

富士山に降った雨水はどう流れるのか?

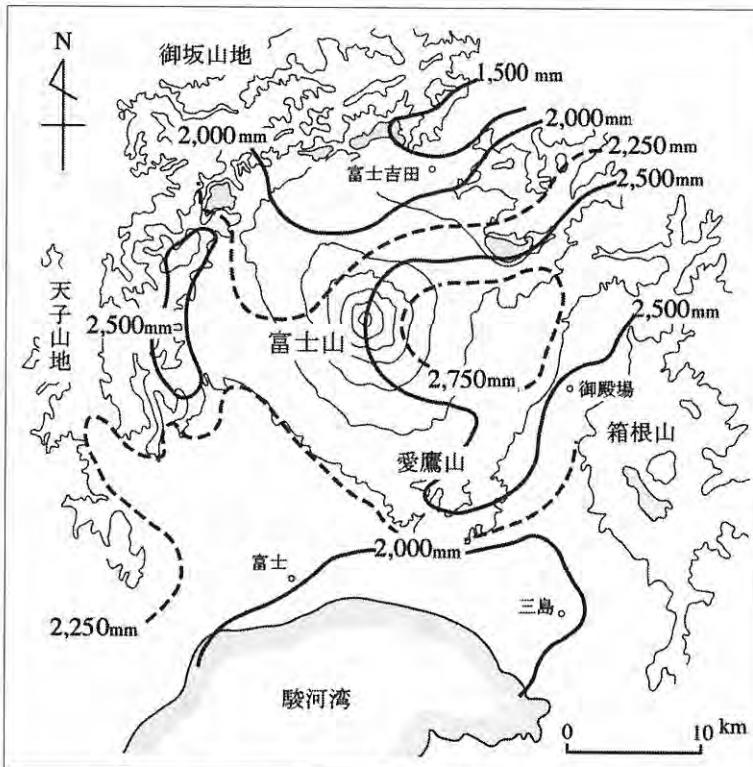
安原正也¹⁾

1. 富士山は巨大な水ガメ

駿河湾から直接そびえたつ標高3,776mの富士山には、夏には太平洋から南～南東気流によって、また冬には北西気流によって大量の水蒸気をもたらされます。この水蒸気が斜面とぶつかり厚い雨雲を形成するため、富士山では多いところでは年間3,000mm近くの降水(雨と雪)があります。第1図を見てください。日本の一年間の降水量は平均で1,800mm程度ですから、富士山の降水の多さが

わかると思います。富士山全体で一年間に降水によってもたらされる水の量は22億トン程度と考えられており(土, 1994)、これは東京ドームの約2,000杯分にも相当します。

地表に降ったこれらの降水のうち、何割かは蒸発散によって大気中に失われます。では、それ以外の水はどうなるのでしょうか。現在の富士山の表面部分はスコリアや溶岩などの火山噴出物(新富士火山噴出物と言います)によって覆われていますが、写真1からもわかるように、新富士火山噴出



第1図 富士山の年降水量分布(木澤ほか, 1969).

1) 産総研 深部地質環境研究センター

キーワード: 富士山, 地下水, 湧水, 流動, 涵養, 年齢



写真1 富士山南麓五合目付近の地表の状況。

物は、ガサガサで大変水を通しやすい性質を持っています。このため、膨大な量の降水はすぐに地中深くにしみ込んでゆき、地下水となるのです。山麓下部を除けば、いつも水が流れている川が富士山にないのはこのためです。

