

八代海南部の海底で発見された海丘群の潜水調査報告

伊藤弘志：海洋研究室

和志武尚弥，那須義訓：第十管区海上保安本部

Report of diving survey for the sea knolls discovered in the southern part of the Yatsushiro Sea, Kagoshima, Japan

Koji ITO: Ocean Research Laboratory

Hisaya WASHITAKE, Yoshinori NASU: Hydro. Dept., 10th R. C. G. H.

Abstract

Diving survey was conducted on the mysterious sea knolls discovered in the southern part of the Yatsushiro Sea, Kagoshima, Japan. The sea knolls are 50 meters in diameter and 5 meters in relief, and 88 knolls are discovered in close proximity.

A diving survey to reveal the nature of these knolls was conducted in February 2009. The most upper layer of the sea knoll is composed of sand and the surface is covered by the colony of a kind of oyster, "*Hyotissa imbricata*". We proposed seven hypotheses for the origin of these knolls, although any clue supporting these hypotheses was not obtained.

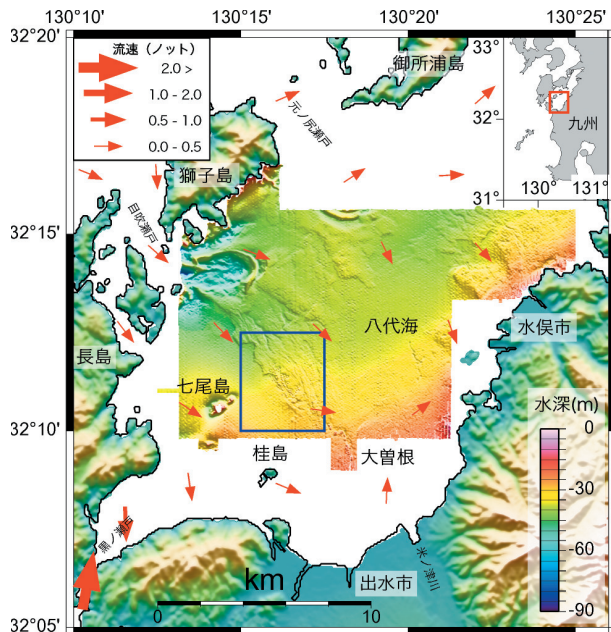
1 調査の経緯

2004年の9月から11月にかけて、八代海南部海域において第十管区海上保安本部所属の測量船「いそしお」によるマルチビーム測深機 (SeaBat 8101) を用いた沿岸測量が行われた。その結果、水俣市から西南西約10 km、水深約30 mの海域に直径約50 m、比高約5 mの海丘からなる海丘群が発見された (図1)。海丘群周辺の底質は、1913年 (大正2年) 発行の海図 (水路部, 1913) にはr (岩) と記載されている。また、この海域では、人工地震波を用いた地層探査によって海底にいくつかの小さな海丘が発見されており、そこでの底質調査の結果から、海丘はカキ殻によって形成されているものと考えられた (国土地理院, 1982)。これらの海丘はただちに船舶の安全な航海に支障を及ぼすものではないが、他に類を見ない特異な地形であることから、その実態を明ら

かにするための潜水調査が2009年2月に行われた。

2 地形の特徴

八代海南部に分布する海丘群は、北西-南東方向に伸びた細長い楕円形状に分布しており、長径約2.3 km、短径約0.8 kmである。海丘群を構成する海丘は88個あり (図2)、ほとんどのものは独立して存在するが、いくつかのものは一部が重なっている。海丘群の内部では海丘はランダムに分布しているのではなく、全体の伸びと同じ北西-南東方向の直線上に並んだ数個ずつの海丘からなるサブグループが集合することによって形成されているように見える。これらの方向は、八代海に分布する布田川-日奈久断層帯の走向とはほぼ直交している。海丘の形状はほぼ円形であり、特定の方向性を持った伸びは見られない。直径に対して比高の小さい扁平な形状 (約10:1) を示しており、その周りには浅い



第1図 八代海南部の海底地形。矢印は第十管区海上保安本部によって予測された2009年12月8日午前1時の潮流の向きと強さを示す。四角は図2の範囲を示す。

Fig. 1 Topography of the southern part of Yatsushiro Sea. Arrows and rectangular show the direction and intensity of tidal current at A.M. 1:00 on 8/12/2009 estimated by 10th Regional Coast Guard Headquarters and the location of Fig.2, respectively.

