

平成28年度 名古屋大学大学院環境学研究科
地球環境科学専攻 大気水圏科学系
博士課程(前期課程) 普通入試 筆記試験問題

【専門科目】

試験日時: 平成27年8月20日(木) 13:30~16:30

(注意事項)

- (1) 解答開始の合図があるまでこの問題冊子を開いてはならない。
- (2) 下記の7科目のうちから2科目を選択し、解答しなさい。
 - ・地球環境学 ・地球物理学 ・地球化学
 - ・物理学 ・化学 ・生物学
 - ・数学
- (3) 解答用紙は問題冊子とは別に配布する。
- (4) 解答用紙は各科目につき2枚ずつである。「物理学」・「生物学」については、問題ごとに別の解答用紙を使用すること。
- (5) 解答用紙は所定の枚数以上を使用してもかまわない。配布された解答用紙では不足する場合、監督者まで申し出ること。
- (6) 解答用紙のすべてに受験番号および科目を記入すること(氏名は記入しない)。
- (7) 解答には黒の鉛筆かシャープペンシルの使用を推奨する。
- (8) 試験に際して、監督者が配付する電卓を使用してもよい。
- (9) 携帯電話やPHSの電源を切ってカバン等にしまうこと。身につけていてはいけない。
- (10) 試験時間は13時30分から16時30分までである(開始後30分までは入室可)。
- (11) 試験中に気分が悪くなるなど、必要な場合は監督者に申し出ること。
- (12) 試験問題の内容に関する質問は一切受け付けない。
- (13) 試験終了後、問題冊子は持ち帰ってよい。

・選択した2科目を○で囲みなさい。

| | | | |
|-------|-------|------|-----|
| 地球環境学 | 地球物理学 | 地球化学 | 物理学 |
| 化学 | 生物学 | 数学 | |

・下欄に受験番号と提出する解答用紙の枚数を記入し、この表紙を問題冊子から取り外して、解答用紙の上に重ねて提出しなさい。

| | | | |
|------|--|-------------|---|
| 受験番号 | | 提出する解答用紙の枚数 | 枚 |
|------|--|-------------|---|

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。

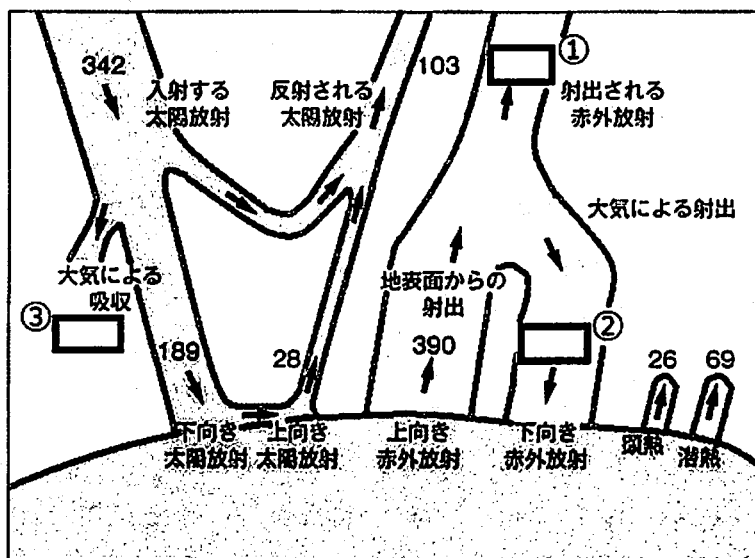


図1. 地球の大気・地表系のエネルギーフラックスの年平均値 ($W m^{-2}$) (出典：総合地球環境学研究所編『地球環境学事典』p. 28)

