

平成28年度第1次募集（平成27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、表紙をのぞき全部で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 ] 半径  $R$  の透明な円筒容器に高さ  $h$  まで水を入れ、電車の中で真横から水位を観察した。このとき、以下の問1、問2に答えよ。

問1 電車が一定の加速度  $a$  で動き出しているとき、図1に示すように水面上にある質量  $m$  の質点  $P$  の運動を考える。このとき水面に対して垂直方向に抗力  $N$  がはたらく。水平面に対して水面の角度が  $30^\circ$  であるときの加速度  $a$  を重力加速度  $g$  で表せ。

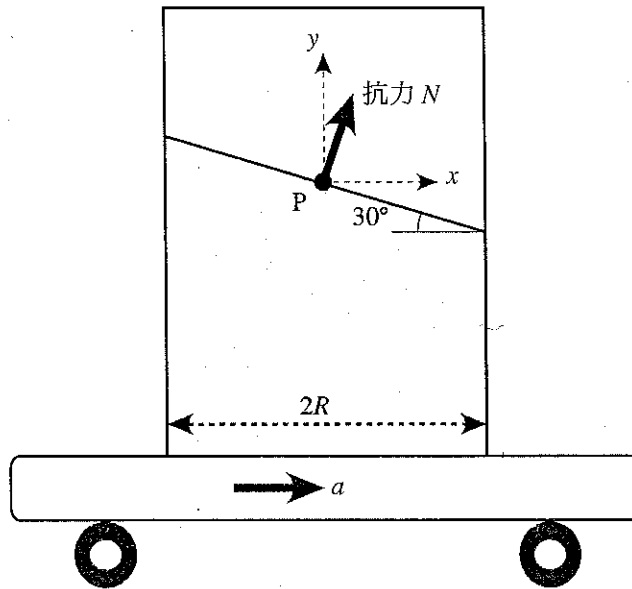


図 1

問2 電車が等速度で動いているとき、図2に示すように円筒容器の中心を軸にして一定の角速度  $\omega$  で回転させると、中にある水も回転しはじめ、時間が経つと中心部分がくぼんだ定常状態が得られた。このときの中心の水位を  $h_0$  とする。回転軸から水平方向に距離  $x$  の位置にある水面上の質量  $m$  の質点  $P$  の運動を考える。このとき水面の接線と水平面のなす角度を  $\theta$  とし、接線に対して垂直方向に抗力  $N$  がはたらく。以下の(1)～(4)に答えよ。

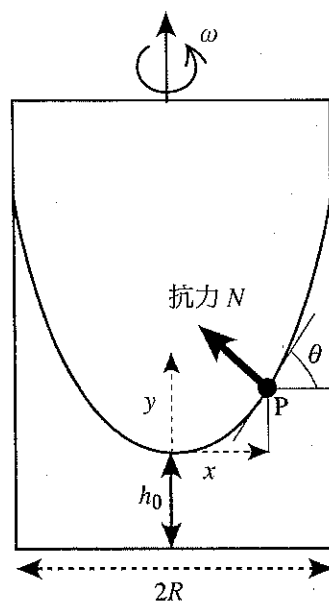


図2

- (1)  $P$  に関する水平および鉛直方向の運動方程式を表せ。
- (2) 水面の高さが、回転軸から水平方向にとった距離  $x$  の2次曲線になることを示せ。
- (3) 中心の水位  $h_0$  を求めよ。
- (4) 円筒容器を回転させたまま、電車が一定の加速度  $a$  で加速した。そのとき真横から観測した水位を図で表せ。

[ 2 ] 以下の問1～問3に答えよ。

問1 ホイートストンブリッジ回路は、抵抗値がすでに分かっている3個の抵抗器  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  と1個の未知抵抗  $R_x$  を図1のように接続した回路の事である。図1中の  $G$  は検流計で、較正した可変抵抗器  $R_1$  の抵抗値を調整し、検流計の読みをゼロにすることにより、未知抵抗値を決定する。以下の(1), (2)に答えよ。

