

10. 浅間火山における γ 線の放射能強度分布

地震研究所 { 佐藤 和郎
荒牧 重雄
明治大学工学部 佐藤 純

(昭和53年1月31日受理)

1. はじめに

本報告を含む一連の研究の目的の1つは、簡単な可搬型 γ 線測定器を用い、火山地域の地質・構造等についてどの程度有用な情報が得られるかを検討することである。野外で使用した場合の γ 線測定器の総合的な機能に関する予察的な実験は1977年9月に浅間火山の岩石について行われ、佐藤他(1978)に詳述されている。本報では前報の結果に基づいて市販のサーベイメータを使用し浅間火山地域において広範囲に γ 線の放射能強度を測定し、そこで得られた観測値と岩石の性質(化学組成・密度等)との対応を考察する。今回の野外調査は1977年5月19日~21日、同年9月26日~28日及び同年11月25日~28日の期間に行なった。

2. 測定法

2.1. 測定器

使用した測定器は2種である(Fig. 1)。それらの仕様概要をTable 1に示す。

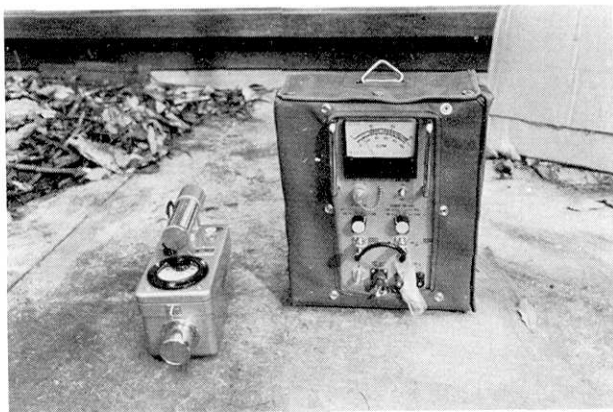


Fig. 1. Instruments used. ①: 1"×1"φ NaI(Tl) survey meter (left) and ②: 2"×2"φ NaI(Tl) survey meter (right). Specifications are given in Table 1.

Table 1. Instruments used.

	検出器	備 考
測定器 ①*	1"×1"φ NaI(Tl)	γ線用シンチレーションサーベーター 読出し: レートメータ ディスクリミネータレベル: 100 keV
測定器 ②**	2"×2"φ NaI(Tl)	簡易車載型マンボーン放射能測定器 (Fig. 1) 13cm×26cm×32cm 筐体中に検出器, 電源 (乾電池AM-IS 8本) 等を内蔵. 重量約 6kg (そのまま背負うことが出来るようになっている). 読出し: レートメータ ディスクリミネータレベル: 約 50 keV

* ALOKA 製 Model TCS-121C

** ALOKA 製 Model TCS-R14-106

2.2. 使用法

野外では次のような2種の測定を行なった. 今回は主として測定器②を使用し, 測定器①は補助的に用いた.

1. 地上 1 m の位置における環境放射能の測定.

周囲に構築物や崖などのない, 平坦な地面をえらび, 地上約 1 m の高さでの γ線強度を測定する (Fig. 2-a).

2. 岩石露頭表面の密着測定.

なるべく広い面積にわたって平滑な岩石の露頭をえらび, Figs. 2-b, c に示すように検出器を表面に密着させて測定する. 実際には測定器の構造上の制約でマンボーン放射能測定器の場合露頭表面と検出器との間に約 15 mm の距離がある. 露頭表面の凹凸による観測値への影響は大きいと考えられるので, 表面の凹部と凸部で測定することは極力避け, また同一露頭上の数ヶ所で測定し平均をとるようにする.

測定法 1 の場合には, 測定点を選択するに際して特に次の点に注意した.

- A: 舗装道路の表面は避ける. (骨材の影響を避けるため).
- B: 他所から運ばれて来たと思われる碎石が敷かれている道路面は避ける.
- C: 深い森林中や耕地 (畑, 水田等) で厚く施肥されている可能性のある所等, K の影響が著しい場所での測定は避ける.

