

# 桜島昭和火口噴出物の石基ガラス組成連続変化とひずみ変動の比較

嶋野岳人\*・井口正人\*\*

\* 富士常葉大学環境防災研究科

\*\* 京都大学防災研究所

## 要 旨

2008年2月から約3年間にわたり、桜島火山昭和火口における噴火の降下火山灰をほぼ毎日、自動火山灰採取装置により採取した。2010年前半までの降灰量の加速的な増加は2010年後半から減少傾向に転じた。すなわち、2008年2月～2009年2月の降灰率に対し2009年2月～11月は約5倍、更に2009年2月～11月に対し2009年11月～2010年4月は約10倍の降灰率であったが、その後は減少に転じ、2010年末にはピーク時の1/10程度にまで減少した。噴出物の石基ガラス組成には2つのトレンドが認められ、その出現・消滅等のタイミングがひずみ量変化のタイミングと一致することから、異なる組成のマグマが浅部へ繰り返し供給され、噴出したことが示唆される。

**キーワード:** 桜島火山、噴出物観測、石基ガラス、ひずみ量

## 1. はじめに

桜島火山では、歴史時代にもたびたび大規模の噴火をしているが、その間には、休止期を挟みつつ断続的に灰放出活動を行ってきたと考えられている。このような小規模噴火から大規模噴火への移行過程の理解は中長期的活動予測を行う上で必須の課題である。これまで桜島火山では、様々な地球物理学的手法に基づく連続観測によって、マグマの蓄積・移動量、深度等の推定が行われ、短期的な爆発予測や上昇過程や爆発メカニズムの理解につながる成果が得られてきた (Tameguri et al., 2002; Iguchi et al., 2008 など)。一方で、マグマそのもの、すなわち噴出物の連続的かつ多角的な観測解析体制の整備には至っておらず、このことが中長期的な火山活動予測を難しいものにしてきた。

そこで筆者らは、これまで、火山近傍の悪条件下でも十分に動作する自動火山灰採取システムを完成させ、約3年間の連続採取を実施した (現在も継続中)。また、これらの試料の粒径分布、形態、石基ガラス組成等による多角的な解析を行ってきた (嶋野ほか, 2008; 2010a; 2010b)。本稿では、連続採取した火山灰粒子の石基ガラス組成の解析結果と降灰量、ひずみ量の連続観測データに着目し、これらの時間変化からマグマ供給系についての考察を行う。

## 2. 観測手法・解析手法

本研究では、自動火山灰採取装置 (嶋野ほか, 2010a) により、桜島火山南東麓の有村観測点 (Fig. 1 の ARI) において 2008 年 2 月 14 日から 24 時間間隔で 1 試料採取し、約 1 ヶ月毎に回収した試料を用いた。採取試料は乾燥後秤量し、採取日毎に研磨薄片を作成して、東京大学地震研究所の EPMA により石基ガラス組成の分析を行った。ひずみ量はハルタ山観測点 (Fig. 1 の HAR) の伸縮計で得られたもので

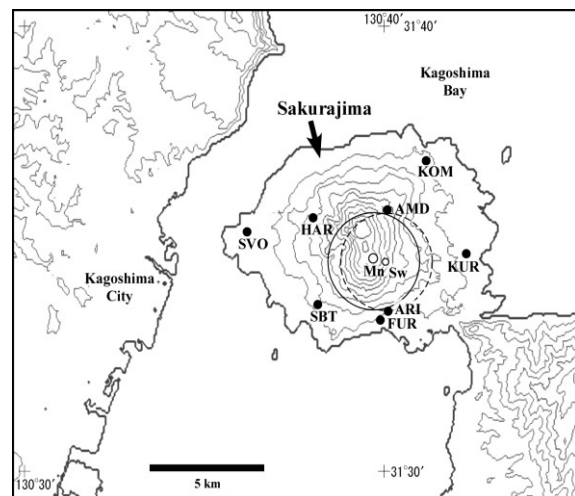


Fig. 1 火山灰試料採取地点。主に南部の有村 (ARI) で採取。実線、破線の円はそれぞれ南岳 (Mn)、昭和火口 (Sw) から 2km の範囲を示す。

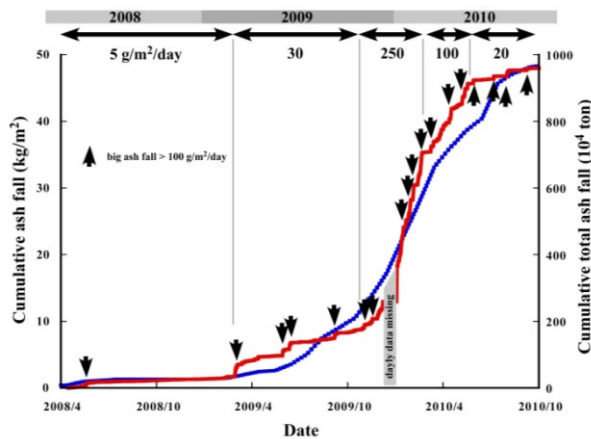


Fig. 2 有村観測点 (Fig. 1のARI) における2008年4月から2010年10月までの日別積算降灰量 (赤線; 2009年12月の日別量は欠測だが、この間の積算値は計測)。月レベルの平均降灰率は比較的大規模な降灰イベント (矢印) の頻度に依存。1地点での結果だが、面的調査による月別降灰量 (青線) とよく一致する。

