

コラム
2-6

我が国初のGSSPと地質時代名「チバニアン」の承認

2020年（令和2年）1月17日、国際地質科学連合（IUGS¹）において、千葉県市原市の養老川河岸に露出する地層断面「千葉セクション」の国際境界模式層断面とポイント（GSSP²）としての提案が承認された。これにより、中期更新世（77.4万年前～12.9万年前）の地質時代の名称が、「千葉時代」を意味する「チバニアン」と命名され、初めて我が国の地名が地球の歴史に刻まれることになった。

現在、地球の歴史は116の地質時代境界によって区切られ、それぞれの境界は、その境界が世界で最もよく分かる地層によって定義される。この地層の断面をGSSPと呼び、これまで73か所のGSSPが定められてきた。

前期-中期更新世境界GSSPの審査作業は、第1段階のワーキンググループにおいて2017年（平成29年）6月から始まった。そこでは「千葉セクション」のほかに南部イタリアの2か所が候補地となっていたが、「千葉セクション」が磁場逆転を最も分かりやすく示していたことなどから、同年11月の投票により委員の7割以上の支持を得て選出され、その後の審査においても支持を得て、今般のIUGSにおける最終的な承認に至った。

GSSPの大多数は欧米諸国や中国にある。特に、6,600万年前以降から現在に至る新生代のGSSPは、これまで全て地中海周辺地域にあるため、更新世におけるGSSPもイタリアなど地中海周辺地域が有力とされていた。こうした中、「千葉セクション」がGSSPに承認されたことは、学術的に大きな意義を持つとともに、今後、地質学分野において日本がプレゼンスを発揮する大きなチャンスといえる。



千葉セクションの位置
資料：国立極地研究所作成

千葉セクションにおけるGSSP層位と磁場逆転境界



千葉セクションにおけるGSSP層位と磁場逆転境界
資料：茨城大学作成

1 International Union of Geological Sciences
2 Global Boundary Stratotype Section and Point

2 生物多様性への対応

「生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学 - 政策プラットフォーム (IPBES¹)」は、生物多様性及び生態系サービスに関する科学と政策の連携強化を目的として、評価報告書等の作成を行っている。平成31年(2019年)2月には、侵略的外来種に関する評価のための技術支援機関が公益財団法人地球環境戦略研究機関に設置され、その活動を支援した4月下旬から5月上旬に開催されたIPBES総会第7回会合では、地球規模の生物多様性及び生態系サービスを評価した報告書が受理され、政策決定者向け要約が承認・公表された。この会合の結果報告会及び作成中の評価報告書等に我が国の知見を効果的に反映させるため、IPBESに関わる国内専門家及び関係省庁による国内連絡会を5月に開催した。さらに、IPBES地球規模評価報告書を踏まえて次期生物多様性世界目標を考えるためのシンポジウム「自然共生社会の実現に向けた社会変革」を12月に開催した。このほか、環境省は、IPBESによる評価作業への知見提供等により国際的な科学と政策の結び付き強化に貢献することを目的とした研究である「社会・生態システムの統合化による自然資本・生態系サービスの予測評価」を、環境研究総合推進費により引き続き実施した。

我が国は、生物多様性に関するデータを収集して全世界的に利用されることを目的とする地球規模生物多様性情報機構 (GBIF²) に参加して活動を支援するとともに、GBIFノード(データ提供拠点)である国立科学博物館及び国立遺伝学研究所と連携しながら、生物多様性情報をGBIFに提供した。GBIFで蓄積されたデータは、IPBESでの評価の際の重要な基盤データとなることが期待されている。

農林水産省は、民間企業等における海外の有用な植物遺伝資源を用いた新品種開発を支援するため、特にアジア地域の各国との2国間共同研究を推進し、海外植物遺伝資源の調査・収集及びその評価を行っている。また、農業・食品産業技術総合研究機構は、農業生物資源ジーンバンク事業として、農業に係る生物遺伝資源の収集・保存・評価・提供を行うとともに、DNAをはじめとするイネ等のゲノムリソースの保存・提供を行っている。

製品評価技術基盤機構は、生物遺伝資源の収集・保存・分譲を行うとともに、これらの資源に関する情報(系統的位置付け、遺伝子に関する情報等)を整備・拡充し、幅広く提供している。また、微生物資源の保存と持続可能な利用を目指した15か国・地域27機関のネットワーク活動に参加し、各国との協力関係を構築するなど、生物多様性条約を踏まえたアジア諸国における生物遺伝資源の利用を積極的に支援している。さらに、遺伝子組換え植物により、ワクチンや機能性食品等の高付加価値な有用物質を高効率に生産するための基盤技術の開発研究を推進している。これにより、植物の機能を活用した安全で生産効率の高い物質生産技術の迅速な実用化を推進している。

