

桜島・黒神における温泉ガス濃度（2012年・2013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。二酸化炭素濃度は2009年7月に16%のピークに達した後、4%まで減少し、山体の膨張ひずみに連動して増加、収縮ひずみが観測されるときに減少する増減を繰り返している。水素ガス濃度も2009年7月にピークに達したが、その後は指数関数的な低下が続いており、それに大気圧の影響を受けた200ppm程度の振幅をもつ季節変化が重畳している。

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

昭和火口における爆発回数は2009年の秋ごろから急増し、その後、爆発回数の多い時期と少ない時期を交互に繰り返しながら爆発的な活動が続いている。2009年から桜島東部の黒神観測井における温泉ガス中の二酸化炭素と水素ガス濃度を自動測定により毎日1回行ってきた。二酸化炭素については2009年4月から7月にかけて16%まで増加し、その後、4%まで減少した後、1~6%の間で増減を繰り返している。爆

発回数が増加し桜島の地盤が伸長を示す時期に、二酸化炭素濃度が増加し、逆に爆発回数が減少し、地盤が収縮し始めると濃度低下に転じることが知られている。水素ガス濃度も2009年4月から7月にかけて3000ppmまで増加したが、その後は、減少傾向が続いている（井口・平林，2010；2011；2012）。本稿では黒神観測井における2012年7月以降の温泉ガス濃度の変化について報告する。

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濃度は、2009年2月~4月から増加し、7月には16%に達した後急激に減少し、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%に達したが、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。また、2010年11月からは再び濃度の増加を示し、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。2011年10月ごろか

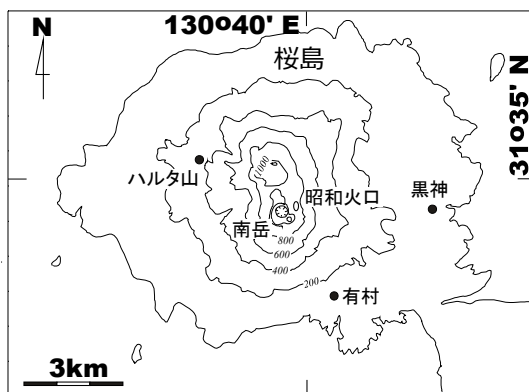


Fig. 1 Location of boreholes for sampling of gas from hot spring

ら増加し、2012年1月には5%に達したが、4月ごろから減少して8月には1%まで低下した。このように、CO₂濃度は約1年周期の年周変化に近い変動を示し、増加し始める時期は9月～11月であり、減少し始めるのは4月～7月であった。ところが、2012年の後半には増加せず、増加がみられたのは2013年2月であり、その後3～4%の濃度を保っている。

一方、H₂濃度は2009年7月中旬には3,000 ppmのピークに達したが、10月ごろから急激に、その後は緩やかに減少を続けている。2013年1月時点では、400ppmまで低下した。2013年7月には600～700ppmとやや回復した。

3. 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～180回、火山灰放出量が7万～112万トンの中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。

2006年以降では、CO₂濃度が顕著に増加したのは、2007年7月～2008年9月および2009年4月～7月であり、前者は25%、後者は18%に達している。2009年9月以

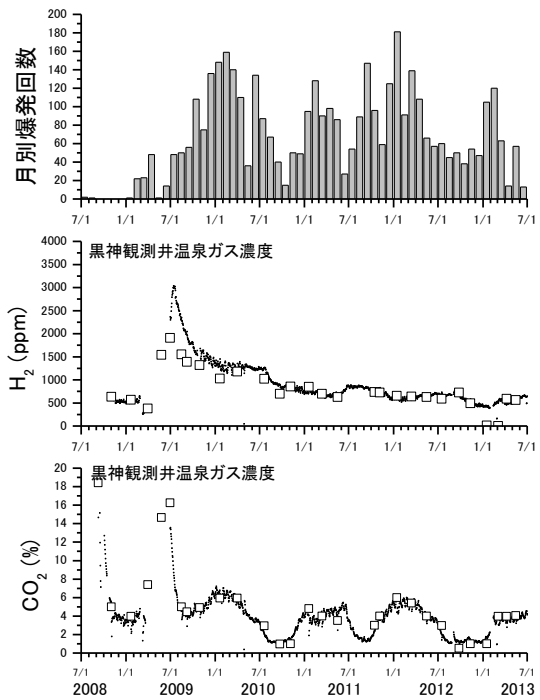


Fig. 2 Temporal changes of concentration of H₂ and CO₂ gas from hot spring in Kurokami borehole. Squares indicate concentrations obtained by manual sampling and analysis. Top is eruptive activity shown by monthly numbers of explosive eruption at Showa crater.

