

近畿地方における放射能泉とそのラドン源 について (その一)

京都大学理学部地質学鉱物学教室 桂 京 造

(昭和45年3月30日受理)

Radioactive Springs in the Kinki District and their Radon Sources

Kyozo KATSURA

Department of Geology and Mineralogy, Faculty of Science, Kyoto University

About seventy radioactive springs exist in the Kinki District. In this paper, they are summarized chiefly from the geological point of view and some considerations are made on the origin of radon contained in the springs. Quite remarkable are the tendencies that radioactive springs are apt to be associated with granite, zones of fault and contact metamorphism as well. Radium content of rock samples taken from the vicinity of the springs or the drilled well at the spring area was revealed to be normal, but the weathered rock to be richer in radium than the fresh one of the same kind. It was also found that fault clay or fault breccia was impregnated with radium in most cases. Some experiments on the contribution of radium in rock to the radon content in water were carried out. Crushed granite of 0.5~1.0 kg enclosed in a bottle with water more than three weeks released $3\sim6\times 10^{-11}$ curie of radon per litre, a quantity approximating one-tenth of the equilibrium one with radium in the sample taken. This implies that the part effective to the release of radon is limited to a thin surface layer due to the low diffusion coefficient of radon in rock. A fictitious average thickness responsible for the radon release was calculated to be 0.27 mm for the fresh sample and 0.31 mm for the weathered one of Kitashirakawa granite. The author succeeded in finding out the time of final supply of radon in the depth i.e. the depth of radon source in terms of time by tracing back the growth curves of ^{214}Pb and ^{214}Bi which are the daughter elements of ^{222}Rn , obtained fairly accurately by making use of the whole body counter belonging to The Central Radioisotope Division of Kyoto University. Finally, a formula is deduced giving the velocity of spring flow which makes the radon content maximum during the passage through sand containing radium under some conditions.

序 論

世界有数の温泉国である我国の温泉開発は近年ますます盛んになり、掘さく技術の進歩と共に超深層地下水¹⁾が新しい泉源としてにわかに脚光をあびる一方、既存地域の泉源もだんだん深くなり、古来よりの著名な温泉地においてさえ500m以上を掘さくする例が少なくない。また旅館の増加、大型化はいきおい湧出量の不足につながり乱掘が行なわれた結果泉源の涸渇をもたらし、泉源保護のため温泉法の改正が強く望まれている現状である。

温泉といえはいわゆる熱泉を対象にすることが多いが、湧出温度こそ低くても大なる医療効果を持つ冷泉を無視することはできない。中でも放射能泉は増富鉱泉(山梨県)、池田鉱泉(島

根県)の如く世界的に有名なものが存在し、また全国的に花崗岩体およびその近傍から数多くの湧出が見られ(ただし領家花崗岩類には少ない)その医療効果の大なることから大いに注目すべきである。

近畿地方には昭和29年発行の日本鉱泉誌²⁾によれば放射能泉はわずか9ヶ所(越木岩新田のような温泉群および同一温泉地に湧出するものはまとめて1ヶ所とした)にすぎないが、それ以降実に67もの泉源が発見されている。温度が高くなるとラドンは水中に含まれ難くなりまた熱泉は多量のガスを伴うことが多いので全国的にも温泉中に放射能泉の規格にはいるものは少なく、近畿地方においてもわずかに城崎温泉(兵庫県)、湯村温泉(兵庫県)のみであり、その他の大部分は湧出温度14°C前後の冷泉である。なお温泉法の規定では常水との区別はラジウム 1×10^{-8} mg/kg, ラドン5.5 マツヘ以上、療養泉としてはラジウム 10×10^{-8} mg/kg, ラドン8.25 マツヘ以上となっているが本論文では放射能泉としてはラジウム 1×10^{-8} mg/kg, ラドン5.5 マツヘ以上のものとし、地域としては京都府、大阪府、滋賀県、奈良県、兵庫県、和歌山県の二府四県とした。

今迄にも放射能泉の成因の解明には2, 3の研究成果^{3), 4), 5)}が発表されているが増富鉱泉、三朝温泉などいわゆる強放射能泉についてのものである。近畿地方では花崗岩体に由来する放射能泉が大部分を占め強放射能泉は少ないが、大山寺源泉(兵庫県)のように莫大な自噴量を伴うもの、あるいは岩倉鉱泉(京都府)、東山鉱泉(京都府)の如く花崗岩体を離れて湧出するものなど特異な泉源が存在している。筆者は近畿地方の放射能泉の多くを十数年来実地に指導開発してきた。本論文はこれら近畿地方の放射能泉の地質学的見地よりの研究、ラドン含有量の理論的解明と併せてラドン源の深さについての考究を述べたものである。

I 近畿地方に存在する放射能泉

日本鉱泉誌に記載されている日本全国の温、冷泉のうち放射能泉に適合するのはラドンを含むもの51ヶ所(序論と同様に取扱ってある)でそのうち温泉は26ヶ所、冷泉25ヶ所である。泉源の地質は温泉において花崗岩9、石英粗面岩6、第三紀層7、沖積層4、冷泉については花崗岩16、片麻岩2、石英粗面岩2、安山岩1、洪積層1、沖積層2、不詳1となっている。ラジウムが含まれていることが判っているものは13ヶ所(温泉7、冷泉6)で地質は花崗岩5、石英粗面岩3、花崗閃緑岩1、片岩1、第三紀層2、洪積層1である。

