

# 火山のはなし



図11 1970年9月秋田駒ヶ岳のストロンボリ式噴火（行田紀也撮影）



図12 2000年5月27日長野県山形町（山形県）で発生した大規模な噴火（山形県提供）



図13 日本列島から見た富士山（山形県）で発生した大規模な噴火（山形県提供）



図14 1990年4月21日アラスカ・リダウト火山の噴火（Joyce Warren 撮影）



1986年11月19日、伊豆大島三原山山頂火口のマグマ噴火と山腹を流下する溶岩流（東京都提供）

# 火山噴出物（テフラ）

溶岩

火山砕屑物  
（火砕物）

降下火砕物

火山灰，軽石，スコリア

火砕流堆積物

軽石流堆積物

火山灰流堆積物

※ 溶結凝灰岩（溶結したもの）  
凝灰岩（やや固結したもの）

火砕サージ堆積物

火山ガス

# 火山噴出物（テフラ）

## 溶岩

連続した液体の状態で火口から噴出したもの



1986年11月19日。伊豆大島三原山山頂火口のマグマ噴火と山腹を流下する溶岩流（東京新聞提供）



1990年3月5日。雲仙山の溶岩ドーム（NHK提供）



写真 10.2 パホイホイ溶岩（左）とアア溶岩（右） いずれも溶岩の表面形態を表すハワイ語で、なめらかな光沢ある表面をもつ溶岩がパホイホイ、とげとげしたクリンカーと呼ばれる岩塊で覆われる溶岩がアアである。成分はほぼ同じだが、溶岩噴泉や急斜面を下るなど大きな剪断応力が加わるとアア溶岩になることが多い。いずれもマウナフルからの溶岩。[チェーンオブレークーズロードわき]

