

地質巡検記：カリフォルニア南部

A geologic field trip in southern California

星 博幸
Hiroyuki HOSHI

愛知教育大学理科教育講座地学領域 (hoshi@auecc.aichi-edu.ac.jp)

キーワード：ボックスキャニオン, デイビス-シュリンプシープフィールド, ジョシュアツリー国立公園, ロサンゼルス, メッカヒルズ, ペインテッドキャニオン, ムグーロック, サンアンドレアス断層, カリフォルニア南部, タールピットパーク, 米国地質巡検, ヴァスキズロックス, ウォレスクリーク

Key words: Box Canyon, Davis-Schrimpf Seep Field, Joshua Tree National Park, Los Angeles, Mecca Hills, Painted Canyon, Mugu Rock, San Andreas Fault, southern California, Tar Pit Park, U.S. geologic field trip, Vasquez Rocks, Wallace Creek

1. はじめに

小論は筆者が2017年12月に単独で実施したカリフォルニア南部(図1)における地形・地質巡検の報告である。カリフォルニアの地形・地質と言えばサンアンドレアス断層(San Andreas Fault)を思い浮かべる読者が多いであろう。サンアンドレアス断層は太平洋プレートと北米プレートのプレート境界の一部であり、カリフォルニアをNW-SE方向に縦走する長さ約1200 kmに達する長大なトランスフォーム断層である。その右横ずれ運動に伴い、サンアンドレアス断層に沿う地帯では地殻表層部が複雑に変形し、その様子が地形にも現れている。サンアンドレアス断層とそれに関連する断層の地震活動も活発であり、ロサンゼルスやサンフランシスコに代表されるカリフォルニア中・南部の都市域はこれまで何度も大きな震災に見舞われてきた。サンアンドレアス断層に関係するこうした地質学的現象に加え、カリフォルニア南部には過去および現在の造山活動に関連して生成・発達した岩石と地層、地質構造も見られる。こうした岩石や地層、地質構造の調査・研究は、北米西部の地質構造発達史を紐解くことに繋がり、同時にそれはプレート境界域に位置する日本列島の地質学的発達史を理解する上での参考にもなる。

今回はロサンゼルスを発着地とする4日間の巡検であり、移動にはレンタカーを使用した。旅程を表1に示す。読者がカリフォルニア南部での地形・地質巡検を企画・実施する際に小論が参考になれば幸いである。また、筆者が今回の巡検で最も参考にした地質案内書『Roadside Geology of Southern California』(Sylvester and O'Black Gans, 2016)は

この地の巡検では必携であろう。なお、紙数の都合で調査地の詳細な地図は掲載しない。地図が必要な場合はインターネットで調べてほしい。

2. ムグーロック

ロサンゼルス空港でレンタカーを借り、街中の混雑を抜けて、最初に向かったのはムグーロック(Mugu Rock)である。太平洋岸の州道1号線を西に進み、ムグーロックに近づくくと、道路北側(陸側)の岩肌には多数の火成岩岩脈が現れた(図2)。Sylvester and O'Black Gans (2016)によると、この岩脈群はコネホ火山岩類(Conejo Volcanics)に属する輝緑岩からなり、前期中新世末に堆積したトパンガ層(Topanga Formation)の砂岩と泥岩に貫入している。コネホ火山岩類のK-Ar年代は約16 Maである(Turner and Campbell, 1979)。輝緑岩は斑状で、変質を受けて暗緑色を呈する。岩脈の貫入面は明瞭で、ややジクザグに貫入しているが(母岩に発達する節理などが影響したと考えられる)、全体としては母岩の層理を高角に切っている。水平な地層(母岩)にはほぼ鉛直に貫入したが、中期中新世に全体が北に傾動したという(Sylvester and O'Black Gans, 2016)。この火山岩類の残留磁化方位は大きく東偏しており、70~80°の時計回り回転運動を受けたと考えられている(Kammerling and Luyendyk, 1979)。

車はムグーロックの駐車スペースに停めればよい(緯度経度=34.0861°N, 119.0588°W)。道路は交通量が多く、路肩もあまり広くないので、観察の際は注意が必要である。

表1 巡検日程(2017年12月6日~9日)。

コース	
1日目	Los Angeles → Mugu Rock → Tar Pit Park (Carpinteria) → Arroyo Grande (泊)
2日目	Arroyo Grande → Wallace Creek → Gorman → Vasquez Rocks → Hesperia (泊)
3日目	Hesperia → Joshua Tree National Park → Indio (泊)
4日目	Indio → Davis-Schrimpf Seep Field → Box Canyon Road (Mecca Hills) → Painted Canyon (Mecca Hills) → Los Angeles

