

1. 科学技術分野における国際ビッグプロジェクトの推進に係る視点と課題

(1) 「科学技術分野における国際ビッグプロジェクト研究会」報告書

1 はじめに

(1) 本研究会の趣旨

歴史的に科学技術分野における様々な国際ビッグプロジェクトが実施されてきた。いずれのプロジェクトも独自の科学的な意義や特徴を有するだけでなく、巨額なコストや多国間協力を伴うものが多いため、国内外の社会・経済・政治的な関心を集め、その時代情勢の変化と共に多種多様な要素が複雑に関わり合いながら進められてきた。更に今後は、新興国を含む多様な統治体制や文化をもつ国・地域・組織が協力して推進するという先例のない進め方が必要になると考えられる。

一方で、我が国に目を向け、厳しい財政事情を考慮すると、巨額の公費負担を必要とする国際ビッグプロジェクトの予算を確保することは容易ではなく、そのようなプロジェクトを推進する上では、幅広いステークホルダーの共通理解を得るプロセスは不可欠である。加えて、多国間での国際協力とはいえども、自国の資源の集中に合意が得られるかなど、関連分野とのコンセンサス形成も不可欠である。

このように国際ビッグプロジェクトを推進する上での問題が国内外でますます複雑化するなかで、今後の国際ビッグプロジェクトを適切に扱うためには、過去の国際ビッグプロジェクトの経験や教訓が貴重となる。しかし、国際ビッグプロジェクトのプロセスに関与した関係者の知見は、これまで組織的・系統的に蓄積・継承されてきたとはいえない。

そこで本研究会は、これまで実施された国際ビッグプロジェクトの創案、決定、遂行のプロセスに参加した関係者の経験や知見を蓄積・整理するとともに、国際的に行われている議論を踏まえ、今後、国際ビッグプロジェクトを推進する際に想定される課題を把握し、推進する際に重要と考えられる視点や課題を検討することを目的として開催された。

(2) 本研究会の概要

本研究会では過去に国際ビッグプロジェクトに関与した研究者や行政官へのインタビュー、文献調査、3回の研究会での意見交換を通して、特に重要と考えられる課題の抽出と視点の検討を行った。研究会の実施期間は2014年1月～3月である。

2 国際ビッグプロジェクトとは

(1) 多様に展開される国際ビッグプロジェクト

国際ビッグプロジェクトには、二国間科学技術協力協定に基づくプロジェクト、地域の共同研究により推進されるプロジェクト、国際協定等を必要とするより多くの国や地域が関わるグローバルプロジェクト等、国や地域の関わり方についての多様な形態がある。

また、大規模施設等の建設や建造を伴い巨額の費用を要するものや、研究資源が分散されアクターが世界規模の広がりを見せるタイプのもの[1]等、規模の大きさやそのネットワーク構造のあり方など様々な捉え方ができる。

本研究会では特に、大規模施設の建設等を伴い多くの国や地域が関わる国際ビッグプロジェクトに焦点を当てることとした。

(2) 国際ビッグプロジェクトの利点と留意点

国際ビッグプロジェクトを推進する上での利点や留意点は、以下の通りである[2]。

[利点]

- ・ 個々の国の資金調達能力を超えたプロジェクトが実施できること
- ・ 最先端の科学的な施設の重複を回避できること
- ・ 地理的優位性（望遠鏡の立地場所等）へのアクセスができること
- ・ 世界的に分散しているデータへのアクセスができること
- ・ 若手科学者や技術者への国際的な経験の提供ができること

[留意点]

- ・ 長引く国際交渉によって、計画の遅延や経費の増大が起こり得ること
- ・ 施設整備における技術選択の多様性に反して、各国の拠出に応じた契約履行の制約から最適な技術の選択が困難となること
- ・ 国際パートナーとの調整が必要なため、財政的・組織的な意思決定において制約があること
- ・ これまで国際共同研究の枠組みに入っていない新たなパートナーが、新規参入しづらいこと
- ・ 伝統的に活発な科学領域において、国際ビッグプロジェクトを通じた協調できるプラットフォームがあることによって、その領域における競争が抑制されること
- ・ 新たにマネジメント体制が構築されても、それが望まれる基準に到達するまでに時間を要すること
- ・ マネジメントなどの科学者以外の専門家、実務家が必要であり、交渉内容が複雑化すること
- ・ 国際的な大規模施設を伴う組織は、保守的かつ自己保身的な組織に変質しがちであり、新たな科学や技術のニーズに最適にこたえづらくなること

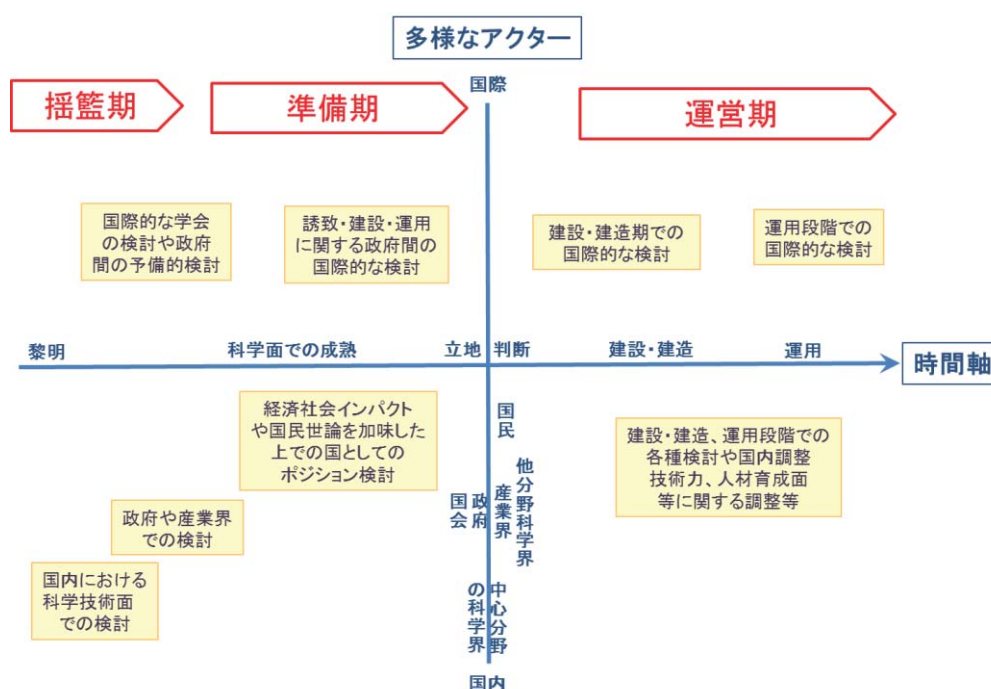
(3) 国際ビッグプロジェクトの時間的变化とアクターの多様性

国際ビッグプロジェクトは長期にわたる揺籃・準備期間と運営期間を要する。特に、大規模施設等の建設・建造を伴う国際ビッグプロジェクトに焦点を当てると、国内外における科学コミュニティでの検討から始まり、非公式な関係国間の意見交換、公式な国際交渉（資金配分、組織の構成と人事（マネジメントサイドと科学研究サイド）などを含

む)、建設・施設整備・研究の仕組み・評価システムの構築などの過程がある。

その過程では、政治、行政、産業、科学、国際機関、市民等の多様なアクターが各々のインセンティブを持ちつつ⁶⁶、各アクターの立ち位置が時間経過に伴い変化する。国内外の情勢の変化が国際ビッグプロジェクトの準備や運営に大きな影響を与えるなど、様々な不確定要因もある。そのため、長期にわたる時間的変化とアクターの広がり認識し、論点を整理しておくことは、国際ビッグプロジェクトを安定的に進める上で重要な視点となる（図表1）。

図表1 時間軸と多様なアクターによる検討の枠組み



（4）国際的検討からの示唆：OECD グローバル・サイエンス・フォーラム報告書から

国際的には、大規模施設等の建設・建造を伴う国際ビッグプロジェクトの設立における課題と対応策について、以下の示唆が取り纏められている[2]。

① 法的・管理体制とガバナンス

- ・巨大な施設の建設から運用、高度化、最終処理に至る過程に関する協定文書が検討される。準備期においては予備的な検討が行われ、運用期に入る前に協定交渉がなされることが通例である。
- ・大規模国際研究施設は、ホスト国での法的地位を有する独立した事業体となる場合が多い。その場合はホスト国の法律や規制が適用されるが、協定文書とともに

⁶⁶ 大規模施設等の建設・建造を必要とする国際ビッグプロジェクトの過去の経緯に照らしてみると、あるプロジェクトを主導する科学コミュニティや建設・立地予定地域の関係者は、プロジェクトの誘致に対して強い動機を有することが多い。一方で、あるプロジェクトに予算が重点配分されると、他分野への予算削減を懸念する科学コミュニティや、プロジェクトに対して多額の公的負担を行うことに懸念を有する関係者もある。このように、それぞれの立場や価値観によって、プロジェクトに対する見方が多様である。

準備・検討されることが通例である。

- ・スタッフやコンサルタントの雇用、設備の整備、土地の所有など、様々な契約に関し、ホスト国の中で法的な主体性を保つ。準備期・運用期ともにこのようなコラボレーションのための作業が発生することが通例である。
- ・運営委員会は、コラボレーションのための主要な意思決定機関であり、意思決定のプロセスと権限については、協定に明記する必要がある。年に1、2度、進捗確認の会議が開催される。通常、各パートナーから1名ずつ代表者を入れる。準備期・運用期ともにそれぞれ違う目的により、ガバナンスは特に重要な役割を果たす。

② 新しい組織の設立・既存の組織の活用を検討

コラボレーションの主体として既存組織を活用する場合、その組織の有する信頼・安定・法的手順・施設設立の手法、経済・政治面でのサポートを受けた経験を利用できる利点があるが、その組織が国際ビッグプロジェクトの多様な課題に対処した経験がない場合、混乱を生じる可能性がある。既存の一つの組織・地域に世界規模の科学的活動が集中し、逆に国際性が失われることも危惧される。

③ 物理的アクセスと科学情報へのアクセス

プロジェクトへの参加者（国、機関等）だけでなく、非参加者の研究施設の活用を可能にしたり、実験に参加していない研究者にも実験データを活用できるようにする仕組みが必要である。準備期においては予備的な検討が行われ、運用期に具体的な仕組み作りが進められることが通例である。

④ 国際交渉

これは準備期から運用期にかけて、プロジェクトの参加国にとって極めて重要な仕組みである。交渉者の資質（個人のリーダーシップの必要性）、交渉の範囲、科学の特徴（研究のゴールは必ずしも当初の計画通りには行かない）、言語の問題（公的文書の使用言語）等が問われる。

⑤ サイトとホスト選択

物理的に特定の場所に設置する必要がない場合は、最終的な意思決定には非科学者の強い関与がありうる。最終的な決定は、経済的、政治的なトレードオフを含む複雑な交渉の結果になる可能性が高い。準備期における極めて重要な課題である。

3 研究会を通して得られた視点

(1) 国際ビッグプロジェクトを推進する上での意義

過去の立ち上げの経緯をみると、国際ビッグプロジェクトを実現するための必要条件として、少なくとも3つの重要な意義を指摘できる。第一に対象とする学問領域における科学的意義、第二に各国で共有できる社会的意義、第三に国際政治的意義である。過去に実施された主要な国際ビッグプロジェクトにおけるそれぞれの意義の概要をまとめると、図表2のようになる。

図表2 各国際ビッグプロジェクトの3つの意義

	科学的意義	社会的意義	国際政治的意義
CERN (欧州原子核研究機構)	原子核・素粒子物理という新しいフロンティア	- 第二次世界大戦後の欧州復興 - 核兵器に直結しない科学研究	米ソへの対抗、欧州の統一
ITER (国際熱核融合実験炉)	制御された核融合の実現	新しいエネルギーの確保	東西冷戦収束への象徴プロジェクト
ISS (国際宇宙ステーション)	地球や宇宙の観測、宇宙環境の利用	- 安い大量輸送能力による活動圏の拡大 - 宇宙工場への期待	- 西側諸国の連携(冷戦終結前) - 国際連携の象徴(冷戦終結後)
ALMA (アルマ望遠鏡)	世界最大の電波天文台による宇宙の探査	宇宙の謎の解明という「夢」	3つの大型計画(「大型ミリ波サブミリ波干渉計(LMSA)」、「ミリ波干渉計(MMA)」、「大型南天干渉計(LSA)」)を同時に進めることの困難さ
GEO/GEOSS (地球観測に関する政府間会合/全球地球観測システム)	地球観測による地球科学の解明	地球温暖化などの問題への対応	新しいミレニアムにおける国際協調の必要性
HFSP (ヒューマン・フロンティア・サイエンス・プログラム)	生命科学の最先端解明	- 疾病対策 - 脳機能の活用	日本の基礎研究ただの理論への対応
Future Earth	気候変動、生物多様性などの科学の推進	- 地球規模問題への対応 - あらゆる関係者を巻き込んだ協働による対応	Diversitas、IGBP、IHDP、WCRP、ESSPへの発展的な継続と統合

これらを見ると、プロジェクトに応じて必要な意義のバランスが異なっていることがわかる。例えば、ISS は、冷戦時代の米ソ対立を背景にスタートしたプロジェクトであるが、冷戦終結後は国際連帯の象徴へと位置づけが変わり、時代の変遷に伴う意義の変化があるものの、国際政治的意義がより強く作用していた[3][4]。また、ITER や CERN は国際政治的意義の他に、「新しいエネルギーの確保」[5][6]や「第二次世界大戦後の欧州復興と核兵器に直結しない原子核・素粒子物理学の追究」[7][8]という関係各国で共有できる社会的意義も作用していたと考えられる[9]。

