

長野県の地質

東京大学地震研究所 村 井 勇

(昭和 42 年 11 月 15 日受理)

Geology of Nagano Prefecture, Central Japan

Isamu MURAI

(Earthquake Research Institute, the University of Tokyo)

I. ま え が き

長野県には温泉および冷鉱泉が多く、その種類はきわめて多種多様である。その分布と性質は、長野県の地質構造と密接な関係をもっている。長野県は日本島のほぼ中央に位置し、地質構造上きわめて重要な部分にある。すなわち、東北日本と西南日本の接合部にあたり、日本の主要な地質系統のほとんどすべてが見られる。地質構造は複雑をきわめ、日本島の最も主要な地質構造線の一つである中央構造線と糸魚川—静岡線が長野県の中央において交差している。このような地質系統の多様性および地質構造の複雑性が、そのまま温泉および鉱泉の分布と性質の上に反映している。

長野県の地質と温泉、冷泉との関係については、すでに小林 (1960) と飯島 (1963) が指摘している。小林は長野県下の温泉群を、1) 第三紀中新世造山帯 (主としてムラサメ帯) に所属するもの、2) 乗鞍火山帯に沿うもの、3) 上諏訪、下諏訪など、第三紀末の火山活動の影響によるもの、4) 八ヶ岳火山群に属するもの、5) 浅間火山に属するもの、6) 妙高火山に属するもの、7) 志賀火山に属するもの、の 7 群に分けて説明し、とくに第 1 群と第 3 群の温泉について取りあげて論じている。第 1 群の分布地帯は新中世いらいの火山活動の烈しい地帯内にあり、とくに玢岩の活動に伴うムラサメ化作用 (一種の低温熱水作用) の著しい地帯に相当し、地下の構造線が温泉の生成に直接関係するのではないかとしている。また、第 3 群の成因については、鮮新世の塩峯層の堆積時における火山活動との関連を考えるとともに、構造的盆地であることが温泉の起源と関係があるかもしれないとしている。飯島は長野県の諸温泉を地質区別に分類し、1) 中央隆起帯に属するもの、2) 長野堆積盆地に属するもの、3) 小諸堆積区に属するもの、5) 八ヶ岳火山群に属するもの、6) 御岳—乗鞍火山列に属するもの、7) その他の 7 群に分けて説明した。とくに、諏訪—十日町、糸魚川—静岡、利根川、切明—野沢、御岳—乗鞍などの地質構造線と温泉の分布との間に密接な関係があると指摘し、湯田中、志賀高原に分布する山の内温泉群や諏訪温泉群のような高温度泉の分布地域が大構造線の交叉地域に相当することを重視している。また飯島は、温泉の熱源として火成岩を考え、中新世中期の半深成岩の活動と鮮新世初期の玄武岩の活動、および現世の火山活動との関連を論じている。

小林および飯島が指摘したように、温泉の分布と性質が地質構造と密接な関係をもつことは多くの例で知られており、長野県の温泉はその 1 つの例である。温泉の起源を考えるにあたって、熱源および物質の供給源としての過去および現在の火成活動との関係と地下深所の温泉水

