

地球 第八卷第三號

昭和二年九月一日

造山作用の地震地質學的解釋 (下)

小 川 琢 治

四

下部層殼の割裂に因つて生じた岩漿が上層へ移動するのは下層に於ける靜壓が高くして、是から水壓が上層に傳はつて既に出來た裂罅の先端に楔子の如く働き、最初の割裂の續きが上方に向ひ漸次生長する結果であると考へられる。此の上昇運動を時間的に見れば底盤噴出に於けるパーレル氏の考説の如く發作的に起り、火山活動の多くの場合に見ると趣を同くするので明かである。(第一卷第三號) 又た此の發作的活動の經過は地表に於て經驗する地震の續發にも明かに認められ、先震主要震後震の連續は深處に起つた水壓の傳播が岩漿の分量、溫度、濃度、粘性、裂罅の形狀等に左右されて、多少間歇的又は週期的發動の性質を帶ぶる筈なることも同時に理會される。

深處から物質が此の如く移動する爲めに地表に生ずる直接の結果が造陸作用となつて現はれるべく地震と關聯して海岸線隆起の起る場合は此の考説により説明されることは既に述べた通りである。造山作用が同じく岩漿の上昇によつて生じ得るや否やといふ問題は兩作用が互に遷移し得るや否や

といふのと同じ意味であるから、遷移し得ることが明かなればよい譯である。

元來兩作用の主要なる區別は空間的に働く方向の垂直と水平、時間的に永期的と突發的の兩對照に在るも、何れも絶對的に相容れざるものでなく、特に後者の突發的 *Episodically* に起るといふことは地質時代の或る限られた短時間といふに止り、山嶽が褶曲して崛起する手續には隆起及び沈降と地層の褶曲との交錯して進行した總和で、決して瞬間に行はれるのではない。時間長短の差が著しいことは必しも本性の相異と考へ難く、空間的差異も亦た水平垂直兩分力の大小即ち上昇運動の方向の垂直から斜行する角度の大小に依り生ずると解し得る。

前號に述べた震源から及ぼす變動の限界を頂點を震源とした轉倒圓錐面とし、垂直からこの間の種々に傾斜した面に沿ひ岩漿が上昇するとすれば、この傾斜如何により水平分力の大小が起る筈である。此の如き噴出現象は、英國マル、スカイ等の地區に於てハーカー、アンダーソン兩氏の觀察した所謂圓錐岩席 *Cone-sheets* の現存により明かである。アンダーソン氏はその裂罅の成因を岩漿の溜りに起つた壓力の増加に在りとし、之と反對に中心から外側へ傾いた環狀岩脈 *Ring-dykes* の方はその壓力の減少に因つて出來たと考へた。ハーカー氏に従へば圓錐岩席は傾斜した岩脈狀岩塊の群にして、その露頭は弧線を描き、共通の中心に三〇乃至四〇度の傾斜を示し、中央部に在るもの、傾斜は急峻だとのことである。

更に深處に於ても此と同じ様な傾斜面に沿ひ岩漿が上昇することは、クロース氏の示した南バワリア底磐の斷面圖に就いて容易に看取し得る。クロース氏はこの花崗岩底磐なるものが、底知れぬ

深處に垂直に續くものでなく、その上下盤共に噴出岩塊よりも古い岩層があつて、その間に進入したとし、その發達を造山力の褶曲及び衝上作用に伴ふとした。

此等の噴出岩塊の現出狀態から推せば、更に非常に深い處に於ても岩漿の運動が傾斜面に沿ひ起り得るとするのは決して不自然な見解であるまいと信ずる。

五

深處から傾斜面に沿ひ上昇する岩漿の運動を推定すれば、その水平分力が圓錐面の上端に當る弧線の内側から外邊に向ひ側壓力として放射狀に働くべきことも多言を要せぬ所である。故に更に歩を進めて此の如き岩漿の移動のその上盤に及ぼす結果に就いて考へる。

此の問題に入るに當り移動する物質の分量溫度濃度粘性等を第一に考慮に入れねばならぬのであるが、不幸にして高壓高溫の狀態と表層よりも大なる密度とを想定する以外は量的に殆んど把住し得る何ものもない。若し高溫に於ける金屬の瓦斯吸收能力を之に加へて考ふれば、割裂が成生して靜壓の激減するに當り直に之を充填する物質は恐らくは瓦斯であつて、是が深處に於ける固體物質媒溶劑となり、又た同時に熱の運搬體となつて、裂罅を廣るめて岩漿の充填に導くと想像される水壓の上層への傳播が此の進行に追隨すべきことも同時に想像される。

