石 川 県 粟 津 温 泉 の 地 質 と 温 泉

付 石 川 県 内 温 泉 の 考 察

佐 藤 幸 二*

(1959 年 5 月 25 日 受 理)

On the Geology and the Hot Spring of the Awazu Spa, Kaga, Japan

— On the Hot Springs of Ishikawa Prefecture —

(Hot Spring Research Center)

Koji SATO

(Abstract)

The geology of the neighborhood areas of Awazu Spa, Komatsu City, Ishikawa Prefecture is as follows:

Alluvium deposits	gravel, sand and clay
~~~~ unconformity ~~~~	
Lacustrine deposits	gravel, sand and clay
~~~~ unconformity ~~~~	
Liparite	
~~~~ unconformity ~~~~	
Mukaiyama sandy tuff	massive medium sandy tuff
—— unknown ——	
Awazu tuffaceous alternation	alternation of stratified tuffaceous shale and sandstone, former member predominant in upper part and the latter in lower
—— gradually changing ——	
Hiyō green tuff	massive tuff and tuff breccia with blocks mostly of andesite and pumice. The amounts of the blocks decrease upward.

And in the town area, the following sequence has been cleared in descending order:

Soil	thin layer
Gravel (upper gravel bed)	about 6m thick
Clay	6-8m thick
Gravel (lower gravel bed)	4-6m thick
Green pumiceous tuff	very thick layer, forming the basement in this area

In Kaga district, the structures of northeast-southwest direction are characteristic, for instance the arrangements of lakes and inlets, the direction of the sea coast line, the distribution of the geological formations and etc.

A northeast-southwest fault is inferred to pass through the spa. Deposits from spring water are observed on the surface of the Mukaiyama fault plane, which is believed to accompany the inferred northeast-southwest fault.

* 中央温泉研究所

地質学雑誌 第 65 卷 第 771 号 1959 年 12 月

There are obvious differences in the chemical constitution between the hot spring waters and the cold well waters. It is recognized that the hot spring waters are reserved in the lower gravel bed, and the cold well waters in the upper gravel bed.

It is observed that the hot spring water rises to the lower gravel bed along the fault and the crushed part of the green tuff, then slowly flows down northward. Generally, the cold underground water of upper gravel bed is separated from the hot spring water by the clay bed lying between two gravel beds.

Many of the hot springs of Ishikawa Prefecture can be divided into a few groups according to the chemical and geological standpoints.

Group :	Chemical characteristics :	Geology:
Hakusan hot spring group	NaHCO ₃ bearing weak NaCl spring	Hakusan volcano, Recent
Kaga plain hot spring group	CaCl ₂ bearing NaCl spring higher temperature, higher ion concentration	Two pyroxene andesite, intruding into upper Tertiary members
Kaga highland hot spring group	CaSO ₄ spring in southwest and NaCl bearing Na ₂ SO ₄ spring in northeast Na ⁺ , Cl ⁻ increase northeastward	Green tuff, Miocene

