

噴煙現象の統計 (第1報)*

田 中 康 裕**

551.21

Statistical Analysis of Volcanic Smoke (Part 1)

Y. Tanaka

(*Seismological Section, J. M. A.*)
(*Seismological Laboratory, M. R. I.*)

Abstract

Volcanic smokes are observed systematically by the meteorological observatories or weather stations near the volcanoes, and observing subjects are colour, quantity, height, etc. of them.

Author investigated statistical analysis of observed volcanic smokes of the major active volcanoes in Japan that are shown in Fig. 1 or Table I.

The obtained results are as follows:

1) There are 3 expressions of quantity of volcanic smokes. In this paper, they are shown by the letters Q , S and q that are connected with the equations (1), (2) and (3). Q is rank of quantity of volcanic smoke by the Japan Meteorological Agency, divided into 0 to 6 (Fig. 2). S is vertical section of dimensions of rising trace of volcanic smoke, and q is volume of rising volcanic smoke.

2) Seasonal variations of quantity of volcanic smokes, that are much in winter and a little in summer, are found in the every volcano (Fig. 5).

3) Variations of quantity and height of volcanic smokes show active degree of the volcanoes (Fig. 7, 9). If put in order of active degree of the present volcanoes, they can draw up from high rank to low rank as a following series.

Mihara → Sakurajima → Asama → Aso → Komagatake → Meakan → Tarumae
→ Shōwashinzan → Nasu

4) Though height of volcanic smoke (h) is not proportionate to quantity of volcanic smoke (Q), but relation between h and Q is connected with exponential curve as the equation (10).

§ 1. はしがき

活火山の近くにある気象官署では、長期間にわたって噴煙の組織的な観測を行なってきた所がある。この観測は「火山の遠望観測」とよばれているが、

それは、気象官署の所在地から火山の噴煙の状態（おもに噴煙の色、量、高さ、流れぐあいなど）を毎日定時刻に観測することである。観測には主として測高器やトランシットが用いられてきた。

ここでは、遠望観測の資料を統計して、発見されたいくつかの事柄について述べる。なお、用いた資料は1956～65年の10年間のものである。¹⁾²⁾³⁾

* Received May 20, 1966

** 気象庁地震課, 気象研究所地震研究部

§ 2: 噴煙の遠望観測の状態

解析の対象に選んだ火山と観測地点とを Table 1 および Fig. 1 に示す。また、各観測点から望んだ各火山の形および噴煙の状態は Fig. 2 のとおりである。

釧路地方気象台から遠望できる雌阿寒岳の噴煙は、ポンマチネシリ山上の火口および中マチネシリの大噴（おおぶき）火口のものである。山上火口の噴煙は1955年11月の爆発で新生した火口から出ているもので、この爆発以前には噴煙は遠望されなかった。〔Fig. 2 の(1)〕は釧路地方気象台から雌阿寒岳を望んだスケッチで、山嶺の左側の大きな噴煙が山上火口、右側の小さな噴煙が大噴火口のものである。なお、ここでは山上火口の噴煙についてのみ統計した。

苫小牧測候所から遠望できる樽前山の噴煙は、同山の山上の溶岩円頂丘の亀裂およびその周辺にある火口のものである〔Fig. 2 の(2)〕。この溶岩円頂丘は1909年の大噴火で生成したもので、その後くり返した小爆発によって、溶岩円頂丘およびその周辺に多数の亀裂や火口を生じ噴煙をあげている。

室蘭地方気象台から遠望できる昭和新山の噴煙は、同山の山肌から立ちのぼっている噴気である。昭和新山には火口はない。同山は1944~45年に生成した溶岩円頂丘で、山肌一面が赤褐色を呈しており、山上部は今なお高温で、常に噴気活動をしている〔Fig. 2 の(3)〕

北海道駒が岳の噴煙は山上の大亀裂内にある火口のものである。この大亀裂は1942年の大噴火で生じたもので、近年の噴煙はこの大亀裂の北西部からあがっており、それが森測候所から遠望できる〔Fig. 2 の(4)〕。

白河測候所から遠望できる那須岳の噴煙は、同山の海拔1750~1850 m 付近の西側山腹に広がる噴気地帯からのぼっているものである。同噴気地帯には直径数m以下の小火孔がいくつか点在している。白

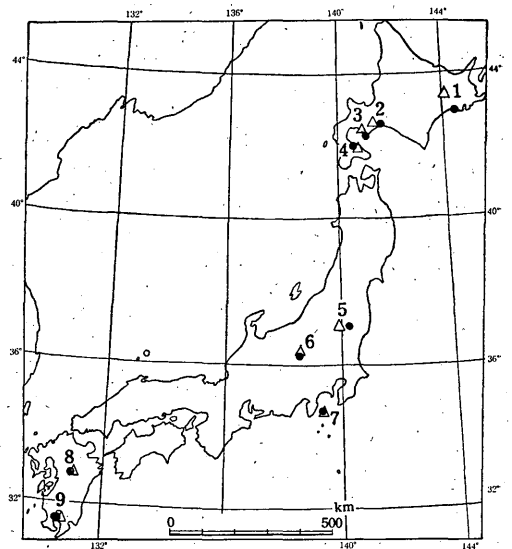
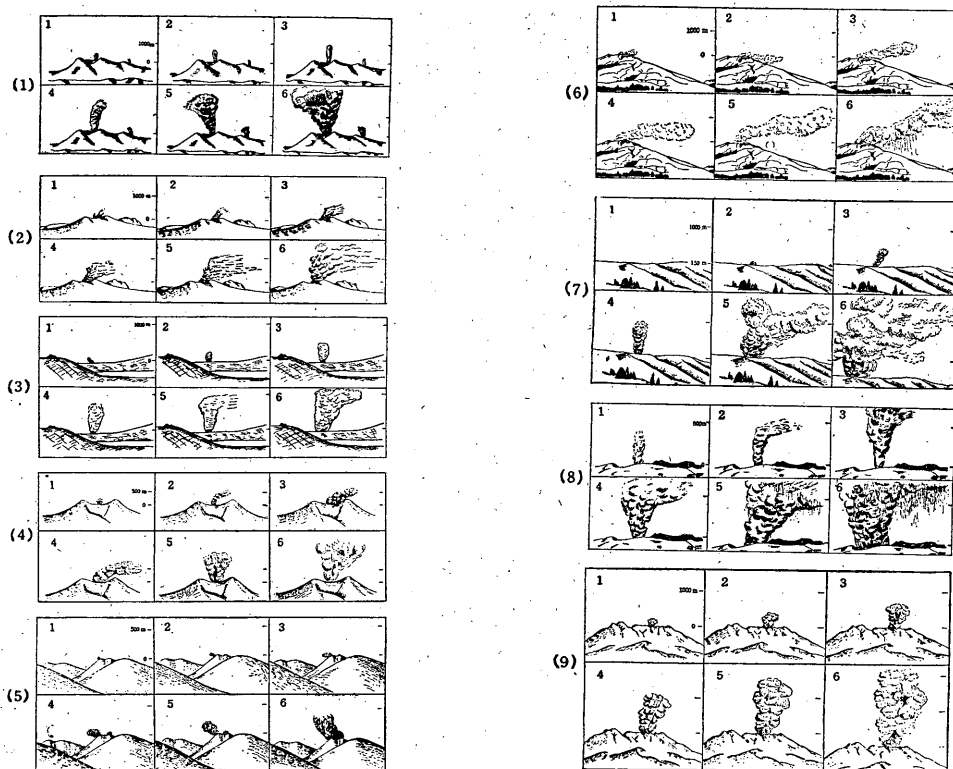