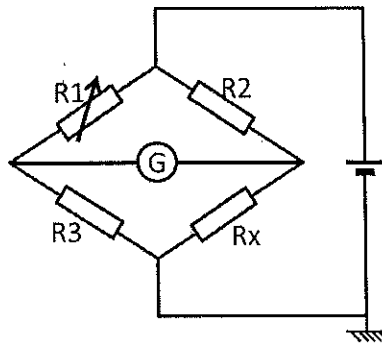


図1

- (1)  $R_3$  の抵抗値が  $1.00 \text{ k}\Omega$ ,  $R_1$  の抵抗値が  $R_2$  の抵抗値の  $2.5$  倍になったとき、検流計の読みがゼロになった。 $R_x$  の抵抗値を求めよ。
- (2)  $R_1$  に流れる電流が  $200 \mu\text{A}$  で  $R_x$  における電圧降下が  $3.20 \text{ V}$  であるとき検流計の読みがゼロになった。回路に流れる全電流が  $500 \mu\text{A}$  として、 $R_x$  の抵抗値を求めよ。

問2 真空中に置いた面積  $S$ , 間隔  $d$  の平行平板コンデンサーがある。平行平板間の電場は一様であるとして、以下の(1), (2)に答えよ。ただし、真空の誘電率を  $\epsilon_0$  とする。

- (1) 両極板に  $\pm Q$  の電荷を与えた。この時の両極板が引き合う力の大きさを求めよ。
- (2) 両極板間の電位差を  $V$  に保った。この時の両極板が引き合う力の大きさを求めよ。

問3 真空中に半径  $R$ , 単位長さあたり  $n$  巻の無限に長いソレノイドコイルを, 図2のように中心軸が  $z$  軸と一致するように置き, そこに  $I = I_0 \cos \omega t$  の電流を流した。原点から距離  $r$  離れた  $xy$  平面上の点での電場を,  $r > R$  と  $r < R$  について, ファラデーの法則を使って求めよ。ただし, 真空の誘電率を  $\mu_0$  とする。

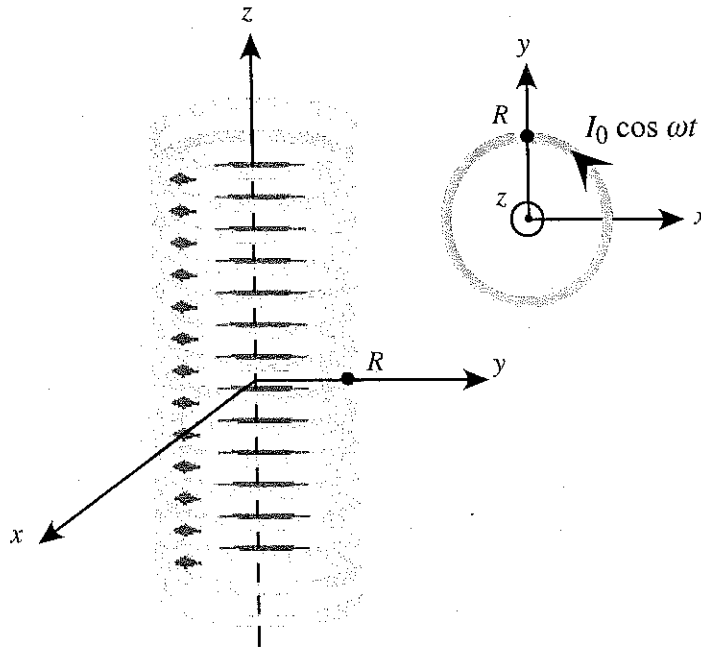


図 2

[ 3 ] 以下の問1, 問2に答えよ。

問1 NaCl は気体状態 (NaCl (g)) で平衡核間距離  $r_e = 251 \text{ pm}$  を示すイオン結合の化合物である。真空中で距離  $r$  離れた  $\text{Na}^+$  と  $\text{Cl}^-$  間に働くポテンシャルエネルギー  $U(r)$  は,  $\text{Na}^+$  (g) と  $\text{Cl}^-$  (g) が無限遠離れた状態を基準 ( $U(\infty) = 0$ ) として,  $\pm e$  の点電荷間に働くクーロン引力と, 両イオンの閉殻電子間の反発力の和を考えた式 (A) で近似される。

$$U(r) = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} + \frac{C}{4\pi\epsilon_0 r^8} \quad (\text{A})$$

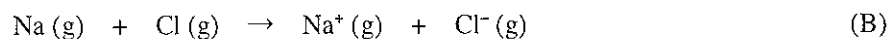
ここで,  $e$  は素電荷,  $\epsilon_0$  は真空の誘電率,  $C$  は実験的に求まる定数である。

