

# 鏡肌の観察－北見北陽地区国道333号線の斜面土砂崩壊

## An Observation of Slickenside and a Slope Collapse along the National Highway Route 333 in the Kitami-Hokuyo Area, Eastern Hokkaido

北海道大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻

渡辺暉夫

アースサイエンス（札幌市北区北39条西3丁目）

木崎健治

構研エンジニアリング地質部（札幌市東区北18条東17丁目）

横田 寛

牛渡 聰

独立行政法人 北海道開発土木研究所 nishikaw@ceri.go.jp

西川純一

Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University

Teruo WATANABE

Earth Science Co,Ltd.

Kenji KIZAKI

Koken Engineering Co,Ltd.

Hiroshi YOKOTA

Satoshi USHIWATARI

Civil Engineering Research Institute of Hokkaido

Jun'ichi NISHIKAWA

### Abstract

A slope-collapse occurred in the morning of 4<sup>th</sup> of October, 2001 along the National Highway Route 333 in the Kitami-Hokuyou district, eastern Hokkaido, after a few day's heavy rain fall. The debris attacked a car and two young people in the car were sadly killed. Slickenside is found on many discrete surfaces of the northern side of the collapsed slope. The slope was not so steep (45°) and composed of greenstone melange. We herein describe the surfaces with slickenside which is not generated by a fault movement but by localized shear in the greenstone melange of the Mesozoic accretionary prism, Tokoro Belt.

Observation under the microscope for the surfaces with slickeside reveals that they are often coated very thin films of carbonate and so-called smectite which are often continuously occur into the inside from the surfaces with slickenside. Such mineral occurrence on the surfaces and inside in

discussion is considered to have been originally produced during uplift of the greenstone melange from a depth of pumpellyite-prehnite grade (probably ca. 250–280°C). Cataclasite surface without any mineral film is also observed.

We learned that discontinuous and small-scaled slickenside-surfaces have been produced along veinlets of smectite/carbonate or hematite in the greenstone melange. Then the slickenside has been extended and formed continuous fracture system which prepared sliding surfaces when the slope collapse occurred.

We need to examine in detail the rock structure even for so-called hard rocks in civil engineering sense. Because their rock-strengths are not homogeneous in sense of geology.

Petrologists/geologists should contribute for prevention of disasters of slope-collapse based on their petrological and geological investigation.

## はじめに

2001年10月4日午前9時35分頃、国道333号線のルクシ峠付近（北見市北陽地区）で国道沿いの斜面（大部分が法面であるが法面外も含む最大法長120m、最大幅40m）が崩壊した。崩壊土石量は約24,000立米と見積もられる。崩壊土砂ルクシニコロ川に達し、1台の車で通行中の2名が痛ましい犠牲となった。直ちに事故調査委員会（委員長：佐藤寿一北海道大学名誉教授）が組織され、事故調査にあたった。本報告はこの調査の過程で確認された鏡肌（第2回事故調査委員会にて報告）について特徴を記載するものである。事故現場の位置はルクシ峠のサロマトンネルに近い北仁橋の周辺（北陽地区）である。

## 事故現場の地質

土砂崩壊現場は常呂帶の仁頃層群分布域であって、赤紫色や暗緑色のハイアロクラサイトなどの火山性碎屑岩類を主体とし、玄武岩溶岩、石灰岩、チャート、赤色泥質岩などをふくむ。全体として硬い岩質であるが、このような雑多な岩石を含むため、岩石強度は露頭内でも均質ではない。これらはジュラ紀の岩石よりなり、白亜紀中期に付加したと考えられている（加藤他 1990）。土砂崩壊地の様子を図1a, b, cに示した。なお、上から順にa, b, cとした。以下、全ての図で同様である。