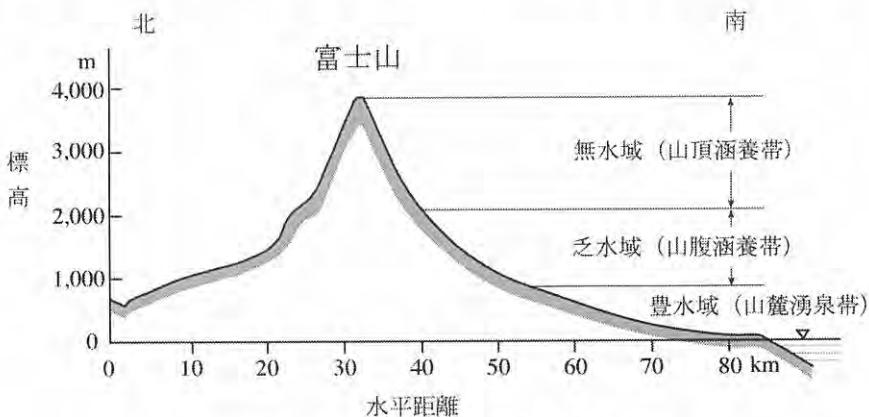
この地下水ですが、「水は低きにつく」のとえ通り、高いところから低いところに向かって流れます。その結果、山体の内部でも標高の高いところに水が少なく、低いところに水が多いという現象が見られることとなります。火山にはしばしば認められる現象です。富士山においても第2図のように、上位から順に、水がない無水域（標高2,000m以上）、水が少ししかない乏水域（標高800～2,000m）、そして標高800m以下の水に富んだ豊水域に区分されます。山麓上部の無水域は、そこに降った降水が地下水を補給する涵養帯かんようの役目を果たしており、下部の豊水域は地下水が地表に現れる湧水帯となります。富士山麓の湧水帯にある多くの

湧水からは、一日あたり実に480万トンもの地下水が地表に湧き出ています（山本, 1973）。これは1,150万人をまかなう東京都の水道の毎日の給水量の約80%にも匹敵する膨大な量です。富士山がしばしば巨大な水ガメと呼ばれるゆえんです。

富士山の湧水・地下水はこれまで地域の人たちに多くの恵みをもたらしてきました。一方で、水利用や山麓開発を無計画にしてきたため、現在の湧水や地下水は質と量ともに深刻な状態にあることも事実です。近年、水環境への関心が高まり、湧水の保全に向けた取り組みが各地で盛んに行われていますが、富士山でも例外ではありません。湧水の保全には、まずその実態を知ることが不可欠です。富士山の地下水はどこで涵養され、どこを流れて何年かかって流れてくるのでしょうか。最新の研究結果を参考にしながら、このような地下水の流動プロセスも含めて、富士山の地下水の実態へと迫ってみたいと思います。

2. 湧水の分布と湧水量

富士山のまわりには多数の湧水が分布しています。第3図を見てください。先ほども述べたように、ほとんどの湧水は山麓下部の豊水域にあります。特に御殿場、三島、富士、富士宮地区に湧水が集中していることがわかります。これらのうち、湧水量が大きく有名なものとしては、須川（地点42）、柿田川（地点17；写真2）、湧玉池（地点13）、白糸の滝（地点11）、猪ノ頭（地点9；写真3）、忍野八海（地点20；写真4）などの湧水をあげることができます。



第2図 水に基づく富士山の鉛直区分(山本, 1971)。



写真2 柿田川湧水(第3図の地点17). 砂を巻き上げて地下水が湧き出ている. 河野 忠氏提供.



写真3 猪ノ頭湧水(第3図の地点9). 一面にセリが茂っている. 河野 忠氏提供.

第1表 富士山の山麓毎の湧水量(山本, 1973を一部改変).

	(一日当たり)
東麓(三島・御殿場地区)	210万トン
南麓(富士地区)	90万トン
西麓(富士宮・芝川地区)	130万トン
北麓(富士吉田地区)	50万トン

いずれも一日当たりの湧水量が10万トンを超える巨大なものです. 特に, 柿田川湧水は日量100万トンの湧水量を誇る日本最大の湧水として有名です.

標高がもう少し高いところ, すなわち乏水域にもいくつか湧水があります. これらのなかで代表的なものは, 滝沢林道二合目湧水(第3図中の地点83; 標高1,475m), 水ヶ塚(同地点88; 標高1,430m), 太郎坊(同地点87; 標高1,250m), 上井出林道湧水(同地点91, 標高1,150m)などです. 写真5に上井出林道湧水の状況を示しました. さらに上方の標高1,500m以上の山麓にも地点33に二合目湧水(写真6; 標高1,620m)が見られます. これらはいずれも, 一日当たりの湧水量が数トンからせいぜい数十トン程度と, 豊水域の湧水と比べて水量が著しく小さいことが特徴です.

