

## ガスセンサーによる伊豆大島割れ目土壌ガス中の水素ガスモニタリング

風早康平\* 加藤 完\* 高橋 誠\* 安藤直行\*  
大隅多加志\*\* 平林順一\*\*\* 日下部実†

KAZAHAYA, K., KATO, K., TAKAHASHI, M., ANDO, N., OHSUMI, T., HIRABAYASHI, J. and KUSAKABE, M. (1987) Monitoring of H<sub>2</sub> in soil gas from the open cracks created during the 1986 eruption of Izu-Ōshima Volcano. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol.38(11), p.677-688.

**Abstract** : Twenty ceramic gas sensors (19 hydrogen selective sensors and 1 combustible gas sensor) were set to detect variation in the hydrogen concentration in soil gas at the open cracks newly formed at the eruption of Izu-Ōshima Volcano on November 21, 1986. Since then, the sensor outputs at an hour interval have been telemetered through exclusive telephone circuits to Geological Survey of Japan in order to observe a possible correlation between the hydrogen concentration in soil gas of the cracks and crustal deformation as recorded by extensometer with an ultimate aim to foresee variations in volcanic activity. The two on-site hydrogen gas sensors connected to the portable data logger have also been working.

After the sensors were set at the observation sites, some modifications about the sensor amplifier and the structure of observation holes have been made, which enhanced the sensitivity for hydrogen and reduced unfavorable effects from weather conditions such as variation in solar irradiation, atmospheric temperature and precipitation of most of the sensors.

Up to present, three interesting results, were obtained : 1) The release of hydrogen was found at one of the observation stations named KK1 on the cracks crossed by the three lateral lines along which the observation sites were set. In July 1987, the hydrogen release was reduced in comparison with that in March. No release of apparent hydrogen was found at the other two stations. 2) The two combustible gas sensors connected to data loggers were set on the cracks named OK1 and OK2 from 6 to 22 December 1986. They were sensitive to the weather conditions in addition to the combustible gaseous components in soil gas. The results with the elimination of the weather effects indicate the higher degassing rate of combustible gas from OK2 which was observed 8 hours before a small eruption of Mt. Mihara. 3) The two telemetered hydrogen-selective sensors set at OK2 and KK1 showed irregular spikes with little correlation with weather conditions. The monthly frequency of the spikes showed a good correlation with the total monthly change in the strain of the cracks. The frequency of the spikes at both sites have been gradually diminished since the monitoring was started, which is conformable with the gradual decrease of change in the records of the extensometer. It is concluded that gas sensors could detect the signal of crustal movements.

### 1. はじめに

活断層直上の土壌ガスには水素が高濃度(最高約3%)含まれているという報告(WAKITA *et al.*, 1978)以来, 多くの研究者により, 断層での水素観測が行われている。WAKITAらは活断層により岩石が破壊された時生じた岩石表面が非常に活性であり, 水と反応して水素を発生す

るという機構を提唱した。その後, KITA *et al.* (1982)は, 岩石破壊実験により岩石-水の反応で水素が発生することを, SUGISAKI *et al.* (1983)は, 破碎直後の新鮮な岩石粉末を水と反応させて水素が発生することを確認している。

近年多くの研究者により, 断層での観測が積み重ねられた結果, 断層直上における水素の観測が断層の活動度のモニターとして有望であると考えられるようになった。

\* 環境地質部 \*\* 電力中央研究所 \*\*\* 東京工業大学  
† 岡山大学地球内部研究センター

佐竹・林(1983)は跡津川及び牛首断層において、水素の定期観測を行い、1982年5月末から7月までの期間、水素の同時放出を認め(最高6900ppm)、この期間に両断層が連動して活動したことを示唆している。

SUGISAKI *et al.* (1983)は、それまでに報告されている水素濃度を断層別にプロットし、現在活動的であるとされている断層では、1000ppm-数%の水素が観測され、先歴史断層においては、たかだか最高200-300ppmであることを示した。SATAKE *et al.* (1984)は、1983年5月26日に起きた日本海中部地震(M7.7)に先行して跡津川断層上の3ヶ所の観測点で水素の放出を確認している。

活断層と伊豆大島噴火に伴い生じた割れ目とは成因的に異なるが、地殻変動に伴う岩石破壊により水素が発生するであろうから、割れ目において水素の連続観測を行うことにより火山活動の変化を監視する一つの方法になると考えられる。加えて、観測している割れ目で側噴火等がもし起こることがあれば、火山ガス中には水素が存在しているので水素放出が噴火の前兆として現れると考えられる。SATO and McGEE (1981)は電極式の水素ガスセンサーをセントヘレンズ火山に設置し、火山噴火及び地震の予知に有効であることを示している。

地質調査所では、1986年11月の伊豆大島噴火後に開始した国土庁の「伊豆大島噴火に係わる緊急観測監視体制整備計画」に基づき、同年11月21日の側噴火時に生じた島内南東部の割れ目に12月6日より2基の半導体セラミックガスセンサーを設置した。ついで1987年1月29日からは割れ目の活動のモニターと側噴火予知を目的として、高感度で水素選択性の高い20基のSnO<sub>2</sub>半導体セラミックガスセンサーを全島にわたり設置し、土壤ガス中の水素の連続観測を開始した。

1987年7月現在では、これらのうち19基のセンサーが稼動中である。

本観測では、温度及び湿度の影響を受けやすい半導体セラミックセンサーを用いているため、設置状態によっては日照・降雨等の気象要素の影響を受ける。本稿では気象要素を受けないためのガスセンサーの設置条件と、今まで得られたガスセンサーの連続観測結果についての考察を行う。

## 2. ガスセンサー

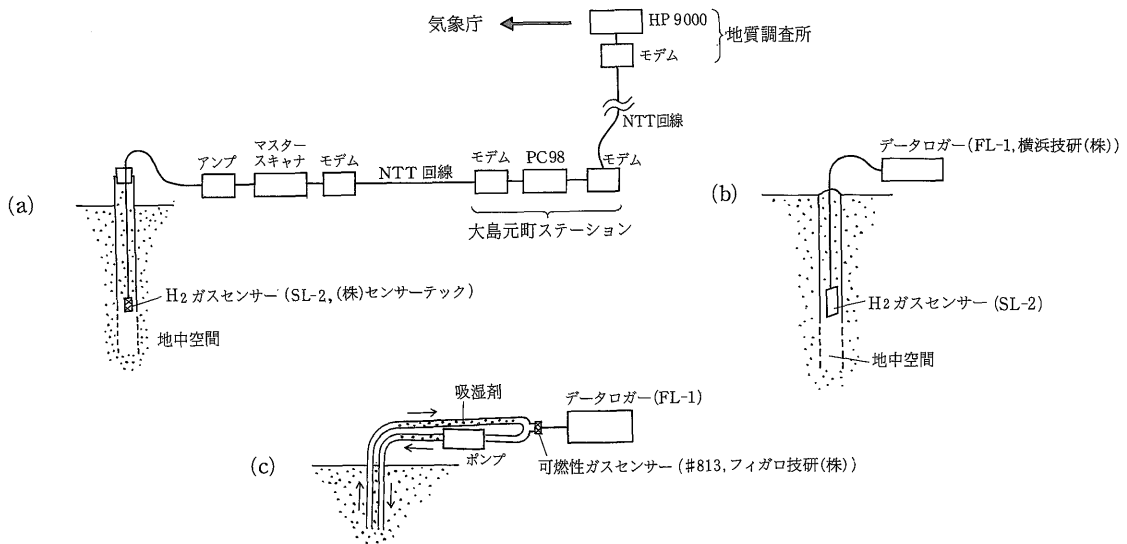
1987年7月現在、伊豆大島周辺に、テレメトリー観測用の水素ガスセンサー16基(内1基は可燃性ガスセンサー)、データロガーを用いた水素ガスセンサー2基及びデータロガーを用いた可燃性ガスセンサー(大隅・

