

○林 隆之, 平澤 冷 (東大総合)

1. はじめに

現在、科学技術の研究開発への支出は企業・国とも多額の額へとのぼっている。しかし、それだけの費用が本当に「生活の質」などの社会的な効果へと十分につながっているかという疑問は常に抱かれてきた。特に、市場メカニズムにうまく適合しないような公共的・社会的なニーズを有する技術の分野においては、その開発が遅々として進まないものも少なくない。このような観点から、本研究では需要サイドからの科学技術政策研究の一つとして、市場メカニズムによっては研究開発が行われない「公共技術」を支援する政策を、オートポイエシス・システムを基にしたインセンティブ・チェーン・モデルを用いて形成する方法を提示する。

2. 概念的枠組み：技術の社会的形成

前述のような観点から科学技術を見る場合、科学技術内部のみを考慮するのではなく、科学技術と社会との相互関係に注目しなければならない。このような流れの一つとして「技術の社会的形成(The Social Shaping of Technology)」と総称される概念がある。この概念は近年の技術史・技術社会学や技術革新の経済学などの各分野の研究から生まれたものである。

「技術の社会的形成」とは、端的には技術決定論や科学技術のリニアモデルなどの既存の技術モデルを否定する概念であると言える。このようなモデルでは、研究開発が基礎・応用・開発と順にステージをすすみ、それによって生まれた新たな技術がマーケットを通して普及し、社会変化を引き起こしていくというように一方向的に考えられている。そのため、このモデルにおいては、技術のインパクトは議論されるが、技術の性質や発展方向は技術内在論理に支配されているものとして議論の対象とはなりえない。

このようなモデルに対して、これまでも研究開発内部のリニアモデルについては技術経営論から多くの批判がなされ、チェーン・リンクド・モデルなど新たなモデルも提唱されてきた。しかし、近年の技術史・技術社会学における「技術の社会構成主義」や「アクター・ネットワーク・アプローチ」、また経済学における「テクノエコノミック・パラダイム」や「技術の進化論的アプローチ」などの研究は「技術の社会的形成」という新たなモデルを共通して提出している。そこでは、既存のモデルで考えられるような、技術世界と社会との間の明確な境界というものは否定され、すべてのステージにおいて、技術が技術的要素のみならず、経済・政治・地理などの様々な社会的要因により形成・選択され、また、逆に新たな技術により選択環境も変化していくという複雑なモデルを考えることが出来る。

本研究では、この「技術の社会的形成」という概念を技術政策や技術経営の分野へ展開させることを一つの目標とする。

3. 研究対象：公共技術

そこで、本研究の対象には、上述のような技術と社会との相互関係に注目した政策が必要であると考えられる「公共技術」を取り上げる。本研究では、公共技術を表1に示されているような公共経済学で考慮される「公共性」の要件を1つ以上満たしており、そのために、マーケットメカニズムによって自律的に発展および変更されることが難しく、政策的支援を必要とする技術群と考える。

