

Vernon W. Ruttan,

*Technology, Growth, and
Development: An Induced
Innovation Perspective.*

New York, Oxford University Press, 2001,
xvii+656pp.

の が み ひろ き
野 上 裕 生

I

技術に対する期待と関心は大きいものがある。たとえば2001年の国連開発計画 (UNDP) の『人間開発報告』[UNDP 2001] は技術と人間開発がテーマである。また停滞の続いている日本経済の復興において技術革新に期待する人も多いだろう。このような中で開発経済学の大家である著者が技術をテーマにした本書を書いたのは時機に適ったことである。序文によると、著者は1970年からミネソタ大学の経済学部で「技術と開発」というコースを担当してきたが、その成果を踏まえて、学生や実務家のニーズに見合う書物として、本書の構想が形成されたということである(xv-xvi, Preface)。本書の構成は以下のようになっている。

第I部 生産性と経済成長

第1章 経済成長は持続可能か？

第2章 キャッチアップと停滞

第II部 技術変化の源泉

第3章 改良と革新の過程

第4章 技術と制度の革新

第5章 技術吸収、普及、移転

第III部 技術革新と産業の変化

第6章 技術変化と農業発展

第7章 電灯、動力、エネルギー

第8章 技術変化と化学産業

第9章 コンピューター・半導体産業

第10章 バイオテクノロジー産業

第IV部 技術政策

第11章 3つのシステムにおける技術革新

第12章 技術、資源、環境

第13章 科学技術政策

第14章 持続的な発展への移行

本書は大学での講義をもとにしているのが非常に分かりやすく書かれており、開発経済学や技術革新の問題にかかわる研究者、実務家には有益な書物である。副題である誘発的革新 (Induced Innovation) は技術変化において経済環境の変化、特に生産物や生産要素の相対価格の変化が重要な役割を果たすことを重視する見方を意味する広い概念である(p.601)。このような視点を通して、技術と社会との相互連関を柔軟に見ていく姿勢が養われていくことになる。

II

第I部は経済成長における生産性向上の役割を論じている。第1章「経済成長は持続可能か？」は本書の問題意識を示す章である。この章で著者は古典派経済学からローマクラブ (the Club of Rome) の『成長の限界』(*Limits to Growth, Meadows, Meadows and Randers* [1972]), マルサス主義者であるエーリッヒ (Paul Ehrlich) と、それに対して批判的なサイモン (Julian Simon) の論争を取り上げて技術革新の問題点を整理している。このような論争を背景にして著者は自動車部門と教育部門から構成される簡単な2部門モデルを使って、生産性上昇と部門間労働移動の効果を分析する(pp.8-13)。この部分はポーモルの論文 [Baumol 1967] から示唆を受けたものであるが、この2部門モデルのシミュレーションによって著者はあるひとつの部門が生産性向上を実現できなければ、経済全体が衰退するという命題を示し、技術の重要性を明らかにしている。第2章は国際間の所得格差の収斂やキャッチアップに関する理論的・実証的研究を平易に解説し

ている。

第II部は技術革新のプロセスを解説し、制度的・技術的变化や技術普及の方向に影響を与える経済的要因の役割を解説する。第3章は技術変化の理論を比較した有益な展望である。革新と改良の対比によって経済発展を分析したシュンペーターの理論は、革新が起こるプロセスそのものの理論が十分でなかったために、実証研究には結びつかなかった。これに対して著者は改良の源泉に関するウッシャー (A. P. Usher) の「累積的総合化アプローチ」(cumulative synthesis approach) に注目する。これは改良の起こる過程を「1. 問題の認識」(perception of the problem), 「2. 段階設定」(setting the stage), 「3. 洞察の働く場面」(the act of insight, 本質的な解決方法が発見される段階), 「4. 批判的改訂」(critical revision) の4つのステップにわたって分析していくものである。この見方の利点は改良と革新を不自然な形で分離する必要がないこと、科学者や発明家と企業者の相互連関を考慮できることである (pp.67-68)。この章では累積的総合化アプローチに従って、ワット (James Watt) とブルトン (Matthew Boulton) の蒸気機関 (steam engine), 米の近代品種, マイクロプロセッサの事例が検討されている。本章の後半では技術変化に対する線型モデル (linear model, 科学が応用されて技術になるという見方) と、相互作用モデル (interactive model, 科学と技術は相互作用を通じて発展するという見方) との対比をしている。

