

J・モキアの「産業的啓蒙主義」テーゼについて

—工業化社会形成の文化的背景—

山本 通

On Joel Mokyr's 'Industrial Enlightenment' Thesis

Toru Yamamoto
Kanagawa University

【Summary】 One of the recent trends of historiography of British Industrial Revolution is the inquiry into its intellectual background. The leader of this trend is Professor Joel Mokyr. In this paper I try to summarize his 'Industrial Enlightenment' thesis, and to give modification.

Mokyr said 'the techniques that came into use after 1750 were supported by broader and broader base in propositional (scientific) knowledge' (Mokyr, 2002, p.33). But this is not true. The outburst of technological innovations during the Industrial Revolution was given rise to by the engineers who came into being after about 1750 in Britain. These engineers grew out of artisans and were not scientists. They were good in transforming tacit knowledge of craftsmen into formal knowledge. After trained as apprentices they learned scientific methods and came to have scientific mindset, supported by so called 'scientific enterprises'. So, they could give rise to a lot of technological innovations. In this sense, they were surely under the influence of 'the Industrial Enlightenment'. Mokyr's 'Industrial Enlightenment' thesis is, despite of the minor defect, as a whole, still valid and persuasive.

目 次

はじめに

1. モキアの「産業的啓蒙主義」テーゼ
2. 「役立つ知識」の理論
3. 中国と西欧：なぜ中国では産業革命が起こらなかったのか
4. 近世ヨーロッパにおける「学識の共和国」と「進歩の文化」
5. 18世紀ヨーロッパにおける「科学的事業」の展開
6. イギリス産業革命期の技術と科学
7. 「産業的啓蒙」論の知識論的な基礎

おわりに

はじめに

21世紀に入ってからのイギリス産業革命論の新たな潮流の1つは、その知的背景に注目する研究業績の急増である。そのような動きを主導しているのは科学史家マーガレット・ジェイコブと経済史家ジョエル・モキアである。M・ジェイコブの研究業績は、「科学革命」から「産業革命」に至る科学思想の発展を、イギリスやヨーロッパの政治的状況や社会的状況と結び付けて説明する幾つかの大胆なテーゼを特徴とする。イギリスの名誉革命体制を盤石なものとするためにアングリカン国教会において「ニュートン主義」が推進されたというテーゼ⁽¹⁾や、ニュートン主義の科学が、直接にイギリスの工業化を育んだというテーゼ⁽²⁾がそれである。これらのテーゼは、魅力的ではあるが、「ニュートン主義」の捉え方をも含めて、あまりにも粗雑だと思われる。

他方、ジョエル・モキア（1946～）は元来、欧米の経済発展の主たる機動力を技術革新に求める経済史家であり、その学派において指導的な立場にあった⁽³⁾。だが2002年以後、彼は技術革新の担い手である人びとの思想や文化に目を向けて、近代的経済成長の文化的な要因を追求するようになった。モキアはまず『アテナイの贈り物』の第1論文において、経済成長にとってはテクノロジー（技術）の成長が中心的な問題であり、テクノロジーとは、すなわち知識なのだ、と明言する⁽⁴⁾。そして「役立つ知識」およびその進化についての知識経済学的な議論を展開する。次いで同書の第2論文では、イギリス産業革命の認識論的な源泉を説明する。モキアによれば、産業革命期に現われた技術の認識論的基礎がゆっくりと拡大したために、その後の技術的発展の過程が加速化したのだ⁽⁵⁾。そして、この認識論的基礎の拡大は「産業的啓蒙」というイデオロギーの実業家やエンジニアへの浸透によってもたらされた、という⁽⁶⁾。さらにモキアは、この「産業的啓蒙」が、「科学革命」から科学的方法、科学的心性および科学的文化を受け継いだという意味で、「科学革命」と産業革命の橋渡しをしたのだ、という⁽⁷⁾。

2009年に出版されたモキアの『啓蒙された経済』は、1700年頃から1850年頃までのイギリス経済史の全体像を描いた壮大な作品である。その中心的なテーマは経済発展の原動力としてのさまざまな技術革新であり、それらの技術革新を生み出した「産業的啓蒙」のイデオロギーである。しかし『啓蒙された経済』では、「産業的啓蒙」が「科学革命」と産業革命の橋渡しをしたという単純な捉え方は修正されている。ここではモキアは「1800年までは、産業技術の進歩は、科学の発達之恩恵を受けずに行われた」のであり、「ペーコン主義のプログラムは18世紀中には実を結ばなかった」と明言する⁽⁸⁾。しかしこの時期に「体系的な役立つ知識と自然哲学が経済発展の鍵だ、という信念は広がり続けた⁽⁹⁾」。「そのようなわけで、啓蒙主義が存在したからこ

(1) Jacob, M. C., 1976, 中島訳, 1990年。

(2) Jacob, 1997, p.113.

(3) この時期のモキアの代表的な作品としては、Mokyr, 1900 と Mokyr ed., 1993 がある。

(4) Mokyr, 2002, pp. 1～3.

(5) Do., p. 32.

(6) Do., pp. 34～35.

(7) Do., pp. 36～42.

(8) Mokyr, 2009, pp. 59～60.

(9) Do., p. 60.

そ、産業革命は一過的なものとして終わることなく、近代的経済成長の出発点になった⁽¹⁰⁾という。したがって2009年の『啓蒙された経済』においては、「産業的啓蒙」のイデオロギーは、産業革命期の技術革新ではなく、むしろ、その後の経済発展に影響を与えた、とされている。このような修正を行なったのだから、モキイアは「産業的啓蒙」が産業革命の前後においてどのように展開したかを、整理して説明するべきであろうが、そのような作業は未だ行なわれていないようである⁽¹¹⁾。

次いで2017年に出版された『成長の文化』は、ヨーロッパの「科学革命」から「産業革命」に至る過程のなかで「役立つ知識」の重要性が知識人たちに認識され、それが育まれていった歴史的経過が分析される。モキイアが重視するのは、近世においてバーチャルで国際的な「学識の共和国」が形成されたことである。彼によれば「学識の共和国」こそが「産業的啓蒙」というイデオロギーを生み出す母体となったのだ。また『成長の文化』の第5部においてモキイアは、近世まで「ヨーロッパより先行していた中国の科学と技術は、何故その勢いを持続できなかったのか」という問いを掲げる。そしてこれに対して、中国では「産業的啓蒙」への制度的・組織的な基盤が非常に弱かったからだ、と答えている。逆に言えば、近世ヨーロッパだけが「産業的啓蒙」が発展する制度的・組織的基盤を持っていたので、近代的な経済成長がここで起こったのである。

以上のように、モキイアの議論の全体は、近代的成長を生み出した「産業的啓蒙主義」を巡るものである。それらは、やや粗い部分を含むにせよ、大変魅力的で説得的である。本稿は、その概要を説明した上で、「産業的啓蒙」と「産業革命」の関係についてのモキイアの説明の「あいまいさ」の原因を明らかにしようと試みる。その際に参考にするのは、ヨーロッパ技術史を研究する専門家たち（I・インクスター、F・カロン、内田星美および種田明）の業績である。

1 モキイアの「産業的啓蒙主義」テーゼ

近代的工業化の文化的背景にかんするモキイアの理論は二重のテーゼから成る。第1は、「啓蒙主義」が近代的工業化のための環境を整えた、というものである。そして第2は、近代的工業化が「産業的啓蒙主義」のイデオロギーによって推進された、というものである。

まず、歴史学会において最近の数十年間に啓蒙主義の概念が変化してきたことに注意したい。ウートラムによれば、1970年頃までは歴史家たちは概して啓蒙主義を、思想史上の単一の現象と見做していた。この解釈によれば、啓蒙主義は、信仰や迷信や啓示に従うのではなく、人間の営為を合理性に従って処理していこうとする欲望、そして、社会を変革し、個々人を習慣や権威の恣意的な拘束から解放し、力を人間の理性が持っているという信念であった。しかし1970年代以後、これとは違った啓蒙主義へのアプローチが生まれてきた。啓蒙主義を考える上で、R・ダー

(10) Do., p. 62.

(11) Mokyr, 2017, p. 274 でモキイアは「要するに、世界の経済成長と繁栄をもたらした技術的な諸革命（モキイアによれば、それが産業革命である…山本）は、職人的な器用さか科学的な方法と発明か、のどちらかではなく、その両方が合流した結果なのである。そして、その合流こそが産業的啓蒙の本質である」と述べる。しかし、その「合流」が産業革命とそれ以前にどのように起こったのか、ということについてはモキイアは具体的に述べることがない。

ントンは人類学の方法を導入し、アドルノ、ホルクハイマー、ハーバマスそしてフーコー等の哲学者たちが歴史家たちの啓蒙主義へのアプローチに影響を与えた。ウートラムによれば啓蒙主義は、大思想家たちが提唱したイデオロギーではなく、国や地域によって、また信仰やジェンダーによって異なった姿を見せる17・18世紀の思想運動として捉えられるようになったのだ⁽¹²⁾。

例えばR・ポーターによれば、イギリス人は18世紀の中頃には自分たちが啓蒙主義の時代の中に生きていることを自覚していた。それを支えていたのは、広範に出現した「読書人」であった⁽¹³⁾。「読書人」の実体は生活に余裕のある中流層であり、年収60ポンドから600ポンドの人々（職業的には、大小の商人、製造業者、自作農や借地農など）であった。このような中流層は、1750年代のイギリスでは約22万人、つまり全人口の7分の1を占めていた⁽¹⁴⁾。ポーターによれば、啓蒙主義の近代化の核心は、「進歩の輝かしい展望」であり、それは印刷物を通して拡散していった。

ポーターは大著『近代世界の創造』（2000年）の中で、イギリス啓蒙主義の特徴を多面的に考察している。宗教思想においては、プロテスタント聖書主義が洗練されて、理性的信仰が磨かれていった⁽¹⁵⁾。啓蒙主義者は罪と天罰の頸木から解放され、「人は如何にして救済されるか」という問いに代えて、「人は如何にして幸せになれるか」を究極的な問いにした⁽¹⁶⁾。イギリスの啓蒙主義は、新たな精神的で道徳的な価値、すなわち「ポライト・カルチャー」を普及させた。上品な言葉遣い、身なり、行動そして弱者への慈愛、核家族内での情愛溢れる個人主義、社交を通しての人格の陶冶が推奨された⁽¹⁷⁾。

モキアは、イギリスの経済発展にとって、啓蒙主義的な社会的諸規範の確立が決定的に必要であった、という⁽¹⁸⁾。つまり勤勉で正直で、誠実で丁寧な社会的行動を「尊敬に値する」行動の規範とし、それから逸脱する「ご都合主義的」行為を処罰する社会的慣行が18世紀中頃には一般化した⁽¹⁹⁾。中流層の人々は、18世紀中頃に急速に発達したさまざまなアソシエーション、例えばクラブ、ソサイエティー、ロッジに所属し、これらを結節点として社会的ネットワークを形成した⁽²⁰⁾。そして、それらのネットワークを通して、さまざまな公共財が生み出された。道路、港湾施設、橋、灯台、運河、病院、学校、孤児院などの建設が私的な出資を通して始められた⁽²¹⁾。これらの公共財が経済成長のためのインフラストラクチャーになった。

モキアはまた、啓蒙主義のイデオロギーが、経済発展のための政治制度と経済制度を生み出した、という。イギリスでは1640年代のピューリタン革命と1688年の名誉革命を経て、絶対王政が廃止されて市民政府が成立した。これを理論的に正当化したのがジョン・ロックの『統治二論』（1690年）である。ロックはこの中で、個人の所有権論を基礎にして人民主権論を展開し

(12) 以上については、Outram, 1995, chaper 1を見よ。

(13) Porter, 2000, pp. 2~3.

