

桜島・黒神における温泉ガス濃度（2010年・2011年）

井口正人*・平林順一**

* 京都大学防災研究所

** 東京工業大学名誉教授

要 旨

2006年6月から再開した桜島の昭和火口における噴火活動と東部の黒神観測井における温泉ガス中の二酸化炭素および水素ガス濃度の変化の関係を調べた。二酸化炭素ガス濃度は、昭和火口の噴火活動レベルが高く地盤が膨張する時に増加し、噴火活動衰退期および地盤の収縮期には減少した。水素ガス濃度は、2009年7月以降減少したが、噴火活動や地盤の膨張・収縮と明瞭な関係は見いだせなかった。水素ガス濃度は桜島へのマグマ供給量の多い時期だけに先行して増加するのかもしれない。二酸化炭素ガス濃度はその貯留層周辺の火山体の変形に関連するのに対し、水素ガス濃度はマグマ供給量に依存する可能性を指摘できる。

キーワード：桜島，昭和火口噴火，温泉ガス，水素ガス，二酸化炭素

1. はじめに

昭和火口において2006年6月4日に噴火活動が58年ぶりに再開した。噴火活動は、2008年2月から爆発的となった。2009年7月から爆発回数が増加し、10月以降はさらに爆発の発生頻度が高くなり、2009年12月～2010年3月にかけては月別爆発回数が150回以上に達した。その後は爆発回数が徐々に減少し、2010年10月には15回まで減少した。しかし、11月以降再び増加し、2011年2月には128回の爆発が発生した。その後、徐々に爆発回数は減少し、2011年7月は10回しか爆発発生しなかった（井口，2011）。

桜島火山では温泉ガスの化学組成が火山活動に連動して変化することが知られており（例えば，Hirabayashi et al., 1982），南～東海岸に湧出する温泉水は、マグマ由来の揮発性成分を含む熱流体と天水、海水の混合で説明され、その温度や化学組成も火山活動に連動して変化する（太田・露木，1977；太田，1986；大場・他，1999）。桜島東部の黒神観測井では2007年7月ごろから桜島山体の微小な膨張に同期して温泉ガスの水素および二酸化炭素ガス濃度が増加した（平林・他，2008）。桜島の東から西山麓に

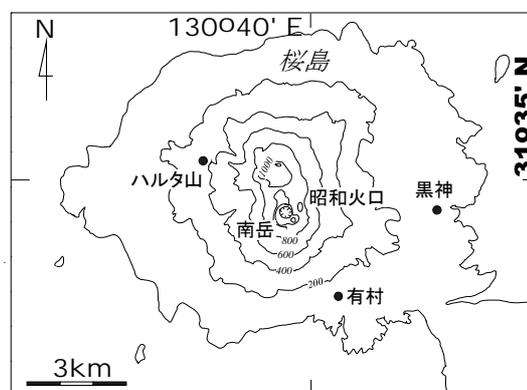


Fig. 1 Location of boreholes for sampling of gas from hot spring

かけては局所的に土壌ガス中の二酸化炭素濃度が高い場所が数か所知られており（平林・他，2008），火山体内へのマグマの貫入により温泉ガス中の二酸化炭素などのマグマ起源の揮発性成分濃度が増加する可能性は高い。先に述べたように桜島の昭和火口における噴火活動は爆発回数が多い時期と少ない時期を繰り返しており，温泉ガス中の二酸化炭素などの成分の濃度は，噴火活動の消長と密接な関係があ

ることが予想される。本稿では黒神観測井における温泉ガスの濃度変化と噴火活動の活発化について議論する。

2. 黒神観測井の温泉ガス

黒神観測井の位置をFig.1に示す。黒神観測井からの温泉ガスを1日に1回、毎分1リットルの流量で5分間吸引してCO₂濃度およびH₂濃度を測定している(井口・平林, 2010)。Fig.2に黒神観測井の温泉ガス中のCO₂およびH₂濃度の2008年9月以降の日々の計測値を示した。黒神観測井におけるCO₂およびH₂濃度は、昭和火口での噴火活動再開直後は、それぞれ0.5~2%、180~380ppmであったが、2007年5~6月の噴火活動後の7月ごろから増加しはじめ、2008年2月にはCO₂濃度は20%、H₂濃度は700ppmとなった(平林・他, 2008)。Fig. 2に示す2008年9月のCO₂濃度は18%程度で、同年2月以降高い濃度が続いていたものであるが、10月ごろから急激に減少し、11月には4%程度まで低下した。2009年2月~4月から再び増加傾向に転じ、7月には16%まで増加したが、その後再び急激に減少し、9月には4%まで低下した。

