

平成26年度第1次募集（平成25年10月入学含む。）
新潟大学大学院自然科学研究科博士前期課程入学者選抜試験問題

一般入試

環境科学専攻
自然システム科学
E1

専門科目（基礎自然科学）

注意事項

- 1 この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはならない。
- 2 問題冊子は、表紙を含めて全部で15ページある。
- 3 物理学（〔1〕，〔2〕），化学（〔3〕，〔4〕），生物学（〔5〕，〔6〕），地学（〔7〕，〔8〕）の〔1〕～〔8〕から3問を選択し、解答すること。
- 4 解答は、解答用紙の「問題番号」記入欄に解答する問題番号を記入してから、その頁に記入すること。ただし、解答欄が足りない場合は、裏面を使用すること。
- 5 受験番号は、各解答用紙の指定された箇所に必ず記入すること。
- 6 解答時間は、120分である。
- 7 下書きは、問題冊子の余白を使用すること。

[1] 以下の問1～問4に答えよ。

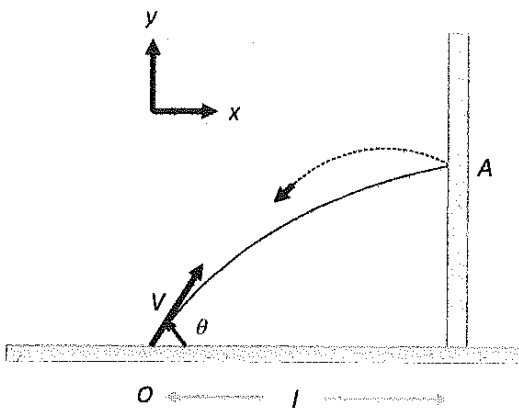
図が示す様に、水平面上の点 O から距離 l の所に垂直な壁が立っている。点 O から初速度 V 、角度 θ でボールを投げると、ボールは壁の一点 A に衝突して跳ね返り、水平面に落下した。ボールが壁に衝突する際、ボールの x 方向の速度成分のみ反発係数 $e(0 < e \leq 1)$ で変化する。重力加速度の大きさを g とし空気抵抗が無いと仮定する。また、点 O からボールが離れる瞬間を時刻 $t=0$ とする。

問1 衝突前と衝突後のボールの x 方向の速度をそれぞれ求めよ。

問2 ボールが壁に衝突するまでの時間を求めよ。

問3 ボールが壁に衝突し、再び水平面に落下するまでの時間を求めよ。

問4 ボールが再び点 O に落下する条件を示せ。



[2] 次の問1および問2に答えなさい。

問1 抵抗が r の導線を組み合わせて図のような回路1, 回路2を作った。これらの回路に関する (1) および (2) に答えなさい。

(1) 回路1のAB間の合成抵抗を次のように求めた。□①～□④に適切な数値, 数式もしくは言葉を入れなさい。

AB間に電圧をかける時, 回路の対称性から□①の間には電流が流れない。よって, □①の導線はないものとみなせる。したがって, 回路1は抵抗が□②の導線を□③に接続した回路と等価になる。つまり, AB間の合成抵抗は□④となる。

(2) 回路2のAB間の合成抵抗を求めよ。

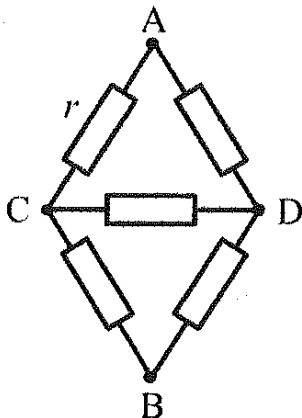


図1. 回路1

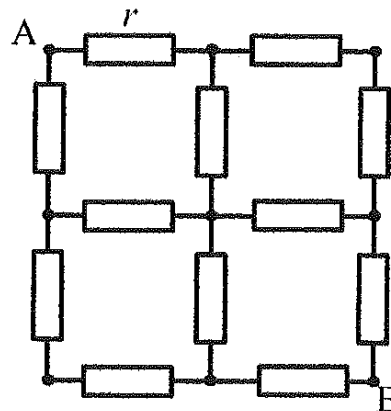


図2. 回路2

問2 図3のように抵抗 r と r' をつないだ無限に長い梯子型の回路3がある。この回路に関する (1) および (2) に答えなさい。

(1) 回路3のA1-B1間の合成抵抗を次のように求めた。□①～□⑤に適切な数値, 数式もしくは言葉を入れなさい。

回路3の合成抵抗を R_{in} とおく。回路3の梯子は無限に長いので, A2, B2 端子の右側 (図中点線で囲まれた部分) の合成抵抗は□①となる。したがって, 回路3は, □①と r' の□②接続に r を□③接続した回路と等価になる。このことから, $R_{in} = \square④$ の関係式が成り立つ。④の関係式から R_{in} を求めると, □⑤となる。