Fig. 1. Map showing the positions of the volcanoes (mark Δ) and their observing stations (mark \bullet), used in this paper. Nos. 1~9 are the same ones that are shown in table 1.

Table 1. Volcanoes and their visual observation stations used for the purpose in this paper.

No.	Volcano	Observation station	Distance & direction from the active crater
1	Meakan	Kushiro Local Meteorological Observatory	60 km SE
2	Tarumae	Tomakomai Weather Station	20 km SE
3	Shōwashinzan	Muroran Local Meteorological Observatory	25 km SE
4	Komagatake	Mori Weather Station	9 km NW
5	Nasu	Shirakawa Weather Station	20 km E
6	Asama	Karuizawa Weather Station	{ 9 km SE (~1963) 8 km SSE (1964~)
7	Mihara	Ōshima Weather Station	5 km N
8	Aso	Asosan Weather Station	1 km W
9	Sakurajima	{ Kagoshima Local Meteorological Observatory Sakurajima Volcano Observatory	{ 10 km W 5 km W



- (1) Meakan as seen from Kushiro Local Meteorological Observatory
- (2) Tarumae as seen from Tomakomai Weather Station
- (3) Shōwashinzan as seen from Muroran Local Meteorological Observatory
- (4) Komagatake as seen from Mori Weather Station
- (5) Nasu as seen from Shirakawa Weather Station
- (6) Asama as seen from Karuizawa Weather Station
- (7) Mihara as seen from Ōshima Weather Station
- (8) Aso as seen from Asosan Weather Station
- (9) Sakurajima as seen from Kagoshima Local Meteorological Observatory

Fig. 2. Amounts of volcanic smokes which are ranked by the letters 1 to 6.

河測候所から望むこの噴気地帯は、ちょうど那須岳山頂部の陰にあたるので、噴煙は常に山の裏から出ているように見える [Fig. 2 の (5)].

浅間山の噴煙は山頂火口からあがっているものを軽井沢測候所から遠望したものである。同測候所は火口の南東 9 km の地点にあったが、1964年4月に火口の南々東 8 km の地点に移転した。両地点から遠望した浅間山頂の形および噴煙の状態はほとんど同じである [Fig. 2 の (6)].

伊豆大島火山の噴煙は山頂の三原火口のものである。噴煙は大島測候所からは外輪山縁上に見える。したがって、噴煙の高さが火口上 150 m 以下の場

合は、外輪山にさえぎられて見えない [Fig. 2 の (7)].

阿蘇山の噴煙は中岳第1火口のものである。阿蘇山測候所は第1火口から 1 km しか離れていないので、噴煙があまり高くあがると、その高さを正確に測定することができない [Fig. 2 の (8)].

桜島の噴煙は南岳山頂火口からあがっているもので、同火口の西 10 km の鹿児島地方気象台および同火口の西 5 km の桜島火山観測所から遠望したものである。両地点から遠望した南岳の形および噴煙の状態はほとんど同じである [Fig. 2 の (9)].

§ 3. 噴煙の形

火山から放出している噴煙の状態は、火山活動の勢力の度合いを示しているものである。すなわち、静穏時の火山では、白色の水蒸気を主成分とした噴煙を静かにあげているが、ひとたび活動を始めると、煙の中に灰や火山ガスを含んで灰褐色や黒色の煙に変わり、同時に、煙は量を増し、噴出力を強めて空高くふきあげるようになる。また、噴煙の形は、静穏時でもたえずいくらかの変動をしているので、観測にあたっては、数分間における最大現象を測ることを原則としている。

さて、われわれは噴煙を観測するために、各火山ごとに基準値をきめてある。Fig. 2のスケッチがそれで、遠望した場合の噴煙量をそれぞれ0~6の7階級に分け、各階級を

噴煙量 0 = 山は見えるが噴煙は見えない

- " 1 = きわめて少量
- " 2 = 少量
- " 3 = 中量
- " 4 = 多量
- " 5 = やや多量
- " 6 = きわめて多量

としてある。この基準図を作る基礎になったものは、過去における噴煙の写真やスケッチで、それらを噴煙量の多いものから順次ならべて上述の7階級に分類し、適当なものを選んで Fig. 2 が作られた。

§ 4. 噴煙量

観測にあたって、噴煙量は、立体的の広がり(噴煙塊の体積)は測れないので、平面的の広がり(噴煙の垂直断面積)を測ることになる。そこで、Fig. 2の噴煙の垂直断面積と噴煙階級量とがどんな関係にあるかを検討してみる。

