

## 五頭西麓の放射能温泉と “新発田一村松構造線”について

島津 光夫\*・杉村 俊郎\*\*

### まえがき

五頭西麓にある村杉温泉は栃尾又温泉とともに新潟県では古くからしられた珍しい放射能温泉である。村杉温泉の長生館を訪れた際、庭の清水もラドンを含んでいることに興味を覚えた。

長生館の庭はゆるく南に傾斜した芝生のかなり広い庭である。清水はこの庭のどのような部分にあたるか、村杉温泉の源泉の割れ目(湯脈)はどんなもので、それとどのような関係にあるか、などを確かめてみたいと思い、放射能調査を試みた。その後さらに周辺地域を調査した結果、五頭西麓に広くラドンを含む温泉、冷泉があることが明らかになった。これらの結果とその結果から考えられることを報告する。最後に新発田一小出線の吟味とそれと放射能温泉との関係にふれる。

### 1 放射能温泉とは

放射能温泉はラジウム泉とも呼ばれているが、その大部分はラジウムの放射壊変により生じたラドンを含むものである。ラドンは不活性の気体で、半減期は3.825日である。

日本では三朝温泉(鳥取県)、湯抱、池田温泉(島根県)などが有名であるが、大部分西日本の花崗岩地帯にある温泉である。東日本には、山梨県に増富温泉、新潟県に村杉温泉、栃尾又温泉、福島県に母畑、猫啼、三春温泉などがあるが数が少ない。

温泉法では、放射能温泉とは、単純温泉のうちラドン含量が1キログラム(約1リットル)中に $30 \times 10^{-10}$ キュリー(Ci)、または8.25マッヘ単位(M.E.)以上を含むものである。一般的には、ベクレル(Bq)が用いられるが、温泉では現在マッヘが多く使われている。

それらの関係は、1マッヘ=13.5ベクレル= $3.64 \times 10^{-10}$ キュリーである。1ベクレルは原子核が毎秒1個の割合で崩壊するときの放射能である。

ラドンの測定は種々な測定器でなされているが、温泉分析書に記されているラドン量は、IM泉効計で測定された値である。液体シンチレーションカウンター(LSC)は精度が良く、大学や研究所では現在用いられているが、測定器が高価なので温泉分析では依然としてIM泉効計が使用されている。IM泉効計はLSCより20%ほど高く出るといわれている。著者らもIM泉効計を用いている。

なお、IM泉効計では、一定量の温泉水を電離箱にいれ、箱を振ってラドンを気相にして追い出し、ラドンから放射されるアルファ線による電離電流を検電器のアルミ箔の動きにより計測する。液体シンチレーションカウンターは液体の蛍光体を用いたものである。

温泉法では、ラドンが50マッヘ以上のものを単純放射能温泉、50マッヘ以下、8.25マッ

---

\*新潟大学名誉教授、\*\*ST温泉総合研究所

へ以上のものを単純弱放射能温泉と区別している。療養泉は8.25マツヘ以上と規定されている。日本のいくつかの放射能温泉の泉温、ラドン含量を次に示す。

	温 度	マツヘ(最高値)
増 富(山梨県)	33~40	1500~355(9230)
池 田(島根県)	26~40	1300~109(4330)
三 朝(鳥取県)	40~85	180~50(702)
有 馬(兵庫県)	25	126
村 杉(新潟県)	26	65~60(205)
栃尾又(新潟県)	39	60~50

括弧内は測定された各井戸の最高値であるが、現在は減少しているか、枯渇しているものもある。

東日本、とくに新潟県には西日本と同じ花崗岩がかなり広く分布しているが、なぜ放射能温泉が少ないのであろうか。五頭山地周辺には、食塩泉（月岡、咲花）、芒硝泉（宝珠、三川、新三川）、芒硝石膏泉（馬下、笹神ケイマン）があるが、放射能を含む温泉は村杉、出湯、今板温泉だけである。

## 2 五頭西麓の地質（図-1）

五頭山地に広く分布しているのは白亜紀の花崗岩（90Ma）である。大きく西側の黒雲母アダメライト（草水みかげ）と山頂および東側に分布する斑状の角閃石-黒雲母アダメライトに分けられる。各所でアプライト岩脈に貫かれている（Sasada, 1975）。村杉薬師堂の北や出湯の南にもアプライトがでている。

それらの基盤岩を不整合に覆って新第三紀中新世の山の神層（津川層）の基底部の礫岩、砂岩、石炭層が五頭山の山頂などに分布している。津川層の流紋岩質凝灰岩（グリーンタフ）は大日付近に、かんらん石玄武岩溶岩がツバタの東に露出している。その上に整合に重なる魚岩層（七谷層）は暗灰色の硬質泥岩で、魚岩付近に分布し、魚の化石を産している。その上に整合に羽黒層（寺泊層）の黒色

