

紀伊半島中南部地方の温泉群について

中村 久由* 前田 憲二郎** 鈴木 孝*

On the Hot Springs in the Southern and Central Parts of the Kii Peninsula

By

Hisayoshi Nakamura, Kenjiro Maéda & Takashi Suzuki

Abstract

Hot springs of the Kii peninsula, Southwest Japan are divided into three types, which are characterized respectively by

- (1) low content of Cl' and high content of HCO₃'
- (2) low content of Cl' and HCO₃'
- (3) high content of Cl' and HCO₃'

Hot springs emitted from the seashore are affected by the contamination of sea water. Their examples are Shirahama and Katsuura. After the subtraction of Cl' derived from sea water, the former changes to type (1) and the latter to type (2).

The distribution of hot springs is related to the so-called Kumano acidic intrusives. Type (1) and (3) are situated on the outer zone of quartz-porphyry, but type (2) is near the intrusives.

Thermal water characterized by the low content of Cl' are regarded as the deeper type of volcanic hot springs, while the saline waters corresponding to type (3) are regarded as the juvenile water formed at the moderate depth and related to igneous activity of Tertiary quartz-porphyry.

要 旨

数多いわが国の温泉のなかで、おもに太平洋側に存在するいくつかの温泉は、新期火山帯との関連からいうと、いわば異常分布に属するものである。常磐炭田坑内温泉・紀伊半島中南部地方温泉群・祖谷温泉・道後温泉等はその代表的な例であるが、このうち、常磐炭田坑内温泉については、炭田の深部開発という問題に関連して、数年前、基礎調査¹⁾を行つて以来、機会あるごとに検討を続けており^{註1)}、坑内温泉全般の諸性質と併わせて、いわゆる非火山地帯温泉の性格についても漸次、多くの資料が収集されるに至つている。また、道後温泉については、最近愛媛大学で湧出機構、化学性などの問題をとり上げ、活潑に研究を進めている²⁾。

これらの地域のなかで、紀伊半島中南部地方に分布する温泉については、その分布範囲が広汎であるという理由もあつて、全地域にわたる温泉の諸性質については、

まだほとんど発表されていない。しかし、この地域の温泉のなかには、例えば白浜・湯峯のように沸騰点に近いほど高温のものがあり、また、断片的な分析表をみても、各地域の温泉の化学性がかなり変化に富むような傾向がみえる。このような成分上の多様性が、広大な地域を占める第三紀石英斑岩と成因的にいかなる関連をもつかという問題に加えて、いわゆる非火山地帯温泉の性格が、この地域ではどのような形で現われているかという点についても、この地域の温泉は多くの題材を提供しているように思われる。

この報告は、いま述べた観点に立つて、紀伊半島温泉群の諸性質を解析し、紀伊半島における温泉の地域性を検討すると同時に、温泉の成因的系統を体系づけることを主眼としたものである。

以下本文を述べるに先立ち、調査のため多くの便宜を興えられた和歌山県衛生部初め、地元温泉関係諸氏に対して深謝の意を表する次第である。

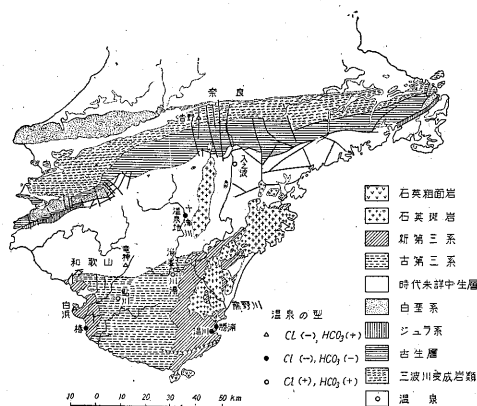
1. 地質概説

こゝではまず中央構造線以南の地質について簡単な説明を加え、各温泉湧出地域の地質状況については、項を

* 地質部

** 技術部

註 1) 中村久由外2名：再び常磐炭田坑内温泉水について、地質調査所受託調査資料、1957



第1図 紀伊半島温泉分布図

改めて述べることにする。第1図は、50万分の1京都図幅のなかから紀伊半島だけを取りあげ、それに若干の修正を加えたものである。なお、温泉の分布も併わせて図示した。

紀伊半島において、島弧に平行して西南日本を内帯・外帯に分かつ中央構造線は、紀伊半島を真中より少し北側で横断する。外帯において帯状配列をなす地層の帯を北から挙げると、(1)三波川・御荷鉾変成岩類からなる三波川変成岩帯、(2)秩父古生層帯、(3)時代未詳中生層からなる日高地帯、(4)古第三紀層からなる牟婁地帯などに分けられる。

このうち三波川変成岩帯は主として結晶片岩および石英千枚岩等からなり、この南に連なる秩父系は頁岩・砂岩・チャートを始め輝緑凝灰岩からなり、一般に石灰岩を多く挾有する。また、特徴ある鳥ノ巣石灰岩を含む鳥ノ巣層群は秩父地帯と日高地帯との境に沿って局部的に露出する。秩父系の南に連なり、日高地帯を構成する地層は長く時代未詳の中生層として取り扱われているもので、おもに、砂岩および頁岩からなり、ほとんど無化石の厚い地層であつて、その層序も、上下限も、また構造もいまなお明らかでない。なお化石によつて確実に白堊系とされている地層は、有田川流域と、志摩地方に僅かに分布し、いずれも古生層の間に、サンドウィッチ状に挟まれて存在する。日高地帯の南に連なる牟婁地帯は古第三紀層の牟婁層群からなり、半島の西側では新第三紀層の田辺層群に、また東側では、同じく新第三紀層の宮井層群に不整合に覆われる。牟婁層群は、おもに砂岩・頁岩からなり、ときに礫岩を伴うが、化石もあまり知られておらず、層序・構造も明らかでなく、正確な時代も不明である。紀伊半島における海成中新統は半島の南西側の田辺・白浜附近と、東側の周参見・勝浦・本宮・宮井・尾鷲附近に発達する。南西側の中新統は孤状をなし

て海の方へ傾斜し、東側のもは無煙炭を挟み、熊野酸性岩の貫入を受け、北東—南西方向に延びる盆地状の構造を呈する。

上述の宮井層群を貫ぬき、北東—南西方向をとり半島の南東側海岸に平行する長さ 50 km、幅 5~15 km の火成岩は熊野酸性岩と呼ばれる花崗岩質の岩石からなり、西南日本外帯の所々に分布する同種岩類のうち、最も広い分布を示すものの1つである。岩質は花崗斑岩と石英粗面岩からなる。また、吉野川上流と北山川・十津川に挟まれて南北に走る大峯山脈の中軸部は、約 40 km の間幅約数 km の石英斑岩からなるが、この大峯山の貫入岩体の時代も、ほぼ熊野酸性岩のそれと同じであるといわれている。

これらの花崗岩質岩石は、現在の露出地以外の地域でも、変質帯および鉱脈の生成からみて、多分に地下に潜在する可能性が予測され、そのような地域においては、また、温泉の化学性にもその影響が明瞭に現われており、古生層の石灰岩と併せて、紀伊半島温泉群の地域性という問題に対して、きわめて大きな役割を果すものである。

2. 温泉各論

紀伊半島における温泉の分布は、第1図で示したように、西部地域と本部地域とに分かれる。前者は白浜・榛・竜神・鮎川等であり、後者は勝浦・湯川・湯峯・川湯・湯泉地および入之波等であつて、この北方で中央構造線に接するところに吉野鉱泉がある。こゝでは、これらの温泉のおのおのについて、地質状況および化学成分の要点を述べておくことにする。