Fig. 2の各噴煙量について、煙の広がりをプランメーターで測った面積を、スケッチの縮尺で補正して実際の面積 S に換算する。 S と各噴煙階級量 Q とを統計すると簡単な関係式

$$\log S = \alpha Q + \beta \dots \dots \dots (1)$$

で現わされることがわかった。各火山について(1)式に S と Q とを代入して α と β を最小自乗法で求

めると

雌阿寒岳では	$\log S = 0.41Q + 4.14$	} \dots (2)
樽前山では	$\log S = 0.38Q + 4.30$	
昭和新山では	$\log S = 0.40Q + 3.72$	
駒が岳では	$\log S = 0.34Q + 4.23$	
那須岳では	$\log S = 0.36Q + 2.90$	
浅間山では	$\log S = 0.34Q + 4.73$	
三原山では	$\log S = 0.66Q + 2.75$	
阿蘇山では	$\log S = 0.33Q + 4.33$	
桜島では	$\log S = 0.35Q + 4.34$	
(吾妻山では	$\log S = 0.40Q + 3.28$)	

となる。また、これらの関係図は Fig. 3 のとおりである。(2)式または Fig. 3 によって、各火山の噴煙量を比較することができる。

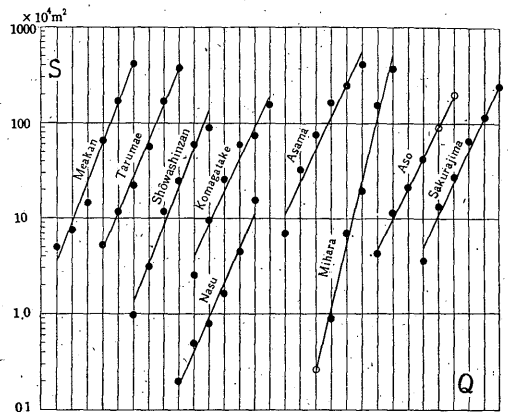


Fig. 3. Relation between Q and S . Q is the classified quantity of volcanic smoke. S is vertical section of dimentions of volcanic smoke. Scale of Q is classified into 6 for every volcano, and a graduation corresponds to one classified quantity of Q . Mark ● is measurable value and mark ○ is estimate value.

次に噴煙塊の体積について検討する。火口から放出した噴煙は上空に昇るにしたがって水平方向にも広がり、風のない場合には火口を頂点とした逆円錐に近い形となって空中に伸び上がるのが普通である。しかし、風の影響などでこの形は乱されることが多い。

いま、円形の火口から、無風で乱されていない状態の空中に放出した噴煙が拡散しながら上昇した場合を考える。このときの噴煙の形は、火口に立てた

垂線に対して全く対象になるはずであるから、噴煙塊の体積 q は Pappus-Guldin の定理によって

$$q = 2\pi r \frac{S}{2} = \pi r S \dots\dots\dots(3)$$

である。ここで r は噴煙の回転母線の面積 (すなわち、火口に立てた垂線が噴煙の垂直断面積 S を 2 等分する形) の重心から火口に立てた垂線までの長さである。もし、噴煙が風などで乱れている場合には、無風の場合の形を仮定して修正してやれば、 q は (3) 式で計算できる。

Fig. 4 は噴煙の一例として桜島の $Q=6$ の場合を扇形で近似させたものである。爆発後間もない噴煙の形は、回転楕円体として近似させられるが、十分に昇り切った噴煙は扇形とした方がよさそうである。噴煙の高さを h 、噴煙が広がる角度を θ (弧度 ω)、扇形 DAC の重心 G と O との長さを a で表わすと

$$r = a \sin \theta = \frac{2h \sin^2 \omega}{3\omega} = \frac{120 \sin^2 \theta}{\pi \theta} h \dots\dots\dots(4)$$

となる。

Fig. 2 の各噴煙の形を扇形で近似させ θ を測ると、面白いことに、同一火山では噴煙量の大小にか

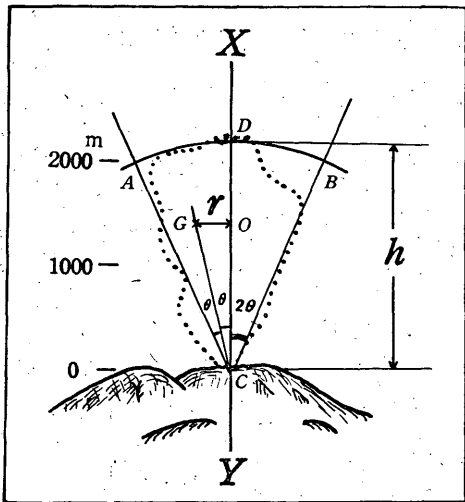


Fig. 4. Vertical section of dimensions of volcanic smoke. Rising trace of volcanic smoke is resembled to fan-shape. A dotted enclosure is an example of a trace of rising volcanic smoke at the volcano Sakurajima.

かわらず θ はほぼ同じ値を示し、樽前山、駒が岳、三原山、阿蘇山では約 15° 、雌阿寒岳、昭和新山、那須岳、桜島では約 10° 、浅間山では約 5° となった。(4) 式にそれぞれの θ を代入すれば

$$\left. \begin{array}{l} \text{樽前山・駒が岳・三原山・} \\ \text{阿蘇山では} \\ \text{雌阿寒岳・昭和新山・} \\ \text{那須岳・桜島では} \\ \text{浅間山では} \end{array} \right\} \begin{array}{l} r \doteq 0.17h \\ r \doteq 0.11h \\ r \doteq 0.06h \end{array} \dots\dots(5)$$

となる。したがって、噴煙量 Q と高さ h とを観測すれば、上記 (2)~(5) 式から噴煙塊の体積を近似的に計算することができる。

また、噴煙の形を扇形に近似させることによって

$$S = \frac{40\pi h^2}{360}, \quad h = \sqrt{\frac{90S}{\pi\theta}} \dots\dots\dots(6)$$

