

## 沖縄トラフ南西部海域の地質・地球物理学的諸性質

桂 忠彦・大島章一・荻野卓司<sup>1)</sup>・池田 清・永野真男<sup>2)</sup>

内田摩利夫・林田政和<sup>3)</sup>・小山 薫・春日 茂

### GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL CHARACTERISTICS OF THE SOUTHWESTERN OKINAWA TROUGH AND ADJACENT AREA

Tadahiko Katsura, Shoichi Oshima, Takuji Ogino<sup>1)</sup>, Kiyoshi Ikeda, Manao Nagano<sup>2)</sup>,  
Mario Uchida, Masakazu Hayashida<sup>3)</sup>, Kaoru Koyama and Sigeru Kasuga

#### Abstract

The Hydrographic Department of Japan has conducted hydrographic, geological and geophysical surveys in the southwestern Okinawa Trough and adjacent area in 1984.

The purpose of this survey is to collect the basic informations of Japanese continental shelves and to publish the results in bathymetric chart, geological structure, geomagnetic and gravitational anomaly maps.

The surveyed area in this report includes southwestern region of Tunghai Shelf, Okinawa Trough and Nansei Syotō (Ryukyu Island Arc). Okinawa Trough is a back-arc basin behind Ryukyu Island Arc.

Whole survey area is included in Eastern China Sea as a Marginal Sea between Asian Continent and Ryukyu Island Arc.

It was reported that the Okinawa Trough probably represents a feature of the primary stage of back arc spreading related to subduction of Philippine Sea plate along the Nansei Syotō Trench. High heat flow values, fresh igneous rock intrusions and remarkable graben structures have been observed at the center of the Trough. These evidences have been considered as active back arc spreading occurring in this place.

We confirmed that the graben formed en-echelon pattern in the trough axis. We also found a conspicuous small knoll (tentative name is Yaeyama central knoll) at the central graben in this survey area. That knoll have been consisted of two pyroxene andesite.

---

1) 海上保安学校

1) (Maritime Safety School, JMSA)

2) 水路部沿岸調査課

2) (Coastal Surveys and Cartographic Division, H. D. J., JMSA)

3) 測量船「拓洋」

3) (Survey Vessel "Takuyo", H. D. J., JMSA)

その他) 大陸棚調査室

others) (Continental Shelf Surveys Office, H. D. J., JMSA)

According to the bottom photograph, there is biological colony by Glassy Sponges, Sea Anemones and other benthos at this Yaeyama central knoll.

Warm water probably exhales here because of existence of this colony and photographic flickering phenomena.

It is supported that the crust of southwestern Okinawa Trough has continental character, because fresh andesitic rocks formed central part of this trough area. Gravitational data and previous seismic refraction data support this assumption that thin continental crust exists under this surveyed area.

The results from interpretation of seismic profiles, sedimentary pattern showing at the central graben formed by rapid subsidence of basement at the axis zone of trough. We could not determine in the present-day's actual spreading of Okinawa Trough in our data.

## 1. はじめに

現在、海洋底の研究に携わる地球科学者達は沖縄トラフ海域に大きな関心を持っている(第1図)。それは、この海域が初生的形態を示すBack-arc Basin(背弧海盆)を持つMarginal Sea(縁海)だからである<sup>(1)(2)</sup>。ここでの調査による新たな知見は、島弧-海溝系に伴う背弧海盆、縁海の形成の謎を解く何らかの手がかりを与えると期待されている。第1図で明らかなように、太平洋西側の大陸縁辺部には縁海が多い。その縁海の深い部分はMarginal Basin(マージナル ベーゼン)と呼ばれる。このある部分は、島弧の背後にある地理的、地質構造的位置を占めることから背弧海盆と呼ばれる。現在のプレートテクトニクスに立脚した地球科学上の縁海の定義と概念は次のように言われる。「縁海とは、ある大陸に隣接して不完全に陸地に囲まれた海で、海底は沈水した大陸性の地塊(Continental mass)である(地質学用語集 AGI, 1982)<sup>(3)</sup>。縁海が何故その場所に存在し、縁海としての特徴を備えているのかという疑問に対しては、現在の地球科学の知識からは明確な解答を与えられず、幾つかの仮説が提案されている<sup>(4)</sup>。上田ら(1977, 1978)<sup>(5)(6)</sup>は縁海やマージナルベーゼンの成因を4つの仮説として整理した。(1)中央海嶺の島弧下方への沈み込みの結果による背弧での伸張と隆起、(2)古い海洋の一部が島弧の出現で取り込まれた、(3)背弧の開口と拡大(4)“洩れ”型トランスフォーム断層により開いた(例、カリフォルニア湾)、などである。沖縄トラフの場合には島弧前面から潜り込んだ海洋プレートと島弧下部地殻との摩擦熱発生により対流が生じ、背弧部分が裂けて広がるモデル(第2図a)、2次的対流により上部地殻が裂けて広がるモデル(第2図b)、両者の混合モデル、あるいは海洋プレートが重力的不安定さから、島弧の下に引きずり込まれ、その結果として相対的に移動し背弧が拡大するというモデル<sup>(7)</sup>など、背弧の海底拡大の仮説を前提として議論されている。上田は更に現在のプレートテクトニクスにおいて基本的に未解決な問題として、次のような疑問を掲げている。即ち、(1)島弧の内側に何故熱いマントルの上昇を推定させる地学的物証(火山活動、高地殻熱流量値など)があるか?(2)何故、背弧に伸張性のストレスが存在するか?(3)何故、島弧の造山帯が形成されるのか?などである。これらについても、末だ海洋底地形科学の分野で明快な解答を示すことができず、今後の課題となっている。

東シナ海はアジア大陸と島弧である琉球弧(海面上に南西諸島として現われている)の間の縁海で、海底の大半は水深200m以浅の広大で平坦な東海陸棚で占められる。陸棚は沈水した厚い陸性の基盤とその上を覆う沿海性の堆積物で構成されている<sup>(8)</sup>。東海陸棚については以前より、海底調査の結果から石油鉱床の胚

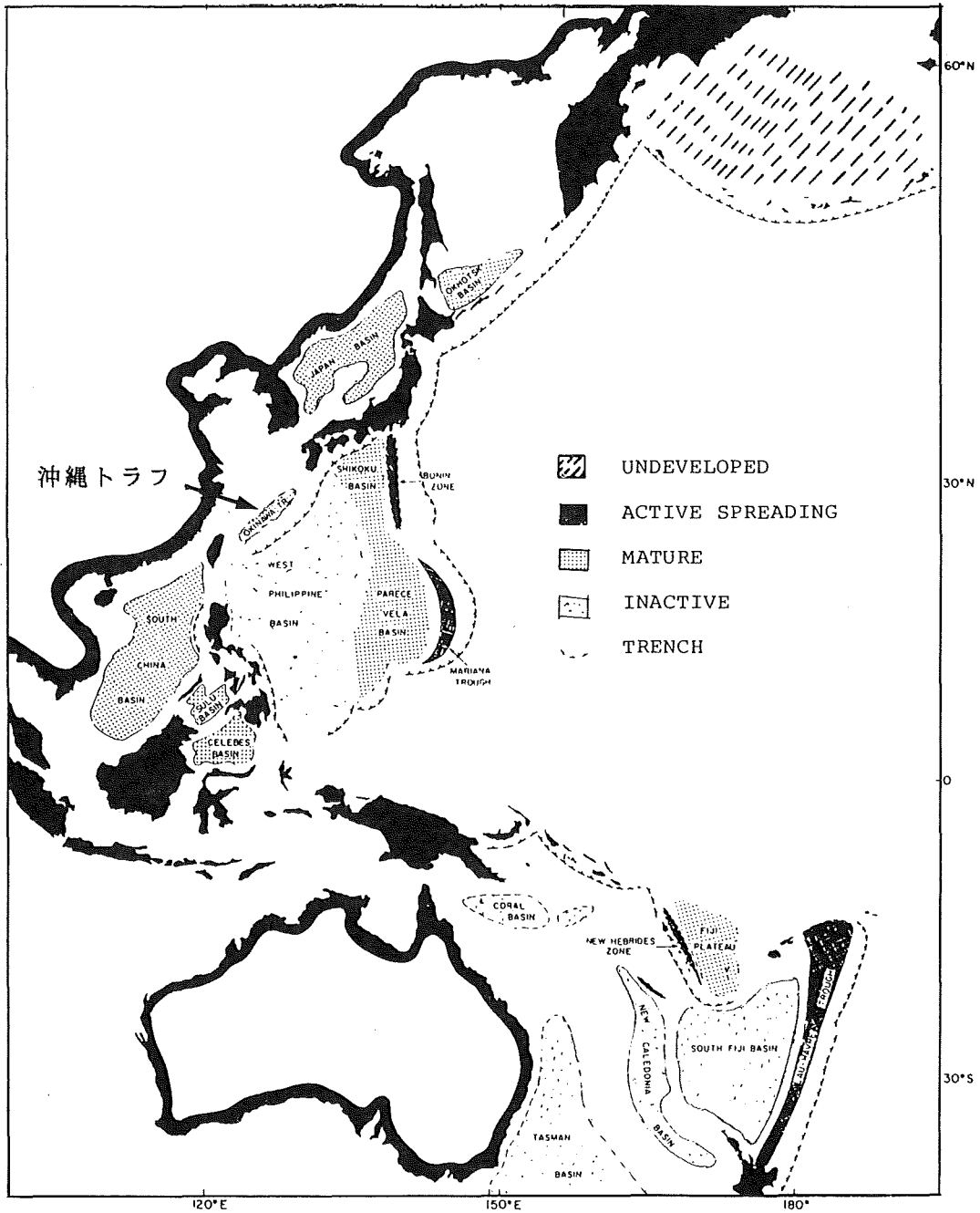


Figure 1 Marginal basins of the Western Pacific, classified by evolutionary stage.  
(after M. N. Toksöz & P. Bird 1977)

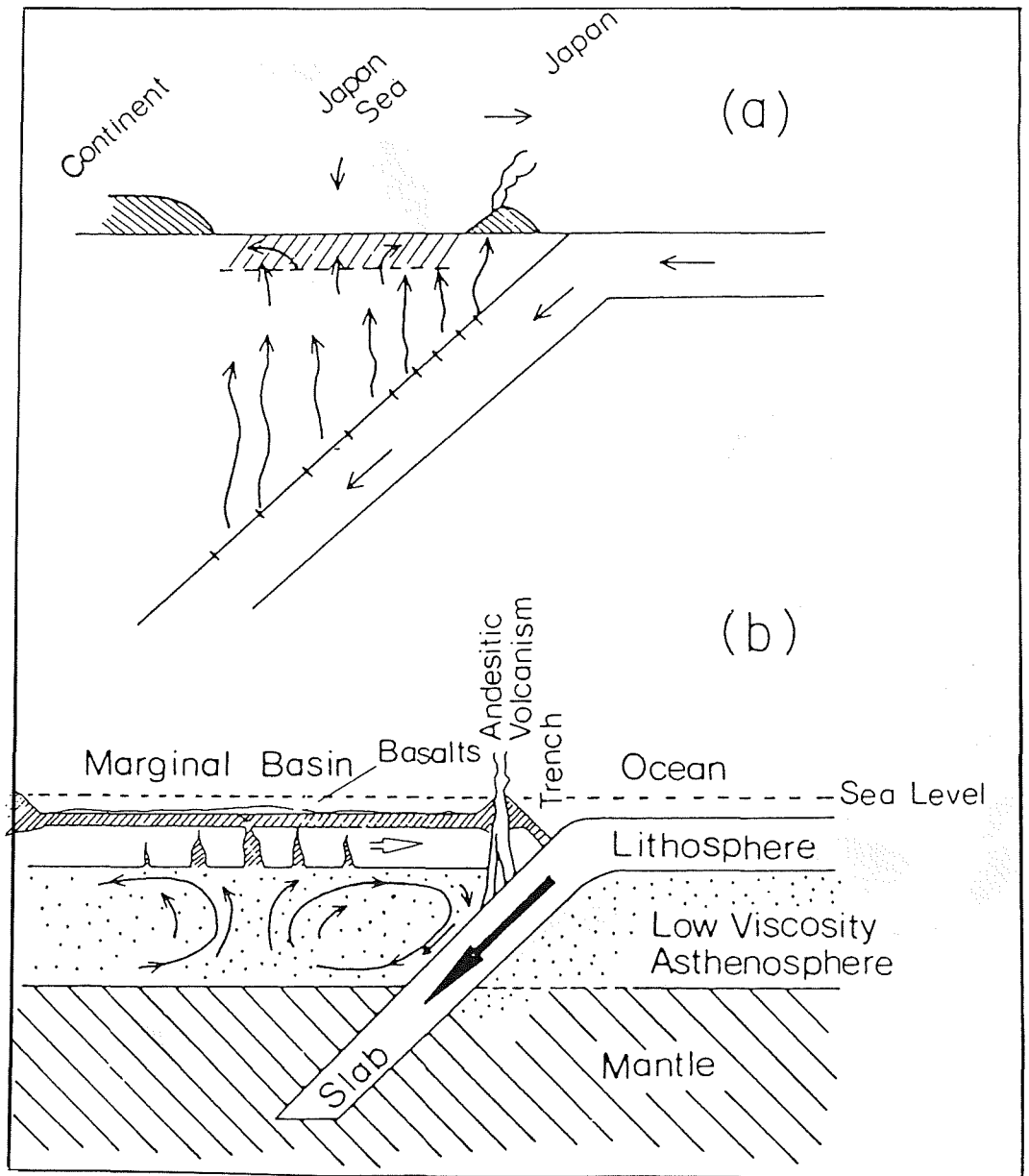


Figure 2 Two possible types of back-arc opening. (a) Frictional model (Matsuda and Uyeda 1971)