式 (A) を利用して NaCl (g) の結合解離エネルギーを求めるため, 以下の (1) ~ (5) に答えよ。必要であれば次の数値を用いよ。Na の第一イオン化ポテンシャル  $I_{\text{Na}} = 496 \text{ kJ mol}^{-1}$ , Cl の電子親和力  $A_{\text{Cl}} = 348 \text{ kJ mol}^{-1}$ , アボガドロ数  $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ,  $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ ,  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$ 。

(1) Na の第一イオン化ポテンシャルとは何か, 反応式を示して説明せよ。

(2) Cl の電子親和力とは何か, 反応式を示して説明せよ。

(3) Na と Cl に関する反応 (B) に必要なエネルギーを計算し, NaCl (g) の核間距離が無限大 ( $r = \infty$ ) のとき, Na と Cl は  $\text{Na}(\text{g}) + \text{Cl}(\text{g})$  あるいは  $\text{Na}^+(\text{g}) + \text{Cl}^-(\text{g})$  のいずれの状態にあるのか理由とともに説明せよ。



(4) NaCl (g) では,  $r = r_e$  のとき正負イオン間の引力と閉殻電子間の反発力が釣り合

った状態  $\left( \frac{dU(r)}{dr} \right)_{r=r_e} = 0$  にある。この条件から式 (A) の定数  $C$  を  $e$  と  $r_e$  で表

せ。

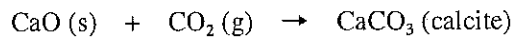
- (5) (4) で求めた  $C$  を用いて,  $\text{NaCl}(\text{g})$  における正負イオン間のポテンシャルエネルギーを計算し,  $\text{NaCl}(\text{g})$  の結合解離エネルギーを  $\text{kJ mol}^{-1}$  単位で求めよ。

問2 メタンと水の分子構造と分子軌道について, 以下の (1), (2) に答えよ。

- (1) メタンは正四面体構造で, その  $\angle\text{H-C-H}$  結合角はすべて  $109.3^\circ$  である。メタンの炭素原子がとっている混成軌道の型を示し, メタンが正四面体型の分子軌道をつくる理由を説明せよ。
- (2) 水の  $\angle\text{H-O-H}$  結合角は  $104.5^\circ$  である。水の分子軌道において酸素原子がとっている混成軌道の型を示し, 水の  $\angle\text{H-O-H}$  結合角がメタンの  $\angle\text{H-C-H}$  結合角より小さい理由を説明せよ。

[ 4 ] 以下の問1, 問2に答えよ。

問1 炭酸塩鉱物の一つであるカルサイトは  $\text{CaCO}_3$  の化学組成で表され, その結晶系は菱面体晶系である。下の反応式で示されるカルサイトの生成反応について, 以下の(1) ~ (4)に答えよ。ただし反応式中の(s)は固体を, (g)は気体を, (calcite)はカルサイトの固体であることをそれぞれ示している。またすべての反応は温度  $T = 298 \text{ K}$ , 圧力  $P = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  で起こるものとする。



(1) この反応のエンタルピー変化を求めよ。ただし  $\text{CaO (s)}$ ,  $\text{CO}_2 \text{ (g)}$ ,  $\text{CaCO}_3 \text{ (calcite)}$

の標準生成エンタルピーは, それぞれ  $\Delta H_{f\text{CaO}}^\circ = -634.9 \text{ kJ mol}^{-1}$ ,  $\Delta H_{f\text{CO}_2}^\circ = -393.5 \text{ kJ mol}^{-1}$ ,  $\Delta H_{f\text{CaCO}_3 \text{ (calcite)}}^\circ = -1207.6 \text{ kJ mol}^{-1}$  とする。

(2) この反応のエントロピー変化を求めよ。ただし  $\text{CaO (s)}$ ,  $\text{CO}_2 \text{ (g)}$ ,  $\text{CaCO}_3 \text{ (calcite)}$

の標準エントロピーは, それぞれ  $S_{\text{CaO}}^\circ = 38.1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ,  $S_{\text{CO}_2}^\circ = 213.8 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ,  $S_{\text{CaCO}_3 \text{ (calcite)}}^\circ = 91.7 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  とする。