であるから、(5) 式で使った θ を (6) 式に代入すれば h がわかり、したがって S を観測しただけでも q は計算できる。

§ 5. 噴煙量の統計方法

噴煙は本質的には火山活動の勢力に左右されるが、見かけ上の噴煙の状態は、気象現象にもまた大きく影響を受ける。そこで、見かけの噴煙の状態から火山活動の消長を調べるためには、気象現象の影響をなるべく除かねばならない。

噴煙に及ぼす気象現象の中では風が最も大きな要素になっていると考えられる。すなわち、風の強い時の噴煙は乱されているので、量や高さが小さな値として測定され、一方、風が弱いかまたは風がない時の噴煙は量も高さも大きな値として測定され、かつ、噴煙は垂直に上昇するのが普通である。そこで、火山活動が定常状態にありながら、噴煙の量や高さの測定値が大きい場合には、上空の風は弱く、その影響が少なかったとみなされる。このような日が1か月の間には何回かあるので、統計に用いる値として、各月の最大値を選び出してその月の代表値とした。こうして選び出した Q の観測値が Table 2 である。なお、各火山とも、10~30% ぐらいの期間は雨天で噴煙が見えない日もあるが、観測日数については、ここでは考慮しないことにする。

Table 2. Quantity of volcanic smoke, ranked 0 to 6

△: explosion (): value except for explosion smoke

Meakan

Year	1955	'57	'58	'59	'60	'61	'62	'63	'64	'65	Total	Mean
Jan.	—	—	3	2	3	2	1	4	3	—	18	2.6
Feb.	—	—	2	2	3	2	1	3	2	2	17	2.1
Mar.	—	—	3	2	2	1	1	2	2	1	14	1.8
Apr.	—	—	2	2	2	1	1	1	2	2	13	1.6
May	—	—	2	2	2	2	1	1	—	2	12	1.7
Jun.	—	—	1	1	—	1	1	—	1	1	6	1.0
Jul.	—	2	1	1	1	1	—	—	—	1	7	1.0
Aug.	—	3	2	6 [△]	2	2	—	1	1	1	18	2.3(1.7)
Sep.	—	2	2	2	2	1	3	2	3	2	19	2.1
Oct.	—	3	3	4	2	2	3	2	3	2	24	2.7
Nov.	—	3	3	3	3	3	3	2	2	3	25	2.8
Dec.	—	3	3	2	3	3	3	3	2	3	25	2.8
Total	—	16	27	29	25	21	18	21	21	20	198	24.5 (24.0)
Mean	—	2.7	2.3	2.4 (2.1)	2.3	1.8	1.8	2.1	2.1	2.2	19.7	2.2

Tarumae

Year	1956	'57	'58	'59	'60	'61	'62	'63	'64	'65	Total	Mean
Jan.	5	6	3	3	3	4	4	4	3	3	38	3.8
Feb.	3	4	4	2	3	3	5	3	3	2	32	3.2
Mar.	5	4	4	3	3	3	4	2	2	4	34	3.4
Apr.	5	5	3	2	3	2	3	1	2	2	28	2.8
May	4	1	4	3	3	3	2	2	2	2	26	2.6
Jun.	5	4	4	3	3	2	3	2	2	1	29	2.9
Jul.	1	4	4	3	3	2	2	2	2	2	25	2.5
Aug.	6	1	3	2	3	2	2	2	2	1	24	2.4
Sep.	6	4	4	3	4	4	3	2	3	3	36	3.6
Oct.	4	3	3	4	3	5	4	4	2	3	35	3.5
Nov.	5	4	3	4	3	6	3	3	3	3	37	3.7
Dec.	5	3	2	3	3	5	3	3	2	3	32	3.2
Total	54	43	41	35	37	41	38	30	28	29	376	37.6
Mean	4.5	3.6	3.4	2.9	3.1	3.4	3.2	2.5	2.3	2.4	31.3	3.1

Shōwashinzan

Year Month	1956	'57	'58	'59	'60	'61	'62	'63	'64	'65	Total	Mean
Jan.	4	4	4	3	3	3	1	2	0	3	27	2.7
Feb.	5	6	5	4	3	5	1	2	1	2	34	3.4
Mar.	5	5	3	2	3	3	2	2	2	3	30	3.0
Apr.	3	3	2	3	2	2	0	1	1	2	19	1.9
May	2	2	1	1	2	0	0	0	1	1	10	1.0
Jun.	5	4	2	2	0	0	2	0	1	2	18	1.8
Jul.	2	3	2	2	1	2	0	3	1	1	17	1.7
Aug.	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.5
Sep.	2	2	0	5	1	0	2	1	0	1	14	1.4
Oct.	4	3	4	4	1	1	2	2	3	4	28	2.8
Nov.	5	5	2	3	4	4	3	3	3	1	33	3.3
Dec.	5	3	2	3	4	3	2	3	3	2	30	3.0
Total	46	41	27	32	24	23	15	19	16	22	265	26.5
Mean	3.8	3.4	2.3	2.7	2.0	2.0	1.3	1.6	1.3	1.8	22.1	2.2

Komagatake

Year Month	1956	'57	'58	'59	'60	'61	'62	'63	'64	'65	Total	Mean
Jan.	2	2	3	2	2	2	2	2	1	1	19	1.9
Feb.	2	3	2	1	1	2	2	1	1	1	16	1.6
Mar.	3	1	2	2	2	2	2	2	1	0	17	1.7
Apr.	1	1	1	1	2	—	1	0	1	0	8	0.9
May	3	1	0	1	1	1	—	1	0	0	8	0.9
Jun.	3	2	2	2	1	2	1	0	0	0	13	1.3
Jul.	1	2	1	2	1	2	0	0	0	0	9	0.9
Aug.	4	2	1	1	1	1	1	1	0	0	12	1.2
Sep.	2	1	2	2	1	2	1	1	0	0	12	1.2
Oct.	2	2	2	2	1	1	1	1	0	0	12	1.2
Nov.	2	2	2	2	2	2	2	1	0	0	15	1.5
Dec.	—	2	2	2	2	2	2	1	1	1	15	1.7
Total	25	21	20	20	17	19	15	11	5	3	156	15.6
Mean	2.3	1.8	1.7	1.7	1.4	1.7	1.4	0.9	0.4	0.3	13.0	1.3