(b) Secondary flow model (Sleep & Toksöz 1973) (after S. Uyeda 1977)

胎の可能性が指適されてきた<sup>19)</sup>。沖縄トラフは琉球弧の背後に存在する背弧海盆であって、近年、しだいにその全貌が明らかになってきた<sup>10)</sup>。トラフの幅は約100km、延長が1000kmの細長い凹地で南部、台湾近傍で深く、しだいに浅くなりつつ九州西方に至る。沖縄トラフ内では高地殻熱流量値が測定、報告されていることから<sup>21)</sup>、熱水鉱床の存在も期待され、我が国のみならず各国の調査、研究が活発に行なわれている<sup>20)</sup>。縁海の中にある海盆については、Toksöz (1977)<sup>14)</sup>によれば4つのタイプに分類可能とされ、未発達型、

活発拡大型、熟成型、及び不活発型に分けられている。東シナ海の中のMarginal Basinで、かつ背弧海盆としての性格を持つ沖縄トラフは、これまでの種々の調査結果から、末発達型海盆から、今まさに活発拡大型に転じつつある海盆であり、背弧海盆として初生的な海洋性地殻を形成しうる場所と考える人が増えてきた<sup>10)</sup>。沖縄舟状海盆(トラフ)の最深水深値を示す付近は、海底の陸性地殻が引き裂かれ、新しい海洋性地殻が形成されているという見方<sup>10)</sup>がある一方、沖縄トラフの拡大は開始されたばかりであって、東海陸棚の基盤を構成する陸性地殻が薄くなっているものの、未だ新しい海洋性地殻がトラフ中央に形成されるまでに至っていないという見方もある。海盆底の水深の増大と海洋性地殻の形成は相関関係があると言われるが、沖縄トラフの海底下の地殻の性質については、現在いくつかの仮説の検証中といえよう。

最近、上田らは<sup>11)</sup>は潜水調査船「しんかい2000」の調査結果から、今回の調査域よりやや東側のトラフ軸部にある火成岩体を、約20万年前に形成された石英安山岩～安山岩であると報告した。その場所の西側ではソレアイトに近い高アルミ玄武岩の報告もある<sup>12)</sup>。地質調査所は、このすぐ北側の海山より80万年前後の流紋岩～安山岩を採取、報告している。これらが事実とすると、トラフ中央部の非常に狭い場所にパラエティに富む火成岩の産出が見られるわけで、この付近に大陸性地殻が存在することと、背弧海盆の形成に伴う火成活動の時間的、空間的変遷が複雑である事を示唆している。現在のところ、沖縄トラフが末発達型海盆から活発拡大型海盆へと転じつつあるという認識は、これらの種々の観測データから受け入れられつつある。

## 2. 調査の方法

海上保安庁水路部は昭和59年6月～11月にかけて測量船「拓洋」2600総トン)により、縮尺1/50万の大規模調査の一環として、沖縄トラフ南西部海域の地形、地質、地球物理学的調査を実施した。調査海域は南西諸島南端部から東海陸棚の南西部を含む北緯24°線、東経125°線、及び隣接国との中間付近の線で囲まれた海域である。この海域内には南西諸島の最南端部分にあたる先島群島(石垣島、西表島、波照間島、与那国島など)、沖縄トラフ南西部、尖閣諸島(魚釣島、黄尾嶼、赤尾嶼など)、及び東海陸棚の南西部などが含まれている。面積的に約半分を占める東海陸棚は単調、平坦な地形を示し、残りのトラフ、島弧部が地形的レリーフを与えている。第3図に調査海域と沖縄トラフを含む東シナ海海域、南西諸島、南西諸島海溝(琉球海溝)などを示す。また、第4図には海底地形鳥瞰図を示してある。

調査において最も重要である船の位置決定にはロランCを $\rho-\rho$ モードで使用した上、NNS測定値と比較した後、ミニコンピュータにより最確値を求められる拓洋搭載の複合測位装置(Integrated Navigation System)を用いた。調査海域はロランC従局の一つが沖縄にあるため、双曲線モードによる使用が難かしい。このため調査時には北西太平洋チェーン(SS3-9970)と韓国チェーン(SH3-5970)を併用した。海底地質構造の探査にはシングルチャンネル、またはマルチチャンネル(12ch)ストリーマケーブルによる深海用音波探査装置を用い、良好な記録を得た。マルチチャンネル音波探査データは後処理により、深部までの構造を明らかにするため、デコンボリューション、マイグレーション、深度変換などの処理を行なった。また、海底堆積層の速度解析を5km間隔で、速度コヒーレンスのコンター図による手法で行ない、他の調査結果で得られた速度値を参考にし、堆積層の速度構造を求めた。

また、海上磁気測量、海上重力測力、及びドレッジ、コアラーによる底質採取、並びに深海カメラによる海底の撮影を実施し、重要なデータを得た。

測量海域では大きな地形、構造単元がほぼ東西方向に配列するため、調査測線はそれらを横断する南北方

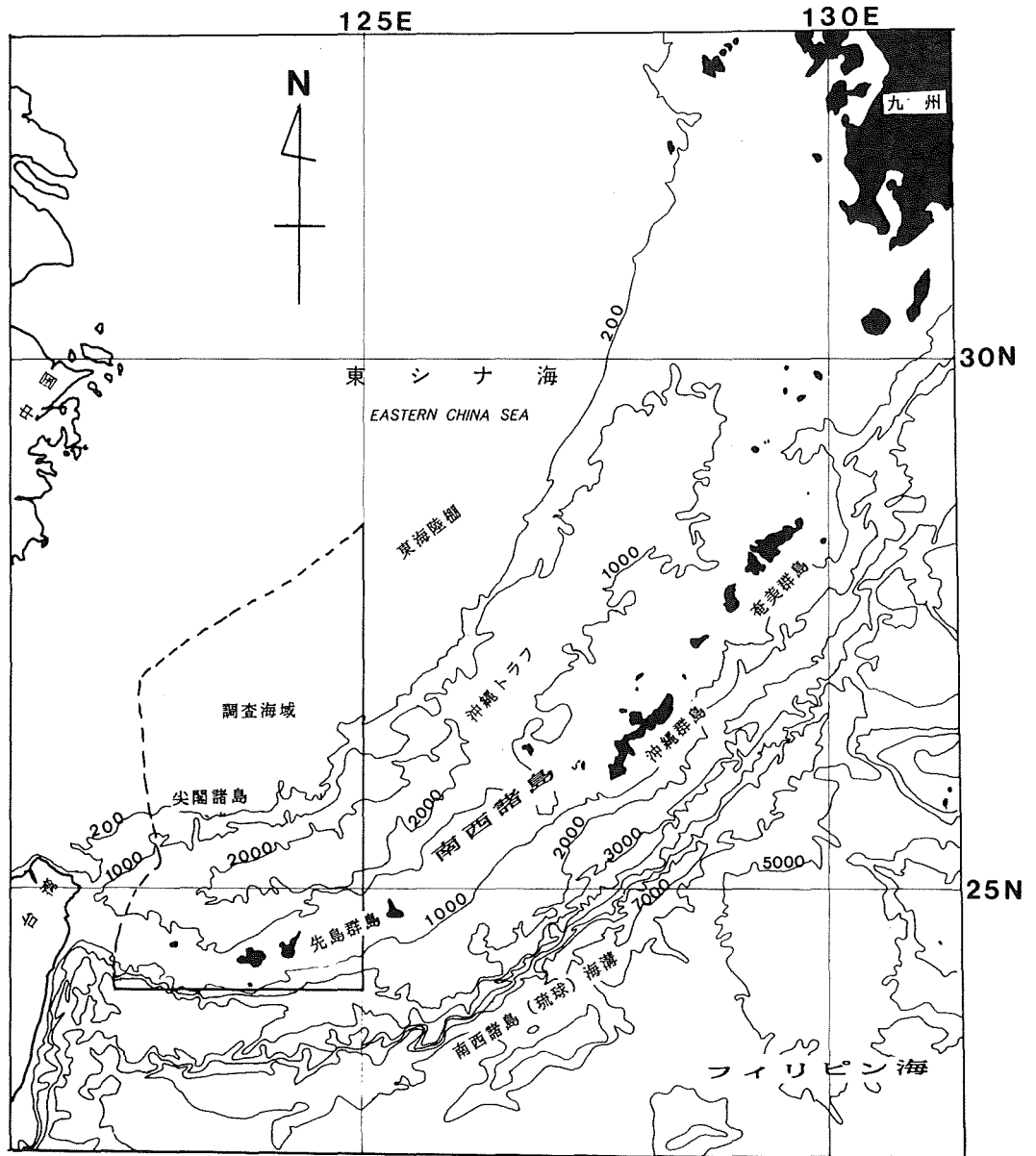


Figure 3 Eastern China Sea, Okinawa Trough, Nansei-shotō (Ryukyu Islands) and surveyed area. (from nautical chart 1004, HDJ)

向を主とし、その間隔は5マイルとした。また、特に興味深いトラフ中央部では、その形態、構造をより詳しく知るため、軸方向に平行な約1マイル間隔の測量を行なった。第5図にはこれらの測線に、さらに以前実施した縮尺1/20万の大陸棚の海の基本図測量の測線を加えて示してある。

今回の作業の実績としては、調査測線4650マイル、マルチチャンネル音波探査測線250マイル、ドレッジ5地点、コア1地点、海底写真撮影3地点などが挙げられる。

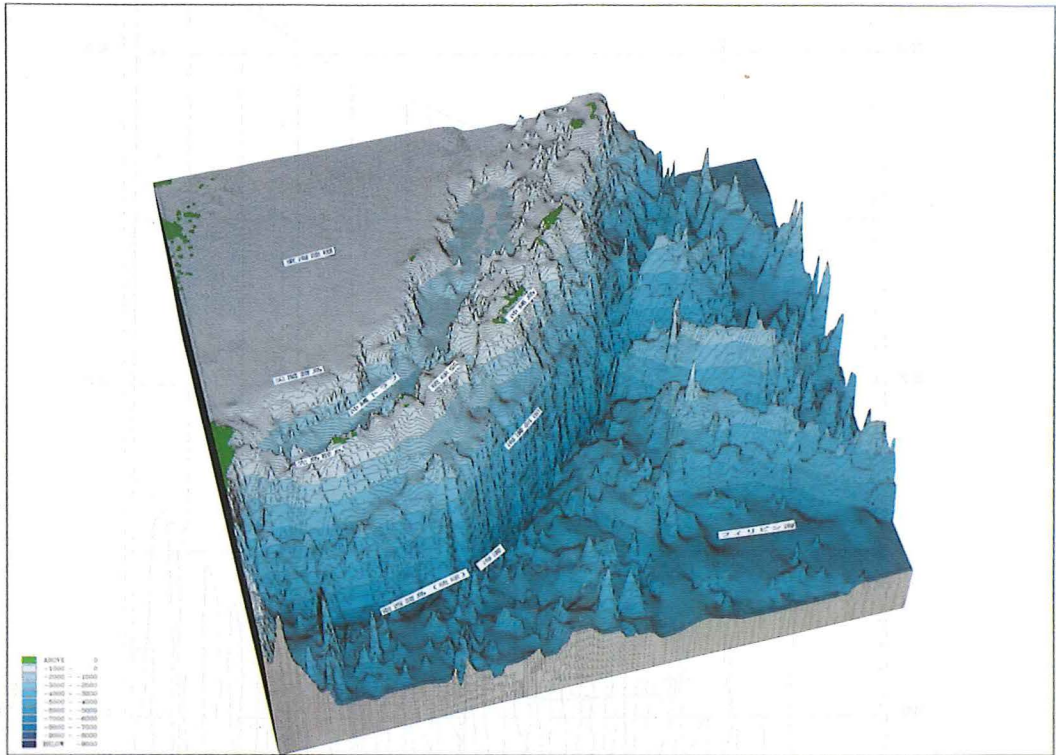


Figure 4 Bird eye's view map of adjacent area of Okinawa Trough.

