

顕微鏡下の岩石

9

溶結凝灰岩

(その2)

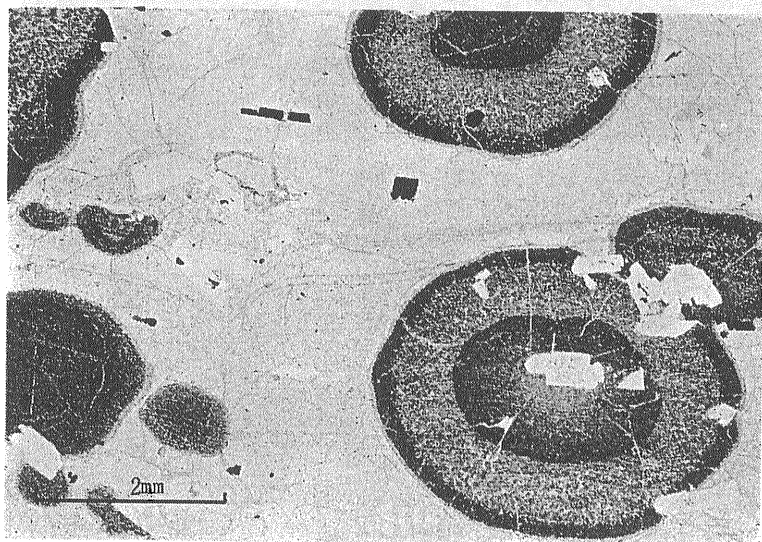
高温のガラスが変形し、接着してゆく過程が溶結であること、だからガラスが溶結凝灰岩にとって不可欠の本質的部分であることは前号で述べた。しかし、実際に溶結凝灰岩を鏡下で観察すると、たしかにガラス破片の形態を示しているところでも微弱な複屈折があって、現在はガラスでなく、細かい結晶の集合となっていることがしばしばある。

ガラスは安定状態ではないので、その環境に応じた安定な鉱物組み合わせに移行しやすい。たとえば、火山灰層の粘土化や凝灰岩の沸石化はよく知られた例である。しかし、変質・変成などの歴史——地下に埋没して地下水や地温などの影響を強くうけるなど——のない新しい時代の溶結凝灰岩でも結晶化しているものがある。

マグマは、その成分によって結晶の晶出する温度範囲が決っている。液体マグマが噴火のときに急冷すると、結晶の晶出が温度降下に追付かずに、晶出温度を通過してしまうことがある。こうしてできた過冷却の「液体」がガラスである。しかし岩体の内部で温度降下がややゆっくりと行なわれて、常温に達するまでにかなりの高温（平衡晶出温度よりは低い）に長時間おかれることがあると、過冷却状態からの結晶晶出がおきる。むしろ、ガラスのまま常温まで冷却するのは、自然の状態ではなかなかむずかしいといった方がよ

解説 小野晃司 撮影 正井義郎 薄片製作 佐藤芳治
 いだろう。ガラスが結晶の集合に変わることを脱ガラス化 (devitrification) という。脱ガラス化には、上のように、マグマからの冷却過程の結晶化ではあるが、一旦途中にガラスの状態を経過した場合と、常温まで冷却されたガラスが後に別の作用 (地下水・温泉・変成作用など) で結晶化する場合とがある。冷却過程の脱ガラス化は、溶結凝灰岩ばかりでなく、溶岩や小貫入岩体とくにやや急冷して固結したデイサイト・流紋岩などにはごくふつうにみられるものである。その意味では火成岩の初生的結晶作用の一種とみてもよい。溶岩や岩脈の急冷縁と同じように、火砕流堆積物でも、岩体の周縁の部分だけがガラス質で、内部は結晶化していることがある。このように岩体内にガラス質の部分と結晶質の部分とがあれば、その岩体が後に変質・変成作用を受けたとき、その2つの部分は異なった挙動を示すだろう。だから、初生的あるいは後生的結晶作用の性質を知って、区別しておかないと解釈に混乱がおきる。以下には、「初生的」脱ガラス化について多少の説明をしよう。

