

「科学技術イノベーション政策のための科学 研究開発プログラム」  
「電力分野のイノベーションと研究開発ネットワークに係わる評価手法の開発」  
研究開発プロジェクト成果報告書  
(研究開発期間 平成 23 年 11 月～平成 26 年 10 月)

研究代表者： 秋山 太郎 (横浜国立大学)

## 1. 設定した課題と目標

大きな市場構造や制度の変更を伴う電力自由化が近づく中で、スマートグリッドや燃料電池などによる電力市場におけるイノベーションも並行して進みつつある。このような状況下では、電力市場におけるイノベーションの評価は、市場や制度の変化を考慮して行わざるを得ない。また、近年のオープンイノベーションの傾向が強まるにつれて、企業等は共同研究開発 (R&D) ネットワークを形成しながら R&D を行うようになってきている。しかしながら、これまでの研究開発投資の評価においては、R&D ネットワークが R&D の成果に及ぼす影響を十分には考慮してこなかった。

本研究開発プロジェクトでは、市場・制度の選択を考慮した次世代電力システムの影響を数量的に評価することにより、適切な電力市場の設計に寄与すると共に、燃料電池の共同 R&D ネットワークの推定とそれをういた燃料電池への公的研究開発支出の評価を行う。こうした電力分野における先端技術の評価する取り組みを通じて、市場・制度の選択を必要とする技術イノベーション評価の一般的フレームワークと、R&D ネットワークを考慮した公的研究開発投資の効果を評価する汎用性のある手法を構築することを目標とする。

## 2. プロジェクトの成果

1. 特許データと財務データを組み合わせて組織間の R&D ネットワークを推定し、R&D ネットワークを考慮した公的研究開発投資の効果の評価に利用できる一般性を持った手法を開発した。
2. 上記の方法を用いて、企業の R&D ネットワーク上の特性等と特許の生産性・被引用回数で計測した R&D 成果の関係を明らかにした。
3. さらに、燃料電池分野における公的研究開発投資の大部分を占める独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) プロジェクトの評価を行い、特許の生産性には大きな効果がある反面、特許引用には有意な効果がないことを示した。
4. 電力市場分野における市場・制度を考慮したイノベーション評価を行うために、電力市場のマルチエージェントモデルを開発した。このモデルは、無料で公開される予定である。
5. 上記モデルは、自治体等の専門家でないユーザーにとって有用であるとともに、市場や規制の選択を必用とするイノベーションの評価のための汎用性を持つフレームワークとして利用できるものである。
6. 上記モデルのシミュレーションにより、電力市場においては、需要の価格弾力性が低いため、発電企業が市場支配力を持ちやすく、競争的な市場とはなり難いことが示された。
7. スマートグリッドによる需要の価格弾力性の上昇、燃料電池、蓄電池等の需要家側の分散電源は、市場支配力の抑制・需給ひっ迫時の電力価格急騰の抑制に大きな効果を持つことが示された。
8. アンシラリー目的の高速デマンドレスポンス FastDR<sup>1</sup>は、大規模な商業用ビルや水道施設などの大規模な需要家を対象にすべきであることが示された。

<sup>1</sup> ここでのアンシラリーの意味は、周波数・電圧などを保つための周波数制御などの系統運用の意味である。高速デマンドレスポンス FastDR とは、電力の需給状況に対する分から秒単位で迅速な需要側の対応を実現するデマンドレスポンスである。FastDR は、アンシラリーの機能を果たすものであり、再生可能エネルギー大量導入時の蓄電池量の削減を実現するものとして期待されている。

### 3. 各成果の概要

- R&D ネットワークを考慮した公的研究開発投資の評価を行う上で、最も重要なのは R&D ネットワークの構築である。特許データを利用して、研究者の所属組織への割り当てを行い、その後で財務データ等を利用して企業の親会社・子会社関係の処理を行い、精密な共同 R&D ネットワークを推定する、この R&D ネットワークの情報を追加的に加えて、公的研究開発投資の評価を行う手法である。これは様々な分野に適用可能な一般的・汎用的な手法であり、オープンイノベーションが一般化している現在の状況において、R&D ネットワークを考慮した公的研究開発投資の効果を評価する汎用性のある手法を開発したことになる。
- 上記の方法によって得られた燃料電池分野における組織間の共同 R&D ネットワークを利用し、企業の R&D 成果を特許生産性、その特許の総被引用数、審査官被引用数として、企業の前期の次数<sup>2</sup>、Constraint 測度<sup>3</sup>、大学との共同研究、NEDO プロジェクトによる特許の共願、その他企業属性を説明変数として回帰を行った結果、大学との共同研究は R&D 成果に正の影響を与え、多くの企業との共同研究を行っている企業、また情報の橋渡しの役割を果たしている企業は、特許生産性や特許引用ではかつて優れた R&D 成果を挙げているという結果が得られた。

