

2015年
10月号

IEVG ニュースレター
Vol.2 No.4

NEWS LETTER



[新人研究紹介]

放射性塩素同位体を用いた深層地下水の年代に関する研究

戸崎裕貴（水文地質研究グループ）

はじめに

今年度から博士型任期付研究員として水文地質研究グループに配属されました，戸崎裕貴です。私は，2008年5月に筑波大学で学位を取得し，ポスドク・助教として2010年6月まで同大学に在籍し，主に浅層の地下水に関する研究を行いました。2010年7月からは産総研特別研究員として深部流体研究グループに所属し，より深層の地下水へと対象を広げてきました。

私はこれまで，放射性塩素同位体（ ^{36}Cl ，半減期301,000年）を主なツールとして，地下水の流動や年代に関する研究を進めてきました。筑波大学では，1950年代の核実験起源の ^{36}Cl に着目し，過去50年程度の比較的若い地下水を対象とした新しい地下水年代測定手法を開発しました（Tosaki *et al.*, 2011）。産総研では，その過程で得られた知見も踏

まえながら，流動が緩慢な深層地下水の年代評価や高塩濃度地下水の起源推定などへの応用研究を進めています。ここでは，深層地下水における ^{36}Cl の適用原理とこれまでに得られつつある成果について簡単にご紹介したいと思います。

深層地下水の年代

日本列島の深層には，一般の浅層地下水よりも塩分濃度の高い様々な“塩水系”地下水が各地に分布しています。その中には，過去の海水の影響を受けたもの，火山ガスの影響を受けたもの，深部起源の流体の影響を受けたものなどが存在しており，浅層の地下水と様々な割合で混合している場合も多くあります。高レベル放射性廃棄物の地層処分においては，このように複雑な深層地下水系の流動や地下水年代を把握し，長期にわたる安定性を適切に評価

Contents

- 01 新人研究紹介 放射性塩素同位体を用いた深層地下水の年代に関する研究 …… 戸崎裕貴
- 04 学会報告 国際第四紀学連合第19回大会（XIX INQUA Congress）における研究紹介 …… 澤井祐紀
- 05 ワークショップ 水文学的・地球化学的手法による地震予知研究についての第14回日台国際ワークショップ報告 …… 小泉尚嗣
- 08 海外滞在記 米国カスケード火山ワークショップ報告・後編 …… 東宮昭彦ほか
- 14 外部委員会活動報告 2015年8月～9月

することが求められています。深層地下水の年代を推定するための手法としては¹⁴Cや⁴Heなども利用されていますが、³⁶Clを用いることでより塩水に特化した年代情報を得ることができます。

³⁶Clによる年代測定の原理

地下水中の³⁶Clの存在量は、一般に安定同位体(³⁵Clと³⁷Cl)に対する原子数比(³⁶Cl/Cl比)で表されます。海水は非常に多くの安定同位体を含んでいるため、加速器質量分析法(AMS)による検出限界に近い非常に低い³⁶Cl/Cl比($\sim 7 \times 10^{-16}$)をもっています。海水起源の塩水が地殻中にもたらされて時間が経過すると、その場で発生する中性子(岩石中のU, Thの壊変に起因)によって³⁵Clが放射化され、³⁶Cl/Cl比が上昇します(図1)。同じ環境下で150~200万年程度が経過すると、岩石の化学組成に依存した放射平衡値に達します。この関係を利用することで、塩水の年代を求めることができます。

実際の深層地下水は、多くの場合、天水起源の浅層地下水によって希釈を受けています。天水は宇宙線起源の³⁶Clを含んでおり、一般に深層地下水よりも1-2オーダー高い³⁶Cl/Cl比を有しているため(Tosaki *et al.*, 2012)、年代測定を行う際には、トリチウムなどを用いて浅層地下水の混合の有無や程度を判別するとともに、混合の影響の補正が必要です。また、³⁶Cl/Cl比の放射平衡値は、岩石の種類や組成によって大きく異なります(図2)。日本列島における代表的な岩石については、化学組成と放射平衡値のデータセットをまとめていますが(森川・戸崎, 2013)、対象とする帯水層ごとに岩石の化学組成の分析を行うことが望ましいと考えています。

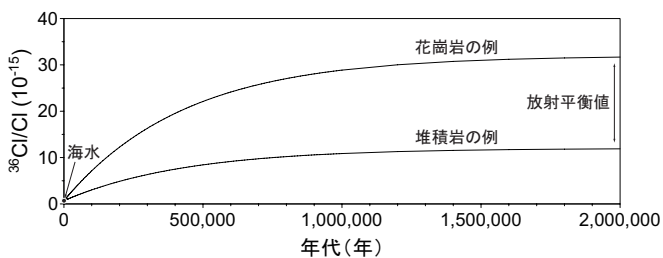


図1 塩水の³⁶Cl/Cl比の時間変化の模式図。

塩水の年代と海面変化の影響

沿岸域における深層地下水系は、超長期的な海水準変動の影響を受けて流出域や流動経路が大きく変化すると考えられます。その影響を評価するためには、現在の沿岸域に分布する深層地下水の年代分布を把握することが有効であると考えられます。これまでに、堆積岩地域・結晶質岩地域で塩水の年代測定を進めていますが、ここでは花崗岩地域である広島平野における結果を紹介します。図3に広島平野周辺域における塩水の年代分布を示します。これを見ると、2万年以下の(10万年周期の海水準変動から見ると)“若い”年代がほとんどであることがわかります。北側に位置する一番内陸の地点においては、やや古い年代が得られていますが、値としては4万年に満たない程度であり、やはり海水起源の若い塩水であると言えます。

