

講演 7

技術革新や産業構造の変化につながる科学技術について

竹内薰 科学作家

平成 22 年 4 月 14 日

科学技術というものがどうして予測できないかというところから話を始め、その後、これから変革につながるであろう分野についてお話をすることにする。

1. 科学技術に関する評価の難しさ

(1) 事前評価はできない

予算を配分する時には非常に困ると思うが、科学技術全般について、それが大きな革新につながるかどうか事前評価はほとんどできないものである。

これを物語るファラデー¹とグラッドストン²の古い逸話がある。電磁誘導³を発見しその公開実験を行っていたファラデーに対し、時の大蔵大臣グラッドストン卿が、その実験は何の役に立つかと質問したという。これに対しファラデーは「何の役に立つかはわからないが、いつかこれに税金を課すことができるでしょう」と切り返したという話である。これには「生まれたばかりの赤ん坊が何かの役に立ちますか」と答えたという別のバージョンもある。すなわち自分の発見した電磁誘導が何の役に立つか、その時点では発見者自身にもわかっていないという科学技術のある側面を示している。

ある程度発展した技術においても、規格の問題などに関して、事前評価はできないことがある。昔のベータと VHS の戦争は、当初は技術的にはベータのほうが進んでいくというのが多くの技術者の評価であったが、大きな社会構造であるとか、特殊なソフトウェアを投入する作戦などにより、科学技術だけの問題ではないところで VHS が勝ったという経緯がある。

最近の HD-DVD とブルーレイの争いも規格を巡るものであった。ほぼ互角であったものが、ある状況を境に完全にブルーレイ陣営が勝ってしまったのであり、これは戦っている当事者にとっても、周囲の投資者にとっても事前に予測できないものであった。このように科学技術というものは意外に事前評価ができない分野なのである。

¹ マイケル・ファラデー：19世紀英國の化学・物理学者。ベンゼンや電磁誘導を発見。

² ウィリアム・エワート・グラッドストン：19世紀英國の政治家。1868～74年首相。

³ 電磁誘導：19世紀に発見された重要な電気現象。後の発電機、誘導電動機、変圧器など多くの電気機器の動作原理となった。

(2) 中間評価の失敗

事前評価が失敗した事例は幾つかあるが、例えば地震予知を挙げることができる。1965年に1億7千万円の予算で始められて以降、恐らく人件費を含まない見積もりでも総額2000億円がつぎ込まれているが、一部東海地震は予知できるという話がある程度で、未だに地震予知はできていない。東大のグラー教授などは、数学的な知見に基づき、場所によって物理的なメカニズムの異なる地震一般についてそもそも予知はできないであろうとしており、これは結構有力な学説になっている。

歴史的経緯で見れば、福田赳夫内閣で大規模地震対策特別措置法が成立し、以来、地震予知関連の予算が急増しているが、当時の地震学者は、必ずしも予知ができるようになるとは言っておらず、日本全国に観測装置を張り巡らせて10年くらい研究すれば予知できるようになるのではないかとの論調が強いような状況であった。それにもかかわらずマスコミが「地震予知」を大きく取り上げ、政治的な動きとも相まって、いつのまにか予算が肥大化してしまっている。科学界のみならず国民の関心も必ずしも高いとは言えない状況の中で、成果が上がっていないにも関わらず、巨額の予算だけが手当されているという非常にアンバランスな事態となっている。

地震予知は、事前評価もさることながら、中間評価が適切に行われなかつた事例である。科学技術の分野では事前評価ができないとすれば、中間評価が機能することが非常に重要なポイントになるのであり、このことは、近年のビックサイエンスと呼ばれる非常に大きな資金を必要とする科学的研究においてますます顕著になっている。

地震予知とは逆に予算を削減して失敗した例として、太陽電池パネルを挙げることができる。これは、経済産業省が補助金を出していた当時、日本のメーカーは世界の中でも非常に優位に立っていたが、補助金廃止の後、政府の補助金が継続されていたドイツのメーカーに逆転されたという現象である。太陽電池パネル単体で言えば産業構造の変化をもたらす程の力を持っているとは言い難いが、地球温暖化が喫緊の課題となり環境自体がビジネスとして成立している現在から見ると、太陽電池パネルは非常に重要であり、その補助金廃止を結論づけた中間評価は失敗だったと言うことができる。