ある (井口ほか, 2011)。

### 3. 日別降灰量変化

2010年2月までの有村観測点における日別降灰量 (乾燥重量) は、概ね加速的な増加傾向にあった (Fig. 2)。すなわち、連続観測を開始した2008年2月から徐々に降灰率が増加し、2009年2月から同年11月には、比較的降灰量の多い (1 g以上; 1 m<sup>3</sup>あたりで50g 程度以上) 日数が増加し、平均的な降灰量も増加 (2008年の数倍程度)、更に2009年11月から2010年1月には、2009年の10倍程度の降灰率となった。しかし、2010年3月以降は降灰率が徐々に低下し、2010年後半にはピーク時の10分の1以下となった。

上述の降灰量はあくまで1観測点でのものであり、一般に風向や観測点周辺の微地形によって総降灰量とは異なる変化傾向をする可能性も十分考えられる。しかし、既に報告したとおり (嶋野ほか, 2010b)、本研究で得られた日別降灰量変化は、面的調査による月別総降灰量変化とほぼ整合的であり、火山活動の強弱を概ね反映していると考えて良いであろう。

### 4. 分析試料の噴出時期と石基ガラス組成

採取試料のうち、石基ガラス組成分析は2009年4月3日から2010年11月1日のものについて行った。また、山麓に多量の礫が降下した2009年11月17日や軽石噴出が報告されている2010年1月15日以降十数日間の噴出物など、礫サイズの噴出物の分析も行った。なお、2009年12月は欠測であり (大量の降灰による

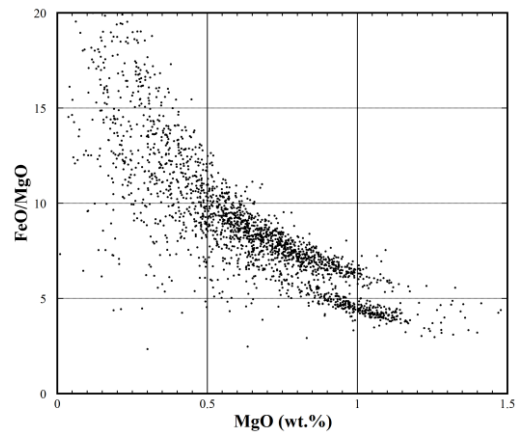


Fig. 3 2009年2月から2010年11月における火山灰の石基ガラス組成 (MgO に伴う FeO/MgO 変化)。FeO/MgO 比の異なる2つの変化トレンドが認められる。

採取口の詰まり)、それ以外に、連続試料採取には成功したもの、分析に時間が掛かるため、未だ分析を行っていない試料も多数残っている (Fig. 4の灰色帯で示した期間)。

火山灰の石基結晶組織は多様であり、結晶度が同じでも組成が異なっていたり、逆に組成が同じでも結晶度や組織の異なる粒子も存在する。しかし、大多数の粒子については、石基ガラス組成は概ね石基結晶度に対応しており、結晶度の高いものほどSiO<sub>2</sub>が高くMgOは低い傾向がある。また、全体を通してみると、FeO/MgO比の異なる2つの組成トレンドが認められ、特にSiO<sub>2</sub>が低くMgOの比較的高い新鮮な粒子で明瞭である (Fig. 3)。そこで以下の考察では、特に断らない限りSiO<sub>2</sub><70wt. %の石基ガラス組成を持つ火山灰に着目する。

### 6. 考察: 石基ガラス組成・ひずみ量時間変化

Fig. 4では、累積降灰量、ひずみ量、火山灰粒子の石基ガラスFeO/MgO比の時間変化を示した。降灰量とひずみ量に明瞭な相関があるわけではないが、2009年6月や10月のひずみ量極大時にやや降灰量が増加している。また、大局的には2009年末からの降灰量増大から2010年11月の静穏化までの変化は2010年6~7月にピークをもつひずみ量変化とほぼ同期しているように見える。これに対して石基ガラス組成は、2009年6月のひずみ量極大のあたりからそれまで認められなかった高FeO/MgO比の火山灰が認められている。同年10月の極大時にも一度消滅した高FeO/MgO比の火山灰が再度出現したように見える。更にひずみ量の増加時は次第にFeO/MgO比の高い (MgOの低い; MgO<0.9) 粒子が増加している傾向

