

放射能泉水の応用と呼気中への Radon の排出について

古 野 勝 志

岡山大学温泉研究所 温泉内科学部門
(指導 森永 寛 教授)
(1976年7月20日)

1. 緒言

鳥取県三朝温泉は、含放射能一ナトリウム一塩化物・炭酸水素塩泉に属し、その放射性成分の主体は Radon (Rn) である。

著者は大倉電気製の振動容量型電位計を用い、三朝温泉入浴、岡大分室の熱気浴および温泉水飲用後の呼気中に排出された Rn の時間的推移について実験を行い、2~3の知見を得たので、その成績について報告する。

2. 使用した温泉と測定方法

2-1 使用した温泉

入浴には岡山学温泉研究所泉(表1)を用い、浴温 $41 \pm 1^\circ\text{C}$ 、入浴時間5~15分とした。熱気浴は分室熱気浴室(その一隅に $1.4 \times 1.3 \times 0.7 \div 1.3 \text{ m}^3$ で $89.4 \times 10^{-10} \text{ Ci/kg}$ の Rn を含む温泉水の涌出槽を有する 1.7×2.8

$\times 4.7 \div 22.4 \text{ m}^3$ の熱気浴室で、室温 $37 \sim 38^\circ\text{C}$ 、湿度40%、空気中の Rn $54.3 \times 10^{-12} \text{ Ci/l}$)で行った。飲用に使用した温泉水は、グンゼの湯(Rn; $596.8 \times 10^{-10} \text{ Ci/kg}$)である。

2-2. 測定方法

Rn の測定には、大倉電気製の振動容量型電位計(TYPE301)を用いた。呼気試料は約20cmの乾燥管(シリカゲル含有)を通して、真空にされた容量1lの電離槽内に採取した。約20分間放置後、電離槽に直流240V(松下電器製写真用乾電池0160W, 240V)の電圧を加え、槽内の電離電流を電圧の変化として計測し、バックグラウンド値を差し引いた後、器械恒数を用いて Rn 量に換算した。なお、バックグラウンド値は、約1カ月間封入した空気を用い、試料と同様の方法により計測した。その感度は 0.1 pCi/l であった。

表 1. 岡山大学温泉研究所泉分析表

所在地：鳥取県東伯郡三朝町山田
泉 質：含弱放射能一ナトリウム一塩化物泉
pH：6.84 比重：1.0007
蒸発残渣：1115.8 mg/kg 測定年月：1978. 5.

Cation	mg/kg	millival	millival%	Anion	mg/kg	millival	millival%
Na ⁺	325.5	14.158	92.11	Cl ⁻	379.6	11.22	86.71
K ⁺	17.2	0.440	2.86	SO ₄ ⁻⁻	134.5	1.40	10.82
Ca ⁺⁺	26.0	0.649	4.22	HCO ₃ ⁻	19.8	0.32	2.47
Mg ⁺⁺	3.01	0.124	0.81		551.9	12.94	100.00
Mn ⁺⁺	0.24	0.0044	0.03				
	371.95	15.375	100.00				
				Rn ; $58.0 \times 10^{-10} \text{ Ci/kg}$ (15.95 Mache/kg)			
							1979. 3. 測定

3. 測定成績

3-1. 室内および屋外の空気中 Rn 量

岡山大学温泉研究所および医学部附属病院三朝分院の室内および附近の屋外の空気中 Rn 量は、室内で $0.5 \sim$

1.0 pCi/l 、屋外で $0.4 \sim 0.7 \text{ pCi/l}$ でいずれも 1.0 pCi/l 以下であった(表2)。室内の空気中 Rn 量は、屋外のそれに比べやや高値を示す傾向にあった。

表 2. 室内, 屋外の空气中 Rn 量

室 内		屋 外	
場 所	pCi/l	場 所	pCi/l
温泉研究所廊下	0.6	温泉研究所玄関前	0.5
研 究 室	0.7	病院 前 庭	0.4~0.6
病院総合待合室	0.7~1.0	リハビリ屋外訓練施設	0.6
” 二階廊下	0.5	分室 玄 門 前	0.7