モートが形成されていることがある。山体側面の斜面は山頂付近で傾斜が緩く、山裾の部分で傾斜が急になる円弧の一部のような形状を示しており、安定角に支配される火山などの形状とは異なっている(図3)。

海丘群の周辺には、海丘群の伸びと同じ北西方向に斜面に沿って流下するチャネルが見られる。このチャネルの南東側延長部には米ノ津川の河口があり、河川から流れ込んだ水の流れによって形成された海底チャネルであると考えられる。また、海丘群の北西方には、目吹瀬戸からの強い潮流によって大きくえぐられたような地形が存在する。その周囲には凹地を囲むようにして高まりが存在するが、東経130°15′、北緯32°13′付近では、海底チャネルは高まりから南東方向に流下し、米ノ津川からの海底チャネルに合流している。この北西方向からの海底チャネルの上流には河川は無いため、潮流によって形成されたものであると考えられる。

この海丘群の南東方にも同じ北西-南東の伸びの方向性を持つ海丘群がある。これは地元の漁業者の間では大曾根と呼ばれており、この海丘群もカキ殻からなると報告されている(国土地理院, 1984)。大曾根には円形の高丘は少なく、不規則なテーブル状の形状を示すものが多い。

周辺の海底には変動地形等は見られないが、北東方約15 kmの御所浦島の南東沖には、布田川-日奈久(ふたがわ-ひなぐ)断層群の活動によって形成されたと考えられる北東-南西方向に延びた浅い溝状のリニアメントが見られる(海上保安庁内部資料)。

3 潜水調査の概要

今回の調査は、第十管区海上保安本部の巡視船「さつま(1200t)」所属の潜士により行われた(図4)。調査項目は、海丘の実態把握のための海底地形及び底質の目視観察並びに底質試料採取である。調査する海丘は、2004年の測量時の測線の真下に位置し良好な地形データがあること、潜水時の負荷を考えなるべく浅いところに位置すること、調査した海丘の特定を容易にするため他の海丘から離れていることを条件に考慮した上で、

Point 1: 32°10′52.3″ N, 130°16′35.5″ E

Point 2: 32°11′02.0″ N, 130°16′30.0″ E

の2点を選んだ(図2)。当初の予定では両地点で2回ずつ潜水調査を実施する予定であったが、「さつま」の海難救助行動への対応によりPoint 1における2潜行のみが2009年2月24日に実施された(図3)。

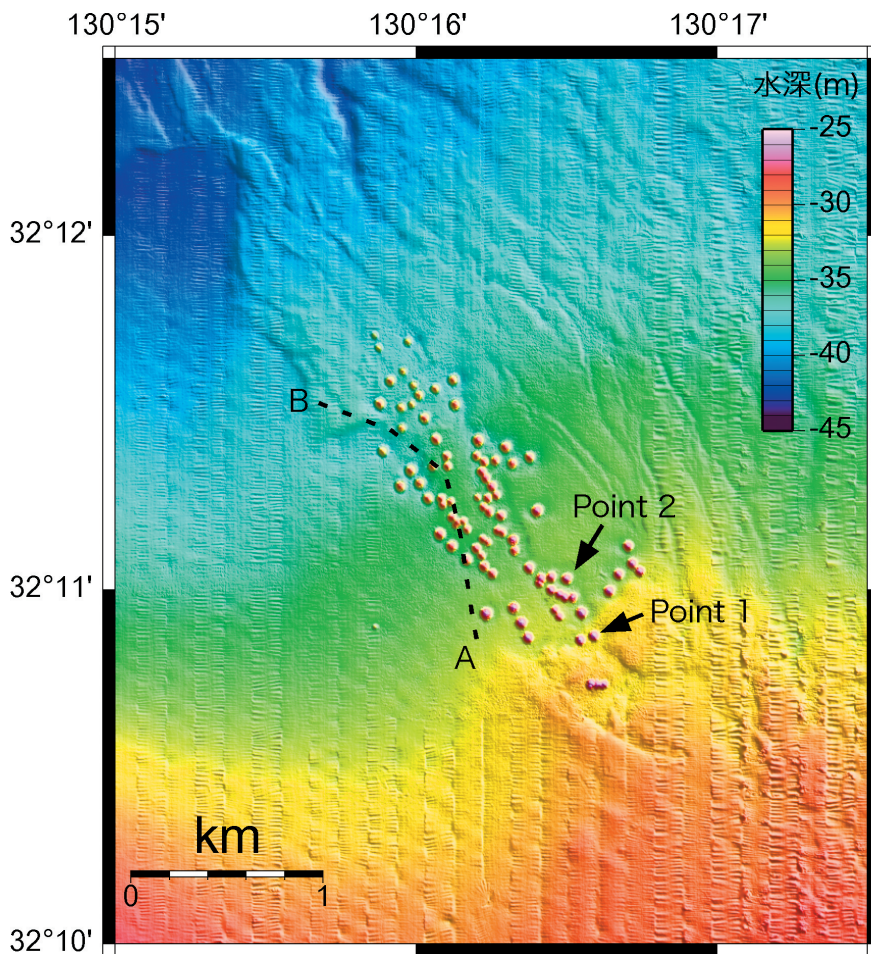
Dive 1 (Point 1)

