

# 東シナ海大陸棚の地学的概観

加賀美 英 雄

## はじめに

小論では、東シナ海大陸棚の地学的特徴を議論するのであるが、議論に先たち2つのタイプの大陸縁辺域 (continental margin) すなわち、大西洋型または非活動的縁辺域 (passive margin) と、太平洋型または活動的縁辺域 (active margin) の違いを検討する。国連海洋法においては大陸棚の定義に例示されているのは、大西洋型のみであり、太平洋型に見られる諸現象は、法的には例外扱いされているのが現状である。したがって、「自然延長 (natural prolongation)」論という概念は大西洋型についての議論であることをはっきり認識すべきであり、安易に太平洋型のケースに「自然延長」を当てはめるべきではない。そこで、大陸縁辺域の2つのタイプをまず取り上げて、これらの問題を明らかにしてゆく。

また、大陸棚の境界画定についての等距離・中間線方式という主張にたいして、衡平原則 (equitable principles)、つまり「つり合うこと」という実質的な配慮を盛り込むことが必要であると近年考えられている。そこで、太平洋型縁辺域の場合には衡平原則に含まれるべき地学的配慮としては、「島弧・海溝系」への配慮が最も重要であることを指摘して、ここに新たにその実例の2・3を提示する。それらの内容は、背弧海盆の形成、沈み込むスラブに起因する火山性構造帯の形成、島弧の衝突・融合による陸地形成、付加コンプレックス (沈み込み地層群) の付加などであると指摘できる。太平洋型縁辺域ではこれらの作用が大陸棚形成に深く関与しており、その理解なしに大陸棚問題の議論を進めることは不可能であるからである。

なお、断るまでもなく、東シナ海大陸棚は揚子地塊から琉球島弧まで全域にわたり、厚い大陸性地殻で構成されており、沖縄トラフ域においても大陸地殻はなお18~25 km もあり、東シナ海大陸棚は一つの連続した大陸縁辺域をなしているといえることができる。

## 1. 大西洋型大陸縁辺域

大西洋型大陸縁辺域は、堆積物組成の相違によって縁辺域の区分がされているが、その標準的な断面は、①碎屑性堆積物前進層 (New Jersey, SW Africa が例)、②さんご礁形成 (Florida,

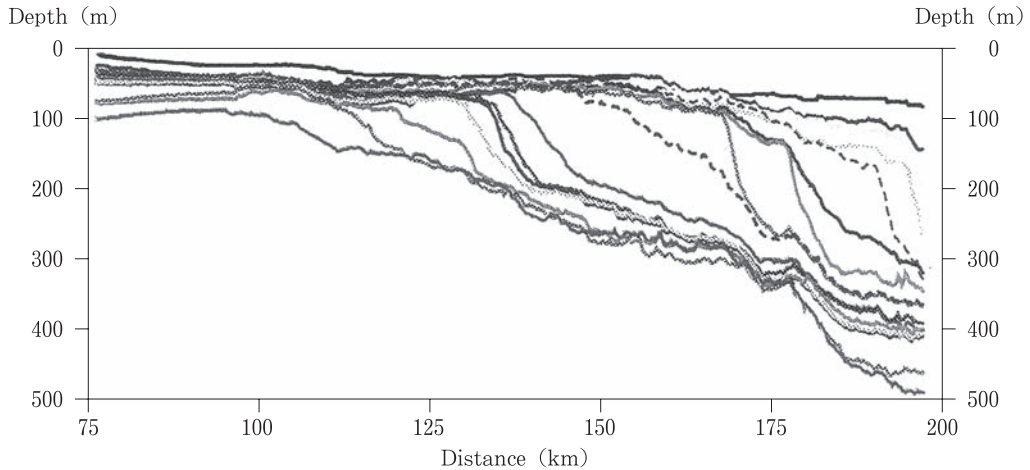


図1 米国 New Jersey 沖の幅 200 km 以上にわたる大陸棚の下に発達する地層群を示す復元図である。この楔状に成長している堆積層の継続的な形態こそが、典型的な「自然延長」を示すのである。

Senegal が例), ③三角州形成 (Mississippi delta, Niger delta が例), および④岩塩ドーム形成 (Texas, Gabon が例) ということになる<sup>1)</sup>。このうち①の堆積物の供給に伴い海側に向かって成長する縁辺域成長モデルが大西洋型の代表的な例と考えられている。

砕屑性堆積物前進層の例として米国ニュージャージー沖の断面を模式的に示す (図 1<sup>2)</sup>)。ここでは古生代の基盤の上に中生代以降の地層が累重するにつれて大陸縁辺域は重力均衡的 (isostatic) に沈降して「楔形」の堆積層を形成する。この海側に向かって厚くなる「楔形」の地層を維持する一般形態こそが、「自然延長」を示す典型的な例ということができる。このタイプの分布率は大西洋地域の 50% を占めるといふ<sup>3)</sup>。大西洋型は構成物質や構成様式上で複雑ではあるが、大陸からのいわば自前の物質供給によって縁辺域が涵養されている点では共通している。ここに「自然延長」論が成立する根拠がある。それはこの大西洋型縁辺域は、パンゲア超大陸が裂けて海を作る際に、大陸縁辺が受動的に形成された歴史的事実があるからである。

## 2. 太平洋型大陸縁辺域

太平洋型大陸縁辺域は島弧・海溝系が発達すること、背弧海盆が形成されることなどによって特徴付けられる。そしてこれらを創り出す作用を「沈み込み工場 (subduction factory)」と呼んでいる<sup>10)</sup>。沈み込み工場は海側プレートが沈み込むことによって、付加体形成、マグマ生成による火山作用、プレート間摩擦による地震・津波の形成作用などを生じている。沈み込み工場は大陸形成という利点ばかりでなく、自然災害を沿岸国にもたらす欠点も保持している。この点は衡平原則を議論する際に、考慮すべき問題である。