一般に、花崗岩地域では、地下水は亀裂中に存在していると考えられます。広島平野の周辺では、北東-南西方向の断層やリニアメントが数多く存在しており、このような花崗岩の亀裂中を地下水が比較的移動しやすい状況にある可能性が考えられます。海面変化によって流出域のポテンシャルが大きく変化する場合には、それ以前に存在していた塩水が置換されやすい可能性があります。一方で、瀬戸内地域でも傾向は一樣ではなく、東部と西部で年代分布の特徴が異なることがわかってきました。これには氷期の地形とそれによって規定される地下水流動系が関わっている可能性があり、現在検討を進めています。

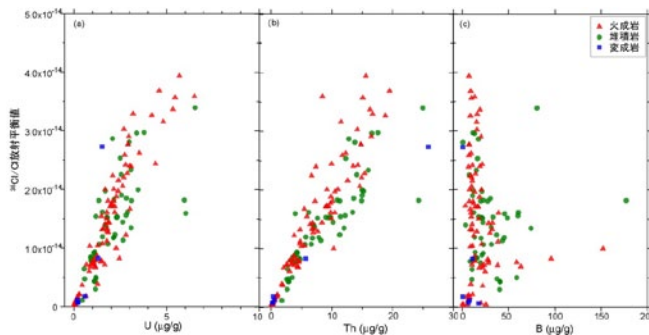


図2 岩石の化学組成から計算される³⁶Cl/Cl比の放射平衡値とU, Th, B濃度との関係(森川・戸崎, 2013)

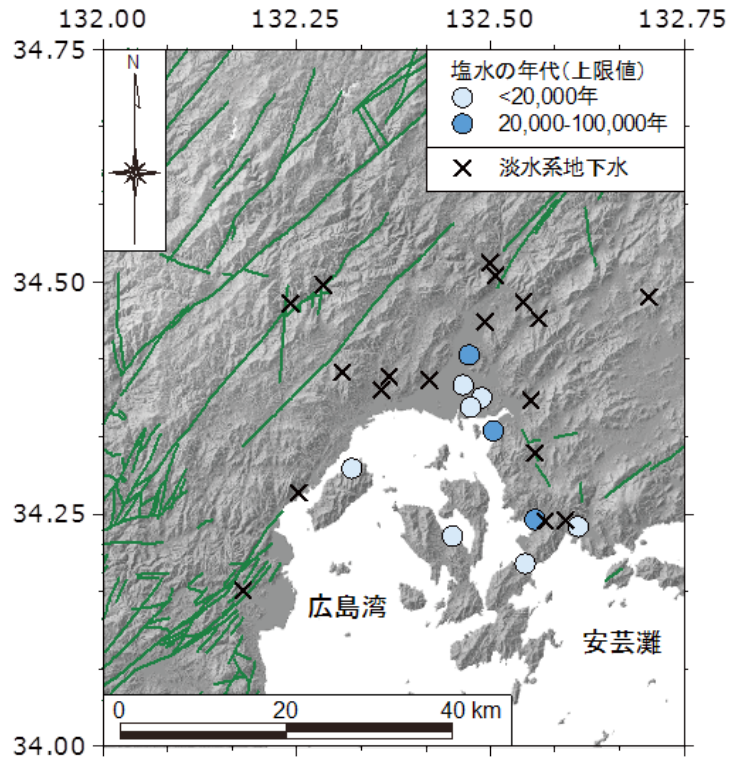


図3 広島平野周辺域における塩水の年代分布. 緑線は、20万分の1日本シームレス地質図による断層・リニアメントの位置を示している。

おわりに

沿岸域における海水起源の塩水については、このように年代の把握を進めているところであり、堆積岩地域においては10万年以上の非常に古い年代が多く得られています。一方で、スラブ起源の深部流体が混入するような地下水系については、年代の評価は単純ではありません。しかしながら、 ^{36}Cl による年代と他の年代指標とを組み合わせることによって、従来の手法では起源が不明であった塩水成分についても新しい知見が得られつつあります(Togo *et al.*, 2014)。今後も、深層地下水系のより定量的な理解に貢献できるよう、研究を進めていきたいと考えています。

引用文献

森川徳敏・戸崎裕貴 (2013) 非常に古い地下水年代測定のための日本列島の帯水層岩石を対象にしたヘリウム同位体生成速度および放射性塩素同位体放射平衡値データ集. 地質調査総合センター研究資料集, no. 582, 22 p.

