

西表島北北東沖の海底地形調査報告

渡辺一樹：海洋研究室

芝田 厚, 古川博康：沿岸調査課

梶村 徹：海図編集室

Preliminary Report of Bathymetric Survey off the North-northeast Coast of Iriomote Island

Kazuki Watanabe : Ocean Research Laboratory

Atsushi Shibata, Hiroyasu Furukawa : Coastal Surveys and Cartography Division

Toru Kajimura : Cartography Office

1. はじめに

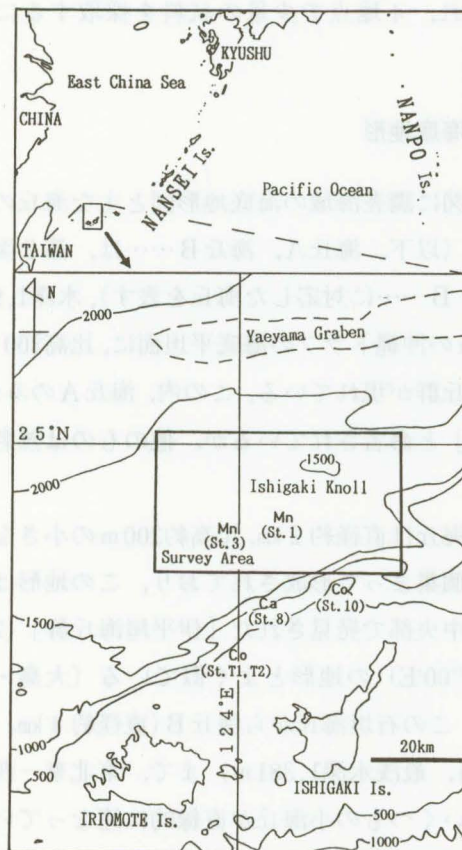
南西諸島南西部の西表島, 石垣島, 両島に挟まれて点在する小浜島等の島々には第四紀火山は存在しない(中川・他, 1982)。しかし, 1924年には西表島の北北東沖で, 海底火山が軽石の噴出を伴う海底噴火を起こしている(加藤, 1982, 1991)。古川(1991)は, 西表島北北東沖の沖縄トラフ南縁の水深1,700mの小海丘を, 加藤茂(1993)は, 西表島北東沖の島棚上の水深200m前後の台地状の高まりを, それぞれ海底火山体の候補に挙げている。この小文では, 1994年の測量船「明洋」による, 西表島北北東沖の調査結果について報告する。

2. 調査海域と調査手法

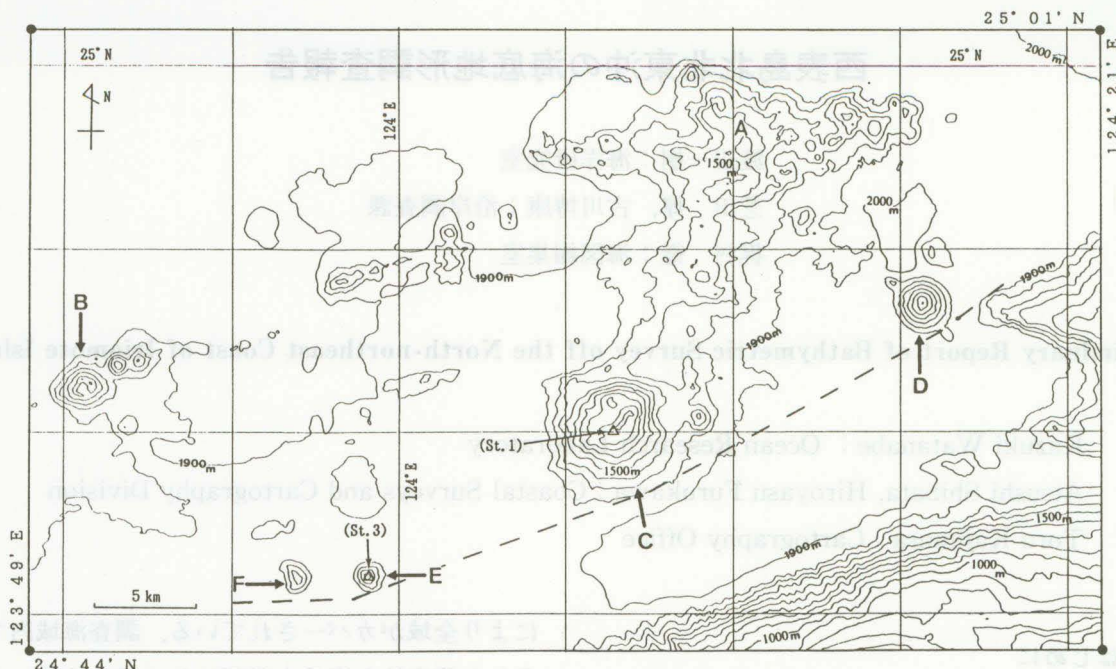
調査海域は西表島北北東沖の海域である(第1図)。本調査海域は, 石垣島・西表島を含む地塊の島棚上, 島棚から沖縄トラフに達する急斜面, 沖縄トラフ南縁部に当たる。この島棚とその斜面に関しては, 1991年以降の3回の調査により海底地形図が描かれているので(海上保安庁水路部, 1991, 1993; 渡辺・他, 1992), 今回は調査海域をさらに北側の沖縄トラフ南縁の海底平坦面上に設定した。

