

GSJ

地球をよく知り、地球と共生する

地質ニュース



1月号

-
- 1 年頭のご挨拶 矢野雄策
-
- 3 外核底 (F) の不均質 大滝壽樹
-
- 8 **GSJ 国際研修 2019：概要報告**
最首花恵・高橋 浩・内田利弘・宮野素美子・加野友紀
-
- 14 **20 万分の 1 地質図幅「輪島」(第 2 版) の紹介** 尾崎正紀
-
- 18 **地質や地熱に親しむ 一産総研福島再生可能エネルギー
研究所 2019 年一般公開での地質・地熱展示一**
石原武志・村田泰章・石橋琢也
-
- 21 **「地質情報展 2019 やまぐち
一めくってみよう！大地の図かん一」開催報告**
高橋雅紀・シュレスタ ガウラブ・森田啓子
-
- 28 新刊紹介「京都の災害をめぐる」
-

年頭のご挨拶

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長
矢野 雄策

皆様、新年あけましておめでとうございます。

令和2年の年頭にあたり、産総研地質調査総合センターを代表して謹んでご挨拶申し上げます。

昨年の5月に元号が平成から令和に改められてから半年以上が経ち、新たな年を迎えました。皆様にとって昨年はどのような年でしたでしょうか。また今年はどのような年になるのでしょうか。地質調査総合センターは明治15年の地質調査所創立以来138年目を迎えました。明治、大正、昭和、平成を経て、令和になって初めての新年を迎えたこととなります。その間、昭和54年に神奈川県川崎市溝の口と東京都新宿区河田町の2か所にあった当時の地質調査所が現在のつくばセンターの地に移転したのは40年前のこととなります。また平成13年に産総研の設立によって地質調査所が地質調査総合センターとなってから20年目になりました。時代の変遷の中で地質調査所・地質調査総合センターが社会に果たすべき役割も変化してきましたが、地質を調査し、我が国の基本的な地球科学情報を整備して、その成果を社会に活用していただくというその根本は138年間続いています。今後も、私ども地質調査総合センターは、社会のために調査・研究を続けてまいります。私どもの活動に関して、皆さまから暖かな、あるいは厳しい声をお寄せいただければたいへん幸いです。



「地質調査所百年史」(左)と「地質調査所から地質調査総合センターへ」(右)。

地質調査総合センターの歴史を辿るときに欠かせない資料が「地質調査所百年史」と「地質調査所から地質調査総合センターへ」の2つです。前者は昭和57年、ちょうど地質調査所が100年目を迎えた年に、当時の地質調査所の職員からなる「地質調査所百年史編集委員会」が編集し、地質調査所創立100周年記念協賛会から発行されたものです。後者は産総研ができて次の年の平成14年に「地質調査所から地質調査総合センターへ」編集委員会が編集し、地質調査総合センターが発行したものです。

地質調査所百年史の冒頭は記念協賛会会長平塚保明氏の祝辞、地質調査所長陶山淳治氏の刊行のことは、第7代所長の三土知芳氏の「発刊に寄せて」から始まります。そして、地質調査所の歴史を、その創設以前の我が国の状況から書き記していることが特徴です。すなわち第一章は地質調査所ができるまでの明治初期の鉱床探査の必要性、欧米からの地質学者・鉱山学者の招へい、ナウマンの地質調査に関する政府への意見書などが記載され、ナウマンや後の地質調査所初代所長の和田維四郎^{わたつなしろう}の写真も掲載されています。第二章は明治15年、農商務省に地質調査所が設立されてから日露戦争終結の年である明治38年までの組織の変遷と事業の概要です。地質調査所設立時の処務規定では、「地質調査所は地下埋蔵の天産物を探り、殖産の富源を究め、産業改進の方法を考案し、その適用を指示する所なり。」とあるようです。今でいえば、応用の出口として資源のことが強調されているように見えますが、農商務省ということもあり、その組織には地質係と並んで土性係があり、土壌調査によって土質と植物との反応関係を精査することも任務だったようです。そして明治38年に地質調査所は鉱山局に所属し、土性調査事業は農事試験所に移管されて、地質調査業務に一本化した後は鉱工業との関わりを深めていったようです。なお、当時鉱山局は農商務省の管轄であり、大正14年に農商務省が農林省と商工省に分割された時に地質調査所は商工省鉱山局所属となりました。

百年史は、この後、事業の拡張期(明治38年～大正14年)、地下資源の重視(昭和元年～20年)、近代化へ

の胎動(昭和20年～39年),地球時代の地質調査所(昭和40年～56年)と続きます。おおよそ20年ごとに当時の地質調査所の活動方向を表した章のタイトルとなっています。この最後の章の中に、100年間の地質調査所年度経費変遷と地質調査所人員変遷のグラフがあります。年度経費変遷のほうは、明治と昭和では物価も全く異なり、経費は対数軸になっているので単純に見ることはできませんが、昭和10年くらいから右肩上がりに経費が伸びており、1980年時点では数十億円になっているようです。人員変遷のほうは、昭和初期までは100名以下で推移していましたが、第二次世界大戦後の昭和20年代に急激な人員増があり、一時は600名を超えた時点もありましたがその後400数十名で漸減している様子が示されています。当時のこの人員は研究員、技術職のほか約100名の事務員も含む人数です。

「地質調査所から地質調査総合センターへ」は産総研発足直後、地質調査所120年目に発行されたもので、その第一章では主に地質調査所の100年～120年間の活動が示されています。第一章の最後に、産総研になる直前の平成13年3月31日の地質調査所機構図があります。所長、次長の下に、組織としては企画室、総務部、地質部、海洋地質部、環境地質部、地震地質部、地殻熱部、資源エネルギー地質部、地殻物理部、地殻化学部、地質情報センター、地質標本館、国際協力室、産学官連携推進センター、北海道支所、大阪地域地質センターが並んでいます。第二章では産総研になって新たに整理された地質調査総合センターの活動が示されています。当時は産総研全体の組織構造として、理事長の直下に50程度ある研究部門と研究センターが配置されていたので、地質調査総合センターは、地質調査に関連した研究部門、研究センター、管理関連部門等の集合体の総称であり、長を有する組織ではありませんでした。しかし、当時でも120年の歴史を有する地質関連研究者、職員の一体感の意識は高く、「地質調査所から地質調査総合センター」もその一体感の中からまとめられた資料だと思います。

今年は冒頭に書きましたように地質調査総合センター138年目の年です。産総研になってから約20年、その間、地質調査総合センターは再び長を有する組織とな

り、組織としての責任も大きくなっています。この20年間の予算と人員の変化はどうだったでしょうか。産総研になる前には地質調査所年報が毎年発行されており、平成11年の年報(工業技術院地質調査所,2000)によれば、職員人件費を除くいわゆる研究費に相当する額は33億円と読み取れます。人員は、研究職が253名、事務職が67名と読めます。現在ではどうでしょうか。平成30年度の領域評価資料(産業技術総合研究所評価部,2019)によれば、地質調査総合センターの予算(職員人件費は除く)は民間資金、公的外部資金、運営費交付金合わせて約44億円です。人員数は研究職240名となっています。公的外部資金は年によって大きく変動しており一概には言えませんが、産総研設立当初と現在を比較すると、研究予算は少し大きくなり、人員は少し減っているというところです。

この稿を書きながら、少し長期にわたる地質調査総合センターのミッション、予算、人員などを見返してみました。私どもに寄せられる社会からの期待、それに対応する私どもの責任は産総研になってからも決して減じておらず、むしろ大きくなっていることを感じております。産総研は今年の4月から第5期中長期目標期間にはあります。私どもの責務を果たすべく、設定される目標を確実に達成するように努めてまいりますので、皆さま方のご指導ご鞭撻をよろしくお願い申し上げます。

文 献

- 地質調査所百年史編集委員会(1982)地質調査所百年史。地質調査所,162p.
- 「地質調査所から地質調査総合センターへ」編集委員会(2002)地質調査所から地質調査総合センターへ。地質調査総合センター,89p.
- 工業技術院地質調査所(2000)平成11年度地質調査所年報。工業技術院地質調査所,272p.
- 産業技術総合研究所評価部(2019)平成30年度研究評価委員会(地質調査総合センター)評価報告書。産業技術総合研究所評価部,133p. https://unit.aist.go.jp/eval/H30research/h30research_chisitsuchousa.pdf (閲覧日:2019年12月26日)

外核底 (F) の不均質

大滝 壽樹¹⁾

1. 初めに

2017年に「外核の底を探る」と題して、地球の外核底を地震波がすすむ速さをもとめる方法についてGSJ地質ニュースに書きました(大滝, 2017). 今回は, その方法を使って求めた速さ(Ohtaki and Kaneshima, 2015; Ohtaki *et al.*, 2018)について紹介します.

外核の底を, 古くは「F」とよびました. Bullenが1940年に, 地表から順にA(地殻), B(深さ400kmほどまでの上部マントル), C(その下のマントル遷移層), D(下部マントル)とアルファベットをふりました(Bullen, 1940)(第1図). そして1942年に外核にE, 外核の底にF, 内核にGとふったのです(Bullen, 1942). 今, マントルの底が「D」とよばれていますが, これもこの記法によるもので, 下部マントルを二つに分けたうちの深いほうをさします. このように外核の底を独立させたのは, そのすこし前にでたJeffreys(1939)の地震波速度モデルにもとづきます. 内核の発見(Lehmann, 1936)のすぐ後のことです. このモデルにはP波(縦波)速度のととても遅い層が外核の底の100kmほどにあります(遅い層ができたわけやその速度, その後のモデルの変化は, 大滝・金嶋(2018)にすこし書きました). この低速度層はその後のモデルには見られませんが, 以下ではBullenにならって外核の底近くのおよそ300kmほどをF層とよびます.

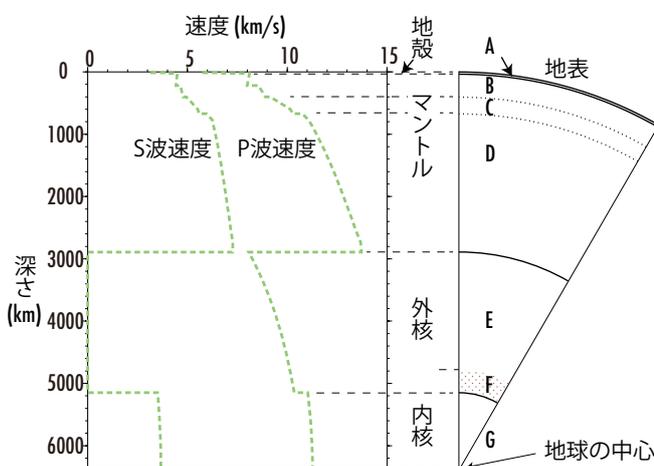
我々の結果は——あとでくわしく説明しますが——北東

太平洋の下とオーストラリアの下とで外核の底近く(F層)のおよそ300kmほどを地震波がすすむ速さが違う, オーストラリア下のほうがちょっと速くて, すこしへんな形をしているのを見つけたというものです(第2図c). オーストラリア下のこの速度の形はもっと浅いところからは予想できません. なにか変わったことが起きていることを示しています. 速度の違いは最大で0.4%(0.04 km/s)ほどのわずかな差です. しかし, 私たちはこの差がたしかにあると考えています. 深さは同じでも場所によって外核を地震波がすすむ速さ(以下, 簡単に速度とよびます)が違うというのは, とても不思議なことです. 外核の中の速度は, 深さが同じであればそこに含まれている元素の割合でまず決まります. であれば, 速度の違いは元素の割合が違うということですが, それなら, 密度も違うはずですが. 実際, オーストラリアの下に軽いものが溜まっていると考えたほうがよさそうです. しかし, 外核は液体でとても流れやすいため, 同じ深さのところを比べると密度はほとんど同じとなるはずなのです.

外核の底, Fでなにが起きているのか, なぜ軽い液体が底近くにたまってられるのかはまだよく分かりません. それに, 私たちが調べられたのもまだF層全体の中で限られた場所だけです. ですので, 今回は不思議なことを見つけた, というところまでです. では, 順をおってお話しします.

