

18. 富士火山およびその周辺地域の環境放射能 強度分布と湧水中のラドン濃度

地震研究所 高橋 春 男
明治大学工学部 佐藤 純
地震研究所 佐藤 和 郎

(昭和57年4月27日受理)

1. 緒 言

浅間山において行われた環境放射能の測定結果から、環境放射能の強度は、一般に測定点の周囲の岩石や土壌に含まれるカリウム (K) 濃度に相関することが明らかにされた(佐藤他, 1978; 佐藤他, 1978)。また、本邦の数ヶ所の火山の噴出物について行われた γ 線スペクトロメトリーの結果からは、同一火山体の噴出物中のトリウム (Th) 系列, ウラン (U) 系列の核種の比放射能および K 濃度の間に、それぞれよい相関のあることが認められた (SATO and SATO, 1977)。

富士山の山体およびその周辺地域は、主として古富士泥流および旧期、中期、新期の新富士の熔岩や火山砕屑物によって形成されている。山体には多くの寄生火山があり、とくに山麓に見られる新期寄生火山の熔岩流は丸尾とよばれ、長尾山より流出した青木ヶ原丸尾をはじめ、約 10 の丸尾が知られている。噴出物の大部分は、カンラン石玄武岩である(津屋, 1971)。

ほぼ同質の岩石から成り立っている地域において、観測地点の周囲の地質条件の違いが環境放射能強度に反映されるならば、その測定は、比較的狭い地域に分布する熔岩や抛出物の同定や追跡に寄与する可能性がある。生成時期や噴出場所の異なる多くの玄武岩質熔岩流が地表に分布している富士山およびその周辺地域は、地質条件の違いが環境放射能強度に与える影響を調べるために適当な地域である。

環境放射能の測定は、富士山やその寄生火山を起源とする熔岩流および降下スコリアなどについて行われた。西湖湖上においては、環境放射能に対する宇宙線の寄与の程度を知るための測定がなされた。さらに、二、三の観測点で採取した岩石試料については、実験室において γ 線スペクトロメトリーを行なった。

富士山周辺の地下水は、主として山体に降った雨や雪によるものであり、地下深部から湧出する地下水に比べて、火山活動に伴う地下の応力変化(高橋・細谷, 1978; 佐藤・佐藤, 1979)の影響は受けにくいものと思われる。しかし、火山活動が進行するにつれて、マグマに比べかなり早い時期に地下浅所に達すると考えられる火山ガスが、地下水の成分に変化を与えることは十分に予想される。したがって、地下水の溶存成分の変動を監視することは、噴火を予知するための有効な手段の一つとなるであろう。水中ラドン (Rn) 濃度

の測定は、火山活動の静穏時における湧水中の Rn 濃度およびその変動量についての資料を得るために、周辺地域の数ヶ所の湧水について行われた。

調査期間は、富士火山集中総合観測期間中の 1979 年 10 月 6~7 日と 11 月 1~3 日、および 1980 年 1 月 15~17 日、3 月 26~27 日、6 月 7~8 日、1981 年 11 月 5~8 日の 6 回、約 2 年間である。

2. 測定法

環境放射能および水中 Rn 濃度の測定には、ポータブル液体シンチレーションカウンター（佐藤他, 1980: SATO *et al.*, 1981）を用いた。液体シンチレータは、PPO 4g と dimethyl POPOP 0.1g をトルエン 1l に溶解したものである。環境放射能の測定は、24 ml のバイアルに密封した液体シンチレータを使って行なった。測定値は、ディスクリミネータの設定値 25 mV, 50 mV, 100 mV のバイアスレベルで 10 分間計測し、そのカウント数から求めたバイアスレベル 0 mV に相当する積分計数値を cpm 単位で表わしてある。水中の Rn の抽出は、これまで行ってきた方法に従った（佐藤・佐藤, 1979）。溶存酸素は、Winkler 法によって定量した。γ線スペクトロメトリーは、60 cc Ge(Li) 検出器により行なった。

