

土壌ガスによる伊豆大島元町地区の熱水上昇域探査

加藤 完* 高橋 誠*

KATO, Kan and TAKAHASHI, Makoto (1991) Soil gas survey on invasion point of thermal water at the Motomachi area of the Izu-Oshima Island. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 42 (9), p. 473-478, 3 fig., 2 tab.

Abstract: A rapid rise of groundwater temperature was observed at the Koshimizu well in the Motomachi area after the 1986 fissure eruption of Izu-Oshima Volcano. Results of measuring groundwater temperature and soil gas conclude that the thermal water had invaded into a shallow aquifer in the vicinity of the Koshimizu well.

In order to locate again the site of the thermal water invasion, soil gases such as Hg, Rn, H₂ and CO₂ were measured in the area. Evaluation on the basis of analytical results was made by "score method" and anomalous soil gas concentration was shown explicitly by the score method. It is concluded again that main thermal water has invaded into a shallow aquifer lying through the mountain side of the Koshimizu well.

要 旨

1986年11月21日の伊豆大島火山の割れ目噴火後、元町地区の小清水井を中心とした水井戸において、火山性熱水の上昇による影響と考えられる帯水層の水温上昇が観測された。今回は新たに火山性熱水から放出される土壌ガス中のHg, Rnに注目し、同時に再度H₂, CO₂ガス濃度分布の測定を行い、4種類のガスの濃度結果をスコア評価法で評価し、そのスコアから熱水の上昇域の探査を行った。その結果、前回の報告と同様にほぼ同じ小清水井の山側に、主要な熱水上昇域があることが推測された。

1. はじめに

1986年11月21日の伊豆大島火山の割れ目噴火後、元町地区の小清水井を中心とした水井戸において、火山性熱水の上昇による影響と考えられる帯水層の水温上昇が大島町役場水道課によって観測された。元町地区の水井戸群の水温調査と土壌ガス中のCO₂とH₂等の濃度分布から、小清水井の山側に主要な熱水の上昇域が存在することが推測された(加藤ほか, 1990)。今回は新たに火山性熱水から放出する土壌ガス中のHgとRnに注目し、小清水井の山側を中心としてその濃度分布の測定を実施

した(野田: 1983, 1985)。同時にCO₂とH₂濃度の測定を行い、4種類のガスの測定結果をスコア評価法で評価し、そのスコアから熱水の上昇域の探査を試みた(小川ほか, 1983; 長谷ほか, 1985)。

2. 元町地区の水理地質

元町地区の地質は第四紀後期に噴出した玄武岩質の火山岩と火砕岩の互層からなる(一色, 1984)。噴出年代が新しく未風化であるため透水性が良く、全ての水源井の静水位はほぼ海水準近くに位置する。水位は2-3時間の遅れは見られるものの海洋潮汐に伴って変動する(田口ほか, 1988)。また小清水井の揚水テスト時の水位降下が僅か16cmであることから、これらの地層は極めて透水性が良いことが明らかである。なお大島の水源井はいずれも静水位(ほぼ海水準)に達した後10m前後で掘止めている。この理由は、伊豆大島ではGhyben-Herzbergレンズが形成されており、帯水層は淡水層と塩水層が成層している結果(高橋ほか, 1987)、密度成層している上部の淡水のみを水中ポンプを用いて揚水するためである。

元町地区の水井戸の地質柱状を対比しても地質の連続

Keywords: soil gas, Izu-Oshima, thermal water, groundwater, Koshimizu well, volcano, gas chemistry, thermal water invasion, Hg, Rn, H₂, CO₂, score method

* 環境地質部

性がないことと、水井戸の水温が1987年9月以前の10年間ほとんど変化なく、東西にほぼ同程度の水温を持つ水井戸が並んでいることから、元町地区の地下水系は地層の累重構造に規制され、東西に帯状に分かれていると推定される。

3. 元町地区の水温と土壤ガス調査

元町地区の水井戸の水温の経時変化(1977年10月-1987年9月)は夏に高く冬に低いという季節変化を示しながら、 20°C 前後の水温で推移している。1988年1月25日に実施した元町地区の水井戸の水温調査では、近接する第1中学校井でも大巾($\Delta T=8.8^{\circ}\text{C}$)な水温上昇が観測された。最高水温上昇($\Delta T=21^{\circ}\text{C}$)を示したのは小清水井であった。水温上昇開始が一番早く現れ、かつ水温上昇度の大きい小清水井またはその山側付近で、熱水が地下の割れ目を通して上昇し、帯水層上部の淡水と混合したと考えられる。

