

岐阜県東濃地方の放射能泉について

岐阜県衛生研究所 三階衣子・早川友邦

(昭和45年2月20日受理)

Radioactive Springs in Tono District in Gifu Prefecture

Kinuko MIKAI and Tomokuni HAYAKAWA

Gifu Prefectural Institute of Public Health

Radon content of 260 springs in Tono and the other districts in Gifu Prefecture were determined by using IM Fontactoscope. Sixty eight mineral springs contained more than 30×10^{-10} curie radon per litre. Among them, 57 springs were found in Tono District which is predominant in granitic rocks. Uranium ore deposits are found widely in the southern part of the district. Radioactive minerals are obtained from this district. As for the radon content of the waters, Yunoshima, Kurimoto and Shonoyu springs in Tono District contained 1442×10^{-10} , 407×10^{-10} and 563×10^{-10} curie radon per litre respectively. Any distinct difference was not observed between the values formerly obtained and those by the author with the exception of Shonoyu Spring.

The temperature of the springs were mostly lower than 20°C except 29°C of Sogi Spring. Most of the waters were 6.0-7.9 in pH-value, while the springs in the southern part of the district were high in pH-value. Sogi Spring showed 9.6 pH-value. The content of evaporated residues in the waters were lower than 1 g/kg except four springs of salt or alkaline spring type. The author could not find any relationship between radon content and pH-value, evaporated residue, chloride, fluoride and hydrogen sulfide content.

ま え が き

岐阜県において、現在温泉法により温泉と認められた泉源は260ヶ所で、このうち療養泉は229ヶ所である。この療養泉のなかで、放射能泉（ラドン量 30×10^{-10} キュリー以上）は68ヶ所あり30%を占め、泉質百分率の第1位である。そしてこれら放射能泉は、殆んど岐阜県東南部の東濃地方に分布している。

そこで筆者らは、まず岐阜県内放射能泉の概略を述べ、次に1949年より1969年3月までに筆者らによってラドン量を測定した東濃地方の放射能泉（ 30×10^{-10} キュリー以上57ヶ所、 $20 \sim 30 \times 10^{-10}$ キュリー6ヶ所、 20×10^{-10} キュリー以上でラドン測定を行い水質分析を行わなかったもの9ヶ所合計72ヶ所）の分布、ラドン量、湧出量、泉温、化学成分および同一泉源におけるラドン量の変化について述べると共に、ラドン量とpH、蒸発残留物、その他の化学成分との関係について若干の検討を加えてみたのでその概要を報告する。なお岐阜県内温泉のラドン量については下方の報告^{1), 2), 3)}がある。

1. ラドン測定法および水質分析法

測定法はおおむね鉱泉分析指針⁴⁾にしたがった。即ち

ラドン	: 理化学研究所製 IM 泉効計を用い、現地において湧出直後の温泉水について常法 ⁵⁾ により測定した
pH	: 現地で比色法により測定
H ₂ S	: 酢酸カドミウムにより固定し、ヨード法で滴定した
Na ⁺ , K ⁺	: 炎光法
Ca ²⁺ , Mg ²⁺	: EDTA による滴定法
Fe ^{2+,3+}	: 0-フェナンスロリンによる比色法
Cl ⁻	: モール法, あるいはチオシアン酸第 2 水銀による比色法
CO ₂ および HCO ₃ ⁻	: 前記指針にもとづいて分析算出
F ⁻	: ジルコニウムアリザリン法, あるいはスパンズ法
SO ₄ ²⁻	: 比濁法, あるいは重量法
HBO ₂	: 多価アルコール法
SiO ₂	: モリブデン酸アンモニウムによる比色法, あるいは重量法

2. 岐阜県内放能泉の概略

放射能泉 68 ケ所のうち 57 ケ所 (84%) は東濃地方に分布し、さらにこの東濃地方にはラドン量 $20\sim 30\times 10^{-10}$ キュリー⁹の温泉が 6 ケ所ある。

東濃地方を除く他の地域においてラドンを多く含有している温泉の比較的多いのは、岐阜県中部に位する湯屋、下島鉱泉、下呂温泉で、湯屋、下島鉱泉の 12 泉源はすべてラドンを含んでおり、 20×10^{-10} キュリー以下のもの 5 ケ所、 $20\sim 30\times 10^{-10}$ キュリーのもの 2 ケ所、 30×10^{-10} キュリー以上のもの 5 ケ所で最高は 74.2×10^{-10} キュリー、泉質は含炭酸-重曹泉である。下呂温泉には 48 泉源があるが、このうち 20×10^{-10} キュリー以下のもの 33 ケ所、 $20\sim 30\times 10^{-10}$ キュリーのもの 2 ケ所、 30×10^{-10} キュリー以上のもの 2 ケ所で最高は 44.8×10^{-10} キュリー、泉温 $40\sim 60^{\circ}\text{C}$ の単純温泉、あるいは単純硫黄泉である。下呂温泉については日本鉱泉誌⁶⁾によれば 1934 年、 $0.35\sim 0.43$ マッへの記載がある。このほか中部にあるものとしては、郡上郡八幡町に初音鉱泉 72.75×10^{-10} キュリーが唯一ケ所湧出している。これは微に硫化水素臭を有する単純な放射能泉である。

その他の地域でラドン量の多いのは、岐阜県北部の吉城郡上宝村中尾温泉の 39.9×10^{-10} キュリー、泉温 35°C の単純硫化水素泉、穂高温泉の 35.0×10^{-10} キュリー、泉温 95°C の単純硫化水素泉、大野郡白川村の白山ラジウム鉱泉の 134.0×10^{-10} キュリーで、これは平瀬鉱山 (マンガン鉱採掘) の坑道内に湧出している。

以上、岐阜県の放射能泉の分布状況とラドン量についての概略を述べたが、これらの地域の地質は、東濃地方については後に項を改めて述べるが、湯屋、下島鉱泉、下呂温泉、初音鉱泉の基盤岩質は石英斑岩であり、中尾、穂高温泉、白山ラジウム鉱泉等の基盤は中生代末の花崗岩層である。

3. 東濃地方の地勢および地質

東濃地方は岐阜県の東南部一帯の地域で、この地域のほぼ中央を木曾川が東から西に貫流し、また中央本線が走っている。この地方は中央本線沿いを除く地域が海拔 200~600m 以上で、長野県との県境はやはり中央本線の中津川市、坂下町の地域を除いては山地に覆われている。

東濃地方の南部にある土岐市などにおいては昭和38年、当時の原子燃料公社によりウラン鉱床が発見され、現在なお開発調査が進められている。またこの地方には柿野、湯之島（恵那ラジウム）、金竜鉱泉等が古くより放射能泉として知られていたが、昭和36年頃より観光開発に伴い、多くの放射能泉が開発されてきた。

この地方の地質については、牛丸の岐阜県地質図⁷⁾によると、図1にみられるように、この地方一帯は、坂下玄武岩、石英斑岩、花崗斑岩、花崗閃緑岩、黒雲母花崗岩、アプライト質花崗岩、角閃黒雲母花崗岩、片状角閃黒雲母花崗岩、両雲母花崗岩等の火成岩から成っており、それらは第3紀層によって被覆されている。その分布状態の詳細は図1および牛丸の論文⁸⁾に記述されているが、概略を引用すると次の通りである。