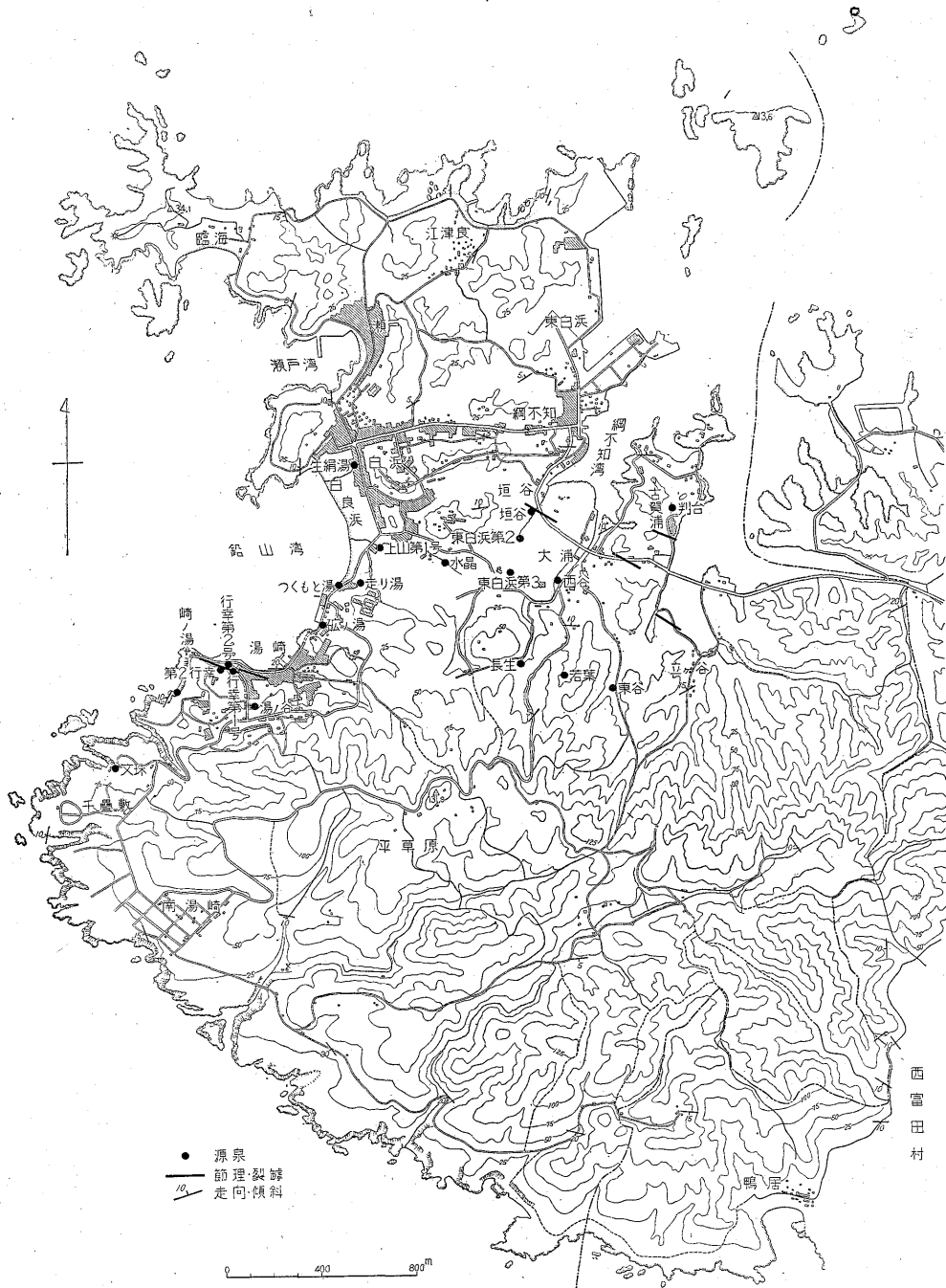
2.1 白浜温泉²¹⁾¹⁰⁾

分布

往時は鉛山温泉^{かたやま}といい、おもに湯崎海岸から自然湧出していたものを、湯崎七湯と称していたが、大正7,8年頃から白浜・東白浜方面でも温泉が開発されたので、現在では、白浜・東白浜・垣谷・大浦・古賀の浦・湯崎等の温泉を含めて白浜温泉と呼んでいる。

温泉の分布は、第2図で示したように、おもに鉛山湾から網不知湾に通ずる低地帯に沿つて存在し、その全部が抜鑿によるものである。現在まで、実際に掘鑿の行われた地点はかなり多数にのぼっているが(約40地点)、その半数は、崩壊・スケールの附着等のため湧出しておらず、現在利用中のものは約20井である。これらの一部は自噴し、一部はポンプで揚水しているが、昭和23年、白浜町役場の調査による鑿井の深度・湧出量を示すと第1表に掲げる通りである。

地質状況



第2図 湯崎半島温泉分布図

田辺市附近からこの白浜温泉を経て日置町北方まで分布する地層は田辺第三紀層といわれ、新第三紀中新統に相当する地層であるが⁹⁾、田辺市附近に発達する下部の田辺層群と、湯崎半島に分布する上部の鉛山層群とに分かれる。この白浜温泉附近の鉛山層は、砂岩・泥岩の互

層からなり、明瞭な層理を示す。半島北端番所ヶ鼻では砂岩を主とし、これに礫岩を混える。いま、湯崎半島を構成するこれらの地層についてできるだけ多くの地点で測定した走向・傾斜を図示すると第2図の通りである。この図をみると、半島の北部と南部との間に、構造的な

第1表 白浜温泉源泉調査表

源泉名	所在地	深度 (m)	口径 (吋)	温度 (°C)	湧出量 (l/m)	備考
碓の湯 2号	白浜町 1664	142	5	80	450	
走り湯	" 3078 の 5	178	6	77	320	
つくもと湯	" "	74	4.5	82	500	
水晶湯	" 1548 の 1	223	5.5	58	420	
生絹湯	" 868	248	5	59	175	
垣谷湯	" 2550 の 3	333	3.5	49	396	
東白浜 第2	" 2583 の 2	297	3.5	57	400	
" 第3	" "	212	3	68	500	
西谷温泉	" 2671	400	2.5	57	360	
若葉 "	" 2708	242	3	64	60	
東谷 "	" 2727	400	3	64	90	
四畳 "	" 1693	130	3	65	750	
湯の谷 "	" 1880	310	3	83	210	
行幸温泉 1号	" 2993 の 5	133	4	93	1050	
" 2号	" 2993	124	4	93	1050	
第2行幸温泉	" "	200	4	90	400	
第2つくもと湯	" 築本坂	74	115(mm)	79	957	
第2走り湯	" 3078 の 4	169	150 "	78	360	
東白湯 第2	" 垣谷 2563 の 2	210		51	360	
第3上山湯	" 3083	205	5	68	300	
酒井家 第1号	" "	200	4	63	6.5	
第4上山湯	" 立ヶ谷 2776	400	4	38	23	

昭和23年11月 白浜町役場

違いのあることがわかる。すなわち、半島北部ではほぼ N20°E の一般走向で 5~10°W 傾斜するが、綱不知湾と瀬戸湾を結ぶ線を境として、その南側は、ほぼ半島の輪郭に沿って半ドーム状の構造を呈する。さらに注目すべきことは、湯崎海岸・白良浜南岸および綱知不湾に沿う自動車道路に沿って、ほぼ N60~70°W の方向に著しく裂罅・節理が発達することである。この裂罅帯は上で述べた地層の屈曲部にあたることから判断すると、この地帯はこの地域における構造運動に関連して生じた、いわば破碎帯に相当するものとみなされる。

