

第七章 中国の科学技術の特徴

前章までで、中国における最先端の科学技術現場と、宇宙や原子力などのビッグプロジェクトの状況を見てきた。これを横並びで見ると、科学技術に関する進め方の特徴が浮かび上がってくる。本章では、中国の科学技術の進め方の特徴をまとめるとともに、いくつかの資料やデータにより科学技術の躍進を支える人材と資金の状況を述べる。

一. 進め方の特徴

現在もキャッチアップ主体

現在の中国には、世界トでレベルの科学技術関連施設や装置が、相当数存在している。そのうち、世界一の称号を持つものは、スパコンの「天河1A」、有人潜水調査船「蛟竜」、望遠鏡 LAMOST があり、世界初のは核融合研究装置 EAST がある。さらに、前章までに取り上げなかったが、物質の種類、構造、性質を分析できる放射光施設である上海市の上海光源 (SSRF) や、材料開発に用いられる湖北省武漢市のパルス強磁場施設など、性能の面で世界的にも遜色ない施設がいくつもある。

現代中国で科学技術活動が本格化したのは 1977 年の文化大革命終了以降であり、まだそれから 30 年程度しか経っていない。それにもかかわらず、急激な発展を遂げ一部では世界トップレベルの施設や装置が実現していることは、賞嘆に値する。短期間のうちに世界レベルに追いついた理由として、中国の科学技術力の確かさだけでなく、後述する自前技術にこだわらない姿勢もある。

一方、世界レベルとなった装置や施設を用いて世界レベルの研究が行われているかという点、疑問符の付くものが多い。たとえば、スパコンの「天河1A」や「星雲」は、ソフトウェア開発が後回しにされ、有人潜水調査船「蛟竜」は、世界一の潜航深度を達成した後の計画が見えない。望遠鏡 LAMOST は光学的に優れた装置といえるが、何を目指した研究を行うか明確でない。

ハードウェアが先行し、運用・利用が後れているのは、中国の科学技術が欧米先進国に対するキャッチアップ型であることが大きな原因であろう。必要な資金と訓練された人員が供給されれば、施設や装置を建設、製造することは比較的容易である。しかし、ハードウェアを運用し、欧米先進国並みの成果を挙げるのは簡単なことではない。とりわけ科学 (サイエンス) は、文化的な背景も含めて社会に定着しないと、本物は出てこない。日本も明治維新以来、欧米の科学技術の取り込みを積極的に図ってきたが、140 年以上たった現在でも、キャッチアップ的な考えはまだ抜けていないとの批判がある。中国の場合には、

先進国で教育訓練を受けた帰国研究者が科学技術の主たる担い手であり、日本などよりはるかに早く科学技術文化が根付くと予想されるが、それでももう少し時間がかかるであろう。

中国政府の政策担当者は、中国は科学技術で世界トップレベルに近づいているという評価に対して、まだまだ後れており大事なものはこれからである、ときわめて謙虚に答えることが多いが、この辺の事情をよく理解しての発言である。

技術・機器の外国依存

中国が科学技術を進展させるうえでの特徴の一つに、最終的に目標を達成できれば、技術や装置を外国に依存してもかまわないという点がある。

前章までに見た点を再度確認すると、スパコンを開発する場合、日本は他の国の同種プロジェクトとの差別化を図ろうとして、部品などの細部の違いにまでこだわる。たとえば、ついこの間まで世界一の演算速度を誇っていた日本のスパコン「京」のチップは、国内で開発し製造したものを使っている。

一方、中国は、最終的な性能が世界レベルであるかどうか重要で、機器の一部を構成する部品が中国製であろうがなかろうが、あまり問題にしない。「天河1A」のチップは、米国のインテル製のCPUと米国のNVIDIA製のGPUが中心である。また、有人潜水調査船「蛟竜」の中核部品であるチタン合金製圧力殻は、ロシアで製作されて輸入されたものを使用している。潜水調査船として一番重要な技術までも外国から輸入して、世界トップレベルを目指すというのが中国流である。核融合研究装置EASTは世界で初めての全超伝導磁石のトカマクであるが、その超伝導磁石の材料はロシア製だ。また宇宙船「神舟」も、ロシアとの技術提携を踏まえて製作された。

現在はオープン・イノベーションが主流となっており、世界の最先端の技術を横並びで見、優秀な技術を容易に利用できる環境にある。このような環境においては、中国流のやり方は早く、かつ低い予算規模でプロジェクトの達成が可能である。また、間違った技術を選択しても、自前で多大な開発投資をしていないため、その是正が容易だ。

自前の研究開発がすべてで、それなしには日本の科学技術の未来はないという思いが強い筆者などには、中国式のやり方は何とも不思議なものに見えるが、研究開発の内容によっては、中国流の進め方を参考にすべきと思う。一方で、このような研究開発は、コアの技術や装置・部品を外国に依存せざるを得なくなることや、自国だけでは次のステップに進めなくなるリスクもあるだろう。したがって、キャッチアップでは威力を発揮するが、世界でまだ開発されていないものをフロントランナーとして独自で開発する場合には、壁に突き当たる可能性が大きいことを念頭におかねばならない。

着実なプロジェクト実施

着実なプロジェクトの進め方も、中国流の科学技術の特徴の一つである。共産党の一角

支配のもと、トップダウン式に無理をしてでも早く成果を出し、早く施設などを完成させようとしているのではないかと推測して現場に行くと、よい意味で裏切られることが多い。

たとえば、有人潜水調査船「蛟竜」は、1992年に開発計画が決定され、2002年に開発着手、2008年完成、2009年海上試験開始、2010年3,759メートル潜水、2011年5,057メートル潜水と着実にステップを踏んで、2012年6月によりやく潜航深度目標の7,000メートルをクリア、7,062メートルの潜水記録を打ち立てている。完成してから5年、海上での試験開始からでも3年が経過している。一方、日本の「しんかい6500」は1989年1月に進水式を行っており、同じ年の8月には目標であった6,500メートルをクリアする6,527メートルの潜航深度を達成した。「蛟竜」は目標達成のためにたいへん苦勞したように見えるが、担当者はいたって意気軒昂で、むしろ将来を見据え目標達成後のオペレーションやメンテナンスを心配している。

宇宙における有人飛行についても、同様のことがいえる。中国は神舟シリーズにより有人宇宙飛行を遂行しているが、1999年の神舟打ち上げから始まり、2002年末の神舟四号まですべて無人の宇宙船を飛ばし、技術的なステップを踏んで着実に実績を積み上げた。そのうえで、神舟打ち上げから4年後の2003年10月、初めて宇宙飛行士を乗せた神舟五号を打ち上げた。

このように、研究開発の分野では、政治におけるトップダウンとは異質な進め方が見られる。日本では、計画が予定より遅れると予算獲得やプロジェクト評価などで不利になるため、無理をしてでも予定通りに運ぼうとする誘惑にかられる。心すべきことである。

早急な実用化・商業化

日本との最も顕著な違いとして、技術開発と実用化・商業化との距離感がある。日本の場合には、技術開発を徹底的に行うことを優先するが、中国の場合、できるだけ早く実用化・商業化につなげようとして、技術開発の途中で、あるいは並行して商業化のプロセスに入ることが多い。

最もはっきりした例が、第四章で述べた原子力発電所のパキスタンへの輸出である。中国最初の原子力発電所である秦山一号発電所は、国産技術を中心にして1985年に着工し、1991年に発送電を開始、1994年に営業運転を開始している。ところが、建設途上にあつた1989年には、同型の原子力発電所をパキスタンに売り込み、2基輸出することに成功している。日本であれば、運転開始後数年間は実績作りを行い、そのうえで各国に販売攻勢をかける。建設途上の原子力発電所を外国に輸出したのは驚きである。

