

そもそも火山って何 —誕生、噴火、溶岩の基礎知識—

福岡 孝昭

はじめに

一昨年 9 月の御嶽山の噴火以来、口永良部、桜島、阿蘇、箱根と火山噴火が続いている。

我々登山者にとって、火山噴火に登山中に遭遇することがあったら一大事である。昨年のフォーラム (VII) では、もし登山中に噴火に遭遇した場合の対処の仕方。噴火以外に火山ガスに対する注意等、火山に登山する時の注意事項を説明するとともに噴火のタイプと噴火の予知について解説した。



写真1. 米国セントヘレンズ火山 1980 年噴火

しかし、日本は火山国であり、百名山のうち 47 山が火山である。我々の登山の対象としている山の約半分は火山ということになる。ここでは第一にこれら火山と火山でない山 (非火山) にどのような違いがあるのか、登山中に経験していることを中心として解説する。

第二に火山とは地下数 10km 以下の深さで生じたマグマが地上に噴出して生じた山である。このマグマはどのような条件で生じるのか。第三にこのマグマがどのようにして上昇し、噴火するのか、を解説する。第四にこのように火山から噴出したものにどのようなものがあるか、最後に火山は多くの恵み (風景、温泉、エネルギー源等) を提供してくれている。ここではこれらについて解説する。

火山と非火山(地形の違い)

我々が登山の対象としている山には、火山と非火山 (火山でないもの) がある。火山は地下深くで生じたマグマが地上に出てきたことにより生じた山である (図 1)。非火山は地層が地球表層部のプレートの動きにより生

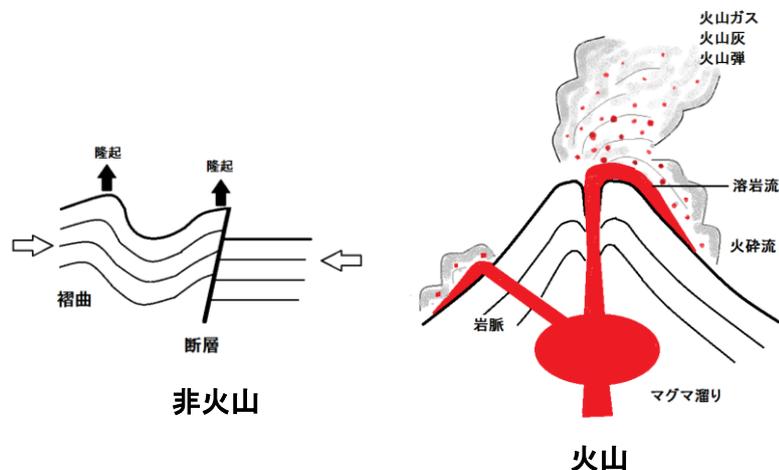


図1. 火山と非火山

じた力（図中の白矢印）で褶曲（地層が曲がる）されたり、断層により隆起して生じた山である（図1）。どちらのタイプの山もその後、水や氷河での浸食、崩壊により山の形を変えていく。

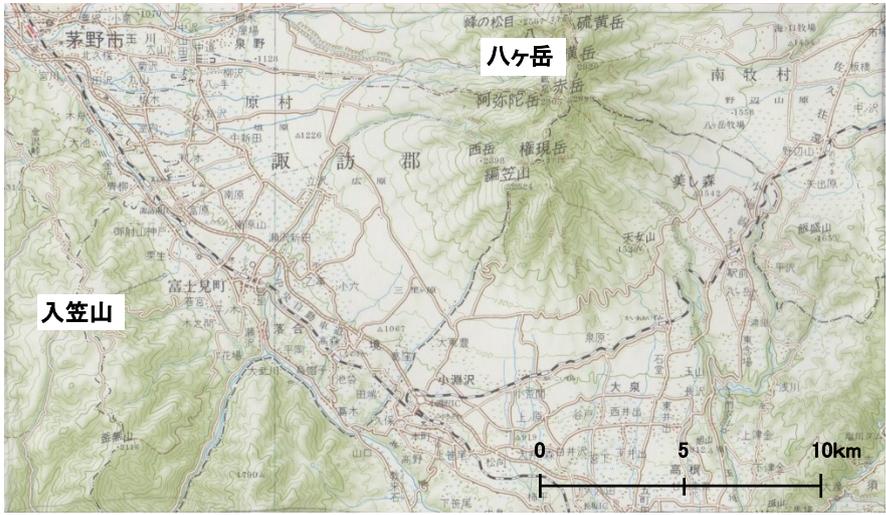


図2. 八ヶ岳(火山)と入笠山(非火山)の地形図(1/20 万甲府より)

