

九州四万十帯日向層群の赤・緑色珪質泥岩と デュープレックス

村田 明 広*

Red and Green Siliceous Mudstones and Duplexes of the Paleogene Hyuga Group in the Shimanto Terrane in Kyusyu

Akihiro MURATA*

Abstract

The Paleogene Hyuga Group of the Aradani Area in East Kyushu is regarded as an accretionary complex in the Shimanto Terrane. The Group was formerly inferred to form a melange including various sized blocks of sandstones, red and green siliceous mudstones, and basaltic volcanic rocks. The siliceous mudstones are not blocks in the melange, but occur as a low-angled thrust sheet of 40 m thick.

The Hyuga Group of the Aradani Area consists of four tectonic units; (1) lower chaotic unit, (2) siliceous mudstone unit, (3) mudstone unit, and (4) upper chaotic unit in ascending order. Each unit except for the siliceous mudstone unit forms a duplex structure, in which strata are imbricated, dipping 30° to 50°. Each duplex is formed by mono-lithologic strata. The fundamental structure of the Paleogene Shimanto Terrane in Kyushu is characterized by low-angled nappe structures with stacked duplexes, in which duplexes lie one above the other, similarly to those of the Cretaceous Uchinohae Formation in South Kyushu.

Original succession of the Hyuga Group is (1) basaltic volcanic rocks, (2) red and green siliceous mudstones of Middle Eocene, (3) black mudstones of Late Eocene, (4) sandstones and alternating beds of sandstone and mudstone of Late Eocene to Early Oligocene. Chaotic beds of melange facies originate from all above-mentioned strata. The siliceous mudstones, which are considered to be hemipelagic sediments, were subducted, and then formed a thrust sheet during underplating. The siliceous mudstones were probably situated in the decollement horizon, but did not flow as a lubricant layer.

I. はじめに

海溝充填堆積物が大陸斜面下底に底付け (underplating) される機構として、デュープレックス構造の形成が重要であることが Silver *et al.* (1985), Sample and Fisher (1986) 以来指摘さ

れている。デュープレックス構造は主に衝上断層帯でみられ、上限をルーフ衝上断層 (roof thrust), 下限をフローア衝上断層 (floor thrust) で境され、その中で地層がより小規模な衝上断層によって繰り返し積み重なっているものである。デュープレックス構造は、新しい衝上断層が古い衝上

* 徳島大学総合科学部自然システム学科

* Geology Department, Faculty of Integrated Arts and Sciences, University of Tokushima

断層の下盤側に形成されていくピギーバック型の衝上順序で形成される (Boyer and Elliott, 1982)。なお、デュープレックス構造に関する一般的事項に関しては、村田 (1988) を参照されたい。

九州南部で四万十帯白亜系の内ノ八重層は、5 万分の 1 の地質図に表現可能なスケールのデュープレックス構造を形成しており、クリッペとして日向層群の上ののることが明らかにされた (図 1) (村田, 1991)。四国や関東山地の四万十帯でも、白亜系・古第三系分布域でデュープレックス構造の存在が指摘されている (木村, 1989; Miyawaki and Hada, 1992; Tokunaga, 1992; 高橋・石井, 1992)。

南部九州の都城北東地域の古第三系日向層群内でも同様のデュープレックス構造がみられ、複数のデュープレックスが集合した累重デュープレックスの可能性が指摘された (村田, 1992)。また、デュープレックスを境する衝上断層に沿って、薄い赤・緑色珪質泥岩がシート状に挟みこまれていることが示された (村田, 1992, 1994 a)。

九州東部耳川中流荒谷地域の日向層群は、メランジュ相を示し、玄武岩質火山岩類や半遠洋性堆積物を含むことから、早くから四万十付加堆積物として研究されてきた (坂井・勘米良, 1981; 坂井ほか, 1984; 坂井・艸場, 1989 など)。この地域の日向層群の地質構造は低角の衝上断層で特徴づけられ (今井ほか, 1979), メランジュや赤・緑色珪質泥岩などの組み合わせからも上述の都城北東地域の日向層群とよく似ている。

荒谷地域の日向層群の地質構造を再検討したところ、日向層群は今まで言われていたよりもさらに低角な衝上断層で特徴づけられ、都城北東地域の日向層群や内ノ八重層と同様のデュープレックス構造がみられることが明らかになった (村田, 1994 b)。また、赤・緑色珪質泥岩は、都城北東地域と同様に衝上断層に沿って挟みこまれている。このような地質構造を確認するのに伴って、今まで考えられてきた層序も大幅に変更する必要がでてきた。本論では荒谷層や田代層とされた地層の作るデュープレックス構造について述べ、九

州の四万十帯の地質構造とデュープレックス構造との関わりについて言及する。

本報告をまとめるにあたり、徳島大学総合科学部石田啓祐助教には多くの点で議論していただき、粗稿を読んでいただいたことを深く感謝する。

II. 地質概説

四万十帯層群は白亜紀から前期中新世にかけての堆積物で、九州中部～東部では白亜系の諸塚層群と古第三系 (～下部中新統) の日向層群 (日向-日南層群) の 2 つに大きく分けられ (例えば、今井ほか, 1979), その境界は延岡衝上断層 (延岡構造線) とされている (図 1)。延岡衝上断層の上盤は槇峰層・八戸層と一部古第三系の北川層群からなり、下盤は荒谷層あるいは神門層と呼ばれている。なお、Murata (1987) が九州西部人吉屈曲地域で日向層群の北限として大藪衝上断層としたものは、九州東部地域で従来から言われていた延岡衝上断層に相当するので、本論文では延岡衝上断層に統一して用いる。

九州中部～東部では、変成を受けて片岩化した槇峰層が、 15° 以下の延岡衝上断層に沿って、相対的に変成度の弱い日向層群の上に衝上している。荒谷地域でも延岡衝上断層は低角であり、荒谷南東の山稜ではクリッペの存在が知られている (今井ほか, 1971; 寺岡ほか, 1981; 坂井・勘米良, 1981; 坂井ほか, 1984)。また、荒谷地域北方諸塚山図幅地域や南西方椎葉村図幅地域ではフェンスターの存在も報告されている (今井ほか, 1971, 1982; 宮崎県, 1981)。

