

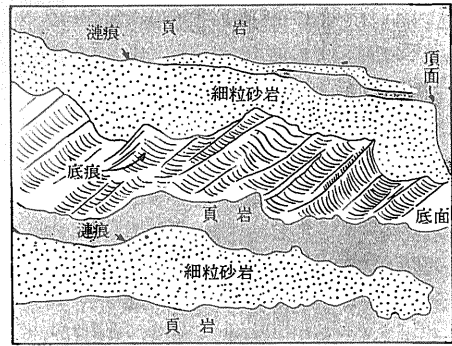
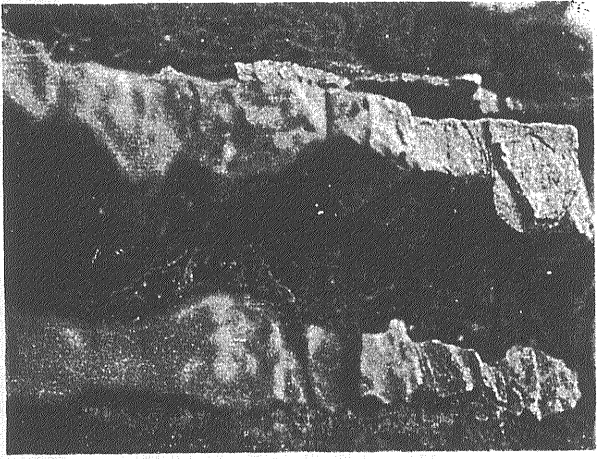
# 流痕と荷重痕

水野篤行

堆積岩の層理面には 凸型あるいは凹型のいろいろな形をした印象がみられることがある。 前述の漣痕もその1種である。 漣痕は砂岩単層の頂面によくみられるのに対して 砂岩単層の底面によくみられるものも多数ある。 これらは 水底の流水の作用によるもの 底棲動物のはい跡 そのほか 非生物起源・生物起源のもの 成因的にはいろいろであるが 底面にみられるものを一括して 底痕 (ソール・マークス sole marks または sole markings) とよんでいる。 底痕のうちのあるものは堆積時における物質の供給方向・流れの強さなどの環境条件の推定におおいに有効なものであり とくに古地理復元のための手がかりが少ない 単調な砂岩頁岩の有律互層を主とするアルプス地向斜地域のフリッシン相についてこの10数年間 多くの欧米の学者によって精力的に研究されてきた。 日本でも最近ではかなり意欲的な研究が進みつつある。 ここでは 底痕のうち非生物起源のものだけについて いくつかの例を紹介しよう。 第47図は砂岩頁岩の有律互層をつくる厚さ3~5cmの砂岩単層の頂面に漣痕が また底面に底痕がみられる1例である。 なお sole (英語) は足裏・靴底あるいは一般に底面・裏面のことを意味する。 非生物起源の底痕は 堆積時の水流の作用によって形成されたものと 堆積直後の変形作用によって形成されたものとに2大別することができる。 ここでは 前者を流痕 後者を荷重痕とよんでおく。 ただし 後で述べるように 両方の作用をうけて形成されたものも広くみられる。

