

A (地球環境学)

以下の問題を解答しなさい。

問題 図1は地球の大気・地表系のエネルギーフラックスの年平均値を示したもので、大気上端、大気、地表面においてエネルギーフラックスがバランスしているようすを示している。図2は西暦1750年を基準とした2011年における放射強制力の推定値を示したものである。これらの図を見て以下の問いに答えなさい。

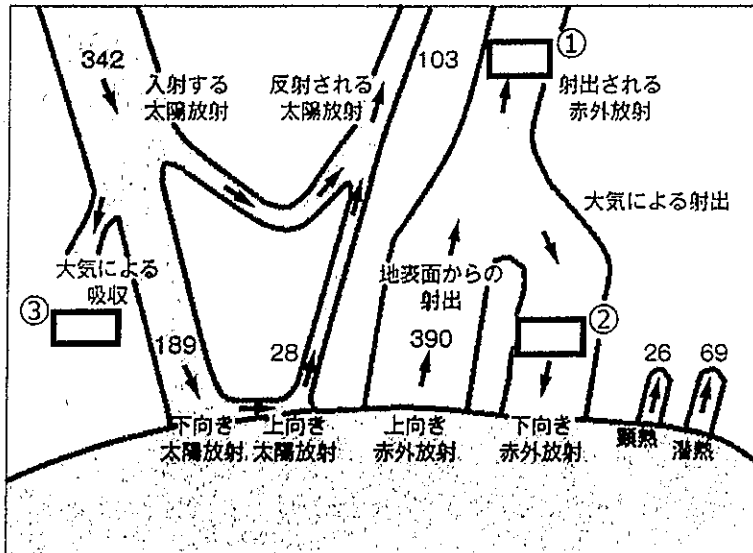


図1. 地球の大気・地表系のエネルギーフラックスの年平均値 ($W m^{-2}$) (出典：総合地球環境学研究所編『地球環境学事典』p. 28)

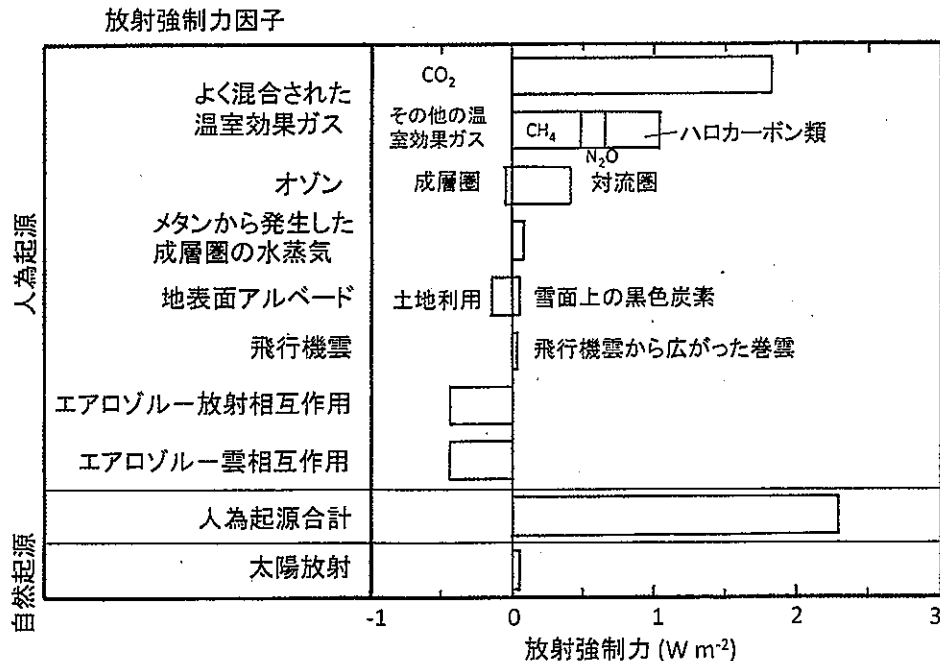


図2. 西暦1750年を基準とした2011年における放射強制力の推定値。正(負)の放射強制力は気候を温暖化(寒冷化)させる。(出典：気候変動に関する政府間パネル第5次評価報告書を一部改変)

問1 図1中の①, ②, ③のエネルギーフラックスの数値をそれぞれ求めなさい。

問2 放射強制力とは何かを説明しなさい。(150字程度)

問3 大気中に含まれる人為起源の温室効果ガスのうち, CH_4 , N_2O , ハロカーボン類の起源について説明しなさい。(150字程度)

問4 図2ではエアロゾルの放射強制力は負となっている。エアロゾルが気候を寒冷化させる効果をもつと考えられるメカニズムを二つ, 説明しなさい。(200字程度)

問5 人為的な影響によって大気中の二酸化炭素濃度が上昇した際に, 図1のエネルギーフラックスのうち変化する可能性があるものをすべて指摘しなさい。さらにその変化は増加になるか減少になるか, 理由をあげてそれぞれ議論しなさい。(200字程度)

問6 気候変動枠組条約の京都議定書においては, 人間が森林の樹木を伐採した結果として, それが大気中の二酸化炭素濃度上昇につながる場合とつながらない場合があると想定されている。それぞれ例を示し, そのように想定される論拠を説明しなさい。(250字程度)

B (地球科学 I)

以下の問題 1～問題 3 を、問題ごとに別の解答用紙に分けて、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。これをもとに以下の問 1～問 5 の全てを答えなさい。

問 1 露頭 1 の石灰岩の薄片を作製し、偏光顕微鏡によって単ポーラー（オープンニコル）で観察したところ、図 2 のような化石が含まれていた。この化石が示す時代を紀 (period) で答えなさい。

問 2 露頭 2 の石灰岩の薄片を偏光顕微鏡によって単ポーラー（オープンニコル）で観察したところ、図 3 に示す組織が観察できた。この石灰岩は石灰泥と生物の遺骸が堆積したもので、続成作用により、間隙に透明方解石が形成されている。図 3 中の貝化石の内部に見られる灰色部と白色部からなる組織 Y の名称を答えなさい。またこの組織からわかることを 100 字以内で答えなさい。

問 3 図 1 中の露頭 1～4 において図 3 の組織 Y が観察できた。露頭 1 と 2 では組織 Y の白色部が北側、露頭 3 と 4 では南側の向きで観察された。以上の情報を基に図 1 中の X-X' での断面図を描きなさい。傾斜角や層厚は正確でなくてよいが、相対的な相違がわかるように描きなさい。

問 4 露頭 5 では砂岩が露出し、その中に含まれていたジルコンを取り出したところ、図 4 のタイプ 1 とタイプ 2 の形態のジルコンを得た。これらのジルコンの U-Pb 年代測定したところ、タイプ 1 のジルコンは約 200 Ma、タイプ 2 のジルコンは約 1500 Ma の年代が得られた。タイプ 1 と 2 とも初生的には火成作用で形成されたジルコンである。これらのジルコンのデータから後背地について推定できることを 200 字以内で答えなさい。

