

伊豆半島温泉群における Ra 及び Rn 濃度

甘露寺泰雄*, 堀内 公子**, 石井 忠***, 村上悠紀雄****

*中央温泉研究所, **東京都立大学理学部, ***日本アイソトープ協会, ****北里大学衛生学部

(昭和55年10月15日受理)

Ra and Rn Concentrations in Thermal Spring Waters from Izu Peninsula

Yasuo KANROJI*, Kimiko HORIUCHI**, Tadashi ISHII***
and Yukio MURAKAMI****(*Hot Spring Research Center, **Department of Chemistry, Faculty of Science,
Tokyo Metropolitan University, ***The Japan Radioisotope Association,
****School of Hygienic Science, Kitasato University)

Abstract

Ra and Rn concentrations in 41 thermal spring waters from 18 spas of Izu peninsula were determined by a liquid scintillation counter method, and the relationship among Rn/Ra ratio, δRn value,* and major components was discussed concerning the issuing mechanism of thermal water. As far as the 18 thermal spas in Izu peninsula are concerned, it was proven from geological investigation that the issuing of thermal water is closely connected with such tectonic lines as faults, fractured zones, and dykes in the strata.

Present observation revealed the following points :

- (1) Thermal waters with high Rn/Ra ratios and high δRn values are located along the tectonic lines, and many of these springs are naturally issuing types with large flow rates. It is postulated that tectonic lines accumulate Rn in thermal spring waters.
- (2) Thermal waters of a lower temperature, which may be formed by a mixing of underground water with the original thermal waters, show high Rn concentrations. The mixing ratio of underground water may be responsible for the Rn concentrations in the issuing thermal waters.

*The δRn value has been defined previously⁴⁾ as $(Rn - Rn(eq)) / {}^0Ra$, where Rn is the Rn concentration in the samples, Rn(eq) is the Rn concentration in equilibrium with Ra in the respective samples and 0Ra is the amount of Ra in lg of evaporated residue of the corresponding samples.

1. ま え が き

先に堀内ら¹⁾は伊豆半島の諸温泉22例について同一の試料から Rn, Tn 及び Ra を定量し, Rn/Ra 比が低温温泉群で特に大きな値を示すことを報告した. また白浜温泉11例についての結果では, $HCO_3^- > Cl^-$ 型である温泉と, これに海水が混入して形成された $Cl^- > HCO_3^-$ 型の温泉では, Rn 含量や Rn/Ra 比に差があることを, 海水混入過程の海水-岩石間の反応と結びつけて考察²⁾した. さらに勝浦・湯川温泉13例についての Ra, Rn の定量結果について, 甘露寺ら³⁾は Rn/Ra 比が優勢な自噴帯において高いことから, 断層などの構造線などの存在が同一の温泉地帯において同比

* 東京都豊島区高田3-42-10 ** 東京都世田谷区深沢2-1-1 *** 東京都文京区本駒込2-28-45 **** 相模原市北里1-15

に差を与える一因であることを推論した。

一方堀内、村上⁴⁾は、Rn、Ra 及び蒸発残留物の関係から δRn 値を定義してその地球化学的意義を追求した。 δRn 値とは、Ra と Rn が同一試料で同時に定量されたときにつぎのように定義される。すなわち、定量した Ra 量と放射平衡にあるべき Rn 量 ($Rn(eq)$) を定量した Rn 量から差引くと、 $Ra - Rn$ の平衡量からのずれとなる。別に蒸発残留物 1 g 当りの Ra 量 (0Ra) を算出し、 $\{Rn - Rn(eq)\} / {}^0Ra$ を δRn 値と定義する。 δRn 値と温度、化学成分などの関係を検討することにより、平衡量を上まわる Rn の供給源としての“Rn”地下水が、三朝、増富、白浜、勝浦などで想定された。^{2,4)}

この報文は伊豆半島の諸温泉についてこれまでに定量された Rn、Ra 含量^{1,5)} を総括し、さらに δRn 値を算出して、主として温泉水の湧出機構との関連を追求した。

対象とした温泉地はつぎの通りである。伊東赤沢、熱川及び片瀬、峯、谷津、蓮台寺大沢、大滝、一色、下賀茂加納、相玉、松崎、土肥 (小土肥を含む)、湯ヶ島、嵯峨沢、月ヶ瀬、吉奈、船原の諸温泉で、これらの位置を Fig. 1. に示す。なおこれら温泉水については蒸発残留物及び主要成分 (Na^+ , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-) の分析値と Rn、Ra 含有量、Rn/Ra 比、及び δRn 値との関係も合わせて検討した。

