

# 人類のマントルへの到達： マントルと生命との関わり、そして地球の未来とは何か

JAMSTEC 稲垣史生、阿部なつ江

地球は、その体積の約83%がマントルで構成されている。地球内部トモグラフィーやシミュレーション研究により、一方で、地球の内部構造やマントル対流に関する理解は飛躍的に拡大した。他方、マントルを構成する現位置の物質の構造や物性の詳細、大気—海洋—海洋地殻—マントルの相互作用は未解明の部分が多い。例えば、地殻とマントルの境界と考えられ、地震波速度が大きく変化する部分は、発見者の名前からモホロビッチ不連続面（モホ面）と呼ばれているが（chapter 1.6を参照）、その境界を構成する岩石や構造の実態は未だ明らかではない。また、水がどの程度深くまで海洋地殻そしてマントルに浸透しているのか、マントルの正確な粘性や対流速度、さらにそのマントル活動により駆動するプレートテクトニクスが生命の誕生と進化、生命生息可能条件（ハビタビリティ）の維持にどのような役割をはたしているのか、といった第一級の科学的疑問は、その多くが未解明のまま残されている。さらに、そもそも地球という惑星の未来はどうなるのかといった、生命と地球の存続と未来に関する根本的な未来軌跡は、依然として不明瞭のままである。このような地球惑星に関わる多くの疑問を解き明かし、私たちの暮らす惑星地球の理解を深めるには、海洋科学掘削のような直接的な地球惑星探査と、それにより採取されたサンプルや時系列データの分析研究が不可欠となっている。

例えば、マントルに生命はいるのか？といった疑問も、実際にその環境のサンプルを採取し、詳細な分析研究を実施しないと答えることができない。近年、陸上の温泉を伴う地表に露出したかんらん岩（マントルを構成する岩石）に、特異なゲノム構造を持つ奇妙な微生物が付着していることが観察された（Suzuki et al., 2017）。このことから考えても、温度やpH、エネルギー的な条件さえ整えば、地球内部のマントルもしくはマントルに近接する場所に生命がいる可能性は否めない。また、かんらん岩は海水や大気と反応する際に、炭酸塩岩（CO<sub>3</sub>を含む鉱物からなる岩石）を形成し、玄武岩や花崗岩などの地殻の岩石よりも多くの二酸化炭素を鉱物固定できることも分かっている。さらに、マントルは、地球のエネルギー貯蔵庫としての役割がある。マントルの成分とその対流、そして宇宙線から地球の生命を守る大気と地磁気はなぜ発生し、この先どうなるのか？それらを理解し、地球の中長期的な未来を予測するには、宇宙とマントルを結ぶ時系列観測データの解析や、地球ニュートリノやミューオンなどの素粒子物理学からの考察が鍵を握るかもしれない（図25-1）。

現在、私たちは、人間の活動が気候や海洋環境などの地球惑星システムに大きな影響を与える時代—人新世（アンソロポセン）—を生きている。私たちは、未来の人間社会と地球環境をどのようにしたいのか？そのベストな選択と方向性を見出し、人間社会がそれにむかって舵をきるためには、地球システムに関する統合的な理解を深め、それを常に診断することが必要である。その点において、マントル掘削をはじめとする海洋科学掘削が果たすべき役割は極めて大きい。この惑星における複数のサブシステムの動態や連動性を理解するということは、究極的には、人間のみならず、この惑星に生息するあらゆる生命の持続可能性（サステナビリティ）を理解し、それを高めることにつながる。しかし、私たちは地球惑星の内部構成物質であるマントルを直接的に採取したことはなく、従って直接的にマントルを観測した例もない。将来の海洋科学掘削によるマントルへの到達と観測は、人類にとって、いつか、必ず実現すべき至上の命題の一つと言っても過言ではない。