# 火山噴出物（テフラ）

火山碎屑物

降下火砕物

大きさ

火山灰／火山礫／火山岩塊

径2mm

径64mm

形・内部構造

軽石，スコリア

火山弾

リボン状，牛糞状，紡錘状，パン皮状





# 火山噴出物（テフラ）

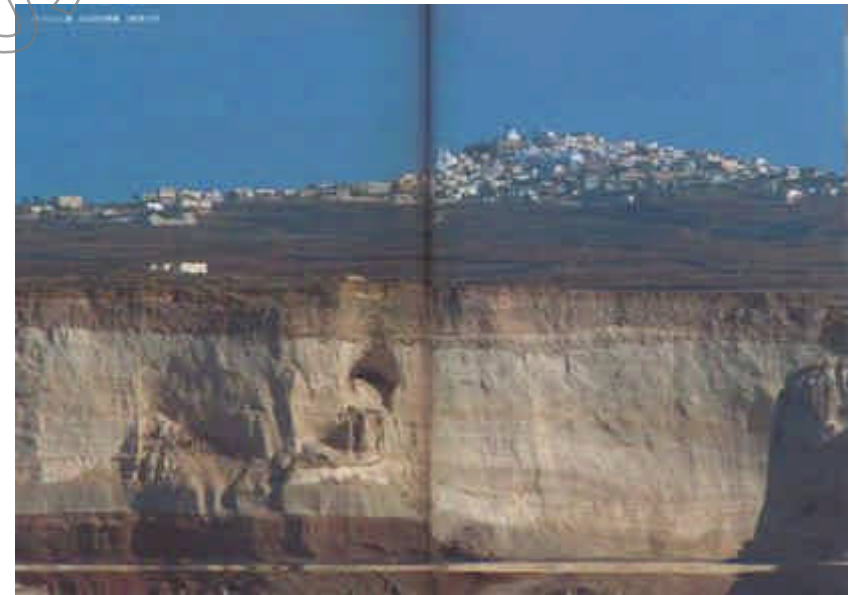
火山碎屑物

火砕流堆積物

軽石流堆積物

火山灰流堆積物

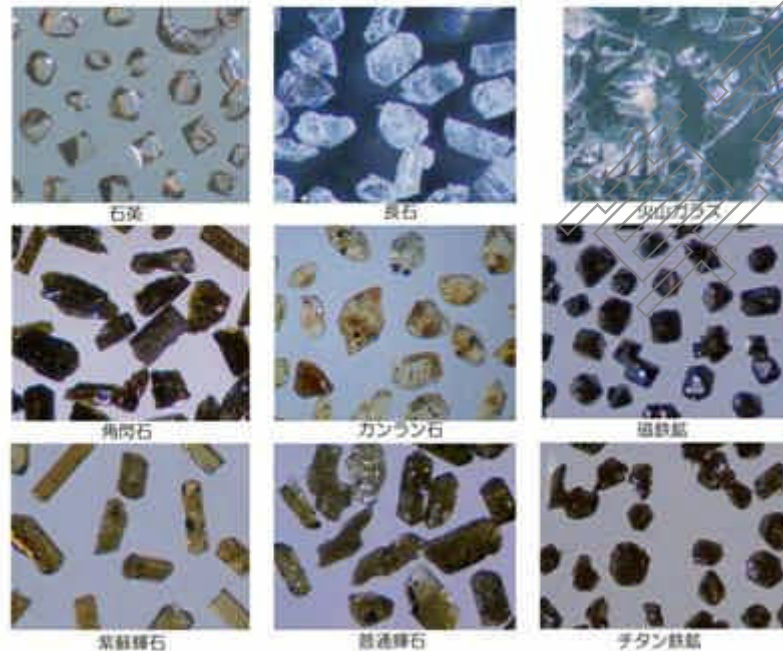
※ 溶結凝灰岩（溶結したもの）  
凝灰岩（やや固結したもの）



# 火山灰と砂・泥の粒子との違い

## 火山灰

- ・粒子が角張っている
- ・火山ガラスを含む
- ・自形の鉱物粒子を含む

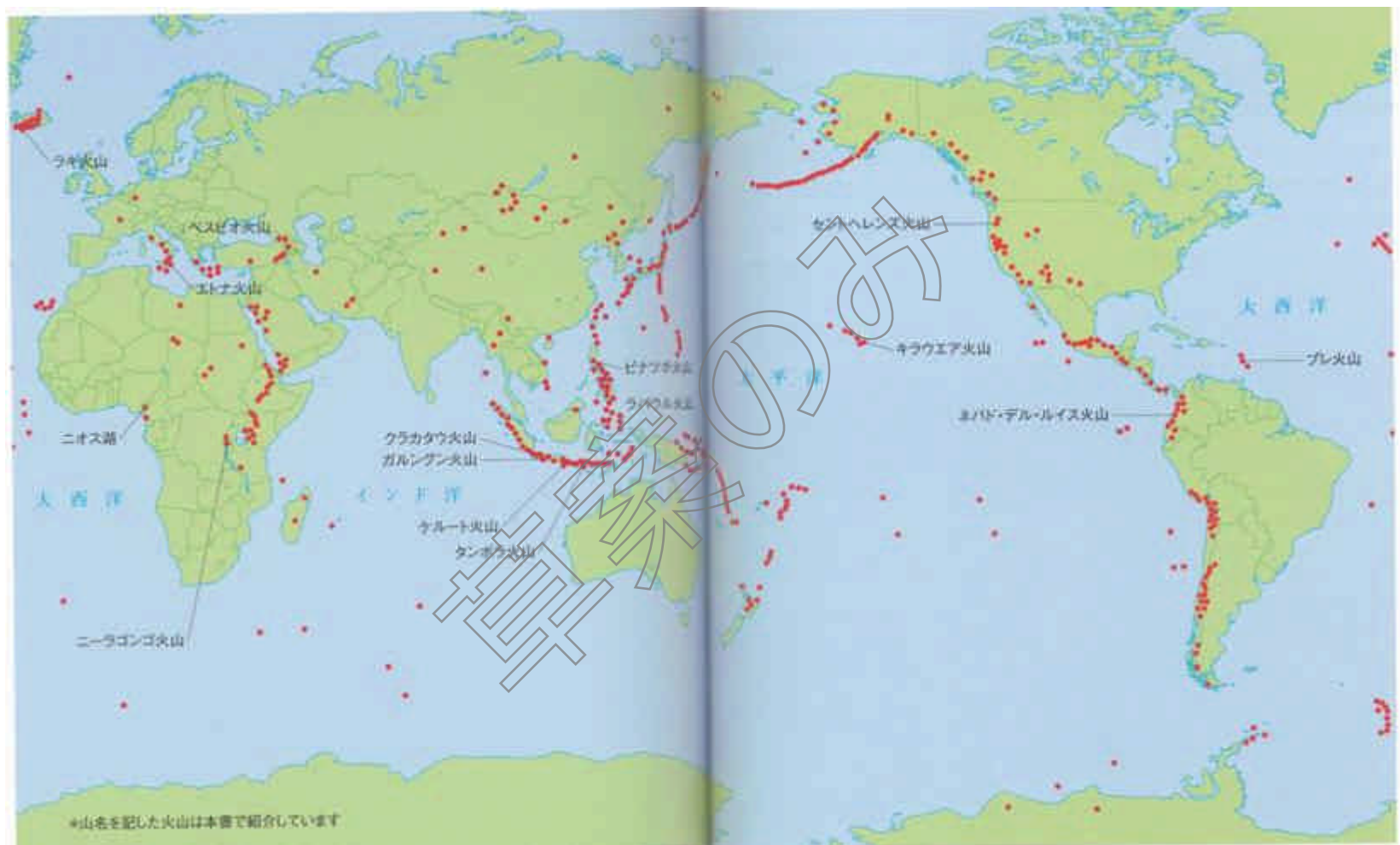


## 砂・泥

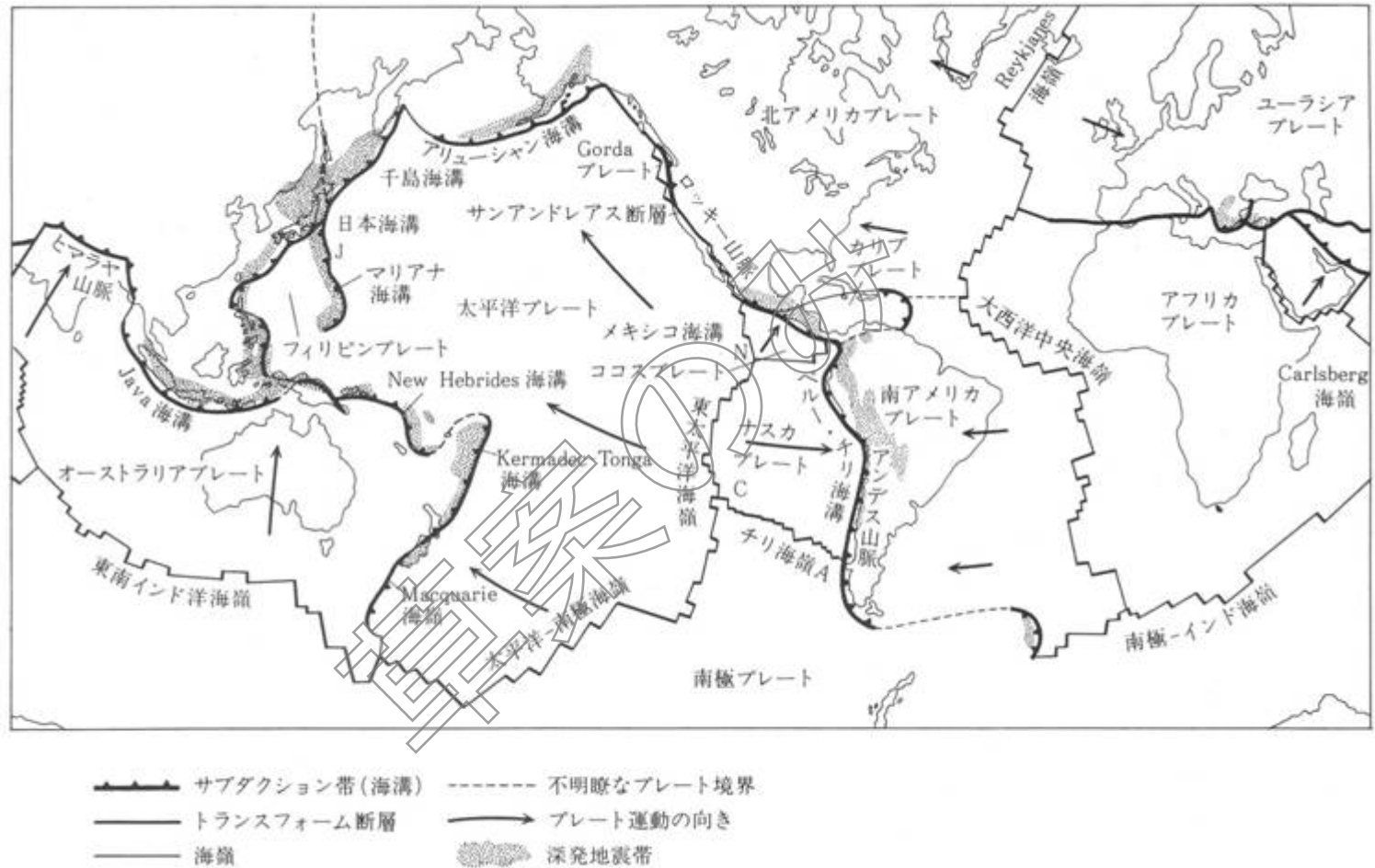
- ・粒子が丸い（円磨されている）
- ・火山ガラスを含まない
- ・鉱物粒子は角が取れて、自形をしていない



