

平成12年12月

日本温泉科学会第53回大会

特別講演

四国北部の地質構造と温泉

京都自然史研究所

西村 進

Relation between Geological Structure and Hot-springs in the Northern Part of Shikoku District, Southwest Japan

Susumu NISHIMURA

Kyoto Institute of Natural History

Abstract

In the northern part of Shikoku District, there are many mineral springs ($< 25^{\circ}\text{C}$) and some hot-springs ($\geq 25^{\circ}\text{C}$). These springs are located mainly along the faults. These mineral springs, except radon (radioactive) springs, is located along the Median Tectonic Line and thrust related this tectonic line. The radon spas are founded in the granitic regions.

Hot-springs are divided into shallow and deep wells. The deep wells has been drilled at the seightseeing sites, such as Shodoshima, Yashima, Kotohira and near the Seto bridge. Shallow hot-springs are located at Iya, Tokushima Pref. and Dogo, Ehime Pref.

Only Dogo spas might be related to the volcanic bodies and mineral deposits, of which ages are Miocene. These bodies were related to forearc volcanism. The source of these shallow hot-springs might be mixing of groundwater and dehydrated water from a convergent Philippine Sea plate through the cracks in the igneous intrusions and dikes.

キーワード：四国地方，温泉，地質構造，スラブからの脱水

Key words : Shikoku District, Hot-spring, Geological Structure, Dehydration from subducted slab

1. はじめに

第53回日本温泉科学会大会が琴平町で開催されるにあたり，特別講演「四国北部の地質構造と温泉」をすることになった。今回の四国北部とは中央構造線より北部を指すこととする。1956年大学

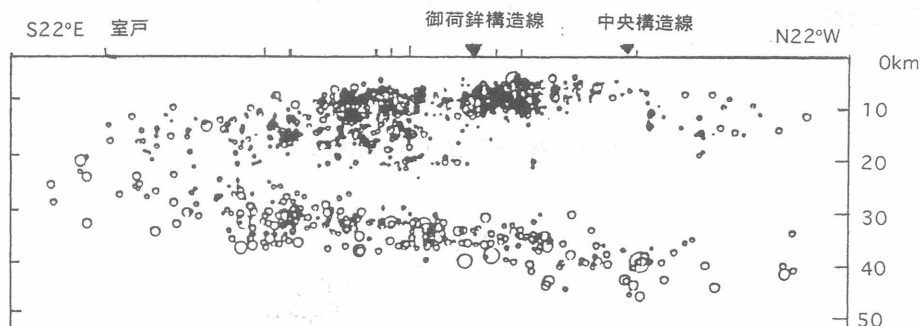


Fig. 1 四国および周辺地域の震源の深さ分布(岡野, 1988に加筆)

Fig.1 Vertical cross section (S22°E-N22°W) of the earthquake hypocenters in around Shikoku District (modified from Okano, 1988).

を卒業してすぐ愛媛県八多喜から西南西の上須戒鉱山で物理探査に入り、その前後道後温泉などをみてまわり、泉源と地質構造や鉱床との関係に興味をもった。そのうち1980年代から主に香川・愛媛両県の中央構造線及びその北部の鉱泉の探査を数カ所行ったことがある。兵庫県南部地震後、淡路の地震前後の湧水・温泉への影響の調査が一段落し、四国の中央構造線上の湧水の地震前後の変化を見て回った。

鉱泉・温泉は地質構造と密接に関係がある。中央構造線沿いから北部にかけての鉱泉・温泉や同じ地質構造の淡路島で最近温泉調査を行い、深掘りで温泉を得ている。それらの構造の解析結果と鉱泉・温泉の関係を紹介をする。

2. 地震活動からみた四国の地下深部構造と起震主圧力軸方向

四国のプレート活動について、震源分布(1967~1986)(Fig. 1)をみると、フィリピン海プレートの沈み込みが四国の北縁直下約45km深度までみられる(岡野, 1988)。さらにそれらの最大起震主応力軸方向が岡野(1988)によりFig. 2に示されている。その結果からは、四国の東西の走向をもつ衝上断層は、フィリピン海プレートの沈み込みと関連しており、20kmより浅い比較的硬い地殻に太平洋プレートの東西圧縮がはたらき、中央構造線の横ずれ活動が起こっていると理解される。この構造は紀伊半島とも類似している(西村, 2000)。その横ずれの活動により、二つの東西の走向の衝上断層の間に、南北性の走向をもち、比較的短い(1~2km程度の)引っ張りの場の断層がみられる。放射能泉を除く鉱泉や徳島県の祖谷温泉(浅い温泉)はこれら南北性の断層に沿って湧出している。一方、放射能泉は領家帯の花崗岩質岩体およびその周辺にみられる。



Fig. 2 四国地域における最大起震主圧力軸方向の分布(岡野, 1988に加筆)

Fig. 2 Distribution of maximum compression axis, in Shikoku District (modified from Okano, 1988).

