

令和6年度（2024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5年8月3日 13:00～14:30 実施

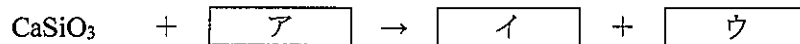
注意事項

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つの大問からなる。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)～(4)に答えよ。

- (1) 海洋表層における植物プランクトン(殻を有しないプランクトンとする)の一次生産が、全球的に大きく急増したと仮定する。この時、海洋表層の溶存無機炭素の炭素安定同位体組成は、どのように変化すると考えられるか。根拠を含めて3行以内で説明せよ。
- (2) 上の(1)が起こった結果、地球全体の気候は寒冷化するか温暖化するか。根拠を含めて3行以内で説明せよ。
- (3) 大陸を構成する岩石の化学組成を  $\text{CaSiO}_3$  と想定するとき、(2)の結果によって岩石の化学的風化は促進されるか抑制されるか。根拠を含めて2行以内で答えよ。また、そのような化学的風化で以下の反応が起こったとする。この反応式の  ～  に入る化学式を答えよ。



- (4) 顕生代では、温室期(greenhouse)と氷室期(icehouse)が億年単位という長い時間スケールで繰り返してきた。そして、温室期と氷室期における海洋中の  $\text{Mg}/\text{Ca}$  比には、大きな差異があったことが知られている。温室期の海洋の  $\text{Mg}/\text{Ca}$  比は氷室期と比べて高いか低いかわ、根拠を含めて3行以内で説明せよ。また、温室期に生息した海棲石灰化生物の多くは、どのような初生鉱物を有する傾向にあるか、1行で答えよ。

問2 地球惑星科学に関する小問(1)～(3)に答えよ。

- (1) プレートテクトニクス理論の構築につながった古地磁気学的な知見を2つ挙げ、それらがどのようにしてプレート運動の根拠となるのかを、それぞれ3行以内で説明せよ。
- (2) プレーートの沈み込みに伴う構成物質の変化がプレート運動に果たす役割について、以下の語句をすべて用いて3行以内で説明せよ。

【玄武岩質, エクロジャイト, ガーネット, 密度】

- (3) 図1は、無水カンラン岩の融解開始曲線(ソリダス)と、海域での平均的な地下増温曲線、および古い海洋プレートの沈み込み帯における火山フロント下マンツルの平均的な地下増温曲線を模式的に示している。この図を参考にして、中央海嶺および沈み込み帯におけるマグマの生成メカニズムをそれぞれ3行以内で説明せよ。