I ま え が き

北陸地方には、湯涌・和倉・粟津・片山津・山代・山中・芦原などの有名な温泉がある。著者らはさきに芦原温泉を調査した¹¹⁾が、今回石川県小松市粟津温泉を調査する機会を得、その湧出機構などを検討すると共に、石川県内の温泉について、幾分の考察を試みた。

II 地 質

粟津温泉は、加賀平野と白山山地との境界付近に位置し、木場潟に注ぐ馬場川に沿っている。北方および西方は加賀平野に臨み、東方および南方には丘陵性の山が続き、白山の山塊に連なる。付近の地質については、石川県地質鉱産誌⁷⁾、大聖寺図巾地質図¹⁾、石川県の地質¹⁰⁾などがあり粟津温泉についても 2, 3 の報文がある。

1 粟津温泉付近の地質

粟津温泉付近の地質は、下位より日用緑色凝灰岩層・粟津凝灰質岩層・向山砂質凝灰岩層・石英粗面岩・湖成層および沖積層に分けられる。

日用緑色凝灰岩層は、日用町から白山田町の東にかけてほぼ南北方向に分布し、粟津町の西南方では那谷町より馬場町にかけて露出している。岩質は主として淡緑色を呈する軽石質凝灰岩で、下部では安山岩礫および軽石を多く含むが、上位に進むに従って減少し、比較的均一な凝灰質砂岩へと移行する。層理の認められる部分は稀である。後述のように、粟津町の平地においても沖積層下に本岩層が存在しその層厚は 200m を越える。

粟津凝灰質岩層は、上記の日用緑色凝灰岩より漸移する。西荒屋町・牧ノ口町・小山田町・粟津町南の山から馬場町と、粟津温泉付近にのみ見られ、殊に粟津町南の山から東方牧ノ口町に通ずる道路によく見られる。岩相は、凝灰質砂岩・頁岩の互層であり、下部は砂岩を主とし上部は頁岩を主とし、粟津町南の通称養老山公園では凝灰質頁岩のみよりなっている。傾斜は一般に緩く、水平～10° 内外

第1図 粟津温泉付近略図

で北傾斜の場合が多い。上位岩層との境界が認められないが、層厚は 40m を越える。

向山砂質凝灰岩層は、栗津町中央部通称向山の北面より戸津町に見られ、比較的均一な中粒～細粒の砂質凝灰岩よりなり、層理は認められない。層厚は 20m+ である。栗津凝灰質岩層の上位にくるものと考えられるが、分布も限られており正確な関係は不明である。以上の 3 岩層は、北陸地方新第三系の下部をなすいわゆる“緑色凝灰岩”に属するものである。この“緑色凝灰岩”は手取川流域の中・古生層をおおい、加賀平野との間に北東―南西方向に分布し、湯涌温泉付近から鶴来・栗津・山代・山中を経て福井県との県境に達する。

石英粗面岩は、栗津町南の養老山から水源地にかけての地域、井ノ口町北方、向山の南面、湯上町北方などに点在する。噴出の時期は向山砂質凝灰岩層堆積後と思われる。流状構造を示すものと、球顆状構造を示すものとに分けられ、前者は養老山から水源地にかけてよく見られ、後者はその他の地域に見られる。

湖成層は、今江潟・木場潟などの堆積物であつて更新世に属する。砂層・粘土層を主とし下部に礫層を夾むこともある。戸津町・林町・津波倉町の丘陵に分布し、水平か非常に緩かな傾斜を有している。養老山公園の礫層および栗津小学校北の崖に見られる石英粗面岩上の砂礫層もこれに属するものであろう。

沖積層は、河川沿いの低地に見られる。

栗津町で行われた試錐の結果⁵⁾ および過去の源泉掘さくの状態から考察すれば、栗津町の平地は上より、薄い表土層、約 6m の砂利層、6~8m の粘土層、4~6m の砂利層、その下に淡緑色の軽石質凝灰岩の厚層が存在する。この砂利層・粘土層は沖積層に属するものであろう。第 2 図は栗津温泉付近の地質図である。

第2図 栗津温泉付近地質図

2 地質構造

加賀平野の海岸線は、北東—南西方向にほぼ直線的にのびており、河北・今江・柴山などの潟湖の配列、東方山地と平地との境界も同様な方向性を有している。このような地形上の特徴は、北東—南西方向にのびる帯状の地質構造の反映と考えられる。“緑色凝灰岩”は湯涌温泉より大聖寺町南方まで北東—南西方向に帯状に分布し、その上位に新第三紀層もその西に帯状に分布している。しかしこのような大きな構造は、狭い範囲では明確でなくなる。粟津温泉付近においては、日用緑色凝灰岩が本場潟の東から、粟津町・馬場町・那谷町にかけて分布し、粟津凝灰質岩層が粟津町付近にのみ見られ、温泉の北西方に湖成層が存在する。

各地層の分布状況は上述の通りであるが、これらを截る断層がいくつか認められる。

A 向山断層（向山に見られる断層）：向山砂質凝灰岩層と石英粗面岩とが接する断層であつて、その走向は $N60^{\circ}W$ 、傾斜は $78^{\circ}SW$ 、南落ちである。厚さ約 70cm の断層破碎帯があり、石膏および炭酸カルシウムを主成分とする温泉沈積物が認められる。向山の東端南面に見られるが、その延長は露出がなく認めることができない。

B 小山田断層（小山田町・白山田町西方に見られる断層）：白山田町西方では石英粗面岩と、粟津凝灰岩層上部の凝灰質頁岩とが接し、小山田町では同頁岩中に見られる。走向は $N 20^{\circ}E$ 、傾斜は $60^{\circ}E$ 程度で、東落ちである。

C 牧ノ口町南方に見られる断層：これは前の 2 断層に比較して小さいものと思われる。走向は $N 80^{\circ}E$ 、傾斜は $55^{\circ}S$ であつて、落ちの方向は判然としない。粟津凝灰質岩層中にあり、道路脇の切り取りでは凝灰質頁岩と同質砂岩とが接している。

このほか、養老山公園には粟津凝灰質岩層上部の凝灰質頁岩が、向山には向山砂質凝灰岩層と石英粗面岩とが分布することから、この間の低地には、1 つの断層が推定される。この推定断層は加賀地方に特徴的な北東—南西方向のもので北落ちであると思われる。更に粟津町西方の馬場町の谷に沿つて、北西—南東方向の推定断層が考えられるが、加賀地方の地質構造から考えて、以上の断層の中で一番大きいのは北東—南西方向の推定断層であると考えられる。

III 温 泉

今回、調査の対象となつた源泉・湧出水および井戸水は 30 カ所である。これらの諸泉は後述の如く、化学成分によつて 2 つのグループに大別される。以下、仮りに温泉グループと冷地下水グループとして記述を進める。

1 分布および泉温

30 湧出口の位置は第 3 図に示してあるが何れも平地にあり、その掘さく長・泉温・湧出量などは第 1 表に記してある。