目的: ブイの設置および調査地点の概要をつかむこと

成果: 山頂部でのビデオ撮影及び底質試料の採取(生きた貝2個, 死んだ貝殻2個, 死んだ貝殻についた生きた貝1個)(図5)

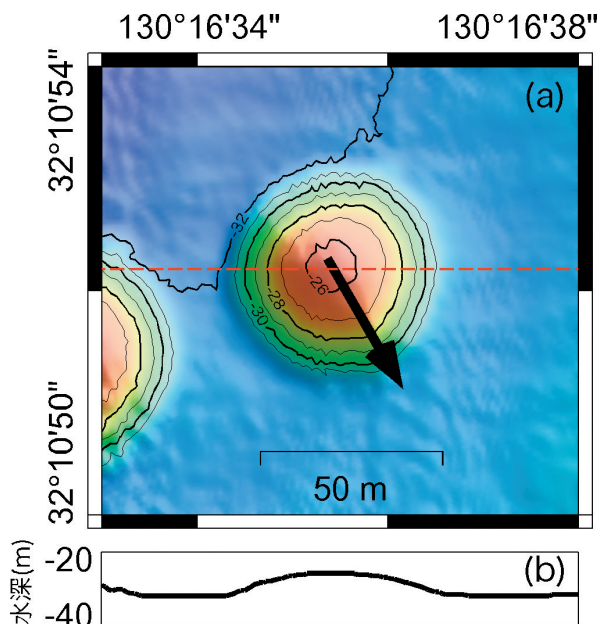
Dive 2 (Point 1)

目的: 山頂から海底にかけての様子の変化を調べる



第2図 海丘の分布と調査対象とした海丘. 点線ABは図12の位置を示す.

Fig. 2 Distribution of sea knolls. Line AB shows the location of Fig. 12.



第3図 (a) 調査した海丘 (Point 1) での潜行経路 (Dive 2). 赤の破線は断面図の位置を示す. (b) 海丘の断面図. 水平/垂直比は1.

Fig. 3 (a) Diving route at Point 1. Broken red line shows the location of cross-section diagram. (b) Cross-section diagram of sea knoll. Horizontal to vertical ratio is 1.



第4図 潜水調査中の巡視船「さつま」と搭載艇.
Fig. 4 Patrol vessel "Satsuma" and her boat engaged in diving survey.

こと

成果：北から時計回りに150°の方向に向け、山頂部から海底部まで50 mの連続的なビデオ撮影及び中腹部、海底部での底質試料採取 (計5パック) (図6)

天候は曇り、北東の風5 m、波浪北東0.5 mと海象条件が良く、また水中視界も10 m程度あったた



第5図 採取された貝類。右上と左下が生きたもの。
Fig. 5 Collected shells. Upper-right and lower-left shells are alive.



第7図 貝類に覆われた海丘の表面。
Fig. 7 Surface of sea knoll covered by the colony of shells.



第6図 海底から得られた底質試料。左が海底面表面から得られたもの。右が海底面から10 cmの深さから得られたもの。
Fig. 6 Collected deposits at seafloor. Left is from surface and right is from 10 cm in depth.



第8図 砂のみからなる海底の平坦部。
Fig. 8 Sandy flat seafloor around sea knoll.

