再生可能エネルギー発電（火力発電など）事業者が電力小売市場及び再生可能エネルギー市場（あるいは、再生可能エネルギー証書市場）において、価格支配力を持ち、外部費用を伴わない再生可能エネルギー事業者が再生可能エネルギー市場において競争的に行動する場合、RPS 制度の下では、小売市場では、売り手独占企業による過少供給による非効率性、外部費用による非効率性、再生可能エネルギー市場における買い

¹環境省の中央環境審議会地球環境部会中長期ロードマップ小委員会が 2010 年 12 月に発表した中間整理では、2020 年までに温室効果ガスを 1990 年比で 15 %削減するためには、再生可能エネルギーが一次エネルギー供給に占める割合を直近（2010 年 12 月現在）の約 5 %から約 10 %にまで、25 %の削減目標を達成するには 12 %にまで引き上げる必要があるとしている。ただし、これは 2020 年にかけて原子力発電所 9 基が新增設されることを前提とした推計であり、東日本大震災以降原子力発電所の新增設がすすまない状況下では、さらなる再生可能エネルギー導入量が求められる。（庫川（2013））

手独占による再生可能エネルギー過小生産による非効率性の3つの非効率性の要因が存在する。しかし、非再生可能エネルギー発電事業者は、発電に応じて再生可能エネルギー（あるいは証書）を購入しなければならないため、外部費用によって生じる非効率性を是正する機能を持つ。一方、FIT制度の下では、小売市場では、売り手独占的企業による過少供給による非効率性、外部費用による非効率性の2つの非効率性の要因が存在する。しかし、再生可能エネルギーによる発電価格が固定されているため、再生可能エネルギー市場における買い手独占企業の価格支配力に起因する非効率性は存在しない。しかし、RPS制度のように、発電の限界費用を高める効果はないため、外部費用を是正する機能をもたない。このため、RPS制度とFIT制度を比較すると、必ずしも常に一方が他方より優れているとは言えない。

そこで、本稿では、このような市場において、FIT制度とRPS制度のどちらが経済厚生上望ましいかについて明らかにする。本研究の主要な結論は、

(1)限界外部費用が大きい場合には、RPS制度の下で次善策を実施することが望ましく、逆の場合には、FIT制度の下で次善策を実施することが望ましい

(2)RPS制度の場合、一般電気事業者に対して適切な初期割当を制度の盛り込むことで、ファーストベストを実現できる

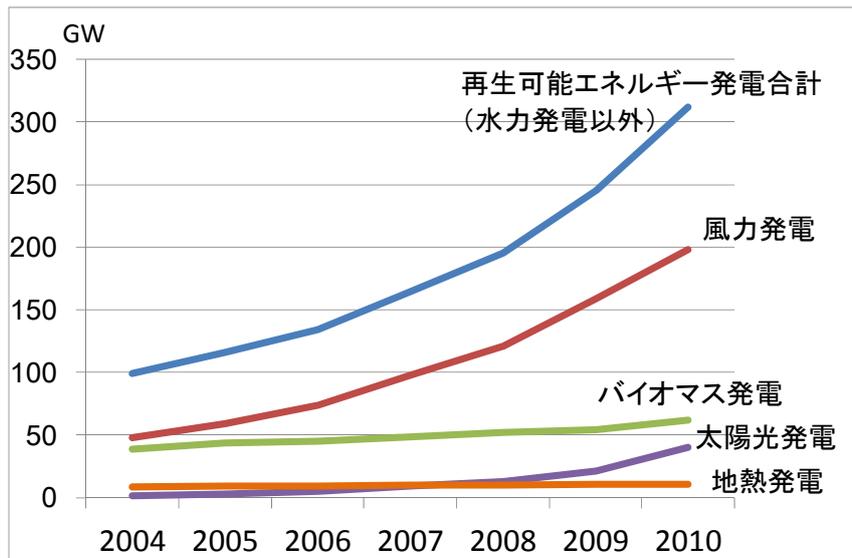
(3)外部性が存在し、再生可能エネルギー市場及び小売市場において価格支配力をもつ企業が存在する場合、非再生可能エネルギー事業者の再生可能エネルギー需要（あるいは、再生可能エネルギー証書保有義務量）に等しい初期割当を実施することが必ずしもファーストベストの条件ではなく、Hahn(1984)の結論が修正される。特に、私たちが現在直面する温暖化問題において、外部不経済効果を持つ火力発電を減らすことが社会的に望ましい場合には、一般電気事業者に対して、初期割当が証書保有義務量を下回るように設定することが望ましくなる。

以下、第2節では、FIT制度及びRPS制度導入の現状と日本の制度について説明する。次いで、第3節では、分析のモデルを説明し、再生可能エネルギー導入促進のための政策が実施されない場合の市場均衡について説明する。第4節では、FIT制度及びRPS制度を導入した場合の市場均衡について説明し、第5節では、FIT制度及びRPS制度のそれぞれにおいてセカンドベスト政策を実施した場合の社会厚生を比較し、どちらの制度が望ましいかについて議論する。第6節では、RPS制度において、初期配分をルールに盛り込むことでファーストベストを実現できることを示し、第7節で結論を要約する。

第2節 FIT制度及びRPS制度導入の現状と日本の制度

2.1 再生可能エネルギーの導入状況と導入促進策の現状

再生可能エネルギーとは、太陽光、風力、波力、潮力、地熱、バイオマスなどから得られるエネルギーをいう。2008年時点で、全世界の最終エネルギー消費の13%が伝統的バイオマス、3.2%が水力、0.7%が風力・太陽光・バイオマス・地熱による発電であり、約19%が再生可能エネルギーによるものであり（REN21 (2011)）、水力を除くと、再生可能エネルギーの中でも、太陽光、風力、地熱などへの依存度は、非常に低い。ただ、近年、世界で新設される発電所に占める再生可能エネルギー発電割合は急速に伸びている。とりわけ、図1に示すように、バイオマスや地熱はあまり増加していないが、風力発電や太陽光発電は伸びており、特に風力発電の伸びは顕著である。（日引・庫川（2012））



(出所) 日引・庫川 (2012) 図1を抜粋

図1 世界の再生可能エネルギー発電設備容量の推移

再生可能エネルギーの導入を促進する政策手段として、近年注目されているものに、FIT制度、RPS制度がある。FIT制度を導入したドイツでは、電力総発電量に対する再生可能エネルギー発電割合が2000年に6.3%であったものが、2007年末には倍増し、導入促進に大きな役割を果たしたと評価されている。

REN21 (2013) によると2013年時点で127カ国において何らかの再生可能エネルギー普及支援策が導入されている。また、71カ国が国レベルで、28の州が州レベルでFIT制度を採用しているのに対し、RPS制度は22カ国が国レベルで、54の州（米国、カナダ、インドなど）が州レベルで採用している。表2に示すように、欧州ではFIT制度を採用する国が多いのに対して、米国各州ではRPS制度の導入が主流になっている。米国については、2013年3月時点で29の州とワシントンDC及び2つのアメリカ領がRPS制度を採用しており²、FIT制度を採用しているのは5つの州にとどまっている³。

2.2 日本の再生可能エネルギー発電促進政策

日本では、2003年4月1日から「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」に基づいてRPS制度が開始された。2012年7月1日からは「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」に基づいて再生可能エネルギー全量買取制度が実施されている。

2.2.1 RPS制度

日本のRPS制度は、太陽光発電、風力発電、バイオマス発電、1000kW以下の水力発電を再生可能エネルギー発電の対象とし、電気事業者は、その販売量の一定割合について、

² DSIRE HP (http://www.dsireusa.org/documents/summarymaps/RPS_map.pdf) を参照。

³ REN21 (2013)を参照。

以下の3つのいずれかの義務を果たさなければならない⁴。

①自ら再生可能エネルギー発電を行う

表2 EU27ヶ国の制度導入状況

	FIT 制度	RPS 制度	最終エネルギーに占める再生可能エネルギーの割合 (%)	
			2011年 (または 2010年)	2020年目標
スウェーデン		○*	48	50
オーストリア	○		31	45
ラトビア	○		33	40
フィンランド	○		33	38
デンマーク	○		26	35
ポルトガル	○	○	25	31
エストニア	○		26	25
スロベニア	○		19	25
ルーマニア		○	24	24
フランス	○		13	23
リトアニア	○	○	18	23
スペイン	○		15	20.8
ギリシャ	○		11	20
ドイツ	○		12	18
イタリア	○	○	12	17
ブルガリア	○		13	16
アイルランド	○		6.2	16
ポーランド		○	11	15
イギリス	○	○	3.8	15
ハンガリー	○		8.2	14.7
オランダ	○		4.4	14
スロバキア	○		9.5	14
チェコ	○		10	13.5
ベルギー		△**	5.5	13
キプロス	○		6	13
ルクセンブルグ	○		2.8	11
マルタ	○		0.4	10

出典：REN21 (2013)より作成。

*○は国レベルの制度であることを示す。

**△は州レベルの制度であることを示す。

⁴ 制度の詳細については、RPS法ホームページ (<http://www.rps.go.jp/RPS/new-contents/top/main.html>) を参照。

- ②他の事業者から再生可能エネルギーによる電力を購入する
- ③上記の①及び②でも義務量を達成できない事業者は「再生可能エネルギー電気相当量（グリーン証書）」を、再生可能エネルギーを発電した他の事業者から購入する

資源エネルギー庁によるグリーン証書の価格に関する調査によると、平成 17～22 年の証書価格は、5 円前後で安定的に推移している。なお、証書と同時に、電力も購入する場合の価格は、風力で、10～11 円/kWh、水力で、7～9 円/kWh バイオマスで、8～9 円/kWh 前後となっている。表 3 からわかるように、RPS 制度による、再生利用可能エネルギー発電の利用目標は、1.37%程度（2011 年度）であり、この制度による再生可能エネルギー発電の促進効果は限定的であるといわざるを得ない。

