

高知県西部, 四万十帯 “伊田層” 中の変形構造

岡田 智・片岡美和・梅村隼夫

(高知大学理学部地質学教室)

Deformational Structures of the Ida Formation in the Shimanto Belt, Western Kochi Prefecture

Satoru OKADA, Miwa KATAOKA and Hayao UMEMURA
Department of Geology, Faculty of Science, Kochi University

Abstract: Studies of deformational structures of the Ida formation have shown that their origin may be ascribed to polyphase of shearing and folding. Intense shearing occurred on a regional scale and formed drag folds, decollements, and pinch and swell structures throughout the Ida formation. Considering their deformational features and mutual overprinting relationships, the tectonic history of the Ida formation may be compiled as follows.

D₀-deformation—sedimentary compaction stage—Formation of earlier schistose structures (S₀: bedding fabric, S*: weak shear plane). D₁-deformation—slumping stage. Formation of slump folds. D₂-deformation—regional shearing movement in a partially lithified state. Formation of decollement and drag folds. D₃-deformation—semibrittle shearing of more lithified sediment. Shearing has a characteristics of Riedel shears and formed complex decollement and drag fold. D₄-deformation—lateral compression during uplift stage.

Therefore, it is probable that the main deformation of the Ida formation, which consists of lower slope basin deposits, is characterized by inhomogeneous shear strain which originated at the compaction stage and developed during the burial and subduction history of the sediments. Subsequently, the Ida formation may have been subjected to lateral compression during the uplift stage.

目 次

- I. ま え が き
- II. 地 質 概 要
- III. 伊田層中の変形構造
 - A スランプ褶曲
 - B デコルマ
 - C ドラッグ褶曲
 - D pinch & swell 構造—砂岩層のレンズ化
- IV. 伊田層の変形史—剪断変形を中心にして
- V. 要 約
- 参 考 文 献

I. ま え が き

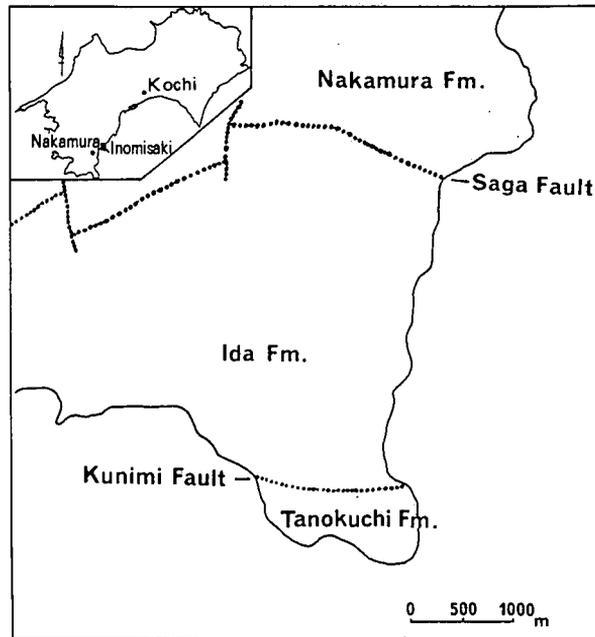
近年、多くの活断層の研究により、様々な変形構造が未固結堆積物中に生じていることが知られており、このような変形構造の解析が、沈み込み帯の造構過程を知る上で重要であると言われている (DAVIS and CAVE, 1976; WOODCOCK, 1976; COWAN, 1982; FISHER and BYRNE, 1987)。四万十帯が、上部斜面部、前弧海盆部、下部斜面部、海溝部などの変動場に堆積した地層であることから、当然未固結時になんらかの変形作用を受けていると考えられる。

AGER (1988) は、調査地域 (第1図) 南西の海岸で、褶曲、面構造、断層を含めた変形構造の解析を行い、未固結時から造構時にかけて累進的な変形作用が起こっていることを示した。また、嶋本 (1982) は、三波川帯の結晶片岩の片理面が剪断作用の場で形成されていることから沈み込み帯における剪断変形の重要性を指摘した。さらに、片岡・梅村 (1987) は片理の前段階といえるスレート劈開の考察を四万十帯大山岬層で行い、その起源を未固結段階での層理面に沿う剪断に求め、その主要な歪み特性の一つとして剪断伸長を挙げた。

こうした背景のもとで、筆者らは、高知県幡多郡佐賀町から大方町にかけて分布する海底地滑り帯 (伊田層) の変形特性の考察を進めた。その結果伊田層の各所で、海底地滑りで生じたスランプ褶曲だけでなく複数の剪断変形の様相を示すドラッグ褶曲、面構造、不連続面 (デコルマ) を見いだした。本稿では、このような変形構造の野外ならびに鏡下での観察を行い、剪断変形に由来する小構造を記載し、その変形特性、形成場・形成過程を考察する。

(謝 辞)

この小論を報告するに際し、平素より懇切な御指導、激励をいただいている高知大学理学部鈴



第1図 調査地域位置図および formation map.

木堯士教授、剪断変形について貴重な御教示をいただいた広島大学理学部原郁夫教授、嶋本利彦助教授に対して厚くお礼申し上げます。

II. 地質概要

四国西部地域の、四万十帯の地層群は、中筋構造線で南帯の古第三系幡多層群と、北帯の白亜系大正層群に二分される（甲藤ら、1960）。調査対象の伊田層は、幡多郡佐賀町と大方町にかけて分布し、北では白亜系と古第三系を境とする中筋構造線の延長部に相当する佐賀断層で中村層と、南では国見断層で田の口層と接する（第1図）。今回の調査は、両断層ではさまれた、伊の岬北方の海岸沿いの連続露頭で行った。

岩相図（第2図）から判読できる様に伊田層は全体として伊の岬を中心に扇状の構造を呈する（田村、1979；弘畑、1981）。砂岩層の一部に発達する、コンボリュートラミナ、リップルマーク等の堆積構造から判断すると、伊田層は全体として北上位の単斜構造を持つと思われる。主たる岩相は、砂岩泥岩互層であるが、下部層では、泥岩勝ち互層と泥岩勝ち～等量互層が優勢で、中部層では赤色、緑色頁岩を含む泥岩層が卓越する。上位に向かうにつれて砂岩勝ち互層、泥岩勝ち砂岩泥岩互層が優勢になる。

伊田層の時代であるが、弘畑（1981）は放散虫化石の研究に基づいて、暁新世後期～始新世初期であることを示し、伊田層が始新統清水層に対比されるという旧説を否定した。

近年、四万十帯を構成する地質帯は、タービダイト帯とメランジェ帯に二分されているが、こうした区分によると、伊田層はタービダイト帯と見なされてきた。しかしながら、厚い泥岩層の優勢な場所に、しばしば、赤色、緑色頁岩を挟在しており、詳述するこれらの地層にみられる、剪断変形を考慮するとメランジェ的な性格を持つとも言える。こうしたタービダイトとメランジェの中間的な堆積相を持つとも言える伊田層には、広く海底地滑りが観察されることが知られているが（吉田ら、1978）、この他に、未固結～造構変形時相に形成された様々な変形構造も見られる。主な変形構造として、剝離面、スランプ褶曲、ドラッグ褶曲、デコルマ、地層の膨縮（pinch & swell 構造）が挙げられる。こうした変形構造の発達状況からみても、伊田層の堆積・変形相はかなり特異である。



