

## 第 6 話

## 火山活動と火山噴出物

## 噴火の現場

1883 年の夏、休火山とされていたインドネシアの**クラカタウ火山**が、水蒸気と火山灰を放出し始めた。クラカタウは、ジャワ島の西にある島だった。8 月 26 日日曜日、活動は激しさを増し、翌日クラカタウは吹き飛んでしまった：島が消えたのだ。当時の電報には“クラカタウがあった場所には、今は海がきらめいている”とだけ記されていた。その発作のような爆発音は、4,600 km 離れたインド洋上の島にまで届いた。火山が吹き飛んだ際に発生した津波は、隣接するインドネシアのジャワ島とスマトラ島の海岸をおそい、36,000 人ももの尊い人命が奪われた。

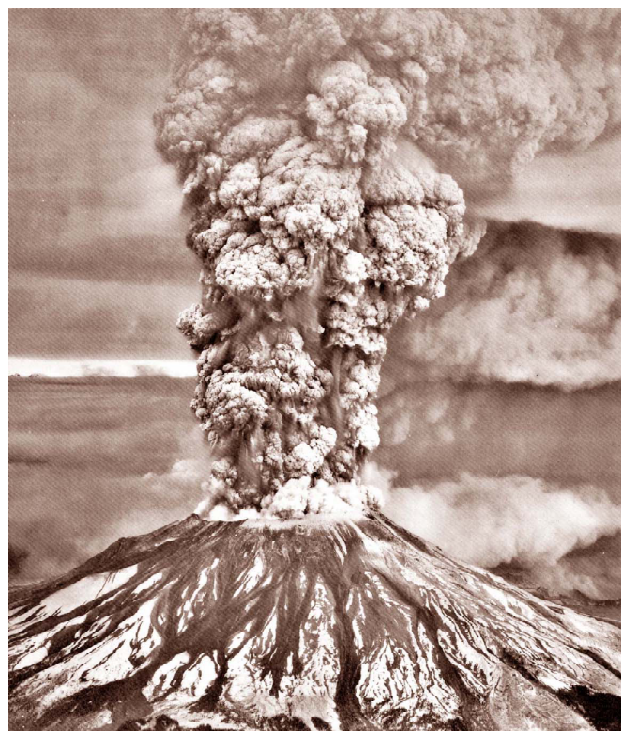
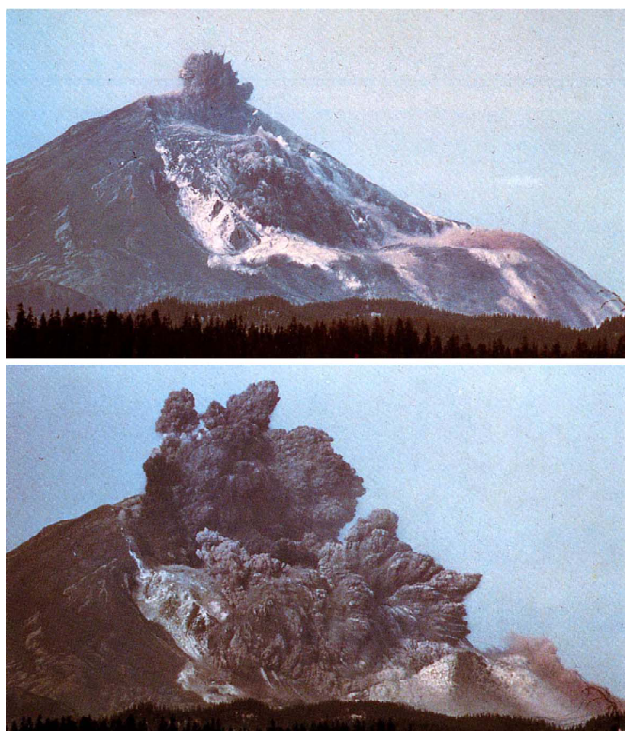
このクラカタウ火山の噴火の影響は、世界中に及んだ。噴火により 20 km<sup>3</sup> もの火山噴出物が放出され、中には、高さ 50 km の成層圏にまで吹き飛ばされた火山灰もあった。成層圏の灰は、13 日間地球全体を取り囲み、数ヶ月もの間、変な色の夕焼けが見られた—それはある時は青や緑で、またある時は深紅や燃えるようなオレンジ色だった。11 月のある日、ニューヨークの空に広がった夕焼けは火の玉のように輝き、誤って消防車が出動する程であった。大気中に漂う塵は太陽の光を遮り、1884 年には地球表層の気温が 0.5°C 下がったと見積もられている。大気がきれいになり、気候が元に戻るまでには 5 年かかった。

