

海域火山周辺における変色水の色の RGB 値[†]

渡辺一樹^{*1}, 大谷康夫^{*2}

RGB values of discolored seawater around volcanoes[†]

Kazuki WATANABE^{*1} and Yasuo OTANI^{*2}

Abstract

A preliminary quantitative analysis of discolored seawater around volcanoes in the Nanpo-Shoto and Nansei-Shoto Islands was conducted, using RGB values in still photographs of the discolored seawaters.

1 はじめに

海域の火山島と海底火山の浅海部周辺では、火山体から流出する熱水やガスが海水と反応して生じる変色水が観測されている。火山体から流出する流体中に溶解している鉄、二酸化ケイ素、アルミニウム、硫化水素などの成分が海水に接すると、海水中の成分と反応し、温度が低下する。その時に、有色の溶液が生成されることにより発色する、または沈殿物が生じることにより通常の海水と異なる色になったものが「変色水」である。海域の火山における比較的規模の大きい噴火の際には、噴火中の火山島或いは海底火山の周辺に、ほとんどのケースで変色水が観測される。海上保安庁が実施している航空機による海域火山監視においても、頻繁に変色水が観測されている。

東京工業大学名誉教授、故小坂丈予先生は 1973 年の西之島新島の噴火以降、海上保安庁の航空機に搭乗し、機上から変色水の観測を行い、多くの記録を残している（小坂, 1991）。本稿では、これまで海上保安庁が実施してきた海域火山監視に

おける変色水の観測記録と小坂先生が残した観測記録の中で乳白色、茶褐色など抽象的に表現されてきた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、数値化を試みたので、報告する。

2 海上保安庁による海域火山調査と変色水の観測

海上保安庁の航空機を用いた上空からの海域の火山活動の監視、変色水の観測と分析は、1973 年の西之島新島の噴火以降に、頻繁に行なわれるようになった。船舶から変色水を観察する場合、安全のために噴火地点から距離をおいて、水平に近い角度で海面を見ることになり、海面には空の青色と雲の白色が映り、噴火地点周辺の海面の色はわからない。1973 年西之島新島の噴火の頃から、海上保安庁が導入した YS-11 などのプロペラ機を用いた上空からの観測が可能になり、活発に噴火している海域火山周辺の変色水を写真映像で捕らえることができるようになった。

[†] Received October 15, 2013 ; Accepted December 20, 2013

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

*2 仙崎海上保安部 Senzaki Coast Guard Office

Table 1. Observation methods of discolored seawaters, showing those strong points and weak points.

表 1. 変色水の観測手段とその長所・短所.

	観測手段	長所	短所
航空機	目視観測(写真撮影)	観測が容易。変色水の色・分布を詳細把握	変色水の温度などの性質が分からない。
	マルチバンドカメラ	変色水の化学成分を推定できる。	機器が大掛りで扱い難い。撮影は直下のみ
	赤外線温度測定	噴火活動の熱的な状態を把握できる。 小型の装置を使用して、斜め測定が可能	雲・水蒸気により赤外線が吸収され、温度が 低く観測される。温度の補正は困難
人工衛星	可視画像・赤外線画像	変色水の色、表面水温を観測できる。	雲があると海面を観測することができない。
	合成開口レーダー	雲があってもその下の海面凹凸を測定可能	変色水の海面に凹凸がなければ検出不可能

海上保安庁の航空機を用いた上空からの変色水の観測手段は、航空機からの目視観測（記録媒体としてはスチル写真とビデオ映像）、マルチバンドカメラ映像撮影（土出，1979）、赤外線温度測定（土出・他，1984）が挙げられる。人工衛星を用いた変色水の観測手段は、人工衛星からの可視画像（小田巻，2003）、合成開口レーダーの画像（土出・他，2000 a）が挙げられる。それぞれの観測手段の長所・短所を Table 1 に示す。

航空機からの目視観測は比較的容易であり、変色水の色・分布範囲などを詳細に把握できる一方、変色水の温度などの性質がわからない点が短所である。マルチバンドカメラ映像撮影は可視光に近い電磁波を3種類のフィルタを通してそれぞれ撮影し、写真現像後に画像を見比べて分析する方法である。土出・他（1983）によると、変色水中の鉄の濃度と赤バンドの輝度、アルミニウムの濃度と緑バンドの輝度との相関が強く、変色水の化学成分の推定を行えるという長所がある。短所はカメラなどの機器が大掛りで扱い難く、撮影は航空機の直下方向にしかできない点であり、近年では採用されていない。赤外線温度測定装置による観測では、海面・地表面の温度を測定することで噴火活動の熱的な状態を把握でき、小型の装置を使用して斜めからも測定ができる点が長所である。海面と航空機間の大気中の雲・水蒸気などにより赤外線が吸収されて温度が低く観測され、補正が困難な点が短所である。

人工衛星からの画像には、可視画像、赤外線画像など観測する電磁波の波長帯を絞って撮影するものと、合成開口レーダーのように干渉縞を利用して海面の状態の変化を記録するものがある。可

視画像は変色水の色を、赤外線画像は変色水の表面水温を直接観測できる利点はあるが、電磁波の特定の波長帯を観測するものは、大気中の雲などの頂部を測定してしまい、雲があると海面を観測することができないという短所がある。合成開口レーダーは雲があってもその下の海面の凹凸を測定することができるという長所があり、海面に流出した油の分布を検出した例がある（土出・他，2000 b）。一方で、変色水が存在しても海面の凹凸に特徴的な変化がなければ検出できないという短所があり、海域火山活動に伴う海面の凹凸の変化を捕らえた事例は無い。また、これらに利用する人工衛星は赤道上の静止軌道ではなく、解像度を高くするために高度が低い周回衛星軌道を取らなければならない。よって、人工衛星からの観測画像が常時得られる訳ではないので、短時間の噴火活動や流出時間が短い変色水を観測できないことも短所となる。

