

第15回ゴールドシュミット国際会議巡検参加報告

池端 慶*

Report of the Scientific Field-trip, 15th Annual V. M. Goldschmidt Conference

Kei IKEHATA*

1. はじめに

2005年5月20日から25日まで、米国アイダホ州モスコで第15回目のゴールドシュミット国際会議が開催された。本会議は、太陽系の起源から地球環境までの幅広いトピックスを対象とした地球化学に関する総合的国際研究集会で、1988年の第1回大会以来、欧米を中心に当初は隔年、その後は毎年開催されてきた。会場となったアイダホ大学は、1889年に創設されたアイダホ州で最大の総合大学で、シアトルから飛行機で約1時間のワシントン州スポケーンからバスで約1時間半の距離にあるモスコに位置する(図1)。モスコは人口が約2万人で、その大部分がアイダホ大学の関係者というワシントン州とアイダホ州の境の小さな田舎街である。空港から大学に到着するまではPalouse Hillsと呼ばれる風成シルト堆積物からなる丘陵地帯が続き、ここでは小麦、豆、ジャガイモ等の栽培が盛んである。到着する約10分前にはブルマンという街を通過したが、この街にはワシントン州立大学がある。2つの街は双子の街と呼ばれるほど文化、教育、経済面で交流が盛んで、街の間にはシャトルバスが運行しており、アイダホ大学とワシントン州立大学の学生は無料で利用できる。

本会議の途中と前後には幾つかの巡検が企画された。筆者は会議の全日程と会議終了後にイエローストーン周辺地域で行われた巡検“Extrusive A-type magmatism of the Yellowstone hot spot track”に参加した。ここでは最初に会議の概要を説明した後、巡検の内容を中心に報告する。

2. 会議の概要

宇宙物質と地球の形成、地球内部・表層の組成と物質

循環、大気・海洋の組成と物質循環、環境汚染、生物地球化学等の幅広いテーマを対象としたシンポジウムは特別、一般を合わせて103テーマ企画され、口頭発表は大学内の5つの会場、ポスター発表は1つの会場で行われた。ポスター発表の行われたKibbie Domeは、広大なキャンパス(約570万m²)の中で最も目をひく室内スタジアムである。ここでは、アメリカンフットボールの試合や各種イベントの会場として使われるモスコのシンボリックな施設である。毎日の昼、夕食はこのドームにおいてビュッフェ形式で支給されたが、日本でも有名なアイダホポテトが何度もお目見えした。

会議の参加者数に見合う宿泊施設がモスコにはないため、多くの参加者はキャンパス内の大学寮(Wallace Complex)に宿泊した。会議の詳細は、Web上(<http://www.the-conference.com/2005/gold2005/index.php>)に公表されているので参照されたい。

3. 巡検報告

3-1 概要

アイダホ州南部には長さ約650km、幅約100kmの弧状の平原、スネーク川平原がある。その東側は東スネーク川平原と呼ばれ、イエローストーンはその北東端に位置する(図1)。東スネーク川平原とイエローストーンでは多量の火山岩が噴出している。これらは、現在イエローストーンの地下にあるホットスポットに関係しており、噴出は、東スネーク川平原の南西のオレゴン州で16.5Maに始まった。北米プレートが南西方向に年間数cm移動しているため、噴出年代は北東方向のイエローストーンに向かって若くなる(図1)。これら火山岩の多くはA-type マグマの化学的特徴をもつ。A-type マグマ

* 〒113-0033 東京都文京区本郷7-3-1
東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
Department of Earth and Planetary Science, Graduate
School of Science, University of Tokyo, 7-3-1 Hongo,

Bunkyo-ku, Tokyo 113-0033, Japan.

