

# 文書記録・火山層序学的調査に基づく

## 噴火の長期予測

守屋以智雄（金沢大・文）

### I. はじめに

地震計を中心とする機器観測の進歩により噴火の開始時期の予知はほぼ実現に近いところまで来た。しかし機器が設置されている火山はまだわずかで、大部分の火山地域ではいまだに突然噴火に見舞われる危険性を持っている。そこで観測機器設置の不備を補うことを目的として、火山層序学的調査・古記録調査から個々の火山の最近1-2万年間の噴火史を明かにすることにより、噴火しそうな火山を選び出し、それに集中的・継続的観測を行うことによって、不意打ちを受ける可能性を大幅に軽減することを意図して10年来調査を行っている（小林ほか、1983, 守屋・富樫、1984, 山崎ほか、1988など）。この方法には噴火の周期性などの点でなお問題はあがるが、この調査から得られる情報は現段階では重要である。この調査結果からはさらに噴火の種類・規模、噴火開始後の経過についての情報も得られる。最終結果までになお数年を要するが、とりあえず、ここで中間報告を行う。

この調査の方法は次の通りである。まず精密な火山層序学的調査により、火口に近い噴出物を詳しく検討し、小規模な水蒸気爆発も含めた噴火史を少なくとも最近1万年について明らかにする。この結果に基づいて1. 火山噴出物の性質から噴火様式を推定する、2. 噴出物の量・分布から噴火の規模を知る、3. 噴出物の数から噴火の回数を知る、4. 噴出物の重なり具合から噴火の経過を知る、5. 火山噴出物の間に介在する土壌・泥炭などの炭質物の $^{14}\text{C}$ 年代測定によって噴火時期を推定し、それに基づいて噴火の頻度・周期、最終噴火時期の推定して、将来の噴火開始時期を予測する。

これまでに大雪・蔵王・那須・高原・草津白根・赤城・白山・立山・乗鞍・新湯焼山・妙高・北八ヶ岳・八丈・開聞岳・口之島など、活動がそれほど活発・頻繁でなく、常時観測が十分でない火山の最近1万年の噴火史が明らかにされ、また明らかにされつつある（Fig.1）。

その結果の一部をTable 1 にまとめたが、まだ未完成で今後調査を進め数値を訂正・充足していく必要がある。現時点で知られた主だった点をいくつか挙げておく。1) 噴火の平均周期は火山によって異なり、250年から2700年の間隔のものにばらつく。2) 水蒸気爆発だけで終わる場合が多い火山と噴火すればマグマを噴出する火山がある。3) 噴火の周期・最終噴火時期などから噴火の可能性を持つ火山として乗鞍・妙高・白山・開聞・口之島などが挙げられる。

この研究は桜島・浅間・伊豆大島などの頻繁に活動する火山との比較など学術的に見てもに重要と考えられる。

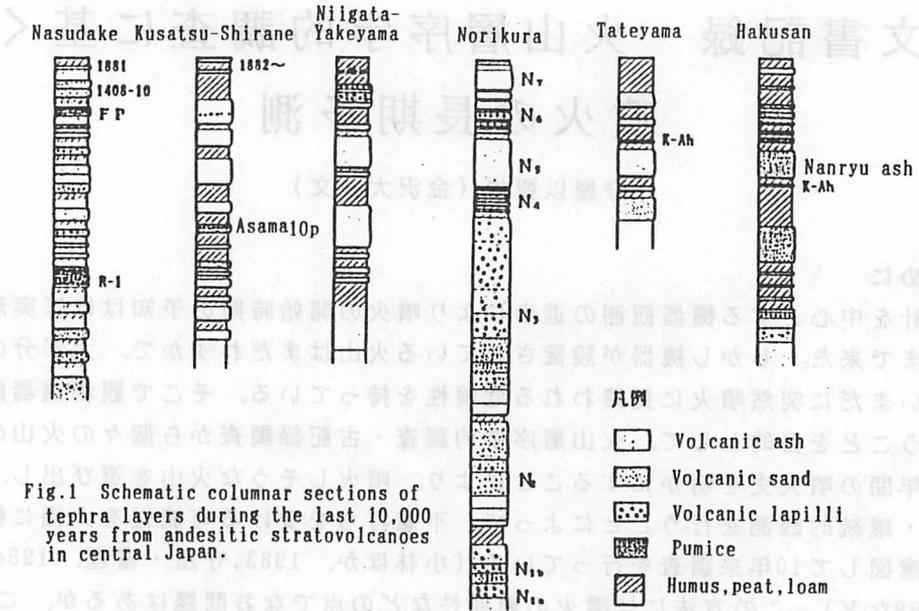


Fig.1 Schematic columnar sections of tephra layers during the last 10,000 years from andesitic stratovolcanoes in central Japan.