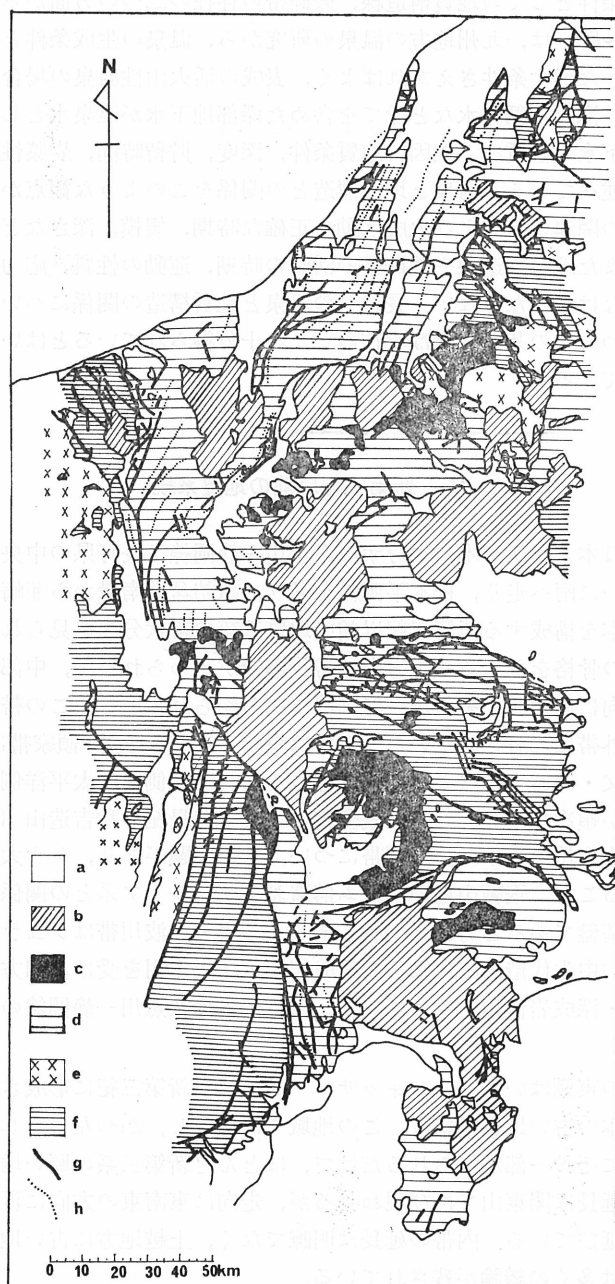
の上昇をうながす条件としての地質構造線、破碎帯の存在の二つの方面からの考察が常に行われる。露木(1960~62)は、九州地方の温泉の研究から、温泉の生成条件として深部地下水の存在とその上昇をうながす条件さえあればよく、表成の活火山性温泉の場合をのぞけば、過去の岩漿水、地層水、海水、循環水など総てを含めた深部地下水が温泉水として湧出してくると考え、その深部地下水の性質は、成因、地質条件、深度、貯留時間、岩漿性要因による影響などにより決まると述べている。温泉と地質構造との関係をこのような観点から考えていく場合には、火成活動との関連性、および火成活動の正確な時期、規模、深さなどについて綿密な検討が必要であり、また地質構造線や破碎帯の活動の時期、運動の性質、応力条件などについて詳細な考察を行わなければならない。長野県の温泉と地質構造の関係について考えるにあたって、これらの点についての基礎資料は現在のところ十分得られているとはいえないが、ある程度の知識は得られている。

II. 新第三紀以前の地質系統

日本列島を東北日本と西南日本に二分する糸魚川—静岡線は長野県の中央を縦断している。糸魚川より姫川ぞいに南へ走り、松本平西縁を通り、諏訪盆地南縁から韭崎へ抜けている。この西側には西南日本を構成する新第三紀以前の地質系統の帯状分布が見られる。近畿以西の地域では、日本列島の骨格をなす東—西方向の帯状構造が認められるが、中部地方でこの方向が急激に北北東の方向に屈曲し、糸魚川—静岡線でたち切られている。この帯状構造は中央構造線によって内帯と外帯に二分されている。内帯は飛騨・三郡・丹波・領家帯によって構成され、外帯は三波川・秩父・四万十帯によって構成される。日本海側より太平洋側に向って次第に時代的に新しいものが順次配列している。飛騨帯は二畳—三畳紀の秋吉造山(本州造山)によって変成作用・深成岩作用を受けた。飛騨帯については、問題があり、シナ大陸とくに遼東半島の片麻岩と類似すること、飛騨山地のドーム構造およびシルリア系との関係などから、先カンブリア系よりなる基盤であると考えられる学者もある。領家・三波川帯はジュラー—白亜紀の佐川造山および広島変動(中生代造山)によって変成作用・深成作用を受け、四万十帯は四万十造山によって変成作用・深成岩作用を受けている。四万十帯は糸魚川—静岡線の活動の影響を強く受けている。

