

## 四万十帯白亜系の岩石物性と メランジュの形成

### Physical properties of the Cretaceous Shimanto Belt and the formation of melange

波田 重 熙\*  
Shigeki Hada

#### I. はじめに

さまざまな岩石本来の接合関係 (特に層理) が不明瞭で、長径数kmからmmまで様々な大きさにこわされた同源あるいは外来の岩塊が、変形の著しい基質 (大部分泥質) 中に浮くように散在している地質体に対して与えられたのが“メランジュ”という言葉である。したがって、メランジュは、記載的一般語として用い、何ら成因上の意味を持たせないというのが、今日一般の使い方になっている。しかし、同時に、Hsu (1971) がこのような地質体がプレート収束境界の産物であることを指摘して以来、メランジュの存在は、その形成場や形成機構などテクトニックな問題と切っても切れない形で、常に国際的論議的となってきた。とくに、メランジュにおける岩塊の混合が堆積的過程によるのか、それとも、構造的過程によるのかという問題は、変形構造の成因やテクトニックな意義を考察する上でクリティカルな問題として、現在でも盛んに議論されている。メランジュには多様な成因のものが存在するであろうが、例えば、沈み込み帯のような活発かつ複雑な造構的過程が継続的に進行する場に、未固結ないし半固結状態の堆積体が持ち込まれて形成されたのが一種のメランジュであれば、それが構造的に形成された tectonic melange なのか、それとも、オリストストロームとして形成されたものがさらに変形した sedimentary melange なのかを、識別することは至難の業とも思われる。

筆者はかつて、四国の四万十帯に分布する付加体中のメランジュが、tectonic melange であるという主張を行なった (Suzuki & Hada, 1979)。それは、野外の観察で得た主に直感に基づいて、Hsu (1974) や Cowan (1974) の見解を容認したものであった。その後、この点をめぐっては野外などでしばしば議論となったが、構造的過程と堆積的過程を主張する者双方共に決定的な証拠を提出するには至らなかったように思われる。

しかし、最近では海洋の活動的縁辺地域やその他のプレート境界地域での多重受信式反射地震探査や掘削調査などによって、現在の沈み込み帯で進捗しつつある地質学的過程に関する知識が著しく増大した。一方、最近出版された“The Shimanto Belt, Southwest Japan-Studies on the Evolution of an Accretionary Prism.” (Taira & Ogawa, eds., 1988) に代表されるように、四万十帯に関する学際的研究が飛躍的に進行して、四万十帯は今や陸上に分布する付加体としては、世界でも研究が進んでいるといっても過言ではなからう。そのような状況を踏まえて、本小論では、四国四万十帯上部白亜系の堆積岩に関する岩石物性のデータを中心に、メランジュの形成問題に焦点を絞り議論する。

なお、最近、第3のタイプのメランジュとして、mud diapirism で形成されたメランジュが注目されている。高知県でも四万十帯南帯 (第三系) に属する室戸市黒耳付近には、基質部は泥質物質

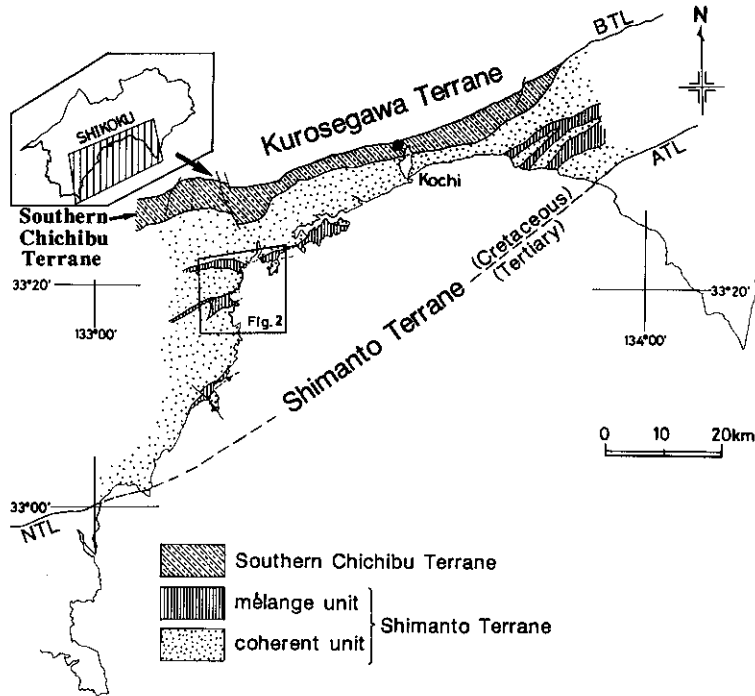


Figure 1. Sketch map of the Southern Chichibu and Shimanto Terranes in Kochi Prefecture. BTL: Butsuzo Tectonic Line, NTL: Nakasuji Tectonic Line and ATL: Aki Tectonic Line.

