

伊豆大島地域の地下水の地球化学的研究

高橋正明* 阿部喜久男** 野田徹郎* 安藤直行***

TAKAHASHI, M., ABE, K., NODA, T. and ANDO, N. (1987) Geochemical study of groundwater in the Izu-Ōshima Island area. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol.38(11), p.719-730.

Abstract : Chemical analyses were carried out for 90 water samples from hot and cold springs, and boreholes in the Izu-Ōshima Island area just before and after the 1986 eruption of Izu-Ōshima Volcano.

The analytical results show the groundwater in the Izu-Ōshima Island area can be subdivided into three types of groundwater system, i.e. basal groundwater (Ghyben-Herzberg's lens), perched water and chemically isolated groundwater (dike water, (isolated) groundwater compartment).

The results of periodic observation for chemical composition of groundwater from 13 observation sites are summarized as follows. (1) The 13 observation sites can be classified on the basis of fluctuations of major dissolved chemical component into three types, i.e. (i) the sites showing enrichment of concentrations for many chemical components with time, (ii) the sites showing continuous decrement of concentration for dissolved sulfate ion and (iii) the sites giving enrichment of concentrations for many chemical components following first depletion. (2) Minor dissolved chemical components (zinc, manganese, ammonium and aluminum ions) are intermittently detected since January 1987 and boron content increase with time.

1. 緒 言

近年、離島地域のエネルギー資源として地熱資源が注目されている。そのため筆者らのうち高橋・阿部は、地殻熱部の経常研究として昭和61年度から4ヶ年計画で「離島地域熱水系の化学的研究」を、伊豆諸島をモデルフィールドとして開始し、初年度は1986年11月6日～14日にかけて、伊豆大島全域の温泉・湧水・水道用坑井の25地点から採水を行った。

ところがその直後の11月15日から三原山の噴火活動が始まった。そこで火山の噴火活動が地下水に及ぼす化学的な影響を調査するため、「大島の噴火に関する地下水・ガスの研究」の一環として12月から地下水水質の定期観測(12月には当時採水可能であった22地点から、本年(1987年)1月以降は原則として13地点から採水)を実施した(本年3月までに、30地点からのべ90試料の採取を行った)。なお、この定期観測は現在も継続中である。

本報告は、「離島地域熱水系の化学的研究」で得られた結果に、1986年12月から1987年3月まで行った地下水水質の定期観測の結果を加えて、火山の噴火活動が

地下水に及ぼす化学的な影響について若干の考察を試みるものである。

謝 辞 本研究を進めるにあたり、東京都大島町役場の方々、特に沢田照男氏をはじめ建設水道課の方々、高橋成氏・安本近志氏をはじめ観光商工課の方々には、資料収集・試料採取の面で御世話になった。高野静生氏をはじめ東汽観光(株)大島温泉ホテルの方々には、試料採取に便宜をはかっていたいただいた。ここに記して深甚なる謝意を表します。

2. 試料採取および分析方法

水試料は、1986年11月から1987年3月まで、伊豆大島全域の温泉・湧水・水道用坑井(以下坑井と略す)の30地点から、のべ90試料の採水を行った。試料水の採取地点を付表1および第1図に示す。

試料水の温度、電気伝導度、pH及び化学成分の分析は以下のように行った。

温度：棒状標準水銀温度計

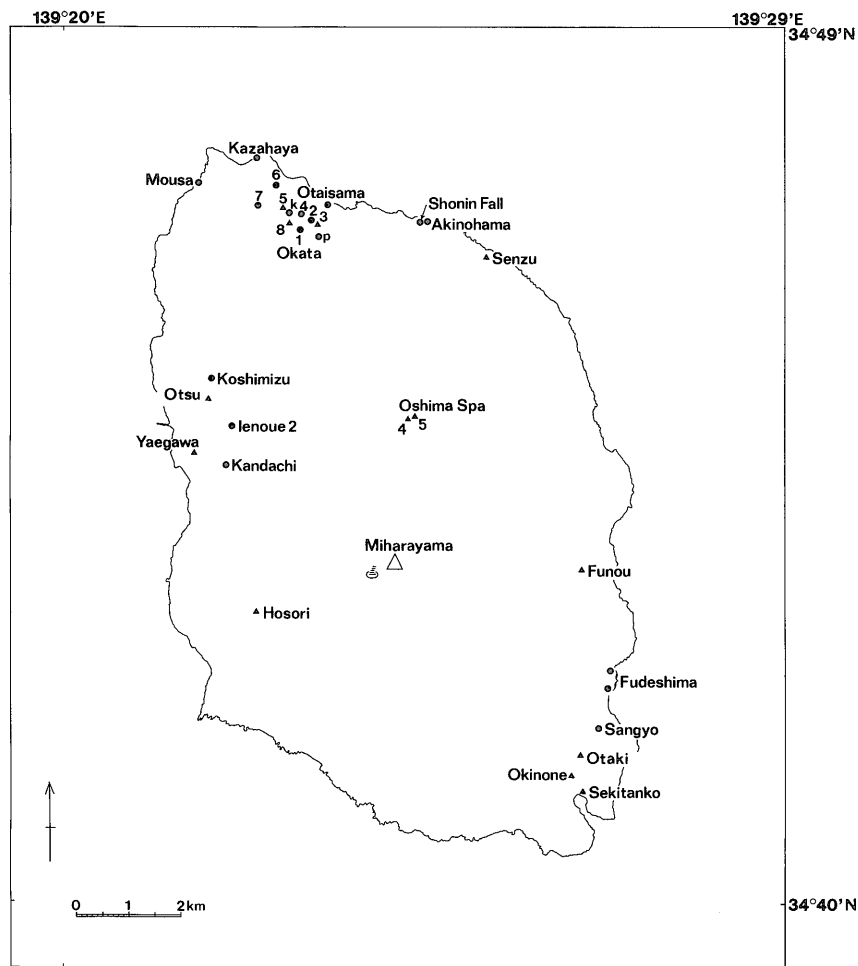
電気伝導度(導電率)：電気伝導度計

pH：電極法

Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺：原子吸光法

NH₄⁺, Fe²⁺, Fe³⁺：吸光光度法

* 地殻熱部 ** 技術部 *** 環境地質部



第1図 試料採取地点 (うち▲は地下水水质定期観測地点)
Figure 1 Locality map of sampling points. (▲ Periodic observation sites)

- Mn²⁺, Cu²⁺, Pb²⁺, Zn²⁺, Al³⁺: 原子吸光法
- Cl⁻: モール法
- SO₄²⁻: 重量法
- HCO₃⁻: メチルオレンジ・アルカリ度換算
- F⁻, Br⁻, I⁻: イオン電極法
- B: マンニット法による容量法
- SiO₂: 重量法
- free CO₂: フェノールフタレイン・酸度換算
- H₂S: よう素滴定法
- T.S.M. (総溶存物質): 重量法

