

地球 第十卷第三號

昭和三年九月一日

長石の識別法に就いて

小川 琢 治

一
珪酸と礬土は岩漿の化学成分中最も多量を占め、従つて火成岩として固結するに當つて前者のみから成る石英と兩酸化物に石灰及びアルカリの結び付いた長石とが屢々造岩礦物として重要な役割を演ずる。但し珪酸の含有量が六〇パーセント以下の岩石に在つては石英は殆んど現はれずして長石のみが晶結して現はれるのである。故に火成岩の研究に當り長石の種類を顯微鏡的決定法により識別することが岩石の性質を區別分類するに容易で且つ必要である。ミシエル・レブキー氏が長石の識別法を岩石學進歩の試金石であるといひ、斜長石といふ曖昧なる名稱を岩石學の記載から抹去せねばならぬと主張した意味は此に在る。

長石には主として加里を含む正長石 Orthoclase、曹達を含む白長石 Albite、石灰を含む歪長石 Anorthite の三種があつて、加里長石は單斜晶系に結晶するものゝ外に三斜晶系に屬する微斜長石 Microcline として區別するものがあり、第二第三兩種は全く三斜晶系のみに限られ、且つ加里

と曹達との種々の割合に含まれたアルカリ長石即ち加曹長石、曹達と石灰の種々の割合に含まれた曹灰長石が存在し、一八六四年チエルマク氏は長石類の箇々の鑛物種は三種の分子の同像混合體 Isomorphic mixture であることを唱へ、デクロアゾー氏はその光學的性質を研究して、特に曹灰兩長石分子の割合に相應して二つの完全な劈開面に於ける消光角に差異があることを認め、マックス・シユスターが消光位の正負方向の約束によりこの關係が精確に決定されることとなつて、長石の光學上の性質を基礎として鑛物用顯微鏡を用ゐて薄片中の長石の種類を區別する途が開けた。チエルマク氏の初めて同像混晶なることを主張した後に、チルケル氏は純粹の白長石と歪長石の中間に曹達長石 Ab と石灰長石 An の分子の割合により左の曹灰長石の系列を區別した。(日本文にて此等の種類を區別する便宜上茲に一二六は意味、三四五は地名の頭音に従ひ一々譯語をつけることにした。)

一、白長石列	Albite	Series	$AbAn_0 - Ab_8An_1$
二、少斜長石列	Oligoclase	〃	$Ab_8An_1 - Ab_2An_1$
三、安長石列	Andesine	〃	$Ab_8An_2 - Ab_4An_3$
四、拉長石列	Labradorite	〃	$Ab_1An_1 - Ab_1An_2$
五、培長石列	Bytownite	〃	$Ab_1An_3 - Ab_1An_6$
六、歪長石列	Anorthite		$Ab_8An_1 - Ab_0An_1$

其後岩石中の長石の識別法の精細を加ふるに及び、大抵此の如き簡單なる整數比率で示し難いの

で百分率を An Ab の右下隅に加へることになった。然れども此に區別した六種の分子成分の割合に關して岩石學者の意見が頗る區々になつて、同一名稱の成分が多少齟齬し不便が少くない。カルキンス氏の百分率一〇至五を以つて分界する意見は此の點に氣づいた妥當な區分法であるが、我々は之に更に五パーセントの中間種一二を夾めば、箇々の種類は一五及び一〇、中間種は五パーセントの間隔となり、且つ諸家の區々の分類が同名か又はその次のどの中間種名で表はされることになつて、大なる出入がなくなると信ずる。此の如くすれば左の十一種となる。

種 類		Ab %	An %	種 類		Ab %	An %
一、白 長 石	100—90		0—10	七、拉 長 石		50—35	50—55
二、白少斜長石	90—55		10—55	八、拉培長石		35—30	55—70
三、少斜長石	55—30		15—30	九、培 長 石		30—15	70—55
四、少安長石	30—15		30—35	一〇、培歪長石		15—10	55—90
五、安 長 石	15—5		35—45	一一、歪長石		10—0	90—100
六、安拉長石	5—0		45—50				