近年、地球温暖化、海洋環境劣化や乱獲等による海洋生物への様々な影響が顕在化してきており、海洋生態系の保全が重要な課題となっている。このため、文部科学省は、「海洋資源利用促進技術開発プログラム」のうち「海洋生物資源確保技術高度化」において、海洋生態系を総合的に解明する研究開発を行っている。また、津波により被害を受けた東北地方太平洋沖の海洋生態系を回復させるための調査研究を実施している。

1 Intergovernmental science-policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services

2 Global Biodiversity Information Facility

コラム
2-7

深海の泥から真核生物誕生の鍵を握る微生物「アーキア」の培養に成功

深海の泥、すなわち海底堆積物には多種多様な微生物が生息しており、その多くはこれまで培養がされたことのない未知微生物である。これら未知微生物の理解は、地球における物質循環の理解の促進や有用な生物資源の獲得等につながることを期待されるため、海洋研究開発機構では長年にわたって海底下微生物の研究が行われてきた。その研究成果の1つとして、有人潜水調査船「しんかい6500」によって採取された海底堆積物から、真核生物の誕生の鍵を握るとされているアーキアの培養に世界で初めて成功した。

地球の生物は、細胞内に核を持たない単細胞微生物であるアーキア（古細菌）とバクテリア（真正細菌）、核を含む複雑な細胞構造を持つ真核生物の三つに大別される。私たち人間を含む動物や植物は真核生物であるが、真核生物の祖先は、あるアーキアがミトコンドリアの祖先となるバクテリアをその細胞内部に取り込み、共生させることで誕生したとされている。最近の研究から、アスガルドと呼ばれるアーキアの一群が真核生物の祖先に最も近いと予測されたが、その存在は環境ゲノム情報でしか確認されていないため、そのアーキアの形や大きさ、生き方などは完全に謎に包まれていた。そのため、このアーキアの培養が世界的に大きく期待されていた。

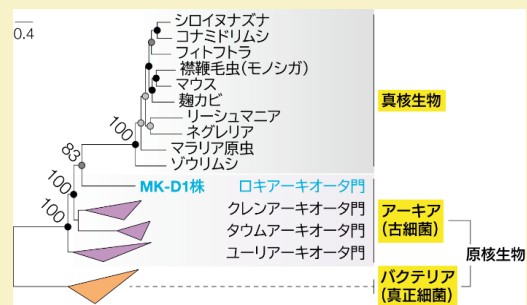
そこで、海洋研究開発機構と産業技術総合研究所をはじめとする研究チームは、微生物を使って下水を処理するリアクター装置を培養器として用いるアイデアを思い付き、深海のメタン冷湧水帯の環境条件に似せた培養を行うことによって、深海の泥からアスガルドに属するアーキアを培養することに成功した。MK-D1株と名付けたこのアーキアの詳しい性状を調べたところ、その細胞はわずか直径が550 nm（1mmの約2,000分の1）の球状で、他のアーキアには見られない触手のような細長い突起を出すことが分かった。また、他の微生物との共生をしないと増殖できないことや、その増殖速度が大腸菌の1,000分の1程度と極度に遅いことも明らかとなった。詳しいDNA解析を行った結果、アクチンやユビキチンなどこれまで真核生物しか持っていないとされてきた遺伝子を数多く持つことも分かった。さらに、本研究では、MK-D1株の特徴とこれまでの真核生物の起源に関連する研究結果に基づいて、真核生物の誕生についての新しい進化説「E³」モデルを提案した。

本成果は令和2年（2020年）1月に英国の科学誌「Nature」に掲載され、その面白い細胞形態の写真が同誌の表紙を飾った。また、本成果は米国の科学誌「Science」が選ぶ2019年における最も革新的であった科学ニュース10件である「ブレークスルー・オブ・ザ・イヤー」の1つとして選出された。

今後はMK-D1株の更なる調査や、他のアーキアや原始的な単細胞の真核生物の培養やその性質の解明が進むことによって、アーキアから真核生物に進化した道筋がより明らかになっていくものと期待される。



培養されたMK-D1株
提供：海洋研究開発機構



ゲノム情報に基づいたMK-D1株の系統的位置
提供：産業技術総合研究所



しんかい6500によるメタン冷湧水帯での採泥
提供：海洋研究開発機構

第4節 国家戦略上重要なフロンティアの開拓

海洋や宇宙の開発・利用・管理を支える一連の科学技術は、産業競争力の強化や経済・社会的課題への対応のみならず、我が国の存立基盤を確固たるものとするものである。また、国際社会における評価と尊敬を得るとともに、国民の科学への啓発をもたらす意味でも重要であり、長期的視野に立って強化していく必要がある。