表 3 日本の RPS 制度の各年度利用目標量

	利用目標量 (億 kwh) *	一般電気事業者 10 社発 受電電力量 (億 kWh) **	利用目標量÷発受電 電力量×100 (%)
2003 年度	73.2	9,136.0	0.80
2004 年度	76.6	9,476.0	0.81
2005 年度	80.0	9,649.3	0.83
2006 年度	83.4	9,713.3	0.86
2007 年度	86.7	10,034.9	0.86
2008 年度	92.7	9,718.7	0.95
2009 年度	103.8	9,397.4	1.10
2010 年度	124.3	9,876.6	1.26
2011 年度	128.2	9,372.0	1.37

*利用目標量は RPS 法 HP (<http://www.rps.go.jp/RPS/new-contents/top/toplink-1.html>) を参照。

**発受電電力量とは、「電力会社の発電電力量に他社からの受電電力量および他電力との融通電力量（差引）を加え、そこから揚水式水力発電所の水を汲み揚げるときに消費した電力量を差し引いたもの」（電気事業連合会 HP (http://www.fepc.or.jp/library/words/keiei/shihyou/kyoukyuu/1225643_4546.html) を参照。）また、一般電気事業者 10 社発受電電力量は電気事業連合会 HP、発受電実績を参照 (<http://www.fepc.or.jp/library/data/hatsujuden/index.html>)。

2.2.1 全量買取制度

固定価格による全量買取制度については、2011 年 8 月 26 日に「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」が成立し、2012 年 7 月 1 日から施行されている。現在、それ以前に導入された余剰電力買取制度（太陽光発電を対象）と全量買取制度が併存しているが、2015 年 3 月頃両制度は固定価格買取制度として一本化される予定である。

この制度は次のような特徴を持っている。

- ①余剰電力買取制度が対象にしていた太陽光に加え、風力、中小水力、地熱、バイオマスなどにも対象を広げた。
- ②メガソーラ等の発電事業用太陽光発電設備については、全量買取制度を適用し、住宅等における小規模な太陽光発電については、現在の余剰買取制度を適用する。

③買取価格や買取期間は、表4の通り。

④電力会社は、買取のための財源として、電力価格にサーチャージを課すことが認められている。

この制度の導入により、再生可能エネルギーが3200万～3500万kW程度増加し、二酸化炭素が2400～2900万トン程度（国内排出量の1.8～2.2%程度）削減されることが期待されている。

表4 固定価格買取制度下での買取価格（25年度）と買取期間

	発電設備容量発電方式		買取単価(税込)	買取期間
	太陽光	10kW未満	太陽光発電設備単独の場合	38円
自家発電設備等を併設の場合			31円	
10kW以上		37.8円	20年	
風力	20kW未満			57.75円
	20kW以上			23.1円
水力	200kW未満			35.7円
	200kW以上、1,000kW未満			30.45円
	1,000kW以上、30,000kW未満			25.2円
バイオマス	メタン発酵ガス化発電			40.95円
	未利用木材燃焼発電			33.6円
	一般木材等燃焼発電			25.2円
	リサイクル木材燃焼発電			13.65円
	廃棄物(木質以外)燃焼発電			17.85円
地熱	15,000kW未満			42円
	15,000kW以上		27.3円	

(出典:資源エネルギー庁、<http://www.enecho.meti.go.jp/saiene/kaitori/kakaku.html>)

EUにおいてFIT制度を実施している国のいくつかについて、その買取価格と買取期間を表にまとめると、表5～7の通りになる。日本では太陽光に比べ風力、水力、バイオマス、地熱の買取期間が長く、買取価格も比較的高い水準に設定されている。ドイツやスペインでは太陽光の買取価格が他の発電方式に比べ高く設定されており、イタリアでは買取価格はやや低めに設定されているが買取期間が他の電源より長く設定されている。再生可能エネルギーの発電コストは地理的条件に左右される点には注意が必要であるが、日本ではこれらの国に比べ太陽光以外の電源に対する支援が相対的に手厚くなっているといえる。ところが日本において制度導入以降太陽光以外の導入はあまり進んでいない。

経済産業省によると、2012年7月から（全量買取制度実施以降）2月までの8カ月間に

運転開始した再生可能エネルギー発電設備容量は、135.2kW であった。2011 年度末の累積導入量が約 2,000kW であったことを考えると、急速に再生可能エネルギー発電が増加している。しかし、増加した発電設備容量の 93%が太陽光発電であり、風力、水力、地熱など他の再生可能エネルギー発電設備の普及は進んでいない。日本では、EU 諸国と比較して、風力、水力などに対する買取価格を相対的に高く設定しているにもかかわらず、このように普及が進まない理由として、環境アセスメント、農地法、河川法、温泉法などの障壁が指摘されている。

表 5 2012 年 ドイツの買取価格 (ユーロセント/kWh)

		出力区分等	買取価格	買取期間
太陽光	屋根設置	0~30kW	24.43 (31.88 円)*	20 年
		30~100kW	23.23 (30.32 円)	
		100~1000kW	21.98 (28.68 円)	
		1000kW~	18.33 (23.92 円)	
	平地設置	転換値等	18.76 (24.48 円)	
		その他用地	17.94 (23.41 円)	
風力	陸上風力	0~5 年目	8.93 (22.65 円)	
		6 年目以降	4.87 (6.36 円)	
	洋上風力	0~12 年目	15.00 (19.56 円)	
		13 年目以降	3.50 (4.57 円)	
水力		0~500kW	12.70 (16.57 円)	
		500~2000kW	8.3 (10.83 円)	
		2000~5000kW	6.3 (8.22 円)	
地熱		25 (32.63 円)		
バイオマス		<150kW	14.3 (18.66 円)	
		150~500kW	12.3 (16.05 円)	
		500~5000kW	11 (14.36 円)	
		5000~2 万 kW	6 (7.83 円)	

* () 内の数値は、1 ユーロ=130.5 円 (2013 年 8 月 22 日現在) のレートを使って計算した円建ての買取価格。以下、表 6~7 でも同様。

(出典：資源エネルギー庁買取価格等算定委員会第 1 回配布資料「欧州の固定価格買取制度について」(http://www.meti.go.jp/committee/chotatsu_kakaku/001_06_00.pdf))

表 6 2012 年 スペインの買取価格 (ユーロセント/kWh)

		出力区分等	買取価格	買取期間
太陽光	建物一体型	~20kW	26.62 (34.74 円)	30 年
		20~2000kW	19.32 (25.21 円)	
	地上設置型	~1 万 kW	12.17 (15.88 円)	
風力	陸上風力	0~20 年目	8.127 (10.61 円)	-
		21 年目以降	6.7921 (8.86 円)	

	洋上風力	0～25年目	7.3425 (9.58 円)	
		26年目以降	6.6083 (8.62 円)	
水力 (～1万kW)		～25年目	8.6565 (12.30 円)	-
		26年目以降	7.7909 (10.17 円)	
地熱		～20年目	7.6467 (9.98 円)	-
		21年目以降	7.2249 (9.43 円)	
バイオマス		～15年目	5.9487～17.6339* (7.76～23.01 円)	
		16年目以降	5.9487～13.703* (7.76～17.88 円)	

*買取価格は、バイオマスの分類によって異なる。

(出典：資源エネルギー庁買取価格等算定委員会第1回配布資料「欧州の固定価格買取制度について」
(http://www.meti.go.jp/committee/chotatsu_kakaku/001_06_00.pdf)

表7 2012年 イタリアの固定価格及びプレミアム価格 (ユーロセント/kWh)

		出力区分等	買取価格	買取期間
太陽光	建物設置	1～3kW	27.4 (35.76 円)	20年
		3～20kW	24.7 (32.23 円)	
		20～200kW	23.3 (30.41 円)	
		200～1000kW	22.4 (29.23 円)	
		1000～5000kW	18.2 (23.75 円)	
		5000kW～	17.1 (22.32 円)	
	平地設置	1～3kW	24.0 (31.32 円)	
		3～20kW	21.9 (28.58 円)	
		20～200kW	20.6 (26.88 円)	
		200～1000kW	17.2 (22.45 円)	
		1000～5000kW	15.6 (20.36 円)	
		5000kW～	14.8 (19.31 円)	
風力 (～200kW)			30.0 (39.15 円)	15年
水力			22.0 (28.71 円)	
地熱			20.0 (26.1 円)	
バイオマス、バイオガス等			28.0 (36.54 円)	
埋め立てガス、下水ガス等			18.0 (23.49 円)	

(出典：資源エネルギー庁買取価格等算定委員会第1回配布資料「欧州の固定価格買取制度について」
(http://www.meti.go.jp/committee/chotatsu_kakaku/001_06_00.pdf)

第3節 モデル

3.1 先行研究のレビュー

FIT 制度や RPS 制度を対象にした研究はいくつかある。Amundsen and Bergman (2012)では、クールノー寡占的な電力小売市場と完全競争的な再生可能エネルギー証書取

引市場（RPS 制度）の場合と、ともにクールノー寡占的な電力小売市場及び再生可能エネルギー取引市場の場合を比較し、前者と比較して、後者の場合、再生可能エネルギーによる発電が減少することを明らかにしている。Tamas, et al (2010)は、クールノー競争的な電力小売市場と完全競争的な再生可能エネルギー証書取引市場を想定し、FIT 制度と RPS 制度を比較し、イギリスを対象にしたシミュレーション分析によって、FIT 制度よりも RPS 制度の方が経済厚生が高くなることを明らかにしている。Jensen and Skytte (2002)は、競争的な電力小売市場と再生可能エネルギー証書取引市場を想定し、RPS 制度が均衡価格や発電量に与える影響を分析している。Amundsen and Mortensen (2001)は、競争的な電力小売市場と再生可能エネルギー証書取引市場（RPS 制度）を想定し、市場均衡に与える影響について分析している。その結果、再生可能エネルギー購入義務割合の引き上げは必ずしも再生可能エネルギーの発電量を増加させるとは限らないことを明らかにしている。Tanaka and Chen（掲載予定）は、RPS 制度を対象に、電力小売市場と再生可能エネルギー電力市場の双方において価格支配力を持つ独占的企業と競争的フリンジ企業を前提に、市場支配力の存在が市場均衡に与える影響を分析した。その結果、非再生可能エネルギーを使った発電事業者が価格支配力を有し、再生可能エネルギー発電事業者が競争的に行動する場合、RPS 制度の下では、非再生可能エネルギー事業者は、自分の発電量を減らすことで、再生可能エネルギー発電価格を低下させ、再生可能エネルギー電力供給量を減らす効果を持つことを明らかにしている。庫川（2013）は、Tanaka and Chen（掲載予定）と同様に、電力小売市場および再生可能エネルギー市場の双方において独占的に行動する非再生可能エネルギー電気事業者と再生可能エネルギー市場において競争的に行動する再生可能エネルギー事業者が存在する場合、FIT 制度と RPS 制度が非再生可能エネルギーによる発電量と再生可能エネルギー発電量に及ぼす影響を比較分析している。その結果、両制度で同一の政策目標（再生可能エネルギー導入割合）を達成する場合、FIT 制度の方が RPS 制度より再生可能エネルギー発電量が多くなることを明らかにしている。

