

西南日本前弧域の新生代テクトニクス —静岡地域のデータを中心にして—

杉山雄一*

SUGIYAMA, Yuichi (1992) The Cenozoic tectonic history of the forearc region of southwest Japan, based mainly on the data obtained from the Shizuoka district. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 43 (1/2), p. 91-112, 6 fig.

Abstract: The Cenozoic tectonic history of the forearc region of southwest Japan is divided into six tectonic stages P1, P2, P3, N1, N2, and N3 in ascending order, based mainly on tectonic events and volcano-depositional episodes recorded in the Shizuoka district.

In Stage P1 (67-48 Ma), the Inui accretionary complex was formed by the left-lateral oblique subduction of the Pacific Plate. The Mikura accretionary complex in Shizuoka and the Hyuga accretionary complex in Kyushu were formed in Stage P2 (48-30 Ma) in relation to the left-lateral oblique subduction of the Philippine Sea Plate (PHP). In Stage N1 (20-14 Ma), the Setogawa-Oigawa accretionary complex and the Mikasa forearc basin were formed by the low-obliquity subduction of PHP with a slight right-lateral oblique component. The Fujikawa accretionary complex and the Kakegawa forearc basin were formed in Stage N3 (5 Ma~) by the right-lateral oblique subduction of PHP. The PHP-Honshu interaction was weak in Stage P3 (30-20 Ma) and early Stage N2 (14-5 Ma) because no significant accretionary complex and fold system were formed.

The intermittent formation of accretionary complexes through Cenozoic time is attributed to the change of interplate motion between Honshu and PHP, which resulted at least partly from the successive formation of marginal seas, i.e., the Philippine Basin in Middle Eocene time, the Shikoku Basin in Late Oligocene to Early Miocene time and the Japan Sea in Early to Middle Miocene time.

要 旨

主として静岡地域における堆積-造構作用のデータに基づいて、西南日本前弧域の新生代史を6つのテクトニクスステージ(古い方からP1, P2, P3, N1, N2, N3の各ステージ)に区分した。このうち、ステージP1(67-48 Ma)には、太平洋プレートの左斜め沈み込みにより、付加コンプレックスが形成された。P2(48-30 Ma), N1(20-14 Ma), N3(5 Ma以降)の各ステージには、フィリピン海プレートの沈み込みにより、付加コンプレックス及び前弧海盆が形成された。また、ステージP3(30-20 Ma)及びN2(14-5 Ma)には、プレート間相互作用が弱かったと考えられる。ステージP2

以降の断続的な付加コンプレックスの形成は、フィリピン海盆、四国海盆、日本海と連続する多段階の縁海形成により、沈み込み境界におけるプレート間相対運動が変化したことが一因と推定される。また、静岡地域に記録されている3つの異なる時代の玄武岩質火成活動は、それぞれフィリピン海盆、四国海盆及び日本海の形成と関連するマントルダイアビリズムによる可能性が指摘できる。

1. はじめに

新生代の西南日本前弧域の地史は、主としてフィリピン

Keywords: accretionary complex, forearc basin, marginal sea, Shikoku Basin, Philippine Basin, Japan Sea, Philippine Sea Plate, subduction, Setogawa, Oigawa, Kakegawa, Shizuoka, southwest Japan, Cenozoic

* 環境地質部

ン海プレート (以下 PHP) の沈み込みに伴う付加コンプレックス (いわゆる四万十帯南帯) 及び前弧海盆の形成史を軸として捉えることができる。しかし、付加コンプレックス及び前弧海盆の形成は、この期間を通じて連続的に起きたのではなく、白亜紀末-暁新世、後期始新世-前期漸新世、前期中新世の中頃及び鮮新世以降の各時代に断続的に起きている。このような断続的な付加コンプレックス及び前弧海盆の形成は、PHP とユーラシアプレート (以下 ERP) 間の相対運動が時代と共に変化していることを示唆する。

PHP 上では中期始新世にフィリピン海盆が拡大し、後期漸新世-前期中新世には四国海盆が形成された。また、前-中期中新世には日本海の拡大が起きた。フィリピン海盆及び四国海盆の拡大時期は、静岡地域に分布する瀬戸川層群中の2層準の玄武岩の噴出時期とそれぞれ一致する。また、日本海の拡大時期は、静岡地域の高草山玄武岩類及び富士川谷や伊豆半島の前-中期中新世玄武岩類の噴出年代とほぼ一致する。この事実は3つの時代の玄武岩質火山活動がそれぞれ、縁海の形成と密接な関係を持っていたことを示唆する。

本稿は、以上に述べた付加コンプレックス及び前弧海盆の形成とプレート間相対運動との関係、並びに玄武岩質火山活動と縁海形成との関係に主眼をおいて、西南日本前弧域の新生代史を考察したものである。

考察に当たっては、主として静岡地域のデータに基づき、更に、九州、房総半島などの他の前弧域、フィリピン海及び日本海、並びに中央構造線沿い地域などのデータを考慮した。

2. テクトニックステージ区分

主として静岡地域 (Fig. 1) に分布する新生界の堆積及び造構作用に関するデータに基づき、西南日本前弧域の新生代史を大きく6つのテクトニックステージ (古い方から P1, P2, P3, N1, N2, N3) に区分する (Fig. 2)。これらの各テクトニックステージにおける堆積-造構作用については、次章で詳述するが、静岡地域における各ステージを特徴づける主要な堆積-造構イベントは以下の通りである。

P1 (約 67-48 Ma) : 犬居付加コンプレックスの形成

P2 (約 48-30 Ma) : 瀬戸川層群の玄武岩-石灰岩-チャート複合層の形成及び三倉層群の深海成緑色頁岩の堆積

P3 (約 30-20 Ma) : 瀬戸川層群の深海成緑色泥岩の堆積及び同泥岩と in situ 関係での玄武岩質火山活動

N1 (約 20-14 Ma) : 瀬戸川付加コンプレックスの形

成及びこれに続く玄武岩質火山活動を伴う大井川オリストストロームの堆積と前弧海盆 (三笠堆積盆) の形成

N2 (約 14-5 Ma) : 相良層群の堆積及び富士川谷新第三系の南北圧縮性地質構造の形成

N3 (約 5 Ma以降) : 掛川地域における逆 L 字形外縁隆起及び前弧海盆 (掛川堆積盆及び遠州海盆) の形成と富士川谷新第三系の東西圧縮性地質構造の形成

3. 各テクトニックステージにおける堆積-造構作用とプレート間相対運動

本章では、各テクトニックステージを特徴づける堆積-造構作用 (火成活動を含む) について述べる。また、これらのデータと PHP, 太平洋プレート (以下 PAP) 及び日本海に関する既存データとを総合することにより、各テクトニックステージにおけるプレート間相対運動について考察する。

3.1 ステージ P1

(1) 年代範囲

本ステージは、白亜紀-新生代境界 (約 67 Ma) から、瀬戸川層群の最下部を構成する海洋性玄武岩の噴出 (中期始新世の中頃, 約 48 Ma) 直前までの時代に相当する。

(2) 堆積-造構作用

本ステージには、赤石山地の四万十帯構成層の一つである犬居層群 (Fig. 1) の付加が起きたと考えられる。

犬居付加コンプレックスの形成

犬居層群は、レンズ状の砂岩や緑色岩類のブロックを含む擾乱・変形の激しい泥質岩 (メランジェ) を主体とし、このほかに、厚さ数 mm の珪質層と頁岩層の細互層、千枚岩質の細粒頁岩、一部に弱い片状構造が認められる厚層砂岩などを伴う。泥質岩からは、白亜紀末期 (Maastrichtian)-暁新世? の放射虫化石を産する (村松, 1986)。メランジェに含まれる緑色岩ブロックは、玄武岩溶岩及びハイアロクラスタイト、玄武岩-安山岩質凝灰岩及び斑れい岩-ドレライトからなる。これらの緑色岩類は、犬居層群分布域の北部では緑色片岩相、南部ではぶどう石-パンペリー石相の変成作用を受けている。

犬居層群のメランジェを構成する泥質岩には、剪断作用により形成された種々の小変形構造が発達する。狩野・中路 (1989)、竹内・狩野 (1990) 及び狩野・竹内 (1990) によると、小構造には北西方向に急傾斜する鱗片状劈開面のほかに、非対称ブーダン、覆瓦状構造などのメランジェ形成時の剪断センス (スリップベクトル) を指示する非対称構造が存在する。これらの非対称構造は、南東側の構造的に下位のユニットが北西側の構造的

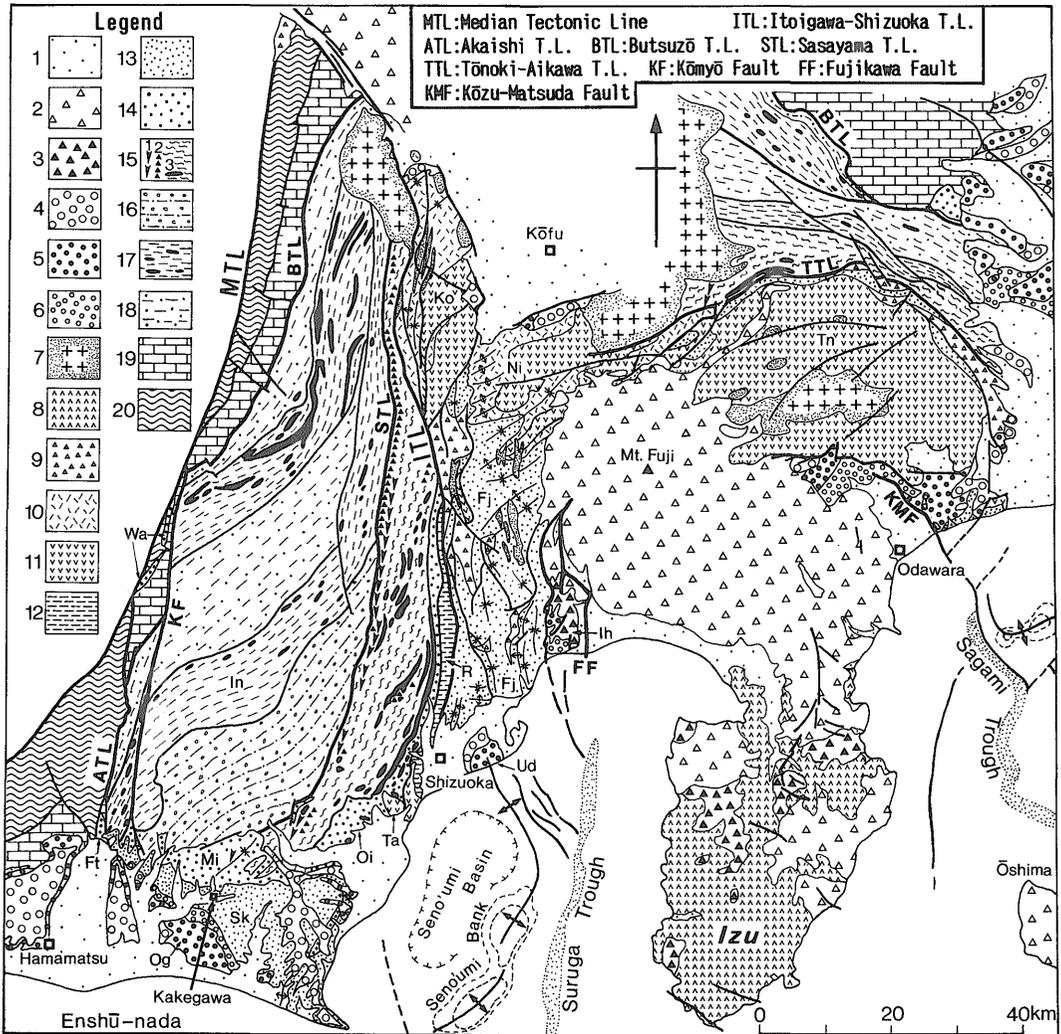


Fig. 1 Geological map of the Shizuoka and circum-Izu district.

Compiled from Ito & Masuda (1986), Kakimi *et al.* (1982), Kano & Matsushima (1988), Matsuda (1961), Sakai (1987), Sakamoto *et al.* (1987), Sugiyama & Shimokawa (1990), Tsuchi *et al.* (1986), Tsunoda (1988), Watanabe & Iijima (1989) in addition to the author's data.

Explanation of legend; 1: Holocene and Würm Glac. deposits, 2: M. Pleistoc. to Recent volcanics, 3: E. Pleistoc. volc., 4: Last Interglac. Stage dep., 5: M. Pleistoc. dep., 6: E. Pleistoc. dep., 7: Mioc. intrusives, 8: E. Mioc. to Plioc. volc. and clastics in Izu, 9: late M. Mioc. to Plioc. volc. (mainly andesite), 10: M. Mioc. dacite (lava & tuff) and clastics, 11: late E. Mioc. to M. Mioc. volc. (mainly basalt & andesite), 12: E. Mioc. dacite & rhyolite, 13: L. Mioc. to Plioc. clastics, 14: late E. Mioc. to early M. Mioc. clastics, 15: early E. Mioc. Setogawa accretionary complex (1: serpentinite, 2: E. Mioc. basalt, 3: Paleogene basalt-limestone-chert complex), 16: Eoc. to early E. Mioc. Mikura Gp., 17: Late Cret. to Paleocene Shimanto Supergroup (shale-rich strata with bs.-ls.-ch. complex), 18: Ditto (sandstone-rich strata), 19: Jur. Chichibu and Early Cret. Sambosun Gps., 20: Sambagawa Metamorphic Rocks.

