

科学社会学および技術経営論における 科学技術システムへのアプローチ ——再生可能エネルギーシステム形成研究の観点から——

田 島 恵 美

1. はじめに

地球温暖化問題が取り上げられるようになって 30 年以上たち、現在は世界的に見てカーボンニュートラル・脱炭素社会の実現が目指されている。脱炭素を実現するための方策は複数あり、その組み合わせによって、より効果的に実現すると考えられる。その検討の基礎となるのは、技術と制度の現状とそこから実現可能なこと、それに対しすぐに変更できない技術的・制度的条件と世論など今後の形成に影響を与え変更を迫る要因などである。これらは複雑に関連している。こうした、現在も形成が進行している複雑な科学技術システムをこれまでの成り立ちと現状から把握し、さらに起こりうる問題を検討するアプローチとして科学社会学がある¹⁾。

科学社会学は、制度化論、内部構造論、相互作用論の三つからなる（松本,1998, 松本,2021）が、「とりわけ、現代の科学技術と社会の分析には、科学制度・技術制度を閉鎖系と捉えるのではなく、他の社会制度とのやりとりが常に開かれた開放系と見立てる相互作用論」（松本,2021:10）の観点が重要である。

科学社会学が扱う科学技術には、主として知識（fact）を最終的に生み出す活動と具体的成果物・人工物（artifact）を最終的に生み出す活動がある。この二つの科学技術の活動は、密接に関連して、一つの大きな流れを作り出しているが、取り上げる事例と理論的関心によって、注目する活動が異なっ

ている。

1970年代に登場した科学知識の社会学は、知を特定の社会的起源に立ち返って説明できるとする知識社会学の主張を科学知にも拡張し、再帰的に適用する試み（松本,2021:16）である。さらに1980年代後半には、技術に科学知識の社会学の接近法を適用する試みが登場する（松本,2021:16）。技術の構築主義（social construction of technology）である。

これに対し同じ80年代には、社会を特権的な地位におかず、社会の事象と自然の事象を最初から区別しないアプローチも生まれる。アクターネットワーク理論は、自然と社会の区別を最初から置くのではなく、ともに同じアクターとして分析しようとする試みである²⁾。

このように科学社会学には、複数のアプローチがあり、相互の批判、議論を通じて修正・展開がなされている。

そこで本論文では、このようなアプローチに関して、これまでの研究を整理し、あわせて、科学技術の社会的形成論を援用した技術経営論を見ることで、再生可能エネルギーシステム形成の研究に有効であるような、アプローチについて検討を行うこととする。

2. 技術の社会的構成論とアクターネットワーク理論

この論文では、技術的成果物を絶え間なく生み出し、同時に制度を生み出しながら、全体としてシステムを形成していく状況を捉えるための研究アプローチに関心をおいている。そこで科学社会学の中でも、成果物として、factだけでなく、artifactを生み出す過程を対象とするアプローチに着目することとする。そうしたアプローチとしては、技術の社会的構成論、アクターネットワーク理論、技術の社会的形成論がある。技術の社会的構成論³⁾は、科学知識の社会学をもとに生まれた相対主義の経験的研究プログラムを技術の研究に応用したものである。技術の社会的構成論では、「関連社会グループ（relevant social group）」にまず着目する。関連社会グループは、artifactに対し、様々な意味づけを行う。artifactに関する意味付けは、関連

社会グループによって異なり、そこでの問題も異なる。そうした状況を「解釈の柔軟性 (interpretative flexibility)」という概念で捉える。そしてこうした解釈の柔軟性が、1 つに収束していく状況を「収束と安定化」という概念で捉えている。たとえば、ピンチとバイカーは、1800 年代後半の自転車を実例とすることで、実際の関連社会グループとその抱える問題、そして解決と収束の結果としての自転車への空気タイヤの採用というように説明している (Pinch & Bijker, 1987)。