### 3. 海底地形

第6図に今回の調査結果から作成された海底地形図を示す。これによると、調査海域は大きく北半分を占める東海陸棚部と、南半分を占める沖縄トラフ及び南西諸島の部分に分けられる。海域内の東海陸棚は水深100~200mでほとんど水平に近い平坦な地形を示し、一部に断層による小崖や緩い凹地が見られる。海底表面は現世の砂、泥を主とする沿海性堆積物で覆われている。

陸棚南側の縁辺部には尖閣諸島など、小規模な地形の突出が見られる。この縁辺部の傾斜変換地点は水深200m前後で、陸棚はここから不規則な凹凸を示しながら水深2000m台のトラフ底へと下っている。この斜面をここではトラフ斜面と呼ぶことにする。トラフ斜面には何条もの顕著な海底谷が刻み込まれている。これらの谷は陸棚上、又は陸棚傾斜変換点から始まり、トラフ斜面末端をへてトラフ底に至るV字、又はU字谷の形態を示し、陸棚上の堆積物をトラフ底にまで運搬する経路としての役割をはたしているらしい。

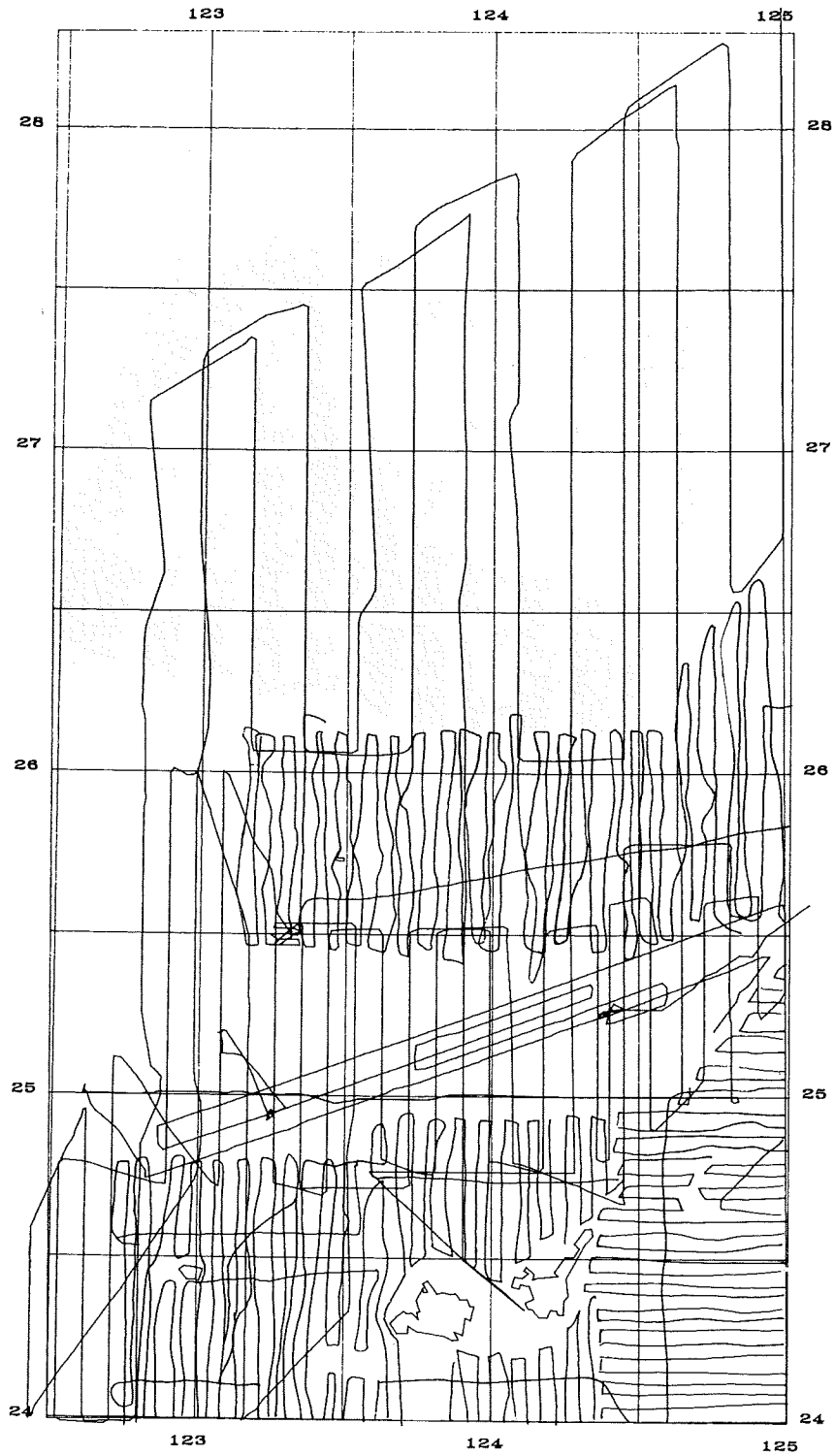


Figure 5 Map of survey lines in southwestern part of Okinawa Trough area by Hydrographic Department of Japan.



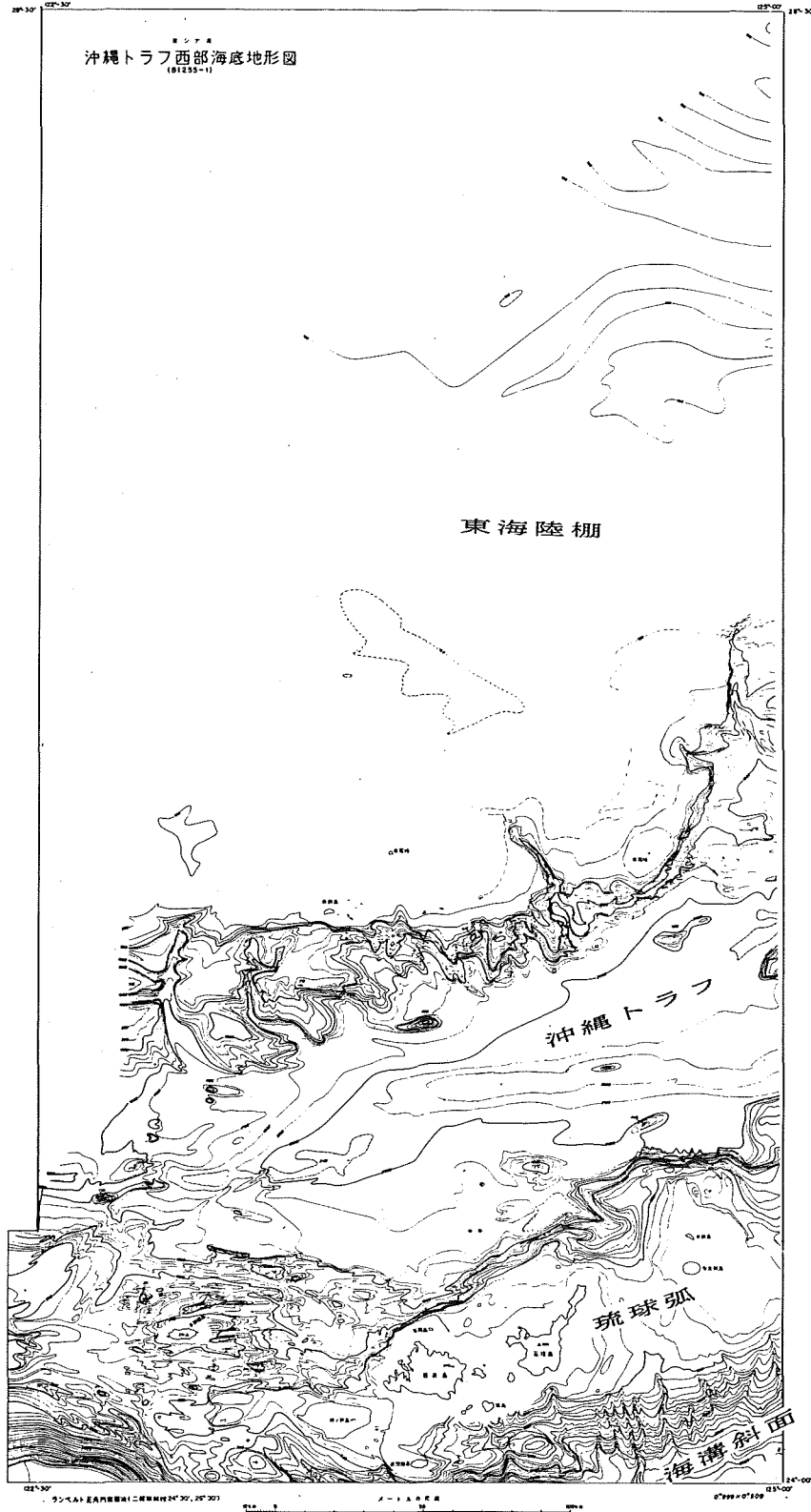


Figure 6 Bathymetric chart in western part of Okinawa Trough (contour interval 100m)

トラフ付近には今回の調査結果から、種々の海底地形が確認できた。それらの地形には便宜上、仮称名を付与した。第7図に仮称名を付した地形を示す。トラフ斜面を刻む海底谷については、西より西魚鈎海底谷、南西魚鈎海底谷、魚鈎海底谷、黄尾嶼海底谷、東黄尾嶼陸棚谷、北赤尾嶼海底谷、北東赤尾嶼海底谷と仮称した。この中で東黄尾嶼陸棚谷は谷の流路が長く、谷頭が明らかに水深100m付近の陸棚上にあり、陸棚を刻みながらトラフ斜面を下るため陸棚谷と呼ぶ。この谷と西魚鈎海底谷は東海陸棚上の凹地の方向に谷頭部の延長がたどれ、トラフ斜面の海底谷と連続する埋積陸棚谷の存在も予想され興味深い。

トラフ底はほぼ平坦な海盆底を形成するが、前述のように調査海域のトラフの中央部には、断続的に雁行する中軸部地溝帯が存在する。これは、階段状の正断層性地形で両側壁が形成され、中心部が最つとも深くなった地溝状を示している。これは、その形態から陥没地形と考えられる。この中央部の陥没地溝帯(グラーベン)とトラフ中に存在する独立した小海丘の分布が今回の調査結果の中で最も注目値する。本調査海域内には沖縄トラフの最深部があると推定されていたが、今回の調査での水深2294mの測深値が得られた八重山中央海丘の西側にあるグラーベン内の測深地点が最深地点である。グラーベンでは両側からトラフ底が傾斜沈降しているが、場所によっては顕著な階段状断層がグラーベン両側側壁を形づくっている。この断層は多い所では8~10段を数え、各落差はほぼ10m前後のものが多い。しかし階段状断層が認められない部分、又は1~2段ほどで落差が小さい所、逆に大きい所もある。これらはグラーベンの形成過程の地域的差異を示しているであろう。調査域内でグラーベンは3つの不連続部に分けられ、各々を与那国グラーベン、八重山グラーベン、先島グラーベンと仮称した。宮古海山の南側にもグラーベンが存在するが、大部分が区域外であるため仮称名を付さなかった。このグラーベンの内部又は外部平坦部にはいくつかの小海丘が点在し、それらを西から与那国海丘、西魚鈎海丘、魚鈎海丘、石垣海丘、多良間海丘、南赤尾嶼海丘と仮称した。トラフ中央の東側海域にはこれまで小野寺海山と仮称されていた<sup>10)</sup>海山が一部見られるが、海底地形名の命名には人名を避け地理的名称を優先して付与するというルールがあるので、新に宮古海山と仮称した。琉球弧側トラフ斜面には第1与那国海底谷、第2与那国海底谷、水納海底谷と仮称した谷も確認された。トラフ中央からグラーベンの雁行配列はトランスフォーム断層でズレているという見方もあったが、トランスフォーム断層の存在は認められなかった。エシェロン状に東北東に続くこのグラーベンの分布は、沖縄トラフに働くといわれる、南北方向の伸張力の結果、中央弱部が裂けたためとも見られる(Letouzey & Kimura (1985)<sup>10)</sup>) が、さらに単純に、異常に早いトラフ中軸部下部の沈み込みによる陥没地形と見ることもできる。この点についてはさらに後で詳しく述べたい。