航空機を用いた上空からのマルチバンドカメラ撮影、赤外線温度測定装置による温度測定では、雲や噴煙により変色水の観測ができない、または不良データを測得してしまうケースがある。人工衛星を用いた可視画像、合成開口レーダー観測では、静止衛星ではないことから、変色水流出時に適時に観測できないケースがほとんどである。結果として、航空機からの目視観測による変色水のスチル写真とビデオ映像が最も多く記録として残っている。特に変色水のカラー写真写真は、少々の雲天時に撮影したものでも、撮影が斜め上空から行われたもの（以下、「斜め写真」という）でも、変色水の色を概ね正確に表現できているように見える。近年ではデジタルカメラで撮影

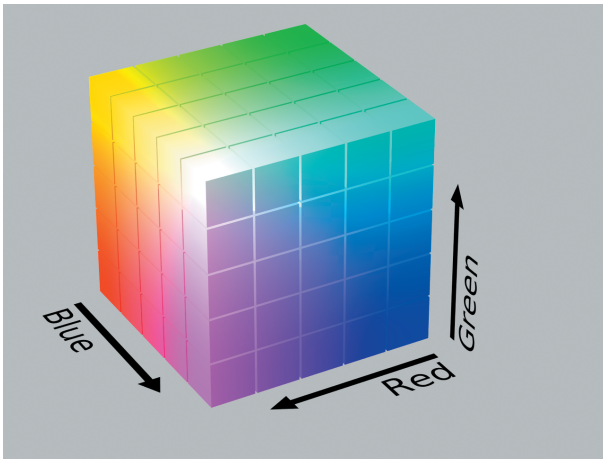


Fig. 1. Cube graph of colors by RGB values.
 図 1. RGB 値による色彩の立方体グラフ.

して、最初から JPEG デジタル形式で保存されており、色を数値化して解析するには好都合な状態となっている。本稿では変色水のスチル写真の JPEG ファイルから R (赤) G (緑) B (青) 値を読み取り、海域火山ごとに整理し、特徴を抽出することを試みた。

3 RGB 分析の方法

RGB 値とは、赤、緑、青の 3 つの原色を混ぜて幅広い色を再現する加法混色の一種で、3 つの原色の輝度を 0 から 255 の値で表現したものである。この赤、緑、青の 3 つの原色の組み合わせで表現される色彩を、グラフで表現すると Fig. 1, Fig. 2 (ウィキメディア・コモンズより) のようになる。

赤、緑、青の三原色の輝度は 0 から 255 の独立した値を取るため、この輝度と色彩をグラフで表現すると、Fig. 1 のような立方体で表現されるが、これでは立方体内部の色彩が隠れてしまう。また、Fig. 2 のような平面グラフで表現すると、RGB 値から変換された色彩は図中の三角形の内側にプロットされる。RGB の 3 つの値を Fig. 2 の横軸 x と縦軸 y の 2 つの数値に変換するためには、デジタルカメラやフィルムスキャナにより画像ファイルを作成する際の信号処理と画像ファイルから RGB 値を抽出する処理工程を加味して RGB 値に補正処理を行い、変換式に代入する必

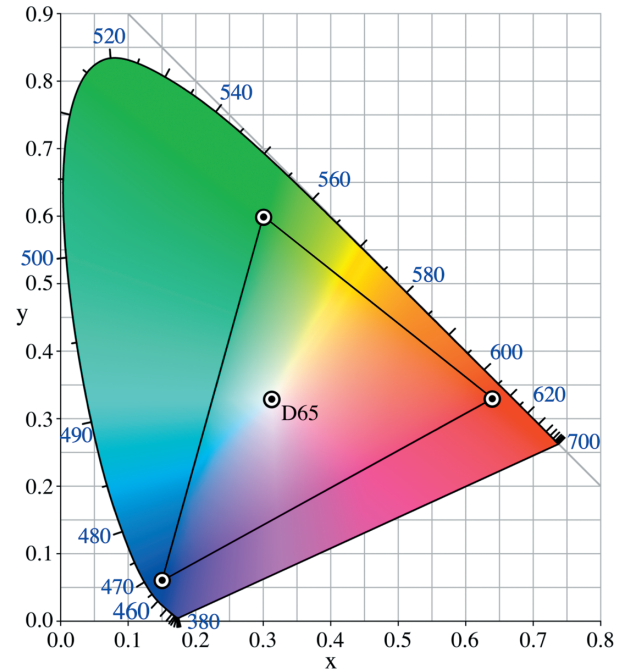


Fig. 2. Plane graph of colors by RGB values. D 65 mark is White Point.

