

九州四万十帯, 古第三系日向層群の デュプレックス構造と赤・緑色珪質泥岩

Duplex structures and red & green siliceous mudstones of the Paleogene Hyuga Group in the Shimanto Terrane, Kyushu, Southwest Japan

村田明広*
Akihiro Murata*

Abstract: The Paleogene Hyuga Group of the NE Miyakonojo and Aradani Areas in Kyushu consists of sandstone-dominated formation, mudstone-dominated formation, and chaotic formation. They are alternately repeated by originally low-angled thrusts, and probably form duplex structures. The duplexes of the Hyuga Group are in most cases hinterland-dipping duplex. 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. Red and green siliceous mudstones of Middle Eocene age occur along major thrusts as thrust sheets of 40 to 80 m thick. The siliceous mudstones, which are considered to be hemipelagic sediments, were subducted, and formed thrust sheets during underplating. The siliceous mudstones were probably situated in the decollement horizons, but were not flowed as a lubricant layer.

はじめに

四万十帯などの付加体では, 海溝充填堆積物が大陸斜面下底に付加される機構としてデュプレックスの形成が非常に重要であることが指摘されてきた (Silver et al., 1985; Sample & Fisher, 1986; Sample & Moore, 1987; Byrne, 1984). 南部九州の白亜系四万十帯の内ノ八重

層で, マップابلなスケールのデュプレックス構造が初めて明らかにされ (村田, 1991), 四国の四万十帯でも, 東部の白亜系分布域や (木村, 1989), 室戸半島・四国西部の古第三系分布域でデュプレックスの存在が指摘され (Miyawaki & Hada, 1992; Tokunaga, 1992), 各地の四万十帯でデュプレックス構造がみられることが明らかになってきた。

1993年9月30日受付. 1994年1月21日受理.

*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

九州南部、都城北東地域(第1図)の四万十帯古第三系日向層群は、砂岩卓越層と乱雑層卓越層との構造ユニット境界に地層が斜交するという特徴的な分布形態から、デュープレックスの存在が推定され、デュープレックスが集合体を作る累重デュープレックスの存在の可能性が指摘された(村田, 1992)。また、大きな岩質境界である衝上断層に沿って、赤・緑色珪質泥岩が挟みこまれていることが明らかにされた。

九州東部耳川中流荒谷地域の日向層群は(第1図)、メランジュ相荒谷層と泥岩優勢の田代層からなるとされ、早くから四万十帯付加堆積物の典型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)。荒谷地域の日向層群のマッパブルなスケールの地質構造を再検討したところ、これま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、都城北東地域と同様に、大きな岩質境界である衝上断層に沿って挟みこまれていることが明らかになった。そして荒谷地域では、今まで言われていたよりもさらに低角な衝上断層が存在し、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てきた(村田, 1993)。本論では都城北東地域や荒谷地域の日向層群の作るデュープレックス構造について述べた後、九州の古第三系四万十帯の地質構造とデュープレックス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授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。深く感謝します。

都城北東地域の日向層群

都城北東地域(第1図)の古第三系日向層群は山之口層と鰐塚山層とからなる。山之口層は主に乱雑層からなり、砂岩、泥岩、赤・緑色珪質泥岩を伴う。鰐塚山層は主として砂岩からなり、砂岩泥岩互層、泥岩、乱雑層を伴う(村田, 1992)。赤・緑色珪質泥岩は両層の境に出現するが、便宜上、山之口層に含められている。鰐塚山層か

らは、漸新世の放散虫が報告されている(竹下, 1982)。本地域の山之口層からは時代決定に有効な化石が産出していないが、野尻屈曲の北側の綾地域では同じ山之口層と考えられている地層から、後期始新世～前期中新世の放散虫・有孔虫が報告されている(三石ほか, 1989)。

