

2025

10

Vol.14 No.10

GSJ 地質ニュース

地球をよく知り、地球と共生する



10月号

-
- 275 第 43 回 GSJ シンポジウム「地質を用いた斜面災害リスク評価—高精度化に必須の地質情報整備—」開催報告

片桐星来・村岡やよい・宮地良典

-
- 278 World Bosai EXPO 2025 参加報告

小松原純子・宍倉正展・藤原 治・宮地良典・田村 亨

-
- 280 (開催報告) 海水準データベースの構築にむけた
ニュージーランドとの 2 国間ワークショップ

田村 亨・板木拓也・水落裕樹・澤井祐紀

-
- 283 外核の天井を地震波が進む速さ—E の分割—

大滝壽樹

-
- 292 2024 年度 CCOP-GSJ 国際研修 開催報告

内田洋平・宮崎一博

-
- 298 東・東南アジア地球科学計画調整委員会
第 84 回管理理事会 参加報告

内田洋平

-
- 301 地質標本館イベント「ガイドツアー」開催報告

福田和幸・下川浩一・村岡やよい・小川 浩・高橋正明

-
- 304 新人紹介 雨澤勇太・新谷直己・池永有弥・木尾竜也・太田耕輔・
井上智裕・石橋未来・長澤 真・中西 諒

第43回 GSJ シンポジウム「地質を用いた斜面災害リスク評価—高精度化に必須の地質情報整備—」 開催報告

片桐 星来¹・村岡 やよい¹・宮地 良典¹

1. はじめに

国土の約7割を山地が占める我が国では、生活・生命が脅かされる斜面災害が数多く発生しています。近年では、2024年能登半島地震や2016年熊本地震、今年も九州各地で発生した豪雨に伴う斜面崩壊により、大きな被害が出ています。地質調査総合センター（以下、GSJ）は、2022年から「防災・減災のための高精度デジタル地質情報の整備」事業の一環として、「斜面災害リスク評価のための地質情報整備」プロジェクトを推進しており、九州地方において地質・衛星情報から得られる素因と斜面災害履歴の相関を解析し、地質からみた災害の起こりやすい場所の情報整備を進めています。

本シンポジウムでは、九州地方の災害の現状と地質からみた斜面災害リスク評価に向けた取り組みについて紹介し、産学官が連携して斜面災害の防災・減災に向かうための総合討論を行いました（第1図）。

2. シンポジウムの内容と会場での様子

シンポジウムは2024年12月20日（金）に対面＋オンラインのハイブリッド形式でアクロス福岡（福岡県福岡市）にて行われ、8件の講演と8件のポスター発表がありました（第1表、第2表）。

第1部では3件の基調講演と1件の招待講演がありました。深田地質研究所理事長・京都大学名誉教授の千木良雅弘氏から、これまでの研究事例をもとに斜面災害発生の仕組みや地質との関連性を中心にご講演をいただきました。国土交通省水管理・国土保全局砂防部砂防計画課の梅本武史氏からは、土砂災害に対する砂防対策を行政の観点からご講演をいただきました。熊本大学くまもと水循環・減災研究教育センターの宮緑育夫氏からは、阿蘇地域で過去に発生した斜面災害の事例をもとに火山地域での地質と斜面災害についてご講演をいただきました。西日本技術開発株



第1図 シンポジウムのポスター。

式会社調査部の大石博之氏からは、九州地域で多発する斜面災害について調査事例の紹介をもとに、地質学的知見と工学評価との接続についてご講演をいただきました。

第2部では、GSJが実施している斜面災害リスク評価のための地質情報整備事業について、GSJから宮地良典、水落裕樹、大熊茂雄、斎藤 眞の4名が講演しました（第2図(a)）。第2部の4件以外の成果についてはポスター発表として各部の間に担当者から説明が行われました（第2図(b)）。第3部では第1部、第2部での講演をもとに講演者からコメントをいただきながら、斜面災害リスク評価の精度向上に向けて地質情報整備を継続していくことの重要性について活発な議論が行われ閉会となりました（第2図(c)）。

¹ 産総研 地質調査総合センター地質情報研究部門

キーワード：斜面災害リスク評価、GSJ シンポジウム、九州、シームレス地質図、地質情報、磁気探査、リモートセンシング

第1表 第43回GSJシンポジウム講演プログラム.

13:00-13:05	開会の挨拶 中尾 信典(産総研 地質調査総合センター長)
第1部 斜面災害リスク評価の現状	
13:05-13:35	【基調講演】斜面災害の地質による個性 千木良 雅弘 ((公財) 深田地質研究所理事長・京都大学名誉教授)
13:35-13:55	【基調講演】砂防行政に係わる最近の話題 梅本 武史 (国土交通省 水管理・国土保全局 砂防部 砂防計画課)
13:55-14:25	【基調講演】火山地域で発生する豪雨・地震に伴う斜面災害 宮縁 育夫 (熊本大学 くまもと水循環・減災研究教育センター 副センター長)
14:25-14:45	【招待講演】九州の地質を踏まえた斜面災害リスク評価に向けてーその課題と期待される効果ー 大石 博之 (西日本技術開発株式会社 調査部)
14:45-15:15	ポスターセッション
第2部 斜面災害リスク評価のための地質情報整備	
15:15-15:30	産総研における斜面災害研究とその意義 宮地 良典 (産総研 地質調査総合センター)
15:30-15:45	北部九州地域における時系列衛星画像を用いた斜面災害観測と素因・誘因分析 水落 裕樹 (産総研 地質調査総合センター)
15:45-16:00	斜面災害リスク評価のための火山地域における熱水変質地帯での磁気探査の活用 大熊 茂雄 (産総研 地質調査総合センター)
16:00-16:15	広域地質調査が明らかにした九州の地質の新たな枠組み 斎藤 眞 (産総研 地質調査総合センター)
16:15-16:45	ポスターセッション
第3部 総合討論：九州の斜面災害の防災・減災に向けてー産学官の連携へー	
16:45-17:15	総合討論
17:15-17:20	閉会の挨拶 荒井 晃作 (産総研 地質調査総合センター 地質情報研究部門長)

第2表 シンポジウム ポスター発表タイトル.

No.	タイトル	発表者
P-1	産総研における斜面災害リスク評価のための地質情報整備 概要	川畑大作ほか
P-2	斜面災害に必要な不可欠な地質情報ー地質図幅調査が明らかにした九州の地質ー	斎藤 眞
P-3	北部九州地域における時系列衛星画像を用いた斜面災害観測と素因・誘因分析	水落裕樹ほか
P-4	北部九州地域における時系列衛星画像を用いた斜面災害発生前後におけるNDVI解析	松岡 萌ほか
P-5	斜面災害リスク評価のための火山地域における熱水変質地帯での磁気探査の活用	大熊茂雄ほか
P-6	中部九州阿蘇火砕流台地上の未固結火山灰被覆層の層厚分布と特性ー未固結火山灰堆積物の斜面崩壊リスク評価のための指標ー	下司信夫ほか
P-7	小アレイを用いた浅部地盤の微動アレイ探査ー九州地域における硬質地盤の事例ー	長 郁夫ほか
P-8	粘土質地すべり土の摩擦特性	大森涼生ほか

3. 参加者の属性およびアンケート結果

本シンポジウムには、現地 115 人、オンライン 442 人の合計 557 人の方々にご参加いただきました。事前登録者の業種は建築・土木と学術研究・専門技術者が 8 割程度を占めました。事前登録者の居住地は、現地参加者は開催地の福岡県が 6 割と最も多かったのに対して、オンライン参

加者は東京が最も多く、関東圏を中心に 42 都道府県からの参加がありました。

アンケートには、好意的な内容が多く「貴重な講演をたくさん聞けてよかった」「GSJ の業務がよくわかった」「災害リスクの特性がわかった」「地質の観点が大事なのだった」といった声が寄せられました。シンポジウムの内容に関しては満足いただけたようです。アンケートの中には



第 2 図 シンポジウムの様子。(a) 講演 (b) ポスター発表
(c) 総合討論。

GSJ への要望も多く書かれており、「○○地域の図幅を作って欲しい」「図幅の解説に N 値を載せて欲しい」「シームレス地質図を 5 万分の 1 にも広げて欲しい」など、基盤情報としての地質情報整備加速を期待する声も多く、地質情報整備全体への期待が伺える結果となりました。

4. おわりに

斜面災害は、1 回あたりの被害が火山災害や地震災害よりも小規模な場合が多いですが、その頻度を考慮すると決して見逃すことはできない自然災害です。斜面災害の発生のしやすさは、斜面を構成する地質と大きな関わりがあります。しかしながら、両者の関係はまだ十分に理解されていません。今後 GSJ では、国土交通省、農林水産省や各自治体など関係機関と連携しながら斜面災害リスク評価のための地質情報整備を進めていく予定です。

なお、本シンポジウムは、産業技術連携推進会議 知的基盤部会 地質分科会、九州大学、熊本大学くまもと水循環・減災研究教育センター、福岡県、大分県、一般社団法人全国地質調査業協会連合会、一般社団法人日本応用地質学会九州支部、公益社団法人日本地すべり学会九州支部のご協力をいただきました。

KATAGIRI Seira, MURAOKA Yayoi and MIYACHI Yoshinori (2025) Report on the 43rd GSJ Symposium "Geology-based slope disaster risk assessment — Geological information development for enhanced precision".

(受付：2025 年 4 月 7 日)

World Bosai EXPO 2025 参加報告

小松原 純子¹・宍倉 正展¹・藤原 治²・宮地 良典³・田村 亨³

2011年の東日本大震災をきっかけに、2015年3月に仙台で開かれた第3回国連防災世界会議で「仙台防災枠組2015-2030」が採択されました。これは世界の国々が防災・減災に取り組む指針となるもので、政府・自治体のみならず市民や企業など広く人々に関わる内容になっています(<https://sendai-resilience.jp/sfdr/> 閲覧日: 2025年3月12日)。この枠組を推進する一つの施策として2017年からWorld Bosai Forumが仙台で開かれており、第4回のWorld Bosai Forum 2025は、気候変動による災害リスクをテーマとして2025年3月7～9日に仙台国際センターで開催されました(期間中の延べ参加人数5,434名)。World Bosai EXPOはこの第4回World Bosai Forumの一部として3月7～8日に開催されたイベントです。仙台国際センター会議棟2階「桜」にて、全国から46の企業、教育機関、研究機関等が出展し、防災に関する技術や取組を紹介しました(第1図、第2図)。

産総研地質調査総合センター(GSJ)は防災に関する研究をアピールし関係機関などとの連携を推進するため、このWorld Bosai EXPOにブース出展しました(第3図)。展示ポスターはGSJの紹介、防災・減災のための高精度デジタル地質情報の整備事業の成果、メコンデルタの海岸侵食に関する研究の紹介からなり、非日本語話者の来場に備えて英語で作成されました。またPCやタブレットで地質図Naviや活断層データベースの紹介も行いました。

初日は同じフロアの複数の講演会場で防災に関する講演(英語)が行われており、英語話者の防災に関する専門家によるブースの訪問が多い印象でした。2日目は隣の展示棟で仙台防災未来フォーラム2025が開催されていたこともあり、一般の市民の方にも多く来ていただきました。

毎年開催されるイベントではないため当日参加するまではどんな雰囲気なのかわからなかったのですが、防災用品や耐震技術の展示に加えてプロジェクションマッピングで



第1図 World Bosai EXPOが開催された仙台国際センター会議棟。

1 産総研 地質調査総合センター連携推進室

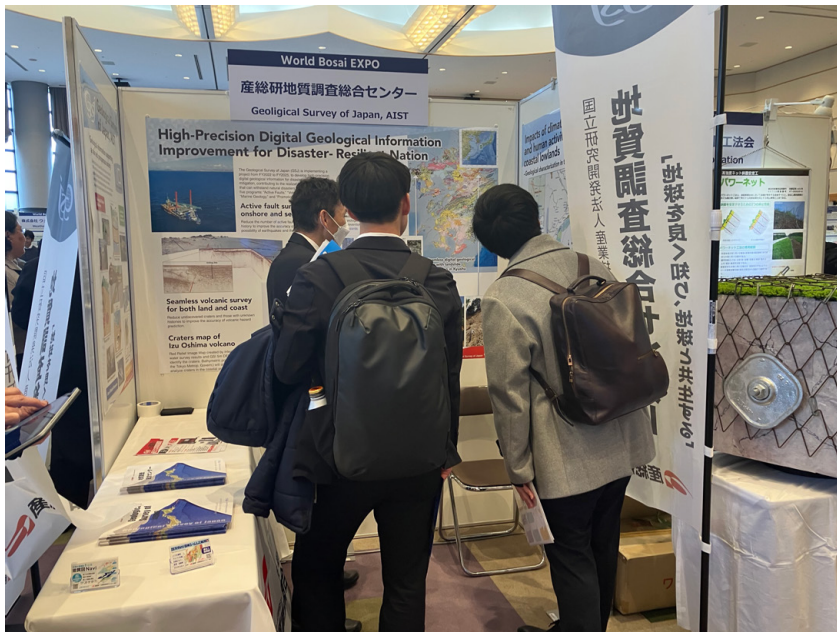
2 産総研 地質調査総合センター活断層・火山研究部門

3 産総研 地質調査総合センター地質情報研究部門

キーワード: 防災, 仙台, 展示会, World Bosai Forum



第2図 World Bosai EXPO 会場入口。



第3図 GSJの出展ブースの様子。

津波浸水を表現したブースや地震の揺れを再現した体験型のブース、高校や大学での研究成果の紹介、2011年東北地方太平洋沖地震の津波災害の3D映像アーカイブなどブースの内容は多岐にわたり、防災に関する市場や研究現場のスナップショットを見ることができました。ブースの見せ方、来場者へのアピールのしかたなど、今後GSJとしていろいろな展示会へ参加する際に参考になることがたくさんありました。来場者も、特に2日目は企業の人、家族連れ、高校生など、いろいろな属性の人で会場はにぎわっており、防災への関心の高さを伺うことができました。記念品としてあちこちのブースで携帯トイレを配っていたのも印象的です。

GSJが社会に提供する地質情報は防災という枠組では上流にあたります。今回のWorld Bosai EXPOでは現場に近い様々な取組が紹介されており、現場と上流を具体的にどのようにつないでいくのが課題であると感じました。当初目的であるGSJのアピールに加え、社会への関わりについて改めて考えるきっかけになり、得るものの多い出展であったと思います。

KOMATSUBARA Junko, SHISHIKURA Masanobu, FUJIWARA Osamu, MIYACHI Yoshinori and TAMURA Toru(2025) Participation report on the World Bosai EXPO 2025.

