

平成25年10月及び平成26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25年 8月22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. 解答は各問題ごとに必ず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25年10月及び平成26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～問3に答えよ。

問1 以下の問(1)～(3)に答えよ。

- (1) あるコンドライト隕石を化学分析した結果、Sm=0.3008 ppm, Nd=0.8652 ppmの濃度値が得られた。この隕石の現在の $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ 値を求めよ。ただし、計算には次の数値を用いよ。  
原子量：Sm=150.40, Nd=144.20, Sm中の $^{147}\text{Sm}$ 同位体存在度=15.00%, Nd中の $^{144}\text{Nd}$ 同位体存在度=23.90%
- (2) 現在から25.0億年前のこの隕石の $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 値を求めよ。ただし、この隕石の現在の $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 同位体比を0.512638とする。なお、計算には $^{147}\text{Sm}$ の壊変定数として $\lambda=6.54 \times 10^{-12} \text{ y}^{-1}$ を用いよ。
- (3)  $^{146}\text{Sm}$ は約6800万年の半減期を持つ消滅核種であり、 $^{142}\text{Nd}$ に壊変することが知られている。この隕石の $^{142}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 値は1.141820を示した。これは、コンドライト隕石の平均的な値とほぼ一致するが、地球物質の標準値1.141845と比べ有意に低い。この両者の違いが生じた理由について考えられることを記せ。

問2 以下の問(1)と問(2)に答えよ。

- (1) アパタイト(カルシウムリン酸塩鉱物)はRb-Sr壊変系による年代測定を適用するには不利な鉱物である。その理由を述べよ。
- (2) ジルコン( $\text{ZrSiO}_4$ )はU-Pb壊変系による年代測定を適用するには有利な鉱物である。その理由を述べよ。

問3 次の用語について簡潔に説明せよ。必要であれば図や式を用いても構わない。

- (1) 同重体 (2) アイソクロン (3) 反跳効果

平成25年10月及び平成26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) 堆積同時性の堆積構造には、ベッドフォーム（堆積物表面の形態）の形状によって区分されるものがある。ベッドフォームと流速、及び堆積構造の関係について説明せよ。
- (2) 堆積性石灰岩の構成要素について説明せよ。
- (3) 堆積性石灰岩の堆積組織に基づく分類について説明せよ。

問2 地体構造を分ける変位の大きな断層や断層帯はしばしば構造線（Tectonic Line）や構造帯（Tectonic Belt）などと呼ばれる。それは単に大きな断層（帯）というばかりでなく、その両側地体の地史的関係がよくわからなくなっている場合に、そのように呼ばれる。たとえば日本列島では、①中央構造線、②飛騨外縁構造帯、③舞鶴構造帯、④黒瀬川構造帯、⑤棚倉構造線が知られている。この中から一つを選び、特に、1) その位置・分布、2) その両側の地質、3) 主要な活動時期について記述せよ。

