

伊豆箱根地方の温泉と地質*

佐 藤 幸 二

(中央温泉研究所)

(昭和36年11月27日受理)

I ま え が き

著者は、昭和35年8月の本学会に於いて火山性温泉の化学的性質と火成活動との間に密接な関連のあること、また上昇する岩漿発散物と循環水との遭遇のしかたによって種々のタイプの温泉が生ずるという見解を発表し、その後、これらの問題について更に考察を進めている⁸⁾、^{10,11)}。

今回とり上げた伊豆箱根地方は、温泉に富み、また附近の地質・温泉水の化学的性質がともによく調査研究されており、温泉の泉質と火成活動との関連を考察するのに好個のフィールドである。

II 火山性温泉のタイプ

本邦火山の山頂、山腹などから湧出している温泉水、外国の非常に活動的な3温泉地（イエローストーン、ニュージーランド、アイスランド）の温泉水、種々の熔岩中のガス、昭和火山及びハワイのキラウエア・マウナロアの火山ガス等の分析結果を検討してみると、基性の（結晶分化作用の進まない）火山活動からは、S/Cl比の大きい岩漿発散物を生じ、酸性の（結晶分化作用の進んだ）火山活動からは、S/Cl比の小さい発散物を生ずる傾向がある。この傾向は、本邦の火山性起源と認められる温泉水についても統計的に認められる。S/Cl比の大きい（すなわち硫化水素に富む）中性塩化物泉は基性の岩漿の発散物によって生成され易く、上昇して地下浅所で酸化されて硫酸が出来易く、周囲の岩石を破壊・粘土化して、大きく広がった酸性変質帯を作り地下循環水との接触がより自由になる場合（自由系 Free system）が多い。硫化水素が多ければ多い程、硫酸が多く生成され、変質帯の範囲は広く深くなつて行く。S/Cl比の小さい炭酸ガスに富む中性塩化物泉は酸性の岩漿の発散物によって出来易く、自身の上昇通路に沿ってパイプ状のアルカリ性変質帯を作り、通路を炭酸カルシウムや沸石などの沈積物で充填する傾向があり、地下循環水との接触が制約される場合（制約系 Restricted system）が多い。

地下循環水との接触が起る場合（自由系）は、発散物と循環水との量比によつて、次の3型が識別される。噴気型 (fumarolic type) 一循環水が少なく、発散物によつて気化されて噴気として空中に逸散する。山頂など、地下循環水の乏しい箇所到来易い。

* 要旨は、昭和36年8月の本学会に於いて講演

** 多数の報文・図幅類が公けにされている。温泉に関しては静岡県衛生部：静岡県伊豆地方温泉調査報告、1957；室住正世：伊豆箱根温泉の地球化学的研究（第1～3報）日本化学雑誌 Vol.81, No.5, 6, 1960などがある。

溺れ型 (drowned type) — 循環水が多く、発散物中の全可溶成分が溶解し、低温、低濃度の温泉水乃至地下水が生ずる。低地・山麓などの地下循環水に富む箇所、或いは古い火山などの発散物の勢力の弱い箇所に出来易い。分離型 (separative type) — 前2型の間のかたちで、発散物中の可溶成分が循環水中に分離して溶け込み、塩化物泉、重碳酸塩泉、硫酸塩泉が分離して生ずる。低所に塩化物泉が、高所に硫酸塩泉が、中間に重碳酸塩泉が生ずる場合が多いが、重碳酸塩泉はそのpH、温度などに従ってCO₂を分離し、他の泉質となる場合がある。

(伊豆半島温泉図中)

