

令和5年度（2023年度）

東北大学大学院理学研究科 地学専攻
博士課程前期2年の課程 入試問題

専門科目

全分野共通

- A 分野(地圏進化学・自然史科学・環境動態論・自然災害学)
- B 分野(環境地理学・環境動態論・自然災害学)
- C 分野(地球惑星物質科学・地殻化学・自然史科学・比較固体惑星学)

令和4年8月8日 13:00～14:30 実施

注意事項

1. 机の上には受験票、筆記用具、時計以外は置かないこと。
2. 携帯電話や音の出る機器などは、電源を切ってかばんの中に入れること。
3. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。
4. 試験時間は13:00から14:30までである。
5. 試験中大きな地震が発生した場合、試験監督の指示に従うこと。
6. 問題は全分野共通問題1題、A分野1題（問題A）、B分野1題（問題B）、C分野2題（問題C1、C2）の計5題が出題される。共通問題1題と志望分野からの1題の合計2題を解答すること。C分野については、問題C1、C2のいずれかを選択して解答すること。
7. 解答はすべて解答用紙に記入すること。解答は大問1題ごとに1枚の解答用紙を使うこと。オモテ面に書ききれないときはウラ面も使うこと。解答用紙は所定の欄に受験番号・氏名・志望分野および問題記号番号を記入すること。
8. 試験終了後、受験生には入学後の抱負などについて20分間の作文を課す。なお、これらの作文の際には、参照物などの持ち込みはできない。C分野を志望する受験生には、志望研究室の調査を行う。

共通問題 以下の問1、問2に答えよ。

問1 地圏環境科学に関する小問 (1), (2) に答えよ。

(1) 海棲生物の炭酸カルシウム殻・骨格の酸素同位体比を変化させる要因を2つあげ、それぞれの要因との相関関係(正の相関か負の相関か)をそれぞれ1行で説明せよ。

(2) 図は、深海底の底生有孔虫の酸素同位体比の時代変化である。この図では、始新世・漸新世境界において酸素同位体比の値が急増している。この増加の理由を3行以内で説明せよ。また、その境界の時期以降、地球の海洋環境はどのように変化したか、3行以内で説明せよ。

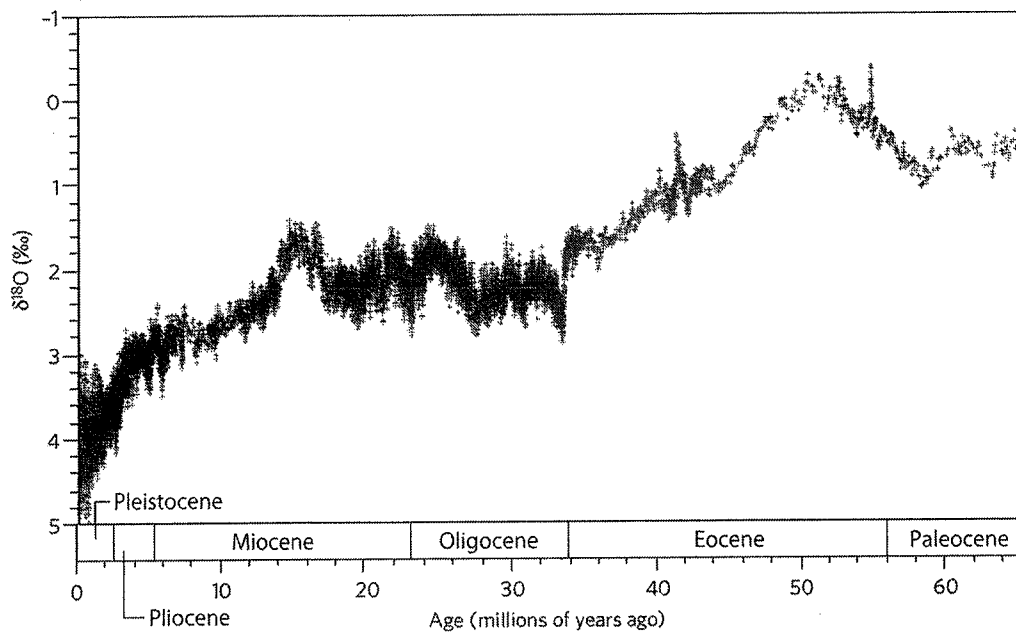


図 底生有孔虫の酸素同位体比記録
(Zachos et al., 2008 を一部改変)

