論文

有本建男*

続・科学技術の興亡 最終回

21世紀へ向けた科学技術の構造改革(3)

—19世紀末の主要国における科学技術の構造改革とその教訓—

**Second series. Rise and fall of science and technology powers
Structural reform of science and technology towards
the 21st century (3): The structural reform of science
and technology at the end of the 19th century and the lessons**

ARIMOTO Tateo

Article

[著者抄録] 19世紀末は世界的に政治と経済の構造の転換期であった。これに伴って、欧米主要国において、大学の改革、大型研究所の設立、アカデミーの改革など科学技術についても構造の変革が行われた。日本も、この頃になると、明治維新以後欧米から移植した科学技術が一応定着し、自立に向けた研究活動が現れ始める。20世紀末の現在、100年前と同様に、世界は大きな転換期を迎えている。この時期に、わが国は、科学技術の構造を根本的に変革する必要に迫られている。

[著者付与キーワード] 19世紀末、転換期、20世紀末、冷戦の終結、経済のメガ・コンペティション、地球規模の問題、科学技術の構造改革

[Author Abstract] The end of the 19th century had brought a conversion period of political and economic structure upon the world. Keeping pace with it major European nations and the U. S. had conducted structural reform on science and technology represented by reform of the universities, establishment of large-size research institutes, and reform of the academies. In Japan then, we had seen science and technology implanted from the Europe and the U.S. after the Meiji Restoration settled down by and large, and independent research activities emerging. At present, the end of the 20th century, the world is facing the drastic conversion period as our precursors did one hundred years ago. At this moment Japan is really urged to fundamentally reform or innovate the structure of science and technology.

[Keywords by Author] the end of the 19th century, conversion period, the end of the 20th century, end of the Cold War, mega competition of economy, global scale issues, structural reform of science and technology

* 海洋科学技術センター企画部 (〒237 横須賀市夏島町 2-15) Tel. 0468(66)3811
Japan Marine Science & Technology Center (2-15, Natsushima-cho, Yokosuka-shi, 237)

7. 3 19世紀末の主要国における科学技術構造と改革の動き

(1) イギリス

イギリスは、政治や経済活動に対して国家の介入をできるだけ排除する自由放任が原則の国であった。これは教育や科学にも当てはまる。科学者の専門家集団として世界で最も古い歴史をもつ王立協会 (Royal Society) は、王立とはいふもののいわゆる自然哲学や自然知識の愛好家のゆるい情報交換の場であった。これに対抗して、ルイ14世時代に設立されたパリ科学アカデミーは常勤の研究者をかかえて国営の研究機関の性格が強く、イギリスとは趣を異にしていた。双方の国民性の違いと言えよう。

イギリスは、ニュートン、ドルトンなど17世紀の科学革命を担った人材を数多く輩出し、その後も基礎科学において持続的に世界のトップ水準を維持した。また、イギリスは世界に先駆けて18世紀半ばに産業革命をスタートした。この産業革命を支える技術を担ったのは、基礎科学に携わってきた上流階層とは異なる身分の低い職人階層であった。

19世紀に入り次第に科学と技術が融合し、科学を応用した工業生産が盛んになるに伴って、ドイツとアメリカはこの方向で国力を飛躍的に発展させることができた。一方イギリスはこの融合がうまくいかず、19世紀末までに工業生産でこの2国に遅れをとることになった。1851年に開催されたロンドン万国博覧会では、イギリスは産業革命の先進国として工業製品や技術において他国を圧倒していたが、つづいて1867年に行われたパリ博覧会では、ドイツ、アメリカに比べて、イギリス工業製品は惨めな評価を受けた。これを契機に、それまで長い間自由放任を享受してきたイギリスの科学界や産業界は危機感を強め、政府が主導して教育と科学技術の体制を整備するように訴える声が強まった。

19世紀の科学と技術の融合を制度面で支えたのは、ドイツに誕生し各国に普及していった研究と教育を並立する近代大学制度であった。この観点

から19世紀におけるイギリスの大学制度の変遷を見てみよう。

中世12世紀に設立されて以降、オックスフォードとケンブリッジの両大学では、イギリス国教会の聖職者の養成と高尚な教養を得ることを目的に、主として上流層の子弟への教育が行われた。これには、科学的な知識は必要とされなかった。たとえば、ポーランドの天文学者コペルニクスとともに、17世紀科学革命のスタートを担ったハーヴェイは、ケンブリッジで医学を修めた後血液循環の研究を行うためにイタリアのパドヴァに留学した。当時ケンブリッジには医学研究を深める適当な研究施設がなかったのである。また、17世紀半ばには、数学は大学で研究する学問とはみなされておらず卑しいものと考えられていた。数学は、貿易商、商人、水夫、大工、測量技師といった人々のやることと同じだと考えられていたのである。当時の政治学者で哲学者のホッブスは、自然哲学はオックスフォードやケンブリッジからロンドンのグresham・カレッジに移ってしまったと述べた。このグresham・カレッジは、商人で金融家のトマス・グresham卿によって教育施設として設立され、ロンドン市民に対して英語で講義を行う多くの教授を擁し、実戦的で功利主義的な授業を行った。すなわち、航海術、三角測量、対数法、割り算などである。

ピューリタン革命が終わり1660年の王政復古の後、オックスフォード大学はますます神学や教養主義に凝り固まっていく。一方、ケンブリッジ大学は、政治的にも宗教的にも自由主義的になりペーコン流の論理学や数学が盛んとなった。この流れの中で、1669年に、アイザック・ニュートンが現在ホーキングスが就いているルーカス教授職に就任した。ニュートンは、ケンブリッジの数学者や学生達に科学の創造的な刺激を与えたが、同じころ、この大学では化学や生物学の分野でも活発な研究活動がなされた。しかし、18世紀に入ると、ニュートンとその後継者がつけた勢いを保つことができなかった。むしろ、フランスがラプラスの主導の下にニュートン力学と天文学を発展さ

せ世界の中心となった。

さて、スコットランドは民族性がイングランドと異なり、進取の気性に富み早くから通商で海外に発展し、科学や技術についても積極的に取り組んでいた。スコットランドの大学は開放的で柔軟であり早くから科学や技術を教科に採り入れ、大陸にみられる大学発展のパターンをたどった。この中心がグラスゴー大学であった。1846年にグラスゴー大学の自然哲学の教授になったケルビンは53年間この職にあったが、その間にこの大学は近代化に向けて大変革を遂げ、ケルビン自らも1855年に実験物理学で世界最初の本格的な実験室を開設した。明治初期にこの大学から多くのお雇い外人教師が来日し、日本の科学技術の近代化に大きな貢献をしたことは注目される。

ドイツの大学、とりわけ、ベルリン大学(1810年設立)とボン大学(1818年設立)の進歩的で効果的な運営は、当時のヨーロッパの教育者と科学者に大きな刺激を与えた。大陸の教育制度に精通したイギリスの人々は、ドイツとイギリスの大学制度を比べると自国が明らかに劣っており、また、大学教育を受けているイギリス人の数が大陸やアメリカに比べて遥かに少ないことを指摘した。大学教育を望みながら、オックスフォードとケンブリッジに入学する希望を断たれた若者がイギリスには数多くいたのである。19世紀の産業革命は、高等教育や技術教育に対する需要を急速に拡大したが、イギリスの中世以来の大学はこれに対応できなかった。

このような中で最初に一般市民のための近代大学制度として登場したのはロンドン大学であった。

まず1827年に、非国教徒や中産富裕階級の支持をうけてロンドン市内に新しいカレッジが設立された。ユニバーシティー・カレッジである。このカレッジは、オックスフォードやケンブリッジに入学できない若者に、高等教育を受ける機会を拡大しただけでなく、旧大学のカリキュラムにはない科学、技術、社会学などの新しい学問を学ぶ機会を与えた。貴族と国教徒は、翌年、キングス・

カレッジを設立しこれに対抗した。この二つのカレッジの法人格、学位付与権については長い議論の末に結着をみた。すなわち、1836年に試験・学位授与機関としてロンドン大学が創立され、両大学の学生はこのロンドン大学に学位を請求することになったのである。ユニバーシティー・カレッジは実践的な研究や学問のために階級や宗教の差別なく人々に門戸を開いた最初のものであった。この中には日本から来た明治の元勲伊藤と井上も含まれていた。1860年代には、自然科学と工学の分野で大きく発展し、とくに実験化学ではウィリアムソン教授を中心に当時隆盛を極めていたドイツ化学に拮抗する研究の中心を形成した。このウィリアムソンは、グラスゴのケルビンとともに日本人留学生の受け入れ、お雇い外人教師の派遣などで日本の近代化に大きな貢献をした。

1851年にはマンチェスターにオウエンス・カレッジが開校した。このころ、イギリスは産業革命の真っ只中にあり、工業製品のための新しい市場は海外に開けつつあったが、景気の交代や不況が繰り返すようになり、工業生産において主導的な立場を維持するためには、独創的な技術力が必要であるとの認識が企業家の間にひろがった。これを背景として北部や中部の産業地帯に、マンチェスターをはじめ、バーミンガム、ニューカッスルなどつぎつぎにカレッジが設立された。オウエンス・カレッジのちのマンチェスター大学では、19世紀後半に、ロスコー、ウォードなどドイツの大学の研究と教育を経験した人々によって、実験的な科学研究が始められた。ロスコーは、ドイツからショルレンマーを招いてイギリス最初の有機化学講座を開設した。後に、ラザフォードもこの大学の化学教授として、量子力学の創世に寄与することになる。

1854年グラッドストーン内閣の時に、大学改革法が成立し、オックスフォードとケンブリッジ大学の改革が始まった。まず、入学登録、学位取得について宗教審査が廃止された。つづいて、1860年代に初中教育への宗派主義の廃止、国家による助成が始まり、オックスフォード、ケンブリッジ