3. 結果と考察

3-1. 環境放射能

環境放射能の測定点には、人為的に造られた構築物、道路、田畑などを避け、なるべく対象とする熔岩流などが十分広い面積をもつような場所を選定した。観測点の位置は第 1 図に示してある。白丸は湧水中のラドン濃度の測定も併せて行なった点である。No. 29 の忍野では、条件が整わなかったため、環境放射能の測定は行えなかった。

測定結果は、測定点の地質や標高と共に第 1 表に示す。測定値はいずれも 10% 程度の誤差を含んでいる。

伊豆半島および浅間山における観測結果（佐藤他, 1980）によると、ポータブル液体シンチレーションカウンターで測定される環境放射能強度は、標高差にはほとんど影響されず、測定点周囲の地質環境に支配される。したがって、富士山およびその周辺地域における環境放射能の測定値は、地質状況を反映していると考えられる。

測定された環境放射能強度は、総じて浅間山の前掛山噴出物での値 190~220 cpm（佐藤他, 1980）に比べて 50~100 cpm 低く、安山岩と玄武岩の放射能強度の差が明瞭に現われている。同じ青木ヶ原熔岩流の洞穴である No. 2-(i) の富岳風穴および No. 3 の鳴沢氷穴での測定値は一致しており、期間をおいて測定を繰り返した No. 11-(ii) の猪頭 (I) や No. 16 の中の茶屋における測定値もそれぞれよく一致している。さらに、No. 13 の白糸の滝の同一熔岩流の数 10 m 離れた二地点で測定した値も極めてよく一致している。したがって、第 1 表に掲げた測定値間に見られる差は、富士山の熔岩流などの地質的特徴をある程度反映しているものと考えられる。新富士旧期熔岩流（津屋, 1971）の一つである富

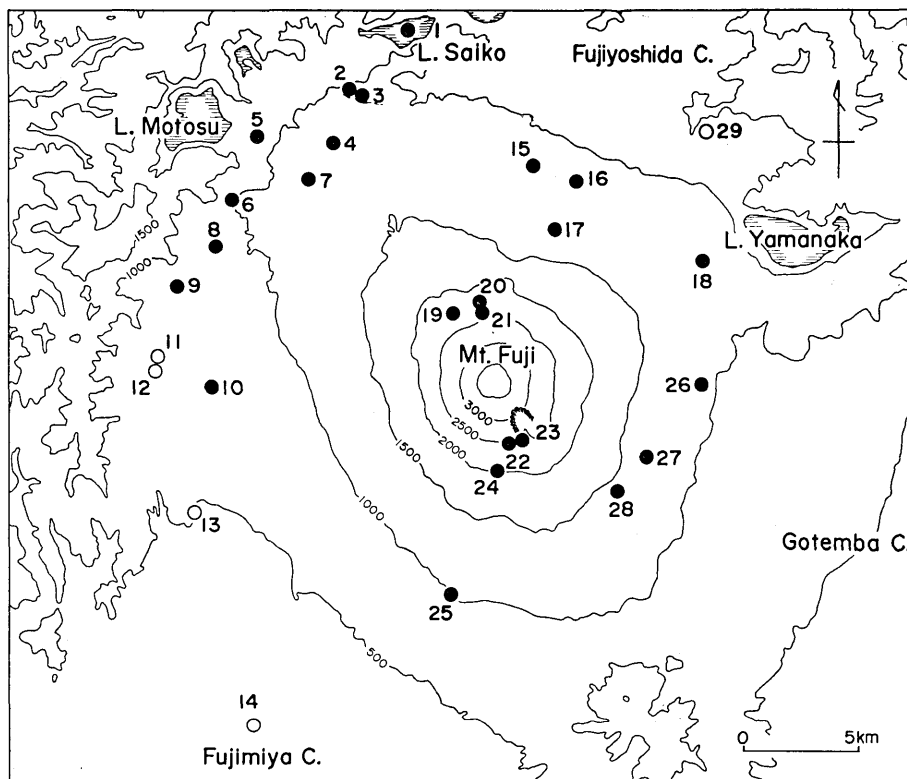


Fig. 1. Area map. Location numbers indicate the spots (see Table 1) where the environmental radioactivity measurement were carried out. Radon concentration in ground waters were measured at the spots indicated by open circles.

