

令和4年度（10月期入学）及び令和5年度 金沢大学大学院自然科学研究科		
博士前期課程入学試験		
専攻名	地球社会基盤学専攻（地球惑星科学コース） （一般選抜A試験）	
試験科目名	専門科目 ① 地学	
問題冊子等枚数	問題用紙 答案用紙 下書き用紙	計 7枚 計 8枚 計 3枚
試験日程	令和4年 8月23日（火）実施	

**【解答に際しての注意事項】**

- ・問題冊子には大問Ⅰ～Ⅴの5題が印刷されています。大問Ⅰ～Ⅴの5題のうち、3題を選択して解答してください。
- ・試験開始直後に、問題用紙等が上記指定の枚数のとおりあるか確認してください。
- ・解答は、指定された答案用紙に記入してください。
- ・すべての答案用紙に「志願専攻（コース）」および「受験番号」を記入してください。  
なお、氏名はどこにも書いてはいけません（書いた場合は、不正行為とみなします）。
- ・問題用紙・下書き用紙は、各自持ち帰っても差し支えありません。

令和4年度(10月期入学)及び令和5年度 金沢大学大学院自然科学研究科 博士前期課程入学試験  
**問題用紙**

専攻名	地球社会基盤専攻(地球惑星科学コース)(一般選抜A試験)	
試験科目名	専門科目 ① 地学	P. 1 / 7

I

問1 次の偏微分方程式の一般解を求めなさい。ただし、 $u$ は $x$ と $y$ の関数であり、 $k$ は定数である。

(1)  $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0$

(2)  $k \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} = 0$

問2 等方的な弾性体の弾性定数はラメの定数( $\lambda$ と $\mu$ )を用いて表すことができる。(1)~(3)の問いに答えなさい。

- (1) ラメの定数の単位を答えなさい。
- (2) P波速度とS波速度をラメの定数と密度( $\rho$ )を用いて表しなさい。
- (3) 密度  $2800 \text{ kg/m}^3$  の岩石サンプルのP波速度が  $5500 \text{ m/s}$  であるとき、ポアソン固体を仮定し、この岩石サンプルの体積弾性率と剛性率を有効数字2桁で求めなさい。

問3 以下の文章を読んで(1)~(4)の問いに答えなさい。

1次元空間(位置を示す変数を $x$ とする)において、熱伝導について考える。熱伝導率 $k$ は、(ア)に対する(イ)の比として定義される。この関係は、(イ)を $j$ 、温度を $U$ として

$$j = -k \frac{\partial U}{\partial x} \quad \dots (1)$$

と表される。式(1)の関係は(ウ)の法則と呼ばれている。

ある場所の温度変化は熱の出入りの総和によってもたらされる。ある狭い区間( $x, x + \Delta x$ )において短い時間間隔 $\Delta t$ の間に出入りした熱量は、

$$\{-j(x + \Delta x) + j(x)\} \Delta t \quad \dots (2)$$

で表せる。出入りした熱量による具体的な温度変化の値は、物体の比熱 $\sigma$ と密度 $\rho$ で決まる。今考えている狭い区間の幅は $\Delta x$ なので、温度変化が $\Delta U$ だとすると、この区間に出入りした熱量は

$$\Delta U \sigma \rho \Delta x \quad \dots (3)$$

であったことになる。

式(1)~(3)を考慮すると場所 $x$ の温度の時間変化は、

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \kappa \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \quad \dots (4)$$

と表され、熱伝導方程式と呼ばれる。式(4)は数学的に(エ)方程式と同じである。

(1) 上の文章の(ア)~(エ)に入る語として最も適当なものを以下から選んで答えなさい。

比熱, 比重, 温度上昇率, 熱抵抗率, 温度勾配, 熱流量, 放熱効率, 拡散, 波動, 保存, ラプラス, ケプラー, フーリエ, ルシャトリエ

令和4年度(10月期入学)及び令和5年度 金沢大学大学院自然科学研究科 博士前期課程入学試験  
問題用紙

専攻名	地球社会基盤専攻(地球惑星科学コース)(一般選抜A試験)	
試験科目名	専門科目 ① 地学	P. 2 / 7

- (2) 式(4)の  $\kappa$  を  $\sigma$ ,  $\rho$ ,  $k$  を使って表しなさい。また、式(1)~(3)から式(4)を導出する過程を示しなさい。  
 (3) 式(4)の具体例として、次の式(5)を、式(6)で与えられる初期条件および境界条件のもとに解く。以下の過程の空欄(オ)と(カ)に入る式を答えなさい。

$$\frac{\partial U}{\partial t} = 2 \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \quad (0 < x < \pi, t > 0) \quad \dots (5)$$

$$U(0, t) = 0 \quad \dots (6a); \quad U(\pi, t) = 0 \quad \dots (6b); \quad U(x, 0) = 10 \quad \dots (6c)$$