第1表は富士山の山麓ごとに一日当たりの湧水量

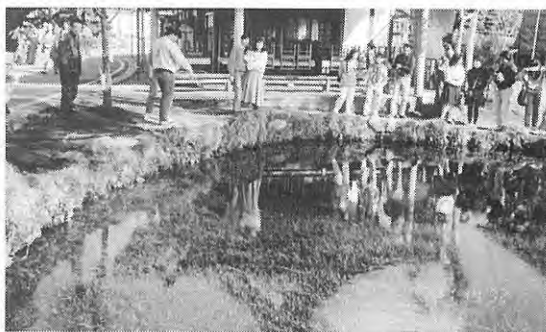


写真4 忍野八海(湧池; 第3図の地点20).

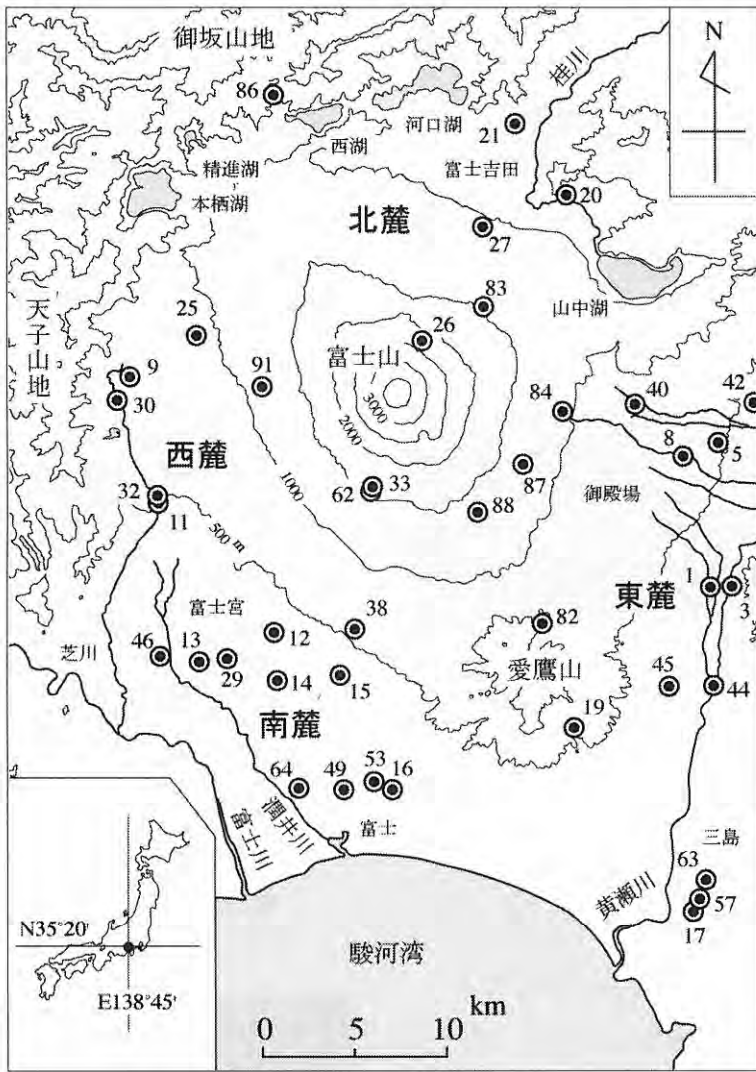


写真5 上井出林道湧水(第3図の地点91).



写真6 二合目湧水(第3図の地点33).

を合計したものです. 東麓(三島・御殿場地区)210万トン, 南麓(富士地区)90万トン, 西麓(富士宮・芝川地区)130万トン, 北麓(富士吉田地区)50万トンとなり, 東麓の湧水量が特に多いことが注目されます. この理由として, ほかの山麓に比べて富士山の東麓