以上の内容の政府の政策等への含意は次の通りである。企業と大学との共同研究を促進する政策が有効であることが強く示唆された。また、優れた R&D 成果を挙げうる企業を選ぶ際に、その企業の共同 R&D ネットワークにおける特性は重要な情報となるということが示唆された。とくに、多くの企業と共同で R&D を行っているという点のほかに、その企業が互いに共同 R&D を行っていない複数の企業群を結びつけるという意味で、「情報の橋渡し」役を果たしていることも重要な基準となることが示唆される。

- NEDO プロジェクトに関しては、特許出願数を 50%程度増加させるという意味での「量的」な効果は大きいですが、被引用回数で測った特許の価値あるいは「質」の面では有意な効果を与えていないという結果になった。これは、NEDO プロジェクトの仕組み等に問題が存在する可能性も示唆しており、今後の検討を必要とする問題である。
- 電力市場のマルチエージェントモデルは、Java を用いて開発され、企業数、各発電企業の費用構造、需要家の 1 日を通じた電力需要のパターン、家需要の価格弾力性、燃料電池・蓄電池の容量、価格規制などの条件を外部から自由に与え、電力市場における価格や数量等をシミュレーションで求めることができるものとなっている。開発されたモデルは、大学のサイト上で、無料で公開される予定である。
- 海外においては、本プロジェクトで開発されたようなモデルが既に存在し、無料で公開され、自治体関係者も含めた多くのユーザーによって利用されている。しかし、日本においては、研究者が自己の利用のために作成したソフトや高額な有料ソフトは存在するが、専門家でないユーザーがたやすく利用できるソフトは存在しなかった。本プロジェクトで開発されたモデルはこのような間隙を埋めるものであり、自治体等にとっても有用なツールである判断される。さらに、モデルの中核的部分は、解析的には解くことが困難である寡占市場における価格や数量を求めるものであり、電力市場のみならず多くの市場におけるイノベーションの市場への影響等を調べるためのモデルとして利用可能であり、極めて広い応用可能性を持つ汎用的なフレームワークとなっている。
- 電力市場においては、需要の価格弾力性が低いため、発電企業が市場支配力を持ちやすい。開発した電力市場モデルのシミュレーションにより、東京電力をかなり細かく分割しても、分割された企業が市場支配力を持ってしまい、価格が限界費用から大きくかい離しうることが示されている。すなわち、企業の価格付けが自由であるときには、東京電力の分割等による企業数の増加も限られた

<sup>2</sup> ノードの次数は、この場合、その企業が共同研究を行っている組織の数となる。

<sup>3</sup> Constraint 測度は、企業が R&D ネットワークでどれだけ「情報の橋渡しの役割」を担っているかどうかを示す指標であり、情報の橋渡しの役割を行っている企業はその値が小さくなる。あまり共同研究を行っていない異なるクラスターに属する企業との間で共同研究を行っている企業は、Constraint 測度が低くなる。

効果しか持たないことになる。これは、政府の電力市場の制度設計に役立ちうる結果である。

- 電力市場における市場支配力や需給ひっ迫時の価格高騰を抑制するためには、スマートグリッドによる需要の価格弾力性の上昇、燃料電池や蓄電池等の需要家側の分散電源の導入促進は有用であり、国や横浜市等が取り組んでいるようなスマートグリッドによる需要の価格弾力性の上昇、燃料電池や蓄電池等の需要家側の分散電源の導入促進は有用であることが示されている。
- FastDR は、全需要家を対象とした場合、必要とされる通信・制御機器等のコスト、需要者の FastDR プログラム参加へのインセンティブに必要な金額を考慮すると、経済的には引き合わないことが明らかとなった。アンシラリー目的の FastDR は、大規模な商業用ビルや水道施設などの大規模な需要家を対象にすべきであり、通常のリクエストレスポンスについても、家庭部門よりは大規模な商業用ビルや水道施設などの大規模な需要家を中心にするべきである。これは多くに地方自治体等へ有益な情報であり、リクエストレスポンスの対象は大規模な需要家にすべきという点については、連携している横浜市の担当者も同意をしている。

#### 4. その他の観点からの成果

特許データからの組織間の共同 R&D ネットワークの推定においては、研究者の所属組織への割り当て、企業の親会社・子会社関係の処理に注意を払った。特許データからの R&D ネットワーク構築は既に行われているが、このように細心の注意を払った処理が、地味ではあるが従来の研究にはない優れた点である。これらの作業を行うことにより、従来の研究に比べてはるかに精密な組織間の R&D ネットワークを得ることができた。とくに、親子関係・系列関係にある会社間での共同研究が多い日本の場合、本研究プロジェクトで行われた作業は必須のものである。日本を対象にして、様々な分野における R&D ネットワークの研究を行う場合、本プロジェクトで行われた手順に従って行うことが必要になると考えている。