第2図 岩相図

Ⅲ. 伊田層中の変形構造

伊田層の多くの層準に観察される露頭規模の褶曲構造、不連続面、ウォーピング(warping)や地層面のうねり(swaying)などは、これまで未固結時のスランピング(後述するD₁-変形時相)によって生じたと判断されて来た。しかしながら、調査を進めるうちに、上記の種々の複雑な変形構造の起源をすべてスランピングとする見解には疑問が生じてきた。そこでこうした変形構造群を詳細に観察し、個々の構造を鏡下で検討した。

その結果、スランプ褶曲に重複する剪断構造—スランプ褶曲には生じえないデコルマや、ドラッグ褶曲を数多く見いだした。このドラッグ褶曲、デコルマの産出域は伊田層全般に及ぶこと、さらには後述する各々の変形特性を考慮すると、それらの起源を、地質体表面部での単なる海底地滑り(スランピング)に求めることは困難で、むしろ広域的な場で圧密・脱水が進行する、より深部における剪断変形が浮き彫りになってきた。

この章では、スランプ褶曲とそれに引き続いて起こった複数の剪断変形(後述するD₂-、D₃-変形)を中心にして、伊田層に発達する変形構造の記載を行う。

A. スランプ褶曲

褶曲の連続性、形状、軸面の方位、さらには褶曲の生じている層準の広がり、褶曲していない層準との接触関係などにより、直感的にスランプ褶曲とみなしえる構造が多数観察されるが、今回は、以下のような基準でスランプ性の褶曲とドラッグ褶曲とを区別した。1. スランプ褶曲の形成は、必ずしもデコルマ(剪断面)に接する部分に限られない。2. スランプ褶曲では、層理面が不規則な形状を描き、地層の膨縮がかなり顕著である(図版Ⅱ-A)。一方、ドラッグ褶曲では層理面は規則的な曲線を描く場合が多い(図版Ⅲ-A)。3. スランプ褶曲は数波長繰返し同一層準をかなり追跡できるのに対し、ドラッグ褶曲の形態は非対称で両翼を剪断面で断ち切れ根なし褶曲の様相を示す。こうした基準で褶曲の起源はある程度識別できたが、一部のドラッグ褶曲の特性とスランプ褶曲のそれが極めて近似している場合もあり、ドラッグ褶曲がスランプ褶曲と類似の変形条件下で生じた場合もあることがうかがわれた。

一応、筆者らは、鏡下での観察に基づいてスランプ褶曲を以下の三つのタイプに区分した(第7図)。第一のタイプは粘土鉱物の定向配列で示される層(後述のS₀)が褶曲している場合である。第二のタイプでは、褶曲したS₀に沿って層面滑りが生じており、第三のタイプでは、褶曲したS₀に平行な微弱な剪断面(後述するS*)が観察され、S₀とS*の双方が褶曲している。三者の変形特性にさしたる差があるわけではないが、区分の要因となった地層面に平行な鉱物の配列や剪断の度合の違いは、スランプ時の岩石物性=脱水・圧密の進行状態のばらつきを反映しているのかもしれない(図版Ⅰ-A)。

B. デコルマ

伊田層では、異なった堆積相を示す層どうしがしばしばデコルマで接している。特に、泥岩層が卓越する特定の層準では、様々な規模のデコルマが顕著に発達する(第3図)。デコルマにも種々の発達状況があるが、代表的なデコルマは概ね層理面に平行に発達している。この場合、第3図のごとくデコルマの近くの層準では緩いうねりがしばしば生じ層理面の方向がかなり変化する。いま一つの頻出するデコルマは層理面を斜断して生じており、ドラッグ褶曲を引き起こしている。さらにいくつかの層準では、デコルマの面が複雑に湾曲し、ドラッグ褶曲がしばしば見られる。



第3図 第2図中のA-A'間の露頭スケッチ

デコルマ付近から採取した泥岩を鏡下で観察すると、上記のデコルマの産状と密接に関連して、数種類の剪断面^{*}が識別できる。ここでは最も特徴的な交叉した網状の剪断面(図版IV-A)についてのみ説明する。注目すべきことは、この交叉した網状の剪断面の発達状況が第4図に示した Riedel shear の特性に対比できることである。記すまでもないが、その形成機構について若干ふれる。Riedel shear は数セットの剪断面を作り出す剪断である。図のTに近い方向からの押しにより

^{*} 剪断面についてはドラッグ褶曲の項を参照

Y面方向へ地質体のずれが生じ、またこれに伴い共役断層的なR, R'面が生じる。この時、Rが主に形成され、このR面の形成に伴いP面が形成される。P面の形成機構については詳しくは不明である。

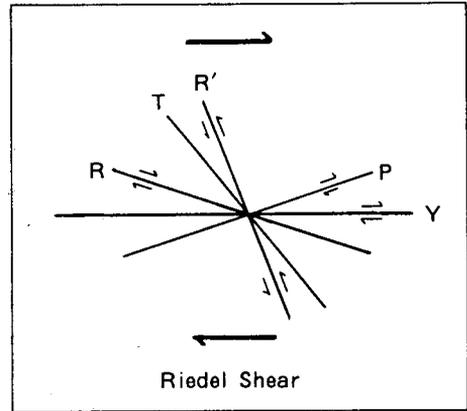
C. ドラッグ褶曲

特定の層準に集中したり、極めて軽微で局所的に発達(図版I-B)したりしているが、ドラッグ褶曲は伊田層全般に観察される構造といえる。ここでいうドラッグ褶曲は、前述の剪断によって生じた不連続面(剪断面、スラスト、デコルマといった面で、伊田層ではデコルマの形成に関与した剪断面が主である)の形成に伴い、地層が引きずられて生じる褶曲である。一般に、ドラッグ褶曲の形状は非対称で、形成時の運動方向が決定でき、また、ドラッグ褶曲の発達状況・形態的特性から変形時の岩石物性が推定できる。そこで様々なドラッグ褶曲の変形特性を明らかにし、その変形時期、地質学的意味を推察してみた。

ドラッグ褶曲はおおまかに次の二つのタイプに分けられる(第7図)。第1のタイプは、褶曲構造の片翼が引きずりを引き起こしたデコルマに切られているものである(これをAタイプと呼ぶ)。もう1つのタイプは、複数のデコルマに囲まれた領域内で地層が引きずられて褶曲を形成しているものである(これをBタイプと呼ぶ)。両タイプのドラッグ褶曲の産出状況であるが、おおまかに述べると、Bタイプのドラッグ褶曲の産出は局所的で特定の層準であるのに対し、Aタイプのドラッグ褶曲の形成に関与したデコルマは、程度の差こそあれ伊田層に普遍的に発達していると言える。こうした両ドラッグ褶曲の形態や産出状況の差異を生じた要因を考察するために、二つのタイプのドラッグ褶曲の細かな変形特性を列記する。

Bタイプのドラッグ褶曲は、しばしばスランプ褶曲の発達している層準に観察される。そうした場合、スランプ褶曲の構造を様々な規模で破壊し、改変し(図版II-B)ており、いわゆる Haphazard fold (DAVIS and CAVE, 1976) 的な構造が生じている。こういった既存の構造 (bedding fabric-S₀ で示される構造) を改変しているデコルマドラッグ褶曲には次の様な特徴がある(第5図)。第5図-aの様に層理面に対してデコルマが高角度である様な部分であったり、第5図-bの様に二つのデコルマが収斂する部分ではBタイプのドラッグ褶曲が生じており、地層面の破壊や構造の改変が生じる。

