

火山現象に就いて

小川 琢 治

一、火山作用の意義、——産生洲國の神話とその科學的解釋——二、火山作用の本性、——岩漿の化學成分、含蓄瓦斯の役割、地殻下層と岩漿帶との限界の深さ、岩漿の静水壓力、火山性と深發性、火出地震の深さとその意義——地殻表層の構造線とその深さ、——三、噴火現象、——地鳴の地震、西曆六三年のイエスアキオ地震、——噴火、噴煙、イエスアキ、クラカトア磐梯山の爆裂、プレーの熱灼雲、火山毛、磐梯山爆裂の原動力——鎔岩の流出、マルバイス、鎔岩烟突と隧道 四噴火の種類——パイピミマル、ストロンゴリー式、布哇式、アルカネロ式、アエアキオ式噴火——海底噴火、火山原型としての本山、——大火山の發達、富士と箱根、霧島と阿蘇、九州中部の火山地區とその活動史、——朝鮮のアルカリ性火山岩地域、白頭山、蒙古の鎔岩高原——中國の石英粗面岩の噴出

一 火山作用の意義

火山作用 Vulcanism といふ語には廣狹二の意義がある。普通の火山といふのはその狹義の場合で、地下深處に伏在する高温状態の物質(岩漿 Magma)が通路 Vent を得て地表に噴出して生じた山で、

火山現象に就いて

その出来る仕方を火山作用と呼ぶのである。然れども岩漿の深處から上昇し來る運動は必しも地表に達せないで或る深さに至つて止む場合が寧ろより多く起る現象であるのは噴出岩（火成岩なるものに火山岩（流出岩 *Vulcanites*）以外に多くの深成岩 *Plutonites* の含まれる事實から明かである。故に火山現象即ち地表に於て我々の目撃する噴火の現象を伴ふ地變を理會せんとするにもその廣義の作用即ち岩漿運動の全體の性質を考察せねばならぬ。

我々の生息する環太平洋地域即ち亞米濠三州の沿岸は勿論、太平洋の内部の諸島嶼に在つてこの現象はあらゆる自然現象中に於て最も顯著で又重要なものである。日本歴史の第一頁を占むる日本書紀神代卷の八大洲の成因に關する伊弉册尊が島々を生み給ふたといふ神話の如き、幼稚な民族間に海底に火山噴火が起り新しい島嶼が出来るのを觀察して、既に出來てゐる島嶼も亦同じ手續で出來たとナイブな考へ方の成因説を立てたと考へられる。此の現象は歴史時代に入つて伊豆七島新島や櫻島の噴火の場合に觀察されてゐるから、神話の出來た蹊逕を察するに難くない。

地質調査の進歩するに従つて我が群島を構成する岩層の性質が明かとなり、地質學の搖籃地たる西歐及び中歐に比して火山岩の分布の廣いのは勿論、水成岩層と看做すものゝ中に凝灰岩が非常に多くて、現在の活動を示す火山以外に多くの活動中心が殆んど何れの地質時代にもあつて、法式的

水成岩よりも此の種の堆積物が時として却つて多きに居るかと思はれる事實が明かとなつた。

百萬分一地質圖に第四紀層として白色で示した土地のが如き關東以北の廣漠たる原野を有する處では微細な火山灰から成つた墟^{ツツ}が大部分を占め又その崩壞した土壤から成つた沖積地が廣く發達してゐる。第三紀層に溯つても同じくその厚く發達したものは主として凝灰岩である。中生代はこの作用の活動の著しからぬ時代であるが、それでも中國地方には長門硯岩層の如き凝灰岩の著しく發達した地域がある。古生代に溯ればその紅色及び綠色の凝灰岩が鎔岩と共に厚層を成して第三紀以後の活動以上に旺盛猛烈であつた状態を想像せしむるに足り、我々の古生層の部分的岩相を表するものと考ふる結晶片岩（三波川層に在つても、阿蘇其他の大火山の成立と大差なき地文状態に出來た綠色片岩を認める。（本誌第三卷第五號に紅簾片岩の成因に關して述べた所を參看されたい）。我が群島には此等の火山岩及びその岩屑以外に花崗岩その他の深成岩類が頗る廣く分布してゐるが、これ等の岩石も亦狹義の火山現象に續いた。普通の流出岩よりも一層珪酸に富んだ岩漿が押し出されたもので、後火山作用 Post-volcanic process として之を區別さるべきものである。

此の如く通觀すれば我が群島の骨格も表土も主として火山作用によつて出來てゐるから、神話の心核を成した思想は自然界の直覺として決して正鵠を失つてゐないので面白い。

中歐のフライベルヒに於て初めて地質學を講じたエルネル一派は地殼を構成する岩層を全く水の

沈渣作用で出来たと考へ、それより數十年後れて出たギュムベルも亦た續成説 Diagenesis を唱へて結晶片岩中の花崗片麻岩の如きものすら沈渣作用で出来たと考へた如き、何れも我々の環境と全く異つた地方に生れた自然科学者の偏見に過ぎぬ。フムボルト、プツフ、ダーキン等とジユウス、ハム等の地震の成因説に極端な對照あることは嘗て地震を論ずるに當つて述べた通りで、楯の兩面を見ない缺陷を免れぬのを怪むに足らぬ。

故に我々は歐米の自然科学者以上に火山現象に注意を拂はねばならぬのは當然で、その地表に及ぼす結果に對して彼者の信するより一層重要な意義あることも主張せねばならぬ。

二 火山作用の本性

火山作用とは岩漿の上昇と直接の關係を有するあらゆる現象であるとのラルフ F. Wolf の定義は簡明にして要領を盡してゐる。火山作用を理解するには岩漿は如何なるものか、如何にして上昇し來るか、地表に現はるゝに當り如何なる結果を呈出するかを知ればよい。