e-mail: ikkei@eqchem.s.u-tokyo.ac.jp

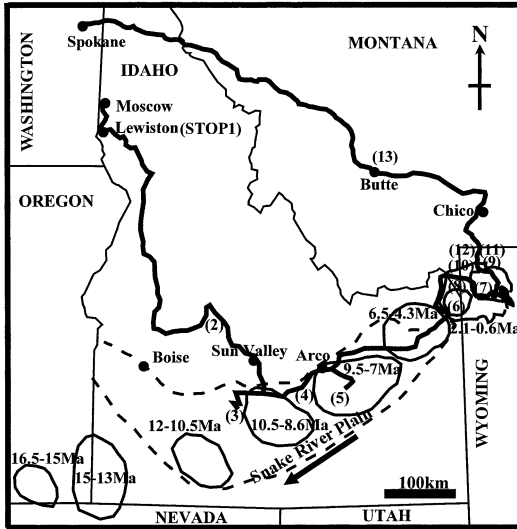


図1 巡検のルート図。細線は州境、太線は巡検のルート。括弧内の数字は巡検で訪れた地点。破線で囲まれた部分はスネーク川平原。矢印は北米プレートの移動方向。1列に並ぶ楕円は、推定されるカルデラの場所、数字は形成時期 (Smith and Siegel, 2000 による)。

は、鉄、ナトリウム、カリウム、希土類、塩素、フッ素含有量が高く、水含有量、酸素フガシティーが低いという化学組成の特徴をもち、マグマの成因、起源物質に着目した次の花崗岩質岩石の分類のうちの1つである；I-type (igneous source type), S-type (sedimentary source type), A-type (anorogenic type), M-type (mantle source type)。A-type マグマが地下で固化して形成されたA-type 花崗岩の成因を理解するために、その噴出物である火山岩を観察しようという事がこの巡検の目的である。巡検のルート上にはこのほかにもコロンビア川玄武岩、アイダホバソリス、イエローストーン国立公園内の地熱地帯、Butte 地区の銅鉱山など見所が多い。

案内者は、Carol Frost (University of Wyoming), Mike McCurry (Idaho State University), Bob Christiansen (USGS), Keith Putirka (California State University), Mel Kuntz (USGS) である。参加者は、日本人の唯一の参加者である筆者を含め、10カ国から計25名であった。参加者の多くは岩石学者で、学生は3名である。全日程の移動のほとんどは、50人乗りの大型バスで行われたので長距離の移動であったが窮屈な感じはなかった。

3-2 巡検1日目

巡検初日はアイダホ大学から宿泊地の Sun Valley に向けてほとんどが移動となった。STOP1 (図1) は、Lewiston の道路沿いに見られるコロンビア川玄武岩の

大露頭である。コロンビア川玄武岩は、大部分が17 Ma から14.5 Ma に噴出した、地球上で最も新しい洪水玄武岩である。分布面積は16万 km^2 、体積は17万 km^3 で、アイダホ州西部からワシントン州、オレゴン州にかけて広く分布する。溶岩流の数は300を超えるが、その化学組成は比較的均質である。露頭の上部和下部は柱状節理が発達している。岩石は新鮮で緻密であり、ルーペによる観察では斜長石、輝石を確認した。

Sun Valley の北西の地域には、白亜紀後期に形成された巨大なバソリスであるアイダホバソリス (約75 km \times 100 km) が広く分布する。STOP2 ではこの花崗岩露頭を観察した。露頭の大部分は白雲母黒雲母花崗岩であるが、形成後に貫入した2種類のアプライト、石英閃緑岩の岩脈が観察できた。アイダホバソリスは成因的にはS-type, I-type の花崗岩であるとの説明を受けた。

Sun Valley で宿泊したホテルは非常に立派で、ワイヤレスのインターネットの利用も可能であった。夕食後は1階の会議室に集まり、案内者によってパワーポイントを使った巡検の説明が2時間行われ、参加者全員で議論が交わされた。