と砂質物質が完全に混合したもので構成され、その物質がブロックに入り込むあるいは砂岩／泥岩互層の泥質部を置換しているような混在岩が分布していて、mud diapirismによるものである可能性が考えられる。しかし、少なくとも高知県の四万十帯北帯にはそのようなものは存在しないので、このタイプのメランジュについてはこれ以上議論しない。

## II. 高知県の四万十帯白亜系の地質概説

四万十帯白亜系は、岩相・変形様式・変成度などを著しく異にする coherent unit と melange unit によって構成される。両者は多くの場合断層関係で接し、覆瓦構造を形成している (Hada, 1988) (図1)。

coherent unit を構成するのは、砂岩／泥岩互層を主体とし、基本的にはそれらが地層として本来の接合関係を保っていることで特徴づけられる地質体で、さらに、浅海相とタービダイト相を示す2つの地層群に区分できる。高知県の四万十帯白亜系の場合、貝化石を多産する砂岩やシルト岩からなる堂ヶ奈路層や上組層 (青木・田代, 1982) が前者に属するが、coherent unit の大部分は後者の地層群によって占められる。タービダイト相を示す地層は、いろいろな量比で互層する砂岩と泥岩によって構成されるが、一部には、砂岩と泥岩が岩塊状に混合したりスランプ褶曲しているオリストストロームを含む。下部白亜系 (?) の新土居層 (平ほか, 1980a)・アプト～オーブ階の半山層・セノマン階の須崎層・コニャック～サントン階の下津井層 (平ほか・1980a)・野々川層・中村層が、高知県の四万十帯白亜系におけるタービダイト相に区分される地層群である。これらの地層

は、一般に、同斜状の褶曲構造と走向性の断層によって繰り返す構造を呈している。地層は一般に北へ急傾斜するが、褶曲構造を形成している場合には、ときに南へ傾斜する部分や水平な褶曲軸部がみられることがある。また、それぞれの地層では、北側に背斜構造、南側に向斜構造がペアをなして形成されている場合が多い。これらの褶曲構造は一般に側方への連続性が悪く、また、褶曲軸部に発達する断層によって構造が複雑になっていることが多い。

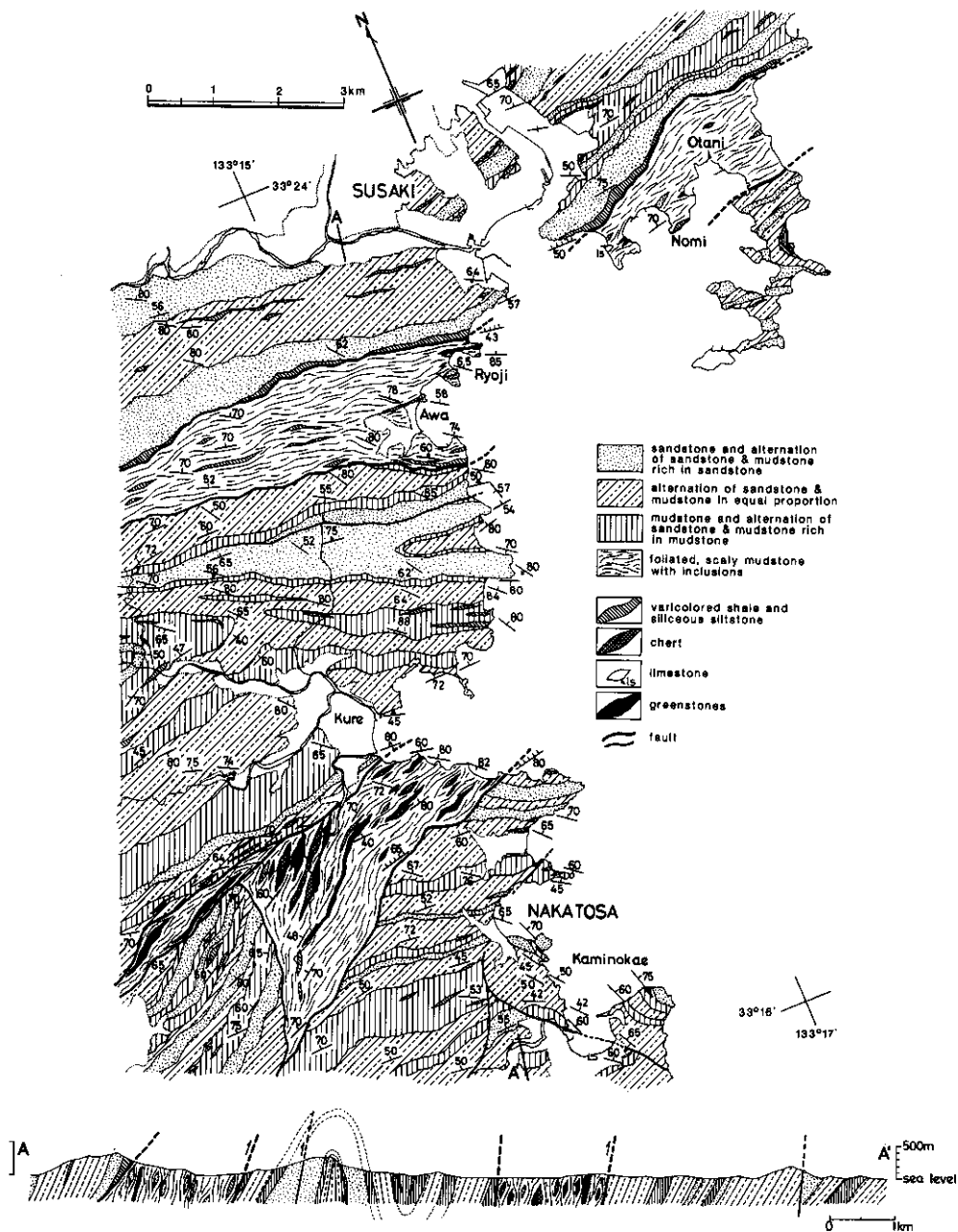


Figure2. Geologic map and cross section of the Susaki-Nakatosa area. See Fig. 1 for the location.