耳川中流荒谷地域に分布する四万十帯古第三系は、今井ほか (1979) により神門層と呼ばれ、それよりも南に分布する日向層群と区別された。神門層は低角な延岡衝上断層の下盤として、砂岩などがブロック状になり、泥岩質が著しくせん断化しているとされている (今井ほか, 1979)。一方、坂井・勘米良 (1981) は同じ地層を日向層群の一部と考え、メランジュ相の荒谷層と泥岩優勢の田代層からなるとした。神門層とされた地層はそれよりも南の日向層群と岩質上区別ができないう

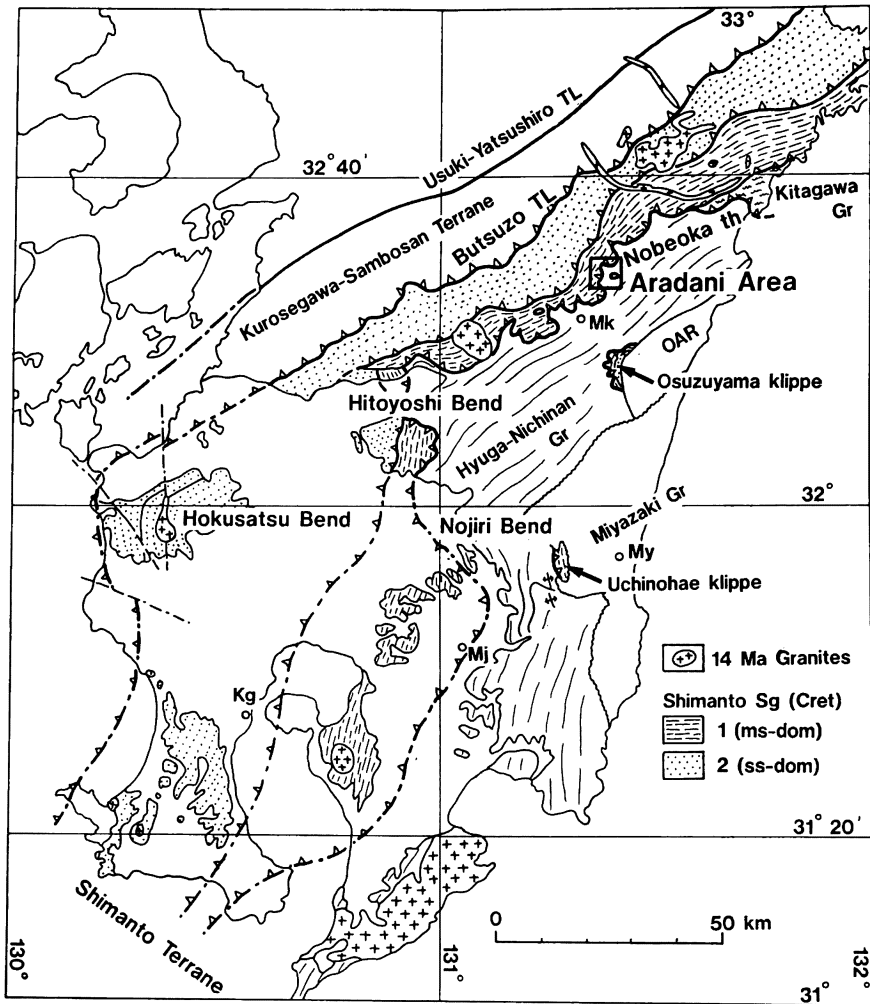


図 1 九州四万十帯の地質概略図

主として宮崎県 (1981), 寺岡ほか (1981), 村田 (1991, 1992) による。

1. 白亜系四万十帯層群の泥岩優勢層で、槇峰層、八戸層、高隅山層、内ノ八重層などがこれにあたる。

2. 白亜系四万十帯層群の砂岩優勢層で、十根川層、椎葉層、日の影層などがこれにあたる。

Mk : 神門, My : 宮崎, Mj : 都城, Kg : 鹿児島. OAR : 尾鈴山酸性岩類。

Fig. 1 Geological map of the Shimanto Terrane in Kyushu

Compiled from Miyazaki Prefecture (1981), Teraoka *et al.* (1981) and Murata (1991, 1992).

1. Mudstone-dominated formations of Cretaceous Shimanto Supergroup, such as the Makimine, Yato, Takakumayama, and Uchinohae Formations. 2. Sandstone-dominated formations, such as Tonegawa, Shiiba, and Hinokage Formations.

Mk : Mikado, My : Miyazaki, Mj : Miyakonojo, Kg : Kagoshima. OAR : Osuzuyama Acid Rocks.

め、本論では坂井・勘米良 (1981) や尾鈴山図幅地域における木村ほか (1991) と同様に、本地域の古第三系に対して日向層群荒谷層の名称を用い、神門層の名称は使わない。

メラングジュ相の荒谷層の中には赤・緑色珪質泥岩が構造的なブロックとして含まれ、それらが衝上断層で繰り返すとされていた (坂井ほか, 1984)。また、今井ほか (1979) でも、神門層と

