

---

 特 別 講 演
 

---

## 島根県温泉の化学

東京都立大学名誉教授 野口喜三雄

## Chemistry of Hot Springs in Shimane Prefecture

Kimio Noguchi

Professor Emeritus of Tokyo Metropolitan University

## Abstract

In Shimane Prefecture there are many radioactive springs. Among them, Ikeda Mineral Springs which showed 6462 Mache Rn,  $36.43 \times 10^{-12}$ g Ra/l and  $34.0 \times 10^{-6}$ g U/l are well known in Japan. As for the uranium content in the springs, Matsunoyu of Tamatsukuri Hot springs showed  $97.1 \times 10^{-12}$ g U/l and Asahara Mineral Springs  $68.5 \times 10^{-6}$ g U/l as the highest in Shimane Prefecture. The radium and uranium contents in the sediments collected from Ikeda Mineral Springs were found to be  $1400 \times 10^{-12}$ g Ra/g and  $64 \times 10^{-6}$ g U/g, respectively. The highest values of the contents of non-radioactive components in the springs in this district are as follows: pH 8.9 (Arifuku), 5.9 (Ikeda) as the lowest, Na 3850mg/l (Yugakai), K 206mg/l (Ikeda), Li 5.36mg/l (Yugakai), Ca 519mg/l (Yunotsu), Mg 112mg/l (Ikeda), Fe 7.0mg/l (Shigaku), Cl 4637mg/l (Yugakai),  $\text{SO}_4$  999mg/l (Yunotsu),  $\text{H}_2\text{S}$  0.4mg/l (Yunotsu), As 3.04mg/l (Yugakai),  $\text{HBO}_2$  86.6mg/l (Yugakai),  $\text{CO}_2$  1890mg/l (Ikeda), Alkalinity 34.78meq/l (Yugakai),  $\text{SiO}_2$  130mg/l (Shigaku), Zn 0.12mg/l (Yunotsu), Mn 2.32mg/l (Yugakai) and  $\text{Hg}$   $0.27 \times 10^{-3}$ mg/l (Tamatsukuri). Generally the springs rich in the radioactive elements such as radon, radium and uranium are rich in free carbon dioxide, bicarbonate and chloride. Moreover, the ratio of  $\text{HBO}_2/\text{Cl}$ ,  $\text{Li}/\text{Cl}$  and  $\text{As}/\text{Cl}$  of the radioactive springs in this district are distinctly more than that of sea water. Ikeda and Yugakai Springs also were found to be rich in the elements of thorium series.

島根県の温泉としては有福, 温泉津, 池田, 小屋原, 志学, 温抱, 玉造, 湯村等の温泉が知られている。その中最も熱源の規模の大きいのは玉造温泉で最高温度は72℃である。また放射能泉として非常に著名な池田鉱泉は花崗岩の割目から湧出しており、炭酸ガスを伴い各種塩類に富んでいるが温度は低い。この地方の温泉の化学成分に関する最も著しい特色は放射性元素に富む温泉、鉱泉が多い事であってこれについては国<sup>1)</sup>及び県<sup>2)</sup>の衛生試験所の報告があるほか、中井,<sup>3)</sup>松浦,<sup>4)</sup>岩崎,<sup>5)</sup>大島,<sup>6)</sup>下方,<sup>7)</sup>阪上<sup>8)</sup>等の詳細な報告がある。筆者<sup>9)</sup>はむしろ非放射性元素に着目してこの地方の温泉鉱泉を調査した。今回はこれまで多くの人々によってなされた貴重な研究成果を一括して報告する次第である。

島根県における放射能泉(放射性元素に富む温泉又は鉱泉)の分布を図1に示す。この図中⊗印は放射能泉であり、△で示したものは放射性元素が多く含まれているがその程度が稀劣るものを示した。池田, 湯抱, 小林, 浅原, 忍原, 熊取等が放射性成分に富んでおり、これら放射能



表 1. 島根県温泉

試料番号	温泉及び鉱泉名	採水年月日	水温 ℃	pH	Na mg/l	K mg/l	Li mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe mg/l	Cl mg/l
1)	有 福 温 泉 御 前 湯	1966. 7. 14	49.0	8.9	75.0	1.68	0.045	3.1	<0.05	0.01	68.4
	"    弥 生 湯	"	43.1	8.7	74.6	2.20	0.059	3.7	<0.05	0.02	64.0
	"    No. 8	"	30.0	7.9	103	3.42	0.080	17.2	0.4	0.03	135
2)	温 泉 津 温 泉 元 湯	1966. 7. 13	51.0	6.2	1990	70.0	2.17	452	104.	3.5	2912
	"    震 湯	1966. 7. 14	47.7	6.1	1910	69.5	2.15	501	80.4	3.9	2827
	"    小 浜	"	32.0	6.1	1810	68.0	2.03	519	44.7	4.0	2696
	湯 迫 温 泉	1977. 3. 21	29.3	7.7	470	19	—	17	3.4	0.0	462
	湯 抱 温 泉 No. 1	1966. 7. 15	35.1	6.5	3850	201	5.36	379	65.2	5.6	4637
	"    No. 2	"	29.2	6.2	1740	103	2.77	184	38.6	4.6	2342
	"    No. 3	"	27.5	6.2	2150	126	3.26	228	45.2	6.0	2808
5)	池田ラジウム鉱泉No. 8	"	16.0	7.0	1090	98	1.61	196	51.6	0.15	1742
	"    No. 8	"	18.4	5.9	2220	206	3.25	378	112	3.8	3544
6)	小 屋 原 温 泉	"	38.2	6.0	1650	153	2.25	363	89.7	6.2	2649
7)	志 学 温 泉 湯 元 No. 1	"	41.0	5.8	458	46.8	0.548	117	41.3	7.0	880
	"    湯 元 No. 2	"	42.5	5.8	500	52.1	0.458	128	51.8	5.8	1016
8)	湯 村 湯 泉	1977. 3. 23	41.2	8.6	110	5	—	14	0.2	0.0	70
9)	玉 造 温 泉 長 楽 園 竜 宮	1966. 7. 16	72.0	8.1	385	12.8	0.275	141	0.7	0.01	227
	"    保 性 館	"	62.0	8.0	336	12.2	0.235	112	2.2	0.01	193
	"    千 代 の 湯	"	65.2	8.0	366	12.0	0.268	136	0.5	0.00	220