melange unit は、変形の著しい泥質岩を主体とするユニットで、それを基質として種々の大きさの砂質岩・砂岩／泥岩互層・緑色岩類・チャート・多色頁岩（遠洋性粘土岩・珪質泥岩・凝灰岩）・石灰岩など、多様なブロックを含む。従って、四万十帯のメランジュは、全て Cowan (1985) の分類における Type III : block-in-matrix mudstone chaos に対応する。高知県の四万十帯の白亜系では、安和・横浪・月見山・手結メランジュ、久礼メランジュ、興津・大用メランジュが識別されている (Suzuki & Hada, 1979; 平ほか, 1980b)。melange unit の地質体は、coherent unit の地層が広く分布する部分に、それらに断層関係ではさみ込まれるように、幅の狭い帯状の分布をなす。一般には、東西方向への連続性もそれほどよくない。泥質基質には網目状の岩石劈開が発達するが、それは、せん断運動の主変位面に対応する pressure solution cleavage とそれに対するリーデル・シア面 (シアバンド) とみなすことができる。非対称プレッシャーシャドウなどの微細構造もできていて、メランジュが大規模なせん断帯で形成されたことを示している。泥質基質中のブロックは通常露頭範囲内に収まる程度の大きさであるが、緑色岩類や砂岩／泥岩互層の場合、厚さ数10～数100m あるいはそれ以上の巨岩塊も少なくない。逆に、砂質岩やチャートは、数10cm以下の小岩塊として散在しているケースも多い。それらには普通明瞭な岩石劈開は見られないが、かわって、微細な圧砕構造が発達することが多い (とくに砂質岩と緑色岩類)。

第2図に、高知県の四万十帯白亜系の地質および地質構造の特徴を示す例として、高知市南西部の須崎・中土佐地域の地質図および地質断面図を示す。北から、安和メランジュおよび久礼メランジュに区切られて、須崎層、下津井層、野々川層が分布する。

### III. 地質学的背景

四万十帯では多くの地質学的および古生物学的研究が進められた結果、少なくとも melange unit は、陸源物質と海洋プレート物質が混在していて、変形を受けながら大陸側に付加して形成された、付加体物質とみなすことができる。すなわち、中央海嶺やその付近の海山で形成された緑色岩類からなる海洋底の上には、それが移動する過程で堆積した遠洋性ないし半遠洋性堆積物〔(チャート・珪質泥岩・多色頁岩 (凝灰岩は陸域から運ばれた火山灰)) や、さらに、海溝にさしかかると、その上にまず細粒なタービダイト層が堆積し、つぎに海溝中軸部で粗粒タービダイト層が重なる。それらが最終的に海溝から沈み込んでいく過程で、陸側に付加して出来上がったのが melange unit である (平ほか, 1980a,b など)。

このような海溝域における付加の過程でのメランジュの形成に関しては、最近でも、海溝域における大規模な海底地すべり堆積体、すなわち、オリストストローム起源と考える派 (Page, 1978; 平ほか, 1980a; Cowan; 1982) と、沈み込み帯の深部における構造的な過程で形成されたとする派 (Moore & Karig, 1976; Cowan & Silling, 1978; Suzuki & Hada, 1979; Closs, 1982; 加賀美ほか, 1983; Byrne, 1984, Hada, 1988) がある。前者については、本特集の中でも坂井氏によって詳しい議論がなされると思われるので、ここではふれないことにする。かわって、この章では、筆者が、後者の立場に立って、四国の四万十帯白亜系のメランジュが tectonic melange であるとする地質学的背景についてまとめる。

(1) 海溝における物質の混合過程はきわめて複雑で、そのプロセスとしては、海溝の外側斜面や内側斜面からの海底地すべりの作用は十分考えられる。日本海溝における第1鹿島海山の例もある。しかし、四国の四万十帯白亜系の melange unit には、前述したように、Cowan (1985) の Type III のメランジュのみが分布する。そして、四万十帯各地の付加体中に分布するメランジュも、岩相・