こうした局所的に、複雑な地質構造を生じたBタイプのドラッグ褶曲は、こういった起源を持つものであろうか。このタイプのドラッグ褶曲は、しばしばスランプ層を改変していることから、その起源を海底地滑りに求めることはできない。前述の様にBタイプが、デコルマの発達が著しく、デコルマが湾曲したり、収斂したりしている場合に多く産出することは、剪断運動が特に顕著であった層準にBタイプのドラッグ褶曲の形成が集中した事を示唆していると思われる。また、こうしたデコルマの発達する層準では泥岩が卓越している。従って、泥岩層では砂岩泥岩互層に比べて脱水が早く進行するため、比較的 brittle な変形が、伊田層の中ではより初期に生じたであろう。このため、不完全な Riedel shear の作動で前述のような複数のセットの剪断面が生じ、見かけ上著しい地層の改変が生じたのであろう。



第4図 Riedel 剪断面の模式図

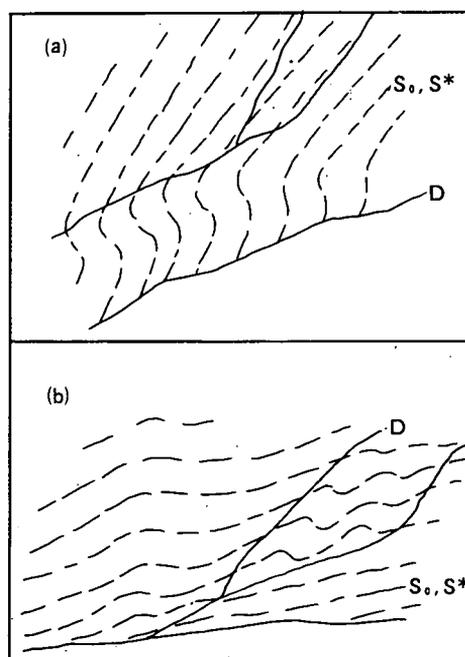
デコルマに接して発達するAタイプのドラッグ褶曲の翼部の形態から判断すると、第7図に示されたように、褶曲は ductile から brittle にかけての幅広い変形条件下で生じたことが伺える。第7図-①は最も ductile な褶曲を示しており、デコルマが鮮明ではなく、引きずりに伴い層理面がゆるく褶曲している。相対的に ductility が減じると、地層面の屈曲が目立ちはじめ②になる。さらに、脱水が進んだ状態で変形すると徐々に brittle な様相を呈し始め、ドラッグ褶曲（屈曲線の形態）の翼部では、複数のデコルマが発達し、それに沿って地層が転位するため、褶曲の形態特性が不明瞭になる③。さらに、脱水が進むと、④デコルマに隣接する層の破壊が見られるようになる。

この破壊的な様相を伴うドラッグ褶曲はさらに次の二つのタイプに区分できる。一つは、泥岩層の成層状態が破壊され再配列を伴うもので、特定の部分に強い変形が集中した事をうかがわせているものである。いま一つは、その破壊がより広範囲に及び、変形前の泥岩層の形態が残らないほどに破壊されたもので、いわゆる cataclasite の形成を伴っている。こうした“破壊”の特性は、Riedel shear が生じた事で概ね説明できる。すなわち破断面は、既存の構造に支配され、それをしばしば模写する形で発達するため、破断面の重複を見分けるのは難しいが、前述④のドラッグが起こっている場合、T面に相当する破断の発達が著しいようである。以上の事から、Aタイプのドラッグ褶曲の形成は、ductile から brittle な場にかけての幅広い剪断条件下で生じたと考えられる。

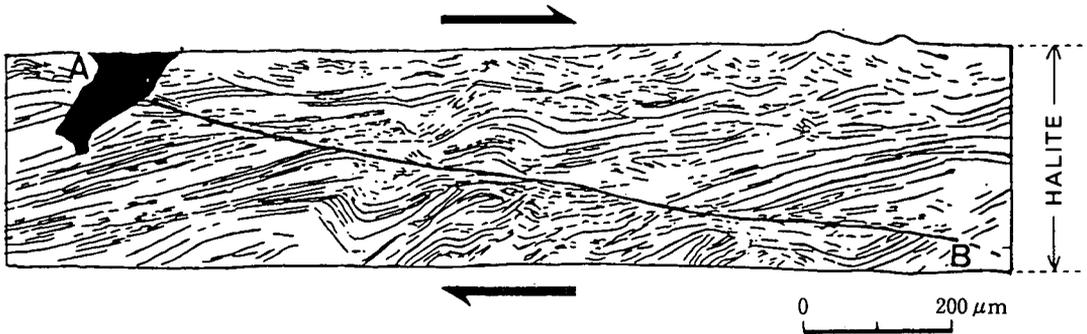
ここで力説しておきたいことは、Aタイプの最も ductile な特徴を持つドラッグ褶曲の構造特性が、スランプ褶曲のそれと極めて近似していることである。図版Ⅲ-Aに示される様に、鏡下では、このタイプのドラッグ褶曲の特性はしばしばスランプ褶曲のそれと同一に近く、層面滑りによって形成したと思われる面構造を伴う。このことは、一部のAタイプのドラッグ褶曲の形成が、相対的に脱水過程の早い時期、いわゆる未固結時に始まったことを示唆している。

最後に、このドラッグ褶曲を形成した剪断帯の発達様式について付記しておく。第6図は、(HIRAGA and SHIMAMOTO, 1987)によって示された食塩の剪断実験の結果の一部である。図のごとく、岩塩層の面構造は連続を断たれたり、時には褶曲している場合も認められる。この面構造の不連続部分の成すパターンは、Riedel shear の発達様式に似ている。注目すべきことは、Bタイプの剪断褶曲と、それに伴う剪断面の発達状況がしばしば第6図のそれらに酷似していることである。この様な、全く単純な根拠からではあるが、伊田層でも、Bタイプのドラッグ褶曲形成時に、Riedel shear が起こったと考えられる。より具体的な例を示すと、第6図の組織と第5図-bにおけるBタイプのドラッグ褶曲及びそれに伴うデコルマの特性を対比すると、デコルマの形成は、前述のRiedel shear のY方向に相当し、これに沿いドラッグ褶曲が生じていることは明白であろう。

以上述べて来たドラッグ褶曲の形態的特性、ドラッグ褶曲の形成に関与したデコルマの発達状況



第5図 Bタイプのドラッグ褶曲の形成場。(a): 層理面(S_0, S^*)とデコルマが直交する領域。(b): デコルマが収斂する領域。



第6図 岩塩の剪断実験により生じた剪断褶曲 (HIRAGA and SHIMAMOTO, 1987による)