割裂が下層から上層に廣がる間に圓錐岩席の形狀に類似する網目の出来るものとすれば、水壓の傳播は岩漿の粘性の大小に従つて速さは異つてもその上昇が之に沿ふて行はれる筈である。アルフゾンズ、ステューベルの主張した所と我々の新に提唱する所と成因は全く異なるも、内部から表面へ

の岩漿上昇により第一次から多次に互る岩漿の溜りが此の如き罅隙に出来る點に於て趣を一にする日本群嶋の如き場合では圓錐の底面の弧半徑七八百料と同一の深さに此の如き岩漿の溜りが出来て更に深い處から物質と熱の供給が繼續し、此の中心から約四十五度の傾斜を有する一つの圓錐面に沿ひ上昇すると想像せば、その末端が漸次表面に近づくと同時に弧狀隆起帶が表面に出来る筈である。傾斜の更に急なるその内側の圓錐面にも同様の隆起帶が出来るならば、波曲又は大褶曲と呼ぶべき共心狀の地表の凹凸となる。

コーペルの所謂造山體（オロゲン）の内部に見る所の中間山嶽 *Zwischengebirge* なるものも、造陸運動の一種の表現たる地塊運動なるものも、共に此の如き隆起帶と同意義であつて、何れも此の如き深處に起る物質移動の結果と考へ得られる。而して地表凹凸の變化が大陸の大部分を含む如き廣大な陸塊の昇降運動は頗る深い處に起る移動に原因すべく、局部的地塊の運動の如きは主としてその淺處に起る場合たるべきは明かである。

最近我々の經驗した地震に伴ふ地盤變動の實例は多分深さ數十料の處に發動する地震の結果で、數百料の曲半徑の弧内に出来た火山噴出帶よりも更に淺い震源から起つたと考へられる。關東大地震の後の地盤昇降に關する陸地測量部の最近報告（地震研究所彙報第一號）によれば、相模灣の西北邊から北邊及び東邊に互る西北西、東南東に走る長徑を有する隆起帶が最も著しい外に、その西界は沼津から小佛峠の方向に東北東に引いた一線に沿ひ陷沒帶があり、又た灣の西北邊に於て眞鶴崎の北から冠嶽に向ひ西北西に引いた一線に沿ひ隆起帶の枝があり、丹澤山の東から東に走り邊室山

(隆起二、六五米の最大隆起點)に至る狭小なるも最も大なる隆起を生じた處などがある。我々の考説に従ひ此の地盤變動を解釋すれば、石英閃綠岩により地表に形跡の現はれた橢圓弧の内側に起つた深處の岩漿移動が北北東から南南西に向ふもので、北北東に傾斜した面に沿ふて上昇運動が起り、此の運動に與つた大規模の圓錐岩席に比較すべき岩漿を充した罅隙の局部的形狀の不規則により地表凹凸の變化を生じたと思像される。丹澤山地及び箱根中央火丘列が周邊より著しく隆起したのは火成岩噴出との關係を無視し難き顯著なる事實である。

西南日本の内側に起つた但馬丹後二回の地震は何れも横震と看做すべき日本褶曲系の走向を横ぎつてゐるのみならず、丹後大地震の場合の震源に於ける初動を察するに、少くも數十杆を降らぬ深處に於て地表に認むると同じ水平移動が深處に起り、地表に現はれた斷層線と略ぼ同じ走向で、而かも遙かに南南東までも續いた裂罅に沿ひ發動したと思はれる。その變動の性質を考ふるに横運動 *Blatbewegung* が數十杆の地殻の全厚に互つて行はれたものである。此の場合に在つては岩漿が主として横走斷層面の西側の圓錐面に沿ひ上昇し、横走斷層面が西に少しく傾斜せる爲めにその東側にのしかゝり、兩側の地塊が互に反對の方向の移動を起したと考へられる。

造陸及び地塊運動が岩漿の上昇に伴ひ起ることは此等の實例により明かであるが、造山運動が同じ圓錐面に沿ふた岩漿の上昇により説明され得る。

六

火山作用を造山作用と切り離さんとする考へ方に對する有力なる反證の一はペーゼ、ブルクハル

ト、フキリツビ等の墨士哥に於て確かめた珠羅白堊兩層の褶曲と翻倒との岩漿活動に因る事實に認められる。アルプスの被覆褶曲に與つた中央噴出岩塊と水成岩層との關係もハイム氏の主張する所に反し、第三紀層に噴出岩の礫を含むことなく、是より古く噴出固結したものゝ被働的に新らしい岩層と共に褶曲したのでなく、第三紀層の變動に當り可動性狀態を有して運動した形跡疑ふ可らざるはサンドベルグ氏の研究に據つて明かである。此等はキース氏のアブラチア褶曲に於ける花崗岩底盤に認めた所と共に岩漿の上昇運動の地殻變動に演ずる能働的役割の重要なを雄辯に語るものである。

