

過去に行った 国家的に重要な研究開発の 事後評価結果の例

1. 「イネゲノム研機能解析研究」の事後評価結果
(平成21年4月21日総合科学技術会議) ……p.1
2. 「ゲノムネットワークプロジェクト」の事後評価結果
(平成22年7月16日総合科学技術会議) ……p.7
3. 「X線自由レーザーの開発・供与」の事後評価結果
(平成24年6月20日総合科学技術会議) ……p.16
4. 「南極地域観測事業」の事後評価結果
(平成24年6月20日総合科学技術会議) ……p.24

1. 「イネゲノム研機能解析研究」の事後評価結果

(平成 21 年 4 月 21 日総合科学技術会議)

1. 評価結果

1. 1. 研究開発成果と目標の達成状況

本研究開発は、それまでのイネゲノム塩基配列の概要解読や部分長 cDNA ライブラリーの整備などの研究開発成果を受けて、「ポストイネゲノム」研究への展開を図ることとしたものである。

具体的には、①イネゲノム研究の基盤整備、②遺伝子の機能解明手法の高度化、③ターゲットを絞った有用遺伝子探索、④育種システムの高度化、に関する 12 の個別課題を設定して取り組んだ。

この個別課題については、9 の個別課題は当初計画から設定されていたが、得られた成果を活用して 3 つの個別課題を途中から追加して実施し、都合 12 課題となった。なお、当初計画された 9 の個別課題のうち、3 つの個別課題については、総合科学技術会議の事前評価による課題の重点化などの指摘や研究の進捗状況等を踏まえ、計画を変更し、途中で中止又は終了した。

なお、本研究開発の目的と目標については、総合科学技術会議が事前評価を実施した時点から個別課題の重点化や事業規模の見直しなどにより、開始段階で一部を変更して実施している。

1. 1. 1. 個別課題の研究開発成果に係る目標の達成状況

農林水産省は、それぞれの個別課題について、その終了時点で、外部専門家などから構成する農林水産技術会議評価専門委員会において、研究開発成果の確認と目標の達成状況等に関する事後評価を実施した。

この事後評価の結果等によると、個別課題については、次のような成果が得られている。

- ① 研究基盤の整備に関する課題においては、イネゲノムの全塩基配列の解読を目標より早い時期に完了したこと、遺伝解析材料などの整備とその提供体制の整備などの成果
- ② 機能解明手法の高度化に関する課題においては、遺伝子地図利用技術の開発やミュータントパネルの整備、タンパク質立体構造と遺伝子機能の相互関係の解明や遺伝子機能の予測手法の開発などの成果
- ③ ターゲットを絞った有用遺伝子探索に関する課題においては、穂が

出る時期の調整に関わる遺伝子や病害虫の抵抗性に関わる遺伝子などイネの重要な形質に関連する多くの遺伝子の単離と機能解明、イネの複雑形質に関与する遺伝子の単離と機能解明などの成果

- ④ 育種システムの高度化に関する課題においては、DNAマーカーや遺伝子組換え技術を用いた従来に比べて育種期間を大幅に短縮した効率的な育種技術の開発など、従来育種法では開発が不可能とされていたイネを作出する革新的な育種システム構築などの成果

このうち、ターゲットを絞った有用遺伝子探索に関する課題において得られた成果は、国際的な科学雑誌に多くが掲載されるなど世界的に高い水準の評価を得ている。また、革新的な育種システムによって、病害抵抗性を有するイネや血圧調整機能を有する成分を蓄積するイネを作出するなど、具体的な成果も得られている。

そして、これらの個別課題の成果は開始時点の目標を達成し、一部はこれを上回る成果を得ているとしている。

個別課題の成果については、農林水産省が外部専門家などによる評価体制を整備するなどして適切に評価を実施したものと認め、これを踏まえ、個別課題の研究開発成果は十分に開始当初の目標を達成しているものと判断する。

1.1.2. 研究開発成果総体の効果に関する検証・評価の実施

農林水産省は、本研究開発の成果を、消費者ニーズへの対応、需要拡大、国際戦略に基づく貢献、生産性の向上や、植物科学への貢献という農林水産政策上の課題解決に活用することを目指し、また、植物生命科学研究の基盤を作ること、イネの各種形質の改良、植物工場などの産業利用につなげることを目的として本研究開発を計画した。

そして、本研究開発の農林水産政策上の位置付けとして、画期的な品種開発等に活用し得る知的財産権の強化に主眼を置き、得られた特許等については、農産物需要の拡大・生産性の向上等の国内農業振興、食料輸出国に対する競争力向上・開発途上国への技術支援等の国際戦略に基づく貢献等の政策手段として活用していくとしていた。

農林水産省は、これらの政策実施を担う府省であることから、本研究開発の研究開発結果に加え、これに係る特許の取得状況等を把握・分析し、それらについて当初目指した政策上の課題解決への活用見込みやそ

の効果・貢献度など、本研究開発成果の総体としての効果に関しても、外部有識者などを活用して検証・評価を行うべきであった。

1.2. 研究開発成果の活用状況

本研究開発においては、イネゲノムの全塩基配列の解読などの成果により、そのデータベースを整備・公開し、また、遺伝解析のための植物ゲノム研究用リソースを整備・配布しており、世界の多くの研究者がこれらを利用するなど、植物生命科学発展に結びつけるよう体制が整備されたことから、科学技術的な波及効果は今後大きく期待される。

また、DNAマーカーを活用した効率的な育種手法や、有用遺伝子の単離、実用品種作出のための遺伝子組換え手法の開発などの成果により、今後の国内外の食料の安定供給やエネルギー資源供給などの課題解決に貢献する品種開発が見込まれることから、社会経済的・国際的にも今後の波及効果が期待される。

農林水産省は、このような本研究開発の成果を活用した次の段階の具体的な施策として、食料・農業・農村政策の基本計画や農林水産研究の基本計画に沿って、食料問題、環境問題及びエネルギー問題の解決に貢献する画期的な作物の開発を目指した研究開発や、加工品等に利用された農産物の品種識別技術の研究開発などに取り組んでいる。

本研究開発においては、我が国の食料・農業において最も重要な作物であるイネを対象として実施し、多くの研究開発成果が得られている。そして、本研究開発は基礎的な研究開発であるが、今後この多くの成果を活用することによって、国内の農産物需要の拡大や農業生産性の向上、開発途上国への農業生産技術支援、植物科学の発展などの政策に貢献する多くの具体的・画期的な成果に結びつく可能性を有している。

このため、農林水産省は、本研究開発の実施主体としてその成果を次の段階の研究開発の実施等に活用するとともに、政策実施を担う府省として本研究開発の成果を多くの政策課題解決に活用していくべきである。この場合に、成果の活用のための手段や手法、その実施工程などの全体の道筋を明らかにしつつ、その具体的な施策を実施・推進していくことが必要である。

特に、農林水産省は、本研究開発においては画期的な品種開発等に活用し得る知的財産権の強化に主眼を置き、得られた特許等については政策手段として活用するものとしていた。今後さらに特許出願等が増加し、その多様な政策等への活用が見込まれることから、農林水産省は本研究

開発の成果に係る特許等の取得やその政策上の活用に関する方針を明確にすべきである。

また、本研究開発の成果は食料の輸出入などの国際戦略への貢献が期待されることから、農林水産省は、その戦略的な活用を図るためにイネに関する海外との競争力の状況等を継続的かつ組織的に把握すべきである。

本研究開発においては遺伝子組換え技術による実用品種の作出などに関しても多くの成果が得られている。このような研究開発成果が国内農業の生産性向上等に貢献していくためには、総合科学技術会議の事前評価においてその重要性を指摘したように、遺伝子組換え作物の研究開発やその応用に関する国民の理解が欠かせない。

農林水産省は、遺伝子組換え作物などの国民理解に関する取組について、本研究開発の成果等を踏まえ、平成20年1月に外部有識者からなる検討会によってとりまとめられた遺伝子組換え作物に関する研究開発の推進方針等に沿って、研究開発と併せて国民理解のための双方向コミュニケーションを多様な規模で開始するなど、その強化に取り組んでいる。国民の安心を得るために必要な研究開発等への取組も含め、関係府省とも協力しつつ、これらの一層の推進に引き続き取り組んでいくべきである。

1.3. 研究開発マネジメントの実施状況

本研究開発の実施体制については、その中核機関となった（独）農業生物資源研究所の理事長を全体の総括責任者とし、また、個別課題ごとに、当該分野の経験と実績を有する研究者を総括研究リーダーとして、（独）農業生物資源研究所を中心に、大学、企業、都道府県の研究機関などの参加を得て体制が整備された。

