

A (地球環境学)

以下の問題 1～問題 2 を全て解答しなさい。

問題 1 図 1 は南極大陸のアイスコア (氷の柱状試料) から得られた, 過去 40 万年間の氷期と間氷期の繰り返しにおける, 気温と大気中の二酸化炭素濃度の変動の記録である. 氷期と間氷期のサイクルは, 地球の軌道要素の周期的変動 (ミランコビッチサイクル) によって生じたと考えられているが, この図からは, その間, 気温と二酸化炭素の濃度がほぼ同じように増減してきたことが分かる. この図に関連して, 以下の間に答えなさい.

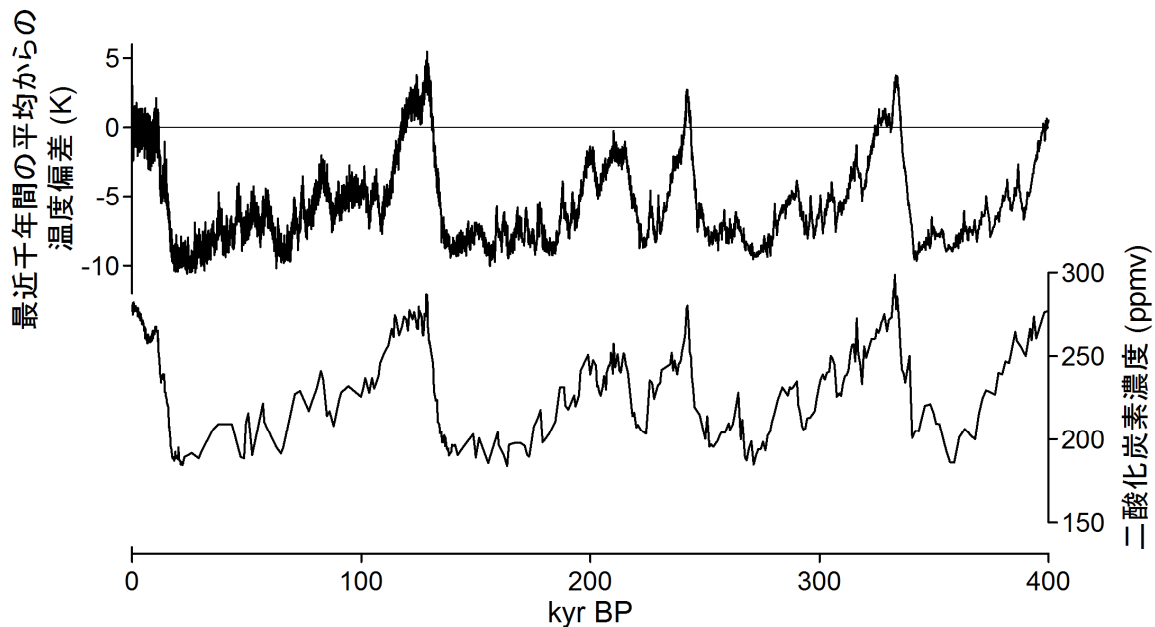


図 1 南極の Dome-C アイスコアから復元された, 過去 40 万年間の気温と大気中の二酸化炭素濃度の変動.

図 1 の作図に使用した全てのデータは, 以下のウェブサイトから得た.

http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/icecore/antarctica/domec/domec_epica_data.html

問 地球の気候システムの中には, 気温と二酸化炭素濃度を結びつける, さまざまな素過程があることが知られている. 図 1 における両者の変動の同調性の原因について, それらの素過程, 例えば, 炭素循環における海洋の役割や, 二酸化炭素による大気中の赤外放射場への影響などを考慮して, 300 字から 500 字程度で説明しなさい.

問題2 図2(a)は、20世紀後半の北半球の平均気温と二酸化炭素濃度の時系列データから、季節変動の成分を差し引き、更に、二酸化炭素濃度については、図2(b)に示した「産業トレンド」(注)の成分も取り除いて、それらの経年変動のみを示したものである。図2(a)では、二酸化炭素濃度が気温に約半年から一年遅れて変動しているように見える。この図に関連して、以下の間に全て答えなさい。

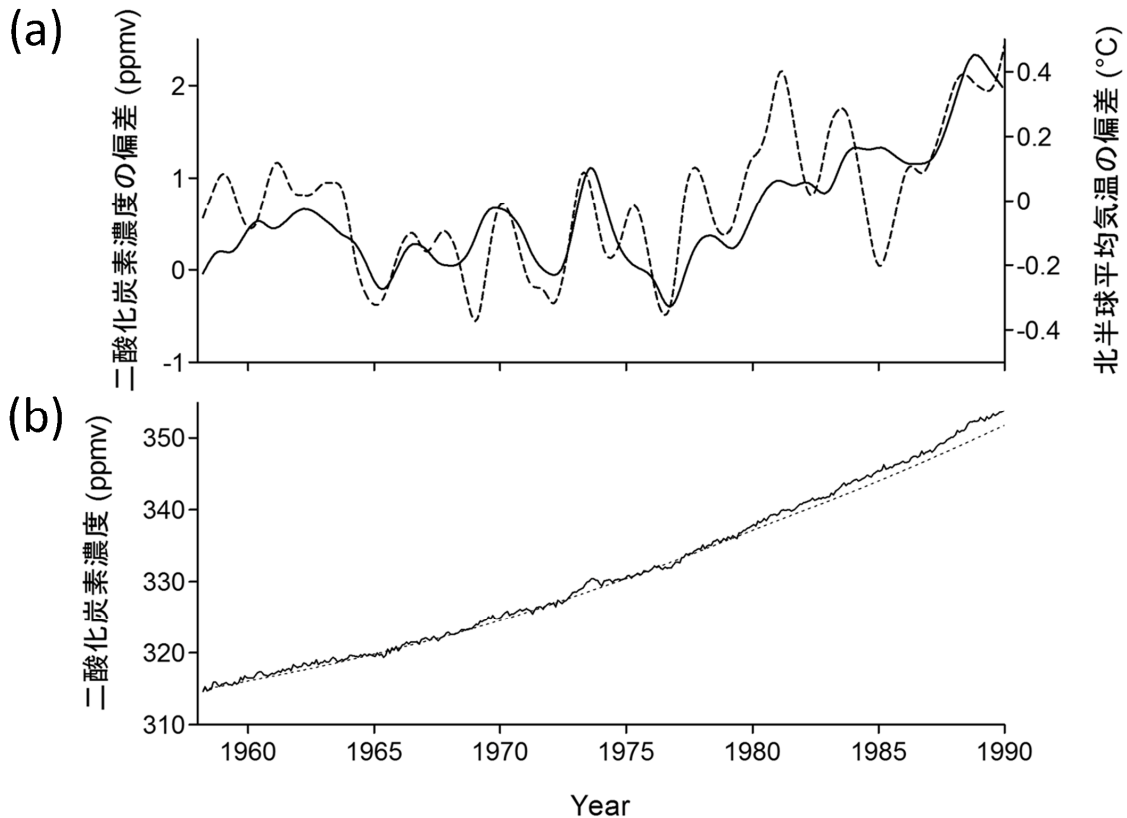


図2 (a) 北半球の平均気温(破線)とハワイ・マウナロアで観測された20世紀後半の二酸化炭素濃度(実線)の経年変動。気温については季節変動の成分、二酸化炭素については季節変動と「産業トレンド」の成分を、それぞれ差し引いたのち、スプライン関数で平滑化して表示してある。(b) 同地点で観測された二酸化炭素濃度の変化。観測データから季節変動の成分を差し引いたものが実線、「産業トレンド」が破線。(注)ここで言う「産業トレンド」とは、地球全体における化石燃料の消費速度を0.559倍して、更にそれを大気中の二酸化炭素濃度の増加速度に換算し、二酸化炭素濃度の初期値に加えて、累積濃度を計算したものである(Keeling et al. (1995), *Nature*, **395**, 666の計算方法に従った)。

