

桜島火山の爆発噴煙と爆発地震のエネルギー

著者	内山 隆文, 佐藤 泰夫
雑誌名	鹿児島大学理学部紀要. 地学・生物学
巻	12
ページ	15-20
別言語のタイトル	Relation between the Thermal Energy of Explosive Smoke and the Seismic Energy
URL	http://hdl.handle.net/10232/00009962

桜島火山の爆発噴煙と爆発地震のエネルギー

内山 隆文*・佐藤 泰夫*

(1979年9月29日受理)

Relation between the Thermal Energy of Explosive
Smoke and the Seismic Energy

Takafumi UCHIYAMA* and Yasuo SATÔ*

Abstract

Relation between the thermal energy of explosive smoke and the energy of explosive earthquakes is investigated for Sakurajima Volcano. The thermal energy is estimated using the formula by Morton *et al.* (1956), and the seismic energy is estimated by the formula ($E = A_{NS}^2/T_{NS}^2 + A_{EW}^2/T_{EW}^2$). (A_{NS} and A_{EW} are the maximum amplitudes in NS and EW components of each event, and T_{NS} and T_{EW} are the corresponding periods.)

Data are sampled from 1965 through 1978, and the thermal and seismic energy are summed up for every twelve months, six months, three months and one month, respectively. Correlations are calculated for each combination of them, and good correlations between these two kinds of energy are found for the period longer than one month, although no correlation seems to exist for each explosion.

Since 1972 the volcano has been more active than the years before 1972. According to the classification by Kagoshima District Meteorological Observatory, fourteen years are divided into forty "active" and "quiescent" periods, and the thermal and seismic energy are summed for each period. Comparing these two kinds of energy, of inactive (1965-1971) and active (1972-1978) periods, change of the pattern of volcanic activity is recognized: in the active period the thermal energy is relatively large compared with the seismic energy.

I. はじめに

火山噴火におけるエネルギーの分配の仕方について、田中 (1967) は、噴火の際の噴煙量を大きさに応じて7つのランクに分け、爆発地震のエネルギーとの対応関係を調べた。それによると、噴煙量の各ランクに対応する、爆発地震のエネルギーには上限があり、両者の間関係には、相当広いばらつきのあることが示されている。また、木下 (1969) は、地震の最大振幅と噴石の飛散距離、空振、爆発音、噴煙の高さ等を比較し、全体的にあまり相関性のない事を示している。永福 (1970) も、地震の最大振幅と噴煙の最高高度の関係を調べ、相関のないことを結論している。

しかしながら、各々の現象についてはそうであっても、長い期間を考えるなら、火山活動が活発な時期にはそうでない時期に比べ、上述の現象は共に活発に起こっているから、それらの

* 鹿児島大学理学部地学教室 Institute of Earth Sciences, Faculty of Science, Kagoshima University, Kagoshima, Japan.

間には、かなりの相関の見られることが期待される。そこで、爆発噴煙の熱エネルギーとそれによる地震エネルギーの関係について、個々の爆発の場合と共に、一定の期間内のエネルギーの総和について調べたのが本稿である。

また、両者の関係の時間的変化を見るために、火山活動を活動期と静穏期に分け、エネルギーの放出様式の変化について調べた。

噴煙の熱エネルギーの推定については、thermal rise に適用できる MORTON *et al.* (1956) の方法を利用し、データは、1965年から1978年までの14年間の桜島の活動を取り扱った。

II. 熱エネルギーと地震エネルギーの関係

MORTON らによれば、爆発噴煙の全熱エネルギーを Q (Joule), その最高高度を H (m) とすると、国際標準大気の下では、

$$H = 1.87 Q^{1/4}$$

の関係がある。従って H を知れば、 Q が算出できる。この H は、気象庁の「火山報告」と鹿児島地方気象台の原簿に記載されている高度を用い、これに南岳山頂と実際の火口の高さとの差を加えて、補正した値を採用した。ただし、この補正には、中村 (1976) の推定に基づいて、火口底の高さを

1965~1966 800 m

1967~1975 850 m

とし、1976年以後は、中村によると、火口底は高くなっているため、900 m として扱った。

次に、爆発地震のエネルギー E としては、地震の水平動最大振幅を周期で割ったものの2乗の和、すなわち $(A_{Ns}/T_{Ns})^2 + (A_{Ew}/T_{Ew})^2$ を採用した。地震記象の3成分のうち、上下動成分は、ほぼ水成動成分に比例しており、欠測も多少あるので用いていない。このようにして求めた量は、地震動の運動エネルギーに比例するものと考えられる。