(受付：2025年3月17日)

(開催報告) 海水準データベースの構築にむけた ニュージーランドとの2国間ワークショップ

田村 亨¹・板木 拓也¹・水落 裕樹¹・澤井 祐紀²

2025年2月25日に、産総研つくばセンター中央事業所7群第3会議室において、ニュージーランドのGNS Scienceの研究者5名を招き、国際ワークショップを行いました(写真1)。このワークショップは、令和5年度国際化ボトムアップ連携推進支援事業の課題「地盤沈下を反映した相対海面上昇データベースの構築」の一環です。この課題では、地球温暖化による海面上昇と沿岸の地盤上下変動との和である「相対海面変動」とその不確実性を評価して、日本全土のデータベースを構築する目的で、ニュージーランド GNS Science との連携研究を行ってきました。GNS Science 側の代表者は Richard Levy 氏、地質調査総合センター (GSJ) 側の代表者は田村です。GNS Science は、日本と同じ変動帯において、すでに NZ SeaRise と題したデータベースを整備しています。この連携の趣旨は、InSAR と GNSS による測地データから地盤の上下動を検出して将来に投影し IPCC による海面上昇予測と足し合わせることで相対海面の予測を行う手法を GNS Science から学び、さらに地震性の地盤変動による不確実性の取り込みやデータベースの

有効利用など、高度化について相互に検討することです。

ワークショップでは、GNS Science から、Richard Levy 氏に加えて、Kate Clark 氏、Ian Hamling 氏、Andy Howell 氏、Mario Krapp 氏の、相対海面変動データベースの構築と高度化について主要な役割を果たしている4名の研究者が、GSJ からは田村のほか澤井と水落が、講演を行いました。プログラムは下記の通りです。

Workshop on the GNS-GSJ collaboration for sea-level databases

Place: Geological Survey of Japan, Central 7, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Date & Time: 25 Feb 2025, 10:00–16:00

10:00 Opening remarks & outline of the GNS-GSJ collaboration for sea-level databases

Toru Tamura (GSJ)

10:30 Overview of NZ SeaRise

Richard Levy (GNS Science)

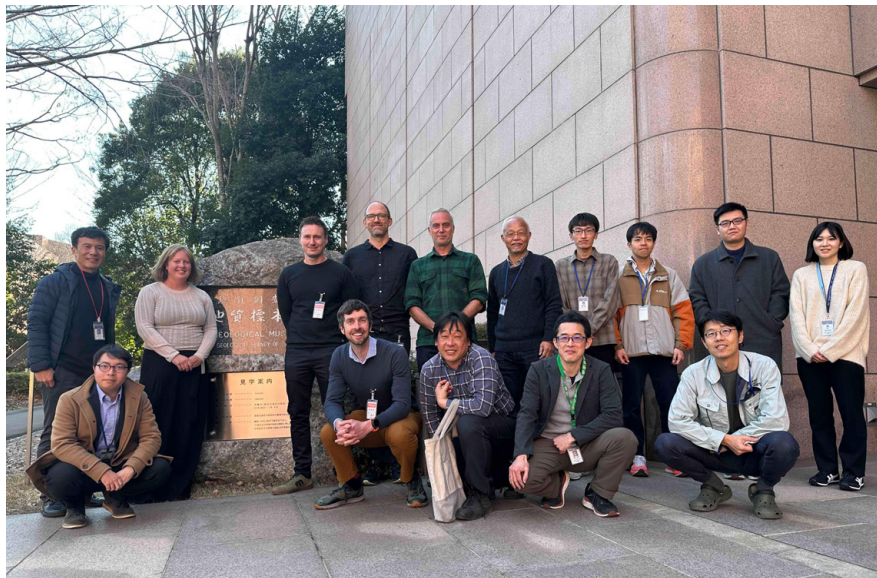


写真1 ワークショップ参加者による集合写真。

¹ 産総研 地質調査総合センター地質情報研究部門

² 産総研 地質調査総合センター活断層・火山研究部門

キーワード：海面上昇、地盤沈下、沿岸環境、平野地質、地震、国際連携

- 11:00 **Geodetic characterization of vertical land motion (VLM) with InSAR & GNSS**
Ian Hamling (GNS Science)
- 11:30 **Feasibility study toward creation of InSAR-derived VML map in Japan**
Hiroki Mizuochi (GSJ)
- 12:00–13:15 Lunch break
- 13:15 **Earthquake-induced vertical land movement in NZ: modern observations & geological perspectives**
Kate Clark (GNS Science)
- 13:45 **Coastal subsidence and postseismic uplift in Hokkaido, northern Japan**
Yuki Sawai (GSJ)
- 14:15–14:30 Coffee break
- 14:30 **(Towards) A national probabilistic coseismic coastal displacement model for Aotearoa New Zealand**
Andy Howell (GNS Science)
- 15:00 **FACTS facts – A framework for (regional) sea-level assessment**
Mario Krapp (GNS Science)
- 15:30–16:00 **Discussion and closing**

午前はずまず田村が今回の連携の趣旨と進捗状況について説明しました。続いて Levy 氏からは NZ SeaRise の概要とその重要性や活用に関する紹介がありました(写真 2)。Hamling 氏からは地盤変動の測地学的検出の手法の説明に加えて、時間スケールに依存した変動傾向の多様性に関する最近の研究成果の紹介がありました。水落は本事業で行った Sentinel-1 衛星データの InSAR 解析と GNSS による国内 5 地域での地盤変動検出に関する予察研究の結果を報告しました。



写真 2 Richard Levy 氏の講演。

午後は地震性の地盤変動に関する 3 件の講演が続きました。Clark 氏は、ニュージーランドでの歴史地震に伴う地盤変動の実態と、地質記録から推定される長期的な地盤変動についての例を示しました。澤井は地質記録に基づく北海道東部の地震性の地盤変動の特徴と未解決の課題について紹介しました。Howell 氏からは地震性の地盤変動の不確定性に対する地震シミュレータを用いた確率的な評価のアプローチが紹介されました。最後の Krapp 氏からは、海面変動と地盤変動から地域的な相対海面変動を求める上での枠組みとその高度化に向けた課題についての紹介がありました。

ワークショップの最後には追加の議論として、ニュージーランドと日本のテクトニックセッティングや沿岸開発の度合いによる地盤変動の複雑さの違い、データベース高度化の方向性、またこの連携を継続する戦略、などについての意見交換を行いました。結果として、日本全土にデータベースを展開する現実的な道筋が見えてきたことが今回のワークショップの最大の成果となりました。

翌 2 月 26 日には、招へい者 5 名とともに関東平野の野外巡検を行いました。まず、元禄と大正の 2 回の歴史地震による海岸隆起の痕跡を確認できる千葉県館山市見物海岸^{けんぶつ}を訪れ(写真 3)、海岸隆起で形成される海成段丘が地震後も長期間隆起したまま沈降せず残るメカニズムや、地震後に潮位観測などで認められた余効変動などについての議論を行いました。次に、東京都江戸川区の中川左岸の堤防にて、地盤沈下の結果として東京低地が東京湾の海面よりもどのくらい低いかを実感し、さらには江東区の東京都南砂町地盤沈下観測所に設置されている標識で(写真 4)、大正



写真 3 千葉県館山市見物海岸の海成段丘上での集合写真。



写真4 東京都南砂町地盤沈下観測所の標識.

7年の地盤高からの沈下量，高潮による既往最高海面，低地を守る堤防の高さを実地で確かめました．同様の顕著な地盤沈下が見られるオランダなどとの比較から議論を行いました．

TAMURA Toru, ITAKI Takuya, MIZUOCHI Hiroki and SAWAI Yuki (2025) Report on NZ-JPN bilateral workshop for relative sea-level databases.

(受付：2025年3月25日)

外核の天井を地震波が進む速さ—E の分割—

大滝 壽樹¹

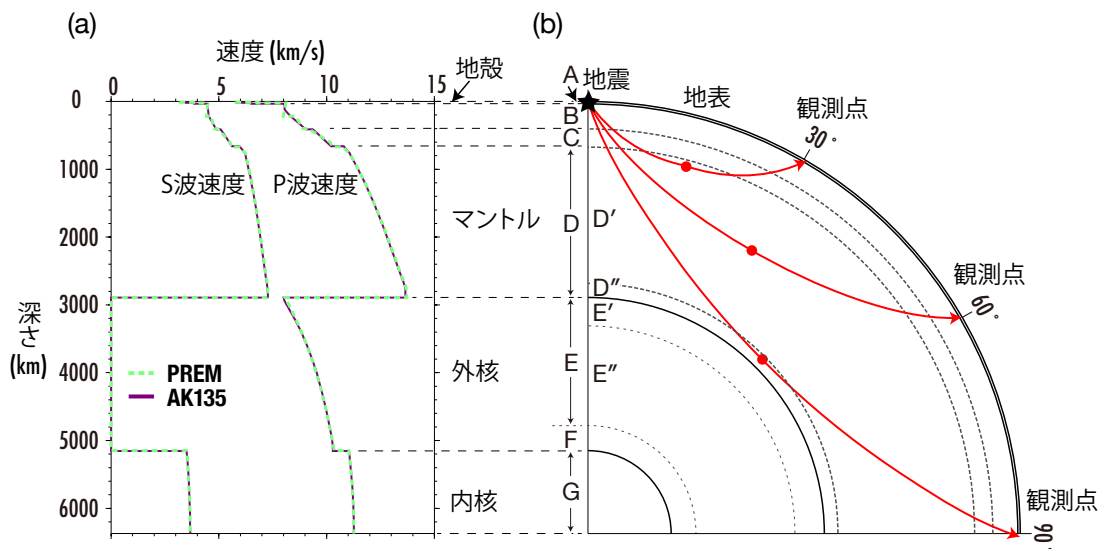
1. A, B, C, D, E, F, G

今から 80 年ほど前、K. E. Bullen が地球の中を七つの層に分け、地表から順番に A, B, C, D, E, F, G と名付けました (Bullen, 1940, 1942)。A が地殻、B が (遷移層をのぞいた) 上部マントル、C がマントル遷移層、D が下部マントル、E が外核、F が外核最下部、G が内核にあたります (第 1 図)。その後、Bullen は D (D 層) を底 200 km の D'' とその上の D' とに分けました (Bullen, 1949)。深くなるにつれマントル中を地震波が進む速さは大きくなりますが、マントルの底の近くでは第 1 図のように速さがほぼ変わらなくなる点を重視したからです。D'' はマントルの底 200 km ほどを指す呼び名として今でも使われています。D'' の厚さや速さは場所によって変わることが知られて

おり (田中, 2018)、今も盛んに研究されています (例えば Suzuki *et al.*, 2021)。

そして、D と同じように E、つまり (最下部をのぞいた) 外核も二つに分けられる、と考えられています (金嶋・Helfrich, 2018)。浅いほうからそれぞれ「E'」、 「E''」と呼びます (Bullen, 1969; Bolt, 1982)。E' が厚さ数 100 km ほどで、残りの 2000 km ほどが E'' です。

核の物質は主として液体の鉄とニッケルで、そこにより少量の軽い元素も含まれていると考えられます。最近の地震学の研究では、E' では E'' と比べ地震波速度の勾配が大きいことがわかってきましたが (金嶋・Helfrich, 2018)、どうやらそれは含まれている元素の割合の違い——含まれている鉄より軽い元素の種類や割合が E' と E'' で違う——によるようです。軽い元素の候補は酸素・ケイ素・硫黄・



第 1 図 (a) 地球の中の地震波の速さ分布。縦軸は地表からの深さで、地表から地球の中心までを示してある。横軸は P 波 (縦波)、S 波 (横波) の速さで、代表的なモデルとして今でも使われている PREM (Dziewonski and Anderson, 1981) (緑破線) と AK135 (Kennett *et al.*, 1995) (紫線) を示した。(b) 地球内部の層構造とそこの中を進む地震波線 (赤線)。地球を輪切りにした図に示した。地震波の波長が十分短いとき、地震から観測地点までの波の経路をこのように線で近似することができる。この線を (地震) 波線と呼ぶ。上端の地震 (★) からでた波は地球の中を波線にそって進み、地表に着く。波線が最も深くまで達した点 (最深点) を赤丸で示した。ここでは、どこかで反射したり P 波から S 波に変わったりしないでマントルの中をまっすぐ進む地震波線だけを示した。このような波を直達波と呼ぶ。地球の内部は層構造をなしている。地殻、マントル、外核、内核の境界を実線で示した。地殻は薄いのでこの図ではほぼ見えない。Bullen (1940, 1942) が命名した A, B, C, D, E, F, G の位置も合わせて示してある。このうち、B ~ D がマントル、E と F が外核にあたる。A ~ G の深さの範囲は現在の速度モデルに合わせて Bullen とはすこし変えた。マントル最下部の D'' と外核天井付近の E' のおおよその位置も示した (大滝, 2017 の第 1 図に加筆修正した。).