第4章は技術変化に関する経済学の理論として誘発的革新, 進化理論 (Evolutionary Theory), 経路依存性 (Path Dependence) を取り上げる。誘発的革新理論には成長モデルとマイクロモデルがこれまで提案されているが, 誘発的技術変化をもたらす要因を需要におく (Demand Pull) 場合と, 要素賦存の変化に注目する場合があります, これらの要因に注目しながら理論とデータとの対話が進められてきた。進化理論はネルソン (R. R. Nelson) とウィンター (S. G. Winter) によってまとめられたが, 彼らは生産関数の概念を企業行動のルーティン (routine) の概念で置き換え, 技術の探索 (search) と市場で

の企業淘汰 (selection) を分析の対象にする。しかし実際には, シミュレーションを使った分析のほかには, 歴史的事例によってネルソンとウィンターの理論を検証しようという試みはあまり行われてこなかった。経路依存性に注目する研究はアーサー (W. Bryan Arthur) とデイヴィッド (Paul David) によって始められた。このうちデイヴィッドの研究は技術革新の経路依存性を「技術的相互関連性」(technical interrelatedness), 「規模の経済」(economic of scale), 「投資の準不可逆性」(quasiirreversibility of investment) に注目して説明するものである。この章で取り上げられた技術変化理論は, 新古典派の設定 (すべての主体が共通の生産関数を利用できるという設定) を認めないこと, ミクロ的基礎の重視という点で共通している。しかし誘発的革新理論は学習や探索, 研究開発といった過程内部のメカニズムそのものを深く分析していない欠点がある。進化理論は企業行動に関するより説得力のあるモデルを持つてはいるが, 実際にはネルソンとウィンターの理論は実証研究のよい素材とはなっていない。経路依存性に注目するアプローチは特定のミクロレベルの事例を説明するのに利点を持っている。しかし, 「技術的ロック・イン」(technological lock-in) の概念があてはまるのは収穫逡増という性格を持つネットワーク技術だけではないのかという疑問もあるから, このアプローチも欠点があると著者は論じている (pp.116-117)。この章の次の部分では, 制度革新に関する理論を新しい制度に対する需要 (所有権と市場制度, 公共財提供のための非市場的制度), 制度の革新の供給に分けて説明している (pp.118-133)。この章の最後 (「誘発的革新のパターン・モデル」) は著者の開発観が示されている部分である。最初に著者はファスフィールド (Daniel R. Fusfield) の図 (Figure 4.4., p.134) を使って, 資源賦存と文化賦存 (社会が過去から継承した文化), 制度, 技術の相互関係が弁証法的 (dialectic) ・逐次的 (recursive) な関係を取り得ることを例解している。この部分は経済学以外の分野の技術論も含まれていて, 著者の広い学識を感じさせるところである。また開発過程を分析する際に,