図1aは土砂を除去した後の国道面から崩壊地全体を見たものであるが、崩壊土砂の下部は人頭大の岩塊を含む土砂状であり、上部には大きな芝のついた崩落岩塊などの岩塊が見られ、その奥に崩落崖が見られる。この産状は先に下側が崩壊し、その後、残された岩塊が斜面上に崩落したことを推定させる。図1bとcは下部の土砂状の部分の写真である。ここには片状の細粒部分に細かい褶曲構造（ハンマーの上方）が残されていることが読み取れる。このことは一見、崩壊土砂下部の岩塊、土砂状の細粒部分が混合したように見える部分は、崩壊以前から、岩塊（溶岩片）と細粒なハイアロクラサイトの混合した部分で（つまり岩石強度は不均質）あって、その混合した構造を残しながら全体として滑り落ちてきたことを示す。従って、一見、岩塊が混合している部分の下に、この混合部分をのせて滑ったさらに弱い岩相（層状？）が分布していたことを暗示する。この弱層は薄いFilm状である可能性はあるが、現在では詳細を知る手立てではない。

## 鏡 肌

鏡肌とは一般に断層面に見られる平滑に磨かれた光沢のある面（図2a, b；aが黒褐色、bが赤褐色部分で図3aは図2bより採集）で、岩石鏡という様相を呈する面である。地学事典（地学団体研究会編）によれば、

鏡肌は断層運動によるものとされ、硬い岩盤に見られる断層面と見られる。今回、見出された鏡肌は図2に示すように、概して $0.5\text{--}1\text{m} \times 0.5\text{--}1\text{m}$  前後の面を構成し、多少走向・傾斜が違ったいくつもの不連続面として観察されるのが特徴である。このいくつもの鏡肌面は崩壊斜面の北側、つまり向かって右側の崩壊斜面崖にそって見つけられる。面の走向は凡そ北東-東西であって、傾斜は南東ないし南に30-60度である。面は一般に赤褐色である。これは表層を水酸化鉄が覆っているためであるが、黒く光るところは鏡鉄鉱(赤鉄鉱、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )が認められる。なお、平滑な面ではなくとも、磨かれた光沢ある面が観察できる(図3b)。ボーリング調査によれば、一つのボーリング・コア中に鏡肌様の光沢を持つせん断面が集中する部分(1-2mのコア)が5-10m間隔で認められることがある。ただし、10mを越える間隔で行われたボーリング調査ではコア間で連続性の確認できる鏡肌集中部分は稀であった。

## 鏡下観察

崩壊地でもっとも目立った鏡肌は褐色ないし黒褐色を呈するものであったが、ボーリング・コア中では緑色岩にも鏡肌を確認できた。これらのうちから、鏡肌をほぼ垂直に切る面の薄片を作成し、顕微鏡観察を行った。それらを図4-8にまとめた。顕微鏡写真は鏡肌の境界を撮ったものである。一部を除き40倍で撮影しており、写真横幅が3.1mmである。拡大したものは400倍。

図4は表面を緑色のスメクタイトの薄い皮膜が見られるものである(サンプル採集地点:ボーリングNo.B-9、24.4-24.5m)。なお、本報告では便宜上、層状の緑色-褐色鉱物をスメクタイトと一括して呼ぶが、正確な鉱物名の同定は別途行われるべきであろう。混合層鉱物などが含まれる可能性は高い。図4a,bは同一薄片中で、右横ずれ変形の強いもの(a)と弱いもの(b)が混在する。鏡肌表面のほかに脈状に同一鉱物が岩石内部に分布し、4aは岩石の空隙も扁平である。図4c(Slickenの平行な薄片)は一見S-C構造様に鏡肌の面と斜交する(右斜め方向の)せん断面があり、2方向にともにスメクタイトが見られる。

図5は赤褐色の同一岩石薄片(B-10,15.3-15.4m)であるが、図5a,b(同一箇所。aが直交偏光)は鏡肌表面にCarbonate鉱物が分布し、一部で岩石内部に分岐している様子を示す(顕微鏡写真右側上部の白い脈)。図5cは鏡肌表面(矢印)をスメクタイトが覆っているが、Carbonate鉱物の脈は写真下側(岩石内部)に見られる。

図6a(Sample No.8)は鏡肌表面に付着皮膜が認められない例で、岩石表面に向かって基質が緻密になっており、典型的なCataclasiteの面である。図6b,cは別のサンプル(B-9,22.35-22.40m)で同一薄片。わずかにCarbonate鉱物(図6cの矢印)が残されている。この面全体にCarbonate鉱物が皮膜は付着していた可能性があるが、サンプル採集時にはすでに皮膜はなくなっていた。