また、個別課題ごとに、研究中核機関である（独）農業生物資源研究所に設置された評価委員会が毎年度評価を行い、農林水産省は農林水産技術会議評価専門委員会において事前評価、中間評価及び事後評価を実施した。

個別課題の運営管理は、課題ごとの総括研究リーダーは経験と実績を有する研究者が選考され、開始から終了までの間を概ね一人のリーダーが継続して担っており、課題設定や進捗管理等が適切に実施された。こ

のことが個別課題について目標を十分に達成した要因の一つであると考えられる。

本研究開発のように関連する多くの個別課題から構成される研究開発は、単に個別課題の集合として運営管理等を行うのではなく、研究開発全体の成果によって達成されるべき政策目的に当然リンクさせる必要がある。このことにかんがみれば、上位政策を視野に入れて重要な国家的利益に結実させるトップマネジメントによる包括的かつ総合的なリーダーシップを継続的に発揮して研究開発全体の運営管理を行うべきであり、その全体の運営管理や成果に関する外部専門家等による事後評価も実施することが必要である。

本研究開発の全体の運営管理は、全体の統括責任者と農林水産省が協議して方針決定などを行う体制で実施されたが、予算額にかんがみた個別課題目標の再設定や、個別課題の中止・追加などの変更が行われる中で、全体の統括責任者が5年の間に2回交代しているなどの状況がみられた。

農林水産省は、今後このような多くの相互に関連する個別課題から構成される研究開発の実施に際しては、全体として政策目的に関連させた目標の設定、及びそれに相応したマネジメント体制を整備し、研究開発全体の目標の達成状況や全体の運営管理の妥当性などについての評価を行う体制を整備すべきである。

1.4. まとめと今後の課題

- (1) 本研究開発については、個別課題ごとには計画期間内に開始時点の目標を十分に達成した成果を得ているものと認められる。
- (2) イネは我が国の食料確保や農業生産にとって最も重要な作物であることから、この研究開発成果は、国内外の食料の安定供給や農業の生産性向上といった農林水産省が取り組むべき幅広い政策課題の解決に貢献していくことが期待できる。
- (3) 農林水産省は、今後、より多くの政策課題解決のためにこの成果を活用していくべきである。その際、その成果により得られた特許等を政策手段として活用していくための具体的な方針の策定や、イネに関する海外情勢の継続的かつ組織的な把握などが重要であることから、

これらについて早急に取り組むべきである。

- (4) 農林水産省は、今後実施する研究開発の検証・評価に関して、研究開発結果の評価・検証に加え、研究開発成果の総体についての政策上の課題解決への活用見込みなどの検証・評価を、外部有識者などを活用して適切に実施すべきである。
- (5) 本研究開発のように相互に関連する多くの個別課題から構成される政策対応型の大規模な研究開発においては、実施府省は、個々の課題の研究開発結果に係る成果目標と、研究開発成果全体によって達成されるべき政策目的に係る目標とを設定し、それぞれについて適切な評価体制などを整備することが重要である。また、その政策目的への活用のための具体的な方策や工程をあらかじめ明確にし、その上位政策を視野に入れた研究開発全体の運営管理や次の施策への活用を戦略的に行うことが重要である。

2. 「ゲノムネットワークプロジェクト」の事後評価結果 (平成 22 年 7 月 16 日総合科学技術会議)

2. 評価結果

2. 1. 研究開発成果と目標の達成状況等

2. 1. 1. プロジェクトの目的・構成と運営体制

国際ヒトゲノム計画によるヒトゲノムの塩基配列解読の達成に伴い、「ポストヒトゲノム研究」は、遺伝子、タンパク質及びこれらを総合した系の全体機能解明を中心とした国際競争の段階に入った。本プロジェクトはこうした認識の下、ヒト及びマウスの完全長 cDNA ライブラリーなど我が国の優位性を生かして、将来的には新たな治療法の開発や創薬への寄与も見据えつつ、今後のライフサイエンス全般の発展につながり得る確固としたゲノム情報基盤を提供することを主目的として開始された。

本プロジェクトにおいては、ゲノムの発現制御の根幹をなすヒト全遺伝子の転写制御系の分子間相互作用（ネットワーク）の解明が目標として設定された。

本プロジェクトは、①ヒトゲノムの発現調節領域の解析、遺伝子発現に係る生体分子(タンパク質など)間の相互作用の解明といった転写制御に係るネットワークを明らかにする「ゲノム機能情報の解析(横軸研究)」、②横軸研究のデータを活用し、発生・分化などの個別の生命現象のネットワーク解析を行う「個別生命機能の解析(縦軸研究)」、③横軸研究及び縦軸研究等で得られた情報を体系化しデータベースとして提供する「ヒトゲノムネットワークプラットフォームの構築」、横軸研究及び縦軸研究を加速するための、④ネットワーク解析などの新しい技術の研究を行う「次世代ゲノム解析技術の開発」及び、⑤転写制御系を中心とする分子ネットワークの動的な特性の解析を行う「動的ネットワーク解析技術開発」の 5 つのプログラムで構成されている。各プログラムの課題数と配分額は、「横軸研究(ゲノム機能情報の集中的解析)」が 7 課題、82.1 億円、「縦軸研究(個別生命機能解析)」が 19 課題、21.8 億円、「ヒトゲノムネットワークプラットフォームの構築」が 1 課題、20.7 億円、「次世代ゲノム解析技術開発」が 5 課題、4.3 億円、「動的ネットワーク」が 3 課題、3.4 億円となっている。

特に、本プロジェクトは、網羅的にゲノム機能情報を解析する基盤的な横軸研究と、個別の生命活動の解析にターゲットを絞った縦軸研究を

密接に連携をとって進めることを最大の特徴としており、これによりゲノム機能の効果的な解明を行うことを主眼とし、併せて将来の医療技術等に寄与する知的財産権を戦略的に確保することとしていた。

実施体制としては、「横軸研究（ゲノム機能情報の集中的解析）」を独立行政法人理化学研究所（中核機関）を中心に、また、「縦軸研究（個別生命機能解析）」、「次世代ゲノム解析技術開発」、「動的ネットワーク」を提案公募により実施し、さらに、国立遺伝学研究所（中核機関）において「ヒトゲノムネットワークプラットフォームの構築」が行われた。

本プロジェクトの推進に当たっては、「推進委員会」と「実施会議」を設け、「推進委員会」では、このプロジェクトの方向性、マイルストーンの設定を行い、参加研究機関の代表者等で組織された「実施会議」では、研究実施グループ間の研究成果の相互交換、事業推進に関する協議調整等を行った。さらに、推進委員会の下にデータ公開・知的財産権に関するワーキンググループを設置し、プロジェクトのデータの公開にかかる原則及び知的財産権の取扱いについての検討を行った。

2.1.2 文部科学省の評価結果に基づく研究開発成果

文部科学省は、外部有識者からなる「ゲノムネットワークプロジェクト」評価委員会を設置して事後評価を行い、科学技術・学術審議会のライフサイエンス委員会での審議を経て評価結果を最終決定した。この評価結果によると、本プロジェクトでは、

- (1) ゲノムの基盤情報に関しては、
 - ① ヒトのタンパクコード遺伝子約 20,000 種類の cDNA クローン（全タンパクコード遺伝子を対象と設定した当初目標の約 9 割）や 19,000 を超える遺伝子の発現に抑制率の高い siRNA ライブラリー（当初目標 15,000 遺伝子）の整備
 - ② ゲノムワイドにデータを収集・解析する基盤技術の開発及び高度化（CAGE 法, 高精度 CHIP-chip 法, IVV 法）
 - ③ 1,000 を超える転写制御因子（タンパク質）間相互作用マップ
 - ④ タンパク質をコードしない極めて多様で大量の RNA が存在することの発見（RNA 新大陸の発見）
 - ⑤ 秩序だった遺伝子発現を保証するためのインシュレーター機能因子（コヒーシン）の発見などの成果が、

(2) 個別生命機能に関しては、

- ⑥ 肥満細胞・骨芽細胞分化を制御する遺伝子制御関係の発見
 - ⑦ 脳における遺伝子発現の空間的、時間的制御ネットワークの解明
 - ⑧ 生体においてステロイドホルモンが担うゲノムネットワークの解明
 - ⑨ 破骨細胞分化制御機構の解明
- などの成果が得られたとしている。