Nasu

Year Month	1956	'57	'58	'59	'60	'61	'62	'63	'64	'65	Total	Mean
Jan.	3	3	3	3	3	5	6	5	4	5	40	4.0
Feb.	3	2	2	3	5	6	5	4	4	3	37	3.7
Mar.	3	3	3	3	3	5	4	4	4	5	37	3.7
Apr.	3	3	3	3	4	4	5	3	4	3	35	3.5
May	2	2	3	1	3	3	3	5	5	3	30	3.0
Jun.	2	3	2	2	3	3	4	3	2	4	28	2.8
Jul.	1	0	2	0	1	3	—	—	3	2	12	1.5
Aug.	2	1	2	0	—	2	3	—	—	3	13	1.9
Sep.	2	2	1	3	3	4	4	4	2	4	29	2.9
Oct.	3	2	3	3	5	3	6	4	4	4	37	3.7
Nov.	3	4	4	4	3	4	5	5	5	4	41	4.1
Dec.	3	3	3	5	5	5	5	4	4	6	43	4.3
Total	30	28	31	30	38	47	50	41	41	46	382	38.2
Mean	2.5	2.3	2.6	2.5	3.5	3.9	4.5	4.1	3.7	3.8	31.8	3.2

Asama

Year Month	1956	'57	'58	'59	'60	'61	'62	'63	'64	'65	Total	Mean
Jan.	5	3	3	6	3	3	5	3	3	3	37	3.7
Feb.	5	3	3	4	5	3	5	4	2	5	39	3.9
Mar.	3	3	5	5△	4	2	4	4	4	5	39	3.9(3.8)
Apr.	5	3	4	6△	4	3	5	4	2	4	40	4.0(3.8)
May	5	3	4	6△	3	4	5	3	3	6△	42	4.2(3.8)
Jun.	5	3	4	6△	3	4	2	3	2	5	37	3.7(3.4)
Jul.	3	3	4	6△	3	3	5	2	3	5	37	3.7(3.4)
Aug.	3	2	5	5△	4	6△	3	3	5	5	41	4.1(3.8)
Sep.	4	4	5	3	3	6△	4	3	6	4	42	4.2(4.0)
Oct.	3	3	6△	4	4	6△	4	3	5	4	42	4.2(3.8)
Nov.	4	4	6△	3	3	6△	3	2	6	3	40	4.0(3.5)
Dec.	5	4	6△	5	4	6△	3	2	5	3	43	4.3(4.1)
Total	50	38	55 (37)	59 (25)	43	52 (28)	48	36	46	52 (46)	479	47.9 (45.0)
Mean	4.2	3.2	4.6 (4.1)	4.9 (4.2)	3.6	4.3 (3.5)	4.0	3.0	3.8	4.3 (4.2)	39.9	4.0 (3.8)

Miharayama

Year Month	1956	'57	'58	'59	'60	'61	'62	'63	'64	'65	Total	Mean
Jan.	5	4	5	5△	5	6	6	6	6△	6△	54	5.4
Feb.	5	3	5	5△	5	6	5△	6	5	6	51	5.1
Mar.	5	3	4	6	5	5△	6△	6△	6△	6△	52	5.2
Apr.	—	4	3	6	5	5△	6△	4	6△	6	45	5.0
May	—	4	5	6	5	4△	6△	6△	5	6	47	5.2
Jun.	3	4	5	6	6△	5△	5△	3	6	6△	49	4.9
Jul.	4	4	5	6	6△	4△	6△	5	6△	4	50	5.0
Aug.	5	5	5	6	6△	5	5△	5	6	5	53	5.3
Sep.	5	6△	5	6	6	6	5△	5	4	6	54	5.4
Oct.	5	6	5	5△	5△	5△	5	5	4	6	51	5.1
Nov.	3	6	5	6△	6	6△	6	6△	6	6	56	5.6
Dec.	4	5	6△	6△	6	6△	6	6	6	6△	57	5.7
Total	44	54	58	69	66	63	67	63	66	69	619	61.9
Mean	4.4	4.5	4.8	5.8	5.5	5.3	5.6	5.3	5.5	5.8	51.6 52.5	5.2

Aso

Year Month	1956	'57	'58	'59	'60	'61	'62	'63	'64	'65	Total	Mean
Jan.	4△	4	4	4	4△	4	5	3	3	3	38	3.8
Feb.	4	4	4	4△	4△	4	4△	2	3	4	37	3.7
Mar.	4	4	5	5△	4△	5△	4△	3	3	4	41	4.1
Apr.	4	4	3	4△	4△	4△	4△	3△	3	4	37	3.7
May	3	3	3	4	2	4△	3	4△	3	4	33	3.3
Jun.	3	4	3	3	2	3△	3	3	3	4	31	3.1
Jul.	4	3	3	3	3	3△	2	4△	3	3	31	3.1
Aug.	4	3	3	4	2	4△	2	2	3	2	28	2.8
Sep.	4	4	3	4	3	3△	3	2	3	3	32	3.2
Oct.	4	4	5△	4	3△	4	3	2	3	4	36	3.6
Nov.	4	4	5△	4△	4	5△	3	3△	3	5△	40	4.0
Dec.	4	5△	4△	4△	4	5△	3	3	3	4△	39	3.9
Total	46	46	45	47	39	48	39	34	36	44	424	42.4
Mean	3.8	3.8	3.8	3.9	3.3	4.0	3.3	2.8	3.0	3.7	35.4	3.5