図7は図6のサンプル(B-9,22.35-22.40m)と同じであるが、別の面で10ミクロン以下の薄いスメクタイト皮膜が表面を覆っている緑色の岩石の例である。皮膜は7bの直交偏光の顕微鏡写真で明るい部分(表面の左下から右上)となって認められる。同じ明るい脈(スメクタイト)は岩石内部にも観察される。

図8は褐色の鏡肌を持つ例であるが、図8a(B-10,15.3-15.4m)には薄いスメクタイトが認められる(写真的左側)。図8b,cは同一薄片(Sample No.7)で表面の大部分が厚さ1mmを越える赤鉄鉱の覆われているが、Carbonate鉱物も一部に認められた(図8cの右側矢印)。このCarbonate鉱物は岩石内部にも続くようである(図8cの左側矢印)。

以上まとめると、褐色ないし緑色の鏡肌には薄い(10ミクロン以下)のスメクタイトや方解石のフィルムがしばしば観察でき、これらの鉱物は鏡肌表面から内部に続く例が見られた。赤鉄鉱は1mm前後の層として鏡肌に沿って形成されている例が確認できた(図8b)。鏡肌の色には鉱物の違いは反映されていない。一部にはS-Cマイロナイトなどに認められる構造に類似しているものもあり、さらにCataclasite面も見ら

れ、横ずれせん断運動の存在を示している。

崩壊現場の岩石は Prehnite 脈、Pumpellyite 集合部（周辺部が褐色細粒で中心部に向かって緑色粗粒に変化）が認められ（詳細は別途報告の予定）、岩石全体としは Prehnite-Pumpellyite 相程度あるいは沸石相上部の変成作用を受けている。スメクタイトが岩石全体に存在するところから、その温度の上限は300°Cを越えることはないと思われる。250°C前後で、280°Cまでを上限と考えた方が良いかもしない。

## 鏡肌の形成過程

今回の鏡肌の観察は、鏡肌の色に関係なく、薄いスメクタイトないし Carbonate 鉱物や赤鉄鉱が表層を覆っていることを明らかにした。そして、この表層の鉱物、特にスメクタイト、は S-C マイロナイト類似のせん断面によって岩石内部につながっている場合があることが明らかとなった。鏡肌の起源は、横ずれせん断運動にまで遡る。しかし、横ずれせん断が弱い部分もあって、スメクタイト・Carbonate 鉱物の形成には引張性マイクロクラック形成が関与した可能性も否定できない。薄いフィルムを作る変質鉱物は岩石全体に及んでいる鉱物もあり、これらはプレーナイト・パンペリー石（Prehnite-Pumpellyite）相の鉱物とも共生しうるので、形成温度を250–280°C前後に置くことが出来るであろう。今後、粘土鉱物の詳しい解析と現在の地熱地帯のボーリング・データとの比較によって、温度条件をさらに詳しく設定できるであろう。つまり、鏡肌は決して表層に露出して形成されたものではないであろう。その形成時期がいつまで遡るかは、フィールドの構造の詳しい解析を待つしかないが、このようなフラクチャーが岩盤の安定性に大きな影響を及ぼすことを考えれば、これまでともすれば軽視されがちだった岩石中のフラクチャーの形成過程は今後詳しく検討されるべきであろう。

崩壊面では、鏡肌の面を覆って、半固結の「泥」が付着（図 3a）しているので、崩落前には開口亀裂になって、泥が流れ込んでいた部分もあった。

## 今後の課題

今回の土砂災害で発見された鏡肌の産状を簡単に報告した。地質学者は、明瞭な断層面ではなくとも、個々の小露頭で局部的に鏡肌が認められ場合があることを確認していた。しかし、このような面が斜面崩壊を誘発するまで結果として連続してしまうとは考えたことはなかったのではないか？ また、崩壊土砂の下位に岩石強度が弱い部分（よほど注意深く調べないと見逃してしまうような大変薄い層である可能性がある）が存在していたらしいことを図 1b, c の岩石の産状が語っている。蛇紋岩地帯の例では数 mm の蛇紋岩フィルムが巨大な滑りを誘発する例もあると言う（明治コンサルタントの小板橋重一氏による）。斜面の詳細な解析の重要さを教えている。

