

## トカラ列島周辺海域 (GB21-2 および 21-3 航海) で採取された海底堆積物の化学組成

久保田 蘭<sup>1,\*</sup>・太田 充恒<sup>1</sup>・立花 好子<sup>1</sup>・板木 拓也<sup>1</sup>・  
片山 肇<sup>1</sup>・鈴木 克明<sup>1</sup>・間中 光雄<sup>1</sup>

KUBOTA Ran, OHTA Atsuyuki, TACHIBANA Yoshiko, ITAKI Takuya, KATAYAMA Hajime, SUZUKI Yoshiaki and MANAKA Mitsuo (2023) Chemical composition of marine surface sediments around Tokara Islands (GB21-2 and 21-3 Cruise), Japan. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 74 (5/6), p. 287-300, 4 figs, 5 tables.

**Abstract:** The concentrations of 24 elements in the 90 marine surface sediment samples collected from around Tokara Islands, were determined, and the characteristics of the chemical composition and concentration distribution were investigated. The sediments in this sea area are considered to be derived from three sources: bioclasts rich in CaO and Sr, mafic clastic materials rich in T-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and MgO, and felsic clastic materials rich in K<sub>2</sub>O. The contribution of the three sources differs depending on the sampling area. The analysis results of the relationship between the concentrations of each element suggests that the contribution of mafic clastic particles is particularly large in the off eastern Suwanose Island (Central zone of Tokara Islands). Samples having high Cu concentrations are distributed mainly in the Central zone of Tokara Islands, although they are not always enriched in T-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and TiO<sub>2</sub> concentrations. The high Cu concentration samples in Southern zone of Tokara Islands would be influenced by the early diagenesis process because they are also abundant in MnO concentrations.

**Keywords:** simultaneous multi-element analysis, clastic material, bioclast, mafic rock, felsic rock, early diagenesis, accumulation of heavy metal element

### 要 旨

トカラ列島周辺海域から採取した海底表層堆積物90試料について、主成分元素および微量元素24元素を定量した結果を示し、化学組成の特徴や分布特性について検討を行った。本調査海域の海底堆積物は、CaO, Srに富む生物遺骸粒子、T-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>やMgOなどに富む苦鉄質火山岩類由来の碎屑性粒子、K<sub>2</sub>Oなどに富む珪長質火山岩類由来の碎屑性粒子の3つの起源物質に由来するものと考えられ、それらの寄与率には地域性がある。各元素濃度間の相関関係から、特に諏訪之瀬島の東方沖(トカラ列島中部海域)では苦鉄質火山岩由来の碎屑性粒子の寄与が大きいことが示唆された。また、Cuを高濃度含む試料がトカラ列島中部海域に認められるが、T-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>やTiO<sub>2</sub>濃度は必ずしも高くない。一方で、トカラ列島南部海域のCu高濃度試料はMnO濃度が高いことから、Cu濃集の原因としては初期続成作用の影響が考えられた。

### 1. はじめに

筆者らは、「本邦沿岸海域底質地球化学図」の作成に関する基礎的研究を継続しており、平成20年度より沖縄本島周辺海域の海底表層堆積物の化学分析を行い、その結果を公表した(寺島ほか, 2009; 太田ほか, 2010, 2011, 2013, 2016, 2017, 2019; 久保田, 2019, 2022)。GB21-2および21-3航海では、トカラ列島周辺海域の105地点で木下式グラブ採泥器(K-グラブ採泥器)により海底表層堆積物が採取され、このうち90地点の試料(第1図)について53元素の化学分析を行った。本概要報告では、GB21-2および21-3航海で採取された海洋堆積物中の、主成分元素(Na<sub>2</sub>O, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, TiO<sub>2</sub>, MnO, Total(T)-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (全鉄量をFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>に換算したもの))といくつかの微量元素(Li, Be, Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Y, Mo, Ba, Pb)を分析した結果と化学組成の特徴について報告する。

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Geology and Geoinformation)

\* Corresponding author: KUBOTA, R., AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: ran-kubota@aist.go.jp

## 2. 試料処理及び分析方法

K-グラフ採泥器で採取された試料のうち、表層部0-3 cmを適量分取した。礫質の堆積物試料については、可能な限り付随する細粒の堆積物を分取した。試料を室温で乾燥した後、石川式めく粉砕機で約80メッシュ(約180  $\mu\text{m}$ )以下に粉砕して分析試料とした。粉砕した試料0.1 gを硝酸3 ml, 過塩素酸2 ml, フッ化水素酸5 mlの混酸を用いて、120°Cで2時間加熱して分解後、さらに145°Cで1時間加熱分解を行った。その後、200°C以下で蒸発乾固した後、7M硝酸5 mlを加えて加温溶解し、超純水で希釈して試料溶液(100 ml)とした。各種成分の測定では、主成分元素( $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Total(T-Fe}_2\text{O}_3)$ )とSr, BaをICP-AES (Thermo Fisher Science iCap-6300)で、そのほかの微量元素(Li, Be, Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Y, Mo, Pb)はICP質量分析計(Agilent 7900)を用いて測定した。分析結果を第1表および第2表にまとめた。今回は海塩の除去を行っていないため、海塩の影響を最も受ける $\text{Na}_2\text{O}$ は参考値として示している。

## 3. 結果と考察

### 3.1 本海域における表層堆積物の元素濃度の特徴

第1表に主成分元素、第2表に微量元素の分析結果をまとめている。GB21-2および21-3航海の試料採取地点は、GB21-1およびGK15-2航海の範囲と近接しており、10個余りの島嶼からなるトカラ列島のうち口之島、中之島、臥蛇島、平島、諏訪之瀬島、悪石島の周辺、および口永良部島、屋久島周辺の海域である(鈴木ほか, 2023)。一部の試料は、粒度や採取深度にかかわらず、炭酸塩骨格や殻から構成される生物遺骸破片を含む。元素濃度は $\text{CaO}$  (5.92-47.7 wt%),  $\text{T-Fe}_2\text{O}_3$  (0.279-22.6 wt%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (0.227-16.4 wt%)が高く、これに続く $\text{MgO}$  (1.17-7.59 wt%),  $\text{Na}_2\text{O}$  (1.00-5.29 wt%)が主な構成元素である。微量元素で高い濃度範囲を示すのは、Sr (251-3,830 mg/kg), V (9.82-679 mg/kg), Ba (10.6-380 mg/kg), Zn (6.94-225 mg/kg)などで、他の微量元素は100 mg/kg以下であることが多い。沖縄周辺海域の海底表層堆積物の主成分は生物起源の炭酸塩鉱物であることが多く、過去の沖縄周辺および奄美大島周辺海域試料の分析結果(寺島ほか, 2009; 太田ほか, 2010, 2011, 2013, 2016, 2017; 久保田ほか, 2019)においても、ほとんどの試料で $\text{CaO}$ 含有量が最も多かった。しかしながら本海域においては、30 wt%以上の $\text{CaO}$ 濃度を示したのは8試料(20 wt%以上の濃度を示したのは24試料)と少なく、 $\text{CaO}$ 濃度12 wt%以下の39試料については $\text{CaO}$ 濃度より $\text{Al}_2\text{O}_3$ もしくは $\text{T-Fe}_2\text{O}_3$ 濃度が高かった(第1表)。トカラ列島周辺海域(GB21-1航海)試料(久保田ほか, 2022)と同様、 $\text{T-Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ 濃度が高く相対的に $\text{CaO}$ が低いという特徴

があり、生物遺骸粒子の寄与が少ないことが示唆される。また、船上記載データによると、今回取り扱った90試料のうちg265, g289, g300は $\text{Mn}$ 酸化物に被覆された礫を含む試料とあるが、3試料とも $\text{MnO}$ 濃度は0.2 wt%前後と高くはない。g265, g289は $\text{T-Fe}_2\text{O}_3$ 濃度がそれぞれ12.0 wt%, 17.9 wt%と高く、鉄マンガン酸化物の被覆の影響を受けている可能性がある。しかしZnを除くと鉄マンガン酸化物に多く含まれるCo, Ni, Cu, Pbの濃度は低い。また、g300はPb濃度が32.8 mg/kgと最大値を示すものの、 $\text{T-Fe}_2\text{O}_3$ 濃度は7.26 wt%と低い。これらのことから、 $\text{Mn}$ 酸化物の被覆は礫に対してのみであり、分取した中粒砂堆積物中には含まれていないと考えられる。

