

南紀海岸と黒潮古陸

徳岡隆夫＝京都大学理学部地質学鉱物学教室

①紀勢線の車窓から

紀伊半島の南海岸は、黒潮の洗う美しい海岸線と豊富な湯量をほこる温泉にめぐまれ、多くの観光客が四季を通じて訪れる。

天王寺から紀勢線にのって約1時間、汽車が和泉山脈のトンネルをこえと、紀ノ川の平野が眼下にひらける。日本列島を縦断する《中央構造線》は、紀ノ川の右岸にそって東西に走り、このあたりには、それが地形的にもっともよく現われている。日本列島は、この中央構造線によって北と南に大きく区分され、北は《西南日本内帯》、南は《西南日本外帯》とよばれる。西南日本外帯は帯状構造をなしていて、北から、三波川帯・秩父帯・四万十帯が、東西方向によく連続している。それぞれの地帯は、分布する岩石の種類や性質、形成された時代などを異にしている。

トンネルを出た汽車は、しばらくは紀ノ川にそって西へと走る。対岸の比較的なだらかな山々が三波川帯で、その背後のやや高い黒々とした山稜が秩父帯にあたる。和歌山駅を出ると、まもなく右手に海がみえはじめ、汽車は海岸線にそって南下してゆく。東西につらなる外帯の帯状構造を横断してゆくのである。

臨海コンビナートのある海南から下津にかけては、線路や道路の切割り、あるいは海岸の崖にみられるのは、三波川変成岩類である。黒色や緑色の千枚岩からなっていて、古生代の地層が高い圧力をうけて変成岩となったものである。箕島をすぎ、有田川を渡ると、すでに秩父帯である。三波川帯と岩石の時代は同じで、砂岩や頁岩、チャートなどからなっているが、変成作用を受けていない。しかし層理はあまりはっきりせず、つぎの四万十帯にくらべると、かなり

破碎されている。湯浅の付近では、秩父帯の古生層を不整合に覆う白亜紀の地層があって、アンモナイトや植物の化石を産することで、古くから知られている。

湯浅駅をすぎトンネルをでると、左後方に谷がみえてくる。水越峠へとむかう谷で、右手の由良湾へとつづいていく。この直線的な谷は、秩父帯と四万十帯を境する仏像構造線にあたっていて、谷は断層谷をなしている。仏像構造線は、ちょうど紀伊由良駅の直下を通っていて、これから南は四万十帯となる。おもに、白亜紀から古第三紀にかけての地層からなっていて、切割りや、眼下にときおりみられる海食台には、砂岩層と泥岩層とが交互に重なっているのを識別できる。

南部をすぎるあたりから、山はなだらかになる。新第三紀の田辺層群の泥岩が、四万十帯の褶曲した地層を覆っているのである。紀伊田辺のあたりからは、厚く成層した砂岩層となり、列車は白浜へと到着する。

白浜から紀伊日置までは同じ田辺層群で、日置川の鉄橋をわたると、ふたたび四万十帯の地層となる。ここから田並までの約1時間が枯木灘海岸で、釣り人たちのメッカともいえる場所である。田辺湾に抱かれた白砂青松の白浜を女性的な美しさにたとえるならば、山地がそのまま海におちこんで太平洋の荒波に洗われるこの海岸線は、男性的な美しさに溢れている。眼下にみえかくれする海食台は、大地震のたびごとに隆起し、隆起した海食台は、荒波との一進一退の死闘をくりひろげているのである。

大阪から3時間、汽車の旅にもそろそろ厭いてくるところ、潮岬の海岸段丘とその先端の灯台がみえてくる。田並駅をすぎれば、熊野層群である。田辺層群と同時代で、砂岩と泥岩のつくる縞模様が見事である。そして串本をでるとすぐ、大島へと点々とどびる橋杭岩が陽に映えて美しい。それは、熊野層群をつきやぶって地表にあられた石英斑岩の岩脈なのである。やがて、汽車は美しい海岸線の広がる那智勝浦へ到着する。ここで殆ど観光客を降ろし、新宮へと向かう。

天王寺駅から約4時間、変化に富んだ美しい南紀の景観は、それを構成する一つ一つの岩塊のなかに日本列島の生いたちを秘めていて、わたしたちに、その美しさの由来を語り、その景観の保存を約束させる。

②四万十地向斜の海

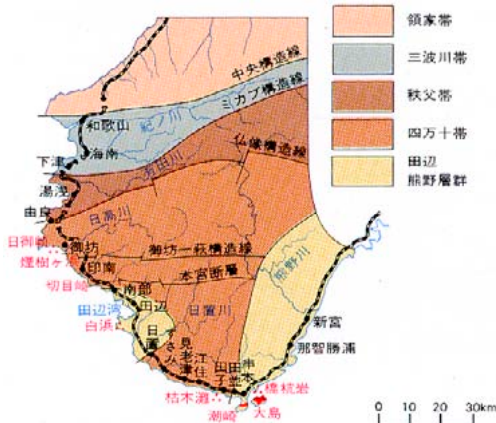
仏像構造線から南の地帯は、四万十帯とよばれる。四万十帯は、赤石山地から紀伊半島、四国南部、九州南部、さらには奄美大島から沖縄へと続いていて、その巾は約100km、延長は1,500kmにおよぶ。四万十という名前は、四国の西部で太平洋にそそぐ四万十川が、この地帯を横切って流れていることからつけられた。四万十帯は、中生代の中頃にはじまり、おもに白亜紀（約1億年前）から新生代の前半（約2,500万年前）にかけて、四万十地向斜の海があった場所で、陸から運ばれてくる砂礫や泥が厚く堆積していった。したがって、この地帯ではどこでも、似たような地層がみられるのである。