高温によつて熔融状態を成した岩漿なるものは時々火山の活動に當り地表に流出する熔岩によつてその地下に伏在するを推定し得るもので、深成岩に在つて同じ状態から固結したことはその貫いた水成岩に與へた接觸變性の現象から同じく推定し得る。即ち岩漿とは固結して火山岩若しくは深

成岩を成す母體であつて、化學的成分は主として此等の火成岩と同じく、

硅酸	SiO_2	礬土	Al_2O_3	石灰	CaO
加里	K_2CO_3	曹達	Na_2CO_3	苦土	MgO
鐵	Fe_2O_3 及び FeO				

等を主成分とし、その硅酸に富んだものが深處に固結して花崗岩閃長岩石英閃綠岩等となり、之に乏しく鐵苦土に富んだものは斑糲岩橄欖岩となり、流出すれば前者は石英粗面岩石英安山岩等となり、後者は玄武岩帖理岩等となり、その中間に位するものが閃綠岩又は安山岩（特に角閃石を含むもの）となる。而して此の如く固結して生じた岩石とその母體たる岩漿との差異は冷却固結する間に發散する揮發性の物質の存否で、この物質は水蒸汽、炭酸瓦斯、硫化水素の如く火山發散物として周知のもの、外に鹽素、アンモニア、メタン硫黃、砒素等の種々の元素を含み、游離水素その他の元素も存在し、火山で認むるものはその高温状態で解離したものが化合物となつて或は地表に發散し、或は昇華を作るのである。此等揮發性物質の存在は火山硝子たる黑曜石質の熔岩の瓦斯分析によつて確かで、ブラン Brum 氏の實驗した所では八〇〇乃至一〇〇〇度に於いてその含著瓦斯が突然發散するものが頗る多く、ブランは此の如きものを活きた岩 *Roches actives* と呼び然らざるものを死んだ岩 *Roches mortes* と呼んで之を區別した。

此等の氣化し易い物質の存在が地表に起る噴火現象の原動力として重大なる關係あることはいふまでもない。深處で高壓の下に在つた岩漿が地表に近い淺處に至り突然爆發して猛烈な瓦斯體の發散すると同時に品結又は固結せんとする物質を破碎して火山灰沙彈等を拋出する。又その張力によつて鎔岩柱が通路からその地表の出口たる火口（火坑）に溢出して鎔岩流として地表に流れる。又時としては通路に固結した鎔岩柱が押し上げられて一九〇年のモンターニュ、プレーのドームの如く丸い仙人掌狀の岩柱を火口上に突起せしめたり、樽前火山明治三十九年の噴火の如く饅頭狀の柱頭を火口内に現はしたりする。

然れども地下數十籽の深處から上昇する岩漿運動の全原動力がその張力に原因すると考へる歐米の地質家の見解はこの含有瓦斯を過大に重要視したと想はれる。若し此の如き原因が上昇運動の全部を支配するならば、その機制は簡單で火山活動は我々の經驗する如く不規則な發作を現すと信ぜられ難く、又押し出す鎔岩の量と噴煙となる瓦斯體の發散との間に或る一定の關係も成立つべきであるが、多量の瓦斯を含み爆發性を帯びた噴火が必しも鎔岩柱を押し上げずして、その爆發性の弱い場合に却つて鎔岩を地表を流した温泉普賢嶽の寛文寛政兩度の噴火の如き反證もある。

故に我々は含有瓦斯が地表に於ける活動現象に重要な役割を演ずることを認むると同時に、靜壓の大なる深處では寧ろ岩漿の上昇運動に直接且つ多大の關係を有するものではないと考へるを妥

當と信する。

次に起るのは岩漿が何故に地下深處に伏在するかといふ問題である。是は天體としての地球も亦非常な高溫状態に在るもので、その表面に薄い層が冷却して低溫となつてゐるに過ぬからで、日光の輻射熱を受けて一年間に溫度の變化を見るのは數十米以上の淺處に限り此の定溫層から下の深さを増すに従ひ地溫が増加する事實からも容易に了解される。我々は數糎以上の深處に於ける増加率がそれまでと同じ位に地半徑の百分一即ち六七十糎まで連續するものとせば、約二千度に達すべく、一方地表に流れ出た熔岩に就いて觀測した所では、エトナ火山の粒狀玄武岩 *Dolomite* 的熔岩の一六〇度を最高とし、ブエスブキオの熔岩では九八四度で、三四十糎の深さに於て有する溫度を示してゐる。

故に若し熔岩が三四十糎の深處から上昇し來るならば當然この高溫を有する筈であつて、此の深さが前に(本誌第一卷第三號二二六頁)に述べた如くキーヘルト、ガリチンの認めた固體地殼として地震主要動の長波の振動する厚さ三五糎に一致するのは必しも偶然でなからう。

然らばこの深處から地表への上昇運動が如何にして行はれるか、次に起る問題である。之に關しても同じく地震の深發性を論ずるに當つて、ブラウンスやパーレルの研究(同第二八九卷頁)を基礎

として嘗て概説した如く、地表に於て極めて粘性の鎔岩となり易い石英粗面岩と同質の花崗岩も深處では粘性の乏しい岩漿であることは明かに認められる。この物理性は固結した岩石の化學性とは或る程度まで無關係であるらしく、多量に流出した石英粗面岩や粗面質安山岩等に在つては薄く廣く流れた實例に乏しくない。咸北吉州明川間のアルカリ性鎔岩流は玄武岩と殆んど同じ地形の鎔岩臺地を造つてゐるのはその最も顯著な場合の一であると思ふ。(圖版第七版第二圖)

