

平成22年10月及び平成23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22年 8月23日 13:30～16:30

注 意 事 項

1. 以下の用紙が配付されている。

問題用紙（表紙を含む）	9 枚
解答用紙	4 枚
2. 問題は全部で6問ある。この中から4問を選んで解答せよ。
3. 解答は分野の問題ごとに必ず1枚ずつ別々の用紙を用い、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、解答用紙を提出すること。

平成22年10月及び平成23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2に答えよ。

問1 ある岩石中に含まれる3種の鉱物についてRbとSrを分析し, 以下のデータを得た。

鉱物種	Rb (ppm)	Sr (ppm)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
白雲母	256.5	1.752	1.41968
黒雲母	1282.5	13.14	1.18112
カリ長石	119.7	70.08	0.73879

以下の問(1)～(5)に答えよ。

なお, 計算にあたり必要であれば以下の条件を用いよ。

$^{87}\text{Rb}$  の壊変定数  $\lambda=1.42\times 10^{-11} \text{ yr}^{-1}$ ,  $\ln 2=0.693$

Rb の原子量=85.50,  $^{87}\text{Rb}$  の同位体存在度(atomic%)=27.86

Sr の原子量および  $^{86}\text{Sr}$  同位体存在度は個々の試料によって固有の値を持つことになるが, ここでは便宜上共通の値として以下の数値を用いよ。

Sr の原子量=87.60,  $^{86}\text{Sr}$  の同位体存在度(atomic%)=9.95

- (1)  $^{87}\text{Rb}$  の半減期を求めよ。答えのみでなく, 計算の過程も記すこと。
- (2) カリ長石の  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  値は他の二つにくらべて非常に小さい値を示しているのはなぜか。
- (3) この岩石の  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  の初期値を 0.70400 と仮定し, 上記の3種の鉱物について各々の形成年代を求めよ。答えのみでなく, 計算の過程も記すこと。
- (4) 上記(3)のように, 初期値を仮定して求めた年代は一般に何と呼ばれるか。
- (5) 上記(3)で求められた3つの年代値を比較してどのようなことが言えるか。また, これらの年代値に差が生じる理由について考えられることを述べよ。

問2 星間ガスから原始太陽への収縮時間を考える。以下の問(1)～(5)に答えよ。

- (1) 水素密度  $1000 \text{ 個 cm}^{-3}$  の星間ガスが収縮し, 太陽が誕生したとする。太陽の平均密度を  $1.7 \text{ g cm}^{-3}$ , 水素原子の質量を  $1.7\times 10^{-24} \text{ g}$  とすると, 収縮する前の星間ガスの大きさは, 太陽半径の何倍になるか求めよ。ただし, 星間ガスを構成する元素は水素のみとする。
- (2) (1)の結果を, 現在の太陽系の大きさと比較せよ。
- (3) 質量  $M$  の物体Aから距離  $r_0$  のところに, 質量  $m(m\ll M)$  の物体Bを初速度0で置く。BがAに落下するまでの時間  $t_{free}$  (自由落下時間) は, 重量定数  $G$  を用いて

$$t_{free} = \int_{r_0}^0 \left( \frac{dt}{dr} \right) dr = -\sqrt{\frac{r_0}{2GM}} \int_{r_0}^0 \sqrt{\frac{r}{r_0-r}} dr = \pi \sqrt{\frac{r_0^3}{8GM}} \quad \text{と表せることを示せ。}$$

- (4)  $G=7.0\times 10^{-8} \text{ dyn cm}^2 \text{ g}^{-2}$ , 太陽質量  $M_{\odot}=2.0\times 10^{33} \text{ g}$ , 太陽半径  $R_{\odot}=7.0\times 10^{10} \text{ cm}$  としたときの自由落下時間を求めよ。星間磁場, 遠心力(角運動量保存)の影響を無視すると, この自由落下時間が分子雲から原始太陽への収縮時間の目安となる。
- (5) (4)の結果を隕石中に見られる  $^{26}\text{Mg}$  の同位体異常と関連づけて論ぜよ。