士宮熔岩流は、浅間神社の湧玉池水源附近にわずかに露出しているにすぎない。この地点 (No. 14) での測定は、熔岩流の面積が十分にとれないなど測定条件が悪く、2年を経た値との間に差異が見られる。

環境放射能に対する宇宙線の影響を推測するための測定は、西湖湖上において、Kの影響を除くために木製部品を取り除いたプラスチック製ボートを用いて行なった。西湖は、富士五湖中で本栖湖に次いで深く、水深は 71.6 m で、面積は 2.1 km² である。したがって、得られた値 53 cpm は大部分が宇宙線によるものと考えられる。

3-2. γ 線スペクトロメトリー

いくつかの観測点で採取した熔岩およびスコリアについての γ 線スペクトロメトリーの結果を第 2 表に示す。

試料中の K 濃度は、いずれも 0.4~0.7% の範囲にあり、富士山の噴出物の一般的な値 (津屋, 1971) とよく一致している。同一火山体の噴出物については、Th 系列, U 系列, K の含有量の相互の比は、それぞれはほぼ一定値を示すことが知られている (SATO and SATO, 1977)。第 2 表に示すように、採取された 4 試料についてのこれらパラメーター

Table 1. Brief description of the geology, altitude and environmental radioactivity at the points illustrated in Fig. 1.

Loc. No.	Locality	Geology	Altitude (m)	Counting rate (cpm)
1	Lake Saiko	(on the lake)	900	53
2	Fugaku-fuketsu (cave) i) inside ii) outside	Aokigahara marubi lava flow	1010	160 130
3	Narusawa-hyoketsu (in cave)	Aokigahara marubi lava flow	1020	160
4	Route Yakima-Fujimiya line	Aokigahara marubi lava flow	1090	160
5	Motosu, Kamiku-issiki village	Motosu lava flow	985	140
6	Nebara, Kamiku-issiki village	Nebara lava flow	1000	170
7	Western foot, Omuro prastic cinder cone	Scoria (Omuro-yama)	1120	130
8	Asagiri-kogen, site 1	Asagiri lava flow I	940	110
9	Asagiri-kogen, site 2	Inokashira lava flow II	860	130
10	Hitoana shrine	Hitoana lava flow	700	120
11	Inokashira, site 1, Prefectural trout firm i) 1980. 1. 16 ii) 1981. 11. 7	Inokashira lava flow III Inokashira lava flow I	720	120 110 120
12	Inokashira, site 2	Soil	700	98
13	Shiraito falls i) 1st. measured point ii) 2nd. measured point	Shiraito lava flow	500	110 110
14	Sengen shrine i) 1980. 1. 16 ii) 1981. 11. 7	Fujimiya lava flow	140	110 89
15	Fujisakura-kogen resort, Narusawa village	Soil	1120	88
16	Nakano-chaya i) 1980. 1. 17 ii) 1981. 11. 5	Nakanochaya lava flow	1070	100 99
17	Oishi-chaya	*	1290	100
18	Lake Yamanaka resort	Taka marubi lava flow	1040	110

(to be continued)

Table 1. (Continued)

Loc. No.	Locality	Geology	Altitude (m)	Counting rate (cpm)
19	Route Subaru line, site 1	Oniwa-Okuniwa 2nd. lava flow	2260	160
20	" site 2	Ken marubi 2nd. lava flow	2270	140
21	" site 3	*	2330	140
22	Access to Hoi crater	*	2370	150
23	Hoi crater rim	*	2420	150
24	Route Omote-Fuji line, site 1	*	2000	120
25	" site 2	*	1020	91
26	Subashiri	*	1150	93
27	Tarobo	*	1310	120
28	Access to Makuiwa	*	1350	130

* Volcanic ash and other pyroclastic ejecta.