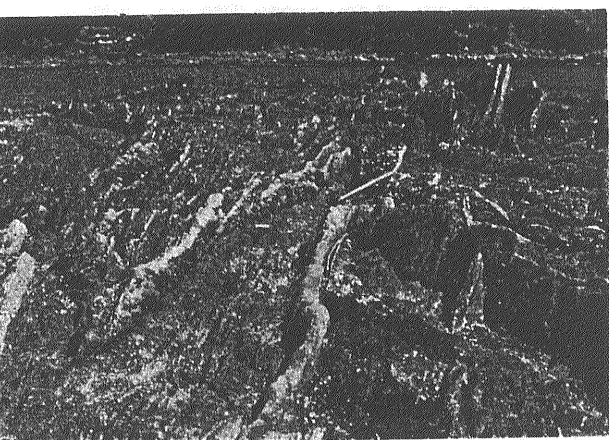
## 流痕

流痕はいわば水底における水流作用の化石ともいうべ

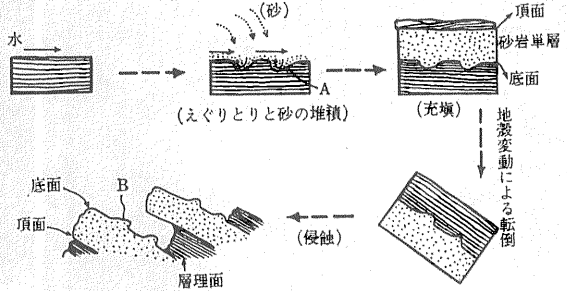


第47図 紀伊半島南部古第三紀牟婁層群の砂岩頁岩互層の1部分 (第46図の互層の部を近写したものである)

きものである。 成因的にも また形態的にも多少異なるタイプにわけられ それぞれに異なる名前があたえられている。 しかしいずれも 土砂を多量に混じえた密度の高いいわゆる混濁流が水底にそって流れる時にすでに堆積していた半凝固状態の泥土の表面を1部なんらかの作用でけずりとった跡と一般に説明されている。 けずりさられた跡そのもの (第49図のA 第55図) けずりとったあとでその上に堆積した すなわちけずりとられた跡を充填した堆積物の底面につく 跡の印象 (雄



第48図 紀伊半島南部古第三紀牟婁層群の小規模な等斜褶曲構造を示すフリッシン型の砂岩頁岩互層

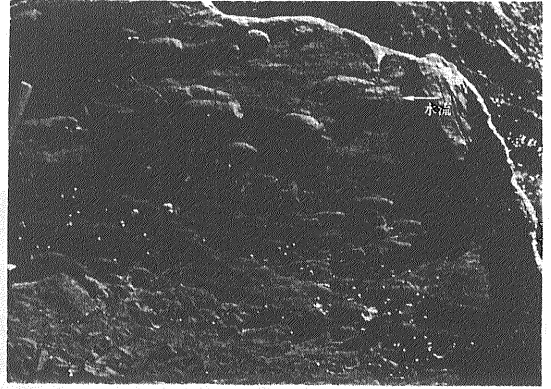


第49図 流痕の形式を模式的に示す

型カスト) (第49図のB 第50 51 53 54 56図) の両者をひっくりめて流痕とよんでおく。野外でみられる現象としては後者が圧倒的に多い。そして一般には砂岩頁岩互層の砂岩単層の底面に雄型としてみられることが多い。したがって 転倒層の場合にもっともよくみられることになる。流痕の代表的なものを 次表にまとめて示した。

作用	名称( )内はそれぞれの「型」を示す		
水流	あらいながし	フルート(フルート・カスト)	流痕
	ひきずり	グループ(グループ・カスト)	
	跳動	バウンス・マーク (バウンス・カスト)	
重力による差別的荷重	荷重痕		

**フルート・カスト (flute cast)** 流痕は一般に砂岩頁岩の有律細互層に多いといわれるが そのなかでもフルート・カストとよばれるものがもっとも普遍的にみられる。フルートとは丸溝の意味である。その雄型がフルート・カストとよばれる。形態・大きさに多少のちがいはあるが 一般に 平面的には長くのびた楕円状であり 立体的には 底面上の亜円錐状の隆起であり片側の端は丸くて底面とは明瞭にさかいし 他方の端は外側にややはり出しながら底面に次第にあわさっていくような形態を示している。底面上に数少なく散在する時もあれば 多くのものが密集することもある。また第50図の中上部左よりのところにみられるように2つ以上のフルート・カストが一部重なっていることも多くみられる。一般に フリッシ相とよばれる海成の有律の砂岩頁岩細互層に多いといわれ わが国でも事実そのようなものであるが そうでないものもある。最近 貝化石・岩相上の特徴から淡水成と考えられている 北西九州の野島層群大屋層の粗粒砂岩の底面上にも同様なフルート・カストが発見されている。第50図は前者の例を示し 第51図は後者の例を示すものである。このようなフルート(短形で丸い溝)は さきに述べたような混濁