川井、投稿中)1基の合計19基が稼動中である。上記3種のガスセンサーの設置模式図を第1図に示す。テレメトリー観測に用いている水素ガスセンサー(a)は、センサーを直接観測孔内の地下60-240cmに設置し、センサー出力は1時間に1回スキッピングマスター(地質調査所伸縮計用のもの)(遠藤ほか, 1987)により取り込まれ、NTT専用回線により筑波の地質調査所まで送られ処理される(中塚ほか, 1987)。そこでグラフ化処理されたデータは、気象庁に送られ24時間監視されている。一方、データロガーを用いた水素ガスセンサー(b)は、センサーを地中埋設(地下50cm)し、2時間に1回、水素相当濃度を計測している。データロガーを用いた可燃性ガスセンサー(c)は、ガス循環ポンプを別に設置しており、2時間に1回のデータ計測の直前2分間だけ土壤ガスをセンサー内に循環させて計測記録する。送ガス管に吸湿剤が入っており、水蒸気がガスセンサー内に侵入するのを防いでいる。(b)と(c)は、2ヶ月に一度RAMに書き込まれたデータを読み出しに行き、併せて電池及び吸湿剤の交換を行う。

## 3. 水素ガスセンサーの特性

水素ガスセンサー((株)センサーテック製, SL-2)はSnO<sub>2</sub>にSiO<sub>2</sub>粉末を混合してセラミックスの間隙を小さくしてセラミックス自体が分子分別膜の特性を持つようになっており、これまでの可燃性ガスセンサーに比べて大幅に水素選択性を引き上げたセンサーである。特に分子量の大きい可燃性ガス共存時の水素に対する選択性が高いという特徴がある。アルコール, CO, アルデヒド等には若干感応するが、天然ガス以外の土壤ガスにはこれらの成分は極めて乏しいため観測上問題はないと考えられる。土壤ガスで、一番問題になりそうな成分はメタンであるが、これについては100ppmまで感度はない。これら水素ガスセンサーの主な特性を第1表にまとめて示す。水素ガスセンサーは、空気中からセンサーを観測孔内に移動させたときに顕著な出力の変化がみられる。その結果を第2図に示す。

空気中で約700mVであったセンサー出力が観測孔内では300-400mVで落ち着く。これは観測孔内の水素濃度が空気レベル(0.5ppm)以下であることを意味する。逆に可燃性ガスセンサーは空気中で約200mVであったものが観測孔内で300mVと出力が増加している(第2図のOK2-3G)。このことは、可燃性ガスセンサーが水素以外の空気中になに何かを捉えていることを意味する。しかしながら、この観測点でガスを採取しガスクロマトグラフで分析を行ったが、検出限界以上の可燃性ガ



第1図 伊豆大島におけるガスセンサーシステムの設置模式図

Fig.1 Types of gas sensor systems used for the hydrogen observation in Izu Ōshima

第1表 水素ガスセンサー (SL-2) の特徴

Table 1 Characteristics of the hydrogen gas sensor (SL-2).

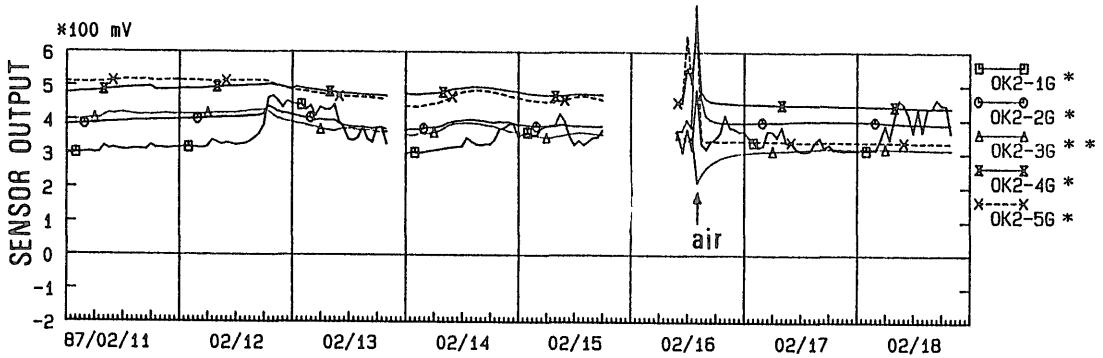
Advantages	Disadvantages
1. High sensitivity for hydrogen. Detection limit of about 10 ppb (H <sub>2</sub> ).	Relative high sensitivity for the absolute humidity.
2. High selectivity for hydrogen. Detection limit of methane of about 100 ppm. Low sensitivity for other combustible gases.	Oxidative consumption of hydrogen during the measurement.
3. Maintenance free.	
4. Light weight, small size and low cost.	

