

3. 8 フロンティア分野

(1) 第3期の研究開発の成果等

第3期の主要施策については、「宇宙領域」、「海洋領域」及び「宇宙海洋連携領域」¹に分けて記述する。

第3期においては、これまでの開発・運用によって、フロンティア開拓のための技術基盤が構築されつつあり、実利用による国民生活への貢献やアジアをはじめとした国際社会への展開といった次のステップへ移行する段階に達した。例えば人工衛星やそれを打ち上げるための宇宙輸送システムについては技術が確立しつつあり、これらを国民生活へと利活用することが求められている。海洋においても AUV 等資源探査のための基盤技術が構築され、国の安全保障や国民生活の安全確保に貢献することが求められている。また一方で、技術の利用にあたっては、それに則した体制や仕組み作りも必要であり、並行して検討が必要である。

(「宇宙」領域)

① 太陽系探査

【成果目標】：第3期計画においては、今後10年間において、太陽系を構成する月、金星、水星等の高精度探査・観測を行い、月の起源や、惑星の大気・気象、磁場・磁気圏等の新たな知見を得ることにより、新しい原理・現象の発見・解明を目指し、社会・国民に多様な知識の創造を導くことを、目標に掲げた。

第3期の主な施策等の成果

2003年に打ち上げられた小惑星探査機「はやぶさ」(MUSES-C) (衛星の開発は第3期以前)については、2010年までの間に、小惑星「イトカワ」の高精度観測、および世界で初めて月以外の天体からの離着陸及び小惑星からのサンプルの回収を実現し、惑星の形成過程等の解明に貢献する新たな知見が得られた。運用中のトラブルもあったが、技術的な部門とマネジメントの部門が一体となった実施体制が適切に機能した。また、2007年に打ち上げられた月周回衛星「かぐや」(SELENE)は、月全域について、従来にない高精度な地形・表層構造、鉱物・元素分布、重力・磁場分布、プラズマ環境等の観測データを取得し、月軌道への投入等の技術実証などを達成した。「かぐや」のデータを用いて、月の起源と進化に迫る研究が実施されている。また一方、金星気

¹ 「宇宙海洋連携領域」：国家安全保障や地球環境などに対して貢献するため、宇宙と海洋に関する技術が連携して取り組むべき技術領域

象現象の観測を行う金星探査機「あかつき」(PLANET-C)については、2010年に打ち上げ後、金星近傍まで到達したが、当初予定していた時期に金星周回軌道へ投入することができなかったものの、今後の再投入や新たな観測計画を検討している。

第3期の評価

「はやぶさ」の帰還による世界初の小惑星からのサンプルリタンの成功や「かぐや」によるアポロ計画以降初めての本格的・総合的な月探査の実施などによって、太陽系の歴史に対する知見の手掛かりを得るとともに、日本の宇宙技術の高さを世界的にアピールすることができた。「はやぶさ」帰還運用中のトラブルを克服し、帰還したカプセルの回収を実現するに当たっては、2007年に宇宙航空研究開発機構に月・惑星探査プログラムグループを創設し、対外調整、ロジスティクス等のマネジメントを強化したことが効果的に機能したものと評価される。現在「あかつき」は金星周回軌道に投入できなかった原因の究明を進めるとともに、今後の再投入の可能性検討を進めているが、「はやぶさ」において発揮された優れたマネジメント能力を反映すべきである。

今後(H23～)の取組

太陽系の理解、地球(大気、磁気圏含む)の理解等につながる科学的成果等の創出を目指し、「かぐや」や「はやぶさ」等を通じて獲得した太陽系探査技術をさらに発展させ、「はやぶさ」後継機や、水星探査計画「Bepi Colombo」の水星磁気圏探査機(MMO)の開発等を行うことを検討している。

② 宇宙天文観測

【成果目標】: 第3期計画においては、今後10年間において、高精度な天文観測を進め、宇宙の歴史や極限状態の物理法則等に関する新たな知見を得ることにより、新しい原理・現象の発見・解明を目指し、社会・国民に多様な知識の創造を導くことを、目標に掲げた。

第3期の主な施策等の成果

2006年に打ち上げられた太陽観測衛星「ひので」(SOLAR-B)は、太陽風の発生現場、太陽大気の横波(アルペン波)、磁気リコネクション(磁力線つなぎかえ)現象、太陽面上の短寿命の水平磁場等、太陽に関する新たな現象を発見し、太陽風が引き起こす影響予測、巨大フレアに至るコロナ磁場発展のモデリング等、太陽が地球に及ぼす影響の予測に貢献した。

