

A (地球環境学)

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 地球上のさまざまな地表面状態は、エネルギー・水の交換過程を通して、気候に影響を及ぼしている。地表面状態と気候の関係に関する以下の問1～問3を全て解答しなさい。

問1 図(a)~(c)は、世界の異なった植生帯にある3地点のエネルギー収支の季節変化を示している。これらの地点は、ブラジルのサン・ガブリエル(0°08'S, 67°05'W)、エジプトのアスワン(24°02'N, 32°53'E)、日本の宮崎(31°56'N, 131°26'E)のいずれかである。図(a)~(c)がそれぞれどの地点であるかを答えなさい。

問2 問1でそう答えた理由を各地点の自然条件に注目しながら述べなさい(全体で200字程度)。

問3 もし、図(b)に示される地点で植生が大きく減少した場合、エネルギー収支はどのように変化すると考えられるか、また、気候にどのような影響があると考えられるか、述べなさい(200字程度)。

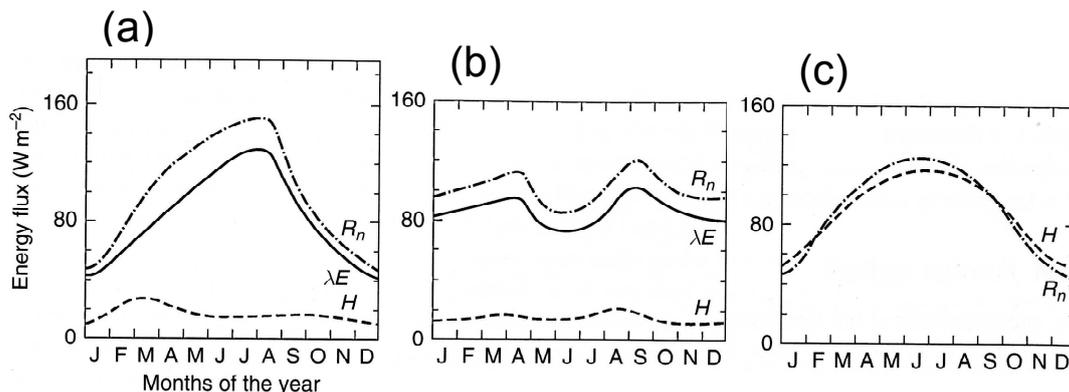


図 3 地点における月ごとの地表面のエネルギーフラックス。

横軸のアルファベットは左から1月～12月を示す。R_n：正味放射量，λE：潜熱(水が相変化するとき吸収あるいは放出する熱量)のフラックス，H：顕熱(絶対温度に比例した熱量)のフラックス。ただし、図(c)のλEはほぼゼロである。出典：Bonan, G. (2008):*Ecological Climatology*.

問題 2 砂漠化とは乾燥地における土地の劣化である。中国の砂漠化に関する以下の問 1～問 2 を全て解答しなさい。

問 1 一般的に、砂漠化の原因には自然要因と人為的要因があるが、それぞれについて代表的な要因を述べなさい（全体で 200 字以内）。

問 2 写真 1, 2 は、中国の異なった地域における砂漠化現象を示している。両地域の地表面で働くプロセスの違いに注目しながら、それらの現象を説明しなさい（全体で 250 字程度）。



写真 1（黄土高原・延安南部，年降水量約 500 mm）



写真 2（内モンゴル・マオウス砂地，年降水量約 350 mm）

問題 3 地球環境の変遷に関する以下の問 1～問 3 を全て解答しなさい。

問 1 現在の地球の大気的主要成分は窒素と酸素であり、二酸化炭素の濃度（体積混合比）は 400ppm 程度である。しかし、地球の誕生初期～約 4 億年前頃（古生代前半）までは、大気中の二酸化炭素濃度は、今よりもずっと高かったと考えられている。大気中の二酸化炭素濃度が低くなった理由について、考えられることを説明しなさい（200 字程度）。

問 2 今から約 6 億年前より以前には、地球の表面が全て凍結し、スノーボールアース（雪玉地球）になったことが何度かあるとされている。地球がスノーボールアース状態になる際には、「アイス・アルベド・フィードバック（ice-albedo feedback）」が働いたとの考えがある。「アイス・アルベド・フィードバック」とは何かについて説明しなさい（150 字程度）。

問 3 現在の地球の状態から明らかなように、スノーボールアース状態は永久に続くことはなかった。地球がスノーボールアースの状態から抜け出したプロセスとして、考えられることを説明しなさい（200 字程度）。

B (地球科学 I)

以下の問題 1～問題 3 を，全て解答しなさい。

問題 1 図 1 はある地域の地質図である。この地域の地形はほぼ平坦である。調査の結果，以下のデータを得た。これらをもとに以下の問 1～問 8 の全てを答えなさい。

- ・ 地点 1 の砂岩層の層理面には図 2 の構造が，地点 2 の礫岩には図 3 の構造が見られた。
- ・ 図 4 は，地点 2 の礫岩中のある礫の偏光顕微鏡写真である。
- ・ 地点 3，地点 4，地点 5 の岩石試料から，それぞれ中期ジュラ紀，前期ジュラ紀，後期三畳紀の放散虫化石が産出した。

問 1 図 2 と図 3 に見られる構造を何というか。またそれらから堆積時の環境についてわかることは何か。それぞれについて答えなさい。

問 2 図 4 の礫の岩石名を答えなさい。また図 4 からこの岩石の形成過程についてわかることを書きなさい。

問 3 断層 F の断層面はほぼ鉛直で，断層面には水平な方向にスリッケンラインが確認できた。断層 F の運動学的分類による断層名を答えなさい。またその変位は約何 km か。但し，断層 F は常に同一方向に運動したと仮定する。

