特集号「沈み込む海洋プレート科学の最前線 —アウターライズ海洋掘削に向けて—」巻頭言

小 野 重 明*

Introduction to the Special Issue “The Forefront of Subducting Oceanic Plate Science: Oceanic Drilling in the Outer Rise Region”

Shigeaki ONO*

I. はじめに

本特集号「沈み込む海洋プレート科学の最前線—アウターライズ海洋掘削に向けて—」は、海溝近傍に存在する沈み込み直前の海洋プレートに関する最前線の研究成果をとりまとめたものである。収録されているトピックは、地球物理学的観測研究から物質科学的調査研究までの幅広い研究分野を網羅しつつ、それぞれの分野における先端的研究を紹介している。プレートテクトニクスが提唱されて以来長い期間が過ぎたにもかかわらず、「海洋プレート運動の原動力の理解」や「地球システムの物質進化において海洋プレートが果たす役割」などの地球科学における第一級の問題が、いまだ十分に解明されていない現状を考えると、これまで以上に斬新な側面からの緻密な研究が重要である。海洋プレートは中央海嶺直下で上部マントル物質が溶け、そのマグマが分離上昇したのち、海底下で冷え固まることを経て生成される。この海洋プレートが、生成時の状態を保持したまま、海溝からマントルへ沈み込むとは到底考えられない。場所によっては1億年以上もの間、海洋底を移動する間に力学的変形や化学的変質が起こることが予想されている。その海洋プレートの進化

は、沈み込む直前の海洋プレートを研究することにより、理解が大きく進むはずである。本特集号を契機に、多くの若い研究者が海洋プレート研究に携わり、この分野の大きな進展につながることを期待するものである。

II. 本特集号の背景

海洋プレートは、比較的水深が浅い中央海嶺で生成された後、プレートの年齢が古くなるにしたがい、水深が深くなっていくことが知られている。その後、海溝で沈み込む直前にプレートが大きく折れ曲がる場所がある。世界的にみて、その折れ曲がる直前の場所で水深がいったん浅くなることが特徴的なアウターライズという地形が、観測される場所が存在する。近年、そのアウターライズ付近では、海洋プレートの地震波速度構造 (Panero *et al.*, 2003; Fujie *et al.*, 2013) や電気伝導度構造 (Key *et al.*, 2012) の調査が大きく進んだ。そこで明らかになったことは、アウターライズ付近の海洋プレートには、地震波速度構造や電気伝導度構造に異常が認められ、物性の大きな変化が伴うプレートの変質が引き起こされている可能性がきわめて高いということである。最近の観測研究に基づいて提唱されているプレート変

* 国立研究開発法人海洋研究開発機構海洋掘削科学研究開発センター

* Research and Development Center for Ocean Drilling Science, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Yokosuka, 237-0061, Japan

質の有力なモデルとしては、アウターライズ海域での断層生成に伴う海底下深部への海水循環が起こり、海洋プレートが含水化されているというものである。アウターライズ海域では、多くの正断層型の地震が観測され、沈み込む直前の海洋プレートの特徴的な地形であるホルスト・グラーベン構造が認められていることは、海水の深部循環の可能性を強く示唆し、力学的解析 (Faccenda *et al.*, 2009) から、この含水化モデルがサポートされている。

観測結果から提唱された海洋プレートの含水化モデルについては、物質科学的観点からの研究が欠けていたため、含水化海洋プレートの具体的な様相を思い描くことが困難であることが、多くの研究者に認識されていた。そこで、この研究分野で大きなブレイクスルーを引き起こすことを目的として、アウターライズ海域での含水化されている海洋プレートを、直接観察するための掘削プロジェクトが開始された (森下ほか, 2017)。現在、IODP (国際深海科学掘削計画) に提案されているアウターライズ掘削プロジェクトは2つである。1つは、欧米の研究コミュニティが中心となり、東太平洋のニカラグア沖をターゲットとしたプロジェクトである。もう一つは、われわれ日本人の研究コミュニティが中心となり進めている東北日本沖のプロジェクトである。これらの海洋掘削プロジェクトによって得られる研究成果を最大限に活用するためには、これまでのアウターライズ研究を再確認するだけでなく、新たな視点における研究アプローチが不可欠である。

III. 本特集号の概要

本特集号は、8編の総説と1編の論説 (尾鼻・藤江, 中西, 山野・川田, 木村ほか, 市原ほか, 平野, 望月, 林ほか, 森下ほか) から構成されている。

尾鼻・藤江 (2017) は、東日本大地震発生以降、活発な地震活動が確認されているアウターライズ地震についての発生分布やメカニズムをまとめている。さらに、アウターライズ海域付近で確認されている地震波速度構造の異常について、最