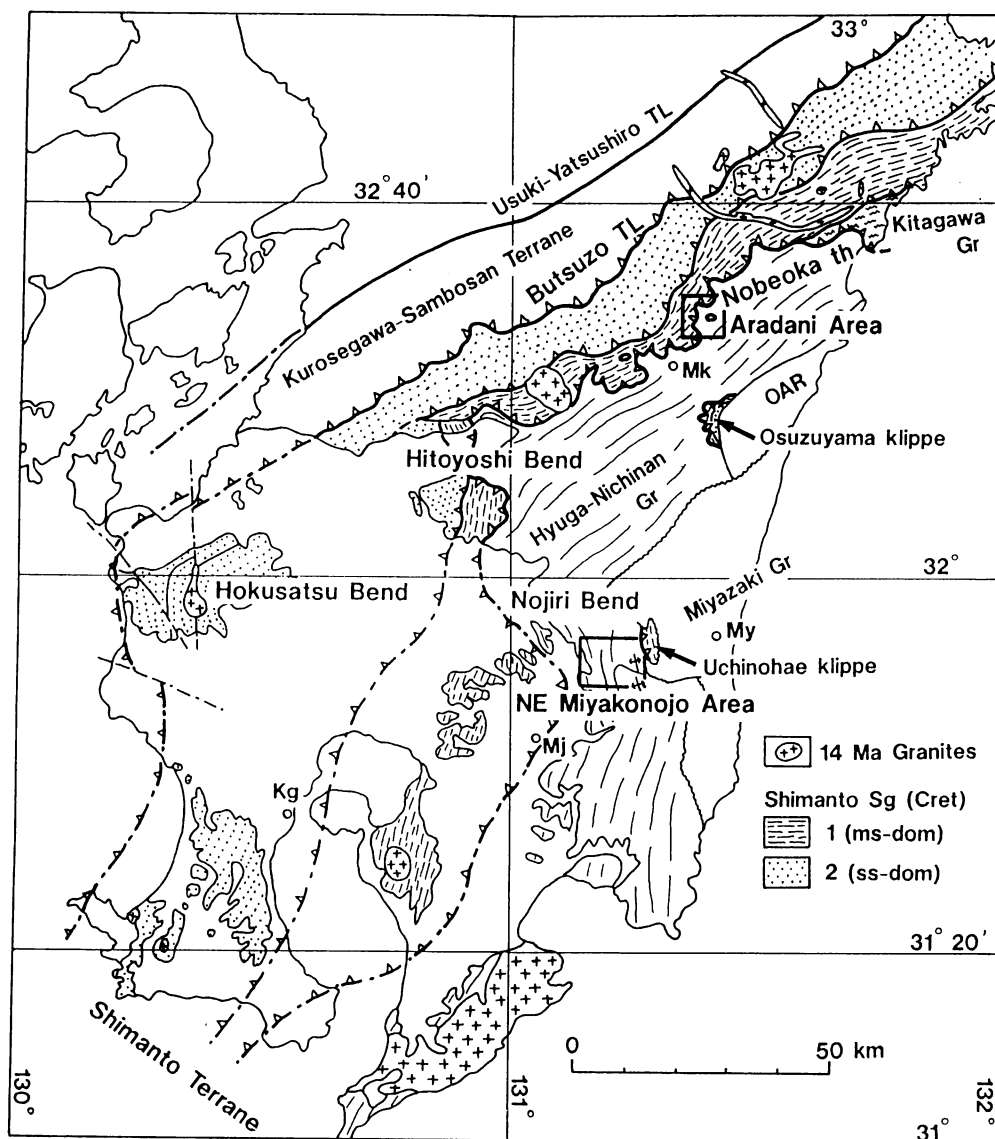
本地域で見かけ上最も下位にあるのは、青井岳周辺の背斜の軸部に分布する鰐塚山層である(第2図)。この上位には五反田衝上断層を境として山之口層がのり、これは青井岳北方においては下位の鰐塚山層をとりまくように分布する(竹下, 1982; 村田, 1992)。さらに上位には、岩屋野衝上断層を境として上位の鰐塚山層がのっており、西方に向かってさらに、山之口層、鰐塚山層が衝上断層を境としてのっている(第2図)。なお、山之口層、鰐塚山層としたものは、それぞれ個々の岩相の類似性から、同一の地層としたものであり、微化石などにより同一の層準の地層と確認できているわけではない。

