

## 阿蘇火山中岳における主な爆発活動と火山性微動の関係

—ウィーヘルト地震計に見られる振幅変化—

坂口弘訓\*・須藤靖明\*\*・沢田順弘\*・吉川 慎\*\*\*

(2008年2月5日受付, 2008年9月17日受理)

Relationship Between the Explosive Activities and the Associated Volcanic Tremors  
observed at Nakadake Summit of Aso Volcano

—The Temporal Variation in Amplitude of Tremors Recorded by Wiechert Seismograph—

Hironori SAKAGUCHI\*, Yasuaki SUDO\*\*, Yoshihiro SAWADA\* and Shin YOSHIKAWA\*\*\*

Aso Volcano is one of the active volcanoes in Japan. Seismic wave associated with volcanic activity had been recorded by Wiechert seismograph at Aso Volcanological Laboratory, Kyoto University from 1928 to 2000. Some records of volcanic tremors related to large-scale explosive events had been already analyzed, however, many events were not yet examined. In this study, the previous volcanic activities with explosion are re-examined and classified into the following four types based on the seismographic record: (A) The amplitude of tremor was small prior to an explosion. After the explosion, the amplitude of tremor increased; (B) A phreatic explosion suddenly took place without any precursory signal. The tremor amplitude was less than  $3\mu\text{m}$  before the phreatic explosion, and then decreased to be less than  $0.5\mu\text{m}$  after the explosion; (C) An explosion occurred after decreasing in amplitude of volcanic tremor. After explosion, volcanic activity had been increasing; (D) The volcanic tremor was increasing and changed into continuous tremors. An explosion occurs among continuous tremor. In Nakadake crater, types C and D are major types of volcanic activity after 1963. The above classification could be an important criteria for the prediction of eruption at Aso Volcano.

**Key words:** volcanic tremor, volcanic eruption, Wiechert seismograph, Aso Volcano, phreatic explosion

## 1. はじめに

九州中央部に位置する阿蘇火山は、南北 25 km 東西 18 km のカルデラを有する。カルデラ内には 17 以上の独立した火山体からなる中央火口丘群が存在し、その一つに中岳がある(小野・渡辺, 1985)。中岳には第 1 から第 7 までの 7 つの火口があり、それぞれの火口は活発な噴火活動を繰り返してきた。現在の活動は第 1 火口においてのみ認められるが、1940 年代後半までは第 1 火口、第 4 火口においても噴火活動があった(須藤, 2007)。

阿蘇火山に関する火山活動について、これまで多くの研究がなされてきた。1928 年には京都大学が中岳火口から西 7 km の潜在円頂丘に火山観測所を設立し(Aso Volcanological Laboratory: 火山研究センター, 以下 AVL と記す)(Fig. 1), 各種計測機器を用いて火山活動の観測を始めた。研究所設立と共に設置されたウィーヘルト地震計は、2000 年までの約 72 年間にわたり阿蘇火山の観測に用いられてきた。このウィーヘルト地震計は固有周期 6 秒前後、倍率は約 200 倍で、 $0.5\mu\text{m}$  程度までの地動を

\* 〒690-8504 島根県松江市西川津町 1060  
島根大学総合理工学部  
Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering,  
Shimane University, 1060 Nishikawatsu, Matue, 690-  
8504, Japan.

\*\* 〒869-2232 熊本県阿蘇市赤水 1930-1  
(財)阿蘇火山博物館  
Aso Volcano Museum, 1930-1 Akamizu, Aso, Kumamoto, 869-2232, Japan.

\*\*\* 〒869-1404 熊本県阿蘇郡南阿蘇村河陽  
京都大学大学院理学研究科付属地球熱学研究施設火山研究センター  
Aso Volcanological Laboratory, Kyoto University,  
Kawayo, Minami-Aso-gun, Aso-gun, 869-1404, Japan.