第3表には調査海域を4つに区分した海域別の元素濃度平均値を示した。海域区分はg302, 303, g315-g358を口永良部島周辺海域, g196, g221-g300, g304-g306をトカラ列島北部海域, g118-g175, g198-g202をトカラ列島中部海域, g12-g95をトカラ列島南部海域とした(第1図)。口永良部島周辺海域試料のほとんどは水深500 m-700 mで採取され、 $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ , Li, Be, Rb, Baの濃度が高い。この海域の北側に存在する鬼界カルデラから放出された火山性噴出物の影響は、今回確認できなかった。北部海域では浅海部を中心に $\text{CaO}$ やSrの濃度が高く、表層堆積物に占める生物遺骸粒子が多いこと(海水温度や海流などの関係で他海域より生物生産が卓越するため)を反映していると考えられる。 $\text{MgO}$ は基本的には $\text{CaO}$ の濃集に伴って高濃度になりうると考えられるが、北部海域で特に高濃度は得られなかった。中部海域試料は、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ , Sc, Cr, Co, Ni, Cuの濃度が高い。南部海域のg12とg13(奄美大島により近い)は浅瀬で採取され $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ , Srの濃度が高いのに対し、北側に位置するg47, g69, g70, g93, g94は1,000m以深で採取され $\text{MnO}$ 濃度が0.2-0.3 wt%と高い。これら $\text{MnO}$ 濃度が高い試料に関しては、初期続成作用による濃集が考えられるがGB21-1航海試料に比べると $\text{MnO}$ 濃度が低いため(久保田ほか, 2022)、濃集作用が働いているとしても初期段階であると推測される。

次に、船上記載データを基にして、全分析試料を礫、粗粒砂、中粒砂、細粒砂、シルト-粘土質の粒度別に区分し、それぞれ各元素濃度の中央値を算出して第4表に示した。地殻起源と考えられる $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MnO}$ , Ni, Mo, Ba, Pbといった成分が粒度の細粒化に伴い高濃度になる。一方で、生物遺骸粒子に由来する $\text{CaO}$ やSrの濃度は、逆に細粒化に伴って濃度が低くなる傾向がある。粗粒-細粒砂の区分では $\text{CaO}$ 濃度が最も高いが、礫およびシルト-粘土質では $\text{Al}_2\text{O}_3$ が最も高い濃度を示すことから、本海域では生物遺骸粒子(炭酸塩鉱物)のみならず、採取地点近くの島々から供給される碎屑性粒子の寄与が大きい可能性が高い。

トカラ列島周辺海域で採取された海底表層堆積物の化学組成 (久保田ほか)

第1表 トカラ列島周辺海域(GB21-2および21-3航海)で採取された表層堆積物の主成分元素の分析結果.

Table 1 Major element composition of marine surface sediments around Tokara Islands (GB21-2 and 21-3 cruises).

Location no.	W. D. m	Na <sub>2</sub> O wt%	MgO wt%	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> wt%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> wt%	K <sub>2</sub> O wt%	CaO wt%	TiO <sub>2</sub> wt%	MnO wt%	T-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> wt%
g12	244	1.00	5.67	2.68	0.119	0.158	<b>39.6</b>	0.173	0.071	3.01
g13	406	1.70	5.69	6.50	0.112	0.285	<b>28.8</b>	0.402	0.147	6.30
g25	839	3.76	1.24	10.8	0.132	1.21	<b>16.2</b>	0.579	0.131	4.49
g26	681	2.29	3.02	7.25	0.151	0.459	<b>27.7</b>	1.08	0.146	7.83
g44	940	3.40	2.04	12.6	0.136	1.05	<b>15.0</b>	0.569	0.134	5.18
g45	999	3.26	1.72	12.3	0.121	1.06	<b>17.3</b>	0.520	0.108	5.45
g47	793	2.16	3.44	8.21	0.301	0.471	17.5	3.35	0.306	<b>22.6</b>
g69	1025	3.44	2.04	11.4	0.130	1.59	<b>15.5</b>	0.479	0.209	4.62
g70	1201	3.72	2.51	<b>12.9</b>	0.137	1.70	10.8	0.544	0.257	5.24
g93	1053	3.73	2.20	11.7	0.151	1.80	<b>12.2</b>	0.505	0.319	4.79
g94	1064	4.00	2.55	<b>12.6</b>	0.158	1.90	10.4	0.526	0.315	5.40
g95	1051	3.20	3.48	<b>13.5</b>	0.125	1.55	10.5	0.581	0.139	6.38
g118	942	3.53	2.16	11.2	0.126	1.45	<b>15.1</b>	0.468	0.184	4.50
g119	933	3.61	2.63	<b>12.8</b>	0.135	1.67	10.7	0.549	0.097	5.67
g120	1012	4.16	2.67	<b>12.7</b>	0.157	1.95	10.3	0.542	0.089	5.50
g121	925	3.85	2.85	<b>12.7</b>	0.156	1.71	9.64	0.561	0.128	5.94
g122	968	3.01	5.13	<b>14.5</b>	0.091	1.04	9.96	0.593	0.158	8.21
g123	605	2.66	6.04	<b>13.6</b>	0.130	0.784	13.1	0.828	0.202	10.1
g125	327	1.62	7.20	8.77	0.074	0.322	<b>23.3</b>	0.288	0.154	6.85
g144	652	5.29	1.23	<b>10.9</b>	0.106	2.02	5.92	0.413	0.089	2.79
g145	915	3.70	2.95	<b>13.3</b>	0.139	1.64	10.1	0.561	0.200	5.93
g146	789	3.69	3.02	<b>13.2</b>	0.131	1.55	9.66	0.564	0.173	6.01
g147	801	3.10	4.66	<b>14.1</b>	0.106	1.20	9.23	0.593	0.145	7.51
g148	671	2.74	5.99	<b>16.4</b>	0.081	0.765	11.2	0.515	0.153	8.03
g150	423	2.44	7.59	12.8	0.103	0.523	<b>13.8</b>	0.531	0.193	9.37
g168	861	3.40	1.78	9.59	0.119	1.49	<b>16.6</b>	0.398	0.285	3.68
g169	923	3.27	4.02	<b>14.2</b>	0.093	1.19	8.14	0.584	0.198	7.06
g171	799	3.05	5.23	<b>14.6</b>	0.095	1.11	8.96	0.611	0.169	8.21
g173	727	3.08	5.14	<b>14.9</b>	0.103	1.18	9.45	0.606	0.155	7.98
g174	525	2.64	6.29	<b>13.8</b>	0.101	0.737	11.2	0.772	0.204	10.7
g175	554	3.29	3.68	<b>13.6</b>	0.102	1.23	11.8	0.487	0.135	6.07
g196	780	3.42	2.43	12.2	0.115	1.45	<b>13.0</b>	0.488	0.167	4.93
g198	507	3.21	4.18	<b>15.0</b>	0.111	1.21	8.33	0.640	0.142	7.45
g199	669	3.35	3.98	<b>14.2</b>	0.106	1.26	10.4	0.541	0.123	6.63
g200	601	4.04	2.33	<b>12.4</b>	0.115	1.63	10.7	0.484	0.149	4.63
g201	736	2.70	1.59	7.84	0.094	1.28	<b>24.6</b>	0.284	0.091	2.90
g202	519	2.59	5.77	12.1	0.122	0.736	11.9	1.14	0.216	<b>14.0</b>
g221	659	2.07	4.62	7.41	0.157	0.487	<b>25.9</b>	0.727	0.178	7.26
g226	569	2.19	5.43	10.0	0.106	0.312	<b>25.0</b>	0.358	0.147	6.04
g228	346	3.43	2.37	13.4	0.097	1.21	<b>14.2</b>	0.444	0.110	4.72
g244	136	1.16	3.93	0.544	0.100	0.083	<b>45.2</b>	0.036	0.012	0.455
g245	560	1.72	3.11	3.62	0.099	0.351	<b>39.9</b>	0.152	0.045	1.80
g246	604	3.16	1.90	10.4	0.116	1.38	<b>18.5</b>	0.408	0.113	3.88
g247	582	2.97	4.51	<b>13.6</b>	0.114	0.790	12.6	0.691	0.192	9.30
g248	520	2.98	3.96	13.1	0.108	0.984	7.56	1.48	0.200	<b>16.6</b>
g249	624	3.72	2.34	<b>13.2</b>	0.103	1.52	10.2	0.531	0.123	5.26
g250	599	3.27	1.23	10.5	0.098	1.64	<b>16.2</b>	0.382	0.073	2.75

第1表 続き.  
Table 1 Continued.

