

## 足尾鉍山の方解石に見られる不規則性

砂 川 一 郎\*

Résumé

## On Some Irregularities of Calcite Crystals from the Ashio Mine

by

Ichiro Sunagawa

The present writer observed the irregularities on some calcite crystals from the Ashio mine, and gives here some considerations and discussions about the mechanism of its crystal growth, summarized bellows:

1) The crystal growth is often controlled to a certain degree by the direction of runnings of mineral solution, resulting on one-sided growth. (See Fig. 1, 2, 3,)

2) Abnormal coloring or white turbidity etc. are recognized on a particular part of calcite crystal. These natural phenomena show growth-loci during its crystallization from solution, and may be taken as a function of structural characteristics of crystal or crystal faces and the changes of conditions in the environments. (See Fig. 4, 5, 6, 7, 8, 9,)

3) The writer can give some characteristic examples of combination styles of the crystals. In the case of tabular crystals, the sub-parallel growth develops on an aggregation like sphere, semi-sphere, rose-flower or coil etc., and in the case of scalenohedral crystals, the parallel growth of small crystals has a tendency to be aggregated in the form with the same style of large crystal. (See Fig. 10, 11,)

4) In the writer's view on the combination of different crystal habits, the most imperfect part of structural packing is usually found on the edge of crystals, the

imperfect part having a strong tendency in filling regularly atoms or ions of new crystals which grows on the preexisting ones. (See Fig. 12, 13, 14, 15,)

5) From his observations on the lineage structure and the striation of each faces, there are three principal directions on the growth which are incompatible with each other during the crystallization of calcite. The differences of crystal habit, lineage structure and striation on each faces may chiefly owe to the results of the variation of the assortment of these three directions. And the variation of the assortment is due to the changes of environments. Those three principal directions are: 1) which is spread along  $a_1 \times a_2 \times a_3$  axial plane, 2) which is elongated along  $c$  axis, and 3) which is perpendicular to the unit face. (See Fig. 16, 17,)

From those above mentioned, the writer intend to conclude that the irregularity of crystal forms shows the process and the history of crystal growth. Therefore, it may be say that the detailed investigations on irregular phenomena of crystals will solve the problem on the mechanism and the history of crystal growth.

## 要 約

足尾鉍山に産する方解石の結晶標本に見られる種々の不規則性を観察し、それを次の如く分類・記載し、また説明を与えた。

1. 結晶附着の方向性
2. 結晶内部の部分的着色・白濁
3. 同種晶相の結合様式
4. 異種晶相の結合様式
5. lineage structure, striation等

これらの観察を通して方解石の生長機構についての考

\* 地質部

察・議論を行った。

この研究は近く刊行の地質調査所報告155号“方解石の晶相変化と晶出順序との関係について”の研究のための予備的研究である。

### 1. 序 言

鉱物の種々の属性は、それを詳しく観察・測定してみると、それが一定の値を示さず、ある巾をもつた変化を示していることに気がつく。それは晶相のように形としてあらわれる場合も、物理的・化学的の値のように外形としてあらわれない場合もあるが、いずれの場合も、理想結晶を中心としてある巾をもつた変化をもっており、それが、むしろ鉱物の本性であるといえるほどである。Newhouse の鉱液の流動方向による結晶の偏倚発達の研究、F. G. Smith の pyrite geothermometer の研究など最近ではこうした理想結晶よりの偏差を基礎とした研究に、特に目がむけられてきているようである。しかし、この種現象に関する研究は、決して充分であるとはいえない。したがって、種々な場合に見られる不規則性の資料を記載しておくことは、意味のあることと考えられ、またそれらの諸現象の詳細な観察は、しばしば結晶の生長機構等についてよい手がかりを与えてくれる場合が多いのである。

ここでは、筆者が“方解石の晶相変化について”の研究を進めて行く途中、足尾鉱山の方解石（主として竹内英雄氏の標本による）について観察した、偏差が形態的にあらわれている種々の例について分類・記載・説明をしたいと思う。このような現象をここでは鉱物の不規則性と呼び、その内容は、理想結晶から、種々の性質において距りを示しているという意味である。そして、当然そうした距り方の（不規則性の）なかには、生成環境等との間にある種の規則的關係が見出されるはずである。従つて、不規則性の研究は、そうした関連をひもといてゆくことによつて、結晶自体と、その生長あるいは環境との関連をみいだそうとする方向へ發展させられてゆくのであろう。

この報告においても、分類・記載・説明を与える一方において、それらを通して結晶の生長および生長と環境との関連についての考察を進めてゆく予定である。

なお、足尾鉱山産方解石の結晶形態の詳細については、別報を参照されたい。

### 2. 結晶附着の方向性 (Newhouse のいわゆる鉱液流動方向に関する諸例)

Newhouse によれば、溶液中から結晶が生長する場合、溶液の流れの力が結晶分子の堆積に影響を与え結晶形の偏倚としてあらわれ、逆にこれを利用して鉱液流動方向を知ることができるという。<sup>2)</sup> この実例は、ことに鉄脈のような金属鉄床の晶洞中に晶出している鉱物にお

いて、しばしば実見されるもので、筆者が先に“三角式黄銅鉱”について報告した際記載した、前期石英・後期石英などはこの1例である。<sup>3)</sup> 足尾鉱山の方解石の場合にも、この関係を示すいくつかの例が見られる。それらは性質的には3つの場合に分けられる。1つは、他の鉱物と共生している場合、方解石の結晶群だけが標本の一侧に発達している例である。例えば、御典寄り連慶時向立入内下5、連慶時第5河鹿下4中等より産した標本にはその例が見られる。前者の場合は石英の結晶と共生し、石英の結晶がかまぼこ型に群晶している上に、方解石の釘頭状結晶が晶出している。そして方解石は、かまぼここの峯を境にしてその一侧にだけ晶出し、他の側には全く見られない。後者の場合は、釘頭状方解石と磷灰石との共生である。磷灰石は、微小結晶が円筒状に（中心部は空洞）集合晶出している。方解石はこの円筒の半面にだけ群晶しているのである（第1図）。これらいずれの場合にも、共生する鉱物との晶出順序の関係から、流動方向を知ることができよう。またこうした関係は、方解石にのみ注目せず、多くの鉱物の相互関係に注目すれば、同様な例が見られるであろう。例えば、1晶洞内に晶出している鉱物の種類別の密度を見れば、早期、晚期晶出の鉱物種の相異によつて一定の密度変化を示すような例が見られるであろう。

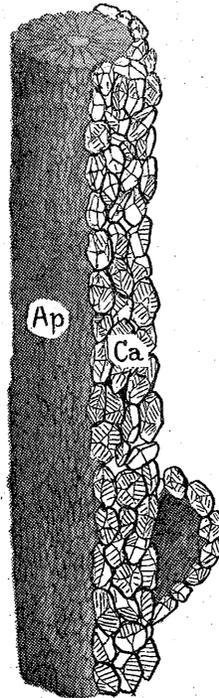


Fig. 1 One-sided growth of Calcite crystal on the cylindrical aggregation of Apatite. The one-sided growth is the result of the directional movements in ore solution.  
Ap.....Apatite  
Ca.....Calcite

も、共生する鉱物との晶出順序の関係から、流動方向を知ることができよう。またこうした関係は、方解石にのみ注目せず、多くの鉱物の相互関係に注目すれば、同様な例が見られるであろう。例えば、1晶洞内に晶出している鉱物の種類別の密度を見れば、早期、晚期晶出の鉱物種の相異によつて一定の密度変化を示すような例が見られるであろう。

