

日本の科学技術力の再生はあるか

Ryoji NOYORI

野依良治

科学技術振興機構研究開発戦略センター長/名古屋大学特別教授/理化学研究所理研フェロー/
科学技術館館長



国際競争力と国際協調力を培う

科学には国境はなく、人類共通の知的資産をつくる。一方で、政策が定義する「科学技術」はイノベーションと合わせて、文明社会の礎であり、個々の人々の豊かな人生、国の安全かつ平和な存立と繁栄、そしてさらに広く人類文明の持続のためにある。ここには、多様な国民の欲求、社会組織の利害、国益、国際社会における責任などが交錯する。

国力の源泉としての科学技術の競争力の確保には制度化が欠かせない。19世紀後半マックス・ウェーバーが「科学は進歩し続ける宿命にある」と唱え、後のドイツ帝国を科学大国に導いた。米国では第二次世界大戦終了時の大統領顧問V.ブッシュによる「科学：果てしなきフロンティア」の報告書を機に、国力強化のための推進体制ができた。わが国でも1995年に「科学技術基本法」が成立した。

一方で、The World Is Flat (T. フリードマン) の時代である。世界展開する産業経済活動はもとより、近年のパワーバランスの変化、グローバル化に伴う脅威の高まりの中で、日本政府も科学技術外交を重要な国家安全保障戦略として位置付けている。加えて、地球温暖化問題や、一昨年国連総会が定めた「持続可能な開発のための2030アジェンダ (Sustainable Development Goals (SDGs))」などへの責任ある対応は、一国だけの意思、能力では不可能である。日本が主権国家として生存するために、科学技術競争力と協調力が不可欠であることは明白である。

今世紀初頭には、わが国は米国、欧州とともに、間違いなく世界の3極の一つを形成していた。しかし、その後は世界情勢の変化への対応に遅れをとり、恒常的下降に転じ、国際的存在感が薄れている。科学技術制度の揺らぎと、科学力の低迷、人材の枯渇は懸念すべき状況にあるが、再生は可能だろうか。

産業経済の生産性動向

日本経済は、少子高齢化、人口オーナス時代を迎えて低成長にあえぐが、GDPは530兆円、世界第3位を誇る。ただし、その2倍以上の公的債務を抱える。

この産業立国を支える研究費総額は18.9兆円で、米国、中国に次ぐ。対GDP比は3.56% (民間投資が72%、国の負担19%) でドイツ (2.83%) や米国 (2.74%) に比べても高い。68万人の研究者を擁し、労働力人口1万人当たり100人で、80名程度の米英独よりも多い。その74%が企業に属する。

この特色を受けて特許出願数は多い。技術輸出による受け取り額3.9兆円は、輸入による支払い額6千億円を大きく上回り、堅調にある。経団連の2016年調査によると、日本企業は総じてグローバル市場で伍していける競争力をもつ、将来にも明るさを増しているところがある。ビジネス環境も米国には劣るが、ドイツと同水準と評価する。この自己評価に比べて、外国からの評価の一つIMD2016世界競争力ランキングでは、先進61カ国・地域で26位。世界知的所有権機関 (WIPO) によると、日本のイノベーションを生み出す力は世界16位と言う。

広義の化学産業の出荷額は43兆円で、輸送用機械器具製造産業に次ぐ経済的地位を占める。世界的にも第3位の規模をもつ。かつて、ものづくり産業は自動車、家電、エレクトロニクスを始め、次々に高品質、高性能製品を生み出し、抜群の競争力を発揮してきたが、コモディティー化した分野では、韓国や中国に遅れを取る傾向にある。

国家財政にとり最も深刻なのは、高齢化に伴う高額な社会保障費である。実際、国民医療費は、現在41.5兆円、一人当たり33万円を要する。しかも毎年約1兆円ずつ増加し続ける。医薬品の国内市場は9.5兆円だが、1.8兆円以上の輸入超過、また国内市場2.1兆円の医療機器においても、8千億円の輸入超過である。国民医

療が、科学技術競争力欠如により外国依存することは、甚だ不面目である。

何れにしても、科学技術力の根源は、政策戦略的研究開発力とともに、大学を中心とする基盤的研究力と人材育成力、そして個々の研究者たちの「自由と責任」を自覚した社会的使命の遂行に他ならない。