Table 1 Correlation table of submarine geological stratigraphy in adjacent survey area.  
The surveyed area is as same strata as this table. (after S. Kato et al, 1982)

		Central Ryukyu Islands	Off Okinawa Island	
			Knoll zone	Other area
Quaternary	Recent	Ryukyu Group	Co formation (Volcanics)	Ao formation
	Pleistocene			Bo formation
Neogene	Pliocene	Shimajiri Group		Bo formation
	Miocene			
Pre-Neogene		Basement	Co formation	Co formation

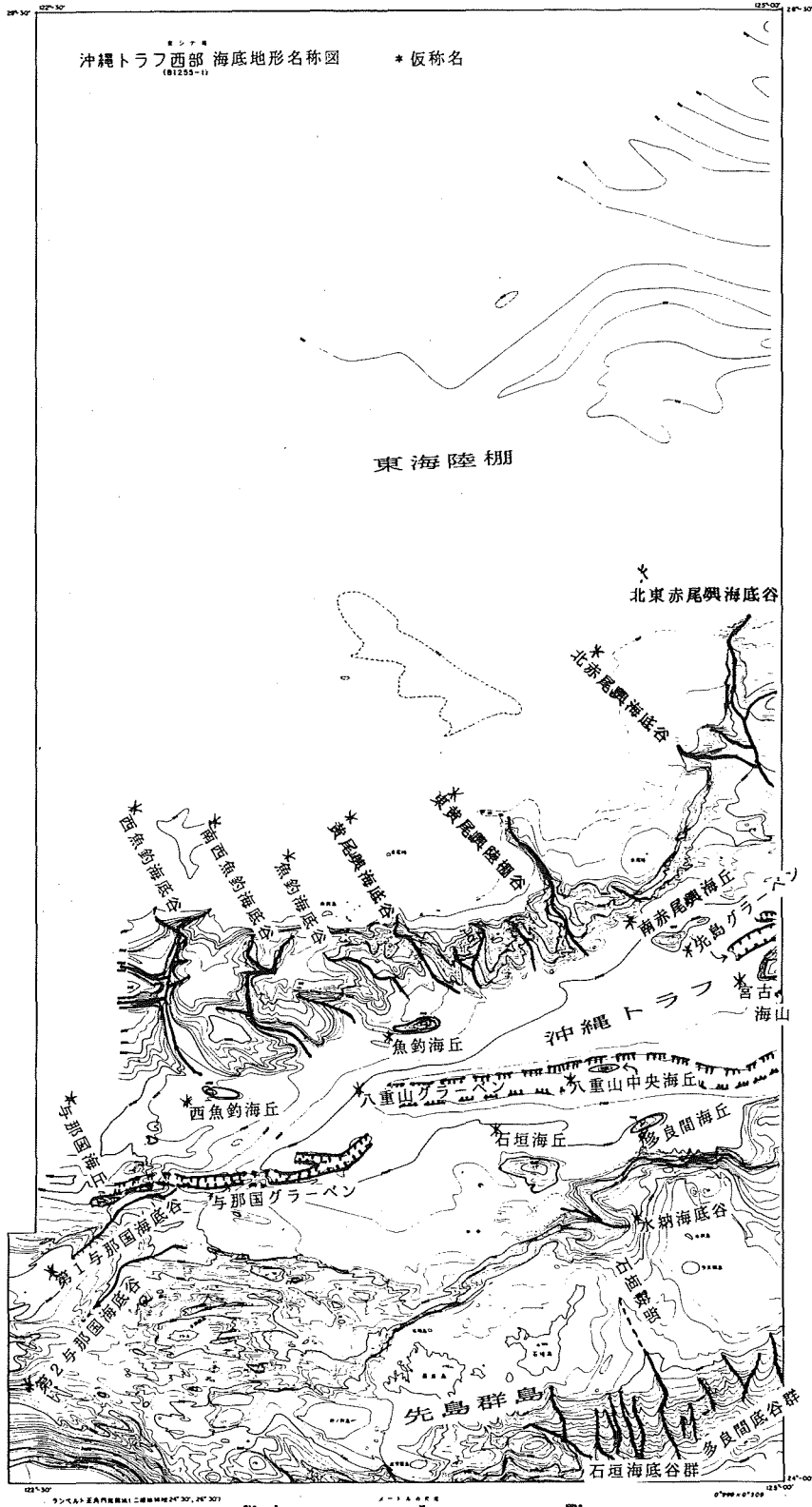


Figure 7 Map of geographical name in western part of Okinawa Trough (\* means tentative names)

トラフの西端、台湾に近い部分ではトラフ底がしだいに浅くなり、かつ地形の起伏も激しくなる。この付近には台湾側から東に流れる谷（第1与那国海底谷、第2与那国海底谷と仮称）などもあり、又与那国グラーベンの西方延長が西方向に連続するのが認められた。西表島より西側の琉球列島南西端部はそれ以东の部分と形態を異にし、起伏の激しい基盤の凹凸からなる、複雑で細かな地形となる。地形の東西方向の規則的配列も認められるが、ここは構造運動により細かく破碎されつつある基盤による島弧の先端部と考えられる。西表島より東側の先島群島には水深約500mの島棚が群島の周囲に広がっている。しかし石垣島と多良間島間では島棚が石垣鞍部で途切れる。この付近の南側は南西諸島海溝の陸側斜面となり、水深2500mに深海平坦面である八重山海盆（仮称）がある<sup>9)</sup>。海溝斜面上部から、深海平坦面までには約10本のGully（ガリ）（大陸棚または大陸斜面の上にある軟らかい堆積物を刻む小さい谷）が刻み込まれている。これらは石垣鞍部より西側のものを石垣海底谷群、東側のものを多良間海底谷群と呼び、主要な谷には名称が付けられている<sup>9)</sup>。八重山海盆は南西諸島海溝の前弧海盆と見られ、相馬ら（1979）<sup>9)</sup>によれば、堆積層厚が4000mにも達すると言われる。また、本調査海域の南西隅にも水深3600mの平坦面を作る海盆の一部が見られる。

#### 4. 地質の分布と構造

調査海域内では第8図及び第2表に示すとおり水路部や他機関により、いくつかのサンプルが得られている。東海陸棚及びトラフ底からのサンプルは主に未凝固の砂、泥、貝殻片などである。写真1、2にトラフ底の軟泥質堆積状況を示す。今回、トラフ中軸部のグラーベン内にあった八重山中央海丘から両輝石安山岩を多量に採取した。また、その産状を示す海底写真の撮影に成功した。写真3、4に海底写真を、5、6にサンプルの顕微鏡写真を示す。

東海陸棚については、既に先中新世の基盤が準平原化作用を受けた後の大きなうねり、構造が確認されており、台湾一宍道褶曲帯と呼ばれる<sup>9)</sup>。その上部を後期中新世～鮮新世の厚い堆積層が覆っている。さらにその上に第四紀堆積物が覆い、平滑な海底を形成している。今回のシングルチャンネル音波深査結果によれば、東海陸棚では厚い上部部堆積層が水平堆積し、下部で大きな向斜を形成しているのが認められた。また、陸棚外縁付近の傾斜変換部では下方から堆積層が急激に持ち上った顕著な背斜構造を示し、その南側は多くの断層線崖でずり落ちた崩壊地形を示しつつトラフ斜面に移っている。第9図にシングルチャンネル音波深査記録を示す。

陸棚縁辺付近では中新統以下の基盤が五島一尖閣隆起帯と称される背斜構造を作っている。この隆起帯は陸棚の堆積物をトラップする構造的なダムとなっている。隆起帯の一部の浅所は尖閣諸島として現われている。尖閣諸島の魚釣島は閃緑岩類と第三系（？）夾炭層、黄尾嶼は玄武岩、赤尾嶼は輝石安山岩からなると言われる<sup>9)</sup>。トラフ斜面は傾動した地塊が断層や裂隙で分裂しながらトラフの底に至っている。

沖縄トラフ内には厚い堆積物がトラップされ、中央が窪んだ堆積盆地となっている。トラフ軸部ではさらに落ち込んだ地溝帯が東西に延びている。トラフ内の地層は最上位層A層（約1.8～2.1km/s層）とその下位の層B層（2.8～3.6km/s層）及び4.6km/s層以上の速度を示す音響的基盤C層とに分けられる。最上位層とその下位の層の間には一部にはっきりした傾斜不整合が認められる。また、下位層と音響的基盤との間は、はっきりした層相の差があり、不整合関係と考えられる。

トラフ中央部分には厚い堆積層が存在し、基盤は深部に沈下しているように見えるが、所によっては音響的不透明層が下方より上部に突き上がった形態を示す個所がいくつかある。また、堆積層内部に異常に強い反射面を含む部分が存在し、明らかに通常海底堆積物とは異なる局所的異常を示す。これらはあまり広がり

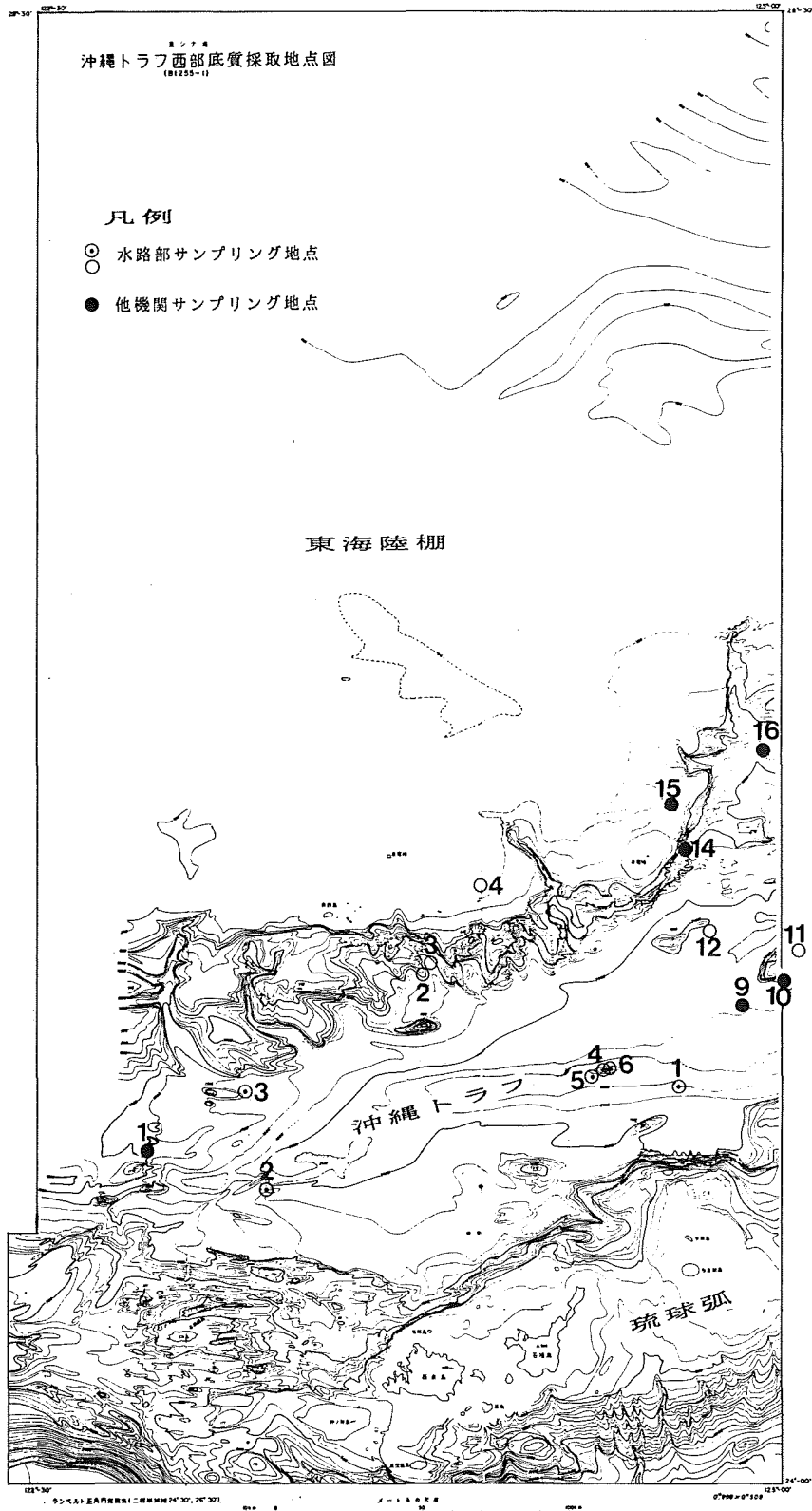


Figure 8 Bottom sampling map in western part of Okinawa Trough.  
(○, ● is sampled by HDJ, ● is sampled by other organizations)

Table 2 Bottom sampling list by dredge hauls and corings in the surveyed area  
by Hydrographic Department and other organizations.