2009年10月ごろから徐々に増加し、2010年1月~3月には7%に達した。2010年4月ごろから低下傾向を示し、9月には1%まで減少した。11月からは濃度の増加を示し、2011年1月~6月は4%前後を保っていたが、7月からは再び減少に転じた。このようにCO₂濃度は増加と減少を繰り返している。

H₂濃度は2008年11月から2009年2月までは500ppm程度で推移していた。2009年4月から6月は計測システムが不調であったため、増加しはじめた時期はあいまいであるが、定期観測による分析では6月には1,500ppmとなり、7月中旬には最大3,000ppmに達した。その後2011年4月までゆるやかに減少した。2010年1月は1500ppmであったが、2011年4月はその半分程度の630ppmに低下した。

4. 噴火活動・地盤変動との関係

2006年6月に58年ぶりに再開した昭和火口における噴火活動は、2009年の後半から爆発回数が増加し、月別の爆発回数が15回~159回、火山灰放出量が7万~107万トンの間で消長を繰り返している。2006年以降の黒神観測井におけるCO₂およびH₂濃度の推移を火山灰放出量およびハルタ山観測坑道におけるひずみ変化と比較してFig.3に示した。

2007年7月にCO₂濃度が0.5%から10%に急増し、この時期には地盤変動がみられる(平林・他, 2008)ように、CO₂濃度は地盤変動と関係するようである。

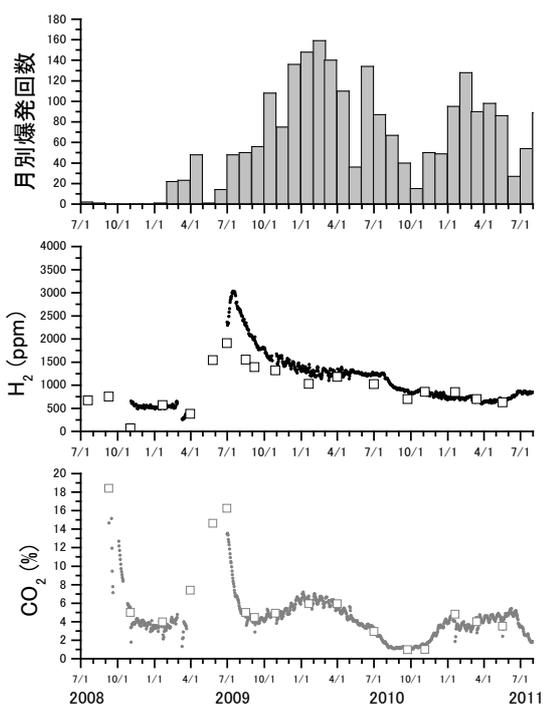


Fig. 2 Temporal changes of concentration of H₂ and CO₂ gas from hot spring in Kurokami borehole. Squares indicate concentrations obtained by manual sampling and analysis. Top is eruptive activity shown by monthly numbers of explosive eruption at Showa crater.

2008年9月以前は連続測定ではないので時間分解能の高い議論はできないが、CO₂濃度が高い時期は地盤の膨張期に対応する(2007年8月, 2008年前半)。また、2009年以降についてはCO₂濃度が増加し始める時期はハルタ山観測坑道における伸縮計が膨張を示し始める時期と1~2カ月程度の範囲で一致している(2009年2月, 2009年10月, 2010年11月, 2011年10月)。桜島の西から東山麓には黒神を含め地中ガスのCO₂濃度が高い場所が数ヶ所あり、それらの場所は地下に炭酸を含む温泉水が胚胎か噴気活動の近傍であることが知られている(平林・他, 2008)。したがって、黒神地域の地下にもCO₂に富む温泉水から分離したCO₂貯留層が存在することが推定できる。南岳爆発に伴う地盤変動の圧力源は南岳の下深さ4kmに推定され(例えば、立尾・井口, 2009)、また、Fig.3の上段に示した地盤の膨張・収縮の圧力源は北岳の北麓深さ4kmに推定されている(井口・他, 2011)。北岳から南岳に至る中央火口丘下の4km付近にあるマグマ溜まりの膨張はそれよりも浅い領域にも圧力を及ぼし、CO₂貯留層から地表に向けてCO₂のフラックスが増加したのかも知れない。

CO₂濃度が1%程度まで低下した時期(2010年9月~10月, 2011年6月~7月)では地盤変動は収縮を示し、

噴火活動も低いレベルにある。これらの時期のCO₂濃度の低下は、中央火口丘下深さ4kmのマグマ溜りの圧力が低下し、CO₂貯留層からのCO₂ガスの供給量が減ったことを示唆しているとも考えられる。

