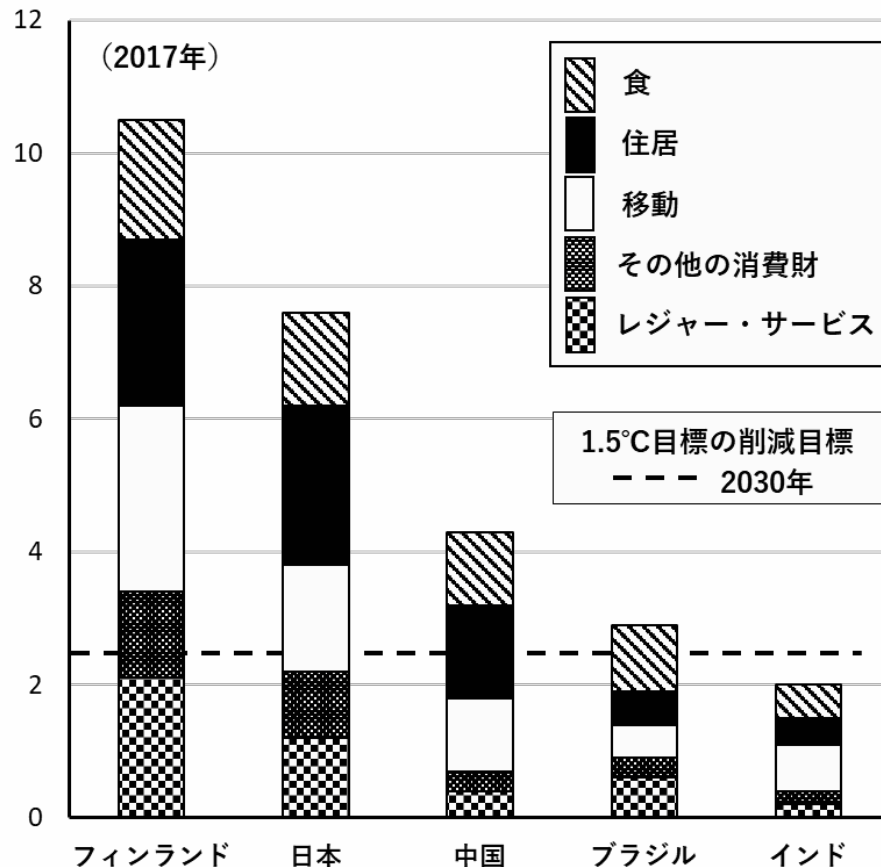


以下の問題を全て解答しなさい。

問題 私たちが消費する製品やサービスについて、資源の採取、素材の加工、製品の製造、流通、小売、使用、廃棄において生じる温室効果ガスの排出量を、CO₂に換算した値を「カーボンフットプリント」と呼ぶ。図1と図2を見て、問1から問3に答えなさい。

ライフスタイル・カーボンフットプリント (tCO₂e/人/年)*注1



問1 図1は各国1人当たりのライフスタイル・カーボンフットプリントを示している。「住居」には、建設・維持管理、水、電気、そのほかのエネルギーが含まれる。

日本および中国では「住居」に関連する1人当たりのカーボンフットプリントが「食」や「移動」と比較して大きい。

この理由を、カーボンフットプリントを高める要因の資源名を1つ挙げて50字程度で説明しなさい。

図1. 各国1人当たりのライフスタイル・カーボンフットプリントおよび1.5°C目標を達成するための削減目標 [小出ら(2020)を改変]

*注1 単位 CO₂e は二酸化炭素換算 (Carbon Dioxide Equivalent)