ところで、データを採用した期間内に、鹿児島地方気象台は、観測点を次のように移動している。地震観測点は、1968年8月7日に、北緯 $31^{\circ}35.3'$ 、東経 $130^{\circ}36.1'$ (海拔 71.7 m) から、北緯 $31^{\circ}35.3'$ 、東経 $130^{\circ}36.7'$ (海拔 46 m) に、また、遠望観測点は、1963年3月26日に、桜島火山観測所から鹿児島地方気象台に変更された。これらの影響がどれほどのものであるかは、正確にはわからないが、大局的傾向が違うとは思われない。

桜島の活動は、1965年から1978年までの14年間のうち、前半1965~71年はやや静穏であったが、後半1972~78年は活動が盛んになった。この間の噴火のうち、爆発地震を伴うものは、前半では288回、後半では1443回、合計1731回である。

まず、噴煙の高さが確認された個々の噴火について、噴煙の熱エネルギー Q と地震のエネルギー E との相関を一年ごとに区切って調べた (極めてデータの少ない1965年と1971年は、省略してある)。Fig. 1 がその結果であるが、その値は小さく、また、正になったり負になったりして、系統的变化があるとは思われないので、相関はないとすべきであろう。これは、前述した田中 (1967)、木下 (1969)、永福 (1970) らの結論と一致する。

次に、一定の長さの期間を区切り、その期間ごとにそれぞれのエネルギーを合計して、その相関を調べた。噴煙観測には、夜間、雨天・曇天の時は観測が不可能となるため、しばしば欠測があって、期間内すべての爆発が観測できることはなく、 Q を量的に決定できる爆発は、かなり少ない。そのため実際の爆発回数 N の $1/3$ 以上観測された期間のデータのみを採用した。

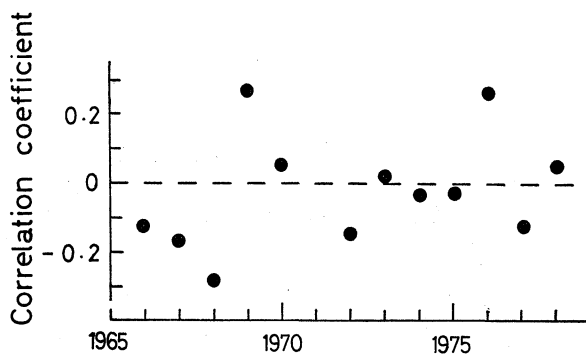


Fig. 1. Correlation between the energy of explosive smoke and the seismic energy.

Table 1. Correlation between the total energy of explosive smoke and the total seismic energy.

Period	Correlation coefficient
1 year	0.52
6 months	0.57
3 months	0.54
1 month	0.38

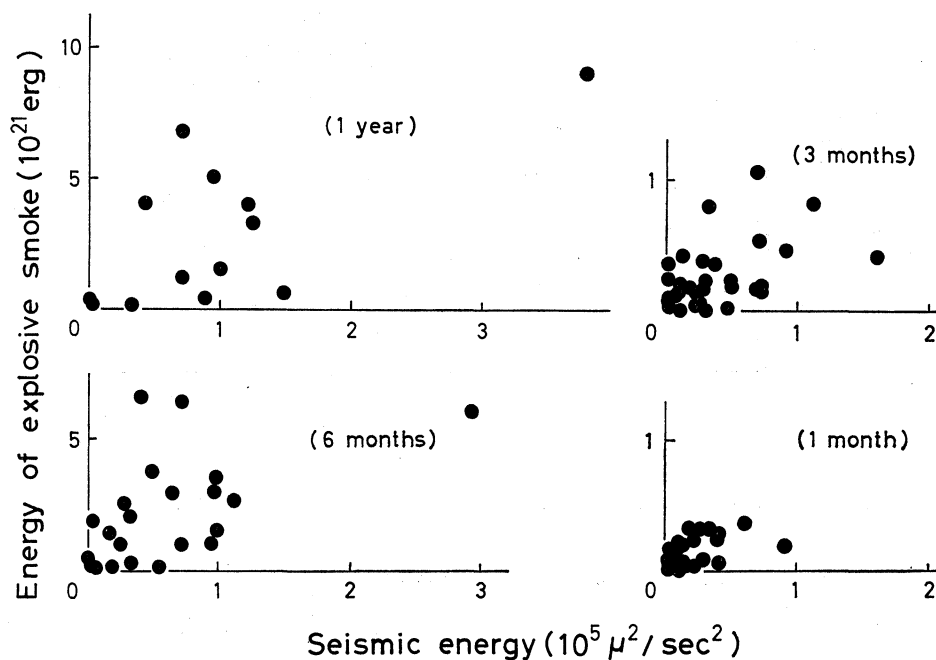


Fig. 2. Relation between the total energy of explosive smoke and the total seismic energy.