太平洋型大陸縁辺域の前縁部の断面を国連資料で示す<sup>4)</sup>。図 2 は海溝の先端部において、海側

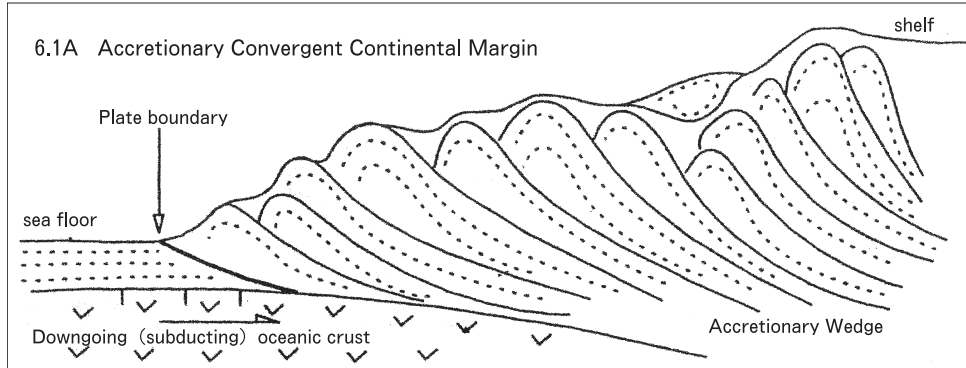


図2 国連資料による海溝付加体の先端部の構造を示す。海側プレート上にある海洋性堆積物はここで剥ぎ取られ陸側プレートに組み込まれて島弧の一部を構成するようになるのである。これを付加コンプレックスと呼ぶ。付加コンプレックスは「沈み込み工場」の作用によって作られた大陸形成の一つである。

プレートが沈み込むのに伴い、その上に載る海洋性堆積物は逆断層によって海洋プレートから剥ぎ取られ海溝斜面に積み込まれて付加体を形成する状態を示している。この積み込まれる堆積物は、一部に大陸側から供給された海溝底堆積物も含まれるが、海側プレートに載って到来した海洋性堆積物も含まれることは確実である。従って、付加コンプレックスが存在する太平洋型縁辺域では、「自然延長」論の主張は妥当性を有しないことになる。つまり、常に海洋性堆積物が供給される場であるからである。超大陸が裂けていわば自前の物質だけで縁辺域を作る大西洋型ではなく、海側からの物質供給によって新しい大陸を形成するのが太平洋型の特徴であるからだ。

この新しい大陸を形成する作用は他にも幾つか上げられる。まず、島弧・海溝系が発達すると、背弧海盆が形成される。沖縄トラフにおける OBS 屈折法地震調査の断面を示す<sup>5)</sup>。OKS 6~OKS 9 は南部沖縄トラフの断面である (図 3)。北部トラフは 200 km 以上の幅を有し、大沖縄トラフと呼ばれる。大沖縄トラフのリフト活動は中新世中期 (~11 Ma, 注; Ma は 100 万年) 以降に始まったものと考えられる (第一リフト期)。北部トラフでの地殻の厚さは 25 km と厚い。一方、南部トラフは 100 km の幅を有し北部より深い水深を示している。現在活動的なトラフであることは熱水活動の存在から明らかである。ここのリフト形成は ~2 Ma に始まり現在まで継続している活動であると考えられている (第二リフト期)<sup>6)</sup>。南部トラフでの地殻の厚さは 18 km 以上と確認されている。

背弧海盆が作られた原因には能動的拡大説と、受動的拡大説とが提案されている。能動的な考えは、沈み込むスラブによる摩擦加熱や海側スラブの沈み込みに起因する脱水反応によってマグマが上昇するというモデルや、沈み込むスラブによってマントル・ウェッジ内に発生する二次対流モデルなどが提案されている。また、ブルーム説もある。一方、受動的な拡大説は島弧が海側に前進するモデルや、陸側プレートが遠ざかることによって背弧海盆形成の空間的スペースを作

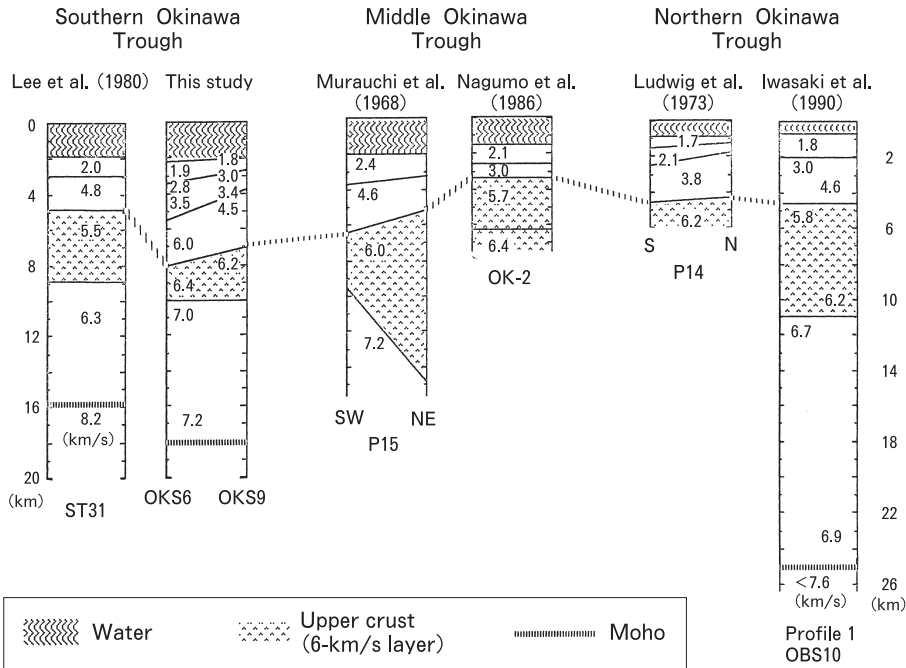


図3 沖縄トラフにおける屈折法地震探査によって明らかになった大陸地殻の厚さを示す。マントルは8.1~8.2 km/s以上の速度を示すところであり、ここでは大陸地殻の厚さは16~18 km以上であることを示している。