Fj: Fujikawa Gp., Ft: Futamata Gp., Ih: Ihara Gp., In: Inui Gp., Ko: Koma Gp., Mi: Mikasa Gp., Ni: Nishiyatsushiro Gp., Og: Ogasa Gp., Oi: Oigawa Gp., R: Ryuso dacite-rhyolite complex, Sk: Sagara & Kakegawa Gps., Ta: Takakusayama alkali basalt complex, Tn: Tanzawa Gp., Ud: Udo Hills, Wa: Wada Fm.

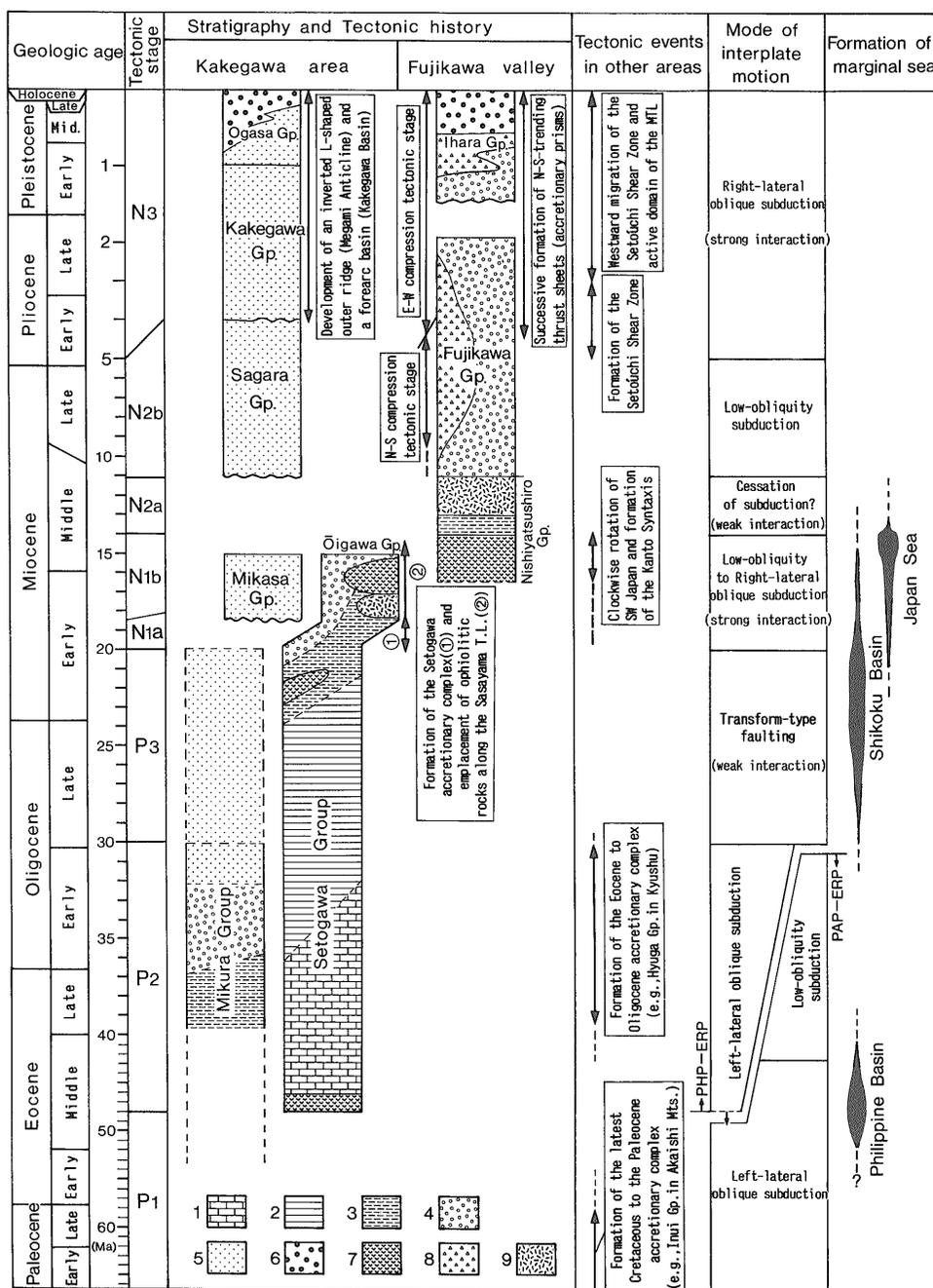


Fig. 2 Cenozoic tectonostratigraphic history of the Shizuoka district and its implication with the change of interplate motion and the formation of marginal seas.
 Explanation of lithofacies; 1: pelagic limestone interbedded with chert, 2: bedded argillaceous chert and siliceous shale, 3: pelagic to hemipelagic argillite (including variegated tuffaceous shale containing deep-sea microfossils), 4: terrigenous deposits accumulated on trench bottom and landward trench slope (including olistostromes), 5: terrigenous deposits accumulated in forearc basin and on upper continental slope, 6: shallow-sea and fluvial deposits formed by the glacio-eustatic sea-level change, 7: basalt (lava, intrusive bodies and volcanoclastic rocks), 8: andesite (ditto), 9: dacite and rhyolite (ditto).
 ERP: Eurasian Plate, PAP: Pacific Plate, PHP: Philippine Sea Plate.

に上位のユニットに対して、地層の最大傾斜方向(北西-西北西)よりも20-50°北に偏った方向へアンダースラストする剪断センスを示す(狩野・竹内, 1990).

(3) プレート間相対運動

上述した犬居付加コンプレックスの小変形構造は、左斜め沈み込み¹⁾を示唆する。一方、ホットスポットの位置を不動と仮定して復元された白亜紀末期-43 Ma 間のPAP-ERP間の相対運動(Engebretson *et al.*, 1985)と日本海拡大前の西南日本の原位置(鳥居ほか, 1985など)から判断すると、その当時、西南日本前縁の海溝では太平洋プレートの左斜め沈み込みが起きていたと考えられる(Hayashida *et al.*, 1988)。このような変形構造から推定される沈み込みセンスと当時の西南日本前縁におけるPAPの推定沈み込みセンスの一致から、犬居付加コンプレックスはPAPの左斜め沈み込みにより形成されたと考えられる(狩野・竹内, 1990及びFig. 3左上のA)。

3.2 ステージ P2

(1) 年代範囲

本ステージは、瀬戸川層群の最下部を構成する海洋性玄武岩の噴出(中期始新世の中頃, 約48 Ma)から、西南日本外帯の始新世-漸新世付加コンプレックス(日向層群, 室戸半島層群など)の形成期(上限年代は漸新世中頃, 約30 Ma)に相当する。

(2) 堆積-造構作用

本ステージには、後述のようにPHPと推定される海洋プレート上で瀬戸川層群の玄武岩-石灰岩-チャート複合層(杉山・下川, 1989)が形成された。また、西南日本前縁海溝部では、日向層群などの始新世-漸新世付加コンプレックスが形成された。更に、静岡地域の三倉層群下部を構成する緑色頁岩層も本ステージに海溝域で堆積したと考えられる。

1) 瀬戸川層群の玄武岩-石灰岩-チャート複合層の形成

i) 分布形態, 層序・層相及び時代

瀬戸川層群には、前期中新世初期の碎屑岩層に整合に覆われる古第三紀の玄武岩-石灰岩-チャート複合層が存在する。同複合層は、これを整合に覆う碎屑岩層と共に、4枚の西傾斜のスラストシートからなる覆瓦状構造を形成する。同複合層は各スラストシートの基底部に露出し、側方への連続は最も東側の宇津ノ谷シートでは30 km

以上に達する(杉山・下川, 1989)。

玄武岩-石灰岩-チャート複合層は、下位より、1) 玄武岩溶岩、2) 凝灰質な石灰質堆積物(礫性石灰岩を含む)、3) ミクライト質成層石灰岩層、4) 成層チャート層(一部、珩質頁岩)からなる層序を有する。

玄武岩溶岩は一部枕状構造を示し、瀬戸川帯北部では緑色片岩相、中・南部ではおどろ石-パンペリー石相から緑色片岩相の変成作用を被っている。玄武岩溶岩直上の石灰質堆積物は、玄武岩岩片、玄武岩起源の斜長石や輝石片、苔虫・有孔虫などの石灰質遺骸を多量に含み、Blow (1969) の P11 (中期始新世中頃, 49-46 Ma) に対比される浮遊性有孔虫化石を産する(茨木, 1983)。ミクライト質成層石灰岩は単層の厚さ5-20 cm程度のやや珩質な泥質石灰岩からなり、Blow (1969) の P12-P14 (中-後期始新世, 46-41 Ma) に対比される浮遊性有孔虫(茨木, 1983)、始新世-前期漸新世の石灰質ナンノプランクトン(Honjo and Minoura, 1968など)、大型有孔虫 *Discocyclina* (石井・牧野, 1946)などを産する。最上位の成層チャートは黒色-暗灰色の泥質チャートからなり、漸新世-前期中新世の放射虫化石を産する(Iijima *et al.*, 1981; 杉山・下川, 1989)。

瀬戸川層群には、このほかに泥岩及び擾乱された砂岩泥岩互層中のブロックとして産する玄武岩、石灰岩及びチャートが存在する(杉山ほか, 1982; Naka, 1985, 1988)。石灰岩及びチャートブロックは、各々、玄武岩-石灰岩-チャート複合層の石灰岩及びチャートと同時代の微化石を産する(遅沢, 1986aなど)。このことから、ブロック状の玄武岩、石灰岩及びチャートは玄武岩-石灰岩-チャート複合層と同一の起源を有すると考えられる。

ii) 形成場

上述の石灰質堆積物の微化石年代から、複合層基底の玄武岩溶岩の噴出年代は48 Ma頃と推定される。一方、瀬野・丸山(1985)によると、フィリピン海盆の海洋底基盤玄武岩の年代は49-42 Ma、伊豆-小笠原弧及び九州-パラオ海嶺の基盤玄武岩の年代は約48 Maであり、いずれも瀬戸川層群の玄武岩の年代と一致する。このような玄武岩年代の一致は、玄武岩-石灰岩-チャート複合層基底の玄武岩がフィリピン海盆の拡大及び古伊豆-小笠原弧の形成と関連して噴出したものであることを示唆する(Fig. 3右上のC)。また、複合層基底の玄武岩の古地磁気は、同玄武岩が北緯23°(ほぼ現在の台湾の緯度)付近で生成されたことを示唆する(登内・小林, 1981)。

玄武岩溶岩の上位には石灰岩層が広範に発達し、一部に礫性石灰岩を伴うこと、ブロックとして産する玄武岩

1) 本稿では、左横ずれ成分を伴う沈み込みを左斜め沈み込み、右横ずれ成分を伴う沈み込みを右斜め沈み込みと呼ぶ。また、横ずれ成分の大きな沈み込みを斜交性の強い沈み込み、横ずれ成分の小さな沈み込みを斜交性の弱い沈み込みと呼ぶ。

類には斜面崩壊により形成されたと考えられる火山砕屑岩類が多量に含まれることから、複合層基底の玄武岩は海山や海台などの地形的高まりを形成していたと推定される (Naka, 1985; 遅沢, 1986 b). 玄武岩の微量元素組成からは、巨大な海山起源のもの (ホットスポット玄武岩の化学組成を持つ) とより比高の小さい海台起源のもの (主として T-MORB の化学組成を持つ) とがあることが示唆される (小川・谷口, 1989).

