

昭和 49 年 10 月

原 著

放射能泉の医学

岡山大学温泉研究所 森 永 寛

(昭和 49 年 7 月 31 日受理)

Medical Aspects of Radioactive Springs

Hiroshi MORINAGA

Balneological Institute of Okayama University,
Misasa Spa, Tottori Prefecture

ABSTRACT

In Japan, medical, especially clinical, researches on radioactive springs were started by Prof. Y. Oshima and his colleagues in 1945, at Balneological Institute of Okayama University at Misasa Spa. And he wrote "Balneotherapy of radioactive springs in Japan" in Modern Therapeutics (Nakayama-Shoten, 1959).

The author mentioned about some medical aspects of radioactive springs thereafter. The headings were as follows:

- 1) Bird's-eye view of strong radioactive springs in Europe.
- 2) "Thermalstollenkur" at Badgastein-Böckstein in Austria.
- 3) Inhibition of activity of adrenalin by radioactive spring water.
- 4) Radon-concentrations in the air of galleries of uranium-mine of Ningyô-Tôge, and in the air of Misasa Spa areas.
- 5) Radioactive spring researches in USSR.
- 6) Does occur bad effects from radioactive spring waters?
- 7) Difference between radioactive rain following the explosion of an atomic bomb and radioactive spring water.

I. 緒 言

1898 年 Curie 夫妻によって Joachimsthal の瀝青ウラン鉱から Radium が発見せられて間もない 1900 年には Dorn によって温泉水中の Radon 測定が行なわれ、温泉の治療効果の一部をこの Radon によって説明しようとするようになったことは、ご存知のところであります。

放射能泉としては表 1 の如く、Ra がほとんどなくて Rn のみのものや、Ra および Ra と平衡量以下の Rn を含むものもありますが、大部分は Ra との平衡量以上の Rn を含有する「ラジウム含有ラドン泉」であるといわれ、鳥取県三朝温泉もその 1 つであります。

表 1. 放射能泉の分類 (Genser)¹⁾

		例
1.	ラドン泉.....Ra(-), Rn(+)	恵那
2.	ラジウム塩泉.....Ra(+) \leftrightarrow Rn(+) \downarrow	有馬
3.	ラジウム含有ラドン泉.....Ra(+) \leftrightarrow Rn(+) \uparrow	その他

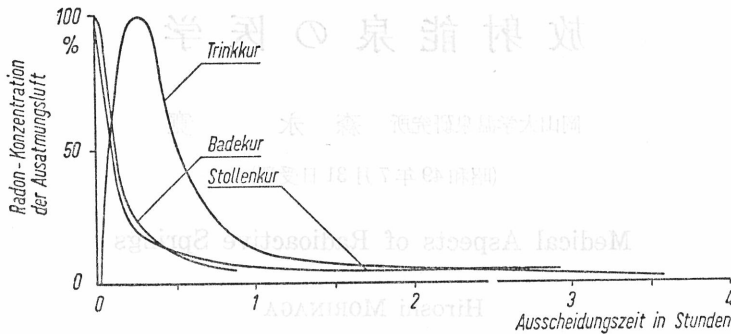


図 1.

Rn は入浴時には皮膚から，吸入時には肺から，飲用時には消化器から吸収せられて血液循環に入り，全身に拡がって，その放射する α 線による細胞の刺戟が期待せられるわけですが，Rn は他の放射性物質と異なり，Edelgas 希ガスということで体内で組織と結合して沈着することはない，その生物学的半減期は 10~20 分で，その場所をはなれると 3~4 時間後には生体内ではほとんど 0 になるといわれており (図 1)⁶⁾，従って短時間，一過性の α 線刺戟を現わすのみで，放射能による後障害の危険もなく，この性質によって Rn は温泉医学において特別の位置を占めるものと考えられるのであります。

放射能泉の医学につきましては，わが国では大島先生の詳しい綜説があります¹⁾ ので，本日は私が見聞いたしました 2~3 の事項について申し上げます，責を果したいと存じます。