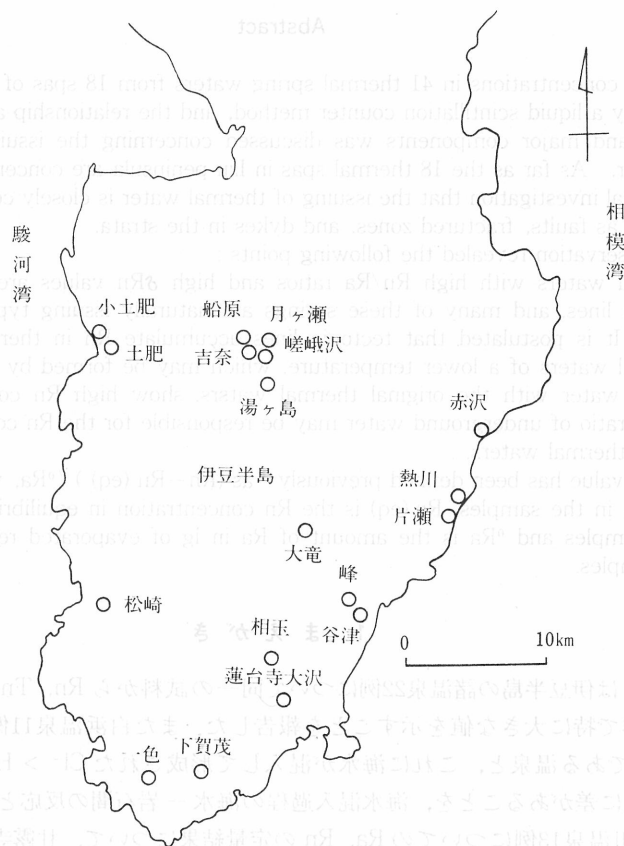


Fig. 1 試料を採取した温泉地の位置

2. 定量法及び定量結果

Rn 及び Ra の定量法は既報^{1,5)}の通りである.* また主要成分の分析法は鉱泉分析法指針⁶⁾に準拠した。定量値を Table 1. に示す。

1) Rn の定量結果

Rn の最高含量は湯ヶ島 (Y-13, 湯ヶ島館No.3) で 252×10^{-12} Ci/l, 蓮台寺大沢 (O-2, 掛橋) の 230×10^{-12} Ci/l がこれにつき, 赤沢第一水道, 熱川 (N-1, 道灌の湯), 一色 (I-1) 湯ヶ島 (Y-5, 世古大湯) などが何れも 100×10^{-12} Ci/l 以上である。これについて相玉 (AI-5, 相玉3号) 松崎4号及び6号 (MZ-5, 6), 船原 (F-2, 木之股の湯), 湯ヶ島西平町営及び湯ヶ島館No.3 (Y-15, 4) などが 30×10^{-12} Ci/l 以上である。これら温泉は大部分が自然湧出泉で, 相玉, 船原以外は泉温がおよそ 60°C 以下で, 今回対象とした温泉の中では比較的低温である。これに対して, 熱川, 峯, 谷津, 下賀茂のように 90°C を越える高温自噴泉は Rn 含量が低い。また自然湧出以外の動力により揚湯している場合は Rn 含量が低く, 特にエアリフト揚湯では例外なく Rn 含量が低くなっている。

2) Ra の定量結果

Ra 含量は湯ヶ島館No.3 (Y-13) が 5.86×10^{-12} Ci/l で最も高い (この温泉は Rn 含量も最値を示している)。これについて下賀茂 (K-2, 加納共同), 松崎6号 (MZ-6) などが含量が高い。今回の定量値でみる限り, 伊豆半島の温泉の Ra 含量は $0.9 \sim 5.86 \times 10^{-12}$ Ci/l の範囲におさまっている。これに対し, 蒸発残留物は $0.2 \sim 17$ g/l, Cl^- は $0.01 \sim 9.9$ g/l, SO_4^{2-} は $0.05 \sim 1.67$ g/l, Rn が $0.5 \sim 252 \times 10^{-12}$ Ci/l と何れもかなり大きい濃度範囲を示している。言いかえると Ra は他の成分に比較してほぼ一定した値をもっているといえることができる。

3) Rn/Ra 比

前述したように Ra の含量がほぼ一定であるので, Rn 含量の高い温泉は Rn/Ra 比が高くなる。水温 15.5°C の赤沢第一水道が同比が最高で 120.6 を示す。

4) δRn 値

δRn 値の最高は松崎4号 (MZ-5) の 129.6, これについて湯ヶ島 (Y-5, 世古大湯), 蓮台寺大沢 (O-2, 掛橋), 熱川 (N-1, 道灌の湯), 湯ヶ島 (Y-13, 湯ヶ島館No.3), 土肥 (T-4 山の神, T-1, 三脈), 湯ヶ島館No.1 (Y-4), 船原 (F-2, 木之股の湯) となる。これらは δRn 値が 20 以上で, 土肥を除いて自然湧出である。これに対して, 熱川, 峯, 谷津, 下賀茂の高温自噴泉は δRn 値が低く, 負数を示すものが多い。またエアリフト揚湯している温泉も例外なく同値が負数となる。

5) Rn, Ra, Rn/Ra 比及び δRn 値と蒸発残留物の相関

蒸発残留物と Ra との間には, Fig 2 に示すようにはっきりした相関はみられない。蒸発残留物と Rn 含量は Fig 3 に示すように, 残留物の多い源泉は Rn 含量が概して少なく, 逆に Rn 含量の

* Rn は採水後直ちに液体シンチレーター (LS) で抽出し測定する。Rn が抽出された試料水に N_2 ガスを吹き込んで残存する Rn と LS を除去し, 「密栓倒立法」により Ra より生れる Rn を測定し Ra を定量する。