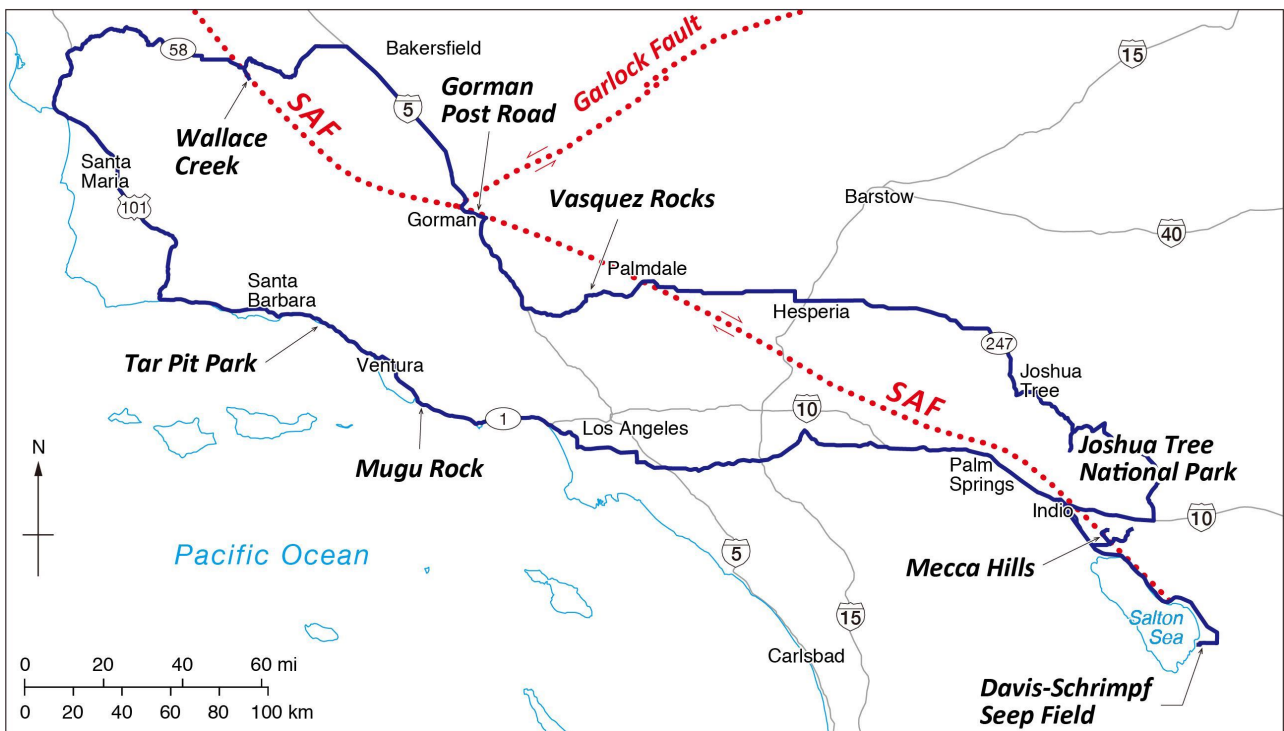


図1 巡検地の位置図。青色の太実線は今回の巡検で走ったルート。赤色点線は主要断層を示し、SAFはサンアンドレアス断層。



図2 ムグーロックの州道1号線沿いに見られる輝緑岩岩脈群。母岩は中期中新世の砂岩と泥岩(トバンガ層)。

3. タールピットパーク

ムグーロックから州道1号線をさらに北西に進むとヴェンチュラ (Ventura) の街である。巡検時、この街の近郊で大規模な山火が発生し、街は白煙に包まれていた。ヴェンチュラから国道101号線をサンタバーバラ (Santa Barbara) 方面に走っていたら、山火が道路に迫り、道端の草木が燃



図3 タールピットパークの海岸露頭。層理面から染み出したタールが流れ出ている。やや固結度の高い泥岩の上位に固結度の低い砂岩層が重なっており、タールは両者の層理面と砂岩層から染み出している。

えていた。日本なら間違いなく通行止めになるであろう。

カーペンテリア (Carpinteria) のタールピットパーク (Tar Pit Park) に到着しても大気はやや煙っぽく、細かな灰も降っていたが、そんな中で地層から染み出すタールを観察した(駐車場あり; 緯度経度=34.3885°E, 119.5159°W)。19世紀末にこの地のタールがカーペンテリアやサンタバーバラ、サンフランシスコなどの道路舗装に使われたという (Sylvester and O'Black Gans, 2016)。海岸に沿って砂岩と泥岩の露頭が続いており、所々でタールが染み出して露頭表面を黒く染めていた (図3)。タールは砂岩から染み出しているが、泥岩中の節理にも固結したタールが認められた (節理がタールの通路になっていたと推測される)。タールが流れたところはタールによって礫や砂が膠結されていた。タールは地下の中