問 5 図 5 は B 層群の模式柱状図である。B 層群からは B 3 層からのみ示準化石としてアンモナイト化石が報告されている。B 層群全体の堆積年代を詳細に明らかにするために、ジルコンの U-Pb 年代を利用し、どのような研究を行うとよいか。200 字以内で答えなさい。

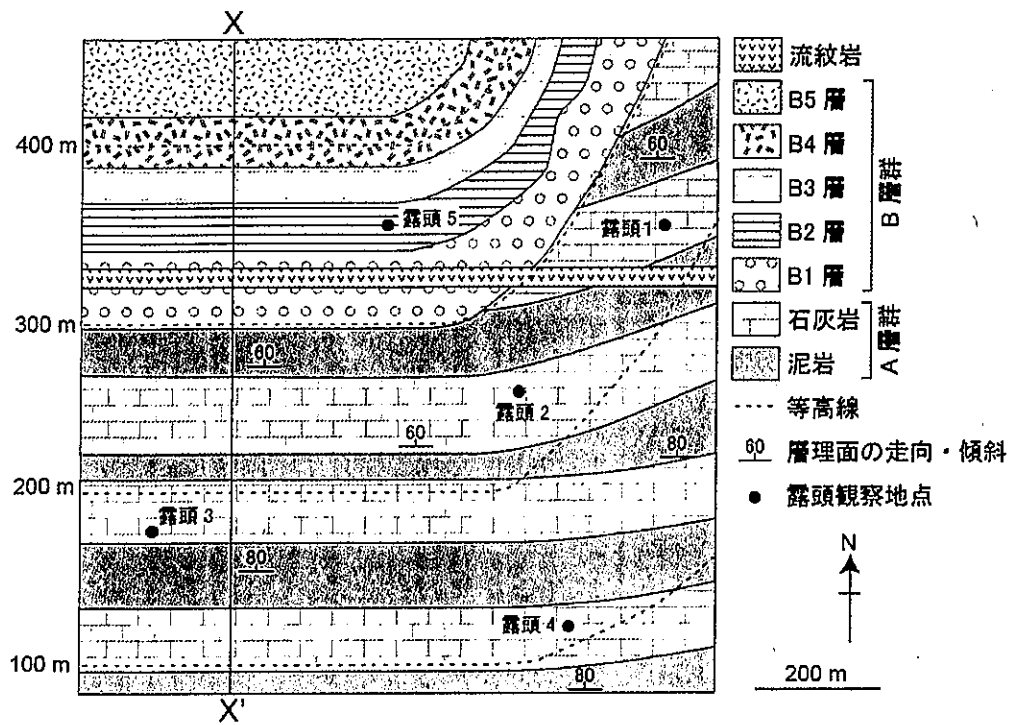


図 1

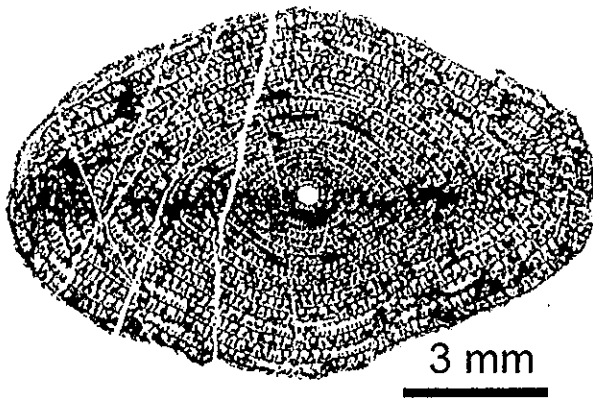


図 2 写真は長谷川 (1988) を使用

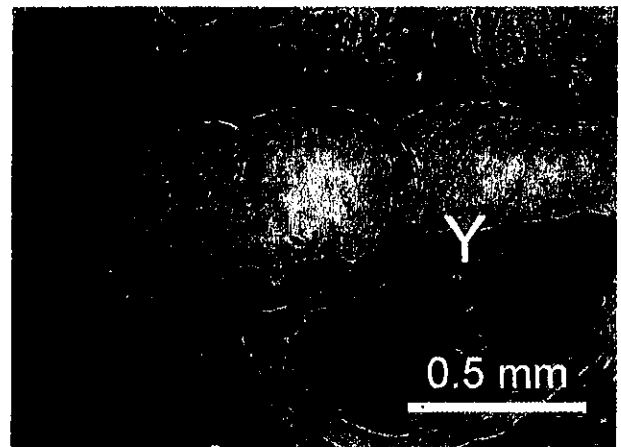


図 3

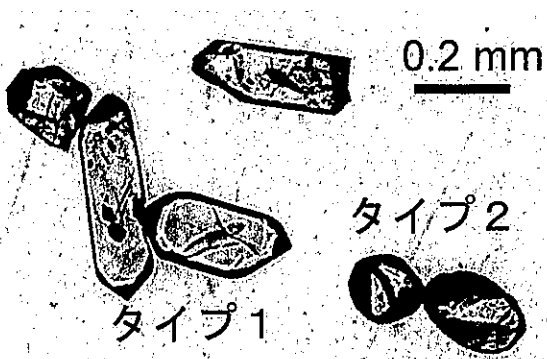


図 4

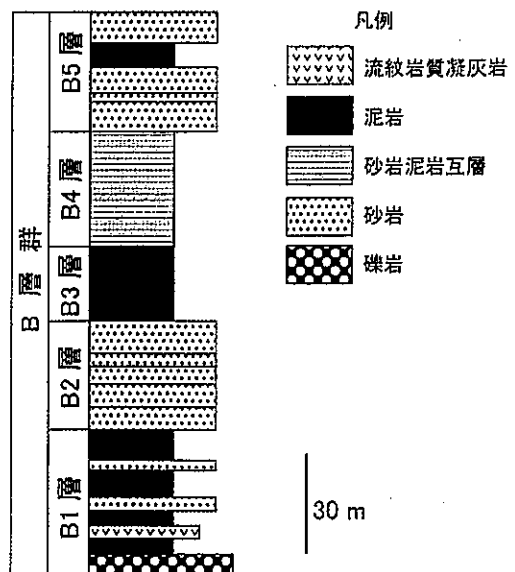


図 5

問題2 図6は、地質柱状図とそれに対応する種々の層序区分を模式的に示したものの(仮想データ)である。図を参照しながら、以下の問1～問4に全て答えなさい。

問1 岩相層序区分の α 部層と β 部層はどのような基準で区分したと考えられるか、簡潔に答えなさい。

問2 このような岩相はタービダイト相であることが多い。以下の問いに答えなさい。

(1)タービダイトの成因について50～100字程度で説明しなさい。

(2)タービダイトに特徴的にみられる堆積構造名を2つ挙げ、その成因についてそれぞれ50～100字程度で説明しなさい。

問3 生層序帯の上限と下限を規定する方法にはどのようなものがあるか。2種の化石の産出にもとづき規定する方法の例を1つ挙げなさい(必要ならば図を用いてもよい)。

問4 火成岩と堆積岩における残留磁気の獲得プロセスについて、それぞれ50～100字程度で説明しなさい。

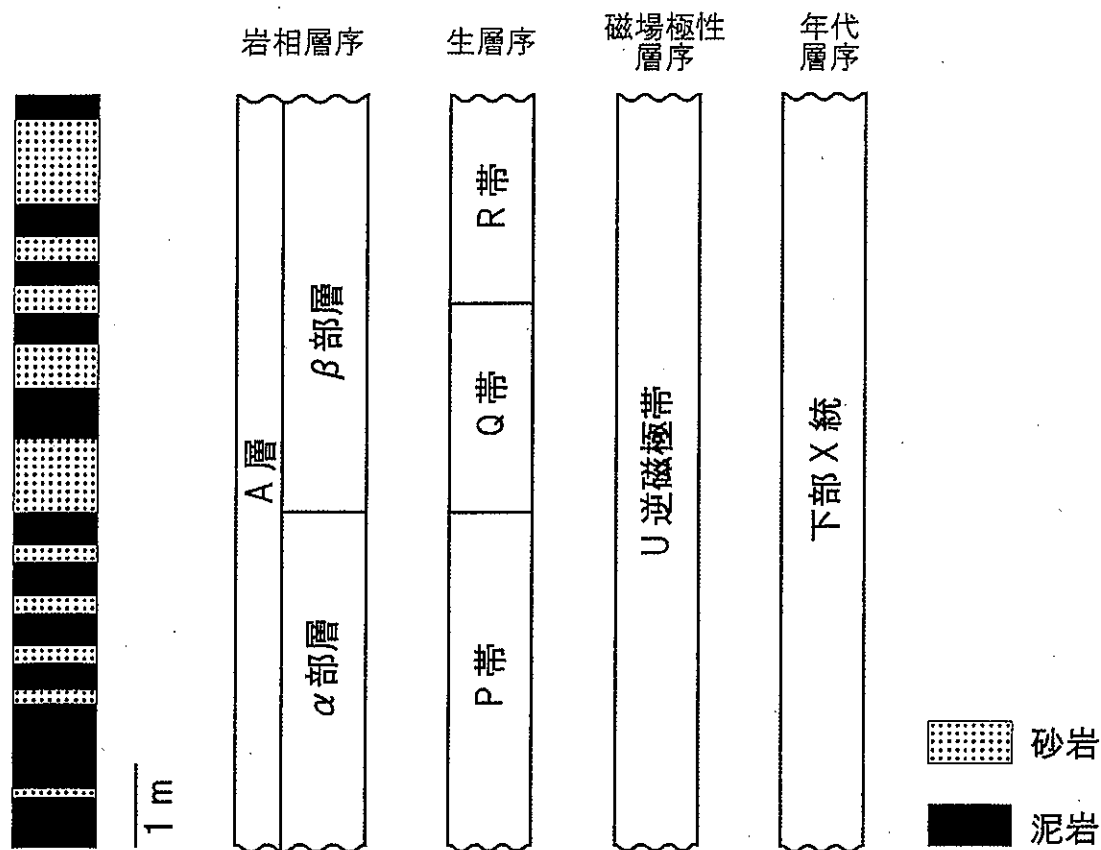


図6

問題3 下記の選択語句の中から2つを選び、それらの形成プロセスをそれぞれ100字程度で説明しなさい。

選択語句：リアス式海岸，河岸段丘，環礁，ヒマラヤ山脈，
アフリカ大地溝帯，カルスト地形

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 岩石薄片の偏光顕微鏡観察に関する以下の問1と問2を全て解答しなさい。

問1 下記の語句群は、偏光顕微鏡で観察することができる現象である。

各現象は、単ポーラー(オープンニコル)と直交ポーラー(クロスニコル)のどちらがより観察に適しているか示しなさい。

語句: 多色性, 干渉色, 双晶, ベッケ線

問2 斑れい岩の主要な構成鉱物を3つ挙げ、それらを偏光顕微鏡を用いて観察した際の鏡下の特徴を述べなさい。

問題2 以下の問1から問4を全て解答しなさい。

問1 海嶺では隣接する2つのプレートが離れることによって、マントルが隙間を埋めるように上昇してくる。上昇してくるマントルは断熱減圧するため、減圧溶融が起こる。