Table 1 Rn, Ra 及び 主要成分分析値

温泉地名	源泉名称	No.	深度 (m)	湧出状況, 湧出量 ℓ/min	泉温 ℃	pH	²²² Rn ×10 ⁻¹² Ci/l	²²⁶ Ra ×10 ⁻¹² Ci/l
赤 沢	第一源泉	A - 7	730	掘さく・自噴, 550	42	8.2	11.32	1.30
	第一水道水	A - 0			15.5	7.4	205.0	1.70
	第六	A - 11	600	掘さく・自噴, 600	43.5	7.3	32.9	2.14
熱 川	道灌の湯	N - 1	15.2	掘さく・自噴, -	42	6.9	111.6	1.82
	熱川館南横上	N - 13	350	掘さく・自噴, 184	89.5	7.8	4.71	1.40
片 瀬	森田館	K - 25	500	掘さく・自噴, 300	102	8.5	0.52	3.19
	東豆館	K - 28	700	掘さく・動力*, 156	85.5	8.2	3.10	1.50
大 滝	大滝館	O - 2	2	掘さく・自噴, -	40	7.7	8.44	2.67
	玉峰館1号	M - 1	104	掘さく・動力*, 50	91.3	8.5	0.93	1.30
谷 津	養魚場	Y - 38	37	掘さく・自噴, 400	99.2	8.6	2.46	2.16
下 賀 茂	加納共同	K - 3	76	掘さく・自噴, 75	100.2	7.5	1.35	5.01
一 色	一色	I - 1	500	掘さく・自噴, 36	32	8.6	167	1.85
蓮台寺大沢	掛橋	O - 2	-	抗道内・動力, 1400	64	7.6	230.9	3.03
相 玉	相玉3号	AI - 5	715	掘さく・動力, 120	83.7	7.9	37.0	1.63
松 崎	4号	MZ - 5	700	掘さく・自噴, 86	61.1	7.2	90.2	1.27
	6号	MZ - 6	774	掘さく・自噴, 840	62.4	8.2	41.0	4.49
小 土 肥	小土肥	KT - 1	600	掘さく・動力*, 480	46.0	7.2	4.23	0.91
土 肥	山の神脈	T - 4	578	掘さく・動力*, 66	50.2	7.4	2.44	< 0.5
	三水口	T - 1	100	掘さく・動力, 1078	48.2	7.3	13.7	1.68
	口水	T - 3	408	掘さく・動力*, 375	62.4	8.4	0.68	1.58
	口水	T - 2	317	掘さく・動力*, 286	59.8	7.6	2.85	1.72
湯ヶ島	西平町営	Y - 15	25	掘さく・動力, 517	47.0	7.75	31.1	2.08
	東流おおつきの湯	S - 5	363	掘さく・動力*, 51	32.5	6.86	0.87	2.38
	浄蓮荘うら	Y - 21	285	掘さく・動力*, 80	51.0	7.20	< 0.5	0.91
	世古の大湯	Y - 5	-	自然湧出, -	41.5	7.6	111.3	1.34
	湯ヶ島館No. - 1	Y - 4	-	自然湧出, -	47.7	8.1	34.4	1.26
	湯ヶ島館No. - 2	Y - 10	-	自然湧出, 32	37.5	7.3	21.5	1.71
	湯ヶ島館No. - 3	Y - 13	2	自然湧出, -	48.5	8.0	252	5.86
	しげの湯	Y - 14	105	掘さく・動力, 80	22.0	7.1	19.2	1.44
嵯峨沢	新嵯峨沢	S - 1	127	掘さく・動力*, 96	43.5	7.3	< 0.5	1.02
	嵯峨沢	S - 2	122	掘さく・動力*, 80	42.0	7.4	< 0.5	1.43
	八丁	S - 3	270	掘さく・動力*, 32	35.0	7.4	< 0.5	2.80
吉 奈	大湯	Yo - 1	161	掘さく・動力*, 192	48.5	7.3	< 0.5	1.24
月ヶ瀬	いで湯坂	T - 10	500	掘さく・動力*, -	44.0	7.7	"	1.98
	小戸橋	T - 2	346	掘さく・動力*, 120	50	7.6	"	0.91
	聖の湯	T - 1	150	掘さく・動力*, 96	47	7.6	"	2.95
船 原	鱒池の湯	F - 7	400	掘さく・自噴, 86	93.5	7.6	12.4	1.31
	木之股の湯	F - 2	500	掘さく・自噴, 40	72	7.2	46.1	2.71
	昭和の湯	F - 6	350	掘さく・動力*, 3.5	37.5	7.4	< 0.5	1.03
	滝の湯	F - 8	529	掘さく・動力*, 63	61.0	7.7	< 0.5	2.34

註 1) 深度及び湧出状況は, 現地調査における聴取と文献(13) (18) による。

2) 湧出状況の記載の中, 動力* はエアリフト, 動力は水中ポンプによる揚湯を示す。

3) 主要成分の分析値は, 赤沢温泉は中央温泉研究所年報第3号「温泉分析表」82p (1965), 及び文献(10) ~ (14) によった。E.R. は蒸発残留物。