科学研究の国際競争力の変動

今世紀に入り日本人ノーベル科学賞受賞者は、2名の米国籍を含む16名を数え、米国の63名には及ばないものの、11名の英国、7名のドイツ、フランスを凌ぐ。受賞の多くは20~30年の長期にわたる地道な研鑽の結果であるが、現在でも多くの瞠目すべき成果が認められ、日本人に創造力があることは明白である。しかし、この個人的営みへの評価が、国全体の水準を意味するものではない。

まず、わが国の大学の国際的地位が大きく凋落した。タイムズ・ハイヤー・エデュケーション (THE) の世界200位以内の大学が、2005年から2017年間に10校から、東京大学と京都大学の2校に減った。9校から22校に増えたドイツはもちろん、4校の韓国や中国にすら及ばない。東京大学も世界39位、アジア首位の座を失い4位に甘んじる。

科学論文の生産量は5位であるが、被引用数指標が甚だ芳しくない。2002~2004年と2012~2014年の10年間を全分野で比べると、わが国のトップ10%論文シェアは世界4位から10位に低落し、一方、中国は8位から2位に上昇した。さらに人口、研究開発費の少ないイタリア、カナダ、オーストラリアにさえ後塵を拝するのはなぜか。基礎から応用まで分野を問わず、全面的な下振れ傾向にある。近年、日本の誇りでもある化学分野さえ、2位から5位に低落したことは信じ難い。筆者は、商業的情報提供機関が差配する論文数、論文被引用数による評価に対する批判者の一人であるが、総合的に判断しても衰退傾向は認めざるを得ない。

低迷の主な原因は大学院体制にある

科学技術開発においては、端的に [生産性] = [研究開発投資額] × [研究人材投入量] × [全要素生産性 (イノベーション効果)] の方程式が成り立つ。この最大化のみならず、さらなる価値の創出には、既成体制への単純な資金、人頭の投入ではなく、人材の創造力向上

とともに「社会総がかり」の整合的協働を促すエコシステムの構築が圧倒的に有効である。

衰退の主たる原因は一言でいえば、時代に不適応な構造疲労した大学、特に大学院の体制にある。国立大学は、「国有大学」でも「国営大学」でもない。わが国に特有な行政、経営責任者、現場研究者の内向きな「協調組合主義 (corporatism)」を排して、本来の自立性と自律性を取りもどし、V字型回復を果たして欲しい。

まず、経営責任者としての理事長と学務責任者としての学長の役割分担により、経営基盤の脆弱性を克服し、また教育研究理念の実現に向けた組織運営の司令塔機能を回復したい。教員主導の研究体制は、2007年制定の改正学校教育法を遵守すべきである。世界標準を求めたこの法令に基づき、教授、准教授、助教は全て独立裁量権をもって、教育、研究を行う権利と義務をもつが、実情との乖離は大きい。准教授、助教を配下にもつ教授 (講座、研究室) が世界水準3人分相当の成果を生むとは到底思えない。特定の戦略目標研究は別として、各人が自立し、責任をもって自律的に学際、国際、産官学共同で「知の共創」をすることが、最大の質的成果をもたらす。この法律無視が、組織の新陳代謝を阻み、多様性を損ない、異分野融合、新領域開拓に必要な気鋭の人材の枯渇を招いている。人工知能 (AI) 技術の基盤である「深層学習」の出遅れはその一例である。

また若手教員に関わるテニユアトラック制度の全国的な徹底と、博士研究員の社会流動、キャリア開拓に注力すべきである。

研究活動の中核を担うのは大学院生である。まず世界標準に則り、国籍を問わず、すべての大学院生が自立して教育を受け、闊達に研究に従事すべく経済環境を整備すべきである。理不尽な現状が国内外の最優秀な若者を遠ざけている。具体的には、大学は給付制奨学金 (scholarship) で授業料を相殺する。加えて研究責任者 (principal investigator) は自らの研究活動支援 (research assistant) に対して、また研究科 (学部) 組織は教育補助 (teaching assistant) に対する対価 (fellowship) として、学生たちに月額20万円以上を給付すべきである。もちろん彼らの貢献の質が求める水準を満たすことが前提である。自然科学系修士課程に10万人、博士課程に5万人の学生がいるが、財源不足を理由に労働法にもとることがあってはならない。