Corresponding author: Hironori Sakaguchi  
e-mail: s079206@matsu.shimane-u.ac.jp

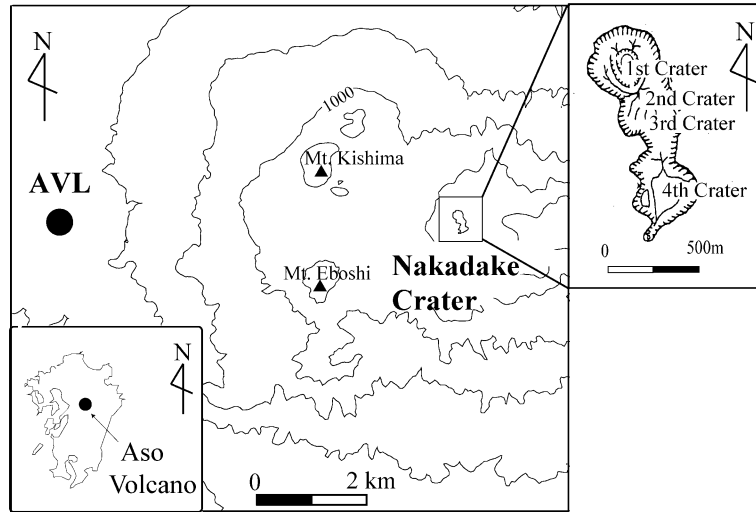


Fig. 1. Locations of AVL and Nakadake Crater. AVL is Aso Volcanological Laboratory of Kyoto University. Solid lines are topography contour intervals of 200 m (Geological Survey Institute in Japan, 2001).

煤書紙に記録できる。

ウィーヘルト地震計が AVL に設置された直後の 1932 年 12 月から 1933 年 3 月の期間は、過去 100 年間の中岳における噴火活動の中で最も活動的な時期であり、連日のように激しいストロンボリ式噴火が発生していた。

Sassa (1935, 1936) は、ウィーヘルト地震計によって記録された火山性微動の記録に注目し、その出現様式と噴火活動との対応関係について研究し、火山性微動を 4 種類に分類した。1928 年以降 2000 年までの噴火活動において、ウィーヘルト地震計は少なくとも 22 件の爆発現象\*)を記録している。その中には、1958 年の爆発 (死者 12 人・重傷 6 人・軽傷 22 人・全壊家屋 5・半壊家屋 7・一部損壊家屋 4) や、最近で最も活発だった 1989 年の活動などが含まれている。

しかし、このような膨大な観測記録のうち、Sassa (1935, 1936) によって解析された 1930 年代の噴火活動に伴うもの以外は、ほとんどが未解析のままに残されていた。これらの観測記録には、爆発や噴火に至るまでの火山性微動の振幅や出現様式の変化が明瞭に残されており、今後の阿蘇火山における火山活動を評価する上で重要な資料である。そこで、本研究ではウィーヘルト地震計によって記録された 1930 年から 2000 年までの約 70 年間にわたる震動記録を用いて、阿蘇火山における火山

性微動の振幅変化及び出現様式の推移をまとめた。さらにこのデータを用いて、噴火様式による火山性微動の発生の違いを明らかにすると共に、中岳火口で発生した爆発現象の分類を試みた。

## 2. 火山性微動と火山活動との関係

ウィーヘルト地震計の震動記録は一日一枚の煤書紙に記録され、京都大学火山研究センターに保存されている。また、ウィーヘルト地震計は AVL に設置以来、同じ場所で観測に用いられ、計測条件もほぼ不変であった。つまり、ウィーヘルト地震計の地震記録を用いると、70 年間の火山活動に関連した記録を同一の基準で評価することが可能となる。

火山性微動の振幅変化を評価するにあたって、我々は EW 成分の地震記録に注目した。EW 成分は、噴火活動と関係の深い第 2 種微動が卓越しているとされており (Sassa, 1935)、その振幅を評価することは噴火活動の評価に結びつくと考えられるからである。また、70 年分の震動記録は膨大な量であり、全ての記録をデジタル化するのは非現実的であったので、記録紙から毎正時 1 分間における、最大振幅を読み取り、1 日分である 24 個の読み取り値の平均からその日の平均振幅を算出することとした。これらの作業によって得られた火山性微動の振幅変化を基に、1930 年以降に阿蘇火山中岳で発生した 22 件の爆発現象の分類を行った。その結果、爆発現象は Type A (突発 I タイプ)、Type B (突発 II タイプ)、Type C (微動停止タイプ)、Type D (微動連続タイプ) の 4 つ