(2) A1-B1 間に電圧 V を加えた。An-Bn 間の電圧を求めよ。

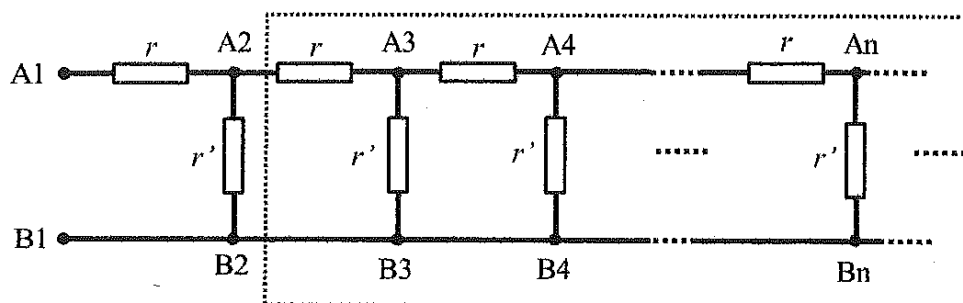


図 3. 回路 3

[3] 以下の問1 および問2 に答えよ。

問1 ある完全気体が、圧力 P_1 、体積 V_1 、温度 T_1 の状態1 から圧力 P_2 、体積 V_2 、温度 T_2 の状態2 まで断熱的に可逆変化した。以下の (1) ~ (4) に答えよ。必要であれば気体定数 R ($8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$) を用いよ。

- (1) 状態1 から状態2 まで断熱的に可逆変化したとき、この完全気体の内部エネルギーの微小変化 dU を、定積熱容量 C_V と温度の微小変化 dT を用いて表せ。
- (2) この完全気体の仕事が体積変化によるもの以外にはないものとして、状態1 から状態2 まで変化する際にこの完全気体になされた仕事 w を、 C_V 、 T_1 、 T_2 で表せ。
- (3) 定圧熱容量 C_P と C_V との比 $\frac{C_P}{C_V}$ を γ とすれば、 $T_1^\gamma P_1^{1-\gamma} = T_2^\gamma P_2^{1-\gamma}$ であることを示せ。
- (4) 273 K で $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ の状態にある完全気体 1.00 mol を断熱圧縮したところ、その温度が 373 K に変化した。この状態変化が生じる際の γ を $\frac{5}{3}$ で一定とし、この完全気体の始めの状態における体積と断熱圧縮後の体積をそれぞれ求めよ。

問2 塩化アンモニウム水溶液に関する以下の (1) ~ (3) に答えよ。ただしこの問で取り扱うすべての化学種の活量係数は1とする。必要であれば水のイオン積 K_w ($1.00 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$) を用いよ。

- (1) アンモニウムイオンは水溶液中で溶媒の水と反応する (加水分解反応)。この加水分解反応の反応式を書き、塩化アンモニウムの水溶液が酸性を示す理由を説明せよ。

- (2) アンモニウムイオンの加水分解定数 K_h (アンモニウムイオンの加水分解反応の平衡定数) を, アンモニアの塩基解離定数 K_b と水のイオン積 K_w を用いて表せ。
- (3) $0.010 \text{ mol dm}^{-3}$ の塩化アンモニウム溶液では, アンモニウムイオンの $2.39 \times 10^{-2} \%$ が加水分解する。 K_h ならびにこの溶液の pH を求めよ。