放射強制力因子

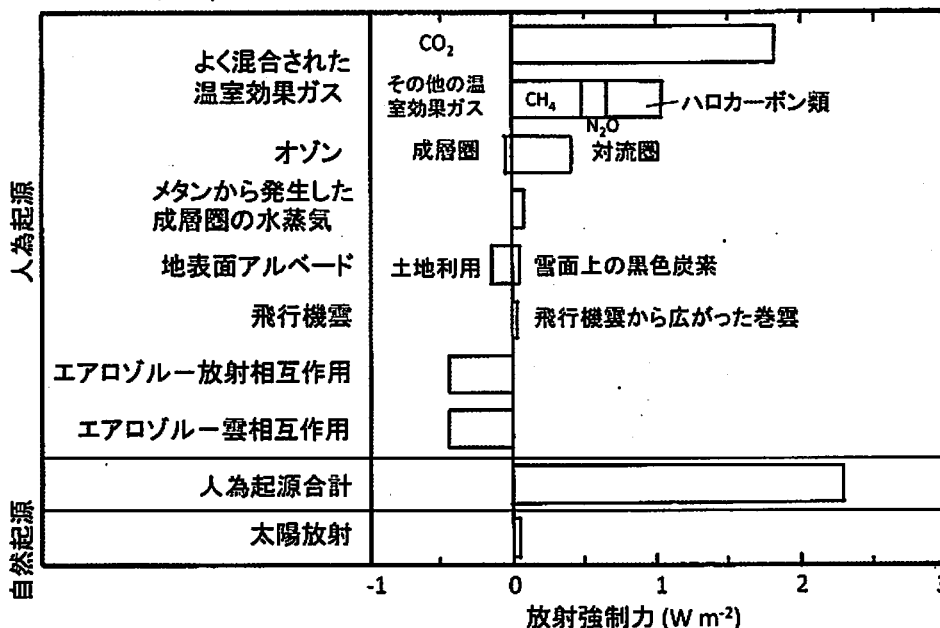


図2. 西暦1750年を基準とした2011年における放射強制力の推定値。正(負)の放射強制力は気候を温暖化(寒冷化)させる。(出典：気候変動に関する政府間パネル第5次評価報告書を一部改変)

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)

地球物理学

次の問題に解答しなさい。解答用紙には計算過程も書きなさい。

問題 図1は、本問の設定を概念的に示したものである。水平方向に無限の広がりを持つ気温 T の一様な大気層を考え、大気層は短波放射(太陽放射)に対しては完全に透明であり、長波放射(地球熱放射)に対しては有限の射出率 ϵ をもつとする。大気は局所熱力学平衡にあると仮定し、 $0 < \epsilon \leq 1$ である。このとき、大気層が射出する熱放射フラックスは、層上面及び下面において各々 $\epsilon\sigma T^4$ である。ここで σ はステファン・ボルツマン定数である。また、外部から入射する放射フラックス F があるとき、大気層内で吸収される放射エネルギーは ϵF 、透過するエネルギーは $(1-\epsilon)F$ である。以下の問1~問3にすべて答えなさい。

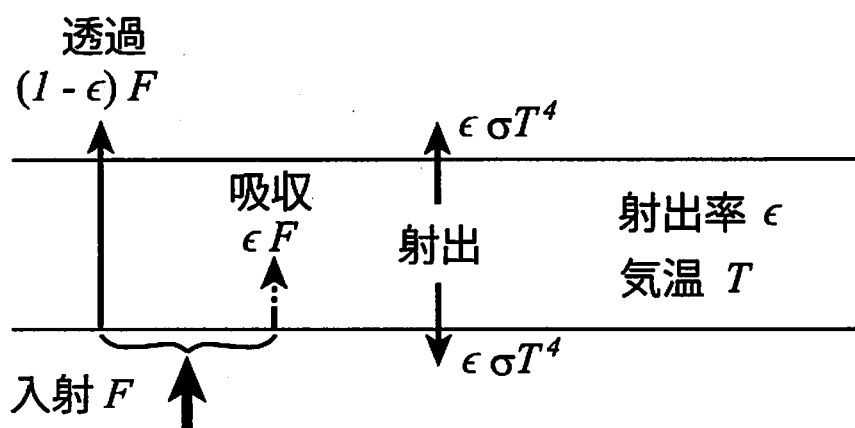


図1

問1 まず、地球大気を気温 T 、射出率 ϵ の一様な大気一層で近似する(図2)。地表面を温度 T_s の黒体とみなし、大気上端から下向きに入射する長波放射は無視できるとする。大気が放射平衡にあるとき、 $T^4 = \frac{1}{2}T_s^4$ と表せることを示しなさい。