上記の地層のうち洪積層、沖積層の基盤の殆んどは花崗岩で放射能泉と花崗岩が密接な関係にあることは明らかであるが石英粗面岩も特に温泉においては関係が深い。このうち近畿地方に存在するものは第1表の通りであった。

この他に京都府鉱泉誌⁶⁾に次の例が報告されている。

向河原鉱泉	京都市左京区向河原	31	7.48 マツヘ	17.0°C	古生層
三室戸鉱泉	宇治市大字菟道奥の池		9.37 マツヘ	16.0°C	洪積層

また兵庫県衛生研究所の分析資料中に昭和29年以前のものとして

生瀬ウイルキンソン鉱泉	西宮市塩瀬町生瀬		52.68 マツヘ	13.5°C	花崗岩
宝塚湯本源泉	宝塚市湯本		12.60 マツヘ	16.0°C	花崗岩

が見られる。

昭和29年以降近畿地方においては次の如く放射能泉が数多く発見され現在に及んでいる。

第 1 表 近畿地方の放射能泉 (昭和 29 年迄)

泉 源 名	所 在 地	ラドン(マツヘ)	泉 温(°C)	地 質
城 崎 温 泉 御 所 ノ 湯 乙 泉	兵 庫 県 城 崎 郡 城 崎 町	8.41	60.3	第 三 紀 層
有 馬 温 泉	神 戸 市 兵 庫 区 有 馬 町	37.95	31.0	花 崗 岩
瑞 宝 寺 鈹 泉		8.64	19.0	"
丸 山 鈹 泉				
越 木 岩 新 田	西 宮 市 越 木 岩	10.52 平均	14.8 平均	花 崗 岩
ラ ジ ウ ム 泉 群 (13 ケ 所)		16.54 最高	19.0 最高	
		5.72 最低	12.0 最低	
雄 琴 無 名 泉 (今 井 未 吉)	大 津 市 雄 琴 町	5.86	24.0	沖 積 層
大 野 無 名 泉 (岸 本 巖 治)	滋 賀 県 以 下 不 詳	5.73	—	洪 積 層
		ラ ジ ウ ム (g/l×10 ¹²)		
東 白 浜 温 泉	和 歌 山 県 西 牟 婁 郡 白 浜 町	15.91		第 三 紀 層
有 馬 温 泉	神 戸 市 兵 庫 区 有 馬 町			花 崗 岩 石 英 粗 面 岩
本 温 泉		64.97	43.0	
花 ノ 坊 ノ 湯		47.08	34.5	
ラ ジ ウ ム 温 泉		12.68	27.5	
唐 櫃 か た こ し 鈹 泉	神 戸 市 兵 庫 区 有 野 町	111.05	21.5	花 崗 岩
百 間 樋 鈹 泉	神 戸 市 兵 庫 区 有 野 町	61.57	22.0	石 英 粗 面 岩
宝 塚 鈹 泉 旧 温 泉	宝 塚 市 湯 本	26.46	—	花 崗 岩

§1. 京 都 府

第 2 表 昭和 29 年以降発見された放射能泉
その 1 京 都 府

No.	泉 源 名	所 在 地	ラドン (マツヘ)	泉 温 (°C)	備 考
1	由 良 鈹 泉	宮 津 市 由 良 3800	12.21	12.5	Cl ⁻ 8123 mg/l 蒸発残留物 16430 mg/kg 含食塩放射能泉
2	安 鳥 鈹 泉	船 井 郡 日 吉 町 字 生 畑	8.86	13.0	
3	船 岡 鈹 泉	船 井 郡 園 部 町 船 岡	6.14	—	
4	湯ノ花鈹泉茶屋源泉	亀 岡 市 薺 田 野 町 佐 伯	9.26	15.8	自噴 16.5l/min. 110 m 掘さく
5	湯ノ花鈹泉芦ノ山源泉	" " 芦ノ山	7.01	15.1	自然湧出 12.4l/min.
6	亀岡鈹泉湯ノ花温泉	" " 柿 花	6.93	14.1	" 18.2 "
7	亀岡鈹泉下峠源泉	" " 佐 伯	8.47	—	
8	岩 倉 鈹 泉	京 都 市 左 京 区 岩 倉 西 河 原 町	8.54	14.4	8 m 掘さく
9	北白川鈹泉瓜生山鈹泉	" 左 京 区 北 白 川 山 田 町	22.01	14.9	自然湧出 2.7l/min.
10	" 不 動 1 号 泉	" " " 地 蔵 谷	28.83	17.3	" 2.1 "