II. ヨーロッパの強放射能泉瞥見

私は戦後間もなく，放射能温泉であります鳥取県三朝温泉で，大島先生から親しく温泉医学の手ほどきを受け，この方面への関心を与えて頂いたものの 1 人です。当時日本では殊に化学の分野では，増富や池田鉱泉などの放射能泉が研究の対象となっていたようであり，世界の強放射能泉としては，Oberschlema の Hindenburgquelle とか，Bad Brambach の Wettingquelle，Joachimsthal (Jáchymov)，Ischia の Lacco Ameno などが有名であると知らされており (表 2)，放射能泉の医学を勉強するものの 1 人として，何時かはこうした温泉の実情をこの目で確かめたいという期待をもっていたのであります。1958 年，大島先生のおすすめで Lacco Ameno 温泉で放射能泉を主題とした国際温泉気候学会が開かれましたのを機会に出席いたし²⁾，はじめて欧州の温泉地を見学し，その規模の大きいのに大へん驚いた次第であります。昨年また機会に恵まれ，東欧の温泉地を見学した際に Jáchymov⁴⁾ を一みることになりましたが，Karlsbad の北 18 km のところにあり，この附近は Ag, Ni, Co, Bi 及び Uran を含む鉱床がある由で，海拔 600 m，人口 18,000 人，“Svornost” 鉱山の地下 700

表 2. Radon-Quellen (欧州)

Quelle	Rn in Mache-E.	Temp. °C.
Oberschlema Hindenburgquelle (東独乙)	13,500	—
Bad Brambach Wettingquelle (東独乙)	2,270	7.5
Joachimsthal Curiequelle (Mine Svornost) (チェコ)	2,400-1,200	28
Ischia Lacco Ameno (伊)	2,850	59.7

m の坑内から 28°C., 260-320 nC/l.=700-800 M. E. の Rn を含んだ温泉水 (単純泉) が毎分 500 l 湧出し, これを引湯して 1912 年に開設せられたという M・Curie-Sklodowska-Radium-Palast (サナトリウム) は, 現在 340 床をもっている由であります. 戦前, 強放射能泉の代表のように聞いていた Oberschlema は戦後蒼鉛を採取するために爆破せられ, 現在は使用不能ということでありました. 東ドイツの Bad Brambach はチェコスロバキアとの国境に接して位置し, Radonquelle のほか数個の冷泉が知られ, ここは Staatsbad (国有温泉地) として広く国民一般に利用せられております^{3,5)}. 海拔 550~600 m, 人口 3,000 人 Curie-Haus その他のサナトリウムがあります.

III. Bockstein の温熱坑道療法 (Thermalstollenkur)⁶⁾

次に Bad Gastein はオーストリアのほぼ中央に位し, 海拔 1,000 m にあり, 1904 年 Mache らによって Rn を含有することが知られ, 三朝温泉と同程度の Rn 含有の単純泉で, Innsbruck 大学の温泉研究所があり, Scheminzky 教授が主宰しておられましたが, 残念なことに同教授は昨 1973 年 6 月, 75 才で他界せられた由であります. その Bad Gastein の南方 3 km の NaBfeldertal にある Radhausberg の Paselstollen は, 1940 年, 金・石英鉱脈を採取する目的で作業を始めましたが, 1944 年戦争のため閉鎖を余儀なくせられたのであります. この鉱山の管理者 K. Zschocke によってこの山のクレバスにウランの二次鉱物が発見せられ, ついでこの坑道内空気に Rn の存在が確認されたというのであります. 当時この鉱山の労務者の間に Pasel 坑道内で作業をすると, リウマチ性の痛みが軽快するといひ伝えられ, この Paselstollen は長さ 1,900-2,200 m にわたり, 温度 37-40.5°C., 湿度は 84-97%, 空気中の Rn: $22-46 \times 10^{-10} \text{C/l.}$ で, 22,000 m³ の広さがあり, Scheminzky 教授らの 5 年間にわたる基礎的検討ののち 1949 年からこの坑道内でのラドンの吸入と温熱の併用療法が実際に行なわれるようになった由であります.

ほぼ時を同じくして, アメリカの Montana 州 Boulder の Uranium-Radon 鉱山でも鉱山訪問者のリウマチが軽快したことを述べた Arthritis and Radioactivity⁹⁾ が 1955 年に刊行せられております.