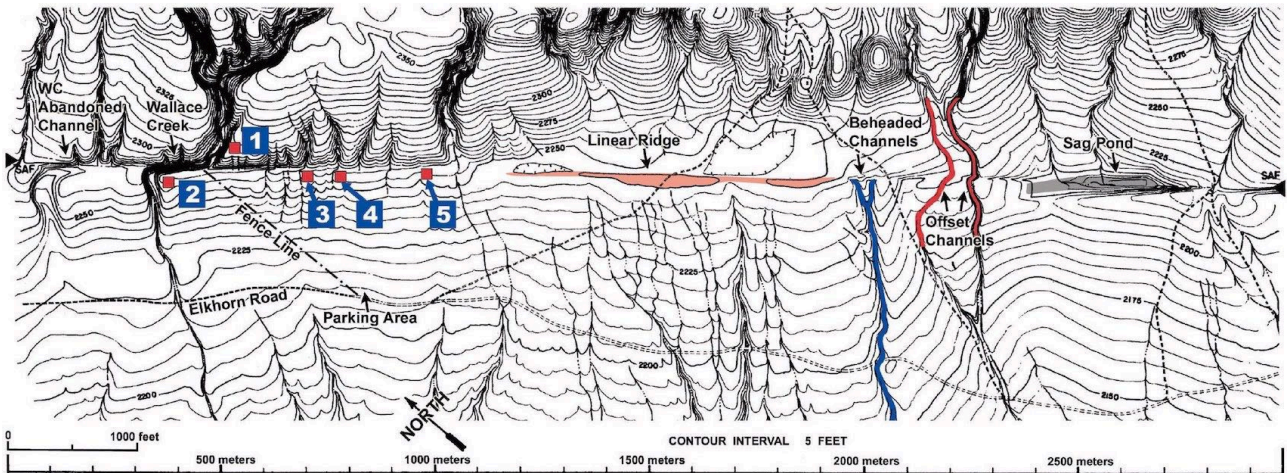


図4 ウォレスクリークとその周辺の地形 (URL2 から引用)。地図の中央やや上を左右 (NW-SE) に通っている地形リニアメントがサンアンドレアス断層。ウォレスクリークの右ずれ屈曲の全体像は地点1から見る事ができる。地点2と5の間は徒歩で移動可能。標高の単位はフィート (ft)。



図5 ウォレスクリークの右ずれ屈曲。図4の地点1で撮影。



図6 ウォレスクリークの他にも小さな沢が屈曲している。図4の地点3。

新統モンテレー層 (Monterey Formation) の含油頁岩に由来し、断層に沿って上昇してくるといふ (Sylvester and O'Black Gans, 2016)。モンテレー層はカリフォルニア沿岸の石油根源層として知られている (URL1)。山火事の影響で夕方4時には薄暗くなってしまったため、十分な観察ができなかった。

観察後、国道101号線を北西に進み、サンタマリア (Santa Maria) の北西にあるアロヨグランデ (Arroyo Grande) という街に宿をとった。

4. ウォレスクリーク

巡検2日目の主要テーマはサンアンドレアス断層の調査であった。朝、アロヨグランデから海岸山脈 (Coast Range) 南部を横断し、サンアンドレアス断層の変動地形観察地として世界的に知られるウォレスクリーク (Wallace Creek) に向かった。

ウォレスクリークはサンアンドレアス断層を横切る小さな涸れ川であり、断層運動によって断層上で右ずれに屈曲している (図4)。横ずれ断層による変動地形は日本でも中央構造線や阿寺断層に沿って見ることができるといえるが、何と云って

もウォレスクリークの地形は教科書的でわかりやすい (筆者は学生時代に Plummer and McGeary (1993) の地質学や Strahler and Strahler (1983) の自然地理学の教科書でウォレスクリークの変動地形を知り、いつか行ってみたいと思っていた)。ウォレスクリークの屈曲は図4の地点1から観察できる (図5)。断層に沿って歩けるが、断層破碎帯や断層岩の露頭はない。この付近ではウォレスクリークの他にも小河川の屈曲や断絶が観察できる (図4, 6)。

付近には街や集落がないため、飲料や食料を持参したほうがよい。訪問者用の駐車場はある (緯度経度 = 35.2670°N, 119.8267°W)。長い未舗装道路を走るのでパンクに注意する必要がある。



図7 ゴーマンポスト道路沿いのサンアンドレアス断層。断層露頭はない。

5. ゴーマン

ウォレスクリークから州道 58 号線を東に走り、点々とある油井ポンプを横目に見ながら州間国道 5 号線に向かった。州間国道 5 号線を南東に向かい、トランスバース山地 (Transverse Ranges) に入ってしまったらしばらく走ってゴーマン (Gorman) に到着 (緯度経度=34.7960°N, 118.8503°W)。

この付近ではサンアンドレアス断層とガーロック断層 (Garlock Fault) が会合している (図 1)。前者は右横ずれで後者は左横ずれなので、両断層に鋭角状に挟まれた地殻は両断層の運動によって東に押し出されるように移動する。

ゴーマンでは、サンアンドレアス断層に沿って伸びるゴーマンポスト道路 (Gorman Post Road) に沿って変動地形を観察できる (図 7)。車は路肩に停めることになる。河川の屈曲は不明瞭だが、断層運動によって周囲よりも低くなった窪地 (sag) がいくつかあり、逆に高くなった直線上のリッジ (ridge) もある。窪地は沼になっている。ウォレスクリークと同様、ここでも断層破砕帯や断層岩は観察できない。

ゴーマンポスト道路沿いに赤紫色に酸化した安山岩の露頭がある (図 8)。安山岩は断層運動の影響で破砕されている。Sylvester and O'Black Gans (2016) によると、この安山岩は約 23 Ma のニーナック火山岩類 (Neenach Volcanics) に属するものである。サンアンドレアス断層の運動が議論されていた頃、ニーナック火山岩類は断層の大規模な右横ずれ運動の証拠の一つとなった (Matthews, 1976)。この火山岩類はカリフォルニア中部のピナクルス火山岩類 (Pinnacles Volcanics) に対比されるが、ピナクルス火山岩類はゴーマンから約 300 km も北西に分布している。両火山岩類の分布がこれほど離れている事実は、元々同じ火山の噴出物だったものがサンアンドレアス断層の横ずれ運動によって切断され、互い違いに移動したと考えれば説明できる。