赤・緑色珪質泥岩の作る衝上シート

赤・緑色珪質泥岩は、岩屋野衝上断層と五反田衝上断層に沿ってみられるものがあり、いずれも衝上シートとして存在している。岩屋野衝上断層に沿うものは、岩屋野付近で、幅80m、少なくとも南北3kmにわたって分布する(第2図)。五反田衝上断層に沿う赤・緑色珪質泥岩は、都城北東地域の範囲外で南方の大野付近のもので、幅40m、長さ少なくとも500mにわたってみられる。本地域の赤・緑色珪質泥岩の産状は村田(1994)により記載されているのでここでは省略するが、その時代は九州東部耳川中流域(坂井ほか, 1984; 村田, 1993)や、尾鈴山地域(木村ほか, 1991)の赤・緑色珪質泥岩との対比からすると、おそらく中期始新世であろうと予想される。

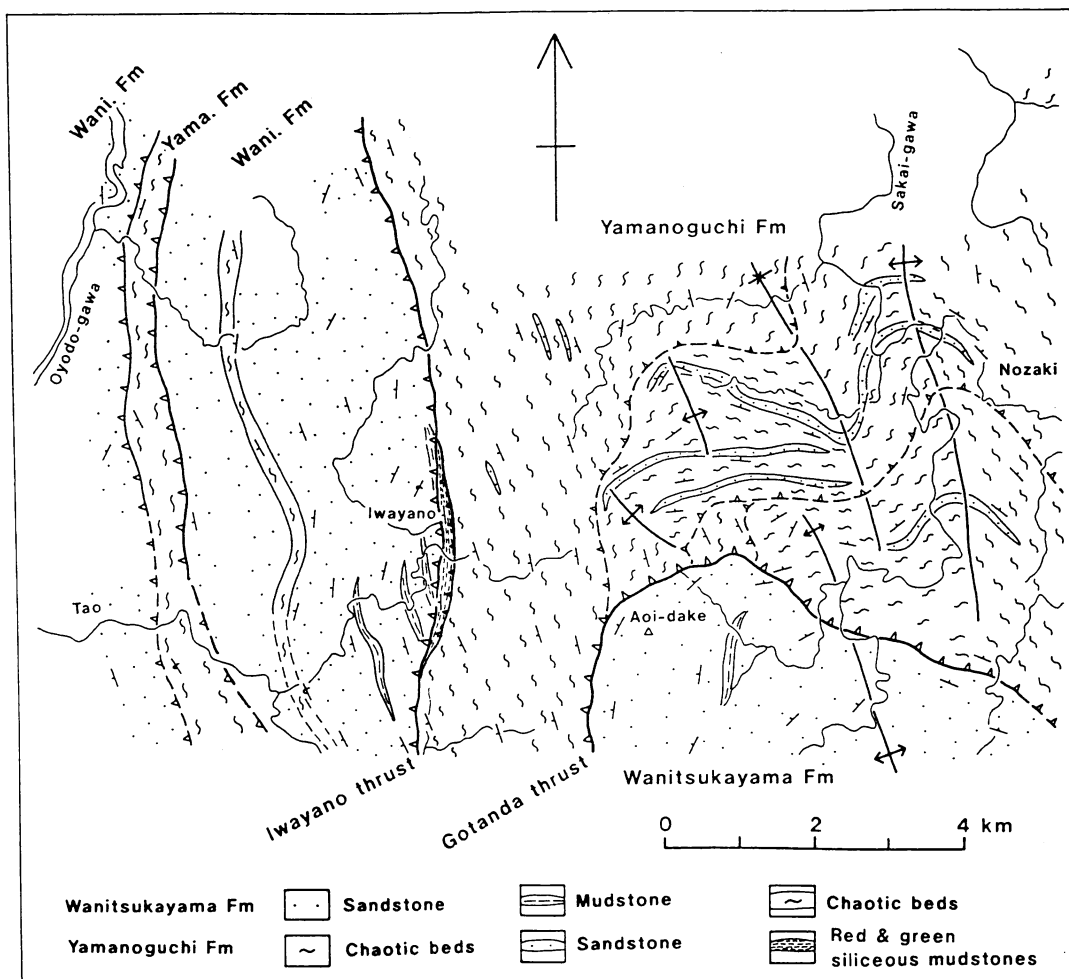
鰐塚山層・山之口層の作るデュープレックス構造

岩屋野付近の鰐塚山層は、下限を岩屋野衝上断層、上限を未命名の衝上断層で切られており、互いにはほぼ平行な2つの衝上断層に挟まれた産



第1図 九州四万十帯の地質概略図。主として宮崎県(1980), 寺岡ほか(1981), 村田(1991, 1992)による。1; 白亜系四万十累層群の泥岩優勢層で、横峰層, 八戸層, 高隈山層, 内ノ八重層などがこれにあたる。2; 白亜系四万十累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 (1980), 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.



第2図 都城北東地域の日向層群の地質図. 村田(1992)による.

Fig. 2 Geological map of the NE Miyakonjo Area. After Murata (1992).

状を示している。この衝上断層に挟まれたブロックの中では、岩屋野南方で地層は北北西走向となっているが、岩屋野衝上断層はほぼ南北走向であり、斜交している。また、下盤側の山之口層も北北西走向であり(第2図)、衝上断層に対して斜交している。上盤側の鰐塚山層では、岩屋野南西方で西に凸を向けたゆるやかな走向変化がとらえられる(第2図)。

