

## 東海沖Outer Ridgeの地質構造

桜井 操\*・佐藤任弘\*\*

### GEOLOGICAL STRUCTURE OF THE OUTER RIDGE OFF TOKAI DISTRICT

Misao Sakurai and Takahiro Sato

*Received 1982 September 2*

#### Abstract

A remarkable coincidence between the geological structure of the Outer Ridge on the seismic reflection sections and the structural high of the forearc model (Seely and Dickinson 1977), may be recognized in the continental slope parallel to the Nankai and Suruga Trough off the Tokai District, central Japan.

Major coincidences are as follows;

1. The Outer Ridge off the Kumano Trough is the uplift constructed by the landward understuffing of subduction complex and a similar structure off the Ensyu Trough is taken to be a result of the same movement.
2. The landward migration of sedimentary basins has occurred in the Kumano and Ensyu Troughs.
3. The uplift of the sub-Outer Ridge in the Ensyu Sedimentary Basin suggests a landward migration of the Outer Ridge.

As a result, it is inferred that the southern part of the Suruga Trough and the Outer Ridge elongated to Sagara, north of Omaezaki, Tokai District, were formed by the northward moving and subduction of the Izu peninsula (Philippine Sea Plate) that have become active since the late Miocene period.

**Key Words:** seismic reflection survey, accretionary prism, Plate Tectonics.

#### 1. はじめに

東海地域は、近い将来大地震発生の可能性の高いことが指摘され、地震予知の観測強化地域に指定されて以来、地震予知に関する各種の調査研究が集中的に行われている。これらの調査研究の中で、東海地域海底の地殻構造を明らかにすることは、地震の長期的予知にとって最も基本的な問題の一つである。これに関連して、駿河トラフがフィリピン海プレートの境界であるか否かは、特に重要な課題の一つとなっている。

水路部は昭和49年から54年にかけて、この地域の大陸棚及び沿岸海の基本図測量において海底地形調査とシング

ルチャンネルのエアガン式音波探査を実施しているが、昭和55・56年には科学技術庁の科学技術振興調整費による「フィリピン海プレート北端部の地震テクトニクスに関する総合研究」の一環として、マルチチャンネル反射法音波探査を行って9本の海底深部の地質断面を得た(海上保安庁水路部及び地質調査所1982ほか)。このマルチチャンネルの詳細についてはこの号に加藤ほか(1983)が報告している。

ここでは、これらの資料を総合して東海地域の海底地質構造の解析を行い、南海トラフから駿河トラフに沿って湾曲しながら追跡できる Outer Ridge (茂木1975)が、海溝に沿って形成される Structural High (Seely・Dickinson 1977)であり、駿河トラフ南部がフィリピン海プレートの沈み込みの場であることを指摘する。