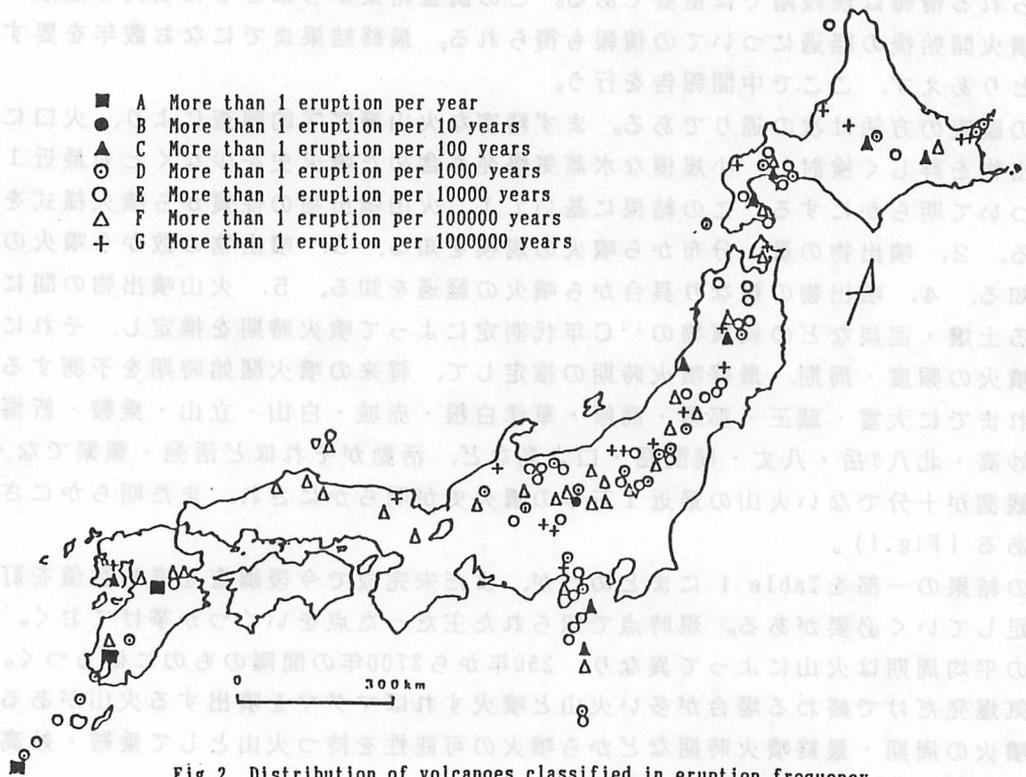


Fig.2 Distribution of volcanoes classified in eruption frequency

## II. 噴火場所と開始時期の長期予測

次にどの火山が噴火するかということを知ることが日本のような火山の多い国では大変重要な問題である。これに対する解答として、一般にはしじゅう噴火する阿蘇・桜島・伊豆大島などを候補に挙げればあたる可能性が強いが、ここではこれら第1級の活火山は観測機器が設置され常時観測がなされているので除外して、数100年あるいは数1000年に1回しか噴火を起こさない火山のみを取り扱う。

この問題のためには過去数万年の噴火史をしることが必要である。それも従来行われてきた調査より1桁精度の高い調査を必要とする。特にここ1万年の詳しい噴火史が役に立つ。これにより1万年の間の噴火の回数・時期から、平均噴火周期と最終噴火年代を知ることができれば、どの火山が近い将来噴火しそうかがわかる。

ここでは新鮮な火口地形を持つ15の安山岩質成層火山を対象をした。

### 大雪火山

大雪火山旭岳の西麓に一系列に並ぶ小火口群がある。地形的に非常に新鮮でごく最近形成されたものと考えられる。付近の湿原の泥炭層中の火山砂・火山礫層はこの火口群から飛来したものと推定され、泥炭層の厚さからおよそ600-700年前に噴出したと考えられている（勝井ほか、1979）。付近には旭岳・熊ヶ岳などの新鮮な火口を持つ火山体があり、最近1万年間にも活動したと思われるが、その詳細はよくわかっていない。

### 蔵王火山

山頂付近に五色沼火口など最近1万年間に形成されたと考えられる新鮮な火山地形が見られる。これらの形成年代はよくわかっていないが、黒色土の存在からここ1万年前に形成されたとしてそれほど間違っていないと思われる。黒色土中には含まれる3枚の噴出物の存在が認められ（今田・大場、1985）、古記録では6回以上の噴火が記載されている（今田ほか、1985）が、その詳細は今後検討される必要がある。

### 那須火山

山頂付近・東麓にかけて黒色土・風化層にはさまれて15枚以上の火山灰層が見つかる。約5800年前に噴出した大丸火砕流堆積物の上に12枚の火山灰層が見いだされる（奥野・尾関、1993）。したがって500年に1回の周期で噴火していると推定される。古文書には1408-10年と1881年に噴火が記録されている。これは火山灰調査から推定される周期に調和的である。この周期が今後も続くとすれば、次の噴火までなお300-400年あることになる。

### 高原火山

この火山の北中腹の溶岩流斜面上に東西に平行に走る4本の割れ目がある。この割れ目の周辺にはマグマ水蒸気爆発によると考えられる火山角礫層が6世紀の噴火と考えられている榛名火山起源の二ツ岳降下軽石層の直下であり、腐植土の<sup>14</sup>C年代測定から約5500年前と推定されている（奥野ほか、1993）。割れ目の1本にはそれをまたぐように黒富士溶岩円頂丘が存在している。これは割れ目の形成とほぼ同時期と考えてよさそうである。高原火山にはこれ以外新鮮な火山地形はなく、ここ数万年間でこ

れ1回の噴火しかなかったと思われる。したがって近い将来噴火するという根拠は特  
にない。

### 赤城火山

「吾妻鏡」中に1251年、「赤木岳焼く」との記録が記載されている。これまで地質  
学的にその真偽はあきらかにされていなかった。1991年の調査で地蔵岳の東南麓で二  
ツ岳降下軽石層の上位の黒色土中に、相当すると考えられる層準から火山砂層を見い  
だした。小規模な水蒸気爆発による堆積物と考えられるが、崖錐堆積物・風成堆積物  
との見方もあり今後検討を続ける必要がある。いずれにしろ赤城山が近い将来噴火す  
る可能性は非常に低いと見てよいであろう。

### 草津白根山

山頂付近の泥炭層中に15-20枚の火山灰層が、11000年前に浅間火山より噴出した婦  
恋降下軽石層の上位に存在する。これは500-733年に1回の割合で噴火することを示す  
ことになる。草津白根火山湯釜火口周辺は1882年までは森林に覆われていたとの記録  
がある。火山灰調査でも1882年以降の噴出物の下に腐植土層が見つかる。したがって  
数100年は休止していたと推定される。1882年以降は現在まで断続的に噴火が起こっ  
ている。すでに100年以上噴火活動が続いているので、数10年たらずで休止期に入り、そ  
のまま数100年の眠りにつくと考えられる。

