

伊豆大島沿岸に見られた変色水の分析

土出昌一¹・柴山信行²・背戸義郎³・桑木野文章⁴・佐藤寛和⁴
小坂丈子⁶・信国正勝²・當重 弘⁵・福島秀生²

WATER SAMPLINGS AND THE CHEMICAL ANALYSIS OF DISCOLORED WATERS AROUND OSIMA

Masakazu Tsuchide¹, Nobuyuki Shibayama², Yoshio Seto³, Fumiaki Kuwakino³, Hirokazu Sato³
Joyo Ossaka⁶, Masakatsu Nobukuni², Hiroshi Tohju⁵ and Hideo Fukushima²

Abstract

Just after the fissure eruption of Osima Miharayama, widely distributing dense discolored water was discovered near Hude-sima of the southeast coast of Osima on Nov. 22, 1986.

As the Hydrographic Department of Maritime Safety Agency has been conducting surveillance and investigation on the activity of submarine volcanoes and volcanic islands, we made chemical analysis of the discolored water appearing around Osima with water samplings by a radio-controlled boat and helicopters from Dec. 1, 1986 in order to distinguish whether discolored water was from volcanic activities or from being contaminated by land materials.

A newly designed radio-controlled boat, which could pump up the discolored water of 6 bottles, each 10 l, was constructed and utilized.

The boat was ordinarily operated from a helicopter, but sometimes operated from the Osima island when the volcanic activity was low.

AXBT measurements to get vertical water temperature profile were carried out when water samplings from a helicopter had been made.

Sampled discolored waters were added HCl and suspended materials were soluted in a heating water bath.

Analytical methods of Fe, Al and Si in discolored water are shown as follows:

- (1) Fe⁺³ was reduced to Fe⁺² by means of NH₂OH · HCl, and the total Fe⁺² was produced a color by the addition of α, α'-dipyridyl and measured with spectrophotometer.
- (2) Al was diluted with distilled water and measured with atomic absorption spectrophotometer with graphite furnace atomizer.

Received 15 August 1987

- 1 企画課 Planning Division
- 2 汚染調査室 Marine Pollution Laboratory
- 3 海洋調査課 Ocean Surveys Division
- 4 沿岸調査課 Coastal Surveys and Cartography Division
- 5 第七管区水路部 Hydro, Dept. 7th R. M. S. Hqs.
- 6 岡山大学理学部 Faculty of Science, Okayama University

(3) Si was produced a color by the addition of $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_7$ and measured with spectrophotometer.

The results of chemical analysis and related remarks are.

- ① Fe/Si and Al/Si of discolored water around Osima show lower values comparing with that of active submarine volcanoes such as Hukuzin Kaizan in 1981 or Hukutoku-Oka-no-Ba in 1986.
- ② Discolored waters had always high pH values and showed lower temperature than that of surrounding sea water.
- ③ Judging from the appearance frequency, pH values, (Fe+Al)/Si etc. of discolored waters in time and space, the activity of discolored water around Osima reached at its maximum stage late in Dec. 1986 and gradually declined.
- ④ As the tone of color of discolored water has a tendency to become dense in case of being contaminated by land materials, it is difficult to estimate submarine volcanic activities only by the tone of water color.

1. 概 説

1-1 はじめに

伊豆大島三原山が割れ目噴火をした直後の11月22日、大島南東岸の筆島付近において濃厚な茶褐色の変色水が広範囲に分布しているのが発見された。

筆島付近は、11月21日に起こった割れ目噴火の噴火口列の南東方向への延長上にあたり、しかも筆島付近の陸上道路に亀裂が発見されたことから、海岸付近における水蒸気爆発の可能性が議論された。一方、変色水は三原山の噴火前後の強い地震に誘発されたガケ崩れによるものであるとの意見もあったため、水路部では、これまでの海底火山調査の経験を生かし、ラジコンボート、ヘリコプター等による採水を含む変色水の調査を実施し、火山性の変色水であるのか、あるいは単に土砂によるものに過ぎないのかについての考察を行った。

本報告は、大島周辺に見られた変色水についての調査・分析・解析を、担当毎にまとめたものである。

1-2 変色水とは

(1) 火山性変色水

海底火山の噴火に伴う変色水の出現については、これまでも数多くの報告があり（例えば佐藤ほか、1983）、変色水が採水・分析された例として、1973年の噴火で新島を形成した西之島新島（小坂、1986）、1983年の噴火で軽石を噴出した海德海山（土出ほか、1985）、1985年の噴火で新島を形成（約2ヶ月後に消滅）した福徳岡ノ場（海上保安庁水路部ほか、1986）等がある。

海底火山の噴火に伴う変色水については、 $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ を主成分とする微細な沈殿物であって、海底において噴出した火山発散物が海水と中和反応を起こすことによって生じるものであることが判明しており（小坂ほか、1977）、変色水の色調は Fe_2O_3 の含量に支配され、その含量が多い程海水のpH値が低くなることがわかっているため、変色水の色によって海底火山の活動度をある程度推定することができる（小坂、1986）。

海底火山の場合、変色水の起源は海底であり、変色水は海底火山活動に伴って形成されたものであることは疑う余地はない。しかし、大島のように陸域がある場合には、変色水はガケ崩れや河川水等による陸上起源であることも十分考えられ、変色水の起源が海底にあるのか陸上にあるのかを決定することは、今後の大島の火山活動の予測に重大な影響を与えるものである。海起源か陸起源かの分離を含む変色水の分析につい

ては第5章で詳しく論じている。

(2) 大島周辺の変色水の分布

筆島付近を始めとして大島の周辺に見られた変色水は、地元の漁師によればこれまでに幾度も見られたものであり、今回始めて見つかったものではないとの話が新聞やTVで報じられた。海上保安庁では、噴火後大島周辺海岸において、筆島等21ヶ所で変色水を認めたが、そのうち筆島付近を含む14ヶ所は1976年9月23日に地理院が撮影した航空写真、あるいは1983年2月28日に水路部が撮影した航空写真において変色水の存在が確認できる(第1-1図)

大島周辺の変色水の分布について、海上保安庁では1986年11月22日より1987年1月下旬までの2ヶ月間はほぼ毎日、2月から3月にかけての2ヶ月間は月2回の割合で、ヘリコプター等により調査を行ったが、その状況についてまとめたものが第1-1表である。

第1-1表より、筆島、フノウノ滝、砂ノ浜、千波埼北、元町南、乳ヶ埼、風早埼、小口鼻の8ヶ所においては、その色調は変化しているもののほぼ定期的に変色水が発生していたが、波浮港を始めとする大島南岸沿いにおいては(第1-1図の6~9)、11月から12月にかけて変色水は1~2回認められたのみであることが判る。

ヘリコプター等からの変色水の確認は天候に左右され、特にその色が薄い場合には存在の判別が難しい。また、過去における変色水の視認経験の有無によっても大きく左右され、例えば12月2日午後の如く、経験豊富な観測者が注意深く調査を行うと明らかに変色水の存在確認場所は増える傾向がある。第1-1表に示された変色水の存在は、その色調も含めて同一の基準で確認されたものではないことに注意されたい。

調査毎の変色水の分布状況を第1-2図に示す。

変色水の採水は、12月1日から3月26日までの約4ヶ月間において、ラジコンボートによるもの延べ9日43点、ヘリコプターによるもの延べ7日20点の計63点であり、採水地点の内訳は、筆島付近31点、フノウノ滝付近16点、元町付近5点、小口鼻付近8点、行者洞付近3点である。第1-3図に採水地点の概要を示す。

以下、各論を担当毎に第2章~第5章に記し、第6章でまとめる。

(土出・佐藤)

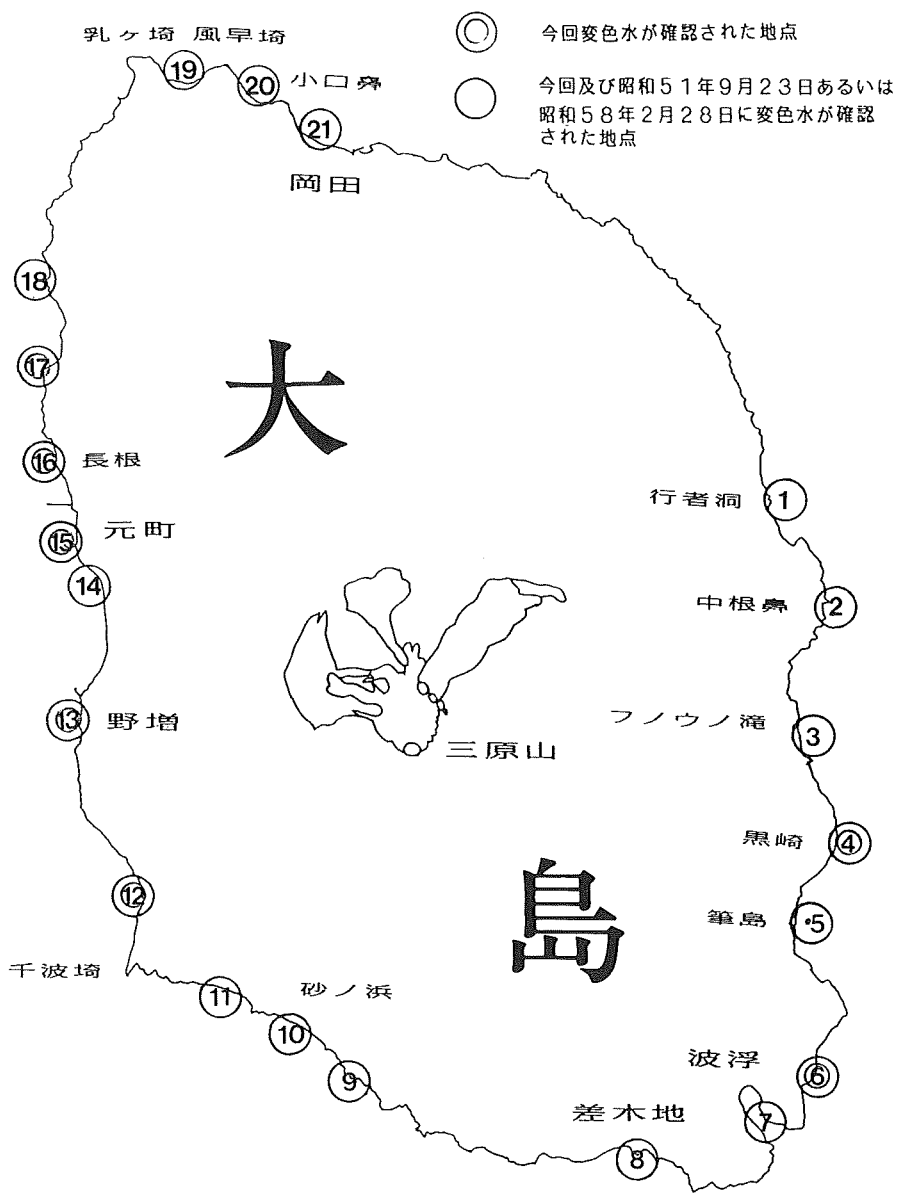
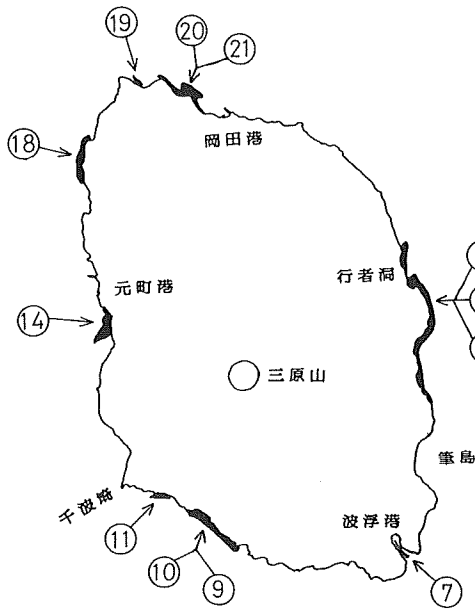
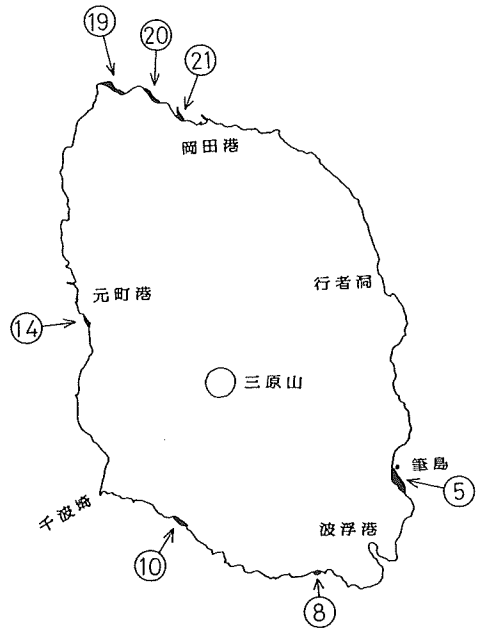


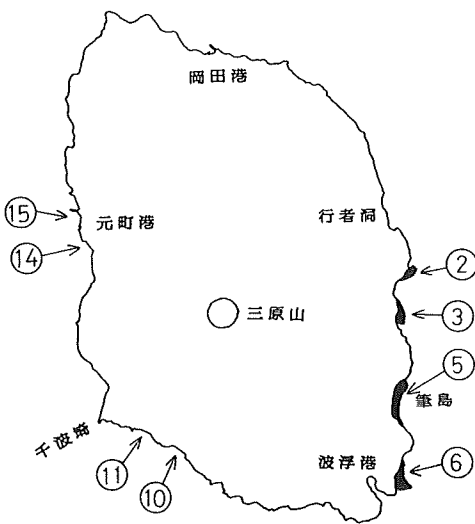
Figure 1-1 Location of discolored water recognized around Osima



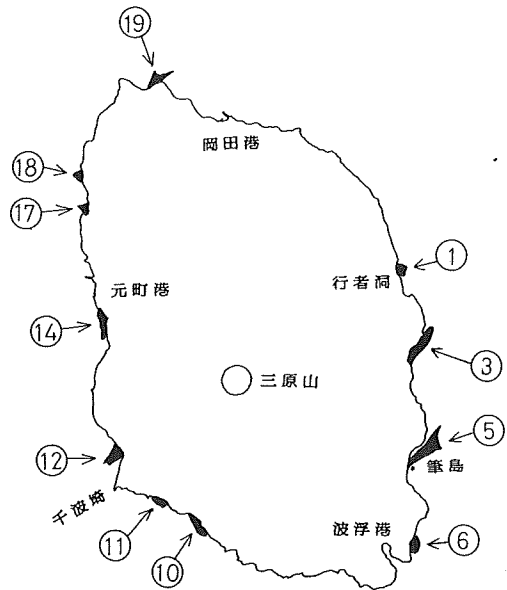
S.51.9.23



S.58.2.28

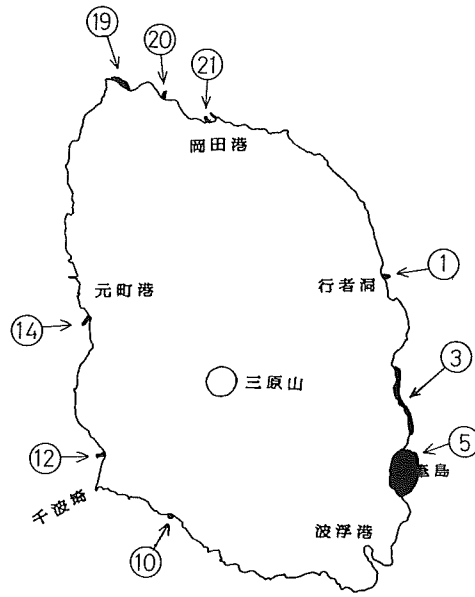


S 61.11.22 (12:09 - 13:15)

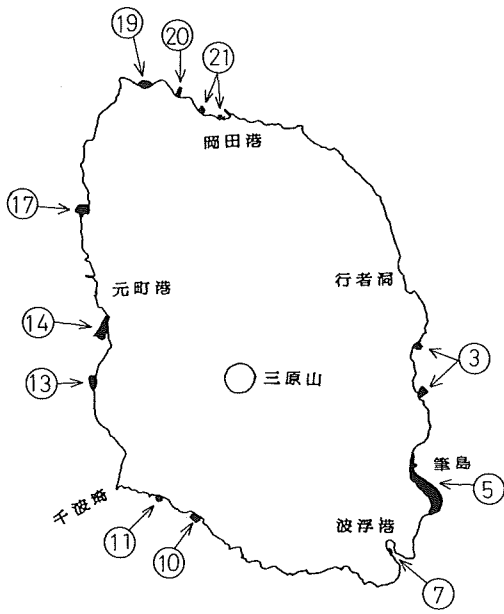


S 61.11.25 (13:31 - 16:35)

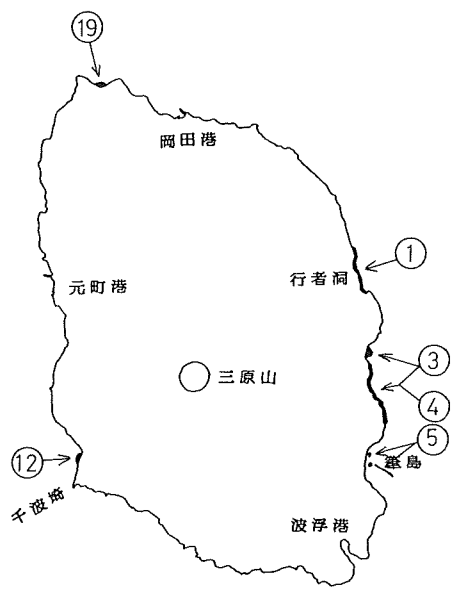
Figure 1-2 Distribution of discolored water according to every observation



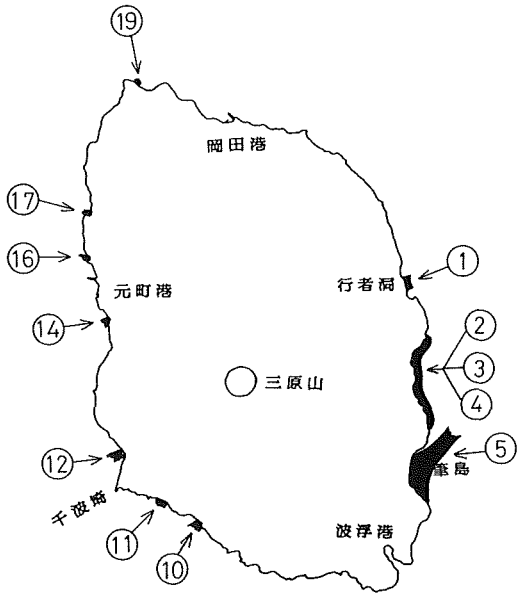
S61.11.27 (09:10 電)



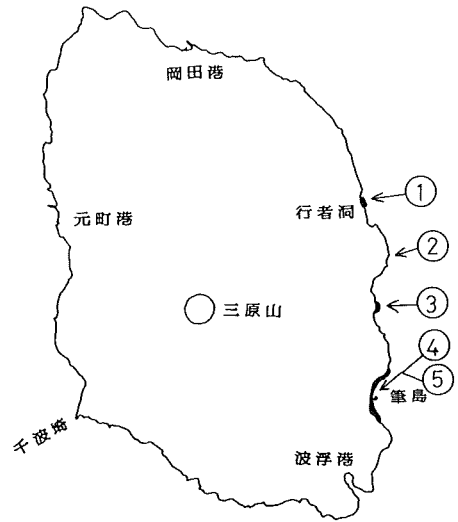
S 61.11.28 (09:35-10:35)



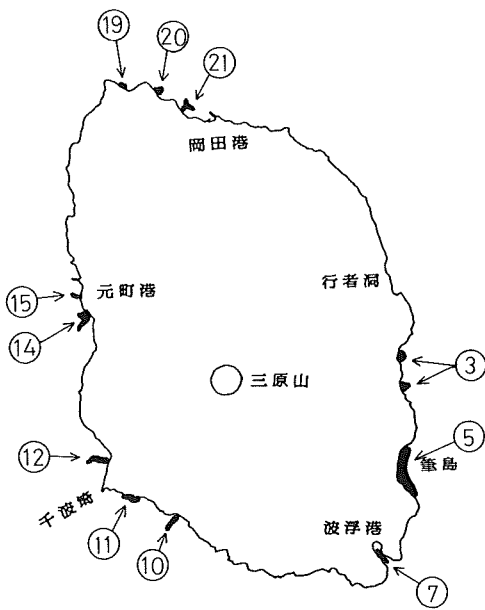
S 61.11.29 (09:15 電)



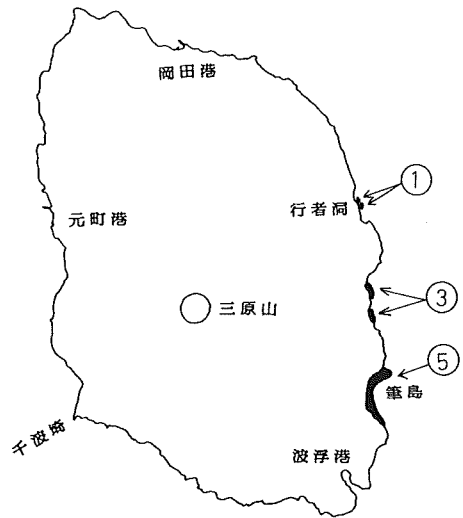
S 61.12.1 (10:20-11:10)



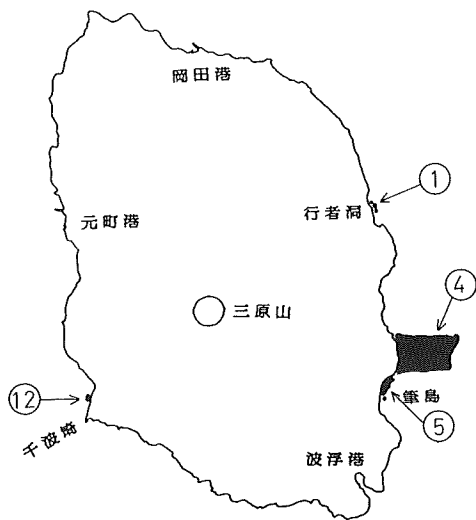
S 61.12.2 (09:45-10:45)



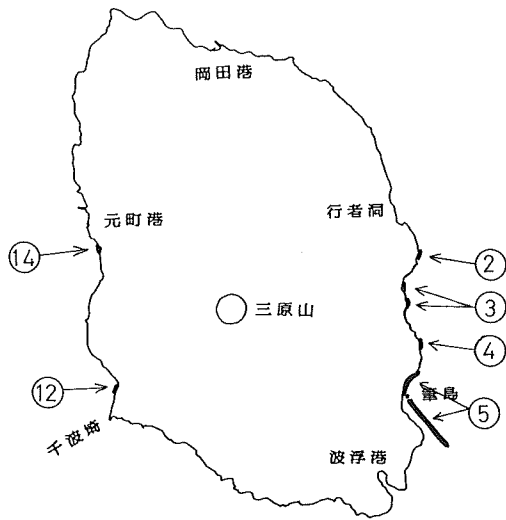
S 61.12.2 (11:40-13:20)



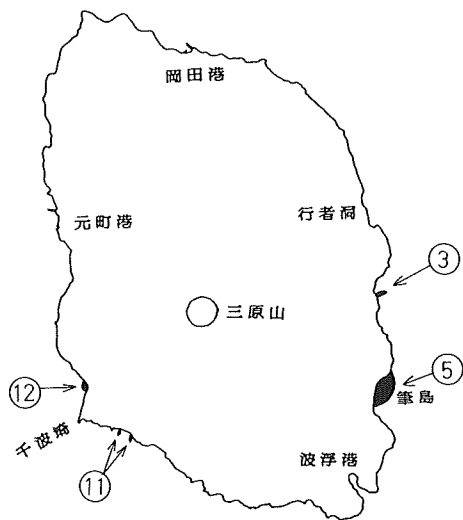
S 61.12.2 (17:20 電)



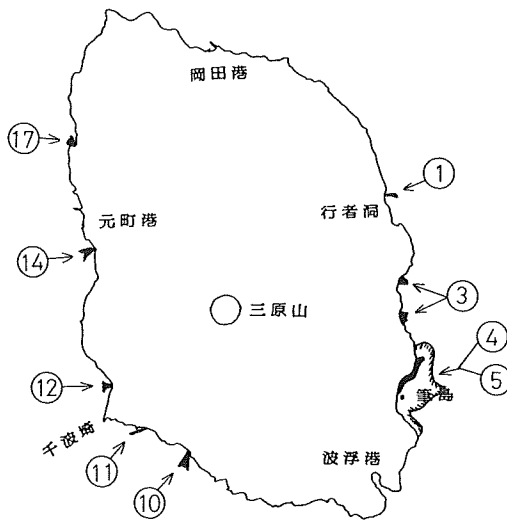
S 61.12.4 (10:10電)



S 61.12.4 (15:25電)

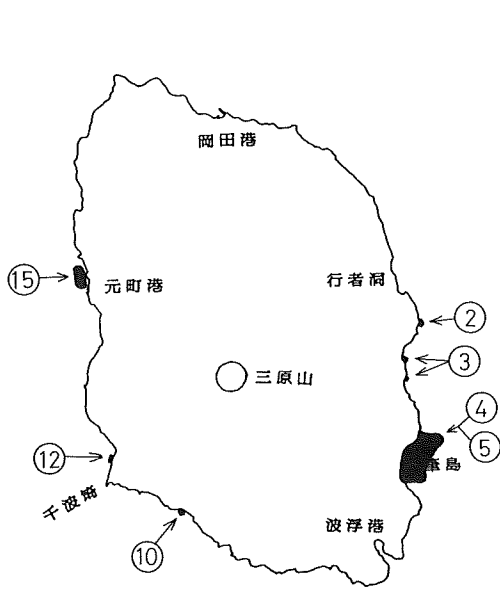


S 61.12.5 (08:00電)

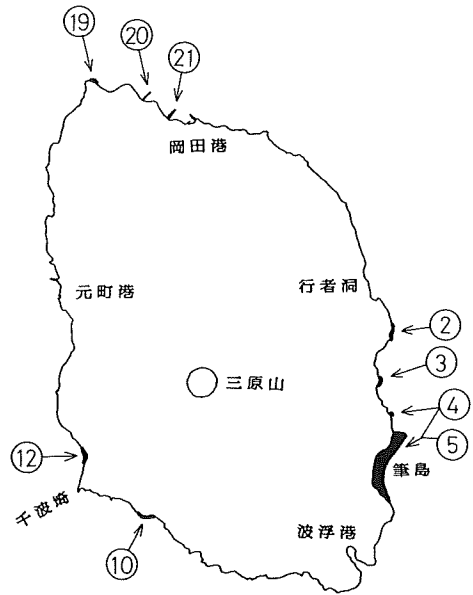


S 61.12.5 (10:30-15:05)

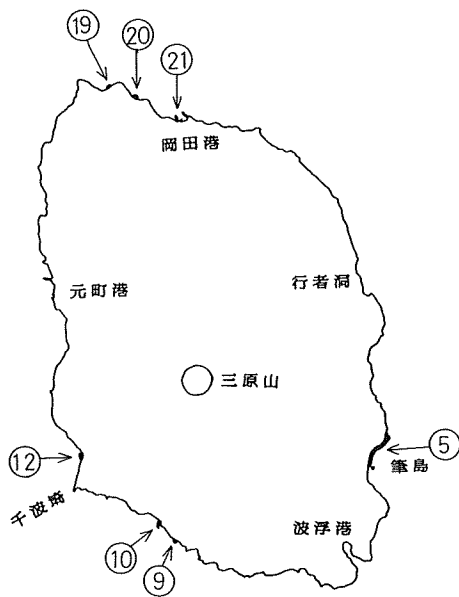
WATER SAMPLINGS AND THE CHEMICAL ANALYSIS OF
DISCOLORED WATERS AROUND OSIMA



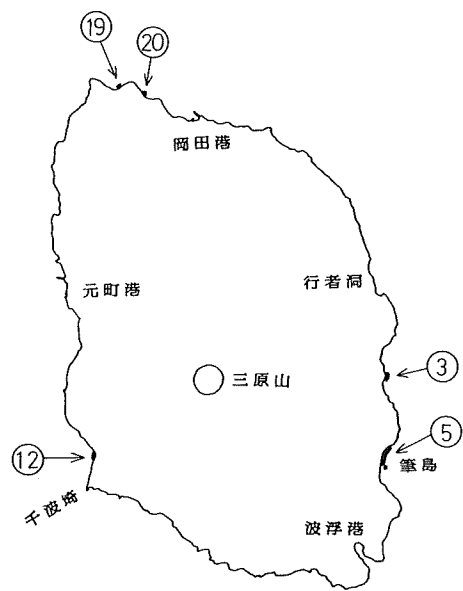
S 61.12. 5 (15:30 電)



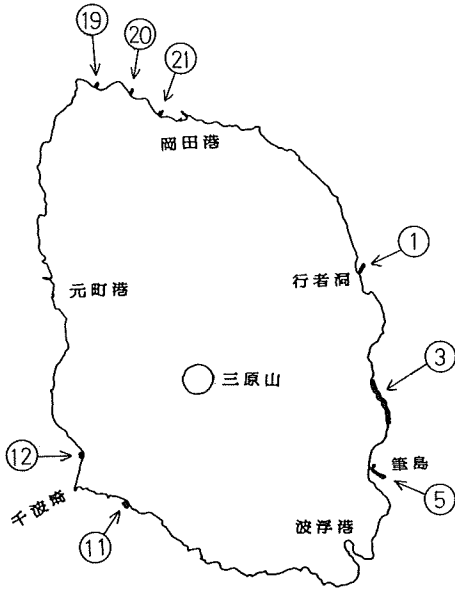
S 61.12. 6 (09:40 電)



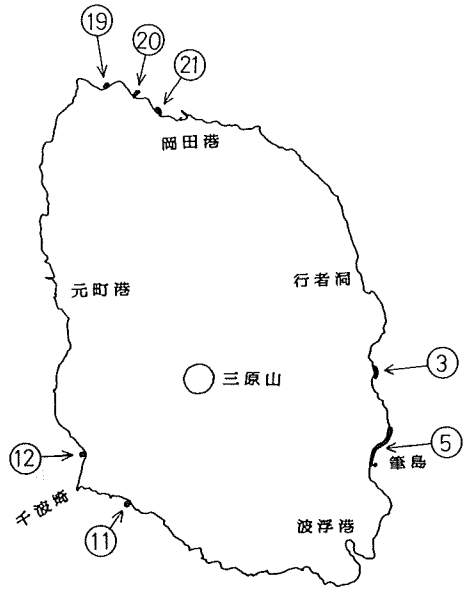
S 61.12. 7 (10:10 電)



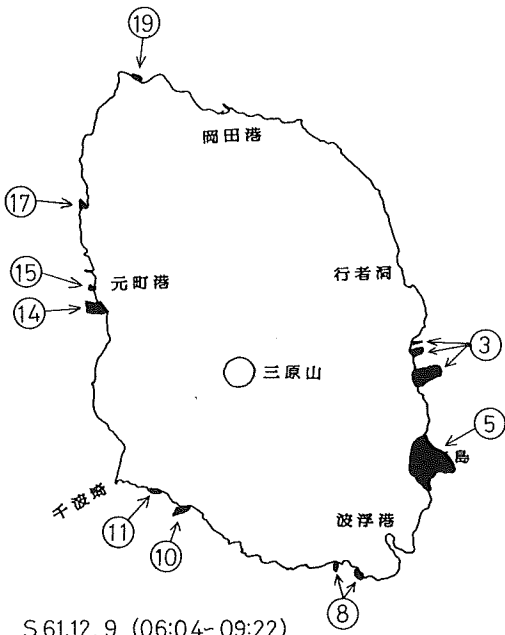
S 61.12. 7 (15:30 電)



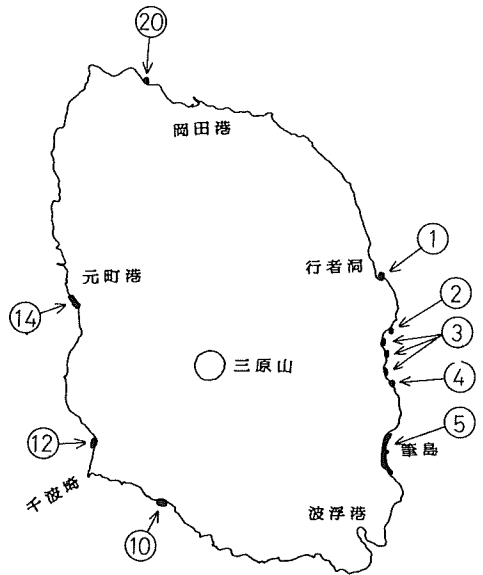
S 61.12. 8 (09:30 電)



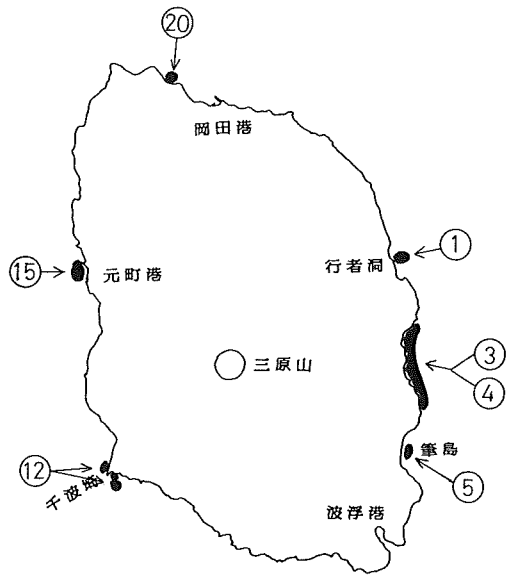
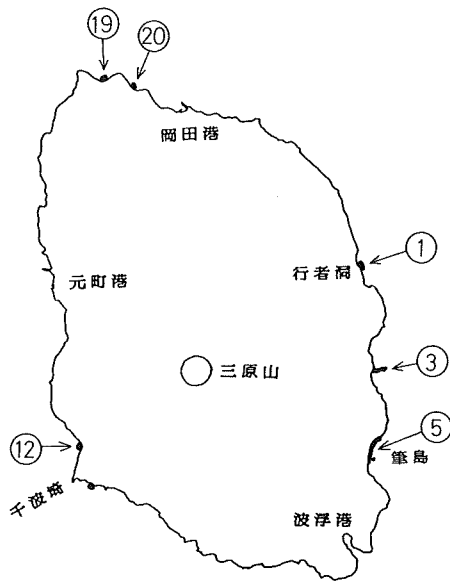
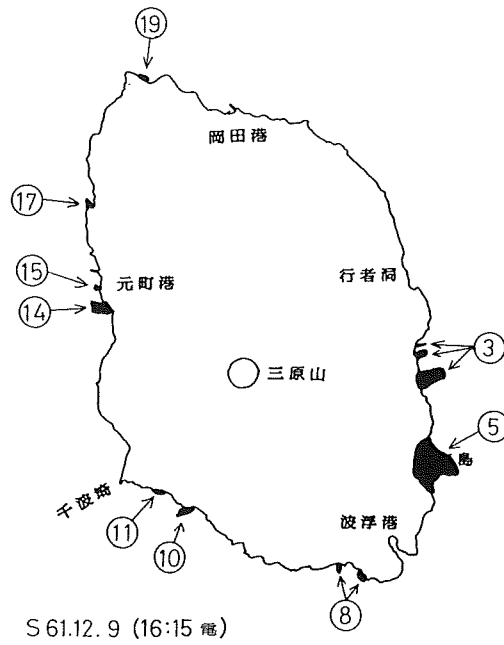
S 61.12. 8 (15:10 電)

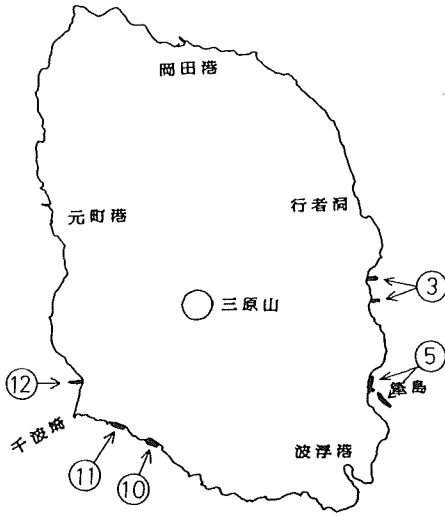


S 61.12. 9 (06:04-09:22)

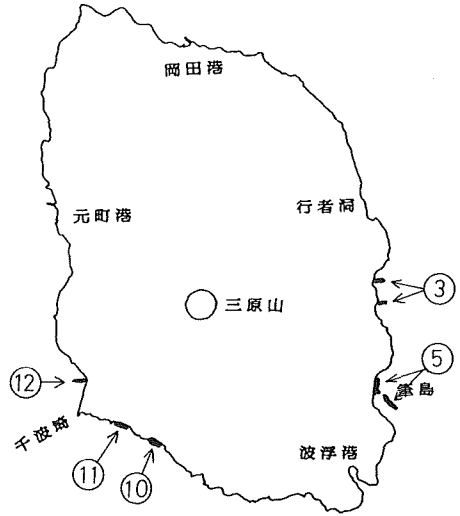


S 61.12. 9 (10:40 電)

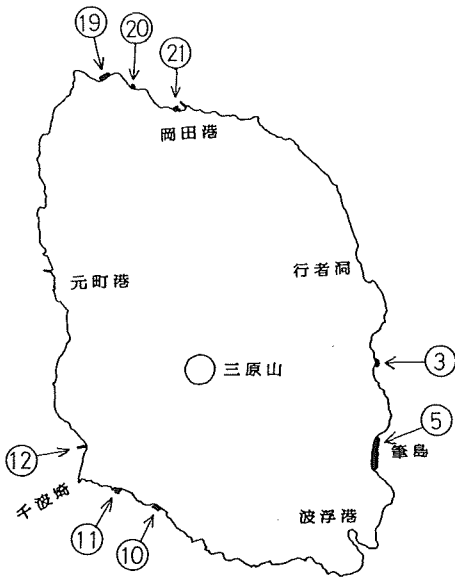




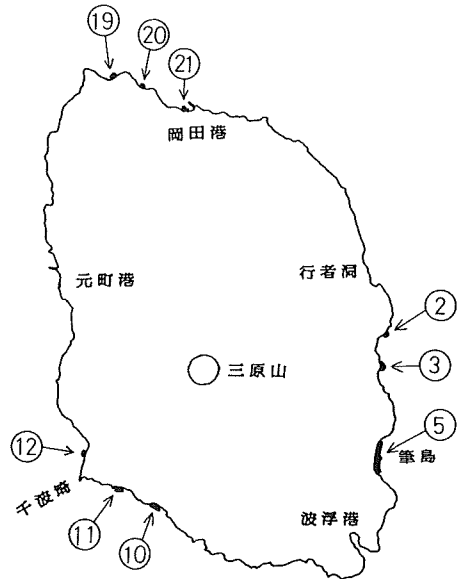
S 61.12.11 (10:45 電)