5. 君ヶ浜の砂。



## 世界の火山の分布



## プレートの境界とプレートの動き



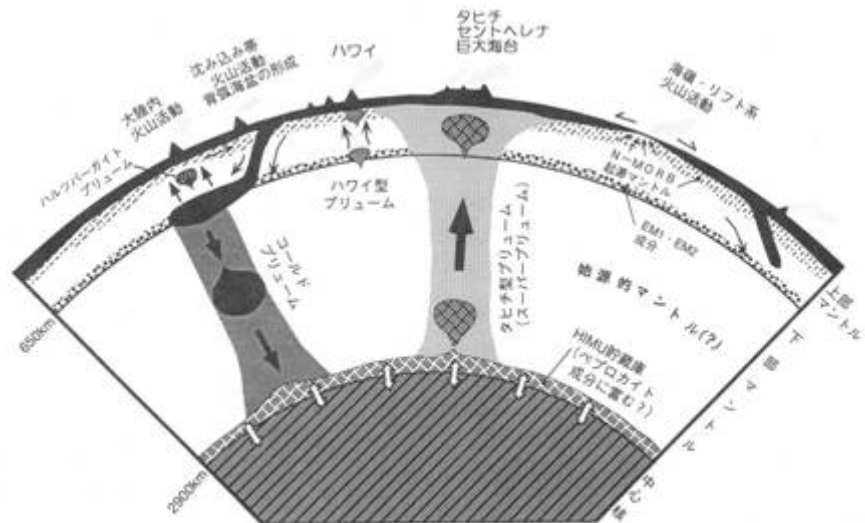


図8.15 マントル内で生じていると考えられる、最も大規模で本質的な物質移動の模式図  
白矢印は、マントル・核間の化学的相互作用を示す。

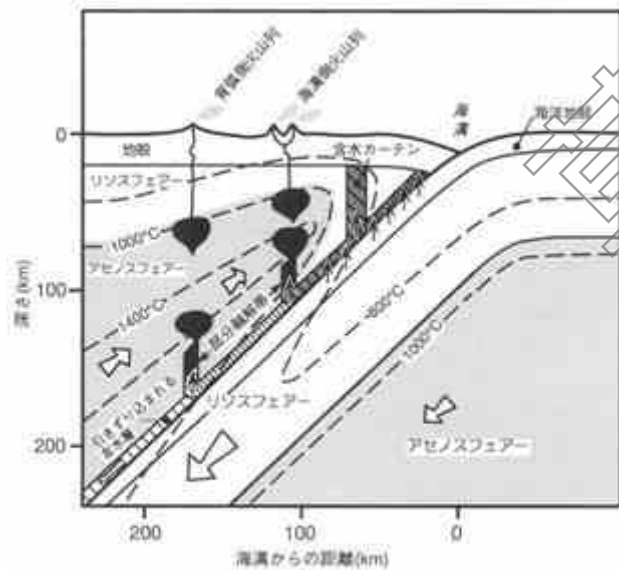


図1.2 熱時点で最良の、沈み込み帯におけるマグマ発生モデル  
黒矢印はH<sub>2</sub>Oの、白抜き矢印は物質の移動を示す。

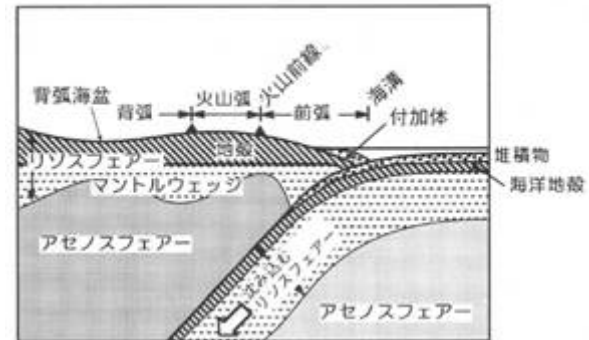


図3.1 概念的な沈み込み帯の断面図

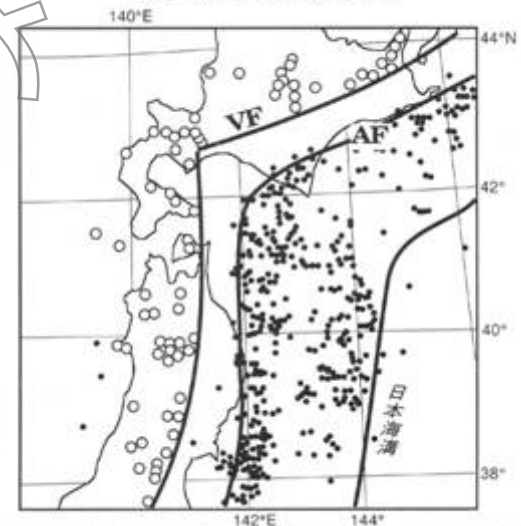


図3.2 東北日本弧における第四紀火山(白丸)と40-60kmの深さの震源分布(黒丸)  
VF, 火山前線; AF, アライスマックフロント(本文33ページ参照)。