No.	泉 源 名	所 在 地	ラドン (マツヘ)	泉 温 (°C)	備 考
11	" 天然ラジウム温泉 第 3 号 泉	" " " "	16.48	9.5	" 1.8 "
12	" " 第 4 号 泉	" " " "	10.63	10.2	" 3.3 "
13	" 白鳥山源泉	" " " 蓬ヶ谷	27.10	14.0	125 m 掘さく
14	" 白幽源泉1号泉	" " " 南ヶ原	14.32	14.0	自然湧出 5.5l/min.
15	" " 2号泉	" " " 琵琶町	23.58	12.8	" 2.0 "
16	東山鉦泉 霊山新温泉	" 東山区清閑寺 霊山町	14.76	15.4	60 m 掘さく
17	銀閣寺 鉦泉	" 左京区浄土寺下馬場町	8.65	14.0	13 m 掘さく
18	鹿ヶ谷 鉦泉	" " 鹿ヶ谷字徳善谷町	7.98	14.0	自然湧出 10.6l/min.
19	新田温泉	" " 中山 448	13.72	14.9	" 2.0 "
20	森下源泉	舞鶴市字小橋	10.48	18.5	含食塩・塩化土類 放射能泉
21	栗田温泉	宮津市字小田宿野	18.98	14.5	山腹の旧壕内より 湧出 8l/min.
22	加舎鉦泉	亀岡市本梅町西加舎	10.98	13.8	
23	七谷川温泉	" 千歳町裏山	16.61	14.8	
24	湯ノ花第2源泉	" 禪田野町芦ノ山	13.02	15.0	3 馬力ポンプ 100l/min.

上記 24 泉源が昭和 29 年以降京都府内で開発され温泉台帳に登録されている放射能泉であるが、この他に京都市内の公衆浴場の井戸のうち下記のもの温泉規格以上のラドンを含むことが西村⁷⁾により発見されている。

京都市内の公衆浴場井戸のうちラドンが温泉規格を越えるもの

	ラドン(マツヘ)	所在地(浴場名は略す)
1.	7.48	左京区浄土寺
2.	14.55	" "
3.	7.06	" "
4.	5.93	" 聖護院
5.	6.84	" 鹿ヶ谷
6.	6.42	上京区室町今出川
7.	7.67	左京区北白川
8.	7.04	" 吉田
9.	9.58	東山区川端三条
10.	6.60	中京区衣棚夷川

また未発表であるが京都大学農学部正門横に掘さくされた用水井戸はラドン量が非常に多くその井戸水が給水されていた理学部地質学鉦物学教室旧館の水道蛇口で最高 12.5 マツヘが検出されている。この深井戸は清水⁸⁾によって放射能探査の結果から推定された南北方向の断層上に丁度位置する。北白川、浄土寺地区の家庭用井戸においても花崗岩砂(いわゆる白川砂)層より採水しているものはラドンを含みそのうちあるものは温泉規格を越えている(例えば左京区北白川堂ノ前町 上治邸井戸 5.99 マツヘ)。

次にこれらの放射能泉が存在する地区の地質について述べるが、以上の泉源のうち数多くのもを筆者は京都大学初田甚一郎教授指導のもとに実際に手がけて開発しているのでそれらについては併せて掘さく時の状況をも記載する。

A) 宮津，舞鶴地区

丹後，但馬地帯に広く見られる黒雲母花崗岩体中に湧出しいまだ3泉源のみしか発見されていないが放射能鉱物‘大呂石，河辺石’などが中郡に産出することからしても将来は宮津，舞鶴地区に限らずこの花崗岩体中により多くの放射能泉が発見される可能性が極めて強い。

B) 船井郡日吉町，園部町地区

筆者は未踏査であるが京都府鉱泉誌にその詳細が記載してある。

C) 亀岡地区

イ) 湯ノ花ラジウム泉群

本温泉群は国鉄亀岡駅西方約6kmに位置している。古来より湯ノ花地区には鉱泉が存在していたらしいことがその地名からも推定される。近年数ヶ所の自然湧出水がラドンを相当量含むことが発見されたが温泉規格を越えたものは一つにすぎず湧出量も多くなかった。昭和31年亀岡市より初田教授に当地区の泉源調査が依頼されその結果 No. 4 茶屋源泉が掘さくされた。

本温泉群はその北方にある行者山を造る黒雲母花崗岩の岩株(東西3km，南北4km)が秩父古生層中に侵入して生じた接触変成帯にあり，接触鉱物として紅柱石，堇青石，珪緑石を産し，特に桜天神境内の堇青石は昔から桜石と呼ばれて有名である。No. 4 茶屋源泉は筆者が掘さくしたのであるが深度110mのうち粘板岩がホルンフェルス化したものが大部分で深度56m付近で厚さ約3mの石英脈を貫いている。ボーリングコアにはセンターを付着した亀裂の発達が見られ桜石の結晶が相当深く迄存在した。掘さくの進行に伴い異なった深度でのラドンを測定したが-8m 9.44 マツへ，-67m 6.13 マツへ，-108.7m 9.99 マツへと違った値が得られた。当初2軒しかなかった温泉旅館も昭和39年には6軒を数え更に続々と増，新築が行なわれた結果必然的に湯量の不足をきたし，昭和43年に初田教授と筆者の調査に基づき No. 24 湯ノ花第2源泉が掘さくされた。この泉源は佐伯地区より湯ノ花地区に至る峠道の頂上部にあり茶屋源泉より300m離れ，更に約40m高く位置するので筆者らは150m掘さくするよう指示し水中ポンプの使用を考えたが掘さく後40m位から自噴をはじめ(2l/min.) 85m位より12l/min.に増え100m掘さく時に行なった揚水試験の結果所期の水量が得られたので掘さくを打切った。地質は茶屋源泉と同じくホルンフェルスであるが桜石は見られずラドンは自噴水で6.79 マツへ，ポンプ揚水で9.41 マツへと深部が濃度の高いことを示している。両泉源共質，量に恵まれ同一構造線よりの湧出と考えられる。