炭素・水素の五つが挙げられています(大谷, 2018)。今回は、この E' と E'' を地震波が進む速さとその決め方について説明します。

2. 外核最上部 (E') の地震波の速さの求め方

まず外核の一番上 (E') の地震波の速さはどのようにして求めたのでしょうか？

地震が起きると、そこから波(地震波)が出て、地球の中を進み、地表で観測されます(第1図b)。この波が通ってきた場所を細かく分けます。一つ一つの小部分を地震波が通過する時間(秒)は、その部分の長さ(km)を地震波の速さ(km/秒)で割れば求まります。その時間を足し合わせたものが、波が地震から地表の観測地点に着くまでの時間になります。

第1図bの一番上の波(赤線)を例にとって、図の赤丸付近の速さの求め方を説明します。A層からC層までは地震波の速さがわかっているとします。おおざっぱに、同じ深さでは地震波の速さは同じ、としましょう。波が観測地点に着くまでにかかる時間は観測からわかります。この時間は、地震からC層の下面(2本目の黒点線)まで波が進む時間と、C層より下の赤丸付近を進む時間、C層の下面から地表の観測地点まで進む時間の和です。このうち、地表からC層の下面までにかかる時間(とその逆の下面から地表までの時間)は計算できます。残るは、D層上部の赤丸付近を進むのにかった時間だけです。ですので、観測地点に着いた時間がわかれば、赤丸付近の速さが求まります。

マントルのように深くなるほど地震波が速く進む場合は、これで話は済みます。地球の中を地震波が進む速さを地表近くから順番に決めていくことができるのです。マントルでは、地震から下向きにでた波は深くもぐるにつれて進む方向がだんだんと水平に近づき(付録参照)、やがて上向きに進むようになります。地震から水平に近い方向にでた波ほど、早く(あまりもぐらないうちに)上向きに進みはじめます。言い換えると波は地震から下向きに出るほど深くまでもぐり、遠くに届きます(第1図b)。マントルの中では(一部の例外を除き)どの深さをとってもそれ以上はもぐらない波があるので、マントルの地震波の速さを浅いところから順々に決めていくことができるのです。

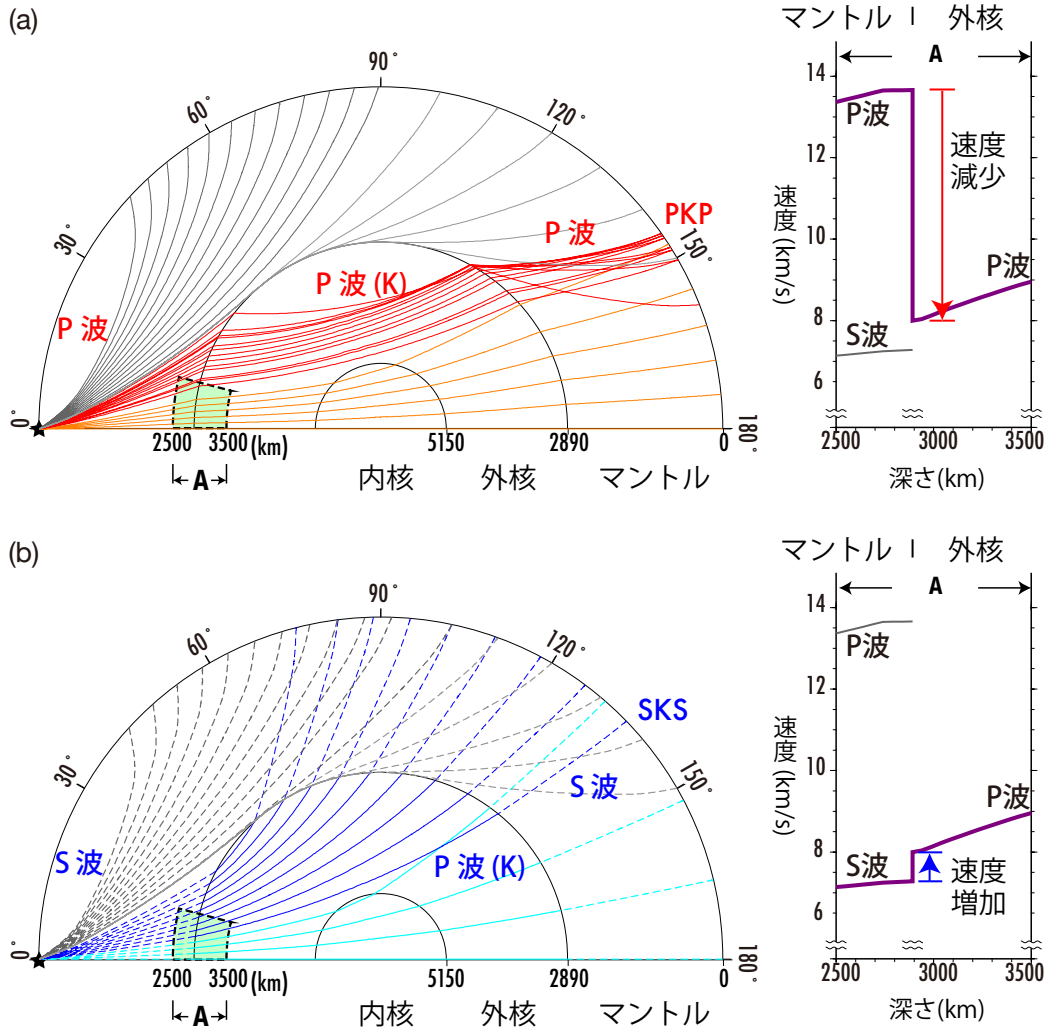
では、マントルから外核に入ると、どうなるでしょうか？マントルの底のP波が進む速さ(P波速度)は毎秒14 km (14 km/s) ほどである一方で、外核の一番上のP波速度は毎秒8 km ほどとかなり遅くなります(第2図a)。このため、マントルから外核に進んだP波(縦波、密度変

化が伝わる波)は、第2図a赤線のように外核の内側へ曲がります。その結果、P波には、外核の浅いところで地表に向きを変える波はないのです。これではマントルまでと同じやり方でその場所の速さを求めることはできません。(この辺りは付録と第A1図ですこし詳しく説明しました。)

このような困った状況を切り抜けるうまい方法があります。マントルをS波(横波、進む方向とは垂直方向に揺れる波)として、核をP波として進む波(第2図b青線)に目をつけるのです。この波をSKSと呼びます。大文字のSはマントルの中を進むS波を、Kは外核の中のP波を意味します。マントルと外核の境界のような性質の異なる二つの物体の境界にP波がやってくるとそこからS波も生じたり、逆にS波がやってくるとP波も生じるということが起きます(注1)。マントル中のS波の速さは外核中のP波の速さより小さいため、マントル中を進むS波(青点線)はP波に変わって外核に入ったとき(青線)に上側(地表側)に曲がります。このSKSを使うとP波だけでは決められなかった外核の上部、およそ1000 km ほどの速さを決めることができます。そのため、地震波速度モデル最初期のJeffreys (1939)から最近のKennett (2020)まで、このSKSと(後ででてくる)SKKSが外核の上部の速度決定に使われています。

S波というと、水平に揺れているイメージがあるようです。それは、「横波」という名前のためや、ふだん感じる大きな地震の揺れが水平方向であるためでしょうか。ですが、進む方向と垂直方向に揺れる波は(地表を伝ってくる波を除けば)みなS波です。地表近くではS波が進む速さが遅いので、波はほぼ真下から伝わってきがちです。このため、地表ではイメージ通りS波は(ほぼ)水平に揺れます。一方、地下深くでは、S波は地表と水平にあるいは斜めに進みますから、そこではS波は上下にも揺れています(ただし地震からでたときの揺れ方によっては水平にだけ揺れる場合もあります)。S波がマントルと外核の境界に到達すると、この上下の揺れが境界を上下に揺らし、その一部が今度はP波として外核の中を進んでいくのです。なお、外核は流体なので、横波であるS波は進めません。

さて、これで外核上部のP波の速さは決まりそうです。ただ、ここはマントルとの境界のすぐ下です。先ほど境界のマントル側をD''と呼ぶといいましたが、そこではなにかごちゃごちゃとしたことが起きていて、場所によっては境界から200~300 km 上で反射して戻ってくる波が観測されたり、厚さがせいぜい数10 km ほどでP波速度がその上の9割ほどのとても遅くて薄い層(ULVZ: Ultra-Low Velocity Zone)が観測されたりしています(田中, 2009,

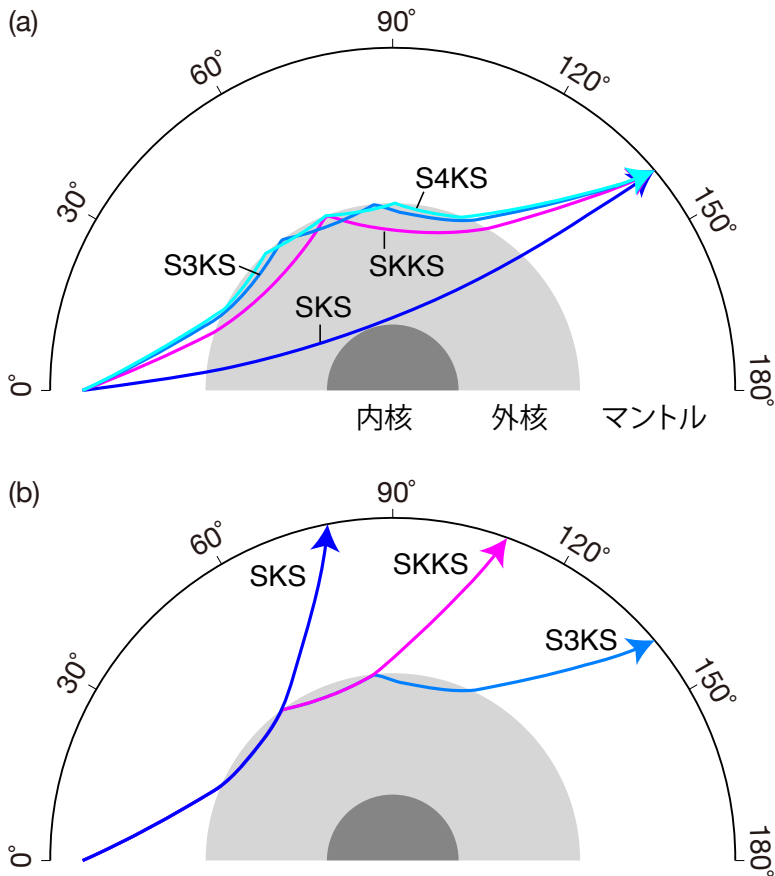


第2図 マントルから外核への地震波の進み方。図には外核の中へはもぐらない波も灰色の実線(a図)と破線(b図)で示してある。右図に、左図にAで示した核とマントルの境界付近の深さ範囲のP波速度を示した。横軸は深さである。(a) P波(灰色)とPKP波(赤線)。外核のP波速度はマントルのP波速度の6割ほどなので、波はマントルから外核へと進むときに境界から離れる方向(下向き)に曲げられる。核とマントルの境界に一番斜めに到達する波(左図の星印の震源から出た波線の中で一番上の赤線)がとくに大きく曲がっていることに注意。その結果、外核の上から1000 kmほどまでの間で反転して地球の表面に戻ってくるP波はない。図には内核(一番内側の半円)の中を進む波(PKIPK, オレンジ色)も描いてある。(b) S波(灰点線)とSKS波(青線)。SKSは、マントルをS波(青点線)で進み外核をP波(青線)で進む波である。外核のP波速度はマントルのS波速度よりすこし大きい。このため、SKSはマントルと外核の境界で上側に曲がって外核中を進む。図には内核の中を進む波(SKIKS, 水色)も描いてあるが、PKIPKと違いこの波は振幅が小さいので一般に観測はあまり簡単ではない。外核を通らない波には、マントルと外核の境界に沿って進むP波やS波(葡萄波あるいは回折波と呼ぶ)もある。図には、この波の波線を地震から角度にして150°のところまで示してある。このような波は古くから多くの観測例がある(P波はたとえばJeffreys, 1938)。また、Astiz *et al.* (1996)が地震の波形をまとめた図にもこれらの波が150°以上離れた先でも弱くなりながらも見えている(彼らのFig. 6など。Shearer (1999)にも転載)。その他、マントルと外核の境界で反射して地表に戻ってくる波などもあるが、ここでは省略した。

2018)。もしかしたら、境界のこちら(外核)側のE'でもなにか奇妙なことがおきているかもしれません。あるいは、D''のせいで外核上部の速度を間違えて決めてしまうかもしれません。もっと詳しくそしてマントルに影響されずにE'の速さを決めないといけません。そのためには、外核底(F)のとき(大滝, 2017)と同じく、決めたい場所の近く、

この場合だとE', まだだいたい同じ場所をとおってくる二つの波が観測地点についた時刻の差を使うのです。

時刻の差を測るのには、SKSとその一族、SKKS, SKKKKS, SKKKKSなどの波を使います(金嶋・Helfrich, 2018)(第3図a)。Kの数が増えるとKを略して、SKKKKSをS4KSなどと書きます。SKKKKS(S5KS)やPKKKKKP(P6KP)な



第3図 (a) 同じ観測点に到着するSKS, SKKS, S3KS (SKKKS), S4KS (SKKKKS)の波線。ここでSはマントルを進むS波, Kは外核を進むP波を意味する。このように一つの観測点にSKKS, S3KS, S4KSが順番に到着する様子は第4図に見てとれる。(b) 外核とマントルの境界で反射する波と反射せずにマントルへと進む波とがある。マントルから外核中を進んできたSK波がマントルとの境界に着いて、S波でマントルへ進むのがSKS, 境界で反射してもう一度外核を進んだ後にマントルへ進むのがSKKS, 境界ですらにもう一回反射するのがS3KSである。反射のたびに波の振幅は小さくなり、地震計でとらえにくくなる。

んて書きたくも言いたくもありませんし、Kの数は、マントルとの境界で反射してまた外核を進んだ回数を意味しています。つまり、SKKSはマントルをS波(これが最初のS)で進んだ波が境界でP波(次のK)に変わって外核に入り、境界まで戻ったときに反射してまた外核を進み(その次のK)、もう一度境界に戻ってきてS波(最後のS)に変わってマントルを進む波を指します(第3図b)。S3KSは境界で2回反射、S4KSは3回反射したことになります。