本報告は事故調査委員会の報告ではないので、鏡肌と斜面崩壊の関係について詳しく検討することはしない。しかし、常呂帶（付加体）の形成後、千島弧が古第三紀に西進し、衝突、さらに大きく回転（時計回り）した地質過程を考えるなら、「硬岩」中と言えども大小のせん断運動の証拠が残されているのは、ある意味では、当然であった。また、溶岩類と細粒火山性碎屑岩の混合地質体は岩石強度をひどく不均質にするのも当然である。地質学者、岩石学者がその知識を地盤工学に有効に使われるべきものであることをもっと強く発信しているべきではなかったのか？ あるいは斜面安定性の基準に岩石構造・地質構造の研究が取り入れられて良かったのではないか？ このような教訓が犠牲者が出て初めて述べられることは痛恨の極みでさえある。

振り返ってみれば、1996年2月10日の豊浜トンネル岩盤崩落事故以来（事故報告書以外の個別報告書とし

ては Watanabe et al., 1996 ; 渡辺編1997などがある)、翌年の第二白糸トンネルの事故(事故報告書以外の個別報告書としては渡辺、1999がある。この報告は表題にかかわらず、事故周辺地域の地形と岩石の報告という内容である)、1999年高速道路の法面崩壊(Watanabe et al., 2001)、2000年の無意根大橋周辺の大規模地すべりなど(渡辺、2001)で地質や岩石の研究から、崩落・崩壊現象を説明することは行ってきた。そして、いずれも不均質な地質と水の作用の重要性を明らかにしてきた。しかし、厳しく言えば、それらは全て後追いの説明であった。寒冷地での岩盤剥離がどんなところでどのように進むのか、斜面安定性—地質—水の作用に関する研究はこれから本格的に開始されなければならない。

「予知・予測の可能性」はこれまで事故報告書では必ず設けられた項目であるし、記述されるべき内容ではある。しかし、筆頭著者(渡辺)の感覚では「何故、予知・予測が出来なかつたのか」という項目で、事故発生までの点検その他の調査結果を厳しく見直し、今後の対策を深く検討するほうが良いのではないかと思っている。これが斜面崩壊事故の現状をよくあわらした項目のように思われる。予知・予測は可能性を検討できるのは現状ではかなり限られているのである。道路・トンネルなどの維持管理が今後ますます重要ななるであろう。造ること以上に維持することは大変である。

### 謝　　辞

本報告をまとめるにあたり、北海道開発局建設部の関係者の方々には調査上の便宜を図っていただいた。本報告は事故調査委員会の報告とは離れて独自に調査を行っている。したがって、「今後の課題」の項をはじめ、本報告の記述は事故調査委員会の報告を意識しないでまとめた。とはいえ、佐藤寿一委員長他、事故調査委員会の委員・事務局の方々の議論が大変有益であったことを記して、謝意を表したい。また、アースサイエンス、レックスの両地質コンサルタント技師関係者には岩石記載の無理な要求を聞いていただいた。本報告は端緒的基礎研究に過ぎない。さらに詳しい基礎研究が将来の事故防止への道につながることを願い、筆を置く。

### 文　　献

- 地学団体研究会地学事典編集委員会 (1970) 地学事典 平凡社 1540p.
- 加藤誠・勝井義雄・北川芳男・松井愈 (1990) 日本の地質 I 北海道地方 共立出版
- Watanabe, T., Minoura, N., Ui, T., Kawamura, M., Fujiwara, Y., and Matsueda, H. (1996) J. Nat. Disas. Sci., vol. 18, 73-87.
- 渡辺暉夫編・著 (1997) 北海道地区自然災害科学資料センター報告 号外 —1996年北海道古平町豊トンネル坑口斜面崩壊と災害に関する調査報告— 87p. (文部省科学研究費補助金基礎研究(C) 報告書)
- 渡辺暉夫 (1999) 第2白糸トンネル岩盤崩落と渡島半島西縁部の地質 北海道地区自然災害科学資料センター報告 Vol. 14, 3-16.
- 渡辺暉夫 (2001) 国道230号線無意根大橋付近の地滑りについて 北海道地区自然災害科学資料センター報告 Vol. 16, 9-14.
- Watanebe, T., Kawamura, M., Tsuchiya, T. (2001) Landslide along the express highway near Kuromatsunai, southwestern Hokkaido 北海道地区自然災害科学資料センター報告 Vol. 16, 15-16.