問 4 断層 F の活動した年代をできるだけ制約したい。どのようなデータが必要か。

問 5 この地域の最も古い地層群の中で，最も上位を占める地層を岩石名で答えなさい。

問 6 この地域の A 層群と同様な地層群は日本列島に多く分布する。日本の地体構造区分上，どの地質帯に多いか。最も適切な地質帯を以下の選択肢から 1 つ選びなさい。またその地質帯を選んだ根拠も示しなさい。

選択肢：三波川帯，四万十帯，美濃帯，飛騨帯，秋吉帯，南部北上帯

問 7 B 層群中の広域テフラとその他の礫岩，砂岩，泥岩の岩相境界とは斜交する。これはなぜか。またこれらの地層群の堆積が進行するにつれて堆積環境はどのように変化したと考えられるか。

問 8 この地域の地質史について，古い時代のイベントから順に箇条書きで書きなさい。

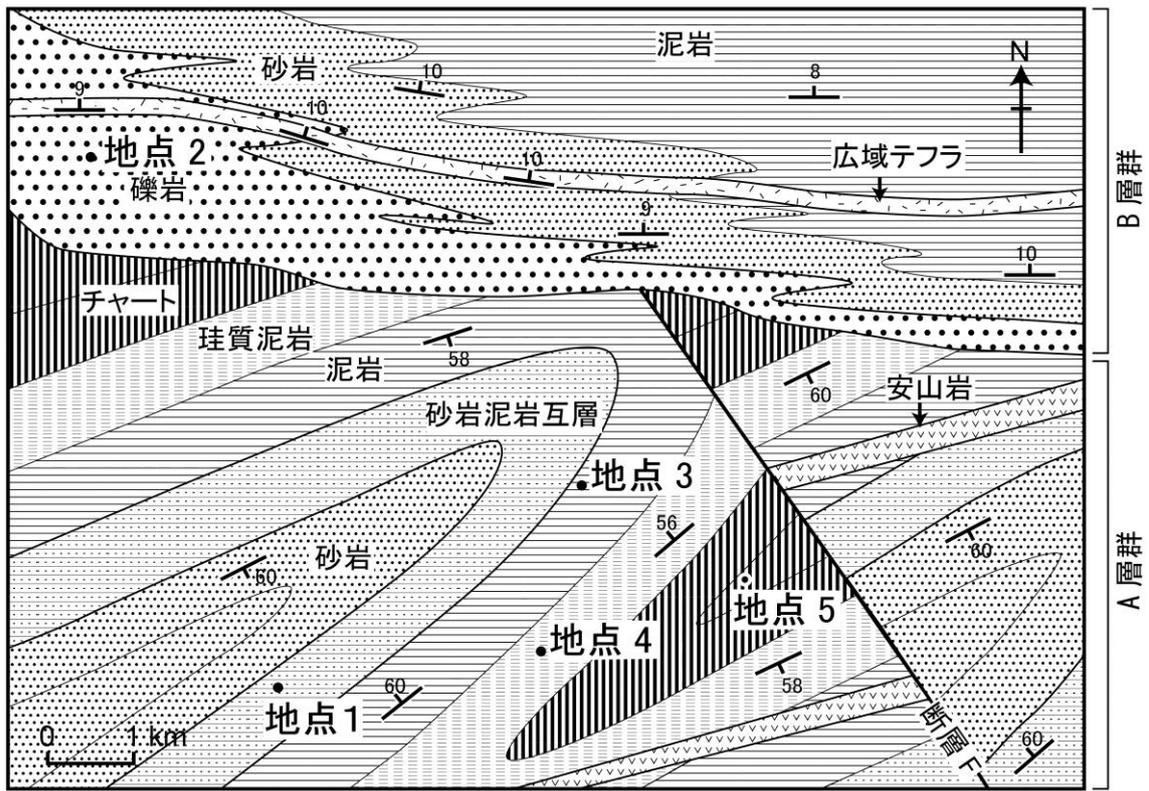


図1 地質図

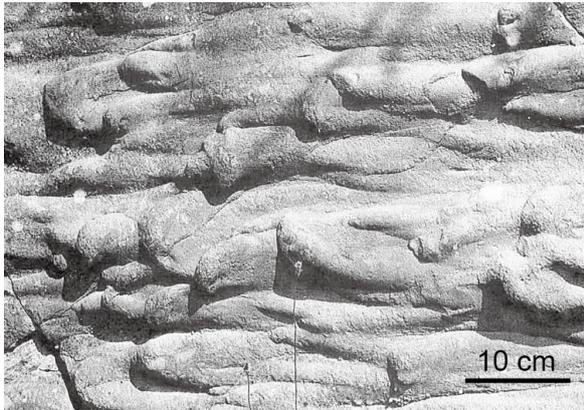


図2 地点1で北に向かって観察した露頭

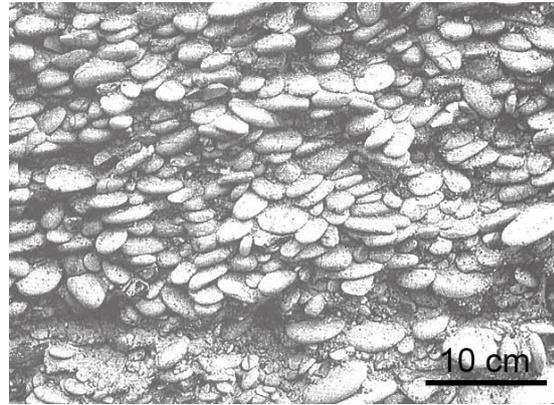


図3 地点2で北に向かって観察した露頭

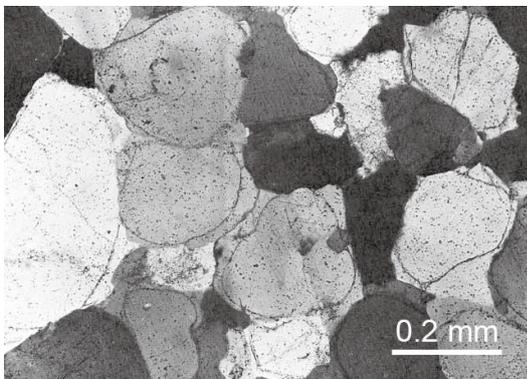


図4 地点2の礫岩の礫の薄片の偏光顕微鏡写真（直交ポーラー）
この写真は白黒画像だが、カラー画像でも同様の色調をしめす。

問題 2 過去の気温や水温を知るために、酸素同位体比の分析が行われている。以下の問 1～問 3 の全てを答えなさい。

問 1 どのような試料を用いて酸素同位体比の分析を行うか例を 2 つ挙げなさい。

問 2 問 1 で挙げた試料に含まれる酸素同位体比がなぜ変動するのか、酸素同位体の物理学的特性を踏まえて、その原理を 5 行程度で述べなさい。

問 3 酸素同位体比の分析を行い、過去の気温や水温をより正確に推定するために注意しなくてはならない点を 5 行程度で述べなさい。

問題 3 地球科学分野において、古地磁気データがどのように利用されてきたのか、例を 1 つ挙げて 5 行程度で説明しなさい。

C (地球科学II)

以下の問題 1～問題 4 を全て解答しなさい。

問題 1

次の5種類の鉱物について偏光顕微鏡で同定するために役に立つ特徴をそれぞれ2つずつ挙げなさい。例えば石英では、「劈開がない」、「屈折率が低い」、「一軸性正号結晶である」、「バイレフリンジェンスが低い」などの特徴の内2つを挙げれば良い。

鉱物名:方解石, 斜方輝石, 黒雲母, かんらん石, ザクロ石

問題 2 図1は SiO_2 - Mg_2SiO_4 系の相図である(横軸は端成分の重量比). Eは共晶点, Pは包晶点を示す. 以下の問1～問3を全て答えなさい。