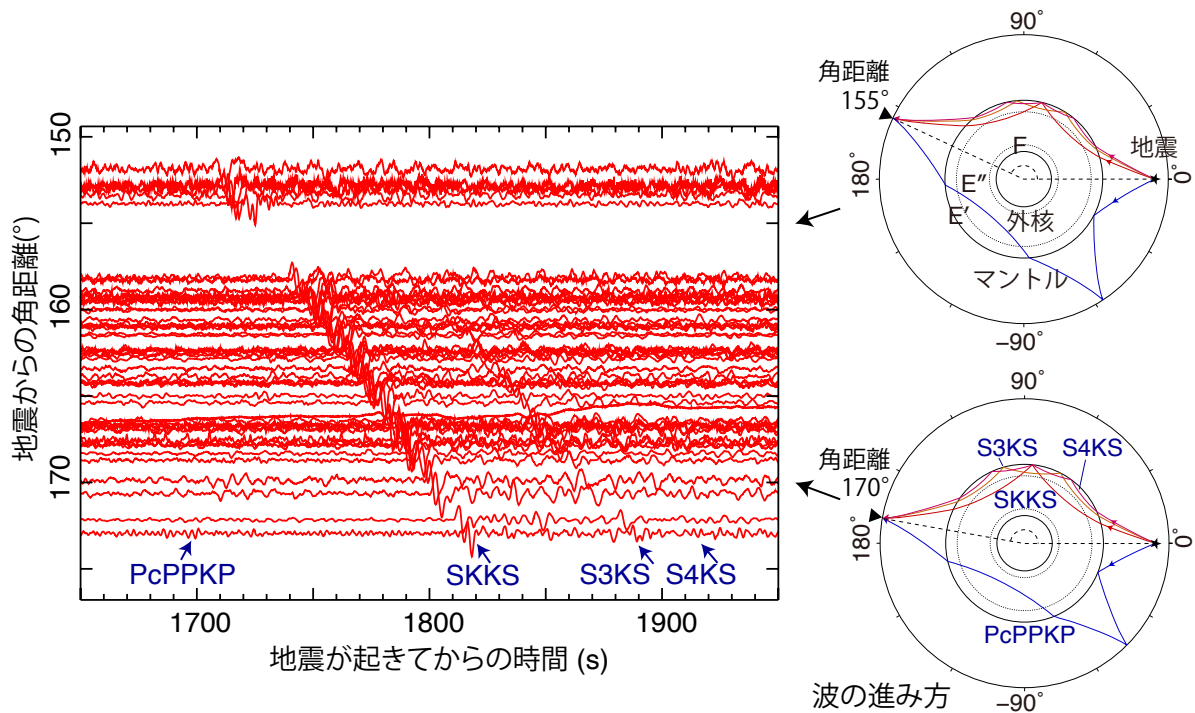
SKS波一族を使うのは、SKKSとS3KS、S3KSとS4KSとで波がマントルと外核との境を通り抜ける場所が近いためです(第3図a)。この境のすぐ上のD''は場所による速さの違いがかなり大きくなっています。ですが、二つの波がD''を通り抜ける場所が近ければ、そこが(そしてもっと浅いところが)速かろうと遅かろうと二つの波が地表に到着する時間の差はD''やその上のマントルや地殻の影響をあまり受けないでしょう。その結果、E'の影響だけが残ることになります。

SKS波一族は上下方向の揺れを測る地震計では見つけにくい波です。これはこの一族が真下に近い方向からS波として地表に到着するからです。S波は波の進む方向とは直交した方向に揺れる横波なので、真下からきた場合、波は水平に揺れます。そのためこの一族を見つけるには水平方

向の揺れを測る地震計を使います。また、マントルの中を長く通ってくる間に、短い周期の振動は弱くなってしまいます。そのため、Hi-net(汐見ほか, 2009)のような短い周期の揺れを測る地震計ではこの波達は見つけにくくなります。F-net(松本ほか, 2009)のような、短い周期から長い周期まで幅広く測れる地震計で調べたほうが見やすくなります。F-netで実際に観測された例を第4図に示します。

3. 外核最上部(E')の地震波の速さ

このようにして得られた速さは、金嶋・Helffrich(2018)によると、おおそ第5図aのようになります。速度が求まっているのは、深さ3600 km近くまでです。ここで、速さの傾き(浅くなるにつれ速さがどれだけ小さくなるか)がE'とE''とで(およそ深さ3400 kmを境として)すこし違っていることに注目してください(第5図b)。E'のほうの傾きがほんの少し急になって、外核の一番上でPREM(Dziewonski and Anderson, 1981)よりすこし遅くなっています。その違いは0.035 km/sほどです。測った場所によらず同じようなE'の速さで観測を説明できるため、場所によるE'層の厚さや速さの違い(水平方向の不均質)を支持する積極的な証拠はないようです。また、マントル



第4図 日本の広帯域地震観測網 F-net で観測された SKKS, S3KS. F-net は上下方向, 南北方向, 東西方向の3方向の揺れを記録している. そのうちの南北方向と東西方向の記録から地震と観測点をむすぶ方向の記録を合成し, 示した. 一本の赤線が一つの観測点でとれた地震計の記録である. 図には S4KS もかすかに見える. 角距離 170°, 1700 秒付近に見えるのは PcPPKP (と PKPPcP) であろう. ここで観測された SKKS, S3KS, S4KS, PcPPKP は図右に示したような経路をたどって地震から観測点まで到着した. 図右上は地震から角距離 155° の点, 右下は 170° の点にそれぞれ到着する波線である. PcPPKP は地球の反対側を回ってきており, 地震に近づく (図の上に行く) ほど到着時刻が遅くなっている. この図で, 実線の円は外側から地球の表面, マントルと外核の境, 外核の内核の境を示す. 点線の円は E' と E'', F のおよその範囲である.

や E'' での P 波の速さを変えても (別の地球モデルを出発点としても), 同じような傾向がえられています (Kaneshima and Matsuzawa, 2015).

この, 外核の一番上 (E') がその下 (E'') の速さの延長より遅くなる原因はまだよくわかっていません. 外核の上のほうが下より遅くなることよりもむしろ速さの傾きが変わるのが問題です. なにかが E' と E'' で違っていることを意味します. この「なにか」に当てはまるものは, その場の化学組成——どの元素がどのくらい含まれているか——しかなさそうです (市川・土屋, 2018). 外核上部の E' はその下の E'' より軽いはずですが, 軽い元素を増やすと地震波の進む速度は速くなってしまいます (市川・土屋, 2018). であれば, 遅い E' では深いところより軽元素が減って, 全体として重くならなくてははいけません. E' が外核の天井近くにあるのに, です. 外核は粘りけがとても小さい流体でできているので, 対流も活発で, 重いものが上にあれば簡単に沈んでいきそうです. これは, 一体, なぜなのでしょう?

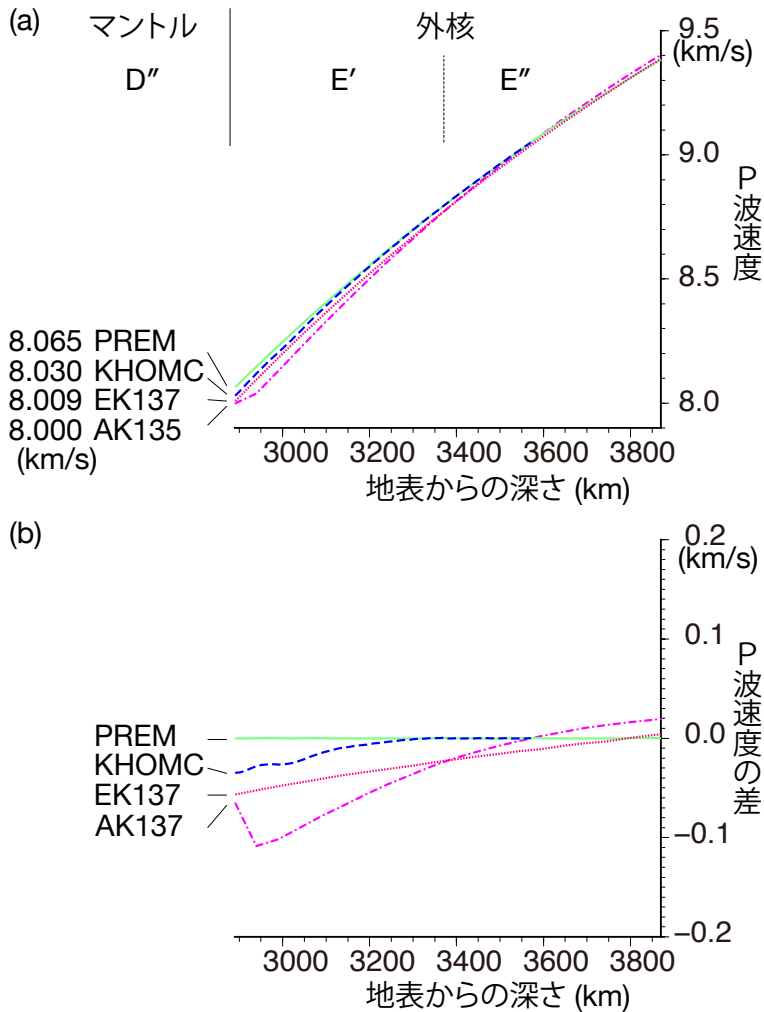
最近の議論では, 外核には軽元素が二種類以上入っていて, それぞれの濃度が深さ方向に変わることによって, この一見

矛盾する観測を説明できる, との説がでています (Brodholt and Badro, 2017; 金嶋・Helffrich, 2018).

4. 外核本体 (E'') の速さの求め方

E' の下の「E''」, つまり外核のほとんどを占める部分は「E'」やさらに下にある「F」ほど精度よく決まてはいません. これは二つの波の差をとるという方法が使えないためです. 今のところ, 地球全体が伸び縮みするゆっくりした振動の観測を使って, あるいは二つの波の差ではなく一つの波が地震から観測点まで旅した時間そのものを使って速度が主に求められています. ただしこの場合は, もっと浅いところの影響を取り除くのが難しいことに注意がいります. 最近, Kaneshima (2018) は, 先ほど書いた SKKS とその仲間が観測点に到着する時間の差を使い外核とマントルの境界から 900 km 下 (深さ 3800 km) ほどまでの速さを求めました. 外核のさらに深いところも, 二つの波の時間差を使って決められないか, いま挑戦中です.

外核の一番上 (E') と下 (F) を除いた部分 (E'') の速さは, PREM と AK135 との, そして最近出されたモデル



第5図 (a) 外核上部のP波の速さ。横軸は地球表面からの深さである。左端がマントルとの境界(上部の縦実線、深さおよそ2890 km)で右にいくほど深い。また上にいくほど速い。E'とE''とおおよその境を点線で示した。青破線はKaneshima and Matsuzawa (2015)のモデル。PREM(緑線)、AK135(紫一点鎖線)と、最近出されたモデルEK137(赤点線、Kennett, 2020)の速さもあわせて示した。各モデルの左側に添えられた数字は外核の一番上での速度である。(b) 各モデルのP波の速さをPREMからの差として示した。

の EPOC-Vinet (Irving *et al.*, 2018), EK137 (Kennett, 2020), CCMOC (Ma and Tkalčić, 2023) との差 (Ma and Tkalčić, 2023 の Fig. 8) から考えて、だいたい 0.05 km/s 以内では決まっていると置いていいでしょう。

5. 外核全体の厚さと境界面の厚さ

外核の厚さは、その上面(マントルとの境)で反射する波と下面(内核との境)で反射する波とが観測点に着いた時間の差を使い、決めることができます。地震からでて外核に入らずマントルとの境で反射した波とそのまま外核を抜けてその下にある内核との境で反射した波との時間差です。この時間差を使った研究(Souriau and Souriau, 1989; Koper *et al.*, 2003)から、外核の厚さは誤差 5 km 以内で決まっているといえるでしょう。この厚さの誤差は外核の底の圧力で 0.3 GPa (Pa: パスカル, 圧力の単位) ほどに相当します。

マントルと外核の境の厚さは 1 km 未満 (Kanamori, 1967) と、外核と内核の境は 1-2 km 以下 (Kawakatsu, 2006) と判断されます。周期 0.5 ~ 1 秒ほどの地震波が境界で反射して返ってくること、反射してきた波の形が歪んでいないことが根拠です。境界はもっと薄いのかもかもしれませんが、現時点ではなんともいえません。波が反射するかは、波の波長と境の厚さの比で決まります。波の波長と比べて境界が十分薄ければ、より強く波を反射しますし、厚ければ反射はせずにそのまま通りすぎます (Richards, 1972)。波の波長は波の周期とそこの地震波速度のかけ算で決まり、周期 1 秒では P 波の波長はマントルの底で 14 km ほど、外核の底で 10 km ほどです。もっと周期の短い反射波を見つければもっと薄いかどうかより確かな事が言えるのですが、難しいようです。地震波は地球の中を進みながら減衰して弱くなっていきます。その弱くなり具合は波が自分の波長の何倍旅をしたかで決まるため、波長の短い波ほど小さく見えにくくなるからです。

6. 地球の外核—まとめにかえて—

地球の外核の一番上には、地震波の進む速さが深さとともに速くなる割合(つまり地震波速度の勾配)がその下の外核本体(E'')と比べて大きい層(E')があります。このことから、E'に含まれている軽元素(酸素、水素、ケイ素、硫黄、炭素がおもな候補です)の量あるいは種類がE''とは違うと考えられます。E'の厚さは400–500 kmほど、外核全体(E'+E''+F)の厚さ(2260 kmほど)の2割ほどで、外核の天井全体を覆っているようです。一方、外核の底近く(F)では、同じ深さでも速さが違うことから、E''とは軽元素組成の違うところがあると考えています(大滝, 2020)。E'についてより詳しく知りたい方は、金嶋・Helffrich (2018)を読まれるとよいと思います。また、金嶋(2018)にも簡単な解説があります。Fについては、私のGSJ地質ニュースの記事をご覧ください(大滝, 2017, 2020)。

謝辞：金嶋 聡氏(九州大学)にはご自身の研究を含む外核(E)の速度についてお教えいただきました。また、本稿についても多数の有益なコメントをいただきました。地震計に記録された波形の表示はSAC (Goldstein *et al.*, 2003)、地震波の到着時刻と地震波線の計算はTauP Toolkit (Crotwell *et al.*, 1999)、その描図はGMT (Wessel and Smith, 1998)で行いました。図に示した地震波形は国立研究開発法人防災科学技術研究所のF-net (doi:10.17598/NIED.0005 ; <https://www.fnet.bosai.go.jp/> 閲覧日：2025年3月27日)の記録です。ここに記して感謝します。

注1 二つの物体の境界にP波が入射したとき、一般にP波として反射する波とS波として反射する波、屈折してP波として進む波、S波として進む波の四種類の波が生じます。S波が入射したときも同じように四種類の波が生じます。ただし、マントルから外核に入射した場合は、外核中をS波として進む波はなく三種類の波になります。

