

南条山地に分布する珪質堆積物の微細組織の解析

奥山加代*・山田早智代**

1. はじめに

珪質堆積物とは珪酸鉱物を主要な構成鉱物とし、一般には、細粒の堆積物である。通常、珪酸鉱物は鉱物学的には石英であるが、火成岩起源の石英とは異なる形態や大きさを持つといわれているし、持つはずである。また、珪質堆積物は微細な結晶の集合体なので、光学顕微鏡下では個々の粒子を識別することは困難である。このような珪質堆積物の代表はチャートである。チャートは細粒・緻密な堅い岩石であり、 SiO_2 を90%あるいはそれ以上含んでいる。肉眼的には、岩石の色は、 SiO_2 の含有量が多く純度の高いものは白色を呈するが、岩石中に不純物を多く含むものは、灰・黒・赤・緑など様々な色調を呈する。

ところで、チャートは、成因の面から大まかに一次的チャートと二次的チャートの2種類に区分できるといわれている。一次的チャートとしては、

- 1) 放散虫や珪藻、及び海綿骨針などの珪質微化石の沈積、あるいは、それらに由来する非晶質シリカが集積したもの。
- 2) 海水中に溶存しているシリカが無機化学的に沈澱したもの。無機化学的沈澱の場合、溶解度の違いから、オパール (Opal, または Opal-A) として沈澱する場合と、石英として沈澱する場合とがある。オパールとして沈澱した場合、続成作用の過程で、オパールから Opal-CT の段階を経て、最終的には石英に変化する。

が考えられている。二次的チャートとしては、

- シリカによる石灰岩等の置換作用により、二次的に形成されたもの。

などが考えられている。

珪質微化石を多く含んでいるチャートは、生物起源の可能性が大きいと考えられる。しかし、珪質微化石を含んでいない場合には、そのチャートの成因を正確に知ることができない。たとえば、珪質微化石を主要な起源としたチャートでも、続成過程が進むと、微化石の組織が破壊され、その外形をとどめなくなることがある。このようにして結果的に無化石チャートができると、その場合は、成因を明らかにする根拠がなくなってしまう。

本研究では、一次的チャートと二次的チャートにおける微細組織の違いを偏光顕微鏡及び電子顕微鏡を用いて、明らかにすることを目的としている。特に、チャートの微細組織を解析する手段として走査型電子顕微鏡 (SEM) を多用した。現在に至るまでに、チャートの微細組織の電顕観察に

* 武生市立第二中学校坂口分校

** 福井大学教育学部地学教室

よる研究としては、透過型電顕を使用して、高倍率下での微細組織の形態を区分したもの(Folk and Weaver, 1952; Kaibara, 1964)、チャートの腐食面におけるレリーフを走査型電顕を使用して、低倍率での観察を基にしたチャートの成因についての考察、特に、放散虫などの珪質微化石の有無に基づいたもの(井本・斎藤, 1984)、及び腐食に対する抵抗力の違いについての考察(Imoto, 1983)などの例がある。

本研究は、南条山地に分布するチャートを用いて、チャートの微細組織とその成因との関連性を見つけ、同山地に分布する放散虫を含まない層状、塊状チャートの成因について考察することを目的としている。その方法として、走査型電子顕微鏡(以下電顕)と偏光顕微鏡(以下顕微鏡)の両方を用いて、チャートの微細組織(マトリックス, 脈, プール)を観察し、放散虫を含む層状チャートと二次的なチャートとの比較検討を行った。

本研究は、奥山が福井大学教育学部地学教室の卒業研究(1988年度)として行った研究報告を基礎とし、チャートの微細組織を卒業研究(1992年度)として行っている山田が一部修正し、まとめたものである。本報告をまとめるに当たり、福井大学教育学部服部 勇氏には大変お世話になった。記して感謝する。

2. 地質概説

福井県南条山地は美濃帯の北西部に位置し、そこには主にジュラ紀砂岩・頁岩・珪質頁岩・三疊紀チャート・古生代緑色岩・石灰岩が分布する。他に、後期中生代の酸性火成岩および堆積岩が少量分布している。吉村ら(1982)と服部・吉村(1982)は、岩相と産出放散虫などに基づいて、南条山地を春日野相、今庄相、高倉相、及び東俣層の4つの層・相に区分した。春日野相は、オリストストローム相で、頁岩中に、二疊紀緑色岩、石炭紀・二疊紀の石灰岩、二疊紀・三疊紀のチャート、および、砂岩のオリストリスを含む。オリストリスのサイズは、大小様々で、km単位のものから、偽礫状のものまでである。オリストリスの礫種や産状から、アロオリストストローム及びエンドオリストストロームと呼べる部分のいずれもが発達する。今庄相は、砂岩・頁岩相で、側方に連続性の良い三疊紀チャートや、無数のチャートオリストリスを含む。砂岩頁岩は、単層単位で互層するタービダイトである場合も、層相単位で繰り返したりする場合もある。砂岩は一般にグレイワッケ質である。高倉相は、粗粒砂岩と厚層チャートからなる層相である。粗粒砂岩は長石質であり、著しく多量の頁岩パッチを含む。パッチの大きいものは、長径が10cmに達することもある。また、礫岩がしばしば発達している。本相中のチャートは、側方に連続性の良い厚層チャートと巨大ブロック状チャートの二つに分けられる。前者は三疊紀のチャートを含むが、後者からは時代決定できる化石は得られていない。また、後者は場所によってはドロマイトを伴ったり、正延性玉髓(Length-slow chalcedony(服部, 1989)を含んでいたりする(Hattori, 1989)。東俣層は、チャートを全く含まない塊状砂岩相で、無化石である(中屋・斎藤, 1986)。

本研究で用いた試料のうち、放散虫を含まないブロック状チャート(以下無化石塊状チャート)は、

春日野相と今庄相の分布境界に沿って露出しているチャートから得られた。これとの比較に用いた放散虫を含むチャート(以下含放散虫チャート)は、高倉相中の側方連続性の良い放散虫化石を含む厚層のチャートから得られたものである。

3. 試料及び観察方法

●連光坊山・上田珪石*

連光坊山・上田珪石のブロック状チャートは、日野川を挟んで東西両側に位置する。これらのブロック状チャートの周りは、砂岩(白色, 長石質)・頁岩を主体とするオリストストロームで構成されている。連光坊山一帯には、三畳紀の放散虫を含む層状チャートも存在するが、それらと無化石ブロック状チャートとの境界は、はっきりしていない。連光坊山・上田珪石のチャートは、地質図上ではほぼ連続しているように見え、岩相も似ており、共に無化石である。