測量船「明洋」搭載の「シービーム2000」は, 直下水深の3.5倍の測深幅で測深ができる。間隔1.8~3.6kmの東西方向測線に沿って測深作業を実施した。調査海域は「シービーム2000」の測深ビーム

により全域がカバーされている。調査海域内で発見された代表的な海丘山頂部において, チェンバック採泥器を用いた採岩を試みたが, 荒天に洋上作業を



第1図 1994年の測量船「明洋」による調査海域。破線域は「八重山海底地溝」, 等深線間隔: 500m, Co: さんご片, Ca: 石灰質泥, Mn: マンガン酸化物。(採取点番号と底質記号は, 1991年の測量船「天洋」と1994年の測量船「明洋」のドレッジ試料を表している。)



第2図 測量船「明洋」の「シービーム2000」による海底地形図と海丘の位置。
海丘Aは「石垣海丘」，その他の海丘(B～F)は無名である。海丘CとEからはマンガン酸化物が採取された。破線は推定される火山フロントの位置である。(等深線間隔：100m)

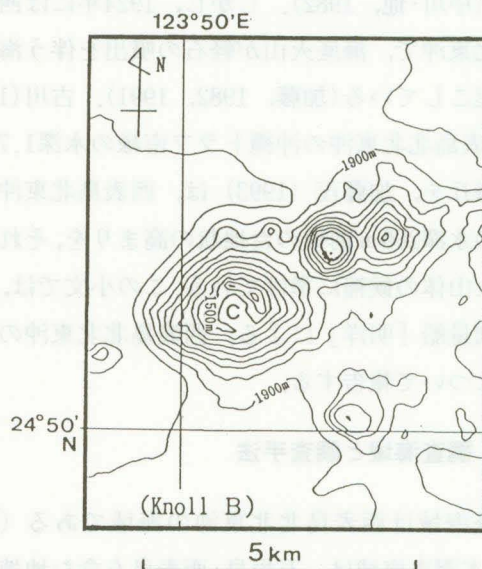
妨げられ、4地点で少量の試料を採取するにとどまった。

3. 海底地形

第2図に調査海域の海底地形図と主な海丘の位置を示す(以下、海丘A、海丘B……は、第2図中の符号A、B……に対応した海丘を表す)。水深1,900～2,000mの沖縄トラフの海底平坦面に、比高200～950mの海丘群が現れている。この内、海丘Aのみが「石垣海丘」と命名されているが、他のものは無名である。