中国のスパコン開発は、世界トップレベルの演算性能を目指すとともに、もう一方では、そこそこの性能であるが比較的安価なスパコンを売り出し、大きくなりつつある国内マーケットで勝負している。また、有人潜水調査船「蛟竜」の場合には、所期の目標の達成前に国際機関からの受託事業を有料で実施している。

最近日本でも話題となった事例でいえば、高速鉄道技術がある。高速鉄道の世界でのメ

インプレーヤーは日本とフランスであり、最近ドイツも力をつけてきている。中国は、日本やフランス、ドイツなどからの技術導入により建設を行い、2005年に実用化したばかりの高速鉄道技術を国内で利用するだけでなく、外国に輸出しようとしていることが明らかとなった。その後、2011年7月に浙江省温州市で40人もの乗客が死亡する追突事後が発生し、高速鉄道技術の輸出は立ち消えと思われたが、2012年4月、バングラデシュから高速鉄道の車両60両と列車制御や運行システムなどの関連設備を受注したと、中国のメーカーが発表した。

中国人は一般に経済的な感覚が鋭く、外国から技術を導入したり継ぎ合わせたものであっても、中国の技術、資本、知恵が入った段階で中国のものとなったのであり、それをできるだけ早く実用化・商業化するのは当然の権利で、場合によっては義務であるとさえ考えている。

日本の関係者であれば、安全性に問題が出てくるかもしれない、所期の性能が出ないかもしれない、そのような懸念を想定して、中途半端な技術に基づく製品や技術を世に出すことを非常に警戒する。技術に対するこのような日本人の姿勢が、技術立国を支えてきた。

しかし、昨今の中国の経済発展のすさまじさを見てみると、日本の姿勢だけが世界標準ではないという考えも出てくる。試験管を振って研究開発していた時代であればまだしも、今や基礎研究であっても、研究材料や研究装置に多額の研究費を要する。ましてや、事例として挙げたような原子力や高速鉄道の場合には、膨大な費用と人員がつき込まれている。研究開発段階にじっくりと時間と費用をかけて商品化するという日本式のやり方は、「ガラパゴス化」の一例ではないかと疑ってみることも重要であろう。

自前での製作

中国では、大きな実験装置などを建設する際、民間の企業の助力を得ずに、研究開発現場にいる内部の人たちで作ろうとする傾向がある。先に述べた技術導入や海外からの部品調達を厭わないということと矛盾すると思われるかもしれないが、中国の研究開発現場ではうまく共存している。おそらく、大きな実験装置の建設を計画した際、ここは自分でやろう、ここは外国に依存しようとして明確に仕分けし、そのうえで建設に取りかかっているであろう。

例を挙げると、核融合研究装置 EAST の一部は、研究所の職員が自力で製作している。核融合研究装置の難しいところは、大きな真空装置やその外側にある磁石に巻きつけるコイルの製造である。真空装置は内側にタイルを貼り付ける必要があるが、これを研究所の職員たちが一つ一つ貼り付けたというし、コイルは超伝導材料であるニオブ・チタン材をロシアから輸入したが、巻き線処理、コイル化などは研究所敷地内の工場で行って製作している。その結果 EAST の建設費は、他国の同様の施設に比較してはるかに安く、自らの手で製作しているため仮にトラブルが発生しても対応が容易である。

日本では、日本原子力研究開発機構が茨城県那珂市に、また自然科学研究機構核融合科

学研究所が岐阜県土岐市に同種の装置を建設しているが、いずれも真空装置の製作やコイルの製作は国内メーカーに発注している。このため、どうしても建設費が高くなってしまふ。また、トラブルの解決などでは、メーカーに頼らざるを得ない。

しかし、研究所の使命はあくまで研究を実施して研究成果を出すことにあり、中国の場合、製作した際の技術を維持し発展させることまで手が回らない。そうすると、次のステップの装置製造や別の分野への技術展開ができない。冷戦時代に米ソは、しのぎを削って宇宙開発に取り組んだが、米国の技術開発は民間と一体になった開発であったため、開発の成果がその後いろいろなところで利用された。カリフォルニア州のシリコンバレーの興隆も、宇宙開発の隠れた成果であるという人までいる。一方ソ連は、宇宙開発専門機関が中心となり自らの力で開発したため、その後産業として育たなかった。

かつての中国は、経済力が十分ではなく人海戦術をとっていたことや、旧ソ連に倣って国の機関だけで研究開発を進めていた。この方式が現在のシステムを作り出してきたのであろうが、経済成長を遂げ民間の技術力も大幅に強化されている現在、そろそろ転換の時期に来ている。

最新鋭機器導入と運用体制

中国の研究室が真の意味で世界の一流レベルとなるためには、最新鋭の機器類のスムーズな運用が重要である。

トップレベルの研究室には、欧米や日本の研究室と同等あるいはそれ以上の実験機器、分析機器、測定機器などがずらりと並んでいる。中国の研究現場を訪問すると、誇らしげに研究室を案内し、最新鋭の研究機器を見せてくれる。最新鋭の研究機器を思い切って投入できる理由として、欧米や日本と比べ半周後れで研究開発が始まったため、古い研究機器やしがらみがなく、思い切って世界最先端のものが導入できることが挙げられる。また、中国自前の技術や製品へのこだわりがないことも、国際的に最新鋭の研究機器を新規に導入することを躊躇させない。

ただ、日本の専門家の印象を聞くと、世界的レベルの研究機器が十分に使用されていないという。あまり使い込んだ様子が見えないのである。施設の研究スタッフからは、うまく動かないので現在使用を中止しているといった声が聞こえてくる。一般に、世界水準の研究機器は設置するのにも高額な経費がかかるが、運用し維持していくためにも、経費やノウハウ、さらには装置を熟知した技術者が必要である。中国の場合、この装置購入設置後の運用・維持が弱い。日本国内に比べて、アフターサービスの面でこまめに対応してくれる会社が、現状では少ない。

アジアは研究者の不正が多い？

最近欧米では、中国人研究者の科学論文について、データの捏造や盗作などの不正事件が多いことが話題になる。科学論文の総数で米国に次ぐ世界第二位の地位を確保した中国

に対する嫉妬が背景にあるのか、ずいぶん悪意に満ちたいわれ方も多い。

当然のことながら、研究者の不正（英語では **misconduct** と呼ぶ）は、なにも中国に限ったことではなく、日本でもあるいはお隣の韓国でもしばしば見られる現象である。近年の例でいえば、2005年に起きた韓国ソウル大学の黄禹錫教授（1952～）による ES 細胞論文不正事件は、韓国の科学技術関係者だけでなく政官界を揺るがす大事件になった。日本でも、このような極端な例こそ発覚していないが、論文の不正引用やデータ捏造などの不正行為が、時々マスコミ報道をにぎわす。

では欧米で、このような研究者の不正がないかという点、それはまったくの間違いである。最近では、ドイツの大学で博士号を取得し、米国のベル研究所に所属していたヤン・ヘンドリック・シェーン（1970～）の例が有名である。彼は超伝導の研究者であり、有機物による超伝導の実験でいわゆるチャンピオンデータを 2000 年ころから出し続け、それを **Nature** や **Science** に論文として発表した。このため一時は、ノーベル物理学賞間違いなしとまでいわれたが、結局そのような超伝導のデータは存在せずでっち上げに過ぎないことがわかった。

研究者の不正という問題は、科学技術が地球レベルでの激しい競争となっていることや、優れた研究成果を挙げた場合に得られる富と名声が大きな魅力であることなどから生じている。研究者の不正は、人間が持つ業のようなものであり、泥棒がなくならないように倫理的な締め付けを行っただけでは解決しない。

しかしながら、韓国の黄禹錫教授のデータ捏造事件などを契機として、一部の欧米の研究者からアジア人の不正行為を強調するような声が聞かれ始めたのも事実である。たとえば、国際的な科学技術を論ずる米国の著名な会議で、アジア諸国の科学技術分野での躍進が話題になるなかで、基礎科学に対する文化の歴史が浅いことに由来する不正行為への懸念が表明された。こういった指弾を受けていることについて日中韓できちんと議論をし、反論すべきは反論し、改めるべきものは改めながら、共同歩調をとっていくことが今後の課題ではないだろうか。

