

海域火山周辺における変色水の色の RGB 値と化学組成の比較[†]

渡辺一樹*

Comparison between chemical compositions and RGB values of discolored seawater around volcanoes[†]

Kazuki WATANABE*

Abstract

Chemical compositions and RGB values of discolored seawater around volcanoes were compared. Since it is difficult to collect dense discolored seawater during active volcanic eruptions, and since the discolored seawater taken is considerably diluted with seawater, no clear relationships between them were found.

1 はじめに

海域の火山島と海底火山の周辺には、火山性の「変色水」が観測されている。渡辺・大谷(2014)は、海域火山周辺における変色水の色について RGB 値の抽出を行い、数値化して報告した。小坂・他(1996)は福徳岡ノ場海底火山活動に伴う変色水の化学組成を静穏期と活動期で比較し、変色水の色彩の変化と化学組成には関係性があることを指摘した。海域火山においては火山活動の盛衰、周辺の変色水の色彩と化学組成の変化との間に関係性が有り、海域火山のモニタリングと活動度の評価のために有用な指標になる可能性がある。本稿では、海上保安庁が航空機を用いて観測を行ってきた海域火山周辺における変色水の色の RGB 値と、既存の文献に公表されている変色水の化学組成との関係の抽出を試みる。

2 海域火山周辺の変色水の化学組成

本稿では、海域火山周辺の変色水の化学組成を

既存の文献から収集して検討することとし、陸上の火山湖などの変色水を研究対象としない。なぜならば、海域火山周辺の変色水は火山起源の物質が大量の海水と接触して生成されるものであるのに対し、陸上の火山湖の変色水は火山起源の物質が淡水と接触して生成されるもの或いは湖水が長期間流出した火山起源の溶液で満たされるものであり、変色水生成時の物理化学的条件に相当な差異があると想定できるからである。

既存の文献に公表されている海域火山周辺の変色水の化学組成を Table 1 に示す。データ項目としては、主に鉄、アルミニウム、ケイ素の濃度、pH が報告されている。データを収集した結果、変色水の化学組成が詳細に報告されている海域火山は伊豆大島、西之島、海徳海山、福徳岡ノ場、薩摩硫黄島であった。他の海域火山では、変色水を採取しても分析項目が少ない、あるいはガスや沈殿物を研究対象としていて、変色水の化学組成が明らかでないため、本稿では取り扱わない。

[†] Received September 8, 2014; Accepted November 11, 2014

* 第五管区海上保安本部 海洋情報部 Hydrographic and Oceanographic Department, 5th R. C. G. Hqs.

Table 1. Chemical compositions and RGB values of discolored seawater around volcanoes.

表 1. 海域火山周辺における変色水の色の RGB 値と化学組成.