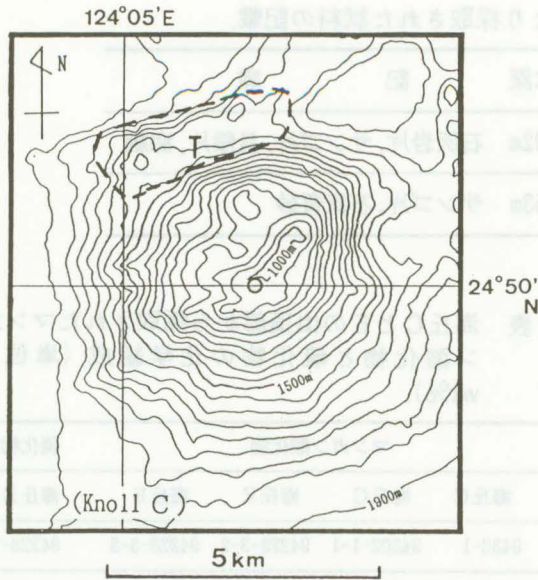
石垣海丘は直径約2km、比高約200mの小さな海丘が十数個集まって形成されており、この地形は沖縄トラフ中央部で発見された「伊平屋海丘群」(27°30'N, 127°00'E)の地形とよく似ている(大島・他, 1988)。この石垣海丘から海丘B(直径約4km、比高約500m、最浅水深1,381m)まで、東北東—西南西方向にいくつもの小海丘が直線的に連なっている。直径約800m、比高130mの海丘Bの山頂部には南に開いた火口状の凹地が存在する(第3図)。

調査海域内で最も大きな海丘は、石垣海丘の南方約15kmの海丘C(最浅水深957m)であり、比高約950m、直径約10kmに達する。海丘Cは円錐形の山頂部



第3図 海丘Bの海底地形図(等深線間隔：50m)。
海丘Bの山頂部には火口状の凹地がある。

の北西半分が崩壊した様な半円形の山頂地形を呈し、山体北西部の中腹には崩れ落ちた碎屑物が堆積してできたと考えられるテラス状の地形がみられる(第4図)。その他にも直径約3km、比高約700m、最浅水深1,283mの円錐形海丘D、直径約2km、比高約500m、最浅水深1,438mの円錐形海丘E、その西側に海丘Eと同規模の半円形海丘Fが存在する。海丘C、D、E、Fについても、東北東—西南



第4図 海丘Cの海底地形図（等深線間隔：50m）。海丘Cは半円形の山頂地形を呈し、山腹にはテラス状の地形が存在する。

西方向に直線的に連なって配列している。これらの海丘の内、B、C、Dの海丘は今回の調査で初めて発見されたものである。

4. ドレージ試料の記載と化学組成

今回の調査で採取したドレージ試料の記載を、第1表に示す。海丘CとEの山頂部において採取されたドレージ試料は、軟弱で黒色のマンガン酸化物を主体とするものである。いずれのマンガン酸化物も層状構造を持ち、一辺が数cmほどの板状片として多数採取されている。この層状構造は、数mm～2cm厚

の緻密均質亜光沢灰黒色の層が、1～数層積み重なったものである。中にはこの層状構造の片面に、細粒無光沢黒色の未固結層が付着するものもある。海丘Cから採取されたマンガン酸化物中には、長径が5mm以下の繊維状白色ガラス質の軽石が散在する試料や、表面が濃茶褐色の二枚貝遺骸を包有する試料が存在する。海丘Cから採取されたマンガン酸化物中の軽石片は、円磨されていない長柱状のものがほとんどであり、半固結状態のマンガン酸化物中に1cm²当たり1つ以上散在している。さらに、海丘Eからは無光沢黒色塊状硫化物（長径5cm）が採取された。