図 1 崩壊地の様子 (a, b, c)

Slope-collapse site. Note: folding structure in fine grained materials is preserved in Fig. b and c.

図 2 鏡肌の露頭 (a, b)

Outcrops of surfaces with slickenside appeared after the slope collapse.

図 3 鏡肌手標本サンプル (a, b) ; a は図 2b から採取。b は湾曲した光沢面 (鏡鉄鉱)

Hand specimens with shiny surface

Fig. 2a was collected from the outcrop of Fig. 2b.

図 4 – 8 鏡肌面の鏡下観察 (40倍) (写真横幅3.1mm、400倍の写真、図 4c、8c を除く)

Observation of slickenside (normal to the surfaces) under the microscope (mostly  $\times 40$ , except Fig. 4c and 8c which is  $\times 400$ ). Length of width of photos is 3.1mm.

図 4 表層のスメクタイトと斜交するスメクタイト (a, b, c)。一見、S-C 構造的脈(c)の形成。

Sample No. : B-9, 24.4-24.5m Occurrence of smectite

図 5 Carbonate 皮膜とその分岐 (a, b)。同一薄片中でもスメクタイト (smectite) (c の矢印) が表層を覆うことがある。

Samle No. : B-10, 15.3-15.4m

図 6 カタクラサイト (cataclasite surface) (a : Sample No.8) とほとんど鉱物のついていない面 (b, c : B-9, 22.35-22.40m)  
(c の矢印は Carbonate 鉱物)

図 7 スメクタイト皮膜 (smectite film) (a, b : B-9, 22.35-22.40m)

図 8 鏡鉄鉱 (=hematite) の発達する鏡肌(a, b, c)。ただし、鏡下ではスメクタイト (a : Sample No.7) や Carbonate 鉱物 (c : 矢印) が観察できる。図 8b, c は B-10, 15.3-15.4m



図1(a)



図1(b)

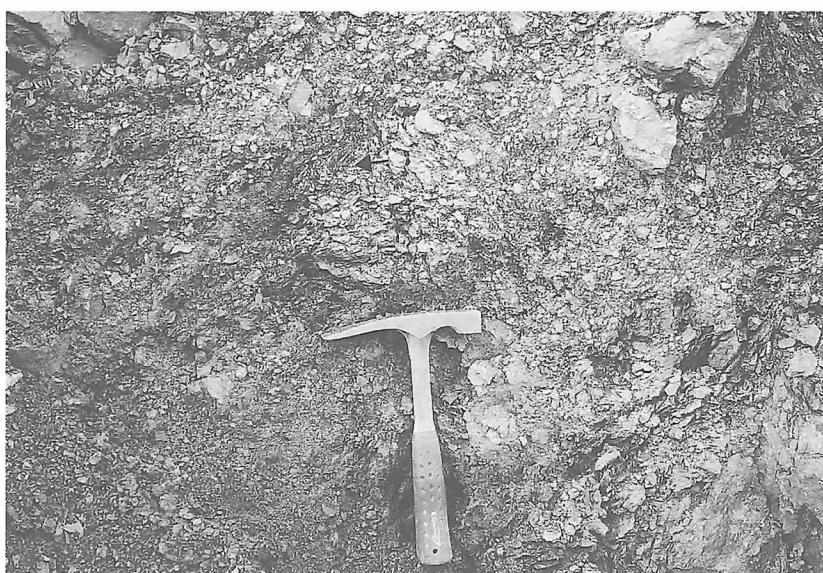


図1(c)



図2(a)



図2(b)