連光坊山・上田珪石のチャートの全体の分布は共に塊状であり、見かけの層厚は100m以上にもなる。走向がEW~N60°Wで、傾斜が30~50°Nである。チャートには、無数の割れ目や著しい層内褶曲が発達している。チャートの単層の厚さは2cm程度から、場合によっては20cm以上にもなる。その各単層間には、粘土質の薄層が挟まれている。また、チャートは白・緑・黒・灰などいろいろな色を呈し、単層内部においても、色調が変化するものもある。さらに、風化すると茶褐色に変化するものも存在する。また、単層の中に、層理面と平行で間隔の狭い規則的な横縞が発達している。吉村ら(1982)によれば、この横縞はスタイロライトに起因する模様である。このスタイロライトには、粘土鉱物のイライトが濃縮している(吉村ら, 1982)。

光学顕微鏡下では、微細なマトリックスの中に少し粗い粒子が、環状に配列している。また、カルセドニー脈(この論文では繊維状カルセドニーを単にカルセドニーと記す)の断片が散在していたり、碎屑性起源と思われるやや丸みを帯びた石英粒子や、円形状のカルセドニーやモザイク状石英が点在していたりする。また、石英脈の粒子中に細い不純物が含まれていたり、粒子中にみられる点線状の不純物のつながりが隣の粒子まで続いている場合もある。円形を示すモザイク状石英やカルセドニーは、放散虫などの珪質微化石である可能性がある。

●多留美

多留美川上流に露出しているチャートは、ジュラ紀前期放散虫や海綿骨針を多く含んでおり、下位より砂岩-頁岩-珪質頁岩-チャート-珪質頁岩-頁岩-砂岩と一見整然と成層している。珪質頁岩中にはマンガノジュールや赤色頁岩が存在し、それらは保存良好なジュラ紀前期の放散虫化石を多産する(服部, 1988)。走向傾斜は、周囲の頁岩類と同様に、N20°E, 70°Wであり、層厚は20m程度である。色は、赤・緑・淡青を呈している。なお、試料採取地点近くには活断層といわれ

* 上田珪石(株)が稼業している珪石山であるが固有名詞がないので、以下では上田珪石と記す。

ている金草岳断層が走っており、この断層がチャート層にどのような影響を与えたかについては、不明である。

顕微鏡下で、円形や棒状のモザイク状石英粒子または、円形のカルセドニーが存在している。これらは放散虫などの珪質微化石の痕跡である。

●樹谷

樹谷林道沿いには、頁岩パッチを多く含んだ砂岩、花崗岩及びチャートのクラストを多く含む礫岩、及び塊状粗粒砂岩が露出している。ここで採取したチャートは幅数cmであり、塊状砂岩中に、地層面と斜交・直交する方向(ほぼ上下方向)に直線状に、または、一部断続的に、つながっている。野外の産状から判断すると一次的チャートとは異なり、置換作用によって生成されたものであることがわかる。樹谷のチャートは、灰色を呈し半透明である。

顕微鏡下で観察してみると、このチャートは元々花崗岩であった岩片を含んでいることがわかる。花崗岩の岩片からチャートに置換されつつある部分では、花崗岩の岩片を取り囲むように、粗粒なモザイク状石英が配列している。そして、やや丸みを帯びた大小様々のモザイク状石英粒子が孤立して存在している。中には、粒子と粒子との間に黒雲母が存在している。このことから、黒雲母はほかの鉱物に比べて溶脱されにくいと判断される。樹谷のチャートには、カルセドニーは見あたらない。

露頭観察が不十分であるため、このようなチャートがどのように形成されたのか詳細なことはわからないが、花崗岩の岩片を含む粗粒砂岩中に生じた割れ目に水が流れ込み、そこに存在していた花崗岩の中の石英以外の鉱物を溶脱し、石英に置き換えていって、チャートに変化したのではないかと考えられる。

●観察方法

チャートの薄片を電顕で観察する場合、カバーガラスをかけない薄片をフッ酸で腐食(エッチング)し、その腐食面を観察する。チャートをフッ酸でエッチングすると、構成粒子と粒子の境界に沿った部分が粒子自身より速く溶脱されるので、チャートの微細な組織は壊されずに、個々の石英粒子の形や大きさを観察することができる。

また、顕微鏡下の写真に写っている脈や割れ目を基準にすると、観察している場所の判定が比較的容易である。

以下に、観察方法を示す。

- ① 採取した試料をやや厚めの薄片にする(カーボラシム1500~3000番まで研磨する)。
- ② 偏光顕微鏡で観察し、電顕で観察するところを決めて直交ニコルで写真を撮る。
- ③ エッチングをする。フッ酸(46.4%)を観察するところに1滴落とし、20~30秒間置いた後フッ酸を水で流す。必要に応じて、10~20秒間超音波洗浄をする。
- ④ 偏光顕微鏡、または、実体顕微鏡で観察し、②で写真を撮った同じ場所をもう一度写真に撮

る。このとき、偏光顕微鏡の場合は平行ニコルで撮る。実体顕微鏡の方が、凹凸が強調されて、特徴がつかみ易い。

- ⑤ 薄片をガラスカッターで切断し、電顕観察用試料ホルダーにマウントする。このときに、ガラスの破片等が残らないように注意する。
- ⑥ 金蒸着をする。
- ⑦ 電顕で観察する。写真を撮る場合は、低倍率から徐々に倍率を上げていくようにする。

以上の方法で得られた電顕写真を 図版 1～11 に示す。

4. 電子顕微鏡観察

電顕(SEM)は、微小な電子線束を試料に照射して、試料から放出する二次電子を検出し、走査像(映像)を作っている。そのため、起伏が著しいものは、二次電子が強く、明るく見え、起伏が著しく平滑であるものは、二次電子が弱く暗く見える。

このようにみられる電顕下の観察結果を基に、

- A. マトリックス (岩石中でサイズの大きな粒子の間を埋めているそれよりもはるかに小さな粒子群)
 - B. 脈 (岩石中に生じた割れ目に珪酸等が分泌または沈澱して形成したもの)
 - C. プール (マトリックス中に孤立して存在するモザイク状石英, またはカルセドニーの集合)
- の三つについて、その観察結果を示す。

A. マトリックス

チャートのような細粒珪質堆積物は、一般に細かい鉱物集合体である。それらを構成する粒子のサイズは、微晶質(径0.25～0.11mm)あるいは隠微晶質(径0.11mm以下)に区分され、さらに繊維状であれば chalcidonic quartz と呼ばれる。しかし、チャートの場合、隠微晶質であるので、顕微鏡下では、その個々の粒子の形や大きさを観察することが容易ではない。電顕下では、これらを高倍率下で、観察することができ、個々の粒子の形が明確に把握できる。ここでは、脈やプールの周りのマトリックスを構成する石英粒子に着目して観察した。採取したチャートからは、次のような観察結果が得られた。

〈連光坊山・上田珪石のチャート〉

1. 0.4～7 μm の異なる大きさの石英粒子で構成されていて、一般に他形で、規則的配列を示さないもの
2. 1～2 μm の大きさの等しい石英粒子で構成されていて、一般に他形で、規則的配列を示さないもの
3. 0.4～0.9 μm の大きさの等しい石英粒子で構成されていて、他形であるが幾分規則的に配列するもの

