

2015年  
8月号

# NEWS LETTER



IEVG ニュースレター  
Vol.2 No.3

[特集]

## 地震に伴って発生し四年以上も継続する温泉湧出

佐藤 努（深部流体研究グループ）

### はじめに

深部流体研究グループでは、深層地下水が地表に湧出する過程を解明する研究の一環として、地震等に伴う温泉湧出の調査を行っています。2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震（Mw9.0）では、その一か月後のいわき内陸地震に伴って、いわき市内の数か所で温泉の湧出が起きています（佐藤ほか，2014）。そしてその湧出は、地震から四年以上が経過した2015年6月時点においても続いています。この温泉の湧出はなぜ発生したのか？

どんな泉質の温泉が湧いているのか？ 水温や湧出量はどのように変化しているのか？ 湧出が継続している確定的な理由はまだ掴めていませんが、最新の調査結果をご紹介します。

### いわき内陸地震の発生と温泉湧出

福島県浜通りの地震（Mw6.6）、通称いわき内陸地震は、2011年4月11日に発生しました（図1の星印）。この地震に伴って、活断層である井戸沢（塩ノ平）断層（図1の①）と湯ノ岳断層（図1の②）において、数十cmから2mに及ぶ地表のずれが観測されています（栗田ほか，2011）。

いわき内陸地震の直後から、いわき市内の数か所において温泉が異常に湧き出しました。特に図1のA地点では、アパートの土台の部分から低温（27℃）の温泉が湧出して（図2）、ニュース等の報道で話題となりました。当グループでは、A地点をはじめとした市内の4か所において、異常に湧出した温泉の調査を継続しています。

### Contents

- 01 特集 地震に伴って発生し四年以上も継続する温泉湧出 …… 佐藤 努
- 05 新人研究紹介 宇宙線生成放射性核種を用いたチベット高原北東縁における変動地形についての研究 …… 白濱吉起
- 09 学会報告 アメリカ岩石力学シンポジウム参加報告・ローレンスパークレー国立研究所訪問記 …… 朝比奈大輔
- 11 学会報告 アジア・オセアニア地球科学会第12回年次大会報告 …… 小泉尚嗣
- 13 海外滞在記 米国カスケード火山ワークショップ報告・前編 …… 東宮昭彦ほか
- 18 平成27年度地震・津波・火山に関する自治体職員用研修プログラム報告 …… 小泉尚嗣ほか
- 19 新人紹介
- 20 外部委員会活動報告 2015年6月～7月

いわき市内の最大の温泉であるいわき湯本温泉（図1）では、地震に伴って源泉（水温58℃）の水位が大きく変化するという証言が得られています。具体的には、東北地方太平洋沖地震後に約10m低下し、いわき内陸地震後に約20m上昇したということでした。

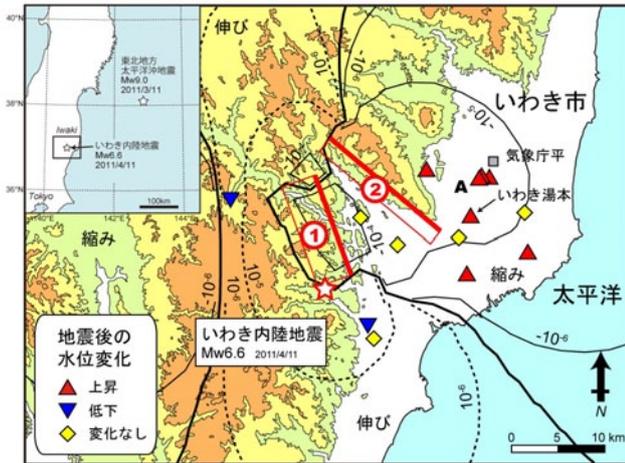


図1 いわき内陸地震に伴う地下水変化の分布。伸びや縮みの地殻歪分布は、Kobayashi et al. (2012) の断層モデルを基にして、地殻変動解析支援プログラム MICAP-G (内藤・吉川, 1999; Okada, 1992) を用いて計算しています。



図2 A地点における温泉湧出の様子（2011年8月26日撮影）。

### 温泉変化と地殻歪変化の地理的分布

異常に湧出した温泉の調査と共に、我々は周辺の温泉調査も行いました。すると、いわき内陸地震に伴って、水位や湧出量が顕著に上昇した温泉（図1の赤三角印）と、逆に水位や湧出量が低下した温泉（青三角印）があることが判明しました。図1においてこれらの分布を見ると、地震を発生させた断層の東側で水位や湧出量の上昇が、断層の西側や南側で水位や湧出量の低下が見られたことが分かります。ちなみに、約20mの水位上昇が起きたいわき湯本温泉は、断層の東側に位置しています。

いわき内陸地震では、断層周辺において顕著な地殻変動も起きています。国土地理院のGPS観測では、断層の東側では約6cmの隆起が、断層の南西側で約54cmの沈降が捉えられています（国土地理院, 2011）。このような地殻変動に伴う地表付近の地殻の伸縮（地殻歪変化）の分布について、断層モデル（Kobayashi et al., 2012）を基にして計算すると、縮みの範囲は断層の東側と断層から10km以上離れた西側（図1の実線の等値線部分）に、伸びの範囲は断層の北側と南側そして断層から10km以内の西側（図1の破線の等値線部分）に広がっていたと予想されます。

図1において温泉変化と地殻歪変化の地理的分布を比較すると、水位や湧出量の上昇は地殻の縮みが予想される地域において、一方水位や湧出量の低下は地殻の伸びが予想される地域において観測されていることが分かります。したがって、いわき市において発生した異常な水位変化は、地震に伴う地殻の伸縮（地殻歪変化）によって引き起こされたと考えられます。

### 湧出した温泉の水質

図3は、A地点をはじめとした周辺の温泉の主要化学組成比について、パイパーダイアグラムを用いて示したものです。右下の三角ダイアグラムは主要陰イオンの組成比を、左下の三角ダイアグラムは主要陽イオンの組成比を表しており、真ん中のダイ

ヤモンド型ダイアグラムは両者を統合したものとなっています。

A地点の水質をこのダイアグラムで見ると、主要陰イオン組成は $\text{SO}_4$ の割合が高く、主要陽イオン組成はNa+KやCaの割合が高いことがわかります。一方、いわき湯本温泉はClやNa+Kの割合が高い場所にプロットされており、主要化学組成は両者で全く異なっています。つまり今回の水位や湧出量の変化は、特定の水質の温泉のみで起きている現象ではなく、様々な水質の温泉において生じたことが分かります。

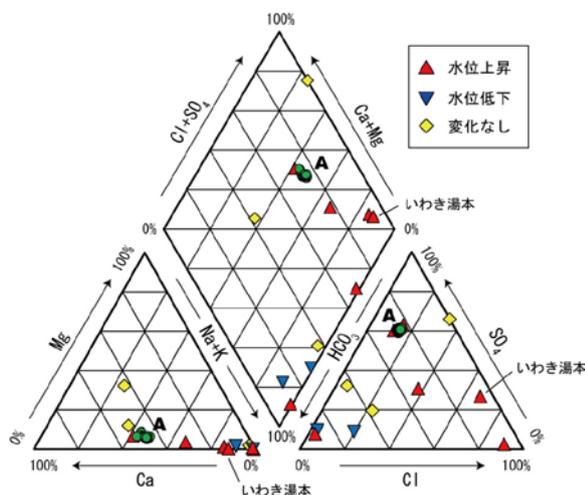


図3 湧出した温泉水の主要化学組成（パイパーダイアグラム）。A地点（緑丸印）については、2011年4月から2015年6月までのすべての分析値をプロットしています。

### 湧出量や水温の経年変化

図4は、A地点（図1）において湧出量（青）や水温（赤）を定期的に測定した結果です。湧出量は地震後半年間で約400t/dayに達し、その後は年周変動を繰り返しながら300t/dayから500t/dayの範囲で湧出を続けています。一方水温は約27℃ではぼ一定で、時折ピーク状の変化が起きていますが長期的には上昇傾向となっており、四年間で約0.5℃の上昇が見られています。