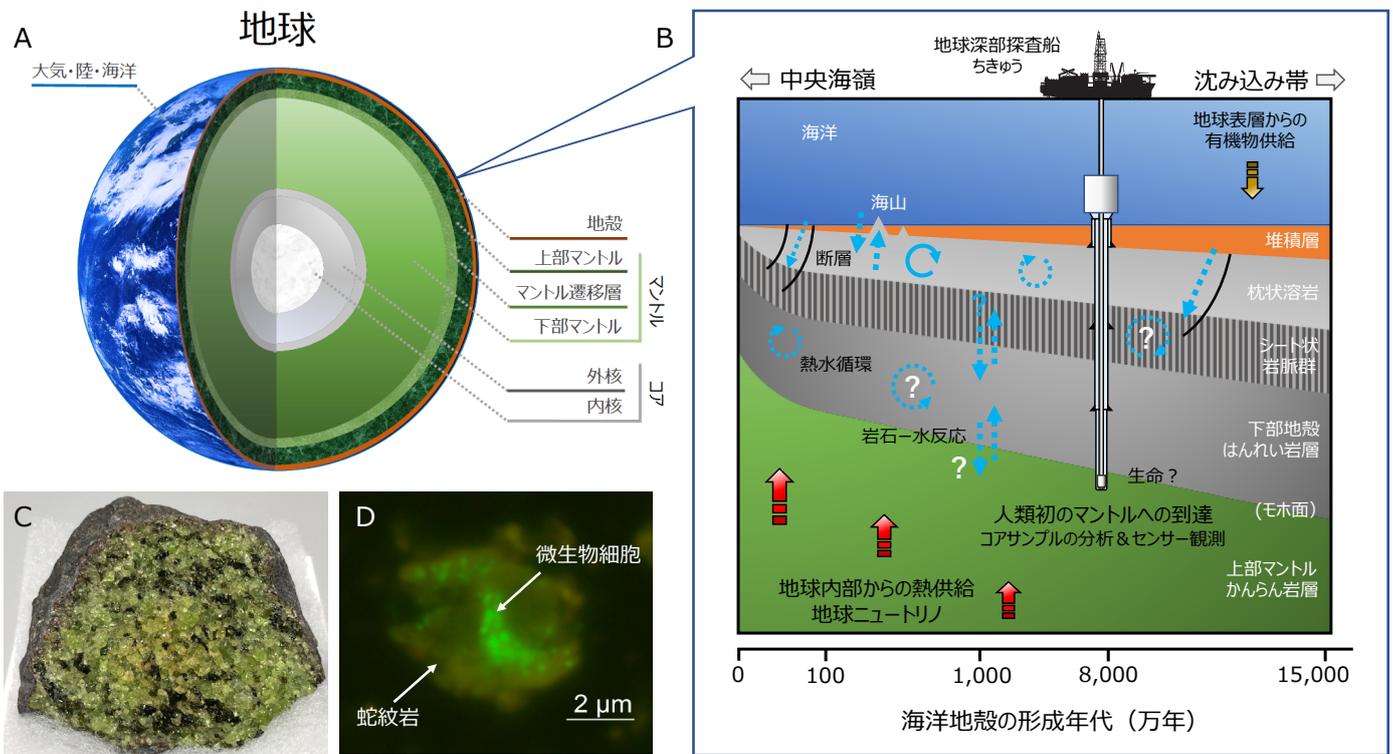


図25-1 「ちきゅう」が目指す人類未到のマントルへの挑戦。

(A) 地球の内部構造の模式図。地球の内部は、そのほとんどがマントルで構成されている。(B) 掘削により海底表層から海洋地殻を貫通し、モホ面を通過して上部マントルに到達、新鮮なマントル物質のサンプルを採取する。上部マントルまでの掘削孔に各種センサーを設置し、海洋地殻とマントルの長期的な観測を目指す。(IODP Science Plan 2013-2023の図4.7を改変)(C) ゼノリス(捕獲岩)に含まれるかんらん岩(緑色)。(D) 米国カリフォルニア州の蛇紋岩水圏環境から検出された微生物。ゲノム解析の結果、生命に必須の多くの機能遺伝子を欠落しており、どのように生息しているのかは未だ不明である (Suzuki et al., 2017)。

#### 文献

Suzuki, S., Ishii, S., Hoshino, T., Rietze, A., Tenney, A., Morrill, P L., Inagaki, F., Kuenen, J. G., and Nealson, K. H. (2017) Unusual metabolic diversity of hyperalkaliphilic microbial communities associated with subterranean serpentinitization at The Cedars. ISME J., 11, 2584-2598.