問2と問3は次ページにつづく

問2 図2は日本人1人当たりの食料需要量または「食」に関連するカーボンフットプリントに対する各食料項目の割合(%)を示している。

(1) 肉類ではその需要量と比較してカーボンフットプリントの割合が全体の23%と高い。

この理由として考えられることを、それに関わる温室効果ガスを2つ以上挙げて100字程度で説明しなさい。

(2) 穀類に含まれるコメでは、栽培時にカーボンフットプリントの割合が高くなる。

この理由として考えられることを、それに関わる温室効果ガスを1つ挙げて50字程度で説明しなさい。

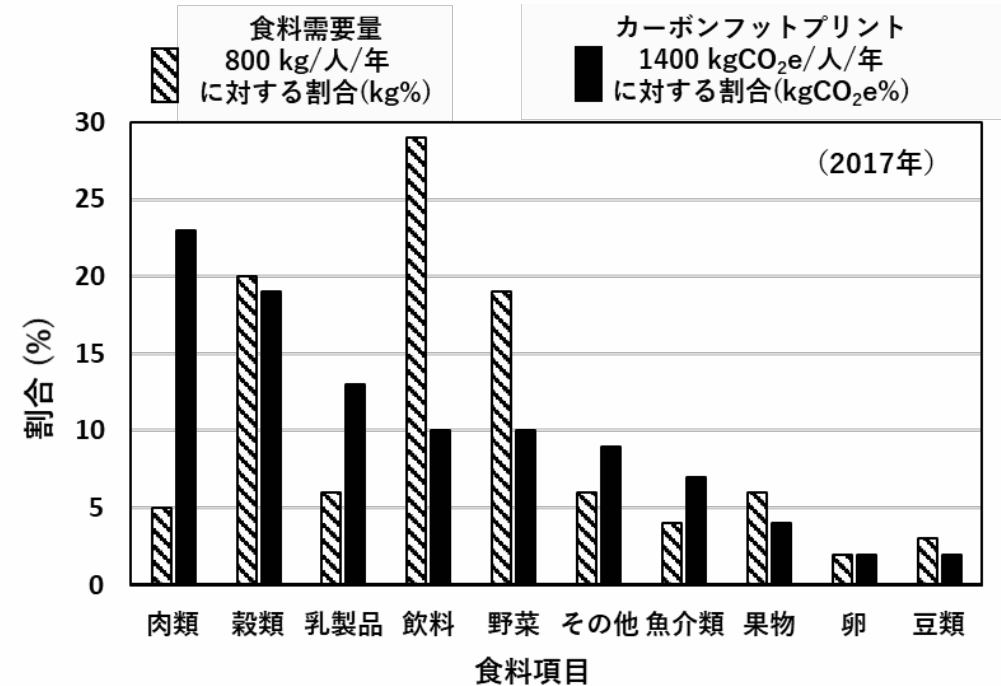


図2. 日本人1人当たりの食料需要量800 kg/人/年または「食」に関連するカーボンフットプリント 1400 kgCO₂e/人/年に対する各食料項目の割合(%)

[小出ら(2020)を改変]

問3 図1の2030年の削減目標とは、気候変動枠組条約のパリ協定における、産業革命前からの地球の平均気温上昇を1.5℃に抑える努力を継続するための、世界共通の1人当たりのライフスタイル・カーボンフットプリントの目標である。この1.5℃目標の達成に向け、低炭素社会の実現により、日本では1人当たりのライフスタイル・カーボンフットプリントを、2017年値に対して2030年までに67%削減する必要がある。

日本人がカーボンフットプリントを大幅に削減しうる今後のライフスタイルの提案を、下記の(1)から(3)に示した3つの観点から、それぞれ100字程度で説明しなさい。

(1) 「食」 (2) 「住居」 (3) 「移動」

以下の問題 1, 問題 2 を全て解答しなさい。

問題 1 以下の問 1～問 4 を全て解答しなさい。

問 1 「タクソン区間帯」とは、特定のタクソン（種、属などの分類単位）の産出で定義される生層序単元のひとつである。図 1 は化石種 **a** の産出で定義される「タクソン区間帯」の概念図で、地域によって化石種の存続期間に差が生じる場合があることを示している。化石種の出現年代、絶滅年代の地域差が生じる理由を、それぞれ 2 行程度で説明しなさい。

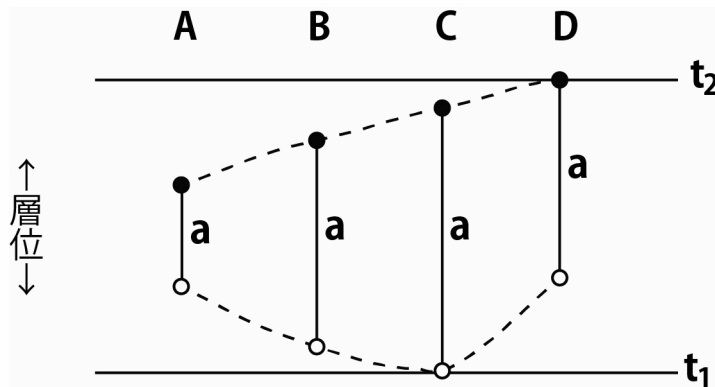


図 1. タクソン区間帯の概念図

A–D: 地理的に離れた独立の層序断面

○: 各層序断面における化石種 **a** の産出下限

●: 各層序断面における化石種 **a** の産出上限

t_1, t_2 : 同時間面

破線: 化石種 **a** の産出で定義されるタクソン区間帯

[日本地質学会訳編 (2001) を改編]

問 2 出現、絶滅の年代の地域差が少ないと考えられる化石の例を一つあげなさい（分類群名でよい）。

問 3 ある地層のおよその地質年代が、産出化石から判明しているとする。古地磁気測定によって、さらに年代を絞り込む場合、化石から推定される年代範囲で地磁気の極性がどのような変化をしていると、絞り込みに有利であるか、2～3 行程度で説明しなさい。

問 4 古地磁気の獲得プロセスには、熱残留磁化と堆積残留磁化があるが、これらの磁化プロセスについて、両者の違いがわかるように 3 行程度で説明しなさい。

問題 2 図 2 に示される地域には付加体が分布し、岩相や年代に基づいてユニット A からユニット E の 5 つのユニットに区分されている。各ユニット境界は衝上断層（スラスト）で境され、断層面は三角マークのついている方向に傾斜している。図 3 の柱状図 1 と柱状図 2 はそれぞれユニット B とユニット C の層序を表している。これらを踏まえて以下の問 1 ～問 5 を全て解答しなさい。

問 1 図 2 中の斜線で示した部分にはユニット A からユニット E のどのユニットが分布するか答えなさい。各ユニットは本来数十 km の広がりをもったシート状の形態をなすものとする。また、この部分の地質構造名（シンフォームを除く）を答えなさい。

