

平成28年10月及び平成29年4月入学  
広島大学大学院理学研究科（博士課程前期）入学試験問題

|             |      |
|-------------|------|
| 地球惑星システム学専攻 | 専門科目 |
|-------------|------|

平成28年 8月25日 13:30～16:30

注 意 事 項

1. 以下の用紙が配布されている。

|             |     |
|-------------|-----|
| 問題用紙（表紙を含む） | 11枚 |
| 解答用紙        | 4枚  |
2. 問題は全部で[1]～[6]の6問ある。この中から4問を選んで解答せよ。ただし，[1]と[2]から1問，[3]と[4]から1問，[5]と[6]から1問を必ず選び，残りの1問は未選択の問題から選ぶこと。
3. 解答は問題ごとに必ず1枚ずつ別々の解答用紙を用い，それぞれの解答用紙に受験番号および問題番号を記入し解答せよ。紙面が不足した場合は裏面を使用してよい。
4. 試験終了時には，解答用紙のみを提出すること。

平成28年10月及び平成29年4月入学  
広島大学大学院理学研究科（博士課程前期）入学試験問題

|             |      |
|-------------|------|
| 地球惑星システム学専攻 | 専門科目 |
|-------------|------|

[1] 以下の問1と問2に答えよ。

問1 以下の文を読み、問(1)～(5)に答えよ。

同一のマグマを起源とする、分化の程度の異なる複数の火成岩から構成される火成岩体を考える。この岩体の周縁部は、大規模な花崗岩体と断層を境に接している。この岩体の中心部から採取した岩石A, B, 周縁部から採取した岩石Cから以下の分析結果を得た。

|     | Rb (ppm) | Sr (ppm) | $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ |
|-----|----------|----------|---------------------------------|
| 岩石A | 100      | 10       | 0.78662                         |
| 岩石B | 300      | 20       | 0.82758                         |
| 岩石C | 200      | 16       | 0.79500                         |

なお、計算に必要であれば以下の条件を用いよ。

$^{87}\text{Rb}$  の壊変定数  $\lambda = 1.42 \times 10^{-11} \text{ yr}^{-1}$ ,  $^{87}\text{Rb}$  の同位体存在度 = 27.86 (atomic %),  
Rb の原子量 = 85.50,  $^{86}\text{Sr}$  の同位体存在度 = 9.95 (atomic %), Sr の原子量 = 87.60  
(これら Sr に関する値は厳密には試料によって異なるが、便宜上固有の値を持つとする),  $\ln 2 = 0.693$

- (1)  $^{87}\text{Rb}$  の半減期を求め有効数字3桁で答えよ。計算過程も示すこと。
- (2) この岩体の  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比の初生値を 0.70500 と仮定し、上記の3種の岩石それぞれの形成年代を求め有効数字3桁で答えよ。
- (3) 前問(2)のように初生値を仮定して求めた年代は一般に何と呼ばれるか答えよ。
- (4) 上記(2)で求めた3つの年代値を比較してどのようなことが言えるか答えよ。
- (5) 一般に、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比の初生値を仮定することは困難である。そのような場合、どのような方法で年代測定を行うか答えよ。また、その方法を用いるために満たすべき条件を2つ以上答えよ。必要に応じて、式やグラフ等を用いて記述してもよい。

平成28年10月及び平成29年4月入学  
 広島大学大学院理学研究科（博士課程前期）入学試験問題

|             |      |
|-------------|------|
| 地球惑星システム学専攻 | 専門科目 |
|-------------|------|

問2 以下の文を読み、問(1)～(4)に答えよ。

コンドライトは初期太陽系の情報を保持する始原的隕石である。コンドライトは主にコンドルール、ア、金属鉄や硫化鉄から構成される。コンドルールは主にイ、ウとガラスから構成される球状の物質である。アは難揮発性元素であるエやオを多く含む物質の総称である。一方、エコンドライトは短寿命放射性核種の壊変熱や衝撃による加熱で分化を経験した隕石である。