次に、この砂岩・泥岩互層のなかに、変質帯が存在することである。その場所は、上述の湯崎附近と、鉛山鉾山附近とである。前者においては脊後の丘陵に沿って主として粘土化帯が発達し、海岸に沿っては珪化帯の存在がみられる。また、後者の鉛山鉾山附近では銅・鉛・亜鉛の鉱床に伴って粘土化帯および珪化帯が発達する。

前述の田辺層群の構造は、凸面を陸側に向けた盆地状の構造を呈し、海に向かって傾斜する。これに対して、湯崎半島を構成する上部の鉛山層群は、前で述べたように緩い半ドーム状の構造を示すが、この関係は、紀伊半島東海岸の宮井層群と石英斑岩との関係に類似する。す

なわち、宮井層群もまた、北北東-南南西方向に延びる大きな盆地状構造を呈するものであるが、局部的に緩やかな褶曲を呈する所があり、この宮井層群を貫ぬいて石英斑岩の広大な岩体が存在する。したがって、湯崎半島における鉛山層群の緩いドーム状の構造も、石英斑岩の影響によるとみなされる可能性が強く、鉛山鉾山における鉱床および変質帯の存在は、さらに、この推定を強く裏づけているように思われるのである。

温泉水の化学成分

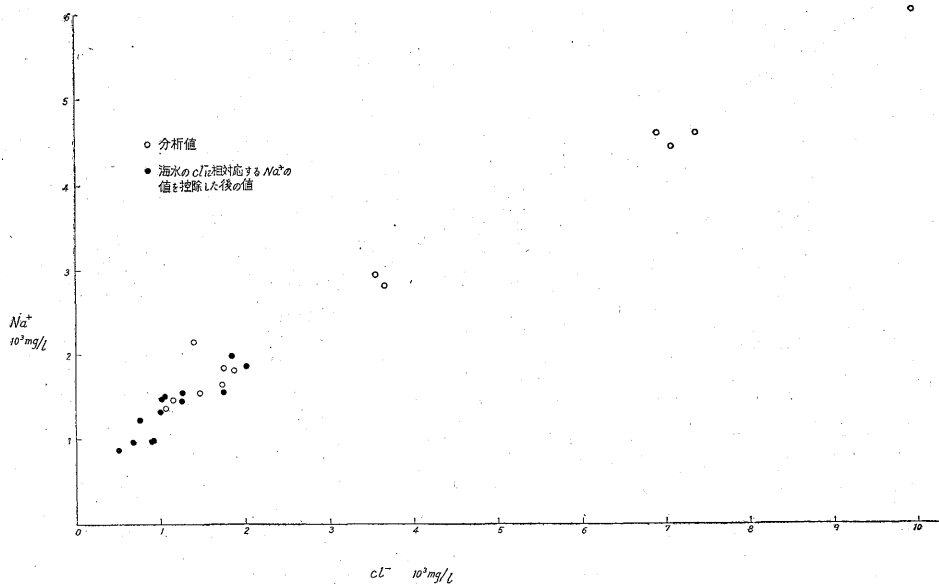
白浜温泉の代表的な源泉約 10 数箇所を選び、温泉水の化学成分を示すと第2表の通りである。この分析表をみると、白浜温泉は次のいくつかの成分的特徴をもつようにみえる。すなわち、

- (1) HCO₃ がかなり多量である。
- (2) Cl もまた著量である。
- (3) SO₄ がきわめて低いもの (0.8~5.8 mg/l) と比較的高いもの (71.6~1292.1 mg/l) とがあり、SO₄ の多いものは、同時に Cl, Na および Mg もまた増加している。
- (4) Na 含量もまた著量であるが、Ca および K は Na に較べ、たかだか 1/10~1/30 程度にすぎない。

第 2 表 白浜温泉化学成分表

	気温 (°C)	温泉 (°C)	pH	free CO ₂	H ₂ S	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Br ⁻	Br/Cl×10 ²
判 台 (古賀湯プール用)	13	56	7.5	15.4	1.0		4209.0	1390.0	5.8	65.1	103.6	2135	67		
東 谷	13	65.5	8.2	—	1.7	18.0	1793.4	673.7	3.3	5.7	17.9	976	61	2.0	0.30
若 葉	18	62	7.4	7.7	2.2	—	2586.4	1014.1	0.8	16.6	39.8	1475	90		
長 生	13	79	8.1	—	2.6	12.0	2501.0	1042.5	0.8	10.9	29.9	1500	87		
垣 谷	12	51	7.6	7.4	6.8	—	2745.0	3659.5	231.3	131.9	139.4	2800	146	12.0	0.33
東白浜第2	13	52	7.1	18.7	5.1	—	2696.2	3574.4	242.0	122.7	147.4	2938	154	11.6	0.33
〃 第3	14	60	7.5	7.7	2.5	—	2647.4	1773.0	71.6	36.3	69.8	1825	108		
西 谷	16	52	7.5	8.8	1.0	—	2257.0	1170.2	5.8	25.3	55.8	1450	81		
水 晶	14	58	7.8	4.4	1.8	—	2537.6	1879.4	88.1	59.8	67.7	1800	103		
生 絹 湯	15	100	7.2	9.9	1.0	—	1952.0	7375.7	901.1	398.8	215.2	4600	227	25.6	0.35
上山一号	16	73	7.8	4.4	1.5	—	2562.0	2397.1	365.4	160.4	111.5	3000	173		
走り湯	16	82	8.0	0	2.5	—	2074.0	6907.6	824.6	363.0	201.2	4600	200	23.6	0.34
つくもと湯	16	73	7.6	6.6	1.2	—	1586.0	9946.5	1292.1	580.3	296.8	6040	272	34.6	0.35
鉾湯二号	15	75	8.0	0	2.4	—	2014.0	7063.6	861.7	394.4	181.3	4444	208		
湯 の 谷	13	75	8.3	—	1.0	18.0	2745.0	1078.0	1.6	14.0	31.9	1625	95		
製塩所下海岸	15	63	7.3	8.8	1.2	—	2098.4	1482.2	86.4	48.5	71.7	1568	90		
文 珠	10	62	7.4	9.9	1.0	—	2135.0	1035.4	1.6	18.3	37.8	1357	77		
行幸温泉合併	—	—	—	—	1.4	—	2781.6	1219.8	—	—	—	—	—		

