

生成期のイギリス技術者

—彼らはどのようにして技術者となったのか—

広瀬 信

British Engineers in their Formation —How did they make themselves Engineers?—

Shin HIROSE

キーワード：技術者，技術者養成，徒弟制，工学教育

Key words：engineers, education and training of engineers, apprenticeship, engineering education

はじめに

これまで19世紀末から1930年代にかけてのイギリス技術者の教育・訓練歴の実証的研究を積み上げてくる中で、イギリスの技術者養成には、①実地訓練の伝統、②中流階級上層出身のエリート技術者と中流階級下層や労働者階級出身の非エリート技術者の2つの階層の存在、③技術者専門職団体による技術者資格のコントロールの3つの歴史的特質がみられることを明らかにしてきた¹⁾。この内、③については、1818年に結成され、土木技術者だけでなく、あらゆる分野の著名な技術者を結集し、技術者専門職団体の親団体としての役割を果たした民間（土木）技術者協会（the Institution of Civil Engineers）の政策によるところが大きい²⁾。それに対して、①と②は、イギリスの技術者が、18世紀半ばから19世紀半ばにかけての世界に先駆けた産業革命の時期に、工学教育機関によってではなく、自生的に生み出されてきたことによるところが大きい。本稿では、生成期のイギリス技術者がどのようにして形成されてきたかについての伝記的検討を通じて、このことを明らかにしたい。

イギリスでは、17世紀から18世紀前半にかけていくつかの重要な土木工事が行われているが、数は少なく、それらに従事する技術者の仕事への恒常的需要はなく、まだ専門職として成立するには至らなかった。産業革命の進展に伴い、運河、橋梁、港湾などの公共工事に対する需要が増大し、それらに従事する専門職としての民間（土木）技術者（civil engineer）が成立するのは1760年以降

といわれている³⁾。1771年、ジョン・スミートン（John Smeaton）を中心に、主に土木系の7人の有力技術者を集めて、軍事技術者と区別される民間人（civilian）の技術者を意味するシヴィル・エンジニア協会（the Society of Civil Engineers）が設立され、技術者専門職集団の成立をみた。専門職化の過程は、ジェントルマン化の過程⁴⁾でもあり、技術者は、やがて中流階級上層の子弟がめざす専門職の一つとなっていく。最初の検討対象としてシヴィル・エンジニア協会周辺の技術者を取り上げる。

2番目に、ジェームズ・ワット（James Watt）を取り上げる。産業革命を支えた動力として重要なのが蒸気機関である。1712年に発明されたニューコメン機関は、炭鉱や鉱山の排水や貯水池への揚水のために60年以上にわたって使用されたが、熱効率が極めて悪く、回転運動も取り出せなかった。ニューコメン機関を抜本的に改良し（1769年）、往復運動を回転運動に変える仕組みを組み込み（1781年）、蒸気機関の時代を切り開いたのがジェームズ・ワットであった。

3番目に取り上げるのは、スティーブンソン親子（George Stephenson & Robert Stephenson）である。従来の蒸気機関車を抜本的に改良したロケット号で、1829年10月6日のレインヒルでの公開競争に勝利し、鉄道の時代を切り開いた。

4番目に取り上げるのは、工作機械の改良を通じて、機械工業の基礎を築いた一連の機械技術者達である。蒸気機関の改良を始め、機械工業の発展を支えたのは、精密な加工と大量生産を可能にした工作機械の開発であった。

1. 生成期の民間（土木）技術者達

1760年～1830年の時期を代表する偉大な民間（土木）技術者としてジョン・スミートン、ジェームズ・ブリンドリィ（James Brindley）、ウィリアム・ジェサップ（William Jessop）、ジョン・レニ（John Rennie）、トマス・テルフォード（Thomas Telford）の5人があげられる⁵⁾。スミートンとブリンドリィが第1世代で、ジェサップがそれに続き、レニとテルフォードがその次の世代にあたる。

(1) ジョン・スミートン (1724-92)⁶⁾

スミートンは、難工事とされたプリマス沖エディスタン岩礁への石造り灯台の建設（1756-59年）で実力が認められ、その後、橋梁、運河、港湾工事などを手がけるコンサルタント技術者として、18世紀を代表する民間（土木）技術者のリーダーとなった。彼は、ロイヤル・ソサエティ会員として、エンジニアリングを支える理論の実験的研究でも活躍し、最初の工学者（engineering scientist）⁷⁾とされる。1771年にシヴィル・エンジニア協会（1792年のスミートンの死後、スミートニアン協会と称された）を結成し、これが技術者専門職成立の指標とされている⁸⁾。スミートンが、従来の‘Engineer’（軍事技術者）と区別するために、民間人（civilian）を意味する‘civil’を前に付けて自らを称したのが‘Civil Engineer’の用語の起源であると言われている⁹⁾。

彼の父は事務弁護士で、彼自身も弁護士としての訓練をしばらく受けていたことから、技術者の専門職化、ジェントルマン化にあたって、法律専門職をモデルにしたと言われる¹⁰⁾。

シヴィル・エンジニア協会の例会は、議会委員会での報告、証言などのために技術者がロンドンに集まる議会会期中に、2週間に1回、親睦を深めるための会食会として開催され、会員限定のジェントルマン・クラブの機能を模したとされる¹¹⁾。会員を限定し、排他性を強めていったため、後に、若手を中心とする民間（土木）技術者協会の結成をもたらすことにもなった。

彼は、専門職としての技術者の機能として、仕事（工事）の依頼人（client）と仕事（工事）を請け負う請負業者（contractor）の間を仲介する、独立した専門家としてのコンサルタント技術者（consultant engineer）の概念を確立した。運河など、

着工するために議会立法を必要とした大規模な土木工事では、コンサルタント技術者は、依頼人の代理人として、議会で法案を可決させるために、その工事の有用性と実現可能性について報告、証言した。彼は多くの報告書や設計図を残している。報告書の作成や説得力のある論戦を担うためには、コンサルタント技術者は、技術的専門能力とともに、優れた言語表現能力や洗練された立ち居振る舞いを必要とし、ジェントルマンであることが技術者にふさわしい資質であると考えられるようになっていった¹²⁾。

彼はまた、事務所を構えるコンサルタント技術者（工事との関係では主任技術者（chief engineer））を頂点に、その指揮の下に工事を監督する現場監督（resident engineer）、両者の下で事務所や現場で働く助手（assistant）、下働きをしながら訓練を受ける見習い生（pupil）という技術者の階層を形成した¹³⁾。現場監督という用語は1768年の報告書でスミートンによって初めて用いられた¹⁴⁾。

彼はまた、1782年の港湾工事をめぐる訴訟において、法廷での技術者の証言に、医者との証言と同等の法的効力を認めさせた¹⁵⁾。

スミートンは、このように、民間（土木）技術者の専門職化に大きな貢献をし、「シヴィル・エンジニアリングの父（Father of Civil Engineering）」¹⁶⁾と称されている。

コンサルタント技術者を中核とする民間（土木）技術者は、経済的にも高い収入を得るようになり、ジェントルマン化していき、中流階級上層の子弟がめざす専門職の一つとなっていった¹⁷⁾。

技術者への歩み

彼は中流階級上層出身で、リーズ近郊で事務弁護士の息子として生まれた。幼少時から物を作るのが好きで、家、ポンプ、風車などの模型作りを楽しんだ。近所に大工や石工が仕事に来ると、その仕事や工具の使い方を観察し、しばしば彼らに質問したという。10歳からリーズ・グラマー・スクールで学び、幾何学と算術に秀でていた。家庭ではもっぱら機械模型作りに取り組んだ。近くの炭鉱の排水のため、機械工がやってきて蒸気機関を組み立てた時、毎日通って観察し、それが完成する前に、自宅でポンプを備えた小型蒸気機関の模型を完成させ、それで池の水を汲み出し、干上がらせて魚を死なせてしまったという。父は、息子に作業場を提供してやり、

彼はそこで思うがままにハンマーやヤスリ、のみをふるった。15歳頃には回転旋盤を考案して製作し、それで木材や象牙を加工した。金工も学び、金属を溶かしたり、鍛造したりし、18歳頃には、鍛冶工と同じくらい工具を使いこなすようになった。

16歳で離学し、父の事務所で事務弁護士見習いの仕事に就いたが、法律には興味を示さず、帰宅してからの作業場での活動を楽しんだ。作業場から引き離すため、18歳で法律の勉強のためにロンドンに出されたが、機械関係の仕事に就くという思いをあきらめきれず、20歳で帰郷した。故郷で、科学文献を読むためのフランス語の勉強や、精密器械製造職人になるための勉強と活動を続け、4年後の1748年(24歳)、知人の勧めでロンドンに出て、精密器械製造業者として独立した¹⁸⁾。

空気ポンプ、滑車、蒸気機関など、様々な研究を続け、1753年(28歳)、ロイヤル・ソサエティ会員に選出され、1759年(35歳)、手作りの模型を使った水力と風力の実験研究の論文で最高の賞を受賞した。生涯に18本の論文を提出し、特に機械の実験的研究を通じて力学研究の前進に貢献した科学者、工学者であった。

1753年頃からエンジニアリングの仕事を目指すようになり、水車や風車の建造を手がけている。この間、工学の文献を読むため、フランス語を習得し、1755年、フランス、オランダ、ベルギーを訪問し、運河や港湾工事を視察・研究した。これがその後、運河・港湾技術者としての仕事に生かされることになった。

31歳で、ロイヤル・ソサエティ会長の推薦を受けて、焼失したプリマス沖のエディスタン岩礁に設置された灯台の再建を依頼され、1856～59年の4年をかけて、難工事といわれた石造りのエディスタン灯台¹⁹⁾を完成させ、土木技術者としての名声を高めた。以後、橋梁、運河、港湾工事などを手がけ、18世紀を代表する民間(土木)技術者のリーダーとなった。機械技術者としては、多くの工場機械を設計し、ロンドン橋上水道の巨大水車(1767-68年)も手がけた。

以上に見たように、スミートンは、良い一般教育を受けるとともに、父の理解で、子どもの時からその機械的才能を伸ばすことができ、その後、自らの努力で、職人的技量を身に付けるとともに、科学者としての力量も身につけ、困難な課題に挑戦する中

で、技術者、工学者としての力量を獲得していった人物であった。

(2) ジェームズ・ブリンドリィ (1716-72)²⁰⁾

ブリンドリィは、スミートンより8歳年長で、彼と同時代に活躍したイギリス最初の運河技術者であった。1759年、ブリッジウォーター公爵から、ワースリー炭鉱の石炭をマンチェスターに安く輸送するための運河を造る計画への助言を求められ、アーウェル河の上を渡る水路橋を含む斬新な計画を提出し、1761年に完成させた。これはイングランドで最初の重要な運河で、この国の内陸航行システムの始まりとなった。その後、マンチェスターとリバプールを結ぶ運河を始め、多くの運河を手がけ、彼の手がけた運河の総延長は365マイルに及ぶと言われる。