(3) この反応のギブズ自由エネルギー変化を計算し, この反応が自発的に進行するかどうかを答えよ。

(4) カルサイトと同じく炭酸塩鉱物であるアラゴナイトも  $\text{CaCO}_3$  の化学組成を持つが, その結晶系は斜方晶系である。アラゴナイトとカルサイトではどちらが安定であるかを理由とともに答えよ。ただしアラゴナイトの標準生成エンタルピーは

$\Delta H_{f\text{CaCO}_3 \text{ (aragonite)}}^\circ = -1207.8 \text{ kJ mol}^{-1}$ , 標準エントロピーは  $S_{\text{CaCO}_3 \text{ (aragonite)}}^\circ = 88.0 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  とする。



問2 弱酸HAは水溶液中で以下の様に解離する。



この弱酸HAに関する以下の(1)～(4)に答えよ。ただしHA, H<sup>+</sup>, A<sup>-</sup>それぞれの濃度 [HA], [H<sup>+</sup>], [A<sup>-</sup>] は活量と等しいとする。必要であれば以下の数値を用いよ。  
NaOH の分子量 ; 40.0

- (1) 酸解離定数  $K_a$  を [HA], [H<sup>+</sup>], [A<sup>-</sup>] を用いて表せ。
- (2) 酸 HA の濃度を  $C_a$  [mol dm<sup>-3</sup>] とする。 $C_a \gg K_a$  のとき, HA 溶液中に含まれる [HA] と [A<sup>-</sup>] を  $C_a$  と  $K_a$  を用いてそれぞれもっとも簡単な形で表せ。
- (3) HA と A<sup>-</sup> はともに波長  $\lambda_1, \lambda_2$  で光を吸収し, そのモル吸光係数は下の表で示す値である。0.100 mol dm<sup>-3</sup> の HA 溶液の吸光度を,  $\lambda_1$  において光路長 1.00 cm で測定したときの値を答えよ。ただし  $K_a = 1.00 \times 10^{-5}$  mol dm<sup>-3</sup> とする。また  $\lambda_1, \lambda_2$  における光吸収は HA と A<sup>-</sup> のみに起因し, さらにこの HA の濃度領域においてはベール則が成立するものとする。

表 HA と A<sup>-</sup> のモル吸光係数 (mol<sup>-1</sup> dm<sup>3</sup> cm<sup>-1</sup>)

化学種	波長	
	$\lambda_1$	$\lambda_2$
HA	10.0	200
A <sup>-</sup>	100	40.0

- (4) HA の溶液 1000 cm<sup>3</sup> に対して NaOH の固体を加えて十分溶解させた。この溶液の一部をとり, 光路長 1.00 cm で吸光度を測定したところ,  $\lambda_1$  と  $\lambda_2$  における吸光度値はそれぞれ 0.550, 1.200 となった。加えた NaOH の質量を求めよ。ただし NaOH の固体を添加することによる溶液の体積変化は起こらないものとする。

[ 5 ] 生物におけるエネルギー生産について、以下の問1、問2に答えよ。

問1 一次生産者としての植物の機能に関する(1)～(3)に答えよ。

- (1) 光合成の炭素固定反応に必要なエネルギーは、主に葉緑体の中のATP合成酵素によって生産される。この時のATP合成酵素が存在する場所と、そのATP合成酵素を動かすエネルギーは光からどのようにして作り出されるのか答えよ。
- (2) 光合成には、二酸化炭素が必要であり、そのために通常、植物は光を受けると気孔を開く。気孔が開く時に起きる孔辺細胞の形態学的な変化について説明し、光を受けても気孔が開かない環境条件を説明せよ。
- (3) 植物は主に葉で光合成によって糖を生産しており、その糖を消費する組織や貯蔵する組織へと運搬する仕組みを持っている。実際に糖が輸送される構造(細胞)の名前と、糖が葉から他の器官へと輸送されるエネルギーをうみだす仕組みについて説明せよ。

問2 動物の栄養に関する以下の文章を読んで、以下の(1)～(3)に答えよ。

動物は、植物や藻類と異なり無機物から有機物をつくることができないため、他の生物を食べることによってエネルギーと有機物を得る(ア)生物と呼ばれている。

ほとんどの動物は外部とつながった消化器官をもっており、そこで細胞外消化が起こり、食物は加水分解され栄養として体内に吸収される。ヒトの消化系の場合、まず、口から摂取された食物は歯によって機械的に咀嚼され、デンプンやグリコーゲン<sup>(イ)</sup>は唾液に含まれる(イ)によって口腔内でより小さな多糖類へ分解される。次に、口腔から咽頭へと押し込まれた食物は、<sup>(ロ)</sup>嚥下運動によって食道を通り、胃