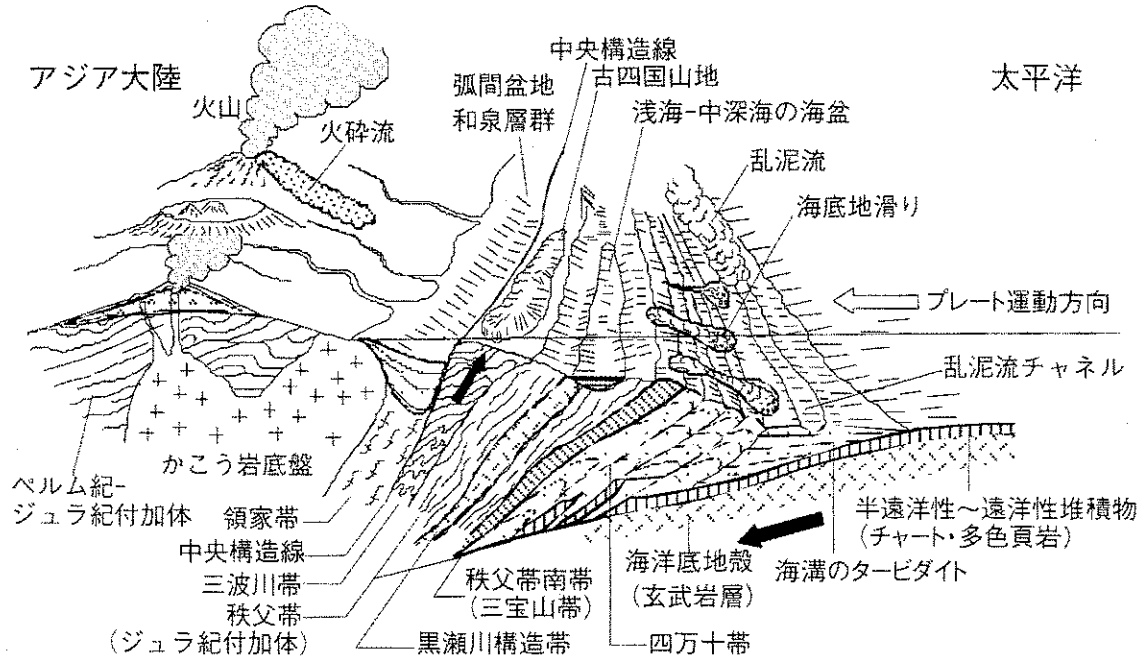
補記: 太陽の平均密度, 重量定数  $G$  は, それぞれ  $1.4 \text{ g cm}^{-3}$ ,  $6.67\times 10^{-8} \text{ dyn cm}^2 \text{ g}^{-2}$  であるが, 途中計算を簡素化するため  $1.7 \text{ g cm}^{-3}$ ,  $7.0\times 10^{-8} \text{ dyn cm}^2 \text{ g}^{-2}$  としている。

平成22年10月及び平成23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～問3のうち2問を選んで答えよ。

問1 下の図は白亜紀における西南日本の復元図の一例である。この図が示す西南日本の地史を概説せよ。



問2 砂岩中の碎屑性ジルコンは、砂岩の後背地やテクトニクス の 解明には非常に重要な 鉱物である。このことについて説明せよ。

問3 堆積構造と流速、および堆積物の粒度や粘性には密接な関係がある。河床形態の変化は流れの領域区分に対応している。一方向への流れにおける堆積構造と流速などの関係を説明せよ。

平成22年10月及び平成23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2に答えよ。

問1 重力に関する以下の問(1)～(4)に答えよ。なお、以下では地球は静止した球と仮定する。

- (1) 万有引力定数を  $G$ 、地球の質量を  $M$  とするとき、地球の中心から距離  $r$  の点における重力の大きさ  $g(r)$  を示せ。ただし、地球の半径を  $r_0$  としたとき、 $r \geq r_0$  とする。
- (2) 地表における重力の大きさを  $g_0$ 、地表から高さ  $\Delta r$  の上空における重力の大きさを  $g_0 + \Delta g$  とするとき、近似的に以下の式が成り立つことを示せ。

$$\frac{\Delta g}{g_0} = -2 \frac{\Delta r}{r_0}$$

- (3) 地表から高さ 320 km の上空では、地表に比べて重力の大きさは何パーセント減少しているか、地球の半径を 6400 km として求めよ。
- (4) 国際宇宙ステーション(ISS)は、地表から高さおよそ 350 km の軌道上にあるが、ニュースなどの映像からは、内部は無重力状態に見える。その理由を述べよ。