[4] 以下の問1および問2に答えよ。

問1 原子中の電子のエネルギーについての以下の文章を読み (1) ~ (6) に答えよ。

+Ze の電荷を持つ原子核と1個の電子から構成された原子を考えたとき、その電子軌道のエネルギーは理論的に主量子数 n を用いて式 (a) で表される。

$$E_n = -\frac{m_e e^2 (Ze)^2}{8\epsilon_0^2 h^2} \cdot \frac{1}{n^2} \quad (\text{a})$$

m_e : 電子の静止質量 e : 電荷素量 ϵ_0 : 真空の誘電率 h : プランク定数

一方、多電子原子の電子軌道のエネルギーは電子間の反発を考慮する必要があるため、主量子数 n だけでなく、方位量子数 l 、磁気量子数 m などに依存した値になる。その値を理論的に厳密に求めることはできないが、図には Li から Ne までの多電子原子について、実験的に求めた 1s, 2s および 2p 軌道のエネルギーが示してある。

- (1) +Zeの電荷の原子核，1個の電子から構成された原子をイオン化するのに必要なエネルギー I_p を m_e, e, ϵ_0, h, Z を用いて表しなさい。
- (2) 水素原子のイオン化エネルギーは 13.6 eV であった。ヘリウムイオン He^+ のイオン化エネルギーを求めなさい。
- (3) Li から Ne 原子をイオン化エネルギーの大きい順番に並べなさい。
- (4) 図において，1s 軌道および 2s 軌道のエネルギーが原子番号とともに低くなっている理由を説明しなさい。
- (5) 図において，一つの原子に着目した場合，2s 軌道のエネルギーが 2p 軌道のエネルギーより低い理由を説明しなさい。
- (6) 図において，O の 2p 軌道エネルギーが N の 2p 軌道エネルギーより高い理由を説明しなさい。

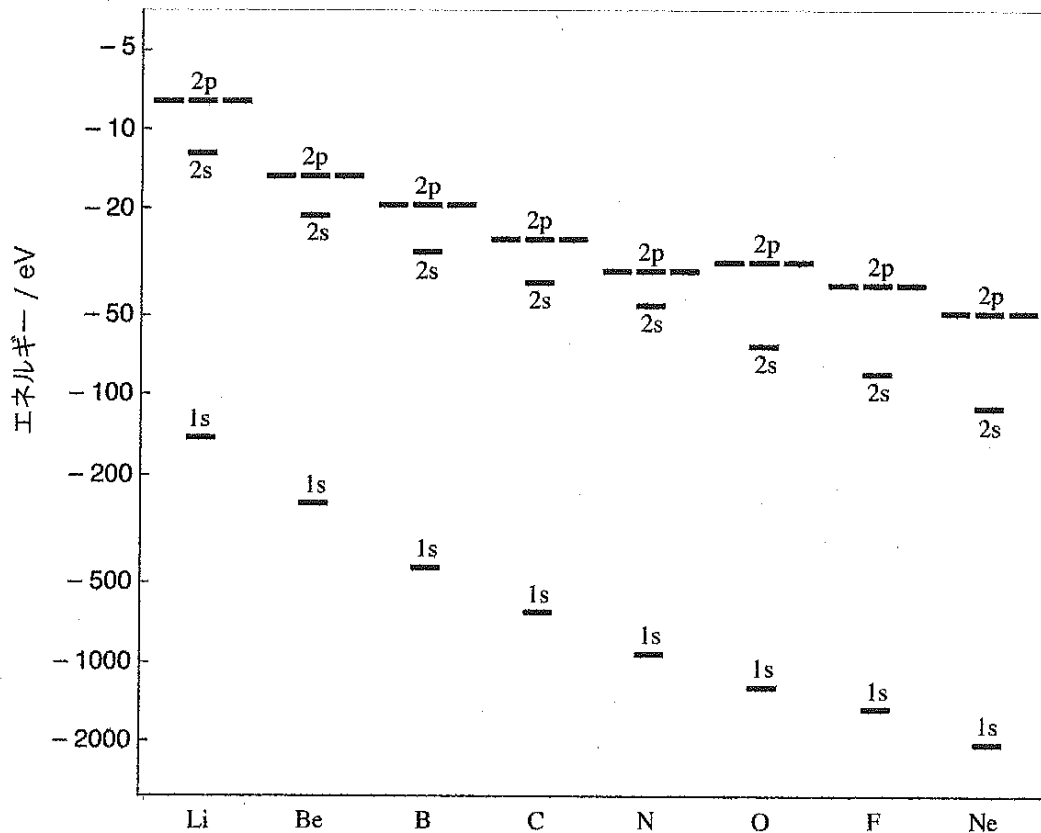
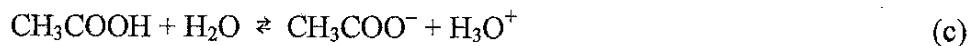