以上からわかるように、多くの先行研究は、FIT 制度あるいは RPS 制度が発電量などに与える影響について分析しているが、経済厚生の観点から、RPS 制度と FIT 制度を比較分析し、望ましい制度について議論した研究は、筆者の知る限り Tamas et al. (2010)だけである。しかし、Tamas et al. (2010)では、電力小売市場においてクールノー競争を仮定しながら、再生可能エネルギー市場においては完全競争市場を想定しており、必ずしも整合的な仮定を採用した分析となっていない。特に、日本などのように、小売市場で独占力を発揮する一般発電事業者が、再生可能エネルギー市場において、売り手である小規模な再生可能エネルギー発電事業者に対しても、買手独占的な価格支配力を発揮できる場合には、Tamas et al. (2010)で用いられている仮定は適切ではない。なぜなら、一般電気事業者が再生可能エネルギー市場において、買手独占的な価格支配力をもつ場合、FIT 制度の導入は、価格支配力を消滅させる効果を持つ一方、RPS 制度の導入は、一般電気事業者（買い手）の価格支配力により、再生可能エネルギー事業者による発電を抑制し、経済厚生を低める効果をもつが、Tamas et al. (2010)のモデルではそのことを考慮できないからである。そこで本稿では、電力小売市場だけでなく、再生可能エネルギー取引市場においても電力会社（一般電気事業者）が価格支配力をもつ状況を想定して分析をすすめる。

3.2 モデルと無政策下での市場均衡

本稿では、発電事業者として、一般電気事業者 1 社と再生可能エネルギーによる発電を行う事業者（以下では、再生可能エネルギー事業者と略称する）1 社が存在するケースを考え、Tanaka and Chen（掲載予定）や庫川（2013）と同様に、前者が独占的企業、後者が競争的に行動するフリッジ企業であると仮定する。簡単化のために、一般電気事業者は、火力発電方式で発電するため、単位発電量あたり δ （一定）の限界外部費用が発生するものとする。一方、再生可能エネルギー事業者の発電によって外部費用は発生しないものとする。ただし、再生可能エネルギー事業者は、再生可能エネルギー市場（再生可能エネルギーによる電力を売買する市場）において、一般電気事業者に発電した電力を売却し、一般電気事業者は、自分の発電量と、再生可能エネルギー事業者から購入した電力を合わせた電力を小売市場で消費者に売却するものとする⁵。このとき、一般電気事業者は、小売市場において、独占的な価格支配力（売手独占）を発揮でき、また、再生可能エネルギー市場においても、独占的な価格支配力（売手独占）を発揮できるものとする⁶。

小売市場における電力需要関数、一般電気事業者の発電費用関数、再生可能エネルギー事業者の発電費用関数はそれぞれ以下のとおりであるとする。

$$P = a - b(Q_M + Q_F) \quad (1) \quad C_M = \frac{1}{2}c_M Q_M^2 + FC_M \quad C_F = \frac{1}{2}c_F Q_F^2 + FC_F$$

ただし、 P は電力の小売価格、 C_i は企業 i ($i=M$ （一般電気事業者）、 F （再生可能エネルギー事業者）)の発電費用、 Q_i は企業 i の発電量、 c_i 及び FC_i はそれぞれ企業 i の発電の限界費用のパラメータ及び固定費用である。

再生可能エネルギー普及対策がなかった場合、再生可能エネルギー事業者の電力供給関数は、利潤最大化の一階条件から、次式のように導出される。

$$P_R = MC_F \equiv c_F Q_F \quad (2)$$

ただし、 P_R は再生可能エネルギーによって発電された電力の再生可能エネルギー市場での価格、 MC_F は再生可能エネルギー事業者の限界費用である。

一般発電事業者の利潤関数 π_M は、次式の通りに表される。

$$\pi_M = P(Q_M + Q_F) - C_M - P_R Q_F$$

⁵ 別の市場構造として、再生可能エネルギー事業者が一般電気事業者を通じて電力需要者に電力供給するのではなく、直接、小売市場において電力需要者に供給するケースも考えられる。しかし、本稿では、ここで採用している市場構造を前提に分析することで、FIT 制度及び RPS 制度の分析が容易になることから、この市場構造を前提として分析を進める。

⁶ 日本の電力産業では、家計向け（家計部門）の電力供給については、「総括原価方式」によって電力価格が決定されている（価格規制）。しかし、企業向け（自由化部門）については、1995 年に電力自由化が開始され、企業に対して相対交渉で価格を設定できるようになった。朝日新聞 2012 年 5 月 23 日朝刊によると、過去 5 年間の一般電気事業者 10 社の平均で、販売電力量の 62%が企業向け（自由化市場）、38%が家計向け（価格規制市場）であり、全利益の 31%が企業向け、69%が家計向けによるものであった。このように日本では、電力会社は大半の電力を、自由に価格を設定できる自由化市場で供給している。また、2007 年 4 月時点において、新規参入者（PPS）の自由化部門におけるシェアは約 2%であり、依然として、各地域における一般電気事業者の独占力は大きいものと考えられる。このため、以下の分析のように、一般電気事業者を価格支配者と考え、再生可能エネルギーによる発電事業者を価格受容者と想定した分析は、日本の電力産業の現状から大きくかい離したものではないと考えられる。

(1)、(2)式を考慮すると、利潤最大化条件は、次式の通りになる。

$$MR_M \equiv a - 2b(Q_M + Q_F) = MC_M \equiv c_M Q_M \quad (3)$$

$$MR_M \equiv a - 2b(Q_M + Q_F) = ME_R \equiv 2c_F Q_F (> MC_F) \quad (4)$$

ただし、 MR_M は一般電気事業者の電力販売の限界収入、 MC_M は一般電気事業者の発電の限界費用、 ME_R は一般電気事業者によって購入される再生可能エネルギーに対する限界支出である。(3)式と(4)式は利潤最大化条件が、電力小売市場の限界収入と一般電気事業者の発電の限界費用、一般電気事業者が再生可能エネルギー事業者から購入する再生可能エネルギー電力に対する限界支出額が均等化することであることを表している。

(3)、(4)式から、再生可能エネルギー導入促進に関する政策が実施されない場合の市場均衡は次のようになる。

$$Q_M^0 = \frac{ac_F}{b(2c_F + c_M) + c_F c_M} \quad (5) \quad Q_F^0 = \frac{ac_M}{2b(2c_F + c_M) + 2c_F c_M} \quad (6)$$

$$Q^0 = Q_M^0 + Q_F^0 = \frac{a(c_M + 2c_F)}{2b(2c_F + c_M) + 2c_F c_M} \quad P^0 = \frac{ab(2c_F + c_M) + 2ac_F c_M}{2b(2c_F + c_M) + 2c_F c_M}$$

$$P_R^0 = \frac{ac_F c_M}{2b(2c_F + c_M) + 2c_F c_M} < P^0 \quad (7)$$

ただし、各変数の上付き文字 0 は、対策がない場合の市場均衡であることを表している。

(7)式から分かるように、再生可能エネルギーによって発電された電力が、直接小売市場に供給されるのではなく、再生可能エネルギー市場での取引によって、一般電気事業者を通じて小売市場に供給される場合、再生可能エネルギーの電力価格は、小売市場での電力価格より低くなる。これは、再生可能エネルギー市場において、価格支配力を持つ一般電気事業者が、価格を低く設定することで、再生可能エネルギー発電購入量を減らそうとするからである。

上記の議論を図に表わすと図 1 の通になる。

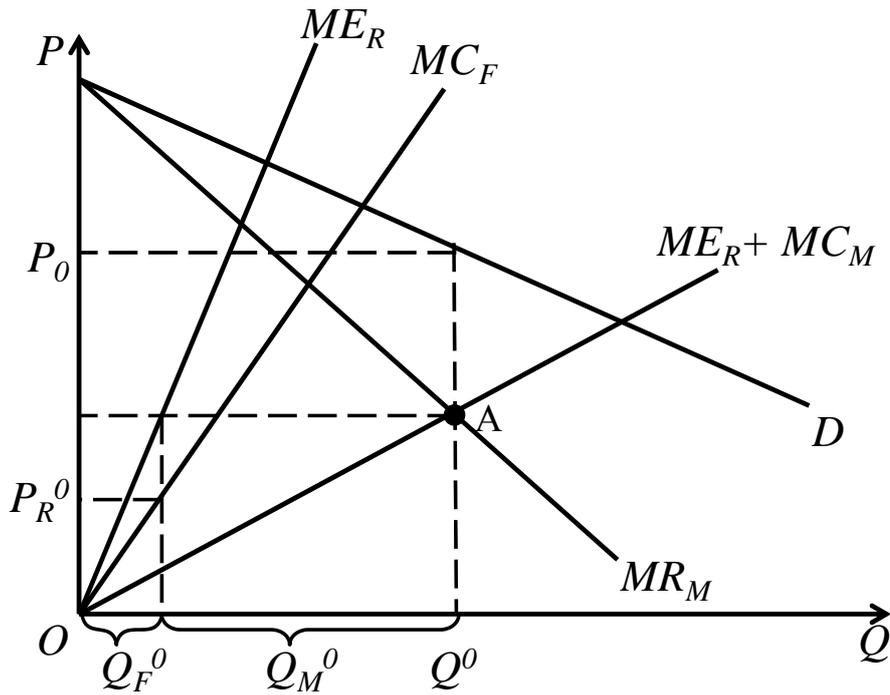


図1 市場均衡における発電量の決定

図からわかるように、点 A において(3)、(4)式が成立している。この結果、電力小売価格は P^0 、再生可能エネルギー電力価格は P_R^0 、再生可能エネルギー発電量は Q_F^0 、一般電気事業者発電量(非再生可能エネルギー発電量)は Q_M^0 、総発電量は Q^0 に決定される。ただし、D は電力需要曲線を表している。また、 $ME_R + MC_M$ は、 ME_R と MC_M を水平方向に足し合わせたものとなっている。