図 2. RGB 値による色彩の平面グラフ。D 65 は白色点。

要がある。本稿で調査対象としたスチル写真は、機種異なるデジタルカメラで撮影されて JPEG ファイルとして保存したもの、ネガフィルムをフィルムスキャナで読み取って JPEG ファイルとして保存したものであり、撮影から JPEG ファイル化までの処理工程が明らかになっていない。また、JPEG ファイルから RGB 値を読み取る作業は同一のパソコンとディスプレイ、同一の読み取りソフトウェアを使用しているため、読み取り作業に伴うサンプルごとのブレは無いと考えられるが、この作業が RGB 値に及ぼす影響が不明である。従って、本稿で抽出した RGB 値を Fig. 2 のような xy 色度図の 2 つの数値に変換するための RGB 値の補正処理の方法が不明なので、RGB 値を平面グラフに正確にプロットすることができない。そこで、本稿では、変色水の色の RGB 値の赤と緑、赤と青、緑と青の輝度の関係を、散布図を用いて比較する。

4 変色水の色の RGB 値の読み取り

海上保安庁が航空機を用いて上空から撮影した

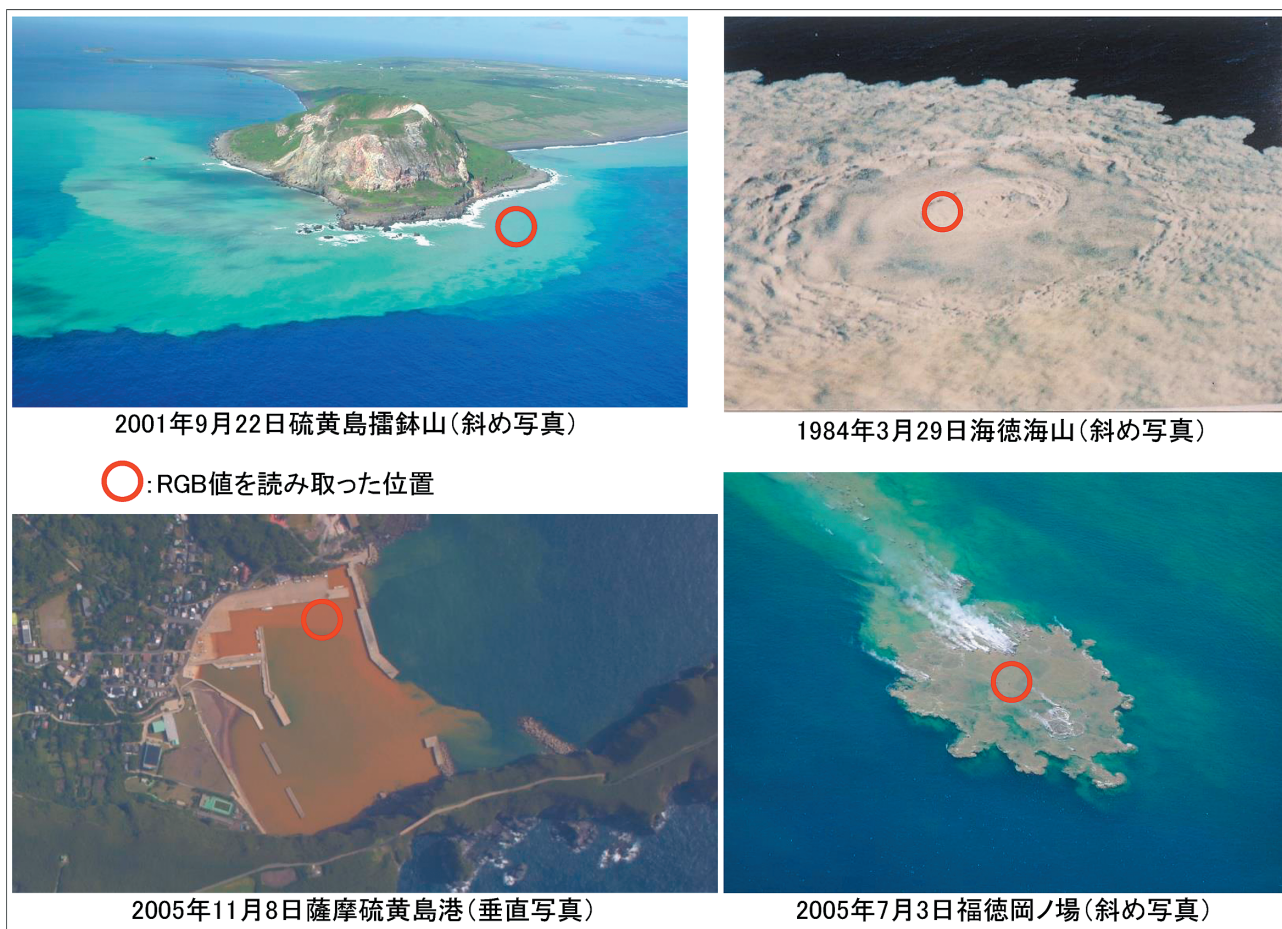


Fig. 3. Discolored seawaters around Kaitoku Seamount, Io-To Island, Fukutoku-Okanoba Volcano and Satsuma-Io-jima Island. RGB values in red circles are sampled.

図3. 海德海山、硫黄島、福德岡ノ場、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。

1973年以降のステル写真を使用した。調査海域は南方諸島と南西諸島で、ステル写真のネガフィルムをポジ画像でデジタル化したJPEGファイルと近年のデジタルカメラで直接撮影したJPEGファイルを調査対象とした。2000年以前のステル写真はフィルム撮影、2001年以降はデジタルカメラ撮影である。例として、Fig. 3に調査対象となった海德海山、硫黄島、福德岡ノ場、薩摩硫黄島のステル写真を示す。

1985年以前に撮影されたステル写真のネガフィルムは変色が進んでおり、ポジ画像に変換したものの9割程度の画像が全体的に赤みを帯びている。また、1986年から1995年に撮影されたステル写真でも同様に変色しているものが散在するので、変色したステル写真は調査対象としなかった。変色しているか否かは、海面の波頭の白色が