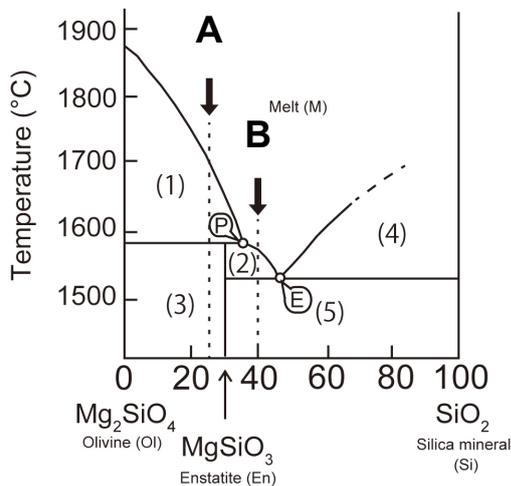


図 1

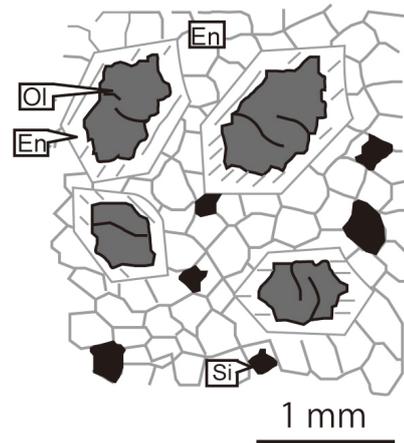


図 2

問 1 図1に示す(1)～(5)の領域は, 次のどれに対応するかそれぞれ答えなさい。

Ol + M, En + M, En + Si, Ol + En, Si + M

問 2 Aの組成をもつメルトとBの組成を持つメルト(図1参照)がそれぞれ冷却した場合の晶出鉱物の種類と晶出順序について説明しなさい。なお, 平衡晶出が成り立つと仮定すること。

問 3 図2はある岩石の組織を示し, 組成Aを持つメルトが結晶化したものである。図1と照らし合わせて, 晶出する鉱物の種類とその順序及びメルトの組成変化について

説明しなさい。なお、平衡晶出は必ずしも成り立っているとは限らない。

問題 3 以下の問1～問2を全て答えなさい。

問1 野外調査において断層が存在すると判断するのに役に立つ特徴を3つ挙げなさい。

問2 断層の剪断センスを野外で決定するために役に立つ構造を2つ挙げるとともに、それらの構造のどの特徴に着目して剪断センスを判別できるか簡潔に説明しなさい。なお、スケッチを用いてもよい。また、「剪断センス」は断層の両側の相対的なずれを意味する。

問題 4 以下の問1～問2を全て答えなさい。

ある断層(断層A)について次の情報が得られている。

- ・ 断層面の走向と傾斜はN30°E 60°W
- ・ 断層面上のスリッケンラインの方向とプランジはN60°W 60°
(プランジは水平面からの角度であり、面上の角度ではない)
- ・ 上盤側が下盤側に対して北西方向へずれた。

問1 断層Aの特徴を示すスケッチを描き、断層の種類を答えなさい。

問2 次のページに示されるシュミットネットを用いて、専用の解答用紙(トレーシングペーパー)に、以下の問(1)～(3)の解答を記入しなさい。解答は下半球投影としなさい。

(1) 断層面とスリッケンラインが示す線構造の両方を図示しなさい。

(2) 線構造に対して垂直な面を作図しなさい。

(3) 上の(1)と(2)で作図した2つの面は共役関係にある断層面と考え、断層Aにおける剪断センスと整合的に短縮領域(P domain)と伸長領域(T domain)を区別できるようにシュミットネット上に断層と断層の間の伸長領域を鉛筆で塗りつぶしなさい。

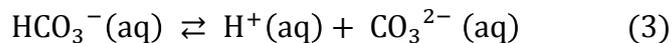
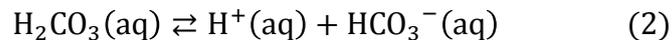
D (地球科学Ⅲ)