第2の例は、方解石の晶出している範囲は共生鉱物と同じであるが、その範囲内で、方解石自身の性質に方向的な差異が認められる場合で、有木坑下4,700尺河鹿の標本などはその1例である。この場合は、かまぼこ形の母岩の上に石英・方解石・黄鉄鉱が晶出しており、晶出の分布についてだけ見れば、3者の間に方向性は認められない。しかし、方解石は、尾根の一侧にあるものは無色透明の美しい結晶であり、他の側にあるものは、多数の気泡を包裹しているため白濁半透明である。さらに、尾根部で両者の境界線附近に晶出している

結晶は、個体の半分が無色透明、他半分は白色半透明で、しかもその境は甚だ明瞭である(第2図)。これら両者の間では、晶相も、結晶の大きさも、特に相異は認

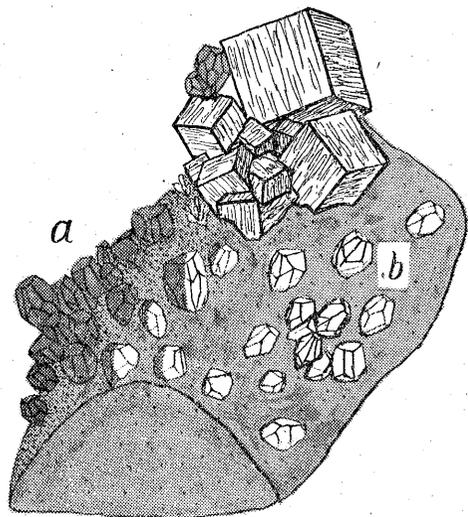
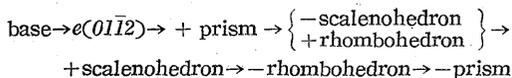


Fig. 2 A sample showing that the same style crystals of Calcite vary their properties in the position of their growth. Against the crystals grown on one side are white turbid, the crystals on the opposite side are transparent colorless, and the crystals grown on the central part are white turbid in the half of crystal and transparent colorless in another half.

a.....White turbid  
b.....Transparent

められない。この例で見られるような現象は、おそらく僅かな条件の差によつて生じているものであろうが、単純に鉍液の流動方向だけでは解釈できない問題であろう。またこれだけの資料で解釈することはできないが、この明瞭な境界をもつた、不連続的な(あるいは飛躍的な)変化というもの、将来特に注意されてゆくべき現象であろう。

第3の場合は、晶相変化と関連した方向性である。別報したように、筆者の研究によれば方解石の晶相は、晶出時期に従つて変化し、早期から晩期にかけて、板状—釘頭状—柱状—犬牙状、(結晶面であらわすと



の順序) という変化を示す。ところで、足尾鉍山のある種の方解石の結晶は、主軸の両端で異つた結晶面をもち異極像の晶癖を示す場合がある。例えば一側はbase  $c(0001)$  のみよりなり、他側は  $e(01\bar{1}2)$  が発達して釘頭状を示している場合などそのよい例である。しかもこの種結晶が多数群晶している場合、結晶の集合の仕方は決して不規則ではなく、 $c$  のみよりなる側の位置はほぼ一定方向に限られて配列している(第3図)。また、この標本で  $c$  面よりなる部分だけに  $c$  面に平行な白濁した薄層

が常に存在し、他端の  $e$  面の発達の見られる部分にはこの種の白濁薄層は存在せず、無色透明である。既述のように、方解石の晶相は晶出時期に従つて変化するが、その中でも  $c(0001)$  と  $e(01\bar{1}2)$  との間の変化は甚だ明瞭で、どこの産地の方解石について見ても、 $c$  面はしばしば  $e$  面へ分化する傾向を示しており、明らかに  $e$  面の方が後期になつてあらわれる面である。この場合も同様で、その順序と、白濁薄層の存在、晶出位置の方向性を併せ考えると、鉍液流動の方向性が自然となつとくできるであろう。

上述のような方向性とは直接関係はないが、鉍液の渦動運動への疑問を起させるような生長の仕方を示している例もある。福祿河鹿下6に産した一標本は、 $e(01\bar{1}2)$  のみよりなる葉片状結晶で、その集合は、半ば渦巻状に配列している。このような集合の仕方は、磷灰石の結晶ではしばしば認められるものであるが、方解石には比較的例が少ない。これは両者の結晶力、結晶の幾何学的性質等の差異によるためであろう。

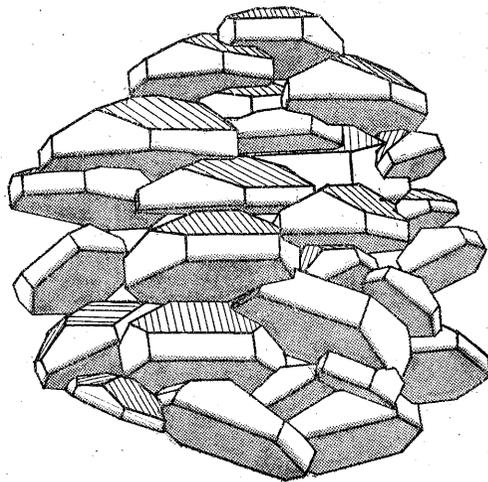


Fig. 3 Showing an aggregation of crystals, the faces of which are different at both ends of crystal owing to the directional movements in ore solution. Only  $c(0001)$  face is developed at one side of crystal, and  $e(01\bar{1}2)$  is largely developed at the other side.

### 3. 結晶内部に見られる部分的着色・白濁等の諸例

透明あるいは半透明結晶において、特定面だけ、または結晶内部の特定位置だけ、あるいは結晶学的方位とは全く無関係に、その結晶本来の色と異つた色に着色したり、気泡・液泡等の包裹物の存在のために白濁したりしている例がしばしば認められる。この場合も、着色・白濁等をしている位置によつて数群に分類することができ、それぞれの場合について記載すると次のようである。

1つは、結晶の中心部に、側軸面にはほぼ平行な、ある厚みをもつた帯だけが、結晶全体よりも濃色に着色する

か、白濁している場合である。通洞坑連慶時第2河鹿下3中ものは、全体として帯茶半透明の  $v(21\bar{3}1)$ ,  $e(01\bar{1}2)$  を主とする樽状結晶であるが、その中心部、側軸面に沿って平行に(上下の  $v$  の間の稜に相当する部分)茶色が濃くほとんど不透明になつている(第4図)。両者の境は完全に明瞭とはいえないまでも、拡散のあるいは漸移的ともいえないような関係にある。有木坑に産する  $m(10\bar{1}0)$ ,  $f(02\bar{2}1)$  を主とし +Scalenohedral face をともなう柱状結晶では、結晶全体としては白色半透明

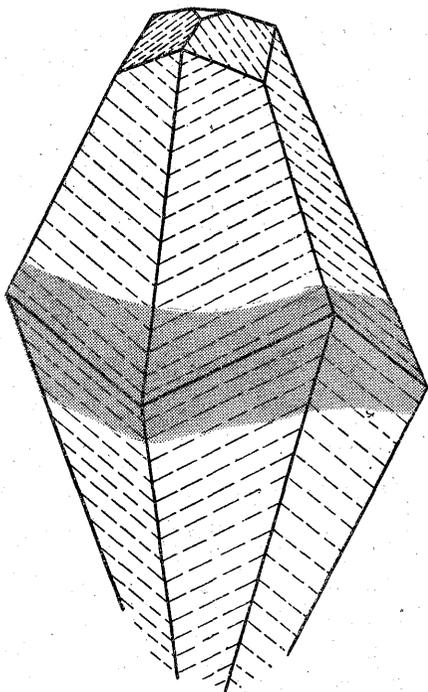


Fig. 4 Showing a crystal of which only the central part is specially dark colored.

