

## 特集号「日本における陸上科学掘削の現状と展望」

### —巻頭言—

井 龍 康 文\* 廣 野 哲 朗\*\*  
佐 野 修\*\*\* 小 出 仁\*\*\*\*

#### Preface for the Special Issue on “Current Status of On-land Scientific Drilling in Japan and Its Prospects”

Yasufumi IRYU\*, Tetsuro HIRONO\*\*,  
Osam SANO\*\*\* and Hitoshi KOIDE\*\*\*\*

科学掘削は、露頭からは得られない試料やデータを取得するための重要な手段である。深海掘削計画 (Deep Sea Drilling Project; DSDP) (1968年開始) から統合国際深海掘削計画 (Integrated Ocean Drilling Program; IODP) に至る一連の海洋底掘削は、プレートテクトニクスの証明や白亜紀／古第三紀境界における大量絶滅に関する議論にピリオドを打つなど、地球科学にとって重要な成果をあげてきた。これに対して、陸上掘削に関する国際共同研究である「国際陸上科学掘削計画 (International Continental Scientific Drilling Program; ICDP)」が開始されたのは、DSDPの開始から約30年後の1996年である。日本では、雲仙科学掘削プロジェクトが、ICDPの一環としてはじめて実施された (掘削経費の一部にICDPからの資金を使用、本特集の中田論文を参照)。日本のみならず世界の地球科学コミュニティーにおいても、残念ながらICDPはIODPに比べて規模が小さい。そこで、日本地球掘削科学コンソーシアム陸上掘削部会では、日本の地球科学コミュニ

ティーに対して、ICDPやそのほかの陸上科学掘削の科学的意義を周知し、その活動の活発化を目的として、本特集号を計画、出版する次第である。本特集号が、陸上掘削に対する関心を高める契機となることを期待したい。

本特集号は、今後、日本において陸上科学掘削を実施していくうえで重要な内容を含む9編の論文で構成される。以下に各論文の概略を記す。

第一番目の新妻論文では、20世紀後半のなかでも、ICDPが開始される前の陸上掘削計画の歴史が総括されている (新妻, 2013)。当時行われた陸上掘削の代表例は、ソビエト (現ロシア) のコラ半島における超深度掘削とドイツの大陸科学掘削計画 (Kontinentales Tiefbohrprogramm: KTB) である。これらの掘削計画により、孔壁崩壊防止や高温下での掘削のための技術が大きく進歩した。しかしながら、得られた成果は科学者の予想とは大きく異なっており、当時の地球内部に関する理解の不十分さが指摘される。また、同時期に、日本で計画され、大部分が実現に至らなかつ

\* 東北大学大学院理学研究科地学専攻

\*\* 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻

\*\*\* 東京大学名誉教授

\*\*\*\* 産業技術総合研究所

\* Institute of Geology and Paleontology, Graduate School of Science, Tohoku University, Sendai, 980-8578, Japan

\*\* Department of Earth and Space Science, Graduate School of Science, Osaka University, Toyonaka, 560-0043, Japan

\*\*\* University of Tokyo, Professor Emeritus, Tokyo, 113-0032, Japan

\*\*\*\* National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Tsukuba, 305-8567, Japan

た掘削計画の概要が紹介される。

第二番目の浦辺論文では、ICDPの歴史と科学的成果が、とくに日本人研究者に焦点をあてて、総括されている(浦辺, 2013)。ICDPは、陸上掘削計画を世界規模で推進し、国際協力を強化することを目的として開始された。ICDPは、IODPなどの海洋掘削に比べると、予算や組織の規模ははるかに小さいものの、優れた科学的成果をあげてきた。しかしながら、浦辺が指摘するように、ICDPでは掘削提案が受理されたとしても、掘削経費が全額支給されるわけではなく、計画を主導する研究者(PI)は、巨額の資金を確保しなければならないという困難な問題がある。そのような問題があるものの、陸上掘削の成果は、科学面のみならず持続可能な社会の形成に有益であり、その重要性は今後ますます増大すると思われる。