の宗教的制約はさらに緩和され、同時に科学プログラムの導入がはじまった。

1871年の英国科学振興協会年次総会で会長ケルビン¹は、イギリス政府が研究の振興を疎かにしていると厳しく批判した。先にも述べたように、これに先立つパリ博覧会でイギリス工業製品の受けた評価はさんざんであった。このような中で、1872年に設置された王立委員会「デボンシャー委員会」は、国立研究所の設置、科学者への助成の強化、科学審議会の設置などを提言し、これを受けて政府の科学活動への支援が本格化した。世界初のフェローシップ制度ができたのはこの委員会の成果であり、ニュージーランド出身のラザフォードもこの制度で見出された。この制度は、アメリカ研究会議(NRC)の有名なフェローシップ制度のモデルにもなった。

イギリスの19世紀後半における科学技術体制の強化で最も注目されるのは、1871年にケンブリッジ大学にキャバンディッシュ物理学研究所が設立されたことである。この研究所は、歴代の所長にマクスウェル、レーリー、トムソン、ラザフォードなど、世界一流の科学者を擁し、19世紀末から20世紀初めにおける量子力学の創始、20世紀半ばにおける分子生物学の成立に大きく貢献するなど、20人以上のノーベル賞受賞者を輩出した世界の基礎科学のメッカである。

一方、オックスフォード大学は、ケンブリッジがキャバンディッシュ研究所をはじめとして科学活動で華々しい成果を挙げはじめたのに比べると歩みが遅かった。そこでの主たる関心事は依然として古典、哲学、歴史学であった。1868年にクラレンドン研究所が設立され地質学、鉱物学の部門ができるが、科学部門が大きく拡張されるのは第二次世界大戦の終結を待たねばならない。

(2) フランス

大革命後、フランスでは国家の主導で科学研究体制が急速に拡充された。エコール・ポリテクニク、高等師範学校、建築学校、鉱山学校などパリ中心の専門学校制度が確立され、多くの優秀な科学者を輩出した。モンジュ、ラグランジュ、カル

ノー、ゲイ・リュサックなどである。この制度をもとに、19世紀前半にフランスは世界の科学技術活動の中心となった。

専門学校制度は、アカデミーと貴族を中心とした科学技術の中央集権の体制ともみられる。この体制は、他の諸国とくにドイツやアメリカにおいて高等教育と研究を担う拠点が全国に展開する大学であったのに比較して、フランスの特徴であった。エコール・ポリテクニクを中心とする工学のための高等教育研究の専門学校制度は、アメリカのMIT、ドイツの工科大学(T.H.)、日本の工部大学校などを設立する際のモデルとなった。また、今日開発途上国が急速に先進国にキャッチ・アップしようとする時には、限られた資源を短時間に効果的に使い、人材の養成や技術の定着を行うことが必要であり、このための有効なモデルとして生きつづけている。

さて、19世紀半ばになると、フランスのそれまでの科学研究体制の長所が欠点に変わっていった。専門学校制度の下で行われてきた、パリ中心の一部エリートによる中央集権による科学活動は、人材の層に広がり多様性に欠け、国民との乖離が著しく、その上国内の初等中等教育制度の不備も重なって、フランスは科学技術の覇権をドイツに渡すことになったのである。

このころ1868年に、化学者ヴェルツは、“化学はフランス”と豪語した(Adolf Wurtz, “La Chimie est une science française”)。当時のフランスの科学者は、フランス語の文献しか読まなかったと言われており、各国の科学活動がピークを越えて下り坂になる時にしばしば起こる“Not Invented Here: NIH”シンドロームに当時のフランスは罹っていたものと考えられる。さらに、過度の中央集権やラプラス物理学のように学問と政治との過度の結び付きも、科学技術の構造が時代の変化に対応する柔軟性を失う原因となったと言える。

ナポレオン三世の下にフランスでも経済構造が農業から工業へ次第に重心を移していった。また、小中の公的な教育制度が整備された。これに伴って、エコール・ポリテクニクに代わってエコール・

ノルマル・シューブリーム（高等師範学校、パスツールはこの出身）が中心となって、大学、公的教育制度につながり一般市民にも広く参加ができる開放性のある科学研究体制に徐々に変わっていった。

このようにして、フランスでは他の先進国と同様に、19世紀の半ばから後半にかけて、科学の分野別に多くの学会が設立された。フランス生物学会(1848)、化学会(1857)、物理学会(1873)、数学会(1873)など。

そのフランスが1871年の普仏戦争に大敗し、その原因としてフランス科学技術の衰退が叫ばれた。パスツールが、“科学に国境はないが、科学者には国境がある。”と講演し、フランス科学界の奮起を促したのは有名な話である。これを契機に、教育改革、学会の自由、研究機関の自律性が強調された。また、大学の増設、研究施設や資金の増加、研究活動に専念できる環境の整備などが強く要求されるようになり、パリ以外の地方における科学技術の振興に対する要望も強かった。1872年に、まだ普仏戦争の後遺症がなまなましく残る愛国的雰囲気の下で、ベルナール、ヴェルツらによってフランス科学振興協会（Association Francaise pour l'Avancement des Sciences）が設立された。この協会は、それまでのフランスの科学構造の大きな欠点であった中央集権からの脱皮、裾野の拡大、科学活動の産業との連携の強化、地方への展開を促した。ちなみに、パスツールは、高等師範学校卒業後に、ストラスブールとリヨンの大学で教えた経験を持っており、科学活動の分散化の重要性を身をもって理解していた。地方強化の成果は、早くも、世紀の変わり目に現れ、グルノーブル、モーペルフエイユ、リヨンなどの地方都市で、地元の企業との活発な協力ができあがり、1896年にサバティエがニッケル触媒有機反応を発見し、1900年にはグリニャールがグリニャール試薬を発見し、いずれもノーベル賞を受賞するほどに地方のレベルが急速に上がっていった。

フランスとドイツは、ともに産業革命や工業化で先行するイギリスに追いつくことを目標にした

わけであるが、両国の18世紀から19世紀にかけての歴史の違いが、文化と文明や科学技術の構造とその改革の方向にも大きな影響を与えたと考えることができる。19世紀前半におけるフランスとドイツの科学研究体制は、上記のように、相当異なっていたが、1870年以降は、次第に双方が似通ったものになっていく。すなわち、フランスでは、先にも述べたように、専門学校優先から一般の大学にも教育のみならず研究活動が広がり大きな成果を挙げ始めた。一方、ドイツでは、「科学研究は大学、技術教育は T. H.」という仕分けが次第に消えて、T. H.でも最先端の研究が行われるようになり、優秀な研究者が集まった。ベルリンやチューリッヒの工科大学はその典型であった。

(3) ドイツ

ドイツは、18世紀の宗教戦争によって国土が荒廃するとともに小さな領邦に分断されたため、イギリスやフランスに比べると国家の統一と産業革命による近代社会の確立で大きく遅れをとった。このため、19世紀に入ると、国家の統一と経済の統一が最大の課題となり、最終的に北ドイツを基盤としたプロシヤの主導で、1871年にドイツ帝国が成立した。これ以降、ヨーロッパの後進国ドイツでは政府の強力な主導の下に政治、軍事、経済、教育、科学技術の近代化が進められた。

当時、ドイツが後進国としてアメリカとともに、イギリスに対抗し経済的に台頭するに当たって、保護貿易は重要な政策であった。この理論的な根拠を「国民経済学体系」（1841年）で有名なフリードリッヒ・リストが与えた。彼は、イギリス古典派経済学者が各国の経済力の格差を無視して、自由貿易の普遍妥当性を主張することの誤りを指摘し、一国の経済政策、通商政策はその国の経済発展のレベルに応じて決定されなければならないと主張し、後進国ドイツの産業資本の主張に理論的な根拠を与えた。

イギリスにとっては、自由貿易論は、時と場所を超越した真理と考えられたが、実際には普遍的ではなく時代の産物であった。すなわち、世界の市場を支配する工業力をもち、食料と原料の大部

分を外国に依存している先進国イギリスにとって最も適切かつ有利な貿易理論であったのである。一方、イギリスの後を追う後進国アメリカやドイツにとっては、自由貿易は拠るべき指針にはならなかった。アメリカ、ドイツで保護貿易論が早くから開花したのは偶然ではない。

ドイツは、19世紀の“遅れてきた”青年大国であったがゆえに、現在でも有効な科学技術の制度や体制のモデルを新たに生み出すことができたと言える。

その第1は、1810年にフンボルトにより設立されたベルリン大学である。これは、教育と研究を並立する近代大学制度の始まりとなった。当時、ドイツは、経済的に統一に向いつつあったものの未だに政治的に統一された国民国家ではなく、全国が30以上の領邦に分立していた。プロイセン、オーストリア、ザクセンを中心に、有力な領邦が競ってこの新しい大学制度の充実と優秀な教師の獲得に努めた。このような競争の下でドイツの近代大学は大きな成功をおさめ、19世紀の後半になると、イギリス、フランス、アメリカを始め世界の先進国が競ってこの大学制度を導入した。イギリスのオックスフォード、ケンブリッジ大学の科学プログラムの創設、フランスの地方大学ファキュルテの充実、アメリカにおけるジョンズ・ホプキンス大学、シカゴ大学、クラーク大学など研究に重点をおいた大学の設立など、ドイツの大学をモデルにして、各国の歴史と国民性を踏まえた特色のある大学制度がつぎつぎに誕生していったのである。

ドイツが作り出した第2のモデルは実験室制度である。

パリのエコール・ポリテクニクのゲイ・リュサックの研究室に留学していたリービヒは、1825年に帰国後、ギーセン大学に化学の実験室を開き、研究と実験さらに教育を同時に行ういわゆる“ギーセン方式”を始めた。リービヒの研究室は有機化学、農薬、医薬などの分野で多くの成果を挙げ、世界中から留学生が集まった。これは、ハイデルベルク大学のブンゼン、ミュンヘン大学