図8 ゴーマンポスト道路沿いの切割に見られるニーナック火山岩類の安山岩。



図9 ヴァスキズロックスの遠望。

6. ヴァスキズロックス

ゴーマンから州間国道 5 号線をさらに南下、サンタクラリタ (Santa Clarita) からパームデール (Palmdale) 方面に東進すると、ヴァスキズロックス (Vasquez Rocks) と呼ばれる公園がある。ここは映画やテレビの撮影地として有名で、映画「スタートレック」やテレビ西部劇「ララミー牧場」などもここで撮影された (URL3)。ビジターセンターがあり、駐車場も完備している (緯度経度=34.4889°N, 118.3211°W)。

ヴァスキズロックスを地学的に特徴づけているのは hogback 状の地形である (図 9)。漸新世後期 (25 Ma 頃) に堆積した角礫岩や礫岩、砂岩、泥岩などの碎屑物 (ヴァスキズ層; Vasquez Formation) が一様に南西に急傾斜し、その地層が hogback 状の地形を形成している。この公園には地質観察の遊歩道が整備されている (図 10)。全長 200 m ほどの短い遊歩道だが、いくつかの観察ポイントで各種碎屑岩の岩相、ラミナや級化などの堆積構造、節理などを観察できる。観察ポイントには案内板もある。地質学を学びはじめた高校生や大学 1~2 年生の巡検に最適である。

閉園時刻である夕方 5 時の直前に公園を出て、この日の宿泊地であるヘスペリア (Hesperia) に移動した。



図 10 ヴァズキズロックスの公園内にある地質観察遊歩道。基本的な堆積構造と地質構造を観察しながら学べる。

7. ジョシュアツリー国立公園

巡検 3 日目の朝、ヘスペリアから州道 247 号線を朝日に向かって 1 時間ほど走るとユッカバレー (Yucca Valley) という街に到着。そこから州道 62 号線を東に少し走ってジョシュアツリー国立公園 (Joshua Tree National Park) の北西側玄関口であるジョシュアツリーの街に入った。小さなビジターセンターがあり、そこで公園の気象や道路状況を確認できる (緯度経度=34.1340°N, 116.3157°W)。このビジターセンターは公園外にある。コンビニで昼食と飲料を購入し、ジョシュアツリーの公園エントランスで入園料 \$25 (普通車 1 台の料金) を支払って入場した。なお、入園券は 1 週間有効で、その期間は何度でも出入りできる (これは米国のほとんどの国立公園も同じ)。

今回の巡検で入園料を支払った公園・観察地はここだけだったので、本題から逸れるがここで入園料について少し説明しておく。米国のほとんどの国立公園は入園料を徴収する (離島やアラスカには無料の国立公園もある)。料金は公園によって異なる。入園料は当該公園と他の公園の維持・管理費に当てられる。米国の国立公園の多くにはビジターセンターや自然観察・ハイキングなどの案内板が整備されている。訪問者の多い公園ではパークレンジャーによるガイドツアーもある。車道や遊歩道もよく整備されていることが多い。こうした整備や維持・管理に入園料が使用されるという (URL4)。私たちが単独で、あるいは学生などを引率して、米国の国立公園で巡検を実施できるのは、国立公園システムによる日々の整備のおかげである。一方、日本に目を転じると、日本の国立公園で入園料を徴収するところはほとんどない。最近、富士山では「富士山保全協力金」として入山者から任意で料金を徴収しているが (URL5)、実際には入山者の半数程度しか支払っていないという報道もある (毎日新聞 2017 年 10 月 16 日「富士山入山料の協力率 53%：昨年より低下」)。公園の自然保護と維持・管理にはどうしても費用がかかる。そのため、公園の自然を活用して知識・理解を深めたり登山やキャンプ等のレクリエーションを楽しんだりする入園者 (受益者) から適正な料金を徴収することを日本で



図 11 公園の名になっているジョシュアツリー (学名 *Yucca brevifolia*)。イトラン属 (ユッカ属) の一種。

も検討したほうがよいと筆者は考えている。これを進めるには私たち日本人の意識改革が必要かもしれない。

ジョシュアツリー国立公園の面積は約 3200 km² もあり (URL6)、これは愛知県の面積の約 62%、東京都の面積の約 1.5 倍にも相当する。今回はこの公園の地質を特徴づける花崗岩と変成岩、そして風化地形を中心に丸一日かけて観察することにした。公園のマップは公園の公式ウェブサイト (URL7) で見ることができる。なお、公園名になっているジョシュアツリーはリュウゼツラン科イトラン属 (ユッカ属) の一種である *Yucca brevifolia* のことである (図 11)。この木は公園西部を占めるモハビ沙漠 (Mojave Desert) に見られ、公園東部の比較的標高の低いコロラド沙漠 (Colorado Desert) にはあまり見られない。