3. 結果と考察

各試料の水温, 電気伝導度, pH および化学成分の分析結果を付表2に示す。

これらの化学成分の内, Cu²⁺, Pb²⁺およびH₂Sはいずれの地点でも検出されていない。またAl³⁺は1987年1月に八重川坑井(元町)で0.3mg/lという値が一度観測されたのみである。そのため, これらの成分は分析表中には掲載しなかった。

さて, 各試料の採取地点は第1図に示すように, 分布に地域的なまとまりがある。そのため, 大島温泉ホテル4号井および5号井を「大島温泉」, 岡田小学校プール用坑井, 岡田第1坑井~岡田第8坑井および小涌園坑井の各坑井を「岡田坑井群」, 八重川・神達・家の上第2・大津・小清水の各坑井を「元町坑井群」, 石炭庫湧水および沖の根坑井を「波浮坑井群」, 大滝坑井および産業用坑井を「垣原坑井群」, 島内各地の湧水を「湧水群」と区分する。

3.1 伊豆大島に分布する地下水の胚胎様式

第1表に、各地点で採取した水試料のうち、採集年月日が一番早い試料水の全化学成分を用いて行った多成分濃度相関マトリックス解析 (ANDERS, 1972) の結果を示す。また第2図に、上述の試料水の主要化学成分のキータグララムを示す。

この第1表から、伊豆大島に分布する地下水は、(I) 岡田・垣原坑井群およびそれらと化学成分的に相関のある湧水群、(II) 元町および波浮坑井群、(III) 化学成分的に孤立した大島温泉およびホソリ・フノウ湧水、の三つに大別できることがわかる。また第2図から、岡田第5坑井では、伊豆大島の他の地点から得られる試料水とは著しく化学成分相互の比率が異なる試料水が得られることがわかる。

さて、(I) 岡田・垣原坑井群の地下水は、島内各地の湧水群の多くと化学成分的に相関がある (第1表参照)。島内各地の多くの湧水の起源は、その湧出の形態から基本的には“perched water (宙水)”型の地下水であると考えられるので、それらと化学成分的に相関のあ

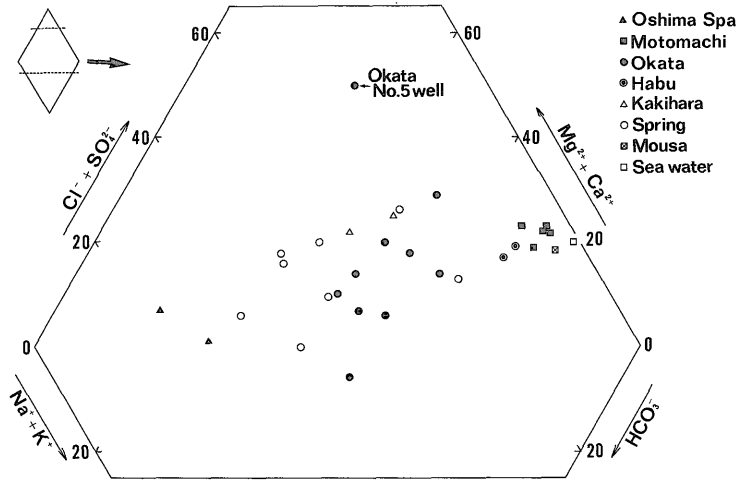
る岡田・垣原坑井群の地下水も“perched water”に相応すると考えられる。しかし特に岡田坑井群の中には、岡田第5坑井のように特異な化学成分相互の比率を持つもの、岡田第7坑井のように (II) の型に属する小清水坑井 (元町) と相関があるものがあり、一括して“perched water”型とは言い切れない一面もある。

次に、(II) 元町および波浮坑井群の地下水は、化学成分相互の比率は第2図に示すように、海水 (杉浦, 1970) およびモウサ湧水 (湧出の形態から“basal spring” (MACDONALD and ABBOTT, 1981) であると考えられる) と類似している。また他の坑井・湧水群に比べ全般的に化学成分の濃度が高く、しかも多くの成分について他の坑井・湧水群と海水・モウサ湧水との混合線付近に濃度が分布している (第3図に Cl⁻ 濃度と Na⁺ 濃度の相関図を示した)。伊豆大島には、Ghyben-Herzberg の法則による淡水レンズ (Ghyben-Herzberg's lens あるいは basal groundwater) の存在が推定されている (青木ほか, 1984)。また、離島地域に存在するこの淡水レンズは、その典型的な例である宮古列島多良間島の地下水の電気

試料 ナンバー	名 称	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	大島温泉ホテル5号井																														
2	大島温泉ホテル4号井																														
3	岡田小学校プール用坑井																														
4	岡田第1坑井					◎																									
5	岡田第2坑井					◎	◎																								
6	岡田第3坑井					◎	◎	◎																							
7	岡田第4坑井					◎	◎	◎	◎																						
8	小涌園坑井 (大島町坑井)					◎	◎	◎	◎	◎																					
9	岡田第5坑井					△					○																				
10	岡田第6坑井					△	△	△		△	○	○																			
11	岡田第7坑井					○	△	○	△	△	○	△	○																		
12	岡田第8坑井						△	△	△	○	○		△	△																	
13	八重川坑井																														
14	神達坑井																														
15	家の上第2坑井																														
16	大津坑井																														
17	小清水坑井																														
18	ホソリ湧水																														
19	石炭庫湧水																														
20	沖の根坑井																														
21	大滝坑井																														
22	産業用坑井																														
23	筆島湧水																														
24	フノウ湧水																														
25	泉津湧水																														
26	上人の滝湧水																														
27	風早湧水																														
28	オタイサマ湧水																														
29	秋の浜湧水																														
30	モウサ湧水																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