問 2 付加体中には多くの衝上断層が存在している。この理由を、付加体の形成場とプレート運動に関係づけて 3 行程度で答えなさい。

問 3 図 3 の柱状図 1 において、a, b, c の層準から微化石や年代測定によって、その形成・堆積年代が明らかになった。a, b, c のそれぞれの年代に、どこで、どのようなイベントがおこったかを、プレート運動と関連づけて答えなさい。

問 4 ユニット C のみ他と異なった図 3 の柱状図 2 の層序をもつ。この石灰岩は浅海性で a と b の間の年代を示す化石を含む。柱状図 2 の玄武岩と石灰岩はどのように形成されたと考えられるか、3 行程度で答えなさい。

問 5 a～b までの時間はどのような要因によって変化するか。その要因を 2 つ挙げ、それぞれについて a～b の時間との関係を説明しなさい。

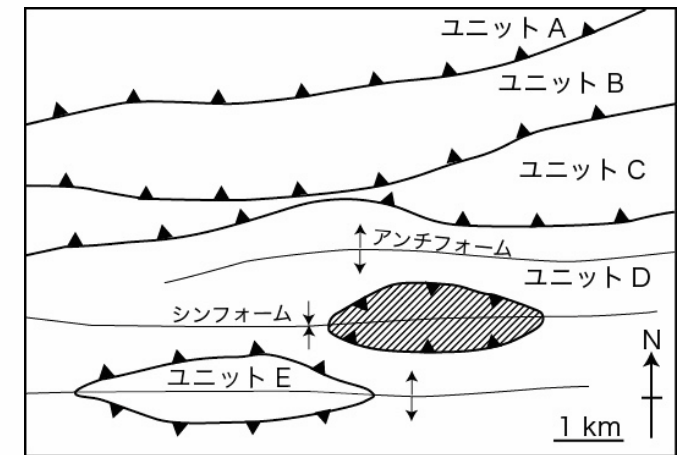


図 2. ある地域の付加体のユニット区分図

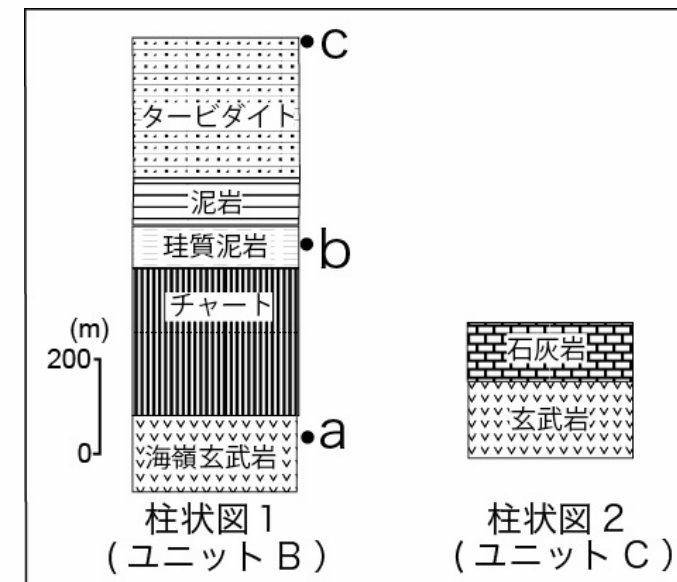


図 3. ユニット B とユニット C の柱状図

以下の問題1～3を全て解答しなさい。

問題1 火成岩の薄片を偏光顕微鏡を用いて観察したところ、図1のような鉱物組合せと組織が観察された。問1～問3を全て解答しなさい。

問1 図1に見られるような鉱物組合せと組織を有する岩石として適切な名称を答えなさい。

問2 図1のような組織が観察される場合、鉱物が晶出した順序を答えなさい。また、そのように考えた理由を、鉱物の形に着目して2～3行程度で説明しなさい。

問3 直方輝石と単斜輝石の偏光顕微鏡下での特徴の違いを1～2行程度で述べなさい。

問題2 図2はForsterite-Enstatite-Diopside系の相平衡図である。下記の問いにすべて答えなさい。ただし、系は平衡状態を保っており、分別結晶作用はおこらないものとする。問1～問3を全て解答しなさい。

問1 点Xと点Yの2つの組成を持つメルトが冷却する場合、晶出する固相の名称をそれぞれ高温から低温の順に答えなさい。

問2 点Xと点Yの2つの組成を持つメルトが冷却してすべて固相になる直前の最後に残ったメルトの組成について、Forsterite, Enstatite, Diopside成分の量比をそれぞれ答えなさい。（右に示す図2の目盛が読み取れない場合は、次ページに示す図2の拡大図を参照すること）