合衆国ワシントン州にある**セントヘレンズ火山**は、長い間活動していなかったが、1980 年 3 月に突然ものすごい

噴火をし、火山のすさまじい力を再び我々に思い出させてくれた。セントヘレンズ火山が歴史時代に活動したことは知られていたが、ここ 200 年以上は噴火していなかった。ところが、1980 年の初めになって、セントヘレンズ火山の近くに住む人々により、小さな地震が頻繁に報告されるようになった。3 月 27 日、セントヘレンズ火山は、水蒸気と火山灰を頂上から吹き上げ始めた。

合衆国地質調査所の所員たちの観察により、セントヘレンズ火山が風船のように膨らみつつあることが直ぐに明らかにされた。5 月初めになると、北側斜面が一日 1.5 m の割合で外側に膨らんできたので、そこは特に注意深く観察された。5 月 18 日日曜日の朝 8 時 32 分、当直の David A. Johnston はマイクに向かってこう叫んだ「バンクーバー、バンクーバー、もうおしまいだ!」。それが彼の最期の言葉だった。破壊的な噴火がおこった (第 6.1 図)。側方に吹き出した火山岩の巨大な塊と非常に高温のガスが、彼を襲ったのだ。彼も観測所も、一瞬のうちに跡形もなくなってしまった。この噴火では、他に 63 人が亡くなったが、地質学者の警告に従って当局が住民を避難させていなかったら、被害者数はもっと多くなっていたであろう。

火山活動は、**地球システム (Earth system)** において重要な役割を果たしている。1883 年のクラカタウ火山の噴火のような大規模な噴火は、世界中の気候を変える。火山活動中の、地球深部のできごとは、地表のできごとに影響を与える。そして火山活動中に新しい岩石が地表面へと



第 6.1 図 1980 年 5 月のセントヘレンズ火山の噴火 (左 2 枚) 5 月 18 日の山体崩壊の瞬間; (右) 山体崩壊後も、山頂から盛んに立ち上る噴煙 (5 月 18 日正午頃)。

運ばれ、風化し、新しく豊かな土壌となる。

## マ グ マ

火成岩はマグマが固化することで形成される。まず用語の定義をする。**マグマ (magma)** は溶融した岩石で、その中に浮かぶ鉱物の結晶や溶けているガスも含んだ総称である。マグマは、地殻やマントルを構成する岩石の溶融により形成される。マグマが地表に到達すると、マグマや固化した岩石やガスが噴出する。マグマが地表に噴出し、そこに噴出物が積み重なって山を作ったものを**火山 (volcano)** と呼ぶ。ある場合には、マグマ自体は地表に姿を現さず、ただマグマが地表近くまで上昇してきたことの影響として、地表にある種の地形を作ることもある。これも、火山の一種とみなすことができる。さらに、マグマが地殻内で固結して**貫入岩体**を作る活動も、広義の火山活動と見ることができる。

**Volcano** という言葉は、ローマ神話の火の神である **Vulcan** に由来しており、**溶岩 (lava)** 一地表に到達した、溶融した岩石一が溢れ出す光景を想像させる。実際の火山は、水のように流れる溶岩を流出することもあれば、1980年3月のセントヘレンズ火山の噴火の様に、高温の細粒物質からなる噴煙を噴出することもある。マグマ、火山、そして噴火の過程は、マグマの物理・化学的性質や、**マグマ溜まり (magma chamber)** の物理条件によって、多彩な様相を帯びてくる。

火山は、マグマを実際に見たり研究したりできる唯一の場所である。今回は、火山活動および火山噴出物について、マグマの物理的・化学的特性と関連づけて紹介する。

噴出した溶岩の観察からわかるマグマの重要な性質は、以下の3つである：

1. マグマは、シリカ ( $\text{SiO}_2$ ) に富んだ一定の幅の化学組成をもつ。
2. マグマは、高温で特徴づけられる。
3. マグマは、流動する性質をもつ。場合によっては、ほとんど動いていないように見える程ゆっくりと流動するものもある。ほとんどのマグマは、液体(メルトと呼ばれる)と鉱物粒子の混合体からなる。

### 化学組成

マグマは、Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, H そして O の様な、

地球上に大量に存在する化学元素からなる。マグマは、酸素と化学的に結合した元素からなる物質により構成されるため、普通、マグマの化学組成は、 $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  といった酸化物の重量%で表される。マグマ中に一番多い酸化物は、一般に  $\text{SiO}_2$  である (第 6.2 図)。

化学組成から見て、マグマには3つの典型的な種類がある：1つめは、 $\text{SiO}_2$  含有量が約 50 %、2つめは約 60 %、3つめは約 70 % のものである。これらは、前回学んだ**玄武岩 (basalt)**、**安山岩 (andesite)**、**流紋岩 (rhyolite)** という岩石名から、それぞれ玄武岩質、安山岩質、流紋岩質マグマと呼ばれる (第 6.2 図)。世界で噴出するマグマの約 80 % は玄武岩質で、安山岩質と流紋岩質のマグマは、それぞれ全体の約 10 % ずつである。中央海嶺やハワイのキラウエア火山から噴出するマグマは玄武岩質で、セントヘレンズ火山やクラカタウ火山は安山岩質、九州の阿蘇山や合衆国のイエローストーン国立公園での火山活動で噴出したマグマは大半が流紋岩質であった。前回、簡単に紹介したように、火山の種類の違いとその世界的な分布は、プレートテクトニクスと密接に関連する。

