



Gサイエンス学術会議共同声明2020 基礎研究の重要性（仮訳）

要旨

基盤的知識の拡張は、グローバルな課題の解決や健康的で豊かな社会の維持に多大な貢献をしてきた。基礎研究への公的投資は、きわめて重要な人的資本や知的資本を生み出す。また、新しい治療法やテクノロジーなど、思いもよらない形で社会を豊かにするとともに、新産業を創出する。さらに、グローバルな生活水準を引き上げる。

しかし現在、基礎研究への投資が不十分であったり、削減されている国が少なくない。基礎研究による恩恵を享受し、広く社会に行きわたらせるためには、教育、能力開発、連携とオープンアクセスに対して投資を行い、適切な政策を展開することが不可欠である。

- 最も重要な勧告は、基礎研究に対する長期的な公的資金を回復し維持することである。基礎研究は、知識の新たなフロンティアを追求するものであるのみならず、現在および将来の課題を成功裡に解決するためにも不可欠である。

また、次のことも重要である。

- 探求心やイノベーションを育成するための投資を強化すること。具体的には、子供たちに対する早期段階からのSTEM（科学・技術・工学・数学）教育を強化すること、その際、人文学や芸術の教育と融合して実施することが必要である。
- グローバルな連携と情報共有を促進すること。それは、科学的発見を加速させるとともに、科学の恩恵を広く行きわたらせ、知識の格差に由来する不公平を低減するものである。
- 工学や社会科学も含め、学問分野間の学際的なコラボレーションを支援すること。
- 研究成果をオープンアクセス化すること。そのことによって、科学知識が増加するとともに、好奇心を育み、すべての人々に恩恵を行きわたらせることができる。

背景

「基礎研究は新たな知識を生み出し、科学的資本をもたらす。そして、実用へと応用すべき知識の蓄積をもたらす。新たな製品やプロセスは、はじめから完全なかたちで姿を現すわけではない。それらは新たな原理や新たな発想に基づくものであり、応用からはもっとも縁遠い純粋な科学の領域での研究を通して大変な苦勞の末にもたらされるのである。基礎研究は、従来にも増してテクノロジーの進歩を牽引している」

—ヴァネヴァー・ブッシュ「科学：終わりなきフロンティア (Science, The Endless Frontier) 1945年」—

75年前、ヴァネヴァー・ブッシュは基礎研究、すなわち、応用を念頭におかず、基盤的知識の拡張をひたすら追求する研究に対して政府が支援を行うべき根拠を提示した。彼のレポートでは、基盤的知識の追求とテクノロジーの進歩の関係について、ペニシリンの発見やワクチンの使用、合成物質、無線通信の開発など当時の事例をいくつも挙げながら描き出した。そうした科学的理解の飛躍的進歩が国際社会にもたらした恩恵は計り知れない。バイオ医薬品の進歩は無数の命を救い、生活の質を向上させた。科学的ブレイクスルーは新たな産業や雇用を生み出し、農業の進歩は何十億という人々を飢餓から解放した。

現在人類が直面している課題は、いずれも非常に困難なものである。気候変動への対応、自然災害の影響の緩和、疾病をもたらす新旧の病原体との闘い、慢性的な健康上の問題への対処、堅牢な技術システムやサイバーセキュリティの提供、悪化した環境の回復、持続可能なエネルギー／食料／水源の確保は、その一部にすぎない。基礎研究の重要性は、人類の歴史の中でかつてないほどに高まっている。基礎研究は、これらの課題に立ち向かい、社会の発展と維持に不可欠な革新的発想を生み出すために極めて重要な将来への投資である。

基礎研究が必要な理由

画期的なブレイクスルーへと結実するのが、えてして真理探求型で直接的な応用を志向しない研究の結果であることは、科学のパラドックスである。自然界や我々自身に対する理解を深めることが、現実の課題の解決に必要な斬新な発見を可能にする。例えば、がんの本格的な治療法が確立したのは、遺伝学や分子生物学の分野で根本的なブレイクスルーが起きてからのことであった。