2.1.3. 目標の達成状況等

本プロジェクトの個別研究課題の学術的な成果に関しては、文部科学省が行った外部専門家による事後評価結果は適切と認められるものであり、これに基づけば、各プログラムにおいて評価すべき多くの成果があったものと判断する。

特に、タンパク質をコードしない極めて多様で大量の RNA が存在することの発見（RNA 新大陸の発見）やコヒーシオンというタンパク質が遺伝子を仕切るインシュレーター（壁）の重要な構成単位であること、国際的にも画期的な成果であったと捉えることができる。

プロジェクトの目標に関しては、総合科学技術会議における事前評価での指摘を踏まえて、ゲノムの機能解明の対象領域を転写制御系に絞り、一定の明確化が図られた。しかし、同領域の分子間相互作用（ネットワーク）を解明するとした目標については、プロジェクト全体としての達成すべき水準が明確に示されていなかった。

プロジェクト全体をみると、横軸研究の成果である各種リソース、データ、および解析手法を駆使した破骨細胞分化制御機構の解明など、ゲノム機能情報の解析（横軸）研究と個別生命機能の解析（縦軸）研究の連携は部分的には評価できる点は少なくない。

しかしながら、本プロジェクトで想定された横軸研究と縦軸研究の有機的な連携によるゲノム機能の効果的な解明と知的財産権の戦略的な確保という当初の構想に照らせば、横軸研究から派生した新規性のある縦軸研究の創成が少ない点や、縦軸研究から横軸研究へのフィードバックが限られている点、また、RNA 新大陸といった大きな科学的発見が十分に知的財産権に結びついていない点、などの課題があったと判断する。

また、本プロジェクトでは、横軸研究と縦軸研究を加速する観点から、要素技術として、次世代ゲノム解析技術や動的ネットワークの解析技術

の開発を同時並行で実施しているが、これらの技術は、今後のゲノム機能の解析に寄与すると期待されるものの、本プロジェクトの実施期間中における横軸研究あるいは縦軸研究への顕著な貢献は見られない。

こうしたことを勘案すれば、本プロジェクトにおいて、縦軸と横軸の連携というこれまでにない斬新なアプローチ手法に取り組み、一部成果を上げた課題があり、この点は評価できるが、プロジェクト全体としては、この連携が必ずしも十分に機能したとは言えず、またプログラム構成による十分な効果が発揮されたとは言えないものと判断する。

文部科学省が行った事後評価は、当初目標と達成状況の比較検証や研究開発マネジメントの検証が不明確である、知的財産権の確保について言及されていない、評価委員会に産業界の委員が入っていないといった点で、評価の方法に課題があった。これらの諸点については、今後の文部科学省の研究開発評価方法の改善が必要である。

また、文部科学省が行った事後評価において、ヒトゲノムプラットフォームのデータベースの活用状況の把握等、今後のフォローアップが必要とされている点について、文部科学省は確実に実行することが必要である。

2.2. 科学・技術的、社会・経済的、国際的な効果と波及効果

2.2.1. 科学・技術的、社会・経済的、国際的な効果

科学・技術的効果については、ヒトの cDNA クローンや siRNA、抗体といったリソースの整備、CAGE 法等ゲノムワイドにデータを収集・解析する基盤技術の開発・高度化、転写開始点や転写制御関連因子間の相互作用等に係る多くの基盤情報のデータベースの整備が行われた。

これらの研究成果が国内外の研究機関に幅広く提供され、有効に活用されるものとなれば、RNA 新大陸の発見などの新たな知見の創出と相まって、国内外の生命科学の今後の発展に大きく寄与すると期待される。

社会・経済的効果については、肥満細胞・骨芽細胞分化制御因子の発見等、将来的に医療技術への応用等に可能性のある成果はいくつか出ているが、現時点で直接的な効果を評価することは困難であり、産業利用につなげるためには、発見された遺伝子機能やタンパク質について、抗

体、化合物等による評価を行い医療、医薬品への可能性を検証する取り組みが必要である。

文部科学省は、公開シンポジウムの開催等により研究成果一般に公開する取り組みを行ったが、これらの研究成果が産業界に必ずしも周知されていないのではないかという意見があることも踏まえ、産業界に対する積極的な情報発信に努め、成果の活用状況について長期的にフォローアップを行っていくことが必要である。

本プロジェクトに1年先だってヒトゲノムの全機能解析を目標に開始された米国のENCODE計画は、基本的にデータを速やかに公開する方針で進められている。また、米・欧を中心とする国際ヒトメタゲノム計画等、国際的なゲノム構造解析研究の進展も見られる。こうした状況を踏まえ、国際協調と日本の特長を生かした国際競争という観点から、文部科学省は、本研究開発成果の活用を含め今後のゲノム研究の戦略を構築していくことが必要である。

2.2.2. 成果の活用

本プロジェクトで得られたリソースやデータ等の研究成果については、知的財産権の確保に配慮した上で、今後の学術、産業界に広く貢献するために、可能な限り速やかにかつ幅広く研究機関・研究者の活用に応ずることとしていた。

リソースについては、プロジェクト期間中は、規約に基づき、本プロジェクトに参加したコンソーシアム内の研究機関に利用が限定されていた。プロジェクト終了後一般公開に向けた取り組みが行われ、cDNAについては平成22年3月から、siRNAについては平成22年4月から公開に至ったことは評価できる。文部科学省は、これらリソースの積極的な活用が図られるようフォローアップを行っていくことが必要である。

また、データベースについては、当初計画通り構築されたプラットフォーム上でプロジェクト期間中から順次公開が進められており、この点は評価できるが、コンソーシアム内の研究機関からのアクセス数に比べて一般研究機関からのアクセス数が必ずしも多くないこと、プロジェクト終了後にアクセス数が減少していることは問題である。文部科学省は、データの利用価値が十分に示されていないのではないかという観点も含めてその要因を分析し、積極的な情報発信と併せて、データベースの継続的な維持を含めた有効活用に向けた方策を検討することが必要である。

2.2.3. 知的財産権の確保

本プロジェクトにおいては、国際競争の観点から、知的財産権の確保を目的の一つとして、網羅的なゲノム機能情報の解析（横軸研究）と、画期的な成果を見込みうる個別生命機能の解析（縦軸研究）を組み合わせ、参加研究機関によるコンソーシアムを形成して実施された。

本プロジェクトにおいて、国としての知的財産権確保のため、推進委員会の下に、「データ公開・知的財産権に関するWG」を設け、知的財産権保護と情報公開のバランスに配慮し、データ公開に係る原則及び知的財産権の取扱いについてのルールを策定し、そのルールに沿った取組みが行われた点は評価できる。

一方で、本プロジェクトの成果としてこれまでに特許の出願に至った特許の数は、国内で23件、海外での出願はPCT出願を含めて8件であり、知的財産権確保等のためにコンソーシアム外への成果の公開を一定期間制限したこと、課題数の設定や参加研究機関数を考慮すれば、当初の期待に対し十分であったとは言えない。

特許出願については、弁理士を活用した相談や支援が行われていたものの、その最終的な判断は、特許の有効性、費用対効果等を勘案し、実施機関が行った。戦略的に特許を取得するという観点に立てば、プロジェクトの推進体制の中で全体の特許の出願・取得についての責任の所在を明確にし、状況を把握した上で権利化を促す取組みをより強力に行うべきであった。

また、知的財産権に結びつくことが期待された縦軸研究の課題の選定は、文部科学省が設置した「課題選考委員会」において行われたが、産業界からの意見を反映するという観点に立てば、産業界からの専門家の参画の割合が必ずしも十分であったとは言えない。文部科学省は、本プロジェクトで実施した研究について、引き続き特許の取得と活用状況のフォローアップを行うとともに、こうした指摘を今後のプロジェクトに生かしていくことが必要である。また、各研究機関においてプロジェクトの成果に関する特許を取得・維持するための仕組みが必ずしも十分でなかったという問題点も出されていることから、文部科学省は実態を把握し改善に向けた対応を行うことが必要である。

2.2.4. 人材育成

本プロジェクトに参画し優れた研究成果を創出した若手研究者が輩出されている点は評価できる。

一方、本プロジェクトでは延べ 160 人以上のポスドクが雇用されているが、各研究機関ではキャリア支援の取組みが行われているものの、プロジェクト全体としてのキャリア支援やキャリアパスの実態は十分に把握されていない。

本プロジェクトは、遺伝子機能や生命機能の解明を進めていく上で必要性が強く求められるバイオインフォマティクスの素養を持った人材を育成する格好の場であったとの見方もできることから、文部科学省は、プロジェクトにおけるキャリアパスの実態を把握し、今後の人材の育成・確保に生かしていくことが必要である。