泉は概して温度が低いが炭酸ガスを伴っており、アルカリ度が高く、塩化物に富んでいるのがその特徴である。玉造温泉松の湯は中井博士によると著しくラジウムに富んでいるがラドン含量はあまり多くなく、温泉津温泉はその沈殿物のラジウム含量が高いが、温泉水のラドン含量は小さい。これらの理由で玉造、温泉津は△で表わしてある。

次に表1に化学成分の一覧表をかかげる。

温度は前述の通り玉造温泉長楽園龍宮湯の72.0℃が最高値である。pHは有福温泉の8.9が最高値であり、最小値は池田ラジウム鉱泉の5.9である。この鉱泉は多量の炭酸ガスを伴っており、このpH値は遊離炭酸に基因する。池田ラジウム鉱泉No.8はpH7.0を示すが、この値は地表面付近で溶存した炭酸ガスが逃失したためと想像される。尚各化学成分の最大値を一括すると次の通りである。

Na 3850mg/l (湯抱温泉No.1), K 206mg/l (池田ラジウムNo.3), Li 5.36mg/l (湯抱温泉No.1), Ca 519mg/l (温泉津温泉小浜), Mg 112mg/l (池田ラジウムNo.3), Fe 7.0mg/l (志学温泉No.1), Cl 4637mg/l (湯抱温泉No.1), Br 14.8mg/l (湯抱温泉No.1), I 0.6mg/l (湯抱温泉No.1), SO<sub>4</sub> 999mg/l (温泉津温泉元湯), H<sub>2</sub>S 0.4mg/l (温泉津温泉震湯), As 3.04mg/l (湯抱温泉No.1), HBO<sub>2</sub> 86.6mg/l (湯抱温泉No.1), 遊離炭酸 (CO<sub>2</sub>) 1890mg/l (池田鉱泉No.3), アルカリ度34.78 meq/l (湯抱温泉No.1), SiO<sub>2</sub> 134mg/l (志学温泉No.1), Zn 0.19mg/l (湯抱温泉No.1), Mn 2.32 mg/l (湯抱温泉No.1), Mn 2.32mg/l (湯抱温泉No.1), Hg 0.27×10<sup>-3</sup>mg/l (玉造温泉竜宮の湯)。

次に成分相互の関係を検すると、

(1)SO<sub>4</sub>とClとの関係を図2に示した。玉造温泉は著しくSO<sub>4</sub>/Cl比が大きく、温泉津温泉はこれに

脚註⊗1977年3月21～23日測定,\*湯抱温泉の源泉は川水の増水などで大いに変わり1966.7.15の源泉とは違う。

の 化 学 成 分

Br mg/l	I mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	H <sub>2</sub> S mg/l	As mg/l	HBO <sub>2</sub> mg/l	CO <sub>2</sub> mg/l	アルカリ度 (メチルオレンジ) meq/l	SiO <sub>2</sub> ⊗ mg/l	Zn⊗ mg/l	Mn⊗ mg/l	Hg×10 <sup>-3</sup> ⊗ mg/l
0.17	0.004	22.6	0.0	0.72	0.2	0	1.38	59.5	<0.01	<0.01	0.04
0.17	0.003	19.3	0.0	0.11	0.2	0	1.38	58.5	<0.01	0.01	0.03
0.37	0.01	17.3	0.0	0.10	0.9	0	1.26	—	—	—	—
8.65	0.05	999	0.2	1.14	43	752	15.46	94.5	0.12	0.44	0.12
8.39	0.0	942	0.4	1.60	41.5	841	15.40	94.5	0.12	0.44	0.08
7.94	0.05	915	0.0	1.24	40	936	15.10	90.1	0.05	0.44	0.02
—	—	190	0.0	0.15	9.0	5	7.53	34.0	<0.01	0.06	0.04
14.8	0.6	418	0.0	3.04	86.6	1360	34.78	50*	0.19*	2.32*	0.01*
7.7	0.5	201	0.1	1.68	43.5	1180	16.83	—	—	—	—
9.1	0.3	258	0.2	1.18	55.0	1300	30.00	—	—	—	—
5.16	0.1	192	0.0	0.64	36.3	123	9.58	93.0	0.10	0.38	0.03
10.6	0.2	400	0.0	2.56	74.5	1890	12.83	95.0	0.10	0.54	0.01
8.6	0.04	247	0.0	2.16	48.4	1090	9.74	122	0.10	1.15	0.02
3.36	0.05	10.7	0.0	0.56	16.3	731	5.15	134	<0.01	1.79	0.08
3.84	0.02	34.6	0.0	0.89	18.2	740	5.98	130	<0.01	1.96	0.07
—	—	135	0.0	0.04	4.5	0	1.00	22.3	<0.01	0.04	0.01
0.54	0.006	869	0.0	0.10	5.3	0	0.45	40.3	0.03	<0.01	0.27
0.47	0.01	743	0.0	0.26	4.9	0	0.60	39.3	0.07	<0.01	0.09
0.538	0.01	843	0.0	0.24	5.3	0	0.48	41.5	<0.01	0.06	0.05