上昇してくるマントルの温度が 1600 K である場合、溶融が起こる深さを答えなさい。ただし、マントルが溶けはじめるソリダス温度 T [K] と圧力 p [MPa] の関係は、以下の式で表されるものとする。

$$T = 1500 + 0.12p$$

また、マントルの密度は $\rho = 3300 \text{ kg/m}^3$ 、重力加速度は $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ とし、マントルは等温で上昇してくるものと近似してよい。

問2 下記の文章を読んで、(A)、(B)に当てはまる岩石名を答えなさい。また、(A)、(B)に対応する最も適当な岩石の化学組成は、表1の[X],[Y]のどちらかそれぞれ解答しなさい。

一般に、海嶺では約20%の未分化マントルが部分熔融している。海嶺では、未分化マントルの熔融で形成された(A)質マグマと、未分化マントルの融け残りである(B)が生成されている。

表1 海嶺リソスフェアを構成する岩石の典型的な化学組成(数字は重量%)

	[X]	[Y]	未分化マントル
SiO ₂	50.3	45.3	46.1
Al ₂ O ₃	16.5	1.8	4.3
FeO	8.5	8.1	8.2
MgO	8.3	43.6	37.6
CaO	12.3	1.2	3.1
Na ₂ O	2.6	—	0.4

出典：Turcotte D. & Schubert G. 2014 「Geodynamics Third Edition」 Cambridge University Press

問3 専用の解答用紙に、海嶺とその地下の模式断面図が描かれている。

- (1) 以下の語句に対応する領域および面を、専用解答用紙の図中に記入しなさい。
 (ア) 海洋地殻、(イ) 上部マントル、(ウ) リソスフェア、(エ) アセノスフェア、(オ) モホ面
- (2) 上記の語句の中で、『プレート』に最もよく対応している語句を答えなさい。

問4 海嶺におけるマグマは、減圧熔融によって生じる。一方、沈み込み帯においては、異なるメカニズムでマグマが生成されている。沈み込み帯におけるマグマの生成メカニズムを100字程度で述べなさい。

問題3 マグマが冷却して鉱物が晶出する系を考えると、相平衡状態図を用いる事によって、晶出する鉱物の化学組成や重量比を予測する事ができる。以下の問1と問2を全て解答しなさい。ただし、以下で成分は重量%で表されているものとする。

問1 Diopside (透輝石), Anorthite (灰長石), Albite (曹長石) 成分を以下の割合で含むメルト X とメルト Y の組成点を、専用解答用紙の三角ダイアグラム上にプロットしなさい。

メルト X (Diopside=0%, Anorthite=70%, Albite=30%)

メルト Y (Diopside=20%, Anorthite=50%, Albite=30%)

問2 メルトの組成が問1のメルト X である場合、相平衡状態図は図1のような Anorthite (灰長石) - Albite (曹長石) 2成分系で考える事ができる。