2.3. 研究開発マネジメントの実施状況

プロジェクトの推進・実施にあたって、「推進委員会」がプロジェクトの方向性、マイルストーンの設定等を行い、「実施会議」が研究実施グループ間の研究成果の相互交換や事業推進の協議調整等を行うというように、役割分担をして取り組んだこと自体は適切であったが、プロジェクト全体の研究開発を主導する責任と権限の帰属が必ずしも明確でなかった。

前述したプロジェクト全体としての効果が十分に発揮できていない点は、公募課題の採択において学術的意味合いのほか、プロジェクトへの貢献をどれだけ重視したか、実施期間中の課題・予算配分の見直しやプログラム間、課題間の協力体制の構築が適切に行われたかという面で課題があったと考えられるが、リーダーシップを発揮しうるトップマネジメント体制が十分ではなかったことに起因するところが大きいと判断する。

文部科学省は、今後のプロジェクトのマネジメントに、こうした指摘を生かしていくことが必要である。

なお、本プロジェクトにおいて、縦軸研究を補完する観点から「協力機関」という枠組みを導入し、国内外 50 以上の研究機関の参画を得て体制の強化の取組みを行ったことについては評価できる。一方で、縦軸研究の課題数が不十分であり、文部科学省は、予算の縮減を行った際に、他の資金で支援されている研究も取り入れることで、プロジェクトを再構成すべきであったのではないかと意見や、同時期に実施された科学研究費補助金のゲノム関係の特定領域研究との連携が十分ではなかったのではないかと意見があった。

2.4. その他の留意点

文部科学省は後継として実施している「革新的細胞研究プログラム(セルイノベーション)」において、本プロジェクトから継承したリソースやデータ、ソフトウェア等を活用して成果を生み出すことが期待される。本プロジェクトで課題として指摘された点については、改善を進めることが必要である。

2.5. まとめ

本プロジェクトは、網羅的にゲノム機能情報を解析する基盤的な横軸研究と、個別の生命活動の解析にターゲットを絞った縦軸研究を密接に連携をとって進めることを最大の特徴としており、これによりゲノム機能の効果的な解明を行うことを主眼とし、併せて将来の医療技術等に寄与する知的財産権を戦略的に確保することとしていた。

- (1) 個別研究成果としては、ヒトcDNAクローン等のリソースの整備、CAGE法等ゲノムワイドにデータを収集・解析する基盤技術の開発、転写因子相互作用等に係るデータベースが整備されたほか、多くの優れた学術的成果が得られている。特に、タンパク質をコードしない極めて多様で大量のRNAが存在することの発見(RNA新大陸の発見)や、コヒーシンというタンパク質が遺伝子を仕切るインシュレーター(壁)の重要な構成単位であることの実見は、国際的にも画期的な成果であったと捉えることができる。
- (2) プロジェクト全体の目標については、総合科学技術会議における事前評価での指摘を踏まえて、ゲノムの機能解明の対象領域を転写制御系に絞り、一定の明確化が図られた。しかし、同領域の分子間相互作用(ネットワーク)を解明するとした目標については、プロジェクト全体としての達成すべき水準が明確に示されていなかった。文部科学省は、今後のプロジェクトの実施に当たり、こうした指摘を生かしていくことが必要である。
- (3) プロジェクト全体の遂行結果をみると、横軸研究から派生した新規性のある縦軸研究の創成が少ないなど、横軸と縦軸の連携構想が必ずしも機能したとは言えず、知的財産権の確保についても、取り

組んだ課題数等事業規模と得られた特許数を考慮すると十分であったとは言えない。公募課題の採択時における産業界からの専門家の参画の割合が少なかった点を含め、これらの要因としては、リーダーシップを発揮しうる責任と権限を伴ったトップマネジメント体制が十分ではなかったことが大きいと判断する。文部科学省は、今後のプロジェクトのマネジメントに、こうした指摘を生かしていくことが必要である。

- (4) 本プロジェクトの成果を学術、産業界に還元するために、文部科学省は、プロジェクトで得られたリソース、データ等について、産業界での成果の活用を促すための積極的な情報発信を進めるとともに、活用状況等について長期的なフォローアップを行っていくことが必要である。また併せて、米国の ENCODE 計画との連携等、国際的な戦略を構築しつつ、本プロジェクトで得られた成果を着実に今後の研究開発に活用していくことが必要である。
- (5) 本プロジェクトに参画し優れた研究成果を創出した若手研究者が輩出されている点は評価できるが、ポスドクについてはプロジェクト全体としてのキャリア支援やキャリアパスの実態は十分に把握されていない。文部科学省は、プロジェクトにおけるキャリアパスの実態を把握し、今後の人材の育成・確保に生かしていくことが必要である。
- (6) 文部科学省が行った事後評価は、当初目標と達成状況の比較検証や研究開発マネジメントの検証が不明確である、知的財産権の確保について言及されていない、評価委員会に産業界の委員が入っていないといった点で、評価の方法に課題があった。これらの諸点については、今後の文部科学省の研究開発評価方法の改善が必要である。

3. 「X線自由電子レーザーの開発・共用」の事後評価結果 (平成24年6月20日総合科学技術会議)

3. 評価結果

3.1. 研究開発成果と目標の達成状況等

3.1.1. プロジェクトの目的・構成と運営体制

- (1) 「X線自由電子レーザーの開発・共用」は、物質の一原子レベルの超微細構造や化学反応の超高速動態・変化を計測・分析することを可能とする最先端放射光研究施設「X線自由電子レーザー(XFEL)装置」を整備し、XFELを効果的かつ効率的に利用することによって、ライフサイエンス、ナノテクノロジー、材料などの広範な科学技術分野において先端的研究成果を多数創出することを主目的として開始された。
- (2) XFELは、①短い波長(0.06nm、原子・分子レベルでの構造解析が可能)、②従来の放射光源と比べ飛躍的に高い輝度(SPring-8の10億倍、物質深部の解析が可能)、③コヒーレント性* (シャープな像の取得や精密計測が可能)、④極短パルス(フェムト秒単位で高速な動態・変化の捕捉が可能)といった特長を有し、これにより、これまでできなかった計測・分析が可能となることが期待されている。
- (3) 本プロジェクトは、①入射器、加速器、アンジュレータ、ビームライン等の設備及びこれに付属する実験棟等の施設整備を行う「施設整備等」と②XFELの利用研究を実施する際に想定される問題点を解決するための技術や解析手法の開発などを行う「利用開発等」で構成される。プロジェクトに要した経費(全て国費)は、総額約388億円、うち「施設整備等」が約358億円、「利用開発等」が約30億円となっている。
- (4) 本プロジェクトは、「施設整備等」の開発目標を世界で最も短波長である0.06nmのXFELを発振できる一方、開発・建設コスト及び装置の大きさは欧米の同様の計画の半分以下にすることとした。
- (5) 本装置の特筆すべき特長は、第3世代放射光施設であるSPring-8

*コヒーレント性とは、光の波の位相が完全にそろっている状態

を

に併設されているところである。時間分解能の制約はあるが物質の胴体変化を連続的に観察できる SPring-8 の高輝度放射光、物質の超微細構造や超高速動態変化を高い時間分解能でとらえることができる XFEL 装置、及びそれらのデータから物質の構造やその時間変化を短時間で解析できる「京」などスーパーコンピュータの能力とを複合的に利用できるようになれば、海外にも例を見ない最先端放射光施設として、革新的な成果を生み出すことができるものと期待されている。

- (6) 本装置の開発・建設体制としては、独立行政法人理化学研究所と財団法人高輝度光科学研究センター（JASRI）が XFEL 計画合同推進本部を設置し、両者が一体となって装置開発及び建設を推進した。

また、利用研究推進体制としては、文部科学省に「X線自由電子レーザー利用推進協議会」を設置し、理化学研究所の各センターや研究所、大学等の研究機関、企業等と連携を図るとともに、大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構（KEK）、欧米で同様の計画を行っているドイツ電子シンクロトロン研究所（DESY）や米国スタンフォード線形加速器研究センター（SLAC）など、国内外の関係機関とも連携するとした。

3.1.2. 研究開発成果に係る文部科学省の評価結果

- (1) 文部科学省は、本プロジェクトの事後評価について、外部専門家・有識者からなる科学技術・学術審議会先端研究基盤部会での審議を経て、同審議会の研究計画・評価分科会で評価結果を決定した。