3. 近畿地方の熱構造と温泉・鉱泉の³He/⁴Heの分布

最近、兵庫県など近畿地方でおおくの1,000mクラスの温泉掘削がなされ、岩芯もとられ、熱流量のデータが多くなり島弧を横断する方向での海溝から背弧海盆にかけての熱流量の解析がされるようになった。その状況を見ると、紀伊半島中部から南部にかけて高い熱流量帯がみられる (Fig. 3) (古川他, 1997)。この部分に南北の引っ張りの場の断層があると自噴や浅い掘削で温度の高い温泉が得られている (西村, 2000)。

地質の物性が殆ど同じならば、電気伝導度構造は地下温度構造を反映している。四国地方中央部を横断した低比抵抗構造が得られている (藤田, 1997)。低比抵抗構造は比較的温度的の高いことを示している。このような状態は震源分布からも推定されるように、紀伊半島の地下の構造が四国の構造とほぼ同じ構造と解釈出来る。

Sano and Wakita (1983) による西南日本の鉱泉・温泉に含有するガス成分の³He/⁴Heの島弧の横断図が得られている (Fig. 4)。この結果では南北の引っ張りの場に湧出する鉱泉・温泉は紀伊半島と同じように沈み込み海洋底プレートの脱水と関連があると考えられる (西村, 2000)。四国では祖谷温泉は紀伊半島の湯泉地温泉の湧出に類似し、道後温泉は白浜温泉に類似して、このことが示唆される。

4. 地質構造

四国は中央構造線で南北の地質が大きく異なる。現在の中央構造線はほぼ鉛直の右横ずれの運動をしているが、これはもとの衝上断層の地質境界とは異なり、あとで起こった横ずれ断層である。物理探査などで地質境界は低角の衝上断層であることが明確になっている (吉川他, 1987)。この衝上断層は日本海拡大時 (15Ma) およびそれに続く前弧火成作用にともない出来たと考えて良い (西村, 2000)。

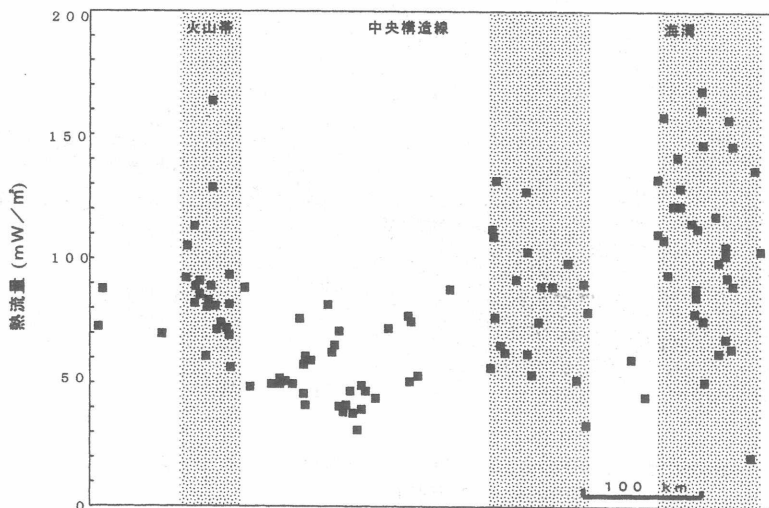


Fig. 3 近畿地方の島弧を横断する方向での海溝から背弧海盆にかけてのヒートフローの断面図 (古川他, 1997に加筆)

Fig. 3 Vertical cross section (S22°E-N22°W) of the heat flow in and around Kinki District (modified from Furukawa et al., 1997).