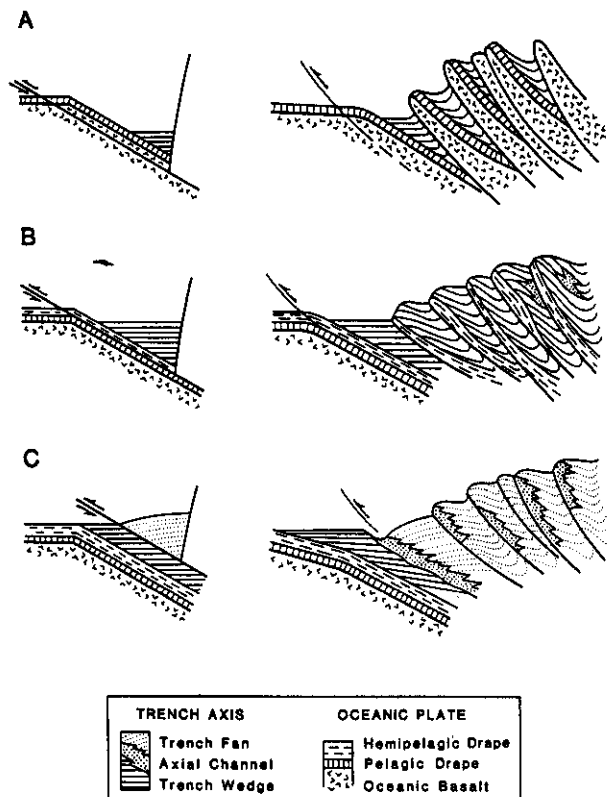


Figure 3. Accretion and preservation of trench deposits. Figure after Thornburg and Kulm (1987).

構造などきわめて共通した特徴をもっている。このことは、その形成に関し、プレートの沈み込みそのもの、すなわちテクトニックな混合がもっとも主要な役割をはたしていることを示唆しているかもしれない(加賀美ほか, 1983)。少なくとも、広域的に分布するメランジュについては、そのような考え方が可能である。

(2) メランジュの基質は泥質岩で、砂質岩からなるものは全く存在しない。この点は、もしメランジュにおける岩塊の混合が、海溝域での海底地すべりによるとすれば不思議である。しかも、四国の四万十帯では、緑色岩類は melange unit に限って出現する。現世の海洋中には海底地すべり堆積は知られているが、異地性の岩塊を含んだオリストストロームは存在しないという主張すらある(Barber 氏による)。

(3) 最近の反射地震記録などに基づく研究によれば、沈み込み帯に持ち込まれた堆積体は、デコルマ帯を境にはぎとられ(offscraping)、上位のものは扇状覆瓦スラスト構造を形成しながら付加していくのに対して、下位の地質体は巨視的な変形なしにそのまま沈み込むことが明らかになった(加賀美ほか, 1983; McCarthy & Scholl, 1985; von Huene, 1986; Shipley & Moore, 1986)。そして、はぎとられる地質体が何であるかは、海溝充填堆積物の状態に大きく依存することが、Thornburg & Kulm (1987) のチリー海溝における研究によって見事に示された(図3)。すなわち、海溝充填堆積物がほとんど欠如する場合には、緑色岩類を含む海洋プレート物質が直接はぎとられて付加す

るのに対して、海溝充填堆積物が多量に存在する場合には、海溝充填堆積物そのものがはぎとられて付加する。四国四万十帯白亜系の場合にはまさに後者のケースで、はぎとり作用によって付加したのはタービダイト相の coherent unit である。タービダイト相の地層群が付加体の一部を構成しているということは、次にのべる岩石物性の考察からも指示される。さらに、この点に関連して興味深いのは、南部秩父地帯（ほぼ従来の秩父累帯南帯に相当する）の地質である。同地帯の斗賀野層群は、松岡（1984）の詳細な研究によって明らかになったように、トリアス紀中期に粘土岩を下底として（この場合、デコルマ帯は特異な粘土岩中に発達したことになる）、それより上位のチャート・珪質泥岩などの海洋プレート堆積層と海溝充填堆積物が、一連の層序ユニットを形成しながら整然とはぎとられて構造的に繰り返している付加体である。この場合、メランジュ様の地質体は、小規模なものがユニット間の断層にそってまれに発達するのみである。南部秩父地帯の付加体が形成された時期の海溝充填堆積物の量が、四万十帯の場合と比較して格段に差があったとみられるのは、その形成年代がジュラ紀中期から後期に及ぶ斗賀野層群の分布幅に比べて、大部分白亜系末期の付加体のみで占められる四万十帯北帯の幅が随分広いことからもうなずける（図1）。