平成25年10月及び平成26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と問2に答えよ。

問1 以下の問(1)～(5)に答えよ。

- (1) 以下の[ア]～[オ]に入るもっとも適当な語を答えよ。
  - (a) 主に固体物質の流動に関する学問分野を[ア]と呼ぶ。
  - (b) 固体物質に荷重を加えた際に、その荷重と歪量が比例し、加えた荷重を取り去ると歪量がゼロになる変形様式を[イ]と呼ぶ。
  - (c) 異なる物質の性質を比較する際に行う操作で、荷重を面積、温度を融点、クリープ強度を剛性率で割る事を[ウ]すると呼ぶ。
  - (d) [エ]は鉱物中の欠陥であり、温度の上昇によってその数が増加する。
  - (e) 水や蜂蜜の流動は歪速度が差応力に比例して増大する。この様な流動の仕方を[オ]と呼ぶ。
- (2) 図1 (Passchier and Trouw, 1996 から引用) は、変形した石灰岩の薄片写真である(横幅は約2cm)。有孔虫と呼ばれる化石が互いに接する部分でつぶれている事が分かる。この様な変形は主に続成作用時に進行する事が知られている。この変形を進行させているメカニズムを答えよ。また、この変形が生じる為に必要な条件を述べよ。
- (3) 変形実験に関する以下の問いに答えよ。
  - (a) 変形実験は岩石の塑性変形特性を把握するために行うが、その際に着目しなければいけない点が2つある。1つはその力学特性を流動則と呼ばれる変形の構成式から把握することである。もう1つの着目点を、何故それを行う必要があるのかを含めて記述せよ。
  - (b) 変形実験を通じてマントルにおける岩石の力学特性を把握する際に、今日問題となっている点を2つ挙げよ。
- (4) 変形における加工硬化とは何か説明せよ。また、加工硬化とはどのような変形条件の際に生じる現象か、また加工硬化が継続するとどのような現象が生じ得るか説明せよ。
- (5) 図2 はペリドタイトの薄片写真である(横幅は約4mm)。この写真から理解できる変形に関する事柄を、“動的再結晶”“粒径”“粒界移動”“亜結晶粒回転”“波動消光”“変形のメカニズム” という言葉(順不同)を全て使用して説明せよ。その際、使用した言葉に下線を引くこと。

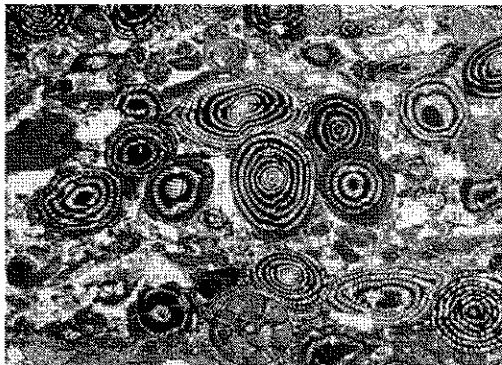


図1



図2

平成25年10月及び平成26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 以下の問（1）～（5）に答えよ。

（1）以下の[ア]～[オ]に入るもっとも適当な語を答えよ。

鉱物は温度や圧力条件が変化すると、その鉱物が持っている自由エネルギーを減らすことに起因して結晶構造を変化させる場合がある。このような現象は[ア]と呼ばれており、この現象は地球内部の構造を理解する上で重要である。上部マントルを構成する鉱物のうち最も主要な鉱物であるオリビンが、マントル遷移層に匹敵する温度と圧力条件下で[イ]或いは[ウ]に変化する現象がその例である。また、ダイヤモンドと[エ]の関係も[ア]のよい例である。地表における温度と圧力条件は、ダイヤモンドの安定領域から大きく外れている。しかし、ダイヤモンドは地表において宝飾品や工業製品として大いに役立つ鉱物となっている。この様に、その鉱物が持つ安定領域から外れた温度と圧力条件下でも存在している鉱物を[オ]と呼ぶ。

（2）[ア]は地球内部のダイナミクスを考える上でも重要な現象である。[ア]が地球内部のダイナミクスに与える影響を、沈み込む海洋プレートを念頭に説明せよ。

（3）岩石薄片に電子線を照射した際の現象に関する以下の問いに答えよ。

（a）電子線照射によって、鉱物を構成する原子から電子がはじき出されて電離現象が生じ、これに起因してX線が発生する。このX線を何と呼ぶか答えよ。

（b）電子線照射によって鉱物から放射される電子のうち、原子番号効果による組成情報を与えるものを何と呼ぶか答えよ。

（4）赤色と緑色のレーザービームを、ある間隔を有する同一の2次元格子スリットに入射させたところ各々回折点を得る事が出来た。この2つの回折点の間隔を比較すると、赤色レーザーを用いた場合のほうが大きかった。ブラッグの回折条件を用いて、両レーザービームの波長の大小を説明せよ。