\*) 本研究では「爆発」を「比較的規模の大きな噴火活動で、文書として、また明瞭な地震記録として残されている活動」に対して用い、水蒸気爆発、土砂や噴石の噴出、ストロンボリ式噴火などが含まれる。

Table 1. Classification of Nakadake explosive events 1928–2000, based on the amplitude variation of volcanic tremors by Wiechert seismograph(EW component)at AVL. \*represents the case that heavy rains were observed before explosions. ○ and in the column of crater lake indicates the presence and absence of lake water, respectively, at the explosive activity.

Date	Type	Crater lake	Volcanic activity
4-5 <sup>th</sup> Sep., 1930	B	○	Phreatic explosion → Explosive activity
27 <sup>th</sup> Jan., 1933	A	○	Phreatic explosion → Strombolian eruptions
26 <sup>th</sup> Dec., 1949	C	○	Phreatic explosion → Continuous tephra emission
15 <sup>th</sup> Apr., 1950	B	○	Phreatic explosion
27 <sup>th</sup> Apr., 1953	C	×	Explosion → Strombolian eruptions
25 <sup>th</sup> Jul., 1955	D	×	Explosion → Strombolian eruptions
4 <sup>th</sup> Dec., 1957	C	○	Phreatic explosion → Strong ash emissions
24 <sup>th</sup> Jun., 1958	B	○	Phreatic explosion
13 <sup>th</sup> Oct., 1958	D	○	Phreatic explosion → Strombolian eruptions
21 <sup>st</sup> Apr., 1963	B	○	Phreatic explosion → Explosive activity from small remaining crater lake
17 <sup>th</sup> Nov., 1963	D	○	Phreatic explosion → Explosive activity from small remaining crater lake
31 <sup>st</sup> Oct., 1965	D	×	Explosion → Strombolian eruptions
4 <sup>th</sup> Aug., 1974	D	×	Explosion → Strombolian eruptions
20 <sup>th</sup> Jul., 1977	C*	○	Phreatic explosion → Strong ash emissions
8 <sup>th</sup> Nov., 1977	D	○	Phreatic explosion → Strombolian eruptions
6 <sup>th</sup> Sep., 1979	C*	○	Phreatic explosion → Explosive activity from small remaining crater lake
2 <sup>nd</sup> Nov., 1979	C*	○	Strong ash emission → Strombolian eruptions
26 <sup>th</sup> Jan., 1980	C	○	Phreatic explosion
16 <sup>th</sup> Jul., 1989	D	×	Strong ash emission → Strombolian eruptions
26 <sup>th</sup> Nov., 1989	D	×	Phreatic explosion → Strombolian eruptions
20 <sup>th</sup> Apr., 1990	C	○	Phreatic explosion → Continuous tephra emission
21 <sup>st</sup> Aug., 1992	C	○	Phreatic explosion → Strombolian eruptions

のタイプに分類することが出来た (Table. 1). この4つのタイプの特徴を典型的な噴火活動の経過と共に以下に示す.

2-1 Type A (突発Iタイプ)

Type A は、火山性微動の振幅が小さい状態から水蒸気爆発が突然発生する火山活動である. 爆発後は急速に微動振幅が増大する. 1930年以降でこのタイプに分類できる爆発現象は、1933年1月27日の爆発だけである (Table 1). 1933年1~4月までの火山性微動の振幅変化を Fig. 2 に示す. この期間は振幅変化と火口内の表面現象を基に Periods I, II, III, IV という4つの特徴的な期間に分けることができる.

