

博士論文（要約）

公的支援が技術の実用化・普及に及ぼす影響：
エネルギー技術開発プログラムに関する事例研究

東京大学大学院工学系研究科先端学際工学専攻

木村 宰

本研究は、わが国において石油危機後に開始された大規模なエネルギー技術開発プログラムであるサンシャイン計画・ムーンライト計画・ニューサンシャイン計画を対象として、公的支援が技術の実用化・普及にどのような影響を与えたか、イノベーション・システム論に基づいて分析した。

第1章では、本研究の背景と目的を述べ、分析手法としてイノベーション・システム論を採用することを示した。本研究では、エネルギー技術開発への公的支援を分析するにあたり、政策（インプット）が直接に効果・便益（アウトプット）をもたらすというリニア・モデルで分析するのではなく、イノベーションに影響を与える諸要因とそれらの相互関係を幅広く視野に入れ、技術政策によって製品の実用化・普及に至った事例と、公的支援にもかかわらずその成果が未実用化・未普及に終わった事例分析を比較対照し、その成否をもたらした諸要因を明らかにすることを目的とした。

第2章では、日本と世界の各国でどのように技術政策が実施され、企業活動に対してどのような影響を与えているか、関係する先行研究をレビューした。先行研究では、基礎研究への公的支援に対しては概して肯定的な評価がなされ、公的研究開発投資における収益性は高いと推計されている。また、経済的便益以外にも人材育成などさまざまな派生的効果が指摘される。一方、実用化段階における政策支援については、政府は失敗しがちとの指摘が多い。その理由としては、技術開発の現状と将来性に関して政府と企業間に存在する情報の非対称性、プロジェクトの推進プロセスにおける政治化と企業によるレント・シーキング活動の可能性が指摘されている。さらに、エネルギー技術政策に関する先行研究に基づいて、政策による新規技術の実用化・普及へのポジティブ要因とネガティブ要因についての論点整理をおこなった。

第3章では、日本のエネルギー技術政策を歴史的に展望し、サンシャイン計画・ムーンライト計画・ニューサンシャイン計画の内容、運営体制、予算等を概観するとともに、これらのプログラムから生みだされた実用化・普及状況を調査した。その結果、以上3計画の総予算は1974～2002年度累計で約9,500億円、導入普及補助金も含むと約1.3兆円（いずれも2002年換算）に上り、公的支援を受けた23技術分野のうち10分野で何らかの製品実用化があったことを示した。

第4章と第5章では、安定的市場における技術開発の事例として、エネルギー供給事業者が利用する技術開発の事例を取り上げた。まず、第4章では、ムーンライト計画の下、1978年から1987年にかけて実施された高効率ガスタービン技術開発の事例分析を行った。同プロジェクトの参加企業におけるガスタービン開発の経緯をみると、企業の技術開発と製品の実用

化・普及に寄与をした要因としては、海外メーカーからの技術導入、各社の自主技術開発、また、ユーザーである電力企業による国産技術への支援と同製品の積極導入などがあり、プロジェクトによる支援はそれら諸要因の一つに過ぎなかった。ただし、プロジェクトが果たした役割は大きく、三菱重工の大型ガスタービン、日立や川崎重工の中型コージェネレーション用ガスタービンは、企業の国家プロジェクトにおける経験をベースにして開発された。いずれのケースにおいてもプロジェクトがなければ技術開発が実現されなかったわけではないが、プロジェクトと企業の開発の方向性が一致した結果、企業の開発活動が加速されることになった。

第5章では、1981年から2004年まで継続された熔融炭酸塩型燃料電池（MCFC）技術開発について、日米事例の比較分析を行った。日本では、MCFCは既存火力発電の代替技術として位置づけられ、大型化に適した技術方式が選択され開発が進められてきた。約20年にわたる研究開発を経て技術的には大きな進展があったが、経済性に大きな課題があるため実用化に至っていない。同技術の市場展望がないため、プロジェクトに参加した企業はすべて撤退している。対照的に、米国では開発ベンチャーであるFCEがMCFC技術を2003年に製品実用化した。当初、FCEは日本企業と同様に電力会社向けの大型機開発を進めていたが、市場調査を踏まえて付加価値の高い分散型電源用途のニッチ市場への参入を目指し、製品の実用化を実現した。同社は、ニッチ市場向けの小型機製造を展開しながら、改めて大型機の開発も進めている。日本においても、プロジェクトの最終局面において分散型電源としての実用化が開発目標とされたが、最初に選択した技術形式の制約に加え、財源が電源特別会計であったため電力会社に向けたプロジェクト設計がなされたこと、そして電力会社と競合する分散型電源路線は取りにくかったことが影響し、技術開発の方向性がロック・インされていた。このため、実質的な方針転換はなされなかった。

