

The **Beyond Disciplines** Collection

異分野融合を促し、
研究力向上を支える土壌を育む



エグゼクティブサマリー

「日本の研究力」に対する懸念の声が上がるなか、本報告書は主にわが国の大学・国研等の公的研究機関が携わる研究の力を向上させていくための検討をするうえで、その前提となる共通的概念・基本認識を共有することに軸足を置き、論点や在り方を提起するものである。科学技術が関係するイノベーションのエコシステムというものは本来、基礎研究から応用・開発・事業化まで含む広範な研究開発フェーズがあり、そして多様な人・組織が複雑に関与するものであるが、本報告書では大学・国研等の公的研究機関が直接に関与する研究を検討の主対象としている。JST 研究開発戦略センター(CRDS)が先立って公表した、「Beyond Disciplines JST/CRDS が注目する 12 の異分野融合領域・横断テーマ(2018年)」に記載している、「研究システム・ラボ改革、融合を促進する R&D インフラ・リソースのプラットフォーム」の内容を深掘りして拡張・発展させた報告書である。

本報告書では研究力を、「研究を実行する力」と「その実行によって研究成果に到達する力」とによって構成されるものとして取り扱う。「研究成果に到達した源泉たる力」という見方もできよう。どのような力があつたからその研究成果に到達することができたのか、そして、どのような力があれば次なる研究成果に到達することができるのか、を考えることとほぼ同義である。研究力とはいったいどのようなものであるかに関する共通認識は醸成されていないなか、こうした概念を論述し紐解いていく。

すでに多くの機関や専門家から、わが国の研究論文数に関する指標や研究費の増減に関する年次推移、あるいは研究人材数に関する各種データ・統計指標や特許出願動向などが公表されているが、これらのデータを改めて本報告書で子細に紹介することはしない。各種のデータ・統計指標に関しては、OECD(経済協力開発機構)や文部科学省の科学技術・学術政策研究所を始めとした諸機関が公表するデータを参照いただきたい。研究力に関する問題の所在や向上への道筋を検討するために、研究力との因果関係を持つ要素やシステムを解きほぐしていくなかで、問題の構造や課題を明らかにすることが報告書の目的である。

わが国の研究関連人材と研究開発投資の推移が国際的にみて停滞するなか、国全体の研究力向上の本丸は、研究成果を生み出す豊かな研究の土壌を育むことにある。具体的には、研究の現場において活用できる研究資源(有形・無形のストック)を、より成長させる研究開発投資を重視すべきであることを掲げる。「ヒト・モノ・カネ・チエ」によって構成される研究の資源とその関係によって構成する研究環境、いわば研究土壌を育むことへの課題を提起する。重要な見方として、成果フロー偏重からストック成長型への視座の転換を掲げている。「次なる研究成果を生み出す力がどれだけ増大しそうであるか(あるいは増大したか)」という見えない知的ストック部分への認識を持つことと、その効果的な活用によって、得られる研究成果にレバレッジがかかることが重要になる。科学技術イノベーションがわが国の最重要政策の一つであるなか、そこに結びつく最も効果的な研究力向上の在り方を導くことがより重要であるが、同時にそれは、研究現場の実情を踏まえたものでなくては機能しない。研究の現場に活力を生み出すものにしなければならないはずであり、その象徴的な表現として「研究土壌」の語を用いている。

本報告書は大学・国研等の公的研究部門の研究関連人材が携わる研究を議論の主対象とするが、研究力を向上させる観点では、実行される研究の量そのものに対して、目指す研究成果が如何にして、そしてどれほど創出されるのかとの観点に着目しなければならない。元来、研究成果は多様であるため、その効率や生産性を定義することは極めて難しい。単位労働力と単位コストあたりの研究成果というものを、論文が何報出たかということだけから研究の効率とすることは間違いである。研究力の向上には、研究に携わりたいと選択し励むことができるだけの諸条件が、研究現場の環境として適切に揃っ

ていることが必要だが、現在の日本には十分に揃っていないとの指摘が多数である。日本の研究土壌はステークホルダーから選ばれるような場になっているのか、と考えると様々な課題が浮かび上がってくる。研究関連人材に選ばれるような研究土壌がなくては研究力が向上していかないし、国民・社会・産業界のステークホルダーが支持するような研究土壌が育まれていなければ、やはり望ましい研究成果は創出されない。その際、研究力が発揮された結果として研究成果に質を求めるのであれば、その質を定性的に評価することは本質であり、一見するとわかりやすい定量指標だけへの依存に陥らないことが肝要である。産学官が適切な役割分担と役割連結のもとで、日本全体における研究成果創出を最大化していくことが求められる。言い換えれば、産学官総体での研究開発投資効率の最大化をおこなっていくことが最も重要である。

近年は大型の競争的資金制度が登場するようになり、一部の機関や研究グループに集中的に研究資源が集中する。その結果、特に先端機器等の研究インフラ環境へのアクセスに、全国で格差が広がっている。一定の競争環境は必要であり、選択と集中によってトップ集団を伸ばす施策の意義・重要性はもちろん理解される。その成果への期待も集まるところだが、日本全体としての研究力への影響はどうか。日本の研究土壌というベースの維持向上、あるいは変革を促進することが、長期間にわたって出来なくなっていることが問題である。また、近年進展する研究機器の自動化や、大量のデータやその処理結果を研究開発にフィードバックして活用するなど、研究の方法論そのものが変わりつつあるなか、「ラボ改革」は今後の研究環境にとって決定的に重要になる部分である。わが国の研究現場は一様ではないが、例えば世界の先端から機器更新が追いついていないことや人材の不足はほぼ共通であり、全国レベルでの戦略的な整備はなされていない。そして、研究者の雇用環境だけでなく、技術専門人材のような研究を取り巻く多様な専門人材の雇用・処遇・キャリア改革が進まず、このことが日本全体の研究成果創出の効率を下げている。さらに、新技術・機器開発とその製品化、研究現場への導入・普及のサイクルができていない。新技術・機器開発からその導入、共用・普及、そして成果創出を重ねるなかで新たな技術開発をおこなうサイクルが回っておらず、研究者と関連メーカー、産学におけるユーザー間のエコシステムが十分に形成されていない。公的部門では、研究の実施主体の単位での「ラボを運営するシステム」だけではなく、そこに資金を投じる国や産業界等も考慮に含めた、幅広い意味での「日本の研究経営システム」を全体最適化していく必要がある。これらを阻む資金制度や運用の問題に目を向けるべきだが、それ以前にまず研究活動に対応するコスト構造への適切な認識が必要である。

研究には文化としての一面があり、研究活動のなかに生じる研究文化もある。本報告書が述べる研究環境の現状認識や変化から、主に戦後の70年あまりを経て形成された日本の研究文化のいくつかはすでに変容していると考えられる。他方いくつかの研究文化は、それを守ろうとする研究社会・コミュニティによって、一部は変化を拒んでいるとも見える。研究力を数値化して簡単に測ることはできず、そうすることはそぐわない。たしかに進歩には定量的な評価や競争が欠かせないが、同時に研究は文化に根差したのものである。研究の力とは、研究の文化資本たる面との関係にその本質があるのではないだろうか。研究文化の形成に強く影響するものが、まさに研究環境であり研究土壌である。どのような研究環境を構成するのかによって、そこでおこなわれる研究活動から、時間を経て研究文化は形成されていく。新しい仕組みややり方に挑戦し続けることが、新しい研究文化をかたちづくるのであり、研究力向上と新たな異分野融合を促進する研究土壌を育むことが、新しい時代に相応しい研究文化の形成につながるものであってほしい。

Executive Summary

Cultivating the ground for research excellence

Research excellence is key to our brighter future. No matter what research areas we concern about, experience tells us that it is rooted in an autonomous environment where dynamic interactions within and among diverse communities take place. Thus, in the context of a wider innovation ecosystem, we publish this report as our first practical examination of the current environment specifically for universities and public research institutions in Japan, proposing central issues that we need to address to strengthen their research capacity and the resulting performance. Some of our discussions are an extension of a chapter in our earlier 2018 publication, entitled “Beyond Disciplines,” in which we touched upon why and how we should revitalize national research infrastructure platforms.

Implicitly referring to background data and statistics, we attempt to identify factors correlated to research capacity and unveil the leverage points through which to intervene in the system. We conceptualize *research capacity* as a combination of *capacity to execute* and *capacity to translate*. When we talk about a primary research achievement in retrospect, research capacity is the whole sum of what has generated that achievement. Further analysis urges us to define the resources required for research from two perspectives: the resource elements (human, material, financial, and intellectual resources) and the resource types (resource flow and resource stock). Then we challenge a current view that is biased towards the flow side and recommend rebalancing the view by better recognizing the stock side of resources, thereby ensuring both efficiency and effectiveness of research management that increases quantity and enhances quality of output.

The suggested framework paves the way for meaningful action. It helps us to identify where to improve in a given system, just like it does in this report in benchmarking how research is conducted in nanotechnology and biomedical sciences, and extrapolating the findings to research in general. We do not provide ready-to-act scenarios or a prescription; we provide a panoramic view, and then some universal caveats and pitfalls to be avoided as an urgent warning against unhealthy competition that prevents global optimization. Seeing research methodology itself drastically change, we also need strategic coherence to transform both the micro and macro research environments. Neither we nor anyone else can envision a future laboratory or an optimal set of regulations with perfect accuracy, but here again, we emphasize the importance of identifying and sharing central issues as the very first step for every stakeholder in every sector to work on.

This report is wrapped up by a brief consideration of culture, which affects and is affected by the way we carry out our research. While we admit that research activity tends to be evaluated by its own progress, we doubt that it means everything about research. Rather, we should revisit the fundamentals represented by the resources and how we manage them, which eventually leads to authenticity that underlies every activity. Not until we cultivate the ground will we accelerate translation beyond disciplines, strengthen research capacity, and eventually, spur the evolution of culture.

【目次】

エグゼクティブサマリー	1
Executive Summary	3
1 研究力に関わる研究資源	5
1.1 研究力とは	5
1.1.1 研究に携わる人材（ヒト）	7
1.1.2 研究の実行に必要なとなる施設・設備（モノ）	10
1.1.3 研究資金（カネ）	13
1.1.4 蓄積されている科学的知識と技術（チエ）	17
1.2 研究の成果	18
1.2.1 アウトプットを見る際の量と質の両面	18
1.2.2 研究実行段階における研究資源と投資効果、成果、時間の関係	20
1.2.3 ケース：ナノテクノロジープラットフォームでおこなわれた検証	21
1.2.4 日本の共用研究インフラストラクチャー（研究プラットフォーム）が抱える問題点	26
2 研究システム・プラットフォームの海外動向と日本の課題	28
2.1 仮説	28
2.2 海外の動向	29
2.2.1 OECDにおける研究インフラストラクチャーに関する調査検討	29
2.2.2 生命科学・生物医学分野に関する海外ベンチマーク調査	30
2.2.3 世界的に進んだ集中型研究開発拠点と共用プラットフォームの役割(ナノテクノロジーの例) ...	35
2.3 日本における研究システム・プラットフォームの課題	38
3 資金規制・制度改革の視点	41
おわりに 研究文化と研究環境	43
参考・引用文献	44

1 研究力に関わる研究資源

1.1 研究力とは

研究力という語が国内で頻繁に登場するようになった。この言葉が語られるコンテキストは概ね、「日本の研究力が国際的に見て低下している」であるとか、「日本の研究力向上へ向けた課題」といったものである。しかし、研究力、すなわち研究の「力」とはそもそもいったい何であるかは、曖昧なままにされている。科学技術が関係するイノベーションのエコシステムというものは本来、基礎研究から応用・開発・事業化まで含む広範な研究開発フェーズがあり、そして多様な人・組織が複雑に関与するものであるが、本報告書では大学・国研等の公的機関が直接に関与する研究を検討の主対象とする。イノベーションのエコシステムに関する問題には、産学連携やオープンイノベーション、スタートアップ環境やリスクマネーの在り方など、他にも多岐にわたる問題が指摘されているが、なかでも本報告書では大学・国研等の公的機関における基礎的な研究力と、研究基盤や研究環境との関係についての問題に焦点を当てている。具体的には JST 研究開発戦略センター (CRDS) が先立って公表した、「Beyond Disciplines JST/CRDS が注目する 12 の異分野融合領域・横断テーマ (2018 年)」に記載している「研究システム・ラボ改革、融合を促進する R&D インフラ・リソースのプラットフォーム」の内容を深掘りして拡張・発展させた報告書である。異分野融合を促すことの重要性について述べた上記報告書では、異分野融合を進めようにも、そのために必要な研究環境や制度・仕組みが追いついていないこと、また、そのような環境を取り巻く人や組織の考え方・認識にも様々なギャップが存在することに触れた。複雑な関係性をもつ問題であるため、その構造を一つ一つ整理しながら明らかにしていく。

現代の研究テーマの多くは国際化し、国際的な共同によっておこなわれているものも多いなか、特に、日本の研究力と言ったときに、国単位の研究力とはいったい何であるかに関する共通認識は醸成されていない。とかく日本の大学や公的研究機関に所属する研究者が発表する論文の年間総数や、引用度数トップ X% 論文の数やシェアが、国際的に比較すると日本は順位をこの 15 ~ 20 年間あまりで下げ続けていることが、研究力低下の根拠として用いられることが多い。他方、海外主要国では論文指標が大きく低下に転じている国はほとんど見られず、日本の論文の数に関する指標の地位が、国際的に低下していることは間違いない。だからといって、この指標を最大の KPI (key performance indicator) として「論文の数に関する指標を増加させること」を、研究力向上の第一の政策目標とすることには懸念がある。打ち出される対策が本当にわが国の研究力を底上げすることに結実するのだろうか、研究の現場に活力を生み出すものにしなければならないはずである。「論文数に関する指標を向上せよ」という目標が政策的メッセージとして研究者に届く場合、研究者はそれをどう受けとめるだろうか。論文の数は、研究力を把握しようとするうえではたしかに一つの重要指標であるかもしれないが、国という単位の研究の力を問うためには、多角的な議論・評価を深めておくことが欠かせない。また、仮に様々な施策を実行した結果として、将来、論文の数に関する指標が向上したときに、私たちは国の研究力が向上したとって満足していいのだろうかという疑問もある。すなわち、研究力向上はたしかに大事なことであるが、研究力とは何であるかについての共通認識を得ることが先決であり、そのうえで研究力と相関関係にある指標と、因果関係にある指標とを区別していく必要がある。

さらに、研究力の他にも、「研究開発の能力」や「科学技術力」、「イノベーション力」という語が使用される場面もある。どれも似て非なるものであるが、その意味することはイメージが先行し、十分な共通認識が得られているような語ではない。「科学技術・イノベーション創出の活性化に関する

法律」(平成二十年法律第六十三号、平成三十年十二月十四日公布(平成三十年法律第九十四号)改正)において、『「研究開発能力」とは、研究開発等を行う能力をいう。』とだけ定義されている。ちなみに英語では、“research capacity”や“research capability”、“strength of R&D activities”といった語が研究力に近い言葉として存在する。これらを認識するための指標は、定量的なものだけではないことが想像できるはずである。そして求められることは、因果関係にある要素・システムを同定し、中長期的に発展させ伸ばしていく施策である。科学技術イノベーションがわが国の最重要政策の一つであるなか、そこに結び付く最も効果的な研究力向上の在り方を導くことがより重要である。同時にそれは、研究現場の実情を踏まえたものでなくては機能しない。

本報告書ではまず、日本の大学や公的研究機関等が携わる研究力を向上させていくための検討をするうえで、その前提となる研究力への共通認識を得ることを試みる。すでに多くの機関や専門家から、論文数に関する指標や研究費の増減に関する年次推移、あるいは研究人材数に関する各種データ・統計指標や特許出願動向などが公表されているが、これらのデータを改めて本報告書で子細に紹介することはしない。各種のデータ・統計指標に関しては、OECD(経済協力開発機構)や文部科学省の科学技術・学術政策研究所を始めとした諸機関が公表しているデータを参照いただきたい。研究力向上の道筋を検討するために、研究力との因果関係を持つ要素やシステムを解きほぐしていくなかで、具体的な問題や課題を明らかにして示すことが報告書の目的である。

また、先ごろ文部科学省では「研究力向上改革2019」を取りまとめている(2019年4月23日)。そこでは、①研究「人材」改革、②研究「資金」改革、③研究「環境」改革、の3つの改革と、大学改革とを一体的に展開することを掲げている。本報告書では、研究力向上改革2019がより実効的に展開されるよう、前提となる共通的概念・基本認識を提供するものでもある。

以下、研究の力とはどのようなものあるかを噛み砕いていく。本報告書では、研究の力とは「研究を実行する力」と「その実行によって研究成果に到達する力」から構成されるものとして取り扱うことにする。時制の問題であるが、「研究成果に到達した源泉たる力」という見方もできよう。「どのような力があつたから、その研究成果に到達することができたのか」そして「どのような力があれば、次なる研究成果に到達することができるのか」を考えることとほぼ同義といえる。

図1-1に示すように、まず研究を実行するにはインプット(研究資源)としての「ヒト、モノ、カネ、チエ」の4種が最低限要る。当たり前のように当たり前になっていないことの一つに、これら4種が適切な関係を持って揃わないと、目的とする研究は実行されない。すなわち研究を実行するために必要な力が生じない。したがってこの4種を順に論じていく。そのうえで4種が、研究成果が創出される過程においてどのような関係・構造にあるのか、それらが効果的に機能する仕組みについて次節以降で論じる。もちろん「研究のための研究」が目的ではなく、科学技術イノベーションにおいて最も効果的な研究力向上の在り方へと繋げていくためのステップである。

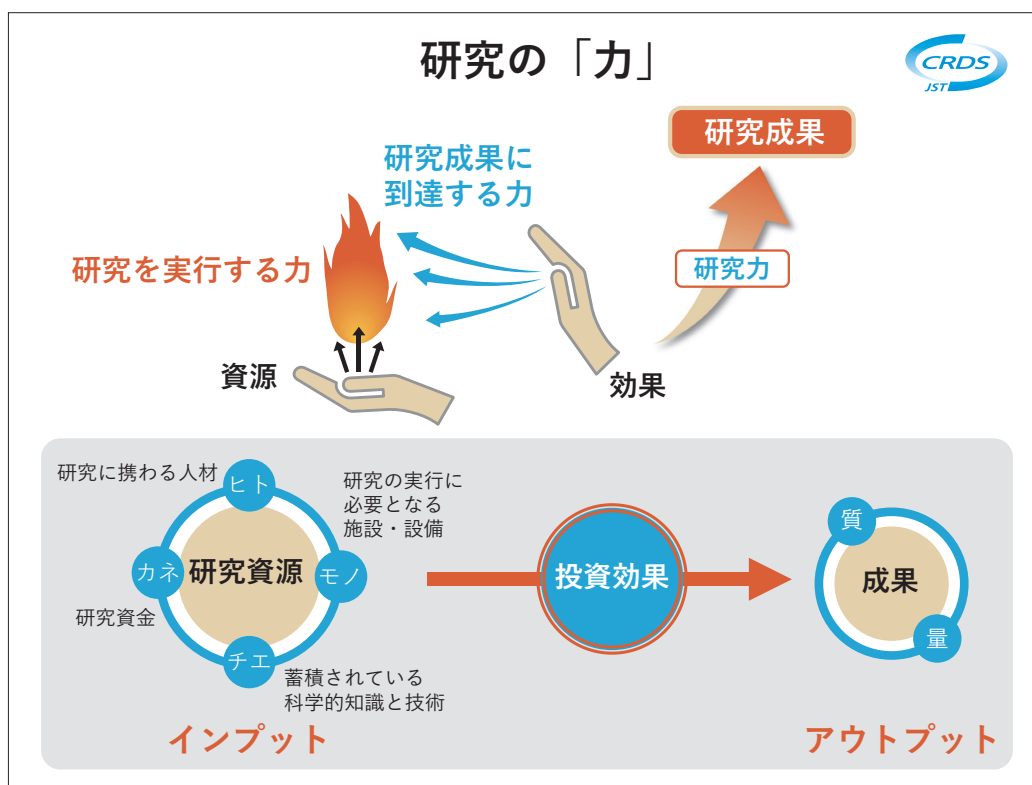


図 1-1 研究の「力」

1.1.1 研究に携わる人材（ヒト）

日本の研究者人口は約 67 万人である（2017 年）。このうち、大学等公的研究機関 17 万人（非営利団体含む）、民間部門 49 万人である（NISTEP 科学技術指標 2018 年）。この数字を担う人材は毎年一定程度入れ替わっており、すなわち新たに研究者になる人と、研究者でなくなっていく人とが存在する。しかし、総数としての研究者数は漸減傾向にあり、研究力向上といったときに、人口段階（インプット）としての研究者数を大きく増加させていくようなことは、現実的でないと考えられる。人口減少時代にあるわが国において、研究者人口だけを増加させることは、おそらく叶わない。

