

トカラ列島南部海域で得られた海底岩石試料の特徴

石塚 治¹・石野 沙季²・鈴木 克明²・横山 由香²・
三澤 文慶²・有元 純²・高下 裕章²・井上 卓彦²

ISHIZUKA Osamu, ISHINO Saki, SUZUKI Yoshiaki, YOKOYAMA Yuka, MISAWA Ayanori, ARIMOTO Jun, KOGE Hiroaki and INOUE Takahiko (2022) Submarine rock samples recovered during GB21-1 cruise in the southern Tokara Islands area. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 73 (5/6), p. 249–265, 6 figs, 3 tables and 5 plates.

Abstract: Dredge sampling to recover submarine rocks was conducted in the southern Tokara Islands area as part of an ongoing geological mapping campaign for the region. The sampling targets were submarine volcanoes found by bathymetric survey, and sedimentary rock units revealed by seismic reflection survey. Dredge sampling at 2 volcanic edifices mainly recovered rhyolitic pumice and lava, and basaltic spatter. Sampling along the major fault scarps recovered mudstone containing microfossils, which are useful for age determination of the rocks. Whole rock chemical compositions of basalts recovered from the edifice near the volcanic front of the Ryukyu Arc show similar alkali metal element concentrations to the basalts from the front. Rhyolites from the edifice in the Okinawa Trough show higher alkali metal element concentrations than those from the frontal arc volcanoes.

Keywords: Tokara Islands, Okinawa Trough, Submarine volcano, sedimentary rock, dredge sampling

要 旨

トカラ列島南部海域において、海域地質図作成に資する目的で、ドレッジによる海底岩石の採取を行った。火山体と考えられる海山及び海丘についてその噴出物を採取してその火山活動を理解することと、音波探査で認識された堆積物層の年代決定を主な目的として実施した。その結果、琉球弧火山フロント近傍及び沖縄トラフ内の2つの火山体で主に流紋岩及び玄武岩からなる噴出物が採取された。また断層崖と考えられる2地点で、露頭を構成する泥岩を採取した。火山岩類の全岩主成分分析を実施した結果、琉球弧の火山フロントに近い火山体で採取した玄武岩は、琉球弧火山フロントと同レベルかつ沖縄トラフ内の玄武岩よりやや少ないアルカリ金属元素濃度を示す一方、沖縄トラフ内の流紋岩溶岩は、火山フロント近傍の流紋岩類に比べてアルカリ金属元素濃度が高い特徴を持つことが明らかになった。

1. はじめに

トカラ列島南部海域において、海底地形調査で確認された海底の火山体や、音波探査の結果見いだされた堆

積物層の構成岩石とその形成時期を明らかにする目的で、合計5地点でドレッジによる岩石採取を試みた(第1図, 第2図, 第1表)。ドレッジ対象は、火山フロント西方の独立した海山、海丘(D01, 02)、東北東-西南西方向に配列する小海丘(D04)、前弧域の東西方向の断層崖(D03)、沖縄トラフ東縁部の東北東-西南西方向の断層崖(D05)とした。以下に採取試料の概略を述べる。

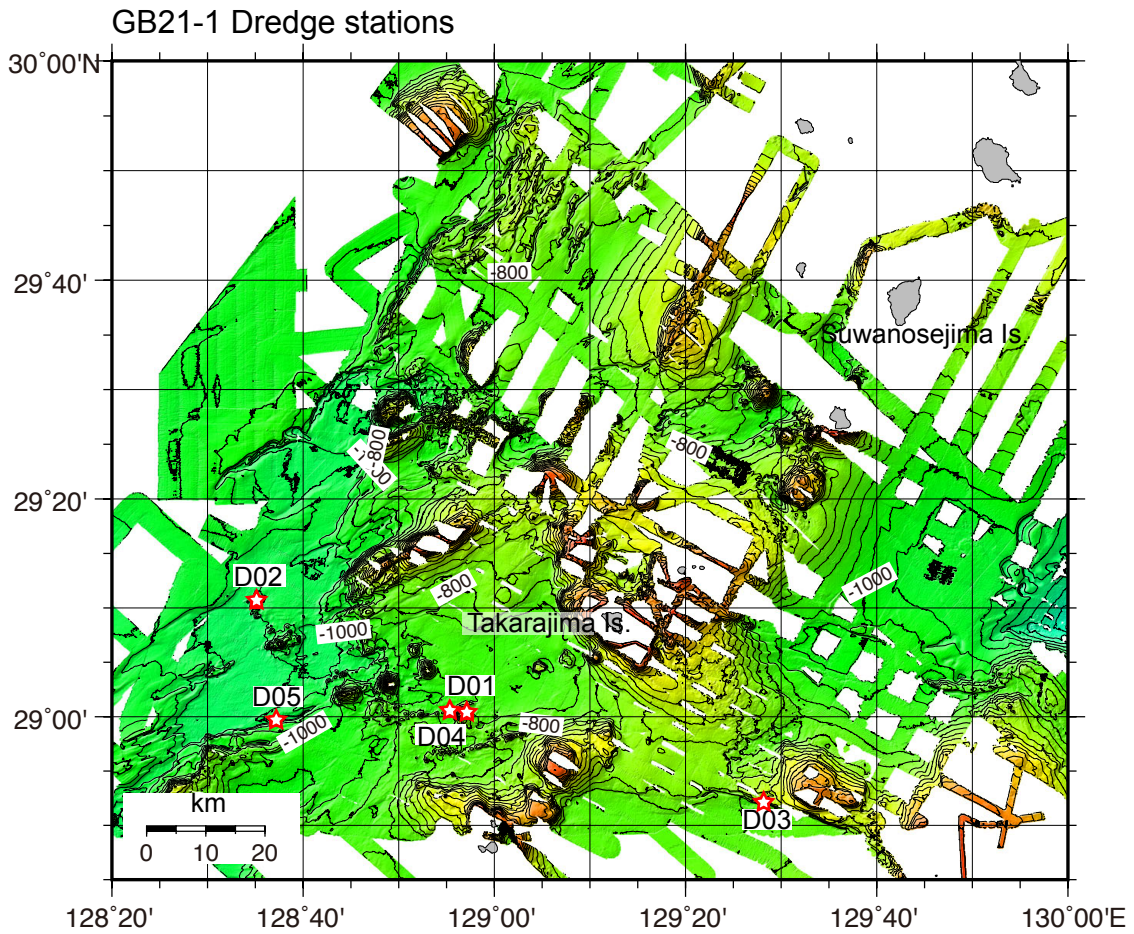
2. ドレッジ点の概略および採取試料

ドレッジによる岩石試料採取は、東海大学所有の望星丸により、GB21-1航海において実施された。岩石試料採取に用いたドレッジャーはさつき型ドレッジャー(D01のみ)及び内径約60 cmの円筒型チェーンバッグ式ドレッジャーである(第3図)。おもりとして200 kgの俵型のものを使用した。第1表にドレッジオペレーションのリスト、第2表に採取岩石試料リスト、第4図にドレッジ地点付近の音波探査プロファイル、図版1-4に代表的な海底写真、第5図にドレッジカメラの深度センサーデータを掲げた。

¹ 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Earthquake and Volcano Geology)

² 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: ISHIZUKA, O., Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: o-ishizuka@aist.go.jp



第1図 トカラ列島におけるドレッジ地点位置図 (D01-05).

Fig. 1 Locality map of the dredge stations during the GB21-1 cruise in the Tokara Islands.

2.1 D01 (横当海丘)

D01では、横当島北方に位置する底径約3 km、比高約400 mの横当海丘を調査対象とした(第1図, 第2図)。山頂部は比較的平坦であるが、西側に開口した火口様地形を持つ。水深約800–600 mに急峻な斜面を持つ。