図2の作図に使用した全てのデータは、以下のウェブサイトから得た。

・ Mauna Loa CO₂ monthly mean data

ftp://ftp.cmdl.noaa.gov/ccg/co2/trends/co2_mm_mlo.txt

・ Global Fossil-Fuel CO₂ Emissions

http://cdiac.ornl.gov/trends/emis/tre_glob.html

・ Northern Hemisphere temperature data CRUTEM3

<http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/>

問1 図2(a)のような関係の背景には「陸上生態系内の土壌微生物」が関与しているという仮説がある。この仮説にもとづいて、なぜ二酸化炭素濃度が、気温の上昇（低下）に、少し遅れて増大（減少）するのかを、100字から200字程度で説明しなさい。

問2 図2(a)を根拠にして、以下のような考えを述べる人がいる。

20世紀の間、ずっと二酸化炭素の濃度が上昇してきたのは、本当は人間による化石燃料の消費のせいではなく、太陽活動の活発化などによって、温暖化が起きた“結果”なのである。何故なら、気温の上昇の結果として、二酸化炭素の濃度は増加するのであり、その逆ではないからである。

この論理の蓋然性（問題点が含まれているかどうか、含まれているとしたら、どのような問題点が含まれているか、など）について、100字から200字程度で論じなさい。

B (地球科学 I)

以下の問題 1～問題 2 を、それぞれ別の解答用紙に分けて、全て解答しなさい。

問題 1 海洋底の掘削を行って堆積物を採集し、そこに含まれる様々な物質・物性などについて研究するプロジェクトには、1968年に始まった深海掘削計画 (DSDP: Deep Sea Drilling Project) や 1985年からの国際深海掘削計画 (ODP: Ocean Drilling Program), さらには 2003年からの統合国際深海掘削計画 (IODP: Integrated Ocean Drilling Program) などがある。これらの国際研究プロジェクトは、地球物理学、古生物学、海洋古環境学などに多大な貢献をしてきた。これらを踏まえて以下の問 1～問 3の全てを答えなさい。

問 1 DSDPをはじめとする深海底調査によって、海洋底拡大説を補強する様々な証拠が発見された。海洋底堆積物に基づく証拠から海洋底拡大説を説明しなさい。

問 2 ODP 海底掘削航海によってメタンハイドレートが海底下の堆積物から採集された。過去にメタンハイドレート含有層が大規模に崩壊したことがあったが、その結果、地球環境にどのような事象が起きたと考えられているかをそのメカニズムも含めて述べなさい。

問 3 外洋域の古環境などに関連した研究をするために a) 地表に露出する地層の調査, b) 海洋底の掘削調査を行うとする。これらの二つの調査方法では、その準備段階や手法・研究結果において、それぞれ有利な点と不都合な点が生じる。以下に挙げる研究例(1)～(3)は、それぞれ a)と b)のどちらを行ったほうがより良い研究結果を得られるかを示し、その理由を述べなさい。

- (1) 古生代の古環境解析
- (2) 堆積物の堆積年代層序の構築のための研究
- (3) 大型化石による古生態学的研究

問題2 図1はある地域の地質図である。この地域の地質に関して、以下の問1～問4を全て答えなさい。なお、問1の解答は専用のグラフ用紙に解答しなさい。

問1 本地域には河岸段丘が発達している。また、この河岸段丘を断層Fが切っている。各段丘面は水平・平坦である。表1は各段丘面に関して、断層Fの西側の段丘面の標高をX、断層Fの東側の段丘面の標高をY、各段丘面の水平変位量をZとしてまとめたものである。なお、各段丘面と一段高い位置の段丘面との間にある段丘崖の断層Fに沿った水平変位量を水平変位量Zとした。また、M1面の水平変位量はM1面を構成する段丘堆積物の分布の水平変位量から求めた。

- (1) 表1のデータを使用し、XとZおよびYとZのそれぞれの関係を一つのグラフに描きなさい。
- (2) (1)のグラフを参考にして、各段丘面の水平変位量と鉛直変位量の関係を示すグラフを作成しなさい。

問2 M1面の表層近くには約70,000年前を示す広域テフラが堆積しており、L2面には26,500年前を示す広域テフラが堆積している。M1面形成以降の断層Fの平均水平変位量(m/年)と平均鉛直変位量(m/年)を求めなさい。

問3 各段丘は礫層のみからなる段丘堆積物を伴っている。L1面を形成する礫層中の礫には図2のような風化殻が認められる。風化殻は堆積後に礫の表面から礫内部に向かって風化作用によって形成される。なお、礫層は新鮮な礫が堆積し、その後時間とともに一様に風化作用を被ったものとする。

- (1) 図2のように粗粒砂岩(長石質ワッケ)礫と玄武岩礫では風化殻の厚さが異なっていた。この理由について3行程度で答えなさい。
- (2) M1面を構成する段丘堆積物中の砂岩礫の風化殻について、L1面を構成する段丘堆積物中の砂岩礫と比較して、推定される違いを答えなさい。

問4 図1の地質図をみて、以下に示した、この地域に生じた地質現象を形成の古い順に番号で答えなさい。

- ①安山岩の噴出、②河岸段丘M1面からA2面の形成、③N層群の褶曲、④花崗岩の貫入、⑤断層Fの活動開始、⑥N層群の堆積

表1 断層 F 沿いの段丘面の標高と水平変位量

段丘面	X 断層西側標高(m)	Y 断層東側標高(m)	Z 水平変位量(m)
M1	未測定	385	140
M2	340	未測定	120
L1	328	348	70
L2	未測定	338	53
A1	未測定	321	20
A2	314	未測定	15