Rn/Ra	δRn	E.R. mg/l	Na ⁺ "	Ca ²⁺ "	Cl ⁻ "	SO ₄ ²⁻ "	HCO ₃ ⁻ "	分析年月日
8.71	1.58	205	53	9.94	22.2	52.0	70.1	54.1.28~30
120.6								"
15.4	3.34	232	65	8.68	43.1	68.3	55.2	"
61.3	80.1	1327	280	79.3	436.5	245.3	127.6	"
3.36	6.48	2741	755	87.9	966.1	585.2	118.1	"
0.16	-4.59	5481	1300	432.7	2522	555.5	94.8	"
2.07								"
3.16	2.28	1053	155	166.9	47.6	594.2	23.2	"
0.25	-1.46	1946	664	79.8	1066	1350	46.9	"
0.72	-0.38	1338	471	31.5	714.2	102.9	61.4	"
1.14	0.117	845	268	35.2	345.2	1671	55.0	"
0.27	-12.5	17078	3895	2240	9931	120.2	19.7	"
90.3								"
76.2	84.7	1126	168	106.9	157.5	415.6	56.9	"
22.7								"
71.0	129.6	1850	331	229.3	76.3	1086	42.7	"
9.13	18.6	2288	363	313.5	78.2	1337	38.0	"
4.65								"
4.88	41.3	10570	1610	1808	5193	893.8	34.2	"
8.15	35.4	4953	580	1027	1966	888	22.8	"
0.43	-1.16	2042	200	439.6	316.3	950.6	31.1	"
1.06	5.77	8769	890	1364	2931	902.8	24.7	"
14.95	15.3	1100	118	145.8	32.2	576.1	59.8	49.5
0.37	-1.29	2030	336	236.3	125.9	1193	21.2	"
0.55	-0.774	1717	216	220.5	41.15	860	31.4	"
83.06	105.3	1283	138	157.1	41.15	658.4	30.6	"
27.30	34.2	1300	138	161.5	42.57	670.7	30.6	"
12.57	9.15	791	101	117.2	26.29	415.6	46.9	"
43.0	56.9	1356	150	181.9	37.21	744.8	32.1	"
13.3	4.09	332	40	42.64	12.11	116.0	93.8	"
<0.49	-0.415	814	188	42.38	50.16	344.8	57.4	"
<0.35	-0.551	847	208	49.9	59.84	411.5	58.5	"
<0.18	-1.27	1550	260	163.2	74.72	773.6	37.5	"
<0.5	-0.38	639	130	27.65	51.54	218.7	56.3	"
0.25	-0.24	321	65	17.43	22.48	116.7	49.1	"
0.25	-0.42	933	220	54.93	53.62	454.3	33.1	"
0.17	-0.558	672	140	35.32	37.01	321.8	40.3	"
9.47	11.6	1376	328	49.59	191.3	513.6	87.7	"
17.0	22.4	1402	336	67.06	199.9	549.8	91.0	"
0.49	-0.571	1110	260	63.68	164.3	381.9	53.0	"
0.21	-1.04	1328	324	66.69	196.5	512.7	68.9	"