また、大学等公的研究機関に所属する研究者と、民間企業等の研究者とでは、研究成果との対応で考えると研究力の意味することが異なる。大学研究者の成果の中心は知の創出であろうし、企業研究者の成果の中心は事業へと結実させることだからである。もちろんその間には幅広い重なりや連結があり、そのいずれを担う者も研究者である。研究力を議論するうえでは、大学の研究力と、大学に属する研究者の研究力、国研の研究力と、国研に属する研究者の研究力、企業の研究力と、企業に属する研究者の研究力、それらの組織間や人々が共同する際の研究力、どれも微妙な違いかもしれないが、それぞれに意味は異なる。科学技術イノベーション政策にあっては、産学官が適切な役割分担と役割連結のもとで、日本全体における研究成果創出を最大化していくことが求められる。言い換えれば、「産学官総体での研究開発投資効率の最大化」をおこなっていくことが最も重要になる。

とはいえ本報告書では、大学・国研等公的研究機関に所属する研究者が関与する研究の研究力を議論の主対象としていることにご了解いただきたい。もちろん、大学や国研が企業と共同で実施する研究開発も含む。ただし事業化・商業化を直接の目的とする、産業界だけを対象とするような研究力の議論

は、敢えて紙面を割かないことにする。なぜなら産業界の研究力とは、最終的には時間を経て企業の経営実績に直接・間接に反映されるものであり、企業の実績を測定する指標は、大学・国研等の研究力に関する議論に比較して相当に充実しているからである。また、産業界にとって重要なことはここでいう研究力よりもむしろ、将来の経営実績に直結するイノベーション力のほうである。

以上から人材については、大学・国研等の公的機関における研究に携わる人材を議論の対象として考えていくが、ここで重要なことは、研究力向上の観点では、実行される研究の量そのものに対して、目指す研究成果が如何にして、そしてどれほど創出されうるのかとの観点を見ていかななくてはならないことにある。元来、研究成果は多様であるため、その効率や生産性を定義することは困難である。研究活動において、労働投入量および投資額に対する研究成果というものを、論文が何報出たかということから研究の効率とすることは間違いである。これは引用数の高い論文が何報出たかということから成果創出の効率と直結させて理解しようとするにしても、無理がある。仮に論文総数を成果指標とすれば、盲目的になって例えば一報で済むところの論文を分割して発表することや、引用数を増やすために近いコミュニティ内で恣意的に引用し合うような、負の弊害が生じる恐れもある。

正確には、労働投入量および投資に対して、どれだけの研究が実行される状況にあり、そしてどのような研究成果がどれだけ得られているか、または今後得られそうであるか、を問うことが重要である。何を研究成果とするかは分野や基礎/応用のフェーズ、資金の目的によって多様であり議論もあるが、「科学技術イノベーションにつながる成果」が成果の総論的な意味であって、長い時間を経て後から伸びてくる引用数との因果関係から取るべき施策や打ち手を論じることは妥当ではない。人材を数の観点から考えると、研究の実行者たる研究者がわが国には17万人おり（大学等公的研究機関）、一人当たりどれだけの資源と時間を研究に投入しているかの掛け算で、実行される研究の量を大まかに見積もることはできよう。そのうえで、分野やテーマのバランスや、基礎・基盤整備・応用など、時間軸を考慮した投資のポートフォリオを組むことで、国全体としての研究成果が最大化するような施策をとることが重要になる。

研究時間を増やすには、研究以外の時間を解決するしかない

研究者の数をキープすることは恐らく非常に重要であるのだが、大幅に増やすことが現実的でないなか、減らさないための方策と、研究開発投資効率を向上（限られた研究資源のなかで成果を最大化すること）を目指すことが主課題となる。成果に直結するファクターの一つである“時間”は、「一人当たりの研究時間を増やすこと」が可能かどうかになってくる。特に日本の大学では、教育だけでなく他の様々な学務・雑務に追われて研究時間を十分に確保することが非常に難しいとの声が多い。実際に各種の調査結果から、日本の研究者が研究に割く時間が、マクロに見て減少傾向にあることが指摘されている。研究者一人当たりの研究時間を増やすためには、研究以外のことに割く時間を減らす以外に道はない。研究者にとっての時間配分を変えるようなことが必要になってくる。時間配分を変えることは根源的な課題ですぐに解決策は見えてこないのだが、研究者が研究以外のことに割いている時間を同定し、それを構造的に減少させる施策が必要である。つまり、研究時間確保の問題は、研究以外の時間部分を解決する打ち手を取らなければならない。様々な会議の時間が多すぎるのであれば会議を減らさなければならないし、事務処理や競争的資金等の申請書作業、依頼される審査・評価作業の時間が多すぎるのであれば、そのような作業を減らさなければならない。規則によって拘束された事務プロセスが過度になっていないかどうか、このデジタル化の時代にあってそぐわないものになっていることも挙げられる。そのような作業に関与する研究者の業務省人化とともに、研究者が正味の研究以外に割く業務プロセスそのものを簡略化するような時短のイノベーションが要る。作業を担っている研究者個人の人々の努力によって減らすような改革は構造的に難しいと考えられるため、誰かが肩代わりできるようにするか、そもそもの作業プロセスを減らし簡素化する、各法人における業

務時間配分の構造改革をしなければならない。

選ばれる研究土壌を育むうえでの問題

研究者の数と時間に関して、もう一つの重要な視点は、研究者のダイバーシティ（年齢、性別、国籍等）である。例えば年齢に関して、日本全体で少子高齢化が進んでいることと相関して、研究者の高齢化も進んでいる。研究者にとって、自身の研究活動は一般的に20代後半～40代がピークであるとされる。この年齢層の研究者が、研究に没頭する時間と予算、環境を確保することが、日本全体の研究力向上には必要である。もちろん50代以上の研究者にとっても研究への没頭は重要だが、研究成果を産出するボリュームゾーンの世代を継続的に確保できなければ研究力は低下するのであり、研究人材として欠かせないことに異論はないはずである。また、性別に関しても日本では女性研究者の割合が他の主要国に比して極端に低く、女性が研究者としてのキャリアを安心して歩むことができる制度や環境は未だ十分に整備されていない。とどのつまり、研究者になりたいと当人が思って進路選択し励むことができるだけの諸条件が、研究現場の環境として一定程度揃っていることが必要になるし、現在の日本には揃っていないとの指摘が多数である。研究者の性別や国籍に関してもいくつかの統計データが公表されているが、これは研究者がどこでどんな研究をするかについて、つまり研究者が活動の場として選択する場としての魅力を、日本が国際的にも失ってきているということが見えてくる。この場とはむしろ、研究をおこなう「土壌」と呼ぶほうがより適切である。このような概念は、「研究費を投じる対象としての場」と考えてみる際にも有効である。研究費を投じる側のステークホルダーは、公的資金であれば国、すなわち国民であるし、産業界であれば企業とその投資家、これらが海外からの場合もある。成果の最終的な受け手は国民、世界を含む社会や産業界であるのだから、ステークホルダー目線でどこのような研究の土壌へ、すなわちどんな研究の土壌があると、そこに資金を投じることでより効果を見込めるのかと考えるのが当然である。その際、日本の研究土壌は、ステークホルダーから選ばれるような豊かな土壌になっているのか、と考えると様々な課題が浮かび上がってくる。多様なバックグラウンドを持つ研究者に選ばれるような研究土壌がなくては研究力が向上していかないし、国民・社会・産業界のステークホルダーが投資先として選ぶような研究土壌になっていなければ、やはり望ましい研究成果は創出されない。

専門性を備えた多様な人材の不足

研究に携わる人材は研究者だけではない。大学や国研等の研究機関には、研究者とは別に、研究機器や研究対象に応じた技術的な専門性を持った人材と、会計・ファイナンス等を担うアドミニストレータ人材、知財や技術移転・橋渡し・マッチング等の産学連携を担う人材の、大別して少なくとも三種の専門人材が必須である。したがって研究に関わる人材という意味では、研究者を含めて四種の専門人材が要る。現在はURAが上述の一部または複数機能を担う大学もある。ところが、大学では長らく研究室単位の研究人材と、研究科単位・部局単位の事務管理人材が主流であり、このような多様な専門人材を恒常的に措置することができていない。例えば、欧米の主要な研究機関では、設備の共同利用が徹底して行われているため、個々の研究室には試験管や試薬などの消耗品があり、顕微鏡等の分析機器、加工装置や制御装置、遠心分離器、シーケンサーなど共同で利用される設備は、専用の共通スペースに置かれている。また、共同で利用するほとんどの設備の管理は専門の技術スタッフにより行われており、常にメンテナンスが行われ、故障しても直ぐに修理を行う体制が整っている。したがってポスドクや学生は自身の研究に専念することができる。現在のように先端機器が発展し、装置の技術世代の更新が速い時代においては、設備を購入して設置するだけでは不十分であり、設備の性能を期待のスペック通りに引き出す高度な専門技術、さらには修理や改造、場合によっては開発提案にも及ぶ専門人材と一体で措置することが必要となる。また、近年は特に研究に用いるICT・データ

インフラとその専門人材の需要が高い。ソフトウェアツールやシステムの構築、大量のデータ処理等に対応できる人材が不足するなか、研究者が自身で構築せざるを得ないケースが多い。さらに、資金や契約管理、知財・技術移転・橋渡し人材に関しても、多様化された財源のファンドレイズから、戦略的な管理会計、産業界とアカデミアの懸け橋としてのコミュニケーション、技術や人材の組み合わせ・出会い・事業化支援等をコーディネートすることやリードする人材が重要になっている。このような人材の必要性は認識されて久しいが、未だわが国では国際的に見てディスアドバンテージがある。当然、数としても不足している。しかし、実態は十分に把握されておらず、どのような人材がどのように分布することが望ましいのかは明らかになっていない。現実には、ボトムアップ的に各地・各法人の努力による個別的な採用・育成、政策・プロジェクト単位で採択機関に配置されているにすぎず、潜在的な可能性を秘めた彼ら彼女らに選ばれる場になっているか、上述の土壌という観点では、豊かな土壌と呼ぶには遠い状況である。

今、日本ではほとんどどここの業界でも人材不足とされる。人材不足の具体的な中身の問題と実効的な対策とが明らかにされることは稀だが、主力・即戦力とされる人材がどこでも求められていることには変わりなく、そのような人材の養成には、特に科学技術の研究開発に関わる世界では少なくとも10年の単位で時間がかかる。分野によっての差異はあるものの、上述のように日本では研究者そのものと、さらに研究者以外の研究に携わる多様な専門性を備えた人材も不足してしまっている。結局のところそのどちらもの潜在的な人材から、選ばれるような環境・場になっていないからだという最低限の結論に行き着く。人材の処遇・評価や、生活・働く環境など、人事制度・雇用慣行の影響はことのほか大きい。これらの研究を取り巻く人材群の課題については、そこに集まっている研究者や研究テーマ群の魅力度と、魅力的なテーマを実行できるだけの研究インフラなど、研究環境との関係として後述する。

1.1.2 研究の実行に必要な施設・設備（モノ）

研究機器や計算機器・ツールなどを主とする研究施設・設備（以下、設備と記載）が、大多数の研究分野で必要であることに疑いはない。上述のとおり、研究を実行する人がいたとしても、必要な設備が適切な使用状態・使用環境になれば、研究は成立しない。特に、近年は最先端の研究をおこなうにあたって、同時に設備が最先端であることが必要な場面も多く、最先端装置は高額化する傾向にある。また、ある研究が成立するためには、最先端の設備ばかりでなく、いわゆる汎用機器も多数使用しなければならないことは常識である。最先端設備への更新がなかなかできないといった議論は当然あるが、汎用機器の更新・修繕すらままならない機関が多くあるのが実情である。これを放置したまま、ポツリポツリと時折最先端機器を導入したところで、総合力としての研究力は上がらない。

モノのインプットとして考えると、研究に携わる人材とともに、設備投資の状況とその配備状況を、インプット情報として認識しなければならない。しかし、日本の大学・国研等の設備状況は、情報が十分に揃っておらず、全体感を持った把握はできていない。したがって大学・国研等の研究現場で、設備面の実態がどのようになっているかをマクロに表現することは現時点では難しいが、図 1-2 のようなことが起きていると考えられる。

大学・国研等における研究開発投資のうち、設備投資にまわっている分がどれほどであり、現在活用可能な研究設備資産状況がどれほどであるかを正確に示すデータは見当たらない。しかし運営費交付金等の各法人経費と、科学技術政策によって措置される競争的資金等の外部資金の総額に大きな変動がないなかで、研究コストの高額化が進んでいるということは、すなわち設備投資によってカバー

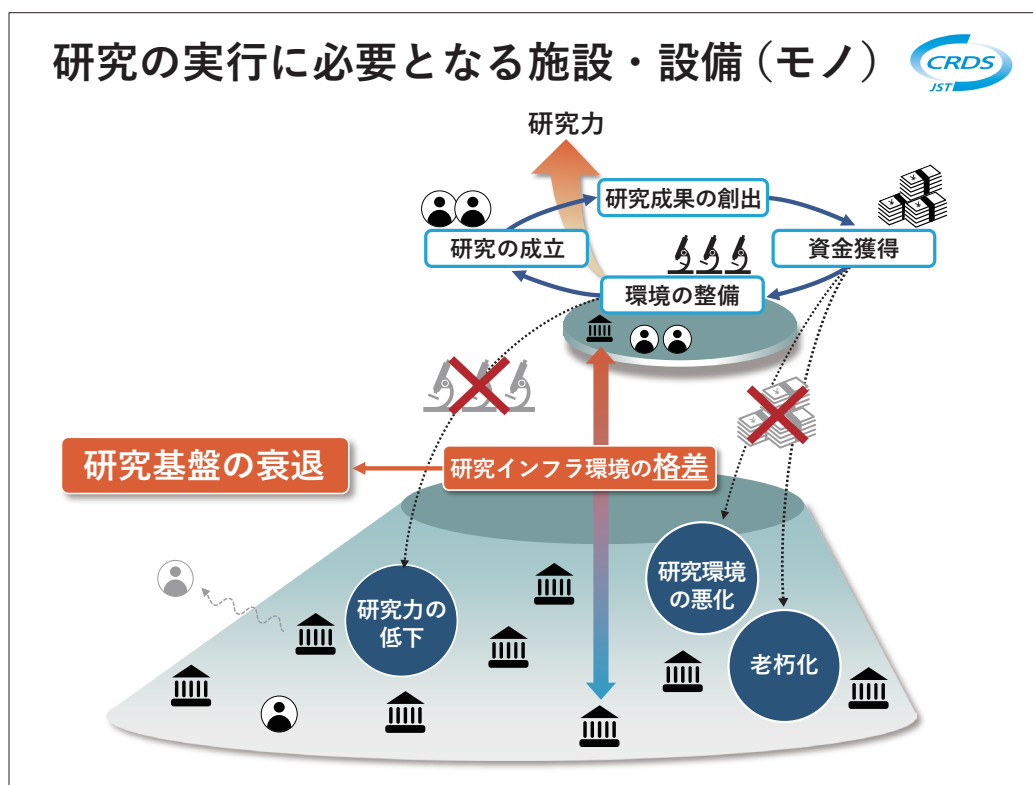


図 1-2 研究の実行に必要な施設・設備（モノ）

されている先端装置更新は、大型の競争的資金や各法人の施設整備補助金、補正予算等の限られた機会を獲得できた機関に限定されていると推察される。また、汎用機器の更新や、既存機器の修繕・メンテナンスが滞ってしまっている機関が多数あり、研究環境は全国平均的にみると悪化している。この問題は、設備の調達・更新が、常にボトムアップの申請ベースでおこなわれてきたという実態と深い関係にある。高額化する最先端装置は、通常のプロジェク型の競争的資金ではほとんど対応できないものが増えている。例えば、原子分解能収差補正電子顕微鏡は4億円、クライオ電子顕微鏡は6億円、電子線描画装置は8億円、といった具合である。高性能なコンピュータや、高度なソフトウェア・設計ツールのライセンス料等も高額化している。まれに認められる各法人からの施設整備に関する概算要求か、大型の補正予算等によって一部に措置されている程度の配備である。しかし、このクラスの機器は本来、全国各地の研究者からの使用環境を考慮して国主導で戦略的に整備しなければ、特定機関の特定研究チームだけが偏ってアクセスするようになってしまうおそれがある。国の主導という意味では、放射光施設や宇宙・海洋開発などの大型施設、いわゆるビッグサイエンス（巨額の資金と大量の人材を要する大規模な科学技術）に焦点が当てられてきた。一基で数百億円にもなるような施設が相当する。大型施設の場合、国家的議論を尽くして戦略的に国主導で整備方針を決定していくことは当然のことだが、上述の中・小規模の設備に関しては、これまで各機関・研究者によるボトムアップの申請にもとづく調達が常態化している。その結果どうなるかというと、競争力が高くわりと予算が潤沢な研究チームでは、極端なことを言えば研究室ごとに同じ装置が導入されるといったことが生じる。逆に、大きな規模の競争的資金を獲得できない、有力研究者がいないような地方大学等では、研究基盤が整わず、老朽化していくなか更新もかなわず、研究基盤の衰退が進行するという負のサイクルに陥っている。

仮に導入時の予算措置が実現しても、立ち上げ・稼働、維持・メンテナンス、修繕の経費とそれを

担う専門技術者の人件費など、後年度に確実に必要となる経費は同時に措置されることがないため、最も重要であるはずの「設備をフル稼働して存分に研究を実行し、成果をどんどん創出する」という流れがうまく機能しなくなる。さらに、先端装置の技術世代は進展の早いライフサイエンス関連では早いものでは2～3年程度、ナノテクノロジー・材料・デバイス加工関連は7～8年程度で最新技術が替わるため、技術進展の時間と技術水準とを加味した実質的な耐用年数とを考慮し、中長期の戦略的な設備更新資金戦略が必要になってくる。これは産業界の一定規模以上の企業であれば、当たり前のことである。しかし公的な機関ではそれができない構造があり、全国の研究者の分布とアクセス性、研究分野の広がりや濃淡とを考慮した、「全体最適の整備」からは遠い状況にある。国単位の研究力には、設備に関しても全体最適の整備が必要であるにもかかわらず、総体としてみれば、世界との競争どころではなくなってきている。他方、近年は大型の競争的資金制度が登場するようになり、一部の機関・研究グループに集中的に研究資源が集中する。その結果、特に先端機器等の研究インフラ環境へのアクセスに、全国で格差が広がっている。一定の競争環境は必要であり、選択と集中によってトップ集団を伸ばす施策の意義・重要性はもちろん理解される。その成果への期待も集まるどころだが、日本全体としての研究力への影響はどうか、日本の研究土壌というベースの維持向上、あるいは変革を促すことが、長期間にわたって出来なくなっていることに問題がある。