3-3 巡検2日目

まず Sun Valley の南西約60 km に位置する Little City of Rocks に向かった (STOP3)。この地点はスネーク川平原のほぼ中央に位置する。スネーク川平原の地下は、前述したホットスポットに関連した火山活動の噴出物が厚く堆積している。そのほとんどが流紋岩質火砕物で、層厚は基盤岩である花崗岩質岩石、グラニュライトの上部に2.5 km、厚い場所では10 km 以上であることが地球物理学的探査やボーリング調査によって分かっている。この流紋岩質火砕物の噴出は16.5 Ma から始まり、オレゴン州からイエローストーンにかけて約700 km のカルデラ列が確認できる (図1)。ホットスポットが移動して流紋岩質火砕物の噴出が終了した後は、この地域全体が伸張のテクトニクス場になったため、多くのリフト帯が形成され、玄武岩 (スネーク川平原玄武岩) の噴出が続いた。このようなパイモダル火山活動は、大陸地殻が存在する場所でのリフトの特徴である。

スネーク川平原の地下に存在する多量の流紋岩質火砕物は玄武岩に覆われて露出していない。Little City of Rocks では、9.15 Ma に噴出した層厚50 m を超える流理構造の発達したイグニブルイトが露出している。これは河川水、雨水による浸食と水の凍結膨張による風化を強く受けて、玄武岩層が削剥されたためである。巡検参加者は、強溶結部分を観察し、中に含まれる軽石がつぶれて扁平状の黒曜石になっている事を確認した。斑晶鉱物は約30%が斜長石で、その他に鉄オーザイト、紫蘇



図 2 North Crater Flow を観察する巡検参加者。

輝石，磁鉄鉱が含まれる。

Little City of Rocks を見学した後，スネーク川平原の北側を通る 20 号線を Arco に向かって進んだ。100 km ほど進むと非常に新鮮な溶岩が道路の両側に現れる。まるでハワイのキラウエア火山原のようである。自国に活火山が少ない中国からの参加者は非常に感激していた。この地帯は，スネーク川平原では最も新しい時代に Great Rift Zone に沿って噴出した玄武岩が分布している。Great Rift Zone は，スネーク川平原を横断（北西-南東）するように大地を切り裂いている。総延長は約 90 km，幅は約 5 km で，このリフト帯の北西部分には約 15000 年から約 2000 年前に主に玄武岩が噴出した Craters of the Moon Lava Field がある。総面積は約 1,600 km² で 25 個のスコリア丘，8 箇所の割れ目噴火口からなる。リフト帯の南東部分には約 2000 年前に玄武岩を噴出した King's Bowl Lava Field と Wapi Lava Field がある。巡検では，Craters of the Moon Lava Field の中に 1924 年に設けられた Craters of the Moon 国立公園 (STOP4) を見学した。公園内にはよく整備された遊歩道が設けられており，これを巡ることで，玄武岩を噴出した火山において見ることができるほとんど全ての地形，噴出物を観察することができる。スネーク川平原玄武岩は，大部分がかんらん石玄武岩からなるが，Craters of the Moon Lava Field に見られる岩石は，ハワイアイトからレータイトと幅広い組成をもつ。

最初に公園入口に位置するビジター・センターを訪れた。こぢんまりしていたが，展示，情報は充実しており火山に関する勉強には最適である。ビジター・センターの中には充実したブックセンターがあり，地図，USGS 発行の地質図，地質ガイドブック等を購入することができる。次に，North Crater Trail を歩きながら，実際に火山地形や噴出物を観察した。North Crater Flow は，約 2000 年前に形成されたスコリア丘 (North Crater Cone)