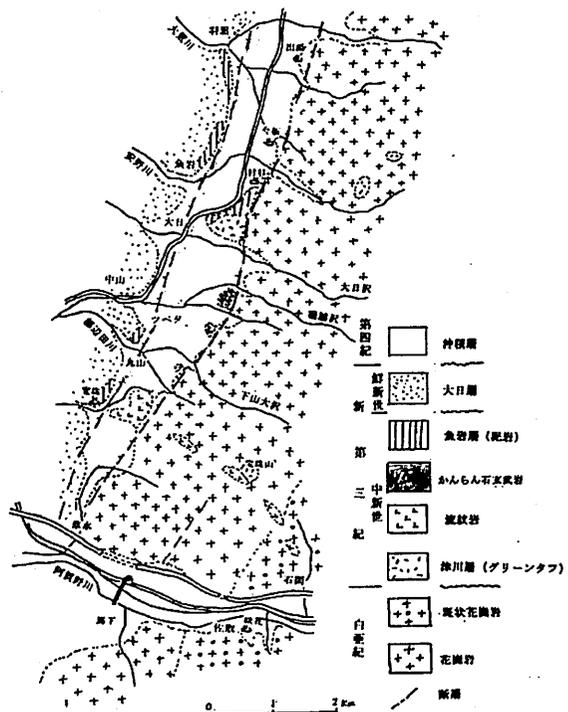


図-1 五頭西麓の地質の地質図

泥岩が重なっている。羽黒付近ではかつて羽黒層の中の石油が手掘りで採掘された。その他、流紋岩が各所に出ているが、大部分岩脈である。

西側の笹神丘陵には、中新世の地層を不整合に覆って砂岩、シルト岩を主とする鮮新世の大日層（西山層）が重なっている。さらに不整合に更新世の山寺層（礫、砂、シルト）、さらにその上に不整合に笹神層（礫、砂、粘土）が重なっている（笹神団研、1980、1982）。五頭山地は大日層が堆積した鮮新世（300万年前ころ）から東西圧縮応力場の発達に伴い、隆起を始めた。しかし、大きく隆起したのは中期更新世（50万年前ころ）以降であることは土石流の発生からも裏付けられる。

五頭山地は数回にわたり、土石流を流しだした。その砂礫を主とする堆積物は、五頭西麓から村杉低地帯、一部笹神、安田まで分布している。土石流堆積物は大きく7つに分けられている（高浜、野崎、1981）。

中期更新世（約40万年前）の土石流堆積物は、下位から五頭土石流堆積物、中山土石流堆積物、大日ヶ原土石流堆積物で、それぞれ10～30mの厚さをもっている。五頭土石流堆積物は笹神丘陵が隆起する前に広く流れたもので、現在の笹神丘陵の上にも分布し、風化、粘土化し、赤色になっている。中山、大日ヶ原土石流堆積物も笹神付近まで分布しているが、笹神丘陵を切って流れている大荒川、安野川、ツベタ川に沿って分布し、笹神丘陵が隆起した後に流れたものである。

後期更新世（約3万年～1.8万年前）に流れたものは、今板、村杉土石流堆積物（厚さ5～10m）で、村杉低地帯内だけに分布している。

完新世のツベタ土石流堆積物は5000～3000年前（縄文時代中～後期）に流れたもので、土石流堆積物（厚さ1～5m）の中に挟まれている黒色土（土壌）から縄文土器の破片が出土している。

これらの土石流は、当時の気候が温暖で、雨量が多かったことと、五頭山地の西部の花崗岩が破碎され、マサ化していたために生じたものと考えられる。

1967年の羽越大水害の際には、ツベタで発生した土石流が安田に大きな被害を与えた。今板温泉も土石流に襲われ、数軒の旅館が押し流された。土石流堆積物の厚さは1～3mである（茅原ほか、1968）。

### 3 村杉温泉

村杉温泉は古くからの温泉であるが、大正3年（1914）、新潟医専（新潟大学医学部の前身）の中山蘭教授、太田鉄郎助教授により、ラジウムエマナチオン（ラドン）が49～65マツヘを含むことが分析により確かめられた。大正4年、内務省衛生研究所により栃尾又温泉もラジウム泉であることが確かめられ、新潟県にもラジウム温泉があることが明らかになり、本格的な放射能温泉の出現となった。

村杉温泉の最初の源泉は薬師の湯で、現在1号井と呼ばれる自然湧泉である。小さなお堂の中で現在も湧き出している。その近くの足湯の中央に自然湧泉の2号井がある。3号

井の掘削年代や掘削深度は残された資料がなく明らかでないが、200メートルぐらいと推定されている。現在利用されているのは1号、2号、3号井で、いずれも単純放射能温泉である。

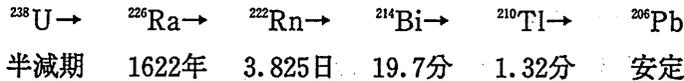
1号、2号井の温度は25度で、湧出量は毎分約60～110リットルである。3号井の温度は26度で、湧出量は毎分436リットルである。

#### 4 村杉温泉および周辺の放射能調査

##### a 測定方法

ラドン（ラジウム）泉の分布を明らかにするため地表放射能調査を行った。使用した測定器は、8580型ハンドボーン（日さく型携帯用断裂形態探査装置）である。大型のNaIシンチレーターと光電増倍管を一体化した検出器で、マルチ波高分析器がスペクトルを分析し、 $^{137}\text{Cs}$ （人工放射能元素）を用いて補正処理している極めて感度の良い測定器である。ラドン（Rn）の崩壊生成物のビスマス（Bi）、タリウム（Tl）、および $^{40}\text{K}$ を選択して測定する。

