

# 妙高火山群の中でみた飯縄火山

早津 賢二<sup>1</sup>

## 要旨

飯縄火山は、妙高火山群に属しその南端部に位置する。飯縄火山を念頭に置きながら、妙高火山群の抱える興味ある問題をいくつかとり上げ、今後の問題点を整理してみた。妙高火山群を構成する火山の多くは、活動年代を異にする複数の世代の火山体が重なって形成された“多世代火山”とみなせる。これらの火山の活動年代や配列には、一定の規則性があるように見える。また、各火山のマグマは、それぞれマントルの異なる深さで別々に発生したと考えられる。

キーワード：妙高火山群、多世代火山、火山の配列、初生マグマ、飯縄火山、高社火山

## 1. はじめに

長野・新潟両県にまたがって配列する南から飯縄－黒姫－妙高－新潟焼山の火山列と、この火山列の東に位置する斑尾火山を合わせた5個の複成火山、およびその周辺に分布する少数の単成火山の集まりを、妙高火山群とよぶ(図1)。飯縄火山の地形学的・地質学的研究は古くからなされてきているが、妙高火山群全体の研究や妙高火山群の中でみた飯縄火山の位置づけなどについての研

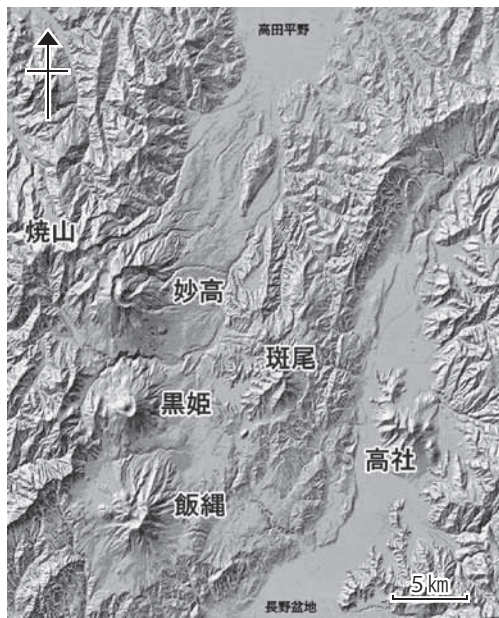


図1 妙高火山群とその周辺地域の地形。数値地図50メッシュ(標高)を基にしたDEMによる(永村恭介氏作成)。

究は、これまでほとんどなされていない。

本稿では、妙高火山群の抱える興味ある問題をいくつかとり上げ、今後の問題点を整理してみたい。なお、特に断りのない限り、妙高火山群に関する資料は、早津(2008)によっている。

## 2. 多世代火山とその意義

妙高火山の活動は、4つの活動期に大別され、それぞれの活動期ごとに、標高2,500m～3,000mに達する円錐形の成層火山体が形成されている(図2)。各活動期の間には、長期にわたる活動の

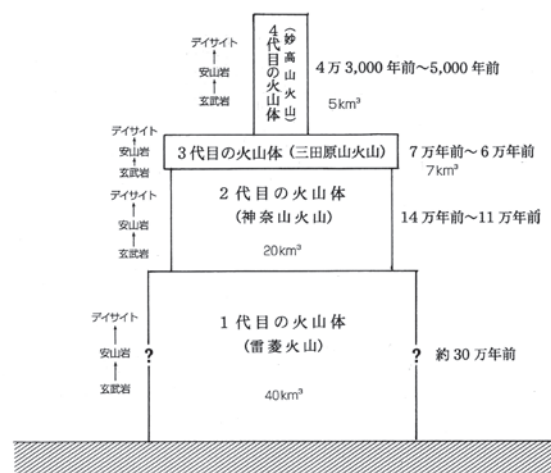


図2 多世代火山としての妙高火山。各ブロックの面積と高さは、火山体の面積と活動継続時間にそれぞれ比例。

1 妙高火山研究所 〒944-0035 新潟県妙高市渋江町4-10

休止期が挟まれており、前の活動期を通して形成された成層火山体は、その活動期末ないしそれに続く休止期の中に、崩壊や侵食によって低い凹凸に富んだ山体に変化していく。活動期ごとに、噴出されるマグマの性質は、玄武岩質→安山岩質→デイサイト質へと変化する。すなわち、妙高火山では、噴火のくり返しによって標高2,500m～3,000mの成層火山が形成されると、火山活動は長い休みに入り、やがて開析の進んだ古い火山体を土台として、地下深部から上昇してきた新しいより若い（より未分化な）マグマによって次の期の活動が開始される、ということを経繰り返してきた。つまり、妙高は単純な1つの複成火山であるというよりは、むしろそれぞれ数万年の寿命を持つ形成時期（世代）を異にする4つの独立した成層火山が、ほぼ同じ位置で、より古い火山体の上により新しい火山体が順次積み重なってできている火山である、とみなすべきである。このように、見かけは1つの火山のように見え、ふつう1つの火山名が与えられているが、実際は2つ以上の異なる世代の火山体から構成されている火山を、早津（2008 など）は多世代火山とよんでいる。