花崗岩の最後に石英を結晶せしめて固結する前後の溫度は七百度内外の低溫であらうが、深處の高溫狀態から此の低溫に冷却するまでの間にその流動性に富むことは此の如き實例から推知し得るから、従つて高溫と同時に高壓の深處とそれより淺い上層に來た岩漿との連絡する通路には一種の水壓が傳播して、ピストンを押し上げる水壓力の如き作用が岩漿上昇の原因として働くことも甚だ明かである。これも地震の深發性と關絡して既に考察した所で、之に基いて地震を起す力と火山活動を起す力と共通なるを結論した譯である。

此の如く地下深處に行はるゝ岩漿上昇運動は之を地表の活動を意味する狹義の火山性 *Vulcanicity* と區別するには深處活動性又は深發性 *Plutonicity* と呼べばよからう。

深處から上昇し來る岩漿が幾何の深さに至つて地表に見る如き火山活動の状態に遷るものかは重

要な問題であるが、之を確知する手段がない。若し強いて求むれば故大森博士の淺間火山の活動に伴ふ地震の深さが約七軒であるとの觀測に唯だ一つの端緒が認められるのみである。此の深さは地温増加率からいへば約二百度の處に過ぎぬからこの深さまで岩漿がその固有の粘性に乏しい流體として到達し得る場合は稀にしかないと想はれる。岩漿固有の上昇運動はこれよりも深い處に止り、此の邊では以前の活動によつて生じた岩漿の通路の存在する爲めに法式的地温と異つた高温を有してゐる場合に此處まで岩漿の運動が繼續し得られ、従つて此の邊で爆發や鎔岩押出しを實現する火山活動性が始まるものと考へられる。久しく活動の止んだ火口に於ける硫汽口や噴汽口の存續する事實と、旺盛な活動期に在る火口底に赤熱した鎔岩が存在し、又鎔岩の流出せぬ活動に當つて屢鎔岩の小塊を火山彈として抛出する事實から此の如く鎔岩が地表まで押し上げられて來る運動の實在を認め得るのは多言を要せぬ所である。

最近二十餘年間に淺間の示した活動は環太平洋地帯に於ける火山活動の最も普通な現象であるから此の如き活動状態に於ける地下通路に行はるゝ岩漿の動作は大體近似したものととしてよく、大島や燒嶽の如き火山に就いて同様の觀測を試みたならば此の點が一層正確に知れる筈である。

岩漿の物理性及化學性に關しては語らねばならぬ點がまだ種々あつて、此等の岩石學的研究は現に北米カーネギー研究所やその他の歐米諸學者が盛んに行ひつゝあるが茲に之を詳説する暇はない

から姑く之を省く。本誌前卷に松原博士の地球化學に關する講話を熟讀されたらばその種々な面白い問題を窺ひ得られる。

以上述べたので岩漿の能動的動作の概念を造り得るが、その最後に地表に現出するまでに通過する地殻表層部の性質特に構造が大なる影響を及ぼして、殆どその噴出の仕方を支配するに至ることは勿論である。而してこの地殻の構造に於て岩漿の上昇運動に最も重大な役割を演ずるのはその割れ目(裂罅)であつて、地表からある深さに達する裂罅が地表面に直線又は曲線を成し、その線上に噴出の中心が排列すること多く、之を火山構造線 *Vulcano-ectonic lines* と呼び、山嶽及び溪谷の排列に認めらるゝ山嶽構造線、地震の局限して激烈に感せられる地震構造線と相並びて地質構造を推知するに重視される。地震の場合に往々にして此の三者が共に地殻の弱處たることが發見される。

此の如き裂罅の達する深さに關しては北米アダムス氏の岩石空隙の壓塞さるゝ壓力の試験成績が多少の光を投げた。即ち花崗岩の如き剛性の大な岩石に在つてその最大限度が地殻の厚さ三十軒内外に於ける靜壓に等しきことが知れたが、茲に述べる裂罅の如き一定面に沿ふた空隙の如きはその數分の一の深さ以下に達してゐぬことは殆んど疑なく、前に擧げた七軒といふ大さは恐らくはその最大限度に近いものであらう。

岩漿に含有する瓦斯體の張力に關しては或る學者は白國ゴージェの如く非常に之を重要する學者もあるが、我々はその原動力としての發作は主として火山地震の起る深さから上層に限られると考へるが妥當と信するから之を約言すれば岩漿が此の邊から突然岩層間に押し込まれるので火山地震が起るべく、又此の如くして上昇するに當つて初めて含有する揮發性物質の張力が火山地震及び爆發性の噴火を起す原動力となるべしと考へて置く。

三 噴 火 現 象

火山の活動は上昇する岩漿の地表に達する瞬間に始まる。その近づくに當つて通例地鳴り及び地震が起り、終に表層を爆破して噴火の現象を現はすのである。此の豫備動作は數日或は數十日に亙ることがあり、その新らしい火山を造るか又は現存火口の外に新らしい通路を作つて噴出する如き場合には地震は頗る強烈であるのが普通である。故に火山地方に局部的地震が頻繁に起り、その強さが遞加する場合には機敏に精密な地震觀測を行ひ、震源の位置を正確に決定して萬一の危険を警戒する必要がある。

最近百數十年に活動した櫻島溫泉淺間の三活火山に於ける地震はその好例であつて、大正三年一月の櫻島噴火に當り鹿兒島測候所が地方民に非難されたのは、今尙ほ日本の學者間に行はれつゝあ