四万十地向斜は、どのようにしてできたのだろうか。四万十地向斜の海が誕生する以前の日本列島の生いたちをごく大まかにいうと、古生代シルル紀（約4億年前）以前に、中国や朝鮮を含む大陸の縁辺であった日本列島のあたりに本州地向斜の海が誕生し、それは、約2億年前の本州造山運動によって陸化していった。そして、約1億年前から、その外側に形成され始めたのが四万十地向斜の海である。四万十地向斜の北方の陸地は、海での堆積作用と沈降運動に対応するかのよう、隆起がさかんで、酸性の火成活動がおこなわれ、膨大な流紋岩の噴出が厚い溶結凝灰岩層を形成し、花こう岩類の貫入がはげしくおこなわれた。西南日本内帯の全域にわたって起った《広島変動》とよばれるものがこれである。こうして形成された山地は、浸食され、削りとられた砂礫や泥が、四万十地向斜の海へ運ばれて厚く堆積していった。このように従来は、四万十地向斜の海に運ばれた砂や泥は、北方の陸地だけからもたらされた、と考えられていたのであった。

ところで、四万十地向斜にたまった堆積物は、いまでは造山運動をうけて陸化し、四万十帯を形成している。その地層のしらべ方がくわしければくわしい程、より正確な四万十地向斜の生成と発展の姿が描けることになる。

昭和39年、紀伊半島の南部を調査していた原田哲朗氏は、四万十地向斜に太平洋側からも物質が運びこまれたことを示す証拠を発見した。その証拠というのは、砂岩層の底面にみられる「底痕」（ソールマーク）とよばれるもので、その示す方向を復元すると、砂岩層をつくっている物質が、どの方向から運びこまれたかを

図1－紀勢線沿線の地質図



知ることができるのである。このようにして、復元された底痕のなかには、太平洋側からの物質の供給を示すものがあったのである。

また、昭和42年には筆者によって、同じく紀伊半島の南海岸で、日本列島にはみることのできない正珪岩とよばれる岩石が、礫岩層中の礫として含まれていることが明らかにされた。

この2つの証拠は、四万十地向斜の堆積物が必ずしもすべて、北側の陸地からもたらされたものばかりではないのではないか？ 地向斜の南側——現在の太平洋のなかに、失われた陸地が存在していたのではないかと？ という疑問を生ずることになった。

③失われた陸地——黒潮古陸

太平洋中の失われた陸地の存在を示す2つの証拠について、もう少し詳しくのべよう。四万十帯を構成する地層には、砂岩と泥岩の層が交互に規則的に積み重なった《砂泥互層》がよくみられる。このようなものは《フリッシュ》とよばれていて、地向斜地帯ではどこでも、どの時代にもみられる特徴的な地層である。フリッシュは、急激に上昇する山地から運び出される碎屑物質が、地向斜の海に周期的にもたらされて形成されると考えられている。列車が御坊を通過するあたりから枯木灘海岸にかけてみられるのは、こうしたフリッシュなのである。

<フリッシュ>

フリッシュをなす地層を近くに寄って観察してみよう。さきにフリッシュは、砂岩と泥岩が交互に重なっているとのべたが、よくみると、下位の砂岩から上位の泥岩に移るところには、明瞭な境界はみられず、泥岩からその上位の砂岩へ移るところにはシャープな境界があることが多い。つまり、砂岩層と泥岩層が交互に重なっ

ているというよりも、砂岩層から泥岩層までが1セットといったほうがよいものである。

このようなセットをなす砂岩の部分、さらに詳しく観察すると、写真でみるように下から上へ次第に細くなっていたり、平行葉理や斜交葉理などがみられることが多い。

フリッシュがどのようにして形成されるかは、《乱泥流説》によってよく説明される。風化・浸食によって形成された碎屑物質は、河川を通じて海へと運ばれてゆくが、大部分は三角洲や大陸棚で、一次的に集積される。それらが、地震あるいは津波などを引金として、一時にくずれ、海底の斜面にそって流れおち、深い海底の凹所（堆積盆）へと運びこまれる。堆積盆では、ごく細粒の泥や浮遊性の生物遺骸が、僅かずつではあるが定期的に降りつもって、そこに間歇的に乱泥流がもたらされる。乱泥流によって運ばれる物質は、乱泥流の速度や密度、運ばれる量などによって異なるが、種々のタイプの砂泥互層を形成する。