技術決定論や経済決定論に陥ることのない柔軟な姿勢を保つことの重要性を感じることができる。

第5章は技術の吸収や普及に関する研究を、経済学以外の分野にも範囲を広げて展望している。普及問題に関する最初の研究は経済学以外の領域で始まった。初期の研究者の問題意識は、革新的であることに関連する変数、革新吸収率の説明要因、革新の意思決定で働くコミュニケーション経路であった。そこでは技術普及パターンはS字型曲線として考えられ、これがすでに革新的な技術を採用した人と、これから採用するかもしれない人とのコミュニケーションのプロセスとして解釈された。1960年代頃から経済学者の普及研究も始まってくる。1957年にはグリリケス (Zvi Griliches) によって高収穫品種の普及パターンにS字型曲線をあてはめる論文も公開された [Griliches 1957]。グリリケスの研究は、S字型曲線の上限 (普及水準) と傾き (普及速度) を新しい品種を採用した時の収益率の関数として説明しようとした点が新しい試みであった。もうひとつ重要であるのは1960年代にマンズフィールド (Edwin Mansfield) が技術の企業間、企業内普及を研究した論文を発表したことである。マンズフィールドの研究でも収益率と、すでに革新的技術を採用した企業の数が重要であることが確認されている [Mansfield 1961]。これらの研究では技術普及は革新の普及率という単一の尺度で評価できるプロセスとして把握されていたが、次第に市場で得られる複数の選択肢を選ぶ多次元の事象と捉えられるようになった (p.156)。これらの研究成果を踏まえて、最近では技術普及を均衡から均衡への移動と捉えるアプローチや、伝統理論が過小評価してきた要素 (不確実性、経済主体の多様性、経済の動学的不均衡など) に注目する進化論的アプローチが出されている。また最後の部分 (pp.167-168) では国際貿易における技術問題が1966年のヴァーノン (Raymond Vernon) によるプロダクトサイクルの理論、技術移転の諸問題などと一緒に解説されている。また技術普及の研究では技術情報をめぐるコミュニケーションの過程と収益率が重要であることは基本的な成果となっていることがわかる (pp.171-

172)。

第III部は個別産業の技術変化を扱っている。第6章は農業発展と技術変化の経済分析を論じている。著者は、日本とアメリカのように資源の賦存状況が違う国で農業が高い成長を遂げた理由を制度革新、特に公的支援を受けた分権的な農業研究、教育システムに求めている。このことから著者は、今日の開発途上国では有効性のある公的農業研究活動と技術能力の欠如が、技術発展パターンの歪みや技術移転の脆弱性をつくっていると考えている。また著者は持続可能な農業に移行できるかどうかは、技術変化とともに制度革新にも依存すると述べている (pp.224-225)。第7章は産業革命以来重要であった動力やエネルギーにおける技術変化が考察されている。第8章は化学工業の技術変化を扱っているが、この産業は最初に興った科学立脚型産業であること、また後発国ドイツが先進国イギリスにキャッチアップしていく時の重要産業であったことなどから適切な事例であると思われる。第9章はコンピューター・半導体産業、第10章はバイオテクノロジー産業を扱っている。

III

第IV部は「技術政策」というタイトルで、「国民的革新システム」(National Innovation System)、技術と環境の問題、そして技術政策に関する諸問題を解説する。第11章は日本、アメリカ、ドイツの国民的革新システムを国際比較したものである。1980年代後半にエルガス (Henry Ergas) はアメリカの技術革新システムをミッション指向型 (mission oriented, 少数の産業に対して科学に基盤を置いた技術開発努力を進めるシステム)、ドイツのシステムを普及指向型 (diffusion oriented, 工業システム全体にわたって、技術の応用能力の形成を公共政策によって行うシステム)、日本はこの両方の特徴を持つシステムと表現した。エルガスの分析は「技術経路」(technology trajectory) という概念を使ったものである。技術経路は創出局面 (an emergence phase)、強化段階 (consolidation stage)、

成熟段階 (a maturity stage) から構成される。創出局面で成果をあげるには、広い範囲にわたって研究開発をする能力と、不確実ではあるが有望な機会に柔軟に融資する金融制度が必要になる。強化段階ではさまざまな経路の中から研究開発には深入りすることなく、すでにある経路の成果を利用する能力と、それまで辿ってきた経路が成熟に到達した場合に次の経路に向けて資源を転換する能力が必要になる。成熟段階では非常に高度な技能を持つ労働力と生産エンジニアが必要になる。エルガスによれば第二次世界大戦以降の世界では、創出段階ではアメリカが、強化段階では日本が、また成熟段階ではドイツに比較優位があったとされている (pp.463-464)。この章の最後では3つのシステムの今後を展望している。そこでの結論は、科学教育と研究が一般的に強いことは新しい科学に基盤を置いた産業で革新を引き起こす能力形成の前提条件であることである。