以下の問題1～問題3を全て解答しなさい。

問題1 以下に示す4つの語句を地球科学的観点から、それぞれ50字から100字で説明しなさい。

- (a) 炭素質コンドライト
- (b) Rb-Sr アイソクロン
- (c) 親石元素
- (d) メタンハイドレート

問題2 25°C, 1気圧において、大気中の二酸化炭素と雨滴の間には次の化学平衡が成り立っているとする。



以下の問1～問4に答えなさい。

問1 化学式(2), (3)の平衡定数をそれぞれ、溶存化学種の濃度を用いて示しなさい。

問2 雨滴中の炭酸濃度 $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ は、ヘンリーの法則に従って大気中の二酸化炭素分圧に比例することが知られている。この比例定数を $3.0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$ 、大気中の二酸化炭素濃度を400 ppmvと仮定して、雨滴中の $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ を有効数字2桁で求めなさい。

問3 化学式(3)の平衡定数 K_3 は化学式(2)の平衡定数 K_2 に比べて十分に小さく、また、水の自己解離の寄与は無視し得ると仮定して、雨滴中の水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ を、 K_2 と $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ を用いて表しなさい。さらに、 $K_2 = 4.5 \times 10^{-7}$ として雨滴のpHを有効数字2桁で求めなさい。

問4 問3で求めたpHよりも低いpHを示す雨を何というか。また、その原因となる物質を1つ挙げ、その供給源を50字程度で説明しなさい。

問題3 放射壊変に関する以下の問1～問5に答えなさい。

問1 ある放射性核種の個数を N とすると、 N と放射性核種の壊変率 $-dN/dt$ との間にはどのような関係式が成り立つか答えなさい。ただし、壊変定数を λ とする。

問2 問1の結果を用いて、時間 t における放射性核種の個数 $N(t)$ を示しなさい。ただし、 $t=0$ における放射性核種の個数を N_0 とする。

問3 45.5 億年前に ${}^{235}_{92}\text{U}$ が 1.00 g 存在したとする。 ${}^{235}_{92}\text{U}$ の壊変定数を $9.85 \times 10^{-10} \text{年}^{-1}$ としたとき、現在残っている ${}^{235}_{92}\text{U}$ の質量 (g) を有効数字3桁で求めなさい。

問4 ${}^{235}_{92}\text{U}$ の1原子が壊変して安定な ${}^{207}_{82}\text{Pb}$ になるとき、放出される ${}^4_2\text{He}$ 原子核の個数を答えなさい。

問5 問3の ${}^{235}_{92}\text{U}$ の放射壊変により、現在までに生成した He の標準状態における体積 (mL) を有効数字3桁で求めなさい。ただし、標準状態における 1 mol の気体の体積を 22.4 L、 ${}^{207}_{82}\text{Pb}$ と ${}^{235}_{92}\text{U}$ の質量をそれぞれ 207 amu と 235 amu とする。

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 θ をなす十分に広い摩擦のない斜面上に2つの質点1と2がばね定数 k 、自然長 l_0 の質量を無視できるばねでつながれている。質点1を固定し質点2が斜面の最大傾斜方向の下方で静止した状態を初期状態とし、その状態から質点1の固定を外した後の両質点の運動を考える。ただし、質点1と2の質量をそれぞれ m_1 と m_2 、初期状態から質点1の固定を外した時間を $t=0$ 、質点1の初期状態の位置を基準点 O とし、基準点 O から斜面に沿って下向きに測った質点の位置をそれぞれ x_1 と x_2 とする。また、重力加速度の大きさを g とし、 θ は $0 < \theta < \pi/2$ の範囲とする。以下の問1～問4に答えなさい。

- 問1 2つの質点の運動方程式をそれぞれ書きなさい。
- 問2 両質点からなる系における重心の位置とその運動を求めなさい。
- 問3 質点1からみた質点2の相対運動の運動方程式を書きなさい。
- 問4 問3で得られた運動方程式を解き、相対運動を求めなさい。

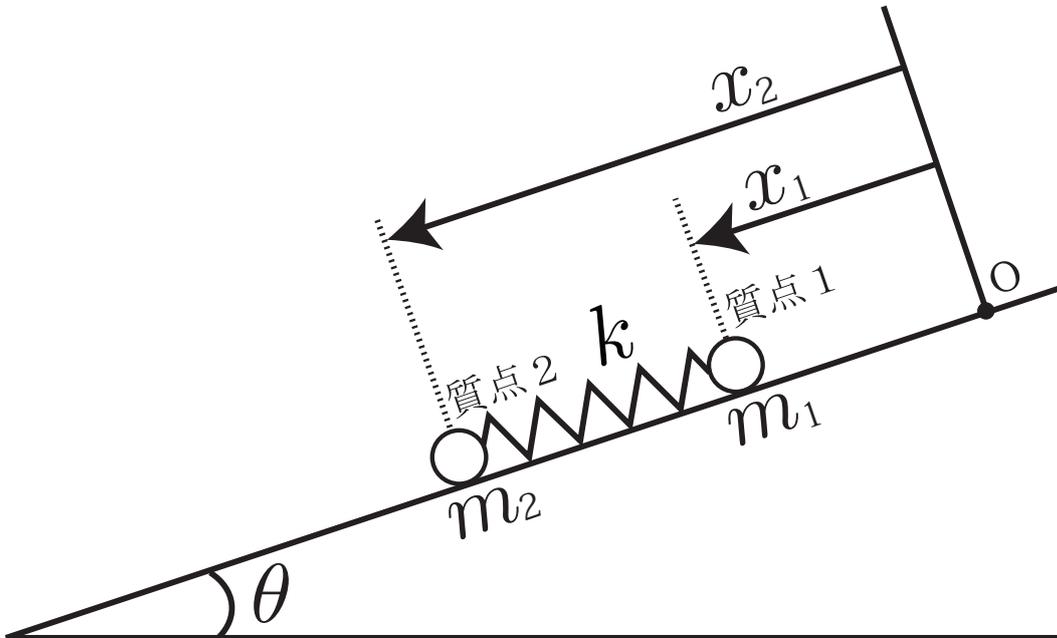


図1

問題2 図2に示すように、内径が $2R$ の円筒が中心軸 O_1 を水平にして固定されている。その内側に、半径 a 、質量 M 、密度が一様な剛体の円柱が中心軸 O_2 を水平にしてころがっている。ころがる際、円筒と円柱の間の摩擦は十分大きいので円柱は滑らず、また円柱は円筒から離れないとする。中心軸 O_1 から下ろした鉛直面と中心軸 O_1 および O_2 が作る面がなす角の角度を ϕ 、円柱の回転角を θ 、重力加速度の大きさを g 、および時間を t で表す。以下の問1～問5に答えなさい。