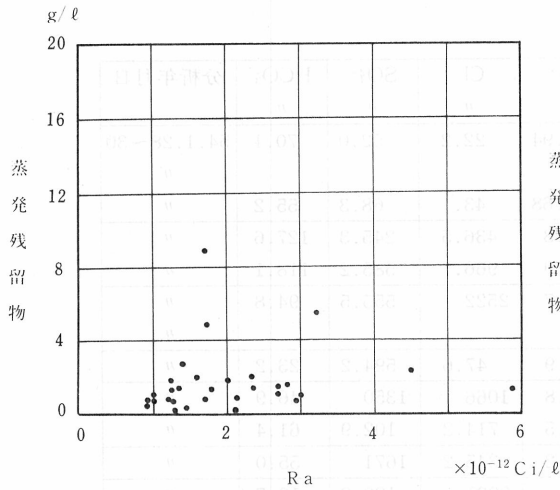


Fig. 2 蒸発残留物-Ra含量相関図

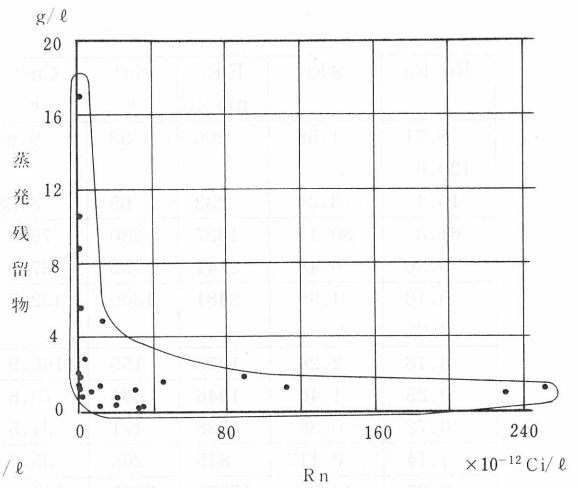


Fig. 3 蒸発残留物-Rn含量相関図

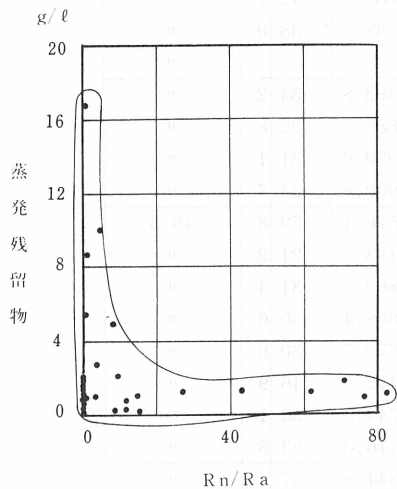


Fig. 4 蒸発残留物-Rn/Ra比相関図

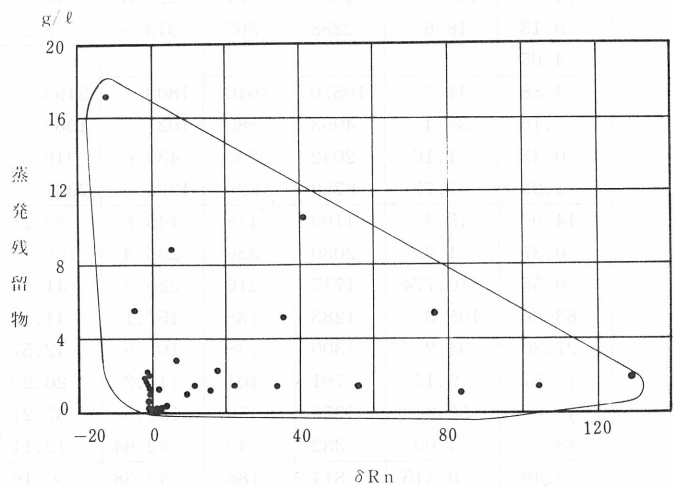


Fig. 5 蒸発残留物-delta Rn値相関図

高い源泉は残留物が少ない。ただし、残留物の少ない源泉は Rn 含量が高いとはいえないし、Rn 含量の少ない源泉は必ずしも残留物が多いとはいえない。蒸発残留物と Rn/Ra 比は蒸発残留物と Rn 含量の関係と同じようなパターンを示す (Fig 4)。蒸発残留物と δRn 値の関係は Fig. 5 に示すように各プロットが三角形の範囲に分布し、 δRn 値の高いもので蒸発残留物の多いものはみあたらない。

つぎに Ra, Rn 含量と主要化学成分との関係であるが、伊豆半島の温泉は Cl^- と SO_4^{2-} 、 Na^+ と Ca^{2+} によって特徴づけられることや、⁷⁾ 主要成分と蒸発残留物との間には多くの温泉地でほぼ正の相関関係を示すことが報告* されている。したがって Ra, Rn 含量と主要成分、たとえば Cl^- 、

* 後述の文献による。熱川周辺地域、峯、谷津、下賀茂、松崎及び湯ヶ島地域ではそれぞれ文献 9) 11) 12) 13) 14) に記載している。

SO₄²⁻, Na⁺, Ca²⁺ の関係は大きくみて Fig. 2, 3 に示した Ra, Rn 含量と蒸発残留物との関係に似たようなパターンとなると推定されるので、これについては記述を省略する。

3. 考 察

ここでは温泉の湧出機構と Ra, Rn 含量, δRn 値との関係について考察してみる。伊豆半島の温泉の湧出機構に関しては、地質調査所,⁸⁾ 中央温泉研究所,⁹⁻¹⁵⁾ 鮫島,¹⁶⁾ 三木杉,¹⁷⁾ 佐藤¹⁸⁾ らによって検討された結果が報告されている。そこで地区別にこれら既報を参照して湧出機構の概要を述べ、合わせて Ra, Rn 含量や δRn 値との関係について考察を進めてゆく。

1) 熱川及び片瀬温泉とその周辺

本地域は広く第四紀更新世の天城火山噴出物におおわれ、その下位に新第三紀中新世の火山岩類一湯ヶ島層群に相当する一がある。⁹⁾ 温泉は熱川を中心とする一群と、片瀬の南西に接する白田を中心とする一群にわけられる⁹⁾ (Fig. 6)。この二つのグループの間で温泉の水位や化学成分な

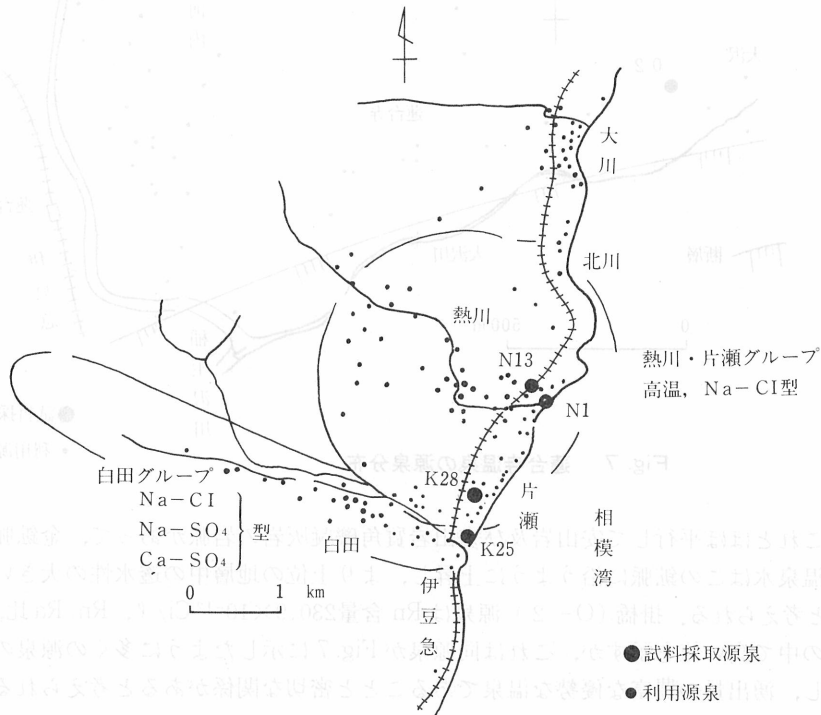


Fig. 6 熱川及び周辺地域の源泉分布と試料採取地点

どに相違が認められている。前者すなわち熱川を中心とする一群は浅層のものと深層のものに分けられる。浅層のものは天城火山噴出物中を流下すると考えられる地下水性の微温泉で、道灌の湯 (N-1) がそれに属し前述した Rn 含量, Rn/Ra 比及び δRn 値が熱川及び片瀬の 4 試料 (N-1, 13, K-25, 28) の中で特に高い値を示している。これに対して深層の温泉は湯ヶ島層群より湧出する高温自噴泉で、微アルカリ性, Na⁺ 及び Cl⁻ を主成分とし,^{9, 10)} 石灰華を多量に生成する特