る火山地震は常に極めて輕微で、激震は構造性地震に限り、火山現象と全く關係なしとする論據の薄弱な假説を過信したものと想はれる。

火山活動の前驅たる激震の古典的地震の第一は西曆七九年ブエスブキオ火山の歴史時代活動に先だつ十六年の激震で、ボンペイ市場の祠廟が傾斜した形象の薄肉彫りが發掘されたのは面白い發見である。

その第二は一五三八年のモンテ、ヌオブラの噴火で、ツウスの研究によれば一四八八(又は五八)年に多數人命に損害を與へた激震が起り、十六世紀に入つて屢次に震ひ、一五三七、八兩年に倍頻と激烈を加へ、九月二十七、八日は間斷なく震動し、ナポリ灣の西隅に當るポツツオリ灣内の海水は二百歩ばかり限却し、淡水が湧出したといふ。その翌夜灣北にあるバルバロ舊火山のアプエルノ湖(是も火口湖)に臨む山麓に土堆「Terrae cumulae」が出來始め、その開いた口から火を輕石や岩塊灰沙を噴き、此の時バルバロ山が急に隆起したといはれてる。

此の如くしてヌオブラ山即ち「新山」が生れたのである。

同じくナポリ灣の西に離れ島を成したイスキア火山島は古く噴火したとの傳説ある火山島である。此處に時々局部的激震が起つてその十九世紀屢次の地震は噴火を伴はぬので、メルカリは之れを「噴火の失敗した試み」と呼んだ。

噴火とは表層を爆破して地下通路の新しい火口を作り、若くは既に火口を成した舊運路の上端の閉塞された部分を爆破する岩漿の作用を意味し、此等の部分の岩石を破碎飛散すると共に瓦斯體をも發散するので噴煙を生ずるのである。

七九年ブエスブエオの爆破前十六年の激震は前に述べた如くで、恐らくは岩漿上昇の始まつた徴候であつたらしく、爆破する時にも亦地震がその前驅を成し、少ブリニウスのタキツス Tacitus に與へた書翰(第二信)によれば、數日前に一震を感じたが、カムパニヤで慣れてゐたので餘り驚きもせなんだ、然るに當夜は非常に強く震つたのみならず、大騒ぎを起し、目を醒まして母を覺まして行かんとする時母は早くもブリニウスの室へ飛で來たといひ、ミゼナの別墅を逃げ出した後にも頻繁に地震を感じたといふ。

此の時の噴煙の形狀が現今もその状態として呼ぶ松樹木 Pine Tree で、日本では稀に海岸など見る丈の矮く横に枝を張つたナポリ灣に特に著しい技振りである。ブリニウスは老ブリニウスの臨終をタキツスに報じた第一信に、その形は樹木特に松の木の如く、巨大な幹は天に沖して立ち、その頭は小枝を廣げた、恐らくは最初この煙を吹き上げた強い力がなくなり、又その煙も力盡きたか自分の重要に堪へないかで、一面に廣がつたらう。而してその色は灰か土沙を含む量によつて或は白

く、或は薄ぎたなく斑になつて見えたと形容してゐる。

兩ブリニウスのゐた別墅はミセナ Misena といひ、その位置は多分ポツツオリ灣の西南に突出した今のミセノ角の北にあるミセノ港にあつたと想はれる。此處は七九年活動の中心から約三十軒の西に在つて、尙ほ且つ降灰が頗る厚く積つたらしく、家屋が破損したので去らんとしたといふので震動の強かつたことも知れる。その震動の中には空氣に傳播する鳴動もあつたらうが、降灰で山の西麓ヘルクラネウム、南麓ポンベイ等が全く埋没するに至つたのは怪むに足らぬ。

ブエスブキオ山は此の時もトスバルタクスが紀元前七三年に立て籠つた時の完全な缺頂圓錐形を失ひ、その南の大半が破壊されて北半の南面の斷崖を成したモンテ、ソンマを残すのみとなつた。

此の歴史上の最も著名なブリニウス噴火 Plinian Eruption に比して劣らぬ爆發は一八八三年のクラカタア島と一八八八年(明治二十一年)の磐梯山との爆發である。此等も亦何れも山形の大部分を破壊し、クラカタアの爆發によつて飛散した體積はフェルペークの従へば一八立方軒に達し、磐梯山でも菊池(安)先生に従へば一・二立方軒に達したのである。

此等の場合に抛げ上げられる物質は火山灰を主とし、クラカタアの降灰は約八十三萬方軒の面積を蔽ふた上に、その微塵となつて大氣の上層に浮遊したものは氣流に従ひ渾球を環ぐり太陽の銅色を帯びて見えるに至つた。

之と趣を異にしたのは一九〇二年の中米マルチニツク島ブレー Reg. 山の場合で、その噴き出した瓦斯が過多の灰を含む爲めに火山の縁から溢れて山腹の傾斜に沿ひサン・ピエルの市街に墜ちて海に入る處で始めて爆發し、是が爲めに人口三萬のサン・ピエル市街を殲滅した。此の悲劇の起つた現場を調べたラクロー氏は此の大爆弾の役割を演じた瓦斯と灰とから成つた乳劑の如き團塊を熱灼雲 *Nube ardente* と呼んだ。その温度は葡萄酒瓶の頸の半ば鎔けて曲つたのから推して六五〇乃至七〇〇度に達したことが明かであつた。