のように分けられる。白色を呈するチャートにおいて、碎屑性起源と思われるモザイク状石英の粒子以外のもののマトリックスは、1～7 μm 位のいろいろな大きさをもった粒子で構成されている(図版1)。また、脈やプールの付近の石英は、周りのマトリックスに比べやや細粒で、幾分規則的に配列しているように見える(図版2)。

〈多留美のチャート〉

約1 μm 位の似たようなサイズを持つ他形の石英粒子が不規則に配列している。中には、いくつかの粒子が不規則に集まって塊状になっているものが存在する。

〈榭谷チャート〉

1～4 μm の範囲の様々なサイズを持ち、他形で、規則的に配列しない石英粒子で構成されている。ほかの2カ所のチャートと比べ、石英粒子の形が明瞭でなく、高倍率で観察すると、プールと区別しにくい。また、粒子中には、虫食状の穴が空いているのがみられる。この穴は、溶脱された過程で形成されたものだと考えられる(図版3)。

B. 脈

チャート中には、マトリックスを切り、直線状に走っている無数の脈が発達する。脈は、顕微鏡下において石英脈(モザイク状石英からなるもの)とカルセドニー脈(繊維状の組織を示す微小な粒子で構成されているもの)とがある。そして、カルセドニー脈を構成するカルセドニーは、石膏検板を入れることにより、負延性玉髄と正延性玉髄の2種存在することが分かる。

〈連光坊山・上田珪石〉

石英脈とカルセドニー脈がみられ、カルセドニー脈には、正延性玉髄も存在する。石英脈には、研磨やエッチングでできたと思われる無数の不規則な割れ目や凹凸がみられる。一方、カルセドニー脈は、0.2 μm 位の等粒他形の微細な粒子が繊維状に配列している。中には、幅0.5～1 μm 、長さ1～15 μm の細長い棒状を示す粒子が一定方向に配列している(図版4, 5)。特に、正延性玉髄にはこのような場合が多い。このようなカルセドニー脈は、石英粒子が結晶成長しながら隣の粒子と結合したということを示し、繊維状の組織を示すカルセドニーに比べて、続成作用が進んでいるかもしれない。また、顕微鏡下では、マトリックスより粗い粒子で構成されている脈を、電顕で観察したところ、マトリックスよりも微小な粒子の集合体であるという場合もある。

〈多留美〉

石英脈とカルセドニー脈が存在する。石英脈は、無数の不規則な凹凸や割れ目がみられる。また、カルセドニー脈は、0.2 μm 位の大きさの等粒、他形の微小な粒子が繊維状に配列している。

〈榭谷〉

カルセドニー脈が存在せず、石英脈だけが存在する。石英脈は、無数の不規則な凹凸や割れ目がみられる。

C. プール

一次的チャートは、陸源性堆積物が混入しないような環境のもとで形成された非碎屑性堆積岩であると考えられるので、マトリックス中に単独に存在する円形または楕円形のモザイク状石英やカルセドニーは、放散虫などの珪質微化石の痕跡であると考えられる。

〈連光坊山・上田珪石〉

モザイク状石英やカルセドニーを含むものが存在する。モザイク状石英を電顕下で観察すると以下の三つに分けられる。

- ① 石英脈と同様に、全体が無数の不規則な割れ目や凹凸があるもの(図版6)。
- ② 中心部は①と同様であり、周辺部は、マトリックスを構成している石英粒子よりはっきりとした形態を持ち、 $1\mu\text{m}$ 位の大きさと等粒他形の規則的に配列しない粒子で構成されているもの(図版7)。
- ③ 周辺部は①と同様であり、中心部では、マトリックスを構成している石英粒子より個々の粒子がはっきりした形態を持ち、 $0.5\sim 1\mu\text{m}$ 位の大きさと等粒他形の規則的な配列を持たない石英粒子で構成されているもの(図版8)。

一方、カルセドニーの場合には、カルセドニー脈と同様で、 $0.2\sim 0.4\mu\text{m}$ の大きさの等粒他形の微小な石英粒子が繊維状に配列している(図版9)。

〈多留美〉

円形、楕円形のモザイク状石英やカルセドニーを含むものが存在する。モザイク状石英を顕微鏡下で観察すると、連光坊山・上田珪石のチャート中にみられたような上記の①と②(図版10)が存在する。カルセドニーは、カルセドニー脈と同様である。

〈樹谷〉

丸みを帯びた大小様々なモザイク状石英がみられ、電顕下では、上記の①の形態を示す(図版11)。

以上のような観察より、碎屑性起源と思われる粒子は①の形態を示し、放散虫等の珪質微化石の内部は、①、②及びカルセドニーの形態を示すと思われる。これらのモザイク状石英のそれぞれの形態からその成因を考えると、以下のことがいえる。

①の場合は(碎屑性起源と思われるものは除く)、隙間(主に放散虫遺骸の内部)にしみこんだ溶液の珪酸濃度が低く、直接石英として沈澱し、ゆっくりと結晶成長していったと考えられる。

②の場合は、隙間にしみこんだ溶液の珪酸濃度が低く、周辺部から徐々に石英が沈澱して、ゆっくりと結晶成長していき、その後、流入した溶液中の珪酸濃度が上昇し、細かい粒子が形成されたと考えられる。

③の場合は、最初、この隙間にしみこんだ溶液は、珪酸分に富んでいたもので、過剰な溶存珪酸分は空洞の周辺部にカルセドニーとして沈澱した。沈澱が進むと溶存珪酸分は減少するので、中心部では、石英の結晶成長がゆっくりと行われたと考えられる。

5. 考 察

本研究においては、顕微鏡ではみられないいろいろな微細なチャート中の石英粒子の形態や大きさ、及びそれらが構成する組織を、顕微鏡と併用して電顕下で観察することができた。また、石英粒子の大きさやそれらが構成している組織の性格、及びチャートが受けてきた続成作用の違いから、腐食のされ方が異なって、凹凸や明暗の差が生じてくることも観察できた。例えば、モザイク状石英は腐食されにくいので、腐食面が平滑であり、ほかの組織に比べて暗く見える。また、カルセドニー、特に負延性玉髄は腐食されやすいので、腐食面の起伏に富み、ほかの組織に比べて明るく見える。

ここで、以上のような観察結果を基に、ブロック状に産する連光坊山・上田珪石のチャートの成因について考察してみる。同地域のチャートには、放散虫または海綿骨針等の珪質微化石を含んでいるものがごく一部存在する。そのことを加味して、珪質微化石を多く含んでいる多留美のチャートと比べてみると、以下のような違いがみられる。

- 連光坊山・上田珪石のチャート中のマトリックスを構成している石英粒子は個々の形態が明瞭であり、配列に規則性を持つものが存在している。また、試料によっては大きさの異なる石英粒子で構成されていることがある。
- 連光坊山・上田珪石のチャート中のカルセドニーの一部、特に、正延性玉髄においては、繊維状に配列している等粒他形の粒子が想像以上に粗粒であったり、また、細長い棒状の粒子が一定方向に配列していたり、また、石英脈と同じ形態を示したりするものが存在している。

