

4. 山梨県内の放射能泉について

山梨大学 杉原 健 (昭和47年8月19日受理)

On Radioactive Mineral Springs in Yamanashi Prefecture

Takeshi SUGIHARA

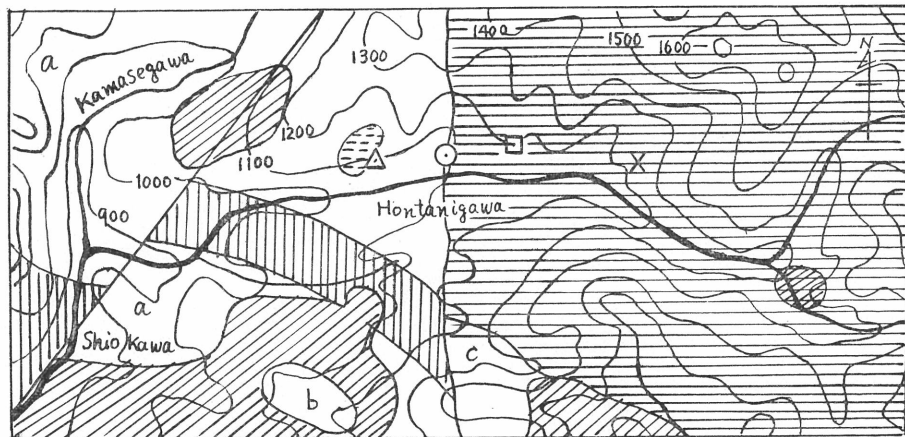
Department of Chemistry, Faculty of Liberal Arts & Education,
Yamanashi University

山梨県内の放射能泉は増富温泉を除いてはみるべきものがないので、主として増富温泉の放射能について述べることにする。

増富温泉の研究は古くより石津¹⁾、中井²⁾、小穴³⁾、黒田⁴⁾、木村⁵⁾、横山⁶⁾、藤井⁷⁾、秋山⁸⁾、伏見⁹⁾、中西¹⁰⁾、下方¹¹⁾、古畑¹²⁾、岩崎¹³⁾、島¹⁴⁾、大沢等¹⁵⁾、杉原¹⁶⁾、森永¹⁷⁾、ならびに中央温泉研究所¹⁸⁾等によって多数の研究がみられるが、放射能泉としては本邦第一位で世界第二位の記録をもつことは既によく知られている通りである。