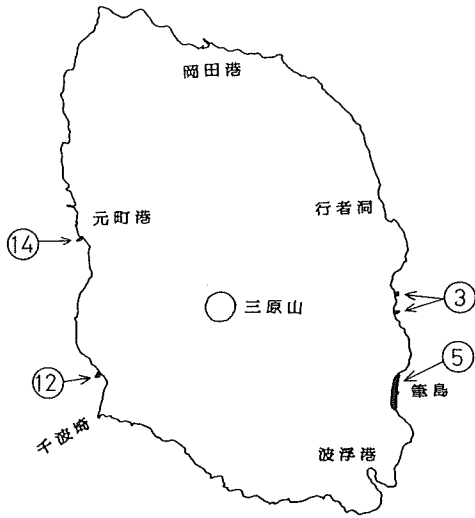
S 61.12.11 (15:55 電)



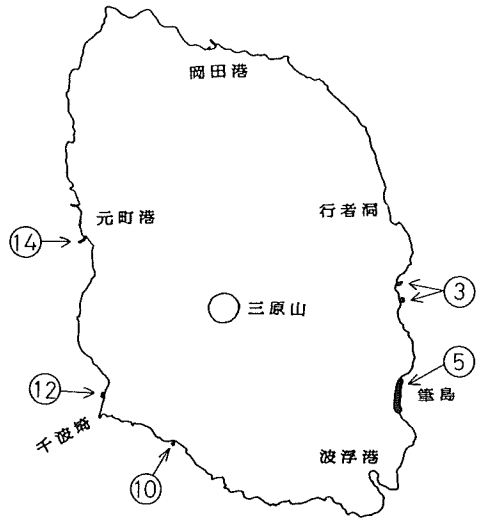
S 61.12.12 (10:05 電)



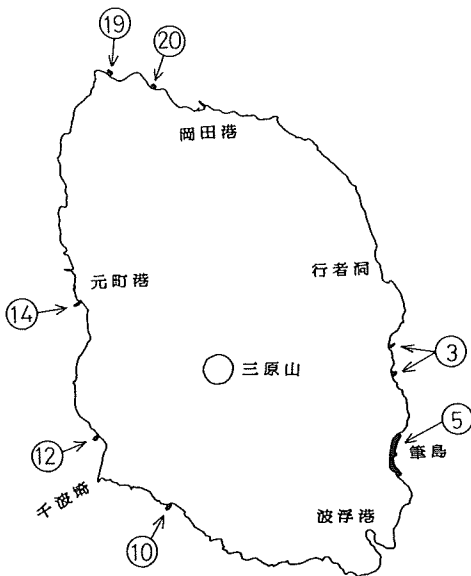
S 61.12.12 (15:20 電)



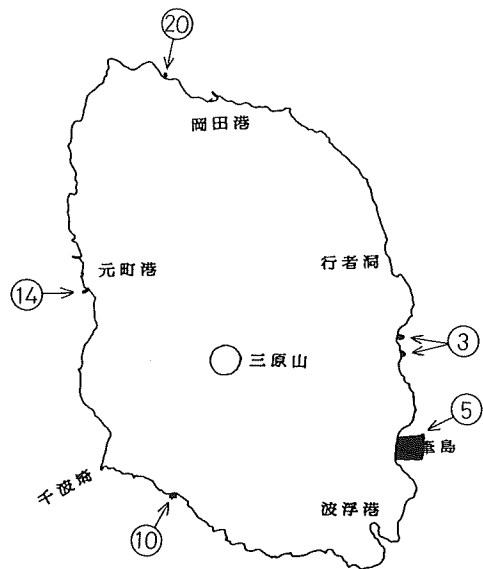
S 61.12.13 (10:45 電)



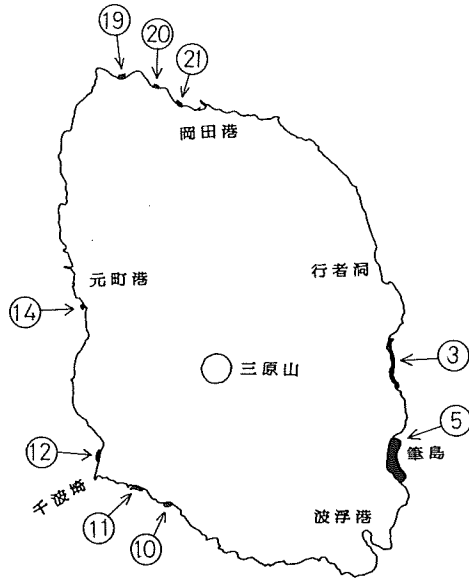
S 61.12.13 (15:20 電)



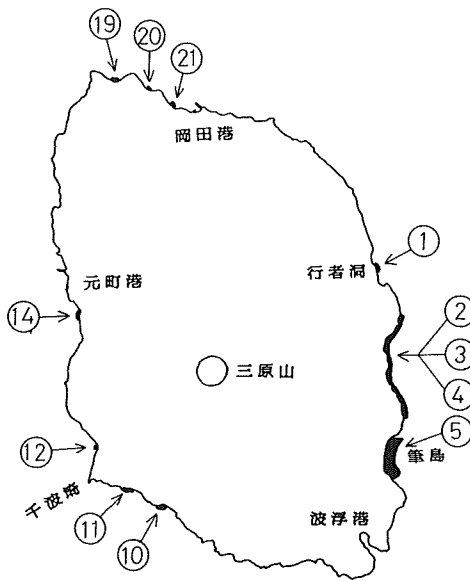
S 61.12.14 (09:40 電)



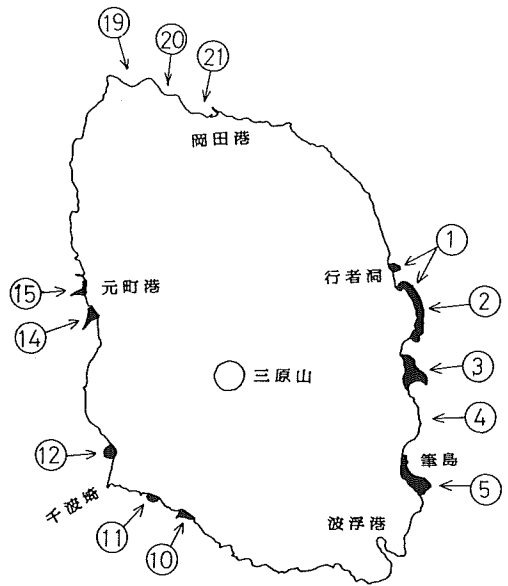
S 61.12.14 (15:10 電)



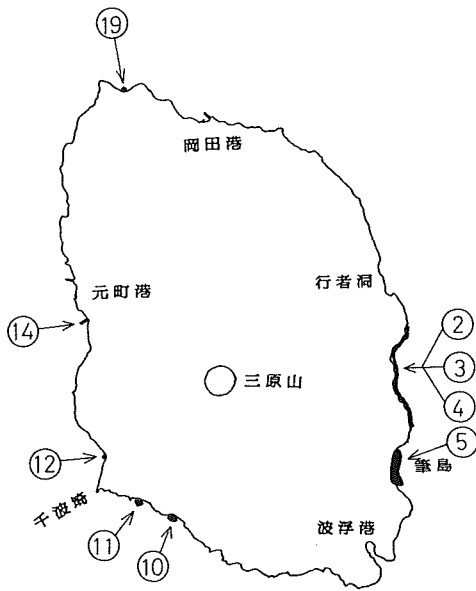
S 61.12.16 (10:40 電)



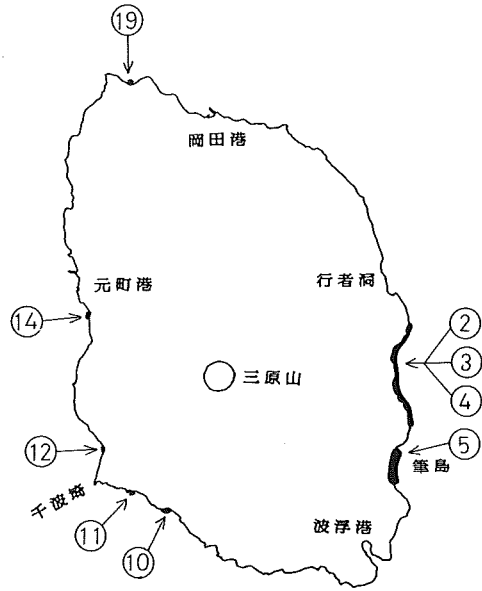
S 61.12.17 (10:45 電)



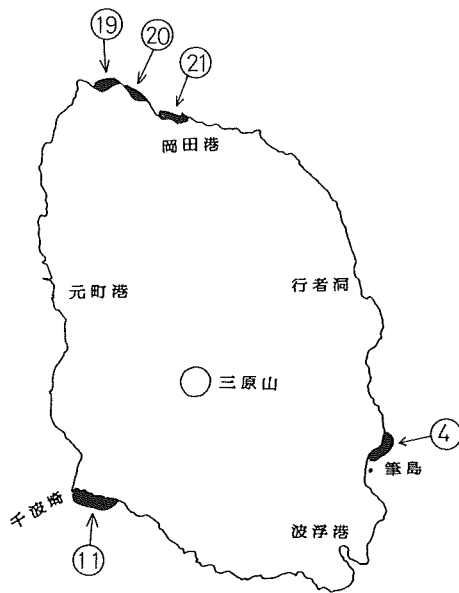
S 61.12.17 (10:34-13:25)



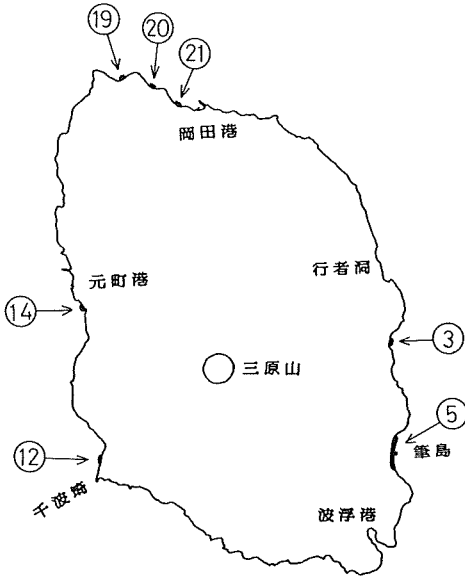
S 61.12.18 (10:10 電)



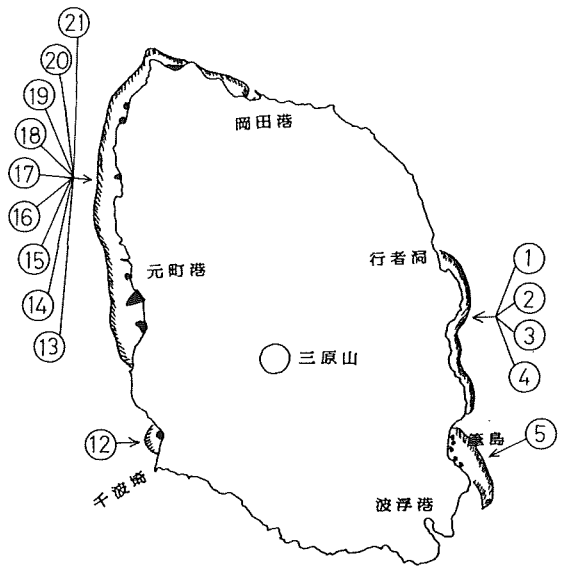
S 61.12.18 (14:30 電)



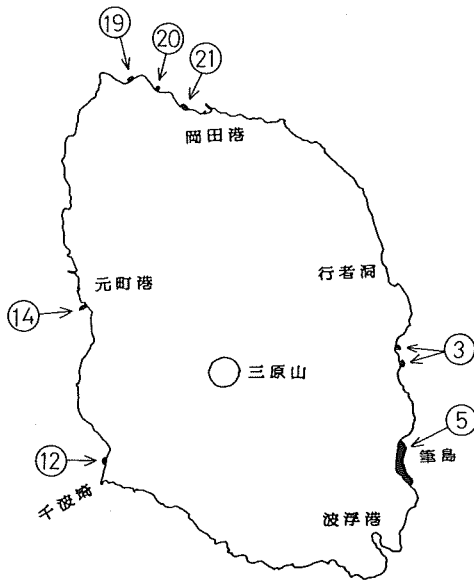
S 61.12.19 (14:35 電)



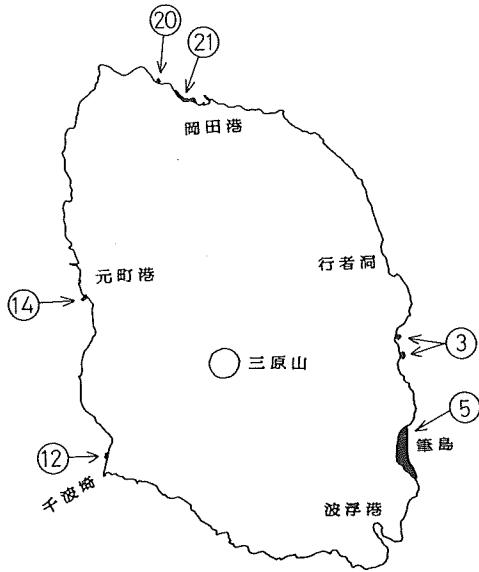
S 61.12.20 (09:45 電)



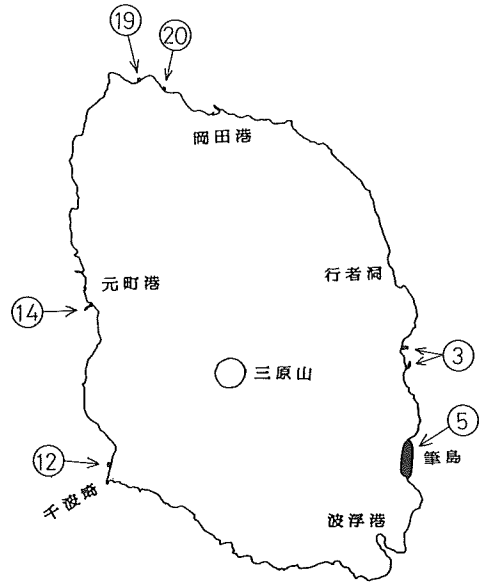
S 61.12.20 (14:09-14:27)



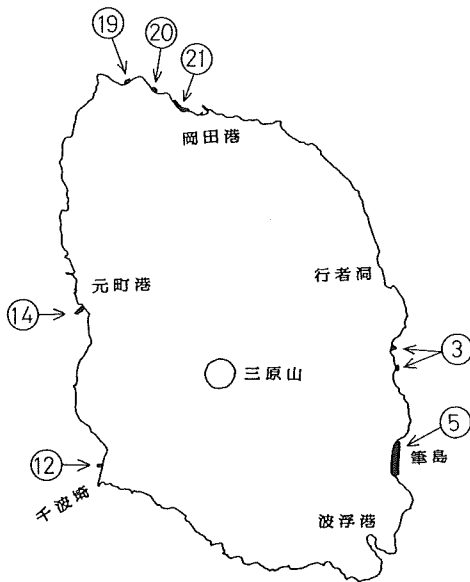
S 61.12.20 (14:55 電)



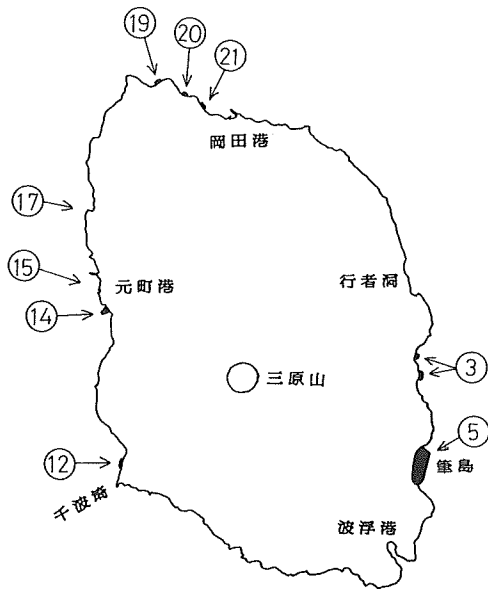
S 61.12.21 (10:35 電)



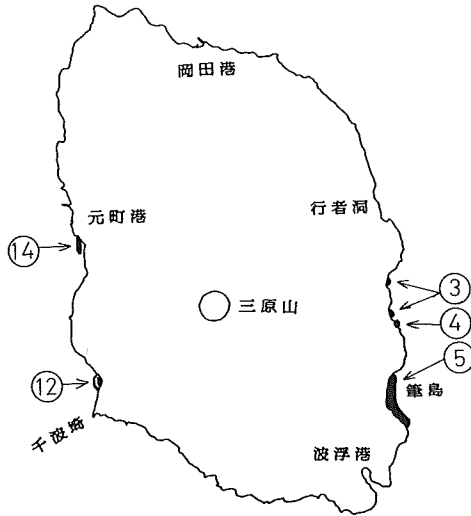
S 61.12.21 (14:50 電)



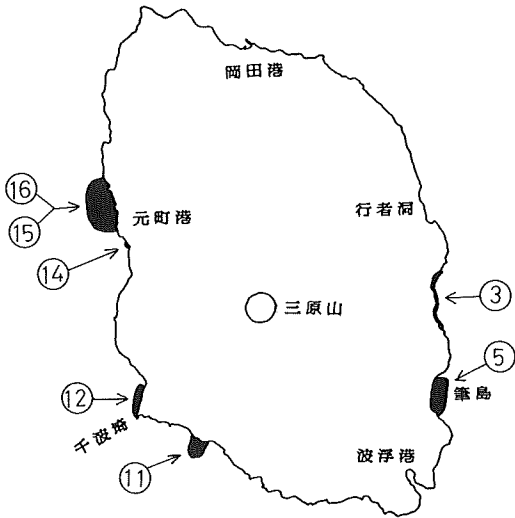
S 61.12.22 (10:55 電)



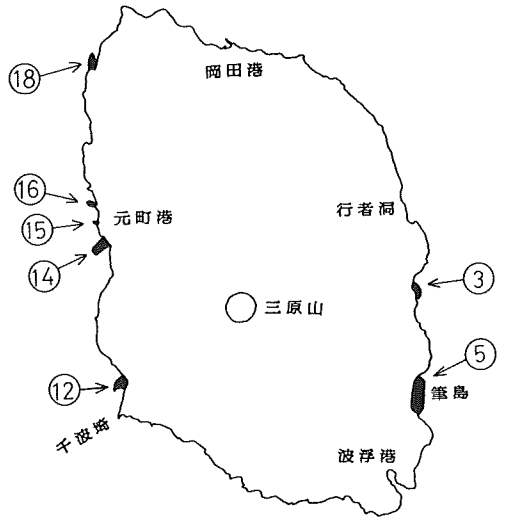
S 61.12.22 (14:30 電)



S 61.12.23 (10:15 電)

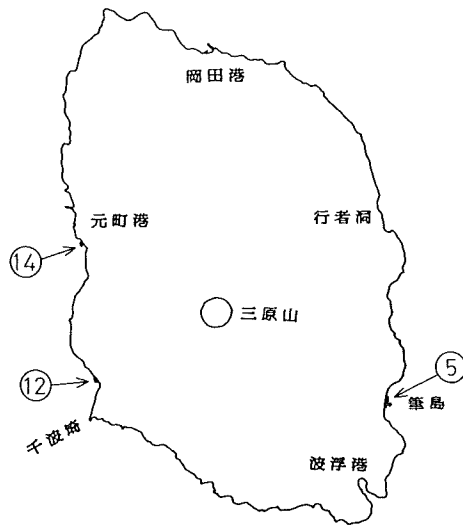


S 61.12.24 (10:45 電)

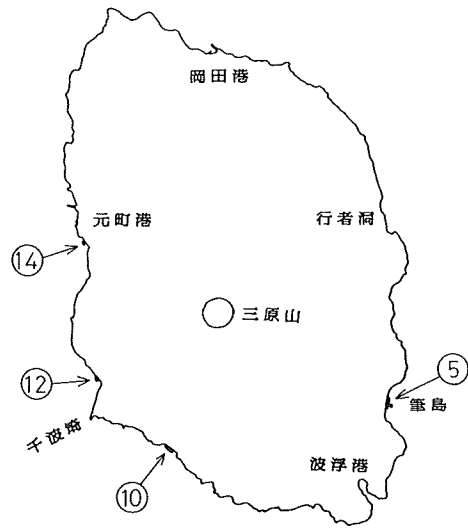


S 61.12.24 (10:43-13:42)

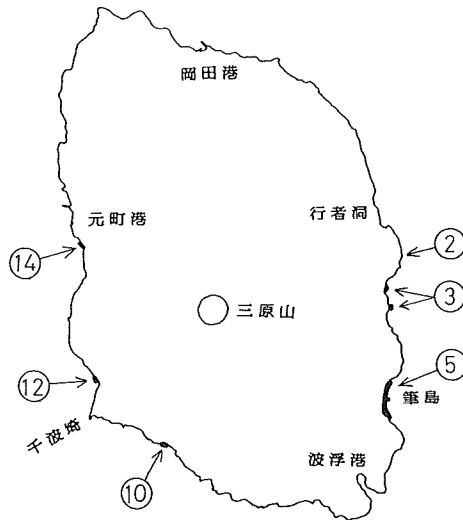
WATER SAMPLINGS AND THE CHEMICAL ANALYSIS OF
DISCOLORED WATERS AROUND OSIMA



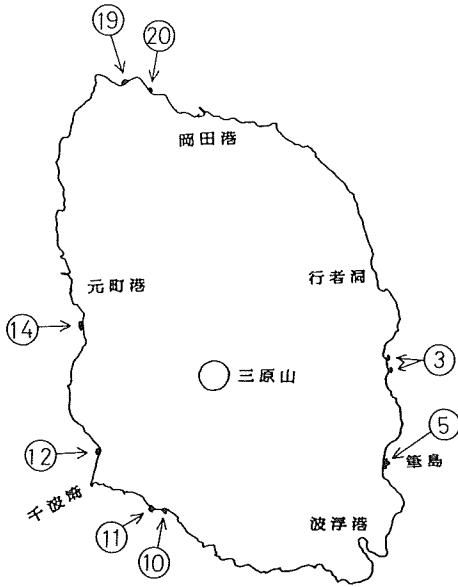
S 61.12.25 (10:45 電)



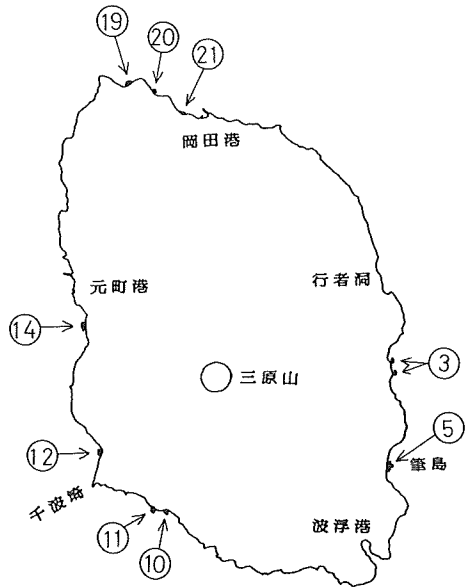
S 61.12.25 (15:55 電)



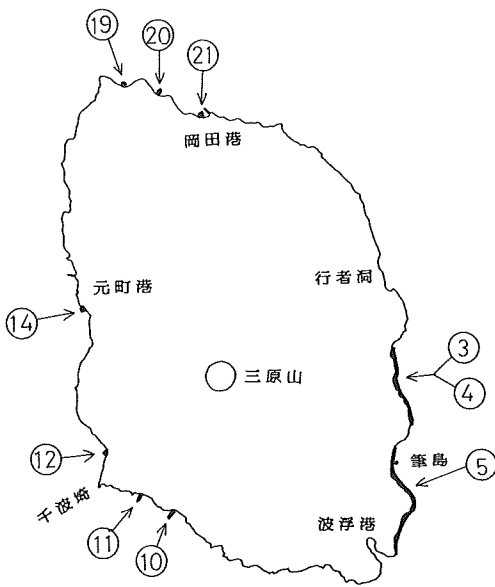
S 61.12.26 (10:20 電)



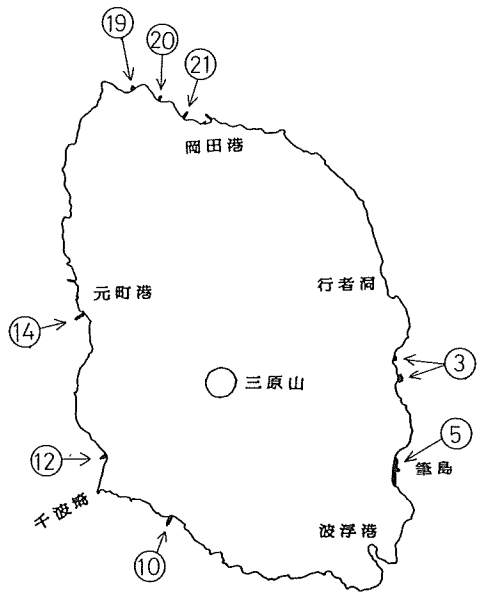
S 61.12.27 (10:10 電)



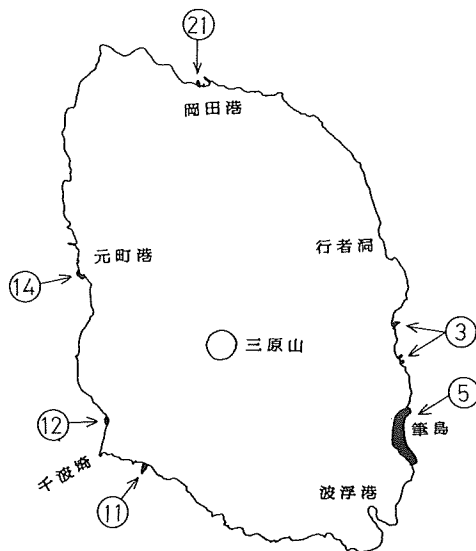
S 61.12.27 (13:40 電)



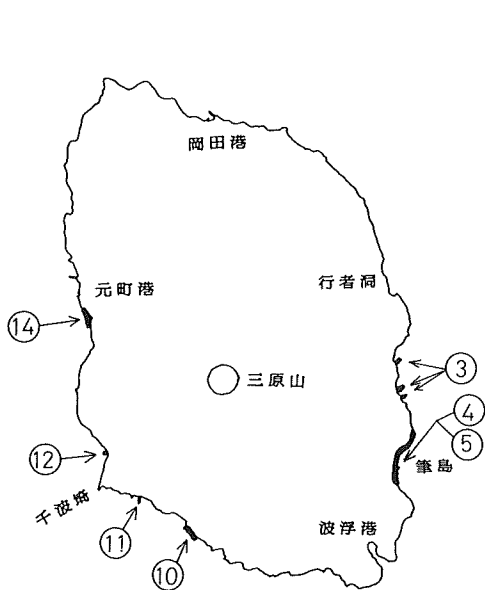
S 61.12.28 (09:30 電)



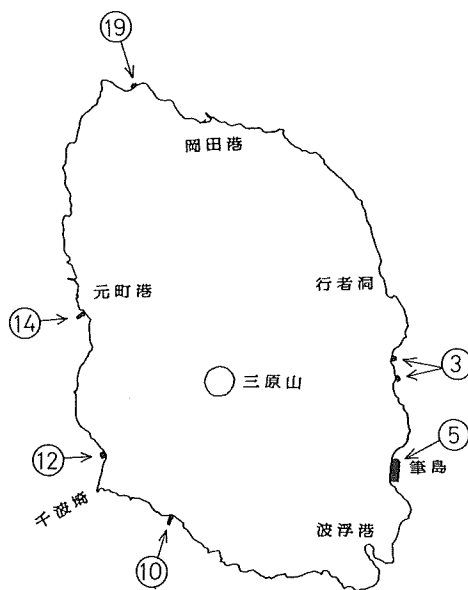
S 61.12.28 (13:50 電)



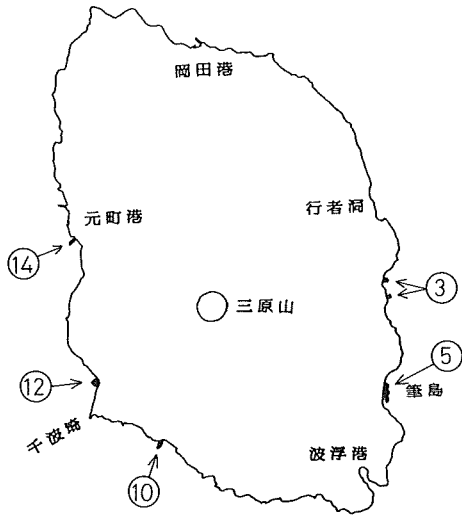
S 61.12.29 (10:00 電)



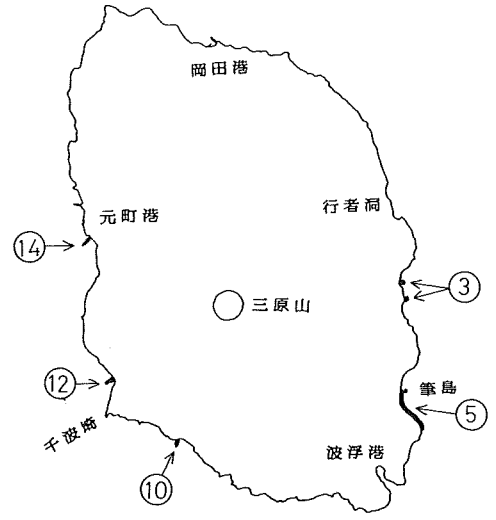
S 61.12.30 (09:55 電)



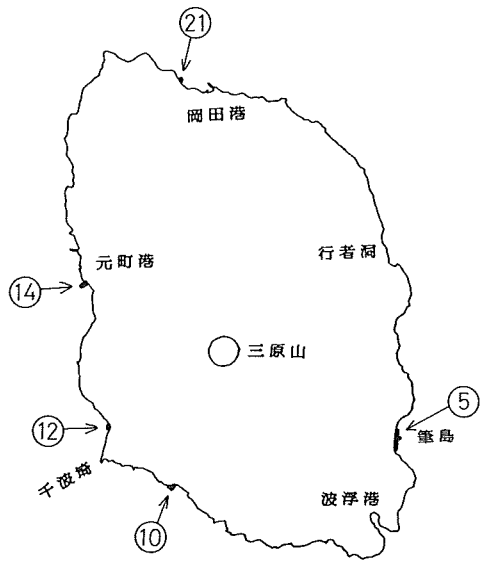
S 61.12.30 (13:45 電)



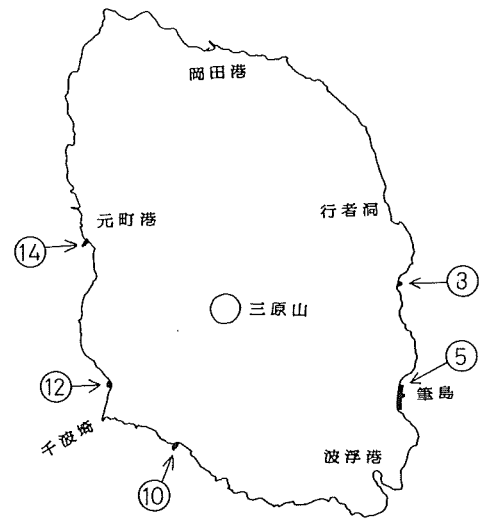
S 61.12.31 (11:00 電)



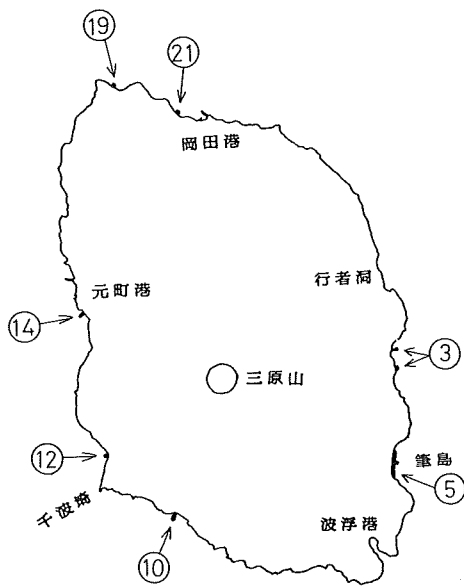
S62.1.1 (15:15 電)



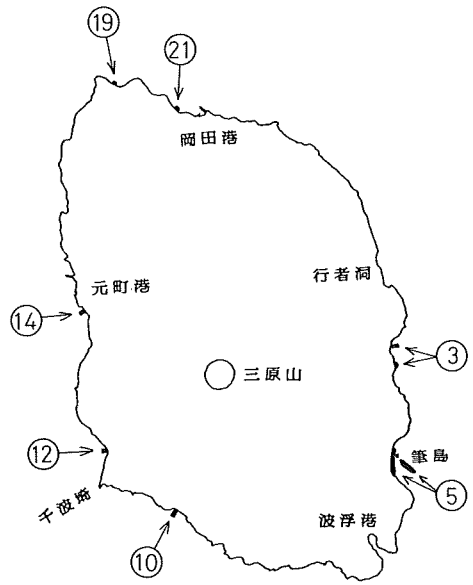
S 62.1.2 (11:00 電)



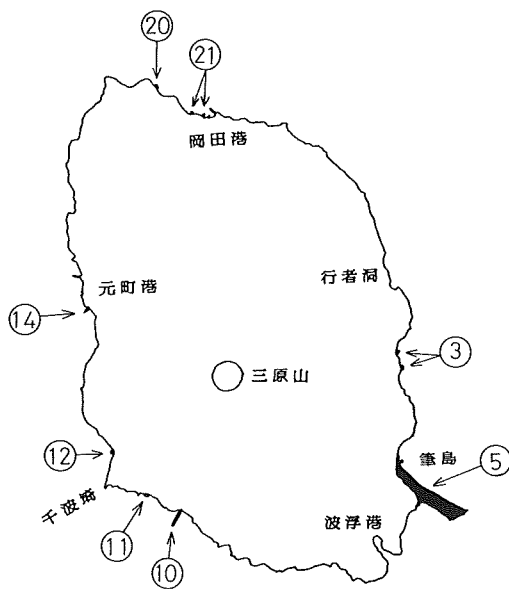
S61.1.2 (14:30 電)



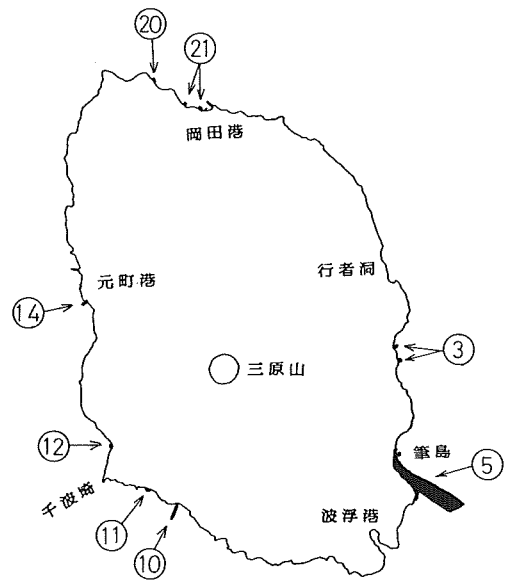
S 62.1. 4 (10:20 電)



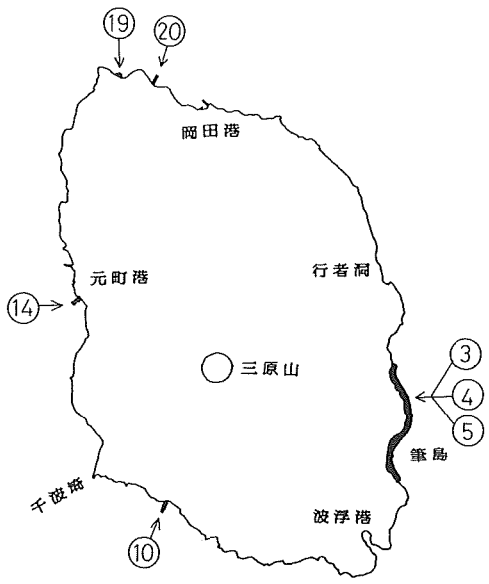
S 62.1.4 (15:25 電)



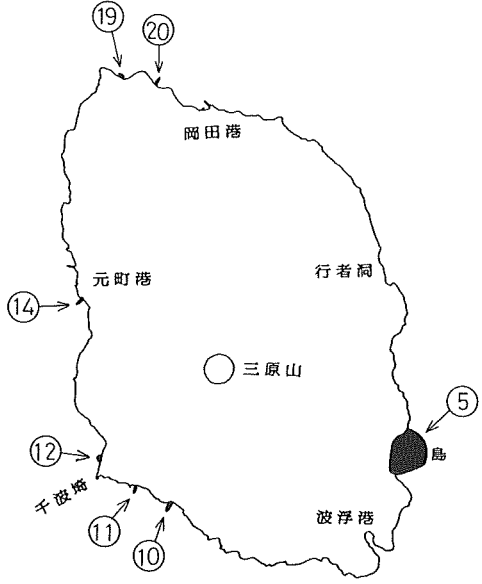
S 62.1.5 (11:00 電)



