

長野県浅間温泉調査報告

—特に中部信濃地方温泉群の地域性に關連して—

中村 久由* 鈴木 孝*

Geology and Hot Springs of the Asama Hot Spring Zone, Special Reference to the Properties of Hot Springs Distributed in the Central District of Nagano Prefecture

By

Hisayoshi Nakamura & Takashi Suzuki

Abstract

Geology of the Asama Hot Spring Zone is composed of the Tertiary sandstone and mudstone intercalated with the hard tuffaceous bed which is intruded by porphyrite. Hot springs are emitted from the fracture zone running N-S to NW-SE direction, which is related to the warping structure formed by the structural movement in this area.

According to the drilling data obtained from the Asama Hot Spring area, the occurrence of thermal water is under the control of the abovementioned fracture zone, and also the hard tuffaceous bed in sandstone and mudstone which is regarded as the cap rock.

Thermal water is characterized by the low content of Cl^- and HCO_3^- , and the high content of sulphate of Na and Ca. This is common characteristic properties of hot springs distributed in the central district of Nagano Prefecture.

Though these hot springs seem to be related to the intrusion of the Tertiary porphyrite and quartz diorite occupying the eastern side of Fossa Magna, these are regarded as the type equivalent to deeper facies of volcanic hot springs, judging from the both distributions of hot springs and volcanoes in Fossa Magna, and chemical properties characterized by the low content of Cl^- and HCO_3^- .

まえがき

わが国における温泉の大部分はいわゆる火山帯に沿って分布するが、火山との關係を検討してみると、温泉の存在は必ずしも新期火山の周辺だけに限られるという訳ではなく、その近くに火山の存在しない地域からでもしばしば温泉の湧出する例が知られている。長野県の中部地方一帯もこの例に数えられる1つであつて、この地方に分布する浅間^{かげゆ}・鹿教湯・大塩・靈泉寺・沓掛・田沢・別所・戸倉・上山田等の温泉は、いずれも初期の火山群からいくぶん距たつた場所に位置しており、見掛上これらの火山と直接、因果關係をもたぬように見える温泉群である。

わが国における地熱地帯の諸性質を検討するにあつた

て、火山地帯の噴気あるいは温泉だけでなく、新期火山と直接の關係をもたぬように見える地帯の温泉についても、地質学的あるいは地球化学的にその性質を解析し、火山地帯温泉との關連を比較検討しておくことが必要であると思われる。

浅間温泉帯というのは、松本市外浅間温泉に始まり、その南の東山^{おぼけ}・御母家・湯の原・藤井等の温泉に連なる優勢な温泉湧出帯に与えた名称である。今回、中部信濃地方温泉群の諸性質を吟味するため代表的な調査地として上記の浅間温泉帯を選び、その地質状況と温泉の化学性について検討を加えた。この報告はその概要を取り纏めたものである。なお、浅間温泉等を含む中部信濃地方温泉群が、温泉地質学的にどのような性質をもつかという点についても既存の資料を参考にして、2, 3の問題に触れてみることにした。

* 地質部

本稿を草するにあたり、調査のためいろいろ便宜を与えられた本郷村長三浦忠夫氏始め村役場および地元関係諸氏に対して深甚の謝意を表するものである。

1. 地質概説

浅間温泉帯周辺の地質については、すでに本間 不二男³⁾による総括的な調査研究があり、最近内村団体研究グループ²⁾ (フォッサマグナ研究会) の人達も、浅間温泉附近から別所・杓掛温泉附近にわたる第三系について、新たな角度から検討を加えている。

まず参考までにこれまで発表されている信濃中部地方の層序を第1表に示しておく。なお、今回の調査は主として浅間温泉から藤井温泉までの温泉湧出帯に限られたため、調査範囲も狭く、分布岩層の種類もきわめて単純

第 1 表

層 序	岩 相		層 序
	西部地域	東部地域	
青木砂岩層	砂 岩	含礫砂岩頁岩	青木層
別所砂岩 頁岩層	含礫砂質 頁岩砂岩 頁砂質頁岩	頁 岩	別所層
富士安山層 虚空蔵玄武岩	安山岩	安山灰岩 玄武岩	上 部 内村層
本郷砂質 頁岩層	砂岩・礫岩 砂岩・頁岩 砂岩・礫岩	砂 頁 岩 頁 岩	下 部 内 村 層
武石緑色 火山岩層	変質火山岩 火山砕屑岩	変質火山岩 火山砕屑岩	守屋層
内村団研グループ (1953)			本間 (1930)

であるが、こゝではまず浅間温泉帯周辺の地質状況を説明し、次いで浅間温泉附近の地質構造を述べることにする。

1.1 浅間温泉帯周辺の地質状況

この地域一帯は内村層の標式的な発達地で、特に浅間温泉北方の稲倉附近から小県郡鹿教湯・霊泉寺温泉にわたる地帯には、下部内村層の緑色火山岩類と砂岩泥岩層とが発達する。鹿教湯とこの浅間温泉附近とでは、いくぶん地質状況が異なり、前者(東部地域)では内村層の火山岩・火山砕屑岩類が主体となり、後者(西部地域)では同じく内村層の堆積岩とこれ貫ぬく進入岩体からなるといわれている。