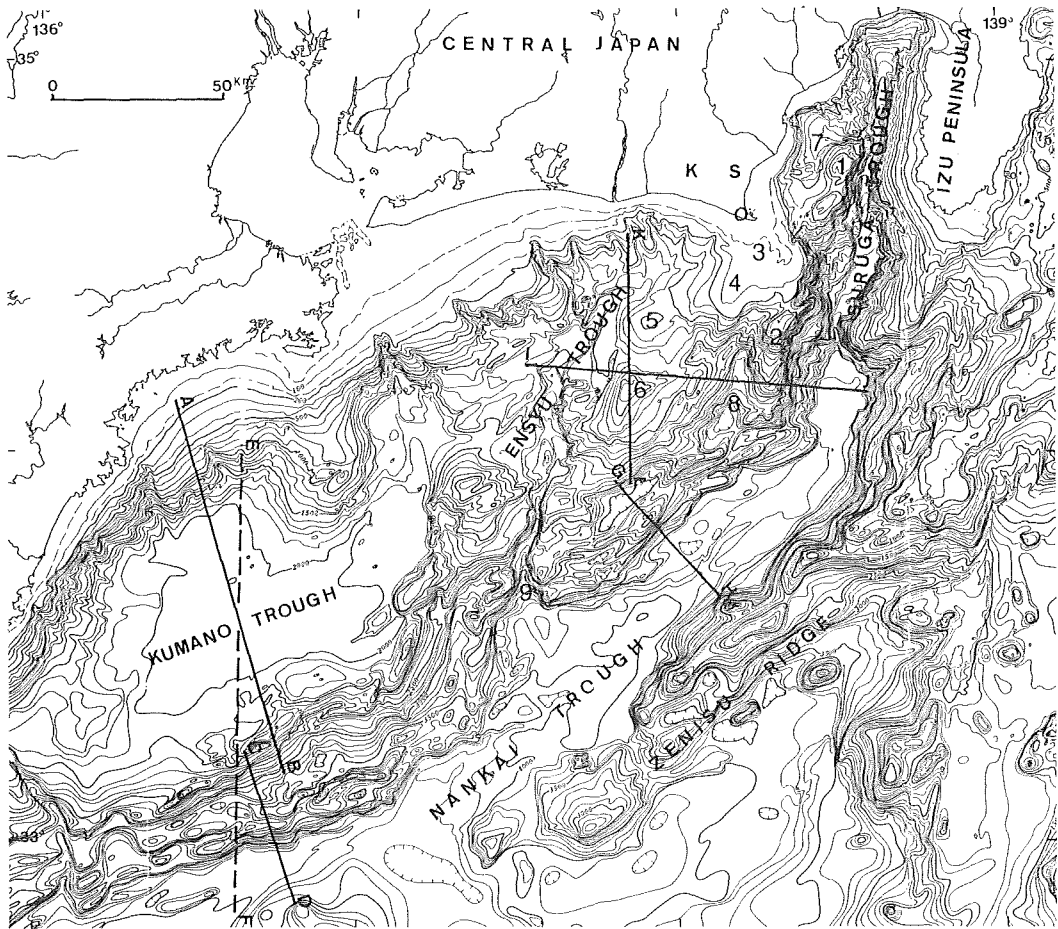


Figure 1 Submarine topography off Tokai District and locations of seismic sections 1 Senoumi Bank, 2 Kanesu-no-Se Bank, 3 Omaezaki Spur, 4 Omaezaki Bank, 5 Daiiti-Tenryu Knoll, 6 Daini-Tenryu Knoll, 7 Senoumi Basin, 8 Kanesu-no-Se Trough (tentatively named), 9 Tenryu Canyon, K Kakegawa, O Omaezaki, S Sagara. Bathymetric contours are from Hydrographic Department, M.S.A. Japan (1982a).

## 2. Outer Ridge の構造

東海沖の Outer Ridge については茂木(1975)が、大陸棚海の基本図の成果から地形的に2列の Outer Ridge の存在を指摘し、御前崎から南西に延びる主嶺とも言うべき陸側 Outer Ridge と駿河・南海トラフに沿って石花海から南南西ないし南西にのびる沖側 Outer Ridge を区別した(第2図)。その後、奥田ほか(1976)は二つの

Outer Ridge を御前崎隆起帯及び金洲ノ瀬隆起帯、永野ほか (1977) は御前崎海丘列及び金洲ノ瀬海丘列と呼んだ。これより先、岩淵 (1970) は深海平坦面外縁部の高まりから下部大陸斜面にかけて認められる起伏を指摘して ridge and trough zone と呼び、岩淵ほか (1976) はそれらが南海トラフの一般走向に並走して分布することを示した。

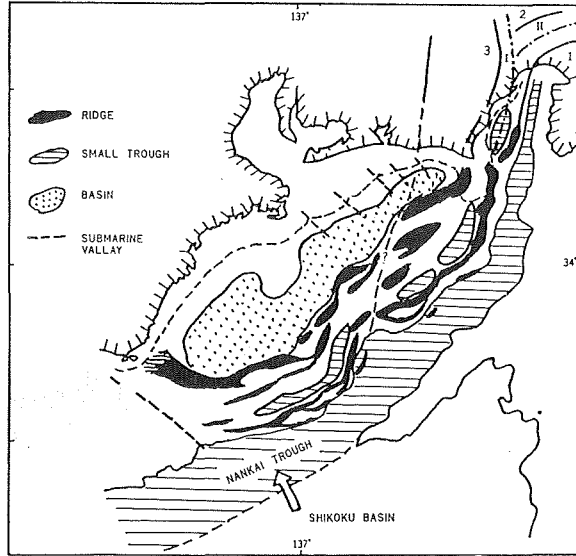


Figure 2 Outer Ridge off Tokai District (Mogi 1975)

東海沖の Outer Ridge は、熊野舟状海盆や遠州舟状海盆 (仮称) の海側の外縁を形成している構造的な高まりである。奥田ほか (1976, 1977) は音波探査結果から第3図 (E-F) のような地質断面を作成し、Outer Ridge が中新世前期の田辺・西郷・倉真層相当層及び火成岩の相対的な隆起帯であり、中新世中期以降の堆積層を堰止めているとした。また Outer Ridge の南海トラフ側斜面 (ridge and trough zone) の構造については、新第三紀以降の厚い堆積層から構成されていて著しい褶曲などの構造変形を受けていると推定し、岩淵ほか (1976) はまだ実証的証拠が上がっていないとしながらも、この ridge and trough zone が逆断層卓越域であるとした。