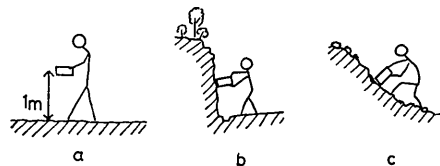


Fig. 2. a, Measurement of environmental radiation 1 m above the ground; b and c, measurement of radioactivity at a surface of outcrop.

3. 測定結果

測定結果は Fig. 3 と Table 2 にまとめて示す。地上 1 m での環境放射能の測定結果は Fig. 3 に示す。 γ 線の強度の観測値は $2.5\sim 7.0\times 10^3$ cpm の範囲にあり、これを 9 段階に区切って図示してある。黒丸は測定器②によるもの、白丸は測定器①による測定値を測定器②が示す値に換算したものをあらわす。測定点は浅間火山の噴出物のほぼ全域 (ARAMAKI, 1963) にわたっており約 160 点である。露頭表面に密着して測定した値は Table 2 にまとめ、それらの位置は Fig. 3 に星印で示してある。また Fig. 3 に黒い星印で示した地点は $5''\times 5''$ NaI(Tl) 検出器によって測定された露頭の位置であり、測定結果は佐藤他 (1978) に報告されている。白い星印は測定器② ($2''\times 2''$ 検出器) によってのみ測定された地点である。合計 35 点の測定点のうち、測定器②および $5''\times 5''\phi$ NaI(Tl) 検出器の両方により測定された地点は 10 地点である。二つの測定器の示す値の相関を Fig. 4 に示す。

なお、佐藤他 (1978) の測定の際、バックグラウンドとして採用した「ゆうすげ温泉」の池の鉄製橋の上での測定値は約 1.9×10^3 cpm であったのに対し、同様の目的で今回測定した照月湖上の木製橋上での値は約 1.5×10^3 cpm である (Table 2, Nos. 1 および 2)。バックグラウンドを与えるための条件は、いずれの場合も完全とはいえないので、真のバックグラウンドの値はこれらの測定値よりもさらに低いものと思われる。

4. 考察

ARAMAKI (1963), 荒牧 (1968) によれば、浅間火山の活動は 4 個の火山体の形成乃至は 4 つの活動期に分けることができる。最古のものは「黒斑山期」で、構成岩石は輝石安山岩の溶岩および火砕物が主である。第 2 は「仏岩期」で、山体は SiO_2 70% 前後のデイサイト質の溶岩流、溶岩円頂丘、軽石類により構成される。第 3 期は「第 1 軽石流」および「第 2 軽石流」の噴出で、 ^{14}C による年代測定* によれば約 11,000 年前に起きたと推定されている。構成岩石は SiO_2 65~67% のデイサイト質軽石が主である。最後の活動期には成層火山前掛山が生成し、現在に至っている。「前掛山期」の岩石は SiO_2 58~62% の輝石安山岩の溶岩流や火砕物が主である。

Fig. 5 の上半分には、Table 2 のデータに基づいて、上に述べた 4 活動期の各々の露頭につき測定した岩石の γ 線の放射能強度の頻度分布を示す。Fig. 5 の下半分には、既存の文献に与えられた各活動期の岩石の K_2O 含有量の頻度分布を示す。分析値は ARAMAKI (1963) の Table 22 および松井 (1963) の Table 20 からとった。Fig. 5 の上半分と下半分を比較すると、総じて各活動期の岩石の K_2O 含有量の分布と γ 線の放射能強度の測定値とは調和的であることがわかる。黒斑山、仏岩、前掛山の 3 期の噴出物についての γ 線の放射能強度に比べて軽石流期の噴出物についての γ 線の放射能強度がやや低く観測されているが、これは軽石堆積物の見掛けの密度が他の活動期の岩石のそれよりも小さいことと説明できる (佐藤他, 1978)。

* Gak-311; 10650 ± 250 YBP, M-1430; 11300 ± 400 YBP (小林, 1964)

Table 2. Gamma-ray intensities in Asama volcano and its environs.