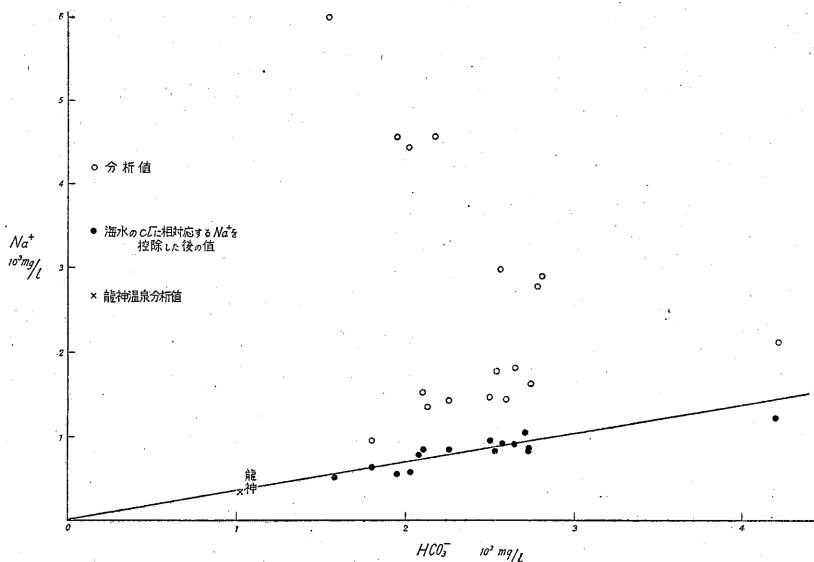
単位: mg/l 分析: 前田憲二郎



第 3 図 Cl-Na 相関図

まず、これらの点を吟味するため、Cl と Na との相関関係を作ってみると第 3 図の通りである。この図をみると、Cl の原点は、むしろ Na 500 mg/l 程度の所にあることがわかる。いゝかえると、この Na はなんらかの形で過剰に存在することを示すものである。一方、先で

挙げたいくつかの項目のうち、(3)の内容は海水の混入を暗示するものである。しかし、SO₄ 含量の低いものは、たかだか 0.8~5.8 mg/l 程度にすぎないから、SO₄ 含量の高いもののほとんど全量が海水から導かれたとみなし、SO₄ に相対応する Cl および Na を分析表から差



第4図 HCO₃-Na 相関図

引いた残量について、ふたたび Cl と Na との相関図を作つてみると第3図の黒点で印したようになる。この図をみると、Cl と Na との間には、なお依然として Na 500 mg/l 附近を原点とする傾向があるように見え、かつ、このなかには、分析表1(判台)のように著しく Na 含量の高いものすら存在することがわかる。

白浜温泉の特徴は、Cl, HCO₃, Na 含量の高いことであるが、明らかに海水から導かれたとみなされる Cl, Na を差引いても、なお過剰に Na の存在することについて、むしろこの過剰な Na が温泉成分に相当するのではないかという疑いが生じる。いゝかえると、見掛上、SO₄ そのものは、地域によつてきわめて低い値を示すけれども、Cl 含量のほとんど大部分が海水から導かれたという前提にたつて、いま上で述べた過剰の Na と HCO₃ とが温泉成分に相当するという考え方である。この点については、後でも述べるように、SO₄ 含量の低いものでも Br/Cl の比率が海水のそれにほとんど一致するという事実がこの推論の大きな裏づけをなすものである。

いま述べた観点から、Cl と等量の Na を計算し、それをさらに第3図の Na から差引き、その残量と HCO₃ との相関図を作つてみると、第4図ようになる。この図で黒点は、直接分析表から落した Na-HCO₃ の相関図であるが、この関係だけからでは両者の繋りはきわめて不規則であるが、いま上で述べた補正後の Na と HCO₃ との関連をみると、この両者の間に、きわめて明瞭な正

の相関関係の存在をすることがわかる。

このように、白浜温泉の化学成分を解析してみると、結局、この地域の温泉水は HCO₃ と Na で特徴づけられることが明らかになつた。もちろん、これには、Cl の全量が、海水から導かれたという仮定がはいるが、後で述べる勝浦温泉の例をみると、海岸に位置する温泉のなかには、見掛上、海水の成分比とかなり違つた形をとつてはいるが、H₂S と SO₄ と相関関係および Br と Cl の比率等のうえからみて、多分に海水の混入によるとみなされるものがあり、白浜の場合においても、この仮定は、全然、根拠がないという訳のものではない。また、紀伊半島温泉群の地域性として、HCO₃ と Na で特徴づけられる型の温泉が現に存在することも、上で述べた推論の妥当性を補つていられるように思われるのである。

2.2 椿温泉

地質状況

白浜温泉の南東 10 km の地点にあつて、紀勢西線に沿う海辺の温泉である。この附近の地質は、田辺層群の砂岩・泥岩の互層からなり、N20~40°E の一般走向で、E~N 20° 前後傾斜する。N60°W~EW 方向の節理の発達が著しい。

源泉は2カ所あり、椿楼の源泉は深度約 200 m で泉温 31°C、ときわ楼源泉も同じく深度 200 m であるが、泉温はやゝ高く 36°C である。

化学成分

椿温泉の化学成分は第3表に示す通りであるが、この温泉の特徴は、CO₃ と Na で代表される。しかし、HCO₃

第3表 椿温泉化学成分表

	泉温 (°C)	pH	free CO ₂	H ₂ S	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺
椿 楼	31	9.6	—	3.0	51.6	17.1	70.9	6.6	0.7	3.0	87	1.0
ときわ荘	36	9.8	—	6.0	48.0	18.3	70.9	4.1	0.9	2.0	91	1.0

単位: mg/l

含量を加味しても、炭酸塩総量は白浜温泉ほど著量でないことが明らかであり、この点、白浜とはかなり違った性質のものといえることができる。

2.3 竜神温泉

地質状況

西海岸に注ぐ日高川の上流にあつて、裏紀州山脈の高峰に囲まれた山郷に位置する温泉である。この地域の地質は、時代未詳中生層の砂岩頁岩の互層からなるが、N40~50°Eの方向に走る幅60mないしそれ以上の破碎帯があつて、この破碎帯を挟み、走向も東側ではN30°E 80°W、西側ではN30°W80°Wと変化している。昭和28年7月、日高川を堰とめた大崩壊もこの破碎帯に沿つて生じたものであり、また、竜神温泉の源泉も、この破碎帯のなかから自然湧出している。

化学成分

竜神温泉の化学成分は第4表に示した。この温泉はCl、SO₄含量が低いにもかかわらず、炭酸塩(HCO₃+CO₃)が、1,000 mg/l以上という高い値を示すことであ

にきわめて注目すべきことであると思われる。

2.4 鮎川温泉

地質状況

田辺市から本宮へ通ずる旧熊野街道に沿い、富田川のぞむ温泉である。地質は古第三系牟婁層群の硬質砂岩からなる。層理はあまり明瞭でないが、ほぼ南北で40°W前後傾斜する。地層は破碎され、節理の方向も一様でないが、概して東西方向に卓越している。

化学成分

源泉は2カ所あるが、20m程度の浅いボーリングによるものである。常時は、水位は低下しているが、ポンプで揚水し始めるとむしろCO₂のガス圧で温泉水が自噴するようになる。

鮎川温泉の化学成分は、第5表で示したように、比較的高いClと著量のCO₂およびHCO₃で特徴づけられる。このように、成分含量が高いにもかかわらず、むしろ温度が低い型の温泉ないし鉱泉は、明らかに紀伊半島温泉群のなかでも異なつた型に属するものであり、

第4表 竜神温泉化学成分表

	気温 (°C)	泉温 (°C)	pH	free CO ₂	H ₂ S	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺
湯 元	10	45	8.0	—	1.5	—	1046.8	35.3	9.9	1.1	8.0	932	102

単位: mg/l

る。陽イオンではNaが著量である。既述のように、海水の影響を除去した白浜温泉の成分的特徴が、やはりHCO₃とNaで代表されるということがらに関連して、自然状態でこのように炭酸塩およびNaの高い温泉の存在する事実は、紀伊半島温泉群の地域性を考察するうえ