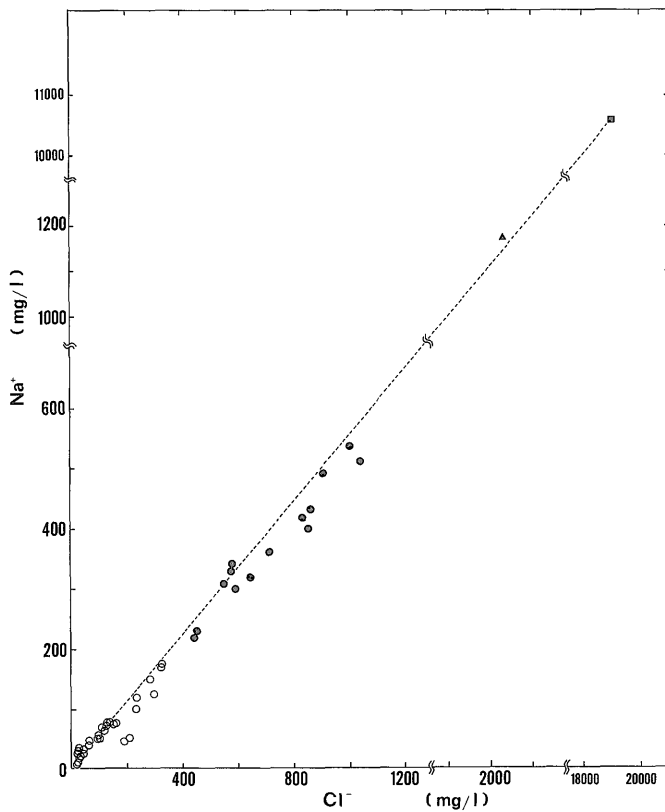
第1表 多成分濃度相関マトリックス解析
Table 1 Ratio-matching correlation matrix analysis.

◎ M=1.3, Z≥0.5 ○ M=1.5, Z≥0.5 △ M=1.5, 0.5≥Z≥0.4 ▽ M=1.5, Z≥0.3 (for Mousa spring)



第2図 温泉水・湧水・坑井水のキーダイアグラム

Figure 2 Key-diagram for water samples from hot and cold springs, and boreholes in the Izu-Oshima Island area.



第3図 温泉水・湧水・坑井水の $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$ 相関図 (試料水は、海水・モウサ湧水以外は1986年11月・12月に採取したもの)
 ■海水 ▲モウサ湧水 ●元町・波浮坑井群 ○岡田・垣原坑井群および湧水群

Figure 3 Correlation diagram for concentrations of dissolved sodium ion vs chloride ion for water samples collected in November and December in 1986 (except for sea water and Mousa spring) from hot and cold springs, and boreholes in the Izu-Oshima Island area. (■ sea water ▲ Mousa spring ● Motomachi- and Habu-well groups ○ Okata- and Kakiyara-well groups and springs)

伝導度の垂直変化 (古川, 1981) の結果から, 化学成分の濃度は下位にある塩水層に向けて連続的に変化する, 成分相互の比率は塩水層に類似したものである, という化学的性質を持つと推定できる. これらから, (II) の地域の地下水は, 塩水層の上に密度成層している淡水層であると考えられる.

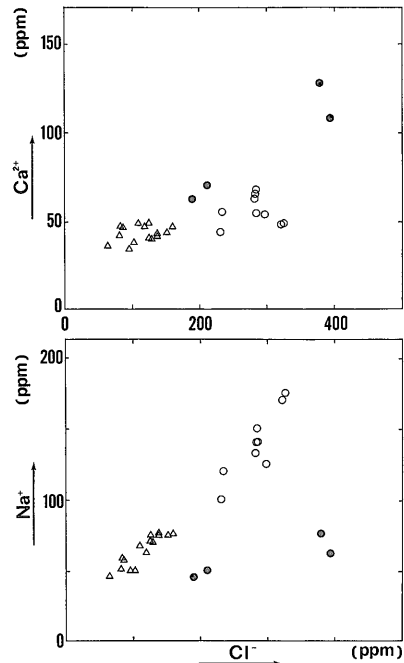
また (III) の内, 「大島温泉」の2本の源泉井は, 坑井間は20m程度しか離れていないのに, 得られる試料水は化学成分的には全く相関がない (第1表参照). また一色 (1984) の大島温泉ホテルの坑井データから判断すると, 両坑井とも地下水面が海拔160m以上と “basal groundwater” 型の地下水面に比べ異常に高いことが推定される. MACDONALD and ABBOTT (1970) は, ハワイ諸島の地下水の研究から岩脈に仕切れれ地下水面が非常に高いという特徴をもつ地下水 (“dike water”) の存在を示した. また ECKER (1976) は, カナリア諸島テネリフェ島の地下水の研究から透水層と不透水層の互層あるいは岩脈のため地下水があたかも個室に入っているような状態 ((isolated) groundwater compartment) で存在していることを示した. これらの地下水の特徴は, いずれも (III) の大島温泉の地下水の特徴とよく一致している.

さて, 岡田第5坑井の地下水は, 他の岡田坑井群に比べ, Cl^- 濃度に対して $\text{Na}^+ \cdot \text{K}^+$ 濃度が相対的に低く, $\text{Ca}^{2+} \cdot \text{Mg}^{2+}$ 濃度が相対的に高いという特徴がある (第4図にそれぞれの坑井での Cl^- 濃度に対する Na^+ 濃度および Ca^{2+} 濃度の相関図を示した). これは池田 (1967) が示した静岡県富士市付近の塩水化した地下水の化学組成に似ていることから, 岡田5号井付近では地下水と帯水層との間で陽イオン交換反応がおき, $\text{Na}^+ \cdot \text{K}^+$ に乏しく $\text{Ca}^{2+} \cdot \text{Mg}^{2+}$ に富む地下水に変質していると考えられる.

以上のことから, 伊豆大島地域に分布する地下水の胚胎様式を模式的に示したのが第5図である. このような地下水系に対して及ぼされる火山活動の影響としては, 松尾ほか (1977) に挙げられている, (i) マグマの上昇による地下水流路の変化, (ii) マグマ発散物の地下水・温泉水への化学成分的な直接的な寄与のほかにも, 火山島特有の現象として, (iii) マグマからの熱の供給による地下水の成層状態の変化・乱れ, (iv) 亀裂の形成による海水の地下水層への侵入という現象が考えられる.

3.2 地下水水質の定期観測

火山の噴火活動に関連して温泉水・地下水水質の定期的な観測を行った例として, 1977年有珠山噴火に関連した調査 (例えば, 松尾ほか, 1977; 安孫子, 1984)



第4図 「岡田坑井群」の地下水の $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$, $\text{Ca}^{2+} - \text{Cl}^-$ 相関図 (試料水は1986年11月-1987年3月の間に採取したもの)

△岡田小学校プール坑井, 岡田第1坑井-岡田第5坑井, 小涌園坑井
●岡田第5坑井
○岡田第6坑井-岡田第8坑井

Figure 4 Correlation diagrams for concentrations of dissolved sodium ion vs chloride ion and of dissolved calcium ion vs chloride ion for groundwater samples collected in the period from 1986.11 to 1987.3 from Okata-well group in Izu-Ōshima Island area.