(3) スーパーコンピュータの事業仕分け

昨年行われた事業仕分けで注目を浴びたスーパーコンピュータの予算削減に関しては、一時かなり感情的に批判していたのであるが、実は難しい問題と考えるようになっている。スパコンの計算能力自体を問題にするならば、例えばソニーのプレステ3を数千台つなげることにより、スパコン並の計算能力を発揮させることはできる。昨年11月に米空軍がプレステ3を2,200台購入したことが話題になったが、これも低予算でスパコン並の計算能力を得ようとする試みであった。日本でも同様の研究は行われており、計算機科学のノーベル賞と言われるゴードン・ベル賞を受賞された長崎大学の濱田剛助教は、3,800万円とい

う低予算で日本最速のスパコンを作ることに成功している。スパコンの開発予算267億円と比較すると、遙かに低予算で同様の計算能力を発揮させることができるというは事実である。

では何故、巨額の予算をスパコン開発に投入するのかという点を考えてみると、結局、スパコン開発から派生する技術に期待しているという結論になる。米空軍は派生技術に期待している訳ではなく、低予算で速く計算したいということから大量のプレステ購入を選択したのであるが、米国全体としては派生技術に期待し、政府がスパコン開発に巨額の予算を投入している。派生技術への期待も含めて巨額の予算を投入するというのは、米国だけではなく中国や韓国も含めた世界各国の潮流となっている。

このような中で、日本がスパコン開発から離脱するかどうかというのは難しい中間評価の問題である。計算力の差が科学技術の優劣を決定づける重要な要因であることに鑑みれば、計算機分野からの完全撤退という選択肢が非常に厳しい技術格差をもたらすことは明らかである。しかし例えばスパコンからは完全撤退するが、その分の非常に大きな予算を、計算速度1兆倍との話もある量子コンピュータの分野につぎ込むというのは有力な選択肢となるかもしれない。

量子コンピュータは、従来のコンピュータと異なり量子力学的な超並列計算を行うコンピュータである。日本でも、たとえば東大工学部の古澤明教授が最先端の研究を進めているが、いわゆるCPU（中央演算子）の研究は進んでいるものの、ハードディスク（記憶装置）に相当する部分が難しいというネックがある。量子コンピュータが実用化されれば、劇的に向上する計算速度により、インターネットの暗号システムが使い物にならなくなるなど既存のIT技術に大きな変革が起きると考えられる。しかし、その実用化の時期やどの研究所が突破口を開くのかという事前予測は全くできないのである。

このような意味で、計算機分野への投資には、スパコン開発を続けてアメリカに勝つか、あるいは全く違う将来の分野、量子コンピュータのようなものに振り向けるのかという選択肢は存在するのである。

（4）幅広い予算投入の必要性

巨額の予算が投入されていながら、投資の回収ができないなど失敗してしまう事業は数多い。そのため「モノになるかわからない」との理由で、例えば世界最先端の研究を行っている東大の古澤研などに対してもあまり多くの資金は提供されていないと思われる。しかし、事前評価が難しい以上、研究の芽を摘まないために将来発展するかもしれない分野に幅広く、予算を投入するという姿勢が重要と考えている。

科学技術では、どうしても予算を重点的にどこかに投資しろという話ばかりが出てくる。太陽電池パネルのように産業化されつつある段階の技術の場合には、重点的に投入することも可能だ。しかしそれ以前の技術、すなわち科学から技術に発展しつつある段階の科学技術においては、事前評価はできないのである。この段階では、分野を絞って重点的

に予算を配分するよりは、幅広く、若手を中心にこれから科学的な成果を上げようとしている人に配分するほうがよい。

昨年の事業仕分けで、GX ロケットや LNG エンジンも仕分けの対象となった。GX ロケットは科学技術界では以前から評価が低かったものであるが、LNG エンジンは国際的な評価も高いものであった。そこで今回、事業仕分けを受けた文部科学省も評価の高い LNG エンジンのみを単体で予算要求したと思われるが、評価の低い GX ロケットへの予算カットが現実には行われていなかったというところに、今後どうすればよいのか大きな課題が存在すると思う。

2006年に京大の山中伸弥教授が成功した iPS 細胞は、誰も成功するとは思っていなかつた技術であり、海外の学会で発表した時には、科学誌「ネイチャー」と「サイエンス」の担当者が会場にいなかったほどで、誰もマークしていなかった研究であった。しかし一度成功が明らかになると、今では世界中で熾烈な競争が始まっている。中でも米国は、日本と比べて桁違いの予算を投入しており、膨大な資金を持つ米国相手に日本の研究者は少ない予算で競争しなければならないという状況になっている。

iPS 細胞に限らず、日本の研究者には、少ない予算にもかかわらず、とにかく個人が頑張って何とか研究をするという風土がある。しかし iPS 細胞の場合には、文部科学省の競争的資金事業の枠組みで支えられていた部分もあった。この競争的資金事業はこれから芽が出る事業にばらまくというものであるが、事前評価が難しい以上、成功がどこから出てくるのかは全くわからない。したがって幾つかばらまいておいて、成果が出てきたところで中間評価を行い、集中的に投入すべき分野を決定するということしか出来ない。