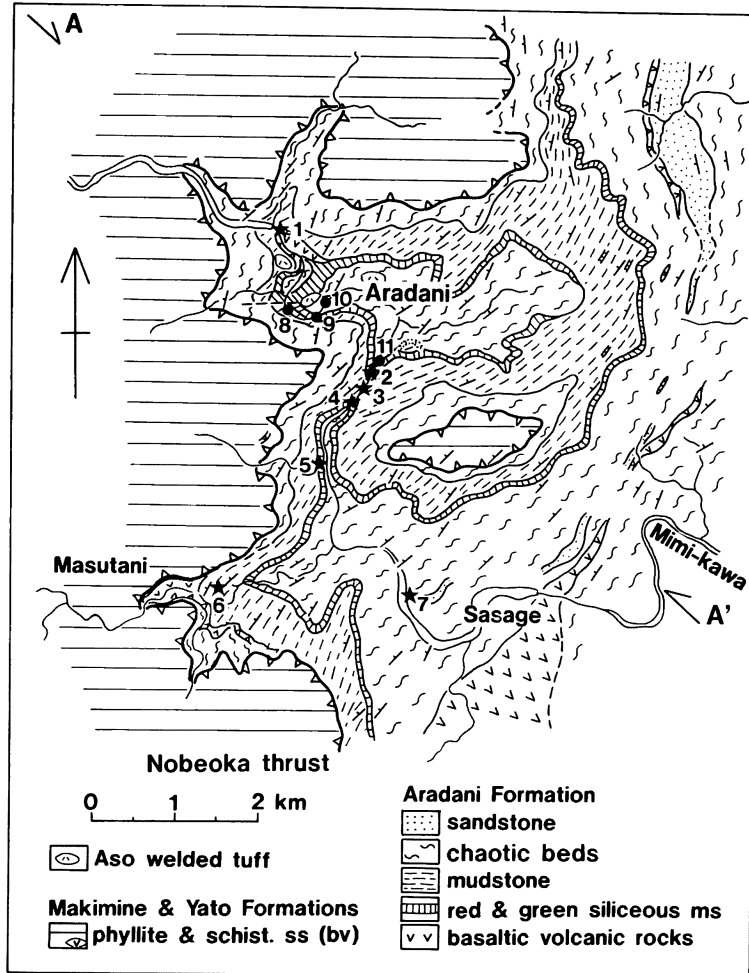


図2 荒谷地域の日向層群の地質図
Fig. 2 Geological map of the Hyuga Group of the Aradani Area

して同様の赤・緑色珪質泥岩の産状が示されている。しかしながら、中角度で数回繰り返して分布するとされていた赤・緑色珪質泥岩は、実際には層厚40 m までの薄い層が、低角度で1層連続して分布するのみである。この赤・緑色珪質泥岩は上限も下限も衝上断層で境され、日向層群中に薄い衝上岩体として存在している(図2)。

荒谷地域の日向層群荒谷層は、それぞれ低角な衝上断層で境されたいくつかの構造的ユニットからなり、下位より、下部乱雑ユニット、珪質泥岩ユニット、泥岩ユニット、上部乱雑ユニットである(図3)。下部乱雑ユニットの下位には玄武岩

質火山岩類の巨大な岩体や、砂岩および砂岩泥岩互層が分布しており、さらに別の構造的ユニットを形成している可能性がある(図3)。

III. 日向層群荒谷層の岩質・層序

1) 荒谷層の岩質

九州東部耳川中流荒谷地域にみられる赤・緑色珪質泥岩の大部分は、1枚の低角な薄い衝上岩体として珪質泥岩ユニットを作っており、荒谷周辺や増谷東方、造次郎山東麓などに分布する(図2)。この赤・緑色珪質泥岩は坂井ほか(1984)で荒谷層とされた中に含まれている緑色～赤色粘板

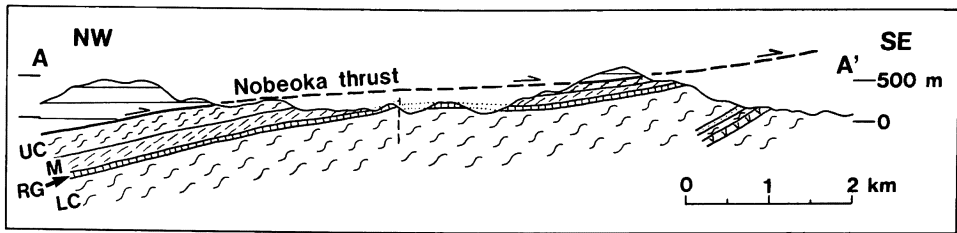


図 3 荒谷地域の日向層群の断面図

凡例は図 2 と同じ。

Fig. 3 Geological profile of the Hyuga Group of the Aradani Area

Legend is the same as Fig. 2.

岩に、また、今井ほか (1982) の神門層とされたものの中に含まれている赤色頁岩、淡緑色凝灰質頁岩に相当する。

赤・緑色珪質泥岩の層厚は約 40 m であるが、その連続性は非常によい。これ以外にも、荒谷西方や荒谷東方で玄武岩質火山岩類に伴われたり、泥岩ユニット中に挟み込まれて産出するほかに、後述の乱雑層の中にブロックとして含まれる。赤・緑色珪質泥岩は赤色である部分と淡緑色である部分とが互層状に産出したり (図 4-a)、両者の境界が層理面に斜交していることがある。

赤・緑色珪質泥岩は、一般的に砂岩などの粗粒碎屑粒子を含む層を伴うことはほとんどないが、玄武岩質凝灰岩を伴うことがある。なお、荒谷地域では赤・緑色珪質泥岩には弱いへき開が発達しているため、層理面は認定しにくい。赤・緑色珪質泥岩は一部で放散虫を豊富に含むことがある。

黒色泥岩は赤・緑色珪質泥岩の形成する衝上岩体の上に、泥岩ユニットとして分布しており、増谷川や荒谷西方、造次郎山付近に連続する (図 2, 3)。この泥岩は坂井ほか (1984) の荒谷層の一部や田代層の一部に相当し、今井ほか (1982) の神門層の一部に相当する。泥岩は少なくとも 100 m の厚さであり、黒色で一部に砂質のラミナや、厚さ 2, 3 cm の薄い細粒砂岩層を挟むことがある。そのため、弱いへき開が発達する場合でも層理面は明瞭に認められることが多い (図 4-b)。また、泥岩は石灰質ノジュールを含むことがある。本泥岩が砂岩や玄武岩質火山岩類などのブロックを含むことは、現在までのところ確認され

ていない。

乱雑層は主として下部および上部乱雑ユニットの中に分布する (図 2, 3)。本論では乱雑層 (chaotic beds) という用語は、泥質の基質中に様々な大きさの砂岩などのブロックが含まれているものに対して、単に露頭における岩質の記載用語として用いる。乱雑層はブロック化を受けていない整然層に対する用語であるが、その成因については問わない。乱雑層が 2 万 4 千分の 1 程度あるいはそれより小縮尺の地質図に表示できるほどまとまって分布していれば、成因を問わない用語であるメラランジュ (Raymond, 1984) と呼ばれる。

本地域の乱雑層に含まれるブロックは、大半が砂岩であり (図 4-c)、一部で玄武岩質火山岩類や赤・緑色珪質泥岩が含まれる。露頭でブロックとして認定できる砂岩は 2 ~ 3 cm から数 m の大きさであるが、露頭全体が単一の砂岩ブロックと考えられる場合もある。砂岩ブロックの組成は石英質で、他地域の日向層群の砂岩 (今井ほか, 1979) と同じである。なお、乱雑層の中には、本来の砂岩泥岩互層の形態を比較的とどめているものが多い。泥質の基質中には石英の細脈が多く発達する部分があり、特に上部乱雑ユニットには多く発達する。しかしながら、必ずしも今井ほか (1982) が指摘したように、延岡衝上断層に近づくほど石英細脈が多くなるというわけではない。