- (1) 平衡系でメルト X が冷却し、温度が 1450 °C に達した際の液相と固相の組成を、それぞれ Anorthite $a\%$, Albite $b\%$ のように答えなさい。
- (2) 1450 °C における液相と固相の重量比を、液相 : 固相 = $m : n$ のように答えなさい。

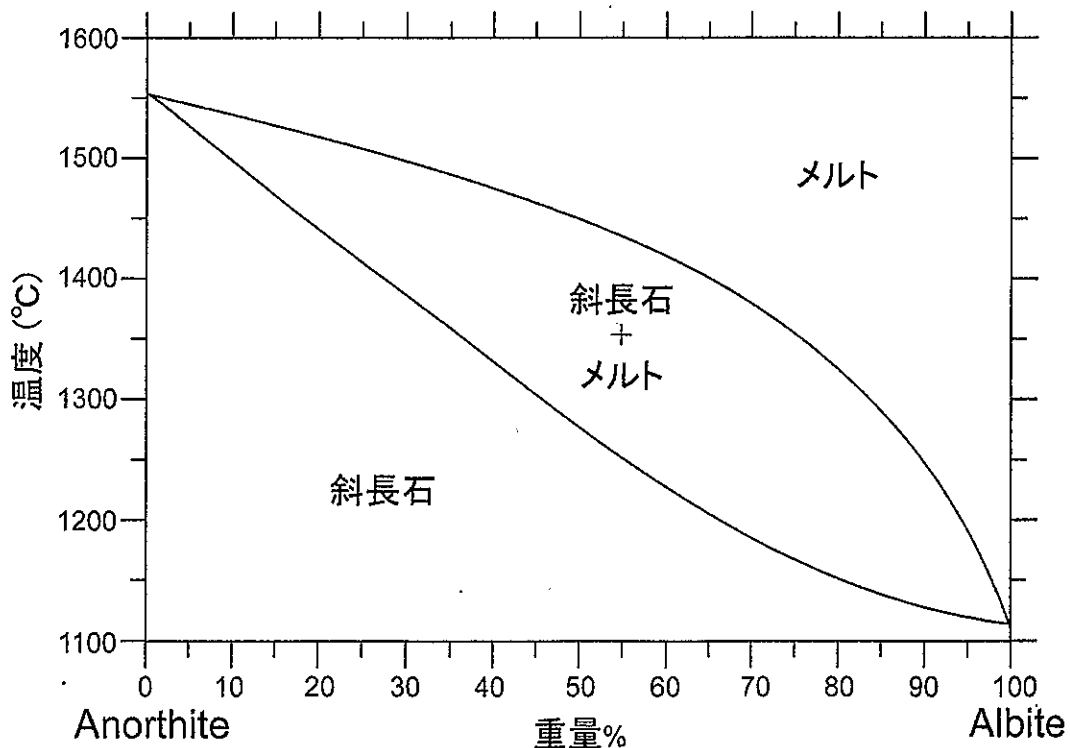


図1 Anorthite (灰長石) - Albite (曹長石) の2成分相平衡状態図 (1気圧)

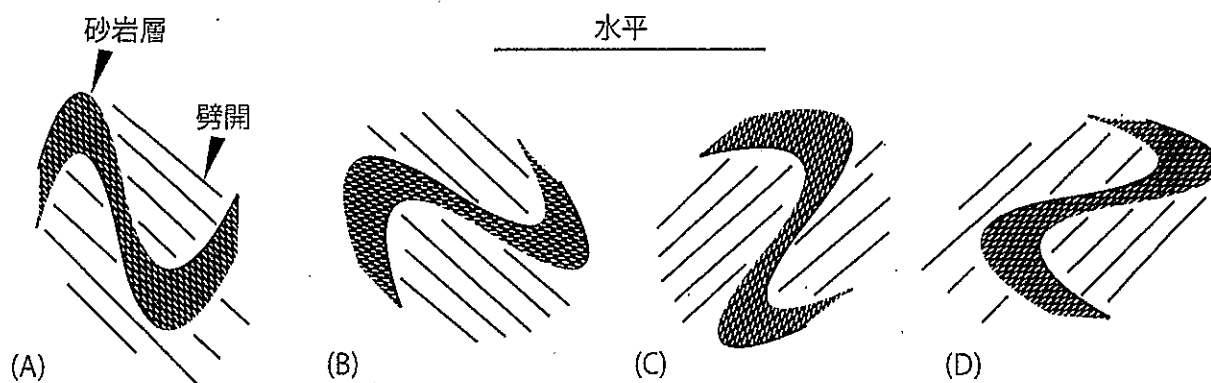
問題4 褶曲構造に関する以下の問1と問2を全て解答しなさい。

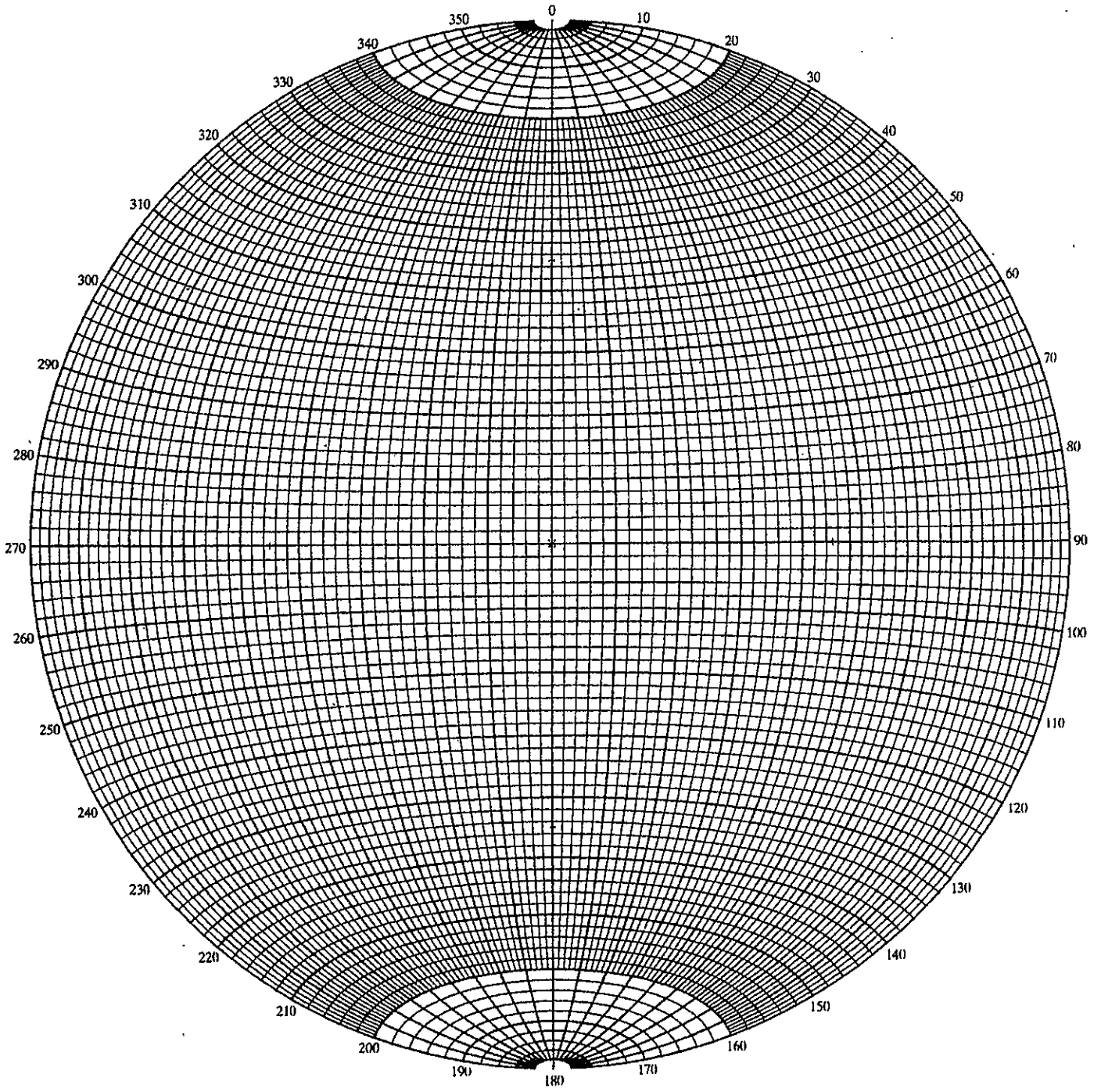
問1 ある地層が褶曲構造を示し、5箇所の層理面の走向・傾斜について次の情報が得られた。