信賞必罰で活性化

中国の研究者と付き合いの多い日本の研究者がよく口にするのが、中国では世界一流の科学誌に研究論文が掲載された場合、所属する研究所や大学から報奨金がもらえるという話である。ある研究所では、**Nature** や **Science** に研究論文が掲載されると 10 万元（約 120 万円）の報奨金がもらえるとのことであった。中国の 1 人当たりの GDP が現在日本の 10 分の 1 程度であることを考慮すると、相当高額な報奨金である。その他の国際的な科学誌や国内科学誌などに研究論文が掲載された場合でも、報奨金が出るということなので、論文投稿のモチベーションが非常に大きくなる。韓国でもやはり **Nature** や **Science** に研究論文が掲載されると報奨金が出るという話を聞いている。

また、報奨金制度によって論文投稿のインセンティブを与えているのは、レベルがそれほど高くない大学や研究所で、北京大学、清華大学などの一流大学では現在報奨金が出されていないという話もある。廃止になった理由は、著名な科学誌に論文が掲載されることが珍しくなくなったからである。

一方、成果の出せない研究者に対する処罰もはっきりしている。深圳市にある中国科学院深圳先進技術研究院の所長によれば、毎年厳しい評価が実施されている。具体的には、研究者をABCの3ランクで評価し、Aは20%、Bは70%、Cは10%と枠を設定している。そして、Cの内、半分の5%となった研究者は強制的に退職に追い込まれる。そして、Cの内、半分の5%となった研究者は強制的に退職に追い込まれる。毎年5%というと、単純計算で5年で4分の1、10年で全研究者の半分が退職に追い込まれ、入れ替わる。大変厳しい評価システムである。深圳先進技術研究院は他の研究所と比べて、きわめて高いレベルの研究を維持するために実験的な運営を模索しており、そのためこのような厳しい評価が行われている。

中国共産党の指導との関係は

科学技術と政治の世界は関係が薄いと思われるかもしれないが、研究者も社会の一員であり、とりわけ研究資金が大きくなる現代においては、大きな資金を獲得するためには社会との関係を持たざるを得ない。結果として、科学技術も政治のあり方に左右される。

科学技術先進国である欧米や日本などと違うのは、中国が中国共産党による一党支配という政治体制をとっていることである。中国共産党の権威は絶大であり、憲法の前文には党による国家運営の指導的役割が明記されている。さらに、立法においても中国共産党の指導を堅持することとなっており、いわば中国共産党が法律の上位概念として存在している。そしてこの規定を担保する手段として、地方政府や国営企業などにも中国共産党から幹部が派遣されており、当該の組織の指導にあたっている。科学技術や教育の世界でも同様であり、中国科学院などの研究機関や大学などにも、幹部が派遣されている。

これまで会った中国の研究者や大学人で、中国共産党からの派遣や、派遣者の言動などについて不満を表明した人はいない。むしろ、自分たちの組織と中国共産党との親密な関係を誇示する話を聞く場合が多かった。伸び盛りである中国の経済状況の下で、科学技術の関係者と中国共産党からの派遣幹部が利害対立する局面はそれほどないと思われ、平和裏に共存できているのであろう。研究者にとって、予算をより多く獲得することや、実施しているプロジェクトが円滑に進むことがきわめて重要であり、そのためにも中国共産党の意向、あるいは中国共産党の権威をうまく利用したいといった思惑から、共産党からの派遣者はたいへん重宝されていると考えられる。

ただし万が一、経済発展が円滑に進まなかったり、あるいは政治が混乱したりすると、中国共産党としての意向と科学者研究者集団の意思がずれてくる可能性は否定できない。

今後、中国共産党の指導が科学技術の発展や進歩にどのような影響を与えるか、十分に注視していく必要がある。

二. 圧倒的な人材の厚み

最先端科学技術を進めるためには、人材の確保が重要である。今この国には、きわめて優秀な人材が大量に存在している。

研究者数で世界一

科学技術を支える研究者数は、国の科学技術力の重要な指標である。中国の研究者数は、2007年に米国を抜き去り世界トップである。表6にある2008年のデータでは、EUに加盟している27ヵ国全体の研究者数よりも大きい。日本は2002年に追い越されており、現時点では中国の半分以下の研究者しかいない。

表6 主要国の研究者数(2008年)

	中国	米国 (2007年)	欧州 (EU-27)	日本
研究者総数(万人)	159.2	141.3	151.5	64.7
労働人口1万人当たりの研究者数	20.3	92.3	63.6	97.3

(出典) 科学技術政策研究所「科学技術指標 2011」

(注) 日本は専従換算

これからも中国では、研究者数が増大していくことは確実である。たとえば表6の労働力人口1万人当たりの数字を見ると、中国は米国や日本のおよそ5分の1にとどまっております。このまま経済成長が進み、米国や日本並みに社会全体で研究開発に力を入れるようになると、5倍に増える可能性を秘めている。

世界トップの上海中学生

中学生の学力到達度を国際的に比較するため、OECD（経済協力開発機構）が音頭を取って実施している調査に、PISA（Programme for International Student Assessment）がある。これは、OECD加盟国の義務教育修了時（15歳）における学習到達度を調査するもので、比較のために非加盟国・地域の生徒も対象として、3年に1度世界的に実施している。直近では2009年に、65カ国・地域の約47万人を調査対象として実施した。

表7に示した2009年の調査結果で目を引くのは、今回初めて参加した中国上海市の生徒の成績である。調査の対象である読解力、数学的リテラシー、科学的リテラシーの3分野において、すべてトップの成績を収めた。日本、韓国、シンガポール、台湾、香港など、アジアの国や地域はトップレベルにあるが、これらのすべての国・地域を中国上海市が上回る結果となった。

経済発展の著しい上海市は、中国のなかでは異質かもしれないし、またPISA調査にあたりかなり準備をしたかもしれない。それでも初出場ですべての分野のトップをとった事実、改めて中国の底力を見た気がする。

表7 PISAの平均得点の国際比較(09年)

順位	総合読解力	得点	数学的リテラシー	得点	科学的リテラシー	得点
1	上海	556	上海	600	上海	575
2	韓国	539	シンガポール	562	フィンランド	554
3	フィンランド	536	香港	555	香港	549
4	香港	533	韓国	546	シンガポール	542
5	シンガポール	526	台湾	543	日本	539
6	カナダ	524	フィンランド	541	韓国	538
7	ニュージーランド	521	リヒテンシュタイン	536	ニュージーランド	532
8	日本	520	スイス	534	カナダ	529
9	オーストラリア	515	日本	529	エストニア	528
10	オランダ	508	カナダ	527	オーストラリア	527