ロ) 加舎鉱泉

湯ノ花温泉群の西方約5kmに位置し石英粗面岩の周辺部に当り，近傍に古生層が露出しているが120m掘さくしても石英粗面岩が抜けなかった。本泉も筆者が掘さくしたもので非常に亀裂が多くそのラドン源は西方大阪府側に花崗岩の露頭が見られるのでこれの侵入によると推定される。

ハ) 七谷川温泉

亀岡盆地の東南部へ流入する七谷川の溪流中の岩壁の亀裂より湧出しており地質は粘板岩が変質してホルンフェルス化したものである。この成層面が湧出口の1~2m北で急になってい

ることから断層部分と判断され、七谷川自身も別の大きな断層によってできた断層谷を流れている。これより上流約 500 m の左岸にも 5.77 マツへの湧水が存在する。基盤がホルンフェルス化していることより花崗岩が近くまで侵入していると考えられる。

D) 北白川ラジウム泉群

北白川花崗岩体は露出面積東西、南北各 5 km の岩株をなして秩父系中に侵入した黒雲母花崗岩で、副成分として褐簾石を有するのが特徴である。現在この岩体には数多くの放射能泉が発見開発されているがその殆んどは花崗岩の亀裂からの自然湧出水で湧出量も少なく No. 13 白鳥山源泉のみが唯一のボーリング泉である。白鳥山源泉は標高 310 m の通称白鳥山の頂上に掘さくされたもので、深度 131 m に達している。その柱状図によると深度 65 m, 77 m, 111 m および 116 m で断層を切り筆者が行なった温度検層から 77 m 近辺の断層は 15 m 前後におよび相当量の湧出があると判断される。

尹および西村⁷⁾によって発見された身代り不動の湧泉群は N 85° W, 80° S の数本の亀裂よりの湧水でいずれも隣合って近くに存在するにかかわらず イ) 14.1 マツへ、ロ) 44.8 マツへ、ハ) 0.44 マツへ、ニ) 49.1 マツへとラドン含有量に非常な相違がある。この湧泉群は降雨後湧水量が増したときはラドン量が急激に減り、逆に湧出量の少なくなるときはラドン濃度が高くなることが確認されているのでラドン含有量の相違は二次的な原因によるものでそのラドン源も極めて地表に近いところにあることが推定され、IV の項(次報)で述べる白幽源泉について行なった実験結果もこれを裏付けている。

E) 銀閣寺鉱泉

吉田山の東麓旧白川の扇状地に位置し、昭和 20 年頃迄はこの辺りでは地下水が自噴していた。現在自噴井は無くなったが地下水位は高く従ってこの付近の井戸は殆んど深度 5~6 m である。本泉も筆者が掘さくしたものであるが 8 m 付近にある粘土層を貫き、上部の地下水を遮断して粘土層以深の白川砂の層から採水した結果療養泉規格に達したラドン含有量が得られた。この付近の表層地下水にも相当のラドンが含まれると考えられ現に筆者は本泉の約 200 m 北方にある民家の打込井戸(5~6 m)の水で 5.01 マツへという値を得ている。

F) 東山鉱泉

本泉は筆者が昭和 36 年に最初飲用水を目的にボーリングしたものである。地質は古生層で北白川花崗岩体の南縁より約 4 km も隔たり、当時としては放射能泉は予想できなかったが、掘さく井がたまたま深度 35 m より 20 m 位の断層に際会し豊富な湧水を得たので試験した結果ラドンを多く含むことが判明し、深井戸ポンプを設置して放射能泉と認定されるに至った。これより南へ 20 m 離れて掘さくした 2 号泉では 54 m でこの断層にあたり、これをすぎるまで盲のケーシングパイプを挿入し断層より下部の水を採取するようにしたが、この水のラドン量は少なかった。この事実から本泉のラドン源が断層に存することは明らかである。

G) 岩倉鉱泉

古生層中より湧出する数少ない放射能泉の一つである。北白川花崗岩体の西北縁より 3 km も隔たっていて付近にホルンフェルス化した岩石も見られない。掘さく深度も僅か 8 m で近くに他のラドン量の多い湧水(井戸水)なども発見されてなく局所的な湧出と考えられる。筆者は本泉のポンプ設置を指導しその際数回ラドン量を測定したが 8.33~8.88 マツへと掘さくが浅いにもかかわらず比較的安定した値を示し、IV の項の実験結果からもそのラドン源は意外に近くに存在すると考えられ興味の深い泉源である。