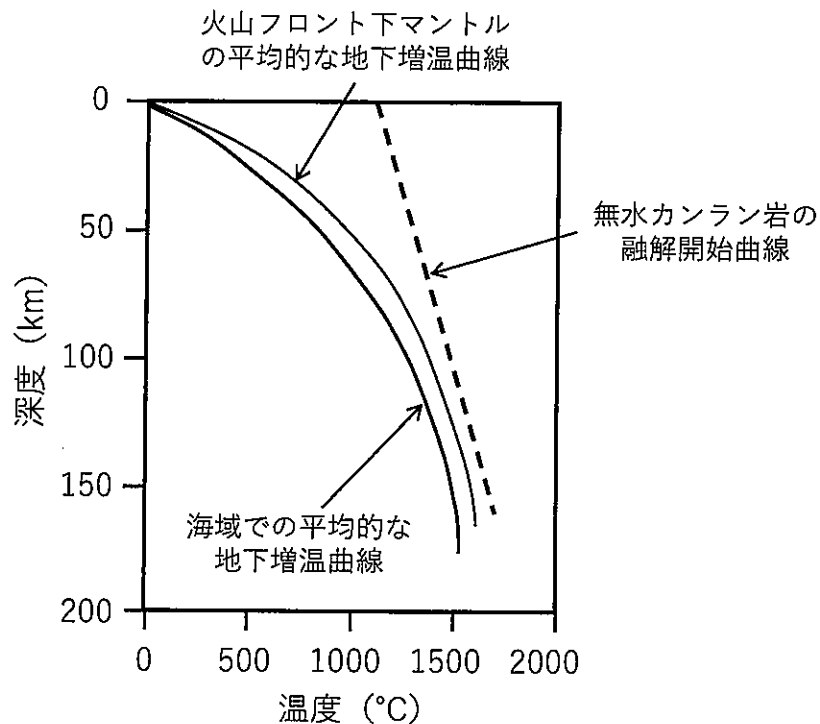


図1 地下の増温曲線と無水カンラン岩の融解開始曲線

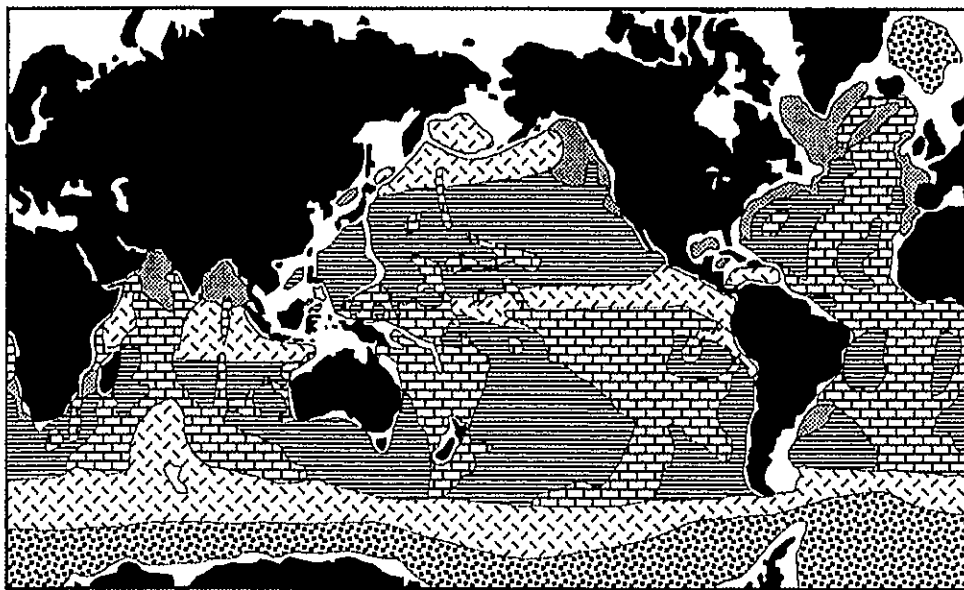
問題 A 以下の問1、問2に答えよ。

問1 図A-1は、現在の海底の堆積物を大きく6つ（a～f）に分類した際の分布を示している。小問（1）、（2）に答えよ。

（1）現在の海底に堆積する石灰質軟泥および珪質軟泥について、その堆積物を構成する主な生物の名称をそれぞれ2つずつ挙げよ。

（2）ア）石灰質軟泥、イ）珪質軟泥、ウ）遠洋性（赤色）粘土は、それぞれ図A-1の海底堆積物のどれに相当するか。適切なものをa～fから1つずつ選び、記号で答えよ。また、なぜ図A-1の分布になるのか、ア）～ウ）それぞれについて3行以内で説明せよ。ただし、各説明には以下の語群から必要な語句を用いること。各語句は何回でも用いてよい。

【 水深, 栄養塩, 炭酸塩補償深度, 深層循環 (熱塩循環), 飽和度 】

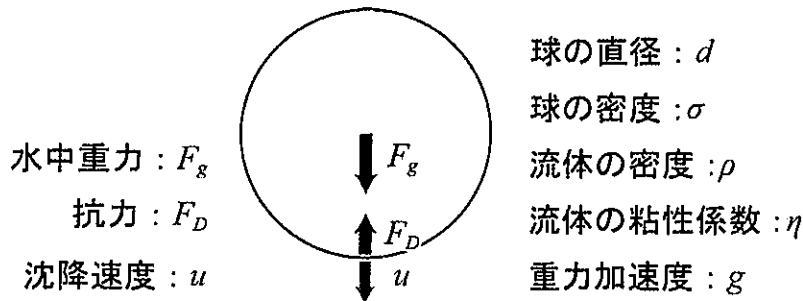


凡例: □ a    ▨ b    ▩ c    ▮ d    ▭ e    ▧ f

図A-1 現在の海底堆積物の分布 (Stow et al., 1996 を一部改変)