以上のデータ及び考察に基づき、また、後述するステージ P3-N1 における瀬戸川層群の堆積-造構史を考慮すると、玄武岩-石灰岩-チャート複合層は、古伊豆-小笠原弧の一部をなしていた、あるいは同弧に隣接したフィリピン海盆内の、海山または海台の構成層と推定される。

2) 日向付加コンプレックスの形成

九州四万十帯の日向層群には北-西傾斜の覆瓦状構造が発達し、各スラストシート構成層は下位より、メランジュユニット、下部フリッシュユニット及び上部フリッシュユニットに3分される (坂井・勘米良, 1981; 坂井, 1989). 坂井 (1989) によると、メランジュユニットは緑色岩ブロックを含む変形の激しい泥質岩からなり、海溝充填堆積物が底付け付加されたものとされている。また、下部フリッシュユニットはスレート劈開の発達する末端相タービダイトを主とし、海溝充填堆積物がはぎ取り付加されたものと見なされている。上部フリッシュユニットは下部フリッシュユニットを一部不整合に覆い、変形が弱い砂岩優勢の砂岩泥岩互層及び厚層砂岩からなり、前弧海盆堆積物に比定されている。

坂井ほか (1984) 及び Nishi (1988) によると、メランジュユニットに含まれる緑色-赤色頁岩ブロックは中期始新世の放散虫を産し、基質の泥質岩は後期始新世の放散虫を産する。また、下部フリッシュユニットは後期始新世-前期漸新世の浮遊性有孔虫と中期始新世-前期漸新世の放散虫を産し、上部フリッシュユニットは後期始新世-前期漸新世の放散虫及び浮遊性有孔虫を産する。以上の年代データから、日向付加コンプレックスは中期始新世から前期漸新世にかけて形成されたと考えられる。

日向層群からはメランジュ中のブロックも含めて、中期始新世より古い時代の化石が発見されていないことから、付加コンプレックスの形成にあずかった沈み込みプレートは、中期始新世初めに拡大を開始した PHP の可能性が高い (Fig. 3 右上の B)。

3) 三倉層群の堆積

赤石山地四万十帯の三倉層群 (Fig. 1) には、3つの背斜からなる波長 5 km 程度の大規模な褶曲構造が発

達する (木村, 1967). このうち、最も南側の背斜南翼部 (逆転北傾斜部) の本層群は、下位より、緑色頁岩層、タービダイト層、厚層砂岩層及び砂岩優勢の砂岩泥岩互層、含礫泥岩及び礫岩を挟む黒色頁岩層からなる (Kimura, 1966). 最下位の緑色頁岩は古第三紀の放散虫 (飯島ほか, 1984) 及び始新世と推定される深海性底生有孔虫を産し (杉山・下川, 1990), 海溝域の半遠洋性堆積物と考えられる。その上位のタービダイト層は海溝充填及び海溝陸側斜面堆積物に比定され、厚層砂岩層及び砂岩優勢互層は前弧海盆堆積物の可能性が高い。更に、最上部の黒色頁岩層は、包有する石灰岩ノジュールから北部九州の下部漸新統に多産する汽水-浅海生貝化石を産する (Matsumoto, 1966, 1971) ことから、大陸棚以浅の環境で堆積したと推定される。

このような三倉層群の年代及び堆積環境の変遷は、上述した日向層群の年代及び堆積環境の変遷と類似し、三倉層群が日向付加コンプレックスの東方延長である可能性を示唆する。しかし、三倉層群についてはこれまでのところ、付加コンプレックスを特徴づける覆瓦状構造が確認されていない。また、上述のタービダイト層上部からは前期中新世の放散虫が報告されている (渡部, 1988). したがって、三倉層群と付加コンプレックスとしての日向層群との対比は、今後のより詳細な構造解析及び生層序学的検討を必要とする。

(3) プレート間相対運動

本ステージの前半 (48-40 Ma 頃) は既述のようにフィリピン海盆の拡大期に当たり、同海盆は Central Basin Ridge を拡大軸として南北ないし北北東-南南西方向に拡大した (瀬野・丸山, 1985 など). このようなフィリピン海盆の拡大に伴い、PHP, PAP 及び ERP の三重点は北へ移動し、三重点以南の西南日本前縁海溝では PHP の左斜め沈み込みが始まったと考えられる。日向付加コンプレックスはこの沈み込みに伴って形成されたと推定される (Fig. 3 右上の B) が、沈み込みの横ずれセンスを特定するだけのデータが得られていない。

本ステージにおける西南日本での左斜め沈み込みを示唆するデータとしては、愛媛県下に分布する始新統久万層群がある。同層群は、中央構造線が S 字状に屈曲する桜樹屈曲部に孤立して分布する (Nagai, 1957; 木原, 1985 など). このような分布形態は、中央構造線の左横ずれ運動に対して引張性屈曲部 (releasing bend) となる桜樹屈曲部にプリアパート堆積盆が形成されたことを示唆する。

また、三倉層群が既述のように日向付加コンプレックスの東方延長だとすると、40 Ma 頃には三重点が静岡

以東に達していた可能性が高い。三倉層群の形成過程の解明は、この三重点移動を含むフィリピン海形成史を明らかにするために、今後陸域で推進すべき研究課題の一つと考えられる。

一方、PAP はフィリピン海盆の拡大及び古伊豆-小笠原弧の形成にやや遅れて、約 43 Ma にその運動方向を北北西から西北西に変えた (Clague and Jarrard, 1973; Engebretson *et al.*, 1985 など)。これに伴い三重点以北の ERP 東縁海溝部では、PAP の斜交性の弱い沈み込み (右横ずれ成分を多少伴う直交型の沈み込み) が始まったと推定される (Hayashida *et al.*, 1988 及び Fig. 3 右上)。

3.3 ステージ P3

(1) 年代範囲

本ステージは、日向層群などの始新世-漸新世付加コンプレックスの形成後から前期中新世の瀬戸川付加コンプレックスの形成に先立つ時代に相当し、約 30 Ma から 20 Ma までの時代である。

(2) 堆積-造構作用

本ステージには、瀬戸川層群の玄武岩-石灰岩-チャート複合層最上部のチャート層とこれを整合に覆う遠洋性-半遠洋性の泥岩が堆積し、更に同泥岩に対して *in situ* な玄武岩質火成活動が生じた。また、西南日本前縁の瀬海-陸棚域から海溝域では、次のステージ N1 にオリストストロームとして最終的に定置する九州の日南層群 (Nishi, 1985; 酒井, 1988 a, b)、四国の菜生層群 (平ほか, 1980) などが堆積した。以下では、最近その全体像が明らかにされつつある、瀬戸川層群の泥岩に対して *in situ* な玄武岩質火成活動について述べる。

瀬戸川層群の泥岩に対して *in situ* な玄武岩質火成活動

i) 玄武岩類の産状、種類及び活動時期

笹山構造線に隣接する瀬戸川帯西縁部には、南北性の蛇紋岩貫入岩体の分布と重なるようにして、瀬戸川層群の泥岩 (主に緑色凝灰質泥岩) に対して *in situ* に噴出・貫入する玄武岩類が断続的に分布する (Fig. 1)。このうち、瀬戸川帯北部の山梨県早川町新倉-静岡市山伏岳付近に分布するものは、ピクライト玄武岩-かんらん石玄武岩及び玄武岩の溶岩及びハイアロクラスタイトからなる (石田ほか, 1990)。瀬戸川帯中部の静岡市大岳付近ではピクライト玄武岩-かんらん石玄武岩及び玄武岩の溶岩、ハイアロクラスタイト及び凝灰岩のほかに、小笠原諸島の無人岩に類似する高マグネシア・高シリカ岩を伴う (Ohashi, 1980; 大橋・白木, 1981)。また、瀬戸川帯南部の島田市千葉付近では主としてドレライト及び細粒の斑れい岩貫入岩体からなる。貫入岩体と周囲

の緑色凝灰質泥岩との接触部には、急冷縁部への泥岩の注入が観察され、泥岩未固結時に貫入が起きたことを示す (Osozawa *et al.*, 1990)。

これらの玄武岩溶岩及びハイアロクラスタイトを整合に覆う泥岩及び貫入岩体周辺の泥岩は、Riedel and Sanfilippo (1978) の *Cyrtocapsella tetrapera* 帯 (22 Ma 前後) から *Stichocorys delmontensis* 帯 (20 Ma 前後) に対比される放散虫化石を産する (北里, 1980; 杉山・下川, 1989; Osozawa *et al.*, 1990 及び杉山未公表データ)。また、静岡市大岳付近では、これらの *in situ* 玄武岩類を挟む緑色凝灰質泥岩の下位に、整合関係で、既述した玄武岩-石灰岩-チャート複合層の最上部を構成する成層チャート層が存在する。したがって、これらの玄武岩類の噴出・貫入活動は、漸新世末から前期中新世中頃にかけての 25-20 Ma 間に起きたと考えられる。

ii) 火成活動の場

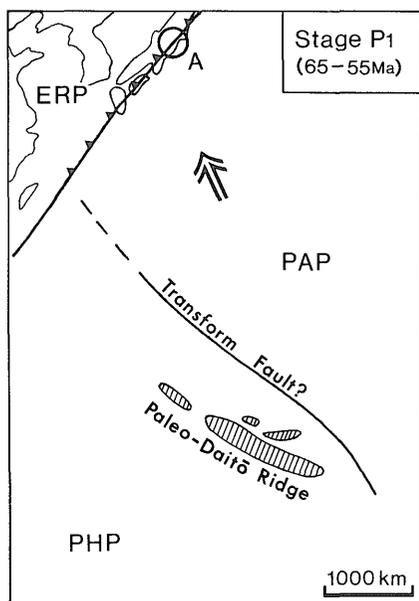
石田ほか (1990) によると、ピクライト玄武岩-かんらん石玄武岩は、全岩及びクロムスピネルの化学組成の点で、ハワイなどのプレート内ソレライトに類似する。また、*in situ* 玄武岩類を挟む緑色凝灰質泥岩は、深海性底生有孔虫化石を産し (北里, 1980 など)、まれにタービダイト末端相と考えられる細粒砂岩薄層を挟む。同泥岩は上方粗粒化・厚層化を示すタービダイト層 (海溝充填堆積物) に整合に覆われ、更にその上位に厚層砂岩やオリストストローム (海溝底-海溝陸側斜面堆積物) が重なる。

これらのデータを踏まえ、更に、火成活動の時期が四国海盆の主拡大期と重なること、玄武岩類の分布が瀬戸川帯西縁部に限られることを考慮すると、玄武岩類の噴出・貫入活動は、当時の海溝に隣接した伊豆-小笠原弧北端-四国海盆北東端部で起きたと推定される (Fig. 3 左下の D)。また、これらの玄武岩質火成活動は四国海盆の拡大と関連するオフリッジ火成活動によると推定される。

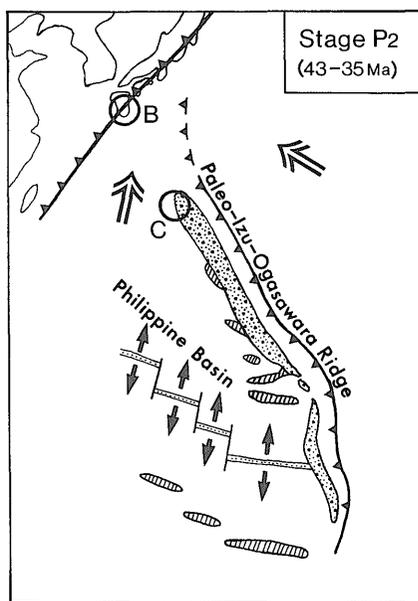
(3) プレート間相対運動

PHP 上では、本ステージを含む約 30-14 Ma 間に、東北東-西南西方向の四国海盆の拡大が起きた (Watts and Weissel, 1975; Chamot-Rooke *et al.*, 1987 など)。また、本ステージの西南日本前縁海溝域では、次のステージ N1 にオリストストロームとして最終的に定置した厚い深海扇状地堆積物 (日南層群構成層など) が堆積し、付加コンプレックスの形成は知られていない (酒井, 1988 c など)。

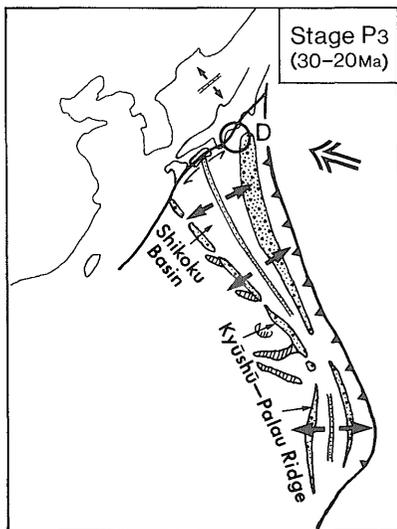
これらの事実から、本ステージにおける西南日本前縁



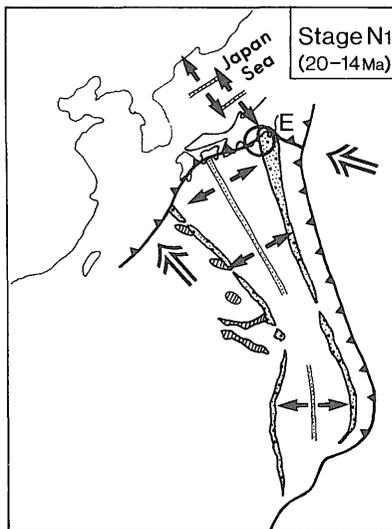
A: The Paleocene Inui accretionary complex was formed by left-lateral oblique subduction of the Pacific Plate beneath Honshu.



B: The Late Eocene to Early Oligocene Hyuga accretionary complex was formed by left-lateral oblique subduction of the Philippine Sea Plate beneath Honshu.
C: Pelagic limestone in the Setogawa Group was deposited on the basaltic basement which was formed in relation to the spreading of the Philippine Basin and volcanism of the Paleo-Izu-Ogasawara Ridge.