この場合、観測された噴火 N' 回の熱エネルギーを合計し、それに爆発回数の観測された回数に対する比 (N/N') を掛けて、その期間の合計エネルギーとした。なお、この条件を満たしてもデータ数があまりに少ない時は採用を止めた。

このような手続きの下で、まず、全期間 14 年を 1 年づつに区切り、それぞれの期間に放出された合計のエネルギー Q と E の 14 組について相関を調べ、さらに、区間を 6 カ月、3 カ

月, 1 カ月とした場合についても調べた結果を Table 1 および Fig. 2 に示す。これを見ると, ある程度長い期間を取るならば相関が見られるが, 期間の長さに比例して, 相関係数が大きくなるわけではない。

III. 活動形態の推移

先に扱った14年間のうち, 前半(1965~1971年)の穏やかな時期と, 後半(1972~1978年)の活動が活発になってからの時期とで, 噴煙の熱エネルギーと地震のエネルギーの量的な関係に変化が見られるか否かを検討した。

鹿児島地方気象台は, 火山活動の激しさによって, 活動期と静穏期に区分して考えている。それによると, この14年間に活動期は26期あり, 1期間の長さは, 平均して数カ月である。そこで, この期間それぞれについて, 噴煙の熱エネルギーと地震のエネルギーの関係を調べた。ただし本節では, 噴煙および地震動が共に観測された場合だけを採用し, それぞれの期間で合計をした。従って前述の方法のようにその期間の合計のエネルギーを算出したのではない。

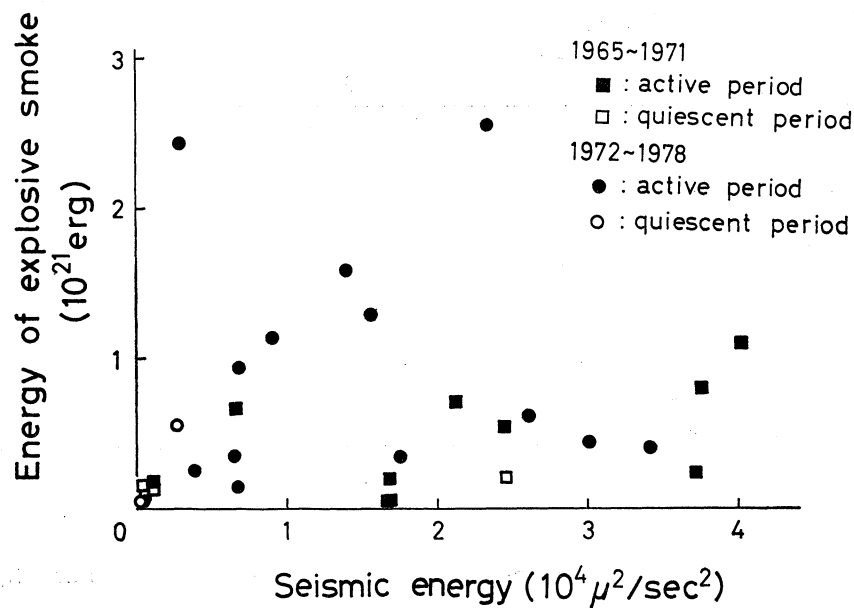


Fig. 3. Change in the pattern of volcanic activity.

こうして求めた結果を Fig. 3 に示す。ただし静穏期のものは, 原点付近に密集しているため, 省略したものが多い。いくつかの例外を除けば, 活動が穏やかであった前半では地震のエネルギーが噴煙の熱エネルギーに比べて相対的に大きくなっている。この時期の特徴は, 鹿児島地方気象台によれば, 火山性の連続微動の回数および降灰量が少なく, 比較的大きな地震が多くなっている。これに対して後半7年間の特徴は, 火山性の連続微動の回数と降灰量が多く, 比較的大きな地震は少ない。すなわち, 桜島の火山活動は, 静穏な7年間から活発な7年間へ移り変わる際, 噴煙の熱エネルギー放出量が, 地震動のエネルギー放出量に比べ, 相対的に大きくなり, 活動形態に明瞭な変化が見られる。

