

## 先渡契約と市場均衡

### —再生可能エネルギー政策の影響—

05000319 東京理科大学 \*伊藤 真理 ITO Mari  
01308970 東京理科大学 高嶋 隆太 TAKASHIMA Ryuta

#### 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っている。そこで、温室効果ガス排出の少ない、再生可能エネルギーの利用が注目されている。再生可能エネルギーは、環境負荷が小さいというメリットがある一方で、高い費用と発電の不安定性のデメリットがある。そのため、再生可能エネルギーの導入が社会的に望ましいとしても、政策支援がなければ、十分な普及は困難である。そのため、政府は、再生可能エネルギーの導入を促進するための普及促進策を講じている。その代表的な制度として、再生可能エネルギー利用割合基準（以下、RPS: Renewable Portfolio Standards）制度がある。RPS制度とは、発電事業者に発電量の一定割合（以下、RPS要求割合）以上を再生可能エネルギーによって発電することを義務付ける制度である。

電力小売り完全自由化を受け、発電事業者による卸電力取引所を介した取引が活発になっている。日本卸電力取引所では主に、スポット市場と先渡市場の2種類の電力取引方法が存在している。スポット市場は一日前市場と呼ばれ、翌日に発電または販売する電力を前日までに入札し、売買する市場である。最も一般的な取引のうちの一つである。先渡市場は、事業者が将来の一定の期日に、現在定める価格で売買する契約を結ぶ市場である。将来渡される電力価格を固定したい価格ヘッジの際の利用に適している。自由化の進んだ電力市場では、一般的に、市場参加者がスポット取引と先渡契約の両方を活用する。

再生可能エネルギー普及促進策の経済分析に関する研究は複数ある。たとえば Siddiqui et al. [3]では、RPS制度の電力市場や REC 市場における競争への影響について分析をしており、社会厚生上最適なRPS要求割合を算出している。Allaz and Vila[1]のモデルを

応用し、電力市場に先渡契約を導入する研究は多く存在する。たとえば、Kamat and Oren[2]は、2つのノードを設定し、送電制約を組み込みこむことにより複占市場下での先渡契約の影響について分析した。これまで、再生可能エネルギー普及促進策の評価に関する研究や、電力市場への先渡契約の導入の研究は行われてきた。しかしながら、先渡契約とスポット取引の両方で構成される寡占的電力市場の枠組みで、再生可能エネルギー普及促進策を評価した研究はない。昨今の電力自由化による電力市場の拡大や、再生可能エネルギー普及促進策の導入が進んでいる状況で、これら双方による影響の分析を行うことは非常に有用であると考えられる。

本研究では、RPS制度のもと、複占電力市場における事業者の利潤最大化問題を定式化し、先渡契約の導入が電力価格、REC 価格や発電量などへ与える影響を分析する。また、各事業者の戦略的な駆け引きのもとでRPS要求割合の変化に伴う電力価格、REC 価格や社会余剰への影響を考察する。

#### 2. モデル

ここでは、RPS制度の施行下におけるクールノー競争市場での先渡契約とスポット取引の2段階モデルを提案する。このモデルでは、各事業者は1段階目に先渡契約を行い、2段階目にスポット取引を行う。RPS制度の施行下で、電力市場に発電事業者が2社存在していると仮定する。一方の事業者は、主に火力電源を所有し、非再生可能エネルギー電源のみで発電を行う事業者(以下、非再生可能エネルギー事業者と記す。)、他方の事業者は、再生可能エネルギー電源のみを有する事業者(以下、再生可能エネルギー事業者と記す。)である。Allaz and Vila[1]のモデルと同様に、発電費用は、発電量に対して線形の費用関数によって表す。スポット市場における電力価格は、逆需要関数によって表す。また、RPS要求割合を $\alpha$ で表す。

各事業者は、RPS要求割合 $\alpha$ を与えられたどおりに受け止め、RPS制約のRECによる収入または費用を

含め事業者の収益を最大にするように意思決定を行う。先渡契約の目的はリスクヘッジではなく、スポット取引において有利な立場になるように、先渡契約にコミットすることである。この利潤最大化問題を解く際には、まず、2段階目において、スポット取引からの収入を最大化するようにスポット取引量を決定した後、1段階目では、先渡契約、スポット取引それぞれの収入を考えて先渡契約量を決定する。