赤くなっている、または雲が赤くなっているもので、ほとんどのものが一目でわかり、判断に迷うことは少なかった。海面での太陽光の乱反射が多いもの、白い波頭が多いもの、雲に隠れているまたは雲の影が映っているもの、航空機の影や排気ガスによる揺らぎがあるもの、航空機の風防ガラスに機内の背景が裏写りしているものもかなり多く、これらのステル写真も調査対象としなかった。

JPEG画像からRGB値を読み取るソフトウェアは有料、無料ソフトで多数あり、どのソフトウェアを使用しても同じRGB値が得られる。本稿ではWindowsに付属するペイントを使用し、ツールの「色の選択(スポイト)」でステル写真上の色を選択し、「色の編集」ボタンでRGB値が表示される機能を使用した。RGB値は0から

255の整数値であり、3つ原色の輝度の値を合計した値が大きいほど白い色になるので、この合計値も計算した。読み取った変色水とバックグラウンドデータとして変色していない海面（以下、「非変色水」という）の色のRGB値とその合計値をTable 2-1, Table 2-2に示す。本稿で読み取った変色水の色のRGB値は、画質が良好な画像をディスプレイ上で筆者の視認により厳選し、変色水の代表的な色彩が現れている画像の一部分を読み取った唯一のデータであり、共有データベースなどに登録され他の者が利用可能なデータではない。本稿で扱ったRGB値を明記して、全てのデータを掲載するために、誌面を考慮してTableを2つに分割した。なお、掲載したデータ以外にも、変色水の色のRGB値を読み取り可能な画質が良好なスチル写真画像は多数有り、その一つの画像内には変色水の特徴的な色彩の読み取りが可能な箇所も多数有り、抽出可能な全てのデータを本稿で取り上げることができている訳ではない。

読み取った変色水の色のRGB値のR（赤）とG（緑）、R（赤）とB（青）、G（緑）とB（青）の輝度の散布図をFig. 4に示す。RGB値のサンプル数が240個になり、1つの図に収めると重複してわかり難くなるので、Fig. 4では南方諸島を2つの散布図に分割し、南西諸島を1つの散布図とした。また、どの散布図も右上から左下にRGB値のプロットが並ぶので、平均的な値と比較し易くするため全サンプルのRGB値の直線回帰を行い、回帰直線を追記した。この回帰直線に科学的な根拠は無い。

読み取った変色水の色のRGB値の合計値を海域火山ごとの平均した値とその最大値と最小値を、Fig. 5に示す。RGB値の合計値が大きいほど白に近い変色水の色、小さいほど黒に近い変色水の色を表す。航空機の投下孔から撮影した垂直写真（以下、「垂直写真」という）は画像全体の色彩が暗く写る傾向がある反面、太陽光が海面に反射して写っている部分は極端に白く、海水と変色水の色彩を正しく表現できていないものもある。Table 2の（撮影角度）の列に（垂直）と記載さ

れているものは垂直写真であり、その他のものは斜め写真である。垂直写真ではRGB値の合計値が小さくなる傾向はあるが、垂直写真から読み取った全てのRGB値が斜め写真から読み取ったRGB値を下回る訳ではないので、本稿では垂直写真も調査対象とした。

5 海域火山ごとの変色水の色のRGB値の特徴

Fig. 4を見ると南方諸島の西之島の変色水のRGB値はどの散布図でも中央付近にプロットされるが、1973年の新島噴火時の変色水のRGB値がR-GとR-B散布図で回帰直線の下側にプロットされる。これは1973年の新島噴火時の変色水の色彩には赤色が比較的多く含まれ、それ以外の時の変色水の色彩には緑色と青色が比較的多く含まれることを表している。

海徳海山では、1984年の噴火時のRGB値はどの原色の輝度も大きく、その合計値も大きい。純白色のRGBそれぞれの輝度は全て255で、合計値は765であり、海徳海山の噴火時に噴出した変色水の色は白色に近いRGB値であった。

新島の変色水のRGB値も大きく、特にR-GとR-B散布図で回帰直線よりも上側にプロットされるので、白い青緑色が多いことを表している。

福徳岡ノ場の噴火活動時の変色水のRGB値はR-GとR-B散布図で回帰直線の下側にプロットされ、噴火活動時の変色水の色彩には赤色が比較的多く含まれている。それ以外の時の変色水のRGB値はR-GとR-B散布図で回帰直線の上側にプロットされ、かつ散布図の右上に多くプロットされることから、噴火活動時以外の変色水の色彩には緑色と青色が比較的多く含まれ、白い青緑色が多いことを表している。

硫黄島の変色水のRGB値はどの散布図でも中央付近にプロットされるが、散布範囲は比較的広く、多様な色彩の変色水が出現している。

南西諸島の薩摩硫黄島の港内以外の変色水のRGB値はどの原色の輝度も大きく、その合計値も大きいので、白に近い色彩の変色水が多い。一方、薩摩硫黄島港内の変色水のRGB値はR-Gと

Table 2-1. RGB values of discolored seawaters.

表 2-1. 変色水の色の RGB 値.