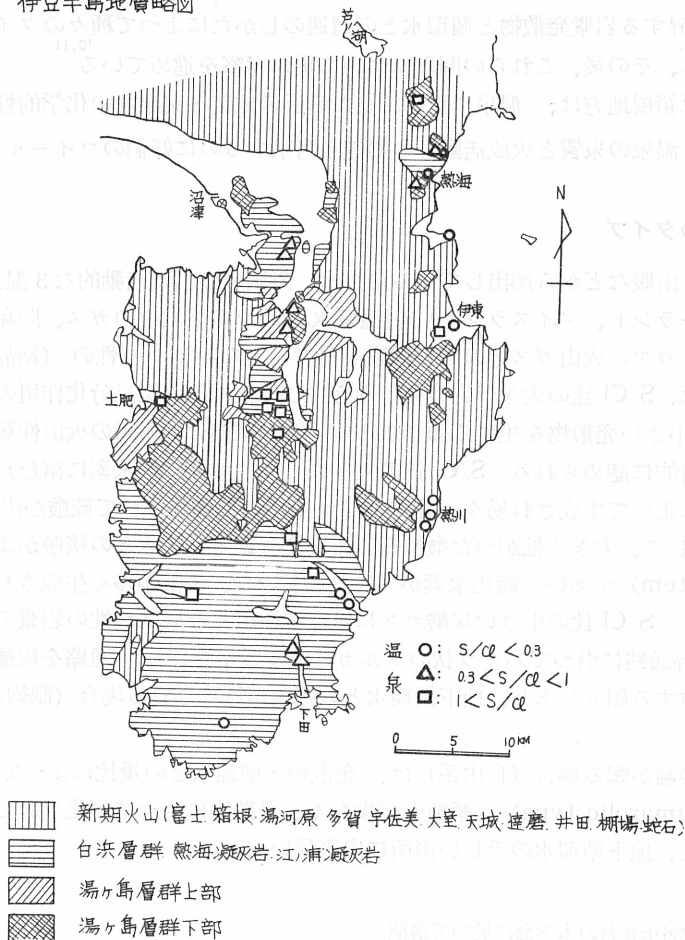
Ⅲ 伊豆箱根地方温泉の分類

温泉のS/Cl比(温泉水中に溶存する硫黄と塩素の重量比)は、上述のように温泉水の生成を考える上に重要な意味をもつものである。

伊豆半島の26温泉、283 源泉を選びその温泉水のS/Cl比を計算してみると、第1図のようになる。

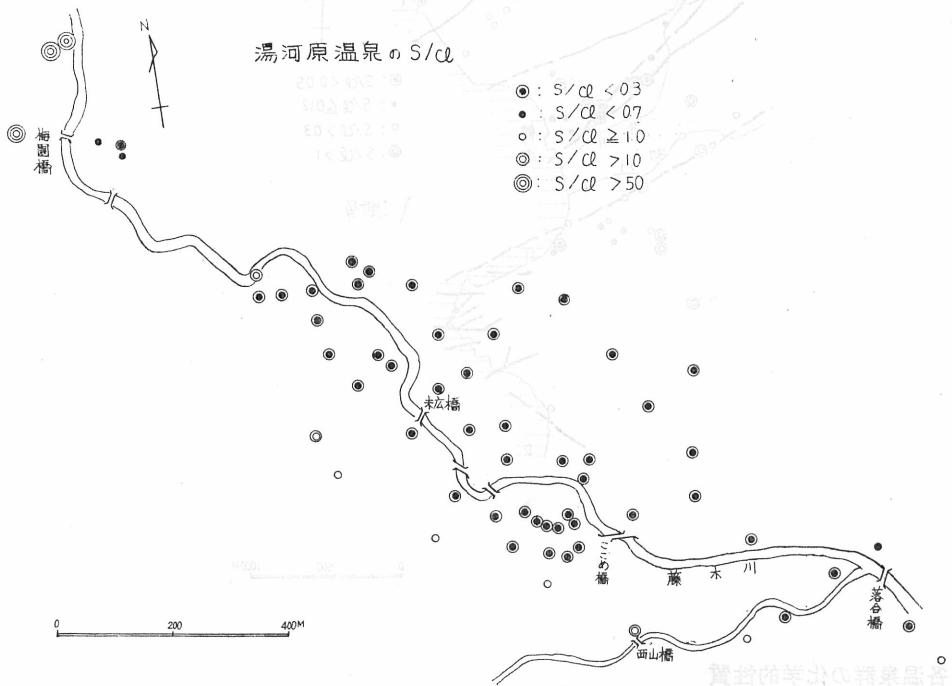
吉 越 夫 夫 1

伊豆半島地質略図



* 日本鉱泉誌・静岡県伊豆地方温泉調査報告・中央温泉研究所中分析結果などにもとづく。

この場合、溶存物質 500mg/l 以下の温泉水は、大量の地下循環水の混合の恐れがあるために採用しなかつた。温泉水のS/Cl 比は各温泉地毎に比較的狭い範囲を占めるのが普通であるが、湯河原・伊豆山・熱海などの温泉地ではその範囲が相当に広い。しかし、地図上にその値を記入してみると、比較的狭い範囲の S/Cl 比をもつ温泉群が、相接して存在していることこわかる。湯河原温泉では藤木川がほぼその境界をなす(第2図)。熱海(伊豆山・網代を含む)温泉では大たい海岸側に S/Cl 比の小さい温泉があるが、厳密にはいくつかの断層が S/Cl 比の異なる温泉群の境界となつているようである(第3図)。



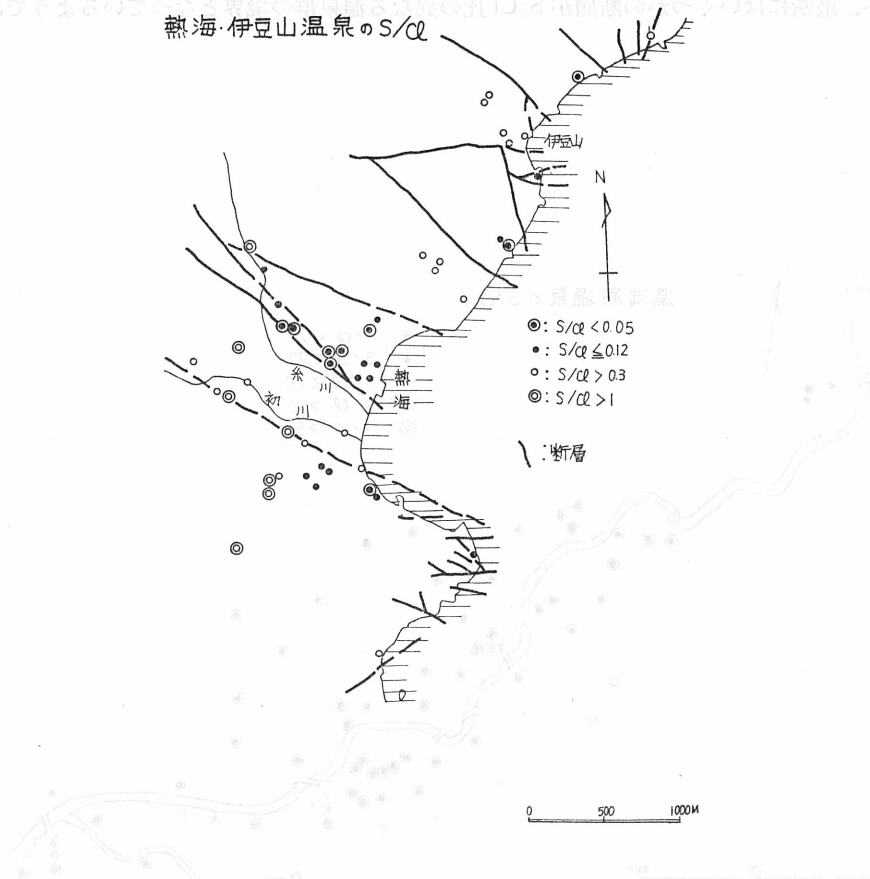
このような S/Cl 比に基づいて、伊豆半島の温泉は3つのグループに分けられるようである。すなわち、