加曹長石の兩成分の比率による分類も一八六四年にチエルク氏は曹灰長石と共に提案し、正長石と白長石の中間に左の五種の區別を設けた。

種 類	分子比率	加里含有量 %	比 重
アデュラリア	Adularia		
	Or ₁ Ab ₀ — Or ₄ Ab ₁	15—3	2.56—2.57

長石の識別法に就いて

天河長石	Amazonite	$Or_1Ab_1 - Or_2Ab_2$	13—10	25—26
巴長石	Pertite	$Or_2Ab_2 - Or_1Ab_1$	10—7	25—26
横裂長石	Loxoclase	$Or_1Ab_1 - Or_2Ab_2$	7—5	26—27
白長石	albite	$Or_1Ab_1 - Or_2Ab_2$	4—0	26—27

然れども加曹長石の同像説はチエルマク氏自身が一八九四年以後主張を撤回したのか、自著の鑛物學教科書にも之を掲載することを見合はせた。

アルカリ長石の種類として非正長石 Anorthoclase (Soda-microcline) がアルカリ性火成岩に存在することが認められたるに關らず、その混品の分子比率と光學上の性質の關係に就いては、曹灰長石の如くに行き届かぬ状態に在つて、非正長石と白長石との間に如何なる遷移が起るか十分に確かめられてゐない。非正長石だけはアルカリ性火成岩の長石として注意され、石灰アルカリ性火成岩に出るサニディン (正長石の一種差長石と譯して區別する) 及び微斜長石と白長石と間に置かれ、その連鎖的關係が明かでない。此頃アリング及びマウンテン兩氏の研究は稍人意を強くせしめるものがあるとは言へ、ミュッゲ氏のローゼンブッシュ氏第一卷下冊改版に當り、花崗岩及び閃綠岩質の深成岩にも非正長石の現出が屢記せられてはゐるが、尙ほ確かめねばならぬといふのは未だ注意の範圍が限られた現狀を語るものである。

抑正長石と斜長石との結晶學上の區別は光學的對稱面及び軸の結晶面に對する位置の關係に在つて單斜晶系に屬する正長石は尙ほ(010)面だけ對稱面に一致するも、他の各種長石は何れも多少此の結晶面とも斜交した位置を占め、對稱面の交叉する大中小三對稱軸及びの二光軸も亦た種類を異にするに従ひ異つた位置を占める。デクロアゾー氏の發見以來この位置と成分との相關性が認められて、互に直角の方向に振動面を有するニコル氏錐柱(略してニコルといふ)間に置いた長石の薄片に平行光及び收斂光を通じて檢査する種々の方法が考案されたのである。

岩石の薄片に現はれる普通の鑛物中石英と霞石とは同じく無色透明であつても、何れも六方晶系に屬し、此等との區別は輪廓、劈開、光軸等に注意すれば左まで困難でないが、長石の箇々の種類を區別することは決して容易でない。

正斜兩大別は前者には(010)を双晶面とする白長石式双晶と之に直角なるb軸を回轉軸としたベリクン式双晶とが成立せぬ爲めに、此等の双晶の有無により決定される譯で、特に白長石式双晶は聯品を成す爲め、稍大きな結晶の底面(001)にその平行する縞目が現はれ、岩石の斷口に肉眼で既に認め得る場合がある。是れ顯微鏡的方法の未だ普及せぬ頃に斜長石を條ある長石 *Striated feldspar* と呼んだ所以で、顯微鏡下に直交ニコルで見れば兩種双晶の格子狀構造が明瞭なる場合多く、極めて容易に斜長石たることが知れる。然れども是は三種の長石分子の混合した各種に共通なる性質であるから、その箇々の區別には役立たぬ。

斜長石の結晶形像も亦た化學成分と關係して變化し、底面と短軸面との間の角度の直角からの歪

づみ方が石灰分の増加と共に大きくなり、白長石の八六度二四分から歪長石の八五度五〇分となる
ことがデクロアゾーの測定により確かめられ、近頃ウエルフキング氏等の更に精密なる研究によりそ
の箇々の場合が白歪兩分子の比率に一致することも明かとなつた。正長石と白長石との中間にも加
里に對し曹達の比率の大となるに従ひ直角から歪む事實はあるが、未だ比率と角度との變化の仕
方が正確に知れてゐぬ。要するに曹灰長石の場合に就いて觀るに歪長石の百分率二に對し僅かに角
度一分弱の變化に過ぎぬもので、この角度の測定により成分を決定することは現在では造岩鑛物と
しての長石識別には應用されぬのである。