H) 京都市内公衆浴場

京都市内公衆浴場用井戸については西村の報告があるのでそのラドン量，所在地を掲げるに
 止めておく。

I) 向河原鉱泉

本泉の開発は昭和6年にさかのぼりその後分析が行なわれていないので現在の泉質は不明で
 あるが筆者は昭和40年に行なった調査の際鞍馬寺山門前の鞍馬川対岸にある民家の井戸水で
 4.34 マツヘを測定した。花崗岩体からは遙かに遠く放射能泉の存在は奇異にさえ感じるが岩倉
 鉱泉と同じく局所的な湧出があったのかも判らない。

J) 三室戸鉱泉

三室戸寺山門傍竹藪中に昭和8年に約30m掘さくされ、かつて9.37 マツヘという値が記
 録されている。本泉は現在も存在しているが初田教授の昭和25年の調査では2.69 マツヘ、初
 田教授と筆者が昭和41年に行なった調査では3.24 マツヘといずれも温泉規格を下廻る値しか
 得られていない。

京都府における放射能泉は以上述べた如くそのほとんどが花崗岩と関連があり、宮津、舞鶴
 地区を除くといずれもラドン以外の成分は少なく蒸発残留物も100mg/l前後にすぎないのが
 特徴である。

§2. 大阪府

第2表 その2 大阪府

No.	泉源名	所在地	ラドン(マツヘ)	泉温(°C)	備考
1	五洲閣源泉	東大阪市上石切町	11.45	16.5	
2	箕面スパーガーデン源泉	箕面市箕面	9.40	18.7	
3	鮎茶屋源泉	池田市伏尾	11.72	22.4	

A) 五洲閣源泉

生駒山麓の崖錐にあり基盤は領家の粗粒角閃黒雲母花崗岩と片麻花崗閃緑岩でいわゆる生駒
 断層に沿っている。本泉も昭和33年に筆者が掘さくしたが35mで2~3l/min.の自噴をはじ
 めそのラドン量は12.5 マツヘであった。其後65mで急に自噴量が増したがラドン量は9.7マ
 ツヘに減少した。以来毎年ラドン量の測定が行なわれているが6~11 マツヘ間で変動がある。

B) 箕面スパーガーデン源泉

古生層中から湧出する例で筆者も掘さく中に5.3 マツヘのラドンを検出したことがある。

C) 鮎茶屋源泉

池田市の北方1.5km猪名川沿いに存し最近開発されたものである。北方に妙見山、西方に
 大平山をつくる花崗閃緑岩が露出した西方約3kmのところには有馬層群の石英粗面岩が見ら
 れるのでこれら基盤が浅く存在しているものと推察する。

§3. 滋賀県

A) 雄琴温泉

比良花崗岩体を背景と基盤にもった地域で花崗岩の上部に古琵琶湖層が更にその上に沖積層

第 2 表 その 3 滋 賀 県

No.	泉 源 名	所 在 地	ラ ド ン (マツヘ)	泉 温 (°C)	備 考
1	雄琴温泉湯元源泉	大津市雄琴苗鹿町蛇ヶ谷1066	6.50	19.3	自然湧出 9.7 l/min フッ素 21.6 mg/l
2	" 市第1号泉	" " " 1062	7.03	19.5	" 30.7 l/min " 2.4 "
3	" 市第2号泉	" " " "	7.08	19.5	" 12.5 l/min " 23.3 "
4	石山温泉平津源泉	" 石山平津町 591	15.37	14.0	" 460 l/min
5	" 蟹谷源泉	" 石山寺辺町 676	7.29	17.0	フッ素 6.3 mg/l
6	南滋賀源泉	" 南滋賀町 951	12.95	16.0	
7	小松ヶ浜源泉	滋賀郡志賀町北小松字大月	7.94	14.0	フッ素 1.7 mg/l
8	サンケイバレエ源泉	滋賀郡堅田町太字坊字白滝	12.19	7.0	自然湧出 6.7 l/min
9	吾ヶ平温泉	甲賀郡甲西町三雲吾ヶ平	13.26	14.9	" 11 " フッ素 4.5 mg/l

がのり、古琵琶湖層を切る断層からの湧出と考えられるが堆積層の厚いためかラドン含有量は療養泉規格には達しない。

B) 石山温泉

平津源泉は昭和34年に大阪府立大学浅山哲二教授によって発見されその後引き続き研究されている。平津の井上長石鉱山の坑内優白質花崗岩の亀裂より湧出し水量が多い(460 l/min.)例として注目されるが近々浅山教授がその詳細を発表される予定である。

C) 南滋賀源泉

近江神宮の北側通称山中越の自動車道路に沿って存在し琵琶湖の水面より約75m高く位置している。花崗岩中を100m掘さくし、コアより亀裂が非常に多いことが裏付けられている。近年湖岸に掘さくされた温泉井が800mでなお花崗岩に達しないことから従来地形的ないしは地質的に推定されていた比叡山麓と湖岸間の南北方向の断層の存在が確実になり、その位置を確認すべく京都大学理学部地質学鉱物学教室で重力ならびに放射能探査が実施され筆者もその一員として調査に参加したが、その結果によると本泉の極めて近くを断層の一つが通過していることが判った。なお本泉も筆者が昭和39年に掘さくしたものである。