変数分離法を用いる。 $U(x, t)$ が、 $x$ だけの関数 $X(x)$ と $t$ だけの関数 $T(t)$ の積、式(7)で表されると仮定する。

$$U(x, t) = X(x)T(t) \quad \dots (7)$$

これを式(5)に代入し整理すると、 $x$ だけを含む式と $t$ だけを含む式とに(それぞれ右辺と左辺とに)分けることができ、それらが常に等しいことから定数とおけ、それを  $-\lambda^2$  とすると次の式(8)を得る。

$$\boxed{\text{(オ)}} = T'/2T = -\lambda^2 \quad \dots (8)$$

なお、ダッシュ (') 1つは各変数についての1階微分を表す。式(8)のそれぞれ $X(x)$ と $T(t)$ の一般解は

$$X_g(x) = A_1 \cos \lambda x + B_1 \sin \lambda x, \quad T_g(t) = \boxed{\text{(カ)}}$$

である。よって、定数をまとめて以下を得る。

$$U(x, t) = X(x)T(t) = T(t)(A \cos \lambda x + B \sin \lambda x)$$

ここで、 $T(t)$ は $T_g(t)$ から積分定数を除いた変数  $t$  のみの関数である。境界条件(式(6a))から

$$U(0, t) = T(t)A = 0$$

であるので、 $A$ は0と決まる。境界条件(式(6b))

$$U(\pi, t) = T(t)B \sin(\lambda\pi) = 0$$

から、 $\lambda = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ であることがわかる。式(5)の解は、各項(異なる $\lambda$ )の一次結合(足し合わせ)で表されるが、 $\sin(-mx) = -\sin mx$  であるので、符号のみが異なる整数  $\lambda$  ( $m$  および  $-m$ ) をまとめると

$$U(x, t) = \sum_{m=1}^{\infty} B_m T(t) \sin mx \quad \dots (9)$$

と書ける。各項の $B_m$ は初期条件から求まる。初期条件(式(6c))より

$$U(x, 0) = \sum_{m=1}^{\infty} B_m \sin mx = 10 \quad \dots (10)$$

なお、式(10)の導出において  $T(0) = 1$  を用いた。整数  $m, n$  に対する以下の積分

$$\int_0^{\pi} \sin mx \sin nx dx = \begin{cases} \pi/2 & (m = n \neq 0) \\ 0 & (m \neq n) \end{cases}$$

の性質を利用し、式(10)の両辺に  $\sin nx$  をかけて  $[0, \pi]$  の区間で積分することで  $B_m$  (あるいは  $B_n$ ) が求まる。

- (4) 上の問題(問3の(3))の $B_m$ を求めなさい(導出過程も書くこと)。

問題用紙

専攻名	地球社会基盤学専攻（地球惑星科学コース）（一般選抜 A 試験）	
試験科目名	専門科目 ① 地学	P. 3 / 7

II

問1 次の語句の定義を説明しなさい。

- (1) 岩石
- (2) 鉱物
- (3) 結晶

問2 地球のマントル内の平均密度が、深度が増すのに伴い複数回にわたって段階的に変化する理由を、 $Mg_2SiO_4$ 相の変化に着目して説明しなさい。

問3 鉱物について、以下の問題に答えなさい。

- (1) 鉱物を肉眼で同定する際には、鉱物の持つ様々な特徴の鑑定を行う。この際に用いる鉱物の性質（鑑定の着目点）について3つ挙げなさい。
- (2) 例として斜長石は珪酸塩鉱物という mineral class に属する。次の鉱物がどの mineral class に分類されるか答えなさい。  
(A) 螢石 (B) 方鉛鉱 (C) 自然蒼鉛 (D) コランダム (E) 霏石
- (3) 多形（同質異像）とは何か、具体例を挙げて説明をしなさい。