- Togo, Y.S., Kazahaya, K., Tosaki, Y., Morikawa, N., Matsuzaki, H., Takahashi, M. and Sato, T. (2014) Groundwater, possibly originated from subducted sediments, in Joban and Hamadori areas, southern Tohoku, Japan. *Earth, Planets and Space*, 66, 131.
- Tosaki, Y., Tase, N., Sasa, K., Takahashi, T. and Nagashima, Y. (2012) Measurement of the ^{36}Cl deposition flux in central Japan: natural background levels and seasonal variability. *Journal of Environmental Radioactivity*, 106, 73-80.
- Tosaki, Y., Tase, N., Sasa, K., Takahashi, T. and Nagashima, Y. (2011) Estimation of groundwater residence time using the ^{36}Cl bomb pulse. *Ground Water*, 49, 891-902.

学会報告 国際第四紀学連合第 19 回大会 (XIX INQUA Congress) における研究紹介

澤井祐紀（海溝型地震履歴研究グループ）

国際第四紀学連合 (International Union for Quaternary Research ; INQUA) 第 19 回大会 (XIX INQUA Congress) が、平成 27 年 7 月 26 日～8 月 2 日に名古屋国際会議場（愛知県名古屋市）で開催されました。国際第四紀学連合は 46 カ国・地域の会員国からなり、4 年に 1 回の頻度で大会が開かれます。大会事務局からの速報によれば、今回の参加者は 68 カ国・地域から 1789 名が参加し、2050 件の研究発表が行われました。これは、過去の大会と比較して最大規模だったとのこと。また、開会式においては、天皇皇后両陛下のご臨席を賜り、その様子が新聞やテレビなどのメディアで取り上げられました。

私は、1 件の口頭発表と同時に、一般市民向けの講演と学会会場における海溝型地震履歴研究グループの展示に関わりました。一般市民向けの講演では、東北で行った津波堆積物に関する研究を紹介すると共に、私たち研究者がどのように社会と関わっていくかについて話しました。聴講された方からは「公共事業によって得られたボーリングデータは利用できないのか」といった質問を受けました。グループの展示では、分野企画室と地質調査情報センターの協力の下、地質調査総合センターのブーススペースの半分を使って、西暦 869 年貞観地震の津波堆積物や房総半島の海岸段丘について展示を行いました。また、これまでグループ員が発表した論文の別刷りを配りました（写真 1）。



写真 1：産総研 地質調査総合センターのブース。展示の半分は、海溝型地震履歴研究グループによる古地震・古津波研究の紹介を行った。

ブースの展示に先駆けて、開会式の直後に日本第四紀学会の小野会長と立命館大学の中川教授と共に貴賓室に移動し、天皇皇后両陛下に貞観の津波堆積物についてご説明しました（写真 2）。非常に限られた時間でしたが、両陛下には非常に多くのご質問をいただきました。例えば、天皇陛下からは、明治三陸地震と貞観地震や 2011 年東北地方太平洋沖地震がどのように違うのかについてたずねられました。こうしたご質問の際には、その専門性の高さに変驚くとともに、本来は緊張しすぎてしまうような機会にも関わらず、専門レベルの高い研究者と話しているように感じられ、そのやりとりを楽しむことができました。皇后陛下は、実際にはぎ取り標本に触れられ、貞観地震の津波堆積物だけでなく、西暦 1454 年享徳地震の証拠も残されていることに驚かされていました。両陛下からは、研究の進捗状況についてもご質問を受けました。現在進めている駿河湾の研究についてご説明し、「研究が防災に役立てられるといいですね」というお言葉をいただきました。古地震に関する研究は防災・減災に強く関係する研究分野であり、必ずしも自分自身の好奇心や達成感のためにするものではないため、重圧に負けてしまいそうになることがしばしばです。このたび、両陛下に研究を紹介する機会を得て激励されることにより、研究に対して以前より前向きな気持ちになることができました。



写真 2：貴賓室における津波堆積物の展示。

Workshop

水文学的・地球化学的手法による地震予知研究についての 第14回日台国際ワークショップ報告

小泉尚嗣（滋賀県立大学環境科学部*）

1. はじめに

2015年9月15～17日に標記ワークショップが、産業技術総合研究所（産総研）地質調査総合センター 活断層・火山研究部門（IEVG）と台湾の国立成功大学防災研究センター（DPRC）との共同研究である「台湾における水文学的・地球化学的手法による地震予知研究**」の一環として、台湾の台南市にある国立成功大学の国際会議場・他にて開催された（写真1）。このワークショップは、産総研と

成功大学とで毎年交互に開催している（板場・他，2015）。9月15日にワークショップ，9月16～17日には台湾南部の野外巡検が行なわれ，ワークショップの参加者は約70名であった。

余談だが，ワークショップ会場のトイレは，すべて個室にした男女共用トイレ（All Gender Restroom）となっているのが印象的だった（写真2，3）。日本人の参加者の間で，その効用についてひとしきり議論があった。