D: Argillaceous chert and pelagic to hemipelagic argillite containing deep-sea microfossils were deposited on the limestone. Basaltic volcanism occurred in relation to the spreading of the Shikoku Basin.



E: The Setogawa accretionary complex was formed by off-scraping of surficial materials of the subducting Shikoku Basin and the Izu-Ogasawara Ridge in relation to the spreading of the Japan Sea.

Fig. 3 A possible plate tectonic formation model of the Paleocene Inui, Eocene to Oligocene Hyuga and Early Miocene Setogawa accretionary complexes.
Paleogeographic reconstruction of the Philippine Sea is modified after Seno & Maruyama (1985).
ERP : Eurasian Plate, PAP : Pacific Plate, PHP : Philippine Sea Plate.

の PHP (四国海盆)-ERP 境界はトランスフォーム型の横ずれ境界であったと推定される (酒井, 1988 c 及び Fig. 3 左下).

3.4 ステージ N1

(1) 年代範囲

本ステージは、前期中新世中頃から中期中新世初期 (約 20 Ma から 14 Ma) に相当する。本ステージは、後述する堆積-造構作用の特徴から、前半 (約 20-18 Ma) のサブステージ N1 a と後半 (約 18-14 Ma) のサブステージ N1 b に区分される (Fig. 2)。サブステージ N1 a は、西南日本前弧域の高千穂変動 (黒田・松本, 1942; 首藤, 1963) の時代に相当する。また、サブステージ N1 b は、環日本海地域及び南部フォッサマグナ地域におけるグリーンタフ変動 (井尻, 1960; 藤田, 1971, 1972) の発生時期に当たる。

(2) 堆積-造構作用

サブステージ N1 a には、西南日本前縁海溝部で瀬戸川付加コンプレックス及び岬オリストストローム (勘米良, 1977; 酒井, 1988 c など) が形成された。また、サブステージ N1 b の西南日本前弧域では、これらの付加コンプレックス及びオリストストロームを不整合に覆って、前弧海盆が形成された。また、静岡地域を含む南部フォッサマグナ及び伊豆-小笠原弧地域では、主として玄武岩質及びデイサイト-流紋岩質の火成活動が起きた。更に、本サブステージには、日本海の拡大に伴う西南日本の時計回り回転 (鳥居ほか, 1985 など) が起き、本サブステージ末期から次のサブステージ N2 a にかけては、西南日本外帯花崗岩類の進入 (柴田, 1978) が起きた。以下では、1) 瀬戸川付加コンプレックスの形成、2) 前弧海盆 (三笠堆積盆) の形成、3) 海溝陸側斜面-海溝域における大井川層群の堆積、4) 竜爪-高草山火山岩類の噴出、及び 5) 西南日本の時計回り回転と関東対曲の形成について述べる。

1) 瀬戸川付加コンプレックスの形成

i) 瀬戸川層群の覆瓦状構造とその形成機構

瀬戸川層群には、3.2 節でも触れたように、4 枚の西傾斜のスラストシートからなる覆瓦状構造が発達する (杉山・下川, 1989)。各スラストシート構成層は、下位より、玄武岩-石灰岩-チャート複合層、深海成泥岩、タービダイト層 (海溝充填堆積物)、厚層砂岩及びオリストストローム (海底扇状地及び海溝陸側斜面堆積物) からなる層序を有する。また、各スラストシートには、大部分が西に傾斜する軸面を持つ波長数 100 m-1 km 程度の褶曲が発達する。このような特徴を持つ覆瓦状構造の存在から、瀬戸川層群はプレートの沈み込みに伴っ

て形成された付加コンプレックスと考えられる (Osozawa, 1988; 杉山・下川, 1989)。

また、既述した玄武岩-石灰岩-チャート複合層及び in situ 玄武岩類に関するデータから、本層群の覆瓦状構造は、四国海盆北東部-伊豆-小笠原弧北部の地殻表層物質 (海山または海台構成層を含む) がはぎ取り付加されて形成されたと推定される (Fig. 3 右下 E)。

ii) 付加コンプレックスの形成時期

瀬戸川層群の深海成泥岩上部とその上位のタービダイト層及びオリストストロームの基質部は、*Stichocorys delmontensis* 帯 (約 20 Ma, Blow, 1969 の N5 相当) の放散虫化石を産する (北里, 1980; Iijima *et al.*, 1981; 遅沢, 1986 a など)。一方、これらの地層は大井川下流域の瀬戸川帯南部で、約 18 Ma から 15 Ma (Blow, 1969 の N6 上部から N8) に堆積した三笠層群に傾斜不整合に覆われる (斎藤, 1960; 楨山, 1963; Ibaraki, 1986 など)。これらの事実から、瀬戸川付加コンプレックス (杉山・下川, 1989 の瀬戸川ゾーン、後述する大井川層群を除く) は、約 20 Ma から 18 Ma にかけての比較的短期間に形成されたと考えられる。

iii) 超塩基性岩類の貫入

瀬戸川層群の深海成泥岩には碎屑性蛇紋岩が含まれ (荒井ほか, 1978 など)、超塩基性岩類の貫入はステージ P3 後期には既に始まっていたと考えられる。しかし、地質図スケールの超塩基性岩体は、瀬戸川層群の覆瓦状構造及び褶曲構造を切って、笹山構造線に沿ってほぼ南北に分布する (Fig. 1)。瀬戸川帯南部の瀬戸川層群は北東-南西の一般走向を有するが、超塩基性岩体周囲では左横ずれ方向に引きずられて南北走向となる (例えば杉山・下川, 1989 の第 1 図)。また、超塩基性岩類は三笠層群上部 (N8 相当層) にも貫入すると共に、同層中に礫・岩片として含まれる (下川・杉山, 1982)。

超塩基性岩体は蛇紋岩化したハルツバージャイト、ダナイト、クリノパイロキシナイトなどからなり、斑れい岩、ドレライトなどの塩基性岩体及び安山岩や閃緑岩の礫からなる貫入角礫岩体を伴う (荒井ほか, 1978 など)。超塩基性岩類の化学的特徴は、同岩類が高い地温勾配を有する極めて薄い地殻下の最上部マントルに由来することを示唆する (荒井・内田, 1979; 荒井・高橋, 1988)。

以上のデータから、地質図スケールの超塩基性岩体の多くは、20-15 Ma 間に、瀬戸川付加コンプレックス西縁部 (当時の前弧斜面) に形成された左横ずれ剪断割れ目に沿って、沈み込んだ四国海盆の上部マントル物質が絞り出されて形成されたと考えられる (Fig. 4 上図)。瀬戸川帯東方延長の小仏帯及び嶺岡帯に分布する超塩基

性岩類(Uchida and Arai, 1978; 荒井・石田, 1987など)についても、ほぼ同時期に同様の機構で貫入した可能性が高いと考えられる。

2) 前弧海盆の形成

大井川西岸の掛川地区では約18 Maに、瀬戸川付加コンプレックス及び三倉層群からなる基盤の上に前弧海盆(三笠堆積盆)が形成され、約15 Maまで三笠層群(西郷・倉真層群)の堆積が続いた(斎藤, 1960; Ibaraki, 1986)。三笠堆積盆では16-15 Ma頃(N8相当期)に、デイサイト質の火山活動が起こり、緑色凝灰岩が堆積した。また、既述のように超塩基性-塩基性岩類の貫入とこの貫入岩体由来する砕屑性の超塩基性-塩基性岩類の堆積があった(下川・杉山, 1982)。

三笠堆積盆は赤石構造線及び光明断層(Fig. 1)南端の二俣層及び家田層(楨山, 1934)の堆積域へ連続し、更に両断層沿いに北方へ延び、中央構造線沿いの和田層(中村, 1924; 中世古ほか, 1979)の堆積域へ連続していた可能性が高い。これらの地層はその分布形態及び様々なオーダーの地質構造の特徴から、赤石、光明両断層の左横ずれ運動に伴って形成された横ずれ堆積盆地の堆積物と考えられる(松島, 1990; 吉田ほか, 1991及びFig. 4上図)。

18-15 Maの前弧海盆の形成は掛川地区にとどまらず、紀伊半島地域では田辺及び熊野堆積盆が形成され、房総半島地域では佐久間堆積盆が形成された(Fig. 4上図)。この時期の前弧海盆の配置は、後述するステージN3における前弧海盆の配置(Fig. 6)と類似し、両時代のテクトニクスの共通性(後述する右斜め低角沈み込み)を示唆する。

3) 大井川層群の堆積

上述の前弧海盆群が形成されていた18-15 Ma頃に、瀬戸川付加コンプレックスの前面(海洋側)では、陸源性砕屑物及びオリストストローム(大井川層群)の堆積が継続していた。オリストストロームには、玄武岩-石灰岩-チャート複合層と同じ層相・年代のミクライト質石灰岩、礁性石灰岩、チャート及び玄武岩溶岩などのブロックが多量に含まれる(杉山, 1980; Watanabe and Iijima, 1983)。異地性ブロックの岩種構成には、北側の瀬戸川付加コンプレックス南端部の岩相変化と調和的な地域的な変化が認められ、スランプ褶曲などの堆積時の変形構造は、南傾斜の海底斜面の存在を示す(杉山, 1980)。これらの事実から、オリストストローム中の石灰岩やチャートなどのブロックは陸側の瀬戸川付加コンプレックスに起源を有すると考えられる。恐らく、覆瓦スラストの運動による外縁隆起帯の成長に伴って、付加

コンプレックスの一部が崩壊し、前面の海溝陸側斜面-海溝底に堆積したものと考えられる(杉山・下川, 1989)。

なお、大井川層群下部と瀬戸川層群上部の砕屑岩層とは同時代(*Stichocorys delmontensis* 帯)の放散虫化石を産する(Iijima *et al.*, 1981; 杉山・下川, 1989など)。この事実は、瀬戸川付加コンプレックスの形成とその海洋側における大井川層群の堆積とが切れ目のない一連の地質過程として進行したことを示している。

4) 竜爪-高草山火山岩類の噴出

焼津市高草山付近には、主としてアルカリ玄武岩及び粗面安山岩の溶岩からなる高草山火山岩類(Tiba, 1966; 石川, 1976など)がくさび状に分布する(Fig. 1)。同火山岩類は大井川層群のオリストストロームに対してin situに噴出・貫入する(Iijima *et al.*, 1981; Watanabe and Iijima, 1983)。また、大井川南岸の相良町女神付近には、高草山玄武岩類のブロックが巨大な礁性石灰岩ブロックを伴って、大井川層群中に含まれる(杉山ほか, 1988)。

糸魚川-静岡構造線南端部の西側には、主としてアルカリ質のデイサイト及び流紋岩からなる竜爪火山岩類(池田, 1978など)が南北に細長く分布する(Fig. 1)。同火山岩類は、その分布の南端に当たる駿河湾西岸の大崩海岸付近で高草山火山岩類に整合に覆われる。

高草山火山岩類の噴出年代は、産出する浮遊性有孔虫及び放散虫化石(Ibaraki and Tsuchi, 1982; 杉山ほか, 1982; Osozawa *et al.*, 1990)から、17-15 Ma頃と推定される。また、竜爪火山岩類の噴出年代は、産出する放散虫化石(Osozawa, 1991)から、21-17 Ma間と考えられる。

高草山火山岩類は、大井川層群のオリストストローム及び泥岩を整合に覆うと共に、深海性底生有孔虫化石を産する(杉山ほか, 1982)ことから、海溝域で噴出したと考えられる。また、その分布形態及び礁性石灰岩を伴うことから、海山をなしていたと推定される(Fig. 4上図)。微量元素組成の特徴からは、ホットスポットのアルカリ岩に分類され(小川・谷口, 1989)、四国海盆北端部でのオフリッジ火山活動の産物と考えられる(高橋正, 1989)。ただし、その活動時期は、日本海の拡大時期及びグリーンタフ地域における火山活動の時期(西黒沢期)とほぼ一致しており、火山活動の原因となったマントルダイアピルの上昇は日本海の形成とも深い関連があると推定される。

竜爪火山岩類は高草山火山岩類に先行して噴出しており、その中ではまず流紋岩及び粗面岩の噴出があり、続いてアルカリに富むデイサイトの活動があった。このよ

うなアルカリに富む珪長質マグマの活動も、高草山火山岩類と同様なオフリッジ火山活動の一環と考えられるが、アルカリに富む珪長質マグマの形成過程は十分解明されておらず、今後の研究課題として残されている。

5) 西南日本の時計回り回転と関東対曲の形成

乙藤ほか (1990) によると、西南日本は 16.1 ± 1.4 Ma から 14.3 ± 0.6 Ma の間に 40° 時計回りに回転した。また、中島ほか (1990) によると、西南日本の時計回り