2) 荒谷層の推積時の層序

九州東部耳川中流域の日向層群からは、多くの放散虫・有孔虫化石の産出が報告されている (坂井ほか, 1984)。坂井ほか (1984) はその産出化石

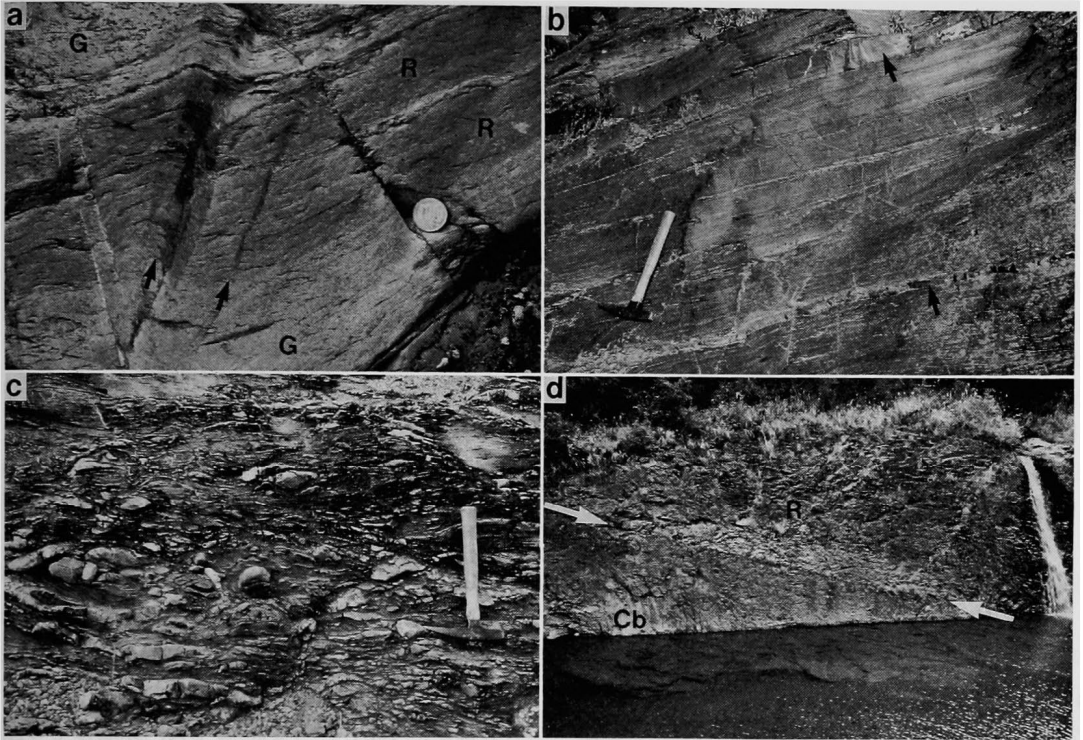


図 4 日向層群荒谷層の露頭写真

- (a) 赤・緑色珪質泥岩. 赤色部 (R) と緑色部 (G) が交互に産出している. 矢印はキンクバンド. 荒谷西方 (Loc. 9).
- (b) 黒色泥岩. 砂質ラミナや薄い砂岩 (矢印) を伴う. 荒谷西方 (Loc. 8).
- (c) 乱雑層. 砂岩のブロックが泥質マトリックス中に含まれる. 荒谷西方 (Loc. 10).
- (d) 赤・緑色珪質泥岩基底の衝上断層 (矢印). 露頭の高さ 5 m. R: 赤・緑色珪質泥岩, Cb: 乱雑層. 荒谷南方 (Loc. 11).

Fig. 4 Outcrop photographs of the Aradani Formation of the Hyuga Group

- (a) Red and green siliceous mudstones. Red part (R) and green part (G) occur alternately. Arrows are kink band. West of Aradani (Loc. 9).
- (b) Black mudstone with sandstone beds (arrows) and lamina. West of Aradani (Loc. 8).
- (c) Chaotic beds consisting of sandstone blocks and mudstone matrix. West of Aradani (Loc. 10).
- (d) Basal thrust of the red and green siliceous mudstones (arrows). Outcrop is 5 m high. R: red and green siliceous mudstones, Cb: chaotic beds. South of Aradani (Loc. 11).

から、荒谷層を中期始新世～前期漸新世、田代層下部層を後期始新世～前期漸新世、同上部層を前期漸新世、宇納間層および大内原層を後期始新世～前期漸新世とした。しかしながら、すでに述べたように、荒谷地域で今回明らかになった地層分布から判断して、このような地層区分と地層の時代に関して再検討する必要がある。

本地域の日向層群は乱雑層の形成や衝上断層の形成で本来の地層の層序関係が保持されていない。これまでに報告されている化石のデータを本

論の地質図と対応させると、以下に述べるように特定の岩質からそれぞれ特定の時代の化石が産出していると判断される。

赤・緑色珪質泥岩は、荒谷北西 (Loc. 1) と南方 (Loc. 2) で、*Lithochytris verperitilio* Ehrenberg, *Dictyoprora mongolfieri* (Ehrenberg), *Lychnocanium* sp., *Podocyrtis* sp. などを産し、中期始新世を示す (坂井ほか, 1984) (図 2)。また赤・緑色珪質泥岩は、荒谷南方 (Loc. 4, 5) で始新世を示す放散虫が報告されている。

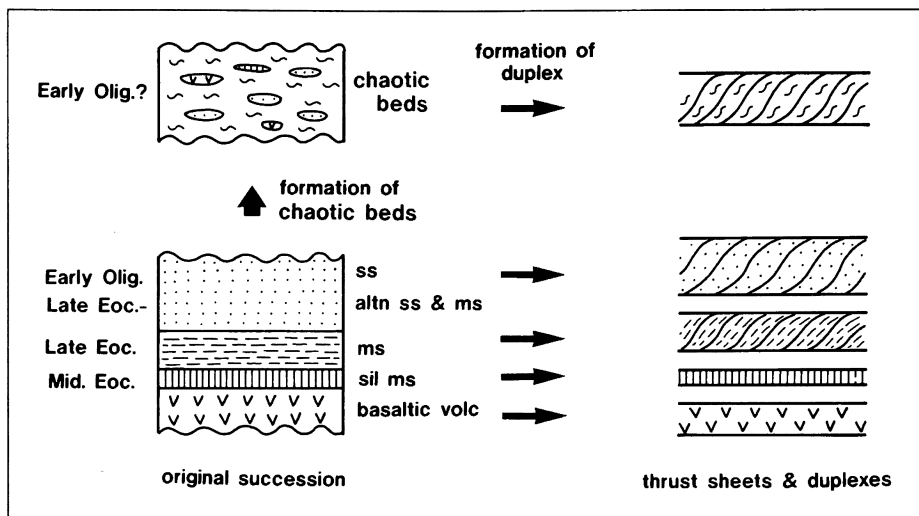


図 5 日向層群荒谷層の本来の層序とデュープレックスの形成

Fig. 5 Original succession of the Aradani Formation of the Hyuga Group and formation of duplexes