というモデルが提案されている。また、スラブの沈み込み角の傾斜が急になることによる拡大説もある<sup>7)</sup>。伊豆・マリアナ弧は受動的な拡大であり、琉球弧は能動的な拡大であるという<sup>8)</sup>。

能動的な背弧海盆の拡大の場合には火山作用が関係している。琉球島弧、沖縄トラフ、五島尖閣構造帯にみられる火山活動を見てみよう<sup>9)</sup>。島弧火山帯は火山フロントと呼ばれる位置にあり、これは和達・ベニオフ地震帯の80~120 km等深線の直上に位置している。この辺りの深さでフィリピン海プレート中の角閃石や緑泥石などの含水鉱物が分解されて、水を出し融解温度を下げることから、マグマが発生し上昇してくると理解されている<sup>10)</sup>。

沖縄トラフ底には、エシェロン状に分布するトラフ底火山活動が知られている。第2列目の火山帯である。これは和達・ベニオフ地震帯の100~175 km等深線の直上に位置している。この辺りの深さでフィリピン海プレート中の金雲母が分解されて、マグマが発生し上昇してくると理解されている。

島弧火山帯やトラフ底火山帯とは別の第3の火山活動がある。それは五島尖閣構造帯である。東シナ海の地磁気分布図をみると五島尖閣構造帯に沿って顕著な地磁気異常の帯が存在している<sup>12, 13)</sup>。これを火山性の古島弧とみることは確実である。また、日本海の拡大形成に伴う大規模な横ずれ運動 (translation tectonics) が五島尖閣隆起帯に存在したことが指摘されている<sup>14)</sup>。以上述べたいくつかの複合的活動の結果が、ここには蓄積されているものと考えられる。

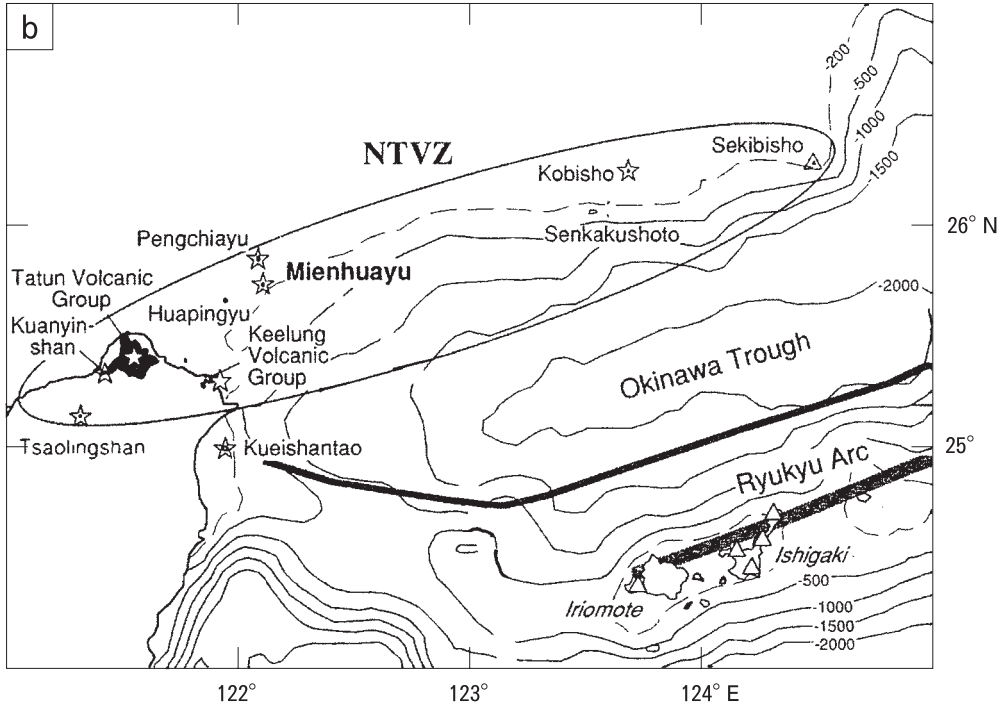


図4 琉球弧系の2火山帯(2本の黒線で示す)の他に、マニラ海溝・ルソン弧系の衝突によって作られた北部台湾火山帯が台湾・尖閣帯を形成していることを示した図である。

もう一つ、第4の火山活動が存在する。それは台湾北部から尖閣諸島を含む北部台湾火山帯(NTVZ)である(図4)<sup>15)</sup>。この火山帯はマニラ海溝・ルソン弧系の衝突に伴い、その先端部において伸張性構造を形成し、鮮新世後期～第四紀(3～1 Ma)にかけて噴出活動を生じた。高マグネシウム安山岩を産出しており、高温の島弧性火山作用であることを示している。高マグネシウム安山岩を含むNTVZ火山岩の安定同位体のストロンチウム(Sr)とネオジウム(Nd)の分析値をみると、太平洋の中央海嶺玄武岩と比べて、Sr比は高く、Nd比は低い値を示す。これはマグマ源が沈み込むスラブの部分融解による成分を含むことを意味し、明らかに島弧的性質を示している。その意味では、南部沖縄トラフや琉球島弧南部のものとは極めて近似の性質を有している<sup>15)</sup>。この火山帯は、琉球弧の位置での和達-ベニオフ地震帯の深さで、すでに200 kmを越えていることから琉球海溝・琉球弧系の火山活動ではなく、鮮新世に衝突が始まったマニラ海溝・ルソン弧系に伴う火山活動と考えられる<sup>16)</sup>。

以上をまとめると、沈み込み工場(subduction factory)で作られた火山物質の付加によって新しい大陸が作られてきたプロセスは、太平洋型の大陸縁辺域の特徴である。その他にも太平洋型を特徴付ける大陸形成作用があり、次の3～4章で述べることにする。

### 3. 五島尖閣構造帯における横ずれ型縁辺域 (translation margin) の可能性

この件に関して述べているのは Hsu et al. (2001) の地磁気の論文である<sup>13)</sup>。その中で Le Pichon and Mazzotti (1997) を引用して、「~35 から 15 Ma の期間に、五島尖閣構造帯の東縁に沿って大規模な右横ずれ断層運動が存在した<sup>14)</sup>と述べて、その位置を図示している。この横ずれ断層の南端を Le Pichon らは慶良間ギャップと考えたが、磁化率の分布から Hsu らは宮古海山あたりまで延びているとしている<sup>13)</sup>。