比重は是よりも遙かに容易なる識別法となるもので、正長石の二・五四乃至二・五六から、白長
石の二・六二四を経て歪長石の二・七五八まで増加する。故に此の比重の差異を利用してツロー
氏重液により一種の火成岩中に含まれた斜長石の種類を分離區別するを得べく、ウェストフワル天
秤により小數三位目で二ばかりまで正しく定め得る。

此の場合にも加曹長石の比重と成分との關係が判然と知れてゐぬ爲めに、箇々の曹灰長石の識別
に有効なるに止り、アルカリ長石を識別するには未だ應用することが困難である。

第三は屈折率の加里、曹達、石灰長石分子の割合に従ひ變化し、灰長石に於いて最も高いのであ
る。ツロー氏液に水を加へ又たは丁子油に橙皮油セダー油等を混じて小數點下四位まで細別した
屈折率を有する液體を得るから、此の光學上の性質は浸漬法により液と結晶との境界に起るベッケ
線により測定し得る便利がある。

坪井(誠太郎)博士は底面及び短軸面の劈開片に於ける各種斜長石の大小兩方向の屈折率を精測し、單色器により液體の或る光波長の屈折率と兩方向の各との一致する點を測定して、之をソデウム光D線の屈折率に換算する方法を案出された。是により液體の屈折率の間隔を大きくし、少數の液で精密に測定することを得ることゝなつた。

日本の火山岩の大部分を占むる安山岩中に含まるゝ斜長石の如く加里長石分子を無視し得る稍基性の種類では加里の爲めに屈折率の低下する傾向が始んどない場合に、此の方法は極めて有効なる殆んど絶對的の識別法である。曹達石灰兩分子の外に加里分子が含まれて三成分混晶を成す斜長石は此の測定の結果により直ちにその成分を確知し難きも、比重及び光學上の他の性質と對照して加里の含有を察知する途が開ける望みはある。

第四は結晶の外形特に兩劈開面に對する光學上の對稱面及び光軸の位置の關係を基礎とする識別法である。此の關係は前に述べたデクロアゾー、シュスター兩氏の劈開片に於ける消光角の測定に應用した所で、前者は短軸後者は底面の劈開痕跡に對して消光の方向(小屈折率の方向)の成す角度を測るのである。シュスター氏の約束は底面Pでは底面と短軸面との成す鈍角を右に置いた位置で時計の回轉方向を正(+)とし、反對の方向を負(-)とし、短軸面Mではa c兩軸の鈍角の方を正とし、銳角の方を負として角度の正負を區別する。此の如く定めて測れば何時も白長石は正で歪長石の方は負である。

斜長石の底面には短軸面を双晶面とした白長石式双晶片の幾つも交互して左右に對稱的消光を呈

する。故に此の双晶面に對して消光角を測るのが便利である。

顯微鏡下に見る岩石薄片中に含まれる長石結晶の斷面は任意斷面で、今擧げた如き嚴密に一定の面に平行する斷面が必ずしも現はれないのみならず、現はれてゐるか否かを認知する途もない。火山岩に出る斑晶で四邊以上の面輪廓が判然と見える場合にはその間の角度を測れば底面及び短軸面に略ぼ近いものと著しく異なるものとを區別し得るも、決して精密に兩面に一致することを確かめ得ない。深成岩中の輪廓不規則なる結晶粒に至つては全く知ることが出來ぬ。

此の困難を排除したのはフーケ、ミシエル・レブキ―兩氏の研究である。レブキ―氏は結晶面帶に於ける兩劈開に對する消光角を計算するにフレネル氏定理（任意斷面に於ける消光は此の斷面の垂直線と兩光軸とを通する兩平面の二等分面の痕跡に一致すること）を應用し、特に短軸面即ち白長石双晶面に直角なる面帶に於ける消光位の曲線を圖式に示し、之に同面を接合面とするカールスバード式双晶を伴ふ場合の第二種の消光位をも加へた。この兩種の消光角を對稱消光を現はす斷面に就き測定すれば、此の面帶の何れの位置に在るものでも直ちに白歪兩種の比率を決定し得ることになつた。一八九三年レブキ―氏はこの双晶面に直角なる斷面を検出する手段として管明法 method of equal illumination を利用することを考案した。白長石式双晶の左右兩晶片にはこの双晶痕跡が直交ニコルの間で四十五度の位置に於て同一の明るさになる性質を利用すればこの斷面の位置を看出すに便利なのである。

