

立壁沢砂岩泥岩層の層序と堆積機構についての一考察

一 美ヶ原三城地域の湖成層の研究 その2—

田中邦雄^{*1}・遠藤忠慶^{*2}・堀内 義^{*3}・川久保清仁^{*4}
窪田英夫^{*5}・永田勇夫^{*6}・吉田 稔^{*7}

まえがき

美ヶ原三城地域は、湖成堆積物と火山噴出物により形成され、美ヶ原は侵食によるメサ地形を形成していることについては既に報告した(1979.田中他)。

この地域の湖成堆積物は、中新世初期の内村累層の緑色凝灰岩やこれを貫く石英閃緑岩を不整合におおって堆積したもので、軽微な不整合によって三城累層、扉峠累層、美ヶ原累層に分けられている。(1979.田中他)

美ヶ原累層は、輝石安山岩質の凝灰角礫岩や溶岩を主とした累層であるが、この中に砂岩、泥岩を主とし、礫岩や凝灰角礫岩をはさむ立壁沢砂岩泥岩層が含まれている。この中には淡水産珪藻化石が含まれており、また多くの堆積構造が観察される。

昭和54年5月—8月にかけて、立壁沢砂岩泥岩層の調査を行い、層序などを明らかにしたのでここに報告する次第である。

この調査には寺平宏氏、下平真樹氏、永井節治氏、熊井深志氏、林孝雄氏に野外調査を手伝っていただいた。これらの方々に記して謝意を表する次第である。

1. 美ヶ原累層

美ヶ原累層は美ヶ原高原の頂上部付近を作り、美ヶ原凝灰角礫岩溶岩層と立壁沢砂岩泥岩層に分けられる。

美ヶ原凝灰角礫岩溶岩層は、美ヶ原高原一帯を作り、輝石安山岩質の凝灰角礫岩を主とし、その中に数枚の輝石安山岩溶岩およびわずかの泥岩層・砂岩層をはさんでいる。凝灰角礫岩は輝石安山岩の角礫を凝灰質の物質が膠結しているもので、固結度は低い。この中に数枚の砂岩層をはさむが、部分的であり連続性がなく、分級度が低く、固結度も低い。しかし、層理はかなりはっきりしている。

輝石安山岩の溶岩は、4～6枚ほど観察されるが、厚さも夫々異なり、連続性のあるもの、極めて部分的にしか分布しないものなど様々である。

立壁沢砂岩泥岩層はエボシ岩西方の立壁沢およびエボ

シ岩南の沢にだけ局部的に分布するもので、前記の美ヶ原凝灰角礫岩溶岩層と同時に異相の関係を示すものと考えられるが、美ヶ原三城地域の地史を考察する上で極めて重要な存在であるので、特別にとりあげた。

2. 立壁沢砂岩泥岩層

エボシ岩の西方にごく限られた分布をしている。分布の最上部は標高1800mで輝石安山岩の溶岩に境され、接触部付近の粗粒砂岩は熱の影響を受け、かなり焼かれている。最下部は標高1645mで、これ以下は安山岩類の岩層におおわれて明らかでない。この層はほぼ水平に近い堆積層であるために、層厚は150mと考えられる。砂岩・泥岩・砂質泥岩を主とし、礫岩や凝灰角礫岩・凝灰岩をはさむ一連の堆積層である。淡水性の珪藻化石を多量に含み、堆積構造や断層が多く観察される。岩相上、下位から下部層砂岩泥岩互層、中部層砂岩凝灰角礫岩層、上部層砂岩泥岩層、最上部層凝灰角礫岩砂岩層の4層に区分される(第1図 柱状図)。

以下、区分した各層について説明する。

1) 下部層砂岩泥岩互層

砂岩と泥岩の互層を主とし、泥岩・砂岩をひんぱんにはさみ、凝灰岩(2枚)と凝灰角礫岩(1枚)をはさむ。最下部に礫岩(1m)がある。全体的に凝灰質であることが特徴である。層厚は37m、下部は砂岩泥岩互層が多く、スランプ構造(slumping structure)、単層内褶曲(convolute bedding)などの堆積構造が多く観察され、上部は砂岩がかなり多くなる。砂岩の中には級化成層がみられ、この部分の堆積時はかなりおだやかな堆積であったことを示している。また、変動を示すスランプ構造や単層内褶曲とおだやかな堆積を示す級化成層の両者が交互にみられることは、堆積環境がひんぱんに変化したことを示している。

泥岩や砂質泥岩の中からは珪藻の化石の産出が多く、20種ほど識別されているが、特に *Stephanodiscus astrea* や *Stephanodiscus omarensis* が多い。下部の泥岩

*1 信州大学教養部地学研究室

*2 長野東高校

*3 塩尻両小野小学校

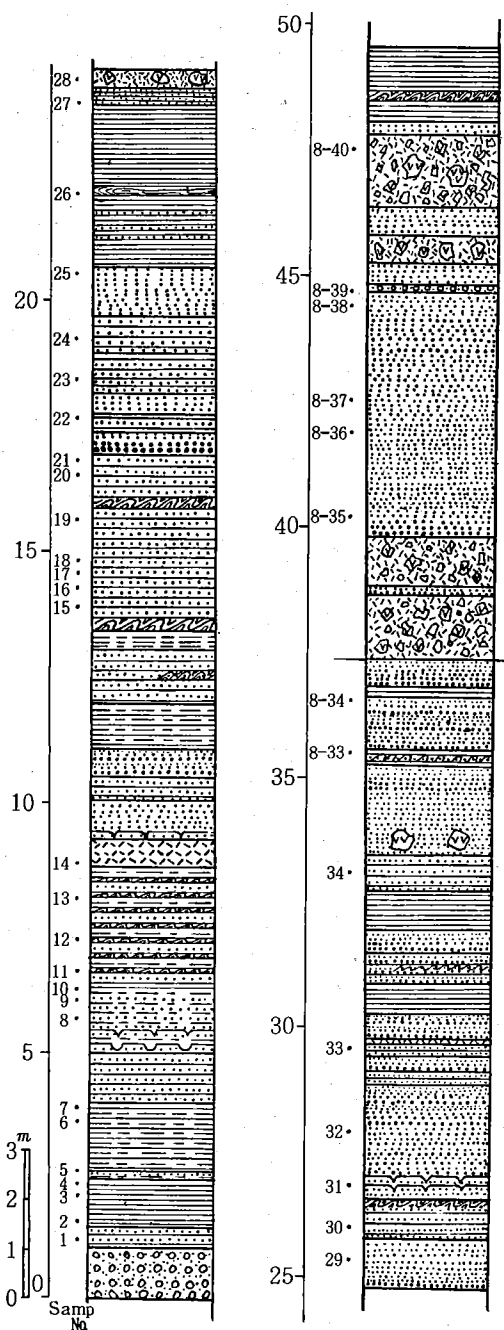
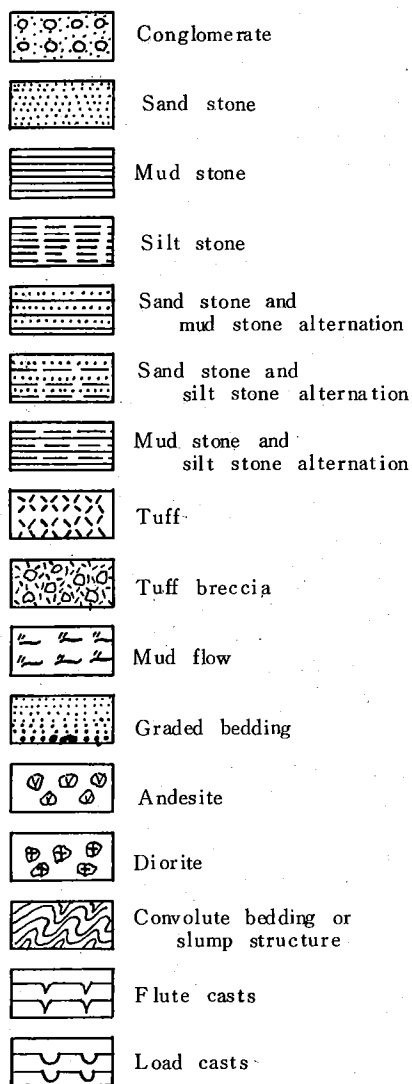
*4 木曽大桑中学校