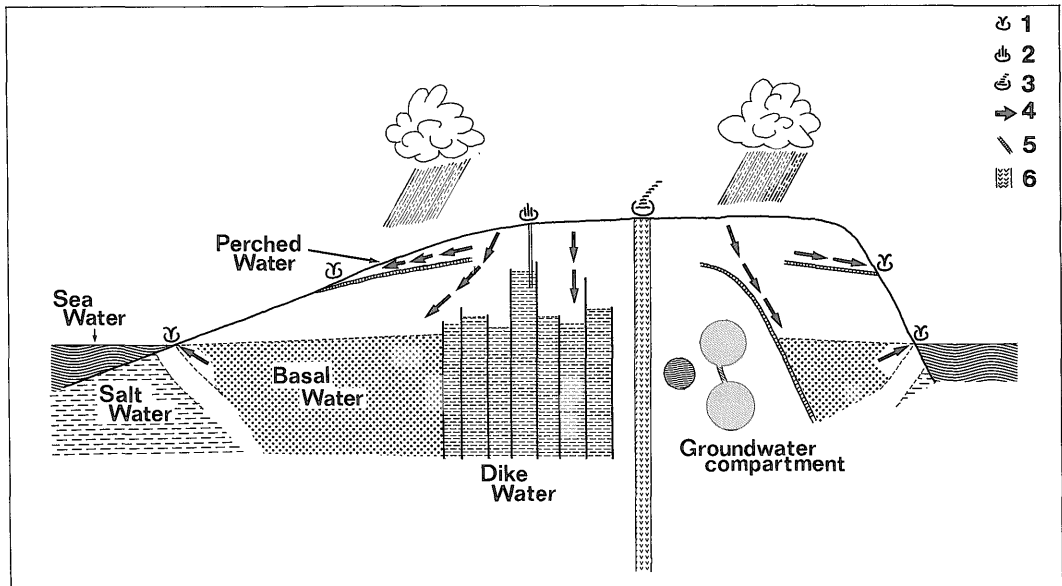
△ Okata p, Okata 1 - Okata 4, Okata k
● Okata 5
○ Okata 6- Okata 8

および阿蘇火山での調査 (太田, 1977) がある. また噴火の前後での温泉水・湧水の変化を調査した例として, 1983年三宅島噴火に関連した調査 (相川ほか, 1984) および桜島火山での若干の調査 (鎌田ほか, 1975) がある. また火山島での地下水水質の季節的な変動の観測は, 伊豆大島 (岩崎, 1963) および三宅島 (新井ほか, 1977) において若干行われている.

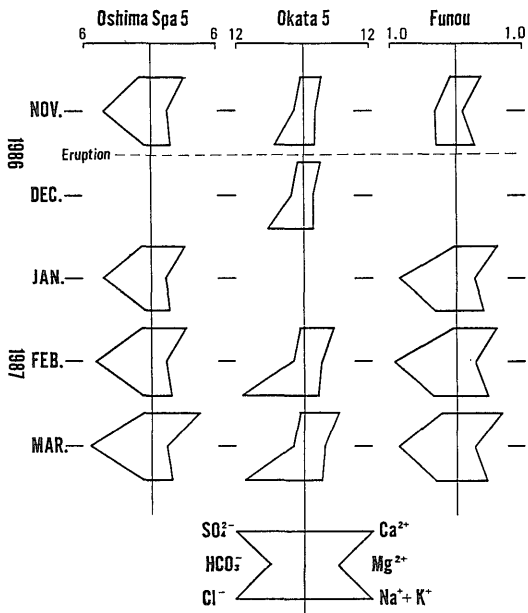
今回の地下水水質の定期観測は開始から5ヶ月しか経過していないので, 第2表の分析結果に基づいて観測事実の報告に留める.

3.2.1 主要化学成分について

各観測地点の主要化学成分の変動を, 濃度の増減という観点から類別すると以下の三つに分けられる.



第5図 伊豆大島地域に分布する地下水系の模式図 1湧水 2温泉 3噴火口・噴気孔 4地下水の流動方向 5不透水層 6火道
 Figure 5 Schematic diagram showing groundwater systems in the Izu-Oshima Island area. 1 spring 2 hot spring 3 crater and fumarole 4 approximate directions of movement of groundwater 5 impermeable layer 6 vent



第6図 大島温泉ホテル5号井・岡田第5坑井・フノウ湧水のヘキサダイアグラム

Figure 6 Hexa-diagrams for water samples from Oshima Spa no.5 and Okata no.5 wells, and Funou fountain.

(I) 第6図に示すように、大島温泉ホテル5号井・フノウ湧水では Ca^{2+} および HCO_3^- 、岡田第5坑井では Ca^{2+} および Cl^- の濃度増加が顕著である。また岡田第8坑井・ホソリ湧水・石炭庫湧水でも多くの成分について濃度の増加が見られる。

(II) 第7図に示すように、大島温泉の2本の源泉井では、 SO_4^{2-} の濃度が1986年11月の観測開始以来一方的に減少している。

(III) 八重川・岡田第3・沖の根・大滝の各坑井では、多くの成分について一旦濃度が減少しその後増加するというパターンが見られる。

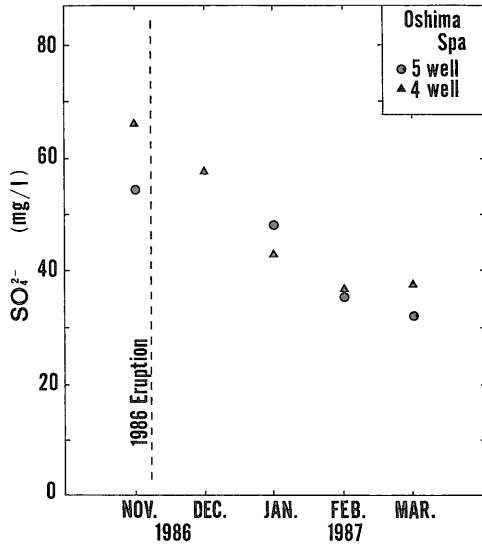
3.2.2 微量化学成分について

微量化学成分に関しては1987年1月になって顕著な異常が現われた。

(I) Zn^{2+} が12観測地点すべてで検出された。2月以降も多くの観測地点で検出されている(大島温泉ホテル4号井では、噴火以前から検出されている)。

(II) 八重川坑井で $NH_4^+ \cdot Al^{3+}$ 、大島温泉で $NH_4^+ \cdot Mn^{2+}$ 、沖の根坑井で NH_4^+ がそれぞれ観測された。大島温泉では、 $NH_4^+ \cdot Mn^{2+}$ は2月以降も検出されている(大島温泉では Mn^{2+} は噴火前から検出されている)。

(III) Bの濃度が11月以降一方的増加あるいは増加する傾向を示す地点が、大島温泉ホテル5号井・岡田第3・岡田第8・八重川・大津・沖の根・大滝の各坑井お



第7図 大島温泉ホテル4号井・5号井でのSO₄²⁻濃度の変化
Figure 7 Variations of dissolved sulfate ion concentration for water samples from Ōshima Spa nos. 4 and 5 wells with month elapsed.