これらのことは、連光坊山・上田珪石の無化石チャートは、多留美の含放散虫チャートよりも続成作用が進んでいて、再結晶化していることを示している。そうすると、連光坊山・上田珪石のチャートは再結晶したために岩石中に含まれていた珪質微化石の組織が壊されてその形態をとどめなくなり、無化石状態になったと考えることができる。しかし、原岩が珪質微化石等からなる海洋性の堆積物であるとすると、顕微鏡下で観察される碎屑性起源と思われるモザイク状石英の粒子がどのように混入してきたのか、また、顕著にみられるスタイロライトがどのようにして形成されたのかについて疑問が残る。次に、碎屑性起源のモザイク状石英の形態に着目して、榊谷のチャートと比べてみると、

- モザイク状石英はいずれの場合も同じような形態を示すが、連光坊山・上田珪石のチャートは、マトリックスを構成している石英粒子個々の形が明瞭である。

ということがいえる。しかし、二次的チャートは、置換作用の速度などの周りの環境や元の岩種の違いによって、その組織が異なることも考えられているので、榊谷の一例だけと比較して、置換によって形成されたものであるとは容易には断定できない。

以上のことから、本研究の観察結果だけでは、比較検討をする試料の数や種類が少なかったため、連光坊山・上田珪石の無化石チャートの成因を断定することができなかった。

この種の研究には、正延性玉髄を含むチャートと比較するのが望ましいと思われる。南条山地の

冠山北部に分布するドロマイト質チャートは、正延性玉髓を含み、さらにドロマイトの一部は置換されて二次的にチャートになっていると考えられているものである。また、堆積・続成環境の違いがどのようにチャートの形態に影響を及ぼしているのかについても、いろいろな環境下のチャートどうしを比較してみる必要があると思われる。

なお、ここでは触れていないが、露頭でチャートと判断して採取した中に、顕微鏡下で観察したところ頁岩であったり、また、チャート中に別のチャートの岩片が含まれていたり、放散虫等の珪質微化石ではない円形をしたカルセドニーが見られたりした。このことは、肉眼的にはチャートであっても顕微鏡下や電顕下ではチャートでない場合が相当多くあることを示している。このことについても検討が必要であると思われる。

6. まとめ

- ① 電子顕微鏡を用いて、顕微鏡下の観察ではみられないチャートの微細組織を観察することができた。
- ② 放散虫以外の内部などの空間にシリカが沈澱する場合、シリカの濃度によって形成される組織が異なると思われる。
- ③ 連光坊山・上田珪石のチャートは、多留美の含放散虫チャート、榊谷の二次的チャートに比べて、マトリックスを構成している石英粒子の形態が明確であり、また、カルセドニーの一部に繊維状組織を示さないものがみられることから、続成作用が進んでいて、再結晶化していると考えられる。

引用文献

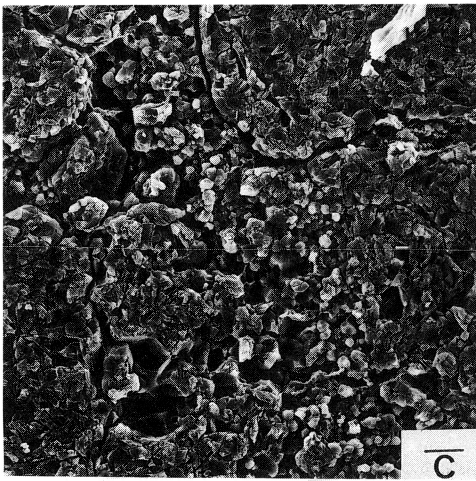
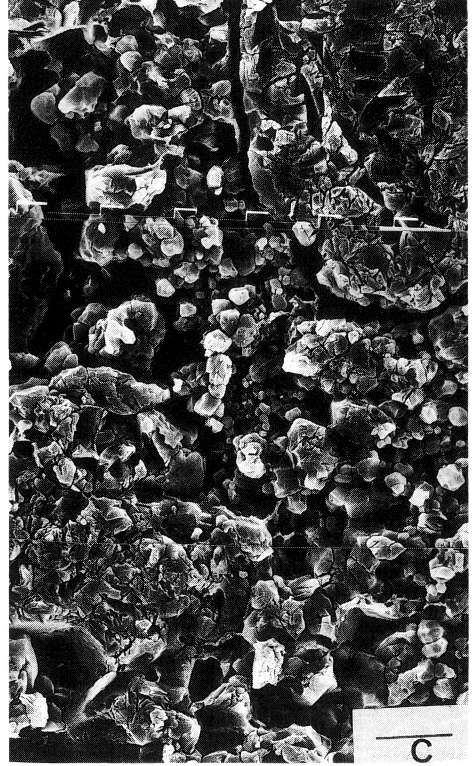
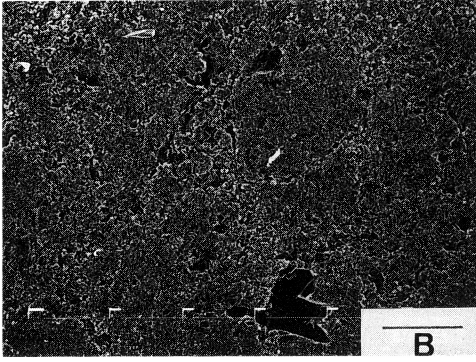
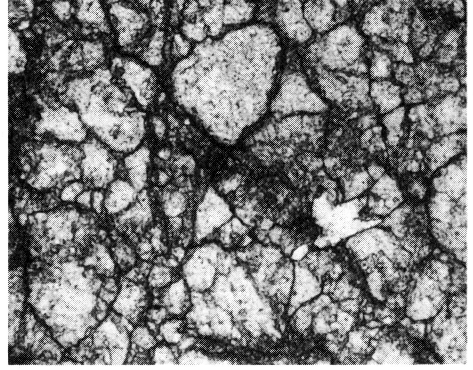
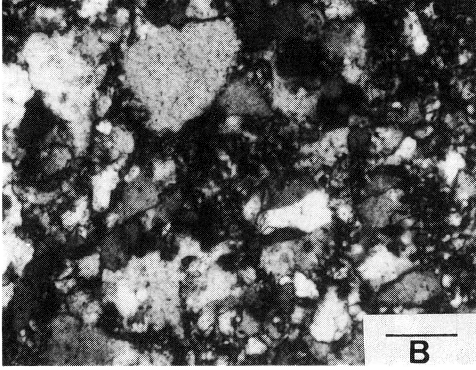
- Jones, D. L. and Murchey, B. (1986), Geologic significance of Paleozoic and Mesozoic radiolarian chert. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 14: 455-492.
- 服部 勇・吉村美由紀(1979), 美濃帯北西部南条山地における古生代緑色岩・石灰岩塊を含む地層の産状と分布. 福井大学教育紀要, II, 29, 地学編, 1-16.
- 服部 勇(1985), 福井県下的美濃帯中・古生層の Length-slow chalcedony とその地質学的意義. 地質学雑誌, 91, 453-461.
- 服部 勇(1986), LENGTH-SLOW CHALCEDONY のもつ地質学的意義 一その紹介と実例. 大阪化石研究会誌特別号, 7, 265-273.
- 服部 勇(1988), 福井県南条山地多留美川上流のマンガノジュールからの放散虫と美濃帯北西部の構造的位置づけ. 福井市立郷土科博研報, 35, 55-101.
- Hattori, I. (1989), Length-slow chalcedony in sedimentary rocks of the Mesozoic Allochthonous terrane in Central Japan and its use for tectonic synthesis. in: J. R. Hein and J. Obradovic (editors), *Siliceous deposits of the Tethys and Pacific Regions*. Springer-Verlag, New York, 201-215.
- 服部 勇(1989), 玉髄の亜種の日本語名について. 地質学雑誌, 95, 141.
- 井本伸広・高橋暁美(1972), チャートの微細組織. 海洋地質, 8, 12-20.
- 井本伸広・斉藤靖二(1974), 層状チャートの正体. 科学, 44, 180-182.
- Imoto, N. (1983), Sedimentary structure of Permian-Triassic cherts in the Tanba District. In: A. Iijima, J. R. Hein and R. Siever (Editors), *Siliceous Deposits in the Pacific Region*, Elsevier, Amsterdam, 377-394.
- 井本伸広(1986), ノバキュライトの微細組織. 大阪化石研究会誌特別号, 7, 293-297.
- 岩生周一・赤堀 宏・小泉光恵・湊 秀雄(1953), 二三の珪石の電子顕微鏡写真, 特に流体包有物の存在状態について. 岩鉱, 37, 167-178.
- Kaibara, H. (1964), A study of the microtexture of cherts. *Mem. Coll. Sci., Univ. Kyoto ser. B*, 30, 59-73.
- 水谷伸治郎(1976): ケイ酸鉱物とケイ質堆積物. 科学, 46, 420-428.
- 水谷伸治郎・磯見 博・塚本 斉(1987), 岐阜県大野郡清見村の Length-slow chalcedony について. 地質調査所月報, 38, 113-130.
- 中屋義雄・斎藤正直(1986), 福井県池田町に分布する東侯層について. 福井市郷土自然科博研報, 33, 11-15.
- 斉藤靖二(1986), 日本列島をつくった深海ケイ酸堆積物. 科学, 56, 41-45.
- 吉村美由紀・木戸 聡・服部 勇(1982): 福井県南条山地今庄地域におけるスタイロライトチャートおよび放散虫化石. 福井大学教育紀要, II, 31, 地学編, 1-25.