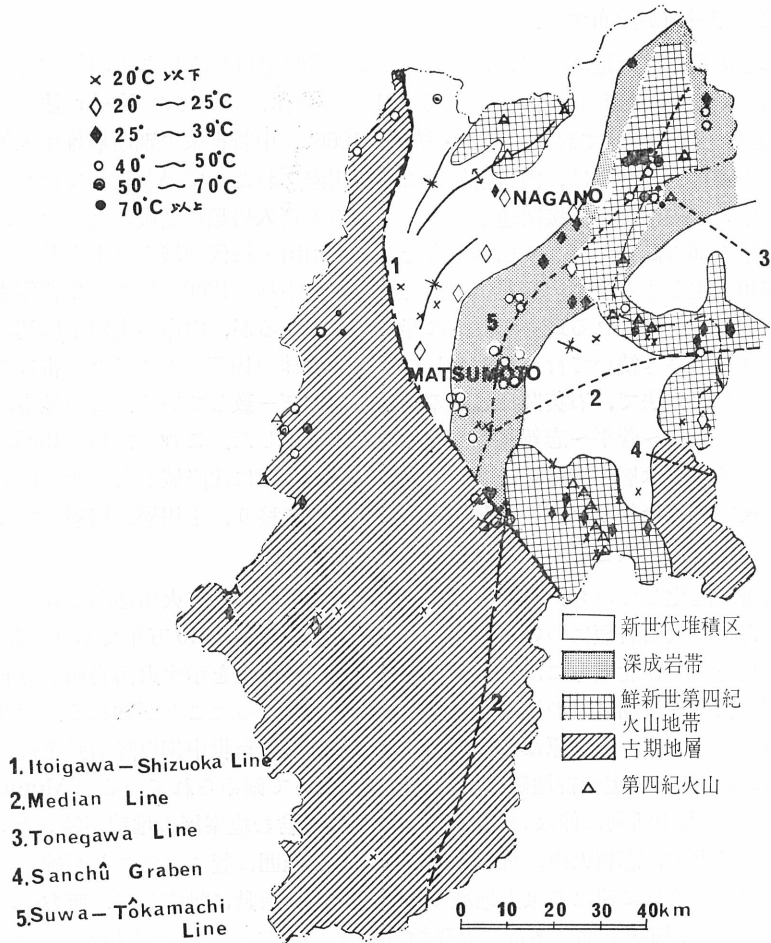
糸魚川—静岡線の東側はいわゆるフォッサ・マグナで、新第三紀に形成された地向斜と褶曲帯がある。西南日本の古い地質系統は、この地域では沈下し、かつ左づれして、わずかに岡谷北方の横河川河谷にその一部が見られるだけで、ほとんど新第三系の厚い堆積物の下にかくされている。外帯の延長は関東山で再び現われるが、走向は東南東の方向に再び屈曲し、そのまま丹沢・房総へと延びている。内帯の延長は明瞭でなく、上越地方に古い地質系統が現われるが、その間の関係は多くの議論が残されている。

糸魚川—静岡線の西側の古い地質系統の地域には、北アルプスの姫川・来馬・島・白馬槍・中房・葛・湯の俣・上高地・中の湯・坂巻・白骨・奈川・濁川などの微温ないし高温の温泉、中央アルプスの駒の湯、鹿の湯、南アルプスの鹿塩などの冷泉ないし微温泉がある。大部分は古生層や花崗岩の破碎帯から湧出している。これらの地域では、中央構造線に平行する構造と、これに直角な構造の発達とが認められるが、温泉群の配列状態からの構造線に沿って温泉水の上



第 1 図 フォッサ・マグナ地域の地質概略図

a: 第四系, b: 第四紀火山岩類, c: 第三紀花崗岩類, d: 新第三系,
e: 先第三紀花崗岩類, f: 先新第三系, g: 断層, h: 新第三系の褶曲軸