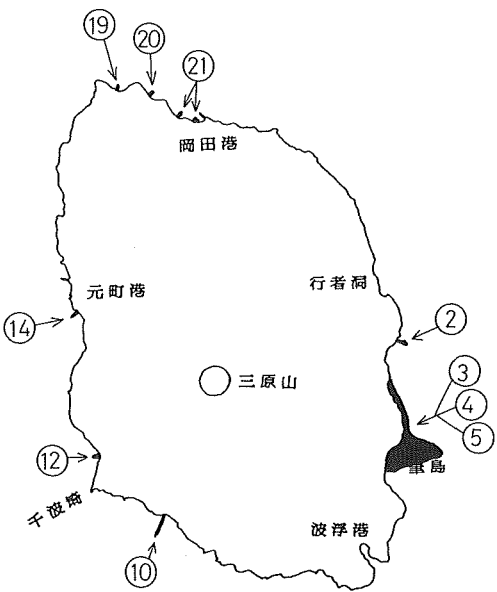
S 62.1. 5 (15:30 電)



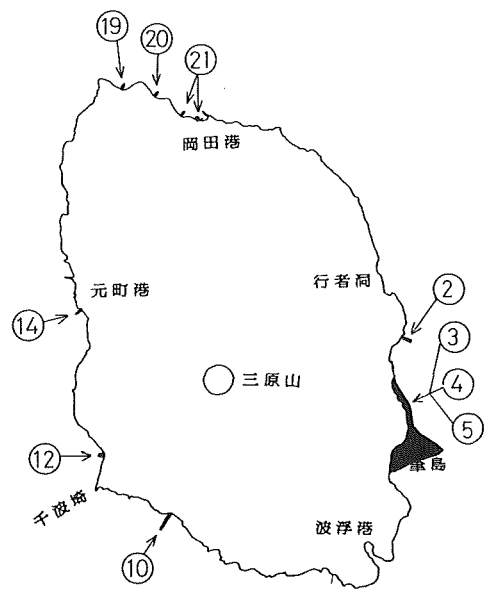
S62.1.6 (10:55 電)



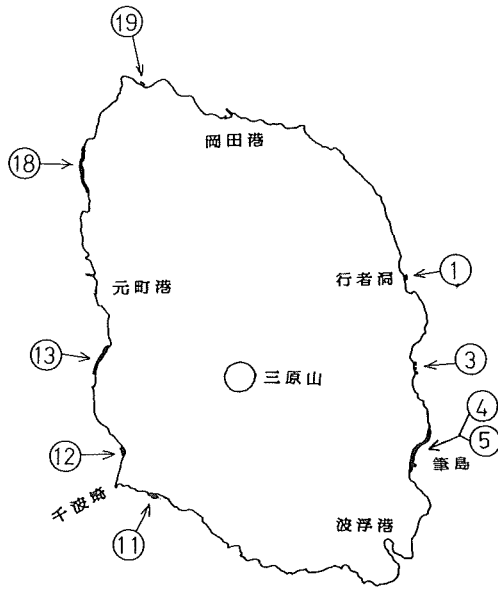
S61.1.6 (15:30 電)



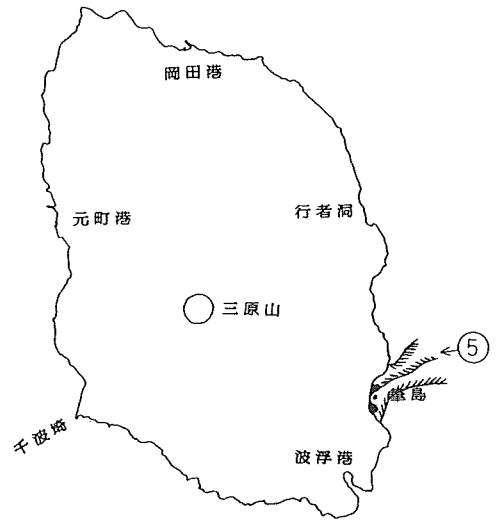
S62.1.7 (10:55 電)



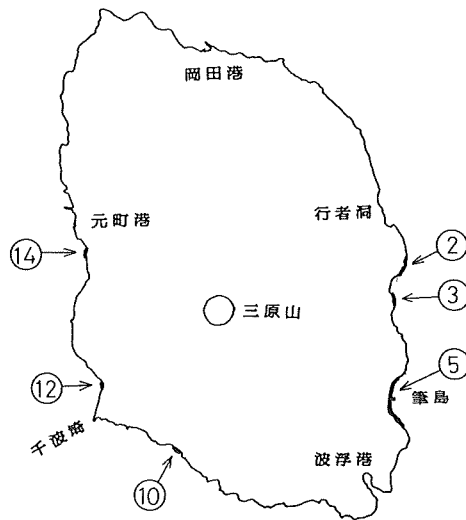
S62.1.7 (15:55 電)



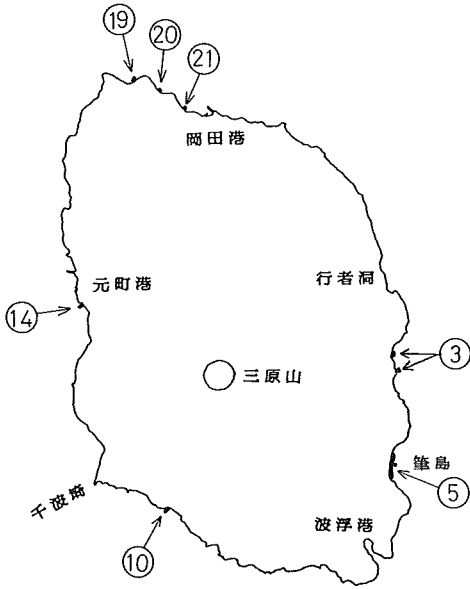
S 62. 1. 8 (10:55 電)



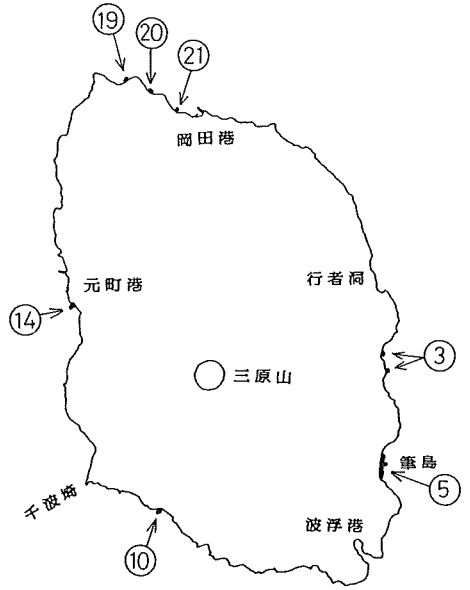
S 62. 1. 8 (13:30 - 14:27)



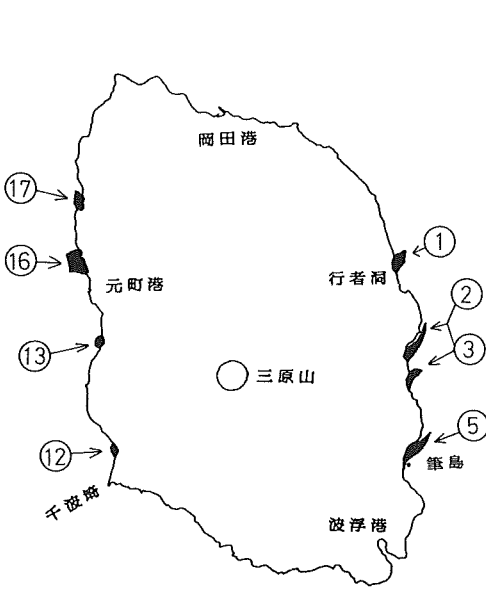
S 62. 1. 9 (11:00 電)



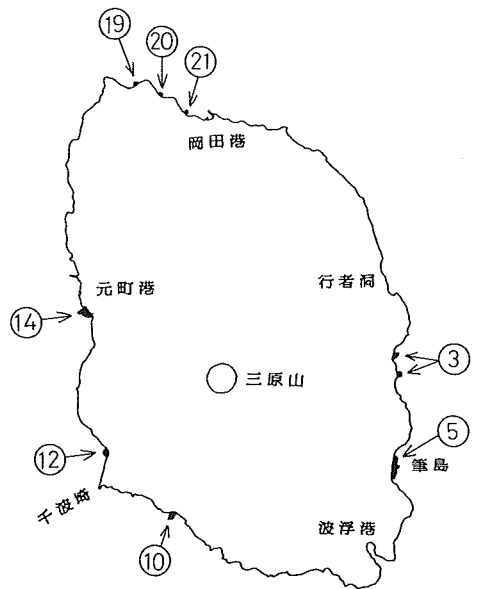
S 62.1.12 (10:30 電)



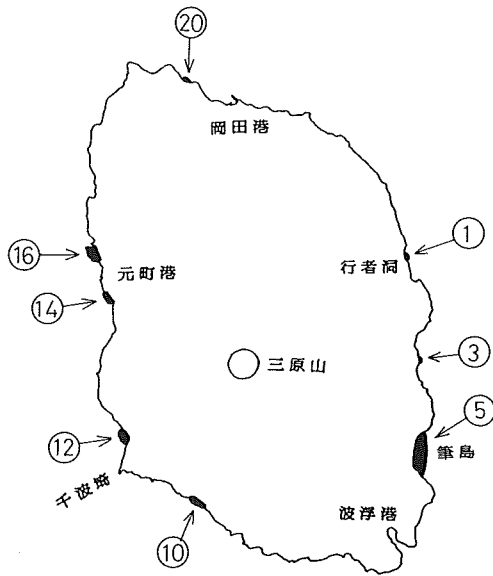
S 62.1.12 (14:30 電)



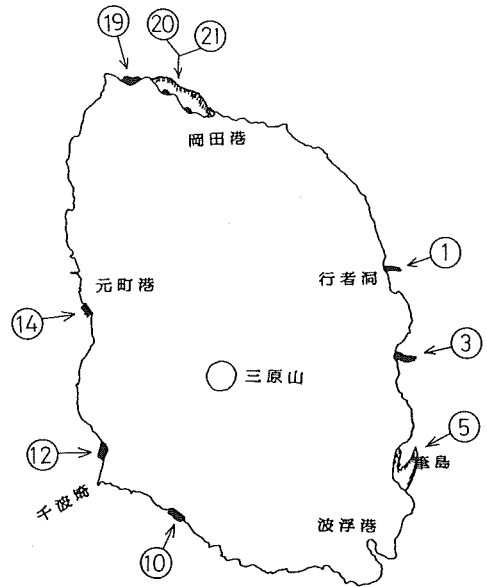
S 62.1.13 (11:03-14:21)



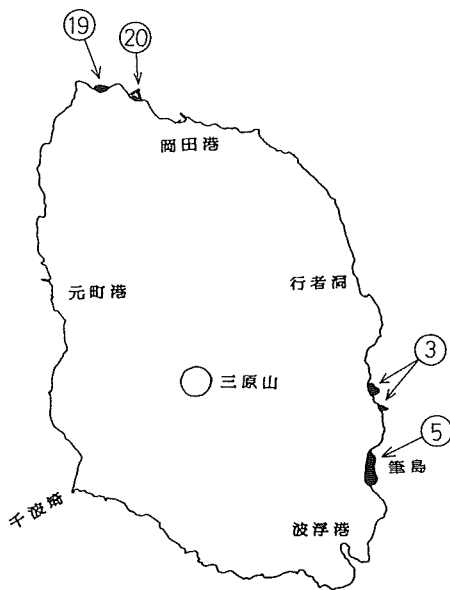
S 62.1.14 (10:30 電)



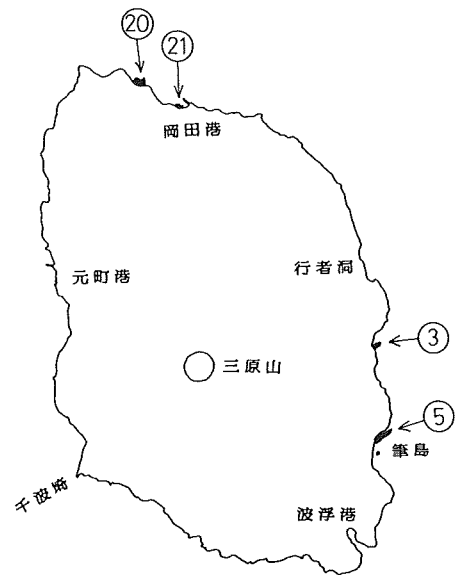
S 62.1.19 (14:15電)



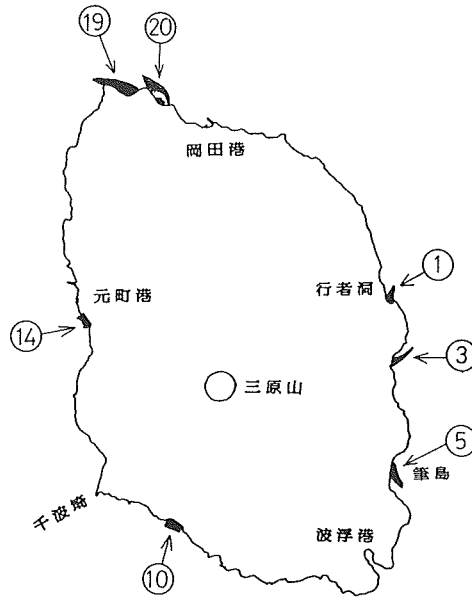
S 62.1.20 (10:55-13:15)



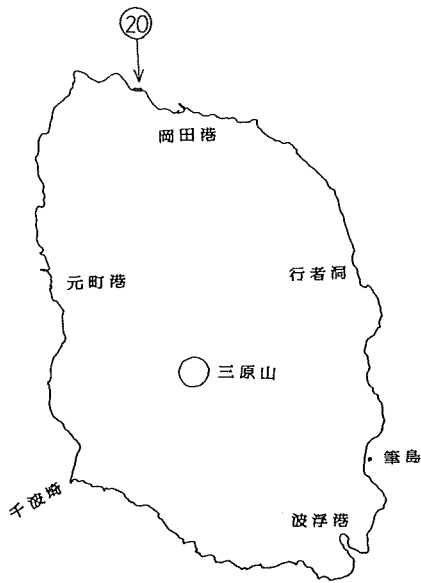
S 62.1.22 (10:52-12:02)



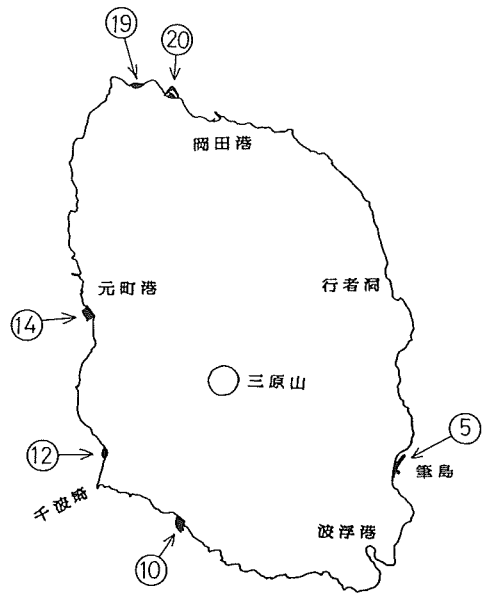
S 62.1.23 (10:45-11:42)



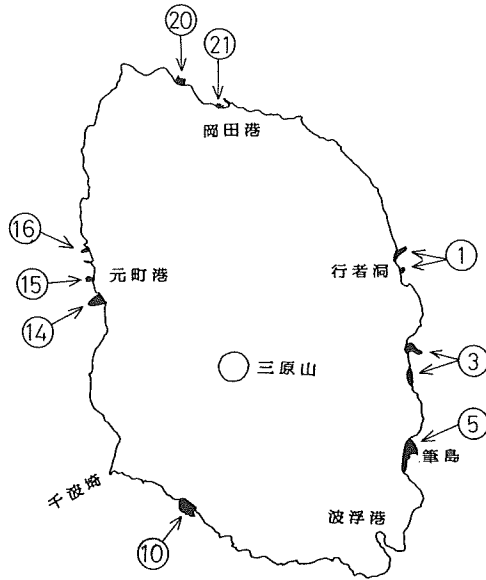
S 62.1.28 (06:15 - 09:23)



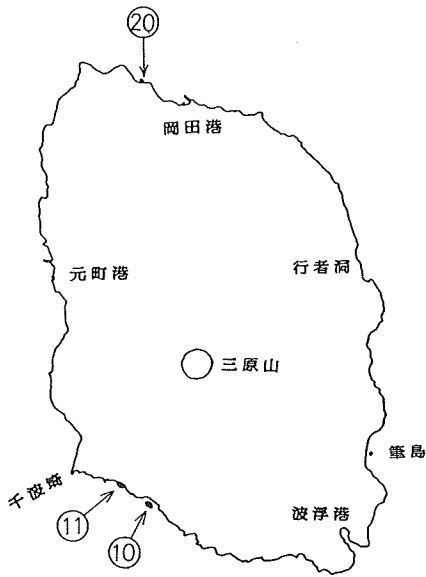
S 62.2.3 (10:15 - 10:35)



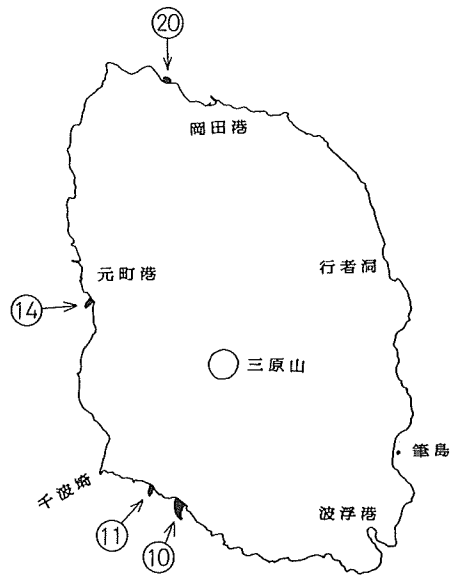
S 62.2.10 (13:10 - 14:02)



S 62. 3. 3 (05:46-09:00)



S 62. 3. 17 (10:40-13:10)



S 62. 3. 18 (11:15-14:25)

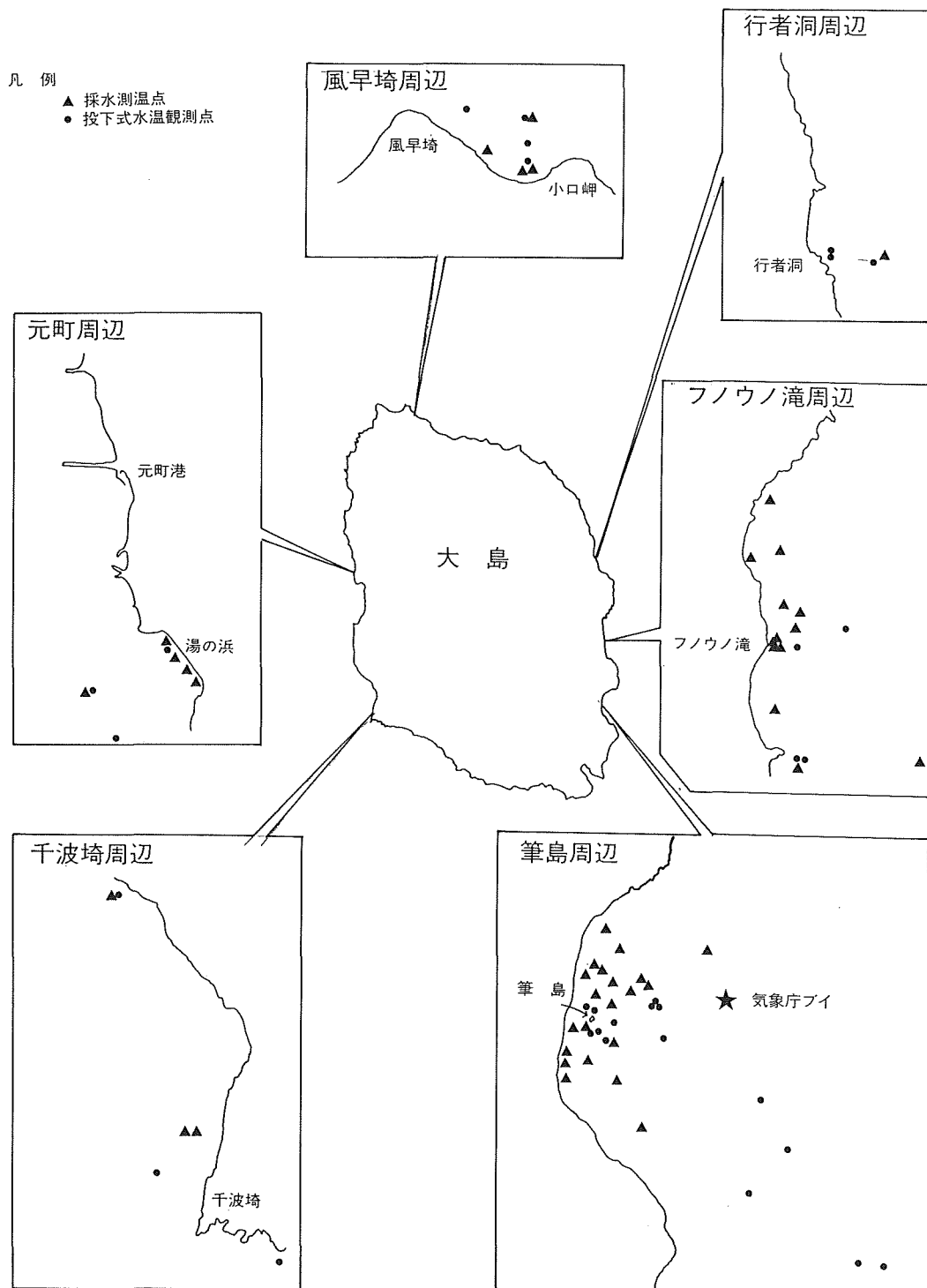


Figure 1-3 Water sampling points and temperature measurement points

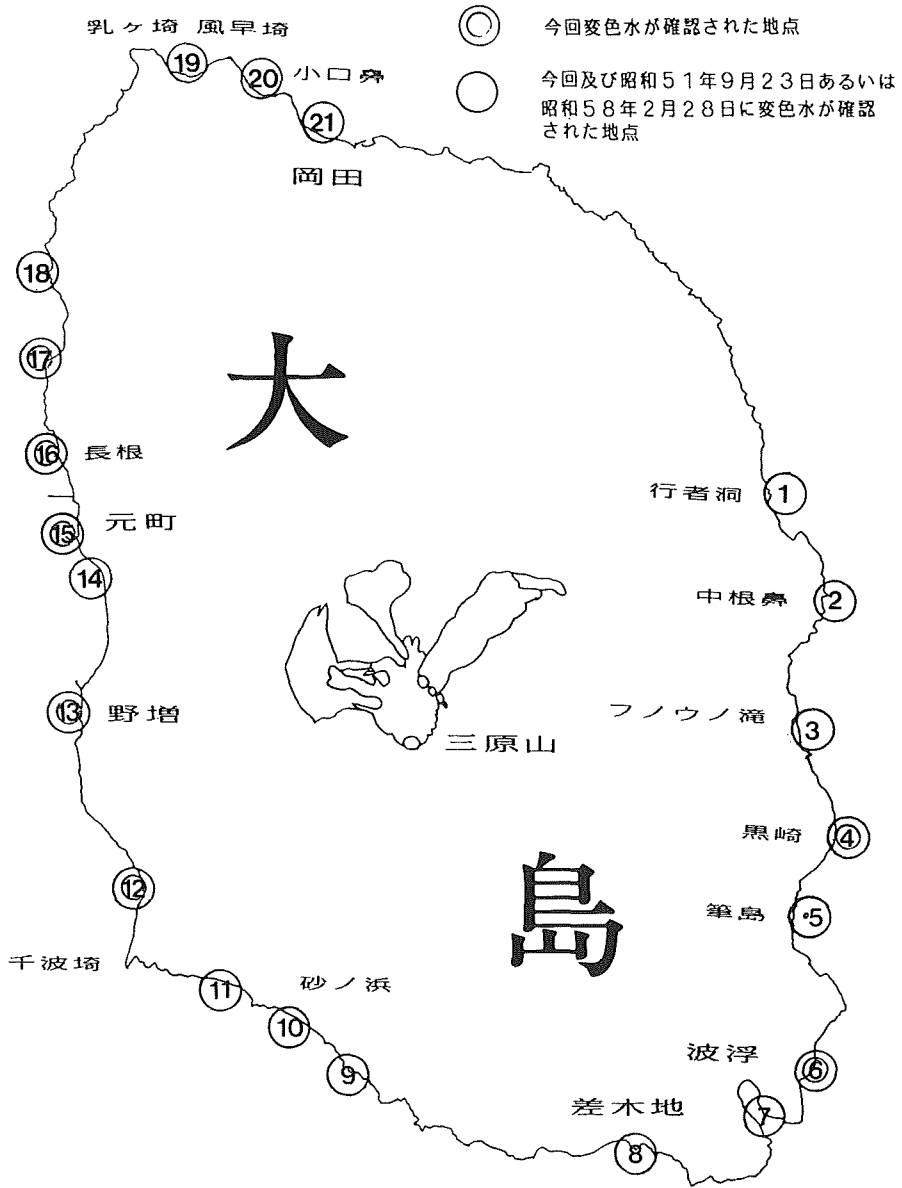


Table 1-1 Color of discolored waters around Osima

変色水の位置 調査日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
51. 9. 23	変色水有	同左	同左				変色水有		変色水有	同左	同左	
58. 2. 28					変色水有			変色水有		変色水有		
61.11.22		茶褐色(薄)	茶褐色(薄)		茶褐色	同左				変色水有	同左	
11.25	茶色(薄)		茶色(薄)		赤褐色	褐色(薄)				変色水有	同左	茶褐色(薄)
11.27	緑色(薄)		茶色(薄)		茶色(薄)					緑色(薄)		茶系緑色
11.28			黄褐色		茶褐・黄褐色		褐色(薄)			黄褐色	同左	
11.29	緑色(薄)		茶色	茶色(薄)	赤茶・薄茶色							緑色(薄)
12. 1	茶褐色(薄)	茶褐・黄褐色	同左	同左	赤褐・黄褐色(濃)					青白色(薄)	同左	黄褐色
12. 2 (午前)	褐色(薄)	同左	黄褐色	褐色(薄)	赤褐・黄褐色(濃)		黄緑色(薄)			黄色(薄)	乳白色(濃)	黄褐色(濃)
" (午後)	乳白色		褐色		褐色							
12. 4 (午前)	褐色			褐色(薄)	褐色							褐色(薄)
" (午後)		褐色	同左	同左	同左							褐色
12. 5 (午前)			茶色(薄)		茶色						緑色(薄)	同左
" (午後)	乳白色	褐色(薄)	茶褐色	赤褐・茶褐色	同左					青白色	青白色(薄)	茶褐色
12. 6		緑色(薄)	茶色(薄)	茶色	同左					茶色(薄)		茶色(薄)
12. 7 (午前)					薄緑・茶色				緑色(薄)	同左		緑色(薄)
" (午後)			茶色(薄)		緑・茶色(薄)							緑・茶色(薄)
12. 8 (午前)	緑色(薄)		緑色(薄)		緑・茶色(薄)						緑色(薄)	同左
" (午後)			緑色(薄)		緑・茶色(薄)						緑色(薄)	同左
12. 9 (午前)	褐色(薄)	同左	茶褐色	褐色(薄)	茶褐・黄褐色			黄褐色(薄)		青白色	青白色	
" (午後)			茶褐色		茶褐・黄褐色			黄褐色(薄)		青白色	青白色	

変色水の位置 調査日	13	14	15	16	17	18	19	20	21	備 考
51.9.23		変色水有				変色水有	同左	同左	同左	*
58.2.28		変色水有					変色水有	同左	同左	**
61.11.22		変色水有	同左							***
11.25		黒褐色(薄)			変色水有	同左	同左			
11.27		茶色(薄)					茶系緑色(薄)	同左	茶及び薄緑	
11.28	青白色	黄色			黄褐色		薄黄褐・黄色	同左	青白色	
11.29							緑色(薄)			
12.1		茶褐・黄褐色		茶褐色	乳白色(薄)		乳白色			
12.2(午前)		黄褐色(薄)	茶褐色(薄)				黄褐色	同左	同左	
”(午後)										
12.4(午前)										
”(午後)		褐色								
12.5(午前)										
”(午後)		茶褐色	褐色(薄)		茶褐色					
12.6							緑色(薄)	同左	同左	
12.7(午前)							緑色(薄)	同左	同左	
”(午後)							緑色(薄)	同左		
12.8(午前)							緑色(薄)	同左	同左	
”(午後)							緑色(薄)	同左	同左	
12.9(午前)		黄緑色(薄)	黄緑色(薄)		黄褐色(薄)		変色水有	褐色(薄)		
”(午後)		黄緑色(薄)	黄緑色(薄)		黄褐色(薄)					

*国土地理院理院撮影の空中写真による。 **海上保安庁撮影の空中写真による。 ***海上保安庁の調査及び朝日航洋船撮影の空中写真による

変色水の位置 調査日	13	14	15	16	17	18	19	20	21	備 考
61.12.10(午前)							緑色(薄)	緑色(薄)		
〃 (午後)			褐色(薄)					褐色(薄)		
12.11(午前)										
〃 (午後)										
12.12(午前)							緑色(薄)	同左	同左	
〃 (午後)							緑色(薄)	同左	同左	
12.13(午前)		褐色(薄)								
〃 (午後)		茶色(薄)								
12.14(午前)		褐色(薄)					褐色(薄)	同左		
〃 (午後)		緑・茶色(薄)						緑色(薄)		
12.16(午前)		茶色(薄)					緑色(薄)	同左	緑(薄)・一部茶(薄)	
12.17(午前)		褐色(薄)					褐色(薄)	同左	同左	
〃 (午後)		茶褐色	褐色(薄)				褐色(薄)	同左	同左	羽田基地、へり巡の2機
12.18(午前)		褐色(薄)					褐色(薄)			
〃 (午後)		褐色(薄)					褐色(薄)			
12.19(午後)							褐色(薄)	白濁緑色	同左	筆島付近荒天の為未調査
12.20(午前)		茶色(薄)					緑色(薄)	同左	同左	
〃 (午後)	茶褐・黄緑色(薄)	茶褐・黄緑色(薄)	茶褐・黄緑色(薄)	黄緑色(薄)	茶褐・黄緑色(薄)	黄緑色(薄)	褐色・青緑色	青緑色	同左	羽田基地、へり巡の2機
12.21(午前)		茶色(薄)						緑色(薄)	同左	
〃 (午後)		茶色(薄)					緑色(薄)	同左		

変色水の位置 調査日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
61.12.22(午前)			茶色(薄)		茶色(薄)							茶色(薄)
"(午後)			茶色(薄)		茶色(薄)							茶色(薄)
12.23(午前)			褐色(薄)	同左	褐色							褐色(薄)-青色(薄)
12.24(午前)			茶色(薄)		赤褐色						緑色(薄)?	茶色
"(午後)			黄褐色(薄)		赤褐・黄褐・黄緑色(薄)							茶褐色
12.25(午前)					茶色(薄)							茶色(薄)
"(午後)					茶色(薄)					緑色(薄)		茶色(薄)
12.26(午前)		茶色(薄)	茶色(薄)		茶色(薄)					緑色(薄)		茶色(薄)
12.27(午前)			茶色(薄)		茶色(薄)					緑色(薄)	同左	茶色(薄)
"(午後)			茶色(薄)		茶色(薄)					褐色(薄)	同左	茶色(薄)
12.28(午前)			褐色(薄)	同左	褐色・他緑色(薄)					青色(薄)	同左	褐色(薄)
"(午後)			茶色(薄)		茶色(薄)					緑色(薄)		茶色(薄)
12.29(午前)			褐色(薄)		褐色・他緑色(薄)						青色(薄)	褐色(薄)
12.30(午後)			茶色(薄)		茶色(薄)					緑色(薄)		茶色(薄)
12.31(午前)			茶色(薄)		緑色(薄)					緑色(薄)		茶色(薄)
62.1.1(午後)			茶色(薄)		緑色(薄)					緑色(薄)		茶色(薄)
1.2(午前)					茶色(薄)					緑色(薄)		茶色(薄)
"(午後)			茶色(薄)		茶色(薄)					緑色(薄)		茶色(薄)
1.4(午前)			緑色(薄)		茶色(薄)					緑色(薄)		茶色(薄)
"(午後)			茶色(薄)-緑色(薄)		茶色(薄)					緑色(薄)		茶色(薄)
1.5(午前)			緑色(薄)		茶色・緑色(薄)					緑色(薄)	同左	同左
"(午後)			緑色(薄)		茶色・緑色(薄)					緑色(薄)	同左	同左

変色水の位置 調査日	13	14	15	16	17	18	19	20	21	備 考
61.12.22(午前)		茶色(薄)					茶色(薄)	茶色(薄)	茶色(薄)	
〃 (午後)		茶色(薄)	茶色(薄)		茶色(薄)		茶色(薄)	緑色(薄)	茶色(薄)	
12.23(午前)		褐色(薄)								
12.24(午前)		茶色(濃)	茶色(薄)	同左						
〃 (午後)		黄褐色(薄)	茶褐色	乳白色		黄緑色(薄)				
12.25(午前)		茶色(薄)								
〃 (午後)		茶色(薄)								
12.26(午前)		茶色(薄)								
12.27(午前)		茶色(薄)					緑色(薄)	同左		
〃 (午後)		茶色(薄)					緑色(薄)	同左	同左	
12.28(午前)		褐色(薄)					褐色(薄)	同左	緑色(薄)	
〃 (午後)		茶色(薄)					緑色(薄)	同左	同左	
12.29(午前)		褐色(薄)							褐色(薄)	
12.30(午後)		茶色(薄)					緑色(薄)			
12.31(午前)		茶色(薄)								
62.1.1(午後)		茶色(薄)								
1.2(午前)		茶色(薄)							緑色	
〃 (午後)		茶色(薄)								
1.4(午前)		茶色(薄)					緑色(薄)		緑色(薄)	
〃 (午後)		茶色(薄)					緑色(薄)		緑色(薄)	
1.5(午前)		茶色(薄)						緑色(薄)	同左	
〃 (午後)		茶色(薄)						緑色(薄)	同左	

変色水の位置 調査日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
62.1.6(午前)			緑色(薄)	同左	同左					緑色(薄)		
"(午後)					茶色(薄)					緑色(薄)	茶色(薄)	同左
1.7(午前)		茶色	緑色(薄)	同左	茶色・他緑色(薄)					緑色(薄)		緑色(薄)
"(午後)		茶色	緑色(薄)	同左	茶色・他緑色(薄)					緑色(薄)		緑色(薄)
1.8(午前)	緑色(薄)		茶色(薄)	茶色	同左						緑色(薄)	同左
"(午後)					茶褐・黄緑(薄)・黄褐(濃)							
1.9(午前)		緑色(薄)	同左		緑色(薄)					緑色(薄)		緑色(薄)
1.12(午前)			茶色(薄)		茶色(薄)					茶色(薄)		
"(午後)			茶色(薄)		茶色(薄)					茶色(薄)		
1.13	黄褐色(薄)	茶褐色(薄)	同左		赤褐色・黄褐色(薄)							茶褐色(薄)
1.14(午前)			緑色(薄)		茶色(薄)					緑色(薄)		茶色(薄)
1.19(午後)	青緑色(薄)		茶褐色(薄)		茶褐色・黄緑色(薄)					青緑色(薄)		青緑色(薄)
1.20	青白色(薄)		青緑色(薄)		茶褐色・青緑色(薄)					青白色(薄)		茶褐色(薄)
1.22(午前)			黄褐色(薄)		黄緑色(薄)・茶褐色(薄)							
1.23(午前)			黄緑色(薄)		茶褐色(薄)							
1.28(午前)	青緑色(薄)		黄色(薄)		茶褐色(薄)					青緑色(薄)		
2.3(午前)												
2.10(午後)					茶褐色(薄)					青白色(薄)		青緑色(薄)
3.3(午前)	緑色(薄)		黄褐色(薄)		緑色(薄)					青白色(薄)		
3.17										青白色(薄)	同左	
3.18										青白色(薄)	同左	

変色水の位置 調査日	13	14	15	16	17	18	19	20	21	備 考
61.1.6(午前)		茶色(薄)					茶色(薄)	茶色		
"(午後)		茶色(薄)					茶色(薄)	茶色		
1.7(午前)		茶色					緑色(薄)	茶色	茶色・緑色(薄)	
"(午後)		茶色					緑色(薄)	茶色	茶色・緑色(薄)	
1.8(午前)	緑色(薄)					緑色(薄)	同左			
"(午後)										ラジコン時実施(筆島)
1.9(午前)		茶色								
1.12(午前)		茶色(薄)					緑色(薄)	同左	同左	
"(午後)		茶色(薄)					緑色(薄)	同左	同左	
1.13	茶褐色(薄)			黄緑色(薄)	茶褐色(薄)					
1.14(午前)		茶色(薄)					緑色(薄)	同左	同左	
1.19(午後)		赤緑色(薄)		茶褐・黄緑色(薄)				青緑色(薄)		
1.20		茶褐色(薄)					黄緑色	赤褐色	茶褐・黄緑色(薄)	
1.22(午前)							青緑色(薄)	茶・黄褐色		
1.23(午前)								黄褐色	茶褐色(薄)	
1.28(午前)		茶褐色(薄)					青白色(薄)	青白色・茶・黄褐色(薄)		
2.3(午前)								変色水有		大島東側乱気流で出来ず
2.10(午後)		青緑色(薄)					青白色(薄)	黄褐色・青緑色(薄)		
3.3(午前)		黄緑色(薄)	茶褐色(薄)	黄褐色(薄)				黄緑色(薄)	茶褐色(薄)	
3.17								黄褐色		
3.18		黄緑色(薄)						黄褐色		

2. ラジコンボートによる調査

2-1 はじめに

海底火山周辺海域における水温、水質あるいは海底地形調査を行うには、観測機器を搭載しすべての作動を無線で遠隔制御するものが安全かつ効率的である。水路部では三原山噴火に伴って発生したと思われる変色水の調査に際し、採水機能を備えた「ラジコンボート」を考察し安全かつ効率的に変色水等調査を実施したが、ここにその構成、調査概要及び調査成果を記述する。

