# 温泉２　三名泉と深部流体

日本では地下から湧き出る 25℃以上の水を温泉と呼び，療養学的観点から特定物質が一定以上含まれていれば 25℃以下でも温泉と呼びます。基本的にはその地域の年平均気温より高い水温を示す湧水をいいます。25℃は戦前，日本の領土であった台湾の年平均気温からきているそうです。療養，休養を主目的としてきたイギリス，フランス，ドイツなど西ヨーロッパ諸国では 20℃以上，アメリカでは 21.1℃（70°F以上）が温泉の温度の基準とされています。温泉に関しては会報 no.60 も参照してください。

## （１）日本の名泉

日本の名泉はいろいろな人が紹介しています。有名なのは『枕草子』（能因本など）にわずか一文で書かれただけの「湯は七栗の湯，有馬の湯，玉造の湯」ですが，一般の人々には広まらなかったようです。「七栗の湯」は三重県の榊原温泉という説が有力で，断層の破砕帯などを通って地下水が地表に湧き出したと考えられています。温泉の対岸は貝石山と呼ばれ中新統の一志層群の貝化石などが豊富に産出します。

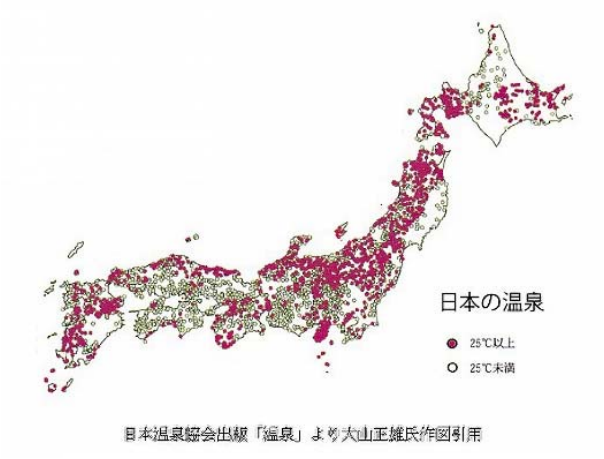



図１　　日本の温泉分布（URL1）

三大名泉でよくとり上げられるのは，室町時代の京都五山相国寺の僧・万里集九（ばんりしゅうく）や，江戸時代初期の儒学者・林羅山が紹介した群馬県の**草津温泉**，兵庫県の**有馬温泉**，岐阜県の**下呂温泉**の３つです。

有馬温泉（兵庫県神戸市）は日本書紀にも登場する日本最古の温泉のひとつで，江戸時代には大阪の商人層を中心とした多数の来客で賑わいました。現在は熱い湯が特徴ですが，江戸～明治期には泉温はかなり低く 1948 年に天満宮境内での 185m のボーリングで 98℃の高温泉を湧出させることに成功したものが主力源泉です。火山から遠く離れており，熱源が不明であり，温泉水の起源もよくわかっていないなどの特徴があり。「**有馬型温泉水**」と呼ばれていました。次項で紹介します。

名古屋に近いのは下呂温泉です。下呂市の東方にある 12 万年前～10 万年前に活動した湯ヶ峰（ゆがみね）火山をつくるデイサイト質溶岩が地中で完全に冷え切っておらず，温泉の熱源となっていると考えられています。最近，この温泉に行ってきました。おそらく入湯税を取られる宿には 200 カ所以上は行っていると思うのですが私は「烏の行水」なので，「温泉」を意識したことはほとんどありません。下呂温泉の印象は「熱い」「ヌルヌル感がある」の２つです。現在，下呂の湯は，１ヵ所にまとめて集中管理を行い，55℃に調整して各旅館に供給しているそうです。主成分は $Na^+$ と $Cl^-$ または $HCO_3^-$ であって $H_2S$ を含む pH9 以上のアルカリ性単純温泉です。「ヌルヌル（つるつる）感」の原因は，ナトリウムイオンや炭酸水素イオンなどを含むアルカリ性の炭酸水素ナトリウム（重曹成分）や炭酸ナトリウムです。もちろん温泉そのものがヌルヌルしているわけではなく，温泉と皮膚とが接触し反応することによってヌルヌルに感じるようです。

### （2）非火山性温泉と深部流体起源の温泉

一般にプレートは沈み込みによって圧力や温度が高くなり，それに伴ってプレートをつくっている鉱物が変化します。その変化の途中でスラブ水と呼ばれる水が放出されます。このスラブ水（熱水：深部流体）は深部のマントル高温部に入るとマントルを溶かしマグマを形成します。しかし，有馬温泉などの起源となっている熱水は，地下 40 ㎞～80 ㎞という浅い部分で発生しているため，マグマを生成せず，熱水のまま地上に向かって上昇したと考えられています。有馬温泉などの**西南日本**では南海トラフで沈み込んだフィリピン海プレートは太平洋側（前弧）の深さ 60km（600℃）までに大部分の脱水が生じるのです（図 2）。この熱水は四国や紀伊半島でも広く確認されています。