へ運ばれる。胃では、胃液に含まれる塩酸とペプシンによって化学的消化がおこなわれ、タンパク質はより小さなポリペプチドへと分解される。続く十二指腸では、(ウ)で作られる胆汁が脂質の消化吸収に働く。また、(エ)から分泌される液に含まれる、炭酸水素塩によって胃から運ばれた酸性の内容物が中和され、トリプシンによってポリペプチドがさらに分解され、リパーゼによって脂質が分解される。このように食物は十二指腸まででほとんど分解される。その後、蠕動運動によって移動しながら、(b)小腸において栄養と水分が吸収され、大腸においても水分が吸収され、残った廃棄物が肛門より体外に出される。

(1) (ア) ~ (エ) に入る、適切な語句を答えよ。

(2) 下線部 (a) に関連して、ヒトの食道には横紋筋と平滑筋が存在する。横紋筋と平滑筋の違いを述べ、食物が食道を通して胃へ運ばれる仕組みを説明せよ。

(3) 下線部 (b) に関連して、小腸にみられる上皮組織について図示し、以下の用語を用いて説明せよ：微絨毛、基底膜、密着結合。

また、グルコースが小腸内腔から上皮細胞内へ吸収される際に、ナトリウムイオンが果たす役割について説明せよ。

[ 6 ] 動物の遺伝に関する以下の問 1 ～問 4 に答えよ。

問 1 以下の文章の (ア) ～ (カ) にあてはまる言葉や数字を答えよ。

体細胞のもつ染色体数が  $2n=6$  のように表される場合、体細胞に染色体が (ア) 本あるということであり、染色体 (イ) 本のセットを二組もっていることを意味している。(ウ) は、染色体セットを二組もつ母細胞から、正確に 1 セットの染色体をもつ配偶子を作り出す細胞分裂であり、染色体 1 セットを確実に配分するため、それぞれ対をなす (エ) 染色体を分離して娘細胞に配分する。一方、染色体 1 セットの内訳は、父親あるいは母親のそれぞれから由来する染色体がランダムに組み合わせられるので、 $2n=6$  の場合、配偶子のもつ染色体の組み合わせとして、(オ) 通りが可能になる。また (ウ) では、交叉または (カ) と呼ばれる染色体の部分的交換が、対合している (エ) 染色体の染色分体間で生じるため、配偶子間の遺伝子の組み合わせにはさらに多様性が生じることになる。

問 2 ショウジョウバエでは交叉は雌で起こるが雄では起こらない。遺伝子座  $a$ 、 $b$  に優性と劣性の対立遺伝子として  $+$  (野生型) と  $a$ 、 $+$  と  $b$  があり、遺伝子座  $a$  と  $b$  との間の交叉率は  $R$  である。いま、次の交配を行った。以下の (1)、(2) に答えよ。

$$\begin{array}{ccc}
 \frac{a}{+} \quad \frac{+}{b} & & \frac{a}{+} \quad \frac{+}{b} \\
 \hline
 & \times & \\
 \hline
 \text{雌} & & \text{雄}
 \end{array}$$

(1) 雌雄が作る配偶子の遺伝子型と割合を答えよ。

(2) F1 ではどのような表現型がどのような割合で生じるか，答えよ。ただし，遺伝子型  $a$  ホモの表現型はA，  $b$  ホモの表現型はBとする。

問3 ショウジョウバエの野生型（赤色眼）雌と白色眼雄を交配すると F1 はすべて野生型（赤色眼）になり（交配1），白色眼雌と野生型（赤色眼）雄を交配すると F1 の雌は野生型（赤色眼），雄は白色眼になった（交配2）。このとき，以下の（1），（2）に答えよ。

