

令和4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

堆積岩は構成する堆積物の種類に基づき、①陸源碎屑岩、火山碎屑岩、生物源堆積岩、化学的堆積岩に分類されることがある。陸源碎屑岩の②岩相層序学的研究においては、岩相は③粒度や④堆積構造など様々な要素に基づき識別される。以下の問いに答えよ。

問1 下線部①のうち、生物源堆積岩と化学的堆積岩の例を1つずつ挙げ、それらの特徴や形成過程に関して説明せよ。

問2 下線部②の岩相層序学は主に岩相に基づき地層を区分し体系化する層序学の一分野である。

- (1) 岩相層序学以外によく用いられる層序学を2つ挙げ、それぞれ説明せよ。
- (2) 岩相層序学の利点と限界について論ぜよ。

問3 下線部③の粒度は陸源堆積岩を調べる上で最も重要な特徴の1つである。

- (1) 粒度がなぜ重要なのか考察せよ。
- (2) 粒度に関して、堆積物の淘汰が悪いとはどういうことか説明せよ。また、ある単層の淘汰が悪いという観察事実からどのようなことが読み取れると考えられるか述べよ。

問4 下線部④の堆積構造のうち、タービダイトにしばしば見られる初生的堆積構造と準堆積時堆積構造の例を1つずつ挙げ、それぞれ説明せよ。

2

次の問いに答えよ.

問1 化石になりやすい生物の条件を2つ挙げ、その条件が化石の保存にどのように関わるかを簡単に説明せよ.

問2 次の語句をそれぞれ50字程度で説明せよ.

- ・ 時間的亜種 (Chronosubspecies)
- ・ 相対成長 (Relative growth)
- ・ 模式標本 (Type specimen)
- ・ 適応景観 (Adaptive landscape)

## 3

以下の問いに答えよ。

問1 フィロ珪酸塩鉱物の結晶構造の特徴を説明せよ。また、フィロ珪酸塩鉱物に分類される鉱物の種名を2つ答え、化学式を示せ。種名は和名でも英名でもかまわない。

問2 フィロ珪酸塩鉱物において、結晶構造中の八面体席を2価の陽イオンが占める種と、3価の陽イオンが占める種を比較したときに、 $c$ 軸の大きさにはあまり差がないものの、 $a$ 軸、 $b$ 軸の大きさが異なることがある。八面体席を2価の陽イオンが占める種と3価の陽イオンが占める種ではどちらが $a$ 軸、 $b$ 軸ともに大きくなるかを答え、その理由を説明せよ。

問3 図1は正六面体の外形を示す黄鉄鉱の結晶形の一例である。6つの結晶面の面指数を答えよ。また、 $\{111\}$ 面のみからなる場合は、黄鉄鉱の自形結晶は何面体となるか答えよ。

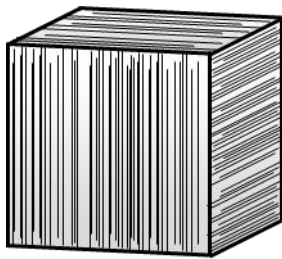


図1. 黄鉄鉱の結晶形

問4 黄鉄鉱 ( $a = 0.54 \text{ nm}$ ) の  $(210)$  面の面間隔  $d$  を有効数字2桁で求めよ。なお、 $\sqrt{5} = 2.24$  として計算に用いても良い。解答は、計算の結果だけでなく、途中経過も示すこと。

**4** 以下の問いに答えよ。(解答用紙の指定あり)

問1 接触変成作用について簡潔に説明せよ。

問2 火成岩の化学組成の多様性をもたらすプロセスについて説明せよ。

問3 花崗岩試料 A, B, C の全岩主要元素組成分析を行い、ノルム鉱物重量比を計算したところ、以下の表の結果となった。このデータを解答用紙の三角図にプロットし、試料 A, B, C がそれぞれ何岩に分類されるかを答えよ。