公園に分布する岩石の大部分は、白亜紀の花崗岩とその母岩をなすピント片麻岩 (Pinto Gneiss) である。公園の地質図を図 12 に示す。花崗岩と片麻岩は公園観察の中心地である公園通り (Park Boulevard) 沿いでよく観察できる。花崗岩は中粒～粗粒で、風化が進行して独特の丸みを帯びた地形を形成している (図 13)。露頭表面を踏みつけると、石英や長石が音を立てて岩石からほぐれる。遊歩道にはそのようにして岩石からほぐれた粗粒な鉱物粒が堆積しており、足を取られて歩きにくい。降水量の少ない岩石沙漠であるため、風化の主体は温度変化の繰り返しによる物理的風化と考えられる。花崗岩にはアプライトとペグマタイトの岩脈が発達している。ピント片麻岩は縞状構造の発達した片麻岩からなり (図 14)、公園通り沿いでは花崗岩のルーフペンダント (roof pendant) になっている。花崗岩と片麻岩の関係は公園通り沿いにあるライアン山 (Ryan Mountain) の登山道でよく観察できる。この山に登ると周辺の地形も一望できる (図 15)。

公園通りから外れてキーズビュー (Keys View) という展望台に行くと、公園南西側を NW-SE に伸びるサンアンドレアス断層とそれに関連した変動地形を遠望できる (図 16)。サンアンドレアス断層の運動によって断層沿いにリッジが

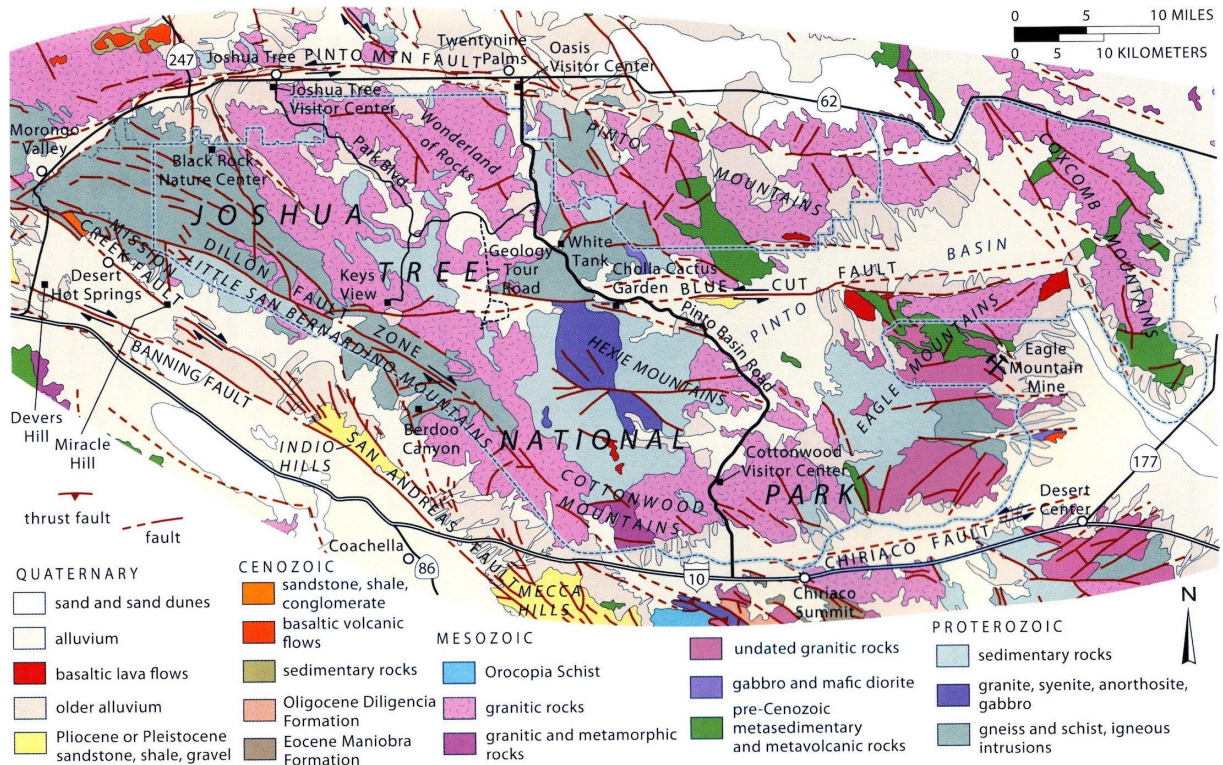


図 12 ジョシュアツリー国立公園の地質図。Sylvester and O'Black Gans (2016) より引用。



図 13 ジョシュアツリー国立公園の花崗岩。風化花崗岩特有の丸みを帯びた地形を呈す。



図 15 ライオン山頂上。登山道に沿って花崗岩とピント片麻岩を観察できる。筆者の訪問時、12月半ばなのに日中はTシャツでちょうどいいほどの暑さであった。



図 14 ジョシュアツリー国立公園のピント片麻岩。ライオン山の登山道にて。

形成されている。

夕方、公園通りからピントベイスン道路 (Pinto Basin Road) を南下して公園南部へ移動した。ピントベイスン道路を下っていく途中でモハビ沙漠からコロラド沙漠へ漸移し、植生が変化する。州間国道 10 号線を西へ移動し、この日はインディオ (Indio) のモーテルに宿泊した。

8. デイビス-シュリンプシープフィールド

巡検最終日はソルトン湖 (Salton Sea; 図 17) 周辺の地質を観察した。“Sea”という名称だが実際には塩湖である。この付近ではサンアンドレアス断層が右側にオーバーステップ