我々が抱える共通の課題に対処するには、分野横断的な基礎研究が必要である。人類の活動は地球、資源、気候に大きな影響を及ぼし、加速する技術開発は予想外の社会的・倫理的な問題をもたらしている。その影響は誰にも公平に降りかかっているのではなく、社会のなかで最も脆弱な集団がとりわけ影響をこうむっている。したがって、人間の意思決定、行動、文化、政治過程、移動、紛争を理解することが不可欠である。これらの問題に対応するには、工学、社会科学、人文学などの分野が必要である。科学は本質的に国境や文化を超えた国際的な営みであり、その恩恵は世界全体に公平に行きわたるべきである。さらに科学は、異文化間の対話、国際理解、ひいては平和に貢献することができる。

基礎研究は、特定の問題解決や営利を目的とするミッション志向型の研究開発を補完する不可欠なものである。応用研究は基礎研究に必要な高度なツールをもたらし、そうしたツールは社会にも直接恩恵をもたらす。若い科学者は真理探究型の基礎研究の深遠で知的な挑戦に魅力を感じ、最先端の問題や考え方について学んだり、生み出したりしている。彼らのスキルが社会の優先課題に活用されれば、大きな変革をもたらされ、研究開発集約型産業の成長や新たなスタートアップ企業が生み出されるであろう。

基礎研究の投資利益率を見積もることは難しいが、これまでの経験や特定の事例からはそれが極めて高いことがわかっている。経済学者たちの概算によれば、あらゆる研究開発投資の社会的利益率は100%にも及ぶ。基礎研究が世界の幸福に今後も継続的に貢献できるかどうかは、十分な公的資金が長期的に安定して確保されるかどうかにかかっている。基礎研究への公的資金は、客観性、誠実性、公平性、説明責任といった科学的価値を奨励するものであり、最も質が高く、最も厳格で、最も透明性の高い科学を振興するものである。

基礎研究とその応用および恩恵

基礎研究は直接的な科学的成果だけでなく、しばしば間接的な恩恵をもたらす。現代のテクノロジーのほとんどは基礎研究の成果である。以下にわかりやすい例を示す。

マイクロプロセッサ、レーザー、ナノテクノロジーをはじめとする現代の電子機器のほとんどは、1900年に物理学者のマックス・プランクが初めて提唱した量子論と古典物理学に依拠しているが、それらは現代では主要経済国の国民総生産の3分の1近くを占めるに至っている。この割合は、量子コンピューター、量子インターネット、量子センサーの出現と共にさらに大きくなるかもしれない。

現代の生物学分野での応用は、分子生物学での発見の基盤のうえに築かれている。その端緒となったのが、クリック、ワトソン、ウィルキンスによるDNAの構造の発見である。1960年代には微生物学者のハミルトン・スミスらが、酵素がDNAを特定箇所でも切断できることを発見し、バイオ産業成長のきっかけとなった。1987年に石野良純が着手した基礎研究により、バクテリアの特異なDNA反復配列が発見され、その機能を1989年に解明したのがフランシスコ・モヒカであった。この研究が遺伝子編集ツールにつながった。これらの遺伝子編集ツールは農業への応用が進んでいるほか、医学に革命を起こす可能性を秘めている。

物理学者のヘイケ・オネスは、極低温の研究を行っている最中に超伝導現象を発見した。これは強力な磁石の開発に応用可能である。実際にこの知識は、磁気浮上式鉄道（リニアモーターカーなど）や医療分野の磁気共鳴映像法（MRI）などに応用されてきたが、翻ってその後の基礎研究もそれらの技術の進歩の恩恵をこうむっている。CERN粒子加速器は、ヒッグス粒子の存在を裏付けるにあたって超伝導を利用した。さらに、機能的磁気共鳴映像法（fMRI）の開発は、人間の行動における脳の役割を理解する機会をもたらし、経済学、社会学、人類学、心理学、およびコミュニケーション学などの分野で、社会学者たちによる基礎研究のブレイクスルーを促進した。

基礎研究は、その進歩が応用されるまでにかなりの時間を要することがある。多くの分野で研究が進む人工知能（AI）はその一例である。ニューラルネットワークのコンピューター化の最初の試みがミンスキーの手で行われたのは1951年のことであった。その後、ニューラルネットワークは数十年にわたって忘れ去られていた。それが近年になって、大容量記憶装置と計算能力の飛躍的向上

