

深海掘削検討会ワークショップ

課題別個別討議：固体地球科学（マントル掘削を含む物質科学分野）

ファシリテータ（道林克禎・小平秀一）

深海掘削の当該分野は、海洋プレートの本質を探ることであり、関連するテーマは多種多様で幅広い。そのため本討議では、マントル掘削にテーマを絞って議論した。最初にファシリテータ2名によるマントル掘削（いわゆるモホール計画）の現状が紹介された後、マントル掘削に関連した専門分野から4名に話題提供として約20分発表してもらった。そして、それぞれの発表ごとに10分程度質疑応答を繰り返してマントル掘削の意義を深めていった。議論では、現時点の問題点や課題を忌憚なくあげてもらい活発な議論になるように配慮した。討議のプログラムは次の通りである。

1. 道林克禎（静岡大学）10分

IODPにおけるマントル掘削の位置づけと現状

2. 小平秀一（JAMSTEC）10分

マントル掘削に向けた地球物理学的調査研究の現状と今後

3. 木村浩之（静岡大学）10分

地下圏微生物の分子情報から温度プロファイルを読み解く

4. 森下知晃（金沢大学）30分

典型的なカンラン岩って何？最新岩石学のレビューとモホへの期待

5. 中村謙太郎（JAMSTEC）30分

マントル掘削における生物地球化学のポテンシャルと戦略

6. 馬場聖至（東京大学地震研）30分

マントル構造探査の視点から見るモホール

7. 総合討論

道林は、マントル掘削の現状として、本討議までに掘削候補地点がコスタリカ沖、メキシコ沖、ハワイ沖の3カ所に絞り込まれていることを紹介した。そして、2011年下半期にJAMSTECによって計画されていたメキシコ沖の掘削に必要な地震波探査が2011年3月11日の東北日本沖地震の影響によって2年後に延期されたこと、ワークショップ期間に掘削中であったコスタリカ沖のODP-SITE 1256では予期せぬマフィック変成岩によって掘削が難航していることを報告した。その後、現行の統合国際掘削計画IODPが2013年に終了するため次の10年間の新しい掘削計画の骨格作りが進行しており、そのなかに10年後のマントル掘削が織り込まれていることを示した。また、本個別討議が、掘削実現に向けての地球惑星科学コミュニティからの支持を

受けるためにどうしたらよいか、さらに巨大プロジェクトにふさわしい研究テーマはどのようなものなのか議論したいと要望した。

小平は、最新の太平洋プレートの地震波構造を紹介した。マントル掘削のターゲットであるモホ面の見事な図を示し、海洋地殻下部にモホ面から地殻上方への斜行した反射面が存在することが示された。この反射面は、陸上のオフィオライト研究では該当する構造が見いだされていない。また、モホ面深部の最上部マントルに 10% 近い異方性が存在し、プレート運動に平行なマントル流動と解釈された。これらの最新の地震波構造を元に従来とは異なる新しい中央海嶺モデルが提案された。このモデルの検証に向けて、岩石学的研究に加えてレオロジーを理解する重要性が強調された。

木村は、微生物の 16S rRNA を使って地温勾配を求めるユニークな方法を紹介した。地下圏微生物を利用して 0℃ から 150℃ 程度まで測定可能であるため、モホ面温度が低いほど深部まで温度推定が可能になること、掘削に影響されないの掘削孔に沿った高温の熱水脈や断層を検知可能である。この方法は、少量のコア試料をもとに船上で実施可能で、なおかつ微生物培養を必要とせず、マントル掘削における地下生命圏フロンティアの特定に有効であることなどが示された。

森下は、海洋プレート断面の比較対象である陸上のオフィオライトが本当に典型的な海洋プレートであるのか問題提起した。従来の研究では、マントル起源のカンラン岩は中央海嶺のみ、または中央海嶺と島弧の両方の影響を受けたと考えられてきたが、最近のカンラン岩の岩石学的研究から、中央海嶺と島弧の性質は明確に区別できないことが示された。次に、若いプレート物質に 10 億年の年代が報告されたこと、最近の海洋底研究の進展によって海洋プレートのマントル起源物質が想像以上に不均質なことを示した。また、様々な蛇紋岩を例に出しながら、海洋プレートの最上部マントルが本当にドライであるのか問題提起した。そして、マントル掘削の事前研究（プレモホール計画）として海洋底に露出する深部物質を掘削して海底風化していない超新鮮カンラン岩試料の採取を目指すことが、生物化学的にも技術的にも意味があるものだとして強調された。

中村は、生物地球化学の観点からキーワードが水と生命であること、次期科学計画に地下生命圏が明記されていることを紹介して、マントル掘削における地下生命圏研究の重要性をアピールした。マントル掘削は、生物地球化学的な課題として生命活動に重要な因子が何であるのか、やはり温度なのか、他に要因はないのか、エネルギーは何を使っているのかなど、研究ポテンシャルが高いことを示した。

馬場は、マントル大構造探査の視点から、地震波速度構造・電気伝導度構造などの解釈にはソースマントルの温度・組成・部分熔融などに関する情報が不可欠であることを紹介した。そして、マントル掘削によって得られる地殻・最上部マントル岩石について、岩石学的・地球化学的分析を通じて得られるソースマントルと海洋地殻形成プロセスに関する情報がマントル大構造探査

にも有効であること、さらにマントル構造探査の成果を含めた統合的解釈により、海洋マントルダイナミクスのより深い議論が可能になるとの展望が示された。

総合討論では、現時点におけるマントル掘削計画の問題点について議論された。議論の主な内容を以下に要約する。

- ・ 決定的に弱いのは科学的ポストモホであり、海洋プレートの構成物質が完全に理解されたときにプレートの振る舞いの理解の精度が上がり、地球史の理解が飛躍的に進むように、新しい科学として成立可能な掘削テーマを構築すべきである。
- ・ 超深度掘削が生命科学にとっても重要であるがはたして本当にマントルまで必要なのか疑問であり、なぜマントルまで掘削する必要があるのかもっと明確にすべきである。
- ・ マントル掘削は大プロジェクトであり、マネージメントが大切である。また、マントル掘削の孔がどのようなものであるのか、どのような有効利用が可能なのか、海洋地殻内微生物の探査に興味をもっている研究者に示すのが次に必要である。

以上の個々の発表と総合討論によって、マントル掘削が単に物質科学の狭い専門分野だけではなく、生命科学・地球物理学・地球ダイナミクスを含めた地球惑星科学として重要な課題を解決する手段として高いポテンシャルをもつ掘削であることが確認された。さらに、掘削によって岩石採取ばかりでなく、坑内検層をはじめとする掘削孔の有効活用の重要性が示された。最後に全体のまとめとして、マントル掘削のような大プロジェクトでは、地球科学のパラダイム変換をするほどの大テーマ大目標を掲げた上で具体的な課題を数多く示すことが、マントル掘削を推進するために必要な科学コミュニティ全体からの支援と国民の理解に向けて大切とする認識を参加者全員が共有して終了した。