

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	電力産業の制度設計に関する経済分析
Title(English)	
著者(和文)	庫川幸秀
Author(English)	Yukihide Kurakawa
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9564号, 授与年月日:2014年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:増井 利彦,樋口 洋一郎,大和 毅彦,坂野 達郎,大土井 涼二, 小西 秀樹,日引 聡
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9564号, Conferred date:2014/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Type(English)	Doctoral Thesis

平成 25 年度 博士論文

電力産業の制度設計に関する経済分析

東京工業大学大学院 社会理工学研究科 社会工学専攻

庫川幸秀

指導教員

増井利彦 准教授

平成 26 年 2 月 17 日

目次

第 1 章 論文の概要.....	1
1-1 研究の背景と目的	1
1-2 分析の枠組みと結果の概要.....	4
1-2-1 基本的な枠組み.....	6
1-2-2 第 2 章の分析の概要	7
1-2-3 第 3 章の分析の概要	11
第 2 章 発電事業者間の技術格差と発送電分離の社会厚生への影響.....	17
2-1 はじめに	17
2-2 先行研究のレビュー.....	18
2-3 モデル.....	20
2-4 市場均衡	21
2-5 アクセスチャージの規制水準.....	23
2-5-1 垂直統合.....	23
2-5-1 垂直分離.....	24
2-6 社会厚生と比較	25
2-7 拡張	26
2-7-1 送電部門の収支制約.....	26
2-7-2 参入退出自由.....	28
2-8 まとめ.....	31
補論 1：命題 1 の証明	33
第 3 章 再生可能エネルギー普及促進策の経済分析	35
3-1 はじめに	35

3-2	先行研究のレビュー	42
3-3	モデル	44
3-4	市場均衡	46
3-4-1	制度導入がないケースの市場均衡	46
3-4-2	FIT 制度下の市場均衡	48
3-4-3	RPS 制度下の市場均衡	50
3-4-4	市場均衡における発電量の比較	54
3-5	セカンドベストと経済厚生	55
3-5-1	ファーストベストの発電量	55
3-5-2	FIT 制度および RPS 制度におけるセカンドベスト	56
3-5-3	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	59
3-6	まとめ	62
補論 2	: RPS 制度下で実現可能な市場均衡の軌跡	64
補論 3	: 命題 6 の証明	66
補論 4	: FIT 制度が高い社会厚生を実現するための十分条件	67
第 4 章	研究のまとめ	69
4-1	おもな結果と結論	69
4-2	今後の課題	70
参考文献		74

注) 本論文の第 2 章は Kurakawa (2013) (Energy Policy 掲載) を、第 3 章は庫川 (2013) (環境経済・政策研究掲載) および日引・庫川 (2013a)、日引・庫川 (2013b) に基づいて構成されている。

謝辞

本論文の作成にあたって、早稲田大学の小西秀樹先生、政策研究大学院大学の田中隆一先生、上智大学の日引聡先生、東京工業大学の増井利彦先生、棟居洋介先生から長い間にわたり多大なご指導、ご支援をいただきました。ここに深く感謝いたします。また、第2章の基になった**Energy Policy**への掲載論文の作成にあたって小西秀樹先生から、第3章の基になった環境経済・政策研究への掲載論文の作成にあたって日引聡先生と田中隆一先生から、非常に多くのご指導をいただきました。また研究全般について、増井利彦先生、樋口洋一郎先生、坂野達郎先生、大和毅彦先生、大土井涼二先生から多くのコメントをいただきました。改めて深く感謝いたします。

第1章 論文の概要

1-1 研究の背景と目的

1990年の英国CEGBの分割・民営化以降、電力産業の規制改革のあり方は各国において重要な関心事であり、経済モデルによる研究も数多くおこなわれてきた。特に近年では、電力の自由化、発電部門における再生可能エネルギーの導入が喫緊の政策課題となっており、電力システムそのものを再生可能エネルギーの導入に適したものに更新する動きが世界的な潮流となっている。ここでの電力システムとは従来のように、規模の経済性を活かした大規模発電所から一方向的に消費者に電力を供給するというものではなく、発電部門の新規参入事業者や電力消費者の行動までを含めたものである。今後の電力システムの在り方を考えるためには、電力産業における各プレイヤーの行動を織り込んだうえで、経済システムを含めた全体のパフォーマンスを向上させるための柔軟な制度設計が必要となる。このような背景から、これまで以上に経済モデルによる分析の重要性が大きくなっている。

自由化された電力市場では、発電部門に競争を導入することで、これまで独占企業が一括でコントロールしていた電源間の発電量配分を市場メカニズムが行うことになる。この場合個々の発電事業者が戦略的に行動する結果として発電部門全体のパフォーマンスが決まる。電力産業における発電技術は、再生可能エネルギーや化石燃料、原子力など多様であり、発電事業者間でも使用している技術に違いがある。このような状況において、競争を導入することによるメリットがある一方で、市場メカニズムの結果実現する発電量配分を望ましい配分に誘導できない制度や政策では、競争を導入したとしてもそれが社会的に望ましいとは限らない。このような状況において、規制当局は政策的に操作できる限られた手段によって市場を望ましい方向に誘導する必要がある、その役割は規制改革以前より複雑なものになっている。

電力産業における政策を考える際の論点としては、主に以下の4点を挙げることができる。

- (1)競争により小売価格を低下させる。
- (2)供給コストをできるだけ低く抑える。
- (3)環境への負荷をできる限り小さくする。
- (4)安定的な供給を確保する。

上記4点のバランスを考えながら、望ましい制度がどのようなものを検証していくことが必要になる。すべての点において他より優れた制度があれば問題はないが、いずれかの点を重視すると他の点において他の制度より劣るということがしばしば起こるため、問題とする制度の間でどのようなトレードオフ関係が生じるかをまず明らかにすることが議論の出発点となる。本論文の目的は上記論点(1)～(3)における主要な制度・政策を対象として、特定の制度・政策の採用が他に比べて高い社会厚生を達成するための条件を理論的に明らかにすることである。

上記論点の(1)に関しては、競争により小売価格を低下させるために必要な条件として、送電ネットワークのオープンアクセスの問題が広く議論されてきた。送電ネットワークを所有している企業が発電事業も同時に行う場合、送電ネットワークの運営の面で他の発電事業者に対して不利になるような行動をとるインセンティブがある。そのような競争阻害的な行動を抑制する手段として、発送電分離が有効であると考えられ、EU諸国を中心に多くの国が電力産業の規制改革の一環として発送電分離を進めてきた。山田光（2012）では、電力産業で垂直的關係にある各事業¹の分離の形態として1)：機能分離・会計分離、2)：会社分離、3)：資本分離、を挙げている。1) の機能・会計分離は同一の会社内で各事業を機能・会計面で分離する形態、2) の会社分離は資本関係を維持したまま別会社化する形態、3) の資本分離は各事業を別会社化したうえで資本関係も分離する形態である。同書によると米国では16州が会社分離を（図1を参照）、EU加盟国のほとんどが資本分離をしている。日本においては、一般電気事業者を中心に会社分離、資本分離への反発が根強く1)の形態にとどまっている。

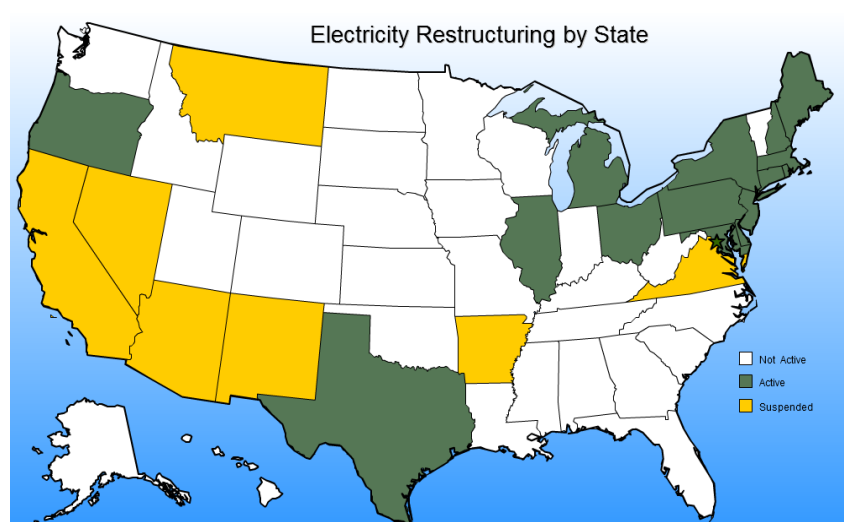


図1：米国において構造分離した州

出典：EIAホームページ ※緑色が会社分離をした州。

発送電分離に関する理論的な既存研究の多くは、発送電分離が送電部門の独占企業による競争阻害的な行動に与える影響を考慮したうえで、発送電分離が社会厚生を高めるか否かを検証するという枠組みで議論をしている。このように発送電分離の是非の問題は論点(1)と密接に関係しており、既存研究の多くが論点(1)に集中しているが、Armstrong et al. (1994) および Vickers (1995) は、発送電分離の問題が同時に論点(2)のような供給コストの問題とも密接に関連していることを理論的に示した。これらの研究は発送電分離の有無

¹ 電力産業で垂直的關係にある事業内容として発電、送電、配電、小売が挙げられるが、ここでは発電と送電の垂直分離に焦点をしばって議論をする。

によって競争促進（論点(1)）と発電部門の発電効率（論点(2)）の間にトレードオフが生じることを示したうえで、垂直統合と垂直分離のどちらが高い社会厚生を実現するかを分析している。筆者の知る限り、これらの研究の後に発送電分離と供給コストの関係について理論的に分析した先行研究はない。

本論文の第2章ではArmstrong et al. (1994) および Vickers (1995) の枠組みを拡張し、競争促進による小売市場の効率性の向上と、発電部門における発電効率のトレードオフを考慮したうえで、発送電分離が社会厚生を向上させるための条件を明らかにする。従来の発送電一貫型の既存事業者（我が国では一般電気事業者と呼ばれる）は、ベースロード電源として原子力や大規模水力など、初期設置費用が高くランニングコストが低い電源を保有している。これらの電源の初期費用は埋没費用となっている。一方で新規参入事業者は火力発電を中心に発電しており、原子力や大規模水力などの電源を新たに設置することは現実的に不可能である。発電部門全体の効率性を考慮すると既存の大規模電源の規模の経済性を活かした発電量配分が望ましいが、大規模電源の発電量シェアを増加させると競争導入の効果が限定的になる。第2章では競争の効果と発電部門の効率性のトレードオフ関係を考慮したうえで垂直統合と垂直分離の経済厚生を比較し、発送電分離が経済厚生を向上させる条件について不完全競争モデルを用いて分析する。

上記論点(3)に関しては、温室効果ガスの排出削減が最大の関心事となっている。発電時に温室効果ガスを排出しない電源として再生可能エネルギーと原子力発電が挙げられるが、特に我が国においては2011年の原発事故以降、原発の新設が困難な状況に陥っている。このような状況下で温室効果ガスを削減するために、代替電源として再生可能エネルギーを効果的に普及させるための制度設計が喫緊の政策課題になっている。

再生可能エネルギーを普及させるための主要な制度としてはFIT制度（固定価格買取制度）とRPS制度（再生可能エネルギー利用割合基準）が挙げられる。FIT制度は政策当局があらかじめ決めた固定買取価格で、化石燃料を利用して発電する発電事業者に対して、再生可能エネルギーによる発電事業者から、一定期間その電力を買取することを義務付ける制度である。また、RPS制度は、化石燃料を利用した発電する発電事業者に対して、その販売電力量の一定割合を再生可能エネルギーから調達することを義務付ける制度である。

欧州ではFIT制度を採用する国が多く、米国各州ではRPS制度の採用が主流になっている。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制度が開始されたが、設定された目標水準が低く十分機能したとはいえなかった。2011年の原発事故以降、再生可能エネルギーの導入が重要視されるようになったことも背景として、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FIT制度が実施されている。ところが先行研究において、RPS制度とFIT制度ではどのようなトレードオフ関係があり、どのような状況でどちらの制度が望ましい結果をもたらすかどうか、理論的に十分明らかにされていない。

そこで本論文の第3章では、FIT制度とRPS制度の間のトレードオフ関係を明らかにした

うえで、いずれかの制度が高い社会厚生を実現するための条件について分析する。我が国の市場構造のように、外部性を伴う非再生可能エネルギーにより発電する企業が電力小売市場と再生可能エネルギー市場でそれぞれ売手独占、買手独占であり、再生可能エネルギーにより発電する企業が競争的フリンジであるケースを考える。

政府がFIT制度とRPS制度のどちらも導入していない場合、小売市場の売手独占、再生可能エネルギー市場の買手独占、非再生可能エネルギーの外部性が経済に非効率をもたらす要因になる。FIT制度は政策当局が再生可能エネルギーの価格をあらかじめ決めることで再生可能エネルギーの買手独占による価格支配力を抑制する。一方でRPS制度は、非再生可能エネルギーの発電に対して一定割合の再生可能エネルギーの購入が必要であることから、非再生可能エネルギーの発電の限界費用を上昇させ、外部性を内部化する効果がある。第3章ではFIT制度とRPS制度のセカンドベストにおける社会厚生を比較し、両制度のトレードオフ関係と、FIT制度がRPS制度より高い社会厚生を実現する条件を明らかにする。

本論文における分析の枠組みと、各章のモデル、分析の概要を次節で説明する。

1-2 分析の枠組みと結果の概要

本研究における分析の基本的な枠組みを示したのが下表1である。以下で本論文のモデルと分析の枠組みについて説明する。

表1：各章のモデルの概要

第2章	市場構造	➤ クールノー型寡占 ➤ 電力小売市場
	プレーヤー	➤ 既存企業：限界費用の低い電源 ➤ 参入企業：限界費用の高い電源
	比較対象（制度・政策）	A) 垂直統合（既存企業が送電網を保有） B) 垂直分離（第3者が送電網を保有）
	政策変数	アクセスチャージ（送電網の使用料）
	非効率性・トレードオフ	A) 寡占による過少供給 B) 既存企業から参入企業への生産シフトによる発電効率の低下
第3章	市場構造	➤ 独占と競争的フリンジ ➤ 電力小売市場（売手独占）・再生可能エネルギー（RE）市場（買手独占）
	プレーヤー	➤ 既存企業：独占、非再生可能エネルギー（NRE・外部性あり） ➤ 参入企業：競争的フリンジ、再生可

		能エネルギー（RE・外部性なし）
	比較対象（制度・政策）	A) FIT制度（RE固定価格買取制度） B) RPS制度（RE利用割合基準）
	政策変数	A) RE価格（FIT制度） B) RE買取割合（RPS制度）
	非効率性・トレードオフ	A) NREの過大供給 B) 買手独占によるRE過少供給

研究全体をととして個々の企業は、政策当局が選択した制度や政策変数を所与としたうえで、電力発電量を戦略変数として行動する。発電企業として既存企業と参入企業がある。既存企業と参入企業の発電技術の非対称性を考慮した不完全競争モデルを用いて、制度・政策間の社会厚生を比較する。

政策当局が市場に介入する際に、既存企業と参入企業の発電量をそれぞれ個別に決めることができれば、ファーストベストの状態が達成できる。しかし個別に発電量を決めることができず、政策変数を介してしか市場を誘導することができない場合、複数の非効率性を完全に解消することはできず、セカンドベスト（次善最適）を達成するように政策変数の水準を決める。非効率性が複数ある状況でセカンドベストを考える場合、それぞれの制度・政策によって、どの非効率を他の制度より小さくできるかが異なるため、制度間で社会厚生上のトレードオフが生じる。本研究ではそれぞれの制度・政策におけるセカンドベストでの社会厚生水準を比較し、制度間のトレードオフ関係と、ある制度が他より効率的になるための条件を明らかにする。

第2章では、すべての企業が価格支配力をもつクールノー型の市場構造を想定して、既存企業が送電網を保有する垂直統合のケースと、第3者が送電網を保有する垂直分離のケースで、セカンドベストの枠組みにおける社会厚生を比較する。既存企業は原子力や大規模水力など規模の経済性のある電源を保有し、参入企業より発電の限界費用が低い状況を考える。

政策当局は送電網の使用料金であるアクセスチャージを介してしか、既存企業と参入企業の発電量に影響をおよぼすことができず、セカンドベストを達成する水準にアクセスチャージを決める。セカンドベストにおける社会厚生を垂直統合と垂直分離で比較すると、垂直分離は参入企業の発電量を増やし寡占による過少供給を減少させる一方で、限界費用の高い企業への生産のシフトにより発電部門全体の効率を低下させることがわかる。

参入・退出を考慮しないケースにおけるセカンドベストの比較から、参入企業数が少ない場合は供給量を増加させることによる過少供給是正の効果が大きく垂直分離が高い社会厚生を実現し、参入企業数が多い場合は逆に発電効率向上の効果が大きく垂直統合が高い社会厚生を実現することを示す。さらに、拡張として送電部門の収支制約を考慮した場合の分析をおこない、送電部門の収支制約を考慮すると垂直分離下での過少供給是正の効果

が制限され、つねに垂直統合の方が高い社会厚生を実現することを示す。

第3章では、既存企業のみが電力小売市場及び再生可能エネルギー売買市場において価格支配力を持ち、再生可能エネルギーを用いて発電する参入企業が競争的フリンジである市場構造を想定して、再生可能エネルギー普及促進策であるFIT制度（固定価格買取制度）とRPS制度（再生可能エネルギー利用割合基準）の社会厚生を比較する。既存企業は非再生可能エネルギー（NRE）を用いて発電し、発電に伴い外部費用を発生させるのに対し、参入企業は再生可能エネルギー（RE）を用いて発電し、外部費用を発生させない。参入企業は、再生可能エネルギー市場において既存企業に再生可能エネルギーで発電した電力を販売し、既存企業は自社発電分と合わせて小売市場で販売する。既存企業は再生可能エネルギー市場と小売市場でそれぞれ買手独占、売手独占である。

第3章の市場構造では、1)：小売市場における売手独占、2)：再生可能エネルギー市場における買手独占、3)：非再生可能エネルギーの発電の外部費用、という3つの非効率性が存在する。

FIT制度の下では既存企業は政策当局があらかじめ決めた価格で再生可能エネルギーを買取するため、買手独占による価格支配力を抑制できる。一方で再生可能エネルギーの買取価格を政策変数として変化させても、既存企業の発電の限界費用に影響を及ぼさないため、既存企業の発電に伴う外部性を内部化することはできず、非再生可能エネルギーの過大発電による非効率性は是正できない。

RPS制度の場合は、既存企業は非再生可能エネルギーの発電量の一定割合の再生可能エネルギーを購入する必要があるため、既存企業の発電の限界費用に再生可能エネルギーの買取費用が上乗せされ、非再生可能エネルギーの外部性の一部を内部化させることができる。したがって非再生可能エネルギーの過大発電を是正する効果がある。一方で買手独占による再生可能エネルギーの過少供給は是正されない。

セカンドベストにおける社会厚生を比較し、買手独占による非効率の是正が大きな効果をもつ場合はFIT制度が、外部費用による非効率性を是正することが大きな効果をもつ場合はRPS制度が高い社会厚生を実現することを示す。

本節では研究全体をとおしての分析の枠組みと概要を説明した。次節では本研究で用いるモデルの基本的な枠組みを紹介しながら、先行研究の分析と本研究の位置づけについて概観する。

1-2-1 基本的な枠組み

既存事業者と参入事業者、電力消費者と政策当局から成るモデルを考える。電力産業の構造は発電部門、送電部門、小売部門の3部門から成り立つ。既存事業者は従来の自然独占企業で1社、参入事業者は $i = 1, \dots, n$ まで n 社ある。発電部門で発電した電気を消費者に供給するためには必ず送電部門のネットワークを経由する必要がある。既存事業者の利潤関

数を次のように定式化する。

$$\pi_I \equiv Pq - C_I(x) - \theta\left(x, \sum y_i\right) \quad (1)$$

x と y_i はそれぞれ既存事業者と参入事業者 i の発電電力量である。 P は電力小売価格、 $C_I(\cdot)$ は既存事業者の発電費用である。 q は既存事業者の販売電力量で、小売市場が自由化されている場合は自社の発電電力量に等しく $q = x$ 、小売市場において既存事業者が独占を維持する場合は $q = x + \sum y_i$ となる。 $\theta(x, \sum y_i)$ は送電にかかるネットの費用を表している。

参入事業者の利潤関数を次のように定式化する。

$$E_i \equiv P_E y_i - C_E(y_i) - T(y_i) - k \quad (2)$$

P_E は参入事業者の電力販売価格であり、発電だけでなく小売市場にも参入している場合は電力小売価格に等しく $P_E \equiv P$ 、小売市場に参入していない場合は既存事業者への卸売価格を表している。 $C_E(\cdot)$ は発電費用、 $T(\cdot)$ は送電ネットワークへのアクセス費用を表しており、 k は固定費用である。市場均衡を導出する際は対称均衡を想定して $y_i = y$ 、 $\forall i$ とする。各事業者は発電電力量を戦略変数として行動する。

1-2-2 第2章の分析の概要

第2章では Armstrong et al. (1994) のモデルをベースにして、事業者間の技術格差を考慮したうえで送電分離が社会厚生を向上させるための理論的な条件を明らかにする。事業者間の技術格差を考慮する場合、発電部門の発電効率と小売市場の効率性の間でトレードオフが生じ、その結果として送電分離が社会厚生を向上させる条件が決まる。さらに、Armstrong et al. (1994) および Vickers (1995) の拡張として送電部門の収支制約を考慮するケースについても分析する。以下では第2章の分析に関連するモデルの概要を説明する。

(1) 基本モデル (Armstrong et al. 1994)

Armstrong et al. (1994) は発電部門と送電部門の垂直的な関係を考慮したうえで、次のような基本的なモデルを提示している。

- 発電・小売が自由化されており、すべての事業者は自社発電分だけを小売市場で販売する。既存事業者と参入事業者が発電および小売する電力量をめぐってクールノー競争をおこなう。
- 参入・退出は考慮せず、事業者間の発電費用の非対称性も考慮しない。