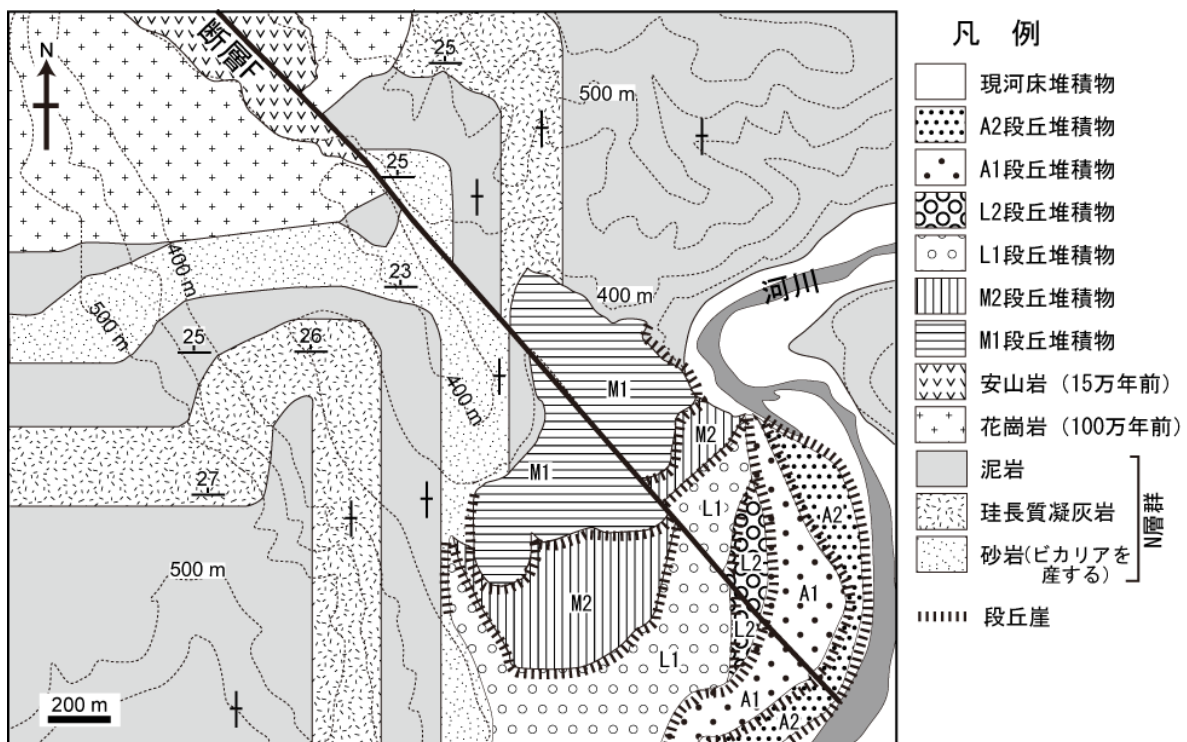


図1 ある地域の地質図

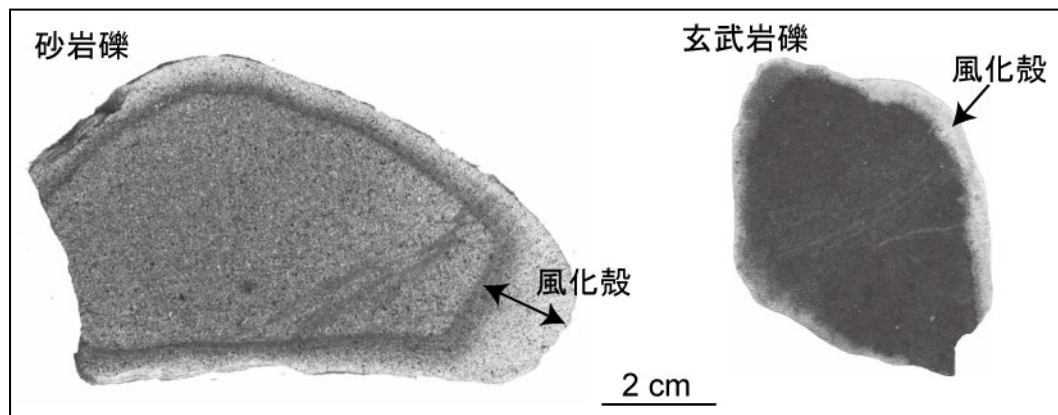
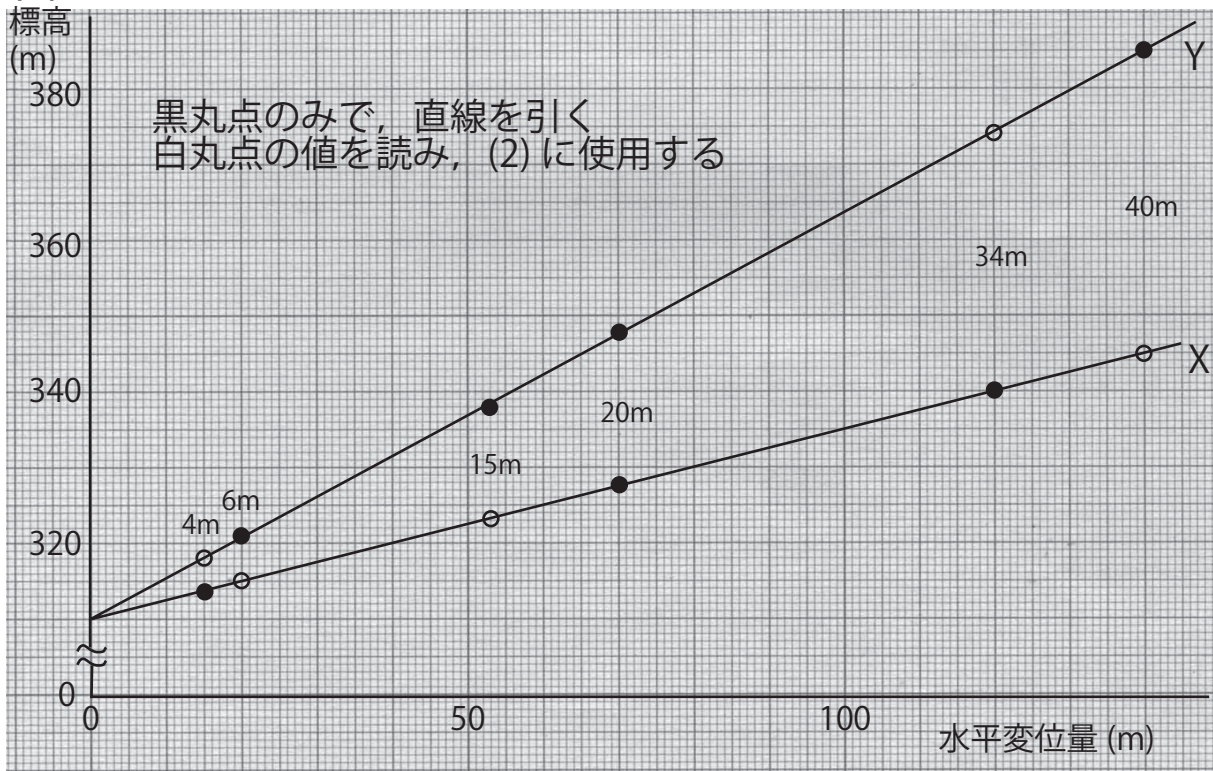


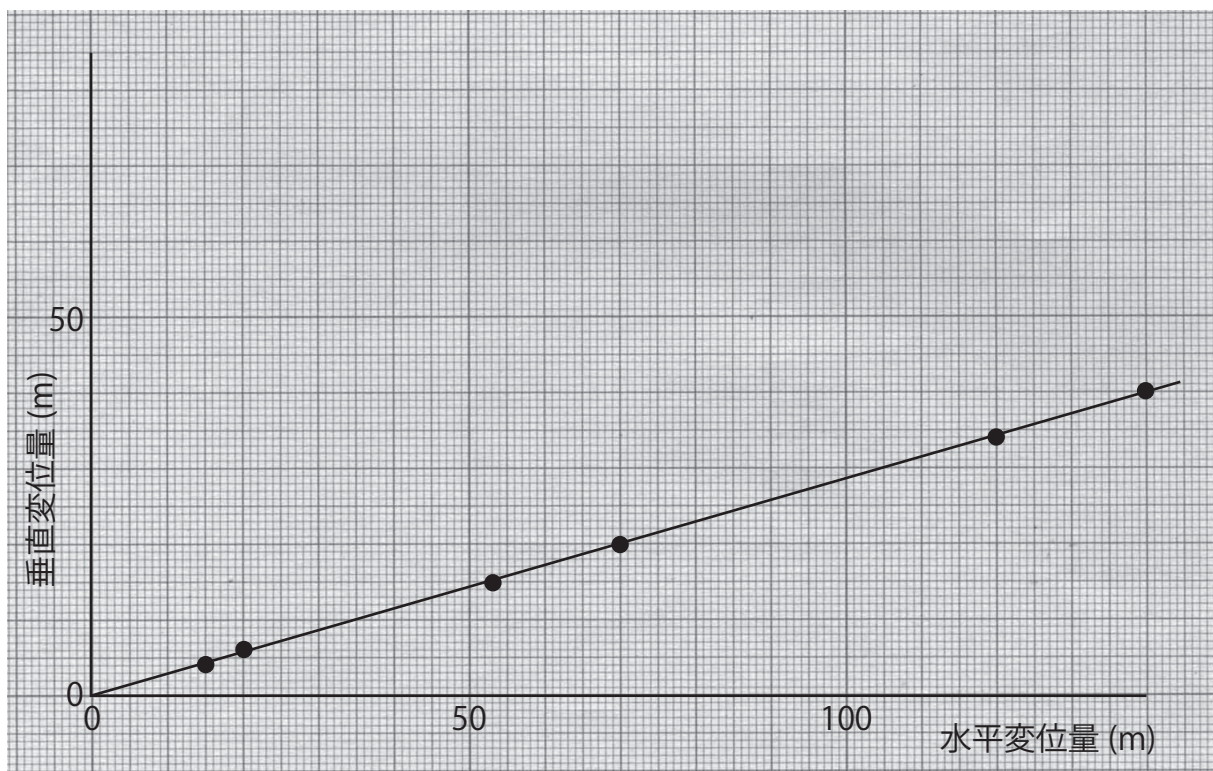
図2 L1面を構成する礫層中の粗粒砂岩礫と玄武岩礫に見られる風化殻

問題 2 の問 1 解答用紙

(1)



(2)



C (地球科学II)

以下の問題 1～問題 2 を全て解答しなさい。

問題 1 次の文章を読み、問 1～問 5 を全て解答しなさい。

花崗岩は上部地殻の主要な岩石である。一般的な花崗岩の主要構成鉱物は、①石英、(I)、(II) 及び (III) である。②花崗岩に含まれる石英は、他形であることが多い。