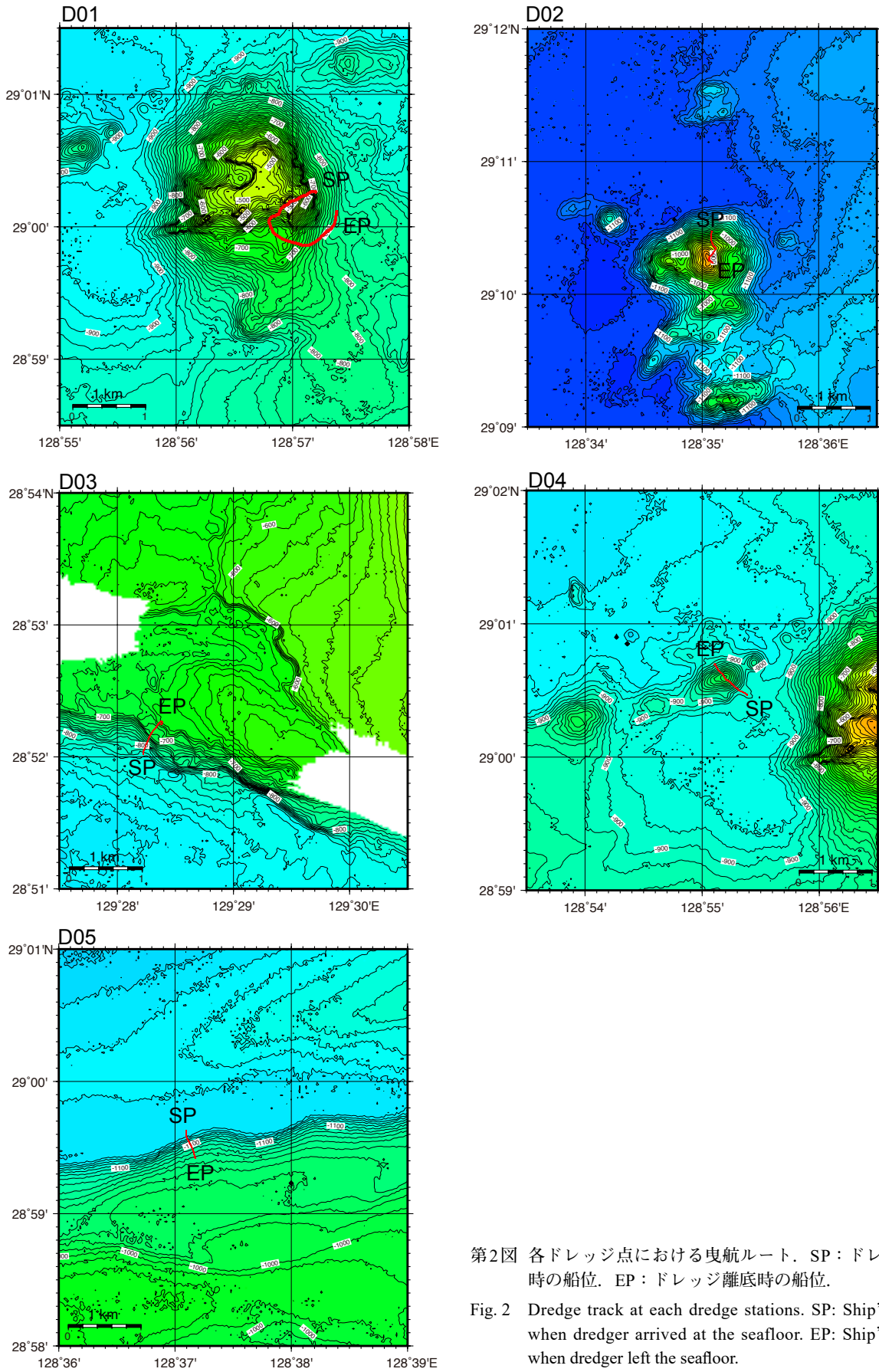
ドレッジは山体南東部の水深約700 mの地点から、南西方向に斜面を登りながら行った。強いあたり(最大4 ton)が複数回あったが、途中でドレッジャーが斜面に拘束され、船を大きく回してドレッジャーを海底から外す操作をせざるを得なかった。深度センサーのデータから水深約580 mに斜面でドレッジャーが拘束され、拘束が外れた際約100 m、斜面をドレッジャーが転落したことが明らかになった(第5図)。恐らくその際、ドレッジャーが大きなダメージを受け、前扉を失い、回収できた試料は軽石が一つのみであった。この軽石については、現地性の試料であるか判断できないため、今後の分析、解釈には使用しない。また海底撮影用照明の電池不具合により海底映像の取得に失敗した。

2.2 D02 (沖縄トラフ内の海丘)

D02で調査対象としたのは、宝島西方の沖縄トラフ内に位置する底径2 km弱、比高約300 mの海丘である(第1図, 第2図)。D02は山体の北側急斜面水深約1,030 mの地点から山頂部へ向けて南向きに曳航した(第2図)。曳航中1.4–2 ton程度の当たりが繰り返した。採取された試料は約25 kgで、ほぼ全て流紋岩であった。試料の最大径は35 cm、最大重量は8.2 kgであった。軽石質のよく発泡した主として直方輝石、斜長石を含む流紋岩(図版5a, b)であるが、少量斑晶鉍物は同様だが発泡度が低い溶岩片も回収された(GB21-1D02R17等)。海底映像には、薄く堆積物に被覆された流紋岩塊が分布している様子が捉えられていた(図版1)。採取試料の中でR11のみ直方輝石単斜輝石安山岩(図版5c, d)であったが、流紋岩溶岩との関係は不明である。

以上の結果から、この海丘は、流紋岩マグマの活動により形成された火山であると考えられる。

トカラ列島南部の海底岩石 (石塚ほか)



第2図 各ドレッジ点における曳航ルート. SP: ドレッジ着底時の船位. EP: ドレッジ離底時の船位.

Fig. 2 Dredge track at each dredge stations. SP: Ship's position when dredger arrived at the seafloor. EP: Ship's position when dredger left the seafloor.

第1表 ドレッジオペレーションに関するデータリスト.
Table 1 Summary of dredge operation during GB21-1 cruise.

Site	Date	Dredge in water		on bottom		wire		Lat.		Lon.		depth		stop wire		off bottom		wire		depth		on deck		Sample Description		
		UTC	min.	UTC	min.	(°N)	(°E)	(°N)	(°E)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		UTC	min.
D01	2021/3/10	7:03:39	29	0:24:70	128	57:16:58	573	7:17:12	16:17:12	711	29	0:25:59	128	57:20:05	619	725	8:23:08	773	29	0:10:53	128	57:37:36	700	8:45:15	Yokoate Knoll	a piece of pumice (may not be in-situ)
D02	2021/3/17	0:15:04	29	10:50:90	128	35:09:73	959	9:34:38	10:37:29	10:47:59	128	35:08:61	935	1050	1:08:34	893	29	10:24:25	128	35:09:28	846	1:25:17	knoll in the Okinawa Trough	large amount of pumiceous rhyolite lava blocks, dense rhyolite and andesite lava		
D03	2021/3/18	5:40:16	28	52:03:03	129	28:56:51	697	6:16:35	15:16:35	790	28	52:02:58	129	28:23:34	791	800	6:53:47	690	28	52:26:00	129	28:39:79	646	7:07:13	Amamioshima	large amount of fossiliferous sandy siltstone, mudstone, pumice
D04	2021/3/19	3:06:37	29	0:64:58	128	55:28:16	798	3:35:53	12:35:53	908	29	0:46:26	128	55:38:46	897	920	4:11:16	820	29	0:69:10	128	55:10:13	819	4:30:25	ENE-WSW trending knoll NNW of Yokoatejima	ol-cpx basalt spatter, rhyolite pumice blocks
D05	2021/3/19	23:59:01	28	59:66:27	128	37:10:86	1139	0:19:03	9:19:03	1150	28	59:63:27	128	37:09:86	1131	1162	0:42:29	1080	28	59:42:72	128	37:17:66	1041	1:02:03	fault scarp in the eastern margin of the Okinawa Trough	sandy siltstone

Lat. : latitude; Lon. Longitude; min. : minute

2.3 D03 (横当島東方の海底崖)

D03で調査対象としたのは、横当島東方に位置する比高120 m程度の南落ちの海底崖である(第1図, 第2図)。

ドレッジャーは海底崖南側の水深約790 mの地点に着底し、崖を登るように北北東に向け曳航した(第2図)。途中最大3 tonのあたりが何度かあった。崖の最上部まで曳航したのちドレッジを終了した。ドレッジャーほぼ満杯(コンテナ10箱)の試料が採取され、試料の最大径は30 cm, 最大重量は8 kgであった。採取試料は、有孔虫を含む半固結のシルト-砂質シルト岩であった。一部には生痕や翼足類の化石、凝灰質な部分が認められる。海底映像では、崖の下部では、主に平板状の堆積岩ブロックが堆積しており、崖の上部から崩落したものと推定されるが、上部では堆積岩露頭が確認できた(図版2)。試料にマンガン酸化物の被覆がほとんど認められないことから、現在も崩落が続いているものと考えられる。

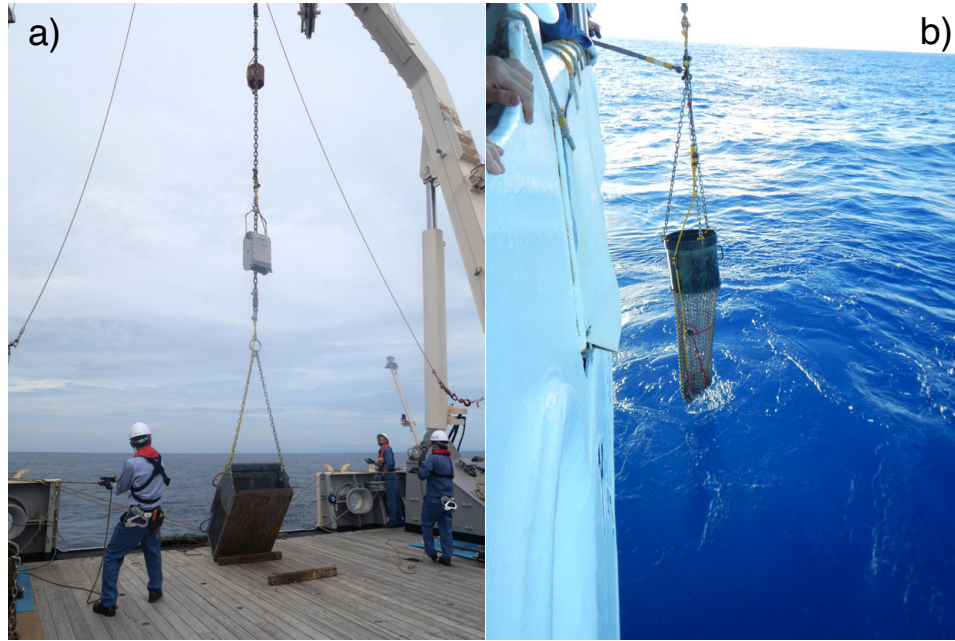
堆積岩以外には、ごく少量の軽石が少量採取されたが、現地性の試料ではないと考えられる。