泥岩ユニットの黒色泥岩は、荒谷南方 (Loc. 3) で、*Dictyoprora mongolfieri* (Ehrenberg), *Lychnocanium* sp., *Podocyrtis* sp. などを産し、後期始新世を示す (坂井ほか, 1984)。また、黒色泥岩からは増谷東方 (Loc. 6) で、始新世の放散虫が報告されている。

下部乱雑ユニットの乱雑層の泥岩マトリックスは、笹陰西方 (Loc. 7) で、*Dictyoprora mongolfieri* (Ehrenberg), *Lychnocanium* sp., *Podocyrtis* sp. などを産し、後期始新世を示す (坂井ほか, 1984) (図 2)。この乱雑層の泥岩マトリックスは、産出化石からみて泥岩ユニットの黒色泥岩と同じ時代を示し、これに由来すると判断される。

本論文で示された地質図の範囲よりも南方では、田代層や宇納間層、大内原層とされた地層は、砂岩、砂岩泥岩互層を多く伴っている (坂井ほか, 1984)。田代層のオリストリスとされた赤・緑色珪質泥岩から、本地域の赤・緑色珪質泥岩と同様に中期始新世の *Lithochytris verpertilio* Ehrenberg などの放散虫が得られている (坂井ほか, 1984)。また、田代層や宇納間層、大内原層の黒色泥岩や酸性凝灰岩からは、後期始新世～前期漸新世の *Dictyoprora mongolfieri* (Ehrenberg),

Lychnocanium sp. などの放散虫、あるいは前期漸新世 (P 18~20) の有孔虫が得られている (坂井ほか, 1984)。宇納間層や大内原層はその産出化石から判断すると、本地域の荒谷層の泥岩ユニット中の泥岩と同じかそれより若い時代を示すことから、これらの地層は本地域の泥岩ユニットの黒色泥岩よりもさらに上位の地層と考えられる。

玄武岩質火山岩類は、しばしば赤・緑色珪質泥岩に覆われて分布することが、荒谷北西方や荒谷地域南東方の阿切で知られている (今井ほか, 1979)。また、その産出化石の時代から判断すると、本来の堆積時には赤・緑色珪質泥岩の上位には黒色泥岩、下位には玄武岩質火山岩類が重なっていたものと考えられる。

これらのことから、荒谷層の本来の堆積の層序と時代は、下位より中期始新世あるいはそれ以前に玄武岩質火山岩類、中期始新世に赤・緑色珪質泥岩、後期始新世に黒色泥岩、そして後期始新世から前期漸新世に砂岩および砂岩泥岩互層であったと考えられる (図 5)。乱雑層はブロックとして、上記の玄武岩質火山岩類、赤・緑色珪質泥岩、砂岩を含む。そして、乱雑層のマトリックスと考えられる泥岩は後期始新世～前期漸新世を示しており、上述の黒色泥岩あるいは砂岩泥岩互層の泥

岩に由来すると考えられる。乱雑層は、本来堆積した地層すべてをブロックあるいはマトリックスとして含むことから、乱雑層を除くすべての地層堆積後に形成されたことは明らかであるが、それが整然層の上に乗ったオリストストロームであるという証拠は得られていない。乱雑層の成因については特定できておらず、構造的メランジュやダイピリックメランジュの可能性も含めて今後の検討課題である。

赤・緑色珪質泥岩、黒色泥岩、そして砂岩および砂岩泥岩互層という中期始新世から前期漸新世の本来の層序は、地域南東方の尾鈴山図幅地域の産出化石から示される岩相層序（木村ほか、1991）とも調和的である。

荒谷層のこのような原層序は、乱雑層の成因が特定できないとしても、海洋地殻上部の玄武岩質火山岩類から、半遠洋性の赤・緑色珪質泥岩、そして海溝充填堆積物としての黒色泥岩さらに砂岩および砂岩泥岩互層として説明できる。これは日向層群の一部が付加堆積物であるということ（坂井・艸場、1989）を、さらに補強する重要な証拠となる。ただし、坂井・艸場（1989）による海段堆積物の認定については、問題があると考えている。

IV. 日向層群荒谷層のデュプレックス構造

すでに述べたように、耳川中流荒谷地域では日向層群は下位より、下部乱雑ユニット、珪質泥岩ユニット、泥岩ユニット、そして上部乱雑ユニットの順に構造的に重なっている。それぞれの構造ユニットは数度から 15° 以下の低角度で分布している。

1) 珪質泥岩ユニットの形成する衝上シート

赤・緑色珪質泥岩は厚さ40 m程度で、常に下位の乱雑ユニットと上位の泥岩ユニットの間に挟まれて分布している。赤・緑色珪質泥岩は、地形の起伏に比べて低角に分布しているために、少なくとも東西4 km、南北6 kmにわたって1枚のシートとして連続する可能性が大きい（図2, 3）。

この赤・緑色珪質泥岩が1枚のシートとしてど

ういう走向・傾斜で分布するかをみるために、露頭で確認あるいは推定された赤・緑色珪質泥岩の底面（つまり下底の衝上断層）の標高値をプロットし、100 mごとの構造等高線図（structure contour map）を作成した（図6）。100 mごとの等高線のため局所的な傾向は示さないものの、赤・緑色珪質泥岩の底面は、笹陰より北方ではほぼ南北走向で西方へ 10° 程度傾斜した面を作っていることが読み取れる。笹陰より西方ではその底面は北東-南西走向となり、ゆるやかに屈曲しているが、傾斜は同様である。荒谷周辺ではゆるやかな褶曲がみられるため、赤・緑色珪質泥岩は耳川沿いで3回露出している。このような 10° 程度というゆるやかな傾斜は、低角な延岡衝上断層とほぼ平行で調和的なものである（図3）。