他の2ヶ所のドレージ試料は、調査海域より南方の島棚上の小丘と沖縄トラフ島弧側斜面上の小丘から採取した。島棚上の小丘からは直径数cmほどのサンゴ片と海綿が、沖縄トラフ島弧側斜面上の小丘からはシルト～砂サイズの石灰質堆積物が採取されただけであった。また、1991年に測量船「天洋」により、本調査海域よりも南方の島棚上の小海丘で採取されたドレージ試料も、分析の結果、石灰岩片とサンゴ片であることがわかっている（第2表）。1990年と1992年に実施された調査により、この島棚上で採取された底質試料の中にも火山岩片は存在しない（第3表；海上保安庁水路部, 1991, 1993）。つまり、西表島北東沖・石垣島北方沖の島棚上と沖縄トラフ島弧側斜面上から、これまでのところ火山岩片は採取されていない。

第1表 1994年に測量船「明洋」により採取された試料の記載。

採取点番号	採取点経緯度	水深	記載
St. 1 ('94, 3, 2) (海丘C)	24° 50' 00" N 124° 06' 24" E	1,029m	板状（長辺が10cm以下）の黒～茶褐色鉄マンガン酸化物 長径が3mm以下パミス片を多数含むものが数片、長径が3cm程の茶褐色二枚貝遺骸を含むもの1片、石灰質堆積物
St. 3 ('94, 2, 28) (海丘E)	24° 46' 06" N 123° 59' 06" E	1,474m	板状（長辺が10cm以下）の黒～茶褐色鉄マンガン酸化物 鉄マンガン酸化物と石灰質堆積物が混在している試料 表面に赤褐色沈澱物が付着している黒色沈澱物が多数
St. 8 ('94, 2, 28)	24° 41' 12" N 124° 04' 12" E	1,277m	石灰質堆積物（シルト，砂サイズ）
St. 10 ('94, 2, 28)	24° 43' 12" N 124° 13' 00" E	345m	サンゴ片，海綿

第2表 1991年に測量船「天洋」により採取された試料の記載。

採取点番号	採取点経緯度	水深	記 載
1	24° 34' 40" N, 123° 59' 08" E	502m	石灰岩片, サンゴ片, 貝殻片, 海綿
2	24° 34' 18" N, 124° 00' 56" E	353m	サンゴ片, 石灰質砂

第3表 沿岸の海の基本図測量により採取された試料の記載。

採取番号	採取点経緯度 北緯 東経	水深 (m)	記 載 (沿岸の海の基本図「西表島北部」より)
1-0	24°26' 38" 124°03' 15"	101	サンゴ片, 貝殻片, 石灰質砂
1-1	24°23' 21" 124°02' 59"	82	サンゴ片, 貝殻片, 石灰質砂
1-2	24°22' 53" 124°00' 50"	77	貝殻片, 石灰質砂泥
1-3	24°25' 21" 123°59' 52"	171	石灰質砂
1-4	24°23' 40" 123°57' 47"	85	サンゴ片, 貝殻片, 石灰質砂
1-5	24°26' 18" 123°56' 34"	175	有孔虫, 石灰質砂
1-6	24°26' 31" 123°53' 16"	87	サンゴ片, 貝殻片, 有孔虫, 石灰質砂
1-7	24°28' 56" 123°50' 48"	68	サンゴ片, 石灰藻球, 石灰質砂
1-8	24°28' 57" 123°56' 16"	167	石灰質砂
1-9	24°26' 37" 123°51' 02"	62	貝殻片, 石灰質砂
1-10	24°26' 36" 123°48' 36"	39	サンゴ片, 貝殻片, 有孔虫, 石灰藻球, 石灰質砂
1-11	24°27' 01" 123°46' 02"	78	サンゴ片, 貝殻片, 海綿, 石灰質砂
1-12	24°29' 27" 123°47' 32"	90	貝殻片, 石灰質砂
1-13	24°25' 48" 123°42' 34"	93	サンゴ片, 貝殻片, 石灰質砂
1-14	24°23' 50" 123°42' 53"	96	貝殻片, 石灰質砂
1-15	24°22' 35" 123°41' 20"	110	貝殻片, 有孔虫, 石灰質砂