水温調査の結果、熱水の上昇域は小清水井またはその山側付近と推定されたので、さらに詳しくその地域を特定するため、火山性熱水に普遍的に含まれる CO_2 および H_2 のガス成分に注目し、小清水井を中心として凡そ $1.2\text{ km}\times 1.2\text{ km}$ の範囲で、1989年2月15日-18日にその濃度分布の測定を実施した。測定の結果、小清水井とその山側で H_2 濃度が高くかつ CO_2 濃度も他に比べて高いことがわかった。

4. スコア評価法

スコア評価法とは野田によって土壤ガス濃度異常の測定結果の客観的表示法として考案された(長谷ほか, 1985)。土壤ガス測定結果は通常ガス濃度分布図として表示する方法がとられるが、ここでは各観測孔での異常を得点として評価し、総合得点の比較によって熱水上昇域の存在を確認しようとするものである。類似の考え方は技術アセスメントには評価関数法としてしばしば用いられ、地熱資源評価においても試行されている(小川ほか, 1983)。ここでは複数の地質調査データが地熱資源の賦存に関連するパラメータと考えられることから、それらのデータの結合で表わされる評価関数で、評価点(スコア)の高い方が熱水の存在をより高く示唆するものと考えられている。

5. スコア法による土壤ガス調査

前回の調査(1989年2月18日)で主要な熱水上昇域は小清水井山側と推測されたので、山側を中心とした土壤ガス観測孔を第1図に示すように30孔設置した。観測孔

は電動オーガーで掘さくした孔径6cm 深度80cmの孔に、第2図に示すようなゴム栓・クリップ付きの塩ビ管を埋め込んだものである。掘さく直後の土壤ガス中の H_2 濃度は正常値に比べ高いことが知られている(水林ほか, 1986)ので、この効果を除くため導管から二口注射器で掘さく時の空気を2 ℓ 抜き出した。

掘さくの翌日、土壤ガス中の H_2 濃度はセンサーテック製HC-10ポータブル酸素チェッカーを用いて、 CO_2 濃度は北川式炭酸ガス検知管を用いて測定した。 Hg 濃度は5 ℓ の土壤ガスを金をコーティングしたセラミックビーズを捕集剤とする水銀捕集管に吸引し、金アマルガムとして Hg を濃縮捕集した。日本インスツルメンツ製マーキュリーSP-3型水銀測定専用装置を用いて、水銀捕集管から焼出し炉で Hg を気化させ、冷原子吸光装置で Hg 濃度を測定した。大島の土壤ガス中の Rn 濃度は低濃度のため、通常のシンチレーション法では測定が不可能である。一方、 α トラック法では硝酸セルローズフィルム(コダック製LR 115 Type II)を長時間土壤ガス中に暴露させることにより、低濃度でも測定が可能であることからこれを使用した(加藤ほか, 1987)。