海域	海域火山 変色水採取場所	変色水採取 年月日	Fe (mg/kg)	Al (mg/kg)	Si (mg/kg)	pH	引用文献	R (赤)	G (緑)	B (青)	読み取った写真 撮影日
南方諸島	伊豆大島 筆島周辺	1986年12月10日	0.19	0.64	2.69	8.10	小坂・他 (2000)	112	146	147	Fig. 1 1986年12月10日
		1986年12月10日	0.14	0.41	1.11	8.10		112	146	147	
		1986年12月10日	0.23	0.84	2.03	8.10		112	146	147	
		1986年12月10日	0.14	1.32	1.33	8.10		112	146	147	
		1986年12月11日	0.02	0.04	0.24			161	184	176	Fig. 1 12月11日
		1986年12月16日	1.25	3.94	5.99	8.20		161	168	174	渡辺・大谷 (2014)
		1986年12月16日	1.11	2.08	4.24	7.92		161	168	174	
		1986年12月16日	2.43	2.22	10.00			161	168	174	1986年12月17日
		1986年12月20日	0.96	2.36	2.33	8.20		113	122	121	渡辺・大谷 (2014) 1986年12月20日
		1986年12月20日	0.71	0.70	3.00	8.28		113	122	121	
		1986年12月20日	1.15	1.27	4.67			113	122	121	
		1986年12月20日	0.44	1.37	3.51	8.20		113	122	121	
		1986年12月20日	0.35	0.77	1.76	8.28		113	122	121	
		1986年12月20日	0.71	1.99	3.65			113	122	121	
		1986年12月20日	0.46	1.79	2.95	8.20		113	122	121	
		1986年12月20日	0.31	0.54	3.05	8.23		113	122	121	
		1986年12月20日	0.56	1.51	3.77			113	122	121	
		1986年12月20日	0.39	1.96	2.62	8.20		113	122	121	
		1986年12月20日	0.31	0.57	2.30	8.23		113	122	121	
		1986年12月20日	0.53	2.39	3.42			113	122	121	
		1987年1月7日	0.56	1.76	3.27	8.00		146	152	148	渡辺・大谷 (2014) 1987年1月7日
		1987年1月7日	0.12	0.54	1.16			146	152	148	
		1987年1月7日	1.07	3.98	5.52	8.10		146	152	148	
		1987年1月7日	0.15	0.39	1.41			146	152	148	
		1987年1月7日	0.37	1.01	2.91	8.10		146	152	148	
		1987年1月7日	0.19	0.24	1.16			146	152	148	
		1987年1月7日	0.30	0.76	1.76	8.10		146	152	148	
		1987年1月7日	0.15	0.56	0.79			146	152	148	
		1987年1月8日	0.04	0.13	0.50	8.10		138	157	157	渡辺・大谷 (2014) 1987年1月8日 2サンプルの平均
		1987年1月8日	0.05	0.58	0.73			138	157	157	
		1987年1月8日	0.11	0.30	0.98	8.10		138	157	157	
		1987年1月8日	0.05	1.30	0.94			138	157	157	
	1987年1月8日	1.18	3.32	5.24	8.10	138	157	157			
	1987年1月8日	0.04	1.20	1.63		138	157	157			
	1987年1月8日	0.20	0.55	1.48	8.10	138	157	157			
	1974年7月7日	1.45	0.21	11.64		119	126	144	Fig. 1 1974年8月3日		
	1974年7月8日	0.14		12.71		119	126	144			
	西之島	1974年	2.60	1.90	9.35		小沢・他 (1974)	119	126	144	
	海徳海山	1984年3月	0.32		0.27	7.39	土出・他 (1987)	221	220	200	渡辺・大谷 (2014) 7サンプルの平均
	1984年3月	0.28		0.17	7.80	221		220	200		
福徳岡ノ場	1977年3月21日	0.15	0.09	0.29	7.90	小坂・他 (1996)	233	247	247	渡辺・大谷 (2014) 1977年1月10日	
	1977年3月31日	0.13	0.09	0.20	8.00		233	247	247		
	1986年1月20日	0.03	0.00	0.45	8.28		153	125	113	渡辺・大谷 (2014)	
	1986年1月22日	0.20	0.90	0.51	7.66		153	125	113		
	1986年1月22日	1.90	1.60	0.84	7.46		153	125	113	1986年1月21日	
	1986年1月24日	0.10	0.00	0.47	8.15		153	125	113		
	1986年1月24日	0.30	0.80	0.51	7.88		153	125	113	渡辺・大谷 (2014) 1986年1月29日	
	1986年2月1日	0.16	0.27	0.84			114	108	118		
	1986年2月9日	0.11	0.37	3.64			114	108	118		
	1986年2月26日	0.13	0.29	3.20			114	108	118		
南西諸島	薩摩硫黄島 東温泉沿岸	1990年から92年	25.30	126.00	53.70	2.03	Nogami et al. (1993)	221	236	243	Fig. 1 1991年3月12日
		1990年から92年	13.70	68.50	30.00	2.35		221	236	243	
		1990年から92年	7.09	64.50	14.90	2.87		221	236	243	
		1990年から92年	4.53	17.20	8.38	3.71		221	236	243	
		1990年から92年	3.62	13.90	6.41	4.24		221	236	243	
		1990年から92年	3.45	12.90	5.89	4.70		221	236	243	
		1990年から92年	1.85	6.80	3.42	5.77		221	236	243	
		1990年から92年	0.85	2.59	1.27	6.54		221	236	243	
		1990年10月	33.50	189.00	31.00	2.29		221	236	243	
		1990年10月	5.34	32.90	7.38	3.30		221	236	243	
	1990年10月	3.26	20.80	3.45	4.10	221	236	243	野上・他 (1991)		
	1990年10月	0.23	3.42	0.88	6.93	221	236	243			
	1990年10月	0.67	5.20	1.27	7.26	221	236	243			
	1990年10月	14.50	48.30	4.68	3.62	198	210	200		野上・他 (1991)	
	1990年10月	57.50	195.00	13.60	2.14	198	210	200			
	1990年10月	35.50	104.00	8.66	2.49	198	210	200			
1990年10月	33.40	52.10	8.02	2.52	198	210	200				
1990年10月	13.60	52.70	4.81	3.07	198	210	200				
1990年10月	2.69	7.91	2.88	6.93	198	210	200				
薩摩硫黄島 穴の浜沿岸	1990年10月	2.72	7.33	2.86	7.03	198	210	200	Fig. 1 1991年3月12日		
	1990年10月	2.16	6.02	2.22	7.21	198	210	200			
	1990年10月	2.72	7.33	2.86	7.03	198	210	200			
	1990年10月	6.74	18.50	3.95	5.70	198	210	200			