飯縄火山は、活動の休止期を境に、マグマの明瞭な若返りが認められるので、2世代の多世代火山であるとみなされる。同様に、黒姫は3世代、斑尾は2（または3）世代の多世代火山である。焼山は、誕生以降まだ約3,000年しかたっておらず、その形成過程において、活動の長期にわたる休止やマグマの顕著な若返り現象などが認められないので、全体として1つの世代に属する“単世代火山”であると見なされる。

多世代火山であるかどうかの判定には、岩石学的研究や絶対年代の研究とともに、1つの火山全体についてその形成過程を詳しく解明することが不可欠である。現段階では、多世代火山であるかどうか判定できる程度に調査の進んでいる火山は限られている。しかし、比較的よく調べられている火山の中には、御岳・白山・白馬大池・草津白根・富士・鳥海などの火山のように、多世代火山

ではないかと考えられる火山が多く、日本の複成火山の多くは多世代火山である可能性が高い。

本稿で触れる以外にも、多世代火山相互の間、および一つの多世代火山に含まれる各世代の間には、いろいろ興味深い現象が認められる（早津、2008）。多世代火山の概念と多世代火山の発達史にみられるいくつかの規則性は、鳥弧のマグマ成因論にも、一定の束縛条件を与えるはずである。また、多世代火山の存在は、一つの世代の火山の寿命が尽きても、同一地点に次世代の新しい火山が誕生するという、一見、“死火山”の蘇生のような現象が起こり得ることを示しており、防災上も無視できない。現在、明確な死火山状態にある飯縄火山も、いつか三代目の飯縄火山として蘇る可能性があり得るということになる。

### 3. 妙高火山群に見られる火山の配列の問題

火山の分布には、様々なオーダーで、一定の方向性が認められるものがある。火山の配列や間隔を規定している要因としては、マグマの発生に関係するものと、上昇・噴出時の通路に関係するものが考えられる。

妙高火山群に関する配列を、大きい順に示すと次のようになる。

- 1) 杉村（1959）の東日本火山帯や、従来からの“那須火山帯”・“鳥海火山帯”などの鳥弧オーダーの配列。
- 2) 妙高火山群全体としての南北配列。
- 3) 飯縄－黒姫－妙高火山の南北直線配列。
- 4) 飯縄火山の側火山全体としての配列。
- 5) 飯縄火山の双子側火山の配列。

このうち、1)のオーダーの配列は、太平洋プレート沈み込みに伴う鳥弧規模の配列であり、マグマの発生に直接関係して生じた配列である。

2)の妙高火山群全体としての南北の配列も、“富士火山帯”の南北配列と同様、マグマの発生に起因する配列であると思われる。

- 3)の飯縄－黒姫－妙高火山の南北直線配列

は、妙高火山群を最も特徴づける現象の一つである。妙高火山群の主要な火山である飯縄・黒姫・妙高の3火山は、南北の一直線上に、中心間距離約8kmの等間隔で配列している（焼山は、この直線配列から外れ、妙高の北西約8kmの地点に位置する）。マグマの地表への出口は、比較的浅所の地下構造に制約されると考えられるから、飯縄－妙高火山列の示す見事な直線配列は、火山列に沿う割れ目などの“弱線”の存在を想起させる。

中村（1974）は、側火山配列の説明として、その地域に働くテクトニック応力が、直接的な規制要因であるとした。すなわち、第四紀後期における東北日本のような短縮テクトニクスにおいては、最大主応力軸の方向に岩脈が集中し、その方向に側火山が配列しやすくなると述べた。妙高火山群付近では、鮮新世以降、最大主応力の方向は水平東西性であることが知られているので、飯縄－妙高火山列の南北配列を、これで説明することはできない。側火山の配列は、主にマグマ溜まりから地表までの通路に関係した問題であり、主火山列の配列は、マグマ溜まりの配列、つまりマグマの発生からマグマ溜まりまでの通路に関係した問題である、と考えられるから、上記応力場は、マグマ溜まりより上の現象に主に影響を与えており、それより下の現象には大きな影響を与えていない、とみることができる。妙高火山群の各火山を形成したマグマは、各火山体の下でそれぞれ独立に発生し、上昇の過程でお互いの相対的水平位置関係を大きく乱すことなく噴出したと考えられる（後述）ことを考慮すると、妙高火山群地域には、深部まで達しているような南北性の断裂が存在していると思われる。そして、この断裂は、今日の応力場のもとでも、“弱線”として、マグマ溜まりへ至るまでのマグマの通路として利用されている、と考えるのが合理的である。

北部フォッサマグナ地域では、海川火山岩類・戸隠火砕岩層・荒倉山火砕岩層・聖山安山岩層などの鮮新世火山岩類も、南北方向にほぼ直線をなして配列している（小坂, 1999）。竹内（2005）は、

北部フォッサマグナ地域においては、新第三系の堆積と変形に、基盤の差別的ブロック運動が深く関わっていることを示している。新第三系の基盤には、フォッサマグナ誕生時に形成され、現在は活動していない多数の南北性の断裂が存在し、それらのあるものが、いろいろな時代にマグマの通路として利用されてきたのかもしれない。フィリピン海プレートの方向転換（約300万年前）や、伊豆半島衝突（約100万年前）による“大屈曲部”の形成などの事件が、それら割れ目が開口する原因となった可能性はないであろうか。

妙高火山群地域に、このような深部に達する断裂が実際に存在するかどうか、存在するとすればその実体はどのようなものなのか、また8kmの等間隔配列は何を意味しているのか、これらは、今後の問題として残されている。