問2 次の文章を読み、小問(1)、(2)に答えよ。

秋田県北部から西部には、かつての日本海の海底で形成された石油や黒鉱鉱床を胚胎した地層が存在する。(a) 特に、1500 万年前後の時代では海底堆積物が厚く積もり、西黒沢層や女川層に代表される堆積岩も形成され、石油の生成に関与したとされている。同時期の日本海の海底では、(b) 流紋岩や玄武岩マグマを中心にした海底火山活動が活発であったとされている。特に、流紋岩質の海底火山活動に伴う陥没地形の中に黒鉱鉱床が形成されたと考えられている。

(1) 下線部(a)に関して、日本海海底で西黒沢層や女川層が厚く堆積できた堆積環境やテクトニクス場に関して、以下の語句を全て用いて5行以内で説明せよ。

[リフト, 背弧, 日本海拡大]

(2) 下線部(b)に関して、流紋岩と玄武岩の違いと海底火山活動と黒鉱鉱床の関係を以下の語句を全て用いて8行以内で説明せよ。

[流理構造, SiO_2 , チムニー, 海底熱水]

問題 A 以下の問1、問2に答えよ。

問1 地質学、古海洋学に関する小問（1）～（3）に答えよ。

（1）安定同位体の自然存在比の変動は非常に小さい。その変動を捉えるために、未知試料の同位体比は国際標準試料の同位体比からのずれとして求められ、絶対比ではなく δ 値で表記される。炭素同位体ならびに窒素同位体の δ 値を表す式をそれぞれ記述せよ。また、それぞれの同位体に用いられる国際標準試料は何かについても明記せよ。

（2）海洋リザーバーにおける平均滞留時間が 10^5 年以上の元素と 10^3 年以下の元素を以下の中からそれぞれ4つずつ選べ。また、熱塩循環の時間スケールよりも滞留時間が短い元素を利用することで、地質学や古海洋学の研究分野に対してどのような科学的知見が得られると考えられるか、4行以内で説明せよ。

[Be, Na, Mg, Al, Cl, Ca, Mn, Nd]

（3）図 A-1 は、南半球の東太平洋海嶺付近から日本海溝付近までにかけての海底断面を模式的に示したものである。①～⑤の層に該当する堆積物の種類を以下の A～D から選べ。

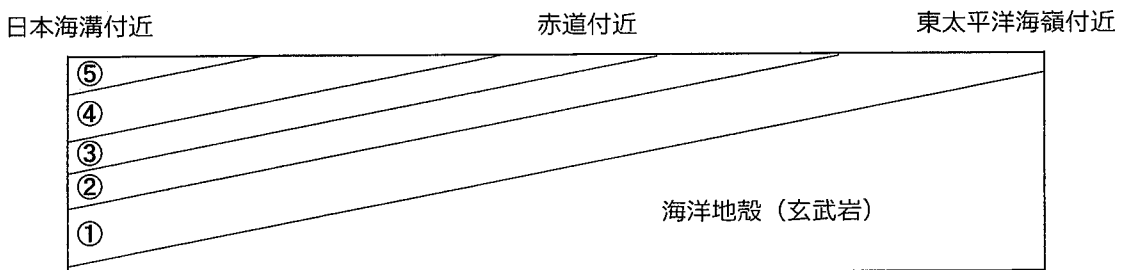


図 A-1 太平洋の海盆の模式的な層序

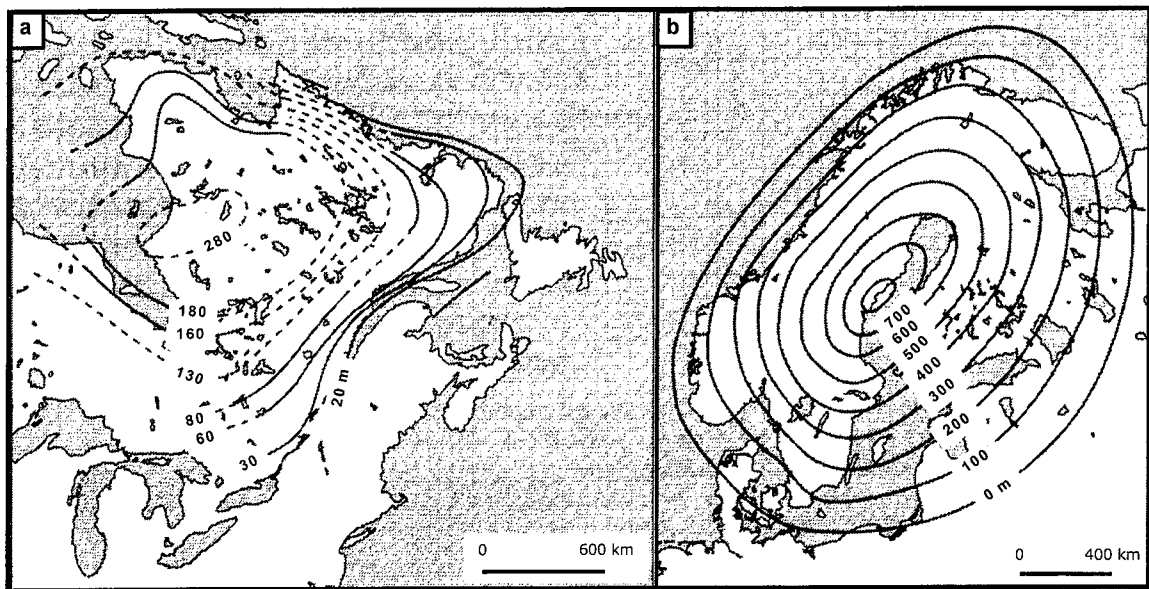
[A. 石灰質軟泥, B. 遠洋性粘土, C. 石灰質・珪藻軟泥, D. 砂および泥]