昇が起こっていることが推定される。北アルプスの温泉群は乗鞍火山列の火山活動との関係があると考えられる。

III. フォッサ・マグナ地帯の新第三系

糸魚川—静岡線の東側は新第三紀中新世以降のグリーンタフ造山（アルプス造山）の行われた地域である。フォッサ・マグナ北部地域は中新世以前まで安定した陸地であったが、中新世の初めに急激な海侵がはじまり、同時に烈しい火山活動が起こった。いわゆるグリーン・タフ活動で、火山性の堆積物を主とする厚い地層が堆積した。その後地向斜海盆が発達し、厚さ数千 m に達する地層が堆積した。この新第三系は本間（1927, 1931）により中信層群と北信層群に大別されている。中信層群は、中新世前期より中期にわたる地層で、下位より変質火山岩類を主とする内村層と黒色頁岩を主とする別所層に分けられる。北信層群は、中新世後期より鮮

新世にわたる地層で、下位より青木層、小川層、柵層にわけられる。これらのほか諏訪地方に初期中新統の守屋層が分布する。

中信層群を堆積された地向斜では、やがて緩慢な褶曲作用がはじまり、地下で閃緑岩・玢岩・石英斑岩などの活動が行われた。閃緑岩類の1つの岩体についての K-Ar 法による絶対年代は 2,100 万年と報告されており (河野・植田, 1966), 中新世末の別所層堆積末期と解釈される。玢岩と石英斑岩の活動は、内村階初期より小川階にわたって繰り返して行われ、中信層群と北信層群中の火山活動と直接関連をもつ。これらの貫入岩類の活動にともない、フォッサ・マグナ地帯中央部の諏訪付近より松本東方をへて上山田・松代地域より上高井へと続く地帯には、珪化作用を主とする著しい変質作用が行われた。小林 (1960) はこの変質作用 (ムラサメ化作用) が本沢型と呼ばれる玢岩の活動に伴うとしているが、山岸 (上田小県誌, 1963) は石英閃緑岩の侵入にひき続いて行われたとしている。小林 (1957) のムラサメ帯はこの変質帯に対して用いられた用法で、石英閃緑岩類の侵入帯にほぼ一致している。この地帯はその後隆起の傾向をとり、上田～菅平～志賀高原へ続く地帯は陸化した。これが飯島 (1955, 1962) の中央隆起帯である。青木層の堆積時には、中央隆起帯の東西に沈降域が分化する傾向を示し、小川層の堆積後完全に分化した。地向斜性沈降海域は西に移り、小川層、柵層の堆積が続いた。東側の堆積盆地は陸水域となって、小諸層群が堆積した。

中央隆起帯が陸化してのち、鮮新世にはこの地帯を中心にして火山活動が繰り返えされた。松代地域の奇妙山火山岩類についての K-Ar 法による年代は 540 万年であり (森本ら, 1966) 松代地域の東方および北東方には鮮新世後期の逆方向の磁化を示す火山岩類が分布する。このことから鮮新世中～後期にこの地域一帯に火山活動が起こったことが知れる。諏訪湖の北に分布する和田峠、霧ヶ峯、美ヶ原などの火山群はいずれも鮮新世中期以降活動を続けた火山で、K-Ar 法による年代決定や古地磁気学的な研究によって確められている (Momose et al., 1959)。これらの火山活動に伴ない、火砕物質を多量に含む塩峯層の堆積が続いた。鮮新世の火山活動は鳥帽子火山、志賀火山、荒船火山などでも広範囲に起こったことが確められている。中央隆起帯およびそれに連なる東方地域での陸上火山の活動に対応して、西方の堆積盆内でも火山活動が起こり、柵層下部に多量の火砕物質が含まれている。また小川層をおおって冠着山・四阿尾山・聖山などの火山岩類が噴出した。