- 規制当局は社会厚生が最大になるようにアクセスチャージの水準を設定する。その際送電部門の収支制約を考慮しない。

本論文の第2章ではこの基本的なモデルを拡張して分析をする。モデルの詳細は次のとおりである。

電力小売市場は自由化されており $q \equiv x$ 、 $P_E \equiv P$ である。また、限界費用一定の費用関数を想定し、事業者間の発電技術の非対称性は考慮せず $C_I' \equiv C_E' \equiv c$ とする。参入事業者は発電した電気を小売市場で販売するために送電ネットワークにアクセスする必要があり、アクセスの対価として単位電力量あたり a のアクセスチャージを送電ネットワークの保有者に支払う。すなわち $T' \equiv a$ である。既存事業者が従来どおり送電ネットワークを保有する場合（垂直統合）、既存事業者が自社発電分の電気を供給するために負担するのは送電の限界費用と等しく、単位電力量あたり θ である。発送電分離により第3者が送電ネットワークを保有する場合（垂直分離）は、既存事業者も参入事業者と同等に単位電力量あたり a のアクセスチャージを支払う。このとき既存事業者直面する送電の収支は次のように書ける。

$$\theta \left(x, \sum y_i \right) \equiv ax - \mu(a - \theta)Q + \mu F = \begin{cases} \theta Q - a \sum y_i + F, & \mu = 1 \\ ax, & \mu = 0 \end{cases}$$

上式において $\mu = 1$ のときが垂直統合、 $\mu = 0$ のときが垂直分離にそれぞれ対応している。ここで Q は電力総供給量で $Q = x + \sum y_i$ 、 F は送電部門の固定費用である。アクセスチャージの水準は政策当局が次のような社会厚生を最大にするように定める。

$$SW \equiv \int_0^Q P dq - (c + \theta)Q - nk - F$$

電力小売市場における逆需要関数は線形で

$$P \equiv A - Q$$

とする。既存事業者および参入事業者は発電・小売部門においてクールノー競争をし、政策当局は市場均衡を想定したうえで最適な水準にアクセスチャージを決めるものとする。

このような基本的な設定において、経済厚生を歪みをもたらすのは小売市場における過少供給の非効率性だけである。したがって最適なアクセスチャージの満たすべき条件は $P = c + \theta$ となる。つまり、電力消費の限界便益が発電と送電の限界費用の和に一致するようにアクセスチャージを設定することで最善の状況を実現できる。このとき、垂直統合と垂直分離では最適なアクセスチャージの水準は異なるが、いずれのケースでも最善の状況が実現できるため、社会的余剰の観点からは両者に優劣がない。ただし、どちらの場合で

もアクセスチャージの水準は送電の限界費用より低く設定されることになるため、送電部門に赤字が発生するという問題が生じる点は注意を要する。

(2) 参入退出自由のケース (Armstrong et al. 1994 および Vickers 1995)

Armstrong et al. (1994) および Vickers (1995) では、前述の基本的なモデルを基に参入退出が自由のケースを分析している。このケースでは参入事業者の利潤がゼロになるように参入企業数 n が内生的に決まる。

参入・退出を考慮する場合、寡占による過少供給の非効率性に加えて発電部門における過剰参入の非効率性が生じる。アクセスチャージを政策変数としてこれら 2 つの非効率性を同時に解消することはできず、最善の状況はもはや実現できない。したがって、小売市場の過少供給と発電部門の過剰参入が社会厚生に与えるトレードオフ関係を考慮したうえで次善最適を実現するような政策を考える必要がある。

参入企業数を n 、固定費用を k として、社会厚生最大化の 1 階の条件は

$$P = (c + \theta) + \frac{d(nk)/da}{dQ/da}$$

となる。戦略的代替を想定して $dQ/da < 0$ 、 $d(nk)/da < 0$ であることに注意すると、基本モデルに比べて小売価格の最適水準は高くなる。上式左辺は消費の限界便益で、右辺がアクセスチャージを政策変数として電力供給を増加させることによる発電部門の限界費用である。右辺第 2 項は発電部門に参入企業数が増加することによる限界費用を表しており、参入退出がない場合に比べて投資の限界費用の分だけ発電部門の限界費用が大きくなる。このときの最適なアクセスチャージの水準は発電部門における過剰参入を抑制するために、前述の基本的な設定に比べて高い水準に定めるのが望ましくなる。

Armstrong et al. (1994) および Vickers (1995) では線形の需要関数 ($Q = 1 - P$) と弾力性一定の需要関数 ($Q = 1/P$) の 2 つのケースについて、垂直統合と垂直分離でそれぞれアクセスチャージを最適な水準に決めた場合の社会厚生水準を比較している。その結果、線形の需要関数のもとでは垂直統合が、弾力性一定の需要関数のもとでは垂直分離が、それぞれ高い社会厚生を実現するとしている。

(3) 事業者間の技術格差を考慮するケース (本論文第2章)

本論文の第2章では基本モデルを基に、既存事業者が規模の経済性を有する発電技術を保有する場合を想定し、発電限界費用が参入事業者より低いケースを分析する。すなわち、 $C_I' \equiv c_I$ 、 $C_E' \equiv c_E$ とし、 $c_I < c_E$ である。ここでは参入・退出を考慮せず参入企業数 n は外生的に与える。

発電部門の効率性と小売市場の効率性のトレードオフが生じる点では前述の参入退出自由のケースと同様であるが、ここでは参入企業数を固定して事業者間の技術格差を考えるため、既存事業者と参入事業者の事業者間の発電量配分が発電部門における供給の効率性を左右する。このとき、社会厚生最大化の1階の条件は次のようになる。

$$P = (c_I + \theta) \frac{dx/da}{dQ/da} + n(c_E + \theta) \frac{dy/da}{dQ/da}$$

上式左辺が消費の限界便益、右辺がアクセスチャージを政策変数として供給量を増加させる場合の発電部門における限界費用を表しており、限界費用は既存事業者と参入事業者の発電量配分の変化を反映して決まる。

垂直統合の場合は既存事業者から参入事業者への発電のシフトが生じるため、総供給量を増加させる限界費用は $c_E + \theta$ より高くなり、したがって小売価格の最適水準も $c_E + \theta$ より高くなる。一方垂直分離の場合は発電のシフトは生じないので、小売価格の最適水準は $c_E + \theta$ と $c_I + \theta$ の加重平均となり、 $c_E + \theta$ より低くなる。このように、垂直分離は垂直統合に比べ小売価格を下げて過少供給を緩和する点で利点がある一方で、垂直統合は参入事業者と既存事業者間の発電のシフトにより発電効率を向上させる点で利点があり、競争促進と発電部門の発電効率の間に社会厚生上のトレードオフが生じる。

第2章の分析では線形の需要関数を用いて、2つの効果の大小が参入企業数に依存することを示す。すなわち、参入企業数が少ない場合は垂直分離が競争を促進することによる効果が大きく垂直分離が、参入企業数が多い場合は発電効率を向上させる効果が大きく垂直統合が、それぞれ高い社会厚生を実現する。第2章では、参入企業数に閾値が存在し、その閾値を境にして垂直統合と垂直分離の社会厚生の大小関係が逆転することを示す。

第2章ではさらに、拡張として送電部門に収支制約がある場合の社会厚生の比較をおこなう。一括型の補助金によって送電部門の収支を補填することができない場合、政策当局は送電部門の収支制約を考慮したうえでアクセスチャージの水準を決める必要がある。この場合、固定費用も含めて収支が赤字にならない水準にアクセスチャージを設定する必要がある、設定可能なアクセスチャージは $(a - \theta)Q - F \geq 0$ を満たす範囲になる。

Armstrong et al. (1994) および Vickers (1995) は送電部門の収支制約を考慮することの必要性について言及しているものの、社会厚生の比較において明示的に考慮した分析を行っていない。第2章では、参入・退出を考慮するケースとしないケースのそれぞれについて送電部門の収支制約を考慮したうえで社会厚生の比較をおこなった。後者の分析は Armstrong et al. (1994) および Vickers (1995) の拡張に相当する。

拡張としてまず第一に、参入・退出がない状況で送電部門の収支制約を考慮した社会厚生の比較をおこなった。送電部門の収支制約を考慮する場合、政策当局が設定できるアクセスチャージの範囲に下限が生じる。垂直分離における競争促進の効果はアクセスチャー

ジを垂直統合に比べて低い水準に設定することで生じるが、送電部門に収支制約がある場合この効果が限定的にしか発揮されない状況が生じる。政策当局が送電部門の収支制約を考慮したうえで、垂直統合と垂直分離でそれぞれ最適な水準にアクセスチャージを設定する場合の社会厚生を線形の需要関数のもとで比較した結果、垂直統合の方が高い社会厚生を実現することがわかった。

次に、参入・退出があるケースについて、送電部門の収支制約を考慮して社会厚生を比較した。このケースは *Armstrong et al. (1994)* および *Vickers (1995)* の拡張に相当する。この前提条件のもとで、線形の需要関数と弾力性一定の需要関数のもとでそれぞれ社会厚生を比較した結果、いずれの場合も垂直統合の方が高い社会厚生を実現することが明らかになった。

Armstrong et al. (1994) および *Vickers (1995)* では送電部門の収支制約を考慮せずに弾力性一定の需要関数のもとで社会厚生を比較した場合、垂直分離の方が高い社会厚生を実現するという結果であった。本論文の分析によって送電部門の収支制約を考慮することで、逆の結果が得られることが明らかになった。これは、送電部門の収支制約により設定可能なアクセスチャージの水準に下限が生じ、それによって垂直分離のもとの競争促進の効果が限定的にしか発揮されなくなるためである。

1-2-3 第3章の分析の概要

第3章では再生可能エネルギー普及促進のための主要な制度であるFIT制度とRPS制度の社会厚生上のトレードオフ関係を明らかにしたうえでその水準を比較する。FIT制度は政府が再生可能エネルギーの買取価格を高く定める枠組みである。一般的には再生可能エネルギーの固定価格での一定期間の買い取りを義務付ける固定価格買取制度のことを意味するが、再生可能エネルギーに対して従量型の補助金を支給する形態も存在する。その場合、市場価格と再生可能エネルギー買取価格が連動するという特徴がある。一方RPS制度は、販売電力量の一定割合を再生可能エネルギーから調達することを義務付ける枠組みである。

クールノー寡占モデルをベースに両制度を比較した先行研究として *Tamás et al. (2010)* があるが、両制度の社会厚生上のトレードオフ関係は理論的に明らかにされていない。第3章では独占と競争的フリッジのモデルをベースとして、FIT制度とRPS制度のいずれかが社会厚生上効率的になるための理論的条件を明らかにする。以下では第3章の分析に関連するモデルの概要を説明する。

(1) クールノーモデルによる制度の比較 (*Tamás et al. 2010*)

Tamás et al. (2010) はFIT制度とRPS制度²を理論的に比較した数少ない研究のひとつで、

² *Tamás et al. (2010)*ではTGC (Tradable Green Certificate) 制度と呼んでいるが、RPS制度と同じ枠組みである。

筆者の知る限り両制度を理論的に比較した先行研究は現時点で他にない。このモデルの前提条件は以下のとおりである。

- 発電に伴い外部費用を発生させる非再生可能エネルギー事業者と、外部費用を発生させない再生可能エネルギー事業者が発電・小売においてクールノー競争をする。すべての企業は自社で発電した分だけの電気を小売市場で販売する。
- FIT制度の下では、政府が単位電力量当たり一定の従量型の補助金を再生可能エネルギー事業者に支給する。
- RPS制度の下では再生可能エネルギーの発電に付随してグリーン証書が生産される。すべての企業は発電電力量の一定割合の証書を保有する必要がある。再生可能エネルギー事業者は自社で保有する分以外の証書を非再生可能エネルギー事業者に販売する。
- 総発電量に占める再生可能エネルギーの割合が政策目標として定められている。政策当局はFIT制度における補助金の水準、もしくはRPS制度下の証書価格をそれぞれ政策目標を達成する水準に定める。すべての企業は政策当局が決める政策変数の水準を所与として行動する。

以下では具体的にモデルの概要を説明する。

ここでは小売市場自由化を想定しており、再生可能エネルギー事業者から化石燃料事業者への卸売りは考えず、どちらの事業者も直接小売をおこなう。このとき(1)式において $q \equiv x$ である。小売市場では再生可能エネルギー事業者と化石燃料事業者がクールノー競争をおこす。発電の限界費用は一定で、 $c_E' \equiv c_E$ 、 $c_I' \equiv c_I$ とする。³

FIT制度では従量型の補助金 t を政策当局が再生可能エネルギー事業者に与えると想定し、(2)式で再生可能エネルギー事業者が直面する販売価格は $P_E \equiv P + t$ となる。このとき化石燃料事業者と再生可能エネルギー事業者の利潤関数はそれぞれ次のようになる。

$$\pi_I \equiv Px - (c_I + a)x$$

$$\pi_E \equiv (P + t)y - (c_E + a)y$$

一方RPS制度では販売電力量に対して一定割合 β の再生可能エネルギー証書の保有をすべての事業者に義務付ける。再生可能エネルギー証書は再生可能エネルギーを1単位発電する毎に付随的に生産される。再生可能エネルギー事業者は自社発電量に応じた証書入手

³ 送電ネットワークとアクセスチャージに関する想定は論文中に明記されておらず、単位電力量当たり一定の発電限界費用を負担することになっている。一定の発電限界費用のなかにアクセスチャージも含まれていると考えれば、発送電分離のもとですべての企業が単位電力量当たり一定のアクセスチャージを負担しているのと同じことになる。Tamás et al. (2010) では理論モデルに基づいて英国を対象とした数値シミュレーションを行っているが、英国では発送電分離が実施されているので、モデルの前提条件として発送電分離が想定されていると考えることは不自然ではない。

するが、自ら保有義務を果たす分以外は化石燃料事業者に売却する。再生可能エネルギー証書価格を P_c とすると、化石燃料事業者と再生可能エネルギー事業者の利潤関数はそれぞれ次のように書ける。

$$\pi_I \equiv Px - (c_I + a + \beta P_c)x$$

$$\pi_E \equiv (P + P_c)y - (c_E + a + \beta P_c)y = \{P + (1 - \beta)P_c\}y - (c_E + a)y$$

どちらの事業者も再生可能エネルギー証書価格を所与として行動し、それぞれ自社発電量が小売価格に与える影響を考慮したうえで発電量水準を決定する。

このモデルにおいて、FIT制度は再生可能エネルギーによる発電に対し、単位電力量当たり t の補助金を与えるのに対し、RPS制度では再生可能エネルギーに対して単位電力量当たり $(1 - \beta)P_c$ の補助金を与え、同時に化石燃料に対して βP_c の税を課すのと同じ枠組みになっている。 β は総供給量に対する再生可能エネルギーの割合の政策目標である。FIT制度下における補助の水準 t および、RPS制度下の証書価格 P_c はどちらも以下の条件が満たされる水準に決まる。

$$y \geq \beta Q$$

ここで政策目標である β を引き上げるとどちらの制度においても化石燃料発電量 x が減少するが、そのメカニズムが制度によって異なる。FIT制度で β を引き上げると、それを達成するために必要な補助金の水準 $t(\beta)$ が上昇し、再生可能エネルギー発電量が増加する。戦略的代替によって、再生可能エネルギー発電量の増加が化石燃料発電量を減少させる。一方RPS制度の場合は化石燃料発電の限界費用が βP_c だけ高くなっており、 β の上昇が化石燃料発電の限界費用を直接上昇させることで化石燃料の発電量を減少させる。

Tamás et al. (2010) では以上のような理論的枠組みに基づいて英国を対象とした数値シミュレーションによって、同一の政策目標を達成する場合の社会厚生水準をFIT制度とRPS制度で比較し、RPS制度の方が高い社会厚生を実現するという結果を得ている。

しかし、次善最適の枠組みでは議論をしておらず、セカンドベストを実現する政策を考えた場合にRPS制度がFIT制度より社会厚生上効率的になる、もしくははならないための条件については分析していない。

本論文の第3章では独占と競争的フリンジのモデルに基づいてFIT制度とRPS制度におけるセカンドベストを比較し、いずれかの制度が社会厚生上効率的になるための条件を明らかにする。

(2) 独占と競争的フリンジのモデル

Tamás et al. (2010) の分析は前述のようにFIT制度を再生可能エネルギーに対する従量型の補助金としているが、これは日本などで実際に導入されている固定価格買取制度とは別のものである。固定価格買取制度は再生可能エネルギー事業者が直面する販売価格そのものを政策当局が決めるというもので、(2)式で P_E の水準が固定買取価格となる。また、再生可能エネルギーの固定買取価格での買取りを義務付けられるのは一般的に、送電部門を保有している事業者であり、日本のように垂直統合が維持されている場合は、再生可能エネルギー事業者が垂直統合企業⁴に卸売りをし、垂直統合企業が小売市場で自社発電量と再生可能エネルギー発電量を販売することになる。

本論文の第3章では以下で説明するような独占と競争的フリンジの基本的なモデルに基づいてFIT制度とRPS制度を比較する。モデルの前提条件は以下のとおりである。

- 発電に伴い外部費用を発生させる非再生可能エネルギー事業者と、外部費用を発生させない再生可能エネルギー事業者を考える。非再生可能エネルギー事業者は価格支配力をもつ独占企業、再生可能エネルギー事業者は価格受容的に行動するフリンジ企業である。
- フリンジ企業は独占企業に再生可能エネルギーで発電した電気を販売する。独占企業は自社発電分とフリンジ企業から購入した分を合わせて小売市場で販売する。
- 独占企業はフリンジ企業からの再生可能エネルギーの買取りにおいて買手独占として行動し、小売市場において売手独占として行動する。独占企業の戦略変数は自社の発電量とフリンジ企業からの買取量の2つで、コスト最小化のために自社発電の限界費用と買取りにかかる限界費用が一致するように自社発電量と買取量の配分を決定する。

このモデルで経済に非効率をもたらす要因は 1)：小売市場における売手独占、2)：再生可能エネルギー市場における買手独占、3)：独占企業の発電に伴う外部費用、の3つである。セカンドベストの枠組みでFIT制度とRPS制度の社会厚生を比較する場合、それぞれの制度が、どの非効率性を是正するのに効果を発揮するかという点に着目して議論をする。

以下では具体的にモデルの概要を説明する。

小売市場は自由化されておらず、参入事業者が既存事業者に卸売りをして、既存事業者が全供給量を小売市場で販売する。このとき(1)式において $q \equiv Q$ である。既存事業者を、送電部門を保有する垂直統合企業とする。ここでは簡単化のために送電部門の収支およびアクセスチャージは考えない。既存事業者を化石燃料事業者、参入事業者を再生可能エネルギー事業者とする。化石燃料事業者は小売市場と再生可能エネルギー市場でそれぞれ売手独占、買手独占として行動し、再生可能エネルギー事業者は再生可能エネルギー市場において価格受容的に行動する。単純化のため化石燃料事業者数と再生可能エネルギー事業者数をそれぞれ1社と考えるが、再生可能エネルギー事業者数が複数の場合も議論は変わらない。

⁴ 日本では一般電気事業者に相当する。

い。化石燃料事業者の利潤最大化問題は次のように書ける。

$$\max_{x,y} PQ - C_I(x) - P_R y$$

ここで P_R は再生可能エネルギー市場の買取価格である。再生可能エネルギー事業者の利潤関数が

$$P_R y - C_E(y)$$

であるとき、利潤最大化の1階の条件は

$$P_R - C'_E = 0$$

となり、上式から再生可能エネルギーの供給関数が決まる。これを化石燃料事業者の利潤関数に代入して利潤最大化の1階の条件を書くと次のようになる。

$$\frac{\partial \pi_I}{\partial x} = P + P'Q - C'_I = 0$$

$$\frac{\partial \pi_I}{\partial y} = P + P'Q - (P_R + P_R' y) = 0$$

上の2式を連立して解くことで市場均衡が導出できる。上の条件は、独占企業がコスト最小化のために自社発電の限界費用と買取りにかかる限界費用が一致するように自社発電量と買取量の配分を決定することを示している。

(3) 独占と競争的フリッジのモデルによる制度の比較（本論文第3章）

第3章では(2)の独占と競争的フリッジのモデルをベースとして、F I T制度とR P S制度を次のように考える。

- F I T制度では、政策当局があらかじめ再生可能エネルギーの価格を決め、独占企業は再生可能エネルギーの価格を所与として行動する。
- R P S制度では、政策当局が非再生可能エネルギーに対する再生可能エネルギーの割合を決める。独占企業は自社発電に対して、政策当局が定めた割合の再生可能エネルギーを購入することが義務付けられる。

F I T制度もしくはR P S制度が導入されている場合、独占企業の戦略変数は非再生可能エネルギーの発電量のみである。F I T制度のケースでは、再生可能エネルギーの価格

を政策当局があらかじめ決めるので独占企業の発電量とは関係なくフリンジ企業の発電量が決まる。R P S制度の場合は、政策当局があらかじめ決めた割合に基づいて独占企業の発電量に対するフリンジ企業の発電量が決まる。R P S制度で独占企業は再生可能エネルギー価格に支配力を行使できるが、自社発電量と独立に再生可能エネルギーの購入量を選択することはできない。

ここで両制度の違いは、独占企業の利潤最大化問題の制約条件の違いとして表すことができる。FIT制度においては政策当局が固定買取価格を設定することにより、独占企業は次のような最大化問題に直面する。

$$\max_x \pi_I = PQ - C_I(x) - P_R \cdot y(P_R), \text{ given } P_R = \bar{P}_R$$

一方 RPS 制度における利潤最大化行動は次のようになる。

$$\max_x \pi_I = PQ - C_I(x) - P_R(y) \cdot y \quad s.t. \quad y = \beta x$$

FIT 制度では再生可能エネルギー買取価格を固定することで再生可能エネルギー市場における買手独占を排除する一方、RPS 制度では再生可能エネルギーを調達する分だけ化石燃料発電の限界費用が高くなるという特徴がある。RPS 制度下ではさらに、再生可能エネルギーの買取負担を減少させるために、化石燃料事業者が買手独占力を行使できる。それぞれの制度下で化石燃料事業者が直面する制約条件は、再生可能エネルギー市場における市場支配力を決定づけるものである。第 3 章において、これらの制約条件の違いが両制度の特徴を決定づけることになる。

