

白亜紀以降西南日本の地史と島弧—海溝系のテクトニズム

平 朝 彦 (高知大学) ・ 甲 藤 次 郎 (元所員 高知大学) ・ 田 代 正 之 (高知大学)

目 次

1. はじめに
2. 島弧—海溝系の基本的地形構成
3. 白亜紀以降西南日本の堆積史
 1. 四万十帯の成因
 2. 秩父帯の白亜系
 3. 中軸帯の地層群
 4. 内帯の火山—深成活動
 5. 中新世の“変動”
4. 島弧—海溝系テクトニズムとプレートの相互作用
 1. プレートの相互作用
 2. 四万十帯とプレートの沈み込み
 3. 外弧縁辺部の上下運動
 4. 弧間海盆の生成
 5. 中新世の横ずれ境界
5. ま と め

1. はじめに

昨年来 筆者らのうち 甲藤・平は 四国に分布する 3つの地層群について堆積環境の解析結果を本誌上に発表してきた。すなわち 中新統の三崎層群 (甲藤・平 1978a) 始新統—漸新統の室戸半島層群 (同 1978b) 始新統の久万層群 (同 1979) である。また三崎層群については さらに層序と堆積環境からみた総合的な成果をまとめて投稿中である (甲藤・平 1979b)。

このような最近の研究を通して 1952年来甲藤が主として行ってきた四万十帯に関する一連の研究および田代が主として行ってきた中九州地域の一連の研究 (文献参照) さらに広範囲な既存の研究資料を基礎として 四国を中心とした西南日本の白亜紀以降の堆積史を見直してみると それが現在の島弧—海溝系の基本的な構成と非常によく一致し またプレートの沈み込みによる理論にたつと 地質時代という長い時間において 島弧—海溝系がどのような挙動をするのかについて多くのことを示唆しているように思われる。

日本の地質図を見ると まず目につくのは西南日本の

見事な帯状構造である。この帯状構造は中国・四国地域でもっともよく発達し 西南日本弧の基本的な地形要素もこれと平行に配列している。

白亜紀の西南日本では 北より幅広い火山—深成活動帯 帯状の海成堆積帯 隆起帯 隆起帯縁辺の汽水—浅海堆積帯 公海と配列していた (図3)。この配列は現在の島弧系中の地形配列 (図1) と実によく一致し 当時の西南日本が島弧系であったことを強く示唆している。この立場にたつと 白亜紀以降の西南日本の地史は 基本的に島弧系の地史として把握でき さらに齊一説の立場に立てば 現在の島弧系はその地史を解く鍵となるであろう。さらに 島弧—海溝系がプレートの沈み込みによって形成されると考えれば 島弧—海溝系における層位学的な諸問題—たとえば 海進や海退・不整合・堆積環境の変化・供給源の変化・堆積速度の変化・堆積盆の形成と移動といったことも プレートの運動と無縁ではありえないはずである。

本論文は 3つの単元からなる。まず島弧—海溝系の基本的な地形の構成要素について 例をひきながら解説し それが4つの形に分類できることを示す。つぎにこの分類に立脚して 白亜紀以降の西南日本の地史を見通す作業を行い 最後にプレート論を中心として そのメカニズムにつき 1つの仮説をたてた。

このような作業仮説を我々が発表する意図は この仮説の検討には 我々のみならず 多くの人々による多方面からのチェックが必要であると考えたからである。

実際 我々の手にあまる部分も多く また地質学の手におえない部分もあるからである。

2. 島弧—海溝系の基本的地形構成

島弧—海溝系の地形については すでにいくつかのまとめがなされている (たとえば 岩淵 1970・佐藤 1972)。また多くの測深断面を集めたものには BURK and DRAKE (1974) KARIG and SHARMAN (1975) があり さらに成因論的立場からは上田・金森 (1978) のまとめがある。これら既存のデータをまとめると 島弧—海溝系において その構成要素がすべて出そろった場合には 図1に示したような構成となろう。

この構成は大洋側から (1) 大洋底 (2) 海溝外縁

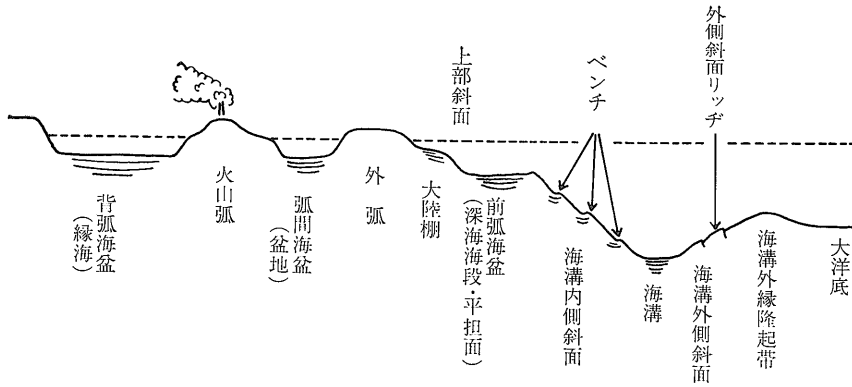


図1 島弧—海溝系の基本的地形構成

隆起帯 (3) 海溝外側斜面とリッジ (4) 海溝 (5) 海溝内側斜面とベンチ群 (6) 海溝内側斜面変換点 (7) 前弧海盆あるいは深海海段 (8) 上部斜面 (9) 大陸棚 (10) 外弧 (11) 弧間海盆 (12) 火山弧 (13) 背弧海盆 である。

これは実際は海溝軸と斜交している。したがってこの火山列が本当にメキシコ海溝と対応した火山弧か疑問な点もある。以上のようにメキシコでは非常に狭い島弧前縁部を示し、また火山列も斜交する特異な陸弧となっている。

世界の島弧—海溝系はこのような構成のさまざまなバリエーションからなる。しかし基本的には背弧海盆と弧間海盆の存否で大きく4つの形に分類できよう(図2)。まず背弧海盆のない陸弧と背弧海盆のある狭義での島弧に分類でき、さらに陸弧は弧間海盆のある複陸弧、弧間海盆のない単陸弧に分類できる。一方島弧も同様に単島弧と複島弧に分類できよう。

一方 Tehuantepec 海嶺の南のグアテマラ沖では幅100km以上の広い大陸棚をもち、また海溝—海溝斜面変換点間も幅50kmと広い。火山列は海岸線に接して存在している。このように同じ単陸弧でもメキシコとグアテマラでは様相が異なり、成因的な違いを反映していると推測されている(KARIGら1978)。

単陸弧の代表的例は中米弧であろう(KARIGら1978)。メキシコ・アカプルコ沖では深さ約6000mの海溝があり、傾斜約11°の急な海溝内側斜面を経て幅約10kmの狭い前弧海盆がある。前弧海盆は厚さ500m程度の堆積物で埋められている。前弧海盆の基盤は陸上に露出している変成岩類が連続していると考えられている。

複陸弧の代表的例はインド洋のスンダ弧であろう(池辺・尾池, 1972)。スンダ列島ではスマトラからジャワと続く火山弧があり、背後は広い大陸棚となっており海が侵入していても基本的には「陸弧」である。火山弧の前面には非火山性の島列があり、その間に幅50km以上の弧間海盆が存在し、堆積物が厚く蓄積している。外弧の外側は海溝軸まで所により100km以上あり、前弧海盆・海溝内側斜面を構成している。この外弧列は