文 献

- Astiz, L., Earle, P. and Shearer, P. (1996) Global stacking of broadband seismograms. *Seismological Research Letters*, **67**, 8–18. doi:10.1785/gssrl.67.4.8
- Bolt, B. A. (1982) *Inside the Earth: Evidence from Earthquakes*. W. H. Freeman & Co., Ltd., New York, 191p.
- Brodholt, J. and Badro, J. (2017) Composition of the low seismic velocity E' layer at the top of Earth's core. *Geophysical Research Letters*, **44**, 8303–8310. doi:10.1002/2017GL074261
- Bullen, K. E. (1940) The problem of the Earth's density variation. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **30**, 235–250. doi:10.1785/BSSA0300030235
- Bullen, K. E. (1942) The density variation of the Earth's central core. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **32**, 19–29. doi:10.1785/BSSA0320010019
- Bullen, K. E. (1949) Compressibility-pressure hypothesis and the Earth's interior. *Geophysical Supplements to the Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **5**, 355–368. doi:10.1111/j.1365-246X.1949.tb02952.x
- Bullen, K. E. (1969) Compressibility-pressure gradient and the constitution of the Earth's outer core. *Geophysical Journal International*, **18**, 73–79. doi:10.1111/j.1365-246X.1969.tb00263.x
- Crotwell, H. P., Owens, T. J. and Ritsema, J. (1999) The TauP toolkit: Flexible seismic travel-time and ray-path utilities. *Seismological Research Letters*, **70**, 154–160. doi:10.1785/gssrl.70.2.154
- Dziewonski, A. M. and Anderson, D. L. (1981) Preliminary reference Earth model. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, **25**, 297–356. doi:10.1016/0031-9201(81)90046-7
- Goldstein, P., Dodge, D., Firpo, M. and Minner, L. (2003) SAC2000: Signal processing and analysis tools for seismologists and engineers. In Lee, W. H. K., Kanamori, H., Jennings, P. C. and Kisslinger, C., eds., *International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology*, **81**, Part B, Academic Press, San Diego, CA, 1613–1614. doi:10.1016/s0074-6142(03)80284-x
- 市川浩樹・土屋卓久 (2018) 外核の化学組成. 地学雑誌, **127**, 631–646. doi:10.5026/jgeography.127.631
- Irving, J. C. E., Cottaar, S. and Lekić, V. (2018) Seismically determined elastic parameters for Earth's outer core. *Science Advances*, **4**, eaar2538. doi:10.1126/sciadv.aar2538
- Jeffreys, H. (1938) Southern earthquakes and the core waves. *Geophysical Supplements to the Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **4**, 281–308. doi:10.1111/j.1365-246X.1938.tb01751.x

- Jeffreys, H. (1939) The times of the core waves (second paper). *Geophysical Supplements to the Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **4**, 594–615. doi:10.1111/j.1365-246X.1939.tb02921.x
- Kanamori, H. (1967) Spectrum of P and PcP in relation to the mantle-core boundary and attenuation in the mantle. *Journal of Geophysical Research*, **72**, 559–571. doi:10.1029/JZ072i002p00559
- 金嶋 聰 (2018) 外核の構造. 鳥海光弘・入舩徹男・岩森 光・ウォリス サイモン・小平秀一・小宮 剛・阪口 秀・鷺谷 威編, 図説 地球科学の事典, 朝倉書店, 東京, 184–185.
- Kaneshima, S. (2018) Array analyses of SmKS waves and the stratification of Earth's outermost core. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, **276**, 234–246. doi:10.1016/j.pepi.2017.03.006
- 金嶋 聰・Helffrich, G. (2018) 外核最上部の安定成層構造. 月刊地球, **40**, 360–364.
- Kaneshima, S. and Matsuzawa, T. (2015) Stratification of earth's outermost core inferred from SmKS array data. *Progress in Earth and Planetary Science*, **2**, 15. doi:10.1186/s40645-015-0046-5
- Kawakatsu, H. (2006) Sharp and seismically transparent inner core boundary region revealed by an entire network observation of near-vertical PKiKP. *Earth, Planets and Space*, **58**, 855–863.
- Kennett, B. L. N. (2020) Radial earth models revisited. *Geophysical Journal International*, **222**, 2189–2204. doi:10.1093/gji/ggaa298
- Kennett, B. L. N., Engdahl, E. R. and Buland, R. (1995) Constraints on seismic velocities in the Earth from traveltimes. *Geophysical Journal International*, **122**, 108–124. doi:10.1111/j.1365-246X.1995.tb03540.x
- Koper, K. D., Pyle, M. L. and Franks, J. M. (2003) Constraints on aspherical core structure from PKiKP-PcP differential travel times. *Journal of Geophysical Research*, **108** (B3), 2168. doi:10.1029/2002JB001995
- Ma, X. and Tkalčić, H. (2023) CCMOC: A new view of the Earth's outer core through the global coda correlation wavefield. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, **334**, 106957. doi:10.1016/j.pepi.2022.106957
- 松本拓己・堀 貞喜・松林弘智 (2009) 広帯域地震観測—防災科研 F-net の 10 年—. 地震 2, **61**, S9–S18. doi:10.4294/zisin.61.9
- 大滝壽樹 (2017) 外核の底を探る. GSJ 地質ニュース, **6**, 332–337.
- 大滝壽樹 (2020) 外核底(F)の不均質. GSJ 地質ニュース, **9**, 3–7.
- 大谷栄治 (2018) 地球内部の物質科学. 現代地球科学入門シリーズ 13, 共立出版, 東京, 166p.
- Richards, P. G. (1972) Seismic waves reflected from velocity gradient anomalies within the Earth's upper mantle. *Zeitschrift für Geophysik*, **38**, 517–527.
- Shearer, P. M. (1999) *Introduction to Seismology*. Cambridge University Press, New York, 260p.
- 汐見勝彦・小原一成・針生義勝・松村 稔 (2009) 防災科研 Hi-net の構築とその成果. 地震 2, **61**, S1–S7. doi:10.4294/zisin.61.1
- Souriau, A. and Souriau, M. (1989) Ellipticity and density at the inner core boundary from subcritical PKiKP and PcP data. *Geophysical Journal International*, **98**, 39–54. doi:10.1111/j.1365-246X.1989.tb05512.x
- Suzuki, Y., Kawai, K. and Geller, R. J. (2021) Imaging paleoslabs and inferring the Clapeyron slope in D'' beneath the northern Pacific based on high-resolution inversion of seismic waveforms for 3-D transversely isotropic structure. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, **321**, 106751. doi:10.1016/j.pepi.2021.106751
- 田中 聡 (2009) マントル・コア構造の地震学的研究—日本の現状と展望—. 地震 2, **61**, S255–S263.
- 田中 聡 (2018) 下部マントル, D'', 核–マントル境界. 鳥海光弘・入舩徹男・岩森 光・ウォリス サイモン・小平秀一・小宮 剛・阪口 秀・鷺谷 威編, 図説 地球科学の事典, 朝倉書店, 東京, 182–183.
- Wessel, P. and Smith, W. H. F. (1998) New, improved version of generic mapping tools released. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, **79**, 579. doi:10.1029/98EO00426

付録 地球の中の地震波の進み方

ここでは、地球の中を地震波がどう進むかを、一つの層から次の層へ地震波が進む場合を例にとり第 A1 図で考える。地震が遠く離れた場所で起きて、その波が図の左上から二つの層の境界面に到着した場合を考えよう。図には、同じ時刻に地震波が到着した位置(面)を赤点線で示してあ

る。この面を波面と呼ぶ。何本もの線は、それぞれ別の時刻での波面を示している。地震からはずいぶん離れているので、狭い範囲では波面は直線となる。波面は同じ時刻に波が到着する場所を示しているのだから、波が進んでいく方向は波面に直交する。この方向を示す線を光の場合（光線）と同じように波線とよぶ。図では緑実線で示した。層の中では速度が変わらない場合を考えているので、波線は直線になる。

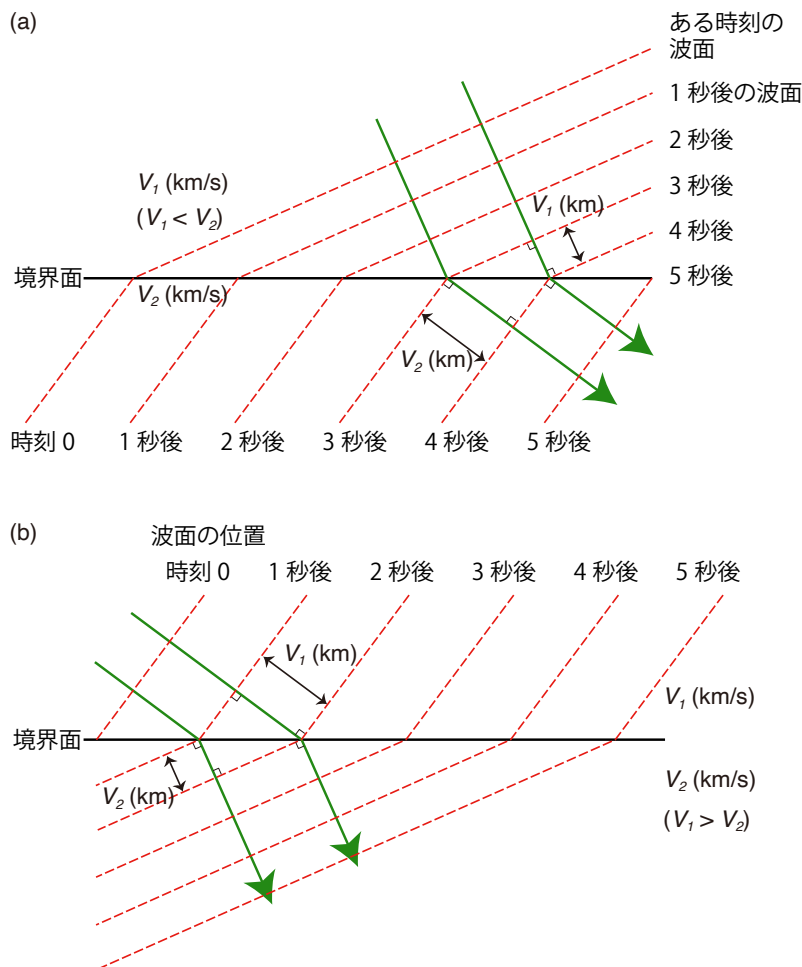
波面が二つの層の境界（黒太線）に到着したとき、左上側からきた地震波は、層の境界で屈折して右下側に進む。このとき、波はどのように屈折するかを考えてみよう。境界面は平面とする。

まず下側の速度のほうが大きい場合を考える（第 A1a 図）。境界を挟んだ上側の速度を V_1 (km/s)、下側の速度を V_2 (km/s) とすると $V_1 < V_2$ である。ここでは、この図の 2 本の波線（緑線）に注目してほしい。ある時刻から 3 秒後に左側の波線が境界についたとき、右側の波線はまだ境界についていない。さらに 1 秒たつと右側の波線は V_1 km 進み境

界に着く。このとき、左側の波線は下側の層の中を V_2 km だけ進んでいる。いま、 $V_1 < V_2$ なので、この 1 秒間に進む距離は左側の波線のほうが長くなる。このため、下側の層では、波線は上層より水平に近く（上向きに曲がる）、波面は垂直に近くなる。これが、S 波がマントルから外核に P 波に変わって進むときに起きていることである。

次に下側の速度のほうが小さい場合（ $V_1 > V_2$ ）を考える（第 A1b 図）。この場合は、(a) とは逆に上から下へ進む波線はより垂直に近くなる。これが、P 波がマントルから外核に進むときに起きていることである。同じ現象は風呂場でも目にすることができる。水中を進む光の速さは空中より遅いので、光線は同じように下向きに曲がる。

境界面以外の、速度がすこしずつ増えているところでも、同じように考えることができる。波線がすこし下へ進むとすこし速度が大きくなるので、すこし上側に曲がる。これが繰り返されると、第 1 図に赤線で示したような波線となる。



第 A1 図 遠く離れた場所で起きた地震からの波が図の左上から二つの層の境界（黒太線）に到着した場合。赤点線は同じ時刻に地震波が到着した位置（面）、緑実線は地震波が進んでいく方向（道筋）である波線を示す。境界面は平面で、層の中は速度が変わらない。境界を挟んだ上側の速度を V_1 (km/s)、下側の速度を V_2 (km/s) とする。(a) 下側の速度のほうが大きい場合 ($V_1 < V_2$)。 (b) 下側の速度のほうが小さい場合 ($V_1 > V_2$)。

OHTAKI Toshiki (2025) Seismic velocity in the upper layer of the Earth's outer core.