よび石炭庫・泉津の各湧水の9観測点ある。

4. 結 論

伊豆大島火山 1986 年の噴火の直前および噴火後の地下水の化学分析から以下のことが結論される。

①伊豆大島地域に分布する地下水は、(i) basal groundwater (Ghyben-Herzberg's lens), (ii) perched water (宙水), (iii) 化学成分的に孤立した地下水 (dike water, (isolated) groundwater compartment) の形で胚胎している。

②地下水水質の定期観測の結果から、(i) 多くの化学成分の濃度増加が見られる坑井・湧水群, (ii) SO₄²⁻濃度が著しく減少する坑井群, (iii) 多くの化学成分の濃度が一旦減少し再び増加するパターンが見られる坑井群が異常群として区別できる。

③微量化学成分では、Zn²⁺・Mn²⁺・NH₄⁺について 1987 年 1 月に島内各地の観測点で初めて検出され、その後も断続的に検出されている。また B 濃度も多くの観測点で一方的増加あるいは増加傾向が見られる。

文 献

安孫子勤 (1984) 1977-1978 年有珠山噴火後における洞爺湖、牡鹿両温泉の化学成分の経時変化。文部省科学研究費自然災害特別研究研究成果 (No. A-59-4) 火山ガス測定によ

る噴火予測に関する基礎研究, p.56-70.

相川嘉正・野口喜三男・加藤尚之・塚本邦子 (1984) 1983 年の三宅島噴火に伴う温泉の化学組成の変化。火山 (第 2 集), vol.29 (三宅島噴火特別号), p.S319-S323.

ANDERS, O.U. (1972) Ratio-matching-A statistical aid for discovering genetic relationships among samples, *Anal. Chem.*, vol. 44, p. 1930-1933.

青木 滋・新藤静夫・茅原一也 (1984) 三宅島火山島の地下水。火山 (第 2 集), vol. 29 (三宅島噴火特別号), p. S324-S334.

新井 正・森 和紀・高山茂美 (1977) 三宅島の陸水について。日本陸水学会誌, vol.38, p.1-8.

ECKER, A. (1976) Groundwater behaviour in Tenerife, volcanic island (Canary islands, Spain). *Jour. Hydrol.*, vol.28, p.73-86.

古川博恭 (1981) 九州・沖縄の地下水。九大出版会, 福岡, 393p.

池田喜代治 (1967) 地下水の塩水化についての研究。地調月報, vol.18, p.393-411.

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, 133p.

岩崎文嗣 (1963) 伊豆大島のボーリング孔からの水の化学成分。工業用水, no. 55, p. 31-44.

鎌田政明・露木利貞・大西富雄・太田一也 (1975) 地下水。自然災害特別研究「桜島火山の総合調査」研究班, 桜島火山の総合調査報告, p.67-78.

MACDONALD, G.A. and ABBOTT, A.T. (1970) *Volcanos in the sea*. Univ. Hawaii Press, Honolulu, 441p.

松尾禎士・日下部実・千葉 仁・牛木久雄・小坂文予・平林順一・安孫子勤・野津憲治・小沢竹二郎・荒牧重雄・佐藤和郎・林 保・佐藤 純・藤井直之 (1977) 1977 年有珠山噴火直後の地下水, 温泉水および火山灰の地球化学的研究。火山 (第 2 集), vol.22, p.201-220.

太田一也 (1978) 阿蘇火山における温泉観測。阿蘇火山の集中総合観測 (第 1 回 1977) 報告, p.56-63.

杉浦吉雄(1970) 海洋と化学. 海洋開発シリーズ (受付:1987年7月14日; 受理:1987年10月5日)
8, 共立出版, 東京, 207p.

付 録

付表1 試料採取地点一覧表

Table A-1 The list of water samples from hot and cold springs, and boreholes in the Izu-Ōshima Island area.

名 称	Name	区 分	備考
大島温泉ホテル5号井	Ō-Shima Spa 5	} 大島温泉	○
大島温泉ホテル4号井	Ō-Shima Spa 4		○
岡田小学校プール用坑井	Okata p	} 岡田坑井群	
岡田第1坑井	Okata 1		
岡田第2坑井	Okata 2		
岡田第3坑井	Okata 3		○
岡田第4坑井	Okata 4		
小涌園坑井(大島町坑井)	Okata k		
岡田第5坑井	Okata 5		○
岡田第6坑井	Okata 6		
岡田第7坑井	Okata 7		
岡田第8坑井	Okata 8		○
八重川坑井	Yaegawa	} 元町坑井群	○
神達坑井	Kandachi		
家の上第2坑井	Ienoue 2		
大津坑井	Otsu		○
小清水坑井	Koshimizu		
ホソリ湧水	Hosori	湧水群	○
石炭庫湧水	Sekitanko	} 波浮坑井群	○
沖の根坑井	Okinone		○
大滝坑井	Otaki	} 垣原坑井群	○
産業用坑井	Sangyo		
筆島湧水	Fudeshima	} 湧水群	
フノウ湧水	Funou		○
泉津湧水	Senzu		○
上人の滝湧水	Shonin Fall		
風早湧水	Kazahaya		
オタイサマ湧水	Otaisama		
秋の浜湧水	Akinohama		
モウサ湧水	Mousa		

○は地下水水质定期観測地点

付表2 伊豆大島地域の温泉・湧水・坑井より得られる水試料の化学組成

Table A-2 Chemical compositions for water samples from hot and cold springs, and boreholes in the Izu-Ōshima Island area.