地域性を検討するうえにも留意すべき性質のものとみなされる。

2.5 勝浦および湯川温泉

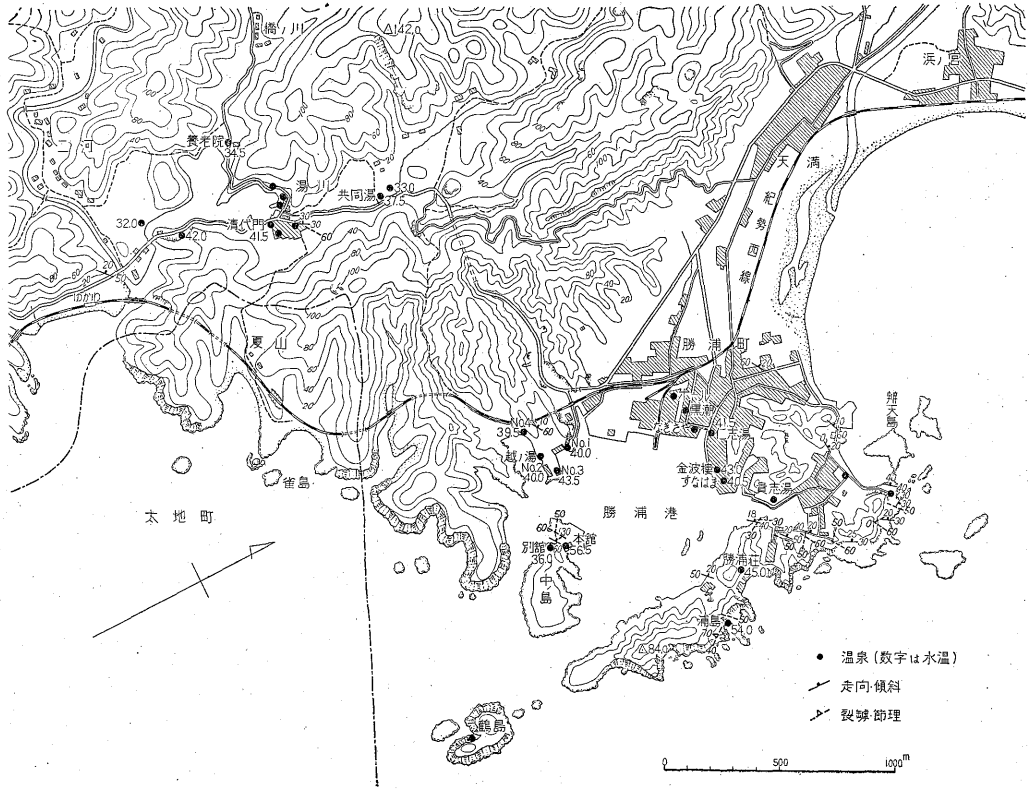
分布および地質状況

勝浦温泉は勝浦湾にのぞむ海岸一帯から湧出し、温泉

第5表 鮎川温泉化学成分表

	気温 (°C)	泉温 (°C)	pH	free CO ₂	H ₂ S	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺
霊 泉 閣	13	29	6.6	148.5	0	—	2061.8	680.8	0.8	41.7	81.7	870	95
らん水荘	13	19.5	6.6	154.0	0	—	2156.9	680.8	0.8	41.9	66.7	932	102

単位: mg/l



第5図 那智勝浦町源泉分布図

第6表 勝浦温泉深度・湧出量調査表

源泉名	所在地	深度 (m)	口径 (吋)	温度 (°C)	湧出量 (l/m)	備考
なぎさや 1号	那智勝浦町 1181 の 93	288	3	41.5	4	3 HP
〃 2号	〃 〃	360	5	41.5	20	3 HP
金波楼	〃 449	248	5	42	58	1 HP
すなはま	〃 485	300	3	43.3	38	1/2 HP 2台
黒潮温泉	〃 1181 の 171	300	5	39	75	3 HP
温泉ホール	〃 1181 の 216	300	4	40		1 HP
貴司の湯	〃 564	225	2.2(寸)	42	18	2 HP
〃	〃 564 の 4	165		37	5	1/2 HP
〃	〃 564	300	3	34		
中之島温泉	〃 1179 の 9	200		55	68	3 HP
〃	〃 1179	150		43	14	自然湧出
浦島温泉	〃 1165 の 2			58	72	3 HP
仁志の湯	〃 406	200	5	43		1 HP
日和山 2号	湯川 921 の 2	170	5		273	
〃 1号	〃 1108	176	2.3(寸)	42	9	
〃 3号	〃 921 の 2	303	17(cm)			

那智勝浦町役場

第7表 勝浦および湯川温泉化学成分表

	気温 (°C)	泉温 (°C)	pH	free CO ₂	H ₂ S	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Br ⁻	Br/Cl × 10 ²
(勝浦温泉)															
中の島本館	13	56.5	8.8	—	24.3	13.2	71.4	886.8	63.8	3.1	126.5	426	9		
同 別館	13	36	8.7	—	18.6	6.0	56.7	670.2	50.4	2.4	75.7	320	7		
浦島温泉	12	54	8.7	—	30.8	14.4	64.7	1442.1	15.2	7.4	243.5	640	13	4.6	0.32
勝浦荘	12	45	8.5	—	13.6	8.4	47.0	613.5	37.0	2.4	79.2	318	6		
すなはま旅館	13	40.5	8.1	—	1.8	4.8	47.0	2838.4	366.8	111.4	357.6	1365	9		
金波楼	15	43	8.5	—	6.4	6.0	47.0	610.0	51.0	29.0	49.8	317	7		
仁志の湯	14	41.5	—	—	3.9	6.0	56.1	132.2	14.0	0.9	11.0	94	3		
なぎさや1号	11	41	8.3	—	1.6	8.4	41.5	778.2	99.4	44.8	64.7	400	9	2.3	0.30
〃 2号	11	42	8.2	—	1.1	4.8	39.1	1399.8	178.1	93.3	141.4	650	14		
黒潮温泉	14	37	8.8	—	2.7	12.0	49.4	77.6	11.1	0.4	6.0	66	1		
温泉ホール	14	36	8.6	—	1.5	15.6	57.3	40.5	11.1	0.4	5.0	53	1		
貴志の湯	14	43	8.3	—	11.9	4.8	36.6	419.6	20.2	0.9	57.3	216	5		
越の湯日和山1号	15	40	8.5	—	3.1	8.4	47.0	604.7	86.0	32.5	44.8	330	8		
〃 2号	15	40	9.1	—	4.1	12.0	36.6	67.0	18.9	0.7	5.0	60	1		
〃 3号	15	43.5	8.9	—	6.1	10.8	43.9	190.4	16.5	2.6	19.9	114	2		
〃 4号	15	39.5	9.2	—	4.4	18.0	20.7	63.5	14.4	0.4	5.0	57	1		
こはぜの湯	14	25	9.2	—	1.2	13.2	17.1	215.1	9.5	0.9	20.4	125	2		
(湯川温泉)															
松や共同湯	17	37.5	9.3	—	3.9	19.2	19.5	60.3	14.0	0.9	4.5	51	1		
喜代門	17	41.5	9.5	—	4.7	30.0	7.3	44.1	18.1	0.7	3.5	50	1		
養老院	17	34.5	9.1	—	3.4	16.8	18.9	37.2	18.1	0.7	6.5	37	1		

単位: mg/l 分析: 前田憲二郎

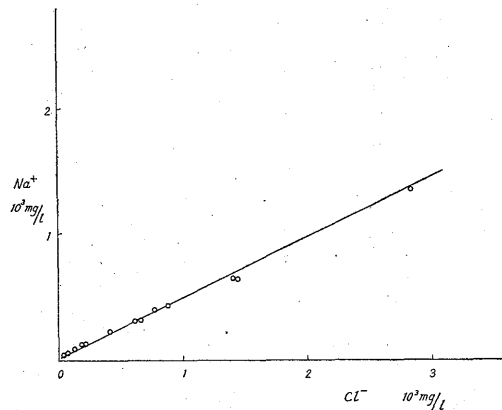
の西方約 2km の地点にある湯川温泉は、湯川湾の入江を囲む低地に源泉がある(第5図)。