め、良好な映像資料および底質試料を得ることができた。

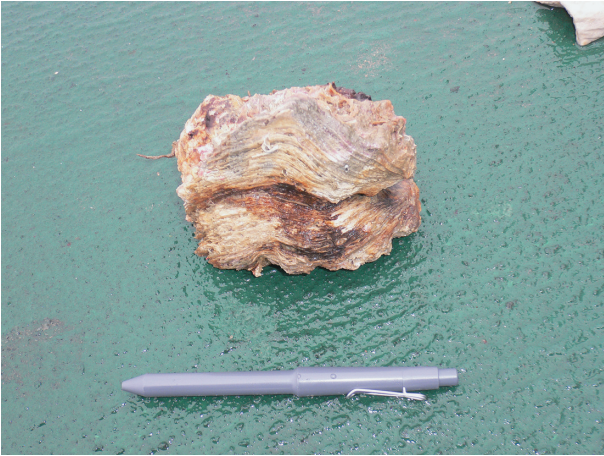
4 調査結果

潜水調査により、海丘の表面は山頂部から脚部まで貝等の生物で覆われており（図7）、その下の海丘表層部は非常に軟らかい砂からなっていることが明らかになった。貝は表面を隙間無く覆い、直径2 cmほどの棒を挿そうと試みたが、貝殻に阻まれて挿すことができなかった。貝の他にはイソギンチャク、サンゴ、カニ、海綿、ヤギ類等の生物が観察された。これらの生物は海丘の表面にのみ生息しており、底質試料を採取する際に10 cmほど表層から掘

り下げると貝等の生物は見られなかった。

一方、海丘から離れた海底の平坦部の底質は非常に軟らかい砂であり、貝等の生物は全く見られなかった（図8）。前述の棒は簡単に差し込むことができた。貝等の分布範囲は海丘と海底の地形境界にほぼ一致していた。

貝の大きさは握り拳程度で、その殻は、薄い層が何層も重なっているような外観をしている（図9）。また、左右の貝殻は対称で、接合部から放射肋が発達している。生きているものと死んだものが採取され、生きたものを割ってみるとカキによく似た外観をしていた（図10）。東京水産大学の奥谷喬司名誉教授の鑑定によると、図5の上段中央の試料下部についているカキはウグイスガイ目ベッコウガキ科カ



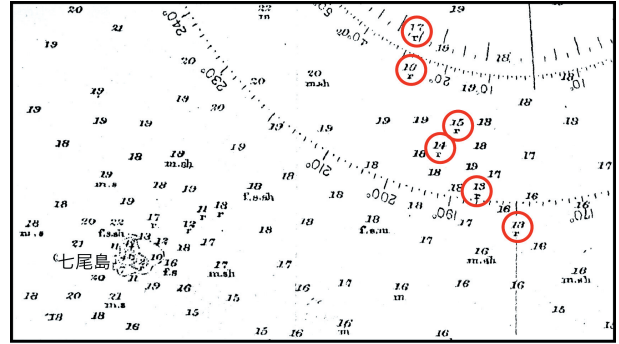
第9図 生きたカキツバタの個体。
Fig. 9 Alive *Hytissa imbricata*.



第10図 生きたカキツバタを割ったところ。
Fig. 10 Split alive *Hytissa imbricata*.

キツバタ (*Hytissa imbricata*) の若い個体であり、その他の貝殻も同じく成熟したカキツバタの個体だろうということであった。本調査の直後に安間・他(2009)が本海丘群の潜水調査を行い貝殻を採取しているが、それらもカキツバタであった。このように海丘部のみカキツバタが群集を形成しているのは、海丘によって発生した上昇流によってカキツバタの餌となるプランクトンが発生するためであると考えられる(奥谷, 個人談話)。

底質試料は、山頂から25 m地点(中腹部)及び50 m地点(海底部)で得られた。25 m地点では表面から10 cmの深さから3試料, 50 m地点では海底表面から1試料, 10 cmの深さから2試料を採取した。



第11図 1913年(大正2年)発行の海図(水路部, 1913)。周囲と比べて水深が浅く底質がr(岩)となっているのが今回調査した海丘群。水深の単位はfathom(1 fathomは約1.8 m)。

Fig. 11 Nautical chart published by Hydrographic Office (1913). "r" marks show the sea knolls researched in this survey. The unit of depth is fathom (1 fathom is about 1.8 meters).