- (1) 文中のア～オに当てはまる最も適切な語を書け。
- (2) 下図はコンドライトの種類と岩石学タイプを示す一覧表である。この図を「炭素質コンドライト」、「普通コンドライト」、「水質変成」、「熱変成」、「始原的」の5つの語全てを用いて説明せよ。
- (3) 岩石学タイプ3とタイプ6に分類される普通コンドライトを比べると、岩石組織や鉱物学的特徴に両者の間でどのような違いがあるか説明せよ。
- (4) エコンドライト（プリミティブ・エコンドライトも含む）に分類される隕石種を3つ挙げよ。

岩石学タイプ

| Chd.type | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| CI       |   |   |   |   |   |   |
| CM       |   |   |   |   |   |   |
| CR       |   |   |   |   |   |   |
| CH       |   |   |   |   |   |   |
| CB       |   |   |   |   |   |   |
| CV       |   |   |   |   |   |   |
| CO       |   |   |   |   |   |   |
| CK       |   |   |   |   |   |   |
| H        |   |   |   |   |   |   |
| L        |   |   |   |   |   |   |
| LL       |   |   |   |   |   |   |

種類  
の  
コ  
ン  
ド  
ラ  
イ  
ト

※黒塗り部分はその岩石学タイプに属するコンドライト種が存在することを示す。

平成28年10月及び平成29年4月入学  
 広島大学大学院理学研究科（博士課程前期）入学試験問題

地球惑星システム学専攻 専門科目

[2] 以下の問1と問2に答えよ。

問1 以下の問(1)～(3)に答えよ。

(1) 以下のア～コに当てはまる最も適切な数値または語を答えよ。

炭酸塩岩とは、炭酸塩鉱物がア%以上を占める岩石を指し、主な構成鉱物はイ・ウ・エである。優勢な鉱物によってオ岩（イとウが優勢）とカ岩（エが優勢）に大別される。また、オ岩と泥岩の中間的組成のものはキと呼ばれる。炭酸塩岩の構成要素は、粒子・基質・クであり、粒子はさらにウーイドや凝集粒子のようなケ粒子と石灰藻類やサンゴ類などのコ粒子に大別される。

(2) 図1は、現世遠洋性堆積物の分布を表している。図中の石灰質堆積物と珪質堆積物は、それぞれ石灰質殻をもつ浮遊性生物と珪質殻をもつ浮遊性生物の遺骸から主に構成されている。それら両方の浮遊性生物について、代表的なものを2つずつ答えよ。