2. 外核底を地震波がすすむ速さが違う

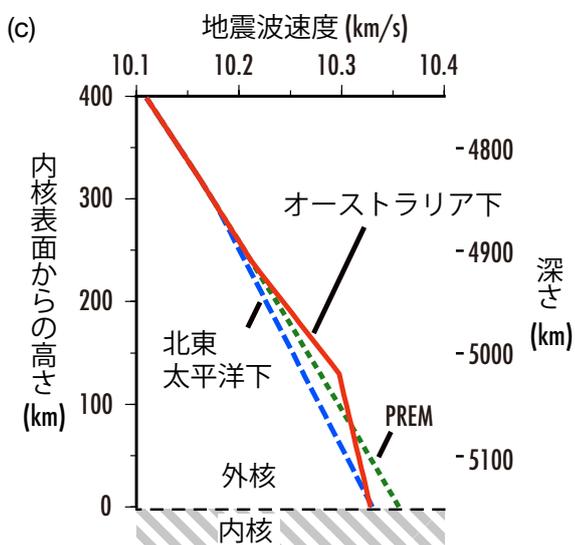
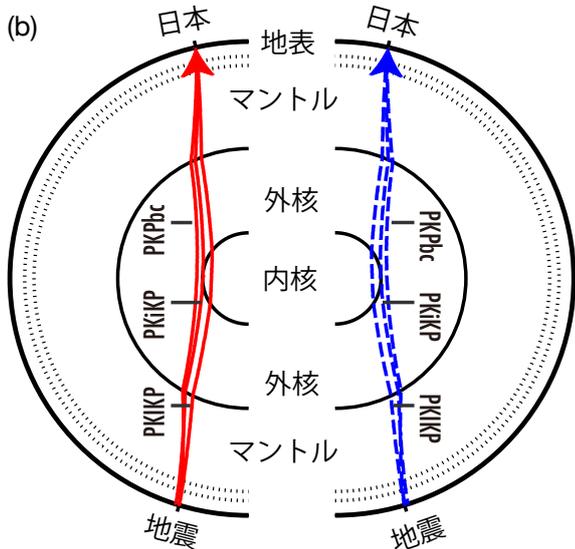
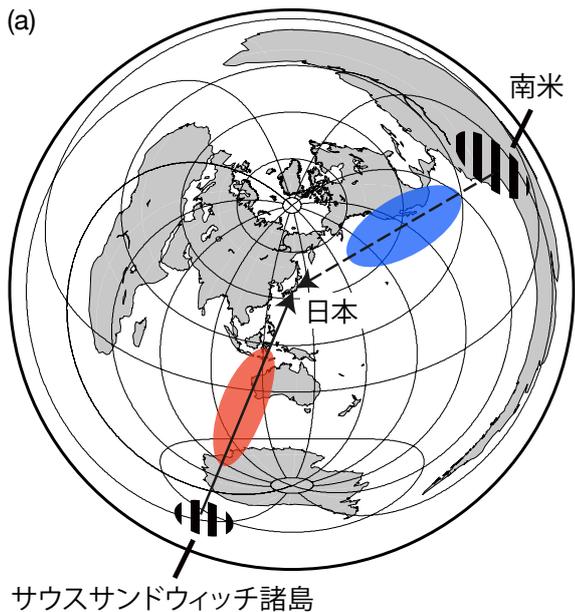
地震波を使って外核の底近く(F層)を調べるためには, そこをうまくとおる波を選ばなくてはなりません. そのような波は, 地球の中心からみて震源から150°くらいはなれた, 地球の反対側に近いところで地球の表面に



第1図 標準的なモデルとして今でも使われているPREM (Dziewonski and Anderson, 1981)の地球のなかの速度. 縦軸は地球の表面からの深さを, 横軸はP波速度とS波速度の大きさを示す. 図の上ほど浅い. 図の右に, マントル, 外核, 内核と, Bullen(1940, 1942)が命名したA, B, C, D, E, F, Gの位置を示した. 速度モデルが当時のものとは違うため, A~Gの深さの範囲も当時とはすこし変えている.

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: 地震波速度, 外核, F層, 不均質, 化学組成



届きます(第2図b)。その波を日本にあるHi-net(汐見ほか, 2009)という地震観測網でとらえることにしましょう。この観測網は観測点の間隔が狭くて数も多いため、今回の観測には一番使いやすいのです。そうすると、この観測に使える地震も限られてきます。日本から150°ぐらい離れていて、観測網まで十分な大きさの波を届かせられるような地震は、南米大陸の下とその南にあるサウスサンドウィッチ諸島だけにしかありません(第2図a)。このとき、地震波はともに地球の中心近く、外核底(F層)や内核まで潜ってから日本に着きます(第2図b)。このうち、図にPKPbcと書いてある波がF層を長くとおってくる波で、今回、中心的な役割をはたしました。南米からきたPKPbc波は、北東太平洋下でF層をとおります。サウスサンドウィッチ諸島からの波は、オーストラリア下です。

前回説明したように(大滝, 2017), F層の地震波速度をうまく求めるために私たちは観測された波で時間差を二種類測っています。まず、外核底で反射する波(PKiKP, 第2図b)とその上をかすめる波(PKPbc)が観測点につく時間の差です。つぎに、かすめる波が観測点につく時間が周波数によってすこし違うことを使います。私たちは、この波と内核をとる波(PKIKP)の時間差を二つの周波数帯で測ってその差をとりました。その結果、南米から日本に届いた波とサウスサンドウィッチ諸島から届いた波とで、この二種類の時間差どちらにも違いがありました(Ohtaki *et al.*, 2018)。この二種類の時間差の違いはどちらも、北東太平洋下とオーストラリア下でF層の速度に違いがあること(第2図a)を示しています。

北東太平洋下では、一つめの時間差は、代表的なモデルであるPREM(第1図, Dziewonski and Anderson, 1981)の速度よりF層がすこし遅いことを示しています。

第2図 (a) 日本を中心とした正距方位図(中心から地図上の各点への方位と距離が正しくあらわされた図)。この図では、中心と地球上のほかの点とを結ぶ最短距離が直線であらわされる。南米でおきた地震がおこした波は日本との中間にあたる北東太平洋下のF層(外核の底近く)を、サウスサンドウィッチ諸島の地震からの波はオーストラリア下のF層をサンプリングする。私たちが解析に使った地震の場所を斜線で、波がF層をとった場所を青と赤の楕円で示した。(b) 解析に使ったF層をとる3つの波線。外側から順にPKPbc, PKiKP, PKIKPとよばれる。左右の図は同じ波をあらわしているが、二つの地域で起きた別の地震からの波だということを示すために別の図とした。図ではこの三つの波がとおる場所はほとんど変わらないように見える。これが、PKPbcとPKIKPが、そしてPKiKPとPKIKPが観測点についた時刻の引き算をする嬉しいことの原因である。(c) 解析の結果、北東太平洋下とオーストラリア下で外核の底の速度が違うという結果がえられた(Ohtaki *et al.*, 2018)。図には第1図に載せた標準的地球モデルPREMもあわせて示した。縦軸には、内核の表面からの高さを図の左に、地表からの深さを右に示した。図の上ほど浅い。

二つめの時間差は、外核の底近くでは深くなるにつれ速度が PREM よりゆっくり上がることを示しています。この二つをともに満足するようなモデルは、速度が PREM よりすこし遅くてゆるやかに変化するというものです(第2図c)。一方、オーストラリアの下では、一つめの時間差は F 層の平均速度が PREM とほぼ同じだと言っています。しかし、二つめの時間差は、外核の底で PREM や北東太平洋下よりもっとゆっくり速度が上がると言っています。この二つを同時に満足するモデルは、第2図cに示したようなものしかありません。このモデルは、外核と内核の境界のすぐ上では、北東太平洋下と同じくらいの速度をもっているのですが、そこからあまり下がらず、100 km ほど上で PREM より速くなります。さらに上に(浅く)なると、速度は PREM より急速に下がり、境界から 250 km ほど上で PREM と同じになります。なお、モデルを作るときに北東太平洋下では外核最下部に層を一つ、オーストラリア下は層を二つおきました。そして、層の中では速度の傾きは深さによって変わらないとして決めています。オーストラリア下のモデルには急な折れまがりが見えますが、これはこのためです。

このような外核底付近の速度不均質については、以前にも Souriau (2015), Yu *et al.* (2005) がより広い範囲のデータを使って求めています。今回の結果は狭い範囲での結果ですが、底付近の速度やその勾配がより正確にもとまる方法を使って決めている点が特徴です。

3. 速度を化学組成に翻訳する

外核底を地震波がすすむ速さが場所によって違う、というのが前章の結論でした。では、どうして速度が違うのでしょうか？

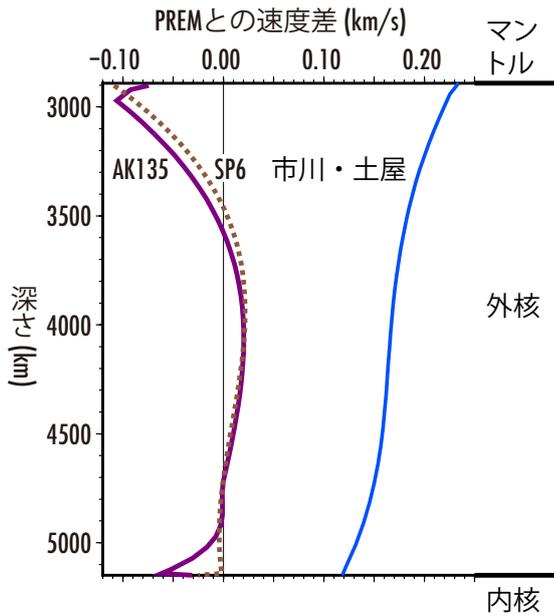
速度の違いに入る前に外核と内核について簡単に説明します。外核は、地殻やマントルの下、内核の上にあります(第1図)。外核は液体で、内核は固体です。その境は地表から深さ 5,150 km ほどにあります。外核・内核ともに鉄がその重さのほとんどを占めますが、ニッケルやもっと軽い元素も含まれていると考えられています。外核に含まれている軽い元素がなにかはいま盛んに調べられていますが、だいたい酸素・硅素・硫黄・炭素・水素の五つに絞られるようです(大谷, 2018)。内核と外核の密度の違いから、この軽い元素は内核より外核に豊富に含まれていると考えられています。外核が液体である、ということは、外核の中をすすむ横波(S波)が見つからないことや潮汐などの観測から分かります(Bolt, 1982)。

地震波のすすむ速さに話を戻しましょう。外核では温度が変わっても地震波の速度はほとんど変わらず、鉄やニッケルのなかに軽い元素がどれだけ入っているかによって変化します(市川・土屋, 2018)。逆に言えば、同じ深さで速度が違ってれば、それは組成の違い——どの元素がどのくらい含まれているか——を意味します。軽い元素が増えるほど、地震波は速くすすみます。ここ数年で、外核の地震波の速度を化学組成に翻訳することができるようになってきました。その一つの例が、市川・土屋(2018)です。彼らは、地震学のモデルである PREM の外核密度と速度をよく説明する化学組成を先にあげた五種の軽元素についてそれぞれ求めました。えられたモデルはまだ PREM などの地震学モデルと差があります(第3図)。酸素を例にとると、その差は地震波速度で 0.1 ~ 0.2 km/s 程度と、地震学モデル間の差よりもすこし大きいです。ですが、地震波の観測から求めた波の速度と高压科学がえた波の速度とを直接比べられるようになったことは、大きな進展です。

そして、この市川・土屋の論文のもう一つ大きな成果は、軽元素がすこし多い、あるいは少なかったときに地震波の速度がどれだけ変わるかがわかるようになったことです。彼らの結果を使って、Ohtaki *et al.* (2018) では第2図cに示した速度の違いを酸素濃度の差に変換しました。外核中にどの軽元素があるのかはまだわかりませんが、酸素は固体(内核)にはとくに入りにくく、液体が固化するときには外核に残りやすい元素です。その変換の結果、速度の違いが酸素濃度の違いだとすれば、内核表面から 100 km ほど上の、差が一番大きいところで、濃度の違いは 1 % 弱となることがわかりました(第4図)。北東太平洋下をふつうの外核だと考えると、我々の結果は、オーストラリア下の F 層に北東太平洋より軽い元素が多く溜まっていることを示しています。

4. F 層の化学組成不均質

このような化学組成の違いはどうしておきるのでしょうか？ 私たちは、内核の中を地震波がすすむ速さが東と西とで違うことと関係があるのではないかと考えています。内核の上のほうは東側と西側(アジアの下とアメリカの下)とで速度が 1 % くらい違うことがわかっています(田中, 2018)。内核は外核の液体が固まってできたものです。その固まる場所が偏っていて、新しくできたところと古いところとで速度が違うのではないかという説が、いくつか出されています(例えば Aubert *et al.*, 2008; Alboussière *et al.*, 2010; Monnereau *et al.*, 2010)。内核に含まれる軽

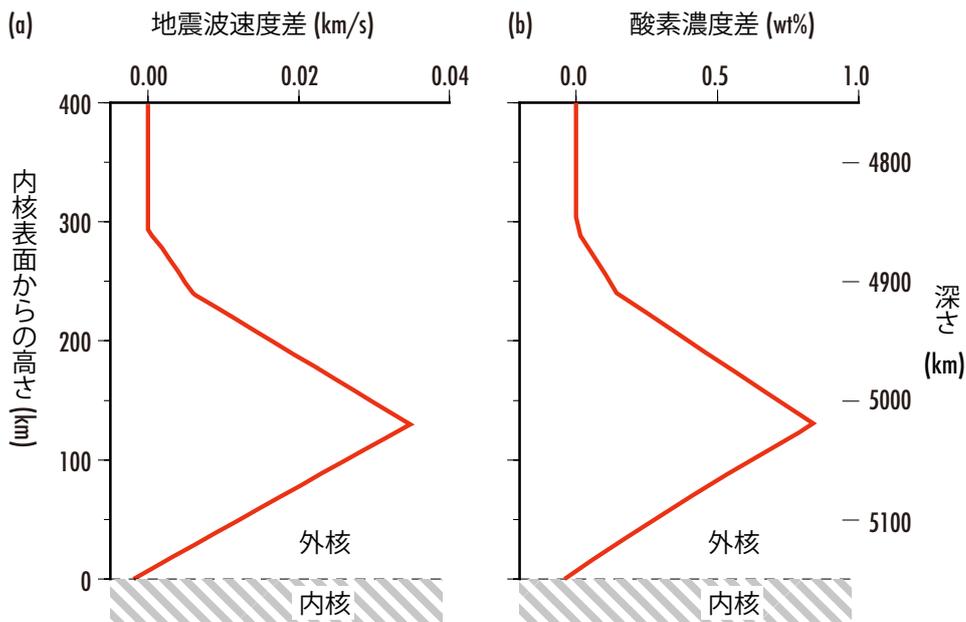


第3図 外核中のP波の速度. 図の上端は外核とマンツルの境, 下端は外核と内核の境である. AK135モデル(紫線, Kennett *et al.*, 1995), SP6モデル(茶点線, Morelli and Dziewonski, 1993)のPREMモデル(Dziewonski and Anderson, 1981)からの速度差を示した. この三つのモデルはみな, 地球各地の地震波の観測をあつめて地球全体を平均したモデルであり, 深さが同じならどの場所でも速度が同じとしている. 高圧科学のモデルである市川・土屋(2018)の速度モデルとPREMとの差(青線)もあわせて示す. このモデルでは, 第一原理分子動力学計算をつかって鉄-ニッケル-酸素系金属液体の状態方程式を決定し, PREMの外核中の密度と速度をもっともよく説明する酸素濃度を求めている.