(14) Mokyr, 2009, p. 364.

(15) Porter, 2000, chapter 5.

(16) Do., p. 11, chapter 21.

(17) Do., chapters 12, 15, 16.

(18) Mokyr, 2009, p. 369.

(19) Do., pp. 370~372, 381.

(20) Do., p. 375.

(21) Do., p. 381, 200.

た。さらに1730年代のウォルポール体制を経て、イギリスでは責任内閣制（政府は国会に拘束されるという原則）が確立した⁽²²⁾。これらの動きによって、イギリス国民は、「掠奪者」や「寄生者」からの解放の根拠を獲得した。また、私的財産の不可侵の思想は、政治算術と経済学を誕生させた。重商主義の経済論を批判したアダム・スミスの『諸国民の富』（1789年）は、モキイアによれば、経済的啓蒙主義の中心に位置するのであり、それは半世紀に及ぶ啓蒙主義思想の運動の頂点をなすものであった⁽²³⁾。

次に、「産業的啓蒙」が近代的工業化を推進したというモキイアのテーゼを2009年に出版された『啓蒙された経済』に則して紹介しよう。モキイアによれば「産業的啓蒙主義」は、「自然現象についての人間の知識を増加させ、生産活動にこれを利用できる人に伝えることを通して、物質的進歩と経済発展が達成されると信じるイデオロギー」であり、啓蒙主義の一種である⁽²⁴⁾。「産業的啓蒙主義」は「科学革命」の延長線上にある。そして、そのイデオロギーの担い手たちは、例えば科学・技術・医学書の刊行や、科学協会やアカデミーの活動によって、「役立つ知識」を自然科学者から技術者に橋渡しする努力を続けたのである⁽²⁵⁾。モキイアによれば1700年から1850年に至る1世紀半は「近代的経済成長が発明された時代」であり、その中心には18世紀中頃から19世紀初めに展開した「産業革命」がある。「産業的啓蒙」は18世紀中には実を結ばなかった。しかし産業的啓蒙主義の信念は広がり続けた。だからこそ、産業革命は一過的なものとして終わることなく、近代的経済成長の出発点になったのだ⁽²⁶⁾。

ところで、「科学革命」も「啓蒙主義」も西ヨーロッパ全体で起こった文化運動であるから、「産業的啓蒙主義」も同じく西ヨーロッパ全体で起こった文化運動であるに違いない。それでは、イギリスの「産業的啓蒙主義」とヨーロッパの他の国々のそれらとの違いはどこにあるのか。モキイアは、イギリスの特徴として、フランシス・ベーコンの思想の影響が「産業的啓蒙主義」の中心に位置することだ、という⁽²⁷⁾。

2 「役立つ知識」の理論

モキイアによれば、近代的成長の中心の問題は「役立つ知識」の成長である。そして、「役立つ知識」の蓄積を進め、それを実用化に向かわせたのは「産業的啓蒙主義」のイデオロギーであり、イギリスがヨーロッパ諸国の中で「産業的啓蒙主義」のイデオロギーの推進において指導的役割を演じた、と考えられる⁽²⁸⁾。

モキイアの言う「役立つ知識」とは、人工物、素材、エネルギー、生物といった、潜在的に操作可能な自然現象に関する知識である。したがって、彼の言う「役立つ知識」が、一般的にイメージされる「役立つ知識」よりもはるかに狭く、ほとんど自然科学的知識や生産現場での技術

(22) Do., p. 411.

(23) Do., p. 65. なお、Porter, 2000, chapters 11, 17 を参照せよ。

(24) Mokyr, 2009, p. 40.

(25) Mokyr, 2009, pp. 46~53, 56.

(26) Do., pp. 59~62, 78.

(27) Do., pp. 40~41.

(28) Do., pp. 9~12.

的知識に限定されることに注意しなければならない。例えば、社会科学的知識や人文的知識が経済成長にとって役立つことは明らかであるが、モキイアの場合には、それらは「役立つ知識」から除外されている⁽²⁹⁾。モキイアは「役立つ知識」には命題的知識と規範的知識が含まれる、という。前者は自然科学的知識、つまり自然現象とその規則性に関する知識であり、what knowledge と言い換えられる。後者は技術的知識であり、実行可能な指示やレシピのまとまりであり、人工物自体の中に収納されている。これは how knowledge と言い換えられる。そして「発見」とは、社会総体が持つ命題的知識への追加であり、「発明」とは、社会全体が持つ規範的知識への追加である⁽³⁰⁾。

モキイアは命題的知識と規範的知識という用語を好んで用いるが、それらはそれぞれ「(自然)科学的知識」および「技術的知識」と同義語なので⁽³¹⁾、我われは以下の行論では「科学的知識」「技術的知識」という用語を用いる。

モキイアが経済発展の基礎として重視するのは、科学的知識と技術的知識の連結である。モキイアは、「規範的知識(技術的知識)が存在するためには、それは命題的知識(科学的知識)の理論的な基礎を持たなければならない⁽³²⁾」という。だが、この理解は一面的である。技術的知識は科学的知識の基礎なしに存在し、独自に発展できるからである。このことを説明するために我われは、ヨーロッパの技術史についてのフランスの技術史家フランソワ・カロンの議論を紹介しよう。

カロンによれば、技術的知識には、暗黙知、形式知、体系知の3つのタイプがある。暗黙知はノウハウとして現われ、行為者の文化と経験の中に封じ込められている。行為者がそれを完全に得るためには、手振りや身振りの完全な修得が必要である。その伝授は模倣によって行なわれ、最終的には実演と図解を利用した非公式のやり取りの中でのみ、行なわれる。他方、形式知すなわち「形式化された知識」は叙述的で推論的であり、言語、著述、図表によって伝達される。形式知は明示的であり、理論や科学に通じる。また、体系化の対象となり、規則の定義を通して現われる⁽³³⁾。暗黙知、形式知そして体系知は現在でも技術的知識の全体の中で並存している。それは、知識が公式化され、体系化されても、新たな暗黙知が次々と生まれてくるからである。

ヨーロッパの中世盛期までは、すべての技術的知識は暗黙知であり、それは職人によって担われて、徒弟制度によって伝承された。だが、暗黙知である職人的知識は、必ずしも停滞的ではなく、進化する可能性を秘めていた。職人的知識はヨーロッパ中世において、さまざまな技術革新を生み出した。それは水車と風車、陶磁器、冶金、建築物、織布そして時計製造などの発明や技術革新に現われた。また、鉱山、ダム、教会などの都市建設の現場には、いろいろな地域からさまざまな種類の職人が集められたが、職人が集まり、また拡散することによって、さまざまな知識の伝播と交流が行なわれて、発明や革新を生み出す契機になった。カロンによれば、中世末期には職人の暗黙知を形式知に転換させる専門家 expert がさまざまな産業分野で登場してくる。このこと背景には、15世紀中頃にグーテンベルクが活版印刷術を発明し、情報の伝搬・拡散を容

(29) Mokyr., 2002, p. 3.

(30) Do., pp. 4~5.

(31) Mokyr, 2017, p. 137 において、モキイア自身がそのように言い換えている。

(32) Mokyr, 2002, p. 13.

(33) Caron, 2013, p. 1.

易にしたことがある。専門家たちは、装置や機械の故障や不具合を修正する解決策を見いだすという使命を帯びて登場した。彼らは、その実用的な手続きを公式化し、あるいは新たな手続きを考えた。専門家たちは数学と幾何学を習得し、暗黙知に基づく技術を観察し、これを叙述し、諸規則を定義して形式知を構築していった⁽³⁴⁾。

私が以上のようなカロンの議論を紹介したのは、技術的知識が科学的知識の基礎なしに発展できるということ、さらには技術的知識の蓄積が科学的知識に転化しえることを示すためであった。しかし、技術的知識が発展するためには、それが科学的知識によって支えられることが望ましいことは明らかである。モキアによれば、技術的知識の基礎にある科学的知識が広げれば広いほど、また深ければ深いほど、その技術的知識の適用範囲が広げられ、深まる⁽³⁵⁾。そして、科学的知識が集積されると、それが実行可能な技術的知識を指示するようになる、と想定される。しかし実際には、科学的知識が技術に転換されないことは多かった。例えばヘレニズム文化において、プトレマイオスの天文学は航海術に応用されなかったし、彼らの光学の知識は双眼鏡やメガネの製作に転換されなかった。これは、その時代の文化や制度がその転換を必要としなかったからである。「役立つ知識」は経済の変化を動かす力なのであるが、「役立つ知識」が利用されるためには、文化と制度の条件が整わなければならないのである。

また、モキアによれば、1800年以前の技術の発展は狭い科学的知識に基づいていたので、持続的な改良に繋がらなかった。しかし18世紀中に、技術革新に役立つ科学的知識が急速に深化・拡大した。しかも18世紀のイギリスでは、「役立つ知識」へのアクセスの効率を高め、アクセス・コストを低下させる動きが加速化した。知識のアクセス・コストに影響を与えるのは、知識の文化的・社会的組織、知識の収納技術と組織といった社会的なものである。知識へのアクセス・コストが低ければ低いほど、知識は累積的に増加するのである⁽³⁶⁾。モキアは、19世紀のイギリスおよび欧米諸国で、科学的知識と技術的知識が互いに強め合う動きが生まれて、19世紀中頃には科学的知識の技術的知識に対する優位が確立した、と言う⁽³⁷⁾。

3 中国と西欧：なぜ中国では産業革命が起こらなかったのか

モキアによれば、過去のほとんどの社会が、何らかの技術的發展を経験することができた。その結果として、その社会は経済発展するが、ほとんどの場合、その発展は長続きせず急速に衰退していった。この逆戻りの原因は、モキアによれば3つある。その第1は「いわゆる「マルサスの罠」である。つまり、経済発展によって人口は幾何学的に増加するにもかかわらず、食糧生産の増加には限界があるので、人口が過剰となって、これが経済停滞に帰結する。第2の原因は、経済的繁栄の成果を篡奪する「掠奪者 predators」や「寄生者 parasites」の存在である。「掠奪者」とは、国王、諸侯、外部から侵入する掠奪者や征服者たちなどである。「寄生者」とは、あらゆる不労所得者、つまり政商、特権的商工業者、不在地主、僧侶、有閑の官僚、乞食・浮浪者などである。そして第3の原因は、「技術の認識論的な基礎の狭さ」である。この限界

(34) Do., pp. 24~26.

