

2023年  
3月号

# NEWS LETTER



IEVG ニュースレター  
Vol.9 No.6

[ 研究現場紹介 ]

## 熊本市水前寺断層帯における反射法地震探査

吉見雅行（地震災害予測研究グループ）

### 1. はじめに

産業技術総合研究所では、今年度から、熊本市中心部において立田山断層と水前寺断層帯の活断層調査をはじめました。本稿では、水前寺断層帯で実施した反射法地震探査について、調査の背景と現場の様子を紹介します。

反射法地震探査とは、地震波で地下をイメージングする技術の1つです。我々が物体を見るときには、物体の表面で反射してきた光を、眼というセンサーで捉え、脳で処理することで物体を認識しています。それと同様に、反射法地震探査は、地中で反射してきた地震波を、センサー（地震計）で捉え、コンピュータで解析処理することで、地下の様子を把握します。もう少し具体的には、地表で発生させた地震波は下方に伝わり、密度や速度の変化点等で反射され、再度地表に戻ってきます。その地震波を、

地表に多数配置した地震計で捉えます。このような計測を、地震波の発生地点を変えながら、繰り返して実施します。こうして得られた多数のデータを処理・解析することで、地下のイメージングを行います。もともとは石油探査のために開発された技術ですが、現在では広く地下構造調査や活断層調査においても利用されています。

### 2. 2016年熊本地震と水前寺断層帯

2016年熊本地震では、阿蘇山から熊本平野にかけての約30kmにわたって、メートルオーダーのズレ量をもつ明瞭な地表地震断層が出現しました（図1、例えば、Shirahama *et al.*, 2016；吉見, 2017；国立大学法人九州大学, 2019）。この地表地震断層のほとんどは、地震前から知られていた布田川断層帯・日奈久断層帯に沿って出現したものです。この

#### Contents

- 01 研究現場紹介 熊本市水前寺断層帯における反射法地震探査 …… 吉見雅行
- 06 学会参加報告 IAVCEI Scientific Assembly 2023 参加報告 …… 谷内 元・西原 歩・Chris Conway・山崎誠子・岩橋くるみ・田中明子・松本恵子・宝田晋治
- 16 退職予定者から一言 定年にあたって …… 伊藤順一、伊藤一誠、塚本 斉
- 18 外部委員会活動報告 2022年12月～2023年1月

ことは、この断層帯では過去にも熊本地震と同様の大地震が繰り返し発生して、その度に熊本地震で生じたような地表のズレが出現してきたことを示しています。一方、熊本市中心部から水前寺公園付近にかけての幅 6 km 程度の範囲では、地表に僅かな撓みや亀裂を伴う隆起・沈降の列（線状変位群）

が生じました。これらは、合成開口レーダー（SAR）の干渉解析により見いだされたもので、それぞれ数 cm 程度の上下変位量を持つ凹凸の列が、北北西—南南東方向の線状に、複数出現しました（Fujiwara et al., 2016）。これらの線状変位群のうち、水前寺公園東方（健軍神社付近、図 2 の A 断層）では、変

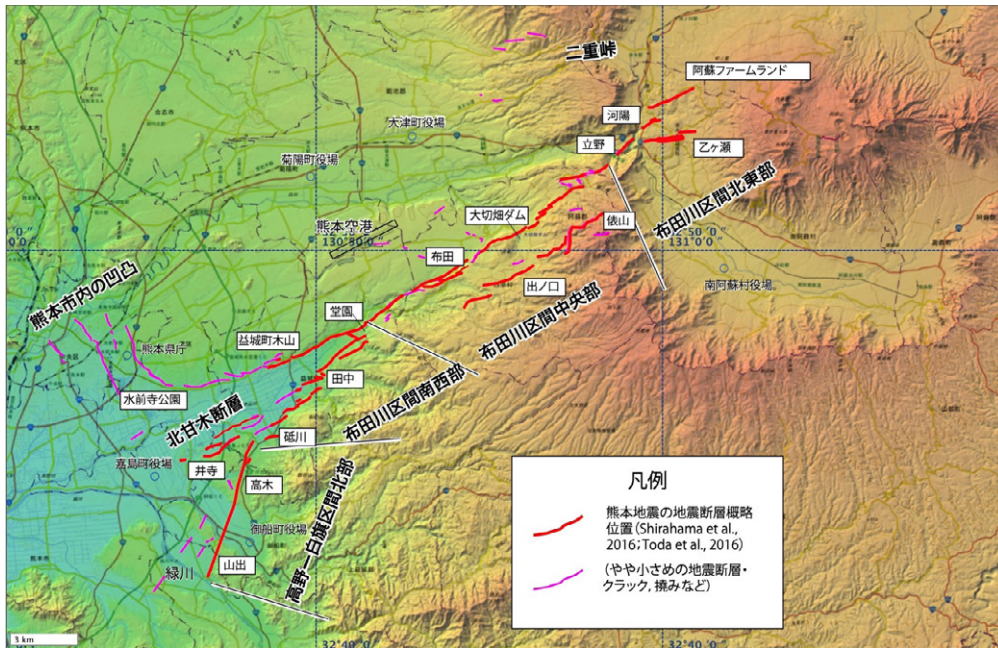


図 1 2016 年熊本地震の地表地震断層分布の概略（吉見・他，2017）。

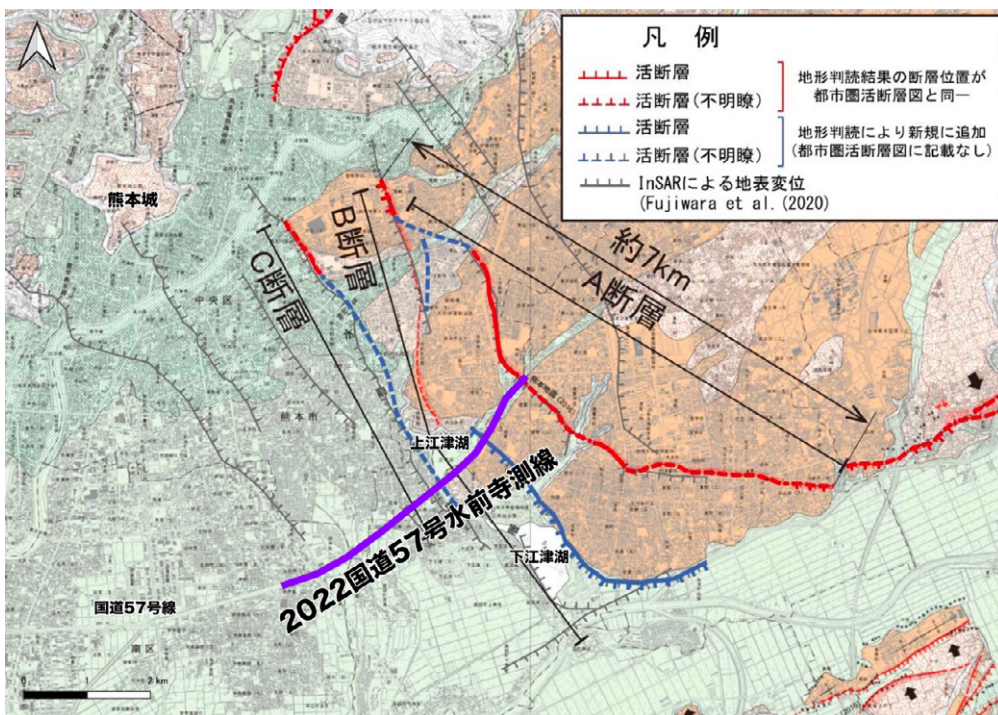


図 2 水前寺断層帯の反射法地震探査（国道 57 号水前寺測線：紫線）と周辺の活断層位置および InSAR で検出された熊本地震で出現した線状変位群（熊本市政策局危機管理防災総室（2022）に加筆）。



