

富士山の生い立ちと麓にもたらした湧水の科学的特徴：富士山の地下水の道のりをさぐる

メタデータ	言語: ja 出版者: 静岡大学地域創造教育センター 公開日: 2024-04-03 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 小林, 淳 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10297/0002000527

富士山の生い立ちと麓にもたらした湧水の科学的特徴 ——富士山の地下水の道のりをさぐる——

小林 淳

はじめに

†自己紹介

私は、現在、静岡県富士山世界遺産センターの火山学の研究員として勤めています。専門は火山地質学です。火山学はいろいろな分野に分かれているのですが、その中の火山噴火で噴出したものを研究する「火山地質学」が専門になります。さらにその中でも私は、第四紀という、地球の非常に長い歴史から見たらごく最近の時代を対象に研究しています。一言で言えば、普段私たちが生活している場所の地形がどのようになできたのかということ、火山の地形、噴火の歴史から明らかにしていくという研究をしています。私は、研究を研究だけで終わらせたくないという思いがあるので、火山の防災や火山のハザードマップという形で、少しでも社会の役に立ちたいと思っています。

火山の地形というのは、言い換えれば噴火でできた傷跡、噴火の痕跡になります。富士山を南東側から見ると、宝永火口が三つ並んで、その間に宝永山があります。このような地形を見ながら、例えば宝永火口はどういう順番にできたのかということを考えたりします。

宝永山は、富士山の古い山体（古富士）で頭を出したものであるということを、私も教科書で習い、今もそのように広く受け入れられています。ただし、最近でた論文では、この宝永山というのは、宝永噴火の過程で、第二火口と第三火口の間に来た山だと考えられるようになり、私もそのように考えるようになりました。ただ、難しい問題です。なので、研究者内でも合意は取れていません。

もう一つ、三つの宝永火口以外にも穴があることに気づくと思います。その穴を作っているへりの堆積物を見ると、宝永噴火そのものなのです。これも宝永火口ではな

いかと私は考えていますが、様々な考えの研究者がいますので、言ってもなかなか認めてもらえないところはあります。

一方、地下から上がってきたマグマが、溶岩として噴出し地面を覆う噴火もあります。富士山の地形を見ると、八六四年の貞観噴火^{じょうがん}では西湖と精進湖の方に溶岩流が流れた跡が見えます。このように噴火によって開いた穴から溶岩を出し、最後にかさぶたでふたをするように山を作る場合もあります。いずれにしても、火山の噴火によって残された地形は、噴火のプロセス、時間経過をそのまま残すものになります。

しかし、あくまで地形というのは、最も最近、言い換えれば、最後に発生した噴火が残した地面の形になります。地形だけでは過去のことが見えないので、私たちは地層を見て触って考えます。地層は、過去の地形の積み重ねということもできます。地層が露出している場所を、露頭と言います。新東名の小山町の辺りは、三千五百年分ぐらいの地層が出ていて、縞模様など、いろいろな模様があります。地層は下から上に向かって時代が新しくなり、上下方向は歴史を示しています。いろいろな模様は、噴火の形、噴火の様式を表しています。私たちは、地形を見て、現在の地形から最近の噴火の形を研究して、さらにそれを掘り

込んだ際に現れる地層を観察することによって、噴火の歴史、さらにはその場所の地面の成り立ちを研究します。非常に難しいような、簡単なような学問です。

そのような中で、私たちは露頭が現れている崖に張り付いて、降ってきたもの、流れてきたものの構成物を一粒一粒詳細に観察したり、分析したり、一つ一つの噴火の様子をさらに観察したりしています。崖がある所ではそのようにするのが、崖がない所は掘ります。私も富士山のいろいろな所で穴を掘りました。三、四メートルぐらい地層を掘って、その中に入って調査していました。今では問題になるかもしれないような、結構危ない調査もしました。

† 静岡県富士山世界遺産センターの紹介

私は今、静岡県富士山世界遺産センターに勤めています。二日前の六月二十二日に富士山世界遺産登録十周年を迎えたので、お客さまも多く見えています。この世界遺産センターを象徴するのが、富士山の麓で伐採されたヒノキ材の木格子で覆われた逆円錐形の建物とそれを建物正面の水深三センチメートルのプールに映し出した姿で、これはとても意味があります。今日のテーマにも少し関連するのですが、富士山は水が豊かな山だということを表現しています。夜にはライトアップすることによって、富士山の頂

上が雪をかぶっている感じになります。

世界遺産センターの常設展示は、「登拝する山」「荒ぶる山」「聖なる山」「美しき山」「育む山」「受け継ぐ山」に分かれています。富士山は信仰の山で、現在だけではなく、過去の遺跡の時代からずっと富士山は祈りの対象として捉えられてきました。そのため、当時の人々は海岸べりから富士山の山頂を目指して登っていったと考えられます。「登拝する山」では、そのときの様子、そのときの人々が見たであろう風景を今の時代に見るような形で、スロープを登っていく工夫、仕掛けがあります。そして、スロープを登り切った先にあるピクチャーウィンドウ（額縁状の窓）からは富士山が見えます。

富士山の信仰は、最初の頃は遠くから富士山を眺めて、富士山が鎮まるのを祈る遙拝^{よちはい}でした。頻繁に続いた富士山の激しい活動が収まった時代からは、実際に山に登って、山頂の火口の中にいらつしやる神様や仏様を詣でるといふ登拝に変わっていききました。この移り変わりはまさに富士山が活火山であったからこそ、できている歴史といえるのではないのでしょうか。

一方、富士山の芸術の面の話で言うと、富士山が広い滑らかなスロープになっているのも、現在に至るまで激しい噴火を繰り返してきた活火山であるからこそです。古い火

山になってしまうと、そのような特徴はありません。このようなことから、火山のことをきちんと研究することは意味があると私は思っています。

私は最初からこの世界遺産センターにいたわけではありません。途中から入ってきた人間です。「荒ぶる山」の展示は、この数年間でかなりリニューアルしました。特に、地球の成り立ち、日本列島の成り立ちについては、富士山だけではなく、この地域、伊豆半島も含めた一体となった成り立ちの話をするようにしています。