浅間温泉帯周辺の構成地質は西部地域の特徴が示すように、内村層の砂岩泥岩層と、これを貫ぬく玢岩類からなる(第1図)。

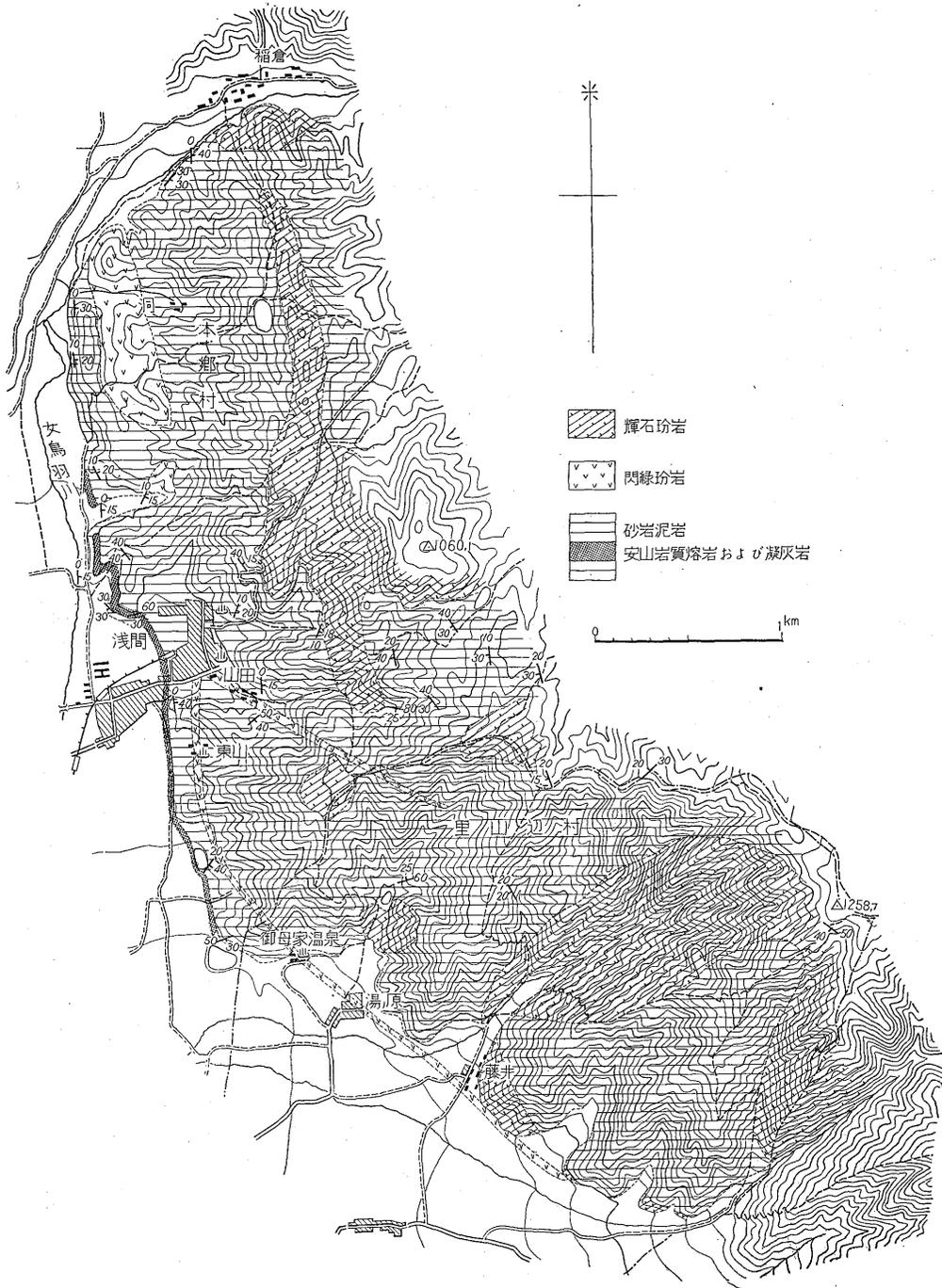
このうち、砂岩泥岩層は砕屑する黒色泥岩と板状の細粒砂岩との互層からなり、明瞭な層理を示すが、上部に移るほど凝灰質、かつ粗粒となり礫質部分を挟むようになる。この砂岩泥岩層の下位に熔岩流を含む厚さ25~30m程度の特徴ある凝灰質岩層が挟在し、山地と低地との境界に沿って断続的に露出する。その露頭は、浅間温泉北側の御射神社から女鳥羽川左岸に沿い約1.5kmにわたって追跡できるもののほか、浅間温泉南側の目の湯傍の川底および御母家温泉西側の道路傍に露出するものがある。新鮮なものは青緑色を帯び、珪質で堅いが、風化の進んだものは黄褐色を呈し、砕屑するものが特徴的である。

この凝灰質岩層は砂岩泥岩層の下位に挟まれる一種の鍵層に相当するもので、特に浅間温泉の鑿井内からもみいだされるに及び、その受持の役割がきわめて重要なことが明らかとなった。すなわち、浅間温泉附近の地表および鑿井内からの出現状態は、温泉と地質構造とのつながりを明瞭に示す結果を示したからである。これについてはまた後で述べることにするが、次に砂岩泥岩の一般走向をみると、N20°Wを示し、稲倉から浅間温泉東側を通り、藤井温泉を結ぶ線に向斜軸があつて、10~30°の傾斜で東または西に傾く。これまでの調査によると、西部地域ではほぼ南北性の走向が卓越し、数本の向斜軸および脊斜軸が存在するのは対して、東部地域では東西性の走向が優勢であつて、おのおの対立的な特徴を示すという。