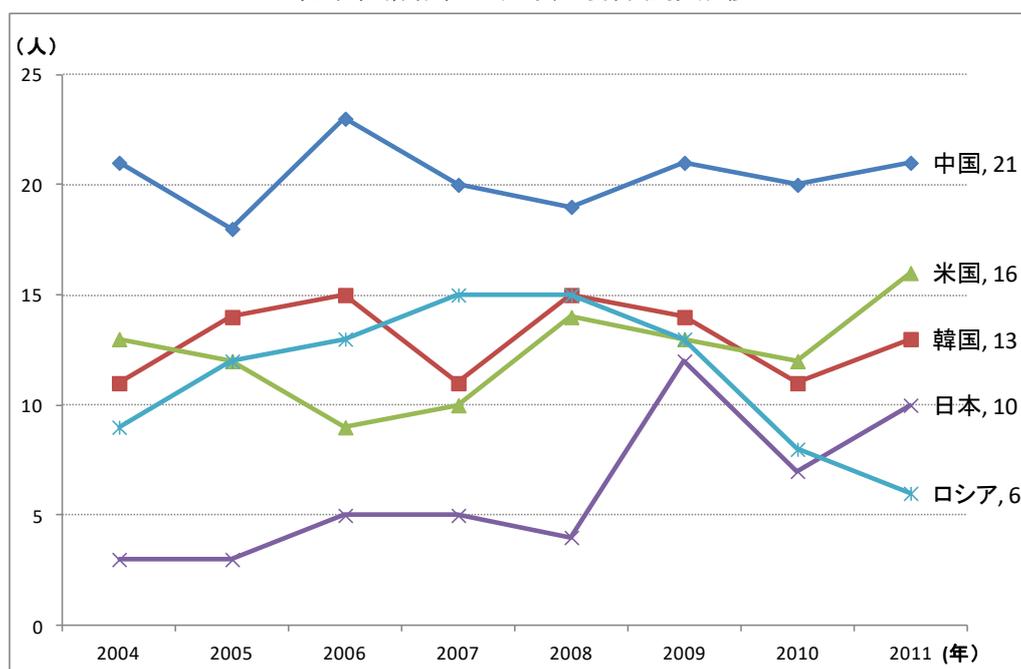
(出典) 文部科学省「OECD生徒の学習到達度調査(PISA)2009年度調査結果の要約」

科学オリンピックで世界一

オリンピックはスポーツの世界で頂点に立つ競技会であるが、高校生の参加する国際科学オリンピックも、科学技術に優れた若者たちが世界の頂点を目指す大会である。ここで、中国の高校生たちは圧倒的に優秀な成績を収めている。

現在国際科学オリンピックは、数学、物理、化学、情報、生物学、地理、地学の七分野で行われており、筆記試験などを含めて競争し、上位一割以内に入った生徒に金メダルが授与される。次の二割の生徒には銀メダル、さらに次の三割の生徒には銅メダルが授与される。これらの国際科学オリンピックのうちで、比較的歴史のある数学、物理、化学、情報、生物学の五分野の金メダル数の推移を、図1に示した。中国は一貫して他国を圧倒してトップの座にあり、ロシア、米国、日本、韓国などを凌駕している。

図1 主要国の国際科学オリンピック金メダル（数学、物理、化学、情報、生物学）獲得者数推移



(出典) 国際数学オリンピック (IMO)、国際物理オリンピック (IPhO)、国際化学オリンピック (IChO)、国際生物オリンピック (IBO)、国際情報学オリンピック (IOI) のホームページより作成

(注) 5 分野のオリンピックにすべて参加した場合、各国の選手数は合計 23 名。中国は 2005 年の化学オリンピックに不参加、日本は生物学・物理オリンピックにそれぞれ 2005 年、2006 年より参加。

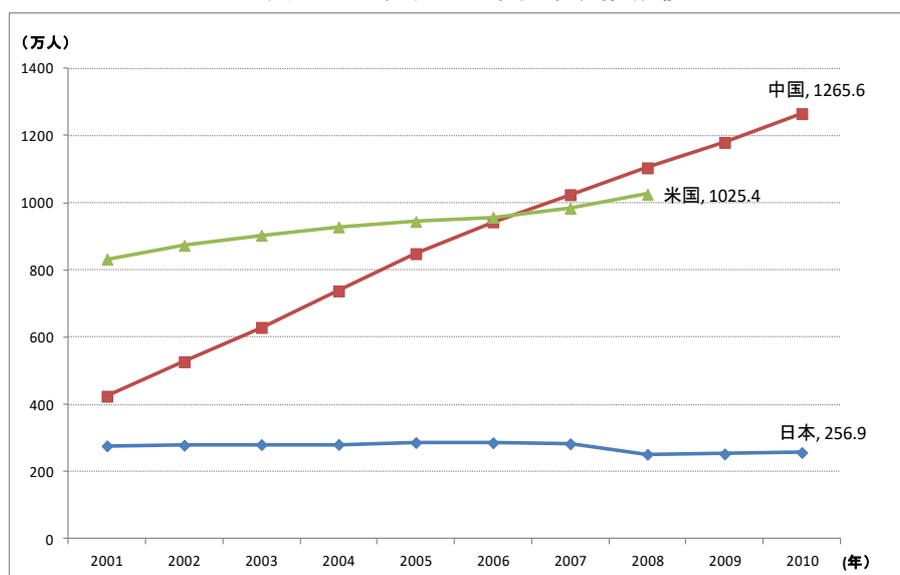
大学学生数でも世界を圧倒

研究者の供給源は大学である。中国が高等教育後進国であったのは過去の話であり、経済の発展や生活レベルの向上に伴い、今では高等教育大国である。図 2 は、21 世紀に入ってから中国、米国、日本の大学生数の推移である。21 世紀初頭、中国は大学生数で日本と差がなく、米国にかなり離されていた。しかし近年、急激に学生数が伸び、2007 年には米国大学生数を追い越し、現在中国の大学生数は約 1,200 万人に達している。日本の大学生数は約 250 万人なので、中国は約 5 倍である。中国の学生数は、将来まだ伸び

る余地がある。欧米や日本における大学の進学率は五割から六割であるのに対し、中国では 25 パーセント程度と半分以下だからである。

さらに、研究開発を担うのは主として理科系学部（理学、工学、農学、医学）の卒業生であるが、表 8 の通り中国の理科系学生の比率は五割を超えている。英国やドイツは比較的高いが、日本で三割、フランスで 24 パーセントなので、中国の人材における研究開発ポテンシャルは高い。

図 2 日中米の大学在学者数推移



(出典) 「文部科学統計要覧」「教育指標の国際比較」 2005～2011 年、「中国統計年鑑」 2005～2011 年より作成。

表 8 主要国の理科系学部学生の比率 (%)

国名	中国	英国	フランス	ドイツ	日本
比率	51.2	43.6	24.4	43.4	31.5

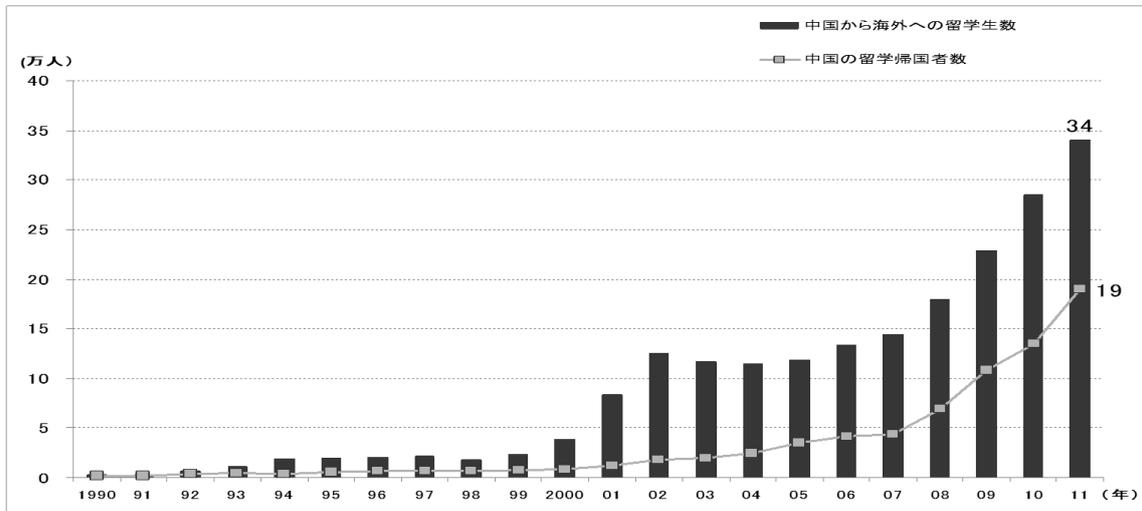
(出典) 文部科学省「教育指標の国際比較 平成 24 年版」より作成

存在感の大きい中国人留学生

変化は国内にとどまらない。中国では 2003 年に私費留学の大幅緩和措置がとられるとともに、翌 2004 年に留学促進政策が実施されたため、国外に留学する学生が急増した。