要件は、大きく分けて「市場の失敗」と呼ばれる社会全体の効率性に関わるものと、効率性とは異なる、理念や価値などを中心としたものに分けることができる。

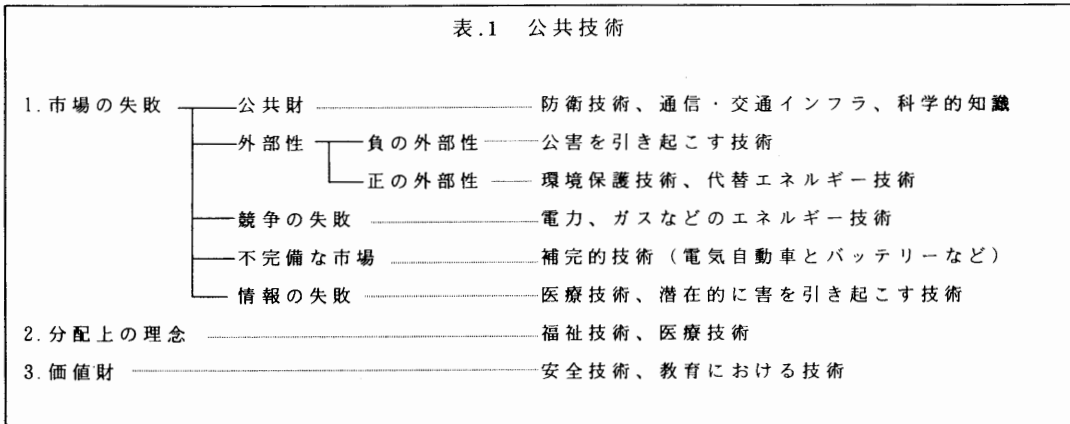
市場の失敗はさらに5つに内分することができる。まず、第一に技術自体が公共財であるものがある。これには、防衛技術や通信・交通インフラ、さらには科学的知識なども考慮することができる。第二に、たとえ私的財ではあっても、環境汚染などのマイナスの影響を不特定の人々に及ぼす「負の外部性を有する技術」があり、逆に環境保護技術や代替エネルギー技術などのようにプラスの影響を不特定に及ぼす「正の外部性を有する技術」というものがある。第三には、エネルギー技術などのように自然独占が発生し、競争的環境が生まれず、技術開発が進展しにくい場合がある。第四には、複数の技術間の関係として、「不完備な市場」が考えられる。例えば補完的な技術において両者が他方の開発が進展するのを待っているようなケースである。そして、最後には、技術と社会との関係として、ユーザーに技術に関する情報が伝わらないためにニーズが顕在化しなかったり、逆にマイナスの影響に対する反対運動が起きなかったりするような「情報の失敗」と呼ばれるケースが考えられる。

一方、このような効率性とは離れたところで、まず、医療・福祉技術のような公平や平等といった分配上の理念から政府の政策が必要とされる技術群が存在する。

そして、最後には、安全技術など個人がたとえ求めなくても、政府のパターナリズムにより提供されるべきである価値財と考えられる技術が存在する。

以下、このような公共技術を支援する政策を「インセンティブ・チェーン・モデル」を用いて、形成する方法を考えていく。

表.1 公共技術



4. インセンティブ・チェーン・モデル

このような公共技術を支援する政策を形成するためのモデルとして、インセンティブ・チェーン・モデルを提案する。それは次のように定義できる。すなわち、「あるアクターの作動のアウトプットが、別のアクターの作動のインプットとなるような関係の連鎖」がインセンティブ・チェーンである。

このチェーンは、(1)閉じたループを形成するものと、(2)そうでないものの2種類を区別することができる。(1)の場合には、それは一つのオートポイエーシス・システム(インセンティブ・チェーン・システム)を形成すると考えられる(図1)。その時に、システムは自律的に維持・発展を行うことが可能となる。

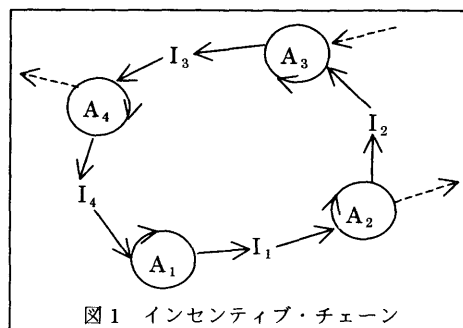


図1 インセンティブ・チェーン

このように、インセンティブを構成素とするシステムを考慮することにより、技術開発に関係するアクターだけでなく、一般市民などの異なる性質を有する多様なレベルのアクターをネットワークの中で一つのシステムとして考慮できるようになる。さらに、企業組織などによる前提的な境界設定を行うことを回避することができるとともに、システムの作動に伴い随時新たなアクターを取り込むことや、別のシステムとの結合を行うことが可能である。