1 海洋分野の研究開発の推進

四方を海に囲まれた我が国は、「海洋立国」にふさわしい科学技術とイノベーションの成果を上げる必要がある。そのため、氷海域、深海部、海底下を含む海洋の調査・観測技術、生物を含む資源、運輸、観光等の海洋の持続可能な開発・利用等に資する技術、海洋の安全確保と環境保全に資する技術、これらを支える科学的知見・基盤的技術の研究開発に着実に取り組むことが重要である。

内閣府は、総合海洋政策本部と連携し、第3期海洋基本計画（平成30年5月15日閣議決定）と整合を図りつつ、海洋に関する技術開発課題等の解決に向けた取組を推進している。

文部科学省は、第3期海洋基本計画の策定等を踏まえ、科学技術・学術審議会海洋開発分科会において平成28年に策定された「海洋科学技術に係る研究開発計画」を平成31年1月に改訂し、未来の産業創造に向けたイノベーション創出に資する海洋科学技術分野の研究開発を推進している。

海洋研究開発機構は、船舶や探査機、観測機器等を用いて深海底・氷海域等のアクセス困難な場所を含めた海洋における調査・研究を行い、得られたデータを用いたシミュレーションやデータのアーカイブ・発信を行っている。また、これらの技術を活用し、いまだ十分に解明されていない領域の実態を解明するための基礎研究を推進している。

(1) 海洋の調査・観測技術

海洋研究開発機構は、海底下に広がる微生物生命圏や海溝型地震及び津波の発生メカニズム、海底資源の成因や存在の可能性等を解明するため、地球深部探査船「ちきゅう」の掘削技術やDONETを用いたリアルタイム観測技術等の開発を進めるとともに、それらの技術を活用した調査・研究・技術開発を実施している。また、大きな災害をもたらす巨大地震や津波等、深海底から生じる諸現象の実態を理解するため、研究船や有人潜水調査船「しんかい6500」、無人探査機等を用いた地殻構造探査等により、日本列島周辺海域から太平洋全域を対象に調査研究を行っている。

(2) 海洋の持続的な開発・利用等に資する技術

文部科学省は、大学等が有する高度な技術や知見を幅広く活用し、海洋生態系や海洋環境等の



地球深部探査船「ちきゅう」
提供：海洋研究開発機構



有人潜水調査船「しんかい6500」
提供：海洋研究開発機構

海洋情報をより効率的かつ高精度に把握する観測・計測技術の研究開発を「海洋資源利用促進技術開発プログラム」のうち「海洋情報把握技術開発」において実施している。

海洋研究開発機構は、我が国の海洋の産業利用の促進に貢献するため、生物・非生物の両面から海洋における物質循環と有用資源の成因の理解を進め、得られた科学的知見、データ、技術及びサンプルを関連産業に展開している（第3章第1節1（2）参照）。

（3）海洋の安全確保と環境保全に資する技術

近年、地球温暖化、海洋環境劣化や乱獲等による海洋生物への様々な影響が顕在化してきており、海洋生態系の保全や海洋生物資源の持続可能な利用の実現が重要な課題となっている。このため、文部科学省は、「海洋資源利用促進技術開発プログラム」のうち「海洋生物資源確保技術高度化」において、海洋生物の生理機能を解明し、革新的な生産につなげる研究開発や生態系を総合的に解明する研究開発を行っている（第3章第3節2参照）。

海上・港湾・航空技術研究所は、海洋資源・エネルギー開発に係る基盤的技術の基礎となる海洋構造物の安全性評価手法及び環境負荷軽減手法の開発・高度化に関する研究を行っている。

海上保安庁は、海上交通の安全確保及び運航効率の向上のため、船舶の動静情報等を収集するとともに、これらのビッグデータを解析することにより海上における船舶交通流を予測し、船舶にフィードバックするシステムの開発を行っている。

コラム 2-8

高速水中音響通信装置の開発 ～距離6,500mで79kbpsを達成～

陸上通信は電磁波を用いて行われることが多いが、海中において電磁波は減衰しやすいため、海中通信は一般的に音波を用いて行われる。海洋研究開発機構では、水平方向でのMIMO（Multi-Input and Multi-Output：多入力多出力）通信に関する基礎研究や、複数の無人探査機を同時に制御するためのマルチユーザ通信装置の開発などを進めている。