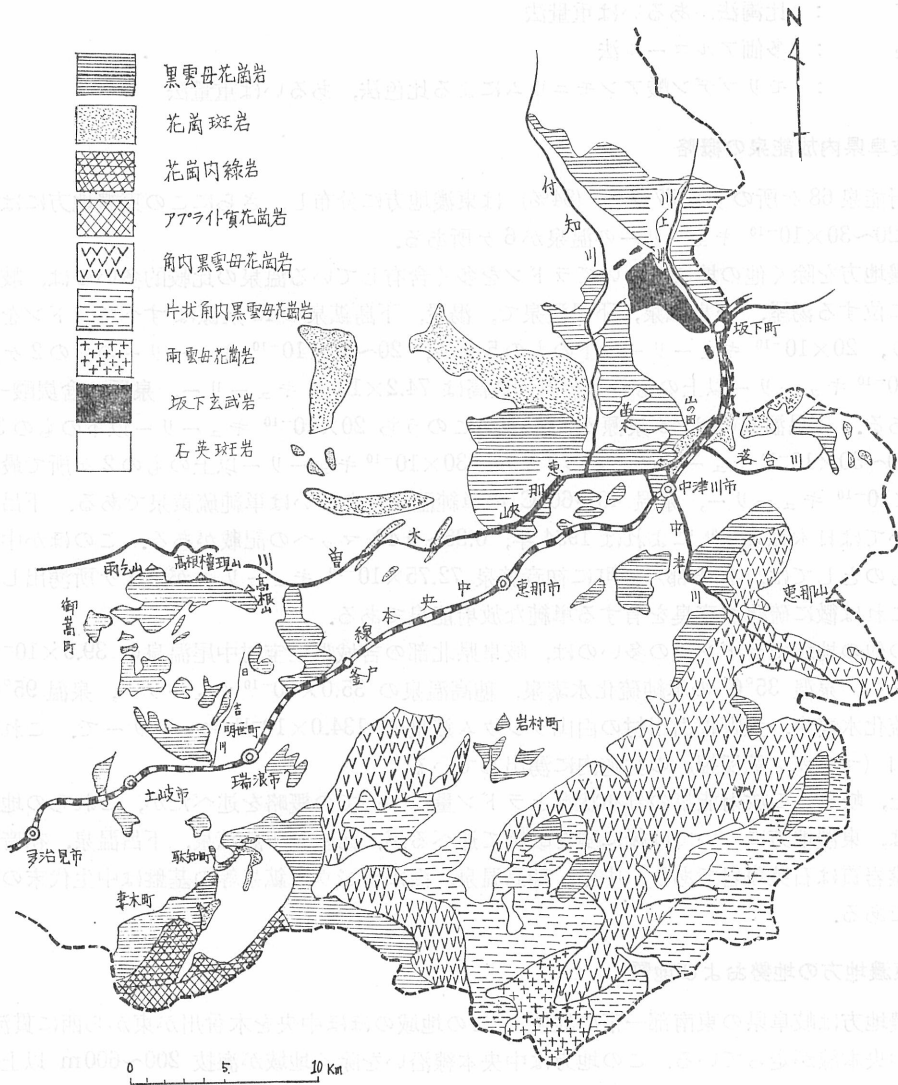


図1 東濃地方の地質図

古期花崗岩類としては、東濃地方の東南部、恵那山と岩村を結ぶ線が境になる領家帯には角閃黒雲母花崗岩、片状角閃黒雲母花崗岩が広域を占めて分布している。

中性代末の新規花崗岩類としては、苗木花崗岩と土岐花崗岩がある。

苗木花崗岩は主として中津川市を中心とした地域に分布している。苗木花崗岩の主体をなす細粒～中粒黒雲母花崗岩（苗木型）は苗木町の周辺に広く分布し、斑状黒雲母花崗岩（城山型）は苗木町東方の城山を中心とした地域、川上川流域、落合川流域および岩体周縁部に分布しており、晶洞状のアプライト、ペグマタイトが多い。また粗粒黒雲母花崗岩（毛呂窪型）は中津川市山の田の東南方および付知川東方に分布している。

土岐瑞浪花崗岩は土岐市、瑞浪市周辺に広範囲に分布している。この地域の花崗岩体は苗木花崗岩と同じく苗木型に相当する細粒～中粒黒雲母花崗岩は中央本線釜戸駅付近および土岐市妻木の南方に分布し、城山型に相当する斑状黒雲母花崗岩は瑞浪市明世町、同町日吉川流域、土岐市駄洞町南方に分布している。毛呂窪型に相当する粗粒黒雲母花崗岩は前記細粒～中粒、斑状黒雲母花崗岩の分布地を除く岩体の殆んどが本岩によって占められ、本岩中にはしばしばペグマタイト岩脈が存在している。

4. 泉源およびラドン量の濃度分布

東濃地方における放射能泉（ラドン量 30×10^{-10} キュリー以上 57 ケ所、 $20 \sim 30 \times 10^{-10}$ キュリー 6 ケ所、 20×10^{-10} キュリー以上でラドン測定を行い水質分析を行わなかったもの 9 ケ所合計 72 ケ所）の分布を図 2 に、これらの放射能泉のラドン量と湧出量、泉温、化学成分等を表 1 に示した。

図 2 の番号は表 1 の泉源番号である。

図 2 にみられるように泉源は主として土岐市、瑞浪市周辺、恵那市、蛭川村周辺、中津川市苗木、福岡村周辺、川上村周辺に多く分布している。このことは図 1 の土岐瑞浪花崗岩、苗木花崗岩の分布とよく一致している。

表 1 に示した放射能泉は、ラドン量 $20 \sim 30 \times 10^{-10}$ キュリーのものは 7 ケ所、 30×10^{-10} キュリー以上のもの 65 ケ所で、このうち $30 \sim 60 \times 10^{-10}$ キュリーのもの 25 ケ所、 $60 \sim 100 \times 10^{-10}$ キュリーのもの 20 ケ所、 $100 \sim 200 \times 10^{-10}$ キュリーのもの 4 ケ所、 $200 \sim 300 \times 10^{-10}$ キュリーのもの 3 ケ所、 $300 \sim 400 \times 10^{-10}$ キュリーのもの 2 ケ所、 $400 \sim 600 \times 10^{-10}$ キュリーのもの 2 ケ所で、これ以上のものは 1 ケ所で 1442×10^{-10} キュリーである。

ラドン量の濃度分布を図 3 に示したが、大部分は $30 \sim 100 \times 10^{-10}$ キュリーの間にある。最高濃度の 1442×10^{-10} キュリーを示している泉源は福岡村の湯之島鉱泉 1 号泉 (No. 39) で、次いで福岡村の栗本鉱泉 (No. 38) の 407.4×10^{-10} キュリー、恵那市笠置町の笹の湯 (No. 28) の 562.5×10^{-10} キュリー、蛭川村の内理薬師の湯 (No. 31) の 357.8×10^{-10} キュリー、中津川市の苗木ラジウム鉱泉金剛の湯 2 号泉 (No. 46) の 315.6×10^{-10} キュリー、同じく中津川市の宇呂星鉱泉 (No. 50) の 305.8×10^{-10} キュリーとなっている。土岐市、瑞浪市周辺のラドン濃度の高いものは瑞浪市の瑞浪温泉 (No. 9) の 246.1×10^{-10} キュリー、可児郡御嵩町の鬼岩温泉梅の湯 (No. 21) の 233.8×10^{-10} キュリー、瑞浪市の釜戸鉱泉 (No. 13) の 203.6×10^{-10} キュリーがある。概してラドン濃度の高いものは福岡村周辺に湧出していると云える。