の北側斜面低部から地表に湧き出した溶岩流である。マグマの密度はスコリア丘の山体の密度より大きいため，溶岩は，スコリア丘の火口縁から溢れだすのではなく，底部を突き破って流出することが多い。North Crater Flow は斑状のハワイアイトで，斑晶鉱物として細粒のかんらん石，斜長石，単斜輝石を含む。また，溶岩流の中には，スネーク川平原の深部を構成していると考えられている，花崗岩，グラニュライト，流紋岩がゼノリスとして含まれていた。溶岩流の中心部分は主にパホイホイ溶岩からなるが，両側は温度低下と脱ガスによって粘性が増加したためにアア溶岩に遷移している。パホイホイ溶岩の上にはスコリア丘の断片であるスコリアラフトが確認できた。巡検参加者は，遊歩道の周囲で溶岩流，スコリア，火山弾，ゼノリス，溶岩樹形などを観察した (図 2)。噴出物は 2000 年前のものとは思えないほど新鮮で驚いた。

最後に North Crater Cone の南東に位置する Inferno Cone の頂上に登った。ここからは Craters of the Moon 国立公園を一望することが可能で，案内者は地質図を広げて対応する溶岩流，火山地形の説明を行った。Inferno Cone の西側には Great Rift Zone に沿って形成されたスパター丘群が確認できた。東側の広大な溶岩流原は Green Dragon Flows と Devils Orchard Flow で構成されている。溶岩トンネルが発達している部分では，トンネルの天井が陥没して形成されたスカイライトを見ることができた。Devils Orchard Flow はハワイアイトが分化したレータイトからなり，SiO₂ 含有量は 64 wt.% に達する。この溶岩流は Craters of the Moon Lava Field で最も分化している。南側には，約 6000 年前に形成された Big Cinder Butte と呼ばれる長径 3 km，短径 1 km，地面からの高さが 240 m のスコリア丘を見ることができた。このスコリア丘は，単独の玄武岩スコリア丘としては地球上で最大規模である。

Craters of the Moon 国立公園を見学した後，宿泊地である Arco に向かった。Arco はアイダホの南東部に位置する人口が約 1,000 人という非常に小さい街である。しかしこの街は，1950 年代に世界で初めて原子力による発電で街に電力が供給された場所として有名である。現在でもアイダホ国立工学研究所などの原子力関連研究施設が多い。

3-4 巡検 3 日目

Arco から 20 号線をしばらく東進すると，黒色の玄武岩が覆うスネーク川平原の上に突出した灰白色のビュートと呼ばれる地形が 6 つ現れる。この地域は Arco Rift Zone の南東端である。ビュートという用語は，浸食によって形成された平頂孤立丘を示すが，この地域の



図3 パネルを使って説明する Mike McCurry. 背後に見える山は溶岩ドームの Big Southern Butte と楯状火山の Cedar Butte.

ビュートは、地形の特徴だけを表したもので、実際は溶岩ドーム、潜在溶岩ドーム、楯状火山である。Big Southern Butte (図3) はスネーク川平原の上に位置する地球上で最も大きい溶岩ドームの1つで、地面からの高さは約760mである。溶岩ドームを構成している岩石は主に300Kaに噴出した流紋岩であるが、ドームの南斜面には流紋岩の貫入に伴い隆起したスネーク川平原玄武岩が残っている。このことは、色の違いから遠方からも確認できた。巡検では Big Southern Butte の東に位置する楯状火山の Cedar Butte (STOP5) に登り、400Ka 噴出した流紋岩質溶岩を観察した。最初に Cedar Butte の南斜面に向かったが、道が未舗装で荒れているため、バスから6台の4WDバンに乗り換えた。バンはアイダホ州立大学から提供され、学生が運転していた。この地点では、流理構造が発達した流紋岩をよく観察することができた。岩石の色は、褐色を帯びた灰色であるが、流理面はオレンジ色を呈している。斑晶は非常に少ないがサニディン、ファヤライト、石英、ジルコン、アパタイトからなる。露頭のある部分では、球顆構造が発達した流紋岩が見られ、自破砕構造を示している。この部分はハンマーで叩くと細かく不規則に砕ける。別の露頭では、流紋岩質溶岩の急冷によって形成された黒曜石の薄層があり、参加者は非常に美しい黒曜石を採集することができた。山頂付近には火砕丘があるが、その北側は浸食されて内部構造があらわになった部分があり、中心火道から放射状に伸びるダイクが幾つか見られた。ダイクを造っている岩石は、流紋岩と粗面安山岩の2種類であるが、これは Cedar Butte を形成したマグマ溜まりが2層構造をしていたためである。Cedar Butte を見学した後、イエローストーンに向かった。