当時の基本的な地帯構造図は磯崎・丸山 (1991) の第 9 図 (p. 715) に示されているように、この地域は揚子クラトン (剛塊) の外側にジュラ紀以来の沈み込み地層群 (付加コンプレックス) が発達していたことが日本並びに台湾の地質から考えられる<sup>17)</sup>。問題とする横ずれ (translation) であるが、ハワイ海嶺などでは太平洋プレートの移動方向が北から西に変換したのは 42 Ma 頃と知られているが、丸山・瀬野 (1985) によるとユーラシアプレートのホットスポットに対する変換時期は 36 Ma 頃となるという<sup>18)</sup>。太平洋の西進を当時の古地理図を伴う論文から読み解くことにしよう。Niitsuma (1988); Yamaji and Yoshida (1998) の古地理図<sup>19, 20)</sup> から 36~15 Ma 間に九州弧の南にどの程度の右横ずれ転位変動があったかを見積もると、おおよそ 400~500 km くらいとなる。

日本海のオープニングが 15 Ma 頃の短期間に生じたという、鳥居ほか (1985) の論文は著名であるが<sup>21)</sup>、鳥居らが示したオープン以前の日本海北部に畳み込まれた日本列島の主軸の方向は、Hsu et al. (2001) が描いた横ずれ断層の方向にぴったりと一致する。これは琉球弧がこの位置で横ずれ変位を生じたことを示している。なお、Jolivet et al. (1995) は日本海の拡大イベントは 25~15 Ma の期間と述べている<sup>22)</sup>。これらの論文、ならびに Niitsuma (1988) を用いて日本海の拡大に伴う右横ずれ転位量を推定すると、200~300 km くらいとなる。

いまここで問題にしているのは、五島尖閣構造帯であるから、上に述べた資料から次の 2 点を指摘したい。一つは沈み込み運動による日本海の拡大に伴う五島尖閣構造帯の右横ずれ断層運動は確かに存在したこと。つまり、横ずれ型縁辺域は存在した。200~300 km 程度の転位量をもつ右横ずれ断層が 25~15 Ma の期間に形成された。特に、南部五島尖閣構造帯においては期間を通じて横ずれ活動が継続していた可能性がある。

二つ目は 36~15 Ma の期間に太平洋プレートもしくはフィリピン海プレートの西進に伴う右横ずれ成分の変位量は 400~500 km と推定されたが、これは問題にしている日本海の拡大の影響とは直接関係がないかもしれない。しかし、両者が夫々別々に五島尖閣構造帯に影響を及ぼした可能性は否定できない。中北部五島尖閣構造帯では背弧域横ずれ活動とその外側に斜め沈み込み活動の二重の変動帯が存在したものと思われる。その活動は、いずれにしても静的な横ずれ運



動ではなく島弧の衝突・融合を含んだ複雑な変動であったと思われる。特に奄美海台・九州パラオ海嶺の北進に伴い、九州弧の五島尖閣構造帯への衝突・融合が促進された。

九州弧内帯に属する五島列島の火成活動をみると、江ノ島、大立島に磁鉄鉱系列の花崗岩があり、その放射年代は 89.2~93.1 Ma を示して白亜紀酸性火山の活動が存在した。また、福江島には中期中新世（15~11 Ma）のデイサイトの広範な活動がみられる<sup>23)</sup>。これは背弧の火山活動としても矛盾しない。

#### 4. 東シナ海大陸棚の構造と発達史

東シナ海大陸棚の層序と構造を Z. Zhou らがまとめている<sup>24)</sup>。図 5 に示した東シナ海大陸棚は揚子地塊から琉球海溝までの全域を含む断面図で、これは 2 つの論文の断面を合成して描いたものである<sup>24, 25)</sup>。この断面を陸側から見ていくと、まず、揚子クラトンという原生代の基盤よりなる地域がある。これを浙閩隆起帯と呼んでいる。その外側に東シナ海大陸棚盆地が発達しており、ほぼ 3 列の沈降帯が分布している。その状態が典型的に見られるのは南西側（台湾に近いところ）で、台北 sag（沈降帯群）と呼ばれる堆積盆地があり、北から甌江沈降帯、瓊江沈降帯、基隆沈降帯が発達している。東シナ海大陸棚中央部には浙東 sag と呼ばれる堆積盆地があり、この外側の帯に西湖沈降帯が存在する。東シナ海大陸棚北東側（九州に近いところ）には福江 sag が発達し、対馬海峡の方へ延びている。

第 1 列の沈降帯を南からあげると、Nanri（南日）、Oujiang（甌江）、Qiantang（銭塘）、Chang Jiang（長江）などがある。堆積物の時代は白亜紀~古第三紀である。甌江の南に発達する福州沈降帯の地層はジュラ紀まで含まれる可能性がある。第 2 列は Minjiang（瓊江）に始まり、樞（天外天）、玉泉、翌檜（龍井）の沈降帯と続く。第 3 列は Jilong（基隆）、黄岩、Xihu（西湖）、などの沈降帯で、堆積物の始まる時代は第 1 列と同じであるが、さらに漸新世~中新世の地層が最大で 5000 m もあり、褶曲しているという特徴を示す。

それらの外側に古生代後期~三畳紀の基盤よりなる地域が発達しており、五島尖閣構造帯から台湾や琉球弧にまで分布している。この地層群は台湾などの例から付加コンプレックスであるとみなされる。台湾の基盤である Tananao metamorphic complex（台魯口帯、玉里帯）は古生代後期~中生代の付加体の一部として形成されたメランジェ層である<sup>1)</sup>。また、中部琉球には、ペルム紀の本部層や三畳紀の今帰仁層がありオリストストロームと考えられている<sup>23)</sup>。