第3期の評価

「ひので」を含めて、赤外線天文衛星「あかり」(ASTRO-F)、X線天文衛星「すざく」(ASTRO-E II)等のプロジェクトを通じて、高精度の天文観測を行い、新しい原理・現象の発見・解明につながる成果を着実に上げている。

今後(H23～)の取組

今後も、我が国の強みをより活かして、世界に冠たる科学的成果をあげられるよう、超高温ガスの高速流等の天文現象をX線により観測するX線天文衛星ASTRO-Hや、適時に観測が可能となる小型科学衛星の開発も含め、必要な天文衛星による観測を引き続き行うことを検討している。

③有人宇宙活動技術

【成果目標】: また我が国が科学技術立国として自立的に保持すべき技術として、自在な宇宙活動を担保するための基盤的技術を維持・促進することが挙げられる。具体的には、有人宇宙活動において、2008年度末までに国際宇宙ステーション(ISS)における日本の実験棟(「きぼう」)の運用・利用を開始し、有人宇宙活動技術の蓄積により、我が国独自の有人宇宙活動の実現及び新たな科学的知見の創造、新材料や医薬品の創製等に貢献すること、を目標に掲げた。

第3期の主な施策等の成果

ISSにおける「きぼう」日本実験棟については、2007年度に船内保管室、2008年度に船内実験室及びロボットアームの打ち上げ・組立を行い、2008年度に運用・利用を開始し、2009年7月には建設を完了。有人宇宙施設の設計・製造・組立に係る技術等を確立した。また国家基幹技術「宇宙輸送システム」の一部である宇宙ステーション補給機(HTV)については、2009年9月に宇宙ステーション補給機「こうのとり」1号機(HTV1)、2011年1月に2号機(HTV2)をそれぞれ打ち上げ、継続的にISSへの物資補給等を実施している。

第3期の評価

国際宇宙ステーション(ISS)の日本実験棟「きぼう」を完成させ、軌道上での実験を開始し、「きぼう」船内を利用したタンパク質結晶生成、予防医学、革新的ナノ材料開発、「きぼう」船外を利用した大気観測・天体観測など様々な分野で成果が創出され始めている。また、ISSへの輸送機である「こうのとり」についても開発を完了し、今後の日本の有人輸送技術についての可能性を見出した。

今後(H23～)の取組

今後も国際宇宙基地協力協定に基づく国際約束として、「きぼう」の運用、「こうの

とり」によるISSへの物資補給を確実に実施するとともに、民間の「きぼう」利用ニーズを開拓しつつ、有人宇宙技術の蓄積、新たな科学的知見の獲得、新材料や医薬品の創製等に貢献し、アジアに貢献するための外交資源として「きぼう」における実験機会を積極的に活用していく。また、「このとり」については、将来の有人宇宙活動に必要な要素技術である回収技術の確立を目指すことを検討している。

④ 宇宙輸送システム

【成果目標】：上記の衛星や軌道間輸送機の打ち上げに当たっては、H-IIA ロケット、H-IIB ロケットの打ち上げ成功が寄与している。第3期計画ではこれらを含む宇宙輸送システムについては、2010年度までに世界トップレベルの打ち上げ成功率90%（20機以上打ち上げ実績において）を達成し、我が国が必要な衛星を必要に応じて独自に打ち上げる能力を確立するとともに、中小型から大型の衛星の打ち上げに対応できる能力を維持・確立するという目標を掲げた。

第3期の主な施策等の成果

国家基幹技術「宇宙輸送システム」の一部であるH-IIA ロケットとH-IIB ロケットの打ち上げ実績は20機中19機の成功となり、成功率95%という世界トップレベルの信頼性を達成している。H-IIA ロケットについては、製造責任の一元化、民間の経営手法の導入による品質向上、生産の効率化及び国際競争力の確保を図る観点から、リスクの高い研究開発段階を終えた技術を2007年度に民間に移管した。一方、官としては、打ち上げ時の安全監理の実施、信頼性向上に対する不断の取組や、着実な設備維持・老朽化更新等の運用基盤維持・強化の取組を行っている。このような適切な官民役割分担の体制の下、6機の打ち上げに成功するなどの成果を上げている。

一方GX ロケットについては、平成18年に宇宙開発委員会の評価に基づき、戦略重点科学分野の施策と位置付けたが、平成21年12月、4大臣決定（内閣官房長官、宇宙開発担当大臣、文部科学大臣、経済産業大臣）による検討の結果、GX ロケットの開発には着手せず取り止めることとなり、また同じく宇宙開発委員会においてもGX ロケットに関する評価を中止することとした。但し、液化天然ガス（LNG）推進系については、技術の完成に向けた必要な研究開発を推進することとなった。