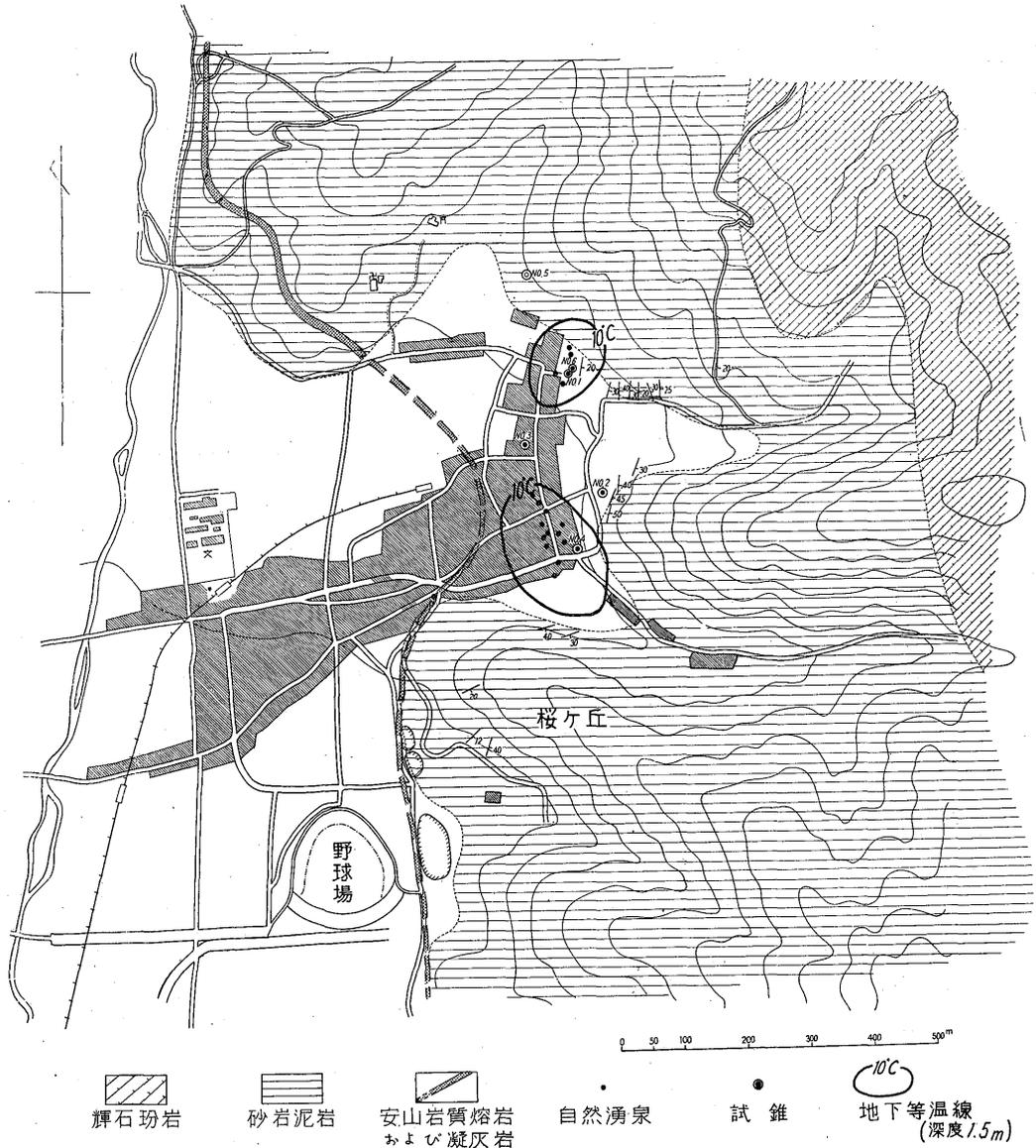
以上述べた砂岩泥岩層は閃緑玢岩および輝石玢岩によつて貫入されるが、両者ともその貫入の時期は明らかでない。このうち閃緑玢岩は浅間の北方、洞部落から宮部落にわたつて露出し、強い緑泥化作用を受ける。洞における産出状態をみると、この岩体に接する砂岩泥岩層は著しい ptigmatic folding を示している。

次に輝石玢岩であるが、この岩体は明らかに向斜の軸に沿つて分布し、地質構造との間に調和的な関連を示す。一般に岩石は新鮮で、かなり明瞭な斑状構造を有する。貫入時期は少なくとも閃緑玢岩より新しいように思われるが、正確なことについては十分な資料がない。なお、玢岩の分布と地質構造との関係は、西部地域におけるきわめて特徴的なことから一つであつて、向斜軸だけでなく、脊斜軸に沿つても同じような関係がみられるという。

以上、浅間温泉帯周辺における地質状況について構成



第1図 浅間温泉帯周辺地質図



第2図 浅間温泉附近地質図

岩層の分布と、2, 3の構造的特徴を述べたが、最後に、温泉帯の性格について簡単な説明を加えておく。

冒頭でも述べたように、浅間温泉帯というのは、浅間温泉の南に連なる優勢な温泉湧出帯に与えた名称であるこの地帯にはなお、2, 3の温泉徴候もあるが、ともかく第1図のみでみるように、この温泉帯はほぼN-S~NW-SEの方向で、山裾の線に平行して走り、この地方の構造運動と密接な連がりのあることを暗示する。事実、この地帯に沿う浅間温泉桜ヶ丘北側の崖、権現湯南側露頭、御母家西側道路傍の露頭等では著しく擾乱した砂岩泥岩層が露出し、いわゆる破砕帯と云う特徴を示している。玢岩の分布あるいは走向の変化からわかるように、この破砕帯はN-S方向とNW-SE方向の構造的な動きによつて生じたとみなされるもので、両方向の屈曲部にあたる浅間温泉では他の温泉に較べ、源泉数、湧出量等の規模において、圧倒的な優位を保ち、構造的に温泉の湧出に特に有利な状態にあることを物語っている。

1.2 浅間温泉周辺の地質概況

浅間温泉は松本市の北東方3kmの地点にあり、鑿井以前でも約8石/分という自然湧出量をもち、長野県でも有数の温泉地の1つに数えられている。

源泉は大別して北部湧泉群と南部湧泉群とに分かれる。なおこのほかに、東山温泉との間に目の湯および微温湯が湧出するが、これらの徴候はいずれも浅間の湧泉群よりやや西にずれて位置している(第1図)。

浅間温泉周辺の構成地質は既述のように、黒色の泥岩および細粒砂岩の互層からなり、下位に厚さ25~30m程度の凝灰質岩層を挟む。黒色砂岩泥岩層は明瞭な層理を示し、桜ヶ丘北側ではN50~60°E、横谷沢の南の浅間公園附近ではN10~20°E、横谷沢北側の露頭ではN-S~N10°Eの走向をもち、いずれも10~15°E傾斜する。こゝで注目をひくのは、山田沢を境としてその北と南で走向が著しく変わることである。すなわち、山田沢の北側では砂岩泥岩層の一般走向はN10~20°Eを示すが、山田沢南側の桜ヶ丘突出部分ではN60°Eの方向が卓越し、見掛上山田沢を軸とする脊斜軸が存在するようにみえる。

次に前にも述べたように、桜ヶ丘北側の崖では約100mにわたつて著しく擾乱した部分がある。この破砕帯については、すでに触れた通りであるが、地温分布調査の際、スパイラルの先端に附着した粘土をみると、この破砕帯に接近するほど変質しており、この点についても、温泉と破砕帯との間に密接な関連があることを示している。

以上の関係に加えて、浅間温泉の構造を解析するうえ

に、有力な手掛りを与える資料として鑿井の記録がある。すなわち、浅間温泉では、増湯の目的で昭和28年末から温泉井の掘鑿を始め、現在までに鑿井の数は6本に達している。このうち、2号井および3号井はおおの深度123m(掘止め143.5m)、73m(掘止め120m)で、前述の凝灰質岩層に達している。なお、1号井は48m(1号井の側に副掘りした6号井は110m)、4号井は47m、5号井は165mまで掘鑿したが、いずれも黒色泥岩層だけで、凝灰質岩層に達していない(第2図)。