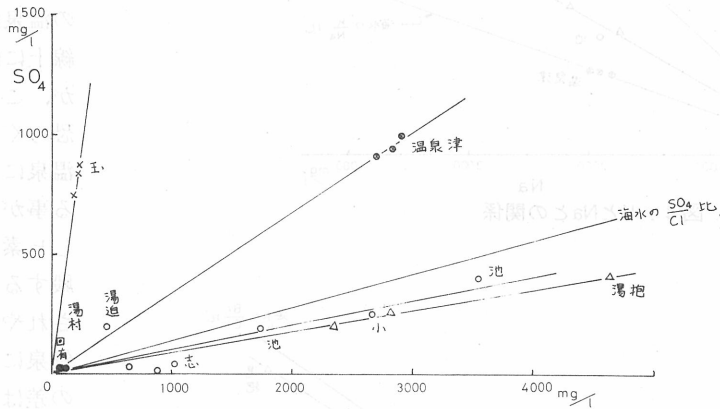


図2. SO<sub>4</sub>とClとの関係

ついで大きい。湯抱温泉や池田鉱泉は何れも塩化物に富んでいるが、SO<sub>4</sub>/Cl比は海水の値より小さい。

- (2)NaとClの関係を図3に示した。湯抱温泉、温泉津温泉、池田鉱泉等は何れも塩化物に富んでいるが、それらのNa/Cl比は海水のNa/Cl比より大きい。
- (3)KとNaとの関係を図4に示した。この場合は温泉津温泉のK/Na比は海水のK/Na比に等しいが、池田鉱泉、湯抱温泉、小屋原温泉は何れもK/Na比が海水のK/Na比より大きい。
- (4)BrとClとの関係を図5に示した。この場合は温泉津温泉、池田鉱泉、湯抱温泉のBr/Cl比は海水のBr/Cl比にかなり近いが海水の値より小さい。