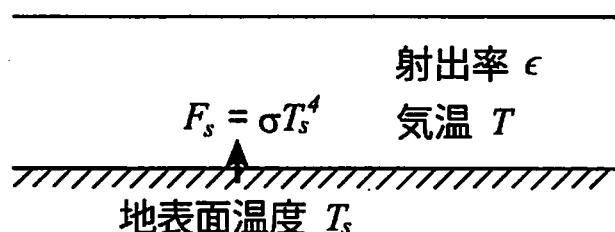


図2

問 2 次に、各々一様な二つの大気層で地球大気が構成されると考える(図3)。下層は気温 T_1 および射出率 ϵ_1 、上層は気温 T_2 および射出率 ϵ_2 を持ち、地表面は問1と同様に温度 T_s の黒体とし、大気最上端における下向き長波放射はないものとする。二層の大気は各々放射平衡にあると仮定し、以下の設問に答えなさい。

- (1) 二層の境界面における上向き放射フラックス F_{up} (上向きを正とする)と下向き放射フラックス F_{dn} (下向きを正とする)をそれぞれ求めなさい。解答に当たっては $\sigma, T_1, \epsilon_1, T_2, \epsilon_2, T_s$ のうち必要なものを用いなさい。
- (2) T_1 および T_2 をそれぞれ $\epsilon_1, \epsilon_2, T_s$ を用いて表しなさい。
- (3) T_s および ϵ_1 を一定に保ちながら ϵ_2 を増加させたとき、 T_1 と T_2 はいずれも単調に増加することを示しなさい。
- (4) T_s および ϵ_2 を一定に保ちながら ϵ_1 を増加させたとき、 T_1 と T_2 はいずれも単調に減少することを示しなさい。

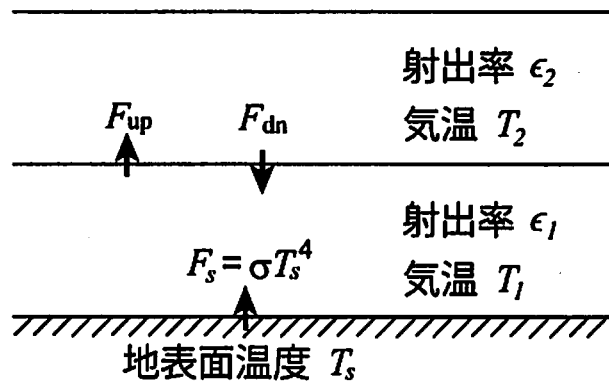


図 3

問 3 地球大気の長波射出率にもっとも寄与する大気成分は水蒸気である。そこで、問2で考えた二層モデルにおいて、 ϵ_1 を対流圏下層の水蒸気に起因する射出率、 ϵ_2 を対流圏上層の水蒸気に因る射出率と考える。水蒸気の変動に対して予期される気温の変化について、以下の設問に答えなさい。

ただし、ここで考える変動の時間スケールは気候学的尺度より充分短く(10日程度)、大気自身は放射平衡状態にあると見なせるが、地表面と大気は熱的平衡にないため地表面温度に変化はないと考える。簡単のため対流による気温調節は考慮せず、また射出率に寄与する水蒸気以外の成分はすべて一定であると仮定する。

- (1) 対流圏上層で水蒸気が増加したとき、対流圏の気温はどのように変化するか? 問2の解答を踏まえ、定性的な物理的解釈を交えて説明しなさい。
- (2) 対流圏下層で水蒸気が増加したとき、対流圏の気温はどのように変化するか? 問2の解答を踏まえ、定性的な物理的解釈を交えて説明しなさい。

地球化学

問題 1～問題 3 を全て解答しなさい。

問題 1 下記の問 1～問 4 に答えなさい。

二酸化炭素は水に溶解し、すみやかに平衡に達する性質を有している。二酸化炭素と平衡にある水の溶解平衡と解離平衡は次の 3 つの式で表すことができる。



ここで、式 (1) の溶解平衡定数を $K_H = [\text{H}_2\text{CO}_3]/p_{\text{CO}_2}$ 、式 (2) 及び式 (3) の解離平衡定数をそれぞれ $K_1 = [\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]/[\text{H}_2\text{CO}_3]$ 、 $K_2 = [\text{H}^+][\text{CO}_3^{2-}]/[\text{HCO}_3^-]$ とする。なお、 p_{CO_2} は気相中の二酸化炭素分圧を示す。