静岡県富士山世界遺産センターは博物館です。にもかかわらず、これまで実物・立体展示物が一切ありませんでした。ここに至るまでかなり議論して、やはりきちんと物を置かなければ博物館ではないということで、「受け継ぐ山」の一部リニューアルに踏み切りました。今の富士山を見て将来のみんなに伝えていかなければいけない、その中の一つとして「防災（火山防災）」が大事だということで、宝永噴火を注目した展示をつくりました。

一つは宝永噴火の噴出物である、火山弾と火山礫を展示しました。宝永噴火は二週間の噴火です。展示台の右側に噴火の最初で噴出したものを置き、左に噴火の終わりに噴出したものを置きました。一方、下に大きく重たくて火口の周りに落ちたもの（火山弾）を置き、上には、小さく軽

いためにより高く噴き上がって、遠くに飛んだもの（火山礫）を置きました。

遠くに噴き上がったものは、当然、当時住んでいた人々の生活の場に降ってきました。その地層を剥ぎ取り、標本として置いてあります。工事現場で出た崖を地層ごとべりとはがすのです。当時の噴火で噴出して堆積したものを、実物の標本として展示しています。畑を軽石が覆って埋めた跡の標本も展示しています。宝永噴火が始まったのは十二月十七日でした。ちょうど麦を植えていた頃といわれています。昔の地面、まさにその当時、この場所で生活を営んでいた人々の痕跡を残しています。

さらに、宝永噴火で起きたこと、富士山の生い立ちで起こったことは、将来も起こり得るということで、二年前（令和三年三月改定）にできたハザードマップを、プロジェクトクションマッピングで富士山の精密な地形模型に投影するという形で展示しています。なるべく私はこの場所に立って、展示のご案内をするようにしています。

七月二十二日から、夏休みを挟んで、九月十八日まで、「地層剥ぎ取り資料が語る富士山の噴火と崩壊」という、私が担当する企画展があります。富士山は噴火するだけではなく、崩れるのです。崩れてきた歴史を有します。それを実際の標本として展示します。自分で採取したものもあれば、

お借りしたものもあります。少し遠いですが、ぜひお越しください。

ふじのくに地球環境史ミュージアムはご存じですか。県立静岡南高校の跡につくられた、静岡県立の施設としては唯一の自然史分野の博物館です。そこでも七月十五日から十月二十二日まで、「知られざる富士山」という企画展が行われます。富士山の成り立ちから富士山に住んでいる動物、湧水について、教科書に載っていることだけでなく、トリビア的なものを集めて紹介するという展示です。私も富士山の成り立ちや湧水の話、ハザードマップの話を紹介して紹介しています。

富士山の生い立ち

＋静岡県の特徴

富士山の湧水の科学的特徴についてお話しする前に、まず湧水の器になる富士山の成り立ちが、富士山の湧水の特徴を特徴付けているので、最初に富士山の生い立ちの話をしていきます。

静岡県は山がちな県です。侵蝕されている険しい山が多いのですが、そこから平野に出る所に、大きな川に沿って扇状地が発達しています。山で削られた土砂が、海に向

かつて流されて、河口の近くで扇状地を作り出しているというのが静岡県県の大きな特徴です。天竜川、大井川、安倍川、富士川、黄瀬川があります。

この扇状地が行

き着く海の所は、伊豆半島と御前崎に挟まれた駿河湾です。駿河湾の水深は二五〇〇メートル、富士山の標高は三七七六メートルで、その差は六〇〇メートルぐらいです（図1）。距離は八五キロメートルで、非常に急勾配、高低差もあるというのが、富士山と駿河湾の特徴です。さらに駿河湾は深海魚が捕れるので、沼津や西伊豆に行くと、そういうものを食べさせてくれるお店がたくさんあります。駿河湾は自然だけではなく、衣食住の「食」を支えている所でもあります。

＋富士山の特徴

日本列島は四つのプレートがぶつかり合ったり、沈み込

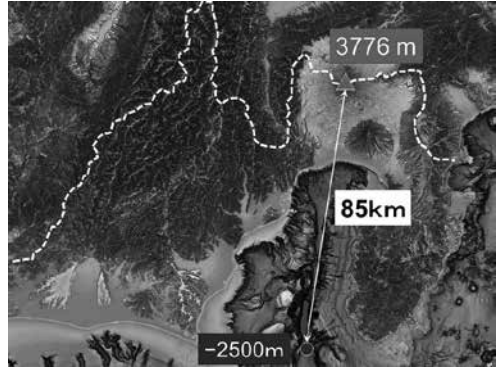


図1 日本一“高い”富士山と日本一“深い”駿河湾

み合ったりしています。日本列島の南からはフィリピン海プレートが、日本列島（大陸）の方に向かって北上しています。その北端部がちょうど伊豆半島で大陸側のプレートに衝突して、沈み込んでいます。ですので、駿河湾を含む地域が、日本で一番アクティブというか、活動的に地形が変形している場所になります。現在、プレートが衝突し沈み込んでいる場所が、富士山の北にあるのか、南にあるのか、真下にあるのかというのはまだ証拠がありませんが、いずれにしても富士山の近くがプレートが衝突している場所だということです。

もう一つの特徴は、富士山―箱根山・東伊豆に、地表に伸びるマグマの湧き出し口が連なっていることです（図2）。フィリピン海プレートが大陸にぶつかっている所を貫くように、下からマグマが湧き上がってきます。とんでもない場所です。この地域においては、プレート