Location no.	W. D. m	Na <sub>2</sub> O wt%	MgO wt%	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> wt%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> wt%	K <sub>2</sub> O wt%	CaO wt%	TiO <sub>2</sub> wt%	MnO wt%	T-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> wt%
g264	651	2.51	1.93	8.66	0.113	1.05	<b>27.1</b>	0.387	0.126	4.25
g265	478	2.05	3.32	7.85	0.206	0.739	<b>21.2</b>	1.50	0.185	12.0
g266	665	2.81	3.18	11.6	0.140	1.13	<b>16.3</b>	0.746	0.168	7.98
g267	591	3.04	2.66	13.2	0.124	0.778	<b>19.5</b>	0.367	0.119	4.94
g268	450	2.63	3.13	8.54	0.111	0.676	<b>26.4</b>	0.496	<b>0.098</b>	5.63
g269	644	2.63	2.87	13.0	0.085	1.71	<b>14.4</b>	0.440	0.102	4.88
g270	268	1.18	2.99	1.96	0.092	0.289	<b>41.7</b>	0.583	0.058	4.96
g283	628	2.89	1.17	4.89	0.091	0.821	<b>34.3</b>	0.193	0.134	2.20
g284	594	3.10	1.52	9.11	0.118	1.28	<b>23.4</b>	0.359	0.127	3.35
g285	643	3.69	1.17	8.32	0.100	1.59	<b>19.9</b>	0.301	0.162	2.65
g286	479	2.59	2.78	9.99	0.133	0.739	<b>24.9</b>	0.506	0.123	6.21
g287	60.0	1.25	2.75	0.227	0.069	0.094	<b>47.7</b>	0.028	0.008	0.28
g288	584	2.81	5.91	<b>12.3</b>	0.138	0.714	9.60	0.804	0.257	10.6
g289	352	1.76	4.08	6.13	0.269	0.341	<b>25.5</b>	1.70	0.228	17.9
g290	570	3.45	3.31	<b>11.8</b>	0.173	1.21	11.6	1.02	0.161	7.32
g291	563	3.81	2.43	<b>12.4</b>	0.152	1.76	6.84	0.729	0.117	5.30
g299	584	2.85	2.16	9.88	0.148	1.20	<b>21.3</b>	0.516	0.130	5.09
g300	644	2.72	2.90	10.0	0.159	0.976	<b>23.7</b>	0.613	0.215	7.26
g302	606	4.35	1.51	9.93	0.122	1.76	<b>16.9</b>	0.403	0.114	3.27
g303	619	3.95	1.39	10.6	0.127	1.97	<b>14.5</b>	0.433	0.128	3.35
g304	607	2.97	1.73	5.89	0.125	1.15	<b>30.7</b>	0.244	0.084	2.32
g305	282	1.49	2.16	1.25	0.104	0.218	<b>45.9</b>	0.089	0.104	1.02
g306	595	4.02	2.25	<b>12.7</b>	0.150	1.67	7.68	0.806	0.126	5.80
g315	636	3.71	1.62	11.2	0.131	1.61	<b>14.8</b>	0.525	0.117	4.10
g316	618	3.47	1.21	9.49	0.115	1.78	<b>18.0</b>	0.390	0.111	3.05
g317	615	3.70	1.33	10.0	0.120	1.82	<b>16.5</b>	0.425	0.106	3.35
g318	599	3.74	2.63	<b>13.0</b>	0.162	1.55	9.12	0.920	0.140	6.99
g320-2	590	3.69	2.20	<b>13.2</b>	0.114	1.60	9.25	0.550	0.110	5.26
g326	548	2.92	4.00	13.6	0.155	1.32	<b>17.2</b>	0.748	0.161	7.95
g327	676	3.71	1.40	10.1	0.134	1.63	<b>17.8</b>	0.469	0.107	3.62
g328	639	3.54	1.25	9.12	0.118	1.68	<b>20.0</b>	0.392	0.133	3.18
g329	639	3.73	1.21	9.77	0.129	1.79	<b>16.6</b>	0.443	0.094	3.38
g330	636	4.39	1.25	<b>11.6</b>	0.140	2.15	9.42	0.506	0.102	3.54
g331	546	3.30	3.00	<b>12.5</b>	0.117	1.52	8.38	0.813	0.152	7.65
g337	752	4.10	1.70	<b>14.0</b>	0.144	1.38	9.88	0.639	0.128	4.64
g340	598	3.43	1.89	10.1	0.177	1.57	<b>15.9</b>	0.790	0.175	6.28
g341	636	4.17	1.50	<b>11.4</b>	0.133	2.12	11.2	0.499	0.137	3.87
g342	592	4.34	1.87	11.5	0.145	2.21	<b>11.7</b>	0.483	0.078	3.94
g343	502	4.36	1.94	11.6	0.154	2.16	<b>11.8</b>	0.471	0.157	4.21
g351	185	3.17	4.00	<b>14.0</b>	0.255	0.63	11.7	0.795	0.166	7.37
g352	184	3.02	3.91	13.8	0.353	0.816	8.82	2.538	0.229	<b>18.0</b>
g356	536	3.61	2.28	<b>14.5</b>	0.140	1.11	13.7	0.425	0.104	4.98
g358	472	3.64	1.58	10.7	0.138	1.67	<b>17.4</b>	0.476	0.130	4.12

The most abundant elements in the sample are shown in bold.

トカラ列島周辺海域で採取された海底表層堆積物の化学組成 (久保田ほか)

第2表 トカラ列島周辺海域(GB21-2および21-3航海)で採取された表層堆積物の微量元素の分析結果.

Table 2 Trace element composition of marine surface sediments around Tokara Islands (GB21-2 and 21-3 cruises).