2-2 ラジコンボートの構成

ラジコンボートは、ボート本体、調査用機器及び無線操縦装置等から構成される。

(1) ボート本体

イ FRPボート 大漁丸 9 E 3 2.70m (長さ)×1.44m (幅)×0.47m (深さ)、40kg

明石ヨット製作所

ロ 船外機 5CS, L 5馬力 12ℓ燃料タンク (ガソリン:オイル=50:1) 付 ヤマハ発動機

ハ 採水ポンプ 電動ビルジポンプ、吐出力20ℓ/min, 最大揚程8.7m ヤマハ東京株式会社

(2) 調査用機器

イ 小型音響測深機 FE-4000 最大レンジ160m、測深精度 記録紙幅100mm 吉野電気株式会社

ロ アナログ記録式水温計 測定範囲-50°~110°C 測定精度 ±0.5°C タマヤ計測システム

ハ 携帯型 pH 計 HPH-22型 測定範囲0~14pH, 0~50°C 測定精度 ±0.04pH, ±1°C

吉野計器(株)

(注) 現地調査にあたっては、水路部保有のメモリー記録式水温計 (RMT 水温計, 測定範囲0°~50°C, 測定精度0.5°C) を2個使用した。また上記 pH 計は第2回までの調査に使用し、以降の調査では、Model PH51 (横河北辰電機製, 測定範囲0~14pH, 0°~80°C, 測定精度±0.02pH, ±1°C) を使用した。

(3) 無線操縦装置等

イ プロポ (送信機 (FP-8SGAP), 受信機 (FP-R118GAP) 周波数40MHZ 帯, 有効制御範囲2km, 8チャンネル6サーボ用)

ロ サーボモーター FP-S114 操舵用

ハ サーボモーター FP-S130 採水ポンプ用

ニ ニッカドバッテリー NR-4NB 送信機及び受信機用4.8V

ホ 充電機 FBC-2 L ニッカドバッテリー充電用

ヘ 蓄電池 12V 操舵用

(4) その他

イ ポリエチレンタンク 10ℓ 6個 採水用

ロ ポリエチレン角瓶 1ℓ 150個 分析用

2-3 ラジコンボート内の各機器配置

ラジコンボート内の各機器の配置を第2-1図に示す。小型音響測深機の送受波器、アナログ水温計・RMT水温計の各水温センサー及び海水取り入れパイプ (6本) は、ボート中央部に設けてある「イケス」部分にそれぞれ小穴を作りボート底下に突き出されている。(写真2-1)このうち海水取り入れパイプは常備される仕様であるが、他のものは調査の都度取り付けるものであり、音響測深機の送受波器はボートを海面

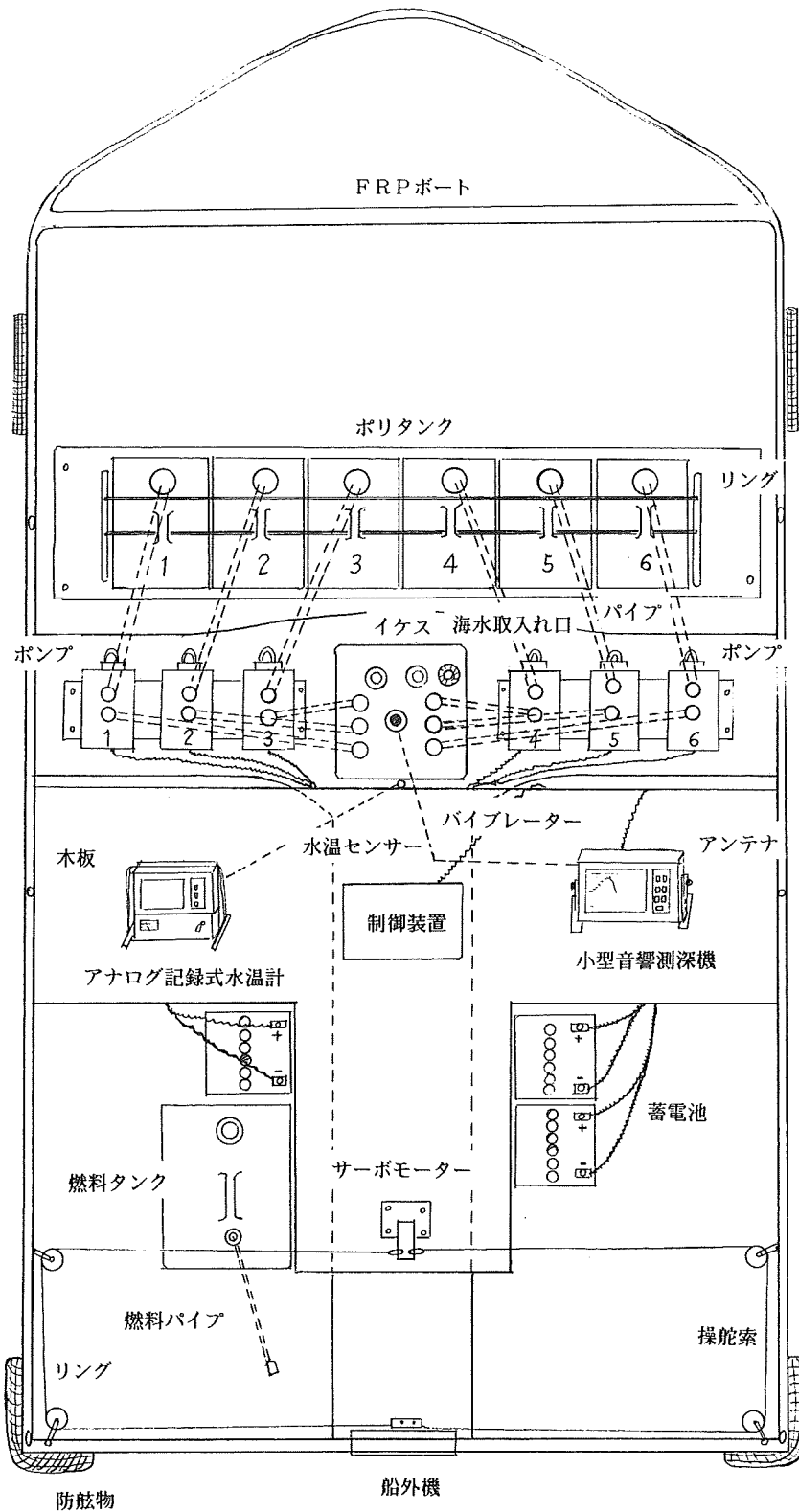


Figure 2-1 Instruments configuration in the radio-controlled boat

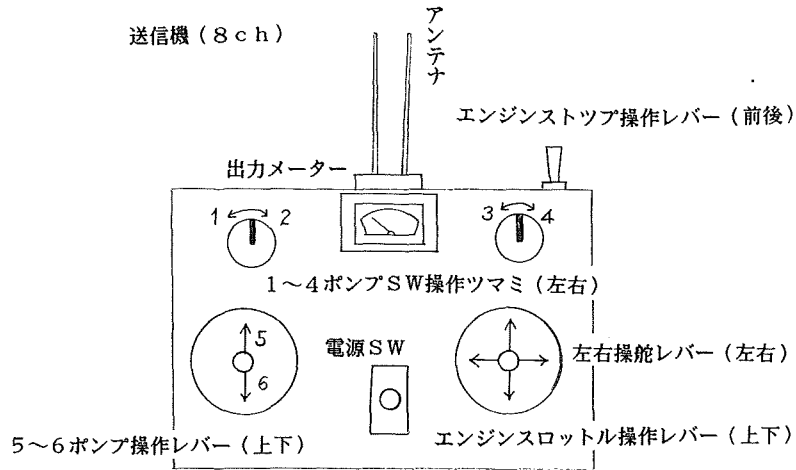


Figure 2-2a operational board

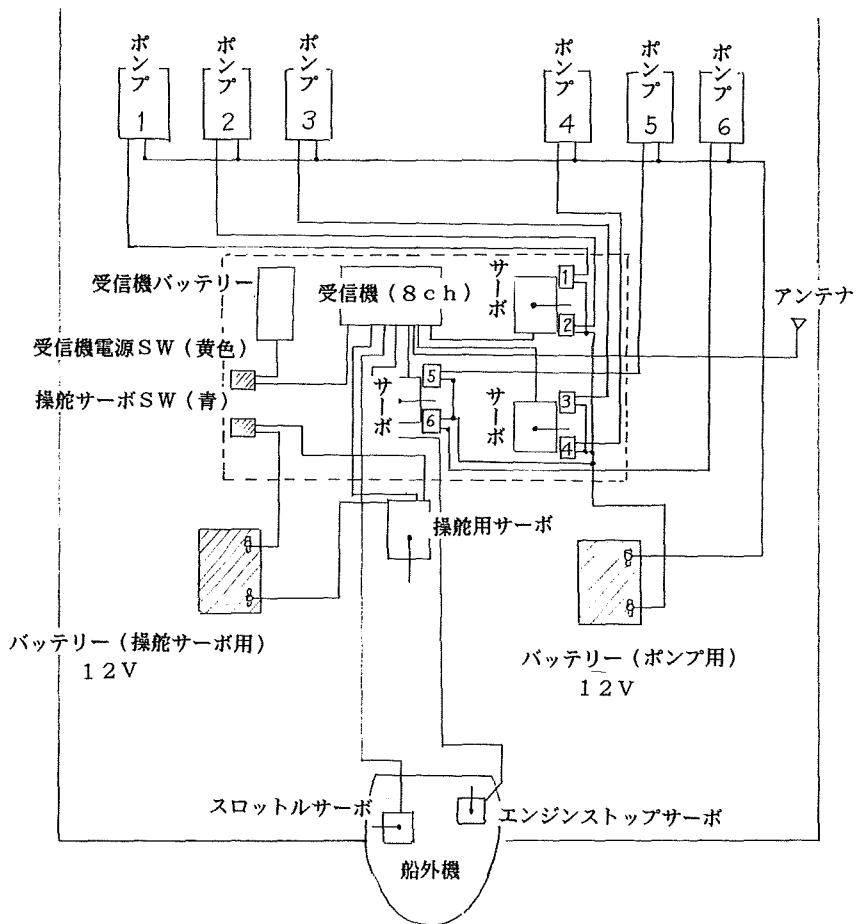


Figure 2-2b Wiring of the instruments in the radio-controlled boat

に降す前に陸上で取り付ける必要がある。

プロポ（送信機……誘導用，受信機……ラジコンボート内）の操作スイッチ等及びラジコンボート内の各機器結線図を第2-2 a図，第2-2 b図に示し，ラジコンボート後部から見た機器配置の状況を写真2-2，航走実験中のラジコンボートを写真2-3に示す。

2-4 現地調査事前準備等

(1) 機器調査等

- イ 分析用ポリエチレン角瓶容器（1ℓ）の塩酸洗浄
- ロ アナログ記録式水温計の充電及びキャリブレーション
- ハ メモリー記録式水温計のメモリー・クリア等調整
- ニ 蓄電池（12V，3個）及びニッカドバッテリーの充電

(2) 現場携行機材

- イ pH測定用品（蒸留水，pH4.0試水，ティッシュペーパー）
- ロ 携帯無線機（150MHz）（支援船と誘導者（ラジコンボート操縦者）の連絡用）
- ハ 双眼鏡（ラジコンボート監視用）
- ニ 棒状水温計（表面海水温度測定用）
- ホ 表面採水器（衣製）（表面海水採取用）
- ヘ 海図，陸図，マジックインキ，ガムテープ，ビニールテープ，ビニールシート
- ト 記録野帳，カメラ，フィルム
- チ 救命胴衣 ほか

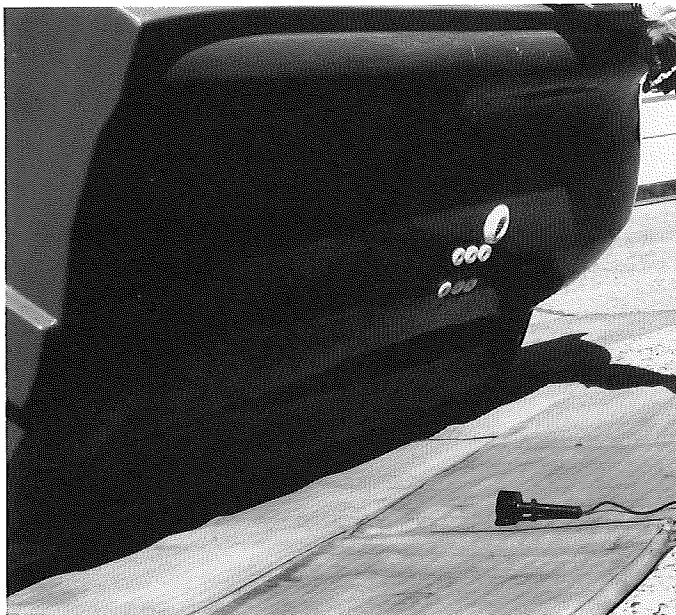


Photo 2-1 Bottom figure of the radio-controlled boat, which shows small 6 holes for the pipe hole of water samplings and black vibrator of echo-sounder putting on the ground

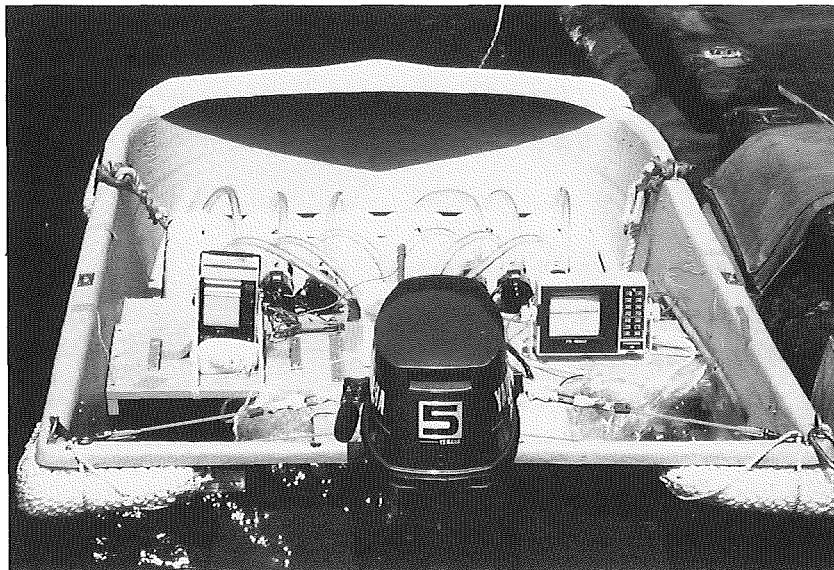


Photo 2-2 Instruments configuration shown from the back side.

left; recorder of echo-sounder, middle; engine, right; recorder of thermometer (analog recorder). Many tubes show water samplings pipes from boat bottom to water sampling pumps($\times 6$) and from water sampling pumps to water sampling tanks($\times 6$)
Water sampling tanks are seated below the recorder board

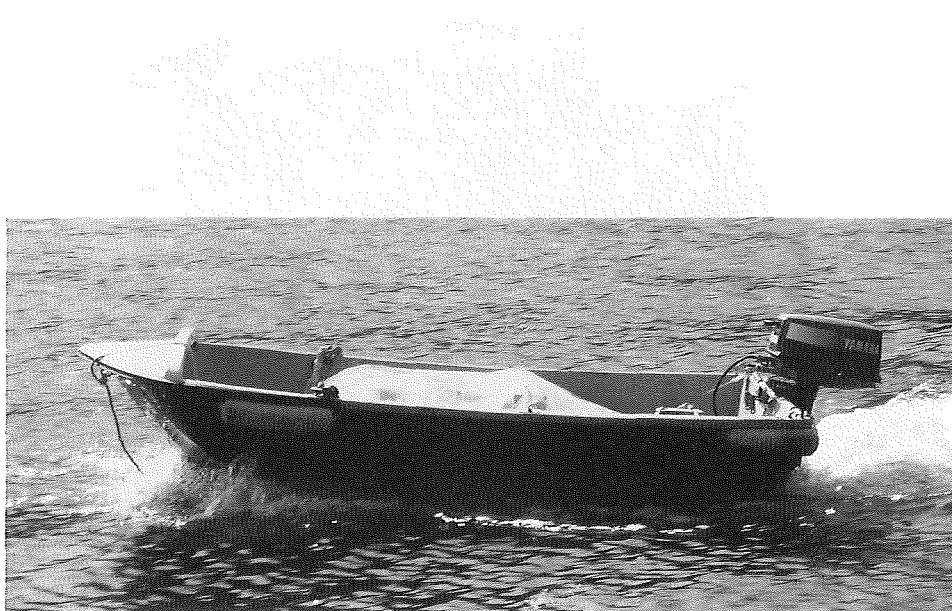


Photo 2-3 Radio-controlled boat in experiment.

Instruments are covered with a vinyl seat to avoid getting sea water

2-5 現地調査要領

無線操縦装置のバッテリー容量による連続操縦時間（2時間以内）制限，無線制御可能範囲（2 km）制限等により，ラジコンボートによる調査範囲，調査手法（誘導方法）あるいはラジコンボートの発着地点等を充分考慮する必要がある。ラジコンボートの誘導手段としては，ヘリコプターによる方法と陸上地点（高台）からによる2つの方法が考えられる。いずれの方法によってもラジコンボートそのものは，上述の制限事項から調査海域付近まで支援船により運ばれることが必要である。今回の調査では，この両方法で調査を行ったがヘリコプター誘導によるラジコンボート航走図を第2-3図に，陸上からの誘導による航走図を第2-4図に示す。

第2-3図で支援船が調査海域から離れているのは，採水地点が火山性の変色水海域であることから水深200m以深であり，かつ調査地点から2マイルを保つことで万一の事態をさける体制をとったものであり，火山活動が活発な状況にあるときは，同様なシステムを採用すべきであろう。ラジコンボートについては，すべての機器を搭載した後，蓄電池は個々に防水措置をとったうえ全体をビニールシート等でカバーすることを忘れてはならない。

ヘリコプターによるラジコンボートの誘導調査要領を第2-5図に示す。陸上地点からの誘導による場合には，図中「ヘリに連絡」を「陸上に連絡」と読みかえること，また支援船としては測量船を想定しておりラジコンボートは横だきであるが，用船（小型漁船等）ではボートは横だきにできない場合があり，その場合には舷側係留という意味に解釈されたい。

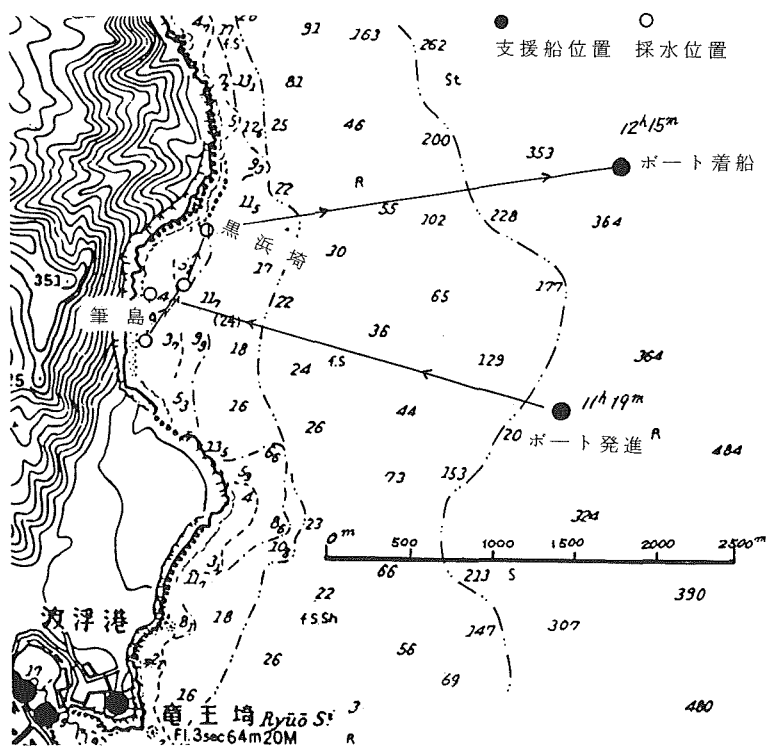


Figure 2-3 Track chart of the radio-controlled boat operated on the helicopter

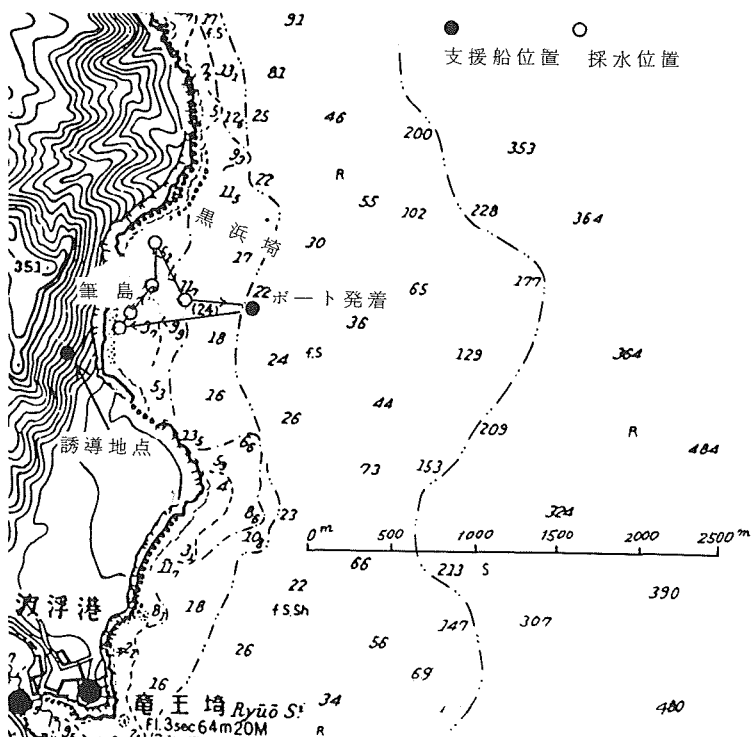


Figure 2-4 Track chart of the radio-controlled boat operated on the land

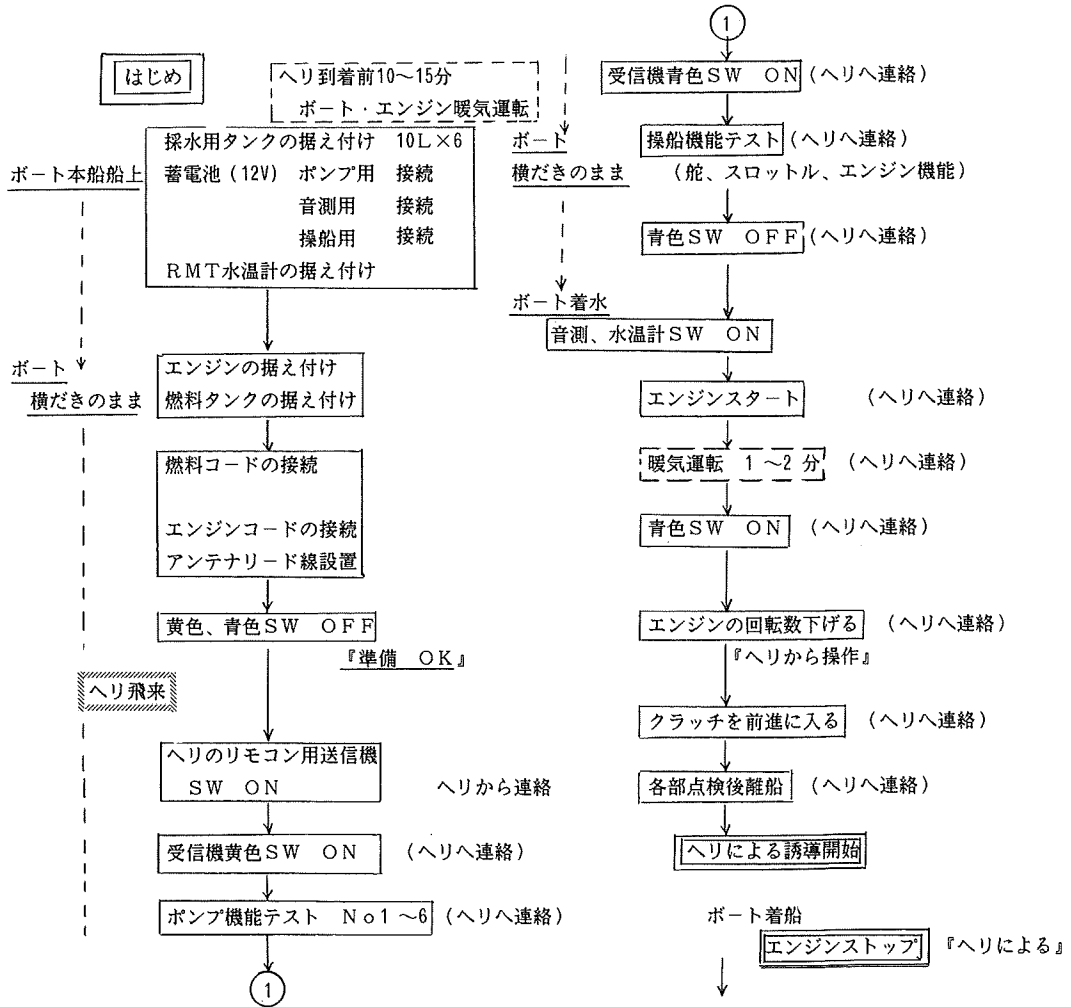


Figure 2-5 Operational manual of the boat

ラジコンボートでの採水等の調査中は、誘導者からの連絡に全神経を集中させることが肝要である。特に採水時刻、採水番号、変色水の規模等はすべて記録する必要がある。また誘導者は、無人で航行するボートであることから調査周辺海域の監視、支援船との連絡を密にすることも大事なことである。

ラジコンボートによる採水等の作業の終了後ただちに支援船上で次の作業を実施しなければならない。

- イ 分析用試水の採取 (1ℓ×2個 ……分析：水路部及び岡山大学)
- ロ 塩分検定用試水の採取…(分析：水路部、ただしラジコンボートによる調査の第5、6回のみ実施)
- ハ pH測定用試水の採取及び水温測定。ただちにpH測定を実施
- ニ 測深機記録及びアナログ記録式水温計の収集、次回調査用にセットする
- ホ 当日の調査が終了した場合には、船外機の水洗い、残量燃料の把握、ニッカドバッテリーの充電等を行う。

2-6 資料解析等

現場で採取した分析用試水は、ただちに分析のため岡山大学に送ると共に、海洋調査課海洋汚染調査室に

持ち込んだ。塩分検定は、同室保有機器により行った。

採水位置、採水年月日時刻、水深、水温、pH、塩分、分析成果(Fe, Al, Si)、変色水状況等を一覧表とした成果表は、ただちに火山噴火予知連絡会に報告した。

2-7 ラジコンボートによる調査成果等関連資料

ラジコンボートによる現地調査は、1986年12月10日を第1回調査として延べ6回実施した。各調査に従事した船舶等はつぎのとおりであり、その採水地点、測深、水温記録等の成果を第2-6図～第2-11図に示す。なお、ヘリコプターはいずれも第三管区海上保安本部羽田航空基地所属機である。

調査期日 (現地調査)	支 援 船	誘導手段	現地従事者・資料整理班	部外協力者	調査成果
61. 12.10～11	測量船 「海洋」 船長 坂井哲夫	MH550号(ベル212型ヘリ) 機長 渡辺芳政(10日) 機長 増田尚道(11日)	桑木野文章 佐藤寛和 福島繁樹	小坂丈子(岡山大教授) 伊東英夫(伊東模型- ラジコンボート操縦者)	第2-6a, 6b, 6c図 第2-1表
61. 12.19～20	測量船 「海洋」 船長 坂井哲夫 機長 佐藤金哉	MH518号(同上) 機長 佐藤金哉	福島繁樹 土出昌一 斎藤茂幸 佐藤寛和 佐藤 敏 服部敏一	伊藤英雄	第2-7a, 7b図 第2-1表
62. 1.7～8	測量船 「海洋」 船長 坂井哲夫 機長 増田尚道	MH607号(同上) 機長 増田尚道	益本利行 佐藤寛和 福島繁樹 背戸義郎 高橋陽蔵 (1月8日のみ) 服部敏一	小坂丈子 伊藤英雄	第2-8a, 8b, 8c, 8d図 第2-1表
62. 1.22～23	測量船 「明洋」 船長 谷下田清 機長 増田尚道	MH518号(同上) 機長 増田尚道	益本利行 塩崎 愈 田賀 傑 佐藤寛和 服部敏一 木下英樹	小坂丈子 伊藤英雄	第2-9a, 9b, 9c図 第2-1表
62. 2.25～26	用 船	陸上地点	桑木野文章 服部敏一 佐藤寛和 難波江靖 高橋陽蔵	小坂丈子 伊藤英雄	第2-10a, 10b, 10c図 第2-1表
62. 3.25～26	用 船	陸上地点	土出昌一 田賀 傑 桑木野文章 難波江靖 福島繁樹 山本裕一	伊藤英雄	第2-11図 第2-1表

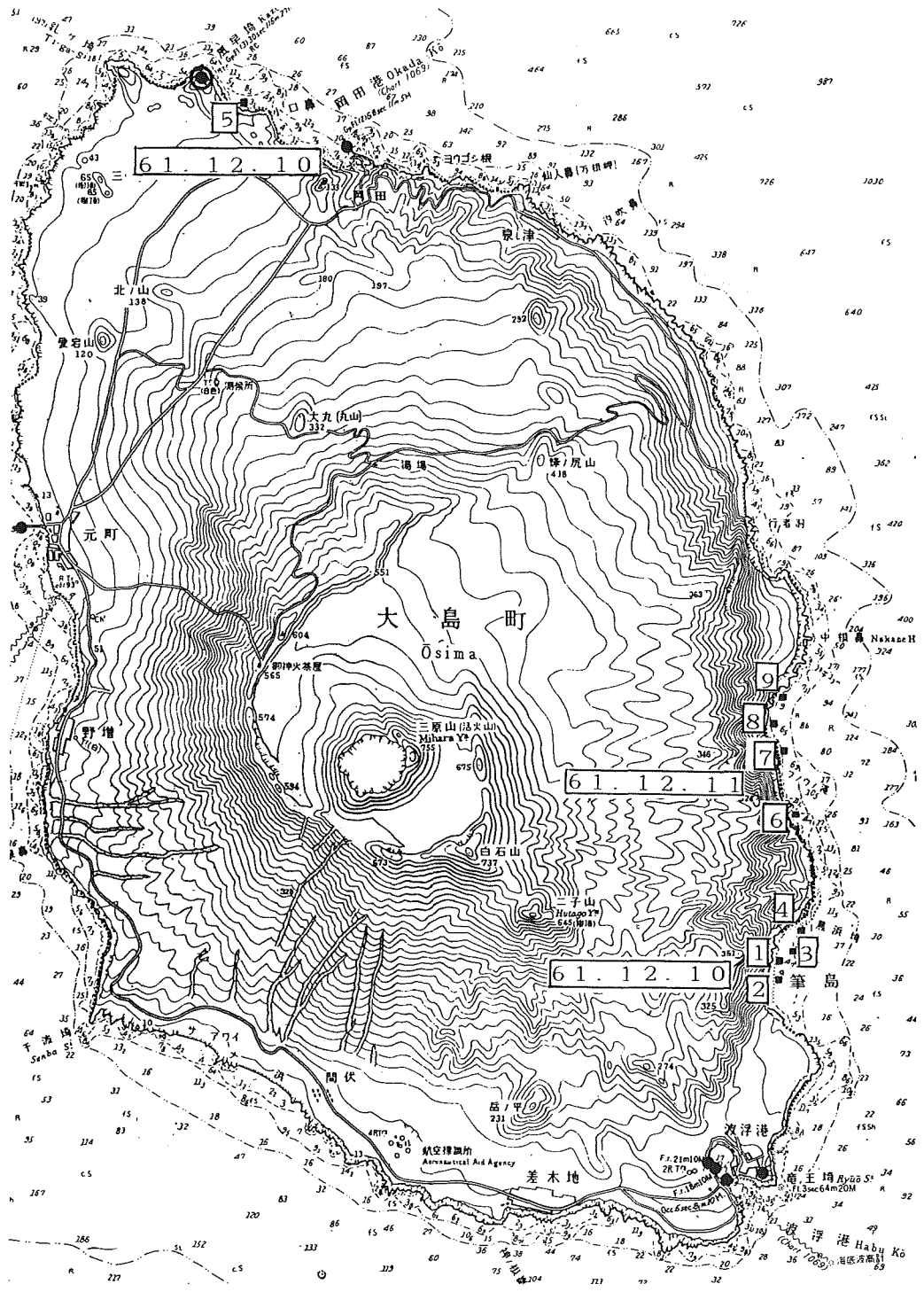
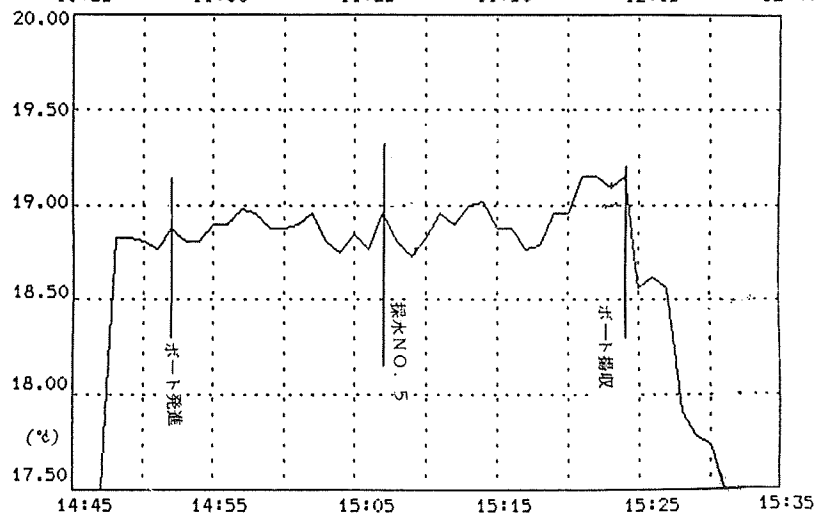
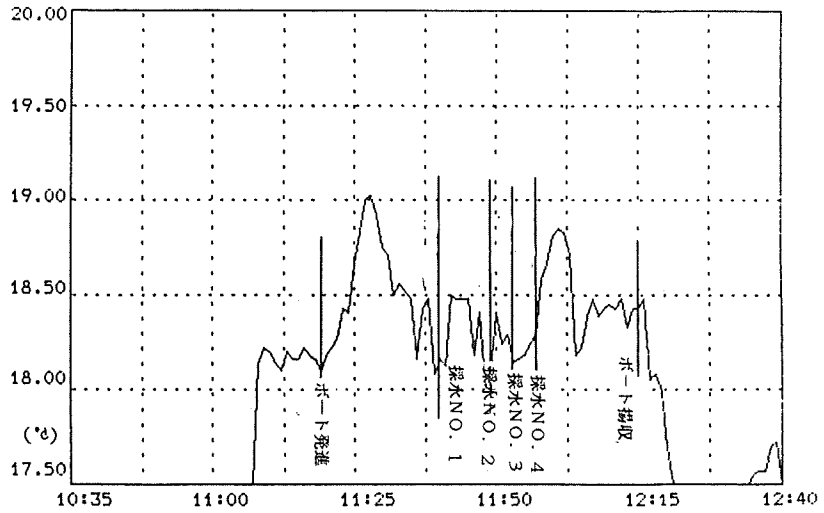
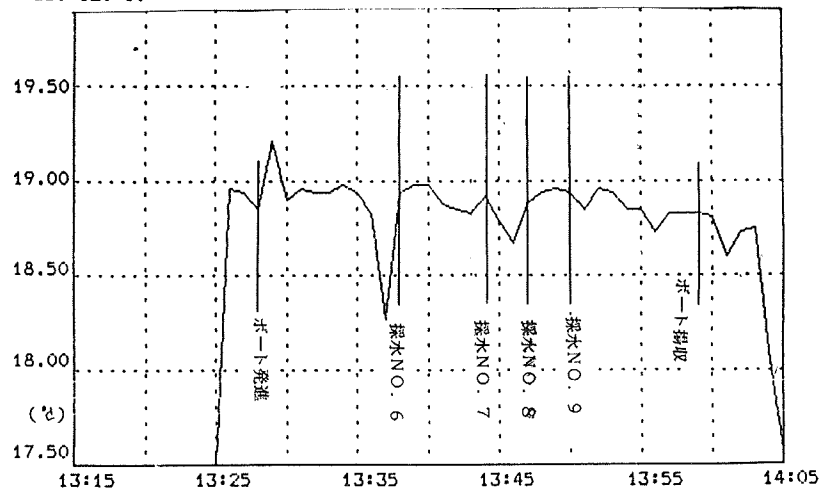