Fig. 1 に渡辺・大谷 (2014) では RGB 値の読み取りを行わなかったスチル写真と、本稿での RGB 値の読み取り場所を示す。Fig. 1 に示した写真は渡辺・大谷 (2014) で採用した写真よりもピントが甘いあるいは劣化による赤みが少しあるなど、質が劣るものである。

変色水の試料の採取日と航空機からの撮影日が同じ日のものは、伊豆大島筆島での 3 回のケースのみであり、他は変色水の試料の採取日に最も近い撮影日の写真を採用した。読み取った RGB 値が複数ある場合は、極値を採用することは避けて、平均値を採用した。どの海域火山においても変色水の採取地点と変色水の RGB 値を読み取った場所は異なっている。伊豆大島の筆島と薩摩硫黄島の東温泉と穴の浜に関しては、海岸に目標物が存在し RGB 値の読み取り場所の参考になるので、変色水の採取地点と変色水の RGB 値を読み取った場所は比較的近傍に位置していると考えられる。しかしながら、他の海域の変色水は噴火活動時に無人のラジコンボートや自航式ブイのマンボウなどで採取しており、採取作業を上空から撮影した写真が無いことに加え、採用した写真にも海岸付近の目標物が写っていないため、変色水の採取地点と変色水の RGB 値を読み取った場所との位置関係が明確ではない。

3 変色水の色 RGB 値と化学組成の比較

変色水の色 RGB 値に対する鉄、アルミニウム、ケイ素の濃度、pH の散布図、pH に対する鉄、アルミニウム、ケイ素の濃度の散布図を Fig. 2 に示す。Fig. 2 より、薩摩硫黄島で採取された変色水の pH が低く、鉄、アルミニウム、ケイ素の濃度が高いこと以外は、傾向が見られない。薩摩硫黄島で採取された変色水は、pH が低いほど鉄、アルミニウム、ケイ素の濃度が急激に上昇することから、酸性の火山性の溶液が多く含まれているためにこれらの元素の濃度が高くなったと考えられる。

変色水の pH が低い薩摩硫黄島以外の海域火山の変色水のデータの関連性を見るため、薩摩硫黄

島の変色水を除いたデータの散布図を Fig. 3 に示す。Fig. 3 からは変色水の RGB 値、鉄、アルミニウム、ケイ素の濃度、pH のデータ間に顕著な傾向を見出せない。西之島の変色水の RGB 値が小さい割にケイ素の濃度が高い傾向がある程度である。

渡辺・大谷 (2014) は、R 値の大きさは変色水中の鉄分の多さを反映している可能性があると指摘したが、Fig. 3 の R 値と鉄の散布図では正の相関関係は見られない。RGB 値の合計値の大きさは変色水中の珪酸成分とアルミニウム成分の多さを反映している可能性があると指摘に対しても、Fig. 3 の RGB 値とアルミニウムの散布図では RGB 値が 100 から 200 の間でアルミニウムのプロットがグラフの縦方向に並び、RGB 値とケイ素の散布図では RGB 値が 100 から 200 の間でケイ素のプロットがグラフの縦方向に並び、RGB 値が小さいほどケイ素の濃度が高い傾向があり、指摘された可能性を確認することはできない。Fig. 3 の RGB 値に対する鉄、アルミニウム、ケイ素の濃度の散布図は、いずれも RGB 値が 100 から 200 の間で同じ RGB 値にプロットがグラフの縦方向に並んでいることから、サンプル数が少ないために偏った分布になってしまっていると考えられる。現時点では、変色水の色 RGB 値と化学組成の値のサンプル数が不足していると危惧されるが、本稿での考察を次にまとめる。