問4 ある結晶の対称性が点群  $mmm$  に属する。以下の問題に答えなさい。

- (1) この点群が属する結晶系を答えなさい。
- (2)  $c$  軸を紙面に垂直に、 $b$  軸を  $\phi=0^\circ$ ,  $\rho=90^\circ$  の方向に取り、この点群が持つ対称要素を、ステレオ投影図上にすべて記入しなさい。投影図上に  $\phi=0^\circ$  を必ず記入すること。

令和4年度(10月期入学)及び令和5年度 金沢大学大学院自然科学研究科 博士前期課程入学試験  
問題用紙

専攻名	地球社会基盤学専攻(地球惑星科学コース)(一般選抜A試験)	
試験科目名	専門科目 ① 地学	P. 4 / 7

III

問1 火成岩に関する以下の問いに答えなさい。

福井県・岐阜県・石川県の県境に広がる白山山頂と中央海嶺付近で採取された火山岩の全岩化学組成を測定した結果,それぞれのSiO<sub>2</sub>重量%はそれぞれ約65%,約50%であった。下の表はこれらの火山岩中の斑晶鉱物に対する化学組成(分析値)を酸化物の重量%で示している。

- (1) 斑晶A, Bの鉱物名を答えなさい。また,斑晶AのMg/(Mg+Fe)をモル分率で答えなさい。
- (2) 斑晶C, Dの鉱物名を答えなさい。また,どちらの斑晶が中央海嶺火山岩のものであると考えられるのかを模式的な相図を描いて説明しなさい。
- (3) 白山で採取された火山岩中の斑晶として産する可能性がある有色鉱物を表中の斑晶鉱物以外から一つあげ,また,偏光顕微鏡で観察した時の特徴を3つ記述しなさい。

酸化物	分子量	酸化物の重量%			
		斑晶A	斑晶B	斑晶C	斑晶D
SiO <sub>2</sub>	60	41	55	48	56
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	102			34	28
FeO	72	14	17		
MgO	40	45	28		
CaO	56			16	10
Na <sub>2</sub> O	62			2	6

問2 変成岩に関する以下の問いに答えなさい。

変成岩は原岩の全岩化学組成に応じて五種類程に分類される。また,変成岩の変成度の上昇に伴う含水鉱物の脱水反応によって無水鉱物と変成流体が形成される。

- (1) 全岩化学組成でAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O+CaO)をモル分率で求めた値が1以上になる変成岩の原岩を推定し,このような変成岩に含まれる鉱物名を一つ答えなさい。
- (2) 全岩化学組成がMgO, FeO, CaOに富み,Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O+CaO)をモル分率で求めた値が1以下になる変成岩の原岩を推定し,緑色片岩相に特徴的な変成鉱物を一つ答えなさい。
- (3) (1),(2)の変成岩と石灰質変成岩の三種類の変成岩の代表的な全岩化学組成領域をACF図の中に示しなさい。
- (4) 含水鉱物から無水鉱物と流体が形成されるとき反応曲線を解答用紙中の温度-圧力図の中に模式的に示しなさい。また,その反応曲線の傾きについて記述しなさい。

令和4年度（10月期入学）及び令和5年度 金沢大学大学院自然科学研究科 博士前期課程入学試験		
問題用紙		
専攻名	地球社会基盤学専攻（地球惑星科学コース）（一般選抜A試験）	
試験科目名	専門科目 ① 地学	P. 5 / 7

IV

問1 地球史における環境変化と生物の変遷に関する次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。

地球の初期の大気中には酸素はほとんど含まれていなかったと考えられている。その後出現したシアノバクテリアが光合成により酸素を供給し、約25億年前以降になると大気・海洋中に酸素が富むようになった。当時のシアノバクテリアは（1）という石灰質の構造物を構築し、これが化石としてよく産する。また海中の酸化を示す直接的証拠として、この時期に世界各地に大量の（2）が形成された。（3）億4100万年前以降は（a）殻や硬組織を持った化石が多産するようになることから、これ以降現在にいたるまでの時代を（4）という。（4）の期間に5回の大きな生物の大量絶滅が起きた。その3回目のは（5）紀／（6）紀境界において生じ、その背景となった重要な現象の1つに（b）海洋無酸素事変がある。中生代は温暖な気候下にあったが、新生代の古第三紀後期以降地球は全体として寒冷化に向かい、現在にいたる。約200万年前以降の北半球では（c）氷河性海水準変動が生じたことが堆積物やアイスコアから読み取れる。