*5 上田第四中学校

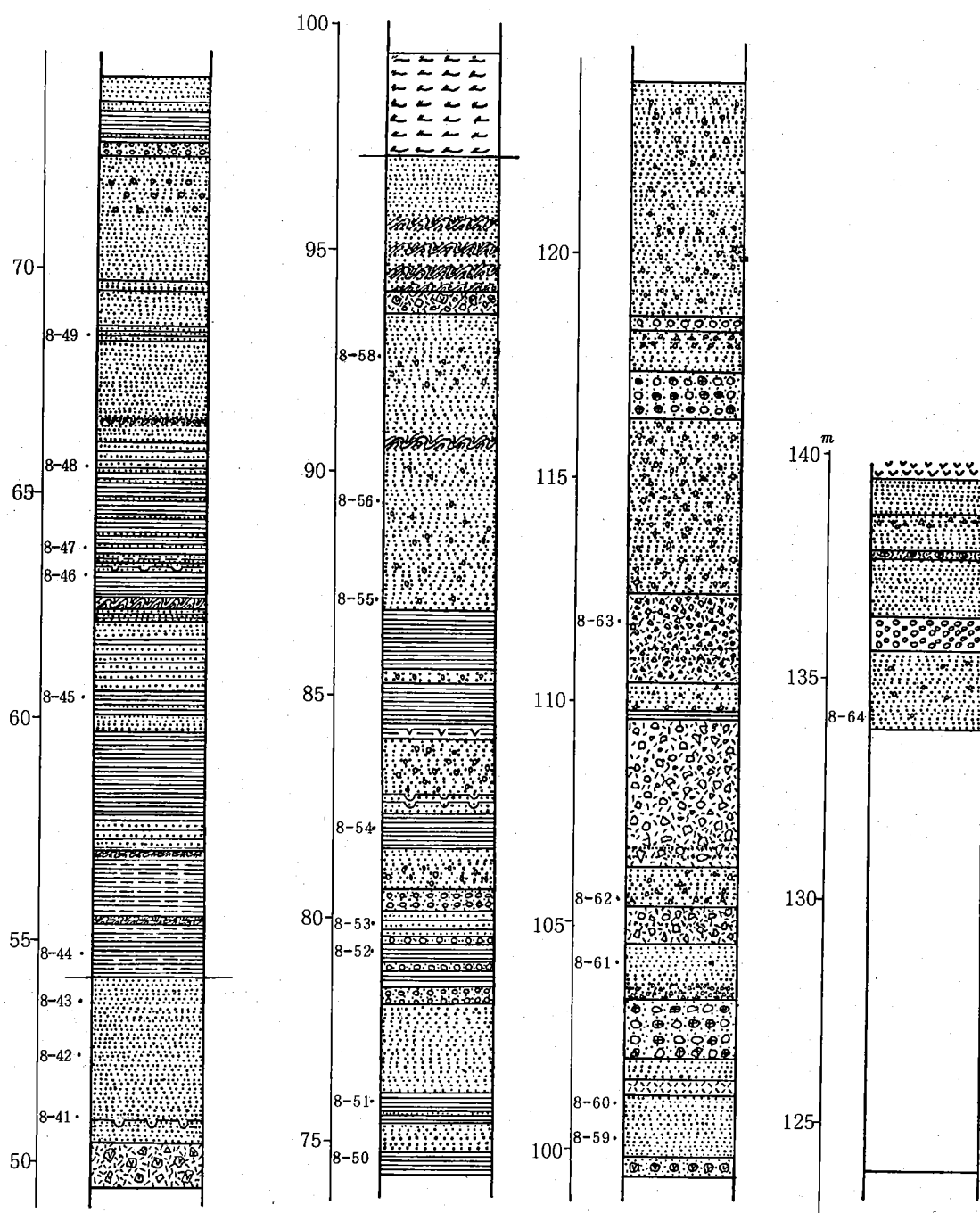
*6 塩尻広丘小学校

*7 上田城下小学校

凡 例



第1圖 柱 狀 圖



からは両者に加えて, *Melosira granulata*, v. *angustissima*が多く産出する。最下部の礫岩は, 輝石安山岩質の径6~15cm大の垂円礫で構成され, 風化がはげしい。マトリックスは凝灰質の粗粒砂岩でかたい。厚さ1mである。

2) 中部層砂岩凝灰角礫岩層

凝灰角礫岩と砂岩よりなり, 泥岩と礫岩をはさむ。凝灰角礫岩中の角礫は, 径15~30cm時には100cmに達する輝石安山岩の垂円礫で, マトリックスは凝灰質砂岩である。

砂岩は粗粒~細粒で, 級化の発達するもの, ラミナの発達するものがある。全般に凝灰質である。

泥岩は厚さ1.55mで灰色, ラミナの発達が見られる。

全体の厚さは17.15m, 本層の中にはスランプ構造や単層内褶曲はみられない。珪藻化石は4種類確認されるだけであるが, *Stephanodiscus omarensis*が目立つ。

3) 上部層泥岩砂岩層

泥岩と砂岩を主とし, 下部に砂岩泥岩互層, 上部に礫岩層(5枚)と凝灰角礫岩層(1枚)をはさむ。砂岩は中粒~粗粒, 全体に凝灰質, 下部では級化が目立つが, 上部は礫質となる。礫岩には径2~3cmの安山岩質の垂角礫が多く, マトリックスは砂質である。下部の泥質~砂泥互層にはスランプ構造や単層内褶曲が多い。一部にうすい褐鉄鉱層をはさむ。

この層には珪藻の化石が極めて少なく, 15箇所サンプリングした中で5箇所しか産出していない。しかも層準ごとに異った種が優占種となっており, 堆積環境のいちじるしい変化が考えられる。優占種は下位より *Stephanodiscus astrea*, *Stephanodiscus omarensis*, *Melosira granulata*, *Epithemia turgida* である。

4) 最上部層凝灰角礫岩砂岩層

砂岩と凝灰角礫岩を主とし, 礫岩(5枚)をはさみ, 凝灰岩(1枚), 泥岩(1枚)の薄層をはさむ。層厚は全体で42.43mであるが, うち上部の約10mは露出がなく不明である。

砂岩は大部分が粗粒であるが, 級化の発達するものがあり, 一枚の単層についてみると, 下部が礫質, 上部が中粒となる場合が多い。また時には細粒砂岩と粗粒砂岩の互層する部分もある。砂岩中には褐鉄鉱の薄層(確認されたものは10枚)があり, これは鉄バクテリアの作用によって沈殿したものと考えられる。

凝灰角礫岩は, 礫の大きさは層準により不ぞろいであるが, 最下位のものは径

30~40cm大で大型である。他のものは径3~4cmのものが多く, 礫はいずれも輝石安山岩の角礫で, マトリックスは凝灰質砂岩である。凝灰角礫岩の中には粗粒砂岩や凝灰質砂岩のはさみをもつ部分があり, また, 時にはやや炭化した木片(下位のもの)や褐鉄鉱の薄層をはさむ部分がある。

礫岩は5枚はさまれているが, 礫は径2~3cmの小礫で, 輝石安山岩の垂角礫が多いが, 中部の2枚には閃緑岩の礫が含まれていることが注目される。マトリックスは砂質が多いが一部は凝灰質である。このほか下部には凝灰岩(31cm)と泥岩(16cm)がはさまれている。

本層の中からは珪藻の化石の産出は少なく, 砂岩や凝灰角礫岩にはさまれる細粒砂岩の薄層から *Cymbella tumida*, *Gomphonema* sp., *Pinnularia* sp., *Rhopalodia* sp., 他数種をわずかに産出するにすぎない。