東シナ海大陸棚に発達する沈降帯の下部にみられる構造形態は、図 5 に見られるような半地溝（half graben）が主体である<sup>24)</sup>。半地溝は日本海などの背弧海盆でもしばしば観察され、背弧海盆に卓越して見られる構造であるということが出来る。このような構造が卓越する理由は、伸張性の場を作るために必要な島弧・海溝系を海側に押しやる力が十分働いていなかったためと考え

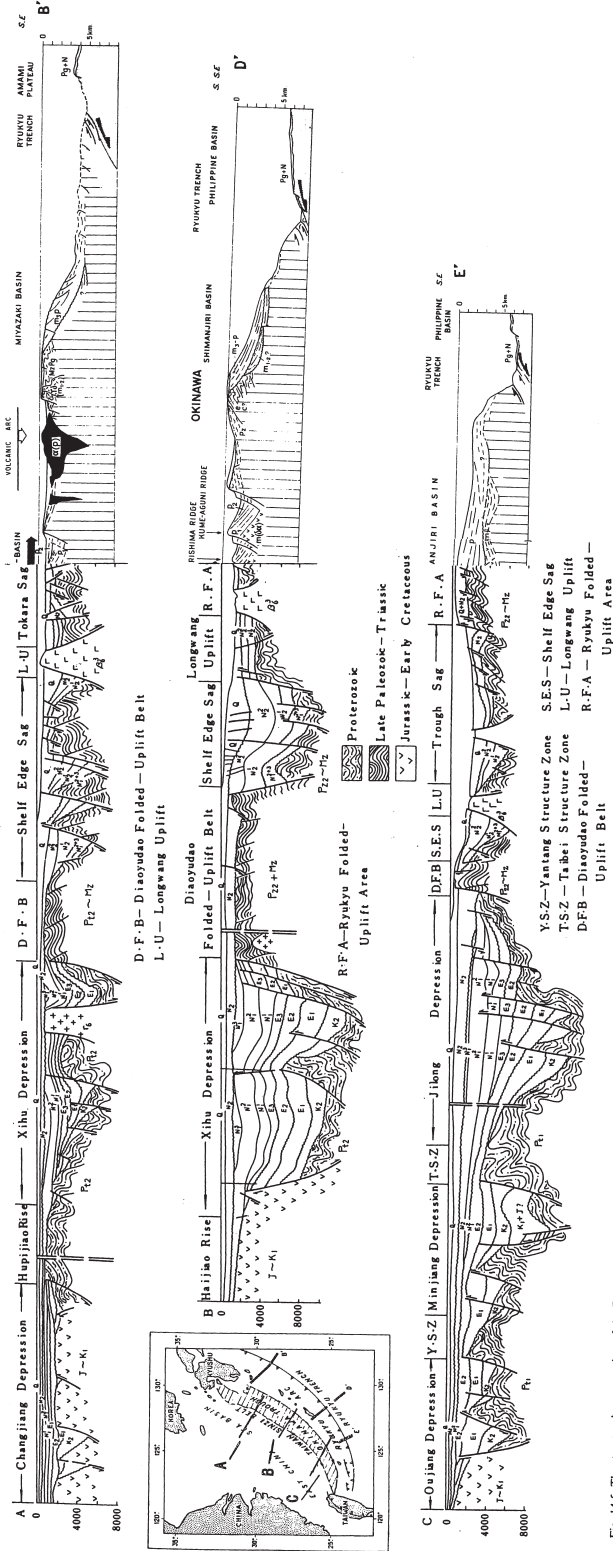


Fig. 14.5. The structural cross-section of the East China Sea.

図5 東シナ海大陸棚の沈降性盆地帯と火山性隆起帯を示す断面である。盆地の底面に見られる半地溝は背弧海盆沈降帯の特徴を示すものである。また、後期中生代以降の地層は付加コンプレックスであることが、日本や台湾の例から明らかになっている。



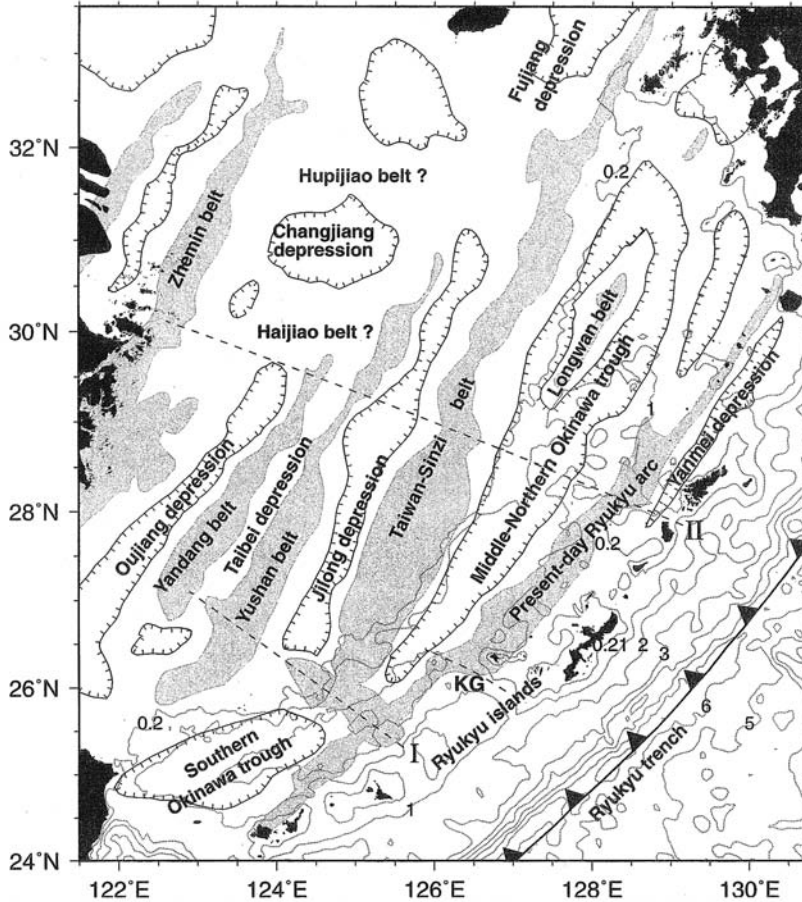


図6 東シナ海大陸縁辺域の地磁気異常分布図である。ここでは Yandang, 台北 (Yushan), 五島尖閣, と琉球弧を含めて4列の火山性構造帯が示されている。

