

平成31年度4月入学
愛媛大学大学院理工学研究科博士前期課程
数理物質科学専攻
(地球進化学コース)
入学試験問題

専 門

解答時間 9 : 0 0 – 1 2 : 0 0

注意事項

1. 専門科目8問の中から4問(各50点)を選択して解答すること。4問を超えて解答した場合、すべて0点となるので注意すること。
2. 解答用紙の指定がある問題を選択した場合は、指定された解答用紙に受験番号を必ず記入すること。記入の無い解答は、0点となるので注意すること。
3. 解答用紙の指定がない問題を選択した場合は、解答用紙に問題番号と受験番号を必ず記入すること。記入の無い解答は、0点となるので注意すること。
4. 電卓の使用は、認めない。

1

以下の文章を読んで問いに答えよ。

A 博士は、西太平洋の海洋掘削コアを研究しています。このコアは、①海洋底を研究する上で大変重要な地域である西太平洋の海山裾野の堆積物を掘削したもので、二百 m ほどの長さがあります。コアの最下部には ②玄武岩があり、その周辺海域の海洋底では一番古いものと思われました。その上位には数十 m の層厚の③縞状珪質軟泥が詰まっています。珪質軟泥には二枚貝などのその場で確認できる化石は入っていませんでした。

問1 海洋底堆積物の種類を2つあげ、それぞれの堆積物の海洋底における分布の特徴を述べなさい（ただし珪質軟泥は除く）。

問2 下線①のように、なぜ西太平洋は海洋底研究で重要な地域と言われているのか。理由を説明しなさい。

問3 下線②の玄武岩の年代はどの時代のものと推定されるか。

問4 珪質軟泥はどのように形成されるか、以下の単語を使って説明しなさい。

（単語：CCD、珪質殻、プランクトン）

問5 下線③の縞状珪質軟泥の層序解析をしようと思います。どのような層序解析ができるか、適切と思われる層序解析手法をあげ、解析方法について説明しなさい。

2

古生物学・進化・地球史に関する以下の問いに答えよ。

問1 次の(1)～(3)の文で説明される語句を答えよ。

- (1)「もともと同一の器官であった(起源が同一の)生物の部位の関係性」あるいは「生物の特徴における共通祖先からの由来に基づく類似性」のこと
- (2) 生息当時の局地的な環境を示す化石
- (3)「個体発生は系統発生を繰り返す」という法則

問2 次の(1)～(9)の語句の中から3つ選び、選んだ3つの語句について、それぞれ詳しく説明せよ。

- (1) マイヤーの「生物学的種概念」
- (2) 「ニッチ (生態的地位)」
- (3) 「適応放散」
- (4) 「生物地理区」
- (5) 生物の系統分類における「単系統群」
- (6) 「テチス海」
- (7) 「示準化石」
- (8) 「エディアカラ生物群」
- (9) 「タフォノミー」

問3 ザイラッハーは、構形成態学の方法を論じた際、化石の形態をみる視点として、3通りの視点があることを指摘した(Adolf Seilacher, 1970)。そのザイラッハーの3つの視点を全て書け。