名 称	採 取 年 月 日	導電率 μS/cm	温度 ℃	pH	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Ca ²⁺ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	Fe ²⁺ mg/l	Fe ³⁺ mg/l	Mn ²⁺ mg/l	Zn ²⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	F ⁻ mg/l	Br ⁻ mg/l	I ⁻ mg/l	B mg/l	SiO ₂ mg/l	Free CO ₂ mg/l	T.S.M. mg/l
大島温泉ホテル5号井	61.11.7	583	72.8	6.64	32.5	12.5	17.0	60.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	23.0	54.1	263.4	0.1	0.3	0.0	2.5	175.3	52.7	658.0
大島温泉ホテル4号井	61.11.9	748	53.3	6.60	26.3	8.3	28.0	81.3	0.0	2.4	0.1	0.9	8.8	19.6	65.8	369.2	0.1	0.3	0.0	0.4	122.1	76.8	642.0
岡田小学校プール用坑井	61.11.8	759	22.1	7.20	70.0	5.0	18.0	48.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	124.4	21.7	196.8	0.0	1.4	0.0	0.2	54.4	10.3	510.0
岡田第1坑井	61.11.8	571	19.1	7.11	50.0	4.0	12.3	33.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	94.8	18.9	122.4	0.0	1.1	0.0	0.0	43.8	9.2	397.0
岡田第2坑井	61.11.8	737	21.3	7.23	76.3	5.5	16.1	42.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	136.4	21.7	170.9	0.0	1.7	0.0	0.2	52.6	12.6	505.0
岡田第3坑井	61.11.8	748	21.4	7.25	67.5	5.1	17.0	48.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	108.6	19.6	221.2	0.0	1.4	0.0	0.2	53.3	13.8	538.0
岡田第4坑井	61.11.8	737	21.5	7.16	75.0	5.6	17.8	40.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	124.7	22.7	183.1	0.0	1.4	0.0	0.0	57.7	16.1	492.0
小涌園坑井	61.11.8	704	19.7	7.21	75.0	4.3	16.5	43.8	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	150.8	23.2	137.3	0.0	1.5	0.0	0.0	48.8	8.0	533.0
岡田第5坑井	61.11.8	792	19.1	7.31	45.0	3.3	26.5	62.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	188.6	26.4	102.2	0.0	1.8	0.0	0.0	38.8	4.6	608.0
岡田第6坑井	61.11.8	924	19.2	7.65	100.0	4.6	24.5	43.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	230.5	30.8	100.7	0.0	2.1	0.0	0.0	42.3	2.3	640.0
岡田第7坑井	61.11.8	1,320	23.6	7.30	175.0	11.3	34.5	48.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	325.7	50.3	220.6	0.1	2.9	0.0	0.3	66.5	11.5	927.0
岡田第8坑井	61.11.8	1,100	21.9	6.91	120.0	6.3	24.0	55.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	233.3	39.5	180.9	0.0	1.9	0.0	0.0	50.7	22.9	74.0
八重川坑井	61.11.8	3,472	21.5	7.15	512.5	29.5	55.0	82.5	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	1,034.5	118.6	99.2	0.1	6.9	0.0	0.3	51.1	3.4	2,230.0
神達坑井	61.11.8	2,352	18.5	7.50	362.5	17.5	35.0	62.5	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	710.2	84.8	71.7	0.1	5.2	0.0	0.3	48.2	2.3	1,565.0
家の上第2坑井	61.11.8	2,240	27.6	7.05	318.3	33.0	22.5	70.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	639.1	65.8	108.3	0.1	4.8	0.0	0.3	60.0	8.0	1,493.0
大津坑井	61.11.8	2,912	18.8	7.22	418.8	20.8	51.3	50.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	826.6	113.0	70.2	0.1	5.8	0.0	0.2	50.8	4.6	1,845.0
小清水坑井	61.11.8	1,680	19.1	7.23	220.0	12.3	29.0	42.5	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	440.5	57.6	73.2	0.1	3.6	0.0	0.2	40.6	3.4	1,048.0
ホソリ湧水	61.11.13	165	15.2	7.21	9.4	0.8	3.1	14.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.8	2.7	53.4	0.3	0.2	0.0	0.0	33.3	3.4	179.0
石炭庫湧水	61.11.13	1,980	19.6	7.73	306.3	14.8	50.0	37.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	547.7	95.8	169.3	0.1	0.2	0.0	0.3	43.3	2.3	1,360.0
沖の根坑井	61.11.13	3,190	18.8	6.98	537.5	25.0	92.5	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	997.1	151.4	241.0	0.1	4.5	0.0	0.3	49.1	22.9	2,288.0
大滝坑井	61.11.13	462	18.8	7.11	37.5	3.5	14.9	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	58.1	48.6	94.6	0.1	0.4	0.0	0.1	54.8	16.1	349.0
産業用坑井	61.11.13	594	17.4	7.59	55.0	5.0	17.0	28.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	97.9	57.3	93.1	0.1	0.9	0.0	0.7	57.8	4.6	435.0
筆島湧水	61.11.13	275	17.0	7.42	17.5	2.8	9.4	18.8	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	26.5	25.8	80.9	0.1	0.4	0.0	0.7	47.8	6.9	253.0
フノウ湧水	61.11.13	132	15.5	7.70	5.4	1.0	1.0	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.7	4.9	19.8	0.2	0.2	0.0	0.1	32.6	1.2	160.0
上人の滝湧水	61.11.9	220	14.0	7.61	20.0	1.3	5.5	13.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.2	8.0	76.3	0.1	0.3	0.0	0.0	32.7	1.2	198.0
大島温泉ホテル4号井	61.12.4	682	72.1	6.69	27.5	8.0	26.9	80.0	0.0	2.2	0.3	0.7	14.8	19.2	57.4	404.3	0.1	0.2	0.0	0.6	120.2	89.8	621.0
岡田小学校プール用坑井	61.12.9	704	22.1	7.24	62.8	4.6	17.5	46.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	118.5	21.3	204.4	0.0	1.1	0.0	0.2	55.8	9.0	512.0