小藤先生は大正三年一月の櫻島活動の時に噴出した瓦斯と灰との集團も熱灼雲と呼ばれたが、當時鹿兒島から此の噴煙を望見した大塚(會一郎)文學士の話により、地表に出た後に容易には空中に軽く高きは吹き上げられなだといひ、如何に重くろしい集團であつたか想像される。若し此の如きものが淺間の如き火山の頂上に出て南の斜面に迂り落ちたらばその與へる損害は慘憺たるべきであるが、幸に此の他に餘り類似の實例を聞かぬ。

噴煙中に含まれた固形分たる灰は通例熔岩中の瓦斯の發散によつて破碎された細微の破片であつて、その中には玻璃質の纖維状になつた軽石と同種のもものが屢あつて、稀にはその一本づゝに分れて毛髮状を成したのがある。之を火山毛 *Volcanic hair* (布哇での命名)と呼び、日本の歴史に關東地方に毛髮が降つたといふのは即ち此の火山毛のことである。

前に述べた磐梯山の爆裂した時にも多量の降灰はあつたが、此の灰は新らしい熔岩の破片でなく、山體を構成する古く固結した火山岩の爆破されたもので、激しい爆裂に岩漿の運動に伴ひ新しい熔岩を地表に押し上げて來た形跡が認められず、又著しい前驅の地震もなかつた。

故にブラン氏は熔岩を真空中に熱して發散する氣斯を試験するに當つて、溫度が七八百度の間に昇れば突然爆發する事實を認めて、火山爆發の原因を固結した熔岩に含有する揮發分に在りとしたのは、凡ての場合を説明するに足らずとも、磐梯山の場合には適用され、通路及び山體の下底に固結した安山岩熔岩に新らしい地下からの熱の供給があつて、今述べた位の溫度に熱せられて含著した瓦斯が一時に爆發したものと説明される。此の熱は恐らくは遙かに深處に在る岩漿から發散して通路を辿つて地表に出んとする作用によつて傳播され岩漿そのものが之と共に上昇し來らなんだと想はれ、此の如き現象は地下の岩漿が固結に近づく能働性の殆んど盡きた場合即ち或る火山の熄滅に瀕した掉尾の活動を演ずる場合を代表するものであらう。

是によつて之を觀れば熄滅した火山が復活するブエスブキオの爆發と磐梯山とは破壊の手續は互に類似するも、岩漿の上昇運動が起らぬ點が根本的の差異で、その活動の性質の差異は爆破前に激震の起らぬのからも推定し得られる。火山地方に發動する地震の震源の深さを確かめて、その上下の移動を追跡し得たらば大に參考となるべきで、面白い結果が火山地方の地震の器械觀測によつて

得られることゝ信ずる。

地震と爆發に續いて熔岩の地表流出が起るのが火山活動の最高點で、岩漿の上昇運動は此に至つて初めて手續を完了し、活動の一時相が終了するのである。

熔岩 Lava は岩漿の地表に高温状態で流出して出來たもので、その含有する瓦斯と温度との關係で著しく異つた外觀を呈する。即ち富士の北東麓に流れた劍丸尾熔岩の如く表面が粗く割れて無數の岩塊となり、刺トゲの如く手足に傷けその上を歩み難いものともなり、之を塊狀熔岩 (ブロック・ラヴ Block Lava) と呼び、布哇でアーランド Aa Lava 呼ぶのものに類似し、何れも大きな汽胞が出來て割れるので空氣が熱灼した岩石の間隙に入り鐵分の酸化作用を促し、赤褐色を呈する部分多く、荒涼たる光景を現出してゐる。墨土哥では此の如き火山の裾野をマルバイス Malpays (惡原) と呼ぶ。

之に反して無數の細小な汽胞を有するものは瓦斯の發散の起り悪い状態で徐々に流動し、その固結した表面は滑かで玻璃の如き黒光りを呈し、流動する間に皺が出來るので繩狀熔岩 Ropy Lava と呼び、布哇ではバホイ・ホイ熔岩 Paloe-hoe Lava と呼ぶ。富士の胎内くゞりその他熔岩隧道内に往々此の如き皺の出來た滑かな部分が認められる。

熔岩流は固結する前に表面の割れ目に溢れ出ることが屢あつて熔岩烟突 Lava chimnies を生じ、その各が或る時間噴煙するから、無數の小活動が出來た如く見える。墨土哥では之をホルニト

ス Hornios と呼び、フムボルトはその眞性を誤認してこれをも隆起火口の證據の一と考へた。若し又熔岩が表面からある深さまで冷却固結した後には内部の尙ほ流動し得る部分が自箇の重量で熔岩流の下端を破つて更に流下し去れば、その跡に今述べた熔岩隧道が出来る。御殿場佐野間の風穴や大宮口の人穴の如きはその好例で、此の如く抜けた跡には天井の部分の半流動性の熔岩が乳房狀に垂下して所謂熔岩鍾乳を成すのである。

浸蝕作用によつて析解された火山の斷崖には屢灰層集塊層熔岩が順次累積したのを發見するが、是は以上述べた活動の一時相の初期たる爆發に伴ふ火山灰沙の飛散に次ぎ、大小の熔岩塊（ラビリ及び火山彈）を拋出し、最後に熔岩が地表に流出した順序を語るものである。

四 噴火の種類

前に述べたのは活動の状態であるが、箇々の場合を見るに必ずしも同一の順序を逐ふものでない。活動の性質は種々に異つた徑路を示し、その一時相の一部しか起らぬ場合が屢認められる。