Period I

1933年1月中旬以降は中岳火口内に湯だまりが形成され、時折土砂噴出等の活動があった (熊本測候所, 1940). この時期には中岳西方地域における地震活動が活発化しており、1月14日には地震発生回数が89回を越えている (佐々, 1939). 一方この期間1933年1月期の火山性微動の振幅は小さく、2μm以下の小振幅で推移した. このような活動状況のもと、1月27日14時頃に第1火口において、大規模な水蒸気爆発が突如として発生した.

Period II

1月27日の水蒸気爆発の直後から火山性微動の振幅

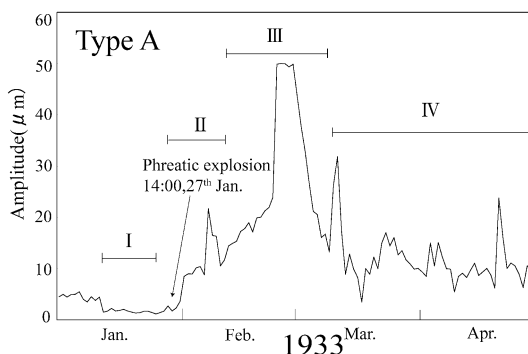


Fig. 2. Amplitude variation of volcanic tremors which were recorded by Wiechert seismograph (EW component) at AVL from January to April, 1933. The vertical axis is the daily average amplitude. The period I shows the phreatic explosions from the small crater lake remaining at 1st Crater. The period II shows the Strombolian eruptions at 1st Crater. The period III shows the Strombolian eruptions at 2nd Crater. The period IV shows the activity of explosion activity at 1st and 2nd Craters. The arrow indicates the phreatic explosion at 1st Crater which is classified into Type A.

が増大し、その後1月30~31日にかけてさらに急増した。振幅の増加に伴い、火山性微動の発生様式も一つ一つの微動イベントが区別できる孤立型微動(例えば Mori *et al.*, 2008) から連続型微動(Takagi *et al.*, 2006) へと変化した。2月4日には火山性微動の振幅がさらに増大し20 $\mu\text{m}$ を越えた。この微動振幅の増大と関連するように2月4日を境に第1火口での活動がストロンボリ式噴火に移行した(熊本測候所, 1940)。その後、第1火口のストロンボリ式噴火活動が徐々に衰退するとともに火山性微動の振幅も減少していった。

### Period III

2月10日以降、第2火口において噴火活動が活発化しはじめると、火山性微動の振幅が再び急増し、23日頃には50 $\mu\text{m}$ に達した。この振幅の急激な増大は、第2火口内でスコリア噴出を伴う爆発的噴火が発生した時期と一致している。2月24日から3月4日にかけては火山性微動の振幅が大きな状態を保持しており、この振幅値はウィーヘルト地震計を設置以来、最も大きな値であった(佐々, 1939)。2月26~27日には、第2火口における爆発的噴火活動が確認されただけで750回を越えた。この爆発活動中に、「丸昭八」といわれる巨大な火山岩塊が第2火口縁へと放出された(熊本測候所, 1940)。

### Period IV

3月中旬以降は、噴火活動の衰退と共に火山性微動の振幅も徐々に減少していった。

1933年以降、この期間のような大規模な火山活動は報告されておらず、Type Aの爆発も発生していない。1933年以降の活動が小規模であったことは須藤・他(2006)でも示されている。

#### 2-2 Type B (突発IIタイプ)

Type Bは、小振幅(0~3 $\mu\text{m}$ )の火山性微動が観測されている時期に突如として水蒸気爆発が発生する火山活動である。このタイプは1回の水蒸気爆発で活動が終息し、ストロンボリ式噴火活動には発展しない。1930年9月4~5日、1950年4月15日、1958年6月24日、1963年4月21日の4件の爆発現象がこのタイプに分類される(Table 1)。Type Bに分類できる爆発現象の中で規模が大きく、多くの犠牲者が出た1958年6月24日の爆発前後の火山活動の推移を以下に示す。