Location no.	W. D.	Li	Be	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Y	Mo	Ba	Pb
	m	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
g12	244	4.7	0.1	10	57	29	11	11	4.8	31	5.4	1572	7.5	0.3	23	5.4
g13	406	6.9	0.3	22	126	37	23	22	12	61	8.4	1245	8.7	0.8	44	13
g25	839	15	0.9	15	54	3.8	7.4	6.8	7.4	72	38	491	32	1.1	163	19
g26	681	9.9	0.5	19	219	22	19	11	9.7	87	15	1342	15	0.4	74	12
g44	940	17	0.9	17	88	17	11	10	13	71	33	514	21	0.7	184	15
g45	999	17	1.0	14	86	22	12	11	13	67	36	568	18	0.6	182	11
g47	793	8.8	0.5	33	679	39	41	17	14	225	14	498	20	1.0	105	16
g69	1025	24	1.0	15	112	39	13	24	34	72	60	503	21	1.9	311	20
g70	1201	27	1.1	17	134	47	15	28	42	73	62	386	21	2.3	331	20
g93	1053	31	1.3	14	117	50	15	33	41	82	74	467	21	2.4	373	26
g94	1064	32	1.4	16	132	57	18	34	46	84	75	408	20	2.0	373	24
g95	1051	24	1.1	22	164	60	19	26	40	78	58	325	21	1.3	263	15
g118	942	22	0.9	15	117	35	13	23	35	65	52	459	19	1.6	268	20
g119	933	25	1.1	18	151	45	15	23	48	72	59	385	21	1.3	287	17
g120	1012	34	1.4	17	140	62	15	34	51	92	81	424	21	1.2	369	26
g121	925	24	1.0	18	154	57	16	27	50	76	60	351	20	1.4	294	19
g122	968	13	0.6	29	223	73	28	29	48	73	29	258	18	1.0	157	10
g123	605	9.8	0.5	35	299	94	34	44	47	91	21	408	18	0.9	106	10
g125	327	6.9	0.3	39	163	128	32	43	19	62	9.4	1734	12	0.7	99	12
g144	652	22	1.1	10	48	5.7	7.1	6.1	7.6	48	57	301	27	1.8	212	18
g145	915	23	1.0	21	172	59	19	28	54	78	59	356	22	2.0	275	20
g146	789	20	0.9	20	169	55	18	25	52	69	50	327	22	1.8	241	16
g147	801	14	0.7	29	226	82	26	31	64	74	37	258	21	1.3	177	11
g148	671	10	0.5	38	210	83	29	32	55	67	21	269	18	0.7	110	6.8
g150	423	7.3	0.3	39	214	110	35	42	32	75	12	384	15	0.7	75	11
g168	861	22	1.0	11	89	32	10	24	29	59	56	500	18	2.4	247	19
g169	923	19	0.8	30	163	19	22	12	25	84	33	275	21	1.2	154	13
g171	799	13	0.6	33	232	67	29	29	51	78	32	266	21	1.2	155	9.8
g173	727	14	0.6	30	223	99	27	33	64	74	36	251	20	1.2	173	10
g174	525	11	0.4	39	336	93	36	35	41	93	21	325	18	0.8	105	13
g175	554	14	0.7	24	167	57	21	24	45	65	37	429	20	1.2	182	12
g196	780	19	0.8	17	141	34	16	19	38	64	50	424	21	1.8	230	16
g198	507	13	0.6	29	237	80	25	26	66	72	36	256	22	1.5	166	9.9
g199	669	14	0.7	25	187	56	22	23	52	68	39	392	20	1.3	184	12
g200	601	18	0.8	17	123	31	13	15	33	65	53	480	23	1.9	247	16
g201	736	18	0.7	8.1	58	13	6.3	7.6	8.9	53	41	616	16	0.5	188	11
g202	519	11	0.5	32	471	33	35	19	25	119	20	424	16	0.9	111	12
g221	659	8.3	0.4	23	172	23	18	11	11	90	15	1225	16	0.4	77	9.8
g226	569	8.3	0.3	26	152	23	21	16	11	70	7.0	1131	16	0.4	51	11
g228	346	15	0.7	16	128	16	13	9.1	22	58	35	656	18	1.1	179	14
g244	136	2.4	0.0	1.5	23	28	1.8	5.2	2.1	18	2.1	2205	4.5	0.6	12	2.8
g245	560	6.5	0.2	6.8	43	13	6.4	7.7	7.0	28	11	1950	11	0.2	51	7.5
g246	604	19	0.8	11	86	25	9.5	14	17	56	49	826	16	1.2	233	16
g247	582	14	0.6	27	271	21	26	14	23	96	20	589	16	0.7	118	13
g248	520	15	0.6	25	596	26	34	8.5	26	161	26	312	19	1.3	141	9.2
g249	624	18	0.9	16	121	12	12	6.9	16	68	46	529	21	1.4	224	15
g250	599	20	0.9	8.4	44	7.8	6.1	6.3	7.0	51	55	680	20	1.1	230	17
g264	651	19	0.9	11	90	29	12	23	14	67	43	731	12	0.7	166	15
g265	478	12	0.6	21	387	33	27	22	11	120	26	772	14	0.7	126	13
g266	665	15	0.8	17	206	22	19	14	12	86	37	533	16	0.7	192	14
g267	591	12	0.7	13	89	15	13	14	9.1	61	22	764	12	0.6	119	13
g268	450	11	0.5	14	164	16	13	9.5	12	61	19	1256	12	0.6	99	8.2
g269	644	16	0.6	17	127	11	12	5.6	16	57	49	770	19	0.9	215	10
g270	268	4.3	0.1	6.7	191	16	9.9	4.1	3.9	50	7.5	3056	6.1	0.3	39	3.6
g283	628	12	0.6	5.0	39	14	9.4	24	8.1	39	29	922	12	0.8	124	21
g284	594	17	0.8	9.7	78	20	9.7	16	12	56	46	786	16	1.2	219	21
g285	643	20	0.9	7.7	46	17	8.3	19	9.2	52	54	589	20	1.8	246	21
g286	479	13	0.7	14	137	21	16	17	9.0	72	22	993	13	0.4	95	13
g287	60	1.9	0.0	0.7	9.8	10	0.7	2.9	1.3	6.9	1.0	3383	2.4	0.5	11	1.5
g288	584	15	0.7	31	241	13	26	6.9	9.3	119	19	427	21	0.6	112	7.6
g289	352	6.7	0.3	26	622	30	34	14	9.4	188	9.8	1391	16	1.0	52	11
g290	570	16	0.9	24	146	17	15	7.2	8.2	84	37	510	21	1.2	185	11
g291	563	24	1.2	19	95	15	11	5.9	9.7	69	57	292	22	1.5	266	14
g299	584	17	0.9	14	104	29	14	20	12	67	43	596	16	1.1	191	19
g300	644	14	0.7	17	170	28	21	28	15	87	28	1741	17	1.4	157	33
g302	606	21	1.0	10	57	22	6.8	14	13	54	56	611	20	2.0	280	17
g303	619	24	1.2	11	55	24	6.8	15	13	61	65	541	23	2.4	317	18
g304	607	15	0.7	6.3	36	18	6.0	14	9.6	45	39	1812	16	1.4	168	14

第2表 続き.  
Table 2 Continued.

Location no.	W. D. m	Li mg/kg	Be mg/kg	Sc mg/kg	V mg/kg	Cr mg/kg	Co mg/kg	Ni mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Rb mg/kg	Sr mg/kg	Y mg/kg	Mo mg/kg	Ba mg/kg	Pb mg/kg
g305	282	4.5	0.2	2.8	29	7.2	15	15	4.7	21	6.4	3830	6.3	2.1	34	25
g306	595	19	1.1	20	125	14	12	6.5	11	75	52	282	25	2.0	253	15
g315	636	18	1.0	13	74	20	8.6	12	11	63	52	459	21	1.8	254	17
g316	618	22	1.1	10	52	23	6.9	14	12	61	64	531	23	2.5	286	19
g317	615	21	1.1	11	55	20	6.6	13	11	57	59	501.9	22	2.2	288	17
g318	599	18	0.9	22	169	23	15	9.0	13	86	49	314	24	2.0	244	15
g320-2	590	18	0.9	17	122	19	12.1	10	16	67	49	364	21	2.1	253	16
g326	548	26	1.1	24	205	44	22	24.0	17	97	44	503	19	0.5	156	14
g327	676	19	1.0	12	62	20	8	14	11	60	54	499	21	2.0	263	17
g328	639	22	1.1	10	55	24	7.3	16	12	59	61	548	21	2.4	274	18
g329	639	20	1.1	11.3	53	17	6.6	11	10	59	59	459	25	2.2	281	18
g330	636	23	1.2	12	53	17	5.8	10	11.3	64	71	320	29	2.7	341	20
g331	546	17	0.8	25	205	25	18.1	11.0	16	87	47	309	23	2.1	238	15
g337	752	15	1.0	15	93	15	9	10	9	68	41	376	21	1.9	234	15
g340	598	21	1.0	14	138	24	11.4	14.7	11.8	87	53	475	22	2.4	261	16
g341	636	27	1.3	12	62	31	8	17	16	73	74	401	25	2.3	352	21
g342	592	35	1.5	12	74	47	8.9	27	24	86	88	471	21	1.7	380	26
g343	502	37	1.6	11	80	50	9.6	29	26	87	87	518	20	2.3	368	29
g351	185	10	0.7	22	138	12	14.1	7	11	81	13	461	16	0.5	120	9
g352	184	12	0.7	28	467	22	26	9.0	13	167	19	345	20	1.1	136	10.8
g356	536	23	1.1	13	76	25	12	16.6	6	70	40	950	13	0.7	226	15
g358	472	24	1.2	12	73	28	8	17	13.4	70	61	554	21	2.0	271	18