写真の説明

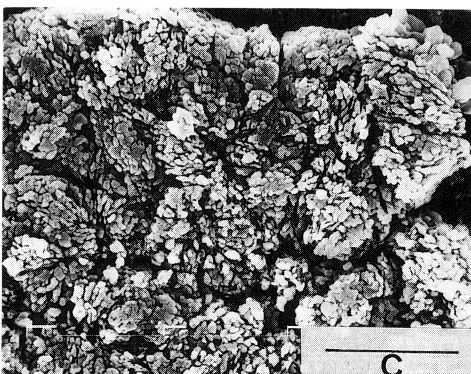
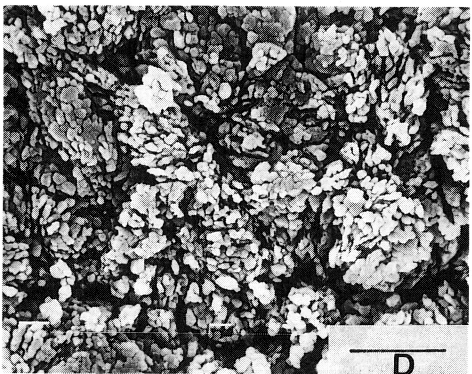
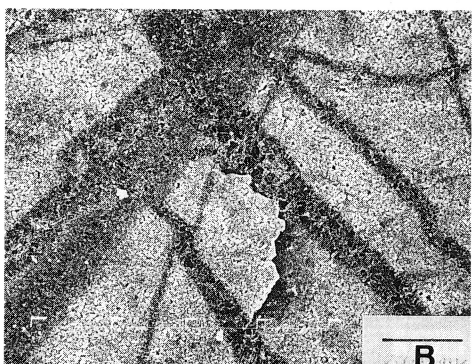
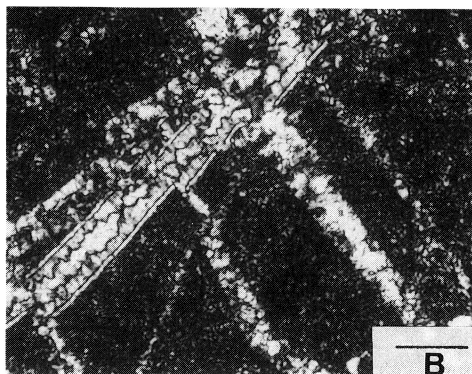
- 図版 1 連光坊山の塊状無化石チャート，碎屑性起源と思われる粒子と粒子の間のマトリックス
- 図版 2 上田珪石の塊状無化石チャート，等粒他形の配列性を持つマトリックス
- 図版 3 榭谷の二次的チャートのマトリックス
- 図版 4 連光坊山のチャートにみられる負延性玉髓と正延性玉髓
- 図版 5 上田珪石中のチャートに存在する正延性玉髓
- 図版 6 連光坊山のチャートに存在するモザイク状石英のプール（放散虫遺骸であると思われる）
- 図版 7 上田珪石のチャート中に存在する碎屑性起源と思われる石英粒子
- 図版 8 上田珪石のチャート中に単独に存在するモザイク状石英
- 図版 9 上田珪石のチャート中に存在するカルセドニー
- 図版10 多留美のチャート中に存在するモザイク状石英（放散虫遺骸であると思われる）
- 図版11 榭谷のチャート中に存在するモザイク状石英