I. 源泉の分布ならびに地質

Fig. 1 に増富温泉の地質図³⁾を示したが、東部には花崗岩、断層線を南北にはさんで西部に



0 1 2 Km

- 花崗岩
 花崗斑岩
 凝灰岩
 粘板岩
 a, b, c
 a: 砂岩 b: 角閃岩 c: 斑状花崗岩
- A群
 B群
 C群
 D群
 E群

Fig. 1. 増富温泉の地質³⁾

は砂岩層が見られ、一部に粘板岩、凝灰角礫岩の層が認められる。

Fig. 2 に小穴等³⁾による増富温泉の分布図を示す。断層線に沿って B 群、その東部の温泉群が A 群、西部の温泉群が C 群である。

Fig. 3 に小穴等の源泉の分布が明らかでないので最近の源泉の分布の状態を示した。

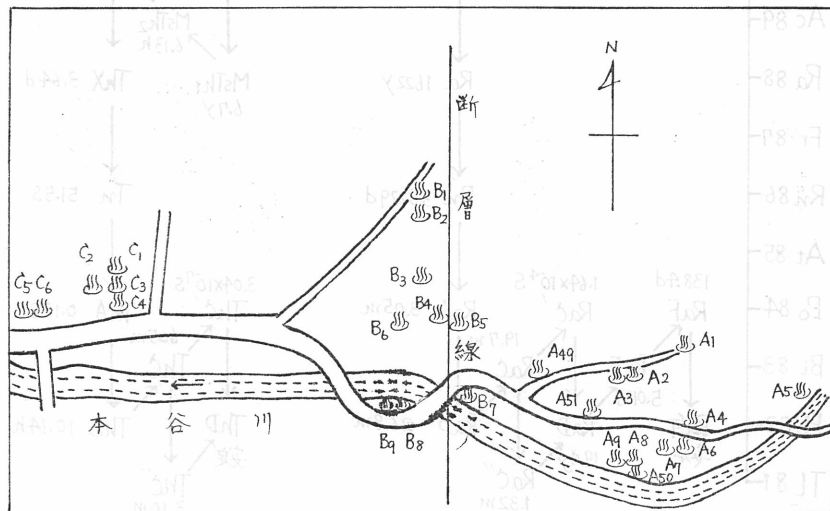


Fig. 2. 増富温泉の源泉の分布³⁾

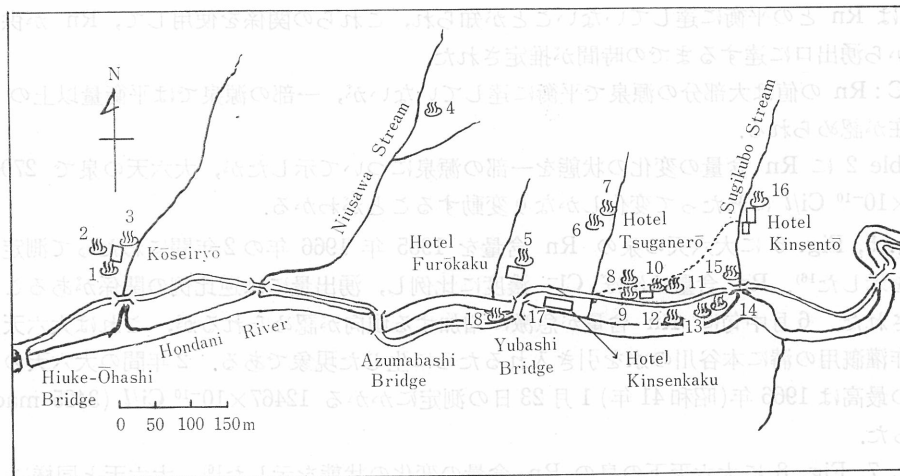


Fig. 3. 最近の増富温泉¹⁶⁾

II. 増富温泉の放射能について

Fig. 4 に U 系列と Th 系列の壊変の様子を示した。

Table 1 に RaA : Rn, RaB : Rn, RaC : Rn の関係を示した。大部分の源泉で RaA, RaB,

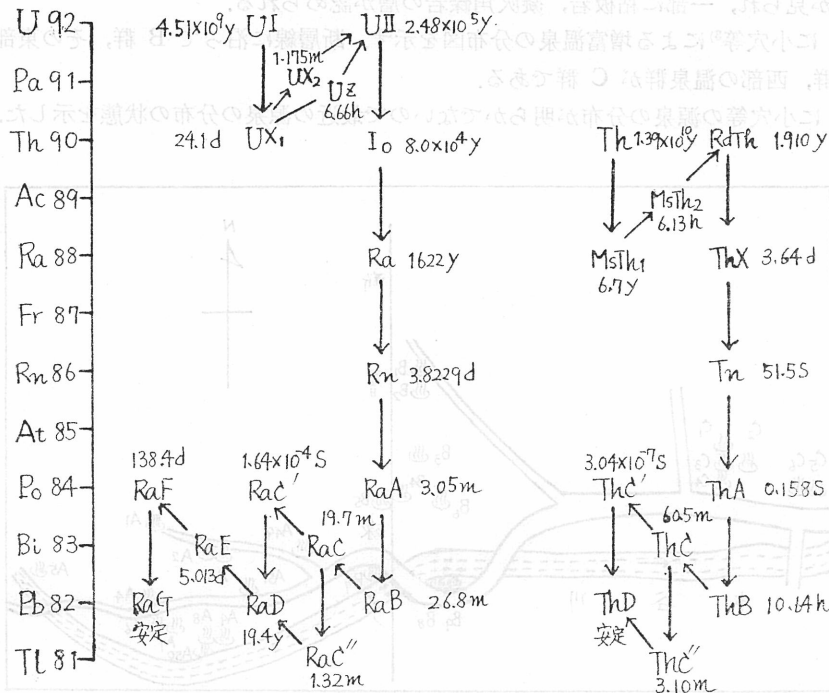


Fig. 4. U 系列, Th 系列の壊変⁶⁾

RaC は Rn との平衡に達していないことが知られ、これらの関係を使用して、Rn が供給されてから湧出口に達するまでの時間が推定された。

RaC : Rn の値は大部分の源泉で平衡に達していないが、一部の源泉では平衡量以上の RaC の存在が認められる。

Table 2 に Rn 含量の変化の状態を一部の源泉について示したが、大六天の泉で $27000 \sim 3260 \times 10^{-10}$ Ci/l にわたって変化しかなり変動することがわかる。