主要元素 (wt %)	A	B	C
SiO <sub>2</sub>	68.18	67.91	75.01
TiO <sub>2</sub>	0.41	0.54	0.05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.72	15.91	13.78
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.02	1.01	0.21
FeO	3.05	2.71	0.81
MnO	0.12	0.08	0.05
MgO	1.71	1.2	0.15
CaO	4.94	3.41	0.89
Na <sub>2</sub> O	3.84	3.66	3.52
K <sub>2</sub> O	0.93	3.49	5.51
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.08	0.08	0.02
Total	100.00	100.00	100.00
ノルム鉱物の重量比(wt %)			
Quartz	27.1	22.3	30.7
Plagioclase	55.4	47.4	34.1
(Albite)	32.5	31.0	29.8
(Anorthite)	22.9	16.4	4.3
Orthoclase	5.5	20.6	32.6
Corundum	0.0	0.1	0.5
Diopside	0.9	0.0	0.0
Hypersthene	9.3	7.7	1.9
Ilmenite	0.8	1.0	0.1
Magnetite	0.8	0.7	0.2
Apatite	0.2	0.2	0.0

5

次の文章を読んで、以下の問いに答えよ。(解答用紙の指定あり)  
(次ページにつづく)

地球のマントルの化学組成モデルの一つに (ア) モデルがある。(ア) とは、部分熔融した際に (イ) を生じるような仮想的岩石として提唱された。マントル全体が (ア) で構成されるとした場合、下部マントルにおける最も主要な構成鉱物は (ウ) である。(ウ) はマントル最下部の温度圧力条件で (エ) 相に相転移する。一方で地震学的にも、マントル最下部において地震波速度が数% 程度増加する領域が観測されており、(オ) 層と呼ばれている。地震波速度の増加は (ウ) から (エ) 相への相転移に起因していると考えられている。

核マントル境界 (CMB) は、化学的境界であるとともに熱境界でもある。このため、マントル側と外核側では粘性率がおおよそ (カ) 倍も異なる。従って、対流の速度も大きく異なり、マントル側は  $1$  (キ) /yr のオーダーであるのに対し、外核側は数  $10$  (ク) /yr 程度と推定されている。熱境界層の厚みも異なり、下部マントル側は  $100$  km オーダーであるのに対し、外核側は  $1$  (ケ) に満たないと考えられている。CMB が大きな熱境界になっていることは、①断熱温度勾配を用いてマントル側から推定した CMB の温度と、②内核境界 (ICB) から推定した CMB の温度に大きな差があることが根拠となっている。

問 1 (ア) から (オ) に入る適切な語句を答えよ。

問 2 (カ) から (ケ) に入る適切な数値または単位を次の中から選択せよ。ただし、同じ数値または単位を重複して選択しても構わない。

1/2	2	10	$10^2$	$10^3$	$10^{10}$	$10^{20}$	$10^{50}$
nm	$\mu\text{m}$	mm	cm	m	km		

問 3 下線部①に関連して、以下の (1) ~ (5) に答えよ。

(1) 地球深部のある深さ 1 と深さ 2 における温度  $T$  と密度  $\rho$  の関係が次のように記述できるとする。

$$\frac{T_2}{T_1} = \left( \frac{\rho_2}{\rho_1} \right)^\gamma$$

下部マントル及び外核のそれぞれの地点での温度と密度が下の表の通り与えられるとき、下部マントル側から見積もられる核マントル境界での温度を計算せよ。

5

- つづき -

- (2) 同様に、外核側から見積もられる核マントル境界での温度を計算せよ。
- (3) 核マントル境界領域における温度境界層が 200 km の厚みを持つとすれば、(1) と (2) で求めた温度の温度差を用いて、平均的な温度勾配は ( コ )  $\times 10^{-3}$  K/m と推定できる。( コ ) に入る数字を有効桁 2 桁で答えよ。
- (4) 熱伝導度と温度勾配を掛け合わせると単位面積当たりの熱流量[W/m<sup>2</sup>]を得ることができる。この温度境界層の熱伝導度が 5 W/m/K であるとき、熱流量は ( サ )  $\times 10^{-2}$  W/m<sup>2</sup> となる。( サ ) に入る数字を有効桁 3 桁で答えよ。
- (5) 核マントル境界を球面として考え、その表面積を  $1.5 \times 10^{14}$  m<sup>2</sup> とすると、核マントル境界での総熱流量は ( シ ) TW となる。( シ ) に入る数字を有効桁 2 桁で答えよ。(※T (テラ) = $10^{12}$ )