このようななか日本では例えば、「研究費の合算使用」について文部科学省が定めている^{*1}。複数の研究費制度による共用設備の購入について合算使用が促進されている。具体的には、文部科学省、国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）、独立行政法人日本学術振興会（JSPS）、国立研究開発法人日本医療研究開発機構（AMED）が所管する競争的資金制度のうち、主要な制度について複数制度間で研究費の合算による共用設備の購入を可能としている。また、同一の研究者が複数制度の研究費を合算し設備を購入することも可能としている。しかし、合算使用を適用するケースは現実には相当に限られている。というのも、各制度で採択に至る研究提案は確約されたものではないため、うまくタイミングと研究目的との希望が合って同時期に各機関において使用可能となる資金が入ってこなければ、合算使用による設備購入は実現しないからである。この問題は資金制度・会計規則との関係が深いため、研究費に関する次項で述べる。

^{*1} 研究費の合算使用について（文部科学省、平成29年7月20日改正）
http://www.mext.go.jp/a_menu/shinkou/torikumi/1337578.htm

いずれの科学技術分野においても、科学の発展段階にともなって研究の対象はより複雑化し、例えば、ナノテクノロジーによって物質の複雑な構造や機能を原子・分子レベルで制御することができるようになってきたし、遺伝子解析やゲノム編集技術、幹細胞技術によって、生命の再定義にも迫らんとする研究がおこなわれている。その際、いずれであっても高度・高価な実験機器と、膨大な実験試行回数、それに伴って生じる膨大な研究データを処理するコンピューティング能力の保有が、これらの研究を進展させ、世界の研究競争において決定的な差をもたらすことが自明となりつつある。そして、これらの設備等を用いる研究の方法論、やり方そのものが変わってきている。

主要国では高度な実験機器やコンピュータ、そして現在では研究データや処理ソフト、そして実験方法の標準化（サンプル標準や測定標準）も含め、ハブ拠点を設けて共有化・共通化する仕組み構築が早くから進んできたが、日本では研究室ごとに、PI（Principal Investigator: 研究主宰者）単位ごとに申請された研究費によって導入するスタイルが長く常態化し、研究室や研究分野がタコツボ化した面がある。また、世界の各地でこのように共有化・共通化されたハブは、産学官連携と融合領域研究を拓く共鳴の場・土壌として大きな存在感を発揮するようになり、いわば現在のITプラットフォームさながらのR&Dプラットフォームとして、研究の推進力・競争力の源泉となっている。さらに、最近ではロボットの進展により、研究に必要な膨大な実験試行回数を自動化する、いわばロボット実

験機器の導入が始動している。今、研究スタイルは大きく変わる時期にきている。

以上から、研究に必要な施設・設備に関しては、研究を実行し成果創出に至るうえで欠かせない分野・領域が多数であるなか、全国の全体最適を企図した戦略的な整備・運営・更新ができていないことが問題である。また、近年進展する機器の自動化や、大量のデータやその処理結果を研究開発にフィードバックして活用するなど、研究の方法論そのものが変わりつつあるなか、今後の研究環境にとって決定的に重要になる部分である。しかし現状の仕組み・制度では対応が難しくなっており、研究実施のインプットとしての施設・設備は非常に難しい状況にあることを認識しなければならない。

1.1.3 研究資金（カネ）

研究実行時のコスト構造認識

日本における研究開発投資は、公的資金および民間資金ともに停滞しているとされる。OECD や総務省、文部科学省の科学技術・学術政策研究所等による統計で明らかにされているが、官民の研究開発投資総額約 18.4 兆円 / 年（2016）、内、政府・大学等の公的研究開発投資約 4 兆円という数字は、数年来、大きな変動はない。これが毎年のインプットとしての規模感になる。この間、中国が劇的に投資額を伸ばし、他の主要国も傾きの差はあれ中長期的には増加を継続している。研究開発競争は、官民ともに世界的に激化する傾向がつづくが、主要国のなかで日本だけが規模としては長らく停滞したままである。しかし、わが国は極めて厳しい財政状況にあるなか、研究開発投資額を大きく増加させるようことは現実的ではないと認識されているのも実情である。民間資金は、企業業績の変動にともなって研究開発投資額も若干の増加傾向にあるようであるが、公的資金は、社会保障費の毎年 5,000 億円規模の増加がつづくなか、科学技術関係予算は維持すら困難な状況にある。研究力向上の観点では、インプットとしての投資規模を伸ばせないとすれば、その活用に際しては、豊かな研究土壌を育むことの効果によって、得られる研究成果にレバレッジがかかることが重要になる。したがって、最も重要なことは報告書冒頭に記載するとおり、産学官が適切な役割分担と役割連結のもとで、日本全体における研究成果創出の最大化（産学官総体での研究開発投資効率の最大化）へ向かうことである。そのためには、インプットとアウトプットおよびアウトカムの関係を検討することが必要だが、この関係については後半で議論する。ここではまずインプットに関する共通認識を得ておきたい。

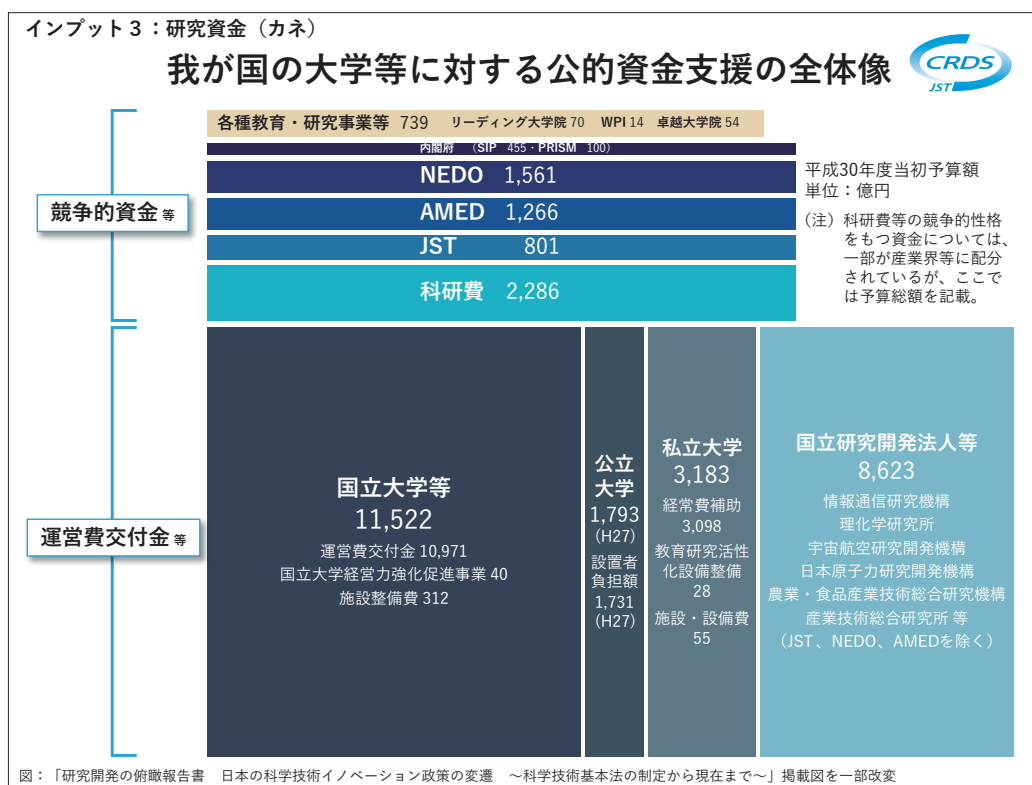


図 1-3 我が国の大学等に対する公的資金支援の全体像

図 1-3 に示されるものが、わが国の公的研究開発投資の全体像である。公的投資が担う研究開発と、民間投資が担う研究開発は、一般的に研究開発対象のフェーズ、すなわちその役割が異なる。純粋な学術研究・知の創造に使用される研究予算と、社会実装・実用化を目的として使用される研究予算とがあり、両者の一定の接続性・重なりも現実にはある。そのようななか「研究を担う主体」と「研究を実行する際のコスト構造」の関係については、十分な認識共有がなされていない。

一つのケースを議論する（図 1-4）。例えば、2,000 万円 × 5 年間の競争的資金を獲得した大学所属の研究者を仮定する。合計 1 億円の研究費ということになるが、この 1 億円によっておこなわれる研究の全活動規模は、実際は 1 億円規模ではない。この 1 億円には、通常の場合は当人の人件費は含まれていないし、既存の研究設備の調達コストも含まれない、場合によっては研究実施場所の借損料や、研究実行時の水道・光熱費等の諸経費が含まれていない場合もある。各法人によってコストの負担範囲は異なるが、研究者の所属する法人が別途運営費交付金やその他の資金から賄って負担している。したがって、実際には 2 億円規模の研究活動がおこなわれているのかもしれないし、3 億円規模なのかもしれない。省庁や研究資金配分機関など、研究費の出し手側からすれば同じ 1 億円の資金であっても、実行される研究活動規模は、研究を担う主体によって異なっている。

研究実行時のコストを実態に即して認識するためには、「研究を担う主体」の範囲と研究費との関係を理解し、本来は合算しなければ、投資効果を推定することや比較しようとすることはできない。また、過去に投資された結果による資産を新たな研究活動で用いることになるのだが、それらの価値も必要十分には認識されていない。これはストックに相当する部分だが、次なる研究実施に活用可能なストックとその価値の程度がどれくらいであるのかは、大学等公的研究機関では一般的には比較可能なかたちで表現できておらず、ましては定量化は困難である。

つまり、インプットとしての研究資源（≒研究の活動規模）は、制度や法人の単位によって様々なミッションが入っているが、研究を担う主体の単位における活動規模は、そのミッションと同じではないことから、研究実行時のコストはほとんどの場合、正確な認識がされないのである。研究活動は研究室の単位で運営されている場合、その研究室の仕事の一部として当該テーマが実施されるか、または研究センターなどの少し大きめの組織単位で運営されるなかの一部のテーマといったかたちである。そのような研究を担う主体において、公的機関であれば運営費交付金に相当する法人経費と、制度や投資主体ごとに分かれている外部資金等とがある。成果の認識・評価や管理は制度や投資主体ごとに分かれているが、研究の現場では同じ主体で実施されている大きな仕事の一部として存在することが通常である。

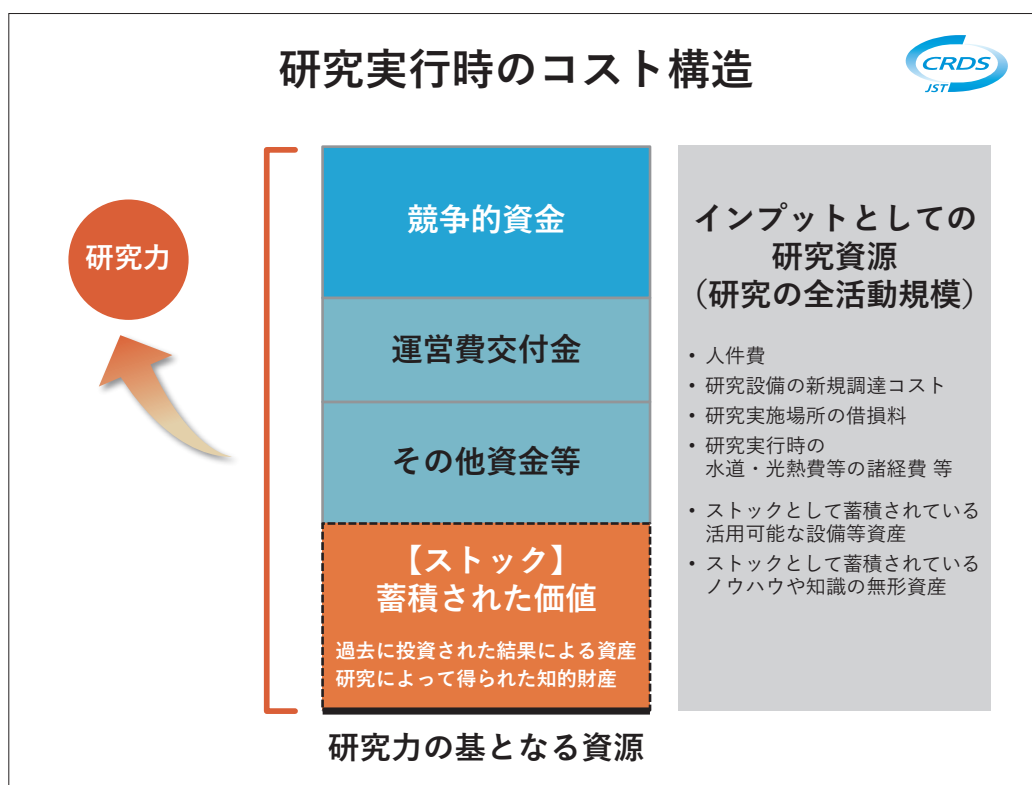


図 1-4 研究実行時のコスト構造

これらを大きく法人単位程度までにスコープを拡大してしまえば、法人の運営費交付金とその他の外部資金等の状況からインプットとしての研究資金は把握可能だと思われるかもしれない。しかし実際はそうではない。フローとしての資金移動は追えるが、ストック部分が見えていないからである。このような構造はやや複雑に感じられるかもしれないが、「研究力」と「研究実行におけるインプットとしての研究資金」との関係から考えると、これらがほとんど明らかにならないということにまず問題意識を持つことが必要である。

企業会計との違いを考えてみると、ことの重みがわかってくる。企業会計では、財務諸表のうち最も基本的なバランスシート（貸借対照表）があり、特に「バランスシートの左側（借方）」に相当する「資産の部」がある。大学等公的機関の研究を担う主体においても、本質的にはこの借方に相当する資産が当然存在するのだが、会計上、研究活動における本質的な資産を表すことができていない。運営費交付金を基盤経費として運営する法人では、運営費交付金をまず流動負債として位置づけ、毎年度の事業達成の度合い（執行）にともなってそれと同額を収益化計上していく「運営費交付金収益化基準」

を用いることが会計ルールとなっている。また、競争的資金等による受託・共同研究費は、前受受託研究費として、やはり同様に流動負債とすることになる。収益化基準とは、実際に収益が上がっているわけではなく、予算の執行額に見合った事業（法人運営や受託研究）が進行して達成したことを、同額の収益があったと同じことであると会計的に決めて表現するものである。これはルールであるのだから現状は仕方ないところだが、現行ルールではバランスシートの資産の部に相当するストックが、現場で研究活動を実施するにあたっての真のストックを表現することができない。なぜかという、例えば国のプロジェクト等で調達した設備等資産は国の所有であり、それを研究実施する現場の法人へ貸付けて設置・活用しているが、そのような国の所有資産は減価償却行為を会計処理上しないのである。企業会計と異なり、調達した施設・設備に対する減価償却およびその費用計上を複数年にわたっておこなうことは、されないことになっている。一方、運営費交付金によって調達した設備等資産は、損益計算上の費用として減価償却費を計上せず、損益外の減価償却累計額だとして資本剰余金を減価するかたちで計上することになっている。また、研究によって得られた知的財産の資産価値も、法人において権利化に要した原価のみを資産計上するため、知的財産の価値を把握できるような表現はされない。つまり、研究を担う主体が研究実施の際にどれくらいの資産を活用することができるのか、第三者的に比較することはほぼ不可能になっている。結果として、競争的資金事業等の研究開発投資の決定を判断する審査・審議等においては常に、研究テーマそのものの重要性と、その実施を担う候補者（＝研究者・チーム）の研究実績を参照するなどして人的能力を考量することが中心となる。もちろん当該研究者の能力次第で得られる成果はまったく変わってくるのだが、研究者・チームが活用可能なストック（有形・無形を含む、蓄積されている資産の価値）を定性的にも見積もろうとすることなしに判断していることに、問題意識を持つべきではないか。

企業会計の場合は、これらをすべて金額換算して第三者的な比較を可能にするわけだが、公的研究において活用する現場にあるストックの価値がどの程度であるかを評価することは非常に難しく、そもそもすべてのストックを金額換算できるわけでもなく、その是非もある。ただし、研究力の生成に対応する、研究資金としてのインプットを考える際には、研究を担う主体がどれほどのストック（蓄積された価値）を活用できるのかによって、研究の活動規模と得られる成果の大小そのものが変わってくるということに、気が付かなければならない。

1.1.4 蓄積されている科学的知識と技術（チエ）

上述の後半でストックとしての資産を把握することが困難でありできていないことに触れたが、この資産には、人的資産からくる長年の科学的知識と技術・ノウハウ（チエ）の蓄積も当然ある（図1-5）。この意味はわかりやすく、同じ1億円規模の研究でも、どこの誰、どの法人のどのチームが使うのかによって、つまり人やチームそのものに内在する「研究力の成分」によって成果は変わってくる。この要因の一つは、研究を担う主体がどの程度の科学的知識と技術・ノウハウを持っているかで変わるからである。インプットとしてどれくらいの蓄積されたチエを活用することができるのか、を問うことは重要である。なにを当たり前のことをと思われるかもしれない議論だが、研究力向上を掲げるにあたっては、人やチームそのものの研究力とその向上は重要ファクターである。例えば、研究力を向上させるために、どの法人のどの人・どのチームに投資すると、単にどれだけの成果がフローとして得られるのかではなくて、そこに元々蓄積されているチエがどれほど活用でき、より成長するのかというコンテキストで考える必要がある。「何が、何件出たか」という成果フローを追うこともたしかに重要ではある。しかし、研究力が向上するかどうか（または向上したかどうか）を重視するのならば、研究成果を生み出す力がどれだけ増大しそうであるか（そして増大したか）という、知的ストック部分の実態を捉え、研究力向上に効果的な施策を立案する必要がある。