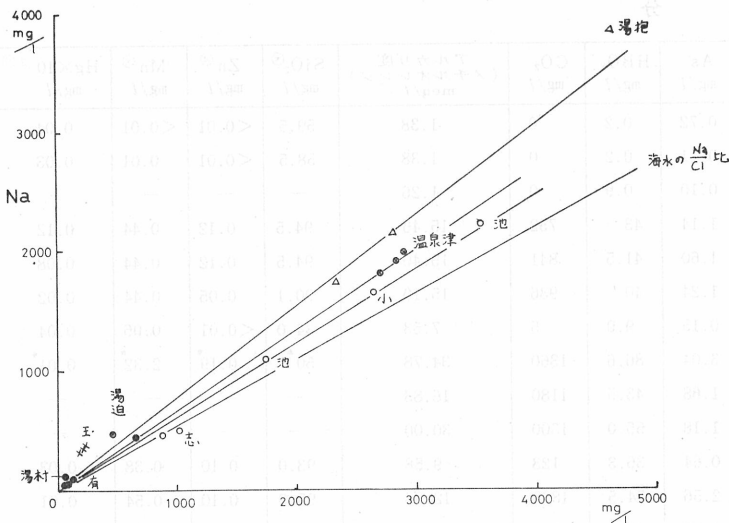


図 3. NaとClとの関係

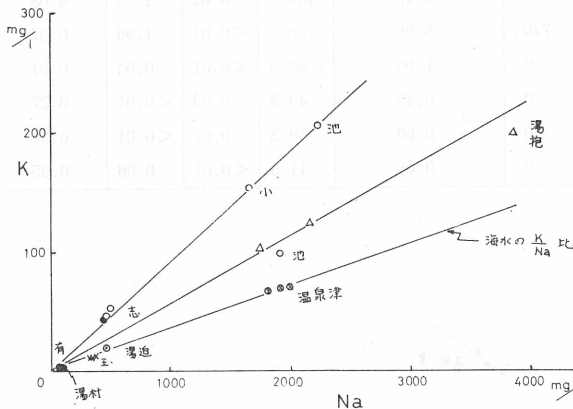


図 4. KとNaとの関係

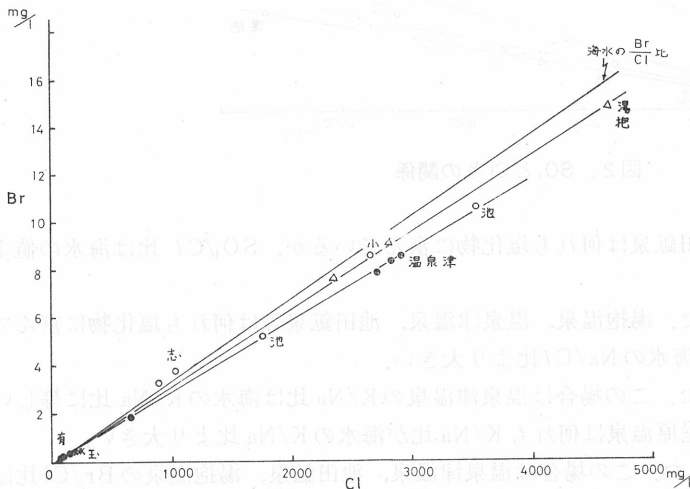


図 5. BrとClとの関係

(5)  $\text{HBO}_2$ とClの関係を図6に示した。この場合は池田鉱泉、湯抱温泉、小屋原温泉、温泉津温泉の $\text{HBO}_2/\text{Cl}$ 比が何れも海水の $\text{HBO}_2/\text{Cl}$ 比より著しく大きい。

(6) LiとClとの関係を図7に示した。この場合も湯抱温泉、池田鉱泉、小屋原温泉、温泉津温泉等のLi/Cl比は何れも海水のLi/Cl比より著しく大きい。

(7) AsとClとの関係を図8に示した。この場合も湯抱温泉、池田鉱泉、温泉津温泉、小屋原温泉等のAs/Cl比は海水のAs/Cl比より著しく大きい。且これらの温泉鉱泉は1つの直線上に配列されているが、この事については恐らくAs/Cl比は各温泉によって幾分異なる事が予想される。然しヒ素は水溶液から沈殿することにより除去されやすいので各温泉、鉱泉によるAs/Cl比の差は現れ難いであろう。

次に放射性元素に着目する。

島根県温泉鉱泉のラドン含量を表2に示す。

最も大きい値は池田鉱泉について大島博士等の得た6462マッへである。この値を黒田博士が山梨県増富鉱泉について得た

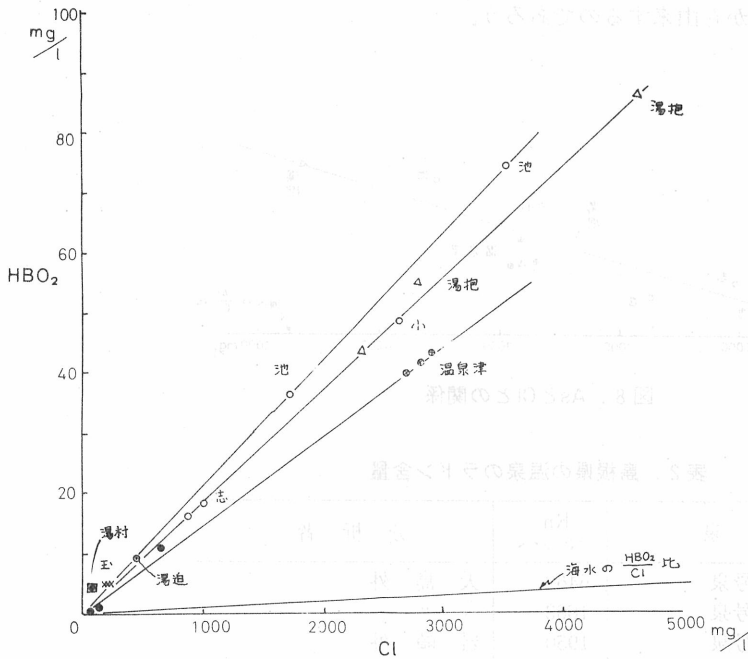


図 6 . HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>とClとの関係

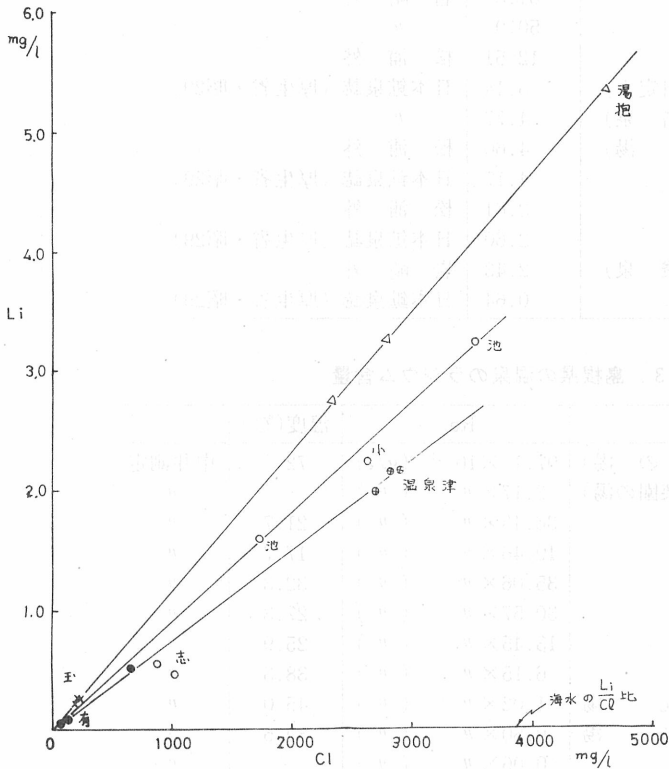


図 7 . LiとClとの関係

12300 マッヘと比較すると本邦における放射能泉として増富につぐものである。尚池田鉱泉についての岩崎博士の値は1950 マッヘであり、松浦博士の測定値は1479 マッヘである。また島根県下ではラドン含量の大きい鉱泉は池田鉱泉の他に柿の木、木部谷、湯抱、栗の木などの鉱泉がある。著しく大きいラジウム含量を示した玉造温泉はラドンに関しては大きい値が報告されていない。