(3) 図1に示された石灰質堆積物、珪質堆積物、遠洋性粘土の分布について、「炭酸塩補償深度」と「生物生産」の両方の用語を用いて説明せよ。

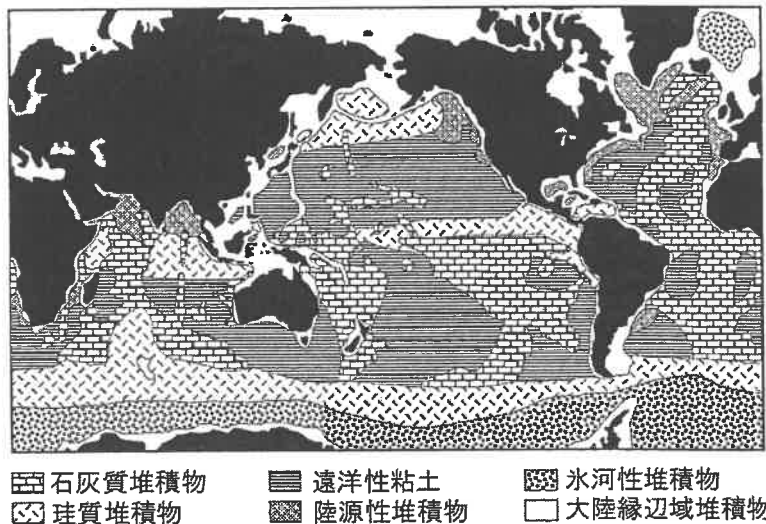


図1：現世遠洋性堆積物の分布（「堆積物と堆積岩」，保柳康一・公文富士夫・松田博貴，共立出版より）

平成28年10月及び平成29年4月入学  
広島大学大学院理学研究科（博士課程前期）入学試験問題

地球惑星システム学専攻 専門科目

問2 砂岩・泥岩の互層からなる地域の南南西から北北東へ向かう1 km 長の水平なルート  
の地質調査によって以下の事が判明した。

- 1) 層理面の極 (pole) をステレオネットに下半球投影すると、図2に示すように一つの大円に載る。
- 2) 調査開始から順に、向斜、背斜、向斜と褶曲の軸部を3回だけ通過した。
- 3) ニカ所の向斜軸部では同一層準の地層が現れた。
- 4) 図2の長方形の枠で囲った領域のデータを取得した地点において、地層の逆転が認められた。

以上の結果をもとに、調査範囲にある褶曲を調査ルートに沿う断面に模式的に図示し、その構造の詳細を記載せよ。

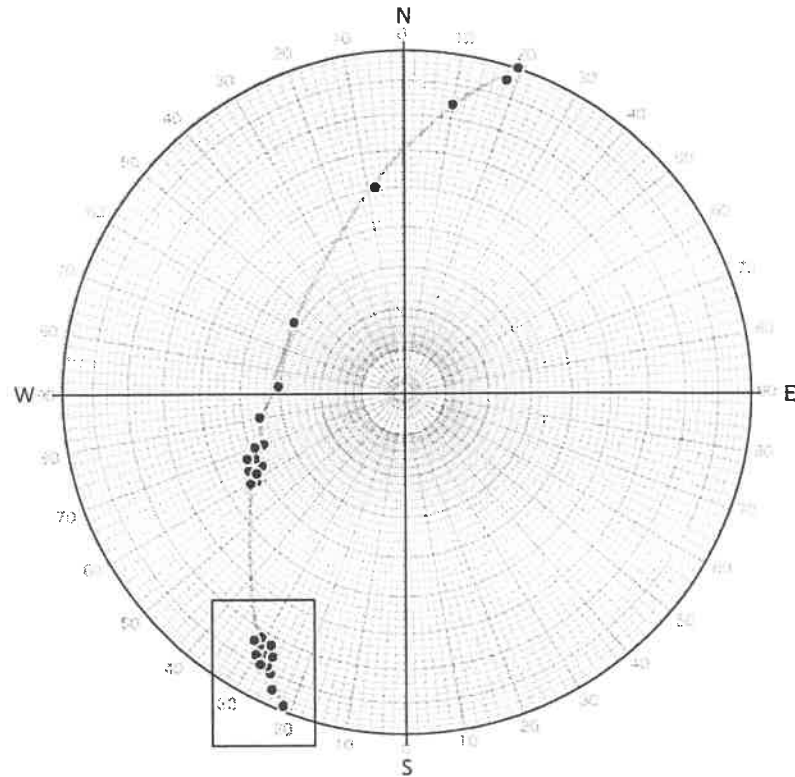


図2

平成28年10月及び平成29年4月入学  
 広島大学大学院理学研究科（博士課程前期）入学試験問題

|             |      |
|-------------|------|
| 地球惑星システム学専攻 | 専門科目 |
|-------------|------|