ス成分は認められず、出力増加の原因はつきとめられていない。

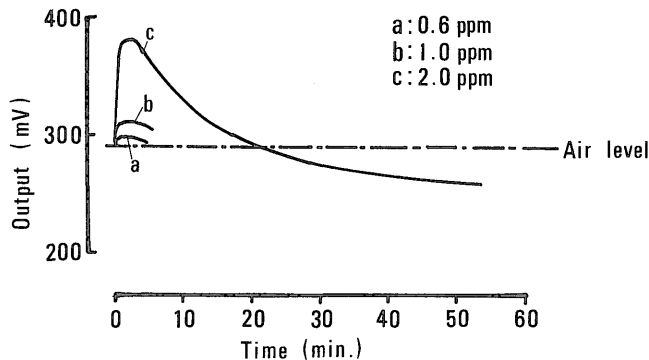
水素ガスセンサーの問題点の一つとして、測定中に水素を消費してしまうという点がある。1000ccの容器にそれぞれ水素濃度0.6, 1.0, 2.0ppmの3種類の乾燥空気を入れ、100cc/minの流速でセンサー部へ気体を循環させる実験を行った(第3図)。この水素消費実験では2.0ppmの場合でもほぼ50分間で水素を完全に消費してしまうのがわかる。センサーを常時通電で使用している場合には、センサー出力は水素の消費量と供給量のバランス点で落ち着く。何等かの原因で水素に富んだガスが一時に観測孔内に注入された時は、センサー出力は

ピークとして現れる。また観測孔内に供給される水素が総量として平均的に増加した場合は、センサー出力のベースラインの上昇という形で現れる。しかしながら、伊豆大島の割れ目の土壌ガス中には、水素は殆ど含まれておらず(空気レベル以下)、常時通電式では水素濃度が殆どゼロでバランスしてしまう。1987年5月16日以降は、観測孔内のセンサーによる水素消費を減少させ実質的な感度を引き上げるため、それまで常時通電式であったセンサーを測定前6分間(OK2-2Gのみ2分間)だけ通電するように変更している。

もう一つの問題点である水素ガスセンサーが温度及び湿度に感応してしまう点については、後述するように、



第2図 水素ガス及び可燃性ガスセンサーの特性の違い(奥山第二における例) 図中のairはセンサーを空气中にひきあげたときを示す。OK2-1G~5Gはセンサー番号(設置状態は後に示す第6図参照)。\*: 水素ガスセンサー, \*\*: 可燃性ガスセンサー  
 Fig.2 Difference in the characteristic feature between hydrogen gas sensor and combustible gas sensor (an example of the OK2 observation station). The notation "air" indicates a time pulling up to expose these sensors in the atmosphere. The serial numbers "OK2-1G~5G" indicate sensor numbers. \*: Hydrogen gas sensor. \*\*: Combustible gas sensor.



第3図 ポータブル水素ガスセンサーを用いた水素消費実験結果 実験条件: 温度26℃, 湿度0%, 循環ガス流量100ml/min. c (2.0ppm)の実験では約20分でair level (0.5ppm)まで水素が消費されている。  
 Fig.3 Experimental results of the hydrogen consumption using a portable hydrogen gas sensor. Experimental conditions: Tempertaure 26℃ humidity 0%, circulation rate of aer 100 ml/min. For the experiment "C (2.0ppm)", the hydrogen concentration gets lowered to the air level (0.5ppm) for about 20 minutes.

温度及び湿度の一定である地中空間(1m以深)にセンサーを設置することで解決している。

次に水素ガスセンサーのセンサー出力と水素濃度の関係の一例を第4図に示す。この結果は乾燥空气中で得られたものであり、そのまま実際の観測の検量線として用いることはできない。実際、温度21℃において相対湿度0%と80%の空気の出力量を調べたところ両者の差は110mVに達し(湿度0%の方が低出力)、観測上この効果が無視できない。伊豆大島における観測孔内の水素濃度は現在確実に空気レベル(0.5ppm)以下であり、通常のカシクロマトグラフでは測定できない。

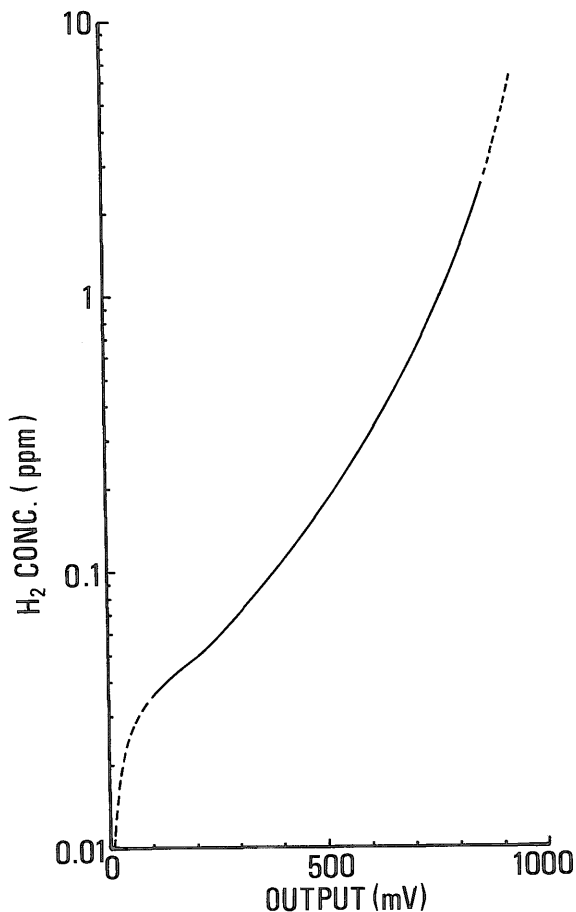
一方、使用した水素ガスセンサーは水素選択性を大幅

に引き上げたセンサーではあるが、水蒸気の影響あるいは他の可燃性ガス成分からの若干の影響をうけるため、出力を濃度に変換しても真の濃度としての意味に乏しい。

そこで、本稿では便宜的にガスセンサーが水素のみに感応するとしたときの水素濃度、すなわち、水素相当濃度を用いて議論を進めることにする。

#### 4. 設置場所及び観測孔の状態

1987年7月現在のガスセンサー(含温度計)設置場所を第5図に、テレメトリー観測用のガスセンサーの設置状態を第6図に示す。OK1, OK2, MN2及びKK1



第4図 水素ガスセンサー出力と水素濃度の関係の一例 組み込まれている半導体の特性にばらつきがあるためセンサー毎に特性は若干異なる。

Fig.4 An example of the relationship between the output of a hydrogen gas sensor and the hydrogen concentration. Note: The calibration curves are different from each sensor because of the variation in the characteristic of the semiconductors used in sensors.

は伊豆大島南東部の一連の割れ目上である(遠藤ほか, 1987a)。SK3は北部割れ目上でSM2は近くに割れ目がある。OK1, OK2, KK1及びSK3では、割れ目以外の場所でも観測を行っている。割れ目上の複数の観測孔は深さを変えてある。第6図の観測孔の状態にするまでこれまで2度観測孔の仕様を変更している。

観測開始以来の観測孔の仕様を第7図に示す。1986年12月23日から1987年1月29日の期間では水素ガスセンサーの感度及び分解能不足のため満足な結果は得られていない。1月30日から2月16日までは観測孔内の