表

	下部マントル側		外核側
T <sub>1</sub>	1950 K (660km)	T <sub>1</sub>	5000 K (ICB)
T <sub>2</sub>	(1) (CMB)	T <sub>2</sub>	(2) (CMB)
$\rho_1$	4500 kg/m <sup>3</sup> (660km)	$\rho_1$	12000 kg/m <sup>3</sup> (ICB)
$\rho_2$	5500 kg/m <sup>3</sup> (CMB)	$\rho_2$	10000 kg/m <sup>3</sup> (CMB)
$\gamma$	1.2	$\gamma$	1.4

必要に応じて、以下の値を用いて構わない。

$$\left(\frac{5}{6}\right)^{1.4} = 0.8, \quad \left(\frac{11}{9}\right)^{1.2} = 1.3$$

問 4 下線部②について、内核境界における温度の推定方法について述べよ。

6

固体惑星の内部の圧力に関する以下の問いに答えよ。(解答用紙の指定あり)  
(次ページにつづく)

問1 惑星の深さとともに圧力が増加する理由を述べよ。

問2 惑星の深さとともに変化する圧力が満たす関係式を以下で導く。下の文章中のア～エに入る式を求めよ。

深さ $z$ から $z + \delta z$ の間にある微小領域を図1に示す。この領域内部の密度 $\rho$ および重力加速度 $g$ をそれぞれ $\rho(z)$ 、 $g(z)$ と表す。深さ $z$ に位置する上面は周囲から圧力 $P(z)$ を受け、アの力が図の下向き(深さ方向)に働いている。同様に、深さ $z + \delta z$ にある底面にはイの力が図の上向きに働いている。また、密度 $\rho$ の微小領域の内部に重力ウが図の下向きに働いている。微小領域が力学的平衡状態にあるとき、これらの力の釣り合いの式は、 $\text{ア} + \text{ウ} = \text{イ}$ となる。ここで、 $\delta z$ の絶対値が十分に小さく、そのゼロ極限 $\lim_{\delta z \rightarrow 0} \frac{\text{エ} - P(z)}{\delta z} = \frac{dP(z)}{dz}$ を考えると、圧力の深さに対する変化率が満たす以下の式を得る。

$$\frac{dP(z)}{dz} = \rho(z)g(z)$$

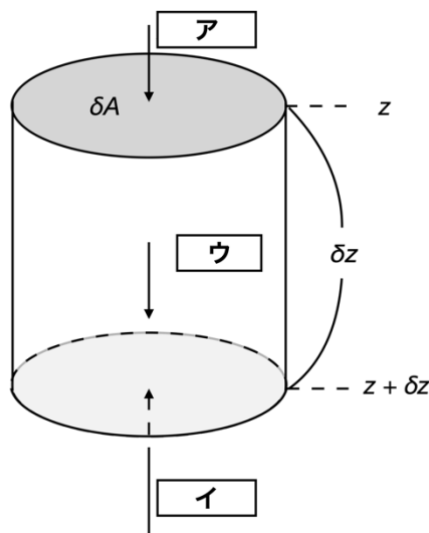


図1



問3 密度 $\rho$ が深さ $z$ によらない場合の固体惑星の内部の圧力 $P(z)$ について以下の(1)～(4)に答えよ. 以下, 惑星の半径を $R$ , 一定の密度を $\rho_0$ とする. ここで, 重力加速度 $g(z)$ は, 万有引力定数 $G$ を用いて $g(z) = \frac{GM(z)}{(R-z)^2}$ と表される.  $M(z)$ は惑星中心 ( $z = R$ ) から深さ $z$ までの間の質量であり,  $M(z) = 4\pi\rho_0 \int_z^R (R-z')^2 dz'$ として求められる.

- (1)  $M(z)$ および $g(z)$ がそれぞれ,  $M(z) = \frac{4}{3}\pi\rho_0(R-z)^3$ ,  $g(z) = \frac{4}{3}\pi G\rho_0(R-z)$ となることを示せ.
- (2)  $P(z)$ が従う方程式を立て, それを惑星表層 ( $z = 0$ ) で圧力がゼロ ( $P(0) = 0$ ) という初期条件の下で解け (ヒント: 方程式を $z$ で積分し, 積分定数を初期条件に適合するように定める).
- (3) 前問までに得られた $P(z)$ および $g(z)$ の概形を描け.
- (4) 月のような小さな天体では密度の深さ方向による変化が大きくなり一定値をとると仮定する. 月の密度 $\rho_0$ と半径 $R$ をそれぞれ $\rho_0 = 3000 \text{ kg m}^{-3}$ ,  $R = 1700 \text{ km}$ と近似し, 前問の結果を用いて月の中心の圧力を推定せよ. ただし計算には $\frac{\pi G}{3} = 7.0 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ を用い, 結果をGPa単位( $10^9 \text{ kg s}^{-2} \text{ m}^{-1}$ )で記すこと.