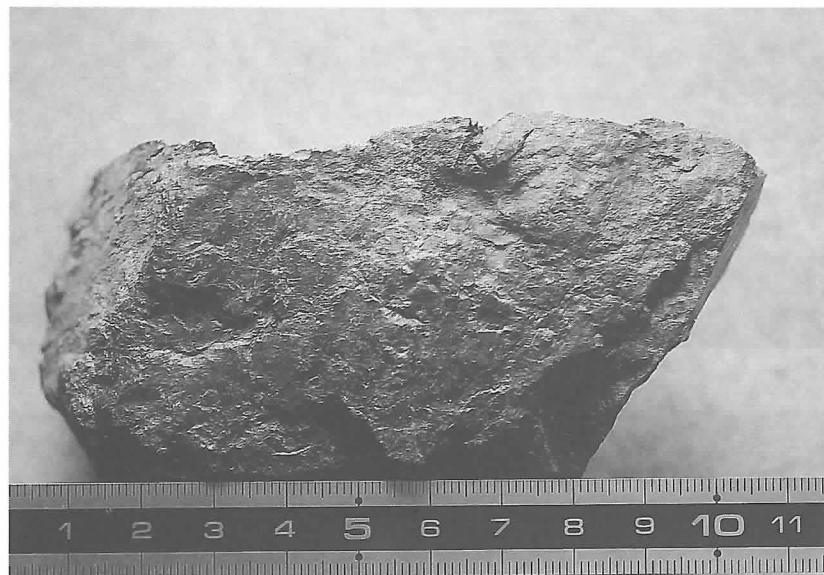


図3(a)



図3(b)

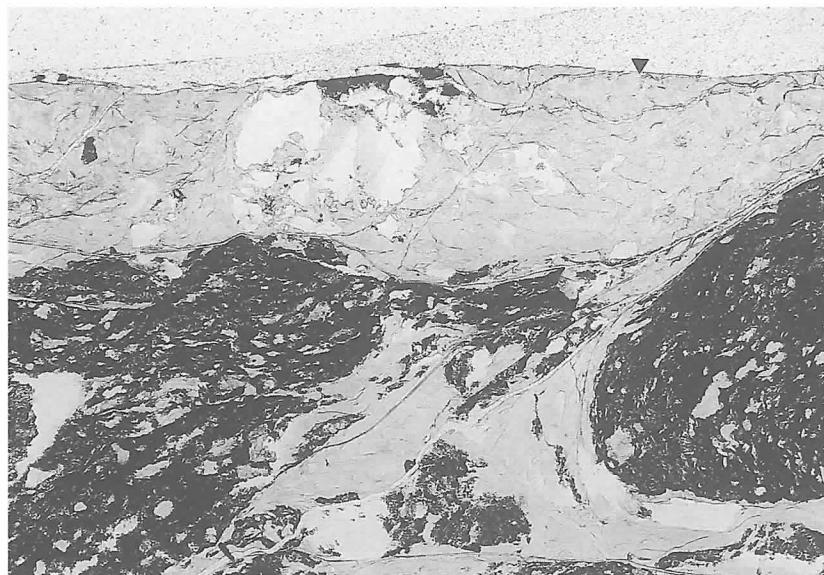


図4(a)

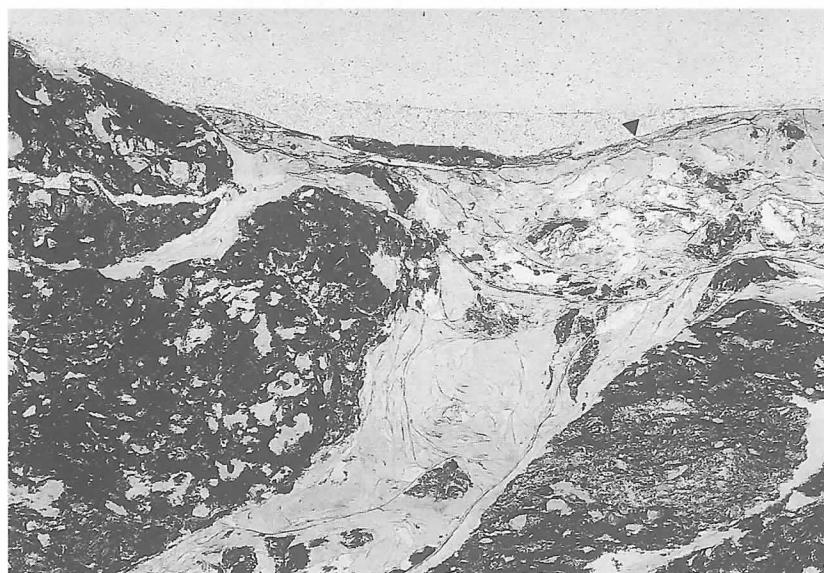


図4(b)