ウランウ（U）の放射壊変は複雑な経路をたどり、最終的には安定な鉛（Pb）になるが、簡略化してその経路と半減期を示す。



測定器には、K、BI、TL、STL（タリウムのコンプトン部）の計数値とB/K、K/T、B/T、S/Tの値が表示される。1測点で3分間づつ測定した。

長生館の庭（約9700平方メートル）では、測点を3メートル間隔にとり、7測線について、計90の地点で測定した。周辺地域については、1号井、2号井、3号井を結ぶほぼ北東-南西方向の測線で10数点、その周辺で20数点測定した。バックグラウンドの目安とするため、温泉から離れた魚岩の泥岩、大日のグリンタフ、安野川上流の花崗岩を測定した。

どの元素の値が適当かを見るために、4測線について、上記元素の計数値を同一図面上に投影し比較した（図-2）。Kは近くにある花崗岩（岩塊、敷石、石碑など）の影響を受けているように思われる。BIとTLを比較すると、BIの方が値が大きく、鋭敏である。TLとSTLはほぼ同じパターンを示している。結論としてBIが比較資料として最も適している。

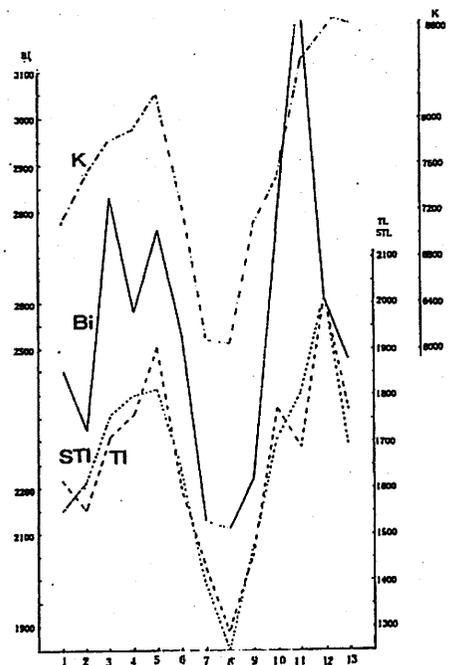


図-2 ある測線での測定値の比較

問題は測定値の大小が何を示すかである。芝生の庭は緩く南に傾いている。地下全体の様子を直接明らかにすることはできないが、ラドンを含む清水（冷湧泉）のでている付近には砂礫層がでている。

また、旅館の建物を建築した際の資料によると、表土のすぐ下は大きな花崗岩の礫と間をうめる黄褐色の砂礫の層（村杉土石流堆積物）で、地下水が多く含まれていたとのことである。おそらく庭の地下も同様なものと思われる。

測定される放射能（BI, TL）は地下水中のラドンの崩壊物であるが、Kは花崗岩やアプライトの礫あるいは砂礫の放射能を検知しているものと想定される。

測定器は約1.5メートル範囲の放射能をとらえることができるとされており、表土が厚いとその下のものの放射能は検知できない。庭の中央部付近は表土は1.4メートルもあるため低い値を示している。

周辺地域に分布するグリーンタフ、泥岩、花崗岩の計数値は次の値である。

	K	BI	TL	STL
花崗岩	8664	2507	1804	1731
泥岩	3377	1984	820	930
グリーンタフ	1323	769	735	701

上の値と庭の測定値から、一応バックグラウンドとして、BI：2000、TL、STL：1000、K：3300を見積もった。

## 5 測定結果とその考察

### a 村杉温泉地域

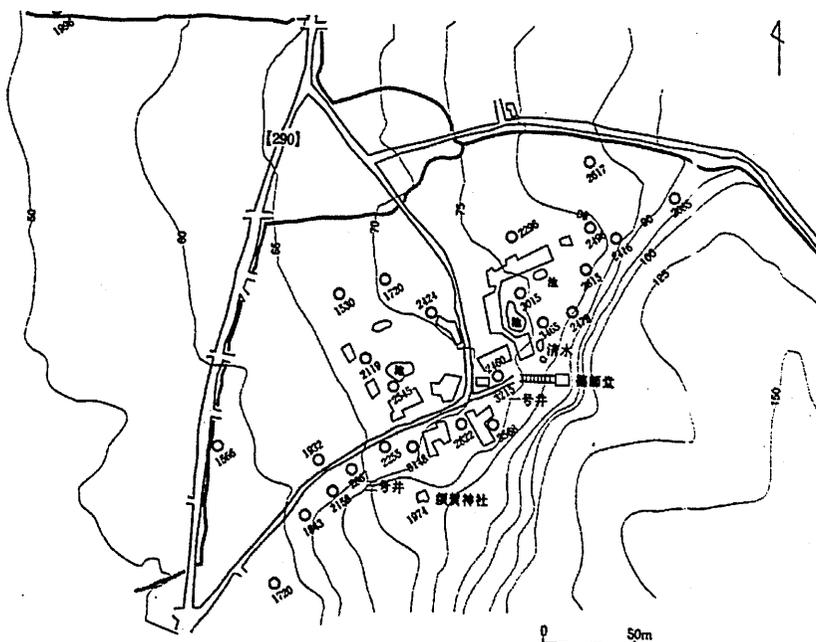


図-3 村杉温泉地での放射能測定値（数字はBI測定値）

1号井と3号井を結ぶ測線と周辺のBIの値を図-3に示す。1号井のBIは3215であるが、3号井では2255と低い。現在湧出している井戸の傍での測定の場合は、井戸の中のラドンを含む水の放射能を検知しているのか、井戸の周りの放射能を測定しているのかの、両方、あるいは一方かもしれない。1号井は自然湧泉であるので、前者の可能性が大きい。3号井は深度が大きいので低くでている。水井戸の場合も同様である。