図 16 キーズビューからの南西遠望。写真中央を斜めに伸びる直線上の高まりはサンアンドレアス断層に沿って発達するリッジ。

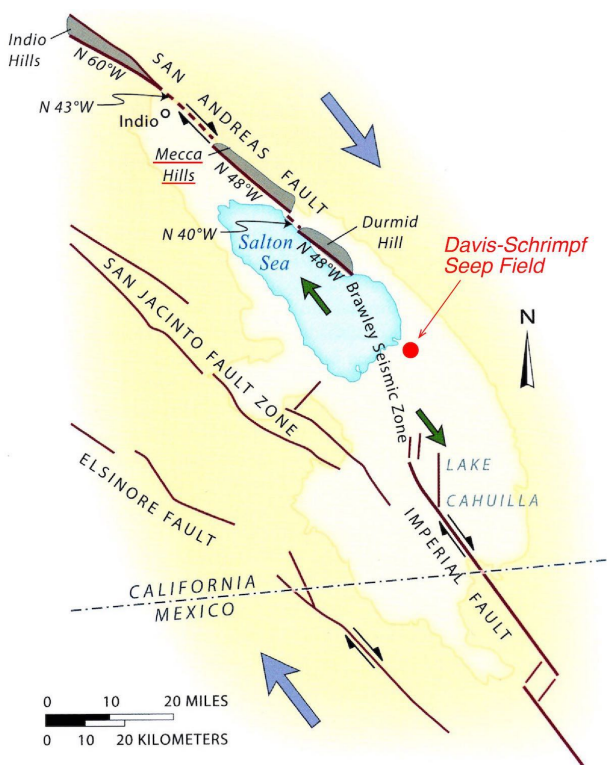


図 17 ソルトン湖周辺の地質構造の概要，およびデイビス-シュリンプシープフィールドとメッカヒルズの位置。Sylvester and O'Black Gans (2016) より引用・加筆。

して南方のインペリアル断層 (Imperial Fault) に続いており，そのオーバーステップ部が引張域になってソルトトラフ (Salton Trough) と呼ばれる低地が生じている。その低地に水が溜まってできたのがソルトン湖である。現在，湖面の標高は-236 ft (海面下約 72 m) である。湖の最深部は，北米で最も低いデスバレー (Death Valley) の最低地より 1.5 m 高いだけであり，北米第 2 位の標高の低さである (URL8)。ソルトトラフでは第四紀に湖の誕生と消滅が繰り返し起こってきたことが知られている (Sylvester and O'Black Gans, 2016)。現在のソルトン湖は 1905 年以降に半ば人工的な理由で誕生した (URL9 が詳しい)。

デイビス-シュリンプシープフィールド (Davis-Schrimpf Seep Field) はソルトン湖南東端近くにある。“Seep” (浸出)



図 18 デイビス-シュリンプシープフィールドの泥火山群。背景に見えるのは地熱発電所。



図 19 泥火山から流出した泥流。堤防やしわなど，溶岩そっくりの微地形が生じている。

とあるように，この地域では水やガス (主に CO_2)，石油などの流体が地下から浸出している。上記のようにこの地域は引張域で，地殻は厚さ 8 km ほどに薄化している (Sylvester and O'Black Gans, 2016)。それに加えて，地下浅所へのマグ

マ貫入によって地殻熱流量が大きく (600 mW m^{-2}), 地下 1400 m での温度が 350°C を超え, 更新世の河川・湖沼堆積物が接触変成岩になっているという (Helgeson, 1968; Williams, 1997; Svensen et al., 2009)。地熱地帯のため, いくつかの発電所で地熱発電が行われている。地熱発電所では 260°C の熱水をポンプアップし, その蒸気圧でタービンを回して発電している (Sylvester and O'Black Gans, 2016)。

デビス-シュリンプシープフィールドで興味深いのは泥火山群である (図 18)。泥水とガスが自噴しており, 大小多数の泥火山 (gryphon と呼ばれる) が生じている。泥火山か



図 20 デビス-シュリンプシープフィールドの近く, レッドヒル溶岩ドームに露出している暗灰色ガラス質流紋岩。背後はソルトン湖。

ら出る泥水は筆者が訪問した 12 月中旬でもほんのり温かく, ガスとともにボコボコと音を立てて噴出していた。泥火山から流出した流れはやがて水分が飛んで固まるが, その形状と微地形はパホイホイ溶岩とよく似ている (図 19)。泥火山の活動と噴出物を観察するのに最適な場所である。

あまり知られていないためか, 案内板や駐車場はない。車は付近の道路に路駐することになる (緯度経度= 33.2006°N , 115.5783°W)。

泥火山群から西に 2, 3 km 移動すると, ソルトン湖の湖岸近くに小高い丘がある (緯度経度= 33.1972°N , 115.6112°W)。この丘はレッドヒル (Red Hill) と呼ばれる, 流紋岩と黒曜岩からなる溶岩ドームである (図 20)。この丘はソルトンビューツ (Salton Buttes) と呼ばれる溶岩ドーム群の一つであり, 最近行われた ^{238}U - ^{230}Th 法による年代測定では 2500~3000 年前の噴火を示唆する結果が得られている (Wright et al., 2015)。

9. メッカヒルズ (ボックスキャニオンとペインテッドキャニオン)

メッカヒルズ (Mecca Hills) はサンアンドレアス断層に沿う地形的高まりの一つで, ソルトン湖の北方に位置する (図 17)。この地域には, サンアンドレアス断層に並行するペインテッドキャニオン断層 (Painted Canyon Fault) や, やや斜交するヒドゥンスプリング断層 (Hidden Spring Fault) など