問1 O_2 のまわりの円柱の慣性モーメントを求めなさい。

問2 円柱の回転角 θ を R, a 、および ϕ を用いて表しなさい。ただし $\phi = 0$ のとき $\theta = 0$ とし、 ϕ および θ を測る向きは図2の矢印の向きとする。

問3 円柱の運動エネルギーを M, R, a 、および角速度 $\frac{d\phi}{dt}$ を用いて表しなさい。

問4 円柱の位置エネルギーを M, R, a, g 、および ϕ を用いて表しなさい。ただし $\phi = 0$ を基準とする。

問5 摩擦が作用しているにもかかわらず、この系の運動エネルギーと位置エネルギーの和（力学的エネルギー）は一定である。この理由を述べなさい。

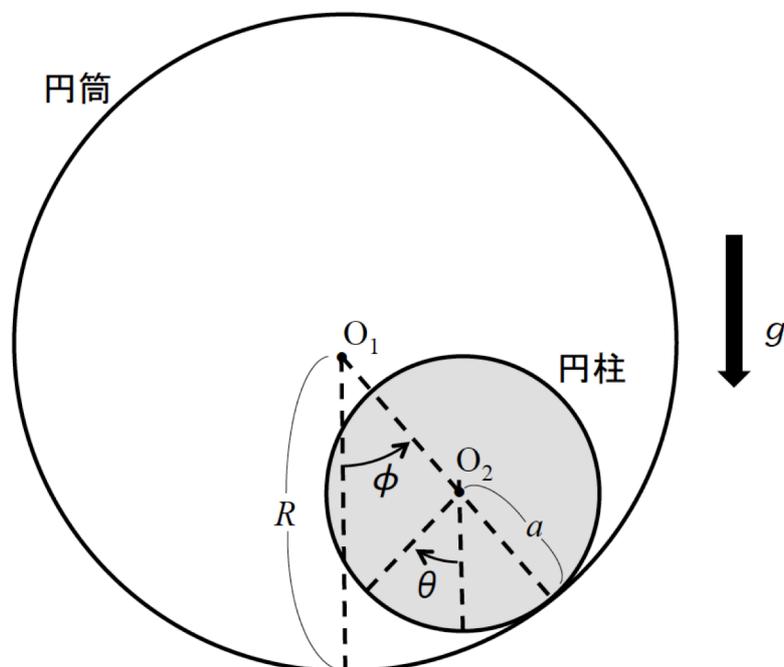


図2

問題3 1モルの理想気体の温度 T , 圧力 P , 体積 V , 内部エネルギー U , エントロピー S の間には以下の(1)~(3)式が成り立つ.

$$PV = RT \quad (1)$$

$$U = C_v T \quad (2)$$

$$dU = TdS - PdV = d'Q + d'W \quad (3)$$

ここで R は気体定数, C_v は気体の定積モル比熱 (定数とする), dU , dS , dV はそれぞれ U , S , V の微小変化, $d'Q$ および $d'W$ はそれぞれ微小な状態変化に際して気体に加えられた熱量と仕事を表す. 1モルの理想気体を用いた以下の実験 (図3) を考える. まず温度を T_1 に保ち, 体積 V_1 で平衡状態 (状態1) にあった気体を準静的に圧縮して体積を $V_2 (< V_1)$ にする (状態2). 次に状態2の気体を体積 $V_1 - V_2$ の容器 (中は真空とする) と板を隔てて接した状態にして板を瞬間的に取り去ることにより, 気体の体積を V_1 に戻し, 平衡状態 (状態3) に達するのを待つ. 状態2から状態3への変化において気体と外界との熱のやり取りは無いものとする. 以下の問1~問5に答えなさい. 問1, 問2, 問4の解答には T_1 , V_1 , V_2 , R , および状態1における気体のエントロピー S_1 を用いてよい.

問1 状態1から状態2への変化において気体が受けた仕事 W および気体に流入した熱量 Q を求めなさい.

問2 状態3における気体の温度 T_3 を求めなさい.

問3 1モルの理想気体のエントロピーの微小変化が $dS = C_v(dT/T) + R(dV/V)$ と書けることを示しなさい.

問4 状態2における気体のエントロピー S_2 および状態3における気体のエントロピー S_3 を求めなさい.

問5 (a) 断熱可逆過程, (b) 断熱不可逆過程, (c) 非断熱可逆過程, (d) 非断熱不可逆過程のそれぞれの場合について, エントロピーが「増大する」「変化しない」「増大することも減少することもあり得る」のいずれであるかを述べ, それらを用いて S_1 , S_2 , S_3 の間の大小関係を説明しなさい.