この評価結果においては、以下①、②に示す成果が得られたと認め、「我が国独自の特長を多数有した世界最高性能の XFEL 施設について、X線レーザーの発振時期は当初予定より若干遅れはしたが、予定開発期間内に所期の目標どおり本体整備を完了しており、当初計画は達成されたと評価できる」としている。

- ① 平成22年10月に、波長0.06nm、パルス幅100フェムト秒以下の超高輝度X線レーザーの発振を目指したX線自由電子レーザー施設「SACLA」の本体施設の整備が完了し、平成23年度中の共用開始に向け調整を進めているところであり、平成23年6月には世界最短波長（0.10nm）のX線レーザーの発振に成功した。

- ② 欧米施設に比べ最もコンパクト（先行する米国施設の半分以下と

なる全長 700m) かつ最小経費 (約 388 億円) で実現するとともに、我が国独自の特徴となる大型放射光施設 SPring-8 の放射光との同時利用を可能とする施設を整備した。

3.1.3. 目標の達成状況等

- (1) XFEL 装置の開発・整備に関しては、平成 23 年 6 月に、その時点で世界最短波長となる 0.10nm の XFEL の発振に成功し、その後、平成 23 年 10 月に、ほぼ当初目標となる 0.063nm の発振に成功している。文部科学省の評価結果にあるとおり、多少の遅れはあったものの所期の目標に即した施設が整備されたと認められる。

特に、XFEL 装置の開発・建設に当たって、約 300 社の企業、大学、研究機関が参画するプロジェクトをマネジメントし、先行して開発したプロトタイプ機を用いた研究・検討の成果を活用しながら、ほぼ当初計画どおりに、諸外国と比較し、同等以上の性能を有する施設を最も小型かつ低コストで完成できたことは、高く評価できる。

- (2) 一方で、今後 XFEL 装置の性能を十分に発揮するためには、出力の安定化等のための技術開発、XFEL の特長を生かすための測定装置やソフトウェアの開発等に関する課題にさらに取り組む必要がある。

- (3) 文部科学省が行った事後評価については、外部評価として、プロジェクトの推進主体である同省量子放射線研究推進室が評価案を作成し、外部有識者・専門家で構成される科学技術・学術審議会先端研究基盤部会で、それを基に審議する方法がとられた。「国の研究開発評価に関する大綱的指針(平成 20 年 10 月 31 日内閣総理大臣決定)」(以下、「評価に関する大綱的指針」という)に示された「客観性を十分保つ」という外部評価の目的・役割に照らした場合、当該外部評価において、評価者となる外部有識者・専門家による評価項目・基準等についての事前の検討やこれに基づく意見聴取が十分に行われることなく評価結果がとりまとめられたという点で、実施方法に問題があった。

このため、文部科学省は、外部評価の目的・役割が十分果たせるような実施方法がとられているか、同省で実施されている他の研究開発事業の評価についても検証し、必要な改善、見直しを行っていく必要がある。

3.2. 科学・技術的、社会・経済的、国際的な効果等

3.2.1. 科学・技術的、社会・経済的、国際的な効果

- (1) 科学・技術的な効果については、我が国独自の要素技術と多くの企業が製造した部品をシステムとして一体的かつ機能的に組み合わせることにより、世界最高性能の XFEL 装置をコンパクトかつ低コストで実現しており、放射光装置開発における日本の技術力が国際的に高いレベルにあることが示された。

一方で、この施設を利用して、ライフサイエンス、ナノテクノロジー、材料等の各分野で、世界をリードする画期的な研究成果を早期に創出していくためには、潜在的な研究課題の掘り起しや研究の裾野を広げ新たな研究基盤の底上げにつながる取組みにも留意しつつ、XFEL 装置を用いることによって初めて実現可能となる利用研究を戦略的に推進する必要がある。また、XFEL 装置単独での研究推進に加え、我が国独自の強みとなる SPring-8 との相互利用実験や「京」などの高性能スーパーコンピューターとの連携・協働により、利用研究の推進と新しい科学の領域を切り開くような夢のある研究への取組みが必要である。

利用研究の推進に当たっては、シンポジウム、展示会などを通じて、放射光分野にとどまらず科学分野全体に対する XFEL の貢献についての情報発信が行われてきたと認められるが、これまで以上に、様々な領域の研究者に対して、XFEL で可能となるサイエンス分野、SPring-8 との連携で初めて可能となる計測解析内容や実際の計測解析事例の提示等、分かりやすくインパクトのある情報発信に取り組む必要がある。

- (2) 社会・経済的な効果については、2005 年に文部科学省が株式会社日本総合研究所に委託した調査報告書が、がん医療、創薬、次世代デバイス、気体吸着素子の 4 つの分野で、2030 年までに累計約 8,300 億円の産業への波及効果が期待されると試算している。

今後、実際に社会・経済的効果を生み出していくためには、産業利用を含めた具体的な貢献に至るシナリオを明確にするとともに、研究成果の進展やニーズの変化等を踏まえつつ、その実現に向けた取組みを着実に進めていくことが必要である。

なお、本年 3 月 7 日からの共用開始に当たっては、応募があった利

用研究課題 55 件のうち、民間企業が代表となる応募は 1 件のみであったことから、産業利用を促進するための具体的な改善方策について検討を進める必要がある。

- (3) 国際的な効果という観点に立てば、本施設が放射光分野の世界的研究拠点となることが期待され、そのためには、国内外の関係機関との協力・連携を強化していくことが必要である。これまで、独の DESY、米国の SLAC 等と研究協力に向けた協定を結び、3 極ワークショップ等を通して議論を行うなど、検討、取組みが行われてきている。今後、こうした海外の研究機関との国際共同研究なども含めて、国際貢献できる施設利用の形態を構築していくことが必要である。

3.2.2. 人材育成

- (1) XFEL 施設の能力を最大限発揮するためには、装置を扱う高度な技術や経験を組織的、かつ計画的に共有する必要がある。XFEL 施設は、調整・試運転を経て、共用が開始されたが、共用開始に向けた利用者への支援体制として、JASRI に専従 15 名を含め、計 40 名のスタッフによる「XFEL 研究推進室」を設けるとともに、利用者の要望を聴き実現に結びつけるためのコーディネーター 2 名が配置されている。
- (2) 今後、本施設が国内外の研究者を引き付ける放射光分野の研究拠点となるためには、研究成果のタイムリーな公表に加え、研究計画へのアドバイス、的確な技術指導、データの解析支援等を行えるエキスパート人材を育成し、利用者への支援体制を充実していく必要がある。また、こうした人材育成の取組みについては、その他の支援体制の充実に向けた取組みと併せて、的確に外部評価する仕組みを構築する必要がある。

3.3. 研究開発マネジメントの実施状況等

- (1) XFEL 施設を活用した研究成果の創出に向けた取組みについては、施設の開発・建設と並行して、「X 線自由電子レーザー利用推進協議会」の方針に基づき、利用研究を実施する際に想定される問題点を解決す

るための技術や解析手法の開発が進められてきている。また、共用開始後の早期の研究成果の創出と実験手法の確立・開拓を目指して、文部科学省に新たに設置された外部専門家・有識者等で構成される「X線自由電子レーザー推進戦略会議」の方針の下で、2つの「重点戦略分野」と、それぞれに対応した5つの「重点戦略課題」が設定されており、利用研究の取組みは計画的に推進されていると認められる。

- (2) 「重点戦略分野」、「重点戦略課題」の推進については、従来のSPring-8のユーザー利用の延長上での展開を超えて、科学・技術、産業にわたる分野の重要な発展を支えるべく、XFELならではの成果が早期に得られるようにしていく必要がある。このため、XFELの利用によって具体的にどのような成果が得られるかを明示しつつ、例えば、基礎科学、応用科学、産業にわたる広い経験と見識を備えた者をコーディネーターやアドバイザーとして参画させるなど、学術研究から産業利用に至る広い範囲での新規利用を積極的に推進できる体制を構築する必要がある。また、研究成果の進展やニーズの変化を踏まえつつ、新規課題の選定を含め、「重点戦略分野」、「重点戦略課題」の中身について適時的確に必要な見直しを行っていく必要がある。

加えて、平成24年3月の共用開始以降の施設利用に関し、一般利用課題の利用者等にも広く門戸を開くことになることから、「重点戦略分野」の推進が図られるよう、先に述べた「XFEL研究推進室」などの支援機能をより充実させていく中で具体的な利用支援方策を検討・実施する必要がある。