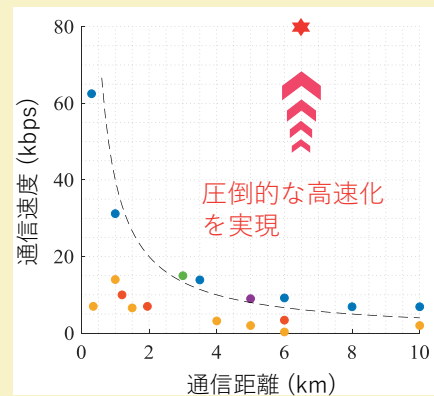
海洋研究開発機構では、こうした基礎研究や開発の成果を基に、平成29年に垂直方向の高速水中音響通信装置を独自に開発した。海中の音響通信では、高周波域の音波は吸収されてしまうため、距離と通信速度はおおよそ反比例の関係となり、従来装置の性能は40kbps・km程度であるが、海洋研究開発機構が開発した通信装置では、6.5km × 79.1kbps = 512kbps・km以上の値を達成しており、既存の通信装置を圧倒する世界最高速を実現した。本装置は、有人潜水調査船「しんかい6500」に搭載され、カメラの画像（静止画）を母船へ転送するための装置として既に実運用されている。これにより、母船上の研究者、オペレーターも、潜水調査船が観測している対象やその運航状況をリアルタイムで把握することが可能となった。また、米国ウッズホール海洋研究所の潜水船「アルビン」においても同様に画像伝送の実験に成功し、今後の世界展開が期待される。このような高速通信が達成されたことは、将来的には水中Wi-Fiの構築、探査機等をインターネットへ接続する「IoT」実現の可能性を示しており、海洋分野における研究開発への貢献だけでなく、海底資源開発や港湾土木作業、ダイビング等のレジャー活動を含めた水中活動全般に広く活用できるものとして期待される。



しんかい6500からの画像の受信画面
提供：海洋研究開発機構



しんかい6500からの音響通信
提供：海洋研究開発機構



既存の通信装置との性能比較
提供：海洋研究開発機構

2 宇宙分野の研究開発の推進

気象衛星、通信・測位・放送衛星などの宇宙関係技術は、天気予報やカーナビ、金融取引など様々な分野で国民の日々の生活と密接な関係を持ち、また、人類の知的資産を拡大し、国民に夢と希望を与える重要なものである。我が国の宇宙開発利用は、「宇宙基本法」（平成20年法律第43号）や「宇宙基本計画」（平成28年4月1日閣議決定）によって国家戦略として総合的かつ計画的に推進されている（第2-3-18表）。