第2章 発電事業者間の技術格差と送電分離が社会厚生に与える影響*

2-1 はじめに

この章では発電部門の寡占市場において既存企業が参入企業より限界費用の点で効率的である場合に、送電分離の有無が経済厚生に与える影響を分析する。⁵寡占市場である発電部門と自然独占が維持されている送電部門が垂直関係にある場合、⁶構造分離は競争を促進し寡占による過少生産の非効率を緩和するかもしれないが、必ずしも経済厚生を高めるとは限らない。なぜなら、競争の促進と同時に発電部門における規模の経済のメリットを損ない、発電部門の生産効率を低下させる可能性があるからである。本章では、このような競争促進と発電効率のトレードオフに着目したうえで、規制当局がアクセスチャージを最適な水準に設定する場合の社会厚生を垂直分離と垂直統合で比較する。また、送電部門の収支制約を考慮する場合の影響についても検証する。

電力産業の特徴の1つは、発電に利用可能な技術が多種多様である点である。⁷例えば日本では、新規参入事業者がベースロード電源として利用できる電源は火力や再生可能エネルギー（バイオマス、地熱など）であるのに対し、既存の一般電気事業者はベースロードとして原子力や大規模水力などのようなランニングコストの低い電源を使用することができる。これら低ランニングコストの電源の設置費用は非常に高いが、一般電気事業者にとってその費用は埋没費用になっている。一方参入企業がこれらの電源を新たに設置するのは事実上不可能である。このような場合一般電気事業者の発電の限界費用は参入企業に比べて低くなる。このような状況下で、規制当局は競争を促進し寡占による過少生産の非効率を改善することだけでなく、参入企業と一般電気事業者の発電量配分を調整することによって、産業全体での発電効率を向上させることも考慮する必要がある。

Armstrong et al. (1994) および Vickers (1995)では、発電部門において限界費用が同じ企業を想定し、参入退出自由なクールノー寡占モデルを使って、送電分離が経済厚生に与える影響を分析した。⁸このモデルでは送電分離による競争促進と生産効率のふたつの効果のトレードオフ関係に着目している点では、本章の分析と同じである。しかしながら、それらの分析において垂直統合が生産効率を高める原因は、参入企業数の減少に伴う固定

* 本章の内容は Kurakawa (2013) に基づいている。

⁵ 電力市場における市場支配力は自由化以降も一般的に高く、寡占状態が続く場合が多い。Mészáros et al. (2010)、D. G. Competition Report on Energy Sector Inquiry (2007)を参照。

⁶ 電力産業の規制改革においては発電部門に競争が導入される一方で、送電部門の自然独占は維持される。従来は発電も自然独占的であると考えられていたが、電力需要の伸びと技術革新により発電における規模の経済性は問題にならなくなった。例えばコンバインドサイクル発電方式（CCGT）によって熱効率が向上し、小型電源でも効率の高い発電ができるようになったことも、発電における競争が可能になった要因のひとつである。Steiner (2001)、Kaserman and Mayo (1991)、Christensen and Greene (1976) を参照。

⁷ D. G. Competition Report on Energy Sector Inquiry (2007)、IEA and OECD (2010) を参照。

⁸ 後者のモデルは前者のモデルをベースに、政策当局と独占企業間で送電の限界費用に関する情報の非対称性が存在するケースを分析しているが、本質的に同じ枠組みである。

費用の減少である。分析の結果、線形の需要関数のもとでは垂直統合の方が高い社会厚生を実現し、弾力性が一定の需要関数のもとではその結果が逆になるとしている。また、これらの研究は送電部門の収支制約を考慮した分析はおこなっていない。

本章では既存の発電事業者の限界費用が参入企業より低い状況を想定する。Armstrong et al. (1994)、Vickers (1995)では技術格差を考慮せずに発電部門の参入退出が自由なケースを分析していたが、本章では事業者間の技術格差を想定すれば例え参入企業数を固定している状況下でも競争促進と発電効率のトレードオフが生じ得ることを示す。参入企業数が固定されている場合、参入企業から既存企業への発電量のシフトが産業全体の発電効率を向上させる要因になる。競争促進と発電効率のトレードオフの結果、参入企業数の閾値が存在して、参入企業数が少ない場合は垂直分離が、多い場合は垂直統合が、高い社会厚生を実現することを示す。

本章ではさらに、送電部門の収支制約を考慮する場合の影響を、参入企業数が固定されているケースと参入退出が自由なケースのそれぞれについて検証する。後者のケースはArmstrong et al. (1994)、Vickers (1995)の拡張に相当する。分析の結果、参入企業数を固定する場合とそうでない場合においても、需要関数が線形か弾力性一定かに依存せずに垂直統合の方が高い社会厚生を実現することを示す。この結果は送電部門の収支制約を考慮した分析をおこなっていなかったArmstrong et al. (1994)、Vickers (1995)と対照的な結果である。

本章の構成は次のようになっている。まず第2節で先行研究のレビューをおこなう。次に第3節でモデルの説明をする。第4節で発電部門の均衡解を導出してアクセスチャージの水準を変化させた場合の比較静学をおこなう。第5節では垂直分離と垂直統合のそれぞれのもとでの最適なアクセスチャージの水準について議論する。第6節では最大化された社会厚生を垂直分離と垂直統合で比較する。第7節ではモデルの拡張として送電部門の収支制約と参入退出自由のケースを検証する。最後に第8節で結論を述べる。

2-2 先行研究のレビュー

競争導入が可能な生産部門と、自然独占的なネットワーク部門が垂直的關係にある産業を対象として、⁹ネットワークの垂直分離とアクセスチャージに関して理論的に分析した研究は多々あるが、その多くがネットワーク部門の独占企業による競争阻害的な行動に焦点を当てており、垂直分離が生産部門全体の生産効率に与える影響を理論的に分析したものは筆者の知る限りArmstrong et. al. (1994)、Vickers (1995) だけである。

⁹ このような特徴をもつ産業としては電力の他に通信、ガスなどがあり、これらの産業の分析は同じ理論的枠組みで行われることが多い。Armstrong, Sappington (2006)は生産部門とネットワーク部門が垂直的關係にある産業に競争を導入する場合の規制改革上の基本的な論点について説明している。Howell et al. (2010)では通信事業と電力事業の類似性を指摘したうえで、理論研究のレビューと電力産業における規制改革の事例から通信産業における垂直分離の是非について議論している。

ネットワーク保有者による競争阻害的な行動に焦点を当てた分析は 2 つのカテゴリーに大別できる。一つは、上流部門（ネットワーク）の独占企業がアクセスチャージ以外の手段で生産部門におけるライバルを妨害するインセンティブを扱ったもので、Höffler and Kranz (2011), Mandy and Sappington (2007), Sappington (2006), Beard et al. (2001) などがある。もう一つは、上流部門の独占企業がアクセスチャージを操作するインセンティブを対象としたもので、Matsumura and Matsushima (2012), Matsumura and Matsushima (2011), Ropenus and Jensen (2009) などがある。

ネットワーク保有者による妨害行動を対象とした研究は一般的に外生的に与えられたアクセスチャージの下で分析をしている。すなわち、垂直分離の有無に依存せずに、政策当局が一定のアクセスチャージを設定すると想定している。その結果、これらの研究では競争促進と生産部門の効率性の間のトレードオフ関係が見落とされている。一方で Armstrong et al. (1994), Vickers (1995) や本章のモデルでは、垂直分離の有無に応じて政策当局が最適なアクセスチャージを設定する状況を想定することで、生産部門の効率性と競争促進効果の間のトレードオフ関係を明示的に考慮した分析を可能にしており、ネットワーク保有者の妨害行動を対象とした一連の研究と異なった枠組みになっている。具体的には、垂直統合下で高い水準にアクセスチャージを設定することで生産部門の効率性を高めることができる一方で、垂直分離下ではアクセスチャージを低くすることで競争を促進できるというトレードオフ関係に着目している。Sappington (2006) はネットワーク保有者の妨害行動を対象としているが、モデルの拡張として、垂直統合と垂直分離でそれぞれアクセスチャージが異なるケースを分析している。しかしアクセスチャージの水準は外生的に与えており、政策当局による最適化行動を考慮していないので、前述のような競争促進と生産部門の効率性のトレードオフを明示的に考慮していることにはならない。実際の問題として、垂直分離の有無に応じて政策当局はそれぞれ望ましい水準にアクセスチャージを設定しようとするはずであるので、政策当局の最適化行動を織り込んだうえで垂直分離が社会厚生を向上させるか否かを検証する必要がある。このような政策当局の最適化行動を考慮する場合に、Armstrong et al. (1994), Vickers (1995) および本章で示しているような生産部門の効率性と競争促進の間のトレードオフ関係が生じ、そのことが政策の効果を左右する要因になる。

ネットワーク保有者の競争阻害的な行動に関する研究のもう一つのカテゴリーとして、ネットワーク保有者がアクセスチャージを操作する状況に焦点を当てた一連の研究でも同様に、政策当局による最適化行動が考慮されていない。したがって生産部門の効率性と競争促進の間のトレードオフ関係が見落とされている。このカテゴリーにおける一連の研究では、垂直統合の場合はネットワークを所有する企業が生産部門にも参入していて、さらにアクセスチャージも自社の利潤を最大にするように設定する一方で、垂直分離の場合はアクセスチャージの水準が外生的に与えられる状況を想定している。これらの研究では、垂直統合の場合政策当局による規制が全く機能せず、また構造分離の場合も政策当局がア

アクセスチャージを最適な水準に設定するわけではなく、あくまで外生的にアクセスチャージの水準が与えられており、アクセスチャージの決まり方が必ずしも統一的に扱われておらず曖昧な点がある。政策当局による最適化行動が考慮されていない点では、妨害行動を扱った一連の研究と同様であり、生産部門の効率性と競争促進のトレードオフ関係が明示的に考慮されていない。電力産業における規制改革において、発電・小売部門に競争を導入すると同時に送電部門の規制を強化することが基本的な枠組みになるが、送電部門におけるアクセスチャージの規制が十分に機能することを前提とした場合に、Armstrong et al. (1994), Vickers (1995)および本章で示しているような枠組みが有用となる。

2-3 モデル

発電部門と送電部門、消費者から成るモデルを考える。発電部門へは競争が導入されている一方で送電部門の自然独占は維持されている。発電部門では既存企業（従来の自然独占企業）と、 n 社の同質な参入企業がクールノー競争をしている。すべての発電企業の限界費用は一定で、既存企業と参入企業の発電限界費用をそれぞれ c_I 、 c_E とする。原子力や大型水力などの大規模発電は既存企業のみ利用可能で、既存企業の限界費用は参入企業より低いとする（ $c_E > c_I$ ）。

発電部門で発電された電気はすべて送電部門を経由して消費者に送られる。単位電力量当たりの送電コストを θ とする。消費者の電力逆需要関数は線形で、

$$P = A - Q,$$

であるとする。ここで P は電力小売価格、 Q は電力総供給量である。発電部門の参入事業者を $i = 1, 2, \dots, n$ とおき、 x と y_i をそれぞれ既存企業と参入企業 i の発電量とした場合、総供給量はすべての発電事業者の発電量の合計で $Q = x + \sum_{i=1}^n y_i$ となる。この章の分析全般において内点解での均衡を保障するため、定数 A は $A > (c_E + \theta) + 3(c_E - c_I)$ を満たすと仮定する。

垂直分離と垂直統合という 2 種類の産業構造を考える。垂直分離では発電部門のどの企業からも独立である第 3 者が送電網を運営するのに対し、垂直統合では既存企業が送電網を運営し、送電部門の利潤も既存企業の利潤に含まれる。

すべての発電事業者（小売事業者、PPS）は送電網の利用に伴い、単位電力量当たり a のアクセスチャージを送電網の運営者に支払う。垂直分離下では発電部門のすべての事業者が共通のアクセスチャージを支払う。一方垂直統合下では既存企業と参入企業が送電に伴い負担するコストが異なる。すなわち、既存企業はアクセスチャージではなく、送電コスト θ を負担する。（図 2 を参照。）アクセスチャージは規制当局が次のような社会厚生関数を最大にする水準に設定する。

$$SW = \int_0^Q P dq - (c_I + \theta)x - (c_E + \theta) \sum_{i=1}^n y_i - nk - F, \quad (3)$$

ここで k と F はそれぞれ、個々の参入企業と送電部門の固定費用である。

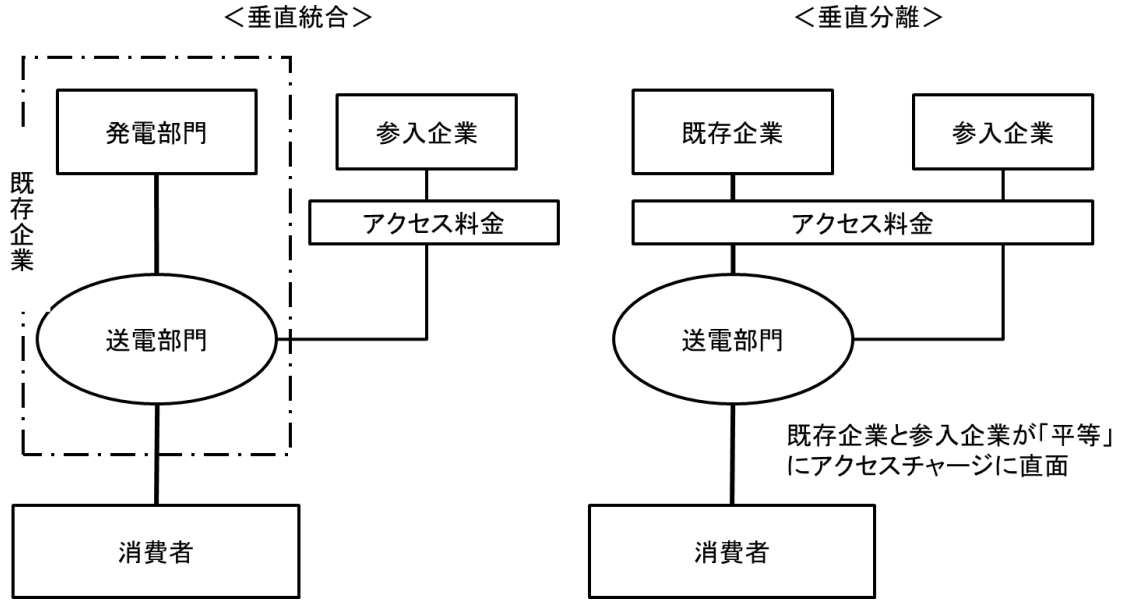


図 2：送電部門の垂直構造

2-4 市場均衡

発電部門では既存企業と参入企業がアクセスチャージを所与としてクールノー競争をしている。既存企業の利潤関数を次のように書くことができる。

$$\pi_I = (P - c_I - a)x + \mu(a - \theta)Q - \mu F,$$

ただし μ は垂直分離のとき 0、垂直統合のとき 1 をとる変数である。上式は既存企業が送電に伴い負担するコストは垂直分離のとき($\mu = 0$)アクセスチャージ a で、垂直統合のとき($\mu = 1$)送電コスト θ であることを表している。参入企業の利潤関数は

$$E_i = (P - c_E - a)y_i - k$$

と書ける。上式は参入事業者が送電時に負担する費用はどちらの垂直構造の場合もアクセ

スチャージに等しくなることを表している。ここでは参入企業数が外生的に与えられているケースを考えるので固定費用は分析に影響をおよぼさないが、分析の拡張として参入・退出が自由のケースも考えるので、固定費用を含んだ利潤関数を定義している。

a 、 μ および他社の発電量を所与として、発電事業者の利潤最大化の 1 階の条件はつぎのように書ける。

$$\frac{\partial \pi_I}{\partial x} = P'x + P - c_I - a + \mu(a - \theta) = 0,$$

$$\frac{\partial E_i}{\partial y} = P'y_i + P - c_E - a = 0.$$

これらの条件からナッシュ均衡がつぎのようになる。

$$x = \frac{1}{n+2} \{A - (n+1)c_I + nc_E - a + \mu(n+1)(a - \theta)\}, \quad (4)$$

$$y = \frac{1}{n+2} \{A + c_I - 2c_E - a - \mu(a - \theta)\}, \quad (5)$$

$$Q = \frac{1}{n+2} \{(n+1)A - c_I - nc_E - (n+1)a + \mu(a - \theta)\}, \quad (6)$$

$$P = \frac{1}{n+2} \{A + c_I + nc_E + (n+1)a - \mu(a - \theta)\}, \quad (7)$$

まずはじめに、垂直構造がどのように均衡解に影響するかを確認する。(4)～(6)式から次の式が導かれる。

$$\frac{\partial x}{\partial \mu} = \frac{n+1}{n+2} (a - \theta), \quad (8)$$

$$\frac{\partial y}{\partial \mu} = -\frac{1}{n+2} (a - \theta), \quad (9)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial \mu} = \frac{1}{n+2} (a - \theta). \quad (10)$$

次に、アクセスチャージの水準が均衡解にあたえる影響をしらべるために(4)～(6)式を a で微分すると次のようになる。

$$\frac{\partial x}{\partial a} = -\frac{1}{n+2} + \mu \frac{n+1}{n+2}, \quad (11)$$

$$\frac{\partial y}{\partial a} = -\frac{1}{n+2} - \mu \frac{1}{n+2}, \quad (12)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial a} = -\frac{n+1-\mu}{n+2}. \quad (13)$$

上式に $\mu = 1$ または 0 を代入することで、それぞれ垂直統合と垂直分離のケースのアクセスチャージの効果を確認できる。垂直分離下でアクセスチャージを引き上げるとすべての参入企業が送電時に負担するコストが増加するが、既存企業が直面する費用には影響しない。戦略的代替によって既存企業の発電量が増加し、参入企業の発電量および総発電量は減少する。¹⁰このときに参入企業から既存企業への生産シフトが起こるが、既存企業の限界費用は参入企業よりも低いので、それによって生産効率が向上する。一方で垂直分離の場合、アクセスチャージを引き上げると既存企業と参入企業が送電時に負担する費用がともに上昇するため、すべての企業が生産を縮小し、総発電量が減少する。

2-5 アクセスチャージの規制水準

この節では規制当局が送電部門の収支制約を考慮する必要がない場合に、どちらの垂直構造が高い社会厚生を実現するかを検証する。この場合、送電部門の赤字は一括型の補助金によって補填される。

まずはじめに社会厚生を最大にするようなアクセスチャージの条件を導く。垂直構造 $\mu \in \{0, 1\}$ の下で規制当局が最適な水準にアクセスチャージを設定した場合に実現する小売価格を $P^o(\mu)$ とする。(3)式を a で微分して整理すると次のようになる。

$$P^o(\mu) = (c_I + \theta) \frac{dx/da}{dQ/da} + n(c_E + \theta) \frac{dy/da}{dQ/da}. \quad (14)$$

上式左辺は電力消費による社会的限界便益で、右辺は電力供給を増加の社会的限界費用を表している。(14)式を満たすようなアクセスチャージの水準を $a(\mu)$ とする。

2-5-1 垂直統合

(14)式に(11)～(13)式を代入して $\mu = 1$ とすると、垂直統合下でのアクセスチャージの最適水準で実現する小売価格を次のようにもとめることができる。

¹⁰ 戦略的代替については Bulow et al. (1985) を参照。

$$P^o(1) = 2(c_E + \theta) - (c_I + \theta). \quad (15)$$

ここで、上式右辺は、参入企業の生産増加に伴う社会的限界費用 $c_E + \theta$ より高いことに注意が必要である。 $P^o(1) > c_E + \theta$ となる理由は以下のとおりである。垂直統合下で規制当局が総供給量を増加させるためにアクセスチャージを引き下げた場合、参入企業が直面する費用だけを引き下げることになるため、既存企業から参入企業への生産のシフトが起こる。既存企業の限界費用は参入企業より低いので、それによって生産効率が低下し、単純に参入企業が増産するための費用より、総生産量を増加させるための社会的限界費用は高くなる。(垂直分離したのアクセスチャージの効果については図3を参照。)

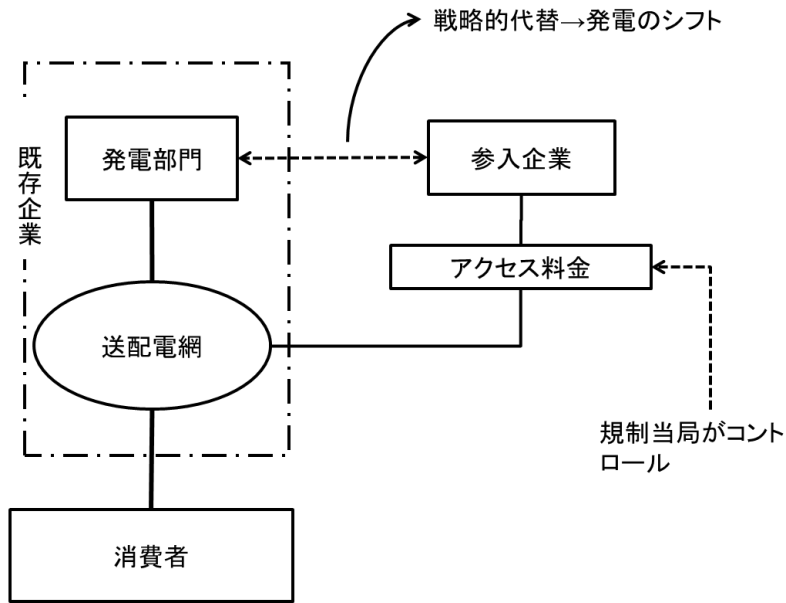


図3：垂直統合におけるアクセスチャージの効果

2-5-2 垂直分離

次に垂直分離のケースを考える。(11)式を(12)～(14)式に代入して $\mu = 0$ とすると最適アクセスチャージ下の小売価格が次のようにもとまる。

$$P^o(0) = \frac{n}{n+1}(c_E + \theta) + \frac{1}{n+1}(c_I + \theta), \quad (16)$$

ここで、 $c_E > c_I$ なので上式右辺は $c_E + \theta$ より低い。垂直分離下でアクセスチャージを下げるると参入企業の発電量とともに既存企業の発電量も増加する。最適水準において $P^o(0) < c_E +$

