

東シナ海における地質構造発達史 —研究レビュー—

井上卓彦¹⁾

1. はじめに

東シナ海は、日本において九州西方及び沖縄県琉球列島の北西方、朝鮮半島および黄海の南方、中国大陸の東方、台湾島の北方にあたり、日本、中国、韓国の経済水域が接する海域です。最近では海底ガス田・油田開発問題や領海問題など様々な国家間の問題が生じており社会的にも注目を集めています。また東シナ海および琉球弧周辺海域には、広い陸棚の分布や大河川からの多量の土砂供給、沖縄トラフ（沖縄舟状海盆）の形成と発達史、沖縄トラフ内の熱水活動、島嶼部周辺のサンゴ礁、黒潮の変動など、地質学的に様々な研究トピックがあります。

東シナ海から琉球弧では、ハント号（アメリカ）により1968年に行われた黄海～東シナ海における予察的地質構造調査（Emery *et al.*, 1969）によって、堆積盆などの分布が明らかにされて以来、様々な調査・研究が行われてきました。組織的に行われた調査としては、1975年の地質調査所の広域調査（例えばHonza, 1976）、1970～1980年代の海上保安庁水路部（現 海洋情報部）の詳細な大陸棚の調査（地形、地質構造、地磁気、重力等）があります（例えば、海上保安庁水路部, 1984）。さらに現在も海洋情報部による沿岸の海の基本図測量（例えば、海上保安庁水路部, 2002）などにより、次第に沖縄トラフをはじめとする琉球弧の詳細な海底地形・地質構造が明らかになってきています。また沖縄トラフは典型的な背弧海盆で、海盆底は現在も拡大しつつあるとも言われ、この検証のために、1984年にはリソスフェア探査開発計画（DELPE）に関わる調査（地震探査、地磁気、地殻熱流量等）も行われました（例えば、Nagumo *et al.*, 1986）。

今後、沖縄周辺海域の調査を行うにあたり、これまで行われてきた東シナ海周辺海域の発達史に関わる

調査・研究についてレビューを行いました。

2. 東シナ海の地形的特長および構造区分

本論では、中国大陸東岸に広がる浅海域から太平洋に接する琉球弧までを東シナ海として定義し、議論します（第1図）。東シナ海では特に特徴的な地形として、西部から中国大陸より広がる浅海部の東海大陸棚（東シナ海大陸棚）、沖縄トラフ、琉球弧（琉球海嶺、南西諸島弧）と呼ばれる南西諸島・琉球諸島の島嶼部の大きく3つに区分されます（第1図）。木村（1990）は、現在背弧海盆として認められる沖縄トラフを狭義の沖縄トラフ（真性の沖縄トラフ）と定義しました。そしてこれに縁辺リフト帯（狭義の沖縄トラフの両側の断層や褶曲変形を受けた地帯）を含めた東海大陸棚縁辺付近から琉球弧西縁までを大沖縄トラフと定義しています。