生まれが貧しく、洗練さに欠けたためか²¹⁾、あるいはすでに病気がちであったためか²²⁾、スミートンからシヴィル・エンジニア協会に誘われることなく、同協会設立の翌年になくなっている。

技術者への歩み

ブリンドリィは、ダービーシャーの小作地を耕す小農の息子に生まれた。貧しかったので学校教育はまったく受けず、17歳になるまで様々な仕事に従事した。楽しみは、近くの製粉所で水車などの機械的仕組みを観察することで、それをまねて、ナイフで水車の模型を上手に作り、動かした。

17歳で水車大工に7年の徒弟奉公に入った。水車大工は当時の唯一の技術者で、足踏み旋盤、大工台、鉄床を交互に使い、分業できない田舎では、自前でどんなことにも対応しなければならなかった。水車、蒸気機関、ポンプ、クレーンなどに熟達していた。しかし、彼の親方は、飲んだくれで徒弟の面倒も見なかったので、手探りで自ら学ばなければならなかった。19歳で、水車の修理を依頼され、見事にやり遂げ、その後、徒弟修行中にも関わらず、職人よりも彼に依頼が来るようになった。彼が、手を使うだけでなく、頭を使って仕事をしたからで、正しい原理に基づいた水力利用の改良なども提案し、喜ばれた。4年目には、親方が請け負ったが、うまくできなかった仕事を、彼がマンチェスターの同様の水車の視察に行き、その原理を学びとって、親方の窮地を救った。

7年徒弟年季プラス2年の職人としての経験を積

んで、1742年、26歳で独立した。改良や発明で有名になり、遠方からも注文が来るようになった。新しい機械の開発の相談にも乗り、水車に限らず、水の汲み上げ、鉱山の排水、鉄や銅の製錬、様々な製造機械を手がけた。

1759年（43歳）、ブリッジウォーター公爵が、機械的才能で評判のブリンドリィに、運河工事の計画への助言を求め、1761年（45歳）にその運河を完成させて以降、運河技術者に転じて、多くの運河工事を手がけたことは最初に述べた通りである。

徒弟時代に書くことを学んだが、完全ではなく、生涯にわたって書くことに苦勞し、彼の字は判読しづらかった。彼は、その仕事の大部分を、書かれた計算書や設計図を使わず、頭の中でやってのけた。仕事で困ったことがあると、ベットで考え抜いた。彼はすばらしい観察力と一種の直観的知覚力を持っており、その力で、測量や見積もりを行う前に、土木工事の諸困難と可能性の両方を直ちに把握することができたという。

以上に見たように、ブリンドリィは、貧しい家庭に生まれ、学校教育はまったく受けなかったが、その機械的才能を生かして水車大工の道へ進み、頭を使った機械の改良や開発で頭角を現し、運河計画への助言を求められたチャンスを生かして、困難な運河工事を完成させ、独力で技術者への道を切り開いた人物であった。

(3) ウィリアム・ジェサップ (1745-1814)²³⁾

ジェサップは、スミートンの弟子で、スミートンの引退後、民間（土木）技術者の専門職のトップに立った²⁴⁾。彼は、ロンドンとイングランド中部を結ぶ大接合運河（Grand Junction Canal）（1793-1805年）を始めとする多くの運河、ロンドンの西インド・ドック（1799-1805年）やブリストル・ドック（1802-09年）などの港湾、世界で最初の営業鉄道（馬による牽引）であるサレイ鉄道（Surrey Iron Railway）（1801-03年）など、多くの土木工事を手がけた。1773年にシヴィル・エンジニア協会会員に選出されている。

技術者への歩み

ジェサップは、プリマス海軍造船所の船大工頭の息子として生まれた。比較的良い一般教育を受けたようで、ある程度古典語を身につけた後、フランス

語の完全な知識を獲得し、数学についてもかなりの程度身につけたとされる。小さい時から機械的才能があり、木工と金工を器用にこなし、色々な物を製作した。少年時代に製作したまざるのチェロが残っていたとされている。

父親がスミートンのエディスタン灯台工事の現場責任者をしていた縁で、1759年末、14歳で、謝礼金は給与から控除するという特別の計らいを受けて、スミートンの見習い生となった。途中、16歳で父が亡くなるが、知人から生計費の援助を受けて、7年の年季を勤め上げた。22歳から27歳で独立するまで、スミートンのただ一人の製図工兼助手として、河川改修、運河、港湾、排水工事などに従事し、経験を積んだ。

このように、ジェサップは、比較的良い一般教育を受け、子どもの頃から機械的才能を持ち、スミートンの見習い生として、スミートンによって技術者に育てられた直弟子である。6人の息子の内、4人が技術者の仕事に就いている。

(4) ジョン・レニ (1761-1821)²⁵⁾

レニは、ジェームズ・ワットの依頼で、ロンドンのブラックフライアーズに建設した、蒸気機関を動力とするアルビオン製粉工場の機械の設計・建造（1784-88年）を担当して名を挙げ、機械技術者として出発した。スミートン引退後、運河工事の相談を受けるようになり、土木工事に比重を移した。イングランド、アイルランドの様々な運河を手がけるとともに、ロンドン・ドック（1801-05年）、東インド・ドック（1803-06年）などの港湾工事、プリマス大防波堤（1811-48年）、ロンドンのウォータールー橋（1809-17年）、サザック橋（1813-19年）など、石造りや鉄製の橋梁建設でも有名で、「大規模な公共工事で彼に相談されなかったものはほとんどなかった」²⁶⁾と言われる。1821年にロンドン橋の設計も行ったが、まもなく亡くなり、次男のジョン（Sir John Rennie, 1794-1874）が主任技術者として1831年に完成させた。紙幣の高速印刷機など、機械技術者としても様々な貢献をしている。1785年にシヴィル・エンジニア協会会員に、また、1798年にはロイヤル・ソサエティ会員に選出されている。

技術者への歩み

レニは、スコットランドで小さな農場を経営する農民の四男で、小さい時から機械的才能を示し、ナイフ、ハンマー、のみ、のこぎりを使って工作遊びにふけていた。村の鍛冶屋や大工の作業場を訪れては工具の使い方を観察し、自分もさせてもらったりした。

一番のお気に入りには、後に脱穀機を発明する水車大工アンドリュー・ミクル(Andrew Meikle, c.1719-1811)の作業場で、学齢になり、教区学校に通うようになると、入り浸るようになり、風車や蒸気機関の模型などを製作した。しかし、遊びとしての模型づくりには満足できなくなり、教区学校を終えた12歳から14歳までの2年間、ミクルに弟子入りし、鍛冶工、大工、水車大工の仕事を学んだ。機械工の実地だけでなく、本を読んで、理論も熱心に勉強した。

2年後、ミクルは彼をダンバー・ハイ・スクール(Dunbar High School)という中等学校に送り、彼はそこで、14歳～16歳までの2年間、数学や自然哲学などを学び、数学では首席の成績を修めた。数学教師が、別のハイ・スクールの校長に転任することになり、その後任に推薦されたが、これを辞退し、次の教師の着任までの6週間だけ数学教師の代行を務め、ミクルの作業場へ修行に戻った。

仕事を手伝いながら、数学、力学、自然哲学などの勉強を続け、1年もしない内に水車大工として独立した。1780年、19歳の若さで製粉工場の建造を請け負い、その後、鉄製歯車の使用も試みた。

評判が高まり、多くの注文が舞い込んだが、彼は、田舎の水車大工の仕事に満足せず、より高度な専門職をめざして、科学的教養を高め、機械学の学習を深めるため、1780年秋、エディンバラ大学に入学した。学期は冬の6ヶ月だったので、学費と生活費は夏の6ヶ月間に自分で稼いだ。大学では、自然哲学教授のロビソン博士(John Robison, 1739-1805)と化学教授のブラック博士(Joseph Black, 1728-99)の授業を履修した。特にロビソン博士の機械技術の理論と実践の学識は深く、非常に有用であった。フランス語とドイツ語も身につけた。

1783年(22歳)、大学卒業後、イングランドの機械産業についての実践的知識を得るため、製造業地域を視察した。ランカスターでは橋梁建設を視察、マンチェスターではブリッジウォーター運河を視

察、リバプールでは建設中のドックを視察、次いで機械産業の中心地であったバーミンガムに行き、ソホウのボルトン・アンド・ワット社工場を視察した。ロビソン教授がワット宛に紹介状を書いてくれており、ワットとの交友が始まることになった。

同年3月からロンドンに、蒸気機関で動く大きな製粉工場の建設が始まっており、その機械機構を担当する優秀な水車大工が求められていた。ロビソン教授の推薦を受けて、ワットは、レニにアルビオン製粉工場の機械の設計・建造を依頼した。レニは、鉄製の機械機構を導入し、設計から完成まで、1784年(23歳)から1788年(27歳)までの4年間かかった。完成後、スミートンが視察し、これを高く評価した。レニの機械技術者としての名声は高まり、注文が殺到した。

また、上述のように、1790年代(30歳代)から土木工事の仕事へと比重が移り、民間(土木)技術者のトップに立った。

以上に見たように、レニは、子どもの頃から機械的才能を示し、著名な水車大工の下で12歳から実地訓練を受け、途中、2年間の中等学校での数学や科学の学習を挟みながら、職人的技量を身につけて独立した後、より高度な専門職を目指してエディンバラ大学で3年間学び、技術者となった、当時としてはめずらしい大卒技術者である。

息子の教育・訓練

レニの長男と次男は何れも著名技術者となり、機械系の事業は長男のジョージ(George Rennie, 1791-1866)によって、また、ロンドン橋の建設など、土木系の仕事は、次男のジョンによって引き継がれた。二人の息子にどのような教育・訓練を行ったか見ておこう²⁷⁾。

長男のジョージは、博士による個人教授の後、有名パブリック・スクールのセント・ポールズ校を経て、エディンバラ大学で学んでいる。その後、20歳で父の事務所に入り、技術者としての実地訓練を受けている。次男のジョンは、2人の博士の個人教授を受けた後、父の機械製造工場で実地訓練を受け、その後、19歳から橋梁建設に携わっている。良い一般教育、実地訓練、大学での科学教育(長男の場合)の重視などとともに、パブリック・スクールによるジェントルマン教育への志向が見られる。

(5) トマス・テルフォード (1757-1834)²⁸⁾

テルフォードは、スコットランド出身で、貧しい生まれであったが、様々な学習と仕事のチャンスを生かして、石工から石造り建築の監督、さらに公共工事測量士へと転じて、その才能と努力で偉大な土木技術者への道を進んだ。1793年(36歳)にエルズミア運河の責任者を任されたことをきっかけに、土木技術者として名を挙げた。

19世紀に入って、スコットランドで、カレドニア運河(1804-22年)や、ハイランドや北部の道路、橋梁建設に従事し、18年かけて、920マイルの道路網と120の橋梁を建設することで、スコットランド北部の様相を一変させた。道路に続いて、港湾整備も進めた。イングランドでも、多くの運河の建設と改良や道路建設に従事した。彼の名を残したものにメナイ海峡に架かる吊り橋方式のメナイ橋建設(1819-25年)がある。