裸孔部分を増やしている。この状態では、第8図(SK3の例)に示すようにセンサー出力が日周変動し、地表温度と相関を示した。これは観測孔内の温度及び湿度の変動がセンサー出力に影響したものと考えられる。2月16日, 17日両日に全観測孔について第7図に示したタイプI-IIIに変更した。タイプI-IIIでは、センサーは完全に地中空隙内にあり、上部を土壌で塞いだため温度及び湿度は一定に保たれている。このため2月18日以降は日周変動はほとんど見られなくなった。なお2月17日のSK3-1Gのピークは観測孔を深く(240cm)再掘削した時に水素が発生(最高55ppm)したもので、回復まで1昼夜を要した。これは、“打ち込み効果”と呼ばれている現象で、水林ほか(1986)が同様のセンサーを用いて断層直上で観測したときには回復まで1週間程かかっており、この効果の継続時間の差異は地質、土質の違いによるものと考えられる。

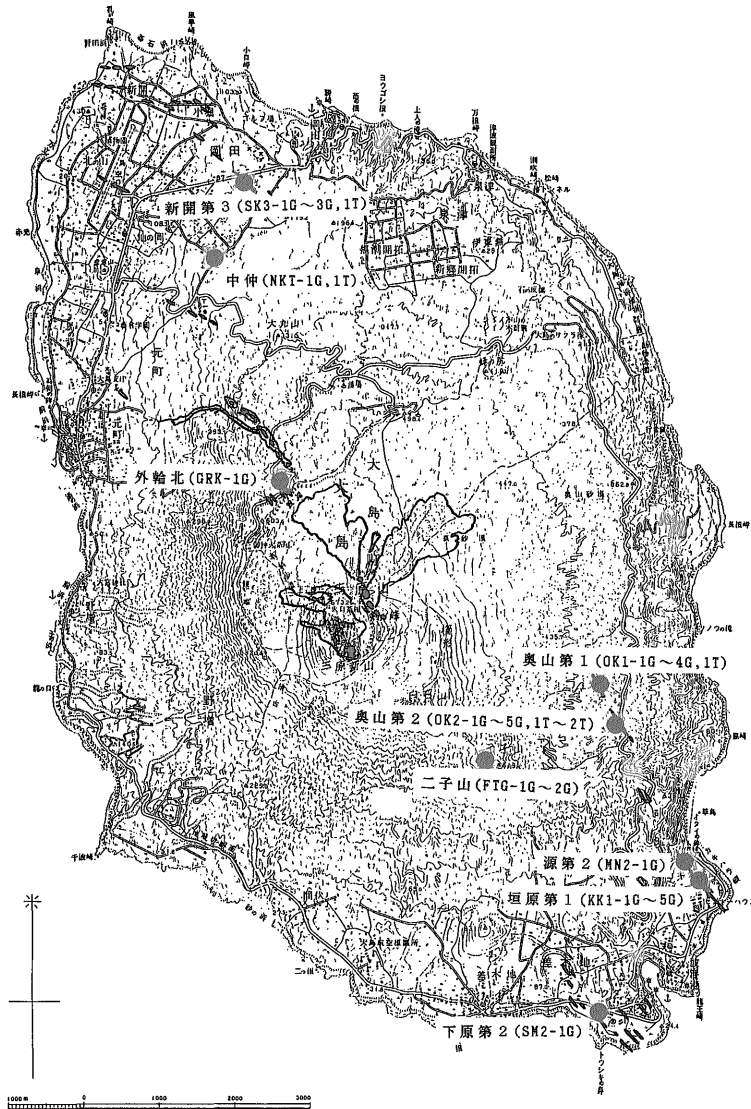
## 5. ガスセンサーによる観測結果

### 5.1 割れ目における水素放出

遠藤ほか(1987a)はインバール線式伸縮計を用いて伊豆大島の割れ目の連続観測を行っている。その結果によれば、割れ目上で観測される伸縮変化は3つのタイプに区分される。すなわち、A) 割れ目及びその山側で伸び、谷側で縮むもので地表浅部に発生した二次的な斜面移動の動きを反映していると考えられる場合(OK1, OK2, MN2), B) 平坦地の割れ目部分が縮んでいる場合(KK1), C) 平坦地の割れ目部分が伸びている場合(SM2, SK3), の3タイプである。

これらの3種に区分される割れ目上には、それぞれ1ヶ所ずつラドン濃度観測用のαトラック観測孔が5m間隔で設置されている(OK1, KK1, SK3)。この3ヶ所の観測孔において、ポータブル水素ガスセンサー(SL-2を用いている)を用いて水素相当濃度を測定した結果を第9図に示す。これらの観測孔は、地下1mの深さで80cmの塩ビ管により保護され、上部はゴム栓で密閉されている(加藤ほか, 1987)。孔内に拡散した水素は、センサーを常時設置していないため、センサーにより消費されることはなく観測孔は言わばガス溜めと考えてよい。

第9図からOK1のA)タイプの割れ目上では、ほとんど水素が発生していないことがわかる。地表浅部に発生した二次的斜面移動では水素は発生しないのかもしれない。B)タイプのKK1では、割れ目周辺部に最高1.3ppmの水素が観測された。3月に測定したときよりも7月の方が水素相当濃度が減少している。後に示すが、



第5図 伊豆大島におけるガスセンサー及び温度計の設置場所 (Gはガスセンサー, Tは温度計を示す)と1986年伊豆大島噴火時に生じた割れ目分布 外輪北 (GRK-1G) はデータロガーを用いた可燃性ガスセンサー, 二子山 (FTG-1G~2G) はデータロガーを用いた水素ガスセンサーであり, それ以外はすべてテレメトリー観測を行っている水素ガスセンサーである. 割れ目分布は遠藤ほか (1987a) による.