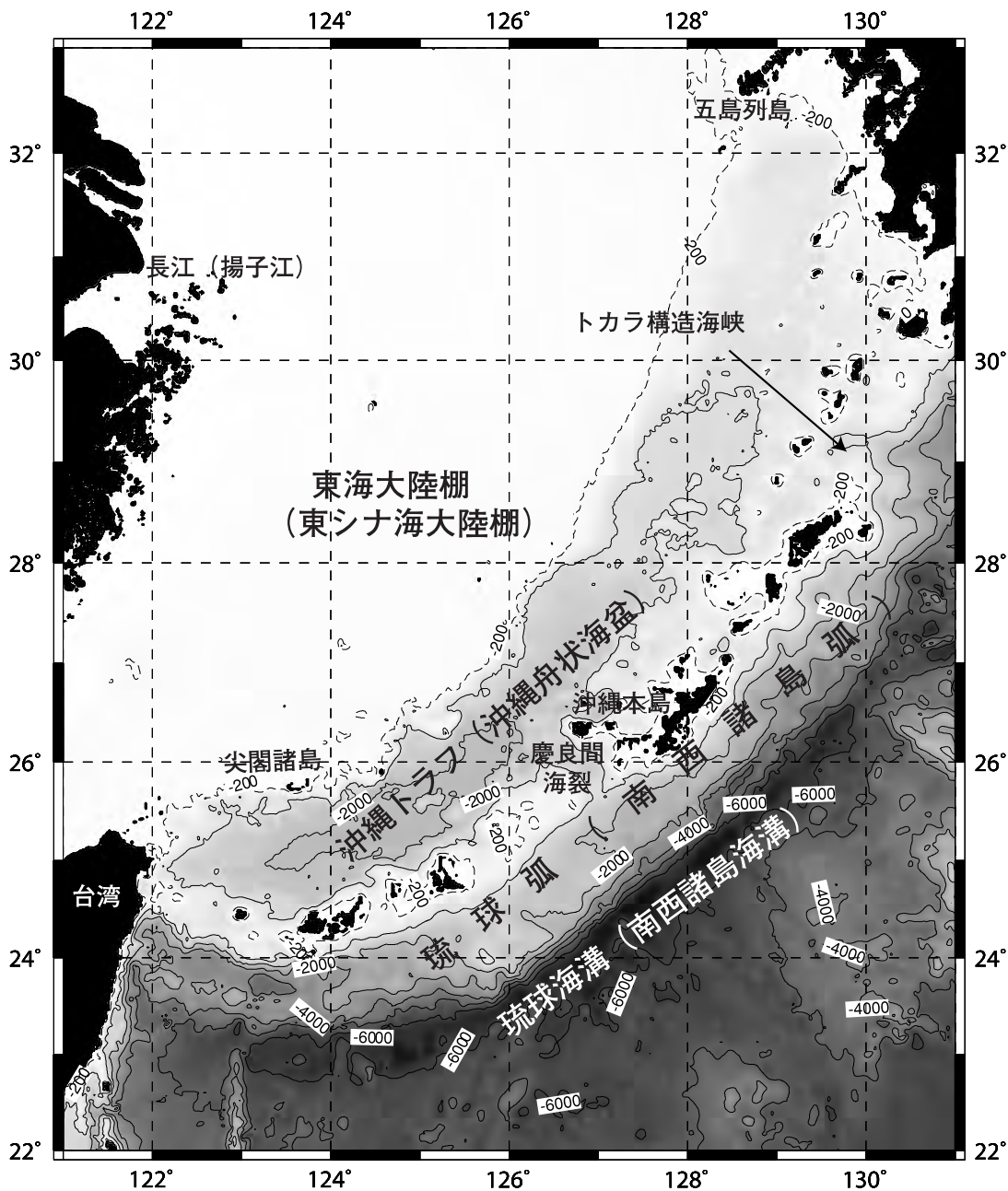
琉球弧東側には琉球海溝（南西諸島海溝とも呼ばれる）が存在し、フィリピン海プレートが北西方向に向かって沈み込んでいると考えられています。琉球弧から琉球海溝に至る大陸斜面には一部平坦面（前弧海盆）が発達し、また、多くの海底谷が大陸斜面を下刻しており、海底谷の末端は海溝軸の深海平坦面に達します。琉球海溝は、北は九州・パラオ海嶺から、南は台湾の東方沖まで、約1,350km連続します。

2.1 東海大陸棚

中国大陸沿岸部から続く東海大陸棚は、地形的に中国大陸沿岸から伸びる浅い陸棚で、東シナ海大陸棚とも呼ばれ、一般に起伏に乏しく平坦です。五島列島から尖閣列島を結ぶ線が大陸棚縁辺部で、その水深は約140～160mほどです。この縁辺部は地質構造的に五島・尖閣隆起帯（台湾-宍道褶曲帯：Emery

1) 産総研 地質情報研究部門

キーワード：構造発達史、堆積盆、沖縄トラフ、琉球弧、東シナ海



第1図 地域概略図.

and Niino, 1967)と呼ばれ(加賀美ほか, 1971; 相場・関谷, 1979), 東海大陸棚はこの内側に第三紀, 第四紀の堆積物が充填して形成されたものと考えられています. 東シナ海や沖縄トラフへの堆積物の供給・輸送に関しては, 片山(2007: 本特集号)に詳しく述べられています. また現在も堆積物が大量に

供給される海域においては, 堆積物自体の重量による沈降が認められています(Chen and Stanley, 1993).