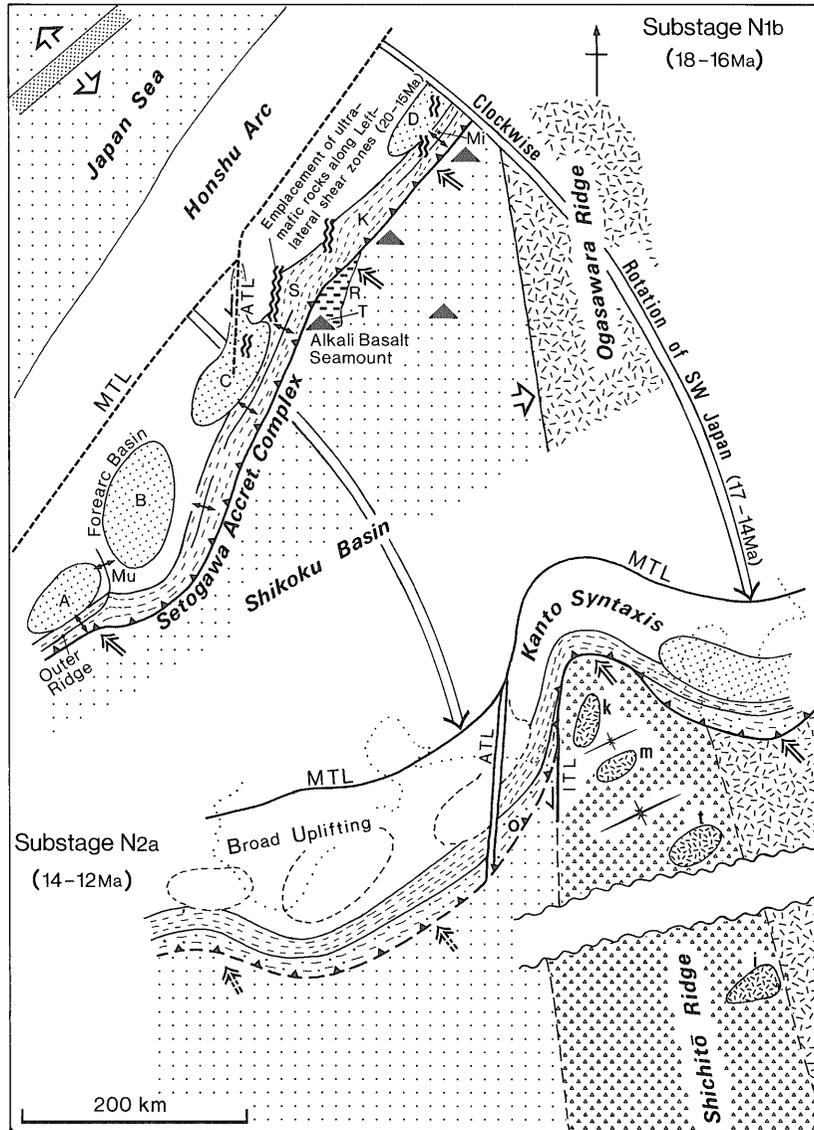


Fig. 4 Paleogeographic reconstructions of central Honshu in tectonic substages N1b and N2a, and a possible formation process of the Kanto Syntaxis.

Substage N1b; A: Tanabe Basin, B: Kumano Basin, C: Mikasa Basin, D: Sakuma Basin, K: Kobotoke Gp., Mi: Mineoka Gp., Mu: Muro Gp., R: Ryuso dacite-rhyolite complex, S: Setogawa Gp., T: Takakusayama alkali basalt complex. ATL denotes the Akaishi Tectonic Line. Substage N2a; i: Izu block, k: Koma block, m: Misaka block, o: Oigawa accretionary complex, t: Tanzawa block. ITL denotes the southern part of the proto-Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line.

回転は、26 Ma 以降のある時期から 17 Ma までの 14° の回転と 17-15 Ma 間の 36° の回転からなる。西南日本の瀬戸川帯及びこれよりも古い付加コンプレックス群から構成される帯状構造は、フォッサマグナ地域において八の字形の屈曲 (関東対曲) を示す。関東対曲の形成時期は、最近の西南日本東部、関東山地及び南部フォッサマグナ地域の古地磁気及び造構史データ (Itoh, 1988; 高橋 雅, 1989; 松田, 1989 など) に基づくと、西南日本の時計回り回転と同時期に形成された可能性が高い。この場合、関東対曲は、巨摩地塊、丹沢地塊などの個々の島弧性地塊 (高橋 正, 1989) の多重衝突により段階的に形成されたものではなく、これらを含む火山性島弧 (七島海嶺の北方延長) と本州弧との衝突により形成されたと考えられる (Fig. 4)。甲府以南の糸魚川-静岡構造線の原形は、この火山性島弧の西縁を画する左横ずれ断層として形成され、赤石構造線及び光明断層に沿う 50 km 以上の左横ずれ変位 (Kimura, 1959, 1961) の大部分もこの時期に形成された可能性が高い (Fig. 4)。

伊勢湾西岸に分布する N6-N8 相当の一志層群及び 15 Ma の放射年代をもつ熊野酸性岩類の残留磁化方位は、それぞれ約 45° 及び 58° 東偏する (Hayashida and Ito, 1984; 田上, 1982)。これに対して、静岡地域の三笠層群及び地震性地殻変動による回転の影響を取り除いた高草山火山岩類の残留磁化方位はほぼ北を向く (林田, 1986; 萩原, 1989 MS; 杉山, 1989)。この事実は、静岡地域では西南日本の時計回り回転と関東対曲の形成に伴う反時計回りの回転とが相殺しているためと考えられる (杉山, 1989)。

(3) プレート間相対運動

瀬戸川付加コンプレックスの形成は、既述のように PHP (四国海盆及び伊豆-小笠原弧域) の沈み込みに起因すると考えられる。Chamot-Rooke *et al.* (1987) などによると、本ステージには四国海盆の拡大が継続しており、四国海盆は拡大を続けながら ERP 下に沈み込んだと考えられる。このような拡大中の PHP の沈み込みを生起した原因としては、20 Ma 前後に始まったと推定される日本海の拡大が挙げられる。即ち、日本海の拡大に伴う本州弧の南東方へのせり出しが原因となって、PHP の沈み込みが生起された可能性が指摘できる。

本ステージの沈み込みの横ずれセンスについては、次のようなデータがある。紀伊半島では牟婁層群に発達する地震性地殻変動に起因する屈曲構造の特徴から、サブステージ N1a に右斜め沈み込みがあったと考えられる

(杉山, 1989 及び Fig. 4 上図)。また、斎藤 (1991) によると、房総半島では佐久間堆積盆の形態、構造及び堆積様式から、サブステージ N1b の右斜め沈み込みが示唆される。静岡地域では、大井川層群の屈曲構造の特徴から、サブステージ N1b に右斜め沈み込みがあったと推定される (杉山, 1989)。しかし、赤石構造線や瀬戸川帯西縁部の南北性超塩基性貫入岩体に沿っては、既述のようにこの時期に左横ずれ運動があったと考えられる。この点を考慮すると、静岡地域における沈み込みの右横ずれ成分は小さかったと推定される。

3.5 ステージ N2

(1) 年代範囲

本ステージは 14 Ma から約 5 Ma までの中-後期中新世に相当する。本ステージは、後述する堆積-造構作用の特徴から、前半 (約 14-11 Ma) のサブステージ N2a と後半 (約 11-5 Ma) のサブステージ N2b に区分される。

(2) 堆積-造構作用

1) サブステージ N2a の堆積-造構作用

掛川地区以西の西南日本前弧域では、本サブステージに広範囲の隆起・堆積の中断が起き (Fig. 4 下図)、次のサブステージ N2b またはステージ N3 の堆積物との間に広域不整合が形成された (土ほか, 1981 など)。

一方、南部フォッサマグナ (富士川谷地区) 及び房総半島地域では、このような広範囲の隆起・堆積の中断は起きていない。富士川谷地区 (御坂地塊周辺) では、本サブステージに、サブステージ N1b の玄武岩溶岩を整合に覆って、深海成の泥岩及び主としてデイサイト質の火山砕屑岩が堆積した (松田・水野, 1955; 松田, 1961 など)。また、同地区では、本サブステージには顕著な褶曲変形は生じていない (松田, 1958 など)。

2) サブステージ N2b の堆積-造構作用

西南日本前弧域のうち、少なくとも掛川地区及び九州の宮崎では、本サブステージに前弧域の沈降または海溝側への傾動が起き、前弧斜面上に相良層群 (Ujiiie, 1962; 杉山ほか, 1988 など) 及び宮崎層群 (首藤, 1952; 木野ほか, 1984 など) が堆積した (Fig. 5 上図)。

一方、南部フォッサマグナ地域では、関東山地前縁の堆積盆地 (愛川堆積盆) から、御坂地塊と丹沢地塊の間を通過して南海トラフへ連続する富士川トラフが形成され、砂岩泥岩有律互層を主とするトラフ充填堆積物 (富士川層群下部) が堆積した (徐, 1985; Soh, 1986)。また、主として富士川トラフ西側の糸魚川-静岡構造線隣接地域で安山岩質の火山活動が生じた。

富士川谷地区では、主として本サブステージの後期に、

東北東-西南西方向の褶曲軸を持つ“東西性の褶曲”(松田, 1958) が形成された (Fig. 5 上図). また, 東部の愛川堆積盆は丹沢地塊の北上・衝突 (新妻, 1985; 天野, 1986など) に伴って短縮・浅化し, 本サブステージ末期 (5-4 Ma) には消滅したと考えられる (Ito and Masuda, 1986).

(3) プレート間相対運動

サブステージ N2a における西南日本前弧域の広域隆起・堆積の中断は, この時期に沈み込みが停止していたか, あるいは沈み込み角度の高角化などによってプレート間相互作用 (カップリング) が弱まっていたことを示唆する. また, 南部フォッサマグナ地域においても本サブステージには目立った造構イベントが認められず, プ

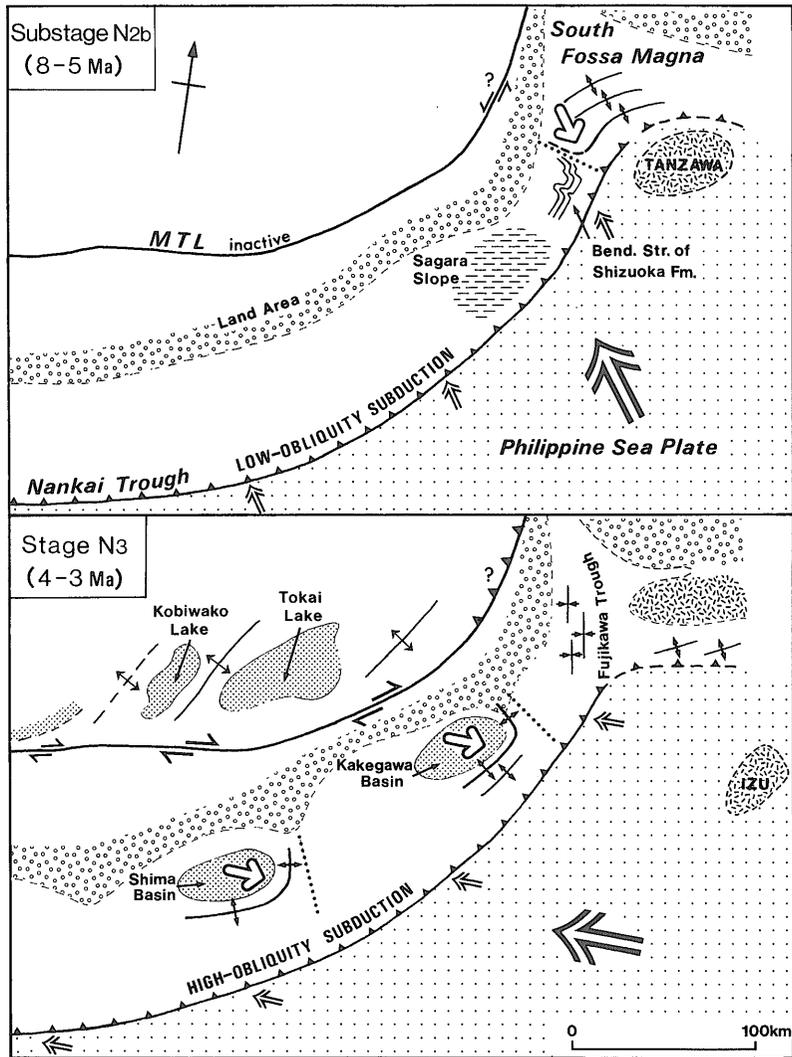


Fig. 5 Paleogeographic reconstructions of central Honshu in tectonic substage N2b and stage N3. After Sugiyama (1991). The en echelon basins along the MTL and right-lateral structural units along the Nankai Trough came into existence in relation to the initiation of right-lateral oblique subduction of the Philippine Sea Plate along the Nankai Trough. Arrows in the South Fossa Magna (top figure) and in the Kakegawa and Shima Basins (bottom figure) show displacement vectors of the plate-boundary earthquakes. The Shizuoka Formation is a part of the lower Fujikawa Group.