[3] 以下の問1～問3に答えよ。

- 問1 ア ～ コ に当てはまる最も適切な語句または数値を答えよ。
- (1) 地震の応力場や断層面は、ア を用いて表される。ア は、1つの地震に対する各観測点で観測された初動の押し引きを震源球上に投影することで推定することが出来る。投影法には、イ 投影が主に使われる。
  - (2) 西南日本では陸プレートの下にウ プレートが沈み込んでいる一方、東北日本では陸プレートの下にエ プレートが沈み込んでいる。関東地方では陸プレートの下にウ プレートが沈み込み、さらにその下にエ プレートが沈み込んでおり、大変複雑な地下構造をしている。
  - (3) 地震のエネルギーは、マグニチュードが1大きくなる毎にオ 倍大きくなる。
  - (4) 地球が活動的なのは地球が現在も十分に熱源を持ち、マントルと核において  

|   |
|---|
| カ |
| キ |
| ケ |

 が活発に起きているからである。地球の熱源の主なものは2つであり、  

|   |
|---|
| キ |
|---|

 と放射性元素がある。熱源となる放射性元素の主要なものは、ク  

|   |
|---|
| ケ |
|---|

コ の3つである。

- 問2 図1は地球内部の温度分布の模式図である。CMB, ICBはそれぞれ核-マントル境界、内核-外核境界を表す。以下の問(1)と(2)に答えよ。

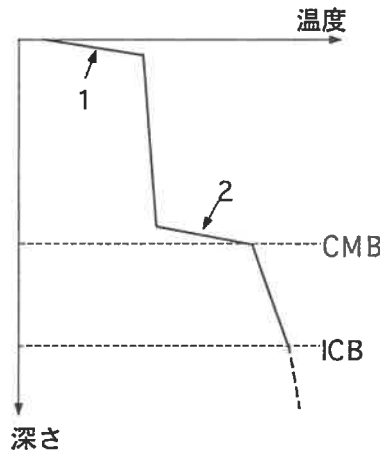


図1

- (1) 図中の1の部分に関して以下の問いに答えよ。
  - (ア) この部分は地学現象において重要な層である。名称を答えよ。
  - (イ) 海域において、この部分の温度を制約する観測量を2つあげよ。
- (2) 図中の2の部分に関して(ア)または(イ)のいずれか一方を選択して答えよ。
  - (ア) このような部分がマントル側のみに存在し、核側に見られない理由を述べよ。
  - (イ) CMBの温度を見積もる方法について述べよ。

平成28年10月及び平成29年4月入学  
広島大学大学院理学研究科（博士課程前期）入学試験問題

地球惑星システム学専攻 専門科目

問3 次の問(1)と(2)に答えよ。

(1) 次の1～10の英単語を日本語に訳せ。

1. Fold 2. Eutectic crystallization 3. Distribution coefficient  
4. Unconformity 5. Cleavage 6. Streak 7. Reverse fault  
8. Dip of a foliation plane 9. Primary seismic wave 10. Orogenesis

