

長石類の微細構造に就て

(チー・シーホルム)

産地のよく知られてゐる數多の天然産長石類の微細構造を、ラウエ斑點法や廻轉結晶法を用ひて、研究した所に依ると、各種の長石から撮つたX線の干涉像の位置や構造は、各々非常によく一致してゐた。

加里長石と曹達—石灰長石との間の密接なる形態學的物理化學的關係は、X線像の性質と共に長石族各個が非常によく類似した結晶構造を有してゐることを指示してゐる。

この研究の結果、單斜晶系に屬する長石類は底面の面心四重單元(Vierfach primitive)基本體よりなり、その稜はそれ／＼結晶軸 a ・ b 及び c に平行なることが明になつた微細構造上から決定された軸率及び面角は形態學上のそれとよく一致する。形態學上の事實を用ひて種々の長石類に就て直接測定した結果、基本體の稜の値 (a_0 , b_0 , c_0) は次の通である。

礦物名	結晶格子恒數の大きさ (Å 單位)	産地
Adular	$a_0 = 8.61$ $b_0 = 13.07$ $c_0 = 7.26$	St. Gothard
Sandlin	$a_0 = 8.42$ $b_0 = 12.92$ $c_0 = 7.14$	Laach
Mikroclin	$a_0 = 8.44$ $b_0 = 13.00$ $c_0 = 7.21$	Hirschberg
Hyalophan	$a_0 = 8.50$ $b_0 = 12.92$ $c_0 = 7.12$	Binmental
Albit	$a_0 = 8.23$ $b_0 = 13.00$ $c_0 = 7.25$	St. Gothard
Oligoklas	$a_0 = 8.16$ $b_0 = 12.80$ $c_0 = 7.13$	Bakersville
Labradorit	$a_0 = 8.23$ $b_0 = 12.91$ $c_0 = 7.16$	Pauls-Insel
Anorthit	$a_0 = 8.185$ $b_0 = 12.895$ $c_0 = 7.09$	Vesuv.

礦物名	$b_0 \cdot a_0 \cdot c_0$	$a_0 \cdot a_0 \cdot b_0$
Adular	$\alpha = 90^\circ$ $\beta = 116.03^\circ$	$\gamma = 90^\circ$ St. Gothard
Sandlin	$\alpha = 90^\circ$ $\beta = 115.35^\circ$	$\gamma = 90^\circ$ Laach
Mikroclin	$\alpha = 90.07^\circ$ $\beta = 115.50^\circ$	$\gamma = 89.56^\circ$ Hirschberg
Hyalophan	$\alpha = 90^\circ$ $\beta = 115.35^\circ$	$\gamma = 90^\circ$ Binmental
Albit	$\alpha = 94.03^\circ$ $\beta = 115.23^\circ$	$\gamma = 88.09^\circ$ St. Gothard
Oligoklas	$\alpha = 93.04^\circ$ $\beta = 115.22.5^\circ$	$\gamma = 90.04.5^\circ$ Bakersville
Labradorit	$\alpha = 93.31^\circ$ $\beta = 116.03^\circ$	$\gamma = 89.54.5^\circ$ Pauls-Insel
Anorthit	$\alpha = 93.13^\circ$ $\beta = 115.55.5^\circ$	$\gamma = 91.12^\circ$ Vesuv.

この表では、比較を便利にする爲に、三斜晶

系に属する長石類も亦單斜晶系の場合に對應した底面の面心基本體で表されてゐる。

長石の四分子を含むこの底面の面心基本體から單純移動群(T^m)に属する二重單元 (Zwitsch, primitive) 基本平行六面體が導かれる。この平行六面體の稜は結晶軸 $[110]$, $[1\bar{1}0]$ 及び $[001]$ に平行で、その面は $\{110\}$, $\{1\bar{1}0\}$ 及び $\{001\}$ に平行である。この型は標式的なアジュラリヤの聚形に相當してゐる。

上述の事實に基いて、各種の長石類についてこの二重單元平行六面體の稜の長さ及び其等の間の角度 (α , β , γ) を計算して次の値を得た

礦物名	a'	b'	c'	α' (110)/ (001)	β' (110)/ ($1\bar{1}0$)	γ' (110)/ ($1\bar{1}0$)
Adular	7.824 $\text{\AA}$	7.824 $\text{\AA}$	7.259 $\text{\AA}$	103.59'	103.59'	113.16'
Albit	7.581 "	7.797 "	7.230 "	107.07'	100.28'	115.20'
Anorthit	7.708 "	7.564 "	7.083 "	106.35'	100.43'	113.12'