図. Li から Ne 原子の電子軌道エネルギー

問2 Lewis の酸・塩基に関する以下の (1) ~ (3) に答えなさい。

- (1) Lewis の酸・塩基とはどのようなものか説明しなさい。
- (2) 以下の反応 (b), (c) において Lewis 塩基として作用している物質を答えなさい。



- (3) 表に示すように、水溶液におけるカルシウムのハロゲン化物塩の溶解度は、ハロゲンの原子番号の増加と共に大きくなるが、ハロゲン化銀の溶解度はハロゲンの原子番号の増加と共に小さくなる。その理由を Lewis 酸塩基反応における HSAB (Hard and Soft Acids and Bases) の考え方をを用いて説明しなさい。

表 ハロゲン化物塩の溶解度^{a)}

X	AgX	CaX ₂
F	62.3	1.6×10^{-3}
Cl	1.55×10^{-4}	42.7
Br	9.7×10^{-6}	58.8
I	2.1×10^{-7}	67.6

^{a)} 20°Cにおけるハロゲン化物塩の飽和水溶液 100 g 中に含まれる溶質質量(g)

[5] 生物は様々な困難を克服して陸生化を果たした。それらの困難のうち、重力、水の保持、紫外線の3つについての以下の問1～問3に答えなさい。

問1 重力：生物は陸生化によって、重力への適応が必要となった。それに関連した(1)および(2)に答えなさい。

- (1) 陸上で体を支えることに貢献している動植物の体の作りを、動物と植物に分けて説明しなさい。
- (2) 水の中では、陸上ほど体を支えるための仕組みを必要としない。その理由を説明しなさい。

問2 水の保持：体の外側に常に水が存在しない陸上の環境において、生物は水を保持する仕組みを発達させた。それに関連した(1)～(4)に答えなさい。

- (1) 水の存在が生物にとって不可欠である理由を箇条書きで2つ説明しなさい。
- (2) 陸上生物は体内の水が体表から失われない構造上の仕組みを発達させている。動物と植物のそれぞれで、どのような構造上の仕組みがあるか、説明しなさい。
- (3) 陸上生物は体表から水の蒸散を防ぐ仕組みに加えて、体内の水を保持するための生理学的仕組みを発達させている。それらはどのような仕組みか、動物と植物に分けて説明しなさい。
- (4) 雌性配偶子と雄性配偶子の接合(受精)には水環境が必要である。そのため、陸上生物は独特の方法を獲得して、陸上での受精の機会を確保している。動物、植物それぞれがどのような仕組みを獲得したか、説明しなさい。

問3 紫外線：生物は陸生化によって、太陽からの紫外線への防御機構が必要となった。(1)～(3)に答えなさい。

- (1) 紫外線はなぜ生物にとって有害なのか、その仕組みを分子レベルで簡潔に説明せよ。

- (2) 紫外線は、なぜ水中生活の生物には大きな問題にならないのか、説明せよ。
- (3) 陸生化した生物はどのような仕組みで紫外線の害を防御しているか、その仕組みを2つ挙げて説明しなさい。

[6] 集団の進化および系統分類に関する問1～問3に答えよ。

問1 ハーディー・ワインベルグ平衡に関する(1)および(2)に答えよ。

(1) ある生物の集団では、特定の遺伝子座にA1とA2という配列をもち、A1ホモ接合体の割合が0.09であった。この集団がハーディー・ワインベルグ平衡にある場合、ヘテロ接合体の割合はいくつか、計算過程を示して答えよ。

(2) ハーディー・ワインベルグ平衡が成り立つ条件を5つ答えよ。

問2 自然選択に関する(1)～(3)に答えよ。

(1) あるタマバエは植物の茎に虫えい(虫こぶ)を作り、幼虫は虫こぶの中で成長する。小さい虫こぶは寄生バエによる寄生率が高く、タマバエの幼虫の死亡率は高い(図1)。一方、大きな虫こぶは、鳥による捕食率が高い(図2)。寄生バエによる寄生率と鳥による捕食率の間にある拮抗的な関係のことを何と呼ぶか。