源泉の大部分はボーリングによるもので、那智勝浦町役場調査による深度および湧出量を示すと第6表に掲げる通りである。この地域の地質は、新第三紀中新統宮井層群の泥岩層からなり、顕著な層理を有する走向は N30~60°E で北西に 10~30° 傾斜する。たゞ勝浦湾の呑取崎の東岸沿いに著しく珪化した部分がある。忘帰洞、四畳敷などと呼ばれる洞くつはこの珪化帯に生じた空洞であるが、この呑取崎の東側には石英斑岩の存在が知られているので、この珪化帯も、貫入火成岩体の影響によるものが明瞭である。なおこの珪化帯のなかには、黄鉄鉱および黄銅鉱を含む細い石英脈がある。なお、湯川温泉地域でも、二河の浜に N70°E 方向に走る石英脈がある。この石英脈の存在が示すように、この地域も石英斑岩に関係のあることは容易に推定されるが、勝浦・湯川両地域における温泉の分布状況を見ると、第5図で示した節理の発達方向に関連があり、温泉は N50~60°E の節理に沿って湧出しているように思われる。

温泉の化学成分

勝浦・湯川温泉の化学成分は一括して第7表に掲げ

た。この成分表をみると、白浜温泉の場合と同じように、Cl の増加に伴って、SO₄、Na、Mg 含量もまた増加していることがわかる。一方、Cl の含量が比較的高い値を有するにもかかわらず、SO₄、Mg 含量の割合低いものがある。しかし、このような型のものに限って H₂S が著しく異常であることは注目に値する。すなわち、その機構の詳細は不明であるが、その成分的特徴か



第6図 勝浦温泉 Cl-Na 相関図

第8表 湯峯および川湯温泉化学成分表

	気温 (°C)	泉温 (°C)	pH	free CO ₂	H ₂ S	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Br ⁻	Br/Cl×10 ²
(湯峯)															
あづまや	8	92	8.0	—	8.2	27.0	815.0	257.1	4.5	2.8	18.9	378	26	0.6	0.23
湯の谷川中	8	91	8.2	—	8.2	27.0	811.3	255.3	4.1	2.8	18.4	380	26		
壺湯傍川中	8	94	8.1	—	8.2	27.0	811.3	255.3							
光明湯	8	88	8.2	—	8.5	0	860.1	258.9							
小栗湯	8	91	8.0	—	8.0	25.2	802.8	266.0							
川湯温泉	8	68	7.4	0.72	2.4	—	754.0	214.5	5.3	2.4	29.9	310	15		

単位: mg/l

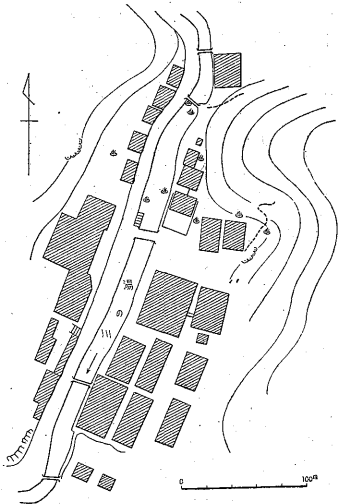
らみて、これらの温泉も、海水を2次的に混入し、そのうち SO₄ がなんらかの機構によつて還元されたという疑いが生じるからである。第6図で示した Cl-Na 相関図をみても、両者の間に明瞭な正の相関関係があり、しかも、SO₄ の濃度に区別なく、ほぼ海水相当の Cl が地下水により稀釈された状態を示していることも、上で述べたことからの一端を物語っているように思われる。

なおこの地域の温泉水は、白浜・竜神のように炭酸塩含量が必ずしも多量でなく、Cl, SO₄ の多寡にかゝわらず、ほぼその値が一定しており、また、H₂S もいくつかの例外を除くと、ほぼ近似した値をとることも特徴的なことからの一つとして挙げることができる。

2.6 湯峰温泉

地質状況

熊野川上流の本宮から分かれて、その南西4kmの地点にある高温の温泉である。地質は宮井層の砂岩・泥岩の互層からなり²¹⁾、温泉の附近では N50°W の走向が卓越し、40~50°N 傾斜する。温泉の近くに、一部変質して白色を呈するところがある。



第7図 湯峯温泉附近略図

温泉の化学成分

湯峯温泉は湯の川流谷に沿つて数箇所から湧出するが、そのおもな源泉は第7図の見取図に示した。温泉水は比較的狭い範囲から湧出するにもかかわらず泉温は高く、90°C 以上を示す。化学成分は第8表に示したが、その特徴は Cl, HCO₃, Na を主成分とすることで代表され、H₂S を有する点を除くと、鮎川ときわめて類似することに気がつく。

2.7 川湯温泉

川湯温泉は、湯峯温泉の真南にあたり、熊野川に注ぐ大塔川の沿岸から湧出する。地質は同じく宮井層群の砂岩・泥岩互層であつて、温泉の化学成分も、第8表に掲げたように、ほとんど湯峯温泉に類似の成分含量を示している。

2.8 湯泉地温泉

十津川沿いの温泉で、紀州温泉群のなかでは北側に寄つて位置する。地質は時代未詳中生層の黒色頁岩層からなるが、N20°E 方向の裂隙が発達し、温泉は十津川左岸に平行する道路に沿つた地点から湧出する。

温泉の化学成分は第9表に示すように、僅かに炭酸塩が多く Cl は少ない。この型の温泉は前述の棒・勝浦に類似するものである。

2.9 入之波温泉

現地調査を行わなかつたが、既存の調査報告によると²²⁾、この地域は古生層の粘板岩からなり、輝緑凝灰岩・石灰岩を挟む。走向は東西に近く、褶曲構造が著しい。

現地から送附を受けた温泉水の化学成分は第10表に示す通りであるが、この分析結果をみると、入之波温泉の成分含量は、鮎川温泉ときわめて類似しており、低温にもかかわらず Cl, CO₂, HCO₃ 含量が高く、SO₄ に乏しい。

この型の温泉は、明らかに竜神・白浜・勝浦・湯泉地等と異なつた性質のものであり、紀伊温泉群のなかでもきわめて特徴ある温泉の一つに数えられるものである。

第 9 表 湯泉地温泉化学成分表

	気温 (°C)	泉温 (°C)	pH	free CO ₂	H ₂ S	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺
湯泉地温泉	9	52	8.5	—	8.2	28.8	104.9	17.6	23.5	0.4	2.0	66	1
〃	9	45	8.4	—	8.7	24.0	107.4						

単位 mg/l

第 10 表 入之波温泉化学成分表

	pH	free CO ₂	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Fe ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Br ⁺	Br/Cl×10 ²
38°C 泉	6.5	123.2	1976.4	652.5	tr.	tr.	41.5	692.7			1.6	0.24
31°C 泉	6.5	110.0	1805.6	620.8	tr.	tr.	35.0	639.4			1.5	0.25
冷 泉	6.1	136.4	1012.6	599.6	tr.	tr.	17.9	401.5	237.6	28.3		