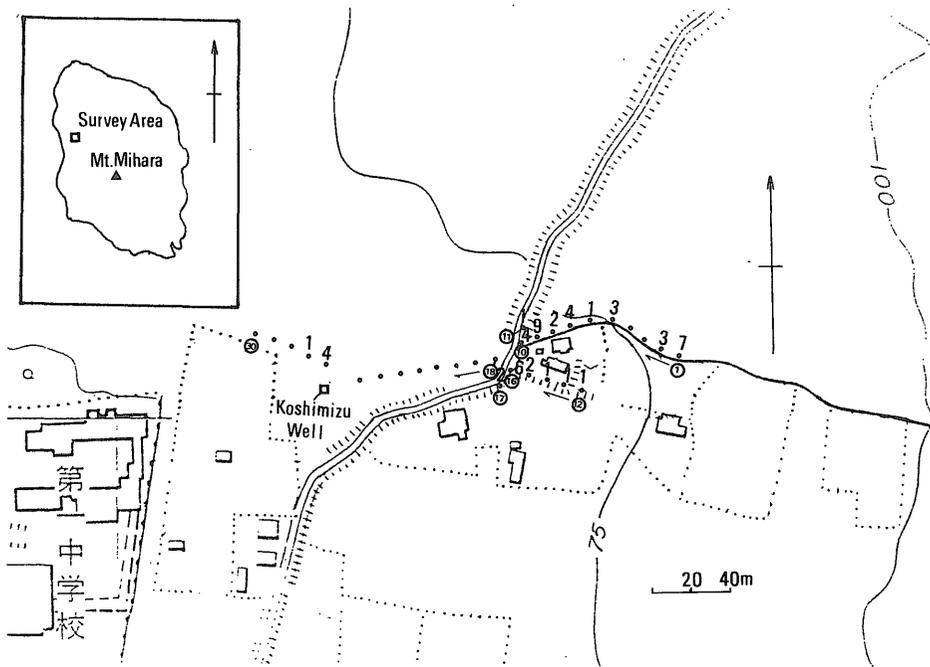
6. 測定結果とスコア法による考察

6.1 測定結果

土壤ガス測定は計2回実施した。第1回は1990年11月29日に Hg 、 CO_2 、 H_2 の3成分について、第2回は1990年12月13日に CO_2 、 H_2 の2成分について行った。 Rn の測定は1990年12月13日-12月27日(14日間)、12月27日-1991年1月11日(15日間)、1月11日-1月25日(14日間)の3期間それぞれ硝酸セルローズフィルムを観測孔中の土壤ガスに暴露させ、実験室に持ち帰りエッチング後、トラック数をカウントした。30観測孔におけるそれぞれの測定結果は第1表に示した。なお第1表には、1989年2月18日にほぼ同じところで行った土壤ガス中の CO_2 と H_2 の測定値も参考までに表示した(加藤ほか, 1990)。

6.2 スコア法の適用

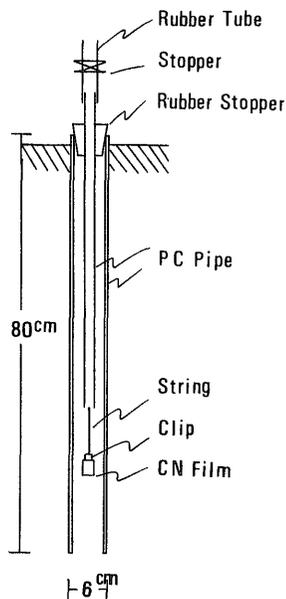
スコア法は独立した多項目のデータをもとに評価を行うための簡便な客観的方法である。今回の測定結果に対するスコア法の適用は次の手順で行った。各観測孔のガス濃度値について、横軸にガス濃度を、縦軸に累積頻度をとると、測定値の分布は屈曲した直線で示される(第3図)。 CO_2 と Rn ガスについてはこの累積頻度分布図上の屈曲点が2点求められた。 Hg と H_2 ガスの屈曲点は1点である。前者については屈曲点におけるガス濃度値を境界とし3ランクに分け、後者については2ランクに分



第1図 観測孔位置図

上段の数字はスコア法による得点(数字のないものは0点)。下段丸印内の数字は観測孔の番号を示す(矢印の順に番号が与えられている)。

Fig. 1 Locality map of observation hole around the Koshimizu well. Upper numerals indicate evaluation scores on the "score method" and under numerals in the circle show the number of an observation hole.



第2図 観測孔模式図

Fig. 2 Schematic diagram of an observation hole.

けて、高濃度を高点として配点した。なお H_2 ガスについては 0 ppm の測定値が多いのでそれを 0 点とし、3 ランクに分けた。濃度ごとのスコア法得点基準は第 2 表に示す。スコア法による得点は今回の測定項目すべてについて加算したものを第 1 表、その分布は第 1 図に示した。

6.3 スコア法に基づく考察

スコア法により得点のあった土壤ガス観測孔は、小清水井山側に 15 孔と小清水井付近に 2 孔みられる。これらの内、最高得点観測孔は No.9 である。No.9 に隣接する No.8 は前回 (1989 年 2 月 18 日) CO_2 および H_2 の異常高濃度が観測された観測孔とほぼ同一地点にある。また小清水井の山側に高得点の観測孔が多数みられ、前回 CO_2 および H_2 の高濃度もほぼ同じ地点の観測孔にみられた。これらのことから、僅かに位置を変えながらも小清水井山側付近に、現在もなお主要な熱水供給のあることが推測される。