θ が成り立つのはそのためである。

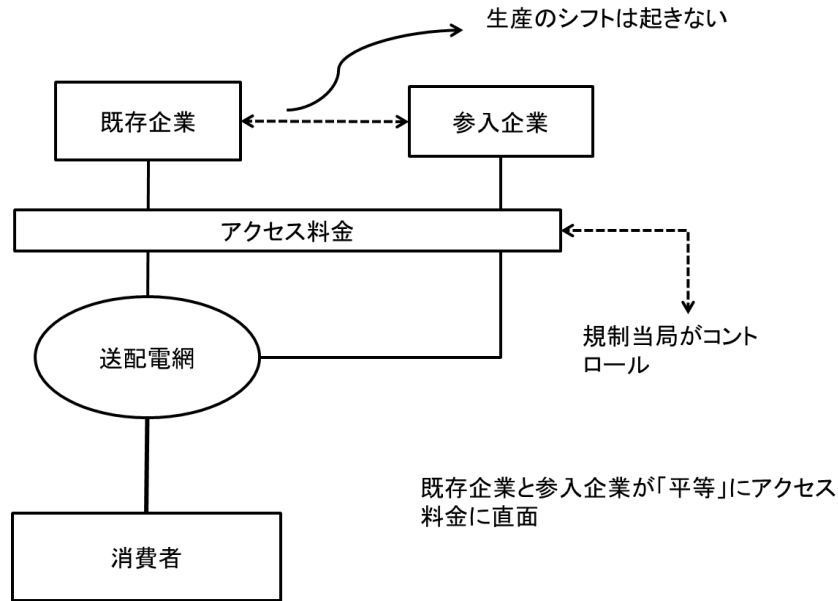


図 4：垂直分離におけるアクセスチャージの効果

2-6 社会厚生と比較

この節では垂直統合と垂直分離のもとで実現する社会厚生を比較する。本節での比較の結果を整理したものが次の命題である。

命題 1 参入企業数の閾値 $\hat{n} > 0$ が存在して、 $n > \hat{n}$ ならば、かつそのときに限って垂直統合の方が高い社会厚生を実現する。

上の命題の直観的説明はつぎのようになる。まずはじめに、垂直分離下の小売価格の最適水準は垂直統合の場合より低くなることに注意が必要である。このことは、垂直分離は垂直統合に比べて発電部門の競争を促進する利点があることを意味している。一方で垂直統合の場合、既存企業の生産シェアを増やすことで高い生産効率を実現できる。垂直統合と垂直分離の社会厚生の大小関係は、このような競争促進と生産効率のトレードオフに依存している。¹¹参入企業数が閾値より小さい場合は、垂直分離による競争促進効果が垂直統合による生産効率向上の効果を上回るので垂直分離の方が高い社会厚生を実現する。参入企業数が閾値より大きい場合はその逆である。

¹¹ この議論は逆需要関数が線形であることに依存していない。戦略的代替を仮定すれば垂直統合下で発電のシフトが起き、総供給量増加の限界費用が $c_E + \theta$ より高くなるため、線形の逆需要関数に依存せず $P^0(1) > c_E + \theta$ となる。また、垂直分離下では発電のシフトが起きないので、線形の逆需要関数に依存せず $P^0(0) < c_E + \theta$ が成り立つ。したがって、線形の逆需要関数に依存せずに同様の議論が可能である。

2-7 拡張

この章では拡張として、送電部門の収支制約を考慮する場合と、発電部門の参入退出が自由であるケースについて検証する。

2-7-1 送電部門の収支制約

政府による一括型の補助金が可能でない場合、前節で考えたようなアクセスチャージの最適水準は送電部門の収支を赤字にすることもあり得る。とくに垂直分離の場合は、 $P^0(0) < c_E + \theta$ であることからわかるように、アクセスチャージの最適水準はつねに送電の限界費用より低いので、かならず送電部門の収支が赤字になる。このような場合、例えば Valletti and Estache (1999)などにあるように、次のような収支制約を考える必要がある。

$$(a - \theta)Q - F \geq 0.$$

アクセスチャージの水準が固定されているものとして、(3)式を μ で微分するとつぎのようになる。

$$\frac{\partial SW}{\partial \mu} = \{P - (c_E + \theta)\} \frac{\partial Q}{\partial \mu} + \{(c_E + \theta) - (c_I + \theta)\} \frac{\partial x}{\partial \mu}.$$

アクセスチャージの水準を所与として、垂直統合($\mu = 1$)と垂直分離($\mu = 0$)下の社会厚生水準の差を次のように書くことができる。

$$\begin{aligned} & SW(1) - SW(0) \\ &= \int_{Q(0)}^{Q(1)} \{P - (c_E + \theta)\} dq + \int_{x(0)}^{x(1)} \{(c_E + \theta) - (c_M + \theta)\} dx, \end{aligned} \tag{17}$$

ここで $SW(\mu)$ 、 $Q(\mu)$ および $x(\mu)$ はそれぞれ、垂直構造 $\mu \in \{0, 1\}$ の下でアクセスチャージを外生的にあたえたときに均衡で実現する社会厚生、総発電量、既存企業発電量である。

上式右辺第1項は総発電量の違いが社会厚生に与える効果を表している。総発電量が多いほど寡占による過少生産の非効率が小さくなる。(10)式から、アクセスチャージを送電の限界費用より高く設定すると垂直統合の方が総生産量が多くなることがわかる($Q(1) > Q(0)$)。また、アクセスチャージが送電の限界費用より高い場合、既存企業が市場支配力を行使することで $Q(0) \leq Q \leq Q(1)$ を満たすような総生産量について $P > c_E + \theta$ が成

り立つので、第1項は正になる。

第2項は生産効率の差に起因する社会厚生の差分を表している。送電の限界費用より高いアクセスチャージを外生的に設定する場合、既存企業の発電量は垂直統合の方が多くなる ($x(1) > x(0)$)。したがって、この場合第2項の符号は正となる。

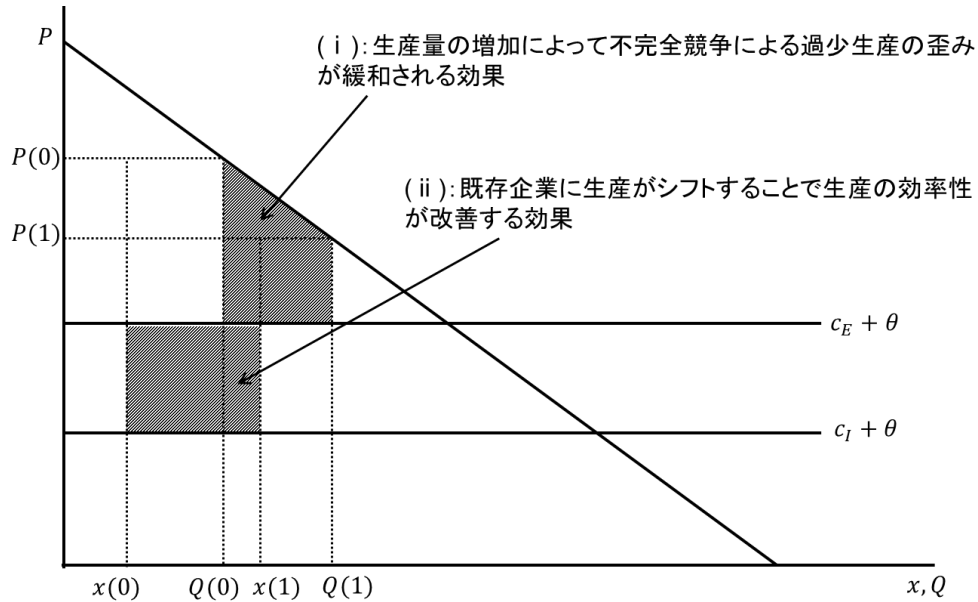


図5：外生的なアクセスチャージにおける社会厚生之差

命題2 送電の限界費用より高い同一水準のアクセスチャージで比較した場合、垂直統合の方が垂直分離より高い社会厚生を実現する。

次に、送電部門の収支制約のもとで最適水準のアクセスチャージを設定する場合について社会厚生を比較する。これまでの議論でみたように、アクセスチャージの水準が等しい場合には垂直統合の方が総発電量が多くなるため、垂直分離下で収支制約を満たすようなアクセスチャージの水準はかならず垂直統合下でも収支制約を満たす。

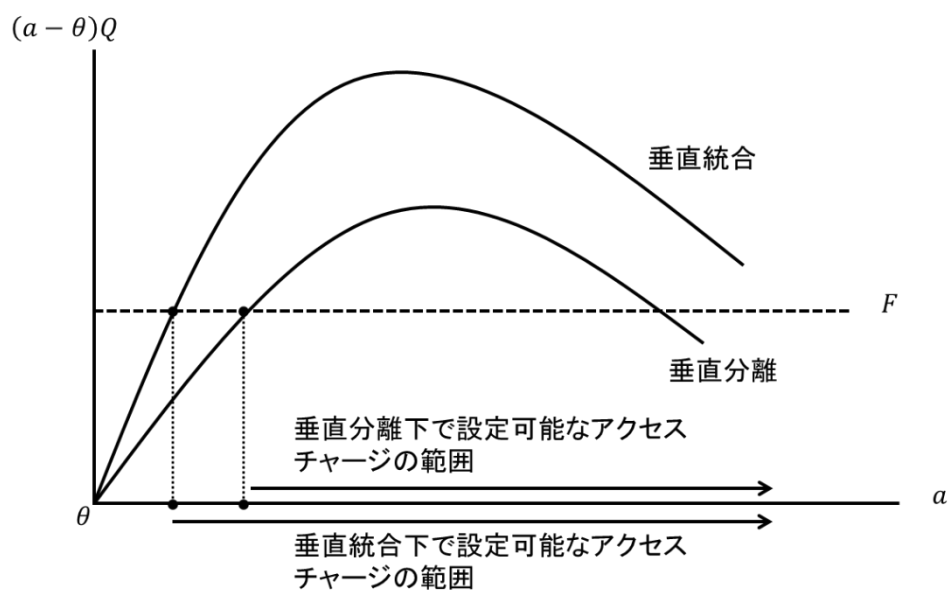


図 6：送電部門の収支制約下で設定可能なアクセスチャージの範囲

したがって、垂直分離下でのアクセスチャージの最適水準は、垂直統合の場合でもかならず規制当局の選択肢のなかに含まれている。命題 2 と合わせて考えると、規制当局がそれぞれ最適なアクセスチャージを設定する場合、垂直統合の方がかならず高い社会厚生を実現できることがわかる。

命題 3 送電部門の収支制約を考慮して最適なアクセスチャージを設定する場合、垂直統合の方が高い社会厚生を実現する。

送電部門の収支制約を考慮する場合、規制当局は送電の限界費用より低い水準にアクセスチャージを設定することができないため、垂直分離によって競争を促進する効果が限定的になる。その結果、垂直統合の方がつねに高い社会厚生を実現する¹²。

2-7-2 参入退出自由

発電部門の参入退出が自由で参入企業数が内生的に決まるケースを考える。Armstrong et al. (1994)、Vickers (1995) はすべての発電事業者が同じ技術を使用すると想定して、参入退出が自由なケースを分析している。線形の需要関数と弾力性一定の需要関数を使い

¹² 垂直統合下の収支制約を送電部門だけの収支制約ではなく、垂直統合企業の収支制約と考える場合、垂直統合のケースで設定可能なアクセスチャージの水準が広がるため、ここでの結果は変わらない。

垂直分離と垂直統合の社会厚生を比較し、線形の需要関数の場合は垂直統合が高い社会厚生を実現し、弾力性一定の需要関数の場合は逆に垂直分離の方が高い社会厚生を実現するという結果を導いている。これらの研究は発電事業者間の技術格差と送電部門の収支制約を考慮した分析をしていない。以下ではこれらの研究の拡張として、事業者間の技術格差を考慮したうえで参入退出が自由で、かつ送電部門の収支制約がある場合にどちらの垂直構造が高い社会厚生を実現できるかを分析する。

発電部門に参入するために必要な固定費用 k とする。このとき参入企業数 n は次の条件を満たす水準に決まる。

$$(P - c_E - a)y - k = 0, \quad (18)$$

上式と利潤最大化の1階の条件から、均衡解は次のようになる。

$$x = \sqrt{k} + (c_E - c_I) + \mu(a - \theta), \quad (19)$$

$$y = \sqrt{k}, \quad (20)$$

$$Q = A - (\sqrt{k} + c_E + a), \quad (21)$$

$$P = \sqrt{k} + c_E + a, \quad (22)$$

$$n = \frac{A - 2c_E + c_I - a - 2\sqrt{k} - \mu(a - \theta)}{\sqrt{k}}. \quad (23)$$

これらを(3)式に代入して μ で微分すると次のようになる。

$$\frac{\partial SW}{\partial \mu} = (a - \theta)(c_E - c_I + \sqrt{k}).$$

ここで $c_E > c_I$ なので、上式から次のことがいえる。

命題 4

参入退出自由な発電部門を想定し、送電の限界費用より高い共通のアクセスチャージで比較する場合、垂直統合の方が高い社会厚生を実現する。

直観的な説明は次のようになる。(21)式からわかるように参入退出自由のケースで共通のアクセスチャージを与えると垂直統合と垂直分離で同一の総発電量が実現する。したがってこの場合どちらの垂直構造が高い社会厚生を実現するかどうかは、どちらの垂直構造が発電部門の効率をより向上させるかのみに依存して決まる。アクセスチャージを送電の限界費用より高い水準に設定する場合、(19)式からわかるように垂直統合のほうが垂直分離の場

合より既存事業者の発電量が多くなる。その結果、発電部門の効率が垂直分離より高くなるので、高い社会厚生を実現する。

ここでは、垂直統合下で参入企業数が少なくなっていることが発電効率を高める要因になっている。(20)式と(23)式から、各参入事業者当たりの均衡発電量はアクセスチャージの水準や発送電分離の有無に影響されず一定であることがわかる。一方で参入企業数はアクセスチャージの水準に依存する。(23)式を μ で微分すると次のようになる。

$$\frac{\partial n}{\partial \mu} = -\frac{a - \theta}{\sqrt{k}},$$

上式から、送電の限界費用より高い同一水準のアクセスチャージで比較すると、垂直統合の方が参入企業数が少なくなることがわかる。

最後に、規制当局が送電部門の収支制約を考慮したうえで、最適な水準にアクセスチャージを決めるケースを考える。(21)式から、送電部門の収支制約の下で規制当局が選択できるアクセスチャージの範囲は垂直統合と垂直分離で同じであることがわかる。ここで命題 4 から次のことがいえる。

命題 5

発電部門の参入退出が自由で、規制当局が送電部門の収支制約を考慮して最適な水準にアクセスチャージを決める場合、垂直統合の方が高い社会厚生を実現する。

命題 3 で論じたように、送電部門の収支制約は垂直分離による競争促進の効果を制限し、その結果、垂直統合の方が高い社会厚生を実現する。

ここまでの分析で想定していた線形の需要関数ではなく、弾力性一定の需要関数 $Q = 1/P$ を用いる場合でも命題 4 と命題 5 は成立する。このとき均衡における社会厚生を μ で微分すると次のようになる。

$$\frac{\partial SW}{\partial \mu} = (a - \theta) \left\{ \frac{c_E - c_I}{P^2} + \frac{\sqrt{k}}{P} \right\},$$

アクセスチャージの水準が送電の限界費用より高いとき上式の値は正になる。均衡における総発電量と既存企業の発電量はそれぞれ次のようになる。

$$Q = \frac{1 - \sqrt{k}}{c_E + a},$$

$$x = \frac{\sqrt{k}P + (c_E - c_I) + \mu(a - \theta)}{p^2}.$$

上式からわかるように、垂直統合と垂直分離で総発電量は変わらないが、アクセスチャージが送電の限界費用より高い場合、垂直分離の方が既存事業者の発電量が多くなる。したがって、命題 4 と命題 5 と同様に、弾力性一定の需要関数を想定した場合も垂直統合の方が高い社会厚生を実現できる。この結果は事業者間で発電限界費用が同一のケース ($c_E = c_I$) も成り立つ。Armstrong et al. (1994)、Vickers (1995) は同一の限界費用を想定し、送電部門の収支制約を考慮せずに同様の分析をした結果、弾力性一定の需要関数の下では垂直分離の方が高い社会厚生を実現するとしていた。本章の分析により、送電部門の収支制約を考慮することで逆の結果になることが明らかになった。

2-8 まとめ

本章では電力自由化市場において既存企業と参入企業の間で発電限界費用に差がある場合に、発送電分離が社会厚生に与える影響を検証した。発電部門における参入企業数を外生変数とし、既存企業の発電限界費用が参入企業より低い状況を想定して分析をおこなった。

ここで用いたモデルは、参入企業数を外生としたことと、発電事業者間の限界費用の格差を考慮したこと以外は Armstrong et al. (1994) および Vickers (1995) で用いられていたモデルの枠組みと基本的に同じである。これらの既存研究では参入企業数が内生的に変化することが発電部門の効率性を左右する要因になっていたのに対し、本章では発電事業者間の技術格差を考慮することで、参入企業数が固定されている状況であっても発送電分離が小売市場の効率性と発電部門の効率性に与える効果においてトレードオフが生じ得ることを示した。事業者間に技術格差があり発電部門において参入企業数が固定されている場合、参入企業から限界費用の低い既存企業に発電がシフトすることで発電部門の効率が向上する。垂直分離は事業者間の競争を促進し小売市場における過少供給の非効率を緩和する効果をもつのに対し、垂直統合は参入企業から既存企業へ発電をシフトさせることで発電部門の効率を高める。これら 2 つの効果のトレードオフの結果、参入企業数がある閾値より少ない場合は垂直分離の方が社会厚生が高くなり、閾値より多い場合は逆の結果になることがわかった。

本章ではさらに、送電部門に収支制約があるケースについて、発電部門における参入企業数が固定されている場合と参入退出が自由な場合の 2 通りの分析をおこなった。後者のケースは Armstrong et al. (1994) および Vickers (1995) の分析の拡張に相当する。それぞれのケースで垂直統合と垂直分離の社会厚生を比較した結果、どちらのケースにおいても垂直統合の方が高い社会厚生を実現することがわかった。Armstrong et al. (1994) および

Vickers (1995)は後者のケースについて線形の需要関数と弾力性一定需要関数を用いて社会厚生を比較し、線形の需要関数の場合は垂直統合、弾力性一定の需要関数の場合は垂直分離の方が社会厚生が高くなるという結果をだしていたが、本章では送電部門の収支制約を考慮すると弾力性一定の需要関数を想定した場合でも垂直統合の方が社会厚生が高くなることを示した。送電部門において収支制約がある場合、政策当局は送電の限界費用より低い水準にアクセスチャージを定めることができない。その結果、垂直分離における競争促進の効果が限定的になる。それによって、送電部門の収支制約を考慮するとつねに垂直統合の方が社会厚生が高くなる。

補論 1：命題 1 の証明

産業の垂直構造 $\mu \in (0, 1)$ のもとでアクセスチャージを最適な水準に定めたときに実現する社会厚生を $W^o(\mu)$ とし、アクセスチャージを送電の限界費用と等しい水準に定めた場合に実現する社会厚生を W^θ とする。以下、 Q , x , y についても同様の表記を用いることにする。(3)式から $W^o(\mu)$ を次のように表すことができる。

$$\begin{aligned}
 W^o(\mu) &= \int_0^{Q^o(\mu)} P dq - \int_0^{x^o(\mu)} (c_I + \theta) dx - n \int_0^{y^o(\mu)} (c_E + \theta) dy - nk - F \\
 &= \int_0^{Q^\theta} P dq - \int_0^{x^\theta} (c_I + \theta) dx - n \int_0^{y^\theta} (c_E + \theta) dy \\
 &\quad + \int_{Q^\theta}^{Q^o(\mu)} P dq - \int_{x^\theta}^{x^o(\mu)} (c_I + \theta) dx - n \int_{y^\theta}^{y^o(\mu)} (c_E + \theta) dy - nk - F \\
 &= W^\theta + \int_{Q^\theta}^{Q^o(\mu)} P dq - \int_{x^\theta}^{x^o(\mu)} (c_I + \theta) dx - n \int_{y^\theta}^{y^o(\mu)} (c_E + \theta) dy - nk - F \\
 &= W^\theta + \int_{Q^\theta}^{Q^o(\mu)} \left\{ P - (c_I + \theta) \frac{dx/da}{dQ/da} - n(c_E + \theta) \frac{dy/da}{dQ/da} \right\} \frac{dQ}{da} da - nk - F \\
 &= W^\theta + \int_{Q^\theta}^{Q^o(\mu)} \left\{ P - (c_I + \theta) \frac{dx/da}{dQ/da} - n(c_E + \theta) \frac{dy/da}{dQ/da} \right\} dq - nk - F, \quad (24)
 \end{aligned}$$

ここで、 $a^o(\mu)$ は垂直構造 $\mu \in (0, 1)$ のもとでの最適なアクセスチャージの水準である。上式に(14)式を代入して次のように書き換えることができる。

$$W^o(\mu) = W^\theta + \int_{Q^\theta}^{Q^o(\mu)} \{P - P^o(\mu)\} dq - nk - F = W^\theta + \frac{\{P^o(\mu) - P^\theta\}^2}{2} - nk - F, \quad (25)$$

ただし、 P^θ はアクセスチャージを送電の限界費用と等しい水準に定めた場合に実現する小売市場価格である。垂直統合と垂直分離においてアクセスチャージをそれぞれ最適な水準に定めた場合に実現する社会厚生の差は、(25)式から次のようになる

$$W^o(1) - W^o(0) = \frac{(P^o(1) + P^o(0) - 2P^\theta)(P^o(1) - P^o(0))}{2}. \quad (26)$$

(15)式と(16)式から任意の n について $P^o(1) > P^o(0)$ が成り立つので、上式の符号は $P^o(1) + P^o(0) - 2P^\theta$ の符号と同じものになる。参入企業数が無限に増加していくと $P^o(1) + P^o(0) - 2P^\theta$ は $c_E - c_I$ に収束する。ここで、 $c_E > c_I$ なので $c_E - c_I > 0$ である。また、 $n = 0$ のとき $P^o(1) + P^o(0) - 2P^\theta$ の値は $-Q^o(1)$ となり、負になる。さらに、 $P^o(1) + P^o(0) - 2P^\theta$ を n で微分すると

$$\frac{d(P^o(1) + P^o(0) - 2P^\theta)}{dn} = \frac{nQ^o(1) + (n+2)Q^o(0)}{(n+1)(n+2)^2} > 0.$$