一方、CO₂濃度の増加量とひずみの増加量は比例関係にあるわけではない。CO₂濃度が最も高かった2008年の初めから中頃、2009年5・6月に対応する地盤変動はいずれも膨張期にあるが、この時期のひずみ増加量は2009年9月～2010年5月までの膨張期のひずみ増加量と比べると小さい。マグマの貫入に伴う地盤変動があっても温泉ガス中のCO₂濃度変化への反映は火山体内部の状態に依存するのかもしれない。

2007年の8月ごろと2009年3・4月ごろに濃度が増加した点で、H₂ガス濃度はCO₂と似た傾向を示すが、昭和火口における噴火活動が活発化した2009年後半はCO₂濃度の推移と異なる濃度変化を示す。CO₂濃度は地盤変動と同期するように増加と減少を繰り返しているのに対し、H₂ガス濃度は2009年7月以降、長期的な減少傾向にある。Hirabayashi et al. (1986)は、桜島南西部にある持木観測井のH₂濃度が南岳の爆発回数増加に先行して急激に増加することを指摘し、マグマ中の揮発性成分に含まれるH₂ガスがマグマ本体に先行して上昇した結果と解釈している。2006年以降の昭和火口における噴火活動期において

最も桜島へのマグマ供給量が増加したのは2009年後半から2010年前半で、この間のマグマ供給量は430万m³と推定されるのに対し、その後の爆発的噴火の繰り返されている2010年11月から2011年5月の活動期におけるマグマ供給量は130万m³と少ない(井口, 2011, 本報告)。南岳の活動期のマグマの供給量は年間1000万m³程度(Ishihara, 1981)と推定されているので、多量のマグマ供給に先行する時期だけにH₂濃度は増加するのかもしれない。

5. まとめ

2009年後半以降、黒神観測井における温泉ガスに含まれるCO₂の濃度は昭和火口における噴火活動の活発期及び地盤の膨張期に高く、噴火活動のレベルが低く、地盤の収縮期には低い。一方、H₂濃度は2009年7月以降減少し、2010年10月以降は650～1000 ppmで推移したが、噴火活動や地盤変動と明瞭な関係は見いだせなかった。CO₂濃度はCO₂貯留層周辺の火山体の変形に関連するのに対し、H₂濃度はマグマ供給量に依存する可能性を指摘できる。