のヴェーラーの研究室などとともにドイツのみならず各国の大学に化学実験室を設置する契機となり、さらに、19世紀後半から20世紀初めにかけてドイツが化学工業で繁栄する基盤を提供した。

19世紀後半に化学分野で新たに物理化学という分科を打ち立てた化学者オストワルドは、イギリスの旧知の化学者ラムゼーに、「製造業における発明力の組織化、しかも大規模な組織化は、私の知る限り、世界の歴史で比類のないものである。これこそが、われわれ（ドイツ）の目覚ましい発展の真髄である」とドイツの繁栄の背景を述べている。

ドイツが工業力や科学技術力において、他国に優越した原因の一つに、小中学校の教育制度の充実・全国的な普及、全国数か所の工業大学(T. H.)を筆頭とする工業教育の整備にあった。

さて、19世紀末になると、化学、電気、鉄鋼などを中心に、工業生産の規模は飛躍的に拡大し、化学や物理の研究は大学の小さな実験室の規模では間に合わなくなった。また、大学における教育と研究の両立という近代大学制度の根幹が揺らぎ、教育活動に重点が移り研究に支障を来すようになる。このため、科学界のみならず産業界も大学の外に、研究活動に専念できる大規模な研究施設を設置することを強く希望するようになった。これを受けて、物理学、化学の研究所設置について、科学界、産業界、政府の協力で具体策が練られ、まず1884年に、ジーメンズの資金的支援で、帝国物理工学研究所が設立された。初代の所長にはヘルムホルツが就任し、物理計測の分野で成果を挙げ、量子力学の誕生に大きな貢献をすることになる。なお、ジーメンズは電気産業の発展とそれを支えるものとして物理学の研究が大変重要であるとの確信をもっていたという。“ダイナモ”という用語を1867年に初めて用いたのも彼であった。

この物理工学研究所の経験とアメリカを中心とした基礎科学体制作りに刺激されて、1912年にカイザー・ウィルヘルム協会が設立された。これは、19世紀末から20世紀初めにかけて欧米先進国が、

科学技術の構造をより大規模へより精密な科学へと改革していった最後の仕上げと言ってよく、各国さらに後世に大きなインパクトを与えた。この協会は、第二次世界大戦後に名前を変えてマックス・プランク協会となり、現在も世界の研究活動の先端を走っている。

ドイツ出身のユダヤ人生物学者ロイブのアメリカ移住

カイザー・ウィルヘルム協会の設立に当たって、一人の優秀な若いドイツ系ユダヤ人生物学者について議論されている。J. ロイブである。1890年代にJ. ロイブがアメリカに移住したことによるドイツ生物学界の損失が計り知れなかったことを、カイザー・ウィルヘルム協会の設立に努力していた人々が深刻に受け止めたのである。

ジャック・ロイブ (Jacques Loeb, 1859-1924)

ドイツ生まれのアメリカの実験生物学者、生理学者。自由意思や本能の問題を研究するためにベルリン大学哲学科に入り、のちに、ストラスブール大学のゴルツの下で脳脊髄生理学を修めた。ヴェルツブルグ大学生理学教授フィック、ついでゴルツの助手となり (1886-89)、またその間に植物生理学者サックスの影響を受けて動物の走性の研究に着手した。1891年にアメリカに渡り、当時シカゴ大学生物学部長でウッズホール海洋生物学研究所を創始したホイットマンの要請でシカゴ大学教授に就任 (1892) した。後にカリフォルニア大学生理学教授に就任し (1902)、1910年ロックフェラー研究所員となり終生在職した。

カイザー・ウィルヘルム協会の設立に当たって、その推進役となったのは、科学者の側では、エミール・フィシャー、ネルンスト、オストワルドらドイツの誇るノーベル化学賞の受賞者たちであった。一方行政・管理の面では、企業からの寄付金集め、この構想に対する国王の関心を高めるなど経営面で大きな手腕を発揮し初代の協会の総裁になったハルナックが挙げられる。そのハルナックが作成した協会設立に関する覚書の中で、ドイツの生物学は研究の場と資金の不足のために衰退しており、その例として、ロイブのアメリカ移住が取り上げられている。これに関して、協会に多

額の寄付を行ったユダヤ人企業家達は別の見方をしていた文書が残っている。すなわち、ロイブのアメリカ移住は単なる研究条件の問題ではなく、19世紀末にはドイツ国内のユダヤ人に対する偏見と不利益が科学界にも拡大しており、優秀なユダヤ人が教授になれないような条件の下で、多くの若手のユダヤ系ドイツ人研究者が祖国を捨ててアメリカに移住していったとの見方である。ロイブはその象徴であった。

さて、ロイブは、走性や再生の問題から進んで、電解質イオンの生体作用、生体電気や蛋白質の物理化学に新分野を開拓した。実験主義・物理化学主義で一貫したが、同時に生体を全体として見るべきことを説いた。彼は、学派をつくるよりも自らの研究を深める方向で生物学を多彩に拡張していった。「The Dynamics of Living Matter」(1907) などの教科書を通じて学会に大きな影響を与えた。ロイブは、ショウジョウバエの遺伝学でノーベル賞を受賞したモルガンとともに、20世紀前半のアメリカの生物学を自然誌や医学とは独立した、物理学と化学に基礎を置く近代科学として成立させたのである。とくに、アメリカの生物化学の成立に大きな役割を果たした。

彼は、その経歴から社会問題にも深い関心を寄せた。ドイツを逃れて移民したユダヤ人学者として、とかくドイツ科学を賛嘆しがちなアメリカ科学界に、民主主義の重要性、ドイツ民族の危険性を指摘し続け、科学者のみならず一般国民にも大きな影響を与えた。とくに、第一次世界大戦の中で、ドイツの危険性とナショナリズムが凶暴な民族主義、人種差別に変わっていくこと、戦争の中でドイツのオストワルド、イギリスのラムゼーら双方の有力な科学者達が単純に民族主義に陥っていくことに警鐘をならし続けた。

(4) アメリカ

アメリカは、19世紀の半ばまでは、基礎科学については、西ヨーロッパの科学先進国からみれば取るに足らない国であった。アメリカ人自身も、広大な国土と資源を持ち一方では人口が希薄なためにその開拓に実用的な技術や発明に頼る面が多く、実用技術には大きな関心を寄せる国民性であったが、原理や基礎をじっくり探求する基礎科

学に対しては無関心であった。

1851年にロンドンで開かれた万国博覧会は、イギリス工業技術の一人勝ちであったものの、この時アメリカから出品された鉄砲やミシンなど互換式部品による大量生産製品は、イギリスの工業家の大きな関心を呼び、アメリカに視察団を送ることになった。これをきっかけに、イギリスはこのアメリカ式生産方式を軍需品生産に採用することになった。以来、この生産方式は、「アメリカ製造システム」として世界中から注目され各国に普及するとともに、後に自動車製造などの大量生産の始まりとなった。

このように19世紀半ばに、工業技術で世界の注目を集めるようになったアメリカも、基礎科学ではやっと基盤固めを始めた時期と言える。この頃、一部の先進的な科学者バッチ、ヘンリー、アガシーなどが中心となって、アメリカの科学研究体制の構築が始まる。すなわち、まず1848年にスミソニアン協会が設立された。これは、19世紀後半のアメリカにおいてただ一つの基礎研究の推進機関であった。1861年に始まり全アメリカを巻き込んだ4年にわたる南北戦争は、アメリカの経済構造が農業から工業へ移行する過渡期の大きな経済紛争という見方もできるが、その中で科学技術に対する国民一般の考え方にも変化がみられた。すなわち、科学技術の産業への応用による工業や農業の競争力の強化という考え方が次第に浸透していった。南北戦争中に機械技術と農業技術を地域に普及する目的で制定された国有地供与大学法

(Land Grant Act) は、多くの州立大学を設立する制度として有効に働いた。このころ、1858年にアメリカ科学振興協会が、1863年にはアメリカ科学アカデミーが設立された。

アメリカの科学界の基礎科学分野における実力は、19世紀の末になってもヨーロッパに比べてはるかに遅れたものであった。当時、基礎科学で世界に通じるアメリカの科学者としては、電磁気学のヘンリー、ローランド、熱力学のギブス、光速度の計測のマイケルソンくらいであった。これらの人々の業績も、海外の高名な科学者たとえばマ

クスウェル、オストワルドなどが高く評価した後には、アメリカ国内にもどって認められるという科学後進国にありがちな状況であった。アメリカ国民に人気の高い科学者、技術者は依然として発明家のエジソンやフルトンであり、ヘンリーやギブスなどは国民にとっては全くの無名であった。

1883年当時、アメリカ科学振興協会の副会長であったローランドは、講演の中で、「アメリカにおいて、物理学を創造するためには何をやるべきか。電信、電話などの科学の名前を持った便利物をつくるのではない。アメリカの物理学の欠陥や困難はその構造にある。」と嘆いている。ちなみに、当時、アメリカの物理学の論文誌であった“American Journal of Science”及び“Science”は、ローランドの磁場に関する世界的な研究論文の掲載を拒絶したが、これを読んだイギリスのマクスウェルの推薦によって、イギリスの著名な物理学雑誌“Philosophical Magazine”に掲載された。このエピソードが示すように、当時のアメリカの学会と論文誌にはいまだに世界に通じる見識と権威が確立されていなかったのである。また、1869年に発刊された“Science”は、購読者の減少から再三刊行が中断し、やっと1883年になって電話の発明で有名なグラハム・ベルの援助と編集方針を実用にも重点を置くことに変更して再刊にこぎ付けた。なお、この雑誌は1900年からアメリカ科学振興協会(AAAS)が刊行を引き継ぎ、現在ではイギリスの“Nature”とともに総合科学雑誌として世界的な権威を得ている。