図 3 は、年度ごとの留学生数を示している。中国からの留学生数は 2000 年までは少なかったが、徐々に増え、とりわけ政府の方針転換があった 2005 年以降、急激に増加している。

図3 中国の海外留学生数および留学帰国者数の推移（万人）



出典：「中国統計年鑑（2012）」より作成

急激に増加する中国の留学生であるが、彼らの留学先の統計を表9で見てみよう。中国の留学生は米国に最も多く滞在し、日本が二番目である。それに続いて、オーストラリア、英国、韓国、フランス、ドイツ、カナダである。

表には、受け入れ国側から見た中国人留学生の存在感もあわせて示してある。主要国での中国人留学生数の比率は高く、ここに掲げたすべての国で最も多い。なかでも、日本で六割、韓国では八割近い数字を占めている。

表9 主要国における中国人留学生の数と比率、順位（2009年）

国名	中国からの留学生数（人）	留学生全体に占める中国人の比率（%）
米国	124,225	18.8
日本	79,394	60.3
オーストラリア	70,357	27.3
英国	47,033	12.9
韓国	39,309	78.6
フランス	23,590	9.5
ドイツ	21,198	11.8
カナダ	119,961	21.4

（出典）OECD「Education at a Glance 2011」および OECD.Stat より作成

清華大学の誕生秘話

外国への留学に関連して、中国と米国の強いきずなを示すエピソードを紹介したい。清朝末期に、キリスト教宣教師への反発を思想的な根拠とする義和団事変(1900～01年)が勃発した。清朝政府と義和団は日本、米国、英国、フランス、ロシアなどの列強八カ国の連合軍と戦ったが敗れ、北京は占領されてしまった。和平のために結ばれた北京議定書で清朝政府は、当時の国家予算の数倍にあたる賠償金の支払いを約束させられた。

この賠償金の支払いが清朝政府を苦しめることになり、結果として孫文の辛亥革命に結び付いていくが、国際的にも莫大な賠償金の支払いは過酷すぎるとした意見も出て、米国は兵士の派遣費や事変で被害を受けた米国人への損害賠償金を除いて、残りの賠償金を条件付きで中国に返還することとした。その条件というのが、返還される賠償金を中国人学生の米国への留学費用に充てることであった。1908年に賠償金返還法案が米国議会で承認され、セオドア・ルーズベルト大統領の署名を経て、1909年に返還が正式に決定された。

この決定を受け清朝政府は1911年に、清朝の庭園であった清華園の敷地の一部に、中国人学生の米国留学の準備のための学校として、「清華学堂」を設置した。辛亥革命の幕開きとなる武昌蜂起が同年に起きると、清朝政府は米国からの返還金を軍備に流用したため清華学堂は一時的に閉鎖された。その後辛亥革命が成功し、中華民国は返還金を留学費用に充当することを再開するとともに、清華学堂の名称を清華学校と改めた。1928年には現在の名称である清華大学となった。



清華学堂（提供：清華大学）

清華大学の始まりである清華学堂の建物、北京のキャンパス内に現存する

清華大学は現在北京大学と並んで中国トップの大学であり、特に優れた理工系人材を輩出している。また国家指導者も多く輩出しており、胡錦濤前総書記、呉邦国前全国人民代表大会委員長や、現在の習近平総書記は、いずれも清華大学出身である。

増大する博士数

科学技術を支える人材の質として世界的に重要視されるのは、博士号である。日本では、民間企業や官庁などでは博士号を持っていても優遇されず、逆に博士号取得のために費やした時間と資金が負担である例が多いが、欧米では博士号は科学技術の世界での重要な経歴である。中国でも博士号取得者はたいへん優遇される。この博士号取得者数についても、表 10 の通り中国はドイツ、英国等の欧州主要国や日本、韓国をはるかに凌駕し、米国に迫りつつある。

表 10 主要国の科学工学系博士号取得者数 (2007 年)

国名	中国	米国	ドイツ	英国	日本	韓国
取得者数	26,582	33,643	10,469	10,310	8,017	3,649

(出典) 米国 NSF Science and Engineering Indicators 2012

さらに、世界一の博士号取得者数を誇る米国の大学では、全世界から留学生が学んでおり、米国国籍の学生だけではなく留学生も博士号を取得している。米国の大学での博士号取得者で、どれくらい外国人留学生がいるかを見たのが表 11 である。この表にある数字は、前記米国の博士号取得者数の内数である。これで見ても中国人の留学生が圧倒的であり、インド人の約二倍、韓国人の約四倍、日本人と比較すると約 20 倍以上になっている。

このように、中国人の博士号取得者数は国内の教育および米国等への留学により、着実に増加しており、将来の中国の科学技術を支える大きなポテンシャルである。

表 11 外国人留学生の米国での科学工学系博士号取得者数 (2007 年)

国名	中国	インド	韓国	台湾	日本
取得者数	4,308	1,921	1,128	477	210

(出典) 米国 NSF Science and Engineering Indicators 2012

海外人材の呼び戻し

第二次大戦後しばらくの間、中国は一部の軍事技術に関連する分野を除き科学技術の強い国ではなく、人材も多く必要ではなかった。さらに、1966 年から 77 年まで 10 年以上にわたって続いた文化大革命では、科学者を含めた知識人が弾圧の対象となり、国内ではほとんど科学技術者が育成されなかった。そのため、経済が急拡大を遂げた 20 世紀末以

降、科学技術を強化する必要が生じたにもかかわらず、国内の人材が不足するようになった。これを解決しようとして中国政府の行った政策が、海外人材の呼び戻し政策である。ちなみに、海外から帰国するという意味を持つ「海帰」と同音の「海亀」をもじって、帰国奨励策を「海亀政策」と呼ぶことがある。

中国で海外への留学奨励策がとられたのは 21 世紀に入ってからであるが、それまでも中国の意欲のある研究者は、いろいろなツテを頼って海外に留学し、欧米や日本の大学や研究機関で活躍していた。米国の理工系の有名大学には、中国系の教授、研究者、学生は多い。筆者が米国イリノイ大学工学系大学院に留学したのは 1977 年であるが、その時点でも理工系の学部では中国系の教官や学生は目立つ存在であった。すべてが中国本土出身ではなく、米国国籍を持つ中国系米国人の場合もあるし、香港などの出身者もいた。中国政府はこれら在外中国人に着目し、彼らに対して優遇措置をとることを前提として、帰国を促す政策を大々的に展開した。



中国科学院本部の外観

中国の帰国への強い呼びかけに応じた研究者は、かなりの数にのぼっている。前に掲げた図 3 をもう一度見ていただきたい。この図には、すでに説明した留学生数だけでなく、帰国した中国人の数も合わせて示してある。帰国数者は 21 世紀に入って増加を続け、特に近年は爆発的に増加している。さらに、一貫して留学生数が帰国者数を大幅に上回っているため、在外の中国人留学生総数は引き続き増加しているのだ。中国の経済がさらに拡大し、国内での科学技術人材の需要が増加しても、十分に対応できるだけのストックが海外にあるといえよう。

欧米や日本からの帰国組は、中国最大の研究機関である中国科学院傘下の研究所や有名大学の中心的な研究者として起用され、さらにその中のトップエリートは大臣、研究所長

や学長に登用されていった。例を挙げると、現在の科学技術部長（科学技術大臣）である万鋼（1952～）はドイツ留学組であり、1991年に工学博士号を取得し、ドイツの自動車会社であるアウディ社に10年間勤務した。その後、中国に戻り上海市にある同済大学の学長を経て、2007年より科学技術部長を務めている。また、現在の衛生部長（厚生大臣）である陳竺（1953～）は1981年上海第二医科大学修士課程を卒業して、1989年フランス・パリ第七大学で博士号を取得したフランス留学組である。中国に戻って2000年から中国科学院の副院長を務め、その後2007年から衛生部長を務めている。