問2 次の文章を読み、小問(1)～(5)に答えよ。

図A-2は、直径 $d$  [m]の単一の球状粒子が、静止した水中を速度 $u$  [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]で沈降する様子を表している。ここで、水の密度を $\rho$  [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]、粘性係数を $\eta$  [ $\text{Pa}\cdot\text{s}=\text{N}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}=\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ]、粒子の密度を $\sigma$  [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]とする。沈降する粒子の周囲には流れに影響を与える境界(壁面)は無いと仮定する。この場合、粒子には、水中における重力 $F_g$  [N]が鉛直下向きに、水による抗力 $F_D$  [N]が鉛直上向きに作用している。



図A-2 静止した水中を沈降する球状粒子に作用する力の釣り合い

ストークスは、(a)球に作用する慣性力に比べて粘性力が支配的な場合について数学的な解析を行い、抗力 $F_D$ が次の理論式で表されることを示した。

$$F_D = 3\pi\eta du$$

静止状態( $u = 0$ )で水中へ静かに投入された球状粒子は、初めは水中重力による加速を受けながら沈降していく。沈降速度が大きくなると上の式に従って抗力が增大して、最終的には水中重力と抗力が釣り合った状態となる( $F_g = F_D$ )。結果として、粒子は一定の速度( $u = w$ )で沈降する。

- (1) 下線部(a)について、球に作用する慣性力に比べて粘性力が支配的でない場合の沈降について述べた理論を何というか。
- (2) 速度 $w$ の名称は複数あるが、それらのうちの2つを答えよ。
- (3) 水中重力 $F_g$ の大きさについて、これを求めるための考え方を説明した上で、 $d$ 、 $\sigma$ 、 $\rho$ 、 $g$ を使って $F_g$ を数式で表せ。
- (4)  $F_g = F_D$ とおき、速度 $w$ を数式で表せ。
- (5)  $\sigma = 2.520 \times 10^3$  [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]、 $\rho = 1.000 \times 10^3$  [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]、 $\eta = 1.520 \times 10^{-3}$  [ $\text{Pa}\cdot\text{s}$ ]とすると、 $d = 1.000$  [ $\mu\text{m}$ ]の球状粒子に対する速度 $w$ を有効数字3桁で答えよ。また、この

粒子が水表面の直下から水深 3269 [m]まで速度 $w$ で沈降するのに要する年数を計算せよ。なお, 水は水面から底面まで静止していて流れはなく, 密度も一定であるとする。また, 重力加速度は  $9.807 \text{ [m}\cdot\text{s}^{-2}]$ , 1 年の長さは  $3 \times 10^7 \text{ [s]}$ とせよ。計算過程も示せ。

## 問題 B 以下の問1～問4に答えよ。

問1 地形図読図や空中写真判読にもとづいて活断層を認定する際、地形のどのような特徴に着目すればよいか。8行以内で説明せよ。

問2 代表的な広域テフラに K-Ah や AT がある。それぞれのテフラをもたらした給源火山を答えよ。また、K-Ah と AT が降下した時期における日本の自然環境の特徴について、それぞれ3行以内で説明せよ。

問3 次の文章を読み、小問(1)、(2)に答えよ。

河川の縦断形は図B-1のように、一般的に下に凸となる、つまり河床勾配が下流に向かって小さくなる。河道を詳細にみると、図中の模式図のように、水深の小さい場所（流れが速い）と水深の大きい場所（流れが遅い）とが交互に繰り返す  構造がよくみられる。特に、上流でみられる階段状の  構造は  と呼ばれる。

また、(a)流路の平面形態には、網状流路や蛇行流路がある。河川地形学では、これらの形態と、掃流荷重や河床勾配との関係が議論されてきた。

- (1) 文中の空欄  ,  に当てはまる適切な語句をそれぞれ答えよ。
- (2) 文中の下線部(a)に関して、網状流路と蛇行流路の特徴について6行以内で説明せよ。ただし、それぞれの流路形態が掃流荷重や河床勾配とどのような関係にあるのかも含めて説明すること。