その他、山側の井戸のない所で、3000以上の値を示すところが2ヶ所あった。そのうち1ヶ所には2メートル以上の厚さの泥岩がでていた。

2100以上の所は1号井から南東に約170メートル付近までで、その南西部では急激に減少する。一方、三号井の道路の向かい側（西側）では2000以下の低い値を示す。一号井近くの道路の西側で、2500より高い値を示す所があるが、これについては後述する。

測定結果からは、高い値の部分は幅数メートルで、延長170メートル前後の範囲に限られていることを示している。その後の聞き取りで、3号井は最大毎分560リットル以上の湧出量があつて暴噴し、その際1号井、2号井は著しく減少したとのことである。そのため湧出量調査を行い、現在、3号井を毎分436リットルに抑制して八軒の旅館と共同浴場で利用している。

このことは明らかに1,2号井と3号井が連結している、すなわち同一割れ目から湧出していることを示している。割れ目の傾きは井戸の資料がないので明らかでないが、西へ急傾斜していると推定される。この割れ目が地表調査で示されるように約170メートルは続いているものと推定される。そして、3号井では上部にでていた泥岩によって湧出している温泉脈がふさがれ、水圧が高まっていたところに掘削したため、圧力が開放され、暴噴したと思われる。

#### b 長生館の庭

図-4のように、BIが3000以上の所が清水（ラドン量35.7マッヘ）を含めて3ヶ所認められる。2800～3000の部分も3ヶ所認められるが、清水の付近では北東—南西方向に伸びている。本館に近い所の2600～2800の部分も同様に伸びている。放射能の高い部分は庭の北側と南側に偏っていて、ラドンを含む地下水が

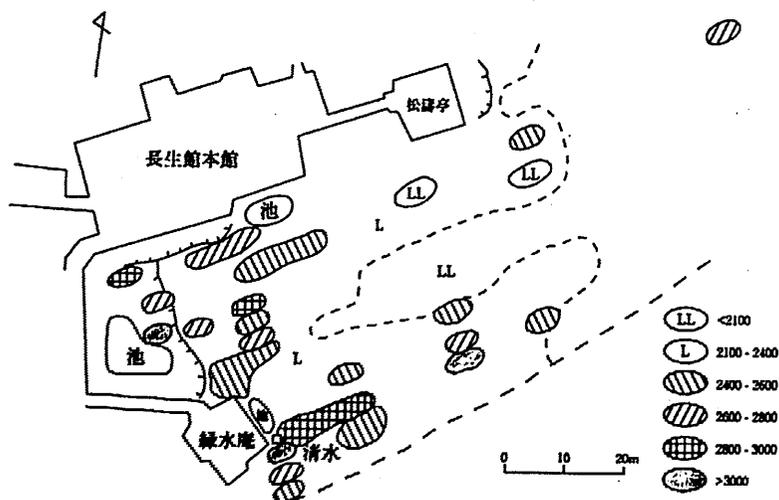


図-4 長生館の庭の放射性BI濃度分布

北東から南西に流れているように見える。高放射能部ののびは地下の割れ目か、地下水の流れを示していると思われる。地下の割れ目は1号井と3号井を結ぶ方向にほぼ平行する別の割れ目と思われる。庭の東側と北側で低くなっているのは表土が厚くなっているためである。

庭の地下水は巨礫を含む砂礫層の中を浸透しているものと思われる。年中ほとんど変化ないので、水の供給源は雨水よりは大部分庭の北の道路にそって、安野川から分流された標高90メートル付近を流れる用水と思われる。この水が、南東方向にゆるく傾斜し、扇状地をつくった土石流堆積物（砂礫層）の中にしみこみ、流れているものと思われる。この用水の傍ではBiが2000以下である。

扇状地の面は小さな段をつくり、標高65～70メートル前後の平坦面（環翠楼の庭）まで達しているが、70メートルの面が一つの土石流の末端を示している（図-3）。その平坦面の南側にもBI2500以上の値を示す部分があるが、1,2号井のラドンを含む排水が地下の砂礫層に流れ込んでいるためと思われる。

## 6 出湯温泉について

出湯温泉は古くからの湯治場で、明治12年の温泉番付にも「出湯の泉」として載っている。華報寺<sup>はほうじ</sup>の境内に古くからの公衆浴場がある。かつては14軒の温泉宿があったが、現在は5軒の旅館と新しい出湯共同浴場がある。泉温31～41度の単純温泉で、従来放射能温泉とはされていなかった。

公衆浴場とS旅館のまわりの放射能調査をしたところ、Biが2368、2753とバックグラウンドより高い値を示すところがあった。S旅館に花崗岩中に掘ったマッへ24.8の源泉があることを知ったので、今回すべての源泉のラドン測定をした。

その結果、川上貞雄氏所有の泉温18度の洞春窟1号井（古い横穴「洞春窟」の自然湧泉の前に掘った井戸）は20.3マッへのラドンを含み、C旅館は32.5マッへである。C旅館、S旅館の源泉と洞春窟の源泉を結ぶ方向（ほぼ南北）に湯脈（花崗岩中に）が推定される。

洞春窟1号井は出湯の東側の15メートルほど高台にある井戸で、前面は花崗岩とその中のアプライトの崖で、一号井はアプライト中に30メートルほど掘削したもので、傍の2号井は約120メートル掘削したものである。内管は泉温41.5度、マッへ7.7の単純温泉、外管は泉温33度、マッへ15.3の弱放射能温泉である。