科学的意義についてみてみると、その意義は多様であり、分野の垣根を越えた相対評価が困難であるという科学の特性から、プロジェクト推進のための決定的な要件とはなりづらいことが窺えるものの、科学的意義の検証に当たっては、科学のフロンティアや技術的進歩の度合いを見通しつつ、最適なプロジェクトの着手時期を検討することが重要である。

これらのことから過去の経験において、国際ビッグプロジェクトを進める上では、国際政治的意義や社会的意義の相対的な重要性が高いと考えられる。特に、巨額なコストを要するプロジェクトにおいては、国際政治的意義がプロジェクトの強力な推進力になっていることが推察される。したがって、巨額なコスト（例えば1兆円を超えるもの）を要する国際ビッグプロジェクトに着手するためには、特に強い国際政治的な動機が必要になってきたと考えられる（図表3）。

図表3 国際ビッグプロジェクト等の費用と主要な意思決定の動機

プロジェクトの性格	プロジェクト名	費用 (※印は建設費用)	最も重要と考えられる 意思決定の動機	主要アクター
予算規模の大きなプロジェクト	ISS	約10兆円※	宇宙での東西対決の西側連合→冷戦終結後は国際連帯の象徴	米(+日、欧、露、加)
	ITER	約1兆円強※	東西冷戦収束の象徴	EU(+日、米、露、中、韓、印) サイトは仏
	CERN LHC	1兆円※	欧州復興 科学的連携による国境を越えた統合	21の加盟国 21の加盟国 +米、日
その他の大型プロジェクト	ALMA	約1,200億円※	望遠鏡の発展 (ハワイ→ハッブル→ALMA)	日、米、加、欧、チリ
	IODP	約500億円※	科学の探求	日、米、欧など
	SESAME		中東の放射光実験科学と応用	9か国(バーレーン、キプロス、エジプト、イラン、イスラエル、ヨルダン、パキスタン、パレスチナ、トルコ)
	SATREPS	3.6千万円～1億円／年×77プロジェクト	国際共同による地球規模課題解決	アジア、アフリカ、中南米を中心にした39か国
	HFSP		生体機能の解明を中心とする基礎研究の国際的な共同推進の支援	1987年に日本政府より提唱、フランス・ストラスブールに推進機構設置
	J-PARC	約1,500億円※	科学の探求	日本
	Spring-8	約1,300億円※	科学の探求+産学利用	日本

(2) 幅広いステークホルダーの共通理解の促進

巨額なコストを要する国際ビッグプロジェクトに自国が関与する場合、幅広いステークホルダーの共通理解を得ることが求められるが、そのプロセスにおいては、主たるアクターが主体的かつ能動的にステークホルダーとの意思疎通を進めることが基本となる。このプロセスを経ること自体が、プロジェクトの持続的・安定的な運営の土台として重要である。

その際は、我が国の財政事情を考慮すると、どのような立ち位置をとれば最大投資効率を狙えるかを検証する必要がある。例えば、他の代替手段との比較や社会経済インパクト分析が考えられ、それらは当該分野の研究者と社会科学分野の研究者等が協力して行う必要がある。

本研究会においては、国際ビッグプロジェクトへの関与に関し、少なくとも以下の検討事項に留意する必要があるとの意見が示された。

【コスト分析】

- ・国際ビッグプロジェクトの関与に必要と想定される資金計画・投資が研究資源の配分の観点から適切か。
- ・国全体の財政状況を踏まえ許容可能な範囲か。

【研究者・ユーザー確保】

- ・プロジェクトを成功させるためには多くのユーザーに支持してもらう必要があるが、ユーザーの確保の可能性に対する事前の検証ができているか。
- ・また、データがリアルタイムでアクセス可能な仕組みをとれる現代社会において実験・観測現場に関係者が集結するのか、分散的な体制になるのか。

【資源確保】

- ・資源の調達経路、社会需要との関係で配分問題、希少資源の消費による価格上昇や資源不足が検討されているか⁶⁷。

【安定した財源確保】

- ・国際交渉において資金分担は難航し、進行遅延によるコスト超過が起り易いが、参加国が確実に資源を負担する仕組みを検討しているか。

【途中で計画変更や中止・脱退】

- ・他の参加国の理解を得ながら、途中で計画変更や中止・脱退できる仕組みを検討しているか。

特に、国がプロジェクトを「主催」する場合と「参加」する場合とを考えたときに、「主催国」となることを選択する場合は、「主催」するための決定要因として、その国における長期的な資源投入の可能性とその利点をはじめとした多様な要因に対する評価・判断の視点が、「参加」する場合とでは大きく異なることを強く認識しておく必要がある。

⁶⁷ 例えば、ITERの燃料となるトリチウムは、核融合以外の民生需要（RI マーカーや時計など）もあるし、ITERや加速で使用する液体ヘリウムは、超電導状態の維持のみならず民生需要もあり、生産量と需給バランスを検証する必要がある。

(3) 科学コミュニティの結束と社会とのコミュニケーション

国際ビッグプロジェクトの検討・推進においては、関係する領域の研究者や学会が責任を持って、プロジェクトの意義を検証・説明する必要がある。その過程における関係者間の議論を通じて、科学としての新たな示唆や社会の理解と信頼を得る共通の目標に向かって、その領域における科学コミュニティが結束していくことが重要である。

(4) 強力なリーダーの存在

国際ビッグプロジェクトの波及効果は社会経済全体に及ぶことから、当該プロジェクトが持つポジティブな面だけでなく、ネガティブな面も含めた総合的な検討が必要である。そのため、そのリーダーはプロジェクトと社会との関係性を十分に考慮しつつ、プロジェクトの着実な遂行に対して責任と覚悟をもってあたる必要がある。

(5) ガバナンスに関する工夫

国際ビッグプロジェクトの形態については、1カ所に大規模施設を有するものであってもそのガバナンスは多様である。

例えば、ITER については、参加各極が各々製作する資機材をフランスに持ち込んで、フランスで組み立てを行う形で建設作業を進めている。これは各極の財政負担に見合う形で資機材を物納するために安定した作業を可能とする反面で、組み立てまでをも考慮した設計と資機材の製造を統一化するための調整に手間取ることや、全体最適が困難であること、更にはスケジュール通りに作業が進みづらいなど、全体を統制して運営していく上での困難も見られる。

一方で、CERN については、21カ国の加盟国によるガバナンスが明確であり、全体を安定的に統制していく運営体制が整備されている一方で、LHC をはじめたとした大型装置の改修・運用経費などの巨額の資金を多国で連携しつつ確保しなければならず、安定した財源確保の視点でリスクを伴う[10]。

個々の国際ビッグプロジェクトの性格や性質によろうが、社会経済情勢や各国の政治情勢に左右されにくいように安定した財源確保や適切なガバナンスを確立することは、科学技術としての成果を安定的に生み出すためにも重要であり、過去の教訓から学べることが多いことを十分理解しておく必要がある。

(6) ロードマップ作成・優先順位決定に関する仕組み

様々なビッグプロジェクトの取り扱いを各国・地域内で検討する際に、米国や EU では優先順位付けを考慮したロードマップの作成等に関する工夫が見られる。

例えば米国では、エネルギー省がエネルギー関連の研究施設のロードマップとなる「将来の未来を支えるための施設：20年展望 (Facilities for The Future of Science : A Twenty-Year Outlook)」を2003年に取りまとめている（その後、随時更新されている）[11]。この中で、53の候補となる研究施設から重点施設となる28施設の優先順位を定めているが、この中でエネルギー省によるヒアリングや産学官から構成されるアドバイザリー会議における検討を重ね、学際的な取り組みの必要性や米国科学界に幅広い示唆を与えるかどうかの科学的視点に加え、プロジェクトに必要なと見積られる研究費・研究計画・建設費及び運営費やプロジェクトの必要性・緊急性などの多角的な視点から検

討されたものとなっている[12]。

また、EU では、EU 域内の研究施設に対する政策形成における戦略的かつ一致したアプローチを確保するために、加盟国の研究大臣が指名した有識者から構成される「EU 研究施設戦略フォーラム（ESFRI：European Strategy Forum on Research Infrastructure）」が 2002 年に設立され、質の高い研究施設への競争性やオープンアクセスへの支援、EU 域内の科学者の活動のベンチマークや世界中のトップ科学者への引きつけなどを行っている[13]。最も特徴的な活動は EU 域内の大規模施設のロードマップ作りであり、2006 年に開始されて以来順次改定されている。また、EU 域内の研究施設の新設や運転を促進するために、2009 年には加盟国を中心とした「EU 研究施設コンソーシアム（ERIC：European Research Infrastructure Consortium）」が創設された。これは、ホスト国や加盟国が資金面等に関する一定の責任を果たすことを前提とした仕組みであり、かつ、フレームワークプログラムを通じて個別プロジェクトに資金提供を行う新たな仕組みである[14]。

これらの米国や EU における大型研究施設のロードマップ作りやその仕組みは、我が国における大型研究施設の優先順位付け等の作業やロードマップ作成等を考える上で大きな示唆を与えうると考える。

4 我が国における課題と展望

(1) 国全体の国際戦略に位置付けられた国際ビッグプロジェクトのあり方

戦後の先進諸国が主導する国際ビッグプロジェクトの立ち上げ時においては、米ソ冷戦時代の二極構造、冷戦崩壊後の日米欧の三極構造や先進国(G7)主導の構造など、その当時の国際政治的意義を基調とした主導国・組織におけるビジョンや動機(国際政治・軍事情勢、国内政治・経済・社会的状況、近年のグローバル課題への対応など)が強く働いていた。

他方、現在、我が国をはじめとした先進諸国は、経済成長の停滞、少子高齢化などの新たな社会問題を抱えつつ、国際社会の中での経済的な比重の相対的な低下など、世界は多極化の方向に向かっている。

このため、今後、如何なる形態や目的の国際ビッグプロジェクトの立ち上げ等を考えていくとしても、科学的な意義を前提としつつも、新興国を含む多様な経済社会的情勢や文化等を有する国・地域・組織等が連携しつつ、先例のない進め方が求められることとなろう。その意味で、我が国においては、例えば、ASEAN との良好な関係や日韓・日中関係などを考慮した新たな国際戦略を考慮に入れつつ、未来志向での国際戦略に位置付けられた国際ビッグプロジェクトのあり方や実現を図っていく必要性が高まると考えられる。

(2) 科学技術分野における強靱な国際交渉を行える人材育成や体制の整備

現在、科学技術に関連する案件を扱う国際機関、国際交渉等の場において、他国の代表には、博士号を取得した専門的知見を有するとともに行政経験も有する人材が、長期(10~20年程度)に亘り国際ネットワークの中での信頼や人間関係を構築しながら交渉、意見交換に当たっている例が多く見られる。

一方で我が国では、各府省の政策担当者と大学や独法等に所属する専門家が連携して交渉等に携わる例が多いが、前者は頻繁に人事異動があるため信頼構築や科学分野における専門性に関しては困難さが伴うし、後者は財務面や組織面等の政策、マネジメントに関する調整経験に乏しいことが多い。

国際的な交渉の場面では、専門性やマネジメントに関する資質はもちろんのこと、信頼性の構築なども必要とされることから、科学技術分野における国際的な場において専門性・マネジメント・調整能力・国際ネットワークを駆使できる人材の育成と確保に向けて、専門家と政策担当者のキャリアパスの多様化、機会の拡大を戦略的に行うことが必須である。

(3) 長期的視点に立って戦略的かつ柔軟に行うための体制の整備

国際ビッグプロジェクトを主導するためには、国内における戦略的な政策の企画立案と安定した財源の確保が重要である。我が国の科学技術イノベーション政策とその実施体制は、省庁再編、大学、研究機関の法人化を経て、大学や研究機関といった研究開発現場に対して、競争的に支援するタイプの研究資金が増えており、国家戦略に位置付けられた、いわばトップダウン的な国際ビッグプロジェクトを企画し推進する仕組みが弱体化しているように見受けられる。

国際ビッグプロジェクトのような長期的視点に立った持続的な検討が必要な事柄に充

分な力を割くことができないといった現実的な問題があるように見受けられる。したがって、国際ビッグプロジェクトを長期的視点に立って戦略的に検討し、企画推進が可能となる機動的な政策決定・実行体制の整備を検討する必要がある。

(4) 各アクターの相互理解と議論の場の必要性

科学コミュニティは、国際ビッグプロジェクトが対象とする分野やその周辺領域に留まらず、人文・社会科学などのコミュニティとも広く連携して、社会から持続的に支持される状況を醸成する必要がある。また、科学・政治・行政の各コミュニティ間の意思疎通、共通理解も不可欠である。

このように、国際ビッグプロジェクトは各アクターの連携や相互理解が求められることを踏まえると、ビッグプロジェクトの実現に向けた政策形成及びその実践において、科学者・政治家・行政官などが日常的に利害関係にとらわれず自由闊達に議論ができる場が必要である。そのような場が国際的にも開かれ、継続的に運営され、そこでの議論が国際間でも共通認識となっていくことが望ましい。

(5) 残された課題と今後の展望

本研究会は、我が国が国際ビッグプロジェクトを検討・推進する際に有用と考えられる知見や視点を整理するために、関係文献の調査、今日までの国際ビッグプロジェクトの関係者へのインタビュー調査や研究会での意見交換をしてきた。しかしながら、時間的な制約もあり、情報収集や検討の視点も必ずしも十分ではないと考える。