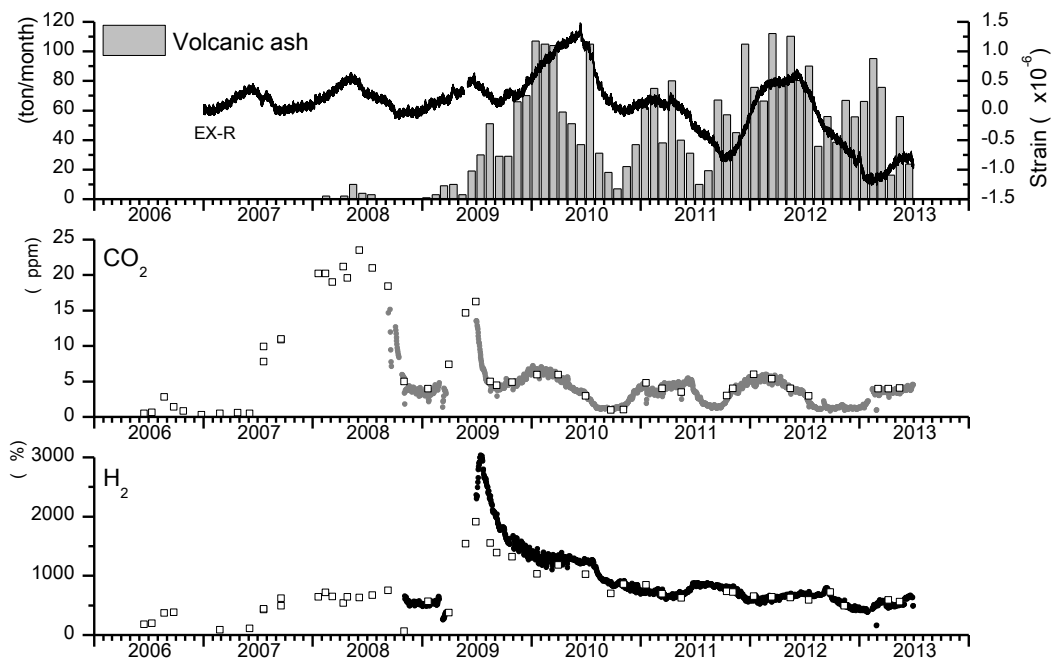


Fig. 3 Relation of temporal changes of concentration of H₂ and CO₂ gas with eruptive activity and ground deformation. Top shows monthly weights of volcanic ash ejected from Showa crater (bars) and strain change at Harutayama tunnel (EX-R). Middle and bottom are concentration of CO₂ and H₂ gases from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

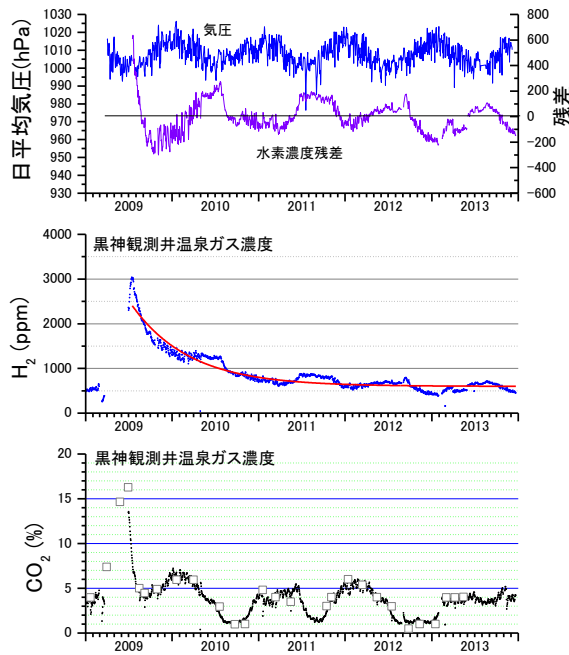


Fig. 4 Temporal changes of concentration of H₂ (middle) and CO₂ gas (bottom) from hot spring in Kurokami borehole. Temporal change of concentration of H₂ gas is fitted by exponentially decaying curve (red curve). The residuals of H₂ concentration from the curve are shown at the top, comparing seasonal change of atmospheric pressure.