(35) Mokyr, 2002, p. 14.

(36) Do., pp. 7~9.

(37) Do., pp. 16~21.

は、モキイアによれば、19世紀の西ヨーロッパにおいて歴史上、初めて突破された⁽³⁸⁾。

では中国ではどうだったのだろうか。モキイアは言う。「18世紀中頃の中国は、当時のヨーロッパに比べて、いかなる意味においても後進的な経済ではなかった。それは商業化され、貨幣流通がいきわたり、教育水準が高く、訓練された専門的官僚によって管理され、1680年以後はマルサスの罠に囚われることなく、かなりの増加人口を養うことができた……中国の制度は、ヨーロッパのそれとは異なるが、ほとんどの点でヨーロッパに劣るものではなかった」と⁽³⁹⁾。西ヨーロッパで水車、馬具、ゲルマン鋤が発明された11世紀ごろの中国は宋代にあたるが、この頃の中国では火薬、木版印刷、羅針盤などが発明されて、後にヨーロッパに伝わった。実際、当初ヨーロッパより先行していた中国の科学と技術が、何故その勢いを持続できなかつたのか、という問題は、世界史の大きな謎のうちの1つなのである。

中国の科学と技術が、19世紀以後に西ヨーロッパに比べて立ち遅れていった根本的な原因は、モキイアによれば、先ほどの「逆戻り」の第3の原因、つまり「技術の認識論的な基礎の狭さ」にあった。そして、その背景には、中国の知識人が重要視した知識の性質、さらにはそうした知識を重視する文化の問題があった。中国の教育が、ほとんど全て統治者や為政者（役人）になるためのものだったことが、根源的な問題である。ヨーロッパとは違って中国には、「役立つ知識」を教えて若者を商工業に向かわせる学校やアカデミーは生まれなかつた⁽⁴⁰⁾。

モキイアのこのような主張を理解するためには、我われは少し回り道をしなければならない。ヨーロッパ文明の基礎となる文化が古代のギリシャで花開いたように、中国では紀元前の春秋戦国時代に諸子百家が登場して中国文化の基礎を築いた。いわゆる「四書」「五経」を中心とするもので、それらが儒学の基礎となった。後には儒学に対する異端としての老子や荘子の思想が現われ、これが道教を生み出す。道教は民衆の間に広範に浸透したが、知識人たちにはほとんど顧みられなかつた。そして12世紀に南宋の朱熹が儒学を再解釈して新儒学としての朱子学の体系を完成する。そして1313年の法令によって、朱子学についての知識が、官職への登竜門としての科擧の試験の内容となる。中国では、宋、元、明、清と王朝が変わっていくが、いずれも大帝国内であり、元や清の征服王朝でも科擧制は維持された。それが廃止されたのは、実に1905年なのである。

モキイアは中国文化における科擧制度の弊害を重視する。彼によれば「中国の文化は、古典の知的伝承、その注解と哲学に依拠していたので、本質的に保守的であつた⁽⁴¹⁾。そして科擧制は、知的革新の防波堤の役割を果たした⁽⁴²⁾。したがって中国では、知的な消費者が文化を選択する自律的で競争的な市場は存在しなかつた⁽⁴³⁾。モキイアによれば、中国にも啓蒙主義は存在した。明代末期の「実学」運動がそれである。しかし、この運動も官僚のためのものであり、商工業には影響を与えなかつた⁽⁴⁴⁾。中国でも歴大な百科事典が編まれたが、その発行部数は極め

(38) Mokyr, 2017, pp. 315~317.

(39) Do., p. 290.

(40) Do., p. 295.

(41) Do., p. 308.

(42) Do., p. 304.

(43) Do., p. 310.

(44) Do., pp. 321~323.

て少なく、皇帝や高級官僚のみを読者として想定していた⁽⁴⁵⁾。そして学問は、哲学的宇宙の中に一定の予見できる秩序の存在を仮定しなかった。また、新たな機械的な道具を科学研究のために利用することもなかった⁽⁴⁶⁾。

中国文化のこのような保守的な性格とは対照的に、近世以後のヨーロッパでは「競争的なアイデアの市場」が生まれて、異端や革新的思想家が躍動した。そして啓蒙主義の思想が勝利したので、古代の古典は尊重されるにしても、古代の科学は疑わしいものと見なされていった⁽⁴⁷⁾。科学や技術についてのこのような考え方の違いは、どこから生まれたのだろうか。モキアによれば、中国の文化史の展開が異常だったわけではない。それは、偉大な文明の歴史の通常姿を代表している。むしろ、近世以後のヨーロッパの文化の方が、特別な展開を見せたのである⁽⁴⁸⁾。その要因の1つは、ヨーロッパ内部で政治的分断の状況が続いたこと。もう1つは、それにもかかわらず、ヨーロッパの知識人の間では、国境を越えた一体感が維持されてきたことである。

4 近世ヨーロッパにおける「学識の共和国」と「進歩の文化」

前述のように、モキアは産業的啓蒙主義がヨーロッパの「科学革命」の延長線上にあった、と考えている。そこで、まず「科学革命」とその文化についてのモキアの議論を検討しよう。

13世紀の西ヨーロッパでは、トマス・アクイナスがキリスト教神学とアリストテレス哲学を融合させて完成した「スコラ哲学」が、自然哲学（科学）においても正統説を提供した。しかし、その後、古代ギリシャ・ローマの多様な哲学者の教説が西ヨーロッパに紹介され、それらを学んださまざまな革新的思想家や異端が登場してくる。自然哲学についての潮流を大まかに捉えれば、それらは①アリストテレス的な有機体的科学思想、②神秘主義や錬金術に代表される「新プラトン主義」、そして③実験と数学を武器とする「機械論的哲学」に纏められる⁽⁴⁹⁾。それらのうちの①が正統説、②と③は異端なのであるが、近世になると正統説の支持母体であるカトリック教会は、異端説を抑えることができなくなってくる。

それは第1に、有機体的科学では説明できない事象が余りにも多数現われてきたからである。例えば、望遠鏡で観察された天体の動きは、地動説の正しさを証明し、空気ポンプが発明されると「真空」の存在が実証された。15世紀末から始まるヨーロッパ人の大航海は、地球が丸いということを実証し、キリスト教世界にとって未知の大陸、民族、動植物などの存在を教えた⁽⁵⁰⁾。カトリック教会が異端説を抑圧できなくなった第2の理由は、異端的・革新的な思想家たちが自由に国境を超えて移動して、カトリック教会やそれと結んだ世俗権力の抑圧から逃れることができたからである。西ヨーロッパの政治的分断状態が、各国の保守勢力による抑圧の協力体制の形成を妨げたのだ⁽⁵¹⁾。

(45) Do., pp. 332~334.

(46) Do., p. 337.

(47) Do., p. 337.

(48) Do., p. 297.

(49) Kearney, 1971、中山・高柳訳、1972年。

(50) Mokyry, 2017, pp. 145~147, 163~164.

(51) Do., pp. 166~169.

ヨーロッパ各地の知識人たちの知識・情報の連絡網は、16世紀の初めにエラスムスを中心として形成された。知識・情報はラテン語で書かれて、書簡や印刷物で伝えられた。ラテン語が知識人たちの共通語だったのである。この知識・情報の連絡網は、当時の知識人たちによって「学識の共和国 Republic of Letters」として捉えられた⁽⁵²⁾。それはバーチャルな（見えざる）大学であったが、知識人たちは大学やアカデミアに所属し、あるいは国王、貴人、富豪に保護・支援されて（パトロネジを受けて）いたので、そうした研究拠点を結ぶ国際的な組織が形成された。これらの知識人は、パトロンや研究機関から相対的に自立しており、容易に所属を変えた。「学識の共和国」はさまざまな学識の自由な交換の場であり、誰でもが自由に参入できた。そしてその成員は、他の成員からの書簡に対して返信し、発見やデータを誠実に公表し、自分の業績については先達への知的な恩義を認める義務を負っていた。そして成員の中の博識家たちが、論争を纏め上げ、あるいは新たな知見を拡散するという役割を果たした⁽⁵³⁾。このような国際的な「学識の共和国」は、近世ヨーロッパにおいてのみ成立したのであり、近世以前の世界では、他のどの地域にも存在しない特異なものであった。

ところでモキミアによれば、17世紀初めには、単なる暇つぶしのために科学研究とたわむれる上流階級の人々が現われた。これをヴァーチュオーシ *virtuosi*（単数形 *virtuoso*）という。だが、17世紀末までにはヴァーチュオーシの運動は衰退した⁽⁵⁴⁾。それは、17世紀中に「学識の共和国」の内部で、ある変化が生まれたからである⁽⁵⁵⁾。すなわち「役立つ知識」を重視する傾向が強まり、数学と実験（および実験の再生）が「役立つ知識」の確証において重視され、また「進歩の思想」が広まったのである⁽⁵⁶⁾。それは一言でいえば、ベーコン主義の浸透の結果である。

フランシス・ベーコン（1561～1626）は、科学者としては何も業績を残さなかったが、先駆者たちの思想を統合して、自然哲学を初めて進歩的で拡張的な社会制度に変えて、後世に大きな影響を与えた⁽⁵⁷⁾。ベーコンは、「役立つ知識」の増進のための正当な手段として、実験を受け入れた。そして、実験データから認識される体験的な規則性やパターンを探し出し、建設的な想像力を持って類比と推測を通して、自然史と体験的発見のギャップを埋めるべきことを提唱した⁽⁵⁸⁾。ベーコンは、科学的知識が物質的な目的のために、社会において利用され運用されなければならない、と考えた。そのために、「役立つ知識」は組織化され、調整されて累積され、人びとにとって入手可能な状態に保管されて、社会に広く分配され、利用されなければならない、と強調した⁽⁵⁹⁾。

ベーコン主義が広く受け入れられたことは、科学研究の正式な組織であるイギリスのロンドン王立協会（1660年）とフランスの王立アカデミー（1666年）の設立によって示される。ロンドン王立協会は実際には王立ではなく、ベーコンの愛弟子であるサミュエル・ハートリブと彼の仲間によって設立された。その目的は、「役立つ知識」を増進させ、正式の科学と「役立つ技芸 art」

(52) Do., p. 180.