19世紀の後半には、多くのアメリカの若者が、ヨーロッパとくにドイツへ留学した。医学、化学、物理学などの分野である。彼らは、留学から帰国した後、19世紀末のアメリカにおいて学問の面でもまた科学体制の変革の面でもリーダーとなっていく。電気のヘンリー、化学のレムゼン、医学のフレクスナーなど是有名である。ドイツ帰りの少壮科学者にとって、ドイツ近代大学制度をアメリカに移植し確立することは、大きな夢であった。この夢は、19世紀の末にアメリカの鉄鋼、鉄道など産業が急成長を遂げ、大金持ちになった産業資

本家が慈善事業に関心を示し始めた時に、実現に向けて動き始める。

19世紀末に工業生産で世界一となったアメリカの企業家達は厳しい国際競争の中で、基礎科学や工業標準の重要性に気付いた。これを受けて、自国の基礎科学の貧しさ（National Poverty）への自覚が、科学界のみならず経済界にも浸透し、カーネギー、ロックフェラー、メロンなどの大財閥の支援を得て、基礎研究の制度と体制作りが積極的に始められた。

1876年のジョンズ・ホプキンス大学、1885年のスタンフォード大学、1890年のシカゴ大学の設立など、産業資本家の援助を得て、科学者達の企画によりそれぞれ特徴ある高等教育や研究の体制が整備されていく。アメリカの19世紀末の科学技術の体制作りは、このように政府の主導で統一された政策の下に実施されたわけではないが、将来に向けて多様性と広がり秘めつつスタートしたのである。

一方で、アメリカの建国以来の自由で移民を受け入れる社会的な環境から、19世紀の後半から、ヨーロッパの優秀な科学者がアメリカへ移住し基礎科学の知識のみならず方法論や考え方を普及していった。なかでも、アメリカ科学アカデミーの設立に貢献したL. アガシー、アメリカの生物学の近代化に貢献したロイブなどは注目される。

アメリカの科学技術の特徴として産業活動との密接な関係がある。もちろん、ドイツにおいては、化学産業を中心にして研究活動の大学との密接な関係が見られるが、電気、石油、自動車など多くの産業分野で科学と企業活動の関係が活発に展開され制度として確立するのは、19世紀末から20世紀初めのアメリカである。ノーベル賞を受賞したGE社のラングミュアは企業科学者の典型として有名である。また、先に述べたように、大量生産技術の確立がアメリカで行われ、“Yankee Ingenuity”としてアメリカが誇る大量生産技術はあらゆる製造業に応用され、ヨーロッパに脅威を与えるようになる。これが、19世紀末から20世紀初頭に起こった欧米間の貿易摩擦の種であった。当時、

陰りの見えたイギリス工業界は、台頭著しかったアメリカ、ドイツからの洪水のような大量輸出に対して、不公平貿易として厳しく非難した。

20世紀が始まったばかりの1903年に、当時のMIT学長であったプリチェットは、「ドイツは、今後工業世界においてイギリスやフランスでなくアメリカを脅威と考えるべきである。」と述べている。当時アメリカはその富の多くを科学と技術の制度・体制作りに振り向けつつあった時期である。プリチェットのこの言葉は、そのまま科学活動にも通じるものとなった。

さらに、20世紀の初頭になると、ロックフェラーやカーネギーなどの大資本家が、財団を設立し世界の科学研究活動を資金援助するようになる。この支援の仕組みとそれを受け入れる仕組みがうまくマッチして、カーネギー財団、ロックフェラー財団などの大きなものから地域の資本家まで、科学研究や研究設備への資金援助は一種のブームとなった。これらによって、科学アカデミーの本部が建設され、アカデミーの国家研究会議のフェローシップが始まった。また、プリンストン高等研究所が設立され、世界最大のパロマー山天文台やローレンスの粒子加速器が建設された。

ロックフェラー財団の総裁であったローズが1923年の書簡に残している次の文章は当時の科学慈善事業家の精神を良く表している。「今から50年前にアメリカは科学の発展にはほとんど寄与していなかった。若い有望なアメリカ人は海外とくにドイツで先端の科学者の下で研究し、帰国してアメリカの土に種をまいた。種が成長し根を張った。現在では科学は十分にアメリカに移植されて、国内のみならず海外へ発展している。この50年の間にアメリカで起こったことは他の国でも起こるであろうから、それに対する支援を組織的に強化することによって発達を促すことができるであろう。」

第二次世界大戦後になって初めてアメリカ連邦政府の科学技術活動への支援が本格化するが、その制度や体制の原型はこの時期にできているのである。また、1930から40年代に、科学技術の活動

の中心は、それまでのヨーロッパから大西洋を越えてアメリカへ移動するが、その際の重要な基礎として19世紀末から20世紀初めの大規模な財団による科学技術の支援制度や体制作りが挙げられる。

科学研究の支援におけるカーネギーとロックフェラーの競争

19世紀末から20世紀初めにかけてアメリカは、科学研究の体制を大きく転換し基礎研究へ重心を移す。この時、資金面でこの転換を支えたのが、経済構造が農業から工業へ転換していく中で成功した大企業家たちであった。カーネギーとロックフェラーの二人は特に名高い。

製鉄業で財をなしたアンドルー・カーネギーは、19世紀末に、「富の福音“Gospel of Wealth”」と称して大規模な慈善活動を始めた。なかでもアメリカ全国に数千の図書館を建築したことは有名である。ニューヨークの5番街に現在も威容を誇るニューヨーク市図書館もこの時建設されたものである。1901年には科学の振興のためにカーネギー財団を設立した。カーネギーは、その設立総会で、アメリカが科学研究では国家的な貧困(National Poverty)の状態にありこれを解消することが焦眉の急であること、そのためにはアメリカ全国から例外的な研究者(Exceptional Man)を見つけ出しこれを援助すると宣言した。

一方、ロックフェラーは、カーネギーの「富の福音」の考えに基づいた慈善事業に感銘し、カーネギーの行動を讃える手紙まで送っている。その中で、ロックフェラーは、「貴方がその富でやっているように、多くの富を持った者が同様のことをやることを強く希望する。貴方の例が実を結びつつあるので、より多くの富んだ人々が他者の幸福のために自分の金を使うようになると確信している。」と述べている。

両者の間には、1903年にロックフェラー医学研究所が設立されるころから、次第に対抗意識が高じてくる。ロックフェラーの場合には、カーネギー財団の後塵を拝してスタートしたために、まずその特徴を何に求めるのが課題となり、医学・生物学の研究に重点を置くことになった。事実、1902年春に、カーネギーとロックフェラーの2巨頭が直接会談して、カーネギー財団

はロックフェラー財団に医学研究の分野は残しておき、自らはこの分野の支援は行わないことを確認している。

その後1913年にロックフェラー財団が設立され、科学の全分野を援助するようになって、医学への支援は引き続いてロックフェラーの大きな柱となった。ロックフェラー財団のモットーは、カーネギーの“Exceptional Man”に対して、“Scientific Giving”(科学の贈り物)、あるいは“Making the higher Peaks”(優秀な研究者や研究所に対してさらに大きな業績をあげるように支援すること)と設定され、双方の財団は競争で支援を進めていった。

ロックフェラー財団は、“Making the higher Peaks”のスローガンを現実のものとし、アメリカのみならず、ヨーロッパの多くの優れた研究所を援助し後世に残る学問的業績の創出に寄与した。この中には、パロマ山天文台、カリフォルニア大学のローレンスの粒子加速器、ウッズホール海洋学研究所などがあり、ヨーロッパでは、ドイツのカイザー・ウィルヘルム研究所、コペンハーゲンのボーアの理論物理学研究所、オランダのカメリン・オネスの極低温超伝導研究所などが挙げられる。

ロックフェラー財団は、天文学者ヘールの世界最大の望遠鏡を建設する夢を受け入れて、当時異例の6百万ドルもの資金を援助することとなった。その際、既にカーネギー財団の援助で運営されていたウィルソン山天文台の研究者の協力を得る条件であったが、双方の財団の面子がからんで深刻な紛争となり、危うく世界最大の200インチ望遠鏡の建設が中止になりかけた。最終的には新しい望遠鏡の建設と運用は、カーネギー財団ではなくカリフォルニア工科大学が行う枠組みを作ることで決着した。

さて、1920年代になるとカーネギー財団は自然科学への支援を止めてしまう。一方、ロックフェラー財団は、生物学、環境を中心にグラント方式による研究助成を積極的に展開し、生物物理学、分子生物学などの学際的な研究の強化に大きく寄与し、今日のアメリカのこの分野でのリーダーシップの基礎を築いた。

(5) 日本

19世紀後半、明治政府は、富国強兵、植産興業、脱亜入欧を政策の柱に、欧米から政治、軍事、経済、教育など様々な制度と体制を移植し、欧米先進国による植民地争奪戦争の厳しい国際情勢の下で、我が国を急速に近代化し、工業のテイクオフ、先進国へのキャッチアップをめざした。しばしば述べてきたように、欧米においては19世紀半ばに、ちょうど近代科学技術の制度と体制が構築されたところであり、欧州における近代科学の500年の学問の歴史から見れば、日本の近代科学の開始時期は著しく遅いと理解されがちであるが、制度と体制の構築という面でみれば、我が国が開国しヨーロッパの科学技術を学問のみならずその制度や体制を一挙に移植し始めた時期は、欧米と比べてそれほど時間的なギャップがあるわけではなく、せいぜい数十年の遅れにすぎない。

ただ、我が国の場合欧米と異なる点は、最初から政府の主導で科学技術の制度と体制が構築されたことである。具体的には、1873年に工部大学校が設立され、1877年には東京帝国大学が設立された。その設立の政令で、学問は国家のためと規定された。このような政府主導による西欧近代科学技術の導入により江戸時代からの在来技術は没落していくが、その過程で西欧派の工部省や工部大学校と旧来技術にも重心を置く農商務省の対立があった。たとえば、国立試験研究機関として最初に設立された地質調査所や電気試験所は導入された科学と技術の消化と試験が中心であり、在来型の技術さらには自主技術にも重点をおいた研究を行う体制がとられるようになるのは、明治30年代に入って設立された東京工業試験所が最初である。