測定地点	走向	傾斜
①	N71°W	35°N
②	N03°W	51°E
③	N19°E	74°E
④	N31°E	90°
⑤	N46°E	69°NW

- (1) 各地点で測定された走向・傾斜を示す大円を、次頁のシュミットネットを使って、専用解答用紙(トレーシングペーパー)に図示しなさい。解答は下半球投影としなさい。
- (2) 褶曲軸のプランジ(水平からの角度)と方向を推定しなさい。

問2 ある褶曲と同一変形によって形成された劈開の走向・傾斜は、N77°E 45°Nであった。東方から見た南北に伸びる鉛直の崖に露出したこの褶曲の形に最も合致するスケッチを次の(A)～(D)から選び、それを選んだ理由について説明しなさい。





シュミットネット

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 以下の(a)～(d)について、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) 鉄隕石
- (b) 希土類元素存在度パターン
- (c) 火山ガスのヘリウム同位体比($^3\text{He}/^4\text{He}$)
- (d) 海洋の栄養塩

問題2 ルビジウム(Rb)–ストロンチウム(Sr)放射壊変系は岩石や鉱物の年代測定によく用いられる。天然では、ルビジウムは2つ、ストロンチウムは4つの同位体をもち、それぞれの同位体存在度と質量は表1のとおりである。そのうち、放射性核種の ^{87}Rb は放射壊変によって ^{87}Sr を生成し、この半減期は488億年である。以下の問1～問5に答えなさい。

表1. ルビジウムとストロンチウムの同位体存在度。

元素記号	原子番号	質量数	同位体存在度 (%)	質量 (u)
Rb	37	85	72.17	84.91
		87	27.83	86.91
Sr	38	84	0.558	83.91
		86	9.861	85.91
		87	6.993	86.91
		88	82.588	87.91

Srの同位体存在度は $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.7092$ の場合の値を示している。
質量の単位は統一原子質量単位(u)である。

問1 ルビジウムの原子量を求めなさい。

問2 ^{87}Rb の壊変様式を答えなさい。

問3 時刻 0 における放射性核種の原子数を P_0 、壊変定数を λ とすると、任意の時刻 t における放射性核種の原子数 P は $P = P_0 e^{-\lambda t}$ と表される。

(1) 壊変定数 λ と半減期 $T_{1/2}$ の関係式を導きなさい。また、 ^{87}Rb の壊変定数の値を求めなさい。

(2) 時刻 0 から時刻 t までの間に生成した核種(娘核種と呼ぶ)の原子数を D^* とする。 $D^* = P(e^{\lambda t} - 1)$ を導きなさい。

(3) 時刻 0 においてすでに存在した娘核種の原子数を D_0 、時刻 t における娘核種の原子数を D とすると、 $D = D_0 + P(e^{\lambda t} - 1)$ が得られる。通常、これを娘核種の安定同位体の原子数 D_s で規格化し、 $\left(\frac{D}{D_s}\right) = \left(\frac{D}{D_s}\right)_0 + \left(\frac{P}{D_s}\right)(e^{\lambda t} - 1)$ と表す。Rb-Sr 放射壊変

系においては、 $\left(\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}\right) = \left(\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}\right)_0 + \left(\frac{^{87}\text{Rb}}{^{86}\text{Sr}}\right)(e^{\lambda t} - 1)$ と表す。ある花崗岩から 2 種類の鉱物を分離し、それぞれの鉱物の Rb と Sr の濃度と Sr 同位体比 ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) を測定し、表 2 の結果を得た。この花崗岩の年代と Sr 同位体比の初生値 ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)₀ を求めなさい。

表 2. 花崗岩中の斜長石と黒雲母の分析結果。

	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
斜長石	0.0500	0.7069
黒雲母	5.25	0.7173

問4 始源的隕石の分析から、現在の全地球の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の値は 0.7045、 $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ の値は 0.0827 と推定されている。45.6 億年前の全地球の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の値を求めなさい。

問5 上部マントルを起源とする MORB (中央海嶺玄武岩) の現在の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の値は 0.7025 であり、現在の全地球の値とは異なる。その理由を「大陸地殻」「マントル」「不適合元素」の 3 つの語句を使って 100 字から 200 字で説明しなさい。

問題3 花崗岩の微量元素の定量のため、岩石試料をフッ化水素酸(HF)で分解し、溶液化する。粉末化した試料約 100 mg をテフロン(PTFE)製ビーカーに精秤した後、過塩素酸(HClO₄)とフッ化水素酸を適量加える。これに PTFE 製時計皿で蓋をして 100 ~120°Cで数時間加熱・還流した後、時計皿を取り除いて蒸発・乾固を行う。その後、希硝酸に溶解し、定量する。

この実験に関する以下の問1～問4に答えなさい。

問1 SiO₂とフッ化水素酸の化学反応式を示しなさい。

問2 フッ化水素酸分解を行う際、過塩素酸を加える理由を 50 字以内で説明しなさい。

問3 上記の実験では溶け残りが生じる場合がある。残りやすい鉱物を 1 つ挙げなさい。

問4 問3で答えた溶け残りの鉱物をどのような方法で分解し、溶液化すれば良いか、具体的な方法を 50 字以内で説明しなさい。

E (物理学)