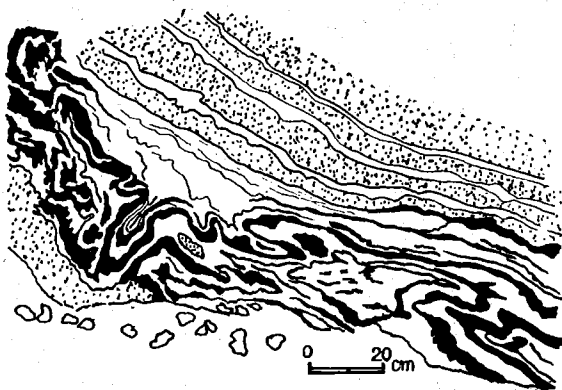
3. 堆積構造について

立壁沢砂岩泥岩層中で観察された堆積構造は, 変形構造と変位構造に分けられる。変形構造には単層内褶曲またはスランプ構造があり, 変位構造には数多くの断層がある。

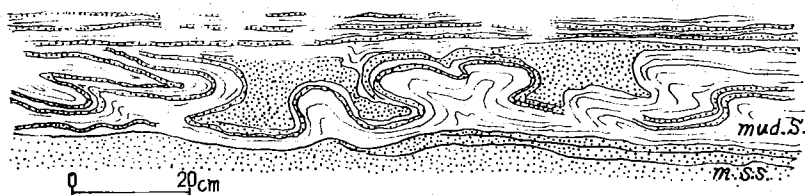
1) 変形構造

変形構造を形成する単層内褶曲またはスランプ構造と考えられる変形帯は厚さ20~70cmである。

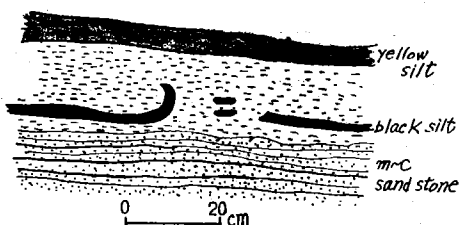
単層内褶曲やsmall slump structureは立壁沢砂岩泥岩層の下部から中部にかけて比較的多く存在する。砂



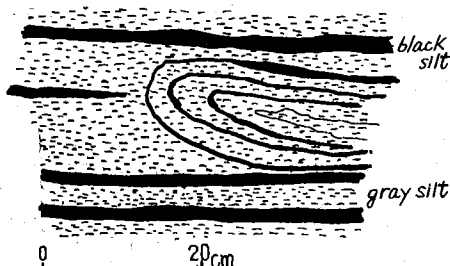
第2図 立壁沢砂岩泥岩層中の変形構造



第3図 立壁沢砂岩泥岩層中にみられる変形構造

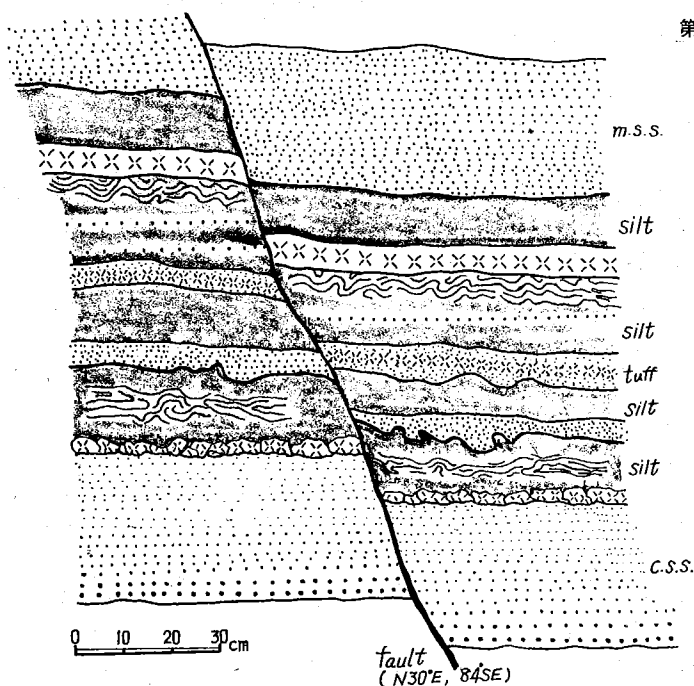


第4図 立壁沢砂岩泥岩層中の変形構造



第5図 立壁沢砂岩泥岩層中の変形構造

岩泥岩互層、泥岩砂岩層中では、互層部の一部に変形帯としてはさまれているが、凝灰角礫岩砂岩層では分級度の低い、また固結度の低い粗粒砂岩や礫質砂岩の一部が複雑に変形した状態で存在している。泥岩層の上面には、



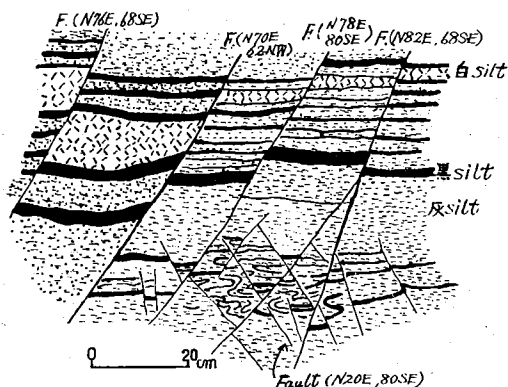
第6図 立壁沢砂岩泥岩層中にみられる minor fault および sedimentary structure

明らかに流れによって生じたと思われる構造が数ヶ所で観察されるが、いわゆる flute casts 等の流痕とは性格を異にするものと思われる。測定した条痕の方向は、 $N 58^{\circ}W \leftrightarrow S 58^{\circ}E$ であった。

中上部の砂岩層には、級化成層の発達が著しく、岩相は暗灰色ないし褐色の中粒～粗粒砂岩で、粗粒一中粒一細粒とみごとに变化し、一部には、礫質砂一粗粒砂一中粒砂と変化している部分もある。また、級化成層と他の単層（泥岩層）が互層をなしているところも観察される。

2) 変位構造

立壁沢砂岩泥岩層の下部から上部にかけて、多くの断層が観察される。これらの断層は、ほとんど全部が正断層で、落差は数10cm前後のものと数mに達するものとがあ



第7図 立壁沢砂岩泥岩層中の層内断層

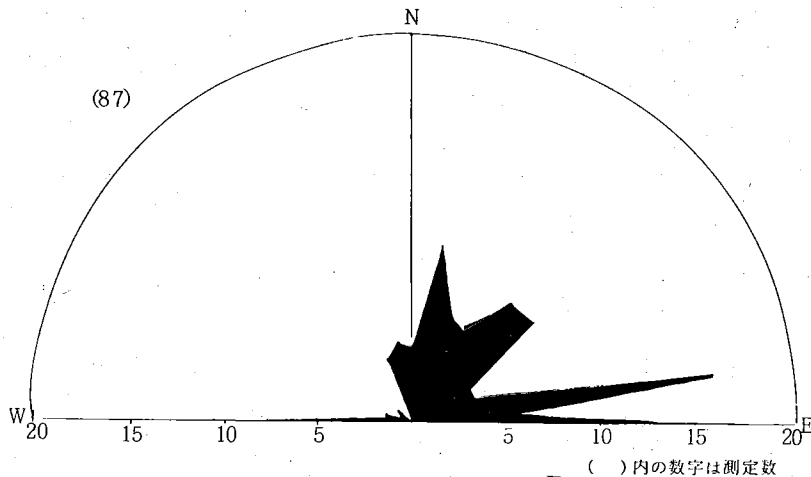
る。同時断層 (Penecontemporaneous fault) と、ある程度の厚さに堆積が行われた後に、断層運動によって生じたものがあるものと考えられる。断層面の傾斜は、南ないし南東の方向の傾向が多く、断層面の走向方向は、東西性の傾向が顕著にあらわれている（第8図）。

3) 立壁沢砂岩泥岩層の堆積環境についての一考察

立壁沢砂岩泥岩層の互層中に発達する堆積構造をもとにして、本層の堆積環境について考察したい。

観察された堆積構造は、灰白色ないし白色の泥岩（一部凝灰質）と暗灰色ないし暗緑色ときに紫色をした中粒砂岩の地層からなり、変形を受けている厚さは20～70cmである。砂岩・泥岩の単層の厚さは1cm～数cmと薄い。地層の傾斜はほとんど水平に近い状態である。