(53) Do., pp. 189, 199～201.

(54) Do., pp. 154～155.

(55) Do., p. 186.

(56) Do., pp. 184, 213.

(57) Do., pp. 72～75.

(58) Do., pp. 73, 76.

(59) Do., pp. 77, 81.

の実践的な適用との橋渡しをすることであった⁽⁶⁰⁾。しかし、17世紀末までには、その希望と現実とのギャップが大きくなって、王立協会の研究は自然科学に集中していった。けれどもベーコン主義の精神は、18世紀のイギリスに出現した他の多くの組織の中で生き続けたのである⁽⁶¹⁾。

モキアによれば、啓蒙主義思想家のほとんどが、啓蒙主義の時代を形成した最も影響力のある思想家として、ベーコンと並んでニュートンを挙げる⁽⁶²⁾。アイザック・ニュートン（1642～1727）は、若くして実験に基づく光学の諸理論、微分・積分法、万有引力などを発見した。またこれに基づく時計仕掛けのような宇宙の概念を発表し、それらを後に『プリンキピア』（1687年）に纏めた。ニュートンは独力で、数学的モデルの演繹的な力と、実験的データと観察を重視するベーコン主義とを結びつけた。彼は、科学的知識は更新されるのであり、新たなより良い証拠が入手されるならば改訂され得る、という原則を掲げた。こうして、彼の数学的物理学は、他の科学分野の変革のためのモデルとなった⁽⁶³⁾。ニュートンは、1703年には王立協会の会長に選出され、死ぬまでの25年間、毎年会長に選出された。ヨーロッパ大陸の科学界では、18世紀初めには、ニュートン主義、デカルト主義そしてライブニッツ主義の3陣営が争っていたが、18世紀後半にニュートン主義が勝利を収めた⁽⁶⁴⁾。

ところでマーガレット・ジェイコブは、「ニュートン主義工学という形でのイギリスの科学が、直接にイギリスの工業化を育んだ」と論じた⁽⁶⁵⁾。しかしモキアは、このジェイコブ・テーゼを厳しく批判する。ニュートンの業績と工業技術の発展には直接的な関連はない。例えば、機械工学にとって必須の、運動量、力、仕事量、パワー、トルクといった概念は、18世紀末に至るまで十分に利用されなかった⁽⁶⁶⁾。モキアによれば、ニュートンがイギリス産業革命に影響を与えたとすれば、それは、ニュートンの数学的物理学が啓蒙主義の諸協会のエリート・グループに衝撃を与えて、その基本的な価値観や信条を変化させたことに求められる。モキアによれば、この時期の科学と技術の関係は非常に微妙である。彼は、科学革命と産業革命をつなぐ道は、「長くて曲がりくねっている」と表現する⁽⁶⁷⁾。

17世紀末までに「学識の共同体」は、ベーコンやニュートン以外にも、ホイヘンス、パスカル、ボイル、スピノザなどの数多くの「知の巨人」を生み出し、「アイデアの競争市場」を支える制度として自立した⁽⁶⁸⁾。モキアによれば、17世紀の「学識の共和国」は、アイデアの市場に、人間を取り巻く環境を理解し、人間のためにそれを役立てるための着想を提供することによって、「産業的啓蒙主義」のための基礎を提供したのである⁽⁶⁹⁾。

(60) Do., p. 87.

(61) Do., pp. 88～90.

(62) Do., p. 68.

(63) Do., pp. 101, 105.

(64) Do., p. 211.

(65) Jacob, 1997, p. 113.

(66) Mokyr, 2017, p. 112.

(67) Mokyr, pp. 99～100, 112～113; なお、von Tunzelmann, 1993, p. 261; von Tunzelmann, 1994, pp. 280～282; Caron, 2013, pp. 37～38 も同じ趣旨のことを言っている。

(68) Mokyr, 2017, p. 198.

(69) Do., p. 211.

5 18世紀ヨーロッパにおける「科学的事業」の展開

こうして成立した「新しい科学」は、17世紀の間に採用された一連の互いに関連する仮説に依拠していた。すなわち、物質は個々の原子ないし粒子から成る。宇宙の中ですべての動きは、一つの物体のもう一つの物体への衝撃から生じる。静止状態は物体間の接触が無いことを意味するに過ぎない。惑星から顕微鏡の中で発見される物体に至るまで、人間の目に見える物体はすべて、異なった形成の仕方によるにせよ、同じ物理的物体である。いろいろな形態と運動は、すべて数学的に表わすことができる。太陽が宇宙の中心にある。惑星は太陽の周りを回転している…。これらの仮説のうちのどれもが、聖書の記述と矛盾し、アリストテレス哲学と整合しない可能性があった⁽⁷⁰⁾。

このような「新しい科学」と技術が結合するまでの道のりは、どのように「長く」、どのように「曲がりくねっていた」のだろうか。この問題について、モキシアは明快に説明していない。しかし我われは、18世紀初めまでに「学識の共和国」において育まれた科学的知識や科学的思考、そして科学的文化が、18世紀中に企業家や熟練工に浸透していくためのさまざまな媒体が存在したことを知った。それらの媒体に最初に着目したのはマッソンとロビンソンである⁽⁷¹⁾。その後、この問題に関するさまざまな個別研究が現れたが、それらはイアン・インクスター、M・ジェイコブ、J・モキシア、L・ステュワートなどによって纏めて論じられてきた⁽⁷²⁾。それらの媒体の総体を、私は技術史家のインクスターに倣って「科学的事業 scientific enterprise」と呼びたい。モキシアのテーゼとの関連でいえば、これらの「科学的事業」こそが「産業的啓蒙」のイデオロギーを育んだのである。それらの18世紀の主な「科学的事業」は、各種の研究・教育機関、各種の印刷物と図書館、そして巡廻する講師による科学実験の実演である。

公式の科学研究・教育機関は、ヨーロッパ大陸では「アカデミア」の形態をとった。フランスでは、1700年から1776年までの間に設立された100以上のアカデミーを背景として、「アカデミアの園」が繁栄した。ドイツではベルリン・アカデミーの活動が、ドイツ諸領邦におけるアカデミーの設立によって支えられた。イタリアでは、1692年からの100年間に11の都市でアカデミーが設立された。こうして、ヨーロッパ全体で1790年までに220から250のアカデミーが存在していた。これらのアカデミーのほとんどが紀要を発行し、そのほとんどすべての頁が、新しい知識の翻訳、要約、普及に充てられた⁽⁷³⁾。

イギリスでは、スコットランドのエディンバラ、グラスゴーの両大学とイングランドの非国教徒アカデミーが科学研究と教育の中心となった。しかし、イギリスの研究・教育事業の特徴は、非公式の研究機関が続々と生まれて育ったことである。ロンドンでコーヒー・ハウスなどを拠点に科学研究を行っていたさまざまなグループは、クラブや研究会を組織していった。地方では18世紀中ごろ以後、バーミンガムのルナー・ソサイエティーをはじめとして、マンチェスター、

(70) Jacob and Stewart, 2004, p. 3.

(71) Musson and Robinson, 1969.

(72) Inkster, 1991, chapter 4; Jacob, 1997, chapter 5; Mokyr, 2009, chapter 3; Jacob and Stewart, 2004, chapter 3.

(73) Inkster, 1991, p. 35.

リヴァプール、ダービーなど、多くの都市で文芸哲学協会が設立されて成長していった⁽⁷⁴⁾。

イギリスでは1695年に検閲法が失効して、印刷業界は自由市場になった。その結果、出版物の刊行数は1620年代の10年間の約6,000点から、1710年代の約21,000点に、さらには1790年代の10年間の約36,000点へと増加し続けた。18世紀中には新たな新聞が続々と発行され、1800年ごろには1週間で約40万部の地方新聞が発行された。18世紀初めには『レビュー』『タトラー』『スペクテーター』などの雑誌が発刊されたが、1800年ごろには『ジェントルマンズ・マガジン』をはじめとする雑誌や各協会の紀要を含めて、発行される定期刊行物は250種類にも上った。1774年には著作権法が成立して、地方都市にも出版社が生まれた。18世紀中頃には「作家」や「批評家」という職業が成立し、哲学者が学識者 *men of letters* として在野で活躍するようになった。こうして印刷物は、啓蒙主義的な見解と価値観を普及させるためのエンジンとなったのである⁽⁷⁵⁾。

18世紀初めから、出版社が百科事典編纂の企画を提示し始めたが、最初に編纂された百科事典はジョン・ハリスの2冊本の『技術レキシコン』（1704年）であった。1728年にはエフレイム・チェインバースが編纂した『百科事典』が刊行された。ハリスもチェインバースも共に、王立協会の会員であった。M・ジェイコブとL・ステュアートによれば、フランスのディドロたちによって1751年から1772年にかけて執筆・出版された『百科全書』はチェインバースの『百科事典』を手本としていた。イギリスではフランスの『百科全書』に対抗して『ブリタニカ百科事典』が編纂されて、1787年から1797年までに出版された⁽⁷⁶⁾。モキアは百科事典が「役立つ知識」へのアクセス・コストを大幅に低減させた、という⁽⁷⁷⁾。百科事典は、もちろん、ヨーロッパの各国で設立された図書館に所蔵されることによって、利用されたのである。なお、ポーターによれば、『ブリタニカ百科事典』は1787年から97年までに約1万部印刷されたが、イギリスの3倍の人口を持つフランスで、同じ時期に『百科全書』は約4,500部しか印刷されなかった⁽⁷⁸⁾。このことは、「役立つ知識」への関心の大衆への広がりやの両国の違いを、如実に表わしている。

18世紀のイギリスでは、科学者たちが実験器具を持ち歩いて各地の科学協会や科学クラブを訪れて、さまざまな実験を行なった。彼らは、それによって多額の報酬を得た。M・ジェイコブとL・ステュアートは、実験が科学をエリートのものから大衆のものに変えていった、と考える⁽⁷⁹⁾。巡廻科学実験講師として有名なのは、次のような人々である。まず科学者で天文学者のジェイムズ・ホジソンは、グリニッジの王立天文台の研究員の職を1704年に辞し、数学講師と巡廻科学実験講師として身を立てた。彼はフランシス・ホークスビーやジョン・ローリーらの器具製造職人に依頼して、空気ポンプ、顕微鏡、望遠鏡、気圧計、温度計、静水秤、プリズムといった科学実験器具を作ってもらい、それらを携えて、ロンドンの科学同好クラブや科学協会の会場で実験を披露して、人気を博した⁽⁸⁰⁾。

(74) Do., pp. 35~36; Jacob and Stewart, 2004, pp. 37~49; Mokyr, 2009, pp. 47~59.