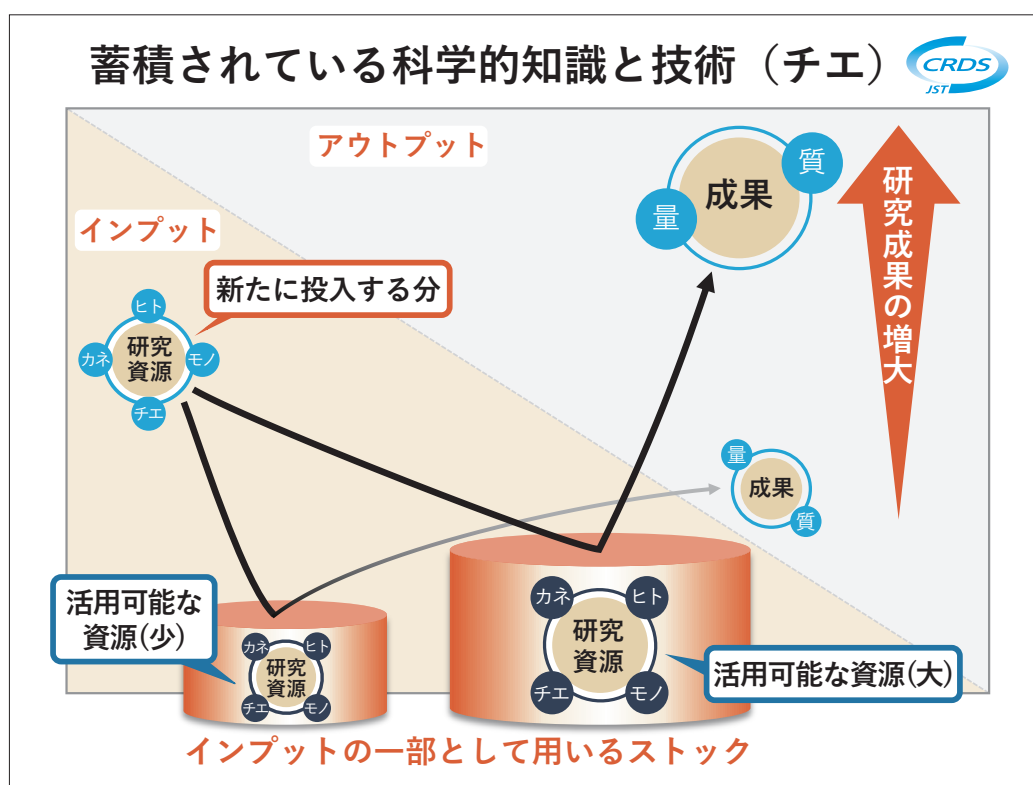


図 1-5 蓄積されている科学的知識と技術（チエ）

1.2 研究の成果

1.2.1 アウトプットを見る際の量と質の両面

ここまでの記述で研究資源（インプット）としての「人、モノ、カネ、チエ」の4種に対する認識を論じてたが、これらインプットは、時間を経てアウトプットに変換されることになる。ここではアウトプットに関して述べる。さらに次項では効率を検討するためにインプットとアウトプットとの関係を議論する。

研究を実行した結果としてのアウトプットには多様な形態があるが、大きく分けて論文や特許のようなかたちで公表・形式知化されるアウトプットと、技術的な手法・ノウハウなど、暗黙知として創出され蓄積されるアウトプットとがある（図 1-6）。これらが活用されることによって、例えば後に企業において実用化に至り社会実装されるという、アウトカムに至る。また、次なるアウトプットのための資産として活用される形態のアウトカムもあるだろう。本報告書では、公的研究開発投資の主たるアウトプットを知識や技術そのものであると仮置き、実社会における経済的効果としてのアウトカムは、民間における研究開発投資が一般的にいてもさらに数倍以上の規模で加わって且つ時間的な変遷とともに何ステップかに及ぶアウトプットの受け渡しを経たうえで、産業界の活動として結実するものだと考える。つまりこれが一般的な意味での、科学・技術的な価値が社会・経済的な価値へと変換される類のイノベーションである。このイノベーションに至る途中段階を含む、最終の経済的な効果を研究開発投資の効率として考えるべきだとする議論もあることは十分に認識しなければならない。一方で、学術的な内容を多く含む公的研究開発のアウトプットの総体から、リニアに産業・経済的な効果として研究開発投資効率を検討することは、多数の仮定と境界を設定しない限り不可能で

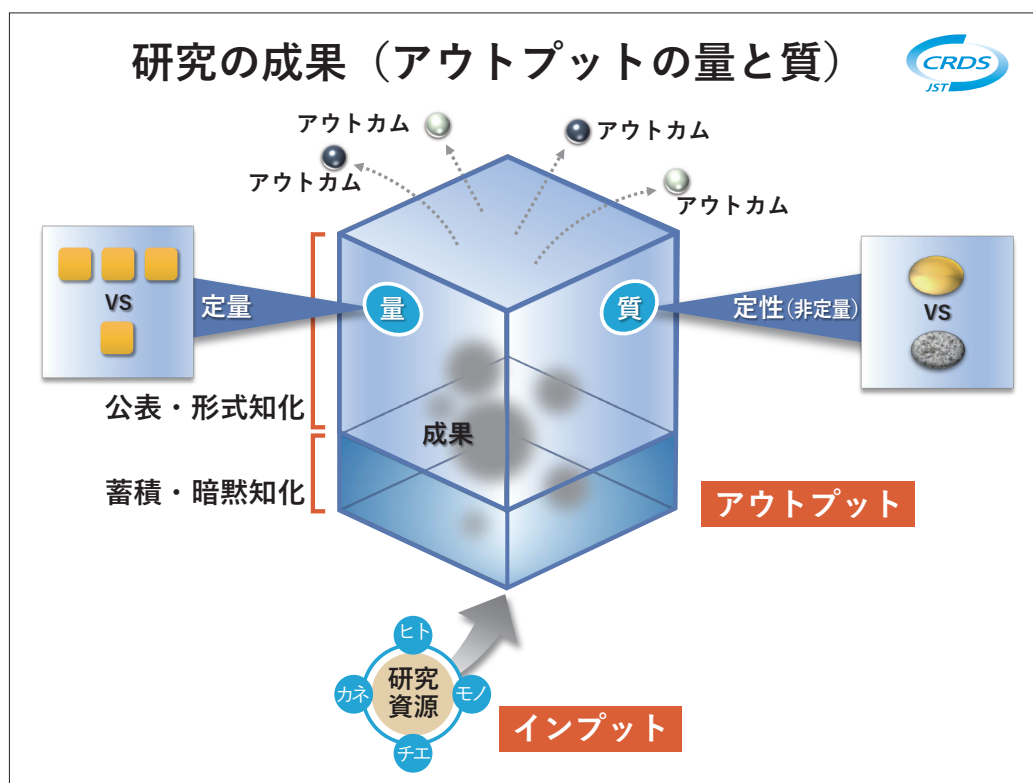


図 1-6 研究の成果（アウトプットの量と質）

あり、実態を表すものでもなく且つまたそのことは本報告書の主眼ではないため、ここでは取り扱わない。

大学等公的研究機関における研究活動のアウトプットの見方には、「量」と「質」の面とがあり、量は、どれくらいの量の研究が実行されたかである。これを辿ればどれくらいのインプットがあったか、と相関関係を持つものである。公表されるアウトプットとしては論文が代表形態であるが、一般的には論文の総数とも相関する（ここではわかりやすさのために、研究を大量に実行しても全く論文化できない等の特殊ケースは除く。マクロに見れば確実に相関するからである）。インプットとして活用される研究資源の総量と総価値が大きければ大きいほど、産出されるアウトプットの量も多くなる。これは論文であっても特許であっても同じベクトルを持つと考えられる。

しかし、質については難しい。研究を実行した結果としてのアウトプットの質は何によって認識し判断することができるのか。重要な発見がなされたり、新規な知識・技術が創出されたときに、私たちは「質の高い研究成果が得られた」と言うわけだが、何をもって重要かは、主語によって変わる。その最初の関門は、論文であればエキスパートによるピアレビューであり、専門家のレビュー（査読）プロセスを経てその論文誌に掲載する価値があるとの意味での重要性が認識されたものが、掲載されることになる。しかし今、世界の論文のうち、「質の高い重要な論文」はどれくらいあるのかとの問いに本質的に答えることはできない。本報告書冒頭で述べたように引用数の議論があるが、引用数は後になって伸びてくるものであり、しかもいつ伸びるのかは、変動する。真に重要な論文は、初期のころは多数の専門家は気が付くことができない、ということは歴史が証明している。レビューアーにとっての常識を覆すような、常識の外にあるような論文は、その重要性に気が付くことが難しいという専門の罫にはまってしまうことが起こるためである。また、論文が出てから年数を経て高名な受賞等に至ったことを契機に、突然引用数が跳ね上がることもある。関係する別の論文の引用数に牽引されるかたちで、「元を辿ればあの論文も重要なものだった」などのように、後からその重要性がセットで徐々に認識されていくことも起こる。さらに、当該論文の研究領域に存在する研究人口が多ければ多いほど、つまり人材の集中度や注目度の高い領域であればあるほど、引用数は平均的に多くなるし、逆に研究人口がまだほとんどいないような、研究者が大量流入する前夜にあるような新興・新領域では、読者もまだ少なく、引用数も少なくなる。このようなことが時間の経過とともに頻繁に起こる引用数の軸で、質の高低を本質的に判断することは適切ではない。もちろん、圧倒的多数の引用を誇る論文やその領域においてトップ1%の引用数を持つ論文の重要性は多くのケースで合意され得るものだろうが、逆に引用数が現時点で低い論文の質はやっぱり低いのかといえば、そんなことは言えないのである。したがって、研究者に対し「たくさん引用される論文を書いてくれ」などという考えがもし生じるとすれば、引用の点で人気を博す論文を書いてくれと言っているのと同じであり、研究者へ伝えてよいものではなく、研究者が目指すべき質の高いアウトプットでもない。

とどのつまり、発見が難しかったことを発見する、誰もわからなかったことを解明する、過去に多くの人々が挑戦しても実現できなかったことを成し遂げる、誰も思いつかなかった研究アイデアを実現させる、そうしたことによって研究におけるアウトプットの質は判断されるべきであるが、これは極めて定性的なものであり本質でもある。研究のアウトプット段階で、論文からその質を定量評価することは、適切ではない。研究力が発揮された結果として研究成果の質を求めるのであれば、その質を定性的に評価することが本質であることに科学技術に関わる多数が同意し、定量的な表現という一見するとわかりやすい指標だけへの依存に陥らないことが、肝要である。

1.2.2 研究実行段階における研究資源と投資効果、成果、時間の関係

「労働投入量および関連する投資額に対して、どれだけの研究が実行される状況にあり、そしてどれだけの研究成果が得られたか、または今後得られそうであるか」が研究開発の投資効果や効率を考える際の基本である。これまで論じてきたように、投資といったときの真の研究活動規模が、ほとんどの場合に適切に認識されないままに研究が実施されている実態がある。また、「どれだけの研究成果が得られたか」についても、投資に見合った成果であるのかどうかはわからない構造がある。ただし、図 1-7 を念頭に、次のように考えることは可能である。

「ある研究課題を遂行しようとしたときに、その課題遂行に必須となる設備等のストックが無い状態から開始すると仮定して、すべて自前で用意して実行するにはどのくらいの投資が必要になるのか」。これを見積もることは可能である。研究者が持つ知的ストックをゼロと仮定することはさすがに現実的ではないので、ここでは研究遂行に必須の施設・設備と、その設備を運用できるレベルの専門技術を持つ人材がゼロであると仮定するところを出発点とする。すると、本来どれくらいの投資を要するであろう研究なのか、ある程度見積もることができるようになる。

次に、実際に研究を遂行する「主体」が保有する、または利用可能な、その課題のために活用可能な設備等のストックの価値を時価として仮想評価し、さらに資金として投じる（投じた）予算額とを合算する。すると新たな投資時点においては、インプットがどれだけ仮想的に節減されたのか、節減効果があったのか、という実行部分にかかる投資効率を論じることが可能になる。これは投資効率におけるアウトプットの効率とは異なり、インプット段階での投資の節減効果がどの程度得られるかという部分の効率である。

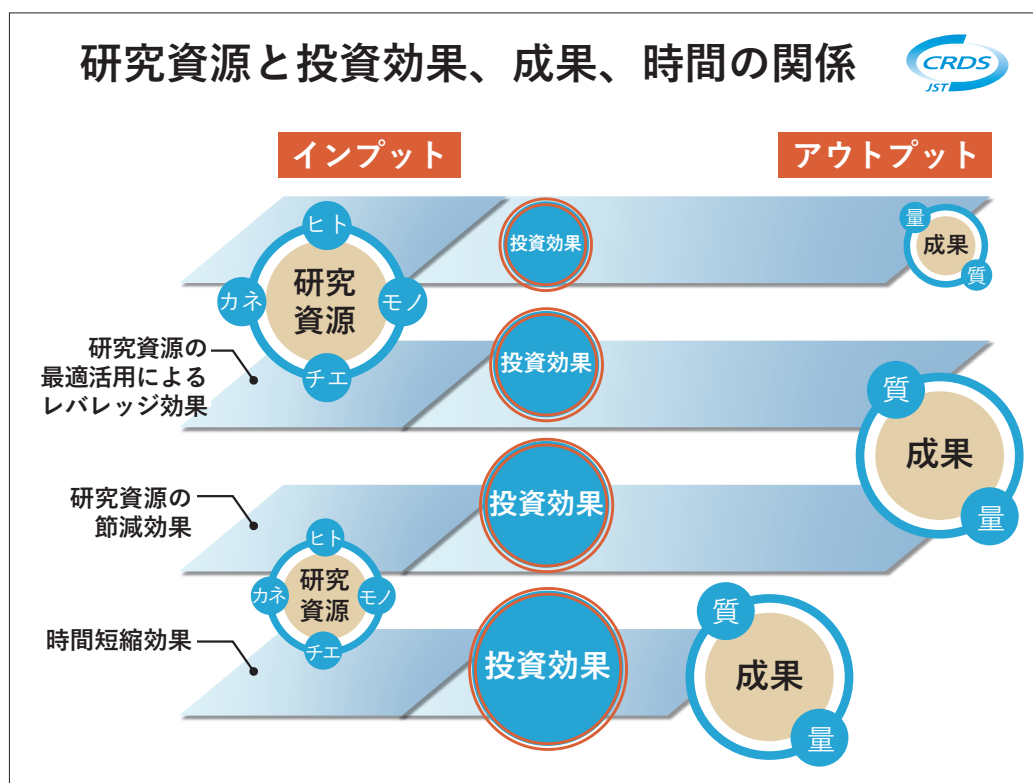


図 1-7 研究資源と投資効果、成果、時間の関係

そして、アウトプットに関する成果・効果の最大化も考えなければならない。上述のインプットの節減効果に対して、アウトプットたる成果はどれだけのレバレッジがかかっているのか、成果が拡大しているのかということを考えるのである。ここで重要なことが、ストック部分の活用度合になってくる。同じ額の投資であるときに、得られる成果の大小が異なった場合、その差分の要因は、ストックの活用がどれだけおこなわれ、レバレッジが効いたのかということになる。具体的に考えればわかりやすい。期待する成果を出す可能性がある研究主体であるのかどうかを事前評価するとき、その研究課題のためにどれほどのストックを活用できるかどうかは、当然見なければならぬとわかるだろう。これは単に知的資産としての研究者の能力だけを見ているということとは、異なるものである。研究主体が有する研究者の人的能力（アイデアなども含む）に対する評価だけでなく、活用できるストック（設備や設備の性能を引き出す専門人材）による成果レバレッジへの寄与も、投資効果の観点では推定評価すべきなのである。さらに、このストック部分は、成果創出にかかる時間に対しても寄与する。これも本来どれだけの投資と時間が必要であるのか（または、必要であったのか）を仮想的に見積もり、実際のところ活用できるストックの効果によって、研究成果創出に至るまでの「時間短縮効果」というものを認識することが可能になる。

1.2.3 ケース：ナノテクノロジープラットフォームでおこなわれた検証

ここで一つの具体例として、文部科学省の「ナノテクノロジープラットフォーム事業（2012～2021年度）」が、先行的に重要な検証を試みているので紹介したい。

ナノテクノロジープラットフォーム事業（以下“ナノプラット”と表記）は、特定の研究課題を持つような研究開発型のプロジェクトではなく、先端的な研究設備やその性能を引き出す高度な技術を持った専門人材を全国の複数機関に集中配備し、それをプラットフォーム化して外部の誰であっても利用することができる、いわば「オープンな共用の研究インフラストラクチャー」を仕組みとして全国規模で提供する事業である（図 1-8）。この詳細が、ナノプラットの開始から6年を経た段階で取りまとめられた『ナノテクノロジープラットフォーム「先端共用施設・技術プラットフォーム展望調査ワーキンググループ」報告書』で明らかにされており、以下では一部を引用しながら解説していく。

引用：文部科学省 ナノテクノロジー・材料科学技術委員会 2019年5月10日 配布資料
ナノテクノロジープラットフォーム「先端共用施設・技術プラットフォーム展望調査WG」報告書案より

ナノテクノロジープラットフォームの概要

ナノテクノロジーに関わる最先端の研究設備とその活用のノウハウを有する機関が、緊密に連携して全国的なナノテクノロジーの研究基盤（プラットフォーム）を構築することにより、産学官の多様なユーザーによる共同利用を促進し、個々のユーザーに対して問題解決への最短アプローチを提供するとともに、産学官連携や異分野融合の推進を目指している。事業開始時の公募要領では、本事業を実施することが、産学官の多様な人材の交流や共用施設を中核とした知の集約等を通じて、実施する機関にとっての研究機能、産学官連携機能の強化をもたらす仕組みが機関内部に構築されることの重要性も同時に指摘している。ナノプラットでは、以下の3つの目標を設定している。

- (1) 産学官のユーザーに対して、利用機会が平等に開かれ、高い利用満足度を得るための研究支援機能を有する共用システムを構築する。
- (2) 最先端研究設備及び研究支援能力を分野横断的にかつ最適な組合せで提供できる体制を構築して、産業界の技術課題の解決に貢献する。

(3) ユーザーや技術支援者等の国内での相互交流や海外の先端共用施設ネットワークとの交流等を継続的に実施することを通じて、ユーザーの研究能力や技術支援者の専門能力を向上させる。

これらの目標を達成するために、「共用設備の運用を主たる目的とした組織体制（機関内の組織規程に明確に位置づけられ専従の職員と共用の設備を有するもの）を機関内に設置していること」を応募の条件とし、設定した3つの技術領域（微細構造解析、微細加工、分子・物質合成）のプラットフォームそれぞれに代表機関を設置している。

ナノプラットのこのような仕組みの本質は、研究開発を実施する主体にとって平等に利用できる共通研究インフラをオープンなプラットフォームとして提供することによって、研究主体における研究開発投資効率の最大化に資する機能を構築しようとするところにある。研究を遂行するために研究費を投じるケースに照らして考えれば、同じ1,000万円の研究予算であっても、1,000万円で調達できる設備や雇用できる人材はごく限られたものである。しかし、このようなプラットフォームの高度設備群や専門人材のサポートを得ることができるのなら、1,000万円の予算のなかからプラットフォーム利用料を支払うかたちで、数億円単位の先端設備や高度専門知識を活用できることになり、つまりプラットフォームに蓄積された資産を活用した数億円規模の研究をも実現できるということである。プラットフォーム化された装置群と専門家集団が存在することで、いわばユーザー研究者自身の研究開発の味方になることができる。これは研究者等が新たな研究テーマを開始する際や、問題の直面に際し、プラットフォームを活用することで解決できるのではないかと、という思考ステップを踏むことで可能性を拡げている。実際、ユーザーから「自前で大型・最先端装置を購入・維持管理する膨大な投資のリスクなしに、必要な実験データを取得することができる」、「高度な専門知識・技術・ノウハウ