Type IIIのメランジュにオリストストローム起源のものがあるとするれば、はぎとり作用で形成さ

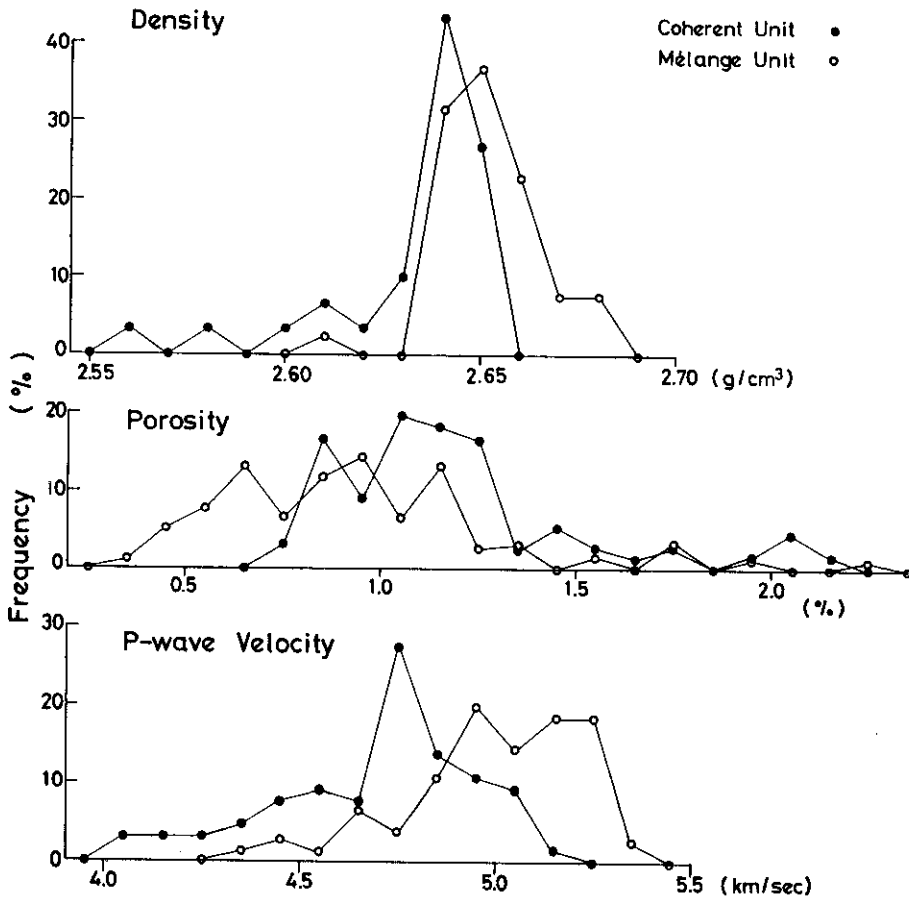


Figure 4. Density and porosity distributions of 87 samples and P-wave velocity distribution of 142 samples of sandstones from the the Cretaceous Shimanto Belt in Shikoku. Figure from Hada (1988).

れた海溝充填堆積物からなる coherent unit の付加体の中にも、そのようなものが挟まれていてもよいはずである。しかし、四国の四万十帯白亜系では、そのようなものは見当たらない。また、海洋プレート物質と海溝充填堆積物がはぎとられて形成された付加体からなる、四国の南部秩父地帯ですらそのようなものは存在しない。

以上の議論で明らかなように、四国の四万十帯北帯の場合、海溝充填堆積物が多量に存在していたために、はぎとり作用でまず付加したのは海溝充填堆積物そのものであったとみられる。そこで、通常海溝充填堆積物に被覆されている緑色岩類を含む海洋プレート物質が、海溝内側ではぎとられて付加するチャンスは、特別な場合を除いてはなかったとみられる。従って、海洋プレート物質は、デコルマ帯より下位に位置する地質体として、巨視的な変形なしにしばらくはそのまま沈み込んだ可能性が強い。

#### IV. 四万十帯上部白亜系堆積岩の岩石物性

四国の四万十帯に分布する上部白亜系堆積岩の岩石物性の考察からは、メランジュの形成に関する上記のような地質学的設定が、妥当なものであることが裏付けられるであろうか。次に coherent unit と melange unit の岩石がたどった応力履歴について考察する。以下では、四万十帯白亜系の砂岩の岩石物性に限定して議論するので、泥岩を含めた詳細な議論については Hada (1988) を参照していただきたい。

岩石物性を検討したのは、高知市の南西に位置する領地、安和(ともに図2参照)、小鶴津、興津に分布する安和メランジュ、下津井層、興津メランジュ、および、高知市の南東に位置する手結に分布する須崎層から採集した、合計28個の岩石から整形した coherent unit 66 個、および、melange unit 76 個の試料についてである。

第4図に、砂岩の密度・空隙率・弾性波速度(P波)を示す。melange unit の砂岩の方が、coherent unit の砂岩に比べて、より高い密度、より低い空隙率と速い弾性波速度を有する傾向が明瞭に読み取れる。このような傾向は、coherent unit の岩石が海溝内側斜面基部ではぎとられたのに対して、melange unit の岩石がデコルマ帯にそって海溝内側斜面下のより深い部分に沈み込み、そこで構造運動を受けたとすれば、当然期待される結果である。

第5図には、三軸圧縮試験の結果得られた応力-ひずみ曲線の典型的な例を示した。melange unit の砂岩は、全ての試験で脆性的な破壊をおこしている。それに対して、coherent unit の砂岩の強度は、同封圧条件で melange unit の砂岩のそれと比較して一般に小さく、また、破壊直前に応力-ひずみ曲線が曲がり始める傾向がある。これらの傾向は、第6図の最大強度と破壊時のひずみ量の関係を示したダイアグラムにもよくあらわれている。第6図には同時に破壊様式も示してある。coherent unit の砂岩が2%が張力性割れ目からせん断性割れ目へ、また、5%以上で延性流動へ移る中間的な破壊様式へと移行するのに対して、melange unit の砂岩は破壊時のひずみが5%を越しても依然として脆性破壊の様式を示す。coherent unit の砂岩の破壊の様子は、世界中で行われてきた、構造運動をひどくこぼっていない岩石に関する三軸圧縮試験で得られた実験結果と整合的である。一方、melange unit の砂岩がそれから大きくはずれるということは、それらの砂岩が複雑な応力履歴を有する可能性を指摘することができる。

melange unit の砂岩が過去に複雑な応力履歴を経てきたであろうということは、砂岩の組織を検討することによって容易に理解できる。すなわち、coherent unit の砂岩は一般に鏡下で見てもほとんど破壊された組織を示さないのに、melange unit の砂岩には web structure (Byrne, 1984) と呼