（5）中間評価を適切に行う体制の構築

事前評価ができないのであるから、問題は中間評価のところにある。しかし実際は形骸化しており、機能していないことが多いのではないかと考える⁴。

私の専門分野である科学技術コミュニケーションについて例を挙げれば、文部科学省は3つの大学（東大、北大、早大）に「科学技術コミュニケーション育成」事業を委託し、5年間で5億円の予算を割り振った。昨今、この事業の中間評価が行われ、東大が一番成功しているという結果になっている。しかし東大と北大の中身を知っている私から見ると、育成講座の卒業生が科学技術に関する本を執筆したり、出版したりといった具体的な成果において、北大のほうが東大よりも圧倒的に成功しているのである。東大には、目に

⁴ 質疑応答において、中間評価が上手く機能していないのは、「あまりにも専門家だけに任せてきたのではないか」という気がする」と指摘されている。

非専門家が評価するにはある程度時間がかかるので、事業仕分けにおける1時間というような短時間ではなく、「例えば1か月というような時間をかけて専門のしがらみのない人が、専門家の説明を受けて中間評価に加わる」ことは、「なれ合いといった世界を切り崩す」ことになると指摘されている。

見える成果はなく、その受講生もコミュニケーターを目指しているかどうか疑わしく、取ってきた予算で本来の目的を達成しようと思っていないような状況があった。北大の関係者に聞いたところでは、評価者が北大に来たことはなく、授業の様子や実際に何が行われているかも知らない状態であるのに、中間評価の報告書が出来てしまっているとのことであった。このように中間評価は形骸化していて、どうも機能していないことが多いのではないだろうか。

中間評価は、利害関係のない外部の人により適切に実施される必要があり、この点において科学技術の分野は全体としてかなり問題を抱えているように思われる⁵。評価に不満を抱く当事者は多いと思われるが、それが公にされることもなく、一旦中間評価が行われてしまえば、その評価結果に従って次年度の予算も決定されてしまう訳であるから、科学技術予算に関する中間評価にはかなり根深い問題があると考えている。

2. 海外への人材流出

現在、日本の科学技術が抱えている問題としては、海外への人材の流出という問題もかなり大きいと思われる。歴代のノーベル賞受賞者を見ても、江崎玲於奈さん、南部陽一郎さん、利根川進さんなどは海外に流出しており、南部先生に至っては米国に帰化されている。iPS 細胞の山中先生にしても、実は米国の研究所にも拠点があり、研究の成果にはその研究所における自由な研究環境の貢献が大きかった、ということを公言されている。

山中先生はずっと以前にアメリカに流出していてもおかしくない状況にありながら、人間関係もあり、日本のためにがんばろうという志があって、あえて日本に踏みとどまつてこられたものと思う。現在では予算が付いたものの、最近まで先生の研究室は「劣悪な環境とはこれほどのものか」と思われるような状況であった。数年以内のノーベル賞受賞が確実視されている山中先生においてさえも、配分されるべきところにお金が行っていないかった日本の研究環境があり、どうしても海外への人材流出は起きてしまう。

若手の研究者の海外流出も深刻な問題である。若手の優れた研究者を選抜して研究費を給付する特別研究員制度というものがあり、これは昨年の事業仕分けの対象ともなったが、日本の科学技術系の奨学金制度が遅れている中で重要な制度と考えている。このような資金がないと、例えば20代から30代前半くらいに研究活動のピークが来るとされている理論物理系の大学院生が、研究に集中できずに居酒屋でアルバイトをせざるを得ないような厳しい状況になってしまう。事前評価が難しい以上、このような予算配分においても、

⁵ 質疑応答において「物理法則に反しているような最初から駄目な技術を識別するのには専門家の知識が有効」であるが、「お金を出す人がそれにかけるかどうかというレベル」においてはコンサルタントのような目利きがいれば、「かなり仕分けができると思う」と指摘されている。