今後は、情報収集や議論の深化を通じて、本研究会で短期間にまとめた内容を修正・発展させ、国際ビッグプロジェクトの政策形成、企画推進に役立つ様々な視点や事例を俯瞰し、新たな知見を得る必要がある。そのためには、本研究会を継続させ、今回は取り上げることができなかった多様な国際プロジェクトや国際活動「(HFSP[15]、ヒトゲノム計画、SESAMI、IPCC など) についても、今度調査検討する必要があると考える。

また、社会科学研究者等も含めた多角的かつ発展的な検討が進められることを期待する。更に、このような問題を扱っている国際的な組織（例：OECD グローバル・サイエンス・フォーラム）における議論に日頃から積極的に参加し、国際的なネットワークの醸成に努めるとともに、国内での議論の妥当性や検討が独りよがりにならないようにする必要がある。

(文責：三石 祥子⁶⁸・井上 敦⁶⁹・山下 恭範⁷⁰)

⁶⁸ 政策研究大学院大学科学技術イノベーション政策プログラム専門職

⁶⁹ 政策研究大学院大学

⁷⁰ 政策研究大学院大学（文部科学省大臣官房付）

参考文献

- [1] OECD Global Science Forum,
“International Distributed Research Infrastructures,” 2014.
- [2] OECD Global Science Forum, “Establishing Large International Research Infrastructures: Issues and Options”, 2010
- [3] JAXA (宇宙航空研究開発機構)、『『きぼう』ハンドブック』、2008 年
<http://iss.jaxa.jp/kibo/library/fact/data/kibo-handbook.pdf>
- [4] 佐藤靖、「宇宙開発の国際事業化：協調と統御の政治力学」、『科学史研究』、第 50 巻 260 号、213-215 頁、2011 年
- [5] ITER 計画懇談会、「懇談会における論点の整理と今後の課題について」、1998 年、
<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo98/siryo17/siryo1.htm>
- [6] 池田要、「ヒトは太陽を作れるか—国際熱核融合実験炉 (ITER) の試み」『外交フォーラム』、246 号、pp. 38-41 頁、2009 年
- [7] Lyndon Evans, “The Large Hadron Collider: an Introduction” , *The Large Hadron Collider: A Marvel of Technology*, CRC Press, 2009.
- [8] 有本建男、「CERN 小史—ビッグサイエンスの運命と技術と科学の相関—」、『Spring-8 利用者情報』 Vol. 03、No. 6、55-59 頁、1998 年
- [9] 飯吉厚夫・村岡克紀、『ビッグプロジェクト—その成功と失敗の研究—』、新潮新書、2013 年
- [10] アトラス日本グループ、「CERN の概要」、2013 年、
<http://atlas.kek.jp/public/IntroductionOfCERN.pdf>
- [11] US Department of Energy, *Facilities for the Future of Science: A Twenty-year Outlook*, November 2003
http://fire.pppl.gov/doe_20yr_science.pdf#search='acilities+for+The+Future+of+Science+%3A+A+TwentyYear+Outlook%29%E3%81%A72'
- [12] 科学技術振興機構研究開発戦略センター「先端研究基盤をめぐる米欧での注目動向」、科学技術・学術審議会先端研究基盤部会研究開発プラットフォーム委員会 (第 3 回)、2011 年
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu17/001/shiryo/_icsFiles/afielddfile/2011/11/17/1313272_03.pdf
- [13] European Commission / ESFRI
http://ec.europa.eu/research/infrastructures/index_en.cfm?pg=esfri
- [14] European Commission / Research Infrastructure Consortium (ERIC)
http://ec.europa.eu/research/infrastructures/index_en.cfm?pg=eric
- [15] 松尾義之、「サイエンス・ビュー 世界の基礎科学へ国際貢献 ヒューマン・フロンティア・サイエンス・プログラム (HFSP)」、『日経サイエンス』、1993 年
- [16] Roger A. Pielke, Jr., *The Honest Broker - Making Sense of Science in Policy and Politics*, Cambridge University Press, 2007.

参考資料1 科学技術分野における国際ビッグプロジェクト研究会について

1. 趣旨

国際ビッグプロジェクトには、個々の国の枠を超えた資金・人材・データの集約・流動といった利点がある一方、プロジェクトの推進には、様々な側面・段階において国内外の多様なアクターが関係する複雑な問題が伴う。

本研究会では、これまで実施された国際ビッグプロジェクトの創案、決定、遂行のプロセスに参加した関係者の経験や知見を蓄積・整理し、今後、国際ビッグプロジェクトを検討・推進する際に想定される課題を把握・整理し、課題解決の手段・対策について検討することを目的とする。更に、政策形成過程で必要となるエビデンスの検討、戦後のビッグプロジェクトの歴史的変遷の整理も行う。

尚、本研究会は、文部科学省平成25年度委託研究「科学技術イノベーション政策における「政策のための科学」の推進に向けた試行的実践」の一環として行う。

2. 方法と期間

文献・インタビュー調査で下記論点に関する経験や知見を整理し、それらを踏まえ、国際ビッグプロジェクトを検討・実現する際の課題と課題解決の方法について研究会にて議論し取り纏める。期間は2014年1月～3月。

3. 研究会メンバー ※2014年3月時点の所属・役職

今村 努	独立行政法人海洋研究開発機構特任参事
大竹 暁	独立行政法人科学技術振興機構理事
北原 和夫	東京理科大学教授
佐藤 靖	独立行政法人科学技術振興機構研究開発戦略センターフェロー
永野 博	政策研究大学院大学非常勤講師
山下 恭範	政策研究大学院大学（文部科学省大臣官房付）
有本 建男	政策研究大学院大学科学技術イノベーション政策プログラム ディレクター・教授
角南 篤	政策研究大学院大学科学技術イノベーション政策プログラム ディレクター代理・准教授

[オブザーバー]

大土井 智	文部科学省研究振興局基盤研究振興課素粒子・原子核研究推進室長
高橋 真理子	朝日新聞社編集委員
高橋 良明	外務省軍縮不拡散・科学部 国際科学協力室長

[事務局]

三石 祥子	政策研究大学院大学科学技術イノベーション政策プログラム専門職
井上 敦	政策研究大学院大学教育政策プログラム

4. 研究会開催経過

第1回：2014年2月 3日（月）

メンバーからの話題提供、意見交換

第2回：2014年2月28日（金）

メンバーからの話題提供、意見交換

第3回：2014年3月19日（水）

意見交換

参考資料2 OECD グローバル・サイエンス・フォーラム「国際大規模研究施設の設立に当たっての課題と対応策」骨子

国際大規模研究施設の設立における課題と対応策について、33名の関係者へのインタビュー及びワークショップから得た経験知を分析・整理したレポート（2010年12月発行）

1. 法的・管理体制とガバナンス

[協定]

- ・巨大な施設の建設から運用、高度化、最終処理に至る過程に関する協定文書の検討には、強いリーダーシップが不可欠である。

[ホスト国]

- ・大規模国際研究施設は、ホスト国での法的地位を有する独立した事業体となる場合が多い。
- ・その場合はホスト国の法律や規制が適用される。ディレクターやスタッフにもホスト国の法が適用されることになろうが、権限や義務については明確に定めた方がよい。

[コラボレーション]

- ・スタッフやコンサルタントの雇用、設備の整備、土地の所有など、様々な契約に関し、ホスト国の中で法的な主体性を保つ。

[運営委員会]

- ・コラボレーションのための主要な意思決定機関。意思決定のプロセスと権限については、協定に明記する必要がある。
- ・年に1、2度、進捗確認の会議を開催。
- ・通常、各パートナーから1名ずつ代表者を入れる。

2. 新しい組織の設立・既存の組織の活用

- ・コラボレーションの主体として既存組織を活用する場合、その組織の有する信頼・安定・法的手順・施設設立の手法、経済・政治面でのサポートを受けた経験を利用できる利点があるが、その組織が国際ビッグプロジェクトの多様な課題に対処した経験がない場合、混乱を生じる可能性がある。
- ・既存の一つの組織・地域に世界規模の科学的活動が集中し、逆に国際性が失われることも危惧される。

3. 物理的アクセスと科学情報へのアクセス

- ・プロジェクトへの参加者（国、機関等）だけでなく、非参加者の研究施設の活用を可能にしたり、実験に参加していない研究者にも実験データを活用できるようにする仕組みが必要。

4. 国際交渉

- ・交渉者の資質（個人のリーダーシップの必要性）、交渉の範囲、科学の特徴（研究のゴールは必ずしも当初の計画通りには行かない）、言語の問題（公的文書の使用言語）

5. サイトとホスト選択

- ・物理的に特定の場所に設置する必要がない場合は、最終的な意思決定には非科学者の強

い関与がありうる。

- ・最終的な決定は、経済的、政治的なトレードオフを含む複雑な交渉の結果になる可能性が高い。

6. その他の課題

- ・資金調達と貢献について
- ・プロジェクトの計画や建設段階におけるマネジメントについて
- ・研究目的を実現するために必要な設備について

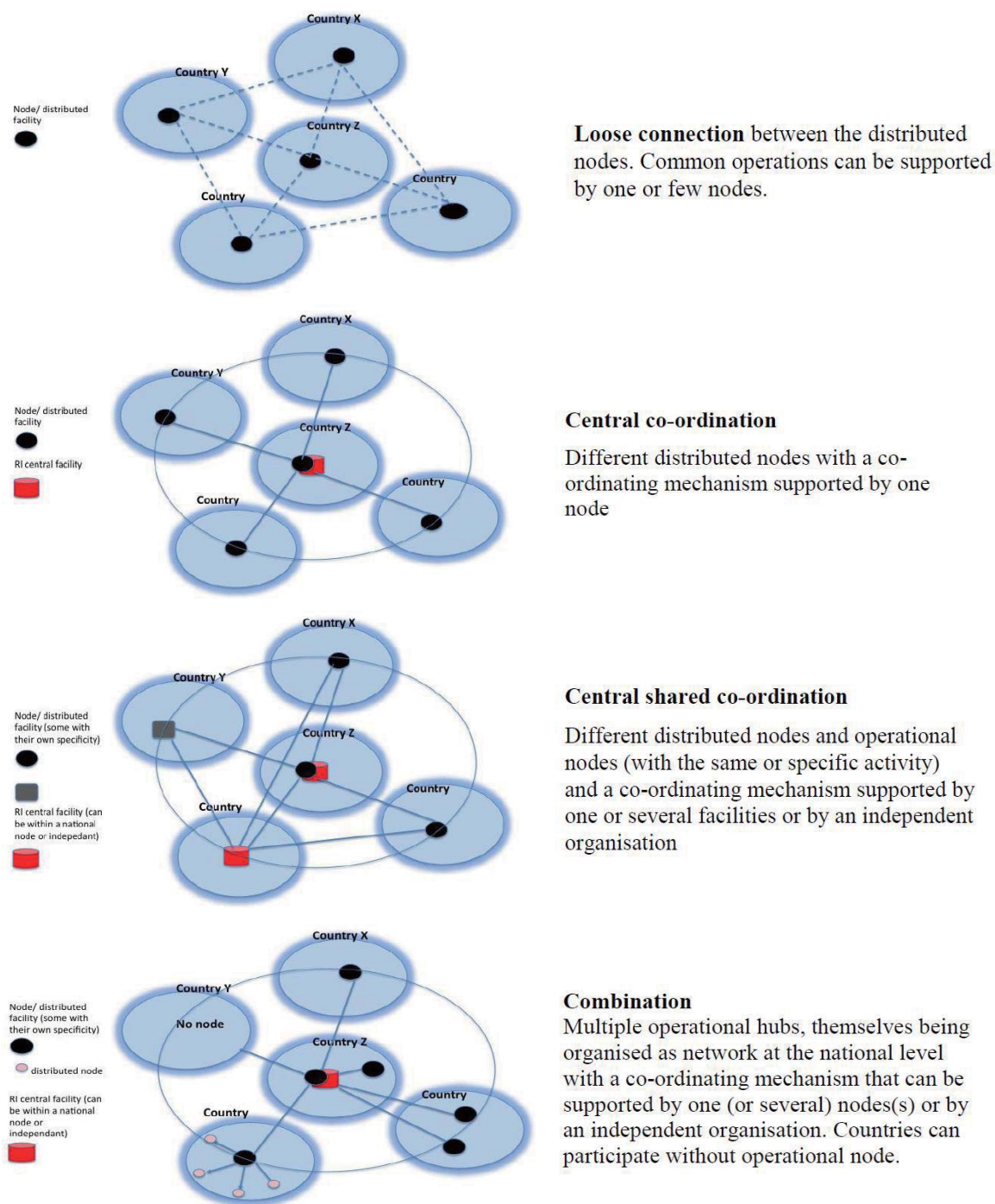
参考資料3 OECD グローバル・サイエンス・フォーラム「国際的分散型研究施設」抜粋

図表4 A notional taxonomy of International Distributed Research Infrastructure

Category	Sub-Category	Example
A. Scientific measurements using multiple facilities	A1. Combining/synchronising signals from a set of independent instruments	* EVN: European very Large Baseline Interferometry Network * LIGO/VIRGO: Collaboration of gravitational radiation laser interferometers
	A2. Subdividing a large observational or experimental programme among multiple laboratories/institutions	Any number of genome sequencing projects * AGRP: Arabidopsis Genome Research Project * ICGC: International Cancer Genome Consortium
B. Co-ordination, facilitation or integration of research based on a common scientific theme	B1. Design, implementation and co-ordination of a set of large infrastructures	* ELI: European Light Infrastructure * GEOSS: Global Earth Observation system of systems
	B2. Co-ordination/integration of diverse (sometimes multidisciplinary) projects/programmes	SIOS: Svalbard integrated Arctic Earth Observing system * GEM: Global Earthquake Model
	B3. Provision of resources/services (often involving research: instrumentation, software, etc.)	* EMMA: European Mutant Mouse Archive * CLARIN: Common Language resources and Technology infrastructure * CESSDA: Council of European Social Science Data Archives
C. Data infrastructures and e-infrastructures	C1. Data-oriented infrastructures for federation, management, storage, and curation of large data sets (including development of standards and data-oriented products)	* GBIF: Global Biodiversity Information Facility * INCF: International NeuroInformatics Co-ordination Facility * Lifewatch: E-sciences and technology infrastructure for biodiversity data and observatories * ELIXIR: European Life-science infrastructure for biological information
	C2. High performance computing, networking, data storage, provision of services	* GEANT: a pan-European network for research and education * PRACE: partnership for advanced computing in Europe

出典：OECD Global Science Forum,
“International Distributed Research Infrastructures,” 2014.