- (3) XFEL施設の立地特性を最大限に活かして研究成果を挙げるためには、SPring-8や「京」との相乗効果を発揮することが重要である。これらに関しては、検討が進められているが、現時点では具体性が十分には見えない。文部科学省の事後評価で、「SPring-8との相互利用実験基盤、『京』などの高性能スパコンとの連携など我が国独自の特徴を生かす研究環境の整備・充実を、国内外の研究動向等も踏まえつつ、引き続き推進することが望ましい」と指摘されている点について、今後、具体的な戦略を提示する必要がある。

- (4) 現在2本設置され、5本まで増設が可能であるビームラインについて、今後の利用拡大を見越して、どのような基準、どのようなタイミングで増設の是非を判断していくのか、早急に明確にする必要がある。仮に増設する場合には、利用者のニーズも十分に把握しつつ、ビームラインを使い分けていく必要がある。

3.4. XFEL 施設の利用研究に係るフォローアップ

XFEL 施設等大型の研究開発施設については、施設が完成した後に本格的な研究が開始されることから、施設利用による効果を把握することが可能となるのは、研究成果が生み出される施設完成後数年が経過した時期となる。このため、XFEL 施設の活用による研究成果を中長期的に把握する観点から、平成 24 年度から開始された重点戦略課題が終了する時期（約 5 年後）を目途に、利用研究の取組みとその成果等について、評価専門調査会においてフォローアップを行う。

3.5. まとめ

「X 線自由電子レーザーの開発・共用」は、物質の一原子レベルの超微細構造や化学反応の超高速動態・変化を計測・分析することを可能とする最先端放射光研究施設「X 線自由電子レーザー (XFEL) 装置」を整備し、XFEL を効果的かつ効率的に利用することによって、ライフサイエンス、ナノテクノロジー、材料などの広範な科学技術分野において先端的研究成果を多数創出することを主目的として開始された(プロジェクトに要した経費(全て国費)は、総額約 388 億円)。

- (1) 本プロジェクトの目標である波長 0.06nm の XFEL を発振することができる能力を有するコンパクトな XFEL 装置の開発・整備に関しては、多少の遅れはあったものの所期の目標に即した施設が整備されたと認められる。

特に、XFEL 装置の開発・建設に当たって、約 300 社の企業、大学、研究機関が参画するプロジェクトをマネジメントし、先行して開発したプロトタイプ機を用いた研究・検討の成果を活用しながら、ほぼ当初計画どおりに、諸外国と同等以上の性能を有する施設を小型かつ低コストで完成できたことは、高く評価できる。

- (2) XFEL 施設を利用して、世界をリードする画期的な研究成果を早期に創出していくためには、潜在的な研究課題の掘り起しや研究の裾野を広げ新たな研究基盤の底上げにつながる取組みにも留意しつつ、XFEL 装置を用いることによって初めて実現可能となる利用研究を戦略的に推進する必要がある。また、我が国独自の強みとなる SPring-8 との相互利用実験や「京」などの高性能スーパーコンピューターとの連

携・協働により、新しい科学の領域を切り開くような夢のある研究への取組みが必要である。

- (3) 「重点戦略分野」、「重点戦略課題」の推進については、XFEL の利用によって具体的にどのような成果が得られるかを明示しつつ、学術研究から産業利用に至る広い範囲での新規利用を積極的に推進できる体制を構築する必要がある。また、「重点戦略分野」の積極的な推進が図られるような具体的な利用支援方策を検討・実施していくとともに、研究成果の進展やニーズの変化を踏まえつつ、新規課題の選定も含め、「重点戦略分野」、「重点戦略課題」の中身について適時的確に必要な見直しを行っていく必要がある。
- (4) 今後、本施設が国内外の研究者を引き付ける放射光分野の研究拠点となるためには、研究成果のタイムリーな公表に加え、研究計画へのアドバイス、的確な技術指導、データの解析支援等を行えるエキスパート人材を育成し、利用者への支援体制を充実していく必要がある。また、こうした人材育成の取組みについては、その他の支援体制の充実に向けた取組みと併せて、的確に外部評価する仕組みを構築する必要がある。
- (5) XFEL 施設等大型の研究開発施設については、施設が完成した後に本格的な研究が開始されることから、XFEL 施設の活用による研究成果を中長期的に把握する観点から、平成 24 年度から開始された重点戦略課題が終了する時期(約 5 年後)を目途に、利用研究の取組みとその成果等について、評価専門調査会においてフォローアップを行う。
- (6) 文部科学省が行った事後評価において、「評価に関する大綱的指針」に示された「客観性を十分保つ」という外部評価の目的・役割に照らした場合、評価者となる外部有識者・専門家による評価項目・基準等についての事前の検討やこれに基づく意見聴取が十分に行われることなく評価結果がとりまとめられたという点で、実施方法に問題があった。
このため、文部科学省は、外部評価の目的・役割が十分果たせるような実施方法がとられているか、同省で実施されている他の研究開発事業の評価についても検証し、必要な改善、見直しを行っていく必要がある。

4. 「南極地域観測事業」の事後評価結果

(平成 24 年 6 月 20 日総合科学技術会議)

4. 評価結果

4.1. 研究開発の成果と目標の達成状況等

4.1.1. プロジェクトの目的・構成と運営体制

- (1) 「南極地域観測事業」(以下、「観測事業」という。)は、南極条約に基づく南極観測を国際分担し、文部科学省に置かれている南極地域観測統合推進本部(以下、「統合推進本部」という。)を中心に、関係省庁が連携して実施している。昭和 30 年度の閣議決定に基づき、翌 31 年度より第 1 次観測隊が越冬観測を行い、昭和 51 年度からは 5 カ年を 1 単位とする観測計画の下で具体的なテーマや研究課題を設定し、観測活動を実施してきている。

平成 16 年度に、文部科学省から、南極観測船「しらせ」の後継船の建造(総額約 399 億円)及び同年度に耐用飛行時間を満了するヘリコプターの後継機の調達(総額約 120 億円)が予算要求されたことに伴い、平成 15 年に、一つの節目として観測事業全体を対象に、総合科学技術会議として評価を実施した。当該評価において、観測事業は平成 20 年度以降も継続的に実施することが適当であるとしているが、そこでの指摘事項は、基本的に、平成 18 年度から平成 21 年度までの*第Ⅶ期の観測計画に反映されている。

第Ⅶ期の観測計画においては、地球温暖化やオゾンホール等の地球規模での環境変動が問題となっていることを踏まえ、地球規模での環境変動、地球システムの解明に向けての研究・観測体制の一層の充実を図っている。現在は、†第Ⅷ期(前期平成 22 年度～平成 24 年度、後期平成 25 年度～平成 27 年度)の観測計画に則り、事業を実施している。

- (2) 総合科学技術会議として評価を行った平成 16 年度以降平成 22 年度までの間に観測事業に要した経費は、国費総額約 796 億円(ただし、

* 第Ⅶ期は、国立極地研究所の法人化に伴い、中期目標の期間(平成 16 年度～平成 21 年度)との整合性を図るために、4 カ年の計画となっている。

† 第Ⅷ期は、国立極地研究所の中期目標の期間(平成 22 年度～平成 27 年度)に対応させ、6 カ年の計画となっている。

観測船の乗組員や定常観測に係る人件費を除く）となっている。そのうち「しらせ」後継船の建造費が約 376 億円、ヘリコプター後継機（2 機）の購入費が約 126 億円、油代や修理代などの海上輸送部門経費が約 174 億円、定常観測に係る観測部門経費が約 12 億円、その他観測隊員に係る経費等として約 9 億円となっている。また、重点プロジェクトや一般プロジェクト等研究観測及び設営などに要する経費として、国立極地研究所の運営費交付金が毎年約 14 億円計上されており、平成 16 年度～平成 22 年度までの間に約 99 億円が措置されている。

- (3) 観測事業の推進体制としては、文部科学省の下に置かれた統合推進本部が、南極地域観測の準備及び実施について、関係各行政機関との連絡協議及び南極地域観測の計画策定等その他統合推進を行っている。また、統合推進本部の下に設置された外部有識者・専門家で構成される観測事業計画検討委員会において、南極地域観測計画の策定に関する企画・立案を行うこととしており、同本部の下に別に設置された外部有識者・専門家で構成される外部評価委員会において、南極地域観測計画に基づく事業の実施状況等の評価を実施している。
- (4) 観測事業は、研究観測と定常観測から構成されており、それら観測の実施を支援するための設営、輸送が行われている。
これらの実施体制として、研究観測については、国立極地研究所が中心となって、大学などの参画を得て、重点プロジェクト研究観測、一般プロジェクト研究観測、萌芽研究観測及びモニタリング研究観測に区分して行っている。また、定常観測については、総務省（電離層観測）、気象庁（気象観測）、国土地理院（測地観測）及び海上保安庁（海洋物理・化学観測[†]及び潮汐観測）が、国際的な作業基準に基づいて業務を行っている。設営、輸送については、それぞれ国立極地研究所、防衛省が行っている。