Fig. 5, Fig. 6 に大六天の泉の Rn 含量を 1965 年 1966 年の 2 年間にわたって測定した結果を示した¹⁶⁾。Rn 含量はほぼ Cl^- 濃度に比例し、湧出量には逆比例の関係があることが見出された。6 月中旬に Rn 含量が急激に増加する傾向が認められるが、これは大六天上方の稲作灌漑用の溝に本谷川の水を引き入れるために生じた現象である。2 年間の大六天の Rn 含量の最高は 1966 年(昭和 41 年)1 月 23 日の測定にかかる 12467×10^{-10} Ci/l (3425 mache) であった。

Fig. 7, Fig. 8 に大六天下の泉の Rn 含量の変化の状態を示した¹⁶⁾。大六天と同様に Cl^- 濃度にほぼ比例し、湧出量に反比例的な傾向が認められる。

大六天下にも 6 月上旬に一時的に Rn 含量の急激な増加が認められたが、大六天と同じ理由によるもの考えられる。

増富温泉の Rn 含量の現在までに記録された最高値は A₉ 号泉の 1943 年(昭和 18 年)4 月 8 日における 12300 mache¹⁹⁾ である。A₉ の大六天の泉で 1943 年 5 月 24 日に 9230 mache¹⁹⁾ がこれに次いでいる。

Table 2. Rn 含量の変化の状態 (10⁻¹⁰ Ci/l)

年 月 日	日暮淵の泉 A ₉	大六天の泉 A ₄₉	栗平 No. 1 B ₄	上河原下の湯 B ₉	測 定 者
1914. 8	—	—	2140	3010	石津 ¹⁾
1936. 10	—	—	2097	4889	中井 ²⁾
1939. 7	—	—	—	3970	小穴, 黒田 ³⁾
1940. 10	—	—	2320	4370	"
1941. 10	—	—	2060	2240	"
1942. 5	—	—	2020	265	"
1943. 4. 8	44770*	—	—	—	黒田 ⁴⁾
1943. 4. 27	—	15907	—	—	"
1943. 4. 28	—	18928	—	—	"
1943. 5. 24	—	33597	—	—	"
1943. 5. 28	—	28829	—	—	"
1943. 6. 15	—	28300	—	—	"
1947. 6	3300	18000	—	—	"
1947. 8	—	13600	2550	3000	"
1948. 1	5000	27000	—	—	杉原 ¹⁶⁾
1960. 10	—	5600	—	—	"
1961. 10	—	3260	—	—	"
1962. 7	—	14600	—	—	"
1964. 12	—	3800	—	—	"
1965. 12. 19	—	10615	—	—	"
1966. 1. 23	—	12467	—	—	"