海域	海域火山	場所詳細 (撮影角度)	観測 年月日	R(赤)	G(緑)	B(青)	RGB 値合計	海域	海域火山	場所詳細 (撮影角度)	観測 年月日	R(赤)	G(緑)	B(青)	RGB 値合計
南方諸島	伊豆大島	筆島	19861217	161	168	174	503	西之島	南西岸	20011029	98	146	160	404	
		筆島	19861220	113	122	121	356		西岸	20021019	105	146	166	417	
		筆島	19870107	146	152	148	446		西岸	20031104	125	172	166	463	
		筆島	19870108	166	179	172	517		西岸	20041012	91	132	134	357	
		筆島	19870108	109	134	141	384		西岸(垂直)	20041025	76	115	132	323	
		筆島	20110207	159	194	198	551		南東岸(垂直)	20050309	64	122	126	312	
		岡田港付近	20120826	152	160	147	459		西岸	20050309	57	122	124	303	
	新島	南岸	19890720	155	195	194	544		北岸	20051128	97	161	160	418	
		南岸	19910730	176	204	207	587		南西岸	20070124	107	161	163	431	
		南岸	19910730	151	190	189	530		南西岸	20070124	62	90	104	256	
		西岸	19910730	177	197	196	570		南西岸	20111116	88	134	158	380	
		北岸	19910730	179	191	189	559		北岸	20120825	114	163	180	457	
		南東岸	19940117	217	233	230	680		海徳海山	(噴火中)	19840315	226	230	215	671
		西岸(垂直)	19941029	130	191	183	504			(噴火中)	19840329	209	207	192	608
		北岸(垂直)	20011029	106	167	188	461	(噴火中)		19840329	234	234	210	678	
		南東岸	20011029	85	160	191	436	(噴火中)		19840329	217	220	201	638	
		南岸	20011029	94	147	121	362	(噴火中)		19840329	204	206	184	594	
		南岸	20070110	114	188	175	477	(噴火中)		19840329	235	236	202	673	
		南岸	20070323	98	170	167	435	(噴火中)		19840329	221	209	197	627	
		三宅島	南東岸	20070710	103	148	145	396	北岸	19910731	198	209	205	612	
	鼻戸崎付近		20111115	154	190	178	522		19920806	150	175	171	496		
	港南方		20120826	144	187	180	511	馬の背岩(垂直)	19950717	46	124	126	296		
			20011029	165	192	187	544	南岸	20010921	166	178	178	522		
			20011029	120	152	149	421	南岸	20010922	160	175	172	507		
			20011029	138	173	175	486	南岸	20010922	101	150	120	371		
	新鼻-ツル根		20120826	80	140	168	388	播鉢山	20010922	171	196	201	568		
	北西岸(垂直)		20020905	126	144	148	418	播鉢山	20010922	122	185	177	484		
	青ヶ島		南西岸	20111117	94	135	165	394	南岸	20010922	165	196	199	560	
			南西岸	20120308	110	138	159	407	播鉢山	20010922	123	153	143	419	
		南東岸	20120826	110	137	158	405	播鉢山	20010922	144	162	164	470		
	須美寿島		19890720	89	108	114	311	播鉢山	20010922	143	190	180	513		
			19890720	131	120	134	385	南岸	20010922	156	172	187	515		
			19920806	123	140	158	421	播鉢山	20010922	159	192	197	548		
			19930909	136	147	165	448	南岸	20010922	154	173	177	504		
		(垂直)	20011031	71	106	146	323	千鳥ヶ浜(垂直)	20011029	114	131	113	358		
			20050308	96	150	162	408	千鳥ヶ浜	20011029	135	165	153	453		
	伊豆鳥島	(垂直)	19910730	127	152	159	438	播鉢山(垂直)	20011029	80	116	132	328		
			19910730	201	225	225	651	南岸(垂直)	20030310	68	107	114	289		
			19940728	150	172	185	507	北ノ鼻	20050309	136	171	90	397		
			19940728	152	166	177	495	播鉢山	20070123	93	118	112	323		
			20011030	126	165	182	473	播鉢山	20070123	134	151	143	428		
			20011030	140	187	193	520	井戸ヶ浜	20070123	117	147	149	413		
			20011030	135	176	182	493	播鉢山	20070320	67	138	124	329		
			20020821	69	111	127	307	西岸	20070320	160	188	173	521		
			20030310	90	153	162	405	馬の背岩	20070711	135	164	159	458		
			20030310	71	110	139	320	北岸	20070711	136	164	152	452		
			20040323	134	196	183	513	北岸	20070711	142	199	184	525		
			20040323	145	187	173	505	馬の背岩	20080720	177	193	192	562		
			20120825	131	151	160	442	千鳥ヶ浜	20091224	162	179	163	504		
		西之島 (噴火中)	噴火直前	19730531	148	180	169	497	摺鉢山	20111116	47	80	97	224	
噴火直前	19730531		81	100	75	256	井戸ヶ浜	20120309	85	109	96	290			
噴火口脇	19730914		155	151	165	471	北ノ鼻	20120516	92	140	163	395			
噴火口脇	19730914		133	124	141	398	(噴火中)	19860121	153	125	113	391			
噴火口脇	19730914		124	114	122	360	(噴火中)	19860129	114	108	118	340			
西之島	南岸	19870708	120	163	182	465	(噴火中)	20050703	102	90	66	258			
	北東岸(垂直)	19890718	124	146	167	437	(噴火中)	20050703	146	150	127	423			
	南東岸	19920806	97	119	142	358	(噴火中)	20050703	152	150	135	437			
	東岸	19930909	136	171	191	498	(噴火中)	20050703	198	210	200	608			
	南岸	20001030	136	144	165	445	(噴火中)	20050703	216	211	191	618			
	南岸	20011029	70	126	141	337	(噴火中)	20050703	210	206	203	619			
南方諸島	福徳岡ノ場							(噴火中)	19860121	153	125	113	391		
								(噴火中)	19860129	114	108	118	340		
								(噴火中)	20050703	102	90	66	258		
								(噴火中)	20050703	146	150	127	423		
								(噴火中)	20050703	152	150	135	437		
								(噴火中)	20050703	198	210	200	608		
								(噴火中)	20050703	216	211	191	618		
								(噴火中)	20050703	210	206	203	619		

RGB values of discolored seawater around volcanoes

Table 2-2. RGB values of discolored seawaters (continued).