最も簡単な活動の仕方は爆發だけで新たに地殻内部から岩漿の流出する徴候を充分に示さずに了るものである。此の如き活動の結果は吹き貫き火口 Diatema 又はパイプと呼ぶ所の小さな凹みを地表に作り著しい圓錐丘を成さずに了る。この適例を日本領土内に求むれば中硫黄嶋の千鳥ヶ淵と

呼ぶ優頭狀の元山中央火口の關邊に見るその他多數の凹みも同じ性質のものである。但し同島のパイプ山と呼ぶものはこの活動に續いて尙ほ鎔岩の流出もあつて遙かに完全な活動現象を示したものである。

有名な南弗聯邦のキムバーレー金剛石鑛床たるパイプは此の如き活動の續いた稍深處で續火山現象たる變性作用が行はれて、稀有の寶石を胚胎したものである。中歐ライン河西のアイフェル地方にあるマール Maar と呼ぶ圓い池は此の如き火口に水を湛へて生じ、然らざるものゝ百餘がシユワピア地方の産地に出來て、ブランカ氏は之を火山の胚子 Vulkanembryonen と呼んだ。此の種類の活動が中硫黃島では現在盛んに行はれ、島の周邊の海底に屢次小噴火が起りてあるのは面白い。

我々は此の活動現象を觀察して初めて日本の大火山が海底に始まり次第に生長する歴史の第一頁を讀み得た様に感じた。

第二は多少の鎔岩が地表に噴出するが、主として火口内に止り、之から溢流するまでに岩漿の上昇運動が旺盛でない場合で、明治以後の多くの日本火山の小活動は噴煙に伴ひ灰を降らす程度に止るのはこの溫和活動状態を代表するものと想はれる。淺間や大島三原山火口底に赤熱の鎔岩が窺はれて、是から發散する瓦斯が時々異常に烈しくなつて盛んな噴煙をなすのは此の溫和活動の發作に過ぎないものである。

或る活火山では此等よりも遙かに高温の熔岩が全く熔融して火口内に熔岩池を作りながら、烈しく押し上げられぬ状態を續けるものがある。地中海の燈臺と呼ぶる、ストロンボリ島は此の溫和な活動の歴史時代を通じて繼續する異常の實例で、之をストロンボリ式噴火として區別されてる。

布哇のキラウエア火口の玄武岩熔岩池は大きな池面を成してるので一層壯觀を呈し、此處では熔岩がその火口壁の一部から徐々に溢流して赤熱した熔岩の瀑布を作つてゐる。是はストロンボリの如く時々噴煙することもなく、之と趣を異にしているので布哇式噴火として區別する。

此の兩者と少しく異つて同じく溫和でも時々爆破性の小噴火を演ずるのはシシリ島北エオリア諸島のブルカネロ式噴火である。同じく地中海のティレニア海凹に隣んだブエスブキオの活動は前に述べた絶大の爆發に始まり、その後千餘年間休止し再び活動を起し最近一九〇六年の噴火の如きは頗る猛烈を極めた。故に此の發作的活動 *Paroxysmal activity* を前の三者と區別してブエスブキオ式噴火と呼ぶ。日本の大火山の活動を觀るに大抵發作的で富士淺間大島阿蘇温泉櫻島等何れも百餘年乃至數百年を隔て、猛烈の噴火を起した歴史を持つてゐる。

此等の發作的活動に於てもストロンボリ式と布哇式の區別が認められて、多量の降灰を生ずるものと多量の熔岩を出すものとある。環太平洋地帯の活動の多くは前者で、その内部の布哇その他の孤島を成したものと、後者に屬するのは著しく注意を惹き、地中海の火山と大西洋中のアイスランド

その他の火山との間にも同じ關係が認められる。兩者の活動の仕方の異なるのと岩漿の性質の差異との間に離れ難き關係あるらしく、後者が著しく基性なるのと同時に揮發性物質の含有量が少いのが恐らくはその原因となつてゐるであらう。

此の如き岩漿成分の變化は一つの火山地區に於ける活動に當りても起り得るもので、大活動とその後の小活動とを比較するに、前者には鎔岩の流出を見るに後者には之を見ざるを普通とする。然れどもその稀な除外例は溫泉火山の普賢嶽の場合で、その寛文寛政兩回の噴火は何れも鎔岩の流出をした近世に稀な噴火であるが、記録の豊富な寛政の噴火に當り地震が激烈で終に千本木鎔岩センボキの流出を見るに至つたが、降灰は左程に多からずして、爆發性も著しくはなかつた。

火山活動の陸上に起る現象は以上述べた所で一通り了解される。然るに三分二に近い面積を占むる海中に於ても起りつゝあつて、その發作は時々航海者の目撃した報告があるも恐らくは發見されずに了つた活動は遙かに多いと想はれる。

日本群島の周邊では伊豆新島の如き歴史時代に新らしい島嶼の出現した實例の外に伊豆南硫黃島北、中、南の三島の近海は最も頻繁に海底噴火の起る地區で海底噴火に始り陸上噴火に遷る徑路が明瞭に伺はれる。本誌本間理學士の記載を參照さるれば明かな如く、この地方は屢次の海底噴火で築

かれた子午走の淺海帯を成し、その噴火は海面から水柱を揚げ噴煙を起して多量の輕岩を飛散するもので、大正三年一月二十三日南硫黃島の場合にその噴煙の高さは約三〇〇〇米に達し、約三・五料の周圍を有する高さ一二〇米の圓錐丘が一時海面上に現出した。然れども明治四十一年の場合と同じく此も暫時の後波浪に洗はれて輕岩層は容易に消失して海面上にその姿を止めなんだ。