られる。

図6に示したのは、東シナ海大陸棚に発達する火山性構造帯の分布である<sup>13)</sup>。これは地磁気異常分布を示している。図中において全磁力が40 nT以上450 nTまでの大きな値の分布を示す所が東シナ海大陸棚には陸側から Yandang 構造帯, 台北構造帯 (または Yushan 構造帯), 五島尖閣構造帯と並ぶが, その方向はいずれも NEN-SWS に配列している。これに対して, 現在の琉球弧の火山フロントに示される方向は NE-SW と明らかに相違している。台北構造帯 (または Yushan 構造帯) には古第三紀の火山活動が知られている。琉球弧に関しては, 九州弧外帯の奄美大島には花崗閃緑岩があり, その放射年代は古く見積もれば 56~61 Ma であり, 古第三紀のサブダクションの証拠を示している。また, 沖縄島には漸新世 30~33 Ma のトータル岩があり, サブダクションの継続を示している。一方, 宝島には中新世の火砕岩があり, 屋久島には中新世中期 13~14 Ma のアダメロ岩が知られている<sup>20)</sup>。これらもサブダクションの証拠といえる。とこ

るで琉球弧の火山列の方向が他の火山性構造帯と違うという、この構造的変化を説明するのに二つの説がある。一つは五島列島を北縁とする九州弧（琉球弧中北部を含む）が日本海の形成に伴い押し出され、右横ずれに移動して、15 Ma 頃に現在の五島尖閣構造帯の位置に衝突・融合したという考えで<sup>23)</sup>、もともと違うのだという説である。五島尖閣構造帯のうち、中北部にのみ局地的な圧縮性構造が観察されるといい、この考えを支持している<sup>25)</sup>。もう一つは、台湾を含むマニラ海溝・ルソン弧系の北進に関連して新しい時代に南部琉球弧の変形があって、今の方向になったと考える説である。

東シナ海大陸棚の発達史を概観すると、次のようにまとめられる。

- 1) 華北プレートが揚子プレートに衝突したのはペルム紀末～三畳紀で、このイベントによってユーラシアプレートの大陸縁辺域が確立した。また、ジュラ紀には広範囲にわたり花崗岩の貫入があり、両プレートの融合が完成した<sup>26)</sup>。
- 2) 白亜紀後期から始新世までの時期には、太平洋プレートは北～北北西へ沈み込んでいたから、東シナ海大陸縁辺域の先端には付加コンプレックスが成長していた。西日本の成長モデルからみると、揚子地塊を中心に付加層群が形成されたという筋書が読みとれる。特に、美濃・丹波付加層群（ジュラ紀）以降は海側に大規模に付加層群が成長している状態が想定される。縁辺域がこのように成長している過程において、伸張性のリフトやその間に複数の火山帯が複雑に形成された。リフトは半地溝と潜丘＋ドレイピング構造を持った右横ずれ断層系のプルアパート運動に伴って盆地形成が行われた。加えて、インドのユーラシア大陸への衝突による東アジア大陸塊の東方向押し出し（eastward sliding）運動が大規模に発生した。これらの影響で、東シナ海大陸棚の盆地はより深化し、より厚い地層が形成された。現在はそれらが全体として1つの太平洋型縁辺域に結合していると理解される<sup>24)</sup>。
- 3) 漸新世～中新世の時期は、太平洋プレートが42 Ma 頃に、E-W 方向の沈み込みに変換したことに伴い、フィリピン海プレートが誕生した。また、日本海の形成に伴い、琉球弧中北部を含む九州弧が押し出され、右横ずれ移動によって、東シナ海大陸棚に衝突・融合した。これには奄美海台・九州パラオ海嶺の北進が大きく影響したと思われる。

東シナ海大陸棚西部では局地的に隆起作用が働き、堆積の中心は東に移動した。この時期に東部では5000 m を越える堆積物が堆積した。大沖縄トラフでは、shelf edge basins の堆積が始まる。

- 4) 鮮新世～第四紀の時期には、マニラ海溝-ルソン弧の東シナ海大陸棚への衝突・融合が行われ、ここに一つの琉球弧が完成した。

## 5. まとめ

(1) 東シナ海大陸棚は先カンブリア紀クラトンを基盤にしている上に、島弧・海溝系に囲まれているという意味で世界に例のない地域である。このような特殊な場所で、なんら言葉の吟味なしに、例えば「自然延長」を論じてみても、意味がないということになる。小論では、大西洋型大陸縁辺域で提案されてきた「自然延長」のモデルを考察した上で、太平洋型大陸縁辺域は形成モデルが違うことを示した。大西洋型縁辺域は超大陸が分裂して、その間に海が拡大することにより、元々あった大陸縁辺は沈降し、それを埋めるように大陸から供給された堆積物が楔状に堆積して、大陸棚とコンチネンタルライズを形成したのである。この形態こそ、物も形も自然延長を示しているのである。これに対して島弧・海溝系で代表される太平洋型縁辺域は、海側プレートが沈み込むことによって、新しい陸地（背弧海の半地溝なども含む）を作り出しているのである。この大陸を作り出す作業または作用を「沈み込み工場（subduction factory）」と呼んでいる。

(2) 地球上で大陸を創り出す唯一の場所は太平洋型大陸縁辺域であるが、具体的な例として議論されることはなかった。その意味で東シナ海大陸棚は初めてのケースとして「沈み込み工場」が作り出す四つの『大陸形成の仕事』を取り上げて議論した。

(a) 背弧海盆の形成：海側プレートの沈み込みに伴い背弧側に堆積盆地が形成され、その結果大陸棚が成長する。この際、古火山弧が形成されるのはマリアナ弧のような海洋性の基盤の発達する場合が相当し、日本海のように大陸性基盤の存在する場合はマイクロコンティネントとして跡をとどめる。東シナ海大陸棚の第1列の沈降帯はマイクロコンティネント間に発達している。また、日本海や東シナ海の場合には、形成される堆積盆地は半地溝になるのが特徴的である。