* 12300 mache

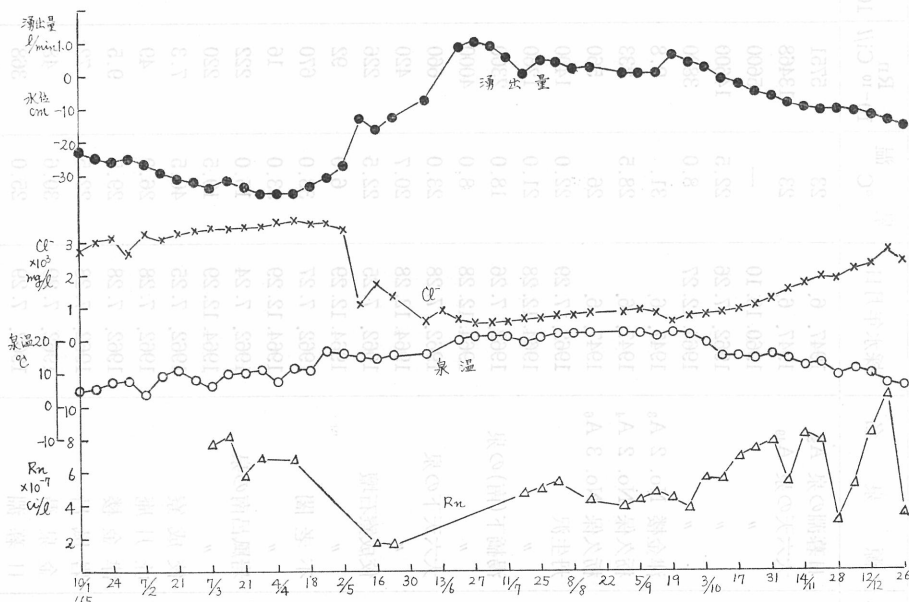


Fig. 5. 大六天の泉 (I)¹⁶⁾

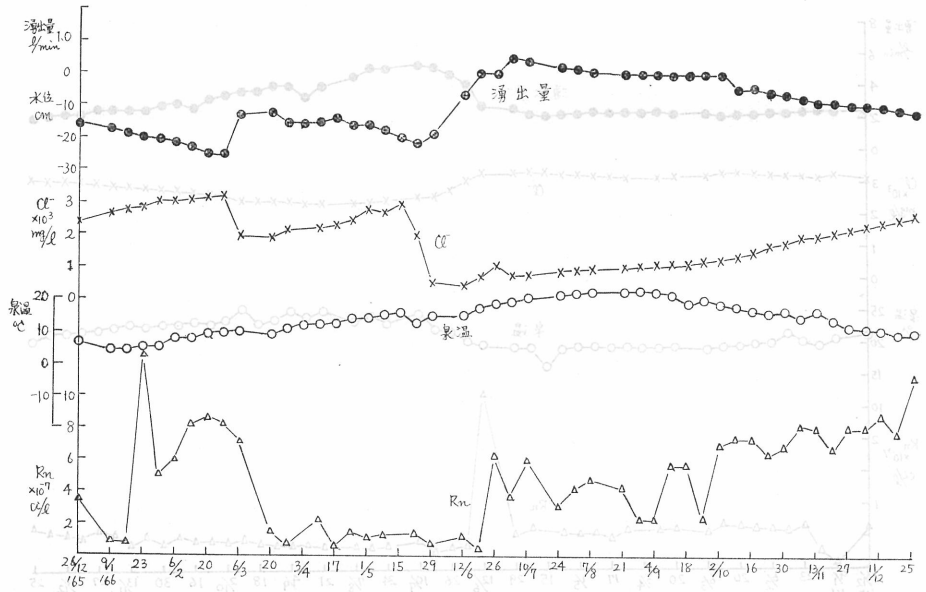


Fig. 6. 大六天の泉 (II)¹⁶⁾

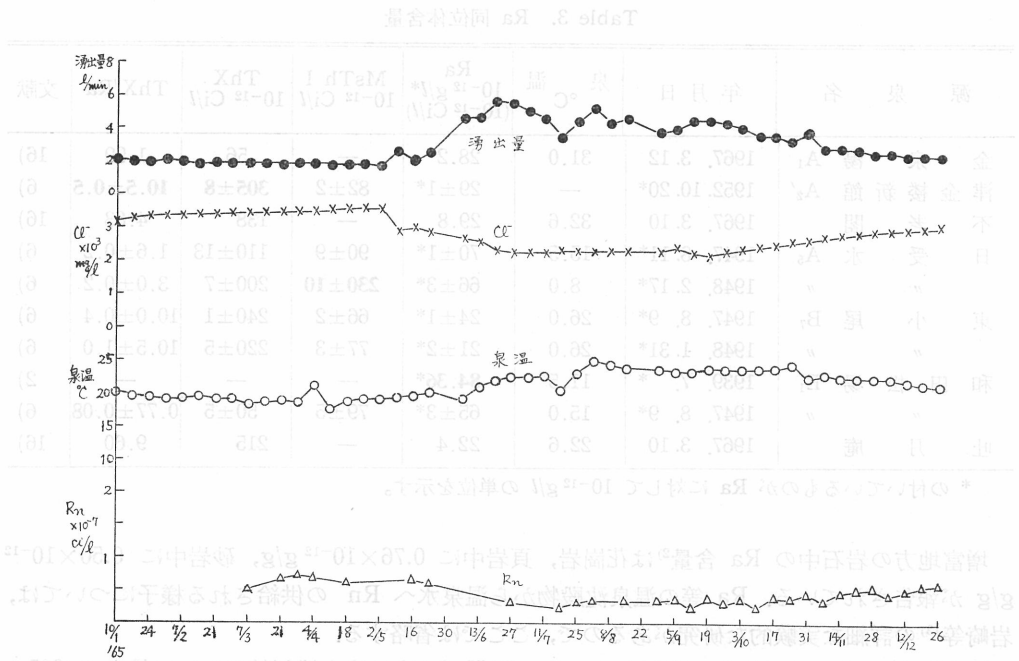


Fig. 7. 大六天下の泉 (I)¹⁶⁾

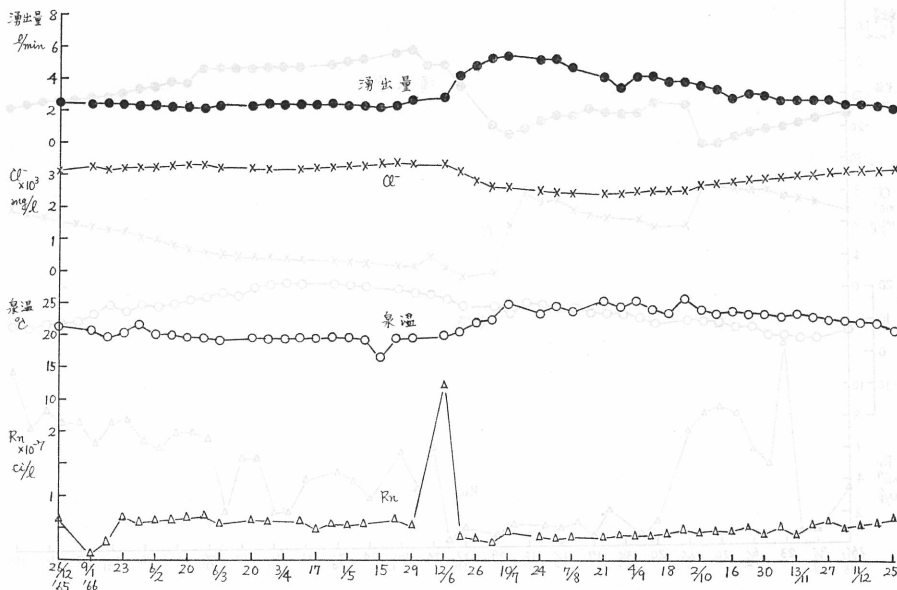


Fig. 8. 大六天下の泉 (II)¹⁶⁾

Table 3. Ra 同位体含量

源泉名	年月日	泉 °C 温	Ra 10 ⁻¹² g/l* (10 ⁻¹² Ci/l)	MsTh I 10 ⁻¹² Ci/l	ThX 10 ⁻¹² Ci/l	ThX/Ra	文献
金 泉 湯 A ₁	1967. 3. 12	31.0	28.2	—	56	1.99	16)
津金楼新館 A ₂ '	1952. 10. 20*	—	29±1*	82±2	305±8	10.5±0.5	6)
不 老 閣	1967. 3. 10	32.6	29.8	—	138	4.63	16)
日 受 水 A ₅	1947. 8. 11*	15.5	70±1*	90±9	110±13	1.6±0.2	6)
" "	1948. 2. 17*	8.0	66±3*	230±10	200±7	3.0±0.2	6)
東 小 尾 B ₇	1947. 8. 9*	26.0	24±1*	66±2	240±1	10.0±0.4	6)
" "	1948. 1. 31*	26.0	21±2*	77±3	220±5	10.5±1.0	6)
和 田 松 場 E ₁	1939. 7. *	11.5	84.36*	—	—	—	2)
" "	1947. 8. 9*	15.0	65±3*	79±5	50±5	0.77±0.08	6)
吐 月 庵	1967. 3. 10	22.6	22.4	—	215	9.60	16)

* の付いているものが Ra に対して 10⁻¹² g/l の単位を示す。

増富地方の岩石中の Ra 含量²⁾は花崗岩, 頁岩中に 0.76×10⁻¹² g/g, 砂岩中に 0.50×10⁻¹² g/g が報告されている. Ra 等の温泉沈殿物から温泉水へ Rn の供給される様子については, 岩崎等¹³⁾の詳細な実験的な研究があるので, ここでは省略する.