問 1 I～IIIに入る鉱物名を答えなさい。

問 2 偏光顕微鏡で花崗岩を観察する時に、下線部①の 4 つの鉱物を区別するには、鏡下でのどのような特徴から判断すれば良いか簡潔に述べなさい。

問 3 花崗岩は他の深成岩と比べて放射性同位元素の濃度が高く、ウランやトリウムに富む副成分鉱物を含むことがある。ウランやトリウムに富む鉱物が含まれていることを偏光顕微鏡で確認するにはどのようにしたらよいか簡潔に記しなさい。

問 4 図 1 は、ある深成岩の薄片を偏光顕微鏡で観察したときの模式的なスケッチである。観察した範囲には三種類の鉱物（鉱物 A、B 及び C）のみが存在した。三種類の鉱物 A、B 及び C が晶出した順序と、そのように判断した理由を答えなさい。

問 5 下線部②のようになる理由を簡潔に述べなさい。

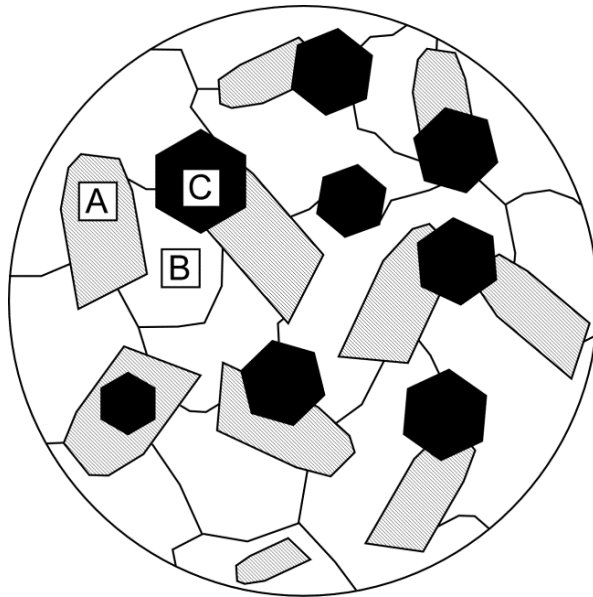


図1 ある深成岩の薄片を偏光顕微鏡で観察したときの模式的なスケッチ.
同じ色の結晶は同じ鉱物である.

問題2 以下の問1及び問2を全て解答しなさい。

問1 図2をもとに、以下の(1)～(4)に答えなさい。

- (1) 図2に示してあるA～Cで観察される岩石について、それぞれ以下から最も適切なものを選びなさい。

マイロナイト カタクレーサイト 断層ガウジ

- (2) 図2に示してあるD～F領域に最も適した語句を以下のものから選び、それを選んだ理由とともに示しなさい。

脆性変形領域 延性変形領域 地震の主要発生領域

- (3) シュードタキライトは断層岩の一種である。その特徴を3つ挙げなさい。また、シュードタキライトの形成プロセスについて簡潔に説明しなさい。

- (4) 以下の語を全て用いて、大陸地殻における脆性-延性遷移帯の深さについて説明しなさい。

石英 花崗岩 地温勾配 塑性変形の温度依存性 脆性変形

問2 剪断帯の中心に分布する岩石は面構造が発達することが多いが、その面構造について次の(1)と(2)に答えなさい。

- (1) 延性変形によって面構造が形成されるプロセスを2つ簡単に説明しなさい。
(2) 有限歪みの主軸(X, Y, Z)と面構造の向きとの関係をスケッチを用いて、説明しなさい。また、最大伸び方向(X)を示す野外で測定可能な岩石構造を1つ挙げ、スケッチにその構造と歪み主軸との関係を示しなさい。

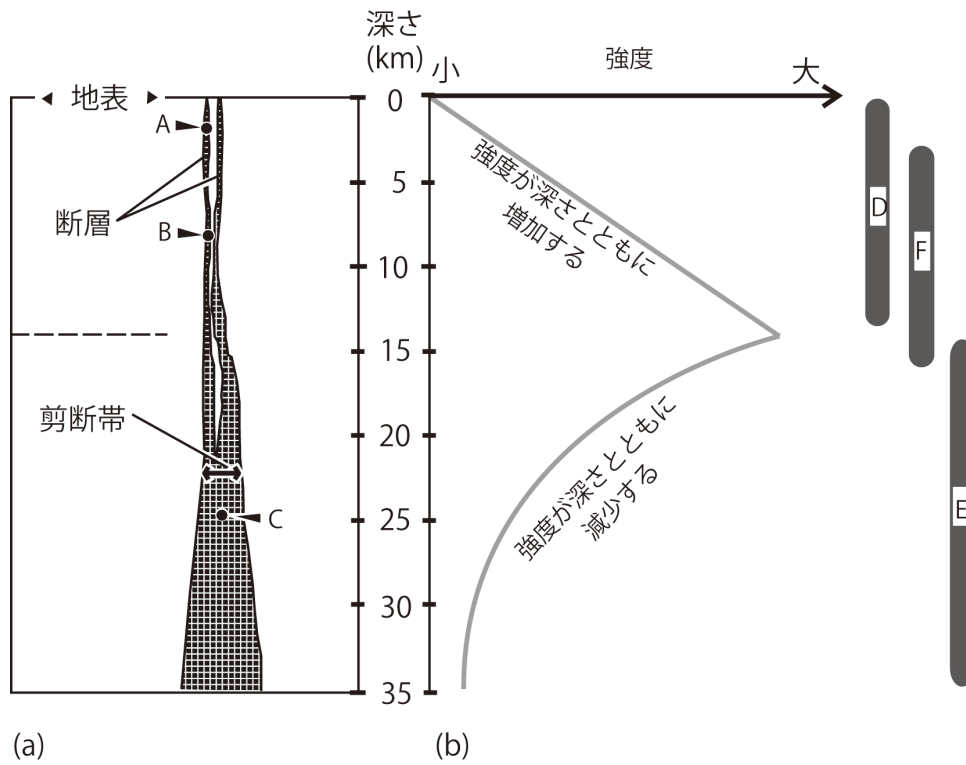


図2 (a) 断層と剪断帯の断面図を示す。変形集中領域にはハッチパターンがついている。
 (b) 断層及び剪断帯中に分布する岩石の強度と深さ関係を概念的に示す。

D (地球科学Ⅲ)

以下の問題1と問題2を、それぞれ別の解答用紙にわけて，解答しなさい。

問題1 以下の文章は，地球大気の形成について提案されている考え方の1つを述べたものである。この文章を読み，問1～問4に解答しなさい。

約46億年前，微惑星が衝突と合体を繰り返して成長し，地球の形成が始まった。地球の直径が現在の地球の半分ほどになると，微惑星から放出された揮発成分の水蒸気(H₂O)，二酸化炭素(CO₂)，窒素(N₂)などが①原始大気となって地球を覆い始めた。さらに，微惑星の衝突エネルギーと原始大気による②保温効果によって地球表面が高温になると，地球表面は岩石が熔融した“マグマオーシャン”で覆われるようになる。やがて，衝突する微惑星の数が減少して地球表面が冷えてくると，大気中の水蒸気(H₂O)が液体となって地表に降り，原始海洋が誕生した。その後，大気は徐々にその組成を変化させ，窒素(N₂)，③酸素(O₂)，④アルゴン(Ar)を主成分とする現在の地球大気となった。