採泥年月日	識別番号	採泥場所	経緯度		水深 (m)	底質記載 (海図図式記号)		備考
			北緯 (度, 分)	東経 (度, 分)				
59.7.3	5903D1	沖縄トラフ西部軸部内	25°13.0	124°39.0	2200	泥 (灰茶色)	M	第3回大陸棚調査1◎
59.11.12	5903'D1	沖縄トラフ西部	24°56.6	123°14.6	1805	泥, 粘土 (灰~茶褐色)	M, Cy	第4回大陸棚調査2◎
59.11.12	5903'D2	沖縄トラフ西部	25°11.7	123°04.4	1380	泥 (黄褐色)	M, Cy	3◎
59.11.13	5903'D3	沖縄トラフ西部小海丘	25°15.9	124°23.9	2054	岩(1) (黒褐色), れき	R, G	4◎
59.11.13	5903'D4	沖縄トラフ西部小海丘	25°15.3	124°22.1	2280	泥	M	5◎
59.11.13	5903'C1	沖縄トラフ西部軸部内	25°16.2	124°24.1	2280	泥	M	6◎
既存資料	GSJ 196	沖縄トラフ	25°00.2	123°40.0	2070	砂, 泥	S, M	地質調査所 1●
	JHD IS-2	陸棚斜面下部	25°33.8	123°47.9	1400	泥, 粘土	M, Cy	水路部 2◎
	JHD IS-1	南小島斜面下部	25°35.1	123°50.0	1530	泥, 粘土	M, Cy	" 3◎
	JHD IS-3	東海陸棚上	25°49.8	124°00.0	139	砂 (茶色), 貝殻片, 珊瑚	S, Sh, Co	" 4◎
	ORI 61	東海陸棚上	27°46.8	123°48.0	96	砂 (灰緑色)	S	東大海洋研 6●
	ORI 60	東海陸棚上	27°49.0	123°47.8	100	砂 (灰緑色)	S	" 7●
	GSJ 192	東海陸棚上	25°50.9	124°29.8	250	貝殻片, 珊瑚片	Sh, Co	地質調査所 8●
	GSJ 198	沖縄トラフ	25°27.0	124°53.4	2100	粘土 (灰色)	Cy	" 9●
	GSJ 199	宮古 (小野寺) 海山斜面	25°33.0	125°01.0	1150	岩(2), れき	R, G	" 10●
	JHD IS-7	宮古 (小野寺) 海山頂部	25°37.1	125°08.0	1070	岩(3), 泥, 粘土	R, M, Cy	水路部 11◎
	JHD IS-5	沖縄トラフ内小海丘	25°41.0	124°36.2	2000	泥, 粘土	M, Cy	" 12◎
	ORI 69	赤尾礁東方斜面	25°55.9	124°40.2	907	岩(4)	R	東大海洋研 14●
	JHD IS-4	赤尾礁北東方	26°04.3	124°38.3	191	砂, 貝殻片	S	水路部 15●
	JHD IS-6	陸棚斜面下部	26°13.9	124°58.0	1480	泥	M	" 16●

備考 岩 (1) 両輝石安山岩  
 岩 (2) プロピライト, 石英閃緑岩, 安山岩, スレート, ホルンフェルス等  
 岩 (3) 安全岩 (?)  
 岩 (4) 輝石安山岩

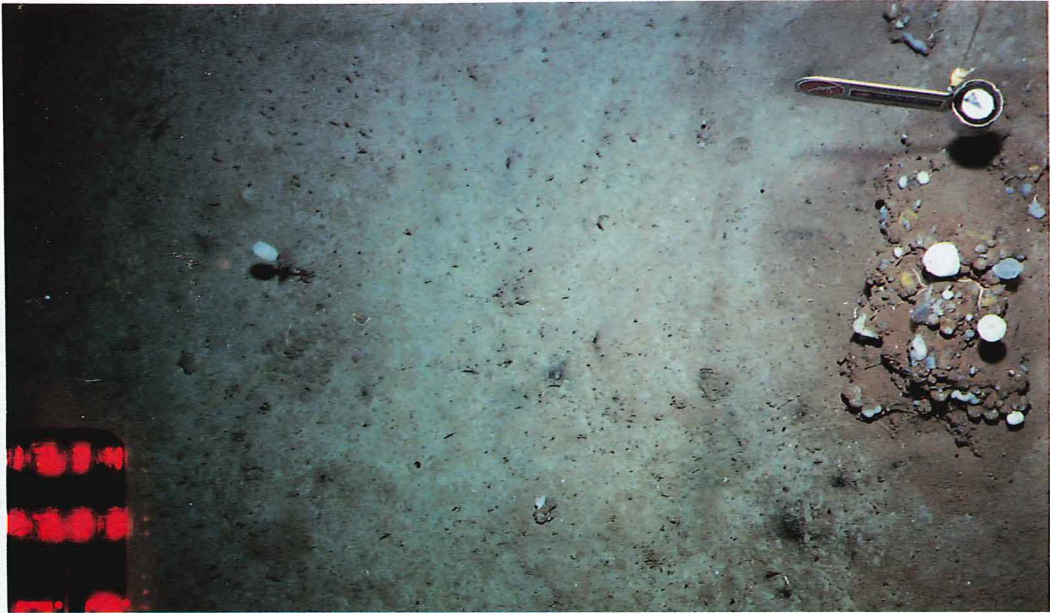


Photo 1 Sea bottom at the axial zone in Yaeyama graben of southwestern Okinawa Trough. Muddy sediment and its thrusting up feature is admitted (above right). White globe-like shapes are glassy sponges. Yellow spots are not sulfide deposit. An compass (above right) is app. 30cm in length. (25°13' N, 124°39' E, 2240m)

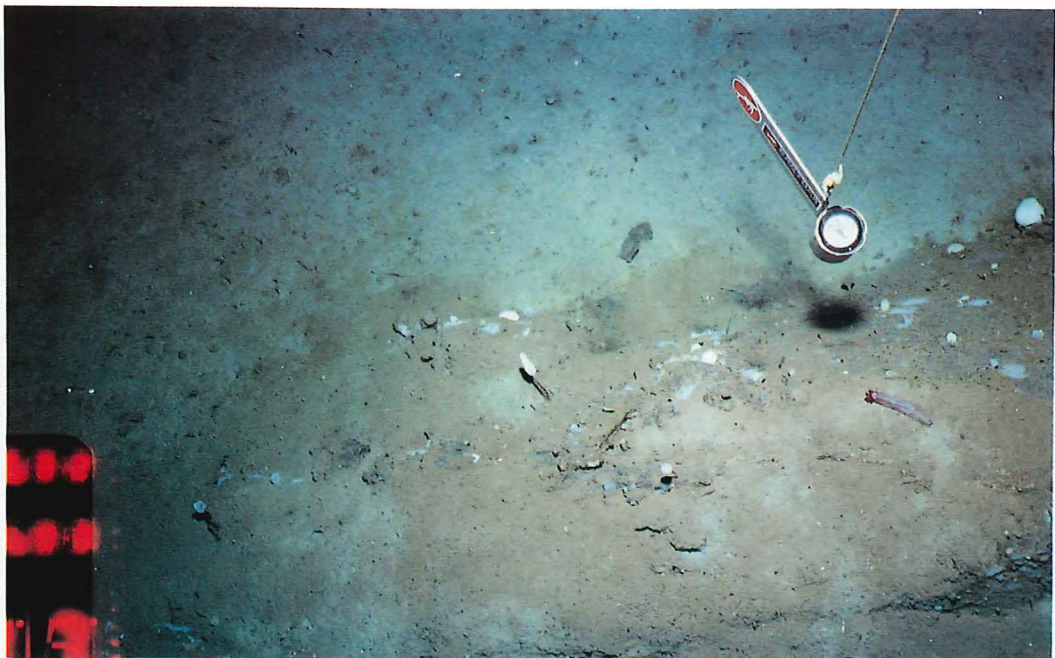


Photo 2 Almost the same site in Photo 1. An small mound with topographic lination (WNW-ESE) is admitted on the sea bottom. A dark brownish hard rock cropped out under yellowish brown mud. (25°13' N, 124°39' E, 2240m)



Photo 3 Sea bottom at Yaeyama graben. Deep sea shrimp is moving toward biological colony at left side. Flickering phenomena is observed over the biological colony in this photograph. (25°16'N, 124°24' E, 2050m)

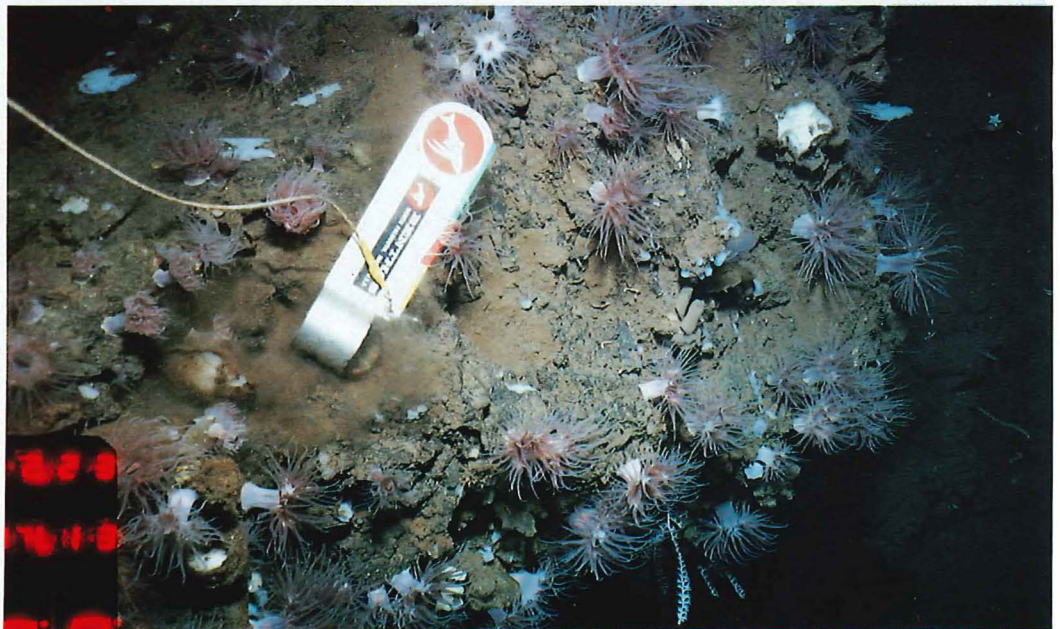
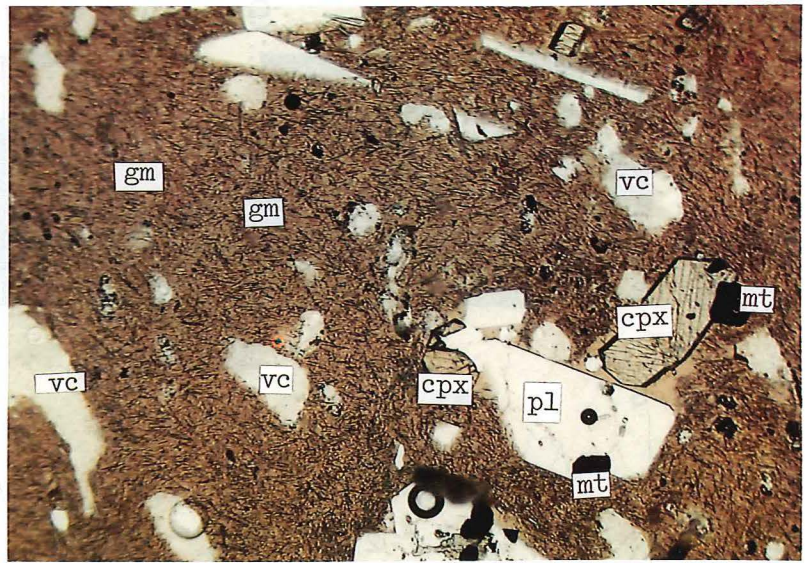