を考えると、伊田層においては、剪断作用が未固結状態から固結が進行する過程で連続的に起こったと言えよう。

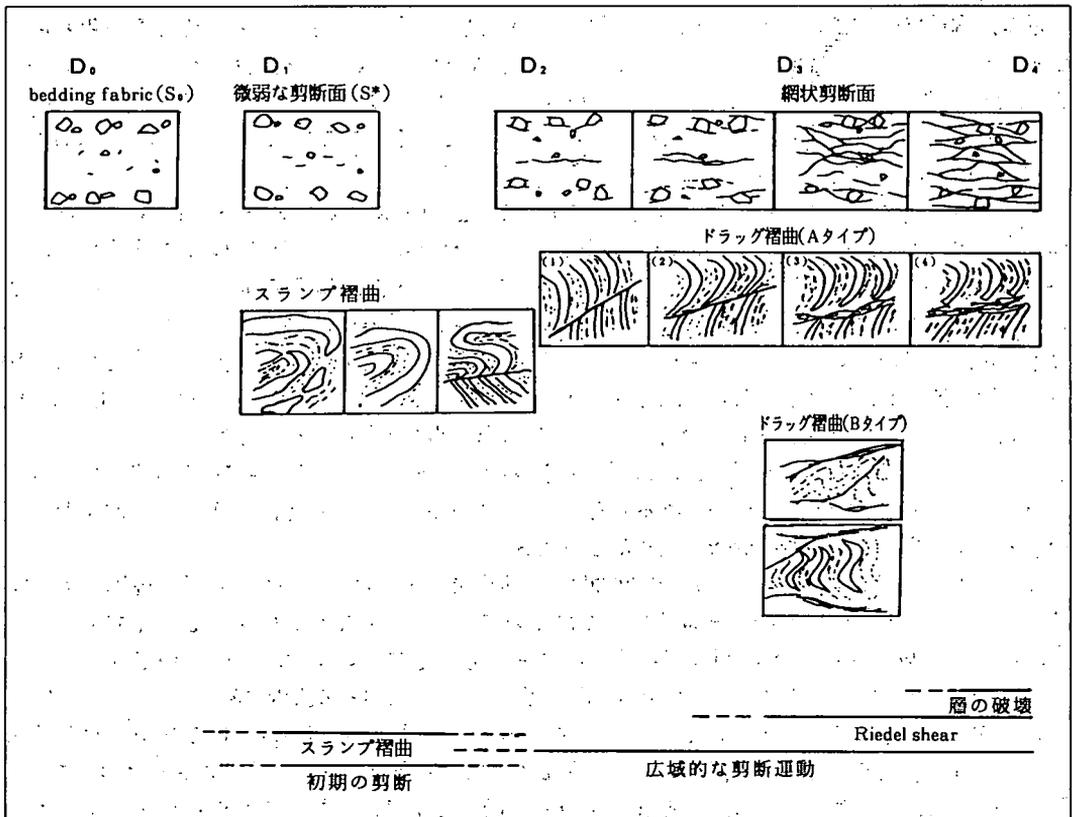
D. pinch & swell 構造—砂岩層のレンズ化

pinch & swell 構造は、程度の差こそあれ伊田層全体に発達している。pinch & swell の形成を促進した機構は、大きく3つに分けられる。

1つめのタイプは、海底地滑りに伴う伸長場で形成されるものでいわゆる“スランプ礫”である。この場合、泥岩層より相対的にコンピートな砂岩層は、地質体の移動方向に引きのばされ、ついには切れる。このタイプの pinch & swell 構造の典型的なものは剪断変形の乏しい層準で観察される。この層準ではスランプ褶曲の形成 (= 表層での地滑り) と密接に関連して地層の膨縮が生じている。つまり、スランプ褶曲形成に伴う層面滑りにより砂岩層、泥岩層の再配列が起こり、pinch & swell 構造の形成が促進されたい。

2つめのタイプは、地層の膨縮がデコルマやドラッグ褶曲と密接に関連して生じているもので、デコルマ沿いで砂岩層は剪断面に囲まれて膨縮構造を呈している。この剪断面においては、Riedel shear の性格は判然とせず、pinch & swell 構造の形状は層理面に概ね平行に近い剪断面群により支配されている。この種の膨縮構造は褶曲の場合と同様、スランプ褶曲起源か、未固結時に広域的に及んだ剪断によるものが判別が難しい。いずれにしても、スランプ褶曲形成時にレンズ化の萌芽段階があり、引き続き剪断変形で、砂岩層のレンズ化は一段と促進したと思われる。

レンズ化の3つめの機構として Riedel shear が考えられる。露頭においてレンズ化した砂岩層の周りにしばしば網状の形態を示す剪断面が発達しているのが観察される。図版IV-Bにある様に網状の剪断面にはさまれた domain での砂岩の薄層の形態は、まさしく pinch & swell 構造を呈している。この構造はいわゆる micro boudinage や tectonic lens と言っても過言ではないであろう。デコルマの章で述べたが、網状剪断面をよく見ると、一方向の強い粘土鉱物の配列を伴う主剪断面に随伴して、1~2方向、それに低角度で斜交する剪断面が発達している様に思える。つまり、これらの面が前述の Riedel shear の Y 面、R 面、P 面に相当すると考えられる。以上のことより、伊田層のいわゆる膨縮構造はスランプ褶曲時相での伸長 (剪断) 変形、引き続き未固結段階での剪断、さらに圧密の進行とともに起こった Riedel shear を経て完成したと考えられる。



第7図 伊田層に観察される変形構造とその形成過程（模式図）

IV. 伊田層の変形史—剪断変形を中心にして

この章では、これまで述べて来た伊田層中の種々の変形構造の形成過程、形成場について考察する。前述の様に、これまで海底地滑り層、乱堆積の特性を代表するとされた伊田層の褶曲構造はすべてスランピング起源と見なされてきたが、それらのかなりの部分がドラッグ褶曲の特性を持つことが明らかになった。そこでおおまかに区分すると、変形時相は、まずスランプ褶曲の形成期 (D_1) とデコルマ、ドラッグ褶曲を形成した剪断変形の時期に二分できる。

剪断変形と D_1 の時間的關係であるが、剪断変形がはっきりとスランプ褶曲に重複し、スランプ層を改変している産状も多く、スランプがドラッグ・デコルマ（微小な剪断面による地層のずれも含む）の形成に関与した剪断に先行していることは明白である。

このように、全体の層理に斜交し、様々の不規則な剪断面を作っている岩相をレンズ化したり、Bタイプのドラッグ褶曲を作りだしている場合、剪断変形が D_1 に重複していることが即断できる。しかし、いくつかの露頭では、 D_1 に伴う剪断（層面滑りに近い特性を持つ）と、 D_1 後の剪断面が判断が難しい。こうした場合の剪断面はたいてい、Aタイプのドラッグ褶曲を生じている。以上 D_1 と剪断面の重複關係から、筆者らは、剪断変形は少なくとも二つの時相、 D_2 —剪断、 D_3 —剪断時相に区分できると判断した。

近年、本地域近傍で、AGER (1988) は、地質帯の埋没から上昇の間に、未固結時の剪断変形に始まる累進的な変形が起こったことを指摘している。AGER の示した累進変形の時相に、 D_1 、 D_2 、 D_3 をそのまま対比することはできないが、筆者らも D_1 と $D_2 \rightarrow D_3$ の変形のメカニズムは概ね同一で、断続的ながらも、近似の応力場で起こったとみなしている。ここで、 $D_1 - D_2$ 変形、および D_2 、 D_3 変形の時間的關係を考察する。

まず、 D_0 (先スランプ褶曲時相)、 D_1 時相にかけての面構造について述べる。 D_0 における層理面に沿う異方向性が堆積後かなり早い段階で形成されていたとするなら、 D_1 変形前に層理面の萌芽(S_0)が生じており、 S_0 は D_1 を受けている。このスランプ以前の面構造を S_0 とする。注目すべきことは、ある場合には S_0 形成時に生じたが、 D_1 時の剪断で S_0 が強調されることで生じた、層理面に沿う微弱な剪断面(S^* : 片岡・梅村, 1987)が見られることである。 S^* の変形特性としては、鏡下でも局所的にしか発達しておらず、しばしば D_2 時相の剪断で生じた剪断面で斜断されている(図版V)。この S^* と S_0 は常に平行に発達しておりほぼ同時期に形成したといえよう。このことから、 S^* の起源は、伊田層の全般に起こった D_2 剪断運動の前、恐らく D_1 直前から D_1 変形時相にかけて局所的に起こった剪断運動に求められるであろう。言い換えると、 D_1 時相の変動場におかれた伊田層内には、広域的に微弱な剪断が生じたといえる。