位が断層崖（熊本地震後に公開された都市圏活断層図「熊本改訂版」（熊原ほか, 2017）に記載）に沿って出現しているため、過去にも上下変位を伴う撓みや亀裂が繰り返して形成された可能性が示唆されます。しかしながら、線状変位群の多くは沖積低地内に分布するため、過去の大地震でも同様の地表変形が出現したのかどうか、地形にもとづいて確認することが困難です。

2021年度には、熊本市がこの線状変位群（水前寺断層帯）を対象に調査を実施しました（熊本市政策局危機管理防災総室, 2022）。この調査によれば、空中写真判読によって、中位から低位段丘面（図2で橙色、薄橙色で着色された地域）が発達する範囲で、3本の活断層（A断層、B断層、C断層）が認定されました（図2）。このうち最東部のA断層で実施されたピット調査では、熊本地震時の変位より遥かに大きい約60 cmの西側低下の上下変位が認められました。また、A断層を挟む群列ボーリング調査により、15万年前の砥川溶岩上面から約9万年前のAso-4火砕流堆積物上面、段丘砂礫層上面（7～9万年前）までが上下方向にずれており、古い地層ほどその標高差が大きいという変位の累積性の可能性を示す知見が得られました。一方、Fujiwara *et al.* (2020) は、熊本地震の沖積低地に出現した線状変位群においても、2016年熊本地震時の上下変位のパターンが基盤礫層の分布深度と整合的であることを指摘しています。



図3 北から見た上江津湖（右下）と下江津湖（中央）。反射法地震探査測線は上江津湖の南端を通る。

これらのことは、水前寺断層帯が過去にも繰り返して地表を変位させてきた断層、すなわち活断層であることを示唆しています。しかしながら、地下の震源断層との関係や、より古い時代の活動については分かっていません。そこで、水前寺断層帯を対象とした反射法地震探査を実施し、断層帯の活動による地層の変形状態をイメージングすることにしました。

### 3. 水前寺断層帯における反射法地震探査

今回の調査では、2016年熊本地震で地表に撓みや亀裂が生じたとされる範囲を横断するように調査測線（長さ約3.5 km）を設定しました。調査測線位置を図2の紫線で示します。調査測線は主に国道57号線に沿って設定しており、その北東端はA断層付近（健軍神社の北西）、南西端は線状変位群最西部の南東延長部に位置しています。測線北部の空撮写真を図3に示します。市街地と田畑の境に見える水面が上江津湖と下江津湖であり、上江津湖の南端を通して写真右に抜ける道路が調査測線です。探査作業は2022年12月に実施されました。

今回の探査では、地震計を約20 m間隔で道路脇に設置しました（図4）。上江津湖付近においては、測線（国道）が上江津湖と下江津湖を結ぶ加勢川と交差しています。そのため、地震計を水前寺江津湖



図4 道路沿いの地震計設置の様子（花壇に複数の地震計（青）を埋め、黄色の機器にデータを集約）。

公園内および加勢川の水底に設置しました（図5）。通常の反射法地震探査では水底に地震計を沈めることは稀ですが、今回は断層が加勢川の流路付近に想定されることから、データの抜けを防ぐためにこのような措置を行いました。

図6に今回の探査で使用した震源車の様子（昼間に別地点で実施したもの）を示します。車両中央に地面を上下に揺らす錘がついており、発震時に錘につながる吸盤を地面につけて車重をかけることで、錘を上下させて生じた震動を地下に伝えるようになっています。地面の揺れの記録を図7に示します（筆者のスマートフォンで測定）。錘を低速から高速まで連続的に揺らすことで、低振動数から高振動数までの震動を発生させています。



図5 上江津湖と下江津湖をつなぐ加勢川に沈めた水中地震計（黄色の物体：この区間に4個設置）。

この付近の国道57号線は熊本環状道路を構成するバイパス道路で、特に昼間の交通量が多い道路です。そのため、道路管理者の指示に従って、夜間に限定して発震作業を実施しました（図8）。全長3.5kmの測線に沿って、1地点あたり数分間の発震を10m間隔で繰り返す測定作業を、3日間かけて完了しました。探査結果については報告書や論文等で報告します。

本探査の実施にあたり、周辺住民の方々の理解と協力に感謝する次第です。また、熊本市、国土交通省九州地方整備局の協力を得ました。

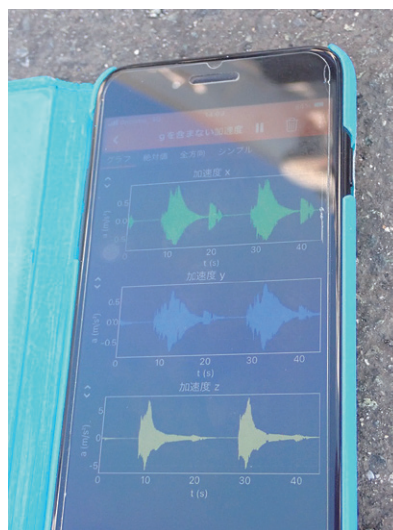


図7 震源車の横での揺れの波形（X, Y：水平成分，Z：上下成分）。



図6 発振中の様子（中央の黒いプレートを地面に押し付け、震動を地面に伝えている）。



図8 夜中の発震の様子。



## 参考文献

- 熊原康博・岡田真介・楳原京子・金田平太郎・後藤秀昭・堤 浩之 (2017) 1:25,000 活断層図「熊本改訂版」解説, 国土地理院, D1-No.868.
- 熊本市政策局危機管理防災総室 (2022) 水前寺・立田山断層調査結果, 9 pages.
- 国立大学法人九州大学 (2019) 平成 28 年熊本地震を踏まえた総合的な活断層調査, 平成 28~30 年度成果報告書.
- Fujiwara, S., H. Yarai, T. Kobayashi, Y. Morishita, T. Nakano, B. Miyahara, H. Nakai, Y. Miura, H. Ueshiba, Y. Kakiage, and H. Une (2016) Small-displacement linear surface ruptures of the 2016 Kumamoto earthquake sequence detected by ALOS-2 SAR interferometry, *Earth, Planets and Space*, 68(1), 1-17.
- Fujiwara, S., T. Nakano, and Y. Morishita, Y. (2020) Detection of triggered shallow slips caused by large earthquakes using L - band SAR interferometry, *Earth, Planets and Space*, 72:119.
- Shirahama Y, Yoshimi M, Awata Y, Maruyama T, Azuma T, Miyashita T, Mori H, Imanishi K, Takeda N, Ochi T, Otsubo M, Asahina D, Miyakawa A (2016) Characteristics of the surface ruptures associated with the 2016 Kumamoto earthquake sequence, central Kyushu, Japan. *Earth Planets Space* 68:191.
- 吉見雅行 (2017) 熊本地震の地表地震断層, 2016 年熊本地震被害調査報告書, 2.4 節, 土木学会.