No. (Fig. 3)	Locality number	Rock unit	×10 ³ CPM		Locality
			2"×2"φ	5"×5"φ	
1	SA 77112502	Background, above water 1 m deep	1.9	10.0	長野県軽井沢町古宿, 「ゆうすげ温泉」の池にか かる鉄製橋の上.
2	SA 77112613	Background, above water 1 m deep	1.5	—	群馬県長野原町, 照月湖. 湖にかかると木製橋の上.
11(a)	SA 77092701-1	Lave flow, solid part, Kurofu	3.1	15.8	小諸市高峰山. 高峰有料道路, 高度 1,550 m の屈 曲点.
12(b)	SA 77092701-2	Lave flow, scoriaceous part, Kurofu	3.2	15.1	小諸市高峰山. 高峰有料道路, 高度 1,550 m の屈 曲点.
13(c)	SA 77092702	Lave flow, solid part, Kurofu	3.2	15.1	小諸市高峰山. 高峰有料道路, 1,510 m のカーブ より分岐, 西 50 m.
14	AS 310	Lave flow, solid part, Kurofu	3.4	—	長野県御代田町, 浅間山小諸登山道, 一の鳥居.
15	SA 77112507	Lave flow, solid part, Kurofu	3.9	—	小諸市高峰山. 高峰有料道路, 高度 1,470 m.
16	SA 77112509	Lave flow, solid part, Kurofu	5.7	—	群馬県吾妻郡嬬恋村, 林道車坂-田代線, 高度 1,800 m.
17	SA 77103004	Lave flow, solid part, Kurofu	5.3	—	群馬県吾妻郡嬬恋村, 林道黒斑山線, 高度 1,540 m.
18	SA 77112802	Lave flow, solid part, Kurofu	3.2	—	長野県御代田町, 林道浅間第三幹線, 高度 1,510 m.
19	SA 77112801	Lave flow, solid part, Kurofu	2.7	—	長野県御代田町, 南ヶ原, 林道浅間第二幹線, 高度 1,040 m.
21	SA 77112701	Large boulder, Sekison-zan	4.7	—	長野県軽井沢町, 石山北側登山道, 高度 1,560 m.
31	SA 77112702	Lava flow, solid part, Hotoke-iwa	9.8	—	長野県軽井沢町, 大窪沢東側崖面, 高度 1,280 m.
32	SA 77112602	Boulders, Ko-asama	7.8	—	長野県軽井沢町, 小浅間山山頂南部, 高度 1,630 m.
41(d)	SA 77112503	Pumice flow deposit, unwelded, PF1	5.1	27.1	小諸市四ツ谷, 国道 18 号線ぞい, ドライブイン 「やまへい」西端の崖.
42	SA 77112602	Pumice flow deposit, unwelded, PF1?	5.5	—	群馬県吾妻郡嬬恋村, 高羽根沢-立野間, 高度 1,025 m.
43	SA 77112611	Pumice flow deposit, unwelded, PF1	4.5	—	群馬県吾妻郡嬬恋村, 三原南方, 自動車専用道路 の崖, 高度 830 m
44	SA 77112612	Pumice flow deposit, unwelded, PF1	4.6	—	群馬県吾妻郡嬬恋村, 鎌原南方, 立野への道路, 高度 930 m.
45	SA 77112803	Pumice flow deposit, unwelded, PF1	5.5	—	佐久市西耕地, 国道 141 号線ぞい, レストラン「コ ックボーイ」駐車場.

(to be continued)

Table 2. (Continued)