表12に、約100カ所にのぼる中国科学院傘下の研究所長と、世界トップレベル大学の育成を目的とする211プロジェクトに中国政府から認定された、約100カ所の大学の学長の留学経歴を示した。双方とも、約四分の三が留学組であることを示している

表12 中国科学院各研究所長および211プロジェクト認定大学学長の留学歴（2012年7月現在）

留学先	中国科学院	211プロジェクト認定大学
米国	21	26
日本	11	15
ドイツ	11	10
英国	10	11
その他	18	14
なし	23	36

（出典）各ホームページより作成

際立つ若さ

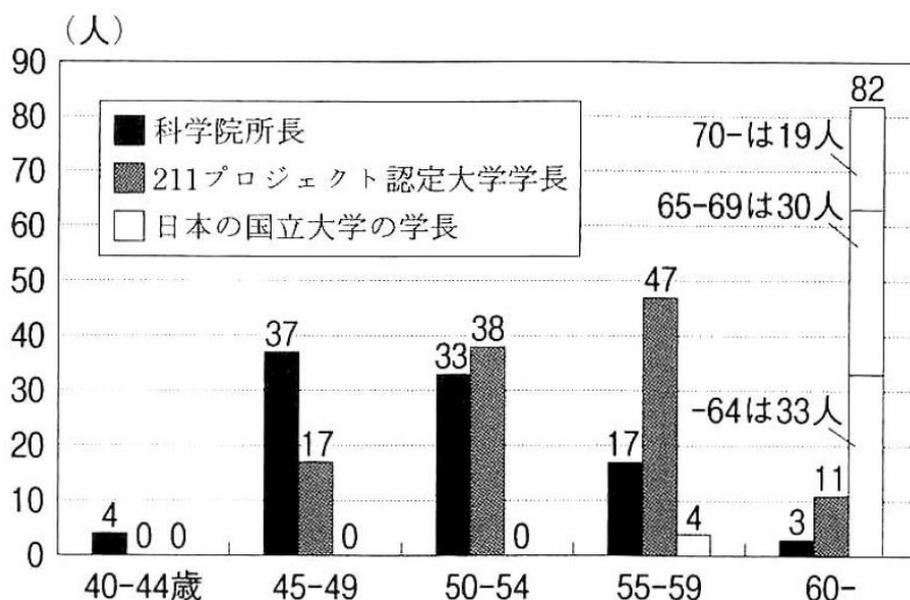
中国の研究現場、生産現場などを視察した日本人が一様に持つ感想は、中国の大学、研究所、工場などで精力的に研究開発をしている研究者・技術者が、非常に若くて元気に満ちあふれていることである。研究所の所長や大学の学長なども、こちらがショックを受けるといえるほど若い人が多い。たとえば第六章で取り上げたBGI社は、その典型的な例である。全体で約4,000名を数える研究者・技術者の平均年齢が、27歳と聞くと圧倒されてしまう。また、核融合研究装置EASTにおいても、若い研究者や大学院生が目立った。先に見た中国最高峰の大学である清華大学の陳吉寧現学長は1964年生まれで、学長に就任した2012年当時は48歳という若さであった。

現在、中国は研究者・技術者にとってきわめて幸福な時代が到来しており、中国経済の発展に伴い、研究者・技術者のニーズが拡大を続けていることが、このような状況をもたらしている。また、大学進学率の急上昇、留学制度の充実と留学生の帰国奨励策などもこれに拍車をかけている。

図4に、中国科学院傘下の各研究所長と211プロジェクト認定大学の学長の年齢分布を示した。中国科学院の研究所長は40代、大学の学長は40代後半から50代前半が半分近くを占めている。トップの年齢から、その下の研究者や教官も若い人が圧倒的であろうことは容易に想像できる。

比較のために、日本の国立大学の学長の年齢構成も併せて示しておいたが、日本の国立大学学長はほとんどが60歳以上であり、70歳を超えた学長が20パーセント以上いる。中国の211プロジェクト認定大学の学長と比較すると、平均で10歳以上年齢が高い。主要な研究所の所長の年齢構成は手元がないが、同様の傾向にあるのではないだろうか。

図4 中国科学院研究所長、211プロジェクト認定大学学長
および日本の国立大学学長の年齢



(出典) 各ホームページより作成 (2012年7月現在)

中国社会では年功序列が重視され、欧米社会のように若い人の抜擢は一般的でない。それにもかかわらず、中国科学院傘下の研究所や中国の一流大学のトップが比較的若い理由は、文化大革命の影響による科学技術人材の欠落であろう。文化大革命が終了した1977年に、高校入学年次の15歳に達していた人は、現在50歳である。したがって、おおよそ50歳以上の人たちは何らかの形で文化大革命の影響を受けていると考えられる。

研究者・技術者の若さは、中国に何をもたらすのか。日本でも明治維新や、第二次大戦後の公職追放で、トップエリートを含め社会の指導層が大幅に若返った。維新直後は若干の混乱が見られたが、結果的には改革が大幅に進んだ。科学技術の世界では、研究のピー

クは 30 歳代から 40 歳代であるので、中国の人材は大きなアドバンテージを持っている。

科学技術の人材王国といえば、真っ先に挙げられるのは米国である。米国は強い経済力を背景に、世界中から優秀で意欲的な科学技術人材を吸収し、彼らを適切に処遇することによって人材王国として君臨している。また欧州は、ドイツ、英国など個別では日本などに量的に劣るが、EU として欧州全体で交流し人材を集めることにより、米国に追いつこうとしている。中国はもともと人口の大きな国であり、経済が拡大し、これまで見てきたような科学技術人材の養成・活用のシステムがより進化すれば、米国や欧州といった科学技術人材王国と十分に競争できるようになるだろう。

課題は何か

では中国の科学技術人材に関し、まったく懸念や課題がないかという点、そうではないと思う。

まず挙げなくてはならないのが、産業界の、科学技術人材の獲得や育成に対する方針がよく見えない点である。中国は、改革開放以降世界の製造工場として一気に経済を拡大してきたが、では中国の科学技術者が本当に「ものづくり」に誇りを持ち、「ものづくり」に命をかけようとしているといえるかどうか。中国で世界の工場を支えているのは、多くは低賃金の女性労働者たちであり、一流大学を出て科学技術を学んだ人はそのような職場にはほとんど行かない。日本人の場合、大学出であっても作業着を着て現場の工場勤務するのが常識であるが、中国の場合には、大学を出たら研究職やホワイトカラーを最初から目指す。現在のように、欧米や日本の高い技術と労働者の低賃金によって国際競争力が保てる段階では問題ないが、今後独自技術により世界の工場の地位を維持しようとするれば、生産工程と研究開発の橋渡しができる技術者の存在が不可欠となるだろう。

二つ目は、中国の大学・大学院教育の課題である。中国の人材の弱点として、受験戦争を勝ち抜くための記憶力が強化され、結果として記憶力抜群であるが創造性に欠ける人材ばかりであるといわれる。日本の大学関係者も、中国の大学生は日本の大学生とは比較にならないほどよく勉強するが、自らの考えを持って課題に立ち向かうという能力に欠けていると指摘する。中国の大学での教育システムがまだまだ十分に確立しておらず、高校教育の延長的な教育が大学でも行われている。

また、中国のトップ大学である北京大学や清華大学では、ほとんどの学生が大学所有の学生寮で生活し、故郷への帰省以外北京の街に繰り出すこともせず、一般社会と隔絶した形で徹底した詰め込みが行われる。キャッチアップしている際には、すでに先人が築いてくれた資産を徹底的に吸収することが重要であるが、それだけではフロントランナーにはなれない。現在の中国の大学生のように、大学外部との付き合いを絶ちひたすら勉学に励むだけでは、新たな方向を見いだす発想を狭めることになりかねない。