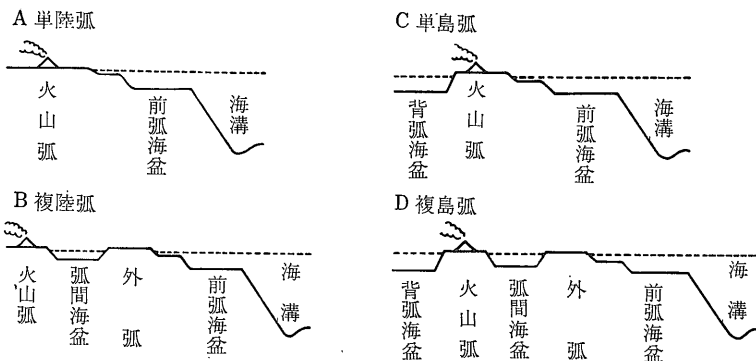


図2 島弧—海溝系の4つの分類形

スマトラ付近では海上に露出しているが ジャワ沖では海中に没しており 2~3000m の深さで海嶺列をなしている。このように同じ弧内でも 外弧が露出したり海中に没したり 消滅したり 複雑な様相を示すことがある。この原因については後述する。

チリ弧 (三東 1972; 勝井 1972; SCHOLL ら 1970; PRINCE and KULM 1975; SCHWELLER and KULM 1978) では 前面に最深部8064mのチリ海溝があり 比較的急な海溝内側斜面をへて 幅約50kmの前弧海盆にいたる。大陸棚から内側には 海岸山脈・中央谷・アンデス火山々脈と配列している。海岸山脈は先カンブリア系~カンブリア系の変成岩・古生代・中生代のバソリスなどからなる。中央谷は 場所によって厚さ数千メートルに及ぶ新生代の陸成堆積物があり 大向斜構造をなしている。アンデスでは主として白亜紀のバソリス上に火山が噴出し 山脈を形成している。このようにしてみると チリ弧では 基本的には 外弧—海岸山脈 弧間海盆 (盆地)—中央谷 火山弧—アンデスと対応でき 見かけは 海に島列を持たずとも 複陸弧である。

単島弧の例はソロモン海域の小海溝—島弧系にみられる。南ニューヘブリデス弧では 海溝と火山弧間が100km以下で 異常に狭い。海溝斜面変換点までの海溝内側斜面の幅は 50km 程度である (FISHER 1974)。

一般に島弧の多くは複島弧である。その曲型的な例として小笠原諸島について見てみよう (岩淵 1963; 茂木 1977)。

小笠原では 海溝内側斜面変換点が2500m付近にあり 4400m付近に広いベンチ面がある。変換点の内側は深海平坦面 (前弧海盆) をなし その内側に父島・母島等のある小笠原諸島がある。小笠原諸島は 安山岩や集塊岩からなる古第三紀の火山であって新しい火成活動はなく外弧に相当する。その西側は直線状の おそらく断層起源と思われる急斜面からなり 小笠原舟状海盆 (弧間海盆) をなしている。このことは小笠原舟状海盆が陥没性の成因であることを示唆している。海盆には厚さ400m以上の堆積物があり 基盤の凹凸を完全に埋めて深度4000mの平坦面を形成している。小笠原舟状海盆の西側には硫黄島に続く火山列があり 背後には四国海盆がひらけている。

以上 島弧—海盆系の地形は 基本的には4つに分類できることを示した。これら“見かけ”の分類は特に堆積物の被覆・埋積によって大きく左右されることもたしかである。従って以上に示した分類は 単に変貌し続ける島弧のある時期での様相を示しているにすぎない。

世界の島弧系にみられるバリエーションは 図1に示したような地形構成が ある時期には一部が陸化したり沈降・陥没したりして 様々に変化してゆくことを示していよう。このような観点に立つと 白亜紀以降の西南日本の堆積史に対して かなりはっきりしたイメージを描くことが可能である。

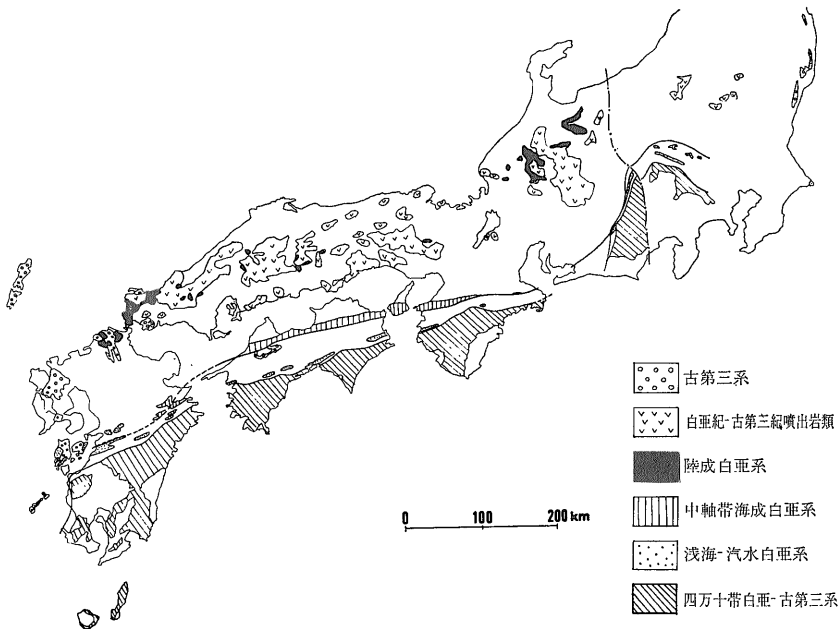


図3 西南日本の白亜系—古第三系分布図 (花崗岩類をのぞく) (Geology and Mineral Resources of Japan, 1977 より)

理と鑑定は大阪大学・中世古幸次郎氏が行い *Dorcadospyrus ateuchus zone* および *Lychnocanium bipes zone* の下半部 (RIEDEL DSDP Leg 4, 7) に対比されることが判明し 時代は漸新世～中新世初期であることが判明した (中世古氏の私信による)。

今一つは 高知県南西部土佐清水市在岬から発見された大型有孔虫化石である。試料は 室戸半島の室戸層と岩相的に対比されている清水層中の石灰岩レンズから採集した。この石灰岩には *Asterocyclina stella* が含まれており 始新世中期のものである (甲藤・松丸・岡田・平, 1979)。

以上より 室戸半島層群及び足摺地域での相当層は従来の見解通り 大部分が始新～漸新統であることがかなりはっきりしてきた。従って室戸半島層群は 北から南へ大山岬層・奈半利川層・室戸層と始新～漸新世の異なった堆積環境の配列をあらわしている。

大山岬層は砂泥互層・砂岩層の他に 三波川帯起源と推定される結晶片岩礫を含む礫岩相が発達する。大山岬層は 堆積構造や堆積サイクルの特徴から 海底土石流を主体とする堆積物で 海底峡谷や海底扇状地の扇頂部付近で堆積したと推定される。奈半利川層は砂泥互層を主体とする地層であるが 厚い砂岩層を含む砂岩がらの互層部と泥岩がらの互層部の繰り返しからなる。前者は 海底砂質土石流のチャネルとその周辺の堆積物であり 後者はチャネルとチャネルとの間の“氾濫原”に対応し チャネルから溢れ出した乱泥流による細粒物質の堆積する場所をあらわしている。奈半利川層は全体として 幾つにも重なった海底扇状地をなしていた可能性がある。室戸層は 大きく3つの部分に区分される。1つは奈半利川層に似た砂泥互層相であり 1つは巨大なスランプ相であり いま1つは著しく破碎されたシアー相である。巨大なスランプ相は奈半利川層から室戸層への変換点付近に見られ それより南ではシアー相と砂泥互層相がサンドウィッチ状にあらわれる。

以上のような室戸半島層群にみられる岩相の変化は 前弧海盆—海溝内側斜面にかけての堆積環境とよく対応している。まず大陸棚から前弧海盆へつづく斜面上には海底峡谷が発達するから 大山岬層は このような場所の堆積物であろうと推定できる。次に 奈半利川層は前弧海盆を埋積した海底砂質土石流—乱泥流を主体とした堆積物であろう。