7

次の文章を読んで、以下の問いに答えよ。

回転系（反時計回り）で無限に広く無限に深い海に一様な風が吹いているとする。 $x$  軸,  $y$  軸をそれぞれ東向き, 北向き,  $z$  軸を鉛直下向き（海面で  $z=0$ ）にとったとき, 風によって下の式で表される流れが起こっているとする。

$$u(z) = V_s \exp(-z/H) \cos\{(-z/H) + (\pi/2)\},$$

$$v(z) = V_s \exp(-z/H) \sin\{(-z/H) + (\pi/2)\},$$

$$V_s = \tau / \{\rho(fA_z)^{1/2}\},$$

$$H = (2A_z/f)^{1/2}$$

ここに,  $u, v$  はそれぞれ  $x$  軸方向（東向き）及び  $y$  軸方向（北向き）の流速成分で,  $\tau$  は海面での風応力,  $\rho$  は海水の密度,  $f$  はコリオリパラメータ,  $A_z$  は鉛直渦動粘性係数である。

問1 風はどちら向きに吹いているか。

問2 海面から深くなるにつれて, 流れのベクトルはどのように変化するか。

問3 問2のベクトルの鉛直分布の形を何と呼ぶか。

問4  $z$  が大きくなっていくとき, 流れのベクトルが最初に海面と逆向きになる  $z$  を求めよ。

問5  $u, v$  を鉛直方向に積分して得られる海水の輸送量の大きさと向きを求めよ。

問6 問5の輸送量は, 鉛直渦動粘性係数が2倍になるとどう変化するか。

問7 問5の輸送量は, コリオリパラメータが2倍になるとどう変化するか。

8

次の文章を読んで、以下の問いに答えよ。（解答用紙の指定あり）  
（次ページにつづく）

地球温暖化は、全球平均気温が一定の割合で上昇しているわけではない。気温停滞期と気温上昇期を数十年スケールで繰り返しながら温度が上昇する（下図）。例えば、1976年以降、21年間は全球の気温が急激に上昇し、①1998年以降、16年間にわたって全球の気温はほぼ一定で、地球温暖化が停滞している。この原因として、（ア）という（イ）の気候変動が関わっている。気温停滞の時期は、（ア）指数が（ウ）位相、気温上昇期は（エ）位相と一致することから、その海洋環境の十年スケールの変化と対応して全球の気温が応答していると考えられている。②（エ）位相の時期は、マイワシが日本周辺海域で爆発的に個体数が増加する時期であるが、海洋生態系も（ア）がもたらす海洋環境変化に応答していることが知られている。