元素は外核より少ないので, 外核の液体が固まるときに余分な軽元素が外核中に残るはずですが, 固まる場所が偏っているとしたら, 外核底近くで場所により軽元素の濃淡があるかもしれません. この違いがF層の不均質, 場所により軽元素の量が違う現象として見えているのではないかと, 私たちは考えています.

地球の磁場は外核内の流体の流れが引き起こしています. この流体運動を維持する源の一つとして, 外核の液体が固まるときに放出される軽元素が考えられています(Stacy and Davis, 2008; 吉田, 2018). 我々の研究は, 外核最下部で軽元素の濃度にむらがある(場所によって違う)ことを示しており, この対流運動に制約をあたえられるのではないかと, 期待しています. とはいえ, まだF層を二ヶ所で調べただけです. 外核内の流体運動をもっと理解するためには, さらに多くの場所で調べていく必要があるでしょう.

謝辞: 本稿で紹介した外核底の研究は金嶋 聡氏(九州大学), 市川浩樹氏(当時, 愛媛大学・東京工業大学), 土屋卓久氏(愛媛大学)との共同研究に基づいています. 金嶋氏・土屋氏からは本稿についても有益なコメントをいただきました. 描図はGMT (Wessel and Smith, 1998), 波線計算はTauP Toolkit (Crotwell *et al.*, 1999)で行いました. ここで紹介した研究にはJSPS 科研費 JP15H05832, JP15H05834 を使用しました.



第4図 (a) 第1図に示した二つの地域の速度の差. オーストラリア下の速度から北米下の速度を引いた値を示した. (b) この速度差を市川・土屋(2018)の結果を使い酸素濃度の差に変換した. オーストラリアの下, 内核の表面より100 kmほど上がったところに, 酸素濃度が高い場所がある. 縦軸には内核の表面からの高さ(図左)と地表からの深さ(図右)を示した.

文 献

- Alboussière, T., Deguen, R. and Melzani, M. (2010) Melting-induced stratification above the Earth's inner core due to convective translation. *Nature*, **466**, 744–747, doi:10.1038/nature09257.
- Aubert, J., Amit, H., Hulot, G. and Olson, P. (2008) Thermochemical flows couple the Earth's inner core growth to mantle heterogeneity. *Nature*, **454**, 758–761, doi:10.1038/nature07109.
- Bolt, B. A. (1982) *Inside the Earth: Evidence from earthquakes*. W. H. Freeman & Co., Ltd..
- Bullen, K. E. (1940) The problem of the Earth's density variation. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **30**, 235–250.
- Bullen, K. E. (1942) The density variation of the Earth's central core. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **32**, 19–29.
- Crotwell, H. P., Owens, T. J. and Ritsema, J. (1999) The TauP toolkit: Flexible seismic travel-time and ray-path utilities. *Seismol. Res. Lett.*, **70**, 154–160, doi:10.1785/gssrl.70.2.154.
- Dziewonski, A. M. and Anderson, D. L. (1981) Preliminary reference Earth model. *Phys. Earth Planet. Inter.*, **25**, 297–356, doi:10.1016/0031-9201(81)90046-7.
- 市川浩樹・土屋卓久 (2018) 外核の化学組成. 地学雑誌, **127**, 5, 631–646, doi:10.5026/jgeography.127.631.
- Jeffreys, H. (1939) The times of the core waves (second paper). *Mon. Not. Roy. Astron. Soc., Geophys. Suppl.*, **4**, 594–615.
- Kennett, B. L. N., Engdahl, E. R. and Buland, R. (1995) Constraints on seismic velocities in the Earth from traveltimes. *Geophys. J. Int.*, **122**, 108–124, doi:10.1111/j.1365-246X.1995.tb03540.x.
- Lehmann, I. (1936) P. *Publ. Bur. Cent. Seism. Internat., ser. A*, **14**, 87–115.
- Monnereau, M., Calvet, M., Margerin, L. and Souriau A. (2010) Lopsided growth of Earth's inner core. *Science*, **328**, 1014–1017, doi:10.1126/science.1186212.
- Morelli, A. and Dziewonski, A. M. (1993) Body wave traveltimes and a spherically symmetric P- and S-wave velocity model. *Geophys. J. Int.*, **112**, 178–194, doi:10.1111/j.1365-246X.1993.tb01448.x.
- 大滝壽樹 (2017) 外核の底を探る. GSJ 地質ニュース, **6**, 332–337.
- Ohtaki, T. and Kaneshima, S. (2015) Independent estimate of velocity structure of Earth's lowermost outer core beneath the northeast Pacific from PKiKP–PKPbc differential traveltime and dispersion in PKPbc. *J. Geophys. Res. Solid Earth*, **120**, 7572–7586, doi:10.1002/2015JB012140.
- 大滝壽樹・金嶋 聡 (2018) 外核F層の速度. 月刊地球, **40**, 365–370.
- Ohtaki, T., Kaneshima, S., Ichikawa, H. and Tsuchiya, T. (2018) Seismological evidence for laterally heterogeneous lowermost outer core of the Earth. *J. Geophys. Res. Solid Earth*, **123**, 10,903–10,917, doi:10.1029/2018JB015857.
- 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.
- 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 特集号, S1-S7.
- Souriau, A. (2015) Presumption of large-scale heterogeneity at the top of the outer core basal layer. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **415**, 175–182, doi:10.1016/j.epsl.2015.01.024.
- Stacy, F. D. and Davis, P. M. (2008) *Physics of the Earth. Fourth Ed.* Cambridge Univ. Press. (本多 了ほか訳 (2013) 地球の物理学辞典, 朝倉書店)
- 田中 聡 (2018) 内核. 図説 地球科学の事典, 鳥海光弘ほか編, 朝倉書店, 186–187.
- Wessel, P. and Smith, W. H. F. (1998) New, improved version of generic mapping tools released. *EOS Trans. AGU*, **79**, 579, doi:10.1029/98E000426.
- 吉田茂生 (2018) 核の進化と地球磁場変動. 図説 地球科学の事典, 鳥海光弘ほか編, 朝倉書店, 48–49.
- Yu, W., Wen, L. and Niu, F. (2005) Seismic velocity structure in the Earth's outer core. *J. Geophys. Res.*, **110**, B02302, doi:10.1029/2003JB002928.

OHTAKI Toshiki (2020) Laterally heterogeneous lowermost outer core (F layer) of the Earth.

(受付: 2019年10月2日)

GSJ 国際研修 2019：概要報告

最首 花恵¹⁾・高橋 浩¹⁾・内田 利弘¹⁾・宮野 素美子¹⁾・加野 友紀²⁾

1. はじめに

地質調査総合センター(GSJ)は、募集特定寄附金 GeoBank(ジオバンク)プロジェクト(地質調査総合センター, 2019)のジオ・スクールのひとつとして、2019年6月4日から6月21日までの期間、GSJ 国際研修「GSJ International Training Course on Practical Geological Survey Techniques 2019 -Application to Geological Disaster Mitigation-」を実施しました。本研修の目的は、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)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およ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; 原・伊藤, 2018; 牧野・大熊, 2018; 岩男・二宮, 2018; 宝田・Bandibas, 2018; 中澤ほか, 2018; 桑原ほか, 2018; 高橋ほか, 2018)に続き、第2回目の今年度も、GSJ 研究戦略部 研究企画室 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9カ国9名の研修生が参加しました(写真1)。

Chaimongkhon Proeung 氏 (カンボジア石油総局)

Pamela 氏 (インドネシア地質総局)

Altangerel Tamiraa 氏 (モンゴル鉱物資源石油管理庁)

Mohamed Fadzli Bin Rahman 氏 (マレーシア鉱物地球科学局)

Soe Lwin 氏 (ミャンマー地質調査鉱物探査局)

Harley A. Lacbawan 氏 (フィリピン鉱山地球科学局)

Mikhail Edgar Sindang 氏 (パプアニューギニア鉱物政策地質災害管理局)

Jaruwun Nedphab 氏 (タイ鉱物資源局)

Nguyen Van Luyen 氏 (ベトナム地球科学鉱物資源研究所)

2. 研修内容

本研修では、地質図作成や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。野外巡検、地質試料・標本観察、分析・機器観測、コンピュータープログラム実習など実技を多く取り入れ、座学と実技を組み合わせた包括的な



写真1 開校式

1) 産総研 地質調査総合センター 研究戦略部

2) 産総研 地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門

キーワード：国際研修, GeoBank, CCOP

第1表 研修プログラム (前半, 6月4日～13日)

月日	時間	講義	講師
Day 1 6月4日 (火)	10:00-12:00	開校式、GSJ紹介、オリエンテーション	森田澄人、地質試料調製グループ
	13:00-14:00	地質標本館・薄片室見学	
	14:30-17:00	研修生カントリーレポート発表会	
	18:00-20:00	懇談会	
Day 2 6月5日 (水)	9:00-12:00	1. アジアと日本の地質	脇田浩二 (山口大学)
	14:50-16:50	巡検オリエンテーション	原英俊、高橋浩
Day 3 6月6日 (木)		2. 地質巡検：阿武隈山地～八溝山地	高橋浩、宮崎一博
Day 4 6月7日 (金)			中村佳博、脇田浩二
Day 5 6月8日 (土)			
Day 6 6月9日 (日)			
Day 7 6月10日 (月)		3. 地質巡検：関東山地	原英俊、伊藤剛
Day 8 6月11日 (火)		4. 岩石鑑定法	高橋浩、御子柴真澄、細井淳
	9:00-12:00	岩石薄片の顕微鏡観察、XRF概要説明	
	13:30-16:30 グループ入替制	化学組成分析 (EPMA)	
Day 9 6月12日 (水)		5. 年代測定法	原英俊、伊藤剛
	9:00-12:00	放散虫化石の抽出・SEM観察	
	13:30-16:30	ジルコンU-Pb年代測定	
Day 10 6月13日 (木)	9:00-12:00	意見交換 (前半)	

第2表 研修プログラム (後半, 6月13日～21日)

月日	時間	講義	講師
Day 10 6月13日 (木)	13:30-16:30	6. 物理探査	牧野雅彦 大熊茂雄
		重力探査	
		磁気探査	
Day 11 6月14日 (金)	9:00-11:00 11:00-12:00 13:30-16:30	7. GIS	宝田晋治、Joel Bandibas Joel Bandibas、宝田晋治
		地質図とGIS	
		GIS実習	
Day 12 6月15日 (土)			
Day 13 6月16日 (日)			
Day 14 6月17日 (月)	9:00-12:00 13:30-16:30	8. リモートセンシング	山本浩万 二宮芳樹
		リモートセンシングの基礎	
		地質調査におけるリモートセンシング	
Day 15 6月18日 (火)	9:00-10:20 10:40-12:00 13:30-14:50 15:10-16:30	9. 都市防災	中澤努 野々垣進 長郁夫 吉見雅行
		都市平野部の地形・地質	
		3D地質モデリング	
		微動探査	
Day 16 6月19日 (水)		10. 企業訪問：応用地質株式会社	吉田浩孝 (応用地質) 八木雅 (応用地質)
		地中レーダ探査、電気探査	
		表面波探査、PS検層	
		防災モニタリングシステム	
Day 17 6月20日 (木)	8:45-9:00 9:00-10:40 11:00-12:30 14:00-15:00 15:10-16:10 16:30-17:00	11. 地質災害	伊藤順一 倉岡千郎 (日本工営) 石塚吉浩 丸山正 行谷佑一 丸山正、行谷佑一
		概論	
		地すべり	
		火山地質	
		地震・活断層	
		津波	
剥ぎ取り標本等の説明			
Day 18 6月21日 (金)	9:00-12:00 13:30-15:10 15:30-16:00 18:00-20:00	意見交換 (後半)・レポート作成	
		研修生修了レポート発表会	
		閉校式、修了証授与	
		送別会	

カリキュラムとすることで、より実践的かつ即戦力となる地質調査技術の向上を狙いました(第1表、第2表)。

2.1 前半 - 地質調査と地質試料分析の基礎 -

研修前半の講義スケジュールおよび各講義の講師を第1表に示します。研修初日の6月4日には、研修生によるカントリーレポートの発表会が行われました。発表テーマは「自国における地質情報整備の状況と今後の整備推進に向けた技術的課題」でした。講師、研修生、また聴講したGSJ職員それぞれが、東・東南アジアの地質情報整備の現状を知ることができました。その後の懇談会では、発表会の議論をより深め、これから始まる3週間の研修に対する抱負や期待について、講師と研修生で互いに共有しました。

講義初日の6月5日は、山口大学の脇田浩二教授による、プレート沈み込み帯における付加体の形成テクトクスと海洋プレート層序、日本及びアジアの地質概要についての講義がありました。巡検で観察する予定の付加体や海洋プレート層序など、沈み込み帯である日本に特徴的な地質をはじめ、日本を含むアジアの地質とテクトクスに関する分かりやすい講義に、全員が耳を傾けていました。講義後半には、岩石サンプルや地殻変動模型、200万分の1日本地質図、500万分の1アジア地質図、地質図地球儀などを用いた説明もあり、研修生の理解はより深まったようでした。

6月6日と7日には、阿武隈・八溝山地において、1泊2日の野外巡検を実施しました。研修生は、著者の高橋、宮崎一博氏、中村佳博氏から、中新世の火山砕屑岩、白亜紀の変成岩、深成岩や八溝山地のジュラ紀付加体の地質について、じっくり学びました(写真2、本号表紙)。ご同行