(b) 島弧の衝突による陸地形成：五島列島を北縁とする九州弧（琉球弧中北部を含む）が日本海の形成に伴い押し出され、右横ずれに移動して、15 Ma 頃に現在の五島尖閣構造帯の位置に衝突・融合したことは東シナ海大陸棚の生長に大きく貢献した。これには、奄美海台・九州パラオ海嶺の北進が大きく作用した。また、フィリピン海プレートの北進に伴うマニラ海溝-ルソン弧の衝突が北部台湾火山帯を形成したことにより現在の琉球弧が完成した。

(c) 島弧的性質の火山帯による陸地形成：台湾北部から尖閣諸島を含む北部台湾火山帯にみられるように、高マグネシウム安山岩を産出しており、高温の島弧性火山作用であることを示している。これは「沈み込み工場」の仕事の一つであり、新しい陸地形成の証拠である。その他の島弧性火山帯を示す例として琉球島弧火山帯、沖縄トラフ底火山帯、五島尖閣構造帯、台北構造帯（または Yushan 構造帯）、および Yandang 構造帯などがあげられる。

(d) 付加コンプレックスの存在（元々海洋プレート上に成層していた海洋性堆積物が陸側に組み込まれて陸地形成に貢献）：西日本弧では普遍的に見られる美濃・丹波帯と四万十帯の付加コンプレックスが東シナ海大陸棚でも厚層をなして産することが明らかになった。台湾沖の東シナ海大陸棚の研究によれば後期中生代の付加コンプレックスの存在が知られている。

以上の考察をまとめると、東シナ海大陸棚は「沈み込み工場 (subduction factory)」の複雑な作用によって大陸成長が行われた結果として形成されたものであることは明らかである。この状態は大西洋型とは、形態的にも、構成物でも、また形成機構においても全く異なるものであることは明瞭である。従って、ここには単純な自然延長論という概念は、当てはまる余地はないことが理解されたと思う。

### 謝 辞

この草稿は、海洋政策研究財団の秋山昌廣会長が企画・実行した「日中海洋安全保障対話会議」が2006年5月25日～26日に上海市の上海交通大学 RimPac Studies センターで開催された時に準備した日本語版原稿を基にしている。

なお、英文の 'Ocean Security in Northwest Asia: Issues and Prospects', The Shanghai Meeting, 25-26 May, 2006 のレポートが公開されている。

日本語版原稿を作るに際して多くの方々にお世話になった。なお、それらの方の所属は当時のものである；谷伸（内閣官房）、春日茂（海洋保安庁海洋情報部）、桂忠彦（日本水路協会）、木村政昭（琉球大学）、徳山英一（東京大学海洋研究所）に記して感謝の意を表す。

また、琉球大学名誉教授で琉球弧の専門家であられた木崎甲子郎先生によると、五島帯を初めて提唱したのは加賀美らであるという<sup>27)</sup>。小論をまとめたのも何かの縁かも知れない。

### 引用文献

- 1) P. A. Symonds, O. Eldholm, J. Mascle and G. F. Moore (2000) Characteristics of Continental Margins. In P. J. Cook and C. M. Carleton, eds. *Continental Shelf Limits*. Oxford University Press, 25-63.
- 2) M. S. Steckler, G. S. Mountain, K. G. Miller and N. C-Blick (1999) Reconstruction of Tertiary progradation and clinoform development on the New Jersey passive margin by 2-D back-stripping. *Marine Geology*, 154, 399-420.
- 3) D. B. O'Grady, J. P. M. Syvitski, L. F. Pratson, and J. F. Sarg (2000) Categorizing the morphologic variability of siliciclastic passive continental margins. *Geology*, 28, 207-210.
- 4) Commission on the limits of the continental shelf, United Nations Convention of the Law of the Sea (1999) *Scientific and technical guidelines of the Commission on the limits of the continental shelf*. CLCS/11, 13 May 1999, 91 pp.
- 5) N. Hirata, H. Kinoshita, H. Katao, H. Baba, Y. Kaiho, S. Koresawa, Y. Ono and K. Hayashi (1991) Report on DELP 1988 cruises in the Okinawa Trough; Part 3. Crustal structure of the southern Okinawa Trough. *Bull. Earthq. Research Inst.*, University of Tokyo, 66, 37-70.