7. まとめ

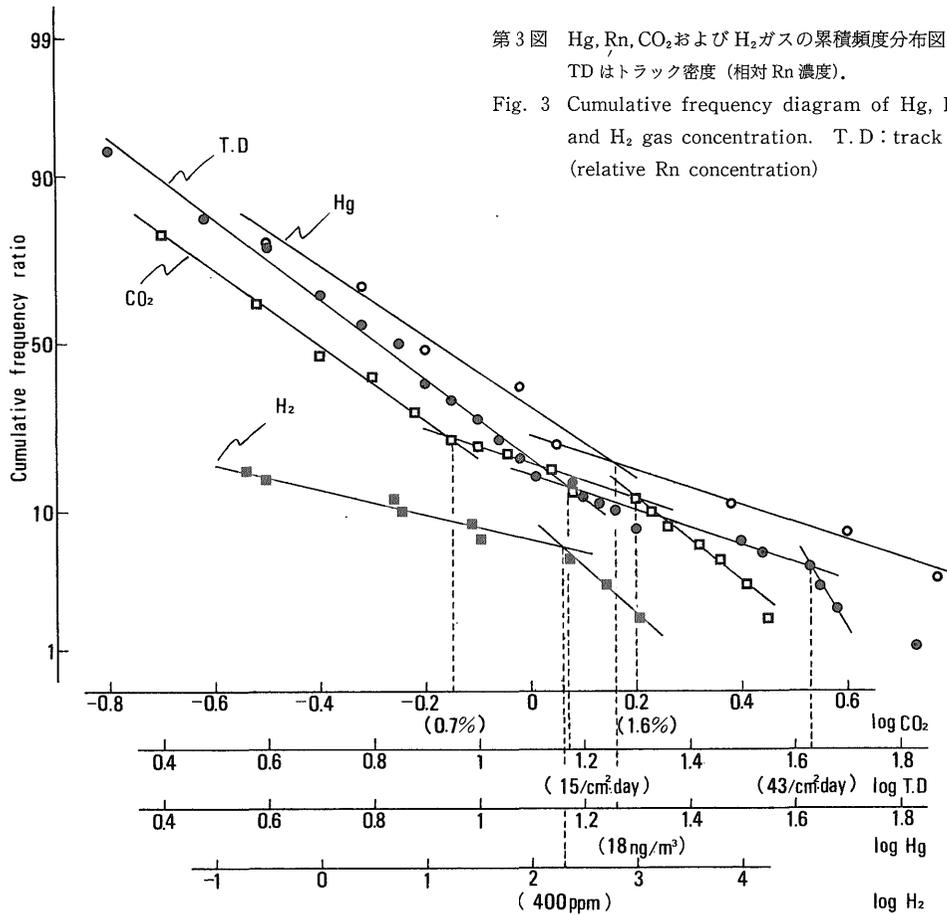
1986 年 11 月 21 日の伊豆大島火山の割れ目噴火後、4 年過ぎても、火山性熱水の放出成分である CO_2 , H_2 , Hg,

Composition Hole	Date	CO ₂ %		track/cm ² ·day			H ₂ ppm		Hg ng/m ³	Score	CO ₂ %	H ₂ ppm
		1990 11/29	1990 12/13	1990 12/13-12/27	1990_1991 12/27 1/11	1991 1/11-1/25	1990 11/29	1990 12/13	1990 11/29		1989 2/18	
1		0.4	0.9①	3	45②	5	0.27①	0.25①	50①	7	—	—
2		0.2	0.3	2	16①	15①	0	0	30①	3	0.1	25
3		0.5	0.2	12	12	8	0	0	8	0	0.2	2
4		0.4	0.1	7	5	7	0	0	12	0	0.1	24
5		0.3	0.1	11	9	48②	34①	0	12	3	0.1	13
6		0.3	0.3	9	8	11	5.4	0	14	1	0.1	3
7		0.3	1.8②	7	6	4	520②	0	6	4	6.0	49
8		1.1①	0.6	7	6	7	240①	0	14	2	4.5	1028
9		3.2②	2.3②	20①	5	43②	29①	0	74①	9	3.3	5
10		0.1	0.7①	3	8	4	1100②	0.15①	12	4	1.3	1
11		0.9①	0.2	3	2	7	0	0	12	1	—	—
12		1.2①	0.3	10	7	4	0	0	14	1	—	—
13		0.1	0.5	18①	12	13	0	0	8	1	0.2	0
14		0.2	0.3	9	10	17①	0	0	8	1	0.1	0
15		0.6	0.3	6	10	67②	0	0	2	2	0.2	0
16		2.6②	2.8②	5	32①	7	5.8①	0	2	6	—	—
17		0.4	0.8①	1	9	35①	0	0	2	2	—	—
18		0.3	0.2	4	3	7	0	0	6	0	—	—
19		0.1	0.2	4	1	7	0	0	6	0	—	—
20		0.5	0.2	1	7	4	0	0	2	0	—	—
21		0.4	0.2	1	2	13	0	0	2	0	—	—
22		0.5	0.5	2	2	2	0	0	2	0	—	—
23		0.2	0.1	2	1	5	0	0	4	0	—	—
24		0.1	0.2	2	3	4	0	0	4	0	—	—
25		0.6	0.6	4	3	4	0	0	6	0	—	—
26		2.1①	1.7②	1	11	11	0	0	4	4	1.3	0
27		1.1①	0.2	13	2	9	0	0	6	1	—	—
28		0.1	0.1	5	5	6	0	0	—	0	—	—
29		0.1	0.1	4	4	10	0	0	—	0	—	—
30		0.5	0.1	5	6	8	0	0	—	0	—	—