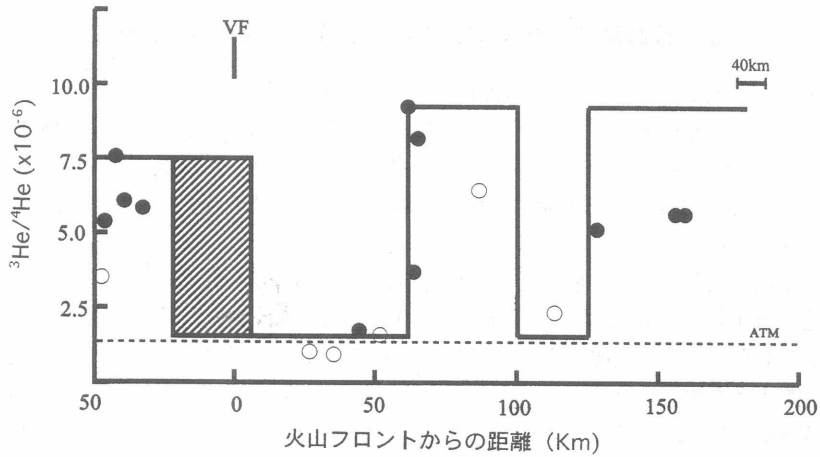
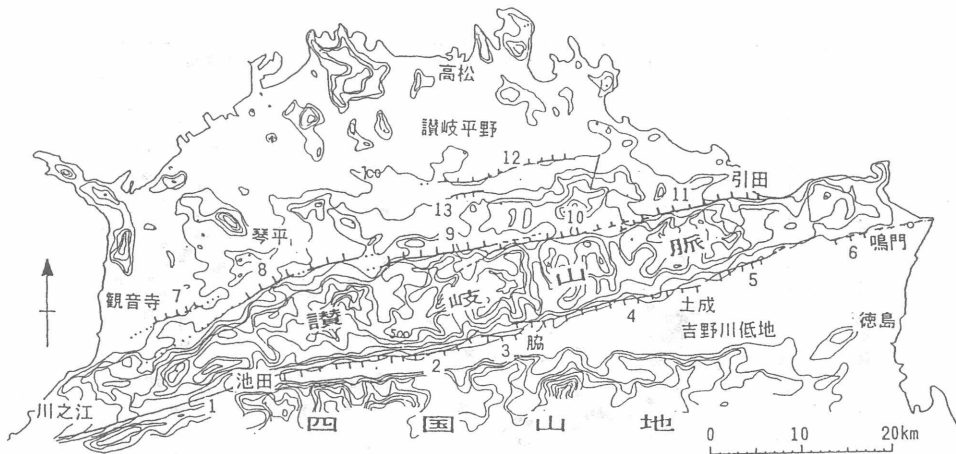


Fig. 4 近畿・中国地方の温泉・鉱泉に含有するガスの³He/⁴He分布。点線は空気の数値。VFは火山フロントを指す(しかしこの地域の火山フロントは明確でない)。(Sano and Wakita, 1985をもとに作成)

Fig. 4 The ³He/⁴He profile in the Kinki and Chugoku District. The dashed line shows the atmospheric ratio. VF shows volcanic front (the position cannot be drawn precisely). (Modified from Sano and Wakita, 1983).

中央構造線の南側は三波川変成帯で、北側は白亜紀の和泉層群がみられる。その境界は衝上断層であり、中央構造線の北側に落ち込んでいる。和泉層群は香川県・徳島県では讃岐山脈を作り高地をなして、その北側に東西の中央構造線とほぼ平行に北落としの逆断層で南側にのしあげる形で領家変成岩または同時代の花崗閃緑岩が接している (Fig. 5 : 長谷川, 1992; 森合, 1996; ジオグラフィックス・ジャパン編集委員会, 1986)。



1~6: 中央構造線、1: 池田断層、2: 三野断層、3: 井口断層、4: 父尾断層、5: 神田断層、6: 鳴門断層
7~13: 衝上断層、7: 竹成断層、8: 江畑断層、9: 櫻原断層、10: 田中断層、11: 乗次断層、12: 長尾断層、13: 鮎滝断層

Fig. 5 讃岐山脈周辺の活断層分布 (長谷川, 1992に加筆)

Fig. 5 Active faults distribution around Sanuki mountain range (modified from Hasegawa, 1992).

