

阿蘇第四火口噴出火山彈の分布に就て*

理學博士 野 滿 隆 治
理 學 士 南 葉 宗 利

I. 緒 言

大阿蘇火山の中央火口丘群中に昔から阿蘇の五岳と呼ばれて有名な山が五つある。此の地方古來の主要都市なる宮地町附近から眺められる五ヶの中央火口丘で、東から挙げると猫嶽、高嶽、楯尾嶽、烏帽子岳、杵島嶽がそれである。其の内、楯尾嶽は舊時一名中嶽とも呼び、陸地測量部五萬分の一地圖にある現在活動中の中嶽を包含した名稱であつた。現在の中嶽は中央火口丘中唯一の活火山で、有史以來幾多の活動記録を残し、本邦火山中最も知名なものの一つである。

第 1 圖 中岳の火口群



第 1, 2, 3, 4, 5 火口 (納富氏による)
第 6 火口と記せるは明治廿九年の所謂“新火口”のことである

中嶽は複成火山であつて、其の舊火口は大體1000米×2000米位の略ほ楕圓狀をなし、舊火口原は南部に砂千里ヶ濱と稱する砂地として發達して居る。その中央部に現活火口群が北北西—南南東の線に並んで居る。即ち第1圖に示す如く、北から第一火口第二火口第三火口第四火口第五火口及び新火口（或は第六火口）と呼ばれるものが特に顯著で、此の並列の方向は構造地弱線の一つを示すものとせられて居る。⁽¹⁾

是等火口は時代時代で交るがはる活動の中心となるのであるが、大正十二年から昭和五年までは第四火口が活動中心であつた。我が

* 本文は昭和7年京都帝國大學理學部紀要第15卷に英文で發表したものの邦譯である。

(1) 野滿隆治：阿蘇の中央火口群及び温泉の分布と現火山活動勢力源の潜在位置に就て、本誌、第3卷第1號第8頁參照。

京都帝國大學阿蘇火山研究所が創立せられたのは昭和三年で恰度その第四火口活動期に屬して居た。筆者の一人南葉は研究所創設以來同所勤務として今日に及んで居るが、當初は勿論まだ今日の登山バスは無く山上交通は至極不便ではあつたが、殆んど毎日徒歩で登山し野外研究を行ひ、第四火口の爆發も大抵眞近で觀察することが出来た。そして先づ第一に爆發の際抛出される火山彈の分布が特異の範圍に限られることに興味を惹かれ、本研究の端緒を得た次第である。

今其の結果を論述するに當つては、先づ以て第四火口の事情と其の活動狀況を叙述して置く必要がある。蓋し第四火口抛出の火山彈分布に規則正しい特異性があるのは其の火口の事情と活動様式に然るべき素因を藏して居ると思ふからである。吾々はこの素因となるべき事情を略述してから本論に入り、第四火口抛出火山彈分布の實地觀測結果と其の特異性を述べ、然る後かくなるべき理由を理論的に解釋しようと思ふのである。

II. 阿蘇第四火口昭和三年乃至五年の活動

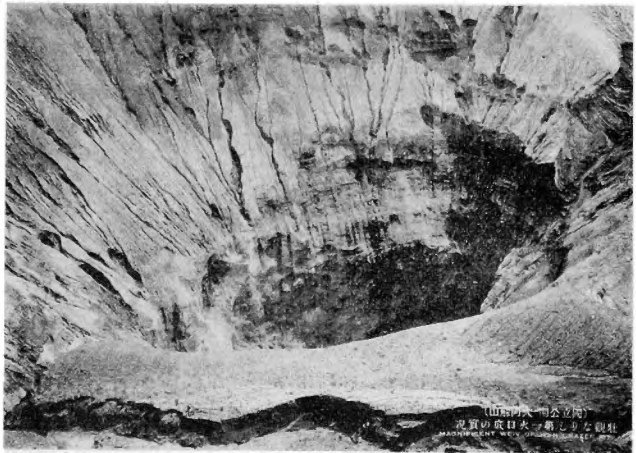
1. 當時の第四火口狀況

阿蘇中嶽第四火口は約そ東西 400 米南北 300 米であつて、東部・北部・西部・南西部に多少缺けた所がある。火口管は火口の少し西側にかたよつて位置して居る。度々の噴火のため火口管上部は廣がつて Crater は第 2 圖の様に漏斗状となつて居る。

昭和三年十二月廿日と昭和四年十一月八日に測定したときは、火口管の直徑が約 30 米、深さは約 160 米(砂千里濱の面下)位あつた。

又火口縁の最高點は砂千里濱の面から約 70 米高かつた。そして火口管の底部には赤熱岩漿頭を露出してをり、砂千里濱の面から約

第 2 圖 第四火口とその火口管(昭和六年七月)



90 米位の所に舊熔岩の残りが黒く残つてゐた。これは岩漿上昇の事實を示すもので今期活動の初めは此部分まで岩漿が昇つてゐたものであらう。阿蘇火口に於ても岩漿の昇降ある

事實の確認された事になる。(因に追記する。其後昭和七、八年の第一火口大活動の際は交通の便開け一般人にも岩漿上昇の事實を認識せしめ、且つ寫眞も多數撮られてある)。筆者は噴火現象を實地に體驗觀察する事に依つて最初に火山彈の落下最遠距離に興味を覺えたのであつた。そして火口管は砂千里濱面に達する圓筒形とみなしても實際の取扱にはあまり差支ないと云ふ事を知つたのであつた。