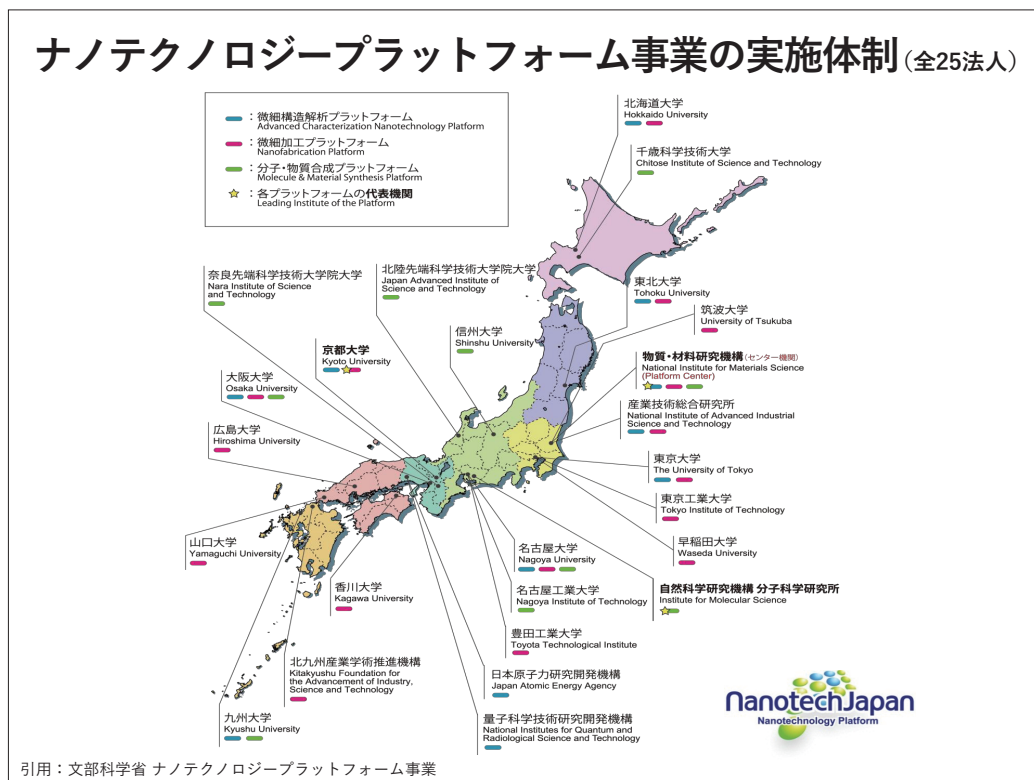


図 1-8 ナノテクノロジープラットフォーム事業の実施体制

ウに基づいた支援・提案をしてもらうことができた」、「技術者の対応が丁寧で迅速・フレキシブル」、「初心者にも利用しやすく、安心・安全に利用できた」等のポジティブな意見が多いとのことである。ユーザー数は延べ 20,000 人に達し、大学・国研等のユーザーが主体（70%）であるものの、企業ユーザーが 30%に達している。

これを投資コストの観点で見ると、アイデアはあるが研究遂行に必要な装置・技術を十分に保有していない研究者・技術者、すなわちプラットフォームのユーザーにとっては、ナノプラットのような事業が整備した機能を活用することで、それらを自前で保有する必要がなくなることが、まず研究実行そのもののコストに対する経済効果となる。これはすなわち研究に用いる資源のレバレッジ効果、もしくは研究開発投資におけるインプット部分の節減効果と言い換えることができる。産学官を含めた国全体でみれば、プラットフォームのユーザーが各々の研究開発投資によって自前で課題を実行する場合の必要総投資額に比して、プラットフォームを整備・運用するために必要な投資額が少ないものであれば、すなわち産学官全体での研究開発投資効率は、その差分だけ実行のコスト効率が向上することになる。ナノプラットの報告書では、装置を集約して共用することで、ユーザー自身が独自に装置購入せずとも、最先端の装置を活用した研究を実施できることによる効果を「研究資源のレバレッジ効果」の一つとして類推している。

また、プラットフォームを運営することによる効果が多様であることも指摘している。プラットフォームの存在により、装置と技術を十分に持たない研究者が先端的な装置と高度な専門技術者の支援を受けて、最先端の研究を実施できること、更に技術移転が進む。これは、“装置や技術を自らが属する研究主体が保持していなくても研究できる環境”を構築することは可能であることを示しており、研究者・技術者が自前では行うことができなかったレベルや規模の研究開発を遂行することができるようになる。ユーザーが獲得する研究開発成果には、プラットフォームを活用することによる「レバレッジ効果」が効く。

このような投資の効果を経済的に見積もるためには、高度な研究設備とその性能を最大限に引き出すことを可能とする知と技術（およびそれを持つ人）に対し、ユーザーが必要なときに自身の研究開発課題の解決に利用できるプラットフォーム環境を構築することが、ユーザーにとっての研究開発投資効率の「どの要素に効果をもたらすのか」を考える必要がある。そこで、代表的な効果を3つに分類している。

- (1) 研究者（ユーザー）が獲得する研究開発成果のレバレッジ効果（高い成果・質の向上）
- (2) 研究開発に必要な投資、すなわちユーザーにとっての研究資源のレバレッジ効果（インプットに相当する研究投資の節減効果）
- (3) ユーザーが利用を通じて成果創出に至るまでの時間の短縮効果

プラットフォームが存在することによる効果はこれらだけにはとどまらないものであり、連携・融合の促進による新しい発見や展開の効果など他にも多々考えられるが、敢えてもっとも合理的な説明が可能なものとして効果を限定的に定義して取り扱っている。

(1) ユーザーが獲得する研究開発成果のレバレッジ効果

プラットフォームの存在なしには得られなかったであろう研究開発成果の事例が創出されている。ユーザーにとって研究開発のアイデアはあるものの、実行するには設備も技術も不足している場合に、先端設備と技術・知にアクセスすることを実現し、研究成果をより確からしいものにすることが出来ることや、当初想定した以上の重要成果を創出することを可能にしているケースがある。特に、研究

の立ち上げ期にある若手研究者や、研究資源の十分でない中小・ベンチャー企業のユーザーにとっては、レバレッジの効いた成果に至ることを可能にするシステムである。ただし、得られた研究開発成果のレバレッジ効果の大小を定量的に表現することは相応しくなく、プラットフォームを利用した研究課題成果のなかから、特徴的な学術成果や、企業における実用化・製品化につながっているものが顕在化しており、この具体事例をナノプラットの報告書では紹介している。多様な研究開発成果のレバレッジ効果を総体として定量表現することは困難であり適切でもないということも同時に指摘している。

(2) 研究開発に必要な投資、すなわちユーザーにとっての研究資源のレバレッジ効果（インプットに相当する研究投資の節減効果）

ナノプラットの報告書では、プラットフォームを用意し運営する総体としてのコストを、設備投資や運営に要する人件費・光熱水費など過去にさかのぼって一定の仮定のもと、全て計算して表現している。文部科学省の委託事業費だけでなく、プラットフォーム構成に参画している各地の大学・研究機関が法人として負担する運営費交付金等の経費部分も算出している。さらに、ユーザーによる利用料の運営への再投資分も含め、プラットフォーム総体の全活動規模を計算している。その変動を見ながら、2017年の時点でおよそ年間45億円相当規模であることが把握され、そのもとで運営されている。このような実際の活動規模の金額把握を試みたケースは初めてではないだろうか。

ナノプラットでは参画する全25法人38機関が、合計で約1千台の装置（群）を利用に供し、ここには高額・大型のものから、比較的価格の低い小型装置まで多種多様である。例えば大型の先端装置としては、計測技術関連では収差補正透過型電子顕微鏡（3～4億円相当）が20数台、クライオ電子顕微鏡装置のように5億円以上の装置が4台、その他、2次イオン質量分析装置などの1億円を超す表面分析装置などが20数台、利用者へ提供されている。微細加工技術関連では、1台8億円の直接描画装置や、3億円のステッパーが数台、2億円台の電子線直接描画装置などが複数の実施機関に導入・提供されている。このような高額装置は個人の研究者や研究室単位で保有することは極めて難しい。さらに、これらの先端的な大型装置を有効に活用して研究を進めるためには、比較的安価である数多くの周辺機器が必要となる。また、ナノプラットに供する部分としての導入費用の類推が難しい放射光施設やクリーンルーム等もある。これらの類推が困難な施設・設備は除き、かつ装置の減価・消耗や装置価格の分布を考慮して、ナノプラットが提供する全装置の総額をおよそ614億円と推定している。つまり少なくとも見積もったときの設備投資額といえるものである。

一方、ユーザーがこれら装置を用いて研究を行うには、高度技術を持った専門スタッフが不可欠になる。さらに専門知識を持たない周辺分野の研究者、すなわち異分野の研究者がユーザーとして、これら装置を用いて研究開発を遂行するためには、専門スタッフばかりではなく、高度な学術知識を持った研究者のサポートも必要になる。そこで、ユーザーがすべてを自己資金で研究開発を行う場合に必要となる装置に関連する費用を、装置導入費用、保守・維持費等、人件費（専門技術者、高度な学術知識を持つ研究者）等をナノプラットの活動実績データから導出している。

ユーザーがナノプラットの利用により得られる便益というものは、装置そのものから得られユーザーへ移転する便益と、プラットフォームの運営を通じて提供される研究開発環境等（知識・技術的サービス、装置の維持管理等）から得られるユーザー便益の2つに分解される。前者の装置そのものから得られる便益は、装置の導入価格、減価率、共用率、利用期間から計算することができる。すると、装置から得られる便益は、利用課題1件あたり1,120千円になるという（環境設備、維持管理費の一部、人件費の一部、施設費を除く）。また、後者のナノプラットの研究開発環境等から得られるユーザー便益は、ナノプラットの運営費（文科省事業委託費および法人負担費の合計）から見積もっている。この運営費はナノプラットが雇用している専門技術スタッフの人件費、法人が負担する

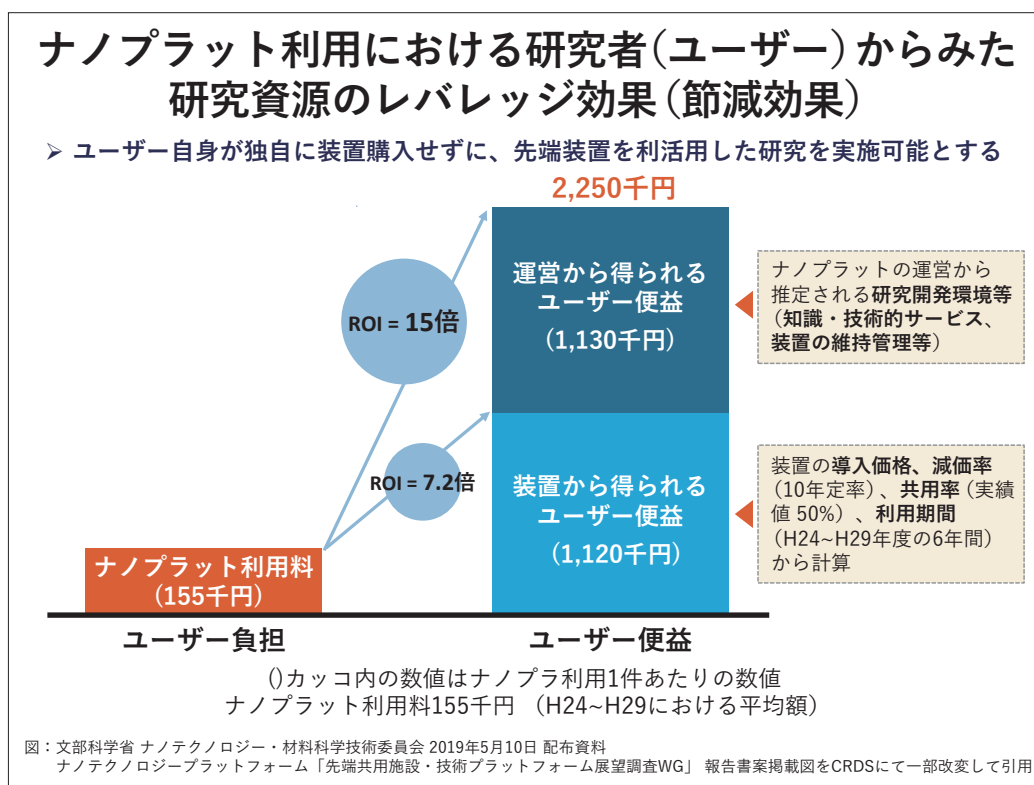


図 1-9 ナノプラット利用における研究者 (ユーザー) からみた研究資源のレバレッジ効果 (節減効果)

高度な知を有する研究者の人的費、装置の維持メンテ費、消耗品、光熱水費などの一部をカバーするものである。2012～2017年度における運営費をおよそ18,600百万円と算出している。これらから、年間約3,000件の利用課題に応じているプラットフォームにおいて、1件あたりのユーザー便益は1,130千円以上となる。これより、ユーザーがナノプラットを利用する1件当たりの便益を2,250千円と算出している(図1-9)。

ここで、ユーザー視点から見たROI(投資対効果)を、“ユーザーに供された便益”の、“ユーザー負担経費(プラットフォーム利用料)”に対する割合であると定義している¹。すると、ナノプラットをユーザーが利用する研究課題1件あたりの平均の利用料が155千円であるということを用いて、ユーザーのROIは15倍となり、ユーザーはナノプラットの利用により15倍の投資節減効果を得ていることになる。装置から得られるユーザー便益に限ってもROIを7.2倍にする効果を示す。これはあくまで、上記の仮定のもとで算出されているものであり、個々の研究課題事例によりROIは異なるが、装置群と専門技術者へアクセスできるプラットフォームの利用は、ここで算出される数値以上の効果を生み出しているものと考えられる。

(3) ユーザーが利用を通じて成果創出に至るまでの時間の短縮効果

状態の整備された装置にアクセスし、高度専門技術者によるサポートを得ることができるとは、ユーザーにとって装置導入・保守・管理と、利用技術取得・習得の、二つの観点にかかる時間を短縮

¹ 厳密には、ROI = “ユーザーが得た便益” / “ユーザーに供された便益”で定義すべきである。しかし、“ユーザーが得た便益”はナノプラット利用により得た研究成果を金額に換算して求めるべきものであるが不可能であるので、定義を変更した。

して研究開発の成果を創出することができる。例えば、微細構造解析の分野を例にとり、高性能の透過電子顕微鏡(TEM)を導入するケースを考える。解析者が未経験者の場合は、TEM 本体の基礎の習得、基本操作、EDS (エネルギー分散型 X 線分析) や EELS (電子エネルギー損失分光) の習得や解析法の習得に通常およそ 10 ヶ月、高度技術・ノウハウ習得、維持管理の習得などに 5 ヶ月の、少なくとも計 15 ヶ月ほどを要する。一方、ナノプラットに導入された収差補正電子顕微鏡 (JEM-ARM200F) を例にとると、装置研修終了後から共用開始まで、平均 104 日 (5 ヶ月) ほどを要しているという。すなわち、ナノプラットの機関のように高度技術を有する TEM の専門家がいる場合であっても、5 ヶ月を装置稼働には要している。したがって、高性能 TEM のような大型の装置導入に関連した時間短縮効果は 1 台につき 5 ~ 15 ヶ月といえ、ユーザーにとってそれだけ成果創出が早まる可能性を提供している。

また、分子・物質合成の分野で実施された企業ユーザーへのアンケート調査で、「ナノプラットの利用によって、どれくらいの自身の研究開発期間が短縮されたと思うか？」を問うたところ、半年~1 年間に相当する研究開発期間が短縮されたという回答が多数を占めている。主観的な回答で、異なる技術領域にあってまとめられるものではないが、ナノプラットのユーザーは、半年から 1 年間の幅で研究開発課題を遂行して成果創出に至るまでの「時間短縮効果」を得ているという。

しかしながら、このようなプラットフォームの運営は、いくつかの構造的な問題を抱えている。以下では、続きとしてナノプラットのケースを参照しながら、ライフサイエンス等のその他の研究分野にも共通する問題を明らかにしていく。

1.2.4 日本の共用研究インフラストラクチャー (研究プラットフォーム) が抱える問題点

ナノテクノロジープラットフォームのようなオープンなプラットフォームを関連分野の研究者が活用できるようになってきたことは、わが国の研究環境において画期的な事象であり、日本全体の研究開発投資効率の向上 (成果最大化)、すなわち研究力向上を検討するうえで、重要なヒントが隠されている。しかし今、このような仕組みが適用されているのは、日本全体の研究活動から見ればごく一部分にすぎない規模・範囲にある。ナノプラットの活動から明らかにされた構造的課題は、プラットフォームの価値を高める持続的な成長を如何に実現していくかに集約される。端的に言えば、データ資産も含め、先端設備を如何にキープ (開発・更新) しつづけ、それらを利用に供するだけの専門人材群を育成・確保できるかということだが、これを阻む問題が山積している。これはナノテク・材料・デバイスにかかわる分野だけでなく、ライフサイエンス分野や、環境・エネルギー分野などを含め、分野を越えた日本全体の研究開発基盤の構造的課題と密接に関係している。

これらいずれの分野であろうとも、高度な設備群と膨大なデータのハンドリングおよびこれらを担う専門人材群は、もはや先端研究の成果創出において決定的な差をもたらすものとなっている。研究開発ニーズの高度化や、日々開拓される新しい技術領域への対応が、わが国では難しくなっている。特に、学際領域・異分野融合が求められる新しい研究開発課題が世界的に増加するなかで、各地の研究現場が有する既存の設備と技術スキルでは、到底対応ができないケースが増えてきている。

例えば、計測・解析技術が求められる材料研究やライフサイエンス研究においては、測定対象のオペランド計測や、ソフト系材料の極低温下での高分解能計測へのニーズが増加しているが、現在のナノプラットでは対応できず、他に十分に対応できるオープンな研究インフラ提供機関もない。加工技

術の分野では、従来の半導体・MEMS加工だけでなく、関連する物質・材料の加工・プロセス技術、分子系材料の取り扱いや、マイクロ流路デバイスなどを活用するバイオ/ライフサイエンス系の技術に対するニーズが増加している。合成技術の分野でも、やはりバイオ/ライフサイエンス関連研究でのニーズが増加している。これら、いずれも日本各地の研究機関が有するオープンな施設・設備群、技術だけでは対応することが難しいものばかりである。研究開発ニーズがあっても、それに対応できる設備群へのアクセスができない状況がある。

先端研究を牽引する、次々に登場する新技術へ対応するためには、先端設備の戦略的な導入・更新と、常に装置の性能を引き出せるだけのメンテナンス、それらを可能にする高度な専門性を備えた技術者の存在、そして技術者のスキルアップが欠かせない。例えば、上述のオペランド計測を可能とする装置群やその改造、ソフトマテリアル・バイオ系サンプルに関わる専門知識、生体観察用試料の作製など、より多様で高度な技術への対応が研究開発の現場では必要になってきている。加工技術に関しても、IoT等との技術融合によりカスタマイズされたデバイス作製など、異分野の専門知識とそれに対応できる高度技術を習得した専門技術者が必要だが、まったく足りていない。合成技術に関しても、バイオ/ライフサイエンス研究への対応のみならず、合成から解析評価までの一貫した研究インフラと、データ科学を活用したインフォマティクス技術を組み合わせた研究への対応ができていない。個々の研究現場でこれらの設備群や人材群を揃えることは、この厳しい財政状況下において現実的でなく、研究開発投資効率・成果を最大化させるためには、先端研究動向の多様性や広がりを考慮したうえでの、研究インフラをプラットフォーム化した全国レベルの最適化と、その持続的成長を可能とする中長期戦略を持つことが課題である。