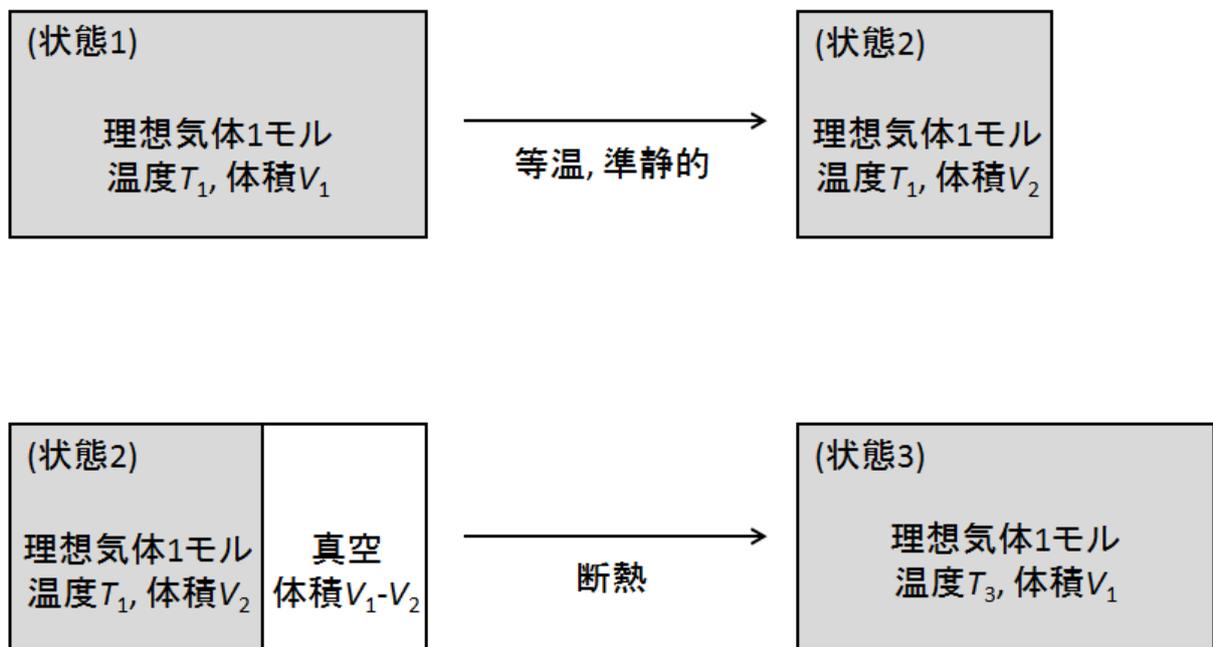


図3

F (化学)

以下の問題1～問題3の全てに解答しなさい。

問題1 酢酸、酢酸ナトリウムそれぞれの濃度がともに $0.10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ の緩衝溶液がある。この溶液に対する以下の問1～問2に答えなさい。ただし、水の自己解離定数(イオン積) : $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$, 酢酸の解離定数 : $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$ とする。

問1 この緩衝溶液の pH を、有効数字2桁で求めなさい。

問2 この緩衝溶液 1.0 L に、濃度 $1.0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ の水酸化ナトリウム水溶液 10 mL を加えたときの pH を、有効数字2桁で求めなさい。

問題2 図1に示すような、塩化ナトリウムの面心立方格子結晶(岩塩)について、以下のデータ(ア)～(ケ)を適宜用いて、以下の問1～問5に答えなさい。解答においては、数式や反応式などを用いて、計算の過程を示すこと。

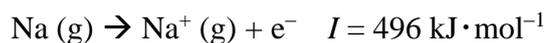
(ア) 岩塩を構成する Na^+ と Cl^- の平衡イオン間距離 : $r_e = 0.281 \text{ nm} = 2.81 \times 10^{-8} \text{ cm}$

(イ) Na の原子量 : $M_{\text{Na}} = 23.0 \text{ amu}$

(ウ) Cl の原子量 : $M_{\text{Cl}} = 35.5 \text{ amu}$

(エ) アボガドロ定数 : $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

(オ) Na 原子の第一イオン化エネルギー :



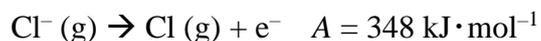
(カ) Na 金属の昇華熱 :



(キ) Cl_2 分子の解離熱 :



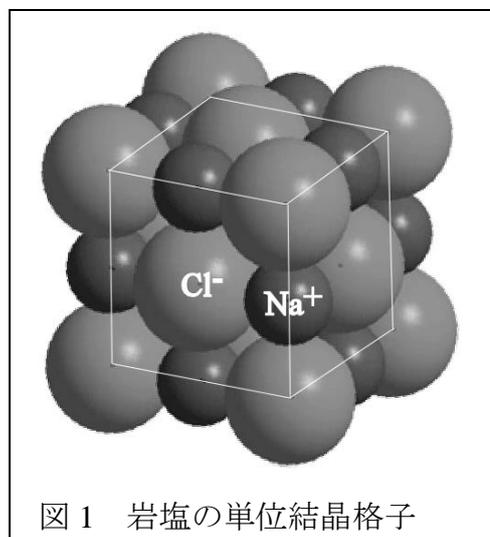
(ク) Cl 原子の電子親和力 :



(ケ) 岩塩の生成熱 :



※ (オ)～(ケ)は全て標準状態での値を示す。



問1 岩塩の格子定数 a を有効数字3桁で求めなさい。

問2 岩塩の r_e もしくは a は、様々な手法による測定が可能である。その手法の1つを挙げ、3行程度で説明しなさい。

問3 図1中に示された、単位結晶格子を示す立方体（各頂点はCl⁻の中心に一致している）の中に含まれるNa⁺とCl⁻の数はそれぞれ何個に相当するか、答えなさい。

問4 問3の結果を用いて、岩塩の密度を有効数字2桁で求めなさい。

問5 岩塩の格子エンタルピー（*U*）、すなわち、標準状態において、結晶1 molを構成するイオンを全て無限に引き離すのに必要なエネルギーを、有効数字2桁で求めなさい。