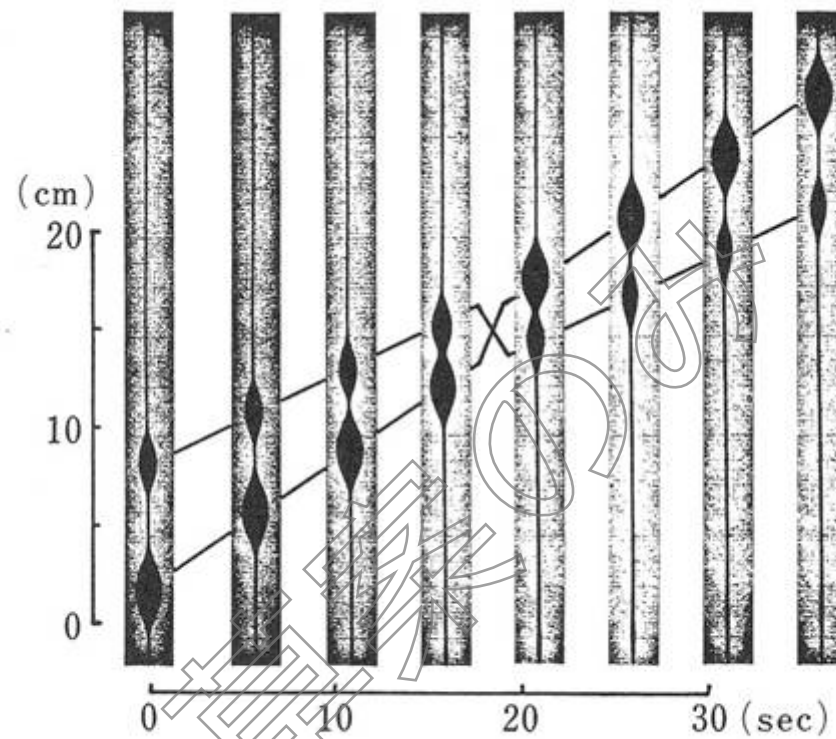


図 2.5.4 マグマソリトンのモデル実験 (Scott ら, 1986)

### マグマ上昇のモデル

蜂蜜を入れた水槽の中に、密度の小さい蜂蜜を下から流し込み、定常的な細い流れをつくる。流し込む量を適度に変動させると稼働のふくらみができ、それが一定な形と速度を保って上部に移動する。

# ハワイ式噴火 →



伊豆大島の  
溶岩噴泉

粘性の低い玄武岩質マグマ  
が、噴泉として割れ目から  
噴出



玄武岩質マグマ



楯状火山



ハワイのマウナロアとマウナケア



三宅島の噴火



マウナ・ロア火山（4169m）の噴火

火の河



パ<sup>o</sup>ホイホイ溶岩



## パホイホイ溶岩とアア溶岩



## アア溶岩の断面





伊豆大島三原山の噴火



## 三原山の溶岩流



## 三原山のアグルチネート (溶岩のしびき)



図 10-1 ハワイー天竜山山形 [米国海洋大気局 (NOAA) 向《2000年》年報版]



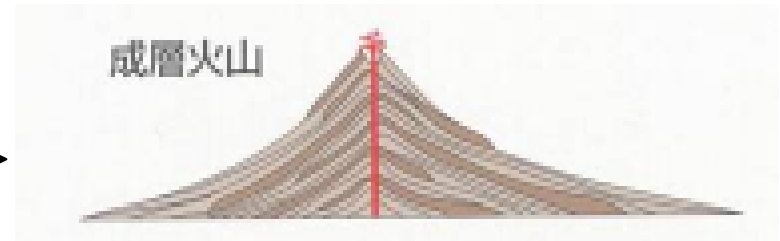
図1.2 ハワイ-天皇山列の年代順配列 Jackson et al., 1972 を改定。●: Ar-Ar 年代, ○: K-Ar 年代, △: 化石による年代。組出地のハワイ島(100万年前〜現代)から最上地の明治山(約7000万年前)にいたるまで、ほぼ完全な年代配列が認められる。横武山山の付着で島の配列が折れ曲がるのはプレート運動の方向がこの時点(約4000万年前)を境にして変化したことを示す。



写真10.3 南からみたマウナロアの山頂部。マウナロアはハワイ語で「長い山」を意味する。標高4169mの火山で、山頂には直径5×3kmのモアウエウエオ Maunaueweo Craterがある。平野の3つのクレアターは東西リフト谷内にある陥没クレアター。遠景はマウナケア。