微をもつ。熱川 (N-13) 及び片瀬 (K-25, 28) がそれで、Rn 含量、Rn/Ra 比及び δRn 値は低い。熱川地域では地下水性の温度のあまり高くない温泉が Rn 含量が高いということが出来る。

2) 峯、谷津及び下賀茂^{8, 11, 12)}

これらの温泉は新第三紀白浜層の分布区域内に湧出する。玉峰館 (M-2)、同1号 (M-1)、谷津養魚場 (Y-38)、及び下賀茂加納共同 (K-2) の4例はいずれも高温自噴泉で、Na⁺、Cl⁻を主成分とする微アルカリ性の温泉で、前述の熱川、片瀬温泉と同じように石灰華が著しく生成する温泉である。熱川と同じように Rn 含量が少なく、Rn/Ra 比、 δRn 値も低い。

3) 蓮台寺大沢温泉

蓮台寺鉦山の旧坑道内に湧出する温泉で、水中ポンプによる揚湯を行っている。揚湯量は1430 l/min で、⁹⁾ 付近の猿喰源泉と共に蓮台寺の主力を占める温泉である。

蓮台寺-大沢地域では、大沢川に沿う東西方向、南落ちの大沢断層が温泉分布の南限 (Fig. 7)

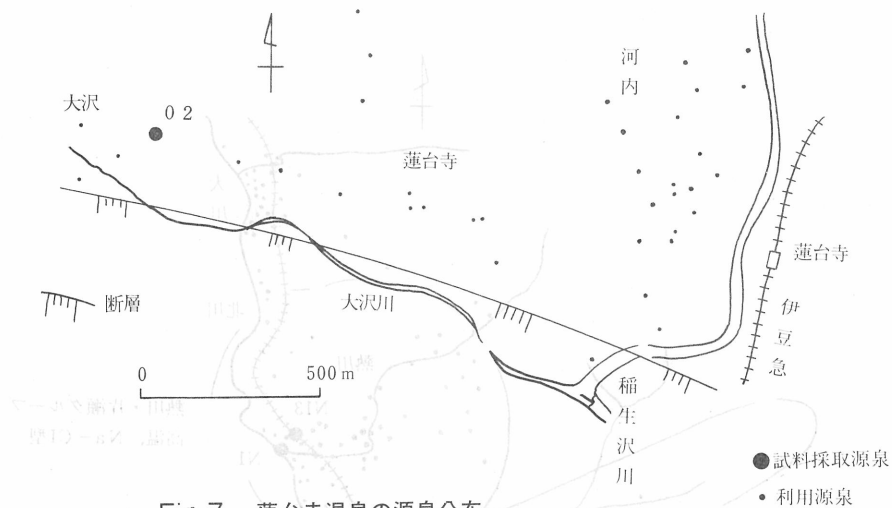


Fig. 7 蓮台寺温泉の源泉分布

をなし、これとほぼ平行して安山岩及び安山岩質角礫凝灰岩の岩脈があって、金鉦脈が胚胎するという。温泉水はこの鉦脈に沿うように上昇し、より上位の地層中の透水性の大きい部分を流動していると考えられる。掛橋 (O-2) 源泉は Rn 含量 $230.9 \times 10^{-12} \text{ Ci/l}$ 、Rn/Ra 比、 δRn 値共に伊豆半島の中で高い値を示すが、これは同源泉が Fig. 7 に示したように多くの源泉の中で断層近くに位置し、湧出量の豊富な優勢な温泉であることと密接な関係があると考えられる。

4) 松崎温泉¹³⁾

松崎付近は湯ヶ島層群の凝灰質砂岩層よりなる。堀さく記録から、上部の沖積層の下は火山岩と火山性碎屑岩の互層で、前者としては安山岩、玄武岩、変朽安山岩、後者としては凝灰角礫岩、凝灰岩、集塊岩等であるという。松崎6号 (MZ-6) 付近には断層が推定されている。おそらく松崎温泉は湯ヶ島層中の断層に沿って湧出した温泉が、比較的深層の湯ヶ島層より成る貯溜層中を流動しているものと推定される。

松崎4号及び6号 (MZ-5, 6) の Rn 含量はそれぞれ $90.2, 41.0 \times 10^{-2} \text{ Ci/l}$ で、特に4号は

Rn/Ra 比及び δRn 値が高い。両源泉は深度は700m前後、後者(MZ-6)は自噴量が840 l/minを越える優勢な源泉である。Rn 含量や Rn/Ra 比、 δRn 値が高いのは、この温泉が蓮台寺大沢温泉と同じように断層近くにあつて優勢な湧出量を保持していることと無関係ではないと思われる。

5) 土肥温泉^{15, 17)}

土肥には現在5本の掘さく井(深度最高580m)があつて、今回分析の対象としたのは、山の神(T-4)、三脈(T-1)、水口洞(T-3)、及び水口(T-2)の4ヶ所である(Fig. 8)。い



Fig. 8 土肥温泉の源泉分布

づれも動力揚湯であるが三脈のみが水中ポンプにより、他はエアリフトにより揚湯されている。

土肥温泉付近には、湯ヶ島層群、大見白色凝灰岩類、小下田安山岩類などが分布し、これを天金断層が切っている(Fig. 8)。土肥鉱山の鉱脈は湯ヶ島層群中にもみ賦存するといわれ、鉱化作用は湯ヶ島層群や大見白色凝灰岩類堆積後(新第三紀中新世後期)に行われたと考えられ、天金断層は更にその後で生じたという。温泉はこれら鉱脈や断層に沿って湧出すると考えられ、三脈源泉の Rn 含量が高いのは断層近くに位置していることが関係していると思われる。