貧しい生まれのためか、レニ親子による協会支配²⁹⁾のためか、シヴィル・エンジニア協会会員には選出されていない。排他的社交クラブとなった同協会に代わる技術者の専門職団体として、1818年、若手技術者によって設立された民間(土木)技術者協会の初代会長を、1820年に引き受けている。

技術者への歩み

テルフォードは、スコットランドのへんぴな田舎に生まれた牛飼いの息子で、生まれて数ヶ月で父を亡くした。その後、母が近所に手間仕事に出かけて息子を育てた。テルフォードも、小さい時から羊飼いの手伝いや、牛集めなどをして生計を助けた。母方のおじの授業料援助で、村の教区学校で読み書き計算の初歩を学ぶことができた。

15歳で石工の徒弟に出されたが、扱いが悪く、2、3ヶ月で逃げ帰った。その後、別の石工のところで年季を務め、22歳で石工職人となった。この間、町の良家の婦人が、読書好きの彼に目をかけてくれ、その豊かな蔵書を自由に利用させてくれた。そのおかげで、文学の知識を蓄え、また、詩作や文章を書くことを通じて、優れた書き手となり、友人にしばしば手紙の代筆を頼まれるようになった。

1780年(23歳)、より高度な経験を積むためにエディンバラに移り、2年間、第1級の仕事で腕を上げた。その間、余暇には、製図とその建築への応用を学んだ。また、旧市街にあった多くの古い建物

を、重要な部分を図面に書くなどして研究した。

一時帰郷して、故郷に別れを告げ、1782年、25歳でチャンスを求めてロンドンに出た。故郷で蔵書を利用させてくれた婦人が、著名なロンドンの商人である兄弟に紹介状を書いてくれ、彼の紹介で、著名な建築家の下で、当時建設中のサマセット・ハウスの仕事に就くことができた。まもなく、第1級の石工となり、もう一人の優秀な石工を誘って、建築請負業者としての独立を計画したが、資本金がなく、実現できなかった。

その頃、故郷の準男爵が邸宅の大規模な改築を計画し、ロンドンにいた準男爵の弟がテルフォードに相談を持ちかけ、その仕事をきっかけに彼と交友関係を結んだ。その弟は、バース伯爵の姪と幸運な結婚をし、広大な所領を相続し、さらに後に、兄の死去に伴い、その準男爵の爵位と所領も引き継いだ。このパルトニィ卿がテルフォードの後の後援者となった。

その後、1784～86年(27～29歳)にかけて、ポーツマス海軍造船所所長の邸宅建築の監督の仕事に従事した。その間、造船所について詳しく観察、研究するとともに、モルタル作りの研究のために、ブラック博士の本やフランスの文献を読んで、化学の勉強に打ち込んでいる。

パルトニィ卿が、シュリューズベリー選出の国会議員となったため、シュリューズベリー城を居住用に改築することを計画し、テルフォードに工事を依頼した。その工事の途中で、彼の口添えで、サロップ州の公共工事測量士に任命され、それ以降、道路、橋梁、刑務所、その他の公共建築物の測量と改修に携わるようになった。橋梁建設や、教会建築などの仕事をしながら、建築関係の資料の研究も続けていた。1793年(36歳)、予想もしなかったエルズミア運河の建設という大工事の仕事の依頼が舞い込み、土木技術者への道を踏み出すことになった。

以上に見たように、テルフォードは、貧しい生まれながらも初等教育を受けることができ、その力がその後の様々な独学を支えた。石工職人としての技量を身につけ、さらに独学で製図や建築を勉強し、石造建築の監督・建築士、公共工事測量士と、その向上心とたゆまぬ努力に支えられて、次々とチャンスをつかんでいき、最後に、予想もしなかった運河建設の大仕事の依頼を受け、困難を乗り越えてやり遂げ、独力で技術者になった人物である。

表1 シヴィル・エンジニア協会初期会員42名の経歴

No.	選出年	氏名(生年-没年)	活動分野	訓練歴・元職	備考
1	1771	Yeoman, Thomas, F.R.S. (1708 (?)-1781)	機械・土木	水車大工 (測量士・機械技術者)	哲学協会で科学講師
2	1771	Smeaton, John, F.R.S. (1724-1792)	機械・土木	弁護士の訓練・精密器械製造職人	実験研究を行う工学者
3	1771	Mylne, Robert, F.R.S. (1733-1811)	土木	石工・建築士 (棟梁の家系)	Blackfriars橋を設計・施工 (1760-69)
4	1771	Grundy, John (1719-1783)	土木	父から測量士 (土木技術者) の訓練	測量士・土木技術者の息子
5	1771	Nickalls, Joseph (1725 (?)-1793)	土木	水車大工	34歳頃, Smeatonの現場監督
6	1771	Golborne, John (c.1724-1783)	土木	不明 (河川技術者の家系か?)	河川技術者
7	1771	Whitworth, Robert (c.1733-1799)	土木	不明	34歳からBrindleyの助手
8	1771	Henshall, Hugh (c.1734-1816)	土木	父から測量士の訓練	Brindleyの妻の兄
9	1772	Smith, John (?)	土木	河川工事請負技術者の父から訓練	河川工事請負技術者
10	1772	Holmes, John (c.1727-1797)	時計 (機械)	時計製造業者 (水道バルブで発明)	Smeatonの親族, 水道工事で協力
11	1773	Edwards, Langley (d.1774)	土木	不明	河川技術者: Smeatonらと仕事
12	1773	Gott, John (1720-1793)	土木	不明	河川技術者
13	1773	Longbotham, John (d.1801)	土木	不明	運河技術者
14	1773	Priestley, Joseph (1741-1817)	土木	不明	29歳から運河工事に
15	1773	Jessop, William (1745-1814)	土木	Smeatonの見習い生, 助手	Smeaton引退後トップに立つ
16	1774	Watson, Major Henry, F.R.S. (1737-1786)	軍 (土木・造船)	軍事技術者 (土木) の訓練	インドで土木工事, 造船技術も
17	1776	Cooper, John (c.1742-1792)	機械	水車大工 (工場機械で活躍)	後に工場への蒸気機関導入で活躍
18	1776	Fruin, Thomas (?)	土木	不明	Yeomanの下で河川工事請負技術者
19	1776	Faden, William (1749-1836)	地図製作	銅版による地図製作・印刷業者	Albion Millの工事の際, J. Rennieが滞在
20	1776	Phillips, Samuel (?)	機械	訓練は不明, 政府雇いの機械技術者	運河技術者: Brindleyの下で働く
21	1777	Morris, Thomas (?)	土木	不明	最初の報告書をGrundyに賞賛された
22	1777	Hodkinson, Joseph (1735 (?)-1812)	土木	地図のための測量士→土木技術者	土木請負技術者
23	1777	Pinkerton, John (d.1813)	土木	不明	No.17のJohnの兄弟
24	1780	Cooper, James (d.1801)	機械	水車大工 (工場機械で活躍)	James Wattの蒸気機関共同事業者
25	1780	Boulton, Mathew, F.R.S. (1728-1807)	製造業者	装飾品製造業者	Albion Millの建物の設計者
26	1781	Wyatt, Samuel (1737-1807)	建築・土木	著名建築士, 後に灯台, 港湾建設なども	Smeatonの運河の測量
27	1783	Snape, John (c.1737-1816)	土木測量	不明	運河技術者: 最初, Brindleyの下で仕事
28	1783	Dadford, Thomas (?)	土木	不明	1800年以降, トップに立つ
29	1785	Rennie, John, F.R.S. (1761-1821)	機械・土木	水車大工	Mylneの下で運河測量に従事
30	1786	Young, George (1750-1820)	土木測量	測量士 (地図) →運河測量	J.RennieのLondon Docksの現場監督
31	1789	Eastburn, Henry (1753-1821)	土木	Smeatonの2人目の見習い生, 助手	蒸気機関の改良で蒸気機関の時代へ
32	1789	Watt, James, F.R.S. (1736-1819)	機械	精密器械製造職人	河川, 排水, 橋梁工事等
33	1793	Golborne, James (1746-1819)	土木	No.6の甥で, 7年の見習い生修行を受ける	戦傷を負い, 民間技術者に転身
34	1793	Page, Sir Thomas Hyde, F.R.S. (1746-1821)	土木	軍事技術者 (土木) の訓練	エルズミア運河でJessopの助手
35	1793	Duncombe, John (d.1810)	土木	不明	名譽会員 (ジェントルマン)
36	1793	Bentham, Sir Samuel (1757-1831)	軍 (造船・機械)	海軍造船技師のトップ	名譽会員 (各種専門家)
37	1793	Foulds, John (?)	機械	水車大工, ロンドン橋水道施設の技師	港湾コンサルタント技術者
38	1794	Huddart, Captain Joseph, F.R.S. (1741-1816)	土木・機械	船長・水路測量→港湾土木	名譽会員 (各種専門家)
39	1795	Watte, John (?)	土木測量	測量士→Mylneの土木工事に参加	
40	1795	Chapman, William, M.R.I.A. (1749-1832)	土木	船員, 炭鉱経営→34歳で土木技術者に	
41	1795	Cockshutt, James, F.R.S. (c.1742-1819)	土木・製鉄機械	不明→製鉄業者 (棒状圧延機設計)	
42	1799	Mudge, Colonel William, F.R.S. (1762-1820)	軍 (測量)	砲兵将校→陸地測量部長	Smeatonの下で土木も

出典: "Early members of the Smeatonian Society of Civil Engineers" in A.W. Skempton, *Civil Engineers and Engineering in Britain, 1600-1830*, 1996, IIIより作成。

(6) 初期シヴィル・エンジニア協会会員の経歴

初期シヴィル・エンジニア研究の権威、A.W. スケンプトンがリストアップし、簡単な伝記情報を付した³⁰⁾、1800年よりも前に選出されたシヴィル・エンジニア協会会員42名の経歴(表1)からどのようなことが読みとれるか、次に検討する。42名の中には、すでに検討したスミートン、ジェソップ、レニと、次に検討するジェームズ・ワットも含まれている。なお、42名中、No.10(時計製造業者)、No.19(地図製作者)、No.25(製造業者)、No.42(陸地測量部部長)の4人は、本来の技術者ではないので除外し、残りの38名について検討する。

活動分野は、土木・機械=5名、土木=22名、建築・土木=1名、土木測量=3名、機械=5名、軍事技術者(土木・造船・機械)=2名で、機械分野を中心に活動した技術者もシヴィル・エンジニア協会会員に選出されていることが分かる。

軍事技術者2名を除く36名の内、民間(土木)技術者になる前の職が分かっているのは、水車大工=6名、測量士=5名、精密器械製造職人=2名、石工(建築士)=1名、建築士=1名、船長・水路測量士=1、軍事技術者=1名の17名であった。また、この36名の内、見習い生として、父親も含む、土木技術者からの訓練を受け、土木技術者として再生産されたことが分かっている者は、No.4, 9, 15, 31, 33の5名いた。技術者になる前の職も訓練歴も不明な者は、No.6, 7, 11, 12, 13, 14, 18, 20, 21, 23, 27, 28, 35, 41の14名だが、機械技術者のNo.20以外は、有力技術者の下で、運河等の土木工事の助手等を務める中で頭角を現した者で、広い意味で、土木技術者として再生産された者とみることが出来る。No.40のように、若いときは船員をし、後に家族と炭鉱経営に従事し、34歳で土木技術者を志して、短期の雇われ期間を経て、技術者として独立していった例もある。