さらにM-V ロケットについては、平成18年度に打ち上げ成功した7号機をもって運用を終了し、平成19年度より固体ロケットシステム技術の維持等を目的とした調査研究を実施し、イプシロンロケットへと技術を継承し、平成22年度より開発に着手した。

第3期の評価

上記の衛星や軌道間輸送機の打ち上げは、世界トップレベルの信頼性を獲得した我

が国の宇宙輸送能力に支えられたものであり、打上成功率や独自の衛星打ち上げ能力については目標を達成した。また、中小型から大型の衛星の打ち上げに対応できる能力の維持確立についても、H-IIA/H-IIB ロケットの打ち上げ成功により初期の目標を達成している。なお今後の増加が見込まれる小型衛星の打ち上げ需要により効率的に対応するため、イプシロンロケットの開発が進められているところである。

今後（H23～）の取組

我が国が必要な衛星を必要に応じて独自に打ち上げる能力を継続的に維持するため、今後、以下の課題に取り組む。現在、衛星の静止化増速度や衝撃環境等で商業衛星打ち上げ市場のニーズに対応するためH-IIA、H-IIB ロケットの国際競争力を強化し、中大型衛星打ち上げへの柔軟・効率的な対応を可能とするシステムへの高度化及び次世代宇宙輸送システムの検討を進めるとともに、小型衛星打ち上げへの機動的・効率的な対応を可能とするイプシロンロケットの開発の取組を進めることを検討している。また、信頼性向上の不断の取組及び技術の維持・部品材料の安定供給体制の維持・射場施設設備等のインフラの整備・維持など、打ち上げ事業体制の安定に向けた取組を進めることを検討している。

（「海洋」領域）

① 海洋資源探査

【成果目標】：我が国の排他的経済水域（EEZ）等に存在している豊富な海洋資源の利用に向け、海底資源を効率的・効果的に探査するための各種探査システムを開発し、未利用・未発見の海底資源を開発・利用する手段を確保すること、およびその前段階として、既存の深海探査技術の機能向上を図り、より安全で効率的な深海調査を実現することにより、世界一の深海調査能力を維持することを第3期の目標として掲げた。

第3期の主な施策等の成果

探査調査システムの開発および世界一の深海調査能力の維持については、国家基幹技術「海洋地球観測探査システム」の一部に位置付けられる次世代型巡航探査機（AUV）の小型化と航続距離の長大化のため、小型慣性航法装置、分散型制御 CPU システム、新構造の燃料電池システムの開発を実施した。また精密海底調査機能の向上のため、合成開口ソナーの高性能化と実用性の向上、水中での通信に不可欠な音響技術の高度化を進め、長距離通信、近距離高速通信を実現できる技術を開発した。平成19年には、沖縄トラフにおいてAUV「うらしま」による熱水活動の精密探査のための技術試験を実施し、起伏の多い複雑な海底において高精度な地形図を取得することに成功す

るとともに、熱水噴出孔から噴出する熱水の流れを連続音響反射画像として視覚化することにも成功した。

また平成21年3月に海洋基本計画に基づき策定された「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」を基に、我が国周辺海域に賦存が期待されている海洋鉱物資源について、資源量の賦存状況等のポテンシャルを把握するための基礎調査及び開発技術の基礎検討を実施した。

一方、統合国際深海掘削計画（IODP）のもと平成22年度に沖縄トラフ熱水域において実施した、地球深部探査船「ちきゅう」による熱水活動域の海底下で活動する微生物群集の規模や生態系の解明を目的とした研究航海においては、海底下に非常に広大かつ深い熱水の滞留が発見されるとともに、熱水作用によって生成された金属硫化物からなる多様な硫化鉱物が観測され、熱水鉱床とその下に広がる海底下の資源ポテンシャルについて飛躍的な知見が得られた。

第3期の評価

海洋資源の開発・利用能力の確保に向け、我が国に存在している豊富な海洋鉱物資源の分布や賦存量等の把握・確保の推進等に不可欠な技術である AUV の小型化や精密海底調査機能の高度化に資する技術の向上が図られた。

今後（H23～）の取組

今後はこれらの成果を平成23年度以降に開発予定の AUV で実用展開し、深海底調査を実施することを検討している。また、海洋基本計画に基づいた開発計画を踏まえ、海洋鉱物資源に関する更なる調査、研究を通じ、資源量の把握や環境に配慮した開発技術等を検討中である。さらに、24年2月就航予定の新海洋資源調査船の導入と共に、省庁間での連携を強め、海洋資源の調査、開発を促進していくことを検討している。