4 考察とまとめ

本稿で指摘した薩摩硫黄島で採取された変色水が、pH が低いほど鉄、アルミニウム、ケイ素の濃度が急激に上昇することは Nogami et al. (1993) により報告されている。薩摩硫黄島の変色水の試料には、海水に対して酸性の火山性の溶液が多く含まれていると解釈できる。

薩摩硫黄島以外の海域火山で採取された変色水の試料は pH が 7.39 から 8.28 であり、薩摩硫黄島の変色水の pH よりも明らかに高い値である。火山から放出される溶液は酸性であり、pH が 8 前後の海水と混合することで、海域火山周辺の変



Fig. 1. Discolored seawater around Izu-Oshima, Nishinoshima and Satsuma-Iojima Islands. RGB values in red circles are sampled.

図1. 伊豆大島, 西之島, 薩摩硫黄島周辺の変色水. 赤丸の位置でRGB値を読み取った.

色水は海水よりも酸性になり, pH が低くなる (小坂・他 (1996); 小坂・他 (2000)). 薩摩硫黄島以外の海域火山で採取された変色水の pH が海水とほぼ同等か少しだけ酸性なことは, 海水により相当に希釈された変色水の試料を採取していると考えられる. Fig. 1 に示した RGB 値を読み取った場所の変色水の色彩も, 最も噴火活動が活発な時期に出現する濃い白色や濃い赤色ではないの

で, 海水により希釈された変色水である可能性がある. また, 上空の航空機から撮影された写真に写る変色水の色彩には, 変色水の色と火山性の溶液から沈殿した海面下の沈殿物の色が含まれているものの, 海面で採取された変色水には海面下の沈殿物などの粒子の周囲の溶液が含まれていない可能性も指摘する.