表 1 東濃地方における放射

No.	温泉名	所在地	測定年月日	天候	ラドン量		湧出 状況	湧出量 l/分	泉温(気温) °C
					$\times 10^{-10}$ キュリー	マッヘ			
1	柿野 鈹 泉	土岐市 鶴里町	1953. 5. 6	晴	115.3	30.71	4 m 自噴		21.5(14.0)
2	曾木 温 泉	" 曾木町	1955.11.10	晴	42.34	11.64	120 m "	37.0	29.2(10.0)
3	神明 鈹 泉	" 駄知町	1955.11. 9	晴	84.59	23.26	自湧		15.0(8.0)
4	山神 鈹 泉	" 下石町	1955.11. 9	晴	51.26	14.10	"	49.0	22.0(8.0)
5	土岐ウラン温泉	" 泉 町	1964. 5.12	晴	157.4	43.28	25 m 自噴	60.0	18.0(22.2)
*6	加藤 泉 源	" 妻木町	1964. 2. 5	晴	91.69	25.21	自湧		11.5(5.4)
7	本田 泉 源	" 泉 町	1955.11.11	晴	22.2	6.10	"		14.0(16.5)
8	稲荷 鈹 泉	瑞浪市 稲津町	1954.11.17	晴	52.00	14.30	"		20.5(16.0)
9	瑞浪 温 泉	" "	1961. 5.26	晴	246.1	67.66	"	26.0	18.0(25.0)
10	白孤 温 泉	" 釜戸町	1955.11. 7	晴	30.12	8.28	"		25.0(12.0)
11	釜戸 鈹 泉(鳩之湯)	" "	1955.11. 8	晴	56.90	15.64	"	0.8	20.0(14.0)
12	"	" "	1955.11. 8	晴	45.43	12.49	"		20.0(15.0)
13	"	" "	1960.11.29		203.6	55.94	30 m 自噴	25.0	21.0(12.0)
14	新白孤 温 泉	" "	1964.11.10	晴	75.62	20.80	15 m 自揚	100.0	20.1(15.9)
	"(ボーリング前)	" "	1962. 6.14	雨	68.21	18.76	自噴	900.0	19.0(24.5)
15	明世 鈹 泉 1号泉	" 明世町	1964. 2. 6	晴	46.66	12.83	自湧	25.2	15.8(4.9)
16	" 2号泉	" "	1965. 6. 3	晴	89.29	24.55	"	8.0	15.7(27.4)
17	桜堂 温 泉	" 寺河町	1965. 3.31	晴	65.00	17.88	"	50.0	22.6(16.4)
18	中京ホテルヘルス センター A 泉源	" 日吉町	1965. 6. 2	晴	84.67	23.28	"	4.0	16.6(25.2)
19	" B 泉源	" "	1965. 6. 2	晴	56.46	15.53	"	32.0	17.6(26.2)
20	鬼岩 鈹 泉(名鉄寮)	可児郡 御嵩町	1955. 5.26	晴	76.83	20.38	176 m 自噴	7.2	16.0(19.0)
21	"(梅の湯)	" "	1967.11. 9	晴	233.8	64.29	100 m 自噴	470.0	17.4(18.2)
22	金竜 鈹 泉	恵那市 大井町	1949. 8.29		56.00	15.40	自湧		18.0(29.0)
	"	" "	1968. 6. 3	雨	56.07	15.42	"	4.2	12.6(20.6)
23	恵那峡 鈹 泉	" "	1954.11.11	晴	53.05	14.59	55 m 揚水	135.0	17.5(15.0)
24	日比 泉 源	恵那市 大井町	1960. 4.26		30.28	8.33	自湧	70.0	13.5(18.0)
25	小坂 泉 源	" "	1963. 5.23	晴	48.18	13.25	"	12.5	18.5(23.5)
26	恵那峡 鈹 泉 (郵政互助会寮)	" "	1963.12.10	雨	62.17	17.10	"	68.0	14.1(7.0)
27	" (恵那観光センター)	" "	1967. 3. 7	晴	52.64	14.48	"	2.5	13.4(7.2)
28	笠の 湯	" 笠置町	1961. 5.11	雨	562.5	154.7	"	3.8	14.0(25.0)
29	後藤 泉 源	" 武並町	1965.10.13	晴	47.10	12.95	"	24.0	14.6(21.8)
30	紅岩 温 泉	恵那郡 蛭川村	1963.11.29	晴	64.72	17.80	"	12.0	11.8(8.9)
*31	内理薬師の湯	" "	1962.11. 9	晴	357.8	98.40	"		15.5(19.0)
32	下沢岩伏の湯	" "	1962.11. 9	晴	39.68	10.91	"	5.5	15.5(13.0)
33	若山の湯	" "	1962.11. 8	晴	33.41	9.19	"	3.0	14.0(21.0)
34	東山ラジウム温泉	" "	1966. 2. 8	晴	86.58	23.80	"	20.0	7.6(3.2)
35	曾我 温 泉	" "	1968. 6. 3	晴	36.80	10.12	"	3.7	14.3(24.0)
36	田瀬 鈹 泉上の湯	" 福岡村	1966. 9. 8	晴	24.39	6.71	"	3.0	18.8(26.9)

能泉のラドン量と化学成分

pH	蒸発 残留物 mg/kg	K ⁺ mg/kg	Na ⁺ mg/kg	Ca ²⁺ mg/kg	Mg ²⁺ mg/kg	Fe ²⁺ mg/kg	Cl ⁻ mg/kg	HCO ₃ ⁻ mg/kg	F ⁻ mg/kg	SO ₄ ²⁻ mg/kg	CO ₂ mg/kg	H ₂ S mg/kg	HBO ₂ mg/kg	H ₂ SiO ₃ mg/kg
8.2	206.0	2.98	41.18	6.77	2.94	0.01	15.08	34.40	0.67	69.41	(-)	1.55	(-)	36.33
9.6	165.2	1.24	28.18	1.82	1.22	(-)	3.94	68.36	1.40	4.69	(-)	(-)	(-)	54.75
9.2	178.2	2.13	35.79	3.26	13.46	0.10	10.39	100.5	6.00	3.54	(-)	0.23	(-)	45.85
7.6	218.2	2.49	41.43	2.30	1.22	(-)	17.91	47.96	13.00	4.94	25.39	0.27	(-)	45.08
7.9	131.2	1.20	14.03	18.13	1.11	0.02	4.37	77.40	4.21	7.87	2.41	(-)	(-)	60.49
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6.2	191.2	1.42	17.43	2.50	14.24	10.17	42.26	62.24	(-)	11.85	8.1	(-)	(-)	40.18
7.5	285.4	4.34	43.55	20.72	3.71	0.53	83.19	40.09		17.28	41.63	0.85	(-)	26.80
7.5	127.5	0.90	17.53	16.53	1.03	(-)	15.26	55.11	5.00	14.62	4.27	0.39	(-)	26.66
7.4	490.5	1.96	75.62	38.02	4.46	(-)	186.3	2.32	6.00	(-)	84.5	0.48	(-)	54.60
7.2	203.3	1.78	16.77	25.73	3.54	(-)	23.28	83.20	3.00	7.49	62.3	0.37	(-)	49.56
7.6	188.2	1.78	16.77	23.23	2.80	(-)	23.23	53.63	5.00	17.61	68.83	0.64	(-)	49.84
6.8	127.6	0.70	21.04	14.03	1.03	(-)	21.45	35.68	5.01	3.06	13.72	0.54	(-)	28.07
7.2	424.6	1.97	96.14	47.05	1.10	0.12	171.5	90.30	3.01	2.97	13.67	1.68	1.57	31.15
7.2	145.8	1.28	26.84	17.18	1.30	0.36	39.33	52.25	0.75	5.33	7.91	0.49	0.39	17.93
7.7	197.0	1.28	31.30	33.00	1.13	1.13	33.51	110.5	3.76	10.10	5.30	0.83	(-)	28.37
7.5	221.8	1.20	49.07	20.43	1.57	0.13	47.46	95.47	5.21	5.87	7.33	1.20	5.37	23.61
7.4	1063.	16.02	265.3	99.84	1.30	0.07	563.1	41.58	4.51	0.41	3.99	0.49	6.61	22.44
7.0	194.8	1.35	10.77	38.44	1.70	0.14	2.80	99.80	1.80	24.52	24.00	(-)	0.60	46.14
7.1	175.3	1.43	10.52	33.51	1.30	0.31	2.28	94.60	1.75	18.75	18.19	(-)	0.43	49.35
8.1	167.5	0.69	25.07	16.14	1.53	0.49	23.17	76.46	(-)	6.91	23.24	0.67	(-)	42.00
8.3	107.2	0.45	37.06	6.03	0.19	0.01	5.84	81.28	7.26	(-)	(-)	0.75	0.58	22.92
7.2	1125.	6.30	49.40	210.4	82.10	3.10	69.36	6.70	(-)	9.1	(-)	(-)	(-)	65.5
7.1	1992.	3.90	290.1	333.5	5.12	2.43	1027.	49.19	2.19	0.93	9.45	0.27	7.89	23.41
7.2	3755.	39.38	400.3	906.7	33.21	1.00	2336.	34.11	(-)	(-)	17.38	0.32	(-)	94.94
7.2	252.9	8.01	44.07	36.48	0.50	0.06	32.32	117.9	2.25	27.48	17.86	(-)	4.73	24.22
7.6	209.0	1.03	51.33	15.66	0.62	0.16	40.44	101.8	5.51	4.40	6.11	0.07	2.18	26.93
5.9	27.55	1.07	2.72	0.41	0.30	0.30	1.82	6.75	(-)	1.75	21.08	(-)	(-)	7.29
5.3	20.03	0.94	1.48	1.45	0.25	0.02	1.63	7.38	0.04	0.58	88.32	(-)	(-)	19.21
7.4	142.8	1.25	36.56	8.08	3.35	(-)	29.47	57.67	7.10	19.23	5.54	0.62	(-)	23.34
6.3	42.58	0.94	3.82	3.30	0.97	(-)	0.82	23.28	(-)	0.99	27.99	(-)	(-)	25.05
6.0	31.05	0.81	2.94	2.07	0.57	0.10	4.55	6.15	(-)	3.71	14.79	(-)	(-)	12.50
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6.2	31.20	0.59	2.66	0.21	0.11	0.04	1.42	6.58	(-)	(-)	9.96	(-)	0.32	15.62
5.8	64.40	0.91	2.90	0.51	0.06	2.50	2.03	9.01	(-)	(-)	35.15	(-)	(-)	10.41
5.7	33.56	0.77	2.40	2.96	0.83	0.07	5.84	8.76	(-)	2.31	42.10	(-)	(-)	10.14
5.7	40.57	1.12	3.68	4.02	1.15	0.22	7.14	12.94	(-)	3.76	62.27	(-)	(-)	8.33
5.8	36.06	0.79	4.56	2.58	0.57	2.98	0.73	27.15	0.92	0.97	104.4	0.92	(-)	15.42