温泉グループに属する諸泉は、養老山公園から向山の東を通つて直線状に分布し、北方ではまばらに広がつた分布を示す。粟津温泉の源泉は、数 100 年の昔より馬場川の川岸に自噴が続いたが、約 10 年前から動力採湯が行われるとともに、温泉水位の低下、源泉相互間の影響が起り始め、数年前に自噴源泉がなくなつた。そのため旅館各自が改掘をくり返し、源泉位置が次第に移動し現在見るような位置に達したのである。冷地下水グループに属する湧出水は、温泉グループの西および南の方の山麓に散在している。

泉温の最高は No. 2 の $60^{\circ}C$ であるが、 $40^{\circ}C$ 以上のもの 14、 $20^{\circ}C \sim 40^{\circ}C$ のもの 4、 $20^{\circ}C$ 未満のもの 12 である。第 3 図には、各源泉の泉温から内挿法によつてもとめた泉温の等値線も記入し

第1表 栗津温泉源泉湧出状況

源泉番号	掘さく年月	掘深 (地表から m)	泉温 °C	動力 HP	湧出量 l/m	地質
1	昭 25. 12. 28	16.4	58.0	1/4	7.35	下位砂利層
2			60.0	1	16.6	〃
3			51.0	1	13.8	〃
4	昭 25. 秋	14.5	55.0	1	19.6	〃
5	明 23. 5. 25	14.5	55.5	1/2	8.25	〃
6	昭 26.	14.5	49.5	1	20.6	〃
7	昭 27.	11. 土	45.0	1	53.9	〃
8	昭 29.	14.5	42.1	2	39.2	〃
9	昭 33. 4.	15.8	42.5	1	12.3	〃
10	昭 27.	16.1	55.0	1	18.5	〃
11	昭 28. 6.	15.2	45.5	1	4.62	〃
12	昭 26.	16.4	56.0	1	15.2	〃
13	昭 27.	17.	43.0	1	16.3	〃
14	昭 30.	15.5	35.5	1	17.7	〃
15	昭 24.	15.8	40.0	1	10.4	〃
16	昭 30.	15.2	19.0	1/2	8.78	〃
17	昭 29.	13.6	19.0	1	4.36	〃
18	昭 33. 3.	18.2	22.0	1	19.1	〃
19	昭 32.	14.5	22.0	1		〃
20	昭 26. 7.	15.2	22.5	1	18.0	〃
21	昭 30.	14.5土	19.0			〃
22		不明	17.5			不明
23	昭 15.	1.8	13.5	手押ポンプ		上位砂利層若しくは砂質凝灰岩層
24	昭 26.	9.1	12.7	〃		砂質凝灰岩層
25		0	14.5	自然流出	0.39	石英粗面岩と砂質凝灰岩層との界面
26	明治時代	9.1	13.5	開放井戸		凝灰質頁岩層
27		不明	13.3	手押ポンプ		〃
28	江戸時代末期	6.4	13.3	〃		〃
29	昭 2.	不明	12.8	〃		砂質凝灰岩層
30		0	14.0	自然流出		〃

第3図 栗津温泉等温線図

である。源泉の分布が一様でないが、高温帯が南北に直線状に存在している様子が明らかである。

2 化学成分

30 源泉の化学分析の結果は第2表に示してある。これらの諸泉は化学成分によつて2つのグループに分けられる。1つは、溶存物質総量が 1000mg/kg 以上含有され、泉温が 19°C 以上のものである。このグループは現在利用されている浴用源泉をすべて含むので、温泉グループと仮称する。他の1つは、溶存物質総量が 250mg/kg 以下の1群で、泉温は 15°C 未満であり、井戸水や湧出水が含まれる。これを冷地下水グループとする。なお、No. 22 は溶存物質総量が 2137mg/kg 含有されているが泉温が低く、その位置・化学成分などより上記の何れのグループにも属さない特異なものである。この2つのグループは、その成分組成においても差異が認められる。温泉グループにあつては、陽イオンとして Na^+ 、陰イオンとして SO_4^{2-} が主成分であり、副成分として Cl^- が認められる。従つて、このグループの泉質は芒硝泉であり、 Cl^- の含有量によつては、含食塩・芒硝泉に属するものもある。 SO_4^{2-} と Na^+ との mval 値を直交グラフ上に点記すれば、第4図の如くほぼ一直線上にのる。また、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} (何れも mval 値) および溶存物質総量 (mg 値) の各成分相互間にも、それぞれ同様の正の相関関係が認められる。このことは、温泉グループに属する温泉水はすべて同じような化学組成を有し、そのような高濃度の温泉水が極めて溶存物質の少ない冷地下水によつてうすめられてできたものと考えられる。

冷地下水グループにおいては、陽イオンでは Na^+ が主成分であり、陰イオンでは HCO_3^- を主とするものが多く、その他 SO_4^{2-} を主とするものなども見られる。また、冷地下水グループはさらに、No. 26, No. 27, No. 28 の凝灰質頁岩中に掘り込んだ井戸からのものと、そのほかの砂質凝

灰岩中に掘り込んだ井戸からの溶存物質の特に少ない (59~125 mg/kg) ものとは再別できるようであるが明確ではない。

3 泉温と成分との関係

前述のごとく、温泉グループにあつては各成分は相互に正の相関関係を示すので、成分を代表するものとして溶存物質総量を取り、泉温との関係を図示すれば、第5図のようになる。この図上で1つの直線イーロより上には点がなく、下にのみ点が散在し、われわれが以前芦原温泉調査の際に検討したと同じ推論が、この図についても適用される。すなわち、イーロで示した方向は冷地下水の混入による泉温の低下を、また点線で示した方向は冷地下水の混入以外の原因 (温泉水自身の停滞と思われる) による温度の低下を示すと考えることができる。例えば No. 14 の如くイーロの線上に位する源泉では、泉温低下の主因は冷地下水の混入であるが、No. 9 の如きものは冷地下水の混入と温泉水自身の停滞とが原因になって温度が低下しているものと考えられる。

No. 13, No. 15 の2源泉が南端にあつて、上記の冷地下水の混入によつて泉温が低下した場合に相当すること、また No. 17, No. 18, No. 19, No. 20 の4源泉が北部にあつて、冷地下水の混入と温泉水自身の停滞とによつて温度が低下した場合に相当することは、後述する温泉水の湧出機構の一端を示すものである。

