

# GSJ

地球をよく知り、地球と共生する

# 地質ニュース



# 2月号

- 
- 29 **マンホールからのぞく地質の世界 5 —富士山(静岡県)—**  
長森英明
- 
- 42 **サイエンスの舞台裏 —石が語る, 石と語る—** 高橋雅紀
- 
- 50 **タイ国立地質博物館で熱応答試験および現地セミナーを  
開催**  
田中雅人・内田洋平
- 
- 53 **2019年 CCOP (第55回) 年次総会で地中熱ワークショップ  
開催報告**  
内田洋平・田中雅人
- 
- 55 新刊紹介「旅客機から見る日本の名山」

# マンホールからのぞく地質の世界 5

## —富士山（静岡県）—

長森 英明<sup>1)</sup>

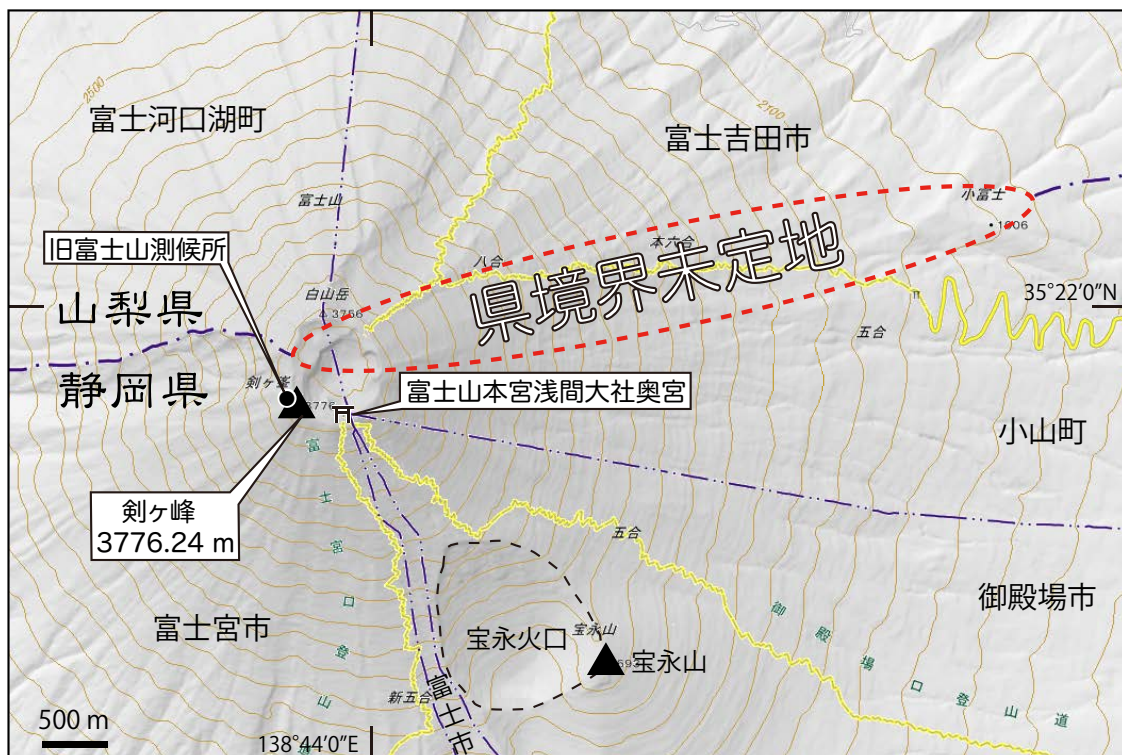
### 1. はじめに

本稿は、デザインマンホールの蓋を題材にして郷土に関わる地質について紹介するシリーズの第5回目となります。今回紹介するのは富士山をモチーフとしたデザインマンホール(以下富士山マンホール)です。富士山はその高さ、山容もすばらしいため日本で最も美しく有名な山と断言しても、恐らく異論はないでしょう。

富士山は3776.24 mの日本一の標高を誇り、円錐形の容姿端麗な典型的な成層火山の山容を現しています。古くから霊峰として山岳信仰の対象となっています。1936年に富士箱根伊豆国立公園に指定され、最近では2013年に「富士山-信仰の対象と芸術の源泉」という名称でユネスコの世界文化遺産となっています。このほか、2007年に日本の地質百選にも選ばれています。

ところで、富士山の山頂は静岡県側なのか山梨県側なのかご存じでしょうか？静岡県出身の私は子供の頃、静岡県にがあると信じていました。この問題は古くからあり、江戸時代から論争が続いているようです。そこで、まず国土地理院の地形図で確認してみました。山頂付近では県境線が引かれていません(第1図)。県境が定まっていない境界未定地は全国に14箇所あるといわれていますが、富士山頂付近はそのうちの1つです。ちなみに、山頂にある建造物の住所を調べてみると、富士山本宮浅間大社奥宮は静岡県富士宮市富士山頂上官有無番地、旧富士山測候所の所在地は静岡県富士宮市富士山頂剣ヶ峰とされています。しかし、正式な登記はなされておらず、郵便事情などによる便宜的な表記となっています(秋山・中原, 2009)。

富士山は日本一高い山だけあって、広範囲から望むことができる(田代, 2011 など)ため、富士山マンホールは数



第1図 富士山の火口付近の地図  
基図に地理院地図を利用しました。

1) 産総研 地質調査総合センター 地質情報研究部門

キーワード：デザイン、マンホール、郷土、地質、富士山、火山、静岡県

多く存在します。富士山マンホールは広範囲に分布し、数も多いので、「静岡県」、「山梨県」、「遠隔地」の3回に分けて紹介します。出身地の郷土愛を前面にだして富士山マンホールの紹介はまず静岡編から始めます。なお、マンホールの蓋は、<sup>あんきよ</sup>暗渠にアプローチするための縦坑の蓋です。そのため、厳密に言えば暗渠を伴わない消火栓や水道などのメンテナンス用の蓋は含まれません。しかし、本稿では富士山がデザインされたそのような蓋も含めて紹介します。第2図に静岡県の富士山マンホールが設置されている市町村の位置を示します。

それでは、富士山マンホールから地質の世界をのぞいてみましょう。

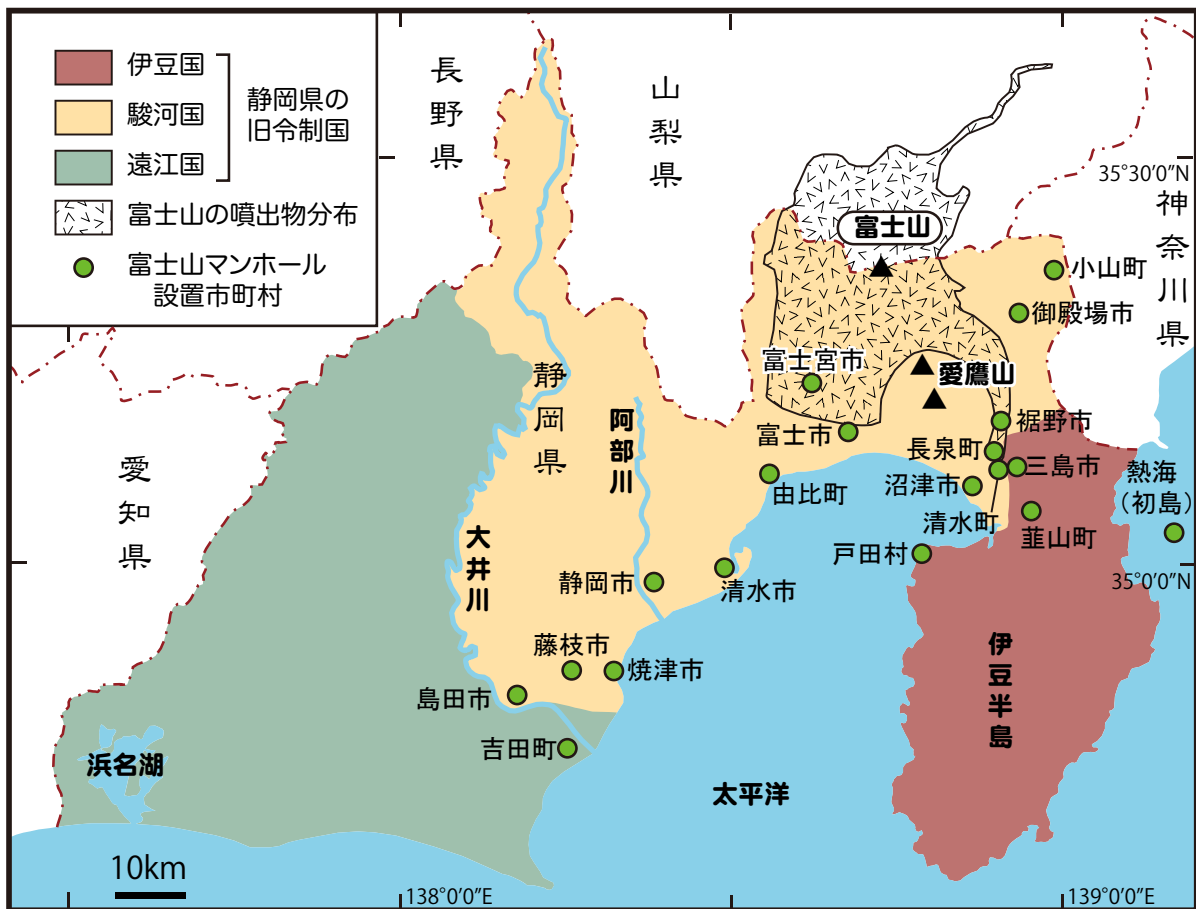
## 2. 静岡県のデザインマンホールに見る富士山

本章では、静岡県の富士山マンホールを、富士山に近い東から西に向かって紹介し、デザインの意匠について解説します。なお、マンホールは様々な大きさがあるため、写真は相対的な大きさを示します。

<sup>すんとう おやま</sup>駿東郡小山町（第3図）熊にまたがり、<sup>まさかり</sup>鉞を担いだ金太郎がモチーフとなっているデザインです。童謡の「金太郎」で唄われたイメージそのものです。金太郎は小山町で誕生したとされています（小山町HP：金太郎紹介）。なお、金太郎に関する伝説は全国各地にあるようです。金太郎の背後には富士山がデザインされた町章に囲まれた富士山があしらわれています。外周には富士山周辺に自生しているフジアザミ (*Cirsium purpuratum*) が取り囲んでいます。

**御殿場市1（第3図）** 御殿場市の一般的なマンホールです。富士山を背景に、かつて御殿場線で活躍した蒸気機関車D52の疾走する姿が描かれています。沼津駅に向かう下り線の風景でしょうか。脇の桜は、市の花「フジザクラ (*Cerasus incisa*)」です。

**御殿場市2（第3図）** 農業集落排水用の蓋です。荒々しい姿の富士山の山裾に広がる田園に稲穂が実り、案山子が配置されたデザインです。案山子の笠にカラスがのっています。



第2図 静岡県の富士山マンホール分布  
市町村名はデザインマンホールが採用されたときの名称で示してあります。



第3図 静岡県の富士山マンホール大全1

**御殿場市 3 (第 3 図)** 上水道の仕切弁のメンテナンスホールの蓋にカラスと富士山がデザインされています。なぜかカラスが 2 種類の蓋に登場していますが、御殿場市とカラスには特別な関係はないようです。

**御殿場市 4 (第 3 図)** 上水道の蓋にシンプルな富士山のデザインが使われています。

**裾野市 1 (第 3 図)** 裾野市中央公園を流れる黄瀬川河床に露出する富士山の噴出物である三島溶岩に架かる「五竜の滝」と富士山がモチーフになっています。左右に市の花「アシタカツツジ (*Rhododendron komiyamae*)」が彩を添えています。