2. ジェームズ・ワット

(1) ジェームズ・ワット (1736-1819)³¹⁾

ワットは、産業革命を支えた動力として重要な蒸気機関の改良者である。1712年に発明されたニューコメン機関は、炭鉱や鉱山の排水や貯水池への揚水のために60年以上にわたって使用されたが、熱効率が極めて悪く、回転運動も取り出せなかった。分

離型復水器の発明でニューコメン機関を抜本的に改良し(1769年)、さらに往復運動を回転運動に変える仕組みを組み込み(1781年)、蒸気機関の時代を切り開いたのがジェームズ・ワットであった。

技術者への歩み

ワットは、スコットランドの港町で中流階級の家庭に生まれた。祖父は数学、測量術、航海術の教師、父は、大工・船大工の徒弟訓練を受け、年季後独立し、大工・指物師、船大工、建築請負業、商人など、様々な職業に従事し、外国貿易やそのための船にも出資した。羅針盤などの航海術器機の修理、港湾用クレーンの製作なども行った。資産家で尊敬されていたので、町の様々な公職にも選ばれた町の有力人物であった。

ワットは、幼い頃から虚弱体質で、家庭で教育を受け、読み書き、算術、大工道具の手ほどきを受けた。子どもの頃から機械的才能が見られた。13歳頃から、商業学校で学んだ幾何学で才能を発揮し始め、次いでグラマー・スクールに進み、ラテン語とギリシア語初歩、数学を学んだ。家庭では、図画、木工、金工などに取り組み、専用の鍛冶場と作業台を作ってもらって、小型のクレーン、滑車、ポンプなどを作った。特に、羅針盤、四分儀などの航海術器機の修理に熱中した。家庭での読書を通じて、天文学、自然哲学、医学・解剖学、植物学、地質学などに興味を持ち、化学実験や電氣的装置の製作なども行った。

彼の機械的才能を見て取った父は、17歳で、精密器械製造業の仕事を学ぶためにグラスゴーに向かわせたが、適当な親方がおらず、何でも屋で「眼鏡商」を名乗っていた機械工の所に徒弟に入った。しかし、学ぶことがあまりなく、グラスゴー大学自然哲学教授のディック博士(Dr. Dick)の紹介状をもらって、ロンドンに向かった。親方を探したが、7年年季の徒弟に入るか、すでに7年年季を終えた職人でなければ雇えないと断られ、引き受ける場合も1年未満のものではなく、謝礼金を要求された。できるだけ短期間で学び、グラスゴーに戻って独立しようと考えていた彼は、無償の労働提供という条件で、時計製造業者のところでしばらく仕事をし、次いで、20ギニーの謝礼金と労働収益の提供という条件で、精密器械製造業者の所へ1年間の訓練に入った。1年で独立できる腕を身につけようと仕事に励み、ま

た、父の仕送りを減らすための儉約生活で体調をくずしたこともあり、1756年秋（20歳）に帰郷した。

健康回復後、グラスゴーに出て独立をめざしたが、徒弟年季を修了していないことなどの理由で、鍛造職人ギルドから開業を認められなかった。最も親しかった学友の兄が、ディック博士の後任としてグラスゴー大学自然哲学教授となったジョン・アンダーソン（John Anderson, 1726-1796）であったことから、グラスゴー大学の教授達が、ギルド規制の及ばない大学構内に作業場を開設する許可を与えてくれ、1857年（21歳）ようやく独立することができた。しかし、仕事は少なく、父の送金でしのいだが、父が事業で損失を出し、送金も難しくなった。そこで収入を得るために楽器の製作を始め、ようやく生計を立てることができるようになった。

ワットは、後に潜熱を発見した化学教授のブラック博士、グラスゴー大学で修士号を取得して、後にエディンバラ大学自然哲学教授となるジョン・ロビソン（エディンバラ大学でジョン・レニを教え、ワットに、アルビオン製粉工場の機械設計の仕事の担当者として推薦した）、自然哲学教授のジョン・アンダーソンなどと親交を結んだ。アンダーソン教授から、大学所有のニューコメン機関の模型の修理を依頼されたことがきっかけで、蒸気機関の研究を始め、ニューコメン機関の欠陥を発見し、1765年（29歳）、それを改良するための分離型復水器のアイデアを思いついた。アイデアを煮詰め、実験を繰り返す、模型製作の段階になったが、精密な金属加工ができず、難航した。

この頃、本業の精密器械、楽器、おもちゃなどの製造事業がうまくいかなくなり、廃業し、代わりに測量士の仕事で生計を立てることにした。運河測量をいくつか手がけ、運河工事の監督技術者の仕事も引き受けた。このような仕事の合間に蒸気機関の研究・開発は進められた。彼は、文献を読むために、フランス語とイタリア語はすでにマスターしていたが、この頃、さらにドイツ語の学習を始めた。

1767年、キャロン製鉄・鉄工所設立者のロウバック博士（Dr. Roebuck）が、発明の3分の2の利益を得るという条件で、蒸気機関の開発に必要な多額の資金提供者となった。実用サイズの部品を製造する技量はまだ欠けていたが、模型はうまく動いたので、1769年（33歳）に特許を取得した。しかし、資金提供者のロウバックが経営的困難に陥り、

1772年に破産してしまった。以前からワットの発明に興味を持っていた、バーミンガム近郊ソホウの装飾品製造業者、マシュー・ボルトン（Matthew Boulton, 1728-1807）が、ワットの発明の3分の2の利益を得るという権利を、債権の代わりにロウバックから譲り受け、新たな資金提供者となった。

1774年（38歳）から、ワットはソホウに移り、開発に専念した。1775年、14年間の特許期間が切れるまでに製品化し、開発資金を回収することが難しいことを訴えて、1800年までの特許期間の延長を勝ち取り、ボルトンとの共同経営が始まった。

ボルトンが、大型シリンダーを精密に加工できる中ぐり機を開発した製鉄・鉄工業者ジョン・ウィルキンソン（John Wilkinson, 1728-1808）にシリンダーの製造を依頼したことで、それまで手作業では困難であった実用サイズの部品の加工問題が解決し、1776年（40歳）、ウィルキンソンの製鉄所のふいごを動かすための蒸気機関の組立に成功した。評判が広まり、炭鉱や鉱山から多くの注文が入り、蒸気機関の大量生産がついに始まった。ワットは、往復運動を回転運動に変えるため、最初、以前から広く使用されていたクランクを使った模型を製作したが、それを知った人物にクランクの特許を先行取得されたため、1781年（45歳）、それに代わる太陽・惑星歯車の特許を取得して、蒸気機関から回転運動を取り出す機構の開発に成功し、蒸気機関の時代を切り開いた。

以上に見たように、ワットは、良い一般教育を受け、職人的技量を持った父親の下で小さい時から機械的才能を伸ばすことができ、書物を通じて科学的知識も学ぶことができた。このような好条件の上に、精密器械製造職人としての技量を身につけ、大学関係者とのつながりの中で出会った蒸気機関の改良という生涯の課題の実現のために、外国語文献などの理論研究と装置の改良のための実験的研究を何年も続け、画期的な研究開発を成し遂げた機械技術者であった。

（2）ジェイムズ・ワット・ジュニア（1769-1848）³²⁾

ジェイムズ・ワットの息子、ジェイムズ・ワット・ジュニアは、父から、技術者としての教育・訓練を受けさせられた。1789年、パリで勉学中、フランス革命の影響を受け、一時、革命運動に関わるが、1794年にイギリスに帰国し、ボルトンの息

子とともに、ソハウのボウルトン・アンド・ワット社の共同経営者、後継者となった。

教育・訓練歴

ワットは、息子を自分の後継者として、技術者、経営者として育てることを考え、息子の教育・訓練に細かく指示を出しているため、この時代の技術者が、息子を技術者に育てるためにどのような教育・訓練が望ましいと考えていたかを知ることができる。

最初は、近くの個人経営の学校で、書き方、算術、ラテン語を学ばせ、12歳頃から、それらに加え、ユークリッド幾何学や科学、フランス語、ダンスなども学べる学校を探している。

15歳で、ジョン・ウィルキンソンの製鉄・鉄工場へ送られ、1日3時間、木工作業場で実地訓練を受け、合わせて簿記、幾何学、代数の勉強をさせられている。製図の勉強も求められている。英語の文章力を高めるため、定期的に手紙を書くことも求められ、ワットが手紙で数学の問題を出して、学習の進み具合を点検したりもしている。工場にいる間は、実地科目が中心となったが、古典の読書も毎日するように求めている。

工場での実地訓練を1年足らずで終え、ワットから、パリで稼働している自社の蒸気機関を視察し、報告するようにもとめられている。ワットは、この後、大学にやることを考えたが、結局、16歳で、海外で勉強させることにし、スイスのジュネーブの科学者の下で、科学の講義などを受けさせるとともに、ドイツ語とフランス語の個人教授、幾何学と代数の個人教授、製図の個人教授を受けさせた。科学者のジョセフ・プリーストリー（Joseph Priestley）の息子もジュネーブで学んでおり、フェンシングのレッスンを受けていたことから、ワットの息子もフェンシングのレッスンを受けることになった。

1年ほどして、今度はザクセンのアイゼナッハに送られ、ドイツ語を中心に、数学、商業会計、製図、ダンスなどの勉強をするように求められた。

1789年（20歳）、パリへ勉強に行き、ちょうど勃発したフランス革命の影響を受けて、革命運動に関わるが、1794年にイギリスに帰国し、ボウルトンの息子とともに、ソハウのボウルトン・アンド・ワット社の共同経営者、後継者となった。

ワットが重視したのは、早期の実地訓練、会社の

事業の理解、英語の文章力、ラテン語、ドイツ語、フランス語などの語学力、数学、製図、科学など技術者に必要な科目、会社経営に必要な商業会計、上品な立ち居振る舞いにもつながるダンスやフェンシングなどであった。

3. スティーブソン親子

(1) ジョージ・スティーブソン (1781-1848)³³⁾

ジョージ・スティーブソンは、従来の蒸気機関車を抜本的に改良したロケット号で、1829年10月6日のレインヒルでの公開競争に勝利し、鉄道の時代を切り開いた、鉄道の創設者として有名な技術者である。

技術者への歩み

ジョージ・スティーブソンは、ニューカッスル地方の炭鉱の排水用蒸気機関の火夫（fireman）の息子に生まれた。家は貧しく、兄弟は誰も学校に行かなかった。彼の最初の仕事は牛の世話、次いで馬を引く仕事や農作業なども行った。