サンドベルグ氏は岩漿の褶曲を起す機制を實驗により説明せんと試み、其の獲た結果を『地力學的問題』第一篇 *Geodynamische Probleme, I. Isostasie und die ursächliche Einheit von Gebirgsbildung und vulkanismus*. 1924 に詳述してゐる。同氏の實驗は土瀝青と粘土との層を重液の上に廣ろげ之を盛つた容器の底に通ずる管により他の同じ重液を盛つた器に聯結して、此の下層の重液の一部を抜くことゝ加へることゝを交互して行ひ、その變化に従ひ表層の撓みて一旦延びた後に終に衝上斷層と同じ褶曲の生ずることを確かめたのである。

サンドベルグ氏は地向斜に集積する沈渣層が次第に撓み、地熱により含める下層の水力が蒸氣壓により膨脹し、岩漿化せる岩層が膨起して、之を載せた水成岩層と共に被覆褶曲を生ずる手續を此の實驗により説明せんとしたのである。

同氏の考説は百軒を超えた深處から物質の上昇することを考慮せずに行はるゝ浸蝕沈渣と下層溫

度の増加とのみに立脚し、従つて岩漿圈と表層殻との限界に此の如き能働性岩漿 Active magma が出來て褶曲を起し得ることを主張するのである。

我々の立場の之と異なる點は傾斜した割裂面に沿ひ物質が下層から上昇するに當り、岩漿が自身に水平分力を持つてゐることと、地溫異常の増加が此の如き割裂系に行はれることに在る。我々は單なる表層に近い能働性岩漿の成生とその活動を考ふる代りに、傾斜面の上端に近き地帯に水平分力が顯著に働くものと考ふるのであるから、被覆褶曲が此處に起ることが更に容易に了解される譯である。

茲に同時に我々の注意するのはサンドベルグの實驗せる褶曲の形狀がチャンバーリン氏の楔狀體の側壓力に因るものと著しく類似すること、衝上斷層及び被覆褶曲を側壓力のみが生ずるのでないことが證明されるから面白い。

然れども我々の見地から言へば楔狀體又はオロゲンの如き地殼の下層に達する大地塊に働く側壓力の性質と方向はチャンバーリン、コーベル兩氏と異なるも、側壓力そのもの、存在は認めるものである。之を過大の外皮に起る現象とする代りに、過大の内部に對して表層殻の下層に割裂が出来る結果として搾り出される高壓の岩漿が裂罅を充填する爲めに起る現象とするものである。従つてチャンバーリン氏の實驗の如くに楔狀體の外側から加はらずしてその限界面に沿ひ外側に向ひ働らくと考へる點に於て相異するに過ぎぬ。

七

我々の見地から褶曲作用を考察するに當り、その因子として側壓力の外に熱の傳播をも考慮に加へねばならぬ。高壓高温の下層から物質が上昇するといふことは壓力の傳播と同時に熱の傳播を意味する。熱の傳播は靜壓により固體を成す上層の物質に埏性の増加を起すべく、その限界温度を超過すれば鎔融して岩漿化する筈である。故に熱の傳播は上層の物質を液化して岩漿を生じ、その化學成分の下層に出來たものよりも硅酸に富むべきも亦た明かである。

之を約言すれば熱の傳播に伴ひ揮發性物質が下層から上層に上昇すべく、上層の物質がその誘導により岩漿化して裂罅に沿ひ生長すべく地表に近づくに従ひ硅酸と礬土とに富む岩漿が出來ると考へられる。

褶曲山嶽の中軸に沿ひ屢々出會ふ所の底磐が花崗岩質岩漿に屬する事實は此の見地から解釋すれば、その誘導に因る岩漿化作用の行はるゝ水準が地下數十千米に過ぎぬ比較的に淺い處に在る結果たるべきことになる。關東大地震の場合此の如き岩漿の活動が地震として地表を震撼した好例たるべきことも亦た既に述べた所から疑なかるべしと信ぜられる。

岩漿化した部分を圍む岩層はその距離と方向により埏性を異にすべく、出來た岩漿は可動性に富むものほゞ上層へ上昇し、又た之と同時に漸次低温となるべく、結局地下の或る水準に達すれば最早温度の上昇に因る液化作用の行はるゝ限界外に出で、上昇する岩漿を圍む岩層は熱の影響著しからずして、埏性の増加と側壓力の影響のみが顯著となるべく推定される。褶曲山嶽に見る所の結晶片岩が主として所謂働カ變性 Dynamometamorphism に因るもので、熱變性 Thermic metamorphism の