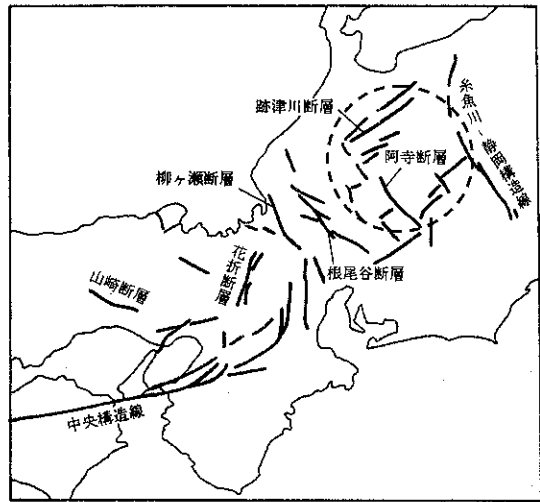
問2 断層に関する以下の問(1)～(4)に答えよ。

- (1) 図は、中部・近畿地方の活断層の分布である。破線の円の領域に示されるような断層系は、一般に何と呼ばれるか。
- (2) (1) の領域では、最大主応力軸はどの方向にあると考えられるか、理由と共に答えよ。
- (3) 阿寺断層と跡津川断層は、右横ずれと左横ずれのどちらか、それぞれについて答えよ。
- (4) 平面応力状態を考える。最大および最小主応力をそれぞれ  $\sigma_1, \sigma_2$  とすると、主軸系から  $\theta$  回転させた座標系での垂直応力  $\sigma$  とせん断応力  $\tau$  は、

$$\sigma = \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_2) + \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_2) \cos 2\theta$$

$$\tau = -\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_2) \sin 2\theta$$

と表わされる。横軸に  $\sigma$ 、縦軸に  $\tau$  をとって、これらを図示し、(1) の断層系ができる理由を説明せよ。



図

平成22年10月及び平成23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, 問2に答えよ。

問1 衝撃による固体の変形では、圧縮による歪 $\epsilon$ だけではなく、圧縮に伴う歪速度 $\dot{\epsilon}$ （単位時間あたりの歪変化）が重要である。以下の問（1）～（5）に答えよ。計算の途中も記述し、単位が必要な場合には単位も記述せよ。なお、以下では歪 $\epsilon$ と歪速度 $\dot{\epsilon}$ はすべて一次元とする。

- (1) 変形前の長さを $L_0$ 、変形後の長さを $L$ とするとき、歪 $\epsilon$ と歪速度 $\dot{\epsilon}$ を求めよ。ここで、 $L$ の時間導関数を $\dot{L}$ とする。
- (2) 時間 $\Delta t$ の間に長さが $\Delta L$ だけ変化したとき、歪速度 $\dot{\epsilon}$ を $\Delta t$ 、 $\Delta L$ 、 $L_0$ を用いて近似的に表わせ。
- (3) 長さ10 cmの試験片が、毎秒1 mで引っ張られたときの歪速度 $\dot{\epsilon}$ を求めよ。
- (4) 長さ5 cmの銅製円柱が、毎秒1 kmで剛体に衝突した瞬間の歪速度 $\dot{\epsilon}$ を求めよ。
- (5) 図1のように衝撃により発生した衝撃波が固体中を伝播する際には、衝撃波が通過していく部分で塑性変形が起きる。この塑性変形域での歪速度 $\dot{\epsilon}$ を決定するのは、衝撃波の立ち上がり時間と、衝撃圧による体積変化である。衝撃波面の厚さを $5 \mu\text{m}$ 、衝撃波面の進行速度を $5 \text{ km/s}$ 、塑性変形域での体積の減少を15%とすると、塑性変形域での歪速度 $\dot{\epsilon}$ を求めよ。この場合、変形は衝撃による一軸圧縮なので、体積の減少は長さの減少に等しい。

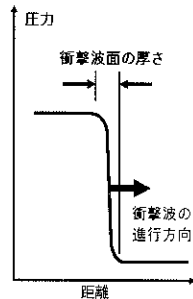


図1

問2 地震波線と走時曲線に関する以下の問（1）～（3）に答えよ。

図2(a), (b)は、ある地震波速度構造に対応する地震波線と走時曲線の模式図で、横軸および縦軸の $x, z, T$ はそれぞれ震央距離、深さ、走時である。また図2(c)は、地球の核を伝わるP波の走時曲線の模式図である。