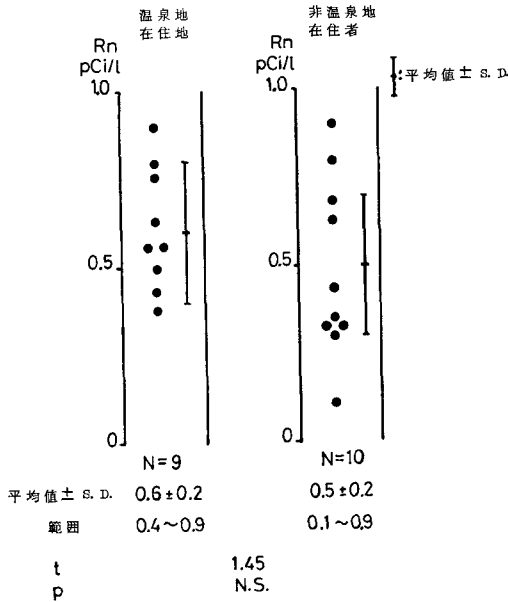


図 1. 平常の呼気中 Rn 量 (pCi/l).

3-2. 平常の呼気中 Rn 量

三朝温泉地に在住し, 毎日温泉水を利用している温泉地在住者(温泉利用後少なくとも6時間は経過)と, 三朝温泉地以外に居住し温泉浴等の機会のない非温泉地在住者について, 平常の呼気中 Rn 量を測定した(図1). 温泉地在住者および非温泉地在住者の平常の呼気中 Rn 量は, それぞれ 0.4~0.9 pCi/l, 0.6±0.2 (S.D.) pCi/l, 0.1~0.9 pCi/l, 0.5±0.2 (S.D.) pCi/l で, 両者いずれも 1.0 pCi/l 以下であった. 温泉地在住者は非温泉地在住者に比べ, 平均値ではやや高値を示す傾向にあったが, 両者の間には有意差は認められなかった ($t=1.45 < t_{17}(0.05)=2.11$).

3-3. 温泉入浴終了後の呼気中 Rn 量の推移

入浴(5, 10および15分間入浴)を終え, 出浴直後の呼気中 Rn 量の推移を表3, 図2-a, -b, -cに示した. 出浴後の呼気中 Rn 量は出浴直後が, 5分間入浴では 10.8~25.9 pCi/l, 平均 17.9 pCi/l, 10分間入浴では 16.8~27.9 pCi/l, 平均 22.5 pCi/l, 15分間入浴では 38.8~59.3 pCi/l, 平均 49.1 pCi/l で, 入浴時間の長いほど高値を示したが, 出浴後漸次低下し180分では平常の呼気中 Rn 量とほぼ同じ値になった. 同じ入浴時間内では, 被検者の年齢が若いほど呼気中 Rn 量は高値を示す傾向が認められた. 得られた排出曲線より, 出浴後の呼気中 Rn 量の半減期を算定し, 平均値でみると5分間入浴では43分, 10分間入浴では42分, そして15分間入浴では42分となった.

表 3. 出浴後の呼気中の Rn 量 (pCi/l).

入浴時間	被検者	性別	年齢(才)	出浴直後	30分	60分	90分	120分	180分
5分間	Y.N.	女	22	25.9	4.9	2.3	1.7	0.8	0.4
	T.S.	男	25	18.5	3.2	1.9	1.6	0.8	0.5
	K.F.	"	32	16.3	2.8	2.1	1.6	0.8	0.5
	M.M.	"	57	10.8	1.9	1.2	0.7	0.7	0.6
平均 値				17.9	3.2	1.9	1.4	0.8	0.5
10分間	T.S.	男	25	27.9	4.2	2.8	2.4	1.1	0.7
	K.F.	"	32	22.8	3.6	2.8	1.3	0.7	0.4
	M.M.	"	57	16.8	4.7	2.3	1.4	0.8	0.6
平均 値				22.5	4.2	2.6	1.7	0.9	0.6
15分間	K.F.	男	32	49.1	10.9	5.7	3.9	2.1	1.2
	"	"	"	59.3	8.6	5.6	3.6	2.0	0.6
	"	"	"	38.8	6.9	4.6	3.4	1.9	1.2
平均 値				49.1	8.8	5.3	3.6	2.0	1.0