### マグマ中の気体 (揮発成分)

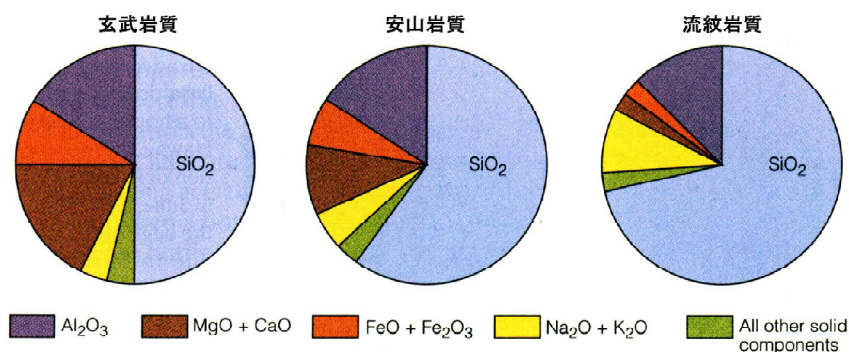
全てのマグマには、少量の気体 (0.2–3 重量%) が溶け込んでいる。その量はわずかであっても、気体は、マグマの性質に大きく関わってくる。マグマ中の気体は、水蒸気が主で、ほかに二酸化炭素を含み、両者で火山から出るガスの 98 % 以上を占めるとされる。残りの 1 % は硫化物、塩化水素、窒素、アルゴン等からなる。

### 温 度

マグマの温度を測るのは難しいが、火山の噴火中に測ることができる場合がある。ここまで見てきた通り、火山は大変危険な場所である。火山の研究者も、生きながら焼かれないとは思わないので、温度は光学機器を用いて測定される。ハワイのキラウエア火山やイタリアのベスビオ火山では、噴出するマグマの温度は 1000–1200°C と測定された。一方、マグマの合成実験からは、ある特定の条件下でマグマの温度は 1,400°C にもなるとされる。

### 粘 性

第 6.3 図のように、非常に流動的なマグマがある。ハワ



**第 6.2 図 主要な 3 種類のマグマ** 主要な 3 種のマグマの、平均化学組成 (重量 %)。それぞれのマグマが固化した岩石を、分析した結果。マグマに含まれるガスの大部分は、固化するときに逃げてしまうため、この方法では分析できない。玄武岩質マグマには溶け込んでいる気体は少なく、安山岩質や流紋岩質マグマには気体が多い傾向がある。





**第 6.3 図 川のように流れる溶岩** 1983 年、ハワイのキラウエア火山の噴火時に見られた、高速溶岩流。火口における溶岩の温度は、約 1100℃ と見積もられている。

イのマウナロア火山では、玄武岩質マグマが時速 16 km もの速さで斜面を流れた。しかし、このように流れやすいマグマはまれで、普通は 1 時間に数 m 以下の速さである。すなわち、溶岩流で、人々に危険が及ぶことは稀である。SiO<sub>2</sub> を 70 % 以上含み、溶存ガスをほとんど含まないマグマは、見ても分からないほど遅い速度で流れる。

自身の流動に対する抵抗力を与える物質の内部特性を**粘性** (viscosity) という。粘性の高いマグマほど流れにくい。マグマの粘性は温度と組成—特に**シリカ** (silica: SiO<sub>2</sub>) と溶存ガスの含有量—とに依存する。

### 粘性への温度の影響

温度が高いと粘性が低くなり、マグマは流れやすくなる。溶岩が冷え気体が抜け続けると、溶岩の粘性が高くなり、流れ方も変わってくる。ハワイでは高温で流れやすいマグマが、**パホイホイ** (pahoehoe) と呼ばれるなめらかな



A.

縄状模様をもつ溶岩となる (第 6.4 A 図)。高温だったマグマも、冷えると粘性が次第に高くなり、最後には完全に静止する。ハワイでは、低温で粘性の高いマグマは、**アア** (aa) と呼ばれるガサガサした溶岩となる (第 6.4 B 図)。

### 粘性へのシリカ含有量の影響

シリカ鉱物を構成する (SiO<sub>4</sub>)<sup>4-</sup> 陰イオン (p. 25 ; 第 4.2 図) は、マグマの中にも含まれる。鉱物中に含まれるときと同じように、(SiO<sub>4</sub>)<sup>4-</sup> 陰イオンは、酸素原子を共有しながら重合する。しかし、ケイ酸塩鉱物中とは異なり、マグマ中でのケイ酸イオン四面体は、不規則な形の重合体を作る。この重合体の大きさは、四面体の数によって決まる。ケイ酸イオン四面体の数が多くなると、重合体は大きくなり、マグマは粘性が高く、すなわち流れにくくなる。