第1表 観測孔 (No1-No30) の土壤ガス濃度とトラック密度 (相対 Rn 濃度)

丸印内の数字はスコア法によるスコアを示す (数字のないものは0点) 。—は測定しなかったことを示す。

Table 1 Some specific gas composition of gas in the observation hole No.1 through No.30. Numerals in the circle show evaluation scores on the "score method". CO₂ and H₂ concentration of right side observed on



第3図 Hg, Rn, CO₂およびH₂ガスの累積頻度分布図
TDはトラック密度(相対Rn濃度).

Fig. 3 Cumulative frequency diagram of Hg, Rn, CO₂ and H₂ gas concentration. T.D: track density (relative Rn concentration)

第2表 スコア法による得点基準

Table 2 Score-concentration indication for some specific soil gases.

成分 \ 得点	2	1	0
CO ₂	1.6% ≤	0.7—1.6%	0.7% >
Rn	43/cm ² ·day ≤	15—43/cm ² ·day	15/cm ² ·day >
Hg		18 ng/m ³ ≤	18 ng/m ³ >
H ₂	400 ppm ≤	0—400 ppm	0 ppm

Rn濃度の高スコア観測孔が小清水井山側付近に集中していることが判明した。前回の報告(加藤ほか, 1990)と同様に、引き続きこの付近に主要な熱水の上昇域があることが推測される。また土壤ガス中のHgとRnはその濃度分布から、CO₂とH₂と同様に火山性熱水の上昇域探査の一手法とすることができる。

謝辞 土壤ガス中のHg濃度の測定およびスコア法については、環境地質部野田徹郎博士に御教示をいただいた。土壤ガス観測孔の設置場所は大島町役場および大島町元町志村勝麿氏に貸与いただいた。Hg濃度は日本インスツルメンツ株式会社に分析を行っていただいた。ここに厚く感謝の意を表します。

文 献

- 長谷紘和・野田徹郎・山口 靖(1985) 土壤ガス法による「豊岡-宮原線」西半の調査結果とその地熱探査上の意義。地調報告, no.264, p. 153-165.
- 一色直記(1984) 大島地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅)。地質調査所, 133 p.
- 加藤 完・風早康平・安藤直行(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.
- ・高橋 誠・安藤直行(1990) 伊豆大島元町地区の深部熱水混入域の探査。火山 第2集, vol. 35, p. 351-358.
- 野田徹郎(1983) 水銀を指標とする化学的地熱探査。地熱エネルギー, vol. 8, p. 229-244.
- (1985) 土壤ガス法による地熱探査。地熱エネルギー, vol. 10, p. 24-37.
- 水林 修・佐竹 洋・木村郁彦(1986) 跡津川断層におけるH₂モニターによる水素の連続測定。日本地球化学会要旨集, p. 143.
- 小川克郎・長谷紘和・花岡尚之・津 宏治・村岡洋文・山口 靖・矢野雄策・仲沢 敏・西 祐司(1983) 評価関数法による九州の評価の試行。昭和57年度サンシャイン計画研究開発成果中間報告書, p. 187-216.
- 田口雄作・安原正也(1987) 伊豆大島における地下水位等の連続観測。地調月報, vol. 38, p. 705-718.
- 高橋正明・阿部喜久男・野田徹郎・安藤直行(1987) 伊豆大島地域の地下水の地球化学的研究。地調月報, vol. 38, p. 719-730.

(受付: 1991年5月17日; 受理: 1991年6月5日)