浴水中 Rn 量: 58.0×10^{-10} Ci/kg 温度: $41 \pm 1^\circ\text{C}$

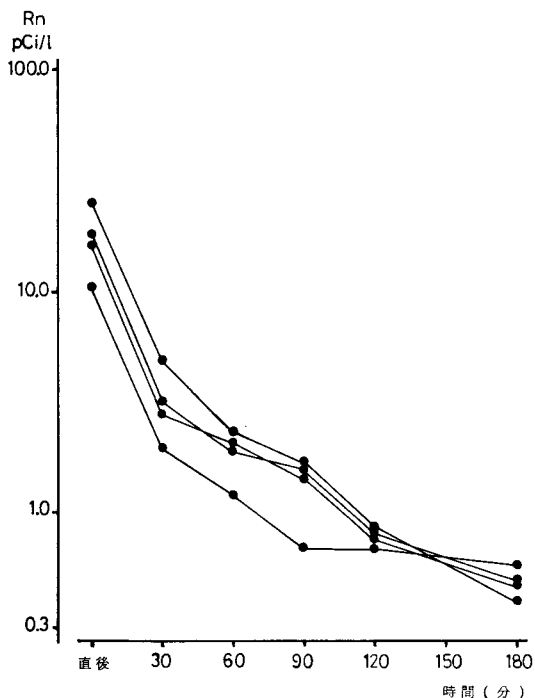


図 2-a. 出浴後の呼気中 Rn 量の推移
 入浴時間：5 分間，温度： $41 \pm 1^\circ\text{C}$
 浴水中 Rn 量： 58.0×10^{-10} Ci/kg

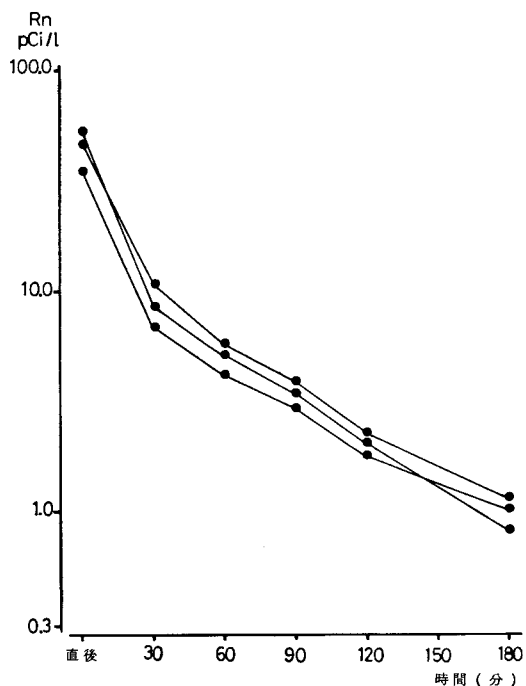


図 2-c. 出浴後の呼気中 Rn 量の推移
 入浴時間：15 分間，温度： $41 \pm 1^\circ\text{C}$
 浴水中 Rn 量： 58.0×10^{-10} Ci/kg

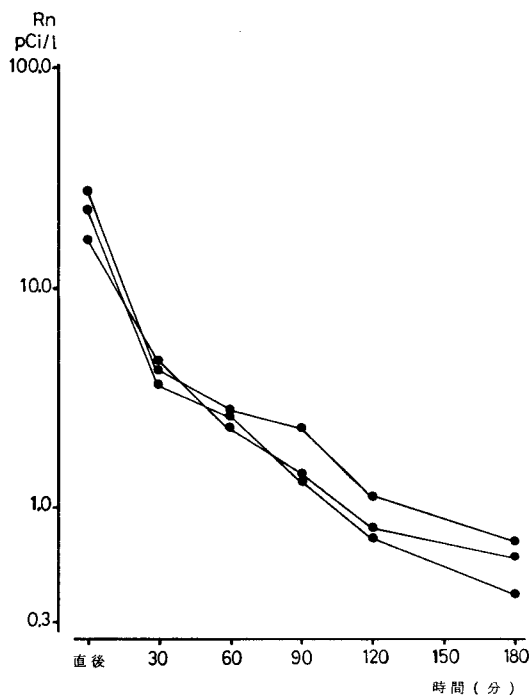


図 2-b. 出浴後の呼気中 Rn 量の推移
 入浴時間：10 分間，温度： $41 \pm 1^\circ\text{C}$
 浴水中 Rn 量： 58.0×10^{-10} Ci/kg

3-4. 熱気浴終了後の呼気中 Rn 量の推移

熱気浴室で 15 分間入室し，浴室を出た後の呼気中 Rn 量の推移を表 4，図 3 に示した。浴室を出た直後が $4.9 \sim 7.8$ pCi/l，平均 6.3 pCi/l で最も高く，120 分では 1.0 pCi/l 前後となった。被検者の年齢が若いほど呼気中 Rn 量は高値を示す傾向が認められた。得られた排出曲線より，熱気浴終了後の呼気中 Rn 量の半減期を算定すると，平均値で 43 分となった。

表 4. 熱気浴終了後の呼気中 Rn 量 (pCi/l).