室戸層の起源については各層相間の時代関係を明確にすることが急務であるが 現段階では 室戸層の砂泥互層相の少なくとも一部は 漸新世～中新世初期であるこ

とがはっきりした。しかし シアー相やスランプ相の年代については 現在検討中である。したがって ここでは 室戸層の起源については いくつかの可能性を指摘しておこう。

1つは 室戸層が 前弧海盆から海溝内側斜面にかけての堆積物であるとする考え方である。この考えでは 室戸層のスランプ相は 海溝斜面変換点付近で前弧海盆からあふれ出た堆積物がおこした巨大なスランプ帯と推定できる。さらにその南の室戸層のシアー相と砂泥互層相は 海溝内側斜面のベンチ群をあらわしている。これらのベンチ群は内側斜面の断層群によって形成されたと考えられるので (勘米良, 1976) シアー相を断層運動にともなう破碎相あるいはベンチの“基盤”をなす海溝堆積物のメランジェ 砂泥互層相をベンチ上の海底土石流—乱泥流堆積物と対応できよう。

いま1つの可能性は 室戸層の一部が 前弧海盆から上部斜面にかけての海底地すべり堆積物とする考えである。さらにこの考え方は 後述のごとく 新第三紀になってからの 西南日本弧の性格にも関連してくる。

すなわち この時期になると 西南日本では 島弧—海溝系との対応が明確でなくなり 外弧前縁部から四十帯では 三崎層群のような浅海性の堆積物に被われてくる。したがって 漸新世から中新世にかけて一種の“不安定期”があり 海底地すべり等の活動がさかんになったのかもしれない。この問題については 後節でも述べるが このような仮説の検証に精密な時代の決定がまず優先されなければならない。

3-2 秩父帯の白亜系

四国の秩父帯には 狭い範囲に点々と白亜系が分布し その延長は 九州・紀州方面にものびている。高知県物部川流域は この白亜系の古典的に有名な露出地域で 古くから数多くの研究がなされてきた。

甲藤・須鎗 (1956) は この地域に分布する地層について明瞭な4つあるいは5つの堆積サイクルを見出し そのサイクルをもとに 層序区分を行っている。

それらは 下部白亜系の鎮石層群(写真1)・柚ノ木層・日比原層(写真2)であり 上部白亜系の永瀬・楮佐古層である(写真3)。これらの地層はいずれも数百m程度の厚さを持ち 下部白亜系で1500m程度・上部白亜系で400m程度の厚さである。

堆積サイクルは いずれも基底部の砂・礫からはじまり 上方細粒化の傾向を示し 泥岩を主とする地層でサイクルを終える。産出する化石はいずれも 汽水—浅



写真1 高知県南国市八京付近の
鎮石層群下部の赤色礫岩層

海性を示すので このサイクルは 1つの海進—海退の
フェーズを示すものと考えられる。すなわち この地
域では 海進に伴う上方細粒化サイクルの形成・海退に
よる不整合・海進による次のサイクルの形成といった繰
り返しが 白亜紀の大部分を通しておこなわれたことが
示唆される。

この間 四万十帯では前弧海盆上に海底土石流—乱泥
流による堆積が行われていた。従って秩父帯上の白亜
系は 前弧海盆より浅い大陸棚から海岸にかけての地帯
での堆積物であろうと推定できる。すなわち四万十帯
白亜系と秩父帯白亜系は同時異相である。この考えは
すでに 砂岩の岩石学的な検討から 両者にほとんど差

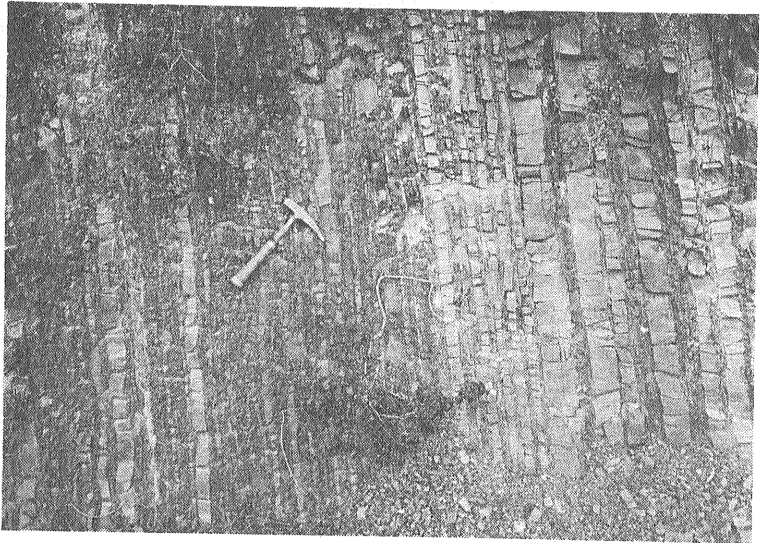


写真2 日比原層の砂泥互層（高知県香美郡
日比原付近）

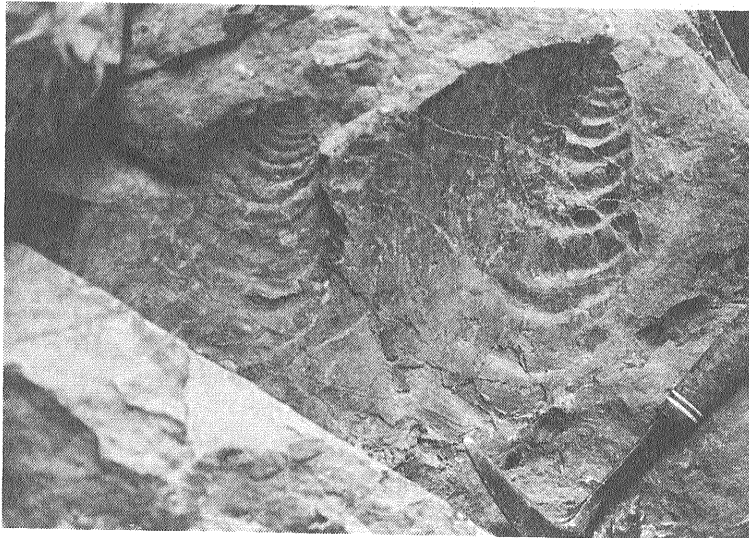


写真3
永瀬層中の *Inoceramus hobetsensis* Nagao
and Matsumoto の産状 地層下面の雌型（高知
県緒佐古）

異がないことより 推定されている (宮本, 1976)。

一方 秩父帯白亜系の背後は 中央構造線沿いのいわゆる中軸帯に分布する白亜系にいたるまで 白亜系は存在しない。従ってこの部分は隆起帯で 外弧に相当していたと推定できる。

以上より 秩父帯白亜系は外弧外縁部の浅海—汽水相であり そこは白亜紀を通じて 海進・海退を繰り返すような リズミカルな上下運動をしていたことが考えられる。

3-3 中 軸 帯 の 地 層 群

四国を横切る中央構造線の北側には 白亜系最上部の和泉層群が10~15km 程度の幅をもち細長く分布し その延長は紀州にのびている。一方 九州東部では和泉層群より下位ではあるが 同様の岩相を示す大野川層群が分布し 九州西部には御所浦・御船・姫ノ浦層群が分布している。

阿讃山脈に分布する和泉層群に関しては 須鎗 (1966—1968) によって集大成されている。この地域の和泉層群は 東西方向で東へプランジした軸をもつ向斜構造をなす。地層は周辺部に露出する基底礫岩 (写真 4—5) で始まり 泥岩相をへて砂泥互層相 (写真 6—7) にいたる。砂泥互層中の砂岩はいわゆるタービダイトに特徴的な種々の堆積構造を示す。古流向は 北からと軸部での東→西が卓越している。地層は西から東へと下位から上位へと分布しているので 和泉層群は西から東へと海域が進出し 堆積物の供給は北と東から行われたことを示している。