Photo 4 Almost the same site in Photo 3. Rocky Yaeyama central knoll projects into bottom. Brown mud slightly covered on the rock, and many Sea Anemones attached to rock surface. This rock is glassy two pyroxene andesite black in color. (25°16'N, 124°24' E, 2050m)





平行ニコル

0 0.5 1 mm

Photo 5 Photomicrograph of two pyroxene andesite collected from Yaeyama central knoll at Photo 4 site.

pl:plagioclase, cpx:clino-pyroxene, mt:magnetite, gm:groundmass, vc:vacancy (Open nicol)



直交ニコル

0 0.5 1 mm

試料番号 : 5903D03

岩石名 : ガラス質両輝  
石安山岩

写真内容 : 斑晶と石基

Photo 6 The same as Photo 5. Phenocrysts of plagioclase and clino-pyroxene, and glassy groundmass are shown. pl:plagioclase, gls:glass (Cross nicol)

9

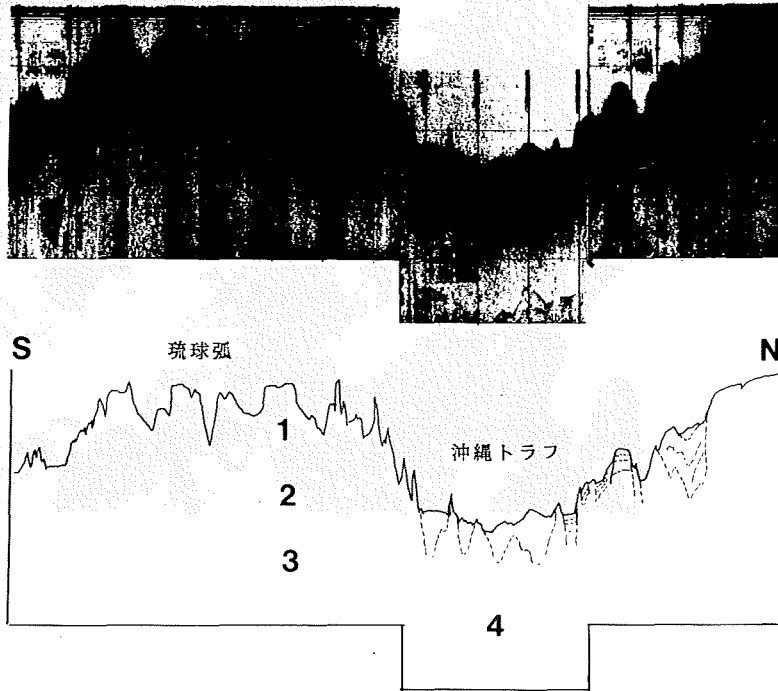


Figure 9-a Single-channel seismic reflection profile on No.9 line.

25

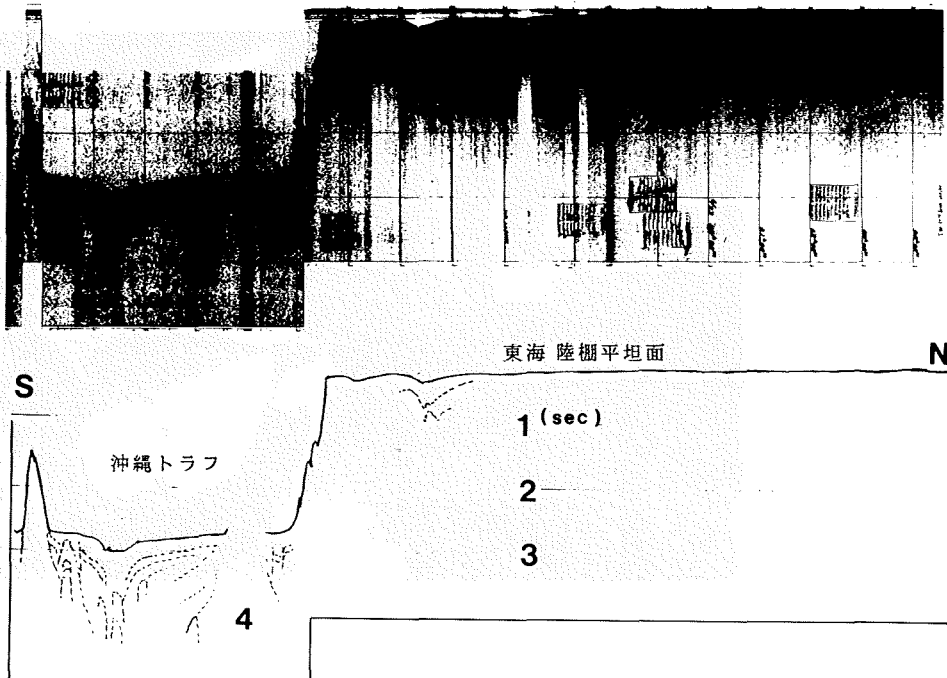


Figure 9-b Single-channel seismic reflection profile on No.25 line.

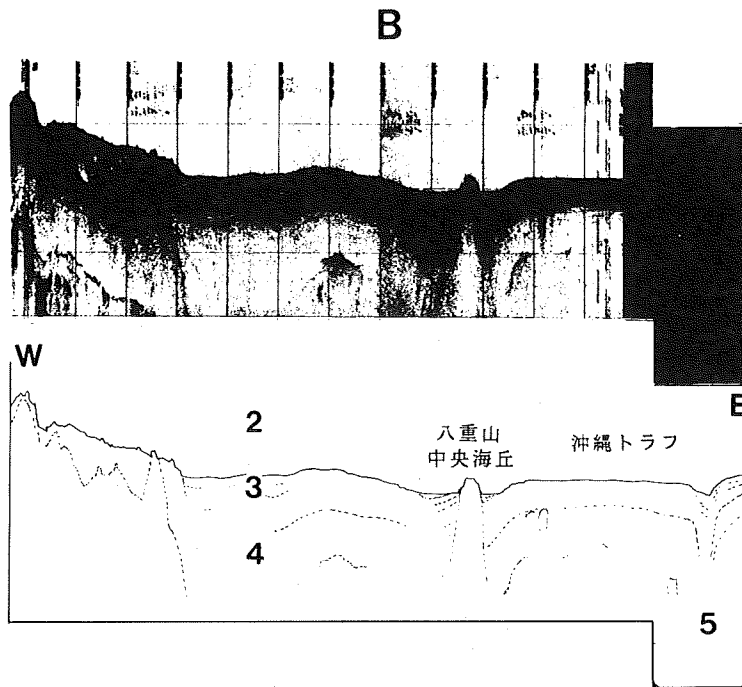


Figure 9-c Single-channel seismic reflection profile on No. B line.

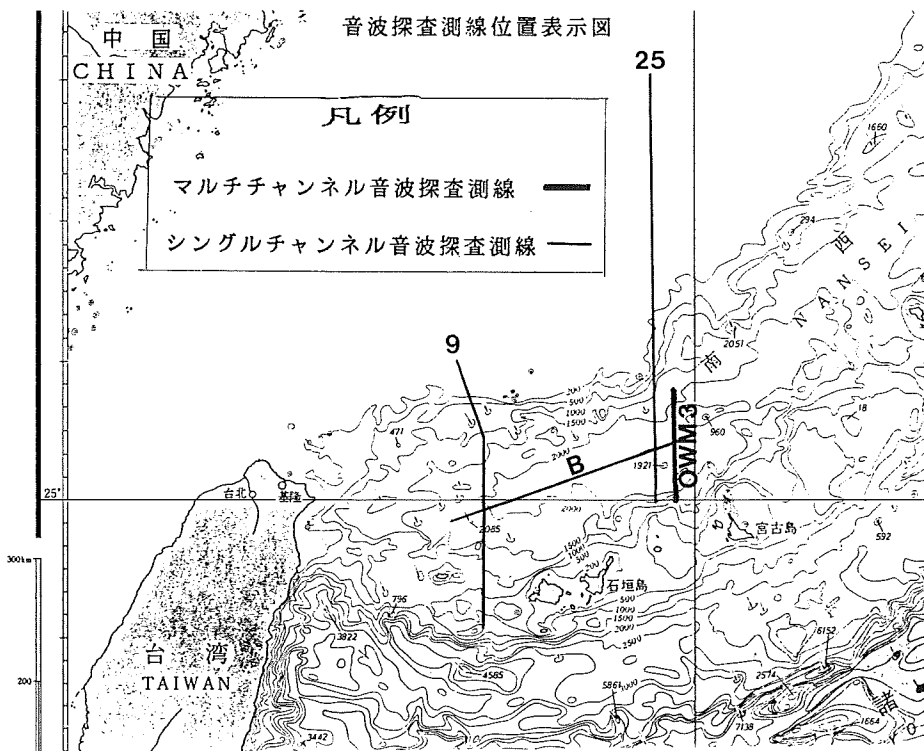


Figure 10 Location map of seismic reflection profiles in Figure 9 and Figure 11.

Table 3 Geological stratigraphy in Okinawa Trough Area. (after M. Kimura 1983)

年代	海原層群 (1000m以上)	台三島	琉球列島	五島列島	西北九州	中九州	伊予讃山岳	近畿設楽
MYBP 001	完新世 Q3	沖繩層, カコ島	沖繩層, カコ島	三冲不復層	冲不復層	三冲不復層	三冲不復層	三冲不復層
01	更新世 後期 Q2	小笠原石灰岩	琉球層群	大陸系玄武岩	大陸系玄武岩	琉球系安山岩	琉球系安山岩	
07	更新世 中期 Q2				山陵系安山岩	山陵系安山岩		
2	更新世 前期 Q1	嶺南山層 (B)			口上津層群	大分層群	高沢層群	大阪層群
5	新第三紀 魚新世 P	苗葉層群	島尻層群	大陸系玄武岩	大陸系玄武岩	大陸系玄武岩		古琵琶湖層群
9	新第三紀 中期 M3	三山層群	阿良岳層 (79-77)	有川層	天童岳層	松浦山岳系 (大陸系)	早戸層	下大阪層群
13	新第三紀 前期 M2	河止層群			五島新期	野島山岳系 (大陸系)	玖波前中工層群	北谷層群
16					五島新期	野島山岳系 (大陸系)	石鏡層群 SA	二上層群 SA
23			八里山層群 (B)			野島山岳系 (大陸系)	石鏡層群 SA	藤原層群
36	古第三紀 中新世 B (角礫的) 基盤			対馬層群		相模層群		
65	古第三紀 白台新世	彩衣山層群	野原層 宮島層	嘉陽層		赤山層		
中生代		西村層群	富山奇層	名護層	花崗岩類	垣根層群		
230	古生代	大南澳層群	とんり層					

を持たず、その音波探査記録上の形態、既存の調査データなどから地下深部より上昇したマグマ、もしくはそれに由来するガス、熱水などの揮発性物質が堆積層中に浸透して形成された異常部分である可能性が高い。測線25のトラフ軸部内にも下方から上昇したような形を示す反射層が数箇所認められ、一部は地表に達していた。この地点の海底写真を写真1, 2, に示すが、それは、この泥質堆積盆に地下から何らかの噴出があったかの様な形態を示している。

トラフ中央部で堆積層が厚いことは、その部分の沈降と層厚が相関する事を意味している。さらに堆積層が両側から中軸に向かって下方撓曲おり、その撓曲の先端部が所によっては数段の階段状断層を伴う陥没地溝(グラベン)を形成している。この断層は各々、数m~数10mあり、走向方向はほぼ東西を示している。

第11図は東経124°10'の線に沿うマルチチャンネル音波探査記録である。記録は沖繩トラフの中を南北に縦断する区域東側のもので、赤尾嶼南東方の陸棚下部から宮古島北西の島棚下部に至っている。トラフ底は水深2000~2100mの平坦面がほとんどで、中軸部でやや深くなっている。中央凹地には両斜面からの音響的基盤の延長が見られ、その上位に厚さ約2kmの層理面の不明瞭な堆積層が乗っている。変形の少ないこの堆

Figure 11 Multi-channel seismic reflection profile on OWM 3 line.