図2 南東に連なる火山弧の北端が衝突・沈み込む場所

のマグマの貫入がそれぞれで発生しており、両方かぶさっているという、防災上非常に難しい場所になります。

伊豆半島の下では大陸側のプレートにフィリピン海プレートがぶつかって、かつもぐりこんでいます。一方で太平洋プレートは、フィリピン海プレートの下にもぐりこんでいます。この太平洋プレートから絞り出された水がマグマを作って、それがフィリピン海プレートと大陸側のプレートを突き破って、富士山ができました。こういう場所は、日本列島にはないのです。ということ、富士山は、日本列島にある火山の中にはない特徴があるということが言えます。

その結果、次の四つが富士山の特徴として挙げられます。

①日本の陸上火山としては群を抜いて「巨大」。

湧水の立場から言えば、器が巨大です。

②日本の陸上火山としては成長が「早い」。

富士山（古富士・新富士）は誕生してから十万年経っています。火山の一般的な寿命から言えば、富士山は人間に例えるともまだ二十歳あるいは十歳そこらの若さです。それなのに日本で一番巨大なのです。言い換えると成長が早い。そのような異常な山です。

これらの他に、③「玄武岩マグマ」のみを噴出し続けている、④「広大な裾野」を有する「円錐形の火山体」といっ

た特徴を有しています。

これらの特徴はすべて、四つのプレートが折り重なっている場所でマグマが生成され上昇してきたということで説明できる部分もあります。そのような非常に複雑な場所に行き来しているのが富士山になります。

十富士山の成り立ち

富士山はきれいな円錐形なのですが、今ある新富士火山の下には三つの火山、先小御岳火山、小御岳火山、古富士火山があります（図3）。「四階建ての火山」といわれることもあります。

その成り立ちに関しては、元々あった先小御岳火山、小御岳火山がその活動を終えて、約十萬年前から古富士火山の活動が始まります。古富士火山は、先行する火山を覆い隠すように噴火をするのですが、その噴火が非常に爆発的で、噴煙柱を立ち上げて、火砕物を大量に出しました。その活動した年代が十萬年前から一・七萬年前までです。この時代が大事なのです。これは、地球的には最終氷期にあたり、ちょうど地球が全体的に寒くなっていくときに、古富士火山が活動していました。そして、一番寒いときに、こういう噴火をしたら、どうなりますか。

当時の富士山は雪が少なかつたと思いますが、気温は非

常に寒かったと考えられています。このような氷漬けの富士山において、噴火が山頂で起これば、降下火砕物を周りに吹き出すとともに、氷を融かして土砂を巻き込みながら、土石流として、泥流として麓に流すことが発生します。ですので、この時代の富士山の噴火の堆積物は、降下火砕物と融雪型火山泥流の両方が見られます。これが後で湧水の話と非常に絡んできます。

この泥流の堆積物はいろいろな所で見られます。白糸の滝に行ったことのある方もいらっしやると思いますが、

白糸の滝では上に溶岩があつて、下に古富士泥流と呼ばれる堆積物があります。その古富士泥流に相当するものが、古富士火山の融雪型火山泥流になります。

この泥流、土石流の堆積物は、富士山全体の麓に広がっ

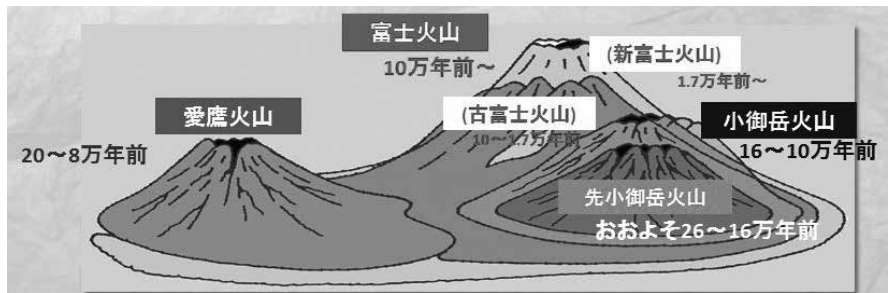


図3 今の「富士山」に埋もれた、むかしの富士山（荒牧・太田2008に加筆）

ています。それだけではなく、土石流が麓に広がっていくので、その当時の川、山梨県側で言うと、桂川に行つて、それが相模川になって、相模原に抜けて、厚木に抜けて、相模湾に行きます。こ

のように大回りして、海につながっていきます。

白糸の滝で見られるような古富士の泥流堆積物は、都留の太郎次郎滝でも見られますし、今の相模湖のほとりの名倉でも見られます（図4）。さらに、厚木市や座間市でも見られます。

そうやって古富士の大きな山体が、爆発的噴火をしながら、泥流を出しました。ただ、富士山というのは脆弱な山というか、火山灰が積み上がった、一言で言えば砂山です。ですので、どうしてもある程度高くなってしまつと、何らかの要因で崩れてしまいます。二万年前ぐらいに、富士山は西の方に崩れました。同時期に東の方にも崩れています

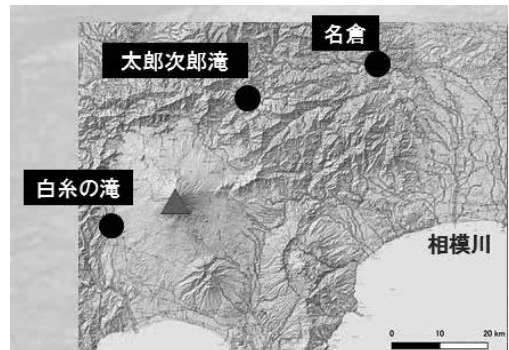


図4 古富士火山（星山期）融雪型火山泥流の拡がり

が、それが田貫湖岩層がんせうなだれといわれているものです。

ここで富士山の噴火はがらっと変わるのです。古富士の時代は、爆発的噴火によって、火山灰をたくさん出してまき散らしました。崩れてしまった後は、一転して、溶岩しか出さなくなったのです。新富士火山の土台を作った時代です。古富士火山は泥流によって裾野に泥を広げましたが、その上に今度は溶岩を広げたのです。その代表格の一つが、三島溶岩です。ざっくりと一万年前からあります。その時代の溶岩は、西の方に行けば芝川溶岩、万野溶岩などがあります(図5)。さらに北に行けば猿橋溶岩があります。その時代、富士山の土台をどんどん作るような溶岩が、至る所に流れていきま