1. 中伊豆南部温泉群
2. 中伊豆北部温泉群
3. 東伊豆温泉群

である。

また、箱根地域の温泉については、それら温泉の少なくとも一部は箱根火山の産物である⁶⁾ので、まとめて考察するのが適当であると考えられる。

4. 箱根温泉群



IV 各温泉群の化学的性質

このようにして分けられた各温泉群は、 S/Cl 比^{1,5,12)}の他の化学的性質に於いても、ある特徴が認められる。

1. 中伊豆南部温泉群 (第1表)

11温泉、58源泉がこれに属する。中伊豆南部から西伊豆にかけて分布するほか、東伊豆の伊東・湯河原温泉のそれぞれ一部もこれに属せしめた。これら温泉のうち、嵯峨沢・吉奈・月ヶ瀬⁹⁾・そして多分船原の諸温泉は、本来は湯ヶ島温泉の温泉水の如き性質を有していたと考える事が出来る。とすれば、これら温泉水も本来は $Ca > Na$ 型であった事になる。

この温泉群の特徴としては、左程高温でない (75°C 以下)、中性乃至アルカリ性である、左程高濃度ではない (2375mg/l 以下)、 S/Cl 比が比較的大きい ($0.854 \sim 89.6$)、 $Ca > Na$ 型の温泉が多い、自然湧出時の温泉水に伴うガスは、殆んど N_2 を主成分とする、等が挙げられる。

第1表

1. 中伊豆南部温泉群			11温泉	58源泉				
温泉名	源泉数	泉温(°C)	pH	Na-Ca(mg)	溶存物質量(mg/l)	S/Cl(mg/mg)	平均S/Cl	
大 沢	4	43 ~60	6.85~8.3	Ca>Na	1159.4 ~1877.2	1.08 ~20.71	12.25	
大 滝	1	48.5	8.5	Ca>Na	783.34	2.38	2.38	
土 肥	2	52.2~60	7.50	Ca>Na	1312.8 ~1664.34	1.20 ~ 3.70	2.45	
湯ヶ野	1	52.6	8.3	Ca>Na	1478.5	2.80	2.80	
船 原	4	39 ~52.5	6.4 ~7.7	Na>Ca	514.9 ~1200.1	0.854~ 1.402	1.045	N ₂
月ヶ瀬	2	41.5~47	7.6 ~8.2	Na>Ca	578 ~ 642.4	3.08 ~ 3.25	3.17	
吉 奈	1	48	7.6	Na>Ca	666.2	1.92	1.92	N ₂
嵯峨沢	2	36 ~55	7.4 ~9.1	Na>Ca	1523.5 ~1680.6	2.97 ~ 4.00	3.49	N ₂
湯ヶ島	16	32.2~58.5	6.9 ~8.3	Ca≥Na	696 ~1826.6	3.42 ~ 9.04	6.75	
伊 東(1)	14	47.5~56	7.4 ~8.4	Na>Ca	654 ~864	0.874~ 2.05	1.37	
湯河原(1)	11	38.0~75.0	6.0 ~8.6	Ca≥Na	551.4 ~2376	1.00 ~ 89.6	25.9	

Ca≥Na : Ca>Na の源泉が Na>Ca の源泉よりも多い。

N₂ : 自然湧出時にN₂を主成分とするガスを伴った。

2. 中伊豆北部温泉群 (第2表)

8温泉、108源泉がこれに属する。中伊豆北部の4温泉の他に、蓮台寺・河内の南伊豆の2温泉、更に東伊豆の伊豆山・熱海温泉のそれぞれ一部がこれに属すると思われる。

中伊豆南部温泉群と似た特徴を示すが、Na>Ca型の温泉が多く、S/Cl比は0.141~1.07と小さくなっている。

第2表

2. 中伊豆北部温泉群			8温泉	108源泉				
温泉名	源泉数	泉温(°C)	pH	Na-Ca(mg)	溶存物質量(mg/l)	S/Cl(mg/mg)	平均S/Cl	
蓮 台 寺	3	53 ~58	7.12~7.71	Ca≥Na	1005.3 ~1124.03	0.612~0.771	0.676	
河 内	5	34.3~57	6.30~7.6	Na≥Ca	810.9 ~1119	0.626~0.751	0.70	
大 仁	5	60.0~69	6.7 ~7.05	Na>Ca	583.24~2300	0.314~0.537	0.428	
修 善 寺	16	45.5~78	7.45~8.6	Na>Ca	767.36~2021.9	0.141~0.696	0.332	
伊豆長岡	48	41.5~72	6.6 ~9.3	Na>Ca	510.6 ~872.0	0.311~0.922	0.689	N ₂
萑 山	6	43.2~59.5	6.8 ~8.91	Na>Ca	658.0 ~875.1	0.379~0.809	0.673	
伊豆山(1)	6	45 ~63	(3.5 ~7.6)	(Na≥Ca)		0.838~0.852	0.569	
熱 海(1)	19	32 ~69	(5.3 ~8.3)	(Ca≥Na)		0.337~1.07	0.892	

Na≥Ca : Na>Ca の源泉が Ca>Na の温泉よりも多い。

() 内の数字は、S/Cl を算出した分析と異なる分析による。

3. 東伊豆温泉群 (第3表)

11温泉、117源泉がこれに属する。湯河原温泉から、伊豆半島東岸に沿って分布する他に、南伊豆の下賀茂温泉をも含む。伊東温泉の一部は S/Cl 比から、この群に属せしめたが、これは同温泉のうち、1.に属する温泉水に海水が混入したものと考えられる。