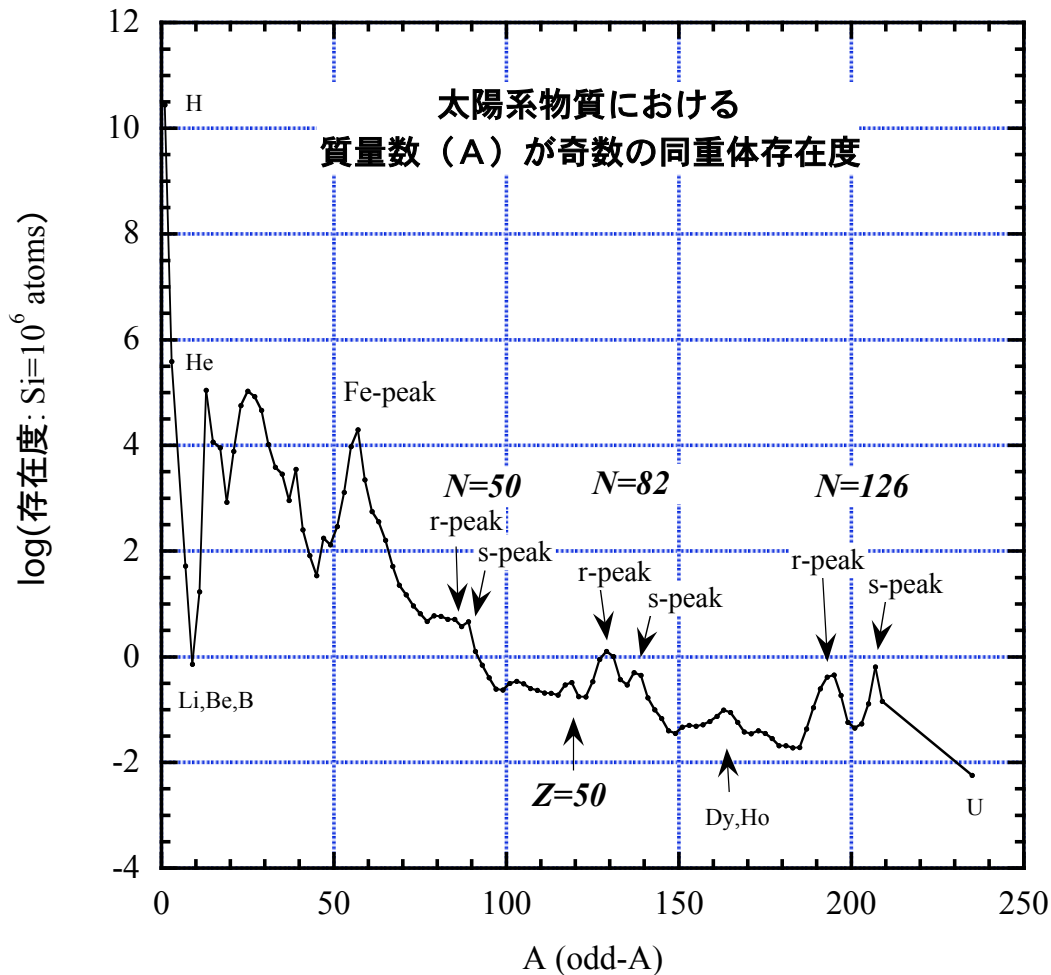
問1 下線部①の原始大気の大気中の二酸化炭素分圧は，約35億年前までに，ある過程によって急速に低下したと考えられている。この過程を100字程度で述べなさい。

問2 下線部②の保温効果について「地球表面」，「放射」，「吸収」の3つの単語を使って100字程度で説明しなさい。

問3 下線部③について，(1)地球大気中の酸素濃度が高くなった主要な原因を50字程度で述べなさい。また，(2)先カンブリア時代の地層に見られ，大気中の酸素濃度が高くなったことを示唆する地質学的証拠を示しなさい。

問4 下線部④について，現在の地球大気中のAr同位体存在度(原子%)は³⁶Ar = 0.34%，³⁸Ar = 0.06%，⁴⁰Ar = 99.60%である。このような同位体存在度をもつ地球大気中のArの主要な起源を簡潔に述べなさい。

問題2 始源的隕石での元素及び同位体の存在度は、Siの原子数を 10^6 とした時の相対的な値として、太陽系の元素の起源を議論する際に用いられる。下図は、このような存在度データに基づき、太陽系物質における「質量数(A)が奇数の同重体存在度」の常用対数値を、質量数に対してプロットした結果である。このプロットは元素の起源を考える手掛りを与えてくれる。この図に関する以下の問1～問3に答えなさい。



問1 元素の起源を考える議論では、図のような「質量数が奇数の同重体の存在度」が重視される。これには理由があり、次のことと関連している。「質量数が奇数の同重体」は、陽子数が偶数で中性子数が奇数、又はその逆の組み合わせである。一方、「質量数が偶数の同重体」は、陽子数も中性子数も共に偶数、又は共に奇数の場合である。「質量数が偶数の同重体」ではなく、「質量数が奇数の同重体」の存在度データが重視される理由を述べなさい。

問2 図に記入されているNは中性子数、Zは陽子数を意味し、その記入箇所付近にN=50, 82, 126の同重体、Z=50の同重体が分布することを表す。これらの「特別な数」は何と呼ばれるかを記しなさい。また、核種のN又はZがこれらの「特別な数」であ

る場合，その核種の安定性・反応性は， N 又は Z がこれらの「特別な数」ではない近隣同重体に比べ，どうなるかを述べなさい．

問3 $N=50, 82, 126$ である同重体には， r -peak と s -peak と記した「対をなす存在度ピーク」が認められる．特に， $N=82, 126$ での双子のピークは明瞭である．これらの r -peak と s -peak は，Fe より重い元素の起源が r 過程と s 過程に繋がると考える根拠である．重元素の生成に関する r 過程と s 過程について知るところを述べなさい．

E (物理学)

以下の**問題1**～**問題3**を、それぞれ別の解答用紙に分けて、全て解答しなさい。

問題1 図1のように、水平と角度 α をなす十分に広い斜面上に質量 m の質点をおき、斜面に沿って水平方向に大きさ v_0 の初速度を与える。質点と斜面の間の摩擦力は質点の運動方向と逆方向に働き、動摩擦係数を一定の値 μ とする。以下の問1～問4に答えなさい。ただし、重力加速度の大きさを g とし、 α は $0 < \alpha < \pi/2$ の範囲とする。

問1 質点の初速度の方向に x 軸を、斜面に沿って下向きに y 軸を取り、 v と θ の変数を用いて、それぞれの軸方向の運動方程式を書きなさい。ただし、質点の速さを v 、その向き(x 軸となす角)を θ とする。

問2 斜面の角度を $\tan \alpha_0 = \mu$ の関係が成り立つ角度 α_0 にした場合について、以下の(1)～(3)の設問に答えなさい。

- (1) $\frac{d}{dt}(v + v_y) = 0$ を証明しなさい。ただし、質点の y 軸方向の速さを v_y とし、 $\frac{d}{dt}$ は時間微分を意味する。
- (2) 質点の速さ v を求めなさい。
- (3) 十分に時間が経過した後の質点の速さと運動方向を示しなさい。

問3 斜面の角度を $\alpha < \alpha_0$ に変えた場合、十分に時間が経過した後の質点の速さを求めなさい。

問4 斜面の角度を $\alpha > \alpha_0$ に変えた場合、十分に時間が経過した後の質点の速さを求めなさい。

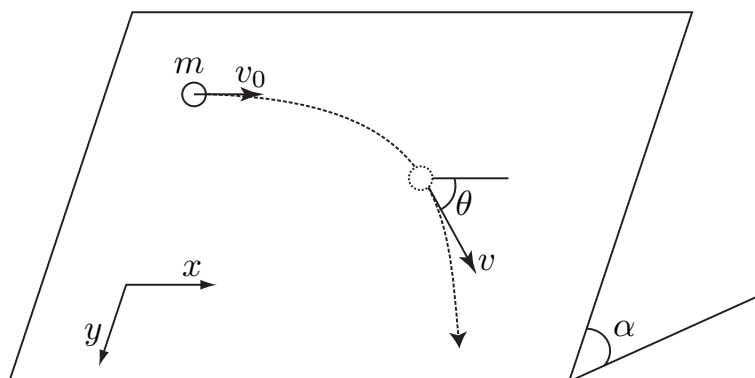


図1

問題 2 図2のように、鉛直に固定された回転軸 A に、長さ l 、質量 M の一様な剛体の棒の一端を取り付け、棒が回転軸 A を中心として水平面上を滑らかに回転できるようにする。この棒に A から距離 x の位置に力積 P の撃力を水平面上で棒に直角に加えたときの棒の運動を考える。以下の問1～問4に答えなさい。