火山の内部構造は氷河により浸食された山体や、大きな噴火口の内壁の観察から知ることができる。

図2は八ヶ岳(火山)南部と入笠山(非火山)地域の地形図である。八ヶ岳の麓は円形で山裾になるほど

間隔が広がる規則的の等高線を谷が削っていることが見てとれるが、入笠山側にはそのような地形は見られない。図3は、霧ヶ峰(火山)の溶岩流地形を示す地形図である。急斜面に挟まれた緩斜面が見られる。この緩斜面に農場が広がっている。これは溶岩流の地形である。非火山にはこのような地形は見られない。我が国は多雨であるため、多くの山は樹林に覆われ、地形図のような地形を直接見ることは多くの場合できないが、登下山中に足で感じるができる。

火砕流等を大量に噴出した後に生じるカルデラ地形も火山特有である。

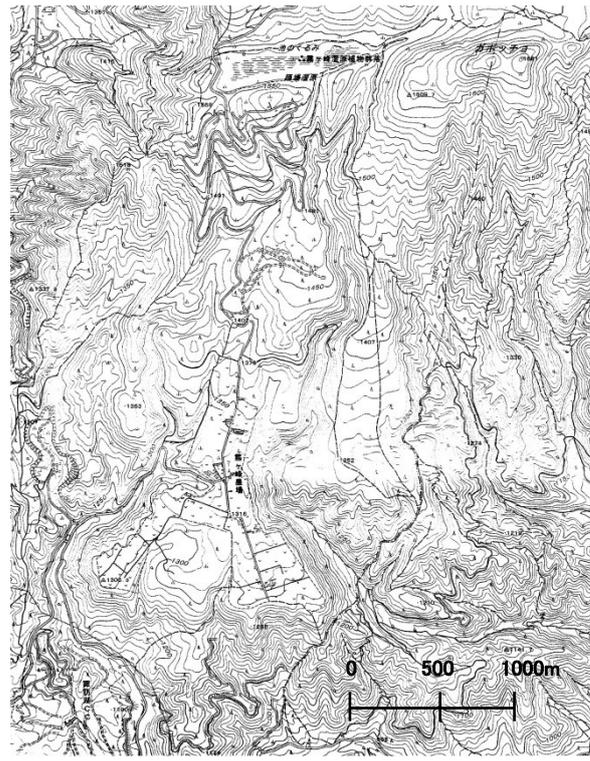


図3. 地形図に見る溶岩流(1/2.5万、南大塩より)

表1. マグマの発生の条件

1. 圧力の低下
a. 浅部への上昇(固体のまま)
b. 水平方向へ広がるテクトニックな動き
2. 水(不純物)の付加
凝固(融)点降下

マグマの発生

火山はマグマが地上に出てきた結果、生まれた山である。マグマとは岩石が融点を越える温度で液化したものである。

岩石が融解する条件を表1に示し、図4に図解した。

第一に表1の1aの場合を説明する。地球内部は深部になる程高温である。岩石の融解する温度(融解点)は高压下(深部)では高くなる。したがって高温の固体岩石が高温のまま深部から浅部に上昇してくると

周辺の圧力が低くなるので融点が低くなるので岩石が融解し、マグマ(ガラス質の液体)が生じる(図4の上)。圧力の低下により融点が下がる条件はマンタルが部分的に水平方向に開く(割れ目ができるように)ことによっても生じ得る(1bの場合)。第二は、融解すべきマンタルに水が混入することにより、融点が下がり、マグマが生じる(表1の2、図4の下)。これは物理・化学で凝固点(融点)効果と言われる現象である。物理・化学ではこの現象は不純物の混入により生じると説明される。すなわちマグマ発生に関しては、水が不純物であることを示している。この融解現象はマンタルの岩石全体が融解する(全岩融解)のではなく、鉱物粒子の角・表面がわずかに融解(部分融解という)し、その液体が集合していく、と考えられている(図5、最下部)。

このような条件が地球上に存在する場所を図化するると図6になる。中央海嶺下ではマンタルが固体で上昇してくる(表1の1a、図4の上)。海溝ではプレートがマンタルに沈み込むにあたり、海水起源の水を取り込むと説明されている。この条件で生じた火山が島弧火山、すなわち日本の火山である(表1