マウナ・ロアの山頂

ストロンボリ式噴火  
ブルカノ式噴火  
プリニー式噴火



成層火山・カルデラ火山



富士山（成層火山）



阿蘇山（カルデラ火山）

安山岩質マグマ  
デイサイト質マグマ  
流紋岩質マグマ



シシリー島の  
エトナ山

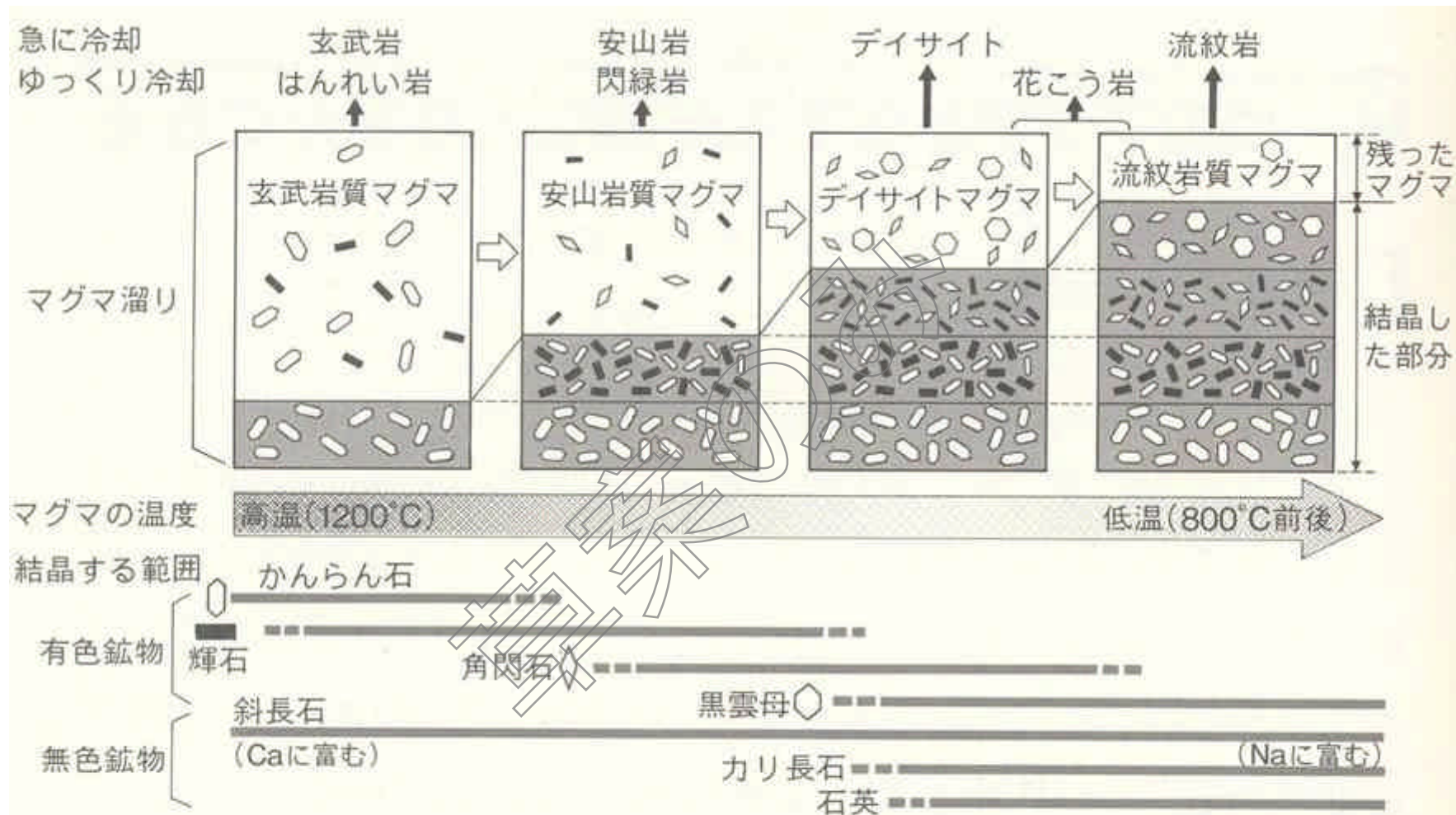


図12 玄武岩質マグマから多様なマグマのできる過程 マグマ溜りの中のマグマの量は実際の比率になっていない。



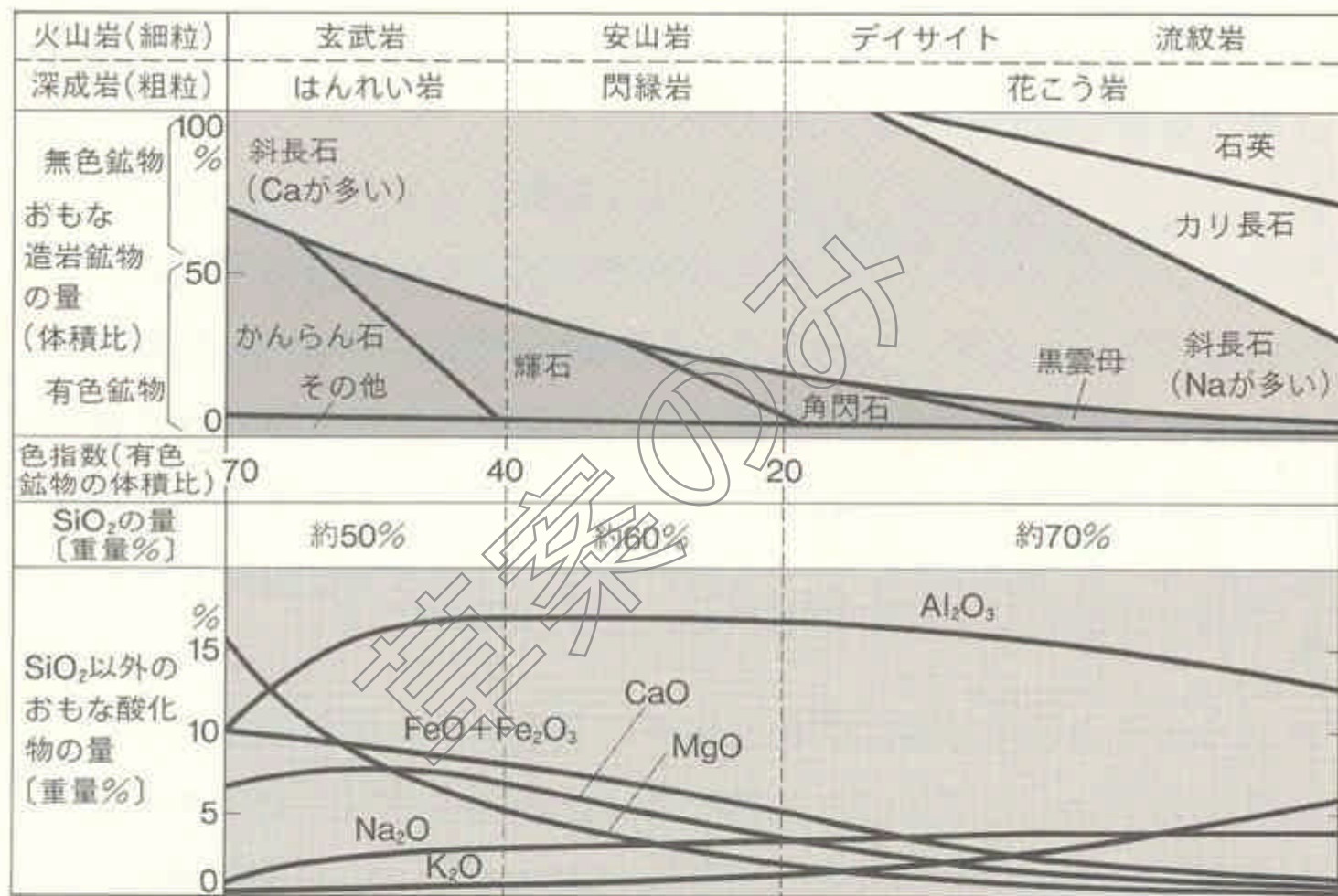


図13 火成岩の鉱物組成と化学組成 鉱物組成はどの鉱物がどのくらい含まれているかということを示す。化学組成は全体としてどのような元素がどのくらい含まれているかということを示す。元素はその酸化物の形になおして、SiはSiO<sub>2</sub>としてMgはMgOなどとして表現するのが習慣となっている。



# ストロンボリ式噴火 →



比較的粘性の低い玄武岩質～  
安山岩質マグマが、間欠的に  
爆発を繰り返す

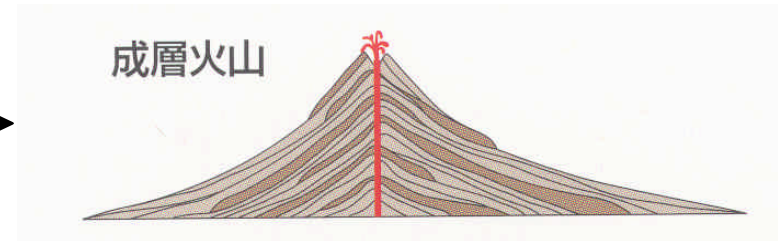


玄武岩質マグマ  
安山岩質マグマ

秋田駒ヶ岳の噴火



ストロンボリ火山の噴火  
(イオニアの篝火)



成層火山

成層火山



ストロンボリ島

- ・ 火口の周りに円錐形の火砕丘
- ・ 粗粒な火砕物
- ・ 溶岩も流出



紡錘状の火山弾  
ほぼ固化した状態で放出

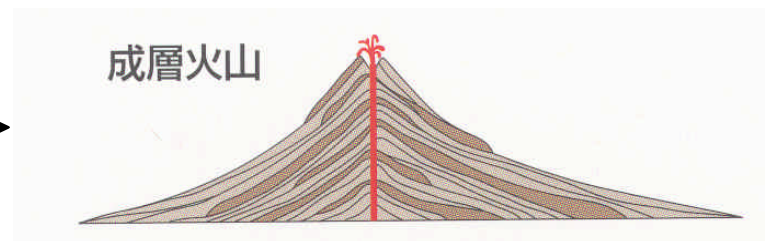
# ブルカノ式噴火



安山岩質マグマが、単発あるいは間欠的に爆発。ガス、火山灰、火山弾、岩塊などを放出する。



## 安山岩質マグマ



## 成層火山

桜島の噴火



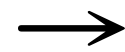
桜島