我が国がヨーロッパの科学技術を導入するにあたって、その歴史的な背景や社会的な条件は考慮されず、国家の政策の実現のための手段、経済力の強化の手段としての位置付けのみが優先されたため、既に述べた西欧における自然哲学と技術の間にあった大きな溝や、大学に科学プログラムを導入するまでの長い困難な過程などはあるようが

なかった。我が国の場合は、最初から科学と技術や工学の区別はなく、帝国大学設立の当初から理学部と工学部が併存した。

日本は、西欧近代科学の500年の成果を、その曲折の歴史は捨象して一挙に導入したため、発達のバックグランドとなった、欧米先進国の国民性、歴史性や社会的な条件などは考慮されなかった。非西欧の後進国が近代科学を導入する際に経験せざるを得ないこの乖離は、明治以来今日に至るまで日本の科学技術についてまわる原罪のようなものと言えよう。ベルツの日記には“死への飛躍”と記述され、夏目漱石は“上滑りの開化”と批判し、森鷗外は“日本にはフォルシュング（研究）を育てる環境がない”と嘆いた。

さて、明治維新から約30年、19世紀から20世紀の変わり目の1900年頃から、日本人自らによる海外に通じる研究業績が出始めた。その最初が、木村栄による地球緯度の揺らぎZ項の発見であった。1895年に、ドイツのイニシアチブで始まった国際緯度観測事業に対してドイツから日本に参加要請があった。当初のドイツ側の提案は、ドイツ人が機材を持ち込んで日本に駐在して観測を行う構想であったが、最終的に日本が自主観測を行うことになった。日本として初めての科学研究分野での大型国際協力となったのである。国家の威信を背負って開始されたこの国際事業に暗雲がかかった。1901年にドイツから日本の観測データにクレームがついたのである。我が国の科学界は日本の恥として、担当した木村らは極めて苦しい立場に立たされたが、結局、これは日本の観測エラーではなく未知の現象の発見であってむしろ日本側の大きな業績となった。すなわち、木村栄は新しい年周運動Z項を発見したのである。後進国日本にとっては国の威信をかけた科学研究の帰趨であった。後に、木村は、この業績で、1911年に第1回帝国学士院「恩賜賞」を、1937年には第1回文化勲章をそれぞれ受賞することになる。いかに、この時に日本の科学界が持った危機感が深刻なものであり、逆に、木村の発見が起死回生のホームランであったかが推察される。

19世紀から20世紀にかけての世紀の転換期に日本人が挙げた国際的な業績としては、木村栄のほかに、志賀潔の赤痢菌の発見、長岡半太郎による原子模型、本多光太郎による金属の研究などが挙げられる。この時期すなわち日清戦争後は、明治政府の富国強兵、殖産興業政策が一応完成し、基礎科学に対してもある程度資源を投入する余裕ができてくる。このような中で、日清戦争の賠償金で京都大学が設立され、台頭した大企業家の慈善事業による科学研究への支援も始まった。

日本において本格的に科学技術の制度と体制が整備されるのは、欧米諸国と同じように、第一次世界大戦後であった。すなわち、この大戦は各国の工業力をはじめとする総合力を結集した戦争となり、市民生活にも大きな影響を与えた。染料、医薬品などの先端技術の必需品がドイツとの戦争で輸入できなくなり自国で生産するための自主技術の開発とその研究開発体制を整備する必要に迫られたのである。産業界、科学界、官界を結集して化学工業調査会が設置され、その議論に基づいて1917年に理化学研究所が設立され、さらに、東北大学金属材料研究所、東大航空研究所など大規模な国立研究所の設立が盛んとなった。

8. 20世紀末の科学技術と21世紀へ向けた改革

19世紀は、学問的には、物理学の分野で電磁気学と熱力学、化学で有機化学と物理化学、生物学では遺伝学や進化論などを生みだし、17世紀に次いで第2の科学革命といわれるほどに実りの多い1世紀であった。一方では、それまで別々に発展してきた科学と技術が融合し、産業や軍事力、市民生活の向上に直接目に見える効果を発揮し始め、“科学技術の時代”が到来した。人類の約束された進歩にとって、科学技術は重要な基盤となるものと認識され、政府と企業から強い支援を得るようになり、社会の制度や体制として確固とした地位を築いたのである。このように19世紀の科学技術は、学問的にも構造の面からも明らかに前の

18世紀とは異なるものであった。

さて、21世紀を5年後に控えて、20世紀の科学技術は、過去100年どのような学問的な成果と社会に対して影響を与えたか翻ってみよう。

まず、20世紀の大きな学問的な成果として、物理学においては量子力学と相対論、生物学においては分子生物学、技術革新においてはコンピュータを挙げることができよう。19世紀が“化学の世紀”と言われたのに対して、20世紀は“物理学の世紀”と言える。19世紀前半に確立した近代化学は、世紀後半には、有機化学、物理化学、生物化学など多くの学問の分科を生み出し、また、染料、医薬品など科学に基礎をおいた産業を発展させた。一方、19世紀後半に確立した電磁気学と20世紀初めに誕生した量子力学を基礎にして、20世紀末の今日、半導体やコンピュータなど電子技術は産業活動と市民生活の基盤となっている。ちなみに、20世紀半ばに誕生した分子生物学は、21世紀の産業活動や人間生活に大きな影響を与えるようになるかもしれない。

次に、20世紀の科学技術が社会に与えた影響について触れておく。

19世紀の科学技術は、18世紀までの個人的、趣味的なものと異なって、軍事、産業、市民生活など日々の現実に直接大きな影響を与えるものとなった。このために、政府や企業も科学技術の推進に力を入れるようになり、組織的・継続的に科学技術活動が進められる体制が整った。20世紀は、19世紀に始まった科学技術のこのような傾向を指数関数的に加速した。先にも述べたように19世紀を代表する科学が化学であれば、20世紀を代表する科学は物理学である。物理学が扱うエネルギーは、化学の扱うものよりも遙かに桁数の大きいものである。第一次世界大戦は、ドイツのハーバーが爆薬の原料であるアンモニアを窒素と水素から化学合成することに成功したことが開戦の大きな要因となった。第二次世界大戦は、原子エネルギーの爆弾への物理的な開放と電子エネルギーのレーダーへの応用が戦争の帰趨を決した。この対照は、19世紀と20世紀の科学技術の違いを象徴してい

る。

イギリスのラザフォードの高弟で原子物理学者のオリファントは、すでに1950年に、「過去の大帝国の興隆や世界宗教が生んだものの見方の革命的变化は、今日の科学の進歩がもたらした革命や世界の単一化に比べてみれば、はるかに重要ではない。…今日、私たちの心が、科学の進歩が含む哲学的な意味によって、どれほど強く影響されているか。また、過去のいずれの時よりも物の見方に革命的变化が起こりつつある。」と指摘している。

20世紀になると、19世紀末に明らかとなった科学活動のいわゆるスモールサイエンスからビッグサイエンスへの転換が一段と加速した。研究活動に必要なヒト、モノ、カネの資源が巨大化していったのである。19世紀末までに科学技術の推進のために整えられた制度と体制が、20世紀の前半の政治、経済、戦争などを背景として、さらに変革され一段と大規模・継続的なものとなり、一国の政策全体さらには人類の存続さえも左右するほどに、社会的影響力を増大させたのである。たとえば、科学者や技術者達は、政府の政策の中枢にアクセスできるようになったし、原子力、宇宙開発、医療技術など20世紀を代表する科学技術は人類の生存自体に光と陰をもたらしている。

20世紀を代表する技術者の一人フォン・ブラウンは、1969年7月のアポロ11号打ち上げ前日の記者会見で、科学技術のこのような状況を次のように述べた。「人間を月に着陸させることの重要さは、海の生物が陸に這い上がってきたときの進化におけるあの瞬間に等しいと思います。…我々は神によって与えられたこの頭脳と両手を極限まで伸ばしているのです。われわれが達成するものは、人間の進化における全く新しい一歩であります。」

8. 1 20世紀末の科学技術を巡る情勢

一 転換期の政治・経済・社会一

(1) 政治・軍事的な背景

21世紀を目前に控えた現在、第二次世界大戦後に確立した戦後の国際政治の構造は激変してい

る。すなわち、東西冷戦の終結、イデオロギーの終焉さらには19世紀初めに確立した近代社会の基本的な枠組みである国民国家と国民経済、近代世界システムに綻びが見られるようになり、大きな変革の時代を迎えている。

冷戦の枠組みの崩壊は、EU、北米経済共同体、APECなどに見られるように地域主義の流れを加速した。世界システムの転換期の特徴として、グローバリズムとナショナリズムとリージョナリズムが重なり合って、相互に十分な調整がないままに政治、軍事、経済などの国際紛争において冷戦時代にはない複雑な様相が現われている。また、先進国を中心に国家政策の中で長年の間優先順位が一番であった国家安全保障が経済競争力に席を譲り、それぞれの国内の産業活動や市民生活から外交に至るまで、政策や制度、体制などに大きな影響がでている。

一方では、人類全体の存亡を左右するグローバルな課題が増大し、もともと技術的な課題であったものが国際政治の舞台で議論されるようになっていく。地球環境、食料、人口増加、疫病(AIDSなど)、技術管理(原爆、化学兵器など)など今後深刻な国際問題となることが予想される。