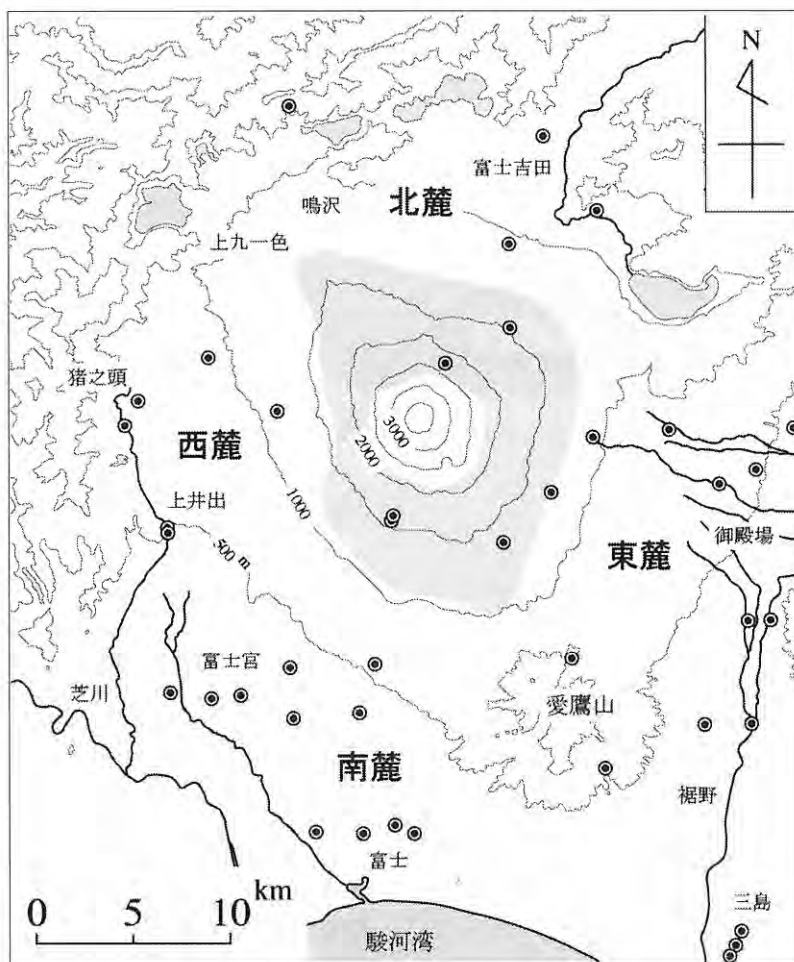


第3図 富士山麓の湧水の分布(安原・風早, 1995)。

にはより多くの降水があること(第1図参照)がまず考えられますが、このほかに、東方に位置する箱根火山から大量の地下水が富士山東麓に流れ込んでいることが一因であるとも考える人もいます。また北麓ですが、富士五湖(山中湖・河口湖・西湖・精進湖・本栖湖)では湖底に露出した溶岩から大量の地下水が湧き出ていることが知られています(丸井ほか, 1995)。したがって、富士五湖は、本来はそれぞれが巨大な湧水と考えられるべきものなのです。第1表で北麓の湧水量が少ないのは、これらの“湧水”の流量を計算に入れていないためです。

3. 富士山の雨はどこでしみ込む-地下水の涵養標高は?

湧水の起源は山麓に降った降水であることは前に述べた通りです。では、山麓のどの地域(標高)にもたらされる降水がこのような地下水の形成に最も重要な働きをしているのでしょうか。水の酸素・水素安定同位体比($\delta^{18}O$, δ^2H)がこの“涵養標高”についての答えを与えてくれます。一般に ^{18}O , 2H を含んだ重たい水ほど早い時期に雨滴となって落下します。したがって、雲が山麓を上昇して雨を降らす場合、標高が高いところの雨ほど同位体的