被検者	性別	年齢 (才)	直後	30分	60分	120分
J.T.	女	23	7.8	3.0	1.8	0.6
H.A.	"	24	6.4	3.9	2.3	2.1
K.F.	男	32	6.2	3.2	1.7	0.9
M.M.	"	57	4.9	2.4	1.5	0.8
平均値			6.3	3.1	1.8	1.1

熱気浴室内空气中 Rn 量： 54.3×10^{-10} Ci/l
 温度 $37 \sim 38^\circ\text{C}$ ，湿度 40%，入室時間 15 分間

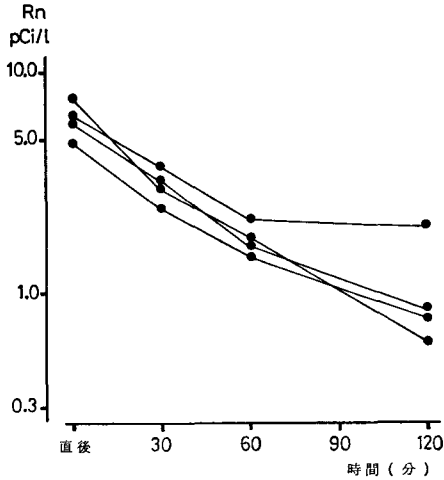


図 3. 熱気浴終了後の呼気中 Rn 量の推移
入室時間：15分間，温度：37～38°C，湿度：40%
浴室内空气中 Rn 量： 54.3×10^{-12} Ci/l

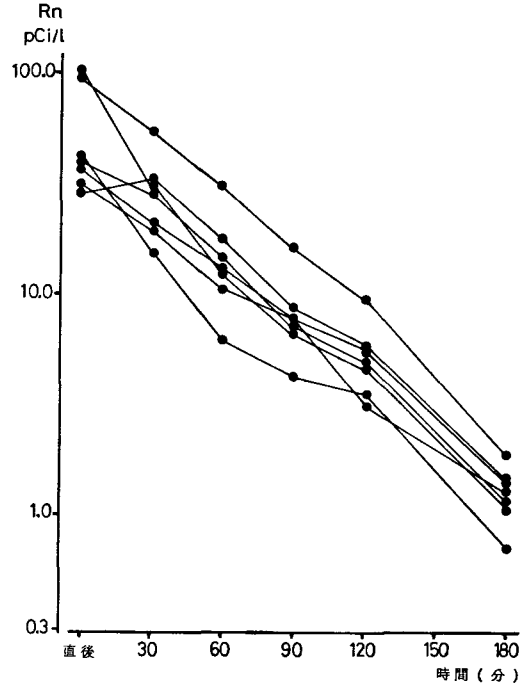


図 4. 温泉水飲用後の呼気中 Rn 量の推移
飲用温泉水：ゲンゼの湯，飲用量：500 ml
温泉水中 Rn 量： 596.8×10^{-10} Ci/kg

3-5 温泉水飲用後の呼気中 Rn 量の推移

空腹時に温泉水 500 ml を飲用した後の呼気中 Rn 量の推移を表 5，図 4 に示した。飲用直後が 28.0～101.5 pCi/l，平均 51.7 pCi/l で最も高く，以後漸次低下し

表 5. 温泉水飲用後の呼気中 Rn 量 (pCi/l).

被検者	性別	年齢(才)	直後	30分	60分	90分	120分	180分
Y.N.	女	22	101.5	29.2	14.6	7.4	5.0	1.1
N.M.	〃	23	40.0	31.1	12.5	7.4	4.8	1.2
T.S.	男	25	28.0	32.3	17.8	8.7	5.9	1.4
K.F.	〃	32	98.2	55.3	32.0	16.9	9.9	1.9
〃	〃	〃	42.9	15.0	6.0	4.2	3.5	0.7
〃	〃	〃	39.1	21.9	12.8	7.5	3.2	1.3
H.M.	〃	59	31.8	19.9	10.9	—	5.8	1.4
平均値			51.7	28.1	14.7	8.7	5.5	1.3

飲用温泉水：三朝温泉ゲンゼの湯，Rn： 596.8×10^{-10} Ci/kg，飲用量：500 ml.