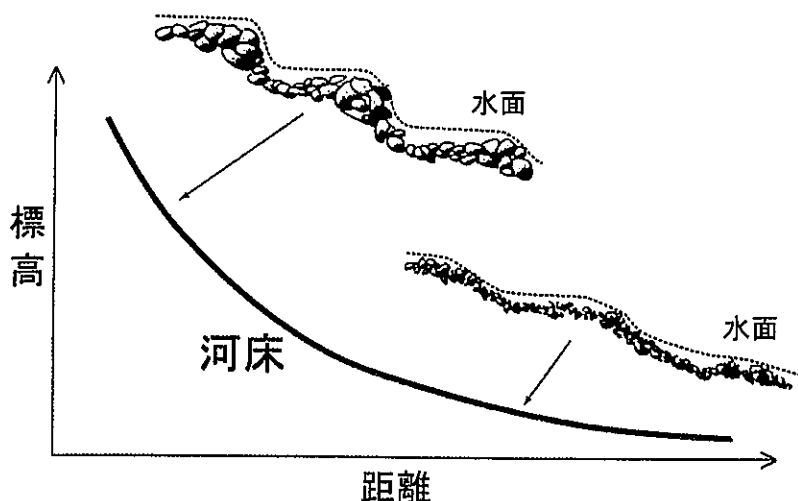
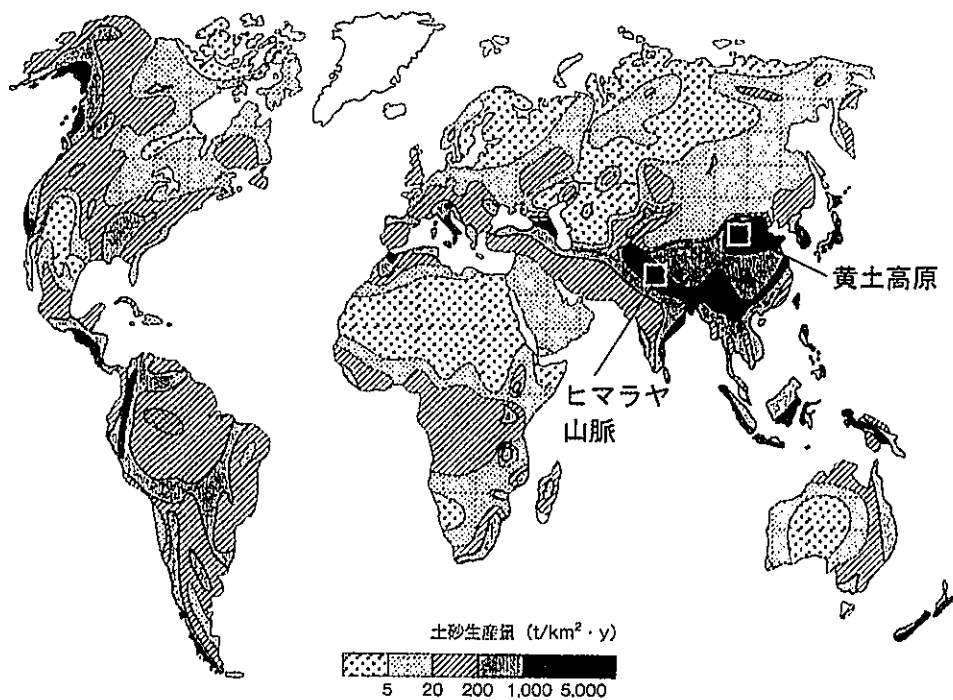


図 B-1 河川の縦断形 (Ritter et al., 2006 を改変)