付表2 つづき
Table A-2 continued

名 称	採 取 年 月 日	導電率 μS/cm	温度 °C	pH	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Ca ²⁺ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	Fe ²⁺ mg/l	Fe ³⁺ mg/l	Mn ²⁺ mg/l	Zn ²⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	F ⁻ mg/l	Br ⁻ mg/l	I ⁻ mg/l	B mg/l	SiO ₂ mg/l	Free CO ₂ mg/l	T.S.M. mg/l
岡田第1坑井	61.12.9	570	19.0	7.10	50.0	3.8	14.0	37.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	101.7	20.4	126.6	0.0	0.9	0.0	0.2	44.6	12.4	431.0
岡田第2坑井	61.12.9	717	21.2	7.15	75.0	4.8	16.5	41.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	136.4	21.6	175.4	0.0	1.2	0.0	0.2	48.0	9.0	520.0
岡田第3坑井	61.12.9	504	20.6	7.25	45.5	3.5	13.8	35.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.6	16.3	207.5	0.0	0.6	0.0	0.2	44.3	10.1	396.0
岡田第4坑井	61.12.9	717	21.4	7.22	70.0	5.1	17.9	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	127.8	27.0	187.6	0.0	1.1	0.0	0.2	47.3	10.1	510.0
小涌園坑井	61.12.9	695	19.4	7.44	76.0	4.5	17.1	46.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	158.7	27.0	140.4	0.0	1.3	0.0	0.2	42.8	6.7	545.0
岡田第5坑井	61.12.9	912	19.0	7.35	50.0	3.5	27.8	70.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	209.6	28.1	108.3	0.0	1.7	0.0	0.2	40.9	4.5	653.0
岡田第6坑井	61.12.9	1,180	18.9	7.45	125.0	5.0	30.6	53.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	296.9	38.4	108.3	0.0	2.1	0.0	0.2	37.0	2.3	810.0
岡田第7坑井	61.12.9	1,337	23.0	7.29	170.0	10.8	34.5	48.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	320.9	53.1	215.1	0.1	2.2	0.0	0.5	59.6	12.2	920.0
岡田第8坑井	61.12.9	1,344	21.1	7.60	150.0	5.8	25.0	54.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	283.8	40.6	218.2	0.0	1.3	0.0	0.2	48.7	13.5	857.0
八重川坑井	61.12.9	2,912	21.0	7.45	400.0	21.3	46.3	75.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	848.6	102.4	100.7	0.1	4.1	0.0	0.3	48.1	4.5	1,845.0
神達坑井	61.12.9	2,360	18.7	7.42	340.0	13.8	30.0	57.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	573.8	88.9	68.7	0.1	3.8	0.0	0.2	45.9	2.3	1,642.0
家の上第2坑井	61.12.9	2,040	27.2	7.23	300.0	25.0	25.0	62.5	0.0	0.4	0.2	0.0	0.0	587.5	64.5	108.3	0.1	3.3	0.0	0.3	57.2	10.1	1,358.0
大津坑井	61.12.9	2,832	18.6	7.22	432.5	22.8	55.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	855.5	114.3	76.3	0.1	4.1	0.0	0.2	47.7	5.6	1,827.0
小清水坑井	61.12.9	1,652	19.2	7.26	230.0	10.5	29.5	45.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	450.1	61.0	74.8	0.1	2.8	0.0	0.2	46.4	2.3	1,040.0
ホソリ湧水	61.12.9	182	12.9	7.36	11.3	0.6	3.1	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.5	5.7	61.0	0.2	0.2	0.0	0.0	30.6	3.4	170.0
石炭庫湧水	61.12.9	2,596	18.8	7.53	330.0	15.3	54.4	39.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	575.5	103.5	177.0	0.1	3.3	0.0	0.2	46.1	5.6	1,389.0
沖の根坑井	61.12.9	3,304	18.9	7.16	492.5	19.5	83.8	42.5	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	900.2	136.8	234.9	0.1	4.4	0.0	0.3	42.9	11.2	2,025.0
大滝坑井	61.12.9	425	18.1	7.13	30.8	2.8	14.4	23.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	41.2	48.9	97.6	0.1	0.4	0.0	0.1	47.8	6.7	329.0
筆島湧水	61.12.9	266	16.9	7.31	18.8	2.4	9.8	19.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.4	29.1	83.9	0.1	0.3	0.0	0.0	47.1	4.5	248.0
上人の滝湧水	61.12.5	242	10.0	7.50	20.6	1.1	5.6	13.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	29.6	9.6	61.0	0.1	0.3	0.0	0.0	33.3	2.3	194.0
大島温泉ホテル5号井	62.1.13	582	72.1	6.67	31.9	12.5	16.0	59.7	0.0	0.3	0.1	0.4	0.1	24.2	47.8	268.5	0.1	0.2	0.0	3.2	186.8	55.6	640.0
大島温泉ホテル4号井	62.1.13	661	51.3	6.55	25.0	7.8	26.6	79.4	0.2	2.5	0.0	0.9	4.3	20.1	42.6	396.6	0.1	0.2	0.0	0.6	111.1	99.8	618.0
岡田第3坑井	62.1.13	627	21.2	7.24	51.3	4.6	16.0	41.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	80.7	16.8	218.2	0.0	0.8	0.0	0.3	48.7	13.6	420.0
岡田第8坑井	62.1.13	1,120	20.2	6.92	132.5	6.8	27.8	62.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	281.2	36.5	193.7	0.0	2.2	0.0	0.3	49.4	26.1	1,730.0
八重川坑井	62.1.13	3,248	21.1	7.45	487.5	27.5	50.0	76.9	0.1	0.0	0.6	0.0	0.1	1,011.1	109.2	99.2	0.1	5.1	0.0	0.4	41.9	4.5	2,135.0
大津坑井	62.1.13	2,464	18.3	7.42	356.3	16.9	42.5	40.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	709.8	96.4	76.3	0.1	3.9	0.0	0.2	45.0	4.5	1,550.0
ホソリ湧水	62.1.13	157	9.5	7.26	10.0	0.6	3.1	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	14.9	5.1	56.4	0.3	0.1	0.0	0.0	36.8	3.4	153.0

