

地球表層システム変動の解明に向けた地殻～マンツルのフロンティア科学の実践

① ビジョンの概要

人類の持続可能性を左右する地球システムの変動メカニズムを理解するため、地殻～上部マンツルに至るフロンティアを国際海洋科学掘削プロジェクトの段階的な実施により開拓していく。次代を担う俯瞰的かつ先導的な視野を持つ若手国際人材を育成しつつ、革新的な分野融合研究と観測科学を実践し、地球規模課題の解決に資する学術基盤を創成する。

② ビジョンの内容

惑星地球のシステム変動と生命圏が存在する地球表層環境における人間社会の持続可能性は不可分の関係にあるが、広大な海洋および海底の実態に関する科学的理解は限られている。我が国は地球深部探査船「ちきゅう」を保有し、地殻～上部マンツルに至るフロンティア科学を世界的に牽引する立場にある。技術開発においては、スリムライザーを適用した大水深技術開発や掘削孔を活用した観測システムの整備が進められている。本構想は、これらのオンリーワン・インフラと高度化された観測技術を最大限に活用し、人間圏を含む生態系の持続可能性と生命居住可能性を規定する地球表層システム変動の本質理解を目指すものである。具体的には、海洋地殻～マンツル（岩石圏）の国際科学掘削プロジェクトを段階的に実施することで、地球を代表する連続的なリファレンスデータの獲得を目指す（図1）。プロジェクトの立案や審査、調査の実施、分析研究に至る一連のプロセスは、既存の概念や分野・国境の枠、ジェンダーや格差に捉われない公平な形で行われ、次代若手人材に俯瞰的な視野と国際的な活躍の場を与える。

③ 学術研究構想の名称

地球表層システム変動の解明に向けた地殻～マンツルのフロンティア科学の実践

④ 学術研究構想の概要

太陽系地球の特異性は、対流するマンツルによって駆動されるプレートテクトニクスを介した地球内部、表層環境、生命圏の共進化である。本構想では、地球表層～内部間の物質交換反応の場である海洋プレートの科学掘削調査を段階的に実施することで、(1)地殻～上部マンツルの構造と進化、(2)地球表層～内部間の水・炭素循環と変質プロセス、(3)地殻内生命圏の実態と役割の解明、(4)地球内部変動の観測技術開発に係る分野融合型の国際共同研究を展開する。具体的には、海域事前調査、海洋科学掘削プロジェクト、長期孔内計等を行うとともに、既存の掘削コア試料や孔内計測データを利用するバーチャル航海によって若手人材を育成し、地球表層システム変動の学術的理解を深化させる。

⑤ 学術的な意義

地球固有のマンツル対流によって駆動されるプレートテクトニクスを実証的に明らかにし、宇宙における地球型惑星と人類社会の持続可能性を指し示す基本的原理を手にする意義を持つ。代表的な海洋地殻～マンツル最上部に至る科学掘削調査を段階的に実施し、地球惑星科学・物理学・化学・生命科学の複合分野に係る地球表層システム変動研究にブレークスルーをもたらす。これらの成果・実績は、海洋地殻～マンツルの標準試料として科学史に残る金字塔となる。さらに坑井を利用した地震、素粒子などの観測技術と連携することで、地球深部を探索する窓として未来に受け継がれる科学的価値を創出する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

現行の国際深海科学掘削計画（IODP）に対して我が国を中心とする世界6カ国67名の研究者によるマンツル掘削（M2M）計画（805-MDP：2012年4月）、さらに、マンツル掘削パイロット孔の位置付けとして国際合意した太平洋プレート掘削候補地点の一つであるハワイ沖での「ちきゅう」による海底下2.5 kmまでの掘削（951-Fu11）を提案している。2050年までの国際的な海洋科学掘削目標を定めた2050 Science Frameworkでは、本構想の骨子が国際コミュニティの合意事項として明記されている。2021年9月にJ-DESCが文部科学省、海洋研究開発機構に宛てた要望書「地球システムの理解に向けた国際海洋科学掘削研究の推進」では、「海洋地

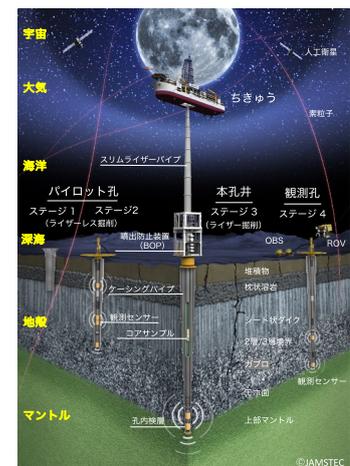


図1 マンツルまでの惑星地球標準データの取得ビジョン

殻を貫通しマントルまでのサンプルリターンを実現し、地球生命の誕生・存在限界、水・炭素サイクルを包括的に理解することで、人類・生命と地球の共生社会の創造に貢献する」といったコミュニティの集約意見が明記されている。