14歳で父の火夫助手として炭鉱で働き始め、15歳で火夫として自立し、17歳で父より上の職である蒸気機関・排水ポンプ運転手（plugman）になった。彼は、休日毎に蒸気機関を分解掃除し、また組み立て直すことを繰り返して、蒸気機関の構造と作動について完全な実用的知識を獲得した。18歳から夜間学校で読み書きの勉強を始めた。

友人から石炭巻き上げ機のブレーキのかけ方を教えてもらい、20歳で最も賃金の高い職の一つである石炭巻き上げ機運転手（breaksman）に任命された。夜と昼のシフトがあり、夜のシフトの空き時間に、読み書きの勉強や小遣い稼ぎの靴の修理をした。他の労働者は、休日は余興や酒に興じたが、彼は自分の蒸気機関の構造を学ぶために、分解掃除をしてはまた組み立てた。夜は読み書きの勉強をした。力学原理の勉強も始め、蒸気機関が作動する原理をマスターし、実験的機械の模型を作ったり、機械の発明を試みるようになった。

21歳で結婚。ある時、火事の消火の水がかかって時計が壊れてしまったため、すぐに分解掃除し、直してしまった。その後、近所の人々が彼に時計の修理を頼むようになり、副収入の道が増えた。1803年、息子のロバートが誕生。3年後に妻が死亡。

スコットランドの紡績工場から、ボルトン・アンド・ワット社製蒸気機関の運転・保守を依頼され、そこで、砂を巻き上げずに水を吸い上げる装置を考案した。その後、炭鉱に戻り、石炭巻き上げ機運転手の仕事をしながら、故障した蒸気機関を修理したりしたことから、1812年（31歳）、年俵100ポンドで、蒸気機関組立技術者（engine-wright）に任命された。

この頃から、より経済的に石炭を運搬する手段の研究を始めた。近郊の炭鉱で、蒸気機関車をレールの上で走らせ、石炭を運ぶ取り組みが始まったため、彼は現場に頻繁に通って研究した。リーズの炭鉱の同様の試みも見に行き、それらは何れも不完全で、もっと良い蒸気機関車を製造できると確信し、資金協力者も獲得して、開発に取り組み始めた。1814年（33歳）に最初の蒸気機関車の試運転を行い、30トンの貨車を時速4マイルで牽引することに成功した。その後、改良に取り組み、馬を驚かせると非難された排出蒸気を煙突に導き、蒸気噴射の力で釜に空気を吸引し、燃焼を強めることを考案し、馬力を2倍以上引き上げることに成功した。この考案を取り入れ、機構上の改良も加えた2台目の蒸気機関車で1815年（34歳）に特許を取得した。これがその後の機関車の原型となった。1815年には、デイヴィ卿（Sir H. Davy）とほぼ同時に、炭鉱用安全ランプも発明している。

彼はそれまで、何年もの間、自己向上の努力を積み重ね、読み書きや計算の勉強、製図の勉強、力学などの科学の勉強や研究を続けてきた。夜は勉強したので、禁酒を通した。

息子には可能な限り良い教育を与えようと、1814年（11歳）から、炭鉱から離れたニューカッスルの町の学校に毎日通わせた。34歳の彼は、息子の教育を自分の教育に役立てた。息子を町の文学哲学協会に通わせ、図書室から借りてきた科学の本を親子でいっしょに読んだり、借りることのできない貴重な本については、息子が読んで勉強し、ノートやスケッチを父に見せた。父は息子に図面の読み取り方を教えた。彼は、これまで以上に、力学についての勉強を進め、機関車用蒸気機関の研究を深めるようになった。

1816年、レール軌道の改良に取り組み、半重ね継ぎレールを考案し、製鉄業者と共同で特許を取得。1818年、自作の検力計を使った線路上での貨車

抵抗実験を行い、以前からクーロン（C. Coulomb, 1736-1806）によって理論的に説明されていた、速度に関わらず、摩擦は一定であることを実験的に明らかにした。また、水平な軌道に対して、100分の1の勾配でも、最大50%もの推進力の減少につながることも明らかにし、この実験結果から、経済的にみて、軌道は可能な限り水平に敷設すべきであると確信した。

1819年、ダラムの炭鉱から鉄道敷設の依頼を受け、1822年に、5台の蒸気機関車とともに完成させた。

この間、息子の教育・訓練に注意を払い、1819年、16歳でニューカッスルの学校を離学させ、炭鉱の主任監督官の徒弟に入れ、炭鉱の仕事を3年間学ばせている。この間、夜は2人で読書と勉強を行い、蒸気機関車の馬力を上げるにはどうしたらよいかをめぐって議論を闘わせた。息子が様々な改良提案を行い、父が問題点を指摘する形で議論され、やがてロバートは最終的に成功を収めることになった。3年の年季を終えた息子に、より完全な科学的教養を身に付けさせようと、1822年（19歳）秋から6ヶ月間、エディンバラ大学に入学させ、自然哲学、博物学、地質学、実用化学などを学ばせた。わずか6ヶ月（1学年）だったが、ロバートは、目的意識を持って熱心に学習し、普通の学生が3学年間に学ぶ以上のことを学び取った。ロバートは、入学前に速記を学び、全ての講義を逐語的に速記し、毎晩それを普通の文字に書き替えてノートを作成した。それは、苦勞して学費を工面してくれた父に読ませるためであった。

1823年（42歳）、年俵300ポンドで、ストックトン・ダーリントン鉄道建設の技術者に任命された。彼は、将来の蒸気機関車需要の拡大を予測して、安全ランプの発明で得た1000ポンドと鉄道事業者等から資金協力を受けた1000ポンドの合計2000ポンドを投じて、1823年、ニューカッスルに蒸気機関車製造工場を建てた。レールの素材なども改良したこの最初の商業鉄道は、1825年（44歳）に開通した。

1821年、ブリッジウォーター運河の建設から50年ほどが経過し、急激な商工業生産の増大のため、マンチェスターとリバプールの間の物資の輸送がまかなえなくなり、鉄道建設計画が持ち上がった。ステューブソンは、時速20マイルで蒸気機関車を走行させると提案したが、1825年の議会委員会で、

当時の著名な土木技術者が何人も、計画を疑問視する証言を行い、利害の対立する運河関係者の反対や妨害もあり、法案は取り下げられた。翌1826年（45歳）、まだ全国的評判を得ていないスティーブンスンの代わりに、レニ兄弟など、有力な民間（土木）技術者を責任者にした計画を再提出することで、議会を通過させた。主任技術者も、当初、ジョージ・レニとする案であったが、年6回しか現場を訪問しないという条件が提示され、これでは責任ある監督が保障されないと却下され、年俸1000ポンドで、スティーブンスンが主任技術者に任命された。経験のある助手もおらず、スティーブンスンがあらゆることから指示を出し、数人の見習い生を訓練しながら現場監督に育て上げ、沼地のルートなどの難工事を乗り越えていった。

息子ロバートは、1823年夏に大学を離れ、父の鉄道測量を手伝ったり、ニューカッスルの蒸気機関車製造工場を担当したりしたが、1824年に南米コロンビアの金銀鉱山開発の仕事に旅立った。しかし、現地で健康を損ね、3年契約満了で、1827年（24歳）に帰国し、行き詰まっていた蒸気機関車工場の経営の建て直しと蒸気機関車の改良に取り組んだ。

マンチェスター・リバプール鉄道の建設は完成に近づいていたが、その牽引方式は未定で、固定式蒸気機関か蒸気機関車かで意見が分かれていた。スティーブンスンは、蒸気機関車のコンテストを提案し、1829年10月6日に有名なレインヒルの公開競争が行われ、ロバートの指揮で改良されたロケット号が圧勝した。翌1830年（49歳）にマンチェスター・リバプール鉄道は開通し、本格的な鉄道の時代が始まった。

以上に見たように、ジョージ・スティーブンスンは、貧しい家庭に生まれ、初歩的教育すらも受けられなかったにも関わらず、独立独行で、忍耐強い実地研究と独学、理論学習を踏まえた実験研究を通じて、蒸気機関車を改良・開発し、鉄道敷設に必要な様々な問題を解決した土木・機械技術者であった。

（2）ロバート・スティーブンスン（1803-59）³⁴⁾

ジョージ・スティーブンスンの息子で、民間（土木）技術者。レインヒルの蒸気機関車公開競争で圧勝したロケット号は、彼の監督の下、大きな困難を乗り越えて製造された。その後の機関車の改良の多くは彼の技術に負っている。父の下で鉄道建設工事

の補佐を経験した後、1833年（30歳）、ロンドン・バーミンガム鉄道の主任技術者に任命され、1838年に完成させた。その後、世界各地の鉄道建設に関わった。彼の大きな業績として橋梁建設があり、メナイ海峡に架けた方形チューブ方式の鉄道橋であるブリタニア橋（1846-50年）、同じ方式でモンリオールのセント・ローレンス河に架けた、当時、世界最長のヴィクトリア橋（1854-59年）が有名である。

教育・訓練歴

3歳で母を亡くしている。最初の初歩的教育は村の学校で受けた。すでに述べたように、父はできるだけ良い教育を与えようと、11歳～16歳まで、ニューカッスルの中等学校に通わせ、その間、町の文学哲学協会の図書館の本を使って親子で科学の勉強もしている。16歳～19歳の間、炭鉱の監督の徒弟として3年年季を勤めている。その間、親子で蒸気機関車の改良について毎晩研究を続けた。19歳から6ヶ月間（1学年）、エディンバラ大学で、自然哲学、博物学、地質学、実用化学などを学んでいる。

20歳で大学を離れ、父の鉄道測量を手伝ったり、ニューカッスルの蒸気機関車製造工場の中心を担ったりした後、1824年（21歳）に南米コロンビアの金銀鉱山開発の仕事に旅立った。健康を損ね、3年契約の終了とともに帰国し、ニューカッスルの蒸気機関車製造工場で、ロケット号を開発したことはすでに述べた通りである。その後、父の助手として、鉄道建設工事全般についても経験を積んでいる。

以上のように、息子の教育・訓練について、良い一般教育と実地訓練を重視し、親子で科学の学習と蒸気機関車の実践的研究に取り組み、製図や測量についても手ほどきし、6ヶ月間ではあったが、大学で科学の理論学習も深めさせて、技術者に育て上げた。

4. 工作機械改良者達

最後に、工作機械の改良を通じて機械工業の基礎を築いた一連の機械技術者達を取り上げる³⁵⁾。

（1）ジョン・ウィルキンソン（1728-1808）³⁶⁾

ウィルキンソンは、「スタフォードシャー南部製鉄業の父」と言われる製鉄・鉄工業者であるが、ワッ

トの蒸気機関の実用化を可能にした、大型シリンダー用中ぐり機を発明したことで、工作機械の歴史に名を残している。製鉄工場、鑄造工場、鍛造工場を持ち、中ぐり機を使って、政府から、多くの大砲の注文を受けていた。1779年には、イギリスで最初の鉄橋の部品を鑄造している。

技術者への歩み

父は、農民で、近くの製鉄・鉄工所の労働者・監督を兼ねていた。賢く、知的な人物で、息子を町の中等学校に送った。後に、箱形アイロンで特許を取得し、その製造で富を築いた。