積層の上部はA層で第四系から上部鮮新統と考えられ、下部の層はB層として基盤の凹みに堆積する2.8~3.6 km/sの層である。B層内の強反射面は平行不整合面又はガスハイドレート層<sup>9)</sup>と推定される。南側の基盤は断層により起状が大きい、その上面は堆積物で埋積され平坦な海底となっている。この基盤の速度は4.6 km/s以上に示し、恐らく火成岩を含む中新統又はそれ以前の層と考えられる。深部基盤の速度は5.0km/sに達する。

沖縄トラフ内の宮古海山（小野寺海山）からはプロピライト、石英閃緑岩、安山岩、スレート、ホルンフェルスなどが報告されている<sup>10)</sup>。この事から宮古海山はトラフが拡大した初期に中央に取り残された残存物（Remnant）と推定されている。水路部の調査では、八重山中央海丘から比較的新鮮な両輝石安山岩が採られた他、東側海域のトラフ軸部から軽石、輝石安山岩、変質玄武岩などが得られている。また、他機関での、沖縄島北方のトラフ中軸部の海山から石英安山岩～安山岩が、その近傍では流紋岩や安山岩、及び高アルミナ玄武岩が得られている。これらの結果を考えると沖縄トラフ中軸部には約100万年以前以降の多様な火成岩、深成岩及び変成岩が混在している。これらが事実とすると沖縄トラフが末発達型から活発拡大型 Marginal Basinに転じた後、古期岩類（スレート、ホルンフェルスなど）の残存と塩基性～酸性の多様な岩石を産出させたマグマ溜りがトラフ下底に存在したか、している事を示唆している。今回の調査でこれらの事実とよく一致する音波探査記録や海底写真などが得られたが、この問題は今後さらに良く検討したい。

これまでの調査、研究から琉球弧の地質については西南日本から台湾まで帯状の地質分布が、吐喝喇海峡、慶良間海裂（ギャップ）でずれながら断続することが知られている<sup>11)</sup>。琉球弧の前面はフィリピン海プレートの沈み込む南西諸島海溝となり、そこが厳密な意味での島弧～大陸縁部を形成する陸性地殻とフィリピン海プレート形成する海洋性地殻との境界である。第12図には沖縄トラフ西部を横断する地殻構造を示すが、約6.5km/sの海洋性地殻が5.8~6.0km/sの陸性地殻の下にもぐり込んでいるのが示されている。海洋プレートの沈み込みに伴ない琉球弧の前弧には前弧海盆が形成されたと考えられており、今回の調査でも海側に傾動した上部層の堆積構造が音波探査記録で確認されている。

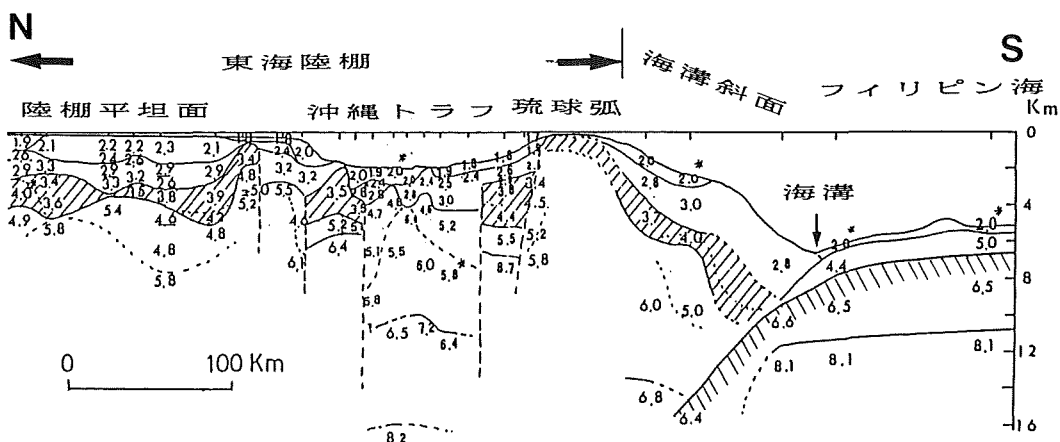


Figure 12 Crustal cross section compiled by using sonobuoy and two-ship refraction data. Numerals in crustal sections represent crustal sonic velocity (km/sec) (after M. Kimura 1983)

## 5. 地磁気異常及び重力異常

第13図に地磁気異常分布を示す。この図は、今回の測量結果と昭和50年～55年の水路部の測量結果により作成した。東海陸棚の平坦部では、波長数10km, 振幅200nT程度の地磁気異常が分布しているが、特に目立った方向性等は見られない。また、陸棚の縁にあたる尖閣諸島付近では、陸棚の縁に沿って小規模な貫入岩体の存在を推定させるような地磁気異常が分布している。

沖縄トラフでは、軸部の小海丘やその他の音波探査で確認できる貫入岩体に伴う小規模なダイポール状の異常が多数見出された。

琉球弧のトラフ側の島棚にも波長10km前後、振幅400nT程度の異常が分布しているが、これらは西表島より東の島棚にだけ存在し、同島の西では、島棚の地磁気異常は平坦で0～-50nTの値を示している。これらの地磁気異常については曲線照合法により、磁性岩体の位置、大きさ、深さ等を推定した。その結果、陸棚平坦部では磁気基盤の深さは5～10km程度、帯磁率はほぼ $1.5 \sim 10^{-3}$  emu程度で、中性ないし酸性岩に相当する。尖閣諸島付近の異常については、その原因は深さ2～5 km, 磁化率 $3.3 \times 10^{-3}$  emuの磁性岩体と推定される、やや塩基性の貫入岩体によるのであろう。トラフ軸部の異常については海底地形で確認できる海丘等がその原因岩体であり、磁化率は $3.3 \sim 4.5 \times 10^{-3}$  emuと推定された。多分これらもやや塩基性の貫入岩体と考えられる。

重力は西独のボーデンゼーク社製KSS-30型海上重力計により測定した。結果はフリーエア重力異常として第14図に示す。フリーエア異常は一般に地形と良い対応を示すと言われているが、沖縄トラフでは水深が2000m程度の凹所であるにもかかわらず、それに対応する負の重力異常は見られない。沖縄トラフの重力異常値は+10～20mgalの正異常であり、水深100～200m台の東海陸棚の重力異常値0～+20mgalとほぼ同じである。これらは約2000mの地形の高低差を打ち消す地殻構造の存在を物語っている。従来の屈折法地震探査による観測データによると、トラフ下部の2.1～5.0km/s層の厚さは約2kmで、その下に6.0km/s層（花崗岩質層と考えられている<sup>24)</sup>）が存在している。東海陸棚の下部の2.1～4.8km/sは約3 kmと厚く、その下に5.8km/sがある。これらから東海陸棚の厚くて軽い陸性地殻に比べ、沖縄トラフでは軽い地殻が薄く、その地下浅所に、やや比重の大きい層が分布している事が明らかである。しかし、トラフ軸部に産出する両輝石安山岩などSiO<sub>2</sub>の豊富な岩石の確認から、トラフの下には大陸性地殻が存在し、それが部分的に熔融し富SiO<sub>2</sub>の岩石を形成している。このため末だ沖縄トラフ南西部では海洋性地殻が形成されていないと考えられる。

## 6. 考 察

今回のナローマルチビーム測深機（シービーム）による調査で、沖縄トラフ南西部の地形が詳細に把握できた。その結果、トラフ軸部に複数のグラベンが存在し、それらがエシェロン状にトラフの延長方向に断続している事が明瞭に見出された。これらのグラベンの不連続部分にはトランスフォーム断層が存在するとの説もあったが、調査データにはトランスフォーム断層の存在を示す徴候は全く見られない。張力場にエシェロン状の割目が生じる事は良く知られており<sup>25)</sup>、沖縄トラフもその例の一つと考えて間違いのないものであろう。また、自然地震の観測結果からも同トラフに南北方向に主軸を持つ張力が働いていると言われており、沖縄トラフが地殻内の張力により生じたグラベンである事はかなり確かであろう。この張力の原因としてはMolnar & Atwater (1978)<sup>26)</sup>の仮説が支持され、南西諸島海溝での海洋プレートの沈み込みに伴っ

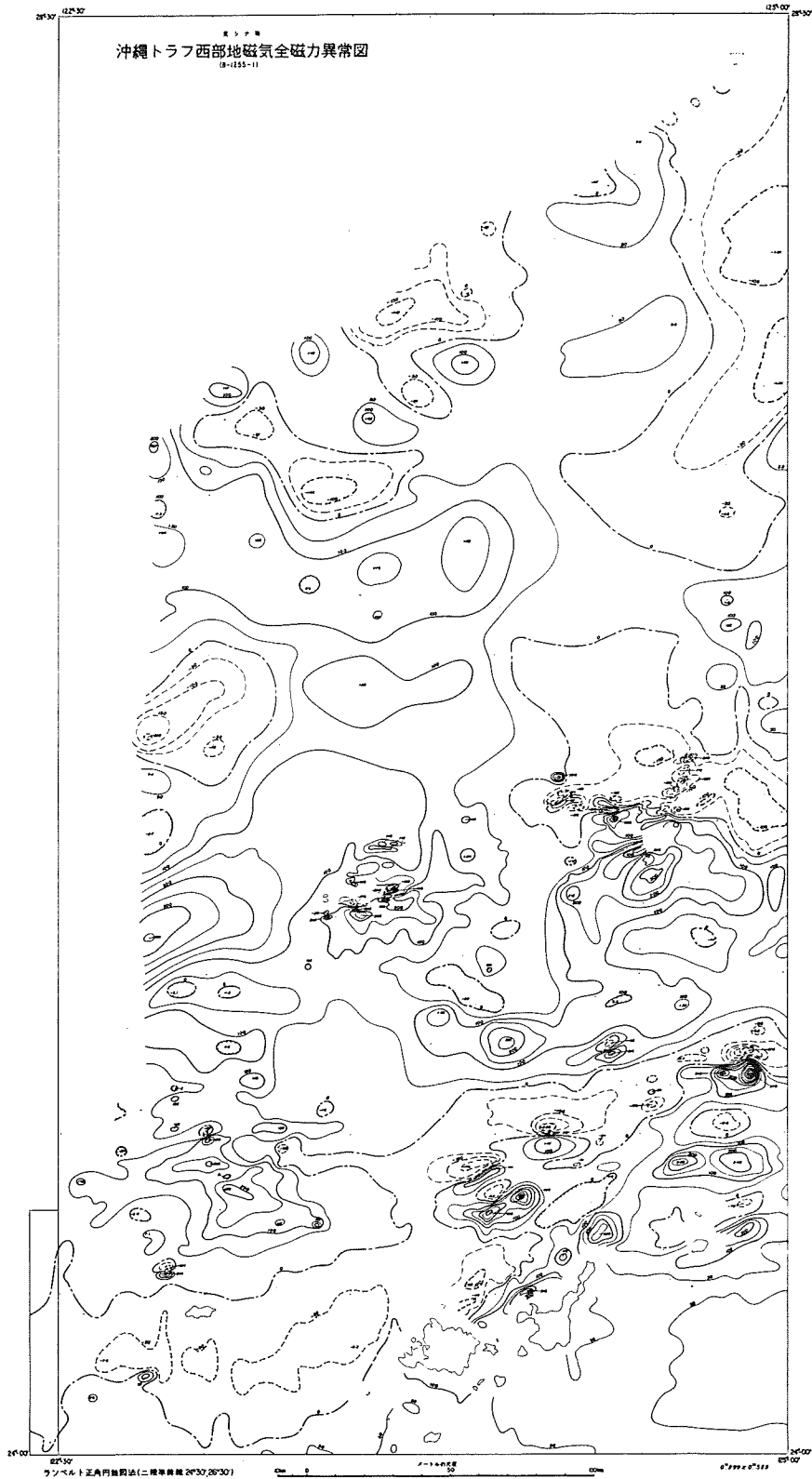


Figure 13 Geomagnetic total intensity chart (contour interval 50nT)