第4図 粟津温泉 Na^+ 、 SO_4^{2-} 相関図

第5図 粟津温泉 溶存物質総量-泉温相関図

IV. 地質構造と温泉の湧出機構

前掲第1表に見られる如く、この程度の掘さく長、揚湯馬力数、湧出量で、源泉相互間の影響が著しかつたことは、付近の岩層に温泉作用の跡が殆んど認められないことなどとともに、粟津温泉の規模が左程大きいものではないことを示している。

粟津温泉の現在までの掘さくより判明した付近地下の地質は、地質の項で述べたように上位より約6mの砂利層（上位砂利層）、6～8mの粘土層、4～6mの砂利層（下位砂利層）、そしてその下位に日用緑色凝灰岩層に属する淡緑色の軽石質凝灰岩の層厚となつている。第1表の各源泉の掘さく長から、温泉グループに属する諸泉はこの凝灰岩と粘土層とに夾まれる砂利層（下位砂利層）に達し、その中の温泉水を採取していることが明らかである。基盤の凝灰岩中より上昇した温泉水は、上の粘土層によつて上昇を妨げられ、両者の中間の砂利層中を流動しているものと考えられる。各源泉間の相互影響が著しいことは、この砂利層の透水性が大きいことを示している。そしてこの砂利層中を温泉水と共に冷地下水も流動している。地上の流水の方向が南→北であること、前述のように南端の源泉が冷地下水の混入によつて温度が低下していると考えられるのに、北方では冷地下水の混入のほかに温泉水自身の停滯によつて温度が低下していると考えられること、更に以前の調査⁵⁾で岩盤が南に高く、北に低いことが判明していることなど、下位砂利層中の温泉水および冷地下水の流下方向が、南→北であることを示している。化学成分から温泉グループとして分けられたものは、このような下位砂利層を満たす温泉水であり、No. 16～21の各源泉からの温泉水のような低温のものは、温泉水の停滯、冷地下水の混入などの結果なのであろう。一方、上位砂利層を満たす地下水は、下からの温泉水とは粘土層の存在のために混合せず、かえつて地表水に連なり、ほぼ地表の地形に従つて流下しているものと認められる。化学成分によつて、冷地下水グループとして分けられたものは（No. 23～30）、このような上位砂利層を満たす冷地下水と、凝灰質頁岩や砂質凝灰岩中の冷地下水とである。

第3図の泉温分布図をみると、温泉の存在範囲は割合に狭く、温泉水が岩盤から湧出する場所もこの範囲内にあると思われる。また岩盤中に下ろされた150.4mと153.3mとの2本の試錐（第3図A、B）の結果⁵⁾によれば、それぞれ16.4mと7.2mの深度で岩盤に到達するが、坑底温度は35m程度の深さでそれぞれ45°C、37°C前後の温度を示し、以深では地温の変動が少なく、逆に低下する場合さえある。このことは、上記の温泉水の存在状態を示すとともに、これらの試錐位置が温泉水の岩盤中の通路から少しくへだたつていていることを示している。

付近の地質構造のうち、深部の温泉水を地表にもたらす構造としては、断層が考えられる。すなわち、向山断層（第2図A—A）、向山と養老山公園との間に推定断層（第2図C—C）およびその付近の弱帯を通つて温泉水が上昇してくるものであろう。向山断層に伴う断層破碎帯には既述の如く温泉沈積物が認められ、過去に温泉の通路となつていたことを示している。福井地震に際して、ある源泉では湧出量が2倍以上にも増加し、半年の後に旧湧出量以下に激減したが、同様の現象は程度の差こそあれ各源泉に認められたとのことで断層が温泉水の通路となつていていることの証左と考えられる。

V 石川県内温泉についての考察

石川県には、粟津温泉のほかに大聖寺・山中・山代・片山津・和倉・湯涌・白山・岩間・川尻・鶯飼・赤浦・赤崎・別当・辰口および中宮の15温泉*がある（第6図）。それらの温泉の中には、芦原温泉の際に試みたように、温泉水の主要化学成分、周囲の地質などによつて、いくつかの温泉群に分けられる（第3表）。

* 泉温 25°C 未満のものは除外した。

第6図 石川県温泉分布図

- I 白山温泉群 1. 岩間温泉
2. 別当温泉 3. 白山温泉
4. 中宮温泉
- II 加賀山地温泉群 5. 大聖寺温泉
6. 山中温泉 7. 山代温泉
8. 粟津温泉 9. 辰口温泉
- III 加賀平地温泉群 11. 和倉温泉
12. 片山津温泉 A. 芦原温泉 (福井県)
10. 湯涌温泉 13. 川尻温泉
14. 赤浦温泉 15. 赤崎温泉
16. 鶴飼温泉 Y. 湯谷温泉 (富山県)

に属する。泉温は 70°C 以上であり、溶存物質総量は 10g/kg 以上と高濃度で、pH は殆んど中性である。化学成分を見ると、陰イオンは殆んどが Cl^- で、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- は比較にならないほどである。陽イオンは $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+}$ であり、その差は 10% (mval% 値で) 以上である。従つて泉質は含塩化土類食塩泉となる。このような高濃度の食塩泉が海岸平地に存在する場合は、よく海水の温泉水への混入が疑われるが、和倉温泉の場合は大量の現在の海水がそのまま温泉水に混入したものではないと考えられる⁶⁾。

このほか、上記の何れのグループにも入れられない温泉が数カ所ある。そのうち川尻温泉は、 $\text{HCO}_3^- \gg \text{Cl}^-$ (SO_4^{2-} は無視できるほどである) という特異な形を示している。

上記の3温泉群のうち、白山温泉群は白山火山の周辺にあり第四紀更新世の紫蘇輝石・角閃石安山岩の分布区域にあり(中宮温泉は石英粗面岩の裂隙より湧出する)、他の2温泉群に比べて新しいものである。何れも白山火山活動によるものと認められる。次に新しいのは加賀平地温泉群であるが、和倉温泉の場合は地下浅所に新第三紀中新世後期の砂岩層と、それを貫く複輝石安山岩があり両者の接触部から湧出するといわれている。片山津・芦原の両温泉も地質条件・化学成分ともに類似していて、和倉同様新第三紀中新世後の安山岩に熱源を負うものと認められる。