第4節 FIT 制度と RPS 制度下での市場均衡

4.1 FIT 制度下での市場均衡

いま、政府が、再生可能エネルギー発電量について、 $Q_F = \bar{X} (> Q_F^0)$ となる政策目標をもち、それを達成するために必要な再生可能エネルギー買取価格 P_R^{FIT} を設定する場合について、市場均衡を考えよう。(1) 式から分かるように、政策目標と達成するために必要な買取価格の水準が次式のように求められる。

$$P_R^{FIT} = c_F Q_F^{FIT} = c_F \bar{X}$$

一方、FIT 制度下での一般発電事業者の利潤最大化条件は、(3)式によって与えられる。その結果、(3)式と $Q_F = \bar{X}$ より、一般電気事業者の発電量 Q_M^{FIT} および市場に供給される発電量 Q^{FIT} 、小売市場における電力料金 P^{FIT} はそれぞれ次式で求められる。

$$Q_M^{FIT} = \frac{a - 2b\bar{X}}{2b + c_M} \quad (8) \quad Q^{FIT} = Q_M^{FIT} + Q_F^{FIT} = \frac{a + c_M\bar{X}}{2b + c_M}$$

$$P^{FIT} = \frac{ab + c_M(a - b\bar{X})}{2b + c_M}$$

上記の結果から、再生エネルギー買取価格を引き上げ、再生可能エネルギーの導入量を増加させると、一般発電事業者の発電量は減少する一方で、市場全体の電力供給量は増加し、電力価格は低下することがわかる。

このことを図で表すと図 2 の通りになる。

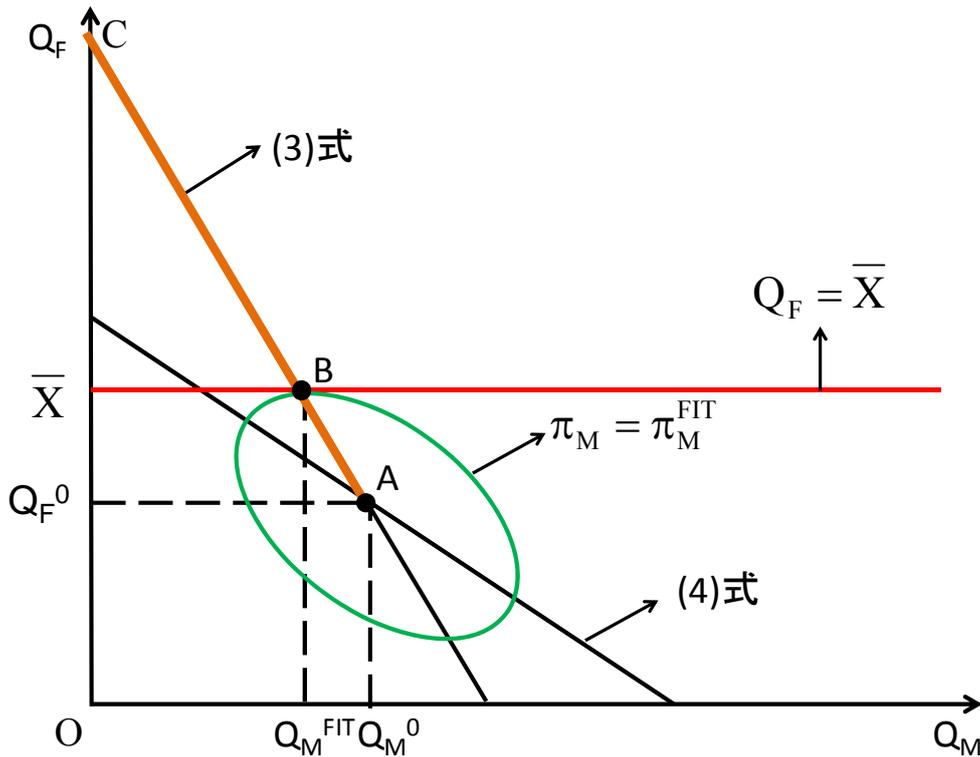


図 2 FIT 制度下の市場均衡と政策なしケースの市場均衡

この図において、点 A は、(3)、(4)式の解に対応しているため、政策が実施されない場合の市場均衡を表している。一方、再生可能エネルギー発電を促進するために、再生可能エネルギー発電量を、 $Q_F = \bar{X} (> Q_F^0)$ となるような固定買取価格を設定する場合、市場均衡は、(3)式と $Q_F = \bar{X}$ によって決定されるため、点 B となる。このとき、点 B を通る楕円は、FIT 制度下での一般電気事業者の利潤が π_M^{FIT} のときの等利潤曲線⁷となっている。

政策目標 $\bar{X} (> Q_F^0)$ を変化させたときの市場均衡における、一般電気事業者の発電量と再生可能エネルギー事業者の発電量の軌跡は、 $Q_F = \bar{X}$ と等利潤曲線の接点の軌跡となっており（すなわち、(3)式と一致する）、(8)式によって与えられる。これを図示すると図 3 に

⁷ (2)式と利潤関数の定義から、次式のような一般電気事業者の等利潤関数が得られる。

$$\left(b + \frac{1}{2}c_M\right)Q_M^2 + 2bQ_MQ_F + (b + c_F)Q_F^2 - aQ_M - aQ_F + (FC_M + \pi_M) = 0$$

ここで、 $4\left(b + \frac{1}{2}c_M\right)(b + c_F) - 4b^2 > 0$ であるから、この式は楕円を表している。円錐曲線における楕円の条件は、Sydsæer et al. (2005) P.8 を参照。

おける線分 AC となる。

4.2 RPS 制度下での市場均衡

いま、RPS 制度の下で、政府が一般電気事業者に対して、(9)式のように、発電量の一定割合 θ の再生可能エネルギー電力を、再生可能エネルギー市場で購入を義務付ける場合を考えよう。

$$Q_F = \theta Q_M \quad (9)$$

(2)式を使うと、一般電気事業者の利潤関数は次式に変形できるから、

$$\pi_M = P(Q_M + Q_F) - C_M - c_F(\theta Q_M)^2$$

利潤最大化条件は次式の通りとなる。

$$(1 + \theta) \left\{ \frac{\partial P}{\partial Q_M} (Q_M + Q_F) + P \right\} = \frac{\partial C_M}{\partial Q_M} + \theta \left\{ \frac{\partial P_R}{\partial Q_F} Q_M + P_R \right\} \quad (10)$$

上式から、一般発電事業者の発電量 Q_M^{RPS} および市場に供給される発電量 Q_F^{RPS} 、電力料金 P^{RPS} 、再生可能エネルギー電気価格 P_R^{RPS} はそれぞれ次式で求められる。

$$Q_M^{RPS} = \frac{(1 + \theta)a}{2b(1 + \theta)^2 + c_M + 2\theta^2 c_F} \quad (11) \quad Q_F^{RPS} = \frac{(1 + \theta)\theta a}{2b(1 + \theta)^2 + c_M + 2\theta^2 c_F} \quad (12)$$

$$P_R^{RPS} = c_F Q_F^{RPS} = \frac{c_F(1 + \theta)\theta a}{2b(1 + \theta)^2 + c_M + 2\theta^2 c_F}$$

$$Q^{RPS} = \frac{(1 + \theta)^2 a}{2b(1 + \theta)^2 + c_M + 2\theta^2 c_F}, \quad P^{RPS} = \frac{a\{b(1 + \theta)^2 + c_M + 2\theta^2 c_F\}}{2b(1 + \theta)^2 + c_M + 2\theta^2 c_F}$$

再生可能エネルギー購入義務割合を θ に設定した場合の市場均衡を図示すると、図 3 の通りになる。すなわち、(9)式の制約条件を表す原点を通る直線に等利潤曲線が接する点 D が市場均衡であり、(10)式を満たしている。