**裾野市 2 (第 3 図)** 裾野市のマスコットキャラクター「すそのん」の顔の部分をレイアウトしています。「すそのん」とは、「すその水ギョーザ」の妖精で、富士山の帽子をかぶっているそうです(裾野市 HP: すそのんの秘密基地)。カラー部分は塩化ビニールに印刷したプレートを貼ってあり、市役所前に設置されています。キャラクターの一部に富士山が使われているので、紹介します。

**裾野市 3 (第 3 図)** 上水道の制水弁のメンテナンスホールの蓋に、富士山とアシタカツツジのデザインが施されています。

**駿東郡長泉町 (第 4 図)** 黄瀬川河床に露出する三島溶岩に架かる「鮎壺の滝」ごしに富士山を望むデザインです。花開く町の木「モッコク (*Ternstroemia gymnanthera*)」と町の花「サツキ (*Rhododendron indicum*)」のほか、マツやササが川岸を覆っています。鮎壺の滝は、前述した裾野市の五竜の滝からおおよそ 6 km 下流にある滝です。

**駿東郡清水町 (第 4 図)** 富士山を背景にして、柿田川に架けられた石組みの柿田眼鏡橋がレイアウトされています。現在眼鏡橋は崩れかかっている、橋としては使われていません。富士山の手前の山は愛鷹山あしたかでしょうか。柿田川は、柿田川湧水群を源流とする全長 1.2 km の清流です。膨大な湧水を湛える湧水群は三島溶岩の末端から湧き出しています。柿田川の湧き水は水道水として利用されています。湧水群一帯は公園となっており、水が湧き上がる様子を観察することができます。

**三島市 (第 4 図)** 観光施設「三島スカイウォーク」を

運営する企業が三島市に寄贈したマンホールです。吊り橋の背景に富士山がデザインされています。

**田方郡韮山町 (現伊豆の国市) (第 4 図)** 韮山反射炉と名産のイチゴの背後に富士山が大きく描かれています。韮山反射炉は、江戸時代末期に建造されました(伊豆の国市 HP: 国指定史跡韮山反射炉)。この溶解炉で鉄を精錬して大砲などが作られました。国指定文化財となっているほか、「明治日本の産業革命遺産」の 1 つとして世界遺産に登録されています。反射炉の外壁には江戸城の石垣の石材として知られる伊豆石(緑色凝灰岩)が使われています。

**熱海市 (第 4 図)** 熱海市街地からは伊豆の山並みに阻まれて富士山は見えませんが、沖合に浮かぶ小島、初島からは望むことができます。初島だけに設置されているマンホールには、下半分に相模湾の海と伊豆の山並みの奥に見える富士山が描かれ、上半分には熱海市街から見た初島がデザインされています。手前にはイセエビ (*Panulirus japonicus*)、サザエ (*Turbo sazae*) そして島のリゾート施設を象徴するヤシ科 (*Arecaceae*) の植物が配置されています。

**沼津市 1 (第 5 図)** 駿河湾、愛鷹山、富士山を眺望し、手前に市の花「ハマユウ (*Crinum asiaticum*)」、市の木「マツ」を配置したデザインです。このデザインは沼津市の一般的なマンホールとして使われています。愛鷹山は富士山よりも古い火山なので、浸食が進み、地形の凹凸が顕著な山です。

**沼津市 2 (第 5 図)** 戸田湾へだの高台から富士山を望む風景がデザインされています。戸田湾には帆船の「ヘダ号」が浮かび、タカアシガニ (*Macrocheira kaempferi*) がレイアウトされています。左側にある岬は砂嘴さしからなる御浜岬みはまで、先端に諸口神社の鳥居が見えます。「ヘダ号」は、安政地震の津波で破損して沈没したロシア船の代替船として、ロシア人技師と戸田の船大工が協力して建造した日本初の本格的な洋式帆船です。駿河湾は、ユーラシアプレートへフィリピン海プレートが沈み込む境界であることから、日本でもっとも深い湾となっています。そのため多くの深海生物が生息しており、戸田漁港には深海に棲息するタカアシガニや魚が水揚げされています。

**沼津市 3-5 (第 5 図)** これらはテレビアニメ番組の「ライブ!サンシャイン!!」のデザインマンホールです。



第4図 静岡県の富士山マンホール大全2  
市町村名はデザインマンホールが採用されたときの名称で示してあります。



第5図 静岡県の富士山マンホール大全3  
市町村名はデザインマンホールが採用されたときの名称で示してあります。



アニメの舞台が沼津市なので、「沼津市×ヌマヅノタカラプロジェクト」がクラウドファンディングで資金を集めて作成した企画型デザインマンホールです。完成後は沼津市に寄贈されて商店街などに実際に設置されています。全 11 種のうち、富士山が含まれるものを紹介します。3：登場人物「黒澤ダイヤ」の背景に富士山。カラー版も存在します。4：登場人物「津島善子」の背景に赤富士。5：登場人物が通う沼津市内浦にある架空の高校「浦の星女学院」の富士山を含む校章。

**田方郡戸田村（現沼津市）（第 5 図）** 沼津市井田地域だけに設置されているデザインマンホールです。これは旧戸田村の漁業集落排水処理施設のマンホールです。高台から望む井田漁港の風景がモチーフとなっています。手前に菜の花とマツが配置され、「井田」と書かれた平地の先に駿河湾、その奥には富士山がそびえています。デザイン中の「菜の花の里」と「井田」の文字は、初春に催される「菜の花祭り」に合わせて菜の花畑が「井田」の文字に刈り取られることに由来しています。

**富士宮市（第 3 図）** 富士山を単純化した幾何学的な模様を同心円状に配置したメンテナンスホールです。特に用途をしめす表示はありませんが、緑に塗色した蓋はガス関係であることが多いので、都市ガスのメンテナンス用の蓋と推測されます。なお、脱稿の時点で富士宮市の下水用デザインマンホールはありません。

**富士市 1（第 6 図）** 波立つ駿河湾と麓に雲海を従えた富士山のデザインです。このカラーマンホールは極彩色に塗色しており、朝日があたり赤く染まる赤富士をイメージしています。色の付いていない通常版は、見た目の印象が全く異なります。ちなみに、マンホールの富士山山頂の方向が下水の流れる方向を示しています。

**富士市 2（第 6 図）** 1つ目のマンホールと構図は一緒ですが、細かな意匠が異なっています。色は凸部に塗られており、塗り方が雑なので、設置した後に塗られた可能性もあります。

**富士市 3（第 6 図）** 富士南麓の富士市などにある神社にかぐや姫にまつわる伝説が伝承されています（富士市 HP：富士山信仰とかぐや姫伝説）。その伝承ではかぐや姫が最後に帰るのは月ではなくて、富士山とされています。その伝説にちなんで、この消火栓の蓋にはかぐや姫、竹、

富士山が描かれています。

**富士市 4（第 6 図）** 茶畑と富士山の写真がプリントされたマンホールです。富士市で一番盛んに作られている農作物は茶葉なので、まさしく富士市を代表する景色です。

**富士市 5（第 6 図）** 富士市と富士宮市に設置されている岳南排水路の 50 周年記念に岳南排水路管理組合が設置したデザインマンホールです（岳南排水路 HP）。光が灯された夜も稼働する製紙工場、そして製品のトイレットペーパー、水路の排水が流れ込む駿河湾名産のサクラエビ (*Lucensosergia lucens*) とシラス、背後に山頂と宝永山の標高が示されたリアルな富士山が配置されているデザインマンホールです。岳南排水路は、富士山の豊富な水を使う製紙工場から排出される汚水を河川に流さないために作られました。排水路の完成によって、稲作などへの被害は減りましたが、その代わりに排出先の田子ノ浦港でヘドロ汚染が発生してしまいました。このヘドロ公害は社会問題となり、1971 年の特撮映画「ゴジラ対ヘドラ」のテーマとして取り上げられています。ちなみにゴジラと戦う怪獣ヘドラは、田子の浦湾のヘドロから生まれた怪獣です。現在はそれぞれの工場排水処理施設を設置して綺麗な排水が流されています。

**富士市 6（第 6 図）** 東海道本線の吉原駅近くにある「木之元神社」のオリジナルマンホールです。神事に利用されている「六角井戸」は歩道にあるので、約 40 cm の中型の蓋で覆われています。井戸からわき出る豊富な水と富士山がデザインされています。

**静岡市 1（第 7 図）** 「大御所家康公駿府城入城四百年祭」の事業の一環としてつくられた消火栓のデザイン蓋です。將軍の座を退き大御所となった徳川家康は、1607 年に静岡市にある駿府城に入城しました。富士山と安倍川を背景に甲冑がレイアウトされています。

**静岡市 2（第 7 図）** 久能山東照宮社殿と久能山から眺める三保の松原、駿河湾そして富士山の風景がデザインされた消火栓の蓋です。家康公の好物との説がある縁起物の「一富士二鷹三茄子」がちりばめられています。茄子などが無い 2015 年に設置された別バージョンの蓋もあります。ちなみに、家康公は人生のおおよそ 3 分の 1 を駿府で過ごしたそうです。



第6図 静岡県の富士山マンホール大全4



第7図 静岡県の富士山マンホール大全 5  
市町村名はデザインマンホールが採用されたときの名称で示してあります。

**静岡市 3-4 (第7図)** 漫画家の「さくらももこ」さんが生前に自費で制作し、静岡市に寄贈したマンホールです。自身の幼少期をモデルとした漫画・アニメの「ちびまる子ちゃん」がデザインされています。3のマンホールには、通学スタイルのまる子ちゃんの背景に駿河湾・茶畑・富士山が配置されています。4のマンホールには、よそ行き姿のまる子ちゃん、そして駿河湾・魚・富士山が描かれています。「さくらももこ」さんは旧清水市出身ですが、これらのマンホールの作成時には静岡市に合併されているため、静岡市と書かれています。

**静岡市 5 (第7図)** 右下に竪穴式住居、左側に安倍川、上段に富士山が描かれた消火栓の角形の蓋です。登呂遺跡は、弥生時代の水田跡や竪穴式住居で有名な遺跡です。本稿では紹介していませんが、似たような構図のデザインが施された水道の量水器の蓋もあります。

**静岡市 6 (第8図)** 駿河区応援隊長の「トロベー」というキャラクター(静岡市駿河区 HP:トロベーのおうち)がメインデザインのマンホールです。トロベーの顔は登呂遺跡の竪穴式住居です。手前に特産品として知られる久能山のイチゴ、そして背景には富士山が鎮座しています。

**いほら 庵原郡由比町 (現静岡市) (第7図)** 名産品の桜エビと富士山がデザインされた、水道の仕切弁の蓋です。

**清水市 (現静岡市) (第8図)** 三保の松原と富士山のデザインです。三保の松原は砂嘴からなる三保半島に広がり、古くから景勝地として有名です。

**藤枝市 (第4図)** 市の木「マツ」、市の花「フジ (*Wisteria floribunda*)」、市の鳥「ウグイス (*Horomis diphone*)」そして富士山がレイアウトされたデザインです。旗雲のような雲がかかる縦長の富士山が印象的です。