D) 小松ヶ浜源泉

比良花崗岩体の上に花崗岩質の土砂が扇状地として堆積しているところからの湧出で京都市の銀閣寺鉱泉に類似する。

E) サンケイバレエ源泉

ホルンフェルス化した古生層を基盤とし近くに比良花崗岩の頂部の露出があり昭和41年3月の測定では湧出温度も7.0°C(気温2.7°C)で明らかに気温の影響を受けていると思われ地下浅い所に花崗岩が存在しラドン源も浅いと考えられる。

F) 吾ヶ平温泉

田ノ上黒雲母花崗岩体がラドン源と考えられるが筆者は未踏査である。

滋賀県の放射能泉も京都府と同じく花崗岩と密接な関係があるがフッ素を含むものが多いのは注目に値する。花崗岩のフッ素の含有量は非常に小さく放射能泉との関係は現在不明であり

今後の研究課題にしたい。

§4. 奈良県

第2表 その4 奈良県

No.	泉源名	所在地	ラドン (マツヘ)	泉温 (°C)	備考
1	信貴山温泉4号泉	生駒郡三郷村大字勢野金井	16.59	16.8 (22.2)	自然湧出 1l/min.
2	" 10号泉	"	49.79	18.4 (24.7)	家庭用井戸
3	生駒ラジウム泉3号泉	生駒郡生駒町大字菜畑	13.26	10.3 (5.0)	生駒山中腹岩盤より湧出
4	" 1号泉	"	22.97	14.2 (6.8)	自然湧出 2.0 l/min. 3号泉より100m 離れる
5	" 2号泉	"	11.27	12.4 (5.0)	民家井戸 3.8 l/min. 3号泉の北東 200 m
6	" 4号泉	"	5.69	10.6 (4.7)	山腹の堀井戸 3号泉の西 400m

() 内は気温

生駒山, 信貴山ともいわゆる領家コンプレックスに属し前者は粗粒角閃黒雲母花崗岩体中に存在する東西 2km, 南北 3km の斑岩岩によって形成され信貴山には両雲母花崗岩および片麻花崗閃緑岩が分布している. 両者とも湧出量がごく僅かで領家花崗岩類から湧出するまれな例である.

§5. 兵庫県

第2表 その5 兵庫県

No.	泉源名	所在地	ラドン (マツヘ)	泉温 (°C)	備考
1	湯村温泉みよしやの湯	美方郡温泉町湯 1227	8.4	52.5	含土類重曹放射能泉
2	宝塚温泉	宝塚市川面字坂戸	10.83	30.5	340m 掘さく自噴 196 l/min. 含炭酸鉄, 強食塩放射能泉
3	赤穂鉦泉	赤穂市周世高雄山神護寺境内	9.69	15.0	鉦泉井底岩石亀裂よりの湧出
4	松楓閣源泉	宝塚市米谷字木戸	15.83	16.5	30m 掘さく自噴
5	有馬温泉市有ラジウム泉	神戸市兵庫区有馬町瑞宝寺谷	128.9	29.5	貯溜槽内自然湧出 18 l/min.
6	" 神戸電鉄源泉	" 字齒桑尾	585.2	19.0	フッ素 2.718 mg/l
7	常盤源泉	津名郡北淡町野島常盤字梶谷	11.90	16.5	100m 掘さく自噴 100 l/min.
8	大山寺源泉	垂水区伊川谷町前開 字大山寺山	10.43	21.3	88m 掘さく自噴 717 l/min. フッ素 12.96 mg/l
9	宝塚高原温泉1号源泉	神戸市兵庫区道場町字南山	8.27	14.0	220m 掘さく

A) 湯村温泉

山陰型花崗岩が基盤をなし, 町の中央部および北端部を湯村断層が分れて走り温泉の湧出はこの断層に起因する. 'みよしやの湯' のほか 1~2m の深さで数多くの高温泉 (71~95.3°C) が噴出している. ラドンを多量に含むのは 'みよしやの湯' の他には報告されていないが荒湯 95.3°C, 1.43 マツヘ, 共同浴場の湯 91.5°C, 1.94 マツヘが兵庫県地質鉦産図説明書に記載さ

れている。91.5°C, 95.3°C という非常に高温な湧泉にもかかわらずわずかながらラドンが含まれることや基盤の岩質から推してこの温泉水にはもともと多量のラドンが存在すると考えられる。

B) 宝塚温泉

六甲花崗岩体に属す黒雲母花崗岩が基盤をなし蒸発残留物が非常に多い (30,614mg/l) 強食塩泉という特異な放射能泉である。花崗岩中を掘さくしてかかる多量の食塩が含まれることは殆んど例をみない。筆者は芦屋市朝日ヶ丘と西宮市上山口で温泉を掘さくした時に大阪層群と花崗岩、神戸層群と石英粗面岩の境に大量の Cl^- を含む水脈が存在するのを経験した。本泉もボーリングが衝上断層を切りその際 Cl^- を獲得したと推定する。松楓閣源泉も同じくこの花崗岩に由来すると思われる。