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 図 1 のように、水平な床に長さ l 、質量 M の一様な剛体の棒を水平に置く。棒の重心を G 、棒の一端を A 、もう一端を B 、重心 G から A の方に距離 d ($0 \leq d \leq l/2$) だけ離れた点を O とする。 O を通る鉛直な軸のまわりに棒が回転できるようにし、回転軸を床に固定する。棒を回転軸のまわりに回転させて手を離れた。手を離してから時間を t とし、 $t=0$ での角速度を ω_0 とする。床と棒との間の動摩擦係数を μ 、重力加速度の大きさを g とする。棒の太さは長さに対して十分に小さいとして無視してよい。以下の問 1～問 4 に答えなさい。

問 1 G を通り棒に垂直な軸のまわりの棒の慣性モーメント、および O を通る回転軸のまわりの棒の慣性モーメントを求めなさい。

問 2 棒の回転に関する運動方程式を立てなさい。

問 3 棒の回転が止まるまでの時間を求めなさい。

問 4 $t=0$ から棒が 1 回転以上するための ω_0 の満たす条件を求めなさい。

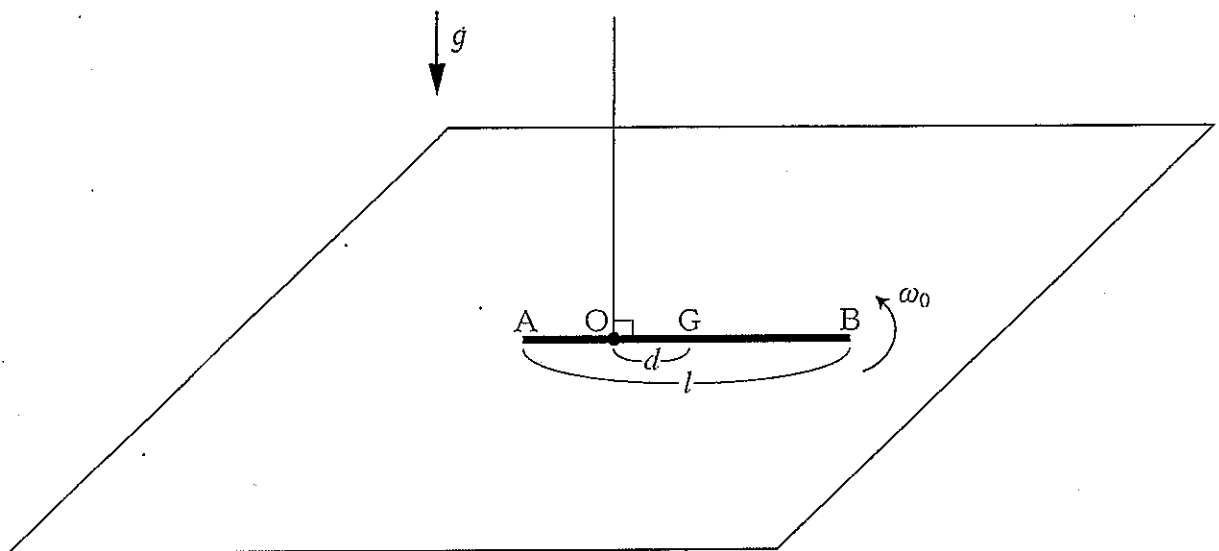


図 1

問題2 図2に示されたように、粒子（質点とみなす）が入れられた円筒容器が床に垂直に静置されている。容器上面は上下方向に一定速度で動かすことができる。容器内には質量 m の質点が N 個あり、上面と下面において反発係数1で垂直にはねかえされながら、上下方向に往復運動をしている。はねかえりに要する時間は往復時間に比べ十分短いものとし、衝突の際に容器から受ける力以外には、質点は重力も含め外力を受けないものと仮定する。また、質点どうしは互いに衝突しないものとする。質点の衝突によって上面に与えられる撃力を長時間平均することで上面に働く平均的な力を求めることができる。このとき、以下の問1～問3に答えなさい。

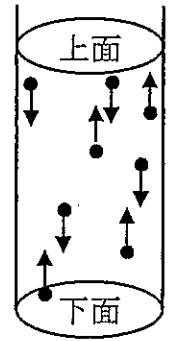


図2

問1 まず、上面を静止させ、容器の容積を V_0 、上面と下面の間の距離を L_0 に保つ。また、質点の速さ（速度の大きさの絶対値）はすべて v_0 とする。このとき以下の小問（1）と（2）に答えなさい。

- (1) 1つの質点が容器上面に衝突する際に上面から受ける力積（衝突の間に上面から受ける力を時間で積分した量）の大きさを求めなさい。また、質点が容器内をちょうど1回往復するのに要する時間を求めなさい。
- (2) (1)より、1つの質点が多数回往復運動を繰り返す間での上面に及ぼす力の平均値（長時間平均力）を求めなさい。また、 N 個の質点集団の衝突によって、上面の単位面積に働く長時間平均力を求めなさい。

問2 次に、時刻 $t=0$ において、それまで静止させていた上面を下面に対して一定の速さ u で下方に動かし始めた。このとき以下の小問（1）～（3）に答えなさい。

- (1) ちょうど $t=0$ において下面ではねかえった質点があった。この質点の速さ v は、その後の上面との衝突回数 k とともにどのように変化するか求めなさい。
- (2) (1)において、 $u \ll v$ (u が v より十分小さい) として、質点の往復時間より十分長い時間でみれば、質点系の全運動エネルギー K は容積 V の変化に対してなめらかに変化すると近似できる。そこで、質点の1回往復する時間での全運動エネルギー変化 ΔK と容積変化 ΔV の比をとることで、変化率 dK/dV を求めなさい。
- (3) (2)で求めた微分方程式を解くことで、質点集団の衝突で容器上面の単位面積に働く平均の力を、その時刻での容積 V および $t=0$ における物理量の関数として求めなさい。

問3 以上で考察した系は、質点を気体分子とみなせば、単原子分子（回転や振動など内部自由度を持たない分子）から成る理想気体の状態方程式を気体分子運動から与える最も単純なモデルといえる。ただし、質点の運動は円筒の軸方向に限定していたが、これを気体分子に応用する場合、速度分布を持った3次元的な運動に拡張する必要がある。これらを踏まえて、以下の小問(1)～(3)に答えなさい。

- (1) 気体分子の運動は等方（すなわち3次元空間におけるあらゆる方向に対し一様）で、その速さの2乗の平均値は w^2 とする。このとき、 w^2 と速度の上下方向成分の2乗平均値 v^2 との関係を示しなさい。
- (2) (1) より、気体の圧力 P を気体の質量密度 ρ と w の関数として求めなさい。また、理想気体の状態方程式との比較から、温度 T と w の関係を示しなさい。
- (3) この系を気体分子運動のモデルとみなす観点から、問2の(3)で求めた関係を、気体の熱力学量間関係に置き換えて表しなさい。また、その関係が示す熱力学過程を簡単に説明しなさい。

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 基底状態にある原子の電子配置に関する以下の問1～問3に答えなさい。