1748年（20歳）頃から、父の下を離れ、溶鉱炉建設のための資金を稼ぎ始め、建設した溶鉱炉で、何度も失敗を重ねた後、鉄鉱石の製錬・攪錬工程に、木炭の代わりに石炭鉱石を使用することに成功した。父が移転したベルシャムの工場に1856年（28歳）から参加し、そこで精密な加工のできる中ぐり機を製造し、1774年（46歳）、特許を取得した。この中ぐり機で精密に加工したシリンダーが、1775年からワットの蒸気機関に使用された。ワットは彼の仕事を高く評価しており、1884年に息子の実地訓練を依頼している。

このように、ジョン・ウィルキンソンは、製鉄と鉄の鑄造・加工業を営んでいた父の下で仕事を学び、さらに研究、改良して、製鉄・鉄工事業を進展させていった人物で、鑄造製品の精密な中ぐり加工のために、中ぐり機を改良した機械技術者である。

(2) ジョセフ・ブラマー (1748-1814)³⁷⁾

ジョセフ・ブラマー (Joseph Bramah) は、天才的発明家で、改良型水洗便所、高性能錠前、水圧プレス機、パブ用ビールポンプ、紙幣番号印刷機など様々な発明があり、船の航行へのスクリュウの使用を最初に提案した一人でもあった。工作機械の発明では、1802年に特許を取得した平削り盤の原理があり、この原理によって、ウリッジ陸軍造兵工廠のために木材加工用平削り盤を製造し、自分の作業場では、金属加工用平削り盤を使用していた。

土木技術者の仕事にも少し手を染め、水道建設(1790-93年)を手がけた。彼の作業場から、ヘンリー・モーズレイ (Henry Maudslay)、ジョセフ・クレメント (Joseph Clement) など、多くの第1級の機械工・機械技術者を輩出し、機械工業の発展に

大きな刺激を与えた。

技術者への歩み

ヨークシャーの小作農の息子で、小さい時から農作業をした。村の学校でわずかばかりの教育を受け、農場で働いた。小さいときから物作りの才能があり、少年時代、楽器作りに熱中し、不十分な工具でバイオリンなど、なかなか立派な楽器を製作した。

16歳の時、事故で右足首を痛めたため、農作業ができなくなり、村の大工の徒弟に出された。すぐに腕を上げ、彼の作ったチェロは高く売れた。年季終了後、ロンドン的高级家具製造業者の所で働いた後、独立した。仕事の一部として、水洗便所の施工をしていたが、極めて不完全なものであったため、その改良型を発明し、1778年（30歳）、特許を取得した。その後さらに改良を続け、1783年（35歳）に2つ目の特許を取得した。特許の成功で、水洗便所の部品の製造に乗り出した。

次に、これまでにない高級な錠前の発明に乗り出し、多くの研究と実験を経て、1784年（36歳）に特許を取得した。開けた者への200ポンドの懸賞金付きで長く店に展示されたが、1851年まで67年間開けられることはなかった。この錠前は、精密な機械で、大量生産のためには、専用の工作機械が必要であったが、6年間実用化できなかった。この専用工作機械を考案し、製造したのは、まだ18歳であったヘンリー・モーズレイであった。

錠前の発明後、水圧機械の研究を始め、10年ほどの研究の後、1795年（47歳）に水圧プレス機の特許を取得した。高圧による水漏れを防ぐ難題を解決する上で、またもやヘンリー・モーズレイのアイデアが役に立った。

1802年に平削り盤の原理で特許を取得し、木材加工用や金属加工用平削り盤を製造している。

以上のように、ジョセフ・ブラマーは、わずかの教育しか受けていないが、大工・指物師から出発し、手先の器用さを基礎に、創意工夫と研究・実験を通じて様々な機械的発明で成功を収めた人物で、彼が雇っていた機械工から、その後の工作機械の改良や機械工業の発展を支える人物の連鎖が始まった。

(3) ヘンリー・モーズレイ (1771-1831)³⁸⁾

ヘンリー・モーズレイは、工作機械分野での天才的な機械技術者、機械製造業者。工作機械による大量

生産の最初の事例の一つとされる、海軍ポーツマス造船所の滑車製造のための工作機械プラントの建設を担当したことで有名で、後に、テーブル・エンジンとして知られる小型蒸気機関や船舶機関の主要製造業者となった。

工作機械への貢献としては、送り台 (slide-rest) の利用、送り台の誘導面に使用する精確な平面の製作、送り台を動かす精確なネジの製作、全金属構造の採用が挙げられる³⁹⁾。精確なネジを大量に作るためのネジ切り旋盤を発明するとともに、タップとダイスなど、ネジ切り道具一般を基礎付けた。精確なネジを利用して、1万分の1インチを測定できるマイクロメータも発明した。

彼の工場は、「第1級の機械技術者の学校」⁴⁰⁾と言われ、後述する、ジョセフ・ホイットワース (Joseph Whitworth)、ジェームズ・ネイズミス (James Nasmyth)、リチャード・ロバーツ (Richard Roberts) など、数多くの機械技術者を輩出した。

技術者への歩み

父は、陸軍砲兵隊の機械技術兵で、ロンドンのウリッジ陸軍造兵工廠に勤務していた。ヘンリーはここで生まれ、12歳から、造兵工廠で弾薬運びとして働き始め、14歳で父の働いていた大工作業場に入り、主に木工を学んだ。金工に興味を持ち、近くの鍛冶場に入出入りして、ハンマー、やすり、ノミの使い方を盗み取った。大工仕事から抜け出して鍛冶場に通ったため、大工の職長から何度もなぐられたが、思いは変わらず、15歳で鍛冶場に配置替えとなった。急速に腕を上げ、優秀な鍛冶工になり、ロンドンで1、2を争う鍛冶工だと評判になった。

錠前の特許を取得したが、それを作れる優秀な職人が見つからずに困っていたブラマーが、モーズレイの評判を聞きつけ、面談して相談したところ、わずか18歳にも関わらず、極めて理にかなった解決策を提示され、早速彼を雇った。彼は正規の徒弟奉公を経ておらず、しかもまだ若かったので、最初は作業場の職長から腕を疑われたが、すぐにその実力を認められた。彼は手先が器用なだけでなく、直観的な機械の分析・総合力を備えていたため、まもなくみんなが認める職長頭となり、ブラマーの右腕として評判になった。ブラマーの錠前の各部品を製造する一連の専用工作機械を製造し、錠前の大量生産を可能にした。水力プレス機の実用化の際も、高

圧による水漏れを防ぐための仕組みを考案し、実用化を成功させた。1797年 (26歳)、賃上げを申し出たが、ブラマーに、ひどく傷つけられる仕方で拒否されたため、彼の下を去り、独立した。

注文の仕事を作りながら、工作機械の本格的改良に取り組み始めた。ブルネル (M.I. Brunel, 1769-1849) の考案した滑車製造工作機械プラントの実際の製造を依頼され、1801年に実用模型を完成させた。海軍がこの案を受け入れ、ポーツマス海軍造船所に建設した (1803-06年)。このプラントは、滑車製造の様々な工程を担う43種類の機械で構成され、100人の仕事を10人でできるようにした。

1810年 (39歳)、ジョシュア・フィールド (Joshua Field, 1786-1863) と機械製造会社の共同経営を始め、船舶機関などの各種蒸気機関を中心に、様々な機械を製造した。

以上のように、ヘンリー・モーズレイは、わずかな教育しか受けていないが、機械工としての優れた技量とともに、直観的な機械の分析・総合力を持ち、その力で様々な新しい機械を作り出していった実践的機械技術者であった。

フィールドと、モーズレイの2人の息子は、1818年の民間 (土木) 技術者協会の創設メンバーになっている⁴¹⁾。

(4) ジョセフ・クレメント (1779-1844)⁴²⁾

クレメントは、最初はブラマーの主任製図工として、次いで、モーズレイの主任製図工として働いた後、独立した。1825年、初期の最もよく知られた平削り盤を製造し、この機械は、その後10年間、6フィート四方までの大きな物を加工できる唯一の平削り盤として活躍した。また、縦溝の入ったタップとダイスを製造し、それまでばらばらであったネジのピッチの統一を図り、互換性を追求した。後に弟子のジョセフ・ホイットワースがネジ山の規格統一を成し遂げた。クレメントは、抜きん出た技量を持った機械工であり、彼の作業場は、完全な機械工を訓練する最善の学校であった。

技術者への歩み

クレメントは、イングランド北西部の村で、手織機職人の息子として生まれた。父は熱心な博物学学徒であり、特に昆虫学を専門とし、ひまを見つけて

は昆虫採取し、標本を作った。機械工の仕事も多少たしなみ、自作の旋盤で様々なものを作った。

クレメントは、貧しい家庭の子どもの通例として、早くから仕事に就いた。ほとんど教育を受けず、村の学校でわずかな読み書きを学んだだけであった。後は、成長とともに独学した。

数年間、父の手織機の仕事を手伝ったが、徐々に機械化に駆逐され、最初は屋根葺き職人、後に18歳～23歳までの5年間、スレート屋根職人の仕事を学んだ。父と同じく、機械工の仕事を好み、スレート屋根職人の仕事がない冬の間、機械工仕事を楽しんだ。村の鍛冶工と友達になり、鍛造、ハンマー、やすり仕事を覚え、馬の蹄鉄を器用にはかせることもできるようになった。従兄弟の時計製造工がロンドンから村に戻った時に機械学の本を数冊借り、それを読んで機械工になる決意を固めた。スレート屋根職人の仕事を続けながら、鍛冶工の友の力を借りて、父のものよりずっと良い旋盤を作り、それでフルート、クラリネット、バグパイプなどの楽器を製造した。父のために、本の知識を元に、顕微鏡や反射望遠鏡も製造した。1804年（25歳）には、後にそれで彼が有名となるネジの製造に関心を向け、見たり聞いたりしたことがなかったにも関わらず、非常に良くできたネジ切り用ダイスを製造している。

1805年（26歳）、機械工の職をめざして町に出て、力織機製造の仕事に就いた。2年後、グラスゴーに移って旋盤工として働きながら、製図を勉強した。彼の職場を力織機の製図のために訪れた著名人が、彼の才能を評価し、無償で教えてくれたのであった。彼は瞬く間に優秀な製図工になった。その後、力織機的设计・製造・組み立てに従事しながら機械学の実地研究を続け、自分の工具の改良や、改良型ダイス、ネジ切り旋盤などの製造、機械製図、風景図等の勉強を続けた。1812-13年度には、アバディーンのカレッジで自然哲学の授業も受講している。

1813年末（34歳）、100ポンドの貯金を持ってロンドンに向かい、鍛造、旋盤、製図ができるというとすぐに職を得ることができた。最初、旋盤の仕事をしたが、機械が悪かったので、自分でもっと良い旋盤を作ってしまった。みんなに腕を認められたが、賃金が低く、1814年、ブラマーの工場へ移り、主任製図工兼監督として、5年契約を結んだ。しかし、同年、ブラマーが死去し、息子が仕事を継いだため、居づらくなり、モーズレイ・アンド・フィールド社