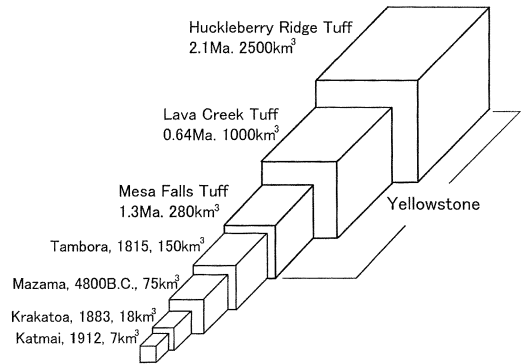


図4 地球上の代表的な火山噴火における噴出量の比較 (Smith and Braile, 1984 を元に略図化)。

イエローストーン周辺では、3つのステージに区分される流紋岩大規模火砕流の噴出とカルデラ形成が起こった。第1ステージは2.1Maに噴出したHuckleberry Ridge Tuff (噴出量2500km³)でHuckleberry Ridgeカルデラ(95×60km)を形成した。第2ステージは1.3Maに噴出したMesa Falls Tuff (噴出量280km³)でHenry's Fork (Island Park)カルデラ(長径16km)を形成した。第3ステージは0.64Maに噴出したLava Creek Tuff (噴出量1,000km³)でイエローストーンカルデラ(85×45km)を形成した。これらの活動で噴出した噴出物の量は1883年にクラカタウ火山が大噴火した時の噴出物の約200倍に達し、地球上で、過去2百万年間に起こった火山噴火の中で最大である(図4)。

巡検では、Island Parkの南東に位置するLower Mesa FallsとUpper Mesa Falls (STOP6)において、イエローストーンの地質研究を40年以上も行っている案内者のBob Christiansen (USGS)の説明を聞きながら火山地形と噴出物の観察を行った。この場所では、大部分が後の噴出物で覆われたHuckleberry Ridgeカルデラの南西のカルデラ縁を見ることができる。さらに、この地域は第2ステージの火山活動で形成されたHenry's Forkカルデラ縁でもあり複雑な構造をしている。Henry's川の右岸には、溶結して柱状節理の発達したイグニブライト(Mesa Falls Tuff)の露頭が続いていた。その上部には第3ステージに噴出したLava Creek Tuffを確認できた。左岸には、イエローストーンカルデラ形成以後の0.2Maに噴出した柱状節理の発達したGerrit Basaltが見られた。この地点はまだイエローストーン国立公園の外であり、巡検一行は20号線を更に60km程進んだ西の玄関口(West Yellowstone)から公園内に入った。



図 5 熱水を吹き上げる Old Faithful Geyser.