表 1

No.	温泉名	所在地	測定年月日	天候	ラドン量		湧出状況	湧出量 l/分	泉温(気温) °C
					×10 ⁻¹⁰ キューリー	マツヘ			
37	下の湯	" "	1953.11.25		36.67	10.08	"		15.5(17.0)
38	栗本 鈹 泉	" "	1958. 5.14	晴	407.4	112.0	"		12.5(20.5)
39	湯之島 鈹 泉1号泉	" " 高山	1961. 5.12	雨	1442.	396.5	"	1.5	13.0(19.0)
40	" 2号泉	" " "	1961. 5.12	雨	161.2	44.42	"	0.6	13.0(19.0)
41	苗木ラジウム鈹泉源 村岡 泉	中津川市苗木町	1961. 4.12		49.14	13.51	"	1.3	11.0(17.0)
42	霞ヶ湯 1号 泉	" "	1964. 4.16	曇	127.8	35.15	"	54.0	12.8(18.8)
43	" 2号 泉	" "	1964.11. 6	晴	98.04	26.96	"	36.0	16.0(13.4)
44	青山 泉 源	" "	1965.10.20	雨	73.73	20.28	"	7.8	15.2(16.0)
45	金剛の湯 1号泉	" "	1964.11. 5	雨	76.97	21.17	"	0.8	18.4(22.2)
46	" 2号泉	" "	1965. 3.29	晴	315.6	86.79	"	19.0	11.8(13.4)
47	田中 泉 源	" "	1968. 6. 4	晴	81.76	22.48	"	6.0	13.8(24.0)
48	青山 泉 源	" 茄子川	1965.10.13	晴	75.59	20.79	"	12.0	19.3(20.6)
49	一岳 温 泉	中津川市駒場	1958. 5.15	晴	80.35	22.10	"		14.0(14.5)
50	宇呂星 鈹 泉	" 千且林	1957. 8.29	晴	305.8	84.09	"	30.0	18.0(25.0)
51	福 寿 泉	" "	1966. 9. 8	晴	40.09	11.02	4m 揚自	6.0	14.5(29.8)
52	沓掛 鈹 泉	恵那郡坂下町	1956. 5. 9	晴	24.77	6.81	493m 噴自	3.0	11.0(21.0)
53	坂下 鈹 泉	" "	1966. 3. 8	雨	92.72	25.50	493m 噴自	2.0	12.6(2.0)
54	夕森 鈹 泉	白滝の湯 川上村	1960.10.18	雨	73.00	20.08	450.0 湧	450.0	12.0(18.5)
55	" 鈴ヶ根湯	" "	1960.10.17	雨	73.01	20.08	"	0.65	14.0(15.5)
56	" 滝の湯	" "	1961. 4.13	晴	43.18	11.87	"	12.0	12.0(22.0)
57	" 下柳の湯	" "	1961. 4.13	晴	46.19	12.70	"	8.0	8.0(18.0)
58	" 乙姫の湯	" "	1961. 4.14	晴	75.41	20.74	"	10.0	10.5(19.0)
59	" 山吹の湯	" "	1961. 4.14	晴	83.01	22.83	"	9.0	9.0(19.0)
60	" 森平の湯	" "	1961.12. 9	晴	33.00	9.08	"	12.0	14.5(10.0)
61	" 丸野の湯	" "	1961.12. 8	晴	45.38	12.48	"	4.6	12.8(3.7)
62	" 黒滝の湯	" "	1963.11.29	曇	20.24	5.57	"	3.2	11.3(5.9)
*63	" 弁天の湯	" "	1962.11.10	曇	41.90	11.50	"	0.8	16.5(13.0)
*64	" 森樹の湯	" "	1962.11.10	曇	52.40	14.40	"	50.0	15.0(14.0)
*65	"	" "	1962.11.10	曇	21.20	5.8	"	1.2	14.0(12.0)
*66	"	" "	1962.11.10	曇	74.30	20.4	"	6.0	17.0(13.5)
*67	"	" "	1962.11.10	曇	31.60	8.7	"	1.1	16.0(9.5)
68	佐々木 泉 源	恵那郡明知町	1959. 5.28	晴	40.51	11.40	"	6.9	14.0(25.0)
*69	堀 "	" 上矢作町	1964. 6.11	曇	33.46	9.20	"	12.0	10.8(17.2)
70	阿木 温 泉	中津川市阿木町	1964. 6.10	晴	25.07	6.89	140m 揚自	6.0	20.6(19.8)
71	小池 泉 源	恵那郡付知町	1953. 9.10	晴	23.69	6.51	140m 揚自	6.2	19.0(28.5)
*72	宮 島 の 湯	" "	1962.12.11	晴	34.79	9.57	"	0.36	13.0(8.0)