フォッサ・マグナ地帯の新第三系から湧出する温泉は長野県の主要温泉の大部分を占めている。小林のムラサメ帯の温泉および飯島の中央隆起帯の温泉がその主要なもので、上諏訪・下諏訪より、浅間・湯の原などの松本東方の温泉群・田沢・杓掛・別所・鹿教湯・霊泉寺・大塩・上山田・戸倉の温泉群・松代・保科などの温泉群・山田・五色・七味および山の内の温泉群がこれに入る。小林および飯島の指摘したように、これらの温泉群は中新世の深成岩侵入地帯に分布している。これらの温泉群は大きく見て共通の性質をもつが、地域的にそれぞれ特徴をもつ小さな群に分かれる傾向が認められる。上諏訪および下諏訪の温泉群は糸魚川―静岡線に沿って分布し、高温であることが大きな特徴である。松本東方、上田西方および北方の温泉群は一連のもので、いずれも塩分濃度が低く、低温である。この地域では中新統および貫入岩類が露出し、この中に発達するわれめに沿って深部地下水の上昇が容易に起こっていると考えられる。松代地震に伴って、松代の加賀井地区では地下水の著しい異常が起こり、とくに WNW-ESE の方向にのびる地割小帯にそって高塩分の温泉が湧出した (中村ら, 1967)。この温泉水

は中信地域の温泉群の中で特異な成分のもので、過去の岩漿活動に関連する熱水起源のもの
の疑いがあり、地下深部より破砕構造にそって上昇してきたものと考えられ、それが地震活動に
伴って湧出の勢を増したものと見られる。山の内温泉群およびその周囲の温泉はこの中信地域
の温泉群に対して高温であり、中には万座温泉のように活火山性の温泉も見られる。山の内温
泉—志賀火山—草津白根山よりさらに南東方向にのびる線上には、高温度の温泉、変質帯、噴
気孔、第四紀火山などが連なり、構造線にそって地下の熱水や高温ガスが上昇してきている可
能性が考えられる。

中新世深成岩侵入帯以外の地域においてもいくつかの温泉の分布が認められる。この地帯の
西側に分布する鮮新統の褶曲構造を切って断層が発達しており、温泉、冷泉の分布はこれらの
断層構造と関係があるようである。この断層構造は深成岩侵入帯に発達するわれめ構造と一連
の関係をもつと考えられ、西側の褶曲地帯内に温泉の分布の少ないことは鮮新統の被覆のある
ことによると見られる。善光寺温泉は松代温泉と同系統の食塩泉であり、松代地方に発達するわ
れめ帯の延長方向に位置している。鮮新世火山活動の行われた鳥帽子火山や荒船火山の地域に
おいても冷泉ないし微温泉が分布する。角間・高峯は鮮新世火山岩から湧出しており、初谷、
相立は断層線にそって分布している。

IV. 第四紀火山岩類

鮮新世末以後フォッサ・マグナ地帯は全面的に陸化し、わずかに長野盆地付近に陸水域が残
されただけとなった。鮮新世の火山活動にひきつづいて各地で火山活動が起った。飛驒山地で
は御岳・乗鞍・焼岳などを含む乗鞍火山列の活動があった。糸魚川—静岡線の東側では、この
構造線にそって富士火山帯の延長にあたる地域に八ヶ岳・蓼科および飯縄・黒姫などの火山が
形成された。小諸層群の堆積盆の北側には鳥帽子岳、湯の丸山、三方ヶ峯・高峯山などの鳥帽
子火山群と浅間火山が形成された。中央隆起帯の上では皆神山、四阿山、草津白根山、志賀山
などの火山が生じた。

これらの第四紀火山地帯に分布する温泉としては、八ヶ岳火山の蓼科・本沢・海ノ口など、
浅間火山周辺の星野、小瀬、鹿沢など、乗鞍火山列の濁川、奈川、中の湯などがある。八ヶ岳
火山および浅間火山周辺の温泉群はいずれも比較的低温であるが、乗鞍火山列の温泉群にはか
なり高温なものが多い。

む す び

長野県に分布する地質系統と地質構造について概略を説明し、それぞれの地質区に分布する
温泉群について簡単に記述した。各々の温泉群の起源を適確に解説することは困難であるが、
火成活動や地質構造との関係をたどることはできる。