一方，**東北日本**では日本海溝で沈み込んだ太平洋プレートから脱水した水は，直上のマントル内で含水鉱物（蛇紋岩），になり，さらに深いとこまで引きずり込まれます。そして，600℃を超える温度になるとその蛇紋岩から再び脱水が起こり，水は高温部分（1200～1300℃）を上昇するためマグマを形成し火山をつくります。

主に日本列島の日本海側や東日本を中心とした弧状列島の内帯にあるグリーンタフ地域では硫酸イオンの多いグリーンタフタイプの温泉ができることが知られていますが，これも深部流体に関係するのではと考えられています。

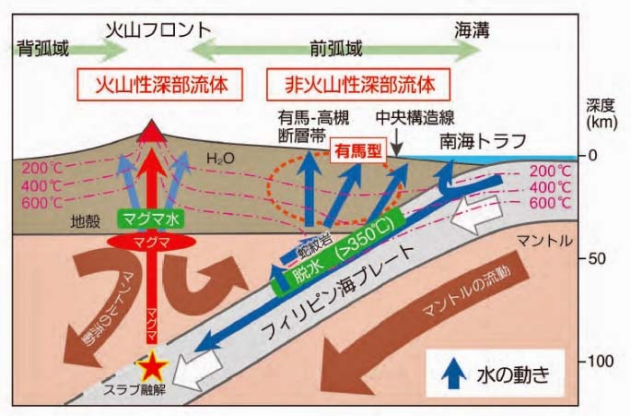



図 2　西南日本の深部流体の動き（産総研 2024）

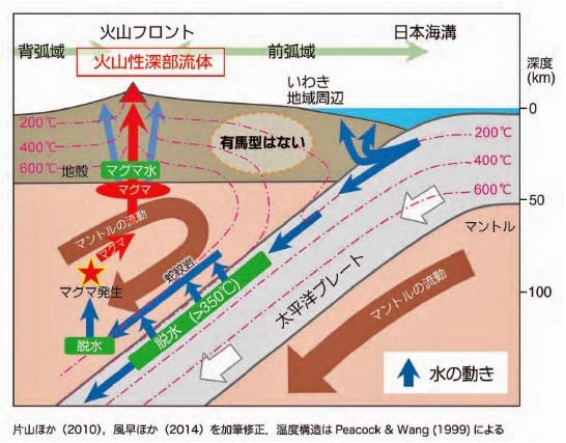



図 3　東北日本の深部流体の動き（産総研 2024）

### （3）温泉の分布と化学組成

わが国には，3000 カ所を超える温泉地があり，日本のいたるところで温泉が湧出しています。図 4 は日本の温泉の件数と総湧出量（棒グラフ），平均温度（折れ線グラフ）を集計したものです。温泉地の件数・湧出量ともに，大部分は pH6～10 の間にあって，pH8 前後で最大になります。**日本の温泉は中性～弱アルカリ性のものが圧倒的に多い**ことがわかります。強アルカリ性泉の平均温度はかなり低くなっています。酸性領域のほうは平均温度がたいへん高いのがはっきりしています。pH2 以下のいわゆる強酸性泉だと，一件あたりの湧出量が非常に大きいことも特徴です。

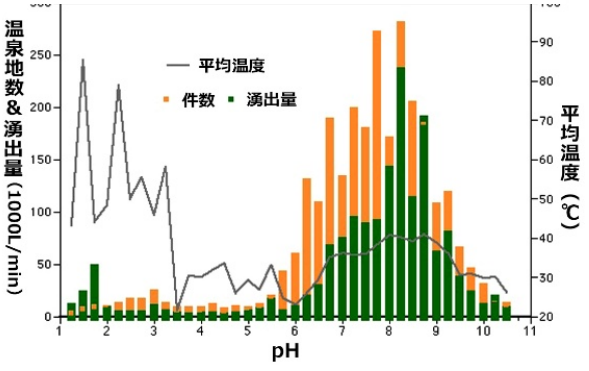



図 4　温泉数と平均温度と pH（URL2）

中～弱アルカリ性には塩化物泉が多く，やや酸性になると炭酸水素塩泉（炭酸泉を含む）が支配的

になり，酸性泉のほとんどが硫酸塩泉からできています。硫酸塩泉は酸性のものと，弱アルカリ性のものの２種類あり，前者には硫酸水素イオン($HSO_4^-$)が伴ってくるために酸性になっています。同様に，酸性領域にも塩化物泉が少し存在しますが，これは食塩泉ではなく，塩酸(HCl)による塩素イオンが多く含まれているためです。

温泉は成分によって単純泉，食塩泉，硫黄泉，放射能泉など 11 個に大別されています。単純温泉は泉温が 25℃以上で，温泉水 1 kg 中に含有成分が 1000mg に満たないものです。pH8.5 以上のものをアルカリ性単純温泉と呼んでいます。肌触りが柔らかく，癖のない温泉で，多くの温泉地にみられる泉質です。岐阜県の下呂温泉，長野県の鹿教湯(かけゆ)温泉などです。下呂には温泉博物館があります。