2.2 沖縄トラフ

沖縄トラフは, 東シナ海の広大な陸棚と琉球諸島

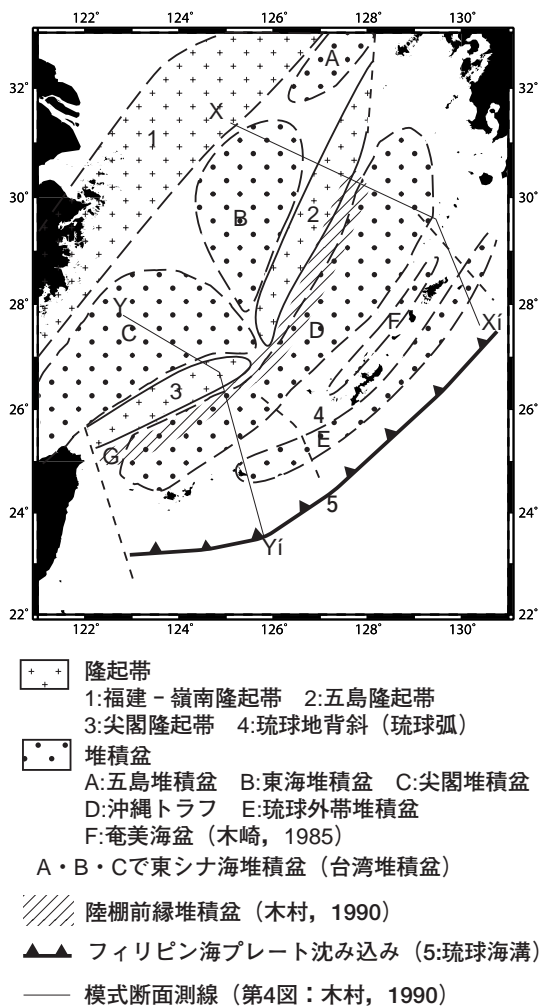
の間に位置し、九州から台湾にかけて伸び、トラフの南西部で最深部が2,000m以上に達する細長い海盆です。ここで沖縄トラフの水深は、トラフ北部の男女海盆の600~800mから、南部の2,000m以深へと南に向かって深くなります。また、トラフ北部では平坦な海底の各所に島、海丘などの浅海域が存在します。沖縄トラフの中・南部で最も注目される地形は、海盆の中軸部に見られる中央地溝帯とその中央の裂け目に貫入している岩体(中央海山・海丘)です。海盆中部の地溝帯にあたる那覇の北西方沖には、貫入岩体が伊平屋海丘群をつくっています。この海域は潜水調査船で詳しく調査され、海底から熱水が噴出しているのが発見されています(例えばKimura *et al.*, 1988; 中村ほか, 1988, 1989; Halbach *et al.*, 1989)。また沖縄トラフの西側斜面は、トラフを形成した構造運動により、随所で断層をとまっています(Lee *et al.*, 1980)。トラフの南部海域では、トラフ北部に比べて1,000m以上も沈降量が大きく、トラフの斜面壁は海底谷の下刻が進んでいます。東側斜面(南西諸島海嶺側)は複雑に入り組んでおり、この一因は、トラフの斜面に第四紀火山活動が重なったためであると考えられます(Sibuet, 1998)。

2.3 琉球弧

琉球弧は、九州島から台湾島まで、およそ1,300kmの海上に島が弓なりに連なった琉球の列島(弧状列島)です。また、琉球弧の他に大東諸島と尖閣諸島を加えて南西諸島と呼びます。琉球弧の基盤岩類は、トカラ列島付近を横切るトカラ構造海峡、および沖縄本島-宮古島間を横断する慶良間海裂の地質構造により分断され(小西, 1965)、その結果、琉球弧は北・中・南琉球の三地域に区分されます(木崎編, 1985)。現世の火山活動で特徴づけられる火山フロントの位置は、下司・石塚(2007:本特集号)で述べられていますが、琉球弧北部では島嶼部頂部とほぼ一致し、中部では琉球弧西縁に位置し、更に南部では沖縄トラフ内の東縁へと変化します。

2.4 地質構造

東シナ海下の地質構造は、琉球海溝と平行な北東-南西方向に続く隆起帯と堆積盆からなる構造区分がなされています。第2図に構造区分をもとにした東シナ海の大局的な地質構造を示し(木崎, 1978; 木



第2図 沖縄-東シナ海の構造区分概念図(奥田, 2000より改変)。

崎編, 1985; 木村, 1990; 奥田, 2000), 以下にこの図に基づき、東海陸棚から沖縄トラフに向かって説明を行います。

東海大陸棚下には、大陸と朝鮮半島を結ぶ福建-嶺南陸塊と陸棚外縁部の五島・尖閣隆起帯(台湾-宍道褶曲帯)が存在し、それらの中に台湾堆積盆が存在します(Emery *et al.*, 1967; Wageman *et al.*, 1970)。台湾堆積盆は東シナ海堆積盆(奥田, 2000)とも言われ、北から五島堆積盆、東海堆積盆、尖閣堆積盆に細分されます(加賀美ほか, 1971; 木崎, 1978)。また陸棚外縁隆起帯である五島・尖閣隆起帯(台湾-宍道褶曲帯)は、主に2つに細分され、北部が五