問3 点Xと点Yの2つの組成を持つメルトが冷却して完全に固相になった場合の適切なかんらん岩の分類名称をそれぞれ答えなさい。

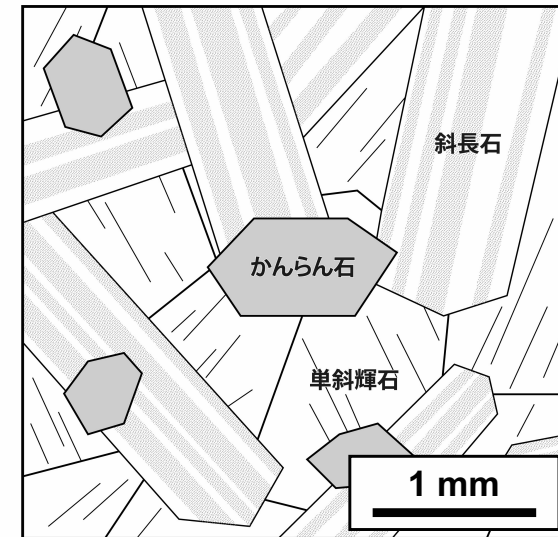


図1. ある岩石の偏光顕微鏡下での薄片のスケッチ
[ニューステージ新地学図表より引用]

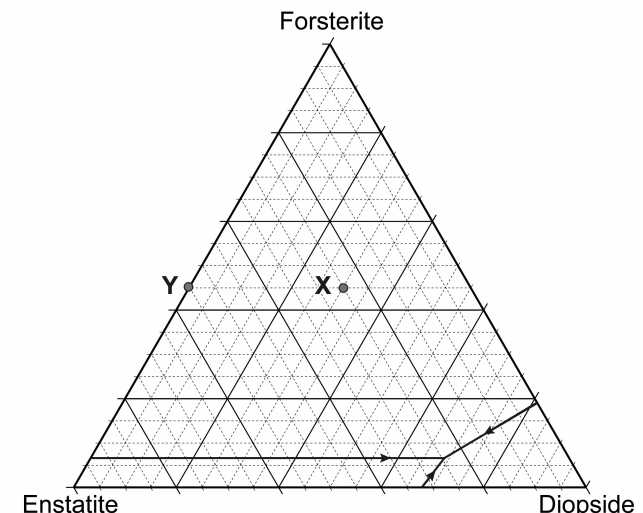


図2. 無水、2GPa下のForsterite-Enstatite-Diopsideの模式的相平衡図 [Kushiro (1969)にもとづく]。成分は重量%で示されている。矢印は温度が下がる方向を示している。問題解答のため一部の情報を省略