ケイ酸塩四面体の重合体の大きさは、マグマ中のシリカの含有量によって決まる。シリカ含有量が高いと、より大きな重合体ができる。従って、流紋岩質マグマは、玄武岩質マグマより粘性が高く、安山岩質マグマは両者の中間の粘性となる。

### 火山噴出物

ここまでの記述と一部重複するが、火山噴出物に関するまとめを行う。火山噴出物は、まず気体 (火山ガス) と固体に分けられ、固体は溶岩と火山砕屑岩類とに分けられ、火山砕屑岩類は、更に降下火砕堆積物と火砕流堆積物とに分けられる。

### 火山ガス

マグマは、H<sub>2</sub>O や Cl の様な**揮発性物質** (volatile substance) を相当量含む。**火山ガス** (volcanic gas) とは、火山の火口から噴出する気体の総称で、マグマ中の揮発性成分と、外気や天水から取り込まれた揮発性成分との混合物である。マグマ中の揮発性物質は、マグマの物理・化学的性質を決定する重要な要素の一つであり、またマグマが外部



B.

**第 6.4 図 温度により異なるマグマの粘性** 同じ、ハワイの玄武岩質マグマでも、高温の時は速く流動して、表面に縄状の模様をもつパホイホイ溶岩 (A) となり、低温だとがさがさとしてゆっくり流れるアア溶岩 (B) となる。



### 火山碎屑物の分類

粒子の直径	粒子が特定の外形や内部構造をもたない	粒子が特定の外形(構造)をもつ	粒子が多孔質のもの
> 64 mm	火山岩塊 (volcanic) block	火山弾 volcanic bomb 溶岩餅 dribblet スパター spatter	軽石 pumice スコリア scoria (岩滓)
64-2 mm	火山礫 lapilli	ペレーの毛 Pele's hair ペレーの涙 Pele's tear	
< 2 mm	火山灰 (volcanic) ash		

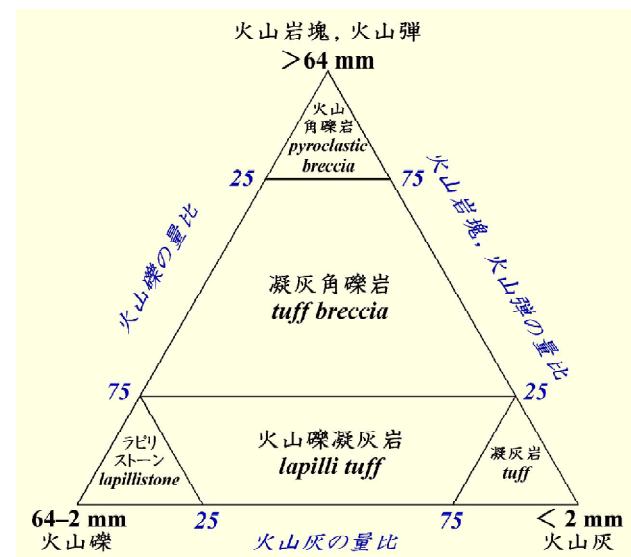
### 火山碎屑岩の分類

粒子の直径	粒子が特定の外形や内部構造をもたない	粒子が特定の外形(構造)をもつ	粒子が多孔質のもの
> 64 mm	火山角礫岩 pyroclastic breccia [基質多: 凝灰角礫岩 tuff breccia]	凝灰集塊岩 agglomerate アグルチネート agglutinate (岩滓集塊岩)	軽石凝灰岩 pumice tuff スコリア 凝灰岩 scoria tuff
64-2 mm	ラピリストーン lapillistone [基質多: 火山礫凝灰岩 lapilli tuff]		[いずれも細粒 基質をもつ]
< 2 mm	凝灰岩 tuff		



第 6.7 図 火山碎屑物の例 A: 火山弾, B: 火山礫, C: 火山灰。

第 6.5 図 火山碎屑物(岩片)と火山碎屑岩の分類 Wentworth & Williams (1932), 久野 (1976) の分類を, Fisher (1961, 1966) に従って一部修正したもの。「基質」とは, 主要な粒子を取り巻き, より細粒な粒子で構成される部分のこと。



第 6.6 図 構成粒子の粒径による火山碎屑岩の分類 第 6.5 図と矛盾しない図であることを確認すること。

に対して行う各種の作用(例えば噴火活動や接触した岩石に対する変質作用)にも大きな役割を演じている。

### 溶 岩

マグマが地表に噴出して流体として存在・流動する場合, その流体を溶岩 (lava) と呼ぶ。また, この流体が冷却・固結して生じた火山岩も, 同じく溶岩と呼ぶ。

#### 溶岩の粘性

溶岩は, 粘性によってその形態が著しく異なる。溶岩の粘性を左右する条件は, 主に下記の 3 つである。この 3 つの条件を見るとわかる通り, 一般に, 珪長質マグマよりも苦鉄質マグマの方がやわらかく流れやすい。