白山温泉群——白山を中心とする一群で、岩間・白山・別当および中宮の温泉がこれに属する。泉温 $47.5 \sim 82^{\circ}\text{C}$ 、pH は殆んど中性、溶存物質総量は $1300 \sim 4700\text{mg/kg}$ である。主要成分は陰イオンでは $\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$ (mval 値で示す。以下同じ)、陽イオンでは $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+}$ の形をとる。従つて泉質としては含重曹・弱食塩泉となる。岩間温泉は SO_4^{2-} が他の3温泉に比較して多く、幾分異つた化学組成を有する。

加賀山地温泉群——これは加賀平野に臨む山地にはほぼ北東—南西方向にならんで分布するもので、粟津温泉のほかに大聖寺・山中・山代および辰口の温泉が属する。湯涌温泉は地質の点からいえばこのグループに属するもののようであるが、化学成分からはむしろ東方の富山県湯谷温泉その他とともに別のグループを作るようである。泉温は山代温泉の 66°C を最高とし、pH は $7.3 \sim 8.8$ 、溶存物質総量は $1140 \sim 3830\text{mg/kg}$ である。主要イオンは陰イオンでは Cl^- と SO_4^{2-} で、 HCO_3^- は 6% (mval% 値で) 以下であり、陽イオンでは Na^+ と Ca^{2+} とである。本温泉群の南西端にある大聖寺温泉では、 $\text{SO}_4^{2-} \gg \text{Cl}^-$ であるが北東方に進むに従つて Cl^- 含量がまし、辰口温泉では $\text{SO}_4^{2-} \approx \text{Cl}^-$ となる。一方陽イオンでは、大聖寺温泉で $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+$ の関係が北東方に進むに従い、 Na^+ が増加し、山代温泉からは $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+}$ の形となる。また pH 値は大聖寺温泉の 8.8 から辰口温泉の 7.3 まで変化する。従つて泉質は大聖寺温泉で石膏泉、山中温泉は含芒硝・石膏泉、山代温泉で含石膏食塩・芒硝泉、粟津・辰口両温泉で含食塩・芒硝泉と変化することになる。

加賀平地温泉群——日本海に臨む加賀平地に散在するもので、和倉・片山津両温泉のほかに福井県芦原温泉もこのグループ

粟津温泉が含まれる加賀山地温泉群は、上記3温泉群のうち、一番古いものであり中新世中期の緑色凝灰岩層から湧出するものである。この緑色凝灰岩層は層厚 1000m 以上に達し、種々の凝灰岩よりなり、流紋岩の岩床・岩脈などを伴うものである。この加賀山地温泉群に属する諸温泉の熱源は緑色凝灰岩層中にかくされている火成活動に由来するものと考えられる。以上の3温泉群の諸性質をまとめたのが第4表である。

このように石川県内の温泉については、その温泉の湧出する岩層と、温泉水の化学成分との間にある関係が認められるが、それぞれの温泉についての調査検討が行われてはじめて、湧出岩層の化学的性質、生成の時代や熱源となつた火成活動と温泉水の化学成分との間の具体的な関連を明らかにすることができよう。

第4表 石川県3温泉群の比較

温 泉 群	化 学 的 性 質				地 質
	泉温 (°C)	pH	溶存物質総量 (mg/kg)	主要成分 (mval 値で)	
白 山 温 泉 群	47.5~82	7.0~7.6	1,337~4,719	$\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$ $\text{Na}^+ \gg \text{Ca}^{2+}$	紫蘇輝石角閃石安山岩 第四紀更新世(白山火山)
加賀平地温泉群	71.2~	6.8~7.8	10,388~20,452	Cl^- $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+}$	複輝石安山岩 第三紀中新世後期
加賀山地温泉群	~66	7.3~8.8*	1,125~3,827	Cl^- , SO_4^{2-} ** Na^+ , Ca^{2+}	緑色凝灰岩 第三紀中新世中期

* 南西部では 8.8, 漸次変つて北東部では 7.3

** 南西部では $\text{SO}_4^{2-} \gg \text{Cl}^-$, 漸次変つて北東部では $\text{SO}_4^{2-} \approx \text{Cl}^-$
 “ $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+$, “ $\text{Na}^+ \gg \text{Ca}^{2+}$

VI む す び

粟津温泉付近の地質は、下位より日用緑色凝灰岩層・粟津凝灰質岩層・向山砂質凝灰岩層・石英粗面岩・湖成層および沖積層に分けられる。粟津町の平地の地質は、上より薄い表土層、約 6m の砂利層（上位砂利層）、6~8m の粘土層、4~6m の砂利層（下位砂利層）、緑色軽石質凝灰岩の厚層となつていることが明らかである。加賀地方では北東—南西方向の地質構造が特徴的であり、粟津町付近でも同方向の断層が推定される。断層はそのほかにもあり、向山断層の断層面には温泉沈積物が認められる。

温泉や井戸水 30 カ所の分析の結果、温泉水と冷地下水とは化学成分の上ではつきりと相違が認められた。また記録から温泉水は下位砂利層より、井戸水などは上位砂利層・凝灰質頁岩・砂質凝灰岩などより採取されていることが明らかである。

溶存物質総量が 1000mg/kg 以上、泉温が 19°C 以上の温泉グループは Na^+ , SO_4^{2-} が主成分で、 Cl^- が副成分であり、各主要成分および溶存物質総量はそれぞれ相互間に正の相関関係が認められ、すべて同じような化学組成を有する。冷地下水グループは低濃度・低温で Na^+ , HCO_3^- を主成分とするものが多い。泉温と成分との関係から、泉温の低下には冷地下水の温泉水への混入と、温泉水自身の停滞とが要因として考えられる。

温泉水が日用緑色凝灰岩層中より、断層や付近の破碎帯を通つて上昇し、下位砂利層中を南→北へと流動していると考えられる。上位砂利層中の冷地下水とは粘土層によつてへだてられている。

石川県の温泉は、その化学成分・地質などによつていくつかの温泉群に分けられる。白山・加賀平地・加賀山地の3温泉群がそれである。白山温泉群は白山火山活動によるものと考えられ、 $\text{Cl}^- >$