島根県の温泉鉱泉のラジウム含量を表3に示した。中井博士の測定によれば玉造温泉松の湯は  $97.1 \times 10^{-12} \text{g/l}$  を示して著しく大きい。同じ玉造温泉でも長楽園の湯は  $3.17 \times 10^{-12} \text{g/l}$  で比較的小さく、池田鉱泉1号、湯抱温泉1、2号が大きい値を示した。

池田鉱泉の同一源泉に着目してラドン及びラジウム含量を測定した場合岩崎博士等によれば表4に示す如く水中に溶存するラドン量は水中のラジウムと放射平衡にあるラドン量よりはるかに大きい事が判明した。(表4参照) 従って水中に存在する多量のラドンはラジウムとは違った根源から水中に溶け込んだものと推定される。恐らく水中の多量のラドンは地中の



表4. 池田鉱泉のラドン含量とラジウム含量との関係  
(岩崎, 浮本の測定)

源泉名	Ra 10 <sup>-12</sup> g/l	Ra と放射平衡にある Rn量10 <sup>-10</sup> キュリー/l	温泉中の全ラドン量 ×10 <sup>-10</sup> キュリー/l
1号	50.1	0.501	399
2号	58.0	0.580	715
3号	58.0	0.580	722
4号	22.4	0.224	4750

表5. 温泉水及び温泉沈殿物のラジウム含量  
(中井測定)

試料	Ra ×10 <sup>-12</sup> g/l	Ra ×10 <sup>-12</sup> g/g
池田鉱泉1号	36.43	872
湯抱温泉1号	35.06	
"    2号	30.57	202
"    3号	13.45	

表6. 島根県温泉沈殿物のラジウム含量  
(岩崎, 松田測定)

試料	Ra 10 <sup>-12</sup> g/g
(1)池田鉱泉沈殿物	884
水酸化鉄	950
"    "	687
"    "	723
"    "	789
"    "	699
炭酸カルシウム	109
"    "	18.0
(2)温泉津温泉水酸化鉄	73.1
(3)湯抱温泉沈殿物	
炭酸カルシウム	31.3
褐色部	47.5
炭酸カルシウム	46.7
(4)志学温泉湯元沈殿物	
水酸化鉄	0.22
マンガン鉄	4.93

表7. 池田鉱泉1号泉  
沈殿物の組成  
(岩崎, 松田測定)

SiO <sub>2</sub>	4.11 %
TiO <sub>2</sub>	0.00 "
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	} 60.18 "
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
MnO	0.004 "
MgO	0.98 "
CaO	4.68 "
Ra	884 ×10 <sup>-12</sup> g/g

中井博士は池田鉱泉と湯抱温泉について水中に溶存するラジウム量と同時にその源泉の沈殿物中のラジウム量を検した結果, 表5に示す如くラジウム含量の多い源泉の沈殿物はラジウム濃度が高いことを見出した。

岩崎博士等は島根県温泉沈殿物のラジウム含量を検し表6の結果を得た。池田鉱泉の沈殿物が最もラジウム含量多く, 特に水酸化鉄の沈殿は炭酸カルシウムの沈殿よりラジウム含量が大きい。尚ラジウム含量の最高値は950×10<sup>-12</sup>g/gであった。温泉津温泉から析出した水酸化鉄は, ラジウム含量73.1×10<sup>-12</sup>g/gを示し著しく多いが, 志学温泉の沈殿物はラジウム含量小さい。

岩崎博士等が池田鉱泉のラジウム含量884×10<sup>-12</sup>g/gを示す沈殿物について化学分析した結果を表7に示す。この表を見るとFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>が60.18%で著しく多いが, この中でもAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は少く, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>が大部分を占めているものと想像される。CaOやSiO<sub>2</sub>は少量である。

表8に池田鉱泉の母岩である花崗岩及び温泉沈殿物のラジウム含量を示した。母岩に比べて温泉沈殿物中にラジウムが如何に多量濃縮されているかがわかる。

表9には中井博士による温泉中のラジウムの共沈に関する実験を示した。まず最もラジウムに富む有馬温泉の水と増富鉱泉(この場合は濃縮したもの)の水の一定量にMn, Fe, Ba, Sr, Ca



表8. 池田鉱泉の母岩及び温泉沈殿物のラジウム含量(岩崎, 浮本測定)

試料	試料の性状	Ra $10^{-12}$ g/g
母岩(1)	花崗岩	0.68
" (2)	"	0.46
沈殿物(1)	炭酸カルシウム質, 褐色泥状	392
" (2)	" 黄褐色	872 (中井測定)
" (3)	" 淡黄褐色	109
" (4)	" 灰白色	18.0
" (5)	" 黄褐色泥状	687
" (6)	" 黄褐色泥状	254