日本ではじめてのICDPの一環として行われた掘削プロジェクトは、上述の通り、雲仙科学掘削である。PIであった中田は、雲仙科学掘削を含む火山掘削の科学的意義を総括するとともに、将来の展望について言及している(中田, 2013)。火山掘削は、火山の地質や地熱の三次元構造、地下におけるマグマの状態、噴火史・形成史を理解するために最適の研究手法である。また、掘削によって得られる知見は、上部地殻におけるマグマプロセスを理解し、将来の噴火予測や火山災害の軽減に有用である。そのような観点から、ハワイのマウナケアや日本の富士山など、多くの火山でも掘削が実施されてきた。また、掘削孔に設置された各種計測器は火山活動の現場観測にも用いられている。

過去の気候変動や構造運動(テクトニクス)の理解を目的とした陸上掘削も実施されている。湖沼堆積物はそれらを復元するための優れた古文書であるため、陸上掘削の主要な対象の1つとされてきた。そこで日本における湖沼堆積物の科学掘削を公文(2013)が総括する。日本の湖沼における最初の深層掘削は、1971年および1982~1983年に実施された琵琶湖での掘削である。同掘削により、琵琶湖およびその周辺域における過去160万年間の気候変動および構造運動が詳

細に描き出された。このほかに、6つの湖沼およびその近傍、ならびに湖沼堆積物が陸上露出している2つの地点で行われた掘削の結果も紹介される。また、本論文では、湖沼堆積物のコア試料を研究する際の標準的な手順(プロトコル)も紹介・提唱される。

海岸平野の地質学的・水文学的・地質工学的特徴の理解を目的とした陸上掘削も実施されている。田辺(2013)は、越後平野を流れる信濃川の開析谷を埋積する上部更新統~完新統堆積物(沖積層)から得られたコア試料(3本)について、堆積相解析および放射性炭素年代測定を行い、地震性沈降と融氷パルスの影響も考慮した1,000年スケールの堆積パターンを明らかにした。さらに、同論文は、日本国内の沈降傾向にある地域においては、地層形成に地震が大きな影響を及ぼしていることを述べている。

2011年東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)では、強震動のみならず、津波による被害が甚大であった。そのため、津波に対する防災対策を確立することが急務とされており、海岸平野を構成する沖積層から津波堆積物を見だし、過去数千年間の地震および津波の発生履歴を明らかにすることが求められている。藤原ほか(2013)は、浜名湖東岸六間川低地で得られたコア試料中の津波堆積物の特徴、およびその解析法を紹介している。同論文で示された津波堆積物の認定基準は、類似する堆積学的セッティングにある他の地点でも適用可能であろう。

地震発生や断層の滑り挙動の理解を目指して、世界各地において活断層の掘削が実施されている。廣野ほか(2013)は、1995年兵庫県南部地震の震源断層の1つである野島断層の掘削、1999年台湾集集地震を引き起こしたチェルンプ断層の掘削、米国カリフォルニア州のサンアンドレアス断層の掘削などの概要と成果を要約するとともに、地震現象の理解が具体的にどのように進展したのか、とくに地震時の断層での滑り挙動と動的弱化機構、およびそれらの物理化学的側面について解説している。

東北地方太平洋沖地震では、福島第一原子力発

電所にて炉心溶融と建屋爆発事故が発生したため、原子力発電所の安全性の大きな見直しおよび代替エネルギーの確保が急務となっている。後者の有力な候補としては地熱発電があげられる。しかし、従来の地熱発電様式では、注入水の低回収率および誘発地震という問題点が存在する。村岡ほか(2013)は、脆性帯より深所に位置する脆性-延性遷移帯での地熱発電を提案している。この発電方法では、注水により延性帯中に局部的脆性貯留層を造成できるため、上記の問題点の克服が可能であると提案されている。