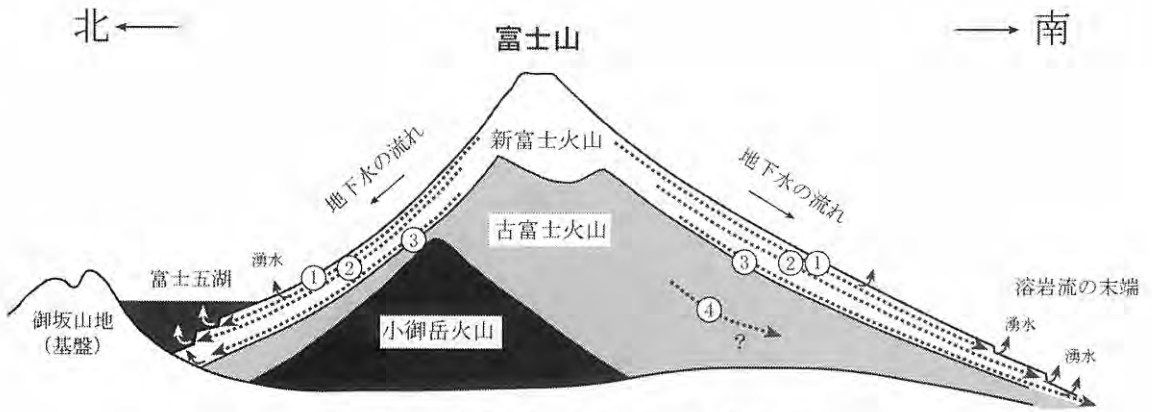


第4図 富士山の湧水・地下水の主涵養域(安原・風早, 1995).

に軽くなるのです。富士山の場合、標高が100m上がる毎に雨水の酸素同位体比は0.11% (北麓)～0.18% (東麓, 西麓, 南麓) ずつ軽くなっていきます(安原・風早, 1995)。この関係に基づいて、雨水と湧水の同位体比とを比較することによって、それぞれの湧水の元となった雨が斜面にもたらされた標高を推定することができるのです。

結果を第4図に示してあります。東麓, 西麓, 南麓の湧水の平均涵養標高は1,000～2,200mくらいです。北麓の湧水では平均涵養標高は1,400～2,700mくらいと少し高めになりますが、いずれにしても富士山では、森林限界(標高2,000～2,400m付近; これより高いところでは森林がなくなります)をだいたい上限とする山体の中腹部に降る降水が地下水の涵養に最も重要であると読みとることができ

ます。同時に、標高2,500m付近から頂上にかけての山体の上部は中腹部と同じように大量の降水があるにもかかわらず、地下水の涵養に対してはあまり大きな働きをしていないこともわかります。山頂を含む高い標高部分の面積が小さいことがこの原因と考えられます。雨の総量は降水量に地表の面積を掛け合わせるによって決まりますので、降水量が多くても面積が小さくなると地下水の元になる水の絶対量も少なくなるのです。さらに、標高2,800～2,900mより高い地域では地下に永久凍土(年中凍っていて水を通さない地層)が広がっていますが(樋口ほか, 1974)、この永久凍土を含めた山頂部の水文地質構造が、しみ込んだ水の貯留や流動になにかしら影響を及ぼしていることも原因ではないかと考えられています。



第5図 富士山の南北模式断面図と地下水の流れ。

4. 富士山の地下水はどこを流れる？

地中にしみ込んだ水は最初はまっすぐ下向きに流れます。そして、水を通しにくい地層(難透水層)に出会うと、その上に溜まって地層(帯水層)のすきまを満たして地下水となります。その後、流れの向きを変えて、帯水層の中を斜面下方に向かって横向きに流れます。

富士山の場合を見てみますと、過去約1万年くらいの間に噴出された水を通しやすい新富士火山噴出物によって表面部分が覆われており、その下には古富士火山噴出物があります。古富士火山をつくる主な地層は火山泥流と言って水を通しにくいので、古富士火山は難透水層の役目を果たします。このため、現在の富士山は大きく見れば、新富士火山噴出物が地下水を溜める帯水層となり、その下の受け皿となる古富士火山の上に乗っかっているという二重構造をしているものと考えられています。その様子を第5図に模式的に示しました。地下水は古富士火山の上を斜面下方へと流れ、やがて山麓下部で湧水として湧き出すのです(第5図中の③の流れ)。このようなメカニズムによってできた湧水としては白糸の滝(第3図中の地点11)が有名です。ちなみに、富士地区や三島地区あたりですと、新富士火山噴出物は40~60mくらいの厚さを持っています。

さて、新富士火山噴出物は大局的には優れた帯水層なのですが、これも決して一様ではありません。もう少し細かく見てみましょう。新富士火山噴出物は溶岩流(厚さは数mから十数m程度)や火