した。新富士火山の活動の中で富士宮期と呼ばれる活動期です。
そのときの溶岩はどこで見られるかという、白糸の滝の上半分や、富士川河口、三島駅前です。このよ



図5 新富士火山の形成
(出典) 萩原佐知子(TUBE graphics)原図

うな所まで富士山の溶岩が流れ下ってきました。言い換えれば、最近の時代は、遠くまでは溶岩は流れてきていないということが言えます。

富士山は古富士(星山期)のときの土石流で基礎ができ、そこに新富士火山初期(富士宮期)の溶岩が、裾野を大きく広げて、土台を作りました。その土台の上に、今の富士山頂を乗せる富士山の、いわゆる砂山というか、火山体が立ち上がっていきました。高く高く、上に成長したのです。

富士山の湧水の基礎的特徴

ここまで器の話をした上で、次は湧水の話をしたと思います。どうしてこういう話をするかというと、私は火山の専門家なので、やはりきちんと器の話をした方が分かりやすいかと思いい、このような順で話をさせてもらっています。

三年前(二〇二〇年)、私が富士山世界遺産センターに来て初めて担当した企画展が、専門ではない湧水でした。ただ、そのおかげで湧水の話ができるぐらいまでには勉強しました。

この企画展の中では、火山としての地形、火山としての

構造という、器とその中身の話をきちんとしなくては湧水を語ることはできないということで、そのような展示をしました。その上で、湧水の地下水としての流れ、水の特徴、富士山の地下水は湧水になるまでに何年になるのかという話もさせていただきました。専門家ではない自分が、気になったことを自分で研究して、自分なりの答えを導いて、それをまとめて企画展にしました。また、湧水は社会的なニーズ、ベネフィット (Benefit) もあります。それについても話をしました。これについても、いつか企画展以外で話をする機会があればと思います。

↑富士山の湧水が湧き出す場所

湧水は基本的に、富士山に降り積もった雪、もしくは雨が湧き出たものになりますが、富士山頂にある幻の滝はご存じですか。富士山の雪解け水が流れてくるのです。下流に目を移すと、これはまた地面の中に染み込んでいきます。地面に染み込むということは、地下水になるということです。富士山の広大な裾野の中に吸い込まれていきます。この広大な裾野目をこらして見ると、所々にひっかき傷のように溝があります。このような所に、地下水が崖を通して顔を出してくる。これが湧水です。富士山の湧水は、言い換えると、富士山の地下水が顔を出したのになります。

富士山の湧水が湧き出す場所は、太郎次郎滝、三島湧水群、白糸の滝などがありますが(図6)、全部で幾つあるのですかと、非常に難しい質問をよくされます。数え方によりますが、大きく分けて一〇〇地点ぐらいです。細かく

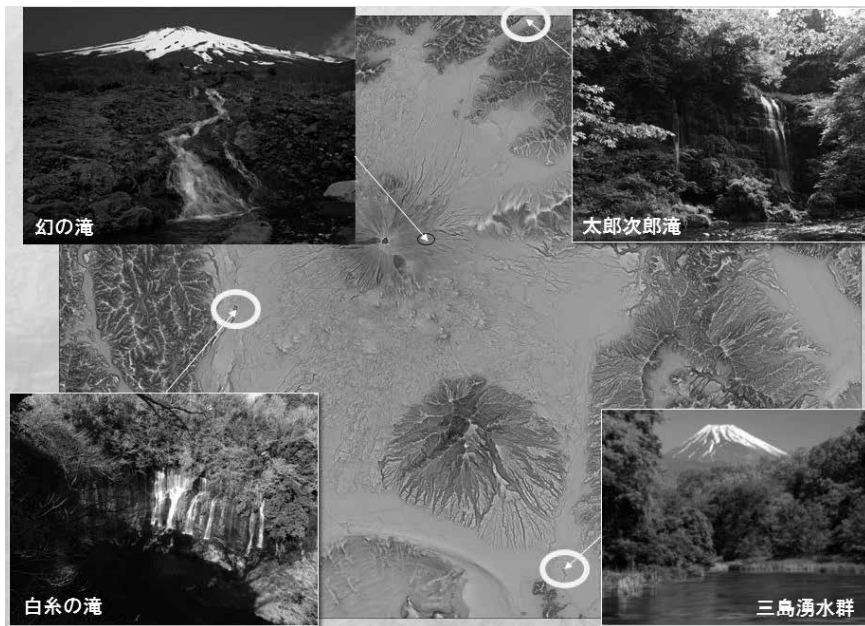


図6 富士山の湧水が湧き出す場所

数えると三五〇ぐらいあるといわれています。富士山の麓に多くの湧水点があつて、それを源流として川が発生しているという所もよくあります。富士山の裾野をめぐっている場所に湧水が湧き出ているところもあります。また、富士山の土台を作る溶岩と、富士山の基礎を作る泥流堆積物の分布境界あたりに湧水のポイントが多くあることもわかります。

＋富士山内部の地下水の流れ

富士山は、大まかに見ると、下から火山泥流、溶岩流、降下火砕物という層になっています(図7)。

富士山に空から降ってきた雨が浸透していきうとすると、火山灰が降り積もった降下火砕物の層では水はどう流れるでしょうか。ピンポン球を詰めた風呂桶の中にじょうろで水を流すと、水は隙間を通して抜けていくようなイメージです。その下の溶岩流に地下水が達すると、溶岩自体は水をなかなか通しません、富士山の溶岩は割れ目が多いので、割れ目を伝って隙間、隙間へと入っていきます。ただ、富士山は