問4 先カンブリア時代には、それより後の時代(顕生累代)に比べて、発見される化石の種類や数が少ない。これはなぜだと考えられるか、説明せよ。

問5 以下の(1)～(3)の事象が起こったのは今からどのくらい前か、単位「Ma」を使って答えよ。

- (1) アンモナイト類の絶滅
- (2) 地球の誕生
- (3) 顕生累代で最大の大量絶滅

3

以下の問いに答えよ。

問1 イオン結晶において8配位サイトの限界半径比が0.732であることを示せ。

問2 輝石の化学式でSi（ケイ素）とO（酸素）の比が1:3になっているのはなぜか、結晶構造の観点から説明せよ。

問3 粉末X線回折において回折線の線幅が広がる原因について説明せよ。

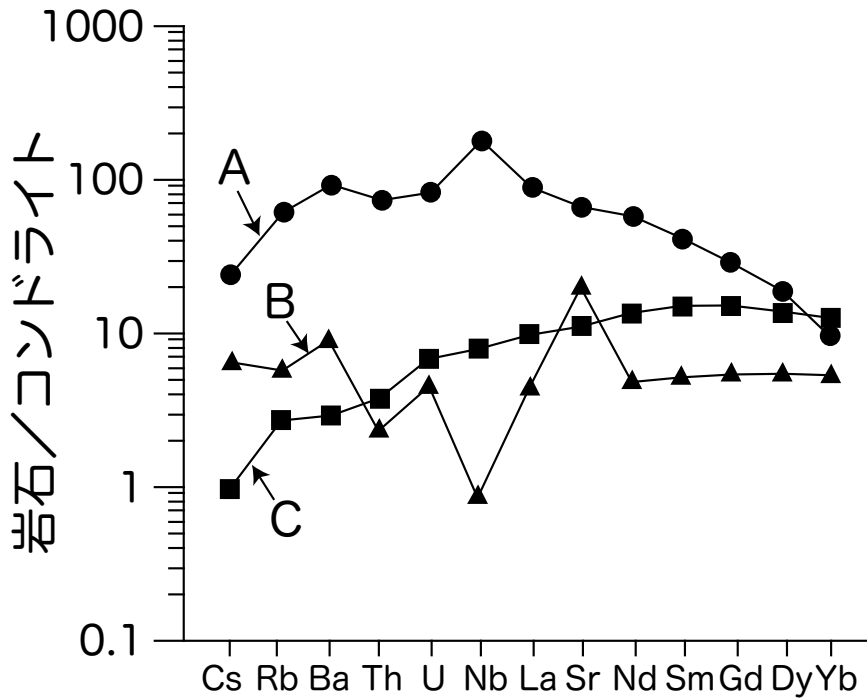
問4 $a = 0.377 \text{ nm}$ の立方晶系の結晶が $2\theta = 60.0^\circ$ の位置で回折を起こした。この回折線に対する反射の指数を求めよ。ただし、用いたX線の波長は 0.154 nm である。

問5 Diopside ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$) は単斜晶系に属し、 $a = 0.975$ 、 $b = 0.890$ 、 $c = 0.525 \text{ nm}$ 、 $\alpha = \gamma = 90^\circ$ 、 $\beta = 106^\circ$ の格子定数を持ち、単位胞中に4個の分子を含む。Ca, Mg, Si, Oの原子量をそれぞれ40、24、28、16、アボガドロ定数 $= 6 \times 10^{23}$ として、Diopsideの理論密度は何 g/cm^3 か、計算せよ。ただし、 $\sin 106^\circ = 0.961$ である。

4

以下の問いに答えよ。

下の図は地球上の代表的な3つのマグマ生成場（中央海嶺・火山弧・ホットスポット）でみられる玄武岩の微量元素組成を、コンドライトの組成で規格化したスパイダー図である。



問1 A・B・Cそれぞれの生成場を答えよ。

問2 中央海嶺・火山弧・ホットスポット、それぞれでのマグマの成因を簡潔に説明せよ。

問3 A・B・Cそれぞれの微量元素組成の特徴と、その特徴をもたらした要因について簡潔に説明せよ。

問4 現在の中央海嶺・火山弧・ホットスポットにおけるマグマの生成量の違いについて簡潔に説明せよ。

5

以下の問いに答えよ。

上部マントル深部のある地点 A の地震波速度について考える。

地点 A の深さにおける平均的な P 波速度(V_P)、S 波速度(V_S)はそれぞれ

$$V_P = 9.00 \text{ km s}^{-1}, V_S = 4.50 \text{ km s}^{-1}$$

であり、 V_P と V_S の温度(T)に対する変化率はそれぞれ

$$dV_P/dT = -4.0 \times 10^{-4} \text{ km s}^{-1} \text{ K}^{-1}, dV_S/dT = -3.0 \times 10^{-4} \text{ km s}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

であるとする。これらをもとに以下の問いに答えよ。

問1 地点 A での P 波速度は周囲の平均的なマントルよりも 2.0% 低速度である。この低速度の理由が温度のみであると仮定し、地点 A の温度と平均的な周囲のマントルの温度の差を答えよ。解答の際、計算の過程も示せ。