2.4 D04 (横当島北西の小海丘列)

D04はD01でドレッジを行った海丘の西側に位置する小海丘で実施した(第1図, 第2図)。この海丘は、トカラ列島と沖縄トラフの間の地域でGB21-1航海により複数確認された東北東-西南西方向に配列する海丘列の一つに属する。D04地点を含む海丘列は約20 km程度追跡可能である。D04を実施した海丘は、長径約1 km, 短径約0.6 km, 比高約100 mで、北東-南西方向に伸びた形状を示す(第2図)。ドレッジャーは山頂南東側でかつ山体外側の平坦な海底面に着底後、山頂に向かい斜面を登るように北西方向に曳航された。曳航中最大2.1 tonのあたりがあったが、回数は少なかった。

採取岩石は、コンテナ7箱分の流紋岩質軽石および玄武岩質の火山弾、スバッターであった。海底映像では、大きな軽石ブロックが雑然と海底上に分布しているが、山体上部の斜面に玄武岩質火山弾が分布している様子が見られる(図版3)。軽石質の岩塊は流紋岩であり、最大径32 cm, 最大重量は7.5 kgで、斑晶として斜長石(3-4%), 直方輝石(1-3%)等を含む(図版5e, f)。一方玄武岩はかんらん石単斜輝石玄武岩で、発泡度が高いものがほとんどである。最大径は48 cm, 最大重量は15.5 kgで、マンガン酸化物の被覆はなく、極めて新鮮である。産状から流紋岩は異地性(漂着したもの)、玄武岩は現地性の火山噴出物である可能性が高いと考えられる。

D04の結果は、この海丘が玄武岩マグマの活動により形成されたことを強く示唆する。地形的特徴の類似性から、東北東-西南西方向に配列する火山列は玄武岩マグマの活動により形成された可能性が高いと考えられる。



第3図 岩石試料採取に使用したドレッジシステム。a) さつき型ドレッジ，b) 円筒型ドレッジ。

Fig. 3 Dredge system applied during the GB21-1 cruise. a) Satsuki-type dredger, b) Cylindrical-type dredger.

2.5 D05（沖縄トラフ東縁部の海底崖）

D05は、横当島北西方の沖縄トラフ東縁部の北落ちの海底崖で実施した（第1図，第2図）。海底崖の比高は130 m程度だが、傾斜が比較的急な部分は比高60 m程度である。ドレッジは海底崖北側の水深約1,130 mに着底，南向きに崖を登るように曳航した。曳航中ほとんどワイヤー張力の上昇は見られなかった。

採取された試料は、総量0.2 kg程度の半固結の砂質シルト岩であった。海底映像からは、海底は固結していない堆積物に覆われており、露頭は認められなかった（図版4）。

3. 化学組成

分析にたえる新鮮な火山岩が十分な量がえられたドレッジ点（D02及びD04）について、典型的な岩石の全岩化学分析を行った。

3.1 測定方法

採取された試料の新鮮な部分を岩石カッターにより切り出したのち、コンタミネーションを避けるために切断時の刃による擦痕をダイヤモンドパッドにより除去した。超音波洗浄の後、約70℃の脱イオン水で約4–5日間脱塩処理を行った。その後安井器械株式会社製マルチビーズジョッカーにより、アルミナロッドとポリカーボネート製容器を用いて粉末化した。

主要元素組成分析は、粉末試料：リシウムフラックス = 1:10の混合比で作成されたガラスビードを用いて行っ

た。分析は産業技術総合研究所地質調査総合センター共同利用実験室（GSJ-Lab.）設置の波長分散蛍光X線分析装置Panalytical社Axiosにより行った。分析誤差（2s.d.）はNa以外の元素で2%以下，Naでは最大7%程度である（e.g., Ishizuka *et al.*, 2020参照）。

3.2 測定結果

測定結果を第3表及び第6図に示す。第6図には、これまで沖縄トラフ及びトカラ列島地域（琉球弧）から報告されているデータを合わせて示している（GEOROC, <https://georoc.eu/georoc/new-start.asp> 閲覧日：2022年12月21日）。今回採取された火山岩類は、D02では1試料を除き流紋岩，D04では玄武岩と流紋岩であった。主成分組成で見ると，D04の玄武岩は，琉球弧火山フロントと同レベルかつ沖縄トラフ内の玄武岩よりやや少ないアルカリ金属元素濃度を示す（第6図）。より詳しくみると，同じSiO₂量で硫黄鳥島よりは高いが横当島と同等である。

一方沖縄トラフ内の火山体由来のD02の流紋岩溶岩は，火山フロント近傍の流紋岩類に比べてアルカリ金属元素濃度が高い。この関係は公表されている沖縄トラフと火山フロントの流紋岩の組成の関係と同様である。

今後火山岩類の年代や同位体組成と微量成分組成の間関係も合わせて検討し，これらの火山岩類が，琉球弧の活動に関連するのか，あるいは沖縄トラフのリフティングに関連するのか，明らかにしていきたい。

謝辞：上河内信義船長をはじめとする望星丸の乗組員の

第2表 ドレッジ採取試料リスト。
Table 2 List of dredged samples and their descriptions.

2021/3/10 29°00.2569' N 128°57.2005' E depth: 619 m												
sample No.	rock type	shape	size X (cm)	size Y (cm)	size Z (cm)	weight (kg)	colour	alteration	Mn coating	phenocryst	vesiculation	Memo
D01-R01	pumiceous opx rhyolite	angular	4	2.5	2	0.06	white	fresh	0	pl:2%, opx:2-3%	strongly 30-40%	
2021/3/17 29°10.4769' N 128°35.0867' E depth: 940 m												
sample No.	rock type	shape	size X (cm)	size Y (cm)	size Z (cm)	weight (kg)	colour	alteration	Mn coating	phenocryst	vesiculation	Memo
D02-R01	pumiceous opx rhyolite lava	angular	35	23	20	8.2	dark gray and white	fresh	0	pl:3-4%, opx 1%	strongly 30-40%	
D02-R02	pumiceous hb-opx rhyolite lava	angular	22	20	15	4	light and dark gray	fresh	0	pl:3-4%, opx 1%, hb<1%	strongly 30-40%	
D02-R03	pumiceous opx rhyolite	angular	19	19	14	2	yellowish white	weakly altered	0	pl:3-4%, opx:1-2%	strongly 40-50%	
D02-R04	pumiceous opx rhyolite lava	angular	16	14	9	1.5	light to dark gray	weakly altered	0	pl:3-4%, opx:1	strongly 30-40%	
D02-R05	pumiceous opx rhyolite lava	angular	13	10	7	1	white to dark gray	fresh	0	pl:2-3%, opx<1%	strongly 30-40%	
D02-R06	pumiceous opx rhyolite lava	angular	17	11	8	1	white to dark gray	fresh	0	pl:3-4%, opx 1%	strongly 20-30%	
D02-R07	pumiceous opx rhyolite lava	angular	10	8	6	0.5	light to dark gray	fresh	0	pl:2-3%, opx<1%	strongly 20-30%	
D02-R08	pumiceous opx rhyolite lava	angular	10	8	5	0.5	white to gray	fresh	0	pl:1-2%, opx<1%	strongly 20-30%	
D02-R09	pumiceous opx rhyolite lava	angular	16	6	6	0.8	white to gray	fresh	0	pl:2-3%, opx<1%	strongly 30-40%	
D02-R10	pumiceous opx rhyolite lava	subangular	9	9	6	0.5	light gray	weakly altered	0	pl:2-3%, opx<1%	strongly 30-40%	
D02-R11	opx-opx andesite with rhyolite lava groundmass attached	subangular	9	6	4	0.5	dark gray	fresh	0	pl:5-7%, opx: 1%, opx<1%	strongly 15-20%	It seems to be a xenolith in the rhyolite lava
D02-R12	pumiceous opx rhyolite	subangular	7	7	5	0.2	white to gray	fresh	0	pl:2-3%, opx 1%	strongly 20-30%	
D02-R13	pumiceous opx rhyolite lava	subrounded	10	7	7	0.7	dark gray	moderately altered	0	pl:6-8%, opx:1-2%	strongly 25-30%	
D02-R14	pumiceous opx rhyolite lava	subangular	9	6	5	0.5	white to dark gray	fresh	0	pl:2-3%, opx<1%	strongly 30-40%	
D02-R15	pumiceous opx rhyolite lava	angular	12	6	6	0.3	white to dark gray	weakly altered	0	pl:3-4%, opx<1%	strongly 30-40%	
D02-R16	opx-pl-phyrlic rhyolite lava	subangular	11	9	7	0.9	gray	weakly altered	film	pl:8-9%, opx:2-3%, hb<1%	strongly 30-40%	dark gray xenolith, may be dacite(size:2 cm, pl:3-5%, vesiculation: 5% poorly)
D02-R17	opx-pl-phyrlic rhyolite lava	subrounded	12	6.5	5	0.5	dark gray	fresh	film	pl:6-8%, opx:2-3%	poorly <5%	
D02-R18	hb-bearing opx rhyolite breccia	subangular	10	6	3.5	0.5	gray	weakly altered	film	pl:6-8%, opx:1-2%, hb<1%	moderately 10-15%	clast support
D02-R19	opx-pl-phyrlic rhyolite	subangular	6	5.5	4	0.3	gray	fresh	film	pl:6-8%, opx:1-2%	poorly 10-15%	
D02-R20	opx rhyolite lava	subrounded	8	6	3	0.2	gray	fresh	0	pl:4-6%, opx:2-3%	moderately 20-25%	clast support
D02-R21	opx-pl-phyrlic rhyolite	subrounded	6	3	3	0.1	gray	fresh	0	pl:6-8%, opx:1-2%	moderately 10-15%	clast support
D02-R22	pumiceous opx rhyolite lava	subrounded	6	3.5	3.5	0.1	light gray	fresh	0	pl:3-4%, opx:1-2%	strongly 30-40%	dark gray xenolith
D02-R23	pumiceous opx rhyolite	subangular	6.5	5	3	0.1	dark gray	moderately altered	film	pl:3-4%, opx 1%	strongly 30-40%	
D02-R24	hb-bearing opx rhyolite lava	subrounded	6.5	4	4	0.1	dark gray	moderately altered	film	pl:4-6%, opx:1-2%, hb<1%	strongly 30-40%	
D02-R25	pumiceous opx rhyolite	subangular	6	4	3	<0.1	light to dark gray	fresh	0	pl:3-4%, opx 1%	strongly 30-40%	
D02-R26	lapilli stone	subangular	4	3	2	<0.1	dark gray	weakly altered	film		moderately 15-20%	clast (max 1.5cm, dark gray, pl:5-7%, opx:3-4%, dacite clast, matrix: volcanic sand)
D02-R27	rhyolite pumice	subangular	4	1.5	1.5	<0.1	light gray	moderately altered	film		strongly 40-50%	
Others												