形跡が殆んど認められぬ場合の多いのはこの關係を語るものである。

日本群嶋の褶曲と岩層の變性との關係を觀るに、所謂結晶片岩及び下部秩父層と衝上斷層に依り界された片麻岩の境界には正長石の斑晶が眼狀を成した邊緣岩相が在る外に、暗綠色の角閃片麻岩の一帶も認められる。岩漿の固結する時に周邊部に出來たもので、固結した後起つた機械的接觸に當つてもその主體との關係が維持されたことは明かである。紀伊赤石兩山系ではその外側の所謂結晶片岩は○田を含む働力變性の成生物が顯著で、絹雲母片岩、紅簾片岩、藍閃片岩、角閃片岩等の靜壓の比較的になる水準に於て壓迫を受けた形跡を示し、熱の影響が餘り著しくない。唯その中に往々電氣石の存在することは小藤博士の夙に指示された所で、或は花崗岩漿の影響が絶無に非ざるを想はしめるに止る。

阿武隈高原南端の變成岩の場合は稍之と趣を異にし、我々自身の踏査と日立鑛山開坑後の渡邊（萬次郎）博士の研究とにより、藍晶石、十字石、硅線石、堇青石等の高壓高溫に於て初めて發生する諸鑛物が存在する點が著しい。故に此の場合には外帶の結晶片岩よりも深處に於て片麻岩と接觸しつゝ壓迫された形跡が認められると信ずる。傾斜せる上昇の徑路に起る岩漿と之を圍む岩層との間に行はるゝ、高溫高壓狀態の變動は高鈴山の周邊に於て稍明かに之を目睹し得る。丹澤御坂等の石英閃綠岩と之に接する第三紀層との間に見る所がこの變動及び變性の如く顯著でないのは蓋しその深さが之に比して遙かに淺く、地表に非常に近い處に於て起つた場合である爲めと察せられる。

以上八篇に論じ來つた所は最近二十年間に地質學者の提出した解釋の最も互に衝突する所の多き

問題に關するもので、今茲に達した所の見解が未だ容易に正當に評價され難いかも知れぬと想はれる。

我々の主張に痛切に感ぜられる缺陷の一は震源の深さに關する正確なる材料の足らぬことである。地震の深處に發動すべきことが最近まで地震學者に考慮せられななだ事情を回想すれば是は怪むに足らぬ所である。然れども最近本邦に於ける地震觀測の備完により此の點に就いて闡明する所が既に多く、又た將來闡明される所が更に多かるべく期待される。

其の第二は深處に起る火山作用の手續と之を支配する深處の物性とに關する智識の缺陷である。我々は二三の底磐岩瘤及び岩脈の例に岩漿の圓錐面を充した手續を見得るも、更に深い處まで辿り行けるか否かを斷言し得ない。然れども深發地震説を唱導した際に、その系理として擧げた震源の上方への移動が今村博士の北丹後地震の餘震を三地點に於ける觀測で決定した所により確かめられたと信ぜられる。此の如き移動は岩漿の上昇のみが唯一の原因でなくて、單に割裂の傳播とも考へ得るは勿論なるも、少くも我々の考説に都合の好き事實なるは明かである。故に更に深い處へ辿る案に震源の移動を用ゐることが出来る。

その第三は火山の大火口とその震源の深さとの關係がどれ程まで深處に推衍し得るかの不明なることである。然れども小規模の圓弧上に排列した側火山の場合から更に大なる曲半徑の橢圓弧に近似した噴出帶に推衍することが不合格ならざる以上は、噴出の形跡の地表に十分明瞭に現はれぬ弧狀輪廓を有する凹没及び凸起の場合に適用し得ると信ずる。弧狀の凹凸が褶曲のみに因らぬことは

リヒトホーフェンの夙に認めた所で、我々の考説はその成因を闡明する唯一の鍵鎚である。此の如き輪廓の凹凸が水成岩層の發達と無關係なるは太陰表面のアルタイヘルシエル海や、イムブリウム海を圍む大小の弧線の排列に明かに認め得る。

之を要するに我々の考説はフムボルト等の地心から放射狀に垂直に働く岩漿の上昇で山嶽の隆起を説明せんとしたのと、ジウス等の褶曲せる弧狀の山嶽を水平に働く壓力により説明せんとしたのと中間を行くもので、地表から或る深さに於て垂直の方向から偏よつて斜行する岩漿の上昇によつて生ずる水平分力が褶曲を起すと考へんとするものである。

正 誤

第八卷第二號九〇頁の挿圖は誤つて縦に組みました。壓力とあるを下にして横に見て下さい。(校正係)

綠色角閃石より褐色角閃石への變化に 關する研究豫報

神 津 俣 祐
吉 木 文 平

昭和二年五月一日京都帝國大學に於て開催せられたる地質學會總會に於て、余等は角閃石の解離現象及び其溫度等に就き報告し、猶其實驗結果の詳細は九月發行の地質學雜誌上に於て公表せんと

綠色角閃石より褐色角閃石への變化に關する研究豫報