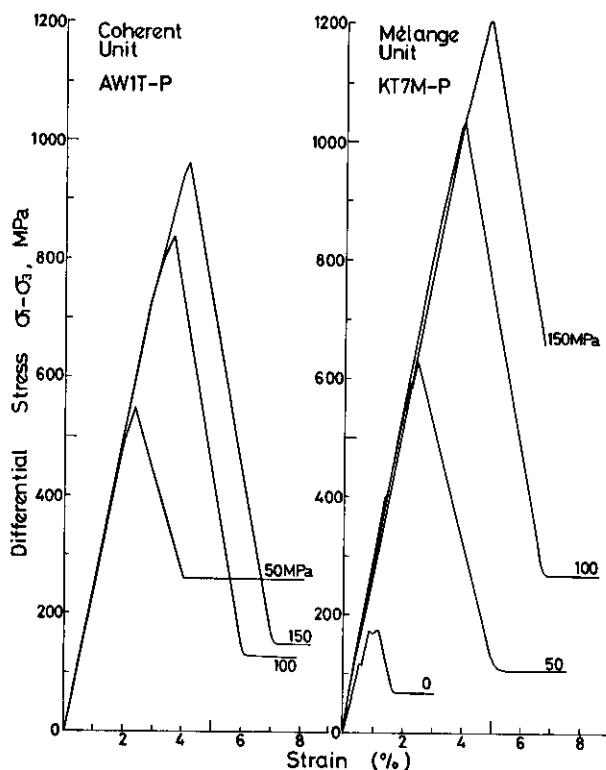


Figure 5. Representative curves of differential stress versus longitudinal strain for sandstones from the Cretaceous Shimanto Belt at different confining pressures. Figure from Hada (1988).

ばれる顕著な破壊組織が発達するのが普通である。web structure とは、砂粒の細粒化が進行し幅数 mm 以下の微粒集合体の細脈が網目状に発達する構造をいう。時には、このような構造が薄片全体に及ぶようなスケールが進行している場合もある。砂粒の細粒化が pressure solution を伴って進行しているので、このような構造を形成した変形は、延性流動的なものであったことになる。

第7図には応力-ひずみ曲線の直線部分の1/2の高さにおける勾配から決めた弾性率を示す melange unit の砂岩の弾性率の方が coherent unit のものより大きい傾向が読み取れる。これは、melange unit の砂岩に延性流動に伴う破壊組織が発達することと密接に関連していると思われる。

以上の四国四万十帯上部白亜系堆積岩の岩石物性の考察に基づいて、それらの応力履歴を第8図のようにまとめた。coherent unit の砂岩は、はぎ取り作用で付加した際に、全体としては断層や褶曲などを形成した構造運動を受けたが、成層状態を保っている部分から採集された試料のスケールでは岩石には破壊組織は見られず、それが弾性限度内の変形であったことを示している。従って最終的に応力が解放された時点では  $O'-B-O'$  という応力-ひずみ曲線をたどって変形していたと考えられる。そのような試料について実験室で三軸圧縮試験を行なったので、一般的な砂岩が示す  $O'-B'$  のような応力-ひずみ曲線をたどって変形したとみられる。これに対して、melange unit の砂岩は、過去に web structure を形成するような延性流動的な変形作用を受けた後に、応力を解放



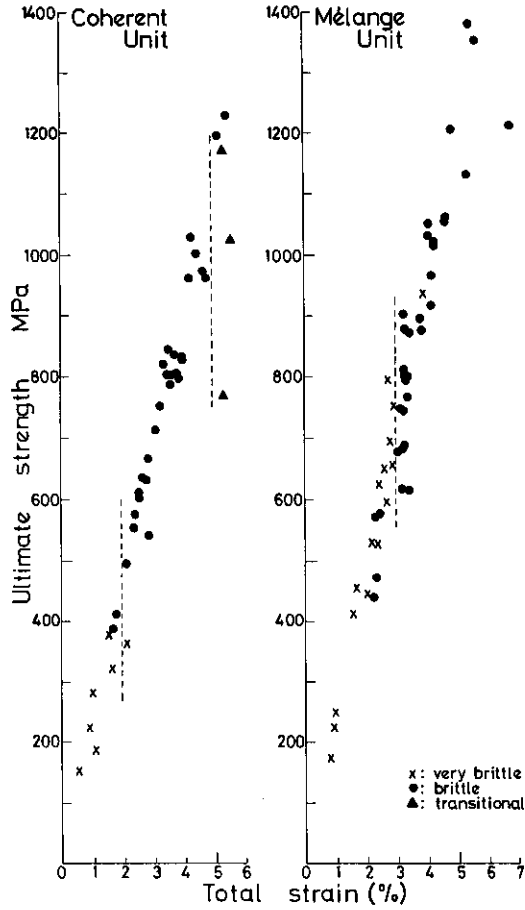


Figure 6. Ultimate strength of sandstones from Cretaceous Shimanto Belt at various confining pressures versus total strain. Dotted lines represent boundaries of deformational mode field. Figure after Hada (1988).