## 学会参加報告 IAVCEI Scientific Assembly 2023 参加報告

谷内 元・西原 歩・Chris Conway・山崎誠子（火山活動研究グループ）・  
岩橋くるみ・田中明子（マグマ活動研究グループ）・  
松本恵子・宝田晋治（大規模噴火研究グループ）

IAVCEI（国際火山学及び地球内部化学協会）は、4年に1度国際研究集会（Scientific Assembly）を開催している。当初は、2021年にニュージーランドのロトルアで開催予定であったが、コロナで2度にわたって延期された。会議は2023年1月30日～2月3日にハイブリッドでの開催となり、その前後には多くの巡検やワークショップが開催された。多くの方にとっては、実に3年ぶりの現地での国際会議参加となった。

### 1. 会議

Scientific Assemblyには、最終的に860名の現地参加、203名のオンライン参加があり、全員で1,063名の参加者があった。主に火山を対象として、火山地質、火成岩岩石学、実験岩石学、地震、リモートセンシング、地磁気、地球化学などさまざまな手法を使って行われた研究についての発表がなされた。会議は9つのパラレルセッションが1時間単位（4名発表）で行われ、その間のプレナリーセッションでは1つの会場に集まり、顕著な研究成果等の発表が行われた。今回の学会の特徴として、プレナリーセッションでは、著名な研究者1名がまず30分発表したあとで、かならず博士号取得後7年以内のECR（Early Career Researcher）が発表を行った事である。

#### 1-1. 宝田による報告

私（宝田）自身は、初日の夕方に大規模火砕流分布図のポスター発表を行い（写真1）、カルデラ形成噴火の火口位置変遷などについて、20名程度の参加者と議論を行った。持ち込んだ始良カルデラ入戸火砕流分布図も7名程度の方にお渡しした。また、

火山ハザードリスク評価の2つのセッション（1日目夕方と2日目朝）では、座長を務めた。セッション提案者の4名のうち、2名はオンライン参加で、もう1名も航空機のキャンセルで現地参加できなかったため、今回は座長として、一人で時間計測、会場進行などを行うことになった。1日目は、ECRの若手研究者の発表が行われ、火山灰の影響評価や農業への影響の講演などがあった。2日目は、火山噴火による火事の評価、メキシコの火山、米国地質調査所による米国火山の岩屑なだれによる火山災害、2022年フンガトンガ-フンガハアパイ噴火の発表などがあった。2日目の昼には、私が副代表を務めている火山ハザード・リスク委員会（Volcanic Hazards and Risk Commission）の会合があり、これまでの活動内容の紹介や、今後の活動内容について、議論を行った。3日目は日帰り巡検が開催されたが、天候不順のため、私が参加を予定していたTaupo火山とテクトニクスコースはキャンセルとなった（詳細後述）。その代替として、キャンセル

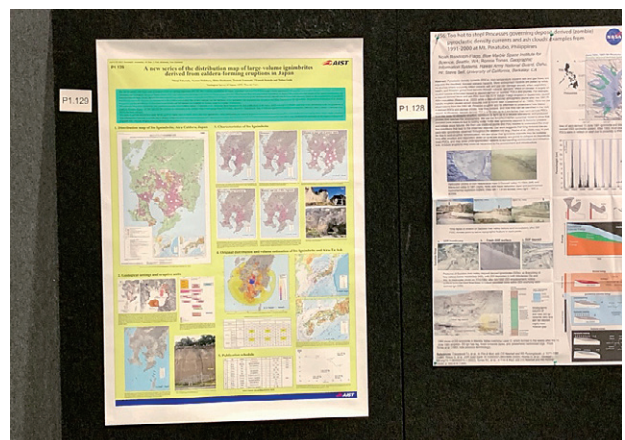


写真1 大規模火砕流分布図のポスター、右隣は、著名な火砕流研究の大家であるSteve Self氏のピナツポ火砕流堆積物のポスター。

となった他のコースのメンバーと共に、2019年12月のホワイトアイランドの噴火対応について、GNS Scienceの関係者からプレゼンがあった(写真2)。このプレゼンの中では、ホワイトアイランド噴火時の噴火対応について、具体的にどのように観測を実施し、噴火推移を検討したのか、といった情報を得ることができた。さらに、当時刻一刻と変化する噴火の状況を迅速かつ適切に一般市民へ伝えるためになされた様々な試み、例えばSNS等を使ったリアルタイムでの情報発信についても知ることができた。また、噴火対応に携わる職員に肉体・精神面で負荷がかかった場合のケアの仕方についての発表・議論もあった。また会期中には、GNSの研究者による Taupo Volcanic Zone の地質図の詳細化についての発表もあり、世界的に詳細地形を反映した新たな地質図プロジェクトが進んでいることを確認できた。4日目の昼には Cities and Volcanoes 委員会の会合があり、5日目の昼には Global Volcanic Database の会合に参加した。

### 1-2. 松本による報告

学会では主に噴火のダイナミクスに関連する岩石学や岩石組織、マグマやメルトの物性に関するシンポジウムに参加した。マグマ供給系の構造のシンポジウムでは、斑晶や集斑晶の組織を利用したマグマ供給系への知見に関する議論が行われていた。輝石斑晶内微量元素のマッピングによる多様性、マイ



写真2 3日目の2019年ホワイトアイランド噴火に関する議論の様子(テーブル左側は著名な火山研究者である元米国地質調査所のChris Newhall氏)。

クロCTによる3次元構造と3次元結晶方位解析による集斑晶成長環境の推定、単斜輝石ゾーニングによるエトナ火山2021年噴火の時系列での温度や化学組成変化の解析などの発表があった。分析機器の機能やデータ解析性能の向上により、新しい岩石組織の発見や組織多様性が報告されたり分析が精緻化される一方、マグマシステムの描像や解析の枠組みに大きな変化は見られない印象を受けた。マグマ物性や気泡のシンポジウムでは、メルトの浸透性の理論的研究や天然の岩石変形組織の解析、気泡合体プロセス、マグマのアナロジー物質による気泡破裂と音波の関係やペレの毛再現実験、流体への微量元素の分配実験といった、方法や対象にバリエーションのある発表が行われた。岩石組織と噴火ダイナミクスについてのシンポジウムでは、ナノ結晶の核形成や、ガラス化・結晶化、マグマの破碎実験といった、結晶・マグマ組織形成の素過程と噴火現象との対応を図る研究発表が行われた。特に、時系列で採取した火山灰において、ある時点での結晶度がそののちの噴煙高度と相関することを示した発表は、火山灰の物質科学的”予測”に資するコンセプトを提供した点で印象的だったものの、火山灰の物質科学的モニタリングを行う研究機関一覧に日本が含まれていないなど、日本の研究の認知度の低さを実感した。

## 2. 巡検

地質巡検は会議期間前と会議期間後に宿泊を伴うものが、会議の中日に日帰りのものがそれぞれ数コースずつ用意された。残念ながら多くの巡検はニュージーランドを襲った豪雨によってコースの縮小や中止を余儀なくされたが、その中でも実施できた巡検ではニュージーランドの火山を観察することができた。