なお，写真のスケールは A=1mm，B=0.1mm，C=0.01mm，D=0.005mm，E=0.0025mmである。

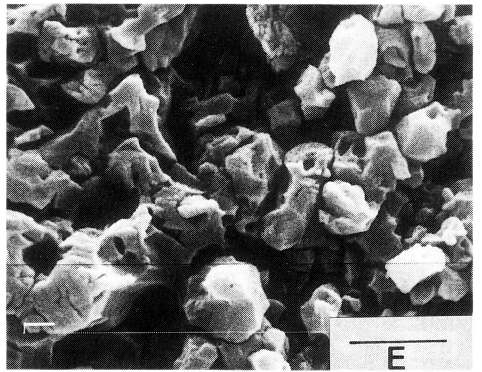
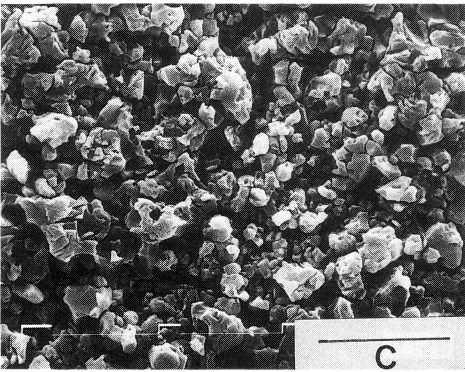
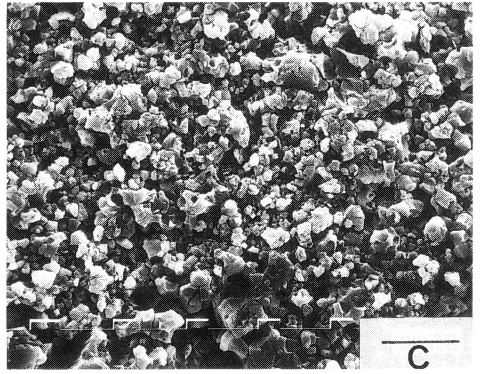
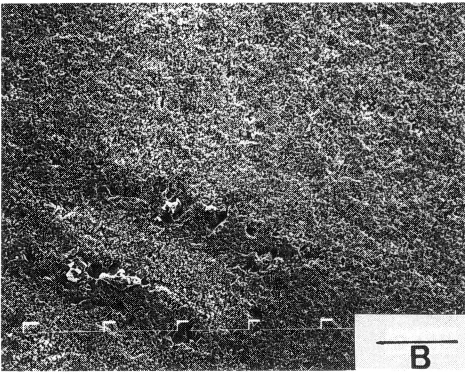
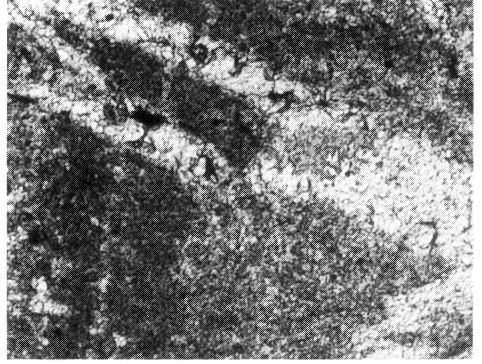
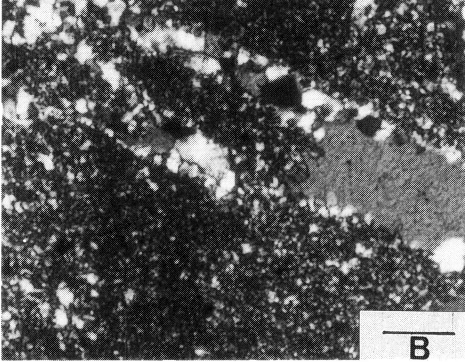
图版 1



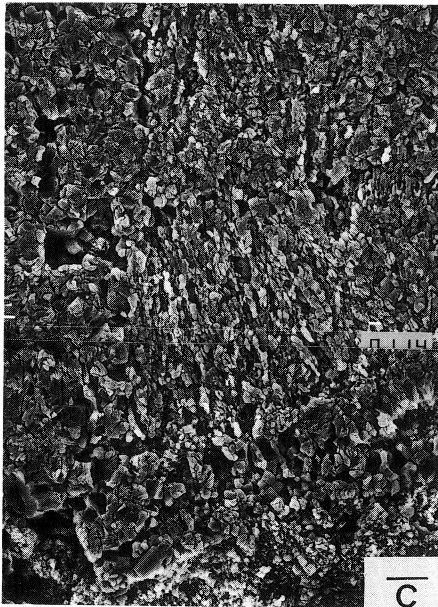
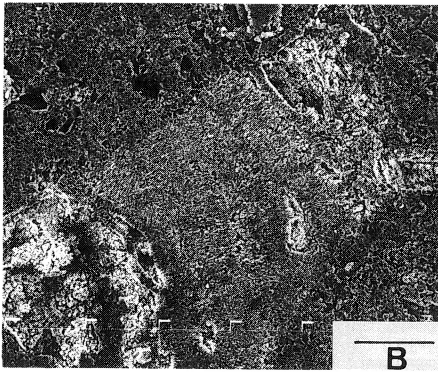
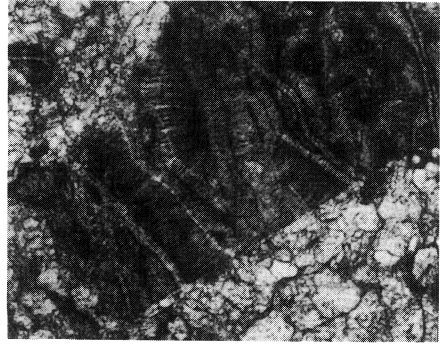
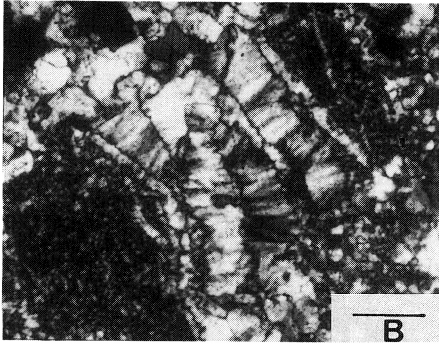
図版 2



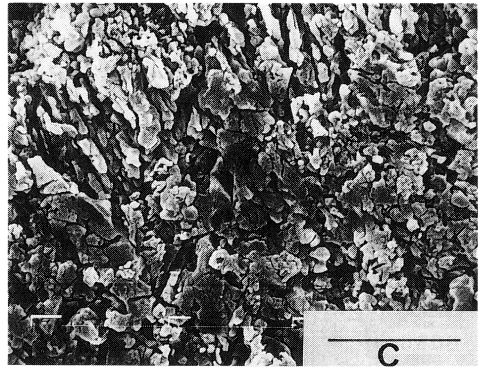
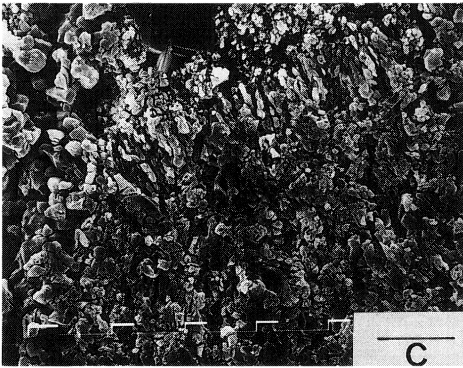
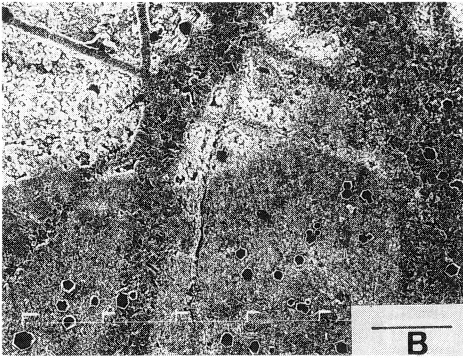
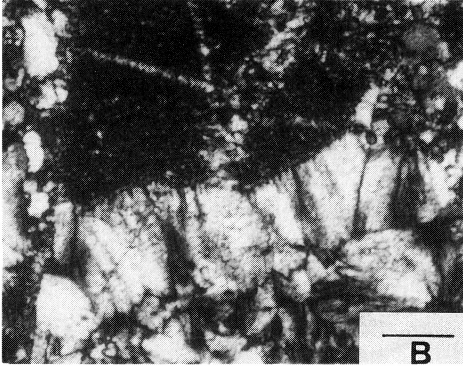
图版 3