- 6) M. Kimura (1985) Back-arc rifting in the Okinawa Trough. *Marine and Petroleum Geology*, 2, 222-240.
- 7) K. Tamaki and E. Honza (1991) Global tectonics and formation of marginal basins: role of the western Pacific. *Episodes*, 14, 224-230.
- 8) 瀬野徹三 (2001) 続プレートテクトニクスの基礎。朝倉書店, 162 pp.
- 9) J-C. Sibuet, J. Letouzey, F. Barbier, J. Charvet, J-P. Foucher, T. W. Hilde, M. Kimura, C. LingYun, B. Marsset, C. Muller and J-F. Stephan (1987) Back arc extension in the Okinawa Trough. *J. Geophys. Res.*, 92, B 13, 14041-14063.
- 10) 巽好幸 (2003) 安山岩と大陸の起源。東京大学出版会, 213 p.
- 11) J-C. Sibuet and S-K. Hsu (1997) Geodynamics of the Taiwan arc-arc collision. *Tectonophysics*, 274, 221-251.
- 12) Geological Survey of Japan and CCOP, 1994, Magnetic Anomaly Map of East Asia.
- 13) S-K. Hsu, J. C. Sibuet and C-T. Shyu (2001) Magnetic inversion in the East China Sea and Okinawa Trough: tectonic implications. *Tectonophysics*, 333, 111-122.
- 14) X. Le Pichon and S. Mazzotti (1997) A new model for the early opening of the Okinawa basin. Proc. Chinese Taipei ODP Consortium. 1997 Annual Meeting and Long-range Plans for Chinese Taipei ODP Workshop, 34 p.
- 15) K-L. Wang, S-L. Chung, C-H. Chen and C-H. Chen (2002) Geochemical constraints on the petrogenesis of high-Mg basaltic andesites from the Northern Taiwan Volcanic Zone. *Chemical Geology*, 182, 513-528.
- 16) K-L. Wang, S-L. Chung, C-H. Chen, R. Shinjo, T.F. Yang and C-H. Chen (1999) Post-collisional magmatism around northern Taiwan and its relation with opening of the Okinawa Trough. *Tectonophysics*, 308, 363-376.
- 17) 磯崎行雄・丸山茂徳 (1991) 日本におけるプレート造山論の歴史と日本列島の新しい地体構造区分。地学雑誌, 100 (5), 697-761.
- 18) 丸山茂徳・瀬野徹三 (1985) 日本列島周辺のプレート相対運動と造山運動。科学, 55 (1), 32-41.
- 19) N. Niitsuma (1988) Neogene tectonic evolution of southwest Japan. *Modern Geology*, 12, 497-532.
- 20) A. Yamaji and T. Yoshida (1998) Multiple tectonic events in the Miocene Japan Arc: The Heike microplate hypothesis. *J. Min. Petr. Econ. Geol.*, 93, 389-408.
- 21) 鳥居雅之・林田明・乙藤洋一郎 (1985) 西南日本の回転と日本海の誕生。科学, 55 (1), 47-53.
- 22) L. Jolivet, H. Shibuya and M. Fournier (1995) Paleomagnetic rotations and the Japan Sea opening. In B. Taylor and J. Natland, Eds. Active Margins and Marginal Basins of the Western Pacific. Geophysical Monograph 88, American Geophys. Union. 355-369.
- 23) 唐木田芳文・早坂祥三・長谷義隆編 (1992) 日本の地質 9. 九州地方, 316 p. 共立出版株式会社.
- 24) Zhou, Z., Zhao, J. and Yin, P., 1989, Characteristics and tectonic evolution of the East China Sea. In Zhu, X., Ed., Chinese Sedimentary Basins, Elsevier, Amsterdam. 165-179.
- 25) J. Letouzey and M. Kimura (1985) Okinawa Trough genesis: Structure and evolution of a backarc basin developed in a continent. *Marine and Petroleum Geology*, 2, 111-130.
- 26) Z. Y. Zhao, A. M. Fang and L. J. Yu (2003) high- to Ultrahigh-pressure ductile shear zones in the Sulu UHP metamorphic belt, China: implications for continental sub-duction and exhumation. *Terra Nova*, 15, 5, 322-329.
- 27) K. Kizaki (1986) Geology and tectonics of the Ryukyu Island. *Tectonophysics*, 125, 193-207.



# Earth Scientific Overview of the East China Sea Continental Shelf

Hideo KAGAMI

## Abstract

The Atlantic-type continental margin is called an ocean forming margin, which means that the continental margin comprises the submerged prolongation of the land mass and covering strata. The strata show prograding succession with thickening seaward geometry, namely wedge-shaped figure. The continental margin keeps the geometry as long as sediment supply from the continent is adequate and the land mass subsidence continues at its base of the slope. We can identify the geometry as natural prolongation.

On the contrary, continental growth is an important factor for the continental shelf issue of the Pacific-type continental margin. The continental growth means increase of the arc regime and is created through subduction factory. The subduction factory is the mechanism to form accretionary complex, magma, earthquake, tsunamis and so forth, and is caused by subduction of the seaward plate. Among the products of the subduction factory, natural disasters affect so seriously to the coastal countries that they should be discussed in equitable principles.

The continental growth in the East China Sea is promoted by the four components of the subduction factory.

1) Accretionary complex added to the continent:

At the trench toe, incoming oceanic sediment is detached from the oceanic plate by thrust faults, and incorporated into trench slope as the accretionary complex. We can observe Tamba, Mino and Shimanto accretionary complex as thick as several hundred kilometers in the SW Japan. The same complex fill East China Sea continental shelf basins and the Goto-Senkaku zone outward.

2) Backarc basin formation:

In the northeastern part of the East China Sea shelf, Fukue sag and the northeastern Okinawa trough (or Danjo depression) develop as backarc basins. In the southwestern part, Taibei sag and the southern Okinawa trough develop as backarc basins. They are characterized by a series of half grabens, which are forced to develop extensional regime by subduction movement of the oceanic slab. When outward movement of the arc is limited, an enlargement process of the backarc basin simply built half grabens especially in their initial stage.

3) Arc-type (Calc-alkaline) volcanic and plutonic activities to form new continent:

According to magnetic anomaly map, high magnetic anomaly zones higher than 40 nT are identified; Yandang belt, Taibei (Yushan) belt, Goto-Senkaku belt and Ryukyu arc



from northwest to southwest. Volcanic rocks from the northern Taiwan volcanic zone and the Ryukyu arc have lower value of  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  and higher value of  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  than Pacific MORB, indicating that contamination of dehydration substance from subsiding oceanic slab with continental materials took place.

Basement of the arc is constructed by arc-type plutonic rocks such as granodiorite and tonalite. The granodiorite of 56~61 Ma in Amami-Oshima and tonalite of 30~33 Ma in Okinawa are the examples of land forming phenomena. Magnetite series granite of 89~93 Ma in Goto islands is another example of land forming phenomena.

#### 4) Collision tectonics to form land mass:

During the dextral translation faulting between 25 and 15 Ma which was caused by opening of the Japan Sea, the Kyushu arc including the middle and northern Ryukyu arc was pushed forward and collided into Goto-Senkaku zone.

Another example of collision tectonics is observed at the northern part of Taiwan. Oblique collision of Manila Trench-Luzon arc with the East China Sea shelf since 3 Ma caused uplifting of the coastal range of Taiwan and final rearrangement of the southern Ryukyu arc.

As a concluding remark, the Pacific-type continental margin is constructed by the subduction factory or subduction mechanism. Various components of the subduction factory are contributed to the continental growth of the earth. In consideration of these evidences, natural prolongation can't be simply applied to the Pacific-type continental margin. The situation is absolutely different from the Atlantic-type margin in geometry, composition and mechanism.