本層中では下位の砂岩泥岩互層や砂岩泥



第8図 立壁沢砂岩泥岩層中の断層系

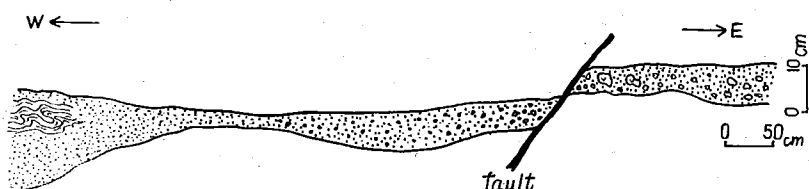
()内の数字は測定数

岩層に単層内褶曲が多く観察される。単層内褶曲は単層内構造の一つで、葉理の積成過程で堆積物の荷重による沈降現象によって形成されるものである。また、ときには褶曲部の軸が傾斜している場合があり、横からの運動が動きかけたと思われる構造も観察される。したがって、その原因としては、水流や基盤運動の影響が考えられる。しかしながら、本層中で観察される変形構造を形成する20~70 cmの変形帯では、葉理の発達観察されず、また変形を受けている部分もいくつか寸断されて、崩壊されているものも確認される。これらの事実から、この変形構造を単層内褶曲として分類することは困難であると考えられる。しかし、一部には沈降現象によって生じたと考えられる単層内褶曲や水流の影響を受けて堆積物が巻きあげられた火災構造に近い堆積構造も観察される。一方、スランプ構造は、単層の集合体の変形構造であり、堆積盆地の移動にともない海底斜面の傾斜角を増すことによって、半固結または未固結状態の堆積物が滑動して生じるものと考えられている。したがって、スランプ構造が形成される際には、すべり面が形成されるはずである。しかし、本層中に見られる変形構造ではすべり面は観察されない。また、主層理の傾斜角は水平に近い緩傾斜をしている。変形帯は主層理にほぼ平行になっていて、いわゆる二次堆積構造のスランプ構造の形成機構、形態とは性格を異にするものと考えられる。しかしながら、堆積構造の分類の上では、後で述べるように、ある特定の層準に起った水底滑動によって生じた small slump structure と解した方が適切であると思われる。小文では small slump structure として位置づけて取り扱うことにする。

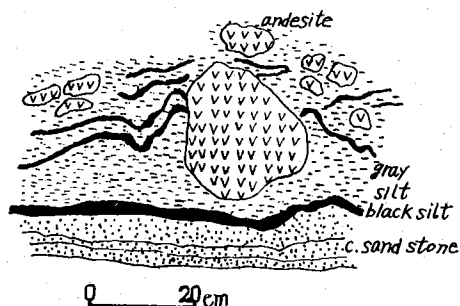
本層の下部の砂岩泥岩互層には、灰白色ないし白色の凝灰質泥岩と暗灰色ないし暗緑色の中粒~粗粒砂岩の1~数枚の互層が多く、一部に粗粒砂岩や礫岩をはさんでいる。中部の砂岩凝灰角礫岩層・泥岩砂岩層には、砂岩泥岩の互層に粗粒砂岩や安山岩の角礫をもつ凝灰角礫岩がはさまれてくる。角礫は径20~30 cm大のことが多い。また、薄くはさまれる凝灰質泥岩には葉理の発達するものが多い。

small slump structure は、下部から中部へかけての砂岩泥岩互層・砂岩凝灰角礫岩層・泥岩砂岩層に多く観察される。これらはおそらく、湖底の深部へ向っての斜面上に堆積した砂泥が、可塑性を帯びるまでに固結した状態で、間接的な地殻変動たとえば比較的近距离で起きた火山活動による地震動などによって、急激に移動し、変形を受けたり、部分によっては寸断されたりした可能性が強い。こうした変形帯は、何層も確認される。したがって下部層の砂岩泥岩互層や中部層の砂岩凝灰角礫岩層・泥岩砂岩層の堆積時は、湖底も比較的深くなっている、シルト質の泥岩や凝灰質泥岩の堆積物が、その堆積過程で、急激な振動の影響や、何回にもわたる間接的な湖底の変動によって、変形構造が形成されたものであろう。また、第9図に示すように、堆積物は東方から運びこまれた可能性もみられる。

最上部の凝灰角礫岩砂岩層では、下部層で観察される small slump structure とは、やや形態を異にする変形構造が観察される。この層は下位の層に比較してさらに粗粒となり、角礫が多く見られる。角礫は輝石安山岩で、大豆大~こぶし大のものが多く、時には径50 cmあるいはそれ以上の巨礫がはさまれてくる。一部には、特



第9図 砂岩層の粒度変化



第10図 立壁沢砂岩泥岩層中の輝石安山岩礫と変形構造

定の層準に、主層理と平行して安山岩角礫が並んでくるところもある。このような事実から中部層の堆積の終り頃から湖底が徐々に上昇して浅くなりつつあり、粗い砂や火山噴出物が大量に運びこまれたものと考えられる。激しい堆積物の移動は見られなかったが、基底を揺がすような運動があり、多くの同時断層を生じさせたものと考えられる。

下部層の上部から最上部層にかけては、砂岩に級化成層の発達が認められる。級化成層は、ひじょうに粗粒の火山礫や砂粒で構成されている。

級化成層は、堆積構造の分類の上では、二次堆積構造で、懸濁流によって生ずるものと考えられている。一般に第三紀層の海成層では、砂泥互層の砂岩層に認められる構造である。しかし、本層中に存在する級化成層は、おそらく湖底に運びこまれた堆積物が、攪拌された後に静的な環境条件の下で、分級作用によって形成されたものであろう。したがって、級化成層を含む中部から上部層の堆積時は比較的静穏な時期であったと推定される。湖底は徐々に浅くなり、粗粒な堆積物や角礫などの粗いものを堆積していった。最上部で見られる変形構造 (small slump structure) は、こうした粗い礫などが運びこまれて、先に堆積していた半固結状態の堆積物を攪拌したために、いろいろな形に変形された状態で残されたものと思われる。最上部の凝灰角礫岩が堆積する段階では、湖はほとんど陸化あるいはそれに近い状態であったものと推定される。

4. 珪藻化石について

立壁沢砂岩泥岩層からは多種の珪藻の化石を産出する。産出する岩相は泥質ないし凝灰質で、時には細粒砂岩にも含まれる。

産出する珪藻の化石は、主にHustedt (1930, 1927 - '66)によって同定し、生態はFoget (1948)を参考としたが、発見した種は16属29種で、その出現頻度や生態は第1表および第11図に示す。第1表のうち25は出現頻度の高い種であるが、十分に鑑定ができていない。小文では一応 *Stephanodiscus omarensis* として取扱っているが、今後の研究にまちたい。

これらの珪藻の化石からわかることからは、塩分の状態は貧塩種が多いことから、立壁沢砂岩泥岩層の堆積したのは淡水である。したがって、湖の堆積物であると考えてまちがいない。pHや珪藻の生息場所から考えると、好アルカリ種や真アルカリ種が多いことから、水生植物が繁茂し、光合成がさかんに行われていた場所であると考えられる。また、水域の流れは、好止水性・真止水性の種が多いことから、当時の水域はおだやかで、ほとんど流れておらず、止水の状態が長くつづいていたものと考えられる。出現した29種は付着性の種と浮遊性の種に分けられるが、浮遊性種が特徴的に優占種となっていること、および下部に優占して出現する *Stephanodiscus* 属が寒期性を示し、増殖適温が4～6℃とされ (小久保, 1965)、また、Foget (1948)は *Stephanodiscus astrea* を冷水型 (cold form) の種としているので、今後検討すべきこととして注目される。