表9. 温泉水中のRaの共沈に関する実験(中井測定)

Carrier	標準液中のラジウム量		沈殿物中のラジウム量		共沈したラジウムの百分率
生成した沈殿	Ra $\times 10^{-12}$ g		Ra $\times 10^{-12}$ g		%
MnO <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	76.2	76.2	76.2	100.0
Fe(OH) <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	44.7	35.2	35.2	78.7
BaCO <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	35.0	32.8	32.8	93.7
SrCO <sub>3</sub>	A	35.0	32.2	32.2	92.0
BaCO <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	76.2	76.2	76.2	100.0
SrCO <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	76.2	76.2	76.2	100.0
CaCO <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	76.2	76.2	76.2	100.0
	A	$35.0 \times 10^{-12}$ g	Ra/500cc	有馬温泉	
	B <sub>1</sub>	$44.7 \times 10^{-12}$ g	Ra/500cc	増富温泉(濃縮)	
	B <sub>2</sub>	$76.2 \times 10^{-12}$ g	Ra/500cc	" (濃縮)	

表10. 島根県温泉のウラン含量(阪上測定)

鉱泉	温度(°C)	Clmg/l	U $\times 10^{-6}$ g/l
浅原鉱泉	—	3470	68.5
小林鉱泉	17.7	2877	42.0
池田鉱泉2号	19.7	3520	34.0
" 3号	16.8	2436	20.5
" 4号	17.8	2198	15.2
湯抱温泉A	32.5	4218	23.5
" B	27.0	2659	17.6
忍原上鉱泉	—	5033	22.5
熊取鉱泉	—	3223	19.5
下谷鉱泉1号	—	76.5	4.36
" 2号	—	74.5	3.88
湯谷鉱泉	—	563	2.1
南山鉱泉	—	377.5	1.47
小屋原温泉	38.0	2492	0.78
志学温泉	39.8	938	0.15

表11. 温泉沈殿物のラジウム及びウラン含量(阪上測定)

鉱泉	Ra $10^{-12}$ g/g	U $10^{-6}$ g/g
池田鉱泉2号	1400	12.8
" 3号	750	64
小林鉱泉	21	13.2
南山鉱泉	33	61.6
志学鉱泉	12	1.1

などから MnO<sub>2</sub>, Fe(OH)<sub>3</sub>, BaCO<sub>3</sub>, SrCO<sub>3</sub>, CaCO<sub>3</sub> などを沈殿せしめた場合非常によくラジウムが共沈することが判明した。アメリカの Arkansas の Hot Springs (放射能泉) では湯の源泉からの引湯管に二酸化マンガと炭酸カルシウムが多量に析出するが, 先に析出する MnO<sub>2</sub> に多量のラジウムが共沈してお

り  $3751 \times 10^{-12} \text{g/g}$  を示した。後から析出する  $\text{CaCO}_3$  にはラジウムの共沈量が少く、 $15.2 \times 10^{-12} \text{g/g}$  を示した。この場合ウランは全く共沈していない。

表10に阪上博士による島根県温泉のウラン含量を示した。浅原鉱泉、小林鉱泉が何れも池田鉱泉よりウラン含量が多い点が注目になる。湯抱温泉のほか忍原、熊取両鉱泉にもウランが多く含まれている。ウランの多い温泉鉱泉は何れも塩化物に富んでいる。然し逆に小屋原温泉の如く炭酸や塩化物に富んでもウランは少いものがある。下谷、湯谷、南山等の鉱泉はウランがやや多い。表11に阪上博士による同一沈殿物中のウラン及びラジウム量を示した。ウラン含量とラジウム含量は比例しないが、ラジウムの多い沈殿物は概してウランにも富んでいるようである。また阪上博士の測定によれば温泉中のウラン量とラジウム量は放射平衡にはない。

尚島根県下の温泉、鉱泉並にその沈殿物のラジウム及びウラン含量を一括して表12に示した。

表12. 島根県下島根県下の温泉鉱泉並にその沈殿物のラジウム及びウラン含量

試料	Ra		U	
	温泉 $10^{-12} \text{g/l}$	沈殿物 $10^{-12} \text{g/g}$	温泉 $10^{-6} \text{g/l}$	沈殿物 $10^{-6} \text{g/g}$
1. 池田 鉱泉	36.43(中井)	950(岩崎・松田) 1400(阪上)	34.0(阪上)	64(阪上)
2. 湯抱 温泉	35.06(中井)	202(中井)	27(野口・今橋)	—
3. 浅原 鉱泉	23(阪上)	—	68(阪上)	—
4. 小林 鉱泉	17(阪上)	21(阪上)	51(阪上) 上	13.2(阪上)
5. 忍原 鉱泉	8.1(阪上)	—	22.5(阪上)	—
6. 熊取 鉱泉	7.1(阪上)	—	19.5(阪上)	—
7. 南山 鉱泉	0.55(阪上)	33(阪上)	1.47(阪上)	61.6(阪上)
8. 玉造 温泉	97.14(中井)	—	—	—
9. 下谷 鉱泉	1.6(阪上)	—	4.36(阪上)	—
10. 温泉津温泉	—	73.1(岩崎・松田)	1.2(野口・今橋)	—
11. 小屋原温泉	6.15(中井)	—	1.2(野口・今橋)	—
12. 志学 温泉	1.02(中井)	4.93(岩崎・松田)	0.15(阪上)	—
13. 湯の谷鉱泉	0.8	—	2.1(阪上)	—