レブキ―氏は又た斜長石の各種ごとに複屈折の異なることを識別の手段に應用する爲めに、その

測定に石英楔をズリ動かして偏光色を比較する比較器 *Compareur* を考案し、又た成分の異つた層殻より成つた帶狀構造を呈する斷面の場合にその等明の位置を三七度とし（デュバルク氏は之を訂正して四〇度五とす）、短軸面の劈開痕に對して對稱的消光の起る方向がシュスター氏の約束の正負何れであるかも此の等明となる回轉方向によつて知れることゝなつた。

フーケ氏の研究は主として收斂光を使用し、三對稱軸面及び光軸に直角なる斷面に就いて、劈開と此等の面との間の角度を測り、即ち光學的定位斷面の消光位により斜長石の種類を識別する手段とした。薄片中に現はれる任意斷面中から此の條件に適合するものを檢出することは左まで困難でないから、是は非常に便利な識別法である。

收斂光により干涉像を現はし、中心から傾いて一つの光軸極の出る場合を利用する方法はベッケ氏の研究により頗る廣く應用され、特に光軸角の大なる爲めに兩光軸の一斷面に現はれない所の斜長石に普通なる場合にその光軸角を測る途を開いた。次に述べる經緯鏡臺の裝置なしに光軸角を測定する方法として重要であるが、カメラ・ルシダで干涉像を投射してその形像を描く手續は時間と熟練を要し、多數の任意斷面に適用し難く、新裝置の出來た今日では必しも推奨し能はぬが、歴史的價値は特筆されねばならぬ。

佛國にフーケ、レブキ―兩大家が相並んで出たと同時に露國にフェドロフ氏が起つて、兩氏の主として使用する普通礦物學用顯微鏡の水平回轉に限られた鏡臺に傾斜し得る經緯鏡臺 *Theodolite stage*（普通一般に任意回轉鏡 *Universal stage* と呼ぶ）の裝置を附加へた。この裝置により斷面を

水平位置から約六十度位まで傾けて、傾いた位置に在る對稱面及び光軸を垂直の位置に來らしめ得ることとなり、鏡臺附屬の水平環及び垂直弧によつその回轉角を讀み、對稱面に含まれた光學上の面軸の位置を測定することが可能となつた。

是はあらゆる礦物の任意斷面に就いてその光學上性質特に光學上の面軸と結晶面軸との關係を決定し得る方法ではあるが、就中斜長石の場合に有効に利用されるのである。フエドロフ氏は此の裝置を創案すると同時に直ちに之を斜長石の研究に應用し、斜長石の兩劈開面及び双晶面に對する光學上の面軸の位置の關係により化學成分の異同を知り得ることとなつた。又た此の研究の結果として底面及び短軸面双晶面又は接合面とした双晶の種類を區別して、從來結晶外形に認知された双晶の型式の外に複雑なる型式の存在することが明かとなり、フエドロフ氏が十三種の型式を區別した後稀に出るもの及び理論上存在すべきものを加へ約二十種に及ぶべきこととなつた。

一九二三年デュネーブ大學のデュバルク教授はフーケ、レブエー、ベツケ、フエドロフ四大家の研究法を取合綜合した斜長石の識別に關する論文が同地の學士院報告に公にされ、同年坪井博士の英國礦物學會誌に公にされた屈折率測定による方法が未だ收録されてゐぬが、その他の方法はすべて要領が頗る明快に解説され、斜長石の種類を灰長石分子率により區別する方法は完全に解決した感がある。

昨年ツューリヒ留學中の伊藤（貞市）理學士から此の大論文一篇を郵寄され、同氏の京都大學院在學中にデュバルク氏一派の研究法に就き共に注意しつゝあつた關係から遙かに此の新著を贈られた

譯で好意を感謝する次第である。回顧すれば三十數年前東京大學地質學教室に入り初めてフーケ、レプキ―兩氏共著の岩石學の大冊を賂て、佛國岩石學者の研究法に注意を惹き佛語を學ばんと決心し、巴里に於てミシユル・レプキ―氏に親炙した後に、南船北馬席煖かならぬ生活と他の方面の研究の爲めに、十分の時間と精力とを此の問題に傾注し得なんだ。然るに新教室を創設するに當り必要な器械が一通り具備し、山崎博士の東京高等師範學校に購入された後久しく本邦に入らなんだ所の維也納ライヘルト社製顯微鏡を取り寄せ、フーケ、ベッケ兩氏の方法に必要な。收斂光の使用が非常に樂になり、ライス創製の經緯顯微鏡によりフェドロフ氏の方法も之を試み得ることゝなつた此等の器械を使用した成績は未だ十分の精密を期し難いが、一般に満足し得る結果を見た。