第2章 麦栗津溫泉化学成分分析結果

葉殘量 mg/kg	比 重 20°/4	pH	K ⁺			Na ⁺			Ca ⁺⁺			Mg ⁺⁺			Cation Total			Cl ⁻			SO ₄ --			HCO ₃ ⁻			Anion Total			H ₂ SiO ₄ 總量			質 量 分 數
			mg	mval	mval%	mg	mval	mval%	mg	mval	mval%	mg	mval	mval%	mg	mval	mval%	mg	mval	mval%	mg	mval	mval%	mg	mval	mval%	mg	mval	mval%	mg	mval	mval%	
2123	1.0014	7.2	15.0	0.384	565.0	54.36	89.39	83.13	25.22	1.225	1.201	298.6	8.421	28.27	938.2	19.53	65.55	112.3	1.840	1319	29.79	87.1	2112	食食根、芒蘭泉									
2115	1.0015	7.3	14.5	0.371	539.0	52.74	87.74	82.68	15.95	1.031	0.085	334.1	9.422	30.49	944.0	19.65	63.58	111.7	1.831	1390	30.90	76.7	2165										
2075	1.0012	7.2	13.2	0.321	480.0	21.31	88.81	81.44	16.95	1.225	0.101	266.5	7.515	28.29	814.0	16.93	63.71	129.7	2.126	1210	26.57	59.8	1862	芒蘭泉									
2102	1.0014	7.2	12.5	0.345	570.0	24.79	84.23	84.29	14.29	1.122	0.092	307.0	8.479	27.85	966.2	20.12	66.11	112.3	1.840	1386	30.44	93.6	2055	食食根、芒蘭泉									
2137	1.0014	7.1	15.0	0.384	575.0	25.01	84.56	81.81	14.02	1.225	0.101	332.7	9.382	31.18	911.1	18.97	63.05	106.0	1.737	1350	30.09	136.5	2160										
1938	1.0013	7.2	13.5	0.345	480.0	20.89	74.77	73.71	14.89	1.070	0.088	265.5	7.473	19.52	846.0	17.61	72.49	118.5	1.942	1133	24.30	80.6	1702	芒蘭泉									
1820	1.0008	7.1	12.0	0.307	510.0	22.18	85.57	80.79	12.95	1.282	0.103	293.5	7.515	29.12	778.6	16.21	92.91	124.7	2.044	1735	25.77	75.4	1835	芒蘭泉									
1985	1.0012	7.2	13.0	0.333	540.0	23.49	84.09	83.33	12.95	1.070	0.088	265.5	7.515	29.12	778.6	16.21	92.91	124.7	2.044	1735	25.77	75.4	1835										
1910	1.0014	7.2	15.0	0.384	575.0	25.01	84.56	81.81	14.02	1.225	0.101	332.7	9.382	31.18	911.1	18.97	63.05	106.0	1.737	1350	30.09	136.5	2160	芒蘭泉									
2010	1.0014	7.2	12.5	0.320	510.0	25.01	84.56	81.81	14.02	1.070	0.088	317.7	8.959	30.24	897.1	18.68	63.03	122.6	1.993	1336	29.63	75.4	1904										
1787	1.0011	7.55	11.0	0.280	416.0	45.55	19.79	82.19	16.26	1.158	0.089	259.6	7.321	30.65	707.0	14.72	61.65	122.6	1.840	1079	23.88	75.4	1904	食食根、芒蘭泉									
2085	1.0013	7.3	13.5	0.345	510.0	23.92	83.61	85.30	14.87	1.087	0.099	298.6	8.421	29.16	996.3	18.42	63.12	121.3	1.993	1307	28.87	159.9	2117										
1622	1.0010	7.0	10.05	0.268	416.0	20.01	86.22	82.73	13.33	1.087	0.089	298.6	8.421	29.16	996.3	18.42	63.12	121.3	1.993	1307	28.87	159.9	2117	芒蘭泉									
1265	1.0007	7.0	6.50	0.166	381.6	15.73	86.96	42.39	2.115	1.10	0.891	143.2	5.772	23.84	552.2	11.51	60.85	121.9	1.993	1067	23.45	66.3	1667	芒蘭泉									
1283	1.0007	6.9	7.50	0.192	355.0	33.54	84.34	52.26	2.608	1.425	0.802	169.4	4.772	26.14	551.4	11.48	62.54	122.9	2.014	847.8	18.97	68.9	1327	芒蘭泉									
863	1.0004	6.9	7.50	0.192	1.65	240.0	15.44	89.45	10.47	0.972	0.862	0.066	0.066	0.36	415.4	18.31	169.4	4.772	26.14	551.4	11.48	62.54	122.9										