<太平洋側からの流れ>

乱泥流によって形成されたフリッシュでは、地層の下面に底痕^{ソールマーク}がみられることがある。写真で説明しよう。これは砂まじりの砂岩層の下面で、中央部の砂の細長いもりあがりの先端に礫がみられる。かつての海底面にもどして考えると、泥のたまっている海底面上に流れこんできた乱泥流が減速するにつれて、乱泥流に含まれていた礫が落下し、海底面をえぐって傷をつけながら停止し、ひきつづいて落下してくる砂がつもっていったということになる。写真では、このようにして出来た海底面の傷跡の“鋸型”をみていると考えればよい。したがって、この種の底痕の示す方向を測定し、後の構造運動による変

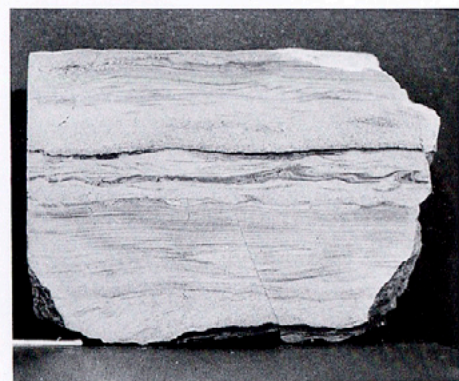
位を補正すれば、乱泥流の流れこんできた方向を知ることが出来、そのような方向を数多く集めれば、かつての陸地がどこにあったかを知ることが出来るのである。太平洋側からの物質の供給があったというのは、このようにして推定されたことなのである。

<正珪岩の礫>

黒潮古陸のもう1つの有力な証拠となった正珪岩について説明しよう。この岩石は砂岩の一種で、日本でこそきわめてめずらしいものであるが、中国や朝鮮、北米、スカンジナビアなどの大陸地域では、ごく普通にみられる砂岩である。石英（SiO₂）が95%以上を占め、砂粒のほとんどは完全に円磨されていることが多い。大陸的な環境下で花こう岩や片麻岩、まれには堆積岩が長期間にわたって風化され、風化に対してもっとも強い石英のみが残されて、固結した岩石である。とくに先カンブリア紀末の全世界的に進行した準平原化作用と乾燥気候のもとで、大陸地域ではどこでも似たような砂岩が形成されたことはよく知られている。

南紀海岸で発見された正珪岩礫は、このような岩石なのである。これらが、それまで何故に発見されなかったのかは、実に不思議というか、チャートによく似ていて、日本のどこにでもあるチャートが礫になっているのだらうと軽く見過がされていたのである。

ところで日本列島は、はじめにのべたように、古生代の中頃から地向斜の時代に入り、造山運動がはげしくおこなわれた場所なので、正珪岩が形成されるような条件はなかった。現に地層としては日本のどこにもみられない。したがって正珪岩礫の供給源を本州地向斜時代以前の日本列島の土台をつくっている岩石に求めるのは、

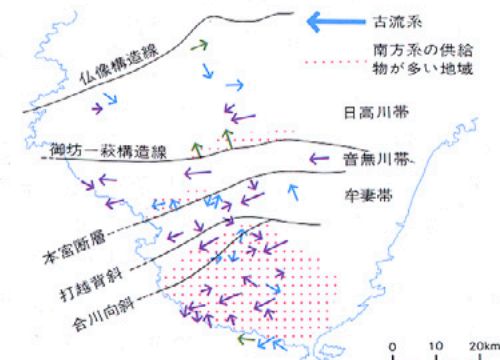


地層の断面。下位の砂質部から上位の泥質部までが1セットの2枚の単層からなる。乱泥流に特徴的な堆積構造がみられる。



乱泥流の底面に示された底痕（ソールマーク）。上から下への供給方向を示す。下方の礫の大きさは1cm。

図2—四万十地向斜堆積物の供給方向



●注 矢印の方向は方角をあらわす。緑・紫・青の色は、それぞれ各帯のⅠ期、Ⅱ期、Ⅲ期をあらわす。

しごく当然のことなのである。しかも、紀伊半島の四万十帯に含まれる正珪岩礫の分布をしらべると、南の海岸付近にのみ発見される。もし、中国や朝鮮の方向からはるばる運ばれてきたのならば、四万十帯のどこにでも、また湯浅付近の秩父帯の白亜系のなかにもあってよい筈である。さきに、南紀海岸には太平洋側からの供給を示す流れがあることをのべたが、こう証拠がそろってくると、やはり陸地は太平洋側にあったと考えざるを得ないのではなからうか。

かくして1968年に、失なわれた陸地は《南方陸地》とよばれ、さらにその後の調査の積み重ねのなかで、陸地の存在がますます確実なものになったことから、1970年には《黒潮古陸》という正式名称が与えられることになった。