この群の特徴としては、高温である（102°C以下）、弱酸性乃至弱アルカリ性である、高濃度である（18308mg/l以下）、S/Cl比が小さい（0.0047~0.652）、Na>Ca型の温泉が殆んどである、噴騰泉が多い、CaCO₃を主成分とする著量の沈積物が附着する機会が多い、炭酸ガスを主成分とするガスが温泉水に伴うものと思われる事などが挙げられる。

第3表

3. 東伊豆温泉群		11温泉	117源泉						
温泉名	源泉数	泉温(°C)	pH	Na-Ca(mg)	溶存物質量(mg/l)	S/Cl(mg/mg)	平均S/Cl		
湯河原(Ⅰ)	52	46.3~89.5	7.3~8.6	Na<Ca	522.5~415	0.077~0.652	0.225		沈
伊豆山(Ⅰ)	2	39~57				0.019~0.060	0.040		
熱海(Ⅱ)	23	47~96	(4.6~8.3)	(Na>Ca)		0.008~0.120	0.067	噴	沈
網代	2	61~67	6.3~6.4	Ca≥Na	8817~9625	0.03~0.04	0.035		
伊東(Ⅱ)	17	40.5~48.5	7.28~8.05	Na>Ca	1088~18308	0.052~0.31	0.130		
北川	1	84	7.7	Na>Ca	3295	0.166	0.166	噴	
熱川	9	59~100	6.4~8.5	Na>Ca	2213.9~2955.1	0.085~0.399	0.201	噴	沈
片瀬	4	57~100	7.3~8.5	Na>Ca	798.8~2790.1	0.237~0.302	0.263	噴	沈
峯	2	100	8.6	Na>Ca	2219.8~2751.3	0.048~0.051	0.050	噴	沈
谷津	2	99~100	8.6	Na>Ca	1544~2083.4	0.13~0.407	0.269	噴	沈
下賀茂	3	60~102	8.3	Na>Ca	11517.7~16461.4	0.0047~0.015	0.009	噴	沈
海水				Na>Ca	34~35(g)	0.0465			

噴：噴騰泉 噴：過去の噴騰泉 沈：多量の沈積物（CaCO₃を主成分とする）を生ずる。

4. 箱根温泉群（第4表）

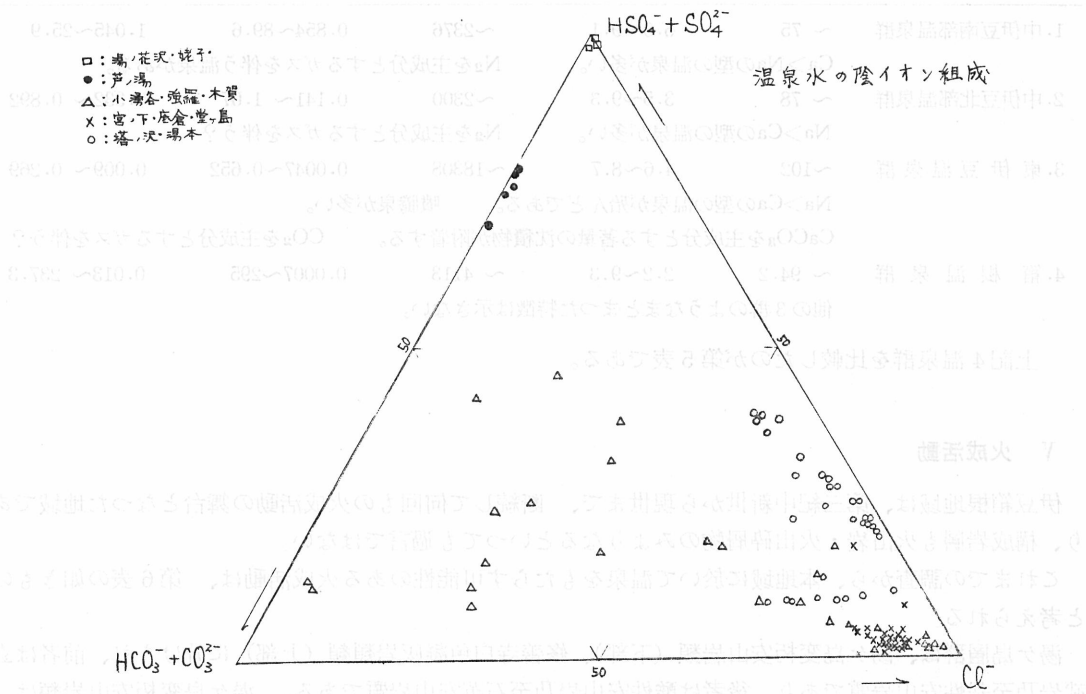
12温泉、88源泉がこれに属する。湯ノ花沢・姥子温泉は酸性硫酸塩泉でS/Cl比が65.7~295、Ca>Na型、芦ノ湯温泉は中性~弱アルカリ性硫酸塩(重炭酸塩)泉でS/Cl比が34~89.8、Ca>Na型、小湧谷・木賀・強羅温泉は弱アルカリ性重炭酸塩~塩化物泉でS/Cl比が0.0007~2.02、Na>Ca型、宮ノ下・底倉・堂ヶ島温泉が中性~アルカリ性塩化物泉でS/Cl比が0.01~0.109、Na>Ca型、湯本・塔ノ沢温泉がアルカリ性塩化物(硫酸塩)泉でS/Cl比が0.053~0.338、Na>Ca型とこれまで述べてきたようなまとまった特徴は示さない。それで、この群については、陰イオン組成を示す三角ダイアグラムを用いて考察を進めた（第4図）。