和泉帯の特徴として次のことがあげられる。和泉帯の堆積盆は短期間に陥没・生成され 急速な堆積がおこなわれた後にまた隆起した。この際にトラフ中の堆積物はまげられて向斜構造をつかった。堆積物は北および東からの供給が主で 火山性碎屑物を多量に含むことから 南側の外弧からの供給が少なかったことを意味している。和泉層群中には 三波川帯起源の碎屑物がほとんどないので (NISHIMURA 1976) 当時の外弧には三波川帯は少なくとも広くは分布していなかったであろう。そうすると 秩父帯の岩石を主体とする外弧は当然巨大な島弧ではあり得ず 和泉層群堆積当時の外弧は比較的貧弱なものだったに違いない。

和泉層群の堆積盆は その分布からして現在の海底地形に対応させれば 舟状海盆のようなものであったろう。現在の火山弧と外弧の間に存在する舟状海盆としてはたとえば小笠原舟状海盆がある。小笠原舟状海盆は4000mもの深さをもつが 含まれる化石 (写真 8) や生痕化石 (坂東・土屋, 1977) からいって 和泉層群がそのような深海でたまつたとは考え難いので 当時の“古和泉舟状海盆”はずっと浅かったであろう。

和泉層群が弧間舟状海盆に堆積したとすると 中央構造線の性格について1つの重要な示唆が生まれる。すなわち その当時もし中央構造線があったとしたら それは弧間海盆と外弧間の断層であり 性格は弧間海盆を



写真4 和泉層群基底部近くの *Ostrea reef* カキ礁 (香川県琴南町)

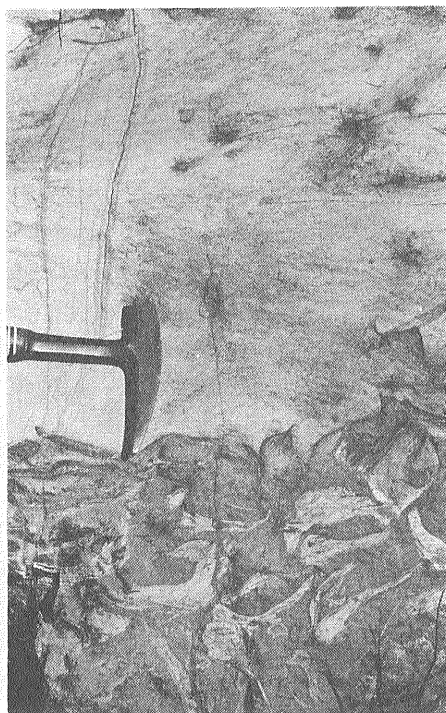


写真5 写真4のカキ礁とサンドパイプの接写

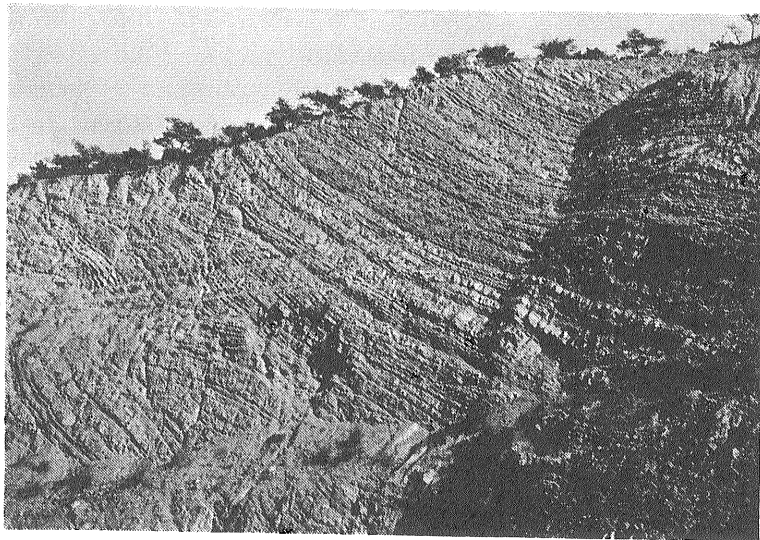


写真6
和泉層群中の等量互層
(徳島県鳴門市明ノ神付近)

陥没させるような正断層であった可能性がある。そうすると小笠原列島と小笠原舟状海盆間にみられる巨大な断層崖と中央構造線は同じような成因でできたものではないかとの推定が成り立つ。このことについては次章で考察しよう。

第三紀になると中軸部には一部に再び海進があり始新統久万層群が堆積した。久万層群は甲藤・平

(1979a)で述べたように一部には海岸礫の地層を含み海の進入はあったが大部分は扇状地・網状河川・湖成デルタの堆積物からなる。久万層群もやはり中軸部の低地帯に堆積したと推定できるので始新世には弧間海盆のかわりに一部に弧間盆地(弧間低地帯)のようなものが存在していたかもしれない。

3-4 内帯の火山-深成活動

中国地方には白亜紀-古第三紀の火成岩類が広く分布している。最近になって年代測定の数が増しまた詳しい調査によってこの地域の火成岩類の実態が明確になってきた(Geol. Survey of Japan, 1977)。それによる

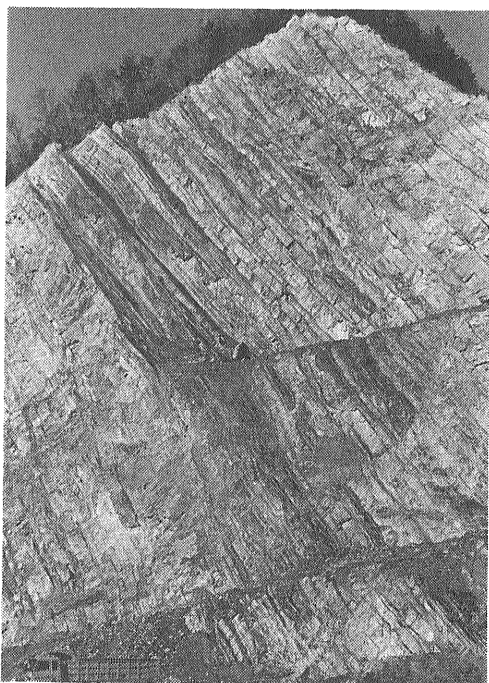


写真7 和泉層群中の砂岩勝ち互層。ほぼ中央部にチャネル構造が認められる(香川県財田町国道32号線猪ノ鼻峠付近)



写真8 和泉層群中の“コダイアマモ”(香川県財田町 国道32号線猪ノ鼻峠付近)

とこの地域は一連の火山—深成活動の場であり、石英安山岩—流紋岩質の火砕岩・溶岩類が多量に噴出・蓄積した。したがってこの地域は現在の環太平洋域をとりまく火山列と同じような火山弧であったと推定できる。

この火山弧の背後がどうなっていたか、相当部分が現在日本海下でありはっきりしない。しかし北九州・中国西部・対島などでは下部白亜紀・古第三紀に浅海—陸成の堆積物がたまっているの、背弧盆地的な徴候があったのかもしれない。

3-5 中新世の“変動”

以上のように中・四国を中心とする地域の白亜紀—古第三紀の地史は島弧—海溝の基本的地形区分とよく対応している。しかし中新世にはいとこのような対応は著しく崩れる。

四万十帯上には荒々しい白亜紀—古第三紀の地層を不整合で覆ってほとんど変形していない浅海の堆積物がしかしかなりの厚さでもって堆積してくる。四国では西南部の三崎層群がその例である(甲藤・平, 1978 a, 1979 b)。三崎層群は下位から上位へ次第に浅海化してゆく単一の上粗粒化サイクルを示す。厚さは約3000mで同斜構造を示しほとんど褶曲していない。