その他のいくつかの源泉にマッへ8.7以上を含む弱放射能温泉にあたるものがある。これらの源泉は出湯の街の華報寺に通ずる東西方向の道路の北側の平地に掘ったもので、157メートルの深度のものもあるが、大部分は30～40メートル掘ったもので、泉温28～38度の弱放射能泉である。井戸の資料がなく明らかでないが、周辺の地質や国道沿いの消雪パイプ用井戸の資料からは30～40メートルまではマサ土か砂礫で、その下は泥岩か風化花崗岩と思われ、平地の源泉はラドンを含む一種の伏流水を汲み上げたものと思われる。上述のように、村杉温泉よりはラドン量が少ないが、出湯温泉にも弱放射能温泉（冷泉・温泉）

があることが明らかになった。

今板温泉は泉温20度で、マッヘ13.8の弱放射能温泉である。

## 7 ラドンの起源

ラドンのもとになるラジウムは、ウラニウムやトリウムから変わったもので、花崗岩にはウラニウム、トリウム、ラジウムがごく微量に含まれている。ラジウムをわずかに含む温水が花崗岩などの割れ目を通して地下から上昇してきて、粘土や鉄・マンガンの酸化物や炭質物などラジウムを吸着しやすいものがあると、その中に濃集する。そのような部分を通して上がってきた温水がラジウムから変わったラドンを含む放射能温泉になると、一般的には説明されている。

村杉温泉付近にでている花崗岩は、古くから草水みかげと呼ばれている黒雲母アダメライトと一連の岩石で、草水付近の淡赤色のものより色が薄い。黒雲母アダメライトは褐れん石、ジルコンなどの副成分鉱物を含み、ハンドボーンで測定すると、比較的放射能が高い。村杉の裏山にでているアプライトも放射能が高い。

上述のように、1号井と3号井を結ぶある幅を持った高い放射能の地帯は地下に割れ目が発達したところである。庭の清水あたりを通る高放射能の部分も地下に何らかの割れ目があると推定される。この割れ目はかなり深部まで達していると思われる。

さらに、村杉温泉では、地下から上昇してきたラドンが、砂礫層中の地下水と混じり合って広がっている。これは庭の清水などにあらわれている。このような放射能温泉を複合型放射能温泉と呼ぶことにする。そのモデルを図-5に示す。

長生館の庭から環翠楼の庭付近までの砂礫層（土石流堆積物）のでている範囲では、井戸（浅井戸でも）を掘削すると、ある程度のラドンを含む水がでてくる可能性がある。現にK旅館の水井戸は30マッヘ、I旅館の水井戸16.6マッヘ、A旅館の井戸水は26マッヘのラドンを含んでいる。

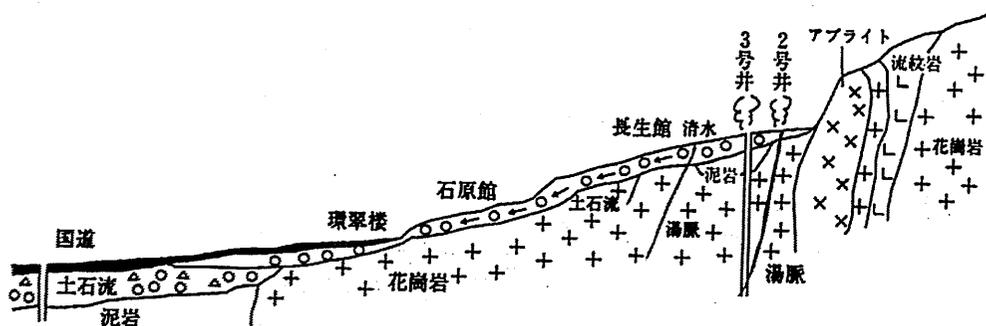


図-5 複合型放射能温泉のモデル

## 8 熱源について

村杉温泉の自然湧泉の1号、2号井の温度は25度、3号井は26度であるので、冷鉱泉で

はない。庭の清水は13~15度である。長生館の水井戸の資料から推定される地下増温率は12.6度で、出湯温泉よりは低い、宝珠温泉の5度と比べると高く、何らかの熱源を考える必要がある。薬師堂の裏に流紋岩が転石として出ている。なお、出湯温泉の洞春窟の井戸の付近には幅数10センチメートルの変質した流紋岩岩脈が北東-南西方向にアプライトを貫入している。おそらく熱源はこのような流紋岩の貫入に関係したものかもしれない。

## 9 新発田-小出構造線について

### a 新発田-小出構造線の再検討

新発田-小出構造線(山下、1970)は新発田から村杉を通り、小出まで続く断層帯で、衛星写真を見ると、六日町あたりまで続いているように見える。しかし、野外である程度追跡可能な構造線は村松付近までなので、それをここでは新発田-村松構造線とよぶことにする。この構造線は北北東-南南西方向である。村松には村松断層という活断層(村松断層)がある(高浜ほか、1980、大竹ほか、2007)。

その南は新第三紀層や守門火山噴出物に覆われ明らかでない。さらにその南方の守門付近では、花崗岩中に破碎帯が生じている。破間川沿いには、南岸には中生層とそれを貫く花崗岩および津川層、北岸には七谷層およびそれより新しい魚沼層がでていて、川沿いに北東-南西方向の断層が推定されているが、新発田-村松構造線の方とは違っている。