2. 第四火口爆發の模様

昭和三年(1928)九月から昭和五年(1930)九月までの第四火口爆發の月日を表に示すと次の通りであつた。

第一型	第二型	第三型
長期休止後の大活動	雨期に於て短期休止後の活動	乾燥期に於て短期休止後の活動
1. 昭和3年9月6日 2. 昭和5年9月5日	1. 昭和4年5月6日 2. 昭和4年6月22日 7月11日 7月25日 3. 昭和4年8月24日	1. 昭和3年12月19日 2. 昭和4年1月22日 1月30日 2月20日 3月6日 〃 18日 〃 29日 3. 昭和4年9月14日 10月6日 〃 22日 4. 昭和4年11月4日

筆者の一人南葉は昭和三年九月六日の活動以外は實地に就て觀察した。各活動を便宜上次の様な型式に分類してみた。

第一型 長く休止した後の大きい噴火

昭和五年九月五日から十日までの活動を此型式の一例として述べる。

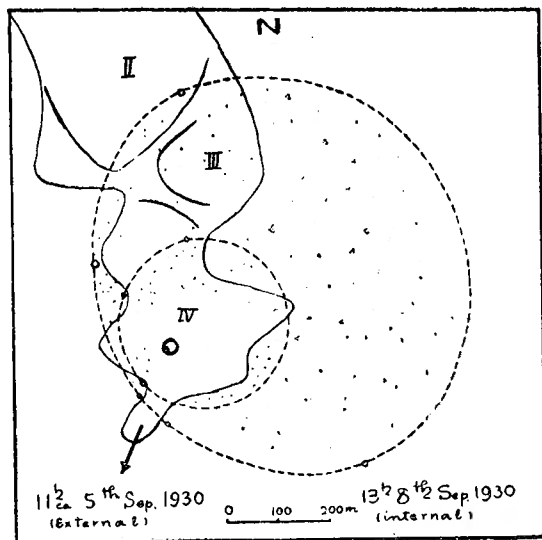
昭和四年十一月八日以來第四火口は活動を休止してゐた。昭和五年一月に入つて火口管に温水を湛へて居るのが見えだした。相當の溫度があるらしくしかも酸性も強いであらう事は、投身者が二、三日後には衣服は漂白されてしまひ體は骨化してゐるのを見る事が出来たのでも知れる。火口管底は流入する火山灰等の爲に漸次淺くなつて來る。梅雨期には殊に甚しい。八月廿六日には遂に砂千里濱の面から略60米位下の所まで埋まつて來た。口底の西壁近く活動中心と思はるる部分があつて少しづつ湯氣を擧げてゐた。同廿九日には口底の湯の沸騰する如き音烈しくなり、山上茶屋の人人さへ噴火するのではないかと話

合ふ様になつて来た。九月二日には口底から鳴響を伴つた白煙が昇り始めた。九月四日十七時白煙猛烈となり、遂には火山灰を顯著に混する様になつた。

九月五日十一時半頃第一回目の顯著爆發を始め、南葉は立野驛に於て東方千里濱外輪上に立昇る一大噴煙柱が蛟龍の昇天の如く立昇るを眺めたのであつた。所謂苦水と呼ばれる口底の温水が多量に溢流された。火山灰は北東風のため南西方に多量に降つて来た。火口から南西約9杆にある栃木温泉附近には、九月五日十八時より六日十八時までに一平方米につき100瓦の割で積つた。九月八日第五火口附近で測つたら新灰の深さ60cm. あつた。

此爆發で抛出された火山彈の配置を調査したところ、第3圖の様に長軸がNNW—SSE

第 3 圖



- 火口管及噴出點
- ← 風の吹く方向(従て噴煙のなびく方向)
- 主なる火山彈

の方向にある様な略橢圓狀に分布し、此の中心は火口より北東に著しく偏在してゐた。北方にある第二火口には約200Kg. 位の火山彈が落下した。火山灰が積ると火山彈を掩うてしまつて別な噴火の時の火山彈と混同することがあるので、餘り日がたぬ内成るべく早目に調査する様注意せねばならない。九月七日の日没頃から粘稠性赤熱火山彈が多くなつて来た。九月十日活動休止。時々30分おき位にやや大きい鳴響を起すばかりである。噴出休止後數時間は火

口管内は透明で邪魔物なく、火口管内の觀測に最も好都合であつた。此期間を經過すると白煙に掩はれ、日がたつにつれ溝水を始めるやうになる。

火口管内のよく見える此の好機を捉へ、火口管内觀測に依つて得た次の二點は現在の目的に重要な役割を演ずるものと思ふ。即ち九月五日の噴火後火口管の東寄りに古い噴出物が一團となつて未だ残留してゐた。此度の噴出が壁側性噴火と呼ぶと好都合であるやうに、西壁側に於いて起つた事を證明してゐた。風は北東風であつたにもかゝらず火山彈は之と反對の側に略橢圓狀に落下分布してゐた事は第3圖の如くであつて、この事實を見て本

研究を進める事になつたのである。

其後再び活動を始め更に次々と噴出が連続して残留舊噴出物を排出し、遂には新しい赤熱熔岩を抛出し、火口管は漸次深さを増して来て、遂には末期の噴出には第3圖内曲線の様に圓形に近い落弾分布を示す様になつて来た。この事實も亦深く吾人の注意を引起したのであつた。

以上長い休止後の噴火状況を要約すれば次の如くなる。

(1) 休止中は、外部からは古い噴出物(火山灰等)の流入にあひ、内部的には岩漿の上昇に依り火口底は漸次浅くなつて来る。古い噴出物の推積が相當になると水も溜り出して来る。