問題1,2はここまで、図2の拡大図を次ページに示す

問題 2 図 2 の拡大図

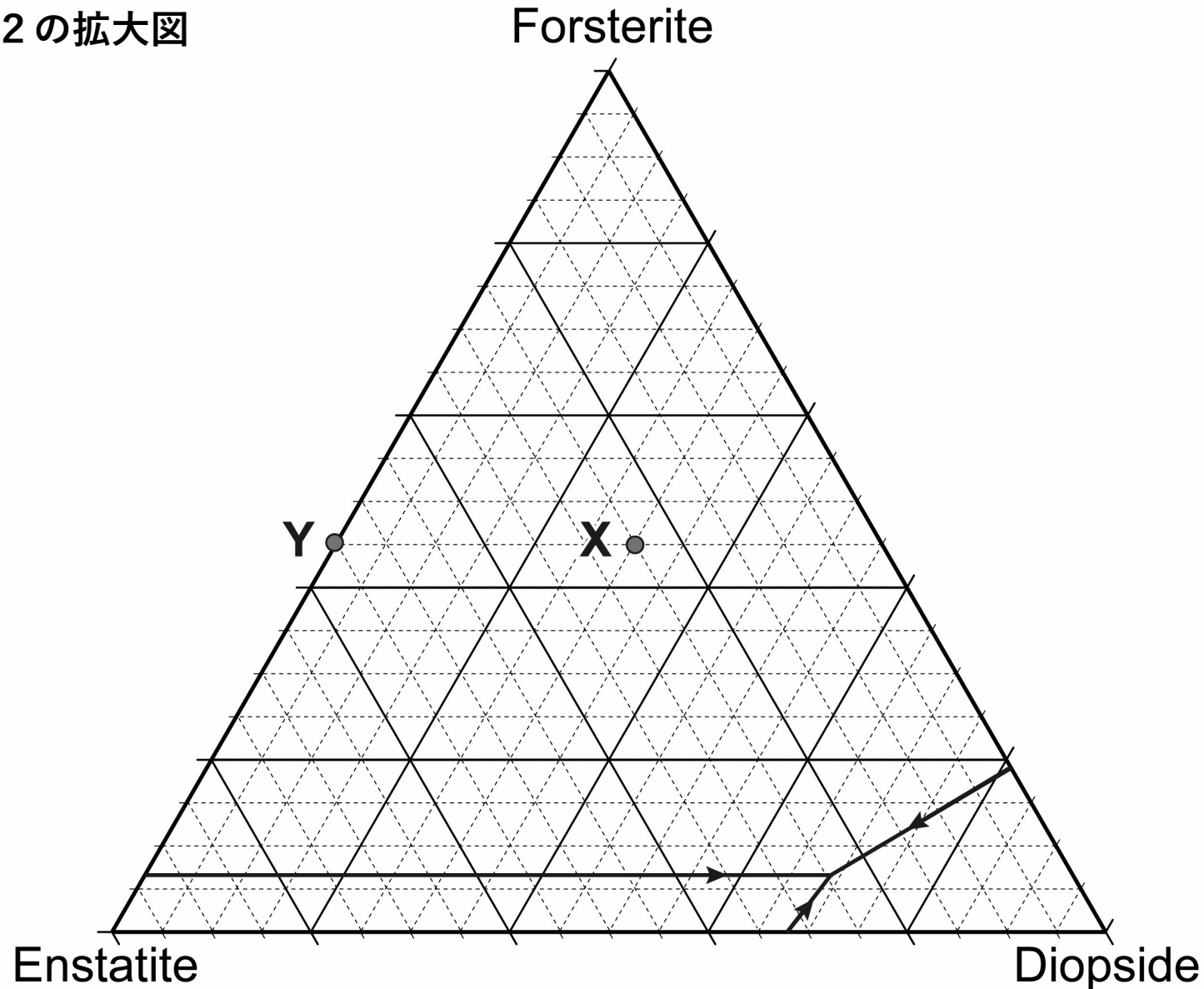


図 2. 無水, 2GPa下のForsterite-Enstatite-Diopsideの模式的相平衡図 [Kushiro (1969)にもとづく]. 成分は重量%で示されている. 矢印は温度が下がる方向を示している. 問題解答のため一部の情報を省略

問題 3 海底地形と海洋プレートに関する以下の問 1 ～問 2 を全て解答しなさい。

問 1 太平洋プレートは、中央海嶺で形成された後、北西方向に移動して海溝で地球深部に沈み込んでいる。

(1) 太平洋プレートを形成している中央海嶺の名称を答えなさい。

(2) 太平洋プレートが沈み込んでいる海溝の名称を 3 つ答えなさい。

(3) プレート運動の駆動力を 3 つ答えなさい。

問 2 図 3 に関して、以下の問いに答えなさい。

(1) 図 3 a は、地球のヒプソメトリックカーブである。このヒプソメトリックカーブから読み取ることができる地形的特徴を答えなさい。

(2) 図 3 b は、アイソスタシーが成立した大陸地殻と海洋地殻の模式図である。ここで大陸地殻と海洋地殻の厚さをそれぞれ 30 km と 6 km、海水の厚さを 4 km とする。このとき、大陸地殻の上面はどのくらいの標高(H)になるのか計算しなさい。ただし、大陸地殻と海洋地殻の密度をそれぞれ 2800 kg/m^3 、 3000 kg/m^3 とし、海水とマンツルの密度をそれぞれ 1000 kg/m^3 、 3300 kg/m^3 とする。また、計算式も解答用紙に記入しておくこと。

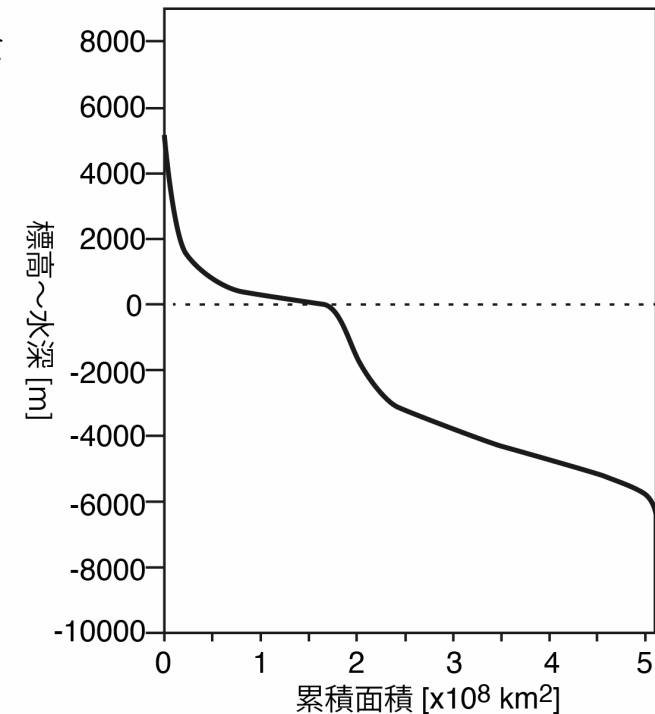


図 3 a. 地球のヒプソメトリックカーブ
[Eakins and Sharman (2012)をもとに作成]