一方、地表に露出する凝灰質岩層は浅間温泉北側の御射神社附近と、低地を距てた南側の目の湯附近に露出する。したがつて東に傾斜するこの岩層が、2号井、3号井の孔底近くで出現するということから判断すると、この岩層は断層等の影響を受けることなく、連続的に上記の各地点を通り、浅間温泉の地下に存在するとみることができよう。

このように、浅間温泉における地質構造は、破砕帯と黒色泥岩中の凝灰質岩層の存在によつて特徴づけられる。そのうち破砕帯はこの地方の構造運動と密接な関係をもつ。すなわち、第1図から明らかなように、脊斜軸の走向等で表わされるこの地方の構造的な方向は、浅間温泉を境として、北と南とでは異なり、南側では南北方向から北西方向に転移している。この状況から推察すると浅間温泉を通る破砕帯の存在は、この地方に生じた構造的な動きと密接な関係があり、この運動によつて歪曲した弱帯が破砕帯の形をとり、いま述べた方向に連なつてるとみなされるのである。

次に凝灰質岩層と温泉との関係であるが、掘鑿時における孔底温度および温泉の湧出状況を見ると、温泉の大部分は凝灰質岩層と上位の黒色泥岩中のいわゆるザク層、あるいは裂隙から湧出し、凝灰質岩層に達すると、むしろ、そのなかではほとんど孔底温度の上昇が認められなくなる。いま述べた温泉の湧出状況と凝灰質岩層の分布状況とを組み合わせると、浅間温泉における自然湧出地点のうち、特に南部湧泉群における源泉の分布は、凝灰質岩層の分布とほぼ平行し、凝灰質岩層の上盤あるいは下盤側にあることがわかる。いま述べた状況は目の湯附近でも同様であつて、凝灰質岩層の分布から判断すると、目の湯および他の2, 3の微温湯は凝灰質岩層の下盤ないし上盤近くから湧出しており、これらの分布が浅間温泉の湧泉群よりいくらか西に寄つているのもこの理由によると考えられるのである。

以上で浅間温泉における構造的特徴の概略を述べたが、その結果を総括すると、浅間温泉における源泉の主体はむしろ凝灰質岩層の下に貯留され、帽岩に相当する

堅い凝灰質岩層の破碎部分に沿って上昇した温泉水がさらに強く破碎された上位の黒色泥岩中の裂罅あるいはザク層を湧出通路とし、地表に達したとみなされるのである。

2. 温泉の化学成分

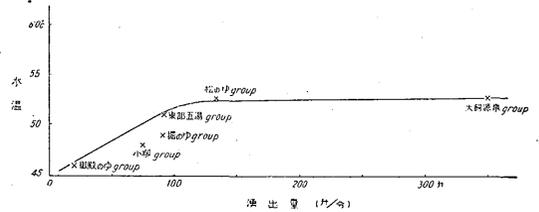
すでに繰り返し述べたように、浅間温泉帯上には浅間温泉を始め、東山・御母家・湯の原・藤井等の温泉があり、それに加えて権現湯・塩湯等の微温湯も知られている。温泉地の大部分は掘鑿により増湯をはかっているが、特に浅間温泉は他の温泉に較べ、源泉数、湧出量ともに圧倒的な優勢さを保っている。この項目では掘鑿以前に採水した試料の分析結果を参考にして温泉帯の化学性を検討してみることにする。分析結果は一括して第2表に示した。

2.1 水温と湧出量

まず水温と湧出量について簡単に触れておく。浅間温泉帯の湧水水温の分布をみると、浅間の南部湧泉群を中心として、その北と南ではいくぶん温度が低くなる傾向がある。すなわち南部湧泉群の48~53°Cに次いで北部湧泉群は44~49°Cの間にあり、浅間温泉より南に下ると東山の42°C、御母家・湯の原の39°Cというように水温は漸減している。

次に湧水量であるが、これについては浅間温泉の掘鑿

直前、松本保健所で測定した資料があるので、その資料から浅間温泉帯における湧出量と水温との相関関係を簡単に述べてみる。まず同温泉における各源泉の湧出量と水温を示すと第3表の通りであるが、この地域の源泉は局部的に群集しているの、はゞ同温度の源泉群を一括してそれぞれの湧出量の累計とそれに対応する水温との関係を示すと(第3図) 次のような傾向がある。すなわち、浅間温泉では湧出量がある量以上(こゝでは約1石)に達すると、水温ははゞ一定に保たれるが、その量以下の場合には水温が低下するということである。この問題についてはさらに湧泉の化学性も併せて検討する必要があるが、後で述べるように、浅間温泉の源泉ははゞ同じ程度の成分含量を有するので、上で示した湧出量と水温との関係は温泉の湧出に伴う冷却の影響によつて生じたと解釈される。そして全湧出量に対する各グループの比率をみると、南部湧泉群の松の湯および大飼源泉グ



第3図 浅間温泉における湧出量-水温相関図

第2表 浅間温泉帯の化学成分

		Temp (°C)	pH	Cl'	SO ₄ '	CO ₃ ''	HCO ₃ '	Ca''	Mg''	Na'	K'
浅間温泉(北部)	東御湯	44	8.0	38	190.9	3	12	41.5	tr.		
	御殿の湯	46	8.0	38	181.7	3	12	40.0	//		
	殿座の湯	49	8.0	40	206.6	3	12	37.2	//		
	のの湯	48.5	8.0	38	197.5	3	12	37.2	//		
	のの湯路	49	8.0	38	198.0	3	12	37.0	//	88.0	2.6
	の小	43.5	8.0	40	199.2	3	12	38.6	//		
浅間温泉(南部)	双小湯	48	8.0	38	199.2	3	12	41.5	//		
	葉柳坂の湯	48	8.0	39	201.6	3	12	37.2	//		
	の源五の湯	48	8.0	37	207.4	3	12	38.6	//		
	の源五の湯	50	8.0	38	207.4	3	12	34.3	//		
	の源五の湯	51	8.0	37	225.5	3	12	42.9	//		
	の源五の湯	52.5	8.0	37	223.9	3	18	40.0	//		
	の源五の湯	52.5	8.0	35	225.0	3	24	41.5	//	93.0	4.7
	の源五の湯	50.5	8.0	35	213.2	3	18	42.9	//		
	の源五の湯	53	8.0	35	213.9	3	18	41.5	//		
	の源五の湯	43	8.0	33	190.1	3	18	40.0	//		
	の源五の湯	40	7.6	34	206.6	—	36	40.0	//		
	の源五の湯	37	7.6	49	199.9	—	79	28.6	//		
	東山御母家湯	東山温泉	23.5	8.0	32	220.6	3	18	n. d		
権現の温泉		22	7.6	18	117.7	3	54	//			
御母家の温泉		39	8.0	300	n. d	—	1,012	//			
の源五の温泉		39	8.0	29	146.5	3	18	//			
の源五の温泉		39	8.0	29	263.4	3	12	//			