### 2-1. オークランド地質巡検(宝田晋治・田中明子)

学会前に開催される地質巡検として、ニュージーランド全体の人口約500万人のうち、約3分の1の165万人が居住するオークランドに広がる単成火山群(約20万年前から活動開始)を見学するコース(1



月 27 日～29 日の 3 日間) に参加した。これは、次の火山活動でどこに火口が形成されるかを検討する上で、防災的にも重要なコースであった。案内者は Auckland Geoheritage の Kate Lewis 氏や、オークランド大学の Jan Lindsay 氏ら 12 名であった。マオリ出身のオークランド大学の Sylvia Tapuke 氏も参加していた。全体で約 50 名の参加があった。活断層・火山研究部門からは、田中明子、宝田晋治の 2 名が参加した。1 月 27 日は、世界的にニュースにもなった大雨の中、Mangere スコリア丘を見た後、海岸付近で Maungataketake 火山から噴出したベースサージ堆積物の見学を行った(写真 3)。Bomb sag 構造やサージで倒れた木などをみた。その後、オークランド市内南東にある Orakei マールについて、ボーリングコアを見ながら降下火山灰の対比や火山活



写真 3 Maungataketake 火山から噴出したベースサージ堆積物。案内者の Kate Lewis 氏。ベースサージで根元だけになった木が中央下部に見える。



写真 4 Pupuke 火山から流出した溶岩流に見られる溶岩樹形。

動度等について議論する予定であったが、風雨が酷く、バスの中からマールを見て、バスの車内で案内者から解説を聞いた。オークランド市街北側の海岸では、Pupuke 火山から流出した溶岩流の溶岩樹形を観察した(写真 4)。また、スコリア丘や溶岩流の観察を行った。予定では、海岸で翌日見学予定の Rangitoto 火山(西暦 1400-1450 年に活動)を見ながら、ピザを食べる予定であったが、風雨が激しくなり、オークランド大学理学部のキャンパスでの歓迎会となった。この頃、オークランド空港は水没し、オークランド全域に警報がでる状態であった。そのため、翌日予定されていた Rangitoto 火山の見学はキャンセルとなった。オプションとして市内の博物館の見学も検討されていたが、政府の方針で市内の博物館は全て閉鎖されていたため、各自自由行動となった。3 日目は、オークランドから会場のロトルアまで移動であった。交通機関が混乱しているとのことで、巡検の 2 台のバスの空席 40 名分に IAVCEI 参加者から希望者を募り、それらの方々も便乗してロトルアに向かった。途中で立ち寄ったマタマタの村は、映画『ホビット』の撮影地で有名などころらしく、ビジターセンターでは、撮影の様子などが紹介されていた。15 時ごろにロトルアの学会会場に到着し、巡検参加者一同が集まって、解散式を行った(写真 5)。



写真 5 学会会場での巡検解散式の様子。中央がマオリ出身の Sylvia Tapuke 氏、右隣が案内者の Jan Lindsay 氏 (IAVCEI 副会長)。参加者でマオリの踊りをやっているところ。ロトルアは、マオリの方々的人口が多い。



## 2-2. ルアペフ・タラナキ地質巡検（山崎誠子）

学会前に開催された「How to build and destroy a stratovolcano: Mts. Ruapehu and Taranaki」という巡検（1月24日～1月29日）に参加した。ニュープリマスという小さな町から始まり、ニュージーランドの主要な3つの安山岩の成層火山 Taranaki 火山、Ruapehu 火山、Tongariro 火山）を巡りながらロトルアの会場に向かうコースである。メインは Taranaki 火山で、山体の成長期に繰り返し起こった崩壊、火山活動が低調だった時期の河川の侵食など、活動史を通して現在の景観をつくるまでの様々なイベントの堆積物を観察することができた。案内リーダーは Massey 大学の Anke Zernack, Jon Procter, Shannen Mills の各氏で、サポートの学生も含めて参加者は35名だった。1～2日目は晴れて海岸沿いの露頭で大規模な岩屑なだれ堆積物やラハール堆積物を観察したり（写真6）、移動中にはマウンド状の地形をつくる岩屑なだれのメクラストの断面をロードカットの露頭で観察し、雲がかかった状態ではあったが Taranaki 火山の山頂の火口や溶岩ドームも遠望することができた（写真7）。3日目からは雨



写真6 Ohawe ビーチ付近での露頭観察。



写真7 2日目午後少しだけ Taranaki 山頂が見えた。

になり、長距離移動中にバンの1台がパンクしてタイヤのロックねじが外れず、立ち往生してしまうというトラブルもあった。4～5日目も雨のため予定されていた Tongariro 川下りや Ruapehu 山のゴンドラもキャンセルになったが、雨の中でも1953年のクリスマスイブに起きた Ruapehu 火山のラハールによる列車事故のメモリアルサイトや、Taupo 火山の232年噴火の火砕流堆積物を含む Ruapehu 火山や Tongariro 火山の最近の噴出物の露頭などに立ち寄りながら、ロトルアに到着した。出発前からリスクアセスメント表や食べ物のアレルギー対応まで細やかな手配の上で企画され、現地では悪天候ではあったものの臨機応変にスケジュール変更しながら大変充実した巡検だった。

## 2-3. 氷河とマグマの相互作用に関する地質巡検（Chris Conway, 谷内 元）

会期前に実施された本巡検は、Ruapehu および Tongariro 地域で観察される火山と氷河の相互作用によって形成された堆積物や火口などの火山地形を観察するために用意された4日間の巡検である。リーダーは Chris Conway, Rosie Cole, Leo Pure, Dougal Townsend の各氏であった。筆者（谷内）は北海道～東北北部地域の火山を研究対象としており、ぜひ一度本場で、火山と氷河の相互作用の証拠を観察したいと思い、参加した。

初日はオークランドからタウポ湖を経て Ruapehu 火山麓の町まで移動した。Ruapehu と Tongariro 火山に由来するテフラやラハール堆積物がみられる立派な露頭を観察（写真8）した他、1953年の Ruapehu 火山からのラハールによる列車事故の現場などに立ち寄った。夜は各自調理する形でディナー



写真8 周辺火山由来のテフラとラハール堆積物。

となり、我々はニュージーランド産のステーキとビールで乾杯した。翌日はいよいよ Ruapehu 火山に懐へ入り込み、主に山体西側で見られる Ice-lava interaction の証拠地を歩いて回った。マグマが氷河と接触することで作られる不規則な節理や、急冷した表面から徐冷した内部に至る溶岩流の断面など、時間を掛けてじっくり観察することができた（写真9）。今回の巡検で回ったルアペフ火山山頂域は植生がなく、いわゆる全面露頭であった。あの溶岩はあそこで氷河とぶつかった、とか、この溶岩はそのまま谷に流れ下った、などが手に取るように分かる場所で、さらに主要な溶岩流は Ar/Ar 法で年代まで測定されている。観察していて飽きることのない素晴らしい巡検ルートだった。3日目は Tongariro 方面へ移動し、「Tongariro Crossing」と呼ばれるトレッキングルートの一部を歩いた。モレーンに囲まれた谷の入り口から始まり、やがてU字谷へと入るとい、いかにも氷河の名残を感じる地形的に面白い好ルートであった。雨のために残念ながら多くのストップポイントが用意されていた山頂域まで行くことはできなかったが、かつて氷河が埋めていたU字谷では、氷河の後退後に Ngauruhoe 火山から流れ下った“一般的な”玄武岩質安山岩の溶岩も観察することもできた。最終日である4日目も残念ながら悪天候であったため、Tongariro 国立公園のビジターセンターに立ち寄り、学会会場のロトルアへと向かった。ビジターセンターでは晴れた日の国立公園の映像も流れており、やや残念な気持ちになったこ