となるため、 $P^o(1) + P^o(0) - 2P^\theta$ は n に関する単調増加関数である。以上から命題 1 が示された。

第3章 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？*

3-1 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り、その対策の一つとして、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¹³。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、導入促進のためには政府による政策支援が必要になる。

主要な再生可能エネルギー普及促進制度として、固定価格買取制度（FIT 制度）と再生可能エネルギー利用割合基準（RPS 制度）がある。FIT 制度は二酸化炭素を排出する電力会社に対して、再生可能エネルギーによる電力を一定期間、政府によって予め設定された固定価格で買取することを義務付ける制度で、欧州を中心に数多く採用されている。¹⁴一方 RPS 制度は、電力会社に対して販売電力量の一定割合以上を再生可能エネルギーから調達することを義務付ける制度である。この制度の下では、再生可能エネルギーによる電力の買取価格は再生可能エネルギー市場における需給を反映して決まる。米国で再生可能エネルギー普及促進制度を導入している州の多くがこの制度を採用している。

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促進策が導入されている。そのうち FIT 制度は 71 カ国が国レベルで、28 の州が州レベルで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¹⁵、FIT 制度を採用しているのは 5 つの州にとどまっている¹⁶。日本では 2003 年 4 月 1 日から「電

* 本章の内容は庫川（2013）、日引・庫川（2013a）および日引・庫川（2013b）に基づいて構成されている。

¹³ 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 2010 年 12 月時点基準として約 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同様の削減目標を達成する場合、さらなる再生可能エネルギー導入量が求められる。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（2010）を参照。

¹⁴ FIT 制度には再生可能エネルギーによる電力の買取価格そのものを固定する固定価格買取制度とは別に、市場価格に一定のプレミアムを上乗せする形態も存在する。Couture et al. (2010) を参照。なお、2012 年から日本で導入されているのは前者の形態である。

¹⁵ DSIRE HP (http://www.dsireusa.org/documents/summarymaps/RPS_map.pdf) を参照。

¹⁶ REN21 (2013)を参照。

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「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 FIT 制度（固定価格全量買取制度）が実施されている。

日本の RPS 制度は、太陽光発電、風力発電、バイオマス発電、1000kW 以下の水力発電を対象とし、電力会社が義務を履行する方法として以下の 3 つがある。¹⁷

①自ら発電する

②他の事業者から再生可能エネルギーにより発電された電気を購入する

③他の事業者から、電気の価値とは別に再生可能エネルギー電気相当量¹⁸だけを購入する
資源エネルギー庁（「RPS 法下における新エネルギー等電気等に係る取引価格の調査結果について」）によると、2005 年度～2010 年度の再生可能エネルギー電気相当量（上記③）の取引価格は 5 円前後で推移している。なお、再生可能エネルギーによって発電された電気そのもの（上記②）の取引価格は風力で、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。また、表 3 に示すように RPS 制度による再生可能エネルギー発電の利用目標は 2011 年度で 1.37%程度であり、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ったといわざるを得ない。2012 年 7 月から我が国で開始された FIT 制度における平成 25 年度の実買取価格と買取期間は表 4 のとおりである。

RPS 制度に関する先行研究は比較的多く、Jensen and Skytte (2002)、Amundsen and Mortensen (2001)、Fischer (2010)、Amundsen and Bergman (2012)、Tanaka and Chen (2013)、Zhou and Tamás (2010) などがある。これらの研究は、電力小売市場と再生可能エネルギー売買市場における価格支配力の想定仕方によってそれぞれ特徴づけることができる。FIT 制度に関する理論的研究は少なく、筆者の知る限り Ropenus and Jensen (2009) だけである。

FIT 制度と RPS 制度を理論的に比較しているのは Tamás et al (2010) だけである。Tamás et al (2010) は電力小売市場がクールノー寡占型の市場構造で、再生可能エネルギー証書市場が完全競争的である場合に、両制度で同一の政策目標を達成するときの発電量や社会厚生を比較している。ここで政策目標は総供給量に対する再生可能エネルギー発電量の割合として与えられている。英国を対象とした数値シミュレーションにより、同一の政策目標を達成する場合、RPS 制度の方が高い社会厚生を実現するという結果を得ているが、セカンドベストの議論はしていない。また、再生可能エネルギー売買価格に対する価格支配力も考慮していない。

日本のように、外部費用を発生させる既存の一般電気事業者と新規参入の再生可能エネ

¹⁷ 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。

¹⁸ 一般的にグリーン証書と呼ばれる。ただし日本の「グリーン電力証書」は RPS 制度とは別枠の制度になっている点に注意が必要である。グリーンエネルギー認証センター HP を参照。

(<http://eneken.ieej.or.jp/greenpower/jp/11index.html>)

ルギー事業者の規模の格差が大きい場合に、再生可能エネルギー市場における一般電気事業者の買手独占行動が政策の効果を左右する要因になり得る。なぜなら、FIT 制度の下では、再生可能エネルギーの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いて一般電気事業者が価格支配力を行使できないが、RPS 制度下では、再生可能エネルギーの価格が市場均衡によって決まるため、価格支配力を行使する余地が生まれる。その場合、RPS 制度下では、再生可能エネルギー発電が過小になり、経済厚生ロスが生じる。このため、本章で示すように、必ずしも RPS 制度が FIT 制度よりも優れているとは言えなくなる可能性がある。

そこで本章では、再生可能エネルギー事業者を競争的フリンジとして、非再生可能エネルギー事業者が小売市場と再生可能エネルギー市場でそれぞれ売手独占、買手独占的に行動する独占企業である状況を想定した理論モデルを用いて分析をすすめる。ここで、独占企業¹⁹の主要な発電方式は火力発電であり、発電に伴い外部費用が発生するのに対し、再生可能エネルギー事業者は発電時に外部費用を発生させない。

上記の設定の下で経済に歪みをもたらす要因は 3 つある。ひとつは独占企業が再生可能エネルギー市場で行使する買手独占力、ふたつ目は独占企業が小売市場で行使する売手独占力、3 つ目は独占企業発電に伴う外部性である。

RPS 制度は電力会社に対して、販売電力量の一定割合を再生可能エネルギーから調達することを義務付けるため、再生可能エネルギー買取負担を含めた化石燃料の発電限界費用を上昇させることで環境税と同様の機能を果たし、化石燃料による発電を抑制する効果をもつ。その一方で買取負担を軽減するために電力会社が再生可能エネルギー市場で買手独占力を行使し、再生可能エネルギー市場における過少供給の非効率を大きくする。FIT 制度は、再生可能エネルギーの買取価格を固定することで、再生可能エネルギー市場における一般電気事業者の価格支配力を排除する。

FIT 制度の場合、再生可能エネルギー買取価格を政策当局が決めることで、独占企業の買手独占による非効率を排除することができる。その一方で、RPS 制度とは異なり、買取価格の上昇は独占企業の限界費用には影響を及ぼさないで、非再生可能エネルギーの発電に伴う外部費用を内部化する効果はない。買取価格を引き上げると再生可能エネルギーの導入を促進し、独占企業の小売市場における限界収入が減少する。その結果非再生可能エネルギーによる発電量が減少するが、非再生可能エネルギーによる発電を直接抑制する効果はない。

セカンドベストの社会厚生を比較した場合の効率性は、FIT 制度が買手独占の歪みを補正する効果と、RPS 制度が外部費用の一部を内部化する効果のトレードオフの結果決まる。本章では限界外部費用の水準が低い場合は FIT 制度が、高い場合は RPS 制度が、より高い社会厚生を実現することを示す。ただし、再生可能エネルギーの発電費用が十分低い場合は、限界外部費用の水準に依存せず、つねに FIT 制度が高い社会厚生を実現する。

¹⁹ 日本では一般電気事業者に相当する。

本章の構成は次のとおりである。まず第 2 節で先行研究のレビューをおこなう。第 3 節ではモデルを説明し、基準ケースとして再生可能エネルギー導入促進策がない場合の市場均衡について説明する。次いで、第 3 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 4 節では、市場均衡において実現する社会厚生を比較することで、どちらの制度が望ましいかについて議論する。

表 2：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>)。

表 3：米国各州における R P S 制度利用目標（％）

州	目標 ⅴ	目標 年
Arizona	15	2025
California	20	2010
Colorado	10	2020
Conneticut	27	2020
Delaware	20	2019
D.C.	20	2020
Hawaii	10	2010
Illinois	25	2025
Maine	10	2017
Maryland	20	2022
Massachusetts	4	2009
Michigan	10	2015
Minnesota	30	2020
Missouri	15	2021
Montana	15	2015
Nevada	20	2015
New Hampshire	23.8	2025
New Jersey	22.5	2021
New Mexico	20	2020
New York	24	2013
North Carolina	12.5	2020
North Dakota	10	2015
Ohio	25	2025
Oregon	25	2025
Pennsylvania	18	2020
Rhodes Island	16	2020
South Dakota	10	2015
Texas	30	2020
Utah	20	2025
Virginia	12	2022
Washington	15	2020
Wisconsin	10	2015

Tamás、Shrestha、Zhou (2010) 参照。原典： www.dsireusa.org

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	38 円	10 年
		自家発電設備等を併設	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年
	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>)

表 5 : EU27 ヶ国の制度導入状況

国名	導入制度		最終エネルギーに占める再生可能エネルギーの割合 (%)	
	FIT 制度	RPS 制度	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。

3-2 先行研究のレビュー

RPS 制度に関する理論的研究は比較的多いが、FIT 制度を理論的に分析した先行研究は少なく、筆者の知る限り Ropenus and Jensen (2009)だけである。RPS 制度に関する先行研究は電力小売市場と再生可能エネルギー証書 (TGC) 市場それぞれにおける価格支配力の点で様々な想定の下で分析をしている。RPS 制度と FIT 制度を社会厚生観点から比較している先行研究は Tamás et al (2010)だけで、セカンドベストの観点から社会厚生と比較をおこなっている先行研究は見当たらない。

価格支配力を考慮しないで RPS 制度について分析している先行研究として、Jensen and Skytte (2002)、Amundsen and Mortensen (2001)、Fischer (2010)などがある。

Jensen and Skytte (2002)は、消費者と化石燃料発電事業者、再生可能エネルギー発電事業者からなるモデルを用いて、電力小売市場と TGC (グリーン証書) 市場がどちらも完全競争であるケースを考えて TGC (RPS) 制度下の導入比率の義務水準が電力小売価格や TGC 価格に与える影響を分析している。ただし、このモデルでは発電事業者ではなく消費者側に消費量の一定比率 (K) の TGC 購入が義務付けられている。このモデルで導入比率を政策的に引き上げると、TGC 価格が上昇し再生可能エネルギー発電量が増加し、電力小売価格が低下する。一方で消費者の TGC 買取負担が増加するため、消費者余剰が増加するかは導入比率の水準に依存するとしている。Amundsen and Mortensen (2001)は、小売事業者と非再生可能エネルギー発電事業者、再生可能エネルギー発電事業者からなるモデルを用いて TGC 制度下の政策変数に関する比較静学をおこなっているが、すべての局面において価格支配力は考慮していない。Fischer (2010)は電力小売市場と再生可能エネルギー証書市場がともに完全競争である状況を考え、RPS 制度下での政策変数の引き上げが証書価格の低下と再生可能エネルギー発電量の減少をもたらすことがあることを示した。

価格支配力を考慮して RPS 制度について分析した先行研究としては Amundsen and Bergman (2012)、Tanaka and Chen (2013)、Zhou and Tamás (2010)などがある。

Amundsen and Bergman (2012)では、個々の発電事業者がそれぞれ非再生可能エネルギー (BE) と再生可能エネルギー (RE) の発電をおこなっている状況を考え、1) : 電力小売市場はクールノー寡占で TGC 市場は完全競争のケースと、2) : 電力小売市場と TGC 市場がともにクールノー寡占型の市場構造のケースの 2 つのケースについて分析している。

Tanaka and Chen (2013)は、Fischer (2010)のモデルを拡張して RPS 制度下において市場支配力の存在が再生可能エネルギー買取価格と電力小売価格に与える影響を分析している。独占的企業と競争的フリッジのモデルを使い、独占的企業は電力小売市場と再生可能エネルギー証書市場の両方に市場支配力を行使できると想定している。そのうえで、化石燃料事業者が独占的企業で再生可能エネルギー事業者が競争的フリッジのケースとその逆のケースの 2 つのケースを分析している。化石燃料事業者が独占的企業で再生可能エネルギー事業者が競争的フリッジのケースでは、独占的企業は電力小売市場での価格を引き上

げると同時に、再生可能エネルギー市場での買取価格を引き下げて買取負担を軽減しようとするインセンティブをもつことを示した。

Zhou and Tamás (2010) は複数の化石燃料事業者と再生可能エネルギー事業者 1 社から成るモデルを考え、TGC 制度の下で化石燃料事業者のうち 1 社が再生可能エネルギー事業を合併するケースとしないケースで TGC 価格や電力小売価格を比較している。化石燃料事業者は電力小売市場でクールノー競争をしており、TGC 制度の義務に基づいて発電量の一定割合の TGC（グリーン証書）を購入する必要がある。再生可能エネルギー事業者は発電した電気を小売市場で販売する一方で、発電と同時に生産される TGC を化石燃料事業者に販売する。その際に、電力小売市場では価格受容的に行動し、TGC 価格は独占的に決める。分析の結果、化石燃料事業者のうち 1 社が再生可能エネルギー事業者を合併することで TGC 価格は上昇するものの、合併により二重マークアップが解消される効果がはたらくことで電力供給量は増加し、小売価格が低下するとしている。

以上のように RPS 制度についての理論的研究は、市場支配力の想定が異なる研究が比較的多くあるものの、FIT 制度について理論的に分析したものは筆者の知る限り Ropenus and Jensen (2009) だけである。Ropenus and Jensen (2009) では独占企業と、競争的フリレンジである再生可能エネルギー事業者から成るモデルによって、FIT 制度の下で発送電分離が再生可能エネルギー発電量に与える影響を分析している。再生可能エネルギー事業者は政策当局があらかじめ決めた再生可能エネルギー価格を所与として行動する。ただし、送電網を使用する対価として単位電力量当たり一定のアクセスチャージを、送電網の保有者に支払う必要がある。独占企業が送電網を保有する場合、小売市場価格を独占的に決定すると同時にアクセスチャージの水準も独占的に決めることができる。発送電分離がおこなわれ独占企業が送電網を保有しない場合、独占企業は小売価格に対してだけ独占力を発揮し、アクセスチャージは送電の限界費用と等しい水準に規制される。分析により、独占企業が送電網を保有する垂直統合のケースでは、独占企業がアクセスチャージを引き上げることで再生可能エネルギー事業者に対する補助額の一部を掠め取るインセンティブが生じるため、FIT 制度による再生可能エネルギー発電量の増加が妨げられることを示している。

Tamás et al. (2010) は FIT 制度と RPS 制度²⁰を理論的に比較した数少ない研究のひとつで、筆者の知る限り両制度を理論的に比較した先行研究は現時点で他にない。このモデルでは、発電に伴い外部費用を発生させる非再生可能エネルギー事業者と、外部費用を発生させない再生可能エネルギー事業者が発電・小売においてクールノー競争をする。Tamás et al. (2010) では、FIT 制度と RPS 制度で同一の政策目標を達成する場合を想定して両制度を比較している。英国を対象とした数値シミュレーションで社会厚生を比較した結果、RPS 制度の方が高い社会厚生を実現するとしている。しかし、それぞれの制度下で政策変数を最適な水準に定めるセカンドベストの枠組みでの議論はしていない。

²⁰ Tamás et al. (2010) では TGC (Tradable Green Certificate) 制度と呼んでいるが、RPS 制度と同じ枠組みである。

さらに日本などのように、小売市場における独占企業（一般発電事業者）が、再生可能エネルギー市場においても売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、買手独占として価格支配力を行使できる場合には、Tamás et al. (2010)で用いられている仮定は適切ではない。なぜなら、独占企業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、独占企業の買手独占的な行動により、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からである。Tamás et al. (2010)のモデルでは再生可能エネルギーの買手独占による損失は考慮されていない。²¹

本章では、独占と競争的フリンジのモデルを用いて、再生可能エネルギーの買手独占による損失を考慮したうえで、FIT 制度と RPS 制度のセカンドベストの社会厚生の水準を比較し、RPS 制度が FIT 制度より高い社会厚生を実現する、もしくはしない場合の条件を明らかにする。

3-3 モデル

再生可能エネルギー事業者 1 社と非再生可能エネルギー事業者 1 社、電力消費者および政策当局からなるモデルを考える。再生可能エネルギー事業者は再生可能エネルギーにより発電をおこない、発電時に外部費用を伴わないのに対し、非再生可能エネルギー事業者は発電時に外部費用を伴う。

本章では図 7 に示すように、再生可能エネルギー事業者は電力小売市場で直接消費者に電力を供給せず、再生可能エネルギー市場における非再生可能エネルギー事業者への電力販売を通じて、間接的に消費者に電力を販売するケースを前提に分析を行う。このため、非再生可能エネルギー事業者は、再生可能エネルギー市場で調達した再生可能エネルギーと、自社発電分と合わせて電力小売市場に供給する。このとき、再生可能エネルギー事業者は再生可能エネルギー市場で競争的フリンジとして価格受容的に行動し、非再生可能エネルギー事業者は電力小売市場と再生可能エネルギー市場でそれぞれ売手独占、買手独占として行動する独占企業である。

²¹ 電力小売市場と再生可能エネルギー市場の価格支配力に着目して FIT 制度や RPS 制度の効果を議論する研究とは別に、排出権取引制度と、FIT 制度や RPS (TGC) 制度のような再生可能エネルギー普及促進策との相互関係に着目した研究として Böhringer and Rosendahl (2010)がある。Böhringer and Rosendahl (2010)では排出権取引制度に加えて再生可能エネルギー導入促進のための制度を導入することで、外部性の大きい電源の発電を促進することがあることを示している。

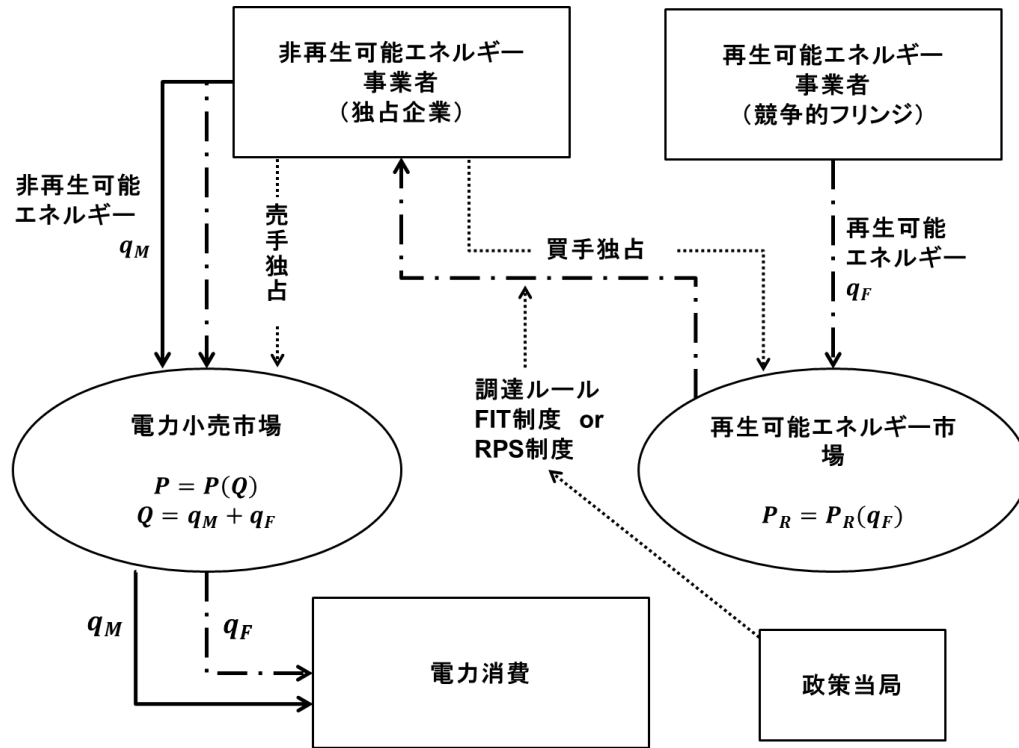


図 7：モデル概要

まず。比較のための基本モデルとして、再生可能エネルギーに関して何の政策も実施されない場合の市場均衡について説明しよう。

電力小売市場における逆需要関数を

$$P = a - bQ$$

とする。ただし、 P を電力小売価格、 q_F をフリンジ企業の発電量、 q_M を独占企業の発電量とする。 Q は電力総供給量で $Q = q_M + q_F$ である。

再生可能エネルギー市場における買取価格を P_R とすると、再生可能エネルギー事業者の利潤は次のように書くことができる。

$$\pi_F = P_R q_F - C_F(q_F)$$

ここで $C_F(q_F)$ はフリンジ企業の発電費用関数で、 $C_F(q_F) = c_F q_F^2 / 2 + FC_F$ である。 FC_F は固定費用である。フリンジ企業が P_R を所与として行動する点に注意したうえで、利潤最大化の1階の条件

$$P_R = C_F'(q_F)$$

から再生可能エネルギー市場における供給関数は次のようになる。

$$P_R(q_F) = c_F q_F \Leftrightarrow q_F(P_R) = \frac{P_R}{c_F} \quad (27)$$

独占企業の利潤関数は次のようになる。

$$\pi_M = PQ - C_M(q_M) - P_R q_F$$

ここで $C_M(q_M)$ は独占企業の発電費用関数で、 $C_M(q_M) = c_M q_M^2 / 2 + FC_M$ である。ただし FC_M は固定費用である。

3-4 市場均衡

3-4-1 制度導入がないケースの市場均衡

政策当局が再生可能エネルギーの調達に関して介入せず、独占企業が小売市場と再生可能エネルギー市場でそれぞれ売手独占、買手独占として行動するとき、利潤最大化の1階の条件は次のようになる。

$$\frac{\partial \pi_M}{\partial q_M} = P + P'Q - C'_M(q_M) = 0 \quad (28)$$

$$\frac{\partial \pi_M}{\partial q_F} = P + P'Q - (P_R + P'_R q_F) = 0 \quad (29)$$