（5）図3と図4の様なa、b、cを基本ベクトルとする単位格子がある。斜線を引いた面をミラー指数によって表現せよ。

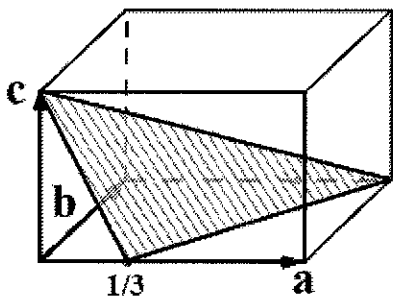


図3

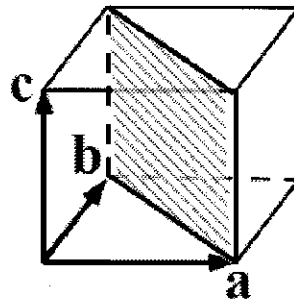


図4

平成25年10月及び平成26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と問2に答えよ。

問1 結晶やガラスの示差熱分析に関する次の文を読み、以下の問(1)～(4)に答えよ。

固体は単一の結晶（単結晶，粉末及びその焼結体），混合物，ガラスに区別出来るが，その物質の安定性は2つの観点から考える必要がある。結晶の場合でも欠陥の影響で安定性が変わり，結晶のサイズが極端に小さくなると表面エネルギーの影響で融点が低下することなどが知られている。ガラスの場合には，図1に示すような加熱時にガラス転移点  $T_g$  とその結晶の融点  $T_m$  との間に過冷却液体状態が出現する。ただし蒸気圧は無視できるとし，温度の増減はゆっくりとする。

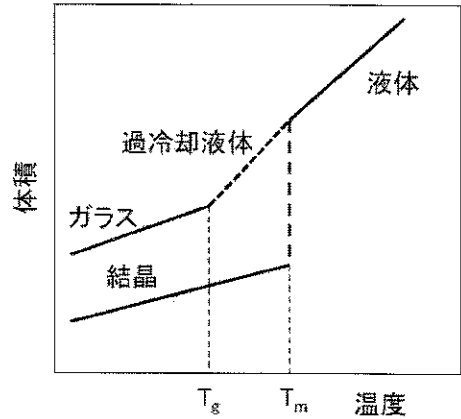


図1 結晶とガラスの体積-温度関係

- (1) 下線部の2つの観点とは何か，それぞれについて説明せよ。
- (2) 図2に示した  $T_m$  を超えて加熱したときの結晶の示差熱分析結果を参考にして， $T_m$  以上に加熱して得られた液体を  $T_g$  以下まで冷却したときの示差熱分析結果について，図示せよ。

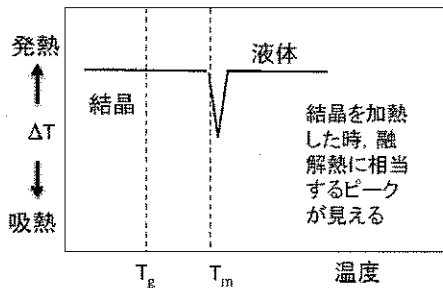


図2 結晶の示差熱分析結果

- (3) 失透があるガラスAと失透がないガラスBの加熱時の示差熱分析結果について，それぞれ図示して比較せよ。
- (4) 岩石中や隕石中などに鉱物結晶以外にガラスが大量に，あるいは局所的に存在することが知られている。それらの成因や意味について簡潔に説明せよ。

平成25年10月及び平成26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 地磁気に関する以下の問（1）～（4）に答えよ。

（1）以下の[ア]～[エ]に入るもっとも適当な語を答えよ。

物質が外部磁場の影響で全体として磁気モーメントを持つようになる現象を[ア]と呼ぶ。強磁性体では外部磁場を取り去っても比較的強い[ア]が残るが、温度を上げていくとある温度以上で常磁性体になる。この温度を[イ]と呼ぶ。強磁性体の[ア]の強さは外部磁場の強さの一価関数ではなく、履歴に依存する。このことを[ウ]と呼ぶ。岩石や堆積物が地球磁場により[ア]を獲得することを[エ]と呼び、過去の地球磁場について知る手がかりとなる。