D_1 変形に D_2 変形が重複し、両者の時間的關係が明白である場合も多いが、露頭の規模では、 D_2 時相の剪断も大局的に D_1 時相の剪断と平行であるので、それらの識別がしばしば困難である。特に、 D_1 起源と見なされる褶曲の形状が非対称であったり、逆にデコルマ沿いに、引きずりによって、あたかも流れたかの様なドラッグ褶曲がある場合など、 D_1 と D_2 の識別は難しい。こうした D_1 と D_2 の変形の類似性は D_2 時相起源のAタイプのドラッグ褶曲がかなり ductile な変形条件で生じたため、言い換えると脱水の進行がほとんど進んでいない段階で、既に一部のAタイプのドラッグ褶曲が生じたためと考えられる。 D_2 時相のドラッグ褶曲と認定された構造も次第に著しい剪断面を伴う様になっている事実は、 D_2 時相の進行につれて、剪断変形の強いより深い場に地質帯がもたらされることを暗示しているらしい(BRAG and KARIG; 1985)。

つまり、 D_1 時相と D_2 時相は一連で、 D_2 時相の開始時に、伊田層は未固結状態であったと断言できる。 D_2 が進行するにつれて、 S_0 、 S^* の転移、破壊の度合は大きくなっている。この様にほぼ層理面に沿う剪断が、 D_1 から D_2 にかけて起き、様々な規模で地質構造を斜断するデコルマを生じているが、筆者らは、 D_2 時相の継続する剪断こそ、広域におよび、伊田層の受けた最も主要な変形と見なしている。

D_3 時相の変形も、剪断変形であることには変わり無いが、特定の層準に集中して起こった変形という意味で D_2 時相と区別した。先に述べた、破断やレンズ化を伴うAタイプのドラッグ褶曲や交叉した網状の剪断面やBタイプのドラッグ褶曲といった変形構造が、この D_3 変形で生じたと考えられる。これらの変形特性は、しばしば brittle な条件下で生じた典型的な Riedel shear で規定されており、また、 D_3 変形は局地的であるが、いくつかの層準でかなり大規模に地質構造を改変、修飾しており、 D_3 変形がかなり脱水の進んだ場で生じたことを伺わせる。こうした記述は、 D_2 と D_3 変形が、別個の変形であるかの様な印象を与えるかもしれない。しかしながら、 D_2 と D_3 の時間的關係は以下の様であったと推論できる。

先に、形態特性に基づいてAタイプのドラッグ褶曲を四分し、褶曲が ductile から brittle にかけての幅広い変形条件下で生じたことを暗示した。つまり、Aタイプのドラッグ褶曲は、 D_2 時相初期のスランプに近い特性を示すものから、剪断面沿いで地層面の破壊(cataclasis)や回転が生じているもの(D_3 時相の最末期起源)までであることを示した。もちろん同一変形時相でも、岩質、含水状態の違いで、かなり異なった変形構造が生じるが、上記のAタイプのドラッグ褶曲の変形特性の

多様性（第7図）は、地質体の脱水が進行するにつれて、Riedel shearが徐々に著しくなる変形場で、連続的に生じたことを伺わせる。以上のことより、 D_2 と D_3 変形は近似の造構場で生じた変形場で、切り離すことができない様に思える。 D_2 変形との差異としては、 D_3 がより深部で、より脱水の進んだ状態で起こった変形場で、かなり幅広い層準に及んでいるものの特定の層準に集中していることが挙げられるであろう。

最後に、伊田層全般にみられる片状構造（スレート劈開の特性を持つ剝離面）の発達過程について述べる。その萌芽的な構造（ S_0 、 S^* ）は既に未固結時に形成されており、続いて D_1 においても S^* と一連の層理面に沿う剪断面や圧密に伴い層理面に平行に鉱物も成長したと思われる。

さらに、引き続き D_2 変形においても、伊田層全体は、層理面に平行な剪断面を形成する様な応力場におかれ、多くの層準では、層理に平行な微小剪断面の形成、葉片状鉱物の成長が生じた。こうして、 D_2 は既存の S_0 、 S^* 等をより複雑な様態にしたと考えられる。より岩石化が進んで、 D_3 になると、Riedel shearにより網状の剪断面が生じたり、ある場合には、既存の片状構造が、破壊、断片化したりした。こうして、伊田層の泥岩全般にみられる片状構造（スレート劈開）の形成は、圧密段階に始まり、側方からの圧縮により生じた D_2 - D_3 剪断を経て、初期の特性を引き継ぎつつ、一方で、改変を伴いながら進行したと思われる。

以上のことより層理に平行に近い剪断、Riedel shearの破壊を伴う様な圧縮剪断の存在が明らかになったが、各々の応力場、変形場は想像の域をでない。今後、剪断変形時の運動方向、応力場、岩石物性を明らかにすべく、微小剪断面の解析を進める必要がある。そして、付加帯としての伊田層の変形特性・過程をより詳細に解析し、四万十帯の沈み込みに伴う造構過程の一端を明らかにしたい。

V. 要 約

1. 伊田層の複雑な地質・岩石構造は、海底地滑り（ D_1 -変形）に加えて、複数の（少なくとも二度の）剪断変形（ D_2 -、 D_3 -変形）によって形成された。
2. デコルマ、ドラッグ褶曲、pinch & swell構造などの変形構造の特性はいずれも多彩で、延性条件下から脆性条件下にかけて剪断が起こったことが伺える。換言すると D_2 -、 D_3 -変形は、未固結段階に始まり、Riedel shearで特徴づけられる広域的な造構場まで継続した。
3. 複数の平行群の剪断面と、数方向の葉片状鉱物の配列を伴う、伊田層の主要な面構造（スレート劈開に近い特性を持つ）は、bedding fabric（ S_0 、 S^* ）を継承し、その後の造構変形 D_1 、 D_2 、 D_3 を経て完成した。

参 考 文 献

- Ager, S. M.: Shearing of partially consolidated sediments in a lower trench slope setting, Shimanto Belt, SW Japan. *Jour. Struct. Geol.*, **10**, 21-32 (1988).
- Brag, C. J., and Karig, D. E.: Physical properties of sediments from the Nankai trough, Sites 582 and 583. *Initial Rep. D. S. D. P.*, **87**, 827-842 (1985).
- Cowan, D. S.: Deformation of partly dewatered and consolidated Franciscan sediments near Piedras Blancas Point, California. In: *Trench-forearc geology* (edited by Leggett, J. K.). *Spec. Publs. Geol. Soc. Lond.*, **10**, 439-457 (1982).
- : Structural styles in Mesozoic and Cenozoic melanges in the western Cordillera of

North America. Geol. Soc. Ameri. Bull., 96, 451-462 (1985).

Davis, W., and Cave, R.: Folding and cleavage determined during sedimentation. Sedim. Geol., 15, 89-133 (1976).

Fisher, D. and Byrne, T.: Structural evolution of underthrust sediments, Kodiak Islands, Alaska. Tectonics, 6, 775-793 (1987).

Hiraga, H., and Shimamoto, T.: Textures of sheared halire and their implications for the seismogenic slip of deep faults. Tectonophysics, 144, 69-86 (1987).

弘畑佳之: 高知県幡多郡佐賀町及び大方町周辺に分布する四万十帯の地質. 高知大学卒業論文, (手記)(1981).