② メタンハイドレート

【成果目標】：我が国にとって貴重な国産エネルギー資源として期待されるメタンハイドレートを利用可能とし、長期的に安定かつ効率的なエネルギー需給構造の構築に資することを目指す。

第3期の主な施策等の成果

2006年に新潟沖の水深800～1,000mの海域において、海底電気探査を深海では初めて行うとともに、ピストンコアリングによりメタンハイドレートの採取に成功し、メタンハイドレートが海底下100m程度まで柱状に分布していることを発見した。

さらに、地層中におけるメタンハイドレートの特性を把握し、我が国周辺海域のBSR（メタンハイドレートが存在する海域の地震探査データに現れる特徴的な反射

面)分布図を公表した。また、メタンハイドレートの原始資源量の評価手法を確立し、東部南海トラフ海域における資源量を公表した(我が国天然ガス消費量の約14年分)。さらに、メタンハイドレートの生産技術を開発するとともに、我が国が独自開発した生産シミュレータを用いて生産予測を行い、世界で初めて減圧法によるメタンハイドレート産出試験(カナダとの共同研究)に成功した。

本研究は、(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構及び(独)産業技術総合研究所を中核として、大学や石油開発関連企業等で構成される「メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム」により、産学官の協働により継続的に進められている。

また、(独)海洋研究開発機構では、深海の熱水域や地殻内に生息する化学合成独立栄養微生物を現場環境の物理化学条件(温度、圧力、ガス組成等)で培養する装置を開発し、インド洋の熱水から分離された超好熱メタン菌の培養し、従来の条件よりも高い温度である122度での生育が可能であることが解った。これは微生物の最高生育温度規則を大きく更新し、メタン生成機構や地球生命圏の広がりの理解などに大きく貢献するものである。

第3期の評価

将来の重要な海洋資源となりうるメタンハイドレートについて、生産技術や生産予測技術の開発を行い、世界初の陸上産出試験や原始資源量の評価に成功した。

今後(H23～)の取組

我が国周辺海域における海洋産出試験等を通じて、メタンハイドレートの生産技術に係る研究実証を行うことを検討している。

③地球内部ダイナミクス及び海洋・極限環境生物

【成果目標】:地球内部の構造や生物の研究に関して、第3期では2010年度までに地球深部探査船「ちきゅう」、深海調査システム、海底地震計・海底磁力計等を用いた調査観測及び実験を実施し、得られた成果を基にマントルプレートの動的挙動数値モデルの開発を行い、海底地殻変動による災害の軽減に資するとともに、深海・深海泥・地殻等の極限サンプル及びその分離微生物の保存システムの基盤を構築することを目標とした。

第3期の主な施策等の成果

これに対し、強潮流下での掘削を可能とするライザーフェアリングの開発及び、掘削と同時に地層状況の確認を行い、安全かつ効率的に掘削を行うライザー掘削同時挙動計測技術の開発等を行い、南海トラフにおいて、地球深部探査船「ちきゅう」による世界で初めての科学目的のライザー掘削を実施した。この南海掘削で得た試料によ

り、付加体における分岐断層の活動度や応力場が明らかになり、海溝型巨大地震の発生メカニズムの解明が進んだ。また、「ちきゅう」による掘削孔に地震活動を監視するための長期孔内計測装置の設置に成功するとともに、東南海地震の震源域とみられる熊野灘沖に「地震・津波観測監視システム」の構築を行い、平成22年3月から試験運用を開始した。海底メタン菌の増殖生理やメタン生成過程を解析するとともに、深海微生物由来の耐熱性酵素等について研究用試薬の製品化を行った。

第3期の評価

地球内部のダイナミクス研究による海溝型巨大地震のメカニズムの解明や海洋・極限環境生物圏の研究による深海底微生物由来の耐熱性酵素の製品化等、社会への貢献に向けた海洋領域研究の進捗が見受けられる。

今後（H23～）の取組

今後も引き続き、海域の地震・火山活動等に伴う被害の軽減や有用微生物の産業応用等のために地球内部のダイナミクスや海洋・極限環境生物に関する研究を推進することを検討している。

（「宇宙海洋連携」領域）

① 衛星観測監視システム

【成果目標】：搭載センサーの性能向上や解析技術の向上により、人工衛星からの地球観測は多様な実利用の可能性を持ってきている。その中で第3期においては、2015年までに種々の機能を有する衛星群による衛星観測監視システムを構築し、防災・減災及び気候変動の解明に役立つ衛星観測データを継続的に提供することにより、国民生活の安全・安心の確保に貢献することを目標とした。