問2 固体地球科学に関する小問(1)～(3)に答えよ。

(1) フィールドワークなどで重力を測定すると、その値は正規重力(標準重力)と一致しない。この要因と補正方法について5行以内で説明せよ。なお、解答の説明文を補足するための図を加えることも可とする。

(2) 日本アルプス付近や東京湾の付近では、負のブーゲー異常が確認される。考えられる理由を4行以内で説明せよ。

(3) 図A-2は、ラブラドル半島付近とスカンジナビア半島付近に見られる完新世の隆起量を示している。2つの地域の隆起量に違いが見られるのはなぜか、考えられる理由を3行以内で説明せよ。



図A-2 ラブラドル半島付近(a)とスカンジナビア半島付近(b)における完新世の隆起量(Lowe and Walker, 1997を一部改変)

問題 B 以下の問1～問4に答えよ。

問1 次の文章を読み、小問(1)、(2)に答えよ。

地表物質が主に の作用により移動する現象をマスムーブメントという。斜面におけるマスムーブメントは、降雨によって が上昇したり、地震によって が増加したりする際に生じやすい。

(1) 文章中の ～ に当てはまる適切な語句を答えなさい。

(2) マスムーブメントの分類について5行以内で説明しなさい。なお、説明の際には以下の語句をすべて用いること。

[動きの速度, 含水比]

問2 図 B-1 は、過去約1万間の相対的海水準変動曲線を模式的に示したものである。

図 B-1 中の (a), (b), (c) のように相対的海水準変動曲線が地域によって異なる理由を、5行以内で説明しなさい。

問3 沿岸域にみられる堆積地形と侵食地形について、具体例を一つずつ挙げ、それらの形成過程についてそれぞれ3行以内で説明しなさい。また、堆積地形に絶対年代を入れる方法について具体例を挙げて3行以内で説明しなさい。

問4 地形判読結果を国土地理院発行の2万5千分の1地形図に整理した。これをトレースしてGISデータにするにはどのような工程が必要か、以下の語句をすべて用いて5行以内で説明しなさい。

[コントロールポイント, 投影法, 属性]