このように書いてくると、読者はしごく簡単に黒潮古陸が明らかになったように思われるかもしれない。しかし、四万十帯の地質がようやくわかってきたのは昭和40年代になってのことである。それまでは四万十帯は、《未詳中生層》という名前でよばれていた。「よくわからないが、たぶん中生代の地層だろう」ということで、広大な地域が地質図では一色に塗られていた。褶曲や断層による複雑な地質構造、化石がほとんど産出しないこと、有効な地下資源がほとんどないことから、多くの地質学者からも敬遠されていた地帯なのである。このような未開の地域に足を踏み入れ、ハンマーをふるうようになったのは、井尻正二氏の「太平洋問題」の提起に刺激された紀州四万十帯団体研究グループの面々で、やはり、若さと未知なるものへのあこがれのなせる業だったといえるであろうか。

④紀伊半島の四万十帯

では、団研グループによって明らかにされた紀伊半島の四万十帯について紹介しよう。

四万十帯は、3つの地帯に細分される。北から日高川帯、音無川帯、牟婁帯とよばれ、それぞれは断層で接している。これらの帯に分布する地層は、それぞれ時代や岩石の性質を異にしている。図3をみていただきたい。

車窓では、紀伊由良から御坊駅までにみられるのが日高川層群で、厚い砂岩層や泥岩層が、かなり破碎されている。御坊から西へ、煙樹ヶ浜をぬけ、潮吹岩から日御岬へ至る海岸では、厚い砂岩層や砂泥互層がよくみられ、ときには枕状溶岩もみられる。

音無川帯の地層は印南付近の切割りに、整然と

した砂泥互層としてみられる。国道42号線沿いでは、紀南パレスや切目崎オートグリル下の海食台に、見事なフリッシュが露出している。

牟婁帯の地層は、周参見から田並にかけての枯木灘海岸でみられ、とくに見老津から田子にかけての海食台上に露出する地層には、底痕、正珪岩の礫、地層上面の漣痕などが数多くみられ、見学には絶好の場所といえる。以上にのべた四万十帯の地層は、西では田辺層群、東では熊野層群とよばれる中期中新世の地層によって覆われている。それらは、南部から椿にかけての海岸、田並から紀伊勝浦にかけての海岸で、ゆるく海側へむかって傾斜しているのが、車窓からもよく見られる。

⑤四万十地向斜の生いたち

これまでにのべたことから、どのような地向斜の発展史が画けるであろうか。第一に、時代を異にする地層からなる地帯が、古い方から順に北から南へと配列しているのは、堆積作用（あるいは沈降運動といってもよい）のおこる場所が北から南へと、段階的に移っていったことを推定させる。第二に、それぞれの帯での地層の積み重なるの順序をみると、下位には細粒物質が多く、上位にいくにつれて次第に粗粒物質が増加していくという特徴がある。このことは、深い堆積盆が次第に埋めたてられて、浅くなっていったことを示すのではないであろうか。第三に、それぞれの帯の北縁部と南縁部には粗粒物質が多く、とりわけ、南縁部にそっては顕著な礫岩層が認められるのは、供給源である陸地が両側にあって、しかもそれほど遠くはないことを示しているのではなからうか。

このような考えから、かなり大胆に地向斜の発展史を復元したのが図6と図7である。地向斜堆積盆のダイナミックな動きや、黒潮古陸の存在を理解していただけるであろうか。

⑥黒潮古陸の拡がり

紀伊半島での研究から黒潮古陸の存在が明らかとなったが、その他の四万十帯でも同様の証拠がみられるであろうか。四万十帯は赤石山地から沖縄まで、1つの帯をなしているのであるから、もし紀伊半島の沖あいに黒潮古陸があったとするならば、他の地域にも同様にあったのではないかと考えるのは当然であろう。1968年に南方陸地説を出して以来、筆者らは東へ、あるいは西へと“2つの証拠”を求めて飛びまわった。また、何人かの人々から同様の証拠が報告

された。図8は、これまでに黒潮古陸の証拠があがったところである。最近では、台湾でも陸地の存在が報告されたことを追加しておこう。すなわち黒潮古陸は、四万十地向斜の南側に、それと同様の規模で連続した陸地であったと推定される。

黒潮古陸の中は、どれくらいあったのであろうか。さきに正珪岩礫についてのべたが、黒潮古陸から運ばれてきた礫はそればかりではない。礫岩層のなかには、正珪岩礫とともに、砂岩・頁岩・チャートなどの堆積岩、流紋岩や花こう岩などもある。正珪岩以外は、北の陸地から運ばれてきたと考えてもおかしくない岩石ばかりである。しかし、礫岩層も、砂泥互層の場合と同様に、乱泥流によって運びこまれたものであることが明らかなので、これらの礫も正珪岩とともに、同じ方向からもたらされたと考えざるを得ないのである。そうすると、黒潮古陸には多種多様の岩石が分布していたということになる。つぎに、黒潮古陸からもたらされた礫は、例外なく円磨されているという事実がある。すなわち、黒潮古陸の上を流れる川は、いくつかの岩石の地帯を横切って流れ、その川は海にそぐぐまでに、削りとった岩石を円磨させるに足る十分な距離をもっていたのである。地質学者の経験からすると、黒潮古陸は少なくとも現在の日本列島規模はあったであろう。