イエローストーン国立公園は、ワイオミング州北西部からモンタナ、アイダホ両州にかけて広がり、その総面積は約 8,980 km² (四国の約半分) である。ロッキー山脈の一部にあたり、標高約 2,000 m の高地である。1872 年に世界最初の国立公園に指定され、1978 年に世界遺産に登録された世界最大の地熱地帯である。最初に見学した場所は、宿泊地の位置する Upper Geyser Basin (STOP7) である。公園内では、間欠泉、噴気、温泉プール、マッドポッドなど 1 万を超える熱水現象を見ることができるが、その多くがこの地域に集中している。よく整備された遊歩道を 1 周することで、ほとんど全ての熱水現象を観察することが可能である。遊歩道の入口にある世界で 1 番有名な間欠泉と言われる Old Faithful Geyser (図 5) は、1 回の噴出で約 4 万 l の熱水を約 60 m 吹き上げる。この間欠泉は過去 100 年間、ほとんど一定の間隔 (約 90 分) で吹き出し、噴出時間、高さなども毎回ほぼ一定である。間欠泉の噴出予定時刻は、ビジター・センターや宿泊施設などに掲示されている。この日は、数日毎に約 70 m まで噴出する Giant Geyser を運よく見ることができた。遊歩道の奥にある Morning Glory Pool は 3 層の色に分かれた美しい温泉プールである。公園内には様々な色のプールが存在するが、これらの色はほとんどが細菌によって作り出されている。高温の温泉では生物が繁殖できないため空の青がそのまま映るが、低温になると藻類と細菌が発生する。pH にも影響を受け、例えば酸性の場合は緑色の藻が、中性の場合は黄色の藻が発生する。このようにして様々な色のプールが形成される。Morning Glory Pool の脇に“Fading Glory”という看板があった。以前、温度低下により中心の青緑色の部分が黄褐色に変化した事例を説明している。これは、観光客がプールにゴミなどを投げ込んで温泉噴出口を塞いだためである。

3-5 巡検 4 日目

最初に Madison Junction の北に位置する Lava Creek Tuff の大露頭 (STOP8) を観察した。この露頭は 1959 年に発生したマグニチュード 7.5 の地震によって現れたもので、露頭の様々な部分から落下した岩石を手にとって観察できた。露頭の下部は、溶結して柱状節理が発達している。強溶結部分では中に含まれる軽石はつぶれて黒曜石のレンズになっていた。中部は、軽石がつぶれて扁平状になっているが、気泡は残されており黒曜石にはなっていない。露頭の上部は全く溶結していない火砕流堆積物からなり、ガスが脱出した痕であるパイプ構造が確認できた。

次に訪れたイエローストーン渓谷の Artist Point (STOP9) では、落差 94m の Lower Falls と渓谷壁 (図 6) を見ることができた。イエローストーン渓谷は、イエローストーンカルデラ形成以後 (約 480 Ka) に噴出した Canyon Flow をイエローストーン川が削刻することで形成され、30 km にわたって高さ約 400 m の黄褐色の絶壁が続く。この色は、硫黄成分を含んだ熱水と蒸気が流紋岩質火砕物を変質したためであり、イエローストーンという名前の由来となっている。イエローストーン川は、Upper Geyser Basin からイエローストーン湖に向かう途中にある大陸分水嶺の東側を源流とし、ミズーリ川、ミシシッピ川を經由してメキシコ湾に流れる。逆に西側から流れ出るスネーク川はコロンビア川と合流し太平洋に流れる。

Norris Geyser Basin (STOP10) は公園の北西端に位置し、イエローストーンの中で最も新しく熱水活動が起こった地域である。そのため、熱水の温度は最も高く、新しい間欠泉が次々と形成されている。このような場所の周囲は立ち木が枯れていた。Steamboat Geyser は世界最大の間欠泉で 8 年に 1 度程度の割合で大噴出があり、



図 6 イエローストーン渓谷と Lower Falls.



図 7 Terrace Mountain のトラバーチンからなる段丘。

その時は 40 分にわたって 120 m も噴き上がる。巡検では、残念ながらごく小さな噴出ししか見ることができなかった。噴気、温泉口の周りには硫黄や石膏、炭酸塩等の沈殿物が積み重なっていた。シリカ成分に富んだ温泉水を噴出する間欠泉の周りには、ガイザライトと呼ばれるオパール質シリカからなる沈殿物が見られた。