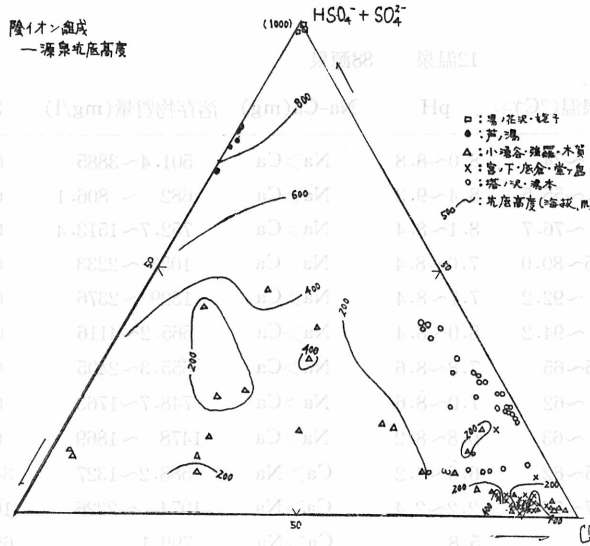
小湧谷・木賀・強羅を除いた温泉、すなわち、姥子・湯ノ花沢；芦ノ湯；宮ノ下・底倉・堂ヶ島；塔ノ沢の各温泉は、それぞれ狭い範囲にまとまって示される。そして湯ノ花沢・姥子の温泉は殆んど湯本ど硫酸塩よりなり、小湧谷温泉の一部は殆んど重炭酸塩よりなり、芦ノ湯温泉はその中間に位すること、宮ノ下・底倉・堂ヶ島温泉は、小湧谷・木賀・強羅温泉の一部とともに、殆んど塩化物よりなる範囲を占めること、湯本・塔ノ沢温泉は、幾分硫酸塩を含んだ塩化物泉に属して、比較的広い範囲に分布することなどがわかる。

同じ図上に、源泉井の坑底の高度を等高線をもつて示した（第5図）。幾分の乱れはあるが、高度が小さくなるにつれて、硫酸塩泉→重炭酸塩泉→塩化物泉となる様子がよみとれる。

第4表

4. 箱根温泉群		12温泉		88源泉				
温泉名	源泉数	泉温(°C)	pH	Na-Ca(mg)	溶存物質量(mg/l)	S/Cl(mg/mg)	平均S/Cl	
湯 本	25	33 ~74	8.0~8.8	Na>Ca	501.4~3885	0.053 ~ 0.337	0.135	
塔ノ沢	3	46 ~55.5	8.4~9.3	Na>Ca	682 ~ 806.1	0.226 ~ 0.338	0.295	
堂ヶ島	2	76 ~76.7	8.1~8.4	Na>Ca	752.7~1513.4	0.011 ~ 0.109	0.06	
底 倉	19	44.5~80.0	7.0~8.4	Na>Ca	1053 ~2233	0.010 ~ 0.024	0.016	
宮ノ下	6	50 ~92.2	7.7~8.4	Na>Ca	1329 ~2376	0.010 ~ 0.015	0.013	
小涌谷	10	46 ~94.2	8.0~8.4	Na>Ca	565.2~4116	0.0007~ 2.02	0.312	
強 羅	8	46.5~65	7.8~8.6	Na>Ca	655.3~2405	0.026 ~ 1.464	0.477	
木 賀	4	32 ~62	7.0~8.6	Na>Ca	748.7~1763	0.019 ~ 0.381	0.141	
二ノ平	2	59 ~63	6.8~8.2	Na>Ca	1478 ~1869	0.0059~ 0.188	0.097	
芦ノ湯	5	34.5~62	6.6~8.2	Ca>Na	588.2~1327	34.01 ~89.82	68.47	
湯ノ花沢	3	34.7~77.2	2.2~2.4	Ca>Na	1074 ~2226	160 ~295	237.3	
姥 子	1	43.0	5.8	Ca>Na	799.1	65.7	65.7	





第5表

各温泉群の比較

温泉群名	泉温(°C)	pH	溶存物質量(mg/l)	S/Cl(mg/mg)	平均S/Cl
1. 中伊豆南部温泉群	~ 75	6.0~9.1	~2376	0.854~89.6	1.045~25.9
	Ca>Naの型の温泉が多い。		N ₂ を主成分とするガスを伴う温泉がある。		
2. 中伊豆北部温泉群	~ 78	3.5~9.3	~2300	0.141~ 1.07	0.332~ 0.892
	Na>Caの型の温泉が多い。		N ₂ を主成分とするガスを伴う?		
3. 東伊豆温泉群	~102	4.6~8.7	~18308	0.0047~0.652	0.009~ 0.269
	Na>Caの型の温泉が殆んどである。		噴騰泉が多い。		
	CaCO ₃ を主成分とする著量の沈積物が附着する。		CO ₂ を主成分とするガスを伴う?		
4. 箱根温泉群	~ 94.2	2.2~9.3	~ 4113	0.0007~295	0.013~ 237.3
	他の3群のようなまとまった特徴は示さない。				

上記4温泉群を比較したのが第5表である。

V 火成活動

伊豆箱根地域は、第三紀中新世から現世まで、断続して何回もの火成活動の舞台となった地域であり、構成岩層も火山岩・火山砕屑物のみよりなるといつても過言ではない。

これまでの調査から、本地域に於いて温泉をもたらす可能性のある火成活動は、第6表の如きものと考えられる。

湯ヶ島層群は、湯ヶ島変朽安山岩類(下部)、修善寺白色凝灰岩類(上部)に分けられ、前者は玄武岩乃至基性安山岩質であり、後者は酸性安山岩乃至石英安山岩質である。湯ヶ島変朽安山岩類は、中伊豆湯ヶ島温泉附近を模式地とし、南伊豆を除いて各地に露頭が認められる。中新世中期に属し、熔岩、凝灰岩、火山砕屑岩を主とし、砂岩、頁岩などを夾む。また全体として変成をうけ、変朽安山岩化し沸石、方解石、石英、緑泥石などの二次鉱物が認められる。修善寺白色凝灰岩類は、修善寺温泉附近に分布する。