1958年4~7月までの微動振幅の変化をFig. 3に示す。1958年4月初めに中岳火口内部には湯だまりが形成され、火口底は湯で満たされている状態となった(種子田・他, 1959)。火山性微動の振幅も0~1 $\mu\text{m}$ と小さい値を示していた。5月中旬より湯だまりの表面で噴湯現象が確認され始め、それに伴って微動振幅が増大したが、最大でも3 $\mu\text{m}$ 程度と振幅が小さい状態には変わり

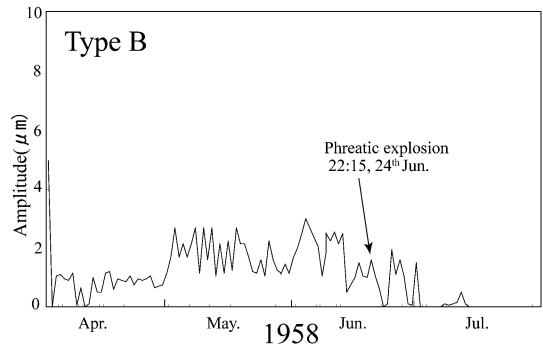


Fig. 3. Amplitude variation of volcanic tremors from April to July, 1958. The vertical axis value is the daily average amplitude. From April to June, the activity of boiling and phreatic explosions had been occurring in the small crater lake remaining at 1st Crater. The arrow indicates the time of the phreatic explosion which is classified into Type B.

なかった。5月以降は晴天が続いたことで湯だまりの湯量が徐々に減少し、6月中旬には湯だまりは火口の中央部のみに残存した。この時期においても微動振幅は3 $\mu\text{m}$ 以下と変化はなかった。そして、6月24日22時15分、湯だまりが存在した状態のまま水蒸気爆発が発生した(Fig. 3; 矢印)。しかしながら、その後の火山性微動の振幅は爆発前と同様の0~2 $\mu\text{m}$ 程度の状態で推移した(Fig. 3)。ウィーヘルト地震計による観測記録では、湯だまりが存在した時期の火山性微動の振幅は最大でも3 $\mu\text{m}$ 程度であった。つまり、1958年の爆発は、微動の振幅の観点からは、明瞭な前兆現象がない状態で、規模の大きな爆発現象が発生したといえる。

中岳が日本でも有数の観光地であり、火口近傍まで立ち入ることができる環境である事を考えれば、明瞭な前兆現象がない状態で発生するこのタイプの爆発は人的被害に直結する可能性が最も高く、火山防災の視点において最も注目すべき現象である。

#### 2-3 Type C (微動停止タイプ)

Type Cは、噴火活動の活発化に伴い増大していた微動振幅が急に0 $\mu\text{m}$ 近くまで減少し、その後、火山性微動が停止した状態から突如として水蒸気爆発が発生する火山活動である(Fig. 4)。微動が停止した際には、それまで見られていた火山灰放出などの活動も停止する。このタイプの出現回数は多く、1949年12月26日、1953年4月27日、1957年12月4日、1977年7月20日、1979年9月6日・11月2日、1980年1月26日、1990年4月20日、1992年8月21日の9件の爆発現象がこのタイプに相当する(Table 1)。特に多くの犠牲者が出た1979年

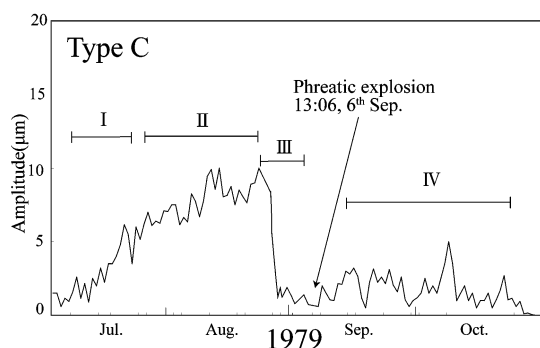


Fig. 4. Amplitude variation of volcanic tremors from July to October, 1979. The vertical axis is the daily average amplitude. The period I shows the activity of volcanic ash emissions and fragment ejections. The period II shows the activity of strong ash emissions and strong fragment ejections with continuous tremors. The period III shows the attacking of Typhoons 7911 and 7912 in the Aso region. The period IV shows small explosions, ash emissions and fragment ejections. The arrow indicates the phreatic explosion which is classified into Type C.