第2-3-18表 宇宙基本計画工程表（令和元年度改訂）の概要

宇宙基本計画工程表（令和元年度改訂）の概要

令和元年12月13日
内閣府
宇宙開発戦略推進事務局

政策体系：①宇宙安全保障の確保、②民生分野における宇宙利用推進、③宇宙産業・科学技術基盤の維持・強化

宇宙政策の目標達成に向けた宇宙プロジェクトの実施方針		個別プロジェクトを支える宇宙産業・科学技術基盤の強化策	
<p>衛星測位</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 準天頂衛星システムの開発・整備・運用 <ul style="list-style-type: none"> - 2023年度までの7機体制の確立及び機能・性能の向上と、地上設備の開発・整備 ● 準天頂衛星システムの利活用推進 <ul style="list-style-type: none"> - 農林水産業、ドローン物流、自動運航船など、より多くの分野における実証事業を実施し、先進的な利用モデルを創出 - 衛星安否確認システムの機能強化を図る 	<p>宇宙輸送システム</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 新型基幹ロケット（H3ロケット） <ul style="list-style-type: none"> - 2020年度の試験機初号機の打上げに向け、第一・第二段エンジン及び固体ロケットブースタの燃焼試験、システム燃焼試験及び実機製作に引き続き取り組む ● イプシロンロケット <ul style="list-style-type: none"> - H3ロケットとのシナジー対応開発計画に基づいてシステム全体の基本設計を行い、引き続き詳細設計を進めつつ、2020年度はシステム開発を実施 - シナジー対応のイプシロンロケットに関して、競争力強化のために、民間移管を前提に、具体的な取組方策を2020年度中に検討 	<p>新規参入を促進し宇宙利用を拡大するための総合的取組</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 宇宙ビジネス創出推進自治体が主体的に実施する地域を中心とする取組との連携を深め、セミナー実施やハンズオン講座の実施等により2020年度の取組を強化 ● 宇宙ビジネスイノベーション（S-Booster）、宇宙ビジネス投資マッチングプラットフォーム（S-Matching）を通じたベンチャー支援についてアジア等の海外展開も含めて活動強化 ● 政府衛星データのオープン＆フリー化に向けたデータ利用プラットフォーム（Tellus）について、利用可能データの一層の充実を図るとともに、2020年度までに開発を完了し、2021年度以降の民営化を目指す ● G空間情報センターをハブとして、Tellusや農業、防災、インフラ等の各種の地理空間情報の集約システムと情報センターとの相互連携機能の強化 ● サブオービタル飛行に関して、官民協議会を中心に、2020年代前半の事業化を目指す ● 国内外の民間事業者における取組状況や国際動向を踏まえつつ、将来のビジネス展開に資する環境整備の検討を加速 	<p>基幹的部品等の安定供給に向けた環境整備／将来の宇宙利用の拡大を見据えた取組</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 革新的衛星技術実証プログラムについて、1号機の経験や成果を活かし、2号機を2021年度に、3号機を2022年度に、4号機を2024年度に打上げ、軌道上実証実験を行う ● SERVISプロジェクトによって、低価格・高性能な衛星用部品の開発・評価等に取り組みるとともに、これらを含んだ小型衛星の軌道上実証支援を実施 ● 国際競争力を有する将来輸送系のシステムについての検討を進めるとともに、再使用型宇宙輸送システムの小型実験機の飛行実験等を通じた、誘導制御技術や推進薬マネジメント技術等の実証結果を、2022年度実施に向けて国際協力で進め一段再使用飛行実験の計画に具体的に反映 ● LNG推進系の実証実験、宇宙太陽光発電の研究開発、宇宙天気情報の提供機能強化に向けた取組を推進
<p>衛星リモートセンシング</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 情報収集衛星（光学レーダ） <ul style="list-style-type: none"> - 2020年度に、データ中継衛星1号機を打上げ - 10機体制の確立に向けた整備を着実に実施 ● 先進光学／先進レーダ衛星（ALOS-3・4） <ul style="list-style-type: none"> - 2020年度（光学）、2021年度（レーダ）打上げを目指して開発を推進 ● 静止気象衛星 <ul style="list-style-type: none"> - 2020年度に、後継機の製造、打上げ及び運用の実施方法や調達方法に関する調査を実施 ● 温室効果ガス観測技術衛星（GOSAT） <ul style="list-style-type: none"> - 2023年度の打上げに向け3号機の開発を着実に進めるとともに、我が国主導の国際標準化及び各国の気候変動対策における衛星データの利活用促進の取組 ● その他リモートセンシング衛星 <ul style="list-style-type: none"> - 高性能マイクロ波放射計について、温室効果ガス・水循環観測技術衛星への搭載に向けて2020年度に詳細設計に着手 - 将来の温室効果ガス観測ミッションの構想検討 	<p>宇宙状況把握（SSA）</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 2020年度に宇宙領域専門部隊を新編し、SSAシステムの実運用に向けた各種取組を推進するとともに、SSA衛星及びSSAレーザ測距装置の導入に係る取組を推進 ● 民間事業者が活用可能なSSAプラットフォーム形成に向け、フィージビリティスタディを実施 ● 宇宙天気情報の共有・活用に関する連携を進める 	<p>宇宙開発利用全般を支える体制・制度等の強化策</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 民間のシンクタンク機能等とも連携し、調査分析機能の強化、衛星データ活用スキル習得機会の拡大、宇宙ビジネス専門人材プラットフォーム（S-Expert）の運用を2019年度に開始 ● 確定契約の導入・深化に向けた取組を進めるとともに、サービス調達を含む制度の検討について、得られた教訓等を蓄積・整理 	<p>宇宙外交の推進及び宇宙分野に関連する海外展開戦略の強化</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 国際ルール形成の取組推進及び諸外国との重層的な協力構築 ● ISS「きぼう」日本実験棟での超小型衛星の放出等 ● ホステッドベイロードに関する具体的検討等を通じ、日本の宇宙分野での連携を強化 ● APRSAF、ERIAとの連携による宇宙協力の推進、SDGs達成に向けた宇宙技術による貢献
<p>衛星状況把握（MDA）</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 最新の自動船舶識別装置（AIS）関連技術等の衛星を活用した船舶を識別する技術の調査研究等を行い、MDA能力の強化を図る 	<p>宇宙科学・探査、有人宇宙活動、国際宇宙探査</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 宇宙科学・探査 <ul style="list-style-type: none"> - プログラム化推進、技術のフロントローディングの実施 - はやぶさ2の2020年末の地球帰還を目指した運用、及びサンプルの初期分析の準備 - 公募型小型計画4の具体化に向けた検討、深宇宙探査技術実証機（DESTINY）について着実な開発 ● 国際宇宙ステーション計画を含む有人宇宙活動 <ul style="list-style-type: none"> - ISS運用終了後を見据えて、地球低軌道での宇宙活動が民間主体で自立的に継続されるよう、需要を喚起しつつ、利用・運用技術の民間移管や、無人化・自動化を促進させるための取組を推進 ● 国際宇宙探査 <ul style="list-style-type: none"> - 米国の提案する月周回有人拠点（ゲートウェイ）を含む国際宇宙探査への参画について、当面の協力項目である4分野の取組を具体化 	<p>宇宙産業及び科学技術の基盤の維持・強化に向けたその他の取組</p> <p>スペースデブリ対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ● スペースデブリ問題に関し、申合せた当面の取組の方向性に基づいて、時間軸を加えた検討を踏まえつつ、関係機関による具体的取組を着実に進める ● 民間事業者とも連携し、2022年度の関連技術実証を目指して必要な技術開発を着実に進める 	
<p>衛星通信・衛星放送</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 技術試験衛星 <ul style="list-style-type: none"> - 技術試験衛星（9号機）の詳細設計を進め、2022年度打上げを目指す - 衛星量子暗号技術の早期確立を目指す ● 光データ中継衛星 <ul style="list-style-type: none"> - 2020年度に打上げ、運用を開始 ● Xバンド防衛衛星通信 <ul style="list-style-type: none"> - 2022年度目途に3号機打上げ 			