レート間相互作用が弱かったと推定される。

サブステージ N2b になると、西南日本前弧域は沈降に転じ、前弧斜面上に浅海-半深海成堆積物の堆積が再開されており、PHP の沈み込みの再開、あるいは沈み込み角度の低角化などによるプレート間相互作用の増大が起きたと考えられる。

サブステージ N2b における沈み込みの横ずれセンスについては、富士川谷地区及び宮崎地域でデータが得られている (杉山, 1989)。富士川谷地区では、富士川層群下部の静岡累層に発達する地震性地殻変動による屈曲構造の特徴から、左斜め沈み込みがあったと推定される (Fig. 5 上図)。また、宮崎地域では、宮崎層群の同様な構造の特徴と主堆積域の移動方向から、やはり左斜め沈み込みが示唆される。この両地域間の西南日本前弧域における沈み込みの横ずれセンスについては、直接的なデータは得られていない。しかし、この時期には中央構造線の活動が知られておらず、斜め沈み込みと対応して形成されている同構造線沿いの堆積盆地 (例えば和泉、久万、第一瀬戸内の各堆積盆) も形成されていない。これらの事実から、掛川から四国にかけての西南日本前弧域では、斜交性の弱い (ほぼ直交型の) 沈み込みが起きていたと推定される (Fig. 5 上図)。

3.6 ステージ N3

(1) 年代範囲

本ステージは、約 5 Ma 以降の鮮新世から現在に至る時代を含み、現在へ連続する西南日本のネオテクトニクス時代に当たる。

(2) 堆積-造構作用

本ステージには、西南日本前弧域において地震性地殻変動の累積による逆 L 字形の隆起帯 (栗田・杉山, 1989) が形成され、中央構造線沿い地域 (内帯側) では瀬戸内海の出現と発展があった。また、富士川谷-駿河湾北部地域では、東西圧縮性の地質構造が形成された。

1) 西南日本前弧域のネオテクトニクス

西南日本前弧域は、南海トラフ側から、海溝陸側斜面・外縁隆起帯・前弧海盆帯及び外帯山地の 4 つの地形・地質構造帯に区分される (Fig. 6)。外縁隆起-前弧海盆帯は、外縁隆起から足摺岬、室戸岬などの 5 つの岬へ連続する逆 L 字形の隆起帯とその北西側の前弧海盆からなる構造単位 (Fig. 6 の Z 及び A~D) に区分される。構造単位は 120-150 km の東西幅を有し、その規模及び位置は南海トラフ沿いの巨大地震の震源域 (Ando, 1975) に対応する。巨大地震の震源断層は、前弧域北部の地下深部でプレート境界面から派生する低角逆断層であり、その上端は外縁隆起帯の海溝側基部に達すると推

定される (沢村, 1953; 加賀美ほか, 1983 など)。逆 L 字形の隆起帯は、この低角逆断層の右横ずれ成分を伴う運動による隆起域と位置的に対応する。このことから、逆 L 字形の隆起帯は、巨大地震に伴う地震性隆起の一部が累積して形成されてきたと考えられる (杉山, 1989; 栗田・杉山, 1989)。

室戸岬などの南北性隆起の東縁 (構造単元の境界) には、西側隆起の南北性断層が存在する。これらの断層は右横ずれ成分を伴う低角逆断層の運動に随伴して活動し、巨大地震時の岬に沿う南北性隆起を一層増大させていると考えられる。前杵 (1988 a, b) 及び前杵・坪野 (1990) によると、室戸岬や足摺岬などの隆起ベンチは、巨大地震の発生間隔 (100-200 年程度) より数倍-1桁長い数百年-千数百年の間隔で形成されている。この事実は、米倉 (1979) 及び島崎 (1980) が指摘しているように、10 回の巨大地震のうち 1-数回の割合で南北性の断層が活動し、この時 (隆起量が特に大きい) に離水したベンチだけが巨大地震間の沈降に伴う波食を免れて保存されたことを示唆する。

逆 L 字形の隆起帯はその北端部の岬付近を除いて海面下にあり、各岬の沖合いにある南北性海脚 (隆起軸) の多くは南へプランジする (岡村, 1990)。この事実は、隆起帯北端部の岬付近を除いて、巨大地震間の積算沈降量が巨大地震時の積算隆起量を上回っており、積算沈降量は南 (トラフ寄り) ほど大きいことを示している。

以上の事実及び考察から、西南日本前弧域の地形・地質構造は、巨大地震間の地殻変動 (前弧海盆帯-南海トラフ間の沈降及び外帯山地の隆起) の上に、巨大地震時の地殻変動 (主として逆 L 字形隆起帯の形成) が重なることにより形作られていると考えられる。

2) 中央構造線沿い地域のネオテクトニクス

瀬戸内海の大地形は、北東-南西方向の沈降軸 (長軸) を持ち、右雁行配列する大阪湾、播磨灘などの 4 つの沈降盆地とそれらの間の北東-南西方向に連なる島列により特徴づけられる (Fig. 6)。このような大地形の特徴を有する瀬戸内海は、数 10 km の幅を有する右横ずれ不均質剪断帯 (瀬戸内剪断帯) として認識できる (佃, 1988)。奈良以西の中央構造線 (活断層部分) は、瀬戸内剪断帯の南縁を画する断層と考えることができる (佃, 1990)。

瀬戸内剪断帯の東側に位置する近畿三角地帯 (Huzita, 1962) は、南北性の逆断層により区切られた断層地塊 (傾動地塊) 群からなり (Fig. 6)、鮮新~更新世の第二瀬戸内海の領域に相当する。第二瀬戸内海を構成していた東海、古琵琶湖、大阪の各沈降盆地は初期

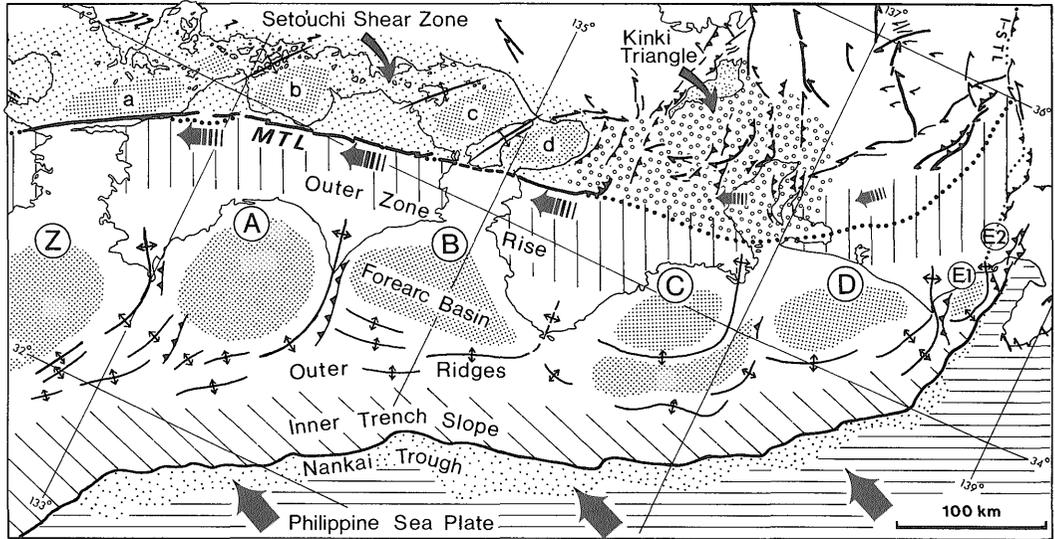


Fig. 6 Active tectonic map of southwest Japan. Submarine geological structures are simplified mainly after Okuda(1977). Z and A-E 2 are structural units of the Outer Zone. They correspond to the source areas of plate-boundary earthquakes and consist, except E 2, of one or two sets of an inverted L-shaped anticline and a forearc basin. These inverted L-shaped anticlines have been formed by recurring low-angle thrust faultings accompanied by a right-lateral strike-slip component. Basins a-d in the Seto'uchi shear zone are formed by right-lateral shearing along the MTL. These basins are arranged in right-handed echelon and possess an NE-SW axis diagonal to the MTL. They are a : Iyo-nada, b : Hiuchi-nada, c : Harima-nada, and d : Osaka Bay.

の段階では北東-南西ないし東北東-西南西方向の長軸を有し、全体として右雁行配列する(岡田, 1980; 桑原, 1985 など)。この事実は、第二瀬戸内海が現在の瀬戸内海と同様に、中央構造線をその南縁とする右横ずれ剪断帯として形成されたことを示唆する。

第二瀬戸内海における沈降盆地の形成時期は東から西へ若くなり(桑原, 1985; 吉田, 1990 など)、右横ずれ剪断帯及び中央構造線の右横ずれ活動領域が東から西へ移動・拡大したことを示す。また、各盆地の沈降中心は時代と共に北-北西へ移動しており、これに伴い沈降盆地南東部から南北性の構造が形成されている(牧野内, 1985; 川辺, 1989 など)。更に、南北性構造の発達には東海湖盆地で最も顕著であり、西へ向かってその程度は弱くなっている。これらの事実は、中央構造線の活動が東部から衰退して行き、これに伴い右横ずれ剪断帯の南縁が中央構造線から離れて北-北西へ移動すると共に、沈降盆地南東部から東西圧縮性のスラスト型変形構造が顕著になってきたことを示唆する(杉山, 1991)。

3) 富士川谷-駿河湾地域のネオテクトニクス

富士川谷地区では本ステージになると、ステージ N2 b

の砂岩泥岩互層に替わって、富士川層群上部の礫岩層や浜石岳礫岩層及び更新統庵原層群の礫質堆積物が堆積している(松田, 1961, 1989; 柴, 1987; 天野・伊藤, 1990 など)。このような堆積物の上方粗粒化は、富士川トラフの埋積・浅化を反映している。

また、富士川谷地区では本ステージに、ステージ N2 b に形成された東西性の褶曲の上に重なって、南北性の褶曲及び南北走向、西傾斜の逆断層群が形成されている(松田, 1958, 1961)。富士川層群及び庵原層群は、これらの逆断層により西傾斜の覆瓦状構造をなしている。覆瓦状構造を構成する各衝上ブロックは、既述した瀬戸川層群の各スラストシートと同様に、沈み込み帯で形成される付加プリズムと見なし得る(山崎, 1984; 杉山・下川, 1990)。

現在の付加体形成フロントは駿河トラフ北端から富士川断層系 (Fig. 1) へ連続する(山崎, 1984)。駿河トラフ北部-富士川断層系は長さ約 40 km の逆断層型の震源領域 (Fig. 6 の領域 E2) を形成する。この領域は 1854 年安政東海地震に際して、領域 C, D 及び E1 と共に断層運動を起こしたと考えられる(恒石・塩坂,

1981; 石橋, 1984).

一方、駿河湾南西部には、石花海堆^{せいのうみ}から有度丘陵へ連続する逆L字形の隆起帯が発達し、その西側には石花海海盆が存在する (Fig. 1). また、有度丘陵南東方の隆起帯東縁部には西側隆起の断層群が存在する。このような地質構造は、南海トラフ沿いの構造単元を特徴づける構造と一致する。このことから、駿河湾南西部は長さ約40 kmの右横ずれ成分を伴う低角逆断層型の震源領域E1をなすと考えられる (杉山, 1990). 領域E1は、領域Dの南西方向への後退と領域E2 (付加体形成フロント)の東進に伴って生じたすき間を埋めるかたちで発生したと考えられる。その発生時期は有度丘陵及び石花海堆構成層の年代 (北里ほか, 1981; 土, 1984) から、中期更新世の後期以降と推定される。

(3) プレート間相対運動

西南日本前弧域の外縁隆起-前弧海盆帯における右横ずれ成分を伴う低角逆断層及び西側隆起の南北性逆断層の活動は、PHPの右斜め沈み込みに伴う前弧域 (上盤側)の弾性反発として理解できる。また、中央構造線の右横ずれ運動と瀬戸内剪断帯の形成は、PHPの右斜め沈み込みに伴って、西南日本前弧域 (前弧スライバー)が西へ移動していることが原因と考えられる (佃, 1990及び Fig. 6).