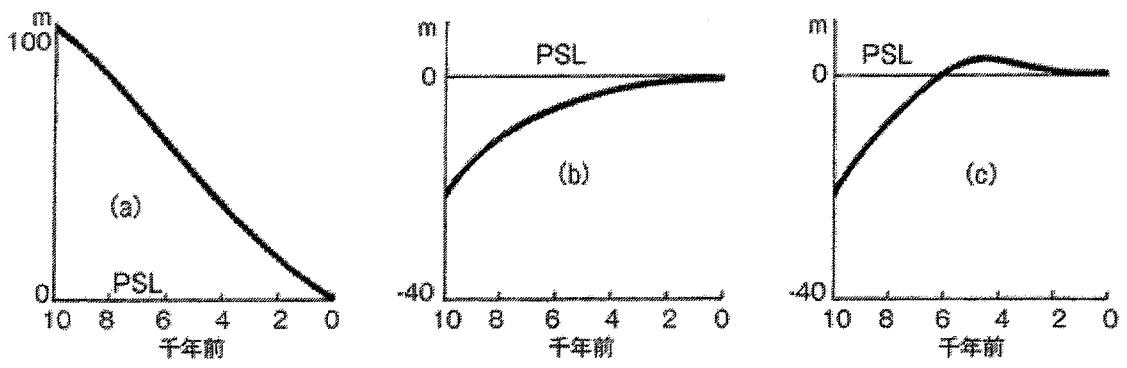
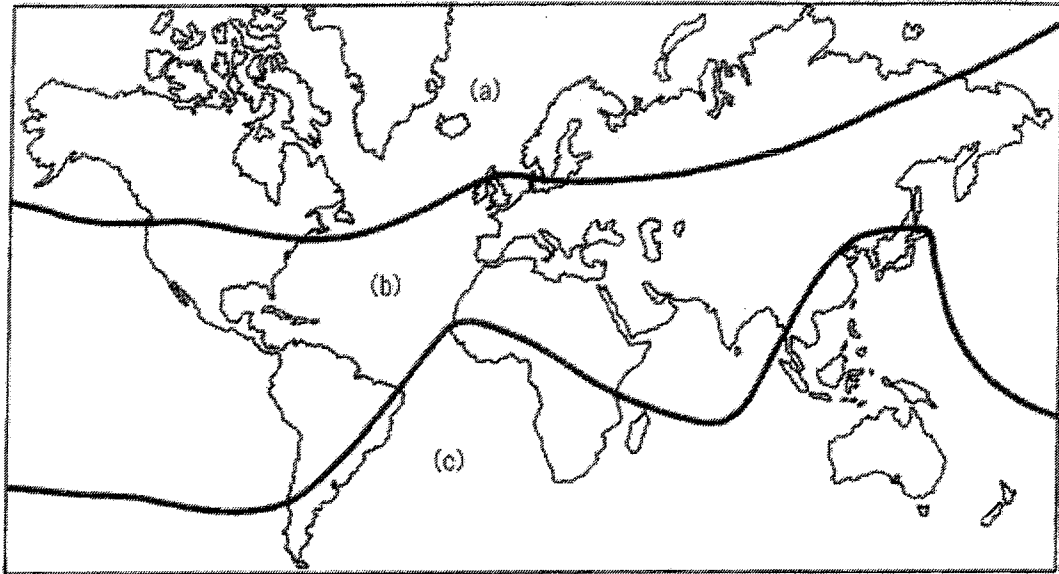


図 B-1 相対的海水準変動曲線 (松倉, 2021)。PSL は現在の海水準。

問題 C1 次の文章を読み、以下の問1～問5に答えよ。

海洋プレートは中央海嶺で形成され、沈み込み帯からマントル中へと沈み込んでいく。沈み込む深さが増すにつれて温度と圧力が増加し、プレートを構成する岩石中の鉱物は相転移する。無水玄武岩の主要構成鉱物は斜長石と単斜輝石であるが、圧力の増加に伴って斜長石は不安定になり、およそ 300 km の深さでは主要構成鉱物は **A** と単斜輝石になっていると考えられている。また、およそ 300 km 以深では玄武岩組成の岩石に含まれる SiO_2 組成の鉱物は、ルチル型構造の **B** が安定となる。一方、水によって変質した玄武岩には、地球内部の高圧力下において含水鉱物および高压含水相が含まれると考えられている。含水玄武岩の高温高压実験によって、8 GPa, 850 °Cでは (a) 表 1 の化学組成をもつ含水鉱物が安定に存在することが報告された。

地球の上部マントルは主にカンラン岩できていると考えられている。カンラン岩は主にカンラン石、(b) 直方 (斜方) 輝石、単斜輝石からなる。カンラン石は深さ約 410 km 以深で相転移し、**C** 構造になる。さらに、深さ約 520 km 以深で相転移し、**D** 構造になる。下部マントルの大部分は、組成の異なる二種類の (c) ペロブスカイト型構造 の相と岩塩型構造の $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{O}$ で構成されていると考えられている。

表 1 含水鉱物の化学組成 (wt%)

SiO_2	40.34
TiO_2	0.24
Al_2O_3	29.85
FeO	0.92
MgO	0.75
CaO	15.12
Na_2O	0.57
K_2O	0.02
Total	87.82

Okamoto and Maruyama (1999)

問1 文章中の A ～ D に入る語句を答えよ。

問2 下線部 (a) について、この含水鉱物は Zoisite ($\text{Ca}_2\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}\text{OH}$), Lawsonite ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), Prehnite ($\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) のいずれであるか。水素を除く陽イオン (Ca, Al, Si) の比に基づいて判断せよ。計算の過程も示せ。原子量は $\text{O} = 16$, $\text{Al} = 27$, $\text{Si} = 28$, $\text{Ca} = 40$ を用いること。