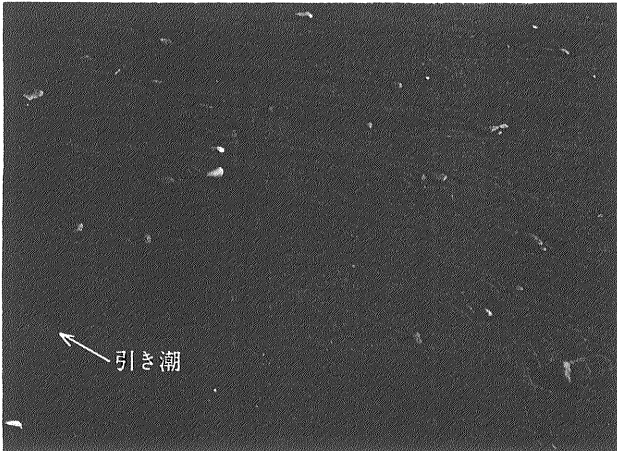


第50図 砂岩単層の底面上にみられるフルート・カスト 紀伊半島南部古第三紀牟婁層群の転倒した有律細互層

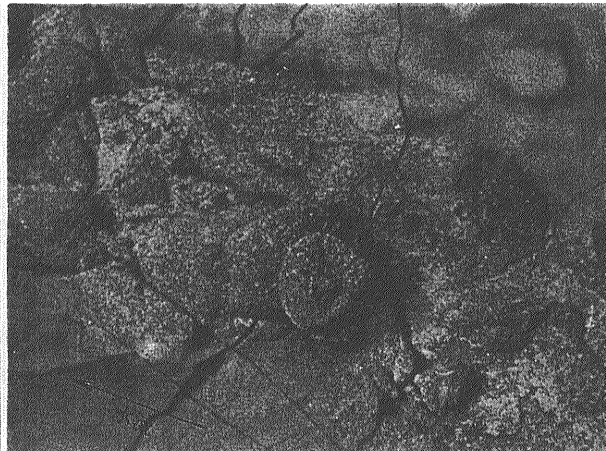


第51図 長崎県北松浦郡神崎付近の中新世の大屋層の中粒砂岩層の底面にみられるフルート・カスト(転石)(長浜技官撮影)

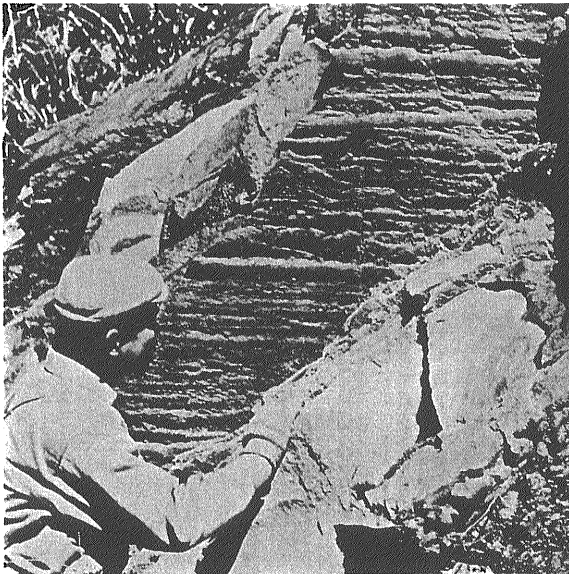
流が水底を流れる時に堆積している泥土の表面をそれぞれの形のように洗い流した結果 できたものと考えられている。泥土の上に新たに砂の堆積がある場合には一般に粗粒砂が先に沈積し 細粒砂が後に沈積し その結果として1枚の砂岩層に級化成層ができるわけであるが 凹みをはじめにうずめた砂粒は一般に粗粒となっている。24頁に示す第59図の下方にあるものからその様子がよくわかるであろう。



第52図 現在の海浜の砂地にみられる溝(東大 山下昇博士撮影)