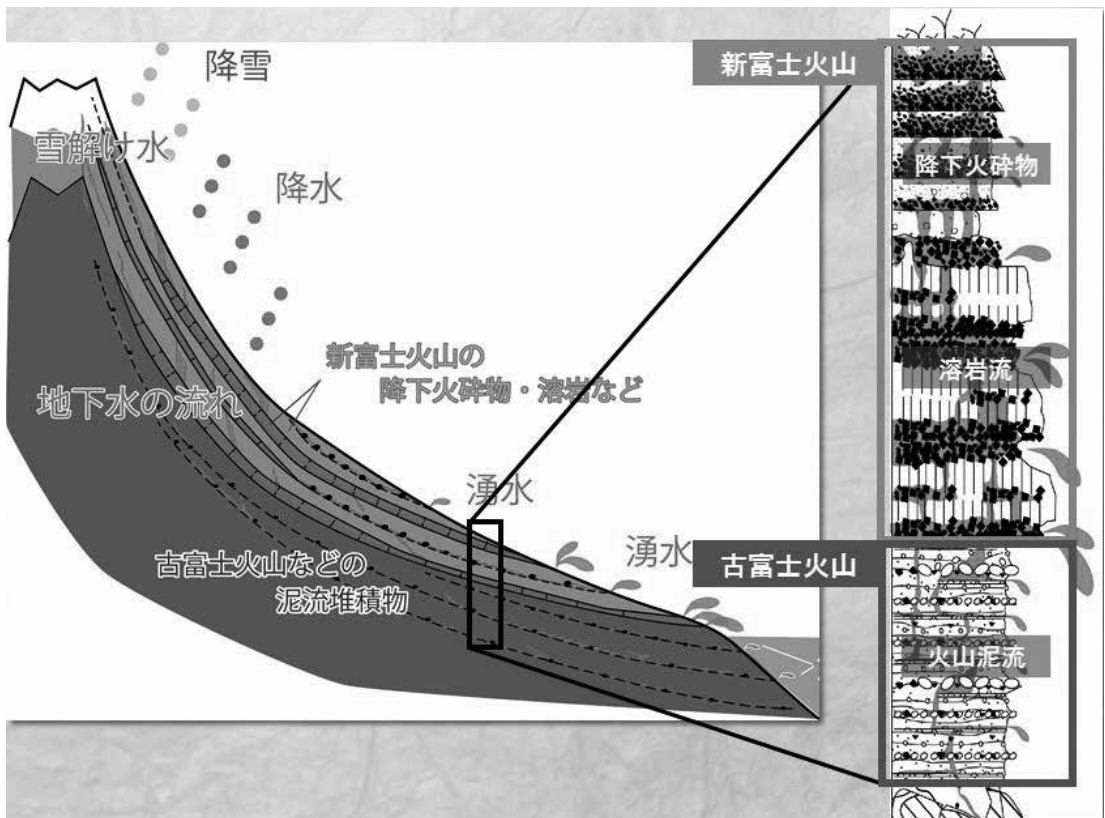


図7 富士山内部の地下水の流れ (2020年独自図)

がさがさの部分が多いので、そういう所から横へ逃げていきませんが、基本的には下へ行きます。そして最後に行き着く所が、古富士の火山泥流の層です。ここは水と泥と土と一緒にがさ々と流れたもので、言い換えれば、セメントのようなものです。そうすると、ここまで来た水は、なかなか下に行けないので、火山泥流の層の上面にたまり、この部分から、水が横へ横へと逃げようとしています。

↑湧水の道のり・歴史を知る手法

地下水・湧水の道のり（流れ・年代）を研究するに当たって着目する点が四つあります（図8）。一つ目は、地下水面です。地面があつて、掘ると地下水が出てくるので、当然、地下水は場所によつて表面の高さが違います。地上の水と同じように、地下水も高い所から低い所に流れていきます。ですので、地下水面の高さを知るとは、地下水の流れを知ることにつながります。

二つ目は、地下水の温度です。近くで穴を掘っても、出てくる地下水の温度はそれぞれで違うときがあります。その場合、片方の地下水が冷たかったら、もしかしたらこの水は、より標高の高い所から流れてきたのかもしれないと分かります。雨が地面に染み込んで地下水になるのですが、染み込んである程度の深さになると、日射などの影響を受

けないので、水はそのときの温度をそのまま保持します。降ってきた雨の温度は、標高の高い所ほど冷たいです。高い所で降った雨が染み込んで、そのまま保持されて、地下を流れて湧水になります。

ですので、冷たいものはより標高の高い所で降ったものなのだということと言えます。

三つ目は、水質です。基本的には雨水は中性です。成分も特徴、特徴のない水です。ただ、それが湧き出てくる過程においては、pHが変わったり、さまざまな成分が入ったりします。その水が湧き出てくるプロセスにおいて、岩石等と接したり、人工物に付加されたりすることで、それぞれの特徴を反映した、一つの湧水の水質が形成されます。四つ目は、年代です。水そのものの年代を測る手法もあ

着目点・手法	分かること	簡単な原理
① 地下水面	地下水の流れ	地下水面の高い方から低い方に流れる。
② 温度	地下に浸透した標高	・高標高の天水(降水・降雪)は冷たい。 ・地下は温度変化が少なく、地下水の温度が保持される。
③ 水質 pH 電気伝導度 化学成分 同位体組成	地下水の経路 (浸透標高・方向等) (地下環境) 水の起源	・地下水と岩石等の作用によって、水に様々な成分が付加される。 ・水分子は軽いものほど高標高に多く分布する。
④ 年代 同位体分析 (³ H/ ³ He, ¹⁴ C/ ¹³ C, ³⁶ Cl/ ³⁷ Cl)	降水が地下に浸透した標高 地下に浸透してから、地表に湧出するまでの年代	・天水は大気と同じ同位体組成を有する。 ・地下に浸透して大気と隔離した時から、核分裂等によって同位体組成が変化する。