写真1 ワークショップ会場での集合写真（Wen-Chi Lai氏提供）。



写真2 左：成功大学国際会議場での男女共用トイレ。元々は男子トイレだったもの、すべて個室化されているので一見ただけでは「女子トイレ」と区別できない。
写真3 右：トイレの出入り口にある看板。



写真4 台湾南部の高雄市近辺にある泥火山と巡検参加者（石川有三氏提供）。

2. ワークショップ

ワークショップの冒頭で、本共同研究の DPRC 側の窓口である Wen-Chi Lai 氏によって、過去 13 回のワークショップや巡検の様子がスライドで紹介された。その後、私に挨拶を求められたので、「この共同研究は、1999 年台湾集集地震が契機となって 2002 年に始まったこと、1999 年集集地震の 4 年前に日本は 1995 年兵庫県南部地震（阪神淡路大震災）を経験しており 2 つの震災経験が我々を結びつけたこと、2011 年東北地方大平洋沖地震（東日本大震災）の際の台湾からの素早い暖かい日本へのサポートを私を含めた多くの日本人は決して忘れないこと、日本と台湾は共にフィリピン海プレートとユーラシアプレートの境界付近にあり、同様な地震・津波リスクを抱えていること、いわば我々は同じ船の上に乗っており両国の協力は不可欠であり今後も続くことを確信していること」等話をした。その後、表 1 に示す内容で発表と質疑応答が行なわれた。

3. 巡検

9 月 16 日～17 日にかけて、バスで台南市から台湾南端を往復する巡検を行なった。台湾南部では、デング熱が流行しており、日本からの参加者の多くが虫除けスプレー等の対策を行って参加した。泥火山（写真 4）、地下水揚水による地盤沈下地域、リゾート地近傍にある馬鞍山（Maanshan）原子力発電所（写真 5）等を見学した。

4. 感想

台湾の成功大学との共同研究を開始して 14 年になるが、台湾の人の日本への関心の深さをいつも感じる。上記の原子力発電所の一般用展示施設では、2011 年東北地方大平洋沖地震による福島第一原発事故を説明するパネルがあった。また、同事故を考慮して、台湾周辺で M9 の地震が発生した場合の津波シミュレーションを行い、馬鞍山原子力発電所での津波想定が 12.53 m であるとし、それを上回る

No.	氏名	所属	発表タイトル
1	安藤雅孝	静岡大	The recurrence of large tsunamis and seismic coupling along the weakly-coupled southern Ryukyu subduction zone
2	Min-Chien Tsai	台湾中央気象局	Preliminary study of GPS baseline variation and its implication to seismic activity
3	中村衛	琉球大	Tidal triggering of shallow very-low-frequency earthquakes in the Ryukyu Trench
4	石川有三	産総研	Redetermination of hypocenters in and around Taiwan in early 20 century
5	小泉尚嗣	産総研*	Groundwater pressure change and crustal deformation before and after the 2007 and 2014 eruptions of Mt.Ontake
6	Kuo-Fong Ma	台湾中央大	Investigation on fluid migration seismicity in association with fault zone damage: case study for 1999 M7.6 Chi-Chi, Taiwan, earthquake
7	生田領野	静岡大	Monitoring of seismic velocity using ACROSS around Nojima fault rupture zone and Tokai subduction zone in Japan
8	木村浩之	静岡大	Regional variation of CH4 and N2 production processes in deep aquifers associated with the accretionary prism in Southwest Japan
9	Vivek Walia	台湾国家実験研究院	Earthquake precursory studies using continuous soil gas monitoring data in Taiwan: An overview
10	角森史昭	東京大	Radon concentration distributions of deep groundwater around Tachikawa fault
11	M.C.Tom Kuo	台湾成功大	Anomalous decrease in groundwater radon and dissolved-gases before the Taiwan and Japan earthquakes
12	木下千尋	京都大	The change of Rock Permeability Induced by the 2011 Tohoku Earthquake
13	Ching-Yi Liu	台湾大	Temporal changes of earthquake-related groundwater level
14	浅野啓治	山口大学	Ascension of fluid from mud volcanoes distributed along anticline and fault zones
15	Wen-Chi Lai	台湾成功大	The mechanism of the pre-seismic changes of the tidal deviation of groundwater level in Hualien city, Taiwan

表 1 ワークショップのプログラム



写真5 青い空、青い海、白いビーチと馬鞍山原子力発電所（中央の2つのドーム）（石川有三氏提供）。

19mの津波防御壁を設けたことも記されていた（写真6）。冒頭で私が述べたように、「日本と台湾は同じ船に乗っている」という感覚を、少なくとも台湾の多くの人が持っているように思える。他方、日本はどうだろうか？

私は、2015年9月末日で産総研を退職し滋賀県立大学に移る。今までのような形で台湾との研究協力をすすめることは難しくなるかもしれないが、今後も台湾および日本の震災も含めた自然災害の軽減のためにすこしでも貢献したいと考えている。

参考文献

板場智史・落唯史・小泉尚嗣（2015），日本地震学会ニュースレター，26,5,4-6.