図4には、いわき市平の気象庁アメダス観測点（図1の口気象庁平）における日降水量（黒）も示しています（気象庁，2015）。水色線は、日降水量から平均日降水量（2011年4月から2015年3月の平均値）を引いた値を積算したグラフで、季節や年ごとの降水量の増減をわかりやすく表示したものです。具体的には、降水量は春から夏にかけて増加し秋から冬にかけて減少する傾向があり、年ごとに比較すると2013年は降水量が少なく2014年は多くなっています。A地点における2012年以降の湧出量の変化は、降水量のこの傾向とよく似ていることが分かります。

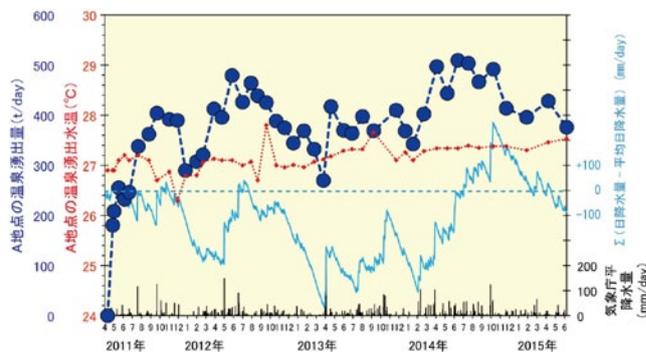


図4 A地点における温泉湧出量（紺色丸印）と水温変化（赤色四角印）。雨量データは気象庁平観測所によるもので、水色線は日降水量から平均日降水量（2011年4月から2015年3月）を引いた値を積算したものです。

### 温泉湧出が4年以上も継続する理由

地震に伴う温泉や地下水の湧出は、過去にも報告例があります。例えば1995年兵庫県南部地震では、淡路島北部の断層沿いで大量の地下水が湧き出しました（Sato et al., 2000）。この地下水の湧出は次第に減少し、2年以内に地震前の状態に戻っています。この時、淡路島の標高の高い地域では顕著な水位低下や湧水が起きており、数年後に水位が回復している地域も見られています。このことから地下水湧出の原因として、地表付近の帯水層の透水性の増加に

よって地下水が一時的に下流側に流れやすくなり、数年かけて元の状態に戻ったためと考えられています。

いわき内陸地震の場合、温泉湧出が発生した原因は前述のように地震に伴う地殻歪変化と考えられます。しかし、温泉湧出が長期間に渡って継続している理由については、まだはっきりと分かっておりません。このように4年以上の長期にわたる湧出については報告例がなく、貴重な事象として注目されています。

温泉湧出が続く理由として、我々は次の二つの可能性を考えています。一つは、1995年兵庫県南部地震後に見られたような浅い地下水帯水層の異常が10年くらいかけて緩和されている過程を見ている可能性です。そしてもう一つは、深層地下水の上昇によっていわき市周辺全体の地下水の圧力が押し上げられたという可能性です。

前者を支持するデータは、湧出量が降水量の影響を大きく受けている(図4)ことです。一方、後者を支持するデータは、湧出量が減少する傾向が見られないことと水温が上昇していることです(図4)。そして水位上昇が起きているのがA地点のような低温の温泉だけでなく、いわき湯本温泉のようなより高温の温泉に及んでいることもこの可能性を支持します。いわき市周辺の温泉には、プレート境界を発端とする深層地下水の定常的な上昇が示唆されており(Togo et al., 2014)、地震をきっかけとして断層系を伝わる深層地下水の圧力が地表付近まで到達したのかもしれませんが。もしそうであれば、温泉湧出はさらに長期に渡って継続すると考えられ、今後、水質にも深層地下水の混入を示す変化が現れる可能性があります。

いわき市の地下では、はたしてどんな現象が起きているのか？我々は、温泉湧出が継続している原因を突き止めるために、今後も調査を継続する予定です。

## 引用文献

- 栗田康夫・丸山 正・吾妻崇・斎藤英二・楮原京子・杉山雄一・吉岡敏和・谷口 薫・安藤亮輔・吉見雅行・林田拓己・斎藤 勝 (2011) 2011年福島県浜通りの地震で塩ノ平・湯ノ岳断層に沿って出現した地震断層の特性. シンポジウム「2011年東北地方太平洋沖地震に伴う内陸活断層の挙動と地震活動・地殻活動」及び日本活断層学会2011年度秋季学術大会講演予稿集, S1-2.
- 気象庁 (2015) <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- Kobayashi, T., Tobita, M., Koarai, M., Okatani, T., Suzuki, A., Noguchi, Y., Yamanaka, M. and Miyahara, B. (2012) InSAR-derived crustal deformation and fault models of normal faulting earthquake (Mj7.0) in the Fukushima-Hamadori area. *Earth Planets Space*, 64, no. 12, 1209-1221.
- 国土地理院 (2011) 東北地方の地殻変動. 地震予知連絡会会報, 86, 184-272.
- 内藤宏人・吉川澄夫 (1999) 地殻変動解析支援プログラムの開発. 地震第2輯, 52, 101-103.
- Okada, Y. (1992) Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space. *B. Seismol. Soc. Am.*, 82, 1018-1040.
- 佐藤 努・風早康平・安原正也・高橋 浩・森川徳敏・高橋正明・稲村明彦・半田宙子・仲間純子・松本則夫 (2014) いわき内陸地震後から継続する温泉の異常湧出. 2014年度日本水文科学会学術大会発表要旨集, 29, 97-98.
- Sato, T., Sakai, R., Furuya, K. and Kodama, T. (2000) Coseismic spring flow changes associated with the 1995 Kobe earthquake. *Geophys. Res. Lett.*, 27, 1219-1222.
- 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 Space*, 66, 131, doi:10.1186/1880-5981-1166-1131.

## 新人研究紹介

## 宇宙線生成放射性核種を用いたチベット高原北東縁における変動地形についての研究

白濱吉起（活断層評価研究グループ）

## はじめに

今年度より活断層評価研究グループに産総研特別研究員として在籍しております白濱吉起です。2015年3月に東京大学で学位を取得後、産総研へ入所いたしました。修士・博士課程では一貫してチベット高原北東縁の変動地形を対象として地形の解析と宇宙線生成放射性核種を用いた年代測定を行い、地形発達過程の推定を行ってきました。本グループでもそれらの経験を生かし、国内の活断層の活動性評価を行って参ります。今回は自己紹介も兼ねて、学生時代に行っていた研究を紹介いたします。

## チベット高原北東縁における変動地形

チベット高原はインドプレートとユーラシアプレートの衝突により形成された世界最大の山脈です（図1）。チベット高原の大きな特徴として平均標高5000mの極めて平坦な台形状の地形を呈していることが挙げられます。この特徴は、山脈が隆起することで生じる重力による差応力がチベット高原の地殻強度を超えており、上方への成長がすでに頭打ちとなっていることを示唆しています。にもかかわらず、大陸プレート同士の衝突に伴う地殻物質

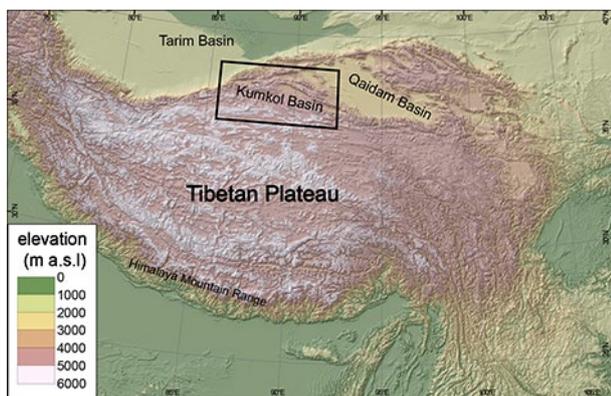


図1 チベット高原の地形と主要活断層。

の注入によって、その体積は増大し続けているため、それ以降の山脈の成長（体積増加）は周囲の安定大陸を取り込んで山体を側方へ拡大させることによって生じています。実際にチベット高原内部で標高4000～5000mに達したと見られる時期や盛んに隆起が生じた時期を調べるとチベット高原中央部から縁辺部に向かって年代が新しくなっており、側方への拡大が裏付けられています。高原化によって生じる活発な変形は高原周辺部において生じているため、縁辺部において活動的な横ずれ断層や衝上断層が特に数多く分布しています。従って、それらの長期的な隆起速度や変動速度を見積もることができれば、チベット高原の隆起過程や拡大メカニズムを知る上で重要な情報となります。