第3図 (C-D) は今回得られたマルチチャンネル音波探査断面である。Outer Ridge の南海トラフ側斜面は水平圧縮された褶曲が衝上断層によって切られ、不規則ではあるが次つぎと海側の地塊に押し上げられて一種の覆瓦構造を示していることが分かる。覆瓦構造の下は南海トラフから沈み込んでいる四国海盆の海洋基盤であり、覆瓦構造はフィリピン海プレートの沈み込みに伴う付加体 (accretionary prism) と考えられる (玉野ほか1981)。第3図 (A-B, C-D, E-F) の P-P' 及び P'' は Outer Ridge の頂部付近を走る同一 ridge を示す。この ridge も不明瞭ながら圧縮を受けて変形した付加体と見られ、上位層に覆われている Outer Ridge 頂部の基盤もこの付加体によって構成されている可能性が高い。

このようなことから、熊野舟状海盆の Outer Ridge は付加体の押し込みによって形成された隆起帯と見ることが出来る。深海掘削によって四国沖南海トラフの下部大陸斜面から、更新世の圧密を受けた地層が知られている (Ingle et al. 1975)。また奥田ほか (1976, 1979) によると、熊野舟状海盆から Outer Ridge にかけて褶曲する基盤堆積層は下部新第三系、場合によっては古第三系を含む層とされ、その上に上部新第三系を載せている (第3図 E-F)。これらのことから、Outer Ridge の隆起上昇には上部新第三系の一部を混入した第四系の付加体の押し込みがかかっていたと推論できる。

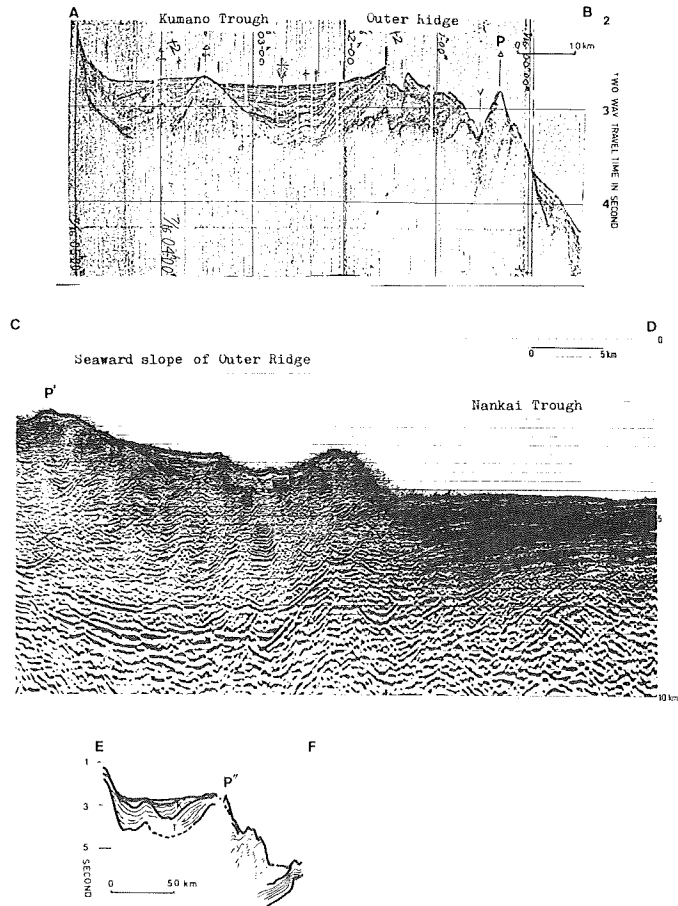


Figure 3 Seismic sections across Kumano Trough, Outer Ridge and Nankai Trough  
 A-B: single channel section, C-D: multi-channel section,  
 E-F: interpreted section (Okuda et al. 1976) Locations are shown in Figure 1.

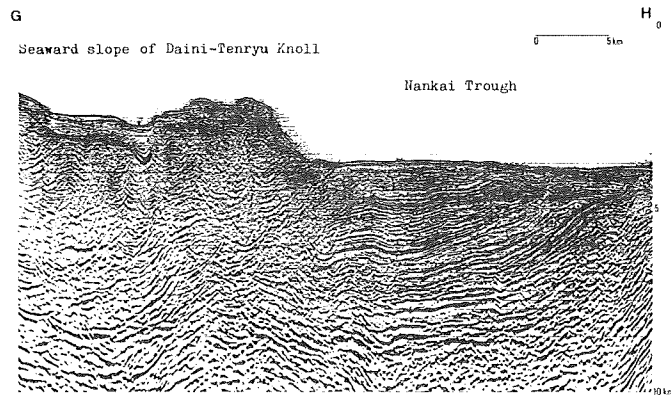


Figure 4 Multi-channel seismic section across Outer Ridge and Nankai Trough  
 Location is shown in Figure 1.  
 Reflector in parallel with sea floor in left-hand is considered as basement of gas hydrate layer.