⑦黒潮古陸の消滅

では、黒潮古陸はいつ消滅したのであろうか、もう一度、地質図をみることにしよう。紀伊半島では、四万十帯の地層を傾斜不整合で覆って、西に田辺層群、東に熊野層群が分布している。傾斜不整合は、四万十帯の地層が造構運動をうけて陸となり、浸食作用をうけたことを示している。田辺層群や熊野層群は、中期中新世（約2,000万年前）の海成層であるので、黒潮古陸はこれらの地層の形成時には、すでに“沈没”していたことは明らかである。おそらく、四万十地向斜の堆積盆が埋めつくされ、造構運動によって陸化すると、それまで碎屑物質を供給しつづけてきた黒潮古陸は、沈下したのであろう。中期中新世の造構運動は、紀伊半島のみでなく広く四万十帯全域にわたって認められ、《高千穂変動》とよばれている。また、この時代はフォッサマグナから東北日本にかけて、グリンタフ地向斜の海が急速に拡がっていった時代でもある。黒潮古陸の“沈没”は、このような日本

列島全体に認められる運動と密接に関連していたことは明らかである。それはまた、フィリピン海や、ひいては太平洋の形成ともおおに関係があるのであろう。

⑧フィリピン海

これまでは地層に印された記録から、黒潮古陸の存在についてのべてきたが、海底に直接証拠を求めることは出来ないであろうか。地殻の構造からみた陸と海の境は、もちろん地形的な境とは異なっていて、紀伊半島沖でみると、西南日本海溝（南海トラフ）のところで、潮岬の沖あい約50 kmにある。この範囲までに黒潮古陸が存在したことには、学界でもそれほど異論はないところであるが、それを越えてさらに南まで広がっていたかどうかということになると、問題は多い。しかし、すでにのべたように黒潮古陸が日本列島規模ということになると、どうしても海溝の外にまではみ出してしまうことになる。もちろん海溝が形成されたのは非常に新しい時代なのであるが、海溝の外側は海洋型の地殻をなしていることはよく知られている。したがって、古陸が海溝の下にもぐりこんだか、あるいは大陸の海洋化が起ったのか、どちらかということになる。

前者は最近のプレートテクトニクス説にもとづく考え方であるが、後者のほうはどうであろうか。じつは、フィリピン海にかつて大陸があったのではないかという考えは、古くから日本の地質学者によって唱えられていた説で、サイパン、グアム、ヤップ、パラオなどの諸島には、花こう岩や閃緑岩などの陸的要素を多分にもった岩石が知られているし、陸と海とを境するといわれる《安山岩線》はフィリピン海のはるか東にあって、太平洋をとりまいている。またフィリピン海の地殻構造をよく検討してみると、奄美海台、北大東海嶺、沖大東海嶺などには、どうやら陸的な要素がうかがえるのである。

アメリカの深海掘削船グロマー・チャレンジャー号による海底ボーリングは、七つの海で大きな成果をあげ、プレートテクトニクスの考えを実証しつつあるかにみえる。しかし、フィリピン海においては、海底拡大を示すような証拠はまだ得られていない。最近の日本の地質学者による大きな成果としては、九州－パラオ海嶺や奄美海台における花こう岩の採取、沖大東海嶺における変成岩の採取などがある。いずれも、陸的要素がフィリピン海に存在することを実証

したものとえよう。ソ連の学者たちも、九州－パラオ海嶺で花こう岩を得ていることをつげくわえておこう。

このように、現在はフィリピン海の成因をめぐる、アメリカ、ソ連、日本などの学者たちは、しのぎをけずり、また、協力しあって研究を進めているのである。海洋底の研究では、フィリピン海や日本海などの縁海が目下の焦点となっている。それはまた、島弧の成因、太平洋や大西洋のような大きな海の成因をさぐる手がかりを与えてくれるからでもある。

ところでアメリカは、グロマー・チャレンジャー号を駆使して、海底ボーリングによって直接海底の歴史を明らかにするという強力な武器と大きな組織を持っている。ソ連はまた、国家的大事業として海底の研究を位置づけ、海底岩石の採取ひとつをみても、はるかに我々をりょうがしている。では日本ではおくれをとらずにどのようなことが出来るであろうか。グロマー・チャレンジャー号による深海掘削は、今年度から国際共同研究となり、日本も参加することに

なったのは明るいニュースである。また、幸いなことに、フィリピン海は日本の前庭ともいふべき近さにあり、調査には地の利がある。精力的に海底岩石の採取をすることが必要であろう。また、日本列島の生いたちは比較的よくわかっていて、それとの比較で海の生いたちを考えていくことがよいであろう。