六日町を通ると推定される断層の東側の越後山地には中生層と花崗岩のほかに上越帯のものと思われる水無川変成岩、中の岳斑れい岩、蛇紋岩および津川層(城内層)が分布し、西側の魚沼丘陵には一部に七谷層が分布するが、大部分椎谷層より上部の地層である。

『十日町地域の地質』説明書(柳沢ほか、1985)では六日町北西縁構造線が推定されている。この構造線(伏在断層)は新発田-小出構造線の南方延長にあたり、六日町盆地形成に関与したと述べている。しかし、この断層の西側には新発田-村杉構造線のように新第三系の大きな沈降地域は見られない。

したがって、衛星写真などでは直線的な構造線と見えるが、地質学的には性格が同一の一本の構造線とは考えられない。このことは池辺(1982)によりすでに指摘されている。

それにも関わらず何故、新潟堆積盆地の東縁部に直線状の断層が形成されたのであろうか。最終的には五頭山地や越後山地の隆起上昇によると思われるが、形成のもとになったと考えられる地質構造単位(上越帯か)が断層の西部にあるかもしれない(茅原、1988)。

### b 新発田-村杉構造線

新発田-村杉構造線にあたる断層がどこを通るかは、土石流堆積物が広く発達していて、新第三紀層の露出が極めて悪く、明らかでないが、五頭山地と笹神丘陵の間に、東側と西側の断層が推定される。

東側の断層は、大日でのグリンタフの分布、3号井の裏に泥岩がでていいるなどからすると、新第三紀中新世の地層と花崗岩の境界をなして、上述のように村杉温泉の東側(アプライトの西縁)を通ると推定される(図-1)。

ツベタでは、花崗岩との直接の関係は露出がなく明らかでないが、ある採石場には柱状節理のある、厚さ40メートルほどのソレアイト質のかんらん石玄武岩の岩体が露出している。その岩体の下部は塊状溶岩、枕状溶岩、自破砕溶岩で、東側では角礫岩状枕状溶岩（ピロブレッチャ）の上には南に緩く傾いたハイアロクラストイトが重なっている。最上部は柱状節理の発達した塊状溶岩である。西側の枕状溶岩と塊状溶岩の境には東傾斜の2枚の断層破砕帯が生じている（図-6 a、b）。玄武岩溶岩の約50メートル東方に泥岩がわずかにでていいる。露出は欠けるが、その東方には破砕された花崗岩がでていいる。

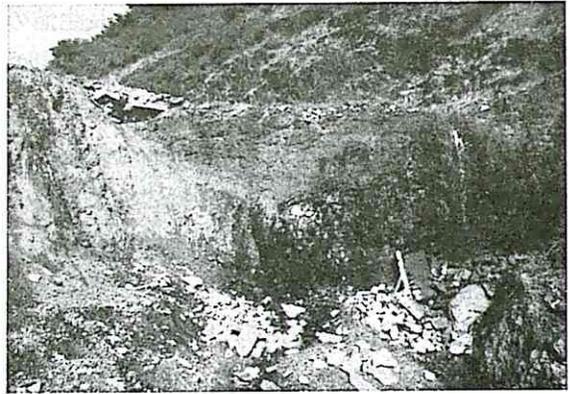
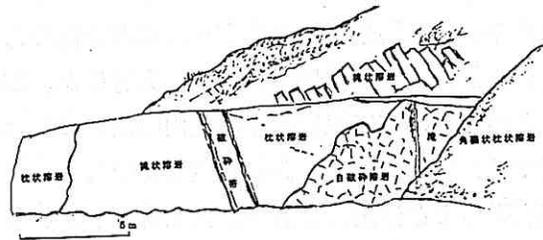


図-6 a かんらん石玄武岩岩体の産状



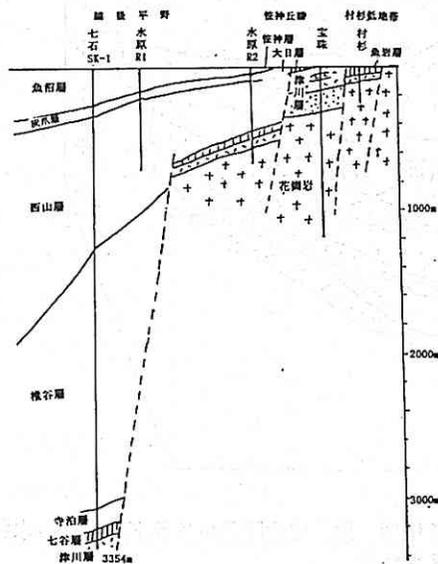
同様なかんらん石玄武岩は出湯北方の折居付近の破砕された花崗岩のマサ採石場にも転石として出ていいる。この玄武岩溶岩は七谷層堆積時に水底に噴出したものと考えられるが、玄武岩マグマは東側の断層に沿い上昇したものと推定され、この断層が深部に達していいることを示唆していいる。



図-6 b かんらん石玄武岩の枕状溶岩

東側の断層に近い村杉温泉の3号井付近には七谷層が地表に露出していいる。東側断層の約200メートル西方で、村杉温泉の南にある水井戸では七谷層の下部に出ていいる花崗岩までの深度は50mである。それに対し、安田の宝珠温泉のボーリングでは花崗岩までの深度は380メートルで、その上に新第三紀層が重なっていいるので、宝珠温泉の東に断層が推定される。これは地表では確認できないが、新発田-村杉構造線の西側の断層にあたることになり（図-1）。