**焼津市 1 (第8図)** 富士山を背に、波立つ駿河湾を威勢良くはねる2匹のカツオ (*Katsuwonus pelamis*) がレイアウトされたデザインです。中型のマンホールも同じデザインが採用されています。焼津港は冷凍カツオの水揚げが日本一です。

**焼津市 2 (第8図)** 小型のデザインマンホールは、デザインが異なり、富士山の手前に広がる駿河湾に1匹のカツオ、市の鳥「ユリカモメ (*Larus ridibundus*)」がレイ

アウトされています。これと同じデザインが極小のプラスチック蓋にも使われています。

**島田市 (第8図)** 人足が担ぐ蓮台にのって大井川を越す様子(蓮台越)がデザインされています。大井川の背後に富士山が見えます。カラー版も存在します。江戸時代の大井川には諸般の事情で橋が架けられていなかったため、川越の人足の手を借りて川を渡っていました。島田宿は大井川の川渡しで栄えた東海道の宿場です。

**はいぼら 榛原郡吉田町 (第8図)** 吉田町ピーアール部長の「よし吉」のデザインマンホールです。雲海の奥に富士山があります。「よし吉」は吉田町の地元の特産品のしらす、鰻、レタスなどを身にまとった水の妖精です(吉田町 HP:よし吉紹介)。

### 3. 富士山マンホールの分布とデザイン

前章で39種類の富士山マンホールを紹介しました。そこで、分布やデザインの傾向についてまとめてみます。静岡県の富士山マンホールの分布(第2図)を見ると、大井川よりも東側の地域に集中しています。唯一の例外が吉田町となります。大井川より西側の地域では、見えていながらもかわらず、富士山を郷土の山として認識していない可能性があります。歴史的にみると大井川は遠江国と駿河国とおとうみのくに するがのくにの境界なので、西の遠江国からすると富士山は隣の駿河国の山というイメージが強いのかもかもしれません。伊豆半島に富士山マンホールが少ないのは、そもそも富士山が見える場所がありません。それが理由と推察されます。

木版画で有名な葛飾北斎の「富嶽三十六景」では、美しい円錐形のデザインが崩れることを嫌ったのか、宝永火口は表現されていません。富士山マンホールのデザインでは、抽象的なものからリアルなものまで多様性があり、宝永火口が表現されているものもあります。宝永火口は、戸田村、富士市1~5、静岡市5・6、清水市、焼津市2、吉田町のマンホールに描かれた富士山に表現されています。宝永火口の他に富士山の特徴的な地形として、西側にある大沢崩れがあります。しかし、西側の富士市や静岡市などのデザインには、それと分かる様な明確な表現は認められません。

富士山マンホールに描かれた富士山のデザインの共通点は、頂上に残雪があることです。また、本稿で紹介したマンホールの大半に富士山とともに雲がデザインされていることが印象的です。



第8図 静岡県の富士山マンホール大全6  
市町村名はデザインマンホールが採用されたときの名称で示してあります。

#### 4. 富士山が噴火する前

静岡県富士山マンホールを紹介しましたが、富士山は地質学的にどのような山なのでしょう？富士山は日本に111座ある活火山のうちの1つです。富士山の最後の噴火は、江戸時代の宝永4年(1707年)で、その噴火口はいくつかの富士山マンホールに描かれている「宝永火口」です。富士山の地下には3つの古い火山があり、4つの火山が重なっています(Yoshimoto *et al.*, 2010)。富士山の地下にある最も古い先小御岳火山は数十万年前にできたと考えられています(Yoshimoto *et al.*, 2010)。

富士山の地質を紹介するまえに、地質学的に見てどのような場所で噴火しているのかを調べてみましょう。富士山は、丹沢山地、御坂山地、富士川沿いの山地、箱根、愛鷹山の山々に囲まれています(第9図)。

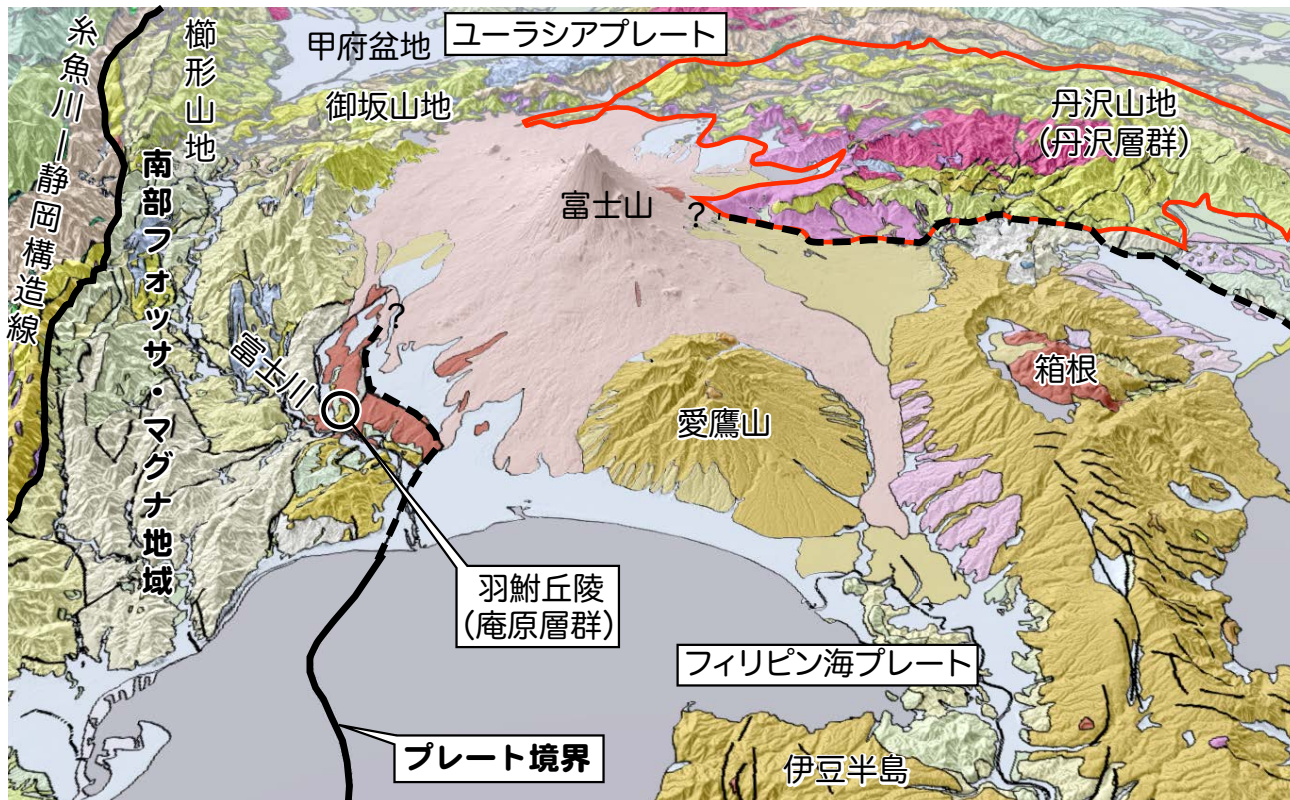
丹沢山地、御坂山地、富士川沿いの山地は主に中新世の地層からなり、箱根や愛鷹山は第四紀の新しい火山です。富士山は地質学的にみると、ユーラシアプレートとフィリピン海プレートの境界付近に位置しています。また、ユーラシアプレート側は、糸魚川-静岡構造線の東側にある南

部フォッサ・マグナ地域にあたります。

橿形山地、御坂山地、丹沢山地、伊豆半島は、かつて伊豆-小笠原弧の一員としてフィリピン海プレートの東端にそれぞれが島として配列していました。フィリピン海プレートはユーラシアプレートに向かって移動しているため、プレート上にある島々は本州に次々と衝突して付け加わったと考えられています(Amano, 1991など)。つまり、富士山周辺の山々の地質は、フィリピン海プレートがユーラシアプレートに沈み込むことによって形成されたこととなります。ちなみに、「伊豆島」は、おおよそ100万年前に本州に衝突したので、富士山が誕生した頃には伊豆半島は存在していました。

富士山の基盤は大量の火山噴出物で覆われているため、直接調べることはできません。しかし、堆積物に含まれる礫がどこから運ばれてきたのかを推定することによって、富士山の基盤地質を間接的に検討した研究例があります(柴ほか, 1991)。

富士山の南西側には富士山誕生前の鮮新世から更新世の時代に堆積した庵原層群(第9図)が分布しています。この地層に含まれる礫の種類から、富士山の基盤の地質が推



第9図 富士山周辺の立体地質図  
基図としてシームレス地質図及び地理院地図を利用しました。陸域のフィリピン海プレートとユーラシアプレートのプレート境界の正確な位置は、分かっていません。赤線で示す範囲は、丹沢山地を構成する丹沢層群の分布域です。

定されています(柴ほか, 1991)。庵原層群に丹沢山地起源の結晶片岩の礫が含まれていることや、礫の大きさが大きいことから、丹沢山地が富士川付近まで連続していたと推定されています。この富士山の下に存在した古い山地は、古丹沢山地と命名されました。古丹沢山地は浸食され、周辺地域に河川によって運ばれた礫が堆積したと考えられています。また、礫を運んだ河川は駿河湾に流れ込んでいたと推定されています。

本稿では数多くの静岡県の富士山マンホールの紹介でページを割いてしまったため、富士山の成り立ちと地質については、次回で紹介します。

## 5. 最後に

今回紹介した地域には、富士山マンホール以外のデザインマンホールが数多く存在します。複数のデザインマンホールを設置している自治体は少なくないのですが、静岡県では特に種類が多いようです。また、企画型、企業等のオリジナル、寄贈など設置のいきさつが多様であることも静岡県の富士山マンホールの特徴です。本稿で紹介した静岡県の富士山マンホールをすべて巡り歩くには、最低でも1週間ほどかかります。なお、撮影を開始してから本稿を執筆している間に、次々と新しい富士山マンホールが設置されたため、追加の写真撮影を何回もすることになりました。際限がないので撮影ずみの富士山マンホールを紹介しましたが、今後も増え続けると予想されます。ちなみに、富士宮市で富士山のデザインマンホールを設置する動きがあるようです。次回は山梨県の富士山マンホールを紹介します。

(その6に続きます)

## 文 献

秋山忠右・中原 淳(2009) 知られざる日本の不思議百景「県境」の秘密. PHP 研究所, 229p.

Amano, K. (1991) Multiple collision tectonics of the South Fossa Magna in central Japan. *Modern Geol.*, 15, 315-329.

柴 正博・佐瀬和義・角田史雄・志知龍一・田中鉄司(1991) 富士山の基盤. フォッサマグナの隆起過程, 地団研専報, no. 38, 1-10.

田代 博(2011)「富士見」の謎 - 一番遠くから富士山が見えるのはどこか?. 祥伝社親書, 255p.

Yoshimoto, M., Fujii, T., Kaneko, T., Yasuda, A., Nakada, S. and Matsumoto, A. (2010) Evolution of Mount Fuji, Japan: Inference from drilling into the subaerial oldest volcano, pre-Komitake. *Island Arc*, 19, 470-488.