第53図 紀伊半島南部古第三紀牟婁層群にみられる渦巻状のフルート・カスト



第 54 図 紀伊半島南部古第三紀牟婁層群の有律互層にみられるグループ・カスト(中央)(京大 原田哲明博士撮影)

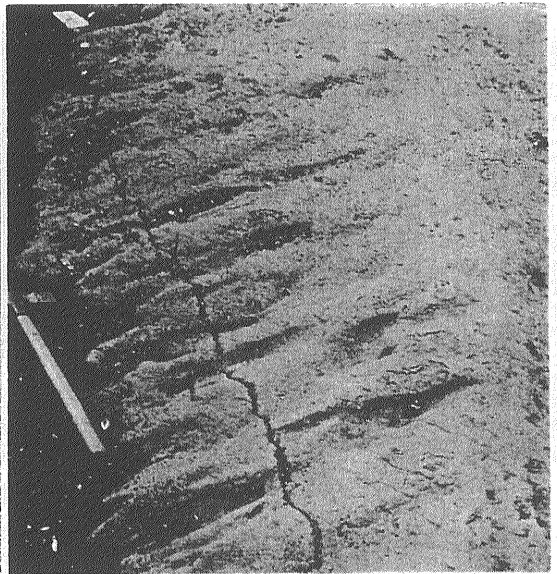
フルート・カストはその伸長方向についてみると かならず非対称形である。 図において矢印で示したように隆起の傾斜の強い方が上流側であって 傾斜の弱い方が下流側となる。 このために その方向の測定は堆積時の流れの向きを復元する場合にきわめて有用である。 フルートの形成は水底下でおこなわれる。 現在われわれはそれを川底でみる事ができる。

なお 海浜の砂地などで第52図に示すようなフルートにやや似た形の溝がみられる。 渚で小さな石などの障害物がある時 引き潮の力で 障害物の陰に図のようなフルート・カストとよく似た形の溝がつくられるのを多くの方は見ておられるにちがいない。 しかし これはフルートとは成因的にことなり 常に障害物のまわりに形成されている。

一般に凹みの上を水が流れる時にはその凹みの部分で渦流が生ずる。 砂粒が堆積する場合でもそれと同様な現象がおこるのであろう。 それの“化石”ともいうものが発見されることがあるが 第53図はその1例である。

グループ・カスト (groove cast) 流痕の1つの型で第54図のように細長く線状にのびた底面上の隆起をグループ・カストという。 グループとは細長い溝を意味する。

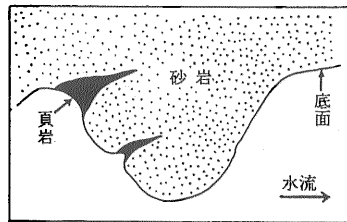
成因的にはフルート・カストとちがひ混濁流が流れる時にそれに含まれているなんらかの物体が水底の泥土をひっかいた跡だといわれている。 それには混濁流の強さが関係あるらしい。 第54図では1つの地点でグループ・カストとフルート・カスト起源と思われるロード・カストがみられる場合があるが この場合には図に示さ



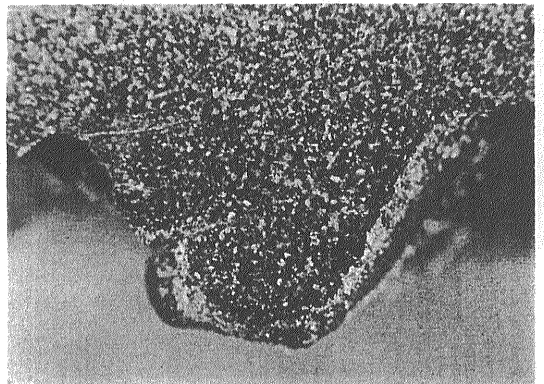
第 55 図 三浦半島油壺の中新世三崎層にみられるバウンス作用による溝

れているように それぞれ別の砂岩単層の底面についている (ロード・カストは写真の右下部にみられる)。 しかしフルート・カストとグループ・カストが 同一底面上に 共存することもある。