180分後には，1.0 pCi/l 前後となった。呼気中 Rn 量の年齢による差異は認められなかった。得られた排出曲線より呼気中 Rn 量の半減期を算定すると，平均値で 40 分となった。

4. 考按

温泉水に含まれる Rn は入浴，温泉水の飲用により体内に吸収され， α 線の放出により生体に刺激を与える。

そして，大部分の Rn は肺より排出されるといわれている。大島 (1949) は，入浴後体内から排出される Rn は汗，尿中にも確認はされるが極めて少なく，呼気中の量に比べ問題にするに足りないとい述べている。

Rn は希ガスで化学的には不活性な元素であるため，生体内で化学的結合物を生成しない。このことは，三朝温泉地に長期間在住し，毎日温泉入浴等を行っている人と，そうでない非温泉地在住者の平常の呼気中 Rn 量に

差が見られないことから、その一端は窺われよう。

入浴時、体内に吸収される Rn 量は、肺よりむしろ皮膚を通して入る量の方が多いと HAPPEL (1935) は報告し、入浴中の呼吸中 Rn 量は JANITZKY (1935) によれば、約 40 分間の入浴でほぼ一定となり、浴水の温度が高いほど、また被検者の年齢は若いほど高値を示したという。著者の成績もほぼ同様であった。

15 分間入浴を行った熱気浴(空気中の Rn: 54.3×10^{-12} Ci/l) と、温泉入浴(浴水中の Rn: 58.0×10^{-10} Ci/kg) の浴終了直後の呼吸中 Rn 量の平均値は、それぞれ 6.3 pCi/l, 49.1 pCi/l で空気中 Rn 量の 11.6%, 浴水中 Rn 量の 0.9% となった。すなわち、熱気浴は入浴に比べ Rn の利用効率はほぼ 10 倍と考えられる。また、飲用直後の呼吸中の Rn 量は飲用泉水の Rn 量の 0.1% であった。

飲用後の呼吸中 Rn 量の推移は、消化管よりの吸収の差に影響され、空腹時の飲用に比べ食後では、呼吸中への排出が遅延すると言われている (MARKL 1932)。著者の空腹時に飲用した成績では、3 時間後にはほぼ平常の値にまで低下し、その時の呼吸中 Rn 量の半減期は平均 40 分となり、横田 (1947) の報告とも一致した。森永 (1949) は呼吸中 Rn 量の推移からみて、空腹時に一度に大量を飲用するより、食後に分割飲用した方が体内における Rn 利用の点から有利であると報告している。

5. 結語

三朝温泉入浴、熱気浴および温泉水飲用後の呼吸中 Rn 量を、大倉電気製の振動容量型電位計により測定し次の成績を得た。

- ① 岡山大学温泉研究所および医学部附属病院三朝分院の室内、屋外の空気中 Rn 量は、それぞれ 0.5~1.0 pCi/l, 0.4~0.7 pCi/l であった。
- ② 平常の呼吸中 Rn 量は、三朝温泉地在住者および非温泉地在住者で、それぞれ 0.4~0.9 pCi/l, 0.6 ± 0.2 (S.D.) pCi/l, 0.1~0.9 pCi/l, 0.5 ± 0.2 (S.D.) pCi/l でいずれも 1.0 pCi/l 以下あり、両者の間には有意差が認められなかった。
- ③ 入浴(浴水中 Rn 量 58.0×10^{-10} Ci/kg) 終了後の呼吸中 Rn 量は、浴終了後が 5 分間入浴では 10.8~25.9 pCi/l, 平均 17.9 pCi/l, 10 分間入浴では 16.8~27.9 pCi/l, 平均 22.5 pCi/l として 15 分間入浴では 38.8~59.3 pCi/l, 平均 49.1 pCi/l で、入浴時間

の長いほど、また被検者が若年であるほど高値を示した。浴終了後 120~180 分で 1.0 pCi/l 前後に低下し、その半減期は平均値でみると 42~43 分であった。