## 参照 Web サイト

富士市 HP (富士山信仰とかぐや姫伝説) <https://www.city.fuji.shizuoka.jp/kyouiku/c0403/fmervo0000011mgn.html> (閲覧日: 2019年10月31日)

岳南排水路 HP <http://gakunan-haisuiro.jp/indexnew.html> (閲覧日: 2019年10月31日)

伊豆の国市 HP (国指定史跡韮山反射炉) [https://www.city.izunokuni.shizuoka.jp/bunka\\_bunkazai/manabi/bunkazai/hansyaro/index.html](https://www.city.izunokuni.shizuoka.jp/bunka_bunkazai/manabi/bunkazai/hansyaro/index.html) (閲覧日: 2019年10月31日)

小山町 HP (金太郎紹介) [http://www.fuji-oyama.jp/kankou/bunka\\_kintarou\\_about.html](http://www.fuji-oyama.jp/kankou/bunka_kintarou_about.html) (閲覧日: 2019年10月31日)

静岡市駿河区 HP (トロペーのおうち) <https://machipo.jp/com/surumaga/トロペーのおうち> (閲覧日: 2019年10月31日)

裾野市 HP (すそのんの秘密基地) <http://www.city.susono.shizuoka.jp/susonon/index.html> (閲覧日: 2019年10月31日)

吉田町 HP (よし吉紹介) <http://www.town.yoshida.shizuoka.jp/3197.htm> (閲覧日: 2019年10月31日)

---

NAGAMORI Hideaki (2020) The geological world from the view of designed manholes 5, -Mt. Fuji in Shizuoka Prefecture-

---

(受付: 2019年10月31日)

# サイエンスの舞台裏 —石が語る，石と語る—

高橋 雅紀<sup>1)</sup>

## 1. はじめに

とかく敷居の高い地質学を多くの方に楽しんでもらうためには、何らかの工夫が必要です。難解な数式や化学記号、専門用語をふんだんに使ったパネルだけで、一般の方に研究内容を理解してもらうことはほとんど不可能でしょう。そもそも、パネルの前に立ち止まってくれることすらありません。私はここ10年ほど、地学教育や地質学の普及活動に関わっていますが、一般の方と会話を始めることすら難しいことも少なくありません。そのような悪戦苦闘の中で得た、ひとつの試みを紹介したいと思います。

さまざまな科学普及イベントに参加している過程で、地質学の普及活動に活用できそうなアイデアに巡り会うことがあります。科学普及イベントで偏光板を使った万華鏡作りが大人気であることを知ったのは、2年ほど前でした。私は手作りの地質アナログ模型をたくさん製作していて、研究所の一般公開などで活用しています。模型はたくさんあるので、毎年研究所の若手研究者を募って、展示解説を手伝ってもらっています。あるとき、声をかけた若手研究者から、「以前イベントで体験した、偏光板万華鏡を一般公開で挑戦してみたい。」と言われ、初めて偏光板万華鏡のことを知りました。実際に現物を見せてもらった瞬間、そこからの展開（設計図）が脳裏に浮かびました。

偏光板万華鏡がいくら子供達に人気でも、地質学と何らかの関係が組み上げられなければ、地質学の普及活動に採用できません。なので、興味深いアイデアを見聞きしても、どうやって地質学と結びつけたら良いのか、悩むこともしばしばです。普及活動の目的は地質学の楽しさやロマンを感じ取ってもらうことなので、地質学に関連した内容に仕上げる必要があるのです。偏光板万華鏡が岩石薄片観察の疑似体験につながることは、地質研究者ならすぐ思いつくでしょう。さらに、地質に関心の高かった宮澤賢治の文学世界とつないでいけば、子供から大人まで楽しむテーマになると確信しました。それでは早速、偏光板万華鏡の作り方を紹介します。皆さんも是非作ってみてください。

## 2. 偏光板万華鏡キットの作り方

科学普及イベントで多くの来場者に偏光板万華鏡を楽しんでもらうためには、いくつかの条件があります。まず、偏光板万華鏡キットがある程度安価であること。そして、大量のキットを準備できることです。一人分(1キット)の材料は、紙コップ2個と偏光板2枚(直径5 cm)、そしてセロハンテープを貼るためのプラスチック透明板(直径5 cm, 0.2 mm厚)です(第1図)。このうち、金額的に大きいのは偏光板です。その他、実際に偏光板万華鏡を組み立てる際には、セロハンテープとハサミが必要です。セロハンテープのカッター台とハサミは一度用意すればよく、消耗品のセロハンテープは大した金額になりません。

試行錯誤を繰り返し、偏光板万華鏡キットの製作手順は以下のようにになりました。紙コップは210 mLの無漂白原紙使用の紙コップを使います。2つの紙コップを重ねて別個に回す際に多少滑りが悪いのですが、紙コップの中を覗いたとき内側が暗くなるので、無漂白の紙コップを使用



第1図 偏光板万華鏡キットの材料と道具。

1) 産総研 地質調査総合センター 研究戦略部

キーワード：アウトリーチ，地質学，体験型講座，普及教育



しています。同様の紙コップには 150 mL と 270 mL のサイズのものもありますが、150 mL のサイズの紙コップは底の直径が 47 mm なので使用しません。後述するように、偏光板を円形にくり抜く際にスクイーズパンチを使用しますが、その直径が 5 cm なので、底の直径が 52 mm の 210 mL の紙コップを使います。210 mL の紙コップは、50 個入り 1 セットで 250 円ほどですので、1 セット分(紙コップ 2 個)で 10 円程度です。270 mL の紙コップの底の直径も 52 mm ですが、若干値段が上がります。

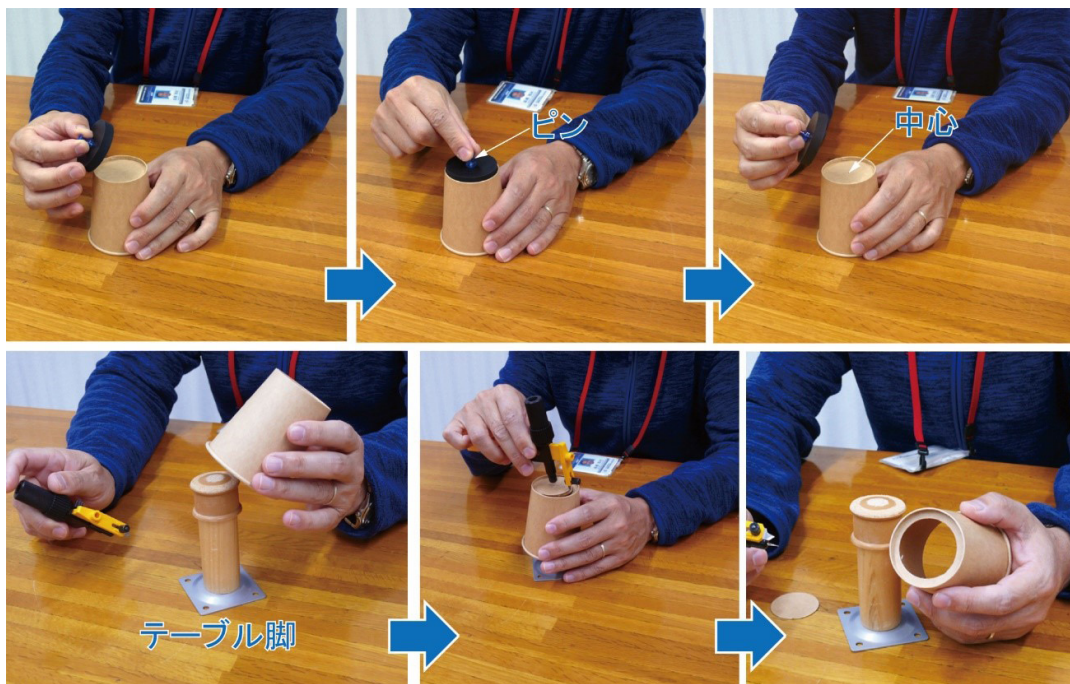
まず、紙コップの底を丸く(直径 4 cm)くり抜きます。紙などを円形に切り抜くためには、ホームセンターなどで販売されているコンパスカッターを使います。コンパスカッターの幅(半径)を 2 cm に合わせて紙コップの底をくり抜くわけですが、紙コップを裏返してそのままくり抜こうとすると、コンパスカッターの中心の針が紙コップの底を突き抜けてしまい、丸く切り抜くことができません。そこで、ホームセンター等で販売されているテーブル脚(短いもの)にテーブル脚ゴムを被せ、ひっくり返して使います。このテーブル脚に紙コップを上から被せれば、コンパスカッターを使って簡単に底をくり抜くことができます。ただし、その前に、コンパスカッターの回転針を刺すため、紙コップの底の中心の位置を決めなくてはなりません。紙コップの底の中心に、簡単に印をつける道具も作りました。

ホームセンター等で販売されている、直径 5 cm のゴム材を使います。ゴム材は、厚さは 9 mm のものを使いま

す。ゴム材の中心を決めるために、まずコンパスカッターを使って、適当な厚紙から直径 5 cm の円をくり抜きます。切り抜いた厚紙をゴム材にぴったり重ね、厚紙の中心の穴に合わせてピンを垂直に刺します。そして、一旦ピンを抜き取って反対側から刺しなおし、ゴム材の裏側からピンの針がわずかに出ている状態にします。

ピンを刺した直径 5 cm の円形のゴム材を、直径 52 mm の紙コップの底にはめ込み、少し強く押しつけると、ゴム材の裏側から突出した画びょうの針が紙コップの底に小さな穴をあけます(第 2 図)。このようにして、紙コップの底の中心に印をつけて、コンパスカッターを使ってくり抜けば、キットの製作過程の前半は完了です。

つぎは、紙コップの底に貼り付ける、偏光板のくりぬき作業です(第 3 図)。直径 5 cm の円形にくり抜くことができるスクイーズパンチという道具が、ペーパークラフトを専門としているお店から購入できます。私はネットで見つけたお店から、Fiskars(フィスカース)製のスクイーズパンチのラウンド 2"(50 mm)を購入しました。価格は 3500 円ほどです。また、偏光板も大量に使用するので、ケニス製の偏光フィルム 10 枚セット(3000 円前後)をネットで購入しています。こちらはサイズが 124 × 124 mm なので、直径 5 cm の円盤を 5 枚くり抜くことができます。偏光板万華鏡には円盤状の偏光板を 2 枚使用するので、1 キットあたり 120 円ほどかかります。紙コップ代等を入れると、1 キットあたり 130 ~ 140 円になります。



第 2 図 偏光板万華鏡キット(紙コップ)の底のくりぬき方。



第3図 偏光板万華鏡キット(円板)のくり抜き。

サイズが80×80mmのアーテック製偏光フィルム(10枚セット)は1000円ほどで購入できますが、偏光板の直径が4cmとなるため、紙コップの底の穴は直径を3cm程度にする必要があります。この場合は1キット分で50円ほどになるので、紙コップ代を含めても60～70円とかなり材料費を抑えられます。Fiskars(フィスカース)製のスクイーズパンチのラウンド1.5"(38mm)は、3000円ほどで購入できますし、紙コップも150mLのもので十分でしょう。いずれにせよ、最初に直径5cmの偏光板を使うか、あるいは直径4cmのサイズを採用するか決めてから、材料と道具をそろえる必要があります。