（2）以下の[カ]～[ケ]に入るもっとも適当な語または数値を答えよ。

地球磁場は地球中心部に置かれた棒磁石が作るような [カ]に近く、全地球磁場のおおよそ[キ]%が[カ]の成分である。この仮想的な棒磁石のN極とS極を結ぶ線と地表との交点を[ク]と呼ぶ。それに対して、伏角が $90^\circ$  または $-90^\circ$  になる地点を[ケ]と呼ぶ。

（3）図3は深海底の二地点において採取された堆積物コアから得られた地磁気伏角の深さプロファイルである。二地点(a), (b)の堆積物は北半球と南半球のどちらで採取されたと考えられるか、理由とともに答えよ。

（4）図4は最近6 Maにおける地磁気逆転の年表である。これを参照して、図3の二地点(a), (b)のそれぞれにおけるおおよその堆積速度を有効数字二桁で mm/ka の単位で求めよ。答えだけでなく導出過程も記せ。なお堆積物の圧密の影響は無視してよく、堆積の中断はなかったとする。

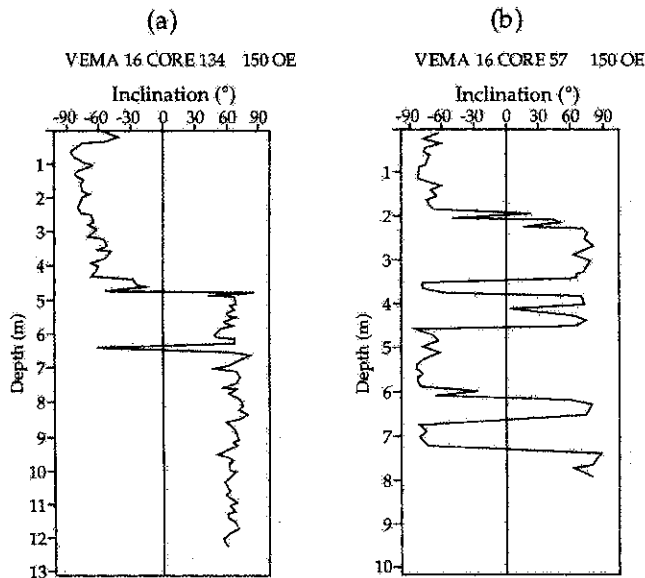


図3 深海底堆積物コアから得られた地磁気伏角の深さプロファイル

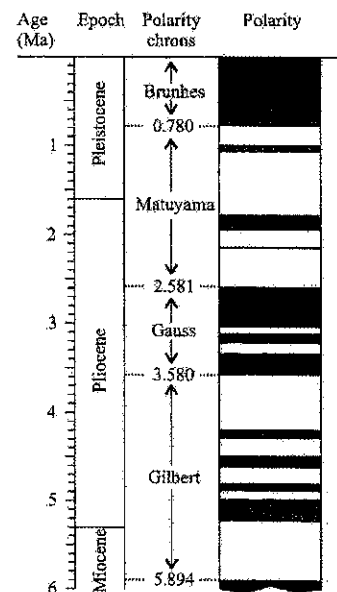


図4 最近6 Maにおける地磁気逆転の年表

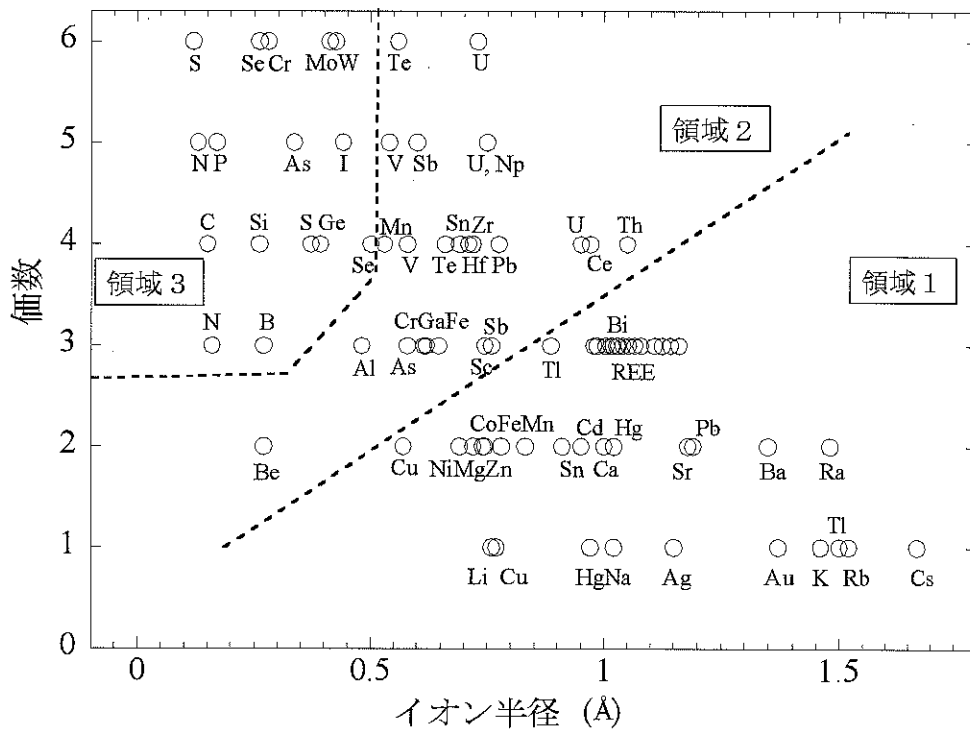
平成25年10月及び平成26年4月入学  
 広島大学大学院理学研究科（博士課程前期）入学試験問題

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 下図は、様々なイオンをイオン半径  $r$  (単位: Å) と形式的な価数  $z$  に基づいてプロットしたものである。この図に関連した以下の問(1)～(5)に答えよ。