飯縄－妙高火山列の南北配列とは別に、高社－斑尾－妙高－焼山と並ぶ南東－北西配列も認められる。この配列は、飯縄－妙高とほぼ同じオーダーの配列であるが、年代幅はより大きく（約2倍）、活動の順序にも規則性は認められない。なお、妙高火山－第I活動期の南火口と北火口が南北方向ではなく、南東－北西方向に配列しているのは、高社－焼山の南東－北西配列と関係があるのかもしれない。

4) の飯縄火山の側火山全体の配列も、他の配列とは異なった方向性を示す（図3）。すでに述べたように、飯縄火山体の北西半部の地域には、第II活動期－溶岩ドーム期に形成された富士見山・小富士見山－怪無山－高デッキ・天狗岳（2つの溶岩ドームから構成）－1340m峰の各溶岩ドームが、北東－南西方向のほぼ一直線上に、約2km間隔で配列している（図3の②）。また、溶岩ドームではないが、念仏池溶岩流の噴出地点もこの直線上に位置する。これら8つの単成小火山体の配列する方向は、飯縄－黒姫－妙高火山の南北配列とは斜交し、また広域応力場から期待される東西配列とも異なる。この方向は、飯縄火山体の直接の基盤をなしている断層・褶曲軸の延びの

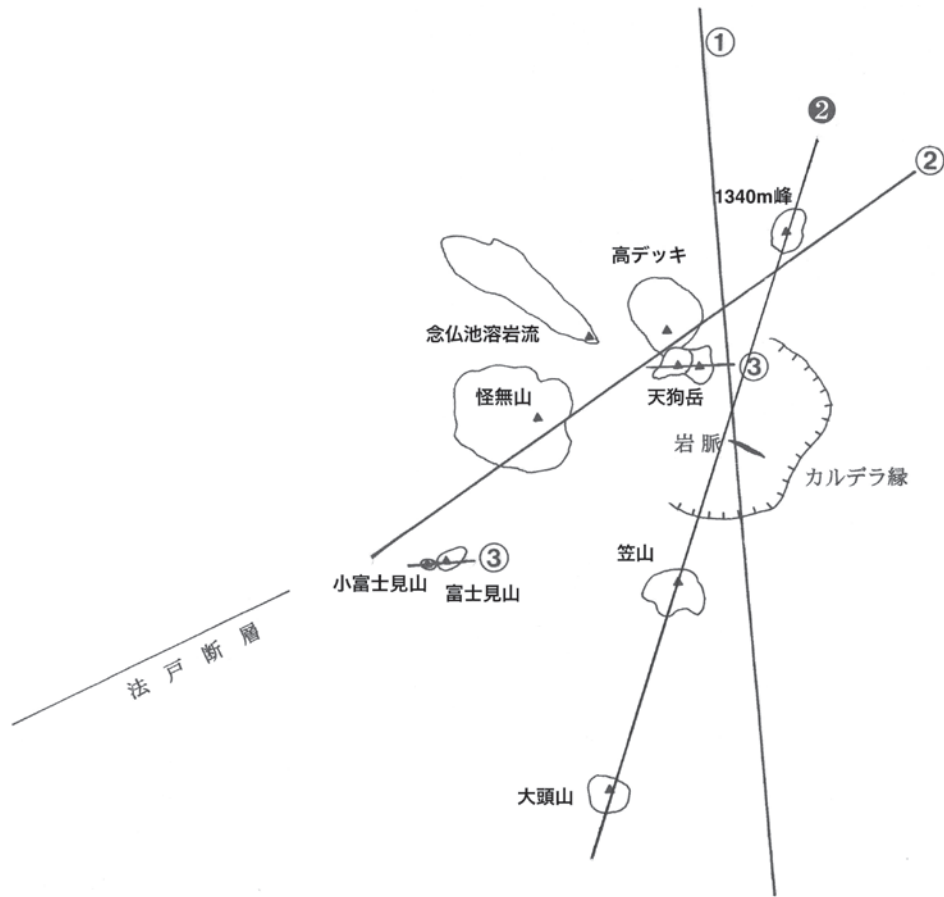


図3 飯縄火山に見られる3つのタイプの配列。

①：飯縄—黒姫—妙高火山列の南北配列，②・②：噴出時期の異なる火山体を含む側火山配列，③：一輪廻の噴出物とみられる双子の溶岩ドームの配列，黒三角は単成側火山。

方向と調和的であり，特に法戸断層（長森ほか，2003）の火山体下方向への延長線とほぼ重なる。法戸断層線上にそって側火山が配列しているとみられることから，これら側火山の配列と直接の基盤構造の間には，何らかの因果関係が存在するとみるのが自然であろう。法戸断層の存在あるいは活動が，局地的な張力場をつくり出し，そこに単成火山が配列したとは考えられないだろうか。

この配列と同じオーダーの配列として，大頭山—笠山—主火山の中央火口—1340m 峰の南南西—北北東方向の配列（間隔は2 km～2.6km）が認められる（図3の②）。これも基盤の構造（折橋向斜）と関係しているように見えるが，明確ではない。

最も小さいオーダーの配列として，5）の双子の側火山配列がある。富士見山と小富士見山および天狗岳の溶岩ドームは，それぞれ2個の溶岩ドームがお互いに接して串刺し状に配列している