### 北八ヶ岳

横岳溶岩円頂丘の頂部からいくつかの溶岩流が流出しているが、もっとも新しい苔  
庭溶岩流は地形・植被の状態から数1000年前以前に流出したのと考えられる。すぐ  
その東には泥炭層中の表面から20-30cmにこの溶岩流と関連して噴出したと思われる灰  
色火山砂が認められる。したがって北八ヶ岳ではこの1万年間に1回は噴火が起こっ  
たことが推定される。

### 八丈島

八丈島は西山・東山2個の火山からなるが、東山火山はここ1万年間は比較的静か  
で5000年前に水蒸気爆発を行ったのを最後に、活動は西山火山に移ったかに見える。  
西山火山は山麓のマグマ水蒸気爆発を含め、最後の約10000年の間に10回以上の噴火を  
行っている。したがって1000年の1回は噴火していることになる。約4000年前に噴火  
した後、静穏（津久井ほか、1992）なので、この火山も近い将来噴火する可能性が高  
いと考えられる。

### 妙高山

山頂カルデラ底の湿原中の泥炭層中の火山灰層、東麓の堆積物などの調査から6000  
年に少なくとも5回の噴火があったことが知られている（早津、1985）。単純に割り  
算すると1200年に1回噴火することになる。この火山には噴火の記録がないことから、  
もう1000年以上噴火していないと考えて良さそうである。とすれば、妙高山も近い  
将来噴火する可能性を秘めていると考えて良い。

### 新潟焼山

早津（1985）によれば、新潟焼山はここ3000年間に12回以上の噴火を行ってきてい

る。したがって250年に1回の割合いで噴火していることになる。最近は1974年の噴火をはじめ、活発な活動期にあると考えられる。この活動期がいつ終わるかについてはよくわからない。

#### 乗鞍火山

山頂部付近に黒色土にはさまれた少なくとも6枚の火山灰層が見いだされる。中部山岳地域では黒色土が一般に8000-10000年ほど前から生成を始めたと考えられているので、1000余年周期で噴火が起こっていると推定される。黒色土の年代測定など詳しい調査が今後必要であるが、古記録が全く残されていないことからすでに1000年以上噴火が起こっておらず、周期からみてそろそろ噴火しても良い時期にきていると考えてよい。

#### 立山

山頂近い立山弥陀ヶ原湿原の泥炭中に、現在も噴気を上げる地獄谷火口群から噴出した火山灰薄層が4枚はさまる。この火山灰層の2枚目と3枚目の間に6300年前のアカホヤ火山灰層がはさまる。泥炭層の生成が約10000年前から始まったとすると、火山灰薄層は2500年に1回の割合で噴出したことになる（小林ほか、1983）。最後の噴火がいつ起こったかはわかっていない。

#### 白山

白山火山では最近11000年間に少なくとも17回の噴火が火山灰調査から知られている（福岡、1978、守屋、1983、遠藤、1984）。また白山では、文書から過去1300年の噴火の様子がわかる。それによれば西暦706,1142,1554-1659年に噴火があり（東野、1989）、その間は噴火は休止していた。これは300年余りの休止期と、100-150年間の活動期があると考えて良さそうである。この結果は山頂付近の火山灰調査から得られた450-500年周期とよく符合している。特に最近2000-3000年間ではかなり規則的に450年おきに噴火を繰り返しているようである。このような周期性は今後もしばらく続く可能性が高いので、近い将来噴火が起こることが高い確度で予測される。とすれば最後の噴火が1659年なので、すでに300年の休止期を過ぎていていつ噴火が起きてもおかしくない状態にあると考えることができる。

#### 開聞岳

山麓に堆積しているテフラ層の調査から最近の4000年間に11輪廻の噴火あったことが知られている（藤野・小林、1994）。従って平均噴火周期は364年となる。ところが最後の噴火は884年で、それからすでに1000年以上経過している。平均噴火周期から見ると、その間に2-3回噴火があってもおかしくないが、長い沈黙を守っている。先行する休止期間が長ければ長いほど噴火の規模は大きいとの考えが正しければ、開聞岳は近い将来かなり大きな噴火を起こす危険性がある。

#### 口之島

噴出物の調査から最近10800年間で少なくとも4回の噴火が知られている（西村ほか、1993）。平均すると、2700年に1回噴火することになるが、噴火記録は残されていない。もっとも新しい燃岳溶岩円頂丘の形成は風化土壌の厚さから3000年前と考えられ

ている（生田、1992）ことから、すぐに噴火しても不思議ではないと考えられる。

以上から検討された15の火山のうち八丈島・妙高・乗鞍・白山・開聞・口之島の6個の火山が近い将来噴火の可能性を秘め、特に開聞岳はその可能性が非常に大きいと考えられる。本研究で対象としなかった羊蹄山など、かなり噴火の可能性を持つ火山もほかにあると考えられるが、これらの火山については今後の検討課題としたい。

前記のように最近1万年間の噴火史からの長期的噴火予測のほかに、地質調査による数万年あるいは数十万年にわたる火山全体の噴火史・形成史のデータ、古記録や最近の観測記録のデータも加えて、火山の噴火頻度を検討し、分類を行って、その分布図を描いた（Fig.2）。単に頻度だけでなく噴火の規模も考慮した分類が必要とされるが、それは今後の検討課題としたい。

### III. 噴火の種類予測

伊豆大島でプリニアン噴火、火砕流の噴出、溶岩円頂丘の形成が起こる確率は小さい。浅間山でストロンボリ式噴火が起こる確率も非常に小さい。このように火山によって、起こる噴火の種類確率が異なるので、噴火予測の際には火山毎の噴火の種類過去の1万年の発生頻度を明らかにしておく必要がある。