図8 地下水（湧水）の道のり・歴史を知る手法

ります。

地下水の研究、湧水の研究というのは、大きく分けてこの地下水面、温度、水質、年代で成り立っていると思います。これに沿って富士山の話を進めていきたいと思えます。

①地下水面

昔と現在の地下水の流れを見てみると(図9)、現在、標高一〇メートルまで水がある所でも、一九八六年以前は標高ゼロメートルしか水がありませんでした。当時は、たくさんある工場が水をどんとくみ上げていた時代です。そのため、地下水が低いということその分、海の水が内地に入りやすかったために、当時は地下水の塩水化の問題があったと言えます。このように、地下水の水面の高さを分析することによって、当時と今の比較ができます。

②温度

温度については、標高の高い所の湧水ほど冷たいというのは分かると思いますが、麓でも、異常に冷たい湧水が見られることがあります。また、場所によっては異常に温かい湧水も見られます。それはなぜかというところ、富士山に降った湧水の元となる雨水や雪は、場所によっては、染み込んだ水が浅い所を流れて湧き出てきます。地面の近くを通る

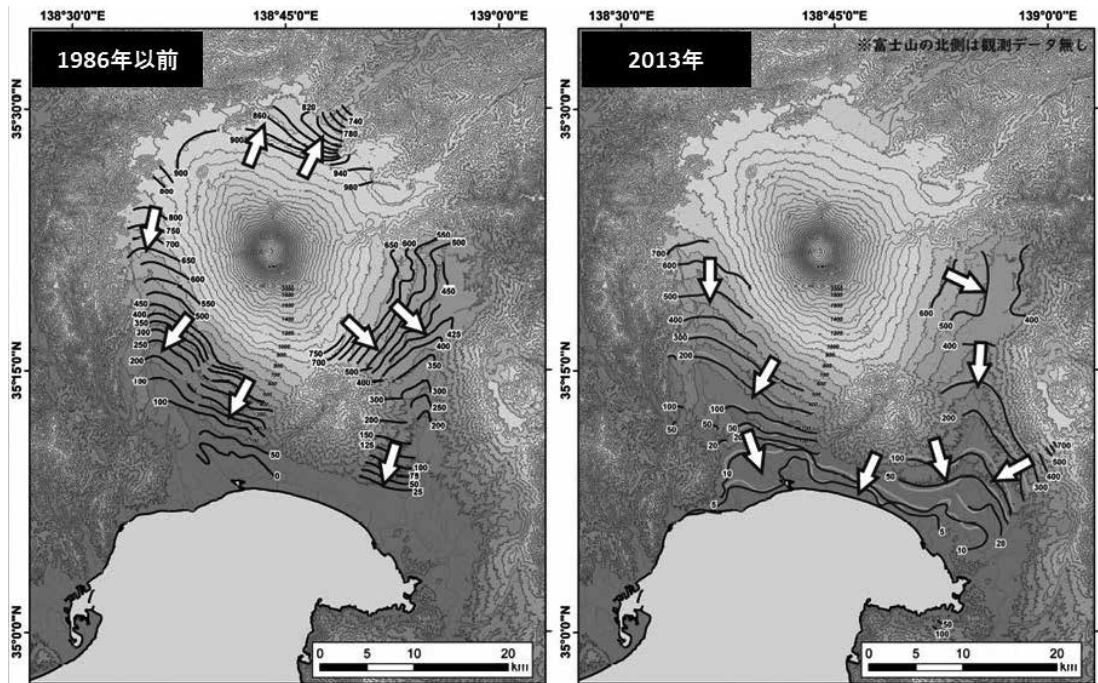


図9 地下水面の高さ分布 (矢印は地下水の流れ) (小野・他 (2016))

ので、地表の温度で温められて、結果として温かい湧水になります。一方、非常に冷たい湧水は、より高い所で降ったものが直接、冷たい湧水として湧き出たり、地下深くの冷たい所を通って、冷たい湧水として湧き出たりします。このように、湧水の温度というのは、水が降った場所と、移動してきた場所の深さを表現しています。

③水質

私は毎回不思議に思うのですが、湧水の話をする時、みんなバナジウムの話聞いてくるのです。確かに富士山のような玄武岩の山ではバナジウムは成分としてありますが、それほど取り立てて言うことだろうかというのが正直なところです。

湧水の元となる雨や雪は、基本的に最初は何の特徴もなく、成分ゼロです。ただ、それが地面に染み込んで、移動する過程において、岩石と接触することによって、ある組成を持つようになります。ですので、湧水の組成は、経路上の土質、地質を反映するとも言えます。さらに言えば、人が付加することの影響も見えます。

富士山には、地下水が移動する経路に、バナジウムをたくさん包含するような地層があるということは事実です。一方、塩化物イオンを含有する湧水を見ると、沿岸域で濃度が高い地点が数か所あります。過去に海岸沿いで大

量の水をくみ上げていた時代、海の方から内陸に向かって、塩水が入り込んでいきました。先ほど、塩水化の問題があったという話をしましたが、その名残がまだ湧水として残っているということです。

硝酸を含む湧水を見ると、硝酸は肥料に使われますから、人の手が入っている土地ではどうしても硝酸が地下水に入り込んで、それが湧水として湧き出てきます。ただ、非常に薄い濃度です。

次は、少し難しいですが、同位体についての話をします。水というのは H_2O で、水素二つに酸素一つの原子で成り立っていることはご存じだと思いますが、例えば、酸素原子は原子量一六ですが、ものによっては原子量一八の酸素がくっついている場合があります。酸素原子量一六の H_2^{16}O と、酸素原子量一八の H_2^{18}O を比べると、当然一八の方が重たいです。この違いを使って水の原子レベルでの重さ、すなわち同位体組成を明らかにします。