の脇田教授にも、初日の講義と連動した解説をしていただきました。6月10日には、日帰りで関東山地を訪れました。講師の原 英俊氏、伊藤 剛氏とともに、秩父帯ジュラ紀付加体における海洋プレート層序の玄武岩や遠洋性チャートから成る地質、また付加体に特徴的な混在岩(メランジュ)を観察しました。梅雨空をものともせず、傘の下で講師と研修生の活発な議論が飛び交いました。これら3日間の野外巡検は、研修生にとって、最も基礎的な地質調査技術を学び、特に日本列島に特徴的に発達する付加体の地質を実際に観察できる、よい機会となったようです。また、研修生と講師の絆をより一層深めることができたようにも思います。

野外巡検で得られた情報は、その後の室内講義でも用いられました。6月11日の岩石鑑定法の講義では、野外巡検で観察した岩石について、基礎的な鑑定法の実習を行いました。薄片試料の顕微鏡観察の講義では、著者の高橋、細井 淳氏のサポートにより、岩石を構成する鉱物の特徴を学び、実際に見分ける作業に取り組みました(写真3)。また、御子柴真澄氏が蛍光X線分析装置(XRF)を用いた全岩化学分析について解説を行い、研修生と岩石を構成する主成分や微量成分のデータを確認するとともに、そこから得られる岩石の情報について議論しました。鉱物化学組成分析の講義では、宮崎一博氏、坂野靖行氏、佐藤大介氏の指導のもと、実際に電子線マイクロアナライザ(EPMA)の操作を行い、得られた分析データから岩石が変成する温度圧力条件を導出するまでの手法を学びました。

6月12日は、試料のピックアップと観察の実習を含む2つの講義を実施しました。午前中は、原 英俊氏、伊藤剛氏による、付加体の地質の理解に非常に大きな役割を果たしてきた、放散虫化石の講義でした。研修生は、関東山



写真2 阿武隈山地巡検



写真3 顕微鏡観察実習

地の巡検で原氏、伊藤氏とともに観察した岩石と同時代の放散虫化石群集を含む試料より、放散虫化石を自らピックアップしました。走査型電子顕微鏡(SEM)の観察実習では、よりクリアに映し出された自分の試料を真剣に見ていました。同日午後は、ジルコン U-Pb 年代測定の講義でした。研修生は、昆慶明氏から年代測定法の基礎を学んだ後、昆氏と実松健造氏の指導のもと、ジルコンのピックアップ、レーザーアブレーション ICP 質量分析(LA-ICP-MS)、U-Pb 年代測定の計算方法、といった年代測定の過程を実践で学ぶことができました。

6月13日は、前半のまとめとして意見交換の時間を設けました。これまでの研修で得られた成果や疑問について研修生が発表を行い、講師と再度議論を重ねました。研修生は、野外巡検から一貫して連動した講義を受講したことにより、野外から室内までの地質調査の一連の技術と、観察や分析データの意義や意味、それらの活用法について、包括的に学ぶことができました。

2.2 後半 - 探査技術や地質災害対策への応用 -

研修後半の講義スケジュールおよび各講義の講師を第2表に示します。6月13日午後からは、研修の後半の講義として、探査技術や地質災害に関する講義が並びました。どの国でも地質データの活用法や地質災害対策の社会的ニーズは高く、引き続き活発な議論が行われました。

6月13日には、牧野雅彦氏の講義により、物理探査の基礎を学ぶとともに、重力探査に用いる重力計の実物に触れ、また大熊茂雄氏の講義では、磁気探査の基礎およびドローンを用いた空中磁気探査の動画を観ました。研修生の多くは物理探査が専門ではありませんが、講義により、物理探査を今までより少し身近に感じられたようでした。6月14日の地理情報システム(GIS)では、野外巡検中に位置情報を付与して撮影した露頭写真を活用しました。業務でGISを使用している研修生には慣れた作業でしたが、なじみのない研修生にとっては苦労も多かったようです。宝田晋治氏やJoel Bandibas氏へ質問したり、研修生同士で教えあったりしながら課題を進め、全員が全課題を終了した時には、講師も含め拍手がわき起こりました。6月17日には、山本浩万氏と二宮芳樹氏により、衛星リモートセンシングの基礎を学び、それを用いた地質調査が、石油・天然ガス・鉱物などの資源探査、大規模地すべり地域の把握・火山監視などの地質災害モニタリングに役立っていることを知りました。

6月19日には応用地質株式会社を訪問し(写真4)、吉田浩孝氏と八木雅氏より、地中レーダ探査・電気探査・



写真4 応用地質株式会社訪問



写真5 微動探査デモ

表面波探査・PS検層についてご指導いただきました。研修生は、最先端の探査技術の室内講義を受けたのち、機器に触れて、さらに探査のデモンストレーションも体験しました。質疑応答が絶えず、探査技術の基礎知識から実践まで、実体験を通して学んだことを自国での地質探査へ役立てようという強い意欲が感じられました。

防災・減災対策として、6月18日には都市防災、20日は地質災害の講義がありました。18日は、中澤努氏が都市平野部の一般的な地形と地質の特徴、野々垣進氏が3次元地質モデリングの種類や利用、長郁夫氏が微動探査法、吉見雅行氏が地震動予測法、についてそれぞれ基礎的な講義を行いました。また、中澤氏の案内で、都市平野部の地質を明らかにするボーリングコア試料の観察を行いました。さらに、長氏の指導で、微動探査に用いる機器の設置も体験しました(写真5)。20日は、伊藤順一氏による地質災害に関する概要の講義を手始めに、地すべり、火山、地震・活断層、津波についての講義が続きました。招聘講師である日本工営株式会社の倉岡千郎氏には、日本・アジアの地すべりについて講義をしていただきました。

講義では研修生の国の地すべりの例も取り上げられ、より身近な問題として多くの意見が交わされました。石塚吉浩氏による火山の講義、丸山 正氏による地震と活断層の講義、行谷佑一氏による津波の講義では、座学の他、GSJが保有する、火山噴火の過程を示すボーリングコア試料、繰り返す地震の歴史を示す剥ぎ取り試料、過去の津波の発生を示す津波堆積物の試料を観察しました。様々な地質災害試料の実物を目の前にして、災害の大きさを実感し、また研修生と講師の議論も白熱しました。

2.3 修了

3週間の研修の最終日には、午前中に後半のまとめとして意見交換の時間を設け、午後には修了レポートの発表会を行いました。残念ながら1名は急用のため研修の途中で帰国しましたが、8名の研修生は、講師とGSJ職員に向けて、本研修で得られた成果と、それらを自分の業務にどうつなげていきたいかという今後の展望について発表しました。修了式では、矢野地質調査総合センター長から修了証を授与され、笑顔で集合写真を撮りました(写真6)。研修期間を通して、研修生はお互いに声をかけて助け合いながら受講しており、また休憩時間には時間ぎりぎりまで談話室でおしゃべりしたり、週末には研修生同士で外出したり、運営側にも仲良く過ごしている雰囲気がよく伝わ

てきていました。最終日に、研修生から、GSJと、また研修生同士で、よい関係を築くことができた、よい仲間に出会えた、との言葉を聞くことができ、講師また事務局もとても嬉しく思いました。送別会には研修生と講師および発表会等を聴講していたGSJ職員が参加しました。それぞれ研修の成果や今後の展望について話がつきませんでした。

3. おわりに

後日、研修生にアンケートを実施したところ、全員から、同僚にも勧めたい、地質調査技術の向上や今後の自身の業務に大変役に立った、と高い評価が返ってきました。講師からも、研修について、本研修に関わることは自身にとっても意義がある、次回以降も参加したい、といった声が多くありました。2019年度も研修生と講師にとって有意義な研修となったことは、事務局として嬉しく思います。

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と研修生また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、準備期間から実施後ま



写真6 閉校式

で約9か月にわたり、GSJ内外の多くの方々にご協力いただきましたことに、紙面をお借りして深く感謝申し上げます。2年目ということもあり、昨年度よりさらにパワーアップした濃い講義をご準備いただいた講師の皆様、研修生の滞在をサポートしてくださったGSJおよび産総研職員の皆様、そしてGeoBank事業にご賛同・ご寄付いただいた皆様により、本研修が2年目も無事に修了いたしました。本当にありがとうございました。

文 献

- 地質調査総合センター 募集特定寄附金 GeoBank. <https://www.gsj.jp/geobank/index.html>, 閲覧日: 2019年11月1日.
- 原 英俊・伊藤 剛 (2018) GSJ 国際研修 2018: 関東山地における秩父帯ジュラ紀付加体の日帰り巡検と放散虫化石の観察. GSJ 地質ニュース, 7, 259-261.
- 岩男弘毅・二宮芳樹 (2018) GSJ 国際研修 2018: リモートセンシング講義報告. GSJ 地質ニュース, 7, 264-265.
- 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.

- 桑原保人・倉岡千郎・石塚吉浩・丸山 正・行谷佑一 (2018) GSJ 国際研修 2018: 地質災害に関する講義報告. GSJ 地質ニュース, 7, 272-273.
- 牧野雅彦・大熊茂雄 (2018) GSJ 国際研修 2018: 「物理探査(重磁力)」の講義を担当して. GSJ 地質ニュース, 7, 262-263.
- 中澤 努・野々垣 進・長 郁夫・吉見雅行 (2018) GSJ 国際研修 2018: 都市地質に関する講義報告. GSJ 地質ニュース, 7, 269-271.
- 高橋 浩・宮崎一博・御子柴真澄・中村佳博・坂野靖行・佐藤大介・脇田浩二 (2018) GSJ 国際研修 2018: 阿武隈山地地質巡検と室内実習(岩石薄片観察, XRF, EPMA). GSJ 地質ニュース, 7, 303-308.
- 宝田晋治・Joel C. Bandibas (2018) GSJ 国際研修 2018: 地理情報システム(GIS)に関する講義と実習. GSJ 地質ニュース, 7, 266-268.

SAISHU Hanae, TAKAHASHI Yutaka, MIYANO Sumiko, UCHIDA Toshihiro and KANO Yuki (2020) GSJ International Training Course 2019: Summary Report.

(受付: 2019年10月7日)

20 万分の 1 地質図幅「輪島」(第 2 版)の紹介

尾崎 正紀¹⁾

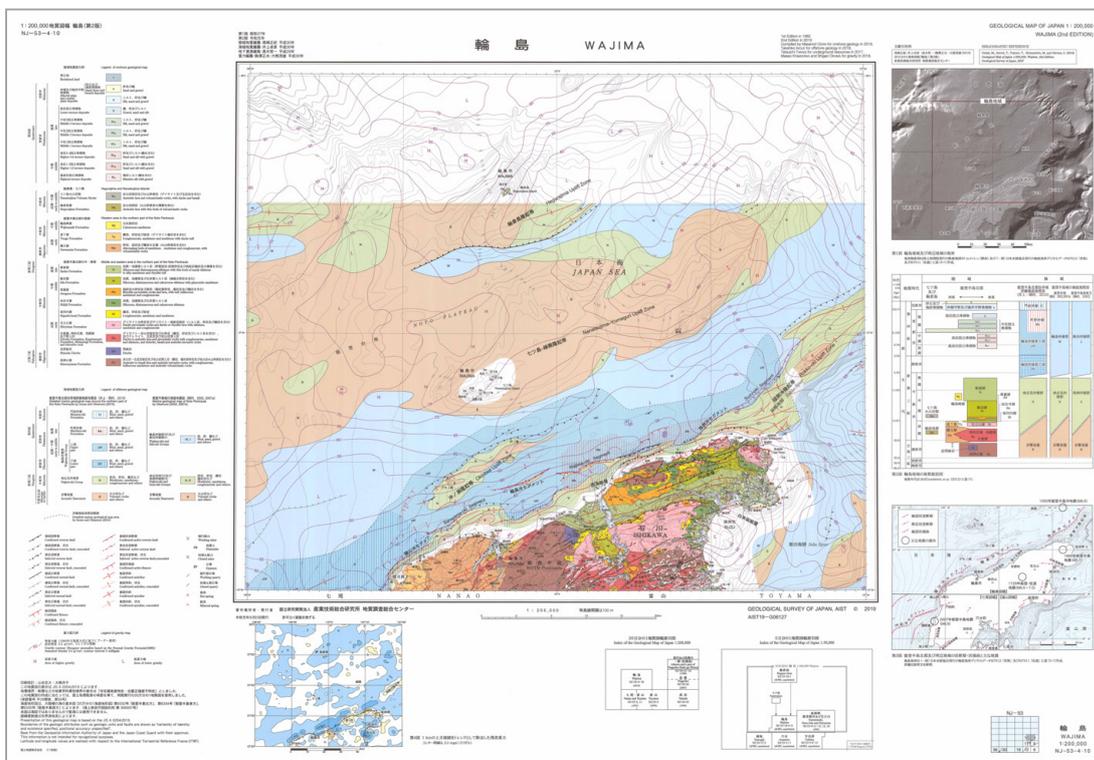
産業技術総合研究所地質調査総合センターは、2019 年 7 月に 20 万分の 1 地質図幅「輪島」(第 2 版)(尾崎ほか, 2019)を刊行しました(第 1 図)。本地質図は初版を 57 年ぶりに全面改訂したもので、地域としては能登半島北部及び周辺陸棚(七ツ島や舳倉島を含む能登台地)を含みません(第 2 図)。

陸域は、5 万分の 1 地質図幅「珠洲岬、能登飯田及び宝立山」(吉川ほか, 2002)など、初版以降の多くの研究成果に基づき編纂されています。また、初版には示されていなかった海底地質図も、20 万分の 1 海底地質図「能登半島西方」(岡村, 2002)及び「能登半島東方」(岡村, 2007)に基づき描かれています。更に、地質調査の制約条件等により調査が進んでおらず地質情報の空白域となっていた能登半島北縁の沿岸海域についても、2007 年能登半島地震を契機に行われた本沿岸域の地質・活断層調査プロジェクトの成果(海陸シームレス地質情報集「能登半島