(2) 経済的な背景

1994年2月、トーマス・マンの「魔の山」で有名なスイスのダボス村で開催された「世界経済フォーラム」総会(ダボス会議)は、4年前の会議の雰囲気とは一転していた。1990年2月のこの会議は、ベルリンの壁が崩壊し東西冷戦が終結し次は欧州統合による欧州の世紀であるとの楽観論で一杯であった。94年の会議では、欧州統合の足踏みが指摘されるとともに、東アジア、南アメリカ、さらに東ヨーロッパの世界市場への参加によるかつてない世界経済の激動が注目を集め、この状況が「メガ・コンペティション」と呼ばれた。以後これは世界経済を示す合言葉になった。同じ会議で、アメリカのサマーズ財務次官は、「30億人の人口をかかえた国々が新たに近代化を始めた。これはルネサンスや産業革命よりもその経済的な影響は大きい。特に、アジアは欧米が百年かけた

近代化をこの10年で成し遂げつつある。」と述べた。これと同じ趣旨の文章が、今から120年前の1876年（明治9年）に、明治政府のお雇い外国人教師で日本の医療制度の基礎を築いたドイツ人医師トク・ベルツが書き残した有名な日記の中にみられる。「日本国民は今から10年にもならぬ前まで…中世の騎士時代の文化状態にあったわけであるが、今やわれわれヨーロッパの文化発展に要した五百年を飛び越えて、19世紀の全成果を即座にしかも一時に我がものにしようとしている。これは真実、途方もなく大きい文化革命です。」ベルツはさらに論を進めて、「このような大飛躍の場合これはむしろ“死の跳躍”というべきで、その際、日本国民が頸を折らなければならぬのですが多くの事物は文字通りさかしまにされ、西洋の思想はなおさらのこと、その生活様式を誤解して受け入れる際に、とんでもない脱線が起こるものである…。」

途上国を含めた経済上の大競争（メガコンペティション）時代の到来に当たり、我が国が途上国と先進国の狭間でいかに対応していくべきか、明治初期と同様に大きな構想力が必要とされる時代を迎えている。

(3) 社会的、文化的な背景

現代は大衆社会が世界中に行きわたった時代と言える。この社会の基礎を与えてきた国民国家の体制が、冷戦の終結、経済のボーダーレス化、人種や宗教紛争の増大などによって大きく揺らいでおり、加えて地球規模問題の深刻化（温暖化、食料問題、人口爆発等）や人口の高齢化など将来への暗い予感、大衆の行動の基準を規律よりも放縦に導いている。また、後進国における経済的発展と政治的成熟度の乖離は、軍事的紛争、人権抑圧、環境汚染、科学技術者への弾圧など多くの矛盾を生み出す原因となっている。これらは、次代の科学と技術を担うべき若者の考え方にも影響をあたえ科学技術の真摯な発展を危うくしかねない。

8. 2 20世紀末の科学技術とその構造

—特徴と問題点—

20世紀末の現在、先に述べた国内外の政治、経済、社会的な要因の転換は、科学技術の内容とその構造に大きな衝撃を与えている。

(1) 学問の状況

学問的にみると、19世紀初め以来200年間の科学と技術の発達、ニュートン力学の方法に大きく依存してきた。すなわち自然科学のみならず社会科学についても、研究の対象を要素論的に分解し主要な構成要素について数学的に関係付けその他を切り捨てる方法で学問的に大きな進歩を遂げ、人間の社会生活の向上や産業の発展に寄与をしてきた。これによって、多くの専門分野が生まれ、大学の学部学科や研究機関が作られ、さらに多くの職業科学技術者の集団が形成された。しかしながら、近年ではこのような学問的な方法が公害や人間疎外を生んだとして批判を浴びるようになった。このような社会的な影響のみならず、学問の発達それ自身にとっても、物理学、化学、生物学など各分野の最前線でこのような方法がオール・マイティーでないことが明らかとなりつつある。すなわち、各学問分野の分解された狭い領域よりもむしろ境界領域や学際的な分野にブレイクスルーの注目が集まり、非平衡熱力学、ゆらぎやカオスなど多くの未踏の分野が開けつつある。20世紀末の今日の科学者や技術者は、細分化された専門分野のディシプリン（規律）を身につける一方で、要素論に陥らない、境界領域を見落とさない巨視的な視点と知のしなやかさを要求されている。

21世紀の科学と技術にはこのような総合的なアプローチが不可欠であり、学問の方法論としても、スーパーコンピュータをはじめとする最近の技術革新に支えられて、充分確立する目処が立ちつつある。

このような方法論が必須であることは近年の地球環境問題に例をとれば明らかであろう。19世紀末に近代科学として成立し今日まで発達してきた大気や海洋に関する学問のアプローチは、地球の

現象を、大気、海洋、地面、氷雪などに分類し、研究手法も物理学、化学、生物学などに細分化し、個々の要素毎に精密に分析を深めるものであった。しかしながら、近年、従来の細分化しそれぞれの限定された手法での解析では、危機的な状態にある地球全体を総合的に把握することはできないとの認識が広がっている。地球環境変動の現象は時間的に一方向で再現が不可能という近代科学が最も苦手とするものである。このような中で、地球の引き起こす様々な現象を“地球システム”として総合的にとらえ研究しようとする新たな学問の取り組みと体制の構築が始まっている。このような方法論の変革は、人工衛星、スーパーコンピュータ、電気通信技術などの技術の革新に負うところが大きい。

(2) 科学技術の構造上の特徴と問題点

科学技術活動における個人と組織との関係は、20世紀に入って、科学技術が急速に大規模化・国際化し、スモール・サイエンスからビッグ・サイエンスへ移行することによって、19世紀までの関係とは大きく変化した。すなわち、19世紀までの科学技術は、研究者一人一人の努力や独創性が中心であった。20世紀に入ると、大規模な装置や組織による研究活動が不可避となり共同研究が一般化した。研究者個人は相対的に集団の中に埋没し、研究者の英雄時代は終わったのである。

科学技術への政府・企業による支援については、第一次、二次の世界大戦を経て国家や社会的な制度の中に自動継続・拡大のメカニズムがビルト・インされた。過去50年の間の東西冷戦の下で安全保障が最優先政策となりその一環として基礎科学が重視されてきた。冷戦が終了した今日、国家の政策の重点が安全保障から経済競争力強化に移るとともに、基礎科学の重視政策は世界的に見直しが進められている。まず、企業の研究開発の方向が基礎指向から応用へと転換している。IBM、ATTなど従来一貫して基礎研究を支援してきた企業でさえ方向転換を余儀なくされている。また、各国政府においても、アメリカを中心に経済重視の時代を迎えて市場に近い応用研究が重視され、

基礎科学であっても実利用、社会的なニーズが問われる時代となっている。これに伴って研究者の削減、研究機関の再編など科学技術の制度や体制も大きな転換を迫られている。

科学技術の普遍化・国際化については、交通手段や情報通信技術の飛躍的な発達とコストの低下によって、研究活動は一段とボーダーレスになり、一国あるいは一人一人の研究者のアイデンティティーが問われる時代となっている。また、一国では実行が困難な CERN、宇宙ステーションなど大型の国際共同プロジェクトが多くなっている。国民国家体制の動揺は、政治経済的に地域主義や民族主義を勃興させ、原子力、ミサイル、化学兵器など科学技術の不当な使用が懸念されており、新たな科学技術の国際管理や規制の枠組みが緊急の課題となっている。

最近のコンピュータとネットワークの爆発的な拡大は、世界規模での研究活動の活発化を促す一方では、近代科学の過去500年の歴史の中で熟成されてきた科学技術を発達させるシステム、たとえば、印刷技術に支えられた論文の投稿・審査の方法・論文誌の刊行に革命的な転換を迫っている。取り扱い次第で、研究成果の評価システムが無秩序になることも想定され、ここにも技術革新の光と影が反映している。

科学技術活動の制度や体制の各国比較に、時間の座標軸を入れる時、興味が尽きないのが、近代科学の歴史の中で、イタリア、イギリス、フランス、ドイツ、アメリカと各国の間を移動してきた科学技術活動中心の移動が今後起こるのかという疑問である。1930年代にヨーロッパから移動した科学技術活動の中心は、現在なおアメリカにある。アメリカは、NIH (Not Invented Here, 自国の科学技術活動しか注目しない唯我独尊的な態度。今日までの科学史の中では活動のピークを迎えた国や集団はこの病に罹っている) シンドロームに陥っていると批判されながらも、50年以上にわたって世界のセンターの地位を維持している。19世紀末に世界のセンターであったドイツの場合には世界中から留学生が集まったが最終的には彼ら

は本国に帰国した。20世紀末のアメリカでは留学生の多くがそのままアメリカに居残りアメリカ人として研究活動が続ける環境が整っている。この問題には、多くの要因が複雑に絡まっているが、当分アメリカは世界のセンターで在りつづけるのではあるまいか。

8. 3 21世紀へ向けた我が国の科学技術構造の改革の基本

一 品格ある科学技術活動の持続と拡大をめざして一

科学技術は、21世紀を目前に控えて、学問的にも制度や体制の面でも大きな曲がり角に直面している。特に、我が国は、明治以来130年にわたる欧米に対するキャッチアップに適した科学技術の推進構造と第二次世界大戦中に準備され戦後に定着した科学技術を経済発展へ動員する制度と体制が、学問的 (Intellectual) にも、制度と体制の面 (Institutional) からも、構造的に大きく変革することを迫られている。

先進国、後進国いずれをもまきこんだ経済メガ・コンペティションの下で、日本企業は、生命線と言われてきた研究開発部門まで海外移転を迫られている。さらに19世紀の国民国家の成立以来前提とされてきた国単位で科学技術の活動や政策を扱うこと自体が問い直されている。「科学に国境はないが、科学者には国境がある」パスツールの1871年の言葉は、今また、古くて新しい問題を提起している。