の火山活動の推移を以下に述べる。

1979年7～10月までの微動振幅の変化をFig. 4に示す。この年の中岳の火口における火山活動は、5月頃から湯だまりの湯量の減少が始まり、小さな土砂噴出が発生するようになった。6月中旬には火孔（火口に形成された穴）が開口し、鳴動と共に人身大の噴石が火口縁まで噴出し始めた。7月以降は、振幅変化と火口内の表面現象に注目するとPeriod I, II, III, IVの4つの特徴的な期間に分けることができる。

#### Period I

7月には微動振幅が増大し、それに伴って鳴動と共に赤熱した噴石の放出や、半身大の噴石、火山灰の放出などの火山活動が活発になった（和田・他, 1980）。

#### Period II

7月後半になると、さらに火山性微動の振幅は増大し、その発生様式も孤立型から連続型へと徐々に変化していった。8月に入ると10 $\mu$ mを越えるような振幅も記録されるようになった。8月後半より火山灰と噴石の噴出量が共に減少したが、鳴動は激しくなり、山麓でも聞こえるようになった（和田・他, 1980）。

#### Period III

8月26～28日に台風11号が、9月3～4日には台風12号が、阿蘇火山測候所で計286mmにも達する集中的な大雨をもたらした。8月26日以降、微動振幅も急激に減

少し、それまで見られていた噴出活動も停止してしまった。これは、それまで開口していた第1火口底の火孔が大雨によって閉塞してしまったことを示唆している（須藤, 2007）。この二つの台風の集中的な大雨によって火口には湯だまりが形成された。その後、微動振幅の増大や噴出活動が全くみられない状態のまま、9月6日13時06分に湯だまりから大規模な水蒸気爆発が突如として発生した（Fig. 4; 矢印）。

#### Period IV

9月6日の爆発後は、火孔の開口活動に伴って、火山灰を断続的に放出する活動が続いていた。さらに、10月下旬までは小爆発が繰り返し発生していた。この爆発活動に伴って微動振幅は2～5 $\mu$ mの間で増減を繰り返した。

1979年の活動で注目すべきは、台風の降雨によって火口内に流入水量が増加し、微動が停止状態になったという点である。Type Cに分類される爆発現象には、爆発前に何らかの理由によって微動停止になるという特徴があるが、多くの場合には微動停止にともなう火口内部の変化は明らかでない。1979年は、台風による集中的な大雨によって湯だまりが形成され、それ以降に微動振幅の減少や噴出活動の停止が発生するという過程をたどった。

この点は他のType Cの爆発現象と異なっている。1979年と同様に大雨によって微動が停止し爆発が発生した例は、1977年7月と1979年11月である（Table 1; “\*” mark）。

#### 2-4 Type D（微動連続タイプ）

Type Dは、爆発前後を通して微動振幅が大きい連続型微動の状態が保たれることが特徴である。Type Dの爆発は、Type Cの微動停止以前の状態と同様に噴火活動が活発化して微動振幅が大きくなっているときに発生している。1955年7月25日、1958年10月13日、1963年11月17日、1965年10月31日、1974年8月4日、1977年11月8日、1989年7月16日・11月26日の8件がType Dに相当する（Table 1）。最近で最も規模の大きかった1989年の火山活動の推移を以下に述べる。

1989年8～12月までの微動振幅の変化をFig. 5に示す。前年の10月頃から中岳火口内部では赤熱現象が見られ、土砂噴出が時折発生していた。その後は湯だまりを形成することなく、赤熱現象と火山灰放出を繰り返していた。7月になると、主に噴石と火山灰を大量に放出する活動が発生し始めた。1989年8月以降の火山活動は振幅変化と火口内の表面現象から、Period I, II, IIIという期間に分けることができる。