Table 2. Gamma-ray spectrometric determination of Th- and U-series radioactivities and K contents of some volcanic rocks from the Fuji volcano.

	Loc. No. 4	Loc. No. 7	Loc. No. 8	Loc. No. 16
Th-ser (10^{-13} Ci/g)	1.2 \pm 0.2	0.9 \pm 0.2	1.3 \pm 0.2	1.2 \pm 0.2
U-ser (10^{-13} Ci/g)	1.8 \pm 0.1	1.3 \pm 0.2	1.3 \pm 0.1	1.8 \pm 0.1
K (%)	0.60 \pm 0.01	0.44 \pm 0.02	0.67 \pm 0.02	0.64 \pm 0.02
Th-ser/K	1.9 \pm 0.2	2.1 \pm 0.4	1.9 \pm 0.2	1.9 \pm 0.2
U-ser/K	2.9 \pm 0.2	3.0 \pm 0.3	2.0 \pm 0.2	2.8 \pm 0.2
Th-ser/U-ser	0.7 \pm 0.1	0.7 \pm 0.2	1.0 \pm 0.2	0.7 \pm 0.1

Table 3. Radon concentrations in ground waters around the Fuji volcano.

Loc. No.	Locality	Rn (10^{-10} Ci/l)				Dissolved O ₂ (mg/l)
		I	II	III	IV	
11	Inogashira (I)	0.12	0.12	0.19	0.13	9.34
12	Inogashira (II)	0.26	0.21		0.57	9.29
13	Shiraito falls, Obi-no-manai				0.24	
14	Sengen shrine, Wakutama-ike	0.40	0.41		0.39	
29	Oshino, Sokonuke-ike			0.22	0.43	5.68
	Okama-ike			0.23	0.17	5.26
	Waku-ike				0.37	

Date of measurement I: '80. 1. 16 III: '80. 6. 7-8 O₂: '80. 6. 7-8
 II: '80. 3. 27 IV: '81. 11. 5-7

の値は、Th 系列/K と Th 系列/U 系列の値についてはほぼ一定であるが、U 系列/K の値は、朝霧熔岩のみがほかの三点の試料と明らかに異なっている。朝霧熔岩の試料は、ほかの試料に比べて風化が進んでいる。

3-3. 地下水中ラドン濃度

富士山の山体は、透水性の高い新富士の熔岩や抛出物に覆われているため、湧水の数は極めて少ない。山体に降った雨や雪は、伏流して山麓の古富士泥流と新富士熔岩との境界面から湧出している。古富士泥流は、玄武岩の礫やそれらを凝結する火山灰砂から成る凝灰岩で、山麓における表層部は風化土になっているため、一般に不透水層である(津屋, 1971)。本測定で対象とした湧水は、かつての忍野湖の底部である忍野八海も含め、すべてこの湧出機構による重力泉である。

地下水中の Rn の観測点は第 1 図に白丸で示してある。第 3 表は、水中 Rn 濃度および溶存酸素量の測定結果である。この観測で用いた測定法(佐藤・佐藤, 1979)によって得られる水中 Rn 濃度は、10% 程度の誤差を含んでいる。

測定された Rn 濃度は、 $0.1 \sim 0.6 \times 10^{-10}$ Ci/l の範囲にあり、通常の地下水に比べて低濃度である。この原因の一つとして、3-2 で述べたいくつかの岩石試料に対する γ 線スペ

クトロメトリーの結果から推量されるように、この地域の岩石中のラジウム (Ra) 含有量は低く、それが Ra の娘核種である Rn 濃度に反映することによると考えられる。