- (1) 下図は、水圏での様々な元素の挙動を大まかに理解する上でしばしば利用される。(領域1) < (領域2) < (領域3)の順に増加するパラメータ  $X$  は、水溶液中での元素の反応性や挙動を考える上で重要である。このパラメータ  $X$  の名称を答えると共に、 $X$  を  $r$  と  $z$  で表せ。
- (2) 同じ+2 価をとる  $\text{Be}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$  を、水酸化物イオンとの錯体の安定性が高い順に並べ、そのようになる理由を説明せよ。
- (3) 領域1, 領域2, 領域3に分類されるイオンは、それぞれ水溶液中でどのようなイオンとして存在しやすいかを答えよ。
- (4) カンラン石には、それぞれマグネシウム ( $\text{Mg}^{2+}$ ) 及び鉄 ( $\text{Fe}^{2+}$ ) を主成分とする苦土カンラン石と鉄カンラン石がある。苦土カンラン石と鉄カンラン石ではどちらが融点が高いと予想されるか、イオン半径に着目して説明せよ。
- (5) 一般的に、 $\text{Mg}^{2+}$  に近いイオン半径を持つ陽イオンほどマントルに取り込まれやすいと考えられる。このことを参考にして、マントル物質と地殻物質が示すストロンチウム同位体比 ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) にはどのような違いがあると考えられるかを説明せよ。