Figure 2-6 a Water sampling points on Dec 11, 1986 and Dec 12, 1986



86. 12. 10



86. 12. 11

Figure 2-6b Records of sea water temperature

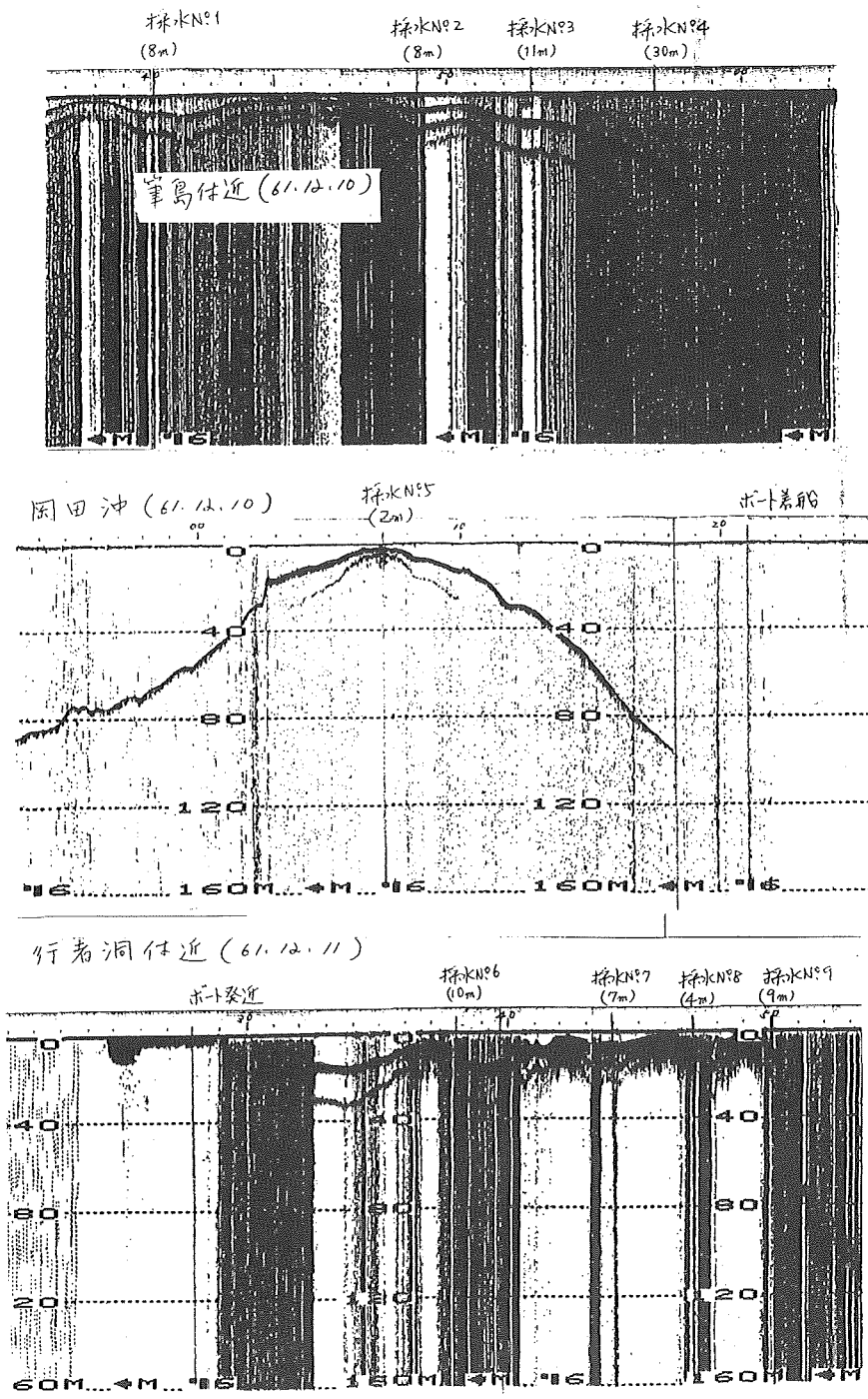


Figure 2-6 c Records of echo-sounder near sampling points

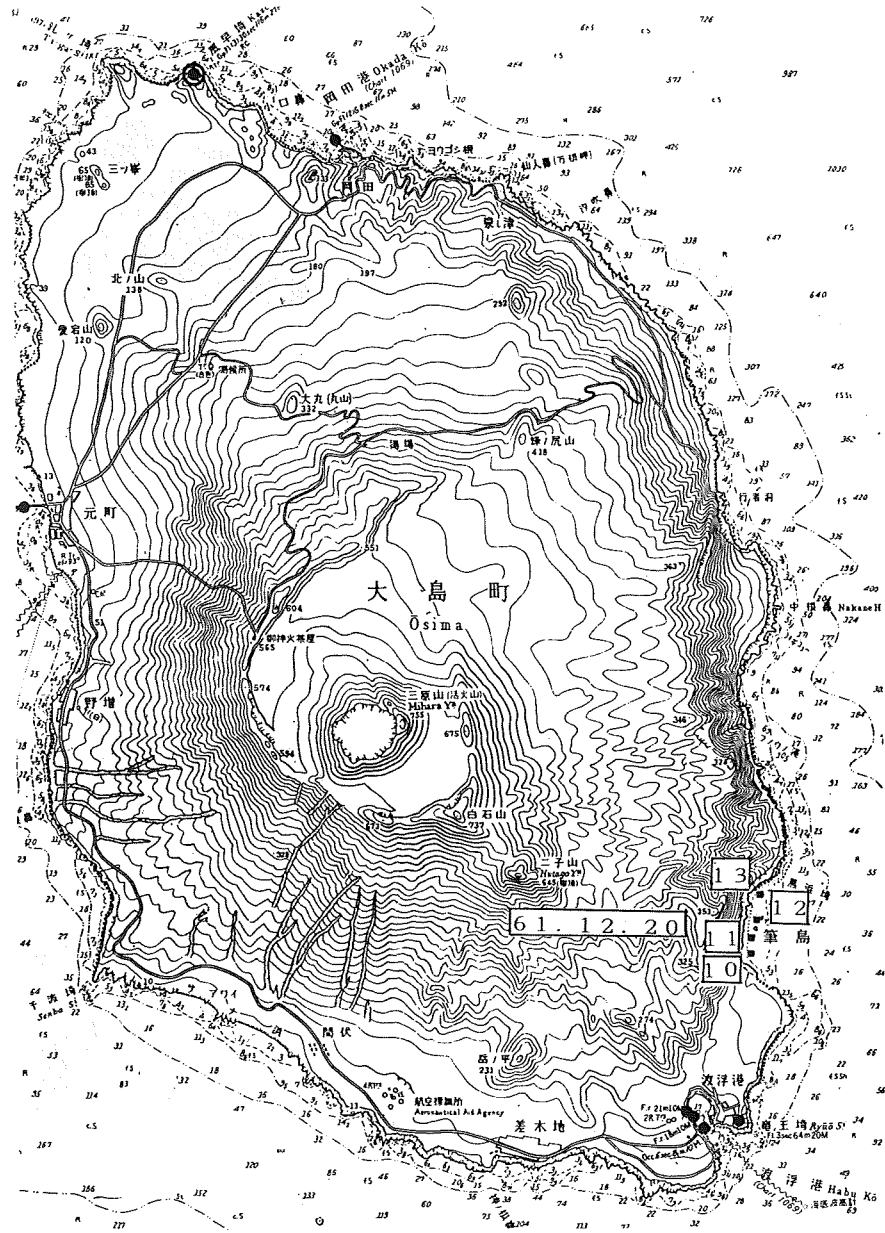


Figure 2-7 a Water sampling points on Dec 20, 1986

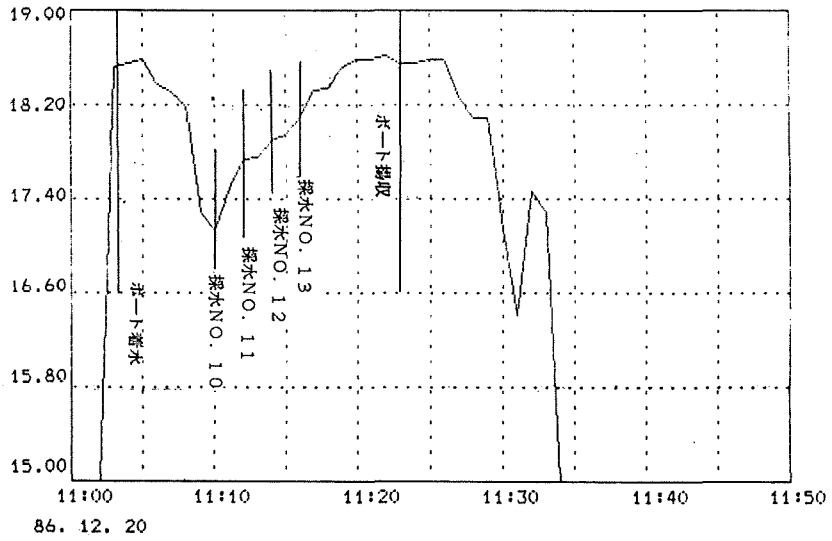


Figure 2-7b Record of sea water temperature

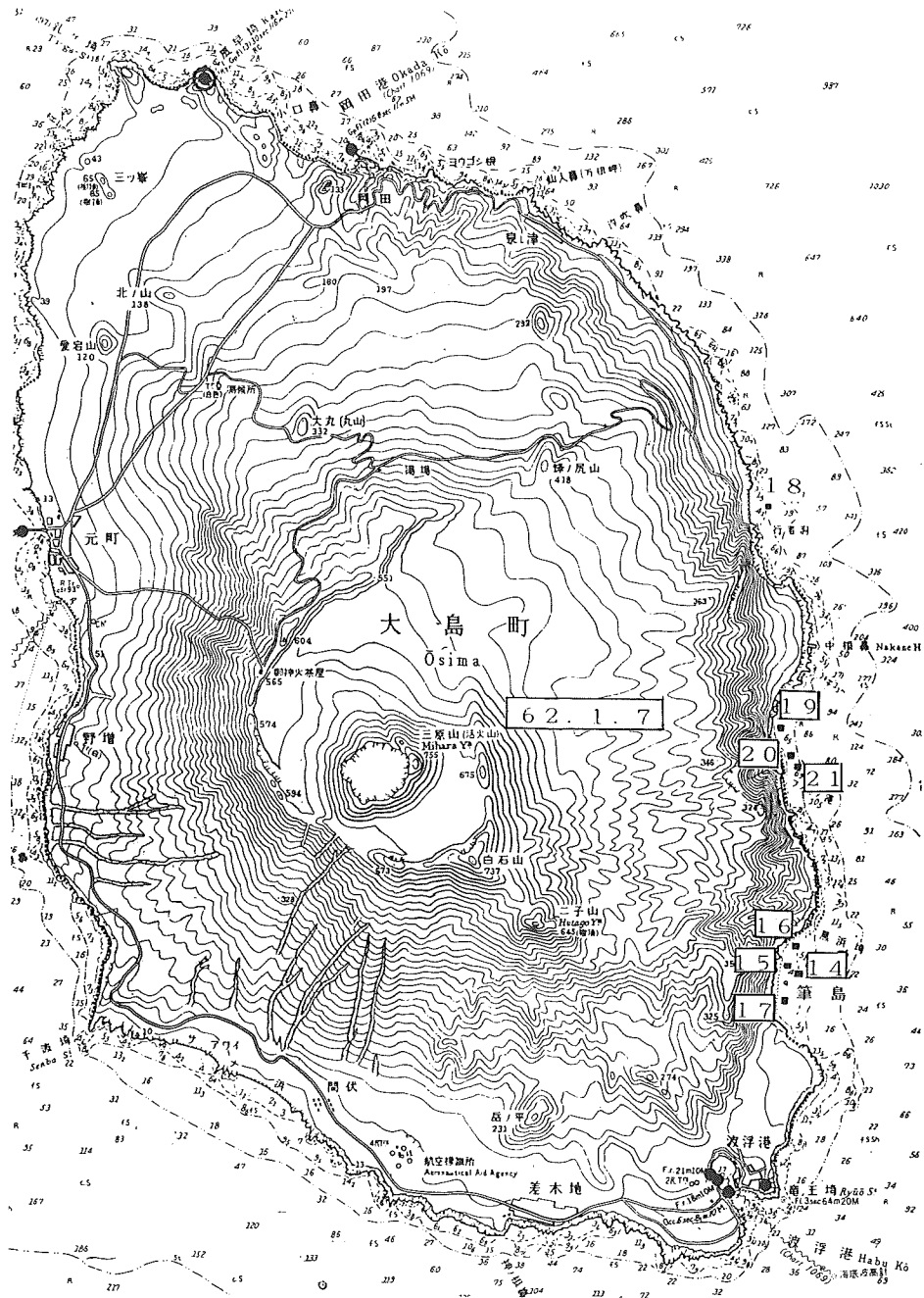


Figure 2-8a Water sampling points on Jan 7, 1987

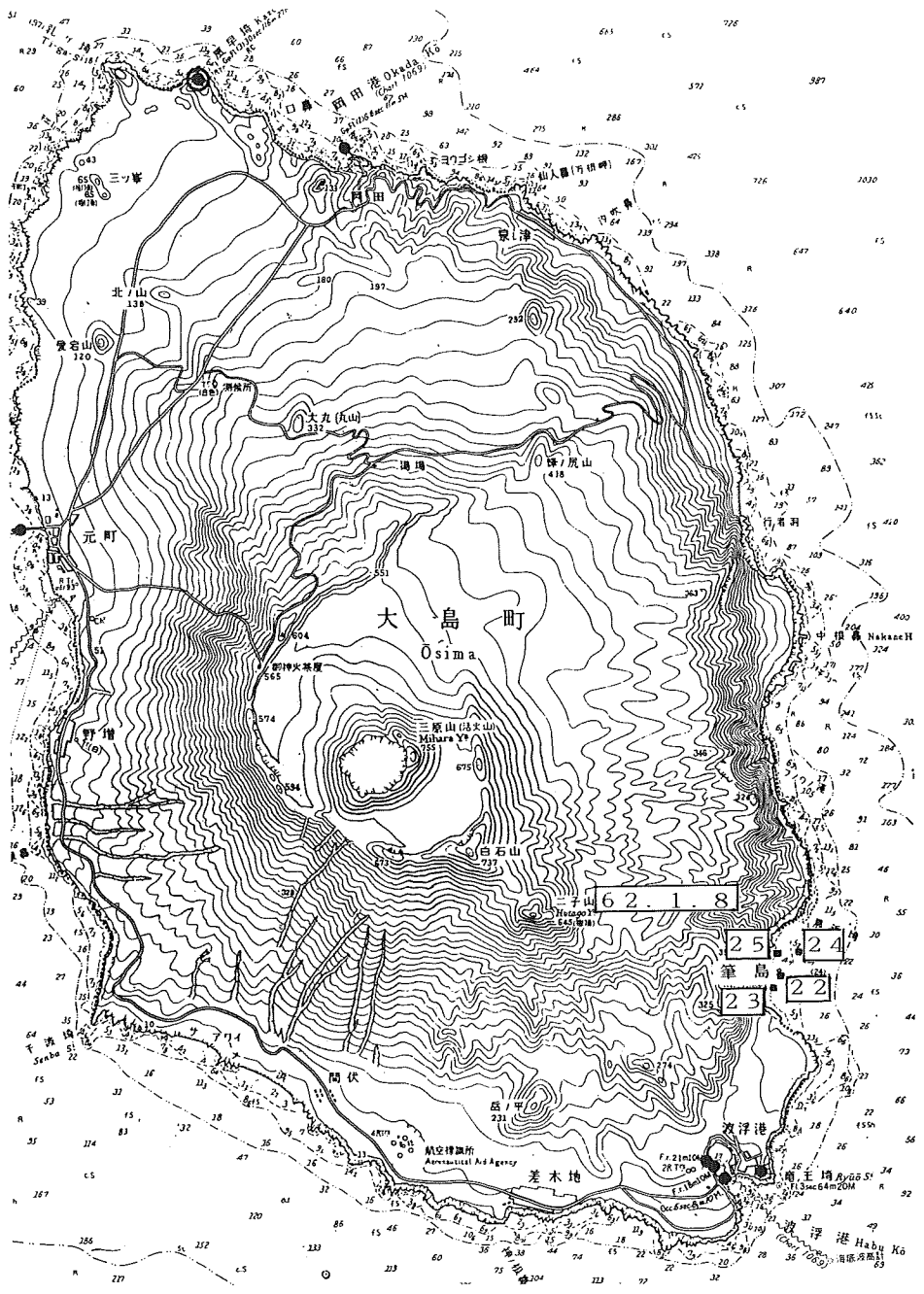


Figure 2-8b Water sampling points on Jan 8, 1987

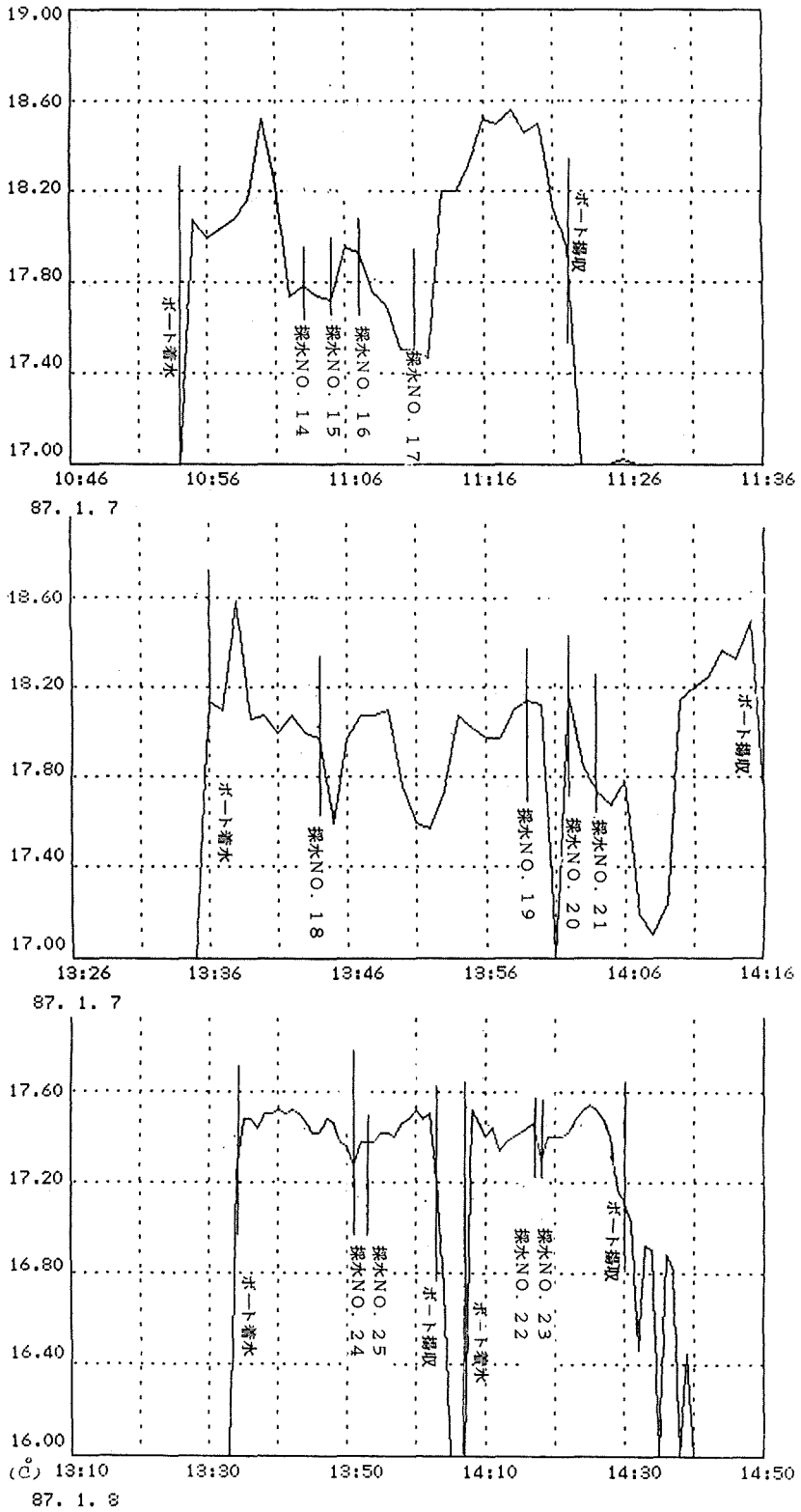


Figure 2-8c Records of sea water temperature

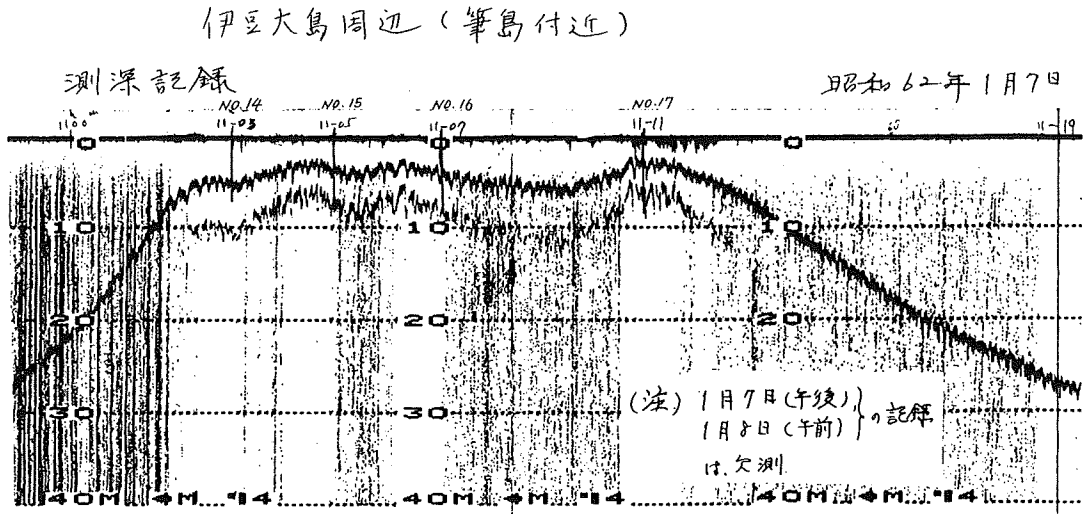


Figure 2-8d Record of echo-sounder near sampling points

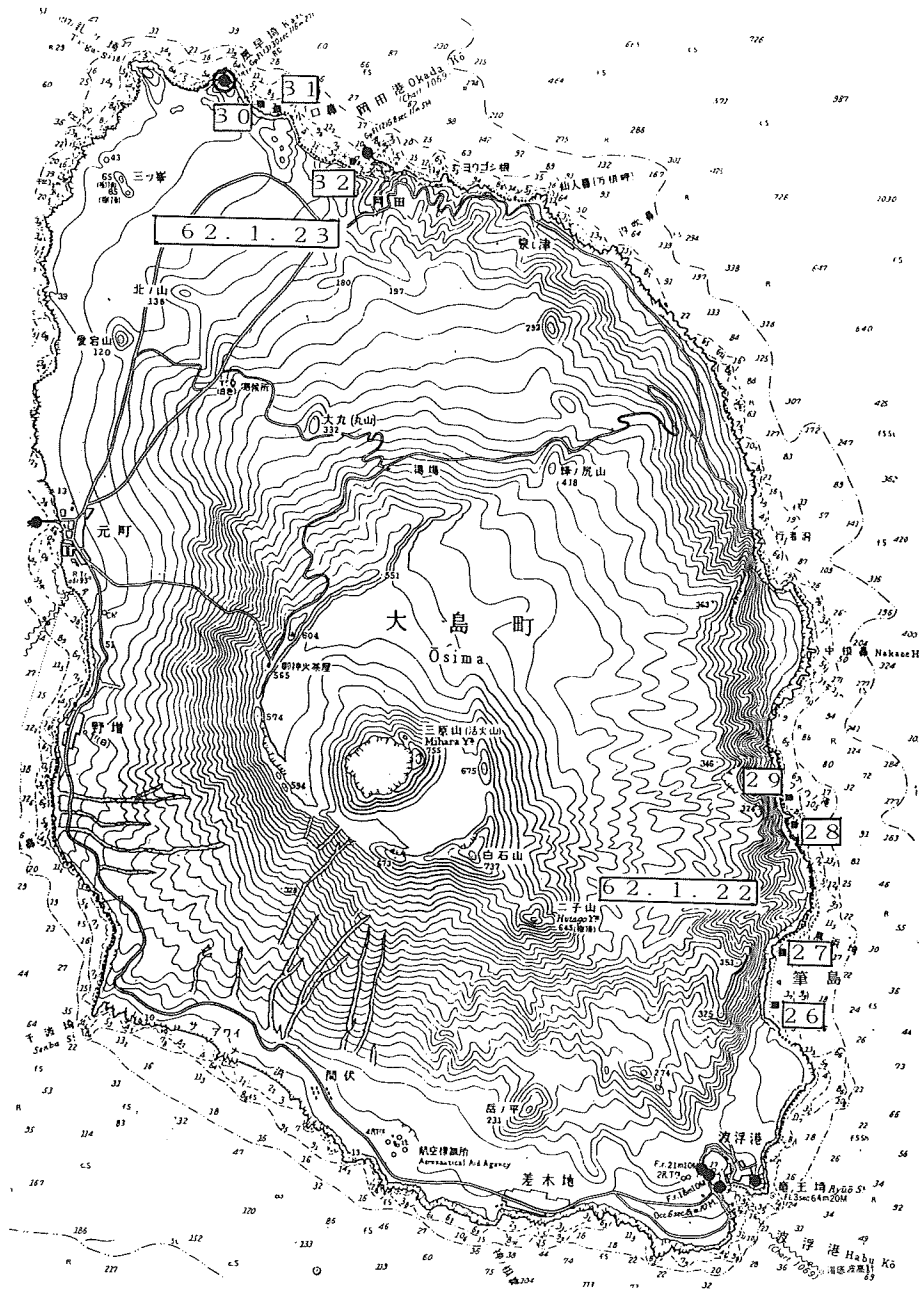


Figure 2-9a Water sampling points on Jan 22, 1987

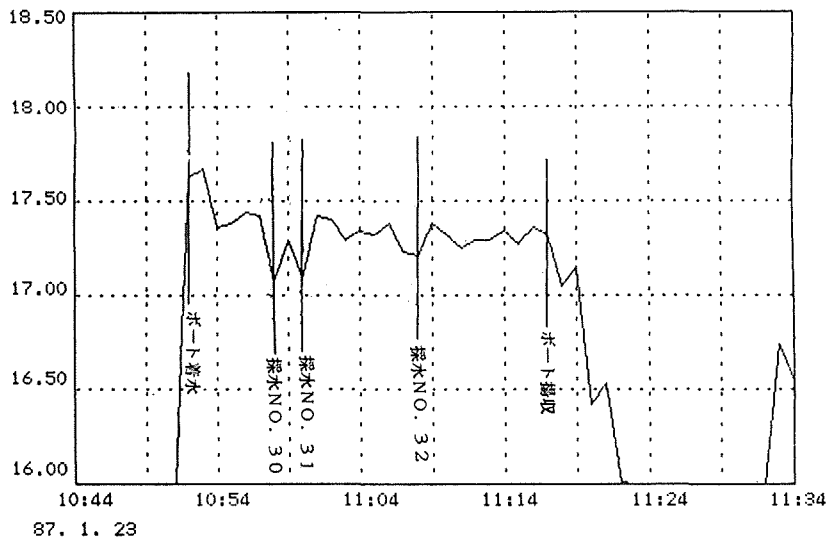
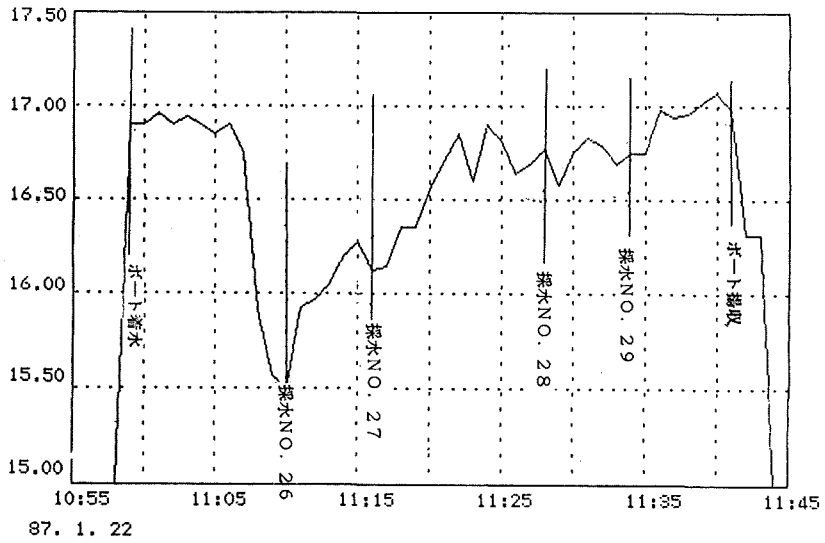


Figure 2-9b Records of sea water temperature

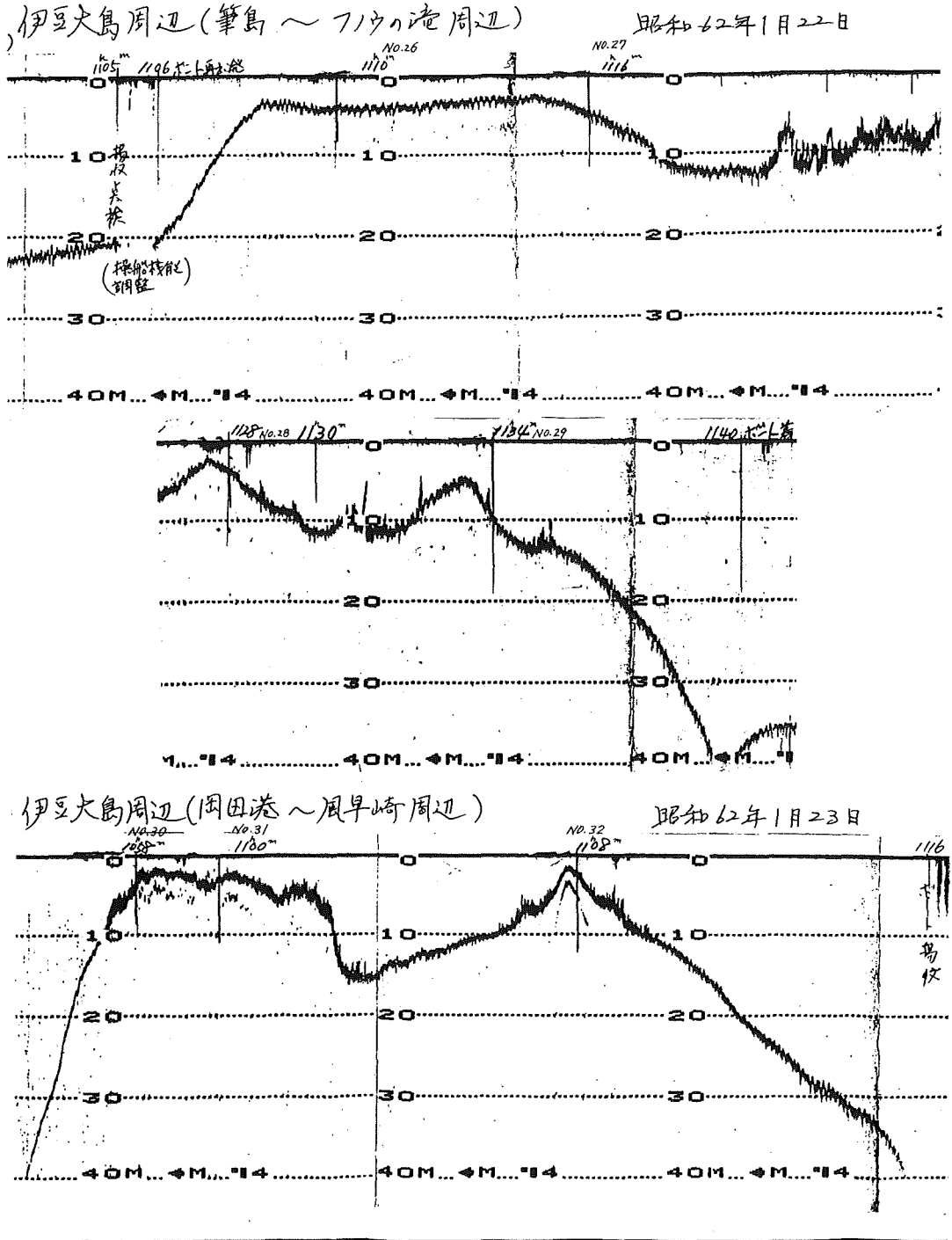


Figure 2-9c Records of echo-sounder near sampling points

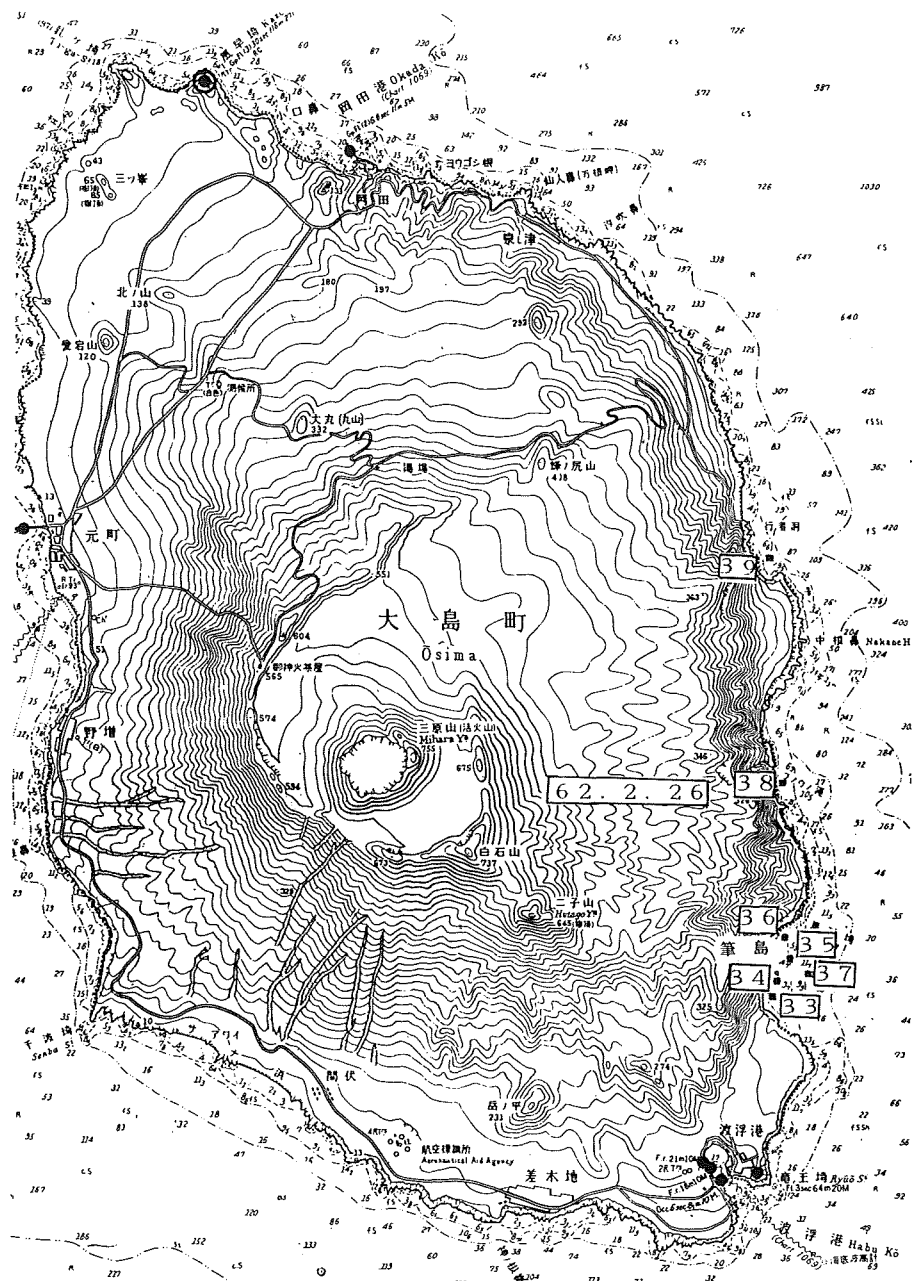


Figure 2-10a Water sampling points on Feb 26, 1987

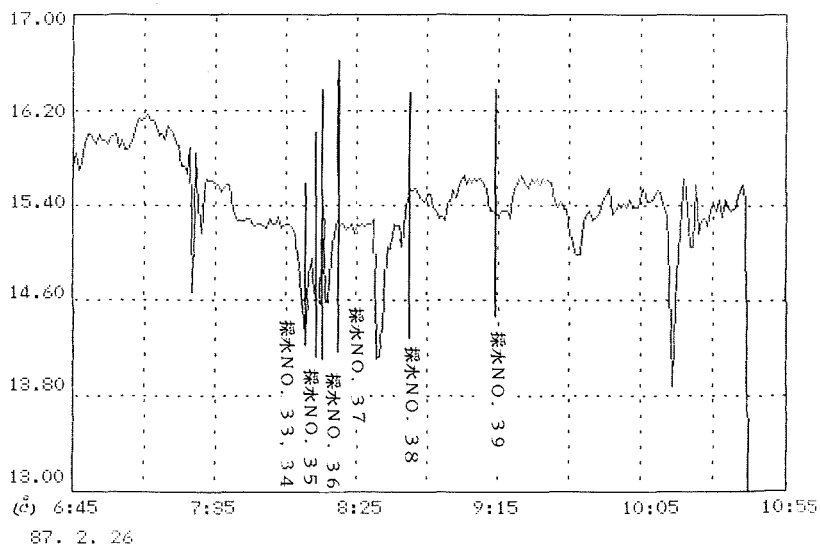


Figure 2-10b Record of sea water temperature

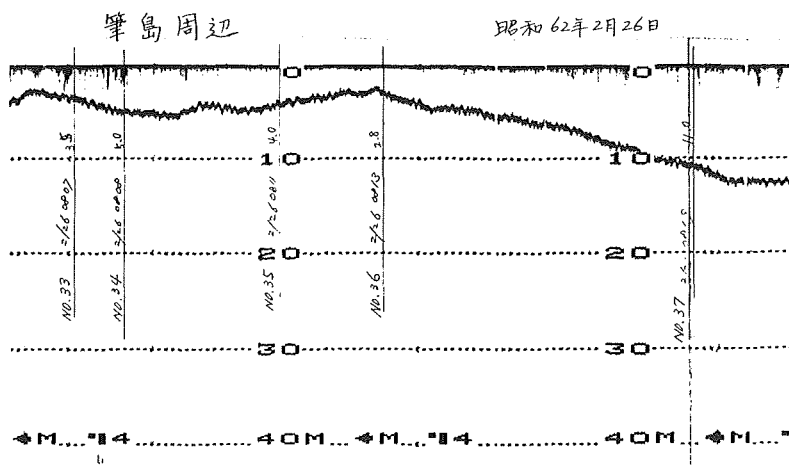


Figure 2-10c Record of echo-sounder near sampling points

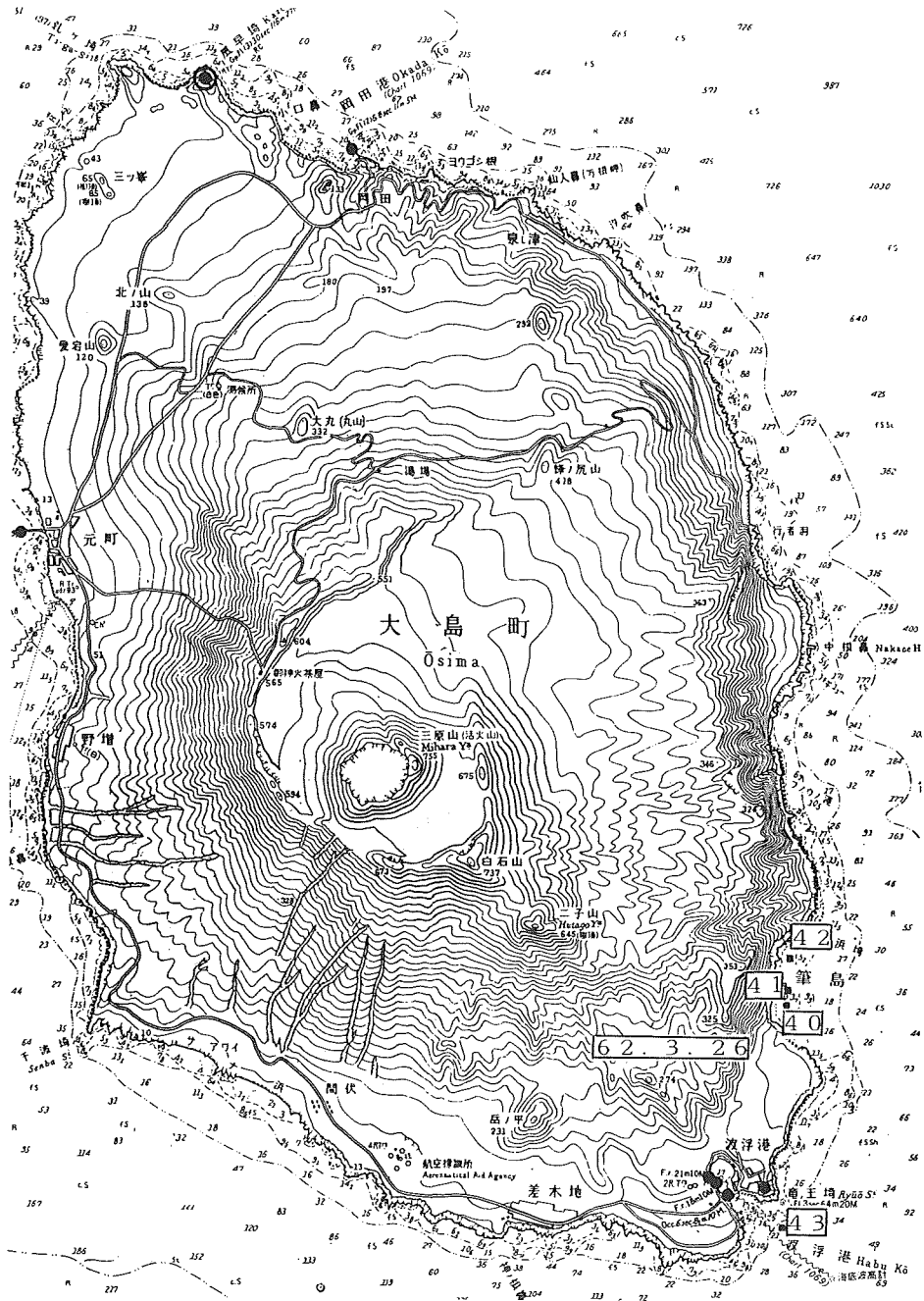


Figure 2-11 Water sampling points on Mar 26, 1987

第2-1表については、ヘリコプターによる採水結果も含めて第5章第5-2表にまとめて再掲している。

2-8 あとがき

ラジコンボートによる変色水等の調査の概要は上記のとおりであるが、ラジコンボートを用いての調査においては特に次の事項に注意を払う必要がある。

- (1) 計測機器等ビニールシートで完全カバーをすること。特に蓄電池(12V)は多少海水がボート内に流入してもショートしないように別途防水処置を施すこと。
- (2) 支援船として用船(小型漁船等)を使用する場合は、多少の時化でも安全にラジコンボートを運搬するため、約100kgを上げ下げできるクレーンの装備付きのものが望ましい。