北部沿岸域」;井上・岡村, 2010 など)に基づき、活断層帯などの分布が詳細に示されており、本地質図は陸域から海域に至る切れ目のないシームレスな地質情報図となっています。ほかに陸海の重力図(ブーゲー異常図)や珪藻土などの鉱床分布もまとめられています。

「輪島」地域の地質を簡単に紹介すると、日本海の発達史を記録した漸新世以降の地層・岩体が分布しており、大きく 3 つの時代に区分できます(第 3 図)。

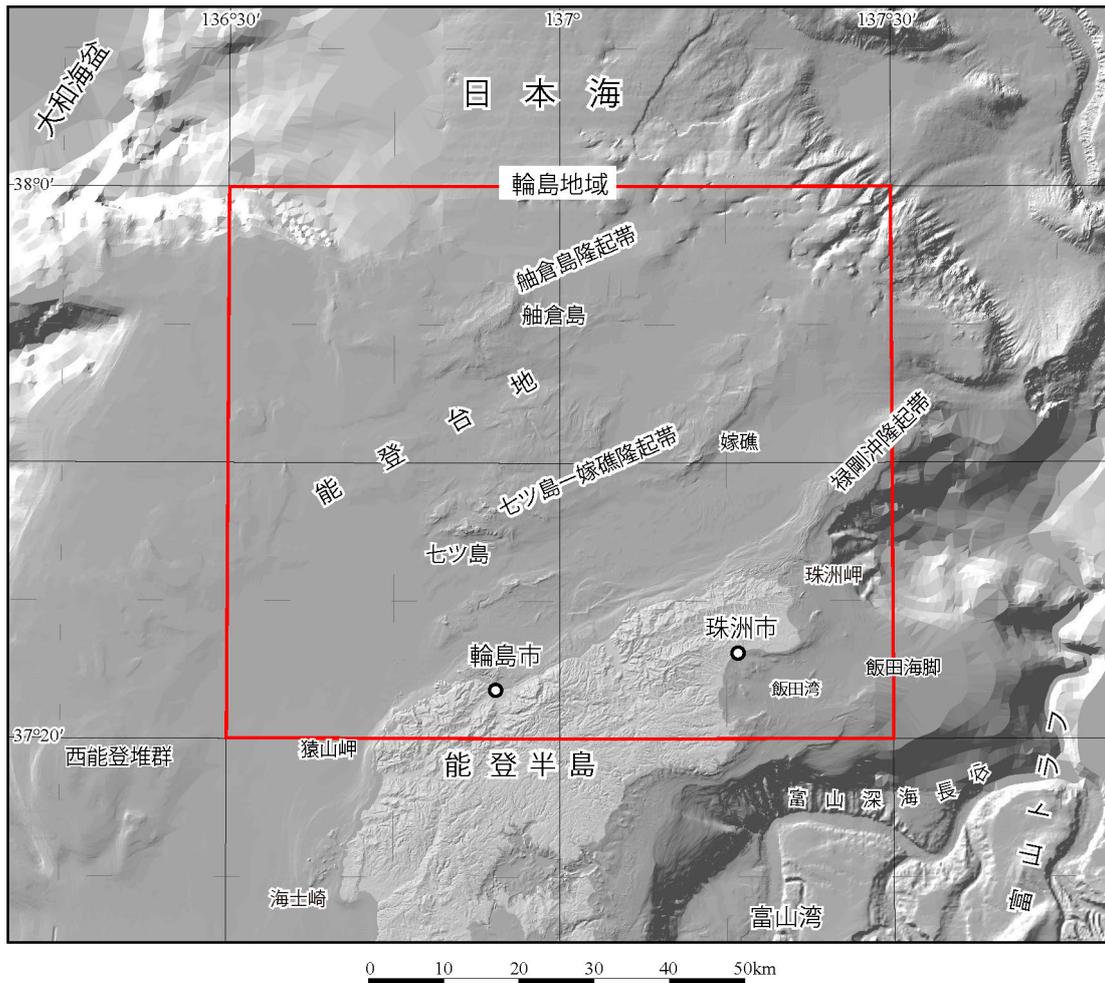
漸新世～前期中新世中頃(3,000～1,800 万年前頃)は、ユーラシア大陸東縁の大陸地殻の一部が引き延ばされて裂け、多くの正断層が発達し、その割れ目を通じて地下から大量のマグマが噴き出して火山活動が活発化した時代です(第 3 図①)。この時代の能登半島北部には、玄武岩、安山岩、流紋岩の溶岩及び火山砕屑岩など(高洲山層、合鹿層、神和住層、馬繰層)が陸上に噴出し、周辺には河川堆積物(縄文層)が堆積していました。日本海の舳倉島にも



第 1 図 20 万分の 1 地質図幅「輪島」(第 2 版)(尾崎ほか, 2019)
(北側 1/4 の海域の地質図は既存海底地質図がないため省略している)

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：20 万分の 1 地質図幅、輪島、石川県、能登半島、日本海、古第三紀、新第三紀、第四紀、活断層、重力異常



第2図 「輪島」及び周辺地域の地形

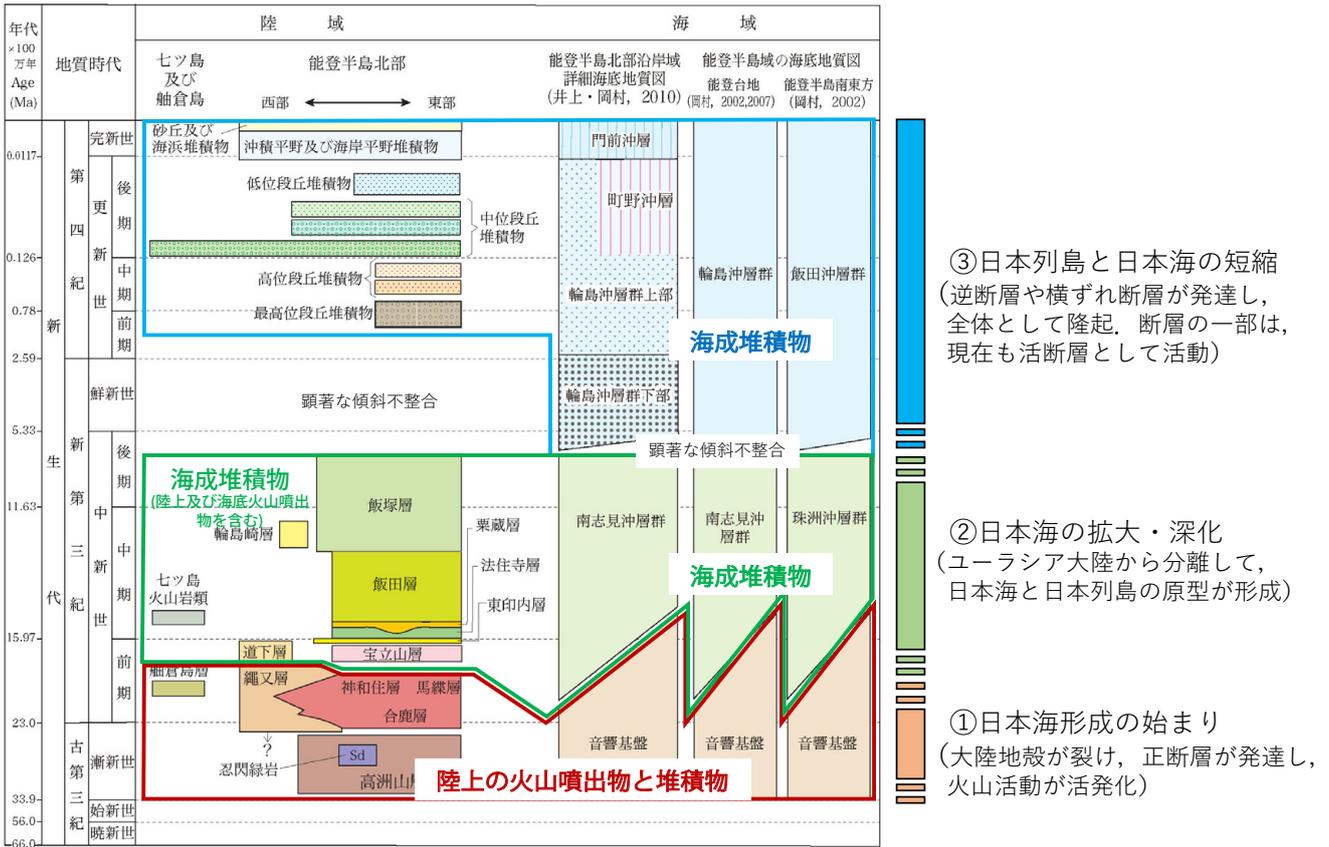
地形陰影図は国土地理院発行の50 mメッシュ(標高)及び海上保安庁海洋情報部発行の海底地形デジタルデータM7012「若狭」及びM7011「佐渡」に基づいて作成。

陸上噴出の玄武岩質安山岩の溶岩(舳倉島層)が分布し、周辺海域にもこの時代の溶岩及び火山砕屑岩などに対比される音響基盤が広く分布しています。ただし、前期中新世中頃になると、一部で沈降が進み、馬縷層では海水の浸入を示す証拠も認められます。

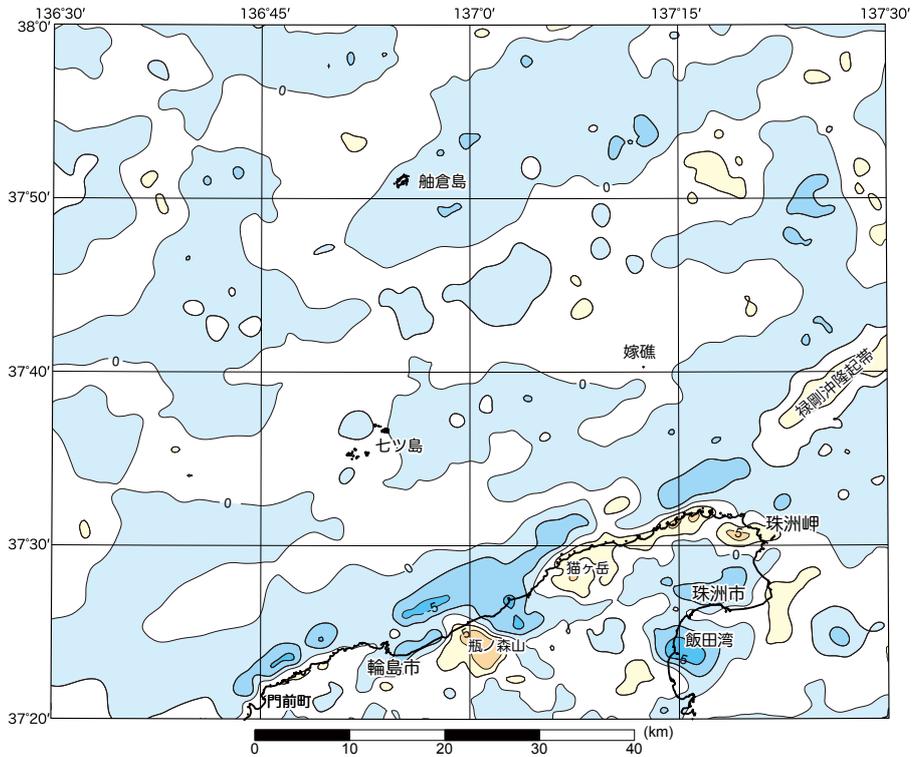
前期中新世末～後期中新世末(約1,800～600万年前)は、大陸地殻は更に引き延ばされ、日本海はさらに広がって深くなり、日本列島が大陸から完全に分離した時代です(第3図②)。能登半島北部では、扇状地からファンデルタの粗粒堆積物(道下層)や内湾～浅海堆積物(東印内層)などが堆積する浅い海域が最初に形成され、その後、より深い海となり珪質-珪藻質シルト岩(法住寺層、飯田層及び飯塚層)が厚く堆積しました。能登半島北部周辺の海域にも、同時代の海成堆積物(南志見沖層群及び珠洲沖層群)が広く分布しています。なお、この時代の始め頃には、陸上噴火の大規模な流紋岩火砕流(宝立山層)や浅海底噴火