問 1 $K_1 = 10^{-6.3} \text{ mol L}^{-1}$ 、 $K_2 = 10^{-10.3} \text{ mol L}^{-1}$ 、 $\text{pH} = 7$ の場合の $[\text{HCO}_3^-] : [\text{CO}_3^{2-}] : [\text{H}_2\text{CO}_3]$ を求めなさい。計算過程も示すこと。

問 2 二酸化炭素と平衡にある水の水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ を示す式を K_H 、 K_1 、 p_{CO_2} を用いて答えなさい。なお、式 (3) で表される解離平衡を考える必要はない。

問 3 $K_H = 0.04 \text{ mol L}^{-1} \text{ atm}^{-1}$ 、 $K_1 = 4.0 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$ 、 $p_{\text{CO}_2} = 4.0 \times 10^{-4} \text{ atm}$ として、二酸化炭素と平衡にある水の pH を求めなさい。

問 4 近年の日本周辺の降水は、 pH が平均して 4.6 程度である。この値と問 3 で求めた値の違いをもたらす要因を説明しなさい。

問題 2 下記の文章を読んで、問 1～問 4 に答えなさい。

放射性同位体 1 が壊変して放射性同位体 2 になり、さらに放射性同位体 2 が放射性同位体 3 に壊変する場合を考える。放射性同位体 1 と放射性同位体 2 の壊変定数をそれぞれ λ_1 及び λ_2 、時刻 $t = 0$ における放射性同位体 1 と放射性同位体 2 の原子数をそれぞれ N_1^0 、 N_2^0 とする。放射性同位体 1 の時間変化は、放射性同位体 1 の原子数 N_1 に

比例するので、 $dN_1/dt = \boxed{(1)}$ となる。この微分方程式を解くと、時刻 t における放射性同位体 1 の原子数は、 $N_1(t) = \boxed{(2)}$ となる。放射性同位体 2 の原子数 N_2 は、放射性同位体 1 の壊変によって生成される分と放射性同位体 3 へ壊変して減少する分の差である。放射性同位体 2 の時間変化は $dN_2/dt = \boxed{(3)}$ となり、時刻 t における放射性同位体 2 の原子数は $N_2(t) = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_1^0 (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}) + N_2^0 e^{-\lambda_2 t}$ となる。

問 1 文章中の $\boxed{(1)}$ から $\boxed{(3)}$ にあてはまる式を答えなさい。

問 2 高レベル放射性廃棄物やいわゆる死の灰に多量に含まれるストロンチウム 90 ($^{90}_{38}\text{Sr}$) はイットリウム 90 ($^{90}_{39}\text{Y}$) に半減期 28.79 年で壊変する。 $^{90}_{39}\text{Y}$ はさらに安定同位体であるジルコニウム 90 ($^{90}_{40}\text{Zr}$) に半減期 64.053 時間で壊変する。 $^{90}_{38}\text{Sr}$ から $^{90}_{39}\text{Y}$ への壊変様式と $^{90}_{39}\text{Y}$ から $^{90}_{40}\text{Zr}$ への壊変様式を答えなさい。また、 $^{90}_{38}\text{Sr}$ と $^{90}_{39}\text{Y}$ の壊変定数を求めなさい。

問 3 放射性同位体 1 の半減期 (T_1) が放射性同位体 2 の半減期 (T_2) に比べて長いとき (例えば、 $T_1 = 8$ 時間、 $T_2 = 0.8$ 時間)、十分な時間が経過すると、放射性同位体 1 と放射性同位体 2 の原子数の比が一定となることを示しなさい。

問 4 放射性同位体 1 の半減期が放射性同位体 2 の半減期に対して非常に長い場合 (例えば、 $T_1 = 10^9$ 時間、 $T_2 = 0.8$ 時間)、十分な時間が経過すると、放射性同位体 1 と放射性同位体 2 の原子数の比が λ_2 と λ_1 の比となることを示しなさい。

問題 3 産業革命以前には、大気中の二酸化炭素の全球平均濃度が 280 ppm であった。アメリカ海洋大気庁は、今年 3 月に観測開始後初めてそれが 400 ppm を超えたことを発表した。このような大気中の二酸化炭素の増加が化石燃料の燃焼によることの根拠となる事例を示し、なぜその事例が根拠となるか 200 字程度で説明しなさい。