### 3.2 トカラ列島周辺海域における水深および元素濃度間の関係

第5表に、水深および各元素濃度の測定値間の相関係数を示した。水深と元素濃度の間で高い相関係数は得られなかった。しかし、 $Al_2O_3$ 、 $K_2O$ 、 $CaO$ 濃度と水深の関係を図に示すと(第2図a-1, b, c-1),  $Al_2O_3$ および $K_2O$ 濃度は水深が深くなるにつれ緩やかに増加し、 $CaO$ 濃度は水深が増大するとともに減少する傾向が確かめられた。これは生物遺骸粒子(炭酸塩鉱物)による希釈作用に起因すると考えられる(太田ほか, 2010, 2011)。この直線的な傾向からずれている試料の多くは、口永良部島や口之島、中之島などいくつかの島々の近傍の比較的浅い海域で採取され、かつ $CaO$ 濃度が14.5 wt%以下と低く、 $Al_2O_3$ 濃度が比較的高い(11-15 wt%)試料である。そのため、これら試料の採取地点では $CaO$ の主要供給源であるサンゴ類、貝類、石灰藻などの生物活動が少なく、碎屑性粒子の寄与が大きいと考えられる。この条件に当てはまる試料を取り除いた第2図a-2, c-2では、より明瞭な相関関係が示される。

第3図a, bは、生物遺骸粒子(炭酸塩鉱物)の主成分元素である $CaO$ 、 $MgO$ 、 $Sr$ の濃度の関係を示したものである。 $CaO-Sr$ 濃度間の相関係数は0.89と高いが、 $CaO-MgO$ 濃度間、 $MgO-Sr$ 濃度間の相関係数は低い(第5表)。 $MgO$ と $Sr$ は、主として $CaO$ と同様に石灰藻、珊瑚、貝類などの生物活動で濃集すると考えられるが、第3図aでは正の相関関係は確認できない。 $CaO$ 濃度が低いにもかかわらず $MgO$ に富む試料のほとんどは、トカラ列島中部海域の諏訪之瀬島東方沖で採取されたもので、 $Al_2O_3$ 、

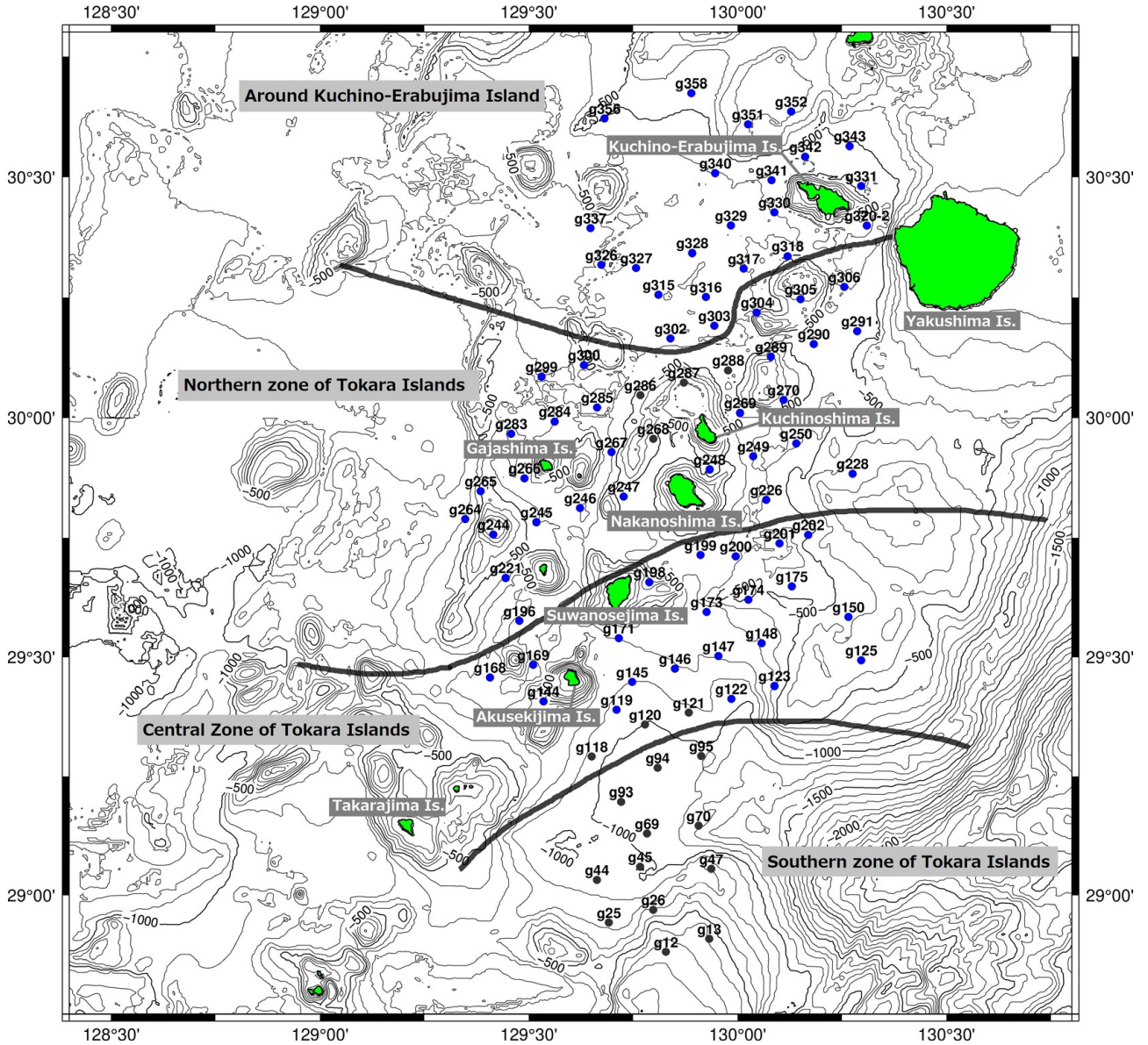
$T-Fe_2O_3$ 、 $Sc$ 、 $Cr$ 、 $Co$ 、 $Ni$ 、 $Cu$ などの濃度も高く $K_2O$ 、 $Rb$ 、 $Ba$ に乏しいという特徴がある。諏訪之瀬島は後期更新世ないし完新世の輝石安山岩の成層火山体であり、トカラ列島に属する島嶼のなかでもとりわけ活動度が高く、現在でも活発に噴火活動が確認されている(斎藤ほか, 2007)。これらのことから、 $CaO$ 低濃度・ $Mg$ 高濃度試料は、苦鉄質岩由来の碎屑粒子を多く含む可能性が高い。この結果はGB21-1航海試料の測定結果と調和的である(久保田ほか, 2022)。 $MgO$ に関しては、生物活動の影響を受けるとともに、碎屑性粒子を起源とする場合もあるため、 $CaO$ と単純な比例関係は得られないものと推測される。苦鉄質火山岩類由来の寄与に関しては、第3図cに示す $TiO_2-T-Fe_2O_3$ 濃度間の明瞭な正の相関関係からも確認することができる。また、 $TiO_2$ 濃度と $K_2O$ 濃度の関係(第3図d)から、① $TiO_2$ 、 $K_2O$ ともに低濃度、②高濃度 $TiO_2$ ・低濃度 $K_2O$ 、③低濃度 $TiO_2$ ・高濃度 $K_2O$ の3つの傾向が確認できる。この結果は、本海域より南方で採取されたGK15-2航海試料の分析結果(太田ほか, 2017)と同様であり、各試料の起源は① $CaO$ 、 $Sr$ に富む生物遺骸粒子、② $T-Fe_2O_3$ や $MgO$ などに富む苦鉄質火山岩類由来の碎屑性粒子、③ $K_2O$ などに富む珪長質火山岩類由来の碎屑性粒子であることが考えられる。

第4図には、 $Al_2O_3$ 濃度と $K_2O$ 、 $CaO$ 、 $TiO_2$ 、 $T-Fe_2O_3$ 、 $Cu$ 濃度の関係図を示した。 $Al_2O_3-CaO$ 濃度間には明瞭な負の相関が存在し(第4図a)、 $CaO$ を主とする炭酸塩の生物遺骸粒子と $Al_2O_3$ を主とするケイ酸塩碎屑性粒子の単純な混合関係が認められる。ただし、 $CaO$ 濃度が低くなるにつればらつきが大きくなる傾向がある。 $Al_2O_3-K_2O$

第3表 トカラ列島周辺海域(GB21-2および21-3航海)で採取された表層堆積物の海域別平均値。  
Table 3 Average elemental concentration and water depth by sea area.