この坑道内の Rn の吸入が生体にどんな影響を与えるかにつき, Gastein の研究所で, 温度: 41.5°C., 湿度: 85-90%, 1 時間の人工蒸気函浴を行ない, Rn を附加したものと然らざる場合とを比較し, Rn 附加の場合には最高血圧の上昇も, 最低血圧の低下も, 然らざる場合に比べ軽度で, 脈搏数の増加も少なかったこと (図 2) から, Rn によって循環系は Vagotonia すなわち迷走神経緊張の方向に影響せられると述べております⁷⁾. 元来温泉療養とは病体のゆがんだ機能にゆさぶりをかけて, それを正常の軌道に復帰さすものであると理解するならば, 生体の自律神経系や内分泌系がその主役を受けもつてありましようから, 温泉水中の Rn は

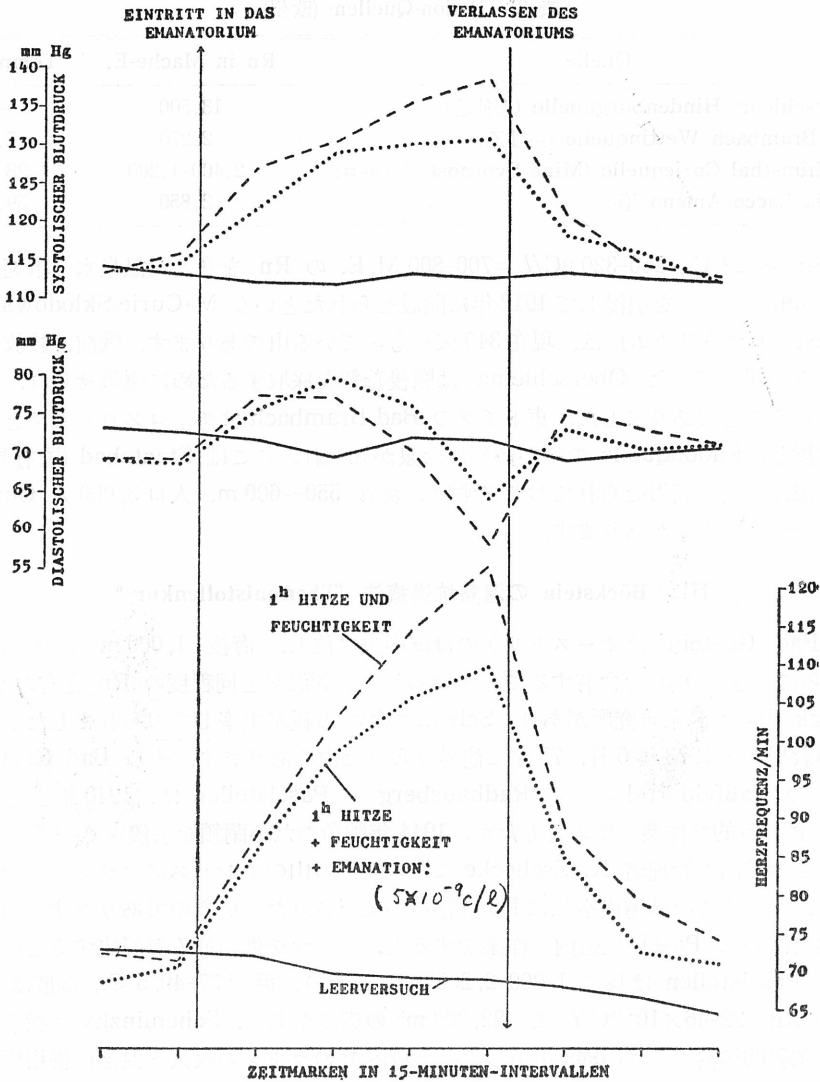


図 2.

Adrenalin の酸化を促進するが, Noradrenalin の分解は抑制するという Wense^{10,11)} の研究報告, Rn には副腎皮質刺激作用があるという Haus⁸⁾, 福井¹²⁾ の成績, また Rn や Tn には神経細胞の呼吸抑制作用があることから放射能泉の鎮静効果を説明している白木¹³⁾ の報告などは, ラドン泉の治病効果解明の手がかりを与えるものであります. Thermalstollenkur では, 慢性関節リウマチをはじめとする疼痛性疾患, 末梢循環障害, 慢性脊髄疾患などがその適応にあげられ, 年間数千人, 現在までに数万人がこの Stollenkur を受け, その 70-80% が良効を得ていると報告されております¹⁴⁾.