海底噴火によつて島嶼を作る手續を考ふるに、その存立の第一要件は噴火の猛烈で、海面上に輕岩及び灰層を以て圓錐丘を築き上げた後に更に鎔岩の流出を生じ、波浪に對する抵抗力の強い物質で固めることで、第二は地盤の一般的發起によつて波浪の浸蝕を受ける面が増大し、中硫黃島本山の如く周邊に非常に淺い海床を生じ、波浪の力が減少することである。この二つの要件の一が都合よく起る場合に限り陸上火山として永久の存立が確定するものと想はれる。

日本でも地中海でも火山の基底は大抵本山に見る所の輕岩層（モンテ、ヌオブラのピベルノ層）の如き海底噴火の物質から成り、その活動の繼續によつて終に陸上の大火山に生長した形跡が明かに認められる。此の如き活動に伴ひ地盤の隆起が起ることは本山周邊の珊瑚から成つた段級に於て確知し得られ、モンテ・ヌオブラの成生に起りポツオリ海岸の隆起した事實もセラピス廟の石柱に痕跡を留めてゐる。

日本大火山の發生史を追跡するには此の如き海底噴火をその初期として、その後の發達に當り演ずる陸上噴火の現象に及ぶべきである。

出來上つた火山ではその深く析解された局部に於てのみ基底の海成堆積層を認め得るに止るが、それでも近頃小出(亮)理學士の詳查で明かとなつた肥後金峯山の基底の如きは西麓の島原灣に面した海岸に本山式噴火の火口遺跡の數個が認められる。伊豆大島の波浮火口港の如きも多分同じ意味のものと思はれる。

此等の例から推せば初期の海底噴火に當つては多數の火口が出來て、各爆發性噴火を起すもので、本山の中央火口の如きものがその終末に瀕して漸く發達して一中心からの活動期に遷つて、著大な圓錐丘の發達を見るものであらう。

然れども多心性の噴火はこの第二期に入つた後と雖も往々起り得ることは最近本間理學士の溫泉火山大火口内及びその外邊にある無數の爆裂火口の發見によつて明かとなつた。

濟州島の場合は本誌(本號)中村君の記載された如く、同じて無數の玄武岩の小丘が先づ出來た後に中央から大流出が起つたもので、是も一般の火山發達と徑路を同くしてゐるらしい。

之を約言すれば饅頭狀の本山が火山の原型 Prototype を代表する形狀で、滅多にその存續を見ぬ

から従來は藐視されてるが、火山發生史上には頗る重要な意義を有するものである。

日本の大小の火山を通觀するに此の原型の形狀がそのまゝ保存されたものは甚だ少なく、その後の活動が多數の通路中の一に次第に集中して次第に中心性が明瞭となり、終に顯著な火山として知られる圓錐丘に發達するのである。

富士山の代表する如き巨大な圓錐丘は前に述べた如き灰沙を降らし熔岩を押し出す回數が久しく續いたもので、一の主要通路が都合よく久しきに彌つて閉塞されなんなので、此が火山生長に缺く可からざる要件である。

若し主要通路の上端に近い部分が冷却固結して一旦之を閉塞し、次に地下から再び岩漿の上昇し來る時に此の部分粉碎突破し又は押し出すことが出來ねば、地表に近い部分で他の通路を作らねばならぬ。寄生火山又は側火山と呼ぶものは主要活動期の末葉に於ける活動に當り此の如き理由で出來るものである。

ブエスブオオ七九年の活動の如くその舊火口を爆破して新らしい中央丘を築くのは第一期の活動に劣らぬ大活動を再演する場合で、日本の大火山が外輪山と中央丘とから成つたものが多いのは、大活動が永い年所を隔て、再三再演された結果に外ならぬ。

中央丘と側丘との關係は富士と箱根の兩火山に於て明瞭に認められ、富士では主要通路のみから

活動を永く續けた後に殆んど終熄し、その微弱な活動は側丘の成生により代表され、その後の再演の一は寶永山の爆裂火口により代表されてゐる。之に反して箱根は原火口を爆破する第二の大活動期があつて中央通路の部分に幾つも新通路を作り、その代りに側火口を裾野に開かぬ。赤城山其他にも同じく中央火口内に新らしい活動が起つた代りに側火口を開かぬものが頗る多い。その通路の關係は恰も樹木の幹及び之に近い枝と根に近い處で分れた枝とに比較されるもので、中心火口から遠く隔つたる山腹に側火口を開くものは幹の頂から遠い下部で分岐した枝に相當し、主要通路が久しく活動を止めて深處まで固結した後の活動を示すものと考へ得る。

然れども側火口を開く活動が根強くして久しく續くならば、前の主要通路に匹敵し又は之を凌駕するものとなつて現成丘に等しきか又は之よりも優るものに生長し得る。此の如き主要通路の移動は時として一定の構造線に沿ひ起り、その裾野は一方に延びた橢圓錐を成し、その長軸の上に數多の火丘を崛起し、霧島火山はその最も著しいもので、南北に近い一線上に高さの餘り違はぬ火丘が屏列した偉觀を呈してゐる。阿蘇の場合は中央火丘が東西の方向に排列した第二の例である。

火山の外形、火丘の排列等は此の如く詮じ來れば箇々の火山群の出來た局部に於ける活動の歴史を語る記念碑たるは明かである。

然れども活動の歴史は必しも此の如き記念碑を建立するのが目的でないから、第二以後の活動が

餘りに強烈であれば第一の活動期に築いた火丘を破壊して第二第三の新火丘がその廢址の上に築き上げられることは恰もトロヤの遺跡が先史時代からの幾回もの文化の興亡を表はすのと趣を一にする。