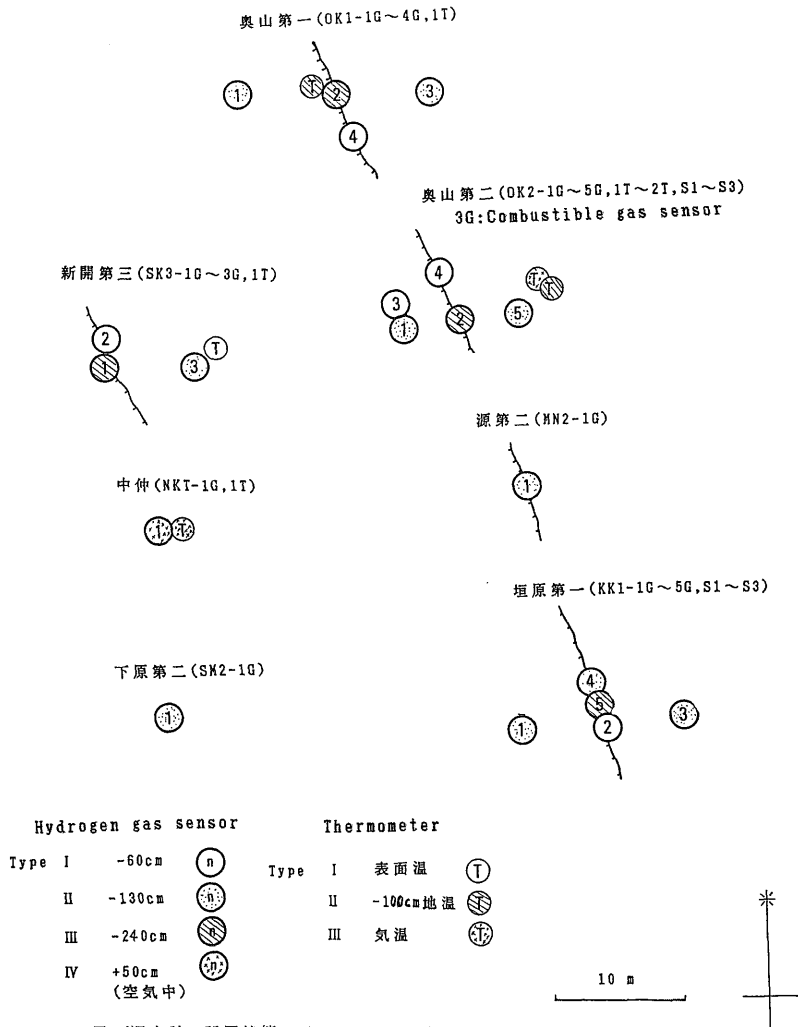
Fig.5 Location map of the hydrogen and temperature observation stations and the open cracks newly formed at the 1986 eruption of Izu-Ōshima Volcano. A combustible gas sensor connected to the data logger was set at the station named GRK. Two hydrogen gas sensors connected to the data logger were set at the station named FTG. At other stations, the telemetered hydrogen gas sensors were set.

この場所ではテレメトリー式水素ガスセンサーが長期にわたり水素相当濃度の変動を記録している. C) タイプのSK3は, 割れ目上で明瞭なラドン濃度の増加を示している場所である (加藤ほか, 1987). しかしながら, この地点では水素はほとんど発生していない.

## 5.2 データロガーを用いた可燃性ガスセンサーによる観測 (1986年12月6日-12月22日)

このセンサー (第1図 (C)) は水素のみならずあらゆる可燃性ガス成分に感応するもので, 水素濃度観測と言うには問題があるが, センサー出力が興味深い経時変動を示している. 第10図 (a) にOK1及びOK2にお

ガスセンサーによる伊豆大島割れ目土壌ガス中の水素ガスモニタリング (風早ほか)



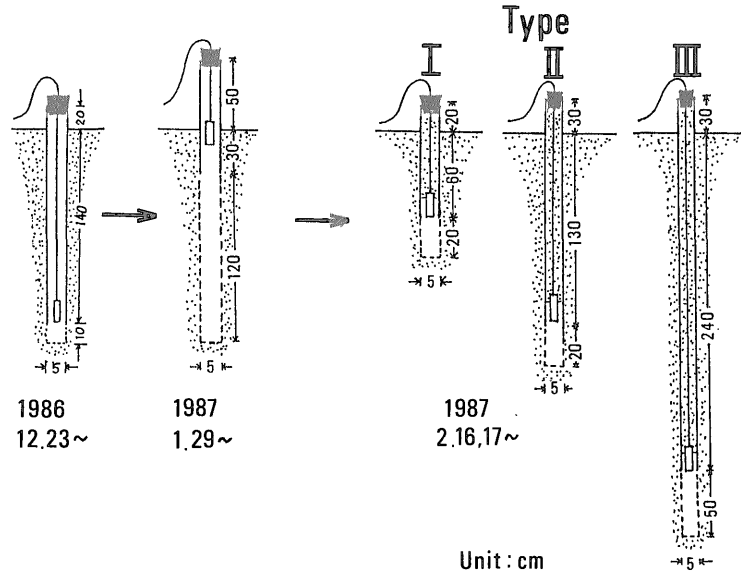
第6図 ガスセンサー及び温度計の設置状態 (1987年3月現在)

NKT-1G及びSK3-3Gは三原山に移設, OK1-3G及びKK1-2Gは観測中断中 (1987年7月現在).

Fig.6 Set up conditions of the telemetered gas sensors and the thermometers as of March, 1987. The gas sensors "NKT-1G" and "SK3-3G" were transferred at the summit of Mt. Mihara. The gas sensors "OK1-3G" and "KK1-2G" have been removed as of July, 1987.

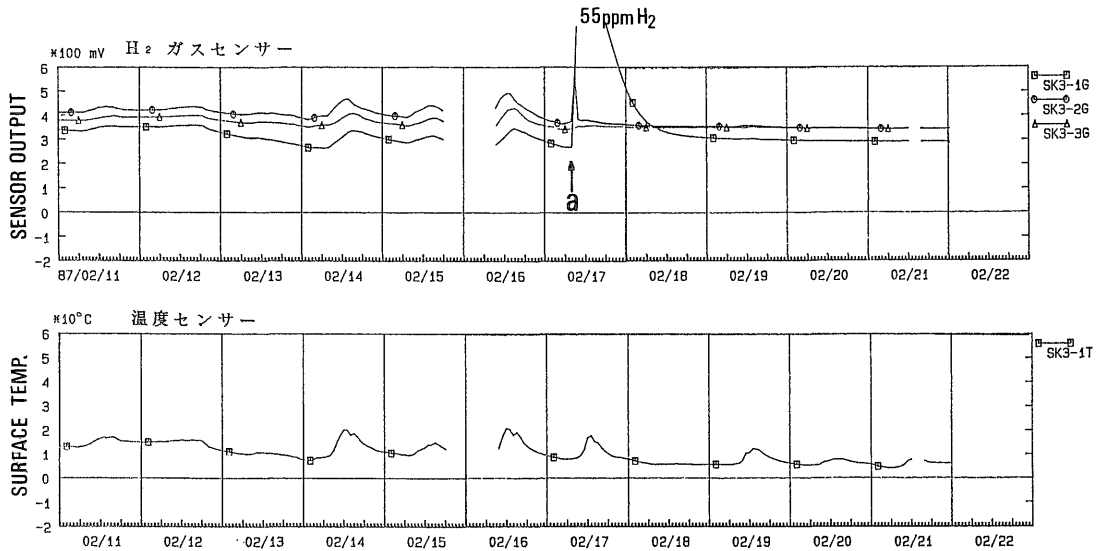
ける観測結果を示す。図の縦軸は水素相当濃度 (ppm) で示してある。水素相当濃度は日周変動を示しているが、吸湿剤をセンサーと併置しているためこの変動が水蒸気によるものでないことは明らかである。大隅・川井 (投稿中) は、この日周変動は日照時間と関連があり土壌ガスの呼吸によるものと考えている。12月19日のシャープなピークは、その日未明からの大嵐の影響を受けていることによると考えられるが、影響の原因はまだ不明である。このようにこのセンサーは気象要素 (雨, 日照) の影響を受け易いため、何らかの方法でそれらの影響を取り除く必要がある。ところで、OK1及びOK2