トカラ列島南部の海底岩石 (石塚ほか)

GB21-1 D03												
2021/03/18 28°52.2600'N 129°28.3879'E depth: 646 m												
sample No.	rock type	shape	size X (cm)	size Y (cm)	size Z (cm)	weight (kg)	colour	alteration	Mn coating	phenocryst	vesiculation	Memo
D03-R01	semi-consolidated siltstone	-	30	22	17	8	dark gray/ish yellow		0			Forams, fossil fragments (5-10 mm), brachiopods shell beds
D03-R02	semi-consolidated siltstone	-	24	17	15	5	dark gray/ish yellow		0			Forams, fossil fragments (5-10 mm), brachiopods shell beds
D03-R03	mudstone	-	26	18	14	7	dark gray/ish yellow,		0			Burrows (10 mm, modern), Mn coating (brownish black rock)
D03-R04	mudstone	-	26	16	8	2.5	2.5Y5/2		0			Forams, fossil fragments (5-10 mm)
D03-R05	mudstone	-	21	16	8	2.5	dark gray/ish yellow		0			Forams, fossil fragments (5-10 mm)
D03-R06	pumice	angular	16	13	9	0.6	yellowish brown		0			Forams
others	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GB21-1 D04												
2021/03/19 29°00.4641'N 128°55.3833'E depth: 885 m												
sample No.	rock type	shape	size X (cm)	size Y (cm)	size Z (cm)	weight (kg)	colour	alteration	Mn coating	phenocryst	vesiculation	Memo
D04-R01	ol-cpx basalt	angular	48	25	19	15.5	black	fresh	0		moderately 10-15%	
D04-R02	ol-cpx basalt	angular	25	21	7	3.5	black	fresh	0	ol:2-3%, pl:4-6%, cpx:2-4%	strongly 25-35%	
D04-R03	ol-cpx basalt	angular	12	9	6	0.5	black	fresh	0	ol:2-3%, pl:4-6%, cpx:2-3%	strongly 25-35%	
D04-R04	ol-cpx basalt	angular	11	9	5	1	black	fresh	0	ol:2-3%, pl:5-7%, cpx:3-4%	strongly 25-35%	
D04-R05	ol-cpx basalt	subangular	11	6	6	0.5	black	fresh	0	ol:2-3%, pl:4-6%, cpx:3-4%	strongly 25-35%	
D04-R06	ol-cpx basalt	angular	9	8	4	0.5	black	fresh	0	ol:1-2%, pl:4-6%, cpx:2-5%	strongly 20-30%	
D04-R07	ol-cpx basalt	angular	9	6	4	0.3	black	fresh	0	ol:1-2%, pl:1-2%, cpx:3-4%	strongly 30-40%	
D04-R08	ol-cpx basalt	angular	11	9	4	0.5	black	fresh	0	ol:1-2%, pl:4-6%, cpx:2-3%	strongly 30-40%	
D04-R09	ol-cpx basalt	angular	12	8	7	0.5	black	fresh	0	ol:3-4%, pl:5-7%, cpx:3-4%	strongly 30-40%	
D04-R10	ol-cpx basalt	angular	10	6	5	0.3	black	fresh	0	ol:2-3%, pl:4-5%, cpx:3-4%	strongly 30-40%	glassy margin
D04-R11	ol-cpx basalt	angular	11	7	6	0.5	black	fresh	0	ol:2-4%, pl:4-6%, cpx:2-4%	moderately 20-30%	glassy margin
D04-R12	cpx-ol basalt	angular	10	6	5	0.3	black	fresh	0	ol:2-3%, pl:3-5%, cpx:1-2%	strongly 30-40%	
D04-R13	ol-cpx basalt	angular	9	6	6	0.3	black	fresh	0	ol:2-3%, pl:4-6%, cpx:3-5%	strongly 30-40%	glassy margin
D04-R14	ol-cpx basalt	angular	8	7	4	0.3	black	fresh	0	ol:1-2%, pl:4-6%, cpx:3-5%	strongly 25-35%	glassy margin
D04-R15	pumiceous opx rhyolite	subangular	32	27	17	7.5	light gray	fresh	0	pl:3-4%, opx:2-3%	strongly 40-50%	glassy margin
D04-R16	banded pumiceous opx rhyolite	subangular	19	18	11	2.5	white to dark gray	fresh	0	pl:2-3%, opx:2-3%	strongly 40-50%	banded
D04-R17	pumiceous opx rhyolite	subangular	29	16	13	3	light gray	fresh	0	pl:3-4%, opx:2-3%	strongly 40-50%	
D04-R18	hb-bearing opx rhyolite	subangular	17	15	14	2	light gray	fresh	0	pl:3-4%, hb <1%, opx:2-3%	strongly 40-50%	
D04-R19	pumiceous opx rhyolite	subrounded	18	10	10	1.5	white	fresh	0	pl:3-4%, opx:2-3%	strongly 40-50%	
D04-R20	pumiceous opx rhyolite	subangular	29	17	16	3.2	light gray	fresh	0	pl:3-4%, opx:2-3%	strongly 40-50%	
D04-R21	pumiceous opx rhyolite	subangular	20	16	13	2.2	white	fresh	0	pl:3-4%, opx:2-3%	strongly 40-50%	
D04-R22	pumiceous opx rhyolite	subrounded	22	15	12	2.2	white	fresh	0	pl:2-3%, opx:1-2%	strongly 40-50%	
D04-R23	banded pumiceous opx rhyolite	subangular	12	12	12	1	white to dark gray	fresh	0	pl:2-3%, opx:1-2%	strongly 40-50%	
D04-R24	pumiceous opx rhyolite	subangular	11	10	8	0.2	light gray	fresh	0	pl:3-4%, opx:1-2%	strongly 40-50%	
others	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

方々、またGB21-1航海乗船の研究者及び学生の方々には大変お世話になりました。ここに御礼申し上げます。

文献

Ishizuka, O., Taylor, R.N., Umino, S. and Kanayama K. (2020) Geochemical evolution of arc and slab following subduction initiation: a record from the Bonin Islands, Japan. *Journal of Petrology*, **61**, ega050. doi:10.1093/ptrology/egaa050

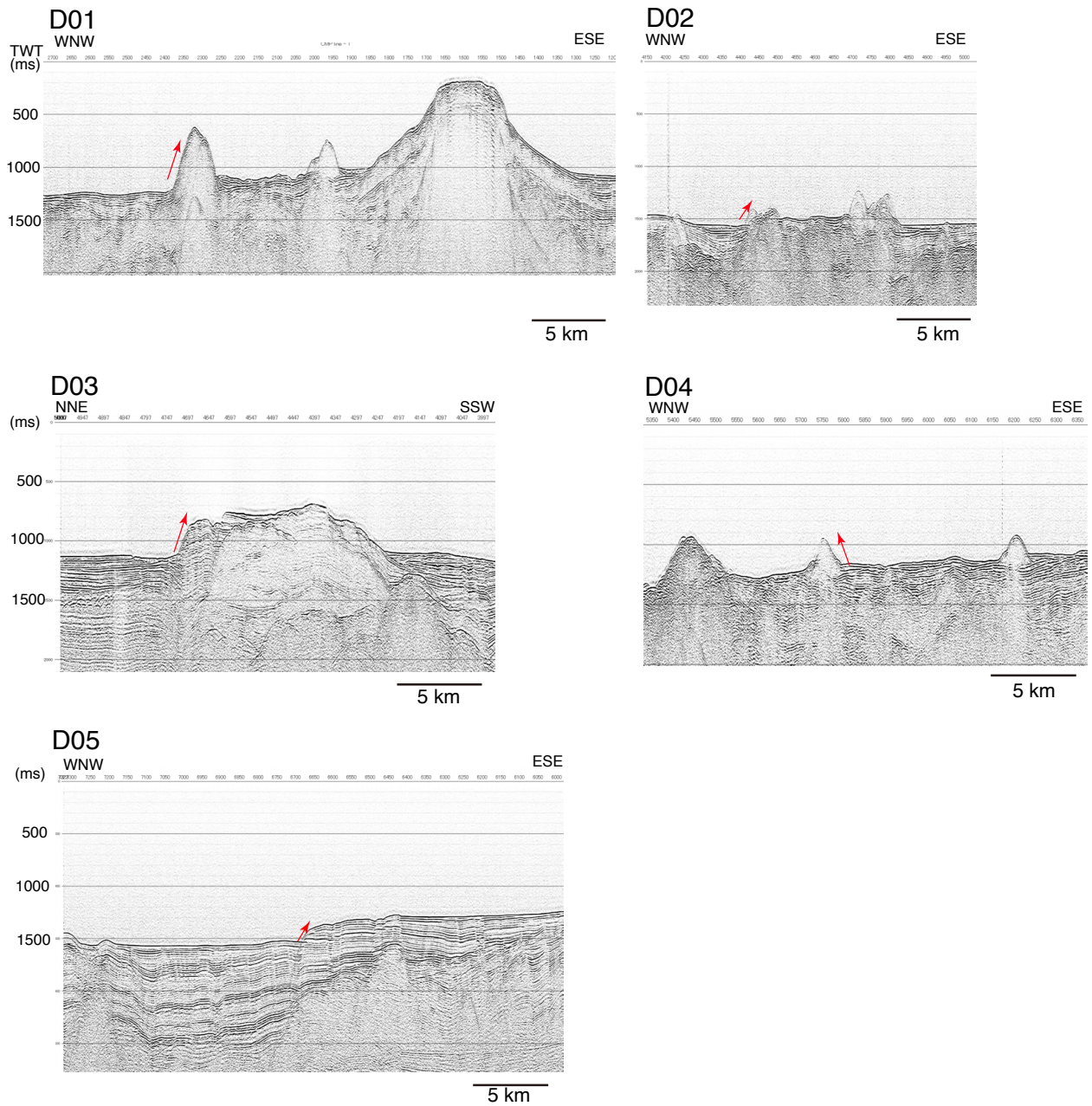
(受付：2021年12月22日；受理：2022年12月12日)