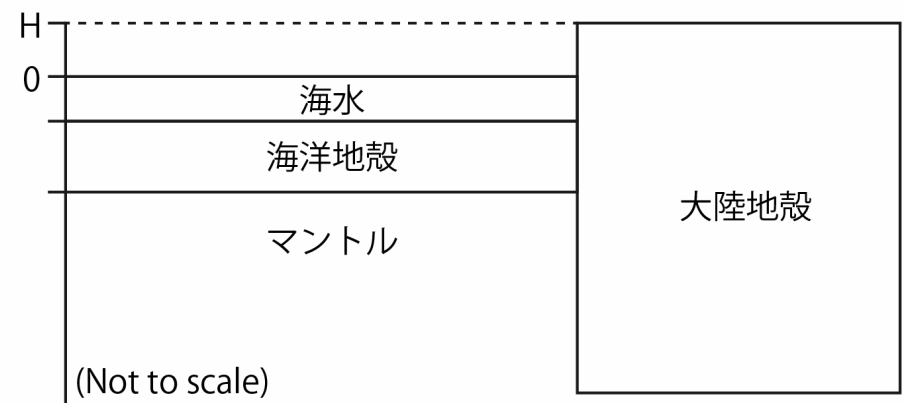


図 3 b. アイソスタシーが成立した海洋地殻と大陸地殻の模式図

海洋におけるSr濃度がいまだ上昇しているという説と長期間にわたって一定であるという説がある。海水中のストロンチウム(Sr)について、問1から問4に答えなさい。

問1 海洋に供給されるSrの量が常に一定とする場合、海水中のSr濃度が定常状態になる条件を示しなさい。

問2 海洋に供給されるSr量と海洋におけるSrの沈積量を比較すると、海洋におけるSrの収支についての情報を得ることができる。ただし、実際にこれらの値を正しく決定することは容易ではない。そこで炭酸カルシウムにSrが濃縮する特性を利用して、海洋におけるSrの収支を検討してみる。以下の文章の ア から オ に適切な数値または式を示しなさい。

「海水は炭酸カルシウムについて飽和していることがわかっている。陸から供給されるカルシウム(Ca)の全量が堆積物に移行すると考える。Ca濃度が C_{Ca} 、Sr濃度が C_{Sr} である火成岩が質量 W だけ風化され、Ca濃度が C'_{Ca} 、Sr濃度が C'_{Sr} である海洋堆積物が質量 W' だけ生成するとする。

この場合、 $C_{Ca}W = \text{ア}$ 、 $C_{Sr}W = \text{イ}$ となり、以下の関係がある。

$$\frac{C_{Sr}}{C_{Ca}} = \text{ウ}$$

海洋堆積物の90%が粘土、10%が炭酸塩とし、表1のデータを用いて海洋堆積物のSrの平均濃度を計算すると、 $C'_{Ca} = \text{エ}$ %、 $C'_{Sr} = \text{オ}$ ppmとなる。Wedepohl (1995)により報告された地殻の元素存在度は、 $C_{Ca} = 3.85\%$ 、 $C_{Sr} = 333 \text{ ppm}$ である。これらの値と比較すると、Srの沈積量が供給量を若干上まわっているが、この検討に用いた値の推定誤差を考えるとほぼつり合っていると考えてよさそうである。」

表1 海洋性粘土と海洋性炭酸塩のCa及びSrの濃度

	Ca (%)	Sr (ppm)
海洋性粘土	1.37	278
海洋性炭酸塩	15.9	1590

問3 海水中のSr濃度が地質時代を通して上昇している場合、どのようなメカニズムが考えられるか説明しなさい。

問4 海水は炭酸ストロンチウムについて飽和していないと考えられている。その理由として炭酸塩にSrが濃縮するメカニズムが考えられる。Srが炭酸塩に濃縮するメカニズムについて100字程度で説明しなさい。

以下の問題1, 問題2を全て解答しなさい.

問題1 長さ $2L$, 質量 M の一様な棒の一端を滑らかな水平面に接するように置き, もう一端を角度 $\theta = \theta_0$ となるまで持ち上げた (図1). 時刻 $t=0$ で静かに手を離した. 重力加速度の大きさは g とする. 棒の太さは無視してよい. 以下の問1～問4に答えなさい.

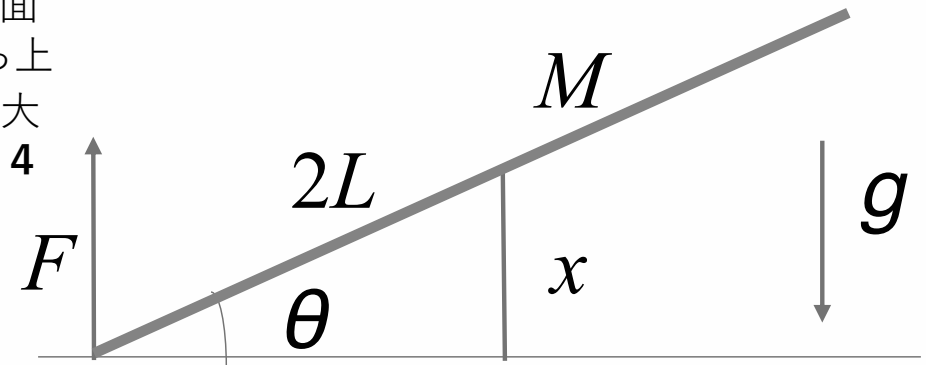


図1

- 問1** 棒の重心を通り, 棒に垂直な軸の周りの慣性モーメントを求めなさい.
- 問2** 水平面からの抗力の大きさを F , 時刻 t における棒の重心の高さを $x(t)$ とする. $x(t)$ について運動方程式を求めなさい.
- 問3** 角度 $\theta(t)$ に対する, 回転の運動方程式を求めなさい.
- 問4** $\theta_0 \ll 1$ の時, $\theta=0$ となる時刻を θ_0 , L , g を用いて表しなさい.

問題 2 断面積 S のシリンダーの中に n モルの理想気体が封入されている (図2) . 質量 M のフタはシリンダーを上下に滑らかに移動できる. シリンダー底面から測ったフタの高さを x とする. モル気体定数を R , 重力加速度を g とする. 気体の温度 T は一定とする. 以下の**問 1** ~ **問 4** に答えなさい.