によって情報爆発がもたらされた結果、AIに関する基礎研究が目覚ましい成果を挙げているのである。AIの研究を継続するだけでなく、AIの倫理的・社会的課題に関して引き続き研究を行うことが不可欠である。

これら（およびその他数多く）のブレイクスルーに共通する特徴は、長期にわたって発展する応用に揺るぎない可能性をもたらしているのが基礎研究だということである。基礎研究はパラダイムシフトを引き起こし、まったく新しい産業分野や技術分野、人間の現状のまったく新しい理解を切り開くことを可能とする。基礎研究への公的投資は、多くの場合、民間部門の重要な研究やイノベーションを後押しする。

課題

基礎研究の探索的性質と安定した財源を確保する必要性から、新しい知識の発展の主な資金源となっているのは政府である。基礎研究によって開拓された知識の大半は広く公開され、国際社会全体に恩恵をもたらすものである。それは、一部の個人、団体、国家が容易に占有したり、制限することのできない公共の利益である。もちろん、中には直ちに実際の応用に発展しない基礎研究プロジェクトもあるが、そうしたものでも人類に多大な影響を及ぼす。

しかし、多くの国では基礎科学への公的資金は不十分か、停滞しているか、あるいは減少している。経済や政治の不透明な情勢は、短期的成果を重視する研究環境や希少な資金の奪い合いと相まって、社会に変革をもたらす発想への投資を弱体化させている。しかし、地球規模の課題の規模や複雑さを考えると、今こそ人間の持つあらゆる知恵を生かして知見や解決策を考え出すために、基礎研究への投資を活性化する時である。

政府の主な関心事が完全雇用、公衆衛生、国家安全保障などであるのに対して、企業は本質的に株主への利益還元重点を置いている。企業や慈善団体による基礎研究への資金提供は貴重であり、新しい知識を培うことの重要性を裏付けるものであるが、その動機は政府とは異なっており、基礎研究への公的資金に代わる安定した財源ではない。公的資金は、ひろく開かれた創造的な探究と財源の安定性という2つの要素を確保しやすいという点で他に類を見ない。それは、基礎研究が効果的に

行われるためには不可欠な要素である。

提言

(1) 最も重要なこととして、基礎研究への長期的な公的資金を回復し、維持する

政府は、基礎研究の最も自然で信頼できる資金提供者であることが証明されている。現在および長期的な重要課題に対処するための応用研究にあたって、その拠り所となる知識基盤を提供するのが、工学や社会科学を含む基礎研究への投資である。

(2) STEM教育を通じて能力を開発する

STEM（科学・技術・工学・数学）教育に対して安定した投資を行い、教育の最も早い段階から児童の創造性、想像力、および科学的アプローチを育成することが極めて重要である。その際、人文学、社会科学、芸術の観点を統合することが必要である。大学生および大学院生に対する奨学金への財政支援も不可欠である。開発途上国・地域における教育と基礎研究に関して特別な取り組みと支援を行うことは、知的ポテンシャルの活用、差し迫ったニーズへの対応とともに、それらの国・地域が科学の恩恵を受けやすくするためにも特に緊急を要するものである。

(3) グローバルな連携を促進する

ひろく開かれた連携は、自然界の基本法則に関する新しい知識を追求する際に極めて重要である。学術交流およびビザ・プログラムを政府が支援することが不可欠である。基礎研究は、グローバルな研究コミュニティのオープンな連携のもとで誠実に実施すれば、国際関係と相互信頼をさらに深めることになる。基礎研究のデータ、最先端の研究への参加と発表の機会、および学術出版物へのアクセスをグローバルに確保することは、科学の進歩と平等な世界の実現に不可欠である。

(4) 分野を超えて連携する

基礎科学への投資に当たっては、工学、社会科学、人文学を含むあらゆる研究分野を考慮しなければならない。技術の進歩がもたらす社会的、文化的、倫理的な影響を理解するためには、あらゆる分野が参加することが必要である。

(5) 研究成果をオープンアクセス化する

公的資金を受けた研究の成果は一般市民が無料で利用可能であり、かつ、容易に利用できる環境を整備すべきである。これには革新的な科学コミュニケーションと出版モデルが必要である。