(28)式および(29)式の右辺第1項と第2項の和は小売市場での限界収入である。(28)式と(29)式の右辺第3項はそれぞれ発電の限界費用、再生可能エネルギー購入の限界支出を表している。したがって(28)式と(29)式は、非再生可能エネルギー事業者が電力小売市場の限界収入と発電の限界費用、再生可能エネルギー購入の限界支出がすべて等しくなるように自社発電量と再生可能エネルギー購入量を決めることを示している。このとき市場均衡は図8に示すように、(28)式を表す直線と(29)式を表す直線の交点となる。その点を中心に等利潤曲線を描くことができるが、外側に行くほど非再生可能エネルギー事業者の利潤は低くなる(図8を参照)。

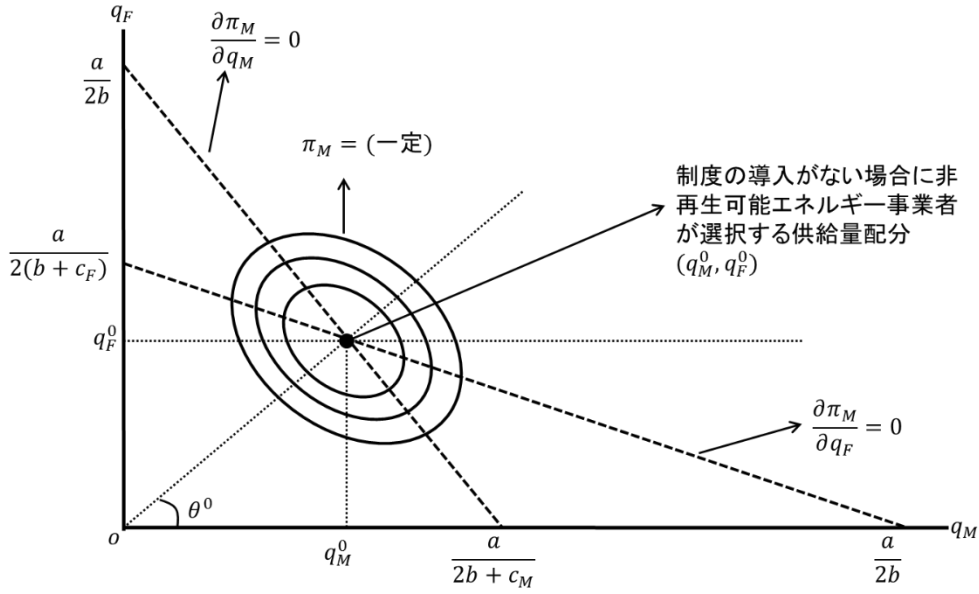


図 8：制度導入がない場合の市場均衡

(28)式と(29)式から市場均衡を導出した結果が以下のとおりである。

$$q_M^0 = \frac{ac_F}{b(2c_F + c_M) + c_F c_M} \quad (30)$$

$$q_F^0 = \frac{ac_M}{2b(2c_F + c_M) + 2c_F c_M} \quad (31)$$

$$Q^0 = \frac{a(c_M + 2c_F)}{2b(2c_F + c_M) + 2c_F c_M}$$

$$P^0 = \frac{ab(2c_F + c_M) + 2ac_F c_M}{2b(2c_F + c_M) + 2c_F c_M} \quad (32)$$

$$P_R^0 = \frac{ac_F c_M}{2b(2c_F + c_M) + 2c_F c_M} \quad (33)$$

ここで上付文字 (0) は制度導入がないケースを表している。

(32)式と(33)から分かるように、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独占企業が、価格を低く設定することで、再生可能エネルギー購入量を減らそうとするからである。

市場均衡における独占企業発電量に対するフリンジ企業発電量の割合は

$$\theta^0 \equiv \frac{q_F^0}{q_M^0} = \frac{c_M}{2c_F}$$

となる。

以降において、政策当局は再生可能エネルギー発電量 q_F^0 もしくは発電割合 $\theta^0 \equiv q_F^0/q_M^0$ より高い導入水準を達成するために FIT 制度もしくは RPS 制度を導入するケースを対象に分析を進める。したがって、以降の分析では、 $q_F \geq q_F^0$ または $\theta \geq \theta^0$ となる範囲を議論の対象とする。

3-4-2 FIT 制度下の市場均衡

FIT 制度の下で独占企業は、政策当局が設定した固定買取価格 $\bar{P}_R$ で再生可能エネルギーを買取することを義務付けられる。このとき、フリンジ企業の再生可能エネルギー発電量は、(27)式から次式のように決定される。

$$q_F = \frac{\bar{P}_R}{c_F} \quad (34)$$

一方、独占企業の利潤最大化行動は次のようになる。

$$\max_{q_M} \pi_M = PQ - C_M(q_M) - \bar{P}_R \cdot q_F(\bar{P}_R)$$

ここで、FIT 制度の下では、再生可能エネルギー購入費用 $\bar{P}_R \cdot q_F(\bar{P}_R)$ は、独占企業にとって固定費用となることに注意する必要がある。

このときの利潤最大化の 1 階の条件は次のようになる。

$$P + P'Q - C'_M(q_M) = 0 \quad (35)$$

すなわち、利潤最大化の 1 階の条件は、発電の限界収入と限界費用の均等化となる。

(34)式と(35)式からから、FIT 制度下の市場均衡が次のように導出される。

$$q_F = \frac{\bar{P}_R}{c_F} \quad (36)$$

$$q_M = \frac{a - 2b\bar{q}_F}{2b + c_M} = \frac{ac_F - 2b\bar{P}_R}{(2b + c_M)c_F} \quad (37)$$

$$Q = \frac{ac_F + c_M\bar{P}_R}{(2b + c_M)c_F} \quad (38)$$

$$P = \frac{ac_F(b + c_M) - bc_M\bar{P}_R}{(2b + c_M)c_F} \quad (39)$$

このとき市場均衡は図 9 に示すように、(34)式を表す直線と一般電気事業者の等利潤曲線が接する点になり、(28)式を表す直線上にある。これは(28)式が、再生可能エネルギー発電量を所与として一般電気事業者の利潤を最大にする独占企業の発電量を示す条件になっているからである。

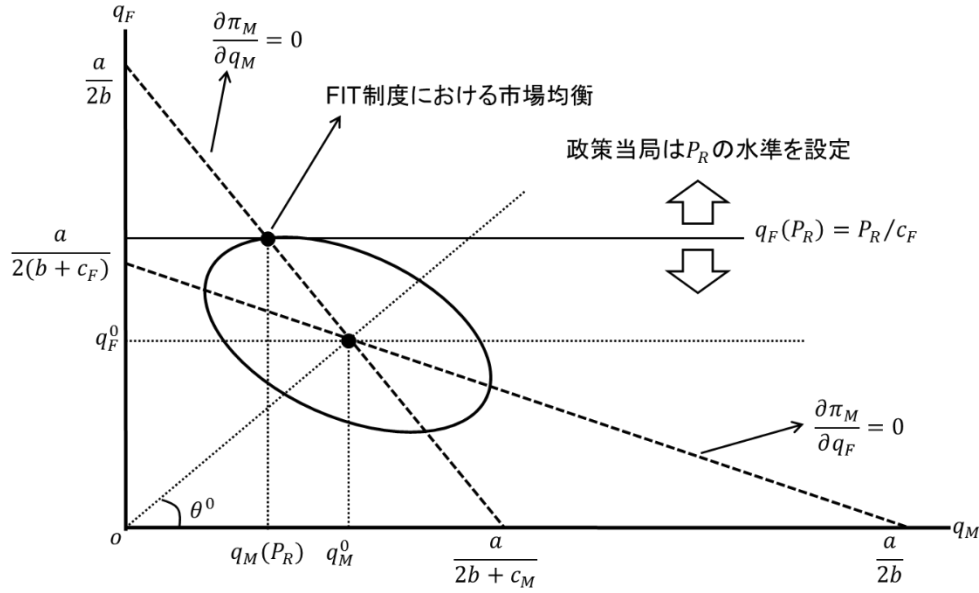


図 9：FIT 制度下の市場均衡

ここで固定買取価格が市場均衡解に与える影響は(36)式～(39)式から以下のようにになる。

$$\begin{aligned}\frac{dq_F}{d\bar{P}_R} &= \frac{1}{c_F} > 0 \\ \frac{dq_F}{d\bar{P}_R} q_M &= \frac{-2b}{(2b+c_M)c_F} < 0 \\ \frac{dQ}{d\bar{P}_R} &= \frac{c_M}{(2b+c_M)c_F} > 0 \\ \frac{dP}{d\bar{P}_R} &= \frac{-bc_M}{(2b+c_M)c_F} < 0\end{aligned}$$

このように FIT 制度は、再生可能エネルギー買取価格を政策的に引き上げることでフリッジ企業による発電を促進し、その結果独占企業による発電を間接的に抑制する効果をもつ。これは、再生可能エネルギーの買取量が増えると、独占企業の小売市場における限界収入が低下するからである。このときに、フリッジ企業発電量の増加分より独占企業の発電量の減少分が小さいため、トータルで総発電量が増加し、電力小売価格が低下する。この点は図 9 を使っても確認できる。再生可能エネルギー買取価格 $\bar{P}_R$ を引き上げると図 9 に

において $q_F(\bar{P}_R)$ が上方にシフトする。それに伴い、市場均衡が $\delta\pi_M/\delta q_M = 0$ の直線上を左上方に移動する。市場均衡の軌跡を表したのが図 10 の実線部分となる。

(35)式から、再生可能エネルギー発電量を政策目標として定めた場合に FIT 制度下の市場均衡で実現する独占企業の発電量の軌跡は次式のようにになる。

$$q_M = \frac{a - 2bq_F}{2b + c_M} \quad (40)$$

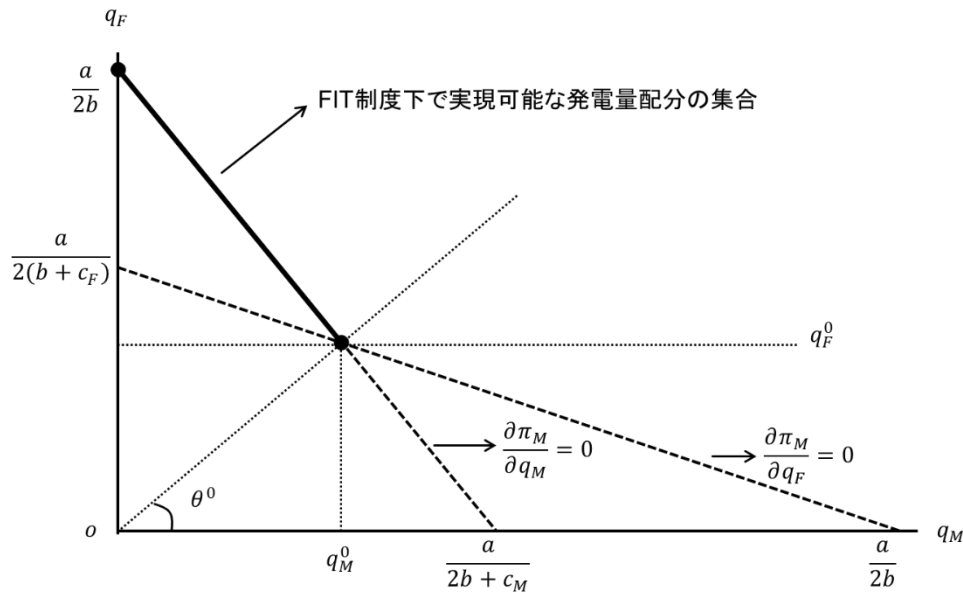


図 10：FIT 制度下で実現可能な発電量配分

3-4-3 RPS 制度下の市場均衡

RPS 制度の下では、非再生可能エネルギーによる発電量の一定割合を再生可能エネルギーから調達することが独占企業に義務付けられる。非再生可能エネルギー発電量に対する再生可能エネルギーの導入義務割合を θ とおと、独占企業は自社発電量 q_M に対して θq_M 以上の再生可能エネルギーを再生可能エネルギー市場で購入しなければならない。このとき、独占企業は次のような利潤最大化行動をとる。

$$\max_{q_M} \pi_M = PQ - C_M(q_M) - P_R(q_F) \cdot q_F \quad s.t. \quad q_F = \theta q_M$$

利潤最大化の 1 階の条件は

$$(P + P'Q)(1 + \theta) - C'_M - (P_R + P'_R q_F)\theta = 0 \quad (41)$$

となる。上式左辺第 1 項が電力小売による限界収入、第 2 項が発電の限界費用で、第 3 項が再生可能エネルギー購入の限界支出である。第 3 項のように再生可能エネルギー購入の限界支出を負担することで、独占企業が非再生可能エネルギーを発電することによる正味の限界費用が FIT 制度のケースより高くなっている点に注意が必要である。上式に $q_F = \theta q_M$ 、 $P_R = c_F q_F$ を代入して解くと独占企業の発電量が

$$q_M = \frac{(1 + \theta)a}{2b(1 + \theta)^2 + c_M + 2\theta^2 c_F} \quad (42)$$

となり、市場均衡が以下のように導出できる。

$$q_F = \frac{(1 + \theta)\theta a}{2b(1 + \theta)^2 + c_M + 2\theta^2 c_F} \quad (43)$$

$$Q = \frac{(1 + \theta)^2 a}{2b(1 + \theta)^2 + c_M + 2\theta^2 c_F} \quad (44)$$

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

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

このときの市場均衡は図 11 に示すように、原点をとる傾き θ の直線と独占企業の等利潤曲線の接点として表すことができる。

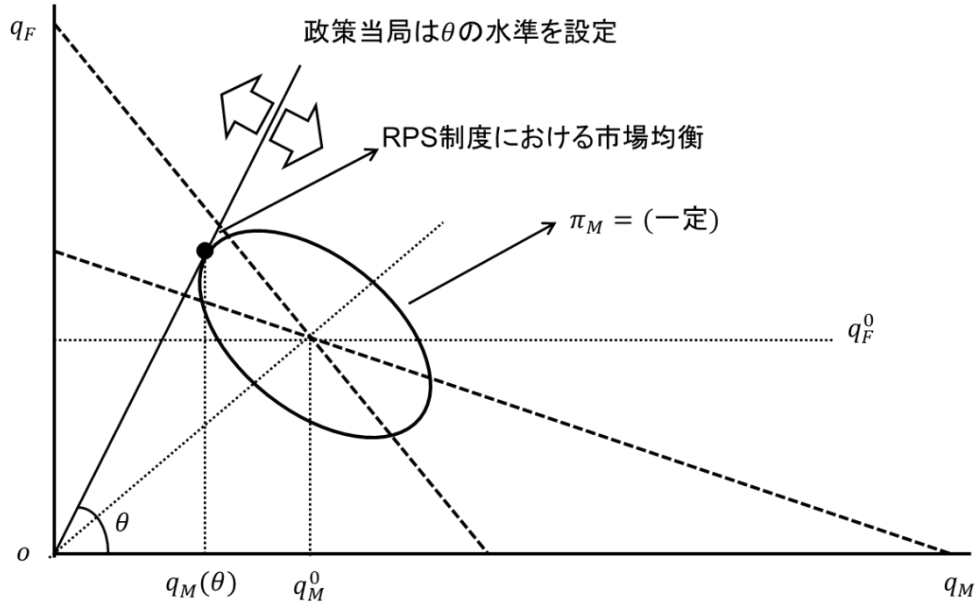


図 11：RPS 制度下の市場均衡

ここで、政策変数 θ が市場均衡における独占企業の発電量にあたえる影響は(42)式から次のようになる。

$$\frac{dq_M}{d\theta} = -\frac{a[2(b+c_F)\theta^2 + 4(b+c_F)\theta + (2b-c_M)]}{\{2b(1+\theta)^2 + c_M + 2\theta^2 c_F\}^2} \quad (45)$$

前述のように、ここでは制度導入がないケースより再生可能エネルギー導入割合が高い範囲を分析対象としている。すなわち、 $\theta > \theta^0 = c_M/2c_F \Leftrightarrow c_M < 2c_F\theta$ が成り立つ範囲を想定しており、このとき上式の符号は負になる。これは、買取義務割合が高くなると非再生可能エネルギー事業者の買取負担が大きくなり限界費用が高くなるので、買取負担を軽減するために発電を縮小することを意味している。

$q_F = \theta q_M$ であることを考慮すると、政策変数を引き上げることによる再生可能エネルギー発電量への効果は

$$\frac{dq_F}{d\theta} = q_M + \theta \frac{dq_M}{d\theta} \quad (46)$$

と書くことができる。上式右辺第1項は、 θ を引き上げることによって生じる再生可能エネルギー発電の需要増であり、政策変数の直接効果を表している。第2項は独占企業の発電縮小による再生可能エネルギー発電需要の減少であり、政策変数の間接効果を表している。したがって、直接効果が間接効果を上回る場合は政策変数の引き上げは再生可能エネルギー

一を増加させ、間接効果の方が上回る場合は再生可能エネルギーを減少させる。

θ がフリンジ企業の発電量に与える影響は (43)式から

$$\frac{dq_F}{d\theta} = \frac{a[2(b - c_F)\theta^2 + 2(2b + c_M)\theta + (2b + c_M)]}{\{2(b + c_F)\theta^2 + 4b\theta + (2b + c_M)\}^2}$$

となる。したがって、 $b \geq c_F$ のとき上式の値はつねに正になり、 θ の引き上げは、フリンジ企業の発電量を増加させる。

一方 $b < c_F$ のとき、 $\theta^0 \leq \theta < \tilde{\theta}$ なら $dq_F/d\theta > 0$ となり、直接効果が間接効果を上回るため θ の引き上げは、再生可能エネルギー発電を増加させる。しかし、 $\theta = \tilde{\theta}$ なら $dq_F/d\theta = 0$ となり、直接効果と間接効果が相殺されるため、 θ を引き上げても再生可能エネルギー発電は変化しない。また、 $\theta > \tilde{\theta}$ なら $dq_F/d\theta < 0$ となり、間接効果が直接効果を上回るため、再生可能エネルギー発電は減少する。ただし、

$$\tilde{\theta} \equiv \frac{2(2b + c_M) + \sqrt{4(2b + c_M)^2 + 8(c_F - b)(2b + c_M)}}{4(c_F - b)}$$

である。ここで

$$\tilde{\theta} \equiv \frac{2(2b + c_M) + \sqrt{4(2b + c_M)^2 + 8(c_F - b)(2b + c_M)}}{4(c_F - b)} > \frac{2b + c_M}{2(c_F - b)} > \frac{c_M}{2c_F} \equiv \theta^0$$

となることに注意が必要である。

θ が総発電量にあたえる影響は(44)式から

$$\frac{dQ}{d\theta} = -\frac{2a\{(1 + \theta)(2c_F\theta - c_M)\}}{\{2(b + c_F)\theta^2 + 4b\theta + (2b + c_M)\}^2} \quad (47)$$

となり、 $\theta > \theta^0$ のときつねに負になる。すなわち、 θ の引き上げは、総発電量を減少させる。これは、 θ の引き上げは、独占企業に環境税を課したのと同様の機能を持つからである。 θ を基準ケースである θ_0 から引き上げていく場合に図 11 で示した市場均衡が描く軌跡をプロットしたのが図 12 の実線で、RPS 制度下で政策変数 θ を操作することで実現可能な独占企業とフリンジ企業の発電量配分の集合を表している²²。

²² RPS 制度下の市場均衡の軌跡の詳細は補論 2 を参照。

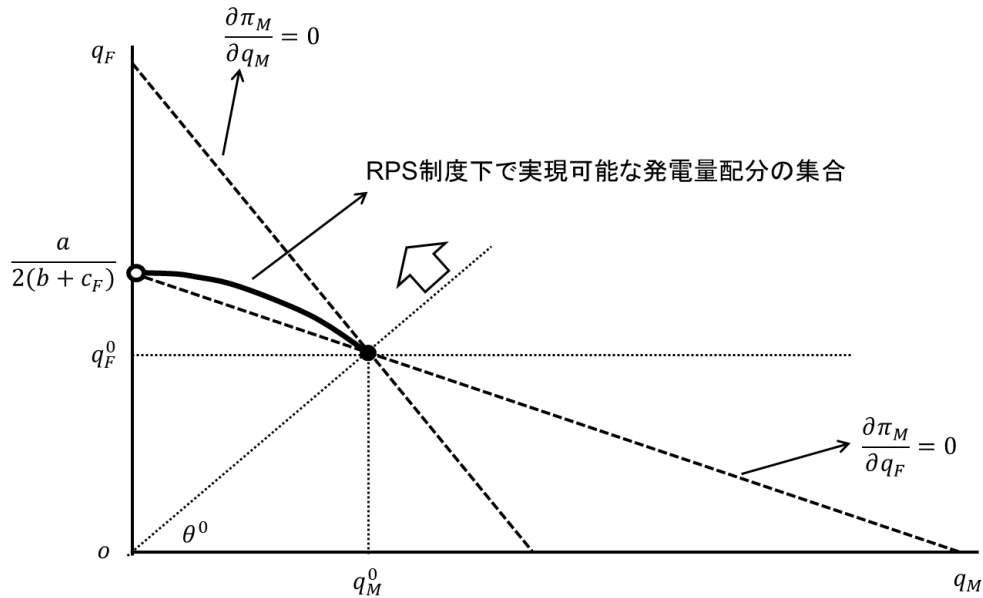


図 12 : RPS 制度下で実現可能な発電量配分

3-4-4 市場均衡における発電量の比較

再生可能エネルギーの発電量を政策目標として、FIT 制度と RPS 制度で同一の再生可能エネルギー発電量を達成する場合に、それぞれの制度下の市場均衡で実現する非再生可能エネルギー発電量を比較すると次のことがいえる。

命題 6

FIT 制度と RPS 制度でそれぞれ同一の再生可能エネルギー発電量を達成する場合、RPS 制度の方が非再生可能エネルギー発電量が少なくなる。

証明 補論 3 を参照。

上の命題は、RPS 制度では非再生可能エネルギーの発電の限界費用を高めることで、外部性を伴う発電を抑制する効果が大きいことを意味している。このとき図 13 で示しているように、RPS 制度下の市場均衡より FIT 制度下の市場均衡の方が内側の等利潤曲線と交わり、FIT 制度の方が独占企業の利潤が高くなる。