問1 回転軸 A に対するこの棒の慣性モーメントを求めなさい。

問2 撃力を加えた瞬間に、力積 P と逆向きに棒が回転軸 A から受ける撃力を T 、力積 P と同じ向きに棒の重心 G が動く速さを v として、運動量保存の式と角運動量保存の式を書きなさい。

問3 撃力 T を求めなさい。

問4 撃力 T が 0 になるような x を求めなさい。

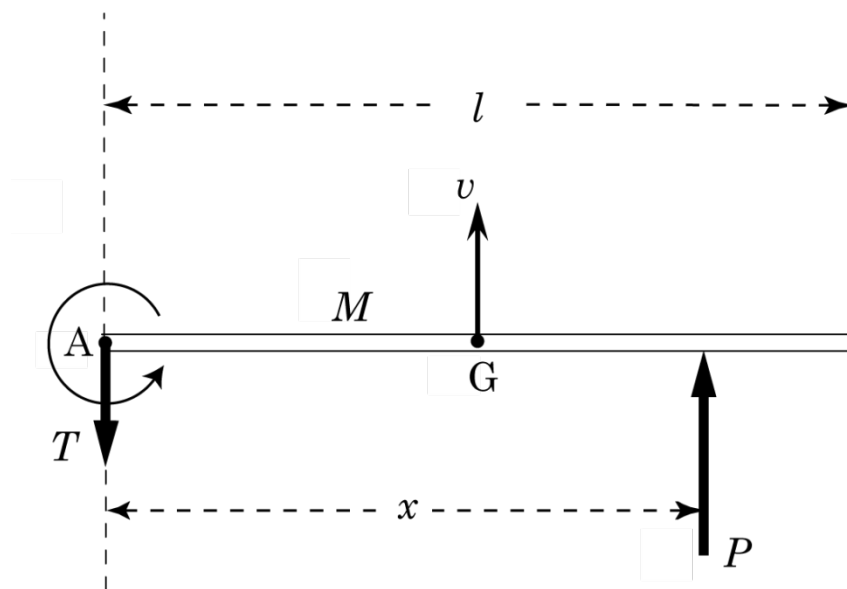


図2

問題 3 図 3 のように、1 mol の理想気体を状態 A～D に対して ABCDA の順序で準静的に変化させる熱サイクルを考える。

状態 A→状態 B：圧力 p_1 ，温度 T_A から圧力 p_1 ，温度 T_B まで定圧加熱

状態 B→状態 C：圧力 p_1 ，温度 T_B から圧力 p_2 ，温度 T_C まで断熱膨張

状態 C→状態 D：圧力 p_2 ，温度 T_C から圧力 p_2 ，温度 T_D まで定圧放熱

状態 D→状態 A：圧力 p_2 ，温度 T_D から圧力 p_1 ，温度 T_A まで断熱圧縮

1 mol の理想気体において成り立つ以下の関係式を用いて、問 1～問 5 に答えなさい。

$$pV = RT$$

$$dU = TdS - pdV$$

$$C_p = C_v + R$$

ただし、状態量 p ， V ， T ， U ， S はそれぞれ圧力，体積，温度，内部エネルギー，エントロピーであり， R は気体定数， C_v は定積モル比熱， C_p は定圧モル比熱である。また， d が付いたものはそれぞれの状態量の全微分を表わす。

問 1 断熱変化において，比熱比 $\gamma = C_p/C_v$ を用いて $T^{\gamma}/p^{\gamma-1}$ が一定になることを示しなさい。

問 2 状態 A→状態 B において受け取った熱量 Q_1 ，および状態 C→状態 D において放出した熱量 Q_2 をそれぞれ求めなさい。

問 3 ABCDA の熱サイクルにおいて，気体が行った仕事 W を求めなさい。

問 4 比熱比 γ と圧力比 $r_p = p_1/p_2$ を用いて，この熱サイクルの効率 η を表わしなさい。また， γ を固定して考えたとき，効率を上げるためにはどうすればよいかを答えなさい。

問 5 $\frac{Q_1}{T_B} - \frac{Q_2}{T_D} < 0$ の関係が成り立つことを示し，その熱力学的な意味を説明しなさい。

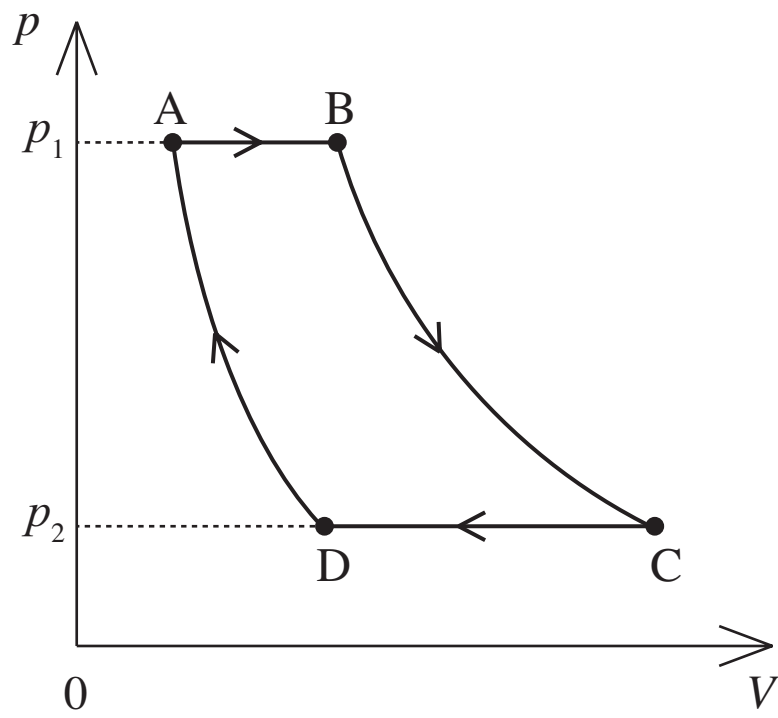


图 3

F (化学)

以下の問題 1 と問題 2 を、それぞれ別の解答用紙に分けて、全て解答しなさい。

問題 1 気体に関する以下の問 1～問 3 に解答しなさい。

問 1 気体のメタン(CH₄) 4.00 L には、300 K、120 kPa において、何個のメタン分子が含まれているか答えなさい。また、その質量は何 g になるか答えなさい。有効数字 3 桁で答えなさい。ただし、水素の原子量を 1.01、炭素の原子量を 12.01 とする。また、気体はすべて理想気体とする。なお、標準状態 (273.15 K、101.325 kPa) において、気体の水素(H₂) 1.00 L に含まれる水素分子は 2.69×10^{22} 個、その質量は 0.0900 g となる。

問 2 理想気体 1 分子がもつ並進運動エネルギーの平均値 $\langle \varepsilon \rangle$ は、気体分子の質量を m 、根平均二乗速度を u_{rms} とすると、

$$\langle \varepsilon \rangle = \frac{1}{2} m u_{rms}^2$$

となる。以下の (1)、(2) に答えなさい。ただし、気体はすべて理想気体とし、300 K での H₂ の u_{rms} は 1.92×10^3 m/s とする。また、水素の原子量は 1.01 とする。

- (1) 絶対温度 T における理想気体 1 分子がもつ並進運動エネルギーの平均値 $\langle \varepsilon \rangle$ は、ボルツマン定数を k とすると、どのような式で表されるか答えなさい。
- (2) 350 K における u_{rms} が 4.66×10^2 m/s である希ガスは何か答えなさい。

問 3 理想気体と実在気体の違いとして、以下の 2 点を挙げるができる。

- ・ 実在気体の分子は有限の大きさをもっていること
- ・ 実在気体の分子間に引力が働いていること

この 2 点を考慮した気体の状態方程式として、ファン・デル・ワールスの式がある。ファン・デル・ワールスの式について以下の (1)、(2) に答えなさい。

(1) ファン・デル・ワールスの式は、気体の圧力を P 、気体の体積を V 、気体分子の物質量を n 、絶対温度を T 、気体定数を R とすると以下のように示される。 a 、 b は、正の定数であり、ファン・デル・ワールス定数とよばれる。(ア)と(イ)には、+もしくは-が入る。(ア)と(イ)に入る記号をそれぞれ答え、そのように考えた理由を、上記の 2 点を考慮して 150～200 字程度で述べなさい。

$$\left(P(\text{ア})a \frac{n^2}{V^2} \right) (V(\text{イ})bn) = nRT$$

(2) ファン・デル・ワールス定数 a 、 b は、気体の種類によって異なる。7 種類の気体のファン・デル・ワールス定数 a を次ページの表 1 に示した。表 1 から、