この二重單元(菱面體様の)基本體は、表中の數字からも明な様に、少しの變形によつて三斜

長石類の微細構造に就て

長石類の二重單元基本體に移り變る。随つて、三斜晶系の基本體は常に三斜單純移動群 T^m に屬してゐる。

右の結果によつて、既に久しい以前から特に佛國の科學者フリーデルによつて發表された所の『結晶面(001)は即ち面心である』といふ假定の正しいことが解る。なせならば、實際に觀察された結晶面の出現率はこの場合に於てのみ、ブラベーの網面密度の定理に従つて計算した出現率と、幾分一致するからである。例へば、正長石に於ては非常によく出る聚形 $\{010\}$, $\{001\}$, $\{110\}$, $\{130\}$, $\{101\}$, $\{201\}$, $\{111\}$ は新しく關係即ち $\{110\}$, $\{001\}$, $\{010\}$, $\{120\}$, $\{112\}$, $\{111\}$, $\{011\}$ としてあらはれ、網面距離は (ρ の値は A° 單位で表されてゐる) それへ 6.53, 6.52, 6.65, 3.80, 3.32, 4.14, 5.91, となる。高指數の結晶面例へば $\{130\}$, $\{111\}$ が存在するのに反して (100) なる面が現れないことは衆知の事實であつて、非常に重要なことである。(100) の結晶構造上から決定された網平面の距離は、

3.86Å に相當してゐる。

同像的關係や、K が Na 及び Ca によつて置換される際の格子の變數が像分相關的 (Morpho-photo-pischi) に變化することの研究は、多數の斜長石について完成されてゐる。随つて、Na—Si が Ca—Al によつて漸次置換される變化即ち曹長石より灰長石への變移に際しては、主に結晶軸 c が變化する。結晶軸 b は變化が至つて少い。これは前掲の表から明なことである。これに依て考へると、四重單元基本體の分子體積は、化學成分に正確に比例するものではなく、寧ろ格子に収縮が起るのである。そして、1:1 の比で混合してゐるラブラドル長石の場合に収縮の最大値を示してゐる。

X 線的研究の結果から判ずれば、混合結晶は完全に等質の様である。曹長石—灰長石系に於ては、適當な研究材料が不足してゐるので、この結果は只豫備的研究の意味だけを有するものである。

曹長石の格子中に K が侵入すると、像分相關的

に非常に強く働く。そして格子の大きさが可成擴大する。a 軸は最變化し、c 軸は a 軸に較べては極く僅變化する。

加里長石—重土長石系に於ては、K⁺ イオンの代りに B⁺ イオンが侵入して、格子の大きさが只少し變化する。純粹な重土斜長石では、格子恒數の大きさは $a = 8.60\text{\AA}$, $b = 13.10\text{\AA}$, $c = 7.25\text{\AA}$ である。(延長法に依て得た値)

之等の像分相關的な性質は、結晶體內のイオン作用圈の大きさに就ての新しい研究の結果即ちゴールドシュミットに依れば $\text{Na}^+ = 0.98\text{\AA}$, $\text{K}^+ = 1.33\text{\AA}$, $\text{Ca}^+ = 1.06\text{\AA}$, $\text{Ba}^+ = 1.43\text{\AA}$ といふ一致する。

加里長石の空間群としては單斜柱面的結晶族が出現するといふ假定の下に、C_{2h} 群が決定された。三斜長石の場合には C_{3h} があらはれる。二重單元基本體を基礎とした C_{2h} には對稱條件を有しない一般的な點の位置が四回式にあらはれる。故