チベット高原北東縁はそのなかでも特に研究の進んでいない地域になります。衛星画像が利用され始めた頃から、この地域には活断層や活構造が広く分布することは知られていましたが、アクセスが困難なために地形地質学的研究はそれ以降ほとんど進みませんでした。また、地形を利用した平均変動速度推定には地形面の編年が必要不可欠なのですが、本地域は極めて寒冷で乾燥した気候であるため、有機物が得られず、よく利用されてきた放射性炭素年代測定が適用できないことと、地形が長期間保存されるため、放射性炭素年代測定や光ルミネセンス年代測定といった手法では測定限界を超えてしまうため、定量的な編年ができないという問題がありました。しかし、近年になり、ALOS画像をはじめとした高解像度の衛星画像や標高データが全球的に整備されたこと、寒冷乾燥気候に適した宇宙線生成放射性核種を用いた表面照射年代測定手法が確立されたことから、チベット高原北東縁での研究は増えつつあります。

私の主な研究対象地域であるクムコル (Kumkol) 盆地も、チベット高原北東縁の拡大前線に位置しているにもかかわらず、上記の理由によりこれまで詳細な地形学的研究は行われていませんでした。そこで、盆地内部において変動地形の探索を行ったところ、波長 40 km を超える東西方向に伸びる巨大な複背斜構造 (多数の断層や褶曲によって構成された背斜構造) を発見しました。その位置と規模から、チベット高原の拡大に関わる構造であることが予想されたため、この構造を対象に変動地形学的手法を用いて研究を行ってきました。具体的には、複背斜構造を覆う堆積面の年代と変形量から隆起速度を明らかにするために、衛星画像を用いた詳細な地形分類と地形データを用いた地形解析、宇宙線生成放射性核種を用いた表面照射年代測定を行いました。そして、地表変形から地下の断層構造と、複背斜構造の水平短縮速度を推定し、これらの結果が拡大メカニズムに対して如何なる拘束を与えるかについて考察しました。

### 宇宙線生成放射性核種による表面照射年代測定

結果を示す前に、宇宙線生成放射性核種を用いた年代測定手法について簡単に解説します。宇宙線生成放射性核種とは文字どおり宇宙線によって生成される放射性核種で、大気との相互作用によって大気中に生成される核種と、鉱物との相互作用によって鉱物中に生成される核種があります。表面照射年代測定に利用されるのは後者で、石英中の Si や O 原子と中性子やミュオンとの反応によって生成される  $^{10}\text{Be}$  や  $^{26}\text{Al}$  を利用します。これらの放射性核種は対象とした石英に宇宙線が照射されている限り生成され続け、放射壊変によって同時に減少します。段丘堆積物表層における礫や砂に含まれる核種濃集量  $C$  は段丘面の露出年代  $t$ 、表層の侵食速度  $\varepsilon$ 、堆積時の核種濃集量  $C_0$  を未知数として(1)式によって表現されます。

$$C = C_0 e^{-\lambda t} + \frac{P_0}{\left(\lambda + \frac{\rho}{\Lambda} \varepsilon\right)} \left(1 - e^{-\left(\lambda + \frac{\rho}{\Lambda} \varepsilon\right)t}\right) \quad (1)$$

ここで、 $\lambda$  は壊変定数、 $\rho$  は堆積物の密度、 $\Lambda$  は中性子の平均減衰長、 $P_0$  は試料採取地点の核種生成速度を示しています。未知数が3つありますので、表層のサンプルのみからだけでは年代を定めることができません。そのため、通常段丘面の年代を定める際には深度方向にいくつかの試料を採取して(図2)、濃集量の深度プロファイルを作成し、カイ二乗検定などにより(1)式とのフィッティングを行い、未知数を決定していきます。



図2 段丘堆積物試料採取の様子。

### クムコル盆地における気候変動に伴う地形発達過程

まず、複背斜構造周辺の地形分類を衛星写真と地形データを用いて行った結果、この複背斜構造が南から北に向かって流れる二本の河川 (Pitileke River と Sijiquan River) によって下刻され、その河川に沿って連続的に分布する段丘面や扇状地を著しく変形させていることが明らかとなりました。図3にそれらの段丘面の分布を示しています。Pitileke River 沿いの段丘面は高い方から順に T1 から T6 まで6面に分けられ、Sijiquan River 沿いの段丘は高い方から順に H, L1, L2 面に分類されました。高位の(古い)段丘ほど変位量が大きいため、この複背斜構造の変位は累積しており、複背斜構造を構成する断層や背斜が継続的に変形していることを意味しています。従って、変形に伴う発達過程を明らかにするとともに段丘面の年代がわかれば、長期的な平均隆起速度を求めることができます。

段丘面の年代を定量的に定めるため、現地調査を行い、表面照射年代測定に用いる段丘堆積物を採取しました。そのうち Pitileke River 沿いに発達する段丘面のうち、T1 面と T3 面上の二箇所（10D と 08D）で深度別のサンプル採取とそれらの分析を行いました。その結果、T1 面の年代は  $252 \pm 24$  ka、T3 面については  $103 \pm 23$  ka と推定されました。また、年代と同時に得られた T1 面の堆積物が示す堆積時の濃集量が極めて小さいのに対し、T3 面の堆積物が示す値はその 10 倍程度大きい値を示しました。これは T1 面の堆積物は礫の供給域である山地から直接運ばれてきたのに対し、T3 面は T2 面を下刻して形成されたと見られるため、下刻する際に T2 面からの再堆積物を多く取り込んだものと考えられます。

再堆積物が侵食によって形成された段丘面の段丘堆積物に多量に含まれていることは他地点の分析によっても示唆されました。東側の Sijiquan River の河床から採取した礫 (SP005) が低位の段丘面 (L2) から採取したサンプルの濃集量を超える大きい値を示し、Pitileke 段丘の T2 面上の 2-4 地点から採取した礫がほかの T2 面上から採取した礫 (10-2 など) と比較して著しく大きい濃集量を示しました。現在の Sijiquan River は低位段丘を下刻して流れており、2-4 地点では T2 面は T1 面を下刻することで形成されています。これらの結果は堆積作用が卓越して山地から礫が多量に供給され広い堆積面を作る時期と、侵食作用が卓越し礫の供給が滞り、堆積面を下刻する時期がはっきりと分かれていることを意味しています (Shirahama et al., 2015)。

得られた堆積時の濃集量についての結果を用いて、段丘面表層のみから採取された礫から推定された真の年代を図 3 に示しました。この結果を見ると広い堆積面である H, T1, T2 面が氷期に対応し、侵食作用が卓越する時期に形成されたと見られる T3, T4 面は間氷期に対応しています。したがって、本地域では氷期に堆積作用が卓越し広い堆積面が形成され、間氷期には侵食作用の卓越により、その堆積面を下刻して多数の段丘面が形成されていったと考えられます。

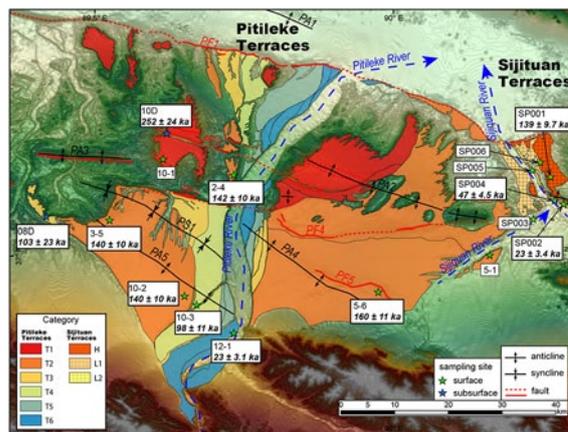


図 3 Pitileke River と Sijiquan River 沿いの段丘面・扇状地の分類と表面照射年代。

### クムコル盆地内の複背斜構造の隆起速度と水平短縮速度

段丘面の隆起量と年代が得られましたので、それらの情報から Pitileke 段丘の隆起速度分布を推定しました (図 4 上部の赤線、赤破線、緑破線)。計算に際して、現河床の河床縦断面形が気候変動により大きく変化しないと仮定して、段丘面の現河床からの相対高度を隆起量とみなしています。段丘面の年代を精度よく推定できた T1 面と T2 面について、隆起量分布を隆起速度分布に読み替えますと、複背斜構造の最大隆起速度は T1 面で  $1.05 \pm 0.10$  mm/yr、T2 面で  $0.96 \pm 0.07$  mm/yr と求められました。