Sakurajima

Year											Total	Mean
Month	1956	'57	'58	'59	'60	'61	'62	'63	'64	'65		
Jan.	6 Δ	5 Δ	6 Δ	6 Δ	6 Δ	5 Δ	4 Δ	3	6 Δ	4 Δ	51	5.1
Feb.	6 Δ	6 Δ	4 Δ	6 Δ	6 Δ	5 Δ	3	5 Δ	6 Δ	3	50	5.0
Mar.	6 Δ	5 Δ	6 Δ	2	6 Δ	6 Δ	4 Δ	4 Δ	4 Δ	4 Δ	47	4.7
Apr.	6 Δ	2	6 Δ	1	6 Δ	4 Δ	5 Δ	4 Δ	4 Δ	5 Δ	43	4.3
May	6 Δ	2	5 Δ	1	6 Δ	5 Δ	5 Δ	6 Δ	6 Δ	4 Δ	46	4.6
Jun.	5 Δ	5 Δ	6 Δ	1	6 Δ	6 Δ	5 Δ	5 Δ	6 Δ	3	48	4.8
Jul.	—	4 Δ	4 Δ	6 Δ	6 Δ	5 Δ	5 Δ	5 Δ	5 Δ	3	43	4.8
Aug.	5 Δ	6 Δ	5 Δ	3	1	5 Δ	5 Δ	5 Δ	5 Δ	5 Δ	45	4.5
Sep.	6 Δ	3	5 Δ	6 Δ	6 Δ	5 Δ	6 Δ	6 Δ	6 Δ	5 Δ	54	5.4
Oct.	6 Δ	3	6 Δ	6 Δ	6 Δ	5 Δ	4 Δ	6 Δ	4 Δ	5 Δ	51	5.1
Nov.	6 Δ	6 Δ	6 Δ	6 Δ	6 Δ	5 Δ	4 Δ	5 Δ	6 Δ	3 Δ	53	5.3
Dec.	6 Δ	2	6 Δ	6 Δ	4 Δ	5 Δ	6 Δ	6 Δ	6 Δ	2 Δ	49	4.9
Total	64	49	65	50	65	61	56	60	64	46	580	5.8
Mean	5.8	4.1	5.4	4.2	5.4	5.1	4.7	5.0	5.3	3.8	48.3	4.8

Table 2には、年および月ごとの平均値も計算してある。長い間の平均値を取れば、特殊な気象現象や爆発などから受ける影響はある程度除去できるので、以下はこの平均値について統計を行なうことにする。ただし、三原山、阿蘇山、桜島では爆発が多数起きているので、爆発による噴煙も若干含まれている。また、雌阿寒岳、那須岳でも小爆発があったが、爆発が短時間で終わったり、夜間の爆発でその噴煙が観測されなかったため、Table 2の中には爆発の煙はほとんど含まれていない。

§ 6. 噴煙量の季節変化

各火山で、各月ごとに噴煙量を比較すると、明瞭な季節変化が認められ、冬期には噴煙量が多く、夏期には少ない (Fig. 5)。その変動の形は大体 sine curve で現わされる。これは明らかに気象要素が原因しているものである。気象要素の変動は、日本では各地ともほとんど同じ傾向を示し、気圧は冬期高圧、夏期低圧、気温は冬期低温、夏期高温、湿度は

冬期低湿、夏期高湿である。たとえば、釧路、大島、鹿児島月の平均気圧・気温・湿度は Fig. 6 のとおりである。これらの変動とくらべれば、噴煙量と気

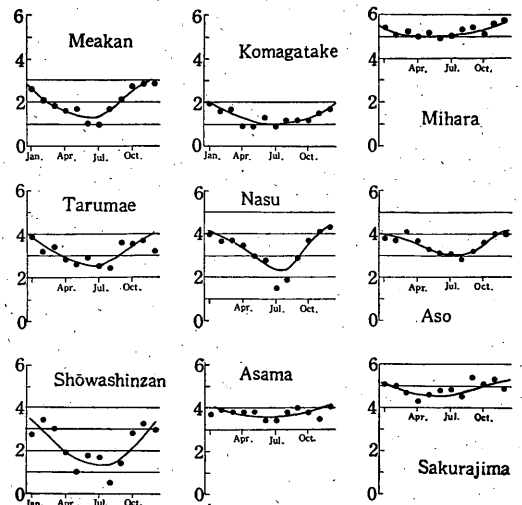


Fig. 5. Variations of monthly mean quantity of volcanic smoke.

庄・気温・湿度は、それぞれ (+)・(-)・(-) の相関を持っていることがわかる。

Fig. 5 は各火山の月平均の Q の季節変化図で、これを噴煙の垂直断面積 S に換算すると、変化の状

態はさらに明らかになる。すなわち、各火山について冬期と夏期の Q を (2) 式または Fig. 3 でそれぞれの S に換算して冬期と夏期の比を取ると Table 3 のようになり、たいていの火山では、噴煙の垂直断面積 S は夏期は冬期の半分以下になってしまうのである。ただし、浅間山だけはその減少量が少ない。

各火山とも噴煙量はだいたい1月に最多、7月に最小値を示すので、季節変化の振幅 ΔQ は次式で現わすことができる。

$$\Delta Q = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{2} \cos\left(\frac{2\pi}{T}t - 1\right) \dots\dots (7)$$

ここで、 T は12か月にとることができ、 t は任意の月数である。各火山について、月ごとの ΔQ を求めると Table 4 のようになる。なお、噴煙の高さについての季節変化は、駒が岳において若干認められるが、その他の火山ではあまり顕著ではない。

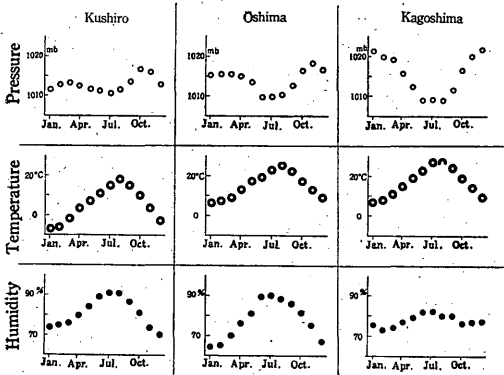


Fig. 6. Variations of monthly mean value of Meteorological essential at the above mentioned meteorological observatories.

Table 3. Maximum and minimum quantity of volcanic smoke. Maximum value is found in winter, and minimum is in summer.