これに対し、アクターネットワーク理論からは、自然と社会の区分について批判が寄せられた。アクターネットワーク理論では、ネットワークを構成するアクターに対し、それが人間か、非人間かを区別しないで扱う。技術の社会的構成論は、関連社会グループによって技術を説明する試みであったが、関連社会グループの着目による説明は、技術決定論の代わりに社会決定論におちいる可能性がある。アクターネットワーク理論は説明される技術にかかわる説明変数として、社会的なものと自然的なもの (技術的なもの)、人間と非人間を同等なものとして対称的に (symmetrical) に扱うべきだという主張である (Law, 1987: 111-114, Callon, 1987: 92-97)。

こうした批判を受けて、技術の社会的構成論もその枠組みを変化させ、単なる技術的成果物の社会的構築にとどまらず。技術的なものと社会的なものが分かちがたく結びついている社会技術アンサンブル (sociotechnical ensembles) を対象とすることになる (Bijker, 1997: 12)。

3. システムズアプローチと電力システムの形成

技術の社会的形成論を論じる前に、ヒューズによるシステムズアプローチをみておく。

システムズアプローチでは、技術を異質な要素の組み合わせからなる技術システム (technological system) とする (Hughes, 1987: 51-56)。装置や機械などの物理的人工物 (physical artifact) と製造会社や銀行などの組織、規制や法律などの立法的人工物 (legislative artifact) からなっていると捉え

ている。こうした観点に立ち、ヒューズは、技術システムが発展する過程を示している。しかしヒューズは、逆突出部（reverse salient）や決定的問題（critical problem）など技術の形成にかかわる概念をいくつか提示しているが（Hughes（市場訳）,1996：23）、様々な事例に共通する概念を導き出すというよりは、技術史家としてその時の歴史叙述に最適なものとして提示しているのである。ヒューズの描き出す電力の歴史は、1880年代から1930年まで初期の電力システムの配置に起こった変化を技術と社会の相互作用として詳細に描き出している点で、秀逸であるが、そこから一般化する志向が強くないことから、理論として扱うことは難しい。

4. 技術の社会的形成論

技術の社会的構成論と同じころ、別なアプローチとして、技術の社会的形成が提示された。マッケンジーとワイスマンの1985年の論文集『技術の社会的形成』（*The Social Shaping of Technology*）のなかで、展開されている議論である。もともと科学技術の社会的形成論は、ある科学技術を先行する科学や技術のみによって説明可能だとする技術決定論の否定から生まれている。そして、技術と社会・経済が複雑な相互関係を呈していることを詳細な経験的研究によって示そうとしている（MacKenzie,D. & Wajcman,J. (eds.) ,1985:2-25）。

こうした技術の社会的形成論は、単純な技術決定論、社会決定論を否定し、技術に埋め込まれた「ブラックボックス」を開くという関心を共有する研究群であり、この研究群の「旗印」（the banner）として「技術の社会的形成」が掲げられている。

こうした技術の社会的形成論に対し、原は、「科学・技術・社会研究という領域が定着しつつあり、技術と社会との相互形成プロセスに目を向けることが奇異だとはみなされなくなった状況」（原,2007:41-42）においては、旗印としてではなく、研究アプローチとして定式化が必要であると指摘している。

原の示す研究アプローチとしての要件は、以下の八点である。

第一に、技術と社会とを切り離せないものとして把握しながらも、前者を物と人間の関係、後者を人間と人間の関係ということで、概念的には区別し、それぞれが相互作用していて、いずれも相手を決定できないと考える。(中略)

第二に、研究の目的は、この技術と社会との複雑な相互関係を解明していくことで、人間が技術を能動的に管理するための基盤とすることである。(原,2007:42)

さらに第三として、過度の一般化や抽象化を避け、事例研究を積み重ねること。第四に技術内容と技術形成及び変化のプロセスを、常に正・負両方向に留意しつつ、くわしく分析すること。第五に、特定の技術形成プロセスにかかわる異なる集団や個人の技術の解釈、行動、相互作用について把握すること。第六に技術の形成プロセスを制約する物的存在について特定し、吟味すること。第七に人間の行動を制約する歴史的・構造的要因についても分析のフレームワークに加え、経済的要因のみならず、国家、軍、ジェンダー、宗教、国民文化など多様な要因に配慮すること。第八に、これらの考察を統合し、多様な主体、物的制約、構造的制約の相互作用関係に留意しつつ事例研究として再構築を図ることである(原,2007:42-43)。