(2) 活動のはじめは白煙が先づ猛烈となり、灌水も沸騰すること舊記に見ゆる通りであつた。

(3) 日が経つにつれ白煙は猛烈となり漸次火山灰の混入量が増加し、火口内の古い推積物を次々に排出する。

(4) かくして遂に岩漿に達すると、赤熱粘稠性の噴出物を混じた美事な噴火となる。

(5) 舊噴出物を排除しつくと一般に轟音も少くなり、霧の量も少なく赤熱熔岩の量が増して来る。次々と噴出されるため火口管は漸次深くなる。

(6) 一般に數日後には噴火は一段落となつて休止し、弱い鳴響を残すのみとなる。

(7) 噴火休止直後數時間は火口管内は視界をさへぎるものなく口底まで觀察することが出来る。然しまもなく白煙に掩はれ、日がたつと灌水するに至る。

第二型 雨期の短期休止後の活動

これは第一型の小仕掛のものと思つてよろしい。大雨の後には大量の霧等が火口内に流入し水も溜りうる。此型の活動の勢力はさして大ではなくとも噴煙は相當に濃く、梅雨期では風が比較的静かであるため噴煙は3000米位も上昇し壯觀を呈する。抛出火山彈は早く火山灰に埋れて分布状態の調査には失敗することが多い。

第三型 乾燥期の短期休止後の活動

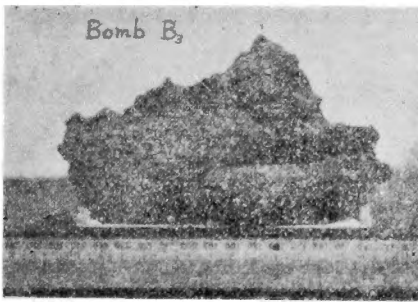
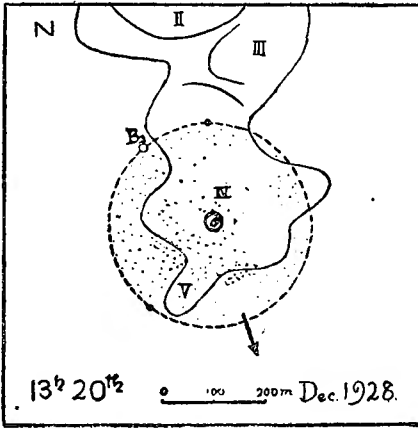
降灰は岩漿からの出来たてのものが主で、全量も比較的少ない様である。従つて噴煙は一般に淡い。しかし此の場合の降灰による原野田畑等の被害は甚大である。かゝる噴煙が地面を這ふ様に通過した跡は、數百米の幅の帶狀に草木を枯らしてしまふ様な現象も珍らしくない。植林の被害の實例は多く枚擧げいとまがない。又農作物も之がために收穫皆無の事等屢々である。之に反し梅雨期に於ては比較的被害が少ない。然し我々の當面の目的

からいふと、第三型の噴火では火山灰の量比較的少くために火山彈の埋没が少ないので、火山彈分布調査には最も好都合である。

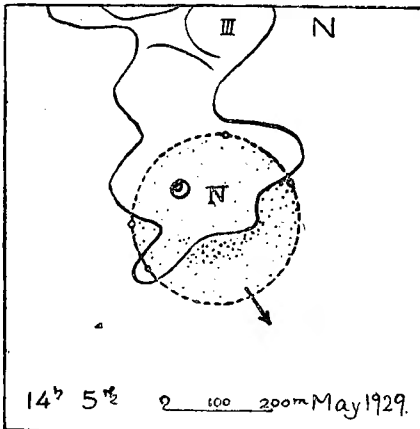
3. 火山彈の分布調査

火山彈分布の調査は次の如くに行つた。噴火中は観測者は適当な場所から望遠鏡と野張

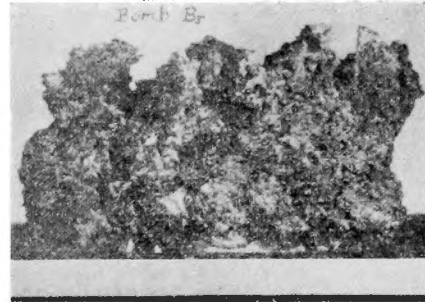
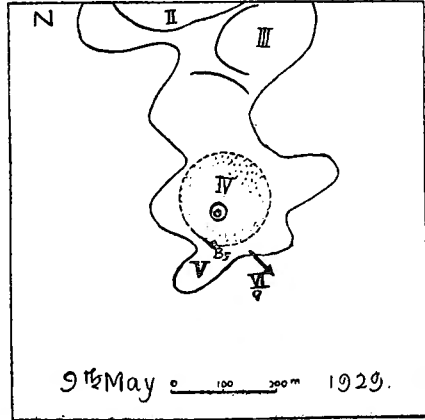
第 4 圖