この西側の断層に相当するものは月岡断層と呼ばれることがある。月岡断層の模式地は調査地域の北方の月岡温泉付近である。この断層は地形から活断層といわれてきた。しかし、1995年にこの断層の5キロ西方の福島潟付近で起きた「新潟北部地震」（マグニチュード6.0、震源の深さ17キロ）でも活動がみられなかった。その後実施した断層のトレンチ調査でも活断層は確認されていいない。



図一七 村杉低地帯から越後平野にかけての地質断面図

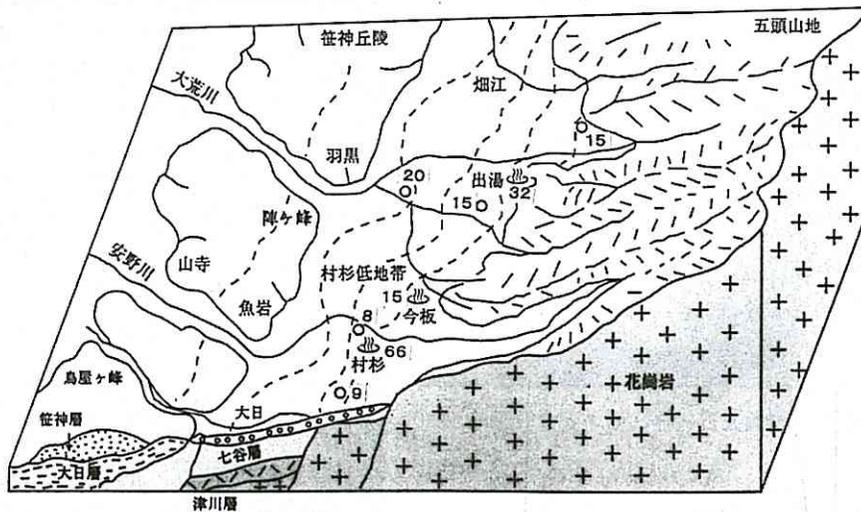


図一八 破碎された花崗岩に貫入した粗面玄武岩岩脈

笹神丘陵には七谷層に不整合に鮮新世の大日層（西山層）、さらにそれに不整合に更新世の山寺層や笹神層が不整合に重なっている。石油探鉱のためのボーリングの資料によると、笹神丘陵の西の地下では七谷層の上に不整合に西山層が堆積している。そしてさらに西の阿賀野市七石の地下では、津川、七谷、寺泊層の上に、厚い椎谷層、西山層、薄い更新世の灰爪層、やや厚い魚沼層が堆積し、全層厚3000メートル以上に達している（池辺、1982、小林・渡辺、1985）。このことは笹神丘陵の西方に大きな断層があって、村杉で地表にでていいる花崗岩が七石の地下では3000メートルより深い所にでていいることになる（図一七）。そしてまた五頭西麓では、笹神丘陵の隆起後、寺泊層堆積時から、越後平野側では沈降が続いていたこと、その後階段状の断層が形成されたことを示している。

東側の断層の東方にでていいる花崗岩の中には断層あるいは破碎帯が何本か走っている。花崗岩の中の破碎帯を通して浸透する天水あるいは地下からの水によって深層風化が進み、ツバタや草水付近ではマサ化が進み、土砂採掘が行われている。草水みかげと呼ばれる花崗岩の石材は破碎を免れた部分の採石場からか、大きな転石から採取している。

草水東方の土砂採掘場の一部では、幅40cmの粗面玄武岩の岩脈が破碎された花崗岩の中に貫入している。この粗面玄武岩岩脈は屈曲し、部分的には自破碎角礫岩を伴っている。やや強い放射能があるが、その原因は、粗面玄武岩中に入っている白色のドロマイトの細脈である。ドロマイトは粗面岩の中のアミグダルをも充たしている（図一八）。この岩脈の壁からでていいる湧水は25マッへを示すので、ドロマイトは湧水（湯脈）から晶出したものかもしれない。このような粗面玄武岩はいまのところ五頭山地周辺にはほかに見いだされていない。



図一 9 笹神丘陵から村杉低地帯をへて五頭山地にわたる地形、地質概念図○点はラドンを含む水井戸及び清水、数字はマッヘ値

現在の東側の断層に沿い、40万年前ころから五頭山地の隆起上昇したものと考えられるが、山頂に津川層の基底礫岩が存在することなどから、1000メートル上昇したものと推定される。

## 10 村杉低地帯

笹神丘陵と五頭山地の間に、出湯から、今板、村杉、大日におよぶ村杉、今板土石流による扇状地がつくるわずかに西に傾いた細長い平地があり、村杉低地帯とよばれ、新発田-村杉構造線の西側の断層に区切られた地溝状の凹地と考えられてきた。しかし、道路の消雪パイプ用の井戸の資料からは土石流の厚さは30~40mで、下位に泥岩が出ていて、底が浅いようである。おそらく村杉、今板土石流は泥岩の上を流れ、が笹神丘陵に遮られて扇状に広がらず、横にのびて流れ、堆積してできた緩傾斜の平地と考えられる(図-9)。村杉と今板の間の低地帯には南西に流れた土石流と北西に流れた土石流(今板土石流か)が低い分水界をつくっている。