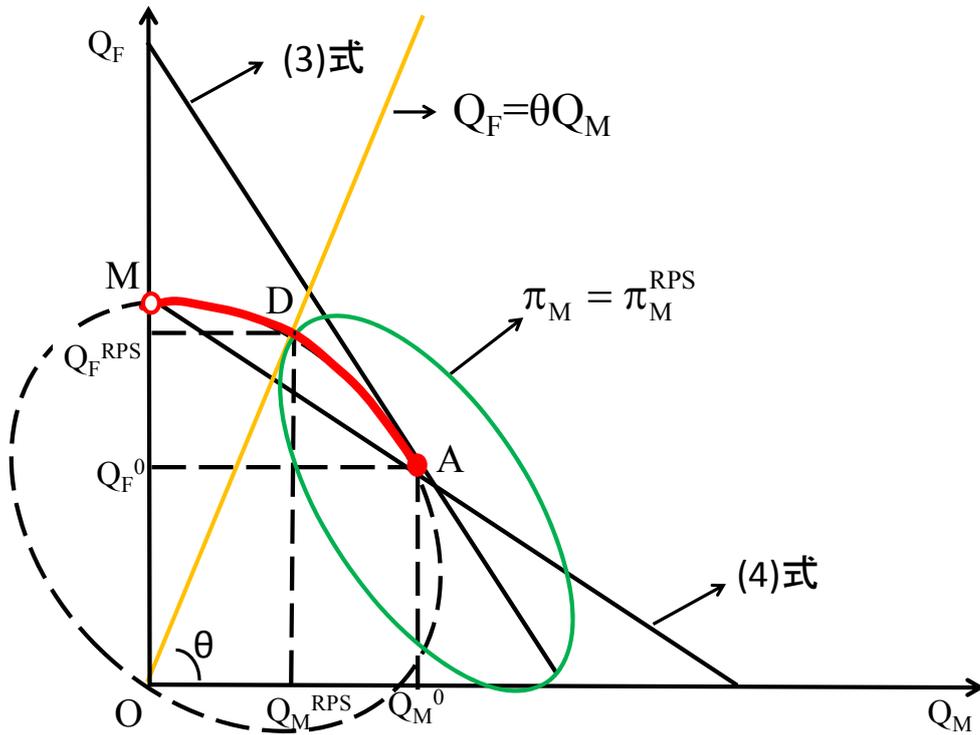


図3 RPS 制度下の市場均衡

政策目標 θ を変化させたときの市場均衡における、一般電気事業者の発電量と再生可能エネルギー事業者の発電量の軌跡は、次式によって与えられる⁸。

$$(2b + c_M)Q_M^{RPS^2} + 4bQ_M^{RPS}Q_F^{RPS} + 2(b + c_F)Q_F^{RPS^2} - aQ_M^{RPS} - aQ_F^{RPS} = 0$$

ただし、分析として意味を持つのは、 $\theta \geq \frac{Q_F^0}{Q_M^0}$ の範囲に対応する Q_M^{RPS} 、 Q_F^{RPS} である。したがって、これを図示すると、図3のAMの曲線部分となる。図からわかるように、 θ の上昇は、非再生可能エネルギーによる発電量を減少させるが、一般に再生可能エネルギー発電量を増加させる。しかし、楕円の性質から、 θ が一定の値を越えると、 θ の上昇は再生可能エネルギーによる発電量を減らすケースが生じることもありうることに注意する必要がある。

4.3 政策目標と市場均衡の比較

ここで、政策の効果を FIT 制度と比較するために、FIT 制度と同じ政策目標 $Q_F = \bar{X}_0$ を達成するような RPS 制度を考えた場合の市場均衡について検討しよう。図4は、FIT 制度下での市場均衡における Q_M と Q_F の軌跡 (図2) と RPS 制度下での軌跡 (図3) を同時に描いたものである。

⁸ 円錐曲線における楕円の条件より、 $8(b + c_F)(2b + c_M) - 16b^2 = 8\{(2c_F + c_M)b + c_F c_M\} > 0$ であるから、この式は楕円を表している。この楕円は、直線 MA の切片を通っていることに注意する必要がある。

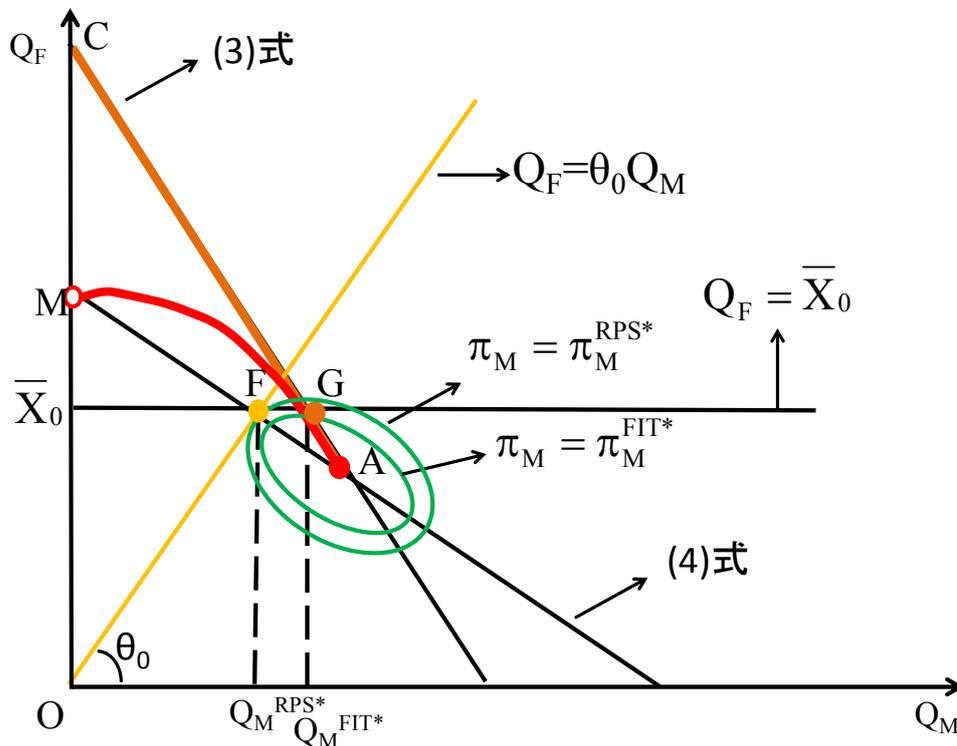


図4 FIT制度とRPS制度における市場均衡の比較

図からわかるように、FIT制度で政策目標を達成する場合、点Gにおいて市場均衡が達成され、RPS制度で同じ政策目標を達成する場合、政府が設定すべき再生可能エネルギー購入義務割合は θ_0 であり、このとき、点Fにおいて市場均衡が達成される。この結果、RPS制度下の一般電気事業者の発電量は、FIT制度下の発電量より少なくなる⁹。これは、一般電気事業者（独占企業）が発電を増加させる場合、FIT制度下においては、発電費用のみが増加するのに対して、RPS制度下においては、発電費用の増加に加え、再生可能エネルギーを追加購入するための支出増加を伴い、発電の限界費用が高くなるからである。この結果、RPS制度下の均衡において達成された等利潤曲線はFIT制度下の均衡における等利潤曲線より外側に位置しているため、RPS制度下の一般電気事業者の利潤は、FIT制度下の利潤よりも小さくなる。すなわち、 $\pi_M^{FIT} > \pi_M^{RPS}$ となる。

第5節 セカンドベスト政策と経済厚生

以下では、FIT制度及びRPS制度のそれぞれにおいて、セカンドベスト政策を考え、その下で、どちらの制度が経済厚生上すぐれているかについて検討しよう¹⁰。

5.1 ファーストベスト下での発電量

比較のためのベンチマークとして、社会的に最適な発電量の条件について考えよう。経

⁹ 証明については、Appendix(1)を参照。

¹⁰ 任意の再生可能エネルギー導入量 (\bar{X}) を達成する政策目標の下での、FIT制度とRPS制度の経済厚生との比較については、Appendix(2)を参照。

社会厚生 SW は、次式で表される。

$$SW = \int_0^Q (a - bQ)dQ - \frac{1}{2}c_M Q_M^2 - \frac{1}{2}c_F Q_F^2 - (FC_F + FC_M) - \delta Q_M \quad (13)$$

社会厚生最大化の1階の条件は次式の通りになる。

$$P(Q_M + Q_F) \equiv a - b(Q_M + Q_F) = SMC_M \equiv c_M Q_M + \delta \quad (14)$$

$$P(Q_M + Q_F) \equiv a - b(Q_M + Q_F) = MC_F \equiv c_F Q_F \quad (15)$$

(14)式、(15)式は、最適な発電量（一般電気事業者の発電量、再生可能エネルギー事業者の発電量）を決定する条件は、電力消費から得られる限界効用、一般電気事業者が発電する非再生可能エネルギーの社会的限界費用（ SMC_M ）、再生可能エネルギー発電の限界費用（ MC_F ）が均等化することとなることを意味している。

この条件から、最適な一般電気事業者発電量及び再生可能エネルギー事業者発電量は、

$$Q_M^* = \frac{ac_F - (b + c_F)\delta}{b(c_M + c_F) + c_M c_F} \quad (16) \quad Q_F^* = \frac{ac_M + b\delta}{b(c_M + c_F) + c_M c_F} \quad (17)$$

となる。

(16)式と(5)式の比較からわかるように、 $\delta > \frac{abc_F^2}{(b+c_F)\{b(c_M+2c_F)+c_M c_F\}}$ のとき、市場均衡において非再生可能エネルギーによる発電量が過大となり、 $\delta < \frac{abc_F^2}{(b+c_F)\{b(c_M+2c_F)+c_M c_F\}}$ のとき、

非再生可能エネルギーによる発電量が過小となる。これは、前者（後者）のケースでは、非再生可能エネルギーによる発電の外部不経済効果による過大発電の効果が、一般電気事業者の価格支配力による過小発電の効果を上回る（下回る）ために生じる。

また、(17)式と(6)式の比較から、政策がない場合の再生可能エネルギーによる発電が過小になることがわかる。これは、再生可能エネルギー市場で、一般電気事業者が再生可能エネルギー市場において価格支配力をもつこと、及び、外部費用が内部化されないことによって生じたものである。

これを図示すると、図5のようになる。図5は、図4に(14)式（直線LKやL'K'に対応）及び(15)式（直線NRに対応）の条件を加えている。図は、直線LK（あるいは直線L'K'）とNRの交点において最適な Q_M 、 Q_F が決まることを表している。

(4)式と(15)式の比較から、直線NRは常に直線MRの上方に位置する。また、(3)式と(14)式の比較から、 $\delta \leq ab(c_M + c_F)/[(c_M + 2c_F)b + c_M c_F]$ のとき、(14)式は直線L'K'のように直線AC上に位置するため、ファーストベスト解は点H'のように、直線AC上かその上方に位置する。一方、 $\delta > ab(c_M + c_F)/[(c_M + 2c_F)b + c_M c_F]$ のとき、(14)式は直線LKのように直線ACの下方に位置するため、最適点は点Hのように直線ACの下方に位置する。