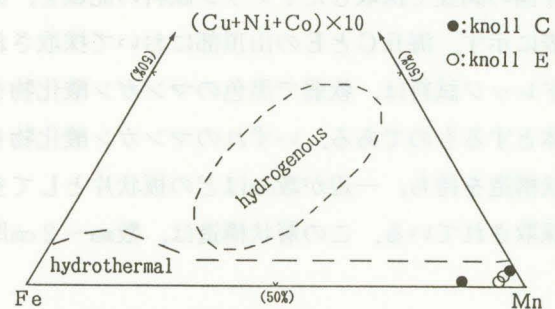
採取番号	採取点経緯度 北緯 東経	水深 (m)	記 載 (沿岸の海の基本図「石垣島北部」より)
2-1	24°24' 54" 124°04' 22"	56	サンゴ片, 貝殻片, 石灰質砂
2-2	24°28' 09" 124°05' 28"	81	サンゴ片, 石灰質砂
2-3	24°29' 54" 124°11' 24"	81	サンゴ片, 石灰質砂泥
2-4	24°31' 34" 124°14' 21"	76	サンゴ片, 石灰質砂
2-5	24°33' 34" 124°16' 03"	62	サンゴ片, 貝殻片, 石灰質砂
2-6	24°36' 10" 124°17' 53"	75	サンゴ片, 貝殻片, 海綿
2-7	24°33' 10" 124°22' 06"	76	サンゴ片, 貝殻片
2-8	24°31' 04" 124°22' 10"	136	サンゴ片, 貝殻片, 石灰質砂
2-9	24°29' 30" 124°19' 27"	84	貝殻片, 石灰質砂
2-10	24°27' 16" 124°17' 49"	63	サンゴ片, 貝殻片, 石灰質砂
2-11	24°25' 21" 124°21' 12"	147	サンゴ片, 貝殻片, 石灰質砂
2-12	24°24' 20" 124°18' 26"	90	サンゴ片, 貝殻片

第4表 海丘CとEの山頂部から採取されたマンガン酸化物と硫化物の化学組成 (単位: wt%)。

	マンガン酸化物				硫化物
	海丘C	海丘C	海丘E	海丘E	海丘E
	9432-1	94302-1-1	94228-3-2	94228-3-3	94228-3
Mn	37.9	45.4	45.4	39.4	0.199
Fe	4.75	0.34	0.63	1.14	20.3
Al	0.62	0.47	0.82	2.47	0.59
Ca	1.93	2.67	1.68	1.45	1.49
Co	0.0015	0.0006	0.0005	0.0011	0.0007
Cr	0.0004	0.0004	0.0005	0.0013	0.0012
Cu	0.0258	0.0834	0.0539	0.0276	28.6
K	0.50	0.26	0.22	0.39	0.02
Mg	1.38	1.61	0.99	0.82	0.24
Na	2.46	2.14	2.51	2.32	0.15
Ni	0.021	0.0126	0.0138	0.0051	0.0002
Pb	-	0.0012	-	0.0016	0.144
Ti	-	-	-	-	0.03
Zn	0.0313	0.0315	0.0514	0.0323	5.14

海丘CとEの山頂部から採取されたドレッジ試料については、高周波誘導結合プラズマ(ICP)発光分析計を用いて化学組成分析を行った。試料中に多量に含まれる鉄とマンガンについては原子吸光分析法を、硫化物中の亜鉛と銅については粉末法蛍光X線分析(渡辺, 1994)を併用した。分析結果を第4表に示す。両海丘産のマンガン酸化物の化学組成を、Mn-Fe-(Cu+Ni+Co)×10の三角図(Bonatti, 1975)にプロットした結果、熱水起源のマンガン酸化物の領域に落ちた(第5図)。海丘E産の塊状硫化物は銅含有量が28.6wt%, 亜鉛含有量が5.14wt%であった。

海丘Cから採取されたマンガン酸化物中に散在する軽石片は、軽石の繊維状構造は残しているが、熱



第5図 海丘C, E産と他の海域産のマンガン酸化物の化学組成比較 (Bonatti, 1975より)。

水による変質を受けていて、空隙にはマンガン酸化物が付着している。軽石片を回収し化学組成分析を試みたが、未変質試料が十分な量だけ集まらなかったため、良い分析結果は得られなかった(第5表)。