次に、隆起速度分布に基づき、断層の地下構造を推定していきます。推定にはデイスロケーションモデルを用いました。デイスロケーションモデルとは、地下に断層面を設定し、そこに食い違い変位を与えることで地表の変形を計算する手法です。一般に地表変形の波長は変形に寄与する地殻の厚さに比例するため、波長数十 km 以下の変形は地殻浅部にその原因があると考えられます。図 4 上部に示した本地域の地表変形のうち、特に PA5 のような左右対称の背斜構造は、地下に水平な断層を想定することでよく説明できます。そこで、図 4 下部の赤線のように複背斜構造とその周辺の褶曲構造が、地殻浅部に埋没する水平な断層とそこから派生する二次的断層によって形成されたと考えました。水平な断層の深さと断層に与えるすべり速度を様々に変

え、地表変形を計算したところ、深さ約 10–15km に水平な断層を置き、断層上に 2.5–3.2 mm/yr のすべりを与えることで、図 4 の青点線のように隆起速度分布とよく一致するパターンが得られました。このディスロケーションモデルはクムコル盆地内部が 2.5–3.2 mm/yr の速度で水平短縮していることを示唆しています。最近の研究によると、チベット高原の下には周囲の大陸地殻と比較して熱くやわらかい下部地殻が厚く広がり、その北縁が高原の境界に一致することが地震探査と電磁気探査によって明らかになってきました。また、そうしたチベット高原下の下部地殻物質が、外側の上部大陸地殻下に流入することによって、高原の側方拡大が生じるという仮説が近年提唱されました。本研究で明らかにした水平短縮変形は、時代的にも位置的にも、チベット高原の側方拡大に直接関係すると考えられ、ディスロケーションモデルによって推定された水平な断層はクムコル盆地下部に流入したやわらかい下部地殻と上部地殻の境界面にあたる可能性があります。

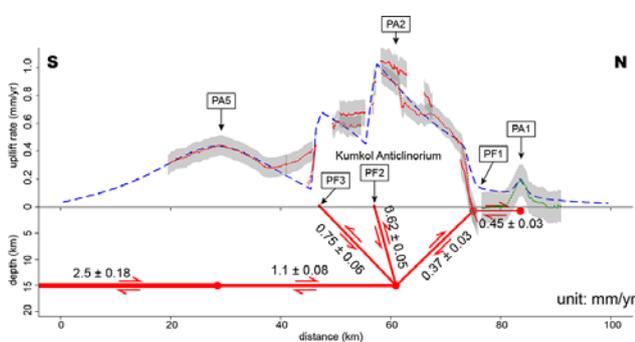


図 4 隆起速度の分布と推定される断層構造。PA1, PA2, PA5 と、PF1, PF2, PF3 は、それぞれ地表面の変形から確認された背斜と衝上断層の位置を示す。数字は断層に与えた滑り速度で単位は mm/yr。

## おわりに

活断層の活動性を評価する際には、その平均変位速度が重要な指標の一つとなります。平均変位速度は活断層によって変位している地形面のずれの量を形成年代で割ることで求められるため、地形面の年代を定量的に定めることが必要不可欠です。現在、国内における地形面の編年には放射性炭素年代測定や降下年代のわかっている広域テフラが一般に用いられていますが、古い地形面では測定限界を超えていたり、場所によって適切な広域テフラが見つからなかったりと、必ずしも年代が定まるわけではありません。これまでの私の研究では、表面照射年代測定を用いてチベット高原北東縁の地形境界における水平短縮速度を明らかにしてきました。さらに、本手法はチベット高原のような寒冷乾燥化した地域で近年盛んに用いられ、これまで不明であった高原内の活断層の平均変位速度とその分布を明らかにしつつあり、その有用性が確認されています。未だ日本国内での適用例は多くありませんが、従来の年代測定手法が適用できない地域における新たな年代測定手法として有効であると考えられます。今後、本手法が国内でも適用できることが証明できれば、これまで地形面の年代がわからず、活動度を正確に評価できなかった活断層に対して活動性評価が可能となり、評価精度の向上に役立つことが期待されます。

## 参考文献

- Shirahama, Y., Miyairi, Y., He, H., Fu, B., Echigo, T., Kano, K., Yokoyama, Y., Ikeda, Y., 2015, Climate-induced changes in sediment supply revealed by surface exposure dating of Sijiquan River terraces, northeastern Tibet. *Geomorphology*, 235, 15–26.

## 学会報告

アメリカ岩石力学シンポジウム参加報告・ローレンス  
バークレー国立研究所訪問記

朝比奈大輔（水文地質研究グループ）

## 1. はじめに

平成27年度廣川研究助成事業として、6月27日～7月5日まで、標記シンポジウムへの参加と研究打ち合わせのために米国を訪問しましたので報告いたします。

## 2. シンポジウムの概要

第49回アメリカ岩石力学シンポジウム（49<sup>th</sup> US Rock Mechanics/Geomechanics Symposium : USROCK）が、平成27年6月28日～7月1日にカリフォルニア州サンフランシスコで開催されました。USROCKは、アメリカ岩の力学会の主催により毎年開催され、サンフランシスコとその他の市で交互に開催されています。昨年はミネソタ州ミネアポリスで開催されました。本シンポジウムでは岩石力学、岩石工学、岩盤工学に関係する諸テーマ（石油工学、土木工学、地質学、地球物理学、鉱山工学、地下建設）について議論されました。会議は3日間にわたり、33ヶ国から572人の参加があり、シンポジウムとしては過去最高の359論文が発表されました。会議期間中には3つのワークショップ、3つのテクニカルツアー、4つのスペシャルイベントが企画されました。来年は、テキサス州ヒューストンで開催されます。

3. 49<sup>th</sup> USROCK について

7月初旬の過ごしやすいサンフランシスコでUSROCKは開催されました（写真1, 2）。会議自体は3日間ですが、前後に2日間のワークショップ/ショートコースと1日のテクニカルツアーがあり、全行程6日間でした。会議開催中は7社のスポンサーと16社の企業ブースが設けられており、積極的なコミュニケーションが研究者と技術者の間で行われていました。

筆者はワークショップ/ショートコースとシンポジウムに参加しました。ワークショップは、水圧破砕法を用いたシェールガス開発、デジタルロックフィジックスの研究に関するものでした。筆者が参加したのは、カナダのトロント大学大学院の卒業生達によるベンチャー企業（Geomechanica社）が開発した、力学的な数値解析的ソフトFDEMに関するショートコースでした。コンサルタント会社であるGeomechanica社は、FDEMを使って、岩石・岩盤工学に関わる諸問題（シェールガス開発のための水圧破砕や、地下施設掘削時の力学的安定性、地すべり等）について解析的な検討を行っており、論文も多く発表しています。このショートコースでは、解析手法の特徴や、具体的な解析計算手法、



写真1 シンポジウム会場のあるユニオンスクエア付近。



写真2 シンポジウムが行われたウェスティンホテル内。

適応方法など、例題やデモンストレーションを通して多くの情報を得ることができました。

シンポジウムは朝8時から18時まで、4つの会場で口頭発表が行われました。一日目は「水圧破砕法の室内実験法・モデリング」、「石油工学と岩塩」、「熱-力学-化学-生物学連成挙動」、「貯留層ジオメカニクス」等のセッションが行われました。特に、水圧破砕法のモデリングに関する発表では、筆者が以前専攻していたコンクリート工学で高名な、Prof. Zdenek Bazant の発表を聞くことができ、大変有意義でした。二日目は、「AE法：室内実験からフィールドスケールまで」、「水圧破砕法の新しい技術」、「岩塩の力学」等のセッションがありました。三日目は「CO<sub>2</sub> 地中貯留」、「破壊力学」、「シェール層に関する実験と解析」等のセッションがありました。全体を通して、並行して行われる4つのセッションのうちどこかで、水圧破砕法やシェール層に関する発表が行われており、関心の高さをうかがい知ることができました。