であるが柱の中央部の側軸に平行なある範囲だけは著しく白濁度が増し不透明となつている。両部の境は上の場合と同様である。また本山坑隣盛河鹿上4に産する  $c(0001)$ ,  $e(01\bar{1}2)$  を主とする板状結晶は、全体としてやや茶褐色で、中心部のみ濃色となつている。

これと同様の関係が、主軸に沿って柱状にあらわれている場合もある。通洞坑連慶時第4河鹿通地上地に産した標本は、 $m$ ,  $e$ ,  $f$  および  $c$  を主とする白色半透明の短柱状の結晶であるが、その中心部には、主軸に平行な無色透明の六角柱の部分がある。この部分は  $m$ ,  $c$  のみよりなる柱状結晶で、外側の白色半透明の部はこの他に  $f$ ,  $e$ ,  $n(41\bar{5}3)$  をともない、 $m$  は交互に大小の発達をして三角柱に近い晶相をしている(第5図)。そして透明部と半透明部との境は甚だ明瞭である。この場合は、明らかに、両者の晶出時期の間に時間的不連続が認められる。すなわち、中心部の柱状結晶の晶出が既に完結した

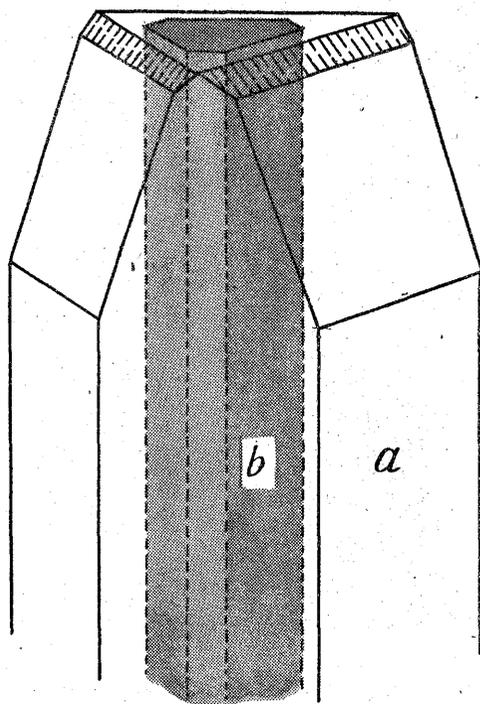


Fig. 5 Showing a crystal of which only the hexagonal prismatic central part parallel to  $c$  axis is transparent and colorless, and the other part is turbid. It is considered that there was some time-gap during the crystallization of (a) part and (b) part of crystal.  
a--white turbid. b--transparent and colorless.

後、ある距りを置いて再度加えられた液よりの沈澱が、白色半透明短柱状の結晶をつくつたものと考えられよう。これに対して、側軸面に平行な部分だけが特に濃色となつている前2例の場合は、晶出の中断、時期的不連続等は一応考えられない。むしろ、同一鉍液中での早期から晩期にかけての、微量成分、不純物(方解石分を中心として考へての)等の諸条件の変化に帰因するものであろう。

第2の場合は結晶の特定面だけが白濁ないし異常着色している例で、特に柱状ないし短柱状結晶の  $c(0001)$  面のみがそうなつている例が多い。小滝坑光盛下5西18井南立入内の石英粗面岩中の、閃亜鉛鉱・黄銅鉱・石英脈中の晶洞中に晶出している方解石は、 $c$ ,  $m$  よりなる短柱状の無色透明の結晶であるが、上下両端の  $c$  面の部分のみ白濁した薄層をつくつている(第6図)。小滝坑大正二年鏡河鹿上1の方解石は、 $c$ ,  $m$  よりなる無色透明の柱状結晶であるが、上と同様上下両端の  $c$  面の部分だけ白色半透明の薄層を形成している。この場合はさらに白濁した  $c$  面の上に同じ大きさの  $m, f, M, c$ , + scalenohedral face よりなる白色半透明の結晶が生長している。これも先の場合と同様、時期的不連続をへだてて晶出したも

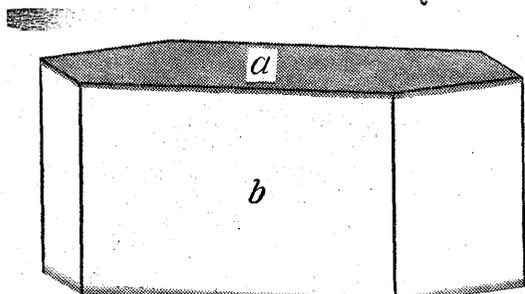


Fig. 6 Showing an example of the selective white turbidity in different crystal faces. In tabular crystal, only  $c(0001)$  face is often turbid but  $m(10\bar{1}0)$  is now white turbid. a...white turbid b...transparent

のであろう。また2の例として前述したものでは、一端の  $c$  だけが白色半透明となつている。これらの例にみられる特定面だけの白濁原因が生長時の  $c$  面自身の特性によるものか、晶出時の条件の急変によるものか、あるいは後からの作用によるものか明らかではない。しかし、(a)  $c$  面は一般的に粗面としてあらわれ易いこと、(b) 白濁の原因が2次の構造の不完全さに帰因するものと考えられること、(c) 足尾だけの観察によるとこの種特定面の選択的白濁は、 $c, m$  のみよりなる柱状ないし短柱状結晶の  $c$  面に特に多く見られること、(d) 白濁面上に異種晶相の結晶が平行連晶して生長している場合があることはその原因を考える資料となる。  $c$  面のみが白濁し、  $m$  面が白濁していないことは、晶出時の条件の急変ということが原因とは考えられない1つの証拠であらう。結晶生長後の作用、例えばダンプリ石において  $w(201)$  面のみが著しく腐蝕され灰白色に変質されている原因が、主として Boron の減少(脱出)に帰因し、そして Boron の減少は結晶生長時のものではなく、2次的変質によるものであり、それが  $w$  面に起り易い原因は、 $w$  面自身の原子配列の特性と最も関係があるという現象<sup>4)</sup>と同様な原因が方解石の  $c$  面についても考えうるのではなからうか(この場合勿論、 $c$  面自身の結晶構造的特性とも関連してくる)。この考えは、現象 (a), (b) により無条件に支持されるが、(c), (d) からは異論がでる。またなぜ、全ての  $c$  面が白濁薄層を形成しないかも疑問の1つとなる。さらに (d) の現象は、次の生長が行われる迄の間に、2次的変質の生る余裕があつたことを示しているが、その余裕が考えうるか否かも問題であらう。2次的変質によるものでなく、結晶生長時の問題として考えれば、ほぼ全ての現象が満足される。すなわち、結晶の生長が、既に格子をもつた結晶分子の堆積によつて行はれるため、それら分子の正規位置での結合が、緊密である部分と、ない部分とでは、後者の方が透明度が低い現象としてあらわれる。そして生長方向の最表面が、常識的に