ただ、現在の中国の学生は海外の大学での勉学機会を拡大しており、中国の大学でひたすら詰め込みに終始したとしても、留学先の欧米の大学の優れた教育により才能が一気に花開く可能性もある。また中国の大学システムは、日本と比べても歴史が浅く未完成であるが、大学自らが改善しようとする強い意欲を持つ。詰め込みだけで創造力に欠けるといふ欠点に正面から向き合い、米国や欧州のような創造力あふれる人材を輩出する日が来るのもそう遠くないであろう。

三つ目は、新陳代謝の問題である。21世紀に入り急成長を遂げた科学技術人材の市場であるが、最近になり拡大のペースが少し落ち着いてきた。その結果、従来のように大学や大学院を出たら一流の企業や研究所に就職できるという状況ではなくなりつつある。今後うまく新陳代謝を考え、日本や欧米諸国に比較して非常に若いトップレベルの研究者・技術者が活躍できる環境を維持する必要がある。

三. 急速に伸びる科学技術投資

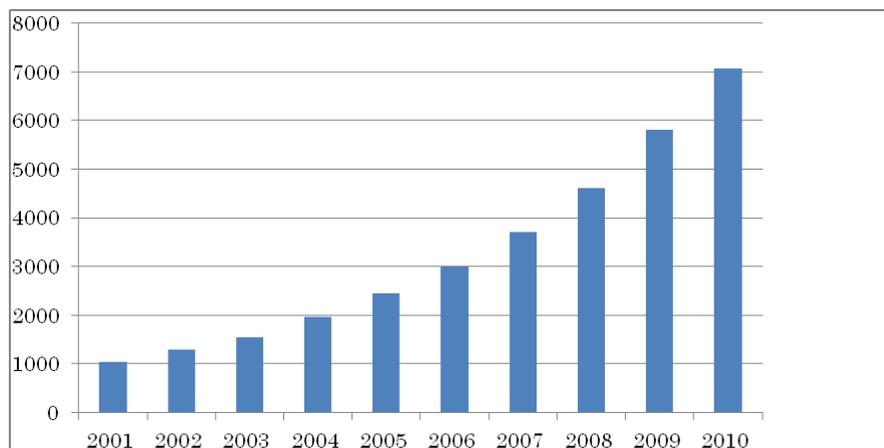
次に科学技術を支える重要な要素である、科学技術投資（研究開発費とも呼ぶ）について見てみたい。中国の経済発展はたいへんな勢いであり、21世紀に入ってさらに加速した。それに伴い、中国の科学技術投資も大幅に拡大してきている。

GDP の伸びを上回る

科学技術推進を国家の重要事項と定めている中国ならではの法律として、「科学技術進歩法」がある。1993年に法律として発効し、2008年に改定されているが、その中に「科学技術投資の増加率は国家財政収入の増加率を上回る」との規定があり、また「国内総生産に占める研究開発費の比率についても逐次引き上げる」と規定されている。

図5のグラフに、21世紀に入ってから中国全体の研究開発費を示した。毎年ほぼ20パーセントを超えるペースで増加しており、2001年から2010年までの10年間で、およそ6.7倍という驚異的な伸びとなった。

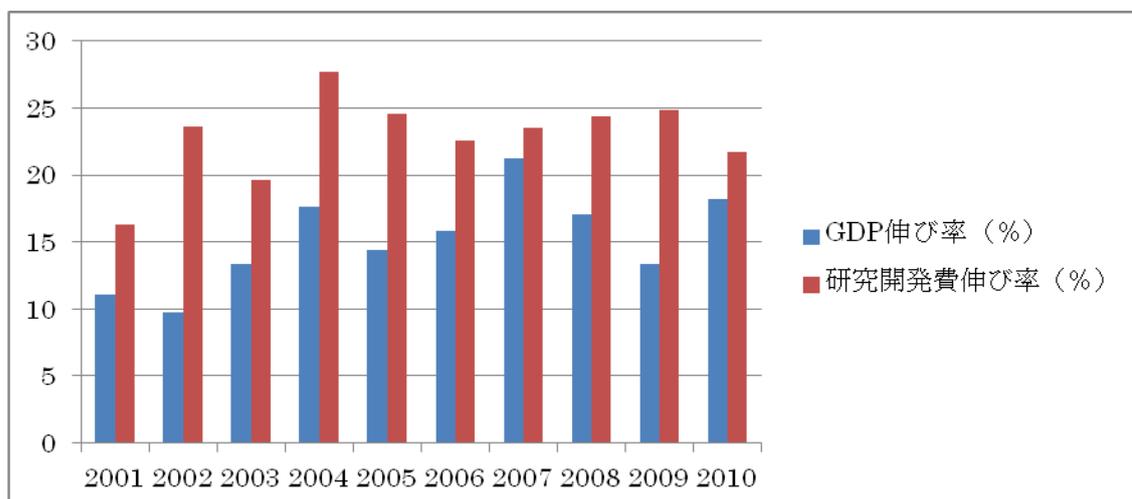
図5 中国の研究開発費の推移



(出典)「中国統計年鑑 2011」より作成

GDP と研究開発費の伸び率を対比したのが、図6である。21世紀に入ってから、毎年研究開発費の伸び率が GDP の伸び率を圧倒している。GDP は平均 15.7 パーセントという驚異的な伸び率で拡大し、2001年の約 11 兆元が 2010 年で約 40 兆元と約 4 倍となったが、研究開発費は GDP の伸びをはるかに上回って、前述の通りおよそ 6.8 倍となっている。科学技術進歩法の規定が、きちんと履行されていることになる。

図6 GDP と研究開発費の伸び率の対比



(出典) 文部科学省「科学技術要覧」2012年より作成

予算は名目で日本に逆転

2010年の中国の研究開発費総額は、7,063億元（約9.15兆円）である。2010年における日本の研究開発費総額は17.1兆円なので、中国はその約2分の1強であり、決して

多くない。また、政府予算だけで比較しても、中国は2010年で1,696億元（約2.20兆円）、日本は3.59兆円である。

しかし、物価を考慮した購買力平価でこの数字を円換算すると、中国の2010年の研究開発費総額は19.93兆円、政府予算が4.79兆円となり、日本のそれより総額、政府予算ともに大きくなる。他の主要国とも比較するため、ドルベースの購買力平価換算で主要国の研究開発費を比較したのが表13である。中国が米国の半分近くとなっていることがわかるだろう。

表13 主要国の研究開発費（購買力平価換算、2010年、億ドル）

国名	米国	中国	日本	ドイツ	韓国	フランス	英国
研究開発費	4,016	1,790	1,535	863	532	500	391

（出典）OECD Main Science and Technology Indicators 2012 より作成

（注）日本の数字は総務省統計をベースに換算

ただし、この購買力平価での比較について、疑問を呈する向きもある。人件費など物価に大まかに連動するものは、購買力平価で比べた方がより正確である。一方、現在の科学技術研究開発で最も経費を要するのは、高額な研究装置や研究材料である。これらの価格は、今や世界で平準化されており、たとえば最先端のライフサイエンスの実験装置や実験材料は、日本で買っても中国で買ってもそれほど変わらない。したがって、購買力平価だけの比較には、十分な注意を要する。

資金力の秘密

このような状況を反映してか、中国の研究現場に行くと驚くほど金回りがよい。ほんの数年前までは中国との共同協力という、日本側の研究費を期待しているだけとか、日本で研究したいので日本への旅費を面倒見てほしいといったたぐいの話が多かった。ところが近年は様相がまったく違う。日本のしかるべき研究者と見ると協力したいと申し出て、研究費は自分で手当てする、あるいはすでに中国政府や中国側の企業から受け取っているので問題ないといった例が多くなっている。逆に日本側は、相当に実力や実績のある研究者であっても手元不如意なことが多い。こういった時、日本側の研究者はまじめなもので、自分のところに研究資金がないとなると、どうしても腰が引けてしまうようだ。