にこの平行六面體に含まれる十六個の酸素原子の配列に可能な位置としては、一般的位置を考へて、四組の構造的に異なる四回式點位置がある。單斜長石より三斜長石への變移に際しては、之等の位置の各に就て、單斜の場合の様な對稱面及び對稱軸が失はれるので、この場合には、構造的に異つた二回式の二組の點位置になる。そして之等の位置は、只對稱點の關係によつて互に結合されてゐる。自由度を有しない點位置（對稱中心）は C_{2h}^3 に於ても C_i に於ても共に一回式である。同様に C_{2h}^3 に於て、對稱面或は廻轉軸に横はる原子は、三斜晶系に屬する空間群に於ても亦、其の回式性と同一性を保つてゐる。併しその對稱は C_{2h} から C_2 、 C_i へと低くなる。凡て是等の事實は、長石類の場合に於ける様に原子重心の位置が大なる變化を起さず只僅の變化をする場合には、單斜的な原子配列を三斜的な原子配列に變化させる事が出來、そして其の逆も亦可能であることを意味してゐる。光學的方面の觀

長石類の微細構造に就て

察も亦この事を物語つてゐる。正長石は非常に微細な（超顯微鏡的）双晶をした三斜長石であるかも知れぬといふ問題は、X線寫眞からは決定しかねる。何となれば對稱位置にあるものはすべて寫眞に於て、完全に一致した干涉黑點を現すからである。之に反して微斜長石に於てはラウエ寫眞について見るも回轉結晶法に於て見るも共に干涉像の分裂を示してゐて、三斜結晶格子に相當して、形態學的な事實とよく一致する之に依て見るに、加里長石が實際三斜晶系であるとしたならば、單一結晶の場合に於ても單斜と考へた場合の角度の關係との差は、恐らく微斜長石に於けるより尙小であらねばならぬ。グロッスマン、ワッラーラント、フェドロー、フリーデルその他の學者によつて、形態學的研究から假設せられた所の長石類の擬立方晶系的又は擬正方晶系的性質は、結晶構造上にも著しく數量的な關係で現はれてゐる。新しい構造軸を a'' 、 b'' 、 c'' として、結晶軸 $[112]$ 、 $[1\bar{1}2]$ 及び

〔100〕をとれば、之に依て出來た基本形は長石の四分子を含んでゐて、體心格子になる。次表に總括したので解る様に、立方體に非常によく似てゐる。

礦物名	a''	b''	c''	α''	β''	γ''
				(100)/	(100)/	(112)/
Adular	9.30A	9.30A	8.61A	97°13'	97°13'	88°18'
Mikroclin	9.25 "	9.24 "	8.44 "	96°46'	96°36'	89°18'5
Albit	9.49 "	8.96 "	8.24 "	97°01'	94°04'	5.89°34'2
Oligoklas	9.39 "	8.89 "	8.15 "	95°50'	95°37'	90°07'3
Labradorit	9.46 "	8.86 "	8.23 "	96°14'	95°53'	89°32'5
Anorthit	9.45 "	8.76 "	8.91 "	95°31'	5.86°45'	90°00'8

$(a''+b''+c'')/3$ なる格子恒數の平均値と、同一分子數を含む完全な立方晶系に屬すると考へた長石が有すべき格子恒數と、比較した時、その差の最大値は(albit)一パーセントである。此處に示されてゐる所のこれ以外の長石類ではその差は約二分の一パーセントである。それ故に外觀上立方晶系の様な關係に見えるのは無理

もない事である。擬立方に屬する格子變數と網面距離とをよく比較してみると、角度の關係や其他幾多の興味ある事柄が知られる。併しそれについての詳しい記述は略する。

立方晶系に屬すると考へた場合の位置と、實際の位置との偏差の最大なる方向は、殆んど〔101〕に平行であつて、その値は九パーセントである然し平均すれば約五パーセントの偏差を有することになる。

長石類の擬立方性をあらはす特性は熟知された事であつて、形態の發達によくあらはれてゐる。即ち双晶法則及び並行連晶に於ても亦物理的性質に關しても、擬立方的に同性質の方向と結晶面とを持つてゐる。例へばベスブ産の灰長石に於て觀察された三十二個の三斜晶系に屬する結晶面は、一部分は全く間違つて指數づけられてゐるが、擬立方晶系的に表示すると、單に斜方十二面體・立方體・偏菱形二十四面體〔211〕・八面體・並行面式六八面體〔32〕及び各種の錐面立方體・三八面體としてあらはされる長石の最