最も結晶が不完全であると考えられるから、生長が停止した場合その面だけが不完全結晶として残り、従つて白濁薄層を形成するものであろうと想像される。この際  $m$  面が白濁層をもたない理由は、 $c$  と  $m$  との結晶構造の特性の差と、生長方向とによつて解釈できる。すなわち  $c, m$  よりなる方解石結晶の中での晶出時期による面の発達の変遷を見ると、晩期に至るほど、 $m$  の発達が大きくなり、板状から柱状へと変化する。このことは、この晶出時期の下での方解石の主成長軸が、 $c$  軸方向であることを示している。換言すれば、結晶は、側軸に平行に横に広がるよりも、主軸の方向に縦に伸びようとする生長傾向をもつており、そのため、 $c$  面の方向に特にさかんに結合が行われる。したがつて、生長停止時において特に  $c$  面の方が  $m$  面に比して結合が不完全で白濁したまま残るものと考えられる。またそれは  $c$  面自身の構造的特性によつても助長される。このことは現象 (a) によくあらわれている。

第3の場合は、輝石類にしばしば見られる hour-glass structure と同様の現象である。本山坑蛭子(エビス)奥鏡下4西9井西に産した方解石は、 $c, m, a$  を主とし  $e, M, +$  scalenohedral face をともなり厚板状のねずみ色半透明の結晶であるが、結晶内部で、中心部において最も狭小、 $c$  軸の両端において最大となる hour-glass structure の部分だけが特に著しく白濁しており、白濁していない部分との境は明瞭である。 $c$  面上にはこの白濁部が六角板の形であらわれている(第7図)。こうした hour-glass structure は、ここに産する標本の全てに認められ、面の発達の相異とは関係ないようである。この構造はおそらく、結晶の生長軌跡を示すものであろう。この場合、結晶の生長は特定の生長方向だけが強く助長された一方向的な生長ではなく、後述の3主要生長方向がほぼ同等に発達した結果、核を中心として3次元的に生長した結果であらう。

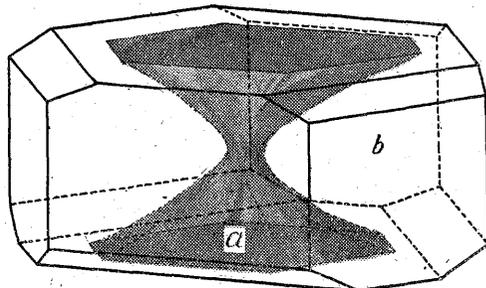


Fig. 7 Hour-glass structure in tabular Calcite crystal. It show the growth-loci of crystals. a...white turbid b...transparent

第4の場合は同種面中の特定数の面だけが、選択的に着色あるいは包裹物を含む場合である。通洞坑に産し、marmatite の小集合塊を中心として、半ば渦巻状に晶出している葉片状結晶の集合では、個々の結晶を観察すると、 $e$  を主とし小位発達した  $m$  面をともなる乳白色半透明の葉片状結晶であるが、結晶の上半分3個の面のうち、2面だけに異常着色が見られ、下半分では、上半分の2面にそれぞれ平行な対応する面のみ、異常着色(あるいは inclusion) が存在し、残余の上下1組の面には、これが全く見られない。この異常着色は、乳白色の地中に、うぐいす褐色の細巾の、厚みのほとんどない、細長い短冊状をした帯で、3個の  $e$  の偶を出発点とし、 $r(10\bar{1}1)$  の稜に平行な方向に、かつそれぞれの  $e$  面に平行に2~3本づつ走っているものである(第8図)。これは、 $e$  の表面に附着しているのでも、結晶の中心部に存在しているのでもなく、 $e$  の表面からわづか内部に、 $e$  の表面と平行に走って存在しているのである。同種面でありながら、このように選択的に着色される原因について

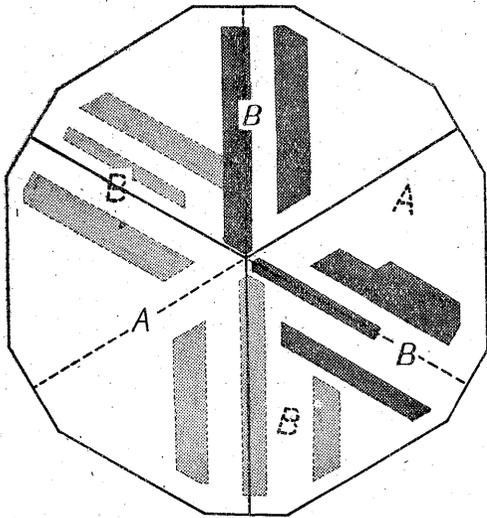


Fig. 8 Selective coloring (or inclusion) in the equivalent faces. Some inclusions or partial coloring is observed in two faces of three equivalent  $e(01\bar{1}2)$  faces, and not observed in the other face. In opposite end of  $c$  axis, it is also observed only in two faces which correspond to upper two faces, and not observed in the other one.  
A--not coloring face B--coloring faces

は、現在の知識では全く解釈できない。ただ、このような現象が単純な突然変異的なものでないことは確かである。

最後は、形態的に全く不規則な着色の例で、このような例はむしろ少ない。小滝坑光盛下5西18井南立入の方解石は、 $c$ 、 $r$  よりなる1辺3cm程度の三角板状の結晶で、白色不透明の大理石状の感じである。この結晶の1部だけ第9図のように鼠

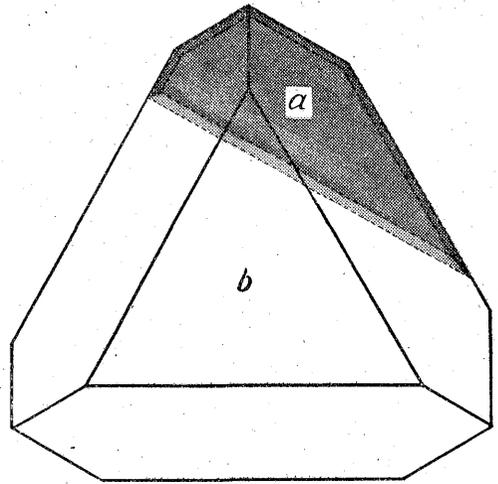


Fig. 9 Crystallographic abnormal coloring.  
a--dark coloring b--not so colored

色不透明となっており、白色不透明部との境は直線的である。

#### 4. 同種晶相の結晶の集合状態の諸例

足尾鉾山の方解石の、特殊な美しい集合晶については古くから知られている(例えば本邦鉱物図誌記載のバラ花状集合など<sup>5)</sup>)。ここでは、主として多数の同種晶相が、ほぼ規則的に結合して、種々の集合状態を示す2、3の例について記載する。

第1の例は、既に記載されているバラ花状の集合である。通洞坑300尺河鹿下6、通洞坑13区80尺河鹿下6中等の標本に見られる。個体は  $e$ 、 $m$  を主とする葉片状ないし釘頭状結晶であり、これが、主軸位置をすこしづつずらしてほぼ平行連晶状に集合し、そのため全体として球・半球ないしバラ花状を呈している(第10図)。球の最大のもは直径20cmを超えるものがある。この球の中核は、産地によつて異り、空洞のもの、曲面黄鉄鉱の結



Fig.10 Rosaceous aggregation (sub-parallel growth) of lamellar crystals of calcite.