* 印はラドン測定だけ行ったもの (一) は不検出

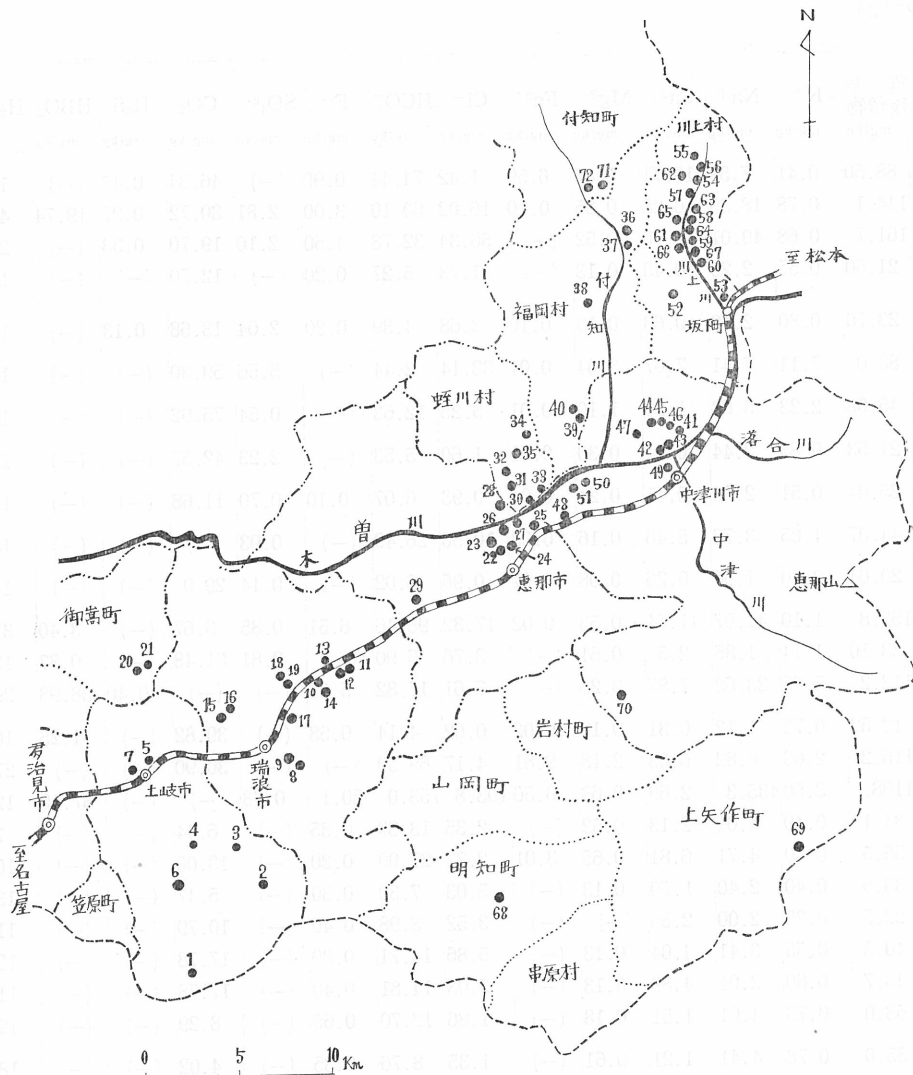


図 2 東濃地方における放射能泉の分布

5. 泉温, pH, 蒸発残留物等

表 1 に示すように泉温は大半が 20°C 以下の冷鉱泉であるが、土岐市、瑞浪市周辺のものに 20°C を $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 越えるものがあり、白狐温泉の 25°C 、最高は曾木温泉の 29.2°C である。

pH は $5.5\sim 7.5$ の間に多く、 8.0 以上のものが 8ヶ所あり、これらは坂下鉱泉の 8.5 を除いて東濃南部の土岐市、瑞浪市周辺に存在している。

蒸発残留物は 100 mg/kg 以下のものが約半数の 30ヶ所でこのうち 24ヶ所は 50 mg/kg 以下であり、 $100\sim 200\text{ mg/kg}$ のもの 19ヶ所、 $200\sim 300\text{ mg/kg}$ のもの 3ヶ所、 $400\sim 500\text{ mg/kg}$ のもの 2ヶ所、 1000 mg/kg 以上のものは 4ヶ所である。この 4ヶ所は桜堂温泉 1063 mg/kg 、金竜鉱泉 1992 mg/kg 、恵那峡鉱泉 3755 mg/kg 、坂下鉱泉 1108 mg/kg である。前 3ヶ所は

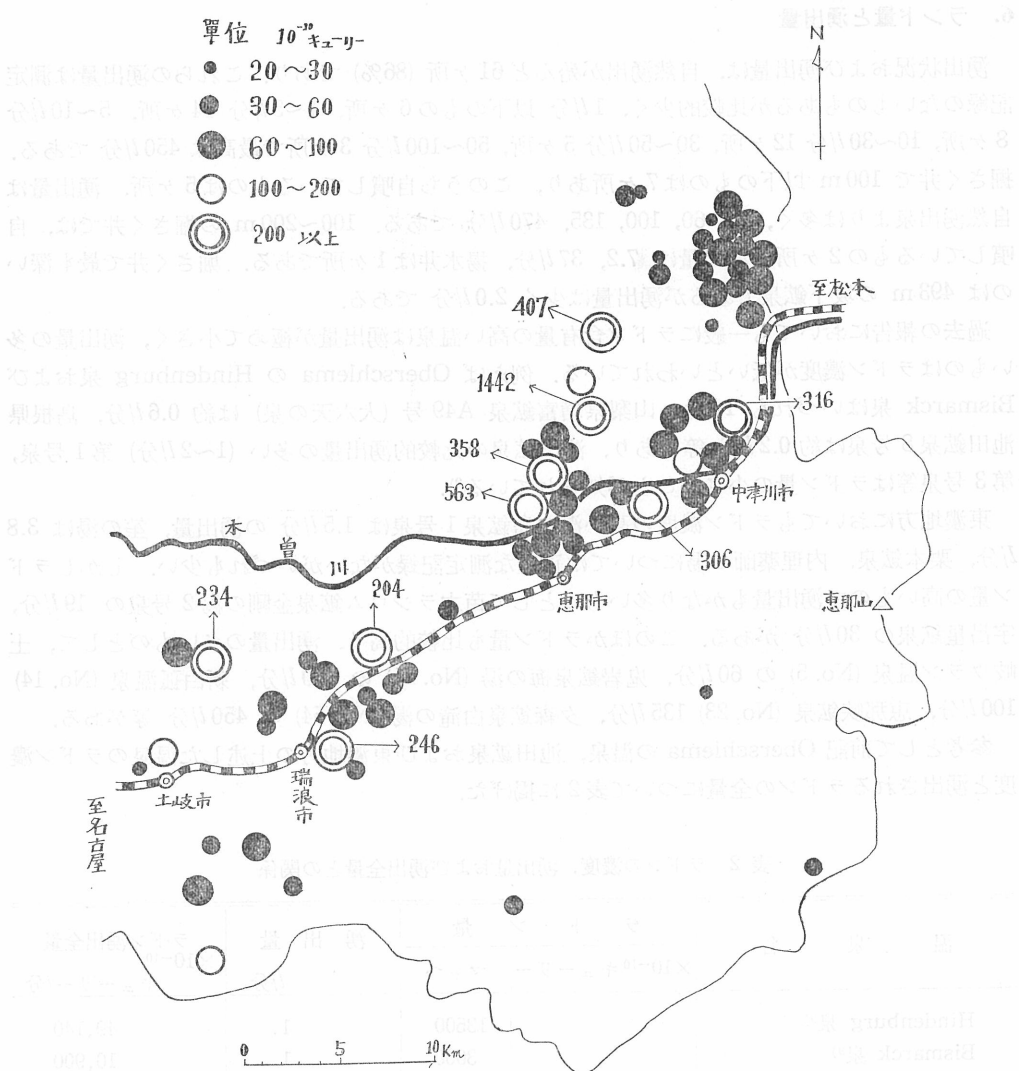


図3 東濃地方におけるラドンの濃度分布

いづれも陽イオンは、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、陰イオンは Cl^- が多く、含塩化土類-食塩-放射能泉であり、坂下鉱泉は Na^+ 、 HCO_3^- 、 Cl^- が多く含食塩-重曹-放射能泉である。他はすべて単純な放射能泉である。