分析：中村・鈴木

ループだけで総湧出量の70%を占めており、この附近に浅間温泉の湧出の中心があることを暗示している。なお、浅間温泉は自然湧出量だけで8.2石/分という多量であり、しかも源泉の大半が最高水温を保持していることからみても、この地域は温泉の湧出にきわめて有利な状況にあることを如実に示しているといえる。

2.2 化学的性質

第2表の分析結果をみると、浅間温泉帯を通じて各源泉はきわめて近似する成分含量で特徴づけられる。

まずCl⁻であるが、塩の湯と権現湯を除き、大部分は30~40mg/lの間にあり、水温の分布状況に対応して北から南に下るほど、いくぶん含量が通減する。なお、権現湯は地下水によつて稀釈されたものとみなされるが、塩の湯は温泉帯全般の湧泉と全然性質を異にし、Cl⁻は300mg/lという異常値を示すだけでなく、HCO₃⁻も1,000mg/l以上を含み、ガス水(?)に類似する特徴を示す。

次にSO₄⁻であるが、これは陰イオンの主成分にあたり、浅間・東山では190~220mg/lの間にある。なお、御母家はいくぶん低く145mg/l前後である。

次にHCO₃⁻とCO₃⁻についてであるが、浅間温泉帯の著しい特徴の一つとして、一般の火山地帯温泉と異なり溶存ガス成分(主として炭酸ガス)の影響がきわめて微弱であるということである。すなわち、液性はアルカリを示し、HCO₃⁻として12~18mg/l、CO₃⁻は3mg/l

程度にすぎず、しかも温泉帯を通じてその含量はほとんど一定しており、むしろ低温の目の湯、尾上湯だけ少量のCO₂を溶存し、HCO₃⁻もいくらか増加するという傾向がある。

次に陽イオンについて簡単に説明する。まずCa⁺⁺であるがこれは温泉帯を通じてほぼ一定しており、40mg/l前後の値を示す。なお、アルカリについては代表的な2,3の試料についてのみ検出したが、その結果ではNa⁺として90mg/l前後、K⁺として3mg/l前後の値を示し、陽イオンの主成分に相当する。したがって陰イオン中のSO₄⁻と組み合わせると、浅間温泉帯上の湧水はナトリウムの硫酸塩を主成分としているということになる。

以上の結果を総括すると次のように要約される。すなわち、温泉は比較的広範な地域から湧出するにもかかわらず、その成分含量は互にきわめて近似し、一般の火山地帯温泉に比較するとCl⁻の量がはなはだ少量であるばかりでなく、総炭酸の含量もきわめて少なく、ナトリウムの硫酸塩を主成分とすることで特徴づけられるということである。なお、直接S(HS⁻+H₂S)の定量は行わなかつたが、源泉では相当強い硫化水素臭を感じるのので、温泉の主成分をなすアルカリおよびSO₄⁻の生成はおそらくアルカリの水硫化物が(例えばNaHS等)湧出過程で酸化された結果によるものと推定される。

いま述べたように、浅間温泉帯の湧水の化学性はいわゆる火山地帯温泉に較べ、いくぶん性質を異にするが、地域的にもつと広く取上げて吟味しようとするには、中部信濃地方温泉群全般の諸性質も併せて検討する必要があるのので、こゝでは浅間温泉帯の一般的な化学性だけを記載するに留め、中信温泉群の特徴については項を改めて述べることにする。

3. 中部信濃地方温泉群の温泉地質学的特性

浅間温泉帯の地質状況と地化学的性質についてはすでに前項で述べた通りであるが、浅間温泉の湧出状況を検討した結果、この地域は温泉の湧出にきわめて有利な条件を備えていることが知られた。

このような、地域的な性質は各温泉地ごとで異なり、場所によつては堆積岩層から湧出する場合、あるいは侵入岩類から湧出する場合等、区々であつて地表で追跡される湧出母岩を対象としても、それは見掛上の意義しかもたぬ場合が多く、ある地帯の温泉群に共通した問題、例えば分布を支配する構造上の特徴あるいは熱源との関連等については、まずその地帯全般を対象として温泉に関連ある種々の地質現象を解析してみる必要が生じる。

現在、中信温泉群のおのおのについてはまだ地域的に充分調査を行っていないので、各地の記載については今

第3表 浅間温泉の水温および湧出量

		湧出量 (升/分)	温度 (°C)	源泉群 湧出量計	全湧出量 に対する 比率(%)
北部 湧出 区域	東御座の湯	4	44	} 19.3	2.7
	殿座の湯	15.3	46		
	御座の湯	23	49	} 87.6	12.2
	権現湯	9.8	48.5		
		54.8	49		
南部 湧出 区域	双小の湯	27.4	} 48	} 73.7	10.2
	葉柳坂の源	6.3			
	東部(湯坂)五湯	40	48	} 90.5	12.6
	蔦松の湯	55	50		
	せんの湯	28	7.5	} 51	18.7
	東北の湯	7.5	51		
	竹杖の湯	87	52.5	} 134.6	18.7
	大疵の湯	35.1	52.5		
	梅鷹の湯	12.5	52.5	} 348.2	48.5
	目	11.2	52.5		
			337	53	
		5	43		
		5			
		24			
		20	37		
合計		807.9			

後の調査に譲るが、地質関係の既存資料および今回各温泉で採水した温泉水の分析結果を参考にして中信地方温泉群に共通した2, 3の温泉地質上の特徴に触れてみることにする。