位置する状況が生じる¹²ため、RPS 制度の次善策によって達成される社会厚生の方が FIT 制度の次善策によって達成される社会厚生より高くなる。これは、限界外部費用が大きい場合、外部費用の内部化によって経済厚生を減少させることが、価格支配力によって生じる経済厚生を比較して、相対的に重要となるため、環境税の機能を持った RPS 制度が望ましいことを意味している。

次に、点 H'においてファーストベストが達成される ($\delta < \frac{abc_F^2}{(b+c_F)\{b(c_M+2c_F)+c_Mc_F\}}$) 場合について考えよう。直線 AC は常に曲線 AM の上方に位置するから、 SW^{FIT} に対応する等社会厚生曲線は SW^{RPS} に対応する等社会厚生曲線の内側に位置するため、FIT 制度の次善策によって達成される社会厚生の方が RPS 制度の次善策によって達成される社会厚生より大きい。これは、限界外部費用が小さい場合、価格支配力によって生じる経済厚生を抑制することが、外部費用の内部化によって経済厚生を抑制する、相対的に重要となるため、価格支配力を弱める FIT 制度の方が望ましくなることを意味している。

以上をまとめると、以下のような結論が得られる。

- (1) $\delta \leq \frac{abc_F^2}{(b+c_F)\{b(c_M+2c_F)+c_Mc_F\}}$ のとき、FIT 制度によるセカンドベスト政策の方が、RPS 制度のセカンドベスト政策よりも大きい経済厚生を達成できるため、FIT 制度の方が望ましい。
- (2) $\delta > \frac{abc_F^2}{(b+c_F)\{b(c_M+2c_F)+c_Mc_F\}}$ のとき、限界外部費用が小さいときには、FIT 制度の方が望ましく、限界外部費用が大きい場合には、RPS 制度の方が望ましい。

第 6 節 RPS 制度における初期配分ルールの導入とファーストベストの実現¹³

Hahn(1984)は、価格支配力を有する独占企業と競争的フリンジ企業が排出権取引市場で取引を行う場合、政府が企業への排出権の初期配分を変化させると、独占企業の排出権の売買のインセンティブを変化させることができるため、市場均衡を変化させることができることを明らかにしている。このことを利用すると、RPS 制度を、一般電気事業者に対して、再生可能エネルギー購入義務量を軽減するために、一定量 (\bar{Q}_F) をすでに購入義務を果たしたものとして配分（以下では、初期配分と呼ぶ）するルールを加えた制度に修正することで、ファーストベストを達成することができる。

以下では、修正される RPS 制度のルールの下で、ファーストベストを達成できることを示そう。そのような RPS 制度のルールは以下の通りである。

¹² Appendix (3)に示すように、FIT 制度下において、次善策における政策目標及び固定価格を導出できる。しかし、RPS 制度下における次善策における政策目標 (θ) を導出することは困難である。このため、解析的に、両制度の次善策における経済厚生を比較し、限界外部費用 (δ) が大きい場合、RPS 制度の方が FIT 制度より経済厚生上優れていることを示すことは困難である。しかし、数値計算によって、 δ が小さい場合には、FIT 制度の次善策の方が RPS 制度の次善策よりも経済厚生上優れており、限界外部費用が大きい場合には、逆の現象が生じること示すことができる。このことから、 δ が小さいときは経済厚生上 FIT 制度が優れており、多きときは RPS 制度の方が優れていると結論付けることができる。数値計算の詳細については、Appendix (4)を参照。

¹³ FIT 制度でも、環境税とセットで政策を実施すればファーストベストを実現できる。詳細は、Appendix (5)参照。ただし、環境税の導入が政治的に困難な場合、FIT 制度だけではファーストベストは実現できない。

- (1) 政府は、事前に決めた再生可能エネルギー発電量 (\bar{Q}_F) を再生可能エネルギー事業者から買い取り、発電した再生可能エネルギー電力を、以下で説明するように、一般電気事業者が無償で供給する契約を結ぶ。
- (2) 買取価格は、再生可能エネルギー証書取引市場で成立する証書市場価格を適用する。このとき、証書価格は、発電した電力料金込みの価格となる。
- (3) 政府は、購入した再生可能エネルギー発電量 (\bar{Q}_F) に相当する再生可能エネルギー証書を無償で、一般電気事業者（非再生可能エネルギー発電事業者）に供与する契約を結ぶ。
- (4) ここで、証書は、1枚当たり1単位の再生可能エネルギーの保有を認めるものであり、証書を保有することで、それに相当する再生可能エネルギー発電量が無償で、政府から一般電気事業者に与えられる。実際には、政府と発電契約を結んだ再生可能エネルギー事業者から無償で \bar{Q}_F の再生可能エネルギー発電量を受け取る。
- (5) 一般電気事業者には、自分の発電量 Q_M に対して θ の割合の再生可能エネルギー発電量 (θQ_M) に相当する証書の保有を義務付けられる。
- (6) 一般電気事業者には、事前に \bar{Q}_F だけ初期配分されているので、実際の購入しなければならない証書は、 $\theta Q_M - \bar{Q}_F$ となる。
- (7) 再生可能エネルギー事業者は、政府に売却契約をした発電量 (\bar{Q}_F) を上回って発電した場合、上回った分についてのみ、その量に相当する証書が政府から無償で与えられ、それを再生可能エネルギー証書取引市場で売却することができる。
- (8) この証書を売買した場合、証書の所有権の移転に伴って、再生可能エネルギー発電量の所有権は、証書購入者に移転する。なお、証書保有者は、所有する電力を電力小売市場で売却することは認められているものとする。
- (9) 一般電気事業者の証書保有義務量が初期配分を下回る場合、余剰分の証書は、再生可能エネルギー証書取引市場で、再生可能事業者に売却してもよい。
- (10) この場合、再生可能事業者が無償で一般電気事業者に供給する量は、初期配分量から購入量を差し引いた量に減らすことができる。このとき、再生可能エネルギー発電事業者の発電量は \bar{Q}_F より少ないが、発電量と購入した証書の合計は \bar{Q}_F になるので、政府は契約通り、 \bar{Q}_F に対して支払う。

このとき、次の(18)、(19)式を満たすように θ^* 及び \bar{Q}_F^* を設定することによって、ファーストベスト (Q_M^* 、 Q_F^*) が達成できる¹⁴。

$$\theta^* = \frac{Q_F^*}{Q_M^*} \quad (18)$$

$$\delta + (1 + \theta^*)P'Q_M^* = \frac{dP_R}{dQ_M}(Q_F^* - \bar{Q}_F^*) \quad (19)$$

¹⁴ 詳細は Appendix (6)参照。

(19)式左辺第1項は、一般電気事業者が発電量を増加させることによって生じる外部費用の増加、第2項は、一般電気事業者の発電増加によって生じる小売市場での発電量増加に起因する経済厚生改善を表している。前者が後者を上回る場合（外部性による非効率性が小売市場での価格支配力による過小供給の非効率性を上回る場合）には、左辺は正になり、逆の場合には、負となる。(19)式からわかるように、左辺が正であれば、初期割り当ては、一般電気事業者の証書保有義務量 (θQ_M^{RPS}) より少なく設定することが望ましく、左辺が0の時、初期割り当てをちょうど証書保有義務量に等しくなるように設定することが望ましく、左辺が負の時、初期割り当てを、証書保有義務量を超えて設定することが望ましいことを意味している。これは、左辺が0のときは、外部費用の非効率性と過小供給非効率性がちょうど相殺されるため、小売市場においては資源配分の非効率性は存在しない。このため、再生可能エネルギー市場（あるいは、再生可能エネルギー証書市場）における価格支配力の非効率性を取り除くために、初期割り当てをちょうど証書保有義務量に等しくなるように設定することが望ましい政策となる（Hahn(1984)）。

このことから、私たちが現在直面する温暖化問題において、外部不経済効果を持つ火力発電を減らすことが望ましく、(19)式左辺が正である場合には、一般電気事業者に対して、初期割当が証書保有義務量を下回るように設定することが望ましいといえる。

第7節 おわりに

本稿では、独占的な価格支配力をもつ一般電気事業者（外部費用を伴う火力発電などの発電事業者）と、価格支配力を持たず競争的に行動する再生可能エネルギー事業者が再生可能エネルギー市場において再生可能エネルギーを取引することを前提に、FIT制度とRPS制度のどちらが経済厚生上望ましい制度かを明らかにした。

本稿で設定した市場構造の下では、RPS制度においては、小売市場では、売り手独占的企業による過少供給による非効率性、外部費用による非効率性、再生可能エネルギー市場における買い手独占企業による再生可能エネルギー過小生産による非効率性の3つの非効率性が存在する。その一方で、RPS制度の下では、一般電気事業者は、発電に応じて再生可能エネルギーを購入しなければならないため、発電の限界費用が高くなる。このため、RPS制度は一種環境税のような機能を果たし、外部費用によって生じる非効率性を是正する機能を持っている。FIT制度の下では、小売市場では、売り手独占的企業による過少供給による非効率性、外部費用による非効率性の2つの非効率性が存在する。しかし、再生可能エネルギーによる発電価格が固定されているため、再生可能エネルギー市場における買い手独占企業の価格支配力に起因する非効率性は存在しない。その一方で、RPS制度のように、発電の限界費用を高める効果はないため、環境税のように外部費用を是正する機能をもたない。RPS制度とFIT制度を比較すると、このように、デメリットとメリットが異なるため、必ずしも常に一方が他方より優れているとは言えない。

分析の結果、限界外部費用が大きい場合には、RPS制度を実施することが望ましく、逆の場合には、FIT制度を実施することが望ましいことが明らかになった。これは、限界外部費用が大きい場合、外部費用の内部化によって経済厚生を減少させることが、価格支配力による経済厚生を比較して、相対的に経済厚生改善に役立つため、環境税の機能を持ったRPS制度が望ましくなり、逆の場合、小売市場や再生可能エネルギー市場での一般電気事業者の価格支配力を弱めることが相対的に経済厚生改善に役立つ