第3期の主な施策等の成果

国家基幹技術「海洋地球観測探査システム」の一部である「だいち」は2006年度より定常的な観測を継続しており、防災や気候変動等に資する観測データを提供している。また、「だいち」搭載の合成開口レーダ（PALSAR）は森林観測に適しており、「途上国の森林の減少と劣化に由来する排出量増加の削減等（REDD+）」への貢献を目指し、10m分解能での全球の森林・非森林分類図を作成し公開した。そして、ブラジル環境・再生可能天然資源院（IBAMA）に対しては、森林違法伐採の監視に貢献し、森林違法伐採の減少に寄与した。さらには、センチネル・アジアや国際災害チャータ、地球観測における政府間会合（GEO）などを通して観測データを提供し、被災地の復興支援

等に貢献、環境省によるみどりの国勢調査（自然環境保全基礎調査）、災害発生時の政府指定防災機関への情報提供、「データ統合・解析システム（DIAS）」への観測データの提供、その他、ブータン・ヒマラヤ地域における氷河湖監視、インドネシアにおける泥炭の火災検知と炭素管理、農林水産省における水稲作付面積把握調査、環境省におけるサンゴ礁調査、漁業情報サービスセンターにおける漁場予測等の利用が進められた。また、世界13ヶ国、18機関が参加し、「だいち」データを用いた陸域炭素循環の変化や森林伐採の監視等を行う「ALOS 京都炭素観測計画」の取組も継続して進めている。また、国際連合教育科学文化機関（UNESCO）と協力取り決めを締結し、世界遺産の監視保護に役立てるため、「だいち」を利用した世界遺産監視協力を実施。

さらには、アジア開発銀行や世界銀行、ラムサール条約事務局とも国際協力協定を締結し、「だいち」を始めとする地球観測衛星により取得したデータの活用による災害監視や気候変動対策等に貢献した。

また同様に国家基幹技術「海洋地球観測探査システム」の一部であり、2009年に打ち上げられた「いぶき」は、二酸化炭素、メタンの観測及び観測データの一般への提供を開始し、二酸化炭素の観測精度について、3か月平均で0.06～0.1%（0.24～0.4ppm）を達成した。これにより、地上観測（2010年10月時点で324点）では不可能であった全球レベル（5万6千点）での詳細な季節変動観測が地上観測に匹敵する精度で可能となり、高精度な二酸化炭素、メタン全球濃度分布図の作成により、二酸化炭素、メタンの季節変動を明らかにした。また、観測周期3日である「いぶき」では同一地点の高頻度な観測が可能であり、観測データ蓄積量を飛躍的に向上することにより、亜大陸規模での二酸化炭素の吸排出量推定等の誤差を低減した。

さらに人工衛星のセンサーであるASTER/PALSARによって石油資源等の探査・開発の効率化が図られる等、技術の利活用に向けての進捗が見られた。

第3期の評価

地球観測衛星「だいち」の衛星データが、洪水等災害発生時の防災機関への情報提供や、森林の監視、氷河湖監視、泥炭火災の検知等、幅広く活用された。また「いぶき」による二酸化炭素、メタンの計測は、地上観測（2011年3月時点で330点）では不可能であった全球レベル（5万6千点）での詳細な季節変動観測が可能となるとともに、海洋地球観測探査システムの一部として他のデータとの統合・解析研究が進められている。それらの衛星を含め、地球規模問題への対応や我が国の安全・安心の確保に貢献する地球観測衛星網の構築を進める。

今後（H23～）の取組

「だいち」については、ユーザへの継続的なデータ提供のため、可能な限り運用の維持に努め、後継機となる陸域観測技術衛星2号・3号（ALOS-2、ALOS-3）の運用に

早期に引き継ぐ必要がある。また「いぶき」の観測データを継続的に取得し、地域毎の吸排出量の把握、森林炭素収支の評価への活用等、環境行政へ貢献するとともに気象ユーザ向けデータ利用を促進することを検討している。

一方で宇宙新興国を中心とする国際市場ニーズを踏まえ、分解能など特定の機能において大型衛星に劣らない性能を持ち、低コスト、短納期を実現する高性能小型衛星（光学衛星）やアプリケーション等の開発を進め、国際競争力のある製品・サービスの提供を目指すことを検討している。

② 地球環境変動研究

【成果目標】：第3期計画では、地球温暖化や気候変動に対する将来の予測やその対策を検討するため、地球温暖化や気候変動を予測するために必要なモデルの改善・検証そして基礎科学の発展のために、多岐に渡る観測データを、適切な品質管理を行い、速やかに公開することを目標と設定した。