Table 3 に Ra の同位体の濃度を示した. ThX 含量⁶⁾は津金楼新館において最大で (305±8)×10⁻¹² Ci/l であった. また, ThX/Ra の値も最大値を示し, 10.5±0.5 であった.

MsThI⁶⁾ の含量は日受水に最高で (230±10)×10⁻¹² Ci/l を示した.

最近測定した ²²⁶Ra¹⁶⁾ ならびに ²²⁴Ra (ThX¹⁶⁾) は, 不老閣の湯で 29.8×10⁻¹² Ci/l¹⁶⁾ の

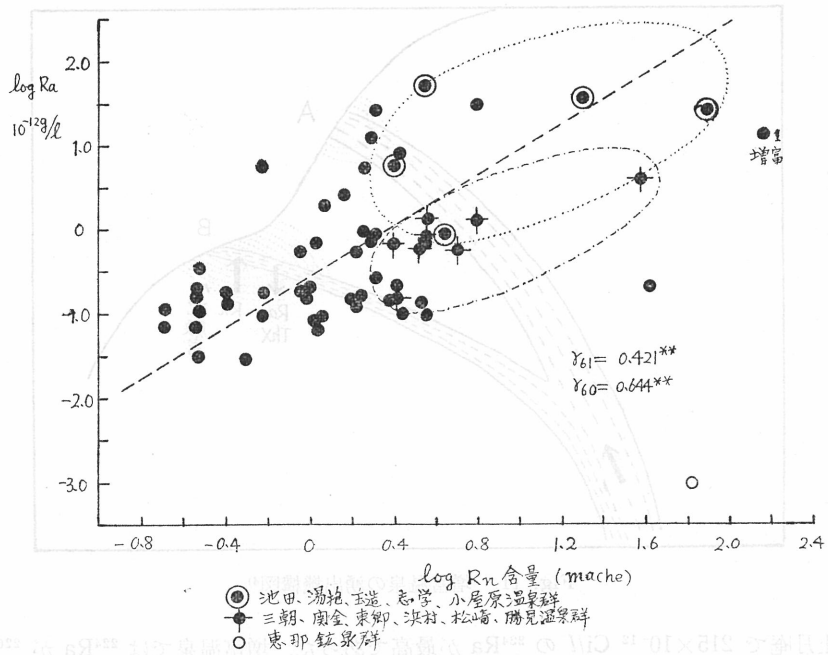


Fig. 9. 本邦の温泉群の Ra 含量と Rn 含量との関係¹⁶⁾

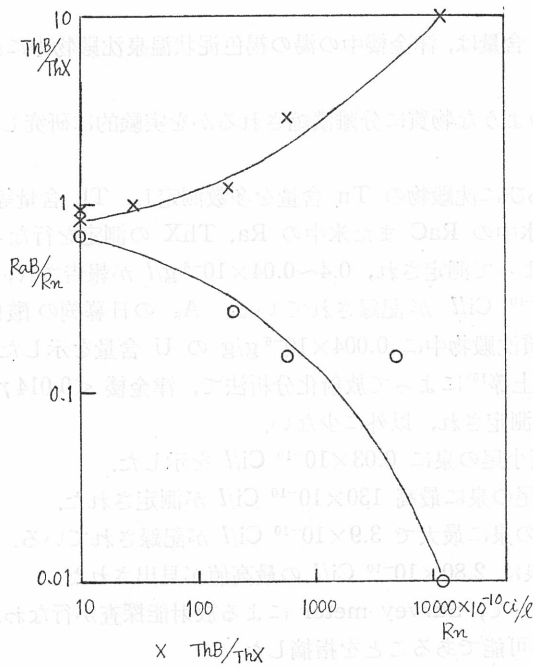
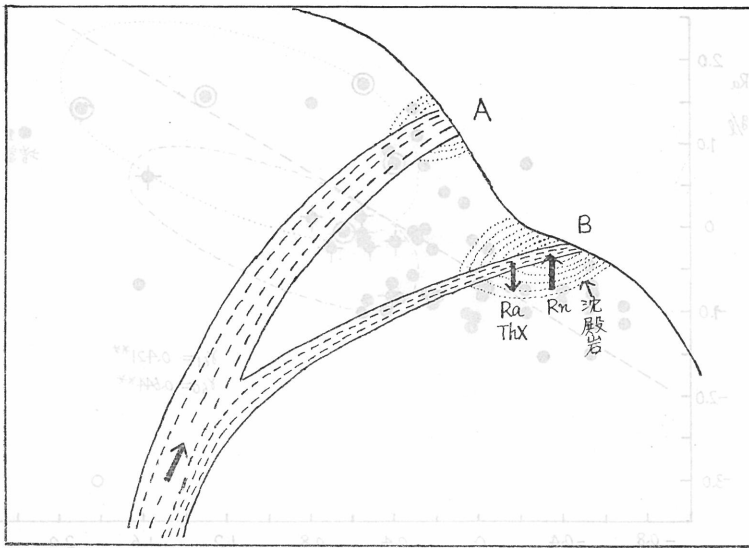