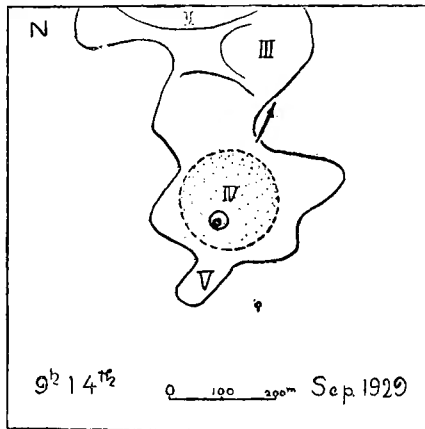
第 5 圖



第 6 圖



第 7 圖



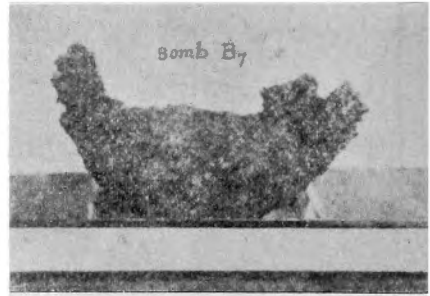
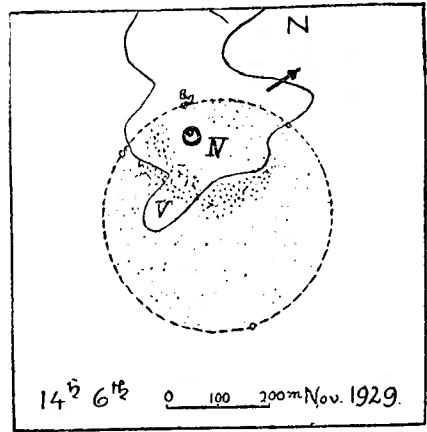
阿蘇第四火口噴出火山彈の分布に就て

を持つて見はりする。或時刻の噴火に依る主なる火山彈を記入し又記憶しておく。噴火一段落後彈の位置を再確認し地圖に記入する。火口原に落下の彈は最遠方ものを磁針と物尺で位置を決定した。火口内部の彈の落下に終る小仕掛の噴火では直接の觀測で地圖に記入出来る。かくして得た火山彈の分布の數例を第4圖から第8圖に示して置いた。

火口管内に於ける噴出點の位置は、噴火休止後視界のきく機會を待つて手早く火口管壁に近づき觀測確認するもので、本報告の重要な役割の一つである。又噴煙の立昇り方を見て決定出来る場合もあつた(第9圖参照)。

一般には火山噴火にあつて噴出點の確認は極めて困難であるのが普通であるが第四火口の活動は幸ひにして前記の觀測には至極好都合であつた。しかも噴出點が移動性を有する場合は、此噴出點確認は特に重要である。本報文中の火山彈分布は或唯一回の噴出に依る火山彈の分布であつて、多數の噴出

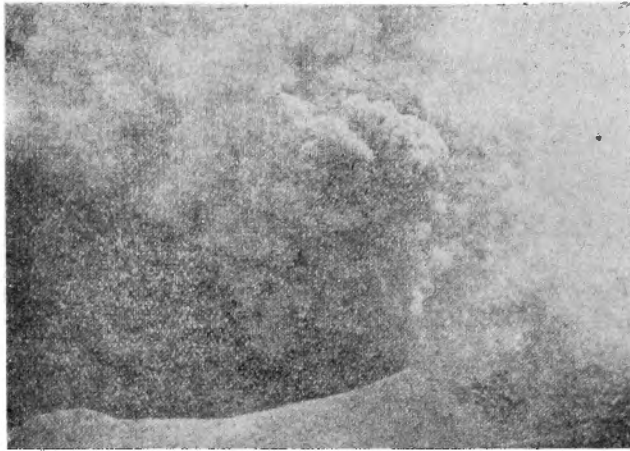
第 8 圖



第 9 圖 噴煙が偏在して噴出點の位置を示す例



(a) July 1929, from the NE side of the crater.



(b) 7th Sept. 1930, from the NW side of the crater.

による集積を指すものでない。従つて火山彈の多數を確認する事が困難であつた事は遺憾である。

〔卷末挿入のものは最近寫眞撮影の機會ありて集積火山彈(約一週間分)の狀況を示したものである。第一火口昭和十四年五月五日撮影〕

III. 圓筒形火口管より抛出される火山彈の分布の仕方

4. 第四火口抛出火山彈分布の偏心的なる理由

前述の火山彈分布狀況を見ると、同じ火口管から抛出された火山彈でも分布面積は一樣でなく、且つ火口管に對して著しく偏心的な場合が多い。しかも楕圓に近いものもある。之は何に原因するか。勿論風の影響とは受取れぬ。昭和五年九月五日の噴火では、北東風であるのに彈は火口管の東側に散布され、且つ第3圖に見るやうに楕圓形に分布されてゐる。一應は噴出點の導管の傾きによるか即初發方向によるかとも思つて見たが、然し此場合は噴出口は西部壁側にあつて導管はむしろ西に向いてゐるのが直接觀測出來た。筆者等の考へでは、第四火口此時の噴火に於ては圓筒型の深い火口管底に於いて噴出點が一方に偏在した事に主な原因があると思ふのである。即ち火口管上縁を漸く通過し得るやうな抛出角で噴出された火山彈が最も遠距離に飛び分布面の外周を形成するのであらうと思はれる。

かゝる見地から吾々は、第10圖の様な圓筒形火口管底の或一點から抛出された同一初速の火山彈が火口原に於て盡く分布面の外周は如何なるものになるべきかを理論的に考へ

ることにした。それは第四火口の状況が第一節に述べてある様に漏斗状になつて居るが、火口管底から抛出される火山彈を遮り得るのは圓筒状部の肩であつて、廣く擴がつた火口縁ではないことは想像に難くないからである。但し以下の計算には簡單のため大氣の抵抗は省略した。