写真9 氷河の下で冷却・固化した溶岩流。表面（写真の溶岩流上部の黒い部分）は氷河が溶けることでできた水と接触することで急冷したため、細かい節理が多く入りガラス質である。溶岩流内部は徐冷したため完晶質な石基組織の岩石となっている。

とも事実だが、悪条件の中でもリーダーたちの的確な判断によって素晴らしい露頭をいくつも観察することができ、満足の巡検だった。

#### 2-4. 若手プレ巡検（松本恵子）

1月28～29日の若手プレ巡検は、博士課程学生と卒業後7年以内（コロナで延期前時点の人も含む）の若手のネットワークを築く目的で開催され、リーダー6名を含む参加者35名はいずれも若手だった。オークランドからロトルアまでの地質のビュースポットを回った。コロナ感染対策のため抗原検査とバス・室内でのマスク着用が指示され、守られていた。参加者はイギリス、アメリカ、ニュージーランドからが多く、イタリア、日本、シンガポールからは各数名参加し、また博士課程の学生が多い印象を受けた。

巡検ではオークランド豪雨により予定の地質見学が数か所キャンセルされたが、若手参加者間の交流のよい機会となった。28日はオークランドからタウポまで車移動し、全員でタウポの名所である Wairakei Terraces（温泉プール）に行った。プールはシリカに富む乳白色でやや硫黄臭がする温泉で、複数の段階の温度が楽しめた。水着を着用し、深いプールに首まで浸かっておしゃべりを楽しんだ。29日は GNS Science を訪問した。GNS Science はニュージーランドの自然災害、エネルギー開発、地質研究を行う、日本での産総研と気象庁のような役割を担う企業である。GNS Science では、ニュージーランドの火山紹介、GeoNet という地震・津波・地すべり・火山現象モニタリングシステムの紹介、観測員による実際の仕事についての説明があった。また、地熱研究部門のスタッフによる熱水や温泉水の分析ラボの紹介や、地中での岩石-熱水相互作用の実験装置を見学した。ニュージーランドでは電力の20%が地熱発電である。GNS Science でプレゼンの行われたホールはリビングのようで（写真10）卓球台等が配置され、椅子やソファに座って発表を聞いた。実験棟は明るく、各実験室は広いガラス窓で仕切られ、壁には美しい電子顕微鏡像がキャンバスに張られ展示されており、リラックスした研究環境であることが想像できた。その後、タウポ湖



の湖畔に移動し、2022年に発生した unrest（火山活動が平常時に比べて変化した状態のこと。今回は地盤変動と700回を超える地震、湖内で少なくとも2回の地すべりによる津波が発生）の説明を受けた。津波が来た範囲にはまだ草が生えていなかった（写真11）。この日も断続的に強い雨に降られたため、Waiotapu 泥火山を見学したのちに、ロトルアまで



写真10 GNS Scienceでのプレゼンの様子。リビングのようなホールで実施した。ホールには産総研の地質ニュースも置かれていた。



写真11 タウポ湖。芝生に覆われている部分より左側は、2022年のunrest時の津波堆積物に被覆された部分。空は曇天だが、雨が降っていない比較的良好だった時の写真。

送迎してもらった。

荒天によりほとんど地質見学ができなかったのは残念だったが、リーダーらの機転により残りを安全に見学できた。プレ巡検により参加者の顔と名前が一致し、学会で直接話をする機会が増えたり、ヨーロッパはポストクのポストはあってもパーマネントの職が非常に少なく問題となっているなど若手ならではの情報交換ができた。

## 2-5. タウポ火山の概観コース（田中明子, Chris Conway, 谷内 元, 西原 歩）

本巡検は学会中日の巡検として企画された。まず、タウポのカルデラ湖およびカルデラ湖内に存在する約7000年前に形成された流紋岩質の溶岩ドームをボートから見学した（写真12）。午後にはバスで道路沿いの切り割り露頭にてタウポ火山由来の珪長質噴出物を観察することができた（写真13）。この日も、他の巡検が中止になるような生憎の天候条件であったものの、最低限の観察をすることができた。



写真12 Motutaiko 島。タウポ湖の中に浮かぶ流紋岩質溶岩ドーム。

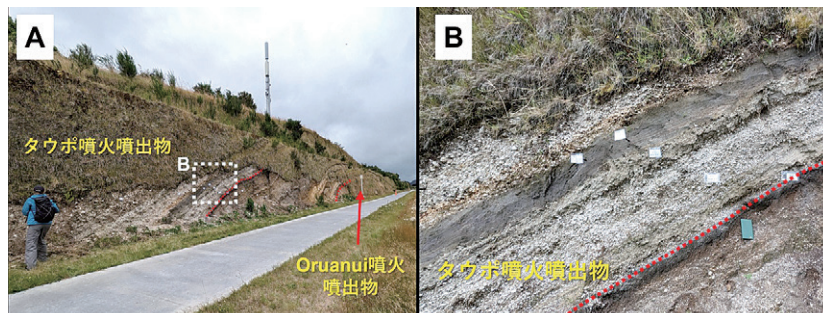


写真13 タウポカルデラで発生した直近2回の巨大噴火（タウポ（Hatepe）噴火、Oruanui 噴火）噴出物とその間に発生した大規模噴火噴出物を観察できる好露頭（A）。噴出物ごとにテフラ名、年代、噴出量などを取りまとめたメモが掲示されており（B）、一通り説明が終わった後も参加者による議論や観察が行われた。

## 2-6. ルアペフ火山地質巡検 (Chris Conway, 谷内 元)

本巡検は学会期間後に行われた2泊3日の巡検で、ルアペフ火山の地形、溶岩流、火口湖、火砕物、ラハール堆積物、モレーンなどを観察できるコースが用意された。Gabor Kereszturi, Chris Conway, Alison Graettinger, Lauren Schaeferの各氏がリーダーであった。

初日は学会会場として使用されていたロトルアのエネルギーセンターから出発し、途中 Taupo 火山に立ち寄ったあと Ruapehu 火山東麓に回り込み、まずは Ruapehu 火山由来の数十枚に及ぶ安山岩質テフラおよび Taupo 火山由来の噴出物を観察した。午後から雨が降り出したものの、途中 U 字谷と溶岩流を観察しながら Tukino スキーフィールドまで車で山を登った。2晩投宿する山小屋に荷物を置いたあと、雨の中を2時間ほど、氷河とマグマの相互作用を観察するためハイキングに出かけた。ここの溶岩は、氷河がマグマの熱によって溶融することによって生じた水が、マグマと反応することによって形成された垂直な1次割れ目と、さらにその割れ目に浸透した水が1次割れ目と直行方向に作る2次割れ目を持っており、陸上の火山としては大変珍しい産状であった(写真14)。夕食の後、翌日の