伊豆大島周辺の今回の調査にあたっては、ラジコンボートの製作、現地調査等について伊藤模型の伊藤英雄氏の全面的な参加・協力を得ると共に、用船に関して伊豆大島波浮港漁業協同組合(組合長沖山誠氏)の全面的な協力を得た。ここに記して感謝の意を表したい。

(桑木野)

Table 2-1 Color, temperature, pH and salinity of discolored waters around Osima

No.1

実施年月日	採水・测温地点(No.)	水深 (約)	変色水の色調	水 温		pH	塩 分	備 考
					表面水温計			
61年 12月10日	筆島北方約230m (1)	8 ^m	赤 褐 色		18.2 ^{°C}	8.1		11h 40m
"	筆島南西約100m (2)	8	薄い黄褐色		18.1	8.1		11h 49m
"	筆島北東約320m (3)	11	濃い黄褐色		18.1	8.1		11h 53m
"	筆島北東約620m (4)	30	濃い乳白色		18.3	8.1		11h 57m
"	小口鼻西方約250m (5)	2	青 白 色		19.0	8.2		15h 07m
12月11日	フノウノ滝南々東約600m (6)	10	黄 褐 色		18.9	8.2		13h 38m
"	フノウノ滝北東約150m (7)	7	薄い茶褐色		18.9	8.2		13h 44m
"	フノウノ滝北々西約420m (8)	4	薄い茶褐色		18.9	8.2		13h 47m
"	フノウノ滝北方約700m (9)	9	薄い黄白色		18.9	8.2		13h 50m
"	筆島北東約4,700m				18.6			14h 10m
12月20日	筆島南々西約300m (10)	10以浅	黄 褐 色		17.1	8.2		11h 10m
"	筆島南西約130m (11)	"	薄い黄褐色		17.7	8.2		11h 12m
"	筆島北方約100m (12)	"	黄 褐 色		17.9	8.2		11h 14m
"	筆島北方約420m (13)	"	赤 褐 色		18.1	8.2		11h 16m

実施年月日	採水・測温地点(No.)	水深 (約)	変色水の色調	水 温		pH	塩 分	備 考
					表面水温計			
62年 1月7日	筆島北東約100m (14)	m 10以浅	黄 褐 色		17.8 °C	8.0		11h 03m
"	筆島北々西約200m (15)	"	茶 褐 色		17.7	8.1		11h 05m
"	筆島北方約400m (16)	"	茶 褐 色		17.9	8.1		11h 07m
"	筆島南々西約300m (17)	"	黄 色		17.5	8.1		11h 11m
"	行者洞東方約300m (18)	"	白 色		18.0	8.0		13h 44m
"	フノウノ滝北約450m (29)	"	茶 褐 色		18.1	8.1		13h 59m
"	フノウノ滝北々東約200m (20)	"	茶 褐 色		18.2	8.1		14h 02m
"	フノウノ滝北東約200m (21)	"	白色浮遊物?		17.7	8.1		14h 04m
1月8日	筆島南方約50m (22)	"	薄い黄緑色		17.5	8.1		14h 17m
"	筆島南西約250m (23)	"	茶 褐 色		17.3	8.1		14h 18m
"	筆島北東約300m (24)	"	濃い黄濁色		17.3	8.1		13h 51m
"	筆島北々西約200m (25)	"	茶 褐 色		17.4	8.1		13h 53m
1月22日	筆島南方約250m (26)	"	薄い黄緑色		15.5	8.3		11h 10m
"	筆島北方約300m (27)	"	薄い茶褐色		16.1	8.2		11h 16m

実施年月日	採水・測温地点(No.)	水深 (約)	変色水の色調	水 温		pH	塩 分	備 考
					表面水温計 °C			
62年 1月22日	フノウノ滝南方約400m (28)	10以浅 ^m	薄い黄褐色		16.8	8.4		11h 28m
"	フノウノ滝南々東約850m (29)	"	薄い黄褐色		16.8	8.4		11h 34m
1月23日	風早埼灯台南東約450m (30)	"	黄 褐 色		17.1	8.1		10h 58m
"	風早埼灯台南東約600m (31)	"	黄 褐 色		17.1	8.2		11h 00m
"	岡田港灯台南西約200m (32)	"	薄い茶褐色		17.2	8.2		11h 08m
2月26日	筆島南西方約200m (33)	3.5	なし		14.4	8.4	34.53	08h 07m
"	筆島南方約80m (34)	5.0	"		14.9	8.3	34.65	08h 08m
"	筆島北東方約130m (35)	4.0	"		14.7	8.4	34.53	08h 11m
"	筆島北方約350m (36)	2.8	"		15.6	8.2	31.69	08h 13m
"	筆島東方約230m (37)	11.0	"		15.3	8.3	34.64	08h 19m
"	筆島北方約2,100m (フノウノ滝付近) (38)	7.0	"		15.5	8.3	34.99	08h 43m
"	筆島北方約4,650m (行者洞付近) (39)	5.0	"		15.4	8.4	34.70	09h 14m
3月26日	筆島南西方約200m (40)	5.0	"		14.3	8.2	34.19	13h 58m
"	筆島南方約20m (41)	6.0	"		14.6	8.2	34.20	14h 04m

実施年月日	採水・測温地点(No.)	水深 (約)	変色水の色調	水 温		pH	塩 分	備 考
					表面水温計			
62年 3月26日	筆島北方約300m (42)	m 4.0	なし		14.8 °C	8.3	33.97	14h 11m
”	波浮港入口 (43)	20.0	”		14.6	8.3	34.19	14h 53m

3. ヘリコプターによる調査

3-1 目的及び観測内容

大島周辺域変色水の調査は、変色水が火山性の湧水によるものであるか否かを明らかにすることを目的とし、変色水中での水温観測及び含有成分分析用試水の採水を実施することとなった。観測の実施方法として、変色水の出現場所への調査員が到達するのに困難を伴うこと及び場所によっては再噴火の可能性があること等を考慮し、人が関与する作業については現場での作業時間を極力短時間で終了させるためヘリコプターによる方法及びラジコンボートによる遠隔採水方法が選択されたが、本論はヘリコプターによる方法についてまとめたものである。

3-2 調査方法

(1) 投下式水温計

海洋調査課は昭和61年度科学技術庁の所管する海洋開発調査研究促進費による「黒潮の開発利用研究(KER)」において、航空機による黒潮の短周期変動調査を実施するため投下式水温塩分計(AXCTP)を保有・使用の実績を有していた経緯もあり、変色水域内における投下式水温計(AXBT)による測温及び採水を分担することになった。調査の実施にあたっては、原則として第三管区海上保安本部羽田航空基地所属のヘリコプターの協力を得ることになった。

調査に使用した投下式水温計は米国のSpican社で開発された装置であり、装置の概要を第3-1図に示す。この水温計は、発信器を備えた水温測定センサー部と、センサー部から発信された水温情報を航空機内で受信する受信器とから構成されている。第3-1図に見られるように、センサー部は航空機から投下され着水後、浮揚体へ炭酸ガスを送り込むトリガーが働きセンサー部は海面に浮上する。その後、海水の浸水によって海水電池がONの状態になり通常海洋観測時に使用されるXBTセンサーと同様な構造を有するサーミスター感温素子が自由落下を始める。自由落下の間に測定された水温情報は発信器内で周波数変調(搬送波169.5MHz, 電送形式F 3 D, 出力0.2W)され発信される。発信された電波は航空機搭載の受信アンテナを通じて受信器に送られ解析されアナログデータとして記録計に出力される。水温のアナログ記録の1例を第3-2図に示す。図に見られる様に測温結果は船舶で使用されるXBT記録と同様に水温の鉛直方向の変化をよく再現している。

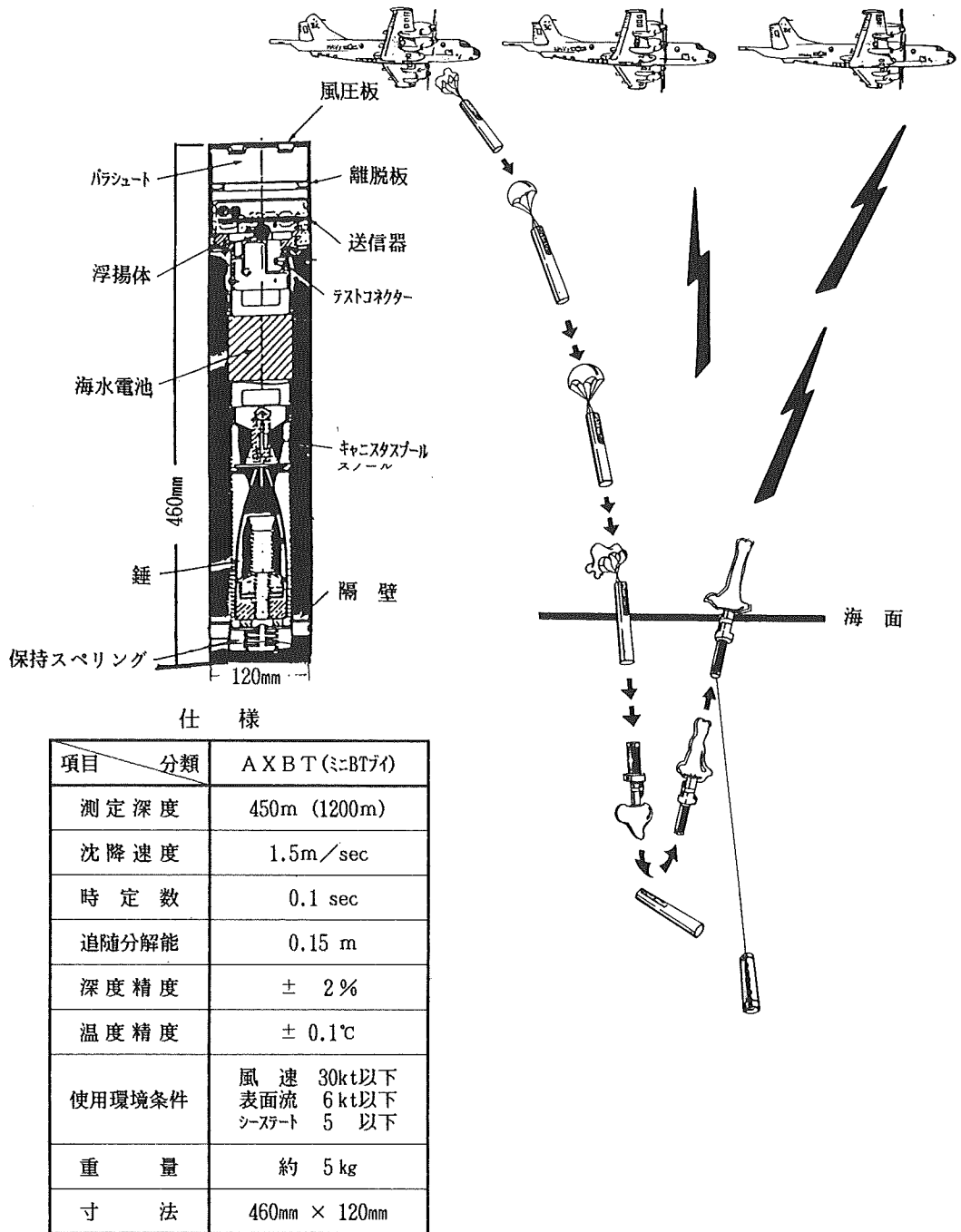


Figure 3 - 1 Outline and specification of AXBT

第3-2図に示す、図に見られる様に測温結果は船舶で使用されるXBT記録と同様に水温の鉛直方向の変化をよく再現している。

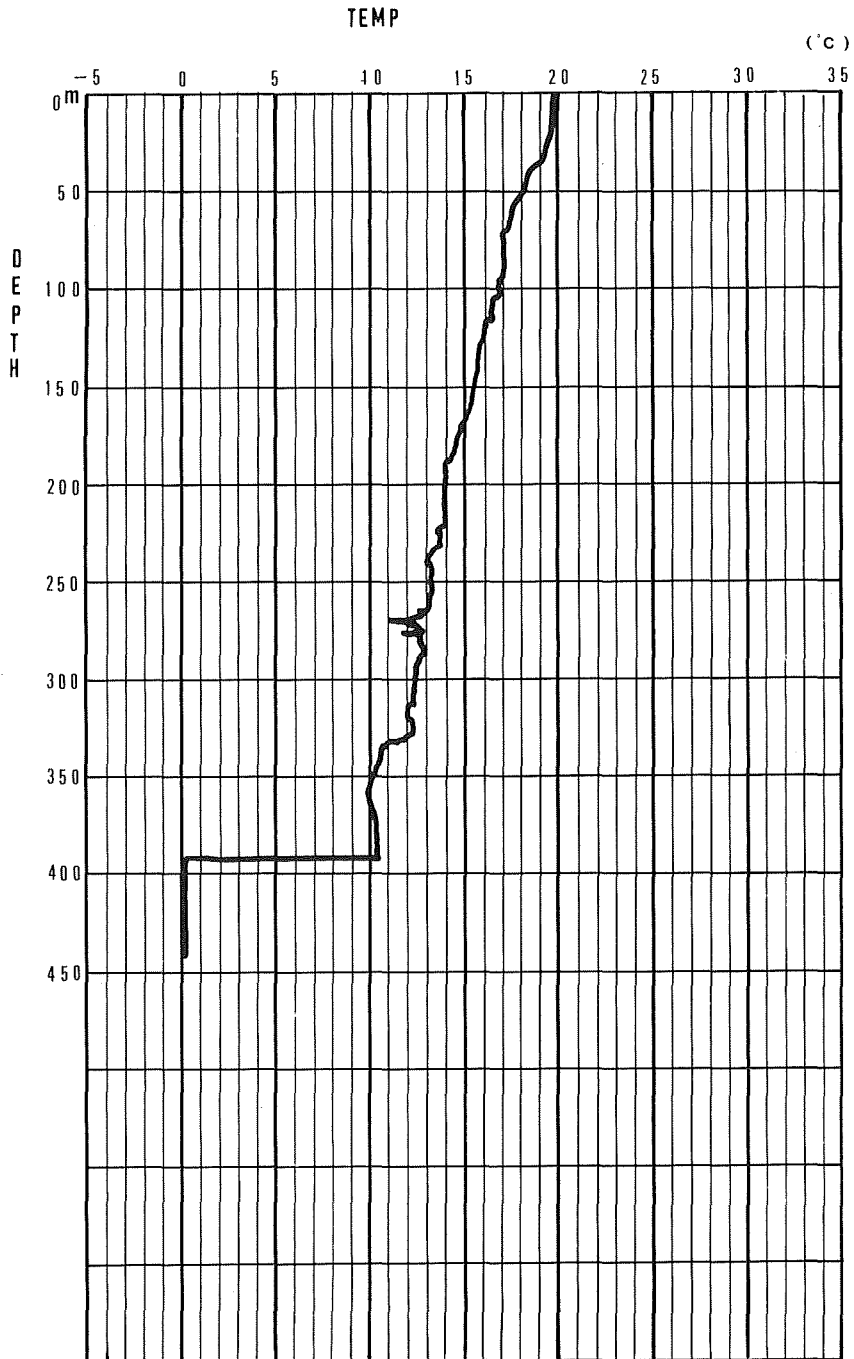


Figure 3 - 2 Sample record of AXBT

(2) 採水器

化学成分分析用海水の採取は、海洋汚染調査用試水採取のため海洋調査課海洋汚染調査室に整備されていた5ℓバンドン型採水器を使用した。現場での採水作業はヘリコプターに装備されているホイスト用ワイヤーの使用を考えたが、本採水器の採水時に使錘の使用が必要であり、人命救助等の諸作業に使用するワイヤーに損傷を与える危惧から第1回目の観測の後は直径8mmのロープを使用し、手で採水器を吊り上げ、吊り下げるようになった。

3-3 海上実験局の免許取得

前述の如く投下式水温計は航空機を用いた広域的な水温情報を短時間に取得することを目的としたもので、我が国では主に防衛庁において使用されているものである。本水温計の水温情報は電波を使用して伝送されるシステムを採用しているため、その使用にあたっては実験局開設について郵政省の免許が必要になった。当初、投下式水温計の購入時には、本水温計の製作者である鶴見精機には防衛庁仕様の発信用クリスタルのみが準備されており、然も、この周波数は防衛庁専用波として郵政省から防衛庁に割り当てられているため使用にあたっては防衛庁の了解が必要となり、防衛庁通信班担当官あて緊急事態下でのこと、その使用が大島周辺海域に限られていること等を説明したところ心良く了承、同時に関連部隊へ連絡を約して貰うことが出来た。また、郵政省への免許取得にあたっては、装備技術部通信課に関東電気監理局との調整連絡について依頼し、これも心良く引き受けて戴いた。一方、関東電気監理局航空・海上部海上課では、本件についての緊急性に深い理解を示し、海上実験局開設のための免許申請書類の審査等について迅速処理が為された結果、申請作業開始後僅かに四日後には許可が得られた。防衛庁専用波用発振クリスタル装備のセンサーの消耗後は、AXCTPで当庁が免許を受けている周波数169.5MHzの発信クリスタルを装備したセンサーを用いた。

3-4 調査回数と観測員等

採水測温観測は、海洋調査課海洋観測部門（観測、解析）が主として担当し、後半海洋汚染調査室にも参加してもらった。観測は第1回目の1986年12月1日から1987年3月16日まで計13回のフライト、派遣人員27名、採水点20点および測温点数67点について実施した。観測は当初羽田航空基地のヘリコプターを使用した。同基地所属のヘリコプターの業務増大のため観測行動への時間が取れなくなったため、各管区より派遣されたヘリコプター搭載巡視船のヘリコプターを使用することになった。これによって観測員は横浜へ集結後、ヘリ巡で大島へ向い当該巡視船または、別の巡視船へ移動し観測を行った。なかには、一日の行動予定で参加したが、乗船した巡視船が沖合急患発生に伴う輸送中継点になるため急拠転進し行動日数の延長が起り、参加した観測員の煙草切れ等思いがけない苦勞をかけてしまった。調査実施日と調査参加者を第3-1表に示す。

3-5 観測結果

変色水の採水測温および金属成分分析結果を第3-2表に示す。第3-2表中には、ヘリコプターによる採水測温結果に前章で述べているラジコンボートによる採水測温結果を加えて示し、さらには、採水された海水についての金属成分分析結果も併せて示した。各観測結果は筆島周辺域、大島東岸域（フノウノ滝、行者洞および風早埼周辺）および大島西岸域（元町および千波埼周辺）に分類して取りまとめたが、第5章第5-2表にも再掲している。各海域における観測点を第3-3図に示すが、これは第1章第1-3図を再掲したものである。第3-3図に示した観測点のうち▲印はヘリコプター及びラジコンボートによる採水点を示し、●印はヘリコプターによる測温点を示したものである。

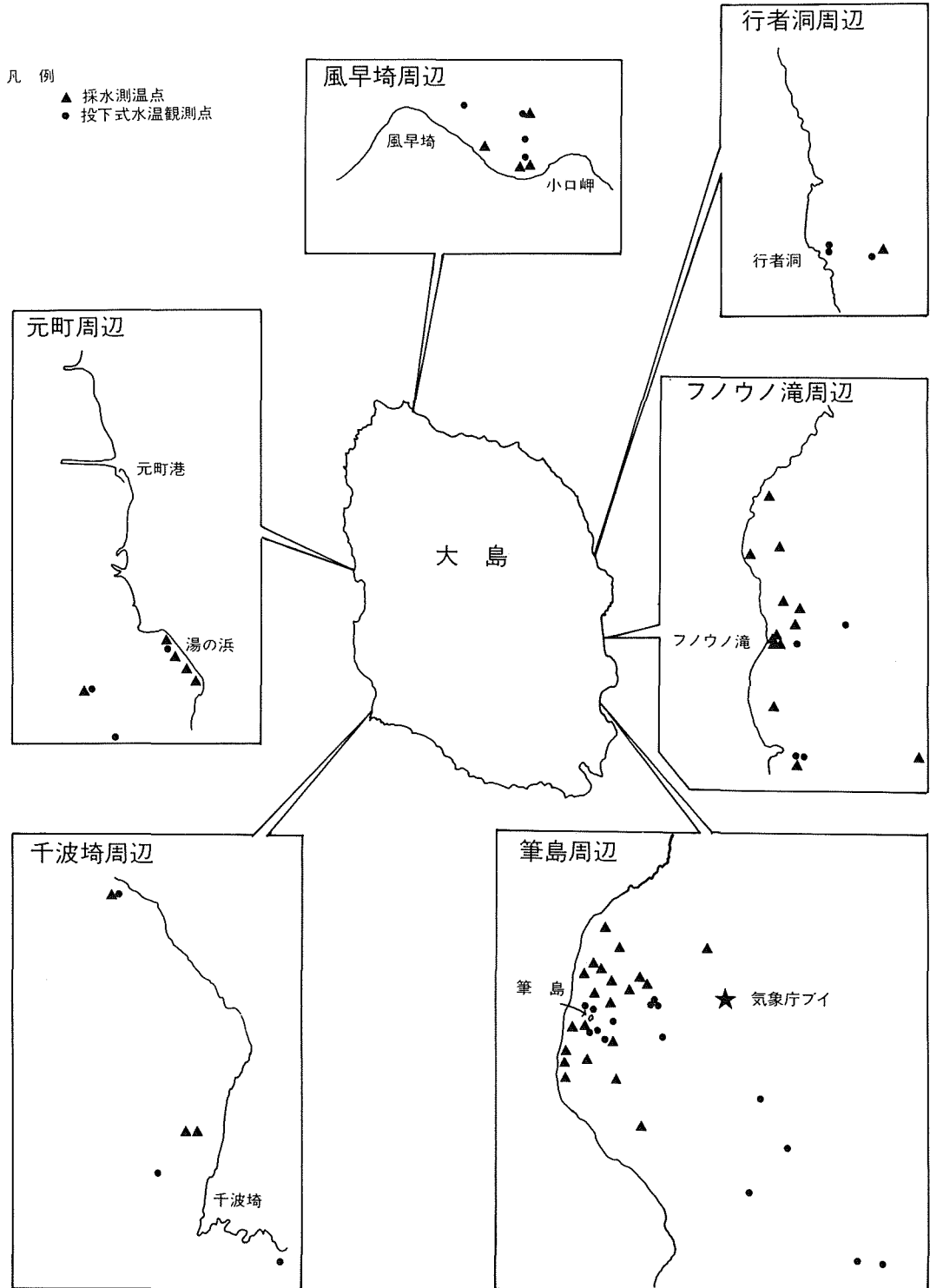


Figure 3 - 3 Water sampling points and temperature measurement points

Table 3-1 Members and date of observations

観測年月日	観測班員	観測点数	調査内容
昭和61年12月1日	背戸義郎, 岩波圭祐	採水 3点 测温 3点	小坂丈子岡山大教授, 佐藤寛和とへり同乗, 変色水の目視による色調調査および変色水の採取・测温
12月10日	岩波圭祐, 田中和人	採水 3点 测温 5点	変色水域における採水・测温
12月11日	岩波圭祐, 小田勝之, 田中和人	採水 2点 测温 8点	同上
12月16日	猿渡了己, 小田勝之	採水 3点 测温 8点	"
12月23日	岩波圭祐, 後藤紀夫	採水 3点 测温 6点	"
12月29日	山田 修, 背戸義郎, 岩波圭祐	採水 3点 测温 7点	"
昭和62年1月8日	背戸義郎	测温 4点	小坂丈子岡山大教授, 佐藤寛和, 伊藤(ラジコンボート操縦者)とへり同乗, 筆島変色水の拡大に伴う色調調査および水温観測
1月12日	小田勝之, 石井春雄	採水 3点 测温 4点	変色水の目視観測および変色水の採水测温
1月20日	猿渡了己, 信国正勝	测温 6点	変色水の目視観測および変色水の测温
1月30日	岩波圭祐, 岩永義幸	测温 6点	同上
2月13日	岩永義幸, 石井 操	测温 4点	"
3月4日	伊藤清寿, 福島秀生	测温 3点	"
3月16日	岡克二郎, 田中和人	测温 3点	"

Table 3-2a Results of observations of discolored water adjacent to Hude-sima

No.1

実施年月日	採水・測温地点	観測方法 (HR)	水深 (約) m	変色水の色調	水 温		pH	塩 分	備 考
					投下式水温計 °C	棒状温度計 °C			
61年 12月1日	筆島北東約200m	H		黄 褐 色		18.4	8.4	34.10	
"	筆島北々東約350m	H		茶 色		18.4	8.2	33.33	
"	筆島南西約200m	H		淡 褐 色		18.3	8.4	33.97	
12月10日	筆島付近	H		褐 色	海面 18.2 海底 18.5				
"	筆島と気象庁ブイの中間点	H		薄・褐 色	海面 18.2 海底 18.4				
"	筆島北 約230m	B	8	赤 褐 色		18.2	8.1		
"	筆島南西約100m	B	8	薄い黄褐色		18.1	8.1		
"	筆島北東約320m	B	11	濃い黄褐色		18.1	8.1		
"	筆島北東約620m	B	30	濃い乳白色		18.3	8.1		
12月11日	筆島南東 (34-42.1N) (139-26.9E)	H	25	薄 い 緑 色	海面 17.6 海底 18.0				
"	筆島南東 (34-41.8N) (139-27.4E)	H	30		海面 18.7 海底 18.4				
"	筆島南東 (34-41.6N) (139-27.6E)	H	不明		海面 18.7 海底 18.7				
12月16日	筆島沖 (34-41.9N) (139-27.8E)	H	20		海面 17.9 海底 18.4				
"	筆島付近 (34-42.1N) (139-27.2E)	H	30		海面 19.0 海底 19.1				

実施年月日	採水・测温地点	観測方法 (HR)	水深 (約) m	変色水の色調	水 温		pH	塩 分	備 考
					投下式水温計 °C	棒状温度計 °C			
61年 12月16日	筆島付近 (34-41.9N) (139-27.0E)	H	m	茶 褐 色		18.0	8.2	33.74	
12月20日	筆島南々西約300m	B	<10	黄 褐 色		17.1	8.2		
"	筆島南西約130m	B	<10	薄い黄褐色		17.7	8.2		
"	筆島北方約100m	B	<10	黄 褐 色		17.9	8.2		
"	筆島北方約420m	B	<10	赤 褐 色		18.1	8.2		
12月23日	筆島と気象庁パイの中間点	H		淡 黄 色	海面 17.4 海底 17.7				
12月29日	筆島と気象庁パイの中間点	H	124	淡 黄 色	海面 18.5 海底 18.5				
"	筆島東約100m	H	21	淡黄褐色	海面 18.2 海底 18.4				
62年 1月7日	筆島北東約100m	B	<10	黄 褐 色		17.8	8.0		
"	筆島北々西約200m	B	<10	茶 褐 色		17.7	8.1		
"	筆島北方約400m	B	<10	茶 褐 色		17.9	8.1		
"	筆島南々西約300m	B	<10	黄 褐 色		17.5	8.1		
1月8日	筆島南々西約50m	H	63	黄 褐 色	海面 17.2 海底 17.3				
"	筆島南約50m	H	17	黄 褐 色	海面 17.2 海底 17.3				

実施年月日	採水・測温地点	観測方法 (HR)	水深 (約)	変色水の色調	水 温		pH	塩 分	備 考
					投下式水温計	棒状温度計			
62年 1月8日	筆島南約10m	H	10 ^m	黄 褐 色	海面17.3℃ 海底17.5	℃			
"	筆島北々西約50m	H	14	黄 褐 色	海面 17.0 海底 17.3				
"	筆島南方約50m	B	<10	薄い黄緑色		17.5	8.1		
"	筆島南西約250m	B	<10	茶 褐 色		17.3	8.1		
"	筆島北東約300m	B	<10	濃い黄褐色		17.3	8.1		
"	筆島北々西約200m	B	<10	黄 褐 色		17.4	8.1		
1月22日	筆島南方約250m	B	<10	薄い黄緑色		15.5	8.3		
"	筆島北方約300m	B	<10	薄い茶褐色		16.1	8.2		
1月30日	筆島と気象庁ブイ中間の南	H	7	ごく沿岸部に 乳 白 色	海面 15.1 海底 15.0				
2月26日	筆島南西約200m	B	3.5	な し		14.4	8.4		
"	筆島南約80m	B	5.0	"		14.9	8.3		
"	筆島北東約130m	B	4.0	"		14.7	8.4		
"	筆島北約350m	B	2.8	"		15.6	8.2		
"	筆島東約230m	B	11.0	"		15.3	8.3		

実施年月日	採水・測温地点	観測方法 (HR)	水深 (約)	変色水の色調	水 温		pH	塩 分	備 考
					投下式水温計	棒状温度計			
62年 3月4日	黒浜崎東南東約200m	H	13 ^m	薄い緑色	海面15.0℃ 海底15.1	℃			
"	筆島と気象庁ブイの中間	H	9		海面 14.8 海底 14.9				
"	気象庁ブイ東300m	H	20		海面 14.6 海底 14.6				
3月16日	筆島東約250m	H	10		海面 15.0 海底 15.0				
3月26日	筆島南西約200m	B	6.0	なし		14.3	8.2	34.19	
"	筆島南約20m	B	5.0	"		14.6	8.2	34.20	
"	筆島北約300m	B	4.0	"		14.8	8.3	33.97	

Table 3-2b Results of observations of discolored water near eastern shore of Osima
(Hunou-no-Taki, Gyogyakutu, Kazahaya-saki)

No.1

実施年月日	採水・測温地点	観測方法 (HR)	水深 (約)	変色水の色調	水 温		pH	塩 分	備 考
					投下式水温計 °C	棒状温度計 °C			
61年 12月10日	小口鼻西方約250m	B	2 ^m	青 白 色		19.0	8.2		※※
12月11日	フノウノ滝南々東約600m	B	10	黄 褐 色		18.9	8.2		※※
"	フノウノ滝北東約150m	B	7	薄い茶褐色		18.9	8.2		※※
"	フノウノ滝北々西約420m	B	4	薄い茶褐色		18.9	8.2		※※
"	フノウノ滝北方約700m	B	9	薄い黄白色		18.9	8.2		※※
"	フノウノ滝	H		薄い茶色		18.1	8.2	34.56	※※
"	中根鼻	H		薄い茶色		18.0	8.2	34.33	※※
12月16日	フノウノ滝 (34-43.2N) (139-27.1E)	H	20		海面 18.4 海底 18.9				
"	風早埼 (34-47.6N) (139-23.0E)	H	15		海面 18.0 海底 18.4				
"	フノウノ滝 (34-43.2N) (139-27.1E)	H				18.7	8.3	34.61	
12月23日	フノウノ滝前	H		薄い乳白色		18.8	8.3		
"	フノウノ滝沖	H		薄い乳白色	海面 18.5 海底 18.1				
12月29日	行者洞	H	26	淡 黄 色	海面 17.4 海底 17.6				
"	フノウノ滝沖100m	H				17.6	8.1	34.47	

WATER SAMPLINGS AND THE CHEMICAL ANALYSIS OF DISCOLORED WATERS AROUND OSIMA

実施年月日	採水・測温地点	観測方法 (HR)	水深 (約)	変色水の色調	水 温		pH	塩 分	備 考
					投下式水温計 °C	棒状温度計 °C			
61年 12月29日	フノウノ滝沖30m	H	m			17.2	8.1	34.37	
62年 1月7日	行者洞東方約300m	B	<10	青 白 色		18.0	8.0		
"	フノウノ滝北方約450m	B	<10	茶 褐 色		18.1	8.1		
"	フノウノ滝北々東約200m	B	<10	茶 褐 色		18.2	8.1		
"	フノウノ滝北東約200m	B	<10	白色浮遊物(?)		18.7	8.1		
1月12日	風早埼灯台東南東約600m	H	20	乳 白 色	海面 16.9 海底 16.9	17.0	8.4	34.71	
"	中根鼻南1,200m (フノウノ滝付近)	H	8	薄乳白色	海面 15.9 海底 15.9				
1月20日	行者洞沖200m	H	8	乳 白 色	海面 16.3 海底 16.5				
"	小口鼻北西200m	H	4	茶 褐 色	海面 16.8				
"	風早埼東400m	H	12	乳 白 色	海面 16.8 海底 16.6				
1月22日	フノウノ滝南約400m	B	<10	薄い黄褐色		16.8	8.4		
"	フノウノ滝南々東約850m	B	<10	薄い黄褐色		16.8	8.4		
1月23日	風早埼灯台南東約450m	B	<10	黄 褐 色		17.1	8.1		
"	風早埼灯台南東約600m	B	<10	黄 褐 色		17.1	8.2		

実施年月日	採水・測温地点	観測方法 (HR)	水深 (約)	変色水の色調	水 温		pH	塩 分	備 考
					投下式水温計	棒状温度計			
62年 1月23日	岡田港灯台南西約200m	B	<10 ^m	薄い茶褐色		17.2 ^{°C}	8.2		
1月30日	行者洞沖約500m	H	38	ごく沿岸部に乳白色	海面 15.4 海底 15.1				
2月13日	行者洞沖約50m	H	8	淡い乳白色	海面 15.2 海底 15.4				
"	風早埼南東約450m	H	8	茶 褐 色	海面 15.2 海底 15.3				風早埼距岸30mまで崖崩れあり
2月26日	筆島北約2,100m	B	7.0	な し		15.5	8.3		
"	筆島北約4,650m	B	5.0	な し		15.4	8.4		
3月16日	風早埼南東約450m	H	8	茶 褐 色	海面 15.6 海底 15.7				

Table 3 - 2c Results of observations of discolored water near western shore of Osima
(Motomati, Senba-saki)

No.1

実施年月日	採水・測温地点	観測方法 (HR)	水深 (約) m	変色水の色調	水 温		pH	塩 分	備 考
					投下式水温計 °C	棒状温度計 °C			
61年 12月10日	千波埼東約1 km	H	m	薄い褐色		21.4	8.2	34.52	
"	千波埼北約500m	H		"		20.6	8.2	34.34	
"	元町湯の浜	H		"		20.6	8.3	34.34	
12月11日	波浮港南東 (34-40.4N 139-26.6E)	H	25		海面 20.5 海底 18.6				
"	波浮港南東 (34-40.1N 139-27.2E)	H	100		海面 20.9 海底 14.8				
"	波浮港南東 (34-39.7N 139-27.4E)	H	305		海面 21.0 海底 11.6				
12月16日	元町南 (34-44.4N 139-21.5E)	H		乳白濁	海面 20.0 海底 20.1	19.7	7.5	33.89	
12月23日	元町海水浴場南端	H		茶褐色		18.3	8.2		
"	千波埼北約500m	H		"		18.6	8.2		
12月29日	元町南	H				17.2	8.1	34.42	
62年 1月12日	千波埼東南東約1700m	H	10	薄乳白色	海面 17.1 海底 17.2	17.4	8.4	34.60	
"	元町灯台南約1100m	H	7	淡褐色	海面 17.0 海底 17.1	17.7	8.2	34.66	
1月20日	千波埼東南東約2 km	H	2	"	海面 17.2 海底 17.4				