表 2-2. 変色水の色の RGB 値 (続き).

海域	海域火山	場所詳細 (撮影角度)	観測 年月日	R(赤)	G(緑)	B(青)	RGB 値合計	海域	海域火山	場所詳細 (撮影角度)	観測 年月日	R(赤)	G(緑)	B(青)	RGB 値合計
南方諸島	福德岡ノ場	(噴火中)	20050703	174	186	172	532	南 西 諸 島	薩摩硫黄島	東岸	20120211	120	147	128	395
		(噴火中)	20050703	137	130	114	381			北岸	20120211	167	210	203	580
		(垂直)	19761217	219	244	240	703			東岸	20121125	151	159	135	445
			19770110	233	247	247	727			東岸	20121130	146	134	110	390
			19781115	106	202	200	508			港内	19940817	216	159	152	527
			19781115	107	194	186	487			港内	19940818	196	143	139	478
			19810312	134	226	221	581			港内	20021118	206	169	142	517
			19870715	98	219	250	567			港内	20021118	201	170	149	520
			19960412	248	246	223	717			港内(垂直)	20021120	151	104	78	333
			19970416	251	248	229	728			港内	20031019	240	180	154	574
			20030311	62	195	192	449		港内	20040210	209	161	121	491	
			20031105	120	221	229	570		港内	20040210	205	162	120	487	
			20031105	96	226	218	540		港内	20051107	180	149	131	460	
			20041012	132	204	193	529		港内	20051107	185	153	132	470	
			20050703	101	162	128	391		港内(垂直)	20051108	160	114	88	362	
			20050705	229	255	251	735		港内	20071130	160	138	140	438	
			20060825	191	213	190	594			19840905	145	165	174	484	
			20061004	120	174	148	442		新硫黄島	(垂直)	19840906	105	117	143	365
			20070123	155	183	168	506				20021118	54	80	51	185
			20070123	162	192	180	534		口永良部島	寝待-後鏡	20120211	105	150	147	402
		20070123	184	207	199	590	口之島		南東岸	20031019	127	154	113	394	
		20070123	178	222	207	607			東部、鎌倉崎	20071130	109	146	155	410	
		20070423	119	170	165	454			南岸	20110905	131	177	190	498	
		20070424	158	189	192	539				20121130	99	136	162	397	
		20070425	149	191	179	519				20010925	111	126	107	344	
		20071011	95	165	165	425	諏訪之瀬島		東岸	20080205	146	178	199	523	
		20071026	118	161	170	449			北東岸	20110609	141	170	168	479	
		20071213	150	214	216	580			作地鼻	20121130	144	141	134	419	
		20071218	82	151	167	400			南東岸	20010925	91	126	130	347	
		20071219	175	243	232	650	悪石島		東岸	20010925	137	149	135	421	
		20080119	122	158	182	462			北岸	20010925	94	127	136	357	
		20080131	51	82	76	209			東岸	20071130	119	165	191	475	
		20080131	147	204	197	548	横当島		中央部	19900308	140	158	162	460	
		20080625	194	235	217	646			中央部	19970818	133	134	138	405	
		20100204	101	124	118	343			中央部	19970819	137	141	142	420	
		20110412	73	197	223	493			中央部	19970819	131	131	139	401	
		20120128	104	171	187	462			中央部	20021117	148	174	161	483	
		20120309	145	215	240	600			中央部(垂直)	20021117	121	145	131	397	
		20120419	112	184	206	502			中央部(垂直)	20021118	122	142	130	394	
		20120511	135	172	165	472			中央部	20031021	65	106	98	269	
	20130122	129	166	175	470	中央部	20120210	143	149	147	439				
	20130308	27	153	194	374	硫黄島島	火口下	19860820	138	148	157	443			
	20130326	72	161	177	410		火口下	19940527	165	177	173	515			
	北岸	19860821	226	240	227		693	火口下	20000906	177	198	191	566		
	東岸	19860821	217	214	197		628	火口下	20031021	103	154	149	406		
	東岸	19940818	210	216	180		606	火口下	20031021	107	161	148	416		
	東岸	20021118	147	134	82		363	火口下	20031021	140	194	170	504		
	東岸	20031019	255	239	213		707	火口下	20031021	137	193	154	484		
	平家城	20031020	196	210	184		590	火口下	20120408	100	163	170	433		
	北岸(垂直)	20031020	197	212	183	592	火口下	20121128	125	175	172	472			
南西諸島	薩摩硫黄島	南岸	20031020	160	182	146	488	伊豆大島		19870108	55	64	97	216	
		東岸	20040210	206	255	219	680	新島		20080213	39	71	96	206	
		東岸	20050525	152	157	135	444	西之島	(垂直)	20050309	32	55	87	174	
		平家城	20051107	187	201	165	553	海德海山		19840329	49	48	57	154	
		南岸	20051107	188	228	204	620	硫黄島	(垂直)	19950717	4	34	94	132	
		東岸	20051107	167	173	139	479	福德丘ノ場		20070424	21	36	67	124	
		北岸	20051108	154	209	229	592	薩摩硫黄島		20120211	34	46	60	140	
		北岸	20070823	133	175	161	469	悪石島		20010925	17	15	52	84	
		北岸	20110114	186	215	197	598	横当島		19970819	62	60	99	221	
		東岸	20110905	171	165	133	469	硫黄島島		20120408	27	56	96	179	