図4(c)



図5(a)

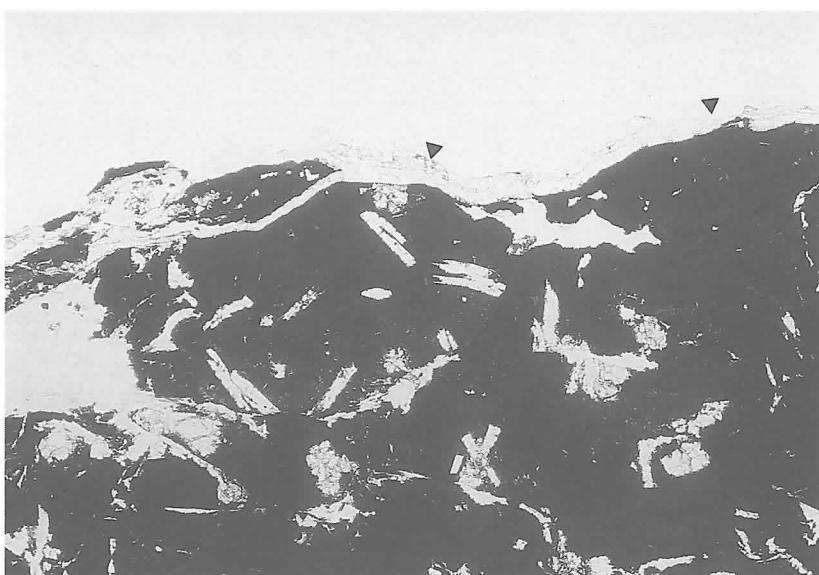


図5(b)



図5(c)

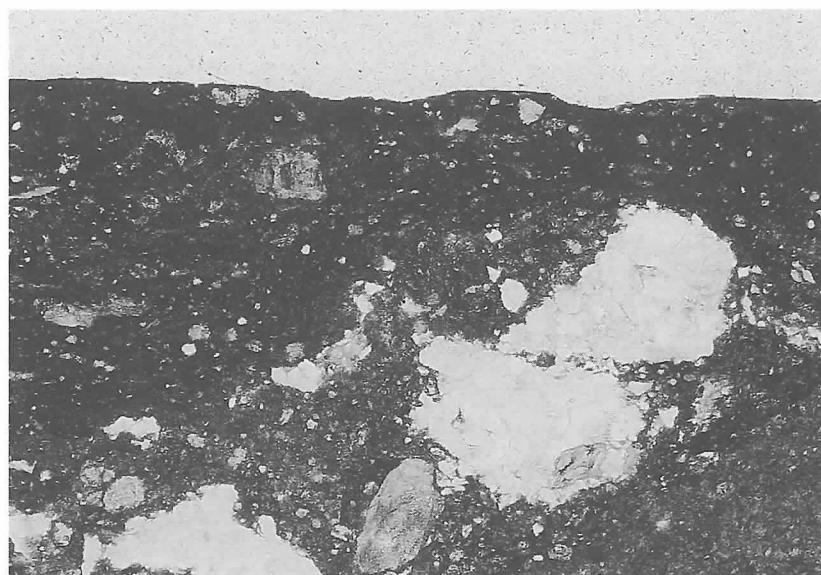


図6(a)



図6(b)



図6(c)