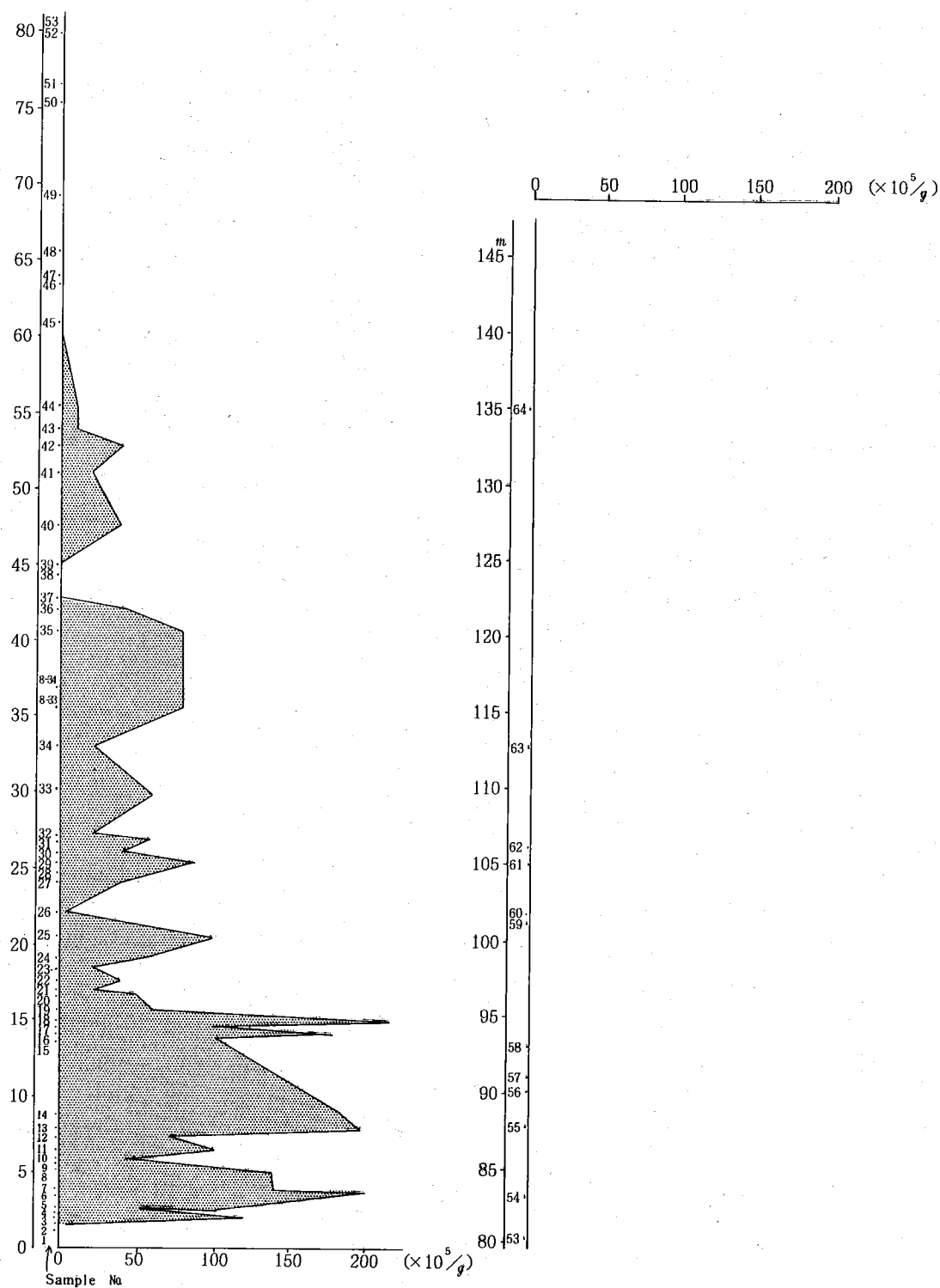
第1図柱状図の60～65 m (サンプルNo 8-45～8-48)は泥岩やシルト岩の中にも珪藻の化石はほとんど検出されていない。このことは水位が急激に減少したか、あるいは水生生物のすみにくい環境に変ったものと考えられる。また、60 mより上部では珪藻の化石の産出が極端に減少するが、これはサンプリングにも問題があろうが、珪藻のすみにくい環境に変ってきたことを物語っている。その原因については明らかでない。60 mより下位ではかなり多量の珪藻が出現するが、第1表、第11図でも明らかなように、出現頻度にかんがりの凹凸を示し、種の変化もはげしい。このことは堆積の環境がめまぐる

	産地			
	塩 分	pH	流 れ	場所
1. <i>Achnanthes lanceolata</i> (Breb.) Grun.	不定性	好アルカリ性	真流水性	付着
2. <i>Asterionella</i> sp.	不定性	好アルカリ性	真止水性	浮遊
3. <i>Cocconeis placentula</i> (Ehr.) Hust.	不定性	好アルカリ性	不 定 性	付着
4. <i>C. placentula</i> (Ehr.) Hust. var. <i>euglypta</i> Hust.	不定性	好アリカリ性	不 定 性	付着
5. <i>Cymbella tumida</i> (Breb.) V. Heurck	不定性	真アルカリ性	不 定 性	付着
6. <i>Cymb.</i> sp.	不定性	好アルカリ性	不 定 性	付着
7. <i>Diatoma elongatum</i> Agardh	好塩性	不 定 性	不 定 性	付着
8. <i>Epithemia argus</i> Kütz.	不定性	好アルカリ性	好流水性	付着
9. <i>E. turgida</i> (Ehr.) Kütz.	不定性	好アルカリ性	好止水性	付着
10. <i>E. zebra</i> (Ehr.) Kütz. var. <i>saxonica</i> (Kütz.) Grun.	不定性	好アルカリ性	不 定 性	付着
11. <i>E. intermedia</i> Fricke	不定性		真止水性	付着
12. <i>Eunotia sudetica</i> O. Muell. var. <i>incisa</i> (May.) Cleve-Euler	嫌塩性	好 酸 性	不 定 性	付着
13. <i>Eun.</i> sp.	嫌塩性	好 酸 性	不 定 性	付着
14. <i>Gomphonema</i> sp.	不定性	好アルカリ性		付着
15. <i>Melosira granulata</i> (Ehr.) Ralfs	不定性	好アルカリ性	好止水性	浮遊
16. <i>M. granulata</i> (Ehr.) Ralfs var. <i>angustissima</i> Mull.	不定性	好アルカリ性	好止水性	浮遊
17. <i>M. distans</i> (Ehr.) Kütz.	不定性	不 定 性	不 定 性	浮遊
18. <i>M. italica</i> (Ehr.) Kütz.	不定性	不 定 性	不 定 性	浮遊
19. <i>Navicula viridula</i> Kütz.	不定性	好アルカリ性	不 定 性	付着
20. <i>Openophora martvi</i> Heib.	不定性	真アルカリ性	好止水性	付着
21. <i>Pinnularia</i> sp.	不定性		不 定 性	付着
22. <i>Rhopalodia</i> sp.	不定性	好アルカリ性	不 定 性	付着
23. <i>Stephanodiscus astrea</i> (Ehr.) Grun.	不定性	真アルカリ性	好止水性	浮遊
24. <i>S. astrea</i> (Ehr.) Grun. var. <i>minitula</i> (Kütz.) Grun.	不定性	真アルカリ性	不 定 性	浮遊
25. <i>S. omarensis</i> Kuptsova	不定性			浮遊
26. <i>Surirella angustata</i> Kütz.	不定性	真アルカリ性	不 定 性	付着
27. <i>Synedra inaequalis</i> H. Kobayashi	不定性	好アルカリ性	不 定 性	浮遊
28. <i>Synedr. rumpens</i> Kutz.	不定性	不 定 性	好止水性	浮遊
29. <i>Tetratclus emarginatus</i> W. Smith	不定性	不 定 性	好止水性	付着
試料 19 中に含まれる殻の概数 (× 10 $\frac{5}{9}$)				

第1表 硅藻の種類と分布

冊 : 20%以上.

[illegible]



第11図 試料1 g 中に含まれる化石硅藻の殻の概数

しく変化したことを示している。

5. まとめと今後の問題

昨年度までの調査では、美ヶ原累層の一部に湖成層の立壁沢砂岩泥岩層があることが明らかにされたが、今年度の調査では、立壁沢砂岩泥岩層の層序を明らかにし、柱状図を作り、いくつかの堆積構造をもとに、堆積環境について考察した。また、150 mの各層準から採集した珪藻化石から堆積環境の変化についての考察を加えることができた。

湖成層の存在、多くの堆積構造、化石珪藻を発見したが、これは美ヶ原一三城地域でははじめての記録である。したがって、これらの事柄は美ヶ原一帯の形成史を考察する上で貴重な一頁となることと確信する。

しかしながら、美ヶ原一三城地域の研究はまだ調査の途中であり、今年度の研究ですべてが終了したわけではない。新しく生じたいくつかの問題、特に立壁沢砂岩泥岩層に関係したいくつかの問題を列挙しておきたい。

1. 古美ヶ原湖の拡がり、大きさ、その他特に古三城湖との関係。

1979年の報告で、三城累層・扉峠累層は古三城湖に堆積したものであることを述べたが、この古三城湖と立壁

沢砂岩泥岩層を堆積した古美ヶ原湖との関係はどのように考えたらいいだろうか。

2. 立壁沢砂岩泥岩層は、古美ヶ原湖の堆積物であるが、この湖ができていた頃の湖の規模、後背地の様子はどうなっていたのだろうか。

3. 今回、一応珪藻化石を採集したが、統計的に扱う場合のサンプリングの方法および処理。

4. 珪藻化石の変化から考えられる湖の変化およびその原因。

6. 参考文献

- Foget, N. (1947 - 1948) : Diatoms in Water - courses in Funen 1 - 4, Dansk. Bot. Arkiv. 12
Hustedt, F. (1927 - 1966) : Die Kieselagen Deutschland, Osterreichs und der Schweiz. in Rabenhorsts Krvptogamen-flora 7 Leipzig
——— (1930) : Baccillariophyta, in Pascher Süsswasser-Flora Mitteleuropas, 10
小久保清治 (1965) : 浮遊珪藻類, 恒星社
田中邦雄, 他 (1979) : 美ヶ原・三城付近の地形と地質, 信州の自然環境モニタリングと環境科学の総合化に関する研究 p42 - 51.