遠州舟状海盆の Outer Ridge の構造は熊野舟状海盆沿いのものほど明瞭ではない。しかし、南海トラフ斜面のマルチチャンネル断面（第4図）によると、ここでも圧縮された褶曲や陸側に傾斜する衝上断層がみられ、南海トラフ斜面が覆瓦構造状の付加体によって構成されていることが分かる。奥田ほか（1977）もこれを付加体と考えている。遠州舟状海盆沖の Outer Ridge が熊野舟状海盆沖と同じ隆起帯の一部であることからみても推定されることである。

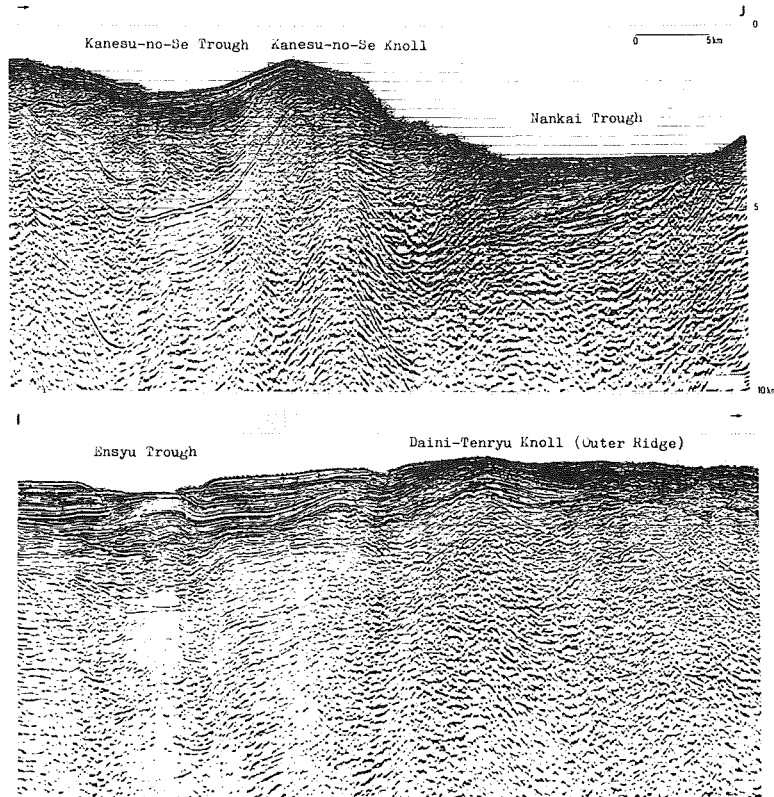


Figure 5 Multi-channel seismic section across Ensyu Trough, Daini-Tenryu Knoll, Kanesu-no-Se Trough, Kanesu-no-Se Bank and Nankai. Trough Location is shown in Figure 1.

遠州舟状海盆の Outer Ridge を東西に横断するマルチチャンネル断面（第5図）にも付加体の押し込みあるいは付加体の存在を示唆する二・三の構造がみられる。沖側 Outer Ridge とされる金洲ノ瀬南部の海側斜面には衝上断層を伴う堆積層の陸側傾斜が見られ、その陸側の金洲ノ瀬舟状海盆には上部新第三系・第四系堆積盆地の陸側移動や下位層ほど急傾斜を示す堆積層の陸側傾斜が認められること、また、陸側 Outer Ridge を構成する第2天竜海丘の海側斜面基部にも圧縮を受けた褶曲状の構造や陸側に向かって傾斜する反射面が認められ、その陸側の遠州舟状海盆にも堆積盆地の移動が見られることなどである。

第5図断面の北方、御前崎海脚の駿河トラフ側斜面には、駿河トラフ方向の軸をもつ顕著な褶曲及び衝上断層が発達している（海上保安庁水路部及び地質調査所1982、海上保安庁水路部1982b、加藤ほか1983）。これは伊豆半島基盤の沈み込みに伴う小規模の覆瓦構造を示すものと考えられ、Outer Ridge を構成する御前崎海脚の相良層群の複背斜形成には伊豆半島基盤の沈み込みや付加体の押し込みが関係していたと推定される。

御前崎海脚付近は Outer Ridge がどの辺を通るのか判断の困難なところである。御前崎海脚は御前崎半島方向

の特異な第四紀地殻変動が推定されているところであるが(土1968), Outer Ridge 頂部のほぼ全域に知られている相良層群の露頭(岩淵ほか1976, 奥田ほか1976・1977, 永野ほか1977)を手がかりにして, その範囲を御前埼堆及び御前埼南東の堆付近に絞ることができる。特に駿河トラフ方向の背斜(海上保安庁水路部1980)や御前埼海脚外縁の形状から, 御前埼堆付近が Outer Ridge の主嶺部である可能性が高い。