#### 4. ローレンスバークレー国立研究所訪問

シンポジウムの後に、ローレンスバークレー国立研究所 (LBNL) の地球科学部門の Division Deputy である Dr. Jens T. Birkholzer の研究グループを訪問しました (写真3)。産総研と LBNL は放射性廃棄物地層処分の共同研究 (2014年12月 MOU の延長契約、先方の課題代表者：Birkholzer 氏) を行っています。Birkholzer 氏と、プログラマネージャーの Dr. James E. Houseworth, スタッフサイエンティストの Dr. Jonny Rutqvist と研究の打ち合わせを行

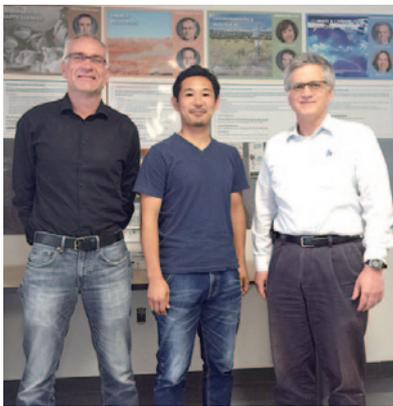


写真3 LBNLにて、左から Dr. Birkholzer, 朝比奈, Dr. Houseworth.

いました。現在、LBNL が開発した、世界的にも評価されている広域の地下水流動シミュレータに対して、筆者は破壊現象を扱う解析コードを組み合わせた連成解析コードを構築し、岩盤の変形・破壊現象と水理特性変化に関する研究を行っています (Asahina et al. 2014, *Computers and Geosciences*)。打ち合わせでは、今後の研究課題として、断層活動に伴う破砕帯形成等に係る水理特性変化を、処分場スケールで影響評価する方法等について議論しました。今後は、断層活動等の地質関連事象による地下水流動への影響評価手法を開発するため、連成解析コードをより密接に組み合わせ、その妥当性を検証するためのテストケースについて提案・共有し、検討していくことになりました。その他にも、高レベル放射性廃棄物の地層処分における岩盤の長期的挙動の予測に関する国際共同研究である「DECOVALEX」について、現状と2016年からの研究計画等について説明を聞きました。2016年からの3年間は Birkholzer 氏を取りまとめ役となる予定です。

#### 5. 終わりに

今回の米国訪問を通じて、様々な研究者との繋がりを持つことができました。特に、次の世代を担う米国若手研究者との交流が深まりました。また、本シンポジウムでは、多くの研究者がシェールガス開発に伴う水圧破砕法について研究を発表していました。多くの研究資金や人材がこの研究テーマに注がれており、その急速な技術の発展には目を見張るものがあります。

また、シンポジウム会場の外では、同性愛者による有名なパレードが行われていました。オバマ大統領によって、米国全州で「同性婚」が合法化された直後ということもあり、歴史的なパレードであったそうです。米国の自由と勢いをこんなところからも感じることができました。

今回のシンポジウムと研究打ち合わせには、地質調査総合センターの廣川研究助成の援助により参加することができました。このような機会を与えていただいた関係各位に対して、心より感謝申し上げます。

## 学会報告 アジア・オセアニア地球科学会第12回年次大会報告

小泉尚嗣（活断層・火山研究部門 総括研究主幹）

8月2日～8月7日にシンガポールのシンガポール国際会議場で開催された AOGS (Asia Oceania Geosciences Society: アジア・オセアニア地球科学会) の 2015 年大会 (第 12 回年次大会, AOGS 2015) (写真 1) に参加してきたのでそれについて報告します。8月2日はミーティングと参加登録のみで科学プログラムは3～7日に開催されました。AOGS (<http://www.asiaoceania.org/society/index.asp>) は、2003年に設立され2004年に第1回年次大会が開催されて今回で12回目となります。AOGSの事務局があることもあって、シンガポールで開催されるのは今回で6回目です。シンガポールは建国50周年を迎え、町のあちこちで「SG50」のロゴが張られていました(図1)。



写真1 シンガポール国際会議場の巨大なスクリーンに AOGS 2015 の情報が表示されていた。



図1 シンガポール建国50周年を示すロゴ。

私は、主コンビーナーとして「SE04: Earthquake Hydrology and Chemistry」のセッションを開催しました。このセッションは、地下水・地下ガス・岩石等の地震に関連した物理・化学的変化の研究を主に扱うセッションです。8月6日午後に口頭発表(6件)、8月7日(大会最終日)午後にポスター発表(4件)が行われました。内訳は、日本の研究者による発表が5件で、以下、中国3件、台湾1件、インド1件でした。口頭発表の会場における参加者は15名程度でした。AOGS年次大会における同様なセッションは、Earthquake Hydrology and Hydroseismologyの名前で行われて来ましたが、やや内容を絞りすぎたという反省があり、前回(2014年)からタイトルの「Hydroseismology」を「Chemistry」に変え、(地震に関連した)化学的な研究がより参加しやすくなるようにしました。今回も、化学系の発表が10件中5件ありました。

同セッションの口頭発表で面白かったのは、Vivek Waliaさん(台湾国立地震研究センター)の、「Relevance of real-time geochemical monitoring database of earthquake precursory studies in Taiwan」でした。Waliaさんは、深さ2mの地点で土壌ガスを連続測定(サンプリング間隔は15分)する観測点を台湾に複数設け、データをリアルタイムで授受し、フィルターをかけてノイズを落とし、明瞭な基準を決めて異常値を判定し、観測点毎に地震前に変化があったかどうかを統計的に調べていました。震央位置については、観測点毎に敏感な場所があるとして経験的に求めているようです。2013年か2014年の結果では、ターゲットとするエリアおよび一定規模以上の地震の25%について地震の前兆が認められたとのこと。Waliaさんのされていることで意義を感じるのは、経験的とはいえ、客観的な基準を決めてリアルタイムの観測値から

(フィルターでノイズを落とした上で) ガス濃度異常を検出し、地震との対応の有無をカウントしていることです。地震活動が活発な台湾で、こういう客観的な試みを続ける事で、どういう地震で前兆が出て、どういう地震では出ないのか、その理由は何かということが明らかになり、地震に関連した地下ガス変化の研究を深化させることができると思います。また、ポスター発表の Yueju Cui さん(中国地震局)による、人工衛星からのリモートセンシングで新疆ウイグル自治区の大気中の CO 量を測定し、それと同自治区で発生する M5.5 以上の 10 個の地震との関係を報告しているのも興味深かったです。元データは NASA の公開データとのことで、そういえば、会場の NASA のブースで、人工衛星からのリモートセンシングによる大気中のガス量の時空間分布の変化を動画でしきりに流していました(私は見ていませんが、中国本土の高濃度の NO<sub>2</sub> が、偏西風に乗って日本に流れていく動画もあったそうです)。リモートセンシングによるガス量の測定は、測定できるガスの種類が限られるとか、サンプリング間隔が長いとか、大気中の(正確には地面と人工衛星との間の)ガスの総量しか測れないといった欠点がありますが、広範囲のガス量の時空間分布とその変化を把握できるという利点があり、従来の地表付近でのセンサーによるガス濃度観測とうまく組み合わせれば、大気～土壌中のガス濃度と地震・火山活動との関係を調べる研究がより進むように思えました。

今回の AOGS で感心したのはポスターのボードの並び方です。写真 2 のように横長でかつ蛇腹になっていて、ポスター前のスペースを確保するとともに、一種の閉鎖空間を作って説明者と見学者が集中出来るようになっていました。ポスター会場としての十分な広さが必要ですが、他の学会でもやってほしい試みだと思います。