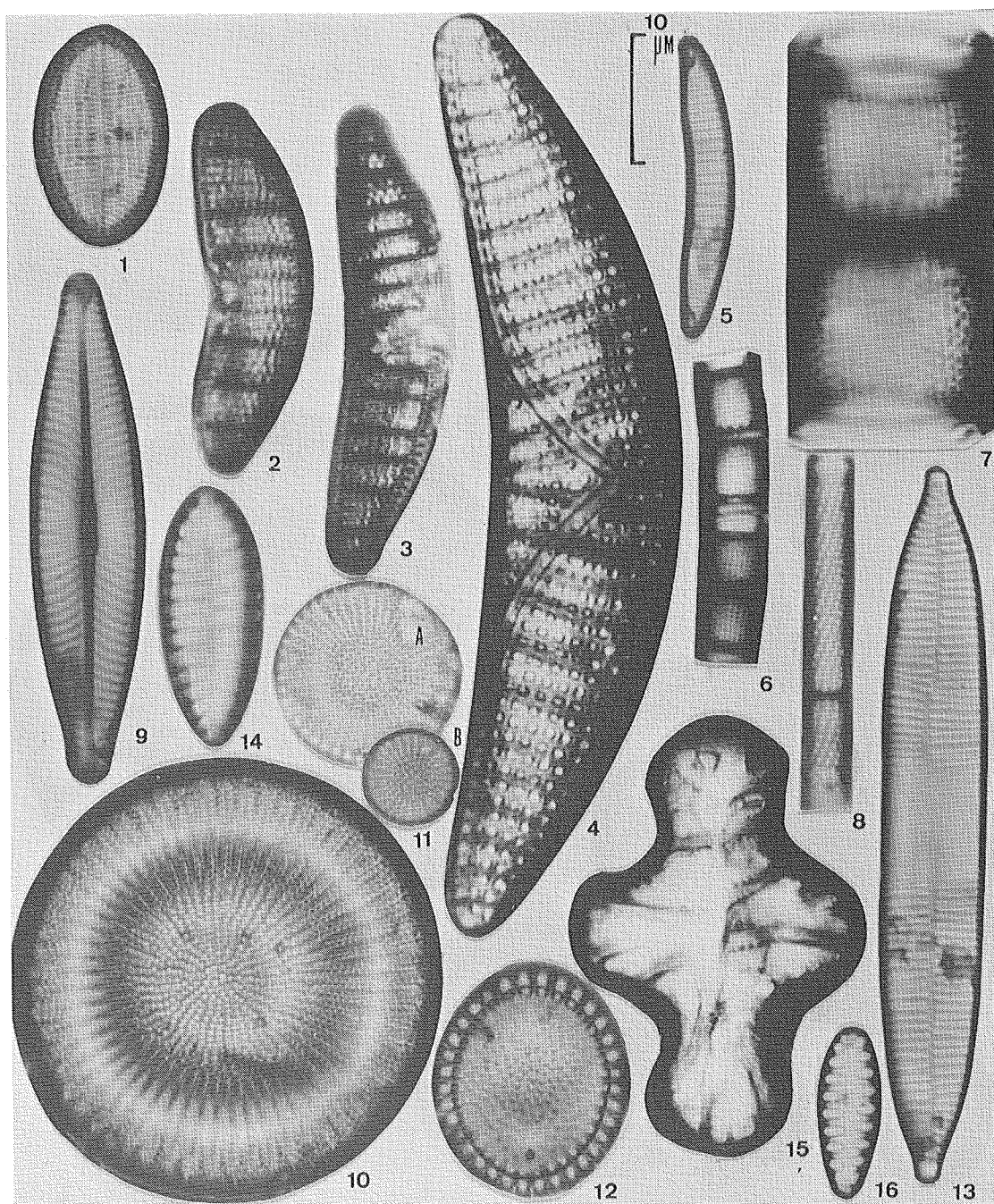


Plate. 1. 1 *Cocconeis placentula* (Ehr.) Hust. var. *euglypta* Hust. 2 *Epithemia intermedia* Fricke 3 *E. zebra* (Ehr.) Kütz. var. *saxonica* (Kütz.) Grun. 4 *E. turgida* (Ehr.) Kütz. 5 *Eunotia sudetica* O. Muell. var. *incisa* (May.) Cleve-Euler 6 *Melosira distans* (Ehr.) Kütz. 7 *M. granulata* (Ehr.) Ralfs 8 *M. granulata* (Ehr.) Ralfs var. *angustissima* Müll. 9 *Navicula viridula* Kütz. 10 *Stephanodiscus astrea* (Ehr.) Grun. 11. AB *S. astrea* (Ehr.) Grun. var. *minitula* (Kütz.) Grun. 12 *S. omarensis* Kuptsova 13 *Synedra inaequalis* H. Kobayashi 14 *Surirella angustata* Kütz. 15 *Tetratclus emerginstus* W. Smith 16 *Openphora martyi* Heib.