実施年月日	採水・測温地点	観測方法 (HR)	水深 (約)	変色水の色調	水 温		pH	塩 分	備 考
					投下式水温計	棒状温度計			
62年 1月20日	波浮港沖 (竜王埼南約400m)	H	26 ^m		海面 17.2 ^{°C} 海底 16.9	^{°C}			
"	波浮港中央	H	12		海面 16.7 海底 16.6				
1月30日	千波埼北約500m	H	3	ごく薄い 乳白色	海面 16.1 海底 16.2				
"	元町南 (野増沖に近い)	H	13		海面 16.1 海底 16.1				
2月13日	千波埼～鷗ノ根鼻 中間沖合約50m	H	8		海面 16.2 海底 16.5				
3月26日	波浮港入口	B	20			14.6	8.3	34.19	

(1) 水温

筆島周辺海域の水温の経時変化は第3-4 a図に見られるように、1986年12月始めには18~19℃の水温を示していたが、冬季が深まるにつれ水温は低下し3月下旬には14~15℃まで低下した。この理由として気温変化に伴う表面水温の低下現象により説明されるものであるが部分的な水温の変動は黒潮の大島への接離岸によっても説明づけられ、第3-4 a図中に示した大島岡田港の日平均潮位は、黒潮の接岸によって上昇することから、特に大島の南に位置する筆島周辺域でその影響が1986年12月から1987年1月中旬まで大きく現れている。

大島東岸域及び西岸域の水温の経時変化についても筆島と同じような傾向が見られ、1986年12月上旬には18~21℃の水温を示したが、気温の低下につれて筆島と同じように低下しており、特に東海岸の3月中旬の観測結果は、西側の水温と比較して約1度程度高くなっている。

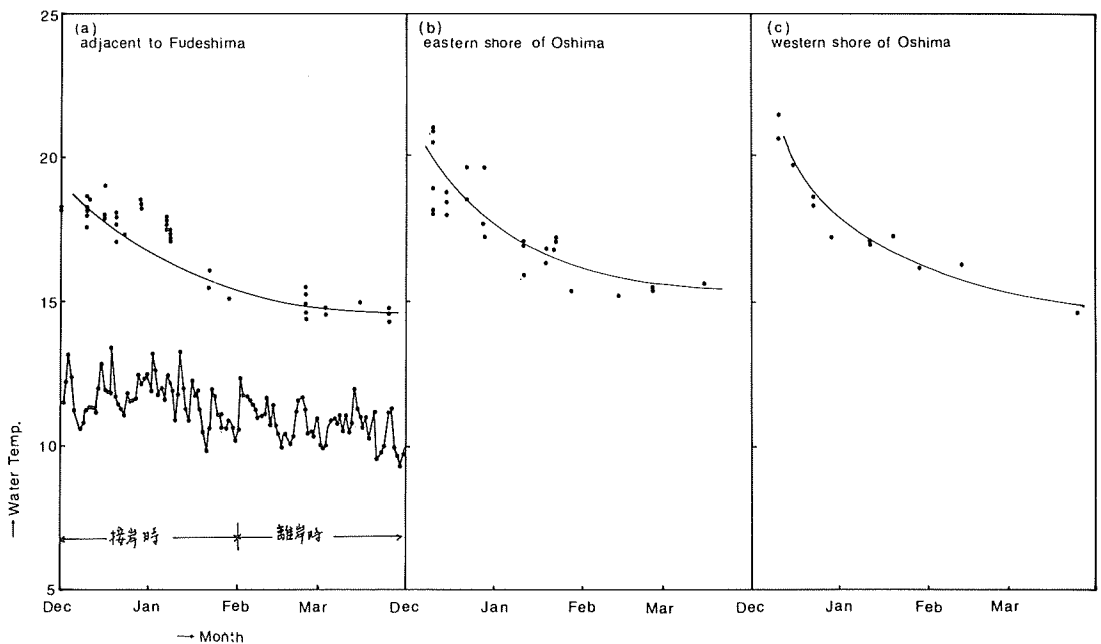


Figure 3-4 Temperature differences of discolored water from Dec. 1986 to Mar. 1987

(2) 塩分とpH

大島周辺域における変色水中の塩分は、バンドン型採水器から塩分検定用試水瓶へ分取した後、水路部海洋調査課においてサリノメータ (Auto-Lab 社製) を用いて測定した。一方、pHについては、海上保安試験研究センターより借用した携帯型 pH メータにより測定した。塩分については第3-2 a表、2 b表、2 c表に見られるように時間的連続性がないため確たることは言えないが、大島周辺域で通常観測されない低塩分値がいずれの海域においても観測された。また、pHについては、大島西岸域の元町付近における1986年12月16日の観測において表層海水には観測されない7.5と低い値が観測された。その他の海域では表層海水で一般的に観測される8.1~8.4のpHが得られている。

(3) 変色水の色調

変色水の色調については、観測者によってその表現が異なるため一概に比較することは困難であるが、一般的に観測された色調について述べると、筆島周辺域においては、陸岸付近で茶色から淡1色、淡黄色を経

て薄い緑色が多く観測され、時折、乳白色が観測されている。大島東岸域においては、淡1色から乳白色までが多く観測され、西岸域でも同様の色調が見られた。

(4) 金属元素等の分析結果

金属成分分析用試水は、バンドン採水器より5ℓポリエチレン瓶に採取し水路部海洋調査課海洋汚染調査室の実験室に持ち帰り、鉄、アルミニウムおよびケイ素について濃度測定を実施した。分析結果は第3-2表に見られるように濃度範囲(鉄:0.00~2.39mg/ℓ, アルミニウム:0.00~3.98mg/ℓ, ケイ素:0.33~5.59mg/ℓ)は極めて広がっている。これは同じ変色水域内であっても採取場所、変色水の色調によって変化しているためであり、この濃度変化から変色水が地下水等の湧水によるものか、土砂くずれによるものかを判断することは困難である。

詳細については第5章で論じることとする。

3-6 考 察

大島周辺海域における変色水の採水测温調査に用いた方法は、機動性、安全性から見て、ヘリコプター、ラジコンボートは非常に有効な手段であった。また、今回の調査で導入されたAXBTは今後の変色水の测温調査の有効な手段となるものと確信される。一方、ヘリコプターからの採水に使用した5ℓバンドン採水器は縦型のものを使用した。変色水表面に薄く広がった低塩分水の採取には、むしろ横型の採水器を準備すべきであり、今後に備えて整備が必要である。(背戸)

4. 変色水の化学分析法

4-1 まえがき

海底火山の活動に伴い発生する変色海水については小坂ら(1977, 1977, 1983, 1986)の研究があり、変色海水は酸性の火山性湧水が大量の海水と混合し中性あるいはアルカリ性となり、火山性湧水中に溶解していた鉄、アルミニウムが水酸化物として析出、海水中に浮遊した状態であると考えられている。また、析出した水酸化物はケイ素をケイ酸として含有した微細な非晶質のものであり、その中に含まれる二価鉄及び三価鉄の量に応じ色調が変化するとされている。

本調査では、小坂ら(1977)の方法に従い変色海水(懸濁した固体物質を含んだもの)中に含まれる、鉄、アルミニウム及びケイ素の濃度を求めた。前処理、分析法の詳細は4-2~4-5に示すが、その概要は次の通りである。前処理は、試料を塩酸酸性として加熱し、懸濁物をできるかぎり溶解した。鉄は二価に還元した後、 α, α' -ジピリジルを用いた吸光度法、アルミニウムは希釈した後、高温炭素炉を用いる原子吸光度法、ケイ素はモリブデン酸を用いた吸光度法によりそれぞれ行った。

なお、試薬で特にことわらない場合は特級試薬を使用した。

4-2 前処理

(1) 試薬

○ 6 規定塩酸

塩酸500mlを水で1ℓに希釈する

(2) 操作

1. 試料を空のポリエチレン瓶に移す。
2. 試料を移し空となった容器に6規定塩酸10mlを加え、ふり混ぜた後、30分放置する。
3. 2.で塩酸を加えた容器に、1.で移した試料の1部約300mlを入れる。
4. 湯浴(約96℃)中で8時間加熱する。
5. 1.で移した試料の残り全量を入れる。
6. 湯浴(約96℃)中で16時間加熱する。
7. 12時間以上静置、放冷する。

なお、提供された試料の量は約1ℓである。

4-3 鉄の分析

(1) 試薬

○ 0.06規定塩酸

塩酸20mlを水で1ℓに希釈する。

○ ヒドロキシルアミン溶液

塩酸ヒドロキシルアミン10gを水に溶かし100mlとする。

○ 酢酸ナトリウム溶液

酢酸ナトリウム三水和物170gと氷酢酸6mlを水に溶かし500mlとする。

○ α, α' -ジピリジル溶液

α, α' -ジピリジル0.4gを塩酸2mlに溶かし、水で100mlに希釈する。

○鉄標準溶液

原子吸光分析用鉄標準溶液(1,000ppm)を用いる。

(2) 装置

○分光光度計

(株)島津製作所製 分光光度計 UV-210型

(ダブルビーム, 3cmフローセル, 波長525nm)

(3) 操作

1. 試験管に試料50mlを取る。
2. ヒドロキシアミン溶液 1mlを加える。
3. 酢酸ナトリウム溶液2.5mlを加え、混合する。
4. 15分放置する。
5. α, α' -ジピリジル溶液0.5mlを加え、混合する。
6. 20分放置する。
7. 分光光度計で吸光度を測定する。

(4) ブランク補正, 標準化

○試薬ブランク

試料の代わりに0.06規定塩酸を取り、(3)の操作を行う。

○標準化

鉄標準溶液25 μ lを0.06規定塩酸で50mlに希釈し、0.5mg/lの標準液とし(3)2.以下の操作を行う。

(5) 計算

試料の吸光度：A 試薬ブランクの吸光度：a 標準溶液の吸光度：B

$$\text{試料の鉄の濃度} = \frac{A-a}{B-a} \times 0.5 \text{ (mg/l)}$$

(6) 測定精度等

○測定可能な濃度範囲

2mg/lまでは、測定可能である。それを越えるものは、0.06規定液酸で適当に希釈した後、同様に測定し、測定された濃度に希釈率を乗じ、試料濃度を算出する。

○測定精度

測定精度は、測定された濃度の3%、又は0.02mg/lのいずれかのうち大きいもの以下である。

4-4 アルミニウムの分析

(1) 試薬

○10mg/lアルミニウム溶液

原子吸光分析用アルミニウム標準液(1,000ppm)1mlを水で100mlに希釈する。

(2) 装置

○原子吸光光度計

(株)島津製作所製 原子吸光光度計 AA-670G型

高温炭素炉 GFA-4A型

(重水素ランプによる自動バックグラウンド補正, スリット幅 0.50nm 波長 309.3nm)

乾燥 65℃ 20秒, 100℃ 20秒, 400℃ 30秒, 灰化1,100℃ 20秒, 原子化 2,600℃ 3秒)

(3) 操作

(予備測定)

1. 試料 1 ml を水で 50 ml に希釈する。
2. 原子吸光度計に 20 μ l 注入し, 吸光度を測定する。

(本測定)

1. 予備測定で得た吸光度を参考として, 50 ml に希釈すると吸光度が 0.1~0.2 となるよう一定量の試料を 50 ml メスフラスコ 4 本に取る。
2. 一定量の試料の入ったメスフラスコ 3 本に, 10 mg/l アルミニウム溶液を 50 μ l, 100 μ l, 150 μ l を各々加える。
3. 水で 50 ml に希釈する。
4. 原子吸光度計に 20 μ l 注入し, 吸光度を測定する。

(4) ブランク補正

○原子吸光度計に水 20 μ l 注入し, 吸光度を測定する。

(5) 計算

アルミニウム標準液を添加しなかったものの吸光度: A_0		濃度: N_0	μ g/l
"	50 μ l 添加したものの吸光度: A_{10}	"	: $N_0 + 10$ "
"	100 μ l " : A_{20}	"	: $N_0 + 20$ "
"	150 μ l " : A_{30}	"	: $N_0 + 30$ "
ブランク補正值		:	a

とすると,

$$A_0 - a = \alpha \times N_0$$

$$A_{10} - a = \alpha \times (N_0 + 10)$$

$$A_{20} - a = \alpha \times (N_0 + 20)$$

$$A_{30} - a = \alpha \times (N_0 + 30)$$

以上の 4 式から最小自乗法により濃度 N_0 を求める。

なお, 計算は原子吸光度計内蔵の計算プログラムを使用する。

最初に 50 ml メスフラスコに取った試料の量を V ml とすると, 求める濃度は,

$$N_0 \times \frac{50}{V} (\mu\text{g/l}) = 0.05 \times \frac{N_0}{V} (\text{mg/l}) \text{ である。}$$

(6) 測定精度

○測定精度

測定精度は, 測定された濃度の 5%, 又は 0.04 mg/l のいずれかのうち大きいもの以下である。

4-5 ケイ素の分析

(1) 試薬

○モリブデン酸アンモニウム溶液

結晶モリブデン酸アンモニウム 200g を水に溶かし 1 l とする。

○6 規定硫酸

硫酸100mlを水で600mlに希釈する。

○ケイ素標準溶液

海水栄養塩分析用 CSK けい酸塩標準液(50 μ g-at/ ℓ)を用いる。

(2) 装置

○分光光度計

(株)島津製作所製 分光光度計 UV-730型

(ダブルビーム, 1 cm フローセル, 波長410nm)

(3) 装 作

1. ポリエチレン製試験管に試料30mlを取る。
2. モリブデン酸アンモニウム溶液0.6mlを加える。
3. 6 規定硫酸0.6mlを加え, 混合する。
4. 20分放置する。
5. 分光光度計で吸光度を測定する。

(4) ブランク補正, 標準化

○試薬ブランク

試料の代わりに水30mlを取り, (3)の操作を行う。

○標準化

試料の代わりにケイ素標準溶液を30mlを取り, (3)の操作を行う。

(5) 計 算

試料の吸光度: A 試薬ブランクの吸光度: a 標準溶液の吸光度: B

$$\text{試料のケイ素の濃度} = \frac{A-a}{B-a} \cdot \frac{50 \times 28}{1000} \quad (\text{mg}/\ell)$$

(6) 測定精度等

○測定可能な濃度範囲

5 mg/ ℓ までは, 測定可能である。それを越えるものは, 水で希釈した後, 同様に測定し, 測定された濃度に希釈率を乗じ, 試料濃度を算出する。

○測定精度

測定精度は, 測定された濃度の3%以下である。

(柴山, 信国, 當重, 福島)

4-6 溶解による分離・精製

第1章1-1に述べられているように, 伊豆大島のこのたびの変色海水には, 時として海岸より流入した土砂粒の混入する可能性も多かった。それ故, 筆者らの目標とする, 酸性の火山性湧水と海水との混合により生じる非晶質で微細な初生沈澱物から成る, いわゆる火山性変色海水の懸濁物質と, 混入土砂粒とを分離するため, 試料溶解に用いる酸濃度, 溶解濃度, 溶解時間等に特に考慮を払い, 出来るだけ弱い条件で, コロイド状物質のみを溶解するように努め, 4-2~4-5に示したような手法で化学分析用試料溶液の調製を行った。なお, それらの効果を確認するため, 土砂混入の明らかな試料86120102をとり, 溶解操作前の懸濁試料の pH 過物と溶解後の不溶残渣の pH 過物とのX線粉末回折測定を行って比較した。第4-1a図にCu対陰極, Niフィルターを用いて作成した両試料の回折像を, また第4-1b図には未処理の原

試料とこれをエチレン・グリコール処理したものの、同一条件、低角度の回析像を示した。その結果、原試料 A には plagioclase, orthopyroxin, clinopyroxin, hematite などのほか、粘土鉱物の一種である montmorillonite も含んでいることが判明した。これに引きかえ不溶物の試料 B の回析像も、これとほとんど差違がなく、原試料に含まれていた鉱物のほとんどが不溶のまま、粘土鉱物中でも比較的酸に溶解し易いと考えられている montmorillonite ですら不溶のまま残存していることが確かめられた。以上の結果から、この溶解操作の前後では、かなり低結晶質な montmorillonite をも含む、ほとんどの結晶質物質が不溶残渣として分解され、溶液中には X 線回析にほとんど影響を与えなかったコロイド物質としての変色海水物質のみが多く溶解されているものと解釈した。

(小坂)

ラジコンボート、あるいはヘリコプターによって採水された変色水の上記手法による分析結果を筆島、大島東海岸域、大島西海岸域の別にまとめたものを第 4-1 a 表、第 4-1 b 表、第 4-1 c 表に示す。

Table 4-1a Results of chemical analysis of discolored water sampled around Hude-sima

No.1

実施年月日	採水・測温地点	pH	塩分	金属等の変色水分析結果			備考
				Fe	Al	Si	
61年12月1日	筆島北東約200m	8.4	34.10	mg/ℓ 0.12	mg/ℓ 0.23	mg/ℓ 1.44	
"	筆島北々東約350m	8.2	33.33	0.11	0.32	2.09	
"	筆島南西約200m	8.4	33.97	0.20	0.20	1.35	
12月10日	筆島北約230m	8.1		0.19	0.64	2.69	
"	筆島南西約100m	8.1		0.14	0.41	1.11	
"	筆島北東約320m	8.1		0.23	0.84	2.03	
"	筆島北東約620m	8.1		0.14	1.32	1.33	
12月16日	筆島付近 (34-41.9N) (139-27.0E)	8.2	33.74	1.25	3.94	5.99	
12月20日	筆島南々西約300m	8.2		0.96	2.36	2.33	
"	筆島南西約130m	8.2		0.44	1.37	3.51	
"	筆島北方約100m	8.2		0.46	1.79	2.95	
"	筆島北方約420m	8.2		0.39	1.96	2.62	
62年1月7日	筆島北東約100m	8.0		0.56	1.76	3.27	

実施年月日	採水・測温地点	pH	塩分	金属等の変水分析結果			備考
				Fe	Al	Si	
62年1月7日	筆島北々西約200m	8.1		mg/ℓ 1.07	mg/ℓ 3.98	mg/ℓ 5.52	
"	筆島北方約400m	8.1		0.37	1.01	2.91	
"	筆島南々西約300m	8.1		0.30	0.76	1.76	
1月8日	筆島南方約50m	8.1		0.04	0.13	0.50	
"	筆島南西約250m	8.1		0.11	0.30	0.98	
"	筆島北東約300m	8.1		1.18	3.32	5.24	
"	筆島北々西約200m	8.1		0.20	0.55	1.48	
1月22日	筆島南方約250m	8.3		0.05	0.12	2.13	
"	筆島北方約300m	8.2		0.18	0.35	3.39	
2月26日	筆島南西約200m	8.4		0.01	0.02	0.85	
"	筆島南約80m	8.3		0.00	0.13	0.59	
"	筆島北東約130m	8.4		0.00	0.07	0.78	
"	筆島北約350m	8.2		0.06	0.12	4.42	

実施年月日	採水・測温地点	pH	塩 分	金属等の変色水分析結果			備 考
				Fe	Al	Si	
62年2月26日	筆島東約230m	8.3		mg/ℓ 0.00	mg/ℓ 0.02	mg/ℓ 0.56	
3月26日	筆島南西約200m	8.2	34.19	0.03	0.04	0.83	
"	筆島南約20m	8.2	34.20	0.06	0.02	0.78	
"	筆島北約300m	8.3	33.97	0.03	0.08	1.02	

Table 4-1b Results of chemical analysis of discolored water sampled off the eastcoast of Osima

実施年月日	採水・测温地点	pH	塩分	金属等の変色水分析結果			備考
				Fe	Al	Si	
61年12月10日	小口鼻西方約250m	8.2		0.12 ^{mg/ℓ}	0.31 ^{mg/ℓ}	0.73 ^{mg/ℓ}	
12月11日	フノウノ滝南々東約600m	8.2		0.09	0.23	0.77	
"	フノウノ滝北東約150m	8.2		0.11	0.35	0.73	
"	フノウノ滝北々西約420m	8.2		0.07	0.09	0.77	
"	フノウノ滝北方約700m	8.2		0.07	0.16	0.44	
"	フノウノ滝	8.2	34.56	0.07	0.08	0.53	
"	中根鼻	8.2	34.33	0.16	0.17	0.85	
61年12月16日	フノウノ滝 (34-43.2N) (139-27.1E)	8.3	34.61	0.36	0.60	0.80	
12月23日	フノウノ滝前	8.3		0.04	0.07	0.33	
12月29日	フノウノ滝沖 100m	8.1	34.47	0.47	0.71	1.12	
"	フノウノ滝沖30m	8.1	34.37	0.01	0.08	0.62	
62年1月7日	行者洞東方約300m	8.0		0.04	0.09	0.67	
"	フノウノ滝北約450m	8.1		0.41	0.54	1.26	
"	フノウノ滝北々東約200m	8.1		0.15	0.40	0.73	

実施年月日	採水・測温地点	pH	塩 分	金属等の変色水分析結果			備 考
				Fe mg/ℓ	Al mg/ℓ	Si mg/ℓ	
"	フノウノ滝北東約200m	8.1		0.13	0.45	0.53	
1月12日	風早埼灯台東南東約600m	8.4	34.71	0.01	0.05	0.36	
1月22日	フノウノ滝南約400m	8.4		0.15	0.20	2.21	
"	フノウノ滝南々東約850m	8.4		0.10	0.18	0.90	
1月23日	風早埼灯台南東約450m	8.1		2.17	2.17	5.29	
"	風早埼灯台南東約600m	8.2		2.39	2.23	5.71	
2月26日	筆島北約2100m	8.3		0.01	0.09	0.78	
62年2月26日	筆島北約4650m	8.4		0.01	0.04	0.59	

Table 4-1c Results of chemical analysis of discolored water sampled off the westcoast of Osima

実施年月日	採水・測温地点	pH	塩分	金属等の変色水分析結果			備考
				Fe	Al	Si	
61年12月10日	千波埼東約1 km	8.2	34.52	0.05 ^{mg/ℓ}	0.10 ^{mg/ℓ}	0.31 ^{mg/ℓ}	
"	千波埼北約500m	8.2	34.34	0.26	0.48	0.92	
"	元町湯の浜	8.3	34.34	0.22	0.31	0.85	
12月16日	元町南 (34-44.4N) (139-21.5E)	7.5	33.89	1.06	2.10	2.66	
12月23日	元町海水浴場南端	8.2		1.21	1.79	2.51	
"	千波埼北約500m	8.2		0.34	0.79	1.14	
12月29日	元町南	8.1	34.42	0.50	1.47	1.34	
62年1月12日	千波埼東南東約1700m	8.4	34.60	0.04	0.09	0.51	
"	元町灯台南約1100m	8.2	34.66	0.01	0.06	0.36	
3月26日	波浮港入口	8.3	34.19	0.02	0.00	0.45	

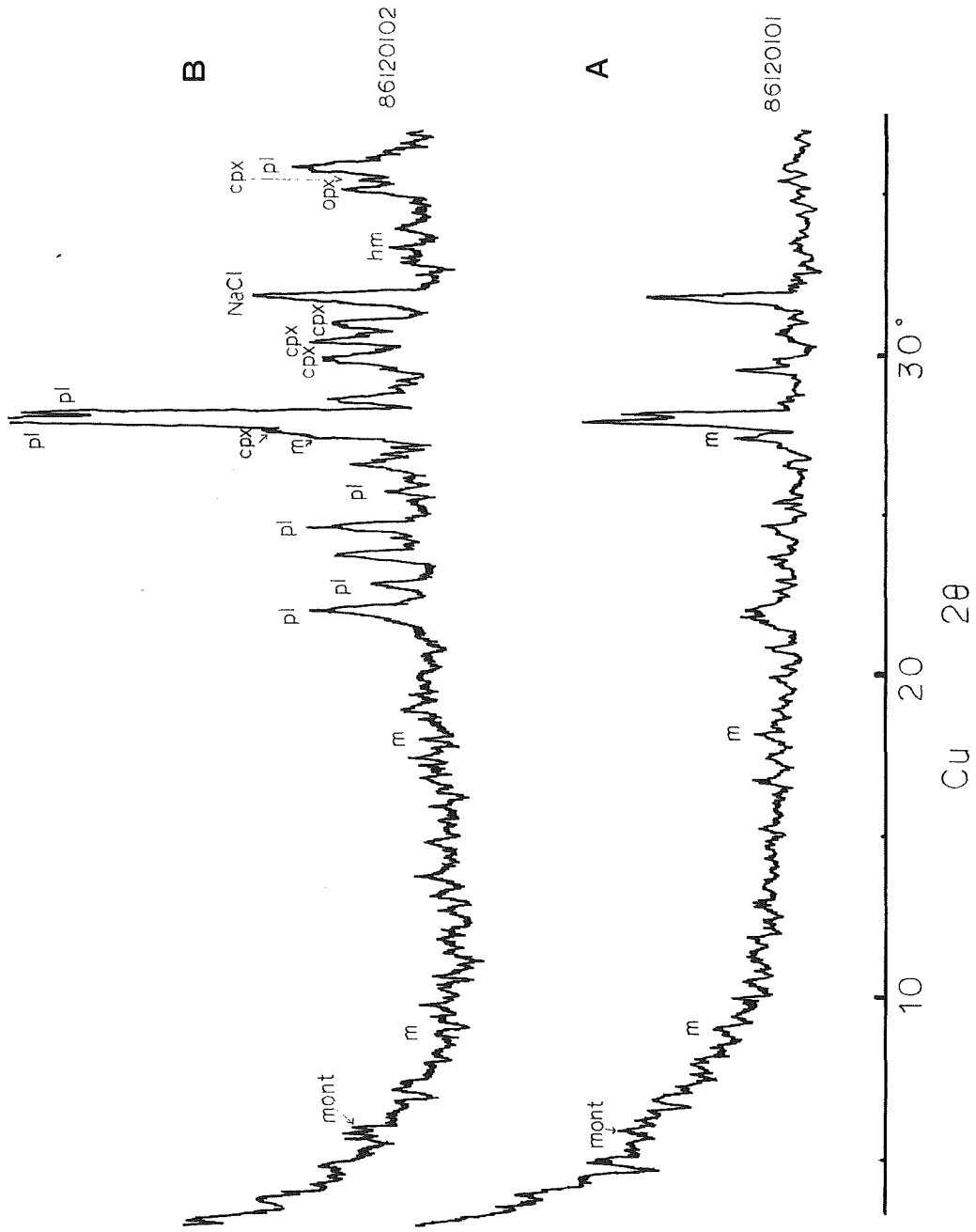


Figure 4-1a Powder X-ray diffraction figures of filtered suspension materials before dissolving (A) and filtered residual materials after dissolving (B)



Figure 4-1b Low angle X-ray diffraction figures of the untreated sample and the ethylene glycol treatment sample

5. 考 察

5-1 これまでの海底火山の活動等にもなう変色海域の出現と測定

筆者らの1人は1952年、1970年の明神礁の海底噴火活動(Morimoto and Ossaka, 1955; 森本, 小坂, 1970)や1973年西之島活動(小坂, 1974a)に際しても、種々の変色海水を観察する機会を得たが、その色、形、濃度などが海面下の活動状況により変化するものであることを指摘した(小坂, 1974b)。その後、西之島の海底火山活動による変色海水の採水とその分析が行われ、これらの変色海水は主としてSi-Al-Feの水和物からなる非晶質で微粒な沈澱物が海水に懸濁しているものであり(小坂, 1975)、特にその色は沈澱物中の鉄の含有量によって左右され、その量の増加によって、白→黄→黄褐→褐→茶褐色と変化することが判明した(第5-1表, 23~29, 53~56)。また、それ以前から薩摩硫黄島の海岸に濃厚な変色海域が常時認められていたが、筆者らの1962年の調査で、同島の海岸から湧出する強酸性泉が海中に流入し、温泉水中に含まれているSi, Al, Feが海水と反応して沈澱を生じたものであることがわかった。また温泉水の流入する海岸から沖に向かって(第5-1表, 46~51; 小坂, 1975)、温泉水と海水との混合割合が異なることによって、pH及び生じた沈澱のSi, Al, Feの組成比が変化することを見出した。その後、1975年にはこれらの湧出酸性泉(第5-1表, 42~45)と海水とを種々の割合で人工的に混合し、以上の事実を確認するとともに、温泉水の混合比の多い、従ってpHの低い場合には先ず鉄が多く沈澱し、海水の混合割合が増加するに従ってpHが上昇し、また生じた沈澱物中にアルミニウムの量が増加し、これにともなって鉄が減少し、シリカはそれらの沈澱にともなって共沈することが明らかになった(第5-1表, 30~41; 小坂他, 1977)。それまでの海底火山における変色海水の研究では、海水と混合する火山性湧水は、その噴出孔が海面下にあるため直接これを採取する事は困難で、従ってその発生原因を考える上では重要な要素を欠くことになるが、薩摩硫黄島では、変色水の発生原因となる酸性湧水源が陸上にあるため、海水と混合前の水質が判明し、前述のような解明が始めて成し得たわけである。この薩摩硫黄島では変色海水の成分濃度とマルチバンドカメラの画像データとの関係を論じた報告もある(第5-1表, 17~22; 大谷他, 1983)。

さらに1977年と1979年には、当時平穏な活動を繰返していた福徳岡ノ場海底火山の、ほとんど白色に近い変色水が無線操縦ボートで採水し、分析を行ったが、この時のFe, Alの含量は著るしく少ないものであった(第5-1表, 4~7, 小坂; 1975, 文部省総合研究班, 1977, 小坂, 1986)。その後、1986年1月には同海底火山の活動が活発化し、数日で新火山島を形成したが、この時はその変色水も茶褐色に変化し、そのFe分も増加した(第5-1表, 8~11; 海上保安庁水路部他, 1986, 小坂他, 1986)。しかしその後、同火山の活動が沈静化するに従って、同年2月にはFeも減少し、概ね同火山の平常時の値にもどった(第5-1表, 1~3, 小坂他, 1986, 海上保安庁水路部, 1981)。

また1981年1月には福神海山において変色水が発見され(第5-1表, 15~16; 海上保安庁水路部, 1981)、1980年には海徳海山が大規模な火山活動を行った(第5-1表, 13~14)。これらの火山活動においては、噴出点、あるいはそれに近い場所で採水した変色水の大部分がFe, Alの多いものであった。

5-2 大島沿岸変色海水の成分特徴

各採取地点、各採取時期における変色海水の化学分析の結果を第5-2表に示す。表には採水地点、採水時の水温、pH等のほか懸濁物質の主成分である鉄(Fe)、アルミニウム(Al)、シリコン(Si)を、まず海水1ℓ中の含有量(mg)で表し、次いでこの3成分の重量百分率であらわした。その結果、これら各成分の含有量は、一つの変色海水域から採取したものでも、その採取箇所により、通常海水との混合割合が異なる

Table 5-1 Chemical composition (Fe, Al and Si) of volcanic discolored water

No.	地名	年月日	pH	Fe(ppm)	Al(ppm)	Si(ppm)	(Fe+Al)/Si
1	福徳岡ノ場	'86. 2. 1		0.16	0.27	0.84	0.51
2		2. 9		0.11	0.37	3.64	0.13
3		2. 26		0.13	0.29	3.20	0.13
4		'77. 3	7.9	0.15	0.09	0.29	0.83
5			8.0	0.13	0.09	0.20	1.10
6		'79. 3	7.94	0.13	0.08	0.5	0.42
7			8.23	Tr	0.1	0.2	0.50
8		'86. 1	7.46	1.9	1.6	0.84	4.17
9			7.66	0.2	0.9	0.51	2.16
10			7.88	0.3	0.8	0.51	2.16
11			8.15	0.1	Tr	0.47	0.21
12			8.28	0.03	Tr	0.45	0.07
13	海徳海山	'84. 3	7.39	0.32		0.27	1.19
14			7.8	0.28		0.17	1.65
15	福神海山	'81. 1	4.3	0.8	0.6	0.75	1.87
16			5.2	0.5	0.2	0.37	1.89
17	薩摩硫黄島	'78. 8. 29	5.52	3.32	8.3	2.24	5.19
18			6.65	2.07	5.5	2.10	3.60
19			7.25	1.76	1.5	1.45	2.25
20			7.41	0.93	2.0	1.23	2.38
21			7.65	0.97	2.2	1.03	3.08
22			8.05	0.61	1.3	1.22	1.57
23	西之島	'74. 3. 6		0.09	—	—	∞
24				0.04	—	—	∞
25		3. 14		2.48	1.86	20	0.22
26				0.07	—	1.3	0.05
27		3. 15		0.05	—	—	∞
28		7. 7		1.45	0.21	24.9	0.07
29		7. 8		0.14	—	27.2	0.01

沈殿物のFe, Al, Si成分

No.	地名	年月日	Fe(%)	Al(%)	Si(%)
30*	薩摩硫黄島に おける 人工再現実験	'75. 8. 2	—	—	—
31			7	63	30
32			5	51	44
33			9	75	16
34			31	53	16
35			26	65	9
36			22	74	4
37			17	78	5
38			18	77	5
39			20	75	5
40			19	76	5
41	22	73	5		
46	薩摩硫黄島	'62. 7. 23	42	55	3
47			43	55	1
48			20	75	5
49			16	82	2
50			14	81	5
51			13	74	13
52	大島(泥水)	'87. 3. 26	8	45	47
53	西之島 A	'73. 10. 9	29	32	39
54	3	'74. 3. 14	73	10	16
55	4		43	54	4
56	7	7. 8	65	8	27

*一般海水

薩摩硫黄島の強酸性泉

No.	地名	年月日	Fe(mg/l)	Al(mg/l)	Si(mg/l)
42	東温泉水	'62. 7. 23	33	788	136
43		'75. 8. 2	148.2	545	136
44	北平下温泉水	'62. 7. 30	420	1250	149
45		'75. 8. 3	361	1316	143

No. 1 ~ 3 足立 卒業論文

4 ~ 22

23 ~ 29 小坂 現代化学 P12-19 1975年10月

30 ~ 45 小坂 鉱物学雑誌 第13巻 特別号 P178-186 1977年3月

46 ~ 51 小坂 現代化学 P12-19 1975年10月

52 海上保安庁水路部

53 ~ 56 小坂 現代化学 P12-19 1975年10月

Table 5-2 Chemical analysis of discolored waters around Osima.