AOGS は若い学会で、上述のように評価すべき新たな試みもなされていますが、運営面での課題もあります。特に問題なのはポスターのスケジュールで

す。AOGS では、大気科学(AS)・生物地球科学(BG)・水文科学(HS)・学際地球科学(IG)・海洋科学(OS)・惑星科学(PS)・太陽-地球科学(ST)・固体地球科学(SE)の8分野を扱っていて、年次大会では1分野のポスターを1日でやってしまうという方針があります。ポスター発表のスケジュール作りが簡単に関連するポスターを1日で見られるといった利点がありますが、口頭発表は、5日間の開催期間中にバラバラに開催されるため、セッションによって口頭発表とポスター発表が日程的に大きく離れてしまう危険性が生じます。今回は、固体地球科学(SE)と惑星科学(PS)のポスター発表がすべて最終日になってしまったため、最初の方に口頭発表があった SE や PS のセッションは不利益を被ることになりました。最終日もポスター発表が行われるようになったのは 2014 年からで、2014 年も固体地球科学のポスターは最終日でした。また、最終日にも関わらず、ポスターの発表時間帯は他の日と同じ 16 時～18 時でした。私は、固体地球科学の研究者が集まるミーティングで、最終日のポスター開催時刻は繰り上げるべきだし、固体地球科学のポスターセッションが続けて最終日になるのは不公平だという意見を述べました。AOGS は発展を続けた結果、発表も増えてスケジュール作りは大変だと思いますが、より一層よい大会とするための努力は続けてほしいと思います。



写真 2 ポスター会場での蛇腹状のボードの並び。

## Workshop 米国カスケード火山ワークショップ報告・前編

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」に参加しましたので、報告いたします。本ワークショップは、米国オレゴン州立大学（OSU）のShanaka de Silva教授が中心となって企画したもので、米国2名（OSU）・日本6名（産総研3名、東北大・常葉大・京大各1名）・中国5名（中国地震局）の計13名の研究者が参加しました。筆者の一人である東宮は、2014年11月より約1年間の予定でOSUに長期派遣中であり、de Silva教授はその受入教官となっています。本ワークショップは、カスケードの火山を理解するとともに、日本や中国など他国の火山とも比較することで、お互いの研究成果をフィードバックしあいながら、火山システムについて深く議論する場でした。

ワークショップは、火山地質等に関するフィールドワークを中心としつつ、OSU教官によるレクチャーや、米国地質調査所（USGS）カスケード火山観測所への訪問等も含む、盛りだくさんのものでした。期間中ずっと好天に恵まれ、夜の食事も含め、たいへん充実した一週間を過ごすことができました。

## カスケード山脈とワークショップの概要

カスケード山脈とは、北米の西海岸沿いに連なる火山列です。北はカナダのブリティッシュコロンビア州に始まり、米国のワシントン州・オレゴン州を縦断し、南はカリフォルニア州北部まで、総延長1,250kmに及び、大型火山だけで30ほど、小さな単成火山まで含めれば2,300以上もの第四紀火山が分布しています（Hildreth, 2007）。雪をいただく3000m級の大型火山が数十～百km間隔で連なる様子（図1）は、近くの航路を通る飛行機から印象深

く眺めることができます。カスケードの火山の活動度はそれほど高くなく、セントヘレンズ山を除けば、個々の火山の噴火頻度は数百年に一度程度です。

カスケード山脈は現在の火山フロントに当たりますが、火山フロントの位置は約800万年前にやや背弧側（東）にシフトしており、これ以前の火山フロント（現在のカスケード山脈よりやや西）に見られる古い火山岩の分布域はウェスタン・カスケーズ（Western Cascades）、現在のカスケード山脈はハイ・カスケーズ（High Cascades）と呼ばれます（Miller, 2014）。

ワークショップのたまかな日程・訪問先は表1および図1の通りです。ワゴン車2台に分乗して回りました。ワークショップの冒頭6月20日には、本ワークショップの概要、カスケード山脈と周辺の火山活動、主要訪問先であるクレーターレイクと類似した長白山/白頭山（中国/北朝鮮）に関する研究紹介、などについて、OSUのde Silva氏およびDan Miggins氏によるレクチャーがありました。レクチャーは初日以外にも、露頭の前、駐車場など、場所を選ばず随時行われました（例：オレゴン州の地質概説、クレーターレイクおよびマザマ火山の噴火史）。

6月	訪問先・活動	宿泊地
20(土)	集合、レクチャー	ポートランド
21(日)	セントヘレンズ山	ポートランド
22(月)	USGSカスケード火山観測所、コロンビア川洪水玄武岩、ほか	バンド
23(火)	ニューベリー火山、クレーターレイク	ダイヤモンドレイク
24(水)	クレーターレイク	ダイヤモンドレイク
25(木)	クレーターレイク	バンド
26(金)	バンド周辺の火山および火山噴出物	ポートランド
27(土)	フッド山、ボーリング火山群	ポートランド
28(日)	解散	---

表1 カスケード火山ワークショップの日程。

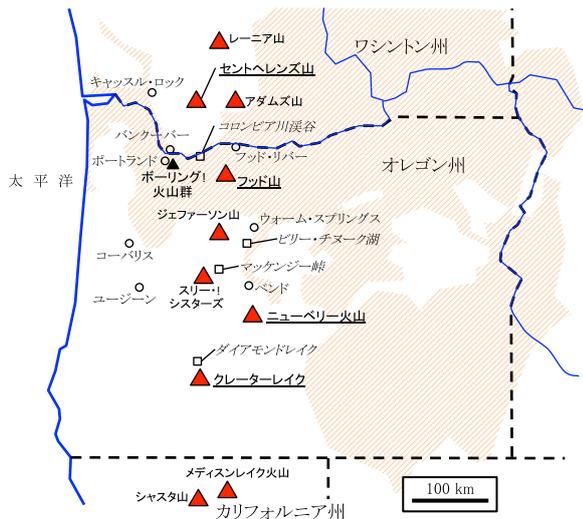


図1 カスケード火山ワークショップの訪問先を示した地図。赤三角は活火山(potentially active volcanoes)で、その多くは3000m級の大型成層火山。下線は今回訪問した火山。オレンジ色に塗った範囲はコロンビア川洪水玄武岩の分布範囲 (Barry *et al.*, 2013)。

### セントヘレンズ山

6月21日には、ワシントン州のセントヘレンズ山 (Mount St. Helens) の地質巡検を行いました。カスケードで最も活発な火山で、最近では2004-08年にも噴火していますが、特に1980-86年の大噴火は世界的に有名です。この大噴火は次のような経緯をたどりました (Lipman and Mullineaux, 1981)：直近で大きな地震→山体が北に向かって大きく崩壊→山体内に貫入中だった高圧のマグマへの荷重が突然解放→マグマが一気に爆発→北斜面へ横殴りの爆風 (ブラスト)→火砕流→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)。さらに、堆積した火山灰・岩片と水が混じった泥流・土石流 (ラハール) が何度も麓へ流れ下り、川沿いを大量の土砂で埋めました。大噴火前に富士山型の円錐形をしていた山体は、山頂部分がなくなり、その中には新たに溶岩ドームができました (写真1)。

まず、我々はセントヘレンズ山の東方のホフシュタット・ブラフス (Hoffstadt Bluffs) および森林学習センター (Forest Learning Center) において、ノース・フォーク・トゥートル川 (North Fork Toutle River) のラハール堆積物を見学しました (写真2)。川底が浅く大きく蛇行していることから、今でも大



写真1 ジョンストン・リッジ展望台付近から見たセントヘレンズ山。崩壊して大きくえぐれた山頂部と、その中に成長した溶岩ドームが見える。麓では、堆積した土砂を削りながら川が流れ、大雨時にラハール (泥流) の要因となっている様子がわかる。写真手前、へし折られて根元だけになった枯れ木の間に、花々が咲いている。



写真2 ホフシュタット・ブラフスの展望台から見たセントヘレンズ山のラハール堆積物。

雨が降ったりするとラハールが起きていることが分かります。

次に、セントヘレンズ山の北方10kmほどにあるジョンストン・リッジ展望台 (Johnston Ridge Observatory) へ。ここからは、崩壊した山体と、そこへ新たに成長した溶岩ドームを、ほぼ正面から観察することができます (写真1)。ジョンストンとは、1980年噴火の観測中にブラストに巻き込まれて亡くなったUSGS職員の名です。当時彼が観測していた場所に、彼の名を冠した展望台が建てられました。展望台の周辺には、へし折られて根元部分だけが残された枯れ木 (太いものは直径1mほど) がたくさん見られ、ブラストの衝撃の強さを示しています。展望台では様々な展示も見られますが、シアターで上映していた1980年噴火の再現映像はたい