近の研究をまとめている。読者は、現在も続いている東北沖の地震活動に関する最新の情報も知ることができるであろう。

中西 (2017) は、沈み込む直前の海洋プレートに特徴的なアウターライズ地形に注目して、その地形の高まりの頂上付近から海溝軸までの海側斜面に存在する正断層起源の断層構造 (ホルスト・グラーベン構造) を精査した。断層地形と海溝軸との角度関係や断層地形に規模には、大きな地域性が確認され、その地域性を生む過去の海洋プレートの年代や変形履歴を考察している。

山野・川田 (2017) は、沈み込む海洋プレートの年齢に対して異常に高い熱流量が観測されている場所に注目して、その原因について考察をしている。熱流量分布と海洋プレートの構造の相関に着目すると、プレートの上部で間隙流体移動が起こることにより、その場所は他の場所に比べてプレート内の熱輸送が加速していること導き出された。近年の精密な観測が、古典的な海洋プレート観を覆すことの好例であろう。

木村ほか (2017) は、主成分元素を通じてみえる均質な海洋プレートは、近年急速に発展し分析精度が高まっている同位体地球化学データからは、2つのタイプに分類されることについて述べられている。この違いを生んだと推測される2つのマントルタイプ (太平洋型とインド洋型マントル) の成因や進化についての議論し、その境界面の特徴にも言及している。今後の海洋プレート研究は、同位体地球化学データを有効に使いながら進めるべきであることが明瞭に示されている。

市原ほか (2017) は、海洋プレート上の線上不均質構造である断裂帯、火山列、海嶺などの分布と、それを延長した沈み込み帯での火山分布の相関に注目している。過去の類似の研究からも、この相関の高さは支持されており、どのようなメカニズムが支配しているかが大きな興味であろう。今後、この新たな視点に立って沈み込み帯におけるプレートテクトニクスを再検討することにより、これまで見過ごされてきた断裂帯と火山列の関係などが再発見されることも期待される。

平野 (2017) は、プチスポットと呼ばれる新

種の火山活動についての最新の研究成果を紹介している。以前は古い海洋プレート上の深海底では活発な火山活動がないと思われていた。しかし、プチスポットが発見されたことが、古い海洋プレート下のマントル物質を手に入れることにつながったことは大きな驚きである。確認されているプチスポットの数が増えていることから、今後は、プチスポットデータに基づいたマントル物質科学が大きく発展することが期待される。

望月 (2017) は、プレート境界面での物性不均質が地震活動とどのような関係がみられるかを議論している。例えば、海山といった海洋底の地形と地震活動との間の関係性に注目して解析を行っている。その結果、地震断層の伝播範囲や地震発生周期などに、海山の存在が大きな影響を及ぼしていることが推測された、とくに、沈み込む海山が断層すべりを妨げる要因として働いていることはきわめて興味深い。

林ほか (2017) は、日本海溝アウターライズに近接した場所で行われた JFAST (東北地方太平洋沖地震調査掘削) プロジェクトや Nantroseize (南海トラフ地震発生帯掘削) プロジェクトにおける応力状態などを探る物性研究を行い、その研究成果を紹介している。物性研究は多岐にわたり、掘削孔でのその場応力解析、断層掘削試料を用いた室内水理実験や摩擦実験、掘削コア試料の熱物性測定、断層における摩擦熱痕跡を用いた断層すべり特性の解析などである。最新の断層・応力研究手法がとり扱われているため、読者にとっては、よい指南書となるであろう。

森下ほか (2017) は、現在進行中である IODP 掘削プロジェクトの概要を紹介するとともに、期待される科学成果やその波及効果についてまとめている。沈み込む海洋プレート中で引き起こされる断層活動が、海洋プレート深部までの加水作用を引き起こすプレート進化モデルを検証するために、「どのような場所」を「どのような手段」で掘り進められるべきかという視点で、掘削プロジェクトの詳細をまとめている。

IV. おわりに

近年、急速に進みつつあるアウターライズ研究を本特集号だけで網羅することは到底不可能である。各論文には、関連研究についての適切な引用文献があげられているので、さらに興味のある読者はそれらを参考にして、本特集号では扱いきれなかった研究トピックへの理解を深めていただきたい。

本特集号は、アウターライズ掘削プロジェクト実現に向けて多大な熱意をもって取り組んでおられる森下知晃、山野 誠、藤江 剛の諸氏が、特集号編集委員としてさまざまな点でご尽力いただいた。また、熊木洋太編集委員長と本多 了編集委員には、特集号準備にあたりさまざまな支援をいただいた。なお、本特集号の企画立案にあたり、東京大学地震研究所共同利用研究集会「海溝の海側で生じる過程を探る：沈み込み帯へのインプット」が大きな貢献をした。