図表5 Some models of distributed research infrastructure



出典：OECD Global Science Forum,
“International Distributed Research Infrastructures,” 2014.

参考資料4 CERNの運営の仕組み

CERNの運営の特色の一つは、プロジェクトはCERNが主導し、日本や米国などのCERN加盟国以外の国々が付加される形で、二層構造による多国間協力プロジェクトとなっている点である。図表6は、組織体であるCERN、CERNが有する大型ハドロン衝突型加速器であるLHC及びLHCに敷設される検出装置(ディテクター)であるATLASの特徴について整理したものである。

ここで特徴的なことは、設備や装置の開発・建設には加盟国(21カ国)以外の資金的協力がなされているが、CERNの運営やLHCの運用・運転に関する資金は、ほとんどが加盟国によって賄われている点である。運用・運転資金の加盟国による拠出負担の割合は、原則として加盟国の国民純所得に応じて決められており、日本や米国などのCERN加盟国以外の国々はそれらの資金を支払っていない。つまり、CERN、LHCはあくまで加盟国を中心とする国際ビッグプロジェクトの形態を維持しており、日本や米国等はその外側に位置する参加国となるように制度的に位置づけている。

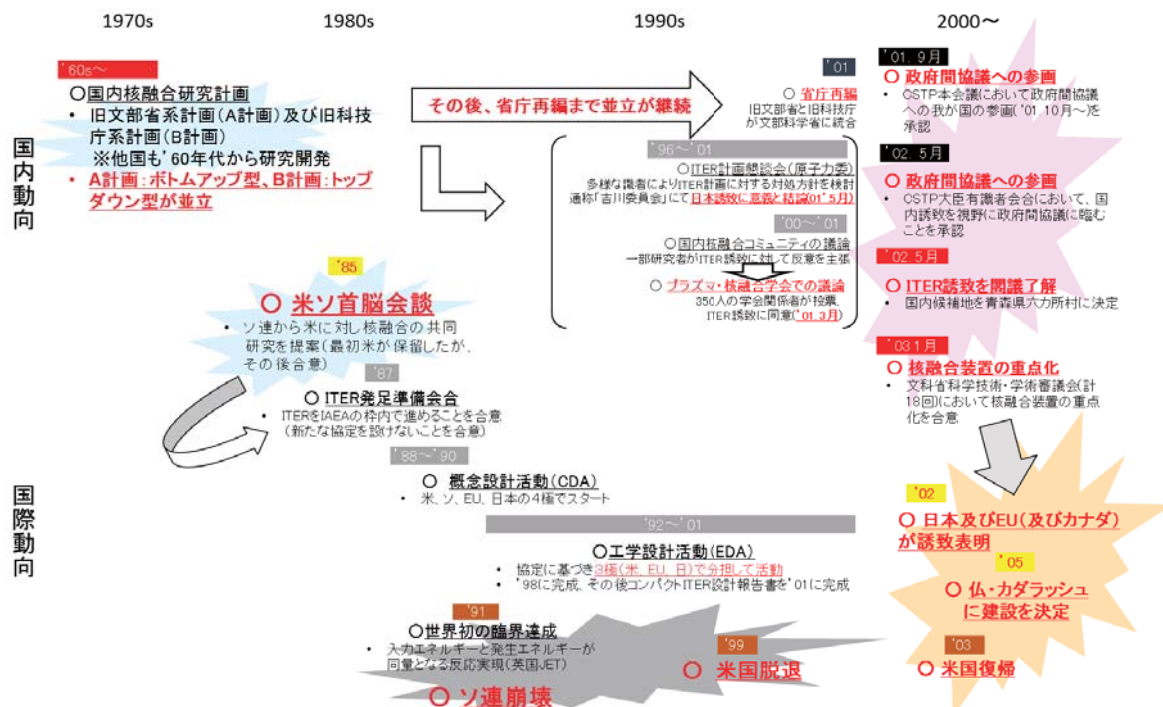
LHCの開発の仕組みは、加盟各国から有能な技術者を開発現場に集めて進められることになっており、その結果、装置開発を行った技術者は得られた技術ノウハウを自国に持ち帰り、自国内産業に反映させることができる。加盟国がCERNに投資する大きな利点はここにある。一方でCERNは加盟国に限らず71か国の研究者に門戸を開き、年間1万人以上の研究者がユーザーとなっている。CERNは、研究者を直雇用せず、人件費を賄うことなく、科学研究を推進できる仕組みをとっている。

図表6 CERN、LHC、ATLASの特徴

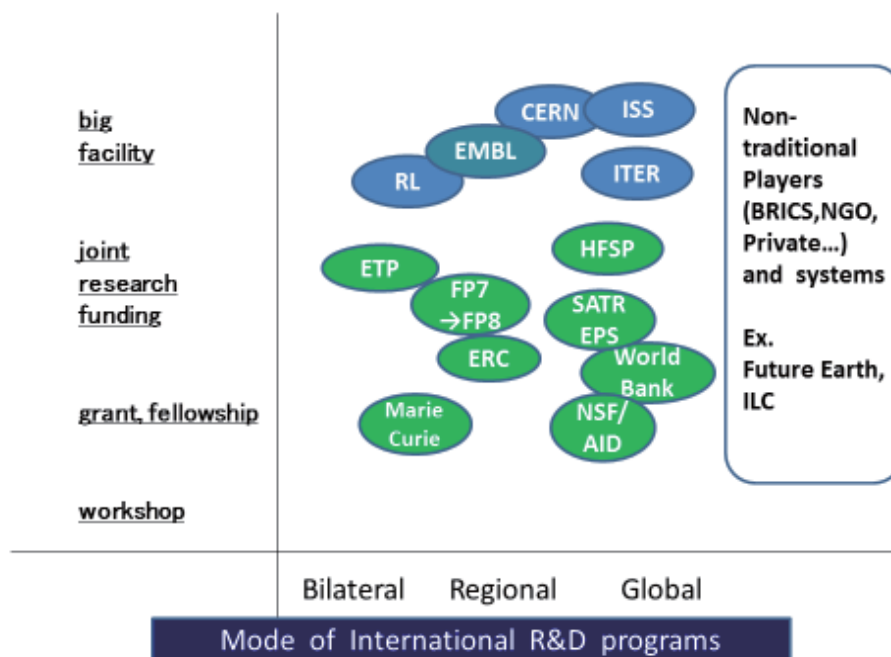
概要	建設・建造	運用・運転	研究成果
CERN [組織] - 素粒子の基本法則や現象を加速器を用いて探求するための研究所 1954年、欧州12ヶ国で共同設立	—	- 年間約1,000億円であり、21の加盟国がほぼ負担 - 負担は国民純所得(NNI)に比例 - 日本は支払っていない	- 全世界に共用(拠出国等の資金負担による傾斜などはない) 71か国、約1万人の研究者が参加
LHC [加速器] - ハドロン同士を衝突させる大型加速器 - 質量の起源とされるヒッグス粒子や超対称性粒子の発見が主目的	1994年～2008年(約15年間)で建設。 - 総額約5000億円の建設費(日本は自主貢献で138億円の資金拠出) - ビーム保守・増強や未償還金(借金)も含めると総額1兆円弱と見込まれている	加速器使用に伴う経費は、CERNの運用・運転経費に含まれている	
ATLAS [実験装置] ヒッグス粒子や超対称性粒子の探索のための検出装置	- 建設費は約500億円であり、日本負担分は約30億円 38ヶ国が参加	実験装置使用に伴う経費は、参加38ヶ国が支払う(参加研究者数により支払額が算出される仕組みが主)	基本的に拠出国であり、実験参加チームが自国に持ち帰って使用

参考資料5 研究会で使用した図表

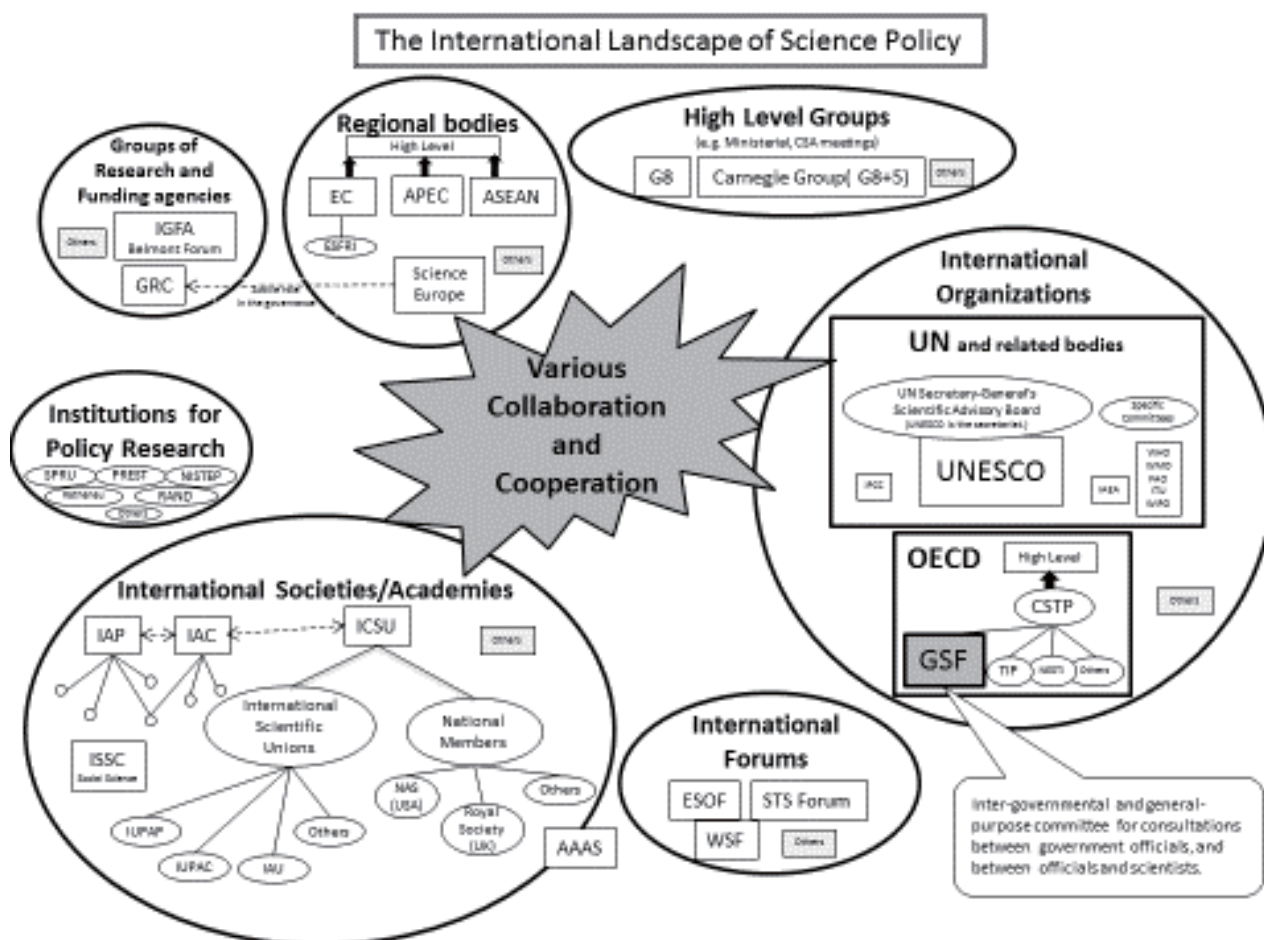
図表7 国際熱核融合実験炉（ITER）の建設決定に至る国内外の主な出来事とその関係



図表8 国際ビッグプロジェクトの態様



図表9 OECD 資料



図表10 政策決定における科学者の役割 [16]

		View of science	
		Linear model	Stakeholder model
View of democracy	Madison model	Pure Scientists	Issue Advocate
	Schattschneider model	Science Arbiter	Honest Broker of Policy Alternative

Fig. Four idealized roles for scientists in decision-making in "The Honest Broker – Making Sense of Science in Policy and Politics " by Roger A. Pielke, Jr. 2007