第3期の主な施策等の成果

海洋における観測として、Argoフロートの展開（自動浮沈する多数の「中層漂流フロート」で高精度の水温塩分観測を繰り返すもので、10日おきに浮上して水深2,000mまでの水温・塩分データを衛星データ送信システムで収集する）と、Argoデータセンターでの高度な品質管理によって、全世界海洋の表層の水温・塩分の時系列・空間分布が取得できた。高機能で耐久性に優れた係留ブイ「小型トライトンブイ」を開発し、太平洋・インド洋の熱帯域観測網を強化した。特にインド洋では国際ブイ網の構築を主導し、ブイ観測網によりインド洋ダイポールモード現象の発見や、エルニーニョ現象の理解・予測が進んだ。ユーラシア寒冷域での観測点の維持とともにアラスカに観測点を設け、運用を開始した。北極海についてはブイ設置、研究船「みらい」による観測の測定項目の増強を行い、特にノルウェーとの連携を強化し東部北極海を含めた観測網を構築した。その結果、北極海の海氷が激減した原因が解明され、さらにユーラシアを經由して西部北極海での気候変動が日本の冬季気候に大きな影響を及ぼしていることを具体的に示した。

一方、解析システムとしても、地球システム統合モデルを高度化し、温暖化ガス排出シナリオや土地利用変化シナリオ等に基づく温暖化予測実験を行った。また、氷河期における氷床の周期的振る舞いの再現に成功し、気候変動のメカニズムの理解を深めた。また、世界で初めて開発された雲の生成・消滅を直接計算できる全球大気モデル（全球雲解像モデル）を用いて、3ヶ月程度の大気現象の再現実験や地球温暖化想定実験を実施した。この研究結果を用いて顕著現象発生の有無等を高精度に予測するシミュレーションの構築を行った。

体制としては、Argo フロートによる観測網に関して、関連府省による推進委員会を設置し、連携体制を構築した。また、太平洋海域のフロートデータすべての品質管理を実施するデータセンターを運用することにより、気象庁、水産庁等に海況情報や漁場予測等に資するデータを提供している。また、地球温暖化予測について、大学や府省間の連携・協力を図ることにより、国内外の地球温暖化影響評価・対策に資する成果を上げた。

第3期の評価

地球環境変動研究としては、海洋観測や気候変動シミュレーションモデルの構築により、地球温暖化やエルニーニョ現象等の気候変動のメカニズムの解明が進み、気候変動予測の高度化が図られた。

今後（H23～）の取組

今後も引き続き地球温暖化問題等の課題に取り組んで行くことが必要であり、気候変動に大きく関与する海洋観測を実施するとともに、地球環境変動に関する高度な予測を行うためのシミュレーションモデルを開発する必要がある。

③通信放送衛星および測位衛星システム

【成果目標】：第3期においては、2010年度までに我が国として衛星による測位システムの基盤となる技術の実証を行い、ビル陰に影響されない高精度の測位サービスの提供などGPSユーザの利便性向上に貢献することを目標とした。

第3期の主要な施策等の成果

通信放送衛星および測位衛星は災害状況の早期把握や生活の利便性向上に必要な衛星であり、これらの技術は、陸域観測のみならず海洋観測においても位置情報の把握や広域におけるデータの取得・伝達手段として必須な技術とされている。このような中、技術試験衛星Ⅷ型「きく8号」については所定の実証試験が順調に行われ全て終了、超高速インターネット衛星「きずな」については、災害時の衛星画像の提供や、陸上船舶間におけるHV映像伝送、遠隔医療の提供など様々な技術実証を実施、国家基幹技術「海洋地球観測探査システム」の一部である準天頂衛星初号機「みちびき」については2010年度に技術実証・利用実証を開始できた。

第3期の評価

通信放送衛星に関しては、今後は実証された技術を用いて測位や僻地での通信等、実利用のシステム構築を行うことが重要である。また、測位衛星システムについては、

準天頂衛星初号機「みちびき」を所定の軌道に投入し、すべての機能が正常であることを確認することができた。また、準天頂衛星「みちびき」の運用開始に合わせ、準天頂衛星を利用した高精度測位補正手法が新たに開発され、測量で利用するための作業マニュアル案を作成する等の活動が開始されている。

今後（H23～）の取組み

今後も引き続き、「きずな」を用いた我が国のブロードバンド衛星通信システム技術確立のための取組の継続、及び、大学や研究機関等と実証した成果の利用拡大や産業界での利用促進を行い、ユビキタス社会の実現に貢献することを検討している。また準天頂衛星初号機「みちびき」については引き続き技術実証、利用実証を行い、2機目以降の整備方針等の検討に資することとしている。