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 のように質量 m の子供が、時刻 t_0 で θ_0 の位置からブランコをこぎ始める。子供は、振れの角度 θ_0 の位置から図の左方に向かって移動するにしたがって次第に支点方向に立ち上がり、ブランコが反対側の端 θ_1 に達した時に直立する。ブランコの支点から子供の重心 G までの距離を l 、重力加速度の大きさを g 、また振れの角度 θ はブランコの支点から鉛直下方を 0 として時計回りの方向を正とする。ブランコの綱はたわまず直線であり、さらにブランコの台と綱の質量は無視できるとして、以下の問 1～問 5 に答えなさい。

問 1 ブランコに乗った子供の重心 G の時刻 t における円周方向の速度 v と角運動量 L を m 、 l 、 $\frac{d\theta}{dt}$ を用いて表しなさい。

問 2 ブランコに乗った子供の重心 G の θ 方向の運動方程式を表しなさい。

問 3 以下の条件が同時に成り立つ時、問 2 で求めた運動方程式の近似式を求めなさい。

1. 子供が立ち上がる速度（重心 G の支点方向への移動速度）は一定 $(-u_0)$ である。
2. ブランコの振れの角度 θ は十分に小さい。

問 4 以下の条件のもとで、ブランコが θ_1 に達する時間 t_1 を求めなさい。

1. ブランコの綱は重心の移動距離に比べて十分に長く、 l が一定と仮定できる。
2. 子供が立ち上がる速度 $(-u_0)$ は小さく、 $u_0^2 < gl$ である。