に移り、主任製図工として、船舶機関の開発に貢献した。1817年（38歳）、蓄えた500ポンドを元手に、機械技術者として独立し、自動工作機械の改良、ネジの規格の統一などに取り組んだ。

以上に見たように、ジョセフ・クレメントは、読み書きを学んだだけでスレート屋根職人になるが、機械工の仕事を好み、村の鍛冶工から手ほどきを受け、その後、独力で職人的技量を身につけ、26歳から機械工に転じ、製図や機械学の勉強もしながら、腕を上げて第1級の機械工・製図工となり、モーズレイの下での経験を経て独立した、実践的機械技術者である。

(5) リチャード・ロバーツ (1789-1864)⁴³⁾

リチャード・ロバーツは、機械技術者で発明家であった。1817年に彼独自の方式による平削り盤を発明した他、各種工作機械を改良、発明し、とりわけ、メナイ海峡にロバート・スティーブンソンが架けた方形チューブ方式の鉄道橋の工事で使用された、パンチ・カードで穿孔位置をコントロールする鉄板穿孔機が有名である。ガス・メータ、時計、強力電磁石、葉巻製造機など26の特許を取得しているが、最も重要な発明は自動ミュール精紡機(1825年)である。

技術者への歩み

ロバーツは、ウェールズの靴職人・通行税徴収人の息子で、村の学校で初等教育を受けただけである。20歳まで石切場で働いたが、小さい時から機械製作が好きで、余暇に旋盤や工具を使って様々な物を作り、その機械的才能は地元で有名であった。

機械工を目指した彼は、20歳で、製鉄・鉄工業者で中ぐり機を発明したジョン・ウィルキンソンの作業場の型作り工に採用された。その後、各地で機械職種に従事し、1814年（25歳）、ロンドンのヘンリー・モーズレイの下に移った。第1級の機械職場で2年間経験を積み、1816年（27歳）、マンチェスターで独立した。歯車の切削、織機の改良などで評判を得、工作機械の改良・発明など、様々な発明で特許を取得していったが、事業家としての才能がなく、経済的には成功しなかった。

このように、リチャード・ロバーツも、初等教育を受けただけで20歳まで石切場で働いたが、小さい時から機械製作が好きで、機械工に転じ、ウィルキンソンやモーズレイの下で経験を積み、独立した実践的機械技術者である。

(6) ジェームズ・ネイズミス (1808-90)⁴⁴⁾

ジェームズ・ネイズミスは、モーズレイの個人助手として、機械技術者としての経験を積み、後にマンチェスターで独立し、あらゆる種類の機械や蒸気機関、とりわけ改良された工作機械製造業者として名声を得た。彼の名声を高めた最大の発明は蒸気ハンマー（1839年発明、1842年特許取得）で、大きな物の鍛造にはなくてはならない機械となった。1845年、同じ原理で杭打ち機を発明し、港湾、橋梁工事の基礎の杭打ちに広く使われるようになった。他に、小さな物の加工に使用される平削り盤、歯車製造用の円形カッターなども発明した。

技術者への歩み

ネイズミスは、スコットランド王の家臣の家系で、父はエディンバラの著名な画家。美術の才能のある家系で、ジェームズの兄や姉も画家になった。

しばらく個人教授を受けた後、エディンバラ・ハイ・スクールで12歳まで学び、以後、個人教授で学習をした。父は機械いじりを趣味にし、建築学や土木工学についての幅広い知識があり、アトリエの隣に作業場を持っており、旋盤や工具を機械工なみに操ることができた。ジェームズもそこでいろいろな材料を使って作業をした。父のアトリエにはエディンバラ大学自然哲学教授のレスリー（John Leslie, 1766-1832）など、著名人が出入りしており、父との間で交わされる科学や機械学についての会話から多くを吸収した。

学校の友人に鉄の鑄造工場経営者の息子がおり、その鑄造工場で、ひまを見つけては鑄型作り、鉄の溶解、鑄造、鍛造、型づくり、その他の鍛冶・金工を観察したり、作業を手伝ったりして、15歳までには木工、金工に習熟した。15歳で本当に動く蒸気機関の模型を製造している。蒸気機関の動きが分かるように、断面模型も製造した。多くの注文が入り、その利益でエディンバラ大学の自然哲学や化学の講義の受講料を払うことができた。レスリー教授のために、講義や研究で使う模型や装置の製作も請け負い、深い親交を結ぶようになり、機械学についていろいろ教えてもらうことができた。

1827年頃、道路用蒸気車に関心が高まり、自分でも模型を製作したところ、うまく動いたので、友人が実物の製作費用を提供してくれ、1828年（20歳）に製造し、8人乗りで何マイルも走らせること

ができた。

機械技術者としての経験を積むため、当時の第1級の機械製造工場であるモーズレイ・アンド・フィールズ社に職を求めた。父には謝礼金を払う経済力がなかったので、モーズレイに、自分の製作した蒸気機関とその製図を提出して能力を認めてもらい、1829年（21歳）、モーズレイの個人助手に任命され、彼の作業場で仕事を手伝うことになった。1831年にモーズレイが亡くなり、年末に帰郷し、生活費を稼ぎながら、独立に必要な工具を製作した。1834年（26歳）にマンチェスターで独立した。

以上のように、ジェームズ・ネイズミスは、比較的恵まれた家庭に生まれ、父親が機械いじりを趣味とし、建築学や土木工学にも通じ、また、出入りする大学教授などから科学や機械学の最新情報も得られるなど、一般教育の面でも、機械工の技量を学ぶ上でも、科学や機械学について学ぶ上でも、好条件の子ども時代を過ごし、15歳くらいから、機械技術者としての才能を開花させ、第一人者のモーズレイに認められて、彼の個人助手としての経験を経て、26歳で独立した機械技術者である。

(7) ジョセフ・ホイットワース (1803-87)⁴⁵⁾

ホイットワースは、モーズレイの下で、次いでクレメントの下で経験を積んだ後、マンチェスターで工作機械製造業者として独立した。これまで述べた技術者は、工作機械を他の機械を製造するために製作したが、ホイットワースは、他の製造業者に販売するために工作機械を製造した。1851年万国博覧会で、彼は抜きん出た工作機械メーカーとして名をはせた。他の20社は、1～3の工作機械を出品しただけであったが、彼は23もの工作機械を出品した。

モーズレイの下にいた時、真平面の製作方法を発見したことで有名で、これが精密測定機器の開発につながり、精密なネジを使った、200万分の1インチまで測定できるマイクロメーター、標準測定器としてのゲージなどを開発した。ネジ山の規格化を実現したことで有名で、1841年、民間（土木）技術者協会への報告で提案し、1860年には彼の規格が一般に使用されるようになった。

後に、高性能ライフルの開発、ホイットワース鋼と呼ばれるようになった、銃身、砲身用の延性鋼とその鑄造方法の開発なども行った。

1868年、機械工学分野で、理論的にも実践的にも優れた若者を対象とするホイットワース奨学金制度を創設した。1869年に男爵位を与えられた。

技術者への歩み

ホイットワースは、イングランド中部に生まれた。父は学校教員で、後に会衆派教会牧師となった。父の学校で学んだ後、12歳でリーズ近郊の学校に送られた。14歳でおじの紡績工場で綿紡績の仕事全般を学び始め、そこであらゆる機械の組立をマスターした。経営よりも機械に興味があることを確信し、1821年（18歳）、マンチェスターの機械製造業者の機械工になった。1825年（22歳）、ロンドンに移り、モーズレイ・アンド・フィールド社で働き始め、モーズレイにすぐにその才能を見いだされ、工場第2の地位に付けられた。ここで最初の偉大な発見である真平面の製作方法を発見した。その後、クレメントの工場などでも経験を積み、ネジ山の規格の標準化のアイデアなども学び、1833年（30歳）、マンチェスターで独立した。

このように、ジョセフ・ホイットワースは、14歳まで一般教育を受けた後、機械に興味を持ち、機械工としての技量を身につけ、22歳でモーズレイに認められるほどの才能で、モーズレイやクレメントの下で経験を積み、独立した機械技術者であった。

おわりに

（1）初期民間（土木）技術者

J.レニのように、例外的に、大学で科学を学んだ者もいたが、初期民間（土木）技術者は、工学教育機関が設立される以前に、それとは無関係に形成された。

見習い生修行（pupilage）などを通して技術者として再生産された者を除くと、多くは、正規の徒弟訓練を受けたかどうかは別として、技術者になる前に、精密器械製造職人や水車大工などの機械系職人か、石工や測量士などの土木・建築系職人としての技量を身につけて仕事をしている。

彼らが、ただの職人から、民間（土木）技術者へと飛躍できたのは、子どもの頃からの機械や物作りに対する強い興味や関心、あるいはより高度な仕事に挑戦しようとする意欲に支えられて、新しい機械の開発や前例のない土木工事を実現する上での諸困

難を解決する研究開発能力、問題解決能力を持っていたからである。学校教育をまったく受けず、優れた観察力と直観的知覚力で諸困難を解決していったブリンドリィのような事例もあったが、他は、受けることのできた教育には差があったが、いずれも、自ら積極的に、数学や科学、科学文献を読むための外国語などを勉強し、問題解決のための文献研究や、観察、実験研究などを通して、仕事で直面した諸困難を乗り越えていっている。そのような実績を上げることで、民間（土木）技術者として認められていったのであった。

したがって、初期民間（土木）技術者にとっては、その出身階層や教育歴、訓練歴、職歴などは問題ではなく、民間（土木）技術者に相応しい仕事を成し遂げることができたかどうか、その実績・実力が問題であったのである。

専門職としての民間（土木）技術者が登場すると、その下で、見習い生修行という実地訓練による再生産が始まっている。そのため、親子や親族関係で再生産され、技術者の仕事が引き継がれていくことが多かった。他人が見習い生として受け入れてもらうためには、コネと謝礼金が必要であった。もっとも、表1のNo.40の事例のように、初期においては、正規の見習い生修行を受けていなくても、民間（土木）技術者の下で下働きをしながら、知識や技量を盗み取り、また必要な独自の勉強もして、実力を身につけたものが、民間（土木）技術者になることも不可能ではなかった。

しかし、次第に、土木系の民間（土木）技術者の見習い生修行による再生産が一般化し、見習い生修行に高額な謝礼金が求められるようになると、土木系の技術者になれるのは、高額な謝礼金を支払う経済力のある中流階級上層に限られるようになっていく。

また、議会委員会で、依頼人の代理人として報告や証言をすることが必要な土木系のコンサルタント技術者の場合、計画を分かりやすく報告書にまとめたり、依頼人や議会関係者に分かりやすく、説得的に説明する能力が求められるため、技術的専門能力だけでなく、優れた言語表現能力や洗練された立ち居振る舞いが必要と考えられるようになり、ジェントルマンに相応しい良い一般教育を受けていることが望ましいと考えられようになっていく。J.レニが、息子に、博士の個人教授を受けさせたり、パブリッ