### 3. 堆積盆地の移動

Outer Ridge の陸側には熊野舟状海盆, 遠州舟状海盆などが並走している(第1図)。これらの舟状海盆は上部新第三系及び第四系の堆積盆地となっている(岩淵ほか1976, 奥田ほか1976・1977, 永野ほか1977)。このうち熊野舟状海盆の堆積盆地は上位層になるほど最大層厚部が陸側へ移動しているのが認められ(奥田ほか1976・1979), Outer Ridge の隆起部の中心にも陸地側への移動が認められる(岩淵ほか1976)。

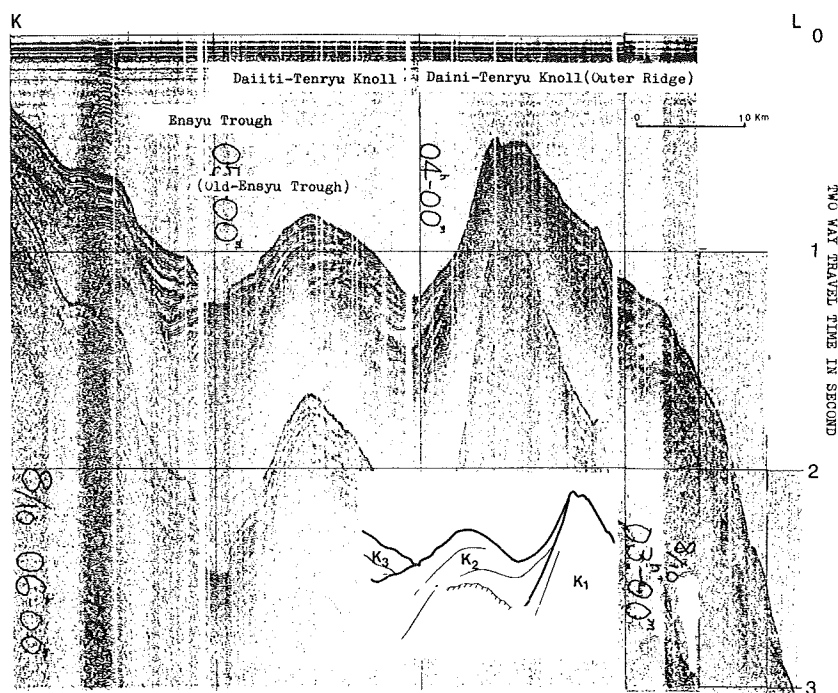


Figure 6 Seismic section across Ensyu Trough, Daiiti- and Daini-Tenryu Knoll (Daini-Tenryu Knoll is referred to Outer Ridge)

Location is shown in Figure 1. The landward migration of the sedimentary basin (K1 to K3) and the upwarping of the sub-Outer Ridge can be explained as the results of rising and landward migration of the Outer Ridge. Reflector beneath the Daiiti-Tenryu Knoll represented by slant in the interpretation diagram is considered as basement of gas hydrate layer.

この堆積盆地の移動は遠州舟状海盆でも見られることが分かった, 遠州舟状海盆は天竜海底谷と名付けられた構造的な低地帯の上流部に当たっており, 堆積盆地の移動は第1天竜海丘を中心とする遠州舟状海盆の Outer Ridge 側(第6図)に見られる。Outer Ridge を形成する第2天竜海丘の北ないし北西側に上部新第三系掛川層群の堆積盆地が形成され, その後, Outer Ridge 側に第1天竜海丘の曲隆構造が形成されて, 堆積盆地は陸側に向かって縮小したとみられる(第7図)。第1天竜海丘南部の海底下にみられる反射面は gas hydrate 層の基底と考えられるので, 解釈図では斜線で示してある, 第1天竜海丘の曲隆は Outer Ridge の陸側移動を示唆している。

このような堆積盆地の移動は更に遠州舟状海盆の北東側に位置する陸上の相良・掛川地域にも認められている (Tsuchi 1961, 土1974)。この地域の掛川層群の堆積盆地は相良・御前崎地域の相良層群の複背斜状の隆起に伴って形成され、堆積盆地の西方への移動に伴う見掛け上東から西への overlap が見られる。また、掛川層群堆積盆地の西半部は正常相とも言うべき海浸海退の相からなっているのに対し、掛川以東は地向斜性の Flysh 相を示している (土1974)。