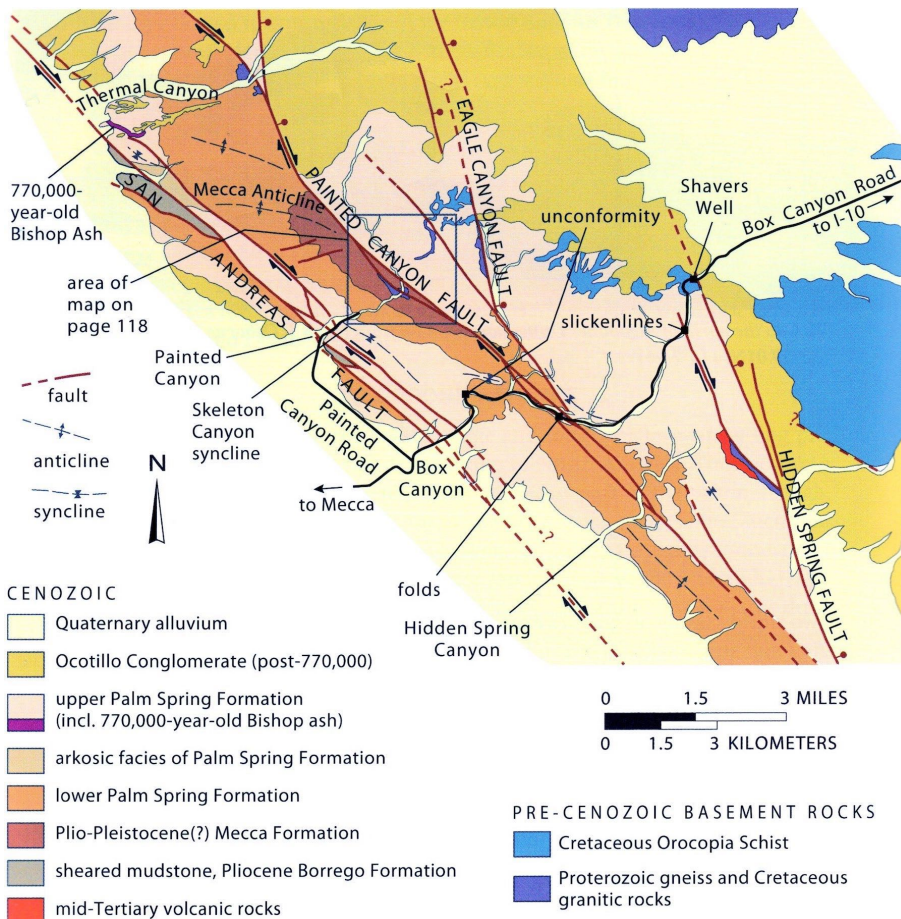


図 21 メッカヒルズの地質図。Sylvester and O'Black Gans (2016) より引用。

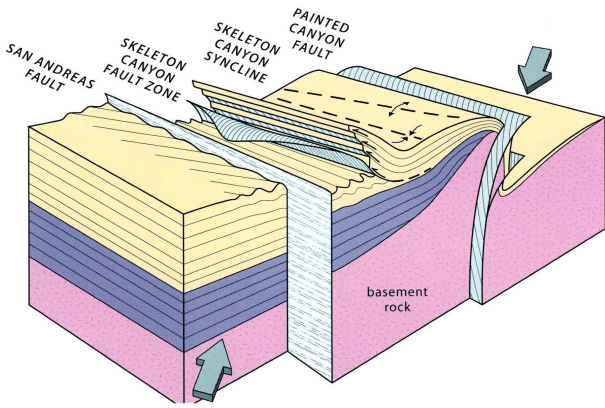


図 22 メッカヒルズの地質立体断面図。Sylvester and O'Black Gans (2016) より引用。



図 23 メッカヒルズを横切るボックスキャニオン道路と、その沿道に露出するパームスプリング層(鮮新-更新統)。



図 24 パームスプリング層の砂礫岩に発達するインブリケーション。

多くの断層があり、また断層に関連した褶曲も発達している(図 21, 22)。こうした断層と褶曲の活動によってメッカヒルズが形成された。植生がほとんどないため、丘陵を横切るルートに沿って地質構造を詳しく調査できる。Sylvester and O'Black Gans (2016) はこの地域を“world-class geologic sites”と表現している。この地域の地質観察には少なくとも半日、できれば 1 日以上をかけたほうがよい(それだけ多くの見どころがある)。

今回の巡検では Sylvester and O'Black Gans (2016) の記事を参考にして、ボックスキャニオン (Box Canyon) およびペ



図 25 ボックスキャニオン道路沿いに見られるヒドゥンスプリング断層の鏡肌。

インテッドキャニオンという 2 つのルートで地質を観察した(図 21)。ボックスキャニオンではボックスキャニオン道路 (Box Canyon Road) と呼ばれる片側 1 車線の舗装道路に沿って観察を行った(代表的な緯度経度 = 33.5914°N, 115.9806°W)。整備された駐車場はないので、車は路肩に停めることになる。ペインテッドキャニオンに行くにはペインテッドキャニオン道路 (Painted Canyon Road) を走るが、この道路は長い未舗装道路なのでパンクに注意する必要がある。ペインテッドキャニオン道路の終端に広い駐車可能スペースがある(緯度経度 = 33.6195°N, 115.9995°W)。なお、両ルートとも十分な飲料の持参が必須である(店はおろか民家やトイレもない)。