晶の集合体を核としているものなどがある。空洞のものでは、空洞中心部に向つて、犬牙状の方解石小晶が群晶している場合もある。しかし多くは、何らかの核を中心として発達した結果のようである。空洞の場合も、あるいは核が後から溶出した残留であるかも知れない。葉片状あるいは釘頭状結晶がほぼ規則的に集合している場合の多くは、上のような集合状態を示すのであるが、そこまで達せず、この種晶相のものが、馬鞍状に集合したり、半渦巻状に集合して晶出している場合もある。これらの場合も、個々の結晶の結合形式は、主軸位置をわづかづつずらした互平行連晶をしているもので、ただそのずれ方が連続的である場合は球状集合となり、途中で方向を転じた場合は馬鞍状ないし半渦巻状となるのである。後者の場合、特に半渦巻状の結合形式は、鉍液の渦動運動の結果ではないかと考えられる。そしてこのような結合は、方解石よりやや早期晶出と思われる鱗灰石の集合結晶には、特に多くみいだされる集合形式のようである。

第2の場合は、小結晶が $c$ 軸に平行に多数平行連晶して形成した集合晶が、全体として小結晶と同じ晶相を示す例である。通洞坑河連慶時河鹿下5中ものなどにそれがみられる。この種のものは主として大牙状結晶で、上の場合は $y$ を主とし $M$ 、 $c$ をともなる小結晶の群晶が、やはりこれと全く同じ晶相の集合体を形成している (第11図)。

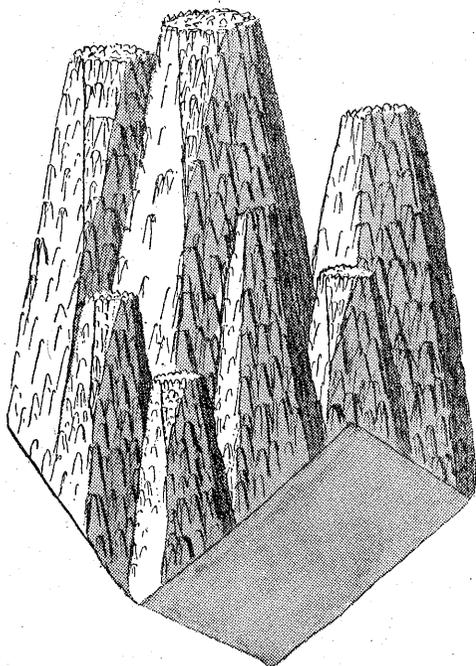


Fig. 11 The parallel growth of small scalenohedral crystals grow to the same style of large crystal.

同様のことが、+scalenohedral faceのみよりなる犬牙状結晶の集合体にもみられる。このような集合状態は螢石等の場合にもみられ、lineage structureの著しい大結晶の生長過程の1つの場合を示すものではないかと考えられる。このことについてはlineage structureの場合について詳しく考察したい。

### 5. 異種晶相の結合形式の諸例

異つた晶相の結晶が共生している場合、その相互関係は、晶出順序と晶相変化との関係を決定するための重要な資料となるのであるが、足尾鉾山に見られる標本では、その結合形式に、種々の特徴的な点があり、結晶の生長機構に対して良い資料を提供している。もちろん、異種晶相が共生している場合の全てが以下に述べるような、ある規則性をもつた結合をしているのではないが、このような結合をしている場合は、けつして僅少の例に属するわけではない。以下に種々な形式に分類して記載しよう。

最も特徴的なものは鱗状配列をする場合である。例えば小滝坑天狗下9西4井河鹿のものは、 $c$ 、 $e$ よりなる板ないし葉片状結晶と、 $m$ を主とし $e$ 、 $c$ 、 $n$ 、あるいは $f$ をともなる樽状ないし犬牙状に近い柱状結晶とが共生している。前者は馬鞍状ないし半渦巻状に集合晶出しているが、後者は前者の上下の $e \wedge e$ の稜に沿い、その $c$ 軸は前者の側軸面に直角な位置をもつて平行連晶している。後者の各個体は密接に連続し、それぞれの側軸の方位を少しづつ変えているが、1個の $m$ 面が常にその接する葉片状結晶の $e \wedge e$ 稜に平行となるように位置している。そして、このような方位をもつて、前者の結晶の $e \wedge e$ 稜の全てをとりまいてるのである。そのため、

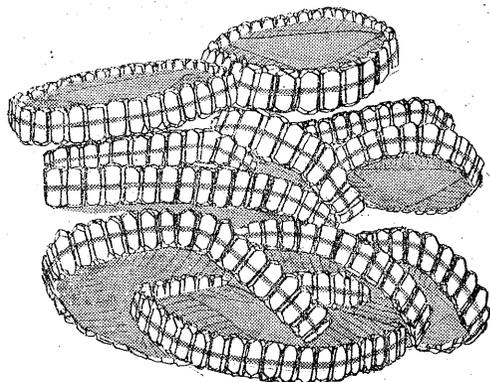


Fig. 12 An aggregation of crystal of different habits like scale of horse-mackerel. Many small prismatic crystals crystallize along the edge of  $e \wedge e$  face of lamellar crystal in the relation of parallel growth, and grow to an aggregation like scale of horse-mackerel.

その様子は丁度鱗の鱗のような状態を示している。かつ、後者の晶相の結晶の晶出場所はほとんど全てこの  $e \wedge e$  稜に沿う部分に限られ、 $c$  あるいは  $e$  面上に晶出している場合は、数える程しか見られない (第12図)。

これと同性質であるがこれよりもやや程度の進んでいる場合は、 $e \wedge e$  の稜のみではなく  $e$  の面上にも平行連晶の関係を以て群晶している場合である。 $e$  のみよりなる釘頭状結晶上に +scalenohedral face を主とし、 $c$ 、 $M$ 、 $m$  をともなり犬牙状の結晶が平行連晶している。最も頻度高く晶出しているのはやはり  $e \wedge e$  稜に沿つてであるが、この他に  $e$  面上にも相当晶出している例がある。しかも  $e$  面上の晶出は、上半分の  $e$  面のみで、下半分のものには全く晶出が見られない。これは鉍液流動方向の1例でもある。また、連慶時下4中の標本では、 $c$  を主とし中位の +scalenohedral face および  $m$  をともなり板状結晶を主体とし、これに +scalenohedral face を主とし  $f$  をともなり犬牙状の小晶が結合している。この場合犬牙状の小晶は、専ら、主体結晶の  $c$  と他の面との稜に沿つて  $c$  軸方向を同じくする平行連晶の位置を占め、王冠状を呈して晶出している。この種の結晶よりもやや大型の同種晶相のもの僅か1、2個位は  $c$  面上に同様の平行連晶をなして結合している (第13図)。

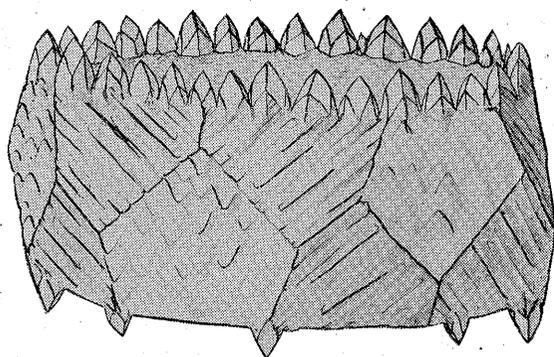


Fig. 13 Crown-like parallel growth of different habits of calcite crystals. New crystals (scalenohedral habit) have a strong tendency to grow along the edge of preexisting ones (tabular habit).

