

7. マグマ・火成岩・火成活動

7-1 火成活動・火山活動

火山活動 地下から融けた岩石や気体が地表や海洋底に噴出する現象。融けた岩石を**マグマ**という。

火成活動 マグマの発生や移動を伴う現象全般。マグマは必ずしも噴出するとは限らないので火山活動は火成活動の一部。

マグマが固化した岩石を**火成岩**と呼ぶ。このうち地表や海底に噴出したものを**火山岩**，地下でゆっくり冷えてできたものを**深成岩**と言う。前者は構成粒子が細かい(斑状組織)。後者は粗い(等粒状組織)。

地殻はマントルで生じたマグマが上昇し地表付近で固化することによって形成。

活動の場 主に3つに分類できる。

中央海嶺 総マグマ生成率=21km³/年

沈み込み帯・島弧 2.9~8.6km³/年

ホットスポット 1.9~4.0km³/年

地表・海洋底への噴出率はそれぞれこの 1/5 程度

これらの場ごとにマグマの発生機構が異なる。

7-2 マグマの発生

岩石の融点 岩石は融点の違う鉱物の混合物なので、融け始める温度(ソリダス)と融けきる温度(リキダス)には数百 K の幅がある。

ソリダス・リキダスは圧力・組成・含水率に依存。加熱するだけでなく、減圧や水分の供給によってもマグマが発生する¹。

中央海嶺 プレートの拡大を補償する上昇流のためにカンラン岩が減圧融解して玄武岩質マグマが生じる。これが噴出して海洋地殻を作る。

プレート拡大速度によらず海洋地殻は組成も厚さもほぼ一定。これはマントルの温度・組成がほぼ一定であることを意味する。

¹地球内部の高温高压状態を再現する実験は日本のお家芸。

海洋地殻は海水と反応して変質し、含水鉱物(輝石が変質した角閃石など)を含むようになる。

沈み込み帯・島弧 沈み込んだ海洋地殻から水分が放出されて、海洋地殻そのものあるいはその上部のマントルが融解してマグマが生じる。玄武岩質から流紋岩質までさまざまな組成のマグマが噴出する。

火山フロントとは島弧の火山帯の海溝側の境界線を言う。火山フロントの位置は地下で水が放出される位置で決まっている。

沈み込み帯の火成活動は大陸地殻を形成する。

ホットスポット 熱と組成の両方の影響を受けてメソスフェアから密度の低い岩石が上昇流(マントルプルーム)をつくり、リソスフェアを貫いて火山活動が起こる。玄武岩質マグマが噴出する。

マントルプルームは頭部と茎部からなり、頭部が地表に到達すると短期間(百万~数百万年間)で大量の玄武岩(10^6 – 10^7 km³)が一地域に噴出する。これを洪水玄武岩といい厚さ2~3kmの溶岩台地(海洋底に噴出した場合は海台)が形成される。デカン高原(6千5百万年前)やコロンビア川平原(約千六百万年前)などはその名残。一方茎部は数千万年間にわたって継続的にマグマを噴出させ、ハワイ列島などのホットスポットトラックを作る。

7-3 マグマの組成

組成による分類 SiO₂の量の少ないものから順に玄武岩質(45~52wt%, 塩基性マグマとも言う), 安山岩質(52~66wt%, 中性), デイサイト・流紋岩質(>66wt%, 酸性)²。

性質の違い SiO₂含有量の多いものほど粘り気に富む。これはSiO₄²⁻イオンが重合するため。また融点も低くなる。玄武岩質(> 1400K), 安山岩質(1300~1400K), デイサイト・流紋岩質(1200~1300K)

噴火様式もそれにつれて変化する。

マグマの分化 マグマの組成の多様性は**結晶分化作用**で理解できる。マグマ溜りが徐々に冷えていったとする。鉱物の種類によって凝固点が異なるため、凝固点の高い鉱物から順番に晶出してマグマ溜りの底へ沈殿し融け残ったマグマの組成は変化する。かんらん石や輝石がはじめに晶出するため、マグマのSiO₂の割合が高くなる。

²太古の地球ではもっとSiO₂に乏しい超塩基性マグマも噴出していた。この超塩基性マグマはコマチアイトと呼ばれる。これは太古の地球の内部が現在よりも非常に高温だったことを物語っている

微量元素の中で鉍物よりもマグマに分配されやすい元素を非調和元素という。NaやKなどのアルカリ元素や希土類元素(ランタノイド, アクチノイド)が代表例。大陸地殻に濃集している。

塩基性のマグマの結晶分化作用(鉍物の晶出順序)

温度 K	有色鉍物	無色鉍物
1500	かんらん石	Caに富む斜長石
↓	輝石	
↓	角閃石	
↓		Naに富む斜長石
↓	黒雲母	
1100		カリ長石・石英

水分も非調和元素と同様に振舞うので結晶分化が進むとマグマ中の水分量が増しやがて発泡を起こす。爆発的な噴火はこの発泡現象によって生ずる。

問題

問題番号に★が一つ付けてあるものは難しいが現在の知識でもきちんと考えれば解ける問題。★が二つのものは現在の知識+アルファが必要な挑戦問題。

- 7.1 海洋プレートの平均寿命を1億年とする。このとき中央海嶺での玄武岩マグマの生産率を、地球の大きさ・地球表面に海洋の占める割合・海洋地殻の厚さから計算せよ。
- 7.2 沈み込み帯で生じたマグマがすべて大陸地殻になるものとする。マグマ生成率が現在と変わらないとした場合に、大陸地殻が現在の大きさまで成長するのにかかる時間を億年単位で求めよ。計算に必要な数値は適宜資料から調べよ。
- 7.3 岩石の密度 ρ が一定の場合、深さ y の地下の圧力 P は $P = \rho gy$ で与えられる。ここで g は重力加速度である。マントルのかんらん岩のソリダス T_s [K] が圧力 P [10⁶Pa] の関数として $T_s = 1500 + 0.12P$ と表されるとき、1600Kのマントル物質が深部から上昇した場合に、融解の起こり始める深さ km 単位で求めよ。岩石の密度の変化は小さいものとし、マントル上部の値で代表できるものとする。
- 7.4 ★ マグマの密度 ρ_m [g/cm³] が SiO₂ 濃度 (wt%) x の関数として $\rho_m = 3.7 - 0.02x$ と表されるものとする(これは水分を含まない場合に近似的に正しい)。このとき以下の問いに答えよ。

(1) 大陸地殻の上部 (上部地殻) は花崗岩質で密度は 2.7g/cm^3 , 下部 (下部地殻) は玄武岩質で 3.0g/cm^3 , モホ面直下のマントルはカンラン岩質で密度は 3.3g/cm^3 である. 大陸地殻下のマントルからマグマが上昇してきた場合に, 下部地殻を貫くが地表までは達しないようなマグマの SiO_2 量の範囲を求めよ. またそのようなマグマはデイサイト・流紋岩質か, 安山岩質か, それとも玄武岩質か.

(2) (1) のマグマが上部地殻と下部マントルの間に停滞してマグマ溜まりを作ったとする. このマグマ溜りがゆっくりと冷えて行った場合, その後マグマはどのように振舞うか.