(2) 次の(ア)～(オ)のテクトニクス場を、下の図2中に示されている(1)～(5)から選択せよ。

- (ア) 活動的大陸縁 (イ) 非活動的大陸縁 (ウ) プレート収束境界  
(エ) プレート発散境界 (オ) 三重会合点

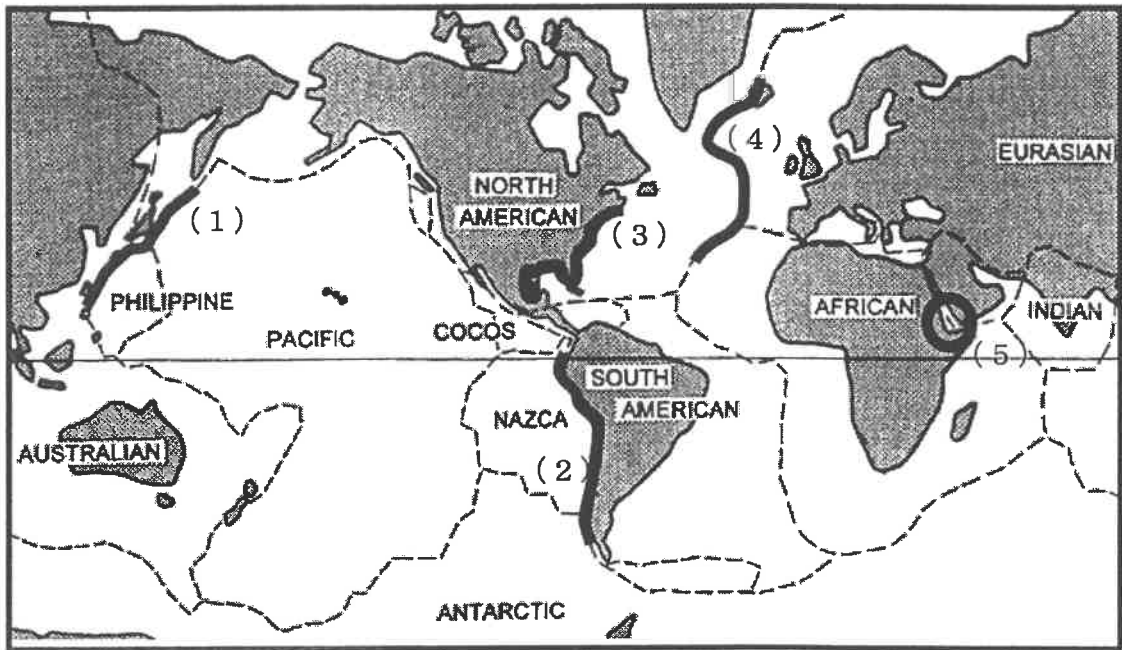


図2

(<http://www.astro.uwo.ca/~jlandstr/planets/webfigs/earth/slide10.html> から引用)

平成28年10月及び平成29年4月入学  
 広島大学大学院理学研究科（博士課程前期）入学試験問題

|             |      |
|-------------|------|
| 地球惑星システム学専攻 | 専門科目 |
|-------------|------|

[4] 以下の問1または問2のいずれか一方を選択して答えよ。

問1 地震波の伝播に関する次の文を読み、以下の問(1)～(7)に答えよ。

図1は、二層構造における地表を震源とする地震波の波線を示した模式断面図である。ここで、 $d$ は第1層の厚さ、 $\theta_c$ は臨界角、 $v_1$ と $v_2$ はそれぞれ第1層と第2層の地震波速度である（層内で一定； $v_1 < v_2$ ）。地震波(a)～(d)のうち、(a)、(b)はすべての観測点で観測されるが、(c)は観測点A以遠で観測される。(d)は境界面に沿って伝わり、その過程で地表に向けて臨界角 $\theta_c$ で(c)を放射する。