溶結凝灰岩の大部分をつくる珪長質のガラスからは、脱ガラス化によってアルカリ長石 (サニディンかアノソクレース) とクリストパル石とができるのがふつうである。一点から放射状に針状鉱物がのびて球状の集合



写真① 黒雲母流紋岩 (溶岩) 中の球顆
 阿蘇火山中央火口丘溶岩の1種 熊本県阿蘇郡長陽村黒川
 白い結晶は針長石 中央上とその左上の黒色の結晶は黒雲母。流線が中央左の斜長石の下側を曲って避け、右の方では2つの球顆を貫いている

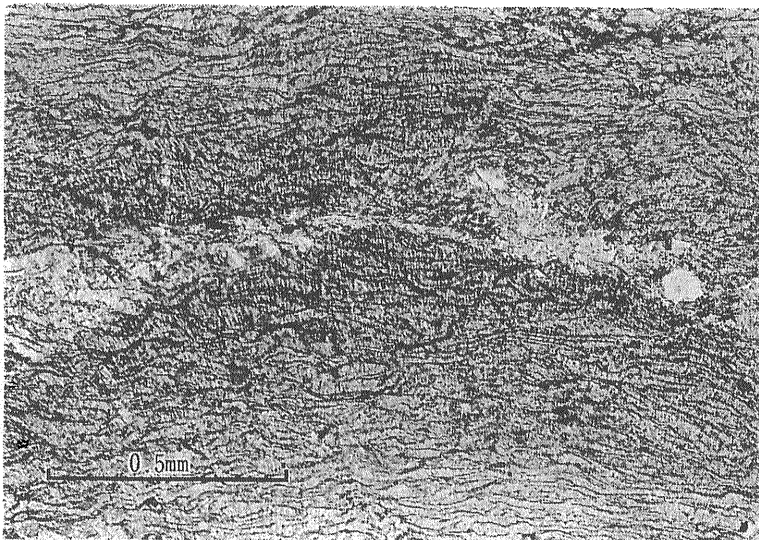
体をつくったものを球顆 (spherulite) という。写真①は流紋岩の溶岩中のもので ガラス質の石基の中に球顆ができています。ガラス石基中の流理が球顆の中に連続し それを貫通していることから この球顆が成長したのは 流理をつくったガラスの粘性流動がとまってから (溶岩が停止してから) 後のことだということがわかる。この岩石は肉眼でみると黒いガラスの黒曜岩で、その中に灰白色の球顆が点々と入っている。ガラスが結晶化し またその結晶が粗粒になるほど 肉眼的には色が白くなるのが通例であるが、面白いことに鏡下ではその反対に見えることがある。写真①では無色透明の部分がガラスであり、脱ガラス化した球顆が暗色となっている。これは球顆をつくる細粒の結晶が隣接鉱物 (たとえばサニディンとクリストパル石) 間の屈折率のちがいによって境界面で光の散乱をおこすためである。同心状に明暗の輪ができているのは 結晶の粒度のちがいによるものであろう。

蛇足だが、ここでガラス質・結晶質などの言葉について少し説明しておく。火砕岩の記載分類のために、ガラス質凝灰岩 (vitric tuff)・結晶質凝灰岩 (crystal tuff) などの術語が使われることは、このニュースの 187 号に解説されているとおりである。この場合のガラス質・結晶質は、その火砕岩が、その場所で堆積したときの構成素材が、ガラス火山灰 (ガラス破片) であったか、噴火前に晶出していた結晶 (斑晶) であったか、などを示すことばで、噴火前のマグマの状態についての分類といっている。しかし、この稿で前節に使ったガラス質・結晶質などの語は、それが現在の物質の状態とし