Sea area	(n)	W. D.	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	T-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>					
		m	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%					
Around Kuchino-Erabujima Island	22	565	<b>3.73</b>	2.03	11.6	<b>0.151</b>	<b>1.63</b>	13.7	0.642	0.131	5.28					
Northern zone of Tokara Islands	32	529	2.70	2.88	8.99	0.125	0.948	<b>22.7</b>	0.566	0.131	5.78					
Central zone of Tokara Islands	24	724	3.25	<b>4.09</b>	<b>12.9</b>	0.112	1.24	11.8	0.565	0.160	<b>6.91</b>					
Southern zone of Tokara Islands	12	858	2.97	2.97	10.2	0.148	1.10	18.5	<b>0.776</b>	<b>0.190</b>	6.77					
All the samples	90	634	3.13	3.01	10.8	0.131	1.21	17.0	0.612	0.147	6.09					
Sea area	(n)	Li	Be	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Y	Mo	Ba	Pb
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Around Kuchino-Erabujima Island	22	<b>21.5</b>	<b>1.06</b>	14.7	110	25.0	10.8	14.6	13.6	75.8	<b>54.9</b>	478	<b>21.4</b>	<b>1.90</b>	<b>265</b>	<b>17.4</b>
Northern zone of Tokara Islands	32	13.4	0.639	14.9	153	19.6	14.6	12.7	12.1	70.1	30.1	<b>1124</b>	15.4	0.987	144	13.5
Central zone of Tokara Islands	24	16.5	0.738	<b>25.2</b>	<b>190</b>	<b>61.2</b>	<b>22.2</b>	<b>26.5</b>	<b>41.9</b>	73.9	39.7	422	19.6	1.27	191	14.1
Southern zone of Tokara Islands	12	18.1	0.833	17.7	164	35.1	16.9	19.5	23.1	<b>83.6</b>	39.9	693	18.7	1.22	202	16.4
All the samples	90	16.8	0.795	18.0	154	34.1	16.0	17.8	21.9	74.3	40.0	721	18.4	1.32	194	15.0

※Around Kuchino-Erabujima Is.: g302, 303, g315-g358, Northern zone: g196, g221-g300, g304-g306, Central zone: g118-g175, g198-g202, Southern zone: g12-g95.  
Bolded letters indicate the highest concentration of each element.



第1図 トカラ列島周辺海域 (GB21-2および21-3航海)における表層堆積物試料の採取地点。海底地形図は岸本(2000)に基づく。  
 Fig. 1 Sampling locations of marine surface sediments around Tokara Islands (GB21-2 and 21-3 cruises). Submarine topographic map is based on Kishimoto (2000).

濃度間の相関係数は低い、濃度間の関係図(第4図b)を見ると海域ごとに特徴があることが分かる。口永良部島周辺で採取された試料(試料番号を黒字で表示, g302, g303, g304, g305, g316, g317, g328, g329, g330, g341, g342, g343)は、 $Al_2O_3$ - $K_2O$ 濃度間に正の相関関係があり、 $Na_2O$ ,  $K_2O$ , Rb, Baなどの元素濃度が高い。 $K_2O$ , Rb, Baは珪長質岩に多く含まれる元素であり、相互に相関係数が高いことから、これらの試料には珪長質火山岩類由来の碎屑性粒子が含まれていると推測される。一方で、正の直線的な関係から $K_2O$ 低濃度方向にずれた位置にプロットされる試料(破線で囲った)が多々存在し、前述のトカラ列島中部海域の諏訪之瀬島東方沖で採取された試

料はここに含まれる。この低濃度 $K_2O$ ・高濃度 $Al_2O_3$ 試料は苦鉄質火山岩由来の碎屑性粒子の影響を示していると考えられる。調査海域に存在する島嶼のほとんどは中期更新世以降の第四紀火山島(主に輝石安山岩で構成)で、噴気活動が認められる火山も多い(斎藤ほか, 2007; 中野ほか, 2008)。また、海底地質図によると中新世・鮮新世堆積層および第四紀堆積層が分布しており(本座, 1976)、本海域の堆積物に供給される碎屑性粒子が、化学組成が大きく異なる岩石の混合であるため、 $Al_2O_3$ - $K_2O$ 濃度間で高い相関係数が得られなかったと考えられた。

$Al_2O_3$ 濃度とT- $Fe_2O_3$ 濃度散布図(第4図c)より、著しく高いT- $Fe_2O_3$ 濃度を持つ試料(g47, g202, g248, g265,



第4表 GB21-2および21-3航海で採取された海底表層堆積物の粒度別化学組成の中央値。

Table 4 Median elemental concentrations by particle size.

Elements		Gravel	Very coarse and coarse sand	Medium sand	Fine and very fine sand	sandy silt, silty clay
		n=11	n=21	n=28	n=20	n=10
Na <sub>2</sub> O	wt %	2.92	2.81	3.07	3.59	3.79
MgO	wt %	4.00	2.99	2.65	2.24	2.35
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	wt %	13.6	10.8	10.6	11.5	12.2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	wt %	0.106	0.114	0.127	0.119	0.148
K <sub>2</sub> O	wt %	0.98	1.06	1.12	1.61	1.76
CaO	wt %	11.2	16.3	17.0	13.7	11.0
TiO <sub>2</sub>	wt %	0.606	0.487	0.576	0.481	0.535
MnO	wt %	0.161	0.113	0.134	0.137	0.148
T-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	wt %	7.98	5.26	5.47	4.56	5.32
Li	mg/kg	13.7	14.3	16.6	21.5	26.7
Be	mg/kg	0.662	0.688	0.819	0.970	1.21
Sc	mg/kg	27.9	16.5	17.9	14.7	14.9
V	mg/kg	214	128	115	115	133
Cr	mg/kg	44.0	21.9	19.1	31.3	48.4
Co	mg/kg	26.4	12.6	13.4	12.5	15.1
Ni	mg/kg	27.5	11.2	11.9	18.2	26.9
Cu	mg/kg	17.2	11.4	11.3	30.9	40.6
Zn	mg/kg	75.2	67.1	68.7	64.9	80.0
Rb	mg/kg	28.2	35.5	35.3	56.1	68.1
Sr	mg/kg	345	770	512	490	404
Y	mg/kg	18.2	16.5	17.7	21.2	20.9
Mo	mg/kg	1.11	0.694	1.06	1.90	2.13
Ba	mg/kg	156	163	175	270	341
Pb	mg/kg	12.5	11.9	14.2	17.7	20.5

g289, g352)の存在が確認できる。これらは鉄酸化物の影響を示唆するものであるが、どれもCo, Ni, Cu, Pb濃度が低く、TiO<sub>2</sub>, Sc, Vなどのimmobileな元素の濃度が高いことから、苦鉄質火山岩類の影響が大きいと考えられる。しかし、これらの試料は本調査海域に点在しており、地域性が認められないため、より詳細な検討が必要である。これら6試料を図から除くと、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>濃度とT-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>濃度間の明瞭な正の相関関係が確認できる。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-T-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>およびAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub>濃度散布図(第4図cおよびd)は傾向が類似している。