5. 一定方向の抛出火山彈の最大抛射距離

初速 V 抛射角 α の抛射體の畫く経路は、 x 及 z を夫々水平及鉛直距離とすると

$$z = x \tan \alpha - \frac{1}{2} \frac{g}{V^2} (1 + \tan^2 \alpha) x^2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

となり、 $z=h$ に相當する x の二つの値は

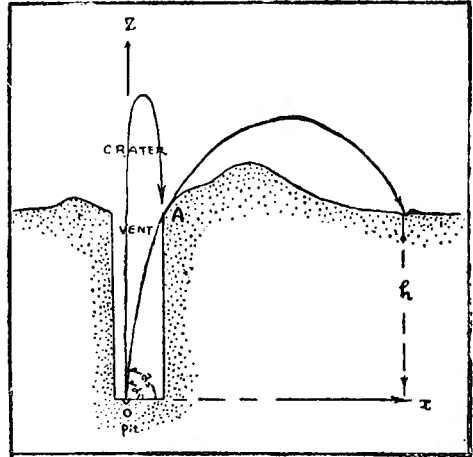
$$x = \frac{V^2}{g} \cos \alpha \left\{ \sin \alpha \pm \sqrt{\sin^2 \alpha - \frac{2gh}{V^2}} \right\} \quad \dots\dots\dots (2)$$

次に圓筒形火口管底の噴出口から或方位に抛射された火山彈の到達距離を考へるため、

第 10 圖

第 10 圖に於いて

- h を火口管の深さ、
- λ をその方位に於ける管壁から噴出點までの距離、
- α 火口原に達しうる火山彈の抛射角、
- $\alpha_1 \alpha_2$ を夫々火口管の縁の A 點(λ, h)に恰度達しうるやうな最小及最大抛射角



とするならば

$$\alpha_1 \leq \alpha \leq \alpha_2$$

なる條件を満足しない抛射角に依る火山彈は全部再び火口管内に落下してしまうであらう。

$x=\lambda, z=h$ なる條件を (1) 式に代入すると

$$\tan \alpha = \frac{V^2}{g\lambda} \left\{ 1 \pm \sqrt{1 - \frac{2gh}{V^2} - \frac{g^2\lambda^2}{V^4}} \right\} \quad \dots\dots\dots (3)$$

故に

$$\tan \alpha_1 = \frac{V^2}{g\lambda} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2g/h}{V^2} - \frac{g^2\lambda^2}{V^4}} \right\} \dots\dots\dots(4)$$

及び

$$\tan \alpha_2 = \frac{V^2}{g\lambda} \left\{ 1 + \sqrt{1 - \frac{2g/h}{V^2} - \frac{g^2\lambda^2}{V^4}} \right\}$$

となる。

上式が有理であるためには

$$V^2 \cong g h + g \sqrt{h^2 + \lambda^2} \dots\dots\dots(5)$$

であらねばならぬ。特に V が大きい場合には

$$\alpha_2 \cong 90^\circ \quad \text{及} \quad \tan \alpha_1 \cong \frac{h}{\lambda}$$

となる。

第四火口に於て昭和三年から五年までの間では

$$\lambda \cong 30 \text{ 米}, \quad h \cong 160 \text{ 米}, \quad \frac{h}{\lambda} > 1$$

であつたから、 α は 45° 以上であらねばならぬ。然るに抛射角が 45° 以上では α が小さくなればなるほど射程は大きくなるから、 $z=h$ の面に落下する最遠距離 x_m は

$$h = x \tan \alpha_1 - \frac{1}{2} \frac{g}{V^2} (1 + \tan^2 \alpha_1) x^2$$

に(4)式を代入した x で與へられる。即ち

$$x_m = \frac{h\lambda}{g(h^2 + \lambda^2)} \left\{ (V^2 - gh) + \sqrt{(V^2 - gh)^2 - g^2(h^2 + \lambda^2)} \right\} \dots\dots\dots(6)$$

従つて x_m に相當する初速は

$$V^2 = \frac{g}{2h\lambda x_m} \left\{ h^2(x_m + \lambda)^2 + \lambda^2 x_m^2 \right\} \dots\dots\dots(7)$$

阿蘇の如き砂原では餘り適當な方法もないから、此式を利用してでも初速を計算しなければならぬ。

6. 任意の切斷面を有する筒狀火口管から抛射された火山彈の分布状態

あらゆる方向での最遠落下點の軌跡を求めるために、管壁から射出點までの距離 λ の最大である方向を x 軸、之に直角な方向を r 軸とし(第 11 圖参照)、 x 軸と θ の角をなす

第 11 圖

方向に於ける最遠落下距離を R_0 とする。今火管の水平断面が

$$\lambda = f(\theta) \dots\dots\dots(8)$$

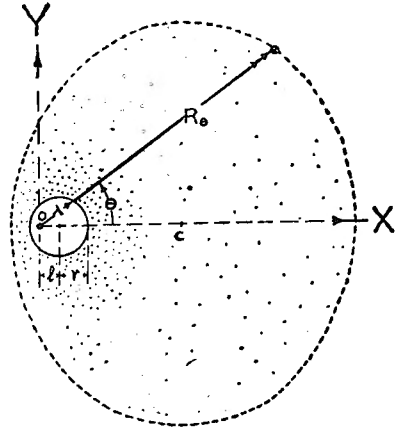
で表はされる様な形のものとする、之を(6)式に代入して

$$R_0 = m \frac{h(V^2 - gh)f(\theta)}{g[h^2 + f^2(\theta)]}$$

但し

$$m = 1 + \sqrt{1 - \frac{g^2[h^2 + f^2(\theta)]}{(V^2 - gh)^2}}$$

...(9)