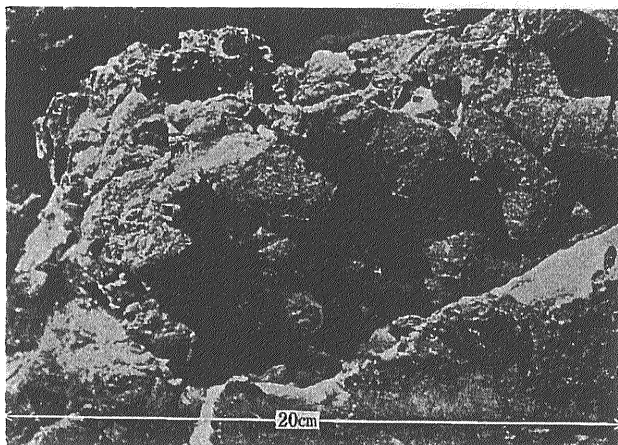
バウンス・カスト (bounce cast) 形の上では バウンス・カストとよばれるものはフルート・カストとグループ・カストとの中間的なものである。 細長くのびるが そののびはグループ・カストほどでなく舟底形の隆起を示す。 バウンスとは跳躍を意味する。 混濁流の力で水底の泥土上を礫などのかたい物質がはねとぶように動く際に泥土の表面をえぐりつつ結果できた浅い



第 56 図 紀伊半島南部古第三紀牟婁層群にみられるフルート・カストの研磨縦断面 倍率×3



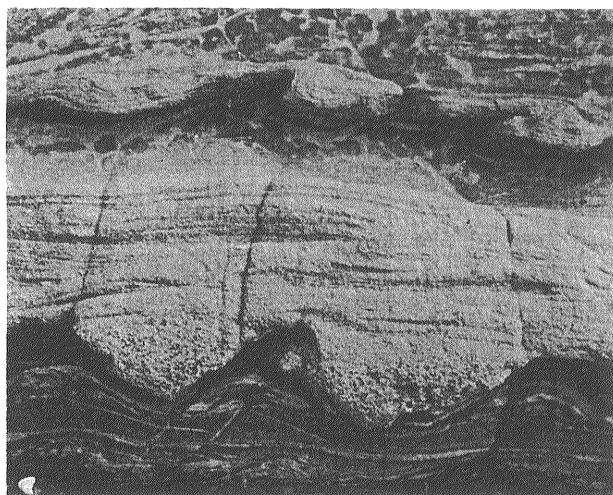




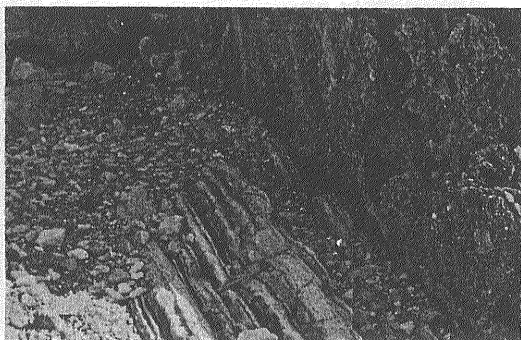
第 57 図 紀伊半島南部古第三紀牟婁層群の垂直層にみられる荷重痕



第 58 図 紀伊半島南部古第三紀牟婁層群の転倒層にみられる荷重痕



第 59 図 紀伊半島南部古第三紀牟婁層群にみられる荷重痕の断面 第 60 図の垂直層を右にむかって上から撮影したもの。この図にみられる諸構造から第 60 図の垂直層で右側が本来の上位であることがわかる。倍率  $\times 1/3$



第 60 図 第 59 図の露頭全景

溝と考えられている。第 55 図は 三浦半島油壺の東大臨海実験所のすぐ近くの海岸に露出する 三崎層の凝灰質細粒砂岩層の頂面に印せられている バウンス作用によって形成されたとと思われる溝である。この砂岩層の上位にはスコリヤ質の凝灰質粗粒砂岩があり もし その粗粒砂岩の底面に雄型としてのこされているならばこれがバウンス・カストとなる。

グループ・カストとバウンス・カストとは もちろん その伸長方向にそって水が流れたことを示すものであるが フルート・カストとはちがって どちらの方から水がきたものであるか示さない。