本稿では, 海域火山周辺における変色水の色の

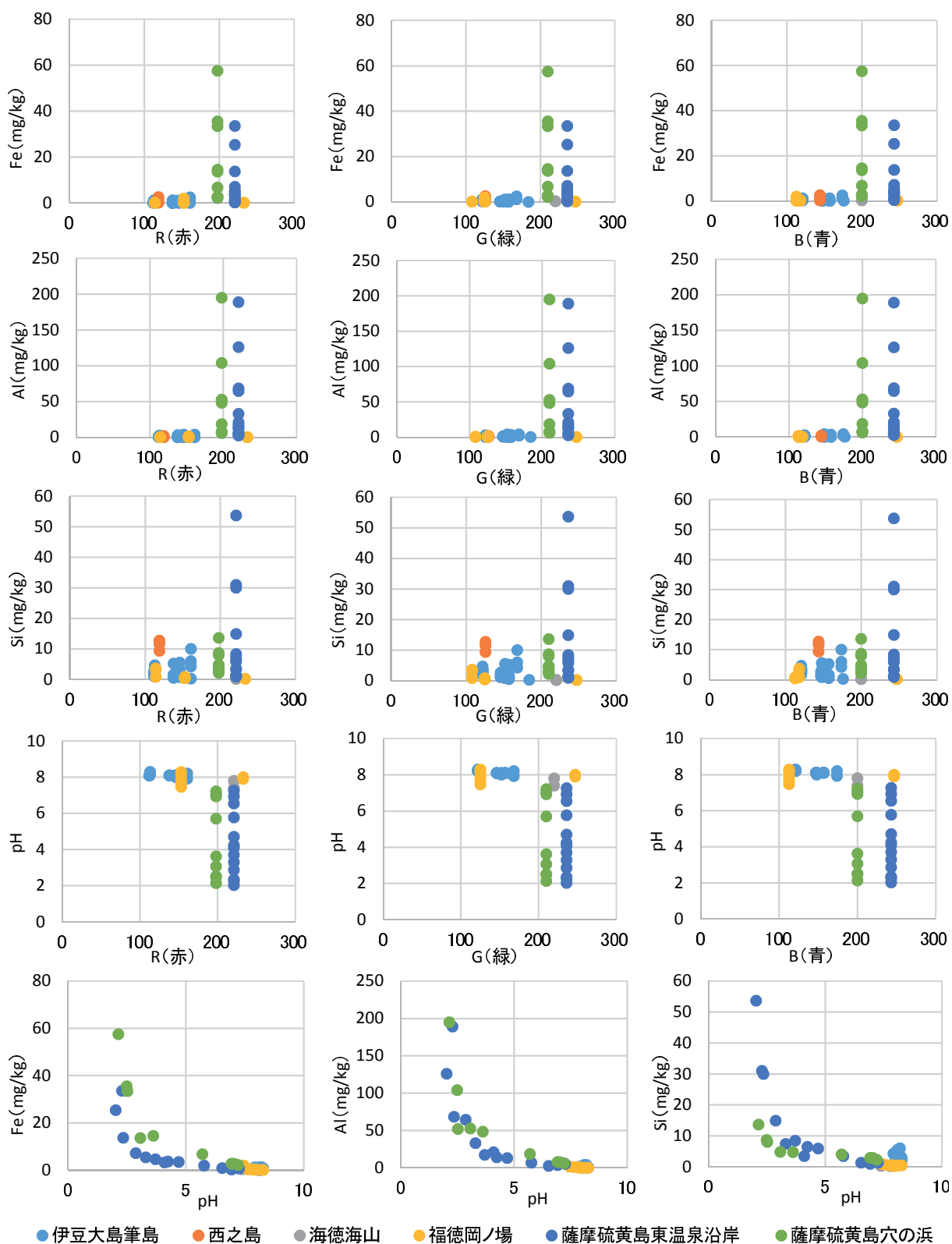


Fig. 2. Scatter diagrams for RGB values, concentrations of iron, aluminum and silicon, and pH of discolored seawater.
 図2. 変色水の色のRGB値, 鉄, アルミニウム, ケイ素の濃度, pHの散布図.