山灰層、火山砂礫層やスコリア層が何重にも重なってできています。これらのうち、溶岩流の中心部分は密なため、実は水を通しにくいのです。対照的に、溶岩流の表面部は砕かれてガサガサしており(クリンカーと呼ばれています)、水を溜めやすく、また通しやすい構造をしています。火山灰層、火山砂礫層、スコリア層も同じように水を溜めやすく通しやすい構造を持っています。したがって、地表からしみ込んだ水の一部は、まずこのような溶岩流の密な中心部にさえぎられ、その上の溶岩流の表面部や火山灰層、火山砂礫層、スコリア層の中に蓄えられて地下水となり、斜面方向へと流れの向きを変えるのです(第5図中の①や②の流れ)。新富士火山噴出物中の溶岩流の末端に位置する湧玉池(第3図中の地点13)、柿田川(同地点17)、忍野八海(同地点20)などの湧水はこのようなメカニズムによって形成されていると考えられています。また、北麓の富士五湖(本来は湧水とカウントされるべきもの)も、新富士火山噴出物である青木ヶ原溶岩流、船津溶岩流、あるいは鷹丸尾溶岩流などを通じて地下水が供給されています(第5図)。写真7は、西湖に流れ込んだ青木ヶ原溶岩流の地上部分の様子です。西湖の湖底に露出したこの溶岩流の末端からは、常に大量の地下水が湧き出ていることが潜水カメラを使った調査によって確認されています(丸井ほか, 1995)。

以上のように、新富士火山噴出物中にしみ込んだ水の一部は斜面方向へと横向きに流れるようになります。そして、残りの部分がさらに深くしみ込んでゆき、最後に古富士火山の上に貯留されると考



写真7 西湖とその南岸の青木ヶ原溶岩流。

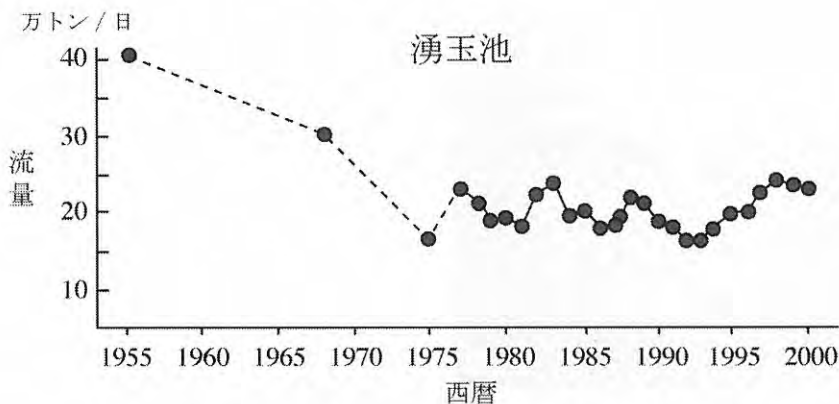
えてよいでしょう。なお、火山灰層などが変質して粘土化した地層が挟まれることもあります。これも溶岩流の中心部と同様に難透水層の役目を果たします。前に紹介した標高の高いところにある湧水では、局所的に分布するこのような粘土化した火山灰層がその形成に一役買っている場合もあるようです。また、最近の調査の結果、これまで難透水層と考えられていた古富士火山中にも地下水があることがわかってきました。その実態はまだよくわかっていませんが、ほとんど流れていないか、流れていても非常にゆっくりであると考えられています(第5図中の④の流れ)。このような深い部分の地下水は、長い年月をかけていずれは駿河湾などの海底に湧き出ているものと想像されます。

5. 富士山の地下水の年齢は？

では、富士山の地下水はどれくらいのスピードで流れているのでしょうか。どれくらいの時間をかけて山麓を流れ下り、湧水として現れるのでしょうか。一例を挙げましょう。富士山南東麓の柿田川湧水(第3図中の地点17)上流の三島溶岩流と呼ばれている地層でアイソトープ流速計を使って調査した結果によると、一日あたり最大で700~800mという流速が求められています(落合, 1995)。私たちの日常の感覚では、この一日あたり700~800mという流速はとても遅いと思われるかもしれませんが、しかし、地層のごく狭いすきまを縫うように流れる地下水では、一日に数mも流れれば良いほうなのです。したがって、三島溶岩流中のこの地下水の流速は驚くほど大きい値と言えます。