このモデルを用いた政策設計の方向としては、政策設計者が、特定の技術の開発や普及に関わるアクターおよび、それらアクターがその技術システムの中で果たすべき機能を同定し、各アクターが作動することが互いに別のアクターの作動を誘因するというように、アクター間のインセンティブが連鎖するような政策設計を行う。公共技術のように研究開発および普及が自律的に進まない技術は、チェーンが途中で切れていたり、逆方向のインセンティブ(すなわちディスインセンティブ)が存在する事によりループが形成されていないと考えられる。そのため、現在のインセンティブの状況を分析し、インセンティブの無い箇所、弱い箇所にはそれらを導入・強化するような政策を考案するとともに、逆にディスインセンティブとなっている箇所に対しては、それを取り除くか迂回するようなインセンティブのルートを形成することが望まれる。

インセンティブの種類としては、システムの特徴や、考慮するアクターのレベルや機能によって多種多様なものを考えることができる。例えば後の事例で述べるような、産・官・学・民といったセクターレベルでは、科学的知識や技術的人工物、資金といったものが、それぞれのアクターの間でインセンティブと見なすことができる(表2)。

表2 セクターレベルでのインセンティブの例

	産	官	学	民
産	技術人工物 科学的知識	政策提言	研究資金	技術製品
官	助成金	(調整)	研究資金	助成金
学	科学的知識	政策提言	科学的知識	(科学的知識)
民	購入(対価)	ニーズ表現	-	ニーズ(増幅)

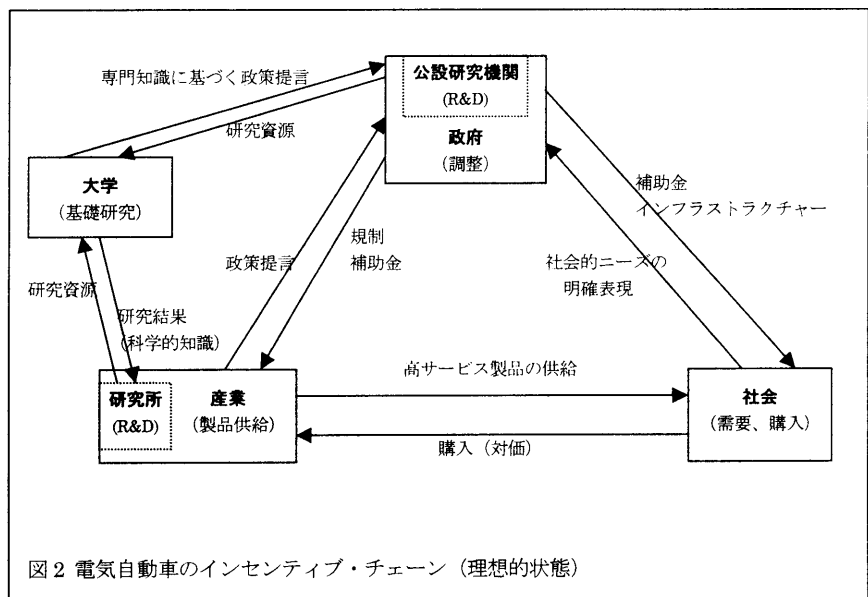
5. 事例研究～電気自動車

以下、具体的な事例として電気自動車の支援政策を取り上げ詳しく説明する。

電気自動車は、地球環境保護のための技術の一つであり、「正の外部性」を有する代替技術である。電気自動車は戦後何度か研究開発の波があり、現在もカリフォルニア規制に端を発する新たな波の真っ最中であるが、現在のところ、日本ではわずか2500台の電気自動車が保有されているにすぎない。そのため、より一層の研究開発および普及が常に叫ばれてきた。この電気自動車の支援政策をインセンティブ・チェーン・モデルを用いて考える。

まず最初に、電気自動車開発に関わるアクターを同定する。ここでは、議論を簡単なものにするため、産、官、学、民というセクターのレベルで考えることにする。次に、各アクターのシステムの中での機能・役割を定義する。これら各アクターは、電気自動車の開発・普及というシステムにおいて、民は「需要・購入」であり、産は「製品開発」というように、それぞれが