さらに中期中新世になると四万十帯・三波川帯などの一部で火山・深成活動がおこった。このことはいままでの帯状の対応関係が全く崩れたことを示し中新世になると西南日本はもはや島弧—海溝系ではなくなったことを示す。その後のいわゆるネオテクトニズムについてはいくつかのまとめがなされているので省略する(たとえば藤田, 1978)。

4. 島弧—海溝系テクトニズムとプレートの相互作用

いままで述べた白亜紀—古第三紀の地史をまとめると次のようになる。白亜紀前期には中・四国を中心とした地域は多分単陸弧を形成していた。白亜紀後期になると九州から弧間海盆を生じ複陸弧となった。古第三紀になると一時弧間盆地は消滅するがまた弧間盆地を生じ複陸弧的性格をもった。新第三紀になり島弧—海溝系としての性格が失なわれた。白亜紀に外弧縁辺では海進・海退がリズムカルに行われるような上下動があった。

このように純粋に地形学的データと地質学的データのみに対応から西南日本の地史が島弧—海溝系の地形区分をもとに論じられることを示してきた。

しかし地形学と地質学の対応はそれがどの様な場所にどう起こったのかを示しはしてもなぜ起こったのかを説明することができない。あるいはより検証

可能な単純な問題におきかえることが出来ないのである。というのは島弧—海溝系がそもそもなぜできるのかということがわからないと西南日本の地史の“なぜ”に答えることが出来ないであろう。

現在島弧—海溝系の地形区分・地質現象・地球物理・地球化学的諸現象をもっとも包括的・統一的に説明できるのは明らかにプレートの沈み込みによる理論である。したがって西南日本の地史はプレートの沈み込み過程と密接な関係にあると予測される。

最近上田・金森(1978)は沈み込み境界付近での上盤プレートと下盤プレートの相互作用をまとめ特に緑海の生成と関連して論じている。弧間海盆の生成を含む西南日本の地史に対し上田・金森のモデルが直接的なインパクトを持つことは明らかである。したがってここではまず上田・金森モデルを基礎とした沈み込み境界におけるプレート相互作用について述べ更に西南日本の地史への適用を示し幾つかの示唆されるスペキュレーションについて言及する。

4-1 プレートの相互作用

沈み込み境界においてのプレートの相互作用は上盤と下盤に関係する諸因子により次のような場合に分類できよう。まず下盤プレートに関しては(1)下盤プレートの年代：これは沈み込むプレートの厚さと“熱さ”および上にのせている海洋堆積物の厚さに関係しよう。(2)下盤プレートの沈み込み速度と運動方向：沈み込みは上盤に対し直角な方向から完全に横ずれのトランスフォーム断層までの間の方向が考えられ上盤に対する影響が様々に変わるであろう。一方上盤プレートに関してそのプレート内ストレスが問題となろう。それには(1)圧縮力が働いている場合と(2)伸張力が働いている場合とに分類できる。したがって以上の諸因子の組み合わせで沈み込み境界に様々な状態が考えられよう。

現在の沈み込み境界では様々な角度と深度の和達—ベニオフ面が認められる。金森(1972)はこれを沈み込み境界の異なる進化段階をあらわしていると考えた。これを金森過程と呼ぼう。

一方上田・金森(1978)では2種の沈み込み境界が認められた。1つは下盤プレートが“押し”の状態にある場合である。すなわち両プレートは最大圧縮の状態にあり南米チリがこのような場所の例としてあげられている。もう一つは下盤プレートが深い傾角を持ち上盤プレートが“引き”の場合で最大伸張の状態にある時である。マリアナがこのような場所の例と

してあげられている。しかし このモデルは 南米チリのような強圧縮性境界でも 中央谷のような あきらかに伸張場テクトニズムで形成されたと考えられる堆積盆の存在がうまく説明できない。すなわち チリ型あるいはマリアナ型境界も 時間とともに 圧縮性になったり 伸張性になったりするのではないかという推定ができよう。この考えは 西南日本の地史からも支持されよう。

このような 圧縮—伸張のくり返しは 前述の金森モデルと上田・金森モデルを折衷することによってモデル化できよう(図5)。下盤プレートが 金森過程により低角度で沈み込み始め やがて自重で下方に曲がり 更に“ベッドカバーずり落ち”機構で高角度に沈み込む。この時に 屈曲点付近で正断層を生じることがあり やがてプレートはちぎれて 沈み込み開始時に戻る。

一方 上盤プレートに関しては “押し”と“引き”の状態があるので 下盤が沈み込み開始時で 上盤が“押し”の時は 最大圧縮状態となり 下盤が高角度の沈み込みの状態にあり 上盤が“引き”の時に 最大伸張状態になる。その他の時は “中間型”である。この最大応力時に 沈み込み境界ではカタストロフィックな出来事が起こることが期待できよう。たとえば最大伸張時には 縁海・弧間海盆などが生成されよう。また 最大圧縮時には 縁海・弧間海盆の閉鎖が考えられる。更に 付加プリズムの生成 海溝前面でのテクトニック侵食 大規模オリストストロームの生成 オフィオライトのオブダクションなどが このような最大応力時と関係していよう。しかし その実態については不明な点が多い。更に 火山活動もこのようなプレート相互作用と関係しているかもしれないし プレートによってマントル中にはこぼれる海洋堆積物の量・水の量なども関連してくるかもしれない。それらは今後検討すべき問

題である。ここでは このモデルによって西南日本の地史がいかにかに説明できるかを示そう。

4-2 四万十帯とプレートの沈み込み

プレートの沈み込み過程の立場にたつと 四万十帯の岩相の成因について かなりはっきりした解釈を加えることができる。四万十帯においては シアー相の成因が ひとつの重要な鍵となるものである。シアー相は次のような特徴をもつ。(1) シアー相は主として細粒なマトリックス中に大小さまざまな砂岩を主とし 凝灰岩・チャート・石灰岩・玄武岩類等がブロック状に混りあった岩相を示す。(2) 細粒マトリックスは著しく破碎され 鱗片状になっており 四万十帯の他の部分にみられる通常のスレート劈開は発達しない。いわゆる “断層破砕帯”のような感じをうける。(3) シアー相は通常幅数百m~数kmにわたり 非変形の砂泥互層部とサンドウィッチ状に露出する。その境界は ほとんどが断層である。

シアー相の成因としては (1) 明らかに浅海で堆積したと考えられる大型有孔虫石灰岩ブロック等海底地すべり起源(オリストストローム)の岩体を含むこと (2) マトリックスが著しく破碎されていること (3) 緑色岩類をとまなうこと の3つを説明する必要がある。

前述した如く 室戸層が前弧海盆から外側の堆積物であるとの立場にたつと 緑色岩類をとまなうシアー相の成因としては プレートの沈み込みによる海溝内側斜面堆積物や海溝堆積物 さらに海底火山の断層破碎によるものと考えられる。一方 浅海性の堆積岩ブロックを含むようなシアー相は その大部分はもともと海底地すべりや海底土石流を主体とした重力流堆積物であったろうと考えられる。この意味で シアー相にはメランジェ起源とオリストストローム起源の両方があると考えられる。また このように四万十帯では 重力流による堆積物の下方移動 沈み込みによるシアー相の生成 “クサビ打ち込み効果”による付加プリズム群の上昇 そして海底での再浸食と リサイクルのプロセスが行われよう(勘米良, 1976)。このような場合 再浸食されたシアー相物質は再び ベンチ・海溝上に地すべり・海底土石流堆積物となって蓄積しよう。室戸半島先端の室戸岬にはパイモダルな礫をもつ礫岩が分布するが この礫岩の粗粒部は泥岩・泥灰岩・砂岩のみからなり 細粒部は石英脈岩・チャート・砂岩等からなる。シアー相には多量の泥灰岩ノジュールが含まれていること 日本海溝での深海掘削(Shipboard Scientists, 1978)では 石灰岩塊が発見されていることから考えて この泥灰岩礫はシ

