2K05

規制と研究開発コミュニティーの共進化：鉛フリーはんだに関するイノベーション・ネットワークの国際比較分析

○鎗目　雅（文科省・科学技術政策研）

1. はじめに

イノベーションに関する議論が、科学から技術への一方向のリニア・モデル(Bush, 1945)から、部門・フェイズ間での相互作用を重視した連鎖モデル(Kline and Rosenberg, 1986)、そして制度･政策を含めたナショナル･イノベーション･システム(Lundvall, 1992; Nelson, 1993)に広がり、イノベーションを創出するに当たって、政策・制度と研究開発コミュニティーの相互作用を通じた共進化が重要であることが認識されるようになってきている。本研究では、電機電子産業における鉛フリーはんだに関するイノベーションを例に取り、国際的な視点から環境規制と研究開発コミュニティーの共進化を検証する。欧米で検討・導入された環境規制に対応して、特に日本において鉛含有はんだの代替技術としての鉛フリーはんだの研究開発及び製品化が積極的に進められた。日本での技術開発の進行が、EU での鉛フリー化の規制に対する有害物質規制（RoHS）のスケジュール・細目の決定へ影響を与えることになった。そして、ヨーロッパにおける規制の決定が、さらに日本、ヨーロッパ、アメリカにおけるイノベーション活動を活発化させることにつながっている。日本・アメリカ・ヨーロッパにおける相違がどのようにして生まれたのか、規制と研究開発コミュニティーの共進化の観点から、研究開発プロジェクトのメンバーシップ、鉛フリーはんだに関する科学論文・特許のデータベースを構築し、ネットワーク分析を通じた国際比較を行う。

2. 研究の背景

経済現象に対する進化論的アプローチとしては、Nelson and Winter (1982)などの研究があるが、当初の個々の企業・技術の適応・変化から、環境との相互作用を通じた共進化へと議論の対象が広がりつつある。科学技術と制度の共進化に関しては、(Nelson, 1994; Ziman, 2000)などが、国によって産業の出現・発展に対する制度的な反応のペースとパターンは異なっていると論じている。そうした議論を実証する研究として、欧米における化学産業の発展を比較した(Murmann, 2003)による歴史的な研究がある。それによると、ドイツの化学産業が長期的に競争力を確保できた要因として、大学を中心としたネットワークを通じた科学情報の伝達と人材の交流が重要であり、またこのネットワークにおける大学研究者の社会的信用・評判が特許制度の確立と実施に貢献したと考えられている。この研究は、詳細な歴史的資料を活用して、技術・企業・制度の共進化の過程を記述しネットワークの重要性を指摘している。

組織間ネットワークと技術の共進化を検証した研究として、フライト・シミュレーショ

ン産業に関する(Rosenkopf and Tushman, 1998)がある。フライト・シミュレーションのような複雑な技術によって特徴づけられる産業は、技術進化のプロセスを決定する技術委員会・標準委員会のような「協力的技術組織」(CTO)に強く依存する。CTOにおいては個人がそれぞれ所属している組織を代表するため、メンバーシップが重なることにより、コミュニティー・レベルでのネットワークが形成される。著者らは、CTOネットワークの形成・成長・再形成に関していくつかの仮説を提案し、フライト・シミュレーション産業において、こうしたネットワークがいかにして技術的な帰結に影響を与え、また逆に拘束されたかについて検証している。技術的な不確実性によって、技術の発展プロセスが不安定期(高不確実性)と漸進期(低不確実性)に分けられ(Tushman and Anderson, 1986)、それぞれ根本的に異なったモードのネットワーク進化が生み出される。具体的には、不安定期には、CTOコミュニティーへの新しいメンバーの加入によって、競合する技術を選択する組織間ネットワークが再編成され、いわゆる社会的構成論(Bijker, Hughes, and Pinch, 1987; MacKenzie and Wajcman, 1999)のようなメカニズムが働く。しかしながら、ドミナント・デザイン(Utterback and Abernathy, 1975)が選択されると、その後のCTOメンバーシップが比較的固定されるため、ネットワーク構造の進化が拘束されてしまうという、技術的決定論(Smith, 1994)のような状況になる。こうした制度—技術の共進化ダイナミックスに関する戦略的な含意としては、特に不安定期は新たな機会を提供するため、企業はコミュニティー・レベルのネットワークと選択プロセスに対し自らの有利になるよう関与する必要があることが考えられる。分析対象がフライト・シミュレーション産業に限られているものの、非常に興味深い知見である。

3. 分析方法

本研究においては、日本、アメリカ、ヨーロッパにおける電機電子産業を対象として、どのような環境規制が導入され、それが研究開発にどのような影響を与えているのかを、規制と研究開発コミュニティーの共進化の観点から検討する。書籍、雑誌、報告書などの文献を収集・分析し、予備的な調査を行う。研究開発コミュニティー・ネットワークについては、研究コンソーシアム・技術委員会などのレポート・報告書などを活用し、メンバーシップのネットワークを作成する。研究開発活動を調査するために、鉛フリーはんだに関連する科学論文、及び特許庁のデータベースを活用して鉛フリーはんだに関する特許を収集し、その共著・共願関係のネットワーク関係を形成する。また、鉛フリーはんだの開発・採用に関して、電機電子企業、はんだメーカー、関連する産業団体、大学研究者などへのインタビューを行い、定量的なデータを補完する情報も入手する。