(75) Porter, 2000, chapter 4. モキアによれば、「科学・技術・医学」関係の本の出版件数は、1710年代の年平均61点から、1750年代の年平均109点、さらに1790年代の年平均269点へと増加した (Mokyr, 2009, pp. 46~47)。

(76) Jacob and Stewart, 2004, pp. 51~55.

(77) Mokyr, 2002, p. 67.

(78) Porter, 2000, p. 92.

(79) Jacob and Stewart, 2004, p. 62.

(80) Do., pp. 76~77.

ケンブリッジ大学でアイザック・ニュートンの後任として天文学を教えたウィリアム・ウィストンは、イングランド国教会の教義に対して疑問を呈したために大学から追放されて、1712年に巡回科学実験講師に転じた。ウィンストンも、ロンドンの各地の講演会場を拠点として、1752年に亡くなるまで科学実験と講演を続けた⁽⁸¹⁾。

科学実験講師として最も成功したのは、亡命ユグノーの子孫で国教会聖職者でもあったJ・ドゥサグリエであった。彼はオックスフォード大学のジョン・キールの下でニュートン科学の実験方法について学び、1713年にはロンドンに移って王立協会の実験学芸員の職に就いた。しかし彼は、王立協会のためよりは、むしろ在野の科学愛好者のために数多くの実験と講演を行なった。彼はチャンドス侯爵のパトロネジを得て、光学や力学を中心とする数多くの実験を考案して、数百回もの実演を行なった⁽⁸²⁾。これらの科学実験講師たちは、科学者としては一流ではなかったが、科学を大衆化する上で大きな役割を果たしたのである。

巡回科学実験講師の活動は、イギリス領アメリカ植民地にまで及んだ。のちにアメリカ合衆国の独立宣言の起草に参画することになるベンジャミン・フランクリンは、1746年にボストンに赴いた時、イギリスから来た巡回科学実験講師であるスコットの電気の実験に魅せられた。スコットもロンドン王立協会の正式な会員であった。フランクリンはスコットから実験器具のすべてを買い取って、電気の研究に夢中になり、さまざまな実験を行なった。特に有名なのは、稲妻が放電現象であることを発見して、これを瓶を使って実証したことである。フランクリン自身も電気に関する実験研究の功績によって、1756年に王立協会の会員に選ばれた⁽⁸³⁾。

産業革命期のバーミンガムの科学・技術文化を研究したP・M・ジョーンズは、1760年代に少なくとも4名、70年代には7名、80年代には14名の巡回科学実験講師がバーミンガムを訪れ、1791年のバーミンガム暴動以後は激減した、という⁽⁸⁴⁾。ジョーンズによれば、18世紀後半には特に電気と気球についての科学的知識が普及して、電気の実験と気球の飛翔が大流行した⁽⁸⁵⁾。したがって、巡回講師たちの科学実験は、産業革命当時でも、いまだに「見世物」としての色彩が強かったのだ。ジェイコブとステュワートは、巡回科学実験講師たちがイギリスの工業化の開始期に、自然哲学者と産業現場の職人たちの間を橋渡ししたというが⁽⁸⁶⁾、このような見解には無理がある。

6 イギリス産業革命期の技術と科学

産業革命とは何か。モキアによれば、さまざまな研究者がこの問いに対してそれぞれの解釈を示してきたが、それらは主に4つの学派に分類される。第1に、「成功した革新の連続」という技術史的な解釈。第2に、工場制の成立を中心とする資本主義的な社会の成立の画期と見る解釈。第3に、持続的経済成長の開始の画期と見る見方。第4に、産業革命の概念そのものを否定

(81) Do., pp. 78~80.

(82) Do., pp. 80~83.

(83) 山本、2017, pp. 56~57; Mokyr, 2007, pp. 50~51.

(84) Jones, 2008, p. 73.

(85) Do., pp. 76~80.

(86) Jacob and Stewart, 2004, p. 97.

する見方である。マルクス主義的な経済史学が主流である日本の学界では第2の見方が一般的だが、モキアは第3の学派に所属しているようである。モキアは言う。「幾人かの学者は『誤った命名』というけれども、『産業革命』という概念はイギリスと世界の経済史の必須の概念として残るだろう。それは…より広範な社会変化に連なる近代的経済成長の、今もなお発展を続けるドラマの幕開けだった⁽⁸⁷⁾」。そして「産業革命の最良の定義は、工業的技術を経済的变化の主要な原動力の位置に据えた一連の出来事、である⁽⁸⁸⁾」と。モキアは「産業革命」の時期については何も語っていないが、いろいろな個所の叙述から推測すると、一般的に採用されている「1760年頃から1830年頃まで」とみなしているようである⁽⁸⁹⁾。

モキアによれば、科学革命と産業革命の関係については、研究者たちの間に意見の一致が見られない。例えばマッソンとロビンソン（そしてインクスターとマーガレット・ジェイコブ…山本の追加）は、イギリス産業革命期における産業技術の知識の展開にとって「科学」が旋回軸となったと考える。しかし他の多くの研究者は、これを否定する⁽⁹⁰⁾。モキアは、これら二つの立場のいずれもが、問題の核心を捉えていない、という。そして、「産業的啓蒙主義」が「科学革命」と「産業革命」をつなぐ役割を果たした、という。つまり、「産業的啓蒙主義」のイデオロギーの担い手たちが、「科学革命」から科学的方法、科学的心性、科学的文化を受け継いで、産業革命期の生産現場の企業家や職人たちに伝える役割を果たした、という⁽⁹¹⁾。これはどういう意味なのだろうか。私はモキアの説明には説得力が不足している、と感じる。それは、「産業的啓蒙」が「科学革命と「産業革命」を「どのように」繋いだのか、という問題の説明が不十分だからである。そこで我々は、この論文の残りの部分で、産業革命期における科学と技術革新の関係の問題を、丁寧に検討していきたい。

産業革命期において急速に発展したのは、綿工業と製鉄業であり、その発展を支えたのは機械工業である。これらの工業分野の発展をもたらした技術革新は、ほとんどが「職人の才知と手先の器用さ」によって生み出されたのであり、科学的研究の成果ではなかった。

インド産の木綿は17世紀からイギリスに輸入されたが、これに対するイギリス人の需要が急増したので、原料である綿花を海外から輸入して、国内で綿糸や綿布を量産するための試みが、イギリスの職人たちによって行なわれた。自然素材を使う繊維工業は大体、準備工程、紡績工程、

(87) Mokyr, 2009, p. 144.

(88) Do., p. 5.

(89) 1760年にジョージ3世が連合王国の王位に就き、1830年にはウィリアム4世が即位した。「産業革命」は社会経済的な用語あり、時期を特定し難いので、「産業革命」という語をアカデミックな世界に導入したアーノルド・トインビーも、この語を定着させたT・S・アシュトンも、産業革命の時期を便宜上、1760年頃から1830年頃としている。ただし、トインビーは「産業革命」期に社会経済のありさまが激的に変化した、と主張したのに対して、アシュトンは変化の連続性と緩やかさを強調した。その後の研究の進展により、現在では後者の見解の正しさが確認されている。本文中の4つの立場のうちの最初の3つは、社会経済の量的な変化の緩慢さにもかかわらず、この時期に社会経済の質的な変化があったことを認めようとするのである。実際、1800年頃までには、工場や工業生産の増加、輸出入額の増加、道路や河川・運河の交通量の増加、人口の地方産業都市への流入と都市の住環境の悪化などによって、当時の人々自身が社会経済の大きな変化に気づくようになったらしい。

(90) Mokyr, 2002, p. 34.

(91) Do., p. 36.

織布工程、そして仕上げ工程から成る。綿工業では紡績工程と織布工程の技術革新が全体を主導した。1767年にジェニー紡績機を発明したハーグリーブズも、1769年に水力紡績機を発明したアークライトも、1779年にミュール紡績機を発明したクロンプトンも、1785年に力織機を発明したカートライトも、道具や機械の仕組みを考えることに長けた職人であった。ハーグリーブズは、もともとキャリコのプリント業者ピール家の下請けとして、家内労働で手紡を営んでいた。アークライトは鬘かつらの製造販売業を営んでいた。クロンプトンはモスリン工場の職工であった。そしてカートライトは国教会の牧師であった。産業革命期の綿業の紡績と織布の技術は、1825年頃の自動ミュールと改良型力織機の発明によって頂点を迎えるが、これらを発明したりチャード・ロバーツは、ロンドンの機械製造業者モズリーの下で修業を積んで機械製造業者になった人であった⁽⁹²⁾。このような技術革新の結果、1760年において約174万重量ポンドに過ぎなかったイギリスの原綿消費量は、1830年には約2億4,800万重量ポンドへと約143倍に増加した。ただし、仕上げ工程では、産業革命期に化学反応を利用した塩素やアルカリ系の漂白剤が発明された。これは科学的知識に基づく発明であった⁽⁹³⁾。

鉄鉱石を炉の中で熱して銑鉄を取り出し、次に銑鉄を鍛造して錬鉄を取り出すという2段階から成る間接製鉄法は、15世紀頃ドイツで開発されてヨーロッパ中に広がったらしい。イギリスではその燃料の木炭が18世紀初めまでに枯渇したが、1709年にエイブラハム・ダービー1世がコークス（石炭を蒸焼きにしたもの）による製銑に成功した。彼はモルト製造業で徒弟として修業した時に修得した技術を、製銑工程に応用したのであった。コークス製銑法は、1750年代からイギリス中に広がっていった。コークスは木炭と違って型崩れしないので、製銑炉を大型化することができたが、炉内で高温を保つために使われた木製の轆ふいごは水車の力で動かされた。これも、在来の技術の応用であった⁽⁹⁴⁾。1828年にはガス会社のエンジニアであったニールソンが熱風炉法を発明して、製銑の高率を高めた。イギリスの銑鉄生産量は1720年には約2万5,000トンであったが、1806年には約24万トン、1852年には約270万トンに増加した。