- ・温度: 高温の方が, 粘性が低い。
- ・ $(\text{SiO}_4)^4-$  の重合度: 重合度の低い方が, 粘性も低い。
- ・揮発性成分含有量: 含有量の高い方が, 粘性は低い。

#### 陸上の溶岩流

陸上の溶岩流は, 形態により, パホイホイ (pahoehoe :





第 6.8 図 柱状節理 福井県東尋坊の安山岩中に見られるもの。



第 6.10 図 ハイロクラスタイト 石川県能登金剛の巖門付近のもの。黒い安山岩溶岩片が、急冷ガラス化とその後の変質による白く縁取られていることがある。

第 6.4A 図), **アア** (aa : 第 6.4B 図), **岩塊状** (block) 溶岩などと区分される。厚い溶岩流, シルおよび溶結凝灰岩(後述)が冷却すると, 体積が均等に収縮して, 冷却面に直交した規則的な**柱状節理** (columnar joint ; 節理=ずれを伴わない割れ目) を生ずる (第 6.8 図)。

#### 水中溶岩流 (subaqueous lava flow)

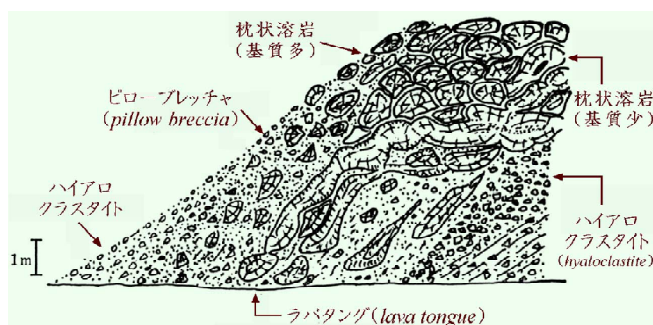
溶岩が水底を流れると, 水との接触により表面が急冷される。粘性の極めて低い場合は**枕状溶岩** (pillow lava) となり, より高い粘性の場合は**ハイロクラスタイト** (hyaloclastite) となり易い。

枕状溶岩とは, 径数 cm~数 m の楕円体状の溶岩塊の集合体である。枕の表面約 1 cm の厚さにガラス質の急冷層をもち, 枕の中心付近から放射状の割れ目が発達する特徴がある。第 5.13・6.9 図の様に枕が密着して積み重なると, 枕の間の隙間に上位の溶岩が垂れ下がるため, 溶岩流出時の上下の向きが判定できる。

水底に噴出した高温の溶岩が水と接触し, 急冷・破碎されて生じたガラス質な岩片の集合体からなる火山碎屑岩状の溶岩を, ハイロクラスタイトと総称する。玄武岩質の枕状溶岩は, しばしば**ピローブレッチャ** (pillow breccia) を介してハイロクラスタイトへと移化する(第 6.11 図)。また, 安山岩質, デイサイト質の溶岩が水底に噴出すると, 大部分ハイロクラスタイトになる場合が多い。



第 6.9 図 枕状溶岩 オマーンのマスカット(首都)南方 100 km にある Wadi Qant 沿いの枕状玄武岩溶岩。矢印 (3ヶ所) 先端の垂れ下がり, 流出時の上下向きがわかる。



第 6.11 図 水中溶岩流の模式図 枕状溶岩から, ピローブレッチャ (枕状溶岩起源の角礫岩 (breccia)) を経て, ハイロクラスタイトへと移化する。

#### 火山碎屑岩類

火山の爆発的噴火が原因でできた岩片を**火山碎屑物** (volcanic ejecta) と呼び, それら岩片が互いに膠結し合ったものを**火山碎屑岩類** (pyroclastic rocks) という。火山碎屑物と火山碎屑岩は, 粒径・構造などに基づいて, 第 6.5・6.6 図の様に分類される。これは, 成因を考慮しない記載的分類法である。火山碎屑物中には, 後述のように発泡したマグマが急冷してできた, 多孔質な岩塊がしばしば含まれる。この様な岩塊の内, 白っぽいものを**軽石** (pumice), 黒っぽいものを**スコリア** (scoria) と, それぞれ呼ぶ。

成因を考慮に入れると, 火山碎屑物は大きく 2 つに分けられる。一つは, 岩片が主に空中から降下して形成された**降下火砕堆積物** (pyroclastic fall deposits) であり, もう一つは, 岩片が主に地表を流動して形成された**火砕流堆積物** (pyroclastic flow deposits) である。火砕流堆積物の中には, 多量の岩片が一時に堆積したと思われるものも多い。特に, 大量の軽石, スコリア, 火山灰等が, 高温の状態で厚く堆積すると, 堆積物の自重と高い温度のために, 堆積物下半部の軽石やスコリアは圧縮されて気泡を失い, かつ破片どうしが溶結し合って, 固い火山碎屑岩体を作る。この様にできた火山碎屑岩を, **溶結凝灰岩** (welded tuff) と呼ぶ (第 6.12・13 図)。



