

温 泉 hot spring

(1) 温泉とは

温泉は、温泉法で、源泉温度が 25°C以上あるか、またはそれより冷たくても 19 の特定成分（水素イオン，ヨウ素イオン，重炭酸ソーダなど）が 1 つでも規定以上含まれていれば温泉と決められています。温泉のうち、特に治療の目的のものを療養泉といいます。日本の温泉について、科学的視点から最初に書かれた書物は宇田川榕庵（津山藩の藩医）が書いた『舎密開宗』です。「せいみ」は化学のオランダ語「Chemie」の音訳です。温泉水のほとんどは、天水（雨や雪）が地中に浸み込んで地下で熱や成分などを得て、再び地上に湧き出した循環水です。温泉は、その熱源の違いによって、火山性温泉と非火山性温泉に大別されます。

(2) 温泉の種類

温泉は、泉温や液性、浸透圧、含有する化学成分などで分類されます。また、療養泉の場合は、温度や主な含有成分によって 10 種類（単純温泉，二酸化炭素泉，塩化物泉（食塩泉），炭酸水素塩泉，硫酸塩泉，含鉄泉，含よう素泉，硫黄泉，酸性泉，放射能泉）に分類されます。温泉水は、とけこんでいる成分の違いだけでなく、その割合や組み合わせ、光のあたりぐあいなどでも色が変わります。日本でもっともよくある温泉は単純温泉で、いろいろな成分がとけこんでいますが、その量は少しずつなので無色透明が多いといえます。中性から酸性の硫黄泉では、わき出してすぐは透明でも酸素にふれると細粒（コロイド）ができてにょろ「乳白色」に見えます。長野県の白骨温泉，秋田県の乳頭温泉などがそうです。兵庫県の有馬温泉のように鉄分の多い湯が空気にふれて鉄と酸素がむすびつき、赤～茶色になることもあります。ほかにも、黒色や青色，緑色などの温泉もあります。

(3) 熱源の違いによる分類

A) 火山性温泉

火山地帯では地中の浅い部分（地下数 km～10 数 km）に、深部から上昇してきたマグマが 1,000°C 以上の高温になるマグマだまりを作っています。そのような場所にしみ込んだ地下水は、マグマから熱や成分を受けとり、断層などで生じる割れ目などやボーリング孔を通して湧き出てきます。

マグマから発生する高温の火山ガスには、多量の水蒸気のほか、塩化水素 (HCl) 二酸化硫黄 (SO₂)，硫化水素 (H₂S)，二酸化炭素 (CO₂) を含んでいます。地表へ移動する途中で周囲の岩石に含まれる金属成分を溶かし、塩化物泉，炭酸水素塩泉，硫酸塩泉の泉質が生じます。酸ヶ湯（青森），玉川（秋田），箱根（神奈川），別府（大分）などがあります。

B) 非火山性温泉－深層地下水型－

天水（雨や雪）は地中にしみ込み地下水になります。地下では、深度が深くなるほど地温が上昇しますが、その熱源の大半は、地殻に含まれるウランやトリウムなどの天然放射性元素の崩壊熱です。地温が上昇する割合（地下増温率）は、一般的に 100m 当たり約 3°C といわれています。例えば地上で 15°C の場合、地下 1,000m の地熱はおよそ 45°C になります。この熱により地下水が温められます。

地温で温められた地下水が地上に出てきたものを、非火山性温泉と呼びます。深層地下水型温泉の特徴には、火山性の温泉よりも温度が低い（高いもので 40°C）、アルカリ性が高いなどがあります。高温の岩石が地下にあると、これにより地下水が温められる場合もあります。上まで上がってくるうちに温度が低下するので、42°C以上の高温泉が湧出する例はそれほど多くありません。

C) 非火山性温泉－化石海水型－

地殻変動などで古い海水が地中に閉じこめられている場合（化石海水）、それが、地温によって温められ、湧き出たものが化石海水型の温泉といいます。塩分を多量に含んでいます。なお、海岸に近い地域では、現在の海水が混入しているケースもあります。岐阜県根尾にあるうすずみ温泉（閉館）がその例といわれます。