第12章は環境問題と技術の関係を分析している。発展と環境保全の両立に関して注目されているのは環境移行仮説 (environmental transition hypothesis) であるが、これは1人あたり所得と環境悪化の指標の間には逆U字の関係が成立するという考え方である。この仮説は1990年代になって多数の研究を生み出したが、著者はいくつかの問題点を指摘し、より現実的な環境研究のあり方を論じている。

第13章は科学・技術政策にあてられている。これまでの科学と技術の間の区別は曖昧になり、「科学は政府、技術は市場」という二分法も妥当性を失ってきている。特に1980年代以降、科学研究と技術開発の相互依存が進んで、「科学から、その応用としての技術へ」という単線的なモデルの想定以上に現実には複雑であることが認識されるようになった。本章では、科学志向活動と技術志向活動の分野で政府と市場が一定の役割を担当する4つの局面を想定した分類をして、問題点を整理している (Figure 13.1, p.537)。このような考察を踏まえて、科学に対する政府の役割を根拠付けてきた過小投資理論 (the Underinvestment Rationale) の再検討も行われる。この理論は研究開発投資への社会的収益は私的収益を上回ると主張して、基礎研究における市

場の失敗 (すなわち技術進歩の利益が社会にスピルオーバーする) を強調するものであるが、著者はこの過小投資理論の意義を今日の観点から論じている。

第14章は本書の考察を総合し、第1章で設定された問題提起に答えようとしている。この章で特に興味深いのは、最後の部分で示されている著者の展望である (pp.619-620)。第1に人類は良好な生活のために物資を提供することと、生産・消費の副産物を適切に処理することに一貫して取り組んできたが、これらのプロセスのどちらかひとつがうまくいかなくても社会の発展の制約になってしまう。第2に、科学や技術の発展によって自然と近代社会との間でよりよい関係が形成されてきたが、技術変化の意義として一番重要なのは、資源を知識で代替すること、高価な資源を安価な資源で代替すること、供給が弾力的でない資源から発生する成長への制約を緩和することである。第3に、もし人類が持続可能な発展への移行に失敗したとすれば、それは技術進歩の限界というよりは、制度の失敗であるということである。第4に持続可能な発展への移行は到達点と見るべきではなく、むしろ発見のプロセス (a process of discovery) と考える必要があることである。これらの視点には、著者が技術の可能性に希望を持っていることがわかって興味深い。

IV

最後に本書についてコメントを述べてみたい。第1に、国民的革新システムの分析で日本、アメリカ、ドイツのシステムを比較しているが、開発経済学の立場から見ると、この分析が並列的である点である。著者はどのようなシステムであろうと科学教育一般と研究開発に優位に立つことがイノベーション能力の前提条件であること、またいずれのシステムも今後困難に直面するだろうと述べている (pp.472-473)。たしかに最善のシステムは存在しないし、一国のシステムを歴史的文脈を無視して他国に移植することはできないが、ある局面で他国の経験から示唆を得たいと思う開発問題の研究者、実務家もいるだろう。中山茂氏は日本の技術システムを民間部門