さらに具体的なテーマを提起してみよう。沖縄の東の沖合いに北大東島がある。この島では昭和9年、11年にボーリングがおこなわれた。当時としては、大変な大事業であったであろう。しかし残念なことに、第三紀漸新世の石灰岩を掘りぬく途中で中止のやむなきに至った。これを再度復活させ、3,000mあるいは4,000mの掘削が出来ないものであろうか。第三紀からさらに白亜紀の石灰岩を掘りぬいて、その下底にあらわれるものは果して何であろうか。それは必ず海洋底研究に新しいページを開くものになるであろうし、あるいはまた、海底にねむる資源の開発にも、大きく貢献するところがあるであろう。

図8－正珪岩礫の産出地点と太平洋側からの古流系

<水路図複製・海上保安庁承認第500036号>

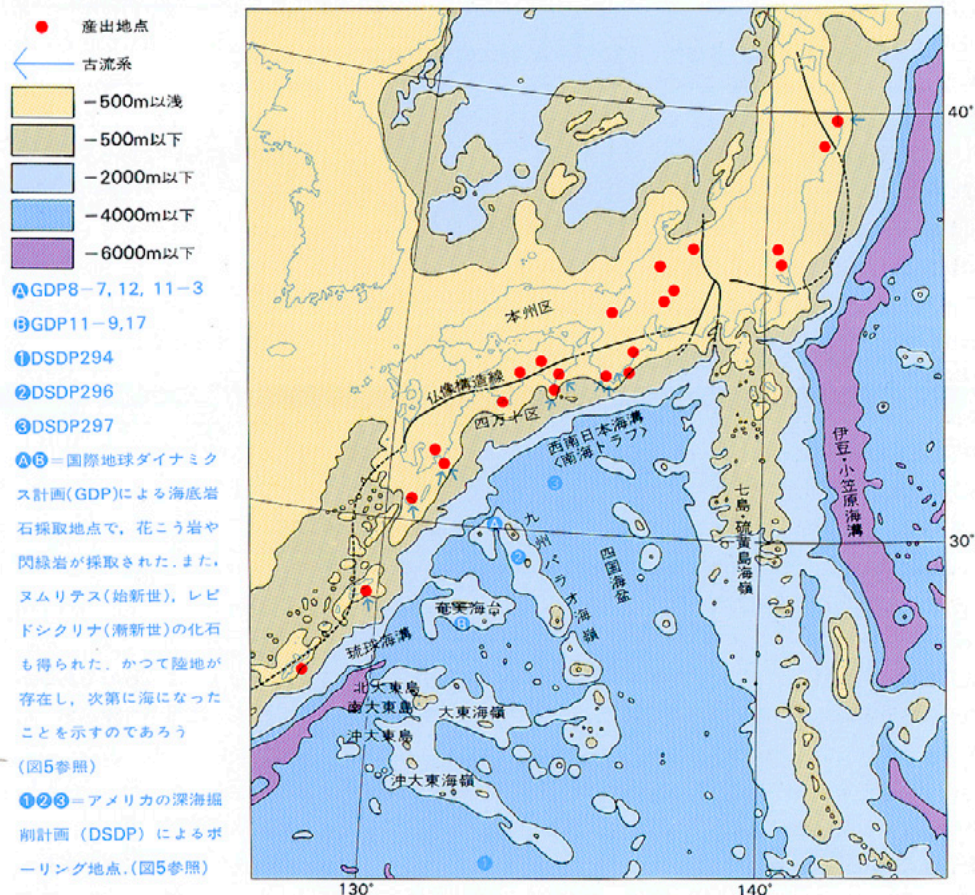


図3－紀伊半島四十万帯の地質図
 <紀州四十万帯団体研究グループによる>

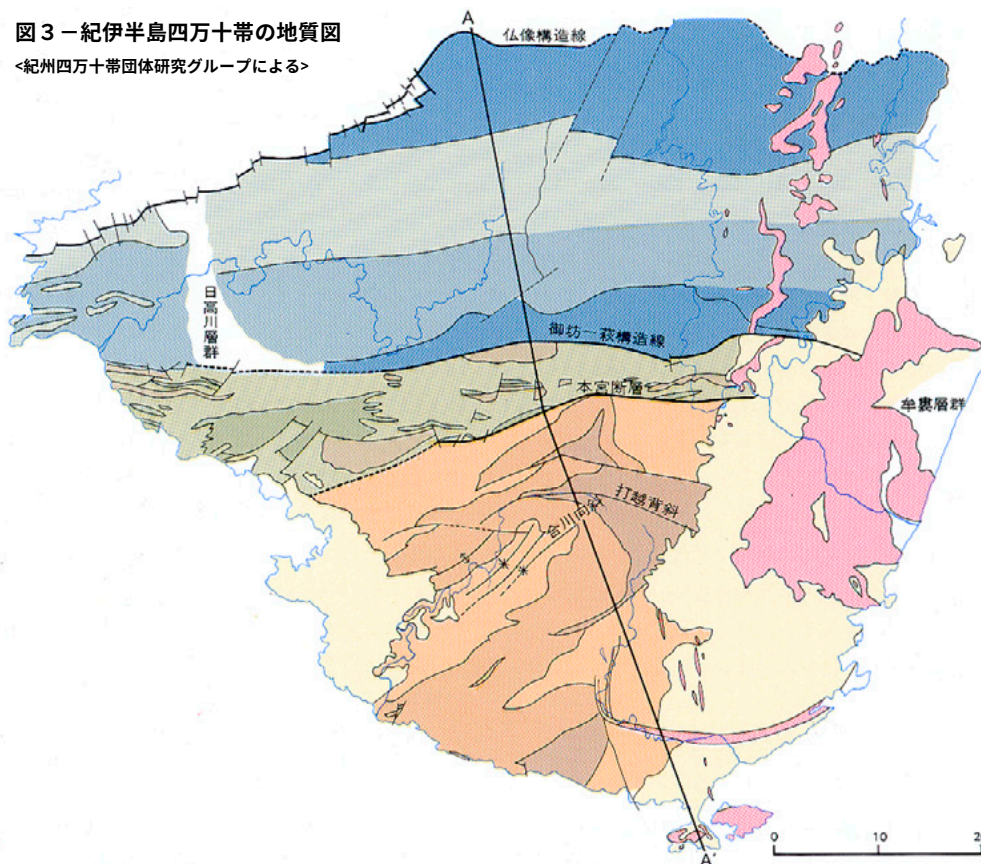


図3・図4の凡例

- 田辺・熊野層群
- 牟婁層群上部
- 牟婁層群中部
- 牟婁層群下部
- 音無川層群上部
- 音無川層群中部
- 音無川層群下部
- 日高川層群上部
- 日高川層群中部
- 日高川層群下部
- 鮮新・更新統
- 先四十万中・古生界
- 先カンブリア基盤岩類
- 花こう岩