写真6 馬鞍山原子力発電所の一般用展示施設に置かれたパネル。福島第一原発事故とその事故を考慮した馬鞍山原子力発電所の津波対策の事を説明している。津波高を見積もった結果が12.53m（公尺=m）で、それを上回る19mの津波防御壁を作ったこと等が書いてある。左端の人物はWen-Chi Lai氏。

*ワークショップ参加時および原稿執筆時の小泉の所属は、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 活断層火山研究部門

**2002年にスタートした同共同研究は、2015年9月からさらに5年間延長される予定である。

Workshop 米国カスケード火山ワークショップ報告・後編

|||||

東宮昭彦・宮城磯治・斎藤元治（活断層・火山研究部門）

はじめに

2015年6月20日～27日に、米国のカスケード山脈周辺の火山をテーマとしたワークショップ「2015 Cascade Volcano Workshop」に参加しました。参加者は、米国はオレゴン州立大学、中国は中国地震局、日本は産総研・東北大・常葉大・京大から、計13名でした。前号掲載の前編では、カスケード山脈とワークショップの概要や前半の訪問先（セントヘレンズ山、米国地質調査所（USGS）カスケード火山観測所、コロンビア川洪水玄武岩、ニューベリー火山）などについて報告しました。本号の後編では、ワークショップ後半について報告します。全体の日程や周辺地図などは前編をご覧ください。

クレーターレイク（マザマ山）

6月23日午後から25日にかけては、今回のワークショップのメイン・ターゲットであるクレーターレイク（Crater Lake）を回りました。クレーターレイクは、マザマ山（Mount Mazama）の約7,700年



写真1 カルデラ南壁のリム・ビレッジから見たクレーターレイク。青い色が美しい。写真中央のウィザード島は、カルデラ陥没後にできた火砕丘の1つ。

前の大噴火でできた直径8～9 kmのカルデラです（写真1）。カルデラ湖は美しく印象的な青色を呈していますが、これはカルデラ湖ならではの深さ（最大水深592 mないし594 m：資料により異なるがいずれにせよ米国一）によっています。

カルデラ形成時の噴火の推移は大きく2段階に分けられます（Bacon, 2008）：(1) 単一の火口からプリニー式噴火（高い噴煙柱を上げて大量の軽石・火山灰を広範囲に降らせるタイプの噴火）が発生し、火砕流噴火（ワイングラス溶結凝灰岩；Wineglass Welded Tuff）へと移行；(2) カルデラ陥没が開始し、カルデラの縁に沿ってリング状に並んだ多数の火口からさらに大規模な火砕流噴火が発生。一連の噴出物の総量はマグマ換算で50 km³ほど（富士山宝永大噴火のおよそ70倍）で、うち90%以上は均質で斑晶に乏しい流紋デイサイト（rhyodacite）、残りが斑晶に富む安山岩などです。プリニー式噴火の噴出物は、オレゴン州のほぼ全域、近隣のいくつもの州、さらにはカナダにまで、広く分布しています。

23日午後は、カルデラの北西～西～南壁からカルデラの全体像を観察しました。カルデラの壁には溶岩流や火砕物がよく見えました。USGS発行のマザマ山・クレーターレイク地質図（Bacon, 2008）には、カルデラ壁の詳しいスケッチ、写真、解説が載っており、これらと見比べながら観察すると、マザマ山の形成史が浮かび上がってくるようです。また、カルデラのリム（縁）にはしばしばU字谷が見られ、これは氷河侵食によるものです。

24日は、カルデラを周りながら露頭の観察を行ないました。はじ

めに、カルデラ北西壁のラオ・ロック (Lao Rock) 付近で、ラオ流紋岩を観察しました。この溶岩は、カルデラ噴火の100~200年前に噴出したものです。一見すると黒曜石のように真っ黒でガラス質ですが、斑晶が多いので (vitrophyric texture)、定義から黒曜石とは呼べないとのこと。続いて、カルデラ北壁のクリートウッド湾 (Creetwood Cove) にあるトレイルを歩いて、湖岸まで下りていきながら、途中の崖を観察しました。このトレイルは、湖岸に下りられる唯一の公式ルートで、湖岸には観光用ボートの発着場があります (今回は乗りませんでした)。トレイルを下り始めるとすぐに、溶結凝灰岩 (火砕流堆積物) が見られます (写真2)。これがワイングラス溶結凝灰岩で、上部は灰色、下部は赤茶色を呈しています。溶結凝灰岩とは、火砕流が堆積時も高温で溶けた状態だったため、堆積直後に自重で圧密を受けて固くなったものです。強く溶結した部分は、見かけが溶岩によく似ています。近づいてみると、フィアメ (Fiamme) と呼ばれる溶結レンズ (火砕流に含まれる本質軽石が堆積後につぶれて扁平になったもの) がたくさん入っており、これが溶結凝灰岩の特徴を示しています。ワイングラス溶結凝灰岩の下には、黄色い軽石層があり、これがプリニー式噴火による堆積物です。さらに下りていくと、カルデラ形成前の溶岩流などが見られるようになり、湖岸に出ている溶岩は20万年近く前の噴出物になります。