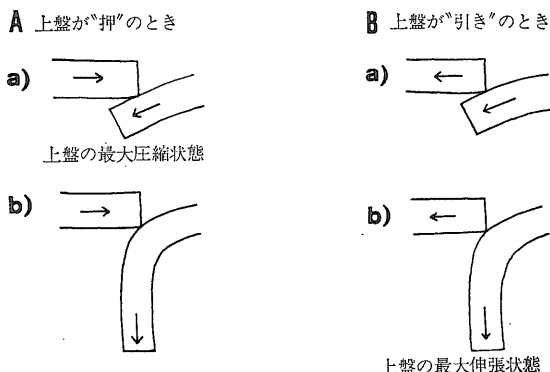


図5 金森(1973)と上田・金森(1978)を折衷したプレート相互作用モデル

アー相からの再食礫と推定されよう。

一方 室戸層およびその相当層の一部が“不安定期”における堆積物とする考え方については 4-5 節で述べよう。

4-3 外弧縁辺部の上下運動

前述の如く 秩父帯には海進・海退のフェーズを示す堆積サイクルをもつ白亜系が分布し この地域がリズムカルな上下運動をしていたことを述べた。この運動の解釈に対し 1つのヒントとなることに外弧の沈水がある。たとえばスダ弧では外弧がスマトラからジャワにかけて沈下してゆく。これと対応してスマトラからジャワへは沈み込み角度が 30° から 50° 程度まで増加している。また千島・カムチャッカ弧でも 根室半島・ハボマイ・シコタン島につづく外弧が沈下し 斜面変換点が 2100m から 3000m へ ベンチ面は 3100m → 3800m 5500m → 6500m へと 海溝深度は 7000m → 9000m 程度へと増加する。この間 沈み込み角度も 40° → 50° へと増加している (Geological Survey of Japan, 1977)。

したがって 外弧から海溝にかけての地域の深度は プレートの沈み込み角度と関係しているように思える。もちろん 実際の深度は 基盤の性質や 堆積物の厚さ等にも関係しているよう。図6は 各島弧における沈み込み角度と海溝最深度・最深頭着ベンチ面深度との関係を示す。非常に粗いながらも 比例関係が認められる。

以上のことにより 外弧周辺の上下運動も沈み込み角度変化のサイクル つまり金森過程と対応できよう。

以上のことを模式的に図7に示した。

1つの沈み込みサイクルの周期については 10cm/year

の沈み込み速度で 100km もぐり込むのに百万年かかるから 600~700km の深さまで入り 切れて 再び沈み込みを開始するのに 1千~2千万年のオーダーが考えられよう。最近 NITSUMA (1978) は古地磁気層序より求めた日本各地の第三紀層の堆積速度の調和的变化を金森過程により説明しているが それにより求められたオーダーも同程度である。一方 秩父帯白亜系でのサイクルもほぼ同じオーダーである。

4-4 弧間海盆の生成

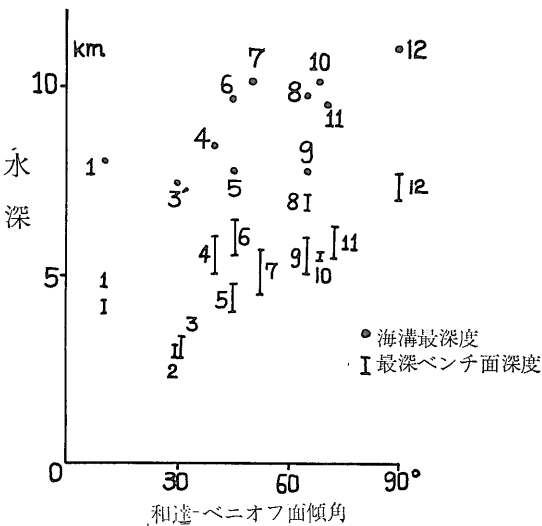
弧間海盆の生成は 上盤プレートの最大伸張時に行われよう。問題となるのは なぜ火山弧と外弧の間が開くのかということである。さらに背弧海盆についても同様のことが言えよう。ここでは まずそのプロセスについて一般的モデルを提示しよう(図8A)。

上盤プレートは伸張時においては (1) プレートの薄い部分 (2) プレートの弱線部 (3) 一部がマントルに固定されていれば その周辺から割れ始めるであろう。沈み込み境界では 下盤プレートの降下にとまらぬ反流により その湧き上がり部ではプレートの薄化がおこる。この部分は 割れ始めると プレートの生産が行われ 背弧海盆が形成されよう。西南日本の中軸帯に弧間海盆が生じた理由としては やはり三波川帯の存在が問題となろう。市川ら (1973) の考えでは三波川帯は“古領家帯”の下にもぐり込んでいた。一種の沈み込みである。それが海洋プレートの沈み込みになるのか あるいは縁海が閉じた時に生じた“浅い沈み込み”なのかは はっきりしない。しかし市川ら (1973) の考えを基礎とすると 弧間海盆の生成について 1つの筋道だった考えが成り立つ。

上盤プレートが伸張時のとき 以前の古い沈み込み部は格好の弱線となろう。また一部沈み込んだ先が残っていたら “イカリ”の役目を果たすであろう。さらに マントル反流が抗力を及ぼすかもしれない (図8A)。

図6
和達-ベニオフ面傾角と海溝最深度および最深頭着ベンチ面深度の関係 (データは文献参照)

- 1: 中央チリ
- 2: 南チリ
- 3: スマトラ
- 3': ジャワ
- 4: 東北日本
- 5: 琉球
- 6: 千島
- 7: トンガ
- 8: 小笠原
- 9: 中央アリューシャン
- 10: ケルマディック
- 11: 北ニューベブリデス
- 12: マリアナ



このように 三波川帯と“古領家帯”の間は 割れやすく 背弧海盆が生じる前に弧間海盆が生じたのであろう。このとき 地中深くあった三波川帯は 上盤がとりのぞかれたため 正断層を生じアイソスタティックな平衡を戻すため 一気に地表近くまで上昇して来たであろう(図8B)。このように 古い沈み込み帯で上盤が取り除かれたために 沈み込んだ部分が上昇してくるプロセスを筆者らは“ひきもどし”(deduction)と名付けたい。地下20~30km の高压変成帯が地表にどのようにして顔を出すかについて “ひきもどし”過程は1つの具体的方法を与えよう。

以上の考えでは 中央構造線は もともの沈み込み帯で“ひきもどし”にともなって生じた正断層線ということになる。

このようにして生じた弧間海盆は 当時の Euler 極から遠い南から開き始めるので 中軸帯での堆積が南→北(西→東)と移動していった現象が説明できる。

和泉層群堆積後・久万層群堆積前に弧間海盆の閉鎖があったと考えられる。このとき 中央構造線はスラスト性になったであろう。その後また弱い伸張状態となり 久万層群の堆積盆が形成された。この時に 和泉層群堆積時に既に相当地表近くまで上がって来ていた三波川変成岩類は 一気に地上に出て 久万層群基底部の三波川変成岩巨礫岩相を形成したのであろう。久万層群堆積後にまた圧縮状態があり いわゆる砥部衝上の形成があった。このような弱い伸張-圧縮のくりかえしは 金森過程により説明できよう。