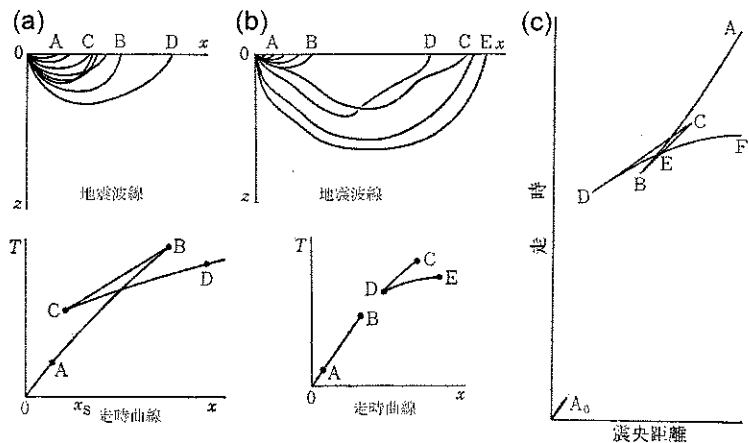


図2

- (1) 図2(a), (b)は、それぞれどのような地震波速度構造に対応する図か、理由と共に答えよ。
- (2) 図2(c)の走時曲線のA-B-CおよびC-D-Fの部分で表わされる地震波の名称をそれぞれについて答えよ。
- (3) 地球の核を伝わるP波の走時曲線が、なぜ図2(c)のようになるのか述べよ。

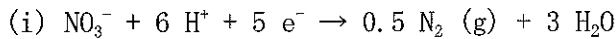
平成22年10月及び平成23年4月入学  
 広島大学大学院理学研究科（博士課程前期）入学試験問題

地球惑星システム学専攻	専門科目
-------------	------

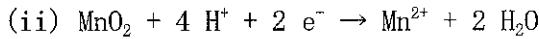
[5] 以下の問1, 問2に答えよ。

問1 有機物を酸化的に分解することで得られるエネルギーは、従属栄養型の生物に広く利用されているが、得られるエネルギー量は有機物の酸化剤として何を用いるかで異なる。このことについて、以下の問いに答えよ。

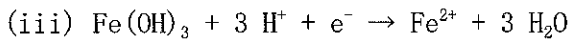
(1) 地球表層での窒素、マンガン、鉄の酸化還元反応を考える。以下の式(i)~(iii)で規定される窒素、マンガン、鉄の酸化還元状態の境界を Eh-pH 図に示せ (Eh: 水素電極を基準にした酸化還元電位)。酸化還元状態の境界は、 $Eh = E_0 - 0.059 \log Q / \nu$  (Nernst 式) で示され、以下の式(i)~(iii)の  $E_0$  は標準電位 (V),  $Q$  は反応商,  $\nu$  は酸化還元反応に関与する電子数を表す。また、天然水の存在条件から、地球表層での Eh は、 $Eh < 1.2 - 0.059 \text{ pH}$  および  $Eh > -0.059 \text{ pH}$  を満たす。なお、主要な交点の数値は示すこと。



$E_0 = 1.24 \text{ (V)}, [\text{NO}_3^-] = 10^{-3} \text{ (M)}, P_{\text{N}_2} = 10^{-0.1} \text{ (bar)}$

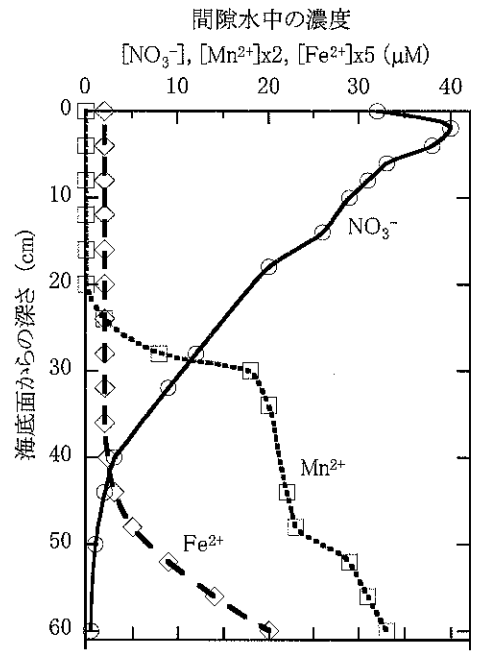


$E_0 = 1.23 \text{ (V)}, [\text{Mn}^{2+}] = 10^{-6} \text{ (M)}$



$E_0 = 0.98 \text{ (V)}, [\text{Fe}^{2+}] = 10^{-6} \text{ (M)}$

(2) ある海底堆積物の間隙水 (pH = 8 とする) に含まれる  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  の濃度を深度に対してプロットした (右図)。海底堆積物では通常、海水と接する最上部の海底面が最も酸化的環境にあり、堆積物の深さが増すにつれて還元環境になる。(1) で得られた結果に基づいて、右図にみられる  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  の濃度変化が、なぜ深さに対して右のような変化をみせるかを述べよ。