例えば、富士山に降ってくる雨の元は、駿河湾や相模湾から蒸発した水です。蒸発した時点では、海の水よりも、海から蒸発した水の方が軽いです。軽い水が蒸発して、水蒸気になり、それが風に流されて、富士山の方にどんどん水を落としながら寄っていきます。重い水をどんどん落とすし切って、最終的に富士山の所に降る雨は、一番軽い水に

なります。麓では重く、山頂では軽い水です(図10)。軽い水が染み込み、今度は地下水となり、湧水となって湧き出たときに、本来、重い水が降っている所に軽い水が湧き出るので。これにより、湧き出た水がこの高さで降った水なのかということを求めることができます。これは難しいですが、大事なところですよ。いろいろな所で湧き出た水の軽さ、重さを分析するのが、同位体の組成分析になります。

そのように調べてみると、富士山の麓に湧いてくる水の起源は、富士山の標高一〇〇〇〜二五〇〇メートル付近で浸透した水だということが分かります。

④年代

もう一つよく聞かれるのが、雨が地下に浸透して、最終的に湧き出るまで何年かかるのかということですよ。いろいろな分析手法があり、それらを使ってその年代を明らかに

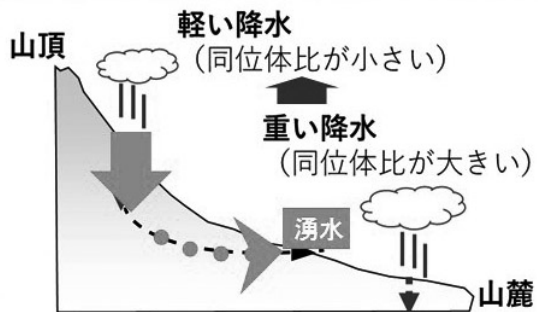


図10 同位体組成の模式図

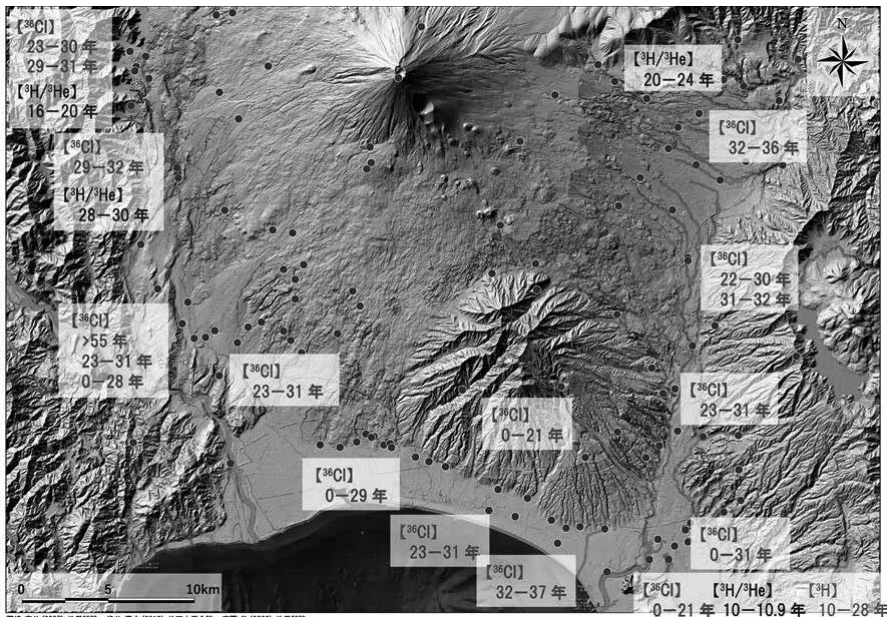


図11 富士山の湧水の年代(湧水となるまでの時間)

(出典) 戸崎・安井(2007) _地学雑誌、浅井・興水(2019) _地下水学会誌、鹿園・他(2020) _地学雑誌

にしように思うのですが、万能な分析手法はありません。一万年前のことを得意とする分析手法で百年前のことは分析できないし、百年前のことを得意とする分析手法では、一万年前のことは分からないことが多いです。

水の分析では、数十年前のことを分析する手法は比較的発達しています。数十年前のことを分析しようとする手法では、やはり三十〜四十年前に降った水が湧き出ているのだということがいわれています(図11)。実際はそれより古い、数十年、あるいは百年前の水も紛れ込んでいます。これですが、分析する手法がないので、「何年より古い」という表現になります。この話をするのがつきりされてしまっているのですが、それが今のところ事実になります。

富士山の湧水の気になること

富士山には、「どうしてここに?」「どこから来たの?」といった場所に水が湧いていることがあります。そういった富士山の湧水の気になることについて研究しました。

気になることの一つ目は、「山頂にある水たまりは何か」ということです。山頂にも、雪解け期には結構水があります。これは雨水が湧き出たものということが分かりました。

二つ目は、「白糸の滝を構成する崖から染み出る水は本当に富士山の湧水なのか」ということです。富士山からの地下水が白糸の滝下の左岸壁で湧き出すには、すぐ隣を流れる芝川本流の河床直下を通り抜ける必要があります、地下水の流れとして不自然です。そこで、①芝川本流の河川水が

側方に浸透・移動して、白糸の滝下の壁面に達する、②芝川本流に沿ってやや深い深度を北方から流れる地下水が白糸の滝に達する、という二つの仮説を立てて検討してみました。

水の分析を行い、白糸の滝上を流れる水(御鬢水)、芝川本流の河川水の電気伝導率、バナジウム、酸素と水素の同位体を調べて比較しました(図12)。その結果、電気伝導率は白糸の滝下からの湧水と御鬢水で高く、バナジウムは御鬢水が最も高く、白糸の滝下の湧水も比較的高いことが分かりました。同位体は白糸の滝下の湧水で最も低く、御鬢水が次いで低いことが分かりました。これらの結果を見ると、芝川本流の河川水は、白糸の滝下の湧水と類似しないことが分かります。従って、白糸の滝の湧水は、芝川本流の河川水が染み出たものではないということが分かりました。経路の詳細は不明ですが、より深い別の経路を通って北方から流下した水ではないかというのが結論です。