赤・緑色珪質泥岩の下底の衝上断層は、荒谷南方の耳川河岸で観察される。そこではN 28° W、 16° Wの断層面が観察されるが、断層ガウジをほとんど伴っていない（図4-d）。赤・緑色珪質泥岩の下底は荒谷北東方でも確認される。赤・緑色珪質泥岩の上限の露頭は、現在までのところ確認されていないが、さらに上位の乱雑層との斜交から判断して衝上断層と考えられる。

2) 泥岩ユニットの形成するデュプレックス

珪質泥岩ユニットの上位の泥岩ユニットは、珪質泥岩ユニットと同じく 10° 程度の低角度で分布する。しかしながら、泥岩ユニット中の黒色泥岩は、個々の露頭では南北走向あるいは北東-南西走向で、西方または北西方に $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 傾斜した層理面が観察される。そして地層の上下判定ができた露頭では、常に正常で西または北西上位であった。黒色泥岩の層理面の傾斜は、地質図に表示された泥岩ユニットの示す傾斜とは斜交しており、個々の露頭の泥岩の層理面を傾斜方向に延長していくと下位の赤・緑色珪質泥岩に切られ、傾斜の反対方向へ延長していくと上位の乱雑層に切られた分布を示す。

この泥岩ユニットの中には赤・緑色珪質泥岩がみられ、これは本来の層序では泥岩の下位にあったものが断層で挟み込まれている。これらのことから、泥岩ユニット中の黒色泥岩は整合一連のも

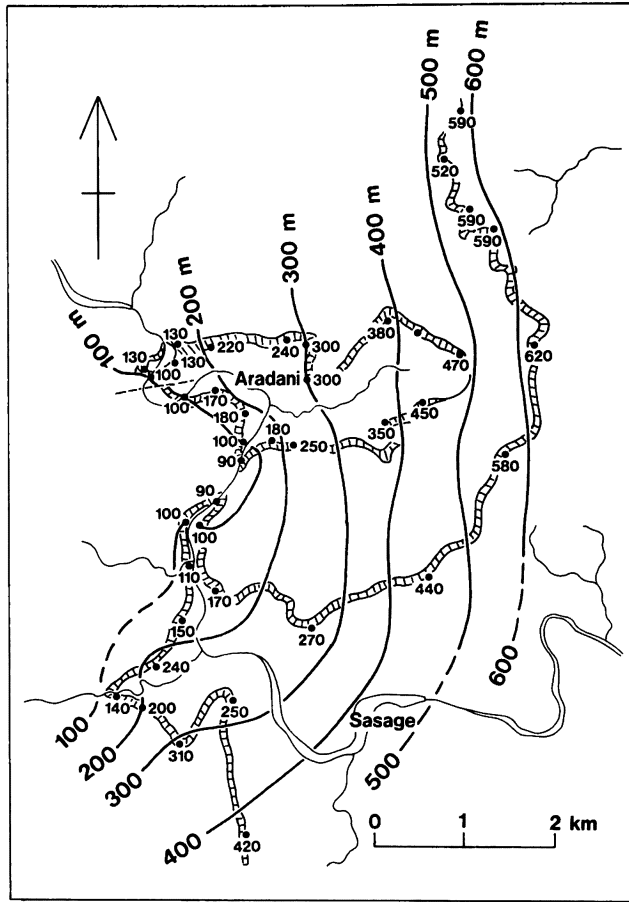


図 6 赤・緑色珪質泥岩の底面の構造等高線図

Fig. 6 Structure contour map of the basal thrust of the red and green siliceous mudstones

のではなく、同じ層準の黒色泥岩が瓦を重ねたように繰り返していると考えられる (図7)。

このような分布形態は都城北東地域の日向層群の砂岩が卓越する鱈塚山層の構造 (村田, 1992) と同様であり、泥岩ユニットは基本的にデュプレックス構造を作っていると考えられる。なお、地域南方に分布する田代層とされた泥岩層も、その中でいくつかの衝上断層によって繰り返すことが、有孔虫化石の検討により確かめられている (Nishi, 1988)。

3) 乱雑ユニットの形成するデュプレックス

珪質泥岩ユニットの下位の下部乱雑ユニットは、荒谷や笹陰西方で観察されるように、ブロックの

配列などからわかる面構造は泥岩ユニット中の層理面と同様に中角度であり、珪質泥岩ユニットと斜交している。乱雑層の面構造の成因は現在のところ不明であり、ユニット内での乱雑層の繰り返しを示す明確な証拠もないが、乱雑ユニットはユニット境界と乱雑層の面構造の斜交性が上位の泥岩ユニットと同じであることから、都城北東地域の古第三系山之口層や白亜系内ノ八重層の乱雑層と同様に、基本的にデュプレックス構造を形成していると推定された (図7)。なお、今井ほか (1979) により大藪衝上断層とされた断層は、少なくとも荒谷地域では乱雑ユニット中に位置して岩質境界を示すわけではなく、構造的ギャッ

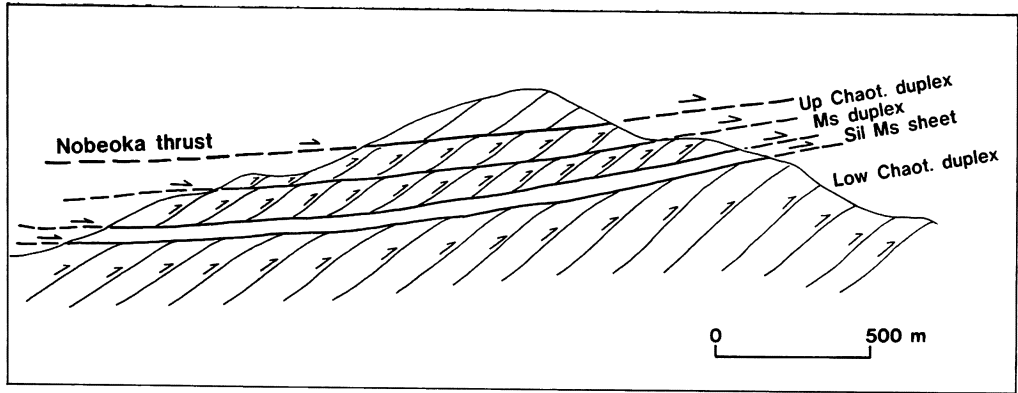


図 7 荒谷地域の日向層群の模式断面図
 Fig. 7 Schematic profile of the Hyuga Group of the Aradani Area