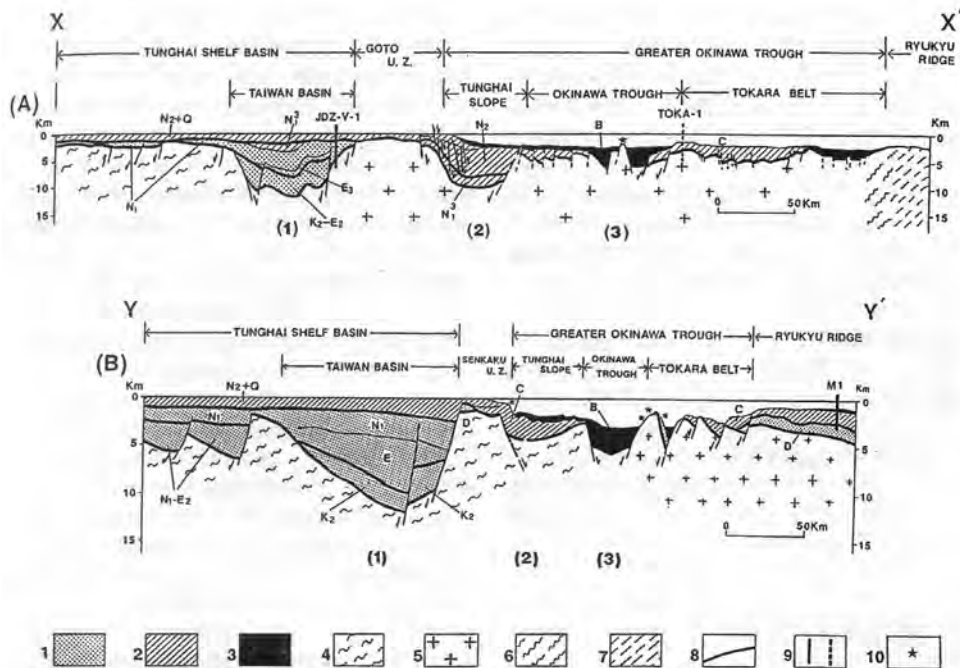


Fig. 3. Geologic cross sections ranging from the Tanghai Shelf via Okinawa Trough to the Ryukyu Ridge. (A) represents the northern part and (B) southern one. Locations are represented in Fig. 1. Interpretation is based upon those by ZHIWU and PEILING (1985) and ZHAOYA (1983) in the Tanghai Shelf, and Aiba and SEKIYA (1976) and KIMURA (1985) in the Okinawa Trough. Layers D, C and B are shown in Table 1. K₂: Upper Cretaceous, E₁: Paleocene, E₂: Eocene, E₃: Oligocene, N₁^l: Lower Miocene, N₁^u: Middle Miocene, N₂^u: Upper Miocene, N₃^u: Upper Miocene, Q: Quaternary. Legend: 1. Upper Cretaceous-Middle Miocene, 2. Upper Miocene-Early Pleistocene, 3. Early Pleistocene-Recent, 4. Upper Jurassic to Lower Cretaceous volcanics, 5. Upper Cretaceous granitic rocks including Ryoke Terrane, 6. Chichibu Terrane, 7. Shimanto Terrane, 8. Unconformity, 9. Well site, Broken line shows the well site which is located away from the cross section, 10. Dredge site.

第3図 模式的地質構造断面図(木村, 1990)。

島隆起帯(加賀美ほか, 1971), 南西部が尖閣隆起帯と区分されます(相場・関谷, 1979)。

さらに木村(1990)は東海大陸棚の斜面下に存在する盆地を“陸棚前縁堆積盆”と定義しています。これは相場・関谷(1979)が五島-尖閣隆起帯の東翼部に認めた“沖繩舟状盆地”と同じものを示すと考えられます。ここで木村(1990)が示した大沖繩トラフは西縁に“陸棚前縁堆積盆”, 中央に沖繩トラフという2つの堆積盆を含むことになります(第3図: 木村, 1990)。

3. 構造発達史

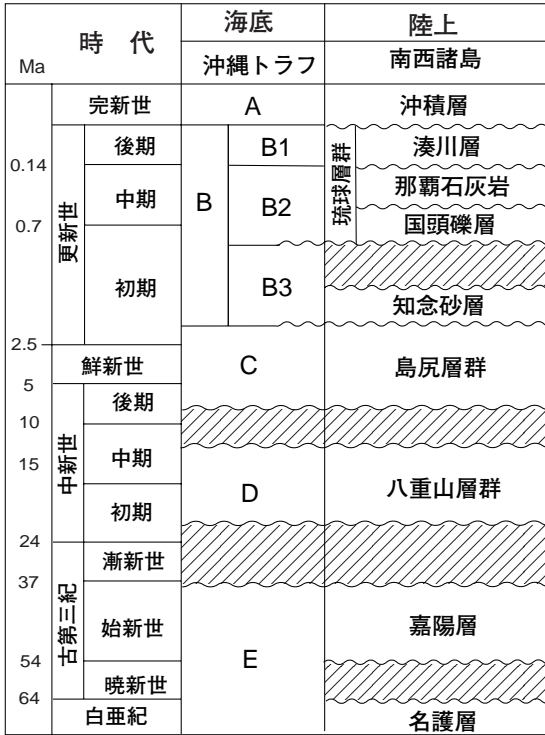
東シナ海周辺海域に認められる堆積層について, 木村(1990)は陸上の八重山層群, 島尻層群, 琉球層群, そして完新統に対比されるとしています(第4図)。