C) 赤穂鉾泉

加古川、姫路およびその西方の播磨地域の生野層群中に点々と分布する播磨花崗岩類のうち赤穂市付近に存在するものに由来すると考えられるが未踏査である。

D) 有馬温泉

本泉については従来より多くの人による研究があり詳細な報告がなされているので省略するが筆者が行なった冷泉 8 ケ所についての測定結果は次の通りである。

泉源名	ラドン(マツへ)	泉温(°C)
森本炭酸泉	3.38	9.9
原野鉾泉	2.66	12.0
神戸市炭酸泉	3.16	9.3
佐々木炭酸泉	0.96	11.1
瑞宝寺神戸市所有泉	59.48	16.3
御所泉源	trace	11.0
極楽泉源	0	11.0
瑞宝寺神戸電鉄所有泉	115.03	12.6

(昭和 29 年 12 月測定)

瑞宝寺の湧泉のみが莫大なラドンを含有しているが炭酸泉では炭酸ガスと共にラドンが気相中に逸出した結果水中のラドン含有量が少なくなることがあり後述の蓬萊峽温泉の如く適当な方法を構ずればより多量のラドンを期待し得ると考えられる。

E) 常盤源泉

淡路島の北部海拔 150m の山地に位置し 100m 掘さくしてありボーリングコアは 30m 迄は採取できず、以下 58m 迄は領家花崗岩類である花崗閃緑岩でそれより下部は石英斑岩に変化している。向背地も少なく又海岸線までわずか 1.2km 位しか離れていない島内の山地で、かかる良質の且つ多量の放射能泉が自噴していることはこれまた一つの問題を提供していると思う。泉源の近くに構造線が数本推定されその一つに關与すると推察される。本泉も深度に応じてラドン濃度に変化があり -95m 10.3 マツへ、-55m 5.3 マツへと下部程高くなっている。また本泉の西方 150m の地点に 50m の深さの用水井戸が昭和 44 年始めに掘さくされたが自噴量 7000~8000 石/日 の湧出が得られ、ラドン量も 6.0 マツへと温泉規格を越えている。なお初田、西村、筆者の調査にもとづき近々 2 号泉が掘さくされる予定である。

F) 大山寺源泉

神戸市垂水区大山寺地内にある滝の滝壺近くに湧泉がありそのラドン量を測定したところ 24.9 マツヘという値が得られたので、初田、西村、筆者が現地を調査しこの大山寺源泉が掘さくされるに至った。掘さく深度は 88m であるが 80m 迄は神戸層群でかなりの量の水が自噴したがラドン含有量は少なかった。80m 以深六甲花崗岩体と同じものと考えられる粗粒黒雲母花崗岩を掘さく中 88m 迄の間に三本の優勢な亀裂(断層?)を切り湧出温度 21.3°C 推定湧出量 10,000 石/日 という莫大な量の水が非常な水圧(掘さく技術者によると重量 1 トン強のボーリングロッドを持ち上げた由)をもって噴出した。この湧水は現在も活動しているとみられる高塚山断層に由来すると考えられる。その後水量は湧出を始めたときより少し減り中分析の時点では約 6000 石/日 と測定されたが、それでもなお非常なものである。かかる大量の自噴泉に多量のラドンが含まれている例を筆者は未だ他に知らずフッ素 13mg/l の含有量とも併せて放射能泉の成因に一つの問題を提起している。

G) 宝塚高原温泉

本泉も初田、西村、筆者の調査、指導のもとに開発されたもので宝塚市の西北西約 7km 標高 350m の高原に存在している。有馬層群に属する石英粗面岩を 220m 掘さくしたが掘さく直後より大破碎帯にぶつかり以深は殆んど破碎帯の連続で孔内水位が非常に低かった。これはこの破碎帯を通して裂か水が北方の武庫川溪谷に流出するためと考えられる。現在 200m の深井戸ポンプを据え揚水を行なっているが、動水位は殆んど 200m 迄下がるにかかわらず 20 l/min. の連続揚水が可能である。

H) 城崎温泉

本泉についても古来多くの人による研究があるのでその詳細は省略し筆者が昭和 43 年 10 月に行なったラドン測定について述べる。

泉源番号	名称	ラドン(マツヘ)	泉温(°C)
	御所ノ湯(乙)	14.29	36.8
18	御所ノ湯(甲)*	6.20	64.3
16	鴻ノ湯	7.79	23.0
7	一ノ湯	2.99	43.0
23	温泉寺	10.28	37.0

* No. 18 泉源は昭和 27 年に新たに掘さくされたが旧御所ノ湯甲泉と殆んど同位置である。

城崎温泉は湯村温泉とともに近畿地方の高温泉がラドンを含有する珍しい例である。従来よりラドン量の測定はしばしば行なわれていたが、新泉源の開発と共に旧泉源を休止することが多く過去の比較は二、三の泉源についてのみよりできなかったが次にそれを掲げる²⁾。