- ・火山灰を大量に噴出
- ・数m～数mmの火砕物
- ・火砕流や溶岩も流出



パン皮状の火山弾  
ほぼ固化した状態で放出

# プリニー式噴火



# カルデラ火山

数十分～1日程度、比較的定常的に火砕物とガスを高速（100m/s）で噴出。成層圏に達する巨大な噴煙柱を上げる。



安山岩質マグマ  
デイサイト質マグマ



ベスビオ火山

- ・ 細粒の火山灰・軽石・スコリアなどを大量に噴出
- ・ 火砕流を伴うことが多い



気象衛星「ひまわり」がとらえたフィリピンのピナツボ火山の噴煙

マグマの粘性が高いので、  
爆発的な噴火はせず、マ  
グマが地表出ると、溶岩  
ドームを形成する



溶岩ドーム

- ・溶岩ドームが崩れて火砕流を  
起こすこともある



普賢岳の溶岩ドームの  
火炎現象

流紋岩質マグマ



普賢岳1993年6月24の火砕流



# 火砕流とは？

火山灰や軽石，火山岩礫などが，高温の火山ガスや取り込んだ空気と一団となって，数十～100km/時以上の高速で流下する現象

## 火砕流の速さ

- ・スフリエール火山(1902) 11～13m/s
- ・プレー火山(1902～1903) 10～40m/s
- ・メラピ火山(1930) 16m/s
- ・浅間山(1973) 35m/s
- ・セントヘレンズ火山 30m/s  
(108km/h)

## 到達距離

- ・阿蘇4火砕流 (中心から140km)
- ・始良ー入戸火砕流 (中心から92km)
- ・鬼界ー幸屋火砕流 (中心から74km)

3つのタイプに分けられる

A：プレー型 B：スフリエール型 C：メラピ型



## A：プレー型



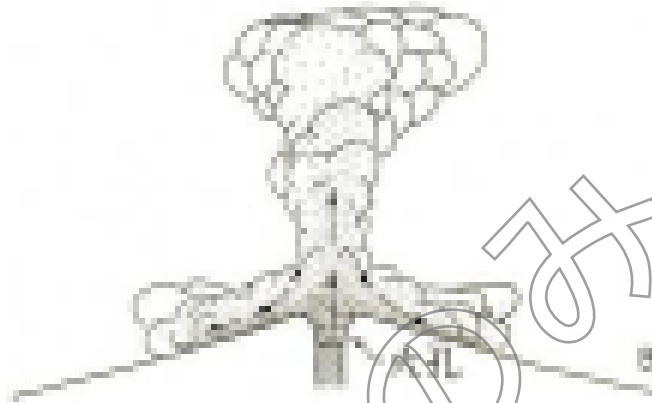
溶岩ドームの下部から激しい爆風がおきて、火砕物が猛烈な勢いで水平方向に射出。上方に立ち上がる熱い雲が特徴的。この熱雲も高速で斜面を流下。