最近, 私共も研究所分室の地下を熱気浴室として整備し利用しておりますが, 空気中の Rn 濃度は浴水を攪拌いたしますと 200 pC/l. となります. 温度は 40°C. 前後, 湿度: 90% でこ

こに 15~20 分間滞在し, Rn の吸入と発汗浴とを行なって, いわゆる筋肉リウマチといわれる疾患などに応用して効果をあげつつあります。

IV. 放射能泉水とアドレナリンの分解

御船¹⁶⁾ はさきに, ガスクロマトグラフ法により,

1. 新鮮な放射能泉水には Adrenalin 分解作用のみとめられること,
2. 老化温泉水, 振盪によってガス成分を追い出した温泉水では Adrenalin 分解作用が減弱したことを報告しましたが,

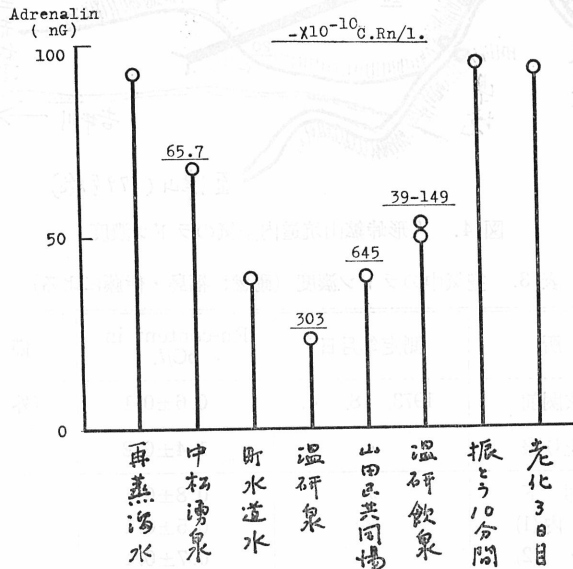


図 3. 試水と反応後の残存 Adrenalin 量¹⁶⁾

3. 他方, 水道水にも一部そのような作用があり, また Adrenalin は Fe, Cu, Zn その他の金属によって酸化が促進せられることが知られているので, 放射能泉水による Adrenalin 分解作用は温泉含有の Rn そのほかのガス成分とともに溶存無機物質の影響も考慮すべきであると考えられると述べ, Wense の成績¹⁰⁾ を追試確認いたしました (図 3).

V. 人形峠坑道内空気及び三朝温泉地空気中のラドン濃度

特別講演 III で広野博士から詳しいお話を伺えると存じますが, 昭和 30 年人形峠鉱山が開発せられ, 同時に倉吉菅ヶ原・ヨコロ谷鉱山, 東郷 (方面) 鉱山あるいは神倉一帯にウランの堆積が判明して参りました。丁度その中心に位置しております三朝温泉の温泉水中に含まれる放射能の起源が明らかとなってきたわけでありましたが, 昭和 32 年, 梅本教授が測定いたしました人形峠鉱山坑道内空気の Rn 濃度を図 4 に示しました。最高 $139 \times 10^{-10} \text{C/l.}$ であり, 坑内の温度は 14°C , 湿度は 97% 程度でありました。

三朝温泉地, とくに病院に関連した場所の空気中の Rn 濃度測定結果は表 3 の如くで, 温泉湧出地の中心部に近い研究所分室前の外気中には 0.6 pC/l. , 屋内で温泉浴室に近いところで

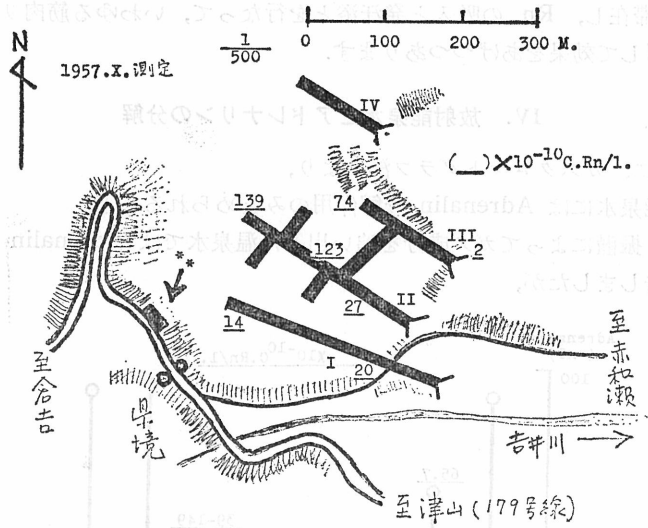


図 4. 人形峠鉦山坑道内空気中のラドン濃度

表 3. 空気中のラドン濃度 (動燃; 福島・伊藤による)