参考資料6 研究会でのプレゼンテーション資料（抜粋）

国際ビッグプロジェクトの成立過程を考える

2014年2月3日

大竹 暁

1. なぜ国際プロジェクトか

- ・ 1国では資源(お金、人、時間など)を賄いきれない
- ・ 国際競争に適しない若しくは競争するより協力の方が利益がある
(例:Precontetitive、国際標準が必要など)
- ・ 協力で主導権をとりたい等々

2. 国際科学技術プロジェクトの成立要件

(1) 必要条件：プロジェクトを始める理由

- ・ 科学的意義
- ・ 社会的意義
- ・ 国際（政治）的意義

(2) 十分条件：プロジェクトを可能とする要件

① 開始時

- ・ 資源の確保の見通し
- ・ 参加国内での政治的・経済的な理由の確保

② 継続性

- ・ 継続する力の確保
- ・ 見通し

(3) 関係者の責任

遂行の責任、社会への責任、将来世代への責任

3. 必要条件：プロジェクトを始める理由

(1) 科学的意義

- ・ そのプロジェクトの目的の持つ科学的意義
→多くの場合、決定的要因にはならない。国際協力は通常、民主国家間で行われ、そこではある規模の科学コミュニティが提案するので、所定の意義はある。ただし、科学の分野間では順位付けはなされ難い。

(2) 社会的意義

- ・ 各国で共有できる主として社会的ニーズ
→基礎もしくは先端的なものでは(1)と(3)の要請が強ければ必須にはならない場合もある。

(3) 国際（政治）的意義

- ・ 国際間で動くことが必要な、主として政治的理由

4. 必要条件：プロジェクトを始める理由(例)

※(1)科学的意義、(2)社会的意義、(3)国際(政治)的意義

- ・ CERN：1954年

- (1)原子核・素粒子物理という新しいフロンティア
- (2)欧州科学の復興
- (3)米ソへの対抗、欧州の統一
- ・ ITER：1985年
 - (1)制御された核融合の実現
 - (2)新しいエネルギーの確保
 - (3)東西冷戦収束への象徴プロジェクト
- ・ ISS：1988年
 - (1)宇宙の開拓
 - (2)安い大量輸送能力による活動圏の拡大、宇宙工場への期待
 - (3)宇宙での東西対決の西側連合
- ・ HFSP：1989年
 - (1)生命科学の最先端解明
 - (2)疾病対策、脳機能の活用
 - (3)日本の基礎研究ただの理論への対応
- ・ ALMA：2001年
 - (1)世界最大の電波天文台による宇宙の探査
 - (2)宇宙の謎の解明という「夢」
 - (3)3つの大型計画を同時に進めることの困難さ
- ・ GEO/GEOSS：2002年
 - (1)地球観測による地球科学の解明
 - (2)地球温暖化などの問題への対応
 - (3)新しいミレニアムにおける国際協調の必要性
- ・ Future Earth：2012年
 - (1)気候変動、生物多様性などの科学の推進
 - (2)地球規模問題への対応、あらゆる関係者を巻き込んだ協働による対応
 - (3)Diversitas, IGBP, IHDP, WCRP, ESSP への発展的な継続と統合

5. 十分条件：プロジェクトを可能とする要件

(1) 開始時

- ・ 資源の確保の見通し：資金、人、ホスト、資材、技術等
 - ・ 参加国内での政治的・経済的な理由の確保：参加を正当化する各国の期待(実利)；権利と義務、誘致等
 - これらが明確化されて交渉開始
 - 実施可能な妥結案の構築
 - 法的な枠組み作り
 - 実施体制の構築：人、ロジ等
- (例)
- ・ 資金分担:難航（誘致競争=競り上げ、通常参加=競り下げ）
 - ・ 資材:世界中から確保（ITER:トリウム、超伝導材料、ヘリウム）
 - ・ 権利と義務:権利最大、義務最小を狙うが、義務総体は存在
 - ・ 法的枠組み:条約か行政取極か等

(2) 継続性

- ・ 継続する力の確保：参加者が確実に資源を負担
 - 特に、ホストは責任大
 - まず必ず起こるコスト超過への対応
(科学コミュニティは実現のため、最低限の費用を見積もる傾向)
 - まず必ず起こる進行遅延の受忍：コスト超過にも繋がる
- ・ 見通し：目的達成、参加者の期待する「実利」の達成等
 - 目的に向かっているか、目的は引き続き妥当か
 - 「実利」を産業連関表で考えて殆ど差がない。
(投資を費消するなら、効果はほぼ2倍で差異は2割程度
(例))
- ・ ISS：目標が変わる（宇宙工場→科学的知見の獲得）
- ・ ITER：コスト超過と進行遅延（不十分な見積もりと技術開発）

6. 関係者の責任

(1) 遂行の責任

- ・ 参加者は義務を完遂する覚悟が必要

(2) 社会への責任

- ・ 科学的意義と社会の機会費用のバランスを認識すべき
(なぜ今なのか、時間をかけて他の方法を選択する可能性等)
- ・ 社会に対する約束は誠実でなければならない
- ・ (実現のために安価で不十分な見積もりをしたり、画餅のような「実利」を示すことは厳に戒めるべき)

(3) 将来世代への責任

- ・ 資源を費消しすぎたり、難しい「遺産」を遺してはならない。
(必要な資材と他の利用との関係や終了後のことを考える。)
- ・ 本当に将来の世代の「飯の種」になるか、慎重に検討要。

(4) 関係者の責任（考えるべき例）

- ・ CERN が出来て国際都市ジュネーヴが出来たのではない。必ずしもビッグプロジェクトで国際都市が出来るというわけではない。
- ・ 建設が完了した ALMA では国際チームの大多数はサイトから千キロ以上離れた刊の首都サンチャゴに集結。しかも、大容量のデータ流通が可能な今日、装置の周りに研究者がいる必要はなく、研究は日米欧の天文台で進められている。サイトに COE が出来るとは限らない。
- ・ 悪い公共事業のような一過性の効果を狙うのではなく、イノベーションに繋がる波及効果をきちんと提示すべき。
- ・ 例えば、超伝導ヘリウムや希少資源の消費による価格上昇、不足など、社会的な影響を考えるべき
- ・ 現世代の科学的好奇心だけでなく、長期の計画期間での次世代の科学業績などを真剣に考えるべき。

7. 今世紀の国際ビッグプロジェクトの可能性について一まとめに代えて

- ・ これまで、ビッグプロジェクトを担ってきた先進国は、高齢化などの社会問題も抱え、経済的に政治的にも世界での比重が減少する。
- ・ 一方、新興国は不安定であり、国の発展のために様々な資源を費消する。
- ・ 従って、ビッグプロジェクトはこれまで以上に国際的に取り組む方向になる。
- ・ 数多くの国際ビッグプロジェクトの提案が現れるので、国際的に取捨選択が必要となる。
- ・ そのとき、これまでのような主導者がどれだけ可能か。真に長期的な「実利」のあるものを狙うだろう。

(2) 国際ビッグプロジェクトの歴史的概観

佐藤 靖⁷¹

1 序

科学技術分野における国際協力は、特に 1980 年代以降、グローバル化や情報通信技術の急速な進展を背景として、今日まで加速してきた。とりわけ宇宙開発や核融合開発などの大規模科学技術の分野では、必要となる経費の規模が増す一方で、先進国を中心に各国の財政が厳しさを増し、一国がプロジェクトを実施することが困難になってきたため、国際協力体制が構築される場合が増えてきた。今後もこうした傾向は当面続くことが予想される。

しかし、国際ビッグプロジェクトは単に関係国の財政的資源の制約を克服して高度な科学技術上の成果を挙げるという経済合理性に基づく目的のためにのみ実施されるものではない。例えば、米国が 1980 年代、国際協力により進めようとした宇宙ステーション建設計画は、東西冷戦下で自由主義陣営の結束をアピールするという政治的な目的をもっていたし、1993 年以降にロシアを含めより幅広い国々との協力により進めることになった国際宇宙ステーション (ISS) 計画は、冷戦後の国際協調の象徴としての役割をもたせるなどの国際政治上の目的をもっていた。国際ビッグプロジェクトの全体像を理解するためには、つねにその政治的背景を正しく把握する必要がある。

本稿では、第二次世界大戦後これまで進められてきた各分野の国際ビッグプロジェクトについて、その政治的文脈を含め概観することとする。その際、単に各ビッグプロジェクトに直接関係する政治的状況のみを論じるのではなく、全体的な国際政治状況の変化にも触れる。それにより、我が国が今後国際ビッグプロジェクトに関与する際に、時代の流れを踏まえた大局的な判断を行う材料となりうる視点を提示することを目指す。

2 初期の国際ビッグプロジェクト（～1970 年）

第二次世界大戦終結後、科学技術分野での欧州の地位は大きく低下し、米国が世界の主導的立場を確保、ソ連がそれに対抗するという構図ができあがった。例えば原子力分野では、米国は 1945 年に原爆、1952 年に水爆を完成したが、ソ連は 1949 年に原爆、1953 年に水爆の開発に成功している。宇宙分野でも、米ソ両国は、それぞれ敗戦国ドイツで高度なミサイル関連技術を蓄積していた技術者を確保し、特に 1950 年代に入ると両国は次第に射程の長いミサイルの開発を加速した。これらの二つの分野にコンピューター開発を加えた三つの科学技術分野は、東西冷戦期の世界構造を支える重要な構成要素として、両国において非常に高い優先順位を与えられた。

冷戦下では、米ソ両国の間に強い緊張関係があったため、国際ビッグプロジェクトが成立する素地はなかなか整わなかった。特に 1960 年代末以降にデタントの流れが生まれるまでは、原子力、宇宙、コンピューターといった戦略性の高い分野での国際共同プロジェクトが実施されることは考えにくかった。

とはいえ、この時期に国際ビッグプロジェクトが皆無であったわけではない。その最たる例として、国際学術連合会議 (ICSU、International Council of Scientific Unions、現在は国際科学会議 (International Council for Science)) が設定した国際地球観測年 (IGY、International

⁷¹ 独立行政法人科学技術振興機構研究開発戦略センターフェロー

Geophysical Year、1957年7月～1958年12月）期間中の活動が挙げられる。以下に述べるように、ICSUは世界気象機構（WMO）と共同でIGY期間中に国際協力による地球観測計画を展開することを決定し、最終的に67カ国が関与してこの計画が実施された。これを契機に、ICSUは他の分野でも国際協力によるさまざまな計画の実施を進めていく。

また、欧州という限定された地域内では、各分野で着実に国際ビッグプロジェクトの枠組み作りが進んだ。例えば、1954年には欧州原子核研究機構（CERN）が設立、続いて欧州ロケット開発機構（ELDO）や欧州宇宙研究機関（ESRO）もそれぞれ1962年、1964年に設立された。欧州では、科学技術分野で米国に対して独自の地位と能力を維持するという観点からも、域内での国際協力の流れが確立されていく。

(1) ICSUの主導による国際協力

冷戦期前半に科学技術分野の国際協力に大きな役割を果たしたICSUの起源は、19世紀末にさかのぼる。1899年、ドイツのアカデミーの主導の下、欧米の数カ国のアカデミーが国際学士院連合（IAA、International Association of Academies）を創設した。IAAは1919年に国際研究会議（IRC、International Research Council）へと発展的に解消、さらに1931年には各国のアカデミーだけでなく国際純粋・応用物理学連合等の国際学術団体もメンバーとする形でICSUへと生まれ変わる。ICSUの主な目的は科学技術の各分野の国際協調を促進することであったが、IGY期間中の地球観測計画を皮切りに、ICSUは大型の国際協力プロジェクトの組織にも本格的に乗り出した。⁷²

IGYの計画は、もともと1950年、米国の物理学者ロイド・バークナーや英国の地球物理学者シドニー・チャップマンらがその構想をあたためICSUに提案したことに始まる。1952年、ICSUは関係国際機関と調整し、WMOと共同でIGYを設定した。IGYには西側諸国だけでなく、ソ連を含む東側諸国も幅広く参加することとなるが、これが可能になった背景には、朝鮮戦争が1953年に休戦に至り、ソ連のヨシフ・スターリンが同年に死去したこと等もあったとされる。最終的には67カ国が参加して、気象学、地磁気、オーロラ、電離層、太陽活動、宇宙線、緯度経度計測、氷河、海洋学、地震学、重力等、地球科学に関わる多様な観測が進められた。⁷³

ICSUは1954年、当時まだ打ち上げられたことのなかった人工衛星を用いた科学観測をIGY期間中に行うという野心的な目標も提唱した。米国及びソ連は、この目標に沿って翌年には準備を始め、ソ連は1957年10月4日にスプートニク1号を、米国は1958年1月31日にエクスプローラー1号の打上げに成功する。これが米ソ間の宇宙開発競争の幕開けとなり、両国は宇宙分野での技術能力の蓄積を急ぐことになった。

IGYは、ICSUが主導するその後の国際協力プロジェクトの先鞭をつけた。それらには例えば1964～1965年の太陽活動小期観測年（IQSY、International Years of the Quiet Sun）、1964年～1974年実施の国際生物学計画（IBP、International Biological Program）、1967年に開始された地球大気開発計画（GARP、Global Atmospheric Research Programme、WMOと共同で推進）などが含まれる。

ただし、IGYを含めこれらの計画は、綿密な役割分担に基づいて明確な目標の実現を共同で目指すものというよりは、やや広い目標を共有しつつ緩い調整を行いながら各国が可

⁷² Frank Greenaway, *Science International: A History of the International Council of Scientific Unions* (Cambridge: Cambridge University Press, 1996).

⁷³ Ibid, pp.149-159.