経済効率を優先せざるを得ない民間企業は、円高環境のみならず規制、閉鎖性など日本国内の経済条件から見てもその科学技術活動を海外立地せざるを得ない。しかし、政府の立場は、国民国家、主権国家の枠組みは現実には当分の間は崩れそうにないこと、教育と科学技術はこの枠組みの下では一国の持続的な繁栄の源であること、国内雇用の維持、生活水準の維持、ひいては、一国の個性、文化、品格を維持するために、企業とは別の論理で政策を立てていく必要があるものと考え。

我が国の科学技術は、戦後50年、経済のための

科学技術の推進が前提であった。今20世紀の世紀末を迎えて、他の先進国が、国家安全保障から経済競争力へ科学技術の推進の優先順位を移そうとしている時に、我が国は、逆に、科学技術の推進の目的を“経済のため”から転換して、国の品格や総合的な安全保障など新しい国家理念に裏打ちされたものに切り換える必要に迫られている。明治政府の、万機公論、殖産興業、和魂洋才などに匹敵する、分かり易い国是の構築であり、このための科学技術の推進である。

1902年のカーネギー財団の設立に当たって、アンドリュー・カーネギーは、「科学における我々 (アメリカ) の国家的な貧困 “our national poverty in science” を想起して、世界の中における我々のポジションを転換したい」と述べている。現在、我々は、このような高邁な理念に基づいた制度と体制の転換を迫られているのではあるまいか。

20世紀末の我が国の科学技術構造の変革を考えるに当たって、国家、国民さらには科学者、技術者一人一人の目標あるいは在り方を明確にして、何のための科学技術の推進かしっかり足場を固める必要がある。1回限りの繁栄を築くのはたやすいが品格のある科学技術活動を持続することはなかなか困難である。このような基本的なスタンスから、21世紀へ向けた科学技術の構造改革に取り組むべきであろう。

科学技術は、今や政治、経済、社会のみならず、地球全体さらに人類の生存すら左右する存在となっている。この中で、研究者や技術者は、今までのような閉鎖的な集団の中で評価されるだけではあるべき存在とは逸脱する可能性があり、地球規模あるいは人類規模の課題に取り組むことはできない。科学技術の急速な発達、一般の人々にとってはブラック・ボックス化し、信頼性の喪失として負の影響を与えていることを十分に研究者、技術者が認識する必要がある。これを怠れば、将来必ず、社会からあるいは自然環境からしっぺ返しを受けるものと予想される。このためには、科学技術活動に携わる一人一人が専門知識のみならず、科学技術の現状と将来について包括的な知

識と見識をもち、科学技術と社会との関わり合いについて歴史や制度、体制の面から考察し行動することである。科学技術における狭い範囲や分野の最適化 (local optimization) が、社会全体あるいは人類の生存、地球システムの維持にとって最適化ではないことの自覚がいままでの科学者や技術者には少なかったと言える。これは厳しく反省されるべきである。

我が国は、西欧における500年にわたる科学と技術の関係、それらと国家や社会あるいは宗教との長い相剋の歴史を全て捨象して、欧米の科学技術の結果のみを導入したために、欧米の科学技術関係者にとっては当然前提として保有している歴史観、社会意識などが、我が国の科学者や技術者には欠如しているのが一般である。

優秀な科学者ほど、どんな難しい学問内容であっても、相手のレベルに合わせて、ある時は、子供に語り、ある時は、最前線の研究者に語ることができるという。自らの閉じられた研究室や共同体を出て、内外の社会と語ることがこれからの研究者と技術者には必須である。

(完)

(参考)

我が国の科学技術構造の改革に当たって取り組むべき課題

○個人の重視

自己責任の明確化：研究資金、研究成果、社会・歴史への影響

自己と研究の社会的な位置に対する持続的なチェック機構

緊張関係の持続(学会活動、社会活動)、仲間意識の排除

○多様性・多元性の促進

縦割りの打破：科学分野間、組織間

研究資金・財源の多様化と用途の柔軟性

研究者の創造性の確保と研究の巨大化

スモール・サイエンスとビッグ・サイエンス

の架け橋

組織の自己増殖、境界領域への注意

○研究環境の流動性・競争性の促進

日本が主導する国際共同プロジェクトの発想
地球規模、世界を相手にしたものの方と発信

海外に通用する研究者、研究管理者の養成
海外からの研究者の導入、海外からの評価
海外研究施設の立地

契約研究員制度、フェローシップ制度の強化

○研究環境の透明性・デモクラシーの確保

情報の開示と研究のプライオリティー

日本版科学振興協会の設立

現役科学者や技術者の利益擁護と政策の政府などへの働き掛けを行う分野横断的な開かれた機構

19世紀に欧米主要国でこの協会が一斉に設立されたが、我が国には今日までついに設立されなかった。

評価制度の導入

ピア・レビューの有効性と限界

透明性、海外からの評価の制度化

○科学技術の急激なグローバル化・ボーダーレス化への対応

個人レベル、国レベル

構想力、交渉力の強化

歴史観と世界観の醸成

国内科学技術力の空洞化への対応

多様化と秩序の混乱

情報ネットワークの整備・拡大

科学界の水平化、ヒエラルキーの崩壊

研究情報の自由な流通

研究成果のチェック機能、権威 (authenticity) の維持と喪失

○科学技術の規制・管理

バイオ、化学兵器、原爆

科学者、技術者の社会や歴史に対する認識の再教育の制度化

甘えと奢りの排除

参 考 文 献

1. 広重徹, 科学の社会史—近代日本の科学体制, 中央公論, 1973
2. ヨセフ・ベン・デービッド (潮木, 天野訳), 科学の社会史, 至誠堂, 1974
3. D. S. L. カードウェル (宮下, 和田編訳), 科学の社会史—イギリスにおける科学の組織化, 昭和堂, 1989
4. 古川安, 科学の社会史—ルネサンスから20世紀まで, 南窓社, 1989
5. メイスン (矢島ゆう利訳), 科学の歴史 (上) (下), 岩波書店, 昭和31年
6. 有本建男, 科学技術の興亡—主要国における科学技術体制の変遷と活動中心の国際移動—第1～4回, 情報管理, 1993年10月—1994年1月
7. 有本建男, 続・科学技術の興亡—第1～4回, 情報管理, 1994年3月—1995年1月
8. Donald Cardwell, The Norton History of Technology, W. W. Norton & Company, 1995
9. D. S. L. カードウェル (金子努訳), 技術・科学・歴史—転換期における技術の諸原理, 河出書房新社, 1982
10. V. H. H. グリーン (安原, 成定訳), イギリスの大学—その歴史と生態, 法政大学出版局, 1994
11. J. A. Johnson, The Kaiser's Chemists: Science and Modernization in Imperial Germany, University of North Carolina Press, 1990
12. R. Fox and G. Weisz, The Organization of Science and Technology in France, 1808-1914, Cambridge University Press, 1980
13. N. Reingold and I. H. Reingold, Science in America—A Documentary History 1900-1939, The University of Chicago Press, 1984
14. R. E. Kohler, Partners in Science—Foundations and Natural Scientists 1900-1945, The University of Chicago Press, 1984
15. G. Jonas, The Circuit Riders—Rockefeller Money and the Rise of Modern Science, W. W. Norton and Company, 1989
16. D. J. Kevles, The Physicists—The History of a Scientific Community in Modern America, Harvard University Press, 1971
17. H. Wright, Explorer of the Universe—A Biography of George Ellery Hale, American Institute of Physics, AIP Press, 1994
18. J. R. Bartholomew, The Formation of Science in Japan—Building a Research Tradition, Yale University Press, 1989
19. 村上陽一郎, 技術とは何か—科学と人間の視点から, NHKブック, 1986
20. 湯浅光朝, 物質の探求, NHKブック, 昭和56年
21. 吉田忠, 科学の自立と制度化, 新岩波講座第8巻“技術・魔術・科学”, 岩波書店, 1986
22. 矢野揚, ノーベル賞—20世紀の普遍言語, 中公新書, 1988
23. 中山茂, 大学とアメリカ社会, 朝日選書, 1994
24. W. H. Brock, The Norton History of Chemistry, W. W. Norton & Company, 1993
25. 世紀末は大発見の時代—歴史は何を教えるか—19世紀末に活躍した化学者たち, 化学, 1994年12月号, 化学同人
26. 竹内啓, 広重徹, 転機にたつ科学—近代科学の成り立ちとゆくえ, 中公新書, 1971
27. 山崎正和, 近代の擁護, PHP 研究所, 1994
28. 樺山こう一, 世界史の知88, 新書館, 1995
29. クシトフ・ボミアン (松村強訳), ヨーロッパとは何か—分裂と統合の1500年, 平凡社, 1993
30. 湯川秀樹, 井上健編, 世界の名著第66巻—現代の科学 II, 中央公論社, 1970
31. 湯川秀樹, 井上健, 世界の名著第65巻—現代の科学 I, 中央公論社, 1973
32. P. M. ハーマン (杉山滋郎訳), 物理学の誕生—エネルギー・力・物質の概念の発達史—, 浅

- 倉書店. 1991
33. Joseph S. Nye, Jr. Bound to Lead—The Changing Nature of American Power. Basic Books Inc. 1990
34. S. Ostry and R. R. Nelson. Techno-Nationalism and Techno-Globalism: Conflict and Cooperation. The Brookings Institution. 1995
35. Paul Kennedy. The Rise and Fall of the Great Powers—Economic Change and Military Conflict from 1500 to 2000. Random House. 1987
36. 野口悠紀雄. 1940年体制—さらば「戦時経済」. 東洋経済新報社. 1995
37. 河村哲二. パックス・アメリカーナの形成. 東洋経済新報社. 1995
38. 松井孝典. 宇宙誌. 徳間書店. 1993
39. アーミン・ヘルマン (杉元, 一口訳). アインシュタインの時代—物理学が世界史になる. 地人書館. 1993
40. 有本建男. 日本の科学技術構造の現状と将来. 応用物理, 第57巻, 第4号. 1988
41. 有本建男. 近代海洋学の発達とその背景〔1〕, 〔2〕. JAMSTEC, 1995年第7巻第3, 4号. 海洋科学技術センター
42. 丸山工作. 生化学の黄金時代. 岩波書店. 1990
43. 増田芳雄. 植物学史—19世紀における植物生理学の確立期を中心に. 培風館. 1992
44. F. グロ (原田宏, 佐々木和生訳). 遺伝子の文明. 丸善. 1993
45. A.&A. P. D. サトクリッフ (市場泰男訳). エピソード科学史—化学編. 現代教養文庫, 社会思想社. 1971