第6表

温泉をもたらしたと認められる火成活動

更新世	箱根火山	中央火口丘	中性安山岩
		新期外輪山	中性～酸性安山岩及び輝石石英安山岩
	古期外輪山	玄武岩及び基性～中性安山岩	
	湯河原火山		{ 輝石石英安山岩 基性安山岩
	多賀火山		{ 輝石石英安山岩 玄武岩及び基性～中性安山岩
中新世	白浜層群	(熱海凝灰岩)	(玄武岩)
		(早川凝灰岩)	石英安山岩・流紋岩
(江ノ浦凝灰岩)			
	湯ヶ島層群	修善寺白色凝灰岩類	酸性安山岩～石英安山岩・流紋岩
		湯ヶ島変朽安山岩類	玄武岩及び基性(～中性)安山岩

構成岩層は、熔岩、凝灰岩、火山砕屑岩を主とするが、変成作用は湯ヶ島変朽安山岩類ほど著しくはない。また、湯河原・箱根・熱海附近の湯ヶ島層群は同層群下部のものとしたが、明確ではない。

白浜層群は、南伊豆に広く分布する岩層で、中新世末期のものと考えられる。凝灰岩・火山砕屑岩を主とし、石英安山岩乃至流紋岩質である。箱根地域の早川凝灰岩・熱海地域の熱海凝灰岩・中伊豆北部の江ノ浦凝灰岩などは同時代のものと考えられ構成岩層もよく似たものである。この層群と修善寺白色凝灰岩類との関係は未だ充分に明らかでない。

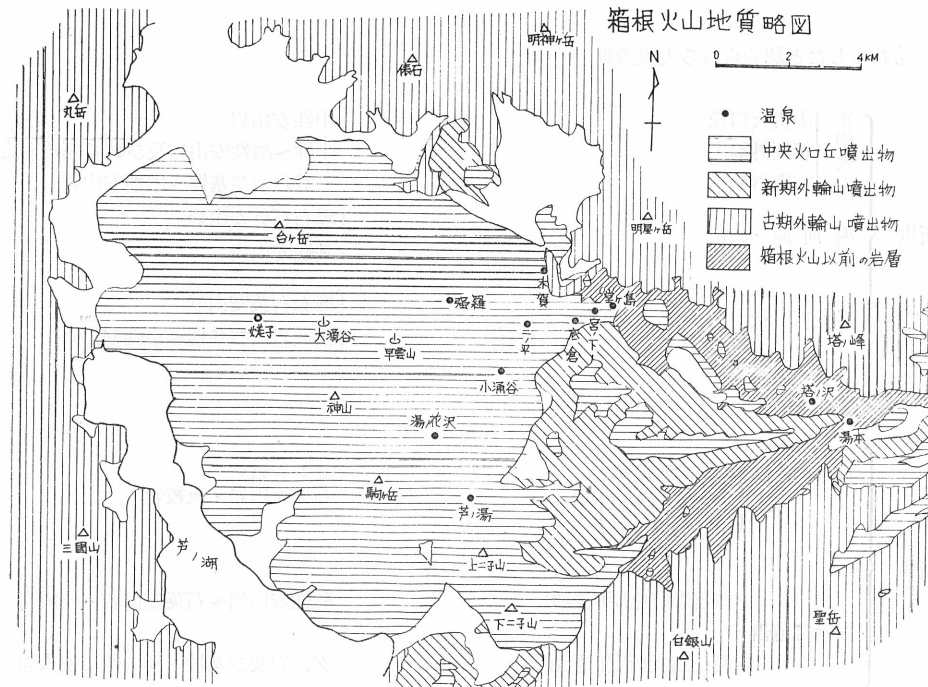
多賀火山は、熱海乃至上多賀の東方海中を噴出中心としたものと考えられ、山体は主として玄武岩及び基性安山岩よりなる。その活動は更新世の前半中に終結したとされている。

多賀火山の活動より後に、石英安山岩の活動があり、伊豆山、上多賀、日金、軽井沢、鍛冶屋などに小噴出岩体が認められる。

湯河原火山は、湯河原町附近を中心として活動したのと考えられ、基性安山岩よりなる。多賀火山よりも後れて活動したものであるが、両者の間に著しい時間的間隙はなかつたであろう。

前述の石英安山岩の小噴出岩体のうち、いくつかは湯河原火山の活動開始よりは後のものと考えられる。

箱根火山は大別して3回の活動で出来上った火山である。その最も古い活動によつて、古期外輪山が生じた。その岩質は玄武岩及び中性安山岩を主とする。第1期カルデラの陥没後、次に活動したのが新期外輪山で、その岩質は中性安山岩及び石英安山岩である。第2カルデラが陥没した後、最後の中央火口丘の活動が始まった。岩質は中性安山岩に属するもので、この活動は、現在は大湧谷や早雲山の硫気活動として残存している(第6図)。



Ⅵ 火成活動と温泉との関係

1. 中伊豆南部温泉群及び同北部温泉群

中伊豆南部温泉群及び同北部温泉群は、その位置・掘さく状況などから、何れも湯ヶ島層群もしくは白浜層群などの中新世の地層と密接な関係を有しているものと考えられる。すなわち中伊豆南部温泉群の各温泉は何れも湯ヶ島層群下部層より(湯河原温泉の湧出母岩は同層群上部層か下部層か不明)湧出し、湯ヶ島層群下部を作った玄武岩乃至安山岩質の基性の火成活動によつてもたらされたものと思われる^{9,12)}。中伊豆北部温泉群の蓮台寺・河内温泉は白浜層群¹²⁾、大仁温泉は湯ヶ島層群下部層中に貫入した同層群上部層と同時代の石英安山岩⁷⁾、修善寺・伊豆長岡・韮山温泉は同層群上部層⁷⁾、伊豆山(1)・熱海(1)温泉は湯ヶ島層群(上部層か下部層か不明)よりそれぞれ湧出し、何れも湯ヶ島層群上部或いは白浜層群を作った石英安山岩乃至流紋岩質の酸性の火成活動によつてもたらされたものと思われる。