三つ目は、「駿河湾の海底に湧水があるのは本当か」です。駿河湾の田子の浦の沖合の深さ一三〇メートルの所に、幾つか窪地があつて、窪地から水が湧いています。その水が湧いている所には、なぜかカサゴがたくさんいます。その水を分析してみると、電気伝導率は海水に比べると低かったです。電気を通しにくいということは、イオンが少ない

ということなので、海底湧水は海水に比べると真水に近い
 ということでした。水質については、塩化ナトリウムは海
 底湧水にはほとんど含まれず、ほぼ真水でした。溶岩から
 染み出てくるケイ素とバナジウムは、海底湧水の方が海水

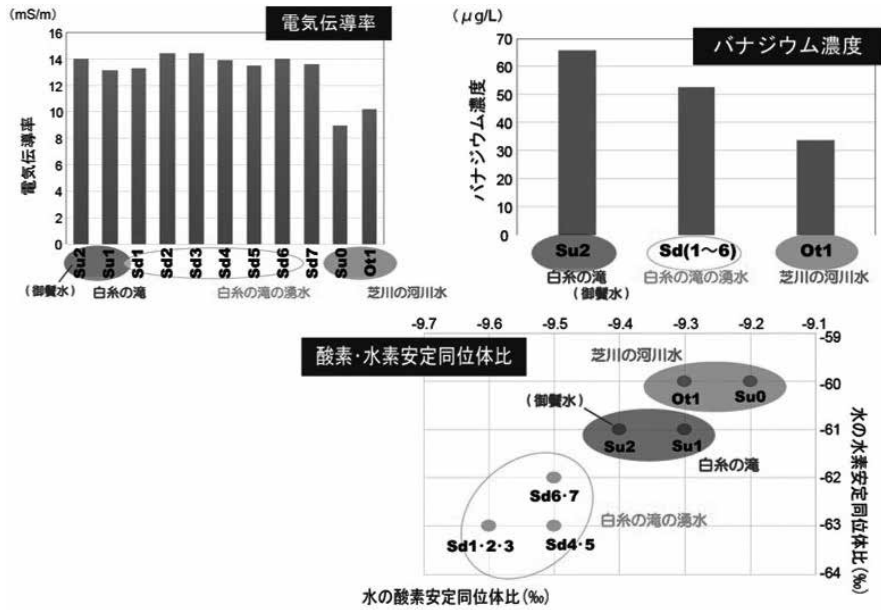


図12 地下水の水質から地下水の流れを読む（水の成分分析）

より濃かったです。つまり、この海底湧水は、真水で岩石
 の成分が多いので、富士山の麓で見られる地下水と同じだ
 ということです。

ということで、山頂にある水たまりは富士山に降った雨
 水で、白糸の滝の水は富士山の山体を流れる水です。駿河
 湾から湧き出る水は、富士山の山体の地下水です。そして、
 富士山の山頂と駿河湾の海底は地下水でつながっていると
 いうのが、私の導いた答えです。

質疑応答

質問——以前、白糸の滝は川の水だという説を聞いていた
 ので、ほっとしました。ありがたい解説をいただきました。
 富士川よりも西側に一つだけぽつんと離れてある、活動し
 ていない古い山は、何という山ですか。

小林——あれは岩淵山です。火山体としては残っていない
 のですが、溶岩として残っています。

質問——一つだけ離れていますね。

小林——そうですね。

質問——湧水の説明の中で、富士山はがさがさの部分が多
 いというご説明をされました。なぜそのがさがさが多いの
 でしょうか。そのがさがさは、どのような形で出ているの

でしょうか。

また、私は長泉町に住んでいるのですが、長泉町と清水町の境に、窪の湧水という小さい湧水地があり、御殿場泥流があるといわれています。あそこから湧き水が出ている原理が分かれば教えていただきたいです。

小林——まずは富士山の溶岩が、がさがさであるということについてです。富士山の溶岩といっても、麓の方の三島溶岩や芝川溶岩というのは、どちらかというところ、あまりがさがさではないというか、五竜の滝など見て分かるように、薄い溶岩が緻密な状態で層を成している所が多いです。

ただ、富士山全体で見ると、例えば、三宅島、三原山、伊豆大島などに行ったことがありますか。溶岩が水あめのようにさーつと流れているというよりは、固まりながら流れていくのです。よく「ブルドージャー」という表現をされますが、固まりつつある溶岩がもう一回溶岩で押されて、前へ前へと崩れながらたまっていくというのが富士山の溶岩の特徴です。水あめのようにさーつと流れる溶岩は、どちらかというところ、固まりながら動きながら、という形になるので、結果としてその場所ががさがさになります。ですので、その場所は水の壁になるというよりは、通り道になります。

窪の湧水地については、一回しか行ったことがないので、

勉強します。

質問——私は富士山の前側にある愛鷹山という山の麓に住んでいるのですが、底を掘ると、水がたくさん出るのです。その水は富士山との関係はある水なのか。どこから湧き出ているのか、いつも不思議に思うのです。

小林——富士山の湧水ではないと思います。それはいろいろな水の分析をすればきちんと分かるのですが、私自身そのデータを持っていないので、その水が愛鷹山の水か富士山の水か明言しませんが、普通に考えれば、愛鷹山の湧水だと思います。

質問——駿河湾海底のカサゴがいる所は、大体どれぐらいの深さなのでしょう。また、地上では古富士と新富士の境目から湧水が出てきますが、海底で古富士と新富士の境目はあるのでしょうか。

小林——まず、カサゴがいる場所は水深一三〇メートルです。溶岩流の分布やその拡がりなどから新富士の溶岩の間からだと思いますが、詳細なデータを持っていないのでお答えできません。