例えば白山ではこの1万年で溶岩の流出が1回、火砕流噴出が少なくとも3回、火山灰・火山礫・火山岩塊を噴き上げる噴火が17回ほど発生している。このうち大部分が水蒸気爆発であるが、その中に少なくとも2回マグマを発生するヴルカノ式噴火が起こっている。したがって白山で噴火が起こった場合、水蒸気爆発だけで終わる確率は約80%である。火砕流が噴出する危険性は3300年に1回、確率は17%である。赤熱マグマを噴出したり、溶岩を流出する噴火は5000年または10,000年に1回しか起こらず、その確率は5%にすぎない。

このような傾向は数万年、さらには10万年前までさかのぼるようであるので、近い将来も同様の確率で噴火の種類が出現すると見るのが妥当と思われる。

同じようなことは草津白根火山でもいえそうである。ここ1万年間に起こった15-20回の噴火のうち、溶岩流出は3回、ヴルカノ式噴火は3回以上、残りは小規模な水蒸気爆発のみの噴火である。火砕流の噴出は認められないが、大きく見て白山と似たような噴火の種類割合である。

那須火山はここ5800年間に15回の噴火を行ったが、そのうち溶岩流出1回、火砕流噴出2回、スコリアを放出したストロンボリ式噴火が1回、溶岩塊を放出したヴルカノ式噴火が8回、水蒸気爆発のみが5回であった（奥野・尾関、1993）。本論文で対象となった他の火山は上記の火山ほどよくわかっていないが、おおよそは表1の通りである。15火山全体でみると、地質調査から知られた噴火回数は127回、そのうち溶岩流出13回以上、火砕流14回以上、プリニアン噴火6回、ヴルカノ式噴火31回以上、ストロンボリ式噴火15回、マグマ水蒸気爆発10回、水蒸気爆発のみが43回となっている。細かい数字の精度はともかくとして、対象となった安山岩質成層火山では、溶岩流・火砕流の噴出は10回に1回程度、ヴルカノ式噴火が4回に1回程度、水蒸気爆発

のみが3回に1回程度となっている。

これらの安山岩質成層火山の中でも那須岳・新潟焼岳・開聞岳はマグマ噴火が多く、草津白根・白山は水蒸気爆発のみの噴火が多いという差が認められる。

上記15火山に他の最近1万年間の詳しい噴火史がわかっていない火山も加え、地形的特徴などから得られたデータをもとに、過去1万年間の噴出物の種類別に火山を分け、その分布図を作成した。

溶岩流をここ1万年間に流出させた火山はFig.3-Aの通りである。正確な年代がわからない火山もあるので、今後この図は若干訂正される可能性はある。

#### I V. 噴火の規模の予測

同じ種類の噴火でもその規模は火山によって異なるし、同じ火山でも時によって異なる。火砕流の噴出量は $10^4\text{--}10^2\text{ m}^3$ という大きな幅があり、阿蘇・十和田などのカルデラ火山は $10^{10}\text{ m}^3$ 以上の火砕流を噴出するのが一般的であるのに対し、浅間・桜島などの成層火山では $10^{10}\text{ m}^3$ 以下で通常2桁以上の差がみられる。カルデラ火山では頻度は小さいながら大規模な火砕流が噴出する事態を想定しなければならないが、成層火山ではそれほど大きな規模の火砕流の噴出を予想しなくてよい。特に日本で半分以上を占める安山岩質マグマを噴出する成層火山では、 $10^{5\text{--}7}\text{ m}^3$ 程度のごく小規模な火砕流が多い。たとえば白山ではここ1万年間に少なくとも3回の火砕流が噴出したが、いずれも $10^{6\text{--}7}\text{ m}^3$ 程度のものであった。白山の40万年の活動史全体を通して8万年前に $10^8\text{ m}^3$ の体積を持つ火砕流が1回噴出しただけである。とはいえ中規模で山麓にまで被害を与える危険性のある火砕流が成層火山から噴出することも稀ではない。赤城山では20万年前から5万年ほど前までに20-40回の火砕流が噴出しているが、その多くは $10^{8\text{--}9}\text{ m}^3$ の規模のものであった。浅間山ではここ数千年間に数回の火砕流を噴出しているが、その規模は $10^{6\text{--}8}\text{ m}^3$ 程度、1万-1.5万年前には2回 $10^9\text{ m}^3$ に達する比較的大規模の大きい火砕流が噴出している。渡島駒ヶ岳ではここ1000年間に10回近い火砕流噴火があった。いずれも $10^{7\text{--}8}\text{ m}^3$ 程度の規模のものである。

このように成層火山から噴出する火砕流の大部分は $10^{6\text{--}8}\text{ m}^3$ 規模のもので、その流走距離は地形等によって異なるが一般に5-10km程度である。したがって山麓の集落等に被害を与える場合が少なくない。

火砕流をここ1万年間に噴出した火山はFig.3-Bの通りである。この図は暫定的なもので今後訂正される可能性がある。

溶岩流は日本の安山岩質の成層火山では流出源から5kmほど停止するものが多く、山麓に被害を及ぼす例は少ないが、桜島のように山麓から流出する場合もあり、注意が必要である。

玄武岩質溶岩を流出する火山は伊豆大島・三宅島・富士山などで日本ではそれほど多くないが、その大部分が噴火の頻度が大きいうえ、溶岩の流走距離が大部分が10km以上、ある場合には50kmにも達するものがあるので注意する必要がある。