#### Period I

1989年8月、火山性微動の振幅は日ごとに増加し、9月には微動振幅が10 $\mu$ mを越えるようになった。火山性



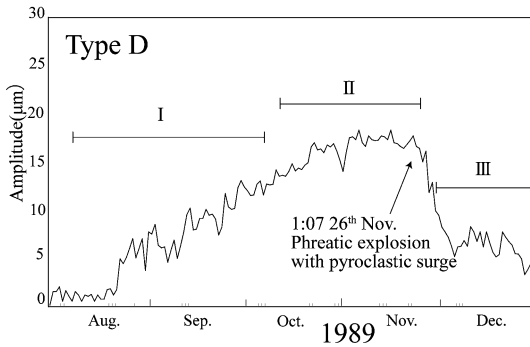


Fig. 5. Amplitude variation of volcanic tremors from August to December, 1989. The vertical axis is the daily average amplitude. The period I shows the activity of ash emissions and fragment ejections. The period II shows the activity of Strombolian eruptions. The period III shows phreatic explosions and Strombolian spatterings. The arrow indicates the phreatic explosion with pyroclastic surge which is classified into Type D.

微動の発生様式も8月初めには孤立型で発生していたが、9月に入ると連続型に移行した。この時期には、大量の火山灰放出が断続的に発生していた(須藤, 2007)。

#### Period II

10月には噴火活動がストロンボリ式噴火へと移行した。火山性微動の振幅は $15\mu\text{m}$ 以上となり、発生様式も常に連続型微動として観測されるようになった。11月21~25日には水蒸気爆発とストロンボリ式噴火を交互に繰り返す活動が発生し(須藤, 2007), 11月26日には、火砕サージを伴う水蒸気爆発が発生した(Fig. 5; 矢印)。

#### Period III

12月になると火山性微動の振幅は $8\mu\text{m}$ 程度まで徐々に減少したが、火口における活動は水蒸気爆発と激しい赤熱噴石を交互に繰り返していた(須藤, 2007)。連続型微動は12月前半まで観測されたが、その後、徐々に終息していった。12月後半には火山性微動は $5\mu\text{m}$ 程度の振幅へと減少した(Fig. 5)。

Type Dは他のタイプとは異なり、個々の爆発現象の前後で火山性微動は大きな振幅を保ち、微動振幅の変化が顕著にみられない活動である。噴火活動は連続的に変化し、最終的にはストロンボリ式噴火活動に移行する。中岳の噴火活動は、一般的に湯だまりの減少に始まり、土砂噴出、赤熱噴石活動、ストロンボリ式噴火、湯だまりの再形成という活動過程がある(例えば Ono *et al.*, 1995; 須藤・他, 2006)。このような活動過程をたどる Type Dは、中岳の噴火活動の中でも典型的なタイプと

言える。

### 3. まとめ

ウィーヘルト地震計によって記録された震動記録を基に、阿蘇火山中岳で発生した爆発現象を分類した結果、過去72年間の22件の爆発現象はType A(突発Iタイプ)、Type B(突発IIタイプ)、Type C(微動停止タイプ)、Type D(微動連続タイプ)の4タイプに分類できることが明らかになった。それぞれのタイプは以下のような特徴がある。

Type Aは、火山性微動の振幅が小さい状態から水蒸気爆発が発生した後に微動振幅が増大するタイプである。Type Bは、火山性微動の振幅が小さい状態から水蒸気爆発が発生するが、その後も微動振幅が小さいタイプである。Type Cは、増大中の火山性微動が何らかの理由で急減し、その後に水蒸気爆発が発生するタイプである。Type Dは、爆発の前後を通して大きな微動振幅が保たれるタイプである。

以上の4つのタイプの中で一番多いものがType Cで9回、次にType Dの8回、Type Bは4回、Type Aは1回であった。1963年以降の爆発現象に限れば、Type CとType Dの活動のみであった。Type Aを伴う火山活動は過去100年間で最も大規模な活動であり、爆発の規模が小さくなった1933年以降にはType Aの爆発現象は発生していない。