## 11 土石流の伏流水のなかのラドン

村杉温泉の北にある今板温泉や出湯温泉もラドンを含んでいる。村杉から出湯の間(一部ツベタ)に分布する土石流の中の伏流水を汲み上げている消雪用パイプの井戸や個人用水井戸や秋取の清水などもラドンを含んでいる(図-9)。現在までに測定した主な温泉、井戸、清水のラドン量(マッヘ)を次に示す。

水井戸：出湯南(14.8)、村杉北(8.1)、村杉南(9.2)、ツベタ(9.6)、消雪パイプ用井戸：出湯西方(14.2)、清水：秋取の清水(15.5)、木田橋の清水(17.8)、草水採石場(10.1)

伏流水（水井戸）にラドンを供給したのは土石流の下にある湯脈と思われる。おそらく村杉温泉の湯脈に匹敵するようなラドンを含む湯脈がないと広範囲な伏流水の中のラドンは説明できないであろう。また、五頭の名水といわれている秋取の清水や木田橋の清水からも量は少ないがラドンが検知されたが、位置的には東側の断層のさらに東にあたるので、そのもとは明らかでない。

ツベタはツベタ土石流の地域の水井戸からのものであるが、大日原には自衛隊の演習場があるので調査ができないがほかにもあると思われる。

測定したのはまだ僅かであるが、五頭西麓には消雪パイプ用、家庭用の井戸が数多くあるので今後さらに測定を続ければ増えると思われる。

## 12 おわりに

以上のように村杉温泉には、まだ未解決の問題があるが、割れ目からのラドンを含む温泉と、それが土石流堆積物中の伏流水と混じってラドンを含む冷泉となって広がっているような特異な複合型放射能温泉といえる。そして村杉温泉のように高濃度ではないが、弱放射能泉ともいえる温泉や伏流水型の鉱泉（清水）が五頭西麓に広がっているようである。

放射能をもった湯脈は新発田—村杉構造線の東側の断層に関係した深部に達する割れ目と思われる。現在までに確かめられた湯脈は村杉温泉と出湯温泉の湯脈であるが、村杉温泉のものは北北東—南南西の東側の構造線と斜交する北東—南西方向のものである。出湯温泉のものは南北方向である。

土石流堆積物中に掘られた水井戸にもラドンを含むものがあることは、現在土石流堆積物に覆われて所在が明らかでないが村杉温泉以外にも伏流水にラドンを供給するいくつかの湯脈があるものと推定される。

新潟県には白亜紀の花崗岩が広く分布するが、この地域だけにラドンを含む放射能泉が多いのは新発田—村松構造線が存在することと関係していると考えざるを得ないようである。

## 謝 辞

高精度の測定器を快く貸していただいた日さく北信越支社および測定器の使用法などを教示して頂きました伊藤俊方、登石洋一、小林久男、桜井孝、鈴木 信の諸氏に厚く感謝する。玄武岩と粗面玄武岩の分析をして頂いた周藤賢治氏、ドロマイトのX線分析をして頂いた赤井純治氏、助言して頂いた高浜信行、川上貞雄氏、調査に協力して頂いた長生館の荒木善紀、荒木善行両氏の各氏に厚く感謝する。

## 文 献

池辺稜、1982、新潟新第三系積成盆地に於ける最近の諸問題、地質雑、88巻、p775-785。  
小林巖雄・渡辺其久男、1985、新潟油田東縁部における新第三紀地史事件—とくに、中新

- 世一鮮新世の不整合について. 新潟大学理学部地質鉱物学教室 研究報告、第5号、91  
-103.
- 五頭山の生い立ち編集委員会、1984、五頭山のおいたち、新潟日報事業社出版部  
笹神団体研究グループ、1980、新潟平野東縁部・笹神丘陵の地質. 地球科学、34巻、p117  
-137.
- 笹神団体研究グループ、1982、新潟平野東縁部・笹神丘陵の第四系.  
地球科学、36巻、p240-260.
- Sasada, M., 1975, Petrologicak Study of the Gozu Mass, Niigata Prefecture,  
Central Japan. Jour, Geol, Soc, Japan, 81, 407-422.
- 高浜信行・福沢恵美子・岡田祐子、1980、新潟平野東縁、村松地域の活断層—村松断層—,  
地球科学、34巻、156-158.
- 高浜信行・野崎 保、1981、新潟平野東縁、五頭山地西麓の土石流発達史.  
地質雑、87巻、p807-822.
- 茅原一也・島津光夫・吉村尚久、1968、本災害における崩災地の地質条件に関する研究、  
「羽越豪雨（昭和42・8・28）による崩災の調査とその防災研究」. 文部省科学研究費（特  
定研究）報告書（代表者西田彰一）、p 35-51.
- 茅原一也、1986、新潟積成盆地に関する最近の諸問題、石油技術協会誌、51巻、272-287.
- 大竹正巳・百瀬 敦・遠藤 晋・兼子高志、2007、比抵抗と密度構造から推定される新潟  
堆積盆地東縁、村松断層周辺の基盤構造. 石油技術協会誌、72巻、p321-332.
- 柳沢幸夫・茅原一也・鈴木尉元、植村武・小玉喜三郎・加藤碩一、1985、十日町地域の地  
質、地域地質研究報告（5万分の1図幅）、地質調査所、104頁.
- 山下 昇、1970、柏崎—銚子線の提唱. 島弧と海洋、p179-192, 東海大出版会