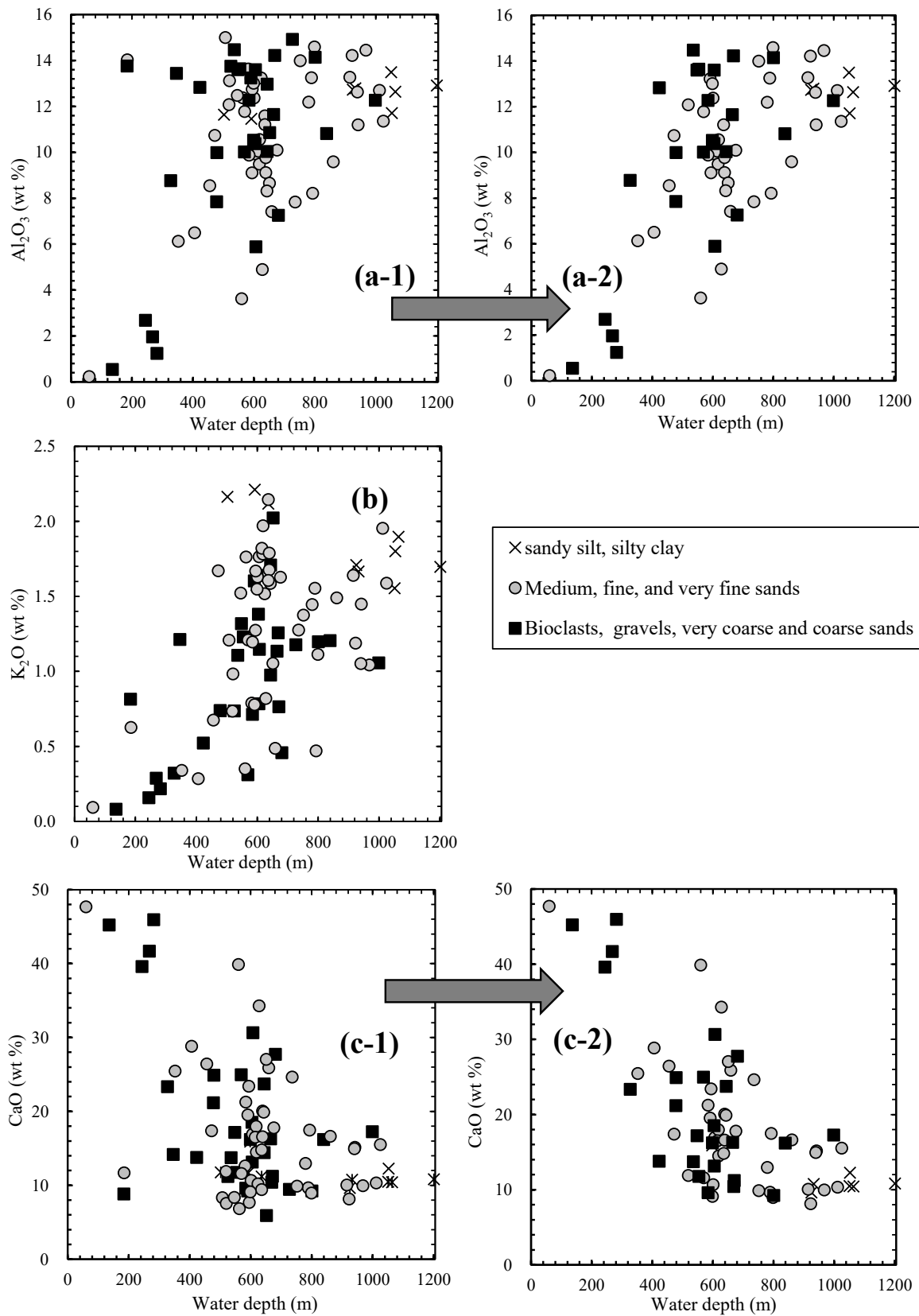
Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>濃度とCu濃度の関係を示す第4図eでは、正の相関直線が2本存在することが確認できる。Cu高濃度域(20 wt%以上)のプロットはトカラ列島中部海域の試料で占められており、一部含まれるトカラ列島南部海域の試料は水深が深い海域で採取された砂質泥-泥質試料(g69, 70, 93, 94, 95)である。深海域で採取された砂質泥-泥質試料中のCu濃度が高い事例は、GH09航海でも報告されており(太田ほか, 2010)、その要因は生物作用と初期続成作用による濃集であると指摘されている。この指摘

についてはg69, 70, 93, 94のMnO濃度がやや高く初期続成作用の影響が考えられることと調和的である。

#### 4. まとめ

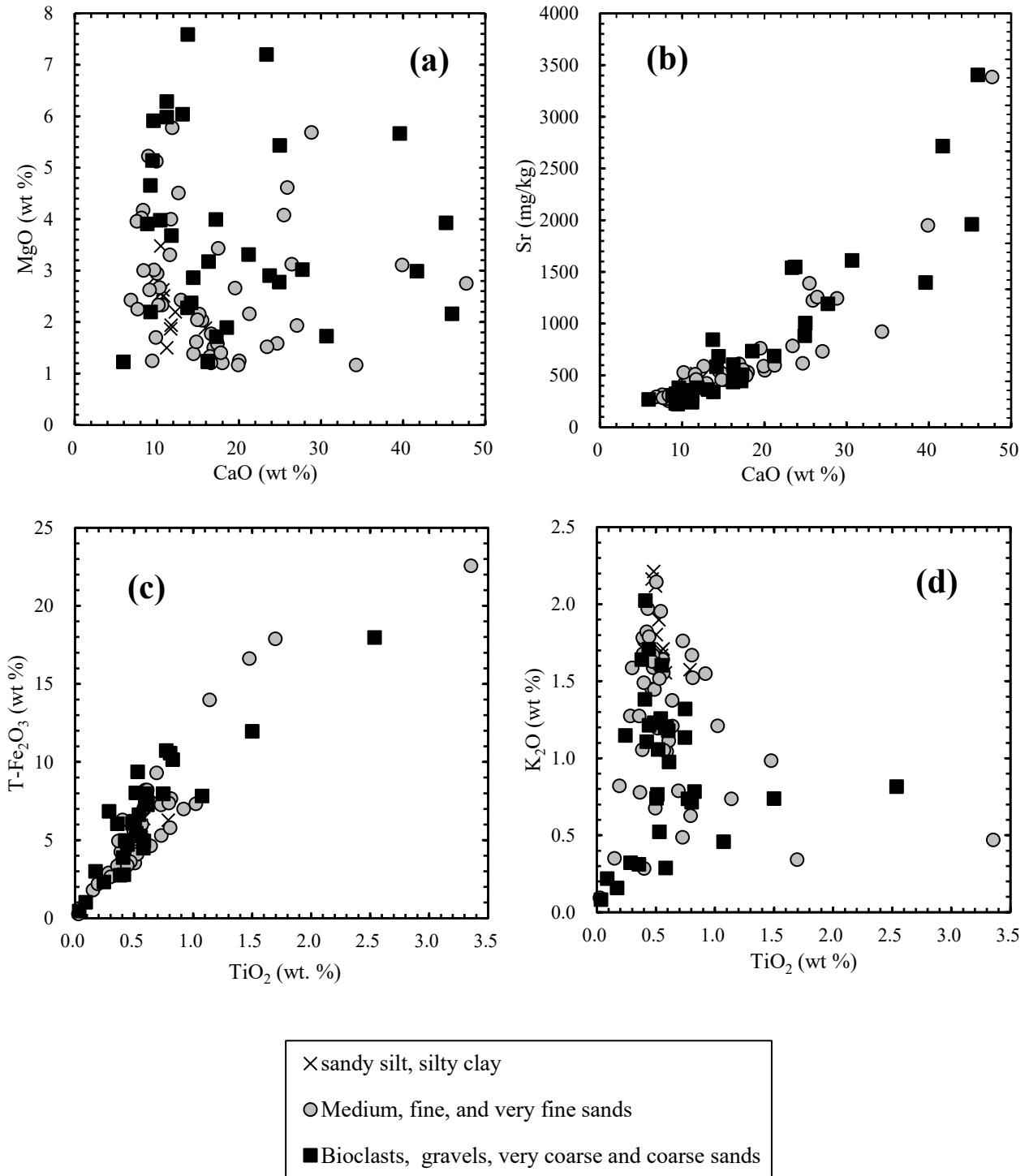
トカラ列島の口之島, 中之島, 臥蛇島, 平島, 諏訪之瀬島および悪石島周辺海域, 口永良部島および屋久島の周辺海域から採取した海底表層堆積物90試料について53元素の化学分析を行い、主成分元素および微量元素24元素の化学組成の特徴や分布特性について検討を行った。本調査海域は、既報告の沖縄周辺海域と近接しているが、海底堆積物の化学組成や分布特性は異なる傾向を示し、主な構成成分は生物遺骸粒子だけでなく、苦鉄質または珪長質火山岩類由来の碎屑性粒子の寄与が大きいことが示唆された。本調査海域をさらに細かく区分すると、各海域における特性が明瞭となった。口永良部島周辺海域ではK<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, Li, Be, Rb, Baの濃度が高く、近傍に位置する鬼界カルデラの火山性噴出物の影響は確認されなかった。トカラ列島北部海域では浅海部を中心にCaOやSrの濃度が高く、中部海域試料は、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO,