問1 フッ素 ${}^9\text{F}$ の電子配置は、主殻については K^2L^7 、副殻については $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^1$ と表される。同様の形式で窒素 ${}^7\text{N}$ の主殻および副殻の電子配置を表記しなさい。

問2 ネオン ${}^{10}\text{Ne}$ 、スカンジウム ${}^{21}\text{Sc}$ の主殻の電子配置を表記しなさい。

問3 図1は原子番号順に原子の第一イオン化エネルギーを示したものである。この図を見ると、以下の(i)～(iii)のような傾向があることがわかる。

- (i) 同族元素では、一般に、原子番号が大きいものほど、第一イオン化エネルギーが小さくなる。
- (ii) 第1周期から第3周期の元素で顕著なように、同周期の元素では、一般に、原子番号が大きいものほど、第一イオン化エネルギーが大きくなる。
- (iii) ベリリウム Be とホウ素 B とでは、(ii)の傾向に反して、ホウ素 B の第一イオン化エネルギーが小さい。

このような傾向が見られる理由を、(i)～(iii)の各々について、50～100字程度で述べなさい。

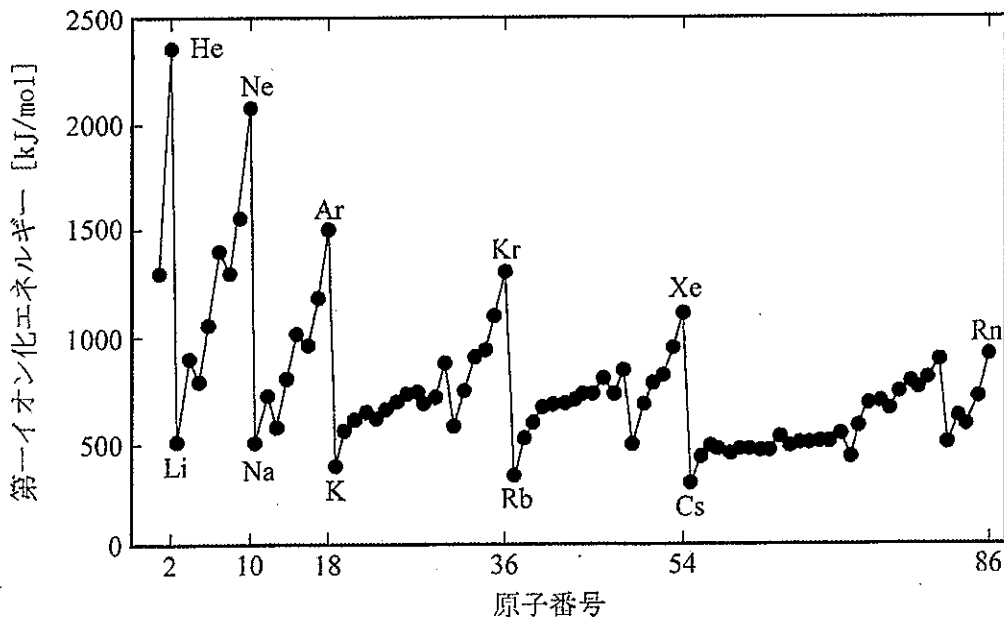


図1. 各原子の第一イオン化エネルギー

問題2 物質の沸点に関する以下の問1～問3に答えなさい。

問1 1気圧の条件下で、ある非電解質 5.50 gを水 180.0 gに溶かした溶液は、100.210°Cで沸騰した。水のモル沸点上昇を 0.515[K・kg/mol]として、この溶質の分子量を求めなさい。

問2 C₅H₁₂の分子式で表される全ての異性体の構造式を解答しなさい。また、それらの内、沸点が最も高いものを答えなさい。

問3 図2は14族～17族の水素化物の1気圧下における沸点を示したものである。この図を見ると、以下の(i)、(ii)の傾向が見られる。

(i) H₂O, HF, NH₃を除くと、同族元素の水素化物の沸点は、周期が大きくなるにつれて上昇する傾向がある。

(ii) H₂O, HF, NH₃は、(i)の傾向に従わず、非常に高い沸点をもっている。

このような傾向が見られる原因を、(i)と(ii)各々について述べなさい。

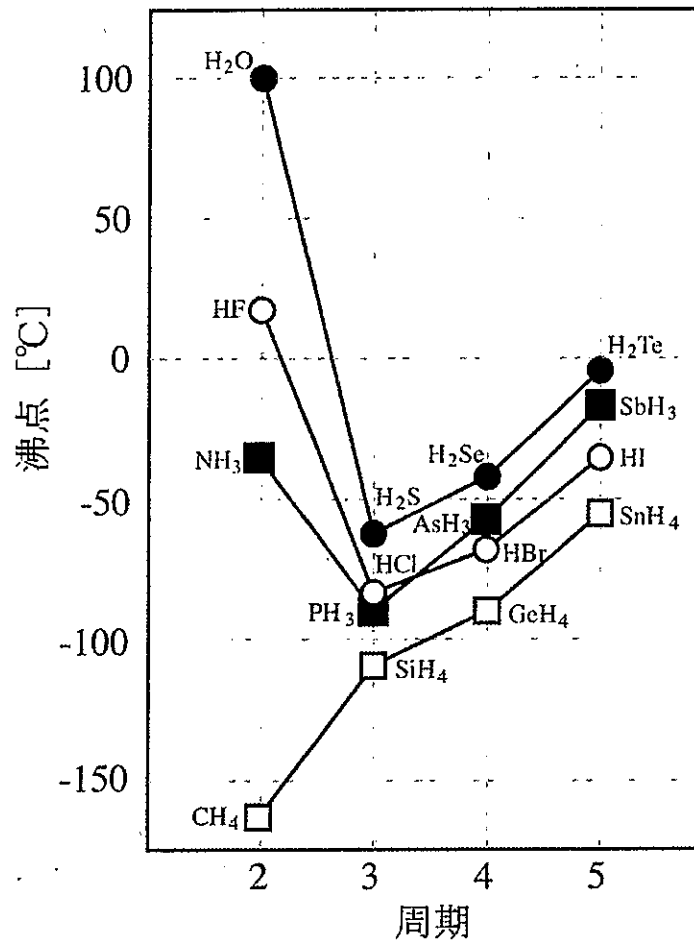
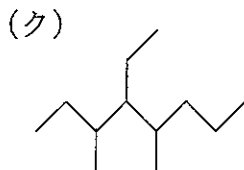
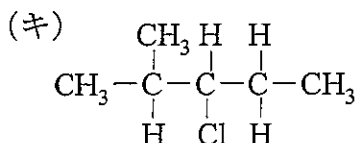
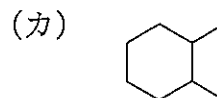
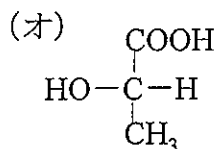
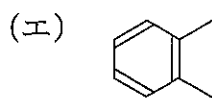
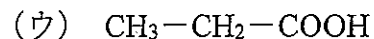