場 所	測定年月日	Rn-content in pC/l.	備 考
温研分室玄関前	1973. 8. 4.	0.6±0.1	(外 気)
” 玄関上り際	”	1.4±0.2	
二階廊下	”	0.8±0.1	
” 室内(1)	”	0.5±0.1	
” ” (2)	”	0.7±0.1	
階段下部屋		1.4±0.2	
浴 室(男)	” 6. 15.	16 ±1	(浴水かくはん後)
”	” 8. 4.	160 ±3	
脱衣室(女)	”	2.8±0.4	
浴 室(”)	”	7.2±0.2	
熱気浴室	” 6. 15.	36 ±2	*
”	” 8. 4.	209 ±4	
病院玄関待合室	1973. 10. 25.	<1	
” 3階廊下	”	<1	
” 4 ”	”	<1	
” 浴 室	” 8. 3.	12.7±0.4	
” ”	”	18.5±0.5	
運 動 浴 室	”	1.4±0.2	
飲 泉 室	”	18 ±0.5	

* 分室熱気浴室内浴槽温泉水: Rn; 218-244×10⁻¹⁰C./l.

は 1.4-2.8 pC/l., 浴室では 10 pC/l., 浴水を攪拌すると 160 pC/l. に達しました. 病院の飲泉室では常時温泉水を流し放してありますので, 浴室なみの Rn 量を示しております.

北海道大学の安倍教授¹⁷⁾によりますと, Rn 量は空気イオン密度と平行し, また空気イオン比 n^+/n^- とは逆相関すると述べ, 負イオンは迷走神経緊張性に作用して血圧の下降, 毛細血管の拡張など一般に鎮静的に作用するといわれておりますから, こうした観点からも放射能泉環境が疼痛緩和的に作用すると推論できるであります.

VI. ソ連の放射能泉研究

ソ連における放射能泉の研究については, 最近まで知る機会は極めて乏しかったのでありますが, Tauchert (Bad Brambach)¹⁸⁾によりますと, ソ連には現在約 30 カ所のラドン泉療養地があり, 天然ラドン泉のほか, 過去 15 年間の人工ラドン療法を試用した結果から, 天然温泉に人工的に得られたラドンを附加して医療に供し, またラドン浴水に CO_2 , H_2S , O_2 などの併用添加が行なわれて, 新しい適応症が明らかにされつつある由で, 有効ラドン濃度を 5 nC/l. = 13.75 M. E., としておりますが, 大島先生もご指摘のように¹⁾ 天然の放射能泉は Rn 以外の成分をも含んでおりますから, 単なる Rn 溶液の作用と同等に論ずることはできないと思われれます.

また前述のオーストリアの Bad Gastein-Böckstein-Kur に倣い, コーカサスの Tschia-tura ではマンガン鉱山の坑道 (空気中の Rn: 2 nC/l. = 5.5 M. E.) を自然吸入室として 1967 年以降使用している由であります.

わが国の放射能泉規準としては Rn: 20×10^{-10} C/l. または Ra: 1 億分の 1 mg 以上と規定してありますが²⁾ 昭和 47 年 2 月, 日本温泉協会は温泉法改正に関する要望書¹⁹⁾ を環境庁に提出し, そのなかで Rn に関しては現行どおりとし, Ra はこれを削除するとしております. 当然そうあるべきであろうと思えます.