図5の凡例

- 北方供給
- 南方供給
- 安山岩・玄武岩
- 砂岩
- 泥岩
- 石灰岩
- 花こう岩類

図4－紀伊半島四十万帯の断面図<図3のA-A'潮ノ岬沖の海面下の断面も含む>

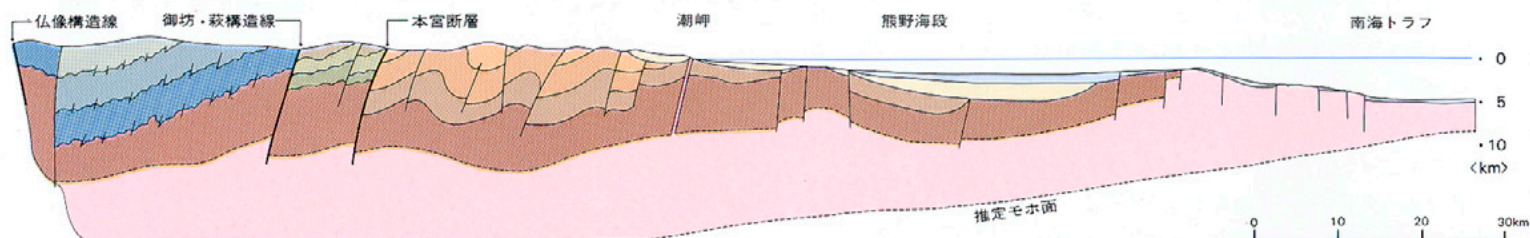


図5－紀伊半島四十万帯地斜の発達史模式図