1738	1.0011	7.0	11.5	0.294	1.20	478.0	20.79	85.07	16.26	1.070	0.088	298.6	8.421	29.16	996.3	18.42	63.12	121.3	1.993	1307	28.87	159.9	2117	芒蘭泉									
1725	1.0012	7.2	11.5	0.294	1.20	480.0	20.89	85.44	64.04	0.855	0.070	259.6	7.321	30.65	707.0	14.72	61.65	122.6	1.840	1079	23.88	75.4	1904										
1700	1.0012	7.4	11.0	0.282	1.20	480.0	20.89	85.53	46.75	0.889	0.089	298.6	8.421	29.16	996.3	18.42	63.12	121.3	1.993	1307	28.87	159.9	2117	芒蘭泉									
1830	1.0012	7.0	12.4	0.317	1.21	510.0	22.18	84.79	71.37	1.225	0.101	332.7	9.382	31.18	911.1	18.97	63.05	106.0	1.737	1350	30.09	136.5	2160										
1110	1.0006	7.3	8.50	0.218	1.04	325.0	14.14	91.05	21.95	0.943	0.078	355.4	4.114	25.78	455.9	9.491	59.50	106.0	1.942	1216	26.46	67.6	1879	芒蘭泉									
2115	1.0015	7.0	1.00	0.026	0.08	450.0	19.57	63.83	220.7	0.705	0.058	355.4	4.114	25.78	455.9	9.491	59.50	106.0	1.942	1216	26.46	67.6	1879										
2135	0.9998	6.1	2.30	0.051	7.40	12.0	0.522	75.64	0.564	4.06	1.087	0.089	12.90	15.65	0.690	17.76	0.425	38.50	9.053	17.03	29.83	32.1	65.59	芒蘭泉									
60	1.0000	6.2	2.00	0.059	6.55	14.0	0.609	67.59	1.749	0.087	1.782	0.146	16.20	19.83	0.901	15.07	0.425	38.50	9.053	17.03	29.83	32.1	65.59										
40	0.9996	7.0	3.00	0.077	12.78	10.0	0.435	73.74	0.366	0.018	0.891	0.073	12.10	14.26	0.603	9.559	0.425	38.50	9.053	17.03	29.83	32.1	65.59	芒蘭泉									
170	0.9997	6.5	3.00	0.000	9.17	37.0	1.609	73.74	6.716	0.335	0.463	0.098	1.74	52.18	2.182	21.59	0.609	23.08	26.34	0.548	20.76	90.42	148.2		190.5								
250	0.9998	6.7	3.50	0.089	3.68	45.0	1.957	80.94	3.028	0.151	2.691	0.221	9.14	54.22	2.418	17.76	0.641	19.04	9.053	0.188	73.81	145.3	2.631	241.1	芒蘭泉								
202	0.9996	6.6	6.00	0.150	8.49	27.5	1.196	67.69	5.928	0.296	1.514	0.125	7.07	40.94	1.767	22.70	0.641	19.04	9.053	0.188	73.81	145.3	2.631										
103	0.9997	6.9	3.00	0.077	5.12	13.0	0.565	52.21	0.418	0.206	2.851	0.234	21.63	22.99	1.082	11.06	0.641	19.04	9.053	0.188	73.81	145.3	2.631	241.1	芒蘭泉								
98	0.9996	7.3	1.50	0.038	7.61	12.5	0.544	80.36	0.138	0.007	1.03	0.088	13.00	15.21	0.677	7.786	0.220	25.68	9.053	0.188	73.81	145.3	2.631										

第3章 石川県の温泉地質学組成と周囲の地質

採 取 地 名	泉 の 種 類	採 取 年 次	pH	溶存物質 量 mg/kg	Na ⁺		Ca ⁺⁺		Cl ⁻		HCO ₃ ⁻		SO ₄ ⁻²		泉 質**	地	質***
					mg	mval%	mg	mval%	mg	mval%	mg	mval%	mg	mval%			
1 間	2	82	7.4	1327	37	43.52	10.86	409.07	57.69	281.44	23.05	178.45	18.58	合重曹、弱食塩泉	白山火山の熔岩である角閃石安山岩より湧出する。付近の湧出口は 48 カ所に及ぶ。		
2 山	2	59.2	7.2	2923	17	57.40	23.85	1005	61.93	610.0	25.39	50.5	2.68	合重曹、弱食塩泉	白山火山の角閃石安山岩がすぐ付近に露出する。		
3 山	2	47.5	7.6	4719	4	83.88	7.97	1352	58.97	1574	35.4	1.14	0.08	合重曹、弱食塩泉	白山火山の角閃石安山岩がすぐ近くに白山火山の角閃石安山岩があり、白山火山活動の噴霧りによるものと考えられる。		
4 宮	4	59.2	7.0	2996	760.0	84.72	6.74	924.8	67.36	668.1	28.16	82.30	4.42	合重曹、弱食塩泉	白山の北にある山地に広く分布する石灰岩面の裂隙より湧出する。		
5 温泉	5	35.0	8.8	1138	0	40.60	198.2	57.77	12.95	24.9	2.30	813.3	95.36	石灰質	緑色凝灰岩および配岩の分布地域にある。		