能な範囲の貢献をなすという性格のものだった。デタントの動きが始まる 1960 年代末までは、科学技術分野での全世界的な国際協力はこの形態に限られていたのである。

(2) 欧州域内での国際協力の展開

一方、欧州域内では戦後間もなくの時期から科学技術分野の国際協力を進める動きがみられ、着実に協力関係の深化・緊密化が進んだ。

欧州域内で最初に誕生した大規模な国際協力の枠組みは、素粒子・原子核物理学研究の分野のものであった。1949 年、スイスのローザンヌで開催されたヨーロッパ文化会議において、フランスの物理学者ルイ・ド・ブロイがヨーロッパ域内の国際研究所の創設を正式に提案している。翌年にイタリアのフィレンツェで開催された UNESCO 総会では、米国の物理学者インドール・ラビが「地域研究所」の設立を訴えた。このような動きを受け、1951 年にパリで開催された UNESCO の会合において「欧州原子核研究会議」の創設に係る決議が採択され、同会議における設立準備を経て 1954 年に欧州原子核研究機構（CERN）が設立された。⁷⁴

つづいて宇宙科学技術の分野でも国際協力の枠組みが築かれた。1961 年、「欧州宇宙研究準備委員会」が設立され、そこでの議論を踏まえて 1964 年に ESRO が設立された。一方、1961 年には英国とフランスを中心にロケットの共同開発計画も提唱され、これにイタリア、ベルギー、西ドイツ、オランダも加わって 1962 年に ELDO が設立される（オーストラリアも射場の提供という形で協力）。ただし ELDO のロケット開発計画はその後難航し、結局 1975 年に ESRO と統合して欧州宇宙機関（ESA）が誕生した。ESA は 1979 年にアリアン 1 ロケットの打上げに成功している。⁷⁵

天文学の分野でも、1962 年、ベルギー、フランス、西ドイツ、オランダ、スウェーデンが共同でチリに天文台を建設することに合意し、1964 年にはヨーロッパ南天天文台条約を締結して、1967 年にはまずラ・シヤ天文台を完成させた。その後加盟国が増え、複数の天文台を建設、維持するようになり、それらはあわせてヨーロッパ南天天文台（ESO）と呼ばれることになる。

核融合分野では、欧州共同トーラス（JET、Joint European Torus）という大型実験装置の開発が最初の国際協力による取組みになった。欧州では、すでに 1958 年に欧州原子力共同体（Euratom）が設立され、欧州域内での原子力の市場創出や原子力開発の国際協力の枠組みができていたが、JET はこの Euratom の重要なビッグプロジェクトになった。1973 年に設計が開始され、その後複数の国による誘致合戦が行われて、特に英国とドイツが最後まで争い、結局建設サイトを英国とし責任者をドイツ人とすることで落ち着くなど、複雑な交渉も必要となったが、1977 年建設開始、1983 年に完成する。⁷⁶

ここで留意しておくべきなのは、こうした欧州域内での国際協力の枠組み作りは、常に米国の動向を強く意識しながら、あるいは米国から直接的な影響を受けながら進められたということである。例えば、ESA の設立に際しては、対米国のスタンスをめぐって各国の

⁷⁴ 有本建男「CERN 少史ービッグサイエンスの運命と技術と科学の相関ー」、*Spring-8 Information* 3:6 (November 1998), pp.55-59; <http://timeline.web.cern.ch/timelines/The-history-of-CERN>.

⁷⁵ J. Krige and A. Russo, *A History of the European Space Agency 1958-1987 Volume I The story of ESRO and ELDO, 1958-1973*, European Space Agency, April 2000.

⁷⁶ 石垣勝・佐藤靖・綾部広則・廣野喜幸、「シンポジウム：国際事業化する大規模科学技術研究開発ー 2011 年度年会報告」『科学史研究』、第 50 巻第 260 号、2011 年 12 月、212-223 頁。

思惑が入り乱れた経緯がある。1970年代前半、米国は欧州との間で、アポロ計画に続くボスト・アポロ計画における国際協力について協議していたが、当時フランスは対米協力に一貫して懐疑的であった。一方、ドイツとイタリアは米国との協力を通して技術を蓄積することを望んだ。妥協の結果、フランスを中心に欧州独自のアリアン・ロケットを開発すること、米国のスペースシャトル計画に宇宙実験室（スペースラブ）の開発をもって参加すること、イギリスが関心を抱いていた海洋通信衛星を開発すること、これらをパッケージとして実施することが決まり、同時にこれらの計画を進めるためにESAの設立も決まったのである。⁷⁷

このように、第二次世界大戦終結後1970年代までは、米ソ両国が対峙する世界全体の構図の中で、欧州域内では各科学技術分野で協力が着実に進展していった。

3 国際ビッグプロジェクトの本格化（1970年～1990年）

宇宙ステーションや国際熱核融合実験炉（ITER）の建設といった、非常に大規模な国際ビッグプロジェクトの開始は1980年代を待たなければならない。だが、1970年代にも、科学技術分野の国際協力をめぐる環境条件の変化は静かに進行していた。その変化の背景を成していたのは、世界における米国の位置の変動と、米国連邦政府の政策全般の優先順位の変更である。

1960年代までの米国は、自由主義陣営の盟主として、世界の中で圧倒的な国力を誇っていた。特に軍事面では、世界の安全保障の秩序に支配的な影響を与える存在であった。しかし1960年代後半からはベトナム戦争の泥沼化などによりその絶対的な国力に陰りがみられ始める。1969年に大統領に就任したリチャード・ニクソンは、そのような世界における自国の立ち位置の変化を認識し、デタントを志向することとなった。ニクソンはベトナムからの段階的撤退の方針をとり、第一次戦略兵器制限交渉（SALT-1）を進めるなどソ連との融和を図り、また中国との国交回復に踏み込んだ。このようなデタントの流れの中では、ソ連に対する軍事面・技術面での米国の優位性を誇示する必要性は弱まり、このことが、米国の科学技術の方向性に大きな変化をもたらすことになる。

一方、米国内部の政策の優先順位も1970年前後を境に大きく変化する。1960年代までは科学技術分野の政策的な優先度は非常に高く、同分野への投資も大きく伸び、原子力・宇宙・コンピューターなどの軍民両用技術分野を中心に米国が世界の主導的地位を確保していた。しかし1960年代末以降、都市問題や貧困問題などの国内の諸課題への対応や長期化するベトナム戦争による財政負担が大きくなると、科学技術分野への投資は停滞する。特に、宇宙開発分野では、1969年にアポロ計画による有人月面着陸が成功すると、ソ連に対する米国の技術的優位性が明確に示されたことで、もはやこれ以上宇宙開発分野への投資を拡大する必要はないという声が支配的になった。その結果、米国の宇宙開発予算は大きく削減され、航空宇宙局（NASA）の技術基盤も弱体化し始める。原子力分野でも、環境問題がクローズアップされる中で、原子力発電所の設置に係る規制が強化され、それがコスト増につながり、原子力発電所の新設が止まった。

端的に言えば、米国内で政府が取り組むべき政策の優先順位は、1970年頃を境に軍事から経済へと大きく重心移動したのである。この変化は、情報通信分野にはそれほど強い影響を与えなかったが、原子力・宇宙の両分野の推進力を著しく弱めた。1960年代までのよ

⁷⁷ Ibid.

うに、米国単独での研究開発を前提とした大規模プロジェクトは容易に実施できなくなったのである。

(1) 1970年代の宇宙分野での協力

このような文脈の中で、米国は科学技術分野で国際協力の可能性を探ることが多くなった。宇宙分野では、ポスト・アポロ計画の検討において、NASA は早い時期から欧州及び日本に国際協力を呼び掛けている。日本は当時まだ技術水準が低かったことを理由に参加を断念しているが、欧州は先述したように参加に前向きの姿勢を示した。

ただし、このときまだ米国は明らかに自己中心的な姿勢で国際協力に臨んでいた。欧州は当初、米国内で1970年代初頭にポスト・アポロ計画をスペースシャトルの開発に絞ることが決まったことを受けて、スペースシャトルから貨物を他の軌道に異動する「タグ」と呼ばれるシステムの開発を担う意思を固めていった。ところが、その間に米国の考えが変わり、欧州は結局スペースラブの開発のみを任されることになる。米国のスタンスの変化の背景には、欧州案の「タグ」に安全上の懸念を抱いたという事情のほかに、欧州にスペースシャトルのシステムのクリティカルな要素を依存したくないという考えがあった。米国は、欧州を付随的な立場でのみ国際協力に参加させたのである。⁷⁸

一方、米国はソ連との間では対等の関係での国際プロジェクトをこの時期に一つ実施している。アポロ＝ソユーズ計画という、米国がアポロ宇宙船を、ソ連がソユーズ宇宙船を打ち上げて、地球軌道上でドッキングを行うという計画である。この計画は、デタントの流れの中で、両国の融和を象徴するものとしての役割をもっており、1970年代前半に進められ、1975年にドッキングが実現した。やや単発的な計画であったが、このときの協力の経験は冷戦終結後の米ソ協力にも引き継がれる。⁷⁹

(2) 宇宙ステーション計画

1980年代に入ると、宇宙開発分野における国際協力の形態は大きく変化する。具体的には、ロナルド・レーガン大統領の下で進められた宇宙ステーション計画にその変化は表れた。

宇宙ステーションの建設計画は、1970年代以前にもNASAにより検討が進められていたが、1981年、宇宙計画の拡大に消極的だった民主党のジミー・カーター大統領から「強いアメリカ」を目指す共和党のレーガン大統領に交代すると、本格的な計画開始に向けた環境が整い始める。また、ちょうど同年スペースシャトルの初飛行が成功し、次のNASAの大型計画に注目が集まっていた。

NASA は、宇宙ステーション計画の検討にあたって、早い時期から欧州、カナダ、日本と協議しており、これらの国は関心を明示していた。NASA 内部でも検討が進み、レーガンは1983年末、計画の開始を決断する。この決断の背後には、当時ソ連が宇宙ステーション「ミール」の開発に乗り出していたという事情もあった。⁸⁰

⁷⁸ Ibid.

⁷⁹ Edward Clinton Ezell and Linda Neuman Ezell, *The Partnership: A History of the Apollo-Soyuz Test Project* (Washington, D.C.: NASA, 1978).

⁸⁰ Howard E. McCurdy, *The Space Station Decision: Incremental Politics and Technological Choice* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1990); John M. Logsdon, "Together in Orbit: The Origins of International Participation in the Space Station," NASA Monographs in Aerospace History #11, November 1998.

1984年1月、レーガンは議会での一般教書演説の中で宇宙ステーション計画の開始を宣言し、他国に計画への参加を呼びかけた。計画の資金分担を求めるという意味でも、冷戦下での資本主義陣営の結束を示す意味でも、国際協力体制の構築は米国にとって重要かつ緊急の課題となった。早速、1984年6月のロンドン・サミットでは、宇宙ステーション計画が主な議題の一つとして取り上げられている。その後交渉が本格化し、1988年9月には関係国の間で政府間協定の締結に至った。

宇宙ステーション計画の国際協力をめぐる交渉では、米国と他国との間の関係が従来とは少し変化していた。従来は、基本的に米国が単独でプロジェクトの設計を確定したうえで、米国の定めるスキームに沿って他国の参加を招請していた。ところが宇宙ステーション計画では、米国は計画の初期段階から各国の関与を仰いだ。すなわち、宇宙開発分野での国際協力のあり方が、米国一国がプロジェクトをコントロールする形から他国がその責任を分かち合う多国間協力の形へと変わり始めたのである。

(3) ITER

宇宙ステーション計画が米国を中心とする資本主義陣営の結束を示すという政治的目的を持っていたのに対し、ITER計画は逆に、ソ連との融和という政治的目的をもつ国際ビッグプロジェクトとして1985年以来進められてきた。

全世界的な国際協力に基づく核融合炉の建設については、すでに1970年代末より国際核融合研究理事会(IFRC、International Fusion Research Council)において検討されていた。IFRCという組織は、1970年に国際原子力機関(IAEA)により設立され、核融合分野の国際会議の企画、学術誌の刊行などを行っていた組織である。IFRCは1978年、国際トカマク炉(INTOR、International Tokamak Reactor)ワークショップという日米ソ欧の4極による国際検討チームを組織し、情報交換を行ったり共同で新型炉の設計作業を開始したりした。ただ、並行して、日米欧はそれぞれ独自の核融合実験施設の開発に向けた検討も進めていた。

81

国際協力による核融合炉の建設計画は、1985年11月にジュネーブで開催された米ソ首脳会談におけるレーガン大統領とゴルバチョフ書記長との合意により、大きな一歩を踏み出す。両者が核融合分野についてできるだけ幅広く協力することを提唱したのである。その背景には、同年3月に書記長に就任したばかりのゴルバチョフが、当時のソ連経済の実情に鑑みれば米国との軍拡競争を続けるのは無理であることを認識しつつ、米国との融和を志向していたという事情があった。また、ジュネーブ会談の主な議題は軍縮と東欧問題であったが、それらの交渉は低調であったこともあり、核融合分野での協力が米ソ友好の象徴として持ち出された側面もあったとされる。⁸²

米ソ間の合意を受け、日欧を加えた4極は1987年に正式な協定を結んでITER計画に取り組み始め、1988年からは概念設計が開始された。しかし後述するように、ITER計画はその後長期間にわたり曲折を経ることになる。その大きな理由の一つは、ITER計画は宇宙ステーション計画とは異なり、一国が圧倒的なイニシアチブをもって計画を進めていたわけではなかったということが挙げられる。複数の国が対等に近い立場で進める国際プロ

⁸¹ 石垣他、「シンボジウム：国際事業化する大規模科学技術研究開発」；C.M. Braams and P.E. Stott, *Nuclear Fusion: Half a Century of Magnetic Confinement Fusion Research* (New York: Taylor and Francis, 2002), pp.246-250.