両温泉群とも、中新世の火成活動によるもので、温泉水の化学的性質は、溶存物質が少ない、泉温が低い、アルカリ性である N_2 を主成分とするガスを伴うなど自由系の湧れ型の特徴を示している。しかし、仔細に検すれば、酸性岩質の活動によつてもたらされた北部温泉群の方がS/Cl比は小となっている。

湯河原・伊豆山・熱海温泉のそれぞれ一部は湯ヶ島層群に由来するものと考えられるが、南部温泉群のものか、北部温泉群のものかは、地質的な資料によつて判断することが出来ず、ここではS/Cl比の値によつてどの温泉群に属するか判定した。

2. 東伊豆温泉群

東伊豆温泉群のうち、湯河原温泉(Ⅱ)は湯河原温泉(Ⅰ)とともに湯ヶ島層群を湧出母岩とするが、

湯河原火山の活動中心に近く位置し、同火山によつてもたらされたものと考えられる。伊豆山、熱海温泉も同じく湯ヶ島層群中より採取される温泉水であるが、海則のS/Cl比の小さい温泉群は海中に活動の中心を有する多賀火山によつてもたらされたものと考えられる。網代温泉は網代玄武岩類中より湧出し、同様多賀火山によるものであろう。²⁾ これら火山は何れも活動の後期に石英安山岩質の活動を¹¹⁾ 伴い、また、温泉の湧出状況・炭酸カルシウムの沈着状況・化学的性質などが、著者のいう制約系に近い。伊東温泉(Ⅱ)はS/Cl比の値から、本温泉群に属せしめたが、これはむしろ湯ヶ島層群より湧出する同温泉(Ⅰ)の温泉水に海水が混入したものであると考えるべきである。^{2,4)}

更に南の同温泉群の温泉水は、典型的な制約系の特徴を¹¹⁾ 有し、何れの温泉も白浜層群中より湧出している。白浜層群によるものか、現在露出していかくされた火成活動によるものか不明であるが、何れにしても、酸性岩質の火成活動による制約系の温泉であると考えられる。

3. 箱根温泉群

箱根地域には、温泉をもたらし可能性のある火成活動は、新しいものから箱根火山中央火口丘(中性安山岩)、同火山新时期外輪山(中性～酸性安山岩・石英安山岩)同火山古期外輪山(玄武岩・基性～中性安山岩)、早川凝灰岩(石英安山岩)、湯ヶ島層群(玄武岩・基性安山岩)が挙げられる。

湯ノ花沢・姥子2温泉が酸性硫酸塩泉、芦ノ湯温泉の自然湧出泉が中性硫酸塩泉、同温泉の掘さく泉が弱アルカリ性硫酸塩～重炭酸塩泉、小湧谷温泉の一部が弱アルカリ性重炭酸塩泉、小湧谷・木賀・強羅温泉の一部が中性～弱アルカリ性重炭酸塩～塩化物泉である。これらの温泉は中央火口丘噴出物中より湧出し、大湧谷・早雲山などの噴気とともに、基性の中央火口丘の活動に由来するものであることは確実であろう。そして、大湧谷、早雲山は自由系の噴気型に、他の温泉は分離型にそれぞれ属する様子が明らかである。

小湧谷・木賀・強羅温泉の一部は、宮ノ下・底倉・堂ヶ島の諸温泉とともに非常に狭い範囲にまとまり、塩化物泉となつている。湯本・塔ノ沢2温泉は塩化物泉に属するが、それより高い(中央火口丘に近い)宮ノ下・底倉・堂ヶ島の温泉よりも硫酸塩含量が多くなつている。このことは、箱根地域の温泉がすべて中央火口丘の活動に由来する自由系の分離型の温泉であると考え場合に説明が困難となる。

宮ノ下・底倉・堂ヶ島温泉の多くは、早川凝灰岩の分布区域にあり、温泉水はもつとも塩素イオンの多い範囲に密集していて、中央火口丘噴出物の分布区域にある小湧谷・木賀・強羅温泉の一部とともに、中央火口丘の活動による分離型の最深相を示すものと考えることが出来るが、酸性の新时期外輪山の活動の影響を受けたものかも知れない。附近に分布する早川凝灰岩、湯ヶ島層群の影響は泉質から認められない。

湯本・塔ノ沢温泉附近の地表には早川凝灰岩が分布し、更に温泉井のうちには、湯ヶ島層群に到達しているものがあると考えられ、温泉水は幾分硫酸塩が多いことから、基性の古期外輪山の活動の影響を受けたものか、あるいは中新世層に伴う温泉水(1.及び2.に属する温泉水の性質から考えて岩質の如何にかかわらず硫酸塩泉であると思われる)をも揚湯しているのかも知れない。

以上に述べたように、箱根地域温泉の大部分は、中央火口丘に由来する自由系の分離型に属する。大湧谷・早雲山などは、地下循環水に乏しい高地に位置し、中央火口丘に由来する噴気型に属するものである。小湧谷・木賀・強羅温泉の一部、宮ノ下・底倉・堂ヶ島温泉は新时期外輪山の影響を受けた溺れ型に、湯本・塔ノ沢温泉は、古期外輪山もしくは、早川凝灰岩・湯ヶ島層群の影響を受けた溺れ型にそれぞれ属するものかも知れない。

Ⅶ ま と め

このように伊豆箱根地方の諸温泉をみると、一見無秩序に見えとこれら温泉水の化学的性質が、同地域の火成活動の化学的性質や活動の時期、また温泉水形成の様式などに従って系統立つた様相を示していると解釈することが出来る。