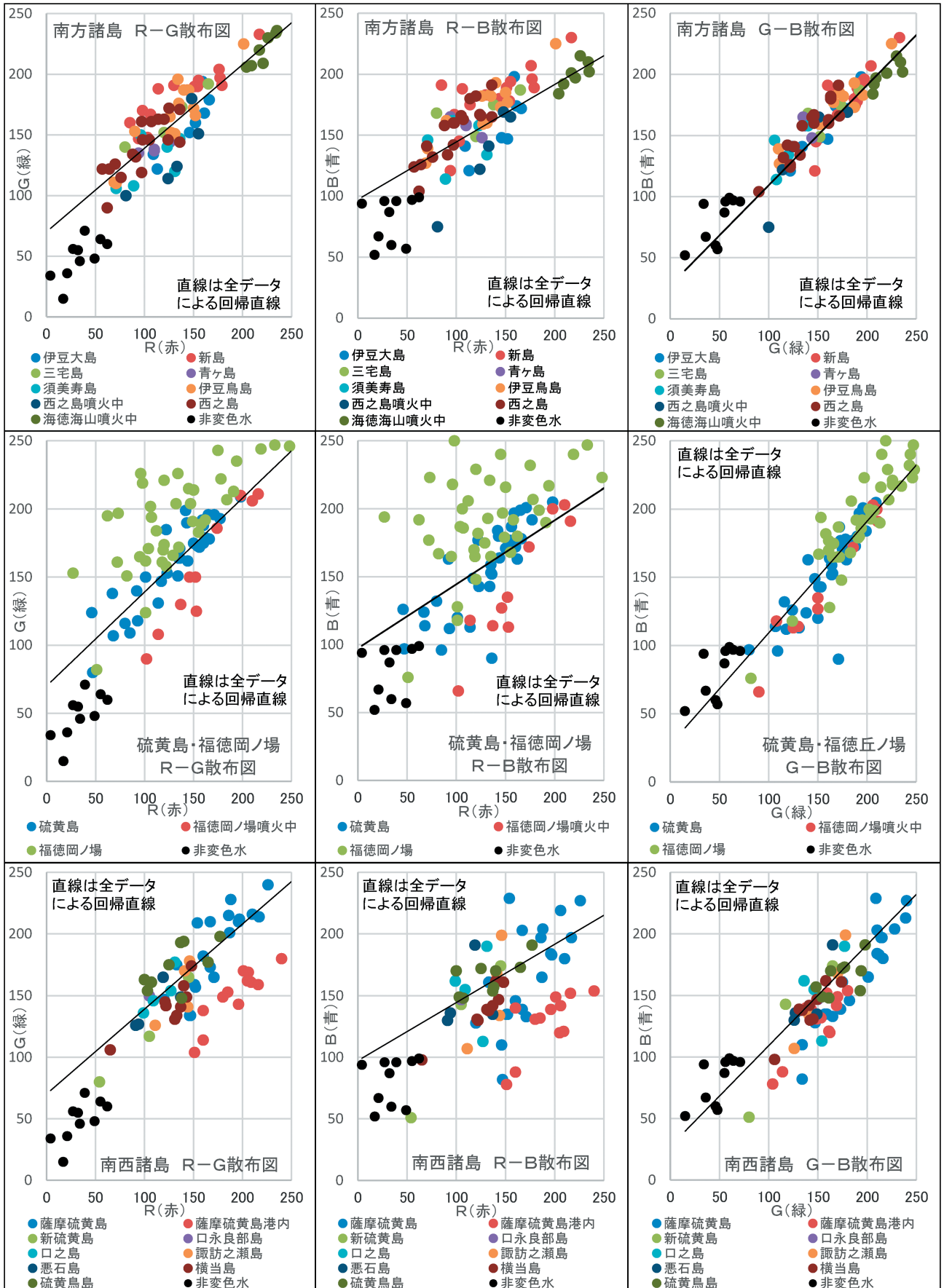


Fig. 4. Scatter diagrams of RGB values of analyzed discolored seawaters.
 図4. 変色水の色のRGB値の散布図.