第2表 続き.
Table 2 Continued.

GB21-1 D05 sample No.	rock type	2021/3/20 28°59.6327'N shape	128°37.0986'E size X (cm)	size Y (cm)	size Z (cm)	weight (kg)	depth: 1131 m colour	alteration	Min coating	phenocryst	vesiculation	Memo
D05-R01	semi-consolidated sandy siltstone		9	5	4	0.2	2.5Y5/2 dark grayish yellow	fresh	0			Forams, fossil fragments 2-10 mm)
D05-R02	semi-consolidated sandy siltstone		7	6	5	0.1	2.5Y5/2 dark grayish yellow	fresh	0			Forams, fossil fragments 2-10 mm)
D05-R03	semi-consolidated sandy siltstone		6	5	3	0.1	2.5Y5/2 dark grayish yellow	fresh	0			Forams, fossil fragments 2-10 mm)
D05-R04	semi-consolidated sandy siltstone		6	4	3	0.08	2.5Y5/2 dark grayish yellow	fresh	0			Forams, fossil fragments 2-10 mm)
D05-R05	semi-consolidated sandy siltstone		6	5	3	0.06	2.5Y5/2 dark grayish yellow	fresh	0			Forams, fossil fragments 2-10 mm)
Others	semi-consolidated sandy siltstone					0.2	2.5Y4/3 olive brown	fresh	0			sediments stucked to camera

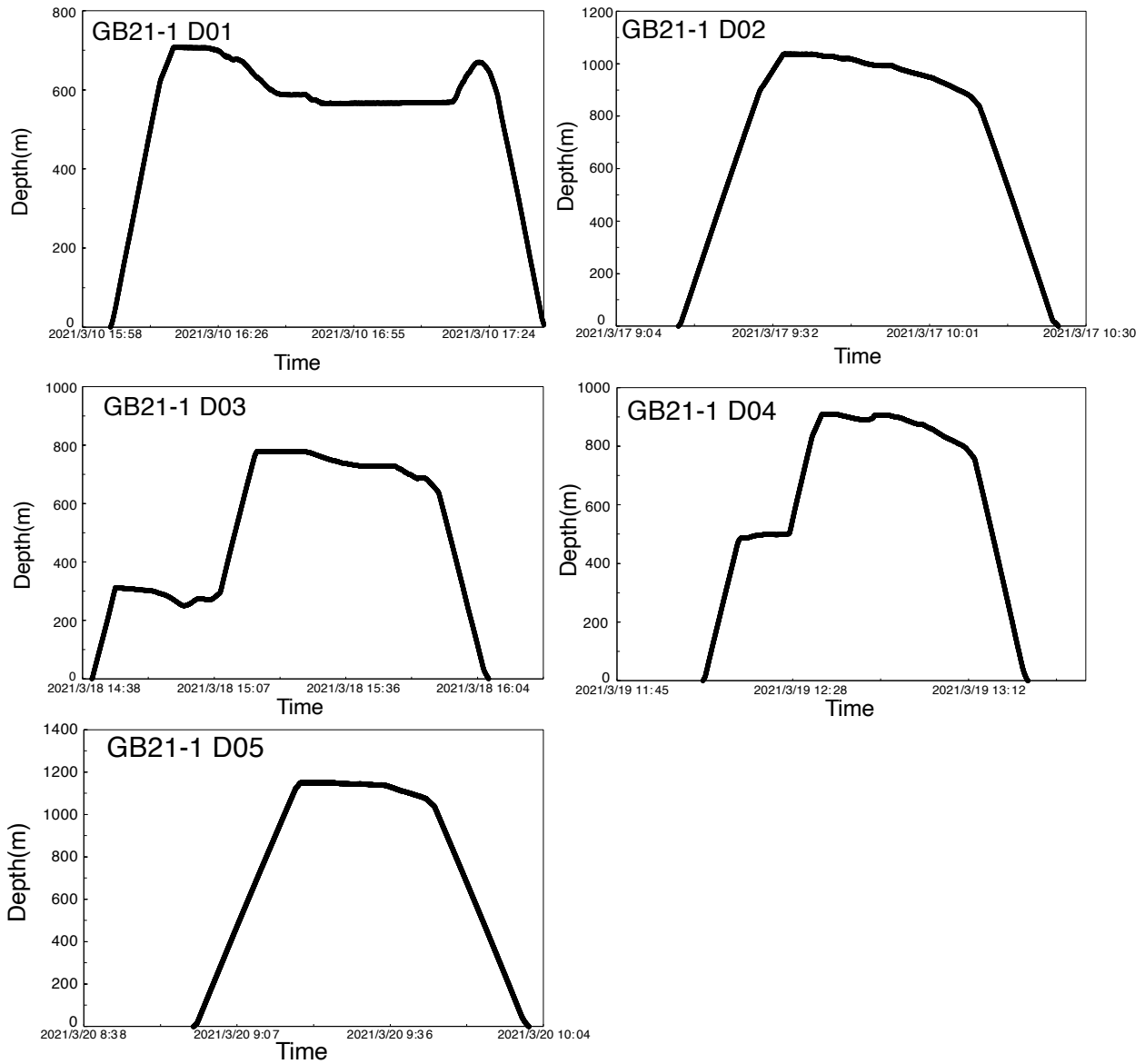
ol: olivine, opx: orthopyroxene, cpx: clinopyroxene, pl: plagioclase, hb: hornblende.

トカラ列島南部の海底岩石 (石塚ほか)



第4図 ドレッジ地点の音波探査プロファイル. ドレッジコースを矢印で示してある (音探測線上でドレッジを実施しておらず, 投影している場合を除く). TWT: 往復走時.

Fig. 4 Seismic reflection profile along the dredge track. Since the dredge track of D04 is not on the seismic survey line, the track is projected on the closest seismic survey line. TWT: two-way travel time



第5図 各ドレッジ点における深度センサーデータ (ドレッジカメラ深度)