次の (i), (ii) の2点を読み取ることができる。

(i) 希ガスでは, He・Ne・Ar・Kr・Xe の順で a は大きくなる。

(ii) CH₄ と H₂O とでは, 後者の方が大きな a をもっている。

このような傾向がみられる理由を考え, (i), (ii) のそれぞれについて 50~100 字程度で述べなさい。

表1 ファン・デル・ワールズ定数 a

気体	He	Ne	Ar	Kr	Xe	CH ₄	H ₂ O
a (atm L ² mol ⁻²)	0.0341	0.205	1.337	2.349	4.137	2.273	5.464

問題 2 エチレンジアミン四酢酸 (EDTA) のイオンは 2 価以上の金属イオンと 1 : 1 のモル比で反応し, 安定な水溶性のキレート錯体をつくる. EDTA を用いたキレート滴定は, 天然水試料中のカルシウム (Ca) やマグネシウム (Mg) の定量などに広く用いられている. 河川水中の Ca^{2+} と Mg^{2+} の定量を行うため, 下記の操作 A, B, C を行った. 問1~問6 に, 有効数字に留意して解答しなさい. 必要ならば, 次の値を用いなさい. 原子量 $\text{Mg} = 24.31$, $\text{Ca} = 40.08$, $\text{Zn} = 65.38$, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ の溶解度積 $K_{\text{sp}} = 1.2 \times 10^{-11}$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の溶解度積 $K_{\text{sp}} = 5.5 \times 10^{-6}$, NH_3 の解離定数 $K_{\text{b}} = 1.8 \times 10^{-5}$, 水の解離定数 $K_{\text{w}} = 1.0 \times 10^{-14}$. ただし, 活量係数はすべて 1 とする.

[操作 A] 亜鉛標準溶液による EDTA 溶液の標定

まず, 高純度の亜鉛金属 0.3351 g を精秤し, 希塩酸で溶解した後, 純水で 500 mL とし, 亜鉛標準溶液を作成した. 次に, エチレンジアミン四酢酸二水素二ナトリウム二水和物を約 1 g, 上皿天秤で秤りとり, 約 250 mL の純水に溶かし, 約 0.01 mol/L の EDTA 溶液を作成した.

亜鉛標準溶液 10 mL をホールピペットを用いて三角フラスコにとった. 純水を加え, 約 50 mL にした後, アンモニア (NH_3) - 塩化アンモニウム (NH_4Cl) 緩衝溶液 3 mL と指示薬 (EBT) 1~2 滴を加えた. EDTA 溶液をビュレットから滴下し, 赤色から青色になり, 赤味がなくなったところを終点とした. 滴下量は 10.05 mL であった.

[操作 B] 試料水中の Ca^{2+} と Mg^{2+} の合計量の定量

試料水 50 mL をホールピペットを用いて三角フラスコにとった. 試料水中の Fe^{3+} を Fe^{2+} に還元するために 1.5 mol/L の塩化ヒドロキシルアンモニウム ($\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$) 溶液 1 mL を加えた後, 1.5 mol/L のシアン化カリウム (KCN) 溶液 0.5 mL を加えた. その後, NH_3 - NH_4Cl 緩衝溶液 3 mL と指示薬 (EBT) 1~2 滴を加えた. この試料水を操作 A で作成した EDTA 溶液で滴定したところ, 4.15 mL を要した.

[操作 C] 試料水中の Ca^{2+} の定量

試料水 50 mL をホールピペットを用いて三角フラスコにとった. 1.5 mol/L の $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$ 溶液 1 mL と 1.5 mol/L の KCN 溶液 0.5 mL を加えた後, 8 mol/L の水酸化カリウム (KOH) 溶液 4 mL を加えて pH を 13 にし, 数分間放置した. その後, 指示薬 (NN) 約 0.1 g を加えた. この試料水に EDTA 溶液をビュレットから滴下し, 赤色から青色になり, 赤味がなくなったところを終点とした. 滴下量は 2.55 mL であった.

問1 操作 A で作成した亜鉛標準溶液のモル濃度 (mol/L) を求めなさい.

問2 操作 A と操作 B で用いた緩衝溶液は 6.0 mol/L アンモニア (NH_3) - 1.0 mol/L 塩化アンモニウム (NH_4Cl) 溶液である. この緩衝溶液の pH を求めなさい.

問3 約 0.01 mol/L として作成した EDTA 溶液の正確なモル濃度 (mol/L) を求めなさい。

問4 操作 B と操作 C において、同様の理由でシアン化カリウム (KCN) 溶液を加えている。その理由を説明しなさい (50～100 字程度)。

問5 試料水の Ca^{2+} と Mg^{2+} の濃度 (mg/L) をそれぞれ求めなさい。

問6 操作 B では Ca^{2+} と Mg^{2+} の合計量が定量できるのに対し、操作 C では Ca^{2+} のみの定量が可能になるのはなぜか。その理由を説明しなさい (50～100 字程度)。

G (生物学)

以下の問題 1～問題 3 のうちから 2 問 を選択して、解答しなさい。

問題 1 下の化石海洋動物の多様度変遷を表した図 1 を見て、以下の問 1～問 4 に答えなさい。

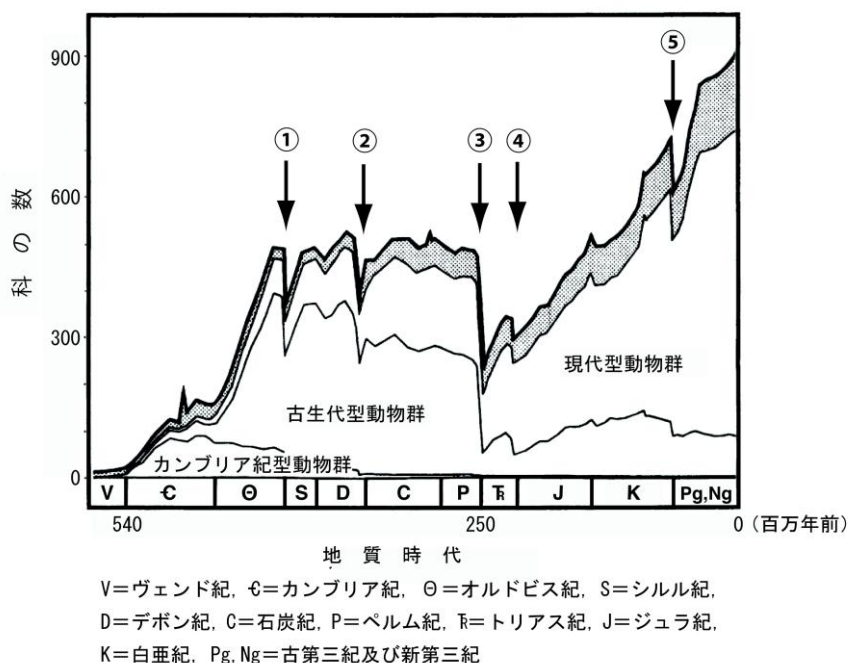


図 1 化石海洋動物の多様度（科の数）の変遷。ハッチを付けた部分は通常は化石として保存されにくい動物の科の数を示す。Sepkoski (1990) より改変。

問 1 カンブリア紀型動物群，古生代型動物群，現代型動物群に属する動物を 2 つずつ挙げなさい。

問 2 カンブリア紀には海洋動物の主な門がほぼ出そろったが，その爆発的な進化の原因として考えられている説を 1 つ挙げ，その内容を 4 行程度で説明しなさい。

問 3 地質時代を通してみると，短期間に大きく動物多様度を減少させた大量絶滅を 5 度（図 1 の矢印①～⑤）見ることができる。これらのうち 2 つを取り上げ，考えられる原因について，地質学的証拠を挙げつつ，それぞれ説明しなさい。