資料：内閣府提供

(1) 宇宙輸送システム

宇宙輸送システムは、人工衛星等の打上げを担う宇宙開発利用の重要な柱であり、希望する時期や軌道に人工衛星を打ち上げる能力は自立性確保の観点から不可欠な技術基盤といえる。我が国は、自立的に宇宙活動を行う能力を維持・発展させるとともに、国際競争力を確保するため、令和2年度の初号機打上げに向け、平成26年度からH3ロケットの開発に着手し、各種燃焼試験等を実施している。また、イプシロンロケットについて、低コスト化のためのH3ロケットとのシナジー開発を平成29年度から実施している。

さらに、我が国の基幹ロケットである、H-IIAロケット、H-IIBロケット及びイプシロンロケットにより、平成31年1月に革新的衛星技術実証1号機、令和元年9月に宇宙ステーション補給機「こうのとり」8号機、令和2年2月に情報収集衛星光学7号機の打上げに成功した。



H-II Bロケット8号機の打上げ
提供：宇宙航空研究開発機構

(2) 衛星測位システム

内閣府は、準天頂衛星システム「みちびき」について、平成30年11月1日に4機体制による高精度測位サービスを開始するとともに、2023年度（令和5年度）を目途に確立する7機体制と機能・性能向上に向け、5号機、6号機及び7号機の開発を進めている。また、「みちびき」の利用拡大に向けて関係府省が連携し、自動車や農業機械の自動走行、物流や防災分野など様々な実証実験を進めている。



準天頂衛星「みちびき」3号機（QZS-3）
提供：内閣府宇宙開発戦略推進事務局

(3) 衛星通信・放送システム

2020年代に国際競争力を持つ次世代静止通信衛星を実現する観点から、総務省と文部科学省が連携し、電気推進技術や大電力発電、フレキシブルペイロード技術等の技術実証のため、令和4年度の打上げを目指して、平成28年度から技術試験衛星9号機の開発を行っている。

(4) 衛星地球観測システム

環境省は、「いぶき」（GOSAT）を平成20年度に、「いぶき2号」（GOSAT-2）を平成30年度にそれぞれ打ち上げ、全球の温室効果ガス濃度を長期的に観測することによって気候変動対策を推進している。

宇宙航空研究開発機構は、地球規模での水循環・気候変動メカニズムの解明を目的に平成24年5月に打ち上げた「しずく」及び平成29年12月に打ち上げた「しきさい」の運用を行っている。「しずく」は平成26年2月に米国航空宇宙局（NASA¹）との国際協力プロジェクトとして打ち上げた全球降水観測計画（GPM²）主衛星のデータとともに気象庁において利用され、降水予測精度向上に貢献するなど、気象予報や漁場把握等の幅広い分野で活用され、「しきさい」は、海外の大規模な森林火災の把握にも活用されている。

また、平成26年5月に打ち上げられた「だいち2号」は、様々な災害の監視や被災状況の把握、森林や極域の氷の観測等を通じ、防災・災害対策や地球温暖化対策などの地球規模課題の解決に貢献している。現在、広域かつ高分解能な撮像が可能な先進光学衛星（ALOS-3）や先進レーダ衛星（ALOS-4）及びこれらの衛星間の光通信を実証する光データ中継衛星の開発等にも取り組んでいる。

そのほか、総務省では、このような防災・減災等に貢献する衛星からの地球観測で活用が期待される技術として、水蒸気や酸素濃度をより正確に把握可



気候変動観測衛星
「しきさい」（GCOM-C）
提供：宇宙航空研究開発機構

1 National Aeronautics and Space Administration
2 Global Precipitation Measurement

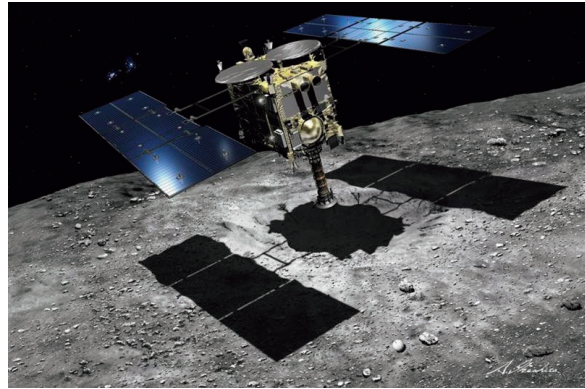
能なテラヘルツ帯の電波によるセンシングシステムについて、その実現に向けた基盤技術の研究開発に取り組んでいる。