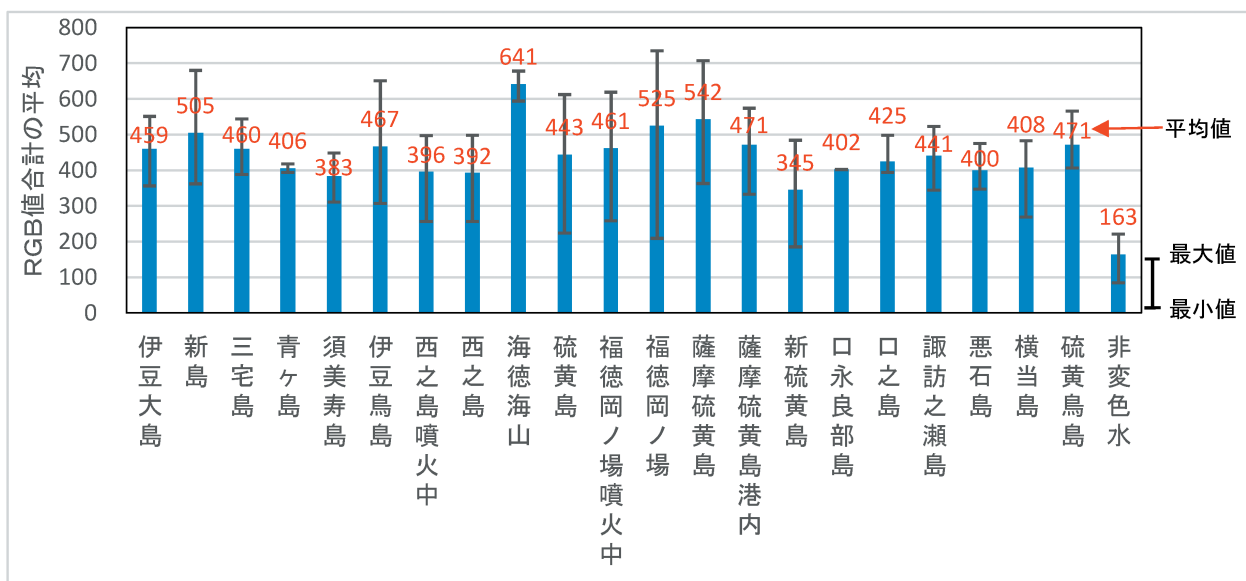


Fig. 5. Averages in the sum of RGB values of analyzed discolored seawaters.

図 5. 変色水の色の RGB 値合計の平均。

R-B 散布図で回帰直線の下側に離れてプロットされる。薩摩硫黄島港内の変色水は、スチル写真を見ても調査した変色水の中で最も赤く見える。薩摩硫黄島の港内以外の変色水の赤色の輝度も 120 以上であり、港内以外の変色水の色彩にも赤色が比較的多く含まれている。

横当島の変色水の RGB 値は R-G と R-B 散布図で回帰直線の下側にプロットされ、赤色が比較的多く含まれる傾向がある。南西諸島では、他の海域火山周辺の変色水の RGB 値はどの散布図でも中央付近にプロットされ、特徴があまり無い。

6 今後の課題

本稿で扱った変色水の色の RGB 値の抽出作業は、マルチバンドカメラ映像撮影のフィルタを通して撮影した画像の輝度を抽出する作業に類似している。前記のように、マルチバンドカメラ映像では、変色水中の鉄の濃度とマルチバンドカメラ映像の赤バンドの輝度、アルミニウムの濃度と緑バンドの輝度との相関が強く、変色水の化学成分の推定を行えるという指摘があり、変色水の色の RGB 値の R (赤), G (緑), B (青) のそれぞれの輝度が、化学成分の濃度などに対応する可能性があると考えられる。

今後は、文献から変色水の化学組成を収集して、変色水の色の RGB 値と化学組成を比較検討する必要があるので、文献からのデータの収集・分析作業を進める。また、西之島、福徳岡ノ場などの同一の海域火山で生じる変色水の色の変化が、噴火活動の消長とどのような関係になるのか、さらに可能ならば、変色水の形成機構と色の変化との関係に関する検討も行う。

謝 辞

東京工業大学名誉教授、故小坂丈予先生は晩年、海上保安庁の航空機に搭乗した際に、火山島周辺の変色水の色と性質について、筆者らに語りかけてくれた。小坂先生は海徳海山における変色水の色彩を濃い乳白色と表現し、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と語った。西之島と福徳岡ノ場の噴火時に噴出する色彩が暗く少し茶色を帯びた変色水の色は噴出した火山砕屑物と鉄分の多さ、薩摩硫黄島港内の赤い変色水の色は鉄分の多さを反映していると語った。小坂先生の指摘を本稿の RGB 値に当てはめると、R (赤) 値 (赤色の輝度) の大きさは変色水中の鉄分の多さを、RGB 値の合計値の大きさは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。本稿の着想は、海域火山定期監視の機上で小坂先生から教授していただいた変色水の色彩に関する知識に基づいており、先生からの貴重なご助言に感謝いたします。

要 旨

海域火山周辺における変色水の初歩的な定量分析として、南方諸島と南西諸島の海域火山周辺における変色水のスチル写真から、変色水の色のRGB値を読み取った。

文 献

- 小田巻実 (2003) 海上保安庁海洋情報部におけるALOS データ利用について, ALOS データ利用シンポジウム 2003, 宇宙開発事業団・(財)資源・環境観測解析センター, 東京, 2003年2月20日.
- 小坂文予 (1991) 日本近海における海底火山の噴火, 280 pp., 東海大学出版会, 秦野.
- 土出昌一 (1979) マルチバンドカメラによる変色水調査, 日本火山学会 1979 年春季大会講演要旨, 火山第 2 集, 24 (2), 101-102.
- 土出昌一・大谷康夫・加藤茂・佐藤寛和・小坂文予・平林順一 (1983) マルチバンドカメラによる変色水調査 (シートゥルースとの対比), 日本火山学会 1983 年度秋季大会講演要旨, 火山第 2 集, 28 (4), 435.
- 土出昌一・佐藤寛和・小西直樹 (1984) 空中熱赤外放射温度計による三宅島 (1983 年 10 月 5 日) の表面温度測定, 火山第 2 集, 29, 153-157.
- 土出昌一・大谷康夫・蔭山邦幸 (2000 a) 人工衛星 SAR による火山性変色水の検出可能性についての検討, 水路部技報, 18, 66-73.
- 土出昌一・井本泰司・蔭山邦幸 (2000 b) 人工衛星データによる油汚染の検出, 水路部技報, 18, 47-65.
- ウィキメディア・コモンズ, File:RGB Cube Show lowgamma cutout a.png, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:RGB_Cube_Show_lowgamma_cutout_a.png?uselang=ja.
- ウィキメディア・コモンズ, File:CIExy 1931 sRGB.png, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:CIExy_1931_sRGB.png?uselang=ja.