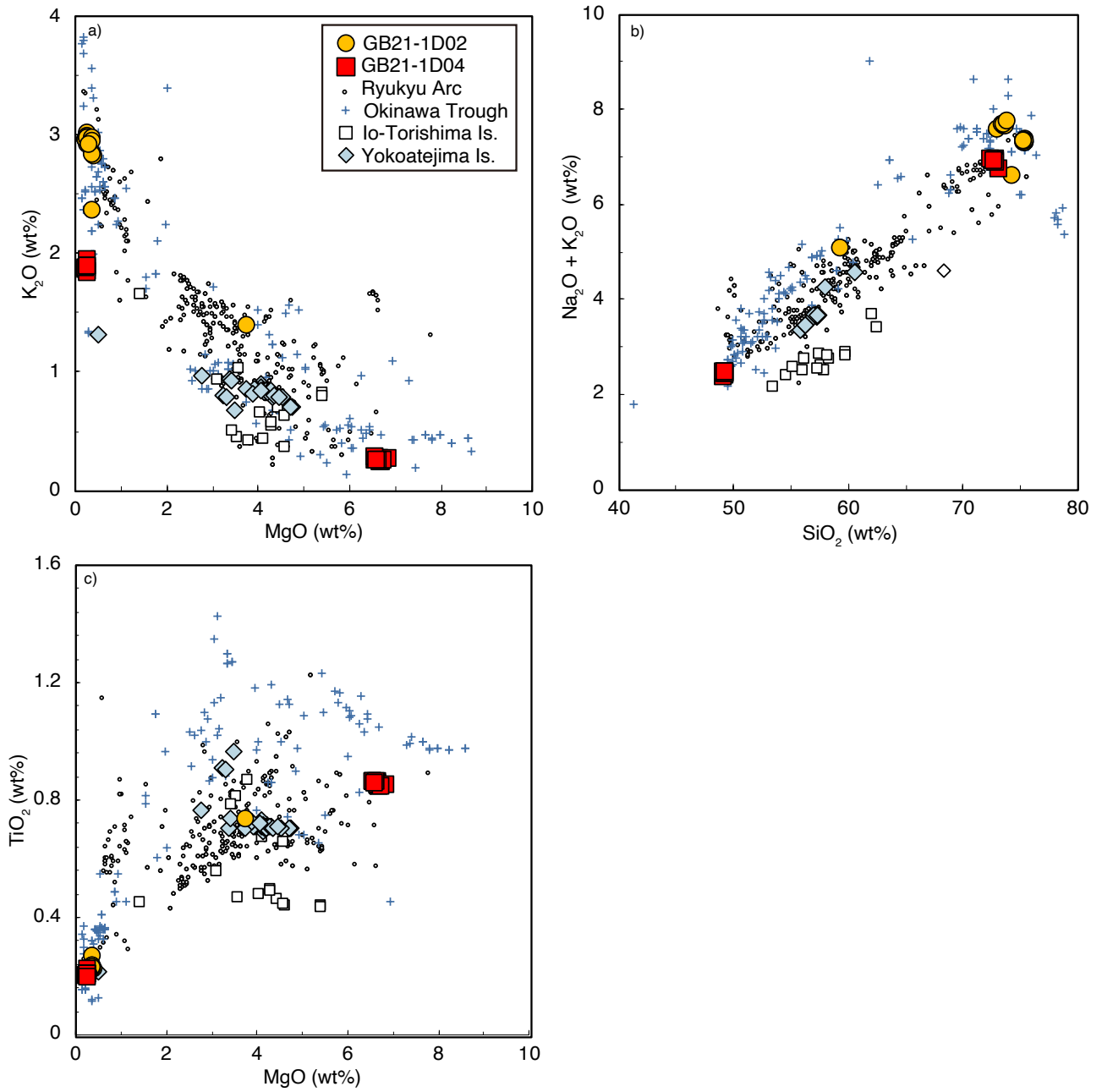
Fig. 5 Depth sensor profile for each dredge operation.

トカラ列島南部の海底岩石 (石塚ほか)

第3表 岩石試料の全岩化学組成.

Table 3 Whole rock composition of dredged volcanic rocks.

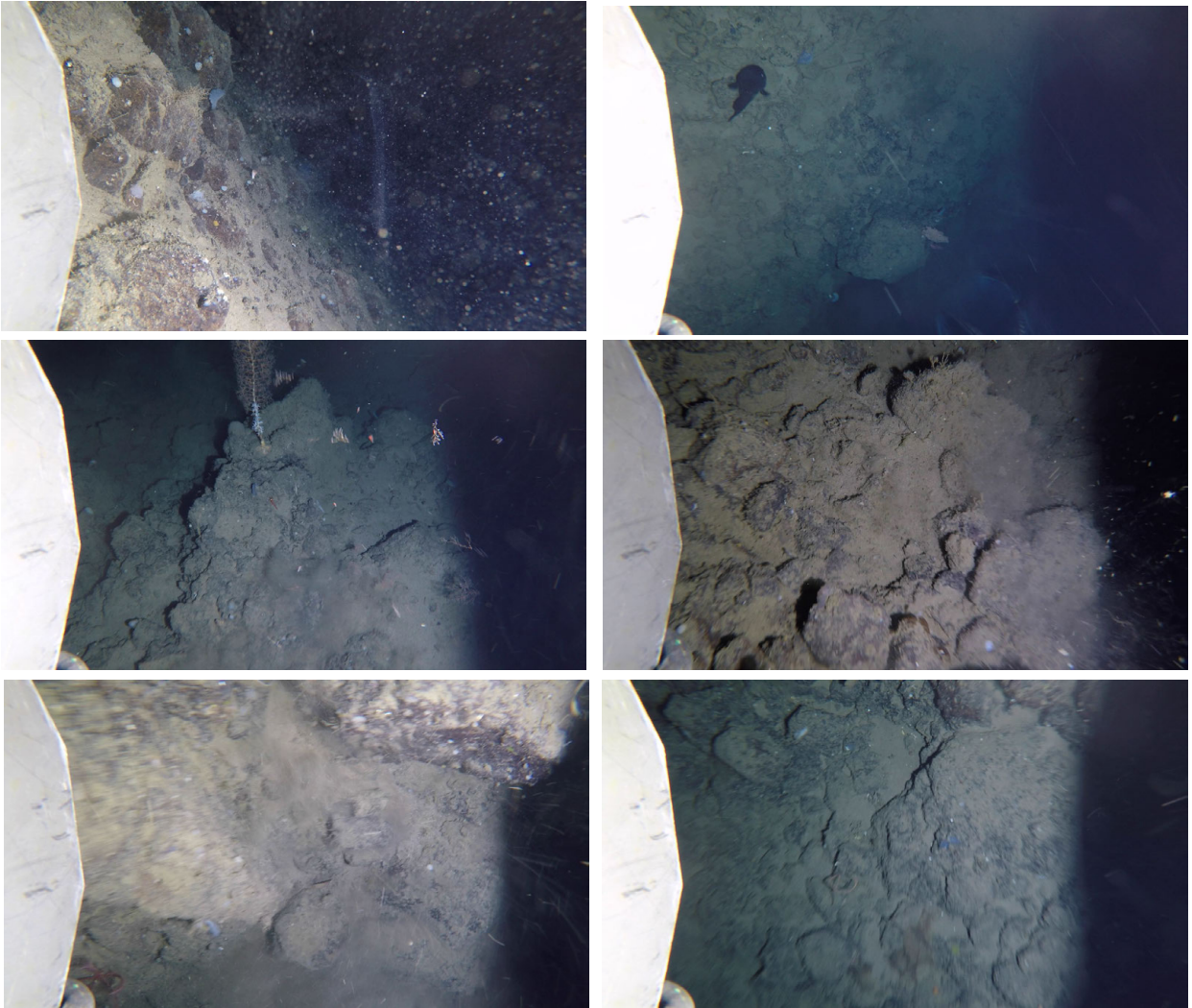
Sample No.	latitude (°N)	longitude (°E)	Major element (wt.%)										Total	L.O.I
			SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅		
D02R01	29.175	128.585	76.19	0.21	13.48	1.75	0.06	0.27	1.55	4.42	2.98	0.03	100.93	2.70
D02R02	29.175	128.585	75.98	0.21	13.42	1.76	0.15	0.28	1.53	4.37	2.99	0.03	100.70	2.69
D02R03	29.175	128.585	75.66	0.27	13.78	2.50	0.06	0.39	2.23	4.28	2.40	0.05	101.61	2.85
D02R04	29.175	128.585	75.75	0.20	13.41	1.73	0.16	0.29	1.53	4.31	3.01	0.03	100.42	2.79
D02R05	29.175	128.585	76.49	0.21	13.51	1.78	0.06	0.28	1.52	4.39	2.97	0.03	101.25	2.81
D02R06	29.175	128.585	76.09	0.20	13.41	1.78	0.06	0.28	1.52	4.38	3.03	0.03	100.78	2.73
D02R07	29.175	128.585	75.99	0.20	13.40	1.74	0.05	0.27	1.54	4.41	2.92	0.03	100.56	2.59
D02R08	29.175	128.585	76.25	0.20	13.49	1.77	0.05	0.27	1.53	4.36	2.98	0.03	100.93	2.95
D02R09	29.175	128.585	75.62	0.21	13.48	1.80	0.07	0.27	1.54	4.35	2.98	0.03	100.34	2.85
D02R11	29.175	128.585	60.10	0.74	16.20	7.28	0.14	3.82	7.60	3.70	1.40	0.12	101.11	0.97
D02R12	29.175	128.585	76.04	0.21	13.45	1.74	0.06	0.25	1.52	4.38	2.98	0.04	100.65	2.98
D02R13	29.175	128.585	73.69	0.23	13.99	2.76	0.30	0.44	1.73	4.79	2.83	0.05	100.81	3.33
D02R14	29.175	128.585	76.27	0.20	13.44	1.76	0.06	0.27	1.52	4.39	2.99	0.03	100.93	2.75
D02R15	29.175	128.585	75.66	0.20	13.41	1.78	0.07	0.29	1.53	4.37	2.97	0.03	100.29	2.92
D02R16	29.175	128.585	74.30	0.24	13.97	2.48	0.13	0.41	1.64	4.69	2.99	0.04	100.88	3.57
D02R17	29.175	128.585	74.53	0.23	13.92	2.44	0.08	0.38	1.63	4.84	2.86	0.04	100.93	2.51
D02R19	29.175	128.585	74.20	0.24	14.00	2.52	0.08	0.39	1.67	4.87	2.85	0.04	100.86	2.77
D02R20	29.175	128.585	74.07	0.23	13.86	2.47	0.08	0.40	1.66	4.75	2.95	0.04	100.50	3.05
D02R21	29.175	128.585	74.73	0.21	14.00	2.27	0.08	0.31	1.60	4.86	2.93	0.03	101.02	2.93
D04R02	29.008	128.923	49.75	0.87	17.61	10.93	0.20	6.63	12.21	2.20	0.25	0.09	100.73	-0.18
D04R04	29.008	128.923	49.88	0.87	17.54	11.04	0.20	6.76	12.18	2.20	0.25	0.09	101.00	-0.05
D04R05	29.008	128.923	49.80	0.85	17.75	10.95	0.19	6.80	12.27	2.16	0.24	0.08	101.09	-0.16
D04R06	29.008	128.923	49.69	0.87	17.68	10.92	0.21	6.63	12.13	2.15	0.27	0.09	100.63	0.04
D04R07	29.008	128.923	49.89	0.86	17.66	10.95	0.20	6.76	12.22	2.16	0.26	0.09	101.05	-0.04
D04R08	29.008	128.923	49.82	0.87	17.62	11.02	0.19	6.75	12.17	2.19	0.25	0.08	100.96	-0.12
D04R09	29.008	128.923	49.73	0.86	17.68	10.92	0.20	6.73	12.22	2.20	0.24	0.08	100.87	-0.11
D04R10	29.008	128.923	49.63	0.86	17.51	11.03	0.21	6.93	12.10	2.13	0.26	0.08	100.72	0.32
D04R11	29.008	128.923	49.81	0.86	17.67	11.01	0.19	6.82	12.17	2.20	0.25	0.09	101.07	-0.18
D04R12	29.008	128.923	49.84	0.87	17.72	11.03	0.21	6.64	12.06	2.16	0.27	0.09	100.88	0.12
D04R13	29.008	128.923	49.40	0.87	17.46	11.01	0.20	6.67	12.28	2.21	0.25	0.09	100.42	-0.18
D04R14	29.008	128.923	49.81	0.87	17.71	10.96	0.20	6.67	12.18	2.21	0.25	0.08	100.94	-0.12
D04R15	29.008	128.923	74.89	0.23	14.50	3.27	0.13	0.28	2.03	4.99	1.88	0.06	102.26	1.90
D04R16	29.008	128.923	73.41	0.20	14.49	3.13	0.11	0.26	2.14	5.06	1.87	0.05	100.73	1.62
D04R17	29.008	128.923	73.13	0.21	14.29	3.11	0.11	0.28	2.10	5.01	1.94	0.05	100.24	1.51
D04R18	29.008	128.923	72.98	0.21	14.30	3.16	0.12	0.28	2.12	5.05	1.87	0.06	100.14	1.61
D04R19	29.008	128.923	72.97	0.21	14.50	3.16	0.11	0.28	2.20	5.07	1.85	0.05	100.40	1.84
D04R20	29.008	128.923	72.46	0.20	14.49	3.16	0.11	0.29	2.21	5.10	1.83	0.06	99.90	1.77
D04R21	29.008	128.923	73.34	0.20	14.35	3.07	0.11	0.26	2.09	5.06	1.88	0.06	100.42	1.55
D04R22	29.008	128.923	73.50	0.21	14.43	3.11	0.11	0.27	2.11	5.05	1.90	0.06	100.74	1.66
D04R23	29.008	128.923	73.31	0.21	14.40	3.12	0.13	0.29	2.12	5.02	1.89	0.06	100.54	1.93
D04R24	29.008	128.923	71.85	0.19	14.14	3.04	0.18	0.27	2.08	4.93	1.86	0.05	98.60	2.00