(受付：2025 年 3 月 27 日)

2024 年度 CCOP-GSJ 国際研修 開催報告

内田 洋平¹・宮崎 一博¹

1. はじめに

地質調査総合センター（GSJ）は、東・東南アジア地球科学計画調整委員会（The Coordinating Committee for Geoscience Programmes in East and Southeast Asia, CCOP）に関する人材育成プログラムの一環として、2025 年 2 月 17 日から 2 月 21 日までの期間、「GSJ International Training Course FY2024 on Practical Geological Survey Techniques-Application to Geological Disaster Mitigation-」を実施しました。本研修の目的は、CCOP 加盟国の若手地質研究者・技術者を対象とした、実践的な地質調査技術の向上及び国際的なネットワーク構築です。2018 年度の第 1 回（加野ほか、2018）、2019 年の第 2 回（最首ほか、2020）の後はコロナ禍で中止していましたが、2023 年度に GSJ Webinar FY2023 on Practical Geological Survey Techniques を開催し、今年度は 5 年ぶりの対面式研修となりました。実質的に第 4 回目となる今年度も、GSJ 連携推進室国際連携グループが事務局となり、日中韓を除く CCOP 各国代表から推薦を受けた CCOP 加盟国の地質研究機関に所属する、以下 11 か国 12 名の研修生が参加しました。今年度は Webinar 開催を除いて過去一番の参加者数でした。

Muhammad Asri Akmal Bin Haji Suhip 氏（ブルネイ技術サービス局）

Mohammad Adhwa Waliuddin Bin Hj Roslani 氏（ブルネイ技術サービス局）

Thailay Sin 氏（カンボジア石油総局）

Vanpheng Sihavong 氏（ラオス地質鉱物局）

Benson Ling Jin Yaw 氏（マレーシア鉱物・地球科学局）

Dembereldulam Munkhjargal 氏（モンゴル地震局）

Aung Thu Kyaw 氏（ミャンマー地質調査鉱物探査局）

Penawa Andrew 氏（パプアニューギニア鉱物政策・地質災害管理局）

Ross Dominic D. Agot 氏（フィリピン国土地質調査部）

Saowaphap Uthairat 氏（タイ鉱物資源局）

Abilio Fernandes 氏（東ティモール水文地質・土木地質部）

Tran Van Tien 氏（ベトナム地質鉱物総局）

2. 研修内容

本研修では、地質情報取得のための基礎的な地質調査手法と、その応用として地質災害の防災・減災対策に関する講義を開講しました。講師は、GSJ の研究者と大学・企業の専門家です。座学 2 日間と野外巡検 1 日を組み合わせたカリキュラムとすることで、実践的かつ即戦力となる地質調査技術の向上を目的としました（第 1 表）。

2.1 地質標本館見学

研修初日の午前中は、地質標本館の見学が行われました。地質標本館は、岩石・鉱物・化石の展示が豊富で、地球の歴史を辿る構成に感動したという研修生が多かったようです。特に化石や津波堆積物、断層の断面展示が印象的で、自然の力や時間の流れを実感したという意見が目立ちました。日本列島の地質や地形を立体的に示す地図や、天井の震源表示など、分かりやすく工夫された展示も好評でした。火山モデルや元素の情報表示にも関心が寄せられました。展示の分かりやすさや全体の構成も高く評価され、見学は地球科学への理解を深める貴重な体験になった旨の感想が寄せられました。館内の解説を担当した地質標本館長の森田澄人氏の丁寧な説明も印象に残ったようです（写真 1）。

2.2 講義の概要

研修の講義は、2025 年 2 月 18 日（火曜日）から 2 月 19 日（水曜日）の 2 日間、産総研つくば中央事業所共用講堂一階中会議室で行われました。研修コースのサブタイトルが「Application to Geological Disaster Mitigation」であることから、地質災害に関連した講義が主体となりました。

2 月 18 日は、山口大学の脇田浩二特任教授の「アジアと日本の地質」、活断層・火山研究部門の宝田晋治氏の「CCOP-GSi Project」に関する講義がありました。「アジアと日本の地質」では、139 枚にも及ぶ豊富なスライドを用いて、筑波山の地質に始まり、日本、東南アジアの地質の概要が紹介されました。日本の地質の紹介では、2016 年の熊本地震、2024 年の能登半島地震についても説明がありま

¹ 産総研 地質調査総合センター連携推進室

キーワード：CCOP, GSJ, 国際研修, 地質調査手法, 地質災害

第 1 表 研修のスケジュール.

Date	Time	講義	講師
2025/02/18 (Tuesday)	9:00-9:20	開会式	中尾信典GSJセンター長 Young Joo Lee CCOP 事務局長
		写真撮影	
	9:30-10:00	受講者自己紹介	受講生
	10:00-10:30	休憩	
	10:30-12:00	地質標本館見学	森田澄人・地質標本館室運営グループ
	12:00-13:30	昼食	
	13:30-15:00	アジアと日本の地質	脇田浩二(山口大学)
	15:00-15:30	休憩	
	15:30-17:00	CCOP GSi Project	宝田晋治
2025/02/19 (Wednesday)	18:00-20:00	Welcome Dinner	
	9:00-9:50	地震動予測	吉見雅行
	9:50-10:10	休憩	
	10:10-11:00	津波	行谷佑一
	11:10-12:00	火山地質	Christopher Conway
	12:10-13:30	休憩・昼食	
	13:30-15:00	地すべり	倉岡千郎(日本工営)
	15:00-15:30	休憩	
	15:30-16:20	リモセン	水落裕樹・山本 聡
2025/02/20(Thursday)	16:30-17:20	浅部地質の物理探査	湊 翔平・小森省吾
	8:30-17:00	筑波山周辺巡検	国際連携グループ
	18:00-18:30	閉会式	国際連携グループ
	18:30-20:30	Farewell Dinner	国際連携グループ

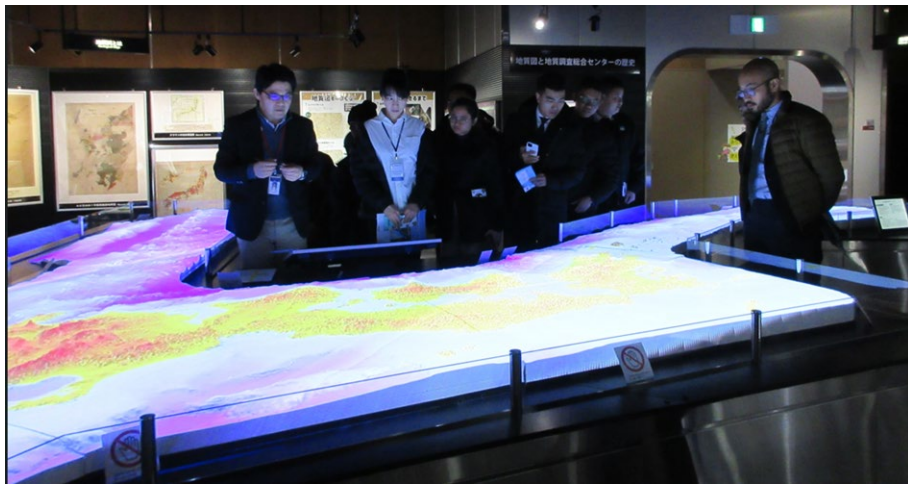


写真 1 地質標本館見学.

した。後半では、日本のジオパークの紹介が各地の美しい景観写真とともに行われました。「CCOP-GSi Project」では、GSJ での出版物とデータベース、CCOP の Geoinformation Sharing Infrastructure (GSi) Project, 及び GSJ でのデジタルトランスフォーメーション(DX)の紹介が行われました。GSi プロジェクトは、CCOP 加盟国間の地球科学情報

共有を強化し、地質災害や環境データの統合・分析を推進する取り組みです。本プロジェクトでは、Open Geospatial Consortium (OGC) による国際標準技術を採用し、オープンデータの透明性を高め、社会への情報提供を強化します。さらに、WebGIS 技術の教育や若手育成を通じて、データ品質の向上と持続的な発展を目指します。

2月19日午前中は、活断層・火山研究部門の吉見雅行氏による「地震動予測」、行谷佑一氏の「津波」、Christopher Conway氏の「火山地質」の講義がありました。「地震動予測」では、震源、伝播経路、地盤増幅の3要素についての説明のあと、地質調査・地球物理調査の重要性が指摘されました。具体的な事例として、1995年の兵庫県南部地震、1985年のメキシコ地震が挙げられました。「津波」では、過去の地震と津波の調査を将来の津波予測にどのように役立てるかが紹介されました。具体事例としては、2011年の東北地方太平洋沖地震、869年の貞観地震での津波が取り上げられました。「火山地質」では、地球上の火山の基本的な情報と、日本とニュージーランドの火山地質と最近の噴火事例が取り上げられたほか、火山の噴火様式や災害リスクについての説明に加え、火山の監視と災害管理の重要性についても触れられました。

2月19日午後は、日本工営株式会社の倉岡千郎氏による「地すべり」、地質情報研究部門の水落裕樹氏と山本 聡氏による「リモセン」、地圏資源環境研究部門の湊 翔平氏と小森省吾氏による「浅部地質の物理探査」の講義がありました。「地すべり」では、地すべりの発生メカニズム、監視方法、地すべり発生防止対策についての説明がありました。地すべりの早期警戒システムやリスク評価の重要性が示され、それらの具体的な事例を通じて実践的な対策の紹介がありました。本講義では、地質学や地形学の知識が地すべり対策において不可欠であることが強調されていました。「リモセン」では、リモートセンシングの基本概念、技

術、応用について説明がありました。特に、衛星リモートセンシングの利点や災害監視における具体的な事例を通じて、光学、熱赤外、マイクロ波センサーの役割とその統合利用の重要性が分かりやすく示されていました。加えて、最新の技術やデータ解析手法についての紹介も行われました。「浅部地質の物理探査」では、重力、地震波、電磁気などの手法を用いて、地表下の構造を可視化する方法が紹介されました。液状化のリスク評価や、河川堤防の水浸透監視など、具体的な応用事例も取り上げられ、加えて、最新の技術やデータ解析手法についての詳しい説明もありました。

今回の講義は完全対面式であり、昨年度までのWebinarと比較して質疑応答が非常に活発であり、予定したスケジュールに遅延が発生するほどでした。また、休憩時間や昼食時には雑談を通して、研修生同士や講師を交えて情報交換を活発に行っている様子が見受けられました(写真2, 3)。

2.3 筑波山地域ジオパークの巡検

最終日の2月20日は、バスをチャーターして、筑波山と霞ヶ浦(筑波山地域ジオパーク)の巡検を行いました。案内者は、国際連携グループの内田洋平と宮崎一博、地質情報研究部門の中島 礼氏の3名が担当しました。研修生からは、筑波山と霞ヶ浦を巡る地質巡検は、自然の美しさと地質・文化的価値を学べる貴重な体験となったとの感想が寄せられました。筑波山では、宮崎より双峰(男体山と女体

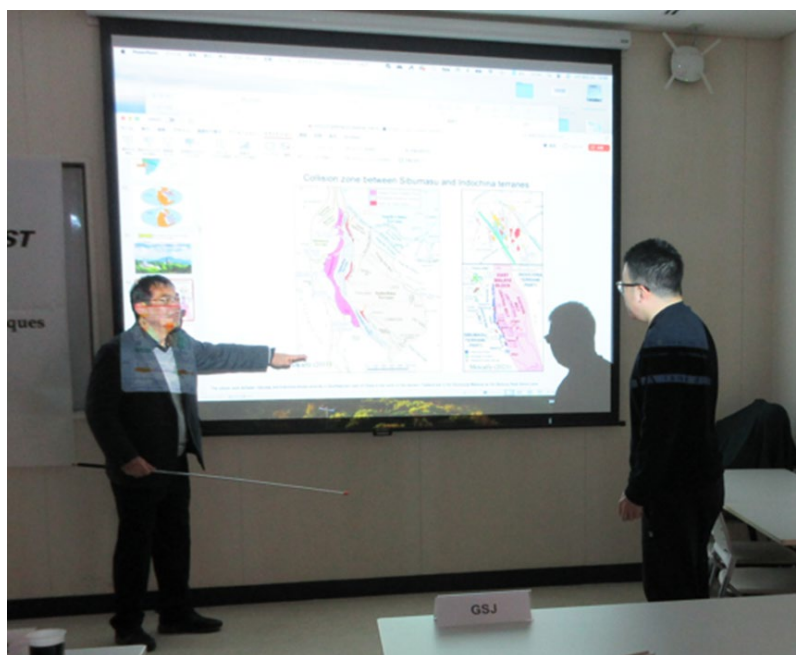


写真2 講義後に熱心に議論する講師と研修生。



写真3 講義後に講師を囲む研修生.



写真4 筑波山山頂での集合写真.

山)の成り立ちや火成岩の構造,筑波山からの関東平野の眺望などの解説があり(写真4),研修生におかれては特に地殻深部でのマグマ溜まりの形成や,地表付近での火成岩の風化作用と地形形成及び斜面崩壊についての理解が深まったと思います.また,霞ヶ浦周辺では,中島氏による海から陸への環境変化を示す堆積物や牡蠣などの貝化石の解説

に注目が集まっていました(写真5).

研修生からは案内者の丁寧な解説が好評で,複雑な内容も分かりやすかったとの評価がありました.お昼に食べたつくばうどんやケーブルカー,ロープウェイでの移動も好評だった様子で,学びと楽しさが融合した巡検だったとの感想が寄せられました.一方で,筑波山での滞在時間が短



写真5 牡蠣化石床の地質見学(かすみがうら市崎浜).



写真6 最終日に行われた修了式.

く、もっと多くの露頭を観察したかったとの意見もありました。

野外巡検から産総研へ戻った後、修了式とお別れ会を開催しました。修了式では、中尾地質調査総合センター長からの修了証を授与され、笑顔で集合写真を撮りました(写真6)。その後のお別れ会では、研修生と講師、及び事務局メンバーが参加しました。それぞれ研修の成果や今後の展望について話が尽きませんでした。

3. 研修に関するアンケート結果

後日、研修生にアンケート調査を実施したところ、さまざまな意見をいただきました。特に評価が高かったのは、

“アジアと日本の地質”，“地すべり”，“リモセン”などの講義でした。また，“地震動予測”，“火山地質”，“浅部地質の物理探査”などにも関心が集まりました。すべての講義が良かったという意見もあり，全体的に多様なテーマが好評でした。研修生にとって最も有益だった点として多く挙げられたのは、地すべり・活断層・火山・地震・津波などの地質災害に関する実践的な知識と最新技術(リモートセンシング，AI解析，地震計など)の習得でした。また，日本の地質背景に関する講義や地質標本館・筑波山巡検も理解を深める上で有効だったとの声がありました。さらに，参加者同士やGSJ・CCOPとのネットワーク構築，他国の若手地質学者との交流による経験の共有も高く評価されました。地質災害への理解を深め，それに備える知識を得たこと

が、持続可能な発展に役立つと実感した参加者もいました。

今後、減災やその他のテーマでどのような研修コースに参加したいかを研修生に質問したところ、以下の様な回答が得られました。地すべりや地震などの災害軽減に関する講義に加え、GIS やリモートセンシング、地球物理探査などの実践的な技術を学びたいという要望をいただきました。また、再生可能エネルギーへの転換や Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage (CCUS)、地下水、カルスト地形など幅広いテーマへの関心も高いようです。さらに、災害対応や気候変動に関する資金調達の仕組みに関心を示す参加者もいました。今後の研修コースでは、より実地での実習とインタラクティブなシミュレーションや事例研究が重要だと考えます。

今回の研修は非常によく組織されており、来年の研修がより長期間になることが期待されています。この研修コースでは、各国から参加した研修生同士の交流も多くあり、人脈が広がったと思います。研修コースについては、テキストだけでは理解しきれない地域の地質学に関する難しいテーマを実地で学ぶ素晴らしいアイデアだと思う、専門家の指導と実際の例を組み合わせ、筑波山の登山や霞ヶ浦の巡検などの情報をより理解しやすく魅力的であった、地球科学や自然環境に興味を持つ人々にとって貴重な経験でした、などの意見をいただきました。

一方で、研修の時間が短かったという意見は多く寄せられ、各テーマに十分な時間をかけた深い学びを希望する声もありました。さらに、講義の時間を2週間にすべきであるとか、オープンフォーラムや質疑応答の時間を十分に取るべきだとの意見をいただきました。各講義の質疑応答の時間を十分延長することで参加者と講師がより多くのアイデアを交換できるなどの意見が寄せられました。

4. おわりに

今回の研修は、5年ぶりの完全対面式で実施しました。昨年度までの Webinar と比較して、講義における質疑応答が非常に活発でした。また、休憩時間や昼食時には雑談を通して、研修生同士や講師を交えて情報交換を活発に行っている様子が見られました。野外巡検では、筑波の地酒を購入した研修生も多く、研修のみならず日本の文化や筑波の食事にも興味深く体験を楽しんでいた様子でした。本研修で得られた知識や体験が、今後、研修生の自国での業務に活かされること、また、今回構築された GSJ と研修生、研修生同士の国際ネットワークが継続し発展していくことを期待します。

最後に、本研修の実施にあたり、充実した内容の講義をご準備いただいた講師の皆様、本紙面をお借りして深く感謝申し上げます。

文 献

- 加野友紀・内田利弘・山岡香子 (2018) GSJ 国際研修 2018: 概要報告. GSJ 地質ニュース, 7, 255-258.
最首花恵・高橋 浩・内田利弘・宮野素美子・加野友紀 (2020) GSJ 国際研修 2019: 概要報告. GSJ 地質ニュース, 9, 8-13.