さらにその程度が進んだ場合は、本山坑横間歩下2北立入その他にみられるような形となる。主体結晶はやはり  $c$ 、 $e$  あるいは  $e$  のみよりなる葉片状ないし釘頭状結晶であり、多くは白色不透明である。これにともなり結晶は、 $m$ 、+scalenohedral face、 $c$  を主とする樽状晶相のもの、 $m$ 、 $f$ 、+S を主とするもの、 $m$ 、+S よりなる槍状のものなどであるが、いずれも主体のものよりも透明度がやや高い。この両種の結晶は、平行連晶的關係で結合し、両者がほぼ等しい大きさの側軸面を共有している。そして、後者は前者の一侧にのみ大きく発達し、他側

は全く発達しないか、あるいは同種晶相の小結晶だけが  $e \wedge e$  の稜に沿つて平行連晶している。そのため、あるものでは、一侧では大きく結晶が発達しているが、他の側では丁度前者を皿の底とした皿石状をなしている (第14図)。また全体としてみれば、結晶の上半分だけが発達した後者の結晶中に、前者の晶相のものが包裹されているようにも見えるのである。これと同様の関係は、葉片状ないし釘頭状結晶と犬牙状結晶との間だけではなく、 $c$ 、 $m$  よりなる柱状結晶と犬牙状結晶との間にも認められることは、既に3において例示した通りである。

これらの他に大正11年鍾通洞地並の標本には、 $c$ 、 $m$ 、

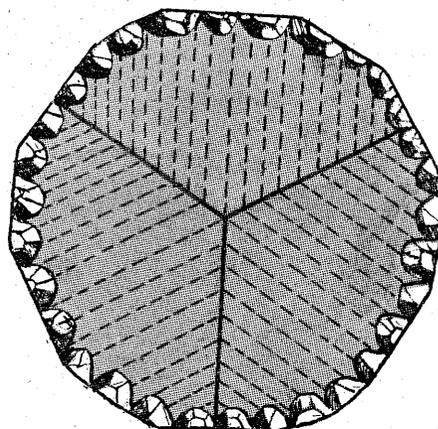
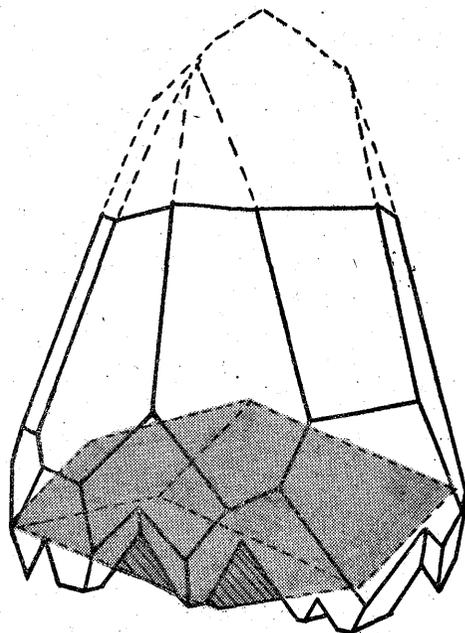


Fig. 14 A scalenohedral crystal grows over a nail-head crystal, and elongates only to the one end of crystal. On the other end of crystal, a few small crystals grow like dish-stone along the edge of nail-head crystal.

よりなる柱状結晶の上下両端に,  $e$ ,  $m$ , よりなる釘頭状結晶が平行連晶し, 丁度西洋糸巻状を呈しているものなどがある (第15図)。

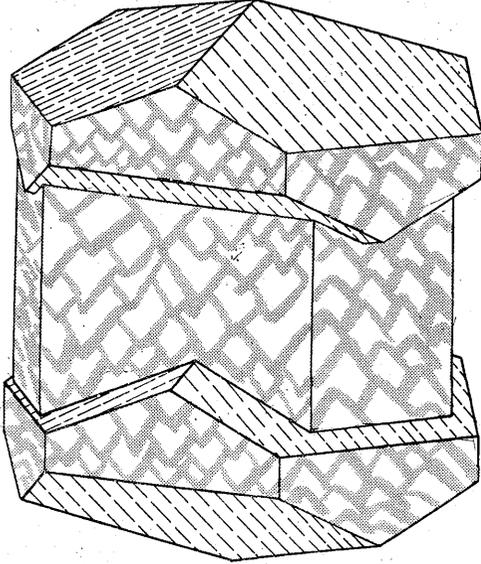


Fig. 15 Spool like parallel growth of different habit crystals.

これらの結合の様子を見ると, 結晶の生長機構に関する種々な暗示を与えている。もちろん, これらの現象から, 結晶の生長機構の諸形式の全てを統一する表現を与えることはできないが, 生長機構の特徴的ないくつかの性格をうかがうには充分である。すなわちこれらの現象を通して最も特徴的なことは, 結合力が稜において最も強く, 面において弱いということ, 平行連晶のように方向性をもった結合が多いこと, しばしば, 後期生長の結晶が, 前期晶出のもの1方向にだけ大きく発達し, 他方向には全く, ないしはほとんど発達を示さないことなどがあげられる。

第1のことは, これを裏返えて表現すれば, 結晶の要素のうち, 結晶表面において稜の方向が格子の結合が最も弱く, 面の方が強いことを示している。すなわち, その結晶において, 稜の部分の結合が弱いということは, 格子結合が満されていず, そのため新規のものとの結合しようとする力, 換言すれば新しいものへの受入れ態勢が最も良好であることを意味している。従つて新しい結晶が生長する場合, 受入れ態勢の最も良いところへ最もよく生長するようになるのは当然である。第2の平行連晶のような方向性をもった結合が多いということも, 旧の結晶に附着して新しい結晶が生長する場合, 旧の結晶の結合の不完全部分を充すように進む確率の方が (すなわち旧の格子結合の方位に従つて), これに欠所を残すような附着の仕方をする確率 (旧の格子結合の方位と異

つた方向) よりも, 理論的に考へて当然言いと考えられる点から解釈できる。第3の場合は, 2.で説明したことと同じ意味の現象であろう。

## 6. Lineage Structure について

Buerger 等が, 結晶の生長軌跡を示すものとして詳細に観察記載している lineage structure のあらわれ方について, 詳しく観察すると, 方解石の生長の仕方について興味深い傾向が認められる。足尾産の方解石結晶において lineage structure が著しく発達する面は,  $-r$  rhombohedral ( $e$  面も含む),  $+prism$ ,  $+scaleno-$ hedral face で,  $+r$  rhombohedral,  $-prism$ ,  $-scaleno-$ hedral face 等には余り著しい発達はみられない。base には時に著しい生長軌跡を示す場合もある。lineage structure の発達は一般には大型の結晶において著しく, また無色透明の結晶よりも, 半透明ないし不透明の不完全結晶において多くみられる。lineage structure の形, 方位等は面によつて異なるが, 普通は三角形・三角形の鱗状等をなしている。

$-r$  rhombohedral face 上では, 美しい三角形の連続である場合から (有木坑南神保樋下4中西16井,  $m, f, c$  を主とする樽ないし柱状結晶), やや彎曲した三角形の鱗状に配列しているもの (小滝坑開盛樋下4西26井,  $-R$  面を主とする菱面体巨晶) までである。いずれの場合も各個の三角形の1辺は  $c$  と  $-R$  面との稜に平行に, その底辺に下した垂線は  $r$  と  $-R$  の稜に平行に配列している。そして各鱗の重なり具合は第16図に示してあるように, 大体において結晶の上部に向つて積み重なっているようである。 $e(01\bar{1}2)$  面上の lineage structure も全くこれと同様である。