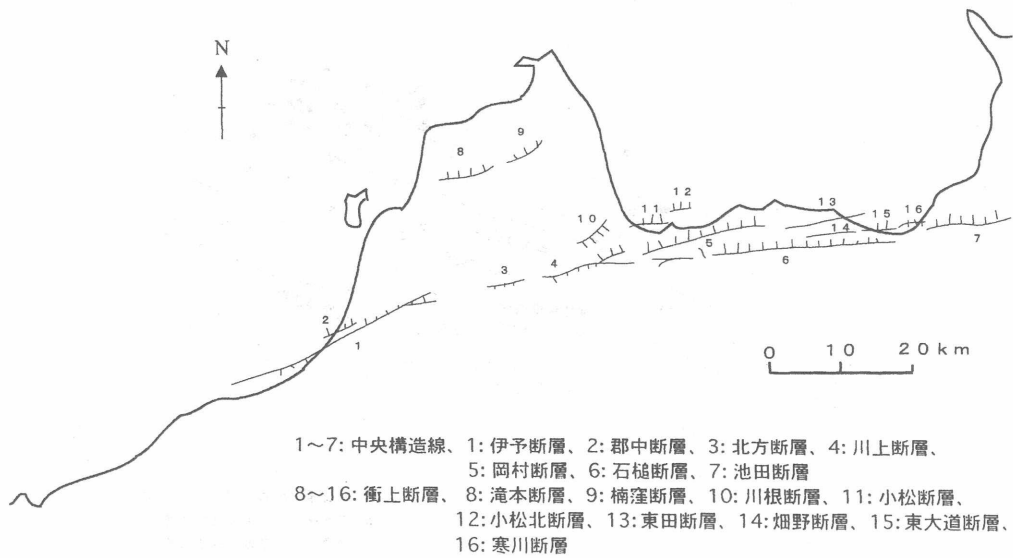


Fig. 6 愛媛県地域の活断層分布
 Fig. 6 Active faults distribution in Ehime Prefecture.

愛媛県側では和泉層群のところの標高が低く、領家変成岩のほうが高地を造っている。松山の南には第三紀中新世の前弧火成作用に属する花崗岩類や火成岩がみられる。この活動のため中央構造線が見かけ上南側に曲がって見える (Fig.6: 高橋, 1992; 永井, 1995)。

これらの衝上断層の間は中央構造線の右横ずれの影響で南北に短い断層が多くみられ、これは引っ張りの場で鉱泉・温泉との関係がある。

5. 温泉・鉱泉

浅い掘削で温度の高い泉源が得られているのは道後温泉付近で、この近辺には火山岩類がみられるが中新世の時代のもので、日本海の生成と関係あるものである。この岩体はすでに冷却していて温泉の熱源とはならない。和泉層群の中で中央構造線と和泉層群の北側の衝上断層の間の南北の比較的短い南北の断層沿いに湧出している。また、徳島県の中央構造線の南、三波川変成岩の中の南北の断層にそう祖谷温泉がある (Fig.7)。その他の温度の高い温泉は最近の1000~1800mの掘削によるもので観光地 (小豆島, 屋島, 琴平, 本四架橋のたもと) にある。

四国では昔から鉱泉が多く、これらが長く活用されてきている。そのほとんどは300mよりも浅い。硫化水素を含む泉源は三波川変成岩帯・和泉層群の地域に限られ、炭酸水素泉は大きい断層に関係する。北側の平野地域では花崗岩に関連する所では放射能泉がみられ、弱アルカリ性泉や塩類泉は断層と関連し、全域にみられる (Fig. 8)。

謝 辞

温泉データの多くは田村ボーリング株式会社 (2000) の資料によるところが多く、河本(1988)をもとに補充した。

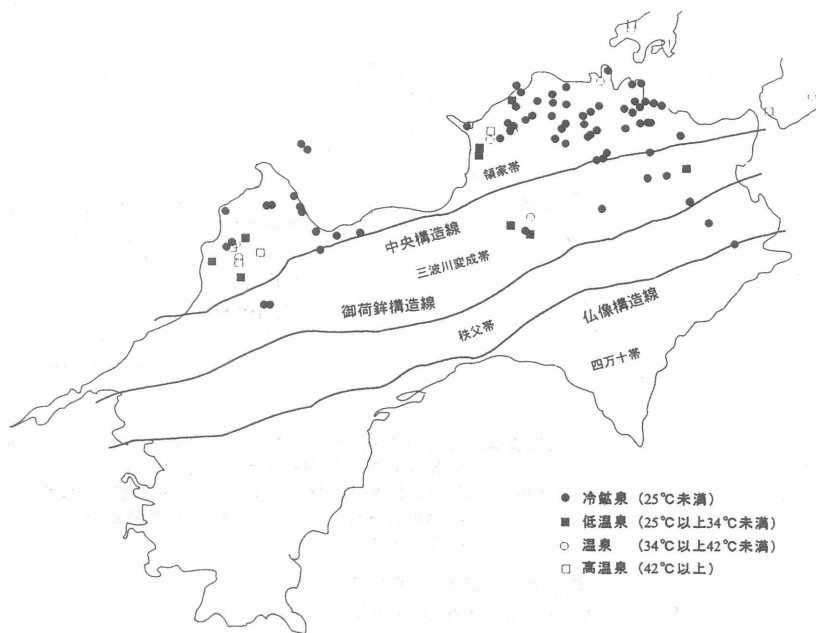


Fig. 7 四国北部の泉源の温度による分布
 Fig. 7 The map of mineral- and hot-springs in northern part of Shikoku District.