問3 下線部 (b) について、直方 (斜方) 輝石の端成分の化学組成は MgSiO_3 である。 MgSiO_3 の場合、およそ 20 GPa でイルメナイト型構造の高圧相が安定となることが知られている。Ilmenite (FeTiO_3) の構造について 3 行以内で説明せよ。なお、晶系および空間群の記述は不要である。

問4 下線部 (c) について、ペロブスカイト型構造となる物質は様々なものが知られている。立方晶系のペロブスカイト型構造である Tausonite (SrTiO_3) の構造について 3 行以内で説明せよ。ただし、Sr と Ti の配位数について記すこと。なお、空間群の記述は不要である。

問5 上部マントルと下部マントルの化学組成は等しいとする説と異なるとする説がある。それぞれの説においてマントル中の温度構造と対流はどのようになると考えられるか。それぞれ 2 行以内で説明せよ。

問題 C2 次の文章を読み、以下の問1～問5に答えよ。

太陽系の始原物質であるコンドライト隕石は、直径 0.1～1 mm 程度のコンドリュール、Ca と Al に富む直径 0.1～10 mm 程度の包有物(CAIs)、および細粒なマトリックスで構成されている。(a) CAIs は原始太陽近傍で、コンドリュールは原始太陽系星雲の広い範囲で、それぞれ高温過程を経て形成されたと考えられている。コンドリュールの形成年代を決定するには、 ^{26}Al - ^{26}Mg 放射壊変系による年代測定法が広く用いられている。 ^{26}Al は、半減期約 72 万年の 放射性核種であり、 崩壊（および電子捕獲崩壊）を経て ^{26}Mg に壊変する。壊変定数を λ (1/年) とすると、 N_0 個の ^{26}Al は t 年後に $N_0\exp(-\lambda t)$ 個に減少する。あるコンドリュールが形成した際の $^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al}$ 比を $(^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al})_0$ とする。 ^{27}Al は安定核種であるので $^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al}$ 比は時間とともに する。コンドリュール内部には、 ^{26}Al が崩壊して形成された ^{26}Mg (= $^{26}\text{Mg}^*$ とする) が蓄積する。したがって、現在そのコンドリュールに含まれる ^{26}Mg の総数は、コンドリュールが形成された際に既に含まれていた $^{26}\text{Mg}_0$ と $^{26}\text{Mg}^*$ の和であるので、

$$^{26}\text{Mg}/^{24}\text{Mg} = (^{26}\text{Mg}_0 + ^{26}\text{Mg}^*)/^{24}\text{Mg} = ^{26}\text{Mg}_0/^{24}\text{Mg} + (^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al})_0 \times ^{27}\text{Al}/^{24}\text{Mg}$$

となる。 $^{26}\text{Mg}/^{24}\text{Mg}$ 比を縦軸、 $^{27}\text{Al}/^{24}\text{Mg}$ 比を横軸に取ったグラフを描くと、同時期に形成した物質は同一の直線上にプロットされる。この直線を という。その直線の傾きからそのコンドリュールが形成された際の $(^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al})_0$ の値が得られ、コンドリュールの $(^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al})_0$ と CAIs のそれを比較することにより、コンドリュールの CAIs に対する相対年代を求めることができる。

問1 下線部 (a) に関して、主に無重力下での溶融メルトから急冷を経て形成されたものは CAIs とコンドリュールのどちらか、理由とともに2行以内で説明せよ。

問2 上記文章の ～ に当てはまる適切な語句を答えよ。

問3 カンラン石と斜長石はコンドリュールの主要構成鉱物である。これらの鉱物の Al-Mg 同位体比測定を行った場合、 $^{26}\text{Mg}/^{24}\text{Mg}$ 比が高いのはカンラン石と斜長石のどちらであるか、理由と共に3行以内で答えよ。なお、カンラン石は鉄に乏しい組成とする。

問4 Al-Mg 同位体比測定の結果, CAIs の $(^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al})_0$ は 5.0×10^{-5} であり, コンドリュールの $(^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al})_0$ は 1.0×10^{-5} であることがわかった。このコンドリュールは CAI 形成から何万年後に形成されたか。有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も記せ。ただし, $\log_e 2 = 0.693$, $\log_e 5 = 1.609$ とする。

問5 問4 で示された CAIs とコンドリュールの間での $(^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al})_0$ の違いが形成年代の違いによるものであると言うためには, CAI 形成領域とコンドリュール形成領域で $(^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al})_0$ が同一時間において同じであったという仮定が必要である。この仮定が正しいかどうかを検証するには, どのような方法が考えられるか, 3 行以内で記述せよ。