固有の機能を有していると考えられる。そして、これら各アクターの作動が別のアクターの作動を誘因するようなインセンティブの連鎖が存在するかを分析する。もし、図2の理想的状态のように、民（社会）からのニーズが明確に表現されることで、官（政府）の規制・推進政策が後



押しされ、さらにそれにより産（産業）において電気自動車やその構成技術（バッテリー等）の研究開発がすすみ、その結果、高いサービスを提供する製品が民へと供給され、逆に購入者である民はそれを購入し対価を支払うというようにインセンティブの連鎖が閉じたループを形成していれば、研究開発や普及は自律的に進むことが可能である。しかし、実際にはこの図のような理想的状态ではなく、電気自動車の研究開発や普及を促すインセンティブが弱かったり、ループの中に逆の方向のインセンティブ、つまり、ディスインセンティブが存在していると考えられる。

例えば、図3で太い実線で示されているように、電気自動車の「価格の高さ」は民の購入活動への大きなディスインセンティブとなっており、またそれに対応して「市場が未確立で安定した十分な収益が見込めない」ことは産の研究開発活動へのディスインセンティブとな

っている。また、これまでのガソリン車への研究開発投資を無駄にしないための「既存の技術パラダイムの維持」というディスインセンティブも大きく存在し、新たな代替技術である電気自動車の自律的な発展の障害となっている。一方で、各インセンティブについても、多くのものが非常に弱い状

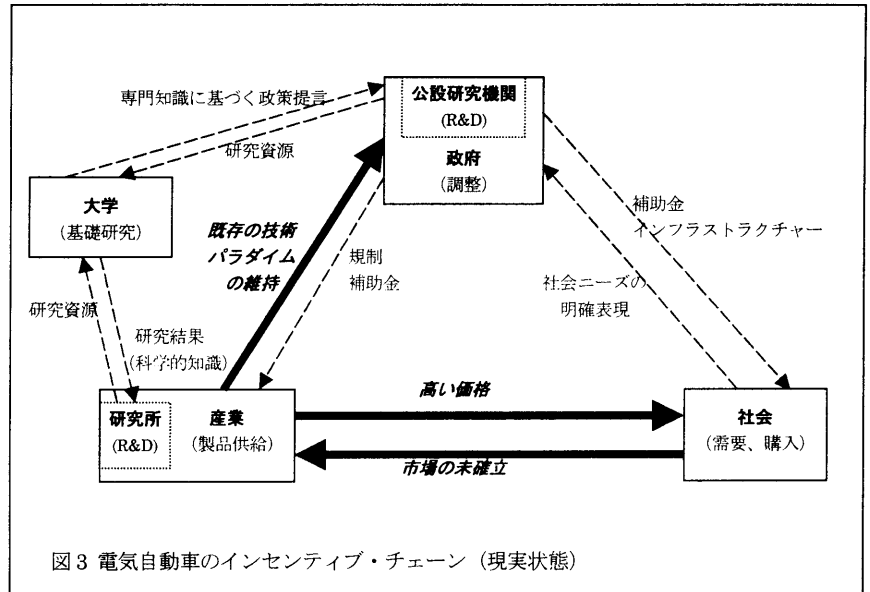


図3 電気自動車のインセンティブ・チェーン（現実状態）

況にあると考えられる。このようにチェーンが切断されているために、自動車技術はガソリン自動車において「ロックイン」状態となり、別の代替オプションを開発することができない状態である。そこで、電気自動車の研究開発や普及を支援する政策としては、これらディスインセンティブを消去したり、もしくは、ディスインセンティブのルートを迂回するような政策を考案し、さらには弱いインセンティブを強化する政策を考えることが必要となる。