必要に応じて下記のオイラーの式を用いなさい。なお i は虚数単位である。

$$\exp(ix) = \cos x + i \sin x$$

問5 プランコが反対側の端に達した時の角度 θ_1 と子供がプランコをこぎ始めた時の角度 θ_0 の比を求めなさい。

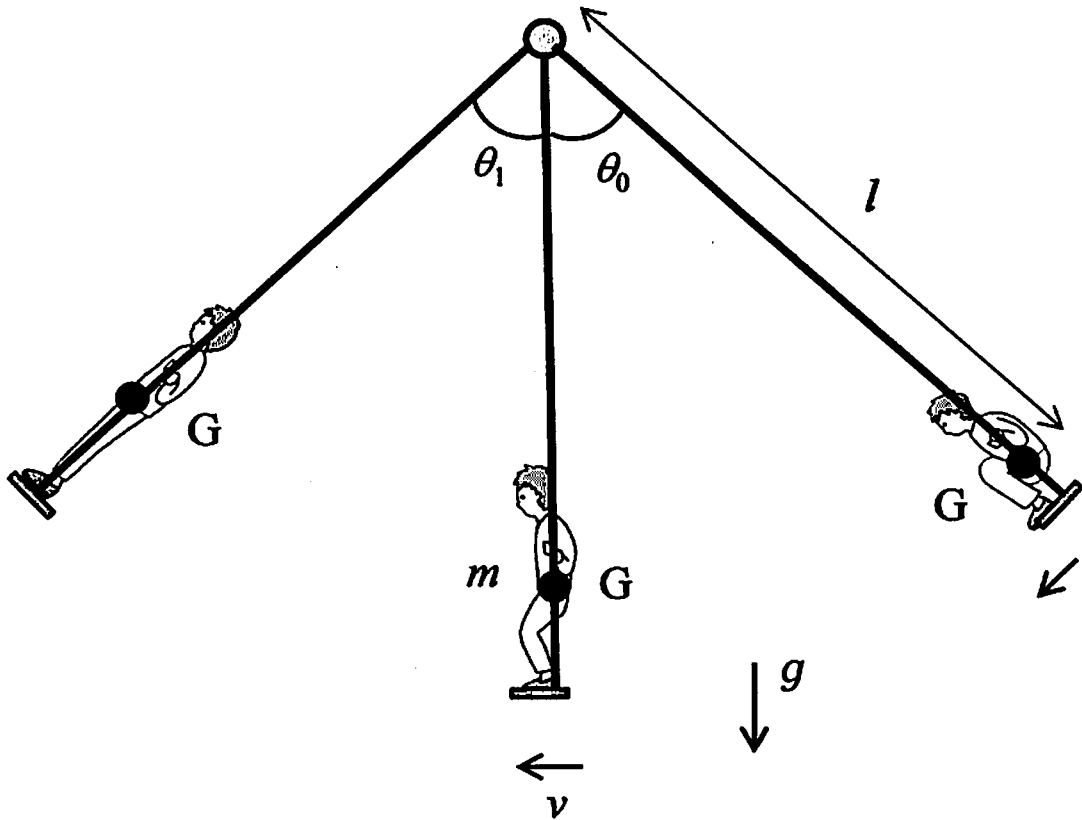


図1

問題2 図2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した。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。

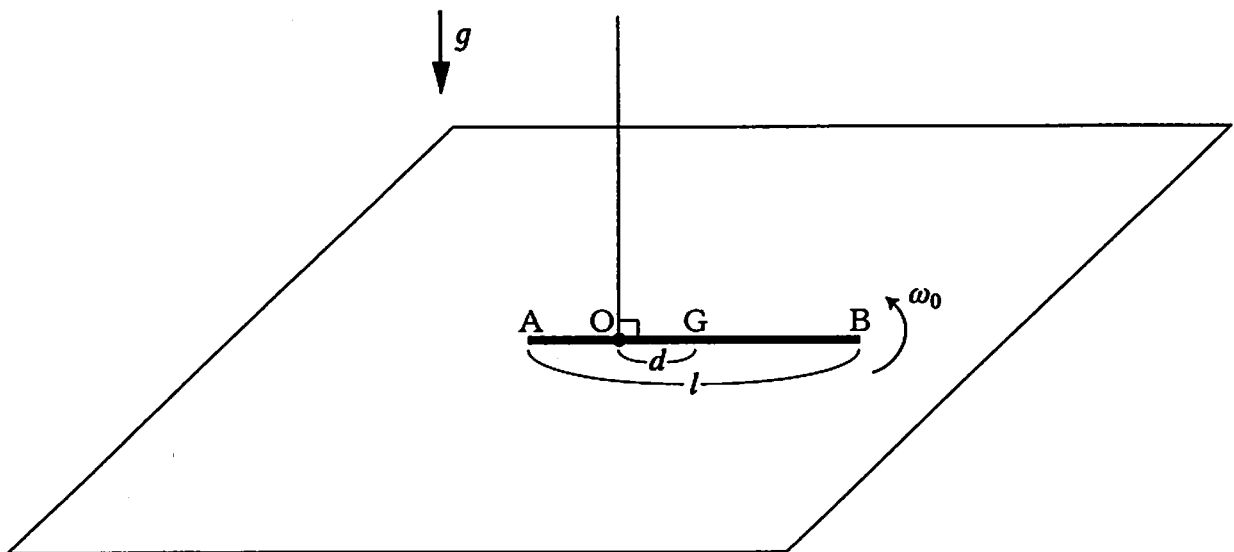


図2

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 $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2 p_z^1$ 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。