備考：この分析は現地から試料の送附をうけて行つたものである。

単位 mg/l

3. 紀伊半島温泉群の地域性

3.1 温泉水の成因的系統

前項では各地域に分布する温泉の地質状況および化学成分について簡単な説明を加えた。ここでは、紀伊半島の温泉群が、成因的にどのような系統に分かたれるかという点から出発して、温泉の地域性という問題を検討してみることにする。

まず紀伊半島の温泉群は成分的な特徴からみて、次のいくつかの型に大別できる。すなわち、

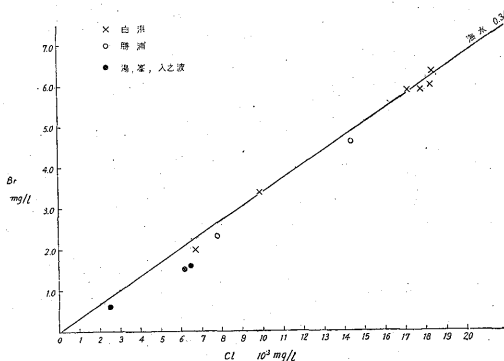
- (1) Cl 含量少なく、HCO₃ 含量の高いもの
白浜(海水の影響を除く)・竜神
- (2) Cl, HCO₃ ともに含量の低いもの
勝浦・湯川(海水の影響を除く)・椿・湯泉地
- (3) Cl, HCO₃ ともに含量の高いもの
鮎川・入之波・湯峯および川湯

上記の分類に関連して、第 8 図に示したのは、いくつかの温泉水についての Br と Cl の相関図である⁹⁾。この関係をみると、紀州の温泉群は、Br/Cl の比率が高いものと、低いものとに分かたれる。高い比率を有するものは海水のそれとほぼ一致するので、白浜・勝浦の温泉は見掛上、海水とかなり違った形のものも含むけれども、

最も安定した成分の代表として、Br と Cl の比率をとってみると、やはり海水のそれとまったく一致することがわかる。

一方、Br/Cl の比率が低い値をとるグループは前述のように、湯峯・鮎川・入之波である。比率のうえからいっても、これらの温泉は海水ないし化水石水^{註3)}の影響によるものでないことが明瞭であり、やはり初生的な温泉成分であることを示している。

いま上で挙げた 3 つの型は、海水の影響を除去したものであるが、このうち、(1)、(2)はいずれも Cl の低いことで共通しており、反対に、HCO₃ は(1)では高く(2)では低いことで特徴づけられる。温泉水中における Cl の消長については、すでにこれまで火山地帯および準火山地帯の温泉でしばしば検討してきたが、これまでの結果を綜括すると、火山地帯以外の地域における Cl 含量の低い温泉は、火山作用に関連あるいわば深い相の温泉に相当するものと解される。したがって、(1)、(2)のうち、最も基本的な型は HCO₃ の少ない(2)の型であると考えられるので、同じ火山作用に関連する深い相の温泉であつても(1)の方は温泉化作用の過程で 2 次的に CO₂ の供給を受けたという見方が可能になる。これに類似した現象は、すでに報告した姫川流域温泉群において観察される¹⁾。この地域は、古生層および中生層を基盤とし、第三紀層がそれを覆つて、おもに姫川の東側に広く分布するが、温泉水の特徴は、油田鹹水ないしガス水を含むだけでなく、各温泉の間で共通的に著量の CO₂ および HCO₃ を含むことである。この基盤の古生層・中生層に厚い石灰岩を挟有するので、温泉水に含まれる CO₂ の異常は火山作用の過程において、岩漿と接触するこの基盤岩層中の石灰岩に関連のあることの可能性が



第 8 図 Cl-Br 相関図

註2) 中村久由・前田憲二郎：温泉中のハロゲンの量比とその地域性，昭和32年度地球化学討論会にて講演

註3) いわゆる油田鹹水の Br/Cl は、一般に海水のそれよりかなり高い値を示す。

強く考えられるのである。

紀伊半島温泉群においても、特に(2)の型に属するものの CO_2 は、いま述べた姫川流域の温泉群ときわめて類似する点を有するようみえる。すなわち、この地域においても古生層・中生層中に石灰岩の挾有されることが知られており、火山作用の過程において、この石灰岩から導かれた CO_2 が2次的に噴気ガス中に供給される可能性も全然否定できない訳でないからである。しかし CO_2 の供給については、このほか、後でも述べるように CO_2 に富む温泉水がその源根になりうることも予想される。いずれにしても(1)および(2)の型は、ともに火山作用に関連ある深い相の温泉であるから、いわゆる熱源の存在する位置の地質的な環境の相違によつて、 CO_2 の供給量に大きな差が生ずることを示している。一方、(3)の型についてその特徴は(1)、(2)と異なり、初生的に Cl および HCO_3 が著量であるという点に要約される。しかも、湯峯、川湯の例外を除いて、鮎川、入之波はともにたかだか $29\sim 38^\circ\text{C}$ 程度の低温である。したがつて、この型の温泉は、もともと低温であることが本来の形であり、湯峯・川湯はむしろ温度に関する限り、異常であるといふことができる。

比較的低温で、しかも Cl 、 HCO_3 含量が高く半深成岩ないし火山岩に伴なう温泉・鉱泉の分布は、わが国では主として第三紀火成岩地帯で知られている。これらの温泉ないし鉱泉の湧出地域は多くの場合変質帯を伴うが、紀伊半島では著しい変質帯の存在が知られていない。しかし、(3)の型の温泉の存在がいずれも石英斑岩に接して分布していること、そして、火山作用に関連ある(1)、(2)の型とは成分的にまったく異なつた化学性を示すことなどからみて、この(3)の型は第三紀火成岩に伴なう熱水性温泉^{註4)}に相当するものとみなされる。すなわち、この地域に広く存在する第三紀石英斑岩の火成活動に関連して、いわば岩漿から分離した揮発成分が臨界温度以下で凝縮熱水化したものとみなされるのである。

なお、湯峯・川湯温泉が成分的に鮎川・入之波のように熱水性温泉に相当する(いくぶん稀釈されているが)特徴をもちながら、きわめて高温であるという点については次のように考えられる。すなわち、いま上で述べた熱水性温泉ないし鉱泉は、場合によつてむしろ鉱泉質地下

註4) 半深成下の閉鎖的な環境にあつて、岩漿から分離した揮発成分(おもに水蒸気)が臨界温度以下で凝縮熱水化し、時間の経過によつて上部岩層が削剥され、逐に地上に湧出するに至つたものをいう。成分濃度の高いこと、温度の低いことと特徴づけられる。一般に、 Cl 、 HCO_3 の含量が高く SO_4 に乏しい。

水として存在し、その地下水に新期火山作用に関連ある熱と成分とが供給されたという場合である。この地域では、(3)の鉱泉質地下水に重複する温泉の型は、おそらく(2)で示したように、 Cl および炭酸塩ともに稀薄な性質のものと思われるので、湯峯・川湯の化学性が鮎川・入之波と較べ著しく異なつた型式のものとならないのもこの理由によると思われるのである。

3.2 各温泉系統の分布と地質構造との関係

前項では温泉の化学性からみて、紀州半島の温泉群を大きく3つの型に分け、そのうち、(1)、(2)は火山作用に関連ある深い相の温泉に相当し、(3)は石英斑岩の火成活動に関連あるいわゆる熱水性温泉に相当するとみなした。この火山作用に関連ある深い相の温泉は、一般に、準火山地帯ないし非火山地帯温泉の性格を示すものであり、後者の熱水性温泉は、おもに、第三紀の火山岩ないし半深成岩に伴なうものである。