八重山層群は下部中新統で大陸ないし大きな島の沿岸堆積物, 島尻層群は中新世後期~更新世初期の泥層が卓越する海成層です。また琉球層群は, 琉球石灰岩にほぼ相当し, 中~上部更新統の堆積層です。琉球弧に認められる陸上の堆積層については兼子(2007: 本特集号)が詳しく論じていますのでそちらをご参照ください。

以下に堆積盆の形成期および埋積時期について論じます。

3.1 東シナ海堆積盆(後期白亜紀~中新世中期)

東海大陸棚下の堆積盆は, 白亜紀に形成されたと考えられ, 広大な堆積盆で幅50-100kmのグラーベンもしくは半グラーベンの沈降域に古第三紀から中新世中期にかけての堆積物が厚さ10kmほど埋積して



第4図 海底及び陸上地質層序対比図(木村, 1990より改変).

います(木村, 1990). この堆積盆は大陸の展張運動によって過去から継続的に形成されていたと考えられます(木村, 1990). このときフィリピン海プレートは現在より北へ進んでおり, この時のリフティング活動の場は主に現在の台湾周辺でした(Shinjo, 1999).

古第三紀の東シナ海堆積盆の地溝形成時期には, 背弧海盆が現在より広く, 東シナ海堆積盆を中心として, その東側の地溝形成が現在の石垣島付近まで及んだと考えられます(木村, 1990). その後, 中新世中期に東シナ海堆積盆の地溝運動が最高潮に達しました. その時期, この地溝は久米島付近から沖縄本島西縁にまで及んでいた可能性が示唆されています(木村, 1990). また同時期には, 日本海でも堆積盆形成が行われ, 2,000~1,500万年前頃(中新世前期)に日本海が拡大したとされています(Tatsumi *et al.*, 1989). しかし東シナ海堆積盆では地殻の展張が行われるにとどまったと考えられます(木村, 1990). また中新世前期には八重山層群相当層が東シナ海全域に浅海性堆積物として堆積しました(Ujiie, 1994).

3.2 “陸棚前縁堆積盆”(沖縄舟状盆地)(中新世後期~鮮新世)

東海大陸棚縁部から沖縄トラフ斜面下には6km以上の厚さの堆積物を堆積させている“陸棚前縁堆積盆”が存在します(相場・関谷, 1979; 木村, 1990). この陸棚前縁海盆形成期の堆積物の主体は後期中新世から鮮新世・更新世の堆積物(相場・関谷, 1979)で, 陸棚前縁堆積盆は大沖縄トラフの西端に含まれており, 古沖縄トラフとみなすこともできます. この場合, 沖縄トラフの形成は後期中新世から始まったと考えることができます.

東シナ海堆積盆から現在の沖縄トラフ周辺へとリフティングの活動の場をシフトした原因の可能性の1つとして, フィリピン海プレートの活動が関係していると考えられています. Shinjo (1999)は, 火成岩の元素成分から, 2,000万~1,000万年前(中新世前期~中新世中期)に現在より北方向に向かって, 大陸地殻下へ沈み込んでいたフィリピン海プレートが1,000万~600万年前(中新世後期)に一旦“停止”したことにより, それまでの東シナ海陸棚から現在の沖縄周辺にそのリフティングの場をシフトしたと論じています.

中期中新世から後期中新世にかけて, 東海大陸棚から島弧におよぶ広大な海域で不整合が認められ, この時期に大規模な隆起と侵食があったことが考えられています(Wageman *et al.*, 1970; Nash, 1979; Lee *et al.* 1980; Letouzey and Kimura, 1985). 八重山層群相当層の堆積後には長い無堆積期間があったことが推定され(Ujiie, 1994), リフティングの場を, 沖縄周辺にシフトしたことにより, 新たなリフティングが起こる前にドーミング(ドーム状の隆起: Lee *et al.*, 1980)が起こり, この海域は無堆積・侵食環境になったと考えられます. また沖縄トラフのリフティング期は第1期と第2期の2期に分けられます(Miki, 1995; Shinjo, 1999)が, 陸棚前縁堆積盆の形成期は第1期リフティング期に対応すると考えられます.