前弧域における逆L字形隆起帯とその背後の前弧海盆の形成は、掛川地区における女神背斜及びその背後の掛川堆積盆の形成 (約4 Ma)へ遡る (杉山, 1989及び Fig. 5 下図)。また、東海層群と掛川層群の火山灰層対比 (吉川・吉川, 1990など)に基づくと、第二瀬戸内海を含めた瀬戸内剪断帯の形成もその東部において4.5 Ma頃に始まったと推定される。このような外帯 (前弧域)及び内帯両地域における右横ずれテクトニクス開始時期の一致は、4.5-5 Ma頃にPHPの運動方向が北よりの方向から西よりの方向へ変化し、右斜め沈み込みが始まったことを示唆する。

富士川谷地区におけるステージN2bの南北圧縮性テクトニクスからステージN3の東西圧縮性テクトニクスへの変化は、上述のPHPの運動方向変化と調和的である。しかし、富士川谷地区の構造を詳細に検討すると、前-中期更新世 (約1-0.5 Ma)における同地区の最大主圧縮軸方位は東西ないし北東-南西であり (杉山・下川, 1982), PHPの運動方向 (西北西ないし北西)と斜交する。これは1 Ma頃に始まったとされる伊豆地塊の衝突 (Ito & Masuda, 1986; 北里, 1986; 小山, 1986; 天野, 1986)と関連があると推定されるが、その詳細な因果関係の解明は今後の研究課題として残されて

いる。

4. 結 語

以上、本稿では主として静岡地域のデータに基づいて、西南日本前弧域における新生代の堆積-造構史を考察した。考察の主な論点は次のように要約される。

1. PHPの斜め沈み込みは、各時代の付加コンプレックス及び前弧海盆の形成と深く関わっており、更に、中央構造線沿いの横ずれ堆積盆地の形成にも関与している。

2. PHP-ERP境界域における多段階の縁海形成は、PHP-ERP間の相対運動を変化させ、西南日本前弧域における付加コンプレックスの形成開始及び中断を支配した。

3. 瀬戸川-大井川付加コンプレックス中に記録されている3つの異なる時代の玄武岩質火成活動は、それぞれ、フィリピン海盆、四国海盆及び日本海の生成・拡大と関連するマントルダイアピリズムにより生じられた。

本稿で提示した西南日本前弧域の堆積-造構史には、データの裏付けに乏しく、いまだ憶測の域を出ない部分が数多く残されている。今後、同地域においてより詳細かつ拘束力の強いデータの蓄積に努めると共に、他の島弧における堆積-造構史との比較・検討を進め、本稿で提示した堆積-造構史の検証並びに改良・精緻化に努めて行きたい。

本稿は、第207回地質調査所研究発表会「日本の新生代地史とテクトニクス」における講演内容に加筆したものである。

謝 辞: 本稿執筆に当たり、地質部の吉田史郎及び鹿野和彦両氏には貴重な助言・批判を頂くと共に、いろいろと議論して頂いた。ここに記して、感謝の意を表する。

文 献

- 天野一男(1986) 多重衝突帯としての南部フォッサマグナ. 月刊地球, vol. 8, p. 581-585.
 ——・伊藤健二(1990) 南部フォッサマグナの形成-堆積物からみた島弧の衝突付加テクトニクス. 地質学論集, no. 34, p. 45-56.
 Ando, M.(1975) Source mechanisms and tectonic significance of historical earthquakes along the Nankai Trough, Japan. *Tectonophysics*, vol. 27, p. 119-140.
 荒井章司・石田 高(1987) 山梨県笹子地域の小仏

- 層群中の蛇紋岩類の岩石学的性質—他の環伊豆地塊蛇紋岩類との比較—。岩鉱, vol. 82, p. 336-344.
- 荒井章司・下川浩一・高橋輝章(1978) 瀬戸川帯の超塩基性-塩基性岩類の貫入形態に関して。地質雑, vol. 84, p. 691-693.
- ・高橋奈津子(1988) 房総半島, 嶺岡帯の蛇紋岩より残留斜長石の発見。岩鉱, vol. 83, p. 210-214.
- ・内田 隆(1979) 瀬戸川帯の超塩基性岩類の平衡条件について。静岡大地球科学研究報告, vol. 4, p. 19-24.
- 栗田泰夫・杉山雄一(1989) 南海トラフ沿いの巨大地震に伴う右横ずれ逆断層構造。地震 2, vol. 42, p. 231-233.
- Blow, W.H.(1969) Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. *Proc. First Intern. Conf. Plankt. Microfossils, Geneva, 1967*, vol. 1, p. 199-421.
- Chamot-Rooke, N., Renard, V. and Le Pichon, X.(1987) Magnetic anomalies in the Shikoku Basin: a new interpretation. *Earth Planet. Sci. Lett.*, vol. 83, p. 214-228.
- Clague, D.A. and Jarrard, R.D.(1973) Tertiary Pacific plate motion deduced from the Hawaiian-Emperor chain. *Geol. Soc. Am. Bull.*, vol. 84, p. 1135-1154.
- Engebretson, D., Cox, A. and Gordon, R.(1985) Relative motions between oceanic and continental plates in the Pacific basin. *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.*, no. 206, 59 p.
- 藤田至則(1971) グリーンタフ変動と後期中生代～古第三紀の変動。地球科学, vol. 25, p. 136-140.
- (1972) グリーンタフ変動と地向斜の発生～発展期の法則。伊豆半島, 東海大出版会, p. 13-34.
- 萩原 洋(1989 MS) 高草山地域の古地磁気。東海大学海洋学部卒業論文, 69 p.
- 林田 明(1986) 掛川地域新第三系の古地磁気。日本地質学会第 93 年学術大会講演要旨, p. 168.
- Hayashida, A. and Ito, Y.(1984) Paleoposition of southwest Japan at 16 Ma: implication from paleomagnetism of Miocene Ichishi Group. *Earth Planet. Sci. Lett.*, vol. 68, p. 335-342.
- , Otofujii, Y. and Torii, M.(1988) Paleoposition of southwest Japan and convergence between Eurasia and Pacific plates in pre-Neogene time. *Modern Geology*, vol. 12, p. 467-480.
- Honjo, S. and Minoura, N.(1968) *Discoaster barbadiensis* Tan Sin Hok and the geologic age of the Setogawa Group. *Proc. Japan Acad.*, vol. 44, p. 165-169.
- Huzita, K.(1962) Tectonic development of the median zone (Setouti) of Southwest Japan, since the Miocene. *Jour. Geosci., Osaka City Univ.*, vol. 6, p. 103-144.
- 茨木雅子(1983) 瀬戸川層群滝沢累層の貝化石層層および石灰岩層から産出した中期始新世の浮遊性有孔虫群。地質雑, vol. 89, p. 57-59.
- Ibaraki, M.(1986) Neogene planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Kakegawa area on the Pacific coast of central Japan. *Rep. Fac. Sci., Shizuoka Univ.*, vol. 20, p. 39-173.
- and Tsuchi, R. (1982) Planktonic foraminifera from silt intercalations in the Takakusayama alkali basalt complex of the Ryuso Group, Shizuoka, Japan. *Rep. Fac. Sci., Shizuoka Univ.*, vol. 16, p. 117-125.
- Iijima, A., Matsumoto, R. and Watanabe, Y.(1981) Geology and siliceous deposits in the Tertiary Setogawa Terrain of Shizuoka, central Honshu. *Jour. Fac. Sci., Univ. Tokyo*, sec. II, vol. 20, p. 241-276.
- 飯島 東・渡部芳夫・松本 良(1984) 瀬戸川-嶺岡帯の地質時代。日本の古第三系の生層序

- と国際対比, 山形大理学部, p. 69-73.
- 井尻正二(1960) グリーンタフ変動—太平洋の構造
発達史. 地球科学, no. 50-51, p. 6-8.
- 池田保夫(1978) 静岡県竜爪層群の火成岩類について. 岩鉱, vol. 73, p. 47-57.
- 石橋克彦(1984) 駿河湾地域の地震時地殻上下変動.
第四紀研究, vol. 23, p. 105-110.
- 石田 高・荒井章司・高橋奈津子(1990) 瀬戸川帯
北部の変成ピクライト玄武岩類. 地質雑,
vol. 96, p. 181-191.
- 石井基裕・牧野 融(1946) 瀬戸川統より発見せら
れたる高等有孔虫 *Discocyclina* sp. に
ついて(予報). 地質雑, vol. 52, p. 1-2.
- 石川政憲(1976) 静岡県高草山地域のアルカリ岩類.
地質学論集, no. 13, p. 367-379.
- Ito, M. and Masuda, F.(1986) Evolution of
clastic piles in an arc-arc collision
zone: late Cenozoic depositional
history around the Tanzawa
Mountains, central Honshu, Japan.
Sedimentary Geology, vol. 49, p. 223-
259.
- Itoh, Y.(1988) Differential rotation of the
eastern part of Southwest Japan
inferred from paleomagnetism of
Cretaceous and Neogene rocks. *Jour.
Geophys. Res.*, vol. 93, p. 3401-3411.
- 加賀美英雄・塩野清治・平 朝彦(1983) 南海トラ
フにおけるプレートの沈み込みと付加体の
形成. 科学, vol. 53, p. 429-438.
- 垣見俊弘・山崎晴雄・寒川 旭・杉山雄一・下川浩
一・岡 重文(1982) 50万分の1活構造
図「東京」, 地質調査所.
- 勘米良龜齡(1977) 地向斜堆積物におけるオリスト
ストロームとその認定. 地団研専報, no.
20, p. 145-159.
- Kano, K. and Matsushima, N.(1988) The
Shimanto Belt in the Akaishi
Mountains, eastern part of Southwest
Japan. *Modern Geology*, vol.12, p.
97-126.
- 狩野謙一・中路正弥(1989) メランジェ中の非対称
変形組織とスリップベクトル—赤石山地四
万十帯での例一. 日本地質学会 96 年大会
講演要旨, p. 393.
- ・竹内真司(1990) 四万十帯メランジェ中
の非対称変形組織とプレート相対運動との
関係. 日本地質学会 97 年大会講演要旨,
p. 571.
- 川辺孝幸(1989) 近畿の鮮新—更新統堆積盆地のプ
ロック運動. 地球科学, vol. 43, p. 402-
416.
- 木原茂樹(1985) 愛媛県中央部, 久万町周辺の始新
統久万層群の層序と堆積環境. シンポジウ
ム「スランプ相」の形成とテクトニクス」,
構造地質研究会・碎屑性堆積物研究会, p.
133-144.
- 吉川清志・吉川周作(1990) 東海層群に挟まれる火
山灰層の化学組成の特徴と大阪・古琵琶湖
層群との対比. 日本地質学会 97 年大会講
演要旨, p. 234.
- Kimura, T.(1959) A sharp bent of the
Median tectonic line and its relation
to the Akaishi tectonic line.—Tectonic
significances yielded by lateral faults.
Japan Jour. Geol. Geogr., vol. 30, p.
215-232.
- (1961) The Akaishi tectonic line, in
the eastern part of Southwest Japan.
Japan Jour. Geol. Geogr., vol. 30, p.
215-232.
- (1966) Thickness distribution of
sandstone beds and cyclic sedimenta-
tions in the turbidite sequences at
two localities in Japan. *Bull. Earthq.
Res. Inst.*, vol. 44, p. 561-607.
- 木村敏雄(1967) 大井川流域南部の四万十層群の地
質構造. 佐々保雄教授還暦記念論文集, p.
21-38.
- 木野義人・影山邦夫・奥村公男・遠藤秀典・福田
理・横山勝三(1984) 宮崎地域の地質. 地
域地質研究報告(5万分の1地質図幅),
地質調査所, 100 p.
- 北里 洋(1980) 瀬戸川層群からの深海性底生有孔
虫化石群集. 四万十帯の地質学と古生物学
—甲藤次郎教授還暦記念論文集一, p.
219-225.
- (1986) 南部フォッサマグナ地域における
古地理の変遷. 月刊地球, vol. 8, p. 605-
611.