温泉の分布に構造線や破砕構造が重要な役割をもつことは明らかである。姫川—静岡線にそ
い小谷、上諏訪、下諏訪は糸魚川—静岡線にそい、いずれも高温度であることが特徴である。
飛驒山地に分布する高温の温泉群は古期層中の構造線にそって上昇してくるものと推定され、
乗鞍火山列にそって配列し、その火山活動と密接な関係をもつと考えられる。木曾山地および
赤石山地の冷泉、微温泉群も古期岩層中の破砕構造にそって湧出している。

フォッサ・マグナ地帯内では、中新世深成岩帯上に比較的低温の温泉群が集中する。この地域では冷泉の分布も非常に多く中新統および侵入岩体の中に顕著な発達を示す破碎構造にそって深部地下水の上昇が行われていると推定される。松代に分布する温泉は過去の岩漿活動に関連する熱水起源のものと考えられ、この地域に発達する破碎構造にそって湧出している。山の内温泉群およびその周囲の高温泉は、中新世深成岩帯上にあるが、志賀火山、草津白根火山などの第四紀火山活動と関係があると推定される。この地域より南東方に延びる地帯上には高温泉、変質帯、噴気孔などが連なり、地下深所に続く構造線の存在を示唆する。さらに北方の野沢・切明などの高温泉も、北西—南東方向に連なり、平行する構造線の存在が想像される。

中新世侵入岩帯の両側では、低温泉や冷泉が散在する。長野盆地西側より松本へ続く褶曲帯では、褶曲構造を切る断層に沿って温泉が分布している。小諸堆積盆の周囲の鮮新世火山地帯にも冷泉ないし低温泉が見られる。とくに荒船火山の初谷、相立は断層に沿って湧出する。

第四紀火山地帯では、志賀火山の温泉群と乗鞍火山列に沿う温泉群のほか、浅間火山の周囲と八ヶ岳火山に低温泉が分布する。これらの低温泉群は鮮新世後期より第四紀にわたる火山活動と関連をもつと考えられる。

文 献

- 本間不二男 (1927): 長野県中部地方の地質構造, 地質学雑誌, **34**, 132-153.
 本間不二男 (1931): 信濃中部地質誌, 古今書院.
 飯島南海夫 (1955): 烏帽子火山北西部の地質, 信大教育学部研究論集, no. 5, 145-153.
 飯島南海夫 (1962): フォッサ・マグナ北東部の火山層序学的並びに岩石学的研究 (その 1, 2), 信大教育学部紀要, no. 12, 86-133; no. 14, 91-122.
 飯島南海夫 (1963): 長野県の温泉の地質学的考察——特に山の内温泉群について——, 志賀高原生物研究所研究業績, no. 2, 33-40.
 河野義礼・植田良夫 (1966): 本邦火成岩の K-Ar dating (IV) ——東北日本の花崗岩類——, 岩石鉱物鉱床学会誌, **56**, 41-55.
 小林国夫 (1957): フォッサ・マグナ地域の構造発達史, 地図研松本支部, pp. 1-6.
 小林国夫 (1960): 信州の温泉とその地質——特に諏訪付近の温泉——, 温泉科学, **11**, 12-15.
 Momose, K., Kobayashi, K., and Yamada, T. (1959): Palaeomagnetic and geologic researches for the volcanic rocks around Lake Suwa, Jour. Geomag. Geoelect., **37**, 433-381.
 森本良平・村井 勇・松田時彦・中村一明・恒石幸正・吉田鎮男 (1966): 松代群発地震域とその周辺地方の地質, 地震研究所彙報, **44**, 423-445.
 中村久由・前田憲二郎・山田隆基・山田宮三 (1967): 松代群発地震をさぐる—温泉と地すべり, 地質ニュース, no. 149, 28-31.
 露木利貞 (1960, 61, 62): 九州地方における温泉の地質学的研究, 第 1, 2, 3, 4 報, 鹿児島大学理科報告, no. 9, no. 10, 65-84; no. 11, 51-58; no. 12, 59-72.