(3) (2) の結果などを参考にして、有機物を酸化した際に得られるエネルギーの大きさが大きい順に、天然で働く酸化剤を4つ挙げよ。

(4) 右図の深さ 60 cm の間隙水などに含まれる  $\text{Fe}^{2+}$  は、試料を採取した後の分析において容易に酸素による酸化を受ける。その影響は天然水で重要な分析項目であるアルカリ度の値にも及ぶ。 $[\text{Fe}^{2+}]$  が 0.10 mM の天然水を空気中に放置した場合、アルカリ度 (meq/L) は、本来の値に比べてどの程度変動するか、式(iii)を用いて説明せよ。

(5) 図に示されたような続成作用を受ける元素組成の情報に比べて、同位体比は堆積当初の記録を保存し易い。例えば、海洋中で生成した炭酸カルシウムの Sr 同位体比 ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比) は、地球表層のどのような変化を反映すると考えられているか。

(次ページに続く)

平成22年10月及び平成23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 イオンのサイズに関する以下の問いに答えよ。

- (1) コンドライトで規格化した希土類パターンにおいて、地殻物質は一般に軽希土類元素に富んだパターンを示す。この理由を希土類イオンのイオン半径に着目して説明せよ。
- (2) 炭酸カルシウムには、主にカルサイト型（アルカリ土類イオンを囲む酸素が6配位）とアラゴナイト型（同9配位）の2つの結晶形がある。一方、他のアルカリ土類イオンの炭酸塩は、どちらか一方の結晶形が主である。アルカリ土類イオンのサイズの大小と配位数の関係を考慮しつつ、 $\text{Sr}^{2+}$ と $\text{Mg}^{2+}$ の炭酸塩はカルサイト形とアラゴナイト形のいずれをとり易いかを答えよ。
- (3) 天然環境において、高いpH条件で $\text{Mg}(\text{OH})_2$  (brucite) の沈殿が生じることはあるが、 $\text{Ca}^{2+}$ が $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の沈殿を生じることは殆どない。このような $\text{Mg}^{2+}$ と $\text{Ca}^{2+}$ の $\text{OH}^-$ との反応性の違いを、イオン半径 ( $r$ ) や価数 ( $z$ ) に着目して説明せよ。

平成22年10月及び平成23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のうち、1問を選択して答えよ。

問1 地球内部での水の役割に関する以下の問（1）～（5）に答えよ。

- (1) マントル物質が水と反応して生成する蛇紋岩は、他の鉱物より低い塑性強度で特徴づけられる。蛇紋岩がプレート境界に存在する場合、地震活動においてどのようなことが期待されるか、脆性－塑性転移の観点から述べよ。
- (2) 含水鉱物の形成に加え、岩石中に間隙流体が存在する場合、岩石の変形特性が著しく変化する。間隙流体が存在する場合、摩擦強度は間隙流体がない場合に比べ、どのように変化するか式を用いて答えよ。
- (3) 蛇紋岩はかんらん岩に比べ、顕著に遅い弾性波速度で特徴づけられる。蛇紋岩の  $V_p$  (P波速度)、 $V_s$  (S波速度) を参考に、ポアソン比を計算せよ。また、マントル中の蛇紋岩の分布を推定する上では、 $V_p$ 、 $V_s$  の速度異常よりポアソン比が有効であるが、その理由を簡潔に述べよ。なお、ポアソン比 ( $\sigma$ ) は以下の式によって与えられる。