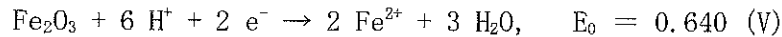


平成25年10月及び平成26年4月入学  
広島大学大学院理学研究科（博士課程前期）入学試験問題

地球惑星システム学専攻	専門科目
-------------	------

問2 地球表層の酸化還元状態に関する以下の問（1）～（4）に答えよ。

（1）地球表層でのFeの酸化還元状態を考える。以下の酸化還元反応



に基づいて、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ と $\text{Fe}^{2+}$ を考慮したEh-pH図を作成せよ。なお酸化還元反応の境界は、

$$\text{Eh} = E_0 - 0.0592 \log Q / \nu \quad (\text{Nernst 式})$$

で示され、 $E_0$ は標準電位 (V)、 $Q$ は反応商、 $\nu$ は酸化還元反応に関与する電子数を表す。また、固相と液相の境界の場合には、溶存種の濃度を $10^{-6} \text{ mol/L}$ として計算することとする。また、水の存在条件から、地球表層でのEhは

$$\text{Eh} < 1.230 - 0.0592 \text{ pH}$$

および

$$\text{Eh} > -0.0592 \text{ pH}$$

の範囲内にある。なお、主要な交点の数値は図中に示すこと。

- （2）地球大気の進化の過程で酸素分圧が増加したことにより考えられるEh-pH条件の変化を（1）で答えた図中に示せ。またその際、海洋中の鉄はどのような化学変化を受けたと考えられるかを説明せよ。
- （3）（2）と同様に、地球大気の進化に伴って、地球表層でのウランの挙動はどのように変化したと期待されるかを説明せよ。
- （4）最近の大気中の酸素濃度が示す季節変化と経年変化を説明せよ。

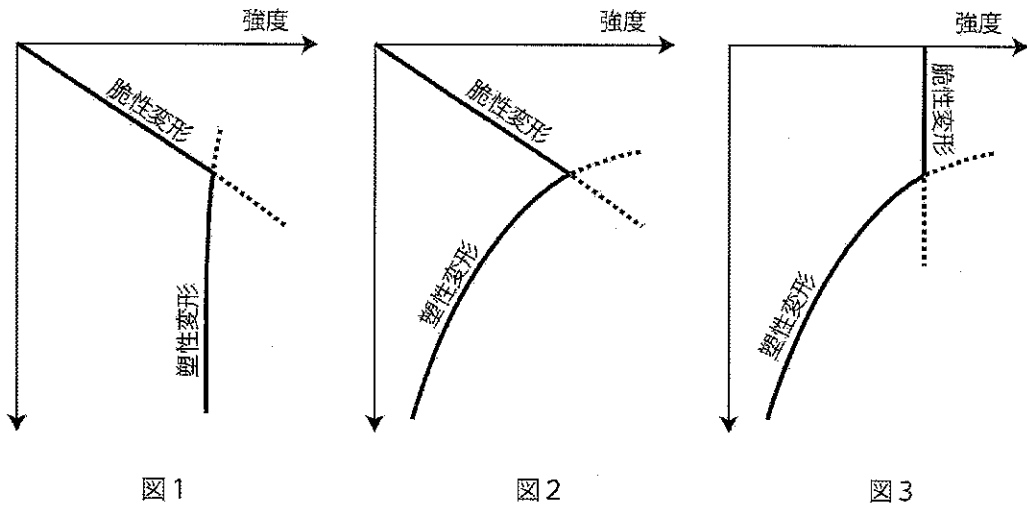
平成25年10月及び平成26年4月入学  
 広島大学大学院理学研究科（博士課程前期）入学試験問題

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 地殻での岩石の強度について、以下の問（1）～（5）に答えよ。

- (1) 地殻浅部では地震が多く発生するのに対し、地殻深部では地震はあまり起こらなくなる。これは岩石の変形様式と密接に関わっており、浅部では摩擦や破壊的な挙動が岩石の変形を支配するのに対し、深部では流動的な変形が支配的になるためである。図1～3は岩石の強度を、縦軸に温度、圧力、深さのいずれかをとって模式的に示したものになる。それぞれの図に対応する縦軸を答え、その理由を述べよ。