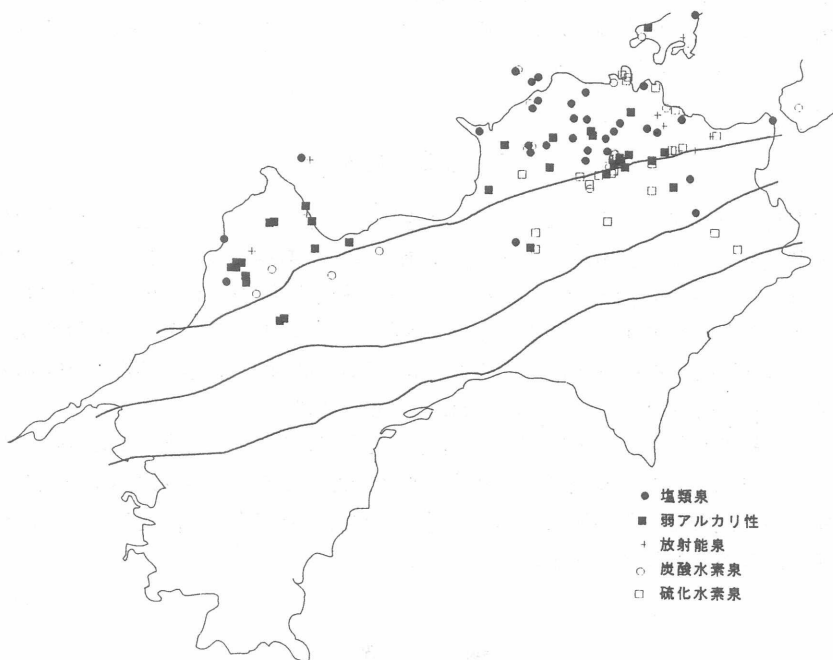


Fig. 8 四国北部の化学成分による泉源分布
 Fig. 8 The map of chemistry of springs in northern part of Shikoku District.

参考文献

- 古川善紹, 新庄裕尚, 西村進(1997): 近畿地方のヒートフロー測定: 熱構造から探る付加体テクトニクス, 月刊地球, **19**, 683-689.
- 藤田清士(1997): 西南日本下の電気伝導度構造, 月刊地球, **19**, 690-693.
- ジオグラフィックス・ジャパン編集委員会編(1986): ジオグラフィックス・ジャパン, 丸善, 東京, 108p.
- 長谷川修一(1992): 讃岐山脈南麓における中央構造線沿いの大規模岩盤すべりと第四紀断層運動, 岡田編, 中央構造線のネオテクトニクス—その意義と問題点—, 地質学論集**10**, 143-170.
- 河本佳樹編(1988): 四国日帰り温泉, 山と溪谷社, 大阪, 136p.
- 森合重仁編(1996): 香川県地学ガイド, 地学のガイドシリーズ-10, コロナ社, 東京, 218p.
- 永井浩三編著(1995): 愛媛県地学のガイド, 地学のガイドシリーズ-18, コロナ社, 東京, 150p.
- 西村進(2000): 紀伊半島における前弧火成作用と温泉, 温泉科学, **49**, 207-216.
- 岡野健之助(1988): 四国の地震, 土佐出版社, 高知, 210p.
- Sano, Y and Wakita, K. (1983): Geographic distributions of the $^3\text{He}/^4\text{He}$ ratios in Japan: Implications for arc tectonics and incipient magmatism, Jour. Geophys. Res., **90**, 8729-8741.
- 高橋治郎(1992): 愛媛県域の中央構造線の活動史, 岡田編, 中央構造線のネオテクトニクス—その意義と問題点—, 地質学論集**10**, 99-112.
- 田村ボーリング株式会社編(2000): 香川県の温泉源一覧表, 7p.
- 吉川宗治, 岩崎好規, 井川猛, 黒川徹, 横田裕(1987): 紀伊半島西部地域における中央構造線の反射構造, 地震学会(昭和62年春)講演予稿集.