なお、我が国の人工衛星の安定的な運用に向けて、文部科学省及び宇宙航空研究開発機構は、平成14年度から宇宙状況把握システム（SSA¹システム）を構築・運用し、地上からスペースデブリ（宇宙ゴミ）等の把握を行ってきており、今後、令和5年度を目指して、防衛省を始め政府機関一体となった新たなSSAシステムの構築を進めている。

（5）宇宙科学・探査

宇宙科学の分野においては、宇宙航空研究開発機構が中心となり、世界初のX線の撮像と分光を同時に行う人工衛星の開発・運用や、小惑星探査機「はやぶさ」による小惑星「イトカワ」からの試料回収など、X線・赤外線天文観測や月・惑星探査などの分野で世界トップレベルの業績を上げている。平成27年12月に金星周回軌道へ投入された金星探査機「あかつき」は、金星大気メカニズムの解明につながる成果を上げ、平成28年12月に打ち上げたジオスペース探査衛星「あらせ」は、オーロラ発生時の物理プロセスの同定に成功するなど、太陽活動と地球の相互作用等の理解の深化に貢献した。

平成26年12月に打ち上げた「はやぶさ2」は、平成30年6月に小惑星「リュウグウ」に到着し、探査ローバによる探査、小惑星表面への人工クレーター形成、同一小惑星への2回の着陸（タッチダウン）成功などの世界初の快挙を成し遂げ、科学的に貴重な小惑星内部のサンプル採取にも成功したと見られている。今後、令和2年末頃に地球への帰還を予定している。



小惑星探査機「はやぶさ2」
提供：池下章裕氏

このほか、欧州宇宙機関との国際協力による水星探査計画（BepiColombo）の水星磁気圏探査機「みお」（平成30年10月打上げ）が運行中であり、我が国初となる月への無人着陸を目指す小型月着陸実証機（SLIM²）やX線分光撮像衛星（XRISM³）（共に令和3年度打上げ予定）の開発など、国際的な地位の確立や人類のフロンティア拡大に資する宇宙科学分野の研究開発を推進している。

（6）有人宇宙活動

国際宇宙ステーション（ISS）計画⁴は、日本・米国・欧州・カナダ・ロシアの5極（15か国）共同の国際協力プロジェクトである。我が国は、「きぼう」日本実験棟及び宇宙ステーション補給機「こうのとり」（HTV⁵）の開発・運用や日本人宇宙飛行士のISS長期滞在により本計画に参加しており、これまでに、有人・無人宇宙技術の獲得、国際プレゼンス（国際的地位）の確立、宇宙産業の振興、宇宙環境利用による社会的利益（創薬につながる高品質タンパク質結晶

1 Space Situational Awareness
2 Smart Lander for Investigating Moon
3 X-Ray Imaging and Spectroscopy Mission
4 日本・米国・欧州・カナダ・ロシアの政府間協定に基づき地球周回低軌道（約400 km）上に有人宇宙ステーションを建設、運用、利用する国際協力プロジェクト
5 H-II Transfer Vehicle

の生成、医学的知見の獲得、次世代半導体の開発に資する材料創製、超小型衛星放出等）及び青少年育成等の多様な成果を上げてきている。2019年（令和元年）9月、「こうのとりのり」8号機を打ち上げ、宇宙飛行士の生活に必要な不可欠な水・食料のほか、ISSの運用の根幹を支える、日本製リチウムイオン電池を使用したバッテリーや、宇宙航空研究開発機構と民間企業が共同開発した光通信システム装置等を輸送した。

なお、2015年（平成27年）12月に、新たな日米協力の枠組みに係る合意文書を取り交わし、2024年（令和6年）までの我が国のISS運用延長への参加が決定している。今後の取組としては、将来の宇宙探査も念頭に置いた新たな宇宙ステーション補給機（HTV-X）の打上げを目指して開発を進めている。

（7）国際宇宙探査

様々な国で月面や火星の探査ミッションが多く計画されるなど関心が高まっている。米国は2019年（平成31年）3月、2024年（令和6年）までに月極域への有人着陸を行うと表明し、また、2030年代の火星有人着陸を目標に、月面での持続的な活動を通じて必要な技術の獲得を目指す、月周回有人拠点「ゲートウェイ」の整備を含む「アルテミス計画」を発表した。我が国では、令和元年（2019年）10月に宇宙開発戦略本部において米国提案による国際宇宙探査への日本の参画方針を決定し、我が国の強みを活かした分野で戦略的に参画できるように参画機関間で調整を進めている。また、我が国は小型月着陸実証機「SLIM¹」の令和3年度打上げを計画するとともに、宇宙航空研究開発機構とインド宇宙研究機関（ISRO²）との間で共同月極域探査ミッションについて検討を進めている。