$$\frac{V_p}{V_s} = \sqrt{\frac{2-2\sigma}{1-2\sigma}}$$

	かんらん岩	蛇紋岩
P波速度 (km/s)	8.3	6.5
S波速度 (km/s)	4.8	3.6

- (4) マントル中に、ポアソン比が 0.27 で特徴づけられる地域が確認されたとする。ポアソン比の異常は蛇紋岩化が原因だとし、その地域の蛇紋岩の割合を求めよ。なお、かんらん岩のポアソン比は（3）の表から求め、ポアソン比はかんらん岩と蛇紋岩の量比に線形に依存するとの近似を用いよ（必要であれば図を作成せよ）。
- (5) 地球内部での水の存在は、岩石の融解温度にも影響を及ぼす。とくに、日本列島などの島弧火成活動では、水による融点降下が島弧マグマ生成において重要な役割を果たしていると考えられている。沈み込み帯における水の循環と島弧火成活動の関連を述べよ。なお、キーワードとして「脱水分解」を文中に含めよ。

(次ページに続く)



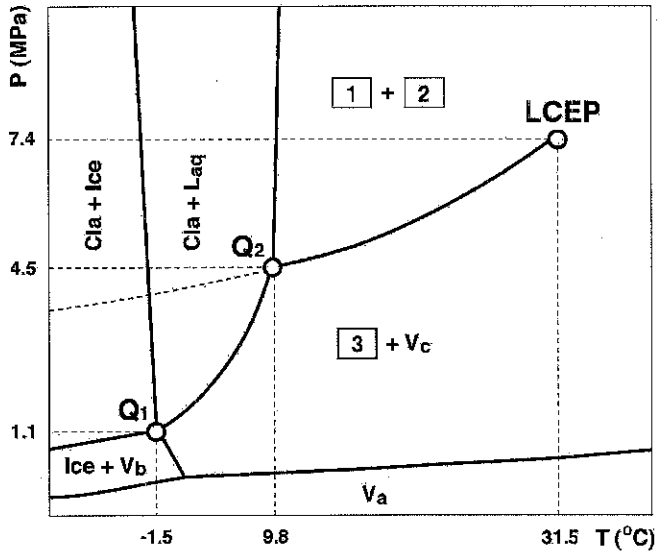
平成22年10月及び平成23年4月入学  
 広島大学大学院理学研究科（博士課程前期）入学試験問題

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以下の問（1）～（4）に答えよ。

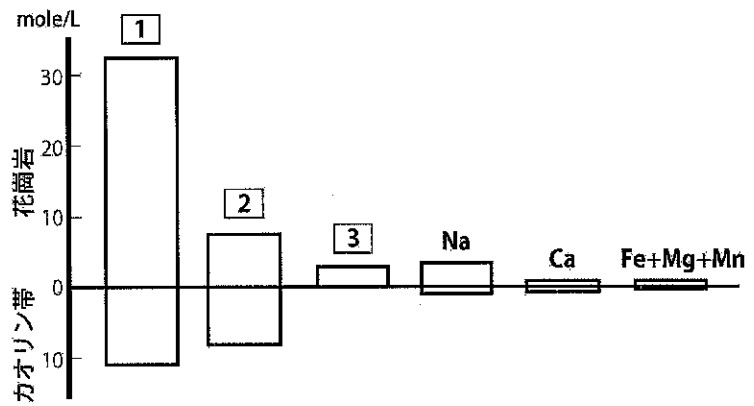
- (1) 右図は、CO<sub>2</sub> のモル分率が 0.1 程度の H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> 系流体の相図の一部を示している。図の [1]～[3] の相を、下記の略号の中から選べ。

略号  
 Cla : クラスレート  
 Ice : 氷  
 V<sub>a</sub>, V<sub>b</sub> 及び V<sub>c</sub> : 気相  
 L<sub>aq</sub> : H<sub>2</sub>O に富む液相  
 L<sub>carb</sub> : CO<sub>2</sub> に富む液相  
 Q<sub>1</sub> 及び Q<sub>2</sub> : 四重点  
 LCEP : 下部臨界終点



- (2) 上図の V<sub>a</sub> と V<sub>c</sub> はともに気相であるが、組成は異なる。どのように異なるかを述べよ。

- (3) 島根県小馬木カオリン鉱床は、花崗岩中に浸透した熱水による変質作用で形成されたと考えられている。右図には原岩である花崗岩と鉱床（カオリン帯）中の主要成分（元素）の含有量（1 リットル中のモル数）が示されている。図の [1]～[3] はそれぞれ単独の元素を示しているが、これらに相当する元素を元素記号で答えよ。



- (4) 上図の [2] の元素は、この変質作用による含有量の変化がほとんどない。その理由を述べよ。