本地域の東側にクリップとして存在する内ノ八重層は、衝上デュープレックスの特徴的な形態が平面図である地質図にみられる。これは後

に褶曲構造が、デュープレックスを作った時の衝上方向に45°斜交して形成されたために、地質図にいわば斜めの断面図が表現され、本来の傾斜変化が走向変化としてみられることによる(村田, 1991)。本地域の日向層群も同様の状況にあると考えられ、上述の走向変化は、本来の傾斜変化ととらえられる。

このように内ノ八重層のデュープレックスの分布形態から類推すると、上下の衝上断層に挟まれ、その中で地層がユニット境界に斜交しているという岩屋野付近の鰐塚山層の分布形態

は、岩屋野衝上断層をフローア衝上断層、上限の衝上断層をルーフ衝上断層とするデュープレックスを作っていると考えるとうまく説明することができる(第2図)(村田, 1992, 第7図模式断面図参照)。

また、見かけ上最も下位にある鱈塚山層の走向は、五反田衝上断層に近接したところでは、五反田衝上断層に対して約 15° ~ 30° 程度斜交しているところがみられる(第2図)。この鱈塚山層の走向変化も、もとの傾斜変化が反映されているわけであり(村田, 1992), 同じ層準の地層が繰り返して分布していて、hinterland-dipping duplex内で、それぞれのホースがルーフ衝上断層に対して斜交している関係としてとらえられる。

さらに、岩屋野東方の山之口層についても同様に考えてみると、走向・傾斜の変化から少なくとも3つのより小規模な衝上断層の存在が推定され、それぞれの衝上断層に挟まれたブロック内でデュープレックス構造により、地層が繰り返して分布していると推定できる(村田, 1992)(第2図)。なお、この付近の山之口層の下底の五反田衝上断層などを曲げる背斜構造が認められ、山之口層分布域には北北西-南南東の軸を持つ開いた褶曲が複数みられる。これらのうち小規模なものはヒンジが衝上断層を横切って延長しないため、衝上断層形成時にrampの位置で形成された褶曲の可能性があり、さらに検討する必要がある。