ドーミングが終了すると沈降に転じ, 再び海域化することにより, 海成の島尻層群相当層(後期中新世~鮮新世)がこの地域に堆積しました. この時期には五島-尖閣隆起帯(宍道-台湾褶曲帯)によって大陸側と東シナ海とは区切られ, 大陸棚側では汽水環境を形成していたと考えられています(Ujiie, 1994). 島尻層群相当層は現在のトラフ域から琉球弧および海溝陸棚斜面を被覆し, 現在の沖縄トラフの基盤岩の一

部となっています。また島尻層群の起源については、大陸起源の堆積物(Kizaki, 1986)、琉球弧に位置していた古琉球起源の堆積物(Sato and Suzuki, 1977)と諸説あり、木村(1990)は中期中新世から後期中新世の不整合形成期に削剥された堆積物が、この“陸棚前縁堆積盆”を埋積したものと論じています。

3.3 沖繩トラフ(鮮新世-現在)

大規模なリフティング活動は600万~200万年前(中新世後期~更新世)までは行われておらず、沖繩トラフでは200万年前からリフティングの再活動が行われるようになりました(第2期リフティング期: Miki, 1995; Shinjo, 1999)。これが陸棚前縁堆積盆と現在の沖繩トラフとの構造的な差異(相場・関谷, 1979)を生んでいる可能性があります。

約200万年前(鮮新世末)に、トラフの中軸部や琉球弧西縁部が陥没および琉球弧が隆起(島尻変動)し、現在の東シナ海の広域で不整合が形成されました(例えばLetouzey and Kimura, 1985)。この地殻変動は背弧におけるドーミングで、これを引き金として現在の沖繩トラフの形成が起こったとされています(Lee *et al.*, 1980)。また島尻変動は“ウルマ変動”へ連続する地殻変動で、島尻変動期に琉球弧の“胴切り断層”が形成され、この断層にともない大きく陥没した海域が慶良間海裂とされています。

現在の沖繩トラフは典型的な背弧海盆で、トラフ底およびトラフの両側境界に多数の正断層群が分布(例えばWageman *et al.*, 1970; Nash, 1979; Lee *et al.* 1980)していることから、伸張性の運動に伴うリフトとされています(Letouzey and Kimura, 1985; 大島ほか, 1988)。沖繩トラフの形成時期は音波探査記録と周辺陸上地質との対比から島尻層群相当層を变形させていることから更新世以降とされています(氏家, 1986)。またトラフ南西部の宮古海山において琉球層群に対比される石灰岩が採取されたことから、第四紀の極めて新しい時代(大島ほか, 1988)に沈降帯として、トラフの形成が始まった可能性が指摘されています。現在も沖繩トラフはトラフ拡大初期(Kobayashi, 1985)にあたり、トラフ南部海域では1~2cm/年の拡大があるとされています(Park *et al.*, 1998)。

現在の沖繩トラフ内の堆積物は主に更新世~完新世の堆積物で埋積されており、島尻層群相当層や八重山層群相当層の分布は限定的です。このことから、

隆起時期にそれまで堆積していた両層群相当層はほとんどが侵食されたと考えられます。その後、沖繩トラフが形成されることにより琉球弧への大陸からの土砂輸送が遮断され、広い範囲にサンゴ礁が発達し、琉球層群相当層が形成されました。また後期更新世に削剥された碎屑物がトラフ底に一様に堆積し、その後、後期更新世の侵食面上に完新統が堆積しました。海底の完新統は主に沖繩トラフ周辺と島弧周辺の島棚上に認められ、全体に薄く、その分布は限定的です。このことから沖繩トラフ形成後、トラフ内への碎屑物はタービダイトとしてのみ運ばれ、琉球弧島棚上の完新統は島嶼部から供給された碎屑物からなり、中国大陸から琉球弧への碎屑物供給はほとんどなかったと考えられます。

4. おわりに

東シナ海域に発達する堆積盆は西から東へと移動したと考えられています。これらの堆積盆の形成時期は、西部から、東シナ海堆積盆が後期白亜紀~中期中新世、“陸棚前縁堆積盆”が後期中新世~鮮新世に形成され、沖繩トラフが鮮新世~第四紀に形成されたと考えられます。

以上をまとめると東シナ海域の概略的な地形発達史は以下の4つステージに分けられます。

ステージ1: 東シナ海堆積盆の形成と大陸起源粒子の堆積(八重山層群の堆積)

現在の東海大陸棚下に堆積盆が形成され、後期白亜紀から八重山層群に対比される中期中新世の堆積物が埋積しています。大陸起源粒子である八重山層群相当層は、現在の沖繩トラフまで分布し、沖繩トラフの基盤の一部を形成しています。

ステージ2: 陸棚前縁堆積盆の形成と島尻層群の堆積

中期~後期中新世にかけて東シナ海全域が隆起し、広域で不整合が形成されました。その後、陸棚前縁堆積盆が後期中新世に形成されました。この堆積盆形成にはフィリピン海プレートの運動が深く関係しています。その後、後期中新世~鮮新世の島尻層群に対比される堆積物が陸棚前縁堆積盆を埋積しました。この島尻層群の分布は限定的ですが、現在の沖繩トラフの基盤の一部を形成しています。