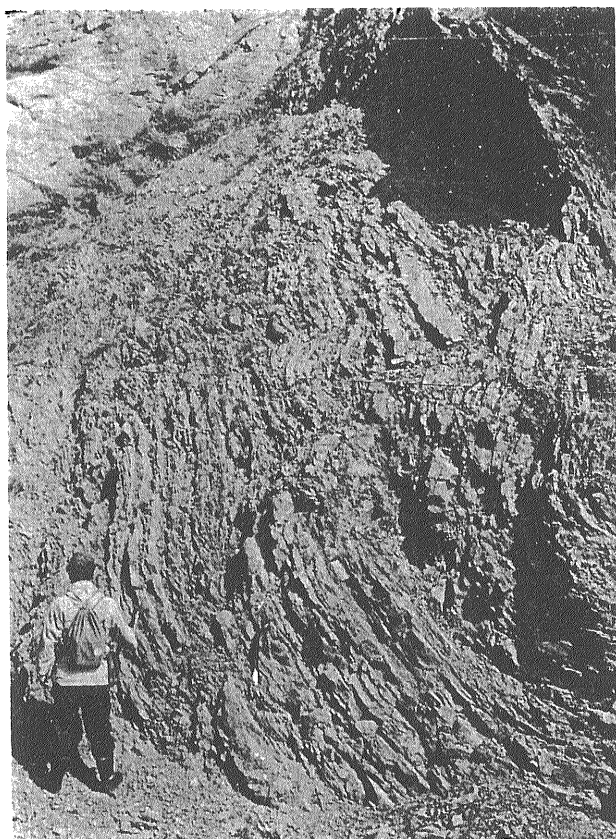
以上の 流痕は 多くの場合に 堆積直後にうける荷重作用によって 多少の変型をしている。

これには ほとんどもとの形をくずしていないものからひどく変形しているものまで いろいろな段階がある。第 56 図は一見変形していないが よくみるとスケッチに示すように 下位の頁岩の“しぼり出し”(squeezing この語には“無理に押し込む”という意味もある)がみられる。このような構造は堆積時にはできないもので 堆積直後に下位のプラスチックのような状態にある泥が 荷重作用によって 上位の砂のなかにしぼり出された結果とみられる。

**荷重痕 (load cast)** 上らんでかたんにふれたように 堆積物が完全に固化せず半凝固の状態にある時に堆積物自体の重みで あるいは そのほかのなんらかの力のために堆積層に差別的に荷重がかかると 荷重のかかったところが沈下し そうでないところは相対的に上昇することになる。これを荷重作用(ローディング loading)とよんでいる。そして その結果できた底面上の隆起部を荷重痕とよんでいる。前記のようにフルート・カストから発達したもの そのほかいろいろの場合がある。鏈痕から発達したと考えられるものもかつて四国の室戸半島の古第三紀層から発見されている。一般には 荷重痕は“流痕”とちがって 無方向性であ

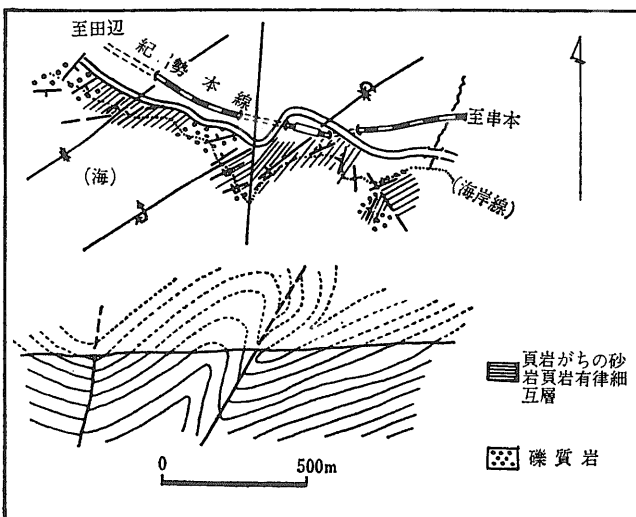
りまた形大きさも著しく多様であるとされている。  
 筆者が経験したところでは 概して 厚い そして粗粒の砂岩層では非常に大型である。 しかし うすい砂岩層の場合にも時には大型のものがある。 第57・58両図はフルート・カストが荷重作用によって 著しく変形し荷重痕になったものを示している。 両図とも方向性は残されており また第58図では一部に明らかにフルート・カストの形が残されているが(とくに右下部) 大部分については フルート・カストの原形がみられない。