頼山陽の名文で天下の一奇勝となつた耶馬溪の火山地區は加藤(武夫)博士の嘗て調査された報文と地質圖から推せば、前後に述べた如き活動の遺跡として最も複雑な盛衰の變遷を経た處で、之に連つた國東、別府、阿蘇等の諸地區を含む九州中部の第三紀以後の火山活動史は地中海東部のクレタ、キプロス、ミケネ、トロヤ等の遺跡の代表する先史、原史、歴史時代に互る文化の興亡に比較すべきもので、活動の中心が種々に移動した場合である。

日本群島の火山活動史の一例として此の地方に於ける第三紀以後の變遷を考ふるに、茂木植物化石の代表する鮮新世淡水性の舊瀬戸内海に玄武岩の流出して今の高原狀の丘陵を成した後、第四紀に入つて、輝石安山岩が噴出し、その後更に硅酸に富んだ角閃安山岩の噴出を見た。現在此の地區に聳立する多くの大火山はこの第三期に成つたもので、温泉火山に限り現代まで尙ほ角閃安山岩の熔岩を流した。然れども阿蘇の中央丘の代表する如く第四期に入つて再び輝石安山岩の盛んな活動を見つゝあるものもある。

此の如く第四紀以後今日まで續いた活動であるから、従つて箇々の地區に於ける活動の手續が各局部的事情の異なるに從つて多少趣を異にするのも當然である。温泉嶽に於て此の複雑な現象を追跡しつゝある最近本間理學士の結果は從來富士火山帯以北の火山調査によつて學んだ所のみでは豫期豫想し得られぬものがあるらしい。その一二今までに稍纏つた所を擧ぐれば、角閃安山岩の噴出する前後即ち水底噴火の續いた間に中硫黃島に見る如き多心性爆發で大きな饅頭狀の基底が出来た頃から後に數箇の活動の中心が順次その上を移動して、終に普賢嶽が最後の中心となつたらしい。尙ほ此の他に面白いのはその箇々の中心に於ける活動が初期からの多心性を繼續したことで、何れも多くの爆裂火口を造つたことで、その或るものは爆發後に鎔岩を流して側丘ともなり又は從來外輪山と看做されたものにも生長したらしい。

温泉嶽に比隣する多良金峯兩火山も恐らくは類似の活動性を有するらしく、前に述べた耶馬溪その他の地區も更に調査すれば之と類似した性質が認められるものと信ずる。

石灰アルカリ性の安山岩岩漿帯たる我が群島の火山活動は大體以上述べた如きもので、箇々の火山の外形やその浸蝕によつて生ずる地貌の如き、主として發作的に繰返す活動の繼續によつて或は生長し或は破壊されて、種々雜多の形相を呈するものである。

第三紀古期に溯つて朝鮮から北九州山陰の間に互つた火山活動の現象を觀るに、その岩漿はアルカリ性に傾き帖理岩から曹達流紋岩（石英粗面岩）に往來するものなると同時にその表面に噴出した状態にも亦た大なる徑庭がある。

最近山成立岩兩氏の作製された成北地質圖諸幅に明かな如く、漸新世を降らぬ夾炭層に伴ひ非常に廣い地域に互つて帖理岩質（硅酸四〇%内外）の基性岩が噴出し、その上盤に玄武岩と粗面岩とが同じく廣く流出して吉州から明川に通ずる街道以東には平頂の臺地狀邱陵（朝鮮語で徳と呼ぶもの）が發達してゐる。此の場合に奇異に感ずることは化學成分から考へて通例は頗る粘性に富んだ筈の粗面岩が玄武岩と殆ど整合的に水平に廣く流れたことである。

此の如き流出の仕方は恐らくは多量なると同時に高温で且つ鑛化劑に富んだので案外に稀薄な状態で廣がつたのであらう。

此の地方では現世即ち沖積世に入つてなほ玄武岩の大噴出があつて、白頭山を中心として廣大な地域に互る臺地を成し、最後に粗面岩の一種コメンダイトがその頂上に噴出して白頭山そのものものに類似したものから成り、黒い玄武岩の上に著しい色の對照を示してゐる。

蒙古の高原の東南端も此の如き鎔岩原で張家口の北に壁立する千五百米の高點たる什巴爾臺の臺地に上れば此の臺地の斷崖が異常の壯觀を呈し、白頭山の東北に連互する黒山の鎔岩高原よりも遙

に雄大である。

之と又た全く性質の異なる火山岩は中國から飛驒地方までに廣く分布した石英粗面岩及び石英安山岩の噴出である。是も石灰アルカリ性岩漿で安山岩よりも遙かに粘性に富んだ質のものであるに拘はらず、往々高原狀を成し且つ石英斑岩及び花崗斑岩花崗岩に遷移するが如く、噴出の仕方が從來甚だ不明と考へられた。

此の場合はデーリーの唱出した面積的噴出 Areal Eruption に屬し、廣い面積に互り岩漿が地表に溢出したもので、その噴出の機制は未だ判明せぬが、岩漿帶の一部が直接地表に達するまで押し上げられたのであらう。此の如き噴出の仕方は北米黃石公園の間歇溫泉の活動の今尙ほ旺盛な地方が代表的であるらしく、第三紀末葉以後には群島では何處にもその痕跡が認められぬ。

火山作用の直接現象は大體是に述べた所で明かとなつたが、その間接の現象及び火山作用の起つた地域の地形地貌その他種々の事項に關して述べねばならぬ所は非常に多く此の篇を數倍するも足らぬのである。此等の箇々の事項は茲に之を省き本誌に執筆された諸君の述べられる所を讀んで之を補足されたい。