製錬工程では、産業革命の初期には、蜂の巣型の製錬炉に挿入した銑鉄を高温で熱しながらかき混ぜて、銑鉄内の炭素を逃がして鉄の組成を変えるという方法が用いられていた。炉は小型であり生産性が低かった。しかし、1784年にはパドル法が、ポーツマス海軍工廠の御用商人であったヘンリー・コートによって発明された。これは反射炉の輻射熱を利用して、銑鉄を石炭に接触することなく熱しながら攪拌する仕組みであった。反射炉による金属の精錬は鉄以外で以前から行なわれていた。コートはこれを応用したのだ。しかしパドル法には、予熱工程が不可欠である

(92) 荒井・内田・鳥羽（編）、1981、154頁。本書の第1章「回顧と展望」、第2章「紡績業の発明と工場の成立」、第3章「石炭と蒸気機関」、第4章「鉄と機械」は内田星美によって執筆され、第8章「技術の波及」は種田明によって執筆されている。

(93) 18世紀には一般に野天漂白法が行なわれていたが、19世紀に入ると、炭酸ソーダや苛性ソーダ、さらには晒粉が利用されるようになった。イギリス人科学者ローバックは、1746年に鉛室法を発明して硫酸の生産を開始した。フランス人科学者のルブランは、1791年に食塩を硫酸と食塩で処理して炭酸ソーダを得る方法を発見した。1777年にスウェーデン人の薬学者シェーレは塩素ガスを発見した。塩素は、食塩に硫酸を注いで塩酸を発生させ、これを二酸化マンガで分解した。1798年にはイギリス人テナントが、塩素を石灰に吸収して晒粉をつくる方法を発見した（荒井・内田・鳥羽（編）、1981、61～67頁）。

(94) Trinder, 1974.

などの、さまざまな問題があり、なかなか実用化されなかった。それが可能になったのは、南ウェールズのクロウシェイ製鉄所での熟練工たちの試行錯誤の結果だと言われる⁽⁹⁵⁾。このように、産業革命期の製鉄業の技術革新も、科学ではなく、さまざまな職人的技芸を応用したものであった。

綿工業や請調業の大発展を支えたのが、機械工業である。機械は、大きく分けて、動力機械、伝導機械、作業機械、工作機械に分かれる。綿工業の作業機については既に述べた。

産業革命の初期に用いられた動力機械は水車であり、18世紀末に蒸気機関が発明された後にも、さまざまな改良が加えられて19世紀中頃まで広く用いられた。蒸気機関は、鉄製のシリンダーの中に水蒸気を注入し、次に一挙に冷却するという方法で真空を作ることによって、シリンダー内のピストンを前後に動かし、これを伝導機械であるクランク機構によって回転運動に変えるという仕組みから成っている。真空や大気圧の原理そのものは17世紀のイタリアやドイツの科学者たちによって解明されていた⁽⁹⁶⁾。しかし、これが回転式蒸気機関の発明に繋がるまでには、フランスやイギリスの多くのエンジニアの試行錯誤の長い歴史があった。回転式蒸気機関は1780年頃に3名のエンジニアによって、次々に別個に発明された⁽⁹⁷⁾。ウォットの発明はその最後のものであるが、彼の名前だけが今日まで語り継がれているのは、彼がマシュー・ボウルトンと共同で始めた蒸気機関製造事業が成功したからである。

このように、蒸気機関については、根本的なところでは科学と技術が繋がっているが、科学的知識が拡充したから技術が進歩したわけではなく、職人やエンジニアの創意工夫の努力が技術進歩をもたらしたのである。回転式蒸気機関の発明の次に起こった大きな発明は、可動式高圧機関の発明である。これは18世末に、コーンウォール出身のリチャード・トレヴィシックによって行なわれた。トレヴィシックは初等教育しか受けたことのない独学のエンジニアであった⁽⁹⁸⁾。

産業革命の前半期においては、工場主は適宜、大工、指物師、時計技師、水車大工などを雇い入れて、木材と鉄を使った機械を手作りさせていた。しかし、木製機械は摩滅しやすいので、全鉄製機械への需要が急速に高まってきた。そこで18世紀末以後、全鉄性の機械を作るための機械、すなわち工作機械が製作されるようになった。工作機械の基礎は、ろくろの原理を応用した旋盤や中削り旋盤、かんなの原理を応用した平削盤などである。工作機械は、そのような作業を一定の速度で正確に繰り返して続けるものでなければならない。したがって、機械製作者たちは、それらに実にさまざまな工夫を加えていった。こうして工作機械工業は、産業革命期のイギリスで、世界で最初に確立したのである⁽⁹⁹⁾。

産業革命期のさまざまな発明の中で、科学的知識を直接に利用したものは、冶金や漂白剤製造などの分野に限られていた⁽¹⁰⁰⁾。したがって、産業革命期の科学と技術との関係については、フォン・トゥンゼルマンの次のような総括が、適切であると思われる。すなわち、「たしかに、

(95) 荒井・内田・鳥羽（編）、1981、131～134頁。

(96) 同上、94頁。

(97) 大河内、1978、66～67頁。

(98) 湯沢、2014、98～112頁。

(99) 荒井・内田・鳥羽（編）、1981、140頁。

(100) 繊維の漂白剤については、Musson, and Robinson, 1969, chapters VII, VIII；荒井・内田・鳥羽（編）、1981、61～67頁；冶金については Jones, 2008, pp. 130～135 を参照せよ。

18世紀においては、産業革命の初期においてさえ、重要な技術革新の多くは、自然科学の知識とは関係なく遂行された。しかしながら、科学と技術は無関係であったわけではない。イギリス産業革命期の科学と技術に関しては、経済史家や技術史家は次のような一致した見解を持つに至っている。つまり、演繹と実験を柱とする科学研究の方法が18世紀の技術研究の方法に浸透したこと。そして、科学的器具が熟練職人の技で作られ、また、逆に科学的器具が産業会に取り入れられる、といった、基礎的で間接的な意味で18世紀の科学と工業技術が関連しあっていたのだ⁽¹⁰¹⁾」。

7 「産業的啓蒙」論の知識論的な基礎

それでは産業革命以後のイギリスにおいて、さまざまな産業分野で技術革新が目覚ましい勢いで展開したのは何故なのか。それは、モキアが想定するように、技術の基礎となる科学的知識が拡充したからではない。それはもう少し後のことである。例えば、18世紀には電気についての研究が盛んに行なわれたが、それらが産業技術として実を結ぶのは、19世紀末の「第二次産業革命」においてであった。すなわち、弱電分野で1895年にイタリア人科学者マルコーニが無線電信を発明し、強電分野で1866年にドイツ人ジーメンスが発電機を、1879年にアメリカ人エジソンが白熱電灯を発明してから、電気工業が発展したのだ。

結論を先取りして言えば、産業革命とそれ以後のイギリスの技術革新の進展は、モキアが言うように科学的知識が拡充したからではなく、むしろ、カロンのいわゆる技術の「暗黙知」の「形式知」および「体系知」への転換が容易になったからである。そして、その転換を容易にしたのは、科学的方法と心性が企業家や職人層に浸透するような文化が18世紀のイギリスで形成されていたからである。つまり、生産現場で親方や熟練職人から手振り身振りで教えられていた技芸そのものと、それに関連する知識が、豊富な印刷物（辞典、書籍、雑誌など）の学習などによって習得されるようになってきたのだ。

このことを端的に表わすのは、「エンジニア」と呼ばれる人々の出現である。種田明によれば、18世紀中頃から、イギリスとフランスでは非軍事的技術者を一般に「エンジニア」と呼ぶようになった⁽¹⁰²⁾。「エンジニア」とは誰か。それは一言でいえば「知識人 savants と手工職人 fabricans の両方の人格を併せ持った人物」である。産業革命期のイギリスには、このようなタイプの人物が多数出現した。

エンジニアは主に機械工業の分野から出現した。機械の作成は、設計、工作、組立の3段階から成る。このうち、工作には高度な手工的熟練が必要とされるが、設計には座学的な教養が要求される。内田星美によると、1800年前後になると、製鉄業者の副業でもなく、旧来の手工職人でもない機械製作工場が、少なくともイギリスで4カ所出現していた。第1がボウルトン＝ウォットのソーホー工場、第2がリーズのフェントン＝マレーの工場、第3がロンドンのブラマの工場、第4がロンドンのモウズリーの工場である⁽¹⁰³⁾。これらの工場の創始者たちは、すべて、旧来の手工的職人から出た⁽¹⁰⁴⁾。

(101) Tunzelmann, 1993, p. 261; von Tunzelmann, 1994, pp. 280~282.