第6図 火山岩試料の化学組成の特徴。琉球弧及び沖縄トラフのデータはGEOROCデータベース(<http://georoc.mpch-mainz.gwdg.de/georoc/>)による。a) MgO- K₂O, b) SiO₂-Na₂O+K₂O, c) MgO-TiO₂.

Fig. 6 Whole rock composition of the dredged samples. Compositional range for the volcanic rocks from the volcanic front and Okinawa Trough are shown from GEOROC data base. Compositional range of the volcanic rocks for the Ito-Torishima and Yokoatejima Islands. a) MgO- K₂O, b) SiO₂-Na₂O+K₂O, c) MgO-TiO₂.

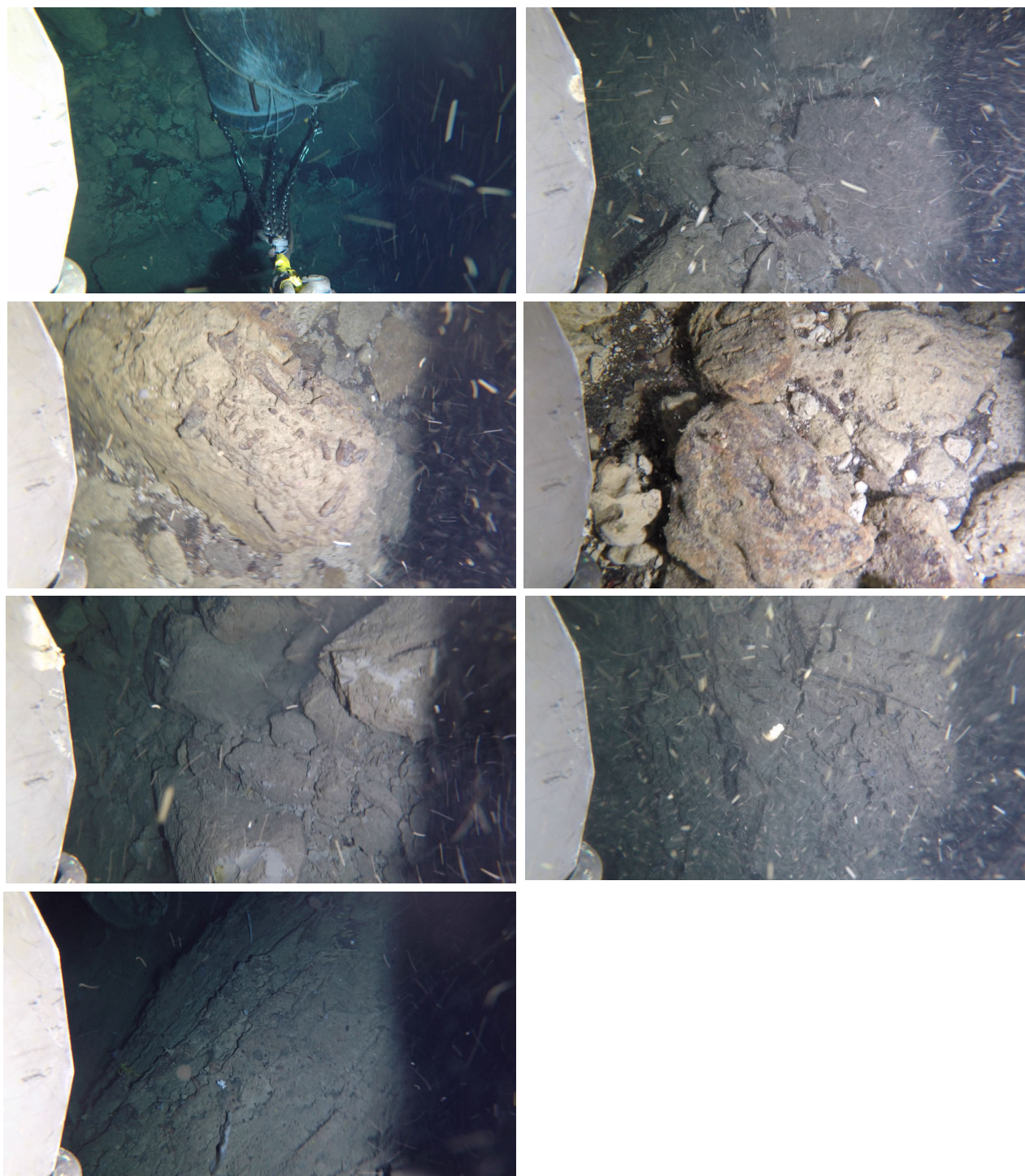
GB21-1 D02



図版1 ドレッジ地点GB21-1 D02の代表的な海底面の様子.

Plate 1 Selected seafloor images observed during dredge haul GB21-1 D02.