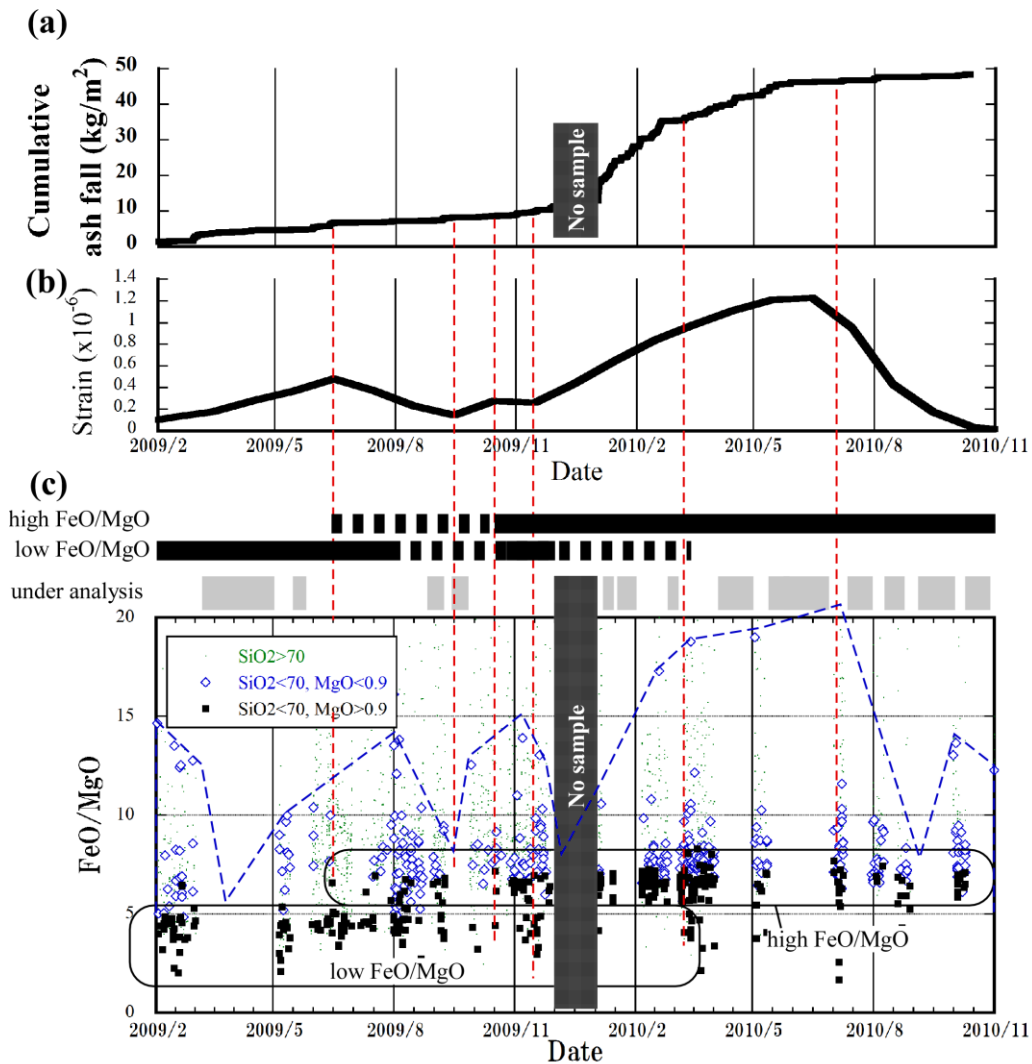


Fig. 4 2009年2月から2010年11月の桜島噴火による (a) 累積降灰量、(b) 地下浅部でのひずみ量変化、(c) 火山灰の石基ガラスの FeO/MgO 変化。

がある。また、ひずみ量減少開始時にはそれらの粒子が減少し、比較的 FeO/MgO 比の低い粒子が多くなる傾向が認められる。一方、より長い時間スケールで見ると、2009年2月から8月頃までは低 FeO/MgO 比のマグマが主流であったのに対し、2009年6月頃に登場した高 FeO/MgO 比マグマが次第に割合を増し、11月以降は主流になっていることが分かる。

以上の関係から、次のことが示唆される。(1) 2009年2月から2010年11月にかけての昭和火口の活動に関与したマグマは、FeO/MgO 比の異なる2つの組成トレンドをもつマグマからなる。ただし、組成差は小さく、いずれのトレンドとも同様の石基の結晶化によってできたものと考えられる。(2) 前半は低 FeO/MgO のマグマが主流であったのに対して、後半は高 FeO/MgO のマグマが主流となった。(3) 両系列のマグマとも地下浅部への注入が繰り返され、そのたびに周辺の岩石にひずみを蓄積し、マグマが噴出することによってひずみが解放されている。