○政治・軍事 的背景	○国民国家・国民経済の成立 ○産業革命の拡大 ○ナショナリズムの普及 ○欧米列強による植民地獲得競争激化 ○戦争が総力戦となり科学技術の 利用が重要視	米西戦争 (1898) アヘン戦争 南ア (ボーア) 戦争 (1899 ~1902) ザムビア女王即位60周年 (1 897):大英帝国の繁栄の頂 点	普仏戦争 (1870)でドイツ勝利 第3共和制 (1871) ドイツ帝国成立 (1871):プロ シアの主導で宿願の国内統一 達成 日清戦争 (1894~95) 日露戦争 (1904~05)	明治維新 (1868) 「殖産興業」、「富国強兵」・ 「脱亜入欧」 ○殖産興業政策 ○海外の技術、製品の導入
○経済的背景	○19世紀末は経済構造の移行期 (英→米、独) 大英帝国の繁栄に陰り 米国、ドイツの著しい台頭 ○欧米間に激しい貿易摩擦 ○農業から工業への経済構造の急 激な転換 ○科学技術と産業、国際競争力、 軍事力との関連深まる	○大英博覧会 (1851)を頂 点とした工業技術と製品 の競争力の顕著 ○英産業の国際的地位低下 に対する危機意識と奮起 を促す論調 ・ウィリアムズ「Made in Germany」(1896) ・ファーマーズ「アメリカ魂」 (1901)	○プロシヤ政府の主導で工業 化促進 ○科学に基礎をおく産業で世 界制覇 (染料、医薬品、精 密機械等)	○自由貿易論 自由貿易論 古典派経済学 F. リスト「国民経済学体 系」
○社会的背景	○大企業独占体制 (製鉄、石 油、金融など) ・カーネギー、ロックフェラー等大企業 家の台頭	○大企業独占体制 (製鉄、石 油、金融など) ・カーネギー、ロックフェラー等大企業 家の台頭	○大企業独占体制 (製鉄、石 油、金融など) ・カーネギー、ロックフェラー等大企業 家の台頭	○大企業独占体制 (製鉄、石 油、金融など) ・カーネギー、ロックフェラー等大企業 家の台頭

科学技術の実施組織の整備		○本格的な大学研究室・研究機関の設置	マサチューセッツ工科大学 (1865) ジョンズ・ホプキンス大学 (1876) ハーバード大学 (1890) 企業研究所設置盛ん (20世紀初)) : GE, IBM, ATT 等	グラスゴウ大学物理実験室 (1842) 1855) オックスフォード、ケンブリッジ大学が宗派主義を権威、科学プログラムを導入 (1870年代) ケンブリッジ大学キールズ研究所 (マクスウェル派, 1871) オックスフォード大学クラレンドン研究所	ケンブリッジ大学創立 (754年, 1810) →近代大学制度の嚆矢 ミネルバ、ハーバードなど全国へ波及 マサチューセッツ大学化学実験室 (1873) 825) ケンブリッジ大学化学大型実験室 (1869) 企業研究所設置盛ん (19世紀末) : ケンブリッジ、MIT 等	工業大学校 (1873) 帝国大学 (1877) 地質調査所 (1882) 電気試験所 (1891) 工業試験所 (1900)	東北大学金属材料研究所 (1916) 東京大学航空研究所 (1916)
○大学制度の枠を越える大型研究機関の設置盛んとなる。		国立標準局 (NBS, 1901) ----- 国立物理学研究所 (1900)	----- 帝国物理学研究所 (PTR, 1884)	----- 物理学研究所 (1871)			
○研究実施機関を支撑する大規模財団の設置		カーネギー財団 (1902) ロックフェラー財団 (1913) スローン財団 (1915)	----- カルビン・ワシントン協会 (1911) 化学、物理学、生物学				理化学研究所 (1917)

○公的な初中教育制度の充実 工学・技術教育制度の充実	重法に明記	大規模施設（天文台、加速器、7か所本部など） ・研究助成、700-7000制度	Medical Research Council (1920)	産業科学研究発明局 (1922)	産業の基礎として教育制度、技術者養成制度の充実 (1920)	明治政府の政策
政府や企業による科学技術への支援の確立	自国の科学の貧困に対する危機意識 (1901, 1904, National Poverty)	19世紀末に工業大国となつたアメリカの技術が欧州へ伝存していることに對する危機意識	バベッジ「英国における科学の衰退と原因」 (1830) → B.A.A.S. の設立 (1831)	パスツール「仏科学についての省察」 (1871) ・科学に国境はないが科学者には国境がある。 ・普仏戦争の敗因は科学の衰退 高等教育基本法 (1896) ・大学制度の改革、地方大学の強化・産業との連携 *独逸の科学の科学の保守主義は教育制度にある (1897)	19世紀末：ドイツ大学制度の危機の現れ ・実験研究の巨大化 ・教育の負担増加、研究停滞 ・米の台頭への危機感 ↓ ○帝国物理工学研究所 (1888) *独逸の科学の科学の保守主義は教育制度にある (1897)	後進国として「富国強兵」、 「殖産興業」政策の一環として、 科学技術の内容と制度を欧米から積極的に導入 ↓ 工部大学校 (1872) 帝国大学 (1890)
○各国に科学技術の振興に対する認識深まる一因の政策として位置付け	○科学・産業衰退論 (英仏) ○基礎科学の貧困 (米) ○繁栄の陰り (独) *各国それぞれの事情にもとずいた危機意識・衰退論	ロッキヤー王立協会会長演説 (1903) : イギリスの科学の衰退の原因 ・大学、学校が少ない ・政府、商業が科学の関心なし	ロッキヤー王立協会会長演説 (1903) : イギリスの科学の衰退の原因 ・大学、学校が少ない ・政府、商業が科学の関心なし	ロッキヤー王立協会会長演説 (1903) : イギリスの科学の衰退の原因 ・大学、学校が少ない ・政府、商業が科学の関心なし	ロッキヤー王立協会会長演説 (1903) : イギリスの科学の衰退の原因 ・大学、学校が少ない ・政府、商業が科学の関心なし	ロッキヤー王立協会会長演説 (1903) : イギリスの科学の衰退の原因 ・大学、学校が少ない ・政府、商業が科学の関心なし

・政府による科学技術への支援の本格化 ・企業による科学技術への支援開始	国有地供与法 (1862) 国家航空諮問委員会 (1915) 海軍諮問委員会 (1915) 国家研究会 (1916) 20世紀初め 電気、電信、石油企業を中心に研究所設立盛ん (GE, WH, ATT, 三菱)	科学技術研究庁設置 (1916) 医学研究会 (MRC) 設置 (1920)	産業科学研究所設置 (1922)	カイザー・ウィルヘルム協会設立 (1911) ↑ ハルナック「ドイツ科学の危機」 (1909) 理化学研究所 (1917) 文部省科学研究奨励金 (1918) 学術研究会 (1920) 官営工場 製鉄、製糸工業 海外技術の導入 払下げによる民間企業の育成	
科学技術の普遍化・国際化・大衆化 ○国際会議、国際学会、国際共同研究が盛ん	○米国に、19世紀末までは科学の国際活動を主導する力は未だない。 ↑ ↓ ○第1次大戦後に、米主導で国際研究会設置 (1919, IRCのちの国際学術連合会 (ICSU))		メートル法条約成立、国際度量衡中央局設置 (1875, MI) 物理学の最初の国際会議 (1900, MI)	第1回国際化学会議 (1860, カンファレンス) : ドイツ主導による化学の概念、用語の整理統一 ○日本、国際緯度観測事業に参加、木村栄の2項発見。初の国際的な業績 ○本多光太郎、国際物理学会議 (1900, MI) で研究発表 1900年頃、日本にも国際レベルの業績：木村、本多、志賀、長岡、鈴木等	

・研究者の国際的交流盛ん フェローシップ制度の開始・拡大	1880~90年 米第1世代科学者の 外国留学ピーク ：メイス、ミカ、 レバ、リチャーズ、ハリス、ボウダ ット	「1851年博覧会」の「開 始（1891）：ガリウス」の発掘 →各国のフェローシップの モデルに。	第1回ソルベイ会議（191 1、ブリュッセル）	19世紀末～20世紀初めは ドイツは留学生の受け入れ国	* 日本が多国間の科学の国際会 議を主催するのは、太平洋学術 会議（1930）が初
・科学技術活動への奨励制度の開 始	1920年：第2の外国留学のピー ク 国家研究会議フェローシップ開始（ 1920、ロッキンガム）の支援 ：オズボーン、ワット、マニング	ノーベル賞 1896ノーベル死達言、1901授与開始	ノーベル賞 1896ノーベル死達言、1901授与開始	文化勲章第1回（1935） 木村栄 本多光太郎	アインシュタインの来日（1921） 科学に対する国民の関心高 まる
・科学技術の大衆化 万国博覧会 図書館の普及 博物館の一般公開 科学一般誌、空想科学小説の 刊行盛ん。	Popular Science Monthly （1863） Science誌創刊（1883） 科学の大衆誌 エリクソン、ワット、発明家に入 気	「Nature」誌創刊（1869） H. G. ウェルズ（科学小説）、 「科学小説」	シュルツェン（雑誌21型）、月誌断 り	ノーベル賞 1896ノーベル死達言、1901授与開始	アインシュタインの来日（1921） 科学に対する国民の関心高 まる