$+prism$  face の場合も, 三角形ないし鱗状, あるいは細長い鱗状であるが, その方位は, 一つおきに逆となり, その頂点の方向も  $-R$  面の場合とは逆方向である。

$+scaleno-$ hedral face の場合は,  $r(10\bar{1}1)$  との稜に平行な方向に細長い凸凹をつくつている。

$c$  面は, 平滑な面であることが少なく, 多くは細かい凹凸の発達した粗面である。この細かい凹凸は, しばしば  $e$  への分化の結果であり, また劈開面との繰り返しの発達の結果である。

このように lineage structure のあり方は決して不規則的ではなく, 規則性をもっている。それを総括して図示すれば第16図の如くである。その規則性のうち最も著しいものは, これらの lineage structure の配列が, 結晶の対称性に支配されていること, そしてその方向が, それぞれの面と劈開面  $r(10\bar{1}1)$  との交る稜と密接な関係をもっていることである。また, lineage structure の発達の仕方 (個々の sign の集合の仕方, あるいは相互関係など) が,  $c$  軸の方向性と深い関係をもっている

らしいこと、換言すれば結晶中心からc軸方向に伸びようとする傾向の軌跡を示しているらしいことも大きな特徴の1つとしてあげられる。このことをより詳しく表現すれば次のようである。-rhombohedral face および

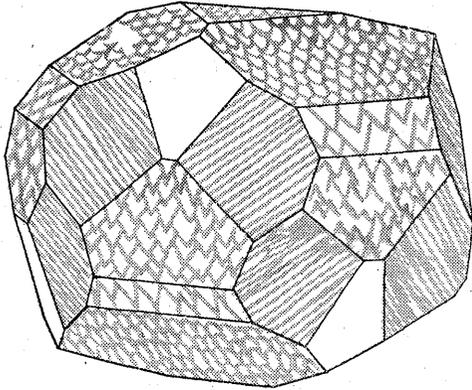


Fig. 16 Summarily showing the lineage structure on each face of Calcite. These lineage structure on each face is considered as showing the loci of crystal growth, and is able to analyze them into three principal growth directions.

+scalenohedral face 上の lineage structure は  $r(10\bar{1}1)$  に垂直な生長軌跡を最も単的に表現しているものと考えられる。+scalenohedral face は6個面であるから、 $r(10\bar{1}1)$  との関係は、1方向の直線形となつてあられ、-rhombohedral face は3個面であるから、 $r(10\bar{1}1)$  との関係は、主として2方向の軌跡としてあられる。+prism face で、三角形の lineage structure としてあられる場合は、 $r(10\bar{1}1)$  の影響が強くあられる場合で、通常の細長い鱗状の場合は、側軸面方向への生長が強くあられている結果である。さらに、各面の個々の sign の積み重なりが、c軸の伸びの方向に重なっているのは、c軸方向への生長軌跡を示すものであろう。すなわちこれらの lineage structure の観察から、その生長の方向性を解析すると次のような3つの生長の基本方向が考えられる。

第1は  $r(10\bar{1}1)$  へ垂直な生長方向である。第2は側軸面の方向、すなわち横に拡がるようとする生長方向である。第3は主軸方向、すなわち上下に伸びようとする生長方向である。この3基本生長方向は、程度の差はあれ、各面にそれぞれの軌跡を残している。すなわち各面にあられる lineage structure はこれら3要素の複合軌跡である。これらの3要素は、その結晶の生長の条件に従つて、強さが異なりかつ互を凌駕しようとするため、相殺ないし相加されて、それぞれの面に種々な形・強さの lineage structure を形成するのである。このことは、単に lineage structure のみでなく、晶相自体についても当然考えられることで、3方向の生長力の組み合わせが種々な晶相を形成してゆくのであろう。そして

それが晶出時期によつてどのような変遷を示すかについては、別報で詳しく論じたい。ここで +rhombohedral face に著しい lineage structure の発達が見られないのは、主生長方向に対するこの方面の位置関係から理解できる。ただ lineage structure としての形でなく、striation あるいは階段状発達等(いずれもcあるいはr面との稜に平行な方向に走っている)の形として、その軌跡が認められる。この程度の軌跡は +prism face (+rhombohedral face の極限の形) 上にもしばしば認められ、時に上述の lineage structure とも共存している。この関係は -prism face (+scalenohedral face の極限の形) についても同様で、この場合は主としてrとの稜に平行な方向の striation という形であられる。さらに -scalenohedral face の場合もこれらと同様であるが、後2者については、足尾鉾山の場合その出現が渺ないから、詳細な資料を遺憾ながら持ち合わせていない。また、方解石の +scalenohedral face にはほとんど常にr面の稜に平行な深い striation が走り、その面は単一な平面でなく、ある範囲の間に細長い多数の面の集合よりなる彎曲した面であることも、方解石の結晶を測角したことのある人はよく知っている現象である。この現象もまた上述の考察の生長軌跡を支持する事実といふことができよう。方解石の各面上にみられるこれら striation の代表的な方向を図示すると、第17図に示す如くである。要するに、lineage structure を広義に解釈して、striation とか階段状発達とかを含んで考えれば、上述の3つの生長の基本方向が、全ての面について解析でき、その生長機構さらには晶相変化の問題について解

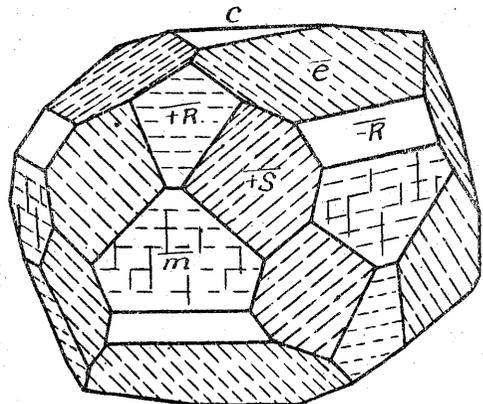


Fig. 17 Summarily showing the striations of each faces of Calcite.

決の糸口を与えてくれる。すなわち、lineage structure, striation 等、結晶面上にみられ種々の sign は (natural etching 等の後からの作用によるものは別として)、

いずれも結晶の生長軌跡をあらわすものであり、その sign の分析から、方解石の生長は主として3つの基本方向によつて行われることが明らかにされるのである。さらに、単にこれらの sign だけでなく、晶相自身についてみても、この3主要方向の働き方の程度によつて、その変化が生れるのであるといえよう。従つて問題は、結晶生長時の種々の環境下において、この3方向の強さが、どのように消長し、相克し合うかという、両者の関連の仕方を明らかにする方向に集約されてくるのである。

## 7. 総括および考察

以上断片的に分類・記載・説明した個々の現象の要点を、ここにふたたびふりかえつてみよう。

7.1 種々異つたあらわれ方をするが、結晶の生長は、鉍液の運動形態にある程度支配されて、方向性をもつた偏倚発達を示す。鉍液の運動形態も1方向的なものだけではなく、渦巻運動のような場合も考えられる。またそのあらわれ方も、結晶自体の性質、環境の相違等に応じて種々に異なつた形をとつている。