UCHIDA Youhei and MIYAZAKI Kazuhiro (2025) GSJ International Training Course FY2024 on practical geological survey techniques.

(受付: 2025 年 4 月 14 日)

東・東南アジア地球科学計画調整委員会 第 84 回管理理事会 参加報告

内田 洋平¹

東・東南アジア地球科学計画調整委員会 (Coordinating Committee for Geoscience Programmes in East and Southeast Asia: CCOP) は、東・東南アジア地域の経済発展と生活レベル向上を目指し、地球科学分野の研究プロジェクトやワークショップの推進・調整を行う政府間機関です。現在、16 の加盟国、14 の協力国及び 18 の協力機関で構成されています。CCOP の第 84 回管理理事会が 2025 年 3 月 3 日から 3 月 6 日の期間、ベトナム・ニャチャンのシタディーンバイフロントホテルにおいて、前回の第 83 回管理理事会 (マレーシア・ランカウイ) に引き続き、完全対面式で開催されました。地質調査総合センター (GSJ) からは、中尾総合センター長、今泉副総合センター長、内田 (国際連携グループ) の 3 名が参加しました。

管理理事会における主な行事は以下の通りでした。

3 月 3 日 (日) 14 時～16 時：財政委員会
3 月 4 日 (月) 9 時 30 分～17 時：管理理事会本会議
3 月 5 日 (火) 9 時～12 時：同本会議
3 月 6 日 (水) 8 時～16 時：地質巡検 (ロビンソン海岸、及びその周辺)

1. 第 29 回財政委員会

出席者は、委員会のメンバー (カンボジア、インドネシア、日本、マレーシア、ミャンマー) と名誉顧問の 2 名 (デンマーク、マレーシア)、CCOP 事務局からの 5 名でした。

委員会では、主に以下の 4 点について報告と議論がされました。

- ・2025-2026 年度の財政委員を務める新規メンバーであるカンボジアとミャンマーの紹介、及び委員を継続するインドネシア、日本、マレーシアの自己紹介。
- ・第 84 回管理理事会に係る経費については、共催国であるベトナム側の財政上の制約から、必要経費を提供できなくなってしまった。したがって、CCOP 事務局が第 84 回管理理事会の経費を負担せざるを得ないため、当初の

予算額を超過する予定である。

- ・CCOP 事務局員の給与水準を一定程度確保しつつ、CCOP の活動をより活性化させるため、加盟国の年間協力金増額の可能性を探る。
- ・予算状況をより安定させるためには、加盟国や協力国等からのプロジェクトを確保することが最も重要。

本委員会での報告・議論に基づき、第 84 回管理理事会にて財政委員会からの提言を発表することに決定しました。

2. 第 84 回管理理事会

配付資料に基づく情報では、参加者数は 43 名で、内訳は以下の通りです (写真 1)。

- ・加盟国：ブルネイ (2 名)、カンボジア (3 名)、中国 (3 名)、インドネシア (2 名)、日本 (3 名)、韓国 (3 名)、ラオス (2 名)、マレーシア (2 名)、モンゴル (1 名)、ミャンマー (1 名)、パプアニューギニア (1 名)、フィリピン (1 名)、タイ (5 名)、東ティモール (2 名)、ベトナム (2 名)
- ・諮問委員会 (Advisory Group)：2 名
- ・CCOP 事務局：8 名

主な議事を以下に紹介します。

(1) 開会式

CCOP 事務局による各国代表者の紹介に引き続き、Le Quoc Hung 氏 (ベトナム CCOP 代表) の歓迎挨拶、中尾信典氏 (CCOP 管理理事会議長、地質調査総合センター長) による開会挨拶がありました。

(2) CCOP 2024 年 (1 月 1 日～12 月 31 日) の活動報告

Young Joo Lee 氏 (CCOP 事務局長) による 2024 年の主な活動報告として、Tola SREU 氏 (カンボジア) が ASEAN-Korea Cooperation Fund (AKCF) プロジェクトのコーディネーターとして着任したこと、CCOP 事務局の建物の改装工事が終了したこと、財政状況の概要が報告されました。また、第 82 回管理理事会 (カンボジア・シェムリアップ) 及び第 60 回年次総会 (マレーシア・ランカウイ島) に関する

¹ 産総研 地質調査総合センター連携推進室

キーワード：CCOP、管理理事会、ベトナム ニャチャン



写真1 第84回CCOP管理理事会の集合写真。

る概要報告、CCOPの出版物、各プロジェクトにおける活動報告、CCOP戦略計画(2021-2025)に基づく活動内容、及び今後の活動予定の紹介が行われました。

(3) 2024年CCOP新規活動及び活動計画

Songyang Wu氏(CCOP Regional Expert)より、2025年CCOP活動計画が報告されました。新規に追加された2件のプロジェクトとして、CCOP KIGAM Urban Geology Project(2021-2024)と、Geo Climate Urban Awareness for Resilience and Development Projectが紹介されました。また、現在実施中の研究プロジェクト8件、及びトレーニングプログラム5件の活動計画について報告が行われ、その後の審議において2025年の全てのCCOP活動計画は全会一致で承認されました。

(4) 財政委員会報告

Ioannis Abatzis氏(Advisory Group 議長)より、2025年3月3日(日)に開催された財政委員会の報告、及びCCOP管理理事会への提案が発表されました。

まず、CCOPがメンバーとなっているOneGeologyプロ

ジェクトに関して、各加盟国内において、OneGeologyプロジェクトで構築したデータベースの活用を促すよう提案がありました。また、CCOP事務局員の給与については加盟国による加盟金の増額に基づくこと、及びCCOP事務局が第84回管理理事会の経費を負担することによる2025年度予算案修正について、報告がありました。さらに、今回の管理理事会経費負担の問題に関連して、CCOP事務局がCCOP年次総会・管理理事会を開催する加盟国に対して支援するためのガイドラインを作成することが提案されました。

また、2025年はCCOP事務局が2025-2030年長期戦略計画を立案する年度となります。そのために、プロのファシリテーターを雇うことが提案されました。

(5) 2025年CCOP予算案の修正

Young Joo Lee氏により、2025年CCOP予算について以下の修正案が発表され、参加国一致で承認されました。

歳入：USD 544,014

予算：USD 544,014(第83回管理理事会での予算案：USD 542,106)

(6) 次回以降の年次総会・管理理事会の開催予定

- ①第 61 回年次総会・第 85 回管理理事会：ラオス・ビエンチャン（ヴァンヴィエン）、2025 年 11 月 2 日～7 日
- ②第 86 回管理理事会：ブルネイ（2026 年 4 月 6 日～9 日）
- ③第 62 回年次総会・第 87 回管理理事会：日本・つくば市（2026 年 10 月 25 日～30 日）
- ④第 88 回管理理事会：東ティモール（2027 年 3 月または 4 月）
- ⑤第 63 回年次総会・第 89 回管理理事会：フィリピン（2027 年秋）

(7) その他

Songyang Wu 氏が 2026 年 4 月 30 日をもって、2 期目の Regional Expert の任期を満了します。それに伴い、CCOP 事務局は新たな Regional Expert（任期：2026 年 5 月 1 日～2028 年 4 月 30 日）を募集します。

2026-2030 年度 CCOP 戦略プランを計画するため、ワーキンググループを設置し、2025 年 1 月より活動を開始しました。各加盟国から 1～2 名のワーキンググループ員を募集、ワーキンググループは 2 回（Online：2025 年 5 月 28 日～29 日、In-person：2025 年 9 月 2 日～4 日）を通じて戦略プラン（案）を作成し、2025 年 11 月の第 85 回管理理事会で承認を得る予定です。

2025 年 2 月、スウェーデン地質調査所（SGU）より、CCOP 協力国からの脱退する旨の連絡がありました。理由は、SGU はアジア地域で研究活動を行っていないことです。SGU は、EuroGeoSurveys（EGS）のメンバーであり、EGS は CCOP の協力機関であることにより、今後は EGS を通じて CCOP を支援します。

(8) CCOP 事務局長交代式

2024 年 12 月に実施された CCOP 事務局長選挙において、次期事務局長（2025 年 4 月～2028 年 3 月）に MA Yongzheng 氏（中国地質調査局副局長）が選出されました。そこで、今回の管理理事会の最後に、現 CCOP 事務局長の Young Joo Lee 氏から新 CCOP 事務局長に就任する MA Yongzheng 氏への交代式が開催されました。

3. おわりに

今回の管理理事会では、特に財政上の問題が大きく注目されたと感じました。昨今の世界的な物価上昇に伴う CCOP 事務局員の給与問題、ほぼ輪番制で開催している年次総会・管理理事会における経費負担問題、CCOP プロジェクトの運営費などについては、簡単に解決できる問題ではありません。加盟費の値上げについても、その根拠が明確に示されないと、各加盟国からの賛同を得ることは難しいと思います。そのためにも、CCOP の活動をより一層活性化・充実させると同時に、各加盟国内におけるアウトリーチ活動も重要になってくると思います。

UCHIDA Youhei (2025) Report on participation in CCOP 84th Steering Committee Meeting.

（受付：2025 年 4 月 17 日）

地質標本館イベント「ガイドツアー」開催報告

福田 和幸¹・下川 浩一¹・村岡 やよい²・小川 浩¹・高橋 正明¹

1. はじめに

地質調査総合センター（以下、GSJ）地質標本館では、イベント「地質標本館ガイドツアー」（以下、「ガイドツアー」）を開催しています。ガイドツアーとは、専門の研究者と一緒に約1時間館内を巡り、展示物について詳しく解説を聞くことで地質について理解を深め、より身近に感じてもらうことを目的としたイベントです（福田，2024）。2024年度には、2024年10月26日（土）、および2025年3月8日（土）の計2回のガイドツアーを実施しました。ここでは3月に開催したガイドツアーについて報告します。ガイドツアーではあらかじめ「地質標本館展示解説登録者」に登録されたGSJの研究者から希望者を募り、自身の研究に関連する「テーマ」に沿って、研究者に地質標本館展示物の解説・案内をしてもらっています。普段一般の方々がGSJの研究者に接することは少ないと思いますが、本ガイドツアーは、研究者のテーマに沿って、研究者から直接、地質標本館展示物の知らなかった部分をより詳しく解説してもらおうという趣旨のイベントです。

2. 当日の様子

2025年3月8日（土）に開催したガイドツアー（第1図）について、その様子を報告します。

今回は、それぞれ異なるテーマで4人の研究者による計4回のツアーを行いました（第1表）。各テーマの募集定員をそれぞれ15名に限定し、ウェブサイト上での事前予約を行いました。予約開始から数時間で一部の回は定員に達し、3日以内にほぼ全ての回が定員に達するほどの人気ぶりであり、多くの方に認知される、定着したイベントになってきていることを感じます。

「地震と活断層のはなし」の回では、下川が担当しました。最初にロビーへ移動し、地震計について簡単に紹介・説明し、天井の展示物で日本列島の地震の起こり方や被害地震の分布の説明の後、東日本大震災の後に仙台市若林区でのジオスライサー調査で採取した津波堆積物のはぎ取り標本を示して、津波堆積物調査の成果を解説しました。そ



第1図 2025年3月8日開催のポスター。

の後、活断層トレンチ調査の成果として、糸魚川 - 静岡構造線活断層系の岡谷断層のはぎ取り標本から活断層の活動時期の読み取りや活動時期の予測について説明しました。第1展示室では、日本列島大型3Dプロジェクションマッピングを用いて、地形や地質図、衛星写真などの基図の上に、構造線や活断層分布、活火山など様々なデータを重ねることにより、それらの関係がわかりやすく示されることを説明しました（第2図）。また、第2展示室では、太平洋の海底地形模型でプレート境界の説明と、世界の地震はほとんどこれらの境界で発生していることを、世界の地震分布図のパネルとともに説明しました。さらに、第3展示室では、東北地方太平洋沖地震で液化化した千葉県神崎町の地層のはぎ取り標本の前で液化化の痕跡について解説するとともに、新しい学問分野としての地震考古学に触れました。

「石と地質図のはなし」の回では、村岡が担当しました。第4展示室では、好きな石、特に花崗岩の話から始まり、岩石・鉱物のでき方、分類の説明を行いました。また、第1展示室の地質図のコーナーでは、実際に研究者が野外調

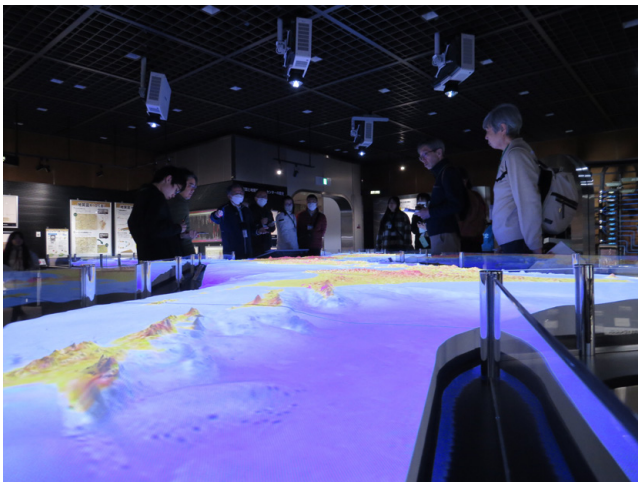
¹ 産総研 地質調査総合センター地質情報基盤センター

² 産総研 地質調査総合センター地質情報研究部門

キーワード：地質標本館、イベント、ガイドツアー、展示解説登録者

第1表 ガイドツアーのプログラム.