岩屑なだれは成層火山と溶岩円頂丘で発生するが、山頂部がそっくり消失する $10^9$

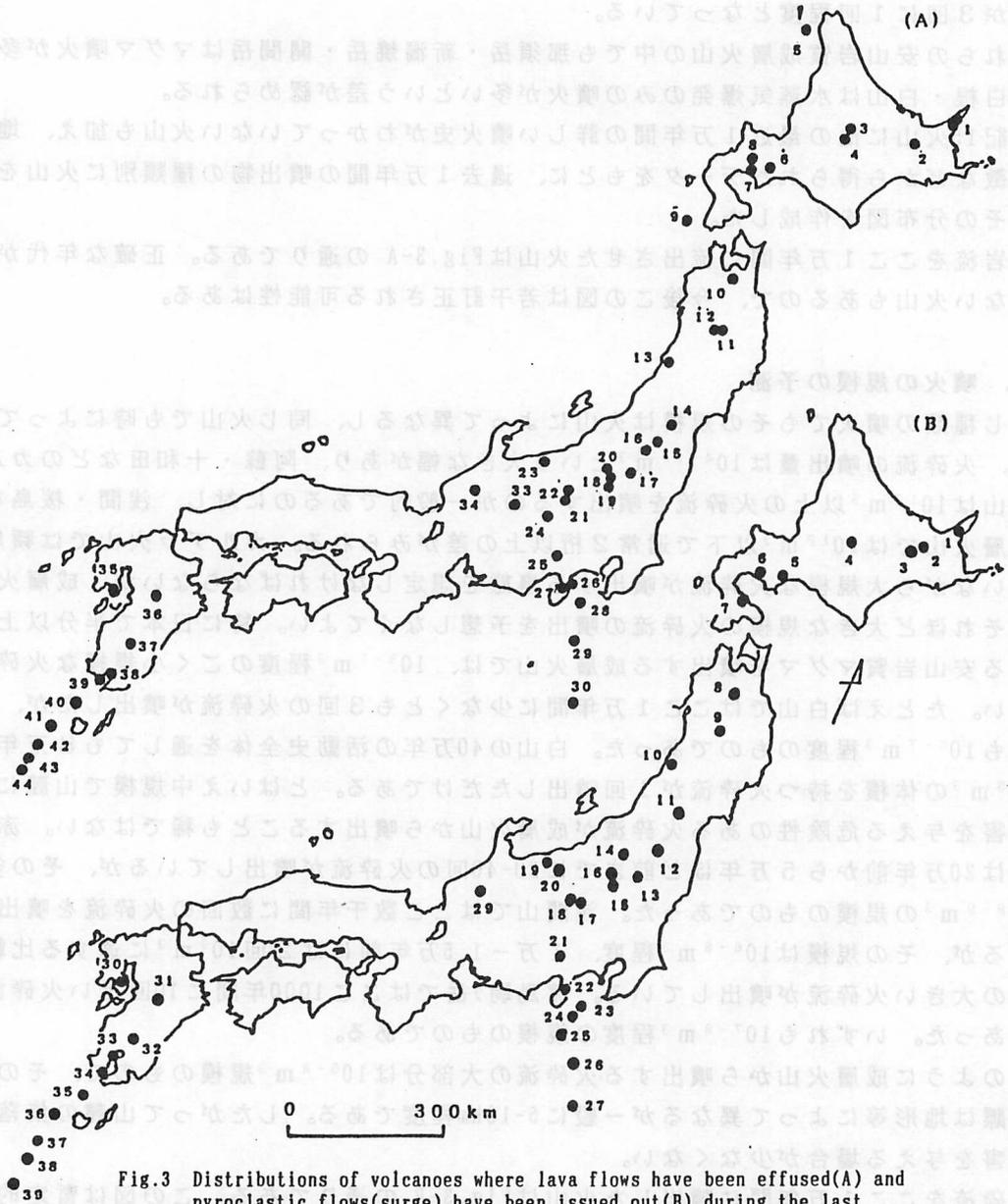


Fig.3 Distributions of volcanoes where lava flows have been effused(A) and pyroclastic flows(surge) have been issued out(B) during the last 10,000 years

- (A)1.Rausu 2.Mashu 3.Taisetsu 4.Tokachi 5.Rishiri 6.Eniwa 7.Usu 8.Yotei 9. Oshima-Oshima 10.Hakkoda 11.Iwate 12.Akita-Komagatake 13.Chokai 14.Zao 15. Azuma 16.Bandai 17.Nasu 18.Nikko-Shirane 19.Nantai 20.Nikko-Hiuchi 21.Asama 22.Kusatsu-Shirane 23.Niigata-Yakeyama 24.Kita-Yatsugatake 25.Fujisan 26. Higashi-Izu 27.Amagi 28.Izu-Oshima 29.Miyakejima 30.Hachijojima 31.Izu-Torishima 32.Nishinoshima-shinto 33.Norikura 34.Hakusan 35.Unzen 36.Aso-Nakadake 37.Kirishima 38.Sakurajima 39.Kaimondake 40.Satsuma-Iwojima 41. Kuchino-erabujima 42.Kuchinojima 43.Nakanoshima 44.Suwanosejima
- (B)1.Rausu 2.Mashu 3.Atosanupuri 4.Tokachi 5.Tarumai 6.Usu 7.Oshima-Komaga take 8.Towada 9.Akita-Komagatake 10.Chokai 11.Zao 12.Bandai 13.Nasu 14.Numa-zawa 15.Nantai 16.Nikko-Hiuchi 17.Haruna 18.Asama 19.Niigata-Yakeyama 20. Myoko 21.Fujisan 22.Amagi 23.Izu-Oshima 24.Izu-Niijima 25.Izu-Kozushima 26. Miyakejima 27.Hachijojima 28.Izu-Torishima 29.Hakusan 30.Unzen 31.Aso-Nakadake 32.Kirishima 33.Sakurajima 34.Kaimondake 35.Satsuma-Iwojima 36. Kuchino-erabujima 37.Kuchinojima 38.Nakanoshima 39.Suwanosejima

m<sup>3</sup>規模の大崩壊は頻度は小さく、一つの火山で1-数回、日本全体で100年に1回程度の発生率にすぎない。しかし発生すると火砕流に匹敵する破壊力を持つ。比高の8-17倍前後の距離を流走する(Ui,1983)ので、一般に1000m前後の比高を持つ成層火山は山頂から10km程度の範囲まで到達し、山麓には被害をあたえる。日本の成層火山では中腹で発生する中規模(崩壊量 $10^{5-7} \text{ m}^3$ )の岩屑なだれがかなりの頻度で存在すると考えられる(守屋、1988)が、まだその実態はよくわかっていない。