——・岡村 眞・平 朝彦: 高知県大方町～土佐佐賀町における四万十帯白亜系～古第三系. 日本地質学会第89年学術大会講演要旨, p. 231 (1982).

片岡美和・梅村隼夫: 四万十帯大山岬層中の劈開構造—特にスレート劈開形成時の歪みについて—. 高知大学学術研究報告, 36, 109-120 (1987).

甲藤次郎・小島文児・沢村武雄・須鉦和巳: 20万分の1高知県地質鉱産図及び同説明書. 高知県, (1960).

Maltman, A. J.: Some microstructures of experimentally deformed argillaceous sediments. Tectonophysics, 39, 417-436 (1977).

——: On the term 'soft-sediment deformation'. Jour. Struct. Geol., 6, 589-592 (1984).

——, and Knipe, R. J.: Shear-zone geometries in experimentally deformed clays: the influence of water content, strain rate and primary fabric. Jour. Struct. Geol., 10, 91-99 (1988).

中村和善: "スランプ層"の形成とテクトニクス. "スランプ層"の形成とテクトニクス—未固結堆積物に関する諸問題— 構造地質研究会・碎屑性堆積物研究会, p. 21-34 (1985).

Needham, D. T.: Asymmetric extensional structures and their implications for the generation of melanges. Geol. Mag., 124, 311-318 (1987).

嶋本利彦: 褶曲と剪断帯. 月刊地球, 36, 85-94 (1982).

——: 岩塩の剪断変形挙動と沈み込み帯におけるスラスト型(巨)大地震の機構. 固体と地球のレオロジー, p. 267-286 (1986).

平 朝彦・田代正之・岡村 眞・甲藤次郎: 高知県四万十帯の地質とその起源. 四万十帯の地質学とその起源—甲藤次郎教授還暦記念論文集—, p. 99-128 (1980).

Tchlenko, J. S.: Similarities between shear zone of different magnitudes. Geol. Soc. Ameri. Bull., 81, 1625-1640 (1970).

田村栄治: 高知県伊の岬北方に分布する古第三系の地質及び岩石構造. 高知大学卒業論文. (手記)(1979).

Wilson, C. J. L., and Hedouville, P. de.: Early cleavage development in the Late Ordovician of northeast Victoria, Australia. Jour. Struct. Geol., 7, 401-408 (1985).

Woodcock, N. H.: Structural style in slump sheets: Londow Series, Powys, Wales. Jour. Geol. Soc. Lond., 132, 399-415 (1976).

——: Sizes of submarine slides and their significance. Jour. Struct. Geol., 1, 137-142 (1979).

Woodward, N. B., Wojtal, S., Paul, J. B., and Zadins, Z. Z.: Partitioning of deformation within several external thrust zones of the Appalachian orogen. Jour. Geol., 96, 351-361 (1987).

山内増喜: 秩父盆地の中新統内の乱堆積構造. その1形態. 地質雑, 83, 475-789 (1977).

吉田鎮男・恒石幸正・木村敏雄: 四万十帯の巨大スランプ礫岩層(土佐佐賀地域). 日本地質学会第85年学術大会講演要旨, p. 398 (1978).

(昭和63年9月30日受理)

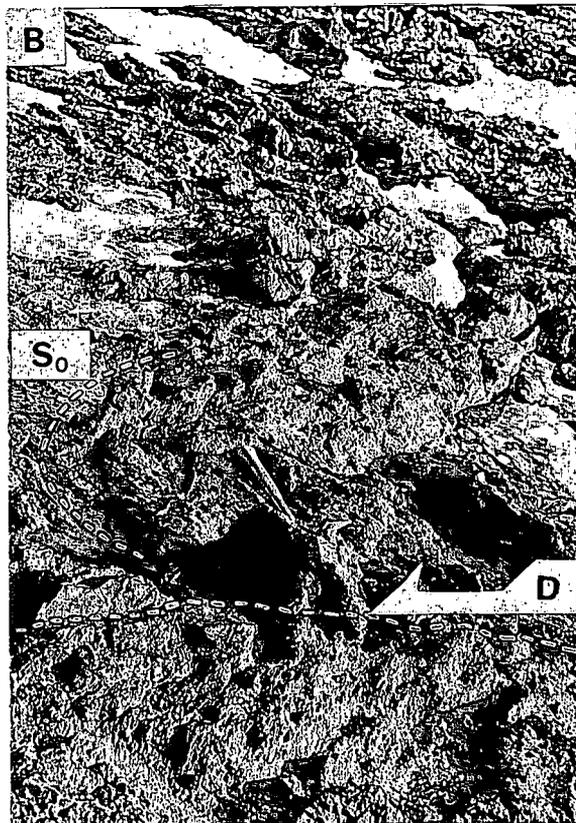
(昭和63年12月27日発行)

図版 I~V

図版 I 説明

図版 I A : 露頭でのスランプ褶曲の産状.