研究費と教育費は十分か

大学が不振を極める原因の一つが、公財政支出の不足であるとされる。実際、2003年から10年間のわが国の科学技術予算の伸びは僅か0.3%に過ぎない。555%も伸長した中国を例外としても、大学改革とともに48%増の投資を敢行したドイツや、15%増の米国に比べても決定的に低い。この予算では戦えないとする意見は理解できる。しかし、現状でも公的研究資金の絶対額は、370億ドルに達し、米国の1,325億ドル、中国の998億ドルには遥かに及ばないものの、好調ドイツの337億ドル、フランスの199億ドル、英国の156億ドルを凌ぐ。

研究投資は、国全体の費用対効果の持続的担保に資すべきである。実は、科研費をはじめ多くの公的競争資金の90%を10大学程度が受領している。しかも、科研費10位の慶応大学の獲得額は、首位東京大学の16%にとどまり（ドイツでは78%、米国は73%）、教員一人当たりでも2倍の違いがある。この峻厳な格差、「選択と集中」と不都合な成果低迷との間に関係はないか。

さらに、特定の年配研究者たちによる「勝者総取り」傾向が顕著であるが、若手支援への思い切ったシフトなくして、科学の不確実性への対応は困難である。未踏に挑む若者たちの柔軟な思考、価値観を信頼したい。論文成果偏重の評価法も含めて資金配分制度の再検討が必要である。

わが国全体の科学技術活動の規模は大きい。公的資金の拡大は望ましいが、より積極的に、国費と豊富な民間資金との機動的な混合こそが、知識の生産性とその波及効果の最大化を生む。新装なった「国立研究開発法人」との連携も含め、共通の研究目標の設定と実効性ある協力作業のプラットフォームの構築が不可欠である。ここでは、研究と教育の整合性を求めたい。

研究費に比べて、さらに深刻なのは公的高等教育費支出である。対GDP比0.6%に過ぎず、OECD加盟国中31カ国中最下位で、学生一人当たりでも最低水準にある。平均値1.1%に上げるには約2.5兆円が必要で、教育目的税導入や国債発行など、政治的解決以外に道がない。しかし、世界最悪との酷評もある現行の「異形」の大学院制度を抜本的変革なくして、一般社会の理解はありえない。

大学院教育費が全く足りない。大学組織が一体的に

担うべき「実験教育」に、競争的かつ新規採択率が20~30%に過ぎない科研費、つまり教員個人の課題限定的な「研究費」が充当されていることに納得できない。一様に年間55万円の授業料を納める国立大学大学院生にはすべて、一定水準の教育環境が保証されるべきである。この基本的権利は、指導教官の年齢、性別、国籍、専門分野の相違（基礎と応用、流行か否かなどを含め）や研究能力、業績評価、さらには2015年に新たに制定された大学の類型によって損なわれてはならない。学術の継続性、多様性の維持の観点からも、近視眼的な成果主義は避けるべきで、かつての「基盤校費」に相当する教育予算の措置が必要であろう。この積年の意識欠落が、分野の細分化、固定化、さらに大学格差を助長し、わが国の高等教育劣化の主要因となっている。

頭脳循環、国際共同研究の低迷

若者たちは「異との出会い」に刺激されて成長する。国内では、長く続く大学院による学部学生の囲い込み傾向が、彼らの視野拡大と相対的価値観の醸成を妨げている。

グローバル化社会では、若者たちの個人の絆、人脈形成が、国家や社会組織の国際競争、協調力をも培う。残念ながら、わが国教育界は世界の頭脳循環の渦から全く疎外されている。世界の全留学生のうち、日本から外国への送り出しは僅か1%、外国からの受け入れも4.2%に過ぎない。さらに、米国で学位をとる日本人は年間僅か百名余である。5千名の中国人、2千名を超えるインド人、900名以上の韓国人に比べて極端に少ない。彼らは少なくとも5、6年間にわたり滞米するので、この差はリーダー層の海外人脈規模に、決定的な影響を及ぼす。上述のTHEは、国際化不調のロシアと日本は、将来大きな代償を払うと警告する。

指導者には、外国経験が不可欠であろう。欧米のみならず、中国でも中国科学院傘下の研究所長、重点大学の学長の約7割が留学経験者であるという。一方、日本の86国立大学の学長のうち海外学位取得者は僅か5名である。

研究はオープンサイエンスの時代に入り、新領域は、しばしば共同研究から生まれる。分野によるが、各国ともに国際共著論文が50%を越す。日本は平均30%以下に過ぎず、化学分野はさらに低い。現在、米国にとって最大の相手国は中国であり、日本は材料科