ステージ3: 沖繩トラフ域の隆起・陸化

鮮新世から更新世に、現在の東海大陸棚海域が隆起し、不整合が形成されました。現在の沖縄トラフ内での島尻層群および八重山層群の分布は限定的であることから、この隆起に伴ってもともと堆積していた両堆積層はそのほとんどが侵食されたと考えられます。ステージ4：沖縄トラフの形成～現在（琉球層群と完新統の堆積）

現在に続くステージで更新世からトラフ周辺の中央地溝の運動が活発化し、トラフ底の深海化（沖縄トラフの形成）が起きました。その後、琉球層群と完新統が堆積します。“島尻変動”と呼ばれる構造運動が活発になり、慶良間海裂などでは大きな沈降が起きました。また琉球層群が堆積した時代にも、“うるま変動”と呼ばれる地殻変動は継続しました。現在もトラフのリフティングは継続中で、沖縄トラフ南部海域では年間1-2cmの拡大があります。また現在の沖縄トラフ底へはタービダイトとしてのみ砕屑物は供給されています。

これまで東シナ海では様々な調査・研究が行われ、成果が発表されています。特に1970年代から80年代に学術的調査として広域で音波探査が行われましたが、その多くはシングルチャンネルを用いた調査で、地下深部の記録の解像度や堆積物の透過の点で十分な記録とは言えません。また東シナ海では資源開発を目的とした精力的な調査も行われているものの、公表されているデータが少ないのが現状です。

現在沖縄周辺海域では沖縄トラフが背弧海盆の初期モデルとされ、世界的に注目をされています。さらには第四紀に入ってからの大規模な構造運動による島嶼部の発達と海裂などの沈降域との関係など構造発達史についてもさらなる検討の余地があります。今後、沖縄海域の地質調査を琉球弧および東シナ海全域で行うことを予定しています。この調査を新たに実施することにより国土の基本情報としての海洋地盤情報を整備するとともに、第四紀の世界的な海水準変動とそれに呼応する東シナ海海域の変遷や堆積層の広がり、また沖縄周辺海域の活発な構造運動について、より詳細な結果を得ることが出来ると考えられます。

引用文献

相場惇一・関谷栄一(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, 5, 329-340。
Chen, Z. and Stanley, D.J. (1993) : Yangtze delta, eastern China: 2.

Late Quaternary subsidence and deformation. *Marine Geology*, 112, 13-21.
Emery, K.O., Hayashi, Y., Hilde, T.W.C., Kobayashi, K., Koo, J.H., Meng, C.Y., Niino, H., Osterhagen, J.H., Reynolds, L.M., Wageman, J.M., Wang, C.S. and Yang, S.J. (1969) : Geological Structure and Some Water characteristics of the East China Sea and the Yellow Sea. *CCOP Technical Bulletin*, 2, 3-43.
Emery, K.O. and Niino, H. (1967) : Stratigraphy and petroleum prospects of Korea strait and the East China Sea. *Korea Geological Survey, Rept. Geophys. Explor.*, 1, 249-263.
下司信夫・石塚 治(2007)：琉球弧の火山活動。地質ニュース, 投稿中。
Halbach, P., Nakamura, K., Wahsner, M., Lange, J., Sakai, H., Kaselitz, L., Hansen R.D., Yamano, M., Post, J., Prause, B., Seifert, R., Michaelis, W., Teichmann, F., Kinoshita, M., Marten, A., Ishibashi, J., Czerwinski, S. and Blum, N. (1989) : Probable modern analogue of Kuroko-type massive sulphide deposits in the Okinawa Trough back-arc basin. *Nature*, 338, 496-499.
Honza, E. (1976) : Ryukyu Island (Nansei-Shoto) Arc, GH75-1 and GH75-5 Cruises, January- February and July-August 1975 Cruise report, 6, Geological Survey of Japan.
加賀美秀雄・奈須紀幸・新野 弘(1971)：東支那海の海底地質。九州周辺海域の地質学的諸問題, 日本地質学会シンポジウム資料, 81-87。
海上保安庁水路部(1984)：5万分の1沿岸海の基本図「与那国島」。海底地形図・海底地質構造図および海底地形地質調査報告, 35p。
海上保安庁水路部(2002)：5万分の1沿岸海の基本図「沖縄永良部島」。海底地質構造図および海底地形地質調査報告, 56p。
兼子尚知(2007)：沖縄島および琉球弧の新生界層序。地質ニュース, no.633, 22-30。
片山 肇(2007)：東シナ海における陸源堆積物の収支と輸送過程。地質ニュース, 投稿中。
木村政昭(1990)：沖縄トラフの発生と形成。地質学論集, 堆積盆地と褶曲構造-形成機構とその実験的研究-, 34, 77-88。
Kimura, M. (1985) : Back-arc rifting in the Okinawa Trough, *Marine and Petroleum Geology*, 2, 222-240。
Kimura, M., Uyeda, S., Y. Kato, Tanaka, T., Yamano, M., Gamo, T., Sakai, H., Kato, S., Izawa, E. and Oomori, T. (1988) : Active hydrothermal mounds in the Okinawa Trough backarc basin, *Japan. Tectonophysics*, 145, 319-324。
木崎甲子郎(1978)：琉球弧構造発達史の基本的な問題。琉球列島の地質学的研究, 3, 1-9。
木崎甲子郎編(1985)：琉球弧の地質誌。沖縄タイムス社, 278p。
Kizaki, K. (1986) : Geology and tectonics of Ryukyu Islands. *Tectonophysics*, 125: 193-207。
Kobayashi, K. (1985) : Sea of Japan and Okinawa Trough, *Ocean Basins and Margins, Vol.7: The Pacific Ocean*, 419-458, Plenum Press, New York
小西健二(1965)：琉球列島(南西諸島)の構造区分, 地質雑, 71, 437-457。
Lee, C.S., Shor, G.G. Jr., Bibee, L.D., Lu, R.S. and Hilde, T.W.C. (1980) : Okinawa Trough: origin of a back-arc Basin, *Marine Geology*, 35, 219-241。
Letouzey, J. and Kimura, M. (1985) : Okinawa Trough genesis: structure and evolution of a backarc basin developed in a continent. *Marine and Petroleum Geology*, 2, 2, 111-130。