謝 辞

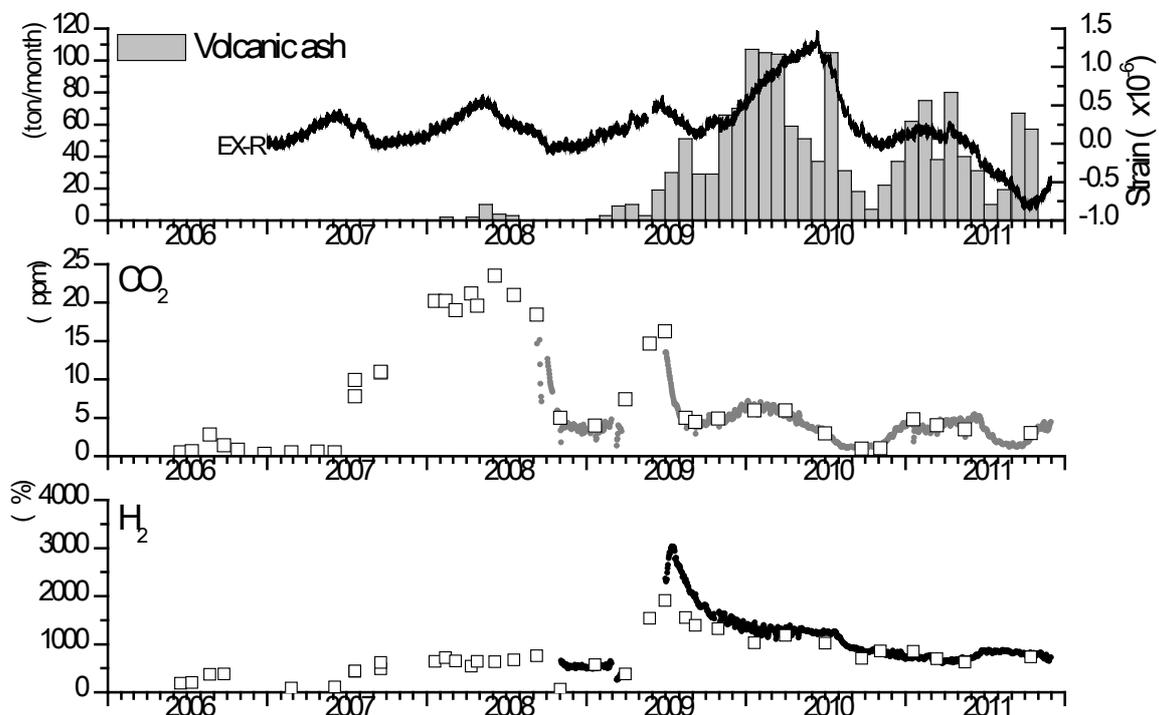


Fig. 3 Relation of temporal changes of concentration of H₂ and CO₂ gas with eruptive activity and ground deformation. Top shows monthly weights of volcanic ash ejected from Showa crater (bars) and strain change at Harutayama tunnel (EX-R). Middle and bottom are concentration of CO₂ and H₂ gases from hot spring Kurokami, respectively. Squares indicate concentrations obtained by manual sampling and analysis.

有村観測坑道における傾斜データは国土交通省九州地方整備局大隅河川国道事務所より受託研究の一環として提供を受けたものである。本研究には地震及び火山噴火予知のための観測研究の一課題である「桜島火山における多項目観測における」(課題番号1809)を使用した。

参考文献

- Hirabayashi, J., Oosaka, J. and Ozawa, T. (1986): Geochemical Study on Volcanic Gases at Sakurajima Volcano, Japan, *J. Geophysical Res.*, Vol. 91, B12, pp.12,167-12,176.
- Hirabayashi, J., Oosaka, J. and Ozawa, T. (1982): Relationship between volcanic activity and chemical composition of volcanic gases — A case study on the Sakurajima Volcano, *Geochem. J.*, Vol. 16, pp.11-21.
- Ishihara, K. (1981): A quantitative relation between the ground deformation and the volcanic materials ejected. Abstract 1981 IAVCEI Symposium - Arc Volcanism, p.143.
- 井口正人 (2011) : 桜島火山の噴火活動—2010年6月～2011年7月—, 本報告書.
- 井口正人・平林順一 (2010) : 桜島・黒神における温泉ガス濃度, 「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」平成21年度報告書, pp.81-85.
- 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, 第54号B, pp.171-183.
- 大場 武・平林順一・野上健治・石原和弘・山本圭吾 (1999) : 桜島火山の地下水・熱水系, 京都大学防災研究所共同研究9P-5報告書「桜島火山の地下水・熱水系に関する研究」, pp.31-47.
- 太田一也・露木利貞 (1977) : 地下水・温泉の観測結果, 第2回桜島火山の集中観測報告書, pp.81-87.
- 太田一也 (1986) : 桜島火山における火山活動に対応した温泉の挙動, 第5回桜島火山の集中観測報告書, pp.103-114.
- 平林順一・野上健治・攪上勇介・井口正人・味喜大介 (2008) : 桜島火山の活動と火山ガス組成および土壌からの二酸化炭素ガスの拡散放出, 第10回桜島火山の集中観測報告書, pp.149-163.
- 立尾有騎・井口正人 (2009) : 桜島におけるBL型地震群発活動に伴う地盤変動, 火山, 第53巻, pp.175-186.

Concentration of CO₂ and H₂ Gas from Hot Spring in Kurokami Borehole of Sakurajima Volcano in 2010 and 2011

Masato IGUCHI* and Jun-Ichi HIRABAYASHI**

*Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

** Professor Emeritus of Tokyo Institute of Technology

Synopsis

Concentrations of CO₂ and H₂ gases from hot spring are investigated in relation to the eruptive activity at the Showa crater of Sakurajima volcano and ground deformation of the volcano. The CO₂ and H₂ gases are measured at Kurokami borehole, 3.8 km east of the crater once a day. Concentration of CO₂ gas increased at the beginning of increase in eruptive activity and inflation of the volcano, and it stayed at high level while eruptive activity. The concentration became low during the period of low eruptive activity and deflation of the ground. Concentration of CO₂ gas may be related to ground deformation of volcanic body around subsurface CO₂ reservoir. Concentration of H₂ gas gradually decreased from July 2009 and did not show significant changes with the eruptive activity and the ground deformation. The concentration of H₂ gas may only increase when a large amount of magma intrudes into the volcano.

Keywords: Sakurajima volcano, eruption of Showa crater, hot spring gas, CO₂, H₂