材料がそろったら、早速偏光板のくり抜き作業に取りかかります。私が使用しているのは124×124mmの偏光板なので、一枚から直径5cmの円盤状の偏光板を5枚くり抜くことができます。位置合わせを上手にすると、円盤状の偏光板を5枚ともきれいにくり抜くことができますが、大抵は多少円周の端が直線状になってしまいます。紙コップの底の穴は直径が4cmで、偏光板とは5mmほどの重なりがあるので、上手にくり抜けなくても問題はありません。

偏光板のくり抜き作業が終わったら、底をくり抜いた紙コップに偏光板を貼りつけます。紙コップの裏側(下側)から糊をつけて、円形の偏光板を貼りつけます。偏光板には両面に薄い透明フィルムが張り付いているので、それらを剥がしてから紙コップに貼りつけます。剥がした透明フィルムは、後で使用するので捨てないでください。糊が十分に乾けば、偏光板万華鏡キットはほぼ完成です。

最後に準備しなければならないのは、透明のプラスチック円盤です。イベントではこの透明板にセロハンテープを適当に貼りつけ、はみ出した部分をハサミで切り取って、2つの紙コップ(偏光板)に挟んで観察します。私が使用しているのは0.2mm厚の透明プラスチック板で、B4サイズで1枚100円ほどです。直径5cm用のスクイーズ

パンチを使えば、1枚から30枚以上の透明円盤をくり抜くことができます。1キットで2枚使ったとしても、材料費は数円ほどです。

### 3. 偏光板万華鏡の作り方

キットの準備ができましたので、実際に偏光板万華鏡を作ってみましょう。実際のイベントの来場者に対して行っている、作業手順で説明します。まず、偏光板を貼りつけた紙コップ2つを、「釣り用のサングラスなどに使われている偏光板を、くり抜いた紙コップの底に貼り付けてあります。」と説明して手渡します。つぎに紙コップを重ねた状態で中を覗いてもらい、片方の紙コップを回転させて、明るくなったり暗くなったりすることを体験してもらいます。

偏光板の特徴を体験した後、透明のプラスチック円板を渡します。最初はプラスチック円板をそのまま紙コップの間に挟み、先ほどと同じように、片側の紙コップを回転してもらいます。この段階では、紙コップの中は明るくなったり暗くなったりするだけです。つぎにプラスチック円板を取り出し、今度は円板の片面にセロハンテープを適当に貼ってもらいます。セロハンテープは指で縦に裂いて幅を変えたり、斜めに裂いたりして貼った方が、仕上がりに変化があってきれいに見えます。セロハンテープを二重ないし三重に貼りつけたら、はみ出した部分をハサミで切り取ります。プラスチックの円周部分も2mm程度切り取ると、円板が紙コップの中に挟まってとれなくなることはありません。紙コップの底の偏光板は直径4cmの円形なので、透明板の切り取り部分が多少いびつでも問題ありません。

はみ出した部分の切り取りが終わったら円板を2つの紙コップの間に挟み、明るい方に向けてコップの中を覗いてもらいましょう。初めて体験した人は、必ず「ワァー、



第 4 図 偏光板万華鏡の世界.

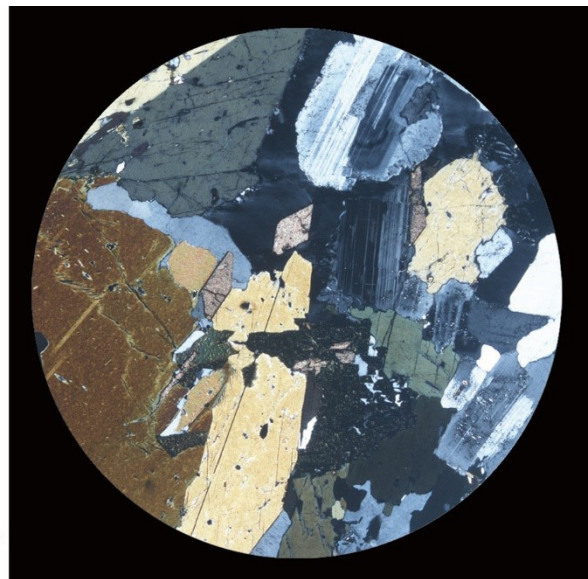
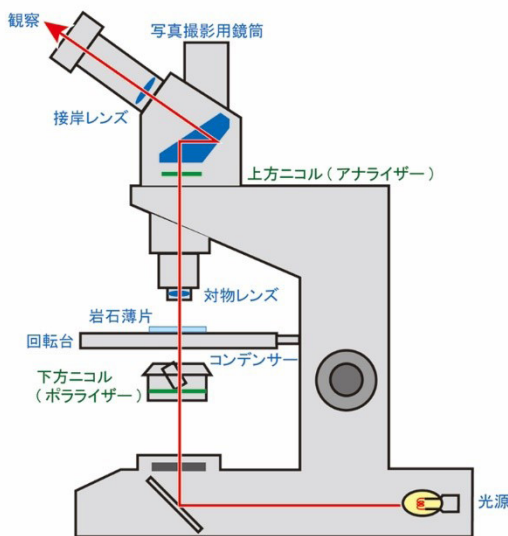
きれい!」と歓声を上げるはずで(第 4 図). 今度は隣の人のプラスチック円板を借りて, 2 枚を一緒に紙コップの間にに入れて観察してもらってください. セロハンテープの重なりが増えたので, もっと細かい複雑な万華鏡になるはずで. もちろん, セロハンテープをさらに貼り足すこともできます. 偏光板万華鏡の美しい世界をしばらく楽しんでもらったら, つぎは地質の世界へと案内します.

#### 4. 岩石薄片と宮澤賢治

最初は, 偏光板万華鏡が岩石薄片の偏光顕微鏡観察の疑似体験であることを説明します. 地質学を専門とする学科に進学した学生は, 火成岩岩石学実習などの授業(実験)

で, 必ず岩石薄片の偏光顕微鏡観察を行います. 私も大学 2 年(教養部)の地学実験で, 岩石薄片の偏光顕微鏡実習を行いました. 岩石薄片とは, 花崗岩などの岩石を岩石カッターで薄い板状にカットし, 片面を研磨してしてスライドガラスに貼りつけ, 反対側を岩石が透過するくらいまで研磨したものです. 研磨中にちょっと油断すると岩石がなくなって, ただの磨りガラスになってしまいます. 岩石薄片の観察は, 岩石の種類を決めたり, 岩石のでき方を調べたりするための最も基本的な作業です. 火成岩だけでなく, フズリナ化石が入っている石灰岩や, 変成岩, 堆積岩なども岩石薄片にして観察します.

第 5 図は, 偏光顕微鏡のしくみと偏光顕微鏡で見た花崗岩の薄片写真です. 偏光顕微鏡とは, 観察する岩石薄片



第 5 図 偏光顕微鏡のしくみ概念図 (<http://www008.upp.so-net.ne.jp/earth-sc/kennbikyou.pdf> 閲覧日: 2020 年 2 月 7 日を元に作成; 左) と, 偏光顕微鏡で見た花崗岩の岩石薄片 (右).

を取り付ける回転台を挟むように、2枚のニコルと呼ばれる偏光板が取り付けられている透過型の顕微鏡です。岩石薄片試料の下側を下方ニコル(ポラライザー)、上方を上方ニコル(アナライザー)と呼び、上下のニコルは通過できる光の振動面が直交するように配置されています。下方ニコルは固定され、上方ニコルのみ出し入れが可能です。

上方ニコルを入れていない状態(オープンニコルという)では、光源から発した光は下方ニコルを通る際、ある一方向の面で振動する光だけが通過します。そのため、オープンニコルでは、自然光ではなく無色の偏光サングラスをかけて岩石薄片を見ている状態です。一方、上方ニコルを入れた状態をクロスニコルといいます。上方ニコルの光の振動面は下方ニコルと直交しているので、クロスニコルで回転ステージに試料を置かなければ、視野は真っ暗になります。ところが、岩石を構成する鉱物はさまざまな光学的性質を持っているため、光学的に等方体でない鉱物を通過した光は、2方向に分散(偏光)して進みます。その結果、クロスニコルでは鉱物ごとにきれいな色(干渉色)がついて見え、ステージを回転させると色が変わったり(多色性)、色が消えたり(消光)します。これらの性質を利用して鉱物名を決定(同定)し、さらに岩石の組織や鉱物の組み合わせによって、岩石名を決定することができるのです。

ところで、塩の結晶がきれいな幾何学的形態を示すように、鉱物はその鉱物特有の形を有しています。岩石薄片の観察において、鉱物特有の形を表している場合を自形、そうでない場合を他形たけいといい、中間的なものを半自形じけいといいます。岩石の中の鉱物が自形か他形かによって、ドロドロに溶けたマグマから、どのような順番で結晶が誕生し成長してきたのかを推定することができます。例えば、マグマの温度が徐々に低下し最初に結晶化した鉱物(固相)は、周囲はまだ液相なので、鉱物特有の形を保持しながら成長することができます。マグマの温度が下がっていったら鉱物がたくさん誕生し、鉱物と鉱物の隙間しか液相が残っていないと、最後に結晶化した鉱物は隙間を埋めるように成長するしかありません。このように、マグマの中で早く結晶化した鉱物ほど自形になりやすいのです。実は、この岩石学的知見を使って見事な文学作品に仕上げたのが宮澤賢治です(第6図)。

岩手県の花巻市に生まれた宮澤賢治は、日本を代表する童話作家です。「銀河鉄道の夜」や「風の又三郎」、「注文の多い料理店」など多数の作品が愛読されていますが、その中に「な榎の木大学士の野宿」という短い作品があります。その一部を見てみましょう。



第6図 イベントのときに掲示している「石が語る、石と語る」のパネル。

「まあ、静かになさい。僕たちは 実に実に長い間 堅く堅く結び合ってあのまっくらな まっくらなところで一緒にまはりからののはげしい圧迫や すてきな強い熱に こらへて来たではありませんか。」

新修宮澤賢治全集 第十巻(筑摩書房)

「榎の木大学士の野宿」より

これは、宝石学の専門家である榎の木大学士が、蛋白石たんぱく(オパール)の採取のために分け入った山中での不思議な出来事を書いた短編です。2日目も収穫がなく、石切場で野宿することになった榎の木大学士は、ぼんやりとたき火を眺めながら藁の上に横になり、うとうとしていました。すると、傍らに転がっていた岩石(花崗岩)のかけらから、言い合っている小さな声が聞こえたのです。

「そんなに<sup>ひじ</sup>脇を張らないでお呉れ。おれの横の腹に病気が起るぢやないか。」

「おや、変なことを云ふね、一体いつ僕が脇を張ったね」  
「そんなに張って<sup>ひじ</sup>ゐるぢやないか、ほんたうにお前この頃湿気を吸ったせいかな ひどくのさばり出して来たね」

「おやそれは私のことだらうか。お前のことぢやなからうかね、お前もこの頃は 頭でみりみり私を押しつけようとするよ。」

新修宮澤賢治全集 第十卷(筑摩書房)  
「櫓の木大学士の野宿」より

先に結晶化したホルンブレンさん(角閃石：ホルンブレンド)の脇腹に、後から隙間を埋めるように結晶化したバイオタさん(黒雲母：バイオタイト)の肘が当たっていると、鉱物同士が言い争っているのです。それを、オーソクレさん(正長石：オーソクレーズ)が、「まあ、静かになさい・・・」と仲裁しているのです。ちなみに登場人物は、ホルンブレン(角閃石：hornblende)、バイオタ(黒雲母：biotite)、ジッコ(磁鉄鉱：magnetite)、オーソクレ(正長石：orthoclase)、プラジヨ(斜長石：plagioclase)、クォーツ(石英：quartz)、コングロメレート(礫岩：conglomerate)です。宮澤賢治は、岩石学的知識に基づいて鉱物を巧みに擬人化し、文学的感性で見事な作品に仕上げたのです。“石っこ賢さん”と言われる所以です。