発電量配分と総供給量を決めるのが最適であることを意味している。

この条件から、ファーストベストにおける独占企業とフリンジ企業の発電量はそれぞれ

$$q_M^* = \frac{ac_F - (b + c_F)\delta}{b(c_M + c_F) + c_M c_F} \quad (51)$$

$$q_F^* = \frac{ac_M + b\delta}{b(c_M + c_F) + c_M c_F} \quad (52)$$

となる。

3-5-2 FIT 制度及び RPS 制度下におけるセカンドベスト

本節では、FIT 制度及び RPS 制度のそれぞれについてセカンドベストを考え、経済厚生を比較する。

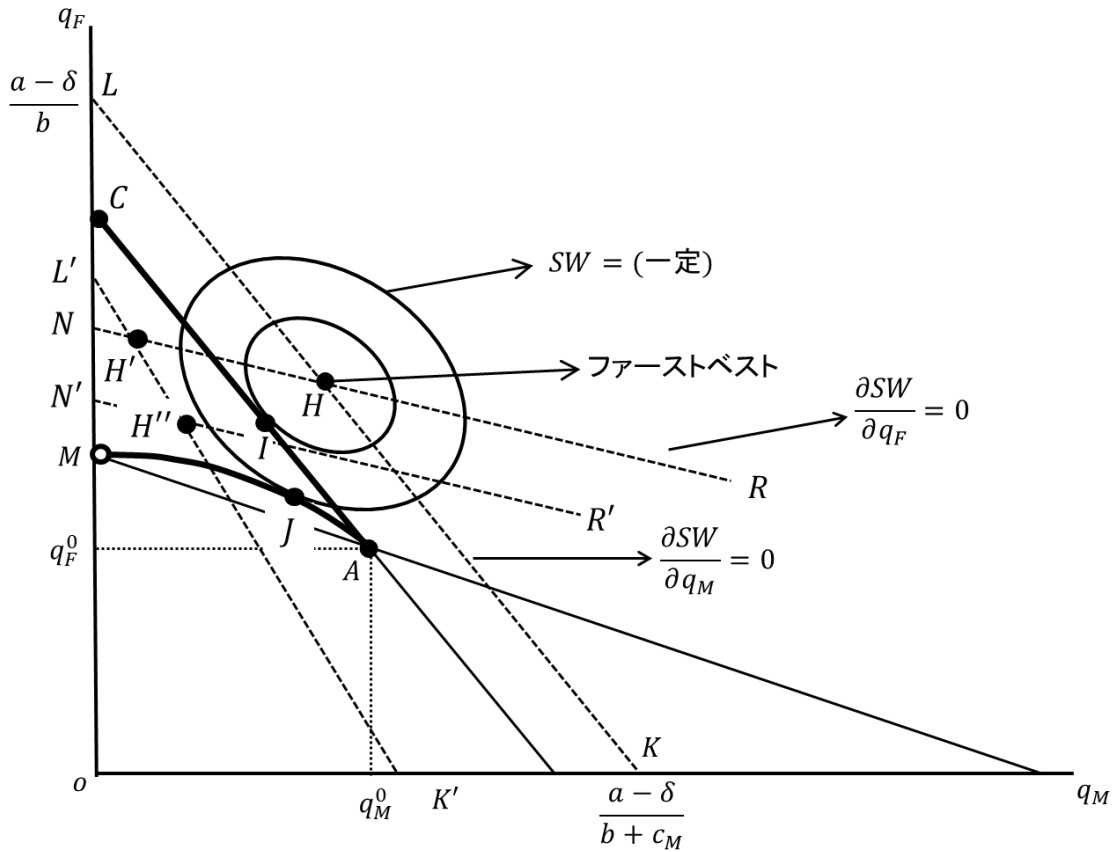


図 14 ファーストベストと各制度下のセカンドベスト

上図 14 は FIT 制度と RPS 制度におけるセカンドベストとファーストベストの関係を図

示したものである。直線NR ($\partial SW/\partial q_F = 0$) と直線LK ($\partial SW/\partial q_M = 0$) の交点 H がファーストベストを表している。点 H を中心とする等社会厚生曲線²³と、それぞれの制度下で実現可能な市場均衡の集合の接点がセカンドベストである。直線ACと曲線AMがそれぞれFIT制度とRPS制度における市場均衡の集合である。ファーストベストが点Hのとき、点Iと点JがそれぞれFIT制度とRPS制度のセカンドベストになる²⁴。内側の等社会厚生曲線の方が高い社会厚生水準に対応している。したがって直線AC(FIT制度下の市場均衡の集合)と曲線AM(RPS制度下の市場均衡の集合)のうち、内側の等社会厚生曲線に接する方が、セカンドベストにおいて高い社会厚生を実現する。

ここで限界外部費用が高くなると直線LKが下方にシフトし、ファーストベストは直線NR上を左上に移動する。限界外部費用の水準を与えたときの、両制度下のセカンドベストの社会厚生を比較する場合、次の2つのケースが考えられる。

- a) 限界外部費用の水準に依存せず、つねにFIT制度の方が高い社会厚生を実現する。
- b) 限界外部費用の閾値が存在し、限界外部費用が低い場合はFIT制度、高い場合はRPS制度が高い社会厚生を実現する。

いずれのケースになるかは $\partial SW/\partial q_F = 0$ を表す直線の相対的な位置関係に依存している。図の直線NRのように相対的に上方に位置する場合はa)のケースに、直線N'R'のように相対的に下方に位置する場合はb)のケースになる。 $\partial SW/\partial q_F = 0$ を表す直線が直線NRのように上方にある場合、限界外部費用が高い場合でもファーストベストは点H'のようにRPS制度下の市場均衡の集合から離れた位置になり、FIT制度の方が社会厚生水準が高くなる。 $\partial SW/\partial q_F = 0$ を表す直線が直線N'R'のように下方にある場合、限界外部費用の水準が十分高ければファーストベストが点H''のようにRPS制度下の市場均衡に近い位置になり、RPS制度の方が高い社会厚生を実現する。限界外部費用の水準が低い場合は、どちらのケースでもFIT制度の方が高い社会厚生を実現する。

$\partial SW/\partial q_F = 0$ を表す直線の相対的な位置関係は、再生可能エネルギーの発電コストのパラメータである c_F に依存して決まる。 c_F が低いほどこの直線は上方に、高いほど下方に位置する。ここで $2b \geq c_F$ のときはかならずa)のケースが実現することがわかっている。(補論4を参照。)以下では $2b < c_F$ の場合について、数値例を用いてb)のケースが実現することを示す。ただし $2b < c_F$ はb)のケースが実現するための必要条件であるが、必要十分条件であるとは限らない点には注意が必要である。

グラフ1は、 $a = 1500$ 、 $b = 10$ 、 $c_M = 20$ 、 $c_F = 40$ として限界外部費用 δ を300から

²³ 社会厚生水準が SW のときの等社会厚生曲線は次のような円錐曲線になる。

$$-\frac{b+c_M}{2}q_M^2 + bq_Mq_F - \frac{b+c_F}{2}q_F^2 + (a-\delta)q_M + aq_F - (FC_M + FC_F) = SW - SW_0$$

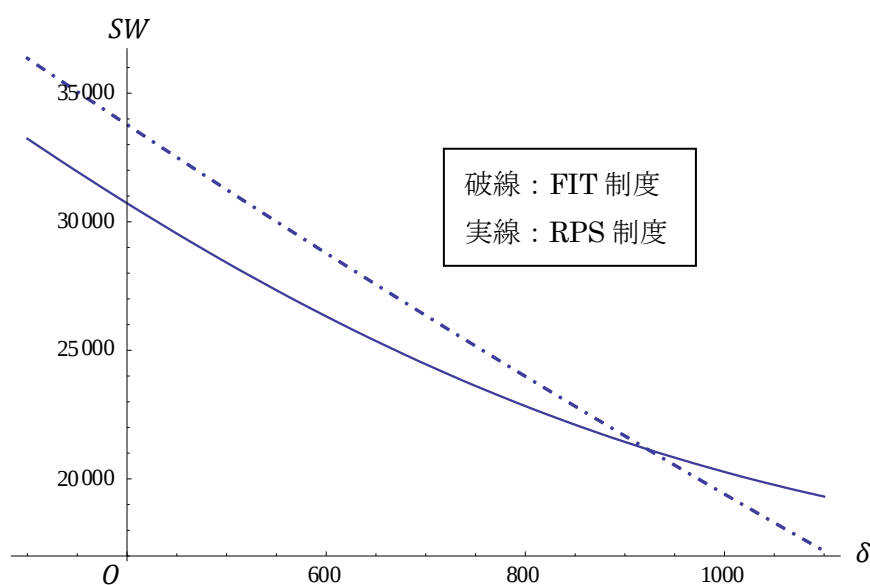
$(b+c_M)(b+c_F) - b^2 > 0$ であるから、この円錐曲線は楕円となる。円錐曲線における楕円の条件は、Sydsæter et al. (2005) を参照。

²⁴ FIT制度下のセカンドベストを達成する買取価格の水準は次のように導出できる。

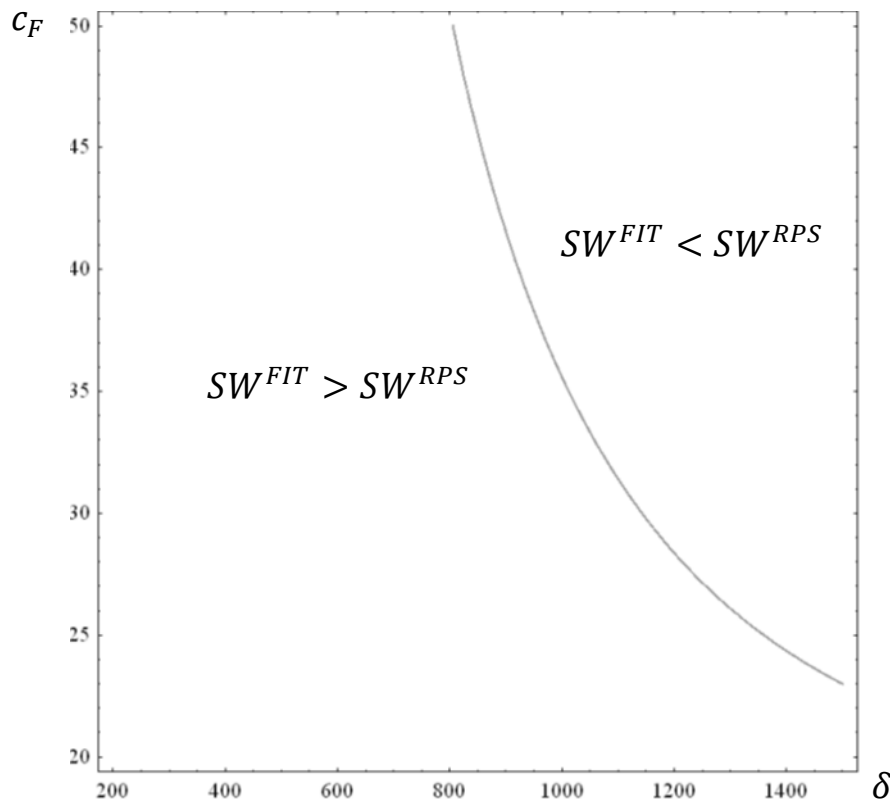
$$P_R^{FIT} = \frac{c_F\{ac_M(3b+c_M) + 2b(2b+c_M)\delta\}}{b(4b+c_M)(c_M+c_F) + c_Mc_F(3b+c_M)}$$

1100まで変化させた場合のセカンドベストにおける社会厚生の水準を、FIT 制度と RPS 制度それぞれについてプロットしたものである。このグラフは限界外部費用の閾値があり、限界外部費用が低い場合は FIT 制度、高い場合は RPS 制度の方が、セカンドベストにおいて高い社会厚生を実現することを示している。

グラフ 2 は横軸に限界外部費用 δ を、縦軸に再生可能エネルギーの発電費用のパラメータ c_F をとり、FIT 制度が高い社会厚生を実現する範囲と RPS 制度が高い社会厚生を実現する範囲を示したものである。このグラフは c_F が低いほど、FIT 制度の方が高い社会厚生を実現する限界外部費用の範囲が広くなることを示している。 c_F が高いと逆に限界外部費用の閾値の水準が低くなり、FIT 制度の方が高い社会厚生を実現する限界外部費用の範囲が小さくなる。



グラフ 1：セカンドベストにおける社会厚生の水準



グラフ 2：セカンドベストの社会厚生的大小関係

この数値例が示すように限界外部費用の閾値が存在することの意味は次のように説明できる。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ことより相対的に重要となるため、価格支配力を弱める FIT 制度の方が高い社会厚生を実現する。限界外部費用が大きい場合はそれとは逆に、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抑制することと比較して相対的に重要となるため、外部費用を内部化する効果をもつ RPS 制度の方が高い社会厚生を実現する。

3-5-3 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²⁵

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

²⁵ FIT 制度と環境税を組み合わせることでもファーストベストを実現できる。非再生可能エネルギーに対して従量型の環境税 t を課すことを考えると、環境税と買取価格の水準をそれぞれ、 $t = \delta + P'Q^* < \delta$ 、 $P_R = P^*$ とすることでファーストベストを達成できる。最適な環境税の水準は限界外部費用より低くなる。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、独占企業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。ただし環境税の導入は政治的に導入が容易ではない点に注意を要する。

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。

- (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、一般電気事業者は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、独占企業の利潤関数は初期割り当てを含んだかたちで

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

と書くことができ、利潤最大化の 1 階の条件は

$$(1 + \theta)(P + P'q_M) = C'_M + \theta \left[P_R + \frac{\partial P_R}{\partial Q_F}(\theta q_M - \bar{q}_F) \right] \quad (53)$$

となる。フリンジ企業の利潤最大化の 1 階の条件から

$$P_R = C'_F(\theta Q_M) \quad (54)$$

が成り立つ。(53)式および(54)式が、初期割り当てを含んだ RPS 制度における市場均衡を表している。

ここでファーストベストにおける社会厚生最大化の 1 階の条件は次のとおりである。

$$P = C'_M + \delta \quad (55)$$

$$P = C'_F \quad (56)$$

(53)式～(56)式から、RPS 制度における導入義務割合と初期割り当てを、それぞれ次の条件を満たすように決めれば、ファーストベスト (q_M^*, q_F^*) が達成できることがわかる。

$$\theta^* = \frac{q_F^*}{q_M^*} \quad (57)$$

$$\delta + (1 + \theta^*)^2 P'q_M^* = \frac{dP_R}{dq_M}(q_F^* - \bar{q}_F) \quad (58)$$

(58)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を表しており、第 2 項は小売市場での発電量増加に起因する社会厚生 of 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を上回る場合）左辺は正になり、逆の場合には負となる。(58)式左辺が正であれば初期割当を証書保有義務量より少なく設定することが望ましく、左辺がゼロのとき、証書保有義務量に等しくなるように、左辺が負のときは証書保有義務量より高い水準

に設定することが望ましいことを意味している。これは、左辺がゼロのときは、外部費用の非効率と過小供給の非効率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）。

地球温暖化問題への対策として、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状況は(58)式左辺が正である場合に相当し、その場合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でファーストベストを実現できる。

3-6 まとめ

本章では外部費用を伴う発電技術を用いる非再生可能エネルギー事業者が、電力小売市場と再生可能エネルギー市場でそれぞれ売手独占、買手独占であり、再生可能エネルギー事業者が競争的フリンジとして行動する独占と競争的フリンジのモデルを用いて、FIT 制度と RPS 制度のセカンドベストにおける社会厚生水準を比較した。

本章で考える市場構造のもとでは、小売市場の売手独占、再生可能エネルギーの買手独占、非再生可能エネルギーの外部費用、の 3 つが非効率をもたらす要因になる。FIT 制度は再生可能エネルギーの買取価格を固定することで、再生可能エネルギーの買手独占による非効率性を補正できる。一方 RPS 制度は、非再生可能エネルギーの限界費用を高めることで、外部費用に伴う非効率性を補正する効果を持つ。2 つの効果のトレードオフの結果として、セカンドベストにおいて高い社会厚生を実現する制度が決まる。

分析により以下のことが明らかになった。

- a) 再生可能エネルギーの発電コストのパラメータが十分小さい場合はつねに FIT 制度が高い社会厚生を実現する。
- b) 再生可能エネルギーの発電コストのパラメータが大きい場合、限界外部費用の閾値があり、限界外部費用が低い場合は FIT 制度が、高い場合は RPS 制度が、より高い社会厚生を実現する。

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を改善に役立つため、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独占企業の価格支配力を弱めることが相対的に経済厚生を改善に役立つために FIT 制度が望ましくなる。

さらに本章では、RPS 制度下で独占企業に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制度的枠組みを提示した。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フリンジ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。本章で考えているような、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市場構造においては、独占企業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を達成しない。とく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、独占企業に対して、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。

補論 2 : RPS 制度下で実現可能な市場均衡の軌跡

RPS 制度における、独占企業の利潤最大化の 1 階の条件(41)式に $\theta = q_F/q_M$ を代入して整理すると

$$2b(q_M + q_F)^2 - a(q_M + q_F) + 2c_F q_F^2 + c_M q_M^2 = 0 \quad (59)$$

となる。上式を q_F について解くと

$$q_F^{RPS}(q_M) = \frac{a - 4bq_M + \sqrt{(a - 4bq_M)^2 - 8(b + c_F)q_F\{(2b + c_M)q_F - a\}}}{4(b + c_F)}$$

となる。なお、

$$8(b + c_F)(2b + c_M) - 16b^2 = 8\{(2c_F + c_M)b + c_F c_M\} > 0$$

であるので(59)式は下図に示すような楕円の方程式となっており、RPS 制度下で実現可能な発電量配分はその楕円の一部となっている。

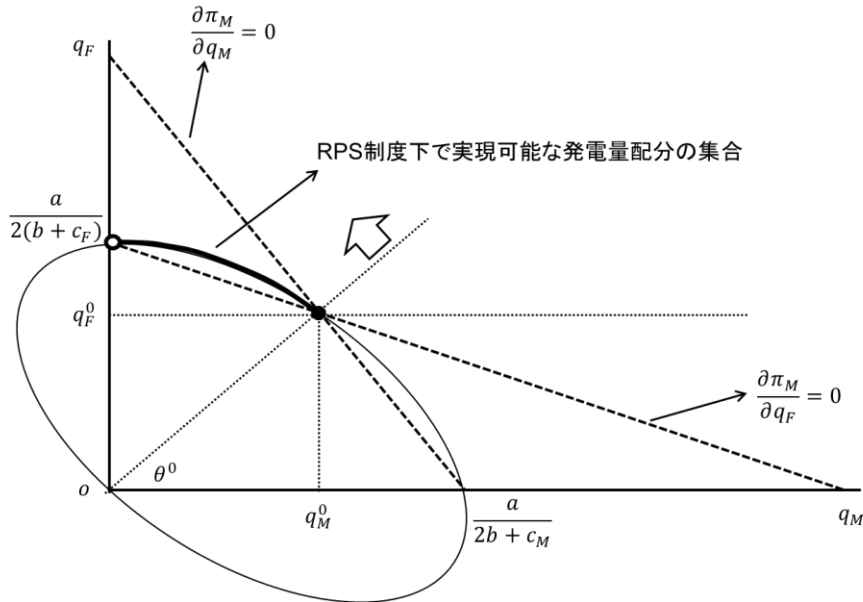


図 15 : RPS 制度下で実現可能な発電量配分

ここで

$$\lim_{\theta \rightarrow +\infty} q_F = \frac{a}{2(b + c_F)}$$

となる。RPS 制度下の市場均衡は原点を通る傾き θ の直線と、非再生可能エネルギー事業者の当利潤曲線の接点で表されるが、非再生可能エネルギー事業者の等利潤曲線は直線 $\partial\pi_M/\partial q_F = 0$ を垂直に横切る。 θ を限りなく大きくしていくと RPS 制度下の市場均衡が直線 $\partial\pi_M/\partial q_F = 0$ のy切片に収束するのはこのような理由からである。また $\theta = \theta^0$ とすると、独占企業とフリッジ企業の発電量がそれぞれ制度導入がない場合の市場均衡に一致する。

$$q_M(\theta^0) = \frac{ac_F}{b(2c_F + c_M) + c_Fc_M} \equiv q_M^0$$

$$q_F(\theta^0) = \frac{ac_M}{2b(2c_F + c_M) + 2c_Fc_M} \equiv q_F^0$$

補論 3：命題 6 の証明

FIT 制度と RPS 制度で同じ再生可能エネルギー導入量 q_F を達成するときの、独占企業の利潤最大化の 1 階の条件は、それぞれ次のとおりになる。

$$a - 2b(q_M^{FIT} + q_F) - c_M q_M^{FIT} = 0 \quad (60)$$

$$\begin{aligned} (1 + \theta)\{a - 2b(q_M^{RPS} + q_F)\} - c_M q_M^{RPS} - \left(\frac{dP_R}{dq_M^{FIT}} q_F + \frac{dq_F^{FIT}}{dQ_M^{FIT}} P_R \right) \\ = (1 + \theta)\{a - 2b(q_M^{RPS} + q_F)\} - c_M q_M^{RPS} - 2\theta c_F q_F = 0 \end{aligned} \quad (61)$$

したがって、

$$\begin{aligned} (1 + \theta)\{a - 2b(q_M^{RPS} + q_F)\} - c_M q_M^{RPS} - [a - 2b(q_M^{FIT} + q_F) - c_M q_M^{FIT}] - 2\theta c_F q_F \\ = \theta\{a - 2b(q_M^{RPS} + q_F) - 2c_F q_F\} - (2b + c_M)(q_M^{RPS} - q_M^{FIT}) = 0 \\ \therefore (2b + c_M)(q_M^{RPS} - q_M^{FIT}) = \theta\{a - 2b(q_M^{RPS} + q_F) - 2c_F q_F\} \\ = \frac{\theta}{1 + \theta}\{c_M q_M^{RPS} + 2\theta c_F q_F - (1 + \theta)2c_F q_F\} = \frac{\theta}{1 + \theta}\{c_M q_M^{RPS} - 2c_F q_F\} \\ = \frac{2\theta q_M^{RPS} c_F}{1 + \theta} \left\{ \frac{c_M}{2c_F} - \frac{q_F}{q_M^{RPS}} \right\} = \frac{2c_F \theta q_M^{RPS}}{1 + \theta} \left\{ \frac{c_M}{2c_F} - \theta \right\} \end{aligned} \quad (62)$$