中新世の火成活動による中伊豆南部及び北部温泉群の温泉水は、自由系の湧れ型の温泉水となつている。そしてその火成活動が基性的の場合（南部温泉群）は、温泉水のS/Cl比は、酸性の場合（北部温泉群）に比して大きい。更新世以後の火成活動による温泉水は、酸性の火成活動によつてもたらされ、更に制約系によつて強調されたS/Cl比の小さい温泉水（東伊豆温泉群）と、基性の活動によつてもたらされ、更に自由系の分離型に属する種々の泉質の温泉水（箱根温泉群）となつている。

湯河原・伊豆山・熱海温泉のそれぞれ一部は、東伊豆温泉群に属し、更新世の酸性岩の認められる火成活動に伴うものと考えられるが、温泉水の化学的性質は、典型的な制約系とは言い難く、制約系と自由系との中間に位するものと考えられる。一方、北川以南の同温泉群に属する温泉水の化学的性質は典型的な制約系のものであるが、それをもたらしと思われる火成活動は地表には認められず、中新世の酸性の活動（白浜層群）によるものか、更新世の酸性の活動によるものか判然としない。

文 献

- 1) 中央温泉研究所：温泉中分析資料
- 2) ———：未公表温泉調査資料
- 3) 服部安藏：鈹泉の触媒作用に関する研究（第3報）伊豆地方の温泉調査並其の触媒作用に就いて
日本衛生学会誌、Vol. 14, No. 1, 1942
- 4) 石館守三他3名：温泉の地球化学的研究（第6報）鈹泉中のリチウムについてその(1)、温泉科学、Vol. 8, No. 4, 1957
- 5) 厚生省国立公園部：日本鈹泉誌、1954
- 6) 久野久：7万5千分1熱海図幅、地質調査所、1952
- 7) 佐藤幸二：伊豆修善寺温泉地域の地質及び温泉、地質学雑誌、Vol. 65, No. 762, 1959
- 8) ———：日本温泉科学会第13回大会講演”講演番号2”1960
- 9) ———：中伊豆上狩野村の温泉について、地質学雑誌、Vol. 67, No. 788, 1961
- 10) ———：日本地質学会第68年総会講演”講演番号208”、1961
- 11) Sato, K. : On the Types of Japanese Volcanic Thermal Water
Jap. Jour. Geol. Geogr., Vol. 32,
No. 1961
- 12) 静岡県衛生部：静岡県伊豆地方温泉調査報告、1957

On the Thermal Springs and Geology of Izu-Hakone District

Koji SATO

(Hot Spring Research Center)

Thermal springs of Izu-Hakone district are divided into four groups by their chemical properties as follows:

group	temperature	dissolving substances	S/Cl ratio	type of cation	
1. Central Izu southern group	medium ($\sim 75^{\circ}\text{C}$)	medium ($\sim 2376\text{mg/l}$)	large (0.854-89.6)	Ca>Na	o : accompanied by gas rich in N_2
2. Central Izu northern group	medium ($\sim 78^{\circ}\text{C}$)	medium ($\sim 2300\text{mg/l}$)	medium (0.141-1.07)	Na>Ca	
3. Eastern Izu group	high ($\sim 102^{\circ}\text{C}$)	many ($\sim 18308\text{mg/l}$)	small (0.047-0.652)	Na>Ca	o : accompanied by gas rich in CO_2 o : thrown up into fairly height o : deposit large amount of CaCO_3
4. Hakone group	does not have so clear features as above three groups				

The waters of Ubako, Yunohanazawa spas, highest spas in altitude in Hakone district, belong to acidic sulphate water. Then the waters of thermal springs change their characteristics according to the decrease of their altitude. Namely. neutral~weak alkaline sulphate water containing bicarbonate, weak alkaline bicarbonate~chloride water, neutral~alkaline chloride water, and finally the waters of Yumoto, Tonosawa spas, the lowest spas in altitude, belong to alkaline chloride water containing sulphate. The thermal springs of Izu-Hakone district may be brought by the repeated volcanisms after earlier Miocene.

Generally, chemical properties of volcanic thermal waters are variable in accordance with followings; the chemical properties of magmatic emanation which brought the thermal spring water, the type or system of thermal water circulation and mixing with vadose water.

Therefore the relations between chemical features of thermal spring waters and those of volcanisms are deduced in this district as follows : the thermal springs of group 1 are recognized as the products of *drowned type** in *free system** of thermal spring water circulation. The basic volcanism of earlier Miocene (lower Yugashima Group)

is inferred to be the source rock of those thermal springs.

The thermal springs of group 2 are recognized as the products of *drowned type* in *free system* of thermal spring water circulation. The acidic volcanism of later Miocene (upper Yugashima Group~Shirahama Group) is inferred to be the source rock of those springs.

Those of group 3 are recognized as the products of *restricted system** of thermal spring water circulation. The acidic volcanism of Pleistocene (dacites of Yugawara and Tago Volcanoes) or that of later Miocene (Shirahama Group) is inferred to be the source rock.

A large part of thermal spring of group 4 are recognized as the products of *fumarolic type* or the products of *separative type* in *free system* of thermal spring water circulation. The basic volcanism of Pleistocene (Central cone of Hakone Volcano) is inferred to be the source rock. But on other parts, the influences of other volcanisms are suggested in their chemical properties.

As the fact above mentioned, it is deduced that the features of thermal springs in this district show the systematic and consistent character according to the chemical properties of volcanism, its age, the *type* or *system* of thermal water circulation and the mixing with vadose water.

* ref. SATO, K.: On the Types of Japanese Volcanic Thermal Water, Jap. Jour. Geol. Geogr., Vol. 32, No. 2, 1961