（図3の③）。富士見山と小富士見山，天狗岳の2つの溶岩ドームは，それぞれ岩質も同じで，それぞれ同時に形成された双子の溶岩ドームと考えられる。この2組のドームは，いずれもほぼ東西に配列している。これらは，現行の広域応力場に対応した東西方向の割れ目を開いて同時に噴出した双子の溶岩ドームとして理解される。なお，カルデラ内に分布する第I活動期の岩脈も，東西方向に延びる。結局，妙高火山群では，現行の東西圧縮テクトニクスと調和した配列を示すのは，最も小さいオーダーである双子の溶岩ドームの配列だけということになる。他のより大きなオーダーの配列には，他の要因を考えなくてはならない。同様なことは，北八ヶ岳火山列でも報告されている（松本・河内，1993：1994）。

飯縄火山の山麓には，主火山体から遠く離れた長野盆地の西縁部近くに，単成火山である髻山火山（約20万年前）・三千寺火山（約20万年前？）・

貉郷路貫入岩体(約 26 万年前)が位置する。また、長野盆地の東縁部には、皆神山 (30 ~ 35 万年前)の単成火山体が存在する。これらは、長野盆地の形成と何か関係あるのであろうか。さらに、斑尾火山の周辺にも、火山体を取り囲む凹地(少なくとも一部は活断層)に沿っていくつもの単成火山体(数 10 万年前)が分布している。一方、黒姫・妙高・焼山では、山麓部に単成火山体を伴うことはない。この違いは何に起因するのであろうか。単成火山は張力場で形成されやすいという。局地的な応力配置や近接する主火山体との関係の解明を含めて、今後の問題として残されている。

#### 4. 妙高火山群の活動年代

妙高火山群を構成する 5 つの複成火山のなかで、最も古い火山は、飯縄-焼山の火山列から東に離れて位置する斑尾火山であり、その活動は、約 70 万年前から 50 万年前の間である。その後、約 15 万年の時をおいて、飯縄-焼山火山列の活動が始まる。飯縄-焼山火山列の活動の間には、5 万年を越える活動のブランクは認められない。つまり、斑尾火山と他の火山との間には、活動年代の大きなブランクが存在する。斑尾火山は、配列の上からも活動年代の上からも、妙高火山群の中では、特異な存在であるといえる。

飯縄-焼山火山列では、多世代火山としての活動開始年代は、南端の飯縄火山が最も古く、以後、全体として北へ新しくなる傾向を示す。また、多世代火山としての最近の活動年代は、やはり南端の飯縄火山が最も古く、以後、明瞭に北へ新しくなる。このような火山活動の移動の問題も、配列の問題と合わせて、今後解明していく必要がある。

多世代火山に含まれる各世代の活動関係は、図 4 に示す通りである。ここで、興味深いのは、各世代の活動期間がお互いに重なり合うことが少ないという事実である。全部で 12 ある世代のうち、飯縄-第 II 活動期の末期と黒姫-第 II 活動期の初期、黒姫-第 II 活動期の末期と妙高-第 II 活動期の初期が、それぞれ一部重なり合うのみである。

近接した火山の間で、火山活動がお互いに重なり合わないということは、何を意味しているのであろうか。火山活動の時期を支配している要因は、マグマの生成または上昇、あるいはその両方であると考えられる。各活動期の時間配列を見ると、あたかも隣の火山が活動を終わるのを待ちかねて活動を開始する、というようにも見受けられる。マグマの生成が、このような微妙な時間差を演出するには無理があるであろう。ある火山が活動期にあるときには、その下のマグマ溜まりの圧力が大きく、周辺では新たなマグマの上昇が抑えられているのかもしれない。

#### 5. 妙高火山群の初生マグマ

妙高火山群を構成する個々の火山を形成したマ

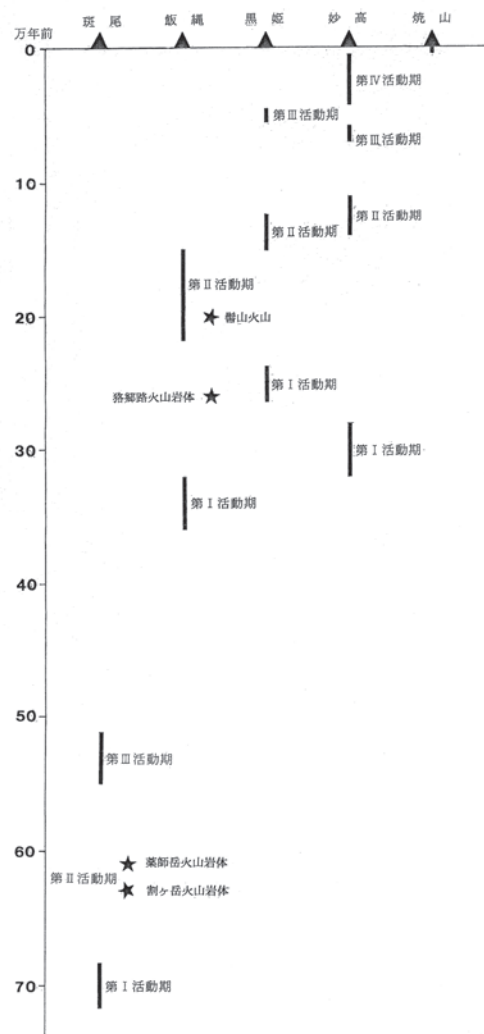


図 4 妙高火山群の活動年代。  
★印は単成火山岩体

グマは、お互いにどのような関係にあるのであろうか。また、一つの多世代火山を構成する個々の世代のマグマの間には、どのような関係が存在するのであろうか。火山発達史のなかでマグマの組成変化をみると、一つの火山でも、世代ごとに、より未分化なマグマからより分化の進んだマグマへという規則性が認められる。このことは、世代ごとに、マグマの冷却に伴う固有の結晶作用を行っていることを示している。つまり、各火山はもとより、火山体の直下にはその世代固有のマグマ溜まり（群）が存在したと考えられる（詳細は早津, 2008, 参照）。