て、ガラスであるか、結晶であるかをさしている。たとえば「おもにガラス火山灰のみからなるガラス質凝灰岩が脱ガラス化したために、現在はガラス質ではなく結晶質である」というとき、1 度目のガラス質は原物質をさし、2 度目のガラス質と結晶質とは現在の物質の状態を示している。同じ術語の内容が異なっているのは不幸な状態だが、現状では筆者・読者ともに誤解のないように注意するより仕方がない。実は火山岩の記載のときに使われているガラスあるいはガラス質という言葉はあまり厳密ではなく、上の 2 つがしばしば混用されている。玄武岩・安山岩などの石基・メソスタシスのガラスといわれるものの多くは、現実には脱ガラス化した結晶集合である。しかし、火成岩の結晶過程をしらべる立場では、たとえ現在脱ガラス化しようとも、はじめに結晶とガラスとが共存したことの方が重要なので、ガラスとしておいてもさしつかえないのだろう。溶結凝灰岩を扱うときに、原物質としてのみではなく、現在の状態としてのガラス質・結晶質をも問題にするのは、それをしらべることによって岩体の冷却史を知り、さらに岩体内の unit の区分を通じて噴火から堆積までの歴史をさぐる手がかりとしようという立場からである。

また、ここでは詳しくふれないが、ガラスと結晶との物理的・化学的ながいからおきるいろいろの問題、たとえばガラスと液体マグマの化学成分の異同とか、さきに述べたように岩体に後生的結晶作用が重複したときの出発物質の状態とかについての情報として、その区別が問題になるからである。

写真②は脱ガラス化した溶結凝灰岩である。下半の暗色部の上端が上向ききのドーム形なのは、これが球顆の外縁だからである。いちぢるしく扁平化したガラス破片の形が左右方向の波模様としてよくみえているが、上下方向 (球顆の放射方向) に細い条線がみえるのは、球顆をつくる針状鉱物の「のび」である。上半部でもさまざまな向きに鉱物がのびている。これらの鉱物は各ガラス破片の境界を貫いてのびているので、球顆が成長したときには、この溶結凝灰岩のガラス破片はたがいに接着して、写真①の溶岩と同様に、全体がほとんど均質のガラスとなっていたことがわかる。

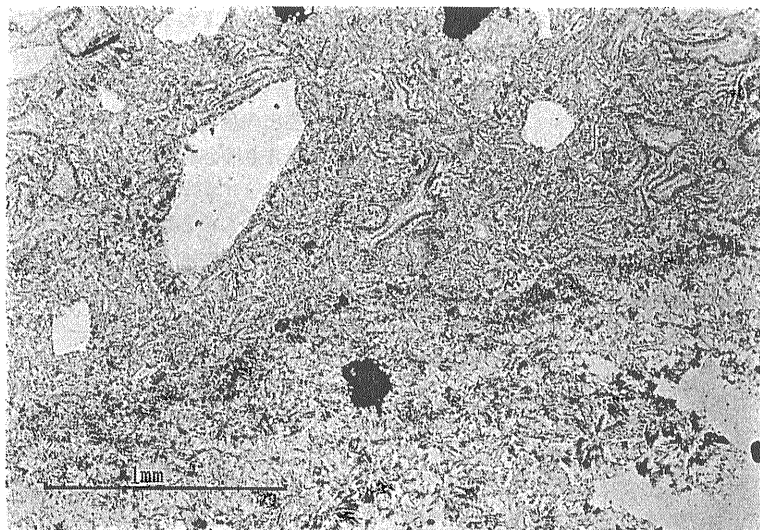


写真② 球顆状に脱ガラス化した流紋岩溶結凝灰岩
Bishop tuff アメリカ カリフォルニア州 ビショップ北西のオウエンズ川
峡谷
球顆にはさまれた中間の部分は、ガスが濃集したためか、結晶が粗粒化し、ガラス破片のかたちが失われかけている