Fig. 10. ThB/ThX と Rn, RaB/Rn と Rn との関係⁴⁾

Fig. 11. 増富温泉の湧出機構図⁴⁾

^{226}Ra , 吐月庵で $215 \times 10^{-12} \text{ Ci/l}$ の ^{224}Ra が最高であった。増富温泉では ^{224}Ra が ^{226}Ra より放射能的に優勢なものが多いことは $^{224}\text{Ra} (\text{ThX}) / ^{226}\text{Ra}$ の比の値からも明らかである。

増富温泉での Ra 最高値は和田松場鉱泉の、 $84.36 \times 10^{-12} \text{ g/g}^{2)}$ で、本邦温泉中第 5 位である。

温泉沈殿物中の Ra 含量は、津金楼中の湯の褐色泥状温泉沈殿物中に最大、 $511 \times 10^{-12} \text{ g/g}^{12)}$ が測定された。

中井²⁾は Ra がどのような物質に分離濃縮されるかを実験的に研究し、その順序を明らかにした。

下方¹¹⁾も温泉水ならびに沈殿物の Tn 含量を多数測定し、Th 含量等の推定を試みた。

黒田・横山⁴⁾は雨水中の RaC または氷中の Ra, ThX の測定を行なった。

U 含量は中西¹⁰⁾によって測定され、 $0.4 \sim 0.04 \times 10^{-6} \text{ g/l}$ が報告され、B₅ の栗平天然風呂で最高の、 $0.00155 \times 10^{-10} \text{ Ci/l}$ が記録されている。A₈ の日暮湖の酸化鉄の温泉沈殿物中に $0.05 \times 10^{-6} \text{ g/g}$ 、石灰質沈殿物中に $0.004 \times 10^{-6} \text{ g/g}$ の U 含量を示した。

Th 含量は大沢・阪上等¹⁵⁾によって放射化分析法で、津金楼 $< 0.014 \text{ r/l}$ 、岩風呂 $< 0.014 \text{ r/l}$ 、不老閣 $< 0.013 \text{ r/l}$ が測定され、以外に少ない。

RdTh⁴⁾ は B₇ の東小尾の泉に $0.03 \times 10^{-10} \text{ Ci/l}$ を示した。

Tn⁴⁾ は同じく東小尾の泉に最高 $130 \times 10^{-10} \text{ Ci/l}$ が測定された。

P₀⁴⁾ は A₄₉ 大六天の泉に最大で $3.9 \times 10^{-10} \text{ Ci/l}$ が記録されている。

ThB⁴⁾ は東小尾の泉に $2.80 \times 10^{-10} \text{ Ci/l}$ の最高値が見出された。

藤井・伏見⁷⁾⁹⁾によって、Survey meter による放射能探査が行なわれた。島¹⁴⁾も同様な方法で放射能泉の探査が可能であることを指摘した。

Fig. 9 に本邦放射能泉の各温泉群の Ra 含量の平均値と Rn 含量の平均値との間の関係を示したが、正の相関が認められ¹⁶⁾、増富温泉群は 1 の番号で示したもので、Rn 含量は本邦第

一位で Ra 含量は本邦有数であることが知られる。

Fig. 10 に RaB/Rn は Rn の増大するにつれて小さくなり, ThB/ThX は Rn の増大につれて逆に大きくなる傾向があり, 過剰の ThB が見られることを示した⁴⁾。