めに FIT 制度が望ましくなるからである。

さらに、RPS 制度の場合、一般電気事業者に対して適切な初期割当を実施することで、ファーストベストを実現できることが明らかになった。Hahn(1984)は、排出権市場において価格支配力を持つ企業と競争的に行動するFRINGE企業が存在する場合、価格支配力をもつ企業に対して、排出量に等しい初期割当を実施できる場合のみファーストベストを達成できるが、排出量と初期割当が一致しない場合、ファーストベストを達成できないことを明らかにしている。本稿では、第 6 節で議論したように、外部性が存在し、再生可能エネルギー市場だけでなく、小売市場において価格支配力が存在する場合、一般電気事業者の再生可能エネルギー需要（あるいは、再生可能エネルギー証書保有義務量）に等しい初期割当を実施することが必ずしもファーストベストの条件ではないことを明らかにしている。特に、私たちが現在直面する温暖化問題において、外部不経済効果を持つ火力発電を減らすことが望ましい場合には、一般電気事業者に対して、初期割当が証書保有義務量を下回るように設定することが望ましくなる。

参考文献

- 庫川幸秀 (2013) 「RPS 制度と FIT 制度下の再生可能エネルギー導入量の比較」、環境経済政策研究、Vol.6、No.1、pp. 65-74.
- 日引聡、庫川幸秀 (2012) 「再生可能エネルギーの現状と政策課題」、農村と都市をむすぶ、62(2)、pp.15-22
- Amundsen, Eirik S. and Lars Bergman (2012) “Green certificates and market power on the Nordic power market”, *The Energy Journal*, 33, pp.101-117
- Amundsen, Eirik S. and Jørgen Birk Mortensen (2001) “The Danish green certificate system: some simple analytical results”, *Energy Economics*, 23, pp.489-509.
- Hahn, Robert W. (1984) "Market Power and Transferable Property Rights", *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 99, No. 4, pp. 753-765.
- Jensen, Stine G. and Klaus Skytte (2002) “Interactions between the power and green certificate markets”, *Energy Policy*, 30, pp.425-435.
- REN21 (2013) “Renewables 2013 Global Status Report”, (<http://www.ren21.net/REN21Activities/GlobalStatusReport.aspx>).
- Tamas, Mészáros M., S.O. Bade Shrestha and Huizhong Zhou (2010) “Feed-in tariff and tradable green certificate in oligopoly”, *Energy Policy*, 38, pp.4040-4047
- Tanaka, Makoto and Yihsu Chen (掲載予定) “Market Power in Renewable Portfolio Standards”, *Energy Economics*

Appendix (1) 同一の再生可能エネルギー導入量 (\bar{X}) を達成する政策目標の下での、FIT 制度と RPS 制度における一般電気事業者の発電量

FIT 制度と RPS 制度で同じ再生可能エネルギー導入量 $\bar{X} > Q_F^0$ を達成するときの、一般電気事業者の利潤最大化の 1 階の条件は、それぞれ下記の通りになる。
(3)式より、

$$a - 2b(Q_M^{FIT} + \bar{X}) - c_M Q_M^{FIT} = 0 \quad (1-1)$$

(10)式より、

$$\begin{aligned} & (1 + \theta)\{a - 2b(Q_M^{RPS} + \bar{X})\} - c_M Q_M^{RPS} - \left(\frac{dP_R}{dQ_M^{FIT}} \bar{X} + \frac{dQ_F^{FIT}}{dQ_M^{FIT}} P_R \right) \\ & = (1 + \theta)\{a - 2b(Q_M^{RPS} + \bar{X})\} - c_M Q_M^{RPS} - 2\theta c_F \bar{X} = 0 \end{aligned} \quad (1-2)$$

(1-1)、(1-2)式より、

$$\begin{aligned} & (1 + \theta)\{a - 2b(Q_M^{RPS} + \bar{X})\} - c_M Q_M^{RPS} - [a - 2b(Q_M^{FIT} + \bar{X}) - c_M Q_M^{FIT}] - 2\theta c_F \bar{X} \\ & = \theta\{a - 2b(Q_M^{RPS} + \bar{X}) - 2c_F \bar{X}\} - (2b + c_M)(Q_M^{RPS} - Q_M^{FIT}) = 0 \\ \therefore (2b + c_M)(Q_M^{RPS} - Q_M^{FIT}) & = \theta\{a - 2b(Q_M^{RPS} + \bar{X}) - 2c_F \bar{X}\} \\ & = \frac{\theta}{1 + \theta}\{c_M Q_M^{RPS} + 2\theta c_F \bar{X} - (1 + \theta)2c_F \bar{X}\} = \frac{\theta}{1 + \theta}\{c_M Q_M^{RPS} - 2c_F \bar{X}\} \\ & = \frac{\theta Q_M^{RPS} 2c_F}{1 + \theta} \left\{ \frac{c_M}{2c_F} - \frac{\bar{X}}{Q_M^{RPS}} \right\} = \frac{\theta Q_M^{RPS} 2c_F}{1 + \theta} \{ \frac{c_M}{2c_F} - \theta \} \end{aligned} \quad (1-3)$$

となる。ここで、(5)、(6)式より、 $c_M/2c_F$ は制度導入がない場合の再生可能エネルギーと一般電気事業者発電量の比率 Q_F^0/Q_M^0 である。ここで、図 4 において、点 O と点 A を結ぶ直線の傾きが Q_F^0/Q_M^0 該当し、 θ よりも小さい。したがって、(1-3) 式は負になる。よって、FIT 制度下での一般電気事業者の発電量は、RPS 制度下での発電量を上回る。

これは、RPS 制度下では、一般電気事業者の発電を増加させると、再生可能エネルギーの購入量を増加させなければならないために、発電の限界費用が FIT 制度に比べて増加するからである。

Appendix (2) 同一の再生可能エネルギー導入量 (\bar{X}) を達成する政策目標の下での、FIT 制度と RPS 制度の経済厚生との比較

同一の政策目標を達成するとき、FIT 制度下での経済厚生と RPS 制度下での経済厚生を比較するために、次式のように、FIT 制度下での経済厚生と RPS 制度下での経済厚生との差を求める。

$$\begin{aligned}
 & SW(Q_M^{FIT}(\bar{X}), \bar{X}) - SW(Q_M^{RPS}(\theta(\bar{X})), \theta(\bar{X})) \\
 &= (Q_M^{FIT} - Q_M^{RPS}) \left[a - \frac{b}{2} \{ (\bar{X} + Q_M^{FIT}) + (\bar{X} + Q_M^{RPS}) \} \right] \\
 &\quad - (Q_M^{FIT} - Q_M^{RPS}) \left\{ \frac{1}{2} c_m (Q_M^{FIT} + Q_M^{RPS}) + \delta \right\} \\
 &= (Q_M^{FIT} - Q_M^{RPS}) \left[a - \frac{b}{2} (2\bar{X} + Q_M^{FIT} + Q_M^{RPS}) - \frac{1}{2} c_m (Q_M^{FIT} + Q_M^{RPS}) - \delta \right] \\
 &= (Q_M^{FIT} - Q_M^{RPS}) \left[a - b\bar{X} - \frac{1}{2} (Q_M^{FIT} + Q_M^{RPS}) (b + c_m) - \delta \right]
 \end{aligned}$$

ここで、 $Q_M^{FIT} > Q_M^{RPS}$ であるから、

$$SW(Q_M^{FIT}(\bar{X}), \bar{X}) - SW(Q_M^{RPS}(\theta(\bar{X})), \theta(\bar{X})) \begin{cases} > \\ = \\ < \end{cases} 0 \Leftrightarrow a - b\bar{X} - \frac{1}{2} (b + c_m) (Q_M^{FIT} + Q_M^{RPS}) \begin{cases} > \\ = \\ < \end{cases} \delta$$

したがって、ある任意の政策目標 \bar{X} を達成する場合、限界外部費用 δ が小さいときには、FIT 制度を実施した方が経済厚生が高く、逆の場合には、RPS 制度を実施した方が経済厚生が高くなる。また、政策目標を高めるほど、FIT 制度よりも RPS 制度を実施した方が経済厚生が高くなる可能性がある。

Appendix (3) FIT 制度下での次善策

FIT 制度下での次善策は、 \bar{X} に関して、(8)式の制約条件の下で、(13)式を最大化化する条件によって求めることができる。

この結果、次善策としての政策目標 \bar{X}^* 及び買取価格 $P_R^{RIT^*}$ は次式のように求めることができる。

$$\bar{X}^* = \frac{ac_M(3b + c_M) + 2b(2b + c_M)\delta}{b(4b + c_M)(c_M + c_F) + c_M c_F(3b + c_M)} \quad (3-1)$$

$$P_R^{RIT^*} = c_F \bar{X}^* = \frac{c_F \{ac_M(3b + c_M) + 2b(2b + c_M)\delta\}}{b(4b + c_M)(c_M + c_F) + c_M c_F(3b + c_M)} \quad (3-2)$$

Appendix (4) 数値計算による FIT 制度下の次善策の経済厚生と RPS 制度下の次善策の経済厚生の比較

電力需要関数、一般電気事業者費用関数、再生可能エネルギー事業者費用関数のパラメータに関して、 $a = 100$ 、 $b = 2$ 、 $c_M = 1$ 、 $c_F = 10$ の場合を想定し、 δ を40から70まで変化させたとき、FIT 制度及び RPS 制度の下で社会厚生がどのように変化するかについて数値計算を行った結果をまとめると、図 4-1~4-4 の通りである。

Appendix (3)に示すように、FIT 制度の下では、 δ が決まると、その次善策としての政策目標及び固定価格が(3-1) 式及び(3-2) 式のように決まり、その結果を用いて計算される Q_M を用いて社会厚生を計算することができる。しかし、RPS 制度下の次善策としての θ を解析に解くことは困難であるため、直接、次善策における社会厚生を計算できない。このため、ここでは、 δ が与えられたとき、以下の手順で、次善策の社会厚生を比較する。