Volcano	Q max.	Q min.	S max. ($\times 10^4 m^2$)	S min. ($\times 10^4 m^2$)	S max./S min.
Meakan	2.8	1.3	20	4.7	10 : 2
Tarumae	3.8	2.4	52	16	10 : 3
Shōwashinzan	3.4	1.2	12	1.6	10 : 1
Komagatake	1.9	0.9	7.9	3.5	10 : 4
Nasu	4.3	2.2	2.9	0.5	10 : 2
Asama	4.1	3.4	130	80	10 : 6
Mihara	5.7	4.9	300	100	10 : 3
Aso	4.1	2.8	48	18	10 : 4
Sakurajima	5.4	4.3	180	74	10 : 4

Table 4. Correctional value (ΔQ) of quantity of volcanic smoke.

Volcano	Meakan	Tarumae	Shōwa-shinzan	Komaga-take	Nasu	Asama	Mihara	Aso	Sakura-jima
Jan.	-0.75	-0.70	-1.10	-0.50	-1.05	-0.35	-0.40	-0.65	-0.55
Feb. Dec.	-0.65	-0.61	-0.96	-0.44	-0.91	-0.30	-0.35	-0.57	-0.48
Mar. Nov.	-0.38	-0.35	-0.55	-0.25	-0.53	-0.18	-0.20	-0.33	-0.28
Apr. Oct.	± 0	± 0	± 0	± 0	± 0	± 0	± 0	± 0	± 0
May Sep.	+0.38	+0.35	+0.55	+0.25	+0.53	+0.18	+0.20	+0.33	+0.28
Jun. Aug.	+0.65	+0.61	+0.96	+0.44	+0.91	+0.30	+0.35	+0.57	+0.48
Jul.	+0.75	+0.70	+1.10	+0.50	+1.05	+0.35	+0.40	+0.65	+0.55

§ 7. 噴煙量の変動と火山活動

各火山の噴煙量が、長い間にどのような変動をしてきたかについて調べた。

火山活動が衰弱期にある火山では、その噴煙は次第に減少していくものと思われるが、火山活動が活発になると噴煙量が増大することが期待される。

噴煙量は季節変化をしているので、短期間の変動は火山活動の消長を正確に現わしているものではない。そこで、季節変化量を Table 4 で補正してやらなければならない。一方、噴煙量 Q の年平均値は、季節変化が平滑されているとみなされるので、以下は Q の年平均値について解析する (Fig. 7)。

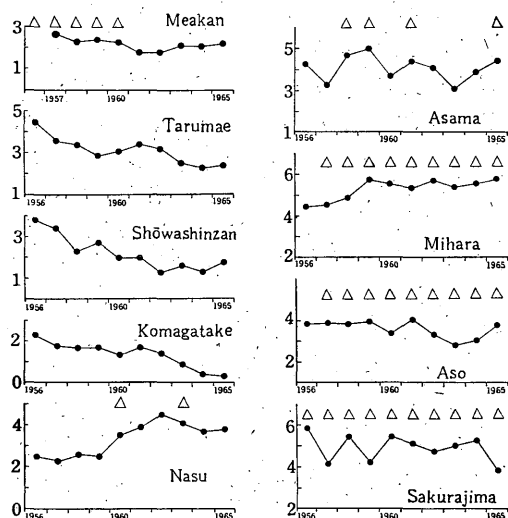


Fig. 7. Variations of quantity of volcanic smoke. mark Δ is explosion.

雌阿寒岳では1955~60年に噴火活動期があった。1955年の爆発では山上に新火口を生じ、1955~56年の爆発では山頂から数 10 km 以上にわたり降灰、1957~60年の爆発ではその勢力がやや衰えて火口付近にだけ降灰があった。このことから、噴火活動期の前半には活動勢力がことに強かったものと考えられる。噴煙量の変動にもその現象は現われており、1956年ごろを最大として、以後次第に減少し、1963~65年にはほぼ一定値を示すようになった。

樽前山では1961年に噴煙量の極大値が現われた(1960~61年に増加、1962~63年に減少)。しかし、

このころ爆発は一度もなかった。

昭和新山の噴気は1944~45年に同山が生成した当時に最も多量で、以後噴気は次第に減少している。1945年以降現在までに爆発は一度もない。

駒が岳では1942年の爆発を最後に、現在まで爆発は一度もない。噴煙量は1961年ごろに小さな極大があったが概して順調に減少している。この火山では、おそらく1942年の噴火以来減少を続けているものと思われる。

那須岳では1962年に噴煙量の極大値が現われた(1960~62年に増加、1963~64年に減少)。噴煙量が増加傾向を示し始めてから小爆発(1960年10月および1963年11月、火口付近に降灰)が起こった。

浅間山では1958、59、61、65年に爆発があり、この爆発期に噴煙量が著しく増加し、それぞれ極大値が現われた。しかし、浅間山では長期間に噴煙量が次第に減少していくような傾向が認められないのは、この火山が常に活動的な山であることを示しているものと考えられる。

三原山では毎年爆発が起こっているが、噴火活動が特に活発化した1957年ごろから噴煙量が激増し始めた。1956年以前の三原火口内には小火孔がいくつかあって、ときどき小爆発をしていたが、1957年から始まった活発な爆発活動で火孔径を広げ、火孔は1つに合し、深さも増した。1959年以後の活動では、火孔の拡大速度は弱まり、それまでに形成された火孔で小爆発をくり返すようになった。

阿蘇山では1956年を除き毎年爆発があった。このうち、1957年12月、1958年6、11月、1963年4、7、11月および1965年10月の爆発は多量の噴石を火口外に飛散させたが、その他の爆発はいずれも火口内で噴石活動をしたり、火口付近に火山灰を降らせる程度の小規模なものであった。全般的にみて、阿蘇山は常に噴煙の多い活動的な火山であるといえる。

桜島では毎年爆発があった。1956~59年には噴煙量の変動が著しかったが1960~64年にはほぼ一定値を示し、また1965年にはやや減少した。この火山の噴煙量の変動の統計図には爆発噴煙が大きく影響している。