此式は火山彈分布範圍の形狀を示すものである

係数 m は一般には θ の函数であるが、次の如き場合には θ に無關係で、しかも 1 と 2 との間の値をとる。

- 1° $g\sqrt{h^2 + \lambda^2}$ に比し V^2 が甚だ大きい場合には $m \doteq 2$ で、分布面積がかなり大きい。
- 2° $g\sqrt{h^2 + \lambda^2}$ に比し V^2 が甚だ小なる場合。即ち火山彈が辛うじて管口縁に達しよう様な場合には、(5)式から

$$V^2 \doteq gh + g\sqrt{h^2 + \lambda^2}$$

或は

$$(V^2 - gh)^2 \doteq g^2(h^2 + \lambda^2)$$

従て $m \doteq 1$

- 3° 火口管の深さ h が幅に比し甚だ大なる場合

$$m = 1 + \sqrt{1 - \frac{g^2 h^2}{(V^2 - gh)^2}}$$

これは θ に無關係である。

- 4° 火口管が半径 r なる圓筒形で噴出點が底の中心にあつた場合。

$$m = 1 + \sqrt{1 - \frac{g^2(h^2 + r^2)}{(V^2 - gh)^2}}$$

これも θ に無關係となる。

7. 圓筒狀火口管から抛射された火山彈の分布状態

火口管が半径 r の圓筒形で、射出點が x 軸上にあつて底の中心から $-l$ の所にあつた

とすると

$$\lambda = f(\theta) = l \cos \theta + \sqrt{r^2 - l^2 \sin^2 \theta}$$

となる。之を(9)式に代入すれば

$$R_\theta = m \frac{h(l^2 - gh) [l \cos \theta + \sqrt{r^2 - l^2 \sin^2 \theta}]}{g \{h^2 + [l \cos \theta + \sqrt{r^2 - l^2 \sin^2 \theta}]^2\}} \quad \left. \begin{array}{l} \text{但し} \\ \\ \end{array} \right\} \dots\dots\dots(10)$$

$$m = 1 + \sqrt{1 - g^2 \frac{h^2 + [l \cos \theta + \sqrt{r^2 - l^2 \sin^2 \theta}]^2}{(l^2 - gh)^2}}$$

且つ $1 \leq m \leq 2$.

前節に述べた如く m が 0 をふくまぬ場合が重要なのである。然る所(10)式は一般に楕圓狀の形ではあるが、 m が 0 に無関係の場合には下に示すやうに完全な楕圓となる

(10)式を整理すると

$$R_\theta = M \frac{[h^2 + r^2 - l^2 - 2(r^2 - l^2)l \cos \theta + (h^2 + r^2 - l^2) \sqrt{r^2 - l^2 \cos^2 \theta}]}{(h^2 + r^2 - l^2)^2 + 4h^2 l^2 \cos^2 \theta}$$

此處で $M \equiv m \frac{h(l^2 - gh)}{g} \dots\dots\dots(11)$

更に $k \equiv h^2 + r^2 - l^2$

とおけば

$$R_\theta = M \frac{[k - 2(r^2 - l^2)l \cos \theta + k \sqrt{r^2 - l^2 \cos^2 \theta}]}{k^2 + 4h^2 l^2 \cos^2 \theta}$$

直角坐標になほす爲に次の様に書換へると

$$\left\{ R_\theta - \frac{M[k - 2(r^2 - l^2)l \cos \theta]}{k^2 + 4h^2 l^2 \cos^2 \theta} \right\}^2 = M^2 \frac{k^2 [(r^2 - l^2) + l^2 \cos^2 \theta]}{(k^2 + 4h^2 l^2 \cos^2 \theta)^2}$$

即ち $R_\theta^2 \{k^2 \sin^2 \theta + (k^2 + 4h^2 l^2) \cos^2 \theta\} - 2M[k - 2(r^2 - l^2)l R_\theta \cos \theta - M^2(r^2 - l^2) = 0$

となるから、 $x \equiv R_\theta \cos \theta$ 、 $y \equiv R_\theta \sin \theta$ とすると

$$\frac{(x-c)^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} = 1 \quad \dots\dots\dots(12)$$

となる。ここで

$$c \equiv M \frac{[l^2 - (r^2 - l^2)l]}{[k^2 + r^2 - l^2]^2 + 4h^2 l^2}$$

$$\left. \begin{aligned}
 A &\equiv M \cdot \frac{(r^2 - l^2) \sqrt{(h^2 + r^2 - l^2)^2 + 4h^2 l^2} + [h^2 - (r^2 - l^2)]^2 l^2}{(h^2 + r^2 - l^2)^2 + 4h^2 l^2} \\
 B &\equiv M \cdot \frac{\sqrt{(r^2 - l^2) \sqrt{(h^2 + r^2 - l^2)^2 + 4h^2 l^2} + [h^2 - (r^2 - l^2)]^2 l^2}}{(h^2 + r^2 - l^2) \sqrt{(h^2 + r^2 - l^2)^2 + 4h^2 l^2}} \\
 \frac{A}{B} &= \frac{h^2 + r^2 - l^2}{\sqrt{(h^2 + r^2 - l^2)^2 + 4h^2 l^2}} < 1
 \end{aligned} \right\} \dots\dots(13)$$