④気候変動研究：データ統合・解析システム

【成果目標】：地球温暖化問題等の解決施策に資するデータを政府・団体等の意思決定、対策行動や国民生活のために提供する。より近い将来の温暖化予測研究を行うことにより、温暖化対策の動機付けに資する。地球システムモデルを用いた温暖化予測研究により、炭素循環の効果を考慮した温室効果ガス排出削減目標の検討に資する。新たな観測手法の確立により、観測データを取得し、気候モデルの改良、ひいては温暖化予測の高精度化、対策推進に貢献する。全球地球観測システム(GEOSS)10年実施計画に基づいて行われる全球地球観測システムの構築に貢献することで、温暖化ガス排出量に対するより精密な観測を行い、温暖化対策の国際的推進に貢献する。

第3期の成果

国家基幹技術「海洋地球観測探査システム」の一部として、大気、陸域、海洋、人間圏などに関する多様な観測データや気候変動予測などの大容量データを統融合し、科学的・社会的に有用な情報に変換して提供するためのデータ統合・解析システム(DIAS)を構築した。また、温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」(GOSAT)など衛星データと新たに開発した全球規模の物質輸送モデルを統合することによって、二酸化炭素など温室効果ガス濃度分布の全球規模解析、それら気体の発生源、吸収源を推定する逆解析手法の研究開発等を行い、衛星データと物質輸送モデル等の統合解析が、データ統合・解析システム上で効率的に実施できることを示した。さらに、水資源、農作物、水産資源、生物多様性などの公共的利益分野において、地球観測や予測データを用いた管理、保全のためのパイロットシステムを関係各府省と共同で開発した。

第3期の評価

本施策においては、我が国の観測・予測研究結果を含む世界的に重要な気候変動や

水循環、農業に関わるデータや情報を発信し、研究者間・機関間でのデータ相互利用等の国際的な協力（全球地球観測システム（GEOSS）等）の促進に取り組むことができた。

今後（H23～）の取組み

今後は、グリーンイノベーションを推進する上で、地球観測、予測、統合的解析により得られる情報の提供が重要である。これらを分野連携で実現するための社会的・公共的インフラとして DIAS を位置づけ、その高度化・拡張等を行うとともに、長期的・安定的に運用し、幅広い分野の利用者が恒常的に利活用できるシステムへと発展させることが望ましい。また、DIAS の長期運用にむけた組織体制の在り方を検討し、設計することが必要である。

（２） 第４期に向けて：総括的コメント

第４期においては、宇宙と海洋のそれぞれの技術がより効果的にグリーンイノベーション、ライフイノベーションのフロンティアを担うとともに、地球環境への取組を行い、総合的な国家安全保障の強化や地球規模問題への対応促進に貢献していくことが目標である。

①社会インフラのグリーン化の先導役として

第３期科学技術計画において、宇宙、海洋と、情報科学技術、地球科学、工学、農学分野が連携して構築した DIAS は、第４期における社会インフラのグリーン化を推進する社会的・公共的インフラと位置付けられる。DIAS を高度化・拡張し、長期的・安定的に運用することにより、地球観測、予測から得られる情報を統合的に利用して、都市や地域の形成、自然環境や生物多様性の保全、森林等における自然循環の維持、自然災害の軽減、持続可能な循環型食料生産の実現等のための健全な意思決定に貢献することが必要である。また、地球観測、予測等の情報の国際的ハブとして、GEOSS の構築を先導していくことが求められる。

②国家安全保障・基幹技術の強化

情報収集や通信および地理空間情報に関する人工衛星の開発技術やその利用技術、有用資源の開発や独自のエネルギー源の確保に向けた人工衛星のセンサー技術や海洋探査技術および生産技術、さらには宇宙と海洋の連携による地

震・津波の観測システムや衛星等を用いた非常通信システム等の研究開発を推進し、国の安全保障や災害時を含めた国民生活の安全確保に資することが必要である。また、我が国の自在な宇宙活動を担保するための基盤的技術として、自立的な宇宙輸送能力や有人宇宙活動能力を持続、進化させることを目指した研究開発を推進し、国の総合的な安全保障に資する。こうした技術は国内にとどまらず、広くアジア・世界の安定と繁栄に貢献するために積極的な展開を図っていくべきである。このために関係国や国際機関との連携、我が国関係者の海外派遣や国外関係者の受け入れ・交流等を積極的に行うことが重要である。