写真2 クレーターレイクのカルデラ北壁を下りるクリートウッド・コーブ・トレイルの途中で見られるワイングラス溶結凝灰岩。

24日午後は、カルデラの南に回り、途中何度か短いストップをはさんで、ピナクルズ (The Pinnacles) へ行きました (写真3)。ここは、カルデラ陥没時の火砕流堆積物が谷を埋めて厚く堆積し、堆積後も噴気活動が長く続いていた場所だそうです。噴気の通り道になっていたところは堆積物が化学反応により硬化し、その後の侵食作用に耐えて、尖塔 (pinnacle) のような地形を残したということです。このピナクルズの不思議な造形に色を添えているのが、堆積物の色の変化です。写真の下半分は流紋デイサイト軽石を主体とし黄色をしていますが、上半分は安山岩質スコリアが混じって灰色に変わっています。さらに上部は高温酸化によって赤色を呈していますが、最上部は co-ignimbrite ash (大規模火砕流噴出時に巻き上げられた火山灰が堆積したもの) だということです。

ピナクルズのあとは、ファントム・シップ (Phantom Ship) を遠望しました (写真4(a))。これは、マザマ山の古い溶岩 (約40万年前) が侵食された残りがわずかに湖上に顔を出し、幽霊船のように見えているものです。このあと、パミス・キャッスル (Pumice Castle, 軽石層が直上の溶岩の重さと熱によって絞り出されてできた構造とされている; 写真4(b)) やスコット山 (Mount Scott, マザマ山の最高峰; 写真4(c)) を遠望したり、カルデラ東壁のスケル・ヘッド (Skell Head) の展望台から、東



写真3 ピナクルズ。クレーターレイク・カルデラ陥没時の火砕流堆積物から侵食作用が作り出した、自然の不思議な造形。



写真4 クレーターレイクのその他の見どころ。(a)ファントム・シップ。(b)パミス・キャッスル。(c)スコット山。

壁に見られる7,700年前の火砕物の層序を観察したりしつつ、カルデラ周道路(リム・ドライブ)を反時計回りに一周して、この日の日程を終えました。

25日午前は、カルデラのやや南のマザマ・ビレッジ付近の大露頭へ行き、カルデラ形成時の火砕流堆積物を観察しました。露頭の下部は黄色い流紋デイサイト軽石が主体でしたが、露頭の上部(かなりの急斜面を上りました;写真5)へ行くと、ピナクルズでも見た灰色の層へ遷移し始め、真っ黒い安山岩質スコリアがところどころに見られました。

午後は、ベンドまで戻りつつ、いくつかの露頭に立ち寄りました。カルデラの西方、州道脇の露頭では、火砕流が谷に入って水と接触し二次的な爆発を起こした様子が観察できました。二次爆発の火口付近では大粒の軽石が表層に濃集しており、周囲にはサージ堆積物が見られました。チェモ(Chemult)という町付近では、プリニー式噴火の軽石層のやや遠方相を観察しました。火口から40kmほど離れていますが、厚さは数mありました。遠方で観察することの利点は、堆積物が十分急冷されている

ことです。これに対し、近傍相は堆積後もしばらく熱いため、軽石に含まれていた火山ガラスの二次的な結晶化が進んでしまい、岩石学的な分析を妨げてしまうのです。

ところで、今回のワークショップの一つのテーマは、クレーターレイクと長白山(チャンバイション=中国語)[またの名を白頭山(ペクトゥサン=



写真5 マザマ・ビレッジ付近の大露頭。クレーターレイク・カルデラ陥没時の火砕流堆積物が露出するが、やや急斜面で苦労した。

朝鮮語)」との比較でした。長白山も約1,000年前の大噴火によって山頂にカルデラおよびカルデラ湖ができており、見かけはクレーターレイクによく似ています。このときの噴出物は、日本海を越えて北日本にも降り積もっています。長白山は、クレーターレイクに比べると、カルデラの直径が4~5 kmと小さいのと、マグマの組成が違います。しかし、大まかな噴火史などには似た点もあり、地下のマグマ供給システムの発達過程に共通点があるのではないか、と参加者の間でも議論がありました。中国のグループや東北大のグループは長白山の研究を進めており、今後の成果に期待しているところです。

バンド周辺の火山および火山噴出物

26日は、まずバンド南方15 kmほどのラバ・ビュート (Lava Butte) へ行きました。ここはニューベリー火山の側火山の一つで、スコリア丘と玄武岩質溶岩流の見事な例が観察できます (写真6)。スコリア丘の頂上までは、シャトルバスに乗って行きました。頂上では、すり鉢状の火口地形、高温酸化で真っ赤になったスコリアや火山弾、アグルチネートが観察できたほか、360度の見事な眺めも楽しめました (写真7)。足下には黒々とした溶岩流、遠くには