2 研究システム・プラットフォームの海外動向と日本の課題

2.1 仮説

第1章「研究力に関わる研究資源」から浮かび上がってきたことは、次のような仮説に要約される。

- わが国の研究関連人材と研究開発投資の推移が国際的にみて停滞するなか、国全体の研究力向上の本丸は、研究開発投資効率の向上による成果の最大化である。
- 研究力とは「研究を実行する力」と「その実行によって研究成果に到達する力」として考えることができる。それら力の源泉は、ヒト・モノ・チエのストックにある。ストックへの投資が、後の成果創出における効率向上・成果最大化に直結する。
- これはすなわち、産学官総体での研究開発投資の効率・効果を最大化させることによって実現されるものである。
- そのためには、研究者が研究開発活動をおこなう際に、限られた研究費・研究資源であっても、如何に高度技術や専門人材、関連するデータ・ツール等へのアクセスを可能にし、研究遂行のスループットを上げ、得られる成果にレバレッジを効かせ、そして成果創出に至る時間を短縮するかが重要課題の一つである。
- 特に、本質的に時間のかかる異分野融合や、セクター間を越えた産学官連携を要する現代の様々な課題へ取り組むには、多様な専門科学技術を自在に組合わせて活用する、いわば総合力の研究スタイルを実現することが必要。
- この実現のためには例えば、研究者および関連する技術人材等の育成・確保へ向けた、雇用制度や雇用慣行の改革、研究資金に関する制度や規制の改革、そして多様な研究者が利活用可能な開かれた研究システム・プラットフォームを全国最適の視点で戦略的に整備していくことが重要。研究開発課題を持つ側からも、プラットフォームを担う側からも、共に支持される「持続的に成長する研究開発システム・プラットフォーム」は欠かせない機能の一つである。

第2章ではこのような仮説を前に、「ではいったいどうすればいいのか」との具体的課題と、その前段として参考になるいくつかの海外動向を紹介する。なお、研究開発プラットフォーム（研究インフラ）に関しては、いわゆる大規模施設（加速器・放射光施設等）も含めてすべてを同列に議論することは適切でないため、ここでは主に中規模（数千万円～数億円程度）に相当する研究設備（データインフラ含む）をプラットフォームとして全体最適化することへの課題を念頭に論じる。

2.2 海外の動向

2.2.1 OECD における研究インフラストラクチャーに関する調査検討

世界の研究開発プラットフォームを、研究インフラストラクチャーの視座から概観しておく。OECD（経済協力開発機構）に設置されたグローバルサイエンスフォーラム（GSF）が、過去数年、研究開発のプラットフォームとして機能する研究インフラストラクチャーに関する調査・提言を複数おこなってきている。主に、①「国際的な研究インフラの効果と持続性」、②「研究インフラの社会・経済的影響を評価するためのフレームワーク」、③「国内研究インフラの運用と利用の最適化」についてであり、2019年現在も③に相当する、各国単位で運営される研究インフラの運用を如何に効果的にし、最適な利用を実現するかを主眼とした提言策定のプロジェクト「Optimising the operation and use of national research infrastructures」が進行中である。

③「国内研究インフラの運用と利用の最適化」では、過去 OECD-GSF がより大規模・国際的な研究インフラを対象として検討・提言化を進めてきたことに対して、各国単位の研究インフラの検討が十分おこなわれていなかったという認識がある。各国におけるほとんどの研究インフラは、現在も国レベルで資金拠出、管理、運営がなされており、主に国内研究コミュニティに装置利用や技術サービスを提供している。このような国内研究インフラのオペレーションを最適化する方法を、より具体的に分析しなければならないとしている。なぜなら、各国とも研究予算が非常に限られているなかで、政府とファンディング機関はますます複雑な国内研究インフラのポートフォリオをサポートしなければならない状況にあるからである。この提言策定プロジェクトの目的は、各国における国内研究インフラの利用率を高め、研究インフラの運営を改善するための方針と手順を特定することにある。このことは、日本においても当て嵌まる課題設定であり、むしろ日本は研究インフラのオペレーションでは OECD の主要先進諸国に比して遅れているといわざるをえない。日本に特有の問題としては、上述のナノプラットのような一部の事業で研究インフラの外部共用は大きく進んだものの、次の3つに集約される。①世界の先端から、装置更新がまったく追いついていない（各法人が概算要求する施設整備補助金や競争的資金のいずれでも、もはや面的に対応できない。大きな予算が当たった当たらないの議論から脱却できない）。全国レベルの戦略的な装置更新・配置がなされていない。②高度技術専門人材のような、研究開発を取り巻く多様な専門人材の雇用・処遇・キャリア改革が進まず、このことが日本全体の研究開発投資効率を下げている。③新装置の技術開発とその製品化、研究現場への導入・普及のサイクルができていない。技術・装置開発 → 導入 → 共用・普及 → 成果 → 新たな技術開発、というサイクルが回っておらず、研究者と装置メーカー、産学ユーザー間のエコシステムが十分に形成されていない。

OECD が検討の対象とする研究インフラは、運営がより長期間にわたるものであるべきであり、一部の特定研究プロジェクトを実施するために導入された専有的装置や、特定研究者・特定実験室のものではない。研究インフラを提供する機関、すなわち外部ユーザーへ研究機器や、関連する研究データ・技術データインフラ、コンピュータ・サイバーインフラへのアクセスを提供するようなものを含めている。幅広いユーザーコミュニティ（海外ユーザー、当該研究インフラにとっての異分野ユーザー、個人ユーザーなど）による研究インフラの利用促進が重要であるとしている。これは研究インフラ運営の、いわば経営プランといえる。そこには、コミュニケーション、アクセス、利用者・利用提案の勧誘と利用承認（評価・セレクション）、研究インフラ運営のコスト分担などが含まれる。研究インフラへのアクセスを提供するにあたっての、機会と課題を分析することを重視している。例えば、特定カテゴリのユーザーにとって、研究インフラへのアクセスを妨げる法的または国内/地域的慣行にはどのようなものがあるだろうか、といった点である。重要なことは、研究インフラがどの

ようにユーザーベースを維持・成長させるかであり、潜在的な利用機会や、より拡大したユーザーコミュニティに関連する課題（例えば、研究インフラのユーザーのキャリア開発の必要性の増大）を提起している。また、次世代の研究者の養成に資するサービスプロバイダーおよび教育プロバイダーとして、研究インフラ運営がどのような役割を果たすかといった観点も挙げている。さらに、公的な研究における利用だけでなく、産業界・企業との関係を深めることによって、研究インフラに関する投資利益を最大化する方法が検討されている。

また、研究インフラのポートフォリオ管理も重要テーマとしている。運営の長期計画（全体像の策定・分析、ロードマップ作成、ユーザーフィードバックなど）、投資政策（インフラ提供機関における内部利用や、国際プロジェクト利用にどう利用機会を分配するか）、設備の修繕・更新・処分を含む管理方法などである。この観点は、国家レベルのポートフォリオ・マネージャーが、財務上の制約と柔軟性の必要をどのように調和させるかの検討が重要であるとしている。どのように投資を合理化するか、どのようなコラボレーションがインセンティブを与えるか、研究インフラを取り巻くステークホルダーの行動を調整する方法の検討が重要とされている。

2.2.2 生命科学・生物医学分野に関する海外ベンチマーク調査

近年動きの早い生命科学・生物医学分野に関して、CRDS では海外ベンチマーク調査をおこなった。以下にその調査結果を引用する。詳細は、調査報告書「研究力強化のための大学・国研における研究システムの国際ベンチマーク ～米国、英国、ドイツおよび日本の生命科学・生物医学分野を例に海外で活躍する日本人研究者に聞く～」(2019年8月発行)を参照いただきたい。

調査では日本の研究力の停滞がなぜかという問題意識のもと、生命科学・生物医学分野に関して、日本、米国、英国、ドイツの研究システムについて、以下の5つの観点から比較調査を実施している。

1. 研究システム：研究資金と主要プレーヤー
2. 若手研究人材（キャリアパス、国際性）
3. 研究インフラ・プラットフォーム、研究支援人材
4. 異分野連携、データ科学・インフォマティクス
5. 技術移転、産学連携

その結果、日本は米国、英国、ドイツと比較して、以下のような研究環境・システムの違い（課題）があることが浮かび上がった。

1. 若手研究人材が活躍できる研究環境・システムの構築
2. 海外の研究者を受け入れられる研究環境・システムの構築
 - ① 海外若手人材を惹きつける研究環境の構築
 - ② 評価システムの国際化
3. コアファシリティ（機器・技術プラットフォーム）の整備と高度支援人材の確立

これらの違いは、博士課程全学生への研究奨励費（給与）の支給と研究者の流動性の向上、適正な競争原理の導入と海外若手人材の積極的な誘致、研究科・研究所単位での高額研究機器の効率的な利用と技術スタッフの充実、を意味する。また、調査を通じて上記5つ（特に3～5番目）の項目に共通して「オープンサイエンス」というキーワードが浮かび上がってきた。ここでいう「オープン」とは、(i) 研究者間のコラボレーションを促すオープンな環境、(ii) 海外の研究人材をひきつけるオー

本環境、(iii) 産業界とのコラボレーションを生み出すオープンな環境、の3つを意味する。日本はグローバルに進むオープンサイエンス化に対応できていない。研究マインドや文化の違いと言ってしまうまでもだが、劇的に変化するライフサイエンス研究のパラダイムにおいて、従来の日本の研究システム・スタイルでは適していないことが明らかになってきた。

英国とドイツは生命科学・生物医学分野において、論文の指標に関しても同じような位置にあり、製薬や医療機器等産業もともに活発である上に、国からの基盤的経費と競争的資金の割合も比較的似通っているが、そのエコシステムは全く異なる。

英国は伝統的に国立大学の存在が非常に大きく、基礎研究では世界を牽引する。政府はファンディング機関を英国研究・イノベーション機構 (UKRI) の下に統合し、シナジーを効かせようとしている。健康医療分野では UKRI 傘下の医学研究会議 (MRC) と、保健・社会福祉省 (DHSC) 傘下の国立衛生研究機構 (NIHR) の役割分担を描いている。もう一つの特徴は、特に生命科学分野ではチャリティが充実しており、国と同等規模の研究資金で、国のファンディング機関と協調して研究投資を行っていることが挙げられる。

一方、ドイツは歴史的な背景から大学は地方政府が管轄しており、世界的に突出した大学の存在感はない。代わりに国研であるマックス・プランク研究協会が基礎研究で世界的な地位を確立している。また、出口を意識した基礎研究を実施するヘルムホルツ協会、技術移転を任務とするフ라운ホーファー研究機構等がエコシステムを形成して、基礎から応用までを役割 (機能) 分担しつつ広くカバーしている。政府としての課題は研究における大学の存在を引き上げることである。もう一つの特徴は地方ごとの産学連携あるいはイノベーションの加速を支援するクラスターの存在である。

一方で、両国に共通して国研は厳格な評価システムの下で、基盤的経費を充実させて中長期的な研究に取り組み、大学は先端研究をするために競争的資金を必須とする環境がある。国研は両国とも多国籍な研究人材で構成されている。政府が克服しようとしている大きな課題として、優れた科学研究の成果を実用化あるいは商業化して社会や経済に役立てるための期間を短縮するシステムが確立されているわけではないという点も共通している。

このような英独に共通することで、日本と大きく異なる点は3つある。若手人材開発、グローバルな教育研究環境、研究インフラ・プラットフォームに対する考え方である。これらはいずれも中長期的展望と持続可能性の視点で考えなければならない施策であり、日本の研究システムに不足する点である。

<若手人材開発>

欧米では、世界トップレベルの研究開発を続けるためには、若手研究者の新しい・柔軟な発想に基づいた新発見・新技術を発展させることが必須と考えられており、卓越した研究能力とリーダーシップを備える優秀な若手研究者の、国際的な獲得競争が激化している。先進各国では、若手研究者を早期に独立させる各種フェロシップ制度が充実しており、卓越した研究能力を持つ若手研究者は、豊富な研究資金と充実した研究設備により精力的に研究を展開できるため、世界中から優秀な研究者が集う環境となっている。英国は世界中から優秀な博士課程の学生とポスドクを集め、抜群に整備された研究環境で世界トップレベルの研究を支援し、そして国外に再び流出させることで国際的なネットワークを構築しようとしている。

ドイツのマックス・プランク研究所、英国フランス・クリック研究所、EMBL (欧州分子生物学研究所) といった先端研究を推進する研究所では、いずれも研究者は任期制で、基本的には5年間、最大10年間程度の在籍で次の職場へ移らなければならない。またドイツの大学では、同一学内での昇任が原則禁止されている。これは積極的に人材を循環させ、ネットワークを構築するとともに組織

をフレッシュに保つという戦略に基づいている。また、欧米各国では、博士課程の学生には「研究奨励金」という給与が支払われ、身分は学生であるものの、博士課程に在籍して研究活動に従事することはれっきとした「職業」となっている。結果として、研究奨励金が博士課程学生の経済的基盤となり、ビザや住居の確保等、様々な面で博士課程学生の地位を社会的に保証する基礎となっている。また、博士号取得が社会的なステータスとなっており、博士号を取得した人材の半数以上は産業界に転出する、多様なキャリアパスを描けることも博士課程への進学の原因となっている。

以上をまとめると、欧米各国では、国籍を問わず、優秀な若手研究者を世界中から集め、手厚い研究サポートを施して卓越した研究成果を上げてもらう一方、多くの研究ポストを任期付きにすることで、積極的に人材を循環させ、研究ネットワークを構築するとともに組織をフレッシュに保つという戦略がある。博士課程の学生へのサポートも手厚いため、優秀な博士課程の学生を集めることが、優秀な若手研究者を供給する基盤となっている。

一方、日本は博士課程に在籍する学生への研究奨励金（給与）が極めて限定的であることに加え、博士課程修了後の国内就職の展望は暗い。生物科学・生物医学分野に関していえば、博士号取得者を受け入れる民間企業数は極めて少なく、任期付きのポスドク研究員になろうとしても、ポスドクのポスト数も十分ではないため、博士課程へ進学する学生は年々減少している。

<グローバルな教育研究環境>

欧米諸国では、博士課程の学生募集の際も、研究ポストの募集の際も、国籍を問わないことが常識となっているため、世界中から優秀な人材が集まる。ある科学的トピックに関して、世界中からそのトピックについて最も優れた人材を招集して研究を行うのが潮流である。その結果として、英国の国研やドイツのマックス・プランク研究所といった世界トップクラスの研究所では、研究人材の半数は国外からの人材である。一方、日本の大学・研究所で研究に従事するのは、大多数が日本人である。学部学生は言うに及ばず、修士・博士課程の学生のほとんども日本人で、教員も以前に比べると国際化が進んでいる大学・研究所もあるが、日本人が圧倒的に多数である。

博士課程の学生の募集は多くの場合、国を問わず、英語で募集が行われ、応募書類も英語であるため、世界中から該当研究テーマに意欲のある優秀な学生から応募がある。そのため、募集をかけた大学教員側も、その研究テーマの推進に最適な人材を選択するという点でプラスに働く。さらに、博士課程の学生として採用された外国人学生には、研究奨励金というきちんとした経済的基盤があり、また外国人学生ビザについても、大学の外国人学生ビザ専門チームによってそのほとんどの手続きがなされるため、ビザや住居の確保等、様々な面で外国人学生の地位は社会的に保証されている。また、英国やドイツの多くの大学・研究所に共通して、採用の際には自国以外での研究経験が評価されるため、博士課程の学生やポスドクをはじめ、若手研究者は外国で研究経験を積むことに積極的である。

英語圏の国では、大学、大学院の授業も当然ながら英語で行われるので、英語圏の国の大学には外国人学生が多く集まる。英語を母国語としないEU各国はこの状況に危機感を持ち、大学院教育は自国語でなく英語で行うようにしたり、英語による授業を選択できるようにルールを改正した国もある（スイス、ドイツ等）。しかし、少なくとも大学（学部）の授業を各国語で行わなければならないため、英語を母国語としない各国では、優秀な外国人研究者を大学の教員に採用するのが難しくなっている。こうした国でも、国研では授業のための言語の制約がないため、多くの優秀な外国人研究者が活躍している。

近年、日本でも以前に比べればアジアからを中心に大学院留学生の数は増えてきたが、ビザの取得や住居の確保、その他の書類手続き等に大学側が慣れていないことも多く、その負担がすべて大学教員に降りかかってくることも多い。大学院、研究所の国際化を推進するには、まずその事務的な基盤を整備すべく、事務機能の国際化に対応した人材の育成、確保が課題となる。

研究先進国である欧米諸国では、研究助成金の公募の際、基本的に国籍は問わないが、研究の実施場所を自国の大学や研究機関に限定している。応募する研究者は多国籍であるため、募集要項、応募書類のうち、科学的な内容は基本的に全て英語で記載される。英語を母国語としないEU各国でも、研究費獲得のための応募書類は、基本的に英語で作成する。国によっては、国外の研究者によるピアレビューを経ることになっている場合もある。これは、その研究計画の国際的な価値が分かるだけでなく、コネクションや人脈に左右されない公平な審査の推進に寄与すると考えられる。日本でも、研究助成の公募を英語で行えば、海外の研究者が応募してくることが予想される。実際に日本医療研究開発機構（AMED）では海外のレビューアーによる査読を導入し始めた。

<研究インフラ・プラットフォーム>

欧州では、クライオ電顕や次世代シーケンサー（NGS）といった大規模機器だけでなく、セルソーターや共焦点レーザー顕微鏡、質量分析計といった、中小規模機器までを対象にした機器共用システムを中心とした多階層な研究環境整備（インフラ・プラットフォーム）戦略が練られて運用されている。この戦略は、コア・ファシリティとして研究用機器の管理・開発やその共用システムの運営と、多国籍な研究者を支え適切な研究費の運用管理を行う事務、効果的な橋渡し研究をアレンジする人材といった、研究推進支援のためのプラットフォーム構築・運営がその核となっている。実際、英独ともに先端研究を行う研究所では、研究所あるいは研究科単位でのコア・ファシリティを中核とした研究支援プラットフォームが充実しており、先端研究の展開に欠かせないものとして運営されている。この研究支援プラットフォームには、以下のような利点がある。

- 徹底した分業により、研究者が研究に専念できる環境
- 機器共用による全体コスト効率化
- 若手研究者のスタートアップ環境整備
- 異分野融合による新しいサイエンスの創出
- ビッグサイエンス化への対応
- 基礎研究からイノベーションまでのコスト・時間短縮

世界の研究競争においては、高度・高価な実験機器と、膨大な実験試行回数、それに伴って生じる膨大な研究データを処理するコンピューティング能力の保有が研究を進展させ、決定的な差をもたらすことが明白になりつつある。最近の神経コネクトーム、マイクロバイオーム、全身細胞アトラス、生体分子アトラス・トランスオミクス、エピゲノム・ヌクレオーム（遺伝子発現機構）等といった世界のトレンドともいえる研究は、いずれもシーケンシングベースのオミクス技術、イメージング技術、データ解析技術の3つの技術の統合的活用がその成功のカギとなっている。すなわち、膨大なデータを蓄積・共有すること、そこから知（データ）の構造化と新しい知識の抽出が必須となる。こういった新しい潮流の研究を、従来どおりの、専門に特化した大学あるいは国研の研究室で進めるのは大変な非効率であり、新潮流に対応していくためには、研究室・研究システムの在り方そのものを構造的に変えていくことが必要であると言える。以下、研究先進国である欧米各国での研究支援プラットフォームについて、(i) 機材の共有とコア・ファシリティ、(ii) 異分野連携の推進、(iii) 研究支援人材の重要性についてまとめる。