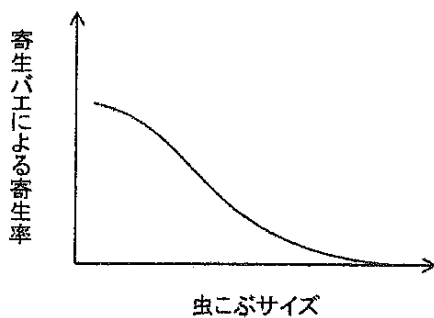


図1

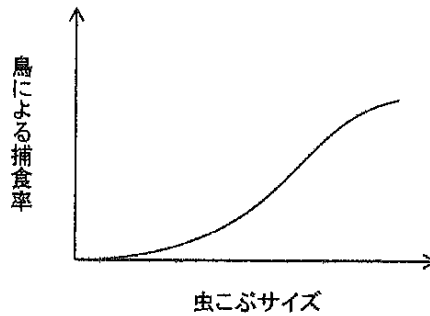


図2

(2) (1)のタマバエでは、虫こぶサイズと適応度(幼虫の生存率)の関係はどうか。虫こぶサイズを横軸に、適応度を縦軸にとり、両者の関係をグラフで図示せよ。

(3) (2)の場合、虫こぶサイズにはどのような様式(自然選択)がはたらくと考えられるか答えよ。ただし、虫こぶサイズは遺伝する形質であるとし、幼虫の生存率は他の要因の影響を受けないと仮定して良い。

問3 図3は霊長目・直鼻猿亜目・狭鼻猿下目 (=旧世界ザル) の系統樹 (分岐図) である。以下の (1) ~ (5) に答えよ。

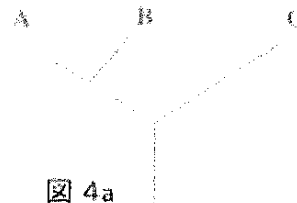
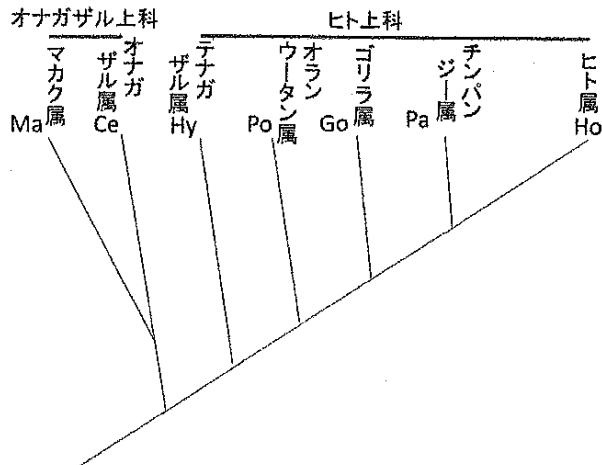


図 4a

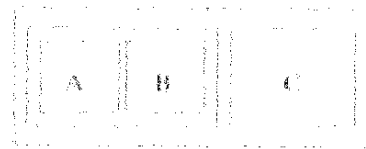


図 4b

図 3

- (1) 系統樹を入れ子関係で示した図を「ベン図」と呼ぶ。例えば, 図 4a の系統樹をベン図で表したのが図 4b である。図 3 をベン図で表し, 属名 (アルファベット 2 文字) と上科名を記入せよ。
- (2) 図 3 の「ヒト上科」は, 共通祖先に由来するすべての子孫分類群を含んでいる。そのような分類群を一般に何と呼ぶか。
- (3) 従来, ヒト上科は, テナガザル科 (テナガザル属), オランウータン科 (オランウータン属, ゴリラ属, チンパンジー属) およびヒト科 (ヒト属) の 3 科に分類されていた。この分類法の問題点を述べよ。
- (4) (3) の問題点を解決し, 図 3 の系統情報をすべて含んだヒト上科内の分類法を提案せよ。なお, 科の下位, 属の上位の階級として「族」を用いることができる。
- (5) (4) の分類法の長所と短所を述べよ。

[7] 以下の問 1 および問 2 に答えよ。

問 1 地球を黒体とみなし、大気がない場合の地球の放射平衡の関係式（地球が受け取る太陽放射量＝地球が失う熱量（地球放射量））を示し、その場合の地球放射量 I_E [Wm^{-2}] 及び地球の放射平衡温度 T_E [K] を求めよ。記号と数値は以下を適宜用いよ。太陽定数 ($S_0=1370$ [Wm^{-2}]), ステファン・ボルツマン係数 ($\sigma=5.67\times 10^{-8}$ [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$]), 地球の反射率 ($A=0.3$), 地球の半径 ($R_E=6.37\times 10^6$ [m])。