第59図は 1地点で2つの型の荷重痕がみられる例を示したものである。 ただし いずれも断面だけであって 荷重痕の平面的な形と広がりにはわからない。 図の中央の砂岩層は小規模のクロス・ラミナをもちながら全体としては級化成層を示し とくにその下部で著しいものである。 下部の粗粒部は 下位の頁岩層頂面のフルートをうずめて堆積したものと思われる。 一方 下位の頁岩の葉理は 砂岩の底面にほぼ平行しながらその凹凸にそって波うっており また 図の中央下部で頁岩が一部砂岩の間にしぼり出されていることがおわかりであろう。 単なるフルート・カストではこのような現象はみられない。 これらはこの断面がフルート・カストから発達した荷重痕であることを示しているのである。 図の上部にあるうすい砂岩層では かなり様子が異なっている。 すなわち ここでは砂岩層自体が波うち微褶曲をしていることがみとめられる。 下位の頁岩については塊状であるためにその構造は不明であるが おそらく砂岩とほぼ平行に波うっているもので 堆積後に横からの荷重が加わってできた荷重痕の1つの型を示しているものであろう。 荷重痕の形成にはいくつかの異なる過程があるが 筆者がいままで扱った例では フルート・カストから発達したものが最も多いと思われる。 なお名称についてはフルート・カストが荷重をうけた

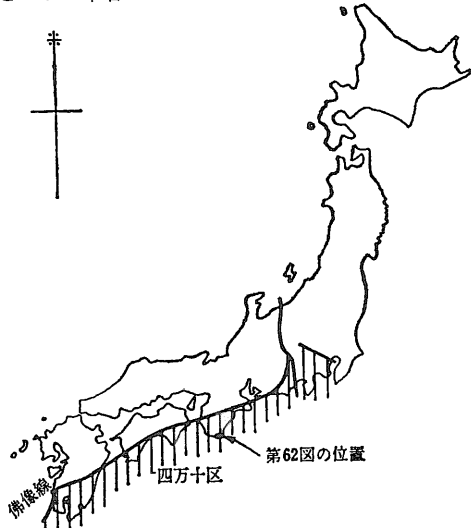


第 61 図 紀伊半島南部古第三紀牟婁層群の褶曲している砂岩頁岩の細五層

結果できたものをフルート・ロード・カストとよぶような 使いかたもある。 しかし 実際にはフルート・カストは多かれ少なかれ荷重作用をうけていることが多い。 また典型的なフルート・カストから典型的なロード・カストまで 極端にいえば形の上では連続的になっている。 いまのところ 筆者は フルート・ロード・カストとい



第 62 図 紀伊半島南部古第三紀牟婁層群の踏査図と地質断面図の1例 (水野篤行・今井功 原図)



第 63 図 四万十区の位置図

う用語は使わずに 荷重作用をうけていてもだいたいのところフルート・カストの形をもっているものをフルート・カストとよび その原形をほとんどどめていないものをロード・カストとよんでもそれほど混乱はおこらないのではないかと考えている。

おわりに 流痕と荷重痕とについて 筆者が調べた紀伊半島南部の牟婁層群におけるいくつかの例を中心として述べた。流痕には ここに紹介した以外にもいくつかの型が知られているが 残念ながら手許に適当な写真がないので また別の機会にふれることにしたい。本文中ですでにふれたように これらは 牟婁層群のおもな構成相であるようなフリッシュ型といわれる砂岩頁岩の有律細互層に非常に多くみられるものである。