（8）宇宙の利用を促進するための取組

文部科学省は、人工衛星に係る潜在的なユーザーや利用形態の開拓など、宇宙利用の裾野の拡大を目的とした「宇宙航空科学技術推進委託費」により産学官の英知を幅広く活用する仕組みを構築した。これにより、宇宙航空分野の人材育成及び防災、環境等の分野における実用化を見据えた宇宙利用技術の研究開発等を引き続き行っている。

経済産業省は、石油資源の遠隔探知能力の向上等を可能とするハイパースペクトルセンサ（HISUI）の開発を進めており、2019年12月に打上げを行い、国際宇宙ステーションの「きぼう」日本実験棟に搭載した。また、民生分野の技術等を活用した低価格・高性能な宇宙用部品・コンポーネントの開発支援と軌道上実証機会の提供及び小型衛星用ロケットの抜本的な低コスト化実現に向けた自律飛行安全システムの開発等を行っている。加えて、ビッグデータ化する宇宙データの利用拡大の観点から、政府衛星データをオープン＆フリー化するとともに、ユーザにとって使いやすい衛星データプラットフォーム（Tellus）の整備なども進めている。

1 Smart Lander for Investigating Moon

2 Indian Space Research Organisation

■ 第2-3-19表 / 国家戦略上重要なフロンティアの開拓のための主な施策（令和元年度）

府省名	実施機関	施策名
内閣官房	内閣情報調査室	情報収集衛星の研究開発
内閣府	本府	実用準天頂衛星システム事業の推進
文部科学省	本省	南極地域観測事業
		北極域研究推進プロジェクト
	宇宙航空研究開発機構	国際宇宙ステーション開発費補助金
		基幹ロケット高度化推進費補助金
経済産業省	本省	政府衛星データのオープン&フリー化及びデータ利用環境整備事業費
		石油資源を遠隔探知するためのハイパースペクトルセンサの研究開発
		宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業（SERVISプロジェクト）
国土交通省	海上保安庁	我が国領海及び排他的経済水域における海洋調査の推進

コラム 2-9

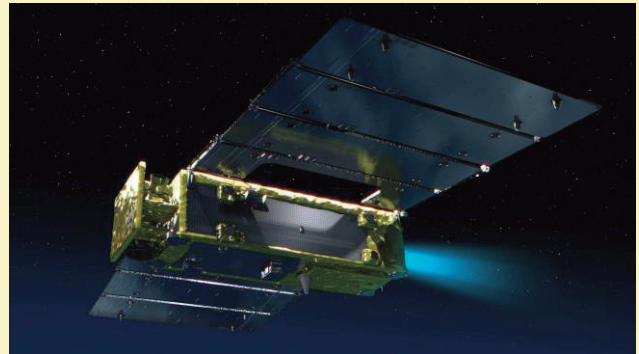
「つばめ」～世界に先駆けた日本の超低高度衛星技術～

令和元年9月30日、宇宙航空研究開発機構が開発した超低高度衛星技術試験機「つばめ」(SLATS: Super Low Altitude Test Satellite)は、世界で最も低い地球観測衛星の高度としてギネス世界記録®に認定された167.4kmでの軌道保持を終え、翌10月1日に大気圏に再突入し、革新的な技術実証を完了した。

人工衛星が飛行する高度を大幅に低くすると小さなセンサでも高い分解能の衛星画像を取得できるメリットがある。しかし、「超低高度」と呼ばれる高度300km以下では、通常の地球観測衛星が飛行する高度600～800kmに比べて、大気抵抗や衛星材料を劣化させる原子状酸素の密度が1,000倍以上となる。このため、長期間の衛星運用や精密な姿勢・軌道制御が求められる地球観測衛星には不向きとされていた。「つばめ」は超低高度にて長期間にわたる地球観測を可能とする技術の獲得を目指して開発され、平成29年12月23日に打ち上げられた。

「つばめ」という名称は、衛星名の一般公募にて圧倒的多数の応募により選定された。つばさを広げずばやく低空飛行する姿が、太陽電池パドルを広げ様々な姿勢で飛行し、イオンエンジンを噴射する衛星のイメージと重なる。「つばめ」という名前のつながりで、平成31年4月に神宮球場ライトスタンドに掲げられたプロ野球ヤクルトスワローズ球団への「^{おうえん}応燕メッセージ」を撮影した。8月には九州新幹線「つばめ」を撮影した。子供たちにも身近に感じられる広報活動などを行い、最新の宇宙開発に対する国民の理解増進に貢献した。

「つばめ」の成果は地球を取り巻く超高層大気科学の発展に貢献し、さらに、将来の地球観測衛星の小型化・低コスト化や今までにない地球観測ミッションをもたらすと期待されている。



イオンエンジンを噴射する「つばめ」想像図
提供：宇宙航空研究開発機構



「つばめ」がとらえた九州新幹線「つばめ」
提供：宇宙航空研究開発機構