その他の成分としては F^- が多く、 1mg/kg 以下のものもあるが 5mg/kg 前後のものが多く、最高は坂下鉱泉の 20.1mg/kg である。 H_2S は殆んど 1mg/kg 以下の微量である。 SO_4^{2-} も少く大半が 10mg/kg 以下であるが、柿野鉱泉が 69.41mg/kg で最高である。 HBO_2 を含むものは数少く、これらも 10mg/kg 以下であるが、多いものとしては宇呂星鉱泉 38.98mg/kg 、坂下鉱泉 37.10mg/kg である。 H_2SiO_3 は $10\sim 50\text{mg/kg}$ が殆んどで最高は恵那峽鉱泉の 94.94mg/kg である。

6. ランド量と湧出量

湧出状況および湧出量は、自然湧出が殆んど61ヶ所(86%)であり、これらの湧出量は測定記録のないものもあるが比較的少く、1*l*/分以下のもの6ヶ所、1~5*l*/分14ヶ所、5~10*l*/分8ヶ所、10~30*l*/分12ヶ所、30~50*l*/分5ヶ所、50~100*l*/分3ヶ所で最高は450*l*/分である。掘さく井で100m以下のものは7ヶ所あり、このうち自噴しているものは5ヶ所、湧出量は自然湧出泉よりは多く、25, 60, 100, 135, 470*l*/分である。100~200mの掘さく井では、自噴しているもの2ヶ所で湧出量は7.2, 37*l*/分、揚水井は1ヶ所である。掘さく井で最も深いのは493mの坂下鉱泉であるが湧出量は少く2.0*l*/分である。

過去の報告においても一般にラドン含有量の高い温泉は湧出量が極めて小さく、湧出量の多いものはラドン濃度が低いといわれている。例えば Oberschlema の Hindenburg 泉および Bismarck 泉はいづれも1*l*/分、山梨県増富鉱泉 A49号(大六天の泉)は約0.6*l*/分、島根県池田鉱泉8号泉は約0.2*l*/分等であり、池田鉱泉の比較的湧出量の多い(1~2*l*/分)第1号泉、第3号泉等はラドン量の小さいことが知られている⁹⁾。

東濃地方においてもラドン濃度の高い湯之島鉱泉1号泉は1.5*l*/分の湧出量、笹の湯は3.8*l*/分、栗本鉱泉、内理薬師の湯については正確な測定記録がないがいづれも少い。しかしラドン量の高いもので湧出量もかなり多いものとして苗木ラジウム鉱泉金剛の湯2号泉の19*l*/分、宇呂星鉱泉の30*l*/分がある。このほかラドン量も比較的高く、湧出量の多いものとして、土岐ウラン温泉(No.5)の60*l*/分、鬼岩鉱泉梅の湯(No.21)の470*l*/分、新白孤温泉(No.14)100*l*/分、恵那峽鉱泉(No.23)135*l*/分、夕森鉱泉白滝の湯(No.54)の450*l*/分等がある。

参考として前記 Oberschlema の温泉、池田鉱泉および東濃地方の上述した温泉のラドン濃度と湧出されるラドンの全量について表2に掲げた。

表2 ラドンの濃度、湧出量および湧出全量との関係

温 泉 名	ラ ド ン 量		湧 出 量 l/分	ラドン湧出全量 ×10 ⁻¹⁰ キュリー/分
	×10 ⁻¹⁰ キュリー	マッヘ		
Hindenburg 泉 ⁹⁾		13500	1.	49,140
Bismarck 泉 ⁹⁾		3000	1.	10,900
Radiumgesenk ⁹⁾		330	35.	42,040
Juhg-Köning-David-Flügel ⁹⁾		25	約 500.	45,500
池田 鉱 泉 8 号 泉 ⁹⁾		4330	0.22	3,700
" 4 号 泉 ⁹⁾		1550	0.84	4,721
" 3 号 泉 ⁹⁾		229	2.1	1,750
湯之島 鉱 泉 1 号 泉	1442.	396.5	1.5	2,163
笹 の 湯	562.5	154.7	3.8	2,138
苗木ラジウム鉱泉 金剛の湯2号泉	315.6	86.79	19.0	5,996
宇 呂 星 鉱 泉	305.8	84.1	30.0	9,174
土 岐 ウ ラ ン 温 泉	157.4	43.3	60.0	9,444
鬼 岩 鉱 泉 梅 の 湯	233.8	64.3	470.	109,886
夕 森 鉱 泉 白 滝 の 湯	73.0	20.08	450.	32,850

ラドン濃度が高くても湧出量が少く、そのラドン湧出全量としてみた場合、さほど多くない場合もあるが、東濃地方にはラドン量も湧出量も多い温泉が存在しており、他の温泉地にくらべて、より大きなラドンの供給源が存在するのではないかと思われる。

7. ラドン量の変化

東濃地方の放射能泉のラドン量については国立衛生試験所⁶⁾、中井¹⁰⁾、下方^{1), 2), 3)}、弘井、岩崎¹¹⁾により報告されているが、これらのうち同一泉源について筆者らが測定した値^{12), 13)}と比較したものを表3に示した。なお測定器は国立衛生試験所はシュミット氏検定器、下方はIM泉効計を用いている。

表3 ラドン量測定記録の比較

温 泉 名	測定年月日	ラドン量		水温(気温) °C	pH	蒸発残留物 mg/l	備 考
		×10 ⁻¹⁰ キューリー	マッヘ				
柿野 鉦 泉(鹿の湯)	1953. 5. 6	115.3	30.71	21.5(14.0)	8.2	206.0	No. 1
"	1953. 6. 12	61.90	17.00	21.0(24.3)	10.1	143.0	3)
"	1969. 8. 15	48.52	13.34	20.4(29.0)	9.4	130.5	未 発 表
曾 木 温 泉(湯本館)	1953. 6. 19	47.60	13.10	29.2(25.7)	9.9	131.0	3)
"	1955.11. 9	42.34	11.64	29.2(10.0)	9.6	165.0	No. 2
稲荷温泉(水洗の湯)	1952. 5. 16	53.80	14.80	20.3(22.5)	7.7	237.0	2)
"	1954.11. 17	52.00	14.30	20.5(16.0)	7.5	285.4	No. 8
瑞浪温泉(下小里の湯)	1953. 5. 15	237.0	65.20	17.8(17.5)	7.7	120.0	3)
"	1961. 5. 26	246.1	67.66	18.0(25.0)	7.5	127.5	No. 9
白 孤 温 泉	1952. 5. 16	45.50	12.50	25.2(24.0)	7.9	513.0	2)
"	1955.11. 8	30.12	8.26	25.0(12.0)	7.4	490.5	No. 10
明世鉦泉(月吉の泉)	1952. 5. 9	36.40	10.00	16.8(20.5)	7.8	222.0	2)
"	1964. 2. 6	46.66	12.83	15.8(4.9)	7.7	197.0	No. 15
桜 堂 温 泉	1952. 5. 17	60.00	16.50	23.0(26.8)	7.6	1053.	2)
"	1965. 3. 31	65.00	17.88	22.6(16.4)	7.4	1063.	No. 17
鬼 岩 鉦 泉	1953. 5. 9	81.20	22.30	16.3(18.5)	8.3	101.0	3)
"	1955. 5. 26	76.83	20.38	16.0(19.0)	8.1	167.5	No. 20
金 竜 鉦 泉	1949. 8. 29	56.00	15.40	18.0(29.0)	7.1	1125.	No. 21
"	1952. 6. 7	25.10	6.90	15.3(23.5)	7.1	1612.	2)
"	1968. 6. 3	56.07	15.42	12.6(20.6)	7.1	1992.	No. 21
笙 の 湯	1936. 5. 25	70.20	19.3	13.6(15.5)			10)
"	1951. 5. 22	71.90	19.8	14.0(21.0)	8.5	159.0	1)
"	1961. 5. 11	562.5	154.7	14.0(25.0)	7.4	142.0	No. 27
"	1969. 9. 5	59.20	16.28	17.0(30.5)	8.1		未 発 表
内 理 薬 師 の 湯	1915.	220.6	60.68	12.0(20.0)			6)
"	1951. 5. 22	323.	88.90				2)
"	1952. 6. 8	275.0	75.60	14.5(20.2)	8.8	155.0	2)
"	1962.11. 9	357.8	98.40	15.5(19.0)			No. 30