文 献

- Faccenda, M., Gerya, T.V. and Burlini, L. (2009): Deep slab hydration induced by bending-related variation in tectonic pressure. *Nature Geoscience*, **2**, 790–793.
- Fujie, G., Kodaira, S., Yamashita, M., Sato, T., Takahashi, T. and Takahashi, N. (2013): Systematic changes in the incoming plate structure at the Kuril trench. *Geophysical Research Letters*, **40**, 88–93.
- 平野直人 (2017): プチスポット形成過程と沈み込むリソスフェアへのインプット. 地学雑誌, **126**, 195–206. [Hirano, N. (2017): Geochemical/petrological interactions between subducting lithosphere and petit-spot magmas. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **126**, 195–206. (in Japanese with English abstract)]
- 市原美恵・Claudia Adam・Valérie Vidal・Pablo Grosse・三部賢治・折橋裕二 (2017): 「点と線」に注目した沈み込み帯の火山とテクトニクス. 地学雑誌, **126**, 181–193. [Ichihara, M., Adam, C., Vidal, V., Grosse, P., Mibe, K. and Orihashi, Y. (2017): Dots-and-lines approach for subduction volcanism and tectonics. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **126**, 181–193. (in Japanese with English abstract)]
- Key, K., Constable, S., Matsuno, T., Evans, R.L. and Mayer, D. (2012): Electromagnetic detection of plate hydration due to bending faults at the Middle America Trench. *Earth and Planetary Science Letters*, **351–352**, 45–53.

- 木村純一・宮崎 隆・常 青・ボグダン・バグラロフ・仙田量子 (2017): 北西太平洋プレートの地球化学—インド洋—太平洋型マントルの成因とマントル境界の特性—. 地学雑誌, **126**, 163-179. [Kimura, J., Miyazaki, T., Chang, Q., Vaglarov, B.S. and Senda, R. (2017): Geochemistry of the NW Pacific Plate: Origin of Indian and Pacific mantles and nature of their boundary. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **126**, 163-179. (in Japanese with English abstract)]
- 林 為人・廣瀬丈洋・谷川 亘・濱田洋平 (2017): 科学掘削による地震断層の応力状態・物性・すべりパラメーターの評価. 地学雑誌, **126**, 223-246. [Lin, W., Hirose, T., Tanikawa, W. and Hamada, Y. (2017): Evaluating stress state, physical properties, and rupturing behavior of seismogenic faults through scientific drillings. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **126**, 223-246. (in Japanese with English abstract)]
- 望月公廣 (2017): 沈み込み帯におけるプレート境界面の不均質と地震活動—日本海溝およびヒクランギ沈み込み帯を例として—. 地学雑誌, **126**, 207-221. [Mochizuki, K. (2017): Relationship between heterogeneity of plate interface and seismicity at subduction zones: The Japan Trench and Hikurangi subduction zones as examples. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **126**, 207-221. (in Japanese with English abstract)]
- 森下知晃・藤江 剛・山野 誠・中西正男・尾鼻浩一郎・中村恭之・斎藤実篤・小平秀一・木村純一・黒田潤一郎・小野重明 (2017): 古い海洋プレートの沈み込み直前での屈曲断層形成に伴う加水作用解明に向けた海洋掘削計画概要. 地学雑誌, **126**, 247-262. [Morishita, T., Fujie, G., Yamano, M., Nakanishi, M., Obana, K., Nakamura, Y., Saito, S., Kodaira, S., Kimura, J., Kuroda, J. and Ono, S. (2017): Overview of the drilling project on the bend-fault hydrology in old incoming plate. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **126**, 247-262. (in Japanese with English abstract)]
- 中西正男 (2017): 北太平洋の海溝付近における海洋プレートの屈曲によって生じる断層地形. 地学雑誌, **126**, 125-146. [Nakanishi, M. (2017): Bending-related topographic structure of the incoming oceanic plate at the Northwestern Pacific Ocean Trench. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **126**, 125-146. (in Japanese with English abstract)]
- 尾鼻浩一郎・藤江 剛 (2017): アウターライズ地震学—海溝海側太平洋プレートの地殻構造と地震活動—. 地学雑誌, **126**, 113-123. [Obana, K. and Fujie, G. (2017): Outer-rise seismology: Crustal structure and seismic activity of the incoming Pacific plate in the trench-outer rise region. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **126**, 113-123. (in Japanese with English abstract)]
- Panero, C.R., Morgan, J.P., McIntosh, K. and Reichert, C. (2003): Bending-related faulting and mantle serpentinization at the Middle America trench. *Nature*, **425**, 367-373.
- 山野 誠・川田佳史 (2017): 海溝近傍の熱流量異常—海洋地殻内の流体循環による熱輸送—. 地学雑誌, **126**, 147-161. [Yamano, M. and Kawada, Y. (2017): Heat flow anomalies near trenches: Heat transport by fluid circulation in oceanic crust. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **126**, 147-161. (in Japanese with English abstract)]