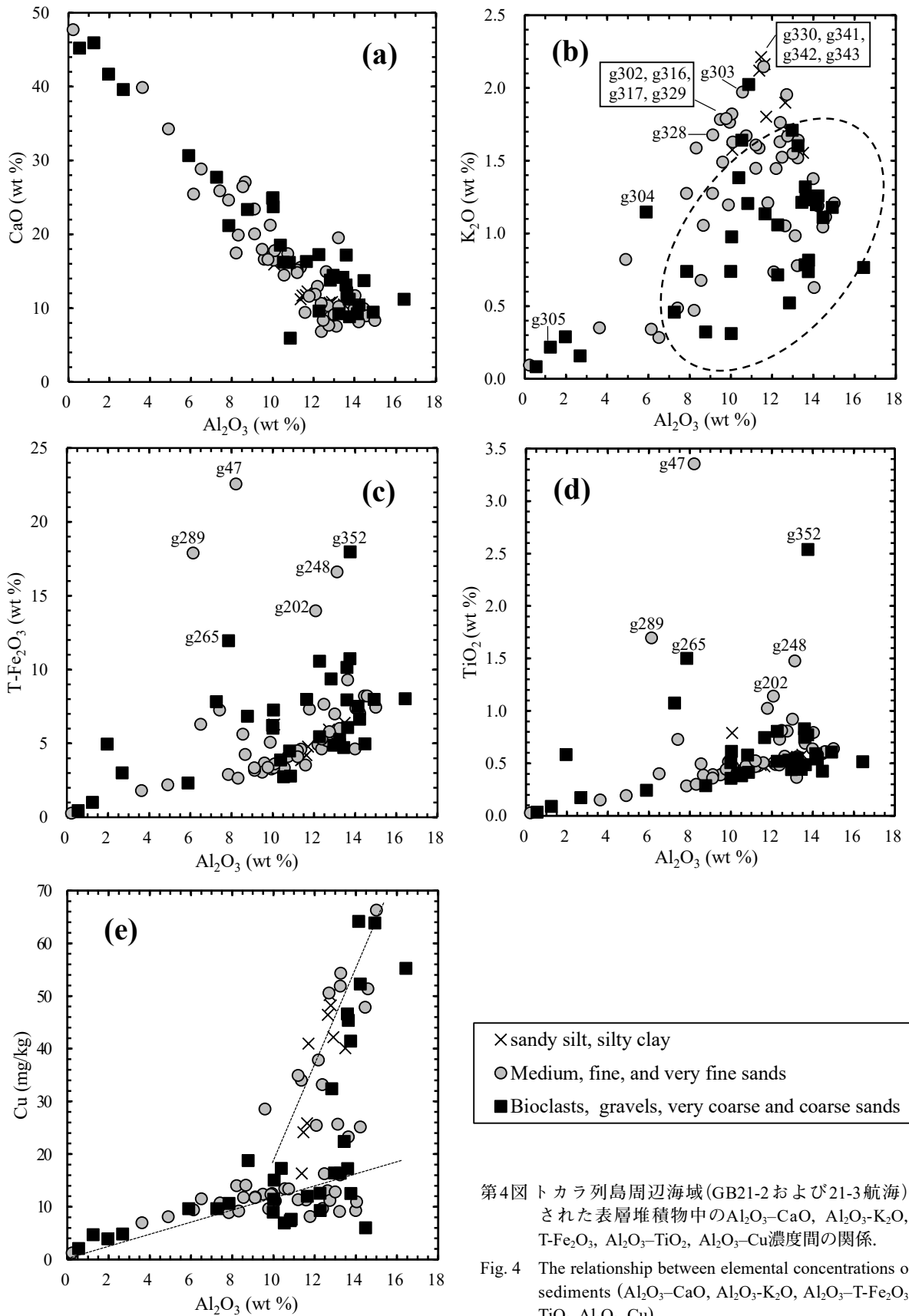
第2図  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ 濃度と試料採取地点の水深の関係.

Fig. 2 The relationship between elemental concentrations ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ) and water depth.



第3図 トカラ列島周辺海域(GB21-2および21-3航海)で採取された表層堆積物中のCaO-MgO, CaO-Sr, TiO<sub>2</sub>-T-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>-K<sub>2</sub>O濃度間の関係。

Fig. 3 The relationship between elemental concentrations of marine sediments (CaO-MgO, CaO-Sr, TiO<sub>2</sub>-T-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>-K<sub>2</sub>O).



第4図 トカラ列島周辺海域(GB21-2および21-3航海)で採取された表層堆積物中の $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -T- $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{Cu}$ 濃度間の関係。

Fig. 4 The relationship between elemental concentrations of marine sediments ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -T- $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{Cu}$ ).

合センター速報, no. 61, 99-107.

太田充恒・今井 登・立花好子・天野敦子・板木拓也・片山 肇・岡井貴司(2016)沖永良部島-徳之島北西海域(GK14航海)で採取された海底表層堆積物の化学組成. 板木拓也(編)「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」平成27年度研究概要報告書—奄美大島周辺海域—, 地質調査総合センター速報, no. 70, 88-98.

太田充恒・今井 登・立花好子・板木拓也・片山 肇・天野敦子・岡井貴司(2017)奄美大島, 徳之島, 喜界島周辺海域(GK15-2航海)で採取された海底表層堆積物の化学組成. 板木拓也(編)「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」平成28年度研究概要報告書—奄美大島周辺海域—, 地質調査総合センター速報, no. 72, 64-81.

太田充恒・久保田 蘭・今井 登・立花好子・板木拓也・片山 肇・杉崎彩子・岡井貴司(2019)宮古島, 石垣

島, 西表島周辺海域(GK18-1航海)で採取された海底表層堆積物の化学組成. 井上卓彦(編)「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」平成30年度研究概要報告書—宮古島・石垣島・西表島周辺海域—, 地質調査総合センター速報, no. 77, 94-107.

斎藤 眞・小笠原正継・長森英明・下司信夫・駒澤正夫(2007)20万分の1地質図幅「屋久島」. 産総研地質調査総合センター, 1 sheet.

寺島 滋・板木拓也・片山 肇・池原 研・今井 登・太田充恒(2009)沖縄南東海域の表層堆積物等の化学組成. 荒井晃作(編)「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」平成20年度研究概要報告書—沖縄島東方沖海域—, 地質調査総合センター速報, no. 46, 99-106.

( 受 付 : 2022年10月31日 ; 受 理 : 2023年6月26日 )