No. (Fig. 3)	Locality number	Rock unit	×10 ³ CPM		Locality
			2"φ×2"	5"φ×5"	
51(e)	SA 77092801	Oiwake pyroclastic flow deposit	5.0	27.3	長野県御代田町. 国鉄信濃追分駅南西 1,000 m. 森島郷入口道路ワキ.
52	SA 77112609	Oiwake pyroclastic flow deposit	4.8	—	群馬県吾妻郡嬬恋村大笹. 嬬恋橋南タモト道路ワキ
53	SA 74091303	Oiwake pyroclastic flow deposit	4.7	—	長野県御代田町. 塩野北方. 林道浅間第二幹線. 高度 1,600 m.
54	SA 77112510	Oiwake pyroclastic flow deposit	4.3	—	群馬県吾妻郡嬬恋村青山. 寿の里入口道路ワキ.
55(f)	SA 77112601	1783 pumice fall deposit	4.3	23.9	長野県長野市長倉. 万山望駐車場北側崖.
56(g)	SA 77092805	1783 Agatsuma pyroclastic flow deposit	5.1	28.9	群馬県吾妻郡嬬恋村. 鬼押出園レストラン「アゼ リア」南側ロックガーデン.
57	SA 77112603	1783 Agatsuma pyroclastic flow deposit	5.8	—	群馬県吾妻郡嬬恋村. 自動車専用道路. 峯の茶屋 一鬼押出園. 大鞍車橋東の沢.
58	SA 77112604	1783 Agatsuma pyroclastic flow deposit	5.1	—	群馬県吾妻郡嬬恋村. 自動車専用道路. 陸橋より 南東 1,000 m の地点.
59(h)	SA 77092804	Ess. block, 1783 Kambara pyroclastic flow	5.0	26.3	群馬県吾妻郡嬬恋村. 高羽根沢上流御原.
60	SA 77112606	Ess. block, 1783 Kambara pyroclastic flow	6.1	—	群馬県吾妻郡嬬恋村. 自動車専用道路西側ゴルフ コース南端. 高度 1,100 m.
61	SA 77112608	Ess. block, 1783 Kambara pyroclastic flow	5.3	—	群馬県吾妻郡嬬恋村. 自動車専用道路. 高度 1,050 m.
62(i)	SA 77092806	1783 Ontoshidashi lava flow	5.8	30.7	群馬県吾妻郡嬬恋村. 鬼押出園. 岩嶺ホール西方 100 m.
63(j)	SA 77092807	1783 Ontoshidashi lava flow	6.4	33.7	群馬県吾妻郡嬬恋村. 鬼押出園. 観音堂西方 200 m.
71	SA 77112504	Tuff breccia, Takamine	3.6~4.0	—	小諸市東沢. 軽石へ通じる車道ワキ. 高度 900 m.
72	SA 77112505	Tuff breccia, Takamine	4.7	—	小諸市長野温泉北北東 800 m. 林道ワキ. 高度 1,170 m.
73	SA 77112506	Lava flow, solid part, Takamine	2.5	—	小諸市長野温泉北北東 1.6 km. 林道ワキ. 高度 1,300 m.
74	SA 77112610	Pyroclastic flow deposit, Kusatsu-shirane	7.0	—	群馬県吾妻郡嬬恋村. 芦生田北方. 瀬戸の滝対岸 道路ワキ.
75	SA 77112804	Shiga pyroclastic flow deposit	7.2	—	佐久市安原北方. 大塚石場.

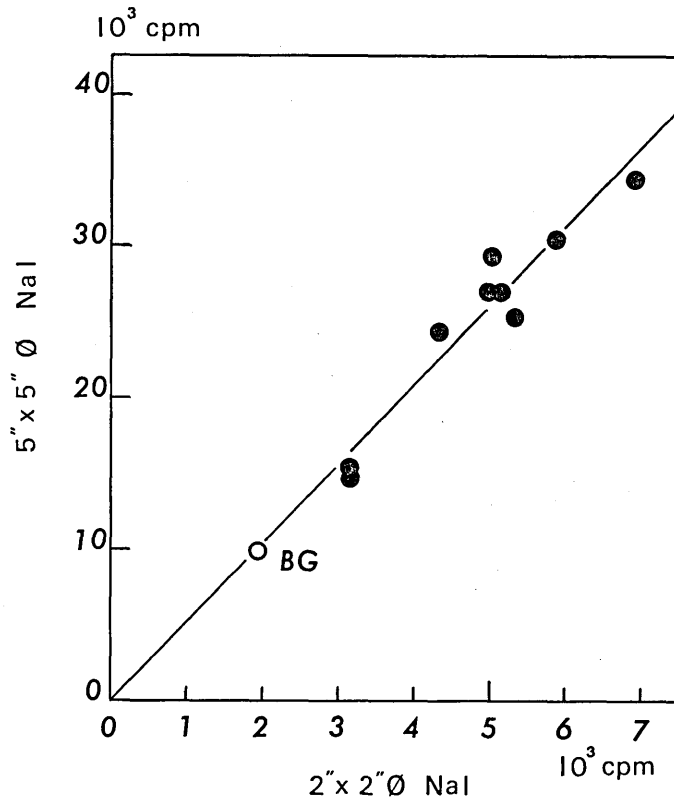


Fig. 4. Observed counting rates by the 2"×2" ϕ NaI(Tl) detector as compared with counting rates by the 5"×5" ϕ NaI(Tl) detector (SATO et al., 1978) at various outcrops.