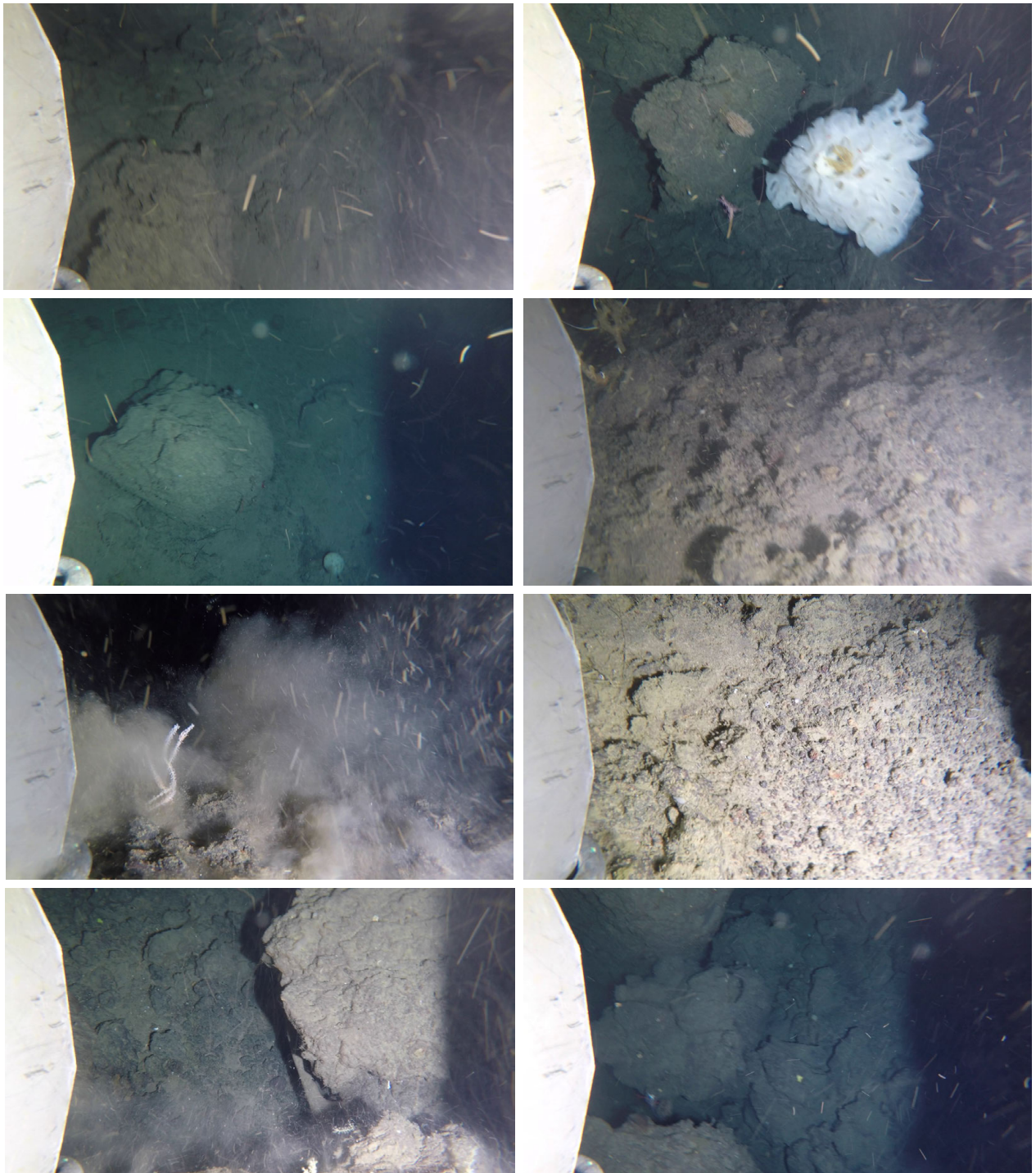
GB21-1 D03



図版2 ドレッジ地点GB21-1 D03の代表的な海底面の様子.

Plate 2 Selected seafloor images observed during dredge haul GB21-1 D03.

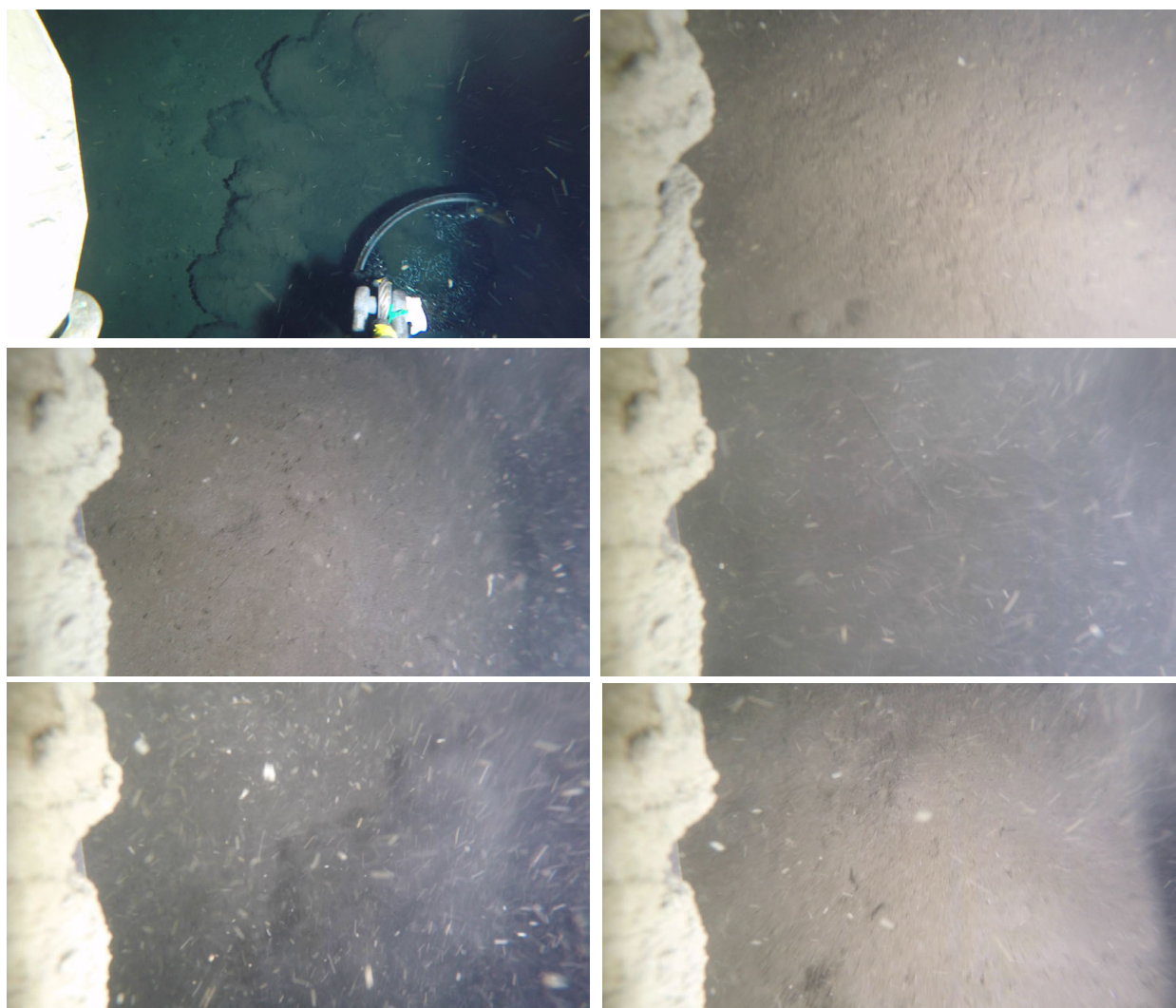
GB21-1 D04



図版3 ドレッジ地点GB21-1 D04の代表的な海底面の様子.

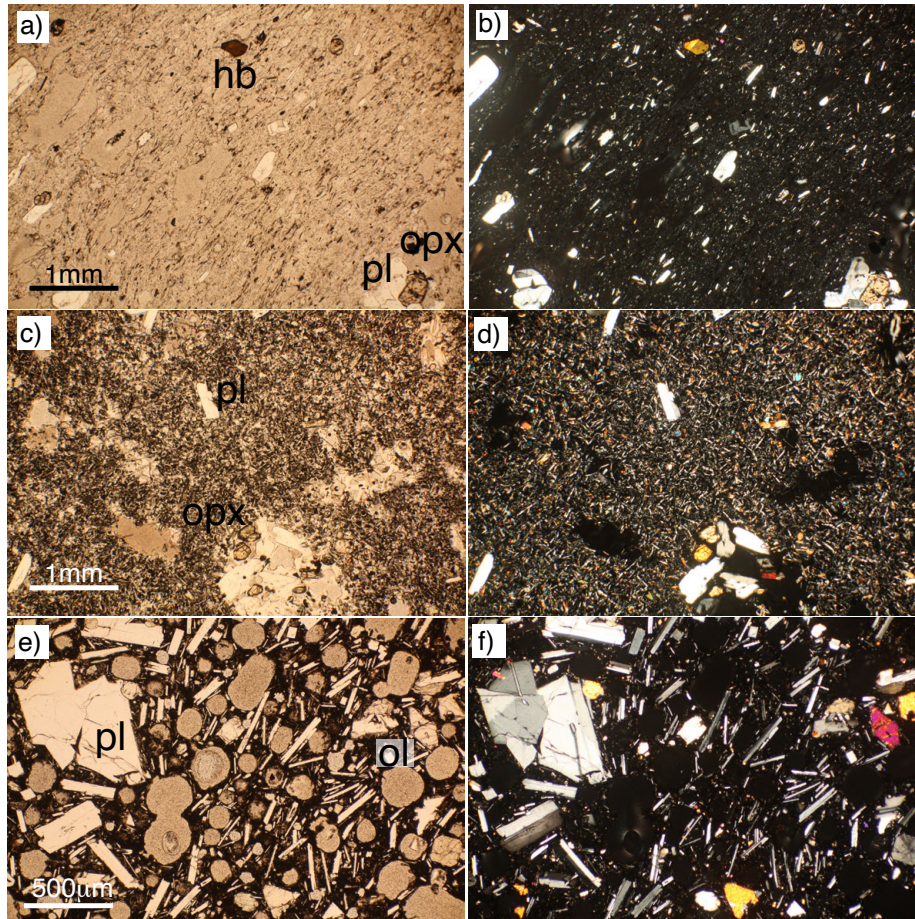
Plate 3 Selected seafloor images observed during dredge haul GB21-1 D04.

GB21-1 D05



図版4 ドレッジ地点GB21-1 D05の代表的な海底面の様子.

Plate 4 Selected seafloor images observed during dredge haul GB21-1 D05.



図版5 岩石試料の薄片写真. a, b) D02R19, a) オープンニコル, b) クロスニコル. c, d) D02R11, c) オープンニコル, d) クロスニコル. e, f) D04R03, e) オープンニコル, f) クロスニコル. ol: かんらん石, opx: 直方輝石, pl: 斜長石, hb: 角閃石.

Plate 5 Photomicrograph of rock samples. a,b) D02R19, a) plane-polarized light, b) cross-polarized light. c,d) D02R11, c) plane-polarized light, d) cross-polarized light. e,f) D04R03, e) plane-polarized light, f) cross-polarized light. ol: olivine, opx: orthopyroxene, pl: plagioclase, hb: hornblende.