の流紋岩火砕岩(粟蔵層^{あわぐら})などの火山活動も認められます。

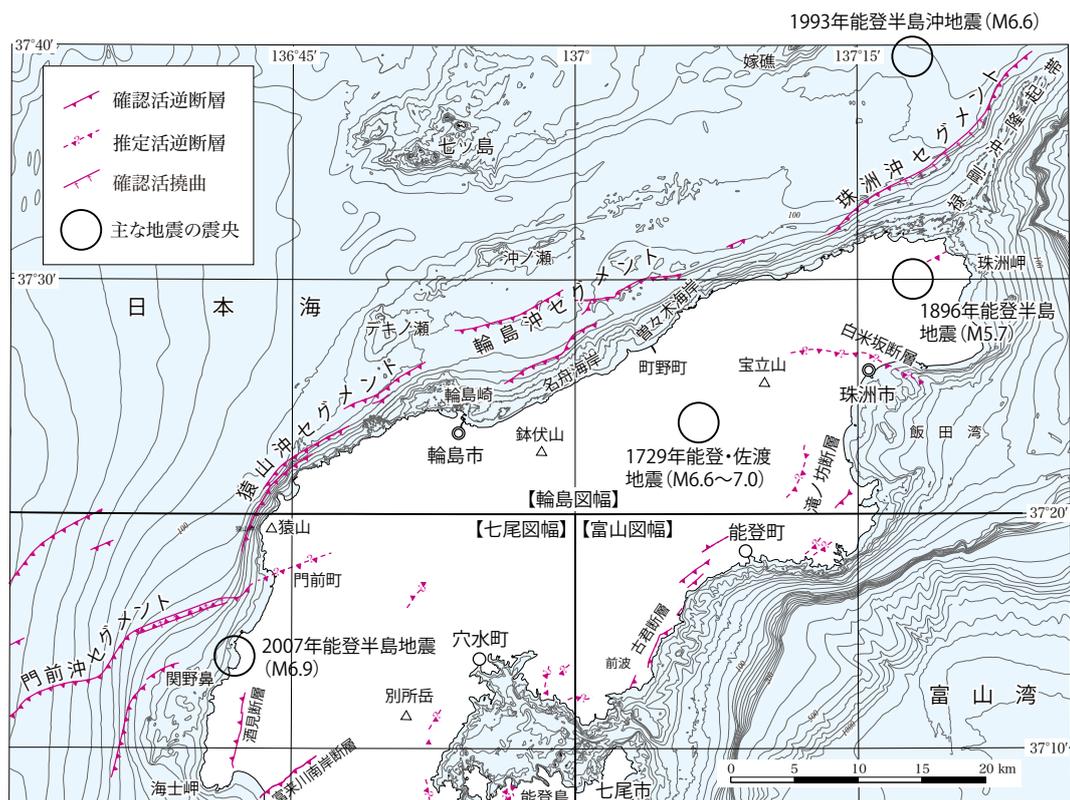
後期中新世末(約600万年前)以降は、日本列島及び日本海は全体として短縮及び隆起した時代です(第3図③)。「輪島」地域では、既に前期中新世中頃(約1,200万年前)には伸張域から短縮域に転じていたと考えられますが、600万年前頃になると東北東-西南西方向の断層や褶曲による変形が顕著となり、同方向の隆起帯(能登半島北部～^{ろっこう}緑剛沖隆起帯、七ツ島^{よめぐり}-嫁礁隆起帯及び舳倉島隆起帯)が形成されました(第2図)。これらの隆起帯の発達は、深度数kmまでの地質との対応を示した残差重力図(第4図)においても認められます。特に能登半島北部は、その北縁沿いに発達する南側隆起の断層帯により広く隆起域となったため、第四紀後半の段丘堆積物や沖積層は薄く分布するにすぎません。また、隆起帯周辺の相対的な沈降域には海成堆積物(輪島沖層群及び飯田沖層群)が広く堆積しましたが、能登半島北部と同様、下位に分布する後期中新世前



第3図 「輪島」地域の地質総括図
地質年代区分は Gradstein et al. (2012) に基づく。



第4図 「輪島」地域の1 km の上方接続をトレンドとして除去した残差重力。
コンター間隔は、2.5 mgal (ミリガル)。



第5図 「輪島」及び周辺地域の活断層・活撓曲と主な地震の分布

海底地形は海上保安庁海洋情報部発行の海底地形デジタルデータ M7012「若狭」及び M7011「佐渡」に基づいて作成。活断層・活撓曲は井上・岡村(2010)及び尾崎(2010)に、主な地震の分布は宇佐美(2003)に基づいて作成。

半までの地層・岩体を著しい傾斜不整合で覆っています。なお、この時代の特に能登半島北縁沿いに形成された断層帯の一部は、現在も活断層として活動しており、1993年能登半島沖地震や2007年能登半島地震などをひきおこしています(第5図)。

本地質図は、産総研地質調査総合センターの地質図カタログ(<https://www.gsj.jp/Map/JP/purchase-guide.html>)で購入案内が示されています。

文 献

井上卓彦・岡村行信(2010) 能登半島北部周辺 20万分の1 海域地質図及び説明書. 海陸シームレス地質情報集, 「能登半島北部沿岸域」. 数値地質図 S-1 (DVD). 産総研地質調査総合センター.

Gradstein, F. M., Ogg, J. G., Schmitz, M. D. and Ogg, G. M. eds. (2012) The Geologic Time Scale 2012 (volume 2). Elsevier, 437-1144.

岡村行信(2002) 能登半島東方海底地質図及び同説明書. 海洋地質図シリーズ, no. 59 (CD), 産総研地質調査総合センター.

岡村行信(2007) 能登半島西方海底地質図及び同説明書. 海洋地質図シリーズ, no. 61 (CD), 産総研地質調査総合センター.

尾崎正紀(2010) 能登半島北部 20万分の1 地質図及び説明書. 海陸シームレス地質情報集, 「能登半島北部沿岸域」. 数値地質図 S-1, 産総研地質調査総合センター.

尾崎正紀・井上卓彦・高木哲一・駒澤正夫・大熊茂雄(2019) 20万分の1 地質図幅「輪島」(第2版). 産総研地質調査総合センター.

宇佐美龍夫(2003) 最新版日本被害地震総覧 [416]-2001 (付: 安政江戸地震大名被害一覧表). 東京大学出版会, 東京, 605p.+90p.

吉川敏之・鹿野和彦・柳沢幸夫・駒沢正夫・上嶋正人・木川栄一(2002) 珠洲岬, 能登飯田及び宝立山地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 76p.

OZAKI Masanori (2020) Introduction of the geological map of Japan 1:200,000, Wajima (2nd Edition).

(受付: 2019年11月1日)

地質や地熱に親しむ

—産総研福島再生可能エネルギー研究所 2019年一般公開での地質・地熱展示—

石原 武志¹⁾・村田 泰章¹⁾・石橋 琢也¹⁾

1. はじめに

福島県郡山市にある福島再生可能エネルギー研究所 (Fukushima Renewable Energy Institute, AIST:FREA) は、再生可能エネルギー研究を行う産総研の最新の研究拠点として2014年4月に開所しました。開所の年から毎年一般公開を行っており、内容も年々充実してきています。今年度は7月27日(土)に開催され、梅雨が明けたかのような晴天の中、476名の方々にご来場いただきました。

FREA一般公開では、研究所全体を紹介するラボツアーやFREA講座、7つの研究チーム(地熱、地中熱、エネルギーネットワーク、水素キャリア、水素・熱システム、風力エネルギー、太陽光)の研究者による各種展示・工作・ゲームなど、FREAの研究開発や科学技術を身近に感じてもらえる催しを行いました。また、共同研究先の企業、地元の高校・大学、郡山市、産総研つくばセンターや東北センターからの協力を得た多くの出展も行われました(産総研福島再生可能エネルギー研究所, 2019)。

2. 地質・地熱関連の催し

今年度は、FREAの地熱チーム・地中熱チームとつくばの地質調査総合センターのメンバーによる総勢21名で、地熱ゲーム、南東北の床貼り地質図と岩石・鉱物展示、シースルー火山噴火実験、厚紙模型と偏光板万華鏡の工作コーナーを企画しました。その他に、FREA講座では地熱と地中熱に関する講演も行いました。

(1) 地熱ゲーム

地熱ゲームは、参加者に地熱開発会社の社長になってもらい、掘削機に見立てたテスターピンで地熱フィールドの模型の底を探って地熱資源ポイントとその温度を探し当て、掘り当てた温度の地熱資源をどう利用していくかを楽しみながら考えてもらうゲームです(村田ほか, 2018)。

昨年までは、地熱資源ポイントは地下にあるということで見えないようにしていましたが、小さい子供はなかなかポイントを探すのが難しい場合があったことから、今年は、2台のゲーム機のうちの1台は、地質図の上に地熱資源ポイントが見えるようにしました(写真1)。地熱資源ポイントは20点あり、毎回異なる温度分布パターンとなるように設定されています。最高温度のポイントを探すゲームは一人でも遊べますが、二人で競争しながらの最高温度ポイント探しが一番盛り上がりました。大変記憶力の良い女の子が、他の参加者が試したポイントの温度をすべて記憶し、最高温度のポイントを2度も言い当ててしまったのにも、驚かされました。

(2) 南東北の床貼り地質図と地質試料、地中熱システム模型展示

2016年のFREA一般公開から、福島県とその周辺の20万分の1シームレス地質図を切り出して2倍に拡大した地質図を床に貼って展示しており、来場者の方々から好評を頂いています。今年は展示範囲を南東北(福島県、山形



写真1 地熱ゲームの様子 (FREA一般公開事務局提供)

1) 産総研 エネルギー・環境領域 再生可能エネルギー研究センター

キーワード：福島再生可能エネルギー研究所、一般公開、地熱、地中熱、地質図、火山噴火、地熱ゲーム

県、宮城県）と日本海溝まで拡張すると共に、表示する地質図を20万分の1シームレス地質図V2（産総研地質調査総合センター，2017）へ刷新しました。床張り面積は陸域だけで約2倍、海域も含めると4倍以上になります（写真2，3）。地質図の横には福島県内の代表的な岩石・鉱物や郡山市内で掘削したボーリングコアを並べました。

来場者は、自分の家がどの地質の場所にあるのか、特徴的な配色の箇所（付加体や火山岩の地域、ピンク系統が目立つ阿武隈山地など）などにまず着目していました。そこから、岩石・鉱物やコア試料に触れて頂きつつ、どうしてそのような地質構造になっているのか、地質図の作り方や活用法などにも話が広がり、説明側も熱が入りました。

また、昨年度まで地熱ゲームのコーナーに設置していた地中熱システムの模型を、今年度はボーリングコア試料の隣に展示しました。地質図・コア試料・地中熱模型を組み合わせて説明することで、地質を調べることが地中熱利用にどのようにつながるのかについても知って頂けたと思います。



写真2 南東北周辺の床貼り地質図（FREA 一般公開事務局提供）



写真3 2階から見下ろした床張り地質図

(3) シースルー火山噴火実験

及川ほか（2013）や山崎ほか（2015）を参考に、2017年度からシースルー火山噴火実験を体験コーナーとして始め（阪口ほか，2018）、今年で3回目の催しとなりました。この実験では、クエン酸と炭酸水素ナトリウム（重曹）、水を混合させて化学的に二酸化炭素の泡を発生させ、火山噴火を安全に観察します。マグマ溜まりに見立てたペットボトルに透明のビニールシートを被せて火山体を作り、ビニールシート越しにマグマ溜りでの発泡と噴火を観察できるところが“シースルー”です。FREAのシースルー火山噴火実験では、粉末の炭酸水素ナトリウム（重曹）とクエン酸を入れたペットボトルに水を注ぐやり方を採っています。水はペットボトルに接続したチューブ（2～3m程度）にシリンジで注ぐようにしており、このようにすることで離れた場所から安全に水をマグマ溜りに届けることができます。

火山噴火に関するクイズと簡単な説明をしたのち、参加者には各粉末をペットボトルに適量入れる作業とシリンジからペットボトルに水を注入する作業を担当してもらいました。子どもたちは、自分オリジナルの“噴火”を楽しむ一方で、大人の方は「家庭にあるもので噴火実験ができる」点に感心して下さることが多いように思えました（写真4）。アンケート結果によると、火山噴火実験はFREA一般公開全体のなかでも人気が高いものでした。

(4) 厚紙模型工作、偏光板万華鏡工作

今年度は地質調査総合センターの協力を得て、地質図の隣に東西短縮地殻変動厚紙模型と偏光板万華鏡の工作コーナーを設置しました（写真5）。厚紙模型（高橋，2018，2019）は、海底が盛り上がり日本列島が誕生した原因をひも解くアナログ模型です。キットを組み立ててできた



写真4 シースルー火山噴火実験（FREA 一般公開事務局提供）



写真5 厚紙模型工作, 偏光板万華鏡工作 (FREA 一般公開事務局提供)

模型を動かしながら, 列島周辺のプレートの動きや, 東北日本の東西圧縮による地形形成メカニズムを理解してもらいました。

偏光板万華鏡(産業技術総合研究所, 2019; 高橋, 2019)は, 偏光顕微鏡を使った岩石薄片の観察を疑似的に体験してもらうのが狙いです。底をくりぬいた2個の紙コップに偏光フィルムとセロハンテープを張り付けたプラスチック板を挟んで覗きこむと, 透明だったプラスチック板が彩り豊かな幾何学模様に変身します。工作を楽しんでもらった後に岩石薄片の実物も見せながら偏光の原理を解説しつつ, 宮沢賢治もかつて地質に親しみ, 岩石薄片の美しい世界を作品に著したことなども紹介しました。厚紙模型や偏光板万華鏡を通して, 地質のマクロ・ミクロな世界を来場者に感じて頂きました。

3. おわりに

FREA の一般公開も6回を重ね, 地熱ゲームや床貼り地質図などの恒例展示や昨年度のエキジビション, 今年度の厚紙模型など新しい展示・体験コーナーの企画を通して, 来場者の方々に様々な観点から地質や地熱の世界を身近に感じて頂けるように工夫を凝らしています。来年の一般公開ではどのような観点で地質に親しんで頂くか, 日々の研究活動を通じて考えていきたいと思えます。

文 献

村田泰章・浅沼 宏・アリフ ウィディアトモジョ・石川 慧・石原武志・易 利・石橋琢也・内田洋平・大月文恵・岡本京祐・片山泰樹・桑名栄司・最首花恵・柴田由美子・シュレスタ ガウラブ・土屋由美子・牧野雅彦・柳澤教雄・山谷祐介・渡邊教弘 (2018) 産総研福島

再生可能エネルギー研究所一般公開「地熱ゲーム」, GSJ 地質ニュース, 7, 58-60.

及川輝樹・高田 亮・古川竜太・山崎誠子 (2013) ペットボトル火山の作り方 2013年産総研一般公開・チャレンジコーナー「噴火のしくみが見える! シースルー火山実験」, GSJ 地質ニュース, 2, 332-334.