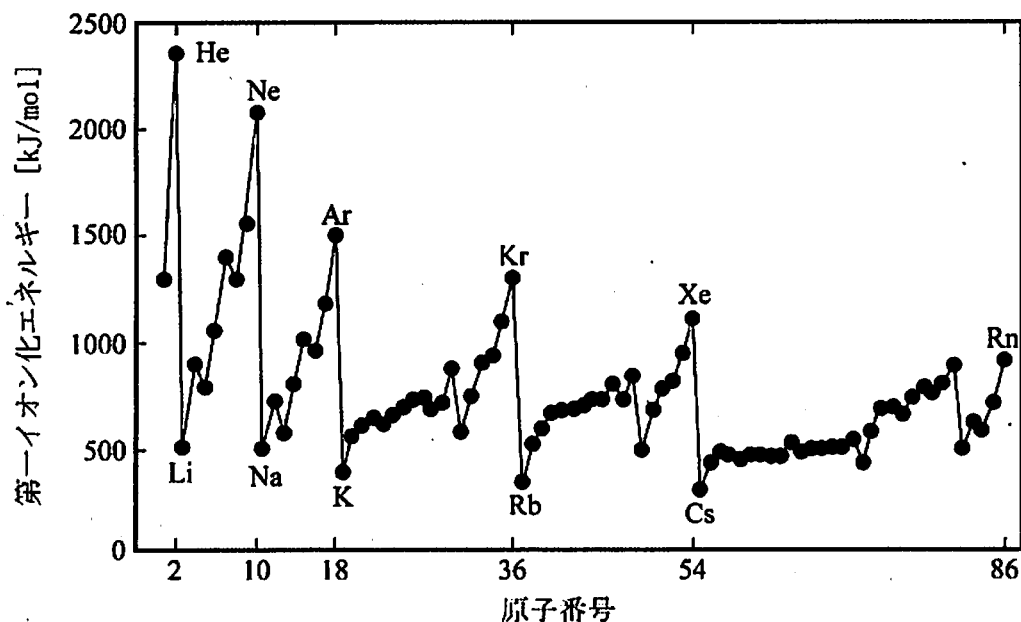


図1: 各原子の第一イオン化エネルギー

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 $0.515[\text{K}\cdot\text{kg}/\text{mol}]$ として、この溶質の分子量を求めなさい。

問2 C_5H_{12} 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) H_2O , HF , NH_3 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) H_2O , HF , NH_3 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。

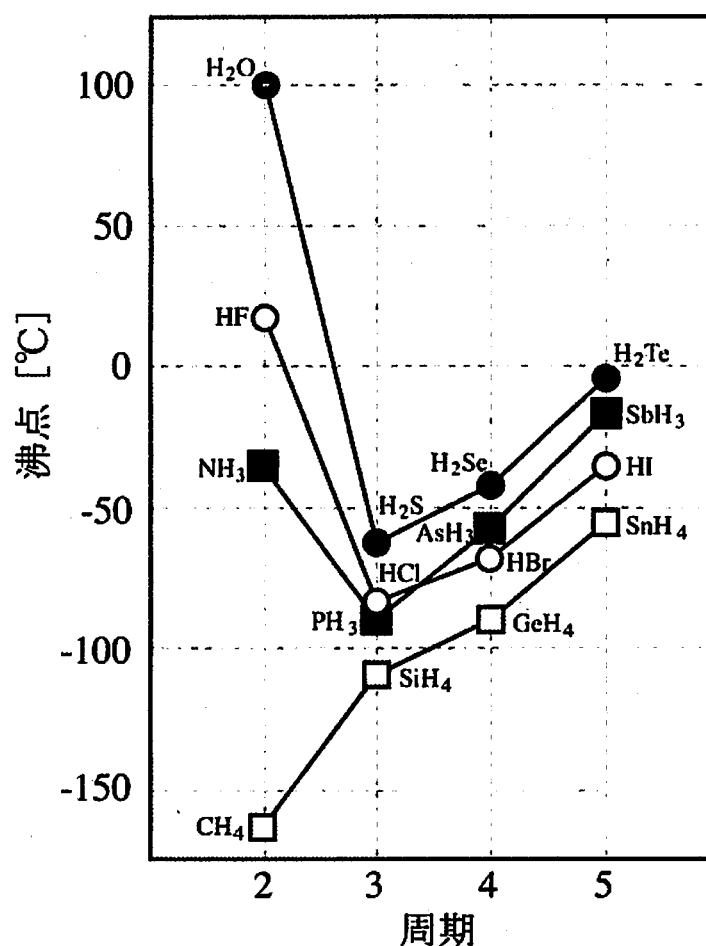
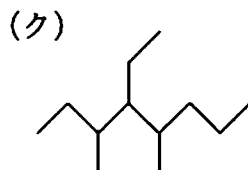
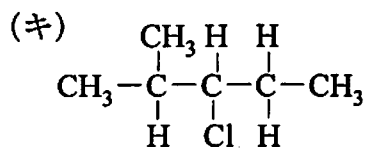
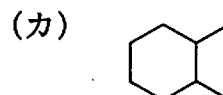
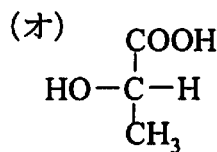
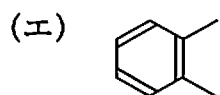
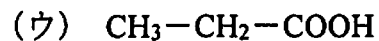


図2. 14族～17族の水素化物の沸点

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。

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つ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。

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。

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

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

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。