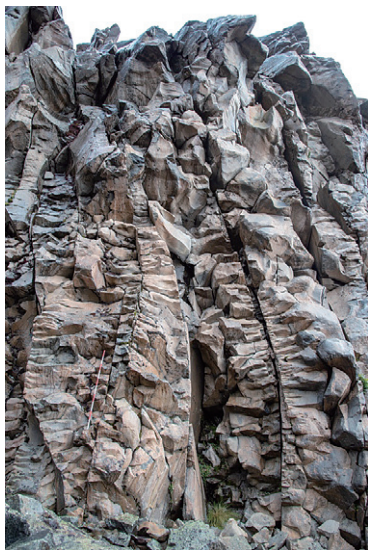


写真14 マグマと氷河が溶融した水が接触することにより、まず垂直方向に1次的な割れ目ができた。その割れ目を沿って内部へ侵入した水が関与することで、さらにそれと直行する方向に2次的な割れ目が形成されたと考えられている。

コース(山頂または山麓からの選択)についての説明が行われた。最終決定は翌朝で良いとのことだったが、翌日も雨予報だったため、私は山頂に行くか悩みながらの就寝となった。しかし翌朝起床すると快晴であり、山頂まで一望することができた(写真15)。ニュージーランド入国以来、1週間半ぶりのしっかりとした青空であり、前日の心配は杞憂となった。この日は南西麓の Turoa スキーエリアまで車で移動し、Ruapehu 火山の Tahurangi ピーク(標高2,797 m)に至るルートで地形や岩石を観察しながら歩いた。山頂まで1200 mの標高差を約3時間で登るというややハードな巡検コースであったが、Tahurangi ピークからは美しい乳白色の火口湖を観察することができた(写真16)。火口湖は地図で見た以上に巨大で多くの水を湛えており、また周辺には夏にも関わらず雪氷も存在し、プレ巡検およびポ



写真15 快晴のルアペフ火山。



写真16 ルアペフ山頂の火口湖。



スト巡検で回った Ruapehu 火山麓の多くの場所でラハールへの警戒を促す看板が設置されていたことにも納得した。山頂からは同一ルートを下山し、レストランでハンバーガーとビールで乾杯した後、宿へ帰投した。3日目は残念ながら山は風雨が強く、巡検は中止となった。代替として Tokaanu Thermal Pools 周辺の地熱地帯を歩いて見学した後に、温泉で3日間の汗を流し、ロトルアへと戻った。

### 3. ワークショップ

学会期間中あるいはその前後に幾つかのワークショップも開催され、このうちのいくつかに当部門の職員も参加した。以下では簡単に概要を紹介する。

#### 3-1. MELTS ワークショップ(岩橋くるみ・西原 歩)

MELTS プログラム (Ghiorso and Sack, 1995) とは熱力学的モデルに基づいてマグマの相平衡を数値計算することができるプログラムであり、UNIX ベースのコンピュータで動作する。MELTS プログラムは 500–2000 °C, 0–2 GPa の温度圧力範囲で、特に苦鉄質組成のマグマにおける相平衡計算において精度よく動作するプログラムであったが、より高圧下での計算を行うためのプログラム (pMELTS; Ghiorso *et al.*, 2002) や珪長質組成のマグマにも適用できるプログラム (Rhyolite-MELTS; Gualda *et al.*, 2012) などの改良を経て、火

山学や岩石学で広く利用されている。本ワークショップでは、Windows を含むすべての OS で MELTS を使用することができるように設計された「easyMELTS (<https://magmasource.caltech.edu/forum/index.php?board=34.0>)」 と「alphaMELTS (<https://magmasource.caltech.edu/forum/index.php/board,32.0.html>)」について、講義と複数のケーススタディを用いた演習が行われた。ワークショップには当部門の西原と岩橋を含めた 20 名前後の受講生が参加した。ワークショップは、ロトルアの Millennium Hotel の一室を使い、二日間にわたって開催された。ワークショップの合間や昼食時には、研究や私生活の話題を交えた交流を参加者間で深めることができた。

初めに、MELTS の数値計算における熱力学的背景や MELTS のアルゴリズムに関する講義が行われた。その後、easyMELTS のインストールと使用方法に関する簡単な講義の後に「マグマの結晶分化」と「マグマの脱ガス」に関する計算演習を行った。easyMELTS は計算条件の入力や計算結果の可視化が非常に容易であり、様々な条件における計算結果の比較検討プロセスまでの一連の流れを習得することができた (写真 17)。

easyMELTS の演習を一通り終わると、alphaMELTS のインストール作業を実施した。Windows 上で alphaMELTS を使用するためには Perl



写真 17 easyMELTS の入力画面 (左) と計算結果例 (右)。入力画面では計算に必要な情報が分かりやすく示されている。計算結果はプログラム上で簡単に確認でき、詳細な結果は Excel ファイルへ出力することができる。

言語をインストールする必要がある、環境構築に戸惑う場面もあった。受講者全員が alphaMELTS のインストールを終えたあとは、easyMELTS で行った計算を alphaMELTS 上で行う演習や、バッチ処理など alphaMELTS でしかできない計算の演習が行われた。alphaMELTS で得られた結果のファイルを Excel のマクロ機能を使ったプログラムである Combine tbl に入れ、easy melts 同様に、alphaMELTS の結果を簡単に可視化する方法も教わった。

このワークショップは少人数で実施されたことから、講義や演習でわからない点があれば都度質問を行うことができ、非常に実用的であった。本ワークショップで実施したマグマの脱ガス過程をはじめとした複数の計算は、近似条件に課題が残るものの、将来的に天然における噴火現象の定量的解析のために活用しうるものであった。

### 3-2. ハザードマップワークショップ（宝田晋治）

2月4日には、火山ハザードリスク委員会のハザードマップワーキンググループの主催により、火山ハザードマップワークショップが開催された（写真18）。火山ハザードマップワーキンググループはオークランド大の Jan Lindsay 氏やエジンバラ大学の Eliza Calder 氏らが代表となって進められている。会合は IAVCEI や Cities on Volcanoes の際に開催されており、火山ハザードマップに関する取り組みやガイドラインの作成などを進めている。今回

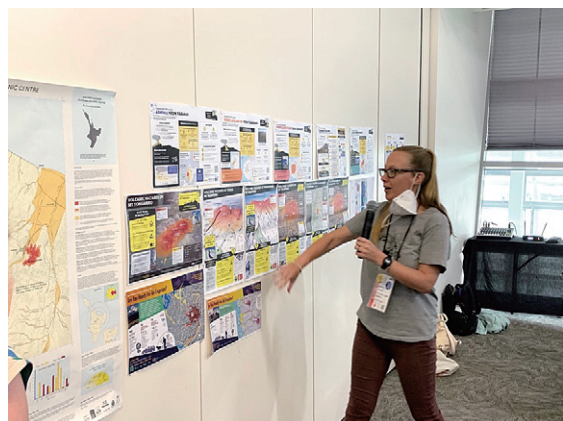


写真18 火山ハザード・リスク委員会のハザードマップワーキンググループの様子。オークランド大学の Danielle Charlton 氏がニュージーランドのハザードマップの紹介を行っているところ。