### 火山の噴火様式

マグマは、他のたいていの液体と同様に、溶融前の岩石より密度が小さい。そのため、粘性の低いマグマは、周りの粘性の高い岩石を押しのかけて、ゆっくりと上昇していく。もちろん、上昇していくマグマは、その上にのる全ての岩石の重さに相当する圧力を受けている。その圧力は深さに比例するので、マグマの圧力は、上昇するにつれ減少していく。

圧力は、マグマに溶かし得る気体の量を左右する一すなわち、圧力が高いほど多くの気体を溶かし得る。上昇していくマグマに溶けている気体は、コーラの中の炭酸と同じようなものである。コーラの瓶のふたを開けると、瓶の中の圧力が下がり、気体が液体中から出てきて泡となる。上昇するマグマに溶けている気体も、やがてマグマから出てきて泡を作る。生じた泡に何が起こるかは、マグマの粘性により異なる。

#### 非爆発的な噴火

一般の人々が、火山の噴火はどれも危険で、活火山は避けて通るべき場所だと考える理由は理解できる。しかし地質学者にとって、ある種の活火山は比較的安全で、研究しやすい。例えば、ハワイで見られるような非爆発的な噴火は、1980年の合衆国ワシントン州のセントヘレンズ火山や1982年のメキシコのエルチチョン火山の噴火の様に破壊的で人命を奪うような噴火に比べると、比較的安全である。爆発的な噴火を引き起こすマグマと、非爆発的な噴火をするマグマとでは、粘性と溶け込んでいる気体の量とに違いがある。非爆発的な噴火をするマグマは、粘性が低く、溶け込んでいる気体の量が少ない。

#### 爆発的な噴火

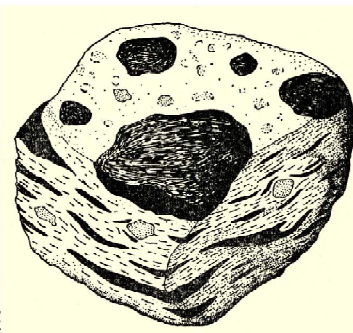
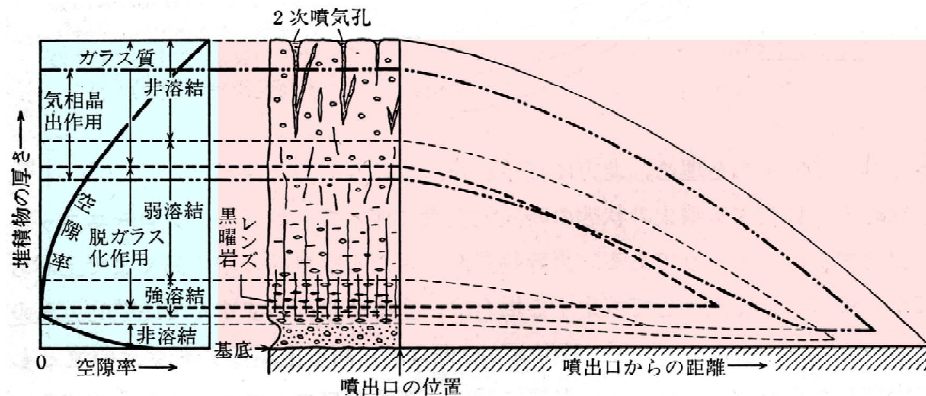
安山岩質や流紋岩質のマグマでは、粘性が高いために、気体は非常にゆっくりとしか抜けることができない。そのようなマグマが地表に達すると、圧力の減少によって気体が一気に膨張し、爆発的な噴火を引き起こす。圧力が急に下がると、マグマ中の気体は、ガラス質の壁をもつ無数の泡となり、それは軽石となる。軽石の中には、水に浮く



第 6.12 図 セントヘレンズ火山の火砕流（熱雲） 1980年8月7日、時速 100 km を超える速度で、斜面を走り下る様子が観察された。

らい低密度のものもある。例えば太平洋に浮かぶ島々の海岸には、遠くで噴火した火山の軽石が流れ着くことがよくある。気体が多くて粘性の高い大量のマグマの中で泡がはじけると、多くの場合軽石はできずにごく小さいガラスの破片ができ、火山灰となる。爆発的な噴火が起こると、大量の火山灰ができる。

マグマ中に気体がほとんど含まれないと、そのマグマは、化学組成に関係なく溶岩として噴出するだろう。しかし、気体が含まれていれば、気体は何とか逃げようとする。この場合、マグマの粘性が高い程、爆発的な噴火が起こる可能性が高くなる。34-35 ページに記したように、一般に珪長質なマグマほど粘性が高い。マグマ中のケイ酸イオンの重合度が高く、温度も一般に低いためである。従っ