- (2) 上述の岩石の変形様式が変わる境界を脆性塑性境界といい、この境界の深度は温度により変化することが知られている。地下でのマグマ活動などにより、通常より地温勾配が高い地域では、脆性塑性境界の深度はどのように変化するか、その理由をふくめて答えよ。
- (3) 岩石の強度は水の存在にも影響を受ける。脆性変形と塑性変形に対する水の効果について、式を用いてそれぞれ説明せよ。
- (4) 水が存在する場合、岩石の強度断面は無水の条件に比べてどのように変化するか。図1～3を参考に、水が存在する場合の深さ方向の強度変化について図を用いて説明せよ。なお、無水の強度を実線で、含水の強度を点線で記すこと。
- (5) プレート境界で発生する地震は水の存在と密接に関わっている。地下深部に存在する水を検出するのに有効な物性について、適しているものを1つ挙げ、水の存在によりその値がどのように変化するか答えよ。

平成25年10月及び平成26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 以下の資源地球科学に関する問(1)～(5)に答えよ。

- (1) 図4は、石英中の $\text{H}_2\text{O}$ 一成分系流体包有物の加熱実験(microthermometry)における、流体包有物の圧力—温度経路を示している。図中の液相と気相の境界を示す実線と点Pをそれぞれ何と呼ぶか、答えよ。

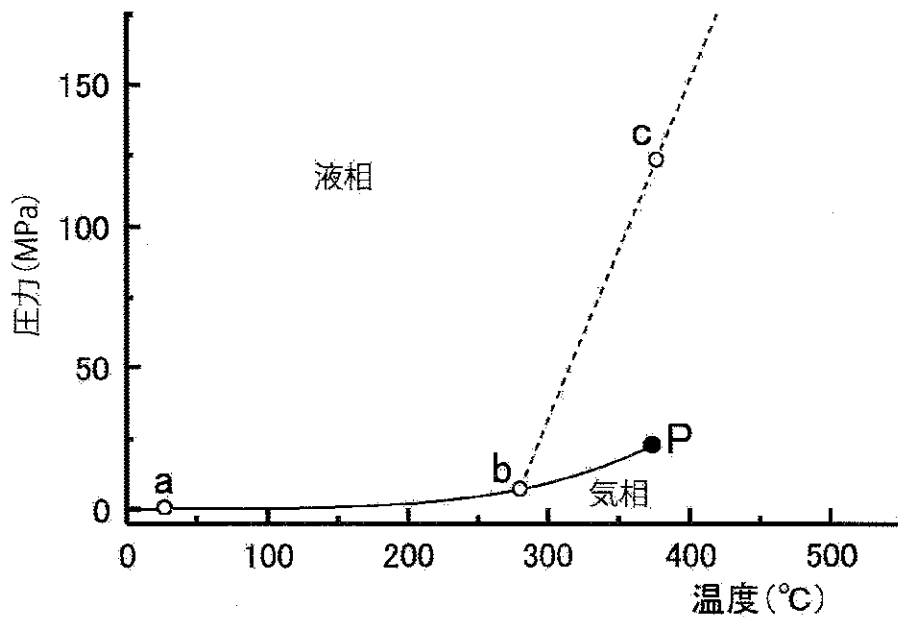


図4  $\text{H}_2\text{O}$ 一成分系相図と流体包有物の圧力—温度経路

- (2) 顕微鏡下で $\text{H}_2\text{O}$ 一成分系流体包有物を点aの状態から加熱したところ、点bで気相が消滅した。点bの温度を何と呼ぶか、答えよ。
- (3) (2)の状態から更に加熱を続けたところ、流体包有物の温度と圧力は、図の破線に沿って上昇し、点cに達した。この破線で示された線を何と呼ぶか、答えよ。
- (4) (3)の点bから点cまでの加熱経路で、圧力温度に依存する理由を、相律(自由度)を用いて説明せよ。なお、石英のモル体積は、この加熱実験中では変化しない。
- (5) 黒鉱型鉱床と別子型銅鉱床の類似点と相違点を、現在の海底熱水活動に対比して、簡潔に述べよ。