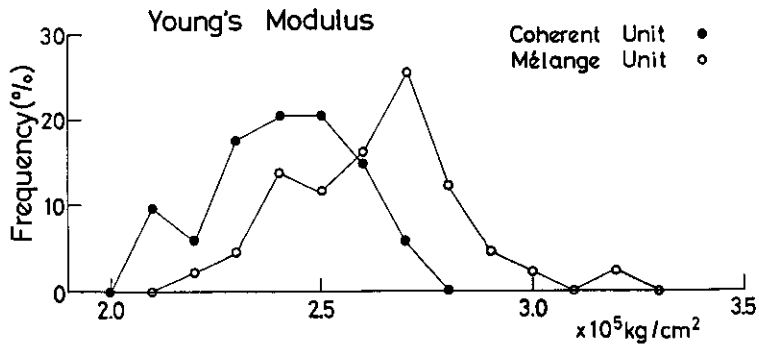


Figure 7. Young's Modulus distribution of 77 samples of sandstone from the Cretaceous Shimanto Belt. Figure from Hada (1988).

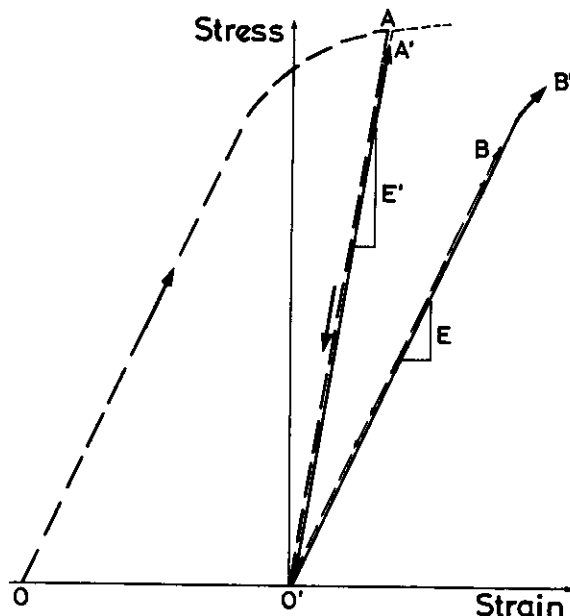


Figure 8. Possible condition during the formation of melange within the accretionary wedge.  
Figure from Hada (1988).

されるという履歴を持っていて、 $O-A-O'$ という変形の経路をたどっていたとみられる。従って、塑性変形によって岩石組織が変化し元来より stiff になっている砂岩について三軸圧縮試験を行ったので、 $O'-A'$ という  $O-A$  あるいは  $O'-B'$  のような、一般の砂岩の場合より急な勾配をもつ応力-ひずみ曲線をたどって変形したとみなされる。しかも、実験を行った範囲内の封圧では、 $A$  のポイントにまで到達する強度がえられなかったことから全て脆性破壊をおこしたと考えられる。

以上のように、四万十帯の堆積岩の岩石物性に基づくと、海溝内側斜面下のより浅い部分ではぎとり作用によって付加したのが coherent unit の地質体で、より深い部分まで沈み込んで延性変形をこうむったのが melange unit の地質体であるといえる。それらの岩石物性値は従って完全にそれぞれのグループに分かれるものではなく、とくに coherent unit の地質体のそれはある幅を有するはずである。

## V. まとめ

四万十帯の外側につながる南海トラフにおける海洋プレートの沈み込みと、それに伴う断層構造や付加体の形成の様子が最近判明した(加賀美ほか, 1983)。それによると、現在の南海トラフではぎとり作用によって付加されつつあるのも海溝充填堆積物で、粗粒碎屑物を多量に含むタービダイト層である。はぎとられた付加体の中では複雑な断層運動が進行しながら短縮がおきて、付加体はじょじょに肥厚化する。一方、はぎとりに伴う断層運動は、海溝内側斜面基部ではタービダイト層中の表層部分に限られているが、海洋プレートの沈み込みがより深い部分へと進行すると共により下位の層準へと波及するようになる。これは、デコルマ帯そのものが、せん断変形によって物性を変化させることから、次々に滑りやすい面を求めてより下位へと移っていくことを意味していると

みられる。そして、堆積物が5 km以上の埋没深度に達すると、デコルマ帯はついに海洋プレートの玄武岩のレベルにまで及ぶという。このように、四国の四万十帯白亜系でも、沈み込み帯の深部で封圧が十分大きくなった時点ではじめて、緑色岩類を含む海洋プレート物質が細粒タービダイトと構造的に混合し、延性変形が進行しながら形成されたのがメランジュであるとみなされる。すなわち、メランジュの形成は、岩塊の混合過程を含めて、はぎとり作用と共に重要なもうひとつの付加過程である、海溝内側斜面下深部で進行する底付け作用 (underplating) によると結論することができる。melange unit と coherent unit の地質体は、それぞれ、構造的過程で形成されたより深い部分とより浅い部分の付加体を代表していることになる。