本論で対象とした安山岩質成層火山から噴出するテフラの多くはヴルカノ式噴火による火山灰・火山砂・火山礫であるが、その規模は小さく、噴出量は $10^{5-7} \text{ m}^3$ 程度である。水蒸気爆発による火山灰の噴出量は $10^5 \text{ m}^3$ 以下であることが多い。白山火山頂から2300-3000年前に噴出した南竜火山灰層は噴出量 $10^7 \text{ m}^3$ で白山の火山灰層の中では大規模な方である(高柳・守屋,1991)。那須火山の火山灰層も同様で、茶臼溶岩円頂丘をつくった比較的規模の大きい1408-10年の噴火では体積 $3 \times 10^7 \text{ m}^3$ の火山灰が放出された。 $10^7 \text{ m}^3$ に達する噴出量を持つ火山灰は他に1枚あるだけで、残りは $10^6 \text{ m}^3$ 以下にすぎない(奥野・尾関、1993、Fig.4)。

このようなヴルカノ式噴火・水蒸気爆発によって火山灰の大部分は火口から3-4kmの距離しか到達しない。同時に弾道を描いて飛ぶ火山岩塊(噴石)は多くの場合火口から500-1000mの範囲に落下する。ただし浅間山・桜島火山で時々見られる大爆発では火山岩塊が火口から3-4km離れた山麓まで到達することがある。

## V. 噴火の推移の予測

噴火が発生した後、次になにが起こるのか、いつ頃おさまるかは地元住民・関係者が一番知りたい事柄である。火砕流が発生するのかもしれないのか、あるいは見かけ上、噴火活動は衰えつつあるように見えるが、本当にこのまま終わってくれるのか、それとも再び活発になり、何度も噴火を繰り返すのか、など、各々の状況に応じて次の対策をたてるためにも、噴火の経緯があらかじめ予測がつけばありがたい。簡単に予測ができるわけではないが、過去の多くの噴火の推移の事例を集め、それをもとに予測が可能になればとの意図を持って、白山・那須などのいくつかの火山の噴火の推移を噴出物の岩相と観察記録から検討した。

白山火山では1輪廻噴火の経過が詳しく追跡できる文書記録はなく、噴出物でも比較的厚い南竜火山灰層のみが噴火の経緯を知る手がかりを与えた。南竜火山灰層は上下を腐植土に挟まれる褐色の降下火山灰、火山礫層であるが、6枚の白色風化粘土質火山灰層によって細分される。この白色風化粘土質火山灰層は火口付近で火山ガスや温泉水によって変質した岩石が粉碎され、それが比較的静かに放出されたもので、1輪廻の噴火のうちで、活動がひと休みした時期を示すと考えられる。その間には火山灰・火山礫層がはさまるが、下位のものは褐色または黄褐色のかなり変質した火山礫からなり、火口壁をつくっていた岩石の破片であると推定される。上位に行くに従い青黒色のやや発泡した溶岩片が増し、下から4番目の層では大部分がこの本質岩片から構成される。さらに上位の5、6番目になると、再び褐色または黄褐色の岩片や細

Table 1 Numbers, styles, periods, last ages etc. of eruptions of 15 andesitic stratovolcanoes in Japan during the last 10,000 years

火山名	期間	層序 噴火回数	古記録 噴火回数	マグマ 噴火回数	溶岩流 噴火回数	火砕流 噴火回数	ブルニ アン数	ヴルカ ニアン	ストロ ンボリ	マグマ 水蒸気	水蒸気 噴火	山体大 崩壊	火山泥 流	噴火平 均周期	最終噴 火年	文 献
大雷	1000	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	?	0.7km	勝井ほか1979
大蔵王	10000	3	6+	2+				2	1		1+		2+		1985	今田ほか1985
那須	5800	15	2	11	1	2	0	8	1	17	5	0	1+	387	1881	奥野 未公表
高原	1500	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1+	0	0	?	1.3km	守屋 未公表
草津白根	11000	15+		3+			17	3+			10+			733	1984	守屋・富樫1984
赤城	800	17	17								17			?	1251	守屋 未公表
白山	11000	17	37	4+		3+	0	2+			10+	1	2+	647	1659	山崎ほか1988
立山	10000	4	0								4			2500		小林武彦1983
乗鞍	10000	14	0	1+	1		3	1+			5			714	1ka?	守屋1983
新潟焼山	3000	12+	7+	12+		5	0				1+			250	1974	早津1985
妙高	6000	5	0	4	1	2	0	3	0		2		3	1200	1.5km	早津1985
北八ヶ岳	2000?	1+	0	1+				1+							2ka	守屋 未公表
東八丈島	10000?	13	0	12	1	0	2	0	2	7	1	0	1	769	4ka	津久井ほか1991
開閉岳	4000	11	1	11	5	2	2	10	11	1	0	17		364	.884	藤野・小林1993
口之島	10800	4+	0	4+	3	0	1	1+	0	1	1+			2700	3ka	西村ほか1993