3.1 温泉の分布と第三紀深成岩 および 半深成岩類との関係

中部信濃地方の地質学的位置についてはすでに古くから多くの人達によって論議されており、現在も各方面から検討が加えられているが、これまでの調査研究で明らかにされたように、この地帯は第三紀における地向斜性堆積と、それに伴う火成活動によって特徴づけられているところである。

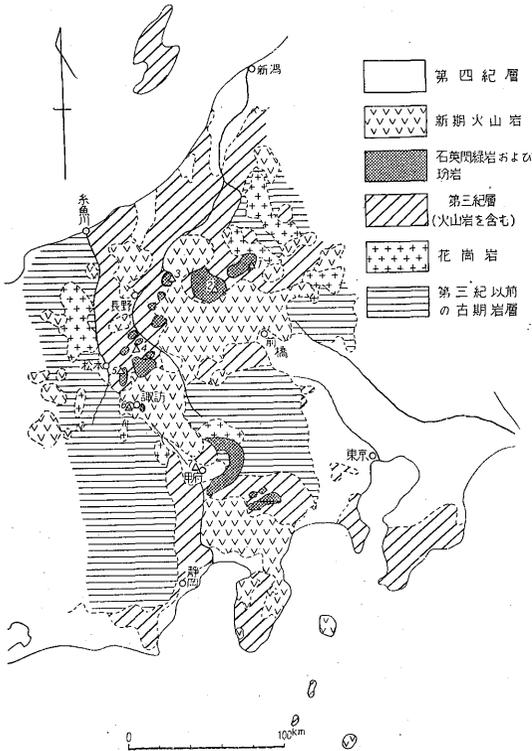
浅間温泉帯周辺の地質状況を説明した折、この地域でみられる岩層分布上の特徴として向斜軸ないし背斜軸に沿って分布する輝石玢岩について述べた。この玢岩は浅間附近だけでなく、千曲川左岸では小県郡の各地、右岸では河東山塊等でもみられ、第三紀貫入岩である石英閃緑岩の外縁に沿って露出する。その分布状況は第4図に示す通りである。本間不二男³⁾によると閃緑岩として一括されるこの岩岩類は、中部信濃地方の地下一円に存在するもので、おもに地層の向斜・脊斜軸に沿って岩株状に貫入し、ときには地層に平行して岩床状に進入するが、その存在はこの地方の地質構造と密接な連がりをもつといわれている。

いま述べた石英閃緑岩および閃緑玢岩はさらにフォッサマグナの東縁にあたる丹沢山塊、御坂山脈、さらに北方の北信・上越地方にわたって広く分布する。

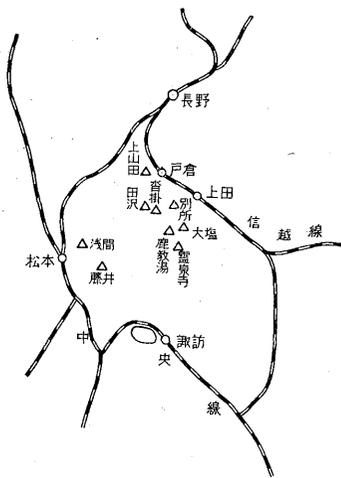
次にいま述べたフォッサグナ東縁地帯における第三紀深成岩類と第四紀火山との関係を見ると、この両者は地域的に密接に相伴う傾向がある。特に石英閃緑岩分布地帯に位置する火山は第四紀旧期の活動によるものが多く、主として石英閃緑岩の外側あるいは中軸に沿って分布する。

いままで述べたことがらから明らかなように、中部信濃地方の温泉と地質状況との関連において、まず注目を引くことの1つは、温泉の分布と玢岩とが密接に相伴うことである。この点、地表上の分布状況から判断すると両者の間になんらかの関連があるようにみえるが、いわゆる熱源として、この玢岩が直接のつながりをもつかどうかについては速断が許されない。というのは、いま述べた分布上の関連ということがらを除くと、この地帯の温泉について、火山地帯における温泉のように、直接、成因的な面と結びつく現象がほとんどみられないからである。

一方、丹沢から甲府・諏訪地方を経て浅間附近に至る



第4図 a. 中信地方における石英閃緑岩・玢岩、新期火山岩および温泉の分布図
 1. 上越国境温泉群 2. 四方温泉群
 3. 平穏温泉群 4. 中信地方温泉群
 5. 浅間温泉群 6. 諏訪温泉群
 7. 甲府一湯村温泉群
 (その他の温泉は省略してある)



第4図 b. 中信地方温泉群分布略図

地域もまた石英閃緑岩分布地域にあたるが、この地域においても甲府～湯村温泉群、諏訪温泉群のように相当数の温泉が存在する。また、中部信濃地方より北側の石英閃緑岩および玢岩の分布地域でも、中信地方温泉群だけでなく、北信地方の湯田中・野沢、群馬県の四万・法師を始め、上越国境地帯に多くの温泉が存在する。

しかしこゝで注目を引く第2の点は、深成岩類と平行して第四紀火山の分布がみられることである。これら新期火山が成因的に、第三紀以降の火成活動と、どのような関係にあるかということも、やはり大きな問題の1つであるが、いま、上で述べたように、第三紀深成岩類と火山との間に平行した分布関係がみられること、またこの地帯の温泉が主として第三紀深成岩および半深成岩類の分布地域に点存することなどの諸点を併せ考えると、この地帯の温泉は成因的に直接石英閃緑岩ないし玢岩とつながりをもつということよりも、むしろこの地帯の全般的な地質構造に強く支配されているとみるのが妥当のように思われる。わが国における新期火山の大部分が第三紀火山岩類とほぼ一致した分布をとることについては、北海道・東北地方から、このフォッサマグナに至る地帯で特に明らかであるが、いわば準火山地帯とでもいいうるこの地帯においても、全然、新期火山活動と関係がないというのではなく、石英閃緑岩あるいは玢岩の分布地域における温泉の存在は、潜在的な火山作用の一端を示すものであり、かつ、温泉の分布は新期火山群の分布と併せてフォッサマグナ東縁地帯における地質構造に最も大きく支配されているとみなされるのである。

3.2 温泉水の化学性

第4表は中信温泉群の主化学成分の分析結果を示したものであるが、まず中信温泉群の全般的な特徴を知るため、別報文⁴⁾で試みたように、各温泉の成分含量をミリモル数に換算し、温度、pHとともに図示すると第5図の通りである。