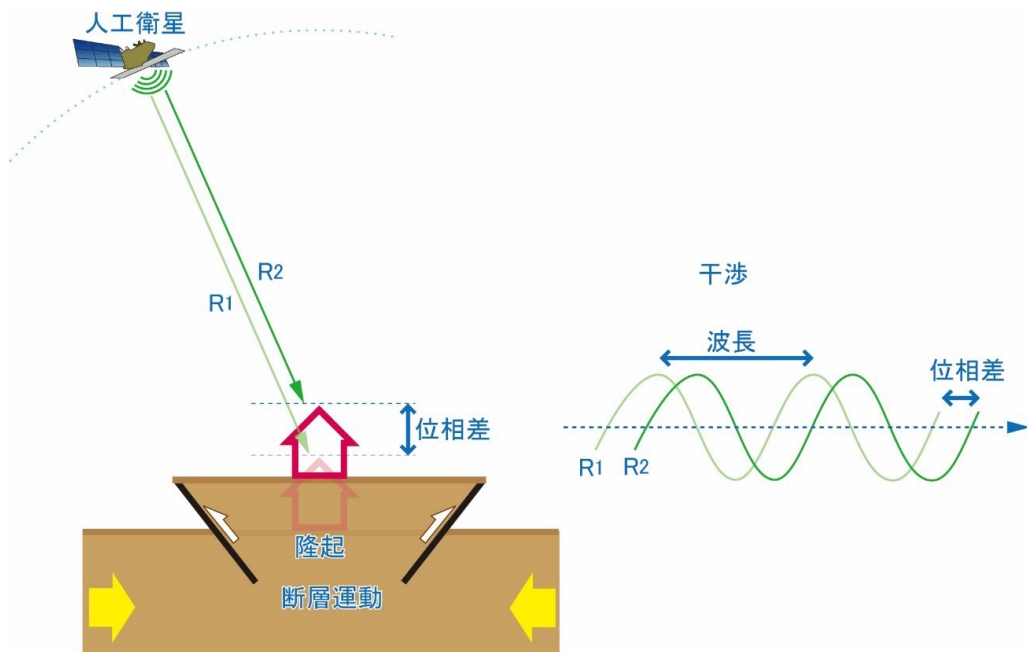
もちろん、私も二十歳の頃、大学の教養課程の地学実験で、岩石薄片の偏光顕微鏡実習を行いました。そして、顕微鏡の中の美しい世界を、丁寧にスケッチしました。しかし、鉱物の声など、全く聞こえませんでした。宮澤賢治の感性の鋭さをつくづくと感じます。

## 5. 宇宙から測る地殻変動

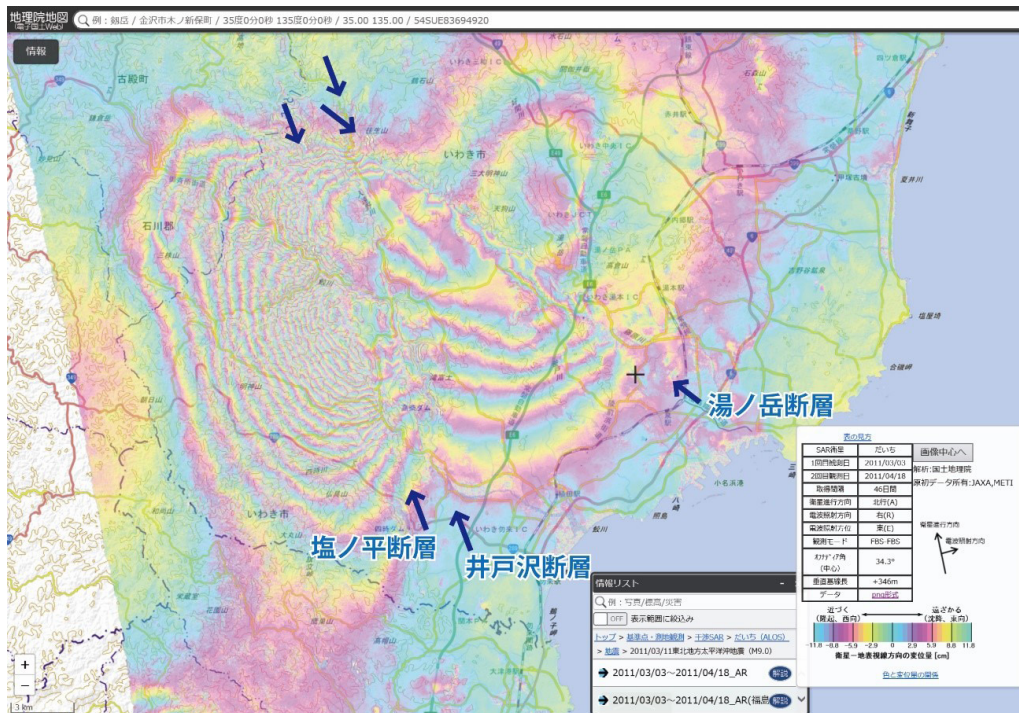
さて、偏光板万華鏡の組み立てから始まって、岩石薄片の偏光顕微鏡観察の疑似体験、そして宮澤賢治の文学世界へとつないでいきました。偏光板万華鏡を、何か他のテーマにも活用できないかといろいろ考えていました。そのひとつを紹介しましょう。

大きな内陸地震が発生すると、最近では干渉 SAR (InSAR：Interferometric Synthetic Aperture Radar) の画像がテレビのニュースなどに登場するようになりました。人工衛星などから観測する対象物(地球)に電波を発射し、反射された電波をアンテナで観測すると、電波の強度によって対象物の大きさや表面の性質が、電波が戻ってくるまでの時間によって対象物までの距離が分かります。アンテナの大きさが大きいほど分解能は上がりますが、人工衛星に搭載できる大きさには制約があります。そこで、人工衛星が移動しながら電波を送受信し、仮想的に大きな開口を持ったアンテナと等価な画像を得る技術が SAR (合成開口レーダー) です。

電波は波なので、定期的に繰り返す「山」と「谷」からなります。観測された情報には、連続する波のある位置情報(位相)が含まれています。人工衛星から地球の同じ場所に対して2回 SAR を観測し、それらを干渉させて差をとると、わずかな距離の差を検出することができます(干渉 SAR という；第7図)。通常のレーダー観測によって距



第7図 干渉 SAR のしくみ。



第8図 2011年4月11日の福島県浜通りの地震に伴う地殻変動を表す干渉SARの画像。国土地理院のホームページより(断層名は筆者が加筆)。(https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/gsi\_sar\_ALOS\_seika.html 閲覧日:2020年2月7日)

離を測定する場合、精度は数 m 程度ですが、干渉 SAR では cm レベルで差を測定することが可能です。人工衛星「だいち 2 号」の SAR レーダーの波長は約 24 cm なので、地震などの地殻変動が発生すると、12 cm ごとに繰り返す干渉 SAR の画像が得られます。縞模様が多く繰り返すほど、地殻変動が大きいことが分かります。

第8図は、2011年3月3日と4月18日の観測によって得られた干渉 SAR の画像です。2011年の4月11日に、マグニチュード7.0の地震が福島県浜通りで発生しました。震源の深さはおよそ6 km と非常に浅く、福島県の浜通りや中通りのほか、茨城県の鉾田市で最大震度6弱を記録しました。この地震は東北東-西南西方向に張力軸を持つ正断層型の地震で、一ヶ月前の3月11日に発生した、東北地方太平洋沖地震に伴う誘発地震と考えられています。干渉 SAR の画像を見ると、これまで知られていた井戸沢断層と湯ノ岳断層に沿って地面の変位の不連続が認められ、両断層が活動したことが示唆されました。井戸沢断層に沿っては明瞭な複数のリニアメントが認められ、この地震ではそのうち塩ノ平断層しおのひらに沿って変位の大きい地震断層が出現しました。

このように、人工衛星による SAR の観測によって、宇宙から地殻変動が調べられています。SAR の観測によって、非常に広い範囲の地殻変動を知ることができます。も

ちろん、実際に現地に行き、詳しい地表調査を行う必要があります。地殻変動の活発な日本列島では、あらゆる手段を駆使して地殻変動が調べられ、防災に役立つ研究が進められているのです。

さて、前置きが長くなってしまいました。ここで第8図の干渉 SAR の画像を見てみましょう。濡れたアスファルトの上に垂れた油の薄膜が作る虹色縞模様のようなですね。それでは干渉 SAR を、偏光板万華鏡を使って疑似体験してみましょう。偏光万華鏡キットを製作する過程で、偏光板をスクイーズパンチで円盤状にくり抜きました。1キットで円板状の偏光板を2枚使うので、偏光板の両面に貼られている円形の透明フィルムは4枚とれたはずですが、実はこの透明フィルムを使うと、干渉 SAR を疑似体験することができるのです。

まずこの透明フィルムを1枚、偏光板万華鏡の紙コップの間に入れて見てみましょう。片側の紙コップを回転させると、明るくなったり暗くなったりしますが、とくに色は付いていません。セロハンテープを貼る前の透明プラスチック円板のときと同様です。透明フィルムの分子構造が等方的なので、干渉色を示さないからです。

それでは、今度は透明フィルを取り出して、破れないようにゆっくり引き延ばしてみましょう(第9図)。この透明フィルムはちょうど良い柔らかさなので、結構引き延ば



第9図 透明フィルムを引き延ばして、偏光板万華鏡で覗いてみると・・・

することができます。この作業によって、分子構造は引き延ばされた方向に異方性をもつこととなります。つまり、地殻変動(地震)によって、地面が歪んだと考えましょう。そして、引き延ばされた透明フィルムを紙コップの間に挟んで覗いてみると・・・油膜のような、カラフルな縞模様が見えますね。地殻変動によって歪んだ地球の表面を、指で引き延ばして歪ませた透明フィルムで疑似体験することができました。難しい干渉 SAR の研究も、このような実験を通じて体感すれば、楽しく学ぶことができます。

## 6. おわりに

偏光万華鏡を使った科学から文学までの体験コーナー、如何でしたでしょうか。楽しい科学実験イベントでは、いろいろな企画が目白押しです。ただし、地質調査総合センター(GSJ)のアウトリーチ活動は地質学の普及を目的としているので、地質学と何らかの接点が必要です。毎年開催する地質情報展や研究所の一般公開はもちろん、外部機関から依頼された科学イベントでも、あくまでもGSJの研

究分野や研究成果の普及を行っています。

もちろん地質学そのものは、一般の方だけでなく地球物理学など周辺分野の研究者にとっても非常に難解な学問分野です。その敷居をできるだけ低くし、研究の本質を分かりやすく的確に伝えることが、アウトリーチ活動に求められています。時に、“伝えること”は、研究そのもの以上に難しいことも少なくありません。言い換えるならば、アウトリーチ活動には、研究とは別の能力(スキル)が必要なのです。

私はここ10年ほど、地学教育とアウトリーチ活動に力を入れています。それは、自身が見いだした知見を、他の人にも伝えたい心の欲求だからです。私が感じた興奮の10%でもいいから、他の人にも感じてもらいたいと思うのです。そのためには、研究者と一般の方の間の敷居を下げる工夫が必要です。そのアイデアを、私はホームセンターや100円ショップで探しています。地球は巨大なアナログなので、その本質は必ず簡単なアナログ模型で再現できると信じて探しています。



### 高橋雅紀 (たかはし まさき)

自身の研究成果をアナログ模型にして再現し、地学教育や地質学の普及に活用しています。2017年に発表した「日本海溝移動説」は、私が製作したアナログ模型が解明し、私はただその場に立ち会っただけ。アナログ模型のすごさを実感した瞬間でした。人生の時間は限られているので、常に“本質”と“枝葉”を意識しています。“本質”を探るには、デジタルよりもアナログの方が優れていると確信しています。

TAKAHASHI Masaki (2020) The back stage of the science - Story a stone tells, story talked with a stone-.