表 3 (つづき)

温 泉 名	測定年月日	ラ ド ン 量		泉温(気温) °C	pH	蒸発残留物 mg/l	備 考
		$\times 10^{-10}$ キューリー	マッヘ				
東山ラジウム温泉	1952. 6. 8	68.40	18.80	15.0(18.5)	5.1	41.00	2)
"	1966. 2. 8	86.58	23.80	7.6(3.2)	5.7	33.56	No. 33
田瀬 鉱 泉(上の湯)	1953. 5. 31	18.90	5.20	12.7(22.0)	5.9	37.00	3)
"	1966. 9. 8	24.39	6.71	18.8(26.9)	5.8	36.06	No. 35
田瀬 鉱 泉(下の湯)	1952. 1.10	67.76	18.60	17.0(5.0)	5.8	84.80	未 発 表
"	1952.10.15	128.4	35.26	17.0(21.0)	6.0	82.60	未 発 表
"	1953. 5. 31	30.90	8.50	12.5(16.7)	5.9		3)
"	1953.11.25	36.67	10.08		5.8	88.5	No. 36
"	1969. 9. 5	40.85	11.23	17.8(27.8)	5.8	37.5	未 発 表
栗 本 鉱 泉	1951. 6. 5	433.0	119.0	14.3(19.0)			1)
"	1952. 5.25	294.0	81.10	13.5(14.0)	7.6	151.0	2)
"	1958. 5.14	407.4	112.0	12.5(20.5)	7.4	144.1	No. 37
湯之島 鉱 泉1号泉 (恵那ラジウム 鉱 泉)	1914. 4.	1022.	281.1	10.0(13.0)			6)
"	1932.10.		227.0				11)
"	1936. 5.24	808.	222.0	13.1(21.0)			10)
"	1951. 5.21	1520.	420.0				1)
"	1952. 5.12	1328.	365.0	13.5(22.0)	7.1	174.0	2)
"	1961. 5.12	1442.	396.5	13.0(19.0)	6.8	161.7	No. 38
下 沢 岩 伏 の 湯	1953.11.30	35.6	9.8	13.3(12.0)	5.7	47.00	3)
"	1962.11. 9	39.68	10.91	15.5(13.0)	6.2	31.20	No. 31
一 岳 温 泉	1936. 5.24	60.10	16.50	12.1(22.5)			10)
"	1958. 5.15	80.35	22.10	14.0(14.5)	5.4	33.10	No. 48

備考欄の No. は表 1 の泉源番号および文献を示す。

過去の報告によれば、強放射能泉のラドン量は一般に変化が大きく、季節的な変動があり、夏季に増えるもの、減少するもの、あまり年間変化のないもの¹⁴⁾、また降雨により増えるものと減少するタイプ¹⁵⁾等が知られているが、表 3 に示した測定記録は採水、気象等の条件が異なるのでラドン量の変動として単純に比較検討することは出来ない。しかしほぼ近似値を示しているものは、曾木、稲荷、瑞浪、白狐、明世、桜堂、鬼岩、内理薬師、東山ラジウム、田瀬(上の湯)、栗本、湯之島1号泉、下沢岩伏、一岳の14ヶ所の温泉、これに反し柿野、金竜、笙の湯、田瀬鉱泉(下の湯)の4ヶ所の温泉では、測定値に少くとも2倍以上の相違がみられる。このうち白狐温泉は縦、横約10m、深さ1.5mの池の底数ヶ所より湧出し池に貯留しているもので、湧出直後のものを採水するのが困難なため測定値に若干の相違が出たものと思われる。明世鉱泉、東山ラジウム鉱泉は筆者らが測定を行った時は泉源を1~2m掘り下げヒューム管を置き、湧出泉のみを貯留出来るような工事を行ったところであったが、測定値には大差はみられなかった。金竜鉱泉は筆者らの測定した1949年8月と1968年6月の測定値は、蒸発残留物が非常に差があったにも拘らずラドン量は全く同一値であった。下方の測定値は筆者ら

の値の半分であるが貯留水について測定したものであると記載されている。また田瀬鉱泉上の湯と下の湯の下方の測定値は、筆者らの値よりかなり低いが、下方の報告によれば降雨により薄められたと記載されている。柿野鉱泉の1953年5月と6月の測定値はほぼ2倍の差があり、田瀬鉱泉下の湯は筆者らが4回測定を行ったが、時により2倍程度の差がみられた。笹の湯の1936年と1951年の測定値はほぼ同じで1961年には著しく大きな値を示した。そのため、柿野鉱泉については1969年8月15日に、田瀬鉱泉下の湯と笹の湯については1969年9月5日にふたたびラドン測定を行った。しかし柿野鉱泉、笹の湯は現在利用中の泉源で湧出直後のものを採水することが出来ず、柿野鉱泉では湧出井の貯留水について表層水しか採水出来なかったためラドンの放出が著しく小さい値しか得られなかった。笹の湯については湧出井の底より吸上ポンプで揚水したのものについて測定したが前2回とほぼ近似値が得られた。田瀬鉱泉下の湯についても前2回の測定値とほぼ近似値が得られた。

8. ランド量と化学成分

(1) ラドン量と pH

ラドン量と pH の関係を図4に示した。ラドン量の高いものは pH 7.0 前後に認められ、アルカリ側あるいは酸性側に向ってラドン量は低くなっている。泉源の80%は pH 5.5~7.5 の間にあり、これらのラドン量は大半が $30 \sim 80 \times 10^{-10}$ キューリーの間である。

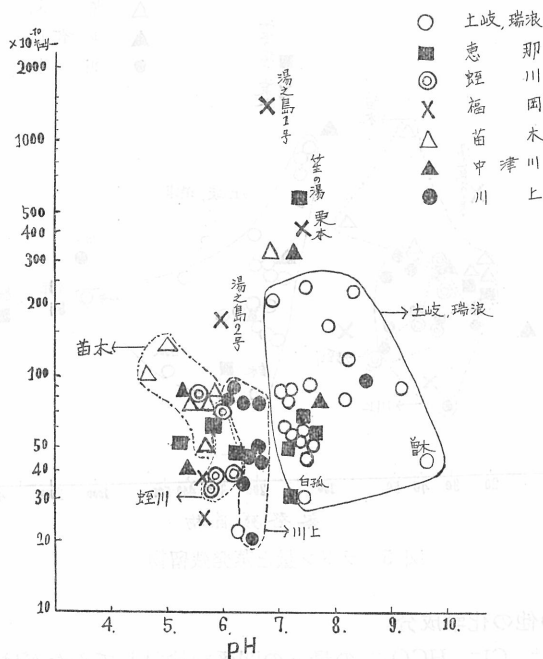


図4 ラドン量と pH

土岐市、瑞浪市周辺のもの全般に pH が高く 7.0 以上で、柿野、曾木、神明、鬼岩鉱泉等は pH 8.0 以上で最高は曾木温泉の 9.6 である。このグループは図4で実線で示してあるが、この下端にある2点は泉温 25°C の白孤温泉と、 29.2°C の曾木温泉である。これにくら