では、個々の火山体をつくったマグマは、より深部では、お互いにどのような関係にあったのであろうか。そのつど、独立にマントルで発生し上昇してきたのであろうか。それとも、ある時期に発生したマグマが深所の共通のマグマ溜まりに蓄えられ、そこから浅所のマグマ溜まりへそのつど注入されてきたのであろうか。

東北日本弧を含むいくつかの島弧の第四紀火山では、火山フロントから内陸に向かって、K・Rb・Sr・Ba・Th・Uなどの不適合元素や希土類元素が増加することが知られている。このような化学組成上の特徴や実験岩石学の結果に基づい

て、現在、上部マントルのかんらん岩の部分溶融の程度は、海溝側から背弧側へ減少すると考えられている。また、海溝側のソレイト質マグマは上部マントルのより浅所で、背弧側のアルカリ玄武岩質マグマはより深所で、高アルカリソレイト質マグマ（高アルミナ玄武岩質マグマ）は両者の中間的な深度で、それぞれ生成されるというのが、一般的な理解となっている。つまり、海溝側から背弧側へ向かって、マグマの分離深度は深くなり、同時に部分溶融の程度も減少する（榑山・久城, 1981; Tatsumi et al., 1983; など）。

早津（2008）によると、妙高火山群でも、 $K_2O$ （図5・図7）・各種不適合微量元素・希土類元素は、いずれも背弧側への規則的な増加傾向を示す。Ni / Rb と Cr / Rb の相関や MORB 規格化パターン（微量元素含有量を N-type の中央海嶺玄武岩で規格化）なども、島弧単位の現象とよく一致している。

妙高火山群でみられる火山フロント側から背弧側への化学組成の規則的な変化については、島弧の場合と同一の説明が与えられるべきであろう。つまり、妙高火山群を構成する各火山の化学組成上の特徴は、マグマの発生時に得られたものと考えられるべきである。妙高火山群を構成する5つの複