写真③（その上半部）は上述のものとは様子がことなり、ガラス破片の縁から内方に向かって、霜柱のように、あるいは櫛の歯のように、針状結晶がならんでいる。

このようなものをアキシオライト (axiolite) といい、その構造を axiolitic 構造とよんでいる。この場合にはガラス破片の外縁から結晶が成長しているので、各ガラス破片が個体としての外縁をもっていたといえる。球顆やアキシオライトは脱ガラス化の様式であるが、各ガラス破片を貫いて球顆状の結晶成長がみられるのは、強く溶結した岩石にかざられるのに対して、アキシオライトはもっと溶結度の低い岩石に特徴的である。

アキシオライトがよく発達している岩石には、ふつう白っぽく、多孔質で（たとえ肉眼的気泡がなくても）



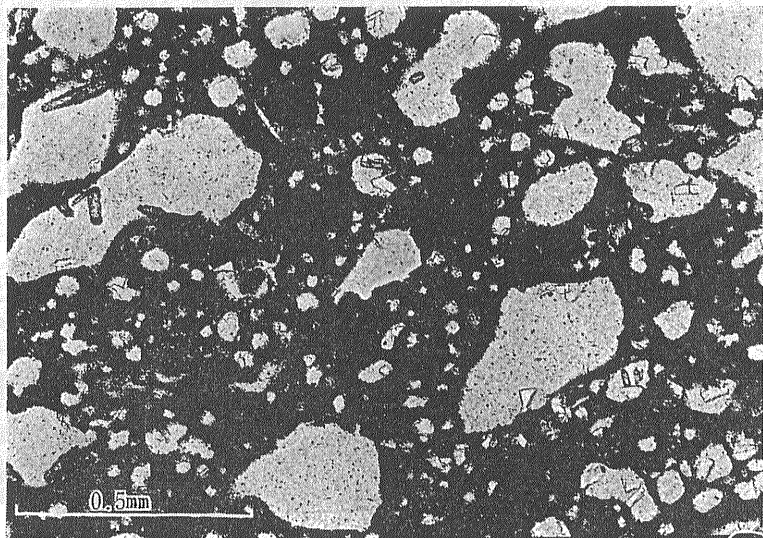
写真③
流紋岩溶結凝灰岩のアキシオライトと本質レンズ
Bishop tuff 写真②と同産地
左端下よりから右にひろがる部分は本質レンズ
(軽石) 下端中央から右にかけて放射状の結晶
集合がいくつかみえているが、気相晶出帯の本質
レンズによくみられる構造である

何となく軽い感じのものが多い。このような岩石の薄片をみると、各ガラス破片のあいだには空隙があり、そこに自形の結晶が成長していることがある。写真④は火砕流中のスコリアの薄片であるが、壁から気泡に向かって、自形の結晶がのびている。気泡の部分にガラスがなかったことは明らかなので、これは脱ガラス化による晶出ではない。この結晶はガラスの冷却・結晶化の過程で放出されるガスからの昇華によって晶出したものと解されるので、脱ガラス化と区別して、気相晶出作用 (vapor-phase crystallization) とよんでいる。

ガスが多量に作用するような条件下では脱ガラス化も進み、結晶は粗粒化する。写真⑤はいちぢるしい気相晶出化の行なわれた岩石である。左下部には見事な

自形結晶がみられるが、その他の部分は脱ガラス化と気相晶出作用とが重複しているらしく、さまざまな寸法の結晶と微少な空隙とでモヤモヤしていて、もとの構造はよくわからない。野外の産状と肉眼の観察から、この岩石が溶結凝灰岩であることは間違いのないのだが、鏡下の性質だけでは、これが溶結凝灰岩であるかどうかはほとんどわからない。

写真④⑤には、ともに扇形の鱗珪石の結晶がみえている。経験的には、脱ガラス化の際に晶出す



写真④
スコリアの気泡中に成長した気相晶出鉱物
Aso-2 火砕流中の本質安山岩スコリア
熊本県阿蘇郡西原村馬場
左上方の濃い色の鉱物は斜方輝石、右方に多い
無色鉱物は鱗珪石、石基はほとんど不透明
に見えるが、脱ガラス化した細粒の結晶集合