⁸² Ibid.

ジェクトでは、どうしても交渉に長い時間を要し、建設地決定などの重要な判断を速やかに下すことが難しくなるのである。

4 冷戦終結後の国際ビッグプロジェクト（1990年～）

1980年代にスタートした代表的な国際ビッグプロジェクトである宇宙ステーション計画及びITER計画は、冷戦終結後、それぞれ大きく変容する。また、冷戦終結後には、ヒトゲノム計画、大型ハドロン衝突型加速器（LHC）、アルマ天文台建設など、それぞれ特有の性格をもつ新しい国際ビッグプロジェクトも次々と開始された。1990年代以降、国際ビッグプロジェクトのあり方は全体としてまた変わってきたのである。

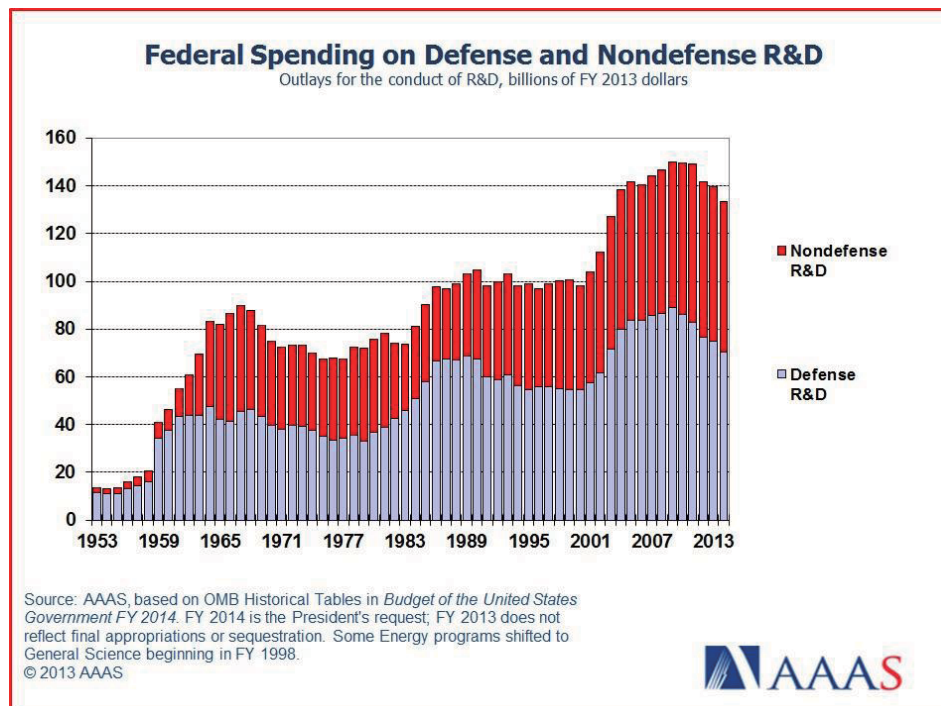
第二次世界大戦後45年間にわたって世界の秩序の骨格を成した冷戦構造は、1990年前後の数年間で一気に崩壊し、東西の融和が急速に進んだ。まず、1989年、旧共産圏諸国で共産党政権が次々と倒れ、同年末にはベルリンの壁が崩壊、ソ連からのバルト三国の独立運動が高まるなどの動きがあった。1991年には軍事クーデターによる混乱を経てソ連が崩壊、ロシアが誕生している。同年には、米ソ両国間で第一次戦略兵器削減条約（START）も調印された。

冷戦の終結は、米国及びロシアを中心とする世界の科学技術に根源的な影響をもたらすこととなる。米国では、まず軍事部門の政府研究開発投資が収縮した。これは、STARTにおいて戦略核弾頭や大陸間弾道ミサイル（ICBM）の削減義務が含まれていたことなどからも当然であった（図表1を参照）。一方平和目的の宇宙開発についても、予算が厳しく抑制されて宇宙ステーション計画のような大型計画を維持することも容易ではなくなった。その代わりに増えてきたのが、低コスト、短期間で小型かつ簡素な探査機を打ち上げ次々と成果を挙げることを目指すファスター・ベター・チーパー（FBC）と呼ばれるアプローチに基づく計画である。⁸³ 米国が科学技術分野で大規模な計画を単独で遂行することはますます難しくなってきたのである。

一方、ロシアでは1990年代前半には経済が大混乱に陥り、実質GDPが急減して、科学技術分野に投入される資源は非常に少なくなった。このため、原子力分野や宇宙分野で高度な技術能力をもちながらも、国際宇宙ステーション（ISS）計画やITER計画などの国際ビッグプロジェクトへの参画に関しては様々な問題が生じることとなる。

⁸³ Howard E. MuCurdy, *Faster, Better, Cheaper: Low-Cost Innovation in the U.S. Space Program* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2001).

図表1 米国連邦政府の軍事部門及び非軍事部門の研究開発投資の推移（出典：AAAS 資料）



(1) 国際宇宙ステーション計画の変容

米国の主導による宇宙ステーション「フリーダム」建設計画は、1988年に関係国間で政府間協定が結ばれて、国際協力による開発に向けて本格的に動き出したが、その後も数多くの試練に直面する。

まず、米国内で計画への支持がなかなか固まらなかった。協定締結直後の1989年度及び1990年度の予算についてすら議会の理解をなかなか得られず、不満を抱いた当時のNASAジェームズ・フレッチャー長官が辞職している。その後も毎年のように予算が削減され、その度に「フリーダム」の設計変更が行われた。

1993年1月にジョージ・ブッシュにかわってビル・クリントンが大統領に就任すると、事態は急展開をみせる。クリントン大統領は財政再建を優先課題の一つとしており、議会の批判の強い宇宙ステーション計画を根本的に見直そうとしたのである。その結果、同年6月には「フリーダム」計画はコストを節減した「アルファ」計画に変更された。ところがその直後、下院で宇宙ステーション計画の中止を求める動議が出され、215票対216票のわずか一票差で否決されるという出来事があった。米国内での宇宙ステーション計画に対する政治的支持は大きく揺らいでいたのである。⁸⁴

その2ヵ月余り後の1993年9月、米国とロシアは、東西両陣営の宇宙ステーション計画を統合して一つの宇宙ステーション計画を進めることで合意した。両国は、1992年6月にすでに当時のブッシュ大統領とエリツィン大統領との間で宇宙分野での協力を進めることには合意していたが、宇宙ステーション計画の統合は非常に大きな政治的決断なくしてはあり得ない出来事だった。ただ、この新たな展開は、「アルファ」計画に対する議会の支持に不安があった米国にとっても、「ミール」につづく「ミール2」の建設を計画しながらも

⁸⁴ David M. Harland and John E. Catchpole, *Creating the International Space Station* (London: Springer, 2002).

予算確保の見通しがつかなかったロシアにとってもメリットがあった。⁸⁵

ロシアの宇宙ステーション計画参加については、米国の意向が固まってしまえば、欧州、日本、カナダはそれを受け入れるほかなく、1993年12月には正式に承認された。そして、新しい宇宙ステーションは「アルファ」という名前ではなく、単に国際宇宙ステーション（ISS）と呼ばれるようになった。

米国にとって、ISS計画への転換は、ロシアの宇宙ステーション関連の技術的蓄積を取り込むことを可能とし、全体の規模も「アルファ」より大幅に増すなどの目に見える利点があった。だがそれ以上に、米国がロシアと宇宙ステーション計画での協力に踏み切った背景には巨大な政治的理由があった。米国は、ロシアを冷戦後の新しい世界秩序に取り込む手段としてISS計画を位置づけていたのである。

まず、米国には、1991年に両国が締結したSTARTや、ミサイル技術の拡散を防ぐためのミサイル技術管理レジーム（MTCR、Missile Technology Control Regime）をロシアに遵守させる下地を作るという意図があった。実際ロシアは、宇宙ステーション計画の統合に合意したのと同時にMTCRへの参加の意思を表明している。

さらに、ロシアの宇宙開発分野の研究者・技術者らが他国へ流出するのを抑制することは、米国にとってとりわけ大きな関心事だった。ロシアの経済的窮状を考えれば、冷戦終結後にそれら研究者・技術者らを雇用する職を十分に用意することは難しい。一方で、ミサイル技術に直結する高度な知識と経験を有するそうした人材を欲する国は多かった。ミサイル技術の拡散を防ぐためにはなんとしてもロシアに大規模な宇宙計画を維持させ、職を確保する必要があったのである。

この理由で、米国は多額の資金を投じてでもロシアをISS計画に取り込もうとした。同様の目的で米国は、旧ソ連で核兵器やミサイルなどの研究開発に従事していた研究者・技術者が参画する平和目的の研究開発プロジェクトを支援する「国際科学技術センター」の設立について日欧露と協議し、1994年3月にそれを発足させたりもしている。米国は冷戦終結という地政学的な地殻変動に対応するため、科学技術の面でもさまざまな手段を動員したのである。

このようにしてロシアを含めた国際協力の枠組みを得たISS計画は、その後も数々の困難に直面したものの、目標の実現に向けて進む。まず、ISSの建設に先立ち、米ロ両国はシャトル・ミール計画という、両国の宇宙飛行士が相互の宇宙船に乗り入れて「ミール」を訪問する計画に取り組み、これを1994年から1998年にかけて成功させた。ISSを構成する最初のモジュールは1998年にロシアにより打上げられ、その後他のモジュールの米ロ両国による打上げが続く。2000年には人間の長期滞在が開始され、最終的にはISSの建設は2011年に完了した（追加的なモジュールが今後打ち上げられる予定もある）。

(2) ITERの進展

ITER計画は、1988年からその概念設計活動（CDA、Conceptual Design Activities）が開始され、続いて1992年から1998年まで工学設計活動（EDA、Engineering Design Activities）が実施された。ところが、その頃から各国間の調整や予算確保等に関して様々な問題が目立ち始める。

まず、EDAは約170名の専従の科学者・技術者を中心に行われたが、その活動場所を決

⁸⁵ Ibid.

めることすらできなかった。欧日米がそれぞれ誘致を提案し、結局妥協がなされず、3カ所に分かれて EDA を進めることになったのである。EDA 自体は着実に進んだが、対等な立場での国際ビッグプロジェクトを進める際の政治的妥協の難しさが浮き彫りになった。

また、1998 年の EDA 終了後、参加各国の財政事情の悪化により、計画の規模縮小が必要になった。このため 3 年間の再設計期間が設けられ、予算規模をほぼ半分にする形で検討が続けられた。ところがさらに悪いことに、1999 年には米国議会が ITER 計画への参加中止の方針を打ち出す。その背景には、もともと冷戦下で東西両陣営の融和を演出するために開始された同計画の政治的意義が、冷戦終結後は薄らいできていたという事情があった。かたや米国は独自の核融合開発計画をもっており、米国内では ITER 計画に予算を奪われるのをきらう意見もあった。米国内部の核融合コミュニティは分断されてしまっていたのである。⁸⁶

欧州と日本は、ITER 計画に強くコミットしていたため、再設計は予定通り 2001 年に予定通り完了する。しかしその後、ITER の建設地選定が難航をきわめた。欧州がフランスのカダラッシュとスペインのバンデヨスを、日本が青森県六ヶ所村を提案していたのに加え、EDA に参加していなかったカナダがクラリントンを提案した。

建設地の選定にあたって、まず 2002 年に参加国は共同で各候補地の調査を実施した。その結果とりまとめられた報告書は、翌年 ITER 政府間協議において承認されたが、どの候補地に建設することも技術的には可能との結論であった。その後欧州はカダラッシュに候補地を一本化し、カナダは ITER 計画そのものから撤退したため、候補地の選定はカダラッシュと六ヶ所村の二ヶ所に絞られたが、その後最終的な決着に至るまでには詳細な条件をめぐる交渉が続き、約 1 年半を要することとなった。最終的にカダラッシュが建設地に選定されたのは 2005 年 6 月である。

この候補地選定作業の間、2003 年には米国が ITER 計画に復帰するとともに中国と韓国が新規に参加し、2005 年にはインドも加わって、参加国の構成も拡大した。2006 年 11 月には、ITER 計画を実施する国際機関を設立する国際協定の署名が行われ、2007 年 10 月に ITER 国際核融合エネルギー機構の設立に至っている。現段階で、実験開始は 2020 年を、本格運転開始は 2027 年を予定しているが、今後もスケジュールの遅れが懸念されている。

(3) 大型ハドロン衝突型加速器 (LHC) 計画

CERN は 1954 年の発足以来、1970 年代までの間に陽子シンクロトロン (PS)、陽子・陽子コライダー (ISR)、大型陽子加速器 (SPS) 等の円形加速器を建設したが、それらよりもはるかに大型の円形加速器を建造する計画が 1976 年より CERN 内部で議論され始めた。電子・陽電子コライダー (LEP、Large Electron-Positron Collider) と呼ばれる加速器である。1979 年に設計が公表されたこの加速器は、約 27km の周長をもつものであり、1989 年に建設が完了する。

しかし、この建設期間中に、さらに次の段階の研究を進めるための新たな加速器を建設することが提案された。その背景には、米国で超伝導超大型加速器 (SSC) を建設する計画が 1982 年に浮上し、翌 1983 年から具体的検討が開始、1987 年に当時のロナルド・レーガン大統領による建設支持の表明があり、1989 年から建設を開始したという流れもあった。

⁸⁶ C.M. Braams and P.E. Stott, *Nuclear Fusion: Half a Century of Magnetic Confinement Fusion Research* (New York: Taylor and Francis, 2002), pp.249-260.