## 文 献

- 青木隆弘・田代正之, 1982: 高知県香美郡香我美町上組付近の白亜系四万十帯 (堂ヶ奈路相当層・上組層) の層序学的研究, 高知大学学術研究報告, v. 31, 1-24.
- BYRNE, T., 1984: Early deformation in melange terranes in the Ghost Rock Formation, Kodiak Islands, Alaska. In: L.A. Raymond (ed.), *Melanges: Their Nature, Origin and Significance*. Geol. Soc. America, Special Paper, 198, 21-52.
- CLOSS, M., 1982: Flow melange: numerical modeling and geologic constraints on their origin in the Franciscan subduction complex, California. *Geol. Soc. America Bull.*, v. 93, 330-345.
- COWAN, D.S., 1974: Deformation and metamorphism of the Franciscan subduction zone complex northwest of Pacheco Pass, California. *Geol. Soc. America Bull.*, v. 85, 1623-1635.
- , 1982: Deformation of partly dewatered and consolidated Franciscan sediments near Piedras Blancas Point, California. In: J. Leggett (ed.), *Trench-forearc Geology: Sedimentation and Tectonics on Modern and Ancient Active Plate Margins*. Geol. Soc. London Special Publication, no. 10, 439-457.
- , 1985: Structural styles in Mesozoic and Cenozoic melanges in the western Cordillera of North America. *Geol. Soc. America Bull.*, v. 96, 451-462.
- and Siling, R.M., 1978: A dynamic, scaled model of accretion and its implications for the tectonic evolution of subduction complexes. *Jour. Geophys. Res.*, v. 83, 5389-5396.
- HADA, S., 1988: Physical and mechanical properties of sedimentary rocks in the Cretaceous Shimanto Belt. *Modern Geol.*, v. 12, 341-359.
- HSU, K.J., 1971: Franciscan melange as a model for eugeosynclinal sedimentation and underthrusting tectonics. *Jour. Geophys. Res.*, v.76, 1162-1169.
- , 1974: Melanges and their distinction from olistostrome. In: R.H. Dott, Jr. and R.H. Shaver (eds.), *Modern and Ancient Geosynclinal Sedimentation*. Soc. Econ. Paleont. Mineral. Special Publication, no. 19, 321-333.
- 加賀美英雄・塩野清春・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*, v. 53, 429-438.
- 松岡篤, 1984: 高知県西部秩父累帯南帯の斗賀野層群. *地質雑*, v. 90, 455-477.
- McCarthy, J. and Scholl, D.W., 1985: Mechanisms of subduction accretion along the central Aleutian Trench. *Geol. Soc. America Bull.*, v. 96, 691-701.
- MOORE, G.F. and KARIG, D.E., 1976: Development of sedimentary basin on the lower trench slope. *Geology*, v. 4, 693-697.
- PAGE, B.M., 1978: Franciscan melanges compared with olistostromes of Taiwan and Italy. *Tectonophys.*, v. 47, 223-246.
- SHIPLEY, T.H. and Moore, G.F., 1986: Sediment accretion, subduction, and dewatering at the base of the trench slope off Costa Rica: A seismic reflection view of the decollement. *Jour. Geophys. Res.*, v.91, 2019-2028.
- SUZUKI, T. and HADA, S., 1983: Cretaceous tectonic melange of the Shimanto Belt in Shikoku, Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, v.85, 467-479.
- 平朝彦・田代正之・岡村真・甲藤次郎, 1980a: 高知県四万十帯の地質とその起源. 平朝彦・田代正之編, 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, 林野弘済会高知支部, 319-389.

- ・岡村真・甲藤次郎・田代正之・斎藤靖二・小玉一人・橋本光男・千葉とき子・青木隆弘, 1980b: 高知県四万十帯北帯(白亜系)における”メランジェ”の岩相と時代, 平朝彦・田代正之編, 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—, 林野弘済会高知支部, 179—214.
- TAIRA, A. and OGAWA, Y.(eds.), 1988: The Shimanto Belt, Southwest Japan-Studies on the Evolution of an Accretionary Prism. *Modern Geol.*, v. 12, no. 1-4, 542 pp.
- Thorburg, T.D. and Kulm, L.D., 1987: Sedimentation in the Chele Trench: Depositional morphologies, lithofacies, and stratigraphy. *Geol. Soc. America Bull.*, v. 98, 33-52.
- VON HUENE, R., 1986: To accrete or not accrete, that is the question. *Geologische Rundschau*, v. 75, no. 1, 1-15.

### Abstract

The Cretaceous Shimanto Belt in Shikoku is composed of a coherent unit consisting of a turbidite sequence and a melange unit characterized by a chaotically and pervasively sheared mudstone which contains exotic blocks of greenstone, chert, limestone, mudstone/sandstone alternation, and sandstone. It has become increasingly apparent from intergrated studies of the Southwest Japan forearc region, which is represented by the Shimanto accretionary prism and Nankai Trough subduction zone, that the coherent unit is analogous either to the offscraped accretionary complex at the deformation front or to deformed slope sediments on the accretionary basement, and that the melange unit is analogous to the underplated sediments at depth. Within such a setting, it is unlikely that early-phase stratal disruption of mudstone-matrix melanges such as those in the Cretaceous Shimanto Belt is caused by submarine mass-wasting. Instead, the melange probably formed as a result of progressive tectonic deformation. The melange sandstones have higher densities, higher P-wave velocities and lower porosities than the coherent sandstones. Generally, the former are stonger and have higher values of Yong's Modulus than the latter. Comparison of these measures of physical and mechanical properties indicates that rocks of the melange unit have been subjected to ductile deformation in the form of cataclastic flow and pressure solution during the formation of the melange in the deeper levels of the accretionary wedge.