両地点における観測期間中の気象要素は得られていない。そこで両地点は直線距離で約500mしか離れていないため同じ気象条件であったと仮定し、OK2の水素相当濃度をOK1のそれで規格化して水素放出パラメータを得るという気象要素除去の試みを行った。その結果が第10図 (b) である。12月18日17時23分の山頂小噴火の5日前から4日前及び8時間前から小噴火に至る期間に前兆的なピークがみられる。このピークはOK2における可燃性ガス濃度がOK1よりも高くなった場合に対応している。第9図に示したようにOK1においてはポータブル水素ガスセンサーでは全く水素が発生してお



第7図 観測期間別のガスセンサー観測孔の深さと地中空間のとり方 初期の設置状態(左の2種)ではセンサー設置位置が地中空間となっていなかったため、日照等の気象要素の影響を受け観測孔内の温度及び湿度が変化し、センサー出力が安定しなかった。観測孔をタイプI-IIIに変更後は、温度及び湿度の変動によるセンサー出力変化がなくなった。

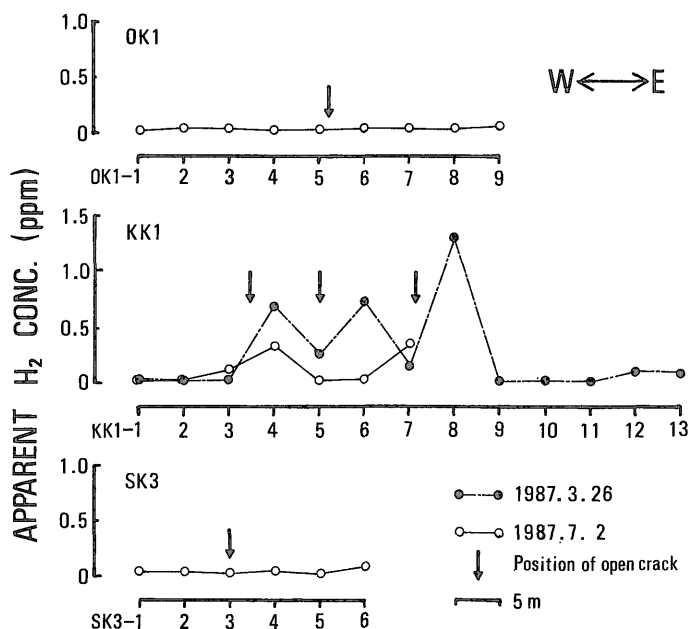
Fig.7 Diagram of the observation hole in each observation period. In the earlier versions (two types shown in the left in the figure) were used, the outputs appeared to be affected by the climatic conditions which caused the variations in the temperature and humidity in the observation hole. The variation in the outputs disappeared after the new versions (type I, II and III) were adopted.



第8図 1987年2月11日から2月22日間に於ける新開第三(SK3)でのガスセンサー出力及び地表温度の時間変化 “a”で観測孔の変更を行った。変更前は地表温度の変化がセンサー出力に強く影響していたが観測孔を変更(第7図)して以来、地表温度の影響は無視できるようになった。

Fig.8 Time variations in the outputs of the sensors and the surface temperature at the observation station named SK3 during the period from February 11 to 22, 1987. The arrow “a” indicates a time of the modification of the observation holes. The relationship between the outputs and the surface temperature was found before the modification of the observation holes. After the holes were modified, the effect from the surface temperature disappeared.





第9図 ポータブル水素ガスセンサーを用いた $\alpha$ トラック観測孔 (加藤ほか, 1987) 内の水素相当濃度分布 (OK1, KK1 及び SK3) 横軸は孔番号を示す (観測孔は5m 間隔で設置. 測線はほぼ東西方向で割れ目を横切る).

Fig.9 Lateral distributions of the apparent hydrogen concentration of the soil air in the radon observation ( $\alpha$ -track method) holes (KATOH *et al.*, 1987) at the observation stations OK1, KK1 and SK3 using the portable hydrogen gas sensor. The hole numbers are indicated on the horizontal axis. The holes are set in 5m interval. The lateral lines are arranged almost east-west direction with crossing the open cracks.

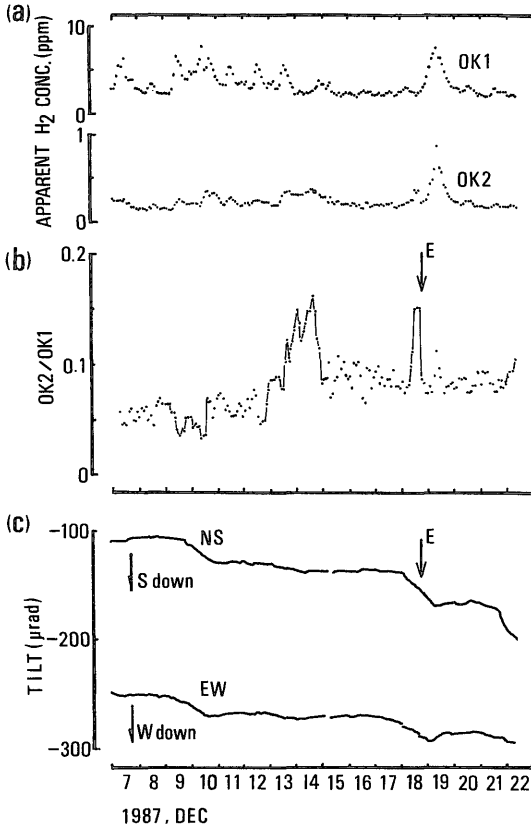
らず興味深い。OK1とOK2の地形条件の大きな違いは前者が尾根で後者が谷地形である点である。地下で発生したガスは逃げ易いところへ流れると考えられるから、尾根では発生した水素が直ちに拡散してしまうため検出されないのかもしれない。可燃性ガスの発生が地殻変動と関連している可燃性を確かめるために、第10図(c)に示した東京大学地震研究所の北外輪傾斜計の観測値(火山噴火予知連絡会資料, 東京大学)と比較検討した。三原山が下がる方向(S下がり)の大きな傾斜変動がみられたときに、水素放出パラメータ(b)が上昇する傾向がみられる。このことは上記の可能性を示唆するものである。

### 5.3 水素ガスセンサーによるテレメトリー観測(1987年1月30日-6月30日)

第5図に示したように、現在テレメトリー観測用に水素ガスセンサー16基(内1基は可燃性ガスセンサー)を用いて、割れ目から発生する水素の連続観測を行っている。第11図に、上記の期間中にセンサー出力のスパイク状変化がみられたOK2-1G及びKK1-5Gの水素相当濃度の経時変化を示す。他の観測点では明瞭なスパイ