m, M が θ に無関係なら坐標 $(c, 0)$ に中心を有する橢圓形となる。其の長半徑は B , 短半徑は A である。此橢圓を簡單のため今後は**分布橢圓**と云ふことにしよう。此の分布橢圓の偏心率 (Eccentricity) は

$$e = \frac{2hl}{\sqrt{(h^2 + r^2 - l^2)^2 + 4h^2 l^2}} \dots\dots\dots(14)$$

となるから、分布橢圓は h が減少すればより扁平となり、 r に比し h が大きくなると圓に近くなつて来る。

h 及 r が一定なら、偏心率は l のみに關係し初速 V には無關係であることが知れる。特別な場合として

[1] $l=0$ 即 **中心噴火**の場合は、(10)(12)(13)式から

$$\left. \begin{aligned}
 R_\theta = A = B = m \frac{h(V^2 - gh)r}{g(h^2 + r^2)} \\
 c = 0
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(13')$$

となり、分布橢圓は火口の中心を中心とする圓となる。

[2] $l=r$ 即 **壁側噴火**の場合は、(10)式から

$$R_\theta = M \frac{2r \cos \theta}{h^2 + (2r)^2 \cos^2 \theta}$$

となる。之を直角坐標に直すと

$$\frac{(x-c)^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} = 1$$

$$\left. \begin{aligned}
 \text{短半徑 } A &= m \cdot \frac{h(V^2 - gh)}{g} \cdot \frac{r}{h^2 + 4r^2} \\
 \text{長半徑 } B &= m \cdot \frac{V^2 - gh}{g} \cdot \frac{r}{\sqrt{h^2 + 4r^2}}
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(13'')$$

中心位置 $c = A$

$$\left. \begin{aligned}
 \text{偏心率 } e &= \frac{2r}{\sqrt{h^2 + 4r^2}}
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(14'')$$

阿蘇第四火口噴出火山彈の分布に就て

$$\frac{B}{A} = \frac{\sqrt{h^2 + 4r^2}}{h} \quad \Bigg\}$$

で此場合の分布橢圓は噴出點の上の管口壁に切する橢圓で、長半徑は r 軸の方向になる。昭和三年、四年第四火口噴火では此型のものが大變に多くあつた。尙長期休止後の大活動では、火口管の深さが次々と變るので分布橢圓の形が次々と變り、誠に興味深く感じた。そこで今深さ h のみ變る場合を考へてみると、式(14)から

$$\frac{h_1}{h_2} = \left\{ \frac{\frac{1}{e_1^2} - 1}{\frac{1}{e_2^2} - 1} \right\} \dots\dots\dots(15)$$

となる。此式は逆に分布橢圓を知つて火口管の深さが變る様子を知る手掛りとなるものである。

IV. 第四火口噴火への應用

前章の理論は火山彈が簡単な普通の彈道を描くものとして論じたのであるが、口繪に掲げた中嶽活動中の夜景寫眞を見れば一々の抛出塊が美麗な彈道を作り其のエンヴェローフまでが見事に理想的形狀を呈し、吾々の立論が決して不當でないことが察せられる。依て次に吾々は上記の結果を第四火口實際の噴火に適用して見たい。

8. 昭和四年十一月四—七日の噴火

此の噴火は乾燥期であつた。短い休止後の噴火であつたため前述の式の利用に便利であつた。昭和四年十一月六日十四時頃の最大活動で約 8 Kgr の火山彈が南火口原の砂千里濱(第 8 圖参照)に落下した。後で其の距離を測つたら次の値を得た。

$$x_m \doteq 400 \text{ m}$$

十一月八日には火口管の深さは $h \doteq 160 \text{ m}$ 、直徑 $2r \doteq 30 \text{ m}$ で、赤熱岩漿は北壁側に見えて居た。此場合の活動は“壁側活動”と考へられた。火山彈の分布橢圓は第 8 圖の様であつた。

$x_m = 400 \text{ m}$ とすると(7)式から初速

$$V = 115 \text{ m/sec.}$$

となる。この V^2 は相當大なる場合と考へられるから $m=2$ に近い活動であつたと思はれる。この速度で直上に抛出されたときの上昇最高度は $V^2/2g \doteq 660 \text{ m}$ となるから、砂千里

濱の面上 500 米程度となる。

尙参考に火山彈が管口に漸く達しうるやうな極小の初速を推定して見ると、 $x_m \doteq 30$ m
 $h \doteq 160$ m として

$$V \doteq 58 \text{ m/sec.}$$

を得る。伊木常誠⁽¹⁾は明治三十三年普通の活動中抛出熔岩塊の降下時間を測つて初速を推算し 69 m/s を得たことがあるが、上の極小値と似よつた數で、爆發時の初速に較ぶれば、勿論遙に遅いものである。

次に今回の壁側活動に於ては(14'')から

$$e \doteq \frac{1}{6}, \quad \frac{B}{A} \doteq \frac{33}{22}$$

となつて、分布橢圓は圓に近いものとなる筈であるが、第 8 圖と對照すれば成程とうなづける。

9. 昭和五年九月五日乃至十日の噴火

此の噴火は筆者が本期間内に會つた最大の噴火であつた。しかも分布橢圓の最適例の一つを與へて呉れた。五日と八日の噴火による火山彈分布は第 3 圖に示されてあるが、分布橢圓の要素は次の通りである。

噴 火 日 時	短 半 徑	長 半 徑
(外圓) 昭和五年九月五日十一時頃	$A_1 \doteq 360$ m	$B_1 \doteq 400$ m
(内圓) 同 八日十一時頃	$A_2 \doteq 160$ m	$B_2 \doteq 170$ m