(1) 交配1と交配2で F1 の表現型の割合に違いがあることから何が分かるか。

(2) 交配1，および交配2の F2 世代における眼色と性の組み合わせ，およびその割合はどのようにになると期待されるか。

問4 三毛猫は通常すべて雌であることが知られている。三毛猫が雌ばかりとなる遺伝的機構を説明せよ。

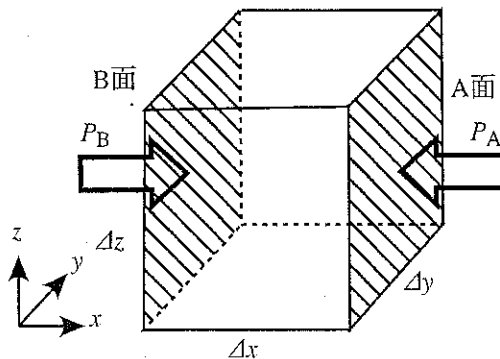
[ 7 ] 以下の問1～問3に答えよ。

問1 大気現象に関する次の(1)～(4)に答えよ。

- (1) 氷粒子が雪に成長する昇華凝結過程を、過冷却水と氷の飽和水蒸気圧が異なる事実を用いて説明せよ。
- (2) 空が青く見える理由を説明せよ。また、夕焼けが赤く見える理由を説明せよ。
- (3) 氷-アルベド・フィードバックについて、海氷域が「増加」する場合を例にとって説明せよ。
- (4) 傾圧不安定を、大気の「位置エネルギー」及び「運動エネルギー」を用いて説明せよ。

問2 図のような長さ  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta z$  を持った直方体の空気塊を考える。その密度は  $\rho$  とする。 $x$  軸に直交する A 面, B 面にかかる気圧をそれぞれ  $P_A$ ,  $P_B$  とする。 $x$  方向に関する運動方程式の中で、気圧傾度力による加速度の  $x$  成分  $a_x$  は式 (1) のように表せることを示せ。ここで  $\Delta P = P_A - P_B$  とする。

$$a_x = -\frac{1}{\rho} \frac{\Delta P}{\Delta x} \quad (1)$$



問3 傾度風バランスの式を (2) に示す。

$$\frac{V^2}{r} + fV = -\frac{1}{\rho} \frac{\Delta P}{\Delta n} \quad (2)$$

左辺第1項は遠心力, 第2項はコリオリ力, 右辺は気圧傾度力を表す。ここで,  $V$  は風速 [ $\text{m s}^{-1}$ ],  $r$  は回転半径 [ $\text{m}$ ],  $P$  は気圧 [ $\text{Pa} = \text{N m}^{-2} = \text{kg m}^{-1} \text{s}^{-2}$ ],  $n$  は  $V$  に直交する成分を示す。 $f = 2\Omega \sin\varphi$  で,  $\varphi$  は緯度, 地球の自転角速度  $\Omega = 7.3 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$  である。空気の密度  $\rho = 1.0 \text{ kg m}^{-3}$  として, 以下の (1), (2) に答えよ。

- (1) 風速  $V = 20 \text{ m s}^{-1}$ , 北緯 45 度のときに, コリオリ力と遠心力が同程度の大きさとなる低気圧の半径  $r$  を求めよ。
- (2) 風速  $V = 80 \text{ m s}^{-1}$ , 半径  $r = 200 \text{ m}$  の竜巻における気圧傾度を  $\text{hPa} / 100 \text{ m}$  単位で求めよ。

[ 8 ] 過去数百万年における古気候が、海底の堆積物や南極・グリーンランドの氷床から採取されたコアデータの解析から徐々に明らかになってきた。これらのデータについて以下の問1～問3に答えよ。

問1 南極やグリーンランドの氷床コアから復元された大気酸素同位体比  $\delta^{18}\text{O}$  (‰) は、プロキシとして過去のどのような環境変動を主に示しているか理由とともに述べよ。ここでは南極とグリーンランドの氷床コアの時系列が同期している成分について考える事とする。

問2 海底コアから採取された浮遊性有孔虫の殻の酸素同位体比  $\delta^{18}\text{O}$  (‰) は、過去のどのような環境変動を示しているか理由とともに述べよ。なお、ここでは地域依存性を極力減らすために、スタックと呼ばれる世界各地の海で採取された複数の海底コアの基準化された平均値を考える事とする。

問3 氷床や山岳氷河から採取されたアイスコアの解析においては、酸素同位体比以外のプロキシデータも用いられる。そのとき、どのようなプロキシデータを用いて、どのような古環境が復元出来るのか、例を一つ挙げて説明せよ。