肉眼での観察によれば、これらの砂には構成物や粒度に特段の違いは見られなかった。主に軽石の破片並びに石英及び有色鉱物などの火山性の鉱物からなり、その他に貝殻などの生物遺骸の破片が多く含まれていた。

水温は、表層、山頂部、海底部ともあまり変化はなく、13℃程度であった。

5 海丘群の成因

今回の調査ではこの海丘群の成因を特定できるような証拠は見つからなかったが、これまで得られた知見を用いて、いくつかの成因仮説について検討してみたい。

土砂投棄説

集中的に分布していることや形状が円形であることから、土砂等の廃棄物を船から投棄したものが堆積しているのではないかと考えられた。しかし、この海丘群は1913年発行(測量は1885年及び1911年)の海図(水路部, 1913)に記載されており(図11)、1911年(明治44年)に既に存在していたことは確実である。その当時このような大量の砂をわざわざ船舶で運搬して投棄するという事は考えにくいため、可能性は低い。

火山説

線状に並んでいること、形状が円形であることから単成火山群の活動によるスコリア丘である可能性が考えられた。しかし、地震波反射断面には海丘の下の地層に貫入岩体等はみられず成層した様子を保っていること（図12）、断面形が一般的な火山体のように安息角に規定されていないこと、海丘を構成している物質が砂であることから否定される。

泥火山説

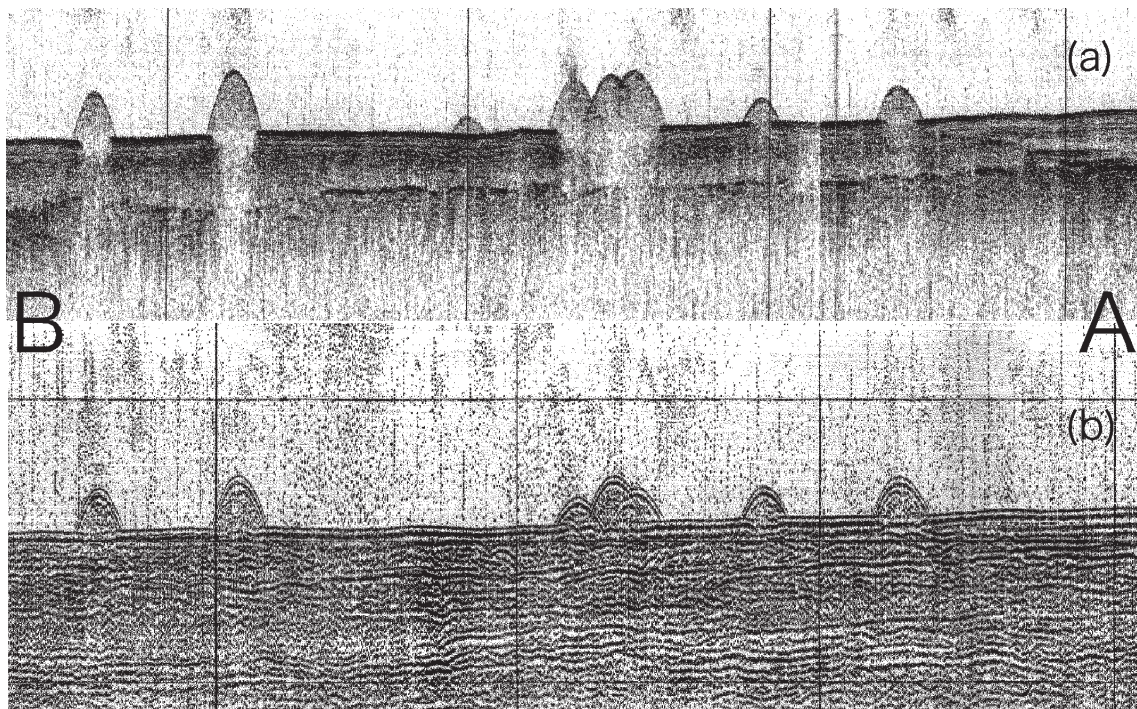
南海トラフから九州海溝にかけての海溝陸側斜面には、冷湧水を伴うような泥火山が分布している（例えばUjii, 2000）。これらは形状的には八代海の海丘群をそのまま大きくしたような形をしており、関連性が指摘された。しかし、冷湧水に含まれるメタンを利用するような特徴的な生物や、還元的環境であることを示す黒色の堆積物、あるいは熱水起源の硫黄を含んだような堆積物は見つかっておらず、また泥火山と比べ規模も小さいことから同じようなシステムで形成されたものであるとは考えにくい。