問4 図B-2は浮遊土砂生産量の分布を示している。図中のヒマラヤ山脈、黄土高原において浮遊土砂生産量が大きい理由を、それぞれ2行以内で説明せよ。

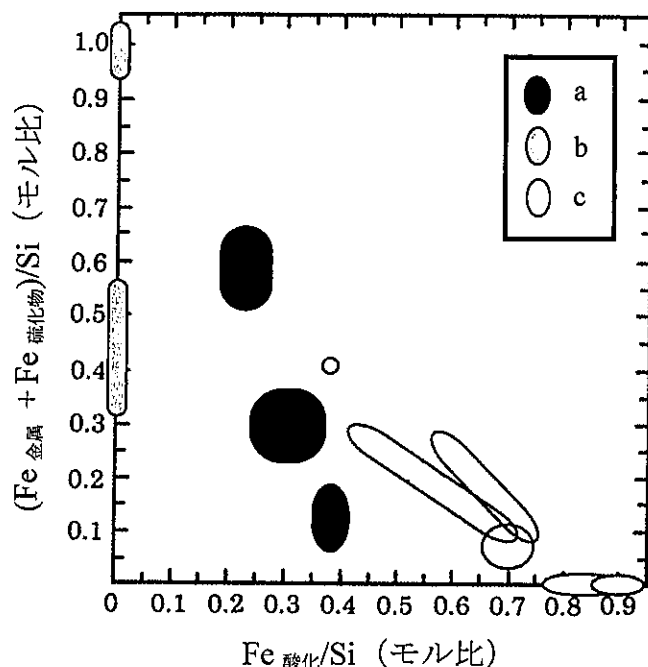


図B-2 浮遊土砂生産量の分布 (松倉, 2021 を一部改変)



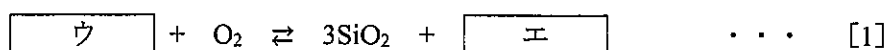
問題 C1 次の文章を読み、以下の問1～問5に答えよ。

地球で回収される隕石のうち、母天体において分化が進んでおらず、コンドリュールという球粒状物質を含む隕石はコンドライトと呼ばれる。コンドライトにはいくつかの分類があるが、グループごとの鉄の相対的な含有量と酸化還元状態には図C 1-1に示す特徴が知られている。



図C 1-1 コンドライトのグループごとの鉄含有量と酸化還元状態  
(松久幸敬・赤木右著 地球化学概説を一部改変)

このような未分化な隕石は惑星の材料物質の特徴を持つと考えられている。地球のような惑星は、その集積に伴って核の形成などが起こり、分化が進んだ。地球初期の大気は、分化の進行によって  が減少したマグマから脱ガスして形成されたとする考えがある。このような場合で、1500 K のマグマからの脱ガス大気の酸素量 (活量) が、以下の化学反応式 [1] によって規定されると考えると、大気の主成分は水蒸気と  になると推定されている。



初期の地球大気に大量に含まれていた  の割合は、地球の形成当初から現在までに大きく減少していると考えられている。一方で、(オ)地球が誕生してから現在までに増加したと考えられる大気成分もある。

問1 図C1-1のa～cはどのグループのコンドライトに該当するか、それぞれの名称を答えよ。

問2 図C1-1において、地球全体の酸化還元状態を示す座標（横軸値，縦軸値）を以下のA～Dから1つ選び、それを選んだ理由を4行以内で説明せよ。

A. (0.1, 0.9)    B. (0.3, 0.3)    C. (0.6, 0.2)    D. (0.9, 0.0)

問3 本文中の  および  に当てはまる物質名を答えよ。

問4 化学反応式 [1] 中の  および  に入る化学式を答えよ。

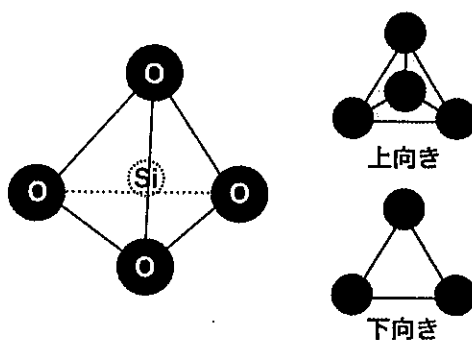
問5 下線部(オ)に関連する事象として「大酸化イベント」が知られている。大酸化イベントについて6行以内で説明せよ。ただし、そのイベントのおよその時期と、その存在を支持する地質学的な証拠を含めて説明すること。