- 北里 洋・新妻信明・小山真人・近藤康生・神谷隆宏(1981) 駿河湾周辺後期更新世根古屋層, 草薙層, 国吉田層, 古谷層の地磁気層序. 静岡大地球科学研究報告, vol. 6, p. 45-59.
- 小山真人(1986) 伊豆半島の地史と足柄・大磯地域の更新世. 月刊地球, vol. 8, p. 743-752.
- 黒田秀隆・松本達郎(1942) 日向南部の地質学的研究(予報), 特に油津町を中心として. 地質雑, vol. 49, p. 255-256.
- 桑原 徹(1985) 濃尾平野の地下水盆. 濃尾平野の地盤沈下と地下水, 名古屋大学出版会, p. 35-76.
- 前杵英明(1988 a) 室戸半島の完新世地殻変動. 地理評, vol. 61, p. 747-769.
- (1988 b) 足摺岬周辺の離水波食地形と完新世地殻変動. 地理科学, vol. 43, p. 231-240.
- ・坪野賢一郎(1990) 紀伊半島南部の完新世地殻変動. 地学雑, vol. 99, p. 349-369.
- 牧野内 猛(1985) “第二瀬戸内沈降区” 発生期の諸問題. 地団研専報, no. 29, p. 53-64.
- 槇山次郎(1934) 遠江二俣町付近第三紀層及び地質構造概観. 地球, vol. 6, p. 399-412.
- (1963) 掛川地方地質図説明書. 地質調査所, 30 p.
- 松田時彦(1958) 富士川地域北部第三系の褶曲形成史. 地質雑, vol. 64, p. 325-345.
- (1961) 富士川谷新第三系の地質. 地質雑, vol. 67, p. 79-96.
- (1989) 南部フォッサマグナ多重衝突説の吟味. 月刊地球, vol. 11, p. 522-525.
- ・水野篤行(1955) 富士川上流地域の西八代層群の層序. 地質雑, vol. 61, p. 258-273.
- Matsumoto, E.(1966) Geology of the Palaeogene and lower Neogene formations in the lower course of River Ooigawa, Shizuoka Prefecture, central Japan. *Mem. Coll. Sci., Kyoto Univ.*, ser. B, vol. 33, p. 115-133.
- (1971) Oligocene molluscs from the Setogawa Group in central Japan. *Bull. Nat. Sci. Mus. Tokyo*, vol. 14, p. 661-669.
- 松島信幸(1990) 赤石山地の和田層と赤石裂線・中央構造線・赤石山地の構造問題. 飯田市美術博物館研究紀要, vol. 1, p. 29-49.
- 村松 武(1986) 赤石山地南部の四万十帯(北帯)から発見された白亜紀後期~古第三紀最初期? 放散虫化石. 地質雑, vol. 92, p. 311-313.
- Nagai, K.(1957) The upper Eocene flora of the Kuma Group, in the Ishizuchi range, Shikoku, Japan. *Mem. Ehime Univ.*, sec. II, vol. 2, p. 73-82.
- Naka, J.(1985) Broken seamount fragments in the Setogawa subduction complex. *Formation of active ocean margins*, TERRAPUB, p. 747-773.
- (1988) Volcanostratigraphic sequence of greenstones in the Setogawa Terrane, central Japan. *Modern Geology*, vol. 12, p. 243-282.
- 中島正志・沢田順弘・中川登美雄・林 昌代・板谷徹丸(1990) 福井県北部新第三系の K-Ar 年代と古地磁気—西南日本ブロックの回転に関して—. 岩鉱, vol. 85, p. 45-59.
- 中村新太郎(1924) 長野県下伊那郡八重河内の白亜紀層. 地球, vol. 2, p. 373-374.
- 中世古幸次郎・松島信幸・小島郁生・松川正樹(1979) 赤石山地の水窪層・和田層に関する新事実. 国立科博専報, no. 12, p. 65-72.
- 新妻信明(1985) 変動している日本列島—新第三紀テクトニクスとプレート沈み込み—. 科学, vol. 55, p. 53-61.
- Nishi, H.(1985) Litho- and biostratigraphy of the Oligocene-Miocene Nichinan Group in the Miyazaki Prefecture, Kyushu. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ.*, Geol., vol. 25, p. 289-317.
- (1988) Structural analysis of part of the Shimanto accretionary complex, Kyushu, Japan, based on planktonic foraminiferal zonation. *Modern Geology*, vol. 12, p. 47-69.
- 小川勇二郎・谷口英嗣(1989) 微量元素組成と産状からみた本邦の付加体および構造帯中の玄武岩類の起源とエンプレイスメントのプロ

- セス. 地学雑, vol. 98, p. 118-132.
- Ohashi, F.(1980) An alkali olivine basalt and its related rocks from the Setogawa Group, Shizuoka Prefecture. *Jour. Geol. Soc. Japan*, vol. 86, p. 799-815.
- 大橋不三男・白木敬一(1981) 瀬戸川オフィオライトの高マグネシア・高シリカ火山岩. 岩鉱, vol. 76, p. 69-79.
- 岡田篤正(1980) 中央日本南部の第四紀地殻運動—地殻運動の変化と場の移動—. 第四紀研究, vol. 19, p. 263-276.
- 岡村行信(1990) 四国沖の海底地質構造と西南日本外帯の第四紀地殻変動. 地質雑, vol. 96, p. 223-237.
- 奥田義久(1977) 100万分の1西南日本外帯沖広域海底地質図. 地質調査所.
- 遅沢壮一(1986 a) 高草山及びその西方の瀬戸川帯. 北村 信教授記念地質学論文集, p. 337-350.
- (1986 b) 本邦におけるチャート・石灰岩・玄武岩複合岩体の起源. 地質雑, vol. 92, p. 709-722.
- Osozawa, S.(1988) Accretionary process of the Ter tiary Setogawa and Mikasa Groups, southwest Japan. *Jour. Geology*, vol. 96, p. 199-208.
- (1991) Accreted intra-oceanic island arc, the Lower Miocene Ryuso Group, central Japan. *Essays in Geology, Prof. H. Nakagawa Commemorative Volume, 1991*, p. 247-254.
- , Sakai, T. and Naito, T.(1990) Miocene subduction of an active mid-ocean ridge and origin of the Setogawa ophiolite, central Japan. *Jour. Geology*, vol. 98, p. 753-771.
- 乙藤洋一郎・板谷徹丸・松田高明(1990) 古地磁気学と K-Ar 年代学から西南日本弧の回転速度を推定する. 地球惑星科学関連学会 1990年合同大会シンポジウム・共通セッション講演予稿集, p. 45.
- Riedel, W.R. and Sanfilippo, A.(1978) Stratigraphy and evolution of tropical Cenozoic radiolarians. *Micropaleontology*, vol. 23, p. 61-96.
- 斎藤実篤(1991) 嶺岡構造帯の中新世右横ずれ運動と横ずれ堆積盆の形成. 構造地質, no. 36, p. 83-91.
- 斎藤常正(1960) 静岡県島田・掛川市付近の第三系とその浮游性有孔虫化石群. 東北大理学部地質古生物邦文報告, no. 51, 45 p.
- 酒井 彰(1987) 五日市地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 75 p.
- 酒井治孝(1988 a) 南九州, 四万十帯南帯の都井岬オリストストローム—I. 崩壊前の堆積環境と層序の復元. 地質雑, vol. 94, p. 733-747.
- (1988 b) 南九州, 四万十帯南帯の都井岬オリストストローム—II. 巨大海底地滑りによる変形構造とその形成過程. 地質雑, vol. 94, p. 733-747.
- (1988 c) 岬オリストストローム帯の成因と高千穂変動の再検討. 地質雑, vol. 94, p. 945-961.
- 坂井 卓(1989) 九州四万十帯の付加変形とその造構環境. 構造地質, no. 34, p. 157-171.
- ・勘米良亀齡(1981) 宮崎県北部の四万十帯の層序ならびに緑色岩の層序・構造的位位置. 九大理研報(地質), vol. 14, p. 31-48.
- ・西 弘嗣・斎藤常正・中世古幸次郎・西村明子(1984) 九州四万十帯古第三系の微化石層序. 日本の古第三系の生層序と国際対比. 山形大理学部, p. 95-112.
- 坂本 亨・酒井 彰・秦 光男・宇野沢 明・岡重文(1987) 20万分の1地質図「東京」. 地質調査所.
- 沢村武雄(1953) 西南日本外側地震帯の活動と四国およびその付近の地質, 地殻運動との関係. 高知大学術研究報告, vol. 2, no. 15, p. 1-46.
- 瀬野徹三・丸山茂徳(1985) フィリピン海のテクトニクス. 地学雑, vol. 94, p. 141-155.
- 柴 正博(1987) 富士川谷の層序と構造. 構造地質, no. 32, p. 19-35.
- 柴田 賢(1978) 西南日本外帯における新第三紀花崗岩貫入の同時性. 地調月報, vol. 29, p.

- 551-554.
- 島崎邦彦(1980) 完新世海成段丘の隆起と、プレート内およびプレート間地震. 月刊地球, vol. 2, p. 17-24.
- 下川浩一・杉山雄一(1982) 静岡県掛川市北部に分布する下部中新統三笠層群中の超塩基性-塩基性岩類の礫. 地質雑, vol. 88, p. 915-918.
- 首藤次男(1952) 宮崎層群の地史学的研究. 九大理研報(地質), vol. 4, p. 1-40.
- (1963) 日南層群の地史学的研究—とくに高千穂変動について—. 九大理研報(地質), vol. 6, p. 135-166.
- 徐 垣(1985) 富士川層群身延累層にみられる古海底チャネルの堆積相とその形成過程. 地質雑, vol. 91, p. 87-107.
- Soh, W.(1986) Reconstruction of Fujikawa Trough in Mio-Pliocene age and its geotectonic implication. *Mem. Fac. Sci., Kyoto Univ.*, ser. Geol. & Mineral., vol. 52, p. 1-68.
- 杉山雄一(1980) 静岡県中部に分布する第三系大井川層群の海底地すべり堆積物と異地性角礫岩塊. 地質雑, vol. 86, p. 673-685.
- (1989) 島弧における帯状構造の屈曲とプレートの斜め沈み込み. 地調月報, vol. 40, p. 533-564.
- (1990) 駿河湾～遠州灘地域のサイスマテクトニクス. 地震2, vol. 43, p. 439-442.
- (1991) 第二瀬戸内海の右横ずれ沈降盆地. 構造地質, no. 36, p. 99-108.
- ・寒川 旭・下川浩一・水野清秀(1988) 御前崎地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 153p.
- ・下川浩一(1982) 静岡県庵原地域の地質構造と入山断層系. 地調月報, vol. 33, p. 293-320.
- ・——(1989) 赤石山地四万十帯における前期中新世付加体(瀬戸川帯)の形成過程. 構造地質, no. 34, p. 143-188.
- ・——(1990) 清水地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 103 p.
- ・——・坂本 亨・奏 光男(1982) 静岡地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 82 p.
- 田上高広(1982) 熊野酸性岩類の古地磁気とフィッシュン・トラック年代. NOM(大阪微化石研究機関誌), no. 9, p. 23-32.
- 平 朝彦・田代正之・岡村 真・甲藤次郎(1980) 高知県四万十帯の地質とその起源. 四万十帯の地質学と古生物学—甲藤次郎教授還暦記念論文集, p. 319-389.
- 高橋雅紀(1989) 関東西部の新第三紀テクトニクス. 月刊地球, vol. 11, p. 516-521.
- 高橋正樹(1989) マグマ活動からみたフォッサマグナ地域の18~12 Ma期のテクトニクス. 月刊地球, vol. 11, p. 544-551.
- 竹内真司・狩野謙一(1990) 四万十帯メランジュの造構環境. 日本地質学会97年大会講演要旨, p. 338.
- Tiba, T.(1966) Petrology of the alkaline rocks of the Takakusayama district, Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ.*, ser. 3, vol.9, p. 541-610.
- 登内正治・小林和男(1981) 瀬戸川オフィオライトの古地磁気学. 地球電磁気学会70回講演会予稿集, p. 163.
- 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, vol. 55, p. 47-52.
- 土 隆一(1984) 駿河湾周辺の新第三系・第四系の構造とネオテクトニクス. 第四紀研究, vol. 23, p. 155-164.
- ・日本の新第三系生層序及び年代層序ワーキンググループ(1981) 日本の新第三系の対比と編年. 日本の新第三系の生層序及び年代層序に関する基本資料「統編」, 静岡大学, p. 109-123.
- ・黒田 直・狩野謙一・茨木雅子(1986) 20万分の1静岡県地質図〔改訂版〕. 静岡県.
- 佃 栄吉(1988) 中央構造線の右横ずれテクトニクス. 日本地質学会95年大会講演要旨, p. 459.
- (1990) 活断層と横ずれテクトニクス. 構造地質, no. 35, p. 77-82.
- 恒石幸正・塩坂邦雄(1981) 富士川断層と東海地震. 応用地質, vol. 22, p. 52-63.
- 角田史雄(1988) 巨摩山地—巨摩層群. 日本の地質

- 4 中部地方 I, 共立出版, p. 89-92.
- Uchida, T. and Arai, S. (1978) Petrology of ultramafic rocks from the Boso Peninsula and the Miura Peninsula. *Jour. Geol. Soc. Japan*, vol. 84, p. 561-570.
- Ujiie, H. (1962) Geology of the Sagara-Kakegawa sedimentary basin in central Japan. *Sci. Rep. Tokyo Kyoiku Daigaku*, ser. C, no. 75, p. 123-188.
- 渡部芳夫(1988) 静岡県中央部倉真・湯日地域の地質—瀬戸川帯の南西延長として—。地質雑, vol. 94, p. 207-219.
- Watanabe, Y. and Iijima, A. (1983) Miocene Takakusayama seamount of the Setogawa Terrain in Shizuoka, central Japan. *Jour. Fac. Sci., Univ. Tokyo*, sec. II, vol. 20, p. 425-441.
- and ——— (1989) Evolution of the Tertiary Setogawa-Kobotoke-Mineoka forearc basin in central Japan with emphasis on the lower Miocene terrigenous turbidite fills. *Jour. Fac. Sci., Univ. Tokyo*, sec. II, vol. 22, p. 53-88.
- Watts, A.B. and Weissel, J.K. (1975) Tectonic history of the Shikoku marginal basin. *Earth Planet. Sci. Lett.* vol. 25, p. 239-250.
- 山崎晴雄(1984) 活断層からみた南部フォッサマグナ地域のネオテクトニクス。第四紀研究, vol. 23, p. 129-136.
- 米倉伸之(1979) 太平洋諸地域の第四紀後期の海面変化と地殻変動。月刊地球, vol. 1, p. 822-829.
- 吉田史郎(1990) 東海層群の層序と東海湖盆の古地理変遷。地調月報, vol. 41, p. 303-240.
- 吉田智治・狩野謙一・松井信治(1991) 赤石裂線地帯の新第三系の変形と断層運動。日本地質学会 98 年大会講演要旨, p. 311.

(受付: 1991 年 6 月 24; 受理: 1991 年 7 月 24 日)