<海域はGDP-8,11などの資料。右端欄は藤田, 1970による>

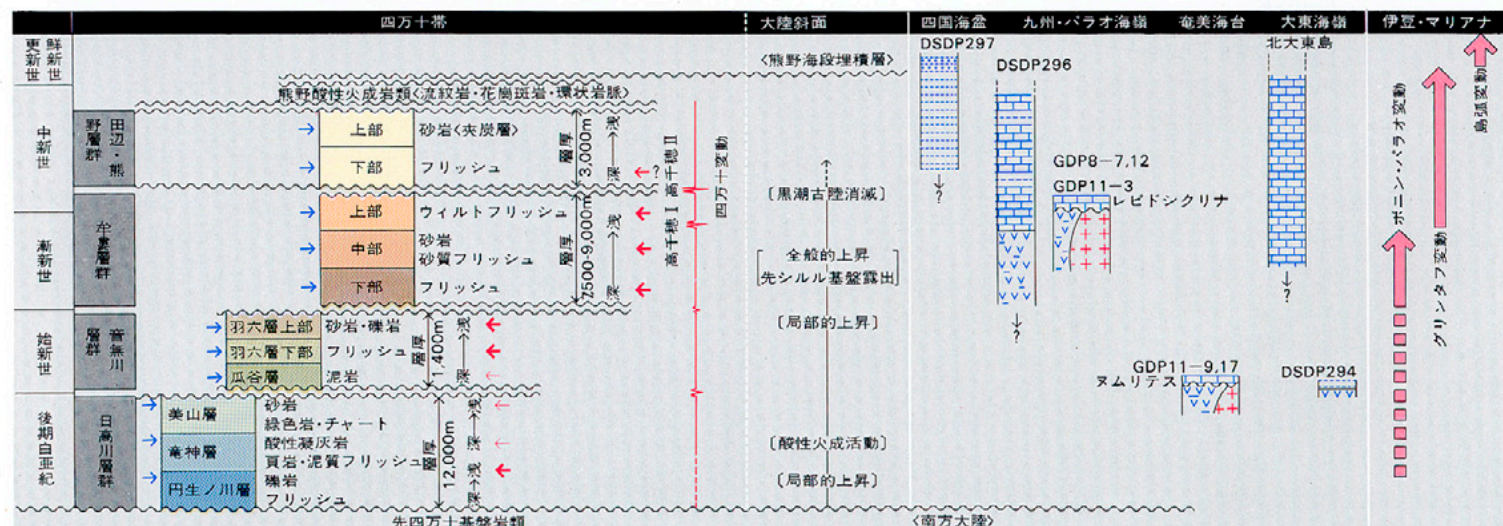


図6 一紀伊半島における四万十地相斜発展の古地理図

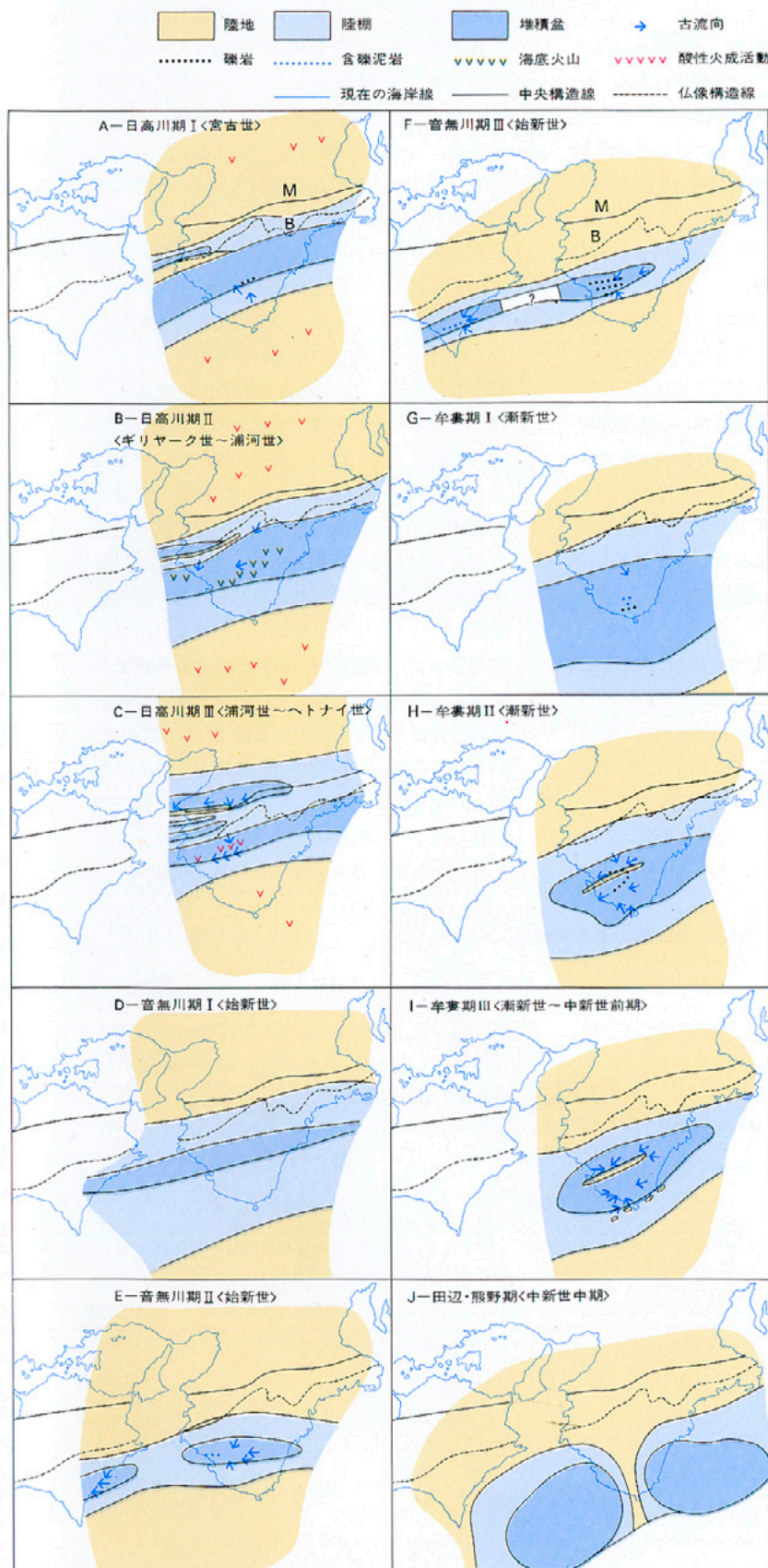


図7 一紀伊半島における四万十地相斜発展の構造断面図