- ① 再生可能エネルギー導入目標の値 \bar{X} を0.96から16.07まで連続的に変化させ、それぞれの値の下で、FIT 制度下での市場均衡及び社会厚生を計算する。市場均衡の計算結果から、 Q_M/\bar{X} を計算できるので、この値を横軸にとり、これに対応する社会厚生を縦軸にとることで、図 4-1~4-4 のように SW^{FIT} の曲線を得る。各図において、社会厚生曲線のピークが、FIT 制度下の次善策における社会厚生になる。
- ② 再生可能エネルギー購入義務割合 θ の値を0.05から2.25まで連続的に変化させ、それぞれの値の下で、RPS 制度下での市場均衡及び社会厚生を計算する。 θ を横軸、社会厚生を縦軸にとると、図 4-1~4-4 のように SW^{RPS} の曲線を得る。各図において、社会厚生曲線のピークが、RPS 制度下の次善策における社会厚生になる。

各図において、①と②の手順によって得られた SW^{FIT} と SW^{RPS} のピークを比較することで、FIT 制度と RPS 制度のどちらが次善策によってより大きい社会厚生を達成できるか比較することができる。図 4-1~4-4 は、 $\delta = 40$ 、 50 のとき、FIT 制度の次善策の方がより高い社会厚生を実現できるのに対して、 δ が60や70のように大きくなると、RPS 制度の次善策の方がより高い社会厚生を実現できることを表している。

この数値計算の結果から、一般に、 δ が小さいときは FIT 制度が望ましく、 δ が大きいときは RPS 制度の方が望ましいと結論付けることができる。

表 4-1 $\delta = 70$ のときの社会厚生

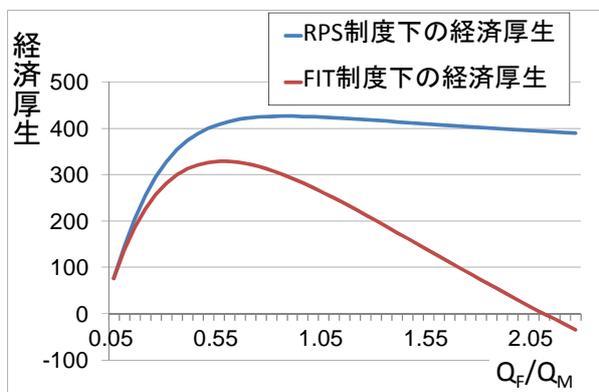


表 4-2 $\delta = 60$ のときの社会厚生

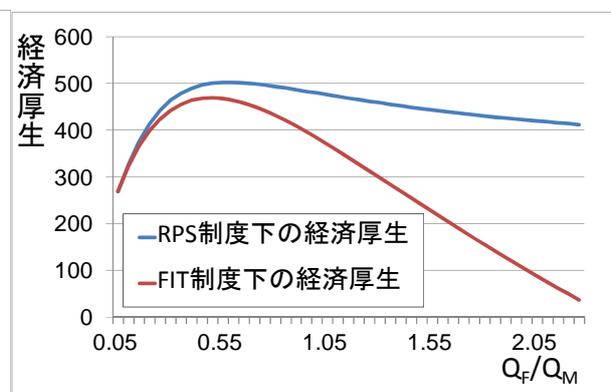


表 4-3 $\delta = 50$ のときの社会厚生

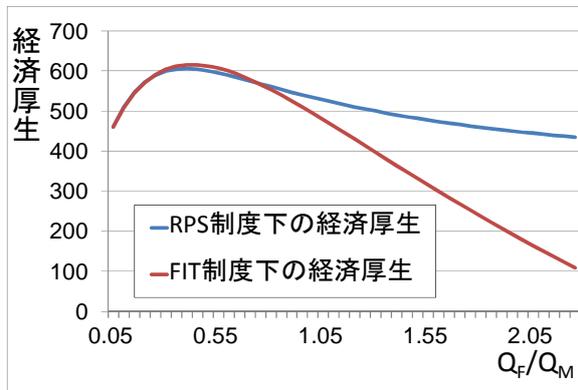
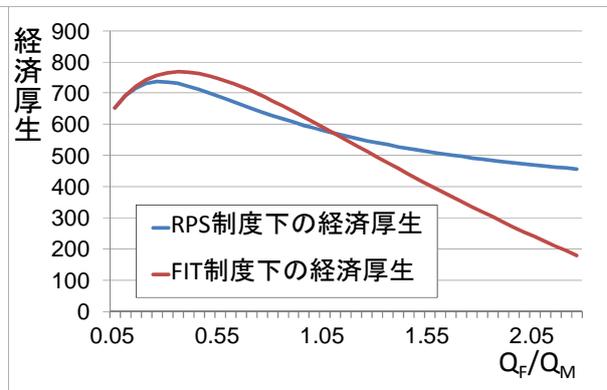


表 4-4 $\delta = 40$ のときの社会厚生



Appendix (5) FIT 制度下における最適な環境税の固定買取価格

政府が環境税（非再生可能エネルギー発電に対する課税）を導入することで、FIT 制度によってファーストベストを達成することができる。このとき、一般電気事業者の利潤 π_M は、

$$\pi_M = P(Q_M + Q_F) - C_M(Q_M) - P_R^{FIT} Q_F - tQ_M$$

である。ただし、 P_R^{FIT} は再生可能エネルギーの固定買取価格、 t は環境税である。

このとき、利潤最大化条件は、

$$P + P'(Q_M + Q_F) - C'_M - t = 0 \quad (5-1)$$

となる。また、再生可能エネルギー事業者の利潤最大化条件から、

$$P_R = C'_F(Q_F) \quad (5-2)$$

ここで、社会厚生関数 SW は、

$$SW = \int_0^Q P(Q)dQ - C_M(Q_M) - \delta Q_M - C_F(Q_F)$$

で表されるから、社会厚生最大化の一階条件は、

$$P = C'_M + \delta \quad (5-3)$$

$$P = C'_F \quad (5-4)$$

となる。(5-1)、(5-2)式と(5-3)、(5-4)式を比較すると、FIT 制度の下においてファーストベストを達成するための最適な買取価格と環境税の水準は、(5-5)、(5-6)式のように設定すればよい。

$$t^* = \delta + P'(Q_M + Q_F) < \delta \quad (5-5)$$

$$P_R^* = P^* \quad (5-6)$$

すなわち、(5-5)式からわかるように、環境税は、限界外部費用より低く設定することが望ましいことがわかる。これは、非再生可能エネルギーによる発電を増加させた場合、外部費用が増加する一方で、一般電気事業者の価格支配力に起因する過小供給によって生じる余剰のロスを減少させる効果（(5-5)式の右辺第2項）があるため、ネットの余剰のロスがその分小さくなるからである。また、(5-6)式からわかるように、固定買取価格は、小売市場での小売価格と同じ水準に設定することが望ましい。この場合、固定買取制度は、再生可能エネルギー市場における価格支配力を排除することで、経済厚生を引き上げる機能がある。

Appendix (6) RPS 制度下における最適な初期配分と再生可能エネルギー購入割合

RPS 制度において初期配分 (\bar{Q}_F) が実施される場合の一般電気発電事業者の利潤 π_M は、

$$\pi_M = P(1 + \theta)Q_M - C_M(Q_M) - P_R(\theta Q_M - \bar{Q}_F)$$

と修正される。このとき、再生可能エネルギー事業者の利潤最大化条件から、

$$P_R = C'_F(\theta Q_M) \quad (6-1)$$

である。したがって、一般電気発電事業者の利潤最大化条件から、次式が成立する。

$$(1 + \theta)(P + P'Q_M) = C'_M + \theta \left[P_R + \frac{\partial P_R}{\partial Q_F} (\theta Q_M - \bar{Q}_F) \right] \quad (6-2)$$

以上から、初期配分を考慮した RPS 制度下の市場均衡条件は、(6-1)、(6-2)となる。

ここで、社会厚生関数 SW は、

$$SW = \int_0^Q P(Q)dQ - C_M(Q_M) - \delta Q_M - C_F(Q_F)$$

で表されるから、社会厚生最大化の一階条件は、

$$P = C'_M + \delta \quad (6-3)$$

$$P = C'_F \quad (6-4)$$

となる。(6-1)、(6-2)式と(6-3)、(6-4)式を比較し、次の(6-5)、(6-6)式を満たすように θ^* 及び \bar{Q}_F^* を設定することによって、ファーストベスト (Q_M^* 、 Q_F^*) が達成できる。

$$\theta^* = \frac{Q_F^*}{Q_M^*} \quad (6-5)$$

$$\delta + (1 + \theta^*)P'Q_M^* = \frac{dP_R}{dQ_M} (Q_F^* - \bar{Q}_F^*) \quad (6-6)$$

なお、需要関数、発電費用関数が、(1)式及び $C_i = \frac{1}{2}c_i Q_i^2 + FC_i$ ($i=M, F$) のとき、初期配分が行われる場合の市場均衡は次式の通りとなる¹⁵。

$$Q_M^{RPS} = \frac{(1 + \theta)a + \theta c_F \bar{Q}_F}{2b(1 + \theta)^2 + c_M + 2\theta^2 c_F}$$

$$Q_F^{RPS} = \frac{\theta\{(1 + \theta)a + \theta c_F \bar{Q}_F\}}{2b(1 + \theta)^2 + c_M + 2\theta^2 c_F}$$

したがって、(16)、(17)式と比較すると、再生可能エネルギー購入義務割合と初期配分を

¹⁵ 初期配分がない場合 ($\bar{Q}_F = 0$ のとき) の市場均衡は、(11)、(12)式と一致する。

次式のように設定することによって、ファーストベストを達成できる。

$$\theta^* = \frac{ac_M + b\delta}{ac_F - (b + c_F)\delta}$$

$$\bar{Q}_F^* = \frac{\{ac_M + b\delta\}\{(1 + 2c_F)\theta^{*2} + 4b\theta^* + (2b + c_M)\}}{\theta^{*2}c_F\{b(c_M + c_F) + c_Mc_F\}} - \frac{(1 + \theta^*)a}{\theta^*c_F}$$