は前回のポートランドでの会合に続いて、第8回目の会合であった。最近、世界中の火山ハザードマップを取りまとめた火山ハザードマップデータベース (<https://volcanichazardmap.org/>) が、USGS の Heather Wright 氏や Sarah Ogburn 氏を中心に取りまとめられ、一般公開された。午前中は、各機関が行っているハザードマップ関連の活動紹介を行った。日本工営の田島氏は、改訂された霧島火山の火山防災マップの紹介を行った。午後は、来年出版を予定している火山ハザードマップガイドライン (source book) のドラフトを元に3つのグループに分かれて議論を行った。私は離島におけるハザードマップについての議論に参加した。

### 3-3. 若手ワークショップ（松本恵子）

2月2日に開かれた標記ワークショップは、IAVCEI の若手ネットワーク (ECR-Net) により主催され、Bulletin of Volcanology 誌に最近公開された火山コミュニティに関する論文 (Volcanologists— who are we and where are we going?) の著者による公開のパネルディスカッション形式で行われた。この論文は世界の火山コミュニティの Equity, diversity and inclusivity (EDI) について、火山研究者自らが分析した研究成果である。詳細は Kavanagh *et al.* (2022) を参照してほしいが、高い質の科学研究成果を出し、かつ健全な火山コミュニティである上で EDI は原則である、との考えのもと、IAVCEI 等の主要な火山関連学会の会員や論文主著者の国やジェンダーについて分析し、どのような偏りがあるかをデータで示している。英語圏の有利さ、国・地域による論文リジェクト率等にも言及があったが、特に会員の性自認やジェンダーバランスに関する調査結果に主眼が置かれていた。火山分野で特に若手では女性研究者の割合がかなり増えてきたものの、分野のトップやリーダー、受賞者はほぼ男性である。分野としてフィールドワークが活発で、その中で国を問わずハラスメントがある実体も明らかにされた。会場は立ち見も出るほど盛況で、パネラーに会場からの質問も相次いでいた。特に、IAVCEI 会員調査で男性比率の高い筆頭に日本が挙げられたことは印象的だった。今回の IAVCEI 全体



で男女比はほぼ半々に見えたことから、日本の火山コミュニティが置かれている状況も客観的に評価する必要があると感じた。

以上のように学会期間中、ニュージーランドは未曾有の大雨に見舞われており、主に天候不順に由来するさまざまなハプニングもあった。しかし、久しぶりの国際火山学会は実りの多い、充実した内容の学会となった。次回の IUGG と IAVCEI General Assembly はドイツベルリンで今年 2023 年 7 月 11 ~20 日の日程で開催予定である。また閉会式（写真 19）では、次回の IAVCEI Scientific Assembly が、2025 年 7 月にスイスのジュネーブで開催予定であることが発表された。



写真 19 閉会式の様子。大会実行委員の皆さん。左の壇上の方は、今回の大会の中心人物の一人である GNS Science の Graham Leonard 氏。

## 引用文献

- Ghiorso, M. S., & Sack, R. O. (1995). Chemical mass transfer in magmatic processes IV. A revised and internally consistent thermodynamic model for the interpolation and extrapolation of liquid-solid equilibria in magmatic systems at elevated temperatures and pressures. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 119, 197-212.
- Ghiorso, M. S., Hirschmann, M. M., Reiners, P. W., & Kress III, V. C. (2002). The pMELTS: A revision of MELTS for improved calculation of phase relations and major element partitioning related to partial melting of the mantle to 3 GPa. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 3, 1-35.
- Gualda, G. A., Ghiorso, M. S., Lemons, R. V., & Carley, T. L. (2012). Rhyolite-MELTS: a modified calibration of MELTS optimized for silica-rich, fluid-bearing magmatic systems. *Journal of Petrology*, 53, 875-890.
- Kavanagh, J. L., Annen, C. J., Burchardt, S., Chalk, C., Gallant, E., Morin, J., Scarlett, J. & Williams, R. (2022). Volcanologists—who are we and where are we going? *Bulletin of Volcanology*, 84, 53.

## 退職予定者から一言

### 定年にあたって

研究部門長 伊藤順一

定年退職することとなりましたので簡単にご挨拶申し上げます。

まず最初に、これまで、どうもありがとうございました。心より、感謝申し上げます。

入所は地質調査所環境地質部火山地質課でしたが、深部地質環境研究センター、地質情報研究部門を経て、現在の活断層・火山研究部門で定年を迎えることとなりました。火山に関する地質図・地質情報整備が主な業務ですが、深部センターでは、火山以外の地殻変動や活断層の調査にも携わる経験を得ました。また、研究企画室や部門マネージメントに携わることとなりました。これらは、自分自身で望んだものだけでなく、立場上の責任から携わることになったものもあり、学部学生レベルの教科書から学び直す必要があったものもありましたし、社会とはこういうものなのか...と身をもって思い知らされることも多々ありました。しかし、振り返ってみると、外部からの刺激を受けることで、多くの事を得ることができた職場であったと実感しており、個人的には大変感謝すると共に、再雇用でお世話になる期間中には、これまで得たものの還元や支援業務をしていければと思っています。

当部門に限らずGSJが社会に提供できるものの重要性は、今認識されている以上に高いと思っています。研究者の皆さんにおかれては、高いレベルの科学研究を進めると共に、研究成果の社会展開を、二足の草鞋で（今風に言えば、二刀流で）頑張ってください、部門・GSJが発展することで、自らが生活している社会が、より安全で、住みよいものになっていくことを祈っております。

水文地質研究グループ 伊藤一誠

私が産総研に奉職したのが2005年10月で、その時点で厄年でしたので、同年代の方々と比べるとかなり短い在籍期間です。しかしながら、その間に深部地質環境研究センター、深部地質環境研究コア、地圏資源、地質情報、活断層・火山と4研究ユニットと研究コアに在籍し、旧JNES及び原子力規制庁に計3年出向という多くの経験を積まさせていただきました。それまでは主に地表の土木構造物や地下備蓄、放射性廃棄物処分等の地下空間利用における地下流体流動のシミュレーションを専門としていましたが、出向時には処分場立地に関する規則を策定することが主な仕事であったため、山元さん、塚本さんをはじめとした方々に地質学的な面でのアドバイスを頂きながら規則の原案を作成しました。その後制定までに紆余曲折ありましたが、規制委員会の規則及び審査ガイドに当時の成果が反映されています。それらの仕事を通して原課から産総研への信頼をある程度得ることができたと自負しております。

また、共同研究等を通じてJAEAやスイスNAGRA等の研究者と交流が持てたことも良い経験であったと思います。共同研究では、JAEAの瑞浪、NAGRAのグリムゼルという地下実験施設における地下水試料の採取と生物化学的分析を、鈴木庸平さん（現東京大学）と行いました。その他にも原子力規制庁出向時等に、フランスIRSNのトゥルヌミール、ドイツのコンラッドといった地下実験施設を訪問し、議論を交わすことができたことも有意義な経験でした。