(i) 機材の共有とコア・ファシリティ

コア・ファシリティとは、NGS、質量分析計、クライオ電顕、セルソーターなどの高額機器を集積して共用利用する施設である。研究所や研究科単位で設けられているものが多いが、全国規模で共用利用するもの、あるいは欧州全域に加えて加盟国全体で共用するもの（欧州分子生物学研究所・

EMBL など) もある。コア・ファシリティの運営は博士号を持つ専門スタッフで構成され、所属する研究所の研究者に対し、サンプル調製、機器利用のガイダンス、解析サービスなどを提供するほか、最先端機器・先端技術の開発に従事する。機器利用は多くの場合、比較的リーズナブルな課金制となっていることが多い。本調査を行うなかで、現在の生命科学・生物医学分野の研究を牽引するクライオ電顕と次世代シーケンサーのフラッグシップ機の世界の導入動向を調査したところ、前者 Titan Krios (サーモフィッシャー社) では世界に 134 台のうち日本は 5 台、後者 NovaSeq (イルミナ社) は世界 285 台のうち数台とのデータが得られた。日本は米国、中国はおろか、ドイツ、英国にも大きく遅れを取ることがわかった。

技術の急速な進展により、ライフサイエンス関連機器では 2～3 年に一度の技術の世代交代が起こり、機器の更新は最先端研究の生命線となっている。研究先進国のコア・ファシリティの高額研究機器の更新頻度と比較すると、日本の研究機器の更新効率は著しく低い。この効率の低さが、クライオ電顕や NGS のフラッグシップモデルの導入の遅れにつながっているものと考えられる。コア・ファシリティでは、高額機器を PI (Principal Investigator: 研究主宰者) が共用利用するため、共用機器を購入するための専用の資金制度を利用することで機器の更新が進み、また、一研究プロジェクトにあてられる研究費は増えることになる。一方、日本では、研究室ごとに、PI 単位で申請された研究費によって、高額機器を導入するスタイルが長く常態化しているため、高額機器を購入する機会と、それを利用する研究者の数も極めて限定される上、一研究プロジェクトにあてられる研究費が減少することになる。今日の日本の研究室における日々の活動・行動様式は、過去 20 年間多くの機関であり変わっていないが、時代の変化に応じて研究スタイルや制度・システムを変化させていかなければと世界と伍していけないことは自明である。

(ii) 異分野連携

2013 年に登場したゲノム編集技術 CRISPR/Cas9 の発明の場となったことで有名な米国の Broad Institute (2004 年開設) は、「特定の分野で働く個々の研究室の伝統的な学術・行動様式は、生命科学・生物医学の新たな課題に対応するには設計されておらず、ヒトゲノムと生物システムの包括的な見方を得るために、高度に統合された方法で作業しなければならない」という認識に基づき、マサチューセッツ工科大学 (MIT) とハーバード大学が共同で設立したものである。Broad Institute は、以下のようなコンセプトを実現するため、アンダーワンルーフ型の研究所として設計されている。

- ・生物学、化学、数学、計算、工学、医学、が臨床研究と組合せた素早いチームで働くこと
- ・適正な規模の、世界クラスの研究インフラにアクセスできること
- ・研究の創造性、リスク、データ等について、オープン・共有の雰囲気醸成できること

アンダーワンルーフ型の研究所の最大の特徴は、生命学者、医学者、工学者、情報学者が文字通り、同じ建物内の、仕切りのない空間で、一緒に研究できることと、前述のコア・ファシリティを備えていることである。こうした研究施設では、研究者がそれまでに馴染みのない技術を自分の研究に取り入れたり、異分野との連携の模索や、共同研究の開始も容易に行うことができ、新たな研究領域の開拓に強い推進力となっている。

2004 年の Broad Institute 開設に続き、2006 年開設のハワード・ヒューズ医学研究所に併設されたジェネリア研究キャンパスや、2016 年開設の英国最大の生物医学研究機関であるフランス・クリック研究所をアンダーワンルーフ型の研究所として挙げることができる。世界の各地でこのように共有化・共通化されたオープンサイエンスのハブは、融合領域研究を拓く共鳴の場・土壌として大きな存在感を発揮するようになり、いわば研究の推進力・競争力の源泉となっている。

(iii) 研究を取り巻く専門人材の重要性

研究先進国の大学や研究所では、全ての研究室に少なくとも1名の技術スタッフが配置され、加えてコア・ファシリティーの専属スタッフが存在する。全体として、研究者10人に対して、少なくとも4人以上の比率の人員がファシリテースタッフに割かれ、研究ラボとコア・ファシリティーのコミュニケーションで研究が進んでいることが改めて認識された。

ファシリテースタッフの役割は、NGS解析やセルソーティング、イメージング等の技術サポートなど、研究者を技術的にサポートする業務もちろんあるが、それ以上に重要なのは、最先端の技術開発をすることである。この点において、欧米各国のコア・ファシリティーのスタッフは、昔の日本の大学にあった「技官」的な位置づけや現在のいわゆる技術支援員とは明確に異なる。各ファシリティーの責任者は一線の研究者が務め、ファシリティーのスタッフの多くは研究経験のある博士号取得者である。もちろん、NGSでの塩基配列解析に伴うルーティンワークなどは、いわゆる「技官」に相当する技術スタッフが担当することも多いが、ファシリティーに所属する研究能力を持つスタッフは、新技術開発や、新技術の新たな利用・応用方法を模索している。同時に、新技術についての情報収集に努め、発売前の機材をデモとして借り受け、利用する研究者とともに新機材の開発の一翼を担っている。

2.2.3 世界的に進んだ集中型研究開発拠点と共用プラットフォームの役割（ナノテクノロジーの例）

半導体ナノエレクトロニクスの隆盛に伴い、2000年の前後から世界で加速度的に進んだナノテクノロジーの集中型研究開発拠点と共用プラットフォームが果たした役割に触れる。世界的に、次のようなメリットを享受できる拠点型のオープンイノベーションへの取組みが実践されている。

- ・複数企業や複数研究機関による研究開発コスト・リスクのシェア（コスト削減、リスク低減）
- ・拠点化による多様な専門家集団の集結による推進
- ・共用研究開発インフラ、基礎基盤技術開発への公的投資・支援
- ・知的財産の相互利活用と標準化戦略の促進

投資対効果を中長期的に高めるためには、バリューチェーン全体の構造とそのなかでの戦略的な位置取り、適切なタイミングで先端機器・装置群を更新する戦略、知財戦略、標準化戦略、新技術を実装するうえでの社会とのコミュニケーション、に取り組まなくてはならない。世界的に集中拠点化が進んだのは、先端化によって研究開発コストが莫大になる一方、各社のリスクをヘッジし且つシェアする意味で、限られた箇所に集約されていったためである。

世界のナノエレクトロニクス大型研究拠点

ナノテクノロジー（ナノエレクトロニクス）の大規模集中型研究開発拠点は、ベルギーのIMEC、フランスのMINATEC、米国のAlbany Nano Tech Complexなど、世界の限られた拠点到集中している。これらの拠点には、デバイスメーカー、装置メーカー、材料メーカーなどが集まり次世代のデバイス、プロセス研究開発のエコシステムを構築し、先端半導体研究だけでなく、半導体を活用したAI/IoTデバイス・サービスに関わる研究開発や、最先端設備と研究開発プログラムを通じての人材育成が行われている。

IMECは、ナノエレクトロニクスの国際的な研究請負機関であり、2017年の収入は約5.5億ユーロである。約2割がベルギー・フランダース地方政府からの助成金だが、1984年の創業以来、活動

規模としても成長を続けている。IMEC の伝統的なビジネスモデルは、研究協業（受託研究）であるが、中小企業向けのファウンドリサービスも行っている。200mm と 300mm の試作ラインを活用して、CMOS、光デバイス、化合物パワー半導体、太陽電池、イメージセンサ、MEMS の研究開発機能を提供している。さらに、IMEC が複数の中小企業をまとめて、TSMC のようなメガファウンドリへの製造委託も行っている。2016 年に、フランダース地方政府における科学技術振興政策強化の一環として、同地方のデジタル技術研究機関でありインキュベーションセンターでもあった iMinds を吸収合併したことで、従来からの強みであったハードウェアと iMinds のソフトウェアを融合させ、広範囲の IoT アプリケーション開発（スマートヘルスケア、スマートモビリティ、スマートシティ、スマートインダストリー、スマートエネルギー）の研究を促進している。その結果、研究協業先も半導体関連産業にとどまらず、健康、医療、自動車、エネルギーへと広がっている。2018 年の人員は 3,500 名を超え、そのうち 500 ～ 600 名が世界中の研究委託企業から派遣されている研究者（給与は派遣元の企業が負担）、さらに 500 ～ 600 名が博士号取得のために研究を行う大学から派遣されてきた学生である。また、試作製造だけでなく、デバイス設計の受託や、IMEC での研究成果を用いて起業しようとするスタートアップの支援も行っている。日本からも東京エレクトロンや SCREEN をはじめとする製造装置メーカーの他、住友化学、JSR、富士フイルム、カネカなどの材料メーカーも参画している。

フランス・グルノーブルにある MINATEC は、20 ヘクタールの敷地に研究者 3,000 名、学生 1,200 名、産業界の技術移転専門家 600 名を集め、13,000m² のクリーンルームを有する、グルノーブルの産学官集積クラスターの中心地である。年間予算は約 3 億ユーロ（うち、5 千万ユーロは設備投資）。毎年約 350 件程の特許が出願され、1,600 件以上の論文が発表されている。また、多岐にわたる分野（オプティクス、バイオテクノロジー、部品・設計回路、センサなど）で多くのスタートアップを設立している。MINATEC は拠点の自己評価の指標として、① International visibility、② Ecosystem generation、③ Economic impact、の 3 つを重視しており、これらを高めていくための運営に集中している。

米ニューヨーク州立大学にある Albany Nano Tech Complex では、戦略的な提携関係にある企業や公的研究機関が 200 社にのぼり、勤務している企業人は約 3,000 名である。Albany Nano Tech Complex のある SUNY-CNSE（State University of New York - College of Nanoscale Science and Engineering）は、2002 年の建設開始以降、総額 80 億ドル以上を投資して現在に至る。参画企業からの要請に応えるかたちで拡大してきた 13,000 m² 規模のクリーンルームを筆頭に、雇用者の人件費を含めた年間の維持費は毎年 200 億円規模とされる。NY 州政府が約半分を支出し、企業が半分を拠出している。コンソーシアムへの投資 48 億 US ドルは主に民間資金からであり、NY 州政府も 4 億ドルを拠出している。近年は再生可能エネルギー技術研究開発に力を入れており、2015 年には 1.9 億ドルを投じた、ZEN（Zero Energy Nanotechnology）棟が開所している。CNSE の教員・アドミニストレータは約 150 名、大学院生 200 名が所属する。4 つの学科、ナノサイエンス、ナノエンジニアリング、ナノバイオ、ナノエコノミクスがある。なかでも特徴的なのはナノエコノミクス学科であり、ナノテクノロジー産業化へのエンパワメントに関する教育・人材育成をメインミッションとしている。CNSE では博士号を取得でき、また、SUNY のメインキャンパスと共同して MBA を取得できるようにもしている。

アジアでは特に中国の存在感が増している。たとえば、蘇州においては 1994 年から建設されてきた蘇州工業園区（SIP）がつくば研究学園都市の 10 倍以上の規模に成長し、深センにおいては、世界

有数の大企業や大学を巻き込んでイノベーションのためのエコシステムが構築されている。また、シンガポールではフュージョノポリスが国際拠点となっている。

世界のナノテクノロジー共用プラットフォーム

米国、韓国、フランス、ドイツ等は戦略的に公的資金の投入を継続し、充実した先端研究インフラのプラットフォームを構築している。いずれもナノテクノロジー関連国家投資額の5～10数%を研究開発インフラ・プラットフォーム・拠点形成に拠出することで、他の研究開発プロジェクト資金の実行段階において、インフラを活用することで研究活動へのレバレッジを効かせている。特に、日本のナノプラットに近いプログラムである、米国の National Nanotechnology Coordinated Infrastructure: NNCI は、オープンな研究開発インフラとして、課金制や国際対応が確立している。米国の充実した数十の拠点ネットワーク (NNCI / NSF: 16 拠点によるナノテクノロジーコーディネーション拠点ネットワーク、NCN / NSF: 7つの計算機センターによるナノテクノロジーコンピュータネットワークなど) においては、長年の経験を活かし、平均すると連邦政府からの資金は全体運営費の3～4割ほどの状態で運営を継続している。

欧州や台湾も、国・地域単位でナノテクノロジー研究インフラのプラットフォームやネットワークを形成している。EU では Horizon 2020 のもと EuroNanoLab という、フランス、イタリア、オランダ、スウェーデン、チェコ、ノルウェー、ポルトガルの各国の主要ナノテクノロジー研究インフラを連携させネットワーク化するイニシアティブを進行させている。

このようなプラットフォームは、ナノテクノロジー・材料分野に限らず、他分野においても研究開発プロジェクトや産学連携を支え、融合や連携を促進する共鳴場として不可欠な研究インフラになってきている。一方で、研究開発に用いる先端機器の技術世代が進歩していくなか高額化が進んでいることから、陳腐化する既存設備の更新や、データの利活用基盤の構築、高度設備の性能を最大限に引き出してユーザーの研究開発成果を共に生み出す専門技術者の継続確保と育成が共通の課題となっている。

2.3 日本における研究システム・プラットフォームの課題

先端科学技術の進展と、科学技術の適用が求められる社会・産業上の課題が複雑化するにつれて、従来型の研究室単位での活動では、実施することが難しい研究開発課題が増えている。特に学際領域・異分野融合を要する新しい研究開発課題が世界的に増加・拡大するなかで、わが国は多くの領域で、現有の設備・スキルでは対応できないような実験観察・データを扱うべきケースが増加している。プラットフォームの構築によってこれを回避しようとサポートし、善戦してきた既述のナノプラットのような仕組みでさえ、ユーザー研究者が必要とする技術的な進展や広がりに応じた施設・設備上の課題、高度技術を持つ人材不足の課題は絶えない。また、新技術・新装置開発とその普及・利活用との関係や、日本全国を最適にカバーするとの観点も課題である。各法人における施設整備補助金等の概算要求や、個々の研究室単位、競争的資金の単位でこれまで導入されてきた様々な装置群は、老朽化や陳腐化にさらされ、わが国のほとんどの大学・研究機関において、世界の最先端でありつづけることはすでに不可能になっている。

技術の進展に伴い新たな装置が世界各地で生まれているが、このような新規に開発された最新装置・設備を研究現場へ導入することにも、わが国は課題がある。通常、装置開発に関わる研究開発投資は、技術・装置開発を目的とした公的施策や企業によっておこなわれているが、日本では新規な特殊装置を、将来的なスタンダードとして育てる普及戦略に課題がある。新技術・新装置技術と、そこに対する新しい研究開発ニーズを接続させる必要がある。

また、単に装置類の問題ではなく、装置の性能を引き出し、スキルやノウハウを蓄積する高度人材の確保と、その蓄積の継承に重大な課題がある。

仮に日本の研究環境に資するべく、研究システム・プラットフォームを構成しようと考えた場合、特定の一か所に先端機器と専門人材を集中させれば、それだけで日本の研究力が向上するというわけではない。対応する技術領域による類型化はもちろんのこと、全国の研究者のアクセス性や、周辺に存在する関係機関や地域の産業など、地域性を考慮した技術・設備の配備を考えなければならない。各地の既存の大学・研究機関に平等に分散配置することはおそらくコスト効率の面でも適切ではないため、いくつかのハブ的な場と、特徴的な技術に特化した機関との、いわば「ハブ&スポーク」のような構造を考えるべきではないか。同時に長期的な視野に立った技術・設備の開発・高度化・更新と、専門人材の継続確保は必ず構造的な課題となる。この仕組み・設計を如何におこなうかがとりわけ重要になることは間違いない。

このような研究プラットフォームが存在することで生み出される付加価値の源泉は、高度な専門性を持った技術系人材に大部分があるが、このような人材を恒常的に先端設備と共にプラットフォームとして配置することは、年々難しくなっている。技術の進展と研究利用ニーズの拡大を考慮すれば、多様な研究開発課題に対して、研究者と共に課題解決にあたる専門技術者は欠かせないパートナーといえるが、わが国の大学法人や研究機関では、人事制度上や財政上の問題、そしてなによりも研究社会における風土や認識の問題から、このような技術者を育成し確保し続けることがうまくいっていない。研究開発課題を抱える研究者からすれば、頼りになる技術者の存在とともに、保有される高度技術やノウハウの継承の必要性が強く望まれている。いまやどの分野でも、人員の絶対数の不足と高齢化が生じている。人材の安定的な確保のためには、任期付きの雇用では5年または10年間といえども困難な面がある。このような研究環境を取り巻く人材の不足は、社会全体の問題でもある。

高度な専門性を備えた技術者等は、論文を自ら発表する研究者とは異なるが、こうした各種専門人材が担う仕事をより魅力的な職業にしていくことが課題である。端的な言葉で表現すれば、本来は「共に研究課題の解決を担うパートナー」であるべき人材のはずである。だが、大学等における研究者は、このような人材を研究者よりも低く見るきらいがある。欧米諸国との大きな差がここにある。底流には、長年にわたってわが国の研究コミュニティで醸成された慣例や空気の支配が厳然としてあり、本当に解決するには、研究者人材との人件費競合に向き合わなければならない。その手段としては、人事・雇用制度の改革や、新しい評価制度はもちろんのこと、専門性に関するインセンティブ維持・確保や処遇の改善、キャリアパスの構築・促進が課題となる。例えば、キャリアパスの見える化から始め、多様な働き方に応じたモデルの構築をおこない、「選ばれる仕事」へと変えていくことが本質的な課題である。運営費交付金の削減に悩む大学において、人件費の維持・確保はすでに大きな問題となっているなか、多くの大学は研究者・教員の人件費が主要部である。そうした環境があるため、多様な専門人材の人事・雇用制度の改革は、既得権を脅かすものとして大学研究者の多くは反対するだろう。こうして、多数意見が現状を如何に維持し守るかへ向く限り、研究者が最高のパフォーマンスを生み出す、世界で競争できる研究環境は、いつまでも実現しない。

「ラボ改革」をどう実現していくか。20世紀終盤から続く、変化の乏しいわが国の研究行動様式にあって、大学・研究機関の研究室は労働集約的な研究活動を基本形態としてきた。人口減とともに研究人材および技術者等の研究関連人材が不足するなか、如何に労働集約的な研究スタイルを変革するかが求められる。解決の方向性としては、人の数が減っても実行する研究成果の生産が減らない効率化しかない。具体的に言えば自動化とIT化を、研究現場でどう実現していくかが命題になる。例えば、AIで制御されたロボット実験機器により、多数の条件を振った実験・測定・加工を連続・同時進行させ、作業のスループットを向上させることが課題となる。言葉で表現することは簡単だが、現実の実験系で自動化を導入するためには、緻密な実験機器設計とメカニクス・制御が必要になる。そして、実験から生じる膨大なデータを蓄積して自動処理するインフォマティクスツールの導入も重要な課題である。さらに処理された結果は次の実験にフィードバックすることが必要になるが、それすらリアルタイム・自動化することが今後出てくるであろう。通常、実験のデータ蓄積はラボ毎に形式が異なり、特定のラボだけで通用するデータを蓄積するやり方は、得策ではない。統一的な用語、フォーマットに基づくデジタル化とそのデータベース化を進め、国内のプラットフォームに長期的に蓄積し第三者利活用の仕組みを整えていくことが課題である。その際、データの所有権や利活用にかかる権利を整備していくことも課題である。また、このようなデータインフラの最大の課題は運用コストにあり、「流入するデータ量」と「使用するユーザー数」の2つのパラメータが増加・成長する仕組みをインストールできるかにかかっている。