VII. 放射能泉による放射能障害はありうるか²⁰⁾

放射能泉環境の空気中の Rn 濃度が然らざる場所 (大気中の平均の Rn 濃度は $(1-3) \times 10^{-18}$ C/l.) よりも大きいことにより, 長い年月の間には生体は放射能による障害を蒙るのではないかということが心配せられておりますので, Bad Gastein では Pohl ら¹⁵⁾ によって数年来空気中の Rn 濃度の測定が繰返し行なわれ, 1. 温泉療養所内で働らき Bad Gastein の中心部に住居を持っている人 (a); 2. 温泉地の中心部に居住しており, その場所で生計を営んでいる人 (b); 3. 温泉地をはなれた場所に住居を持っているが, 買物その他で温泉地の中心部に常に往き来することのある人 (c) に分け, こうした人達が平均 1 年間に 100 回の入浴を行なうものとした場合, この人達が 1 年間に受けるであろう放射能の量を, 空気中の Rn 及びその壊変物 (Radioaktiver Niederschlag) から計算してみると表 4 の如くなり, 然らざるところの人 (d) に比し (0.3 pC/l., Rn:RaB=1:0.3) たしかに多くの放射能を受けていることとなりますが, 国際原子力機関 (IAEA) による 1966 年の許容限界よりも低かったと述べております. mrad を mrem に換算するには 10 倍するというのであります.

また前述の Stollen 内での実験では, この程度の Rn 濃度では発癌性のないことを動物実験でたしかめております.

最近私共は Bad Gastein に倣いまして, 病室の飲泉室の白色の温泉沈澱物を 3 週間レント

表 4. Jahresdosen der Strahlenbelastung einiger Organe für typische Gruppen der Bevölkerung von Badgastein durch Thermalbäder und Inhalation radonhaltiger Luft. (Die Einflüsse anderer Strahlenquellen wie externe Bestrahlung sowie Thoron- und Thoron-B-Inhalation sind nicht berücksichtigt worden)

Organ oder Gewebe	Jahresdosen in mrad für			
	(a)	(b)	(c)	(d)
Lunge (Alveolargewebe)	143	50	26	1.55
Blut (alle Einfüsse)	15	5.7	3.1	0.17
Leber	9.7	3.7	2.1	0.11
Niere	32	11	6.0	0.34
Nebenniere	10	4.7	2.8	0.12
Muskulatur	3.8	1.8	1.1	0.05
Knochen	2.8	1.1	0.6	0.03
Knochenmark	6.0	2.6	1.5	0.07
Gonaden	5.1	2.4	1.5	0.06
Total	227.4	83.0	44.7	2.5

許容限界: (IAEA, 1966)	Ganzkörper, Gonaden, Knochenmark.....	500 mrem
	Knochen, Schilddrüse, Haut (ohne Extremitäten)	3000 mrem
	Hände, Unterarme, Füße, Knöchel.....	7500 mrem
	All übrigen Einzelorgane	1500 mrem

F. Scheminzky¹⁵⁾

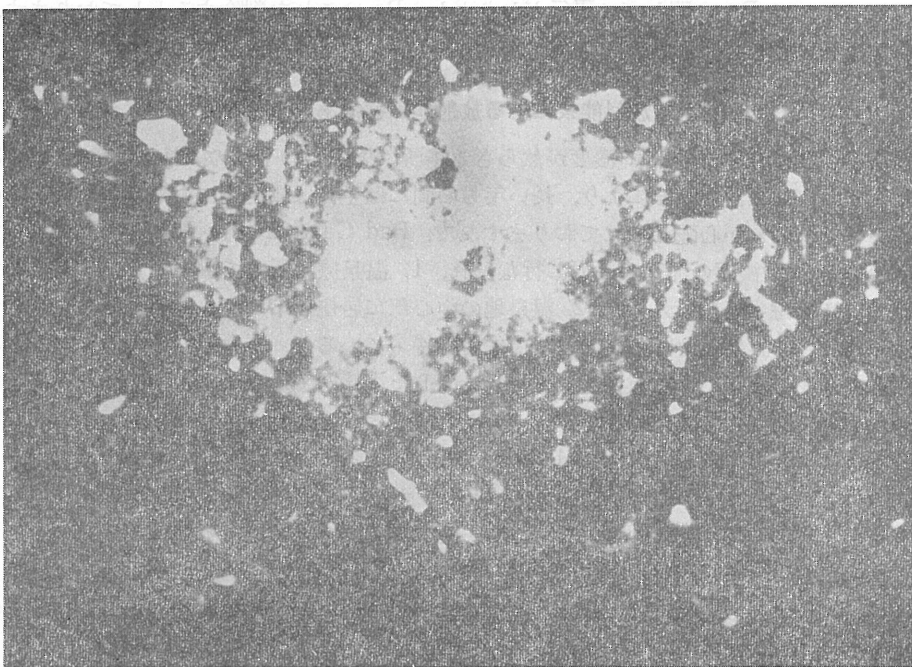


図 5. 温泉沈澱物オートラジオグラフ (3週間放置)