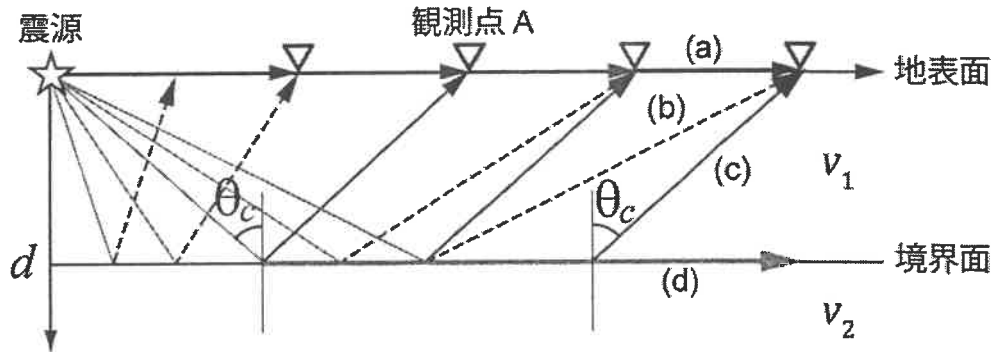


図1

- (1) (a)～(d)で示されている波の一般的名称として最も適切な語を答えよ。
- (2) 臨界角 $\theta_c$ と地震波速度 $v_1$ 、 $v_2$ の満たす関係式を答えよ。
- (3) (a)の走時 $t_a$ を震源距離 $x$ の関数として $x, d, v_1, v_2$ のうち必要な文字を用いて表せ。
- (4) (c)の走時 $t_c$ を震源距離 $x$ の関数として $x, d, v_1, v_2$ のうち必要な文字を用いて表せ。
- (5) (a)および(c)の走時曲線の概形を一つのグラフに描け。
- (6) 表層の厚さ $d$ は図のような地震波の観測からどのように求められるか答えよ。
- (7) 地殻の厚さに関して大陸域と海洋域における違いとその理由について述べよ。



平成28年10月及び平成29年4月入学  
広島大学大学院理学研究科（博士課程前期）入学試験問題

地球惑星システム学専攻 専門科目

問2 岩石の塑性変形に関する以下の問(1)～(3)に答えよ。

- (1) 塑性変形メカニズムであるア) 転位クリープ、イ) 拡散クリープ、ウ) 超塑性クリープ、エ) 圧力溶解クリープを、おのおの指定されている語句を全て使って説明せよ。語句を使用する順番は問わない。また、使用した語句に下線をつけること。

ア) 転位クリープ： 転位，粒径の効果，偏光顕微鏡下での典型的な組織，  
応力指数，地震波速度の異方性

イ) 拡散クリープ： 粒径の効果，重要な格子欠陥，応力指数，  
転位クリープと比較したときの差応力条件

ウ) 超塑性クリープ： 粒径，粒子の形態，相転移

エ) 圧力溶解クリープ： 3つの進行過程，重要な地質現象，体積変化

- (2) 岩石の変形挙動は，多結晶体として考える必要がある。転位クリープ時には，岩石を構成している同一の鉱物であっても，変形しやすいものと変形しにくいものが存在する。この理由を「分解剪断応力」という語を使用して説明せよ。その際，図を用いてもよい。

- (3) 転位クリープ時における定常状態では，転位密度( $\rho$ )と再結晶粒径( $D$ )の地質差応力計が成り立つ。岩体に一定の差応力が作用し始め転位クリープが継続し，その後，差応力が0となったが，引き続き高温状態が継続した場合の転位密度は図2のような時間( $t$ )変化を示す。

ア) この転位密度の変化に対応する再結晶粒子の粒径変化を描け。その際， $t_1$ と $t_2$ の位置を図2と同様に破線を用いて示せ。

イ) 下線部のような条件の下で生じる鉱物粒径の変化を何と呼ぶか答えよ。また，その際に形成される岩石組織の特徴を説明せよ。

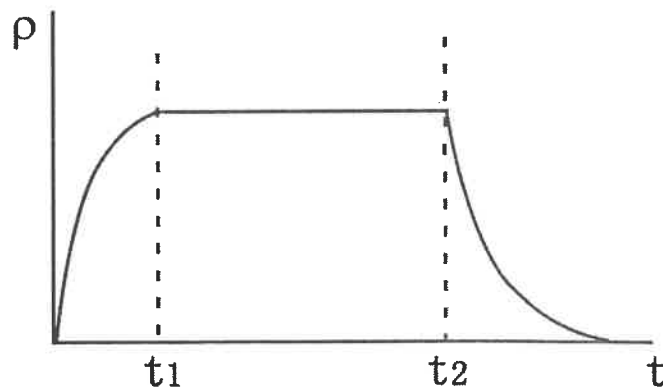


図2

平成28年10月及び平成29年4月入学  
 広島大学大学院理学研究科（博士課程前期）入学試験問題

|             |      |
|-------------|------|
| 地球惑星システム学専攻 | 専門科目 |
|-------------|------|