ブも示さない。

笹陰には大規模な玄武岩質火山岩類が産出するが、この岩体はその規模の大きさと側方への連続のよさから判断して、乱雑層の中のブロックではなく別の構造的ユニットである可能性が大きい。また、造次郎山北東には玄武岩質火山岩類の構造的な下位に、砂岩および砂岩泥岩互層からなる砂岩ユニットが存在する。この砂岩ユニットは南方に向かって消滅するが（図2）、北方へは少なくとも数 km にわたって連続する（今井ほか、1982）。

4) デュープレックス構造の形成

荒谷地域の日向層群には、本来の層序である玄武岩質火山岩類、赤・緑色珪質泥岩、黒色泥岩、砂岩および砂岩泥岩互層という始新世から漸新世にかけての整然層があり、これらすべてをもとにして一部でメランジュ相の乱雑層が形成されて上述の地層群に加わっている。

泥岩ユニットや乱雑ユニットの形成するデュープレックスは、それぞれ黒色泥岩あるいは乱雑層の基本的に単一の岩相からなる。このことはデュープレックス形成前に乱雑層、泥岩などが層状に重なっていたことを意味している。また、赤・緑色珪質泥岩が薄い衝上岩体を作っているということも、衝上岩体の積み重なるの集合体を作る前にはこれも層状を保持していたと考えられる。本地域でみられるデュープレックスは、地層の走向・傾斜と上下の衝上断層の関係から判断するといず

れも後背地傾斜デュープレックス (hinterland-dipping duplex) である (図7)。

V. 九州の四万十帯とデュープレックス構造

九州南部の都城北東地域の日向層群では、ユニット境界と地層の層理面との斜交性が、傾斜変化ではなく、走向変化としてとらえられている (村田、1992)。これはデュープレックス形成時の衝上方向と45°程度斜交して、後で褶曲構造が形成されたために、いわば斜めの断面図が地質図として表現されていることによる。白亜系内ノ八重層の地質図に、本来断面図でしかみられない衝上性のデュープレックス構造のパターンが示されているのも同じ理由による。本来の傾斜変化が走向変化としてとらえられたため、デュープレックス構造のパターンが認識しやすかったわけである。

一方、九州東部耳川中流荒谷地域では、従来メランジュ相荒谷層とか神門層とかいうように一括されてきた地層が、実際には乱雑層、黒色泥岩、赤・緑色珪質泥岩などが構造的ユニットを形成し、秩序だって重なっていることが示された。乱雑層と泥岩が一括されてメランジュ相とされてしまったのは、実際の露頭で観察される地層の層理面が常に中角度であるため、それらが構造的ユニットを形成して低角に重なっていることを認識できなかったからと思われる。荒谷周辺では、下部乱雑ユニットと泥岩ユニットの間に、赤・緑色珪質泥岩が薄い衝上岩体として挟み込まれているために、

低角度で分布する両者を明瞭に区分することができた。しかしながら、多くの場合には低角なユニット境界は見落とされがちであり、全体がメランジュとされているのではないかと推察される。この低角なユニット境界を認識するためには、露頭での小範囲の走向・傾斜にとらわれず、地形の高度差のある地域で面的に調査する必要がある。

上述のような薄い赤・緑色珪質泥岩が乱雑ユニットと泥岩ユニットの境界の衝上断層に沿って挟み込まれている産状は、都城北東地域の日向層群でも確認されている(村田, 1992, 1994 a)。ここでは主として乱雑層からなる山之口層と、主として砂岩からなる鰐塚山層の境界の岩屋野衝上断層に沿って走向方向に約1.5 km にわたって挟み込まれている。ここでも赤・緑色珪質泥岩の厚さはせいぜい80 m までである。これら以外に耳川中流域の南西方にあたる尾鈴山図幅地域の日向層群でも、主として砂岩からなる地層が泥岩からなる地層の上に衝上する中之又衝上断層に沿って、あるいは砂岩卓越層の内部の衝上断層に沿って、赤・緑色珪質泥岩が挟み込まれていることが報告されている(木村ほか, 1991)。同様の赤・緑色珪質泥岩は九州の古第三系四万十帯である日向層群分布域にしばしば認められ、鍵層として地質図に表現されていることが多い(宮崎県, 1981; 寺岡ほか, 1981)。今後、赤・緑色珪質泥岩の産状を注意深く検討する必要がある。

坂井ほか(1984), Nishi(1988), 木村ほか(1991)の微化石の検討によると、九州の日向層群の赤・緑色珪質泥岩は中期始新世であり、いずれも同一層準のものであるらしい。すでに述べたように、赤・緑色珪質泥岩は玄武岩質火山岩類の上に堆積し、その上には後期始新世の泥岩が堆積し、さらにその上には後期始新世～前期漸新世の砂岩および砂岩泥岩互層が堆積した。これらの地層が大陸斜面下底へ沈み込んでいく時に、赤・緑色珪質泥岩の層準でデホルマが形成されやすく、薄い衝上岩体として2つのデュープレックスの間に挟み込まれたと考えられる。赤・緑色珪質泥岩の中には層理面が全く乱されずに保存されていることが、へき開の発達していない都城北東地域の

日向層群で確認されるため、赤・緑色珪質泥岩はその内部で流動することによって潤滑剤としてふるまったものではない(村田, 1994 a)。なお、この時、赤・緑色珪質泥岩は黒色泥岩、乱雑層と異なりデュープレックス構造を形成していないが、その理由については不明である。

都城北東地域の日向層群は、デュープレックスの集合体である累重デュープレックス(stacked duplexes)ととらえられた(村田, 1992)。そこではピギーバック型で形成されたデュープレックスが、後からの衝上断層、例えばアウトオブシーケンス衝上断層(out-of-sequence thrust)によって切断されて不完全なものとなったが、基本的にデュープレックスがいくつも積み重なるので、累重デュープレックスとされた。耳川中流荒谷地域の日向層群も累重デュープレックスであり、荒谷南方地域や尾鈴山地域の日向層群の分布パターンなどから判断すると、九州の古第三系四万十帯の基本構造は、水平に近い低角の衝上断層と、それらをルーフあるいはフロアー衝上断層とする累重デュープレックスで特徴づけられる。