ゲンフィルムに感光させ、図5のような結果を得ました。その沈澱物中に 6.24×10^{-12} g/g. の Ra 相当放射性物質を検出いたしました。これは温泉水中の Ra (19×10^{-12} g/l.) の約 300 倍に相当します。三朝温泉の 1 源泉で $6,700 \times 10^{-12}$ g/g. の Ra 相当放射性物質を認めたという報告¹⁾ もありますから、今後この方面からももう一度、放射能泉についての医学的再検討を行なわねばなるまいと考えております。

VIII. 放射能泉と放射能雨²¹⁾

核実験にともなう放射能雨やチリが問題となっており、つい先般も中国あるいはフランスの核実験が報ぜられました。例えば昭和 36 年 11 月 7 日の新聞²²⁾ によりますと、福岡の雨では 1 cc あたり $1,820 \mu\mu\text{C}$ の放射能が検出されたということでありました。現実の放射能泉水に含まれる放射能は主として Rn によるものであり、温泉医学で用いるのはせいぜい 500-1,000 M. E. ぐらいまでであります。これは $182-364 \mu\mu\text{C}/\text{cc}$ に相当し、福岡の雨の中の放射能の 1/10~1/5 に相当いたします(表 5)。しかしながら雨の中の放射能の主体はご存知のように Sr^{90} , Cs^{137} あるいは I^{131} などによるものであり、放射能泉水中の放射性物質とは異なるものであると思われま。雨の中の放射性成分、たとえば Sr^{90} の半減期は 28 年であり、Sr は Ca

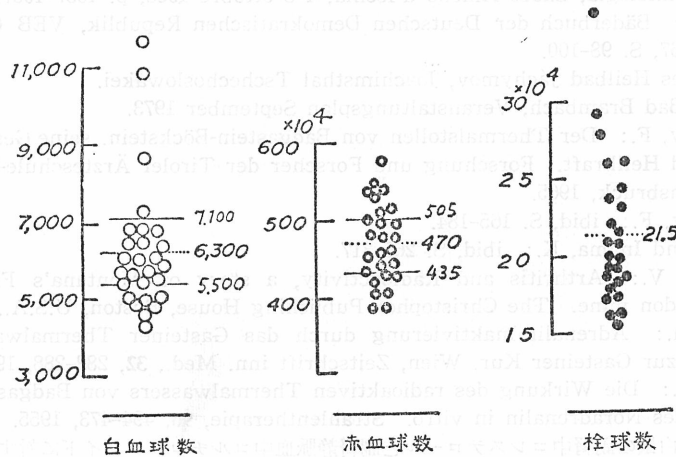


図 6. 三朝温泉地長年月在住者血液像

表 5

		放射能雨				放射能泉			
放射能の強さ		昭36.11.7; 福岡に降った雨では $1,820 \mu\mu\text{C}/\text{cc}$				500~1,000マツヘ= $182\sim364 \mu\mu\text{C}/\text{cc}$			
放射性成分		^{90}Sr	^{131}I	Cs^{137}	Zn^{65}	Ra	Rn	Th	Tn
半減期	物理的	28 y	8.06 d	33 y	245 d	1,600 y	3.85 d	$8 \times 10^4 \text{y}$.	56 S
	生物的	17 y	7.6 d	138 d	23 d	44 y	20 m		
化学的性質		Ca		Na K		Ca			

s.....秒・d.....日・y.....年

と共存し Ca とともに骨に沈着し、その生物学的半減期は 17 年とされ造血器官である骨髓を至近距離から硬い β 線で照射することになる²³⁾ ため最も恐れられているのであります。Rn²²² は温泉水が岩漿からでてくる途中に存在する Uran-Radium 系鉱物から賦与されると考えられており、Rn の半減期は 3.8 日、生物学的半減期は 10~30 分でありまして、しかも Rn は化学的に Edelgas で生体内では化学的結合物をつくらないとされておりまして、従って放射能雨と放射能泉とはその有する放射性成分が異なることをご承知願いたいと存じます。