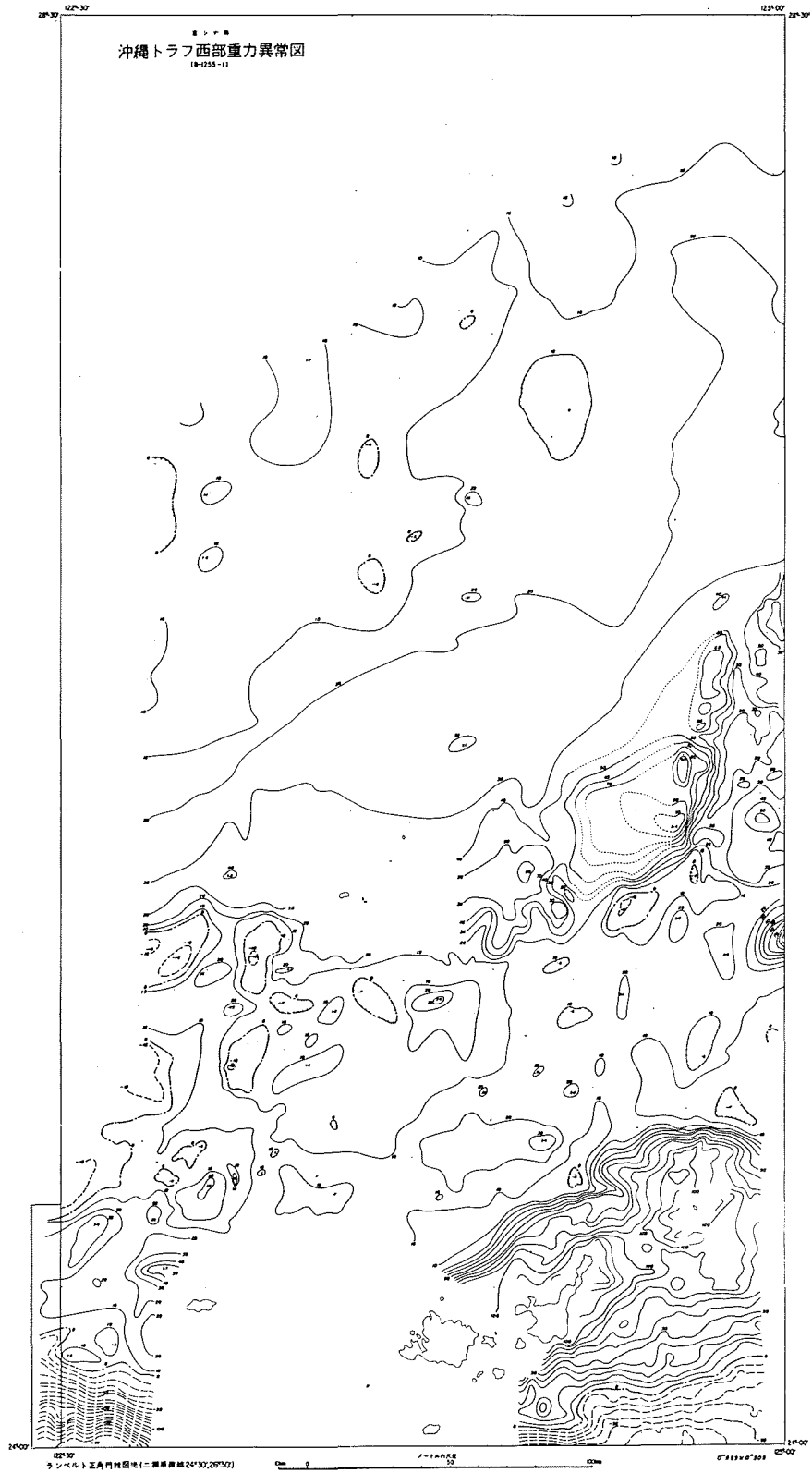


Figure 14 Free-air gravity anomaly contour chart (contour interval 10mgal)

て、島弧が海溝側に引き寄せられるといったテクトニクスが考えられる。次に沖縄トラフの地質構造の調査結果によると、トラフの周辺部から軸部に向って顕著な向斜状構造が見られ、軸部では基盤が極端に落ち窪んでいる。堆積層は周辺部から軸部に向って厚みを増している。これらの事実はトラフ軸部が継続的に沈降しつつ、周辺からの堆積物の供給を受けた事は明瞭であるが堆積構造の記録には横方向への拡大を示す証拠を見出すことができない。つまり、現在沖縄トラフで進行中のテクトニクスはそのほとんどが急速な沈降である。この沈降は、多分、島弧の内側の地殻内で沈み込む海洋プレートとの相互作用により、熱エネルギーが発生し、地殻内の温度上昇、地殻の破壊<sup>2)</sup>、流動性の増大などに起因する。しかしながら、正の重力異常の見られる沖縄トラフで、堆積層の急速な沈下と、やや塩基性の貫入岩体の上昇があり、熱流量が高いといった特徴を全て矛盾無く説明するためには、今後、地質、地球物理学的観測データを線合的に検討し<sup>2)</sup>、新しい仮説を提案すべきかもしれない。それが、背弧海盆形成の謎を解くステップになろう。

## 7. まとめ

- (1) 調査海域のトラフ中央部に両側が正断層性の階段状断層となっているグラーベンを確認した。
- (2) グラーベンは少くとも3つの部分に分かれ東北東～西南西方向に雁行配列する。この配列はさらに北に延長すると言われている(木村1985)<sup>1)</sup>
- (3) グラーベンの不連続性はトランスフォーム断層によるものではない。自然地震の観測結果によれば<sup>2)</sup>、沖縄トラフ付近には南北性の伸張力が働いており、それと地殻の構造的弱線が、この雁行配列を作った可能性が大きい。
- (4) トラフ内及びグラーベン内に地下からの貫入岩体が小海丘を形成している。それらは局部的地磁気異常を示す。
- (5) 八重山中央海丘(仮称)がグラーベン内の小海丘として両輝石安山岩により形成されていた。表面は茶色泥の薄層で一部覆われている。これらの小海丘の形成年代は測定中であるが、あまり古いものとは考えられない。
- (6) 八重山中央海丘の岩盤露出部には大水深(2000m)にも関わらず、イソギンチャク、ガラス海綿、しんかいこしおりエビ、ヒトデ類が多数生棲していた。この生物コロニーの存在、写真のもやなどから、ここには海底から温水などが湧出している可能性がある(写真3参照)
- (7) 東側隣接海域のトラフ中央部から、安山岩～石英安山岩、流紋岩、ソレアイト質高アルミナ玄武岩が報告されている。今回の両輝石安山岩と合せ考えると、沖縄トラフ南西部海底では島弧性岩石が主で、海底は中性～酸性の陸性地殻で形成されている事が明らかとなった。
- (8) 調査海域は沖縄トラフの最深部を含むが、ここでも末だ新しい海洋性地殻を形成するまでに至らぬ、背弧海盆の発達過程の初期段階にある事が確認された。
- (9) トラフ中央部のグラーベンはその形態から明らかに陥没地形と見られる。その地形形成メカニズムは背弧海盆の拡大によるもの言われていたが、それを支持する十分な証拠は得られなかった。音波探査記録上、トラフ中央部の堆積物は軸部で厚く、両側ほど薄い。これは中央部地下の連続的沈降とそれに応じた堆積物の堆積によると考えられる。しかし最上位には薄い均一厚さの層が軸部に向い両側から下方撓曲しており、その軸部は、さらに正断層で下方に陥没しつつある。これは最近、軸部の急速な沈降があり、限定された部分が沈降により断層を形成し、グラーベンを形成したと考えられる。
- (10) 背弧海盆である沖縄トラフは末だ陸性地塊を下底に持つが、中軸部の陥没から始まる新たなテクトニクス

クな段階に入った背弧海盆と考えられる。

#### 謝 辞

末尾であるが本文作成にあたり、いろいろ議論と原図作成などに協力して載いた大陸調査室の関係の方々、及び、データの収集、整理にあたり多大な尽力を賜わった測量船「拓洋」観測科の方々を始めとする乗組員の皆様に合せて、深く感謝いたします。

#### 参 考 文 献

1. B. M. Herman, R. N. Anderson and M. Truchan 1978 : Extensional tectonics in the Okinawa Trough. Geological and Geophysical Investigations of Continental Margins, AAPG Memo. 29, p.p.199-208
2. C. S. Lee, G. G. Shor, Jr., L. D. Bebee, R. S. Lu and T. W. C. Hilde 1980 : Okinawa Trough : Origin of a Back Arc Basin. Marine Geology, 35, p.p.219-241
3. R. L. Bates and J. A. Jackson (Edit.) 1980 : Glossary of Geology (2nd Edit.). American Geological Institute pp 749
4. M. Talwani and W. C. Pitman III (Edit.) 1977 : Island Arcs, Deep Sea Trenches and Back Arc Arc Basins. American Geophysical Union Maurice Ewing Series 1, pp 479
5. Seiya Uyeda 1977 : Some basic problems in the Trench-Arc Back Arc System. in Island Arcs, Deep Sea Trenches and Back Arc Basins, AGU, M. Ewing Ser. 1, p.p.1-14
6. 上田誠也, 金森博雄 1978 : 海洋プレートの沈み込みと縁海の形成 科学, 48 (2), 91-102ページ
7. P. Molnar and T. Atwater 1978 : Interarc-spreading and Cordilleran tectonics as alternates related to the age of subducted oceanic lithosphere. Earth, Planet. Sci. Letter, 41, p.p. 330-340
8. K. O. Emery and Hiroshi Niino 1967 : Stratigraphy and Petroleum Prospects of Korea Strait and the East China Sea. Report of Geophysical Exploration, Geological Survey of Korea, 1 (1), p.p.1-19,
9. K. O. Emery, H. Niino et al 1969 : Geological structure and some water characteristics of the East China Sea and the Yellow Sea ECAFE. Technical Bull. Vol 2, p.p.3-43.
10. Masaaki Kimura 1983 : Back-arc spreading of the Okinawa Trough (draft)
11. 山野 誠, 上田誠也, 古川善紹, 木下 肇 1985 : 沖縄トラフの熱異常 地震学会講演予稿集 昭和60年度春季大会, 54ページ
12. J. C. Sibuet, J. Letouzey et al 1985 : Tectonics in the Okinawa Trough: Constraints on Back-Arc Basin Models of formation and evolution, Preliminary documents relative to the POP I cruise of the R/V Jean Charcot in the Okinawa trough (draft)
13. 木村政昭, 上田誠也, 徳山英一, 木川栄一, 兼岡一郎, 久城育夫, 加藤裕三 1985 : 沖縄トラフ中軸の海底地形・地質・テクトニクス 地震学会講演予稿集 昭和60年度春季大会, 48ページ
14. M. N. Toksöz and P. Bird 1977 : Formation and Evolution of Marginal Basins and Continental Plateaus. In Island Arcs, Deep Sea Trenches and Back Arc Basins, AGU, M. Ewing

Ser. 1, p.p.379-393

15. 木村政昭 1983 : 沖縄トラフの陥没構造形成に関する考察 地質学論集 22号, 141-157ページ
16. J. Letouzey and M. Kimura 1985 : The Okinawa Trough, Genesis, Structure and Evolution of a Back Arc Basin develop in a continent. Tectonophysics (in press)
17. 上田誠也, 木村政昭, 田中武男, 兼岡一郎, 加藤裕三, 久城育夫 1985 : 沖縄トラフ拡大軸の研究 「しんかい2000」研究シンポジウム特集, 海洋科学技術センター試験研究報告特集号, 123-142ページ
18. Geological Survey of Japan 1976 : Ryukyu Island (Nansei-shoto) Arc GH75-1 and GH75-5 Cruises. Geological Survey of Japan, Cruise Report No.6, p.p.81,
19. 相馬淳一, 関谷英一 1979 : 南西諸島周辺海域の堆積盆地の分布と性格 石油技術協会誌, 44, 229-340ページ
20. 海上保安庁水路部 1978 : 第10回海底地形名打ち合わせ会で決定した海底地形名称について 水路通報 32号, 620ページ
21. J. M. Wageman, T. W. C. Hilde and K. O. Emery 1970 : Structural framework of East China Sea and Yellow Sea. AAPG Bull. 54, p.p.1611-1643
22. 小西健二 1972 : 琉球列島(南西諸島)の構造区分 地質学雑誌 71 (840), 437-457ページ
23. R. E. Sheriff and L. P. Geldart 1983 : Data-processing and interpretation, Exploration Seismology Vol.2, Cambridge Univ. Press, p.p.221
24. 小西健二, 須藤研 1972 : 琉球から台湾まで 科学, 41 (4), 221-230ページ
25. 南雲昭三郎, 片岡浩, 笠原順三, 是沢定之 1985 : 沖縄トラフ中部域にみられた局所的低速度帯 地震学会講演予稿集, 昭和60年度秋季大会, 40ページ
26. 貝塚爽平 1973 : 島弧系の大地形とプレートテクトニクス 世界の変動帯(岩波書店), 293-305ページ
27. 川上久寿, 大内 徹, 南雲昭三郎, 笠原順三, 是沢定之 1985 : 沖縄トラフ北部海域における微小地震活動の二, 三の特徴(続報) 地震学会講演予稿集, 昭和60年度秋季大会, 29ページ
28. 小林和男, 中村一明 1983 : 縁辺拡大のテクトニクス 科学, 53 (7), 448-455ページ
29. 笠原順三, 南雲昭三郎, 是沢定之, 大内徹 1985 : 海底地震観測によって分かった沖縄トラフの群発地震活動とトラフ下部の性質 地震学会講演予稿集, 昭和60年度春季大会, 50ページ
30. 加藤 茂, 桂 忠彦, 平野賢治 1982 : 沖縄本島周辺の海底地形 水路部研究報告, No.7, 31-70ページ