阪口圭一・石原武志・村田泰章 (2018) FREA で地質を楽しもう—福島再生可能エネルギー研究所 2018年一般公開での地質展示—. GSJ 地質ニュース, 8, 41-44.

産業技術総合研究所 (2019) 偏光で遊ぼう (偏光万華鏡?) ~色のついていないものだけでつくる万華鏡?? ~, https://www.aist.go.jp/science_town/dream_lab/dream_lab_14/dream_lab_14_02.html (閲覧日: 2019年8月29日)

産総研地質調査総合センター (2017) 20万分の1日本シームレス地質図 V2, <https://gbank.gsj.jp/seamless/v2.html> (2019年3月22日データ更新) (閲覧日: 2019年8月29日)

産総研福島再生可能エネルギー研究所 (2019) 7月27日(土)「一般公開」開催について, <https://www.aist.go.jp/fukushima/ja/news/event/itemid2057-004911.html> (閲覧日: 2019年8月29日)

高橋雅紀 (2018) サイエンスの舞台裏—東西短縮地殻変動厚紙模型の作り方—. GSJ 地質ニュース, 7, 3-13.

高橋雅紀 (2019) つくばサイエンス Q—研究者による小・中学校出前授業: 茎崎第三小学校—. GSJ 地質ニュース, 8, 92-96.

山崎誠子・川畑 晶・吉田清香 (2015) 地質情報展 2014 かごしま 体験コーナー「シースルー火山で噴火実験」, GSJ 地質ニュース, 4, 20-22.

ISHIHARA Takeshi, MURATA Yasuaki and ISHIBASHI Takuya (2020) Let's get close to geology and geothermal! — geology and geothermal exhibits at FREA open house 2019—.

(受付: 2019年9月13日)

「地質情報展 2019 やまぐち —めくってみよう！大地の図かん—」開催報告

高橋 雅紀¹⁾・シュレスタ ガウラブ¹⁾・森田 啓子¹⁾

1. はじめに

元号が平成から令和に変わって最初の地質情報展「地質情報展 2019 やまぐち—めくってみよう！大地の図かん—」が、9月21日～23日に山口大学で開催されました。一昨年度の「地質情報展 2017 えひめ」(9月16日～18日)は台風の直撃によって大学が閉鎖となり、2日目が開催できませんでした。そして、昨年度の「地質情報展 2018 北海道」は、開催予定(9月7日～9日)の前日に北海道胆振東部地震が発生し、年度末の3月29日～31日に仕切り直しとなりました。今年こそは何事もなく、無事開催できることを祈りつつ、一年間準備をしてきました。二度あることは・・・の不安を抱えながら開催した「地質情報展 2019 やまぐち」の概要を報告いたします。

2. イベント内容

会場は山口大学の敷地内にある大学会館です。「地質情報展 2019 やまぐち」は、産総研地質調査総合センター(GSJ)と日本地質学会が主催で行った地質学の普及イベントです。地質情報展の開催は1997年の福岡から始まり、毎年、日本地質学会学術大会の開催に合わせて開かれています。「地質情報展 2019 やまぐち」は、第23回の開催になります。前年度の「地質情報展 2018 北海道」が地震で中止となり、年度末の3月に「地質情報展 2019 北海道」として開催したので、今回は半年間しか期間を空けずに開催となりました。2019年は9月23日(月)が祝日のため、地質情報展の開催は21(土)・22(日)・23(月)とし、開催前日(20日)の午後に機材の搬入と設営を行いました。

開催初日の午前中に開会式が行われました。開会式では、主催者として矢野雄策地質調査総合センター長と、松田博貴日本地質学会会長の挨拶に続き、共催である山口大学の田中和広副学長から祝辞を頂きました(第1図)。そして、中国地質調査業協会の鶴田泰徳山口県支部長、秋吉台科学博物館の藤川将之館長補佐、および山口新聞山口支



第1図 矢野雄策地質調査総合センター長の挨拶(山口県の銘酒ネタ)に笑顔の開会式列席者。

社の重原沙登子記者の3名が加わり、テープカットを行って開場となりました。

地質情報展の来場者数は、開催都市の規模と会場の場所(立地)に大きく左右されます。今年の3月に開催した「地質情報展 2019 北海道」は、日本地質学会の学術大会と時期が離れてしまいましたが、春休みであったせいか、3日間で1,200名を超える来場者があり、イベントとしてはまずまず成功でした。一方、「地質情報展 2019 やまぐち」は市内から離れた山口大学が会場で、公共交通機関の便があまり良くなく、ほとんどの方は自家用車での来場となります。また、前回の開催地である札幌市(197万人)に比べて山口市(19.5万人)の人口は一桁少なく、どのくらいの方が会場に足を運んでくださるのか、来場者の確保が企画当初から危惧されていました。

初日(21日)は台風が近づいていましたが、曇天でしたので多くの来場者を期待していました。ところが、市内の小中学校で運動会が開かれていた影響か、来場者数は161名と少なめでした。2日目に台風が通過する予報だったため、屋外での実験コーナーは室内に移動させて対応することにしました。例年、地質情報展では化石レプリカ作り(第2図左)が人気で、開会式の時には化石レプリカの受け付けを待つ多くの来場者が開場を心待ちにしています。

1) 産総研 地質調査総合センター 研究戦略部

キーワード：地質情報展、アウトリーチ、地質図、体験型講座、地学教育、普及活動



第2図 石膏を使った化石レプリカ作り（左）と、石割体験（右）。

今年も、お子さん連れの来場者の多くは、化石レプリカ作りを楽しみに来られたようでした。

初日の来場者数は200名を割り少なかったのですが、来られた方のほとんどが半日から一日中会場におられました。外は台風の影響で風雨が強く外出できないため、小さなお子様連れの方は、各コーナーを時間をかけてゆっくり楽しんでおられました。そのため、展示コーナーが閑古鳥という状況にはなりませんでした。

屋外で準備していた石割体験コーナーは、荒天を避けて化石レプリカ作りコーナーの隣室で行いました(第2図右)。岩石の破片やホコリの飛散を防ぐ透明ビニールの囲いの中で岩石を割るので、室内の実施も可能です。子どもだけでなく大人の方も楽しんでおられました。会場は一番の奥の部屋でしたが、岩石を叩く音と歓声が廊下まで聞こえていました。

一階のロビーの受付と地質図等の販売コーナーの向かい側で、水路堆積実験と重力実験を行いました(第3図)。

流れる水と、刻一刻と形を変える堆積層に、大人の方が癒やされている感じでした。一方、ちょっと専門的な内容の重力実験は、不定期に集まる人たちを対象としたサイエンスカフェの雰囲気でした。鉛の塊を重力計の下に入れたり出したりすると、実際の数値が変わることを目の当たりにします。目には見えない重力を、目で体感できるコーナーです。

2日目(22日)は台風17号が山口県の日本海側を通過したため、終日荒天でした。とくに、午後から風雨が強くなり、夕方には暴風雨となるため、イベントの終了時刻を早めるべきか、窓の外の状況とリアルタイム天気図(雨雲レーダー)の睨めっこの時間が続きました。2日目の来場者は荒天にも関わらず322名と増え、会場はとても活気があり賑やかでした。初日に続いて再来された方が少ないのは、台風によって動物園など市内の施設が閉鎖された影響もあったようです。小さなお子さん連れられた家族も多く、急遽カーペット敷きの音楽室を休憩室として開放



第3図 水路堆積実験（右）と重力実験（左）の様子。



第4図 休憩室で天秤石(ロック・バランスング)に挑戦する様子(左)と、塗り絵を楽しむ様子(右)。

し、天秤石(ロック・バランスング)と塗り絵コーナーを移動させて、一日中くつろげる環境を用意しました(第4図)。

二階のロビーは吹き抜けに面し、山口県を中心とした中国地方のシームレス地質図(4.5 × 6 m)を、床張りにして展示しました(第5図左)。地質図は、一般の方はもちろん、地質を専門としない研究者にとっても理解することが難しい地図ですが、普段見ることのないカラフルな地図は、一般の方にとって新鮮に映ります。場所によって地面の下の岩石の種類が違うことすら、一般の方にとっては初耳なのです。

地質図の床張りに面した壁面に沿っては、山口県の地質に関するパネルを展示しました。山口県の地史・地質、鉱物資源、活断層と地震、温泉と地熱、中国地方の県の石、

瀬戸内海そして日本海の海底地質です(第5図右)。パネルだけでなく、中国地方の各県の石や化石、さらに山口大学所蔵の山口県を代表する岩石標本も展示しました。このコーナーにはそれぞれの分野の専門家が立ち会い、一般の方の素朴な質問からハイアマチュアの専門的な質問まで対応しました。

そして、二階のロビーからメイン会場に入ると、オオツノジカの頭骨化石のレプリカが出迎えます(第6図左)。こちらは秋吉台科学博物館からお借りしたもので、解説パネルも地質情報展用に新たに制作して頂きました。氷期に海面が低下して、日本列島と大陸の間が浅い海峡になった際、日本にやって来た動物の証拠です。

メイン会場の中央部には、火山噴火実験や鉱物あつめ(第6図中、右)など水を扱うコーナーをまとめ、それら



第5図 恒例のシームレス巨大地質図の床張り(左)と、パネル展示の様子(右)。



第6図 オオツノジカ頭骨化石レプリカ（左）と、火山噴火実験（中）、および鉱物あつめ（右）。



第7図 実体顕微鏡で見る美しい砂の世界（左）と、偏光板万華鏡（中）、および地殻変動厚紙模型（右）の組み立て。

を囲むように、実体顕微鏡による国内外のきれいな砂の観察、偏光板万華鏡による岩石薄片観察の疑似体験、厚紙模型を組み立てて地殻変動の謎解き、動く逆断層模型と横ずれ断層模型、地質ジオラマ模型、関門海峡の成り立ちを再現した模型、岩石破壊実験、そして地盤の揺れ実験コーナーを配しました。

実体顕微鏡による砂の観察コーナーは、砂の化学分析によって明らかになった中国地方の元素の地図パネルとセットで展示しました。身の回りにある何気ない砂の世界を、子ども達は真剣に観察していました(第7図左)。一方、偏光板万華鏡と地殻変動厚紙模型の組み立ては、今年の3月の「地質情報展 2019 北海道」で予察的に始めたテーマです。セロテープを適当に貼った透明板を、2枚の偏光板の間に挟むとカラフルな幾何学模様が現れます。実際の岩

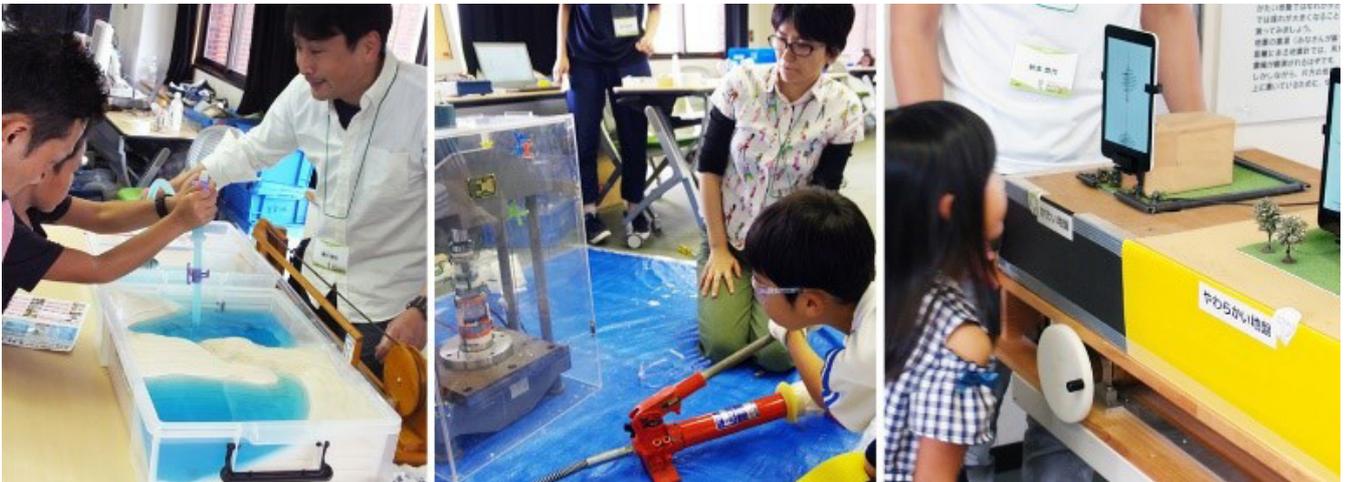
石薄片を偏光板に挟めば、岩石の不思議な世界を楽しみながら学べます(第7図中)。また、地殻変動厚紙模型の組み立ては、日本列島が山国になったメカニズムを再現した模型です。子どもでも簡単に組み立てられるので、誰でも楽しめる工作コーナーです(第7図右)。

逆断層・横ずれ断層模型と地質ジオラマ模型は、地質情報展で何度も展示してきました。いずれも150分の1のスケールの建物や車、人形などを使ってリアルな情景を再現しているので、地質に関心のない人でも惹きつけられます(第8図)。模型には何種類ものクイズ(宝探し)をしのばせているので、小さな子どもでも楽しめます。とくなく難しい地質学も、このような工夫によって、来場者とのコミュニケーションの敷居を下げるすることができます。

関門海峡の成り立ちをひもとくコーナーは、地質情報



第8図 逆断層模型(左)と横ずれ断層模型(中), および地質ジオラマ模型(右).



第9図 関門海峡の成り立ち模型(左)と、岩石破壊実験(中)および地震の揺れ実験(右).

展では今回が初めてです(第9図左). 実はこの模型は、2018年に放送されたNHK番組「プラタモリ」の下関編のロケで使用したものです. 今回の地質情報展は下関のある山口県ですので、ロケのために準備した他の模型も展示しました. 番組では放送されなかった幻の“プラタモ実験コーナー”の再現に、会場に来られた方達と話に花が咲きました.