問2 地点 A では、周囲のマントルより V_P が 2.0% 低速度であるだけでなく V_S も 2.0% 低速度である。横軸 V_P ・縦軸 V_S のグラフ上に、地点 A をプロットせよ。解答の際、計算の過程も示せ。

問3 この深さにおいて平均的なマントルから温度だけが変化する場合の V_P と V_S の関係を、横軸 V_P ・縦軸 V_S のグラフ中に記入せよ。解答の際、計算の過程も示せ。

問4 現実には、 V_P と V_S は温度だけでなく化学組成にも依存する。なかでも鉄含有量($X = \text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg})$)、ここで X はモル分率であり 0~1 の間の値をとる無次元数の影響は最も重要であると考えられる。 V_P と V_S の鉄含有量(X)に対する変化率をそれぞれ $dV_P/dX = -4.0 \text{ km s}^{-1}$, $dV_S/dX = -2.0 \text{ km s}^{-1}$ とする。この深さにおいて平均的なマントルから鉄含有量だけが変化する場合の V_P と V_S の関係を、横軸 V_P ・縦軸 V_S のグラフ中に記入せよ。解答の際、計算の過程も示せ。

問5 問2のような V_P と V_S を示す地点 A での温度と鉄含有量の平均的なマントルからの差を求めよ。このとき、 V_P と V_S は温度と鉄含有量以外の変数に影響されないと見なしてよい。解答の際、計算の過程も示せ。

6

下の図は地球マンツルの代表的なケイ酸塩鉱物であるカンラン石 ($\text{Mg}_2\text{SiO}_4\text{-Fe}_2\text{SiO}_4$ 系)の高圧相平衡図である。以下の問いに答えよ。

問1 カンラン石の2つの端成分の名称を答えよ。

問2 カンラン石—ウォズリアイト相転移における密度の変化率(%)を求めよ。オリビンの格子定数は $a = 4.8 \text{ \AA}$, $b = 10.2 \text{ \AA}$, $c = 6.0 \text{ \AA}$, $Z = 4$ とする。ウォズリアイトの格子定数は $a = 5.7 \text{ \AA}$, $b = 11.7 \text{ \AA}$, $c = 8.2 \text{ \AA}$, $Z = 8$ とする。 Z は単位胞中に含まれる化学式成分の数である。相転移時の化学組成の変化はないものとする。

問3 マンツル中のカンラン石の化学組成を $(\text{Mg}_{0.9}\text{Fe}_{0.1})_2\text{SiO}_4$ としたとき、図から読み取れる高圧相転移境界を、縦軸を温度、横軸を圧力とした解答用紙の図に加筆せよ。

問4 日本列島下のマンツルの地震波トモグラフィ—像は、沈み込んだ海洋プレートがマンツル遷移層領域—下部マンツル境界で滞留することを示唆する。この現象が起こる原因の1つを、問3で図示したオリビンの相転移境界から説明せよ。その際、問3の解答図にマンツルおよび沈み込むプレートの等温線を加筆し、以下の語句を用いよ。