尚また池田鉱泉並に湯抱温泉についての測定を一括すると表13、14の通りである。

島根県のラジウムやウランに富む温泉鉱泉は何れも炭酸ガスを伴うアルカリ度の高い、塩化物に富む弱酸性泉であって、この点山梨県増富温泉や兵庫県有馬温泉などと類似している。日本にはこれらと全く異なる強酸性泉にウランが多いことが明らかになっている。例えば表15に示す通り野口、今橋の測定によれば pH1.0 付近を示す強酸性泉である富山県立山地獄谷酸性泉 No.25 は U 含量  $38 \times 10^{-6} \text{g/l}$ 、群馬県香草温泉は U 含量  $10 \times 10^{-6} \text{g/l}$ 、酸性泉として最も著名な秋田県玉川温泉小噴は  $2.6 \times 10^{-6} \text{g/l}$  を示した。これら強酸性泉は何れも塩化物に富んでいるほか、金属イオンでは鉄に伴っている点が島根県の放射性元素に富む温泉と類似しており、ウラン鉱床の生成機構の問題と関連して興味ある点である。

また島根県の温泉並に温泉沈殿物中に含まれるトリウム系元素について下方博士が測定した値を表16、17に示した。表16を見ると湯抱温泉、池田鉱泉、温泉津温泉などに最も多く含まれており、特に湯抱温泉1号はその含量日本一とされている。また池田鉱泉、湯抱温泉はその沈殿物にもトリウム系元素が多い。

表13. 池田鉱泉の放射性元素の含量

温泉名	Rn (マッヘ)	測定者
池田鉱泉 4号	1479	松浦
" 3号	198.4	"
" 4号	1950	岩崎
" 3号	298	"
" 5号	6462	大島
" 4号	1663	"
" 4号 洞窟空気	44.83	"
$Ra \times 10^{-12}g/l$		
池田鉱泉 1号	36.43	中井
" 2号	19.46	"
" T 2	12	阪上
" T 3	8.1	"
$Ra \times 10^{-12}g/g$		
池田鉱泉 沈殿物・水酸化鉄	872	中井
" "	950	岩崎・松田
" "	884	"
" "	1400	阪上
" "	750	"
$U \times 10^{-6}g/l$		
池田鉱泉 T 2	34.0	阪上
" T 3	20.5	"
" T 4	15.2	"
" No. 8	9.2	野口・今橋
" No. 3	27	"
$U \times 10^{-6}g/g$		
池田鉱泉 沈殿物 T 2	12.8	阪上
" T 3	64	"

表14. 湯抱温泉の放射性元素の含量

温泉名	Rn (マッヘ)	測定者
湯抱温泉 2号	38.9	松浦
" 1号	35.3	"
$Ra \times 10^{-12}g/l$		
湯抱温泉 1号	35.06	中井
" 2号	30.57	"
" 3号	13.45	"
" A	8.2	阪上
" B	6.5	"
$Ra \times 10^{-12}g/g$		
湯抱温泉 沈殿物 No. 2	202	中井
" 炭酸カルシウム	31.3	岩崎・松田
" 褐色部	47.5	"
" 炭酸カルシウム	46.7	"
$U \times 10^{-6}g/l$		
湯抱温泉 A	23.5	阪上
" B	17.6	"
" 1号	27	野口・今橋
" 2号	7.0	"
" 3号	22	"

表15. 酸性泉のウラン含量(野口・今橋測定)

温 泉 名	水温(℃)	pH	Clmg/l	U $10^{-6}$ g/l
富山県立山地獄谷No.25	59.0	1.2	5273	38
"    No.26	38.0	1.2	4420	29
"    No.6	91.3	0.7	12340	12
群馬県香草温泉No.1	52.0	1.6	3128	10
秋田県玉川温泉 大噴	98.0	1.2	3074	2.1
"    小噴	97.5	1.2	3438	2.6
群馬県万座温泉 空噴	95.5	1.6	1001	1.8
草津温泉 湯畑	66.2	1.7	582	0.72
箱根大涌谷酸性水	—	強酸性	68800	38

表16. 島根県の温泉水 1 ℓ 中から生じるトロン量

温 泉 名	泉温(℃)	Tn 10 <sup>-5</sup> g ThU/l
湯抱温泉1号泉	32.5	41.3
"    2号泉	28.0	15.2
"    川中湯	30.3	17.8
池田鉱泉2号泉	20.5	22.3
"    1号泉	19.0	11.6
"    3号泉	19.0	6.1
温泉津温泉元湯	50.0	6.0
"    新湯*	45.5	5.4
柿の木鉱泉2号C泉	24.5	3.5
"    3号泉	23.0	3.6
木部谷鉱泉B泉	18.0	2.5
"    A泉	17.5	1.5
小屋原温泉	38.5	2.0
田丸鉱泉	18.0	1.3