### （４）地熱資源と温泉堆積物と鉱床

資源としての温泉研究には地熱開発があり, 1918 年に別府で噴気孔掘削をしたことにはじまるといわれます。旧海軍中将山内万寿治(やまのうちますじ)が，石炭・石油の不足に備えて計画し，地熱利用を考えたそうです。地下の蒸気の圧力でタービンを回転させて発電します。発電に使った後の蒸気は冷却して湯に戻し，最初に分離した湯とともに地下の割れ目に戻します。地下で再度加熱されて戻ってくるものも利用できるため,「再生可能エネルギー」と呼ばれています。地熱発電所は全国に約 70 数か所あり，合計で約 54 万 kW の設備容量を持っています。発電所は、火山や地熱地域が多い東北地方と九州地方に集中しています。図 5 はニュージーランドのワイラケイで見た地熱発電所です。



図５　ワイラケイ地熱発電所

温泉水に含まれている様々な成分は，湧き出した後の急激な温度や圧力の低下，二酸化炭素の放出，空気との接触による酸化，pH の変化などによって容易に沈殿します。温泉水に含まれている成分が沈殿（析出）してできる温泉沈殿物を総称して温泉華（“湯の華”など）と言います。主成分の違いにより，珪華（図 6），石灰華，硫黄華，鉄華（褐鉄華），硫酸塩華などに分類されます。古くから別府では，湯の華を入浴剤として利用していました。

秋田県玉川温泉の大噴泉源より湧出する温泉水からは，硫酸バリウムと硫酸鉛が固溶体を成す北投石(ほくとうせき)（図 7）という硫酸塩華が生成されています。北投石は微量のラジウムを含んでおり，放射性を示すことでも知られています。世界中で台湾の北投温泉と秋田県の玉川温泉の２ヶ所のみでしか産出しない大変希少な温泉沈殿物です。富山県立山温泉新湯などから魚卵状の珪華（玉滴石）（図 8)，炭酸カルシウムからなる石灰華（図 10）なども知られています。

熱水（温泉水）にかかわる鉱床形成もあります。流紋岩などの岩石が酸性の熱水の影響を受けて変質（熱水変質）してできたと考えられているものにロウ石鉱床があります。ロウ石（図 11）は耐火煉瓦の材料になります。日本有数の金山である鹿児島県の菱刈鉱山などの金鉱床も，地下の熱水環境や塩素イオンに富む温泉水と深い関わりを持って形成されました。石見銀山の銀鉱床も，高温のマグマや，周辺の岩石に含まれていた銀などの成分を溶かし込んでいた熱水の作用によって形成されました。これらの鉱床を熱水鉱床と呼びます。

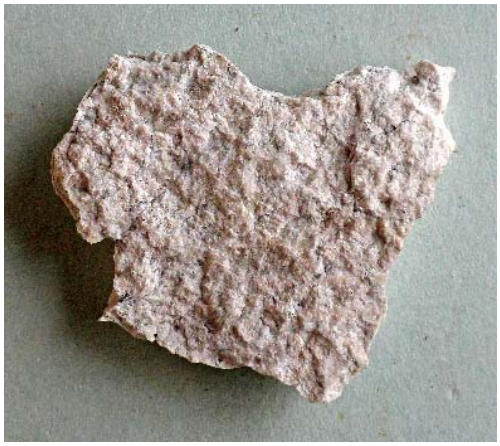


図 6　珪華（秋田県玉川温泉）



図 7　北投石（産地不詳）

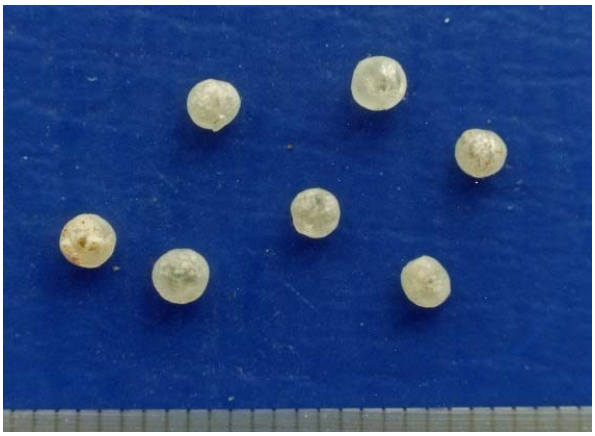


図 8　魚卵状蛋白石　富山県立山



図 9　球状石灰岩　　長野県松本市白骨



図 10　石灰華　秋田県男鹿温泉　鬼の隠れ道



図 11　蝋石　新城市巣山

**主な参考引用文献**

産総研，2024，地質標本館特別展　なぞの温泉「深部流体」.リーフレット

URL1:https://www.onken.odawara.kanagawa.jp/hotspring/onsen_kouza/20200511-03.html

URL2:https://www.asahi-net.or.jp/~vd5h-cb/bbs/special/sience_of_hotspring/sience_of_hotspring_5-4-1.htm