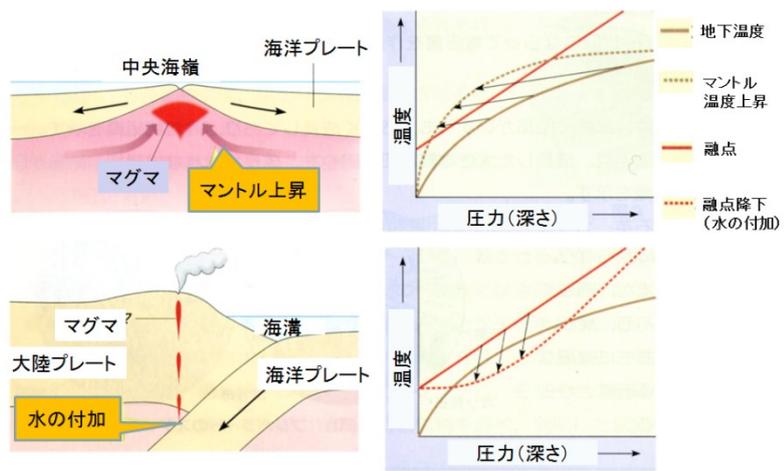


図4. マグマの発生条件

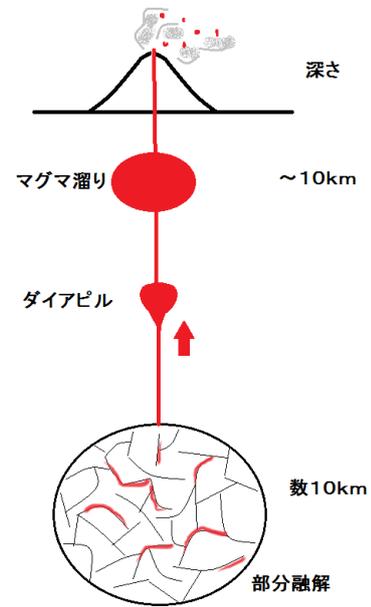


図5. マグマの発生・上昇・噴火(模式図)

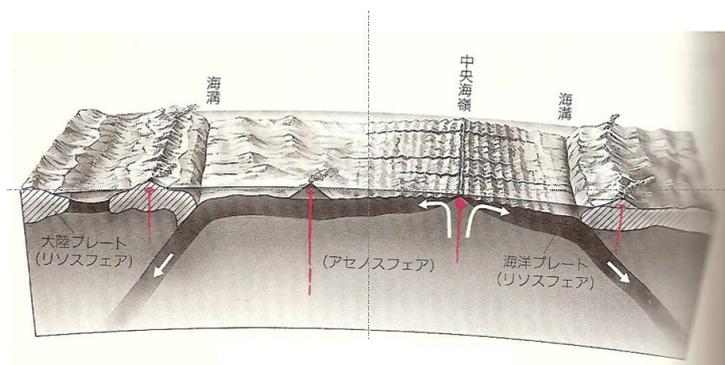


図6. プレートの運動と火山の分布

の2、図4の下)。これら2条件の他にハワイの火山に代表されるように、マントル深部でマグマが生じ、地表に上昇噴火する場合がある。このタイプの火山をホットスポットという。北大西洋の火山島アイスランドは中央海嶺とホットスポットが重なったところなので、本来海面下にある中央海嶺が地上に存在している。中央海嶺は