4.1.2. 第Ⅶ期観測計画における研究開発成果等に係る統合推進本部（文部科学省）の評価結果

- (1) 南極地域観測第Ⅶ期計画の事後評価については、国立極地研究所及び関係省庁で実施された自己評価結果を基に、統合推進本部外部評価委員会で評価を行い、統合推進本部総会でその評価結果を決定してい

[†] 海洋物理・化学観測は、第Ⅷ期から文部科学省が実施

る。

外部評価委員会による評価については、「研究観測」、「定常観測」、「設営計画の概要」、「観測支援体制の充実」、「国際的な共同観測の推進」、「情報発信・教育活動の充実」に区分して行われている。また、評価に当たっては、研究観測については、テーマや研究課題単位で、定常観測については、観測項目（主体）単位で行われており、各々に関し、個別、具体的な成果や課題が示されている。

当該評価結果としては、総論において、「南極地域観測第Ⅶ期計画では、『国として戦略性のある計画』とするために、科学的に価値が高い研究観測計画により学術の水準を上げるという観点と、国際貢献を行うことにより国際社会における我が国のプレゼンスを高めるという観点にたって研究観測計画が策定され、準じた成果が達成された。今後は一層分野横断的・融合的な研究観測計画が立案・推進されることが望まれる。さらに先端領域の開拓や将来を見据えた、極域科学研究体制の戦略的な構築などについても早い時期に検討を始めるべきであろう。」としている。

4.1.3. 目標の達成状況等

- (1) 第Ⅶ期観測計画の研究観測及び定常観測については、統合推進本部（文部科学省）が行った外部評価結果に示されているとおり、各々のテーマ、研究課題及び観測項目単位で、一定の成果があったと捉えられる。特に、氷床掘削・アイスコア解析などにより、地球温暖化の状況下で南極において積雪量が近年増加していることを明らかにしたことなどは、学術的価値の高い成果があったと認められる。

一方で、業務の継続性が求められる定常観測とは異なり、具体的な進展が求められる研究観測においては、単に観測を実施することを目標とするのではなく、その観測に基づく科学的知見の獲得やそれを地球環境の理解にどのように役立てるのか具体的な達成目標を明示することが求められるが、第Ⅶ期観測計画では、その点が必ずしも示されていない。その結果、統合推進本部が行った外部評価結果において、観測の実施等や今後の課題項目の例示のような表面的な目標達成の評価にとどまっている面がある。また、得られた成果を国際的に比較した評価結果も明示されていない。

このため、観測計画の策定における目標設定のあり方及び国際的な比較を取り入れた外部評価方法の改善が必要である。

また、統合推進本部の外部評価委員の任期については、1期2年で

再任が可能となっているが、再任期間に係る限度は設定されていないことから、評価の硬直性を排除し客観性を確保するためには、これに係るルールを明確にする必要がある。

4.2. 科学・技術的、社会・経済的、国際的な効果等

4.2.1. 科学・技術的、社会・経済的、国際的な効果

- (1) 科学・技術的な効果については、学術的成果として、第Ⅶ期については、南極において積雪量が近年増加していることを発見したことのほか、オーロラの共役点（一つの磁力線で結ばれた南北2地点）の位置が太陽風磁場の変化に従って変動することを世界で初めて観測結果から示したことなどが挙げられる。

また、これまでの観測事業における顕著な学術的成果としては、①1961年からの継続的なオゾン観測データに基づく1982年の世界に先駆けてのオゾンホール発見、②氷床掘削で得られた氷に閉じ込められた空気やエアロゾル粒子等の分析による、10万年ごとの氷期と間氷期サイクルの環境変動の解明や過去200～300年の急激なCO₂の増加の確認、③南極における隕石が集積するメカニズムの発見に基づく、月や火星からの隕石を含む1万7千個を超える世界有数の隕石収集などが挙げられる。

これまで得られた学術的成果以外の科学・技術的な効果としては、①日本のドームふじ基地周辺が地球上で最高の天文観測サイトとなる諸条件を備えていることが明らかになったことから、第Ⅷ期の観測計画では天文分野の研究が開始されたことや、②第Ⅶ期の観測計画から、変則的な日照や長期間の閉鎖環境等の「宇宙」と「南極」の共通点に注目し、過酷な環境での健康管理に関する宇宙航空研究開発機構（JAXA）と国立極地研究所との共同医学研究が開始されたといった、新たな研究分野への展開や他の分野との連携による相乗効果を発揮しつつある点が挙げられる。

今後、観測事業の科学・技術的、社会・経済的、国際的な効果を説明していく上で、これまで得られた学術的成果が、その後どのような発展を見せているのかのレビューを行うとともに、観測結果が国内外でどのように活用されているのかを、学術論文での利用、新たな観測研究への展開、政策決定への活用など多様な観点から整理し公開する必要がある。

- (2) 社会・経済的な効果としては、過去におけるプレハブ住宅や大型雪上車等の開発のほか、近年においては、オゾンホールが存在を明らかにしたことにより、オゾン層を破壊するフロンガス使用規制の動きが広まるなど、地球環境問題への貢献が成果として挙げられる。

近年進みつつある気候変動等の地球規模の環境問題に適切に対処するためには、大気、海洋、陸域及び地球内部の物理・化学的性状、生態系とその機能に関する観測を行う地球観測の重要性は増している。その中で観測事業については、温室効果ガス及び関連物質の状態の包括的、継続的な観測の一環を成し、地球温暖化プロセスの理解の深化等に貢献することが期待される。

こうした気候変動等の解明に向けた地球観測を推進していく上で、観測の難しい極域の海氷や雪氷面の物理的・光学的特性の評価を精緻化することが求められており、昭和基地における観測と ALOS 衛星やその他の地球観測衛星からの観測との相互検証の有用性は高い。このため、今後、衛星観測などと有機的に結び付ける取組みを加速することによって、気候変動モデル等の改善につなげていく必要がある。

- (3) 観測事業の国際的な枠組みについては、研究者の会議として、国際科学会議（ICSU）の下に、研究者レベルでの国際共同研究の立案・推進を行う南極研究科学委員会（SCAR）が置かれており、ここを中心に、多国間あるいは二国間の様々な国際共同観測が進められている。我が国においては、2007～2008 年に開催された国際極年（IPY）の取組みに積極的に参画したほか、我が国を含む 11 カ国で構成する国際短波レーダーによる電離層観測網プロジェクト（SuperDARN）、スウェーデンとの 2800 km に及ぶ積雪や浅層コア採取等の内陸観測や米国とのオーロラ及び大気光の共同観測等の国際共同観測を実施している。また、我が国がアジアで最初の南極条約加盟国であり、越冬基地を運用しているという立場に立って、アジア 5 カ国（中国、韓国、インド、マレーシア、ベトナム）に極地共同研究活動の基盤提供を行うアジア極地科学フォーラム（AFoPS）を主導しているなど、国際協力の取組みに貢献するとともに、我が国のプレゼンスを高める努力が行われていると認められる。

今後とも国際的な枠組みの中での我が国のプレゼンスを高めるために、我が国の観測技術や観測体制等の優位性を活かしつつ、国際共同観測プロジェクトを主導していく必要がある。

4.2.2. 観測データの幅広い活用に向けた取組み

- (1) 観測事業の研究観測や定常観測の観測データは、南極条約第3条において、すべての科学的データを交換し自由に利用できるよう定められていることから、国立極地研究所学術データベースを通じて、国内外の最新データの所在情報(メタデータ)が提供されている。観測データ活用の指標の一つであるアクセス数については、当該データベースのアクセス数は昨年12月から集計されるようになったものの、データベースを構成する各データへのアクセス数は一部を除いて集計されていない。

今後は、各データのweb化及びアクセス数の集計を推進し、各データの利用頻度等の客観的な数値からも、データベースの有効活用を確認する必要がある。また、当該データベースは、必ずしも各方面の研究者にとって、使い勝手の良い整理がなされていないとの意見もあることから、利用研究者のニーズを把握しつつ、生データの公表を含め、汎用性の高いデータベースの構築に向けた取組みを併せて行っていく必要がある。