1902年の噴火では、熱雲（推定時速160km、温度1000℃）が流下。サンピエール市では、生存者2名を除いて28000人の市民が死亡。

西インド諸島のマルティニーク島にある  
プレー火山（1397m）

## B：スフリエール型



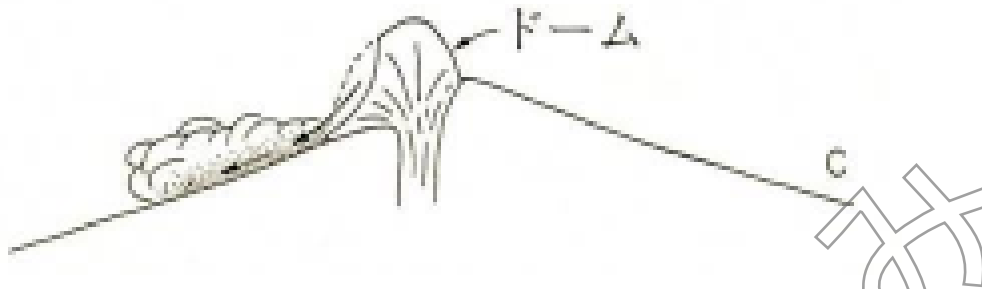
密度が高い噴煙柱の下部が浮力を失って落下し、斜面を四方に流下



1902年の噴火では、火砕流が火山山腹を全方向に向かって広がり、島の北半分を覆う。死者1327人（1600人以上との記録あり）。火山灰の移動速度は時速96kmと推定。

西インド諸島のセントビンセント島にあるスフリエール火山（1284m）

## C：メラピ型



山頂部に溶岩ドームが形成。成長するにつれて力学的に不安定になるとドームの崩壊が起こる。

インドネシアのジャワ島にあるメラピ火山（2968m）

爆発，溶岩ドームの形成・崩壊，火砕流の発生を繰り返す。

雲仙普賢岳も同じメラピ型

1992年9月25日の火砕流連続写真





# 火砕流の特徴

- 噴火により放出される火砕物の位置エネルギー → 運動エネルギーに。
- 細粒の火砕物だけでなく数cm以上の大きな軽石や岩片も含まれる。
- 大きな運動量（速度×質量）をもって、斜面をジェットコースターのように高速で流れ、時にはカルデラ壁のような障害物も越えてしまう。
- 本体，流動化部，対流部の3層に分けられる。対流部は火山灰を主体とする“灰神楽”と呼ばれる部分で、上昇中に周辺の空気を取り込むことにより膨張して上昇。

# 火砕流の特徴

- 噴火により放出される火砕物の位置エネルギー → 運動エネルギーに。
- 細粒の火砕物だけでなく数cm以上の大きな軽石や岩片も含まれる。
- 大きな運動量（速度×質量）をもって、斜面をジェットコースターのように高速で流れ、時にはカルデラ壁のような障害物も越えてしまう。

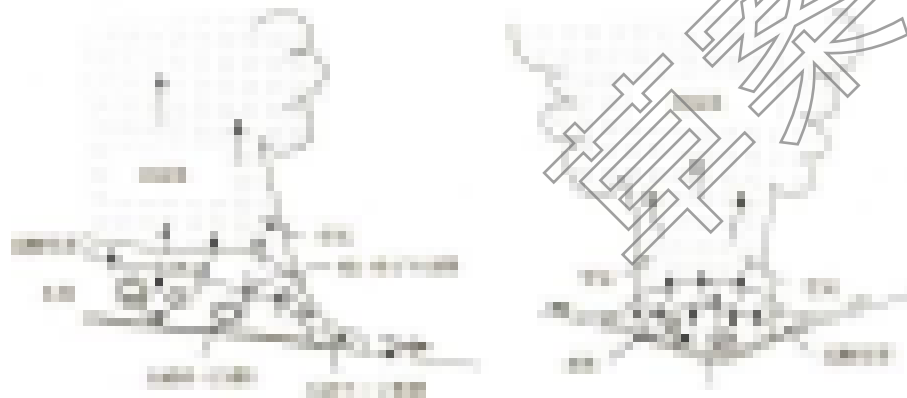


図 1.8 雲仙普賢岳の火砕流の断面図（左：下向き、右：上向き）。左：下向き火砕流の断面図。右：上向き火砕流の断面図。両断面ともに火砕流の前面が明確に見え、その下には火砕流の本体が見える。また、火砕流の前面には火砕流の前面が見える。