図2. 14族～17族の水素化物の沸点

問題3 有機化合物 (ア) ~ (ク) について、以下の問 1 ~ 問 4 に答えなさい。



- 問 1 化合物 (ア), (エ), (キ), (ク) の名称をそれぞれ答えなさい。但し、慣用名もしくは IUPAC 名のどちらで解答しても構わない。
- 問 2 化合物 (ア) ~ (カ) の中から立体異性体の存在するものを全て挙げ、記号で答えなさい。
- 問 3 化合物 (ウ) の構造異性体の中でアルデヒド基を有するものを全て挙げ、構造式で答えなさい。立体異性体がある場合は、その違いも分かるように図示しなさい。
- 問 4 化合物 (キ) に強塩基が作用し、 HCl の脱離反応が起きたときに最も多く生成する有機化合物の構造式を示しなさい。

G (生物学)

以下の問題1と問題2を、それぞれ別の解答用紙を用いて解答しなさい。

問題1 下記の文を読み問1～問6に答えなさい。

現在、地球上の総生物種数は1000万とも2億とも推定されている。これほどの多様な生物が生まれたプロセスには、進化と種分化が深く関わっている。

進化は、通常、集団内の①対立遺伝子頻度が世代間で変化することで生ずる。進化が起こる仕組みには、②遺伝的浮動と③自然選択がある。一方、種分化とは新種の形成のことを指し、1つの④種が2つ以上の種に分かれるときに起こる。集団がどんなに進化しても、⑤種分化がなければ新種は生まれず、生物の種多様性は増加しない。

近年は、生物種間の系統関係を分子系統樹から推測するなど、分子体系学が進化の研究に欠かせない存在となっている。分子体系学は、⑥ポリメラーゼ連鎖反応(PCR)法が発明されたことやコンピュータ技術の発達により大きく進展した。

問1 下線部①は、相同染色体上に対をなしている遺伝子を指す。たとえばエンドウの花の色を紫にする遺伝子と白にする遺伝子は、エンドウの花の色に関する対立遺伝子と呼ばれ、紫にする遺伝子は優性、白にする遺伝子は劣性であることが知られている。では、遺伝子が優性であるとはどういう意味なのか。エンドウの花の色を例として100字程度で説明しなさい。

問2 下線部②による進化には、ビン首効果(ボトルネック効果)が重要な役割を果たすことがある。遺伝的浮動におけるビン首効果を50字程度で説明しなさい。

問3 下線部②と③について、進化の仕組みが遺伝的浮動のみで、自然選択が働かなかったとすれば、目のような複雑な器官は進化しなかっただろうと言われる。それはなぜか、遺伝的浮動と自然選択の違いを明確にしながらか150字程度で説明しなさい。

問4 下線部④について、種の定義には様々なものがあるが、生物学的種概念では種はどのように定義されるか。30字程度で述べなさい。

問5 下線部⑤は一般的に、同所的に起こる場合より異所的に起こる場合が多いと考えられるが、それはなぜか。また、同所的種分化はどのようなときに起こるか。合わせて100字程度で述べなさい。

問6 下線部⑥に用いられている二本鎖DNAの特性を50字程度で説明しなさい。

問題2 生態学は生理生態学、個体群生態学、群集生態学、生態系生態学に区分することができる。以下の問1～問4に答えなさい。

問1 生理生態学、個体群生態学、群集生態学、生態系生態学を、お互いの違いが分かるように、それぞれ50～100字程度で説明しなさい。

問2 地球が温暖化した時に、生理生態学、個体群生態学、群集生態学、生態系生態学の観点で、それぞれの対象にどのような変化が起こることが考えられるか、具体的な例をあげて、それぞれ100字程度で述べなさい。

問3 個体群生態学では、以下のモデルがよく利用される。

$$1) \frac{dN(t)}{dt} = rN(t)$$

$$2) \frac{dN(t)}{dt} = r_{max} \frac{(K - N(t))}{K} N(t)$$

ここで、 $N(t)$ は時間 t における個体数、 r 、 r_{max} 、 K は、それぞれ増殖速度、最大増殖速度、環境収容力を表す正の定数とする。それぞれのモデルについて、 $t = 0$ での個体数を正の値 N_0 とした時の、 $N(t)$ の t による変化の特徴がわかるような図を描きなさい。

問4 個体群生態学の観点で、問3で示したモデルの意味を、1) と2) あわせて200字程度で述べなさい。

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 次の行列の行列式の値と逆行列を求めなさい。

$$\text{問1} \quad \begin{pmatrix} 1 & -1 & 2 \\ -1 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & -1 \end{pmatrix} \quad \text{問2} \quad \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

問題2 次の定積分の値を計算しなさい。

$$\text{問1} \quad \int_0^1 e^{x^2} x^3 dx$$

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

問題3 次の微分方程式の一般解を求めなさい。

$$\text{問1} \quad x \frac{dy}{dx} - 2y + 3x = 0$$

$$\text{問2} \quad x^2 \frac{dy}{dx} + 2 - 2xy + x^2 y^2 = 0$$

問題4 関数 $f(t)$ のフーリエ変換 $F(\omega)$ を

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt$$

と定義する。ここで i は虚数単位、 t と ω は実数である。次の関数のフーリエ変換を求めなさい。

$$\text{問1} \quad f(t) = \begin{cases} 1 & |t| \leq T \\ 0 & |t| > T \end{cases} \quad \text{ただし } T > 0 \text{ とする。}$$

$$\text{問2} \quad f(t) = e^{-|t|}$$

問題5 ある1本の円柱の直径と高さをそれぞれ独立に n 回測定した。測定された直径と高さから円柱の体積を推定することを考える。次の問1～問4に答えなさい。

- 問1 測定した直径と高さの平均値をそれぞれ \bar{D} と \bar{H} 、直径と高さの測定値とその平均値の差をそれぞれ ΔD と ΔH とする。円柱の体積 (V) は、直径 (D) と高さ (H) の関数として表わすことができる。円柱の体積を直径と高さの平均値まわりでテイラー展開した式を、 ΔD と ΔH の1次の項まで書きなさい。
- 問2 直径の測定値を $D_1, D_2, D_3, \dots, D_n$ とするとき、その平均値 \bar{D} と標準偏差 σ_D を求める式を書きなさい。
- 問3 問1の結果と分散の加法性 (*) を用いて円柱の体積の標準偏差を求める式を書きなさい。ただし高さの標準偏差を σ_H としなさい。
- 問4 10回の測定によって得られた直径の平均値と標準偏差がそれぞれ 2.866 mm と 0.012 mm、高さの平均値と標準偏差がそれぞれ 5.195 mm と 0.016 mm であった。これらの値を用いてこの円柱の体積の平均値と標準偏差を求めなさい。

(*) 分散の加法性：測定量 X と Y があり、分散がそれぞれ σ_x^2 と σ_y^2 と与えられるとき、 X と Y が独立ならば、 $Z = aX + bY + c$ の分散 (σ_z^2) は

$$\sigma_z^2 = a^2\sigma_x^2 + b^2\sigma_y^2$$

で表される。ここで a, b, c は定数である。