7.2 しばしば、結晶中の特定部分に異常着色ないしは白濁等の諸現象が認められる。そしてそれらの現象は、多くの場合結晶の生長軌跡を示すものである。また、これら異常着色・白濁等の原因は、それが種々の実験的裏付けによつて確かめられず、推測の域をでていないといへ、その原因は、ある場合には結晶面自体のもつている特性に主として求められ、またある場合には主として環境の諸条件の変化に、また、あるいは両者の組合せに求められ、さらには現在の知識では説明を与え得ない場合もある。

7.3 同種晶相の結合の仕方かなり特徴的であり、側軸面に伸びた晶相のものでは、それらが並行連晶的位置( $c$ 軸ないし側軸面を少しづつずらして結合する)をもつて結合している場合がよく見られ、 $c$ 軸方向に伸びた晶相のものでは、平行連晶的位置の結合をしているものが多い。

7.4 異種晶相の結合様式の観察によつて、結晶要素のうち、格子欠かんの最も多い部分は稜であり、結晶が新しく生長する場合、その欠かんと正規の結合の仕方埋めようとする傾向を強くもつているようである。

7.5 各種の結晶面上にみられる lineage structure および striation 等の観察から、方解石の生長方向に互に反撥し合う3つの基本的な方向があることがわかつた。すなわち側軸面の方向に拡がろうとする力、主軸の方向に伸びようとする力、単位面に垂直な方向に伸びようとする力である。これら3つの方向は、方解石の結晶生長における基本的な生長方向で、それが環境条件に

て、種々な割合で、促進・抑制・相克・消長するのである。そしてその結果、それぞれの組み合わせの種類に応じて出現する結晶面の、従つて晶相の変化が生れ、また結晶面上の lineage structure, striation などの現象があらわれるものと考えられる。すなわち lineage structure, striation 等の観察によれば、結晶生長はあらわれる全ての面への垂直方向の生長によつて行われるものといふより、基本的ないくつかの生長方向において行われ、種々の面は、その種々な組み合わせの結果としてあらわれるものと考えたほうがよいようである。

さて、われわれはこれらの観察を通して方解石結晶が生長する際、3つの主要方向をもつていること、それぞれの結晶面自身特有な性質をもち、それが種々の環境下において、特徴的なあらわれ方をすること、結晶の堆積が格子の不完全部分を埋めようとする傾向をもつて行われ、その不完全部分は稜において最も著しいことなどの諸性質を知つた。一方、鉍液の運動形態、foreign material あるいは核の存在、障害物の存在、あるいはその他の未だ充分には分析しえないが、種々の環境条件の変化が、結晶生長に大きな影響を与えていることも知つた。さらにまた、これは“晶相変化”の報告において詳細にふれる予定であるが、生長の3主要方向の消長が、晶出の早期から晩期にかけて一定の系列をもつた変化を示している事実をも知ることができた。

これらの事実は、いずれも結晶ないし結晶面自身のもつ特性と環境条件の変化との複合の結果であると云える。しかしそれらの具体的な関連のしかたの完全な説明は、種々の実験的な検討を経ていないから、充分に与えられる段階にまでは至つていず、ここではこれらの種々の不規則性の観察が、結晶の生長機構の機微に導く1つの手段であることを明らかにしたに止まつている。これらの忠実な観察記載が、この意味で決して無意味でないことを知つておきたい。

またこれらの観察を通して特に著しく感じられたことは、次のような2点である。

a. 晶相変化とか lineage structure とかその他結晶上にみられる種々の現象が、例えば従来いわれている foreign material の selective adsorption のような、いわば偶然的な条件の変化によつてだけ生ずるのではなく、温度の降下とか pH の連続的な変化とか濃度の変化のような、晶出期間を通じての一貫した条件の変化によつて生ずる場合が甚だ多いということ。このことは方解石の晶出順序に応じて、ほぼ一定の晶相変化を示す事実からも明らかである。

b. 結晶の生長のしかたが、従来一般に考えられていた“核を中心として3次的に生長する”という考え

では、説明のつかない場合が多い。結晶生長機構についての従来の考えよりは、生長がいくつかの主生長軸あるいは主生長面にしたがって行われ、各結晶面の発達程度はそれらの程度の異つた組み合わせの結果であると考えた方が、種々の現象がよく説明できるようである。この種の考えは、Buerger, F.G.Smith 等も称えているところで、筆者は彼等の考えに共感するものである。

最後にこの研究を行ふに当つて、貴重な標本を自由に観察する機会を与えられ、またその1部を貸与された、足尾鋳業株式会社の竹内英雄氏に、深く謝意を表した。また Goldschmidt A型複円測角器を長期間にわたつて貸与された秋田大学鋳山学部に対しても、深い感謝を述べたい。(昭和27年1月稿)

551.243:550.81(521.76)

## 最近の大和川筋地じりの調査

原 口 九 万

Résumé

The Recent Landcreep of Kanagase,  
Yamato River, Osaka-Fu

by

Kuman Haraguchi

About 20 years ago, the landcreep had occurred on the vicinity of Kanagase, Yamato river, Naka-Kawachi-Gun, Osaka-Fu. Many houses of Toge village, Kanagase tunnel on Kansai Line, and Nara-Osaka main Rord were totally destroyed, and the bottom of the Yamato river had dangerously arised. At that time, many geologists studied the origin on this landcreep.

At present, the creeping has occurred on the same district but its scale is very small in comparing with the former. The writer believes that there will probably be no danger by this dislocation.

The some observation data has given by the Kinki Construction Bureau, (Osaka). According to this data, the amount of rainfall has much affect for occuring to creep.

文 献

- 1) 要旨: 地質誌, Vol. 56, No. 656, p. 255, (1949) 詳細は地質調査所報告 155号として他日印刷の予定
- 2) Newhouse: Econ. Geol., Vol. 36, No. 6, p. 612, (1941) etc.
- 3) 砂川一郎: 地質調査所月報, Vol. 2, No. 6, p. 7, (1951)
- 4) 要旨: 地質誌, Vol. 56, No. 656, p. 254, (1950) T. Tomisaka: Jour. of the Facul. of Sci. Hokkaido Univ., Series IV, Vol. VII, No. 4, p. 389, (1951)
- 5) 伊藤貞市: 本邦鋳物図誌 Vol. 2, p. 225,

Natural origin: (Fundamental Origin)

(1) River erosion of the Yamato which disturbs the equilibrium at the place.

(2) Younger andesite (Toge Andesite) which easily decomposes to clayish materials, and tuffaceous agglomerate, if contain full of water easy to creep.

(3) Granite gneiss and older andesite area are stable, while younger andesite area is unstable.

### 1. 序 言

#### 1.1 昭和6~7年の地じり

昭和6年11月下旬から翌年4月下旬に起つた大和川筋龜之瀬の地じりは、近畿地方には珍しい災害として、世人の神経を尖らせたできごとであつた。

この地じりは、奈良盆地と河内平野とを南北に境する生駒・葛城山脈を横断して西流する、大和川峡谷の北岸傾斜地一帯をほぼ馬蹄形に包んで、南方に滑動・匍行せしめたもので、地域内には峠部落における家屋・石塔の崩壊、大地の亀裂、井戸・貯水池の酒濁、龜之瀬隧道壘築の破損、同地表の陥没、さらに大和川の河床および対岸の国道は隆起し、ために関西交通幹線が一時中断せられ、また奈良盆地に浸水の危険が感ぜられるに至り、その騒ぎを一層大にした。

しかし、地じり運動の通性として、その後運動は漸次

\* 大阪駐在員事務所