- 本体、流動化部、対流部の3層に分けられる。対流部は火山灰を主体とする“灰神楽”と呼ばれる部分で、上昇中に周辺の空気を取り込むことにより膨張して上昇。

雲仙普賢岳の火砕流の断面の模式図

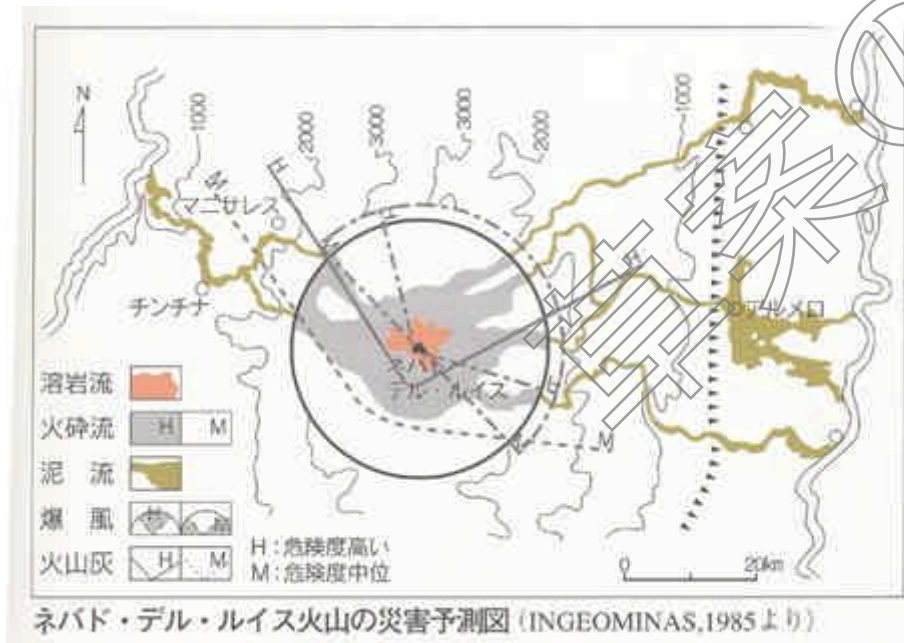
# 火砕流の特徴

- 噴火により放出される火砕物の位置エネルギー → 運動エネルギーに。
- 細粒の火砕物だけでなく数cm以上の大きな軽石や岩片も含まれる。
- 大きな運動量（速度×質量）をもって、斜面をジェットコースターのように高速で流れ、時にはカルデラ壁のような障害物も越えてしまう。
- 本体、流動化部、対流部の3層に分けられる。対流部は火山灰を主体とする“灰神楽”と呼ばれる部分で、上昇中に周辺の空気を取り込むことにより膨張して上昇。
- 火砕流本体の前面と周辺部に火砕サージ堆積物という細粒の薄い堆積層がある。これは本体よりも速く流下。サージはガスの割合が極端に大きい流れ。

# ラハール

火山体の斜面に大量の水が発生し、  
砕屑物と一緒に流下。

(土石流, 泥流, 洪水などの総称)



コロンビアの  
ネバド・デル・ルイス山 (5400m)

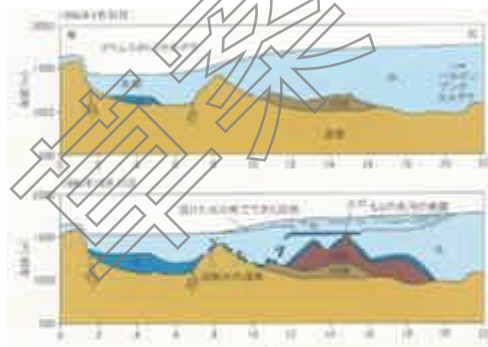
1985年, 氷河に覆われた山頂火口から噴火。  
高温の火砕流や火砕物が氷河の表面を融かし、  
大量の水を生成。火山噴出物と水の混ざった  
固まっていないセメントのようなラハールが、  
アルメロ町 (人口29000人) を直撃し、  
21000人が死亡, 5000人が負傷。



フィリピンのピナツボ火山  
の噴火による泥流堆積物



## アイスランドのグリムズボトン 火山の噴火（1996年）



## グリムズボトンカルデラの断面図

噴火によって融かされた氷河の水が  
氷河末端からあふれ出し、ヨックルフロイプ  
となって流下。



ヨックルフロイプにより形成  
されたサンダー（砂浜）





雲仙普賢岳



水無川の導流堤



桜島の砂防用の堰堤

インドネシアのジャワ島にある  
ケルウト火山 (1731m)

- ・ 山頂の火口湖底からの噴火により、高温のラハールが火口壁からあふれ出る。
- ・ 湖水の水抜き用トンネルを掘削。



ケルウト火山の火口湖。水抜きトンネルの取水口は左下にある (60年代エンジニアリング提供)

# 岩屑なだれ

debris avalanche

火砕物が火山体などの崩壊により山麓に流下，堆積する現象。

液体の水を含まない土砂の流れ

## 岩屑なだれ堆積物 の特徴

- ・ もとの山体構造を残している大型の岩塊とそれを取りまく淘汰の悪い粉体状のマトリックスとからなる。
- ・ 上記の反映である起伏に富んだ地形（流れ山）を示す。
- ・ 見かけ摩擦係数が低い（遠くまで運ばれる）。



鳥海山の馬蹄形カルデラ：象潟の流れ山地形をつくった。



崩れた跡に馬蹄形のカルデラを形成



御嶽山：1984年，長野県西部地震により，尾根が大崩壊。

# 岩屑なだれ

debris avalanche

アメリカ ワシントン州セントヘレンズ火山の噴火（1980年）

- ・火山直下で群発地震が発生。
- ・噴火活動が始まる。
- ・山頂部に割れ目。山頂が北にせり出し、山体が膨張（累積変位量1200m越）。
- ・M5.0の地震に伴い、張り出し部分が滑り出し、岩屑なだれ発生。
- ・同時に横殴りの爆風。火砕流。
- ・岩屑なだれ堆積物の表面に流れ山地形。
- ・馬蹄形のカルデラ、中央に溶岩ドームが形成。



# 火山ガス

## 火山の噴気孔から噴出するガス

### カメルーンのニオス湖（1986年）

- ・ 1986年、大規模なガス噴出。住民1700人以上が死亡、多数の家畜が窒息死。
- ・ 火口湖の湖底に二酸化炭素を多量に含む温水が湧きだしていることが判明。湖水に蓄積されていたガスが溶解度を超えたために爆発的に噴出。  
二酸化炭素は空気よりも重いため、谷に沿って流れ下り、いくつかの村を襲撃。
- ・ 湖底に設置されたパイプによりガス抜き。



1986年8月21日のガス突出後11日目、表面は水酸化鉄によって濁っている（平林一雄提供）

### 主な成分

$\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  
 $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{Ar}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ ,



図4-7 1986年8月21日のニオス湖からのガス雲の広がり（アミ目）（シガードソンを改変）  
1：死者の出た場所、2：主要道路、3：ガス雲、4：同進行方向。