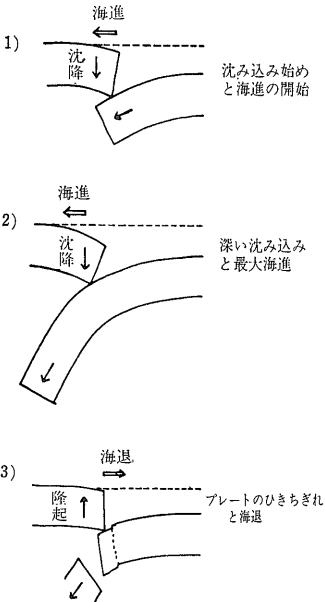


図7 沈み込み角度の変化(金森過程)と外弧縁辺での上下運動(海進・海退)との関係

弧間海盆の形成は また前弧海盆(四万十帯)への堆積物の供給量に対し影響を与えたかもしれない。四万十帯は 前述の如く2つ或いは3つに分帯することが可能で その間にエピソード的な海盆の形式・埋積といった現象が起きたことを示唆している。現在 四万十帯のくわしい時代区分については殆どわかっていないので 四万十帯での分帯がどのようにして形成されたのか 更に前弧海盆そのものがどのようにして形成されたのかについては言及できない。四万十帯中の砂岩が中軸帯のものとは異なるという報告がなされている(寺岡 1977)。中軸帯(弧間海盆)のものが当然の如く火山岩起源の物質を多く含んでおり 四万十帯には外弧起源のものと混合していると推定できる。しかし その量比についてはよくわからない。従って外弧の上下運動を重視するのか 或いは弧間海盆での堆積物のトラップを重視するのかにより 四万十帯への堆積物への供給量への考え方も異なるろう。いずれにしても 四万十帯内部の時代区分をはっきりさせる必要がある。

4-5 中新世の横ずれ境界

中新世(あるいは漸新世にも遡る)になると 沈み込みを支持する証拠は全く消えて 一般的に全体の隆起が起こった。しかし 四万十帯上では局部的に浅海相を示す堆積物が厚く堆積した。たとえば 三崎層群は 3000m以上の厚さを持ち それが単に四万十帯上をカバーしたのではなく はっきりした堆積盆が部分的に形成されたことを意味しよう。三崎層群は 下部がいきなり深い所からの堆積ではじまる単一の上方粗粒化サイクル

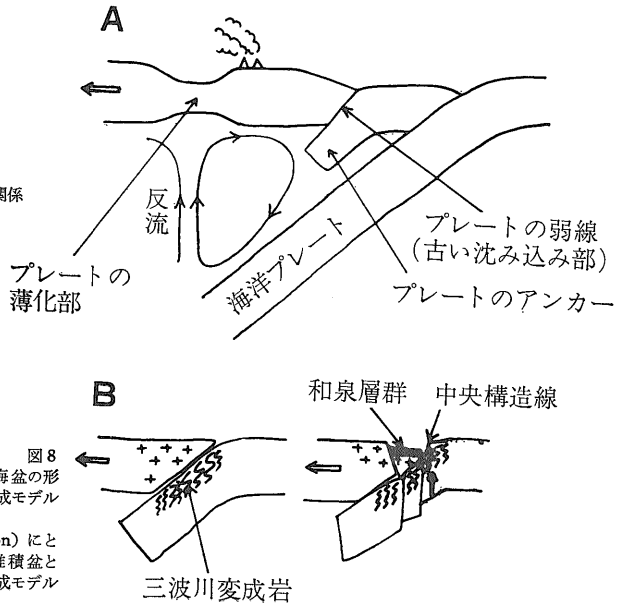


図8 A: 背弧海盆・弧間海盆の形成モデル B: ひきもどし(deduction)にともなう和泉堆積盆と中央構造線の形成モデル

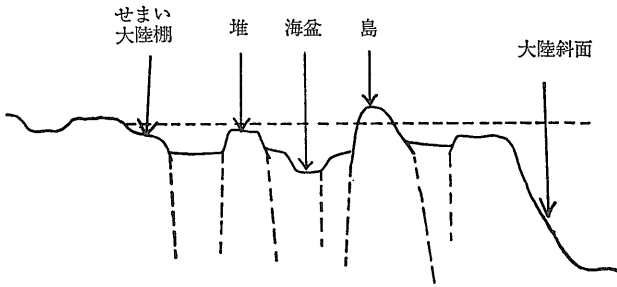


図9 横ずれ大陸縁（カリフォルニア沖の continental borderland）の模式的断面図（MOORE 1977 より 一部加筆）

を持ち 更に“基盤”の清水層とは著しく異なった構造を持つ。このことは 三崎層群堆積盆は 清水層が堆積し プレートの沈み込みで変形した後 しかしまだ海底にある時に形成されたことを意味していよう。

一方 この時期には下盤プレート側に大変化が起きたことが推定されている。それは四国海盆の形成であり 西南日本弧に対し 下盤プレートは 基本的に横ずれ運動をおこしたと推定できる。島弧—海溝系においてプレートの動きが沈み込みから横ずれに変わった場合どうなるのかについては未知の要素が多い。現在 典型的な横ずれ（トランスフォーム）大陸縁として知られているものに南カリフォルニア沖の continental boarderland がある。図9には その地域の模式的断面が示してある。地形は いわゆる“ridges and basins”の構造を持ち いくつかの局所的な堆積盆の形成が認められる（BLAKE ら 1978）。

沈み込み境界が横ずれ境界に変化した場合 一般的には沈み込みによる上盤の“ひきこみ”がなくなるので 外弧—前弧海盆域は全体として隆起しよう。それと共に部分的には continental borderland の様なブロック化を生じ 新しい堆積盆の形成がうながされよう。三崎

層群の堆積盆は このような横ずれ境界で形成されたのではあるまいか。

四国海盆の形成が 3千万年前程度と推定されているので（KOBAYASHI and NAKATA, 1978）横ずれ成分の増大は 漸新世にさかのぼることが予想される。前述の室戸層およびその相当層の一部の成因が 前弧海盆の分化と浅化にともなうスランプ—海底地すべりによるものかもしれないことを指摘しておこう。

中新世における外帯での火山深成活動についても 四国海盆の形成と結びつけた MARSHAK and KARIG (1977) の説が出されている。

5. ま と め

本論文では 中・四国を中心とした西南日本の白亜紀—古第三紀の古地理は 地形学的な対応によって 島弧—海溝系と比較できることを示した。そして 中新世になると基本的な変化が起きたことも示した。

四万十帯・秩父帯中の白亜系・中軸帯に見られる各地層群中の岩相は 沈み込みプレートに基づく諸過程により説明でき 中新世の堆積盆は 横ずれ運動によるものである可能性を指摘した(図10)。

現在 我が国では様々な総合研究や国際協力計画が活発に行われようとしているが この時期に本文中で述べた仮説が一つの試金石となれば幸いである。

文 献

坂東祐司・土屋道子(1977)：阿讃山地の和泉層群中にみられるサンド・パイプについて 香川大教育研報第27巻 1号
 BLAKE, M.C. and others (1978): Neogene basin formation in relation to plate-tectonic evolution of San Andreas fault system, California. Am. Assoc. Petrol. Geologists Bull., v. 62, p. 344-372.
 BURK, C.A., and DRAKE, C.L. (eds) (1974): The Geology of Continental Margins. Springer-Verlag, New York.
 FISHER, R.L. (1974): Pacific-type continental margins. in Burk, C.A., and DRAKE, C.L. (eds), The Geology of Continental Margins, Springer-Verlag, New York, p. 25-41.
 Geol. Survey of Japan (1976): Cruise Report No. 6, Ryukyu Island (Nansei-Shoto) Arc.
 Geol. Survey of Japan (1977 a): Cruise Report No. 7, Geological Investigation of Japan and Southern Kurile trench and slope areas.
 Geol. Survey of Japan (1977 b): Geology and Mineral Resources of Japan.
 Geol. Survey of Japan (1978): Cruise Report No. 9, Investigation of the continental margin of Southwest Japan.
 藤田和夫(1978)：西南日本における中新世以降の地殻変動と海水準変動 「日本の新生代地質」(池辺展生教授記念論文集) 169—185頁
 市川浩一郎・松本隆・岩崎正夫(1972)：日本列島のおいたち