写真6 ラバ・ビュートのスコリア丘 (奥に見える山) と溶岩。谷のように見える部分は、割れ目噴火の火口だったところ。

はニューベリー火山の主山体と周囲にちらばる多数のスコリア丘、さらにはカスケードの山々といった具合です。また、スコリア丘の麓の溶岩流には散策路が整備されていて、溶岩流のさまざまな地形の観察ができました。今回巡った米国の火山関係の公園はどこもそうなのですが、案内看板がとても充実していて、楽しく学ぶことができます。また、ラバ・ビュートのビジターセンターも、コンパクトながらたいへん充実していました。

スコリア丘と玄武岩質溶岩流は、日本でもあちこちにありますが、すぐに草木に覆われて観察が難しくなってしまいます。一方、オレゴン州中央部は雨が少なく、約7,000年前にできたラバ・ビュートは、ほんの数十年前 (日本の感覚では) に噴火したかのように新鮮な地形に見えました。なお、火山フロントから遠く離れた中国本土にはこうした火山はなさそうに思いましたが、黒龍江省の五大連池 (Wudalianchi) 火山で約300年前に玄武岩マグマの噴火があり、その地形などがラバ・ビュートとよく似ている、と中国グループのメンバーが話してくれました。

続いて、バンド北方の露頭で、トゥマロ・イグニムライト (Tumalo ignimbrite) を観察しました。これは約30万年前の大噴火による堆積物ですが、



写真7 ラバ・ビュートのスコリア丘山頂部。目の前のすり鉢状の地形が山頂火口。足下のスコリアや火山弾は高温酸化で赤くなっている。遠景には、平坦な溶岩原 (一面の林) が広がる中に、小さな丘が点在している。これらの丘は基本的に全てスコリア丘で、ニューベリー火山周辺に多数分布している。

噴出源はまだ分かっていないそうです。このあとは、カスケード山脈を越えるマッケンジー峠を通過して、ユージーンへと抜けました。途中、峠の近くのウィンディ・ポイントとディー・ライト展望台 (Dee Wright Observatory) において、あたり一面に広がる溶岩流, "Sea of Lava" (溶岩の海) を観察しました。これは、ベルナップ (Belknap) 火山周辺で2~3千年前に起こった3回の噴火によるものとのことです。ディー・ライト展望台からは、スリー・シスターズをはじめとするカスケードの山々もよく見えました (写真8)。

ユージーンからは、ポートランドに向けて北上していきましたが、窓の右手にはウェスタン・カスケーズの火山岩が露出しているのが見られました。

フッド山

27日朝、中国からのメンバー5名のうち4名が一足先に帰国しました。残る9名で、フッド山 (Mt. Hood) の周辺の調査へ行きました。フッド山はオレゴン州の最高峰で、ポートランドからも近く (直線距離で75 kmほど)、多くの観光客が訪れる山です。山頂部には氷河があり、真夏でもスキーが (ただし上級者のみ) 楽しめます。一方で、歴史時代の噴火記録があり、約200年前の噴火では、溶岩ドーム・火砕流噴火に伴い氷河が溶け、噴出物等を巻き込み、山麓に泥流・土石流 (ラハール) が



写真8 ディー・ライト展望台から見たスリー・シスターズ火山。中央手前のピークがノース・シスター、その右奥がミドル・シスター。三姉妹のもう1人であるサウス・シスターは後ろに隠れて見えない。手前に見える溶岩流は, "Sea of Lava" を形成した3つの溶岩流のうちの1つ。

押し寄せました (Scott *et al.*, 1997)。フッド山ではこうしたラハールが繰り返し発生しており、山麓には多くのラハール堆積物が見られます。また、フッド山は、雲仙火山と同様に、爆発的な噴火はほとんど起こさず、溶岩ドーム形成を特徴としています。

我々はまず、フッド山南麓を走る州道のホワイト川の橋付近で、ラハール堆積物を見ました。このあたりは川の上流部でラハールの発生場所から数 km 以内と近いため、細粒物の割合が少なく、大小様々な石がゴロゴロと転がっています (写真9)。これらの石は、フッド山の溶岩のかけらで、多くは斑晶に富む安山岩ないしデイサイトです。よく探すと、暗色包有物 (苦鉄質包有物) がときどき入っています。次に、いくつかの露頭でフッド山の溶岩流や火砕流 (ブロック・アンド・アッシュ・フロー) 堆積物を観察したあと、ティンバーライン・ロッジへ上がりました。ここからはフッド山の山頂部がよく見えました。

山を下りると、サンディの町の近く (ダッジ・パーク) のサンディ川沿いで、200年前の噴火でもたらされたラハール堆積物を観察しました。ここはフッド山から40 kmほど下ったところです。一般に、川の上流では大きな石が堆積して細粒物は流されていき、下流ほど細粒物が堆積するようになります。ダッジ・パークでは、いくらか大きな石はあるものの、砂サイズの細かい堆積物が主体になっていまし



写真9 フッド山南麓のホワイト川でラハール堆積物の調査をしている様子。奥に見える山がフッド山。

た。そもそも、サンディ (Sandy) という町や川の名前は、ラハールで大量の砂 (sand) が堆積したために付けられたということです。なお、ダッジ・パーク付近には、サンディ川からの取水口があり、もしラハールがまた発生すると、ポートランド周辺の水道供給に深刻な影響が出るとのことでした。さらに 20 km ほど下った、サンディ川がコロンビア川に注ぐあたり (トラウトデール) では、ラハール堆積物に大きな石はほとんど見られませんでした。