\*震湯ともいう。

表17. 温泉沈殿物 1 g 中から生じるトロン量

温 泉 名	沈殿物採取位置	Tn 10 <sup>-3</sup> g ThU/g
池田鉱泉1号泉	源泉直下	8.59
"    4号泉	湧出口	0.65
湯抱温泉2号泉	湧出口	5.53
"    3号泉	湧出口より2m下	0.26
温泉津温泉新湯*		1.10

\*震湯ともいう。

## 結 語

島根県温泉の特性を要約すると次の通りである。

- 1) 島根県にはラドン、ラジウム、ウランに富む温泉鉱泉が多い。
- 2) 有福温泉の如くアルカリ性の含有塩類の少ない温泉は放射性元素に乏しい。
- 3) 池田鉱泉、湯抱温泉の如き放射性元素に富む温泉、鉱泉は何れも多量の炭酸ガスを伴い、アルカリ度が高く、塩化物に富んでいる。
- 4) 各種化学成分の最高値は次の通りである。水温72.0℃(玉造温泉長楽園龍宮湯), pH8.9(有福温泉御前湯), 最小値5.9(池田ラジウム鉱泉No.3), Na 3850mg/l(湯抱温泉No.1), K 206mg/l(池田ラジウム鉱泉No.3), Li 5.36mg/l(湯抱温泉No.1), Ca 519mg/l(温泉津温泉小浜), Mg 112mg/l(池田ラジウム鉱泉No.3), Fe 7.0mg/l(志学温泉湯元No.1), Cl 4637mg/l(湯抱

温泉No.1),  $\text{SO}_4$  999mg/l(温泉津温泉元湯),  $\text{H}_2\text{S}$  0.4mg/l(温泉津温泉震湯), As 3.04mg/l(湯抱温泉No.1),  $\text{HBO}_2$  86.6mg/l(湯抱温泉No.1),  $\text{CO}_2$  1890mg/l(池田鉱泉No.3)アルカリ度 34.78meq/l(湯抱温泉No.1),  $\text{SiO}_2$  130mg/l(志学温泉湯元), Zn 0.12mg/l(温泉津温泉元湯), Mn 2.32mg/l(湯抱温泉No.1), Hg  $0.27 \times 10^{-3}$ mg/l(玉造温泉長楽園龍宮湯).

- 5) 温泉の成分比を見ると Na/Cl, K/Na 比においては海水の値より稍大きいが,  $\text{HBO}_2/\text{Cl}$ , Li/Cl, As/Cl 比においては著しく海水の値より大きい.
- 6) Br/Cl 比は海水の値に近いが海水の値より稍小さい.
- 7) ラドン含量の最高値は池田鉱床5号の6462マッへ, ラジウムの最高値は玉造温泉松の湯の  $97.1 \times 10^{-12}$ g/lウランの最高値は浅原鉱泉の  $68.5 \times 10^{-6}$ g/lである.
- 8) 放射性元素に富む温泉鉱泉のラドン含量は溶存するラジウム量と放射平衡の量より遙に大きい. 水中のラドンはラジウムとは別の根源から由来する.
- 9) 池田鉱泉, 湯抱温泉, 小林鉱泉, 南山鉱泉の沈殿物はウラン及びラジウムを多量に含んでおり, ラジウムは池田鉱泉2号の沈殿物の  $1400 \times 10^{-12}$ g/gが最高値であり, ウランは池田鉱泉3号の沈殿物の  $64 \times 10^{-6}$ g/gが最高値である.
- 10) 温泉水中のラジウムが水酸化第二鉄か, 炭酸カルシウムと良く共沈することは実験的に証明された.
- 11) 湯抱温泉並に池田鉱泉はトリウム系元素にも富んでおり特に湯抱温泉はその含量日本一とされている.

最後に本報告作成に当り温泉水の分析に関しては東邦大学相川嘉正助教授, 並に千葉大学中川良三助教授から多大の御協力をいただいたほか, 現地では温泉津温泉長命館主人伊藤恕介氏より御援助を受けた. また島根県の温泉鉱泉及びその沈殿物のウラン及びラジウム含量に関しては金沢大学阪上正信教授から貴重な分析結果をお知らせいただいた. ここに記して厚く感謝の意を表する次第である.

## 文 献

- 1) R. Ishizu: The Mineral Springs of Japan, part 11 136~142, 179(1915).  
厚生省大臣官房国立公園部編, 日本鉱泉誌 (1954) 563~566, 633~680.
- 2) 島根県衛生部の分析結果は各温泉業者保存.
- 3) Toshio Nakai: Bull. Chem. Soc. Japan, Vol. 15, 354(1940).
- 4) 松浦, 岩崎, 福島: 日化 61 225(1940).  
松浦, 麻生, 浅野: 日化 67 97(1946).  
松浦, 広田: 日化 70 62(1949).
- 5) 岩崎, 浮本, 星: 日化 63 139(1942).  
岩崎, 浮本: 日化 64 1272(1943).  
岩崎, 浮本, 家吉: 日化 64 662(1943).  
岩崎, 松田: 日化 72 94(1951).
- 6) 大島: 日本鉱泉誌, 厚生省大臣官房国立公園部編 669(1954).
- 7) 下方: 日化 77 848(1956).
- 8) 阪上: 私信による.
- 9) 野口, 上野, 野口(暁), 中川, 高野, 今橋: 本誌 18 8(1967). 野口, 今橋: 本誌 18 1(1967).