(4) ひずみが蓄積傾向にある間はマグマが滞留し

て結晶化が進むため FeO/MgO 比が増加するが、ひずみの解放後は新しいマグマが滞留せずに噴出するので FeO/MgO 比の低い(結晶度の低い)火山灰が多くなる。(5) 複数のマグマの関与により、ひずみ量変化(力学的)と噴出物組成の変化(化学的)は複雑になる。

## 7. おわりに

桜島昭和火口の噴火活動は、噴火活動休止期はさみながらも継続しており(井口ほか, 2008)、今後の活動傾向の変化を捉え、より大規模な噴火を事前に予測することが重要である。本研究は火山灰粒子の石基ガラス組成の連続データを取得することで時々刻々と変化するマグマの状態を知り、活動予測に繋げることを目的としている。本稿で紹介したひずみ量変化との比較はその第一歩である。ひずみ量変化は地震活動や傾斜計のデータとも比較が行われ、マグマの地下への貫入・地表への放出と連動してい

ることが指摘されており（井口ほか, 2011）、今後、より詳しく岩石学的検討と比較を行うことで、例えば、深さの異なるマグマ溜まりの組成や温度などを知らることができるかもしれない。更に、より短時間での変動予測のためには、火口・噴煙映像記録やその他の地球物理学的時系列データとも比較を行うことによって、より多角的にマグマ供給系の時間変化を生むメカニズムを理解していく必要がある。

## 謝 辞

桜島での降下火山灰の採取は、京都大学防災研究所附属火山活動研究センターの石原和弘氏をはじめとする職員諸氏による支援により実施した。同大学理学研究科附属地球熱学研究施設の横尾亮彦氏との表面現象等に関する議論は有益であった。自動火山灰採取装置の立案・設計・作製からトラブル対応までの全般については、東北大学理学部技術部の職員諸氏、同理学研究科の西村太志氏のご厚意によるところが極めて大きい。また、EPMA分析では東京大学地震研究所の方々にお世話になった。以上の方々に厚く感謝いたします。なお、本研究の一部には、科研費補助金（No. 18740332, 代表：嶋野岳人；No. 20310104, 代表：井口正人）、平成21年度京大防災研一般共同研究（代表：嶋野岳人）経費を使用した。

## 参考文献

- 井口正人・為栗 健・横尾亮彦 (2008) 火山活動の経過－1997～2007年－. 第10回桜島火山の集中総合観測, 1-18.
- Iguchi, M., Yakiwara, H., Tameguri, T., Hendrasto, M. and Hirabayashi, J. (2008) Mechanism of explosive eruption revealed by geophysical observations at Sakurajima, Suwanosejima and Semeru volcanoes. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 178, 1-9.
- 井口正人・太田雄策・植木貞人・為栗健・園田忠臣・高山鐵朗・市川信夫 (2011) 2010年桜島火山活動を考える. 京都大学防災研究所年報, 54, 投稿中.
- 嶋野岳人・花田泰裕・井口正人 (2008) 火山灰による桜島火山の噴火活動評価手法の検討. 桜島火山の集中総合観測, 9, 165-172.
- 嶋野岳人・横尾亮彦・井口正人・味喜大介 (2010a) 桜島昭和火口噴出物の連続サンプリングによる活動監視. 平成21年度京都大学防災研究所一般共同研究報告書, 29-36.
- 嶋野岳人・横尾亮彦・井口正人・味喜大介 (2010b) 粒径に着目した桜島昭和火口噴出物による活動評価指標の検討. 桜島火山における多項目観測に基づく火山噴火準備過程解明のための研究(課題番号1809) 2009年報告書, 93-96.
- Tameguri, T., Iguchi, M. and Ishihara, K. (2002) Mechanism of explosive eruptions from moment tensor analyses of explosion earthquakes at Sakurajima volcano, Japan. *Bull. Volcanol. Soc. Japan*, 47, 197-215.

## Repetitive Magma Intrusion at Showa Crater revealed by Strain Monitoring and Time Series Sampling of Ash at Sakurajima Volcano

Taketo SHIMANO\*, and Masato IGUCHI\*\*

\*Fuji Tokoha Univ., \*\*DPRI, Kyoto Univ.

### Synopsis

Ash samples have been collected daily at Sakurajima Volcano for about three years since February 2008 by automatic ash sampling system. The accumulation rate has gradually increased until the middle of 2010 and then decreased to date. There are two variation trends of matrix glass composition in ash samples which may be correlated to two different magmatic sources at depths. The occurrence of the two different trends in a single sample seems to indicate repetitive and alternative injection of the different magma at shallow level that may also be correlated with temporal changes in strain record during this period.

**Keywords:** Sakurajima volcano, monitoring of eruptive products, matrix glass, strain