- Miki, M. (1995) : Two-phase opening model for the Okinawa Trough inferred from paleomagnetic study of the Ryukyu arc, *Journal of Gophysical Research*, 100, B5, 8169-8184.
- Nagumo, S., Kinoshita, H., Kasahara, J., Ouchi, T., Tokuyama, H., Asamura, T., Koresawa, S. and Ariyoshi, H. (1986) : Report on DELP 1984 Cruises in the Middle Okinawa Trough. II: Seismic Structural Studies. *Bulletin of the Earthquake Research Institute University of Tokyo*, 61, 2, 167-202.
- 中村光一・浦辺徹郎・丸茂克美・青木正博・金沢康夫(1988) : 沖縄トラフ, 伊是名海穴の海底熱水性鉱床について, しんかい2000 研究シンポジウム予稿集, 5, 67-70.
- 中村光一・加藤幸弘・木村政昭・安藤雅孝・許 正憲(1989) : 伊是名海穴海底熱水性鉱床の分布, 産状-1988年の知見のまとめ-, しんかい2000研究シンポジウム報告書, 5, 83-189.
- Nash, D. F. (1979) : The Geological Development of the North Okinawa Trough Area from Neogene Times to Recent, *Journal of the Japanese Association of Petroleum Technologists*, 44, 5, 341-351.
- Park, J.-O., Tokuyama, H., Shinohara, M., Suyehiro, K. and Taira, A. (1998) : Seismic record of tectonic evolution and backarc rifting in the southern Ryukyu island arc system. *Tectonophysics*, 294, 21-42.
- 奥田義久(2000) : 沖縄-東シナ海における海底石油天然ガスの資源ポテンシャル, *国際資源*, 307, 26-32.
- 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(1988) : 沖縄トラフ及び南西諸島周辺海域の地質, 地球物理学的調査研究, 水路部研究報告, 24, 19-43.
- Sato, Y. and Suzuki, T. (1977) : Heavy minerals in the Neogene Shimajiri Group, Okinawa Island. *Bull. Geol. Surv. Jpn.* 28, 497-502.
- Sibuet, J.C., Deffontaines, B., Hsu, S.K., Thareau, N., Le Formal, J.P., Liu, C.S. and ACT Party (1998) : Okinawa trough backarc basin: Early tectonic and magnetic evolution, *J. Geophys. Res.*, 103 (B12), 30245-30267.
- Shinjo, R. (1999) : Geochemistry of high Mg andesites and the tectonic evolution of the Okinawa Trough-Ryukyu arc system. *Chemical Geology*, 157, 69-88.
- Tatsumi, Y., Otofujii, Y., Matsuda, T. and Nohda, S. (1989) : Opening of the Sea of Japan back-arc basin by asthenospheric injection, *Tectonophysics*, 66, 317-329.
- 氏家 宏(1986) : シリーズ沖縄の自然. 琉球弧の海底-底質と地質-, 5, 新星図書出版, 118p
- Ujiie, H. (1994) : Early Pleistocene birth of the Okinawa Trough and Ryukyu Island Arc at the northwestern margin of the Pacific: evidence from Late Cenozoic planktonic foraminiferal zonation, *Palaeo., Palaeo., Palaeo.*, 108, 457-474.
- Wageman, J.M., Hilde, T.W.C. and Emery, K.O. (1970) : Structural frame works of East China Sea and Yellow Sea. *AAPG Bull.*, 54, 1611-1643.

INOUE Takahiko (2007) : Geotectonic history of East China Sea.

<受付: 2007年3月23日>