る珪酸鉱物はクリストパル石であり一方気相晶出帯には鱗珪石が特徴的にみられる。これらの鉱物は後生的結晶作用(変質・変成)のときは容易に石英に変化する。石英は初生的脱ガラス化鉱物としてはきわめてまれで筆者はまだ確実な実例をみたことがない。

最後に1岩体の中で結晶化の状態がどんなにちがうかの実例を示そう。写真⑥—⑩は阿蘇火山の火砕流からの溶結凝灰岩で道路沿いに基底から約25m上位まで一続きの露頭としてみられるものである。肉眼的には基底の非溶結の火山灰(前号の写真②ステレオ撮影のもの)から暗灰—黒色の溶結凝灰岩(ガラス質)灰色の脱ガラス化した基質に黒いガラスの本質レンズをふくむ溶結凝灰岩灰白色で脆弱な気相晶出帯の溶結凝灰岩の順に変化する。

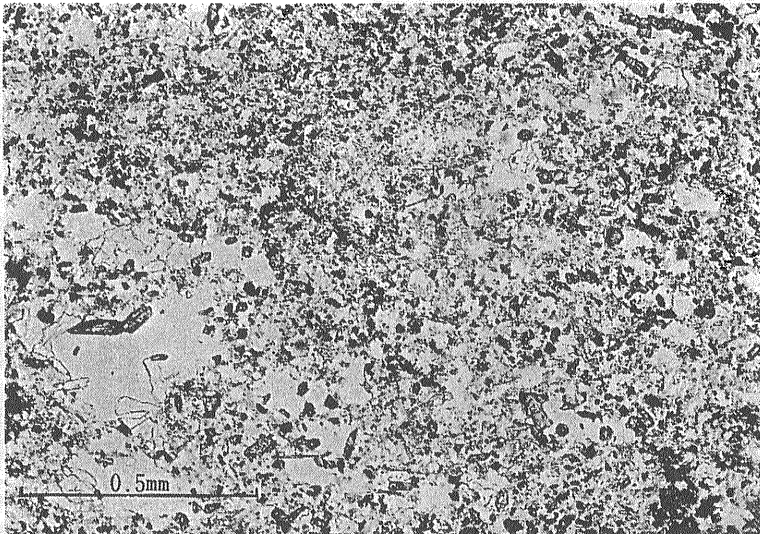
写真を一見しただけで⑥—⑧と⑨—⑩とは様子がちがうことがわかる。透明な感じがする⑥—⑧の3枚はガラス質であり不透明で濁った感じの⑨—⑩は脱ガラス化した部分である。⑥—⑧はそれぞれ基底から1・3.5・7m上のサンプルでその順にガラス破片がより扁平化し密着しているのがわかる。1mのものにはまだかなりの空隙が残っている。⑦ではガラス破片を横断する方向の亀裂がみえるが⑥にはほとんど見えない。また⑦では亀裂は短かくほぼ1個のガラス破片の中でとまっているものが大部分であるのに⑧では写真全体を横断するほど長く発達していることも⑥から⑧へと圧密が進んでいることのあらわれである。

⑨と⑩とは脱ガラス化した緻密な溶結凝灰岩である。⑨は基質のガラス破片は脱ガラス化したか本質レンズはまだガラスである状態を示す。下半部は基質で脱ガラス化して汚れた感じがするが注意するとガラス破片の形が濃淡の模様としてみえている。上半部にある透明な部分は本質レンズであるがその中にもよくみるとまるい斑点状に球顆ができていて脱ガラス化がはじまっていることがわかる。⑩では基質の脱ガラス化はいちぢるしく進みガラス破片の形はほとんどみえない。左中央下よりの濃色部につぶれたガラス破片のかたちがわずかに残りあとは全体を通じて何となく水平の平行構造が察せられる程度である。不規則なパッチ状をした淡色の部分はやや粗粒に結晶化したところでここではガラス破片の構造はほとんどみえなくなっている。右上隅は本質レンズでここだけはまだガラスだが外縁から脱ガラス化がはじまっている(レンズと基質との境界の左上から1/3ほどのところに半円形の球顆がみえる)。