岩石破壊実験と地盤の揺れ実験も、地質情報展ではおなじみのテーマです. 油圧プレスで岩石試料を圧縮すると、小さな破壊音が徐々に増えて、突然試料は破壊します. 油圧プレスは手動式なので、加圧の手応えを実感できます. 地震は地球の地下で起こっている岩石の破壊現象であることを疑似体験できるコーナーです(第9図中).

地震が発生すると地震波が四方に伝播し、地面に伝わる

と建造物が揺れます. ただし、地面の揺れは、地下の地質の違いや地表付近の軟弱層の有無などによって、場所により大きく異なります. 地震の揺れ実験は、地面の揺れを波形として表示し、揺れ方の違いによって波形の現れ方の違いを体感してもらうことができます(第9図右).

3日目は台風一過の晴天で、日本地質学会学術大会の初日と重なったため、地質研究者も会場に足を運んでくださいました. 地質情報展に3日間来られた一般の方もおられ、3日目の来場者数は465名でした. 一般の方は、地質情報展を目的に、わざわざ市内から離れた大学まで足を運んでいるので、ゆっくり楽しむつもりで来られたのでしょう. 半日以上滞在される方がほとんどで、会場の賑わいは、来場者数だけではないことを実感しました.

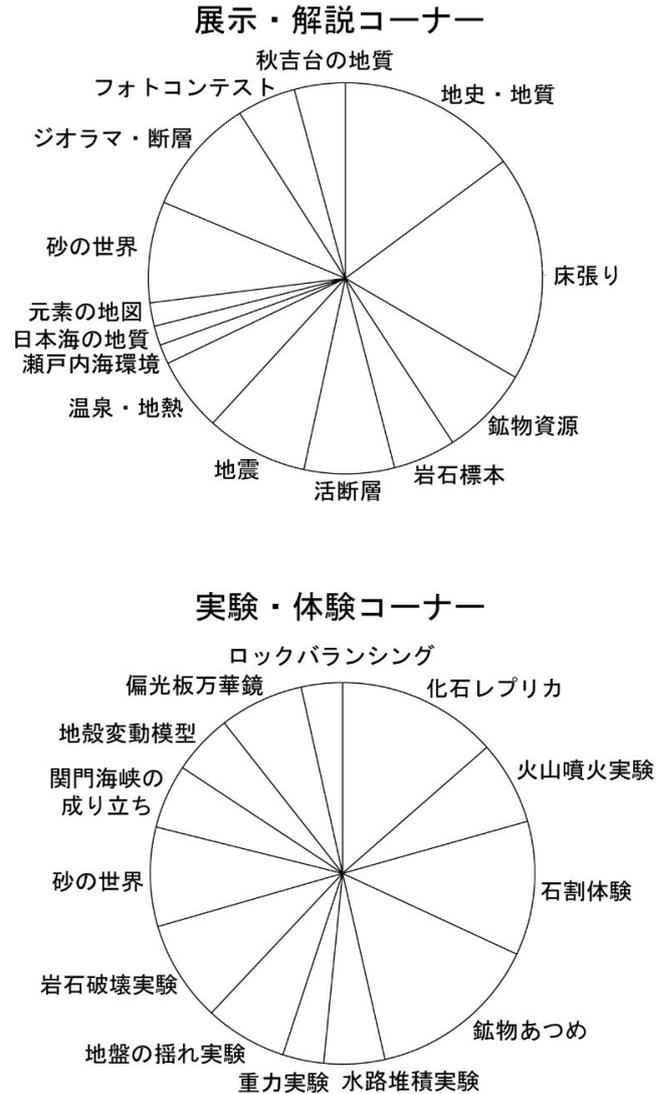
3. アンケート結果

アンケートは、152名の方から回答がありました。来場者の構成は一般の方がもっとも多く(約43%)、ついで小学生(30%)、教職員(7%)の順でした。ただし、一般の方には小学生などの保護者も多く含まれます。来場者の居住地については山口市内が60%で、山口県内は22%、県外は16%でした。地質情報展を知った情報源は、「ポスター・チラシ」、 「知人・友人から」、 「Webページ」がそれぞれ41%、17%、15%でした。今回はチラシを市の広報に挟む形で、山口市内のおよそ4万世帯に配布しました。難易度の質問や自由記述をみると、「分かりやすかった」、「勉強になった」、「楽しかった」との回答がほとんど(約85%)でした。展示・解説コーナーと実験・体験コーナーで関心を持ったテーマの割合は、第10図の通りです。以下に、自由記入コメントの抜粋を列記します。

- ・とても勉強になりました。
- ・皆さん親切で大変楽しく参加できました。
- ・石を積むのが楽しかった。
- ・鉱物集めがとても楽しかった。
- ・化石レプリカ作りが楽しかった。
- ・石割が楽しかった。
- ・とても楽しかったです。丁寧な解説ありがとうございました。
- ・子どもが楽しむことができた。
- ・スタンプラリーを楽しみました。
- ・とても分かりやすく、小学生の子どもも大人も勉強になり、大変楽しめました。
- ・スタンプラリーなど子ども向けのものもあったから居心地がよかった。
- ・専門的な内容を身近な物を使用してデモンストレーション・実験をした点よかった。説明は初心者でもわかりやすく、丁寧にしてくれて、理解・関心が深まった。
- ・顕微鏡で色々な石を見られたのが楽しかったし面白かった。またやりたい。
- ・また来年も行ってみよう。
- ・日頃あまり考えていない観点を改めて考えさせていただきとても良かったです。

4. おわりに

地質情報展2019やまぐちの来場者数は、3日間で948名でした。1,000名に届かず、地質情報展の来場者数とし



第10図 関心を持ったテーマの割合。

ては少ない方です。しかし、その分、来場者の方はほとんどすべてのコーナーを回り、ゆっくり時間をかけて研究者からの説明を聞くことができたので、みなさん満足していただけたようです。複数日来られた方が少なくなかったのも、地質に対する関心の高さで、研究者と直に会話できる貴重な機会と捉えてくださったのかも知れません。

なにごとにも数値で評価される昨今ですが、数字では表されない価値もあると思います。熱心に説明を聞かれた一般の方や、目を輝かせていた子ども達には、数字で表すことができないけれども、確かな記憶として今回の体験が心に残ったと思います。一方、一年かけて準備したスタッフや当日解説を担当した研究者、アルバイトとして参加した山口大学の学生さん達にも、数値としては評価できない貴重な経験になったと思います。それは、イベント期間中、生き生きとしていた彼らの笑顔が物語っています。地質情報

展は、地質学の普及と地質調査総合センターの広報の目的で毎年開催されていますが、参加者すべての方の、手応えある成功体験の場としての価値もあるといえるでしょう。

謝辞：イベントの開催にあたり、山口市、山口県教育委員会、山口市教育委員会、NHK 山口放送局、yab 山口朝日放送、KRY 山口放送、tys テレビ山口、山口ケーブルテレビジョン、FMY エフエム山口、山口新聞社、中国地質調査業協会、全国地質調査業協会連合会、日本ジオパークネットワーク、秋吉台科学博物館には、ご後援を頂きました。また、オオツノジカの頭骨化石レプリカとヨウシトラの頭骨化石は秋吉科学博物館に、島根県の「県の化石(タ

コブネ)」は島根大学学術研究院の入月俊明教授にお借りして展示しました。記して感謝いたします。なお、「地質情報展 2019 やまぐち」は、平成 31 年度科学研究費助成事業(研究成果公開促進費)「研究成果公表(B)」(課題番号 19HP0008、代表者 松田博貴(日本地質学会会長)の助成を受けました。

TAKAHASHI Masaki, SHRESTHA Gaurav and MORITA Keiko (2020) Report on Geoscience Exhibition in Yamaguchi 2019.

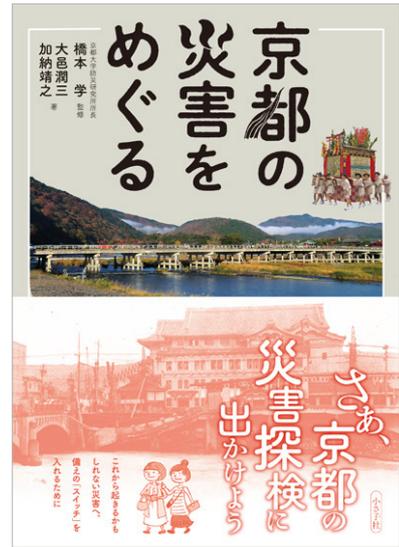
(受付：2019 年 11 月 7 日)

京都の災害をめぐる

橋本 学 [監修]

大邑潤三・加納靖之 [著]

小さ子社
発売日：2019年9月30日
定価：本体1,600円＋税
ISBN: 978-4909782038
14.8 x 1.2 x 21 cm A5判
オールカラー
128ページ



地震と地理を専門とする二人の著者による、旅行書の体裁で書かれた京都の歴史災害研究に基づいた啓蒙書であり、古文書による災害史研究の成果を旅行書仕立てにした力作。京都に土地勘がある方々にも、観光として訪れる方々にも、通常の観光とは少し違った視点を持って楽しむことができる。

本書の構成は以下の通りである。最初に、1596年～1953年の間に、近世以降京都を襲った主な災害(地震4件、風水害4件、大火2件)の概要が書かれている。これだけでも、京都がいかにさまざまな災害を被ってきたかが明らかになる。次に、災害そのものの爪痕やそれに対する人々の思いが感じられる地点、史料など災害の記録を残している地点に加え、災害・防災について理解が深められる場所・施設の紹介がなされる。左京北部、御所・左京南部、上京・洛北、右京、二条城・西京、下京・洛南、東山、伏見・淀、宇治・南山城の9つの地域毎に、180地点にわたっており、本書の大部分を占める。さらに、9つのコラムで、さまざまなトピックがとりあげられやや詳しい解説がなされている。最後に、参考文献一覧があげられ、そのうち「史資料・WebGIS等(オープンなもの)」は、特設ページ(<https://www.chiisago.jp/kyoto-saigai/>、閲覧日：2019年11月7日)にもある。

テンポよく書かれていることもあり、京都の地理・地名に詳しい方々には面白く読めるが、土地勘のない方々への“旅行書”としての啓蒙・案内書としては、もう一息の工夫が必要と感じる。さまざまな方に広く手に取られていくことを期待するので、あえて注文をつけたい。

1) 参考文献やWEBリンクの記載はあるが、用語索引が全くない。そのため「一般向けの入門・啓蒙書」を目指したと「あとがき」には書かれているが、読後に記憶を辿

て辞書的に使うことが全くできないため、啓蒙・案内書として成りきれていないのが残念である。デザイン的には美しくないであろうが、各地点の見出しにもルビがあった方が親切だと思う。

2) 限られた紙面という制限があるのは承知の上だが、写真にもう一工夫が必要と感じる。挿入写真の解像度が悪く、特に、記念碑・石碑・説明板などの写真において、文字が読めるものはほとんどないこと、および、ほぼ全てにキャプションがついていないことが、本書の本来の目的の意図と乖離している。

3) その地点の解説を読むだけで理解できるようにとの配慮であろうが、説明が重複する部分も散見される。例えば、K-NET観測点は4ヶ所で、Hi-net観測点は2ヶ所で紹介されているが、【コラム1：地震をどうはかる?】において、まとめて説明するなどの工夫も必要だと感じた。

4) 古文書を多読されている研究者が書かれているためか、現代の通称とは異なるルビがついているものもあるが、その説明が見当たらない。例えば、p.91では、花折断層に“はなおり”とルビがふられているが、“はなおれ”と耳にすることが多い。

ePubの形式に作り直してスマホなどで見ることを前提にすれば、上記の不満のほとんどは解決するのではないか。特設ページには更に各種情報が盛り込まれる予定とのことなので、それに期待したい。

ところで、54ページの「65 神護寺」の説明で、山門が地震で90度回転するとは考えられない、とあるが、なぜそう考えられるのでしょうか？

(産総研 地質調査総合センター 地質情報研究部門 岸本清行、
同 活断層・火山研究部門 田中明子)

GSJ 地質ニュース編集委員会

委員長 宮地良典
副委員長 名和一成
委員 井川怜欧
児玉信介
竹田幹郎
落唯史
小松原純子
伏島祐一郎
森尻理恵

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9巻 第1号
令和2年1月15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 中央第7

印刷所

GSJ Chishitsu News Editorial Board

Chief Editor : MIYACHI Yoshinori
Deputy Chief Editor : NAWA Kazunari
Editors : IKAWA Reo
KODAMA Shinsuke
TAKEDA Mikio
OCHI Tadafumi
KOMATSUBARA Junko
FUSEJIMA Yuichiro
MORIJI Rie

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. 9 No. 1
January 15, 2020

Geological Survey of Japan, AIST

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



地質調査総合センターでは、昨年に引き続き、2019年6月3～21日の日程で、東・東南アジア地球科学計画調整委員会(CCOP)加盟国の若手地質研究者を対象とした、GeoBank事業「GSJ国際研修2019」を実施した。写真は、阿武隈山地地質巡検で訪れた棚倉破碎帯の花崗岩を原岩とするウルトラマイロナイトの露頭での研修の様子である。ウルトラマイロナイトは、一見すると、頁岩のように見えるが、注意深く観察すると、左横ずれの非対称組織を示す斜長石やカリ長石の細粒残斑晶が認められる。研修内容の詳細については本誌で紹介しているので、ぜひご一読いただきたい。

(写真:内田利弘・文:高橋 浩 産総研地質調査総合センター研究戦略部)

Geological field excursion in the GSJ International Training Course 2019. Photo by UCHIDA Toshihiro, Caption by TAKAHASHI Yutaka