	I*	II*	III*	
御所ノ湯 乙泉	{ 8.41 60.3	7.34 63.1	14.52 61.5	マツヘ °C
御所ノ湯 甲泉	{ 3.51 56.5	2.59 58.0	3.61 55.0	マツヘ °C
一ノ湯 乙泉	{ 2.77 59.5	2.75 60.0		マツヘ °C

一ノ湯 甲泉	{ 2.73 50.5	1.52 56.5	マツヘ °C
一ノ湯 (甲, 乙不詳)			{ 3.07 50.6
鴻ノ湯	{ 2.58 57.0	5.05 63.0	5.12 53.8
			マツヘ °C

* I 大正2~4年測定 II 不詳 III 昭和10年測定

御所ノ湯乙泉のラドン含有量は大正2年の測定では療養泉規格に達していた。昭和10年および今回の測定でも14マツヘを示したが泉温の低下を来し同様の現象が鴻ノ湯についても見られこの泉源も温泉規格を上廻った。又御所ノ湯甲泉も基準を越えたが一ノ湯甲, 乙泉には変化が少ない。No. 23 温泉寺泉源は新たに花崗岩中を掘さくしたもので 37.0°C と温度は高くないがラドン量は10マツヘを越えている。以上のラドン源は基盤をなす山陰型黒雲母花崗岩にあることが花崗岩中を掘さくした泉源にラドンが多く花崗岩体から離れる一ノ湯などに少ないことから推定される。

以上が登録されている源泉であるが筆者の調査では兵庫県に次の放射能泉が存在している。

I) 名塩温泉

名塩鉱泉は古来より知られ宝塚より西北西 5km の西宮市塩瀬町名塩塩出田に硫化水素のガスとともに 20°C 前後の温度で自噴していた。昭和27年西宮市より京都大学理学部地質学鉱物学教室に泉源調査が依頼され、その結果本名塩温泉が開発された。地質は有馬層群に属する石英粗面岩、深度は 280m におよび泉温 26°C 前後、ラドン量は次の通りである。

測定年月日	ラドン(マツヘ)	
昭和34年6月	7.26	タービンポンプ揚水コック半開
"	5.16	" 全開
昭和34年12月	9.48	自噴水
"	6.53	ピストンポンプ揚水

J) 蓬萊峡温泉

宝塚より有馬に至る間の有名な蓬萊峡々谷にあり初田教授の調査に基づき筆者が掘さくした。基盤は六甲の黒雲母花崗岩で深度 150m, コアは殆んど採取されず風化は深部に迄及んでいる。炭酸ガスの細かい気泡を伴う微量の自噴があり更に一日二回位の周期をもって間歇的に噴出を行なう。炭酸ガスの気泡のため水中のラドンが殆んど気相に逸出し自噴水は 0.98マツヘのラドンしかなかった。しかし本泉の近くにある水源用プール内の湧水はラドン 24.8マツヘを含み又基盤の岩質からしても、もっと多量のラドンが期待されると考え、上記水源プール内の水をポンプで孔底迄送って再び孔口より湧出させた結果ラドン量は次の通り著しく増大した。

自噴状態	0.98	マツヘ
ポンプ送水直後	70.7	マツヘ
" " 後約3時間	102.7	マツヘ
送水した水	24.8	マツヘ

すなわち自噴状態で 0.98 マツヘしかなかったラドンが 24.8 マツヘを送ることにより 70.7—

102.7 マツへ迄飛躍的に増加した。特別な放射能泉の例として注目に値する。

K) 芦屋朝日ヶ丘源泉

六甲山麓芦屋市朝日ヶ丘町、海拔 80 m の段丘にある。掘さくの進行とともに筆者は何回も孔内水のラドン量を測定したが大阪層群掘さく中はラドンが得られず深度 200 m で基盤の花崗岩に達して後多量の Cl^- を含む 15.0 マツへの水が揚水された。この水は花崗岩中の断層よりの湧出水が大阪層群との境を花崗岩の表面の起伏に従って流れているものと判断された。

§ 6. 和歌山県

和歌山県には現在迄放射能泉は発見されていない。

この項を終えるにあたり資料の提供を頂いた近畿各府県の関係機関と種々御教示下さった京都府衛生研究所理化学課長浅見益吉郎氏に厚く感謝致します。

文 献

- 1) 福田 理: 地下水と井戸とポンプ, 昭和 41 年 12 月号, 3122-3144 (1966).
- 2) 厚生省国立公園部編: 日本鉱泉誌, (1954).
- 3) 黒田和夫: 温泉の科学, (1948).
- 4) 岩崎岩次: 温泉工学会誌, 6, 18-28 (1968).
- 5) 岩崎岩次: 温泉工学会誌, 6, 112-114 (1968).
- 6) 京都府衛生研究所編: 京都府鉱泉誌, (1964).
- 7) 西村 進: 京大, 理・地鉱教室修論, (1958).
- 8) 清水輝夫: 京大, 理・地鉱教室卒論, (1952).