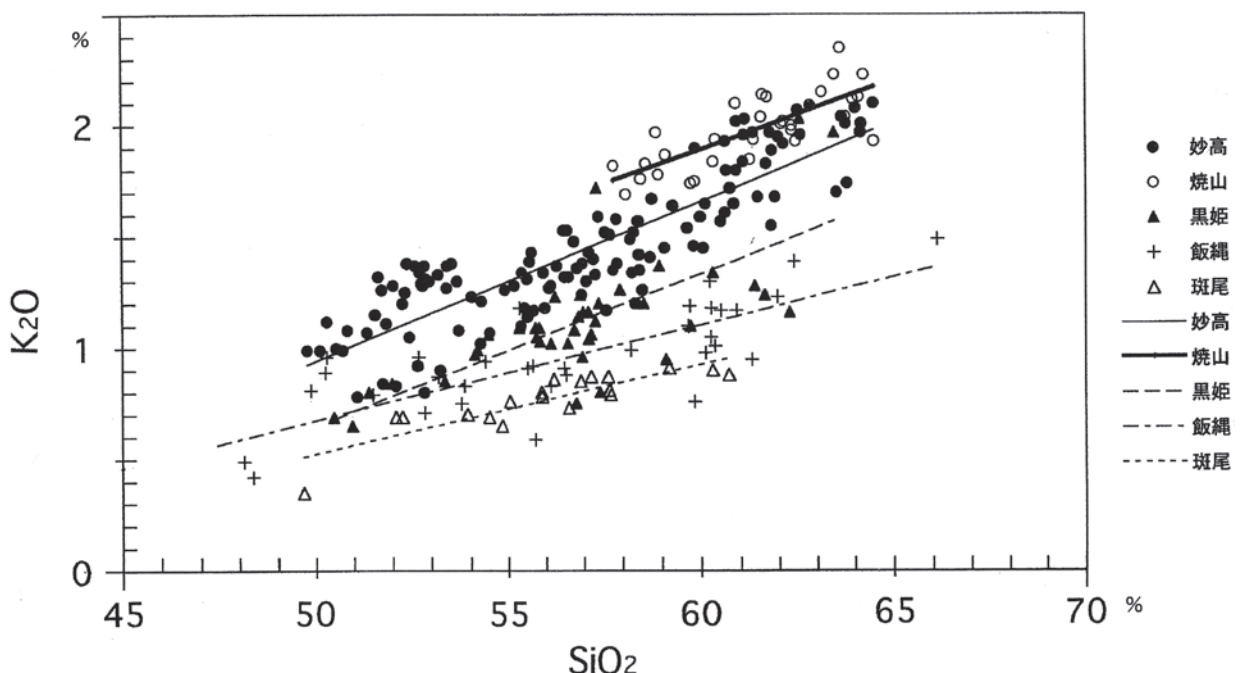


図5 妙高火山群の岩石の  $SiO_2$ — $K_2O$  図。

成火山をつくったマグマは、それぞれ独立にマン  
トルで発生し、上昇・噴出したものと考えられる。  
そして、現在一般的に受け入れられている島弧の  
マグマの発生論に従うなら、火山フロントに近い  
方から背弧側に向かって、斑尾→飯縄→黒姫→妙  
高→焼山の順に、マグマの発生（分離）深度は深  
くなっており（図6）、同時に部分溶融の程度は  
減少していると考えられる。飯縄-焼山  
火山列の中で見ると、飯縄火山のマグマは、4火  
山の中では、マントルの一番浅いところで、始源  
物質が最も大きい割合で溶けて発生したことに  
なる。

すでに述べたように、一つの多世代火山でも、  
世代ごとに、火山体の直下にはその世代固有のマ  
グマ溜まり（群）が存在したと考えられる。では、  
個々の世代の火山体をつくったマグマは、より深  
部では、お互いにどのような関係にあったのであ  
ろうか。始源物質が同じかどうかの判定に使われ  
る MORB 規格化パターンや Rb - K 図では、各  
火山とも、世代間のマグマの始源物質に違いは認  
められず、各世代とも共通の始源物質から導かれ  
たことを示唆している。一方、 $K_2O$  量・REE 存  
在度パターンには、世代間で若干の違いが認めら  
れる場合がありそうである。もし、この違いが、  
始源物質の部分溶融の程度の差を示すものなら  
ば、各世代のマグマは、少なくとも同時に発生し  
たものではなく、発生時期を異にしている場合  
があるということになる。その場合でも、部分溶融

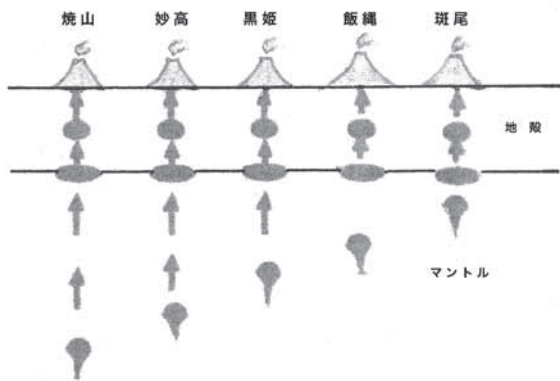


図6 妙高火山群の初生マグマの相対的な発生深度を  
示す概念図。  
水平距離と垂直距離は縮尺が異なる。マグマの  
量は考慮されていない。

の程度と時間（発生順序）との相関は、現段階で  
は認められていない。妙高火山群の4つの多世代  
火山では、いずれも若い世代ほど噴出量が減少し  
ているが、これは、マグマ発生時の部分溶融の大  
小に関係したものではないことになり、別の理由  
を考えなくてはならない。

各世代のマグマは、そのつど独立にマントルで  
発生して上昇してきたのか、それとも、ある時期  
に同時に発生したマグマが一度深所の共通のマ  
グマ溜まりに蓄えられ、そこから浅所のマグマ溜  
まりへ順次注入されたのかということは、きわめて  
興味深い問題の一つである。現段階では、そのつ  
ど発生した可能性の方が大きいと言えそうである  
が、まだ微妙な問題が残されており、今後の研究  
に待たなくてはならない。

## 6. 多世代火山の1代目に玄武岩が産出し にくい理由

妙高火山群を構成する4つの多世代火山のう  
ち、妙高火山を除く他の3火山、斑尾・飯縄・黒  
姫では、1代目の火山（第I活動期）に玄武岩質  
マグマの噴出が認められない。また、3,000年前  
に誕生したばかりで、もし今後多世代火山に発展  
した場合には、1代目の火山と位置づけられる現  
在の焼山火山にも、玄武岩は産出しない。これは  
なぜであろうか。

1代目のマグマが、発生時から安山岩質であっ  
た可能性は残るが、現段階ではその合理的な理由  
が見あたらない。玄武岩質マグマとして発生した  
ものが、噴出するまでの間に、結晶分化によって  
安山岩質に変化したとみるのが妥当であろう。つ  
まり、1代目のマグマは、地表に達する前に、後  
の世代のマグマよりもより分化が進むような条件  
にあったのではないかと考えられる。そのような  
条件として最も考えやすいのは、マグマが長く地  
下に留まっていることである。

多世代火山の最初のマグマは、その地点に最初  
に火道を開いて上昇してきたマグマである。その  
ため、発生地点からマグマ溜まりまでの上昇、お

よびマグマ溜まりから地表に達するまでに要した時間は、いずれも後の世代のマグマのそれよりも長かったことが推測される。また、多世代火山の最初のマグマでは、周辺の地層の空隙を満たすために使われた量が、後世代のそれよりも多かったはずであり、そのことも、マグマがマグマ溜まりに長く滞留し、地表への噴出を遅らせることにプラスに作用したと思われる。