IV. 熱エネルギー放出量

桜島における爆発噴煙による熱エネルギー放出量（連続微噴によるものは、含まれていない。）は、Table 2 のように、14年間の合計で、 5.4×10^{22} erg, 平均で 3.9×10^{21} erg/year である。ただし、噴煙の欠測があるので、年ごとのエネルギーは、観測され、積算されたエネルギーに、先にも用いた比 (N/N') を掛けて補正している。

一方、Table 3 は、SHIMOZURU (1968) からの引用であるが、桜島の爆発噴煙の熱エネルギーは、日本の火山活動によるエネルギーと比べると約 200 分の 1（地球全体の火山活動、あるいは地震活動によるエネルギー放出量と比較すると約 1000 分の 1）である。

Table 2. Total energy of explosive smoke in a year.

Year	Energy (10^{21} erg)
1965	0.14
66	0.42
67	9.1
68	1.6
69	1.3
70	0.25
71	0.37
72	6.8
73	10.5
74	7.3
75	5.1
76	4.1
77	4.0
78	3.4
total average	54.4 3.9

Table 3. Type of events and released energy (from SHIMOZURU, 1968)

Events	Energy in ergs
Volcanic activity in Japan	7×10^{23} /year
Earthquakes in whole earth	4×10^{24} /year
Volcanic activity in whole earth	4×10^{24} /year

V. ま と め

MORTON *et al.* (1956) による thermal rise の式を使って、桜島火山における、噴火時のエネルギーの分配の仕方を調べた。爆発噴煙の熱エネルギーと地震のエネルギーの関係を見るに、個々の爆発の場合については、相関は認められないが、ある期間内の総和では、ある程度の相関が認められる。また、この方法によって、桜島の火山活動は、静穏な7年間から活発な7年間へ移り変わる際、噴煙の熱エネルギーが、地震動のエネルギーに比べて、相対的に大きくなり、活動形態に変化のあったことが認められる。しかしながら、大気の状態や噴煙の欠測など、定量的にはまだいくつかの問題が残されている。

謝 辞

東京大学下鶴大輔教授、鎌山恒臣氏には、多くの御指導をしていただいた。鹿児島大学角田寿喜講師には、貴重な討論をしていただいた。

また、鹿児島地方気象台の中村理祐氏をはじめ、火山係には、資料の点で多くの協力をいただいた。これらの方々には深く感謝の意を表するものである。

参 考 文 献

永福順則 (1970): 桜島の火山活動と大きいB型地震との関係について. 福岡管区気象台研究会誌, **31**, 199-204.

- BRIGGS, G.A. (1969): Plume Rise. Critical Review Series, Rep. TID-25075 At. Energy Comm. Washington, D.C.
- 鍵山恒臣 (1978): 火山からの噴気による熱エネルギーと H₂O の放出量—Plume rise からの推定—, 火山 2 集, **23**, 183-197.
- 木下正時 (1969): 桜島火山活動の一考察, 技術通信 (福岡管区气象台), **15**, 330-334.
- 気象庁 (1965~1972): 火山報告, **5-12**.
- 宮村撰三 (1968): 地震・火山・岩石物性, 共立出版.
- MORTON, B.R., G. TAYLOR and J.S. TURNER (1956): Turbulent gravitational convection from maintained and instantaneous sources, *Proc. Roy. Soc., Ser. A.*, **234**, 1-23.
- NAKAMURA, K. (1974): Preliminary estimate of global volcanic production rate. *Proc. US-Japan Coop. Sci. Seminar*, "The Utilization of Volcano Energy", 273-285.
- 中村理祐 (1976): 桜島, 福岡管区气象台要報, **31**, 45-70.
- SHIMOZURU, D. (1968): Discussion on the energy partition of volcanic eruption, *Bull. Volcanologique*, **32**, 383-394.
- 田中康裕 (1967): 桜島の爆発地震について, 火山 2 集, **12**, 26-40.
- WILSON, L., R.S.J. SPARKS, T.C. HUANG and N.D. WATKINS (1978): The control of volcanic column heights by eruption energetics and dynamics. *J. Geophys. Res.*, **83**, 1829-1836.
- YOKOYAMA, I. (1956): Energetics in active volcanoes. 1st paper. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **34**, 190-195.
- (1957a): Energetics in active volcanoes. 2nd paper. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **35**, 75-98.
- (1957b): Energetics in active volcanoes. 3rd paper. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **35**, 99-108.