問 2 以下の (1) ~ (3) に答えよ。但し、 P は気圧 [$\text{Pa: Nm}^{-2}=\text{kgm}^{-1}\text{s}^{-2}$] , 空気の密度は $\rho=1.0$ [kgm^{-3}] , コリオリパラメータは $f=2Q\sin\phi$ で、 ϕ は緯度、地球の自転角速度は $Q=7.3\times 10^{-5}$ [s^{-1}] , また u, v はそれぞれ東西、南北方向の風速 [ms^{-1}] , x と y はそれぞれ東西（東向き正）、南北（北向き正）方向を示す。地衡風の式は以下に示す。

$$-fv = -\frac{1}{\rho} \frac{\Delta P}{\Delta x} \quad fu = -\frac{1}{\rho} \frac{\Delta P}{\Delta y}$$

- (1) 北緯 30 度の地点で、等圧線の間隔が 500km で、気圧傾度が北向きに +3hPa のときの地衡風速を計算し、風向も示せ。
- (2) 北緯 30 度の地点で、等圧線の間隔が 500km で、気圧傾度が東向きに +4hPa のときの地衡風速を計算し、風向も示せ。
- (3) (1) と (2) を合成したときの風速 V とおおよその風向を求め、また図示せよ。

[8] 下図は地球創世期から現在におよぶ地球史上の環境変化を示したものである。この図をもとに、次の問1～問5に答えよ。

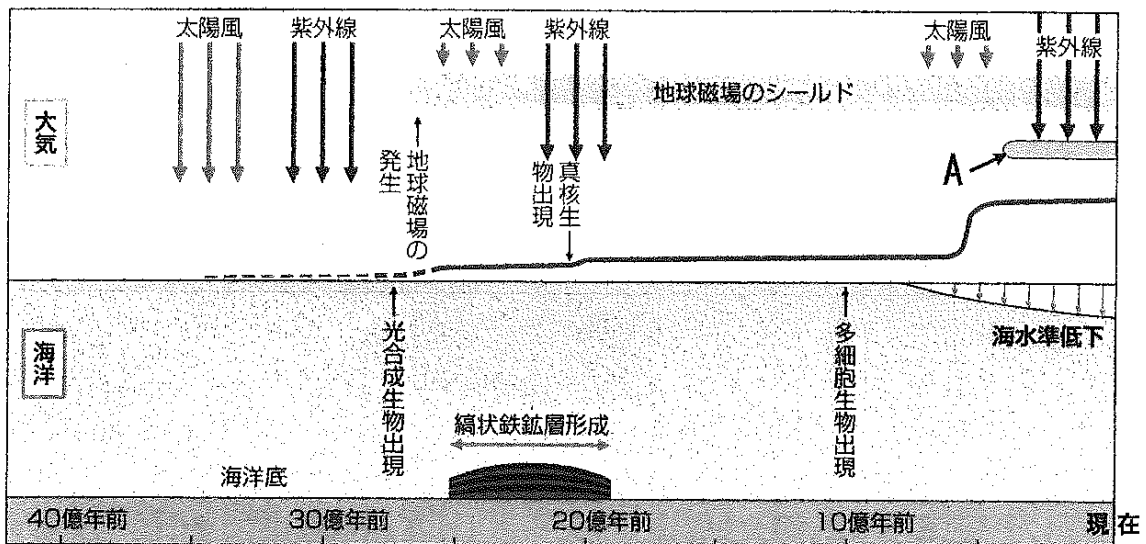
問1 図中の曲線は、大気中の酸素量の変化を示したものである。酸素は約6-7億年前を境にして急増し、その後安定した。その理由について説明せよ。

問2 図中のAは大気圏上層で紫外線を遮蔽している。この名称と成因について説明せよ。

問3 地球史上で、はじめて生命が誕生したのは、陸上か、海洋か。理由とともに説明せよ。

問4 土壌層は地球独自の地層である。土壌層は鉱物や岩片からなる地層とはどう異なるのか、説明せよ。

問5 地球史上で土壌層が盛んに形成されるようになったのはいつ頃からと考えられるか、地質年代(紀)で答えよ。また、その理由についても説明せよ。



参考資料：『科学』第68巻第10号,1998