ク状の変動は現在まで認められていない。2月16日までみられるベースラインのドリフトは観測孔の設置状態によるもので、地表温度に関係している。OK2及びKK1の両地点における水素相当濃度のスパイクに時期的相関性は認められない。これらのスパイク状ピークは降雨と関連づけられるものもあるがそうでないものも多く、地殻変動に関連していると思われる。

両地点の月別スパイク頻度(異常測定値数/全測定数)を第2表に示す。ここで異常測定値とはベースラインよりも20mV以上高いセンサー出力を示した場合を指す。降雨に関係していると思われるピークもあるが判別が難しいため除いていない。割れ目の伸縮観測を行っている遠藤ほか(1987b)によると、KK1の割れ目上の伸縮計は縮みのステップ状変化を示しており、OK2では地すべり性の伸びを示している。月別の割れ目のトータル伸縮変位量も第2表に示す(KK1はトータルステップ変位量)。5月23日に発生した筆島付近を震源とするM3.2の地震に際し、OK2の伸縮計は縮みに対応するコサイスマック変化を記録しているが表の変位量には含まれていない。第2表に示した水素相当濃度のスパイク頻度



第10図 (a) OK1及びOK2におけるデータロガー式可燃性ガスセンサーによる水素相当濃度の経時変化(1986.12.7-12.22) (b) 水素放出パラメータ (OK2の水素相当濃度をOK1のそれで規格化した結果)の変化 Eは三原山山頂における小噴火を表す。(c) 北外輪傾斜計の変化(火山噴火予知連絡会資料, 東京大学地震研究所)。

Fig.10 (a) Time variations in the apparent hydrogen concentrations at the stations OK1 and OK2 using the combustible gas sensors connected to the data logger (1986.12.7-12.22). (b) Time variation in the hydrogen release parameter (apparent hydrogen concentration at OK2 normalized by that at OK1). (c) Time variation in tilt at the northern part of somma observed by Ōshima Volcano Observatory (Univ. of Tokyo).

とトータル伸縮変位量の関係を第12図に示す。KK1とOK2の伸縮計の変位方向は逆方向であるが変位量としてみた場合、ガスセンサーのスパイク頻度とは相関が認められる。なおKK1における伸縮ステップ変位(第12図中矢印e)とセンサー出力のスパイクとは時間的な同時性は認められなかった。ガスセンサーにより深部情報が得られる可能性もあるが、基本的にガスが観測孔まで到達しなければセンサー出力変化として現われないため、伸縮ステップとの同時性が得られなかったと考えら

れる。ガスセンサーは5月23日の地震時には1基もそれに関連した変化を記録していない。

## 6. 終わりに

1987年7月現在で割れ目土壌ガスの水素相当濃度はほぼ安定しており、今年初めに多くみられたOK2及びKK1におけるスパイク状の変動もみられなくなった。

この事実は伊豆大島南部の一連の割れ目の伸縮変化量の減少(遠藤ほか, 1987b)と調和的である。

これまでの観測結果からガスセンサーによる割れ目土壌ガスの連続観測は、火山噴火予知の一助になると考えられる。

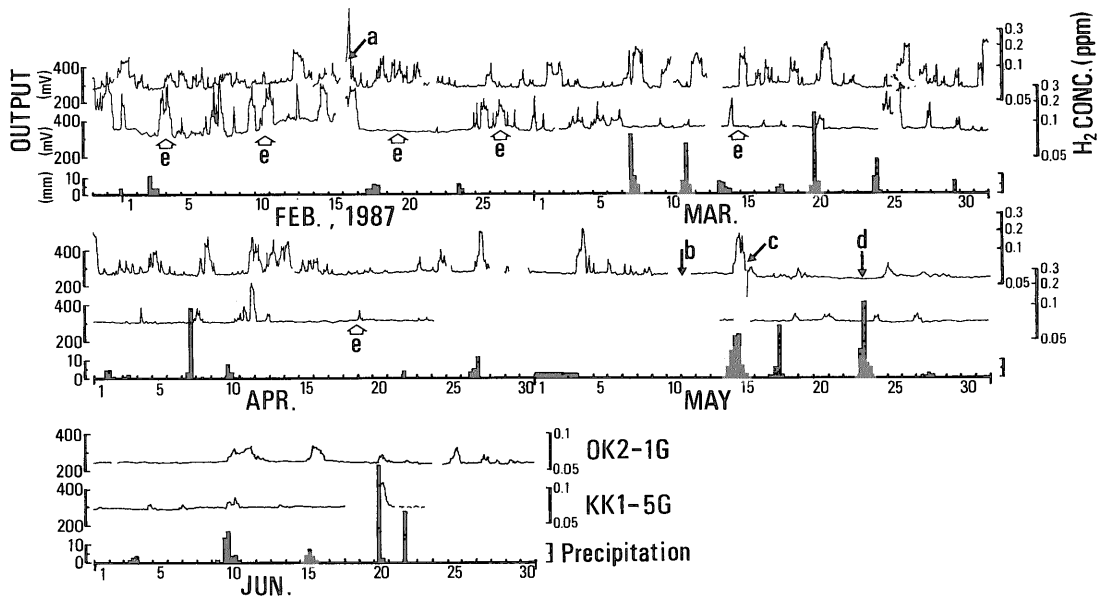
伊豆大島に生じた割れ目土壌ガスは活断層ガスと比較して著しく水素濃度が低い特徴がある。割れ目土壌ガス中の水素を含めた可燃性ガス成分は通常のガスクロマトグラフの測定限界を大幅に下回った濃度であるため、現状では水素ガスセンサー以外の機器による水素の連続観測は困難である。今回の観測に用いている水素ガスセンサーは水素選択性を大幅に引き上げたセンサーであるが、いまだ水蒸気や他の可燃性ガス成分に若干感応するため測定値については水素相当濃度と呼ばざるを得ない。今後、水素あるいは他の可燃性ガスの微量成分の分別定量機器の開発が望まれる。

**謝辞** 1986年12月初旬のガスセンサー設置のための予備調査に際し、東京都、大島町、大島警察署、大島支庁等の関係機関に協力していただいた。1986年暮れから1987年1月にかけてのガスセンサー設置以後、設置場所の所有者の方々には、場所使用に当たり多大な便宜をはかっていただいている。

渡辺秀文氏をはじめとする東京大学地震研究所伊豆大島火山観測所各位には、予備調査及び測器の設置に際し多くの観測情報提供と便宜をはかっていただいた。気象庁大島測候所の方々及び地質調査所の田口雄作氏及び安原正也氏には気象観測データを見せていただいた。また、地質調査所の曾屋龍典、遠藤秀典、玉生茂子、宇都浩三、山元孝広及び小野晃司の各氏及び気象庁火山室の小坂順一氏には現地調査及び測器の設置に際し多くの協力を得た。一刻を争うほど急を要した機器設置のため、(株)センサーテックには万難を排し協力いただいた。