となる。ここで、 $c_M/2c_F$ は制度導入がない場合の独占企業とフリンジ企業の発電量の比率 $q_F^0/q_M^0 \equiv \theta^0$ である。 $\theta > \theta^0$ のとき (62) 式右辺は負になる。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。

補論 4：FIT 制度が高い社会厚生を実現するための十分条件

FIT 制度と RPS 制度で同一の q_M を達成する場合の社会厚生之差は次のようになる。

$$SW^{FIT}(q_M) - SW^{RPS}(q_M)$$

$$= (q_F^{FIT}(q_M) - q_F^{RPS}(q_M)) \left[a - bq_M - \frac{1}{2}(q_F^{FIT}(q_M) + q_F^{RPS}(q_M))(b + c_F) \right]$$

$q_F^{FIT}(q_M) > q_F^{RPS}(q_M)$ なので、上式の符号は

$$a - bq_M - \frac{1}{2}(q_F^{FIT}(q_M) + q_F^{RPS}(q_M))(b + c_F)$$

の符号と同じになる。ここで

$$f(q_M) \equiv \frac{a - bq_M}{b + c_F} - \frac{1}{2}(q_F^{FIT}(q_M) + q_F^{RPS}(q_M))$$

とおく。

$$q_F^{FIT}(q_M) = \frac{a - (2b + c_M)q_M}{2b}$$

$$q_F^{RPS}(q_M) = \frac{a - 4bq_M + \sqrt{g(q_M)}}{4(b + c_F)}$$

である。ただし

$$g(q_M) \equiv a^2 - 8\{b(c_M + 2c_F) + c_F c_M\}q_M^2 + 8ac_F q_M$$

とおく。

$$f'(q_M) = -\frac{b}{b + c_F} - \frac{1}{2} \left(\frac{dq_F^{FIT}}{dq_M} + \frac{dq_F^{RPS}}{dq_M} \right) \quad (63)$$

であり、ここで

$$\frac{dq_F^{FIT}}{dq_M} = \frac{-(2b + c_M)}{2b} \quad (64)$$

$$\frac{dq_F^{RPS}}{dq_M} = \frac{1}{4(b + c_F)} \left\{ -4b + \frac{1}{2} \frac{g'(q_M)}{\sqrt{g(q_M)}} \right\}$$

となる。このとき

$$\lim_{q_M \rightarrow 0} \frac{dq_F^{RPS}}{dq_M} = \frac{(c_F - b)}{(b + c_F)}$$

となるので、次のことがいえる。

$$\lim_{q_M \rightarrow +0} f'(q_M) = \frac{c_M}{4b} > 0 \quad (65)$$

となる。

さらに、

$$f''(q_M) = -\frac{1}{2} \frac{d^2 q_F^{RPS}}{dq_M^2} = -\frac{1}{32(b+c_F)} \left(\frac{-32Ba^2 - 64(ac_F)^2}{g(q_M)\sqrt{g(q_M)}} \right) > 0 \quad (66)$$

となる。ただし

$$B \equiv \{b(c_M + 2c_F) + c_F c_M\}$$

とおく。(65)式と(66)式から、 $0 < q_M < q_M^0$ において $f(q_M)$ は単調増加である。

$$\lim_{q_M \rightarrow q_M^0} q_F^{FIT}(q_M) = \lim_{q_M \rightarrow q_M^0} q_F^{FIT}(q_M) = q_F^0$$

となることに注意すると

$$\lim_{q_M \rightarrow q_M^0} f(q_M) = \frac{a - bq_M^0}{b + c_F} - q_F^0$$

となる。上式に

$$(q_M^0, q_F^0) = \left(\frac{ac_F}{b(2c_F + c_M) + c_F c_M}, \frac{ac_M}{2b(2c_F + c_M) + 2c_F c_M} \right)$$

を代入すると、

$$\lim_{q_M \rightarrow q_M^0} f(q_M) = \frac{a}{2(b + c_F)} > 0 \quad (67)$$

となる。

また、

$$q_F^{RPS}(q_M) \xrightarrow{q_M \rightarrow +0} \frac{a}{2(b + c_F)}$$

$$q_F^{FIT}(q_M) \xrightarrow{q_M \rightarrow +0} \frac{a}{2b}$$

であり、さらに

$$\lim_{q_M \rightarrow +0} f(q_M) = a \frac{2b - c_F}{4b(b + c_F)}$$

である。上式の値は $2b > c_F$ なら正、 $2b = c_F$ なら0、 $2b < c_F$ なら負になる。このことと(65)式および $0 < q_M < q_M^0$ において $f(q_M)$ が単調増加であることがら、 $2b > c_F$ なら任意の q_M について $SW^{FIT}(q_M) > SW^{RPS}(q_M)$ となるが、このときセカンドベストの政策においても FIT 制度の方が高い社会厚生を実現する。

第4章 研究のまとめ

4-1 おもな結果と結論

本研究では既存企業と参入企業からなる不完全競争モデルを使って、電力産業におけるおもな制度・政策の社会厚生上のトレードオフを明らかにし、セカンドベストにおける社会厚生の水準を比較した。

第2章ではArmstrong et al. (1994)およびVickers (1995)を基に、参入企業数が固定されており、発電事業者間に技術格差がある場合の、垂直統合と垂直分離の社会厚生を比較した。発電事業者間の技術格差を考慮することで、参入企業数が固定されている状況であっても発送電分離が小売市場の効率性と発電部門の効率性に与える効果においてトレードオフが生じ得ることを示した。事業者間に技術格差があり発電部門において参入企業数が固定されている場合、参入企業から限界費用の低い既存企業に発電がシフトすることで発電部門の効率が向上する。垂直分離は事業者間の競争を促進し小売市場における過少供給の非効率を緩和する効果をもつのに対し、垂直統合は参入企業から既存企業へ発電をシフトさせることで発電部門の効率を高める。これら2つの効果のトレードオフの結果、参入企業数がある閾値より少ない場合は垂直分離の方が社会厚生が高くなり、閾値より多い場合は逆の結果になることがわかった。

第2章ではさらに、送電部門に収支制約があるケースについて、発電部門における参入企業数が固定されている場合と参入退出が自由な場合の2通りの分析をおこなった。後者のケースはArmstrong et al. (1994)およびVickers (1995)の分析の拡張に相当する。それぞれのケースで垂直統合と垂直分離の社会厚生を比較した結果、どちらのケースにおいても垂直統合の方が高い社会厚生を実現することがわかった。Armstrong et al. (1994)およびVickers (1995)は後者のケースについて線形の需要関数と弾力性一定需要関数を用いて社会厚生を比較し、線形の需要関数の場合は垂直統合、弾力性一定の需要関数の場合は垂直分離の方が社会厚生が高くなるという結果をだしていたが、第2章では送電部門の収支制約を考慮すると弾力性一定の需要関数を想定した場合でも垂直統合の方が社会厚生が高くなることを示した。

第3章では独占と競争的フリンジのモデルを用いて、再生可能エネルギー導入促進策であるFIT制度とRPS制度の、セカンドベストにおける社会厚生を比較した。セカンドベストの枠組みで両制度を理論的に比較した先行研究は見当たらない。両制度を比較した理論研究としてはTamás et al. (2010)があるが、再生可能エネルギー売買価格に対する価格支配力を考慮していない。第3章では、再生可能エネルギーに対する買手独占力を考慮したうえで、FIT制度とRPS制度のセカンドベストにおける社会厚生を比較した。

第3章の分析モデルでは、1) 小売市場の売手独占、2) 非再生可能エネルギーの外部費用、3) 再生可能エネルギーに対する買手独占、という3つの非効率性の要因が存在する。

FIT 制度は再生可能エネルギーの買取価格を固定することで買手独占による非効率を排除できる。一方で RPS 制度は、非再生可能エネルギーの限界費用を高めることで、外部費用の一部を内部化する効果をもつ。そのため両制度で同一の再生可能エネルギー発電量を達成する場合、RPS 制度の方が非再生可能エネルギー発電量が少なくなる。RPS 制度が外部費用を伴う発電を抑制する効果と、FIT 制度が買手独占を排除する効果のトレードオフの結果、セカンドベストにおいて、より高い社会厚生を実現する制度が決まる。

再生可能エネルギーの発電コストのパラメータが十分小さい場合、限界外部費用の水準に依存せず FIT 制度の方が高い社会厚生を実現する。発電コストのパラメータが大きい場合、限界外部費用の水準が低い場合は FIT 制度、高い場合は RPS 制度が、より高い社会厚生を実現することを数値例により示した。この結果は限界外部費用が高い場合、外部費用を内部化する効果をもつ RPS 制度の方が、買手独占を排除する FIT 制度より効率的になることを意味している。

本研究では制度・政策間のセカンドベストの社会厚生を比較し、外生的なパラメータの条件次第で社会厚生上望ましい制度が異なることを示した。これは採用すべき制度を決定する際に、実際の経済・社会の状況を正確に把握することが重要であることを改めて示している。他国でうまく機能している制度が日本でも望ましい結果をもたらすかどうかを考える際に、本研究で示したようなモデルを使った思考実験をおこなうこともできよう。

4-2 今後の課題

本研究では理論モデルにより定性的な議論をしたが、ここで示したようなモデルをベースとして、実証的にパラメータを推計したり、カリブレーションを含んだ数値シミュレーションをおこなうことで、政策の効果を定量的に評価することが今後の課題として考えられる。

本研究では簡単化のため市場需要関数および各事業者の発電費用関数について関数形を特定化して分析をしたが、実証的な観点から関数形をどのように特定化するのが現実におきている現象を説明するのに適しているか、検証する余地は残されている。

原子力発電については、電力政策上重要な位置を占めているのと同時に、理論的にも実証的にも、分析モデルによる扱いが難しい電源といえるだろう。原子力発電は巨額の初期投資が必要で、設置自治体との交渉、用地取得、使用済み核燃料の問題、事故時の損害の補填など、電気事業者と政策当局が一体的にすすめる必要のある問題が多い。市場原理のなかで電気事業者が自発的に原子力発電を設置し、維持していくことができる状況は、ごく限られた場合しかないであろう。本研究で用いたような独占モデル、寡占モデルのなかでは、既設の原子力発電については考慮できたとしても、新たに原子力発電を設置するための投資行動まで考慮することはむずかしい。

原子力発電のコストをいかに評価するかについては、中・長期のエネルギー政策を考え

るうえで重要な意味をもつ一方で、課題が多いテーマといえる。発電時に温室効果ガスを排出しない電源として、原子力発電と再生可能エネルギーが挙げられる。温室効果ガスの排出削減目標を達成するための、望ましい電源構成は原子力発電と再生可能エネルギーのコストの水準を反映したものになる。したがって原子力発電のコストの評価水準は再生可能エネルギーの導入目標とも密接に関連したものとなる。再生可能エネルギーの導入をすすめるためには、送電網への投資やスマートメーターの導入などが必要になるため、中・長期の電源構成における原子力発電と再生可能エネルギーの位置づけは、今後の電力産業への投資のあり方を決定づける要因になる。

日本では2011年3月11日の事故以降、資源エネルギー庁のコスト等検証委員会によって各電源のコストが改めて試算された。モデルプラントを用いた試算によって、再生可能エネルギーや原子力発電のコストに関してもいくつかの稼働率の想定のもとで試算をしている。

原子力発電のコストに関しては、モデルプラントを想定して試算することは可能でも、廃炉を含めたライフスパンが非常に長いので実績値に基づいたデータを入手することはほぼ不可能である。また事故に伴う被害の大きさや外部費用をどのように見積もるかどうかなという点についても、課題は多い。ランニングコストに関して、安定的に高い稼働率が維持できていれば低いコストで発電できたとしても、実際には稼働率を低下させる技術的、社会的要因が多く、我が国の原子力発電もそれほど高い稼働率を維持できていない。実際に事故が起きた場合の被害に加え、周辺住民に与える心理的な影響も含めた外部性にも注意する必要がある。設置自治体への巨額の補助金はそのような心理的不安も反映したもので、補助金の支給が経済にもたらす歪みも無視できない規模になるかもしれない。原子力発電のコストを試算する上では、このように考慮すべき要因が多く、さらに長期ライフスパンによる不確実性も看過できないため、今後の課題は多いといえよう。

日本ではエネルギー基本計画によって各電源の中・長期的な位置づけが定められている。本研究では特定の時点を対象とした静学モデルで分析をしている。長期的に電源構成をどのように推移させていくのが望ましいかを考えるためには、再生可能エネルギーによる電源開発や供給の安定性なども考慮した、長期の動学モデルによる分析も重要であろう。

以下では政策の立案を議論するという観点から、本研究の分析に補足しなければならない点について述べる。

第2章ではクールノー型の寡占モデルを用いたが、実際には事業者同士が価格競争をしていることも考えられる。ただしこの点については、Kreps and Scheinkman (1983)が容量選択を考慮したベルトラン均衡はクールノー均衡と一致することを示している。したがって本研究で用いたクールノー型の寡占モデルには、価格競争と生産設備拡大競争の両面を含んだ中期的な電力事業者間の競争を記述するモデルとして一定の正当化を与えることができる。

第3章では独占と競争的フリンジのモデルを用いた。日本の電力市場では一般家庭を対

象とした規制部門と、それ以外の自由化部門が併存しており、規制部門の電気料金は総括原価方式により決まっている。総括原価方式により価格が決まる市場と、独占的に価格が決まる市場が併存しているモデルを考えることは今後の課題といえる。

第2章では送電部門の収支制約を考慮しないケースと考慮するケースをそれぞれ分析した。送電部門の収支制約を考慮しないケースは、経済に歪みをもたらさない一括型の補助金の支給が可能であることを前提としている。しかし実際に補助金を支給する際に、その財源調達において経済に歪みをもたらすことがありうる。本研究ではそのような補助金の財源を確保する際に生じうる歪みを考慮していない。赤字補填の財源調達によるゆがみの発生を考慮する場合、政策当局はその影響までを考慮して最適政策を立案しなければならない。本研究の分析のように、補助金による経済の歪みがない場合は、送電部門の独立採算で赤字にならないようにアクセスチャージを決めるより、赤字を補助金で補填する方が、高い社会厚生を実現できる。しかし補助金の拠出によって経済に歪みが発生する場合、赤字補填のための課税がもたらす社会的費用と、送電部門の収支制約を考慮してアクセスチャージを決めることによる電力価格上昇の社会的費用のどちらが小さいかという問題を検討しなければならない。いうまでもなく、赤字補填にはX非効率性という電力事業者のインセンティブ問題も付随する可能性がある。政策当局が補助金によって赤字を補填すべきか、送電部門の独立採算を維持すべきかという選択問題を本研究では考慮していないが、現実の政策立案では重要な判断になりうるかもしれない。

研究全体をとおしてセカンドベストの政策に焦点を当てた分析をしてきたが、セカンドベストの政策を実施するために政策当局は市場需要関数や各企業の費用関数の情報を保有している必要がある。本研究ではこれらの情報は取得済みであることを前提としているが、実際の政策立案には、十分な情報が取得できるか否か、情報の取得にどの程度コストがかかるかといったことも問題になるであろう。

政策当局がセカンドベスト政策の実行に必要な情報を取得済みである場合、それに加えて個々の事業者の発電量を正確にモニターできるという情報上の制約を回避できれば、ファーストベスト政策を実行することも可能になるかもしれない。すなわち、個別の事業者の発電費用関数に基づいて発電量を割り当て、違反事業者には厳格に罰金を科すことができるなら、発電の社会的費用を最小化できるであろう。その一方で需要関数の情報に基づいて総供給量を決定すればファーストベストの資源配分が達成できる。ただしファーストベストの資源配分を実現するために政策当局はセカンドベストより多くの政策変数を操作しなければならない。本研究の分析は、そのようなモニタリングと罰則ルールへのコミットメントが困難な場合、あるいは政府が事業者の意思決定の細部にまで関与することから予想される政治的癒着のコストが大きい場合を前提としてセカンドベストに焦点を当てたものと解釈できる。

規制当局がどの程度正確に最適政策の遂行に必要な情報を把握できるかという問題については、情報の非対称性を考慮したメカニズムデザイン型のモデルも考えられる。本研究

の第2章で先行研究として挙げた Vickers (1995)は、送電の限界費用を政策当局が正確に知ることができない状況で、独占事業者の価格設定に応じて政策当局が最適な補助金のメニューを提示するケースを分析している。本研究では既存事業者と参入事業者間で発電技術に違いがある状況に焦点を当てた分析をした。発電事業者間で技術格差があり、規制当局が事業者毎の発電費用を正確に知ることができない場合のインセンティブ契約と規制の問題を考えることは今後の課題として残されている。

参考文献

- Armstrong, M., Cowan, S., Vickers, J., 1994. *Regulatory Reform*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, pp. 148–159.
- Armstrong, M., Sappington, D.E.M., 2006. Regulation, Competition, and Liberalization. *Journal of Economic Literature* 44, 325–366.
- Amundsen, E.S., Bergmen, L., 2012. Green certificates and market power on the Nordic power market. *The Energy Journal* 33, 101–117.
- Amundsen, E.S., Mortensen, J.B., 2001. The Danish green certificate system: some simple analytical results. *Energy Economics* 23, 489–509.
- Beard, T.R., Kaserman, D.L., Mayo, J.W., 2001. Regulation, vertical integration and sabotage. *The Journal of Industrial Economics*, 319–333.
- Böhringer, C., Rosendahl, K.E., 2010. Green promotes the dirtiest: on the interaction between black and green quotas in energy markets. *Journal of Regulatory Economics* 37, 316–325.
- Bulow, J.I., Geanakoplos, J.D., Klemperer, P.D., 1985. Multimarket oligopoly: strategic substitutes and compliments. *Journal of Political Economy* 93, 488–511.
- Christensen, L.R., Greene, W.H., 1976. Economies of scale in US electric power generation. *Journal of Political Economy* 84, 655–676.
- Couture, T.D., Cory, K., Kreycik, C., Williams, E., 2010. A policymaker's guide to feed-in tariff policy design. National Renewable Energy Laboratory. U.S.
- D.G. Competition Report on Energy Sector Inquiry, 2007. European Commission.
- International Energy Agency and OECD Nuclear Energy Agency, 2010. *Projected Costs of Generating Electricity*. IEA and OECD, Paris, France. (2010 edition).
- Fischer, C., 2010. Renewable portfolio standards: when do they lower energy prices? *Energy Journal* 31, 101–120.
- Hahn, R.W., 1984. Market power and transferable property rights. *The Quarterly Journal of Economics* 99, 753–765.
- Höfler, F., Kranz, S., 2011. Legal unbundling can be a golden mean between vertical integration and ownership separation. *International Journal of Industrial Organization* 29, 576–588.
- Howell, B., Meade, R., O'Connor, S., 2010. Structural separation versus vertical integration: Lessons for telecommunications from electricity reforms. *Telecommunications Policy* 34, 392–403.
- Jensen, S.G., Skytte, K., 2002. Interactions between the power and green certificate markets. *Energy Policy* 30, 425–435.

- Kaserman, D.L., Mayo, J.W., 1991. The measurement of vertical economies and the efficient structure of the electric utility industry. *Journal of Industrial Economics* 39, 483–502.
- Kreps, D.M., Scheinkman, J.A., 1983. Quantity precommitment and Bertrand competition yield Cournot outcomes. *The Bell Journal of Economics* 14, 326–337.
- Kurakawa, Y., 2013. The optimal vertical structure in the electricity industry when the incumbent has a cost advantage. *Energy Policy* 63, 622–627.
- Mandy, D.M., Sappington, D.E.M., 2007. Incentives for sabotage in vertically related industries. *Journal of Regulatory Economics* 31, 235–260.
- Matsumura, T., Matsushima, N., 2012. Regulated input price, vertical separation, and leadership in free entry markets. Discussion paper, Osaka University.
- Matsumura, T., Matsushima, N., 2011. Access charges, vertical separation, and lobbying. Discussion paper, Osaka University.
- REN21, 2013. Renewables 2013 Global Status Report. Paris: REN21 Secretariat.
- Ropenus, S., Jensen, S.G., 2009. Support schemes and vertical integration—Who skims the cream?. *Energy Policy* 37, 1104–1115.
- Sappington, D.E.M., 2006. On the merits of vertical divestiture. *Review of Industrial Organization* 29, 170–191.
- Steiner, F., 2001. Regulation, industry structure and performance in the electricity supply industry. *OECD Economic Review* 32, 143–182.
- Sydsæter, K., Strøm, A., Berck, P., 2005. Economists' mathematical manual, 4th ed. Springer, Berlin.
- Tamás, M.M., Shrestha, S.O.B., Zhou, H., 2010. Feed-in tariff and tradable green certificate in oligopoly. *Energy Policy* 38, 4040–4047.
- Tanaka, M., Chen, Y., 2013. Market Power in Renewable Portfolio Standards. *Energy Economics* 39, 187–196.
- Valletti, T.M., Estache, A., 1999. The Theory of Access Pricing: An Overview for Infrastructure Regulators. The World Bank, Washington, DC.
- Vickers, J., 1995. Competition and regulation in vertically related markets. *Review of Economic Studies* 62, 1–17.
- Zhou, H., Tamás, M.M., 2010. Impacts of integration of production of black and green energy. *Energy Economics* 32, 220–226.
- 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。
- 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 (2010) 「中長期の温室効果ガス

削減目標を実現するための対策・施策の具体的な姿（中長期ロードマップ）（中間整理）」
(<http://www.env.go.jp/council/06earth/y060-92/mat01-1.pdf>)。

日引聡・庫川幸秀（2013a）「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）制度の比較分析」、馬奈木俊介編著『環境・エネルギー・資源戦略』第6章、日本評論社。

日引聡・庫川幸秀（2013b）「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？～」、経済産業研究所ディスカッションペーパー13-J-070。

山田光（2012）『発送電分離は切り札か 電力システムの構造改革』、日本評論社。