Fig. 6 は、Ge(Li) 半導体検出器を用いる非破壊 γ 線スペクトロメトリー (SATO and SATO, 1977) により求められた浅間火山の各活動期の岩石試料の K 含有量と、今回の測定器②による対応する露頭での γ 線の放射能強度との関係を示す。Fig. 6 中の黒丸は溶岩の露頭を、白丸はこれらよりも見掛けの密度が小さいと見られる、火砕流堆積物、降下軽石堆積物の露頭をあらわす。測定器②の、溶岩露頭およびバックグラウンド測定器での計数値は直線関係を示し、K 含有量との間により相関が見られるのに対し、見掛けの密度の小さい露頭での測定は Fig. 5 の場合と同様や、低い値を与えている。

佐藤他 (1978, Fig. 6) は 5"×5" ϕ NaI(Tl) 検出器を使用して岩石の露頭面における γ 線の強度を測定した場合、波高分析器のディスクリミネータを低エネルギー (0.1 Mev) の位置に設定した時の全計数率と岩石の K 含有量との間に比較的よい直線性が得られることを見出した。この事実は、一般に日本の火山岩に含まれる放射性核種の中では ^{40}K が最も大きく寄与すること、さらに一つの火山では U 系列核種、Th 系列核種と ^{40}K との放射能強度比がほぼ一定の値をとる (SATO and SATO, 1977) ことによって説明される (佐藤他, 1978)。 γ 線強度測定の方法は今回使用した測定器①、②についても同様であると考