5. 海底地形についての考察

石垣海丘の海底地形は、伊平屋海丘群の地形とよく似ている。この伊平屋海丘群は、沖縄トラフの海底地溝帯中軸部に、マグマが噴出して形成されたも

第5表 海丘C産のパミス片と大正13年の「西表島北北東海底火山」(加藤祐三, 1991)の噴出物の化学組成比較 (単位: wt%)。海丘C産のパミス片は、Fe₂O₃とMnOが酸性火山岩としては明らかに多すぎる。

	海丘C産の パミス片	大正13年の西表島北北東 海底火山噴出物	
	943021-11	I B P 6	P 4 3
SiO ₂	69.40	73.28	73.59
TiO ₂	0.40	0.16	0.16
Al ₂ O ₃	13.86	13.47	13.10
Fe ₂ O ₃	5.67*	0.06	0.41
FeO		2.68	2.41
MnO	2.17	0.10	0.11
MgO	0.99	0.20	0.13
CaO	2.79	2.16	2.21
Na ₂ O	4.12	4.76	4.71
K ₂ O	1.56	1.07	1.09
P ₂ O ₅	0.09	0.01	0.01
H ₂ O(+)		1.90	1.89
H ₂ O(-)		0.15	0.17
Total	101.05**	100.00	99.99

* 鉄は3価の鉄として計算した。

**100%再計算は行っていない。

のである(大島・他, 1988)。桂・他(1986)によると、石垣海丘では音波探査記録で確認できる貫入岩体に伴い、小規模なダイポール状の地磁気異常が見いだされている。よって、小さな海丘が集まって形成された石垣海丘の地形は、「伊平屋海丘群」と同様に形成された火山地形であろう。

一方、石垣海丘付近の海底地溝帯中軸部は、北緯25°15'線上に東西に細長く分布し、「八重山海底地溝」と呼ばれている(桂・他, 1986)。石垣海丘から海丘Bまで東北東—西南西方向に連なった海丘群は、八重山海底地溝よりも南方約30kmに位置し、この地溝とほぼ平行に配列している。桂・他(1986)によると、海丘Bから東北東方向—西南西方向に細長いダイポール状の地磁気異常が見いだされているので、石垣海丘と海丘Bの間には磁性を持った岩体が、細長く貫入してきていると推定される。つまり、石垣海丘と火山状の山頂地形を呈する海丘B、さらにはこの二つの海丘の間に直線的に連なっているいくつもの小海丘は、八重山海底地溝に平行に形成された断層(地質構造の弱線)に沿ってマグマが噴出

して形成された可能性がある。

さらに、その南方約12kmにも海丘C, D, E, Fからなる同方向の海丘列が存在する。桂・他(1986)によると、海丘C, E, Fには小規模なダイポール状の地磁気異常が見いだされているが、海丘Dは海底地形図にも描かれていないし、海丘D付近には地磁気異常は現れていない。これは当時の調査測線間隔が約9kmであったため、直径約3kmの海丘Dが発見されなかったのであろう。また、海丘Cから採取された軽石片は、長径が最大でも5mm、大半が長径3mm以下であり、形状はほとんど円磨されていない。最近、八重山諸島の海岸に相次いで打ち上げられ発見された、火山列島の「福德岡の場」等の起源の軽石のほとんどは、直径1cm以上でよく円磨されている(中野・川辺, 1992; 加藤祐三, 1988, 1993)。軽石の径が小さいと海水が容易に軽石の中まで浸透してしまい、すぐに浮力を失ってしまうので、海上に浮遊してより遠方まで運搬されるためには、径がある程度大きくなければならない。さらに、その運搬堆積過程でよく円磨されることになる。海丘Cから採取された軽石片は、残念ながら非常に脆く、回収できる量も非常に少ないので、岩石学的・化学的な根拠を挙げることはできない。しかし、大半の軽石片の長径は3mm以下であり、ほとんど浮力が無く、円磨されていないことから、少なくとも現地性のものであると推定される。以上のような考察から、海丘C, E, Fは海底火山であると考えられる。