優位の技術開発、官主導の下で自国産業を保護して技術導入をするという（比較的資金のかからない）方式と特徴付け、これを技術移転の成功例と見ている [中山 1995, 177-183]。しかし中山氏はまた、教育における言語の問題、留学生の受け入れなどでは日本は世界の中心にはなれず、また輸出市場向けの技術開発が世界に普及していけば日本の方式の有効性も低下してくると予想している。また後藤晃氏は、後藤 (2000, 145-152 [6「日本のイノベーション・システムをどのように変えていくのか——企業と産業の役割——」]) の中で、日本システムの優位性低下の背景に、コンピューター技術の革新を挙げている。後藤氏の分析によると、コンピューター能力の向上によって、技術や知識が一般的なコード(言語や数式など)で表現できるようになり、一般化の難しい「暗黙知」に頼る部分が減少する。日本の生産システムは経験から得られるコード化できない暗黙知が大きな役割を果たす局面では、その暗黙知を理解するための文脈を共有するには有利であったが、技術知識がコード化されて専門的知識のある人々の間で一般性が高くなると、開発に特化した小規模な企業と生産・販売を行う大企業とが取り引きするコストは小さくなっているため、これが日本の伝統的な生産システムの優位性を低下させる、と後藤氏は述べておられる。著者は技術の吸収や移転には言及しているが、それを支える制度やシステムの相互学習や収斂にはあまり触れていない。もしこの部分の議論を深めたいのであれば、Dore (1973) や Nelson (1993) などの文献を読むとよい。

第2に、技術政策には特定のニーズに適した技術をどのようにして作っていくかという積極的な側面と、不可避的に発生する技術革新に伴うリスクにいかに対応するのかという予防、保護の側面があると思われる。前者の例として先端技術を障害者の自立や老人の生活補助に使うことがある。たとえば技術問題に関して貴重な研究をされてきた中岡哲郎氏は、ロボットをはじめとする先端技術を(合理化や人減らしではなく)もっと福祉目的に活用することの必要性を指摘している [中岡 1987, 22-25]。一方後者のような側面については UNDP (2001) が問題を

平易に解説している。本書において技術政策を論じる部分にもこのような視点が設定されてもよかったであろう。

第3のコメントとして、今後はリサイクルに関連する技術(廃棄物の大量発生への対応策として、廃棄人工物からの「ものづくり」の技術的可能性、特にエネルギー効率に優れたリサイクルの可能性)が研究される必要性が高いことを挙げておきたい。この分野は本書ではあまり取り扱われていないが、小宮山 (1999, 109-129 [特に第5章「『ものづくり』とリサイクル」]) がわかりやすく問題の所在を明らかにしている。本書の読者はこれらの書物も併読することによって、技術に関する自分の思索を深めることができるだろう。

本書を通読することによって、評者は著者の学識の深さと技術研究のおもしろさを知ることができ、深い感銘を受けた。最後にはなったが、本書が多くの読者に読まれることを希望したい。

文献リスト

<日本語文献>

- 小宮山宏 1999. 『地球持続の技術』岩波新書 647 岩波書店.
 後藤晃 2000. 『イノベーションと日本経済』岩波新書 684 岩波書店.
 中岡哲郎 1987. 『技術と人間の哲学のために』農山漁村文化協会 (特に第I章「現代テクノロジーと人間の問題」の中の14~25ページ「ロボットと人間」参照。原文は1985年に最初に公刊された).
 中山茂 1995. 『科学技術の戦後史』岩波新書 395 岩波書店.

<外国語文献>

- Baumol, W. J. 1967. "Macroeconomics of Unbalanced Growth: The Anatomy of Urban Crisis." *American Economic Review* 57(3) (June) : 415-426.
 Dore, R. 1973. *British Factory-Japanese Factory: The Origins of National Diversity in Industrial*

- Relations*. Berkeley: University of California Press (邦訳は山之内靖・永易浩一訳『イギリスの工場・日本の工場』ちくま学芸文庫 筑摩書房 1993年).
- Griliches, Z. 1957. "Hybrid Corn: An Explanation in the Economics of Technical Change." *Econometrica* 25(4) (October) : 501-522.
- Mansfield, E. 1961. "Technical Change and the Rate of Imitation." *Econometrica* 29(4) (October) : 741-766.
- Meadows, D. H., D. L. Meadows and J. Randers. 1972. *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. New York: Universe Books.
- Nelson, R. R. ed. 1993. *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. New York/Oxford: Oxford University Press.
- UNDP 2001. *Human Development Report 2001: Making New Technologies Work for Human Development*. New York: Oxford University Press.
- (アジア経済研究所開発研究部副主任研究員)