一方、定量された溶存酸素量は、いずれの湧水においても高く、特に猪頭の湧水では、水温 10°C での飽和量 10.97 mg/l に近い濃度である。溶存酸素の濃度が高い原因としては、地下に浸透した降水が比較的短期間に湧出しているか、あるいは、地下水の流路が地表面に近く流下の過程で空気層に触れていることなどが考えられる。前者の場合は、地下水は周囲の岩石と接触する時間が短かく、水中に溶け込む Rn の量が増えないうちに湧出してしまい、後者の場合は、水中に溶けている Rn の一部が水相から気相に移動することによって、地下水中の Rn 濃度は減少すると考えられる。

猪頭 (I)、富士宮浅間神社の湧玉池水源および忍野八海のお釜池では、観測期間中 Rn 濃度はほぼ一定値を示しており、変動は少ないように思われる。測定値が少ないため湧水全体について Rn 濃度の変動幅を明確に示すことは困難であるが、猪頭 (II) と忍野八海の底抜池では、測定期間中 Rn 濃度が 2 倍程度増えており、富士山の静穏な時期でもこの程度の変動は起りうると思われる。

4. 謝 辞

観測にあたっては、静岡県営猪頭養鱒場、植松養鱒場および富士宮浅間神社に多大なる便宜を計って戴いた。御好意に対して記して謝意を表す。岩石試料の γ 線スペクトロメトリーは、東京大学アイソトープ総合センターで行なった。

文 献

- 佐藤和郎・荒牧重雄・佐藤 純, 1978, 浅間火山における γ 線強度分布, 地震研究所彙報, 53, 295-303.
- 佐藤和郎・佐藤 純, 1979, 1977-1978 年有珠山噴火活動中の温泉水のラドン濃度, 温泉工学会誌, 14, 1-4.
- SATO, J. and SATO, K., 1977, Gamma-ray spectrometric characterization of volcanic magmas, *Geochem. J.*, 11, 261-266.
- 佐藤 純・佐藤和郎・荒牧重雄, 1978, 浅間火山における *in-situ* γ 線ラジオメトリー, 地震研究所彙報, 53, 281-294.
- 佐藤 純・高橋春男・佐藤和郎, 1980, ポータブル液体シンチレーションカウンターの試作と野外調査への応用: 地下水中のラドン濃度と環境放射能の測定, 地震研究所彙報, 55, 299-306.
- SATO, J., TAKAHASHI, H. and SATO, K., 1981, Portable liquid scintillation counter for *in-situ* radon measurement, *Int. J. Appl. Radiat. Isot.*, 32, 592-593.
- 高橋春男・細谷興七, 1978, 浅間山およびその周辺地域の地下水の水質変化——1973 年の噴火に関連して——, 地震研究所彙報, 53, 551-568.
- 津屋弘達, 1971, 富士山の地形・地質, 富士山, 富士山総合学術調査報告書, 1-149, 富士急行株式会社, 東京.

18. *Environmental Radioactivity and Radon Content
of Ground Water around the Fuji Volcano.*

By Haruo TAKAHASHI,
Earthquake Research Institute,

Jun SATO,
Faculty of Engineering, Meiji University,

and

Kazuo SATO,
Earthquake Research Institute.

The environmental gamma radiation from basaltic lava flow units and the radon concentration in ground waters around the Fuji volcano were measured with a portable liquid scintillation counter newly developed for field survey. Gamma-ray spectrometry was carried out on some lava samples with a Ge(Li) spectrometer.

The observed environmental radioactivities ranged from 88 to 170 cpm, being lower than the values of ordinary andesitic lavas, for example, 190-220 cpm for the Asama volcano. This is consistent with the Th- and U-series radio-activities and K contents of the lavas from the Fuji volcano which may be incorporated into the group of lower values among gamma-ray spectrometric results so far obtained for Japanese Quaternary volcanoes. The Th-series/K, the U-series/K and the Th-series/U-series ratios of the Fuji volcano are 1.9, 2.9 and 0.7, respectively, each falling within the range observed for the Izu-Mariana volcanic arc.

The radon concentration in ground water around the Fuji volcano was in the range of $0.1-0.6 \times 10^{-10}$ Ci/l.