（4）愛知県と周辺地域の温泉

愛知県ではおよそ 100 カ所温泉がありますが（図 1）火山性温泉はほとんど無く地下水が暖まっ

たものです（深層地下水型）。濃尾平野での温泉発掘は、1963 年に天然ガス発掘目的のボーリングで、地下約 1540m から 60°C以上の熱湯が湧出したのがきっかけです。井戸の深さはおよそ地下 1100～1200m、帯水層は厚さ 80m ほどの礫層で、鮮新世の地層と考えられています。蟹江町の佐屋川右岸にある尾張温泉は地下 1,200mの深さから 5,000 トンもの量が湧き出す泉温 55°Cの温泉で、泉質は弱アルカリ性単純温泉です。地熱による加熱で高温の熱水が得られますが、濃尾傾動地塊運動によって地層が濃尾平野の西側に傾き、地下に豊富な地下水が貯えられていることも大きな要素の一つです。

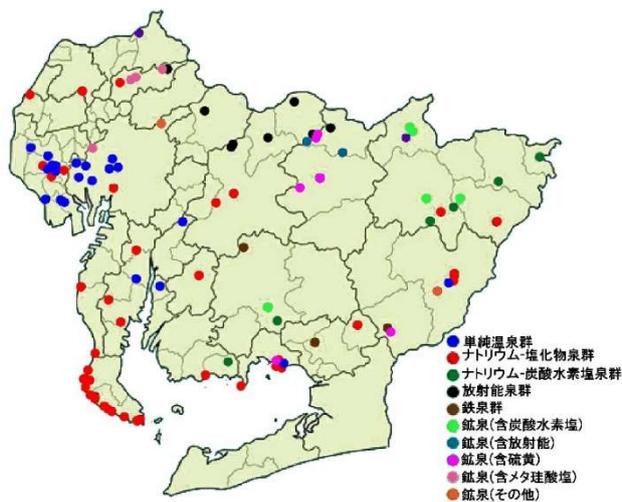


図 1 愛知県の温泉(URL1)

知多半島では冷泉を利用していましたが、内海の海水浴場西端でのボーリングで温泉が出てきました（図 2）。現在では知多半島の海岸沿いにいくつかの温泉があります（図 3）。中央構造線に関わる断層（地割れ）にたまったものだと考えられています。知多半島海岸の温泉の泉質はナトリウム-塩化物強塩泉が多く、海水の影響を受けています。豊田市の猿投温泉は伊奈川花崗岩などからの風化堆積層も含めたラジウム含有鉱物からラドン Rn が放出され地下水



図 2 内海温泉のボーリング



図 3 泉源の一つ（旧魚友）

に溶け込んで温泉水が生成したと考えられています。地下 1,200m から湧き出し、源泉温度は 20.4°C, pH 8.5 です。

新城市では湯谷温泉が古くから知られていますが、鳳来寺パークウェイ入り口の駐車場で深さ 1001m までのボーリングが行われました。52°C, 300 ℓ/分のくみ上げが可能とわかり、駐車場に温泉スタンドがつくられています(図4)。このボーリングでは地下 1000m まで変質した流紋岩, 安山岩, 凝灰岩やデイサイトなど陸上に噴出または堆積したものからできていることがわかりました。湯谷温泉などに設置した温泉ガスの長期モニタリングシステムを用いた観測で、1995 年に発生した兵庫県南部地震発生時にアルゴンに対する He, Ne, CH₄ の比が増加したことから、温泉ガス成分の分析が地震予知に用いることができる可能性が指摘されました。東栄町のとうえい温泉の泉質はナトリウム・カルシウム塩化物強塩泉で、濁河温泉や下島温泉のように源泉は褐色です。