CERN は 1980 年代半ばから次の加速器の計画を構想していたが、1992 年頃から検討が具体化し、1994 年 12 月には、LEP で建設したトンネルを活用して陽子と陽子を衝突させるための LHC を設置する計画を承認した。⁸⁷

その後、欧州各国だけでなく日本及び米国もオブザーバー国として参加することがそれぞれ 1995 年、1997 年に決まり、参加国が拡大する。米国の SSC 計画は、必要となる多大な資金の支出への議会の理解が得られず、1993 年 10 月に中止されていた。米国で SSC 計画を進めていた研究者は同年 12 月に LHC 計画に合流しており、米国政府としてこれをサポートした形になる。つまり、米国の SSC 計画中止が、LHC 計画を全世界的な国際ビッグプロジェクトにするきっかけの一つになったとみることもできる。その後 1996 年にはインド、ロシア、カナダも建設協力に加わり、名実ともに全世界的な計画となった LHC は、若干の遅れはあったが 2008 年に完成、稼動開始した。⁸⁸

(4) ヒトゲノム計画

生命科学の分野では、従来大規模な研究組織により行う研究は主流ではなかった。しかし 1980 年代後半になって、生命科学分野での大規模な国際協力のスキームが二つ形成される。一つは、1987 年のベネチアサミットにて日本より提唱されたヒューマン・フロンティア・サイエンス・プログラム (HFSP) である。1989 年には国際ヒューマン・フロンティア・サイエンス・プログラム機構 (HFSP) が設立され、生命科学分野の基礎研究が国際的に推進されることとなった。一方、同時期のもう一つの生命科学分野での国際協力計画は、生命科学分野での初の国際ビッグプロジェクトとなったヒトゲノム計画である。

ISS 同様、ヒトゲノム計画の立ち上げに際して圧倒的な役割を果たしたのは米国であった。1985 年、カリフォルニア大学サンタクルーズ校のロバート・シンスハイマー学長がヒトゲノムの解読計画を提唱し、その後その技術的側面を議論するための会議を主催した。1986 年以降、米国エネルギー省主催のサンタフェ会議、生命科学研究で知られるコールド・スプリング・ハーバー研究所でのシンポジウム、フランスとスイスの国境にあるレマン湖近傍での会議などが開催される。1988 年には、議会がエネルギー省と NIH のヒトゲノム関連の研究予算を承認し、両機関は連携して研究を進めることに合意した。そして、同じく 1988 年、NIH のジェームズ・ワトソンが中心となって、各国からの科学者の組織である国際ヒトゲノム機構 (HUGO) が発足する。その後ほどなく米国ではエネルギー省と NIH に予算措置がなされ、加えて、1990 年には米国のハワード・ヒューズ医学研究所及び英国のウェルカム・トラストも HUGO への資金提供を決定する⁸⁹

HUGO は、各国の科学者が協力・調整しつつ研究を進め、特に不必要な重複や競争を回避し、またデータや研究手段のやり取りをし、さらに倫理的・法的・社会的影響 (ELSI) や商業上の影響を議論する場を提供することを目的としていた。1996 年には、各国のゲノムセンターや大学などによる国際ヒトゲノム配列コンソーシアム (IHGSC) が設立され、国際協力体制が強化された。この間、民間企業によるヒトゲノム解読の動きもあったが、1996 年にはヒトゲノム情報を公共財として公開することを確認した「バミューダ原則」が

⁸⁷ <http://timeline.web.cern.ch/timelines/Building-the-LHC>

⁸⁸ 近藤敬比古、「LHC プロジェクトの軌跡と現状」、先端加速器科学技術推進協議会大型プロジェクト研究部会、2009 年 12 月 22 日、http://atlas.kek.jp/sub/OHP/2009/20091222_Kondo.pdf。

⁸⁹ 石垣他、「シンポジウム：国際事業化する大規模科学技術研究開発」；J.D. Watson and R.M. Cook-Deegan, "Origins of the human genome project," *FASEB Journal* 5 (1991), pp.8-11.

合意され、HUGO 及び IHGSC との競合が調整される。

結局、技術的進歩によりヒトゲノム計画は予定より早いペースで進み、2003 年にはゲノム配列の完成版が公表された。最終的な各国の貢献割合は、米国が 60%、英国が 30%、日本が 6%、フランスが 3%、ドイツと中国が各 1%であり、このことからヒトゲノム計画は米英両国の主導的な色彩が強いものになったことが分かる。⁹⁰

(5) アルマ望遠鏡

基礎物理学分野の国際ビッグプロジェクトとしては、LHC 計画のほかにアルマ望遠鏡（アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計、Atacama Large Millimeter/submillimeter Array）建設計画を挙げることができる。

1980 年代、日本と米国はそれぞれ次世代の大型電波干渉計を建造する計画を検討していた。日本は大型ミリ波干渉計（LMA）、米国はミリ波干渉計（MMA）と呼ばれた望遠鏡の構想を 1983 年より立ち上げている。両国の研究者らは、国際会議等で互いの計画を把握しそれぞれの利点を取り入れていったが、結局、1994 年より日米間で共同計画を立ち上げる検討を開始した。一方、欧州も 1995 年より大型南天干渉計（LSA）と呼ばれた望遠鏡を構想するようになり、欧州も交えた検討が本格化する。そして、三極の共同によるアルマ望遠鏡建設計画が浮上するが、日本の財政措置が遅れたため、1999 年にまず米欧間でアルマ望遠鏡の開発協力が開始された。その後 2001 年により日米欧 3 局によるアルマ望遠鏡の共同建設に関する決議書が締結され、各国において予算措置が決定した後、2004 年に共同建設が実行に移されることとなった。⁹¹

アルマ望遠鏡は、2013 年 3 月の開所式を経て本格運用に以降した。総費用は 1,000 億円程度と見積もられ、国際ビッグプロジェクトとしては資金規模は大きいとはいえないが、それでも国際共同計画の検討開始から望遠鏡の完成までは 20 年を要したことになる。

5 まとめと考察

本稿では、大きく 3 つの時期に分けて国際ビッグプロジェクトの歴史を検討してきた。まず、第二次世界大戦後 1970 年頃までの時期を、初期の国際ビッグプロジェクトが動き出した時期と捉え、ICSU を中心とした緩い形態での国際協力プロジェクトの進展や、欧州域内での国際協力の枠組みの形成についてみた。次に、1970 年代及び 1980 年代について、国際ビッグプロジェクトが本格化した時期と捉え、宇宙ステーション計画や ITER 計画が動き出した経緯を追った。最後に、冷戦終結後の 1990 年代以降の時期に、宇宙ステーション計画や ITER 計画がさまざまな紆余曲折を経ながらも進められ、一方で LHC 計画、ヒトゲノム計画、アルマ望遠鏡建設計画といった新しい国際ビッグプロジェクトが行われた過程をみてきた。

この歴史的経緯の全体をながめれば、これまで国際政治及び国内政治の動きが国際ビッグプロジェクトの性格に大きな影響を与えてきたことは明らかである。そのような政治的な動きのうち、最大級のものは 1970 年前後のデタントと 1990 年前後の冷戦終結であった。前者は、米国の連邦政府の政権運営の重心が軍事から経済へと移行する一因を成し、科学技術分野への公的投資を減少させ、米国が同分野での国際協力に積極的姿勢を示す背景と

⁹⁰ Ibid; <http://www.hugo-international.org/>;

⁹¹ <http://alma.mtk.nao.ac.jp/j/aboutalma/office/history.html>

なった。後者は、米国に国際協力への一層の積極的姿勢を促すとともに、高い技術力をもつロシアを国際ビッグプロジェクト遂行上のパートナーと位置づけることを可能とし、その結果宇宙ステーション計画や ITER 計画の性格も大きく変化した。

このような巨大な政治的変動に加えて、両国の首脳の個人的な考え方も国際ビッグプロジェクトの性格の規定要因となってきた。米国のレーガン大統領は 1984 年、ソ連を盟主とする共産主義陣営と対抗する姿勢を示すことを重要と考え、宇宙ステーション計画の開始に踏み切った。ところが、1985 年にゴルバチョフがソ連書記長に就任すると、ITER 計画でソ連との融和姿勢を示す方針をとる。レーガンとゴルバチョフは国際ビッグプロジェクトの歴史において非常に重要な位置を占めるといえるだろう。その後も、1993 年の米ソの宇宙ステーション計画の統合による ISS 計画の開始などは、当時のクリントン政権の世界戦略がその背景にあったとみることができる。これらの首脳がそれぞれ当時別の人物であったならば、ISS 計画や ITER 計画の方向性も全く異なるものになっていた可能性は高い。

一方、LHC 計画、ヒトゲノム計画、アルマ望遠鏡建設計画においては、政治的決断の要素は比較的小さかった。いずれも、もともと科学者コミュニティにおいて長年アイデアが温められ、それが実を結んだものである。ただし、これらの計画の資金規模も一千億円から一兆円程度であり、政治とは無縁ではあり得なかった。LHC 計画は、米国議会による SSC 計画の中止により全世界的な国際ビッグプロジェクトになったわけであるし、ヒトゲノム計画では、データの公表の原則作りなどにおいて政府の介入が必要となった。全体としてみれば、ISS 計画や ITER 計画はトップダウンの傾向が強く、LHC 計画、ヒトゲノム計画、アルマ望遠鏡建設計画はボトムダウンの傾向が強かったといえようが、実際にはいずれも両方の要素を一定程度はもっていたといえる。

本稿でみてきた国際ビッグプロジェクトは、それぞれ多様な特徴を帯びていたが、共通しているのはプロジェクト期間の長大さである。比較的短かったヒトゲノム計画では、国際共同計画の検討開始から計画目標達成まで約 15 年であったが、これは各国の役割についてそれほど綿密な調整を行う必要がなかったこと、技術面での飛躍的進展によりプロジェクトの実施作業そのものが容易になったことなどの要因によるものであると考えられる。LHC も同程度の期間であったが、これは CERN において既に国際協力の経験が積み上げられており、国際協力の様態について概ね合意されていたことが大きい。一方、アルマ望遠鏡建設計画では完成までに約 20 年、ISS 計画では約 30 年を要し、ITER 計画では 35 年～40 年以上を要する見通しであるが、これは、真に多国間の計画を新たに計画し実施することが非常に長い期間を要するものであることを示しているといえる。その間には、冷戦終結のような政治上の地殻変動もあり、そのことがさらに計画期間を延ばす要因となってきた。

冒頭に述べたように、今後も国際ビッグプロジェクトが増してくるであろうことは、グローバル化のさらなる深化を考えれば、自然に想定できる。しかし、長期間にわたる国際ビッグプロジェクトの実施期間中には、大小さまざまな政治的変動があることは確実である。それらの政治的変動を予測することは不可能である以上、国際ビッグプロジェクトを当初の目的通り実施できるかどうかは本質的に不透明である。このことを念頭に置いたうえで、今後の国際ビッグプロジェクトが構想されることが適当であると考えられる。

参考文献

- C.M. Braams and P.E. Stott, *Nuclear Fusion: Half a Century of Magnetic Confinement Fusion Research* (New York: Taylor and Francis, 2002).
- Edward Clinton Ezell and Linda Neuman Ezell, *The Partnership: A History of the Apollo-Soyuz Test Project* (Washington, D.C.: NASA, 1978).
- Francis S. Collins, Michael Morgan, Aristides Patrinos, “The Human Genome Project: Lessons from Large-Scale Biology,” *Science* 300 (11 April 2003), pp.286-290.
- Frank Greenaway, *Science International: A History of the International Council of Scientific Unions* (Cambridge: Cambridge University Press, 1996).
- Luca Guzzetti, “A Brief History of European Union Research Policy,” October 1995.
- David M. Harland and John E. Catchpole, *Creating the International Space Station* (London: Springer, 2002).
- J. Krige and A. Russo, *A History of the European Space Agency 1958-1987 Volume I The story of ESRO and ELDO, 1958-1973*, European Space Agency, April 2000.
- John M. Logsdon, “Together in Orbit: The Origins of International Participation in the Space Station,” NASA Monographs in Aerospace History #11, November 1998.
- Howard E. McCurdy, *The Space Station Decision: Incremental Politics and Technological Choice* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1990).
- Howard E. MuCurdy, *Faster, Better, Cheaper: Low-Cost Innovation in the U.S. Space Program* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2001).
- J.D. Watson and R.M. Cook-Deegan, “Origins of the human genome project,” *FASEB Journal* 5 (1991), pp.8-11.
- 有本建男「CERN 小史ービッグサイエンスの運命と技術と科学の相関ー」、『Spring-8 利用者情報』3:6、1998 年、55-59 頁。
- 飯吉厚夫・村岡克紀、『ビッグプロジェクトーその成功と失敗の研究』、新潮新書、2008 年。
- 石垣勝・佐藤靖・綾部広則・廣野喜幸、「シンポジウム：国際事業化する大規模科学技術研究開発ー 2011 年度年会報告」『科学史研究』、第 50 巻第 260 号、2011 年 12 月、212-223 頁。
- 今井隆吉、『科学と外交ー軍縮、エネルギー、環境』、中公新書、1994 年。