結局は「ばらまき」しかないと思う。当初はある程度薄く広く研究予算をばらまいておいて、成果の芽が出たところで中間評価を行い、集中的に予算を投入するという形によらない限り、日本の将来の科学技術を担う人々がいなくなってしまうと危惧している⁶。

科学技術の教育面の現状は、米国も日本も大差はない。高校生の物理学の履修率は近年急速に下落しており、現在日米ともに2～3割である。日米の違いはその後に大きいのであり、米国の場合は大学、大学院に優秀な学生が海外から流入し、そのまま米国に残る。このような現象は日本では非常に稀である。

近年、インド人技術者を採用している一部企業などを別にすれば、日本企業において物理学の素養を持った人材が減少しているという事態はより深刻に捉えるべき問題といえる。「ものづくり」を標榜する日本にとってエンジニアは不可欠の職種であるが、高校で物理学を履修しない場合、エンジニアになるという職業上の選択肢は存在しなくなるという厳しい現実がもっと喧伝されるべきである。高校生における物理学の履修率の低迷は、受験や学習指導要領によるところが大きいと思われるが、製造業全般を底上げするのであれば、こうした厳しい教育の現状に何らかの手を打つ必要がある⁷。

3. 技術革新や産業構造の変化につながる可能性のある科学技術分野

技術革新や産業構造の変化につながる科学技術の次の変革の芽を探す手段としては、「ネイチャー」や「サイエンス」などの科学専門誌をウォッチするという方法がある。例えば、昨今注目を浴びているキンドルという電子書籍の端末についての論文は1998年の「ネイチャー」誌に発表されている。科学誌に取り上げられている多くの科学技術について産業化されるかどうかを事前評価することは難しいが、「ネイチャー」や「サイエンス」は、いずれクローズアップされる技術の格好の1次資料といえる。（「日経サイエンス」のような科学雑誌は、1次資料を加工したいわば2次資料である。）やはり1次資料としては「ネイチャー」や「サイエンス」などの科学専門誌が重要である。

量子コンピュータも毎週のように関連論文が科学専門誌に掲載されており、論文件数

⁶ 質疑応答において「企業が求めるような大学院教育をしていない」のではないかという指摘があり、人材の養成システムを改善して「企業の研究所を中心に就職してもらう」ことが人材確保の最も良い解決法になるであろうと指摘されている。

また、本当に優れた業績を上げた人には「給料プラス研究費」を確保し、研究以外の例えば授業負担などをなくす選択肢を検討しないと、大学などからの「人材流出は止まらない」であろうことも指摘されている。

⁷ 質疑応答において、「日本は、基礎科学は弱いという気がする。多分、物理はかなり空洞化していると思うし、数学も空洞化している」であろうとの危機感が表明されている。

「農学系、生物系は非常に豊富な人材が集まっている」が、数学と物理に優秀な人材がいなくなってきたので、「その上に乗っかっている製造業、それもエンジニアになる人の人材がかなり落ちているはず」とも指摘されている。

を見ている限り、いずれトレンドとして取り上げられる日が必ず来るであろうと思われる。

素材分野で期待できるものとしては、カーボンナノチューブやメタマテリアルを挙げることができる。カーボンナノチューブとはチューブ状になった炭素であり、銅の1000倍以上の高電流密度耐性、銅の10倍の高熱伝導特性を持つ。そして構造によって電気伝導率が変化するため、シリコン以降の半導体の素材としてエレクトロニクスの次世代を担うと期待されている物質である。NECの飯島澄男氏（現・名城大学教授）が発見したこともあり日本での研究も非常に盛んであるが、現在は安価な大量合成法の確立が課題となっている。安価な大量合成法が確立されれば、爆発的な普及に至る可能性は高い。

メタマテリアルは光の経路を自由自在に曲げることのできる特殊な構造を持った人工原子である。これにより光が迂回するので「透明人間」ができるということであり、軍事的な応用がかなり考えられているのではないかと思う。例えば戦車全体をメタマテリアルで覆ってしまえば透明な戦車となり、一種の究極のステルス技術になる。人間の目に見えないようにするために最低3原色分の光を屈折させる必要があることから、3種類のメタマテリアルを重ね合わせるコーティングの技術が研究の焦点になる。民間技術への応用はどうなるかわからないが、いろいろな需要のある分野に思われる。

カーボンナノチューブやメタマテリアルも量子コンピュータと並んで、「ネイチャー」や「サイエンス」で多くの研究成果が取り上げられている。科学専門誌でクローズアップされているトレンドを10年単位くらいで見て行くと、科学者が何に注目し何を研究しているかということがある程度明確になる。

(以上)