時間	テーマ	解説者
9:45～10:45	「地震と活断層のはなし」	下川浩一（地質情報基盤センター）
11:15～12:15	「石と地質図のはなし」	村岡やよい（地質情報研究部門）
13:30～14:30	「鉱物の形と結晶構造のはなし」	小川 浩（地質情報基盤センター）
15:00～16:00	「温泉と地熱のはなし」	高橋正明（地質情報基盤センター）



第2図 「地震と活断層のはなし」の様子.



第3図 「石と地質図のはなし」の様子.

査を実施し、現地で岩石を採取して、分析・検討を重ねて何年もかけてようやく1枚の地質図ができるので、地質図作成はとても手間がかかる大変な作業だという説明を行いました(第3図).

「鉱物の形と結晶の形」の回では、小川が担当しました.最初に映像室で、鉱物の形を決める要因には結晶構造の対称性と物理的・地学的要因があることを講義形式で説明しました.その後参加者には第4展示室、2階廊下の青柳鉱物標本の前で特徴的な外形を示す鉱物標本を実際に観察していただきました(第4図).最後に、第3展示室で結晶構造がもたらす特異な現象である複屈折を、方解石と偏光板を使って観察していただきました.

「温泉と地熱のはなし」の回では、高橋が担当しました.第1展示室の日本列島大型3Dプロジェクションマッピングを用い、日本の東西南北の端、あるいは最高標高にある温泉の紹介を行いました.第3展示室では富士山と箱根火山の3D模型を用いて箱根温泉の形成機構、泉質分布を説明した後、日本の地熱資源のパネルを用いて地熱発電の現状について解説を行いました(第5図).最高標高の温泉の



第4図 「鉱物の形と結晶構造のはなし」の様子.

近傍にある通称「^{ずいどう}高熱隧道」の熱の起源に関する質問など、活発な質疑応答がありました.

参加者にはガイドツアー終了後にアンケートをお願いしましたが、「ただ展示物を見ているだけではわからなかったことを詳しく解説してもらい勉強になった」、「初めて専門



第5図 「温泉と地熱のはなし」の様子。

家の方の話を直接聞くことができ、また話すことができた貴重な体験となりました」など、非常に満足したという感想をいただきました。また「実際の野外に行って一日ガイドツアーをして欲しい」という要望もいただきました。

3. おわりに

地質標本館ガイドツアーを開催するにあたり、計画段階から実施に至るまで、多くの職員の方々にご協力いただき

ました。ここに御礼を申し上げます。ある回では、大学院に進むか就職するかを悩んでいる学生や、4月から大学の地学専攻に入学予定の学生らから「どうして研究者になったのか」など将来に関する質問も多くありました。このようなことから、従来のガイドツアーのように地質標本館展示物を解説・案内するだけでなく、研究者と意見を交わしながら研究者との距離を縮めるエクスカージョン型のガイドツアーも将来地質学を目指す若者にとって必要なものと思い、新たな試みとして検討しています。地質標本館では今後もGSJの研究成果発信や一般地学・地球科学の普及に努めてまいります。

文 献

福田和幸（2024）地質標本館イベント「ガイドツアー」開催報告。GSJ地質ニュース，13，260-263。

FUKUDA Kazuyuki, SIMOKAWA Koichi, MURAOKA Yayoi, OGAWA Hiroshi and TAKAHASHI Masaaki (2025) Report on the guided tour of the Geological Museum.

（受付：2025年4月22日）



雨澤 勇太 (あめざわ ゆうた)

活断層・火山研究部門 地質変動研究グループ

今年度より活断層・火山研究部門地質変動研究グループに着任しました雨澤勇太と申します。専門は地震学です。2022年3月に弘前大学大学院理工学研究科で学位を取得し、地震テクトニクス研究グループでポスドクとして1年半勤務しました。その後、東京科学大学(旧東京工業大学)理学院地球惑星科学系で助教として1年半勤務しました。

私の研究興味は「地殻流体と地震・火山活動の関係」です。P波・S波が反射・散乱されて生じる後続波を活用した地球内部構造の研究や群発地震の研究を行っています。今後は、長期的な地質変動と火山性流体の評価に関する研究に取り組み、地層処分等の社会実装に科学で貢献していきたい所存です。どうぞよろしくお願いいたします。



新谷 直己 (あらや なおき)

活断層・火山研究部門 マグマ活動研究グループ

活断層・火山研究部門マグマ活動研究グループの新谷直己と申します。2020年3月に東北大学で学位を取得しました。その後は、大学院の教育プログラムに従事をして博士人材の育成に携わりました。私の専門は火山学・岩石学です。火山噴出物に含まれる鉱物やガラスには、火山の地下でいつ・どういった現象が起きていたかが、化学組成として記録されています。元素濃度や組成の細かな不均質さを調べて、数値シミュレーションを組み合わせることで、噴火の発生メカニズムについて研究してきました。産総研では、これまでのスキル・経験を発展させて、火山の活動予測に関する研究に取り組んでいきたいと思っています。どうぞよろしくお願いいたします。



池永 有弥 (いけなが ゆうや)

活断層・火山研究部門 大規模噴火研究グループ

活断層・火山研究部門大規模噴火研究グループに配属されました池永有弥と申します。東京大学大学院理学系研究科で学位を取得後、同大学地震研究所で2か月、同大学理学系研究科で1年、ポスドクとして在籍していました。これまでは主に伊豆大島をフィールドとして、爆発的噴火の推移やメカニズムを地質・物質科学的に調べてきました。昨年度からは火山性津波に関する研究にも携わっています。

これまでの火山研究のバックグラウンドに加えて火山性津波に関する研究で経験した手法も取り入れながら、噴火の履歴や推移、マグマシステムや噴火メカニズムの解明を通じて火山災害の軽減に貢献していきたいと思っています。どうぞよろしくお願いいたします。





木尾 竜也 (このお たつや)

活断層・火山研究部門 マグマ活動研究グループ

ガタガタ——窓が音を鳴らし身体が揺れると、皆さんは何を思い浮かべますか？多くの方が地震を疑うかもしれませんが、私を含む多くの鹿児島県民にとってとっさに思いつくのは桜島の噴火です。そんなことから、大学では故郷に関わる研究を行いたいと火山の道に進みました。

私はこれまで、約 1.3 万年前の桜島最大の噴火である薩摩噴火を対象に、その噴出物の調査・分析から噴火推移の復元に取り組んできました。今後、マグマ活動研究グループの業務では、今までの研究を継続しつつ桜島—始良カルデラ系のマグマ活動の時空間的变化に関する研究に従事します。火山活動の中長期予測に資する成果を得られるよう励みますので、どうかよろしくお願いいたします。



太田 耕輔 (おおた こうすけ)

活断層・火山研究部門 活断層評価研究グループ

活断層・火山研究部門活断層評価研究グループの太田耕輔です。東京大学で学位取得後、産総研で約 2 年間特別研究員として所属しました。

私はこれまで、地質調査に加えて放射性炭素年代測定の手法開発を通じて、過去の自然災害の発生時期を高精度で解明する研究を行ってきました。具体的には、山梨県の本栖湖で掘削された堆積物の花粉化石や湖水の分析により、過去の富士山噴火の時期を高精度に推定しました。また、産総研では主に九州・中国地方の沿岸域・陸域の活断層調査を行っています。今後も、積極的に活断層研究に取り組むとともに、それらの成果を通じて政府の活断層評価や産総研が掲げるレジリエントな社会の構築に貢献したいと思います。



井上 智裕 (いのうえ ともひろ)

地図資源環境研究部門 物理探査研究グループ

太陽活動などにより地球内部では、電磁場の変動が起きることで電流が流れていますが、その変動を地震や音のように体感することはできないと思います(残念ながら私は体感できません)。私は、地中を流れる電磁場を観測し、地下構造を電気の通りやすさとして可視化する物理探査研究に取り組んでいます。観測データから比抵抗構造をモデリングし、流体分布やマグマ供給系、内陸地震の発生場を推定しています。これまでに阿寒カルデラ、伊豆東部火山群や丹那断層周辺で電磁探査を行ってきました。その際には、各地域の地質や地形を目で感じ、特産品の美味しさを舌で感じ、調査の難しさも感じながら研究を進めてきました。ご指導ご鞭撻の程よろしくお願いいたします。





石橋 未来 (いしばし みく)

地圏資源環境研究部門 地下水研究グループ

本年度より、修士卒研究職として地圏資源環境研究部門の地下水研究グループに配属されました石橋未来と申します。私はこれまで火山地域を対象に、水質や同位体比、CFCs などを用いた水文学的手法により、地下水の流動過程の解明に取り組んでまいりました。今後は主に「水文環境図」の作成業務に携わる予定です。流域全体の地下水の流れや水質の可視化を通じて、地域の地下水資源の適切な利用と保全に貢献したいと考えております。

今後は恵まれた研究環境で日々を過ごせることに感謝しながら、分野を問わず多くの方々と積極的に交流し視野を広げることで、さらなる自己研鑽に努めてまいります。これから何卒よろしくお願い申し上げます。



長澤 真 (ながさわ まこと)

地圏資源環境研究部門 鉱物資源研究グループ

地圏資源環境研究部門・鉱物資源研究グループの長澤 真です。出身は神奈川県藤沢市で、早稲田大学創造理工学部環境資源工学科を卒業後、東京大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻で博士（理学）の学位を取得しました。その後、産総研特別研究員として1年間、同グループに所属しておりました。

専門は地球化学で、これまでは放射光を用いたX線吸収微細構造（XAFS）法などによる化学種解析に基づき、希土類元素鉱床の成因解明や地化学探査に関する基礎研究を行ってきました。今後はこれまでの知見を活かした応用研究（探査法の確立や製錬工程に関する研究など）にも挑戦していきたいと思っています。ご指導ご鞭撻の程どうぞ宜しくお願い致します。



中西 諒 (なかにし りょう)

地質情報研究部門 海洋地質研究グループ

故郷である北海道にて高校理科教員を4年勤め、東京大学大気海洋研究所で博士号を取得し、京都大学で特別研究員を経て地質情報研究部門の一員となりました。

博士課程までは北海道西部太平洋沿岸において津波堆積物調査を行い、千島海溝や北海道駒ヶ岳噴火に伴う津波の履歴や規模の研究に携わってきました。ポスドクでは研究船調査によって堆積物コアや浅部地層断面を取得し、観測地震による土砂移動を調査しました。

海洋地質研究グループでは表層堆積図を担当することで、堆積物輸送の Source to Sink を考える上で重要な情報をまとめたいと考えています。地震による土砂移動を再現することで、地層記録から過去の震度分布や震源を推定することを目指しています。



GSJ 地質ニュース編集委員会

委員長 中 島 礼
副委員長 戸 崎 裕 貴
委員 竹 原 孝
天 谷 宇 志
草 野 有 紀
宇 都 宮 正 志
山 岡 香 子
大 滝 壽 樹

事務局

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
地質調査総合センター
地質情報基盤センター 出版室
E-mail : g-news-ml@aist.go.jp

GSJ 地質ニュース 第 14 巻 第 10 号
令和 7 年 10 月 1 日 発行

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
地質調査総合センター

〒 305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1
中央事業所 7 群

GSJ Chishitsu News Editorial Board

Chief Editor : NAKASHIMA Rei
Deputy Chief Editor : TOSAKI Yuki
Editors : TAKEHARA Takashi
AMAGAI Takashi
KUSANO Yuki
UTSUNOMIYA Masayuki
YAMAOKA Kyoko
OHTAKI Toshiki

Secretariat Office

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
Geological Survey of Japan
Geoinformation Service Center Publication Office
E-mail : g-news-ml@aist.go.jp

GSJ Chishitsu News Vol. 14 No. 10
October 1, 2025

Geological Survey of Japan, AIST

AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1, Higashi, Tsukuba,
Ibaraki 305-8567, Japan

薩摩藩が築庭した仙巖園と園内で使用されている吉野火砕流堆積物起源の石材

[cover photo](#)



鹿児島市東方にある仙巖園^{せんがんえん}は、薩摩藩が築庭した錦江湾や桜島の景観を巧みに取り込んだ庭園として知られている。その名称は、中国の龍虎山仙巖の風景に似ていることに由来する。園内には石垣や石堀など石材を用いた構造物が様々見られるが、特に著名なものは、1857年にガス灯実験に用いられた鶴灯籠（写真左手）であろう。石材は、周辺に分布する約 0.4 Ma に噴出した吉野火砕流堆積物の溶結部^{せんじんがん}が切り出されて使用されており、園の裏山の岩壁に刻まれた“千尋巖”の文字もまた、溶結部に彫り込まれている。

（写真・文：七山 太 産総研 地質調査総合センター地質情報基盤センター / ふじのくに地球環境史ミュージアム）

Sengan-en Garden, built by the Satsuma Domain, and the stones used in the garden originated from Yoshino pyroclastic flow deposits, Kagoshima City, Southern Japan.

Photo and caption by NANAYAMA Futoshi