ボーリング火山群

フッド山からポートランドへの帰り、ボーリング火山群 (The Boring Volcanic Field) の観察をしました。これは単成火山群で、地形図を見るとよく分かるのですが、ポートランドやバンクーバー (ワシントン州) の市街地の中や周辺には、スコリア丘が何十と分布しているのです。ボーリング火山群は、その分布域こそウェスタン・カスケーズ (古い活動) の北の延長に位置しますが、その活動は比較的新しく、260 万年前以降に開始し、最新の噴火は 5.7 万年前とされています (Evarts *et al.*, 2009)。

今回我々は、スコリア丘の一つ、テイバー山 (Mt. Tabor) へ上りました。約 20 万年前の噴火で形成されたこの火山は、ポートランドのダウンタウンから東へわずか 6 km、住宅地の真ん中にあり、山の上は公園になっています。バスケット・コートの脇に、スコリア丘の断面が見える露頭がひっそりとありました (写真 10)。

27 日夕方、ポートランドにて解散し、オレゴン州立大学メンバーはキャンパスのあるコーバリスへ戻り、日本人メンバーはもう 1 泊して 28 日に帰国し、今回の全行程を終えました。

おわりに

今回は、比較的少人数のグループであったため、参加者間で密度の濃い交流・議論をすることができて良かったと思います。また、オレゴンは美味し



写真 10 ポートランド市街地の真ん中にあるテイバー山の上で見られたスコリア丘の断面。

い地ビールの宝庫 (ポートランドもベンドも多くの地ビール醸造所を抱えています) であることから、フィールド調査を終えた夜の乾杯をいつも美味しいビール (特に IPA [India Pale Ale] がお勧めです!) で迎えることができました。これは参加者間の交流促進に大きく貢献していたと思います。最後に、今回のワークショップの企画・準備・案内、さらに全行程の運転をして下さったオレゴン州立大学の Shanaka de Silva 氏と Dan Miggins 氏にあらためて感謝いたします。

参考文献

- Bacon, C. R. (2008) *Geologic Map of Mount Mazama and Crater Lake Caldera, Oregon*. U.S. Geological Survey Scientific Investigations Map 2832.
- Evarts, R. C. *et al.* (2009) The Boring Volcanic Field of the Portland-Vancouver area, Oregon and Washington: Tectonically anomalous forearc volcanism in an urban setting. *Geological Society of America Field Guide* 15, p. 253–270.
- Scott, W. E. *et al.* (1997) *Volcano hazards in the Mount Hood region, Oregon*: U.S. Geological Survey Open-File Report 97-89, 14 pp., 1 map.

外部委員会等 活動報告 (2015年8月～9月)

7月追加分

2015年7月10日

三宅村安全確保対策専門家会議（篠原出席 / 芝浦島嶼会館）

三宅村火山ガスに対する安全確保のための検討

2015年7月27日

地震防災対策強化地域判定会（小泉出席 / 気象庁）
東海地方周辺の最近の1ヶ月のデータを持ち寄って検討し、東海地震発生可能性について協議した。

2015年7月31日

南海トラフ巨大地震モデル及び首都直下起震モデル検討会（岡村出席 / 内閣府）
長周期地震動の評価について

8-9月

2015年8月11日

地震調査委員会（岡村出席 / 文部科学省）
7月の地震活動の評価

2015年8月21日

火山噴火予知連絡会拡大幹事会（篠原出席 / 気象庁）
桜島、口永良部島の活動評価、オブザーバー出席

2015年8月21日

第208回地震予知連絡会（宍倉、小泉出席 / 国土地理院関東地方測量部）

2015年5～7月の地震活動や地殻変動等の観測結果、重点検討課題「予測実験の試行について」

2015年8月31日

地震防災対策強化地域判定会（小泉・松本・北川出席 / 気象庁）
東海地方周辺の最近の1ヶ月のデータを持ち寄って検討し、東海地震発生可能性について協議した。

2015年9月9日

地震調査委員会（岡村出席 / 文部科学省）
8月の地震活動の評価など

2015年9月11日

南海トラフ巨大地震及び首都直下地震モデル検討会（岡村出席 / 内閣府）
長周期地震動について

2015年9月15日

地震調査研究推進本部地震調査委員会第63回地震動予測地図高度化ワーキンググループ（吉岡出席 / 文部科学省）

2015年9月28日

地震防災対策強化地域判定会（北川出席 / 気象庁）
東海地方周辺の最近の1ヶ月のデータを持ち寄って検討し、東海地震発生可能性について協議した。

2015年9月29日

地震調査研究推進本部146回強震動評価部会（栗田出席 / 東京）
活断層のモデル化、長大断層を対象とした強震動予測手法、長周期地震動のための震源モデル、等について

IEVG ニュースレター Vol.2 No.4 (通巻10号)

2015年10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>