(受付：2019年12月5日)

# タイ国立地質博物館で熱応答試験および 現地セミナーを開催

田中 雅人<sup>1)</sup>・内田 洋平<sup>2)</sup>

## 1. はじめに

産総研再生可能エネルギー研究センター地中熱チーム(以下地中熱チーム)では、2013年度より東南アジアにおける地中熱利用システムの研究を進めています。一方、ミサワ環境技術株式会社は日本において地中熱利用システムの設計・施工・保守管理を行っていますが、地中熱チームの東南アジアにおける研究成果を参考に、JICA 中小企業・SDGs ビジネス支援事業に応募し、タイにおける「帯水層の地中熱利用による高効率冷房システム案件化調査」を実施しています。この調査では、タイ国立地質博物館(Pathum Thani)においてボーリング調査と地中熱交換器の設置を行い、熱応答試験(Thermal Response Test: 以下TRT)を実施しました。TRTの実施に合わせて、現地でセミナーを開催しましたので、その様子も含めて現地で実施したTRTの概要を報告いたします。

## 2. JICA プロジェクトにおける取組

今回の事業はJICAの中小企業・SDGs ビジネス支援事業により実施されています。この事業は、開発途上国の開発ニーズと日本の民間企業の製品・技術等とのマッチングを行い、開発途上国の課題解決と日本の民間企業の海外事業展開の両立を図ることを目的としています。

タイはパリ協定において2030年に20%の温室効果ガス削減を目標として掲げており、省エネルギーの促進が急務となっています。一方、バンコクでは急速な経済発展に伴い空調用エネルギーの増加が予想されており、パリ協定の目標達成には空調分野の省エネ推進が重要となっています。

タイでは、急速な経済発展に伴う電力需要を賄うための火力発電によるCO<sub>2</sub>の増加が予想されるため、それを抑えるために省エネ推進が推奨されます。特に、エアコン等による冷房の需要が大きなバンコクでは、空調分野の省

エネ推進が進められています。

そこで、本調査では空気熱源ヒートポンプによる冷房の代替として、地中熱を利用する高効率冷房システムにより電力の消費量削減に貢献することを目的として、バンコクの空気熱源ヒートポンプの利用状況調査、地中熱利用冷房システムの技術的、経済的適合可能性を調査しています。さらに、調査結果を基に具体的なODA案件を提案すると共に、ビジネス展開計画を策定する予定です。

また、日本では近年、地中熱ヒートポンプシステムの導入が加速度的に増大していますが(環境省, 2017)、その多くは寒冷地を中心とした事例です。東南アジアをはじめとする熱帯地域において冷房主体の地中熱ヒートポンプシステムの有効性を確認できれば、日本国内の温暖地域への適用拡大にもつながると考えられます。

2019年6月にJICAとミサワ環境技術株式会社が事業実施に関する契約を締結して調査に着手しました。その後、9月上旬にタイ国立地質博物館の敷地内において地中熱交換器(以下、新設孔)を設置し、10月上旬にTRTを実施しました。現地には地中熱チームが2016年3月に設置した地中熱交換器(以下、既設孔)があり、冷房の実証試験に利用されています(内田, 2016)。ただし、既設孔では、掘削に際して掘削泥水としてベントナイトを使用して施工されており、ベントナイトにより形成された泥壁が地下水の流れを阻害して熱効率が低いことが予想されました。そこで、今回の掘削ではベントナイトの代替として、これまでタイでは使用されていなかったポリマー剤(Thai Petroleum Support 社製 Shell Stabilizer)を使用して掘削しました。ポリマー剤は掘削後の時間の経過とともに自然分解するため、泥水(ベントナイト)の使用と比べて、地下水の流れを阻害することがなく、地中熱交換器における熱効率の向上が期待されます。また、掘削時間も短縮されます。2016年に地中熱チームが地中熱交換器を設置するために掘削したときは、泥水とケーシング管を利用したため、50mの掘削・熱交換器設置に3日を要しました(内

1) ミサワ環境技術株式会社 〒729-6202 広島県三次市向江田町 4252-2

2) 産総研 エネルギー・環境領域 再生可能エネルギー研究センター(兼)地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門

キーワード: 熱応答試験, 東南アジア, 地中熱, JICA プロジェクト



田, 2016). 今回はケーシング管を利用せずポリマー剤のみを使用して掘削したため, 同仕様の熱交換器を1日で施工することが出来ました.

### 3. 現地 TRT およびセミナーの実施

TRT は第 1 表に示す工程で 10 月 2 日から 11 日にかけて実施しました. まず, 既設孔において加熱試験を行い, その後地中温度の回復状況を測定しました. 既設孔の加熱試験終了後, 新設孔において加熱試験を行い, 新設孔でも同様に地中温度の回復状況を測定しました.

試験の結果から得られた地盤の有効熱伝導率と地中熱交換器の熱抵抗は第 2 表の通りです. 地盤の有効熱伝導率は, 地盤の物性値であるため地中熱交換器の構造に依存しません. 新設孔の熱伝導率が約 3 % 高い結果ですが, ほぼ誤差の範囲であり同等の結果と言えます.

タイ政府関係機関の担当者に TRT の理論や実施方法について紹介するため, TRT 実施中の 10 月 3 日に現地でセミナーを開催しました(写真 1). 本セミナーは, タイ天然資源環境省に所属する鉱物資源局 (DMR) に協力を頂き, DMR Special Talk として開催しました. 当日は DMR および地下水資源局 (DGR) などから 25 名程度の参加者が国立地質博物館に集まり, 地中熱チームの内田および秋田大学の小助川氏から地中熱ヒートポンプシステムや TRT の概要に関する講演がありました. その後, 実際に TRT を実施している現場を見学しました(写真 2~4). 参加者からは数多くの質問が寄せられ, 地中熱に対する関心の高さが伺えました.



写真 1 セミナーの様子



写真 2 見学会の様子

第 1 表 TRT の工程

	10月										
	2 水	3 木	4 金	5 土	6 日	7 月	8 火	9 水	10 木	11 金	
既設孔	加熱循環60h			回復測定72h							
新設孔					加熱循環60h			回復測定72h			

第 2 表 TRT の結果

	地盤の有効熱伝導率 W/(m・K)	地中熱交換器の熱抵抗 m・K/W
既設孔(ベントナイト使用)	1.69	0.095
新設孔(ポリマー使用)	1.74	0.087



写真3 TRT装置



写真4 TRT実施状況

#### 4. おわりに

11月に開催されたCCOP(東・東南アジア地球科学計画調整委員会)の年次総会において地中熱利用システムのワークショップを開催し、地中熱利用システムやTRTの概要について講演が行われました(内田・田中, 2020). JICAの事業では令和2年1月にかけて、さらに現地調査を予定しており、調査結果に基づいてビジネス展開計画などの検討を進めることにしています.

加えて、今回の調査結果を元に次のステップとなるODA案件を提案する予定です. 次期ODA案件では、国立地質博物館にある既設の冷房システムに地中熱利用システムを追加し、既設の空気熱ヒートポンプと同時に稼働することにより、館内全体の省エネ効果を把握・実証することを想定しています.

#### 文献

- 環境省(2017)平成28年度地中熱利用状況調査の結果について. <http://www.env.go.jp/press/103827.html> (閲覧日:2019年12月1日)
- 内田洋平(2016)タイ国立地質博物館地中熱ヒートポンプシステム設置工事. GSJ地質ニュース, 5, 287-289.
- 内田洋平・田中雅人(2020)2019年CCOP(第55回)年次総会で地中熱ワークショップ開催報告. GSJ地質ニュース, 9, 53-54.

---

TANAKA Masato and UCHIDA Youhei (2020) Thermal response test seminar in Thailand.

---

(受付:2019年12月12日)

# 2019年CCOP(第55回)年次総会で 地中熱ワークショップ開催報告

内田 洋平<sup>1)</sup>・田中 雅人<sup>2)</sup>

## 1. はじめに

産総研地圏資源環境研究部門地下水研究グループと再生可能エネルギー研究センター地中熱チーム(以下地中熱チーム)では、東・東南アジア地球科学計画調整委員会(以下、CCOP)の下で、地中熱ヒートポンプシステムに関するプロジェクト研究“Development of Renewable Energy for Ground-Source Heat Pump System in CCOP Regions”を2013年度より実施しています。東南アジアなどの熱帯地域では地中熱利用システムの設置実績が無く、省エネルギー・地球温暖化対策の観点からその普及は重要と考えられます。しかしながら、暖房の需要はほとんどなく、冷房需要運転のみであるため、地下への効率的な廃熱が求められます。また、東南アジア地域の地下地質構造や水文環境は、日本の平野や盆地と類似点も多いため、地中熱チームが実施している「地域の水文環境を活用した地中熱システム」の研究手法が適用できると考えられます。そのような中で、これまでにタイ・バンコクのチュラロンコン大学、サラブリー県のチュラロンコン大学実験場、パトゥムターニー県のタイ国立地質博物館(鉱物資源局所属)の3カ所で地中熱ヒートポンプシステムの実証試験を行っています(内田, 2015)。さらに、ベトナム地球科学鉱物資源研究所(ハノイ)においても、同様の実証試験を実施しており長期モニタリングを行っています(内田, 2017)。これまでの実証試験で、バンコク・チュラロンコン大学のシステムでは、成績係数(coefficient of performance : COP)が約4.5、消費電力の削減量は通常のエアコンと比較して約30%を示しました。COPについては、日本における通常のエアコンに関して、夏・冬の冷暖房運転の平均値は約2.8とされています。

ところで、ミサワ環境技術株式会社は、国際協力機構(JICA)に対して中小企業・SDGs ビジネス支援事業「タイ王国 帯水層の地中熱利用による高効率冷房システム案件化調査」を提案し、2019年1月に採択、同年6月より調

査を開始しています(田中・内田, 2020)。この調査が提案された背景には、CCOPの地中熱プロジェクトによる研究成果があり、タイ国の天然資源環境省下にある鉱物資源局と地下水資源局の理解、協力が得られているという実績があります。本調査では、地中熱チームも全面的に協力しています。

## 2. 地中熱ワークショップ開催

東南アジアでは、地中熱システム(ground source heat pump system)という言葉は全くといって良いほど知られていません。東南アジアでの地中熱システム普及を考える上で、現地における地中熱システムの実証試験が大切なのは言うまでもありませんが、それと同時に、地中熱の啓蒙活動も非常に重要です。