- (1) 上の文章中の（1）～（6）にあてはまる最も適切な語または数字を答えなさい。
- (2) 上の文章中の下線部（a）に関して、初期に現れた殻や硬組織を持つ「大型動物化石群の名称」と「その動物群に含まれる代表的な絶滅化石動物（分類群）の名称」をそれぞれ1つ答えなさい。
- (3) 上の文章中の下線部（b）に関して、当時の深海で海洋無酸素事変が生じた。その証拠と考えられる「深海で堆積した岩石の名称」を答えなさい。また、「有酸素環境を示す岩石の特徴」と「無酸素（貧酸素）環境を示す岩石の特徴」を、それぞれ色に留意しながら答えなさい。
- (4) 上の文章中の下線部（c）に関して、氷期には海水準が低くなり、間氷期には海水準が高くなる。この仕組みを説明しなさい。

令和4年度（10月期入学）及び令和5年度 金沢大学大学院自然科学研究科 博士前期課程入学試験  
問題用紙

専攻名 地球社会基盤学専攻（地球惑星科学コース）（一般選抜A試験）

試験科目名 専門科目  
① 地学

P. 6 / 7

問2 日本列島の地質に関する以下の問いに答えなさい。

- (1) 日本列島の基盤岩は大きく分けると2グループになる。1つは飛騨地方や隠岐地方の基盤をなすもので、もう1つはそれ以外の地域に広く分布するものである。この2つは起源や岩石の特徴が大きく異なる。「飛騨地方・隠岐地方の基盤」と「その他の地域の基盤」それぞれについて、岩石の特徴とその成因を説明しなさい。
- (2) 日本列島の地質構造を概観すると、まず2つの大きな構造が目に入る。「中央構造線」と「フォッサマグナ」である。「中央構造線」と「フォッサマグナ」それぞれについて、構造の形成時期（形成開始時期）と、その構造の形成と関連して生じた地学的事象を説明しなさい。

問3 古生物の進化においては、しばしば「進化学的転用」（あるいは「進化のご都合主義」ともいわれる）がみられ、進化学の重要な概念の1つである。例えば脊椎動物の顎の形成などがこれにあたる。「進化学的転用」とはどのような事象を指す用語なのか、具体的な例（脊椎動物の顎、もしくは他の例）を挙げて説明しなさい。

令和4年度（10月期入学）及び令和5年度 金沢大学大学院自然科学研究科 博士前期課程入学試験		
問題用紙		
専攻名	地球社会基盤専攻（地球惑星科学コース）（一般選抜A試験）	
試験科目名	専門科目 ① 地学	P. 7 / 7

V

- 問1 ジルコンの  $^{238}\text{U}$  濃度および  $^{206}\text{Pb}$  濃度を測定したところ、それぞれ 119 ppm, 103 ppm（重量割合）であった。また濃度の測定誤差はどちらも 2.0% であった。初期鉛の含有量を無視し、 $^{238}\text{U}$  の半減期を  $4.51 \times 10^9$  年として、 $^{238}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}$  年代を計算しなさい。また年代値の誤差を計算し、年代値に対する割合（%）で答えなさい。ただし、半減期の誤差は無視できるとし、 $\sqrt{2}=1.41421356$  とする。
- 問2 国際層序委員会により公表されている地質年代層序表の顕生代の時代境界の年代値は、新生代には数値に誤差がついていないが、それ以前は数値に誤差が付されている。新生代の時代境界の数値年代がどのように決められているか説明しなさい。
- 問3 古環境変動の研究で分析される酸素の安定同位体の測定結果は、 $\delta^{18}\text{O}$  で表されることが一般的である。この値はどのように求めているか、式を利用して説明しなさい。
- 問4 以下の文章中の（A）から（E）に入る最も適当な語を、下の選択肢から選びなさい。

湖の堆積物は陸域の古環境変動研究に利用される。堆積物の供給には複数のプロセスが関与している。例えば（A）からの降水物は（B）や（C）を反映する。河川から供給される堆積物は後背地の（D）や地質を反映するとともに、（E）や河川水量に影響をうける。（E）は気温と（C）により変動し、また河川水量も後背地の（C）に大きく依存する。

重力、風力、磁力、降水（雪）量、日照時間、大気、海洋、地形、潮位、植生