第 6.13 図 火砕流堆積物と溶結凝灰岩 (左)溶結部を含む火砕流堆積物に見られる累帯構造。ある程度以上厚い火砕流堆積物の下半部が溶結し易い。(右)阿蘇の溶結凝灰岩：軽石が堆積物の重みでつぶれ、溶結してできた黒色レンズ状部に注目。



て、珪長質なマグマほど、爆発的噴火をする可能性が高い。

### 噴煙柱と降下火山砕屑物

シリカの含有量が多く、溶けている気体の量が多いマグマは、最も激しく爆発的な噴火を引き起こす。上昇してきたマグマが地表に到達すると、急な減圧により、気体が泡となり膨張する；この膨張により、高温の気体と火山砕屑物からなる密度の大きい混合物が、どんどん上昇していく。この高温の混合物は、火口から周囲の冷たい空気の中を勢いよく上昇し、高さ 50 km もの**噴煙柱** (eruption column) となることがある (第 6.1 右図)。噴煙柱は、できたての高温火山砕屑物の熱エネルギーにより、どんどん上昇する。噴煙柱は、密度が周りの大気と等しくなるところで横に広がり、雷雲にも似た T 字型の雲になる。

噴煙が大気上部で風に流されるようになると、火山砕屑物粒子が落下するようになり、地面にたまっていく。大規模な爆発的噴火では、火山灰が 1,000–2,000 km も離れた場所にまで堆積した例もある。細粒な火山灰は、かなり遠くまで運ばれる。噴煙柱が成層圏にまで達し、火山灰や硫黄に富んだガスが世界中に広がった例もある。このように大気が汚染され太陽の光が遮られると、31 ページに記したように地表の平均気温が 1 年以上にわたって 1°C 近くも下がったり、夕焼けが異常な色に見えたりする。

### 火 碎 流

火山の斜面を高速で流れ下ってくる高温の火山砕屑物と気体の混合体を、**火砕流** (pyroclastic flow) と呼ぶ。火砕流は、火山の噴火の中で、最も破壊的で殺人的な災害をもたらす。有史以前の火砕流を地質学的に調べると、火砕流は、火口から 100 km 以上離れたところにも達するらしい。また、これまでの観測結果から、火砕流は最大時速 700 km 以上にもなる。もっとも破壊的だった噴火は、1902 年の、カリブ海のマルティニーク島にあるプレー火山の噴火で、このとき麓のサン・ピエール市は埋め尽くされ (第 6.15 図)、29,000 人ものが亡くなった。高温のマグマの固まりが火山の頂上付近で爆発し、高温の気体、火山灰、



第 6.14 図 火山性の突風で薙ぎ倒された森林 1980 年、北米セントヘレンズ火山の噴火後の様子。

および他の火山砕屑物が高温の混合物をつくることで、このような火砕流が発生する。また、火砕流は、噴煙柱が崩れるときにも発生する。このような火砕流を、**熱雲** (nuée ardente) と呼ぶ。例えば 1980 年のセントヘレンズ火山の噴火の時には、噴煙柱が崩れて発生した温度 850°C もの火砕流が、火山の北側斜面を 8 km も走り下り、広さ 15 km<sup>2</sup> の区域を覆いつくした (第 6.12 図)。

### 側方への突風

31–32 ページに記した、1980 年のセントヘレンズ火山の噴火では、大規模な爆発的噴火に特徴的な、多くの現象が起きた。マグマが上昇するにつれ、山の北側斜面がふくらみ始めた。そして 1980 年 5 月 18 日、大きな火山性地震が起こり、不安定だった山の斜面が崩れる大規模な地滑りが起こった。地滑りで山体表面を覆っていた岩石が動いたために、山体内の圧力が急に下がり、気体を多く含むマグマがマグマ性ガスと火山灰および粉々になった火山砕屑物との混合物となり、突風とともに側方へ噴き出した。セントヘレンズ火山の火口から半径 30 km の約 600 km<sup>2</sup> の範囲では、森の木々はなぎ倒され (第 6.14 図)、高温の火砕流に覆い尽くされた。

### 火山の形態と構造

#### 楯状火山

粘性の低い、例えばハワイのマグマは、傾斜のゆるい斜面をかなり遠くまで流れ下り、厚さの薄いシート状の溶岩



第 6.15 図 1902 年、サン・ピエール市 プレー火山の噴火直後に撮影された、サン・ピエールの町。火砕流により破壊し尽くされ、廃墟と化している。

となる。より遠くまで流れた溶岩は、温度が下がるにつれ粘性が高くなり、急な斜面を造るようになる。ハワイのキラウエア火山では、山頂付近では斜面の勾配は $5^{\circ}$ 以下であるが、中腹では $10^{\circ}$ もある。このようにしてできた、楯を伏せたような火山体（第 6.16 h 図）を**楯状火山**（*shield volcano*）と呼ぶ。