[5] 以下の問1と問2に答えよ。

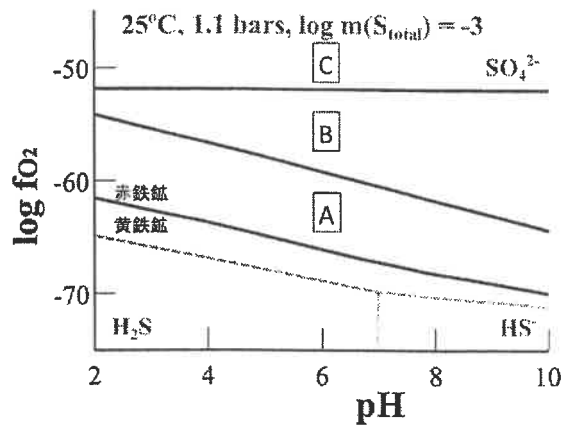
問1 スピネル型の結晶構造は酸化物や硫化物に広く認められる構造である。天然においても尖晶石をはじめ磁鉄鉱、クロム鉄鉱やリングウッドイトなど同型の結晶構造を持つ鉱物が多い。以下の問(1)～(3)に答えよ。

- (1) スピネル型構造において、一つの陰イオンの周りに隣接する同種の陰イオンの個数はいくつか答えよ。
- (2) スピネル型結晶構造の単位胞が属する晶系名を答えよ。
- (3) 尖晶石 ( $MgAl_2O_4$ ) では、 $Mg^{2+}$ が  配位、 $Al^{3+}$ が  配位である。とにあてはまる数値をそれぞれ答えよ。

問2 次の文章は、25°Cで1.1 bar (0.11 MPa) の条件における堆積性銅鉱床の形成過程をシミュレートした結果について述べている。この文章を読み、下記の間(1)～(4)に答えよ。

少量の黄鉄鉱 ( $FeS_2$ ) を含む堆積物中に、少量の硫黄 (主に  $SO_4^{2-}$ ) および塩 ( $Na^+ + Cl^-$ ) とわずかな鉄と銅を含み、pHが6.0、酸素 fugacity (bar) の常用対数 ( $\log f_{O_2}$ ) が-30～-50程度の流体が流入した場合、黄鉄鉱の溶解前縁では斑銅鉱 ( $Cu_5FeS_4$ ) が沈殿し、その直ぐ上流側で斑銅鉱が輝銅鉱 ( $Cu_2S$ ) により交代され、更にその上流側では輝銅鉱のみが含銅鉱物である幅広い銅鉱化帯が形成される。

- (1) 右の相図は、上記の条件における硫黄の主要溶存種の分布と黄鉄鉱-赤鉄鉱 ( $Fe_2O_3$ ) の相境界、および Cu-O-S 系鉱物の相境界が描かれている。図中の ,  および  の鉱物を、次から選べ。自然銅 (Cu)；赤銅鉱 ( $Cu_2O$ )；輝銅鉱



- (2) 下式の黄鉄鉱の溶解反応を完成させよ。  
 黄鉄鉱 + ... =  $Fe^{2+}$  + ...
- (3) 次の文章の ～ に当てはまる語を、下の語群から選択せよ。同じ語を複数回選んでも良い。  
 (2) の反応で示されるように、黄鉄鉱の溶解により、pHは   し、 $\log f_{O_2}$  は   する。  
 語群：大きく；わずかに；上昇；低下

(4) このシミュレーションの条件では、黄鉄鉱の溶解前縁で生じる斑銅鉱は、その直ぐ上流側で輝銅鉱により交代される。このため、斑銅鉱を含む帯は、現実的には(天然では)進展しない(幅が増大しない、または出現しない)と考えられる。このような帯 (zone) を何と呼ぶか答えよ。