第6章と第7章では、流動的市場における技術開発の事例として、一般需要者向けのエネルギー技術開発の事例を取り上げた。まず第6章では、ムーンライト計画とニューサンシャイン計画においてエネルギー需要サイドの省エネ技術開発の中心であったスーパーヒートポンププロジェクトとエコ・エネ都市プロジェクトの事例分析を行った。プロジェクトからの実用化・普及動向の追跡調査を行ったところ、調査対象とした34の開発テーマのうち8テーマが何らかの実用化にいたっていた。また、実用化した7テーマにおける導入普及の状況を見ると、普及が本格化したのは1テーマのみであり、残りのテーマは数台～10台程度の導入に留まっていた。そこで、実用化・普及した2技術開発テーマについて事例分析を行い、実用化・普及の促進に貢献した要因として、政府による継続的な技術開発支援、企業による自主的なニッチ市場の探索、初期市場の段階的市場展開を目指す企業戦略、導入時における企業による補助

金の有効活用、の4点を指摘した。他方、実用化しなかった事例、および実用化した普及が進まなかった事例については、企業による市場見通しが甘かった点や、直接的な実用化よりも要素技術向上などの波及効果を重視する点を指摘した。

第7章では、サンシャイン計画の開始以降、約40年にわたって一貫して手厚い政策支援がなされてきた太陽光発電（PV）技術開発の事例を分析した。PV技術については、サンシャイン計画による技術開発と導入補助金によって大幅な価格低下と初期市場形成が実現し、特に1990年代から2000年代初頭までは日本企業によるシェアが世界トップであったことから、政策のイノベーションへの貢献が高く評価されてきた。本研究は、事例分析を通じて、そのような成果に結びついた要因として、サンシャイン計画によるテクノロジー・プッシュ施策と規制緩和や設置補助金といったデマンド・プル施策の双方が決定的な役割を果たした点、また、住宅用PVシステムの初期導入段階において環境意識が高くPV技術の環境価値を高く評価する高所得者層というニッチ市場が存在したこと、そして京セラ、三洋、シャープという一連の企業の事業化戦略が公的支援と呼応して展開したことを指摘した。一方で、近年の支援政策の変遷とその企業活動への影響をみると、固定価格買取制度による手厚い普及支援にもかかわらず国内のPV導入費用の低下は十分ではなく、日本企業の国際競争力向上の点でも十分な効果が得られているとはいえない。さらに、2012年の同制度の導入以降、売電事業を行う事業者を中心にPV導入が急激に増加しているが、それは年間総額1兆円以上に達する賦課金によって支えられている。このため、PV技術開発への支援政策を成功とする評価には一定の留意が必要である。

第8章では、本研究で取り上げた4つの事例をイノベーション・システム論の視点から比較対照を行った。エネルギー供給者向け市場の2事例の比較分析からは、これまでの日本のイノベーション・システムの特徴、すなわち政府と企業による技術開発の方向性が共有できていたことが、相対的に安定的な市場では実用化・普及に貢献する一方、流動的な市場ではそれを阻害することが明らかになった。また、一般需要者向け市場における事例比較からは、需要者市場の不確実性からの一般的な困難性、また、貢献要因として継続的研究開発支援に加えて初期市場創出に向けた企業戦略と政策支援のマッチングの重要性が見出された。さらに、全事例の比較からは、テクノロジー・プッシュとマーケット・プルのマッチング、特に、政策的なニッチ市場形成と企業による継続的市場展開の重要性が明らかになった。しかし、長期的に安定的な支援枠組みがイノベーションに寄与する反面、そこで制度・政策のロック・イン現象が発生するように、公的支援による実用化・普及に対する影響は、イノベーション・システムの観点から複層的に考察する必要がある、技術開発プログラムの成功要因を一般化する際には慎重さが望まれる。

以上の分析結果を俯瞰すると、次の示唆が得られる。第一に、研究開発から普及まで長期を要する技術開発においては、ニッチ市場から段階的に市場を拡大していく実用化戦略が重要である。第二に、新技術を市場導入していく初期段階において、公的な導入支援策が重要な役割を果たすが、過大な国民負担をもたらすことのないよう費用効率的な補助施策が必要となる。第三に、ベンチャー企業や中小企業の研究開発に対する支援を通じたイノベーション・システムに参加するアクターの多様化が有効である。