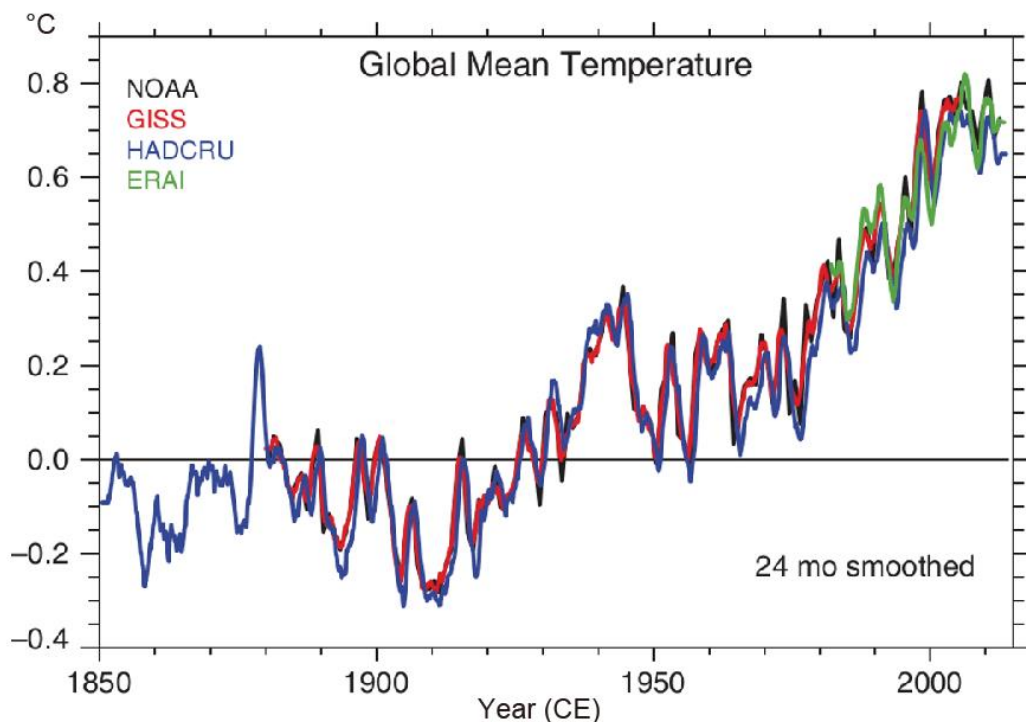
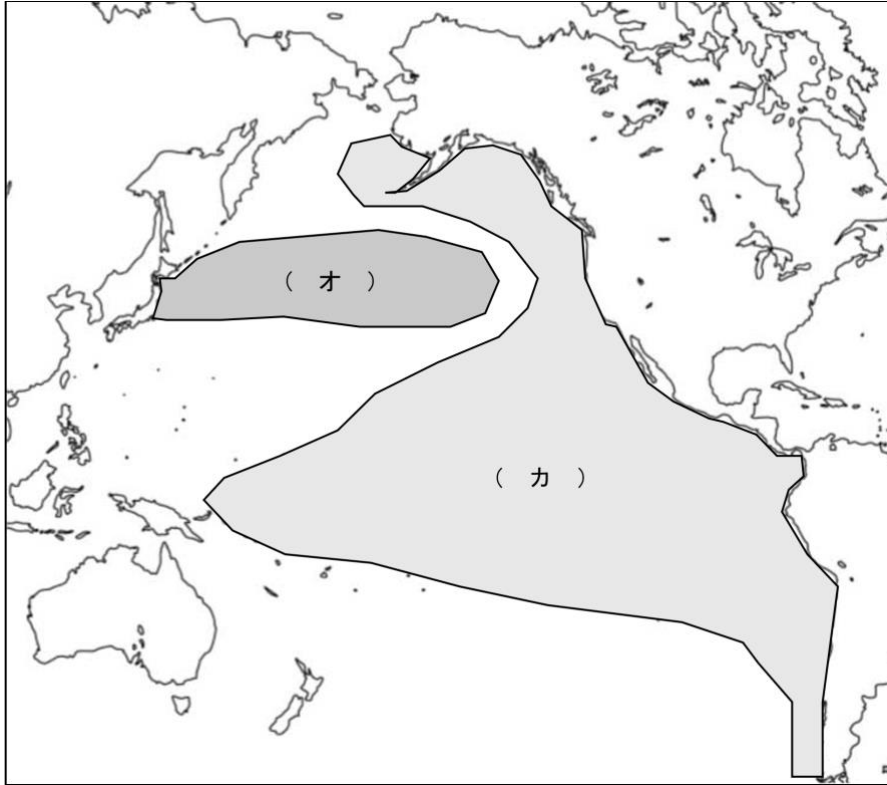


図 1850年以降の全球気温変化（出典：Trenberth and Fasullo, 2013）

問1 （ア）から（エ）に入る適切な語句を答えよ。なお、（イ）は、気候変動が顕著に表れる海洋の名称を入れなさい。

問2 下図は、（ウ）の時の海洋の典型的な海面水温分布パターンを示している。図中の（オ）と（カ）にあてはまる語句について、低水温偏差あるいは高水温偏差のどちらかを記入せよ。



問3 下線部①について、近年続いてきた地球温暖化の停滞の原因について、海面水温分布パターンと風の強弱、それによって引き起こされる海洋内部の循環パターンに触れながら説明せよ。

問4 下線部②について、この時期にマイワシの個体数が増加できる原因について、水温と餌密度、餌密度を決定する海洋物理学的要因に触れながら説明せよ。なお、少なくとも下の語句をすべて使用しなさい。

(風, アリュージョン低気圧, 仔魚, 成長速度, 鉛直混合, 適水温, 一次生産量)