重要な晶帯は、立方晶系に於ける立方體や八面體の晶帯である。双晶法則は、之を立方晶系として考へると、單に斜方十二面體・立方體及び八面體の面に於ける双晶作用であらはし得る。劈開は斜方十二面體の面その他に並行である。劈開の事については、こゝでは詳しく述べない。『長石は、正確に立方晶系に屬する長石が一樣な歪を受けた結果生じたものであつて、その歪は「101」の方向に於て最大値になつてゐる』といふフオン・フェドローの假定は、微細構造上の關係から見て、正しいと言ひ難い。即ち四個の分子を含む體心基本立方體に相當する空間群で、立方晶系に屬するものがないからである。併し正方晶系又は斜方晶系に屬するものが擬立方空間群を有するとすると右の假定の如き歪を考へ得る。フオン・フェドローの説に従へば、この空間群は滑動平面(001)を有し、その滑動成分は $c = 0.16944$ (Orthoklas) である。ベッケンカンブの熱的研究の結果も之と調和する晶帯「100」は如何なる溫度にても擬正方的等方

長石類の微細構造に就て

性を現し、その晶帶軸は負の光軸角の銳二等分線と殆ど一致してゐる。長石は擬立方といふより却つて擬正方に近いと考へられる幾多の事實がある。例へば、擬正方軸(三斜a軸)の晶帶に於ける角度や變數の關係は、擬立方晶系に屬する晶帶に於けるものよりも、よく事實と一致してゐる。更に結晶面の發達も擬正方軸の晶帶は他の晶帶と幾分異つてゐる。そして劈開性も良好である。多くの長石類似の鑛物が正方或は擬正方的な特性を現すことも亦この事實を物語つてゐる。

最後に長石の原子配列をX線的事實から一々確めてみたい。併し、決定すべき變數が約十四もあつて、あまり多過ぎるので全く一般的には未だ純X線的に完成されてゐない。故に變數の數を制限するため色々の假定を必要とする。先づ擬正方に屬する網平面から生じた各種の順位の干渉像の種類と黒點の強度とが、非常によく類似してゐるといふ事から考へると、長石の擬正方(擬立方)的性質は、X線像にも亦明にあら

はれてゐる事が解る。それ故に、先づ第一次の近似として正方晶系の原子配列を考へることが出来る。實際には原子は歪を受けて、その配列の位置から幾分づれてゐる。例へば加里長石中に於ては、K及びAl原子(イオン)は四回式の點位置を、Si原子は十二回式O原子は三十二回式の點位置を、正方晶系に屬する空間群(C_{2h}^2 , C_2^2 , C_4^2 , C_{4h}^2 , V_8 , V_8^* , V_8^* , V_8^* , D_2^2 , D_2^2 , D_2^2 , D_2^2 , D_2^2 , D_2^2)の中で占めてゐる。更に補助的配置法として『硅酸鹽の構造に於ては、O原子(イオン)は最密充填六方或は立方晶系の配列を取らうとするものである』といふブラッグの考を採る。研究の結果に依れば、長石類に於ては、眞實三十二個のO原子の擬立方的密充填が實現するやうである。

この場合Si・K・Ca・Al原子(イオン)は接近して一群をなしたO原子によつて取り圍まれてゐる。これ等のO原子は、概ね、四或は六の四面體又は八面體的配列をなしてゐる。 K^+ ・ N^{+a} ・ C^{+a} イオンが比較的大いので、O原子と互に壓迫し合つて

O原子の最密充填は幾分歪を受けてゐる。この事實は、長石類が比較的低い屈折率を示す現象と一致する。比較的大な K^+ イオンが内部的構造上に及ぼす強い像分相關(Morphotropic)に原因して、中間屈折率(β)は加里長石の場合には、密に充填された曹達—石灰長石の場合に於けるよりも小である。

原子配列の個々の詳しい研究はまだ完成してゐない。この目的の達成の爲には、正方晶系の配置と實際の構造との僅の偏差を決定することが重要である。この僅の偏差に起因して、單斜晶系や三斜晶系へと變移して、對稱を低下させるのであるが、それに就ての詳細は後日完成の後に發表する。(E. Schiebold: Ueber den Feinbau der Feldspate. Fortschritte d. Min., Krist. u. Petrogr. Bd 12. S. 78—82. 1927. 東北帝國大學理學部岩石礦物礦床學教室 高根勝利譯)