原は、以上のように、技術の社会形成論といわれる一群の研究群に共通するアプローチを「技術の社会的形成」アプローチと名付け、定式化しており、実際β刺激剤の形成を事例としてこのアプローチを用いて分析している(原,2007:43-51)。

5. 技術の社会的構成論・アクターネットワーク理論・技術の社会的形成論と再生可能エネルギーシステム研究

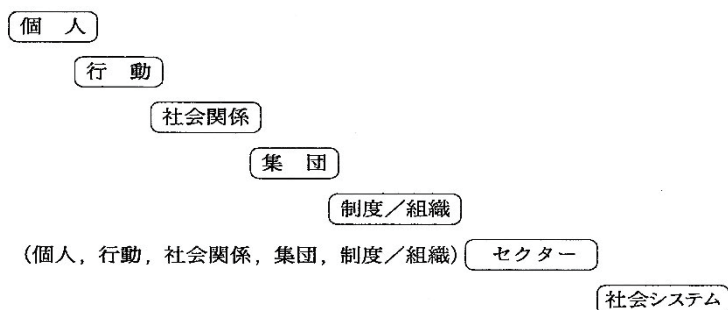
技術の社会的構成論・アクターネットワーク理論・技術の社会的形成論は、その強調する点に相違はあるが、技術決定論を避け、技術と社会が複雑に織りなすシームレスウェブ(seamless web 縫い目のない織物)を対象として、その形成を示そうとするアプローチであり、これまで多様な対象を扱ってき

ている⁴⁾。特に技術の社会的形成論では原が定式化しているように、技術と社会を切り離せないものとしながら、技術と社会を別の概念として区別する。ただし、社会構成論への批判にもあったように、技術の社会決定論におちいることなく、相互に関連して形成する様を詳細に分析すること。そのうえで、歴史的・構造的要因にも目を向けながら、事例の再構築を図ることが目指されている。

しかしながら、こうした議論は、拙速な一般化を避けるということもあり、そこから、より一般的な理論枠組が提示されることは少ない。原の定式化にあるように、目的として技術と社会の相互作用の解明を通じ、技術により能動的に向き合うということを考えるならば、条件の異なる別の事例の知見との接合のためにも、分析に際しての共通の枠組みが求められる。再生可能エネルギーシステムの研究において、その形成過程は、詳細な制度と技術の相互作用の記述であると同時に、そこから得た知見を整理するための指針となるような枠組みにより、分析する必要がある。そこで、ここでは、科学社会学と技術経営論から、分析概念やモデルに関して、論じられていることをまとめておく。

6. 科学社会学におけるセクターモデル

松本は科学・技術が一体化した今日の科学技術を「テクノサイエンス」(2009:11)と呼び、そのテクノサイエンスと社会の界面で発生するリスクをテクノサイエンス・リスクと呼んでいる。そしてこのようなテクノサイエンスリスクを捉える枠組みとして、セクターモデルを提唱している。セクターという分析単位は、制度(組織)と社会システムの間に位置する。(図1)そのため、個人、行為、社会関係、集団、制度(組織)の様子をセクター内部で観察することができ、それをふまえて社会システム全体の特性を展覧できる(松本 2009:224)。セクターは、産・官・学・民の4つのセクターを想定している。さらに補助概念としてアクターを用いる。アクターは、当事者、利害関係者、第三者など、実際のセクター内での分析に用いる。



セクターという分析のレベル

図1 セクターという分析のレベル 出典：松本（2009）p,224

事例では、セクターとアクターから分析することで、セクター内でのサブセクターがどのように分かれ、連携しているのかを見ることができる（松本,2009:224-231）。

松本（2009:231-260）は、放射性廃棄物の最終処分場問題を事例とし、官セクターと民セクターの社会観の布置を示している。さらに官セクターは中央官庁と地方自治体、民セクターは賛成派、反対派というサブセクターに分かれており、各サブセクター間に複雑な連携が形成されているところから、社会観の布置の変化を予想している。