一方で、ラボにおける実験・研究活動を自動化していくことは、必ずしもメリットだけではないとも考えられる。例えば、研究者が自らの手を動かすことをしなくなる、手で触れることをしなくなる、サンプルを自分で調製しなくなる、研究機器を自作しなくなる、技術がわからなくなり、実験の上手い／下手といったスキルの差がなくなることによる研究スキルの均質化・平坦化が起きる、といったことが想定される。これは、研究における「手触り感の消失」といえる。人口減少時代ゆえ省力化や自動化は必須の流れとはいえ、研究者や技術者自身のなかに何を蓄積し残すのかという本質的な課題がある。また、教育や人材育成の観点でも、極端なことをいえば「機械がやってくれる」ことに対し、そのなかで起きていることへの実感を持ってない、あるいはどこまでの実感が必要なのかということも、考えていかなければならない。将来のよりスマートなラボへ向け、どのような場を作っていくべきか、ハードとソフトの両面から研究システムとして考えていく必要がある（図 2-1）。

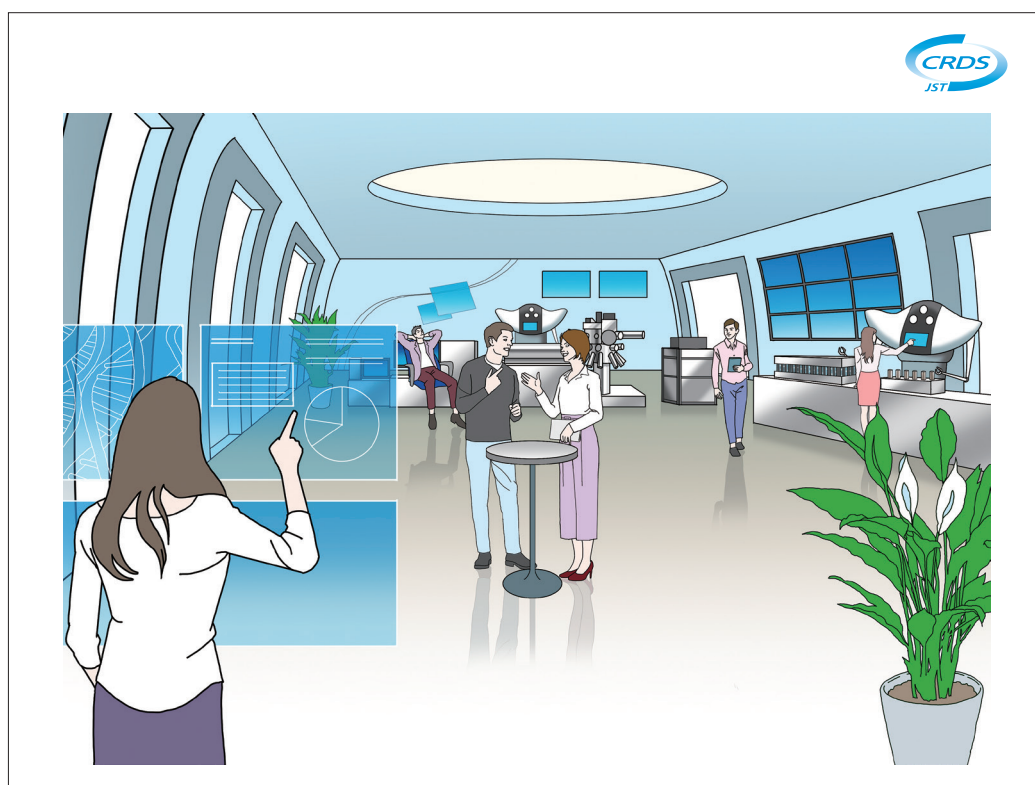


図 2-1 将来の「よりスマートなラボ」はどうあるべきか

3 資金規制・制度改革の視点

第1章「研究力に関わる研究資源」で研究資金について、特に「研究を担う主体」と「研究を実行するために必要なコスト」の関係に触れたが、研究開発の投資効率を向上（成果最大化）させるために必要と考えられる大学・公的研究開発機関や研究プラットフォームにおける資金の取り扱いについて述べる。

基本的な考え方は、研究を担う主体の単位と、資金管理の単位とを対応させることが、効率・成果の最大化につながるのと構造である。例えば企業でいえば、ステークホルダーたる出資者や債権者がいくつに分かれていようと、法人一つの単位で財務諸表を統合的に作成・管理し、法人単位で経営成績（＝企業価値）が最大化されることを是とする構造にある。ホールディングス経営やグループ経営の場合であれば、グループ全体で企業価値が最大化されればよいとし、それが企業本来の求められる姿でもある。しかし、公的資金を取り扱う法人の場合は違う。運営費交付金と外部の競争的資金や、企業からの共同・受託研究費等はそもそも別々に管理し、競争的資金もその制度ごとにすべて別管理しなければならない。このこと自体は当然である。制度ごとに目的の異なる資金の使用を、異なる審査・承認プロセスのもとで認めるのだから必要と考えるべきだが、研究を担う主体において、その体をいくつにも分割して、多数に分かれた資金管理をしながらやりくりしなければならないことに起因する非効率性は、相当程度にのぼる。特に難しくしているのが、研究主体における設備等の修繕・更新（調達）と、人件費の継続的な支出である。なぜ難しいかといえば、公的機関のラボでは原則として貯金や貯蓄が難しいことが最大の要因である。そもそも研究を担う主体では、共通の研究資産（ヒト・モノ・チエ）を用いて様々な制度に紐づく研究課題を遂行するが、研究費のフローの部分だけが制度ごとに完全分離していることから、共通の研究資産を積み上げ成長させようとする過程で、制度間の差に常に悩まされてしまう。

国立大学法人では年度ごとに、文部科学省へ申請し承認を得ることによって目的積立金を計上することが可能だが、各大学で膨大な数にのぼる研究費制度の一つ一つから申請できるようなものではなく、実情はよほど明確な申請理由を法人として整えないかぎり申請に至らず、承認を得るまでに要する煩雑な手続きを敬遠する傾向にある。

第1章で触れたように、文部科学省は「研究費の合算使用」を認めている。主要な制度について複数制度間で研究費の合算による共用設備の購入を可能とし、また、同一の研究者が複数制度の研究費を合算し設備を購入することも可能としている。しかし研究を担う主体において、同じタイミングで同一の設備に対して合算使用できる資金が存在することは、極めて稀な状況である。多くの場合、タイミングが合わない。また、人件費についても制度ごとに雇う人材を別人にするか、あるいは最近では徐々に同一人物であってもエフォートを分割することによって、複数制度の資金から同じ人物の人件費を支出することを可能にする法人も出てきた。各法人でこの対応状況は異なるが、法律上は問題なく、このような人件費使用の仕組みを適用する法人と、適用していない法人とに分かれているのが実態である。十分に適用されるだけの、具体的な制度面の整備と運用の両方が追いついていない。競争的資金を原資に雇用する人材は、特定制度への専従が義務付けられるケースが多い。専従義務の緩和は、前述の文部科学省の「研究力向上改革 2019」でもうたわれているが、異なる競争的資金財源から、エフォート管理して同一人物を雇用することを、各法人でもっと柔軟におこなうことが必要である。また、雇用の人件費は競争的資金財源に限定する必要もなく、共通経費や他の資金を合わせることが効果的な場合もあるだろう。多くの法人では、人事・財源管理上の難しさや、異種制度の資金で得られる期間に差があることなどから、避けがちである。資金配分機関においても、このような柔軟で多様な雇用・人件費構造を、促進していくことが必要である。

公的機関の特性上、私企業とは異なり必要以上の貯金は相応しくない。しかし、研究開発投資効率を最大化させるためには単年度会計の限界があり、一定のルール（期間と規模）において設備投資や人材の継続確保・育成に必要な、ある種の貯金や積立を可能とする仕組みの導入を検討すべきではないか。このような検討は過去何度もあったが、公的資金の性格上ほとんど頓挫している。財源が公的資金とは異なる企業等からの共同・受託研究費等である場合に関しても、大学・公的研究開発機関で執行管理するにあたっては会計年度を跨いで使用することが柔軟にできていない（または極めて特殊なケースでしかできず、難しい状況にある）。

科学技術の先端化と高度化が進むにつれて、研究の単価・コストは上昇している。設備投資等の際に一度に必要となる支出単価は上昇し、いくつにも分割管理された研究資金で対応することができにくくなってしまっている。制度ごとの適切な資金管理が必要であることは間違いないのだが、研究主体の執行においてさらにもう少しの柔軟性を取り入れ、複数年にわたる研究開発活動の投資効率を最大化する運営を実現することが課題である。また、海外主要国のファンディング機関では、例えば英国 BBSRC や EPSRC、独 DFG では、研究インフラの調達に特化した資金制度が設けられている。BBSRC には、研究拠点の能力を強化することを目的としたミドルレンジ機器のイニシアティブがあり、20 万ポンドを超える機器について、複数の研究者のグループからの申請により、複数のプロジェクトおよび複数の用途で配備されることになっている。

ドイツでは、一定額以上の研究機器は実質的に競争的研究資金では購入できず大学が調達しなければならない。競争的資金からは人件費の他、試薬や費用の安い装置しか買えない規則になっている。連邦基本法（91b 条）に則り 20 万ユーロを超える研究ファシリティの購入については総額の 50% を限度に DFG からの助成を受けることができる。残る 50% は大学当局ないしは州政府が負担する。限度額は 5,000 万ユーロで、審査を経て助成が決まる。5,000 万ユーロを超える機器の購入については研究棟の増築や新築と同様に、州政府から学術審議会（WR）に申請する。助成までのプロセスは、学術審議会が機器購入を決めると連邦と州政府の合同科学会議（GWK）に提言を出し、同時に DFG が GWK に対してレビューを実施した後で推薦状を提出すると、GWK がプロジェクトの実現性を審査する流れとなっている。他にも、「コア・ファシリティ」という名称のプログラムがあり、大学所有の機器を共有する場合に最長 5 年間、年間 15 万ユーロを限度に機器維持のための人件費と雑費を助成している。

このような仕組みは日本にはなく、競争的資金の研究費申請が採択された際に設備を調達するか、各法人の施設整備補助金等の概算要求が承認された際に、ほとんどが限定される。したがって、個々にボトムアップに配備されるため、国全体としてみるとバランスを欠いた整備状況になってしまう。本来は、技術世代の進展や、運転コスト、共用の利用ニーズに対する稼働状況、そして設備の耐用年数などを考慮して、戦略的な配備・更新計画を実行すべきである。異なる資金制度間の資金の合算による購入だけではなく、設備購入資金の共通財源化（設備ファンド）の検討が求められる。複数の資金配分機関の研究テーマにとって、いずれにも貢献するような共通設備であれば、特定の競争的資金制度の採択に頼って且つ特定の研究者・チームにどうしても利用が紐づいてしまう構造は、変えていくべきである。ただしその場合、共用機器を調達する資金と、そのオペレーションやメンテナンスコストの長期戦略や、利用時間配分とを効率的にマネジメントする仕組みの導入が必要である。

以上から見えてくることは、公的研究の実施主体の単位での「ラボを運営するシステム」だけではなく、そこに資金を投じる国や産業界等も包含した、幅広い意味での「日本の研究経営システム」を分野の特性等を踏まえたうえで全体最適化する必要性である。

おわりに 研究文化と研究環境

研究は文化に根差したものである。研究の文化的な一面と、また、研究活動のなかに生じる文化もある。「研究文化」の語は一般的ではないが、近代以降、日本には主に戦後の70年あまりを経て大学等の学術・研究の場で形成された、ある種の研究活動に関わる規範や行動様式がある。学術分野や研究分野によって違いはあるが、これらの行動様式には研究文化と呼ぶことのできる面がある。例えば、西洋諸国から科学技術の知識や方法論を導入することに始まった明治時期も、先人たちは限られた研究環境・研究資源のなかで、試行錯誤を重ねて新たな地平を求めて研究をおこなった。手に入らない研究機器や専門書が大多数のなか、わからないことは実験し、無い研究機器は自ら試作し、改良・改造を加えていくことは自然なことであったし、自ら作るよりほかなかった。分野によって開放性や閉鎖性の差はあるが、脈々と継承されてきた学術・専門分野における徒弟制や、研究社会における異動や昇任等の人事、分野間に形成された縦割りの構造、研究テーマを大きく変えていくことの難しさなどもあった。これらには、日本の研究者に特徴的な面が影響して形成された部分も少なからずあったであろう。これらが研究の文化として、その是非はともかくも、今も根付いているところがある。分野によって、実験・観察の方法論・様式や、議論や発表の手法、論文化の作法や学会活動、大学における学部学科や研究科の組織構造、そこで活動する人材・コミュニティの行動規範・倫理観など、あらゆるところに様々な研究の文化は関係し存在している。わが国には1,000以上もの学会組織が存在するが、細分化された組織の数は他の主要国に比して特に顕著である。歴史的な学問・学術の体系にもとづく深く専門・細分化された単一分野では、現代の多様で複雑な課題に対して面的に向き合うことが難しくなっているにもかかわらず、今も新たな境界を設け、人材や研究資源が複雑に細分化してきた流れを変えることはできていない。激動にさらされ不確実性の高まる世界にあって、研究活動においても分野横断的な連携や新たな融合領域の創出の必要性が強く認識されるようになった。時間をかけて形成されてきた研究文化にも、伝統として継承すべきものを見定めつつ、新しい時代に呼応した変化が必要になっているのではないか。

本報告書で論じてきた研究環境の現状認識や変化から、日本の研究文化のいくつかはすでに変容していると考えられる。他方いくつかの研究文化は、それを守ろうとする研究社会・コミュニティによって、一部は変化を拒んでいるとも見える。日本の研究力は大丈夫かとの懸念が叫ばれるなか、研究の「力」を数値化して簡単に測ることはできないし、そうすることはそぐわない。たしかに進歩には定量的な評価や競争が欠かせないが、同時に研究は文化に根差したものである。研究の力とは、研究の文化資本たる面との関係にその本質があるのではないだろうか。

研究文化の形成に強く影響するものが、まさに研究環境であり研究土壌である。研究環境は、研究活動を取りまくあらゆる環境を含むものといえるが、とりわけ重要なことが本報告書で論じた、ヒト・モノ・カネ・チエの研究資源と、その使い方・関係性によって構成される研究環境である。つまり、どのような研究環境を構成するかによって、その研究環境でおこなわれる研究活動から、時間を経て研究文化は形成されていく。本報告書が述べるのは、異分野融合を促し日本の研究力向上を支える豊かな研究土壌を育むうえでの認識と課題である。科学技術イノベーションに結び付く最も効果的な研究力向上の在り方を導くことがより重要であるが、同時にそれは、研究現場の実情を踏まえたものでなくては機能しない。新しい仕組みややり方に挑戦し続けることが、新しい研究文化をつくるのであり、研究環境の変革によって豊かな研究土壌を育み、同時にそれは、新しい時代に相応しい研究文化の形成につながるものであってほしい。

参考・引用文献

- 1) Strengthening the effectiveness and sustainability of international research infrastructures, OECD Global Science Forum, OECD SCIENCE, TECHNOLOGY AND INDUSTRY POLICY PAPERS, 2017 No. 48
- 2) Reference framework for assessing the scientific and socio-economic impact of research infrastructures, OECD SCIENCE, TECHNOLOGY AND INDUSTRY POLICY PAPERS, 2019 No. 65
- 3) 株式会社三菱総合研究所「我が国大学の研究経営システム確立に向けた国内外動向に関する基礎的調査」(2016年3月)
- 4) 東洋経済新報社「科学立国の危機 失速する日本の研究力」(2019年2月)
- 5) 文部科学省 科学技術・学術政策研究所「科学技術指標2018年」, NISTEP RESEARCH MATERIAL, No.274 (2019年8月) DOI: <http://doi.org/10.15108/rm274>
- 6) 文部科学省 科学技術・学術政策研究所「科学技術の状況に係る総合的意識調査(NISTEP 定点調査2018)報告書」, NISTEP REPORT, No.179(2019年4月)DOI: <http://doi.org/10.15108/nr179>
- 7) 文部科学省 研究力向上改革2019 (2019年4月)
- 8) 文部科学省「研究費の合算使用について」(2017年7月改正)
- 9) 文部科学省 ナノテクノロジー・材料科学技術委員会『文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム「先端共用施設・技術プラットフォーム展望調査WG」報告書』(2019年5月)
- 10) 文部科学省 科学技術・学術審議会 産業連携・地域支援部会 競争力強化に向けた大学知的資産マネジメント検討委員会、大学等における産学官連携リスクマネジメント検討委員会「研究経営システムの確立に向けて(報告書)」(2015年8月)
- 11) 科学技術振興機構 研究開発戦略センター「Beyond Disciplines JST/CRDSが注目する12の異分野融合領域・横断テーマ(2018年)」(CRDS-FY2018-RR-02)(2018年8月)
- 12) 科学技術振興機構 研究開発戦略センター「研究開発の俯瞰報告書 日本の科学技術イノベーション政策の変遷 ～科学技術基本法の制定から現在まで～」(CRDS-FY 2019-FR-06)(2019年3月)
- 13) 科学技術振興機構 研究開発戦略センター「研究開発の俯瞰報告書 ナノテクノロジー・材料分野(2019年)」(CRDS-FY2019-FR-03)(2019年3月)
- 14) 科学技術振興機構 研究開発戦略センター「研究開発の俯瞰報告書 ライフサイエンス・臨床医学分野(2019年)」(CRDS-FY2019-FR-04)(2019年3月)
- 15) 科学技術振興機構 研究開発戦略センター「研究開発の俯瞰報告書 統合版(2019年)～俯瞰と潮流～」(CRDS-FY2019-FR-01)(2019年7月)
- 16) 科学技術振興機構 研究開発戦略センター「調査報告書 研究力強化のための大学・国研における研究システムの国際ベンチマーク ～米国、英国、ドイツおよび日本の生命科学・生物医学分野を例に海外で活躍する日本人研究者に聞く～」(CRDS-FY2019-RR-03)(2019年8月発行予定)

■ 報告書作成メンバー ■

永野 智己	総括ユニットリーダー・フェロー
島津 博基	ライフサイエンス・臨床医学ユニット ユニットリーダー・フェロー
梅原 千慶	企画運営室 主査
小松崎 美奈	企画運営室 調査員
中山 智弘	企画運営室 室長

※お問い合わせは下記までお願いいたします。

CRDS-FY2019-RR-02

The **Beyond Disciplines** Collection

異分野融合を促し、研究力向上を支える土壌を育む

令和元年 7 月 July, 2019

ISBN 978-4-88890-648-7

国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター

Center for Research and Development Strategy, Japan Science and Technology Agency

〒102-0076 東京都千代田区五番町 7

電 話 03-5214-7481

E mail crds@jst.go.jp

<https://www.jst.go.jp/crds/>

©2019 JST/CRDS

許可無く複写／複製することを禁じます。

引用を行う際は、必ず出典を記述願います。

No part of this publication may be reproduced, copied, transmitted or translated without written permission.

Application should be sent to crds@jst.go.jp. Any quotations must be appropriately acknowledged.

ISBN 978-4-88890-648-7