写真3 セントヘレンズ山のハンモック・トレイルの様子。

へん迫力がありました。また、噴火で壊滅した山麓に多様な生態系が戻っていく様子を捉えた映像も興味深く見ました。

次に、ハンモックス・トレイル (Hummocks Trail) へ行きました。ハンモックとは小丘のことで、この付近には1980年山体崩壊で流れてきた山体のかげら(流れ山; 高さ数m~数十m)がたくさん分布しています。流れ山とそのすき間に点在する池の間を縫うようにトレイル(自然散策路)があり、起伏に富む地形とセントヘレンズ山の眺めを楽しみながら自然観察ができるようになっています(写真3)。要所ごとに案内看板が立てられ、地質学・生物学的な解説がされています。この一帯は1980年噴火で生態系が完全に破壊されましたが、現在は林となり、多くの動植物を見ることができました。人工的な植林等を行なっておらず、全て自然の回復に任せているとのことでした。

このあと、コールドウォーター湖(1980年噴火の土砂によるせきとめ湖)に立ち寄り、それからセントヘレンズ山科学・学習センター(Science and Learning Center at Coldwater)を訪問しました。この展望台からは、眼下にコールドウォーター湖、その向こうにセントヘレンズ山が一望でき、まさに絶景でした(写真4)。

#### 米国地質調査所(USGS)カスケード火山観測所

6月22日午前には、ワシントン州バンクーバーにあるUSGSカスケード火山観測所を訪問しました(写真5)。同所のJohn Ewart氏が、カスケード



写真4 セントヘレンズ山科学・学習センターから見たコールドウォーター湖とセントヘレンズ山。



写真5 USGSカスケード火山観測所の前にて、ワークショップ参加者とJohn Ewart氏。(de Silva氏提供)。

火山観測所の位置づけ、USGS火山ハザードプログラムなどについて、まず1時間ほどのレクチャーを行ないました。

USGS(米国地質調査所)と日本の地質調査総合センター(GSI; 産業技術総合研究所の中にある)は、名前が似ているので比較されがちですが、USGSのほうがはるかに大きな組織で、広範囲の業務を担っています。日本の気象庁(の地震・火山関係部署)が行なっているような業務も行なっていて、各火山のモニタリング(地震・地殻変動等の観測)と警報の発令などはそうした例です。カスケードのほか、アラスカ、イエローストーン、カリフォルニア、ハワイ、の計5つの火山観測所があり、125名の火山研究者が働いています。その中でカスケード火山観測所は最大組織で、60名の火山研究者が所属しています。とはいえ、人員も予算も限られることから、各火山について活動度や社会的影響を考慮して優先順位を付け、重要度の高い火山から重点的に観測体制を整えているそうです。

レクチャーの後には、所内のモニタリング施設や観測機材などを見せていただきました。カスケードには現在噴火中ないし噴火がさし迫った火山はありません。直近の噴火が2004-08年のセントヘレンズ山噴火、過去100年間におきた噴火はこのほか1980-86年のセントヘレンズ山噴火（前述）と1914-17年のラッセン・ピーク噴火のみです。しかし、潜在的に噴火が起こり得る火山（potentially active volcanoes）は上記2火山を含めて13火山あるそうです。何かあったときすぐ対応できるよう、ポータブルの観測機器セットの開発を行っており、たとえば人が行けない危険な場所（火口の近くなど）にはヘリコプターで装置を下ろし、回収もヘリコプターで行なう、といった装置もありました。

### コロンビア川洪水玄武岩（溶岩台地）

6月22日午後は、ワシントン州バンクーバーからオレゴン州中央部のバンドまで移動しつつ、いくつかのポイントでコロンビア川洪水玄武岩（Columbia River Basalt）などの観察を行ないました。

洪水玄武岩とは、地球史上でも稀な、きわめて大規模な溶岩流出噴火で、地球深部から巨大なマントル・プルームが上がってきたときに発生すると考えられています。コロンビア川洪水玄武岩は、そのほとんどが1,700~1,500万年前に噴出し、総体積は20万km<sup>3</sup>以上にも及びます（Barry *et al.*, 2013）。何枚もの溶岩流が広い範囲を覆い（図1）、一帯は広大な台地のようになっています（溶岩台地；lava plateau）。

我々ははじめにコロンビア川渓谷（Columbia River Gorge）周辺で洪水玄武岩の観察を行ないました。この渓谷は、コロンビア川の両岸に高さ数百mの断崖が延々と続く印象的な風景が魅力の場所ですが、この断崖が洪水玄武岩の断面です。たとえば、マルトノマ滝（写真6）は、落差190mを誇るオレゴン州で最も高い滝ですが、その崖は数枚の溶岩流できています。付近のハイウェイを走っていても、兩岸の崖に何枚もの溶岩流が積み重なっているのがあちこちで見られました。

その後、フッド山の東麓を通過して南下していきま



写真6 コロンビア川渓谷のマルトノマ滝に見られるコロンビア川洪水玄武岩。数枚の溶岩流が積み重なっていて、上部には枕状溶岩が見られる。

した。フッド山南麓あたりまでは緑の広がる森林地帯でしたが、溶岩台地の上に出ると森林は消え、地形も平らになって、草原や牧場が広がるまったく違う風景になりました。オレゴン州中央部の広々とした景色は、溶岩台地が作っているわけです。この溶岩台地の北半分ほどはコロンビア川洪水玄武岩によるものですが、南半分はもっと新しい溶岩流によるものです。

ウォーム・スプリングス（Warm Springs）という町の近くでは、溶岩台地に刻まれた谷の崖で、デシューツ層群（Deschutes Formation; 750~450万年前頃のカスケードの火山噴出物を主体とする地層）と、その上に乗る溶岩流の見事な柱状節理を観察しました（写真7）。ビリー・チヌーク湖（Lake Billy Chinook）の東岸でもほぼ同様の地層が見られましたが、湖の中央部の半島（the Island）の崖には、ニューベリー火山付近から流れてきた溶岩が谷を埋めた様子（intracanyon basalt）が見られました。その少し南、ピーター・スキーニー・オグデン州立公園のクルックト川渓谷（Crooked River Gorge）の断崖絶壁でも、ニューベリー火山の古い溶岩（数十万年前に噴出）が観察できました。



写真7 ウォーム・スプリングス付近で見られるデシューツ層群とその上に乗る溶岩流の柱状節理。見えている川はデシューツ川。目に見えている白いワゴン車は、我々が分乗した2台のうちの1台。

## ニューベリー火山

6月23日午前には、ニューベリー火山 (Newberry volcano) を巡りました。カスケードの主要火山は円錐形の成層火山が多いのに対し、ニューベリー火山は、扁平な形をした盾状火山と、周辺に分布する多数のスコリア丘からなる、大型の複合火山です。頂上には直径7~8kmのカルデラが形成されています。

我々ははじめにポーリーナ・ピーク見晴らし台 (Paulina Peak Overlook) へ上り、ニューベリー・カルデラの全体像を観察しました (写真8)。カルデラの中に2つのカルデラ湖があり、それを分断するように中央火口丘があります。そして何より目を引くのが、黒曜石溶岩流 (Big Obsidian Flow) です。約1,300年前の噴出ですので、まだ地形が新鮮です。

ポーリーナ・ピークを下りて、黒曜石溶岩流を見に行きます。末端崖に階段がついていて、溶岩流の上を歩けるように散策路が整備されています (写真9)。実際に行くと、溶岩流全体が黒曜石できていたわけではなく、石の見かけにバリエーションがありました。これは、流紋岩溶岩の噴火・流出の間に、冷却速度や応力が局所的に異なっていたためと考えられます。写真9の左下は典型的な黒曜石の例で、真っ黒なガラスです。筋状の流理構造が発達し、表面には貝がら状の破断面が見られます。これとは逆に、よく発泡して真っ白な軽石のような見かけをしている岩塊もありました。しかし、多くの岩塊は灰色をしていて、そこへしばしば黒曜



写真8 ポーリーナ・ピーク見晴らし台から見たニューベリー・カルデラ。右のほうに見える黒っぽい広がり黒曜石溶岩 (Big Obsidian Flow)。



写真9 ニューベリー火山のBig Obsidian Flow。左下の枠内は、溶岩原に転がっている黒曜石。

石の筋が入っていました。筋は複雑に引き伸ばされたり屈曲したりして、溶岩が流れている間に複雑な変形が起きていたことを示しており、参加者の興味を引いていました。

(次号後編に続きます)

## 参考文献

- Barry, T. L. *et al.* (2013) Eruption chronology of the Columbia River Basalt Group. *Geological Society of America Special Papers*, **497**, 45-66.
- Hildreth, W. (2007) Quaternary Magmatism in the Cascades: Geologic Perspectives. *U.S. Geological Survey Professional Paper*, **1744**, 125 pp.
- Lipman, P. W. and Mullineaux, D. R. (1981) The 1980 eruptions of Mount St. Helens, Washington. *U.S. Geological Survey Professional Paper*, **1250**, 844 pp.
- Miller, B. M. (2014) *Roadside Geology of Oregon, Second Edition*. Mountain Press Publishing Company. 387 pp.