そのような中で、タイ・チェンマイで開催された第55回CCOP年次総会(2019年11月3日～11月7日)において、地中熱ワークショップ“CCOP-DMR-MISAWA-GSJ Workshop for Application of Groundwater Heat Source”を11月5日(火)に開催しました。本ワークショップは、JICA予算の下、CCOP、タイ鉱物資源局(DMR)、ミサワ環境技術株式会社およびGSJとの共同で、CCOP加盟国への地中熱利用技術の情報提供および啓蒙を目的とするものです。ワークショップは、CCOP事務局長(Young Joo Lee氏)、地質調査総合センター代表(矢野雄策氏)、DMR局長(Somma Techawan氏)の開会挨拶から始まりました。

開会挨拶に引き続き、まずGSJの内田が、CCOP-GSJ地下水プロジェクト及び地中熱サブプロジェクトの概要について説明しました。続いて、タイ・チュラロンコン大学のSrilert Chotpantarat氏とベトナム地球科学鉱物資源研究所のTrong Thang Tran氏が、それぞれの地中熱システムに関する稼働状況と今後の地中熱普及に関する展望について発表しました。その後、秋田大学の藤井 光氏が、タイにおける熱応答試験結果と地中熱システムの導入可能性

1) 産総研 エネルギー・環境領域 再生可能エネルギー研究センター(兼)地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門

2) ミサワ環境技術株式会社 〒729-6202 広島県三次市向江田町 4252-2

キーワード：CCOP, 東南アジア, 地中熱, JICA プロジェクト

について、東京工業大学の島田佑太郎氏がタイにおける地中熱システムの経済評価について解説しました。最後に、ミサワ環境技術の田中から、今年度のJICAプロジェクトの概要と今後の計画について発表がありました。ワークショップは、JICA タイ事務所次長(竹内和夫氏)で閉会いたしました。

会議後は、立食形式の懇談会が開催され、東南アジアにおける地中熱導入に関して様々な議論が活発に行われました。

### 3. おわりに

今回の地中熱ワークショップは、CCOP 技術セッションとの併設会議ということもあり、参加者数は30名程度でした。しかし、多くの参加者は、地中熱にたいへん興味を持っており、それぞれの講演に対して、多くの質問が寄せられました。また、タイ・バンコクのカセサート大学

では独自に地中熱の研究を始めており、3名の研究者が本ワークショップに参加していました。ワークショップ後の懇談会では、カセサート大学の研究者と情報交換を行い、2020年3月にはカセサート大学において、地中熱に関するGSJとの共同ワークショップを開催する方向で調整を開始しました。

### 文 献

内田洋平 (2015) タイにおける地中熱ヒートポンプシステム実証試験. GSJ 地質ニュース, 4, 306-308.

内田洋平 (2017) ベトナム地球科学鉱物資源研究所地中熱ヒートポンプシステム設置工事. GSJ 地質ニュース, 6, 140-142.

田中雅人・内田洋平 (2020) タイ国立地質博物館で熱応答試験および現地セミナーを開催. GSJ 地質ニュース, 9, 50-52.



地中熱ワークショップ参加者の集合写真

UCHIDA Youhei and TANAKA Masato (2020) Report for Workshop for Application of Groundwater Heat Source in 55th CCOP Annual Session.

(受付：2019年12月12日)

## 旅客機から見る日本の名山 美しい山々を機窓から楽しむ

須藤 茂 [著]

イカロス出版株式会社  
発売日：2019年11月30日  
定価：本体1,727円＋税  
ISBN: 978-4802207553  
25.7 cm x 18.3 cm x 1.0 cm  
並製  
183 ページ



私は院生の頃から、航空機に乗るときは公私を問わず、できるだけ主翼に視界が遮られない後部の窓際の席をリクエストすることになっている。その目的は、機窓から地形や街の風景を上空から見て楽しむためである。妻からは“いい歳して、子供みたいで恥ずかしい・・・”と疎まれることがあるが、私は何を言われても決して気にとめることはない。天空からのぞき見る地表の景観はまさしく絶景であり、何ものにも代えがたい価値がある。今の時代では、ネットでGoogle Earthや地理院地図を用いればカラー版の航空写真を普通に見ることができる。最近ではドローンを使った空撮も容易になってきた。さらに撮影が容易なデジカムもあるし、スマホでも十分に綺麗な写真が撮れる。一方、私の学生の頃は、国土地理院の地図を眺めて地形を想像するか、モノトーンの航空写真を立体視するしか術がなかった。自分の目で地形を眺める機会は極めて稀であり、そのため、年間数回ほどの限られた乗機の際に、機窓から地表を眺めるのが至福の時であった。

私も機窓写真を、恐れも知らずにGSJ地質ニュースの巻頭写真に寄稿してきた経緯がある。ところが、私のとった写真の多くは意外に評判が良く、しばしば地元の博物館や図書館に掲載されているのを見かけたこともあった。また、写真の記述に関して地元自治体からの問い合わせも度々あった。

これまでの私の経験に基づくならば、航空機の狭い機窓から綺麗な写真を撮るには、高性能なカメラを使用すること以上に、運と経験が必要であると思う。運に関しては、乗機時当日の天候に恵まれること、特に雲が少なく晴れ間が多いことが重要である。特に冬場や台風一過の雨上がりの日には空気が澄んでいて、比較的鮮明な写真が撮れることが多い。また、旅客機の窓はアクリル製の多重構造に

なっており、特に外気に接する外側のアクリルが汚れていても、乗客が自ら洗浄することは出来ない。

経験に関しては、当日の航空機の飛行ルートと通過時間における太陽の位置を事前に計算して、座席を予約しておく必要がある。このように事前に座席指定できるようになったのも、ネット社会になった恩恵である。それ以前は、乗機直前に空港のカウンターに行くまで、何処の席に座るかはわからなかった。

もちろん逆光では綺麗な写真は撮れないし、午後の夕刻になると写真が赤く染まってしまう。乗機の際、座席の位置が進行方向の右側か左側か、ターゲットとなる被写体が飛行ルートの左右のどちら側に現れるかを事前に計算しておく必要もある。これについては、同じ時間帯の同じルートの航空便に何度か乗れば、概ねどのような被写体がどのようなアングルで撮れるかはある程度計算できると思う。

このような機窓写真は、しばしばSNSや書籍でも目にする事ができる。しかし、その多くは旅行ライターや素人によるものであって、プロの地質学者が自ら撮影し解説したものは貴重である。須藤 茂氏は1976年に工業技術院地質調査所に入所後、長らく火山防災や地熱研究に従事してこられた。2011年に産総研を退職され、その後は地質標本館のシニアリサーチャーとして長らく活躍してこられた。この間に地質ニュースの編集長も担当されておられたと記憶している。ちょうどその頃に、“日本の機窓から”と題する5回のシリーズ原稿を執筆されたが(須藤, 2009など)、これが本書の原案になっていると私は想像している。

彼は文字通り地質および火山のエキスパートであり、そのため山、特に火山の地形にはとても詳しい。この度、彼が長年にわたって機窓からこれまで撮影してきた山々の



写真を整理して、新たに書籍を出版されたので、皆様にもご周知したいと思う。実はこれまでも、須藤さんの書かれた「世界の火山図鑑 写真からわかる火山の特徴と噴火・予知・防災・活用に」という普及書(須藤, 2013)の紹介をGSJ地質ニュース誌上で行わせて頂いたことがある(七山, 2014)。彼は研究者としても一流であったが、その時間の合間を見て行う広報やアウトリーチ活動にもたいへん積極的であった。我々現役のGSJ研究者が手本とすべき、志を持ったOBのお一人だと思う。

本書には須藤さんが日本全国で自らのカメラで撮影した236枚の機窓写真が各飛行ルートに沿って掲載されており、それぞれの画像にある山々について、地質学的視点からの解説文が添えられている。

巻末にある、撮影余話は須藤氏の機窓撮影への拘りを感じさせるものであり、今後撮影を志される方の参考になると思う。さらに、本書に記載された山名のリストも付属されており、山名から写真を検索できるようになっている。

なお、イカロス出版は、航空定期誌である「AIRLINE」の他、航空機関係の書籍やジャーナルを専門的に出しており、本書の内容に近い「機長の絶景空路 羽田=札幌・大阪」(杉江, 2015)という書籍も既に出版されている。本書は

タイトル通り元JALの機長が書かれた機窓ガイドブックであり、機長の目から見た羽田～札幌間および羽田～大阪間のフライト中の絶景ポイントが詳しく記されている。この2冊を合わせ読むと、おそらくどなたでも素晴らしい機窓写真を撮影できると私は思う。

## 文 献

- 須藤 茂 (2009) 日本の機窓から (1) 北アルプスと白山. 地質ニュース, no. 656, 5-8.
- 須藤 茂 (2013) 世界の火山図鑑: 写真からわかる火山の特徴と噴火・予知・防災・活用について. 誠文堂新光社, 223p.
- 杉江 弘 (2015) 機長の絶景空路 羽田=札幌・大阪. イカロス出版, 145p.
- 七山 太 (2014) 書籍紹介 世界の火山図鑑: 写真からわかる火山の特徴と噴火・予知・防災・活用について. GSJ地質ニュース, 3, 223.

(産総研 地質調査総合センター 地質情報研究部門 七山 太)

#### GSJ 地質ニュース編集委員会

委員長 宮地良典  
副委員長 名和一成  
委員 井川怜欧  
児玉信介  
竹田幹郎  
落唯史  
小松原純子  
伏島祐一郎  
森尻理恵

#### 事務局

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  
地質情報基盤センター 出版室  
E-mail : g-news-ml@aist.go.jp

---

GSJ 地質ニュース 第9巻 第2号  
令和2年2月15日 発行

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

〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1 中央第7

印刷所

#### GSJ Chishitsu News Editorial Board

Chief Editor : MIYACHI Yoshinori  
Deputy Chief Editor : NAWA Kazunari  
Editors : IKAWA Reo  
KODAMA Shinsuke  
TAKEDA Mikio  
OCHI Tadafumi  
KOMATSUBARA Junko  
FUSEJIMA Yuichiro  
MORIJI Rie

#### Secretariat Office

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology  
Geological Survey of Japan  
Geoinformation Service Center Publication Office  
E-mail : g-news-ml@aist.go.jp

---

GSJ Chishitsu News Vol. 9 No. 2  
February 15, 2020

**Geological Survey of Japan, AIST**

AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1, Higashi, Tsukuba,  
Ibaraki 305-8567, Japan

## 通町筋から見た再建工事の進む熊本城天守閣

cover photo



熊本市は熊本城を有する城下町であり、市電の走る通町筋とおりちょうすじはこの街のメインストリートである。2016年4月14日21時26分、日奈久断層帯北端部を震央とする Mw6.2 の前震が発生し、その28時間後の4月16日1時25分には、布田川断層帯を震央とする Mw7.0 の熊本地震の本震が発生した。これら2つの地震は隣接する2つの断層帯で発生した連動型地震と考えられている。一方、これらの直下型地震の発生により、熊本県内の広い範囲で地震災害が多発したが、その中でも熊本城天守閣の大規模な損壊は、市民にとって衝撃的な出来事であった。現在も急ピッチで城内の復旧工事が進められており、深く傷つきながらも街の中心に凜とたたずむ姿は、市民の復旧・復興のシンボルとなっている。

(写真・文：七山 太 産総研地質調査総合センター地質情報研究部門)

The reconstructing castle tower of the Kumamoto Castle taken from Torichosuji Street, Kumamoto City. Photo and Caption by NANAYAMA Futoshi