4.2.3. 広報活動や人材育成に向けた取組み

- (1) 観測事業の意義について、国民や社会の理解を促進するための取組みについては、現職の教員を南極に派遣するプログラムの実施、国立博物館での「南極展」の開催や南極・北極科学館の開設など、積極的な情報の発信に努めていると認められる。

今後、実際に得られた観測結果とそれらによる科学的、社会的貢献についてより具体的に説明していくことを含め、これまでの情報発信の取組みによる効果を分析した上で、一層効果的な広報に取り組んでいく必要がある。

- (2) 将来の極域観測や地球観測を担う人材育成については、小中学生を対象とした南極教室、中高生を対象とした南極北極コンテスト、大学院生を対象とした国際南極大学構想(IAI)等の複数の計画において、各々のターゲット層に適したプログラムを組むことにより、南極観測を教育の場として活用する積極的な取組みが行われていると認められる。

特に、極域科学の様々な分野でリーダーシップを発揮すると同時に即戦力となる学生の育成を目的としたIAIの取組みは、国際的に通用する人材育成を進める上で重要であるが、その学生の参画は低位にと

どまっていることから、幅広く各大学から希望者を募る仕組みを整備する必要がある。

4.3. 研究開発マネジメントの実施状況等

4.3.1. 観測計画の策定

- (1) 観測計画の策定については、平成 15 年に総合科学技術会議が行った評価での指摘事項に基づき、我が国が優位でありかつ国際貢献が大きい観測項目を重点プロジェクトとしてトップダウンで選定するための仕組みとして、統合推進本部に観測事業計画検討委員会が設置されている。しかしながら、トップダウン指定の重点プロジェクトの研究テーマについて、国立極地研究所が主催するシンポジウム等で科学的意義とニーズの調査、集約が行われ、これを基に国立極地研究所内に置かれた委員会等で計画案が決定されている。観測事業計画検討委員会では、これを承認する形での流れとなっているために、必ずしもトップダウンで選定されているとは言えない。

したがって、今後、大局的見地に立って、観測項目を設定する観点から、観測事業計画検討委員会の役割を含め、重点プロジェクト研究の研究テーマ選定のあり方を見直す必要がある。その際、研究観測に関しては、この 10 年の間に、南極地域における環境変化や気候変動が地球全体の環境や気候の変動に大きな影響を及ぼしていることが明らかになりつつあることから、世界的な研究動向を十分踏まえ、中長期的な観点から、いつまでに何を解明するのかという研究目標をその時期とともに明確にして、研究課題の設定を行っていく必要がある。

また、前の期の観測計画の評価と次の期の観測計画策定との関係については、前の期の評価の時期と次の期の計画策定の時期にタイムラグが生じることから、前の期の評価結果を次の期の計画策定に的確に反映できる仕組みを構築する必要がある。

4.3.2. 効果的・効率的な観測手法と輸送体制の充実

- (1) 観測事業の効率化については、コンテナ方式による輸送システム改善やインテルサット回線の通信速度増強、国際共同等による無人の地震観測点の設置や無人の地磁気及び気象観測点の充実等が実施され

ている。

今後も、費用対効果を明確にした上で、観測の充実と効率化に向けた計画を着実に進めていく必要がある。

- (2) 観測隊員や小型物資の輸送については、観測内容の充実を図る観点からも、南極内における諸外国の観測チームと移動手段を共用するドロイングモードランド航空網（DROMLAN）の活用を通じて、機動的な輸送体制整備の取組みが行われている。また、南大洋観測システム（SOOS）における国際共同観測や、運行経路上での大気・海洋観測の実施などの「しらせ」後継船の有効活用の取組みが行われている。

今後、効果的・効率的で安定的な輸送体制の構築に向けて、統合推進本部に置かれた輸送問題調査会議で引き続き調査・検討を行うとともに、こうした取組みを進展させていく必要がある。

4.3.3. 海外事例との比較検討による各種取組みの推進

- (1) 広報活動、人材育成、輸送や設営等については、海外の事例も収集し、それらとの比較検討を行った上で、より効果的・効率的に取り組んでいく必要がある。

4.4. まとめ

「南極地域観測事業」（以下、「観測事業」という。）は、南極条約に基づく南極観測を国際分担し、文部科学省に置かれている南極地域観測統合推進本部（以下、「統合推進本部」という。）を中心に、5カ年を1単位とする観測計画の下で、関係省庁が連携して実施している。

平成15年に、南極観測船「しらせ」の後継船の建造を契機に、総合科学技術会議が観測事業全体を対象に行った評価結果における指摘事項は、第Ⅶ期（平成18年度～平成21年度）の観測計画に反映されている。第Ⅶ期の観測計画においては、地球温暖化やオゾンホール等の地球規模での環境変動が問題となっていることを踏まえ、地球規模での環境変動、地球システムの解明に向けての一層の研究・観測体制の充実を図りつつ、研究観測及び定常観測を実施した（平成16年度以降平成22年度の間に関測事業に要した経費は、国費総額約796億円（ただし、観測船の乗組員や定常観測に係る人件費を除く））。

(1) 第Ⅶ期の研究観測及び定常観測については、統合推進本部（文部科学省）が行った外部評価結果に示されているとおり、各々のテーマ、研究課題及び観測項目単位で、一定の成果があったと捉えられる。特に、氷床掘削・アイスコア解析などにより、地球温暖化の状況下で南極において積雪量が近年増加していることを明らかにしたことなどは、学術的価値の高い成果があったと認められる。

(2) 観測事業については、世界に先駆けてのオゾンホール発見をはじめとして、地球環境問題への貢献等の観点から、科学・技術的、社会・経済的、国際的に意義のある研究成果の創出や有用な観測データの蓄積をもたらしており、国際協力という面からも一定の役割を果たしているとして認められる。

今後、観測事業の科学・技術的、社会・経済的、国際的な効果を説明していく上で、これまで得られた学術的成果が、その後どのような発展を見せているのかのレビューを行うとともに、観測結果が国内外でどのように活用されているのか、学術論文での利用、新たな観測研究への展開、政策決定への活用など多様な観点から整理し公開する必要がある。

また、気候変動等の解明に向けた地球観測を推進するために、衛星観測などと有機的に結び付ける取組みを加速する必要がある。国際的な枠組みの中での我が国のプレゼンスを高めるために、我が国の観測技術や観測体制等の優位性を活かしつつ、国際共同観測プロジェクトを主導していく必要がある。

(3) 観測事業の研究観測や定常観測の観測データは、国立極地研究所学術データベースを通じて、国内外の最新データの所在情報（メタデータ）が提供されている。

今後は、各データのweb化及びアクセス数の集計を推進し、データベースの有効活用を確認する必要がある。また、利用研究者のニーズを把握しつつ、生データの公表を含め、汎用性の高いデータベースの構築に向けた取組みを併せて行っていく必要がある。

(4) 重点プロジェクトの観測項目をトップダウン方式で選定する仕組みとして「観測事業計画検討委員会」が設置されているが、その機能が十分に発揮されているとは認められない。したがって、重点プロジェクト研究の研究テーマ選定のあり方を見直す必要がある。その際、世界的な研究動向を十分踏まえ、いつまでに何を解明するのかという

研究目標をその時期とともに明確にして、研究課題の設定を行っていく必要がある。

また、前の期の観測計画の評価結果を次の期の観測計画の策定に的確に反映できる仕組みを構築する必要がある。

- (5) 観測事業の意義の国民等への理解の促進については、教員を南極に派遣するプログラムの実施や南極・北極科学館の開設等により、将来の極域観測等を担う人材育成については、大学院生を対象とした国際南極大学構想（IAI）等により、取組みが行われている。

観測事業の効率化については、無人の地磁気及び気象観測点の充実等により、観測隊員や小型物資の輸送については、南極内における諸外国の観測チームと共用するドロイングモードランド航空網（DROMLAN）の活用等により進められている。

今後も、引き続きこうした取組みを進展させていく必要があるが、それに当たっては、海外の事例も収集し、比較検討を行った上で、より効果的・効率的に取り組んでいく必要がある。

- (6) 統合推進本部が行った外部評価結果においては、観測の実施等の表面的な目標達成の評価にとどまっている面がある。また、得られた成果を国際的に比較した評価結果も明示されていない。

これらのことは、第Ⅶ期の観測計画策定時において予め研究観測に基づく科学的知見の獲得やそれを地球環境の理解にどのように役立てるのか具体的な達成目標が明確に設定されていないことにも起因するものであり、観測計画の策定における目標設定のあり方と併せて、国際的な比較を取り入れた外部評価方法の改善を行うことが必要である。