耳川中流荒谷地域の日向層群

九州東部耳川中流荒谷地域(第1図)に分布する四万十帯古第三系は日向層群と呼ばれ、メラングジュ相の荒谷層と泥岩優勢の田代層からなるとされた(坂井・勘米良, 1981)。なお、今井ほか(1979)により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ため、この名称は用いない。

本地域の日向層群は、乱雑層、泥岩、砂岩、砂岩泥岩互層、赤・緑色珪質泥岩などからなり、基本的に都城北東地域と同じ岩種・岩質から

なっている。ただし、本地域では玄武岩質火山岩類の大きな岩体が見られる(第3図)。本地域の泥岩や乱雑層、赤・緑色珪質泥岩には劈開が発達しているが、層理面にはほぼ平行なものが多いようである。また、乱雑層などには石英細脈が多く見られることがあり、都城北東地域にくらべて変形の度合いが強いと思われる。

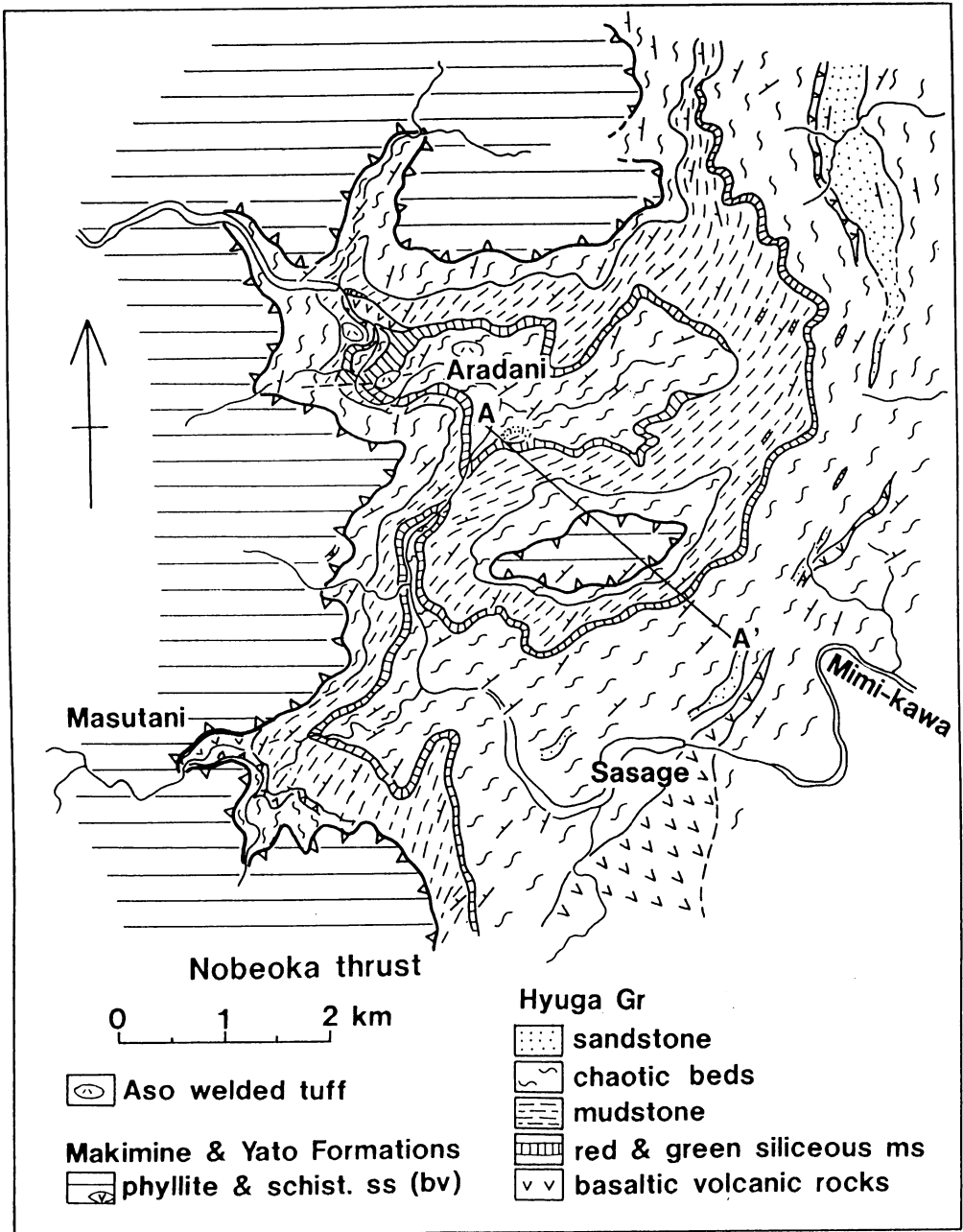
赤・緑色珪質泥岩の作る衝上シート

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40mまでの薄い層が1層、低角度で連続して分布するのみである(第3図)。この赤・緑色珪質泥岩は上限も下限も衝上断層で境され、構造的に下位の乱雑層と上位の泥岩の間に、薄い衝上シートとして存在している。

赤・緑色珪質泥岩は厚さ40m程度であるにもかかわらず、その連続性はきわめてよく、少なくとも東西4km、南北6kmにわたってシートとして分布することが確かめられる(第3図)。笹陰より北方ではほぼ南北走向で西方へ 8° から 12° 傾斜した面を作っている。笹陰より西方では北東-南西走向となり、ゆるやかに屈曲しているものの、傾斜は笹陰北方地域と同様である。荒谷周辺では、北西-南東の軸を持った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(第3図)。このような 8° ~ 12° 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。赤・緑色珪質泥岩からは放散虫が報告されており、その時代は中期始新世である(坂井ほか, 1984)。

泥岩・乱雑層の作るデュープレックス

赤・緑色珪質泥岩の上位の泥岩は、赤・緑色珪質泥岩と同じく全体として 8° ~ 12° の低角度で分布している。しかしながら、この泥岩は個々



第3図 耳川中流荒谷地域の日向層群の地質図.

Fig. 3 Geological map of the Aradani Area in the middle of the Mimi-kawa.

の露頭では、 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$ の中角度で西方または北西方に傾斜しており、地質図に表示された泥岩全体の傾斜とは斜交している。つまり、個々の露頭の泥岩の層理面を傾斜方向に延長すると赤・緑色珪質泥岩に切られ、傾斜の反対方向へ延長すると上位の乱雑層に切られた分布を示している。また、この泥岩の中には、それより層序的に下位であった赤・緑色珪質泥岩が一部に挟み込まれていることがあり、このことは同一層準の泥岩が何回も衝上断層で繰り返していることを示唆する。なお、地域南方に分布する田代層とされた泥岩も、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)。