時代	島弧系	背弧海盆	火山弧	弧間海盆	外弧	大陸棚	前弧海盆	海溝	大洋底	
新第三紀	対島帯	火山・深成活動	久万和泉	三波川帯隆起	サイクリックな堆積	隆起浅海化	四万十帯	四国海盆	横ずれ運動	伸張性復陸弧
古第三紀										
白亜紀										
白亜紀										

図10 島弧海溝系としての西南日本（中・四国中心）の地史まとめ

- 科学 第42巻 4号
池辺展生・尾池和夫(1972): スンダ列島—インドネシア— 科学 第42巻 2号
岩淵義郎(1963): 音測記録にみる本州南方の深海地形 地質雑 第69巻 479—488頁
岩淵義郎(1970): 深海地質学(第II編・海溝) 海洋科学基礎 講座8 東海大学出版会
勘米良亀齢(1976): 過去と現在の地向斜堆積体の対応 I 科学 第46巻 5号
金森博雄(1972): 巨大地震と島弧 科学 第42巻 4号
KARIG, D.E., and SHARMAN III, G.F. (1975): Subduction and accretion in trenches. *Geol. Soc. Am. Bull.*, v. 86, p. 377-389.
KARIG, D.E., and others (1978): Late Cenozoic subduction and continental margin truncation along the northern Middle America Trench. *Geol. Soc. Am. Bull.*, v. 89, p. 265-276.
勝井義雄(1972): アンデス山脈と火山 科学 第42巻 2号
甲藤次郎・須鎗和巳(1956): 物部川盆地の再検討 高知大学学術研究報告 5巻 23号
甲藤次郎・小島丈児・沢村武男・須鎗和巳(1960—1961): 高知県地質鉱産図および同説明書 高知県
甲藤次郎(1961): 四国外帯の片岩礫の意義 日本地質学会 関西支部報 no. 45・西日本支部報 no. 30 (合併号)
甲藤次郎(1977): 四国の地質の最近の進歩—四国表層地質図編集にあたって— 地質雑 第83巻 7号
甲藤次郎・須鎗和巳・鹿島愛彦・橋本勇・波田重照・三井忍・阿子島功(1977): 20万分の1 四国表層地質図 高知営林局
甲藤次郎・平朝彦(1978 a): 竜串・イン・ザ・ワールド〜四万十帯における浅海堆積相モデル〜 地質ニュース No. 281
甲藤次郎・平朝彦(1978 b): 室戸半島層群の岩相と堆積環境 地質ニュース No. 287
甲藤次郎・平朝彦(1979 a): 久万層群の新観察 地質ニュース No. 293
甲藤次郎・平朝彦(1979 b): 四国西南部 三崎層群 高知大学学術研究報告 第25巻 第13号
甲藤次郎・田代正之(1979): 四万十帯の軟体動物ファウナの再検討 その1 高知県須崎付近の堂が奈路層二枚貝ファウナについて 高知大学学術研究報告 第25巻 第11号
甲藤次郎・松丸国照・岡田尚武・平朝彦(1979): 室戸半島層群および同相当層から始新世化石の発見とその意義 地質ニュース No. 294
KOBAYASHI, K. and NAKATA, M. (1978): Magnetic anomalies and tectonic evolution of the Shikoku inter-arc basin. *Abstracts of Papers, International Geodynamic Conference, Tokyo*, p. 84-85
MARSHAK, R.S., and KARIG, D.E. (1977): Triple junction as a cause for anomalously near-trench igneous activity between the trench and volcanic arc. *Geology*, v. 5, p. 233-236.
MATSUMOTO, T. and TASHIRO, M., 1975: A record of *Mortonicerias* (Cretaceous, ammonite) from Goshoura Island, Kyushu. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N.S.*, no. 100
MATSUMOTO, T. (1977): Zonal correlation of the Upper Cretaceous in Japan. *Mid-Cretaceous Events, Paleont. Soc. Japan, Special Paper n. 21*, p. 63-74.
宮本隆実(1976): 高知県大槌付近の秩父帯および四万十帯の白亜系砂岩の比較 地質雑 第82巻 449—462頁
茂木昭夫(1977): 日本近海海底地形誌 東京大学出版会
MOORE, D.G. (1977): Submarine slides. in Voight, B., (ed), *Rockslices and Avalanches Vol. 1. Elsevier, Amsterdam*, p. 563-604.
NISHIMURA, T. (1976): Petrology of the Izumi Sandstones in the east of the Sanuki Mountain Ranges, Shikoku, Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, v. 82, p. 231-240.
NIITSUMA, N. (1978): Magnetic stratigraphy of the Japanese Neogene and the development of the island arc of Japan. *Abstracts of Papers, International Geodynamic Conference, Tokyo*, p. 110-111.
野田雅之・田代正之(1973): 松山市道後姫塚産化石とその層序学的意義 地質学雑誌 第79巻 493—495頁
PRINCE R.A., and KUIM L.D., (1975): Crustal rupture and the initiation of imbricate thrusting in the Peru Trench. *Geol. Soc. Am. Bull.*, v. 86, p. 1639-1653.
三東哲夫(1972): 南米大陸の地震とプレートテクトニクス 科学 第42巻 3号
SCHOLL, D.W., and others (1970): Peru-Chile Trench sediments and sea-floor spreading. *Geol. Soc. Am. Bull.*, v. 81, p. 1339-1360.
SCHWELLER, W.J., and KULM L.D. (1978): Extensional rupture of oceanic crust in the Chile Trench. *Marine Geology*, v. 28, p. 271-291.
Shipboard Scientists (1978): Japan Trench transected. *Geotimes*, April, p. 16-21.
須鎗和巳(1966): 阿讃山脈東部の和泉層群の研究(その1) 徳島大学教養部紀要(自然科学) 第1巻
須鎗和巳ほか(1968): 阿讃山脈東部の和泉層群の研究(その2) 徳島大教養部紀要(自然科学) 第2巻
田村実・田代正之(1966): 熊本市南方の上部白亜系 熊本大学教育紀要 No. 14, 自然科学
TAMURA, M. and TASHIRO, M., (1968): The correlation of the Mifune Group with the Upper Formation of the Goshounoura Group, with description of some important Pelocyopods from the strata, *Mem. Fac. Educ. Kumamoto Univ.*, no. 16, sec. 1 (Natural Science)
田村実・田代正之(1971): 中部九州に分布する白亜系の対比 地質学論集 No. 6
TANAKA, K. (1977): Cretaceous System, Geology and Mineral Resources of Japan, chap. 15. *Geol. Survey of Japan*.
田代正之・野田雅之(1973): 九州の“姫浦層群”の地質時代 地質学雑誌 第79巻 465—480頁
田代正之・大塚雅勇(1976): 牛深市早浦産のイノセラムス 地質学雑誌 第82巻 139—141頁
TASHIRO, M., 1976: Bivalve fauna of the Cretaceous Hime-noura Group in Kyushu, *Palaeont. Soc. Japan, Sp. Pap.* no. 19.
田代正之・大塚雅勇(1978): 熊本県天草下島の古第三系と白亜系の境界付近の層序学的研究 高知大学学術研究報告 自然科学 第25巻 第9号
寺岡易司(1977): 西南日本中軸帯と四万十帯の白亜系砂岩の比較—四万十帯の向斜堆積物の供給源に関連して— 地質雑 第83巻 795—810頁
上田誠也・金森博雄(1978): 海洋プレートの沈み込みと縁海の形成 科学 第48巻 2号