第4章でも述べましたが、溶岩流と溶岩流の間は砕かれています。とても水を通しやすい構造になっています。また、溶岩流の内部に連続した空洞(溶岩チューブと呼ばれます；北麓斜面にある富岳風穴のようなものを想像してください)が存在するのかもしれない。いずれにしても、このような特に水を通しやすい構造が存在するため、地下水としては通常では考えられないくらいの速いスピードで水が流れていると考えられます。ただ、三島溶岩流は富士山東麓の御殿場あたりから三島まで延々と数十km続いているのですが、そのどこでもこのような速いスピードで地下水が流れているというわけではありません。一日あたり700~800mという流速は、局所的な瞬間最大値と考えた方がよいでしょう。一方、湧玉池(第3図中の地点13)や三島の小浜池(柿田川湧水の約2km北東；第3図中の地点63)では一日あたり約1mという、地下水としては常識的な流速が得られています(土, 1992)。このように、富士山の山麓では、帯水層となる地層の性質によって、また同じ地層でも場所によって地下水の流速は大きく異なっているものと考えられます。

続いて、地下水の年齢(何年前の降水が地下水の元になっているか)ですが、この年齢の決定にはトリチウム(^3H)という水にごく少量含まれている水素の同位体の濃度を使います。地下水のトリチウム濃度は放射壊変によって時間とともに減少しますが、この濃度の減少の程度と降水のトリチウム濃度に基づいて水の年齢を決めることができます。結果ですが、柿田川湧水(第3図中の地点17)では数年程度(4年以内)、上流の裾野や御殿場地区の地下水では数年から最大でも十数年という若い年齢が得られています(落合, 1995)。富士宮地区の湧玉池(第3図中の地点13)、猪ノ頭湧水(同地点9)、北麓の忍野八海(同地点20)についても同様で、十年くらい前より後に山麓に降った新しい降水にその起源があるとされています。一方で、富士山の地下水の年齢はこれまで考えられていたよりはるかに長いと考える人もいます。たとえば湧玉池ですが、その年齢を40~50年とする報告もあります(土, 1992)。また、「富士山の湧水は100年の歳月を経て・・・」というミネラルウォーター会社のキャッチフレーズを耳にした方もあるかもしれませんが、柿田川湧水をはじめとする三島地区の湧水の



第6図 湧玉池(第3図の地点13)の湧水量の変化(長瀬ほか, 2002).

年齢を数十年から100年程度と考える人もいます。トリチウム濃度を年齢に変換する時に用いる仮定によって、また使うモデルによって、同じトリチウム濃度からこのようかなり異なる年齢が得られることになるのです。いずれにしても、川の水のように、前日あるいは数日前に降った雨があっという間に数十kmを流れ下って下流に到達するということがないことだけは確かですが、富士山麓の地下水の正確な年齢の決定には今後の詳しい調査・研究を待つ必要がありそうです。



写真8 湧玉池. 河野 忠氏提供.

6. 水と生活-富士山の地下水の将来は？

富士山のまわりでは、豊富な湧水・地下水に基づいた人間活動が古くから営まれてきました。縄文時代や弥生時代の遺跡の分布は湧水のある場所とほぼ一致しています(山本, 1999)。また、湧水はしばしば信仰の対象となっており、神社が祭られていることが多いのも特徴です。近年では醸造、紡績、化学、製紙など大量の水を使用する工場が数多く進出しています。わさび田や養鱒といった農業や水産業への利用も盛んです。

湧水・地下水には、水質が良いこと、年間を通じて水温が一定であること、大量の水がコンスタントに得られること、さらに川の水のように水利権がない(基本的にはタダで自由に使えます)という優れた点があります。いろいろな産業が富士山麓に立地した理由はここにあります。しかし、この産業の立地と発達が富士山の地下水に重大な影響を及ぼしたことも事実です。有名な例として、高度成

長期の1960年代に深刻となった地下水問題をあげることができます。当時、地下水の無理な汲み上げは地下水位の急激な低下をもたらしました。その結果、沿岸部では地下水の塩水化(海水が地下水に混入する現象です)や地盤沈下(地下水が少なくなったため地層が縮み、もとあった水準よりも地表面が低くなる現象です)が社会問題化したのです。その後、法律や条例によって地下水の汲み上げが厳しく規制されたため、現在では塩水化や地盤沈下の進行は表面上は沈静化していますが、それでも湧水については水量の減少や枯渇、井戸では水位の低下が今も続いています。