III. 総括

以上の事実から Fig. 11 に示したような湧出機構が増富温泉にあてはめられる。相当多量の Ra, ThX 等を含む鉱泉水が地表近くで大小の分岐を生じ, 大きい方の分岐 A では湧出量, 湧出速度が大きいので放射性同位体の沈殿はあまり起らずそのまま湧出口に達し, 金泉湯, 津金楼のような多量の Ra, ThX 等を含有するが Rn 含量は少ない。一方小さい方の分岐 B では湧出速度が小さいため, 地表近くの沈殿岩地帯を通過する際に Ra, ThX 等は鉄と一緒に沈殿するために, ThX に対して ThB の過剰が見られることになる。さらに沈殿岩の Ra より多量の Rn が鉱泉水に供給されて Rn に富み, ThX, Ra に乏しい大六天の泉, 日暮淵等の泉ができることになる。しかも Rn の供給源の沈殿岩の Ra は地下浅いところに存在する。また東小尾の泉のように ThX にとみ, 湧出速度の大きい泉では, ThX の平衡量より遙かに多い Tn の存在が認められるが, その源は極めて地表近くにおいて鉱泉水の通路の壁に沈積した ThX (MsTh I) に由来するものと考えられる。

文 献

- 1) R. Ishizu, "The Mineral Springs of Japan" (1915); 衛生試験所彙報第 34 号 119 (1929).
- 2) 中井敏夫, 日化 58 638 (1937); 59 1181 (1938); *Bull. Chem. Soc. Japan* 15 333 (1940); 化学実験学第一部 12 75 (1941) 河出書房.
- 3) S. Oana, K. Kuroda, *Bull. Chem. Soc. Japan* 15 485 (1940); 17 397 (1942).
- 4) K. Kuroda, N. Nakanishi, *Bull. Chem. Soc. Japan* 17 489 (1942); 黒田和夫, 横山祐之, 日化 69 76, 79, 122, 124 (1948); 化学の研究第 3 集 29 (1948); K. Kuroda, Y. Yokoyama, *Bull. Chem. Soc. Japan* 21 52, 58 (1948); 22 34 (1949); K. Kuroda, *Bull. Chem. Soc. Japan* 19 213 (1944).
- 5) 木村健二郎, 黒田和夫, 横山祐之, 日化 69 34 (1948).
- 6) 横山祐之, 日化 70 399 (1949); 76 558 (1955).
- 7) 藤井鹿三郎, 伏見弘, 遠藤源助, 山梨県温泉調査資料集 102 (1961); 藤井鹿三郎, 田辺武夫, 伏見弘, 遠藤源助, 秋山梯四郎, 山梨県温泉調査資料集 106 (1961).
- 8) 秋山梯四郎, 山梨県温泉調査資料集 110 (1961); 山梨県衛生研究所報告 4 20 (1960).
- 9) 伏見弘, 温泉工会誌 8 16 (1971), 伏見弘, 秋山梯四郎, 日化 76 620 (1955).
- 10) 中西正城, 日化 69 4 (1948); *Bull. Chem. Soc. Japan* 24 33, 36 (1951).
- 11) 下方敏蔵, 日化 63 1109 (1942); 77 7, 558 (1956), 下方敏蔵, 石原拓, 尾崎敦子, 温泉科学 17 134 (1967).
- 12) 古畑威, 日化 65 465 (1944).
- 13) 岩崎岩次, 温泉工会誌 6 18, 112 (1968); 6 165, (1969); 7 16, 109 (1969); 化学の研究 8 1 (1950); 岩崎岩次, 村上富男, 日化 67 106 (1946).
- 14) 島誠, 温泉科学 5 53 (1953).
- 15) 大沢真澄, 徳永興公, 井谷誠, 阪上正信, *J. Nucl. Sci. Tech.* 3 333 (1966).
- 16) 杉原健, 山梨大学芸研報 13 145 (1962); 14 120 (1963); 温泉工会誌 3 147 (1965); 山梨大教育研報 17 246 (1966); 18 221 (1967); 19 272 (1968); 20 223 (1969); 21 182 (1970); 温泉科学 19 54 (1968).
- 17) 森永寛, 岡山大放射能泉研報 1 1 (1948).
- 18) 中央温泉研究所, 山梨県北巨摩郡須玉町増富温泉における地質調査報告 (1969), (山梨県).
- 19) 黒田和夫, 山梨県温泉調査資料集 151 (1961).