問題 C2 次の文章を読み、以下の問1～問5に答えよ。

ケイ酸塩鉱物では、図C 2-1に示すような  $\text{SiO}_4$  四面体が結晶構造中で特徴的な連結様式を取るため、この様式の違いによって構造的に分類されている。例えば、カンラン石は  ケイ酸塩に、長石は  ケイ酸塩に、雲母は  ケイ酸塩に分類される。この結晶構造の特徴に基づくと、(a)ケイ酸塩鉱物の構造式の基本形は四面体の連結ユニットを用いて記述でき、例えば、(b)輝石の構造では  $[(\text{SiO}_3)_2]_n$  と書くことができる。

カンラン石や輝石、長石は、鉱物グループの名称である。例えば、輝石の化学組成は通常、4つの端成分鉱物、、、、 を頂点とする輝石台形中にプロットされる。

天然の岩石は、これらのケイ酸塩鉱物の組合せやその存在割合の違いによって、(c)多種多様な岩石として記述されている。岩石中の鉱物種やその組織には、岩石が経験した様々な環境に関する情報が保存されている。例えば、(d)マントル捕獲岩は、マントルを構成する物質の情報を直接得られる貴重な情報源である。



図C 2-1  $\text{SiO}_4$  四面体の模式図

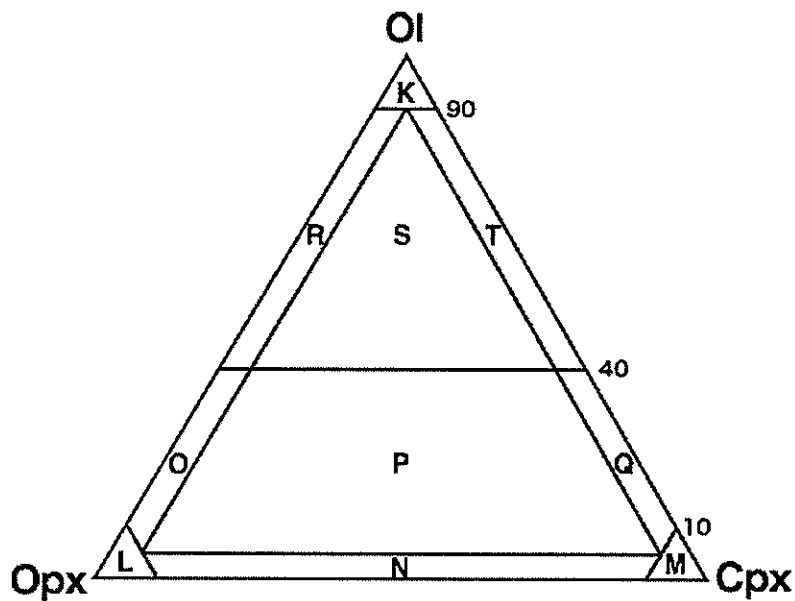
問1  ～  に入る適切な語句、および  ～  の鉱物名(順不同)を答えよ。

問2 下線部(a)について、雲母の結晶構造における四面体の連結の様子を解答用紙に図示せよ。なお、四面体の中心元素を「Si」、頂点元素を「O」として表すこと。また、輝石の例にならって、雲母の結晶構造の基本連結ユニットを化学式で答えよ。

問3 下線部(b)について、輝石には準輝石と呼ばれるグループが存在する。輝石と準輝石の結晶構造と化学組成の特徴の違いについて、3行以内で説明せよ。ただし、図を用いても構わない(図は行数には含めない)。

問4 下線部(c)に関して、岩石に多様性を生じさせるメカニズムの一つであるマグマの結晶分化作用について、5行以内で説明せよ。ただし、結晶分化作用の進行に伴って晶出する有色造岩鉱物の結晶構造の特徴がどのように変化するのかについても言及すること。

問5 下線部(d)について、マンテル捕獲岩の鉱物組合せから推定される地球のマンテルを構成する岩石は、下図C 2-2の超苦鉄質岩類の分類図において、どの領域 (K~T) に含まれるか。該当する領域の記号をすべて選び、その領域の岩石名を答えよ。ただし、Ol はカンラン石、Opx は直方 (斜方) 輝石、Cpx は単斜輝石である。



図C 2-2 超苦鉄質岩類の分類図 (Ol-Opx-Cpx 三角図)