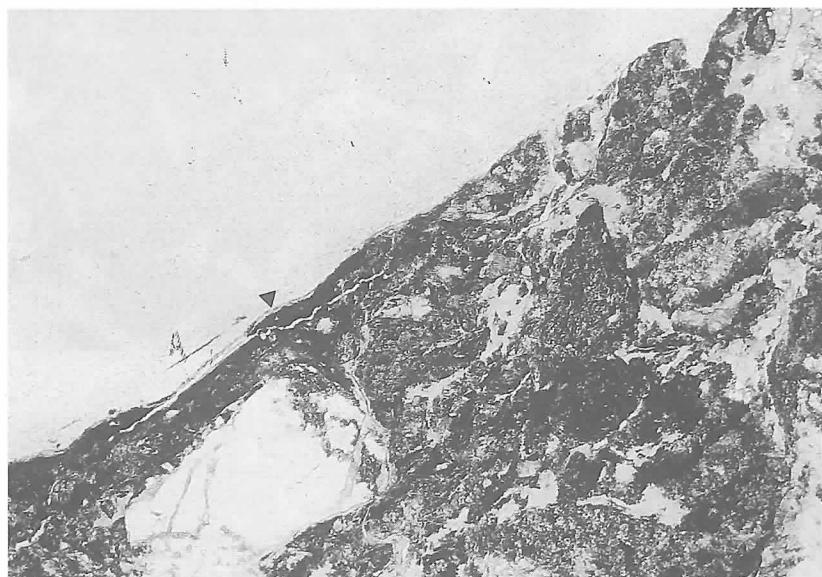


図7(a)



図7(b)



図 8 (a)

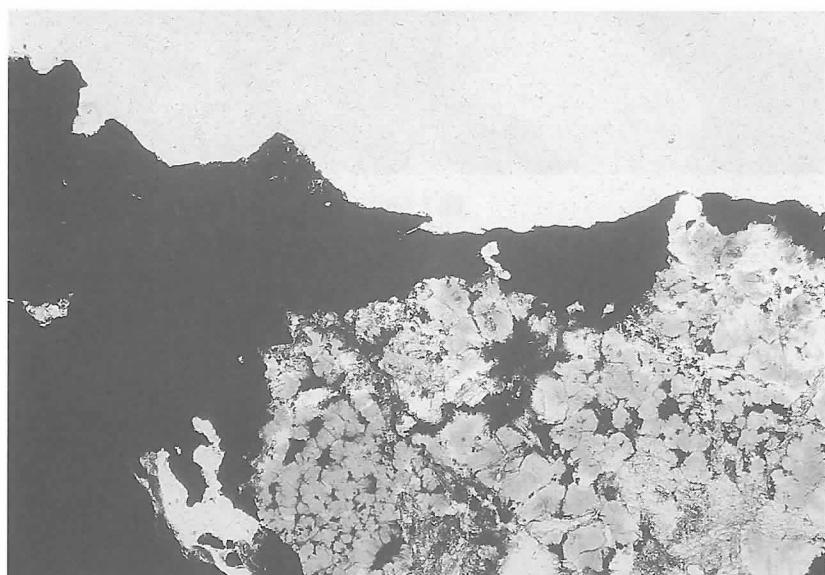


図 8 (b)

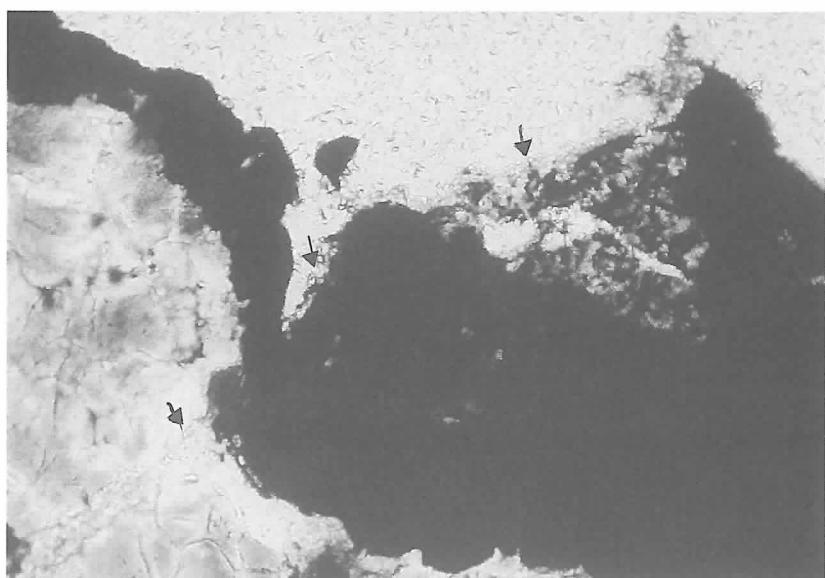


図 8 (c)