RGB値と化学組成の間に明瞭な関係性を見出せなかった。その原因としては以下の2点の可能性が考えられる。1つ目は航空機から撮影された写

真からは噴火活動時の濃い白色や濃い赤色の変色水の位置を確認できるが、噴火活動が活発な時期に火口に近い場所の濃い白色や濃い赤色の変色水

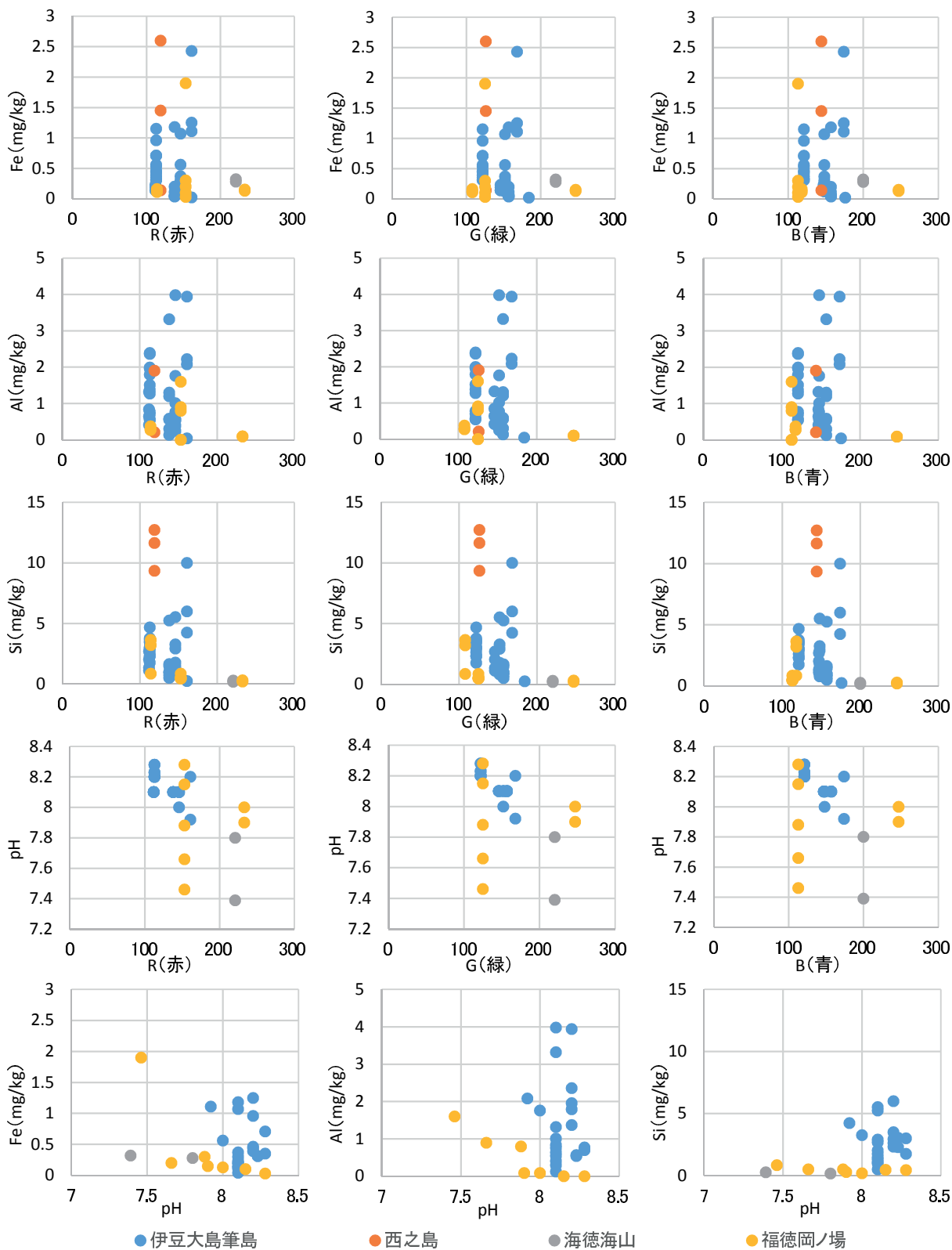


Fig. 3. Scatter diagrams for RGB values, concentrations of iron, aluminum and silicon, and pH of discolored seawater other than Satsuma-Iojima Island.

図3. 薩摩硫黄島を除く、変色水の色のRGB値、鉄、アルミニウム、ケイ素の濃度、pHの散布図。

を採取することができていない可能性である。2つ目は噴火活動時に安全を確保しながら採取する変色水の試料は海表面の試料であり、火山体から火山性の溶液が放出されて多量の海水と混合した後、海水により相当に希釈された試料を採取している可能性である。

最後に、海域火山周辺において変色水の色彩と化学組成の変化を利用して火山活動をモニタリングするためには、より多くの変色水の試料を採取・分析して、色彩と化学組成との関係性を研究し、事例を増やす必要があることを指摘する。

謝 辞

海上保安庁による海域火山定期監視の航空機上で、変色水の色彩と化学組成に関する知識をご教授いただいた東京工業大学名誉教授故小坂丈予先生に感謝申し上げます。また、査読していただいた査読者の方に感謝申し上げます。

文 献

- 野上健治・吉田稔・小坂丈予 (1991) 薩摩硫黄島沿岸に発生している変色海水, 日本火山学会講演予稿集, 50, 1991年4月2日.
- Nogami, K., M. Yoshida and J. Ossaka (1993) Chemical Composition of Discolored Seawater around Satsuma-Iwojima, Kagoshima, Japan, Bull. Volcanol. Soc. Japan, 38, 3, 71-77.
- 小坂丈予 (1978) 西之島新島, アーバンクボタ, 15, pp.18-21, 久保田鉄工株式会社, 大阪.
- 小坂丈予 (1979) 地球と化学—火山の化学と人間生活—, 化学教育, 27, 6, 375-382.
- 小坂丈予・平林順一・野上健治・土出昌一・足立紀佳 (1996) 福徳岡ノ場海底火山活動に伴う変色海水—海底火山活動の指標としての変色海水—, 火山, 41, 3, 107-113.
- 小坂丈予・足立紀佳・土出昌一・野上健治 (2000) 1986年伊豆大島大噴火に伴う変色海水の化学組成, 火山, 45, 5, 271-280.
- 小沢竹二郎・吉田稔・洪永大・小椋英明・小坂丈予 (1974) 西之島付近の海面の変色域の海水

成分, 日本火山学会 1974 年度春季大会, 火山第 2 集, 19, 1, 40.

- 土出昌一・柴山信行・背戸義郎・桑木野文章・佐藤寛和・小坂丈予・信国正勝・當重弘・福島秀生 (1987) 伊豆大島沿岸に見られた変色水の分析, 水路部研究報告, 23, 15-128.
- 渡辺一樹・大谷康夫 (2014) 海域火山周辺における変色水の色の RGB 値, 海洋情報部研究報告, 51, 59-68.

要 旨

海域火山周辺における変色水の色の RGB 値と化学組成の関係を比較する。噴火活動時の濃い色彩の変色水を採取できていないため、また、採取された変色水が海水により相当に希釈されているため、明瞭な関係性を見出せない。