そこで、実際に幾つかの政策オプションを考えてみる。まずは、各ディスインセンティブの消去を考える。一つ目のディスインセンティブである「既存のガソリン車パラダイムの維持」を消去するためには、一つにはカリフォルニア規制に見られるような官から産への「厳しく長期に固定された規制」というものを考えることができる。ロー・エミッション・ピークルではなく、ゼロ・エミッション・ピークルというような厳しい規制を課すことによって、必然的に研究対象をロックイン状態のこれまでのガソリン自動車の枠内から電気自動車へと移すことができる。また、当然このような規制への反発は想定されるので、規制を長期に固定することによって産セクターの側に研究開発のための十分な猶予期間を与え、また電気自動車の市場を約束することにより産のディスインセンティブを消去することが可能となる。これ以外にも、産への補助金なども考えることはできるが、その場合は市場の形成が約束されず依然として大きなディスインセンティブが存在する。そのため、このような補助金などの策は規制を補助する政策として考えられるべきであろう。また、官→学→産と迂回することにより、官からの補助金で学に重点的に基礎的研究を行わせ、その結果を産へ与え、産の研究開発を誘因するという政策オプションも考えることができる。

次に、「高い価格」というディスインセンティブに対しては、購入者への助成や優遇措置、また逆にガソリン車への課税などによる選択環境の変化が考えられる。これと対応する「市場が未確立で安定した収益が見込めない」というディスインセンティブに対しては、例えば、購入者をタクシーやバスなど特定の小部門や特定の小地域などに限定するというニッチ戦略

がまずは考えられる。この戦略により、小規模ではあるが市場を約束することになりベンチャー企業の参入なども誘因することができるとともに、電気自動車の「実験の場」を提供することで必要な技術要素や使用者側のニーズなどを明確化することができ、インセンティブが次第にループを形成していくようになる。

一方で、弱いインセンティブの強化も考えることができる。例えば、産から民へのインセンティブとしては、既存のガソリン車の性能に劣らないものを作るだけでなく、これまでのガソリン車ではなかったような高サービス、例えば新たな乗り心地や運転の簡易さ、交通制御システムとの連携などを強調することが考えられる。それには、これまでのガソリン車からの単なる改造車（コンバートモデル）でなく、ガソリン車用に設計されたグランドアップモデルが求められることになり、前述のような長期的な規制による研究開発の猶予期間が重要となるだろう。その他にも、民から官へのインセンティブに対しては、マスコミや地方自治体を通じたニーズの明確表現および増幅などを考えることができる。また、環境汚染の軽減という点から電気自動車を価値財として位置づけることを考えると、電気自動車とガソリン車の環境コストの算出などを民に示すことにより、合意形成を促すことも必要である。

このようにして考えられたいくつかの政策オプションの中から、システムとしての整合性やそれぞれの政策コストを考慮して選択することにより、政策を設計することができる。個別の政策を単独で駆使しても大きな効果は得られないことが多いが、このようにインセンティブ・チェーン・モデルによりシステムのループという観点から論理的矛盾を含まずに政策を形成することができるのである。

6. まとめ

本研究では、システム論の観点から政策形成の新たなモデルを示した。このモデルは、技術史・技術社会学などの科学技術論における研究成果を融合させるものであるとともに、技術革新の経済学で述べられるような「技術のロックイン現象」もインセンティブ・チェーンの切断という点からモデルの中で説明することができる。また、このモデルは国の政策だけでなく、企業内の組織マネジメントなどの範囲でも適用可能なものであり、我々の研究室においてこの分野の研究も行われている。今後は、幾つかの事例を通してモデルの精緻化を行っていく予定である。

参考文献

- (1) Robin Williams, David Edge "The Social Shaping of Technology", *Research Policy* 25(1996), pp.865-899
- (2) 河本英夫『オートポイエシス 第三世代システム』青土社、1995年
- (3) Johan Schot "Strategies for Shifting Technology Systems: The Case of the Automobile System" *Futures* 26(1994) pp.1060-1976
- (4) 清水浩『電気自動車のすべて 第2版』日刊工業新聞社、1995年
- (5) Ryo Hirasawa "Discussion Framework and Autopoietic Paradigm for Policy Creation" Handout Paper for NISTEP International Workshop, 1997
- (6) 平澤冷「環境知のダイナミクスとインセンティブ連鎖の設計」吉川弘之監修『新工学知 3 技術知の射程』東京大学出版会、1997年