6 代	6	46.5	8.1	1305	190	35.36	130	21.36	4.3	26.2	0.75	668.1	89.05	合重曹、弱食塩泉	緑色凝灰岩面を流る NNE-SW 方向の構造線に沿って上昇し、上位の配岩面より湧出。		
7 山	7	46.5	8.1	1300	330	75.84	58	21.36	30.34	60.5	2.20	589	64.36	合重曹、弱食塩泉	緑色凝灰岩面の上に配岩・砂岩面が分布し、温泉は N40°E の構造線に伴う湧出。		
8 山	8	60	7.3	2165	590.0	83.46	92.71	15.05	334.1	30.49	111.7	63.58	944.0	合重曹、弱食塩泉	緑色凝灰岩面を流る N-E-SW 方向の構造線に沿って上昇し、その上の砂岩面より採取する。		
9 山	9	26.0	7.3	3827	1032	80.73	179.6	16.04	986.4	46.77	166.0	4.67	1359	合重曹、弱食塩泉	緑色凝灰岩面の裂目より湧出し、河成冲積層より採取する。		
10 山	10	39.5	7.4	2685	729	76.93	182.0	22.32	1019	69.99	68.32	2.72	538.2	合重曹、弱食塩泉	石灰岩面と配岩を穿ち緑色凝灰岩面より湧出し、温泉は石灰質面と凝灰岩との裂目より湧出する。		
11 山	11	39.9	7.4	1486	61	208.85	43.86	730.27	86.68	133.03	1.11	165	0.08	合重曹、弱食塩泉	第一紀基岩面と配岩面より湧出する。		
12 山	12	71.2	7.8	20452	4374	53.79	3136	46.96	12384	98.78	16.5	0.08	187.6	含塩化土類、食塩泉	第二紀砂岩面と凝灰石安山岩よりなる配岩面と第一紀基岩面より湧出する。		
13 山	13	71.2	6.8	14596	3311	57.51	2046	40.10	8563	97.61	34.78	2.23	255.6	含塩化土類、食塩泉	第一紀基岩面と配岩面より湧出する。		
14 山	14	71.2	6.2	10388	2470	68.87	9690	94.98	23.7	0.23	389.7	0.23	4.79	含塩化土類、食塩泉	沖積地で約 50m 以深は新第三紀の		
15 山	15	27.3	7.4	457.2	56.5	55.24	22.7	25.45	14.0	9.25	232.6	89.30	14.8	単純温泉	河北側の岸にあり、沖積層よりなる。		
16 山	16	29.7	7.6	525.3	87	70.70	6	5.61	109	58.77	110.3	34.54	5.89	合重曹、弱食塩泉			
17 山	17	32.8	7.6	2145	626	94.06	14.3	2.47	545.3	53.09	722.8	43.7	39.7	合重曹、弱食塩泉			
18 山	18	27.8	8.0	771.9	204.0	88.71	7.470	3.73	201.8	56.86	219.5	35.96	7.18	合重曹、弱食塩泉			

* 番号は第5図と共通

** 主として文献 3) による

*** 主として文献 7) による

$\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$ (mval 値, 以下同じ) という特徴を有する。加賀平地温泉群は, 和倉温泉の場合と同じく, 新第三系を貫く複輝石安山岩に熱源を負うものと認められ, 高温と高濃度 (10g/kg 以上) とを有し, 主要成分は Cl^- , $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+}$ である。粟津温泉を含む加賀山地温泉群は, 緑色凝灰岩から湧出するもので, その主要成分は Na^+ , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} である。南西端の大聖寺温泉では $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+$, $\text{SO}_4^{2-} \gg \text{Cl}^-$, pH=8.8 であるが, 北東に進むに従い, Na^+ , Cl^- がまし北東端の辰口温泉では $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+}$, $\text{SO}_4^{2-} \approx \text{Cl}^-$, pH=7.3 となる。

最後に, 終始御指導を賜った東京大学坂本峻雄教授, 種々御便宜を計って下さった粟津温泉関係者の方々, 主として化学的な方面で御助言をいただいた中央温泉研究所益子安化学部長, 甘露寺泰雄, 細谷昇両所員に厚く感謝するものである。

文 献

- 1) 地質調査所 (1939): 7 万 5 千分 1 地質図 大聖寺図幅
- 2) 地質調査所 (1957): 日本鉱産誌 VI-a 水および地熱
- 3) 中央温泉研究所: 温泉分析検定書資料
- 4) FUKUI H., G. ENDO & H. SAKATA (1951): Study on Physico-Chemical Prospecting of Awazu Hot Spring, Komatsu-City, Isikawa Prefecture. *Mem. Fac. Sci. & Eng., Waseda Univ.*, No. 15.
- 5) 伏見 弘 (1955): 石川県粟津温泉における試錐及び電気検層調査報告 (ガリ刷)
- 6) 石館守三・益子 安・甘露寺泰雄・佐藤幸二 (1957): 温泉の地球化学的研究 第 6 報 鉱泉中のリチウムに就いて (その 1), 温泉科学, 8, No. 4.
- 7) 石川県地方開発事務局 (1953): 石川県地質鉱産誌
- 8) 近藤堅二 (1934): 加賀粟津温泉附近の地質と温泉試錐, 地球, 21
- 9) 厚生省国立公園部 (1954): 日本鉱泉誌
- 10) 日本地質学会北陸部会 (1955): 石川県の地質
- 11) 坂本峻雄・益子 安・佐藤幸二 (1956): 温泉の地球化学的研究 第 3 報 芦原温泉, 温泉科学, 7, No. 3
- 12) 富山県 (1957): 富山県地質図幅