4. 分析結果

はんだに使用される鉛に関する規制としては、1990年代初めにアメリカ議会において規制の導入が検討された。結局それは産業などからの反対により成立しなかったが、こうした海外における環境規制に対応して、日本国内ではまだ規制が導入されていないにもかか

わらず、日本企業による鉛フリーはんだの開発への取り組みが始まった。鉛フリーはんだの実用化には、実装、はんだ、装置、部品、デバイス、プリント基板などの関連業界の協調・摺り合わせが必要であったが、産業団体・大学・政府機関がネットワークを形成し、研究プロジェクトの遂行、開発・実用化ロードマップの作成、技術規格の標準化が積極的に推し進められた。そうしたことにより、情報・知識の蓄積が進み、環境政策・技術開発に付随する不確実性の減少を通じて、鉛フリー化に関する研究開発ネットワークの参加者間での期待と行動のコーディネーションが促進された。こうした政策・制度と研究開発ネットワークの相互作用が、イノベーションを促進する方向には共進化していったことが考えられる。日本での鉛フリーはんだの開発に対応して、ヨーロッパ連合（EU）における鉛フリー化に関わる規制、特に有害物質規制（RoHS）のスケジュール・細目の決定へ影響を与えることになった。そして、ヨーロッパにおける規制の決定が、さらに日本、ヨーロッパ、アメリカにおけるイノベーション活動を活発化させ、また一方、中国など他国・地域における同様の規制の導入が広がりつつある。このように地域によって規制・制度と研究開発ネットワークの共進化の速度・方向性に多様性があり、またそれぞれの間の相互作用によって長期的に収斂していく可能性も存在する。

5. おわりに

日米欧において環境規制とイノベーションが共進化していく過程を、ネットワークを見ることによって分析を行った。これまでナショナル・イノベーション・システムに関しては、具体的な方法論が確立しておらず、実証研究を行うことが容易ではなかったが、ネットワーク分析を活用することによって、新たな方法論を提供することができる可能性が考えられる。同一の分析手法を他地域における実際のデータに応用し、社会的・文化的に異なる条件で規制・制度と研究開発ネットワークの共進化のメカニズムがどう異なるのか、モデルの形成とその検証へ展開することができ、また各国・地域の間での比較研究を通じて、それぞれに固有の優位点・問題点が明らかになり、それに対する政策的・制度的介入への示唆を与えると期待される。加えて、規制・制度の影響が国内にとどまらず、国際的に企業行動にも影響を与える可能性、また研究開発ネットワークの国際的な相互作用を検討することが考えられる。さらには、産学官の協力体制による研究開発と技術普及、知的財産の保護・管理、技術の標準化・認証などを具体的にどうすればよいのか、国際的な分析を通して、規制・制度に関わる条件の整備を進めていくことが期待される。

引用文献

Bijker, Wiebe E., Hughes, Thomas P., and Pinch, Trevor, eds. (1987). *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

Bush, Vannevar (1945). *Science: The Endless Frontier*. Washington, D. C.: US Government Office.

Kline, Stephen J. and Rosenberg, Nathan (1986). "An Overview of Innovation," in Landau, Ralph

and Rosenberg, Nathan, eds. *The Positive Sum Strategy*. Washington, D.C.: National Academy Press.

Lundvall, Bengt-Ake, ed. (1992). *National Systems of Innovation: Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: Pinter.

MacKenzie, Donald and Wajcman, Judy, eds. (1999). *The Social Shaping of Technology, Second Edition*. Buckingham: Open University Press.

Murmann, Johann Peter (2003). *Knowledge and Competitive Advantage: The Coevolution of Firms, Technology, and National Institutions*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Nelson, Richard, ed. (1993). *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. New York: Oxford University Press.

Nelson, Richard R. (1994). "The Co-evolution of Technology, Industrial Structure, and Supporting Institutions." *Industrial and Corporate Change*, **3** (1), 47-63.

Nelson, Richard R. and Winter, Sidney G. (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press.

Rosenkopf, L. and Tushman, M. L. (1998). "The Coevolution of Community Networks and Technology: Lessons from the Flight Simulation Industry." *Industrial and Corporate Change*, **7** (2), 311-346.

Smith, Merritt Roe, ed. (1994). *Does Technology Drive History? The Dilemma of Technological Determinism*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

Tushman, Michael and Anderson, Philip (1986). "Technological Discontinuities and Organizational Environment." *Administrative Science Quarterly*, **31**, 439-456.

Utterback, James M. and Abernathy, William J. (1975). "A Dynamic Model of Product and Process Innovation." *Omega*, **3** (6), 639-656.

Ziman, John, ed. (2000). *Technological Innovation as an Evolutionary Process*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.