Obsidian Cliff (STOP11) では黒曜石からなる厚い地層を観察した。この黒曜石は第 3 のステージが終わった後、0.18 Ma に噴出した流紋岩質溶岩が固化して形成された。黒曜石の層厚は 10 m を超える。上部はプレッシャーリッジが見られるが、下部は柱状節理が発達している。黒曜石は、一般的に流紋岩質溶岩の急冷により形成されると考えられているが、このような厚い溶岩流でも黒曜石が形成されることには驚かされた。Obsidian Cliff の黒曜石の SiO_2 含有量は 77 wt.% を超え、水の含有量は 1 wt.% 以下である。このような SiO_2 含有量が高く、水の含有量が低いマグマは、粘性が非常に高くなり、徐冷しても結晶化が進まないとの解説があった。

公園内の最後の観察地となったマンモス・ホットスプリングスの Terrace Mountain (STOP12) ではトラバーチンからなる段丘(図 7)を観察した。ここでは炭酸イオンを含んだ熱水が、地下の石灰岩層を溶解して再び地表に湧き出し、流れ落ちながら炭酸ガスを放出すると共に石灰分を沈殿して、何段にも重なった巨大な段丘を作っている。この現象は約 8000 年前から始まった。毎日 2t 以上の石灰分が運び出されるため、1 週間も経つと地形が変化する場所もある。

公園内では地学現象以外に、バイソン、エルク、ムース、ハクトウワシなど様々な野生動物を見ることができた。公園内を移動中にバイソンの群れが道路を占拠してバスが停止するというこもしばしばあった。公園内の

自然を満喫した巡検一行は、公園の北口を通過して、宿泊地である Chico に向かった。宿泊地の周囲の河川の段丘上には多くの水堆石が見られた。

3-6 巡検 5 日目

巡検最終日は、宿泊地の Chico から解散地であるスポケーンに向かった。途中の街、モンタナ州西部 Butte では Berkeley Pit (STOP13) と呼ばれる銅の露天掘り鉱山跡を見学した。Butte 地域は 1864 年から採鉱が始まったが、銅、亜鉛、金、銀などの金属を多産するので地球上で最も豊かな山として知られていた。Berkeley Pit (2.4 km×1.7 km、深さ 550 m) はこれらの鉱山の 1 つ、米国で最大規模の銅鉱山で 1955 年から 1982 年まで採鉱が行われた。最初は坑道を利用した採掘が行われたが、その後は採算性と安全性を考慮して露天掘りに代った。総採鉱量は 14 億 t を超える。鉱床は、母岩の白亜紀末 (78 Ma) の石英モンソナイト(ボールダーバソリス)に石英斑岩が貫入した時 (62 Ma, 48 Ma) に形成された斑岩銅鉱床である。なお、これらの花崗岩は I-type の花崗岩である。

鉱山稼働期は地下から湧き出てくる地下水をポンプで汲み上げて排水していたが、閉鎖後にこのポンプを止めた結果、多量の地下水が岩盤や古い坑道から溢れだして露天掘りをした跡に池が形成された。この池の水位は、年間約 4 m 上昇している。この地下水は強酸性 (pH 2.5) で、銅、カドニウム、亜鉛、砒素、コバルトなどの金属が多量に溶けているため、非常に有毒である。現在、この地下水の汲み上げと無毒化処理が続けられている。

4. おわりに

5 日間という短い巡検ではあったがイエローストーン周辺に存在する地球上で有数の地学的現象を見学することができ大変有意義であった。この地域の地質を理解するうえで最も良い巡検コースを企画して下さった案内者の方々に心から感謝致します。査読者の井口正人氏、東宮昭彦氏には原稿の不備について適切なコメントをいただいた。この場を借りてお礼申し上げます。

引用文献

- Smith, R. B. and Braile, L. W. (1984) Crustal structure and evolution of an explosive silicic volcanic system at Yellowstone National Park. In *Explosive Volcanism: Inception, Evolution, and Hazards*, National Academy Press, 96–111.
- Smith, R. B. and Siegel, L. (2000) The geologic story of Yellowstone and Grand Teton National Parks. In *Windows into the Earth*, Oxford University Press, New York, 247 pp.