既述の如く古い噴出物が東の壁側に残つてゐる事から、噴出點は少し南寄りの西壁側である事も知れたので、“壁側噴火”型であつた。尙五日のものは比較的淺く、八日のものはより深かつた。之は兩者の分布橢圓を比較してみても知れる事である。

(15)式から

$$\frac{1}{e_1^2} - 1 = \frac{A_1^2}{B_1^2 - A_1^2} = \frac{360^2}{400^2 - 360^2}$$

$$\frac{1}{e_2^2} - 1 = \frac{A_2^2}{B_2^2 - A_2^2} = \frac{160^2}{170^2 - 160^2}$$

$$\frac{h_1}{h_2} = \sqrt{\left(\frac{1}{e_1^2} - 1\right) / \left(\frac{1}{e_2^2} - 1\right)} \doteq \frac{100}{120}$$

(1) 伊木常誠：阿蘇火山調査報文，震災豫防調査會報第33報

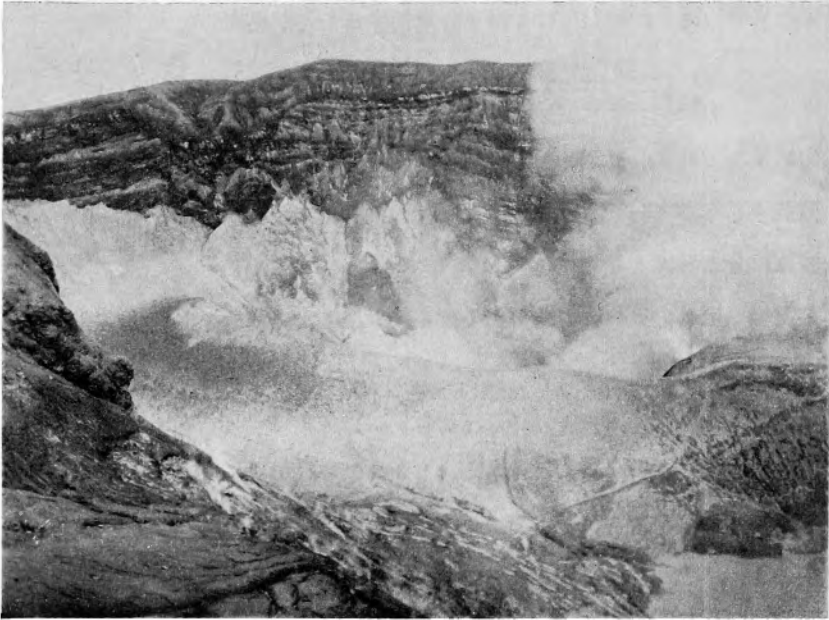
此數値から見ても、噴火が初期には比較的淺い處に行はれるが、日と共に次々と噴火の續行につれ火管の深さが増して行く様子を推知することが出来る。

V. 結 論

以上の結果を要約すれば下の如くである。

- 1) 阿蘇中岳第四火口からの火山彈分布區域は一般に長徑數百米の橢圓形であつた。之を吾々は分布橢圓と呼ぶ。
- 2) 分布橢圓は其の火口に對し著しく偏心的なることが多い。而も其の偏心の方向も度合も時により大に違ふ。
- 3) 火口管其のものは垂直で傾いては居ないのに火山彈の分布區域が橢圓狀で而も偏心的となるのは、第四火口が漏斗狀をなし上端若干は擴がつて居るが大部分は圓管狀となつて、而も噴出點 (pit) が管底の中央よりも一方に偏在するからである。若し全く管底の中心に噴出點がある場合には分布橢圓は圓となる。是等のことは理論的に計算證明出来る。
- 4) 火管の深さは本調査期間では 160 米程度であつたが、之は活動期の始めには淺く、連續活動して續々と多量の噴出物が拋出されるにつれ深くなる。昭和五年九月の噴火では五日間の内に2割程度も深くなつたことを、火山彈分布橢圓の調査から推定し得た。
- 5) 火山彈の初速は本活動期間中では最大115m/s 程度で、上昇距離は砂千里濱面上500 米程度と推算された。
- 6) 活動休止中には上から外部の火山灰などが流れ込みて淺くなるのは勿論だが、尙ほ内部から火山力蓄積して岩漿も上昇し相當淺い處まで來ることが阿蘇では初めて確認された。赤熱岩漿露頭を目撃した場合もあるし、又其より70米も高い火口管中途に黒色の古い岩漿の残りを認めたことも其の證據である。
- 7) 活動の様子は (i) 長く休止した後の噴火と (ii) 雨期の短期休止後の活動と (iii) 乾燥期の短期休止後の活動とで稍趣を異にする。
- 8) 噴火が一段落つきて休止した直後數時間は火口内が全く透明で、火口底觀察の絶好機會を與へる。しかし間もなく白煙が出る様になり日を経るにつれ地獄狀態の熱水プールに化する。

第 11 圖



第一火口噴出の火山彈集積分布（昭和十四年六月五日寫）
噴出點は南壁側にある（寫眞にて手前）

終りに本報告の出來た事は、第四火口の活動が比較的に中庸を得た大きさに繰返され、火口管の形が比較的規則正しく、且つ深さが非常に大であつたため、各噴火の度毎に殆ど危険と感ずる事もなく火口管の上縁近く進出して詳細の観測を行ひ得たといふ好條件にめぐまれた事に歸せられると思ふ。今後かゝる好機會の再び來らん事を願ふものである。