- ④ 熱気浴(室内空気中 Rn 量 54.3×10^{-12} Ci/l, 15 分間入浴) 終了後の呼吸中 Rn 量は、浴終了直後が 4.9~7.8 pCi/l, 平均 6.3 pCi/l で最も高く、浴終了後 120 分では 1.0 pCi/l 前後となった。また半減期は平均値で 43 分であった。
- ⑤ 温泉水飲用 (Rn 量 596.8×10^{-10} Ci/kg の温泉水 500ml を空腹時に飲用) 後の呼吸中 Rn 量は、直後が 28.0~101.5 pCi/l, 平均 51.4 pCi/l と最も高く、180 分後には 1.0 pCi/l 前後となった。また呼吸中 Rn 量の半減期は平均値で 40 分であった。
- ⑥ 呼吸中の Rn 量からみると、Rn 泉の利用は吸入(熱気浴)が最も効率がよく、次いで入浴、飲用の順であった。

本報告の要旨は第 43 回日本温泉気候物理医学会総会にて発表した。

〔謝辞〕 稿を終るに当り御指導、御校閲をいただいた森永 寛教授、ならびに入野昭三助教授に深謝する。実験に際し、御協力いただいた御船政明講師、妹尾敏伸助手、西村佳子助手ならびに動燃・人形峠事業所福島 覚氏に深謝する。

6. 文献

- 大島良雄 (1949) 放射能泉に関する研究 (XIII) 放射能泉入浴によるラドンの吸収と排泄, 岡大温研報, **2**, 11-12.
- HAPPEL, P., HELLER, C. (1935) Physikalische und biologische Versuche bei emanationshaltigen Bädern. Balneologie, **2**, 499-506.
- JANITZKY, A. (1935) Zur Frage der Durchlässigkeit der menschlichen Haut für Radiumemanation. Balneologie, **2**, 117-128.
- MARKL, J. (1931) Zu den Grundlagen der balneologischen Radiumtherapie. Strahlentherapie, **42**, 249-280.
- 森永 寛 (1949) 放射能泉の飲用と「ラドン」の呼吸よりの排泄, 岡大温研報, **1**, 5-7.
- 横田 浩 (1947) 放射能泉飲用後の Radon の呼吸より排出, 基礎と臨床, **1**, 179.

EXCRETION OF RADON IN EXPIRED AIR AFTER BATHING AND DRINKING OF RADIOACTIVE HOT SPRING WATER AT MISASA SPA.

by Katsushi FURUNO. (Director : Prof. H. MORINAGA) *Division of Internal Medicine, Institute for Thermal Spring Research, Okayama University.*

Abstract. Radon (Rn) contents in expired air after bathing, exposure in hot-air room and drinking of Misasa radioactive hot spring water were determined using an ionization chamber equipped with vibrating reed electrometer.

The results were as follows ;

1. Rn Contents in the indoor and outdoor air of Misasa spa were in the range of 0.5-1.0 pCi/ℓ and 0.4-0.7 pCi/ℓ.

2. Rn contents in the expired air of persons living at Misasa spa area and none spa area were 0.4-0.9 pCi/ℓ, 0.6 ± 0.2 (S.D.) pCi/ℓ and 0.1-0.9 pCi/ℓ, 0.5 ± 0.2 (S.D.) pCi/ℓ respectively and no difference of Rn contents was observed in both groups.

3. The highest Rn contents in the expired air of subjects bathed in radioactive hot spring (Rn :

58.0×10^{-10} Ci/kg, watre temp. : $41 \pm 1^\circ\text{C}$.) were immediately after bathing, and the values were 10.8-25.5 pCi/ℓ (bathing for 5 min.), 16.0-27.9 pCi/ℓ (bathing for 10 min.) and 38.8-59.3 pCi/ℓ (bathing for 15 min.) respectively. Rn contents in expired air were reduced to about 1.0 pCi/ℓ during 120-180 min. after bathing. The longer the bathing time and the younger the subjects, the higher Rn contents in the expired air. The biological half-life of Rn in the expired air of subjects after bathing was 42-43 min.

4. The highest Rn contents in the expired air of subjects exposed in hot-air room (Rn in air : 54.3 pCi/ℓ, air temp. : $37-38^\circ\text{C}$., humidity: 40%, staying for 15 min.), and the values were 4.9-7.8 pCi/ℓ, and gradually reduced to about 1.0 pCi/ℓ during 120 min. The biological half-life of Rn in the expired air after leaving the hot-air room was 43 min.

5. Rn contents in the expired air of subjects immediately after drinking of radioactive spring water (Rn contents : 596.8×10^{-10} Ci/kg, 500 ml), were the highest, and the value were 28.0-101.5 pCi/ℓ, and reduced to about 1.0 pCi/ℓ during 180 min. after drinking. The biological half-life of Rn in the expired air was 40 min.