その南側の島棚上と沖縄トラフ島弧側斜面上からは、これまでのところ火山岩類が採取されていないこと、明瞭な海底火山地形が存在しないことから、この海丘C, D, E, Fを連ねた海丘列が、石垣島・西表島近海の火山フロント上に位置する可能性がある。この火山フロントの位置は、古川(1991)が地磁気異常のデータから指摘した火山フロントの位置とよく一致している。

6. まとめ

今回の調査により、西表島北北東沖の島棚と沖縄トラフ島弧側斜面上には海底火山の存在は確認できなかったが、その北側に位置する沖縄トラフの深海

平坦面南縁には、未発見だった多くの海丘群を確認することができた。これらの海丘群は、海底地形の特徴や熱水性沈澱物の存在から第四紀の活動的な海底火山群であり、その南縁が本海域の火山フロントであると考えられる。1924年に海底噴火を起こした海底火山を特定できるまでの根拠は得られなかったが、今回発見された海底火山群の中に西表島北東海底火山が含まれる可能性があるため、今後も集中的に採岩を実施するなどの調査が必要である。

最後に、調査を実施するにあたって、測量船「明洋」船長以下乗組員の諸氏には多大な御尽力を頂いた。また、玉川大学の小坂丈予教授には多くの助言を頂いた。ここに厚く感謝申し上げます。

引用文献

- Bonatti, E.: Metallogensis at oceanic spreading centers. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 3, 401-431. (1975)
- 古川雅英: 琉球弧のテクトニクスと西表島群発地震. *月刊地球*, 148, 656-663. (1991)
- 海上保安庁水路部: 5万分の1沿岸の海の基本図「西表島北部」及び海底地形地質調査報告書. 64p. (1991)
- 海上保安庁水路部: 5万分の1沿岸の海の基本図「石垣島北部」及び海底地形地質調査報告書. 62p. (1993)
- 加藤 茂: 西表島群発地震震源域の海底地形・地質. *月刊地球*, 166, 230-235. (1993)
- 加藤祐三: 琉球列島西表海底火山の位置と噴出物量. *琉球列島の地質学研究*, 6, 41-47. (1982)
- 加藤祐三: 福徳岡の場から琉球列島に漂着した灰色軽石. *火山*, 33, 21-30. (1988)
- 加藤祐三: 1924年西表海底火山噴火. *月刊地球*, 148, 644-649. (1991)
- 加藤祐三: 1991, 1992年西表島漂着軽石の起源. *月刊地球*, 166, 244-247. (1993)
- 桂 忠彦・大島章一・荻野卓司・池田 清・永野真男・内田摩利夫・林田政和・小山 薫・春日 茂: 沖縄トラフ南西部海域の地質・地球物理学的諸性質. *水路部研究報告*, 21, 21-47. (1986)
- 中川久夫・土井宣夫・白尾元理・荒木 祐: 八重山群島石垣島・西表島の地質. *東北大学理学部地質古生物学教室研究邦文報告*, 84, 1-22. (1982)
- 中野 俊・川辺禎久: 1991年, 琉球列島西表島に漂着した軽石. *火山*, 37, 95-98. (1992)
- 大島章一・高梨政雄・加藤 茂・内田摩利夫・岡崎勇・春日 茂・川尻智敏・金子康江・小川正泰・河合晃司・瀬田英憲・加藤幸弘: 沖縄トラフ及び南西諸島周辺海域の地質・地球物理学的調査結果. *水路部研究報告*, 24, 19-43. (1988)
- 渡辺一樹: 堆積物の主要元素と硫化鉱石中の銅・亜鉛の分析. *水路部技報*, 12, 66-71. (1994)
- 渡辺一樹・上野重範・山根勝雄・福島秀生: 西表島北東沖の海底地形調査報告. *水路部技報*, 10, 54-59. (1992)