上記のおのおのの型については、化学的性質のうたえだけからでなく、その地質的環境をも考慮にいれる必要があることはいうまでもない。こゝでは、各温泉系統の分布と構造との関連を検討してみることにする。

第1図は、地質図と併わせて、いま上で大別した各型の温泉の分布を記入したものである。この図をみると、(1)の型の白浜・竜神は紀伊半島の温泉のなかで、最も西側に存在し、(2)の椿・勝浦・温泉地は石英斑岩の外縁に沿つて分布し、(3)の鮎川・湯峯・川湯・入之波は、椿と湯泉地を結ぶ線に沿つて点在する。

このような関係からみると、おのおのの温泉は同一の地質環境で生成されたのではなく、いわゆる熱源の存在する場所の違いによつて、湯泉系統の間に多様性という問題が生じたと解されるのである。

前記3系統の温泉のうち、最も基本的な型は(2)で代表される。したがつて、この地域では、新期火山作用に関連ある熱源の存在する位置として、古期堆積岩層と石英斑岩を含む火成岩とが考えられる。このうち、(2)の型の温泉に関連ある熱源の位置は、おそらく、石英斑岩を含む火成岩体にあるものと推定される。一方、(1)の型の温泉に関連ある熱源の位置は、 CO_2 の異常からいつておそらく石灰岩を含む古期堆積岩層に接触する状態にあると考えられる。なお、(3)の型のうち、湯峯・川湯の高温泉は、本質的には(2)の型の温泉化作用に関連があり、見掛上、地表近くで、(3)の型で代表される鉱泉質地下水を混入したものとみなされる。したがつて、紀伊半島温泉群の成因系統は、熱源が石英斑岩を含む火成岩体にある(2)の型と、石灰岩を含む古期岩層と接触状態にある(1)の型とに分かたれる。前者に属するものは椿・湯泉地・湯峯・川湯・勝浦などであり、後者には、

第 11 表 吉野 鉱泉 主要 化学 成分 表

源 泉	泉 温 (°C)	pH	free CO ₂	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺
源 泉	14	6.0	845	1000.4	66.7	28.8	26.0	198.5

備考：この分析は現地から試料の送付をうけて行ったものである。

単位 mg/l

白浜・竜神などが含まれ、鮎川および入之波はほとんど元来の熱水性温泉のままの性質を残存していると結論することができる。

なお、白浜・竜神などにおける CO₂ (および HCO₃) の供給源として、鮎川・入之波のように CO₂ (および HCO₃) に富む熱水性温泉が地下にあつて、この温泉から導かれた CO₂ (および HCO₃) が上部の地下水に吸収され、Cl 少なく、CO₂ および HCO₃ 含量の高い温泉が生成されたという考え方も可能である。事実、中央構造線に沿う奈良吉野鉱泉は、まったくの低温でありながら第 11 表で示したように、CO₂ および HCO₃ がきわめて著量であることを知る。この鉱泉の存在箇所が三波川変成岩類であることからみても、おそらくその根源は大峯山酸性岩類に関連ある熱水性温泉であり、この熱水性温泉から漏洩した CO₂ が地下水に吸収され、このような炭酸泉の生成をみたと解されるのである。

このような考え方からすると、白浜および竜神温泉もまた、熱水性温泉から導かれた CO₂ の影響を受け、本質的に、紀州温泉群の成因系統は(2)の型みに集約されるという解釈もできない訳ではない。特に白浜・竜神・吉野ほどの温泉・鉱泉が、潜在石英斑岩の外縁に沿って配列するという事実は、この解釈の妥当性を裏づけているようにもみえる。しかし、白浜温泉における HCO₃ 含量が 1,500~4,200 mg/l、平均 2,500 mg/l という多量であり、しかもその湧出量もまたきわめて著量であるという点からみると、その供給源としては、熱水性温泉のきわめて膨大なる量を規定しなければならず、現在湧出中の鮎川・入之波の例からいって、地下にそのような多量の熱水性温泉を想定することはきわめて困難であるように思われる。このように、CO₂ の供給の機構としては熱水性温泉もまた、一つの対象となりうるけれども、白浜・竜神と吉野鉱泉の場合とでは、かなり違った性質のものと考えられるので、こゝではいま上で説明したように、白浜・竜神における CO₂ の供給源を、古期岩層中に挟有される石灰岩に関連あるとみなしておくことにする。

4. 結 論

- 1) 紀伊半島温泉群は大別して
 - (1) Cl 少なく HCO₃ の高いもの

- (2) Cl, HCO₃ ともに少ないもの

- (3) Cl, HCO₃ ともに含量の高いもの

とに分かたれる。(1)は白浜・竜神、(2)は椿・勝浦・湯泉地、(3)は鮎川・湯峯・川湯・入之波である。

2) 白浜・勝浦は海水の影響を受けているが、そのなかに、必ずしも海水の主成分比と一致しないものがある。しかし、Br に対する Cl の比率をとつてみると、主成分のうへでは海水とかなり違った形のもので、海水のそれときわめて一致することがわかる。上の分類は海水の影響を除いたものである。

3) (1)、(2)の型は、いわゆる準火山地帯ないし非火山地帯における深い相の温泉の性格を示すのに対して(3)は、石英斑岩の火成活動に関連あるいわゆる熱水性温泉とみなされる。しかし、湯峯・川湯は、(2)と(3)の重複したものと考えられる。

4) 火山作用に関連ある深い相の温泉でありながら、一方では HCO₃ が少なく、一方ではきわめて著量であるという点に関連して、これは、いわゆる熱源の存在する位置の地質的な環境の相違によつて CO₂ の供給量が異なるためと解される。すなわち、(1)は熱源が石灰岩を含む古期堆積岩層と接触状態にあると考えられるのに対して、(2)は熱源が石英斑岩を含む火成岩体に存在することによるものである。

5) 熱水性温泉もまた、CO₂ の供給源となりうるが、白浜温泉における HCO₃ 含量と、湧出量とを考慮に入れると、この機構で CO₂ の供給を考えるためには膨大な熱水性温泉の潜在を想定しなければならず、CO₂ 供給の機構としていさゝか無理のように思われる。

(昭和 31 年 2 月調査)

文 献

- 1) 地質部応用地質課：姫川流域(新潟県・長野県)応用地質調査報告，地質調査所月報，Vol. 7, No. 7, 1956
- 2) 石川成章：鉛山鉱山と湯崎温泉，地球，III-6, 1925
- 3) 横山次郎，外 2 名：奈良県吉野郡川上村入之波温泉・五色湯温泉の成因に就て，地質調査所月報，Vol. 1, No. 4, 1950
- 4) 松下 進：日本地方地質誌，近畿地方，1953
- 5) 水野篤行：紀伊半島南部の地質(その 1, 宮井層群について，概報)，地質学雑誌，Vol. 57, No. 670, 1951

- 6) 村山正郎: 5万分の1地質図幅および同説明書, 新宮・阿田和, 地質調査所, 1954
- 7) 中村久由・安藤 武: 常磐炭田坑内温泉水について, 地質調査所月報, Vol. 4, No. 6, 1953
- 8) 高津寿雄, 外3名: 道後温泉の研究, 温泉の研究 (1), 愛媛大学地域社会総合研究所研究報告Bシリーズ, No. 4, 1955
- 9) 竹山俊雄: 和歌山県田辺附近の第三紀層の層序, 地球, XIII-2, 1930
- 10) 露木利貞: 和歌山県白浜温泉について, 鹿児島大学理科報告, No. 1, 1952