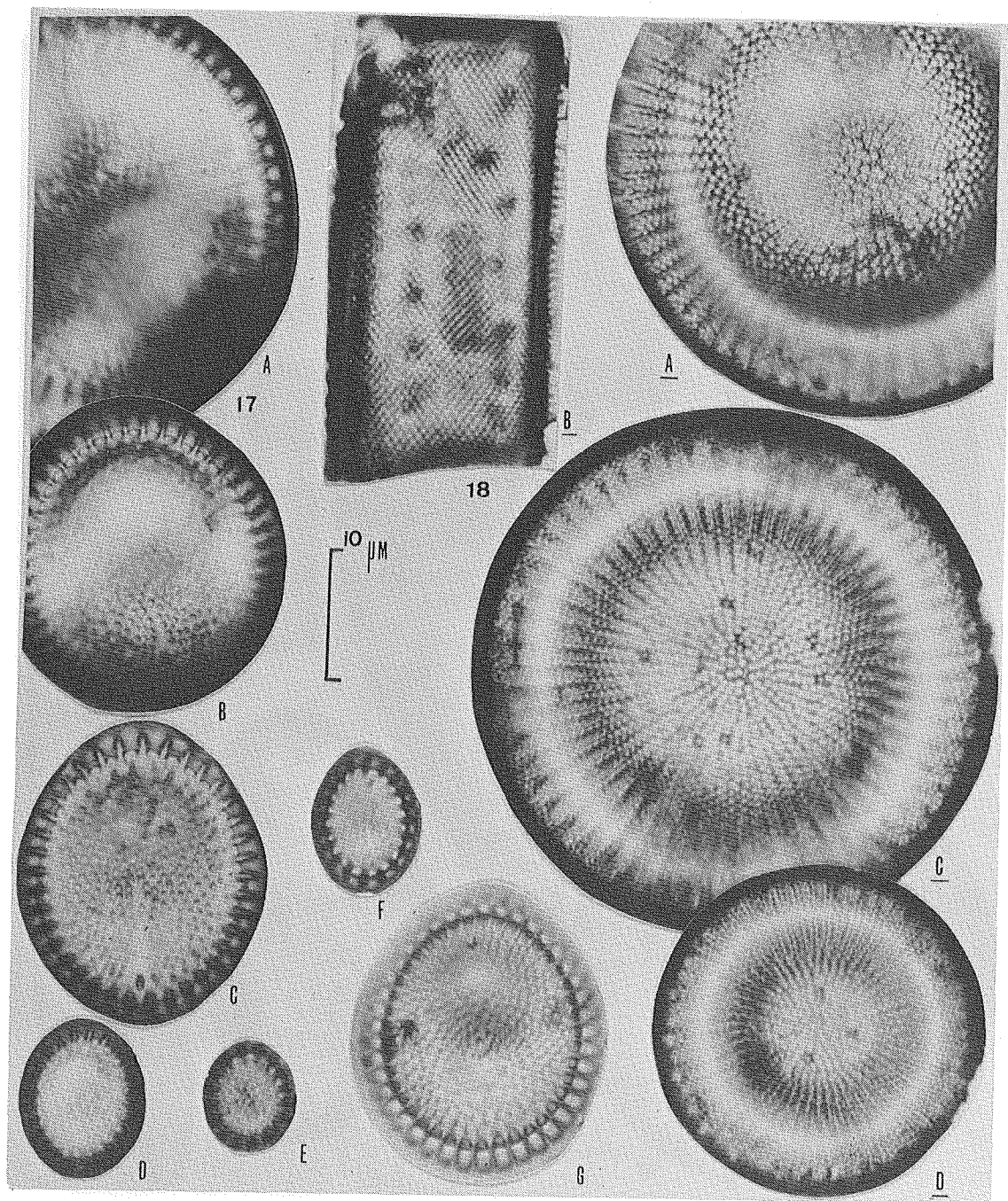
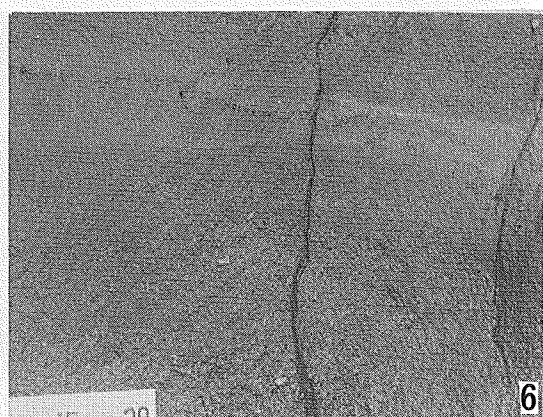
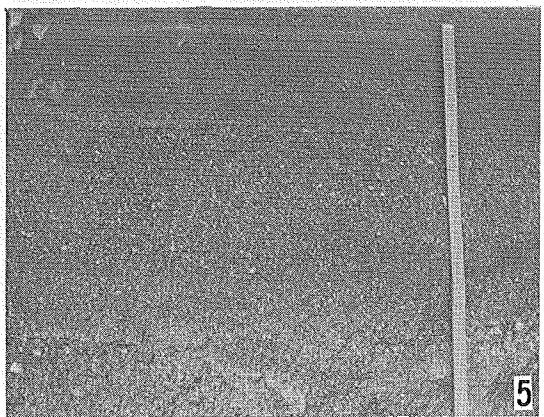
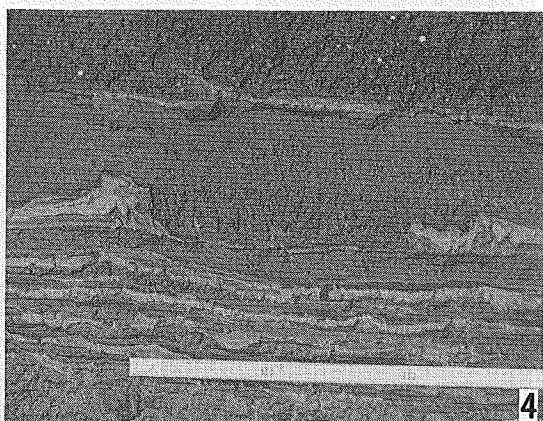
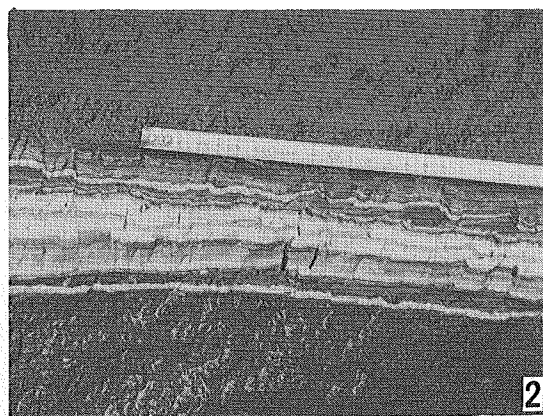
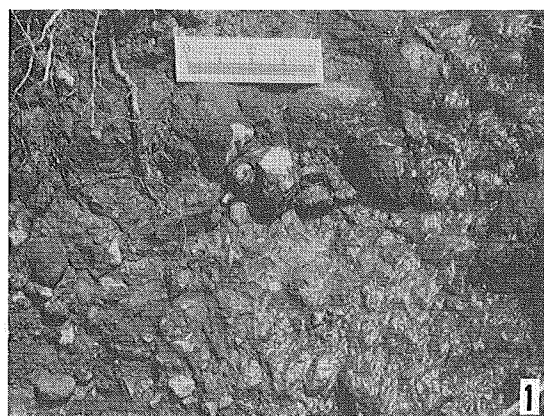
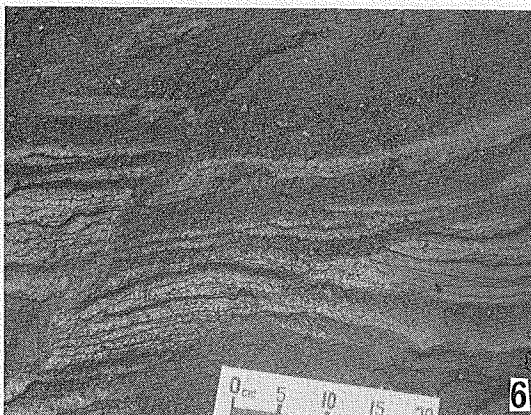
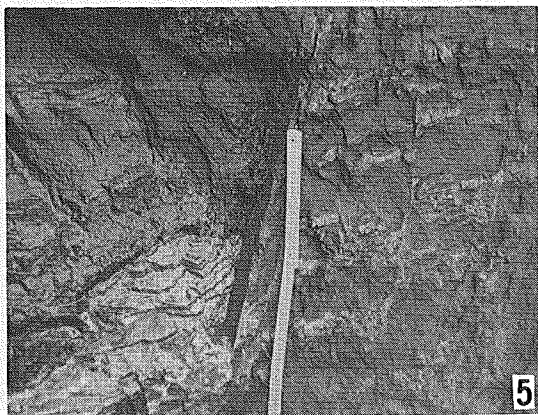
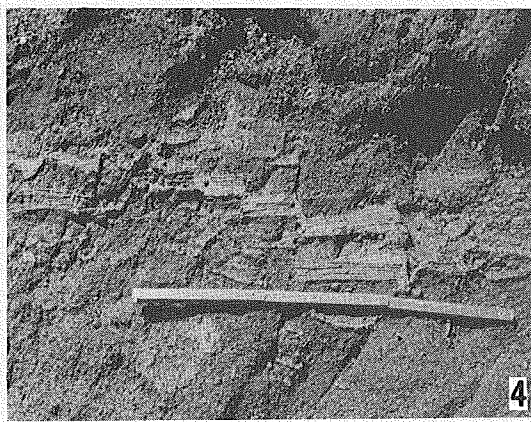
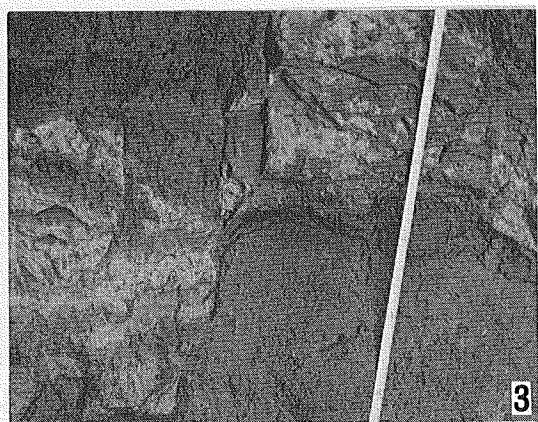
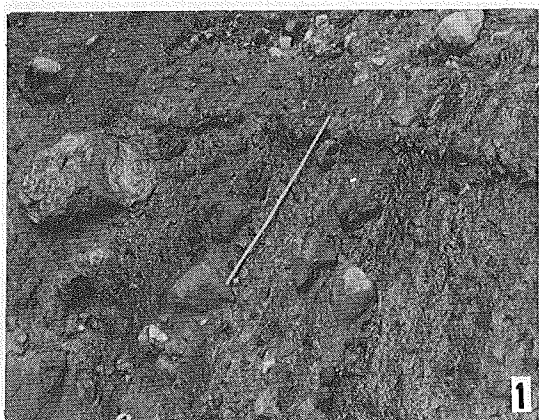


Plate 2. 17-ABCDEFG-*Stephanodiscus omarensis* Kuptsova
18-ABCD-*Stephanodiscus astrea* (Ehr.) Grun.