学が最高で5位に過ぎない。研究者の自前主義，流動性欠如が，新鮮な領域の開拓力を欠く結果となっている。

基盤技術開発力の再強化を

この科学技術立国の先端計測機器の開発力に陰りが見える。知財の行方等を考えても，独自に十分な開発競争力を確保すべきである。電子顕微鏡，核磁気共鳴装置，表面分析装置など，一般的分析機器では，日本企業が健闘するもの，生命科学分野については8割以上が輸入，大学人が使う科研費2,300億円のかかなりの額が米国ベンチャー企業などへ垂れ流し状態にある。海外製品依存の結果，研究が極めて高価格体質となっていることは遺憾である。

さらに，国家による最高水準の大規模技術の開発についても，米国，EU，中国に拮抗できていない。例えば，わが国は2011年，世界最速のスーパーコンピューター「京」を完成したが，中国は昨年，自前技術で圧倒的な新機種「神威太湖之光」を開発した。すでにスーパーコンピュータートップ500台のうち最多の167台を所有し，商業的にも世界市場の34%を占める。他にも多くの卓越した基幹技術を実現した国家の強い意志を，わが国は学ぶべきである。

科学情報収集力の状況

科学技術は急激に進む情報革命と密接に関わっている。筆者の最大の懸念の一つは，わが国のインテリジェンスの欠如である。現在，世界では600万人の研究者が年間1.1兆ドル以上の資金を得て活動している。様々な情報システムと外交力を駆使して，その全体像と詳細を実時間で把握するインテリジェンスなくして，この知識資本社会を生きぬくことはできない。

論点を科学論文誌の海外商業出版社による寡占状態に限るが，ここに三つの大きな問題がある。まず，国立国会図書館の「真理がわれらを自由にする」の銘文の通り，科学においても日本人の発想の原点，研究成果の意味合いが，欧米の普遍的価値と合致するとは限らない。成果公表にあたって，学問的主権の喪失があってはならない。第二は経済的損失であり，第三に知的安全保障を損なう恐れがある。敗北主義は許されない。

現在，科学技術医学（STM）分野の世界市場規模は252億ドルとされるが，ごく限られた商業出版社とい

くつかの学会が，殆どすべての情報権を支配する。オランダのエルゼビア社のシェアは10%強で，総収入は33億ドルである。日本の研究シェアは世界の6%程度なので，本来2千億円近くの国際誌事業があるべきだが，実態はその1%程度に過ぎない。STM論文による発信受信に限っても，グローバル化，IT情報化，知識資本化の観点で決定的に劣後している。行政や研究現場の指導者たちは，国益に鑑みてこの状況をどう考えているのか。なお，商業出版社が席巻する中で，中国は国家が介入して自国の科学誌発行を支援するが，果たして学術の健全性は保証されるであろうか。

おわりに

数々の不都合は，わが国社会状況の反映でもあるが，積年の研究教育行政の不整合と，指導者，既得権益層による当事者責任の回避によるところが多い。

今日，科学技術は「知の共創・再構成」「第4次産業革命」への激動の最中にある。一方で，科学者たちは，すでにブダペスト世界科学者会議で，自らの社会的責任を宣言した。ミレニアル世代以降の若者たちは，この潮流を十分に認識，受容しつつある。遭遇する困難の克服には，若手，女性，外国人の登用による既成価値観の大転換が必要である。

大学には，伝統的学問の継承者だけではなく，新時代の政治行政，産業経済，非営利組織の指導者を育成して欲しい。さらに人類社会の持続性も見据えて，わが国特有の文化を背景とする文理融合はもとより，様々な社会連携を軸に，世界にとり魅力ある思索と実践の場を実現すべきである。

化学工業は，天然資源，エネルギー環境問題を含め，限定された地球の枠組みの中の営みである。わが国は産業立国として，国益がかかる科学技術・資源外交，国際的な政策決定の議論に，初めから主体的かつ戦略的に関わることが求められる。

科学技術力確保は後継世代の「生存の条件」である。わが国全体が認識をあらたにし，気概をもって再生を果たして欲しい。

© 2017 The Chemical Society of Japan

ここに載せた論説は，日本化学会の論説委員会が依頼した執筆者によるもので，文責は基本的には執筆者にあります。日本化学会では，この内容が当会にとって重要な意見として掲載するものです。ご意見，ご感想を下記へお寄せ下さい。
論説委員会 E-mail: ronsetsu@chemistry.or.jp