(102) 荒井・内田・鳥羽（編）、1981、291頁。

(103) 同上、142~143頁。

イングランド中部の製鉄と金属工業の中心地バーミンガムの西郊に位置するソーホー製造所 *manufactory* は、1761年にマシュー・ボウルトン（1728～1809年）によって金属小物製品を大量生産するために設立された。ボウルトンは14歳で初等教育を終えた後、独学で数学や科学の勉強を始めた。そして17歳で父の下で金属加工の現場教育を受け、高度な技術を身に付けて21歳で父の共同経営者になった。そして婚姻を通してかなりの財産を手に入れて、ソーホー製造所を設立した。彼は金属の打ち抜き加工、圧延と「やきなまし」について実験を重ね、研究者仲間と情報を交換しあった。そして1775年に31歳になったボウルトンは、「分離凝縮器付き蒸気機関」の特許を取得したジェイムズ・ウォットとパートナーシップを組んで、蒸気機関製造事業に進出した。ボウルトンは、このように知識人と手工職人の性格を併せ持ったエンジニアであり、科学者でもあった⁽¹⁰⁵⁾。

ジェイムズ・ウォット（1736～1819年）もエンジニアの典型である。彼の父はスコットランドで儀装業と貿易業を営んでいたが、ジェイムズは20歳代で首都ロンドンに出て、大工の徒弟になって手工の職人の技を習得した。しかし他方では、数学、製図、力学などを独学で学んだ。象嵌儀、地球儀、楽器なども製作し、1760年代には電気工学や蒸気工学も学んでいた。その後、グラスゴー大学で工具製造助手の職を得て、そこでニューコメン気圧機関を改良した「分離凝縮器付き蒸気機関」を発明したのである⁽¹⁰⁶⁾。

第2のマレーの工場は1795年に創業され、繊維機械や蒸気機関を製作した。マシュー・マレー（1765～1826年）はイングランド北東部のニューカッスル・アポン・タインの生まれで、村の学校を卒業すると鍛冶職人の徒弟となり、その後は遍歴職人として各地を転々とした。そしてイングランド北東部の繊維工業地域の中心都市リーズで亜麻紡績を機械化しようとしていた工場主マーシャルによって機械の設計・製作のために雇われた。1797年には独立して、マーシャルの紡績工場に隣接して機械製作および修理の企業を友人とのパートナーシップで創立した。蒸気機関については、低圧機関を小型化して建物の中に設置しやすくし、ウォットの回転式蒸気機関と市場シェアを争った。また、トレヴィシックの注文に応じてボート用の高圧蒸気機関を製作し、ブレンキンソップからの依頼を受けて蒸気機関車サラマンカ号を製作した⁽¹⁰⁷⁾。

第3のジョーゼフ・ブラマ（1748～1814年）の人と業績については、内田星美が次のように簡潔に紹介している。「（イングランド北東部の）ヨークシャーの生れであるが、首都ロンドンに出て指物師の親方になり、その後は錠前や水洗便所など、都市の技術的ニーズに合わせた数かずの発明を行なっているうちに、機械工場長となっていった人である。ブラマが発明し製作販売した機械には、製紙機械、ビールの自動注機、万年筆製造機、紙幣番号印刷機、鉛管引伸機などがあるが、後世の機械工業に最大の影響を与えたのは、1795年に発明した水圧機である」。これは、織物の梱包や油絞りに使われた⁽¹⁰⁸⁾。内田によれば水圧機は、1650年にパスカルが発見した「連

(104) 同上、146頁。

(105) Jones, 2008, pp. 49～53, 117～119；山本、2017、237～240頁。ボウルトンは1770年代に設立された「ルナー・ソサイエティー」の中心人物であり、月1回のその会合は彼の館で開かれた。またボウルトンは、1785年に王立協会の会員に加えられた。

(106) Jacob, 2014, pp. 28～29；Jones, 2008, pp. 120～122；山本、2017、240～241頁。

(107) 荒井・内田・鳥羽（編）、1981、113、114～146頁；Lines, 1990, p. 143；湯沢、2014、121～122頁。

(108) 荒井・内田・鳥羽（編）、1981、147頁。なお、Lines, 1990, p. 25も参照。

続した液体の表面の圧力はどこでも等しい」という原理を応用したものであった。カロンによれば、水力学は幾何学と応用数学を基礎とするのであり、18世紀の水力学の発展を担ったのは、主にフランスのエンジニアたちであった⁽¹⁰⁹⁾。プラマの発明は、フランスとイギリスのエンジニアたちの試行錯誤から学んだ知識に基づくものだったのだろう。

第4のヘンリー・モウズリー（1771～1831年）は、ウールウィッチ兵器廠の職工であったが、機械製作の類まれなる腕を見込まれてプラマによって職長として雇われた。その後、1797年に独立してロンドンで機械製作企業を設立した。まず、ポーツマスの海軍工廠のために、種々の木製ブロックの加工機を製作した。彼は、精度の高い作業を可能とするスライドレスト付きねじ切り旋盤や鉄平削機などの工作機械を発明して、さまざまな注文に応じて機械を製作した。特に有名なのは、彼が船舶用のスクリューの改良に大いに貢献したことである。1820年には彼の工場の従業員数は約200名になった。前述の繊維機械発明者のロバーツや、1849年に蒸気ハンマーを発明したジェイムズ・ネイズミス（1808～1890年）、そして繊維機械の改良に貢献したウィリアム・フェアベアン（1789～1874年）やジョーゼフ・ホイットワース（1803～1887年）はモウズリーの弟子であった。ロンドンのモウズリーの工場はエンジニアたちの養成所としての役割を果たしたのである⁽¹¹⁰⁾。

このように、徒弟修業の後に職人になり、さらに理論を学習してエンジニアになった例は、産業革命期には非常に多い。その証左となるのが、1754年の技芸協会 Society of Arts の設立や1818年における王立エンジニア研究所 The Institution of Royal Engineers の設立である。前者は1784年までに200名以上の発明家を表彰した⁽¹¹¹⁾。また、1790～1799年の間に特許権を獲得した人は602名であったが、その内の48%にあたる289名は、インクスターが「スキルド・トレイズマン」と命名する、熟練技術を持った企業家であった⁽¹¹²⁾。彼らは、徒弟修業を行なった上で、技術的な理論を学んで発明を成し遂げ、その発明を元手にして企業家になったのである。

産業革命期にエンジニアや「スキルド・トレイズマン」が発生したのは、「科学的事業」が急速に発展を遂げた結果である。このことを、イギリス綿工業の中心都市であるマンチェスターについて確認しよう。マンチェスターでは、成功した実業家たちが中心となって、1781年にマンチェスター文芸哲学協会 MLPS が設立された。発起人の大多数は、科学と技芸を産業に役立てることを目指していた。次いで1783年には技芸科学カレッジが設立されたが、その学長と8名の理事および講師陣は、すべて MLPS のメンバーであった。1786年にはマンチェスター・アカデミーが設立された。これは廃校になったウォリントン・アカデミーから約3,000冊の本を受け継ぎ、非国教徒の実業家たちの努力によって設立された。1798年までの入学者の総数は137名であり、その内の89名は卒業後に実業界で活躍することを希望していた。中等教育レベルでは、マンチェスター・グラマー・スクールや、その他多くの私立の数学教育を専門とする学校が設立された⁽¹¹³⁾。

マッソンとロビンソンは、18世紀末には、ケイレブ・ロスマン、ジョン・ウォーター、ジョ

(109) Caron, 2013, pp. 72～74.

(110) Musson and Robinson, 1969, p. 66；荒井・内田・鳥羽（編）、1981、148～153頁；Lines, 1990, p. 135.

(111) Mokyr, 2002, pp. 43～44.

(112) Inkster, 1991, pp. 83～84.

ン・バンクスなど数多くの巡廻実験講師が産業革命期のマンチェスターを訪れたことを明らかにし、それらの講演のいくつかの内容を紹介している⁽¹¹⁴⁾。これらの講師たちは、たいていの場合、その講演内容を印刷物にして紹介した。彼らの学歴や出自はさまざまだが、そのほとんどが、産業の実践への関心を持っており、主たる職業として腕時計製造や数学器具製造に従事する者もいた⁽¹¹⁵⁾。

産業革命期のイギリスでは、科学や技術に関する書物や辞典が多数出版されたが、マンチェスターでは、それらを所蔵する図書館としては、1653年に開設された無料の公設図書館であるチェサム図書館があった。しかし、それ以外に3つの図書館が産業革命期に設立された。MLPS 付属図書館、1757年設立のマンチェスター商業取引所付属図書館、そして1792年設立のマンチェスター読書協会図書館である。これらはいずれも会員制図書館であった⁽¹¹⁶⁾。

イギリスの科学的事業は、産業革命の後にも成長していった。インクスターによれば、非国教徒アカデミーと講演協会や討論グループの初期のネットワークが、1820年代、30年代に広い社会グループを統合して、巨大な情報システムを生み出していった。例えば、イングランド北西部の港湾都市リヴァプールでは、1850年に商工業者、職人、熟練工を対象としたフォーラムが39も存在し、その内のいくつかは、受講・議論会員が500名を超えていた。そして、1850年頃のイングランドとウェールズ全体では、約1,020の科学・技術協会が存在していた。それらの協会の内の72%は商工業者、職人層と熟練工を会員対象にしていた。その種の協会の会員総数は全国で20万人ないし40万人に達した⁽¹¹⁷⁾。

以上のように、産業革命以後のイギリスにおいて、さまざまな産業分野で技術革新が目覚ましい勢いで展開したのは、産業発展に資する「役立つ知識」を拡充するための「科学的事業」が急速に展開したからであった。その具体的な内容は、技術の基礎となる科学的知識が拡充したからというよりは、むしろ技術的な「暗黙知」の「形式知」や「体系知」への転換を容易にさせる「科学的事業」の展開の所産だったのである。

ところで、これに関連して考えるべきもうひとつのテーマがある。それは、産業革命期における特許制度の役割である。何故なら、特許制度は技術的な「暗黙知」を「形式知」に変えるものでないにしても、隠匿される可能性のある技術的知識を形式化して公開するものだからである。

近代の発明特許制度の本源的目的は、技術の社会的移転の促進にあり、この目的の達成のために、原発明者の権利を保護することが、特許制度の第二の目的となった⁽¹¹⁸⁾。しかし、国によって、また時代によって、特許制度の内容は異なっていた。イギリスの特許制度の起源は、国王ジェームズ1世治世下の1624年に発布された「独占大条例」の第6条（適用除外条例）に求められる。これはヨーロッパの他の国々よりもずっと早い。しかしイギリスの特許制度は、国家が発明家の権利を認めて登録を強制するだけで、その評価を避けた、という点で特異であった。つまり、特許認可を得るために法務官への提出を義務付けられた発明明細書は簡単なもので良かった

(113) Musson and Robinson, 1969, pp. 89~95, 113~115.

(114) Do., pp. 101~108.

(115) Do., p. 109.

(116) Do., pp. 111~113.

(117) Inkster, 1991, pp. 78~80.