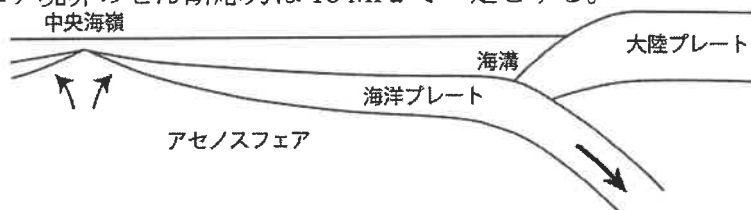
平成28年10月及び平成29年4月入学  
 広島大学大学院理学研究科（博士課程前期）入学試験問題

|             |      |
|-------------|------|
| 地球惑星システム学専攻 | 専門科目 |
|-------------|------|

[6] 以下の問1と問2に答えよ。

問1 地下の物性や構造に関する次の問(1)～(5)に答えよ。

- (1) 地下に発生する圧力は、その上位にある岩石の総重量によって生じる鉛直方向の応力で近似できる(上載岩圧)。岩石の密度を  $2.5 \text{ g/cm}^3$ 、重力加速度を  $9.8 \text{ m/s}^2$  とした場合、深さ  $2000 \text{ m}$  で発生する圧力(Pa)を求めよ。有効数字は2桁で答えよ。
- (2) 上記の上載岩圧の概念は、地下に存在する水にかかる圧力についても適用できる。深さ  $2000 \text{ m}$  に存在する水が受ける圧力を、水みちが地表まで連結している場合と孤立している場合の2つについてそれぞれ求めよ。なお、水の密度は  $1.0 \text{ g/cm}^3$  を用いること。
- (3) 地下浅部における岩石の脆性強度は、すべり面での摩擦力に支配される。また、摩擦力は有効圧力(有効垂直応力)に比例する特徴をもつ。地表まで連結した水が存在する場合、深さ  $2000 \text{ m}$  での強度(せん断応力)を求めよ。なお、摩擦係数は  $0.8$  を使い、粘着力はないものとして計算せよ。有効数字は2桁で答えよ。
- (4) 下の図はプレートの模式的な断面図であり、海洋プレート(リソスフェア)の厚さは、中央海嶺から遠ざかるにしたがって厚くなる。海洋プレートが厚くなる理由について、地下での強度断面図(レオロジー構造)を作成して答えよ。ただし、リソスフェア-アセノスフェア境界のせん断応力は  $10 \text{ MPa}$  で一定とする。



- (5) 大陸の平均標高が海洋域より高いのは、大陸地殻が厚く密度が低いことが原因である。アイソスタシーが成立しているとした場合、大陸の平均標高(海拔)はいくつになるか求めよ。なお計算には、大陸地殻の厚さ  $30 \text{ km}$  と密度  $2.5 \text{ g/cm}^3$ 、海洋地殻の厚さ  $7 \text{ km}$  と密度  $2.8 \text{ g/cm}^3$ 、海洋の平均水深  $5 \text{ km}$  と密度  $1.0 \text{ g/cm}^3$ 、およびマントルの密度  $3.3 \text{ g/cm}^3$  を用いること。有効数字は2桁で答えよ。

問2 ケイ素イオン ( $\text{Si}^{4+}$ ) と酸素イオン ( $\text{O}^{2-}$ ) 間の結合は陽イオンと陰イオン間の静電引力による結合に加えて「ア」結合の性質が強く、 $\text{SiO}_4$ 四面体とよばれるほぼ正四面体型の強固な構造を形作っている。ケイ酸塩鉱物は  $\text{SiO}_4$ 四面体の結合様式により分類され、層状珪酸塩鉱物では  $\text{SiO}_4$ 四面体が「イ」個の頂点を共有し、二次元平面的な構造を形作っている。次の問(1)～(3)に答えよ。

- (1) 「ア」に当てはまる化学結合の名称を答えよ。またそれは、どのような性質の結合か、簡潔に述べよ。
- (2) 「イ」にあてはまる数値を答えよ。
- (3) 下線部の構造について、 $\text{SiO}_4$ 四面体の結合様式を図示し、簡単な説明を加えよ。