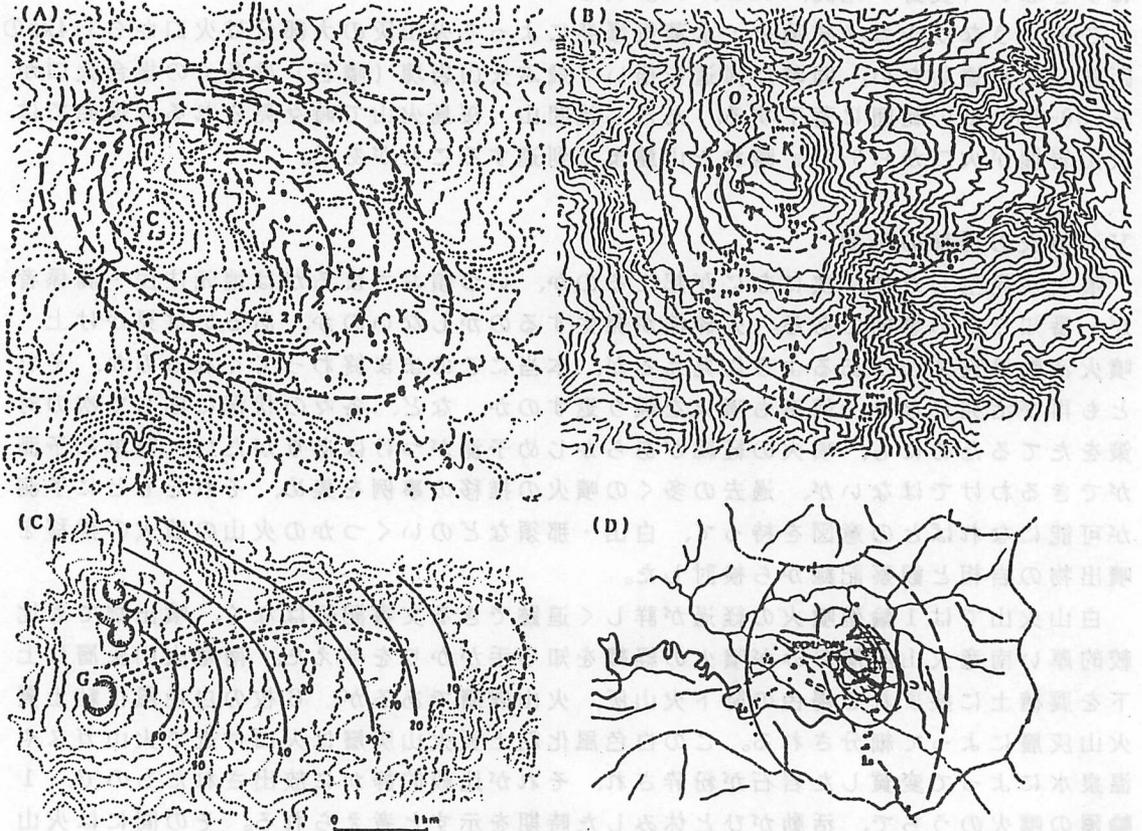


Fig.4 Isopack maps of tephra layers spouted by Vulcanian and phreatic eruptions  
 A.The 1408-10 volcanic ash layers, Nasu volcano(Okuno & Ozeki, 1993)  
 B.Nanryu tephra layers, Hakusan volcano(Takayanagi & Moriya, 1991)  
 C.Tephra layers from Norikura volcano(Kobayashi et al., 1983)  
 D.The 4th tephra layer, Tateyama volcano(Kobayashi et al., 1983)  
 C:Chausudake Y:Nasu-Yumoto K:Kengamine O:Onanjiho G:Gongen-ike

かい火山灰が増える。

以上の火山灰層の岩相の変化は次のような活動の変遷を示すと考えられる。

火口から灰白色の噴煙を静かに吐き出し、火口周辺にうっすらと細かい火山灰を堆積させる活動から始まり、次第に激しい水蒸気爆発に移化して、ついには赤熱マグマが火口底に顔を出し、激しいヴルカノ式噴火によって本質岩片が放出される。このクライマックスのあと、次第に赤熱マグマは減り、水蒸気爆発のみとなり、やがて活動は終焉に向かう。このように活動は全体を通じて中半に最盛期があり、プリニー式噴火やハワイ式噴火のように活動初期にクライマックスがくるのと異なる。またその全体的傾向をもって活動が進行する間に、白色風化粘土質火山灰層で示されるような活動の中断期または静穏期が挟まる。

以上が白山火山の南竜火山灰層から知られる1輪廻噴火の経過であるが、草津白根・那須など他の安山岩質成層火山からもヴルカノ式噴火によると思われる噴出物が見いだされ、似たような経過を追うことができる。したがって南竜火山灰層からの結果はほかの多くの火山にも適用できる普遍的なものといえよう。

しかし噴出物から噴火の推移を知る手段には限界がある。噴火の種類・規模やそれらの変化は追えても時間についてはわかりようがない。時間については近年の噴火観測記録を広く検討することから類推するしか現在方法はない。たとえば安山岩質成層火山の1輪廻噴火の長さ、1輪廻噴火の途中の中休みの長さ、中休みをはさんで何回噴火を繰り返すか、活動の最盛期は前半・中半・後半の内のどれかなどについて、多くの火山の活動の例から、それらの傾向を探り出す必要がある。本論ではこの点について具体的なデータを出して議論するまでには至らなかったが、今後別の機会に述べたい。

## 謝辞

本論は平成5年度文部省科学研究費重点領域成果報告書「噴火災害の規模と特性」（代表者 荒牧重雄 課題番号A-4-5）の一部を加筆修正したものである。荒牧重雄（北大理学部）、宇井忠英（神戸大理学部）、小林武彦（富山大教養部）、早津賢二（妙高火山研）、中村俊夫（名古屋大年代測定資料研究センター）、奥野充（金沢大文学部）の諸氏には資料提供などお世話いただいた。記して深い感謝の意を表したい。

## 文 献

- 遠藤邦彦（1984）：白山火山地域の火山灰と泥炭層の形成過程．石川県白山自然保護センター、11-30．
- 藤野直樹・小林哲夫（1994）：開聞岳火山の噴火史．火山、第2集、（投稿中）．
- 福岡久（1978）：白山火山のテフラ．日大応用地学卒論（手記）．
- 早津賢二（1985）：妙高火山群．第一法規出版、344p．