第5図をみてまず注目をひくことは、温泉全般を通じて Cl' 、 HCO_3' 、 CO_3'' の含量がきわめて低く、これに対して SO_4'' が Na' または Ca'' と並んで主成分の地位を占めているということである。一方、各温泉水について各成分のミリモル数を比較してみると、温泉はいずれも Cl' に対してアルカリのミリモル数の過剰な型となり、結局、 SO_4'' の増加と Na' または Ca'' との間に密接な関連のあることを示す。

このように中信温泉群に属する各温泉は SO_4'' 、 Na' および Ca'' で特徴づけられるが、さらにこれらの成分の相互関係をみると、 SO_4'' の増加は

(1) Na' の増加と関連がある場合

(2) Ca'' 、 Mg'' の増加と関連がある場合

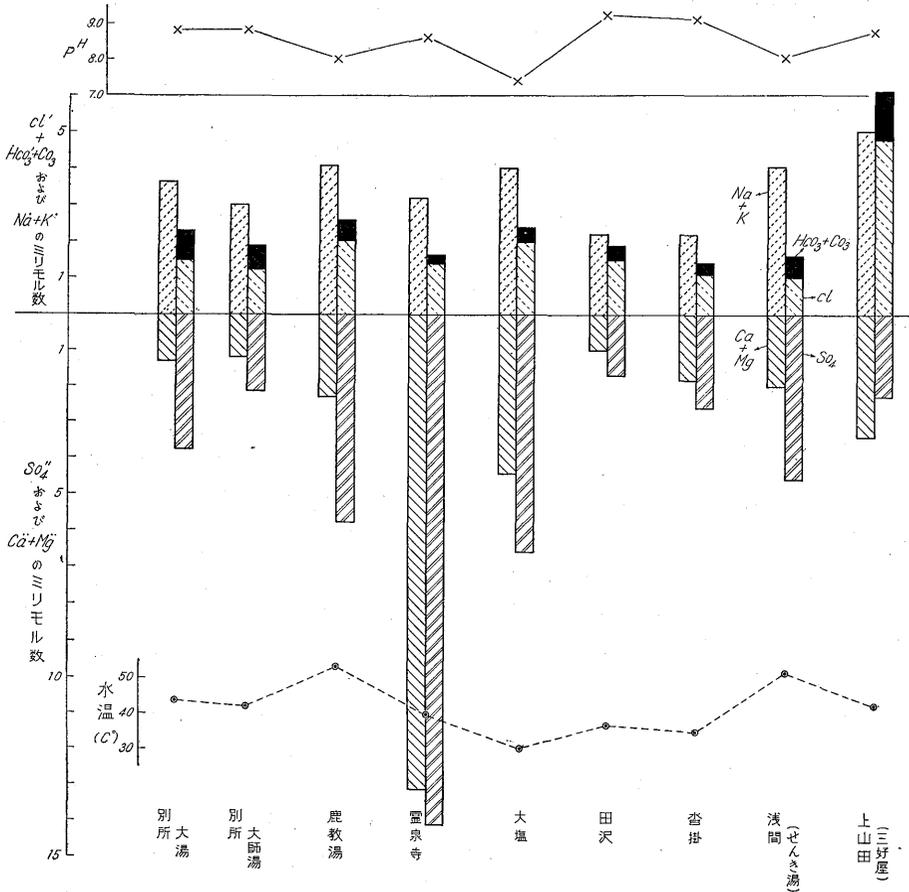
とに分けられる。前者は浅間・鹿教湯・別所等であり、後者は霊泉寺・大塩等である。なお、田沢・杓掛ではこの関係があまり明らかでない。

さて、いま述べた SO_4'' 含量の増加について次のように考えられる。すなわち、この地帯の温泉は SO_4'' が増加しても炭酸塩類 (HCO_3' および CO_3'') にほとんど変化を与えず、結局、 Na' あるいは Ca'' の水硫化物の酸化によつて SO_4'' の増加を生じたこととみなされるのである。次にこの項目の初めでも触れたように、各温泉はいずれも Cl' 、 HCO_3' および CO_3'' の低含量で特徴づけられる。したがって一般の火山地帯温泉と比較した場合、その特異点はきわめて炭酸ガスの供給に乏しいという点に集約される。地域的に温泉水中の炭酸ガスがなぜこのような著しい相違を示すかということについて、一応次の2つの場合が想定される。1つは温泉化作用の深さが、より浅い場所で行われるか (いわゆる火山地帯の温泉の場合)、あるいはより深い場所で行われるかによつて、 Cl' および CO_2 の含有量に相違をきたしたと考えられる場合であり、他の1つは地質条件が CO_2 を2次的に附加するような状態にある場合とである。後者の例とし

第4表 中信地方温泉群の化学成分

	Temp (°C)	pH	Cl'	SO_4''	HCO_3'	CO_3''	Ca	Mg	Na	K
別所大湯	44	8.8	53.1	107.8	37.8	5.7	25.3	tr.	84	1
〃 大師湯	42.5	8.8	44.8	104.5	27.4	4.8	24.0	tr.	68	3
鹿教湯	53.5	8.0	72.7	276.5	35.8	—	46.0	3.0	95	6
霊泉寺	40	8.6	50.3	675.7	13.4	1.5	263.0	3.0	73	4
大塩	31	7.4	72.6	316.9	28.1	—	88.6	2.2	93	5
田沢	37.5	9.3	53.1	79.8	9.6	9.0	20.0	4.4	52	1
杓掛	36	9.1	39.1	126.7	8.5	5.1	34.0	4.4	52	2
浅間(せんき湯)	52.5	8.0	35	225.0	24	3	41.5	tr.	93	4
上山田(三好屋)	43	8.7	168.8	110.3	45.7	15	68.0	0.9	116	6

単位 mg/l 分析: 中村・鈴木・前田



第5図 中信地方温泉群の温泉成分比較図

て、同じフォッサマグナ東縁地帯のなかでも、姫川流域に分布する温泉はいずれも著しい CO_2 および HCO_3' で特徴づけられる¹⁾。姫川流域の構成地質は古生層・中生層を基盤とするが、特に注目を引くのはこの古生層のなかに石灰岩の岩塊を含むことである。しかし同じフォッサマグナの北端地域でも北アルプスの花崗岩地帯から湧出する温泉は pH 9.1 で、姫川流域の温泉に較べ、炭酸塩の含量は遙かに少ない。このように考えると、姫川流域の温泉中の CO_2 ガスの一部は2次的に古生層中の石灰岩から導かれたという疑いがないわけではない。いいかえると、温泉の地域的な性質は、いわゆる熱源の潜在する基盤岩層の種類に大きな関連をもつという見方も不能となるわけである。