⑦ 社会的価値

海洋地殻～マントル至る国際的なフロンティア科学を我が国が牽引することにより、世界に冠たる海洋・科学技術立国、日本を強く国民そして全世界に印象づける。将来的には、太平洋に集結する大気・海洋観測データとの大気―海洋―地殻―マントルのデータ統合解析にまで発展させ、全球規模かつ中・長期的な地球システム変動予測等に寄与する。それは、地球環境ガバナンスやジオハザード予測、地層処分などの地下空間利用、クリーンエネルギー源（熱・水素等）の確保など、人類の持続可能性に資する経済的・産業的価値の創造につながる。

⑧ 実施計画等について

【実施計画・スケジュール】本構想は 2050 Science Framework に準じ、2050 年までに上部マントルまでの惑星地球を代表するリファレンスデータを取得することを最終目標に掲げる。その上で、2024 年から開始予定の次期国際海洋科学掘削プログラムの 10 ヶ年（2024～2032 年）において、以下のプロジェクトの実施を想定する（図 2）。



図 2 次期海洋科学掘削プログラム

- 1) 事前海域調査： マントル計画の候補地であるハワイ沖とコスタリカ沖について、2025～2027 年度と 2022 末～2023 年初頭に弾性波探査を含む総合事前調査。
- 2) ハワイ沖上部地殻掘削調査：地球深部探査船「ちきゅう」による海底下 2.5 km までの掘削調査。
- 3) 西太平洋底における掘削調査：2024 年度に東北沖アウターライズにおける沈み込みインプットの IODP 掘削調査を実施予定。その他、四国海盆及び小笠原―マリアナ前弧等における下部地殻～上部マントル起源物質掘削の準備を進め、2032 年度までに「ちきゅう」による 3 カ所の掘削調査。
- 4) バーチャル航海：「ちきゅう」や高知コアセンターの設備を活用したバーチャル航海。
- 5) 孔内観測：北西太平洋中央海嶺アトランティス岩体の地殻内流体及び物性観測を、米国掘削船 JOIDES Resolution により 2023 年度に実施（IODP 第 399 航海）。オマーンオフショア陸上掘削孔を利用したミュオグラフィ観測等を 2023～2027 年度に実施。

【実施機関と実施体制】2024 年以降の次期国際海洋科学掘削プログラムの実施主体は文部科学省及び海洋研究開発機構（JAMSTEC）である。現在の連携協議においては、欧州地球掘削科学連合（ECORD）が提供する特定任務掘削船と JAMSTEC が保有する地球深部探査船「ちきゅう」及び海底広域調査船「かいめい」の運航が想定されている。本構想に係る日本人研究者は、ほぼ全員がプログラム・オフィスの機能を持つ日本地球掘削科学コンソーシアム（J-DESC：正会員 50 機関、賛助会員 6 企業、個人会員 5 名）に所属している。科学掘削のコア試料は、高知大学と JAMSTEC が共同運営する高知コアセンターに保管され、国際共同利用されている。

【総経費】掘削事前調査に加え、温度・圧力・地震計・ミュオン計測器などのセンサーを搭載したマルチ観測アレイの開発や、岩石コアの物理化学的特性を詳細に分析するための設備費が必要である。また、次代を担う若手研究者の人的費、バーチャル航海や国際ワークショップ等を通じた人材育成費は欠かせない。

- ・ハワイ沖海域事前調査費：10 億円（屈折法・反射法探査等）
- ・ハワイ沖海洋地殻掘削調査費：120 億円（「ちきゅう」によるライザーレス掘削 2.5 km：船舶固定費を除く）
- ・観測システム開発費：5 億円（最大 2.5 km のマルチ観測アレイを想定）
- ・海洋地殻掘削調査費：60 億円（20 億×3 航海[または 30 億×2 航海]の掘削調査を想定）
- ・分析設備費：10 億円（高分解能 X 線顕微鏡、同位体質量分析器等）
- ・人的費：10 億円（[大学院生・若手研究者人件費平均 600 万円/年×15 人/年×10 年]+[国際バーチャル航海等による人材育成費 1,000 万円×10 年]）

総経費：215 億円/10 年

⑨ 連絡先 森下 知晃（金沢大学理工研究域地球社会基盤学系）