降は1~6%の範囲で年周変動的な増減を繰り返している。H₂濃度は2009年5月に増加し始め、7月には3000ppmまで増加したが、その後は減少傾向にある。2009年以降爆発回数、火山灰放出量も増加したが、CO₂およびH₂濃度とも顕著な増加を示したのは、2009年9月以降の噴火活動期に先行する時期であり、噴火活動が安定的に活発化した時期には、2007年から2009年初めにかけて見られたような顕著な増加はその後見られない。

2012年以降のCO₂濃度については、これまでと同様に、収縮ひずみが観測される時期に濃度が減少し、膨張ひずみに反転すると増加する傾向がある。ハルタ山観測坑道のひずみは2012年6月から収縮が始まったが、このころからCO₂濃度の減少が顕著になり、8月には約1%まで低下した。膨張ひずみが観測され始めた2013年2月頃から約4%まで増加し、6月まではほぼ一定の値を保った。

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しているか、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, 2012年7月~12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のマグマ溜まりの圧力が低下し、CO₂貯留層からのCO₂ガスのフラックスが減ったことを示唆しているとも考えられる。

一方、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。

Fig.4に示すように、2009年7月17日以降の水素ガス濃度は指数関数で減衰する曲線で近似できる。時定数は247日となった。また、水素ガス濃度の指数関数からの残差は振幅が約200ppmの年周変化を示す。これを黒神における気圧と比較すると、気圧の高い冬季において減少し、気圧の低い夏季において増加する季節変動であることが分かる。

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)。水素ガスを多量に含んだマグマが2009年7月ごろに貫入し、その後水素ガスは指数関数的に減少、その減少に大気圧の変化による200ppm程度の振幅をもつ年周変化が重畳していると解釈できる。

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、 H_2 濃度は大気圧に連動する季節変化を伴いながら、2009年7月以降減少傾向が続いている。

謝 辞

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基づく火山噴火準備過程解明のための研究(課題番号1809)」を使用した。

参考文献

- Hirabayashi, J., Ohsaka, 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.
- 井口正人 (2011) : 桜島火山の噴火活動—2010年6月～2011年7月—, 「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22年度報告書, pp.1-8.
- 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・平林順一 (2011) : 桜島・黒神における温泉ガス濃度 (2010年・2011年), 「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22年度報告書, pp.67-70.
- 井口正人・平林順一 (2012) : 桜島・黒神における温泉ガス濃度 (2011年・2012年), 「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23年度報告書, pp.87-90.
- 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.
- 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 CO_2 and H_2 Gas from Hot Spring in Kurokami Borehole of Sakurajima Volcano in 2012 and 2013

Masato IGUCHI* and Jun-Ichi HIRABAYASHI**

*Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

** Professor Emeritus of Tokyo Institute of Technology

Synopsis

Concentrations of CO_2 and H_2 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 CO_2 and H_2 gases are measured at Kurokami borehole, 3.8 km east of the crater once a day. Concentration of CO_2 gas shows quasi-annual cycle. It increased at the beginning of increase in eruptive activity and inflation of the volcano, and it stayed at high level while high eruptive activity. The concentration became low during the period of low eruptive activity and deflation of the ground. Concentration of CO_2 gas may be related to ground deformation of volcanic body around a subsurface CO_2 reservoir. Decrease in concentration of H_2 gas has continued from July 2009. The concentration was only 400 ppm in January 2013. Decrease in the concentration of H_2 gas after July 2009 can be fitted by exponentially decaying curve (time constant 247 days) and seasonal change ranging 200 ppm caused by atmospheric pressure change.

Keywords: Sakurajima volcano, eruption of Showa crater, hot spring gas, CO_2 , H_2