No.	採水地点	実施年月日	水温	pH	塩分	Fe(mg/ℓ)	Al(mg/ℓ)	Si(mg/ℓ)	Fe(%)	Al(%)	Si(%)
1*	筆島付近	'86.11.26		8.05		0.22	0.57	2.23	7	19	74
2*	筆島付近	11.28				0.28	0.28	1.59	13	13	74
3	筆島北東約200m(H-1)	12. 1	18.4	8.4	34.10	0.12	0.23	1.44	7	13	80
3*				8.14		0.12	0.25	1.37	7	14	79
4	筆島北北東約350m(H-2)		18.4	8.2	33.33	0.11	0.32	2.09	4	13	83
4*				8.15		0.18	0.43	2.40	6	14	80
5	筆島南西約200m(H-3)		18.3	8.4	33.97	0.20	0.20	1.35	11	11	77
5*				8.17		0.19	0.34	1.44	10	17	73
6*	筆島付近	12. 5		8.21		0.49	1.06	3.20	10	22	67
7*	筆島付近			8.25		0.10	0.23	0.90	8	19	73
8*	筆島付近			8.22		0.19	0.40	1.65	8	18	74
9*	筆島付近			8.25		0.10	0.29	0.92	8	22	70
10	筆島北約230m(B-1)	12.10	18.2	8.1		0.19	0.64	2.69	5	18	76
11	筆島南西約100m(B-2)		18.1	8.1		0.14	0.41	1.11	8	25	67
12	筆島北東約320m(B-3)		18.1	8.1		0.23	0.84	2.03	7	27	65
13	筆島北東約620m(B-4)		18.3	8.1		0.14	1.32	1.33	5	47	48
14	筆島北東約4700m	12.11	18.6			0.02	0.04	0.24	7	13	80
15	筆島付近34-41.9N 139-27.0E(H-10)	12.16	18.0	8.2	33.74	1.25	3.94	5.99	11	35	54
15*				7.92		1.11	2.08	4.24	15	28	57
16	筆島南南西約300m(B-10)	12.20	17.1	8.2		0.96	2.36	2.33	17	42	41
16*				8.28		0.71	0.70	3.00	16	16	68
17	筆島南西約130m(B-11)		17.7	8.2		0.44	1.37	3.51	8	26	66
17*				8.28		0.35	0.77	1.76	12	27	61
18	筆島北約100m(B-12)		17.9	8.2		0.46	1.79	2.95	9	34	57
18*				8.23		0.31	0.54	3.05	8	14	78
19	筆島北約420m(B-13)		18.1	8.2		0.39	1.96	2.62	8	39	53
19*				8.23		0.31	0.57	2.30	10	18	72
20	筆島北東約100m(B-14)	'87. 1. 7	17.8	8.0		0.56	1.76	3.27	10	31	58
21	筆島北北西約200m(B-15)		17.7	8.1		1.07	3.98	5.52	10	38	52
22	筆島北約400m(B-16)		17.9	8.1		0.37	1.01	2.91	9	24	68
23	筆島南南西約300m(B-17)		17.5	8.1		0.30	0.76	1.76	11	27	62
24	筆島南約50m(B-22)	1. 8	17.5	8.1		0.04	0.13	0.50	6	19	75
25	筆島南西約250m(B-23)		17.3	8.1		0.11	0.30	0.98	8	22	71

No.	採水地点	実施年月日	水温	pH	塩分	Fe(mg/l)	Al(mg/l)	Si(mg/l)	Fe(%)	Al(%)	Si(%)
26	筆島北東約300m(B-24)	'87. 1. 8	17.3	8.1		1.18	3.32	5.24	12	34	54
27	筆島北北西約200m(B-25)		17.4	8.1		0.20	0.55	1.48	9	25	66
28	筆島南約250m(B-26)	1.22	15.5	8.3		0.05	0.12	2.13	2	5	93
29	筆島北約300m(B-27)		16.1	8.2		0.18	0.35	3.39	5	9	86
30	筆島南西約200m(B-33)	2.26	14.4	8.4	34.53	0.01	0.02	0.85	1	2	97
31	筆島南約80m(B-34)		14.9	8.3	34.65	0.00	0.13	0.59	0	18	82
32	筆島北東約130m(B-35)		14.7	8.4	34.53	0.00	0.07	0.78	0	8	92
33	筆島北約350m(B-36)		15.6	8.2	31.69	0.06	0.12	4.42	1	3	96
34	筆島東約230m(B-37)		15.3	8.3	34.64	0.00	0.02	0.56	0	3	97
35	筆島南西約200m(B-40)	3.26	14.3	8.2	34.19	0.03	0.04	0.83	3	4	92
36	筆島南約20m(B-41)		14.6	8.2	34.20	0.06	0.02	0.78	7	2	91
37	筆島北約30m(B-42)		14.8	8.3	33.97	0.03	0.08	1.02	3	7	90
38	フノウノ滝南南東約600m(B-6)	'86.12.11	18.9	8.2		0.09	0.23	0.77	8	21	71
38*				8.17		0.17	0.21	0.93	13	16	71
39	フノウノ滝北東約150m(B-7)		18.9	8.2		0.11	0.35	0.73	9	29	61
39*				7.96		0.17	0.20	0.90	13	16	71
40	フノウノ滝北北西約420m(B-8)		18.9	8.2		0.07	0.09	0.77	8	10	83
41	フノウノ滝北約700m(B-9)		18.9	8.2		0.07	0.16	0.44	6	54	40
42	フノウノ滝(H-7)		18.1	8.2	34.56	0.07	0.08	0.53	10	12	78
43	フノウノ滝34-43.2N 139-27.1E(H-11)	12.16	18.7	8.3	34.61	0.36	0.60	0.80	20	34	46
43*				7.93		0.28	0.20	0.83	21	15	63
44	フノウノ滝前	12.23	18.8	8.3		0.04	0.07	0.33	9	16	75
44*				8.17		0.10	0.24	0.67	10	24	66
45	フノウノ滝沖100m(H-15)	12.29	17.6	8.1	34.47	0.47	0.71	1.12	20	31	49
46	フノウノ滝沖30m(H-16)		17.2	8.1	34.37	0.01	0.08	0.62	1	11	87
47	フノウノ滝北約450m(B-19)	'87. 1. 7	18.1	8.1		0.41	0.54	1.26	19	24	57
48	フノウノ滝北北東約200m(B-20)		18.2	8.1		0.15	0.40	0.73	12	31	57
49	フノウノ滝北東約200m(B-21)		17.7	8.1		0.13	0.45	0.53	12	41	48
50	フノウノ滝南約400m(B-28)	1.22	16.8	8.4		0.15	0.20	2.21	6	8	86
51	フノウノ滝南南東約850m(B-29)		16.8	8.4		0.10	0.18	0.90	8	15	76
52	フノウノ滝付近(B-38)	2.26	15.5	8.3	34.59	0.01	0.09	0.78	1	10	89
53*	行者洞付近	'86.12. 5		8.30		0.11	0.18	0.76	10	17	72
54*	行者洞付近			8.30		0.10	0.23	0.71	10	22	68

No.	採水地点	実施年月日	水温	pH	塩分	Fe(mg/l)	Al(mg/l)	Si(mg/l)	Fe(%)	Al(%)	Si(%)
55*	行者洞付近	'86.12. 5		8.30		0.17	0.19	0.77	15	17	68
56*	行者洞付近			8.24		0.06	0.22	0.49	8	29	64
57	行者洞東約300m(B-18)	'87. 1. 7	18.0	8.0		0.04	0.09	0.67	5	11	84
58	行者洞付近(B-39)	2.26	15.4	8.4	34.70	0.01	0.04	0.59	2	6	92
59*	岡田港付近	'86.12. 5		8.32		0.16	0.29	0.69	14	25	61
60	岡田灯台南西約200m(B-32)	'87. 1.23	17.2	8.2		0.05	0.03	0.25	15	9	76
61	風早埼灯台東南東約600m(H-18)	1.12	17.0	8.4	34.71	0.01	0.05	0.36	2	12	86
62	風早埼灯台南東約450m(B-30)	1.23	17.1	8.1		2.17	2.17	5.29	23	23	55
63	風早埼灯台南東約600m(B-31)		17.1	8.2		2.39	2.23	5.71	23	22	55
64	風早埼灯台南西約200m(B-32)		17.2	8.2		0.05	0.03	0.25	15	9	76
65	元町南湯の浜(H-6)	'86.12.10	20.6	8.3	34.34	0.22	0.31	0.85	16	22	62
65*				8.21		0.49	0.38	1.24	23	18	59
66	元町南34-44.4N-139-21.5E(H-9)	12.16	19.7	7.5	33.89	1.06	2.10	2.66	18	36	46
66*				7.94		1.08	0.92	2.91	22	19	59
67	元町海水浴場南端	12.23	18.3	8.2		1.21	1.79	2.51	22	32	46
67*				8.12		1.35	1.03	2.55	27	21	52
68	元町南(H-17)	12.29	17.2	8.1	34.42	0.50	1.47	1.34	16	44	40
69	元町灯台南約1100m	'87. 1.12	17.7	8.2	34.66	0.01	0.06	0.36	2	14	84
70	千波埼東約1000m(H-4)	'86.12.10	21.4	8.2	34.52	0.05	0.10	0.31	11	22	67
70*				8.21		0.06	0.21	0.56	7	25	67
71	千波埼北約500m(H-5)		20.6	8.2	34.34	0.26	0.48	0.92	16	29	55
71*				8.22		0.30	0.30	0.94	19	19	61
72	千波埼北約500m(H-13)	12.23	18.6	8.2		0.34	0.79	1.14	15	35	50
72*				8.09		0.35	0.34	1.27	18	17	65
73	千波埼東南東約1700m	'87. 1.12	17.4	8.4	34.60	0.04	0.09	0.51	6	14	80
74	中根鼻(H-8)	'86.12.11	18.0	8.2	34.33	0.16	0.17	0.85	14	14	72
75	小口鼻西約250m(B-5)	12.10	19.0	8.2	34.19	0.12	0.31	0.73	10	27	63
76	波浮港入口(B-43)	'87. 3.26	14.6	8.3		0.02	0.00	0.45	4	0	96
77	筆島付近(泥水)	'87. 3.26				19.00	103.3	108.97	8	45	47
78*	筆島付近(湧水)	'86.12. 5		7.37		0.05	0.18	21.17	0	1	99
79*	一般海水	12. 5		8.31		0.02	0.15	0.32	4	31	65

*印は岡山大学で分析 無印は海上保安庁で分析

ため、その濃度が広範囲にわたって変動するが、その3成分比は混合前の、従って沈殿生成以前の流入水(湧水)の成分特徴を反映したある限られた組成比内にその値が結集することが判明した。

また比較のために、他の地区における変色水の測定値、即ち福岡ノ場の1977年~1986年、海徳海山の1983年、福神海山の1981年、薩摩硫黄島の1978年、西之島の1974年の各変色水、並びに薩摩硫黄島や西之島などで採取、または人工的に生成した沈殿物、あるいは薩摩硫黄島で変色水生成の原因となった強酸性泉などの各成分濃度、pH、重量組成比等を第5-3表に示した。

(1) 変色水域のpH値

今回の伊豆大島の変色水のpHは、全期間を通じて7.5~8.4の範囲にあり、その中でもpH 8以下のものは、全測定値の4.8%にあたる5試料に過ぎず、これまでの他地域での測定値、例えば福神海山の4.3~5.2、薩摩硫黄島の5.51~8.05などに較べて比較的高く、強い酸性を示すものがないことが認められた。この事は後述する他の化学成分の特徴からも考えられる事であるが、海水に混入して沈殿を生じた水はそれ程酸性の強くない、即ちpH値の低くないものか、あるいは混入量が少なかったものと予想される。

(2) 変色水の成分濃度と地域的特徴

変色海水の主要成分であるFe、Al、Siの各成分濃度を相互に比較して見ると、Feでは0.01~1.35mg/l、Alで0.02~3.98mg/l、Siでは0.24~5.99mg/lとその濃度範囲が著しく大きい。これは採水に際して出来るだけ変色程度の高い場所を選んだつもりであるが、ヘリコプター或は無線操縦艇の性能上、必ずしも希望通りにはならなかったし、また採取した表面海水が必ずしも最高濃度であったとは限らず、上空或は海面ではそれを識別することは困難であった。さらに熱赤外放射温度計による観測結果(土出、佐藤、1987)からも、変色海域の表面温度は、周辺海域よりもむしろやや低めであって、混入水は大島の地下から湧出する低温のもので、それ故変色水中の懸濁成分は、海水との混合割合によって種々の濃度に稀釈される事になる。

第5-1 a 図では横軸に変色水のSi濃度(ppm)、縦軸にAl濃度(ppm)で示し、第5-1 b 図には横軸に同じくSi(ppm)を、縦軸にはFe(ppm)をプロットした。それによればこの両者の関係は、大島西海岸と筆島とでは、特にSi-Feにおいてその傾向が著しくことになっており、前者は $r=0.98$ 、 $y=-0.20+0.51x$ 、後者は $r=0.88$ 、 $y=-0.14+0.21x$ とあらわされ、この両者の成分割合は、明らかに異った傾向を示すものであったことが判明した。それに引きかえ筆島を除く他の東海岸の変色海水のSi-Fe比は、むしろ同島西海岸のそれに近いものであって、同島筆島沖のみが異っていると考えられる。Si-Al比については、データのバラツキが大きく成分割合に有意の差を認めることは困難である。

(3) 変色水の成分割合と火山活動度

先に述べたように、変色水と周囲の海水との混合率が、試料採取地点で種々異なるため、変色水の各成分濃度のみでは、その成分特徴をあらわし難いので、今回はその主要成分であるFe-Al-Siの3成分を比較することにした。第5-2表の末尾3列に示したその値を3角ダイヤグラムにプロットしたのが第5-2 a 図である。それによると今回の測定試料中でFeの割合が最も多いのは、1986年12月16日にフノウノ滝沖で採取されたFe:30%であり、またAlの最も多いのは、同じく12月11日に同地点付近でとられたAl:54%であり、その他の試料のFeあるいはAlの成分割合は、いずれもこの値より少ないものであった。

以上のような変色海水の化学成分をもとにして、他の地域の主として海底火山活動に際して発生した変色海域(第5-2 b 図)と比較して、これまでと同様の方法で、今回変色海水の発生した大島沿岸地域における火山の活動度の推定を試みた。

Table 5-3 (Fe+Al)/(Fe+Al+Si) ratio collected from various points of volcanic discolored waters and volcanic deposits

		(Fe+Al)/(Fe+Al+Si) %
西之島	1973-1974	沈殿物 61 ~ 96
薩摩硫黄島沖	1962-1963	沈殿物 87 ~ 99
"	1975	変色水 61 ~ 84
福神海山	1981	変色水 65
福徳岡ノ場	1986-1	変色水 68 ~ 81
福徳岡ノ場	1977, 79, 86-2	変色水 12 ~ 51
伊豆大島	1986-1987	変色水 3 ~ 60

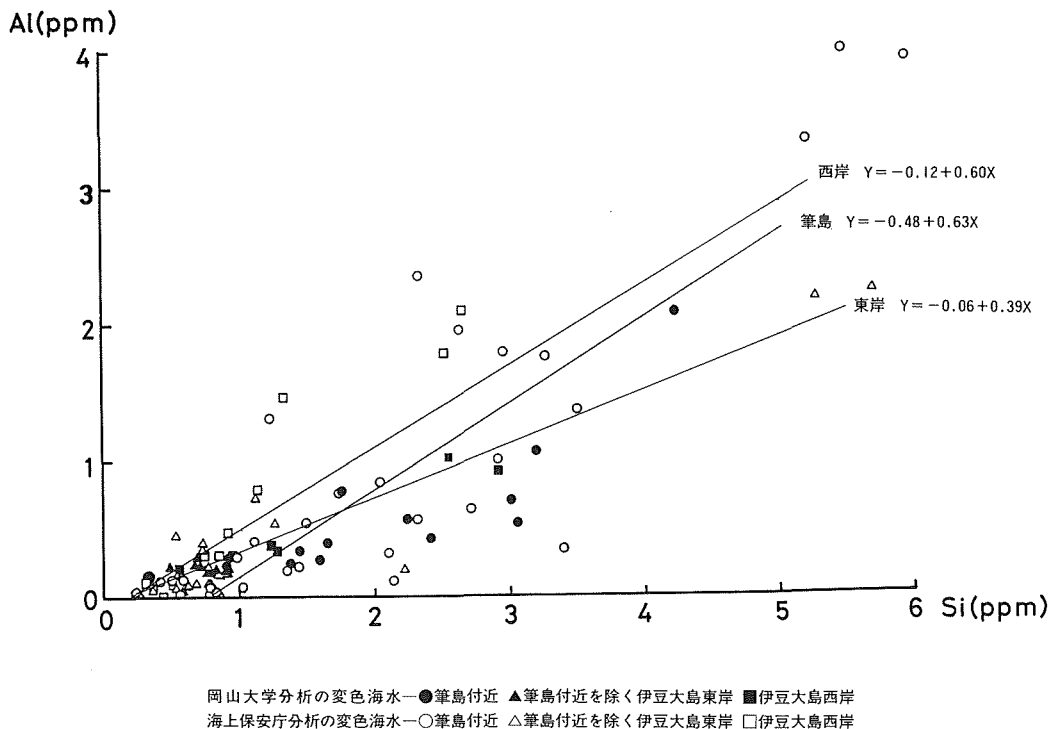


Figure 5-1a Correlation between Al contents and Si contents of discolored water around Osima

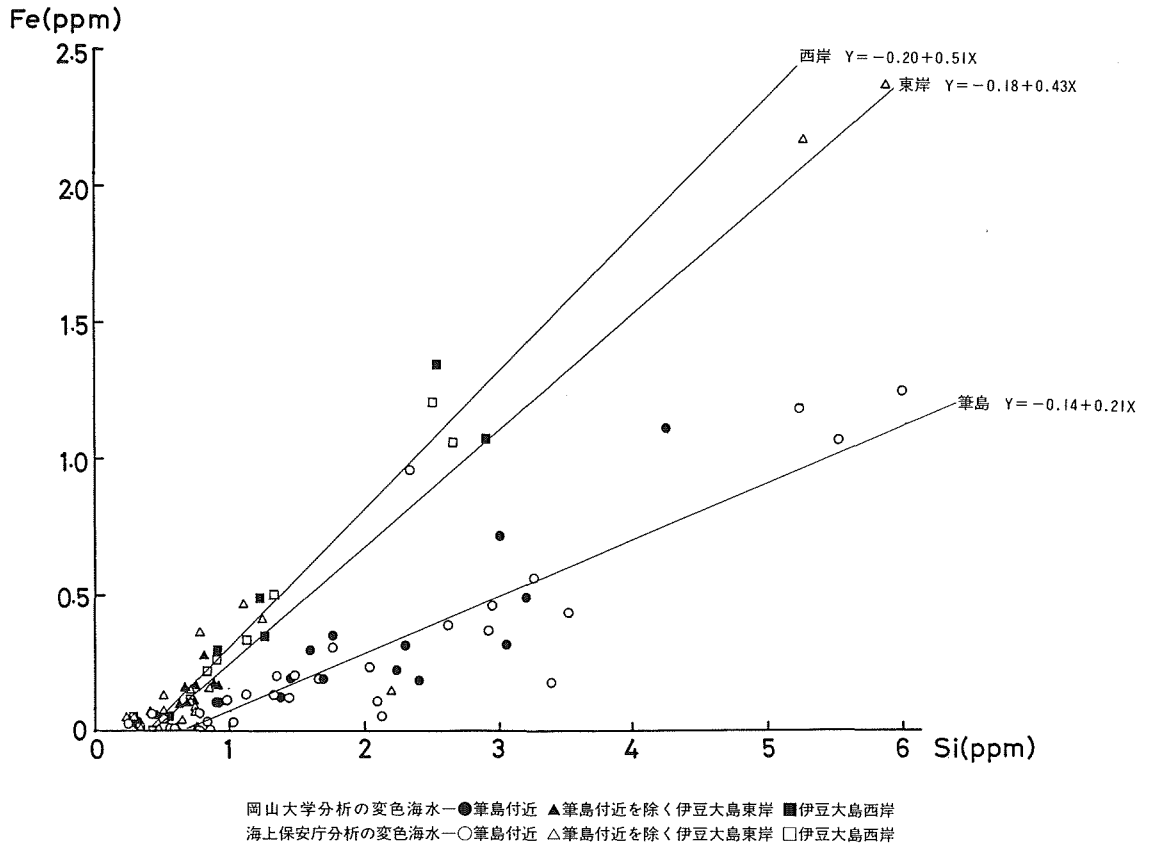


Figure 5-1b Correlation between Fe contents and Si contents of discolored water around Osima

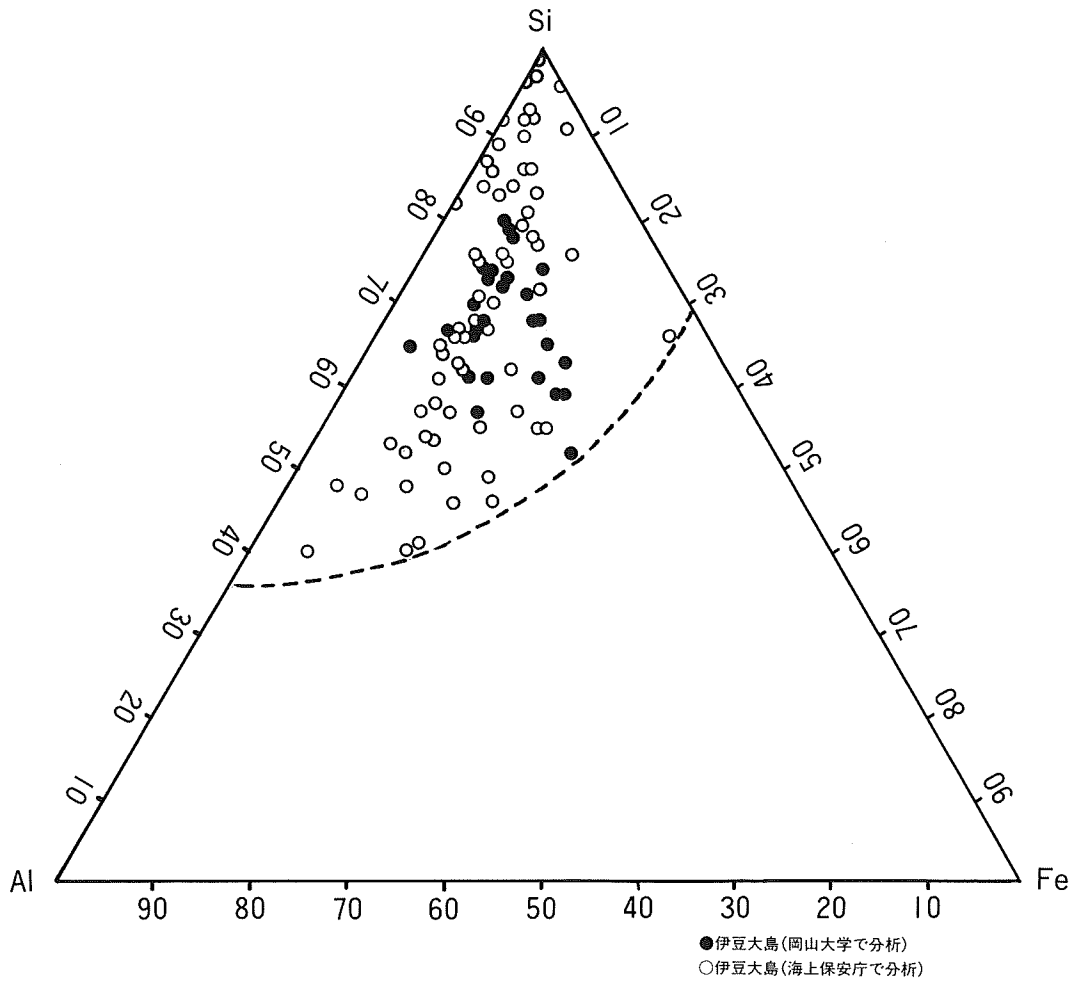


Figure 5-2a Triangular diagram on Fe-Al-Si from chemical analysis of discolored water around Osima

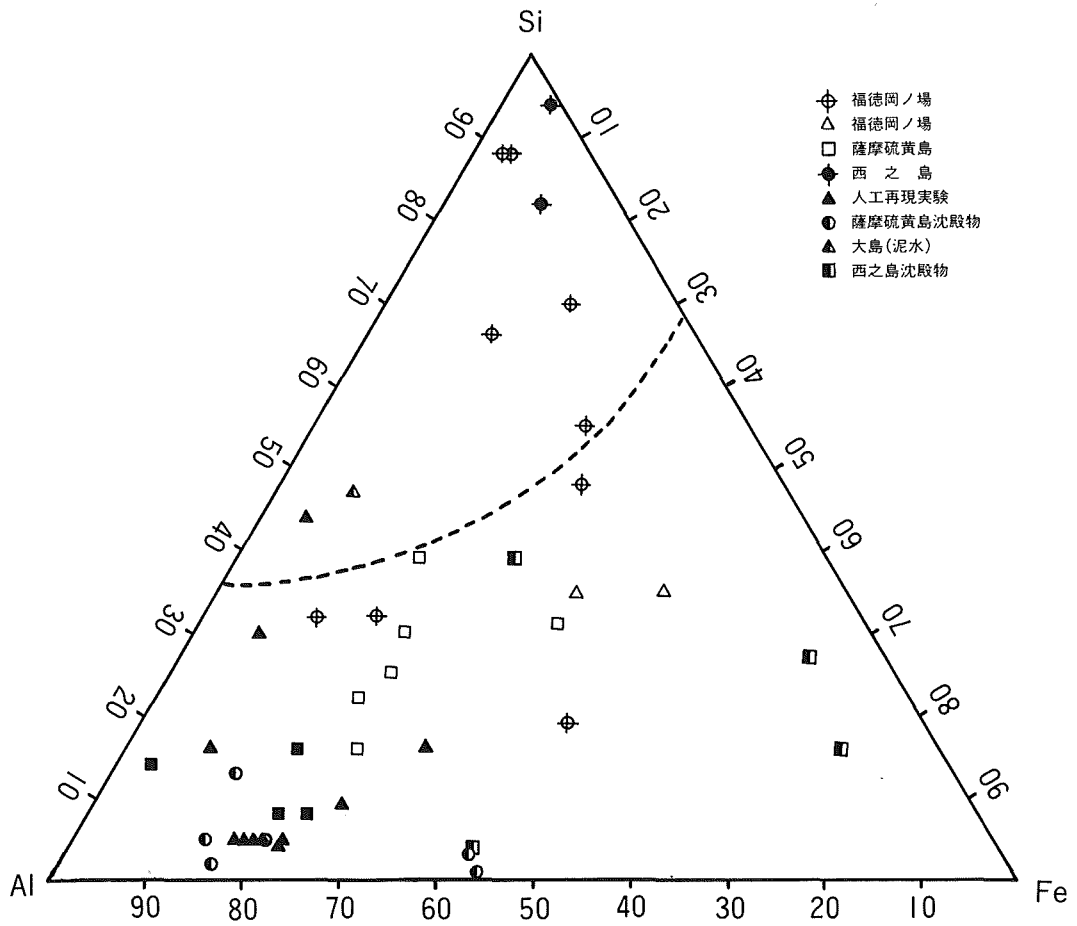


Figure 5-2b Triangular diagram on Fe-Al-Si from chemical analysis of some discolored waters from several submarine volcanoes

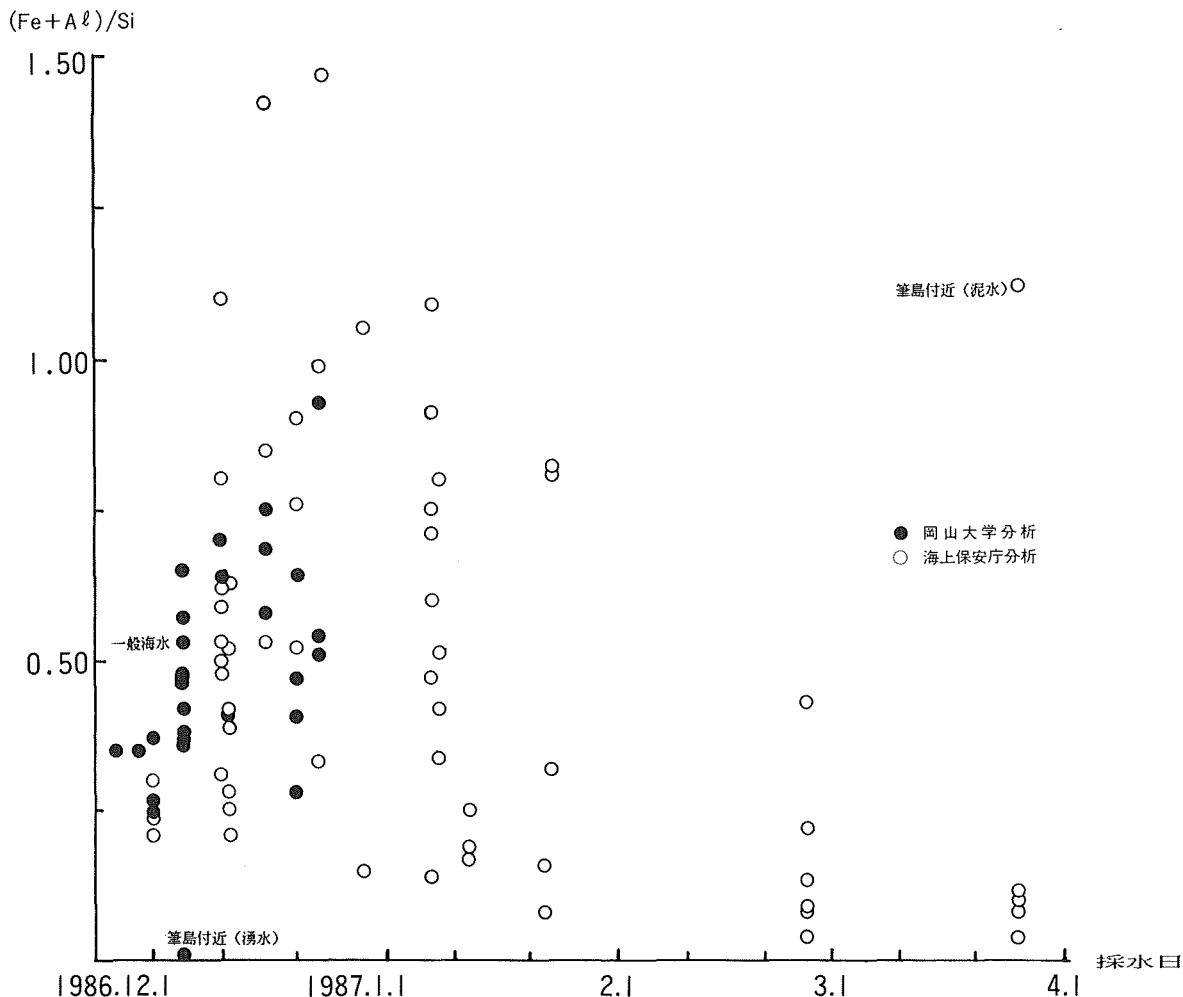


Figure 5-3 Changes of $(Fe+Al)/Si$ ratio according to the sampling time

それによると今回の大島で発生した変色海水の成分はいずれも第5-2 a 図上の破線内におさまっており、5-1に挙げた他の地域の変色海水成分に較べれば、著しくFe, Alに乏しいものであることがわかった。またこの事実は第5-3表でも明らかに示されており、同表の $(Fe+Al)/(Fe+Al+Si)$ の値で比較して見ると、西之島1973~1974年、福神海山1981年、福徳岡ノ場1986年1月などの活発な時期や、薩摩硫黄島沖1962, 1975年などの変色水や、その中の沈澱物の61~99%に較べ、今回の伊豆大島の測定値は3~60%で、むしろ福徳岡ノ場の静穏時の12~51%に近い値を示した。

5-3 化学成分の変化から見た変色水活動の推移

以上、伊豆大島の今回の活動の関する変色水の諸測定結果から、 $(Fe+Al)/Si$ の値を求め、これを測定日順に配列して、日変化の状況を知ろうとしたのが第5-3図である。それによると1986年11月末の測定開始以来、この値は急速に増加し、同年11月下旬には最高位に達したが、その後はゆるい曲線で減少しはじめ、1987年3月末にはそれまでの測定値の中で最小の値を示していた。これは同沿岸における変色水の出現頻度、出現箇所、規模などの消長ともよく一致しており、それら目視的変遷と、変色水の化学成分から推定される活動度とがよく一致しており、興味深い結果である。

(小坂)

6 総括

これまで述べてきたことをもとに、伊豆大島の1986年の噴火活動に関連した変色海水の、海上保安庁水路部における調査結果をとりまとめてみると以下ようになる。

6-1 変色水の発生とその後の変化

伊豆大島沿岸においては、例えば1976年、あるいは1983年に撮影された航空写真により、筆島ほか数地点において変色水域を確認することができる(第1-1図)が、今回の火山活動では1986年11月22日に始めてその存在が確認され、その後の調査の進行により変色水域の出現は全島に拡がり、その確認地点は21ヶ所に及んだ。1987年3月18日までの海上保安庁による観測によれば、大島沿岸で確認された変色水域は、1986年12月20日の15ヶ所を最高に、同年12月2日には14ヶ所、12月9日と12月17日には13ヶ所を数え、12月28日までに10ヶ所を越える観測は、延べ10回を記録したが、1987年に入ると変色水域の出現は衰え、1月5日には8ヶ所、2月及び3月には最高9ヶ所を越えることはなくなった。また場所別の変色水域の確認回数を数えて見ると、観測回数82回のうち筆島の78回が最高であり、これにフノウノ滝の70回、千波埼北の64回、元町南の59回、砂ノ浜の53回、小口鼻及び風早埼の48回、乳ヶ埼の45回と続いている(第1-1表)。この結果だけから見る限り、変色水の活動は1986年12月20日頃が最も活発であり、場所であれば筆島付近が最も活動的であったということになる。

6-2 変色水域の観測時期、項目及び方法

大島沿岸の変色水域に対して、海上保安庁は、ラジコンボートによる調査を1986年12月10日を第1回調査として延べ12日、ヘリコプターによる採水、測温調査を1986年12月1日を第1回調査として延べ13日、YS-11型航空機に搭載した熱赤外放射温度計による調査を1986年11月22日を第1回調査として延べ14日実施したほか、ヘリコプター搭載型巡視船の搭載ヘリコプター、あるいは羽田航空基地所属のヘリコプター等による目視観測を適宜実施した。

6-3 観測結果

以上の諸方法による観測の結果、及び化学分析の結果を総合すると、

(1) 変色水の色調

変色水の色調は赤褐、茶褐、黄褐、黄、黄緑、乳白、淡青色等、目視による種々の色調の記載がなされているが、その色調には個人差があり、また濃度が薄い場合にはバックグラウンドの海の色が加味されるため黄緑、ないしは淡青色を呈するようになる。また赤褐色、あるいは茶褐色を呈する変色水域のなかには、変色水の化学分析結果から考慮しても、崩落土砂の影響をかなり受けたと思われるものも混在していることが推察された。

(2) 変色水域の水温

変色水域の水温測定は既述のように、ラジコンボートにおいてはアナログ記録式水温計及びメモリー記録式水温計を用い、ヘリコプターにおいては投下式水温計を用いる等、測器が異なっており、しかも測器相互の比較は行っていないため厳密な温度比較は困難であるが、測定値を概観してみれば、全測定値の中での変色水域の最高水温は1986年12月11日に千波埼東約1kmの地点で測定された21.4℃であり、最低水温は1987年3月4日に黒浜埼東南東約200mの地点で観測された15.0℃であり、この期間水温は単調に降下の傾向を示していた(第3-4図)。

これは主として季節変化によるものと考えられるが、部分的には暖流である黒潮の影響も反映しているものと思われる。また大島の南東に位置する筆島付近の水温は、東西両海岸に比べて約1℃程低温であった。ラジコンボートに設置した水温計による水温測定結果によれば、特に筆島付近の変色水域においては、採水時の

水温は周囲の海水に比べて1℃以上も低いものがあり、概して0.2~0.4℃程度低いものが多く、これはすなわち変色水域が周囲の海水よりも若干低温であることを意味しているが、このことはYS-11型機上より熱赤外放射温度計によって測定した変色水域の表面温度分布の結果とよく一致している(土出, 佐藤, 1987)。また投下式水温計による水温の垂直分布測定の結果は、おおむね海面に比べて海底の方が0.1~0.3℃高温であった。

6-4 変色水の水質

以上のようにして採取された変色水試料は、海上保安庁水路部並びに岡山大学理学部において分析に供された。分析の前処理としての試料作成にあたっては、第4章で述べたように特に酸濃度を加減して混入土砂粒の影響をできる限り避けるよう努めた。

その結果、

(1) pH, 塩分濃度

pH値は全測定試料が7.5~8.4の範囲内にあり、そのうちpH 8以下のものは4.8%にすぎず、それもまた1986年12月中に限られており、比較的pH値の低いものは少なかった。

塩分濃度は、筆島付近においては1986年12月は33台と比較的低い値のものが多かったが、1987年2月には34台とその値が上昇してきている。その他の地域については顕著な傾向は認められない。

(2) 変色水の主要成分の濃度

変色水の主要成分であるSi, Al, Feの濃度範囲は、それぞれ0.24~5.99mg/ℓ, 0.02~3.98mg/ℓ, 0.01~2.39mg/ℓであり25倍~239倍と著しく広い範囲にわたっており、これは変色水の海水への混合割合の相違によるものと考えられる。さらに、それらのうち2成分濃度比をもとに考えると、特にFe/Siにおいて筆島のみが若干異なった傾向のあることが判明した(第5-1b図)。

(3) 主要成分の3成分割合

前述のような一般海水との混合による効果を除くため、Si-Al-Feの3成分比を求めてみた(第5-2表)ところSiに対するFe, Alの割合はそれぞれ30%, 50%以下であり、変色水の成分としては比較的低い値を示す事が判明した。

(4) 主要成分の経時変化

主要成分中の(Fe+Al)/Si値の経時変化を求めてみた(第5-3図)ところ、この値は11月の測定当初からかなり高い値を示していたが、その後さらに上昇し、1986年12月20日頃には最大値を示した。それ以後は次第に減少し、3月末には著しく低い値となった。

6-5 変色測定結果の総合判定

海上保安庁では、伊豆大島1986年の火山活動に伴って同島沿岸に出現した変色水域の目視観測、採水及び化学分析を行い、特に化学分析はできる限り混入土砂粒の影響を除去して分析を行った。

その結果、

(1) 変色水の3成分割合について、Siに対するFe及びAlの値は共に概して低い。これまで得られている、活発な火山活動を行った他の海底火山における変色水の成分割合と比較すると、今回の大島沿岸に見られた変化水は激しい火山活動を示すものではなかった。

(2) この事は、変色水域の出現期間を通じて、変色水域ではpH値の低いものが少く、また周囲の海水に対して温度も低い場合が多かった事実からも説明される。

(3) 変色水域の出現箇所数、pHの変化、(Fe+Al)/Siの値等から、同島沿岸の変色水活動は1986年12月下

旬を最盛期とし、それ以後次第にその活動が衰え、1987年3月末には表面上ほとんど休止に近い状態に至ったものと推定される。

(4) 変色水の色調は、今回のような崩落土砂の混入があった場合には著るしく呈色が濃厚になる傾向が強く、色調のみによる火山活動の判定は困難である。 (土出, 小坂)

今回の調査は、海上保安庁及び岡山大学の多数の人々の協力を得て初めて成し得たものである。特に、第三管区海上保安本部羽田航空基地の航空機搭乗員及び大島の監視にあたったヘリコプター搭載型巡視船のヘリコプター搭乗員には観測にあたっていろいろ無理な注文をきいて頂いた。厚く感謝いたします。

参 考 文 献

- 大谷康夫, 加藤茂, 佐藤寛和, 小坂丈子, 平林順一 1983: 航空機および人工衛星による海底火山の監視, 最近の海底調査シンポジウム資料, Vol. 3, 7-15ページ
- 小坂丈子 1974a: 小笠原西ノ島火山の活動とその経過, 地学雑誌, Vol.83, No.2, 125-138ページ
- 小坂丈子 1974b: 海底火山活動に伴う2-3の現象, 水路, Vol. 3, No. 1, 21-25ページ
- 小坂丈子 1975: 西之島海底火山の噴火と地球化学, 現代化学, Vol.10, 12-20ページ
- 小坂丈子 1977: 海底火山の活動と新島の誕生, 化学と工業, Vol.30, 658-660ページ
- 小坂丈子・大平洋子・平林順一・森彰 1977: 海中で生成したシリカーアルミナ含水低結晶物質と沈殿アロフェンとの比較, 鉱物学雑誌, Vol.13, 特別号, 178-186ページ
- 小坂丈子 1986: 伊豆小笠原諸島近海における海底火山活動とその温泉化学的研究, 温泉化学, Vol.36, No. 2, 75-84ページ
- 小坂丈子・光野千春・柴田次夫・松田敏彦・平林順一・土出昌一・桜井操・佐藤寛和 1986: 福徳岡之場1986年の火山活動について—その2 噴出物—, 火山II集, Vol.31, No. 2, 134-135ページ
- 海上保安庁水路部 1981: 南硫黄島周辺海底火山の最近の活動等について, 火山噴火予知連絡会会報, Vol. 21, 37-39ページ
- 海上保安庁水路部・東京工業大学工学部・岡山大学理学部 1986: 福徳岡ノ場海底火山活動について, 火山噴火予知連絡会会報, Vol.37, 50-69ページ
- 佐藤孫七・小坂丈子・加藤茂 1983: 南方海域海底火山の活動記録, 関東地区災害科学資料センター資料(その16), 118ページ
- 土出昌一・加藤茂・打田明雄・佐藤寛和・小西直樹・小坂丈子・平林順一 1985: 海徳海山の海底火山活動, 水路部研究報告, Vol.20, 47-82ページ
- 土出昌一・佐藤寛和 1987: 熱赤外放射温度計による大島周辺変色水及び三原山噴火口の温度測定, 水路部研究報告, Vol. 23, 伊豆大島噴火特集号, 129-176ページ
- Morimoto, R. and J. Ossaka 1955: The 1952-1953 Submarine Eruption of Myojin Reef near the Bayonnaise Rocks, Japan (1), Bulletin of the Earthquake Research Institute, Vol.32, No. 2, pp. 221-250
- 森本良平, 小坂丈子 1970: 明神礁最近の活動について, 地学雑誌, Vol.79, No. 6, 301-320ページ
- 文部省総合研究班 1977: 硫黄島南方海域海底火山活動調査, 火山噴火予知連絡会会報, Vol.10, 4-7ページ