### 碎屑丘

マグマの上昇に伴い、マグマ中の気体がどんどんと気泡になると、火山碎屑物がシャワーのように何日も降り続く噴火が起こる。この火山碎屑物のシャワーは、火口のまわりに**碎屑丘**（*pyroclastic cone*；第 6.16 b 図）を造る。碎屑丘の斜面は、傾斜が約 $30^{\circ}$ で、これは降り積もった火山碎屑物の安息角である。

### 成層火山

活動期間の長い大きな火山で、特に安山岩質のものは、溶岩流と火山碎屑物の双方を噴出する。火山碎屑物と粘性の高い溶岩流からなり、割と勾配の急な円錐形の火山を**成層火山**（*stratovolcano*；第 6.16 g 図）と呼ぶ。成層火山の頂上付近では、山体の勾配は $40^{\circ}$ もある。裾野に向かって勾配はゆるくなり、 $6^{\circ}$ から $10^{\circ}$ くらいになる。頂上付近の急斜面は、時に粘性の高い溶岩から、また時には火山碎屑物からなる。溶岩流があるかないかが、碎屑丘と成層火山との大きな違いである。成層火山は、火山碎屑物の侵食を被覆する溶岩流が防ぐので、一般に碎屑丘よりかなり大きくなる。成層火山は、絵のような非常に美しい形をしている。山頂に雪を抱いた富士山（第 6.17 図）は、何世紀もの間、人々に感銘を与えてきた。また、合衆国ワシントン州のレーニア山も、荘厳な成層火山の一例である。

### 溶岩ドーム

大規模噴火の後に流出する溶岩には、溶け込んでいる気体が非常に少なく、粘性が非常に高い傾向がある。この様な時、丸い山頂と急な斜面をもつ**溶岩ドーム**（*lava dome*）が形成される（第 6.16 d-f 図）。セントヘレンズ火山の火口中央には、高さが 200 m 以上の溶岩ドームがある。

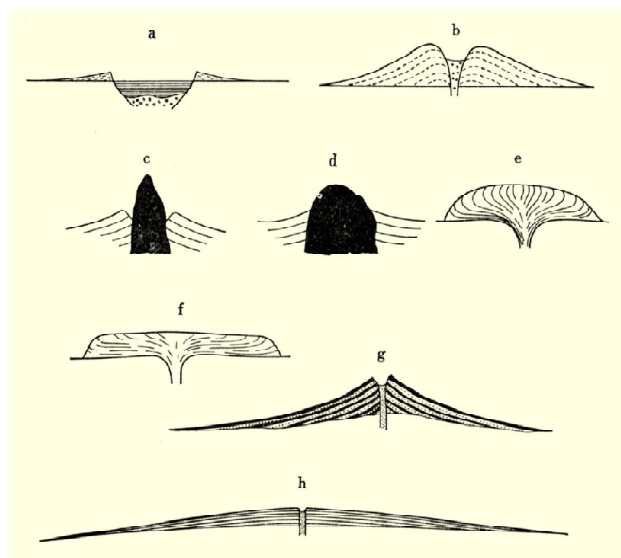
### カルデラ

盾状火山や成層火山の頂上付近には、大きくて目立つ穴



第 6.17 図 成層火山 世界的にも有名な成層火山である、日本の富士山の雄姿。山梨県側から撮影した写真。

があることが多い。これが、**カルデラ**（*caldera*）である。カルデラは、直径が 1 km 以上あり、急な壁をもつ、ほぼ円形の盆地である。カルデラは、噴火の後、空になったマグマだまりの一部が崩落してできる。大量のマグマや火山碎屑物を一気に噴出すると、マグマだまりは空のまま残る。マグマだまりが空になって、天井の支えがなくなると、ほぼ鉛直な環状の割れ目に沿って、天井部分が自重でゆっくり崩れ落ちる。カルデラ形成後の噴火は、その環状の割れ目に沿っておきやすく、小さな碎屑丘が環状にできる。オレゴン州のクレーター・レイク（第 6.18 図）は、約 6,600 年前の大規模噴火（火山碎屑物の噴出）で形成された、直径 8 km のカルデラである。この時噴火したのが、マザマ山である。この時に噴出した火山碎屑物は、クレーター・レイク国立公園だけでなく、北アメリカ北西部の広い範囲やカナダにも分布している。約 75 km<sup>3</sup>もの火山碎屑物を放出している間に、マグマだまりの天井が崩落した。イエローストーン国立公園では、200 万年前と 120 万年前、そして 60 万年前に、火山碎屑物の大量放出に伴うカルデラ形成が数回あった。



第 6.16 図 各形式の火山の形態および構造 a マール, b 碎屑丘, c 火山岩尖, d-f 溶岩円頂丘（3 種）, g 成層火山, h 楯状火山。本文中にない形式については、自分で調べておくこと。



第 6.18 図 クレーター・レイク 合衆国オレゴン州にあるクレーター・レイクは、マザマ山山頂にあり、北米最深の湖である。