国内およびアジアと世界の安全・安心を共同で実現するため、衛星、海洋の情報収集技術開発を強化するとともに、DIAS を効果的に用いて科学的深化および公共的利益を創出するプロトタイプを開発し、それらを長期的・安定的に運用する体制づくりが肝要である。またこれらのデータや情報を GIS で統合、広範に利活用することも重要である。このため、複数の衛星測位システムを統合的に利用する技術開発、海中・海底でのリアルタイム測位技術等の高度な測位技術とともに、位置表現や ID の標準化技術、地理空間情報のクラウドコンピューティング技術、個人情報保護と利用を両立するための技術、そして地理空間情報を利用したサービスの生成・配信やシステムの連携・協調技術といった、安全かつ便利な利用を実現するための技術獲得に向けた取組が必要となる。

③地球規模問題への対応促進

大規模な気候変動等に関して、全球での観測や予測、影響評価を推進するため、人工衛星を用いたリモートセンシング技術や、海洋における自動昇降式漂流ブイを用いた自動観測、研究船による高精度・多項目の観測技術の研究開発を実施する。またこれら宇宙と海洋のデータの連携によってモデルの予測精度向上やデータ取得の効率化を図り、地球規模問題への対応に資する。さらに海面高度計測への人工衛星の適用等、新しい宇宙と海洋の連携テーマに対しても積極的に検討を行う。

これらの地球観測、予測、統合解析の取組みは、グリーンイノベーションを推進する上で重要な社会的・公共的インフラとなる。

④新フロンティア開拓に向けた科学技術基盤の構築

物質、生命、海洋、地球、宇宙のそれぞれに関する統合的な理解、解明など、新たなフロンティアの開拓に向けた研究開発を行ない、宇宙、海洋それぞれにおける科学技術基盤を構築することが必要である。宇宙においては、太陽系探査や天文観測を通じて宇宙の新しい原理・現象の発見・解明をめざすとともに、平成 21 年に完成した「きぼう」の利用を拡大・本格化させ、創薬への応用が

期待される高品質タンパク質結晶生成実験や予防医学・遠隔医療技術につながる宇宙医学実験によるライフイノベーションの推進、革新的材料開発等につながる材料実験やメダカ等を利用した生物の環境適応能力解明につながる生命科学実験、全天・地球環境棟の宇宙科学分野における優れた成果を目指すことが必要である。

海洋においては、深海極限環境生物や深海底下生物についての研究を継続し、有用物質生産等の産業応用に資するため、極限微生物の生態と機能の解明を進める。また、AUV、ROV等の海洋探査技術を高度化し、それらを総合的かつ効率的に運用することで海洋資源の実態の解明に貢献するとともに、得られるデータやサンプルに対して先端的な分析技術、実験技術を適用し、資源科学、地球生命工学等の新たな研究分野を牽引する。そして地球環境問題への対応、海洋研究、海底資源探査、AUV・ROVなどを、実施・運用するために、最先端の機能を有する海洋調査船を今後も継続して確保する必要がある。

⑤人材育成

フロンティア分野は、ロケットや衛星等の一部の領域で、海外からの商業受注実績も出てきているが、今後一層の産業化を進展させるためには、研究と実業をつなぐ、産業化を担う技術人材の育成が求められている。全体を俯瞰的に見渡せる人材を育てる必要があり、各要素技術に加えて、全体を統合して機能させるためのシステム総合工学を習得する機会が必要である。また、海外から研究者を受け入れ、競争的に研究の推進を図る機会も必要である。さらに、将来の産業界を担う人材を育成する観点から、理学・工学に加えて、経済や法律、政治等といった人文社会学等も含めた、より幅広い総合人材教育を行う必要がある。また海洋技術は、普段の生活で直接的にふれることの少ない分野であることを考えると、人材を海洋技術に向けるためには、大学生等に研究あるいは学習のために海にふれる機会を増やす必要がある。

また、エンジニアの継続的な確保が質・量ともに課題となっており、エンジニアの育成においてはプロジェクト経験を学生時代から積ませる事が、新しいアイデアを創出する事の出来る人材を育て、技術の継承を行うために効果的である。そのため、このような技術継承の観点からも、国の研究開発において、大学等との連携を含め、人材育成に積極的に努めるとともに、国家戦略に基づき大学等の教育機関を巻き込んだ長期にわたる事業計画を策定することが求められる。また最終的には、産業規模が拡大し、国の研究開発プロジェクトのみならず、産業界自らが実施する事業において技術継承が達成される姿が目標である事から、国による継続的な研究開発の遂行とともに、国が開発した基盤技術を積極的に移管する等、産業振興を促進する取組が求められる。

特に、フロンティア分野における研究者・技術者を、将来に亘って、質・量ともに確保するためには、次世代を担う青少年等へのアウトリーチ活動が重要である。このため、小中高校生等を対象として、実験教室や出前講座など、フロンティア分野に関する正しい知識と理解を深められるような取組が求められる。