なぜこのように、彼らには、日本の有力研究者もうらやむような大きな研究資金が投入されるのか。中国全体の研究資金は、名目では日本に及ばない。購買力平価換算での比較では、近年日本を抜き去ったが、購買力平価での換算の問題点も先に見た通りである。また、仮に研究資金が日本と同等であったとしても、研究者が日本のざっと倍はいるので、個々の研究者への研究費はそれほどでないはずだ。

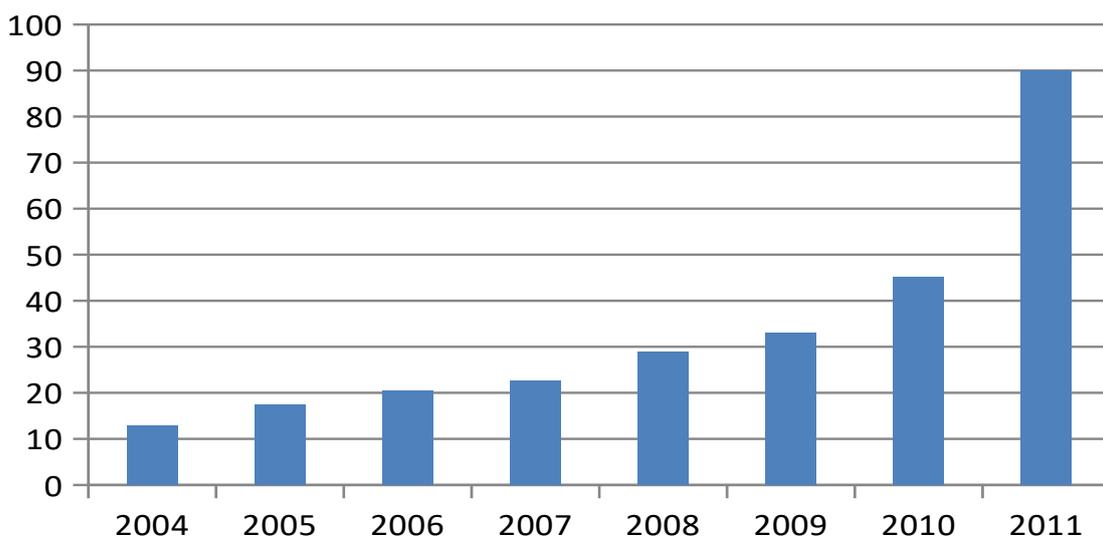
中国版科研費「NSFC 一般プログラム」

この疑問を解くため、研究資金のうち研究者が比較的自由に使用できる資金に焦点を当ててみる。

大学等の研究者を支える資金として、日本では科学研究費補助金（通称「科研費」）という予算があるが、科研費に対応する中国の研究助成金として、国家自然科学基金委員会（NSFC）という機関が配分している一般プログラム資金がある。NSFC の一般プログラム予算は、2011 年で約 90 億元（約 1,110 億円）、日本の科研費約 2,000 億円の半分であるが、伸び率は研究開発予算の伸びを反映してきわめて大きい。図 7 に、一般プログラム予算の経年変化を示した。2004 年に約 13 億元だった予算が、7 年後の 2011 年に約 7 倍の約 90 億元に達している。直近の 2010 年と比べても、ちょうど 2 倍である。

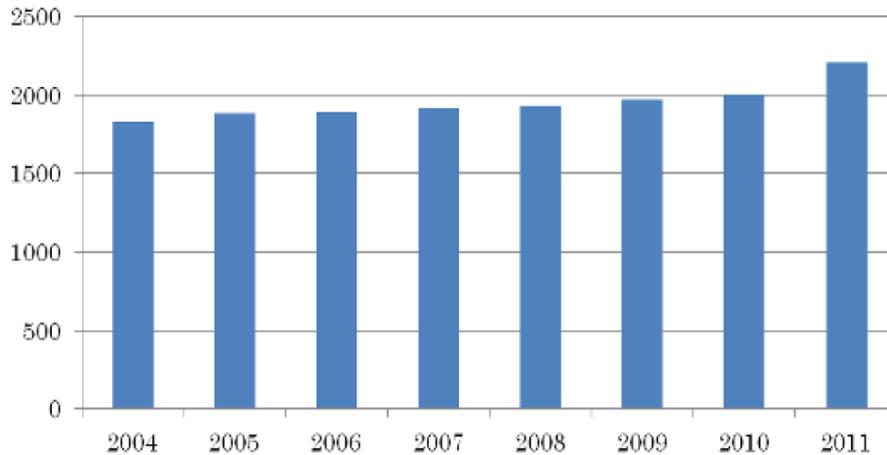
現時点で、中国の有力研究者が日本の有力研究者よりはるかに資金力に優れている理由の一端が、ここにあると筆者は考えている。図 8 は、日本の科研費の予算の推移を示している。2011 年には補正予算もあり少し増加しているが、それ以前はわずかな増額での推移であった。もともと科研費は、日本の研究者にとってかけがえのない予算であるがゆえに、日本全体の研究者にある程度満遍なく配分され、かつ既得権化している部分もあるため、科研費の総額が少しくらい伸びたところで、ほとんど影響が出ない。一方中国では、研究開発費全体、なかんずく競争的資金である NSFC の一般プロジェクト予算が急激に増大したため、研究者全体に薄く広く配分するのではなく、力のある有名研究者に絞ることができたのではないか。金額的にはまだ日本に追いついてはいないが、可処分予算額は中国の方が圧倒的に大きい。

図 7 NSFC 一般プログラムの予算推移（単位：億元）



（出典）NSFC のホームページより作成

図8 科研費の予算



(出典) 日本学術振興会のホームページより作成

(注) 2011年は助成額分であり、基金化分が別途429億円措置された。

民間の研究開発費はどこへ

中国の科学技術の現状を見ると、常に問題となるのか、国内民間企業の研究開発費である。統計的に中国の研究開発費を見ると、民間企業はおよそ中国全体の七割を支出し、またほぼ同規模の額を使っている。ところが、世界的に目立つ開発成果を挙げているのは、中国科学院であり、近年急速に研究機関として力をつけてきている大学なのである。

では、民間企業が支出し使用している巨額の研究開発費の正体は何か。米国のIBM、日本のトヨタ、ホンダ、ソニー、韓国のサムスン電子、LG電子などは、研究開発で存在感を示し、取得特許も多い。しかし、中国ではHuaweiやZTEが特許などで有名であるが、それ以外に研究開発成果で目立つ企業が見当たらない。

大胆な仮説を立てると、中国の民間企業の研究開発費には、欧米、日本、韓国などの諸国とは、いささか趣を異にする資金も合わせてカウントされているのではなかろうか。中国では、研究開発を奨励する立場から、それらの資金に対する税金の減免措置が行われており、これを目当てに比較的關係性の薄い支出も、研究開発費として計上されている可能性が高い。また中国の民間企業は、世界トップレベルの製造ラインを作ることに強いこだわりがあり、そのためには欧米や日本などから技術導入を厭わない。このような技術導入に関わる経費も、研究開発費に計上されていると思われる。

さらに民間企業の研究開発費には、共同研究などを通じて国内の大学で使用されている部分がかかなりある。これらの企業は急激に発展したために自前の研究施設や研究者を十分に擁していないと想定され、比較的研究開発体制が整いつつある大学に研究開発を肩代わりさせている。実際、中国の大学における研究開発費の内、民間からの流入資金は全体の33.2%を占めている。他の主要国の数字を見ると、日本が2.6%、米国が5.2%、韓国が

11.3%、ドイツが 14.2%などとなっており、中国の数字が突出していることがわかる
(2010 年の数字。OECD 調査による)。

いずれにせよ、民間企業の研究開発費の具体的な内容は、中国の科学技術の現状を知る
ためには重要であり、今後解明が進むことを期待したい。