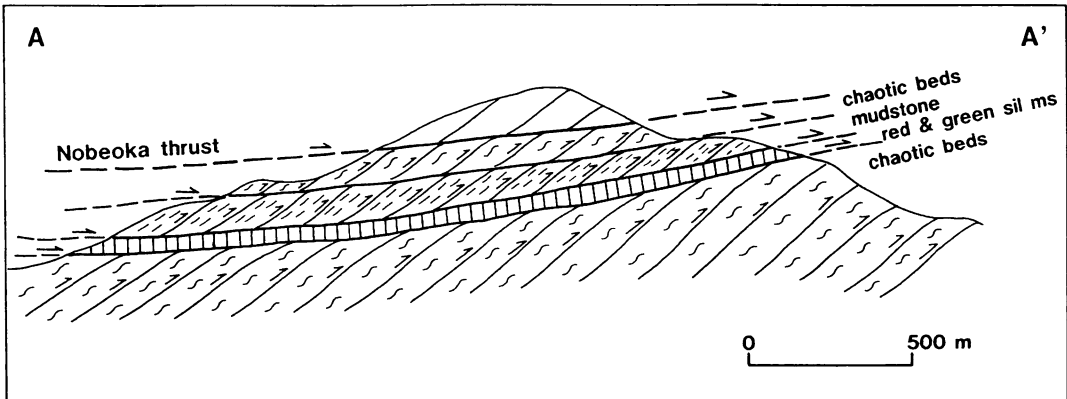
荒谷地域の泥岩のこのような分布形態は都城北東地域の日向層群の砂岩卓越層の鰐塚山層や白亜系内ノ八重層で確認された構造と同様のものであり、この泥岩は基本的にはデュプレックス構造を作っていると考えようまく説明できる(第4図)。この泥岩の構造は、覆瓦ファン(imbricate fan)の上部が、後生の衝上断層で切断された場合でも説明可能と思われるが、より若い堆積物が次々と大陸斜面下底に沈み込んで行き、ピギーバック型の衝上順序が推定されることを念頭におくと、デュプレックスで説明したほうが、よりもっともらしいと考えられる。このデュプレックス構造は、地層の配列から

いずれも hinterland-dipping duplex であると判断される(第4図)。なお、模式断面図に示されている各ホースを境する衝上断層については、一部でその可能性のある断層が泥岩中で認められるが、衝上断層と露頭で確認できるわけではない。

赤・緑色珪質泥岩の下位の乱雑層は、荒谷や笹陰西方で観察されるように、レキの並びなどからわかる面構造は、泥岩の中の層理面と同様に中角度であり、赤・緑色珪質泥岩と斜交している。この乱雑層は、上位の泥岩と同じくユニット境界と層理面などの面構造の斜交性があることから、やはり泥岩と同様に基本的にデュプレックス構造を作っている可能性が大きいと考えられる。しかしながら、乱雑層そのものの形成がまだ未解明であり、上述の泥岩のように、同一層準の地層が繰り返すという証拠が得られないため、現時点ではこの地域のデータだけからデュプレックス構造と断定することはできない。

九州の古第三系四万十帯と デュプレックス構造

都城北東地域の日向層群はデュプレックスの集合体である累重デュプレックス(stacked duplexes)ととらえられた(村田, 1992)。都城



第4図 荒谷地域の日向層群の模式断面図。

Fig. 4 Schematic profile of the Hyuga Group of the Aradani Area.

北東地域に加えて耳川中流荒谷地域の日向層群も累重デュープレックスと考えられることや、それ以外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、それらをルーフ衝上断層あるいはフローア衝上断層とするデュープレックス構造の集合体つまり累重デュープレックスで特徴づけられると推察される。

九州東部の耳川中流荒谷地域では復元された堆積時の層序が、下位より、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・砂岩泥岩互層であることが知られている(村田, 1993)。玄武岩質火山岩類は微化石による時代決定が期待できないが、今井ほか(1979)によると神門地域では、玄武岩質火山岩類は赤・緑色珪質泥岩の下位に位置することが報告されている。そのため、玄武岩質火山岩類の上に、赤・緑色珪質泥岩、黒色泥岩、砂岩・砂岩泥岩互層が堆積したものと考えられる。

この層序の各岩相は大洋底の玄武岩質火山岩類から、半遠洋性の堆積物そして海溝充填堆積物ととらえることができる。都城北東地域の赤・緑色珪質泥岩は、劈開が発達していないため層理面が全く乱されずに保存されており、内部で層理面を改変するような流動をしていないことが確認される(村田, 1994)。上記の層序を持った地層が、大陸斜面下底へ沈み込んでいく時は、赤・緑色珪質泥岩は層状を保っていたが、上下の岩相よりも剪断強度が弱く非常に滑りやすい層準であったために、この層準内で2つの衝上断層が形成されて薄い衝上シートが形成されたのではなかろうか。海溝充填堆積物などがデュープレックスを作りながら底づけ(underplating)される時に、赤・緑色珪質泥岩はその形成を促進させる働きをしたものと考えられる。