三朝温泉地に 30 年も 40 年も居住し、しかもその大部分の期間、飲料水として温泉水を用い、毎日入浴している人々の間に、特別に白血病やがん、あるいは先天性畸形が多いということもなく、末梢血液像にも格別の異常は認められておりませんが²¹⁾ (図 6)、Bad Gastein の研究もありますので、放射能泉環境については再検討すべきであろうと存じます。

本口演の機会をお与えいただいた坂本会長、大島先生、また会員各位に深謝いたします。

引用文献

- 1) 大島良雄: 温泉療法 (2), 現代内科学大系, 中山書店, 1959, 126-144 頁.
- 2) Morinaga, H.: Radioactive springs in Japan. Atti del congresso internazionale di idrologia e climatologia, Lacco Ameno d'Ischia, 4-8 ottobre 1958, p. 1057-1067.
- 3) Jordan, H.: Bäderbuch der Deutschen Demokratischen Republik, VEB Georg Thieme, Leipzig, 1967, S. 98-100.
- 4) Radioaktives Heilbad Jáchymov, Joachimsthal Tschechoslowakei.
- 5) Staatsbad Bad Brambach, Veranstaltungsplan September 1973.
- 6) Scheminzky, F.: Der Thermalstollen von Badgastein-Böckstein, seine Geschichte, Erforschung und Heilkraft. Forschung und Forscher der Tiroler Ärzteschule-Band V. Universität Innsbruck, 1965.
- 7) Scheminzky, F.: *ibid.*, S. 165-184.
- 8) Haus, E. und Inama, K.: *ibid.*, S. 265-317.
- 9) Lewis, W. V.: Arthritis and Radioactivity, a story of Montana's Free Enterprise uranium-radon mine. The Christopher Publishing House, Boston, U.S.A., 1955.
- 10) Wense, Th.: Adrenalin-Inaktivierung durch das Gasteiner Thermalwasser und ihre Beziehung zur Gasteiner Kur, Wien, Zeitschrift inn. Med., **32**, 282-288, 1951.
- 11) Wense, Th.: Die Wirkung des radioaktiven Thermalwassers von Badgastein auf Inaktivierung des Noradrenalin in vitro. Strahlentherapie, **96**, 494-473, 1955.
- 12) 福井罔彦: 白鼠の副腎中コレステロールと副腎静脈血中コルチコステロイドに対する高温浴、特に人工放射能泉浴の影響について。日本温泉気候会誌, **22**, 1-18, 1958.
- 13) 白木秀男: 放射能泉の組織呼吸に及ぼす影響 (2-5 報)。日本温泉気候会誌, **20**, 14-31, 1956.
- 14) Scheminzky, F.: Die Tätigkeit des Forschungsinstitutes Gastein der Österreichischen Akademie der Wissenschaften in Jahre 1969. (Mitteilung aus dem Forschungsinstitut Nr. **361**, S. 47-49, 1970).
- 15) Scheminzky, F.: *ibid.*, Nr. **353**, S. 35-54, 1969.
- 16) 御船政明他: 温泉水とカタコールアミン。温泉科学, **23**, 109-110, 1972.
- 17) 安倍三史: 温泉地の気象—特に空気イオンを中心として。日本温泉気候会誌, **25**, 281-286, 1961.
- 18) Tauchert, D.: Aspekte der Radon-Therapie in der Sowjetunion. Zeitschrift für Physiotherapie, **24**, 73-79, 1972.
- 19) 温泉法改正に関する要望書: 日本温泉協会誌, **40** 号, 10, 1972.
- 20) 大島良雄: ラジウム泉の功罪。信州医誌, **3**, 294-302, 1954.
- 21) 森永 寛: 温泉の効用。岡医誌, **79**, 9-22, 1967.
- 22) 毎日新聞: 28305 号, 昭和 36 年 11 月 7 日.
- 23) 井上武一郎: 放射線衛生, 續文堂出版, 1955. 58 頁.