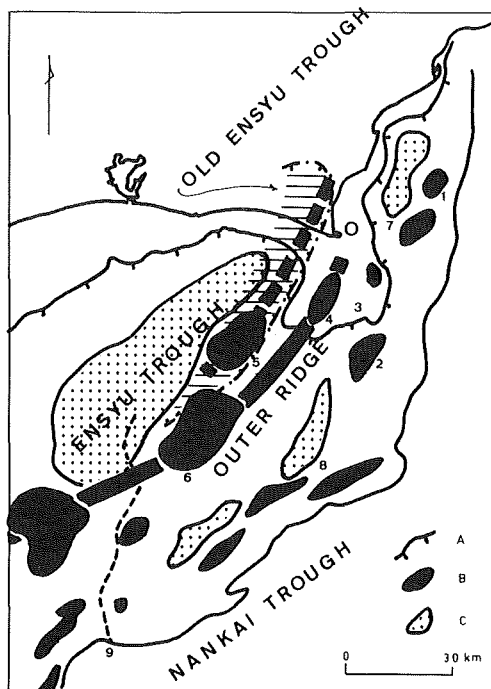


Figure 7 Landward migration of Outer Ridge and sedimentary basin, off Tokai District  
A: continental shelf edge, B: bank and knoll, C: trough, 1-9: same as shown in Figure 1.

これらのことから、Outer Ridge が御前崎付近に達している一方、その陸側では舟状海盆が掛川地域まで及んでいたことが分かる(第7図)。また、この地域の相良層群の複背斜内の向斜部には下部掛川層群が知られている (土1974)。これは掛川層群堆積中あるいは堆積後に隆起した第1天竜海丘と同じ発達過程をたどったことをうかがわせ、堆積盆地の移動とともに Outer Ridge の陸側移動がここでも起ったことを示唆している (第7図)。

#### 4. Outer Ridge の発達過程

Outer Ridge の構造が必ずしも明確になったわけではないが、推論を交えて、遠州舟状海盆以東の Outer Ridge の発達過程をまとめてみると次のようになろう (第1表)。




中新世後期、相良層群の堆積盆地の海側で Outer Ridge が隆起上昇する運動を始め、陸側に古遠州舟状海盆を形成した。この舟状海盆は鮮新世掛川層群の堆積盆地となり、Outer Ridge の主領部から掛川地域まで広がった。このときの Outer Ridge は現在の北北東ないし北東方向よりも東北東の方向を示していた。

掛川層群堆積中は Outer Ridge の隆起に伴って堆積盆地の陸側移動が漸移的に起り、その後半には古遠州舟状海盆内の第1天竜海丘及び相良地域において新しい曲隆運動が起った。新しい曲隆運動は Outer Ridge の陸側に起り、古遠州舟状海盆は狭められて遠州舟状海盆の原型を作った。遠州舟状海盆の軸方向は熊野舟状海盆よりも

北寄りとなり、Outer Ridge の東部が北北東寄りに向きを変えたことを示唆している。

更新世後期になると石花海の曲隆、石花海海盆の沈降が始まり（土1967、奈須ほか1968、桜井及び茂木1980、桜井ほか1982）、駿河トラフ及び南海トラフに並走する沖側の sub-Outer Ridge や海丘の配列を形成する沈み込みが始まった（奥田ほか1979）と推定される。

Table 1 Geological development of Outer Ridge off Tokai District

	<p>late Miocene : After the Sagara Group deposited, the Outer Ridge upheaved and the Old Ensyu Trough appeared between main land of Honsyu and the Outer Ridge.</p>
	<p>Pliocene : After the Kakegawa Group buried the Old Ensyu Trough--- Sedimentary Basin, the Outer Ridge upheaved again and resulted in the landward migration of the sedimentary basin.</p>
	<p>late Pliocene : The Outer Ridge upheaved moreover and sub- --Plistocene -Outer Ridge inside the Outer Ridge was also upheaved. Then, the Old Ensyu Trough became narrower to form the Ensyu Trough. By the seaward of the Outer Ridge, another sub-Outer Ridge rose along the Nankai and Suruga Troughs.</p>

### 5. 活動縁辺域の Structural High

南海・駿河トラフに並走する Outer Ridge 及び熊野・遠州舟状海盆の構造は、Seely・Dickinson(1977)やSeely(1979)などが示した活動縁辺域の forearc model (第8図) の中の Structural High 及び Forearc Basin との間いくつかの共通点を見いだすことができる。付加体の押し込みによる Outer Ridge の隆起、Outer Ridge の陸側に起った sub-Outer Ridge の隆起、堆積盆地の陸側移動などがそれである。沈み込んでいる海洋基盤に起伏があり、Outer Ridge の隆起が単に付加体の押し込みだけで説明できるものかどうか、また、付加体の細部構造がまだ明瞭になっていないなどの問題もあるが、大構造としてみたとき、Outer Ridge は Structural High に、熊野・遠州舟状海盆は Forearc Basin に相当する構造とみることができよう（第9図）。

南海トラフ及び駿河トラフ南部では四国海盆あるいは伊豆半島西岸の沈み込みを支持する証拠が見いだされつつあるが、Outer Ridge の構造もまた沈み込みを裏付けるものであり、特に駿河トラフ南部が沈み込みによって形成されたことを示唆していることは重要である。Outer Ridge 及び陸側の舟状海盆の北東への湾曲は、伊豆バ