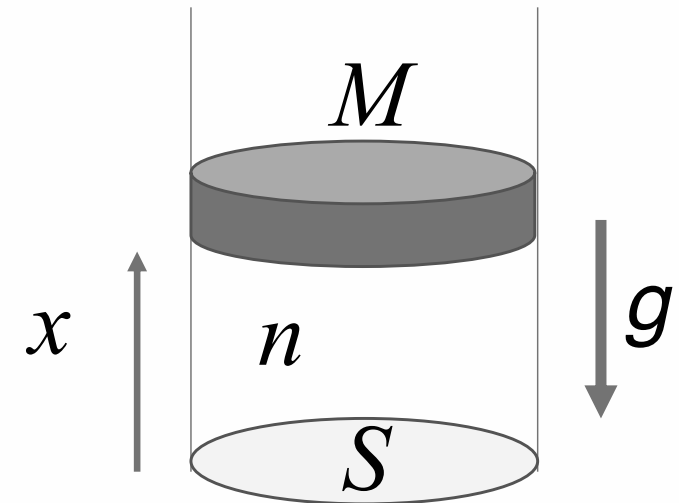


図 2

問 1 フタが静止している時のシリンダー底面からの高さ x_0 を求めなさい.

問 2 フタにかかる力を, x_0 からのずれ $u = x - x_0$ の関数として求めなさい.

問 3 常に $|u|/x_0 \ll 1$ とみなせる場合, **問 2** で求めた力を u/x_0 でマクローリン展開し, u/x_0 の1次の項を求めなさい.

問 4 **問 3** の結果を用いてフタの運動方程式を解き, 時刻 t の関数としてずれ $u(t)$ を求めなさい. ただし時刻 $t=0$ で $du/dt = 0, u = u_0$ とする.

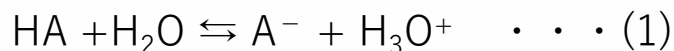
酸・塩基に関する次の文章を読んで、以下の問 1 から問 5 に答えなさい。

ブレンステッド・ローリーの定義では、酸とはプロトン(H^+) を与える物質であり、塩基とはプロトンを受け取る物質である。例えば、 HCl は水中では解離して、プロトンをもつ H_2O 分子に与えて H_3O^+ イオンと Cl^- イオンを生じる。この場合、ア が酸、イ が塩基と見なすことができる。アンモニアを水に溶かすとウ が塩基として働き、エ が酸として働く。このように H_2O 分子は、 H^+ を受け取ることのできるO原子上の非共有電子対と、 $\text{O}(\delta^-)-\text{H}(\delta^+)$ に分極した結合をもち、相手によって塩基としても酸としても振る舞うことができる。

問 1 文中のア からエ に入れる物質として、 HCl 、 NH_3 、 H_2O のいずれか適切なものを答えなさい。

問 2 H_2O 分子は共有電子対、非共有電子対をそれぞれ何個持っているか答えなさい。また、共有電子対を「 $-$ 」(線)で、非共有電子対を「 $\cdot\cdot$ 」(2つの点)として、水分子の構造を模式的に図示しなさい。

問 3 酸の強さを定量的に表す指標として酸解離定数 K_a が用いられる。 HA を酸とすると、 HA の酸解離定数 K_a は以下の反応(1)の平衡定数として定義される。

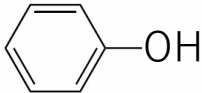


- (a) K_a はどのような式で表されるか答えなさい。ただし、化学種のモル濃度を角カッコ $[\]$ で表しなさい。
(b) K_a は非常に広い範囲にまたがる数値となり、比較するのに不便であるため、通常は $\text{p}K_a$ が用いられる。 $\text{p}K_a$ の値が大きいほど、酸性度はどうなるか答えなさい。

問4 次の(a)~(c)のそれぞれ3つの化合物を，酸性度の最も低いものから順に，左から右に並べ替えなさい。また，そのように考えた理由を，(a)~(c)についてそれぞれ簡単に記しなさい。

(a) CH_3COOH ， CF_3COOH ， CCl_3COOH

(b) CH_4 ， $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ， $\text{CH}\equiv\text{CH}$

(c) CH_3COOH ， $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ，

問5 Na_2CO_3 と NaOH の混合水溶液20.0 mLを $0.100\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ の HCl で滴定したところ，第1中和点までに30.0 mL，第2中和点までに40.0 mLを要した。このとき，次の問いに答えなさい。

- (1) 第1中和点までに起こる反応を示しなさい。
- (2) 第1中和点から第2中和点までに起こる反応を示しなさい。
- (3) 第1中和点，第2中和点の終点の確認に用いる指示薬として最も適切なものをそれぞれ以下から選びなさい。

メチルオレンジ，ブロモチモールブルー(BTB)，フェノールフタレイン

- (4) 最初の混合水溶液中の NaOH 及び Na_2CO_3 のモル濃度を求めなさい。
- (5) 大気中で滴定を行っていると，真の終点からズレが生じることがある。第1中和点，第2中和点は真の終点からどのようにズレるか，理由とともに記しなさい。