付表2 つづき
Table A-2 continued

名 称	採 取 年 月 日	導電率 μS/cm	温度 °C	pH	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Ca ²⁺ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	Fe ²⁺ mg/l	Fe ³⁺ mg/l	Mn ²⁺ mg/l	Zn ²⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	F ⁻ mg/l	Br ⁻ mg/l	I ⁻ mg/l	B mg/l	SiO ₂ mg/l	Free CO ₂ mg/l	T.S.M. mg/l
石炭庫湧水	62. 1.13	2,464	18.3	6.93	350.0	15.5	60.0	41.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	656.2	110.9	186.1	0.1	3.7	0.0	0.2	44.8	25.0	1,512.0
沖の根坑井	62. 1.13	2,912	18.5	7.19	395.0	18.0	75.0	40.6	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1	758.3	113.7	215.1	0.1	4.1	0.0	0.5	42.3	15.9	1,725.0
大滝坑井	62. 1.13	448	18.0	7.23	31.3	3.0	14.8	23.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	47.1	41.0	100.7	0.1	0.4	0.0	0.0	45.3	9.1	333.0
フノウ湧水	62. 1.13	157	15.2	7.90	8.8	1.1	3.3	11.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	11.1	4.1	53.4	0.2	0.1	0.0	0.0	31.0	1.1	130.0
泉津湧水	62. 1.13	190	9.7	7.54	11.9	0.4	4.8	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	26.0	5.0	51.9	0.1	0.2	0.0	0.0	40.0	2.3	170.0
大島温泉ホテル5号井	62. 2.13	650	74.4	6.56	34.4	13.4	16.8	65.0	0.1	0.4	0.1	0.5	0.1	28.0	35.2	305.1	0.1	0.3	0.0	3.2	184.3	81.7	631.0
大島温泉ホテル4号井	62. 2.13	700	50.8	6.54	27.5	8.1	27.0	83.8	0.1	2.4	0.1	0.8	2.2	19.4	36.4	398.2	0.1	0.2	0.0	0.7	122.0	107.8	627.0
岡田第3坑井	62. 2.13	644	21.0	7.33	58.8	4.7	16.8	46.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	82.2	14.1	221.2	0.0	0.7	0.0	0.3	47.4	12.5	437.0
岡田第5坑井	62. 2.13	1,593	18.0	7.42	62.5	4.5	42.0	107.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	392.8	35.4	106.8	0.0	2.5	0.0	0.2	39.0	6.8	1,057.0
岡田第8坑井	62. 2.13	1,596	20.8	6.86	140.0	7.8	29.5	67.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	283.7	43.5	202.9	0.0	1.1	0.0	0.3	52.7	26.1	900.0
八重川坑井	62. 2.13	3,410	21.4	7.42	500.0	29.3	54.0	82.5	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	995.5	111.2	102.1	0.1	5.0	0.0	0.3	47.0	3.4	2,098.0
大津坑井	62. 2.13	2,360	18.1	7.38	375.0	17.5	39.0	37.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	681.8	90.0	79.3	0.1	3.8	0.0	0.2	43.4	4.5	1,476.0
ホソリ湧水	62. 2.13	169	10.6	7.43	10.0	0.9	3.4	16.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	15.7	4.7	61.0	0.3	0.1	0.0	0.0	33.0	3.4	196.0
石炭庫湧水	62. 2.13	2,360	18.0	7.15	368.8	16.0	59.0	43.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	642.7	106.9	186.1	0.1	3.6	0.0	0.3	47.5	13.6	1,500.0
沖の根坑井	62. 2.13	3,068	18.4	6.88	456.3	21.0	83.0	43.8	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	838.7	128.9	221.2	0.1	4.4	0.0	0.5	47.2	26.1	1,898.0
大滝坑井	62. 2.13	425	17.4	7.00	33.1	3.4	15.0	25.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	48.4	47.6	100.7	0.1	0.4	0.0	0.2	54.4	7.9	324.0
フノウ湧水	62. 2.13	127	15.0	7.90	10.0	1.3	3.5	11.8	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	13.0	4.3	58.0	0.2	0.1	0.0	0.0	31.1	1.1	163.0
泉津湧水	62. 2.13	183	10.2	7.74	12.5	0.3	4.5	12.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.9	4.7	44.2	0.1	0.2	0.0	0.0	37.7	2.3	187.0
風早湧水	62. 2.12	411	16.0	7.84	53.8	2.3	7.9	17.3	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	88.6	22.8	56.4	0.1	0.7	0.0	0.0	28.0	2.3	303.0
オタイサマ湧水	62. 2.12	305	12.2	7.73	34.4	1.7	8.3	20.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	69.2	21.6	53.4	0.1	0.5	0.0	0.0	40.3	2.3	299.0
大島温泉ホテル5号井	62. 3.13	645	73.5	6.59	35.9	14.9	17.3	72.0	0.1	0.3	0.1	0.6	0.1	29.3	31.8	335.6	0.1	0.2	0.0	5.0	184.2	88.5	630.0
大島温泉ホテル4号井	62. 3.13	718	49.9	6.53	26.0	8.4	26.3	83.8	0.1	2.4	0.1	0.8	0.2	19.4	37.3	399.7	0.1	0.1	0.0	0.7	123.5	153.2	590.0
岡田第3坑井	62. 3.13	598	21.1	7.36	57.5	5.1	16.8	46.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	84.9	15.5	222.7	0.0	1.6	0.0	0.5	54.8	12.5	435.0
岡田第5坑井	62. 3.13	1,248	18.5	7.53	76.5	5.0	48.3	127.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	377.8	40.1	105.3	0.0	3.0	0.0	0.1	36.8	5.7	1,015.0
岡田第8坑井	62. 3.13	1,248	21.1	7.02	140.0	7.5	28.8	65.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	282.3	32.2	204.4	0.0	2.8	0.0	0.5	57.2	27.2	860.0
八重川坑井	62. 3.13	3,502	21.4	7.33	553.8	31.5	56.2	95.0	0.0	0.2	0.3	0.0	0.0	1,084.2	113.4	102.2	0.1	4.6	0.0	0.5	47.5	5.7	2,262.0

付表2 つづき
Table A-2 continued

名 称	採 取 年 月 日	導電率 μS/cm	温度 °C	pH	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Ca ²⁺ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	Fe ²⁺ mg/l	Fe ³⁺ mg/l	Mn ²⁺ mg/l	Zn ²⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	F ⁻ mg/l	Br ⁻ mg/l	I ⁻ mg/l	B mg/l	SiO ₂ mg/l	Free CO ₂ mg/l	T.S.M. mg/l
大 津 坑 井	62. 3.13	2,369	18.1	7.44	400.0	18.5	39.0	38.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	707.4	80.7	106.8	0.1	3.9	0.0	0.3	45.3	5.7	1,523.0
ホソリ湧水	62. 3.13	175	8.5	7.34	10.4	1.1	3.4	17.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	17.1	3.7	61.0	0.3	0.0	0.0	0.0	36.5	4.5	165.0
石炭庫湧水	62. 3.13	2,163	18.1	7.20	350.0	17.0	55.5	45.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	610.3	108.9	190.7	0.1	3.7	0.0	0.4	48.9	13.6	1,460.0
沖の根坑井	62. 3.13	2,987	18.2	6.98	455.0	21.1	78.8	47.5	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	811.4	130.3	222.7	0.1	4.1	0.1	0.5	48.7	23.8	1,890.0
大瀧坑井	62. 3.13	407	17.8	7.21	33.8	3.4	15.0	25.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	48.4	49.6	103.7	0.1	0.7	0.0	0.2	53.5	9.1	323.0
フノウ湧水	62. 3.13	134	14.6	7.90	10.0	1.3	3.4	13.8	0.0	0.2	0.7	0.0	0.1	11.6	11.1	53.4	0.2	0.0	0.0	0.0	30.3	1.1	143.0
泉津湧水	62. 3.13	155	8.9	7.81	12.5	0.4	4.4	13.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.9	10.5	41.2	0.1	0.2	0.0	0.2	33.1	1.6	168.0
上人の滝湧水	62. 3.12	216	15.0	7.85	18.8	1.4	5.3	13.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	26.3	10.5	59.5	0.1	0.2	0.0	0.0	34.0	1.1	183.0
秋の浜湧水	62. 3.12	247	8.7	7.73	20.8	1.4	5.4	15.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.1	9.3	62.6	0.1	0.3	0.0	0.1	32.2	1.1	196.0
モウサ湧水	62. 3.12	5,974	21.4	6.98	1,175.0	48.5	132.0	100.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2,076.3	299.0	210.5	0.1	0.3	0.1	0.6	58.4	2.0	4,415.0