いずれにしても、浅間山、三原山、阿蘇山、桜島では、近年において、噴煙が年々減少していくよう

な現象は見られず、常にほとんど一定量の煙が出て
いるので、これらの火山は常に活動的な状態にある
とみなされるのである。

§ 8. 噴煙量からみた各火山の活動度

Table 2 で統計した10年間(雌阿寒岳は 8.5 年間)
の噴煙量の平均値が、この期間における火山の活動
度を示しているとして、各火山を比較した。

噴煙量 Q の平均値を (2)~(6) 式に代入して噴
煙の垂直断面積 S および噴煙塊の体積 q を計算する
と Table 5 のようになる。 q が大きい火山ほど活動
度が大きいとすれば、その順序は

三原山→桜島→浅間山→阿蘇山→駒が岳→雌阿
寒岳→樽前山→昭和新山→那須岳

となる。ただしこの順序は将来変わっていくかもし
れない。 q はまた、火口から放出している火山の熱
energy の度合いを示していると考えられる。

Table 5. Mean quantity of volcanic smoke.

Volcano	Q (mean)	$S(\times 10^4 m^2)$	$q(\times 10^6 m^3)$
Meakan	2.2	11	22
Tarumae	3.1	3.0	12
Shōwashinzan	2.2	4.0	4.7
Komagatake	1.3	5.0	26
Nasu	3.2	1.1	0.7
Asama	4.0	120	598
Mihara	5.2	140	1213
Aso	3.5	30	120
Sakurajima	4.8	110	683

§ 9. 噴煙の高さと火山活動

噴煙の高さは火口縁から上方へ垂直に測るので、
風に流されている場合などは非常に小さな値として
測定される。したがって、噴煙の高さを統計するに
は風の影響を無視することはできない。

今、無風の場合を考えて、(6) 式の両辺の対数を
取れば

$$\log S = 2 \log h + \log \theta + \log \frac{4\pi}{360}$$

$$= 2 \log h + \log \theta - 1.46 \dots\dots\dots (8)$$

この式は (1) 式に等しいから

$$\log h = \frac{\alpha}{2} Q + \frac{\beta - \log \theta + 1.46}{2} \dots\dots\dots (9)$$

となる。(2) 式の α, β および (5) 式で用いた θ の
値を (9) 式に代入すると

$$\left. \begin{aligned} \text{雌阿寒岳では } \log h &= 0.21Q + 2.30 \\ \text{樽前山では } \log h &= 0.19Q + 2.29 \\ \text{昭和新山では } \log h &= 0.20Q + 2.09 \\ \text{駒が岳では } \log h &= 0.17Q + 2.26 \\ \text{那須岳では } \log h &= 0.18Q + 1.68 \\ \text{浅間山では } \log h &= 0.17Q + 2.75 \\ \text{三原山では } \log h &= 0.33Q + 2.25 \\ \text{阿蘇山では } \log h &= 0.17Q + 2.31 \\ \text{桜島では } \log h &= 0.18Q + 2.40 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (10)$$

となる。

一例として桜島の h と Q の計算値と観測値との
関係を示すと Table 5 のようになる。実測値⁵⁾ に
は風の影響は考慮してないが、両者はほぼ近似して
いる。

さて、火山活動が活発な時の噴煙は一般に高くあ
がるので、長い間の噴煙の高さの変動を調べれば、
火山活動の大要を知ることができる。北海道駒が岳
の噴煙については、すでに報告したように⁶⁾、噴煙
は最近次第に高さを減じている。また、樽前山の噴
煙について、その高さど量とをくらべると、両者は
よく似た変動をしていて (Fig. 8), 1960~61年の
噴煙の高さの増加が注目すべき現象である。

過去10年間に噴煙量が単調に変動した雌阿寒岳、
昭和新山、那須岳では、噴煙の高さの変動は、§ 7
で述べた噴煙の量の変動と同じように単調な変動を

Table 6. Relation between h (height of volcanic smoke) and Q (quantity of volcanic smoke) at Sakurajima.

Q	h	
	Observed mean value	Calculated value
0	0 m	250 m
1	—	370
2	400	560
3	800	830
4	1400	1250
5	2000	1880
6	2500	2810

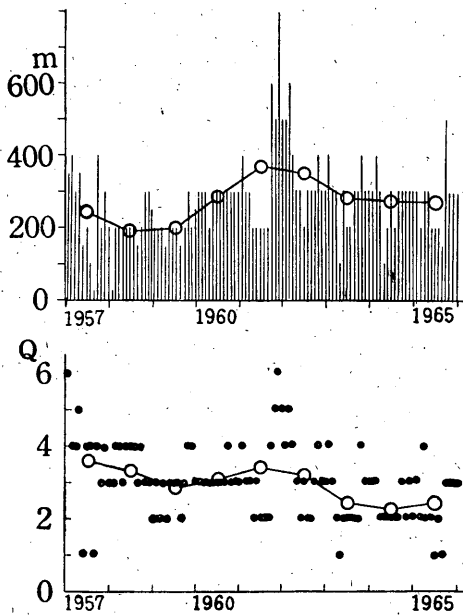


Fig. 8. Variations of height (m) and quantity (Q) of volcanic smokes at the volcano Tarumae. Mark \circ is mean value for every year.

したものと思われるが、これらの火山では、噴煙の高さの観測資料が少ないので、ここでは述べない。

§ 10. むすび

噴煙の遠望観測によって、火山活動の概要を知るための基礎的統計を試みた。上に述べてきた方法を使えば、火山活動の消長がよく現わされることがわかったが、さらに細部についての統計は第2報以降で述べる。

参 考 文 献

- 1) 中央気象台, 気象庁: 地震月報, (1956~1960)
- 2) 気象庁: 火山報告, (1961~1965)
- 3) 気象庁: 火山観測原簿, (1956~1965)
- 4) 田中康裕: 北海道駒ヶ岳の地球物理学的研究, 験震時報 29 (1965) 117~126.
- 5) 安井豊: 桜島の噴煙 (I), 研究時報, 9 (1957), 209-215.
- 6) 4 と同じ