VI. まとめ

本研究で明らかになったことは以下に要約される。

(1) 日向層群の本来の層序は、下位より玄武岩質火山岩類、中期始新世の赤・緑色珪質泥岩、後期始新世の黒色泥岩、後期始新世～前期漸新世の砂岩および砂岩泥岩互層であり、これらすべてをもとにしてメランジュ相の乱雑層が形成されている。このような原層序は、海洋地殻上部の玄武岩質火山岩類から、半遠洋性の赤・緑色珪質泥岩、そして海溝充填堆積物としての黒色泥岩、砂岩および砂岩泥岩互層として説明される。

(2) 荒谷地域の日向層群は、下位より下部乱雑ユニット、珪質泥岩ユニット、泥岩ユニット、そして上部乱雑ユニットからなり、それぞれ低角の衝上断層で境される。このような特定の岩質からなる構造ユニットが形成されていることは、衝上運動を受ける前に、乱雑層も含めてそれぞれの地層が層状を保持し、その岩質境界付近で衝上断層

が形成されたことを示唆する。

(3) 本地域の赤・緑色珪質泥岩は、岩質の異なる乱雑ユニットと泥岩ユニットの境界に、上限も下限も衝上断層で境された薄い衝上岩体として低角に存在している。本来の赤・緑色珪質泥岩の層準で特にデコルマができやすかったが、赤・緑色珪質泥岩の内部で流動していないことが、都城北東地域の同じ産状の赤・緑色珪質泥岩内に層理面が保存されていることから示された。

(4) 泥岩ユニットの中の黒色泥岩の層理面は中角度に傾斜しており、ユニット境界の低角な衝上断層とは斜交している。このユニット内で、黒色泥岩はより下位層準の赤・緑色珪質泥岩も含めて、瓦を重ねたように繰り返していることから、泥岩ユニットはデュープレックス構造を形成していると推定される。また、乱雑ユニットにも同様のデュープレックス構造がみられ、本地域の日向層群はデュープレックスの集合である累重デュープレックスを形成している。

文 献

- Boyer, S. E. and Elliott, D. (1982): Thrust systems. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, **66**, 1196-1230.
- 今井 功・寺岡易司・奥村公男 (1971): 九州四万十帯北東部の地質構造と変成分帯. *地質学雑誌*, **77**, 207-220.
- 今井 功・寺岡易司・奥村公男・小野晃司 (1979): 神門地域の地質. *地域地質研究報告* (5万分の1図幅), 地質調査所, 44 p.
- 今井 功・寺岡易司・奥村公男・神戸信和・小野晃司 (1982): 諸塚山地域の地質. *地域地質研究報告* (5万分の1図幅), 地質調査所, 71 p.
- 木村 学 (1989): 底づけされたユニットとしてのメランジ——四万十帯の例——. *月刊地球*, **11**, 697-709.
- 木村克巳・巖谷敏光・三村弘二・佐藤喜男・佐藤岱生・鈴木祐一朗・坂巻幸雄 (1991): 尾鈴山地域の地質. *地域地質研究報告* (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 137 p.
- Miyawaki, M. and Hada, S. (1992): Sakihama duplex: Characteristic sequence of thrust and fold system in the Eocene Shimanto Belt. *Mem. Fac. Sci., Kochi Univ., Ser. E., Geology*, **13**, 11-19.
- 宮崎県 (1981): 20万分の1宮崎県地質図及び説明書 (第4版). 72 p. +29 p.
- Murata, A. (1987): Conical folds in the Hitoyoshi Bending, South Kyushu, formed by the clockwise rotation of the Southwest Japan Arc. *J. Geol. Soc. Japan*, **93**, 91-105.
- 村田明広 (1988): Balanced Cross Section と Duplex. *地学雑誌*, **97**, 96-104.
- 村田明広 (1991): 九州四万十帯, 内ノ八重層の作るデュープレックス構造と内ノ八重クリッペ. *地質学雑誌*, **97**, 39-52.
- 村田明広 (1992): 九州四万十帯, 日向層群の作るデュープレックス構造. *徳島大学教養部紀要* (自然科学), **26**, 59-75.
- 村田明広 (1994 a): 九州四万十帯, 都城北東の日向層群に見られる衝上シートとしての赤・緑色珪質泥岩. *徳島大学総合科学部自然科学研究*, **7**, 37-44.
- 村田明広 (1994 b): 九州四万十帯, 古第三系日向層群のデュープレックス構造と赤・緑色珪質泥岩. *構造地質*, **40**, 21-29.
- Nishi, H. (1988): Structural analysis of part of the Shimanto accretionary complex, Kyushu, Japan, based on planktonic foraminiferal zonation. *Modern Geology*, **12**, 47-69.
- Raymond, L. A. (1984): Classification of melanges. *Geol. Soc. Amer. Spec. Pap.*, **198**, 7-20.
- 坂井 卓・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・構造的位相. *九州大学理学部研究報告* (地質), **14**, 31-48.
- 坂井 卓・峠場 敬 (1989): 南九州上部四万十帯層群の形成環境と前弧モデルの吟味. *堆積学研究会会報*, **30**, 1-16.
- 坂井 卓・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. 斎藤常正・岡田尚武・海保邦夫編: 日本古第三系の生層序と国際対比. 文部省科学研究費補助金総合研究成果報告書, 95-112.
- Sample, J. C. and Fisher, D. M. (1986): Duplex accretion and underplating in an ancient accretionary complex, Kodiak Islands, Alaska. *Geology*, **14**, 160-163.
- Silver, E. A., Ellis, M. J., Breen, N. A. and Shipley, T. H. (1985): Comments on the growth of accretionary wedges. *Geology*, **13**, 6-9.
- 高橋 修・石井 醇 (1992): 関東山地四万十帯白亜系の大滝層群——関東山地四万十帯白亜系の変形過程とデュープレックス構造——. *埼玉県立自然史博物館研究報告*, **10**, 11-28.
- 寺岡易司・今井 功・奥村公男 (1981): 20万分の1地質図幅“延岡”. *地質調査所*.
- Tokunaga, T. (1992): Duplexing and intraprisms deformation of the Paleogene Shimanto Supergroup in western Shikoku, Southwest Japan. *Tectonics*, **11**, 1168-1179.
- (1994年7月6日受付, 1994年12月12日受理)