海水温も海丘の周辺で特に変化はなかった。

噴砂丘説

水を多く含んだ砂の層が強い地震動によって揺らされると、その層が液状化を起し地表面に噴砂丘を形成する。八代海中部には布田川－日奈久断層帯が分布しており、その活動によって発生した地震動によって形成された噴砂丘ではないかと考えられた。しかし、地震によって形成される噴砂丘は八代海の海丘と比べるとごく小規模であり（例えば下川・他, 2001）、その頂部には噴砂の際の噴出口が見られることも相違点である。また、御所浦島沖の布田川－日奈久断層周辺部にはこのような海丘群は見あたらず、やや離れた八代海南部にのみ海丘があることや、海丘群が地震時の揺れの強い場所、すなわち断層に平行するような地帯に沿って分布するのではなく、むしろそれと直交していることを上手く説明することができない。

潮流等原因説



第12図 ソノプローブ (a) 及びスパーカー (b) による海丘部分の反射断面図 (国土地理院, 1982)。海丘は海底面上に整合的にのっているように見える。

Fig. 12 Seismic profiles by sonoprobe (a) and sparker (b) of sea knolls (Geographic Survey Institute, 1982). Sea knolls look like sitting on the seafloor consistently.

この海丘群は米ノ津川沖合から目吹瀬戸にかけて続く海底チャネルの上に位置している。前述のように、この海底チャネルは河川から流れ込んだ水の流れと目吹瀬戸からの潮流によって形成されたと考えられる。流れの方向の異なるこれらが海底でぶつかった時に渦のような水の流れが発生し、そこで巻き上げられた砂が堆積することによってこのような海丘が形成されることがあるかもしれない。しかし、黒ノ瀬戸で渦潮が発生することはあるものの、海丘群付近で渦潮が発生しているかどうかは不明である。

カキツバタ原因説

海底に転がっていた小さな岩などにカキツバタが付着し、海流によって流されてきた砂がそこにトラップされることによって高まりが形成され、その高まりによって発生した上昇流によって餌となるプランクトンが集まるためさらにカキツバタが増えて最終的に大きな海丘＝コロニーが形成された可能性がある。しかし、その場合は海丘の内部にまでカキツバタの死骸が含まれているはずである。実際にはカキツバタは海丘の表層にのみ分布しているようであり、海丘の形成後に上昇流によって集まったプランクトンを求めて表面にコロニーを形成したと考える方が合理的である。

円錐カルスト説

海丘の形状や分布の様子は、沖縄や東南アジア等に見られる石灰岩の溶け残った部分が円錐形になった地形である円錐カルストに類似している。八代海南部を構成する地層は古生代から中生代にかけての付加体であると推測され、石灰岩が挟在する（地質調査所、1982）ことから正体は円錐カルストではないかと考えられたが、地震波反射断面からは海丘やその下部の地層は砂で構成されているように見えるため否定される。また、底面の直径に対する高さの割合が円錐カルストに比べると小さい。

以上、海丘群の成因についていくつかの仮説を簡単に検討してみたが、うまく説明できるようなもの

は今のところないようである。著者は周囲の海底チャネルとの位置的關係から潮流等原因説が有力ではないかと考えている。将来再び測量を行い、海丘の位置、形状、分布などに変化があるかどうか検証することによって、その成因に関する制約条件を得ることが出来るかもしれない。

謝辞

本調査を行うにあたって、日高陸男船長を始めとするさつま乗組員及び潜水班の皆様、本庁及び第十管区海上保安本部の職員の皆様には大変尽力いただき、東京水産大学の奥谷喬司名誉教授にはカキツバタの鑑定をしていただくとともにその生態についてもご教示いただいた。また、匿名の査読者には原稿を改善する上で有益なご意見をいただいた。あわせて感謝いたします。

参 考 文 献

- 安間恵・秋元和實・島崎英行・岩渕洋・七山太・塩屋藤彦・安藤寿男・須藤雄介・堤正光：八代海（不知火海）の海底水深30 mのマウンド群頂部から発見された二枚貝（カキツバタ）の大コロニー、日本地質学会第116年学術大会講演要旨、74 p, (2009)
- 国土地理院：沿岸海域基礎調査報告書（水俣地区）、119 pp. (1982)
- 国土地理院：沿岸海域基礎調査報告書（出水地区）、97 pp. (1984)
- 水路部：八代海、海図174、水路部、(1913)
- 下川浩一・横田修一郎・石賀裕明・原口強・高田圭太：2000年鳥取県西部地震による液状化層のジオスライサー調査、活断層・古地震研究報告、1、41-52、(2001)
- 地質調査所：日本地質アトラス、119 pp, (1982)
- Yurika Ujiie: Mud diapirs observed in two piston cores from the landward slope of the northern Ryukyu Trench, northwestern Pacific Ocean, *Marine Geology*, 163, 149-167, (2000)