B : 露頭でのドラッグ褶曲 (A タイプ) の産状. So : 層理面, D : デコルマ

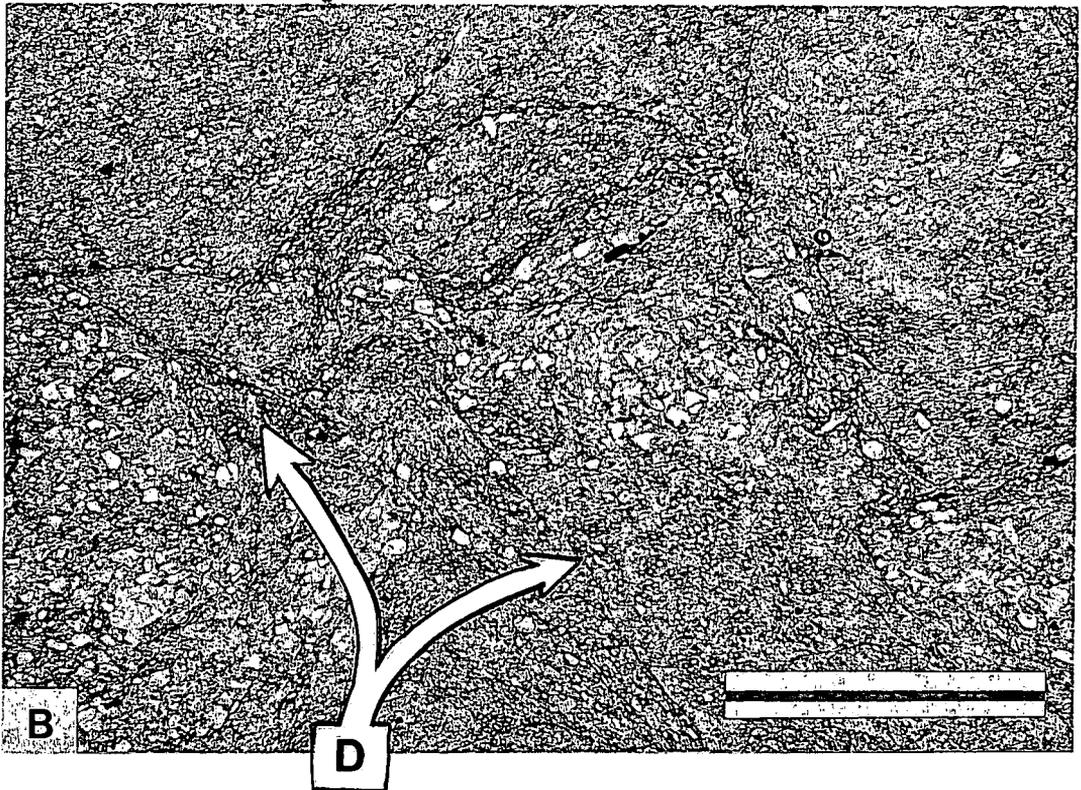
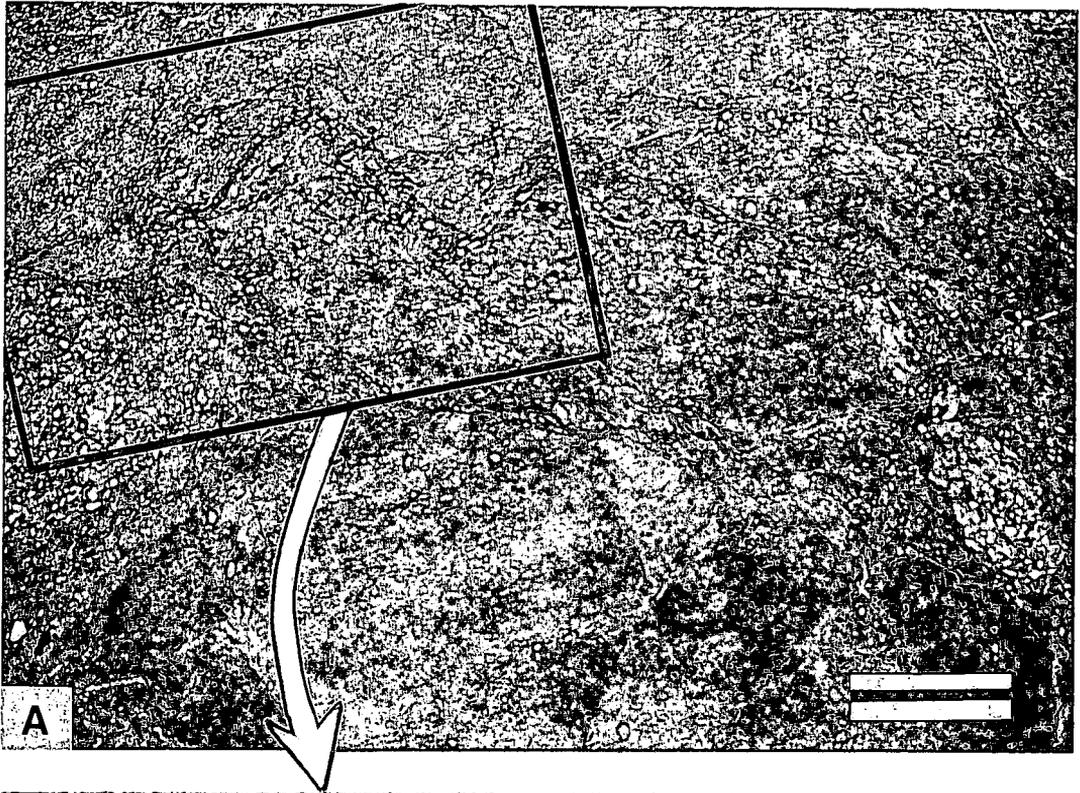


図版 II 説明

図版 II A : 鏡下でのスランプ褶曲の軸部の形態・砂岩層の膨縮がみられ、泥岩層中には砂岩層に概ね平行な面構造がみられる。局部的に、後の変形で改変されている。

B : 上述のスランプ褶曲の軸部の拡大・微小な剪断面で砂岩層が切られドラッグを引き起こしている。D : デコルマ

(各バーの長さは0.5mm)

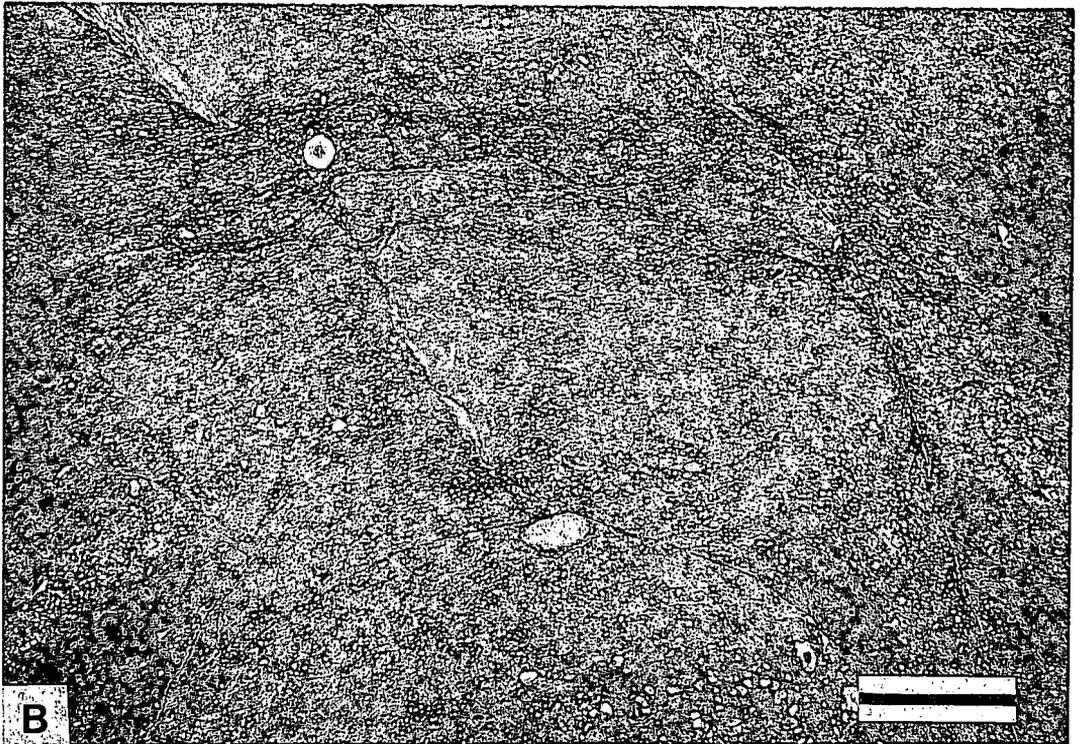
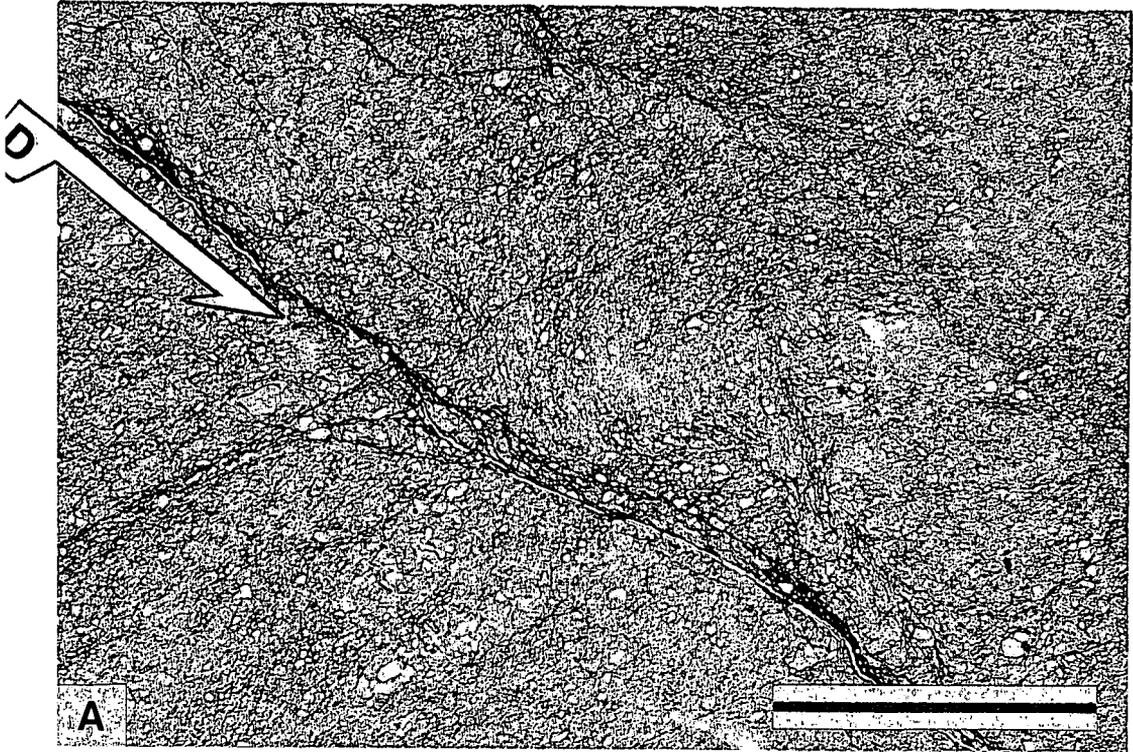