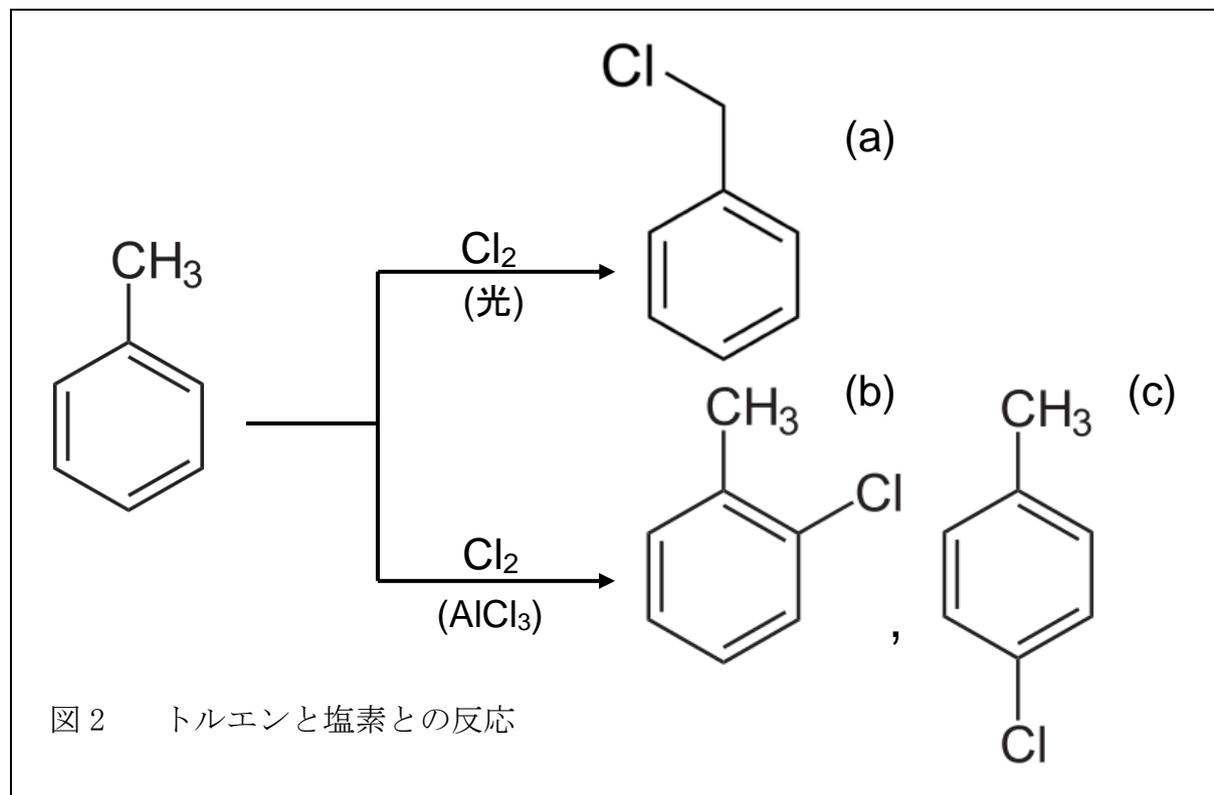
問題3 有機反応に関する下記の文章を読み、以下の問1～問3に答えなさい。

有機反応はその反応形式によって分類される。その一種である置換反応では、有機分子を構成する原子・原子団が他の原子・原子団によって置き換わる。

トルエンと塩素との下記の反応：



においては、塩素原子がトルエンの水素原子と置換する。その際、置換反応の生成物の構造は、図2に示すように、反応条件によって異なる。光照射下では、反応の生成物は主として塩化ベンジル（a）である。一方、塩化アルミニウム（AlCl₃）触媒の存在下では、反応の生成物は主として*o*-クロロトルエン（b）、および*p*-クロロトルエン（c）である。このような、反応条件に依存した生成物の違いは、反応の素過程を支配している活性な中間体の種類や電子状態などによって説明できる。



問1 光照射下では、 Cl_2 の光解離により生じる電氣的に中性な塩素ラジカル($\text{Cl}\cdot$ ，“ \cdot ”は不対電子をあらわす)が、反応 [1] を支配する活性な中間体として最初に生成する。次にこの $\text{Cl}\cdot$ がトルエンのメチル基を攻撃し、 H 原子を引き抜いて HCl を生成するとともに、第二の中間体 (x) を生成する(ラジカルの連鎖反応)。そして中間体 (x) が Cl_2 または $\text{Cl}\cdot$ と反応するとき、図2に示した置換反応の生成物 (a) が生成する。このとき、実際には中間体 (x) 同士の縮合反応も並行して起こり、分子式が $\text{C}_{14}\text{H}_{12}$ で示される安定な有機化合物 (y) がわずかに生成する。中間体 (x) および有機化合物 (y) の構造式を記し、(x) から (y) を生成する化学反応式を記しなさい。ただし、中間体 (x) の構造式においては、不対電子の部位に“ \cdot ”を用いて明示すること。

問2 ルイス酸(電子対を受け取る物質)である AlCl_3 触媒の存在下では、反応 [1] を支配する求電子種が活性な中間体として生成し、それがトルエンのベンゼン環を選択的に攻撃する。その求電子種の生成に寄与する、 AlCl_3 と Cl_2 との化学反応式を記しなさい。

問3 AlCl_3 触媒の存在下でのトルエンと塩素との置換反応では、トルエンのメチル基がベンゼン環に対して電子供与性を示すために、 m -クロロトルエンの生成量は o -クロロトルエン (b) および p -クロロトルエン (c) に比べて極めて少ない。ベンゼンに1つの置換基が付加した化合物： $\text{R}-\text{C}_6\text{H}_5$ に対する塩素との置換反応において、トルエンと同じ配向性を示す置換基 R を、下記の中から1つ選びなさい。

(ア) $-\text{OH}$ (ヒドロキシ基)、(イ) $-\text{NO}_2$ (ニトロ基)、(ウ) $-\text{SO}_3\text{H}$ (スルホ基)

G (生物学)