## News 平成 27 年度地震・津波・火山に関する自治体職員用研修 プログラム報告

小泉尚嗣・及川輝樹・吾妻 崇（活断層・火山研究部門）

地震・津波・火山についての研究成果を実際の防災に活かすためには、自治体の防災担当者と研究者との連携が不可欠です。このため、活断層・火山研究部門は、地質調査総合センターのプログラムの一環として、地質情報研究部門や地質情報基盤センター（地質標本館）の協力も得て、平成 21 年度（2009 年度）から自治体の防災担当の職員を受け入れて研修を行っています。当研修は、地震・津波・火山といった現象そのものに興味をもってもらうことに特色があります。今年度は、7 月 13-16 日に行い（表 1、写真 1）、岩手・千葉・静岡・愛知・三重・和歌山・香川の 7 県から 9 名の参加がありました。岩手県からは初参加です。研修初日には歓迎会を、2 日目には宿舎であるさくら館で懇親会を開催して交流を深めました。

研修プログラムは表 1 に示した通りです。火山の講義としては、昨年 9 月に噴火した御嶽山に関するものと地質調査総合センターの「日本の火山データベース」に関するものを入れました。2 日目の 5-6 コマ目では、自治体による地震・火山防災（津波防災含む）の取り組みについて各自治体から紹介頂きました。オプションの巡検は、昨年引き続き房総半島南端で行い、参加者は 4 名（3 県）でした（写真 2）。

このような研修を行なって、自治体の防災担当者知識を深めてもらうことに加えて、担当者同士や研究者とのつながりをもってもらうことも大事だと考えています。歓迎会・懇親会も大変好評でした。来年度もこの研修を行ないたいと考えています。



写真 1 研修 2 日目の「自治体による地震・火山防災の取り組みの紹介」の様子。

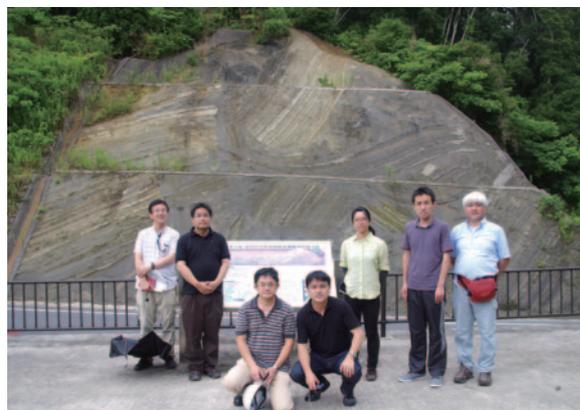


写真 2 房総半島南端の海底地滑り露頭と巡検参加者。

	日付	9時半～10時半	10時45分～11時45分	13-14時	14時15分～15時15分	15時半～16時半	16時45分～17時45分
初日	7/13 月			受講者到着	日本列島の地質と構造 (岡村)	海岸の地形や地質の 発達史 (宍倉)	歴史資料をよみ解いて わかる過去の地震と津波 (行谷)
2日目	7/14 火	地下構造調査 (阿部)	簡便法(距離減衰式)に よる震度評価 (堀川)	御嶽山噴火について (及川)	日本の火山デ・タベ・ス (中野)	自治体による地震・火山 防災の取り組みの紹介	自治体による地震・火山 防災の取り組みの紹介
3日目	7/15 水	活断層データベースの 解説と奥の方 (吉岡)	地質標本館見学 (下川)	地質図の利活用 (斎藤)	南海トラフ巨大地震の予測と 地震に関連する地下水観測 データベースの奥の方 (松本)	本研修に関する 感想・意見交換	
4日目 (オプション)	7/16 木	巡検：房総半島の海岸段丘と関東地震(小泉・行谷・川達)					

表 1 2015 年度のプログラム、() 内は担当者。

## 新人紹介

### 海溝型地震履歴研究グループ

産総研特別研究員 中村淳路

2015年7月1日より、活断層・火山研究部門海溝型地震履歴研究グループに産総研特別研究員として参りました中村淳路です。2015年3月に東京大学で学位を取得し、6月までは同大学大気海洋研究所に特任研究員として所属していました。



鋭く切り立った岩峰やなだらかで雄大な尾根。地球上には侵食作用が作り上げた美しい山岳景観が多く存在します。それでは山脈はどれほどの速さで削られているのでしょうか。そしてその速さは侵食作用に寄与する気候や地殻変動などの要因によってどのように制御されているのでしょうか。土壌や岩石の侵食は、地形の成り立ちを考える上だけでなく、地球表層の物質循環においても重要な役割を担っています。私はこのようなテーマに興味を持ち、宇宙線照射生成核種 ( $^{10}\text{Be}$ ,  $^{26}\text{Al}$ ) と放射性炭素

を用いて侵食速度の復元を行なってきました。これまでの主な研究地域は阿武隈山地、木曾山脈、天竜川流域、背振山地、セントエリアス山脈（アラスカ）などです。この他に、隕石衝突クレーターの形成年代決定（インド・ロナクレーター）や、湖底堆積物を用いた古気候復元（ネパール・ララ湖）も行なってきました。

今後は侵食場と堆積場、それぞれから得られる知見の統合を目指し、浜名湖および富士五湖の堆積物を用いた古地震研究に取り組んでいく予定です。これまでの放射性炭素年代測定の経験を活かし、津波堆積物や地震性イベント堆積物の年代決定を行っていきたいと思います。また堆積物の化学分析を通じて、碎屑物の起源推定や堆積環境の復元に取り組む予定です。一連の研究結果から、地震による地殻変動と陸域の侵食の関連性についても議論を行いたいと思います。多分野にわたる皆様にご指導いただきながら、視野を広げて研究できることを楽しみにしております。引き続きどうぞよろしくお願い致します。

外部委員会等 活動報告 (2015年6月～7月)

4-5 月追加分

2015 年 4 月 16 日

第 5 回廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する  
検討チーム (山元出席 / 原子力規制庁)  
余裕深度処分に係る安全規制

2015 年 5 月 21 日

第 6 回廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する  
検討チーム (山元出席 / 原子力規制庁)  
余裕深度処分に係る安全規制

2015 年 6 月 9 日

地震調査委員会 (岡村出席 / 文科省)  
5 月の地震活動の評価ほか

2015 年 6 月 9 日

第 7 回廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する  
検討チーム (山元出席 / 原子力規制庁)  
余裕深度処分に係る安全規制

2015 年 6 月 11 日

日本海溝・千島海溝の巨大地震モデル検討会 (岡村  
出席 / 内閣府)  
日本海溝及び千島海溝のプレート形状について、ほ  
か

2015 年 6 月 15 日

火山噴火予知連絡会 (篠原出席 / 気象庁)

2015 年 6 月 29 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 2 日

第 7 回廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する  
検討チーム (山元出席 / 原子力規制庁)  
余裕深度処分に係る安全規制

2015 年 7 月 9 日

地震調査委員会 (岡村出席 / 文科省)  
6 月の地震活動の評価

2015 年 7 月 14 日

地震調査研究推進本部地震調査委員会第 62 回地震  
動予測地図高度化ワーキンググループ (吉岡出席 /  
東京)

2015 年 7 月 24 日

地震調査研究推進本部地震調査委員会第 215 回長  
期評価部会・第 47 回海溝型分科会 (第二期) 合同  
会 (吉岡・宍倉出席 / 東京)

IEVG ニュースレター Vol.2 No.3 (通巻 9 号)

2015 年 8 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>