- 東野外志男（1989）：白山火山の歴史時代の活動に可憐する史料．白山自然保護センター研報，16，1-8．
- 生田正文（1992）：トカラ列島中之島および口之島火山の地質．愛媛大理学部修論（未刊行）
- 勝井義雄ほか（1979）：旭岳．北海道防災会議，42p．
- 小林武彦ほか（1983）：中部日本の休火山に関する活動予知のための基礎的研究．昭和57年度科研費自然災害特研報．81p．
- 今田正・大場与志男（1985）：蔵王火山の火山地質．山形県総合学術調査会，1-24．
- 今田正ほか（1985）：有史時代の火山活動と現況．山形県総合学術調査会，25-45．
- 守屋以智雄（1984）：白山の火山地形．金沢大文学部地理学報，no.1,130-138．
- 守屋以智雄（1987）：火山体の解体における大崩壊の意義．地形，8，67-82．
- 守屋以智雄・富樫茂子（1984）：草津白根火山の最近1万年の噴火活動．火山，第2集，29，330．
- 奥野充・尾関信幸（1993）：那須茶臼岳火山の最近6,000年間の噴火活動．火山予稿集，1993-2，70．
- 奥野充ほか（1993）：高原火山北麓の富士山溶岩ドームと割れ目群を形成した約5,500年前の噴火．第四紀予稿集，
- 西村智博ほか（1993）：トカラ列島口之島火山の地形発達史．火山春季大会予稿集．
- 高柳一男・守屋以智雄（1991）：白山火山の火山灰層．石川県白山自然保護センター白山火山噴火活動調査報告書，75-92．
- 津久井雅志ほか（1991）：八丈島東山火山の最近22,000年間の噴火史．火山第2集，36，345-356．
- Ui,T.(1983):Volcanic dry avalanche deposits-Identification and comparison with non volcanic debris stream deposits. J.Volcanol.Geotherm.Res., 18,135-150.
- 山崎正男ほか（1988）：白山火山最近1万年の活動と災害予測．鹿児島国際火山会議論文集，430-432．

論文

- 白山自然保護センター編，白山火山の歴史時代の活動に可憐する史料（1989）．白山自然保護センター研報，16，1-8．
- 生田正文（1992）．トカラ列島中之島および口之島火山の地質．愛媛大理学部修論（未刊行）
- 勝井義雄ほか（1979）．旭岳．北海道防災会議，42p．
- 小林武彦ほか（1983）．中部日本の休火山に関する活動予知のための基礎的研究．昭和57年度科研費自然災害特研報．81p．
- 今田正・大場与志男（1985）．蔵王火山の火山地質．山形県総合学術調査会，1-24．
- 今田正ほか（1985）．有史時代の火山活動と現況．山形県総合学術調査会，25-45．
- 守屋以智雄（1984）．白山の火山地形．金沢大文学部地理学報，no.1,130-138．
- 守屋以智雄（1987）．火山体の解体における大崩壊の意義．地形，8，67-82．
- 守屋以智雄・富樫茂子（1984）．草津白根火山の最近1万年の噴火活動．火山，第2集，29，330．
- 奥野充・尾関信幸（1993）．那須茶臼岳火山の最近6,000年間の噴火活動．火山予稿集，1993-2，70．
- 奥野充ほか（1993）．高原火山北麓の富士山溶岩ドームと割れ目群を形成した約5,500年前の噴火．第四紀予稿集，
- 西村智博ほか（1993）．トカラ列島口之島火山の地形発達史．火山春季大会予稿集．
- 高柳一男・守屋以智雄（1991）．白山火山の火山灰層．石川県白山自然保護センター白山火山噴火活動調査報告書，75-92．
- 津久井雅志ほか（1991）．八丈島東山火山の最近22,000年間の噴火史．火山第2集，36，345-356．
- Ui,T.(1983):Volcanic dry avalanche deposits-Identification and comparison with non volcanic debris stream deposits. J.Volcanol.Geotherm.Res., 18,135-150.
- 山崎正男ほか（1988）．白山火山最近1万年の活動と災害予測．鹿児島国際火山会議論文集，430-432．

## Long-Term Prediction of Volcanic Eruptions Based on the Data from Records and Volcani-stratigraphical Investigations

Ichio MORIYA (Dept. Geography, Kanazawa Univ.)

This paper provides some results for long-term predictions of volcanic eruptions -- of the starting time, scale, style and sequences -- based on records and detailed volcani-stratigraphical surveys during the last 10,000 years. Fifteen volcanoes with fresh morphology suggesting re-occurrence of recent activity have been studied. The volcanoes such as Izu-Oshima, Asama, Sakurajima, Aso etc. which frequently erupt in recent time and which are monitored by several kinds of instruments in the volcano observatories, have been excluded. Most of the volcanoes investigated in this study are andesitic stratovolcanoes which have interruptedly or periodically erupted every several 100 - several 1000 years.

Interpretation from the mean periods of eruptions and the last eruption ages suggests that Hukusan, Norikura, Kaimon, Myoko, Niigata-Yakeyama and Kuchinojima volcanoes could be in danger of possible eruptions in recent future.

In these andesitic stratovolcanoes phreatic eruptions (explosions) occurred mostly frequently. In Hakusan volcano more than 10 phreatic eruptions of at least 17 eruptions during the last 11,000 years took place. Vulcanian eruptions also occurred often in these volcanoes, accompanied sometimes with andesitic thick lava effusions. Small-scale pyroclastic flows covered the summit areas and rushed down to the foot, changing to debris flows in most cases. Plinian eruptions and gigantic destructions of volcanic edifices rarely occurred in these andesitic stratovolcanoes.

The volumes of the products by a series of phreatic and Vulcanian eruptions are generally  $10^5-7m^3$ , being rarely  $10^8m^3$ . The sequences of eruptive activities of these volcanoes have been studied based on detail observations of the tephra layers by phreatic, Strombolian, and Vulcanian eruptions. They at first begin always with a quiet explosion accompanied with ejections of a small quantity of fine materials only in surrounding areas of the craters, followed by a culmination of eruptions in the middle stages. In some cases several pauses of eruptions can be recognized, suggesting that it is very difficult to predict the ends of eruptions.