妙高火山群周辺の新第三系（新第三紀に形成された地層）には、多くの“半深成岩”の貫入岩体（高妻山・乙妻山，五地藏山の岩体など）が認められる。それらの多くは比較的大型のファコリス・ラコリス・岩株（久野，1976）の形態をもち、岩体周辺の地層の層理面に平行に貫入した無数のシルを伴う。これは、褶曲構造の成長に伴って地下に形成された空隙をマグマが充填しながら上昇した結果形成されたもので、大型の貫入岩体はかつてのマグマ溜まりと考えられる。妙高火山群の各火山のマグマ溜まりにおいても、これと類似の現象が起こっているに違いない。

岩盤の割れ目を充填しながら上昇してきたマグマは、マグマ溜まりを形成した後も、周辺の岩盤の空隙を充填し続けるであろう。周辺の割れ目に吸収されるマグマの量は、マグマ溜まりの圧力やマグマの粘性など他の条件が一定の場合には、割れ目が多いほど多くなるはずである。従って、多世代火山のように、マグマがくり返し上昇してきたのはほぼ同一地点にマグマ溜まりをつくる場合には、世代が若くなるほど先代のマグマにより充填が進んでいるため、空隙はより減少しており、周辺に貫入するマグマの量は少なくなると考えられる。逆に、最初に上昇してきた1代目のマグマは、空隙を最初に埋める役割を果たすため、多量のマグマが周辺の岩盤に吸収されることになる。マグマ溜まり内の圧力の増加に伴うエネルギーは、地表への噴火に使われるより前に、側方へのマグマの貫入に使われてしまい、結果として噴火までに長い時間を要することになるであろう。このように、多世代火山の最初のマグマは、発生後、地表

への噴出までにより多くの時間を要したことが、より分化の進んだ状態で噴出した原因ではないだろうか。

妙高火山では、例外的に最初から玄武岩質のマグマが噴出しているが、上記考えに立つと、妙高の1代目のマグマは、他の火山の1代目のマグマよりもスムーズに上昇できたことを意味している。妙高は、西頸城帯と水内帯という2つの地質区の境界部に位置しているが、竹内（2005）の考えるように、その境界が地下深部にまで及んでいるとすると、その境界部が弱線として働き、マグマの上昇をよりスムーズにしているとも考えられる。これは、妙高火山が、妙高火山群中もっとも大きな火山体をつくっていることとも符合する。

焼山火山は、3,000年前に誕生したばかりの日本最新の複成火山の一つであり、誕生当初から分化の進んだ安山岩質～デイサイト質のマグマを噴出している。玄武岩を欠くという点で、斑尾・飯縄・黒姫の初代と類似している。将来、多世代火山に発展する可能性を内包しており、2代目の焼山では、玄武岩質マグマの噴出があるかもしれない。

妙高火山群を構成する4つの多世代火山では、いずれも、新しい世代ほど火山体は小さくなるという規則性が認められる。既述したように、多世代火山の古い世代のマグマほど、地下の空隙を充填する割合が多く、したがって地表へ噴出する割合は少なくなるはずである。各世代のマグマが発生時には同量であったと仮定すると、新しい世代ほど、地下で岩盤の空隙を充填するために消費されるマグマの量が少ない分、地表への噴出量は増え、したがって火山体はより大きくなるはずである。ところが、実際は逆で、新しい世代の火山体ほど小さくなる。これは、マグマの発生時の量が、古い世代ほど多く後の世代にいくにつれて減少しているということを意味している。つまり、妙高火山群を構成する多世代火山では、最初に深部から上昇してきたマグマの量は、最初の世代ほど多く、後の世代ほど減少してきたことになる。しか



も、減少の割合は、噴出したマグマの量（≒火山体の大きさ）から見積もられるよりも大きいといえる。

## 7. 高社火山と妙高火山群の関係

妙高火山群のすぐ南東側、より火山フロントに近いところに高社火山が位置する。高社火山は、斑尾火山よりも火山フロントに近い位置にあるので、妙高火山群で得られた「 $K_2O$  量がフロント側に減少する」という規則性を延長すれば、高社火山の  $K_2O$  量は、斑尾火山のそれよりも少ないはずである。

ところが、高社火山の  $K_2O/SiO_2$  値および  $K^{55}$  値 ( $SiO_2 = 55\%$  の時の  $K_2O$  値) は、斑尾火山のそれよりも大きく、飯縄火山とほぼ等しい値を示す (早津, 2008)。妙高火山群と高社火山の  $K^{55}$  値の関係を図7に示しておく。もし、 $K_2O/SiO_2$  値や  $K^{55}$  値が、既述のようにマグマ発生時の部分溶融の程度や発生の深さを反映しているとする、この地域では、火山フロントから日本海側に向かって部分融解度や深さが一方向に変化しているのではなく、高社火山と斑尾火山の間に不連続が存在することになる。高社と斑尾の間には、地質構造上の美ヶ原帯と水内帯の境界がある (図8) (小坂, 1995)。新第三系の構造を支配している上記地質区は、マグマの発生 (上部マントルの温度分布?) にまで影響を与える存在なのであろうか。なお、高社火山の微量元素の MORB 規格化パターンも、斑尾のそれよりも飯縄よりである。