中塚正、牧野雅彦及び村田泰章の各氏には、多大な労力を割いてデータ処理及び監視用の各種グラフ化処理をしていただいた。

以上の方々をはじめ、現地調査及び測器の設置に当たり協力していただいた多くの方々へ深く感謝いたします。

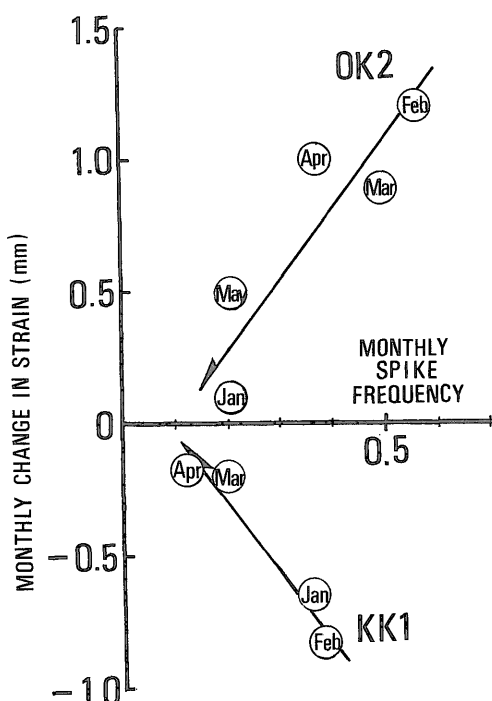


第11図 スパイク状変動のみられたテレメトリー式水素ガスセンサー (OK 2 及び KK 1) の出力の経時変化と降水量 (1987.1.30-6.30) 降水量は地質調査所垣原総合水位観測井における観測値を用いた。4月27日-5月13日の期間の降水量については気象庁大島測候所の観測値を使用した。矢印 a は観測孔の設置状態変更, b は M5.1 の伊豆半島東方沖地震, c はガスセンサーを常時通電方式から断続通電方式への変更, d は伊豆大島南東部を震源とする M3.2 の地震, e は KK 1 割れ目上に設置した伸縮計が縮み方向のステップ状変化を記録したとき (遠藤ほか, 1987b) をそれぞれ示す。

Fig.11 Time variation in the outputs of the two telemetered sensors which detected some spike-like release of hydrogen gas and the precipitation (1987.1.30-6.30). The precipitation data are obtained at the Kakiyara observation well (GSJ). The precipitation in the period from April 27 to May 13 is plotted using the data obtained at Oshima Weather Station (JMA). The arrows "a" to "e" indicate the following events; "a" : modification of the observation holes, "b" : earthquake ; off the east coast of the Izu Peninsula (M 5.1) "c" : alteration of the control method of gas sensor, "d" : earthquake ; southeastern part of Izu-Oshima (M 3.2), and "e" : step-like contractive change in strain observed at the open crack of KK1 (ENDO *et al.*, 1987b).

第2表 OK 2 及び KK 1 におけるガスセンサースパイク頻度 (月間) と割れ目の伸縮変化量 (遠藤ほか, 1987b)  
Table 2 Monthly spike appearance frequency of the output of the gas sensors at OK2 and KK1 and monthly change in strain of the crack at the same station (ENDO *et al.*, 1987b).

Month	奥山第2 (OK2)		垣原第1 (KK1)	
	Monthly spike appearance frequency of output	Monthly Change in strain (mm)	Monthly spike appearance frequency of output	Monthly Change in strain (mm)
Jan.			0.36	-0.65
Feb.	0.56	+1.2	0.38	-0.83
Mar.	0.50	+0.9	0.21	-0.19
Apr.	0.37	+1.0	0.12	-0.20
May	0.21	+0.5		
Jun.	0.20	+0.1		



第12図 ガスセンサーバイク頻度(月間)と割れ目の伸縮変化量(月間)(遠藤ほか, 1987b)の関係 OK2の伸縮変化量は月間トータル変位を, KK1は月間ステップ変位量を用いた。

Fig.12 Relationship between the monthly spike appearance frequency of the output of the gas sensors and the monthly change in strain (ENDO *et al.*, 1987b). The monthly total change in strain is used for the OK2 result, and the monthly step change in strain is used for the KK1 result.

文 献

遠藤秀典・釜井俊孝・角井朝昭(1987a) 伊豆大島火山1986年の噴火—割れ目とその伸縮観測について—。地質ニュース, no.392, p.19-33.  
 遠藤秀典・釜井俊孝・角井朝昭(1987b) 伊豆大島における伸縮観測。地調月報, vol.38, p.659-675.  
 加藤 完・風早康平・安藤直行・高橋 誠(1987) αトラック法による伊豆大島火山1986年の噴火に伴う割れ目調査。地調月報,

vol.38, p.689-693.

KITA, I., MATSUO, S. and WAKITA, H. (1982) H<sub>2</sub> generation by reaction between H<sub>2</sub>O and crushed rock: An experimental study on H<sub>2</sub> degassing from the active fault zone. *J. Geophys. Res.*, vol.87, p.10789-10795.

水林 修・佐竹 洋・木村郁彦(1986) 跡津川断層におけるH<sub>2</sub>モニターによる水素の連続観測。日本地球化学会年会講演要旨集, p.143.

中塚 正・村田泰章・牧野雅彦(1987) 大島火山噴火対策テレメータ受信システムソフトウェアの構成と機能。地質調査所研究資料集, No.35, 72p.

大隅多加志・川井浩明(投稿中) 火山噴気地における電池駆動データロガーによる水素ガス濃度の連続観測。火山。

佐竹 洋・林 美光(1983) 跡津川断層, 牛首断層における断層ガスの連続観測—炭酸ガス, 水素について。地球, vol.5, p.366-372.

SATAKE, H., OHASHI, M. and HAYASHI, Y. (1984/85) Discharge of H<sub>2</sub> from the Atotsugawa and Ushikubi faults, Japan, and its relation to earthquakes. *Pageoph*, vol.122, p.185-193.

SATO, M. and McGEE, K. A. (1981) Continuous monitoring of hydrogen on the south flank of Mount St. Helens. The 1980 Eruptions of Mount St. Helens, Washington, U.S. Geol. Surv. Professional Paper, vol.1250, p.209-219.

SUGISAKI, R., IDO, M., TAKEDA, H., ISOBE, Y., HAYASHI, Y., NAKAMURA, N., SATAKE, H. and MIZUTANI, Y. (1983) Origin of hydrogen and carbon dioxide in fault gases and its relation to fault activity. *J. Geol.*, vol.91, p.239-258.

WAKITA, H., NAKAMURA, Y., KITA, I., Fujii, N. and NOTSU, K. (1980) Hydrogen release: New indicator of fault activity. *Science*, vol.210, p.188-190.

(受付:1987年8月18日;受理:1987年10月5日)