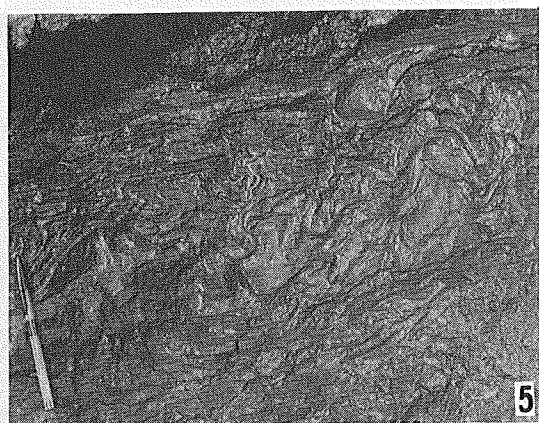
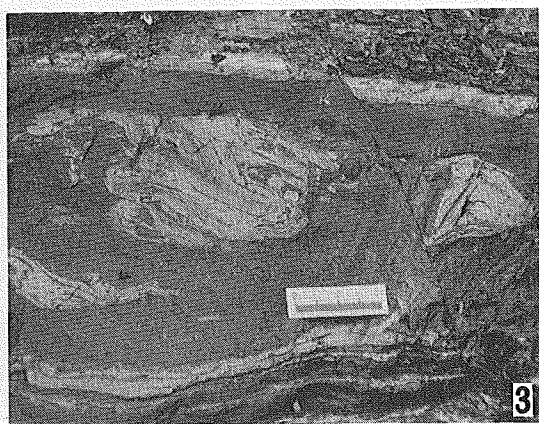
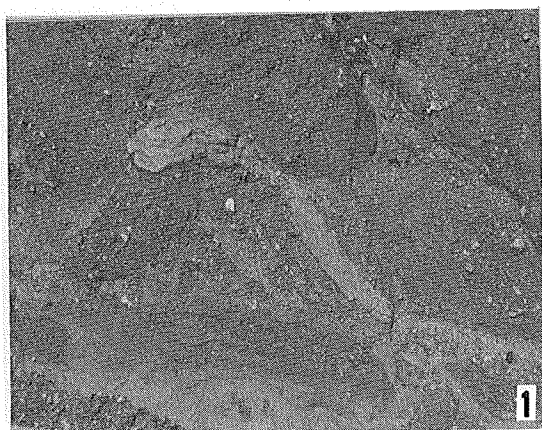
第 3 図 版

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 1: 最下位の礫岩 (50cm) | 2: 珪藻化石を含む凝灰質泥岩 (43m) |
| 3: 珪藻化石を含む凝灰質泥岩 (40m) | 4: " (44m) |
| 5: 級化層 (33m) | 6: 級化層 (5m) |
- (m) の数字は柱状図の最下位からである。



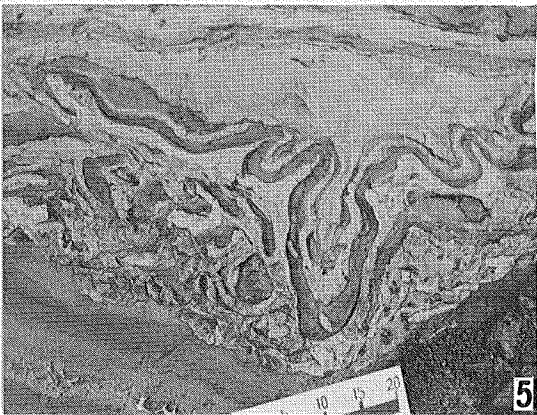
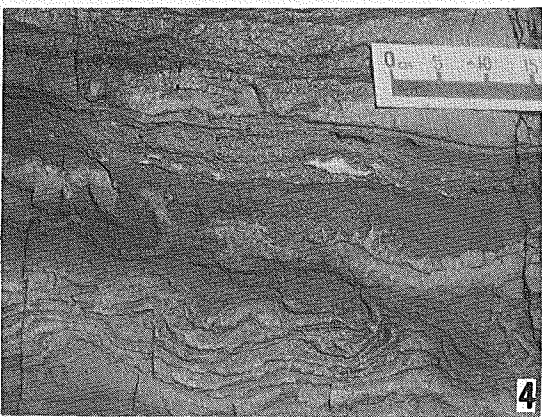
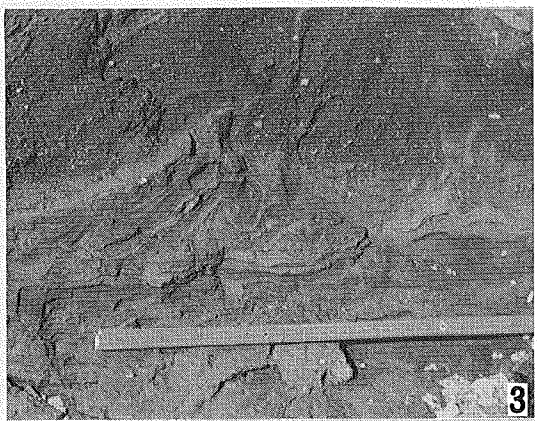
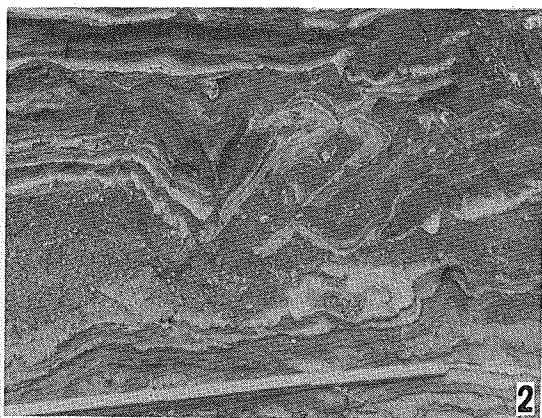
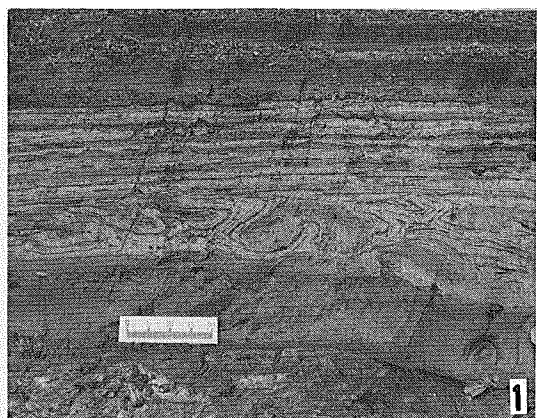
第 4 図 版

- 1: 凝灰角礫岩 (39 m), 2: 凝灰角礫岩 (39 m)
 3: 正断層 (49 m), 4: 階段状小断層 (72 m)
 5: 正断層 (49 m), 6: 逆断層 (50 m)
 (m) の数字は柱状図の最下位からである。



第 5 図 版

- 1 : 崩壊層(78 m), 2 : 単層(砂岩層)の層厚の変化(86 m)
 3 : 断層を伴う崩壊層(18 m), 4~6 : Small slump structure
 4 : (79 m), 5 : (33 m), 6 : (3 m)
 (m)の数字は柱状図の最下位からである。



第 6 図 版

1~6: Small slump structure

1: (16 m), 2: (84 m), 3: (83 m), 4: (5.3 m), 5: (6.5 m), 6: (6.5 m)

(m) の数字は柱状図の最下位からである。