べて苗木町、蛭川村周辺の苗木ラジウム、紅岩、若山の湯、東山ラジウム温泉等は 5.0~6.0 と低く川上村周辺の夕森鉱泉の白滝の湯、鈴ヶ根湯、滝の湯等は 6.0~6.7 位の間にある。福岡村には田瀬(上の湯, 下の湯), 栗本, 湯之島(1号および2号)の温泉があり, 栗本は 7.4, 湯之島は 6.8, 6.0 であるが, 田瀬鉱泉は 5.8 を示し川上村周辺のグループに近い値を示している。

(2) ラドン量と蒸発残留物

ラドン量と蒸発残留物との関係を図5に示した。蒸発残留物 150 mg/kg 前後にラドン量の高いものがみられるが, これらのなかでもラドン量は 40~250×10⁻¹⁰ キュリーの間を増減している。土岐市, 瑞浪市周辺のもの 150~250 mg/kg 前後のものが多い。苗木町, 蛭川村, 川上村周辺のもの 50 mg/kg 以下のものが大半を占めておりラドン量も 100×10⁻¹⁰ キュリー以下のものが殆んどであるが, 苗木ラジウム鉱泉金剛の湯2号泉, 湯之島鉱泉2号泉等は高いラドン量を示している。また蒸発残留物の多いものには高いラドン量は認められないようである。

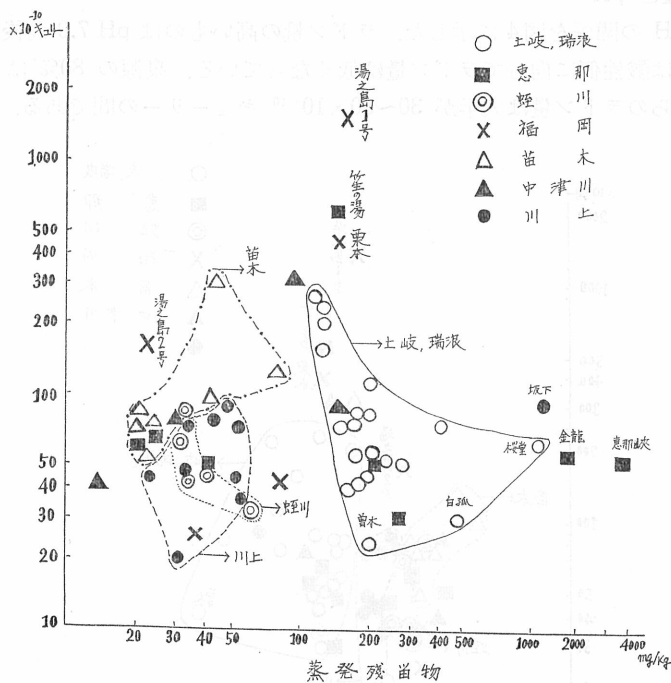


図5 ラドン量と蒸発残留物

(3) ラドン量とその他の化学成分

ラドン量と K⁺, Na⁺, Cl⁻, HCO₃⁻ の量との関係を検討してみたがはっきりした相関は見出せなかった。ただ蒸発残留物の比較的多い源泉のうち坂下鉱泉を除いた稲荷, 白孤, 新白孤, 桜堂, 金竜, 恵那峡鉱泉では Cl⁻ が HCO₃⁻ より多いがラドン量としては 50×10⁻¹⁰ キュリー前後である。またラドン量の最も高い湯の島鉱泉1号泉では蒸発残留物は 161.7 mg/kg であるが Cl⁻ は 56.34 mg/kg, HCO₃⁻ は 32.78 mg/kg で Cl⁻ の方が多くなっている。し

かしラドン量の高いものは必ずしも Cl^- の方が HCO_3^- より多いとは限っていない。

F^- 、 H_2S についても同様検討したがやはりラドン量との関係は認められなかった。地域的にみた場合土岐市、瑞浪市周辺、福岡村においては F^- 、 H_2S がすべての泉源に含まれている。川上村周辺のものは H_2S を含まず F^- を全泉源に含んでいるがその量は 1mg/kg 以下である。苗木町、蛭川村周辺のものは殆んど F^- 、 H_2S を含んでいない。

以上ラドン量と pH、蒸発残留物、その他の化学成分との関係について述べたが、同一湧出口におけるラドン量の変化と化学成分の変化については岩崎⁹⁾ によって池田鉱泉、増富鉱泉等について検討された結果、他の要因の影響が大きいため明らかに認められなかったと述べられているように、やはり東濃地方全体の泉源についても明らかな相関を示すものは認められないようであった。

あ と が き

地下水に含まれているラドンは放射性鉱物を多く含む地質中より溶出してくるものと思われるが、東濃地方の放射能泉は中世代末の花崗岩である土岐瑞浪花崗岩、苗木花崗岩に由来するものと考えられる。苗木町周辺は古来鉱物の産地として知られており、苗木石、フェルグソン石、サマルスキー石、モナズ石、恵那石などを産する。また土岐市、瑞浪市周辺にはウラン鉱床が広域にわたって発見され、ウランは大部分含ウラン粘土の形で賦存されており、ウランの鉱化作用の中心とみられるところではリンバリウムウラン石、コフィン石などが黄鉄鉱、白鉄鉱、重晶石などと共存している。東濃地方の放射能泉のラドン供給源はこのような放射性鉱物にあると考えられる。

ラドン濃度の高いものは土岐市、瑞浪市周辺より福岡村、蛭川村、苗木町周辺に認められているが、湧出されるラドンの全量としては鬼岩鉱泉梅の湯、夕森鉱泉白滝の湯が非常に多い。これらは複雑な地下構造および地下水の供給状態によって異なると思われる。

同一湧出口におけるラドン量の測定記録を比較してみた結果は柿野鉱泉、笙の湯を除いてほぼ近似値を示している。笙の湯の 1961 年の測定値は極端に大きく、pH も 7.4 と低いので湧出口が異なるかあるいは気象条件等によるものか現在のところ不明であるが今後検討するつもりである。

ラドン量と pH、蒸発残留物、その他の化学成分の間の相関々係を検討してみたが明らかな相関を示すものは認められないようであった。

終りにのぞみ、御指導御校閲いただいた中部工大下方鉱蔵教授、地質について御指導いただいた東海女子短大牛丸教授、ならびに御校閲いただいた当研究所長井上裕正博士に厚く感謝の意を表します。

なお本報告の概要は第 19 回日本温泉科学会（昭和 41 年 7 月 9 日別府）において発表した。

文 献

- 1) 下方鉱蔵：日化 73, 580 (1952).
- 2) 下方鉱蔵：日化 75, 76 (1954).
- 3) 下方鉱蔵：日化 77, 405, 409 (1956).
- 4) 厚生省編：衛生検査指針 VI (鉱泉分析法指針) 協同医書 (1957).

- 5) 飯盛里安：理研彙報 **10**, 1105 (1931).
- 6) 厚生省大臣官房国立公園部編：日本鉱泉誌，青山書院 (1954).
- 7) 牛丸周太郎：岐阜県地質図，内外地図株式会社 (1965).
- 8) 牛丸周太郎：未発表.
- 9) 岩崎岩次：化学の研究 第8集, 35 (1948).
- 10) 中井敏夫：日化 **58**, 292 (1937).
- 11) 弘井佳夫・岩崎岩次：岩石鉱物鉱床学 **9**, 87 (1933).
- 12) 岐阜県衛生研究所年報補遺 (1961).
- 13) 岐阜県衛生研究所年報 (1961~1968).
- 14) 梅本春次・杉原 健：日化 **80**, 1246 (1959).
- 15) 岩崎岩次他：日化 **64**, 662 (1942).

参考文献

（以下に参考文献のリストが記載されているが、内容は非常に淡く、ほとんど不可読である。参考文献のリストは、上記のリストと重複していると思われる。）

謝 文

- 1) 三階衣子：日化 **73**, 280 (1952).
- 2) 三階衣子：日化 **75**, 78 (1954).
- 3) 三階衣子：日化 **77**, 409 (1956).
- 4) 三階衣子：日化 **79**, 409 (1958).