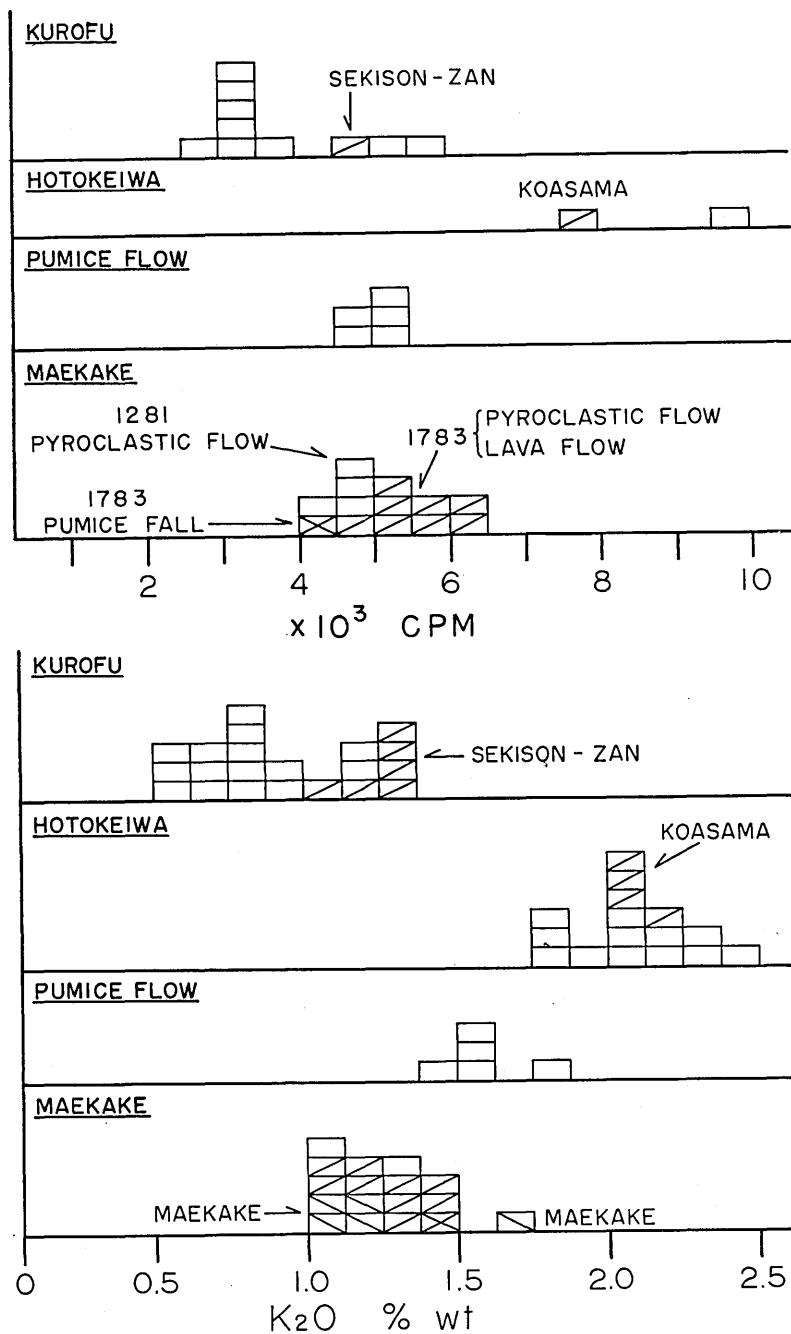


Fig. 5. Upper: frequency distribution of gamma radioactivity for the rock units of the four major stages of Asama volcano. Lower: frequency distribution of K₂O content of the rocks of Asama volcano (data from ARAMAKI, 1963 and MATSUI, 1963).

た場合極めて高い値 ($5\sim 6\times 10^3$ cpm) を示す。これを定量的に議論するに足る資料は現在のところ得られていないが、佐久平南部一帯に比較的高い環境放射能値が見られることから、南方山地から供給された物質が浅間火山噴出物に比べて K に富んでいることを示唆するものと思われる。

小諸口から湯の平を経て、前掛山山頂を通り峯の茶屋へ降りるルートは測定器①を用いて測定した (Fig. 3 の中で白丸で示してある)。前掛山の裸地斜面は全般的に高い環境放射能値を示し、特に前掛山火口壁東側では 7×10^3 cpm (測定器②の値に換算してある) 以上に達する。前掛山裸地斜面一帯のこのような高い値は 1783 年 (天明 3 年) の噴出物やそれ以降最近の噴出物を含む前掛山期の K_2O 含有量 (ARAMAKI, 1963; 松井, 1963; SATO and SATO, 1977) からは説明できない。興味ある観測事実であり、今後の問題として残される。

謝 辞

2"×2"φ NaI(Tl) 検出器並びに付属装置一式はアロカ (株) の御好意により利用させていただいた。1"×1"φ NaI(Tl) 検出器は東京大学アイソトープ総合センターのものを使用した。関係各位に対し記して謝意を表す。研究費の一部は、1977 年度浅間山集中観測費によった。

文 献

- ARAMAKI, S., 1963, Geology of Asama Volcano. *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo Sec. II*. Vol. XIV, 229-443.
- 荒牧重雄, 1968, 浅間火山の地質. 地団研専報, 14, 45p.
- 小林国夫, 1964, 縄文文化と無土器文化の ^{14}C 年代. 科学, 34, 96-97.
- 松井義人, 1963, 火山岩の分析化学的・地球化学的研究. 浅間山産火山岩の化学組成とその解析. 岡山大学温研報告, 32 号, 85p.
- 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.