ボックスキャニオンでは、道路北東方に先新生代変成岩が基盤岩として分布し、それを不整合に覆う鮮新世(?)のパームスプリング層 (Palm Spring Formation) と更新世の礫層などが見られる。サンアンドレアス断層の断層露頭はない。サンアンドレアス断層とペインテッドキャニオン断層の間に分布するパームスプリング層は褶曲しており(図 22)、局所的には地層の傾斜が 50°を超えるところもある(図 23)。パームスプリング層は主に河川成の粗粒碎屑物からなり(砂礫が主体)、級化やインブリケーションなどの堆積構造が見られる(図 24)。ヒドゥンスプリング断層の断層鏡肌も確認できた(図 25)。断層条線はほぼ水平で、スリッケンステップからは右ずれが示唆される。

ペインテッドキャニオンでもボックスキャニオンと同様の地層を観察できるが、地形はよりダイナミックである。このルートでもパームスプリング層の背斜と向斜が認められ



図 26 ペインテッドキャニオン道路沿いに見られるパームスプリング層の褶曲。



図 27 ペインテッドキャニオン。峡谷の岩壁はパームスプリング層からなる。写真下部の人物がスケール。

る (図 26)。駐車スペースに到着する手前にはペインテッドキャニオン断層が認められる。駐車スペースより奥 (北東) のペインテッドキャニオンは、国立公園や州立公園に指定されてもおかしくないと思うほどの景観を楽しめる (図 27)。ペインテッドキャニオンを奥に進むと、パームスプリング層と基盤のピント片麻岩の不整合露頭が現れる (図 28)。

10. 謝辞

今回の巡検には JSPS 科研費 (17K05680) を使用した。

11. 文献・URL

- Helgeson, H. C., 1968, Geologic and thermodynamic characteristics of Salton Sea geothermal system. *Am. J. Sci.*, **266**, 129–166.
- Kammerling, M. J. and Luyendyk, B. P., 1979, Tectonic rotations of the Santa Monica Mountains region, western Transverse Ranges, California, suggested by paleomagnetic vectors. *GSA Bull.*, **90**, 331–337.
- Matthews III, V., 1976, Correlation of Pinnacles and Neenach volcanic formations and their bearing on San Andreas fault problem. *AAPG Bull.*, **60**, 2128–2141.
- Plummer, C. C. and McGeary, D., 1993, *Physical Geology, Sixth Edition*. Wm. C. Brown Publishers, Dubuque, 537p.



図 28 ペインテッドキャニオンで見られるピント片麻岩 (写真下部) と、それを不整合に覆うパームスプリング層の基底礫岩 (写真上部)。

- Strahler, A. N. and Strahler, A. H., 1983, *Modern Physical Geography, Second Edition*. John Wiley and Sons, New York, 532p.
- Svensen, H., Hammer, Ø., Mazzini, A., Onderdonk, N., Polteau, S., Planke, S. and Podladchikov, Y. Y., 2009, Dynamics of hydrothermal seeps from the Salton Sea geothermal system (California, USA) constrained by temperature monitoring and time series analysis. *J. Geophys. Res.*, **114**, B09201, doi:10.1029/2008JB006247.
- Sylvester, A. G. and O'Black Gans, E., 2016, *Roadside Geology of Southern California*. Mountain Press, Missoula, 389p.
- Turner, D. L. and Campbell, R. H., 1979, Age of the Conejo Volcanics. In Yerkes, R. F., Campbell, R. H. and Turner, D. L., eds., *Stratigraphic Nomenclature of the Central Santa Monica Mountains, Los Angeles County, California* (USGS Bull. 1457-E), USGS, E18–E22.
- Williams, A. E., 1997, Fluid density distribution in a high temperature, stratified thermohaline system: Implications for saline hydrothermal circulation. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **146**, 121–136.
- Wright, H. M., Vazquez, J. A., Champion, D. E., Calvert, A. T., Mangan, M. T., Stelten, M., Cooper, K. M., Herzig, C. and Schriener Jr., A., 2015, Episodic Holocene eruption of the Salton Buttes rhyolites, California, from paleomagnetic, U–Th, and Ar/Ar dating. *Geochem. Geophys. Geosyst.*, **16**, 1198–1210, doi: 10.1002/2015GC005714.

- URL1: https://en.wikipedia.org/wiki/Monterey_Formation
- URL2: <http://seccinfo.usc.edu/wallacecreek/pdf/trailguide.pdf>
- URL3: https://en.wikipedia.org/wiki/Vasquez_Rocks
- URL4: <https://www.nps.gov/jotr/learn/management/yourdollarsatwork.htm>
- URL5: <http://www.fujisan-climb.jp/manner/kyoryokukin.html>
- URL6: https://en.wikipedia.org/wiki/Joshua_Tree_National_Park
- URL7: <https://www.nps.gov/jotr/index.htm>
- URL8: https://en.wikipedia.org/wiki/Salton_Sea
- URL9: <https://ja.wikipedia.org/wiki/ソルトン湖>