このようにこのモデルでは、セクター、サブセクターと、アクターの交差や食い違いを特定することが可能となっている。

これは、テクノサイエンスと社会の間で起こるリスクに関わる枠組みであるが、再生可能エネルギーの事例のように、特にセクター間での認識の差異が顕在化していないような状況であっても、潜在的に差異が埋め込まれている場合（田島 2001）や普及するにしたがって、課題が顕在化していく場合もあるので、こうした4つのセクター及びアクターからの分析は有効であると考えられる。

7. イノベーション論とユーザーイノベーション

次に、技術経営論におけるイノベーション研究からの概念枠組みを見ておく。先に取り上げた原は、医薬品のイノベーションにおいて、多様な主体、物的存在からなる相互作用を扱っているが、ここから示されるのは、物的制約及び制度的・構造的要因からなる相互作用のプロセスである。こうしたプロセスは、これまでのイノベーション論とマーケティング論をつなぐ研究になると期待されている（宮尾,2013:126-128）

この両者を結び付ける概念として「ユーザーイノベーション」がある。すでにフォンヒッペルにおいて、製品のイノベーションはメーカーだけでなく、ユーザーも行うことがあることが報告されている（Von Hippel,1976）が、2000年以降産業材だけでなく、消費財でも確認されるようになってきたという（小川,2013:3）。ユーザーイノベーションに関する研究では、実態調査の結果として、ユーザーが、メーカーに先立ちイノベーションを行う事例が報告されている（小川,2013:6-9）。ユーザーによるイノベーションは、その成果を無料で公表する傾向も指摘され、少数ながら存在するリードユーザーの存在が、技術の形成に関与していることを示唆している。

これまで太陽光発電システムの形成を論じる中で、その初期の段階において、開発側の想定したユーザーと実際に太陽光発電を導入するユーザーの間では、重視する点が異なること、そうしたユーザーによる技術開発が存在することを指摘してきた（田島,2001）。

ユーザーによる技術開発・イノベーションは、全体から見てレアケースではあるが、実際において、ユーザーは単なる受け手としてだけでなく、技術の形成に関与する存在として分析していく必要がある。

8. おわりに

—再生可能エネルギーシステムの形成分析のために

これまで、技術の社会的構成論、アクターネットワーク理論、技術の社会

的形成論という、科学技術と社会が一体となった科学技術システムについてのアプローチを整理してきた。各アプローチとも、力点の違いはあるが、科学技術と社会をシームレスウェットとして扱うこと、さらに技術決定論、社会決定論ともに避けることは共通している。原が定式化しているように、科学技術の社会的形成にかかわるアプローチは、再生可能エネルギーシステムの形成においても、有効なアプローチであると考えられる。しかし、技術の社会的形成アプローチは、拙速な一般化を避けるため、分析モデルは示されていない。そこで詳細な事例の記述とともに、それを整理する枠組みとして提示されたセクターモデルと、技術の社会的形成論から発展したユーザーイノベーションをみてきた。

ここから得られたことは、産・官・学・民という4つのセクターとそのサブセクターでの認識の布置の違いやアクター間の関係によって、ある時点における状況を把握でき、さらにその後の変化の方向も予想できるということである。

さらにユーザーイノベーションという概念は、単なる受け手として捉えられることが多いユーザーによる技術形成が少数ながら存在することを示しており、そうした観点からの分析も必要であるといえる。

今後、再生可能エネルギーシステムの形成を論じる際には、セクターモデルでのセクター、サブセクターの配置とその変化を中心にみていくことが重要である。さらに、民セクターでの再生可能エネルギーシステムへの関与について、単なる受け手としてだけでなく、ユーザーによる技術と制度のイノベーションの可能性を含めて、見ていくことが必要である。こうした分析によって、再生可能エネルギーシステムの現在のセクターとアクターの配置から、今後の変化の可能性を検討していくことが、より効果的な脱炭素の方策を明らかにしてくれると考えられる。