6) 中伊豆地域^{14, 18)}

ここでは、湯ヶ島、嵯峨沢、吉奈、月ヶ瀬及び船原温泉を一括して取りあつかうことにする。温泉の分布を Fig. 9 に示す。これら諸温泉の泉質はすべて硫酸塩タイプに属している。付近には新第三紀中新世の湯ヶ島層群を基盤とし、中新世の白色凝灰岩類や、新第三紀鮮新世以降の火成岩類も分布している。

本地域の温泉湧出機構と地質に関しては佐藤の詳細な報告¹⁸⁾がある。湯ヶ島温泉地域には湯ヶ島層群の下部を占める湯ヶ島変朽安山岩類が分布している。その岩質は緑色を呈する凝灰角礫岩を主とし、安山岩熔岩や頁岩、砂岩などをはさむ。湯ヶ島から嵯峨沢の南にかけて湯ヶ島層を切

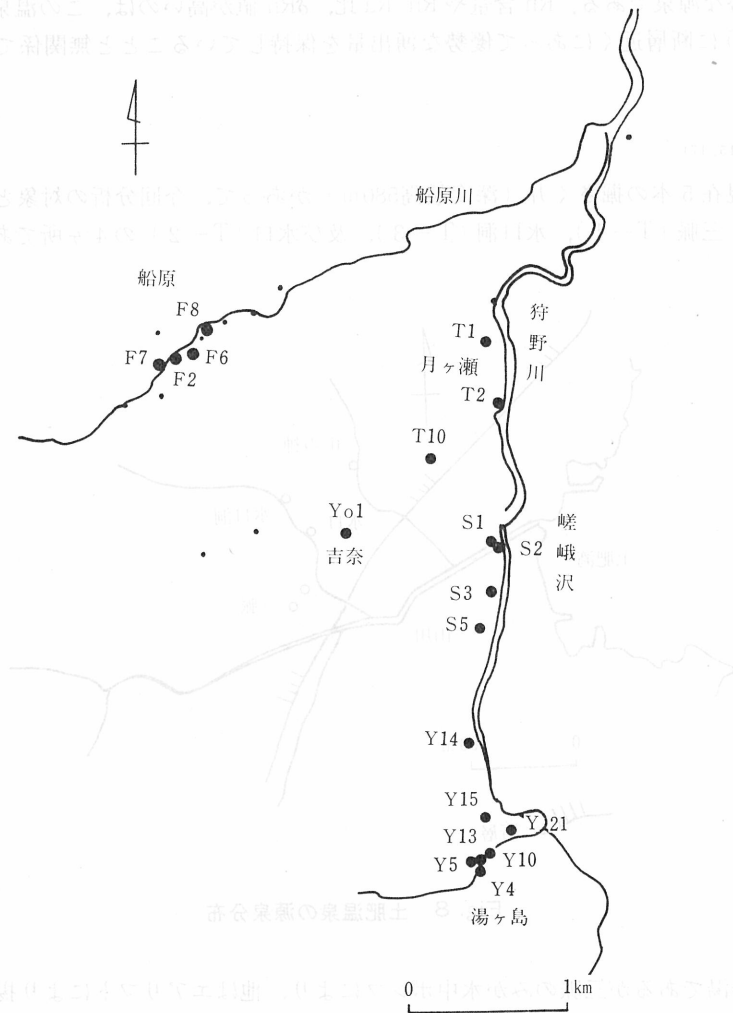


Fig. 9 中伊豆地域の温泉分布

(船原, 月ヶ瀬, 吉奈, 嵯峨沢, 湯ヶ島)

● 試料採取 源泉

る南北方向の玄武岩々脈があって西に傾斜している (Fig. 10). 付近の岩石は変質をうけ、硬化破砕帯、珪化帯、粘土化帯など、特に強く変質した部分が岩脈の西側に近接して存在する。優勢な温泉の賦存はこの岩脈の西側に限られる。

今回分析の対象とした試料の中で、Rn 含量の高い温泉、たとえば西平町営 (Y-15), 世古大湯 (Y-5), 湯ヶ島館 3 (Y-13) などは、Fig. 10 に示すように岩脈の付近に集中し、これら温泉は Rn/Ra 比や δRn 値も高い値を示している。

嵯峨沢, 月ヶ瀬, 吉奈各温泉は Rn 含量が 0.5×10^{-12} Ci/l 以下で、これは動力揚湯のために、Rn 含量が低い値となっていると思われる。

船原の2例、鱒池の湯 (F-7)、及び木之股の湯 (F-2) は自噴泉で、前者は93.5℃と高温である。この2源泉は Rn 含量がそれぞれ12.4, 16.1×10^{-12} Ci/l で、Rn/Ra 比や δRn 値も中伊豆温泉の中では比較的高い。ただし鱒池の湯は、熱川、峯、谷津、下賀茂のような高温・自噴泉、Na-Cl 型のものとは性質が違っており Na-SO₄ 型である。高温にもかかわらず Rn 含量が高いのがどのような機構によるものかは明らかではない。