第6図は湧玉池(第3図中の地点13;写真8)の湧水量の変化を過去50年間について見たものです。ここ30年間は日量20万トンくらいのほぼ安定した水量を示していますが、1955年当時の日量40万トン、1965年当時の日量30万トンにはほど遠い状態です。三島の小浜池(第3図中の地点63)でも、昔は日量20万トンあった湧水量が減少し続け、

1970年以降は水がまったく顔を見せない日が出現するようになりました。この傾向は1990年代になっても続き、1994年には枯渇日が年間300日を超え、1996年にはついに小浜池は一年を通じて枯渇したままの状態になりました。このような湧水量の減少は、富士山のまわりのいくつもの湧水で確認されています。さらに、農工業活動によって排出された化学汚染物質や家庭排水の地下浸透による水質悪化も確実に進んでおり、地下水の価値は低下し続けています。

この事実は、水の量の面から見ると、現在でも地下水は汲みすぎであることを意味しています。地下水資源を守るためには、水の再利用や節水に勤め、地域全体で協力しながら地下水の汲み上げ量をさらに減らしてゆく必要があります。また、山麓での土地の改変や利用の仕方にも十分注意しなければいけません。大がかりな住宅地の開発や工場の建設は山麓でしみ込む降水の量を減少させ、結果的に地下水の量を減らすこととなります。ゴルフ場や駐車場の建設も同じことです。やむを得ずこのような開発行為を計画する場合には、計画の縮小や大幅な変更も覚悟した上で、公正で十分なアセスメントを受けるべきでしょう。特に、地下水涵養の点から、林地は将来にわたってしっかりと保護される必要があります。さらに、中腹に広がる地下水の主涵養域(第4図)では、土地の改変などの開発行為の禁止は当然ですが、人間の立ち入りすら制限するくらいの覚悟がいたると思います。

一方、水質の面から考えると、富士山は非常に水を通しやすい地層からなっていますから、工場からの化学物質や畑からの肥料は簡単に地中にしみ込んで地下水を汚してしまいます。家庭排水も同じです。商工業従事者から農業従事者、さらに

は主婦に至るまで、自分の行為が故意・過失にかかわらず地下水の水質にどのような影響を与えるかをいつも意識しながら、自分の周辺だけでも絶対汚さないようにする基本姿勢をもつことが必要です。

将来にわたって富士山の豊かで清涼な水の恵みを受け続けるには、湧水・地下水は限りある地域共通の貴重な資源であるとの強い認識をみんなが持ち、その量と質の保全に向けて地道な努力を続けるしか道はないと思います。

参考文献

- 落合敏郎(1995):「東富士の地下水解析」, リーベル出版, 206p.
 木澤 綏・飯田睦治郎・松山資郎・宮脇 昭(1969):「富士山 自然の謎を解く」, NHKブックス, 253p.
 土 隆一(1992):「富士山のどこに地下水があるのか-その知られざるメカニズムを探る」, 「富士山-その自然のすべて」, 同文書院, 225-249.
 土 隆一(1994):「富士山の変貌1.湧水の減少と水質汚染」, フロント, 第4巻第7号, 8-11.
 長瀬和雄・鹿園直建・奥水達司(2002):「富士山の地下水」, 「富士山の地下水と人間活動」総合調査研究会編, 日本地下水学会, 19-69.
 樋口敏二・藤井理行・藤村郁雄(1974):「富士山頂の永久凍土と気象条件」, 気象研究ノート, No.118, 97-106.
 丸井敦尚・安原正也・河野 忠・佐藤芳徳・垣内正久・楡山哲哉・鈴木裕一・北川光雄(1995):「富士山北麓西湖の水質と湖底湧水」, ハイドロロジー, 25(1), 1-12.
 安原正也・風早康平(1995):「富士山の天水の安定同位体組成と地下水の涵養高度」, 「富士山の地下水流動系の研究」平成4-6年度文部省科学研究費総合研究(A)研究成果報告書, 42-55.
 山本玄珠(1999):「富士山の自然と対話」, 北水, 198p.
 山本莊毅(1971):「富士山とその周辺の陸水」, 「富士山」富士山総合学術調査報告書, 富士急, 151-209.
 山本莊毅(1973):「地下水の現状-富士山」, アーバンクボタ, No.8, 10-11.

YASUHARA Masaya (2003): Groundwater in Mt. Fuji -Present and Future-

<受付:2003年8月8日>