⑩はいちぢるしい気相晶出作用をうけた部分である。基質のうす黒い模様はあまりつぶれていないガラス破片からできた細粒のアクシオライトである。左中央の長円形と右下よりのレンズ形のものとは本質レンズの結晶化したもので外から内に向かって櫛の歯状にやや粗い結晶がならび内側には空隙が多い。

(次回にはさらに数枚の溶結凝灰岩の例をあげてこの項の解説を終えたい)

(筆者はら地質部・研究企画官付・特殊技術課)

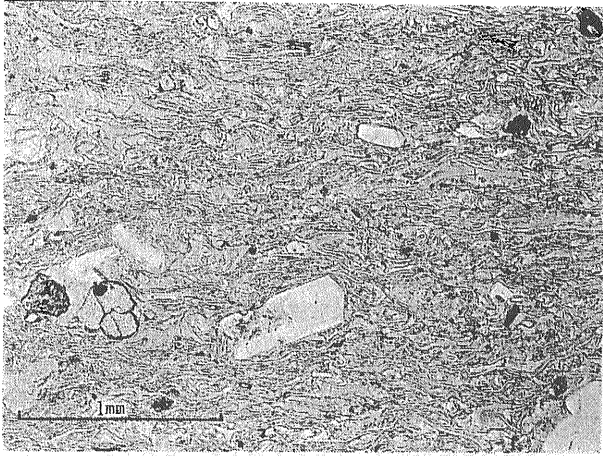


写真⑥
いちぢるしい気相晶出作用をうけた安山岩溶結凝灰岩
Aso-2 火砕流
熊本県阿蘇郡久木野村俵山東側山腹
濃色の柱状鉱物は単斜輝石 左端の空隙中にある扇形の淡色の鉱物は鱗珪石

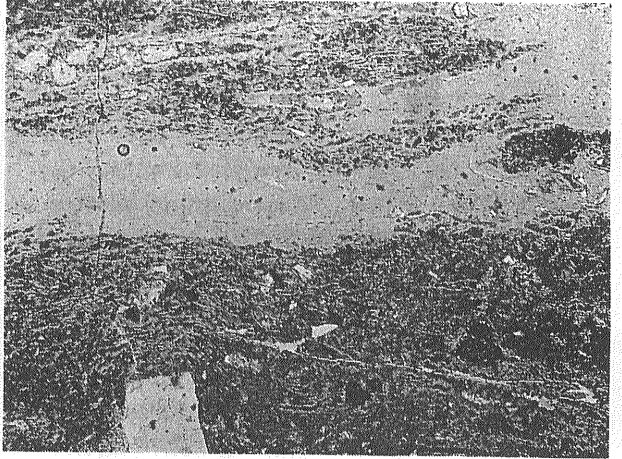
写真⑥-⑩は 流紋岩溶結凝灰岩の 同一地点における岩相変化

Aso-4 火砕流 大分県大野郡犬飼町戸上

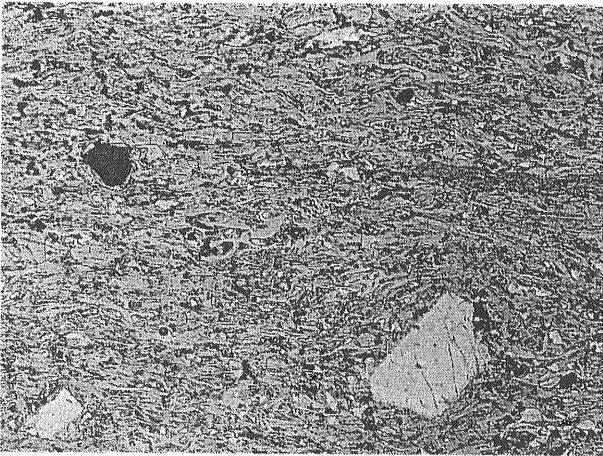
(写真は全部同倍率 下方ポラロイドのみ使用)