おわりに

耳川中流荒谷地域で、従来、乱雑層と泥岩が

まとまりのないものとしてメランジュ相として一括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は常に中角度であるにもかかわらず、それらが構造的なユニットとして低角に重なっているのを認識できなかったことにある。荒谷周辺では乱雑層と泥岩の間に、赤・緑色珪質泥岩が薄い衝上シートとして挟み込まれていたために、低角な両者を明瞭に区分することが可能であった。しかしながら、このようなよい鍵層が分布していない地域では、低角なユニット境界は見落とされがちであろうことは推察される。このような見落としを避けるためには、単にルートに沿った断面図を作成するような調査ではなく、地形の高度差のある地域で面的に調査する必要がある。

赤・緑色珪質泥岩が衝上断層に挟み込まれたこのような産状は、宮崎県の尾鈴山地域で、同じ古第三系の四万十帯より報告されている(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、その色調が目立つことから、鍵層の少ない古第三系四万十帯では地質図に表現されていることが多い(木野・太田, 1977; 宮崎県, 1981; 寺岡ほか, 1981)。今後は古第三系四万十帯で赤・緑色珪質泥岩が分布する場合は、衝上シートとして存在する可能性があることを頭にとどめて調査する必要がある。

文 献

- Byrne, T., 1984, Early deformation in melange terranes of the Ghost Rocks Formation, Kodiak Islands. *Geol. Soc. Amer. Spec. Pap.*, **198**, 21-52.
- 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), 44p, 地質調査所.
- 木野義人・太田良平, 1977, 都城地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1図幅), 45p, 地質調査所.
- 木村 学, 1989, 底づけされたユニットとして

- のメランジー—四万十帯の例—。月刊地球, **11**, 697-709.
- 木村克己・巖谷敏光・三村弘二・佐藤喜男・佐藤岱生・鈴木祐一郎・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), 137p, 地質調査所.
- 三石裕之・福島和彦・中川久夫・遅沢壮一・酒井豊三郎・長谷川四郎・海保邦夫, 1989, 宮崎県国富・綾北方の地質。日本地質学会第96年学術大会講演要旨, p.175.
- 宮崎県, 1981, 20万分の1宮崎県地質図及び説明書(第4版)72p.+29p.
- 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.
- 村田明広, 1991, 九州四万十帯, 内ノ八重層の作るデュプレックス構造と内ノ八重クリッペ。地質雑, **97**, 39-52.
- , 1992, 九州四万十帯, 日向層群の作るデュプレックス構造。徳島大学教養部紀要(自然科学), **26**, 59-75.
- , 1993, 九州四万十帯, 日向層群のデュプレックスと赤・緑色珪質泥岩。日本地質学会第100年学術大会講演要旨, p.480.
- , 1994, 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紀要, **7**, 37-44.
- Nishi, H., 1988, Structural analysis of part of the Shimanto accretionary complex, Kyushu, Japan, based on planktonic foraminiferal zonation. *Modern Geology*, **12**, 47-69.
- 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。九大理研報(地質), **14**, 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, 95-112.
- ・舩場 敬, 1989, 南九州上部四万十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.
- 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.
- Sample, J. C. and Fisher, D. M., 1986, Duplex accretion and underplating in an ancient accretionary complex, Kodiak Islands, Alaska. *Geology*, **14**, 160-163.
- and Moore, J. C., 1987, Structural style and kinematics of an underplated slate belt, Kodiak and adjacent islands, Alaska. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **99**, 7-20.
- 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.
- 竹下 徹, 1982, 宮崎県南那珂山地区の四万十層群の層序と構造。地質雑, **88**, 1-18.
- Tokunaga, T., 1992, Duplexing and intraprisms deformation of the Paleogene Shimanto Supergroup in western Shikoku, Southwest Japan. *Tectonics*, **11**, 1168-1179.