最後に、地下生命圏は、陸上掘削および海底掘削によってのみ試料採取可能という制限があるにも関わらず、科学的な興味・関心は年々増大している。長沼(2013)は、この地下生物圏を対象とした研究を総括している。陸域の地下生命圏研究は、科学的関心よりも、人間活動に関連する諸問題(例えば、持続可能性、資源、廃棄物貯蔵など)を対象としており、これは前者が重視されている海洋底の地下生命圏研究とは方向性が異なっている。これを1つの要因とし、地下生命圏の研究において最も重要な、コア試料の人為的汚染物質の防止策は、IODPによって整備・導入され、ICDPでは大きく遅れている。しかし、陸海の両域における地下生命圏研究で得られる知見は、生命の起源や地球外生物といった未解明の科学的諸問題を解決するために重要であり、今後、陸上掘削は地下生命圏研究に対しても貢献することが望まれる。

以上、本特集号に掲載される論文が、現在実施中および今後、計画・実施される陸上科学掘削計画に対して、有益な情報および新たな視点を与え、日本における陸上科学掘削研究の活性化にも繋がることになれば幸甚である。

## 文 献

藤原 治・佐藤善輝・小野映介・海津正倫(2013): 陸上掘削試料による津波堆積物の解析—浜名湖東岸六間川低地にみられる3400年前の津波堆積物を例にして—。地学雑誌, **122**, 308-322. [Fujiwara, O., Sato, Y., Ono, E. and Umitsu, M. (2013): Researches on tsunami deposits using sediment cores: 3.4 ka tsunami deposit in the Rokken-gawa lowland near

Lake Hamana, Pacific coast of central Japan. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **122**, 308-322. (in Japanese with English abstract)]

廣野哲朗・小村健太郎・藤本光一郎・伊藤久男・ジェームズ モリ ジロウ・佐藤比呂志(2013): 断層掘削研究によって明らかになった地震時の断層滑り挙動とその物理化学的側面。地学雑誌, **122**, 323-342. [Hirono, T., Omura, K., Fujimoto, K., Ito, H., Mori, J.J. and Sato, H. (2013): Fault-drilling investigation of earthquake slip behavior and physicochemical processes. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **122**, 323-342. (in Japanese with English abstract)]

公文富士夫(2013): 日本における湖沼掘削。地学雑誌, **122**, 273-290. [Kumon, F. (2013): Scientific drillings of lacustrine sediments in Japan: A review. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **122**, 273-290. (in Japanese with English abstract)]

村岡洋文・浅沼 宏・伊藤久男(2013): 延性帯地熱系の把握と涵養地熱系発電利用への展望。地学雑誌, **122**, 343-362. [Muraoka, H., Asanuma, H. and Ito, H. (2013): Understanding geothermal systems in ductile zones and their perspective for power generation with engineered geothermal system technologies. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **122**, 343-362. (in Japanese with English abstract)]

長沼 毅(2013): 陸上深部地下生物圏の研究—人間社会との関わり—。地学雑誌, **122**, 363-384. [Naganuma, T. (2013): Terrestrial deep subsurface biosphere studies and their social relevance. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **122**, 363-384. (in Japanese with English abstract)]

中田節也(2013): 火山体掘削の科学的成果と今後の展望。地学雑誌, **122**, 258-272. [Nakada, S. (2013): Scientific results of volcano drilling and future prospects. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **122**, 258-272. (in Japanese with English abstract)]

新妻信明(2013): わが国におけるICDP以前の陸上学術ボーリング計画検討の歴史。地学雑誌, **122**, 233-249. [Niitsuma, N. (2013): Japanese continental scientific drilling project promoted before ICDP. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **122**, 233-249. (in Japanese with English abstract)]

田辺 晋(2013): テクトニックな沈降域における沿岸河口低地の地層形成—越後平野の沖積層を例として—。地学雑誌, **122**, 291-307. [Tanabe, S. (2013): Strata formation in a tectonically subsiding coastal lowland: Example from alluvium in the Echigo Plain, central Japan. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **122**, 291-307. (in Japanese with English abstract)]

浦辺徹郎(2013): 国際陸上科学掘削計画(ICDP)の発足とわが国の陸上掘削。地学雑誌, **122**, 250-257. [Urabe, T. (2013): International Continental Scientific Drilling Program (ICDP) and land-based drillings in Japan. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **122**, 250-257. (in Japanese with English abstract)]