ク・スクール教育を受けさせたりしたのは、そのような考え方によるものと思われる。

民間（土木）技術者のジェントルマン化の進行に伴い、初期のブリンドリィやテルフォードのように、学校教育をまったく受けなかったり、初等教育しか受けなかったりする者が、土木系の民間（土木）技術者になれるなどということとはなくなっていく。

（2）初期機械技術者

蒸気機関や蒸気機関車の改良には科学理論の裏付けが必要であったので、ワットやスティーブソン、ネイズミスらは何れも科学理論を勉強し、スコットランドの大学教授との関わりを持つ場合もあった。また、J. レニのように、例外的に、大学で科学を学んだ者もいたが、初期機械技術者の場合も、工学教育機関が設立される前に、それとは無関係に形成された。

正規の徒弟訓練を受けたかどうかは別として、機械技術者になる前に、精密器械製造職人、水車大工、機械工などの機械系職人の技量を身につけて、自分の手で機械が作れることが前提であった。機械系職人としての高い技量に加え、設計や機械構造などについての知識や深い洞察力などを身につけて、自ら新しい機械を作り出すことのできる研究開発能力を持った者のみが、機械技術者になることができた。そのような力を形成する上で、第1級の機械技術者のところで最先端の経験を積むことが近道で、工作機械改良者達に見たように、優れた機械技術者の所に優秀な機械工が集まり、機械技術者の連鎖が生まれた。

機械技術者の再生産の場合も、高額の謝礼金を支払う見習い生修行があったが、機械技術者を目指すには、自分の手で機械が作れるようになるために、機械工としての訓練から始めなければならなかったため、機械工の徒弟訓練を受けた者の中から、努力と才能で機械技術者へと上昇するのがより一般的であった。

（3）実地訓練の伝統と技術者の2つの階層

イギリスでは、工学教育機関が設立される前に、それとは無関係に技術者が形成されてきたため、実地訓練による技術者養成の伝統が形成された。経済的に高い収入が期待できる技術者の実地訓練は、高額の謝礼金を必要とする見習い生修行という形を取

るようになった。土木技術者はもっぱらこの見習い生修行によって養成されたが、機械技術者は、機械工を養成する熟練工徒弟制によって養成された者の中から、努力と才能によって、技術者に必要な知識と力量を身に付けた者が技術者へと上昇していくのが一般的であった。その結果、機械技術者の中には、労働者階級や中流階級下層出身者も少なくなかった。それが、技術者の中に、中流階級上層出身のエリート技術者と、労働者階級や中流階級下層出身の非エリート技術者という2つの階層が生まれた原因であった。

註

- 1) 拙稿「イギリスにおける技術者養成の特質と工学教育の発展—1830年代末～1930年代末—」『日本の教育史学』第50集, 2007年, 136-147頁。
- 2) 拙稿「イギリスにおける技術者養成の歴史的展開—1910年までのthe Institution of Civil Engineersの会員資格要件を中心に—」『教育学研究』第52巻第1号, 1985年, 112-121頁。
- 3) A.W. Skempton, *Civil Engineers and Engineering in Britain, 1600-1830*, 1996, p. vii.
- 4) R.A. Buchanan, "Gentlemen Engineers: The Making of a Profession", *Victorian Studies*, Vol. 26, No. 4, 1983, pp. 411-413. ブキャナンは、技術者の専門職化の過程を、ジェントルマン化の過程ととらえている。
- 5) A.W. Skempton, *op.cit.*, 1996, p. vii.
- 6) 伝記情報は *Dictionary of National Biography (DNB)*; L. Day & I. McNeil(eds.), *Biographical Dictionary of the History of Technology*, 1996; S. Smiles, *Lives of the Engineers*, Vol. 2, 1861, pp. 3-89, ならびにA.W. Skempton(ed.), *John Smeaton, FRS*, 1981による。事実関係が食い違う場合は、より新しい文献による（以下、同じ）。
- 7) A.W. Skempton(ed.), *op.cit.*, 1981, p. 1.
- 8) R.A. Buchanan, *The Engineers: A History of the Engineering Profession in Britain, 1750-1914*, 1989, p. 38.
シヴィル・エンジニア協会の歴史と会員については、G. Watson, *The Smeatonians: The Society of Civil Engineers*, 1989を参照。

- 9) “Origin and History of the Profession of Civil Engineering”(Abridged from *The Life of Sir William Fairbairn* by W. Pole, 1877), *Minutes of the Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, Vol. 179, 1910, pp. 16-18; G. Watson, *The Civils: The Story of the Institution of Civil Engineers*, 1988, p. 6. スミートンの、確認される最初の使用例は1768年の報告書であるとされる(A.W. Skempton(ed.), *op.cit.*, 1981, p. 4)。しかし、シヴィル・エンジニア協会初代会長のThomas Yeoman(1708(?) - 81)が、1763年に自らを“Surveyor and Civil Engineer”と称したのがcivil engineerのさらに早い使用例とされている(A. W. Skempton, *op.cit.*, 1996, III, p. 25)。
- 10) R.A. Buchanan, *op.cit.*, 1983, p. 411.
- 11) *Ibid.*, p. 413.
- 12) R.A. Buchanan, *op.cit.*, 1989, pp. 38-39.
- 13) A.W. Skempton(ed.), *op.cit.*, 1981, pp. 223-225; R.A. Buchanan, *op.cit.*, 1983, pp. 412.
- 14) A.W. Skempton(ed.), *op.cit.*, 1981, p. 4.
- 15) *Ibid.*, pp. 226-227.
- 16) R.A. Buchanan, *op.cit.*, 1989, p. 38.
- 17) スミートンは、よく技術者の紹介を依頼されたが、1771年の書簡で、ジョン・グランディ(John Grundy)を、「経験豊かなジェントルマン」と紹介している(*Ibid.*, p. 220)。19世紀半ばに専門職について論じたトムソンは、civil engineerを、18世紀後半の公共事業の増大以降に形成された「近代的専門職の一つ」に挙げている(H.B. Thomson, *The Choice of A Profession*, 1857, p. 293)。また、1861年の国勢調査から、civil engineerは専門職グループに入れられており、この頃には人口統計上も専門職として認知されるようになった(W.J. Reader, *Professional Men: The Rise of the Professional Classes in Nineteenth-Century England*, 1966, p. 149)。
- 18) Smilesの伝記では、18歳で法律の勉強のためにロンドンに出されたが、機械関係の仕事に就くという思いをあきらめられず、父の了承を得て、理学器械製造業者に弟子入りし、26歳で精密器械製造業者として独立したとされているが、ロンドンからの帰郷後、自宅の作業場で活動を続け、実力を認められて、24歳でロンドンで開業したというのが正しいようだ。
- 19) エディスタン灯台は生成期の民間(土木)技術者の偉業として、象徴的意味を持ち、1818年に設立された民間(土木)技術者協会の紋章にも使われている。
- 20) 伝記情報はDNB; L. Day & I. McNeil(eds.), *op.cit.* ならびにS. Smiles, *Lives of the Engineers*, Vol. 1, 1861, pp. 307-476による。
- 21) R.A. Buchanan, *op.cit.*, 1983, p. 411.
- 22) G. Watson, *op.cit.*, 1989, p. 7.
- 23) 伝記情報は、L. Day & I. McNeil(eds.), *op.cit.*; A.W. Skempton, *op.cit.*, 1996, III, pp. 32-33ならびにC. Hadfield & A.W. Skempton, *William Jessop, Engineer*, 1979による。
- 24) A.W. Skempton, *op.cit.*, 1996, p. viii.
- 25) 伝記情報はDNB; L. Day & I. McNeil(eds.), *op.cit.* ならびにS. Smiles, *Lives of the Engineers*, Vol.2, 1861, pp. 93-289による。
- 26) *Ibid.*, p. 264.
- 27) 伝記情報はDNBによる。
- 28) 伝記情報はDNB; L. Day & I. McNeil(eds.), *op.cit.*; S. Smiles, *Lives of the Engineers*, Vol. 2, 1861, pp. 287-493 ならびにL.T.C. Rolt, *Thomas Telford*, 1958による。
- 29) ロルトは、民間(土木)技術者協会設立の頃のシヴィル・エンジニア協会は「レニ親子によって支配されていた」としている(*Ibid.*, p. 200)。
- 30) A.W. Skempton, *op.cit.*, 1996, III, pp. 23-43.
- 31) 伝記情報はDNB; L. Day & I. McNeil(eds.), *op.cit.* ならびにS. Smiles, *Lives of Boulton and Watt*, 1865による。
- 32) 伝記情報は、E. Robinson, “Training Captains of Industry: The Education of Matthew Robinson Boulton(1770-1842) and James Watt, Junior(1769-1848)”, in A.E. Musson & E. Robinson, *Science and Technology in the Industrial Revolution*, 1969, Ch. V ならびに“James Watt(1736-1819)” in DNBによる。
- 33) 伝記情報はDNB; L. Day & I. McNeil(eds.), *op.cit.* ならびにS. Smiles, *Lives of the Engineers*, Vol.3, 1862による。
- 34) 伝記情報はDNB; L. Day & I. McNeil(eds.), *op.cit.* ならびにS. Smiles, *Lives of the Engineers*, Vol.3, 1862による。
- 35) 工作機械改良者達については、下記の個別の

伝記情報とともに、L.T.C. Rolt, *Tools for the Job: A Short History of Machine Tools*, 1965を参照した。

- 36) 伝記情報は*DNB*ならびにL. Day & I. McNeil(eds.), *op.cit.*による。
- 37) 伝記情報は*DNB*; L. Day & I. McNeil(eds.), *op.cit.*ならびにS. Smiles, *Industrial Biography: Iron Workers and Tool Makers*, 1863, pp. 183-197による。
- 38) 伝記情報は*DNB*; L. Day & I. McNeil(eds.), *op.cit.*ならびにS. Smiles, *Industrial Biography: Iron Workers and Tool Makers*, 1863, pp. 198-235による。
- 39) C. Singer et al.(eds.), *A History of Technology*, Vol. 4, 1958, p. 424.
- 40) S. Smiles, *Industrial Biography: Iron Workers and Tool Makers*, 1863, p. 232.
- 41) G. Watson, *op.cit.*, 1988, p. 9.
- 42) 伝記情報はL. Day & I. McNeil(eds.), *op.cit.*ならびにS. Smiles, *Industrial Biography: Iron Workers and Tool Makers*, 1863, pp. 236-257による。
- 43) 伝記情報は*DNB*; L. Day & I. McNeil(eds.), *op.cit.*ならびにS. Smiles, *Industrial Biography: Iron Workers and Tool Makers*, 1863, pp. 258-274による。
- 44) 伝記情報は*DNB*; L. Day & I. McNeil(eds.), *op.cit.*ならびにS. Smiles, *Industrial Biography: Iron Workers and Tool Makers*, 1863, pp. 275-298による。
- 45) 伝記情報は*DNB*; L. Day & I. McNeil(eds.), *op.cit.*による。