デュバルク氏には今舉げた斜長石識別法の著作に先だち礦物の光學上の性質を明快詳細に説明した礦物及び岩石研究法 *Traite de technique minéralogique et pétrographique* の著作及びデルブキ―嬢と共同のニキティン氏の *Méthode universelle de Fedoroff* の翻譯がある。前者はウエルフキング氏のローゼンブッシュ岩石學大教科書の總論の部と共にデュハンセン氏の岩石學研法(米國版)に對して叙述の範圍と標準を示したもので、後者はフェドロフ氏の方法の詳細なる記載であつて、その斜長石の識別法だけを今回特に詳説した譯である。

デュバルク氏と獨立してウエルフキング氏がローゼンブッシュ氏教科書第一卷の第五版(一九二三年)を公にするに當り、斜長石の識別に關するフェドロフ氏の方法を頗る詳細を悉くし、同年ライツ社技師ベレク氏も同社製造の大形礦物學用顯微鏡に適合する經緯鏡臺の使用法を説明した單行本を公

にし、亦た斜長石識別を説明してゐる。

然れども此の兩書に比較してデュバルク氏の著書の特徴はフェドロフ氏の方法で定めた斜長石の各種の双晶の晶片がフーケ氏の方法による第一の晶片の定位斷面と共存する場合に擴めて、第二の晶片の消光角をも測り、之を第一の晶片の消光角と並用した點に在つて、是により一面には灰長石分子率の決定に際して起る疑惑を排除し得べく、他の一面には必しも經緯鏡臺を使用せずにも十數種中の若干の双晶式の區別も可能となつたのである。

ミッゲ氏のローゼンブッシュ氏第二卷造岩礦物篇の斜長石の末に附録として添えた部分に第二双晶片の消光角に關するデュバルク氏の表は大部分網羅されたが、その圖式二十數圖を省略し、且つ説明の詳細を缺く爲めにこの識別法が十分に了解され難くなり、且つ普通の双晶式以外の消光角に關するものを除外した爲めに此の如き双晶片の出る場合に正否不明の結果を生じ、又た是から双晶の種類を識る途の絶えたのも遺憾に感ぜられる。

斜長石の識別法は此の如く最近に大に整頓したのである。而かも大抵の研究の目標は主として曹達石灰兩分子の混晶としての斜長石に限られ、それは造岩礦物としての長石の大部分を占めるものであり、又た加里長石の混在は歪長石の五〇パーセント以上の長石には極めて少量なるを普通とするから、第三の成分を無視しても或る範圍までは通用し得るのであるが、曹達に比して相當多量に加里を含むアルカリ岩漿から固結する場合には必しも無視し難くなり、又た曹達長歪石（カーネ

ギー長石 ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) の混在する場合も想像され、此等の分子の参加するものでは、歪長石の含有量に對して屈折率が低くなり屈折率による識別法に信頼し難くなる。

デュバルク、ベレク兩氏は何れもフェドロフ氏の方法で決定した三主軸と結晶面又は双晶軸の極との位置の關係が曹達石灰兩成分の混晶として示した成分による極の位置の移動する正徑から脱線する様な場合には加里長石分子の混在を推定し得ることを指摘してはゐるが、未だ量的關係にまで及んでゐない。

我々のフーケ、レブギー、フェドロフの三氏の方法を並用した研究によれば、經緯鏡臺の使用により光軸角の測定が容易で、その角度及び正負の符號が他の光學性で決定した百分率の示す所と吻合せずして、特に負號の時に角度の小さいものが屢出て來る事實が認められる。是は恐らくは加里長石又はカーネギー長石の混在から來ると想像されるもので、兩氏の指摘した事實よりも此の光軸角の變化の方が量的決定により好く役立つべく見え、一道の光明を認め得たと感ずるのである。

我々の研究は未だ正確精密を誇り得るまでには進んでゐないが、意外な火山岩にカーネギー長石分子を含むアルカリ長石の存在を推定せしめる場合、又た他の研究者の識別したもの以外の種々の成分のアルカリ長石の發見される場合があるから、此等の箇々の場合に就き次稿に略報する積りである。