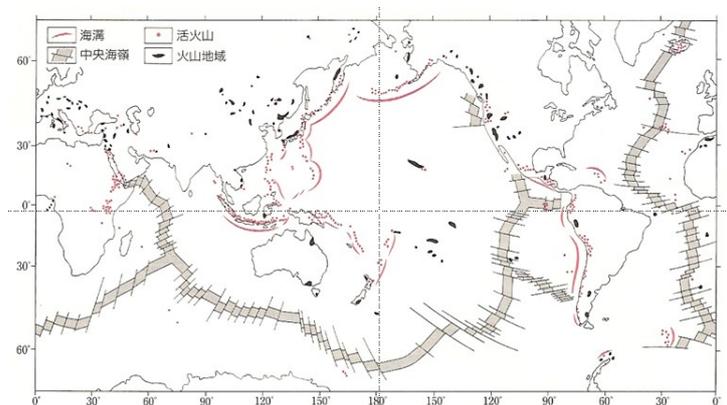


図7. 世界の火山の分布

プレートが生まれ広がるところで、ギャオと呼ばれる割れ目が地表で観察される。これ等の条件が揃うことにより生じた火山の世界分布を図7に示した。

マグマの上昇と噴火

火山が生まれるためには、上部マントルに生じたマグマが地上に出てこなくてはならない。マントル中で生じた液体は集合しダイアピルとなって上昇していく。マグマは液体なので周囲の岩石より密度が小さい。この密度差でマグマは上昇し、密度が釣り合う深さで上昇が止まり、マグマ溜りを形成する。マグマ溜りからさらに上昇して噴火する。この噴火への上昇力はマグマ溜りでマグマ中に存在（溶解）する気体成分（ H_2O 、 CO_2 等）が気化発泡することにより見かけの密度が低下してさらに上昇すると説明されている。大きな地震による振動が発泡をうながす可能性も考えられている。この発泡は上昇により周辺の圧力が下がるのでさらに進み、噴火の力となり、溶岩、火砕流、火山灰等を噴出する。 H_2O 、 CO_2 、 SO_2 等の気体成分は火山ガスとして放出される。これ等の過程を図5に模式的に示した。

火山噴火の爆発性はマグマの化学組成（特に SiO_2 含有量）により異なる。 SiO_2 量が多い安山岩、流紋岩は粘性が高いので溶

表2. 火山噴出物の種類

状態	噴出物の種類と形成物	
気体	火山ガス(H_2O 、 CO_2 、 H_2S 、 SO_2)	
固体	降下物	
	火山岩塊 ($\phi > 64mm$ 以上)	
	火山礫 ($\phi 2-64mm$)	
流体	火山灰 ($\phi 2mm$ 以下)	広域火山灰
	溶岩流 (高温の液体流)	溶岩トンネル、柱状節理、樹形、黒曜石
	火砕流 (高温の紛体流 (軽石・火山灰・岩塊))	溶結凝灰岩 (柱状節理)

岩流の流下速度は小さく、気体成分が抜ける力（脱ガス力）が弱く、この気体が出口（火口）で膨張するので爆発的な噴火となり、大きな岩塊を遠くまでとばすことになる。 SiO_2 量が少ない玄武岩マグマは粘性が低いので、地表まで上昇する過程で脱ガスしてしまい爆発的噴

火をすることは少なく、溶岩流の流速は比較的速い。

火山噴出物

表2に主な火山噴出物をまとめた。溶岩流の流下では溶岩トンネルや樹形を形成する。溶岩堤防は溶岩流の縁が周辺の物質に冷却され早期に固化し、中央部は熱いので液状のままさらに流下するので低くなる。溶岩流の底部及び表面は冷却されて固化されるが中心部の熱い溶岩は流下しトンネルが生じる(図8)。溶岩の流下により、溶岩堤防をとともう特有の地形を生じる。このよう

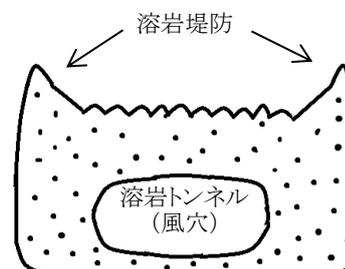


図8. 溶岩流の模式断面図

な地形についても火山の登山では注目したい。また、溶岩流が樹木を取り囲んだ時、樹木が焼けてしまうため、内面に樹皮型を残した穴(樹形)が生じる。

火砕流は火山灰、軽石を主にした高温の高速紛体流できわめて危険である。火砕流堆積物と降下火砕(火口から吹き上げられた火山灰・軽石)堆積物の区別は一般に容易である。すなわち、火砕流軽石は流れる間に角が取れ、丸く、大きさが揃っているのに対して、降下軽石は角張っていて、大きさが揃っていない(火口からの距離が近いほど大きい)。火砕流が短時間で大量に堆積した時、高温のため、再溶融し、溶結凝灰岩を形成することがある。大量な溶結凝灰岩や溶岩流は柱状節理を形成することがある。溶結凝灰岩には扁平になった軽石や、異質岩片を含んでいる。

黒曜石はきわめて粘性の高い流紋岩溶岩として生じる。殆どガラスから成っているため古代人は石器として用いた。屈折率、化学組成等から給源火山を推定することが出来るので、遺跡の石器から給源火山を推定して古代の流通経路を知ることが出来る。