問 4 化石記録から類推された多様度は実際に存在した生物の多様度のごく一部に過ぎない。その理由を 4 行程度で述べなさい。

問題2 下の遺伝子情報に基づく全生物の分類と系統関係を表した図2を見て、以下の問1～問3に答えなさい。

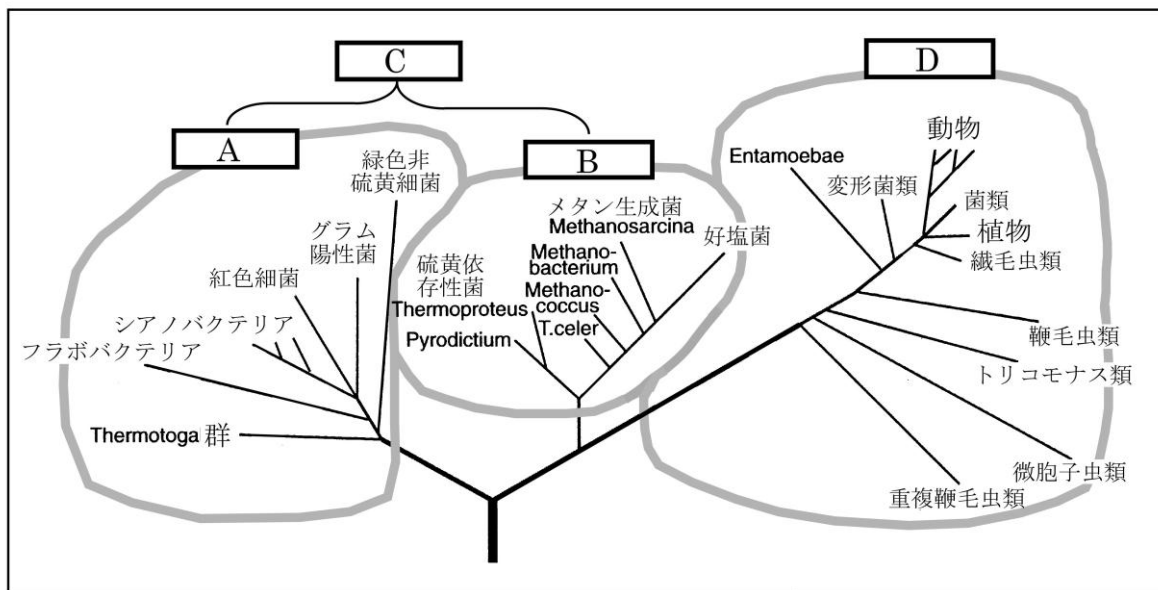


図2 遺伝子情報に基づく生物の分類と系統関係. Knoll(1990)より改変.

問1 図2の空欄A, B, C, Dそれぞれに当てはまる生物の分類群名を答えなさい。

問2 図2は全生物の系統樹で、外群により根の位置を決定することは不可能であるにも関わらず、有根系統樹となっている。どのように系統樹の根の位置を決定したと考えられるか、3行程度で説明しなさい。

問3 以下の(1)～(3)に答えなさい。

(1) Dに属する植物と動物の細胞の共通点と相違点について、以下の語群の語をすべて用い、5行程度で説明しなさい。

語群：細胞膜 細胞壁 葉緑体* ミトコンドリア* 液胞* 中心体*

(2) 上の語群のうちアスタリスク(*)を付したのものから三つ選び、その機能について、それぞれ1～2行で説明しなさい。

(3) Dの生物には有性生殖を行うものが多くみられるが、有性生殖は進化においてどのような役割を果たしたと考えられるか。3行程度で説明しなさい。

問題3 以下の生態遷移に関する文を読んで、問1～問5に答えなさい。

裸地へのコケ植物や草本植物などの定着，低木林や高木林への移行など，陸上生態系のある場所における植生の時間的な移り変わりを植生遷移という。その場所における環境の初期条件の違いにより，植生遷移は一次遷移と二次遷移に区別される。

問1 下記の語句について，一般的な定義をそれぞれ2行程度で説明しなさい。

- (1) 一次遷移
- (2) 二次遷移

問2 遷移が進行すると，植生の構造や種組成がほとんど変化せず，最終的にその気候下で最も安定した状態となることが考えられている。

- (1) このような状態を何と呼ぶか答えなさい。
- (2) 日本の冷温帯で遷移の最終段階で大部分を占める樹種を一つ答えなさい。

問3 下記の説明文は，日本における一次遷移の研究例(上條 2011 「森林生態学」を一部改変)を示したものである。説明文の(a)から(d)に，下の語群から適切な語を選んで入れなさい。

三宅島では噴火年代の異なる溶岩流が分布している。噴火16年後の溶岩上には，ハチジョウイタドリや落葉広葉樹の(a)が分布しており，37年後の溶岩上では，(a)が低木林として大部分を占めていた。125年後の溶岩上には，落葉広葉樹の(b)や常緑広葉樹クスノキ科の(c)などの高木林が，さらに800年以上経過した溶岩上には，(d)林が成立していた。(a)は，窒素固定植物であることから，遷移を促進させたといえる。

語 群： スダジイ タブノキ オオバヤシャブシ オオシマザクラ

問4 日本の暖温帯における二次遷移の具体例について、植生の攪乱を引き起こす要因とその後の遷移過程を5行程度で説明しなさい。

問5 日本の里山林といわれるコナラ林は、1960年頃まで20年程度の周期で伐採され、薪や炭など燃料として利用されてきた。1960年頃以降、里山林は燃料として利用されなくなり、一方で1980年代以降、コナラなどナラ類の集団枯死（通称ナラ枯れ）が拡大してきた。

- (1) このような里山林について、燃料として利用されていた頃から現在まで、遷移の過程と進行速度はどのようになっていたと考えられるか、4行程度で説明しなさい。
- (2) 将来成立する可能性のある植生とその理由を、遷移の観点から3行程度で説明しなさい。

H (数学)

以下の問題 1 ~ 問題 5 を全て解答しなさい。答案には計算過程も書きなさい。

問題 1 次の行列について、行列式と逆行列を求めなさい。

$$\text{問 1} \quad \begin{pmatrix} 3 & 1 & 0 \\ 4 & 0 & 1 \\ 2 & 4 & 5 \end{pmatrix} \quad \text{問 2} \quad \begin{pmatrix} 0 & a & b & c \\ a & -1 & 0 & 0 \\ b & 0 & -1 & 0 \\ c & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} \quad \text{ただし } a^2 + b^2 + c^2 \neq 0$$

問題 2 次の定積分の値を計算しなさい。

$$\text{問 1} \quad \int_0^{\infty} x^n e^{-x} dx \quad (n \text{ は } 0 \text{ 以上の整数})$$

$$\text{問 2} \quad \int_0^1 \frac{1}{\sqrt{1-x^2}} dx$$

問題 3 周期 2π の区分的に滑かな周期関数 $f(x)$ のフーリエ展開は、 $f(x)$ の不連続点を除いた区間において

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin nx + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cos nx$$

で与えられる。次の $f(x)$ に対するフーリエ展開係数 a_n ($n \geq 0$), b_n ($n \geq 1$) を求めなさい。

$$\text{問 1} \quad f(x) = \pi - x \quad (0 < x < 2\pi)$$

$$\text{問 2} \quad f(x) = x^2 \quad (0 < x < 2\pi)$$

問題 4 次の $y(x)$ に関する常微分方程式を解きなさい。

$$\text{問 1} \quad x \frac{dy}{dx} + y + x = 0$$

$$\text{問 2} \quad \frac{dy}{dx} + y = e^x$$

問題 5 連続な確率変数 x ($0 \leq x \leq 1$) が次の確率密度関数 $f(x)$ に従って分布するとき、それぞれの $f(x)$ について x の平均値と分散を求めなさい。

$$\text{問 1} \quad f(x) = \frac{\pi}{2} \sin \pi x$$

$$\text{問 2} \quad f(x) = \frac{e^x}{e-1}$$