図版 III 説明

図版 III A : 鏡下でみられる, 微小なドラッグ褶曲 (Aタイプ). D : デコルマ

B : 鏡下でのドラッグ褶曲の軸部の形態. スランブ褶曲と異なり, 砂岩層 (左方) の膨縮がみられないことに注意. 泥岩層には, スランブ褶曲の場合と同様, 地層に平行な面構造が発達している.

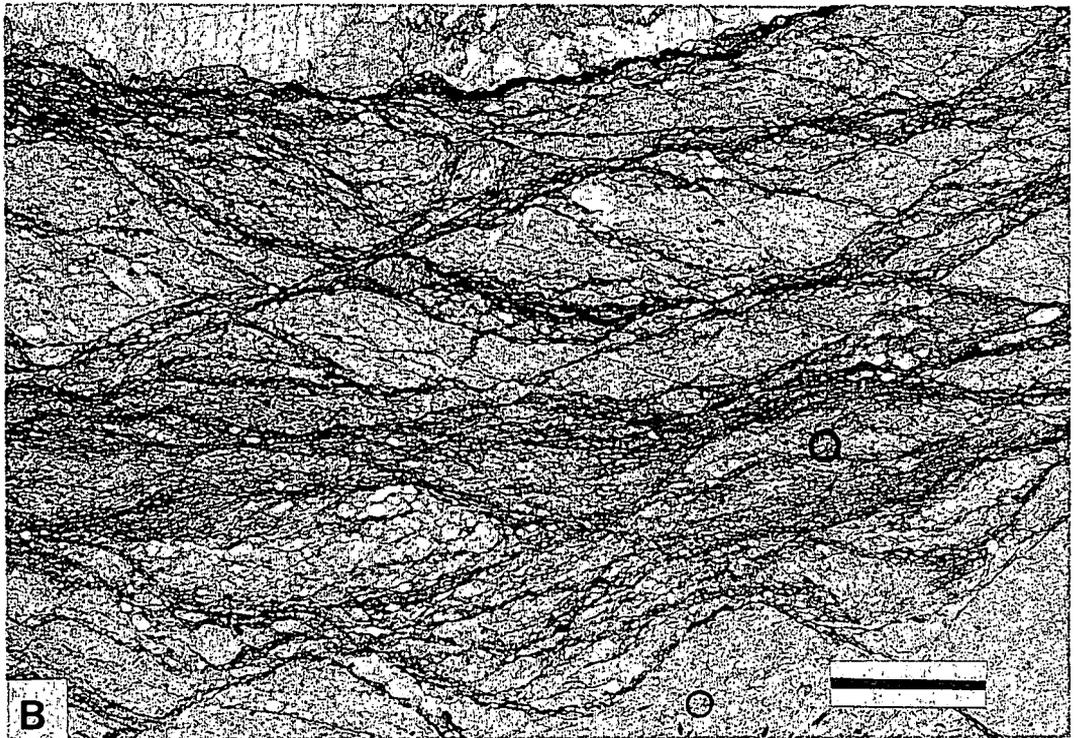
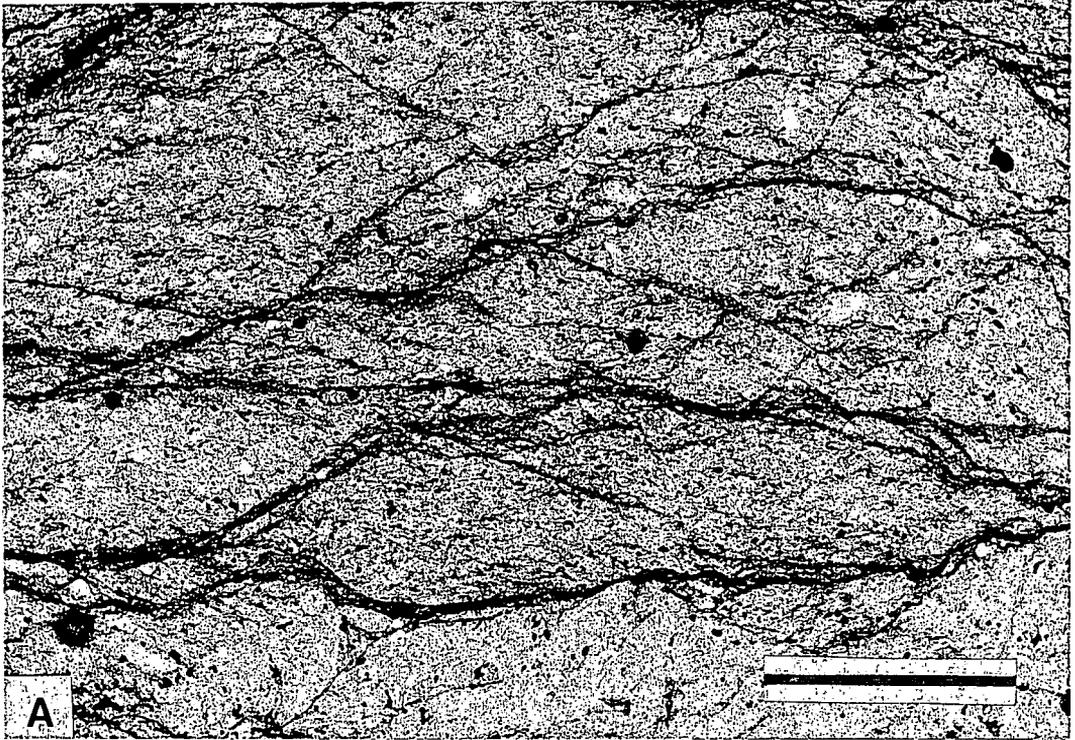
(各バーの長さは0.5mm)



図版 IV 説明

図版 IV A : 網状の剪断面. 横方向に走る面が, Riedel shear の Y 面に相当し, 二方向の斜めの面構造が, P, R, 面に相当する.

B : 網状剪断面内での砂岩層のレンズ化. Riedel shear の特性を持つ.
(各バーの長さは0.25mm)



図版 V 説明

図版 V 地層面に平行な最古期の微小な剪断面-S*. 後の剪断面で斜断されることに注意.
(各バーの長さは0.1mm)