カルデラを形成するような巨大噴火から生じた火山灰を広域火山灰という。我が国周辺の広域火山灰を図9に示した。殆どの火山灰は給源火山の東側に分布している。これは日本上空に偏西風が吹いていて、上空に吹き上げられた火山灰は東へ流されるからである。例えば、図9にある約9万年前に噴火した阿蘇4火山灰はカルデラ地形を作り、東方へ流され、北海道網走でも10cmもの厚さで堆積し、日本全土を覆い尽くしている。広域火山灰は短時間に広い地域に堆積したので、離れた地点の地層の時間の対比に極めて有効である。このような間接的年代測定を用いて、遺跡の年代測定に応用されている。

火山の恵みと災害

火山は災害をもたらすばかりでなく、美しい景色をはじめとして多くの恵みを与えてくれている。表4にそれらを整理した。

火山による美しい景色は日本全国、いや世界中にあることに異論はないであろう。登山の対象でもある。

火山の温泉は非火山性の温泉にくらべ高温で、湯量も多い。火山性温泉は噴火の可能性

がない火山にも多く存在する。マグマの熱は固化しても何万年の間冷えないでいることを示している。また、玄武岩質火山には温泉が少ないのも興味あることである。多種の泉質が山体下でどのような化学反応で生じるのかも興味がある。

熱水、高温蒸気を利用して地熱発電も行われており、最近エコエネルギーとして注目を集めている。すなわち火力発電の高温蒸気かわりに地下の高温蒸気を用いる、あるいは高温熱水（温泉水）から通常の水を加熱し、蒸気を発生させタービンを回転させて発電する。

CO₂ を放出しないので地球温暖化を防ぐ面から、火山国日本では、この

地熱エネルギーの利用が期待されるが、多くの場合、候補地が国立公園内にあること、温泉地の湯量への影響、熱排水中の有害成分の河川水利用への影響などの問題もある（殆どの場合地下に戻している）。

火山ガス事故への対策については、フォーラム（Ⅶ）で説明した。泥流、スラッシュ雪崩等火山特有の災害もあるが、ここでは割愛する。

おわりに

今回は火山噴火そのものについては、ほとんど触れず、火山とはどんなものかに話題を絞った。噴火予知、噴火対策については前回の講演資料を参照願いたい。

火山であっても、登山はあくまでも自己責任で行われるものである。火山そのものをよく理解頂き、安全な楽しい登山により、その恵みを味わって頂きたい。

プロフィール

福岡孝昭 昭和 17 年生まれ

学習院大学理学部卒業・博士課程満退（理学博士）

学習院大学理学部を経て、立正大学地球環境科学部に勤務、平成 25 年定年退職

日本火山学会、日本地球化学会会員

平成 8 年 日本山岳会入会（会員番号 1 2 1 8 5）、日本山岳会科学委員会委員

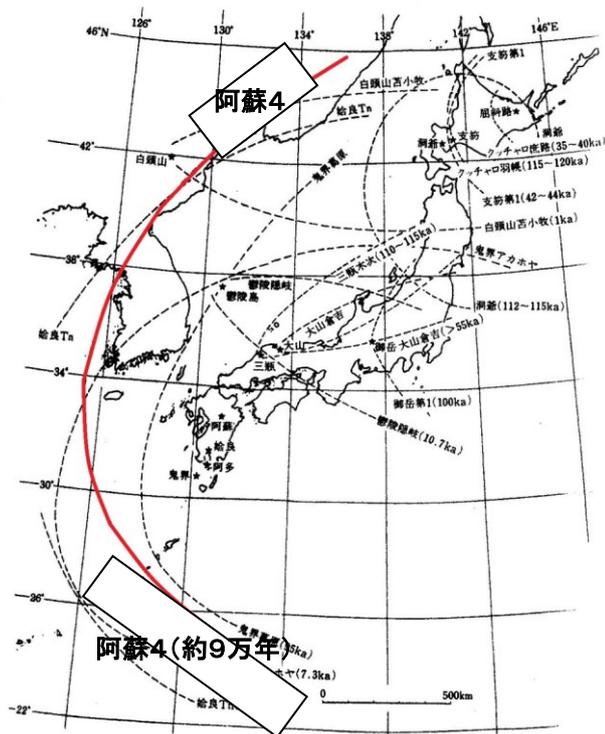


図9. 日本の広域火山灰(理科年表より改変)

表 4. 火山による恵みと災害

恵み	災害
登山の対象	噴火
美しい景観	火山ガス噴出
高温温泉	泥流、岩屑流
地熱発電	山体崩壊