### 3. 数値例

ここでは、パラメータを用いた数値例を示す。パラメータは、Siddiqui et al.[3]を参考に設定する。数値例では、ベンチマークケースとして、クールノー競争のモデル(CO)を設定し、Allaz and Vila[1]のクールノー競争下における先渡契約モデル(FC)、RPSモデル(CO-RPS)、先渡契約モデル(FC-RPS)それぞれの結果を比較する。RPS要求割合 $\alpha$ を、0.01から0.8まで0.01刻みで変化させ、数値分析を行う。

図1に、RPS要求割合 $\alpha$ の社会余剰への影響を示す。COは、再生可能エネルギー比率、社会余剰がそれぞれ28.6%、237.8 (thousand \$)であることに対して、FCは14.3%、283.2 (thousand \$)である。Allaz and Vila[1]の結論から既知であるように、先渡契約の影響により社会余剰が増加する一方で、再生可能エネルギー比率は、減少することがわかる。CO-RPSは、再生可能エネルギー比率28.6%においてCOよりわずかに社会余剰が減少するが、CO-RPSはRPS要求割合 $\alpha$ として再生可能エネルギー比率を制御することが可能であり、1%から28%の範囲で、COの社会余剰より高い値となる一方で、それ以外の範囲、特に、

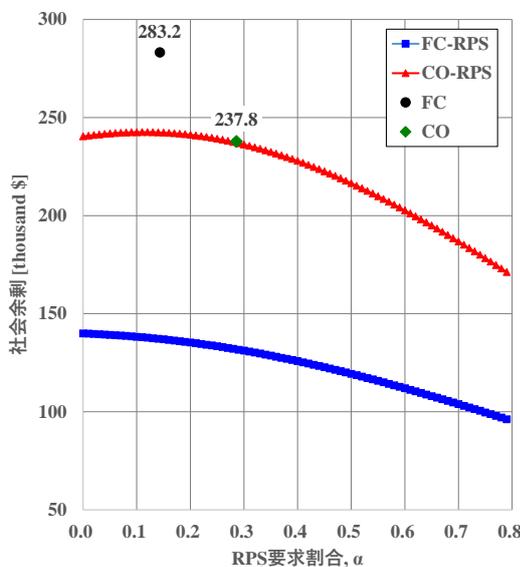


図1 RPS要求割合 $\alpha$ に対する社会余剰

RPS要求割合が高くなるにしたがい、より低い値となることがわかる。また、12%のときに社会余剰が最大値となり、最適なRPS要求割合が得られることがわかる。これは、Siddiqui et al.[3]とも整合的な結果である。これらの結果から、先渡契約とRPS制度は社会余剰の観点から、それぞれ異なる効果があることがわかる。その2つの効果を含めたモデルがFC-RPSである。図1に示されているように、先渡契約を考慮することにより、社会余剰が大きく減少することがわかる。これは、電力価格による影響が大きいものと考えられる。

### 4. おわりに

本研究では、RPS制度の施行下で、非再生可能エネルギー事業者と再生可能エネルギー事業者が各々社存在する複占電力市場における先渡契約を導入したモデルを提案した。数値例では、ベンチマークケースとしての先渡契約無しのクールノー競争市場、先渡契約有りのクールノー競争市場、RPS制度下における先渡契約有無のクールノー競争市場を比較した。その結果、RPS制度下での先渡契約の導入は、社会余剰の低下を招く一方で、非再生可能エネルギーの発電量、すなわち、二酸化炭素排出を抑制するはたらきがあることがわかった。

今後の課題として、不確実性や期間を取り入れ、リスクヘッジの目的も考えることで、本研究で考えたようなコミットメントとの関係を明らかにすることが考えられる。

### 謝辞

本研究は、日本学術振興会科学研究費助成事業基盤研究(B)(課題番号:19H02380)を受けて実施したものである。

### 参考文献

- [1] Allaz, B., and Vila, J.L.: Cournot competition, forward markets and efficiency, *Journal of Economic Theory*, **53**(1), 1–16, 1993.
- [2] Kamat, R. and Oren, S.S.: Two-settlement systems for electricity markets under network uncertainty and market power, *Journal of Regulatory Economics*, **25**(1), 5–37, 2004.
- [3] Siddiqui, A.S., Tanaka, M. and Chen, Y.: Are targets for renewable portfolio standards too low? The impact of market structure on energy policy, *European Journal of Operational Research*, **250**(1), 328–341, 2016.