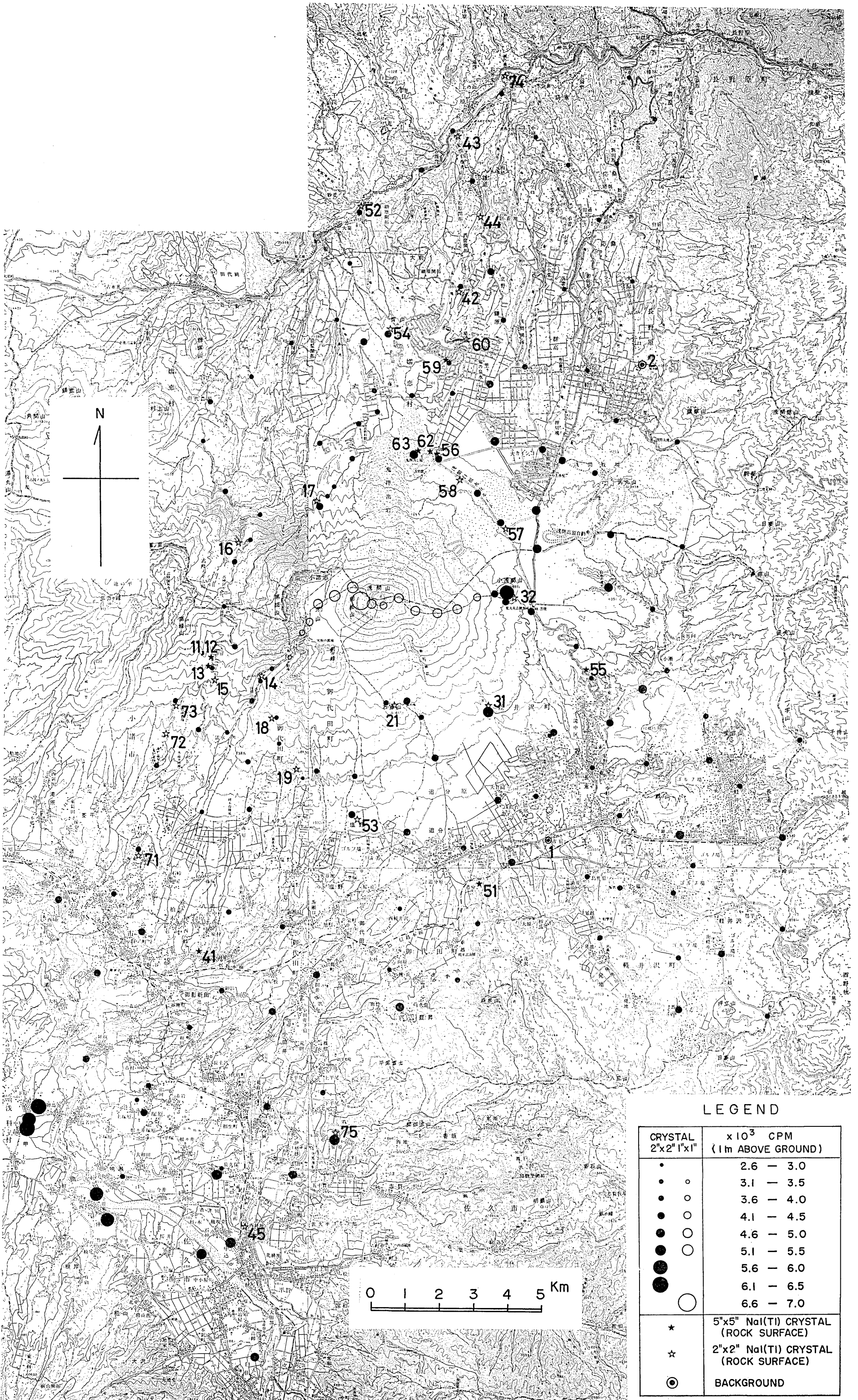
10. *Distribution of Gamma Radioactivity in the Asama Volcano.*

By Kazuo SATO, Shigeo ARAMAKI,
Earthquake Research Institute,

and

Jun SATO,
Department of Industrial Chemistry,
Faculty of Engineering, Meiji University.

A gamma radiation survey was made with portable instruments all over the field of the volcanic products of Asama. Selected rock exposures of the four major evolutionary stages of the volcano were tested with a $2'' \times 2'' \phi$ NaI(Tl) detector. The observed counting rates showed a good correlation with the results of *in-situ* radiometry using a $5'' \times 5'' \phi$ NaI(Tl) detector and the previous results of laboratory Ge(Li) gamma-ray spectrometry on the corresponding rock specimens. Environmental radiation (1 m above the ground) was measured with $1'' \times 1'' \phi$ and $2'' \times 2'' \phi$ NaI(Tl) instruments at about 160 points over the entire field. Both the instruments yielded an aerial distribution chart of relative intensities consistent with the known distribution of K among rocks in the area.



(震研彙報 第五十三号 図版 佐藤・他)

Fig. 3. Distribution of gamma radioactivity in Asama volcano. Point numbers given in the figure correspond to those in the first column of Table 2.
この地図は国土地理院発行の5万分の1地形図, 草津, 軽井沢, 上田, 御代田, 小諸を使用して作製した。