一の北進（例えば Kaizuka 1975）を伴うフィリピン海プレートの北～北西進や沈み込みを支持しているように見える。

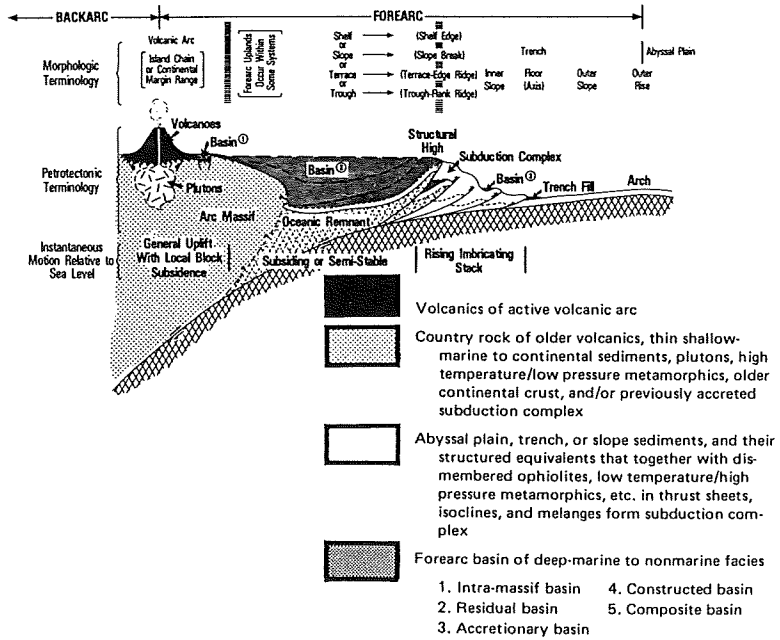


Figure 8 Generalized forearc model for an instant of geologic time (Seely and Dickinson 1977)

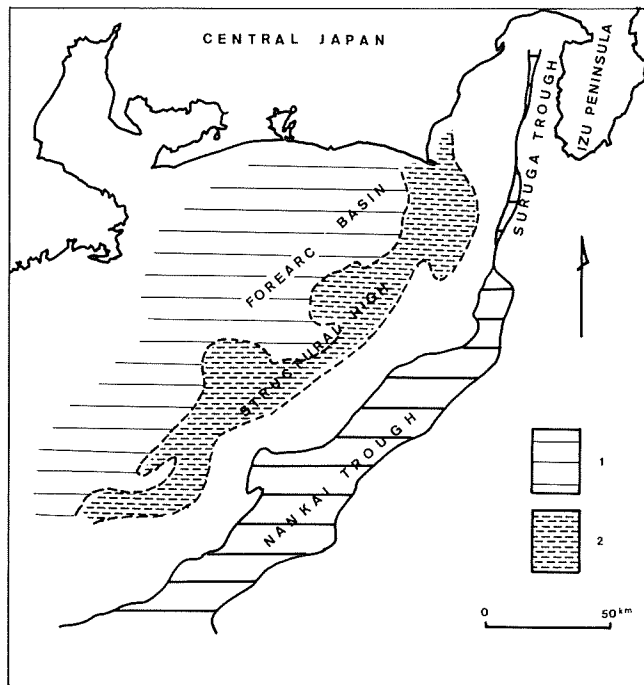


Figure 9 Geological structure of Outer Ridge off Tokai District  
 1: Middle Pliocene (correlated to the Kakegawa Group) to Recent,  
 2: Pre-early Pliocene (correlated to lower than the Sagara Group).

Both distributions are compiled from Iwabuchi et al. (1976), Okuda et al. (1976, 1977), and Nagano et al. (1977). As the results of remarkable coincidences of geological structure, the terminology shown can be given from the generalized forearc model of Seely and Dickinson (1977). It is suggested that the southern part of the Suruga Trough and the Outer Ridge elongated to Sagara, north of Omaezaki, were formed by the northward moving and subduction of the Izu Peninsula (Philippine Sea Plate) that have become active since late Miocene.