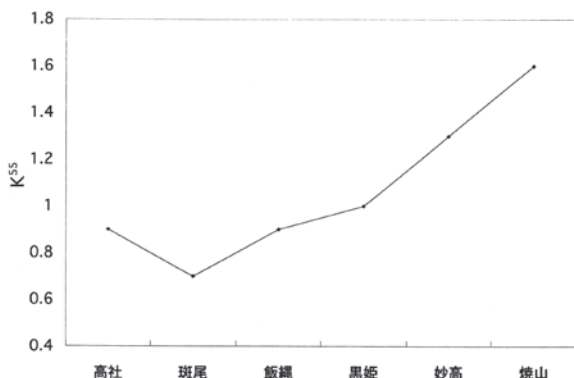


図7 妙高火山群と高社火山の岩石の  $K^{55}$ 。

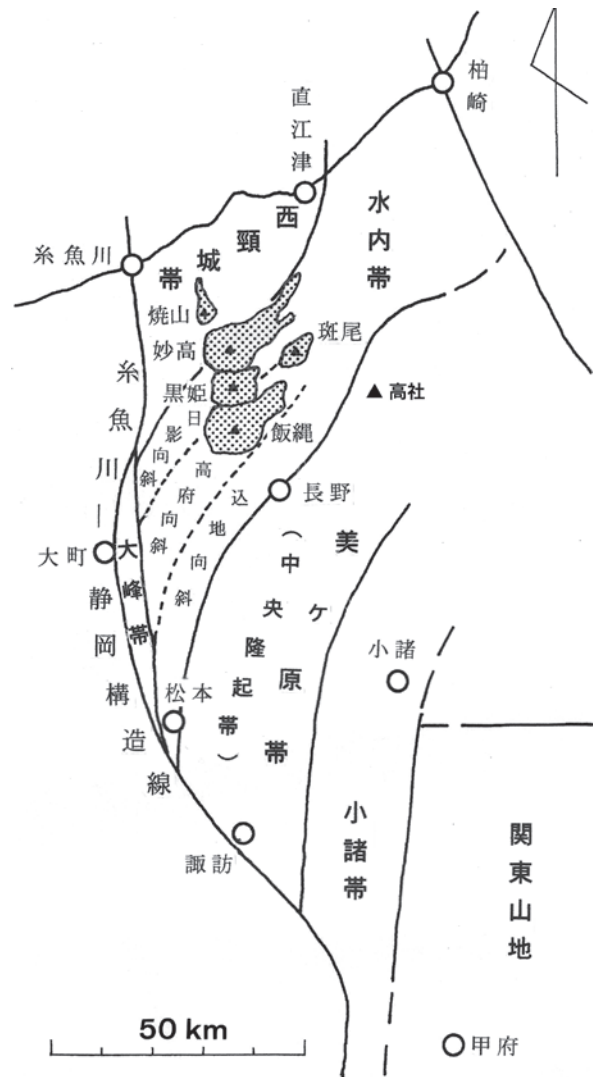


図8 北部フォッサマグナの地質区と妙高火山群。小坂 (1995) に基づき一部省略, 妙高火山群など一部加筆。

妙高火山群を含むより広い地域の火山間で、問題を整理してみる必要がある。

## 謝辞

北海道大学・信州大学の河内晋平さん (故人) には、学生時代に妙高火山群の研究を始めるきっかけを与えていただき、以後、一貫してご指導をいただきました。いづな歴史ふれあい館の富樫 均さんには、本稿の執筆の機会を与えていただきました。記してお礼を申し上げます。

## 文献

早津賢二 (2008) 『妙高火山群 - 多世代火山のライフヒストリー -』. 424p. 実業公報社。

- 小坂共栄 (1995) 中期岩層 - フォッサマグナの発生と発展 -. 山下昇編著『フォッサマグナ』. 東海大学出版会. 310p. : 37 - 96.
- 小坂共栄 (1999) 北部フォッサマグナ西縁部, 大峰帯の地質とそのテクトニクス. 月刊地球, 21 卷, 589 - 595.
- 久野 久 (1976) 『火山および火山岩』. 第 2 版, 283 p. 岩波書店.
- 松本佐知子・河内晋平 (1993) 北八ヶ岳鹿曲川源流域の岩脈群. 信州大学教育学部附属志賀自然教育研究施設研究業績, No. 30, 1 - 9.
- 松本佐知子・河内晋平 (1994) 北八ヶ岳大河原峠付近の岩脈群 - 八ヶ岳の地質見学案内・1 -. 信州大学教育学部紀要, No. 82, 137 - 148.
- 長森英明・古川竜太・早津賢二 (2003) 『戸隠地域の地質』. 109 p. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅). 産総研地質調査総合センター.
- 中村一明 (1974) 火山配列とその機構 - 生出 (1973) によせて -. 地団研専報. No. 18. 75 - 81 .
- 柵山雅則・久城育夫 (1981) 沈み込みと火山帯. 科学, 51 卷, 499 - 507.
- 杉村 新 (1959) 火山岩の  $\theta$  値の地理的分布. - 付: 日本の火山帯. 火山, 2 集, 8 卷, 77 - 103.
- 竹内 章 (2005) 東西日本境界領域中部日本の基盤テクトニクス. 月刊地球, 号外, No. 50, 130 - 138.
- Tatsumi, Y., Sakuyama, M., Fukuyama, H. and Kushiro, I. (1983) Generation of arc basalt magma and thermal structure of the mantle wedge in subduction zones. *Jour. Geophys. Res.*, 88, 5815 - 5825.