図4 湯谷温泉の温泉スタンド

岐阜県の温泉は、泉温が 50°C 以上の源泉は焼岳周辺の奥飛騨温泉一帯, 御岳山麓の濁河温泉, 白山中腹の大白川温泉, 下呂温泉の 4 か所に限られています。下呂温泉はアルカリ性単純温泉で, pH9.2, 掘削深度 300m 以内の井戸から 50°C にも達する温泉を得ています。3~4 km 離れたところにある, 湯ヶ峰火山がもたらしたマグマが熱源と考えられています。東濃地方に分布する温泉は, 花崗岩などの影響を受けて, ラドン, トロンが地下水に溶け込んだ放射能泉が特徴です。

三重県では, 桑名市長島町の長島温泉が有名です。泉温は約 60°C のアルカリ性単純温泉です。菰野町の湯の山温泉の泉温は, 26~45°C と施設によって違いがあります。泉質はアルカリ性単純温泉の, ラジウム泉です。地質は花崗岩類です。

放射能泉は秋田県仙北市にある玉川温泉が有名です。

「日本一の湧出量」と「日本一の強酸性」を誇る温泉です(図5)。発見した当時は硫黄の採掘場として利用されていたそうです。酸性の強度によって浴槽が別れており, 私は一番弱いものにしました。源泉の温度は 98°C と高く, 硫黄臭があり, 微量のラドンが含まれています。岩盤浴を



図6 鹿塩温泉の泉源(塩湯荘)



図5 玉川温泉の泉源「大噴」



図7 下島温泉飲泉場

する湯治客も多く見られました。ここは北投石というラジウム等を含む重晶石の仲間の鉱物が産出することで知られています。北投は台湾の地名です。標本は持っていますが産地は不明です。

長野県大鹿村鹿塩には、海水よりも塩分が高い鹿塩温泉があります（図6）。ある研究会の巡検で案内をしました。塩川沿いに湧出する天然塩水を利用した温泉で、泉質は含硫黄-ナトリウム-塩化物冷鉱泉、源泉温度14℃、塩分濃度は、4%（海水は平均3.5%）です。洗顔して唇をなめると塩辛かったです。化石海水と考えられていましたが、含まれるミネラル分が異なることから、フィリピン海プレートがマントル内に沈み込んだときに脱水作用で放出された水で、「スラブ起源水」と考えられています。地質見学より参加者に人気だった印象があります。

下呂市小坂町の^{したじま}下島温泉は、昔より傷湯として知られ茶褐色の湯が特徴で古くから利用されています。低温で飲用にも利用されます。「飲泉場」（図7）で飲んでみましたが、とてもまずいです。近くに岐阜県指定天然記念物「^{がんだて}巖立」があります。

（5）湧出量の変化

温泉の湧出量は降水量で変化します。しかし現在各地の温泉で、湯量の減少やお湯の温度の低下といった現象が報告されており、廃業の危機にある温泉もあることが話題になっています。その大きな要因は、深い位置から多量に汲み上げる水中ポンプ利用泉が増えてきていることなどからくる過剰揚水です。

（6）世界の温泉

温泉は世界各地で湧出していますが、その分布にはかたよがりが見られます。やはり環太平洋火山帯が目立ちます。世界的に有名な温泉にイギリスのバースがあります（図8）。Bathの由来になったところです。古代ローマ時代は入浴していたようですが、キリスト教の普及とともに裸になる入浴の習慣が失われ（水着着用が多い）、硬水が多く、入浴により肌荒れしやすいことなどが要因で「飲泉」が主流となったようです。私が訪れた時にはローマン・バスは入浴できませんでした。



図8 ローマン・バス

温泉は、好熱性細菌と初期生命の研究や、地熱利用などでも重要です。地熱開発は、1918年に山内万寿治海軍中将が、石炭・石油の不足に備えて計画し、別府で噴気孔掘削をしたことにはじまるそうです。

主な参考引用文献

村松憲一，2019，愛知県の地質とジオサイト（第二版）. 189 p.

脇田浩二・小井土由光，1994，下呂地域の地質.地域地質研究報告（5万分の1地質図福），地質調査所，79 p.

URL 1：<https://www.pref.aichi.jp/eiseiken/4f/onsen.html>

その他，多くのWebサイトを参考にさせていただきました。