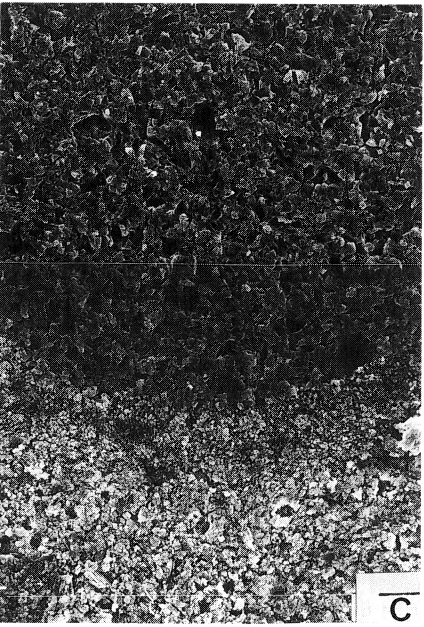
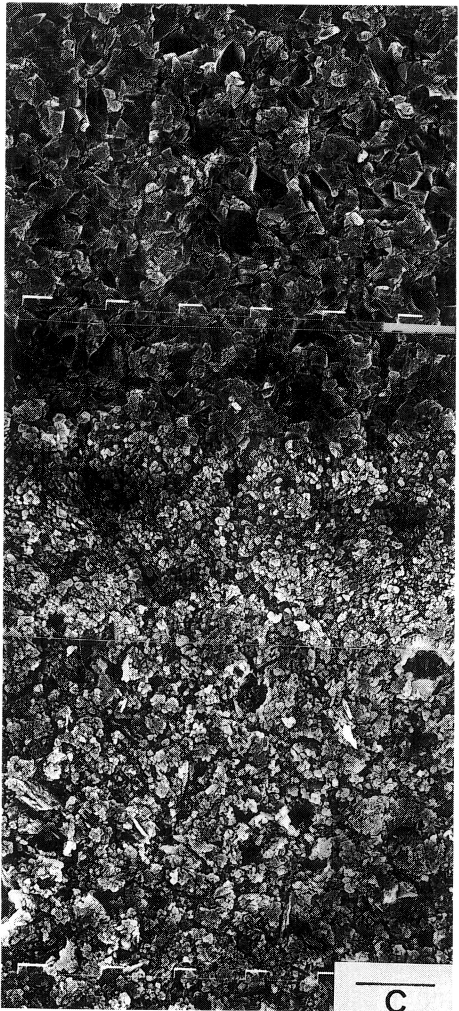
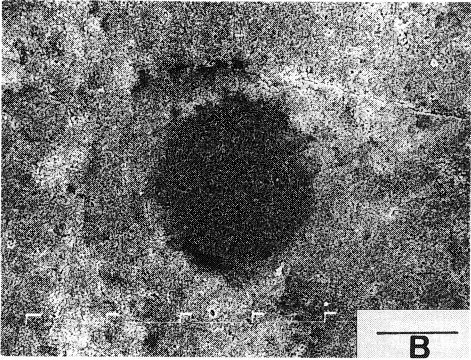
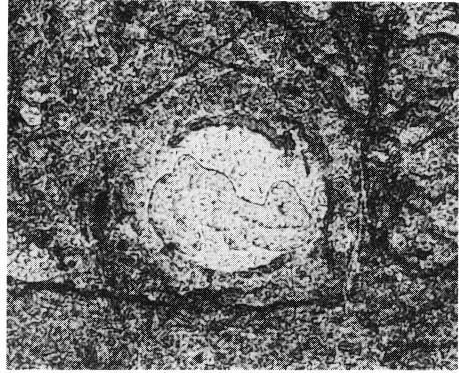
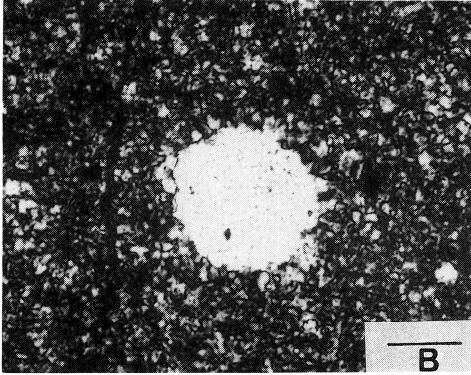
図版 4



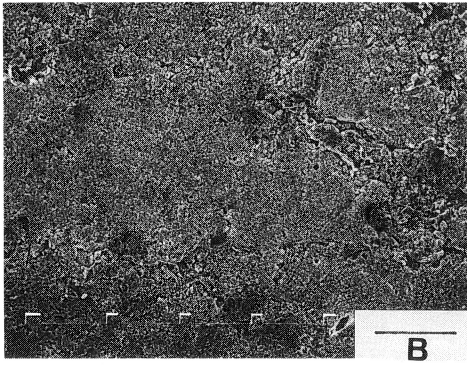
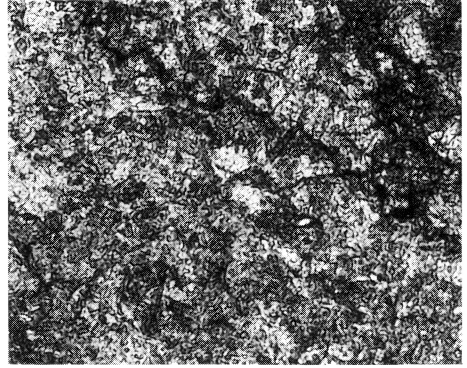
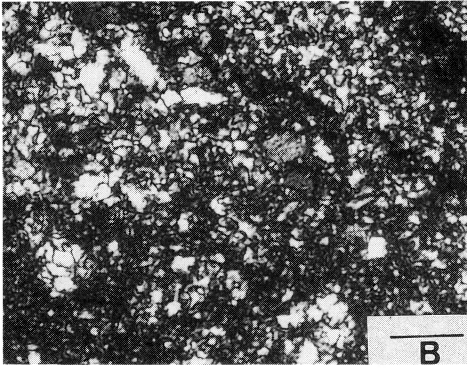
図版 5