Type Cの微動停止以前の噴火活動と振幅値はType Dと同様の推移をしていた。これは、どちらのタイプの爆発が発生する時においても、深部からのマグマや火山ガスの供給が徐々に活発になっていることを示唆しており、Type Cの活動の場合には、火口浅部で発生した何らかの物理条件の変化によって爆発直前に微動が停止することが考えられる。Table 1で\*を付けて示した爆発に関しては、この物理条件の変化が集中的な降雨による火口内への流入水量の増加であり、過剰な流入水によって生じた火口の閉塞が微動停止を引き起こしたと考えられる。

火山性微動と振幅値を基にした分類は、今後発生する可能性のある噴火活動の推測を行う上で重要な基礎資料の一つとなると共に、常時火山観測を行う事の重要性を示している。

### 謝 辞

ウィーヘルト地震波形の解析にあたって、京都大学地球熱学研究施設阿蘇火山研究センターの井上寛之氏に様々なご支援を頂いた。また、阿蘇火山研究センターの寺田曉彦博士、及びスタッフの皆様には議論を交えた貴

重なご意見を頂いた。秋田大学工学資源学部の筒井智樹博士には本稿改訂にあたり議論を交えた貴重なご意見を頂いた。査読者である匿名の方一名と東京工業大学付属火山流体研究センターの山脇輝夫博士には、本稿の改善にあたり有益な数多くのコメントを複数回にわたっていただいた。さらに本稿の編集を担当された東京工業大学火山流体研究センターの大場武博士には多数のご意見を頂いた。ここに記し感謝の意を表します。

#### 引用文献

- 阿蘇山測候所 (1958) 報告今回の阿蘇山爆発について (6月24日), 9p.
- 熊本測候所 (1940) 昭和8年2月阿蘇火山の活動調査報告. 験震時報, **11**, 133-163.
- 国土地理院 (2001) 数値地図 50m メッシュ. 日本Ⅲ, 国土地理院.
- Mori, T., Sudo, Y., Tsutsui, T. and Shin, Y. (2008) Characteristic of isolated hybrid tremor (HBT) during a calm activity period at Aso Volcano. *Bull. Volcanol.*, **70**, 1031-1042.
- 小野晃司・渡辺一徳 (1985) 阿蘇火山地質図. 地質調査所, 8p.
- Ono, K., Watanabe, K., Hoshizumi, H. and Ikebe, S. (1995) Ash eruption of the Naka-dake crater, Aso volcano, southwestern Japan. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **66**, 137-148.
- Sassa, K. (1935) Volcanic micro-tremors and eruption-earthquakes (Part 1 of the geophysical studies on the Volcano Aso). *Mem. Coll. Science, Kyoto Imp. Univ., Ser., A*, **18**, 5, 254-293.
- Sassa, K. (1936) Micro-seismometric study on eruptions of the Volcano Aso (Part 2 of the Geophysical studies on the Volcano Aso). *Mem. Coll. Science, Kyoto Imp. Univ., Ser., A*, **19**, 1, 11-56.
- 佐々憲三 (1939) 火山爆発活動と火山性微動, 地震との関係. 地球物理, **3**, 215-226.
- 須藤靖明・筒井智樹・中坊 真・吉川美由紀・吉川慎・井上寛之 (2006) 阿蘇火山の地盤変動とマグマ溜まり—長期間の変動と圧力源の位置—. 火山, **5**, 291-309.
- 須藤靖明 (2007) 阿蘇に学ぶ. 権歌書房, 319p.
- Takagi, N., Kaneshima, S., Kawakatsu, H., Yamamoto, M., Sudo, Y., Ohkura, T., Yoshikawa, S. and Mori, T. (2006) Apparent migration of tremor source synchronized with the change in the tremor amplitude observed at Aso volcano, Japan. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* **154**, 181-200.
- 種子田定勝・松本徂夫・宮地貞憲・宮地六実・石橋澄・児島正憲 (1959) 阿蘇火山 1958年6月“大爆発”概報. 火山, **3**, 136-146.
- 和田卓彦・菊池茂智・小野博尉 (1980) 1979年9月6日の阿蘇火山大爆発について. 火山, **25**, 245-253.

(編集担当 大場 武)