以下の問題1， 問題 2， 問題 3 の中から 2つを選択し， 解答しなさい。

問題 1 図 1 は約2.5億年前に存在した超大陸パンゲアであり， それまで分かれていた大陸群が移動・合体して形成された． 約2.5億年前はペルム紀の終わりにあたり， 地球史上最大の生物絶滅が起こっている． 海洋生物種の96％が， そして全生物種でも90％以上が絶滅したとされ， その原因には火山説， 隕石衝突説， メタン説， 超大陸説など諸説ある． 以下の設問に答えなさい．



図 1． 超大陸パンゲアの様子（海洋開発研究機構HP）

問 1 超大陸説とは，『分かれていた大陸が合体し超大陸を形成したことによって大絶滅が引き起こされた』というものである． 海洋生物の生息場と陸域の気候に着目して， ペルム紀末の大量絶滅の原因をこの超大陸説に基づいて説明しなさい（200字以内）．

問 2 大量絶滅は新たな生物群の爆発的な多様化の引き金でもある． それはなぜか説明しなさい（200字以内）．

問題 2 被食者は、捕食者に攻撃される確率を下げる、適応的な形質を備えている。例えば、背景と被食者を見分けにくくする体色は [ア] 色と呼ばれる。また、^(a) 鮮やかな模様や色で化学的防御をもつことを示す体色は [イ] 色と呼ばれる。被食者が別の種を「ものまね」した適応を [ウ] という。

これらの適応は [エ] の結果である。例えば ^(b) 体色がより捕食者に見つかりにくい個体はそうでない個体よりも捕食されにくく、より大きな相対適応度（他個体と比較した場合の次世代の遺伝子プールに対する貢献）を得る可能性がある。

体色・模様と行動は関連していることがあり、これも適応の一種と考えられる。ガーターヘビの体色には変異があり、背景に溶け込むような模様をもつ個体は、近づくとき ^(c) （すぐに逃げる／動きを止める） 傾向をもつが、動きの速さがわかりにくい縞模様の個体は ^(d) （すぐに逃げる／動きを止める）。また、アオアシカツオドリの雌は、明るい青色の足の雄を好み、雄は色鮮やかで魅力的な足を頻繁に見せる求愛ディスプレイを行う。特定の特徴をもつ個体が他の個体より交尾機会を多く得る [エ] の一型を [オ] という。

問 1 [ア], [イ], [ウ], [エ], [オ] に適切な用語を記しなさい。

問 2 下線部 (a) の例となる生物名を1つ挙げなさい。

問 3 下線部 (b) について、どのような観察もしくは実験を行えば検証できるか、例を1つ挙げて説明しなさい（100字以内）。

問 4 下線部 (c) と (d) について、「すぐに逃げる」「動きを止める」のどちらかを選びなさい。

問題 3 以下の問にすべて答えなさい。

問 1 細胞の原形質膜は、リン脂質によって主に構成される。原形質膜の中で、リン脂質がどのように配列しているかが分かるように断面図を描き、膜の構造がどのように保たれているかを100字以内で説明しなさい。

問 2 真核細胞の細胞小器官のうち、二重の原形質膜で包まれているものをすべて挙げ、名称を答えなさい。また、細胞膜、先に挙げた細胞小器官の二重膜、及び、それらからつながる内膜系を含む、真核細胞の原形質膜の分布を模式図で示しなさい。

問 3 細胞内共生によって真核細胞が形作られたプロセスを説明する仮説のひとつに、2段階仮説がある。この2段階仮説に従う場合、問2で挙げた細胞小器官の二重の膜構造がそれぞれどのように形成されたかについて、これらが形成された順序に従って、あわせて250字程度で説明しなさい。

以下の問題1～問題5を全て解答しなさい。答案には計算過程を書きなさい。

問題1 次の行列の固有値と固有ベクトルをすべて求めなさい。

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 4 & 3 \\ 0 & 3 & 1 \end{pmatrix}$$

問題2 次の定積分の値を計算しなさい。

$$\int_0^{\frac{\pi}{4}} \frac{1}{\cos \theta} d\theta$$

問題3 次の常微分方程式の一般解を求めなさい。

$$\frac{dy}{dx} + y \cos x = \sin 2x$$

問題4 区間 $-\pi \leq x \leq \pi$ における区分的に連続な周期関数のフーリエ級数展開は以下のように与えられる. ここで n は正の整数である.

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

以下の問1, 問2に答えなさい.

問1 次の関数のフーリエ級数展開を求めなさい.

$$f(x) = \pi - |x| \quad (-\pi \leq x \leq \pi)$$

問2 問1の結果を用いて以下の無限級数の和 S を求めなさい.

$$S = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^2}$$

問題5 あるメール判定システムは, 迷惑メールであればその90%を迷惑メールとして検出するが, 迷惑メールでないメールの5%を迷惑メールとして検出してしまう. 受信した100通のメールのうち60通が迷惑メールであるとする. 以下の問1, 問2に答えなさい. 答えは分数でよい.

問1 システムによって, 届いたメールが迷惑メールに判定される確率を求めなさい.

問2 システムが迷惑メールと判定したメールが, 本当に迷惑メールである確率を求めなさい.