(118) 大河内、1992、129頁。

ので、発明家の権利は充分には守られなかった。しかも、申請手続は煩雑で、必要経費が多額で、特許権防衛のための訴訟も煩わしかった⁽¹¹⁹⁾。だから、発明家が自分の発明を隠匿する傾向は続いた。実際、1851年の第1回世界万博には、6,377点の発明が展示されたが、その内で特許登録されていたのは、わずかに11.1%の708点に過ぎなかった。特許制度が抜本的に見直されたのはこの博覧会の直後であり、1852年の「発明特許法改正法」とその翌年の「特許、工業意匠および商標法」によって、特許制度の管理運営は合理化され、発明家の申請は容易になり、またその権利は十全に守られることになった。このように、イギリスの特許法には多くの不備があったけれども、特許認可数は18世紀前半の年平均287件から、18世紀後半の年平均1,715件、19世紀前半の年平均11,981件へと急激に増加しつつあった。このことは、産業革命期以後の発明行為の爆発的な増加を裏付けているのである⁽¹¹⁹⁾。

おわりに

「啓蒙主義」のイデオロギーは、19世紀のヨーロッパでは支持されなくなった。その直接の原因は、フランス革命、特にその1792～94年のジャコバン派の支配下での「恐怖政治」が「啓蒙主義」の産物であるという保守的な議論が拡散したことである⁽¹²⁰⁾。イギリスでは、フランス革命の大義を支持したバーミンガムの啓蒙主義者たちの邸宅が民衆に襲われる「バーミンガム暴動」が、1791年に起こった。そして、啓蒙主義者ジョーゼフ・ブリーストリーはアメリカ合衆国に亡命した⁽¹²¹⁾。「啓蒙主義」のイデオロギーは19世紀には分解して、「民主主義」「合理主義」「功利主義」などに断片化していった。しかし「啓蒙主義」とその一部分である「産業的啓蒙」の精神は、その後も生き続けてきたのである⁽¹²²⁾。

最後に、モキアの「産業的啓蒙主義」のテーゼの検討という我々の課題からは逸脱するが、イギリスの科学・技術教育が、欧米諸国のそれらと異なった特徴を持っている、という重要な問題について、述べておきたい。

すでに見たように、18世紀のイギリスでは、国家は科学的事業にほとんど関与しなかった。そして、1780年頃からは、文芸科学協会や非国教徒アカデミーは、その内部に、もっと多様な社会的グループを含むようになり、科学的事業は加速度的に大衆化していった。ところが、同じ18世紀のフランスでは、科学は国家と密接に結びついていた。フランスでは、科学研究はブルジョワ的で自覚的なエリートたちによって担われた。1793年にはポリテクニク *Ecole Polytechnique* が創立され、19世紀初めにはフランスはヨーロッパの科学研究の覇者に躍り出た。ポリテクニクの卒業生たちは国家の官僚制機構に組み込まれ、高い給与と年金を保証された。だから彼らは、自分たちの研究成果を大衆に普及させたり、工業活動に適用する、という動機を持たなかった。科学研究の発展の受益者はフランス国家自身であった⁽¹²³⁾。

(119) 大河内、1992、第5章；Mokyr, 2009, pp. 403～410。

(120) もちろん、このような解釈は偏っている。18世紀の啓蒙主義と革命や暴動との関係については、Outram, 1995, chapter 8 が詳細に検討している。

(121) バーミンガム暴動については、Jones, 2008, pp. 188～96 を参照せよ。

(122) 第二次世界大戦後、科学・技術の発展による核兵器の開発や地球環境の破壊といった問題に直面して、「ベーコン主義」に対する再検討が始まった。例えば、佐々木、2011を見よ。

機械工業についていうと、イギリスの機械工業は経験的知識の発展に大いに依拠したのだが、フランスでは、理論的な機械工学の基礎の上に応用工学が展開した、といわれる⁽¹²⁴⁾。そして、イギリスのような分厚い熟練工やエンジニアの社会層を持たない国々では、フランスを真似て、国家の主導の下で科学技術教育のための機関が「上から」創出されていった。例えばドイツでは、諸領邦国家で高等技術学校 Technische Hochschulen が設立された。

しかし19世紀には、新しい技術分野が登場して、旧来の技能が役立たなくなるという事態が進んだ。例えば造船技術についていえば、19世紀中頃には旧来の帆船に代えて、小さな帆をたくさん張る高速帆船フリッパーが「七つの海」を制覇したが、まもなく外輪を蒸気機関で動かす鉄製の大型船が登場した。そしてさらには、外輪に代えてスクリューを用いる鋼鉄製の蒸気船が登場した。製鉄業においても、1856年にベッセマー転炉製鋼法が発明されて、鋼鉄の大量生産が可能になった。すると、これを凌駕する新たな製法が次々に登場してくる。1860年代にはジーマンス＝マルタン平炉製鋼法、1870年代にはトマス＝ギルクライスト塩基性転炉製鋼法、さらにそれに続いて塩基性転炉製鋼法が発明された。こうして、鋼鉄生産量は飛躍的に増加していった。

さらに重要なことには、19世紀の後半に、自然科学の発展を基礎とした新しい製品が産業界に続々と登場してきた。例えば、磁界の発見から発電機や電動機が発明され、電磁波の研究から無線電信の技術が開発され、応用化学の分野では化学染料、化学肥料などが開発された。モキエアのいう「命題的知識の拡充を基礎とする規範的知識の展開」の時代が、ここに始まったのである。

19世紀後半以後の科学技術の新展開の局面に対応して、各国の政府は素早く対応していった。フランスでは、1829年に開設された「エコル・セントラル」が1857年に国立に改編されて、科学的知識の産業への適用を指導する役割を担うようになった。19世紀末のドイツでは、「エコル・セントラル」に相当する役割を「技術研究所」が果し、(上から)高等技術学校、中等技術学校、職業学校の3層から成る国家的な技術訓練の体制が形成された。アメリカ合衆国では、19世紀前半には徒弟制に基づく教育と国家エンジニアの並存状態が続いていた。しかし、1862年の「モリル法」は補助金制度を設けて、各州が技術教育の学校を設立することを奨励した。

ところがイギリスでは政府の反応は鈍かった。大学、ユニヴァーシティ・カレッジ、大学外の研究所から成る、エンジニア教育の完全で一貫したシステムが確立したのは、ようやく19世紀の末においてであった⁽¹²⁵⁾。したがってイギリスは、19世紀末において、産業革命期に発展した業種(繊維、製鉄、鉄道、造船など)では技術的優位を保ったが、新産業(電機、鉄鋼、化学、精油など)の分野では、アメリカ合衆国やドイツに後れをとるようになったのである。

●参考文献

- Ashton, T. S., 1948, *The Industrial Revolution, 1760~1830*, Oxford University Press, U. K., 中川敬一郎訳『産業革命』1973年、岩波書店(文庫)
- Berg, Maxine, 1994, 'Factories, Workshops and Industrial Organisation' in Floud, D. and D. MacCloskey eds., 1994
- Caron, François, 2013, *Dynamics of Innovation: the expansion of technology in modern times*, translated and abridged by Allan Mitchell, Berghahn, New York

(123) Inkster, 1991, pp. 39~45.

(124) Caron, 2013, p. 47.

(125) Inkster, 1991, pp. 101~105; Caron, 2013, pp. 65~68.

- Crafts, Nick, 1994, 'The Industrial Revolution' in Floud, D. and D. MacCloskey eds., 1994
- Floud, D., and D. MacCloskey eds., 1994, *The Economic History of Britain since 1700, 2nd edition, Volume 1: 1700~1860*, Cambridge U.P., U. K.
- Inkster, Ian, 1991, *Science and Technology in History: an approach to industrial development*, Macmillan, London.
- Jacob, M. C., 1976, *The Newtonians and the English Revolution*, New York, 中島秀人訳『ニュートン主義者とイギリス革命』学術書房、1990年
- Jacob, M. C., 1997, *Scientific Culture and the Making of the Industrious West*, Oxford University Press
- Jacob, M. C., and L. Stewart, 2004, *Practical Matter: Newtonian science in the service of industry and empire, 1687~1851*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., U. S.
- Jones, P. M., 2008, *Industrial Enlightenment: science, technology and culture in Birmingham and West Midlands 1760-1820*, Manchester U. P., U.K.
- Kearney, Hugh, 1971, *Science and Change, 1500~1700*, Weidenfeld and Nicholson, London, 中山茂・高柳雄一訳『科学革命の時代：コペルニクスからニュートンへ』、平凡社、1972年
- Lines, C., 1990, *Companion to the Industrial Revolution*, Facts On File, New York
- Mokyr, J., 1990, *The Lever of Riches: technological creativity and economic progress*, Oxford University Press, U. K.
- Mokyr, J., ed., 1993, *The British Industrial Revolution: an economic perspective*, Westview Press, Oxford, U.K.
- Mokyr, Joel, 1994, 'Technological Change, 1700~1830' in Floud, D. and D. MacCloskey eds., 1994
- Mokyr, J., 2002, *The Gifts of Athena: historical origins of knowledge economy*, Princeton University Press, Princeton, U. S.
- Mokyr, J., 2009, *Enlightened Economy: an economic history of Britain 1700-1850*, Yale University Press, New Haven and London.
- Mokyr, J., 2017, *A Culture of Growth: the Origins of the Modern Economy*, Princeton University Press, Princeton, U. S.
- Musson, A. E., and E. Robinson, 1969, *Science and Technology in the Industrial Revolution*, Manchester University Press, U.K.
- Outram, D., 1995, *The Enlightenment*, Cambridge University Press, U. K.
- Porter, R., 2000, *The Creation of the Modern World*, W. W. Norton, New York and London.
- Toynbee, A., 1884, *The Industrial Revolution of the Eighteenth Century in England*, edited by C. M. Toynbee, Oxford U. P., 原田三郎訳、『イギリス産業革命』（抄訳）1953年、創元社（文庫）
- Trinder, B., 1974, *The Darbys of Coalbrookdale*, Phillimore, Chichester, U. K., 山本通訳『産業革命のアルケオロジー』、新評論、1986年
- Von Tunzelmann, 1993, 'The Organizational Change in Industry during the Industrial Revolution' in O'Brien, P. K. and R. Quinault eds., *The Industrial Revolution and British Society*, Cambridge U. P., U. K.
- Von Tunzelmann, 1994, 'Technology in the Early Nineteenth Century' in Floud, D. and D. MacCloskey eds., 1994
- 荒井政治・内田星美・鳥羽欣一郎（編）、1981、『産業革命の技術』有斐閣
- 大河内暁男、1978、『産業革命期経営史研究』岩波書店
- 大河内暁男、1992、『発明行為と技術構想』東京大学出版会
- 佐々木功、2011、「ペイコン主義自然哲学の黄昏」『思想』1051号
- 島尾永康、1979、『ニュートン』岩波書店（新書）
- 馬場哲・山本通・廣田功・須藤功、2012、『エレメンタル欧米経済史』晃洋書房
- 山本通、2012、「産業革命の知的起源：『科学的文化』と『産業的啓蒙主義』」『商経論叢』第48巻第1号
- 山本通、2017、『禁欲と改善：近代資本主義形成の精神的支柱』晃洋書房
- 湯沢威、2014、『鉄道の誕生：イギリスから世界へ』創元社