中信温泉群のほとんど大部分が石英閃緑岩あるいは玢岩の分布地域に位置することと併せて、地域的に、この地帯が新期火山からかなり離れた場所に存在するという点から推察すると、温泉中の Cl' および炭酸塩の低含量は、温泉化作用の深さに関連があると思われる。すなわ

ち、噴気ガスが地下水と接触するまでの過程で、 HCl ガスだけでなく、 CO_2 ガスも固定され、 H_2S ガスだけの影響が温泉のうえに現われているとみなされるのである。したがって、 Cl' および炭酸塩の低含量に対して SO_4'' が比較的高い値を示すということは、準火山地帯温泉の特性を意味づける成分的特徴であり、地域的に深い相の型の温泉を代表しているとみなすことができる。これに対して、比較的高い Cl' を含み、しかも Cl' と HCO_3' との間で、負の相関関係を示すような温泉は、相対的に浅い相の温泉を代表するものであり、いわゆる火山地帯の温泉の大部分はこれに相当するとみなされるのである。

むすび

1) 長野県浅間温泉附近の構成地質は新第三系内村層の砂岩泥岩層からなり、輝石玢岩によつて貫入される。地層の走向はほぼ南北を示し、輝石玢岩はその向斜軸に沿つて分布する。なお、砂岩泥岩層中に約 30m 程度の堅い凝灰質岩層の夾みがあり、山地と低地との間に沿つ

て断続的に露出する。

2) 浅間温泉帯と称するのは浅間温泉から藤井温泉に連なる優勢な温泉湧出帯に与えた名称であるが、この温泉帯は前記砂岩泥岩層中に生じたいわば破碎帯に相当する。この破碎帯はこの地方に生じた構造運動に関連があり、N-S方向からN-W方向へ歪曲することによって破碎された弱帯とみなされるもので、特にその屈曲部にあたる浅間温泉は、構造的に最も有利な位置を備えているようにみえる。

3) 浅間温泉で行った数本のボーリングのうち、ほど温泉地の中央に位置する地点で、深度73m、および123mで前記凝灰質岩層に達している。この場合地層の傾斜は東であるから、浅間温泉の地下にはこの凝灰質岩層が東に傾斜しながら拡がっていることがわかる。

4) 掘鑿時の孔底温度と、温泉の湧出状況を見ると、温泉の大部分は凝灰質岩層上位の砂岩泥岩層の裂隙あるいはザク層から湧出している。したがって、自然湧出地点の分布は、おそらく凝灰質岩層に平行して、その上盤または下盤側にあるという見方も可能である。

5) 浅間温泉における構造的特徴を考慮に入ると、この地域の温泉の主体はむしろ、凝灰質岩層の下方に貯溜され、帽岩にあたる凝灰質岩層の割れ目に沿って上昇した温泉水が、さらに強く破碎された砂岩泥岩層の裂隙、あるいはザク層を通路として地表に達したと推定される。

6) 浅間温泉帯の湧水水温分布は浅間温泉で、最高53°Cを示し、湯の原温泉の39°Cに至るまで北から南に移るほど、水温は漸減する。なお、浅間温泉における自然湧出時における記録によると、旧大飼源泉附近から総湧出量の70%にあたる量が湧出しており、この附近に湧出の中心があることを暗示する。

7) 湧泉の化学性は温泉帯を通じてはなはだ共通しており、一般の火山地帯温泉に較べると、Cl⁻含量および炭酸塩(HCO₃⁻およびCO₃²⁻)がきわめて少なく、これに対してNa⁺およびCa²⁺の硫酸塩を主成分とする。この性質は中信地方温泉群全般に通じる特徴でもある。

8) 中部信濃地方における岩層分布上の特徴は第三紀深成岩および半深成岩にあたる石英閃緑岩および玢岩が広く発達することである。そしてこれらの地帯には中信

地方温泉群のほか、かなり多くの温泉群が分布する。

この第三紀深成岩類の外側あるいは中軸に沿う新期火山群の存在はフオッサマグナ東縁地帯の構造的弱帯であり、中信地方の温泉の分布もこの地帯の地質構造に強く支配されている。したがって中信地方温泉群の存在は、新期の火山作用に直接・間接のつながりを持ち、その分布は構造に関連があるといえることができる。

9) 中信地方温泉群の主成分はNa⁺またはCa²⁺の硫酸塩からなるが、この場合のSO₄²⁻は水硫化物の酸化によって生じたと推定される。一方、各温泉はいずれもCl⁻および炭酸塩の低含量で特徴づけられ、CO₂およびHCO₃⁻を含む一般の火山地帯温泉に較べ著しく特徴的である。地域的になぜこのような相違をきたすかという問題について次の2つの場合が考えられる。すなわち、1つは温泉化作用の深さが地域的に異なる場合と、熱源の存在する基盤岩層の種類がCO₂ガスの発生に関係をもつ場合である。後者の例として石灰岩を含む古期岩層から湧出する温泉が高いCO₂およびHCO₃⁻を含むことが知られている。しかし、中信温泉群の場合はむしろ温泉化作用の深さによるものと思われCl⁻およびHCO₃⁻の低含量に対してSO₄²⁻が比較的高い値を示すことは、地域的に、深い相の型の温泉を代表する成分の特徴であり、これに対して比較的高いCl⁻を含み、しかもCl⁻とHCO₃⁻の間で逆相関を示すような温泉は、相対的に浅い相の温泉を代表するものであり、いわゆる火山地帯の温泉は、この性質のものに相当するとみなされる。

(昭和30年3月調査)

文 献

- 1) 地質部応用地質課：姫川総合開発地域地質調査報告、地質調査所月報、Vol. 7, No. 7, 1956
- 2) フオッサマグナ研究会(内村団体研究グループ)：内村地域の団体研究、地球科学、No. 14, 1953
- 3) 本間不二男：信濃中部地質誌、1931
- 4) 中村久由・鈴木孝・前田憲二郎：秋田県秋の宮・皆瀬温泉調査報告、地質調査所月報、Vol. 6, No. 11, 1955