註

- 1) 現在の科学社会学は、科学といいながら、そこで示すものは、科学と技術が相互作用し、一体化している科学技術を指している。名称も科学技術社会学としたり、テクノサイエンスという表現で表すこともある。こ

こで扱う題材もそうした現在の科学技術であるが、分野名としては、これまで用いられてきた科学社会学を用いることとする。

- 2) アクターネットワーク論については、提唱者であるラトゥールやロー、カロンの議論を参照しているが、他に、栗原（2022）も、アクターネットワーク理論の概要を把握し、その広がりを知りやすく紹介している。
- 3) ここでの技術の社会的構成論については、Bijker, Hughes & Pinch (eds.), Bijker & Law (1992) 及び Bijker (1995) によっている。
- 4) 技術社会学の事例研究としては、弾道ミサイル制御装置、半導体（田島, 1995）、地下鉄の自動運行システム、初期の太陽光発電システム（田島, 2001）、喘息発作治療のβ刺激剤（原, 2007）など多岐にわたっている。

引用文献

- Bijker, W.E. (1995) *Of Bicycles, Bakelites, and Toward a Theory of Socio-technical Change*, The MIT Press.
- Bijker, W.E. & Law, J. (1992) *Shaping Technology / Building Society*, The MIT Press.
- Callon, M. (1987) "Society in the Making : The Study of Technology as a Tool for Sociological Analysis" Bijker, W.E., Hughes, T.P. & Pinch, T. (eds.) (1987) *The Social Construction of Technological Systems*, The MIT Press, 83-103.
- 原拓志 (2007) 「研究アプローチとしての「技術の社会的形成」」年報 科学・技術・社会 第16巻 pp.27-57
- Hughes, T.P. (1983) *Networks of Power : Electrification in Western Society, 1880-1930*, 市場泰男訳 (1996) 『電力の歴史』 平凡社
- Hughes, T.P. (1987) "The Evolution of Large Technological Systems"
- Bijker, W.E., Hughes, T.P. & Pinch, T. (eds.) *The Social Construction of Technological Systems*, The MIT Press, 51-82.
- 栗原亘編著 (2022) 『アクターネットワーク理論入門 —「モノ」であふれる世界の記述法』 ナカニシヤ出版

- Latour,B. (2005) *Reassembling the social :An introduction to actor-network-theory* , Oxford Univ. Press, 伊藤嘉高訳 (2019)『社会的なものを組み直す ―アクターネットワーク理論入門』
- Law,J. (1987) “Technology and Heterogeneous Engineering : The Case of Portuguese Expansion” Bijker,W.E.,Hughes,T.P. & Pinch.T. (eds.) *The Social Construction of Technological Systems* , The MIT Press,111-134.
- MacKenzie,D. & Wajcman,J. (eds.) (1985) *The Social Shaping of Technology : How the Refrigerator Got its Hum*, Open University Press.
- 松本三和夫 (1998)『科学技術社会学の理論』木鐸社
- 松本三和夫 (2009)『テクノサイエンス・リスクと社会学』東京大学出版会
- 松本三和夫編 (2021)『科学社会学』東京大学出版会
- 宮尾学 (2013)「技術の社会的形成」組織学会編『組織論レビュー II 外部環境と経営組織』白桃書房 pp.89-136
- 小川進 (2013)『ユーザーイノベーション 消費者から始まるモノづくりの未来』東洋経済新報社
- Pinch,T.&Bijker,W.E. (1987) "The Social Construction of Facts and Artifacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other" Bijker,W.E., Hughes,T.P. & Pinch,T. (eds.) (1987) *The Social Construction of Technological Systems* , The MIT Press, 17-50.
- 田島恵美 (1995)「戦後日本における半導体技術の発展過程 ―社会集団の観点から」年報 科学・技術・社会 第4巻 pp55-73.
- 田島恵美 (2001)「科学技術の形成とユーザー ―太陽光発電システムを事例として」年報 科学・技術・社会 第10巻 pp.33-54
- Von Hippel,E. (1976) “The Dominant Role of the User in the Scientific Instruments Innovation Process” *Research Policy* 5 (3) :212-239.