4. まとめ

Ra, Rn 含量, Rn/Ra 比, 及び δRn 値と温泉水の流動・湧出機構との関連について総括するとつぎのようになる。

(1) 伊豆半島の温泉水は Ra 含量は $0.5 \sim 5.86 \times 10^{-12}$ Ci/l で大きくみてほぼ一定である。これに対して Rn 含量は $0.5 \sim 252 \times 10^{-12}$ Ci/l とかなりの濃度範囲を示している。Ra 含量は泉温や蒸発残留物とはっきりした相関を示さない。Rn 含量の高い温泉は蒸発残留物が比較的小さく、泉温のあまり高くない、いわば地下水型の温泉である。蒸発残留物が多い温泉は Rn 含量が少ない。

(2) 熱川、峯、谷津、下賀茂のような高温塩化アルカリ型の自噴泉では温泉水中の Rn 含量が少ない。ただし船原のような硫酸アルカリ型の自噴泉では Rn 含量がかなり高い。

(3) Rn 含量, Rn/Ra 比及び δRn 値の高い温泉は、熱川・道灌の湯 (N-1)、蓮台寺大沢・掛橋 (O-2)、松崎4号及び6号 (MZ-5, 6)、土肥・三脈 (T-1)、湯ヶ島・西平町堂、世古大湯、湯ヶ島館No.1 及びNo.3 (Y-15, 5, 4, 13) などである。この中で熱川は流下性の地下水型微温泉で、他は断層や岩脈に沿って湧出する優勢な自噴泉で、温度もおよそ60℃前後かそれ以下である。

(4) 断層や亀裂などが発達している地域ではこれらを通路として地下より供給されるガス体を通して起こる Rn の拡散が、亀裂や断層の発達していない地域より著しいと言われている。* 伊豆半島では、蓮台寺大沢、松崎、土肥、湯ヶ島などでは断層や岩脈に近い自噴泉に Rn 含量が高いが、これはこのような地質構造と密接な関係があると思われる。このような構造は同時に Rn を含むガス体が Ra と独立して温泉水中にとりこまれやすいような機能を果たす役割を示していると考えられ、それが Rn/Ra 比や δRn 値を高めている主因であろう。

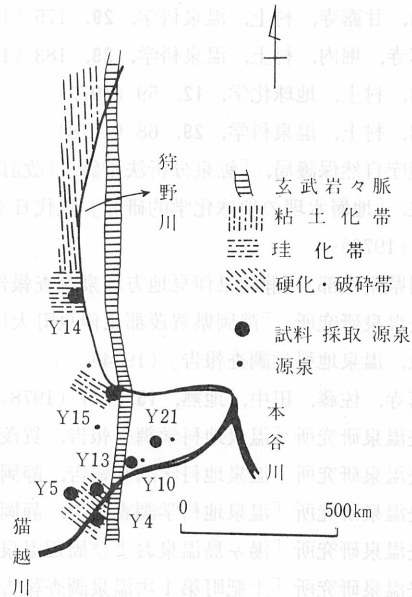


Fig. 10 湯ヶ島付近の源泉と岩脈及び変質帯の位置

* これは地表放射能探査の基礎ともなっている²⁰⁾

文 献

- 1) 堀内, 石井, 村上, 温泉科学, **30**, 84 (1979)
- 2) 堀内, 甘露寺, 村上, 温泉科学, **29**, 175 (1979)
- 3) 甘露寺, 堀内, 村上, 温泉科学, **29**, 183 (1979)
- 4) 堀内, 村上, 地球化学, **12**, 59 (1979)
- 5) 堀内, 村上, 温泉科学, **29**, 68 (1978)
- 6) 環境庁自然保護局, 「鉱泉分析法指針, (改訂)」(1978)
- 7) 室住, 「地層水理の地球化学的研究」現代日本の地下水研究, 酒井軍治郎教授退官記念事業会, 175P (1970)
- 8) 静岡県衛生部, 「静岡県伊豆地方温泉調査報告」(1957)
- 9) 中央温泉研究所, 「静岡県賀茂郡東伊豆町大川・熱川・片瀬・白田温泉地域, 下田市河内・蓮台寺温泉地域, 温泉地科学調査報告」(1974)
- 10) 甘露寺, 佐藤, 田中, 地熱, **15**, 217 (1978)
- 11) 中央温泉研究所「温泉地科学調査報告, 賀茂郡東伊豆町・峯・湯ヶ野・梨本地域」(1977)
- 12) 中央温泉研究所「温泉地科学調査報告, 静岡県賀茂郡南伊豆町, 下賀茂温泉」(1979)
- 13) 中央温泉研究所「温泉地科学調査報告, 静岡県松崎町, 西伊豆町, 賀茂村」(1976)
- 14) 中央温泉研究所「湯ヶ島温泉および周辺温泉地域科学調査」(1975)
- 15) 中央温泉研究所「土肥町第1次温泉調査報告」(1977)
- 16) 鮫島, 岩橋, 黒田「伊豆半島の地熱開発に関する基礎調査報告書」(1968)
- 17) 三本杉「静岡県賀茂郡松崎町, 温泉の開発」三本杉温泉開発研究所報告, 第2号(1972):「西伊豆町付近の地質と温泉開発の関係について」同報告第3号(1973):「静岡県田方郡土肥町土肥温泉の地質と温泉の開発」同報告第4号(1974)
- 18) 佐藤, 地質学雑誌, **67**, 788 (1961)
- 19) 静岡県衛生部, 静岡県温泉協会, 「温泉実態調査報告書(昭和53年2月1日現在)」(1979)
- 20) 落合敏郎「放射能式地下水探査法」21P(昭和40年)(昭晃堂, 東京)