研究の面では大した貢献はできなかったと思いますが、原課とのコミュニケーションや研究グループのパフォーマンス向上という点でどうにか勤めは果たせたかと思っています。在籍期間中にお世話になった諸先輩方、水文地質研究グループを始めとする同僚の方々に深く感謝いたします。



## 地質変動研究グループ 塚本 齊

平成3年4月に入所し、旧・地質調査所時代は環境地質部にて、以来深部地質環境研究センター、深部地質環境研究コア、地質情報研究部門、活断層・火山研究部門と所属は変わりましたが、基本的には地層処分や中深度処分などの放射性廃棄物の埋設処分に関する研究業務に携わってきました。東農や人形峠のウラン鉱床の調査、花崗岩体の亀裂調査や地下水調査、ボーリング掘削による地質構造・地下水調査などの応用地質学的調査に従事しました。

地震地下水研究グループによる東南海・南海地震予測のための地下水等総合観測点整備では、花崗岩体を対象とするボーリング掘削の経験を買われ(?)、土佐清水観測点の担当となりました。土佐清水観測点は、足摺岬火成岩体を掘削して地震観測点を設置したのですが、当時も今も高知県土佐清水市は「東京からの移動時間が一番かかる」ともいわれる四国の南西端にあり、移動にとっても苦労しました。

国研や産総研の研究者に付きものの出向・併任は2回経験しました。旧・地質調査所時代には、当時の国土庁国土調査課に2年間併任し、「土地環境」に注目した新しい土地分類調査のマニュアル作成や土地分類基本調査現地検討会への出席などの業務に従事し、日本各地への出張を通して現地での土地利用に起因した問題点などいろいろと教わるが多かったと思います。

平成23年3月に発生した東北地方太平洋沖地震直後の平成23年4月に当時の原子力安全・保安院放射性廃棄物規制課へ研修出向となりました。当然のごとく震災対応要員となり、4月中旬に一時的に福島第一原発(1F)汚染水対策を担当しましたが、4月下旬以降は放射性物質に汚染された災害廃棄物の処理・処分の担当となりました。当時は1Fから飛散したセシウム等で汚染された災害廃棄物や一般廃棄物(日常ごみなど)をどう処理・処分するかが福島の復興を支える喫緊の課題となっており、その後関東各地で1Fから飛散したセシウム等で汚染され一般廃棄物が多量に発見され、焼却処理の可否や条件などを早急に明らかにする必要があります。

た。JNES(旧・原子力安全基盤機構)やJAEAの担当者の協力のもと、原子力安全・保安院内のWGで1Fから飛散した放射性物質の処理・処分の影響を評価し、その後環境省主管の災害廃棄物安全評価検討会で審議を行うという流れでこの問題に対応しました。研修出向とは名ばかりの実務対応で、かつ科学的な安全性の確保に関しては司令塔の役割を担わされており責任の重いものでした。この問題が一段落した後は、地層処分やウラン廃棄物処分などの放射性廃棄物の埋設処分の規制支援といった本来業務をこなしつつ、1F対応を行うといった2年間でした。

平成25年4月に産総研に戻ったのですが、すぐに1F汚染水対策に再度かかわることになりました。きっかけは平成25年5月30日に公表された汚染水処理対策委員会の「地下水の流入抑制のための対策」報告書です。この報告書のp.13に「1F周辺の地下水の流れ(イメージ)」という図が掲載されていますが、この図は水文地質学的素養があれば一目でありえないと思うほどひどい図です。原子力・安全保安院出向中に一時的とはいえ汚染水処理対策に係わった者として、水文地質学をかじった者として、建設的批判を行う必要があるだろうということで情報発信を行い、安原正也さんとともに10月の日本水文科学会で発表を行ったほか、11月には日本記者クラブの研究会でも発表しました。また、汚染水処理対策委員会の「地下水・雨水等の挙動等の把握・可視化」サブグループのメンバーとして、1F汚染水の原因である地下水の流れを把握し、その汚染水を減量するための対策の議論にも参加しました。

自分の仕事を振り返ってみると、放射性廃棄物の埋設処分の規制支援や1F汚染水対策など、放射性物質に関係した仕事がほとんどとなります。地質学や水文学を応用することを志向する私にとっては必然であったかとも思います。地質調査所・地質調査総合センター在籍中や出向先でお世話になった諸先輩方や一緒に仕事をしていただいた同僚の方々に深く感謝いたします。ありがとうございました。

外部委員会等 活動報告 (2022年12月～2023年1月)

5月-11月追加分

2022年5月13日

第372回地震調査研究推進本部地震調査委員会(宮下出席/web会議)

2022年5月26日

文化審議会文化財分科会第三専門調査会天然記念物委員会(宮下出席/文部科学省)

2022年5月26日

文化審議会文化財分科会第三専門調査会総会(宮下出席/文部科学省)

2022年6月20日

第374回地震調査研究推進本部地震調査委員会(岡村・宮下出席/web会議)

2022年8月9日

第376回地震調査研究推進本部地震調査委員会(宮下出席/web会議)

2022年9月9日

第377回地震調査研究推進本部地震調査委員会(宮下出席/web会議)

2022年10月19日

茨城県原子力安全対策委員会(令和4年度第2回)(宮下出席/web会議)

2022年11月14日

地震調査研究推進本部地震調査委員会地震動部会地下構造モデル検討分科会(吉見出席/web会議)

2022年11月24日

文化審議会文化財分科会第三専門調査会天然記念物委員会(宮下出席/文部科学省)

2022年11月25日

文化審議会文化財分科会第三専門調査会天然記念物委員会(宮下出席/文部科学省)

2022年11月25日

文化審議会文化財分科会第三専門調査会総会(宮下出席/文部科学省)

2022年12月-2023年1月

2022年12月6日 火山噴火予知連絡会(伊藤・篠原出席/気象庁)

2022年12月7日

南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会、地震防災対策強化地域判定会(松本出席/web会議)

2022年12月9日

地震調査研究推進本部地震調査委員会(宮下・岡村出席/web会議)

2022年12月20日

東京都環境影響評価審議会令和2年度第5回第二部会(宮越出席/web会議)



2022年12月21日 科学技術・学術審議会 測地学分科会 地震火山観測研究計画部会(第50回)(田中出席/web会議)

2022年12月22日 地震調査研究推進本部地震調査委員会地震動部会強震動予測手法検討分科会(堀川出席/web会議)

2022年12月23日 第69回科学技術・学術審議会総会(田中出席/文科省)

2022年12月26日 東京都環境影響評価審議会令和4年度第10回総会(宮越出席/web会議)

2023年1月13日 第381回地震調査研究推進本部地震調査委員会(岡村・宮下出席/web会議)

2023年1月18日 科学技術・学術審議会 第11期測地学分科会 火山研究推進委員会(第5回)(田中出席/web会議)

2023年1月24日 第22回地層処分技術ワーキンググループ(山元・下司出席/web会議)

2023年1月30日 東京都環境影響評価審議会令和4年度第11回総会(宮越出席/web会議)

## IEVG ニュースレター Vol.9 No.6 (通巻54号)

2023年3月発行

発行・編集 国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
活断層・火山研究部門

編集担当 黒坂朗子

問い合わせ 〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1 中央第7

Tel: 029-861-3691 Fax: 029-861-3803

URL <https://unit.aist.go.jp/ievg/index.html>