## 6. むすび

東海沖大陸斜面の大地形を規定している Outer Ridge の構造を明らかにするため、最近の音波深査断面を検討した。Outer Ridge の陸側には熊野舟状海盆の並走していることが分かっていたが、その北東に新たに遠州舟状海盆を確認した。Outer Ridge 及び舟状海盆の構造は Seely・Dickinson (1977) が示した活動縁辺域の forearc model の中の Structural High 及び Forearc Basin と同じ大構造からなっていることを明らかにした。この結果から東海沖の Outer Ridge は御前崎北方の相良付近まで達しており、中新世後期以降、伊豆半島の北進やフィリピン海プレートの沈み込みによって駿河トラフ南部が形成されたことを推論した。

東海沖の Outer Ridge は沈み込むフィリピン海プレートの上盤の構造として、また北進する伊豆半島に隣り合った地域の地質構造として見ていく必要がある。特に、現世のプレート相互間の運動を明らかにするための課題の一つとして、南海・駿河トラフに並走する sub-Outer Ridge (沖側 Outer Ridge) の発達過程の解明を挙げておきたい。

この研究には、多数の地震予知、大陸棚及び沿岸海の基本図関係調査資料が使われている。これらの調査にあられた関係各位に対し、心から謝意を表したい。

## 参 考 文 献

- Ingle, J.C.Jr. 1975 : Summary of late Paleogene-Neogene insular stratigraphy, paleobathymetry, and correlations, Philippine Sea and of Japan region, in Karig, D.E., Ingle, J.C. Jr. et al., *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project. U.S. Gov., 31, 837-855*
- 岩淵義郎 1970 : 紀伊半島沖の地形・地質、島弧と海洋、東海大学出版会、P. 149-154.
- 岩淵義郎・桂 忠彦・永野真男・桜井 操 1976 : フォッサ・マグナ地域の海底地質、海洋科学、8, 8, 45-52.
- 海上保安庁水路部 1980 : 沿岸の海の基本図、駿河湾南西部、63627.
- 海上保安庁水路部 1982a : 海底地形図、中部日本、1 : 1,000,000, No.6313.
- 海上保安庁水路部 1982b : 駿河トラフ南部の海底地形地質構造、地震予知連会報、28, 248-249.
- 海上保安庁水路部・地質調査所 1982 : 南海・駿河・相模トラフのマルチチャンネル反射法音波探査、地震予知連会報、28, 239-247.
- Kaizuka, S. 1975 : A Tectonic Model for the Morphology of Arc-Trench Systems, Especially for the Echelon Ridges and Mid-Arc Faults, *Jap. Geol. Geogr.* 45, 9-28.
- 加藤 茂・佐藤任弘・桜井 操 1983 : 南海・駿河・相模トラフのマルチチャンネル反射法音波探査、水路部研究報告、18.
- Keith A. Kvenvolden and Mark A. McMenamin 1980 : Hydrates of Natural Gas : A Review of Their Geologic Occurrence, *U.S. Geological Survey Circular 825, 1-11.*
- 茂木昭夫 1975 : フィリピン海北縁部の海底地形-Outer Ridge について、海洋科学、7, 8, 27-32.

- 茂木昭夫・桜井 操 1980：伊豆半島西岸の深い大陸棚外縁について，地震予知研究シンポジウム，学術会議地物研究連絡委，地震予知小委，地震学会，117-121.
- 永野真男・安城竜彦・登崎隆志 1977：遠州灘の海底地質，水路部研究報告，12，1-33.
- 奈須紀幸・土 隆一・本座栄一 1968：駿河湾西域の海底地質構造，地質学会討論会フォッサマグナ資料，191-195.
- 奥田義久・井上英二・石原丈実・木下泰正・玉木賢策・上島正人・石橋嘉一 1976：南海舟状海盆およびその北側斜面の海底地質，8，3，48-56.
- 奥田義久 1977：西南日本外帯沖広域海底地質図，地質調査所
- 奥田義久・熊谷 誠・玉木貴裕 1979：西南日本外帯沖の堆積盆地の分布と性格，石油技術協会誌，44，5，47-58.
- 桜井 操・茂木昭夫 1980：駿河トラフ（舟状海盆）のマルチチャンネル反射法音波探査，水路部研究報告，15，1-21.
- 桜井 操・片山維新・鈴木久義 1982：石花海北堆の海底地形・地質調査，最近の海底調査その2，水路協会，シンポジウム資料2，129-151.
- Seely, D.R., and W.R. Dickinson 1977：Structure and stratigraphy of forearc regions, in *Geology of continental margins, AAPG Continuing Education Course Note Ser. 5.*
- Seely, D.R. 1979：The evolution of structural high bordering Major Forearc Basins, in *Geological and Geophysical Investigations of Continental Margins, AAPG Memoir 29, 245-260.*
- Tsuchi, R. 1961：On the late Neogene sediments and Molluses in the Tokai region, with notes on the geologic history of the Pacific coast of southwest Japan, *Jap. Jour. Geol.*, 32 (3.4), 437-456.
- 土 隆一 1967：陸上の設丘と海底地形，うみ，5，1，80-84.
- 土 隆一 1968：開析扇状地から知られる地殻変動——東海地方を例に——，第四紀研究，7，4，225-234.
- 土 隆一 1974：掛川地方の新第三系，静岡県の地質，静岡県，35-44.