以下の問題1と問題2を全て解答しなさい。

問題1 下記の文章を読み、問1～問5全てに答えなさい。

生物は長い進化の歴史を経て、器官や組織の形態を多様化させ、様々な環境へと適応してきた。

異なる生物間で共通の祖先から生じた特定の器官や組織は①系統的に相同であると定義される。また、②遺伝子の塩基配列についても、異なる生物間で共通の祖先に由来する場合には系統的に相同であると定義される。生物の形態進化はこれらの相同性が成立することを前提として研究されている。

③生物の形態は機能と密接に関係している。実際、特定の生態に適応した生物が類似した形態をそれぞれ独立に獲得することがしばしば起こっている。ダーウィン進化論では、ある機能の獲得に有利となる④選択圧が、その機能を果たすための形態の進化につながると考えられている。しかし実際には、⑤機能の獲得に先だって形態が獲得されることもある。

問1 下線部①について、どのような証拠を集めることによって、器官や組織の相同性を確かめることができるか、2つ以上の手法を例に挙げて、合わせて100字程度で述べなさい。

問2 下線部②について、主要な器官の形成パターンや体軸形成を制御する、ある遺伝子クラスターは、一部の生物で高い相同性を示す。これについて、下記の(1)と(2)に答えなさい。

(1) この遺伝子クラスターの名称を答えなさい。

(2) この遺伝子クラスターを持つ生物として今までに報告されているものを、下記の語句の中から全て選びなさい。

語句：真正細菌，古細菌，原生生物，植物，菌類，動物

問3 下線部③について、ある形態が特定の機能を持っているかどうかは、どのような方法によって確かめられるか、50字程度で述べなさい。

問4 下線部④について、以下の(1)と(2)に答えなさい。

(1) ある環境下で、より適応した形質の個体が生き残ることを何というか、一語で答えなさい。

(2) ある個体に、より適応的な形態が新たに生じたとしても、形態の進化が起こったとはみなされない。形態の進化が起こるとはどういうことか、また、その進化がどのようなメカニズムで起こるのか、合わせて150字程度で説明しなさい。

問5 下線部⑤について、このことを何と呼ぶか、一語で答えなさい。

問題2 森林バイオームについて下記の文章を読み、問1～問6全てに答えなさい。

地球上には①相観の異なる植生が分布する。それぞれの植生およびそこに生息する生物のまとまりをバイオームという。日本の森林バイオームは、暖かさの指数(平均気温5℃以上の月について、月平均気温から5℃を引いて1年間合計した値、単位は℃・月だが以下では省略する)を用いることで、月平均気温から区分することが可能である。

日本の森林バイオームには緯度に応じた水平分布がみられ、暖かさの指数15～45では(a)、45～85で夏緑樹林、85～180で②照葉樹林、180～240で(b)が広がる。また、日本の森林バイオームには③垂直分布もみられる。

問1 下線部①の相観とは何か答えなさい。

問2 日本の森林バイオームが気温だけから区分できる理由を50字以内で答えなさい。

問3 (a)、(b)にあてはまる森林バイオーム名を答えなさい。

問4 下線部②の照葉樹林を構成する樹木の葉の特徴とその特徴を持つ理由を50字以内で答えなさい。

問5 以下の表は名古屋市における1981年から2010年の月平均気温である。以下の(1)と(2)に答えなさい。

表 1981年から2010年の名古屋市の月平均気温（℃）. 気象庁ホームページより引用.

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
気温	4.5	5.2	8.7	14.4	18.9	22.7	26.4	27.8	24.1	18.1	12.2	7.0

(1) 名古屋市における暖かさの指数とそれに相当する森林バイオーム名を答えなさい.

(2) 現在名古屋市では, コナラやアベマキの優占する森林が認められる. この理由について, 下記の語句をすべて用いて 100 字程度で説明しなさい.

語句：遷移, 二次林, 暖かさの指数, バイオーム, 潜在自然植生, 代替植生

問6 下線部③について日本の森林バイオームの垂直分布を 100 字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2つの行列について、行列式の値と逆行列を求めなさい。 a, b, c, d, e は任意の実数とする。

$$\begin{pmatrix} 2 & 2 & 1 \\ 0 & 3 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 1 & a & b & c \\ 0 & 1 & d & e \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

問題2 次の定積分の値を計算しなさい。

問1 $\int_0^{\pi/2} x \sin^2 x \, dx$

問2 $\int_1^e \frac{\log x}{x} \, dx$ (ここで、 \log は自然対数を表すものとする)

問題3 次の常微分方程式を解きなさい。

問1 $\frac{dy}{dx} + \frac{3y}{\tan x} = 0$

問2 $2x^2 \frac{dy}{dx} = x^2 + y^2$ ($x > 0$ とする)

問題4 区間 $-\pi \leq x \leq \pi$ において区分的に滑らかな関数 $f(x)$ 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

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

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。

問1 $f(x) = |x|$

問2 $f(x) = \cos \mu x$ (μ は整数でない実定数)

問題5 二つの量の組 (x, y) について、異なる N 個 ($N \geq 2$) の x に対し y を測定し N 組のデータ (x_i, y_i) ($i = 1, 2, \dots, N$) が得られた。このデータに対して最小二乗法により回帰直線 $y = Ax + B$ を求める。以下の問に答えなさい。

問1 A, B がそれぞれ

$$A = \frac{N \sum_{i=1}^N x_i y_i - \sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N y_i}{N \sum_{i=1}^N x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^N x_i \right)^2}$$
$$B = \frac{\sum_{i=1}^N x_i^2 \sum_{i=1}^N y_i - \sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N x_i y_i}{N \sum_{i=1}^N x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^N x_i \right)^2}$$

で与えられることを示しなさい。

問2 x, y の標準偏差 σ_x, σ_y 及び相関係数 σ_{xy} を使って A は

$$A = \sigma_{xy} \frac{\sigma_y}{\sigma_x}$$

と書けることを示しなさい。