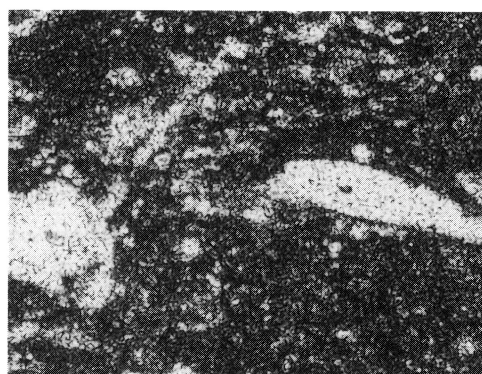
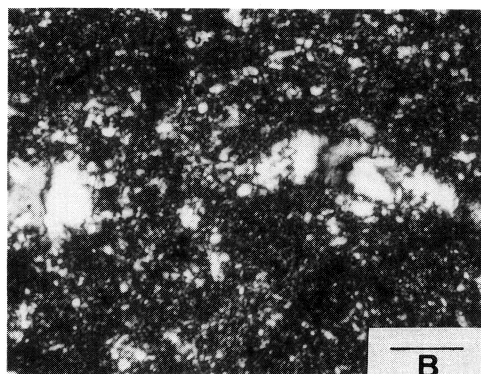
図版 6



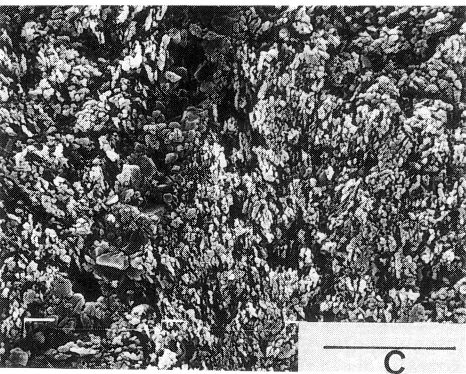
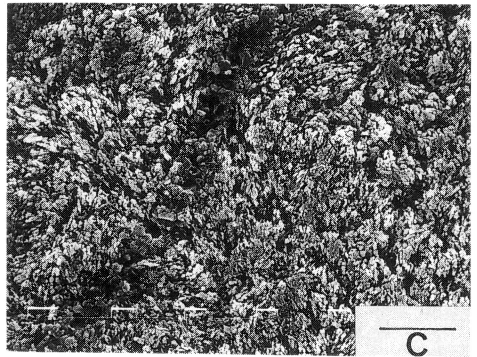
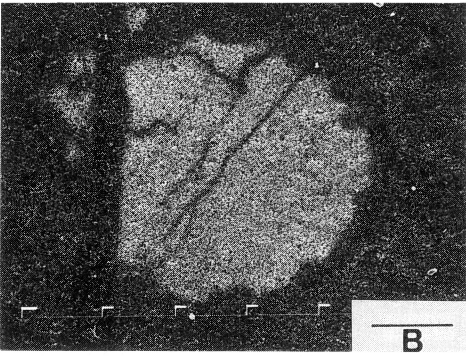
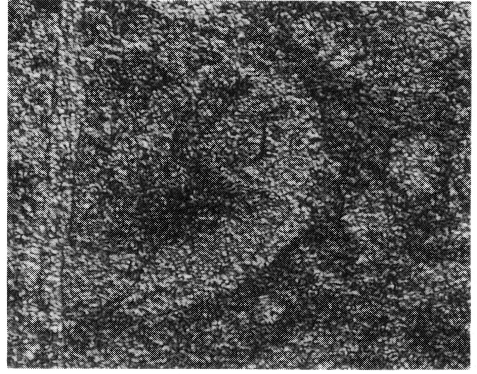
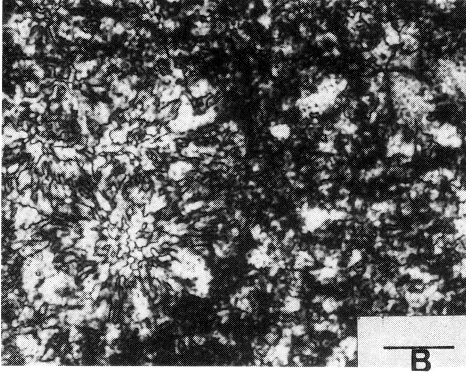
図版 7



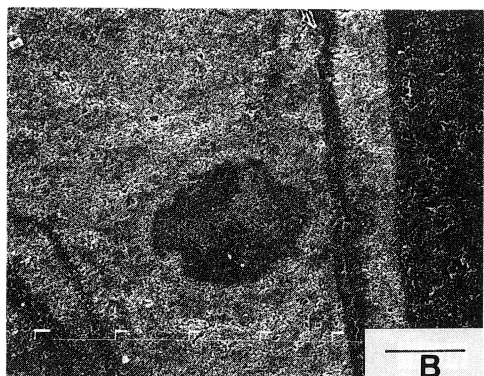
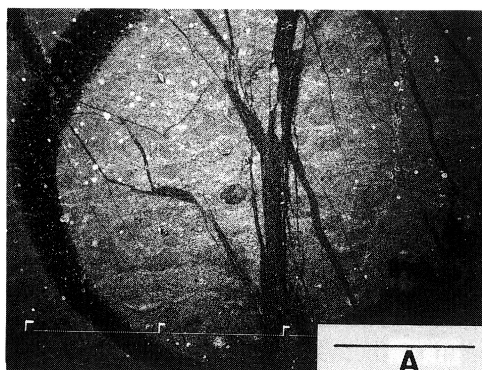
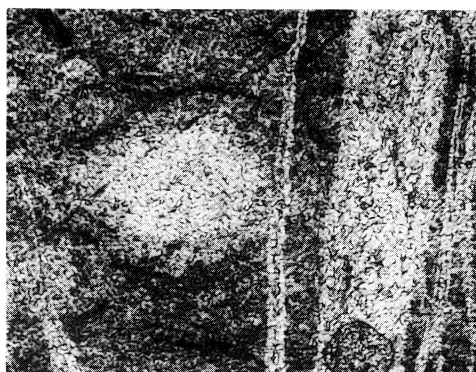
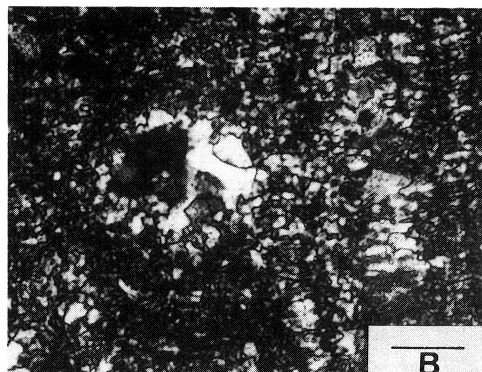
図版 8



图版 9



図版 10



图版 11