西南日本外帯においては 三疊紀ないしジュラ紀以降第三紀中頃まで地向斜状態にあったと思われる四万十区の堆積物(四万十累層群といわれる)が 著しい造構運動によって 全体として等斜褶曲を示したり局部的にひどく擾乱している。そのうち古第三系と考えられる部分(牟婁層群はこれに当たる)には 非常に厚いフリッシュ型の地層が発達していてその層序 構造の解析がむずかしく 全体的に まだあまりよくわかっていない。流痕・荷重痕は前節で述べられた級化成層・漣痕 次節で紹介する生痕化石の1部とともに 地層が正常層か転倒層かを野外で判別するための非常によい鍵になるのである。その判別は等斜褶曲をしている地層の構造を知る

上には絶対欠かすことができないものである。また流痕の1部 とくにフルート・カストは堆積時における堆積物を供給した水流の方向を示し その解析が堆積時の古地理的諸条件を知る上で1つの手がかりとなることは すでに欧米諸国の学者が示しているところである。まさにこのようなところに 上に述べた 地層にみられる諸現象のくわしい観察の実用的価値 があるといえるのである。第63図に 紀伊半島南部の牟婁層群について 筆者が流痕その他の 地層にみられる初生的構造の観察に基づいて描いた地質断面図を示した。図の大部分では 地層は北東の走向で北にかたむいている。一見単斜構造のようであるが 詳しく調べた結果 実は断面図に示すような等斜褶曲構造であることがわかったのである。

しかし 1つ問題がある。というのは実用的価値は別として とくに流痕については 日本ではまだまだあまり系統的には研究されていないことである。筆者自身まだくわしい研究をやっているわけではなく 実は本文中に述べたいいろいろの型の流痕の成因に関しては「借りもの」なのである。これらを利用して未解決の層序・構造・古地理を明らかにすると同時に 成因を是非わかれわれ自身で究明していかなければならない と筆者は考えている。この項をまとめるにあたって 地質調査所の寺岡易司技官から貴重なご意見をいただいた。同氏に厚くお礼申し上げる。(筆者は地質部)

## 化 石

### ～生痕の2例～

水野篤行

古生物の生活した跡がなんらかの形で残されているものを総称して 生痕 とよぶ。生痕には足跡・はい跡・巣穴・排泄物そのほかがふくまれる。いわゆる砂管の多くは巣穴であることが最近の研究でわかっていて これも生痕に属する。ふつうの化石は古生物が死後多かれ少なかれ運搬され埋没した結果のものであるが これらは古生物が生活していた場所そのものを示すので とくに堆積環境を推定する上の重要な武器として注目されている。しかし 研究がむずかしいので 一般に まだそれほど研究が進んでいないのが現状である。ここでは 紙面の関係もあり2つの例を紹介するにとどめ 改めて詳しい紹介をすることにしよう。

その1つは 前節で多くの例をひいた紀伊半島の古第

三紀牟婁層群に 非常に多数みられるもので 第64 65 両図に示したものである。とくに細粒ないし微粒の砂岩単層の底面にはほとんど凸型の形でどこでもみられる。いわゆる底痕の1つを構成するもので 地層の上下判別のよい規準となる。かつて高知大学の甲藤次郎博士が四国の室戸層群から発見して *Tosahelminthes curvata* と名づけた化石によく似た形をしているが 多少ちがう点もあり はたしてそれと同じものかどうかは疑わしい。甲藤博士はそれのある種の環形動物の海底下におけるはい跡だと考えたが ここに示したのもおそらくはい跡 正確には はい跡の型 と思われる。

もう1つのタイプの生痕を第66図に示した。これは 洪積世の下末吉層(写真の左上半部)が堆積する以前に 海岸の岩礁をつくっていた鮮新世の三浦層群上部層の泥岩(写真の右下半部の白っぽい部分)の表面に 穿孔貝のカモメガイのなかまが穴をあけた跡である。穿孔貝は石や木に自分の力で穴をあけて そのなかで生活するのであるが 時には貝の化石が穴の底にみられることもある。このようなタイプの生痕は 上下の地層の間に下