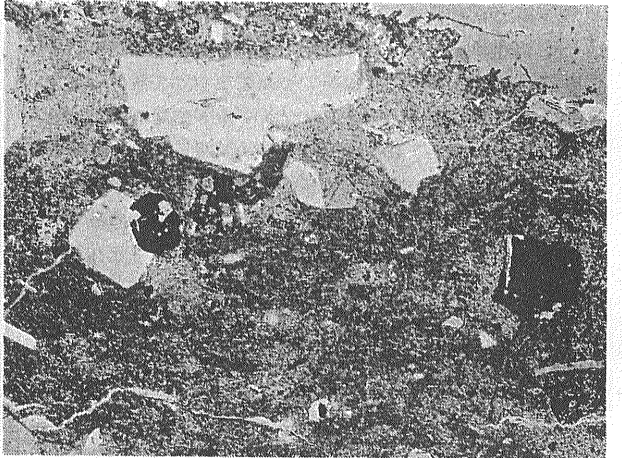
⑥ 基底からの高さ1m (以下同じ) ガラス質 空隙率約30%



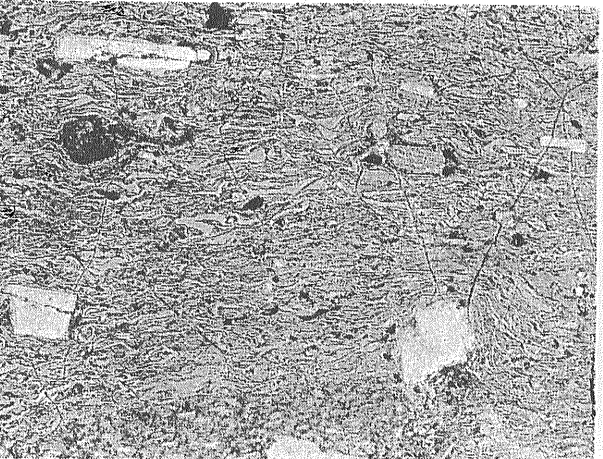
⑨ 12.5m 脱ガラス化 (本質レンズはガラス)



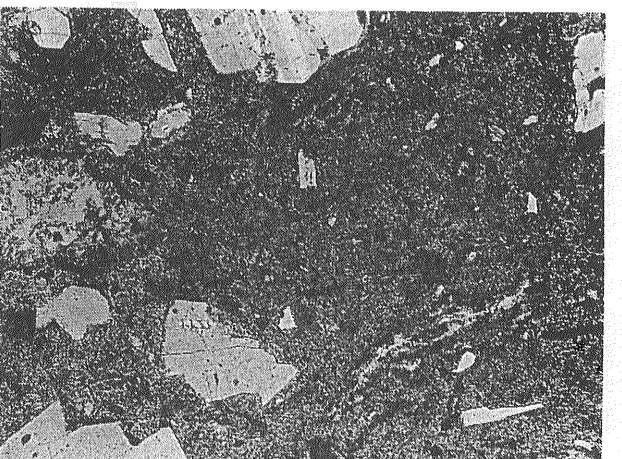
⑦ 3.5m ガラス質 ⑦から⑩まで空隙率は5%以下



⑩ 19m 脱ガラス化 (本質レンズはガラス)



⑧ 7m ガラス質



⑪ 25m 脱ガラス化 (気相晶出帯 左端中央の本質レンズの本質レンズの組織は写真③のものによく似ている) 空隙率約20%