#### 5. 発展の可能性

燃料電池分野は、多岐にわたる技術分野を含むなどの強い特色を持った分野であり、他の技術についても分析をしても同様の結論が成立するののかについて、分析を行う価値があると思われる。また、海外における燃料電池分野の R&D についても行う価値があると考えられる。予備的に行った分析では、アメリカの燃料電池分野の R&D ネットワークはかなり疎であり、日本とはかなり異なっている。日米の比較は有用な情報を与えてくれると予想されるが、時間の制約から、本格的な解析はできなかった。これについては、データはあるので、人手があれば可能であると考えられる。

電力市場については、横浜市との関係での社会実装の進展が期待できる。横浜市とは、社会実装の一環として、研究会を定期的に持ち、横浜市の YSCP プロジェクト<sup>4</sup> (Yokohama Smart City プロジェクト) について情報提供を受け、また本プロジェクトからは研究成果およびリクエストレスポンスに関しての学界での議論について情報の提供を行い、本プロジェクトの成果が市の政策へと反映されるべく努めた。YSCP プロジェクトは本年で終了となるが、横浜市の次期プロジェクトへ向けて、横浜市との提携をより深める方向で話を進めている段階であり、社会実装の面で一層の進展が期待できると考えている。

さらに、開発された電力市場モデルの中核部分は、様々な寡占市場に適用できる一般的なものである。他の市場におけるイノベーションや規制の効果の分析に利用することも可能である。

<sup>4</sup> 横浜市が経産省からの助成の下で行っているスマートグリッドに関するプロジェクトである。

## 6. 付録

図 1 日本の燃料電池分野の共同研究ネットワーク

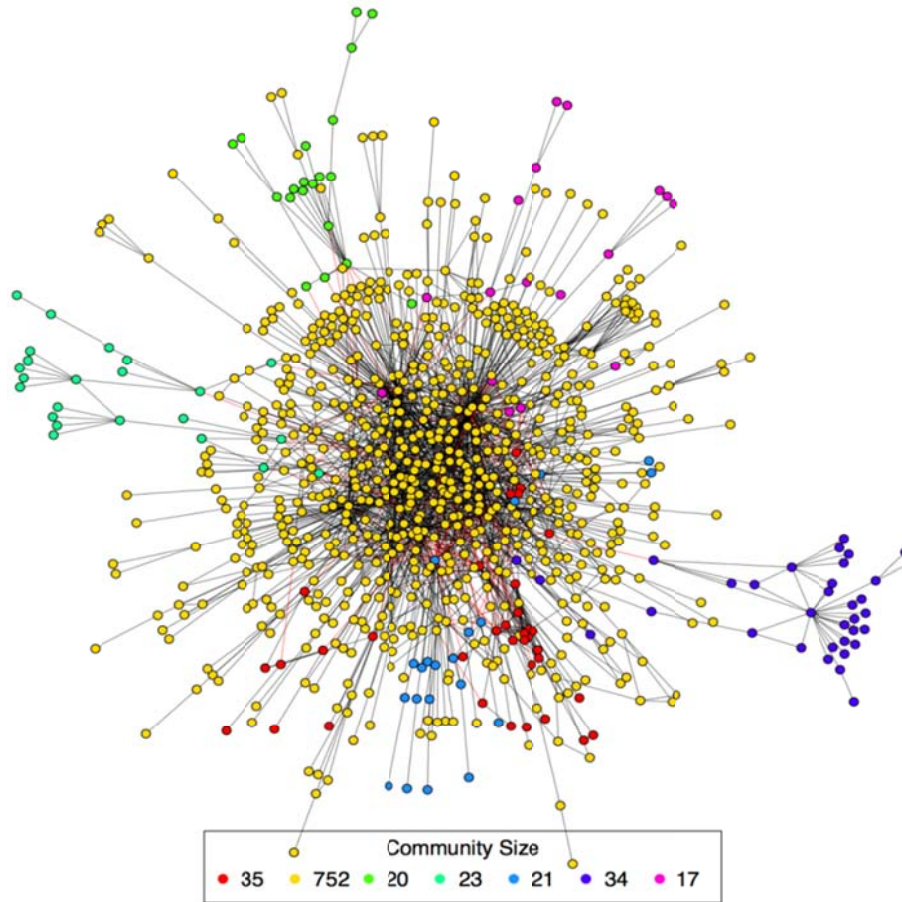


図 2 開発した電力市場モデルのクラス図