- クラペイロン勾配
- 密度
- 低温

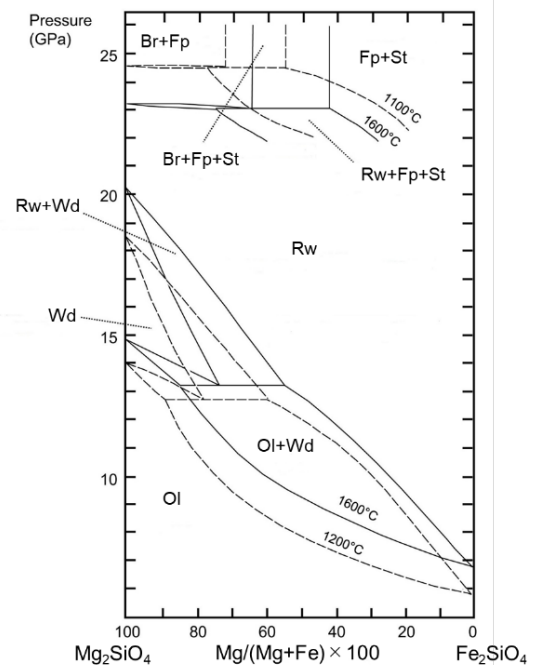


図. $\text{Mg}_2\text{SiO}_4\text{-Fe}_2\text{SiO}_4$ 系の高圧相平衡図
Ol: カンラン石, Wd: ウォズリアイト, Rw: リングウッダイト, Br: ブリッジマナイト, Fp: フェロペリクレス, St: スティショバイト. (Modified after Katsura & Ito, 1989; Ito & Takahashi, 1989)

7

以下の問いに答えよ。

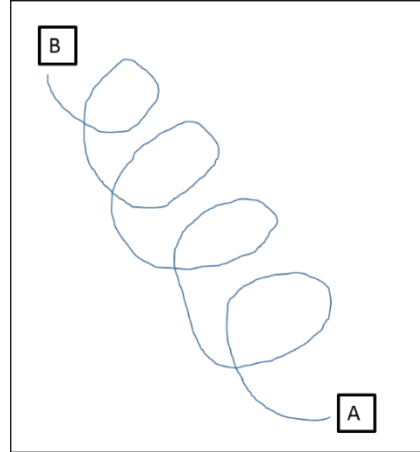
右図は、台風通過後すぐに北緯 30 度の海に投入された漂流ブイの移動経路を示している。漂流ブイが投入される前は台風に伴う強い風が吹いていたが、漂流ブイ投入後には風はとまっていた。

問 1. 北緯 30 度におけるコリオリパラメータ f の値を有効数字 3 桁で求めよ。ここで、円周率 π は 3.14、地球の自転周期は 86400 秒とする。

問 2. 図のように漂流ブイは円運動をしており、この円運動の周期は 24 時間であった。この円運動は何と呼ばれる現象か？

問 3. この漂流ブイは A 点、B 点のどちらから投入されたか答えよ。また、そのように判断した理由を述べよ。

問 4. 地球の気候システムにとって海洋の役割は極めて大きい。特に、地球温暖化に関わる地球上の炭素循環において、海洋は炭素のリザーバー（炭素が海洋中に貯留される）となっており、海洋が大気中の炭素をどの程度吸収するかが地球の気候を決定しているとも言える。なぜ、海洋が炭素のリザーバーとなるのか説明せよ。



8

生態学および進化学に関する以下の文を読んで問いに答えよ。

自然界においては、①多くの種の個体が個体間で様々な相互作用をして共存している。このような生物間の相互作用や非生物的環境のもとで、生物個体は繁殖し、個体群を形成している。様々な種の個体群の集まりを といい、これに、非生物的な要素を含めた全体を という。

生物個体は繁殖によってその遺伝子を次世代に伝えていくが、個体群が長い期間存続する場合、その生物的・非生物的環境に、より適応した個体の遺伝的形質が個体群中に割合を増してくる。このような過程を②自然選択による個体群の進化という。この進化は、他種の生物にとっての生物的環境の変化を生じるので、進化は異種の個体群間で相互に影響を及ぼしながら進行する場合が通常である。このような進化を という。

自然選択による進化とは異なるしくみで起こる進化に③中立進化がある。この中立進化の理論に基づいて、④種間の進化距離を推定し、系統関係を推定する方法が開発されている。

問1 文中の ～ に適当な語を入れなさい。

問2 下線部①に関して、主要な異種の生物間の相互作用を3つ挙げ、その相互作用の特徴を述べなさい。

問3 生物多様性という言葉には様々な意味がある。3つの主要な意味を述べなさい。

問4 下線部②に関して、自然選択による個体群の進化が起こるにはどのような条件が成り立つ必要があるか、3つ挙げなさい。

問5 下線部③に関して、中立進化とはどのようなものか、自然選択による進化との違いを述べなさい。

問6 下線部④に関して、このような推定には、具体的にどのような生物情報が用いられるか述べなさい。