

令和2年度第1次募集（令和元年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13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] 以下の文章を読んで、問 1～問 4 に答えよ。

質量 2.0×10^2 kg, 断面積 3.0 m² の人工衛星がある。この人工衛星が初速 7.0 km/s で密度 2.0×10^{-12} kg/m³ の一様な大気中を飛行している。この時, 人工衛星に衝突した大気中の気体粒子はすべて人工衛星に付着し, 人工衛星の質量は, 速さに比例(比例定数 α)した割合で増加していくとする。重力の影響は無視できるとする。

問 1 1 秒間に人工衛星に付着する気体粒子の質量から比例定数 α を有効数字 2 桁で求めよ。

問 2 人工衛星の運動量の時間変化率を求めよ。

問 3 人工衛星の速さに関する微分方程式を求めよ。

問 4 人工衛星の速さが初速の 1 割減速されるまでに要する年数を有効数字 2 桁で求めよ。

[2] 以下の文章を読んで、問 1～問 3 に答えよ。

2 次元直交座標系 (x, y) における速度場 $\vec{U} \equiv (u(x, y), v(x, y))$ はベクトル表記を用いると \vec{U} 、またその変形テンソルと成分は

$$\nabla \vec{U} \equiv \begin{pmatrix} u_x & u_y \\ v_x & v_y \end{pmatrix}$$

で定義される。ここで下付き記号はそれぞれの空間微分を表す。一方テンソル表記を用いると変形テンソルは

$$\nabla \vec{U} = \frac{\partial u_i}{\partial x_j}, \quad i, j = 1, 2$$

で表される。さらにこの変形テンソルは対称成分である歪み速度テンソル（次式右辺第 1 項）と非対称成分である回転速度テンソル（次式右辺第 2 項）に分解できる。

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_j} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right), \quad i, j = 1, 2$$

問 1 歪み速度テンソルと回転速度テンソルのそれぞれの成分は

$$\frac{1}{2} \begin{pmatrix} 2u_x & u_y + v_x \\ v_x + u_y & 2v_y \end{pmatrix}, \quad \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 0 & u_y - v_x \\ v_x - u_y & 0 \end{pmatrix}$$

である事を示せ。

問 2 歪み速度テンソルは、さらにその平均成分（次式第 1 項）と偏差成分（次

式第 2 項) にそれぞれ分解できる。

$$\frac{1}{2}(u_x + v_y) \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} + \frac{1}{2} \begin{pmatrix} u_x - v_y & u_y + v_x \\ u_y + v_x & -u_x + v_y \end{pmatrix}$$

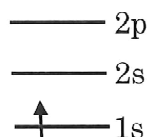
ここで平均成分は速度場の収束発散を，偏差成分はシアーを表す。平均成分は回転に対してインバリアント（座標軸を δ 度回転させても変化しないこと）であることを示せ。

問 3 問 2 と同様に偏差成分の座標軸を δ 度回転させ対角化条件を求めよ。

[3] 以下の問1～問3に答えよ。

問1 分子軌道法に関する以下の(1)～(3)に答えよ。

(1) ヘリウム He の基底状態の電子配置を、下の水素原子の例を参考に書け。



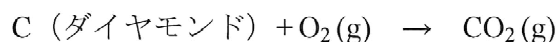
(2) He の第一励起状態の電子配置を(1)と同様に書け。

(3) 基底状態の He は二原子分子 (He_2) を形成しないが、第一励起状態の He は二原子分子 (He_2^*) を生成する。この理由を分子軌道法の観点から説明せよ。

問2 気体状のナトリウム $\text{Na}(\text{g})$ が気体状のナトリウムイオン $\text{Na}^+(\text{g})$ になるときのイオン化エネルギーは 495.3 kJmol^{-1} 、気体状の塩素 $\text{Cl}(\text{g})$ が気体状の塩化物イオン $\text{Cl}^-(\text{g})$ になるときの電子親和力は $-349.0 \text{ kJmol}^{-1}$ である。このとき、 $\text{Na}(\text{g})$ と $\text{Cl}(\text{g})$ からイオン結合の $\text{NaCl}(\text{g})$ を気体中で生成する際に放出されるエネルギーを kJmol^{-1} 単位で求めよ。ただし、 Na^+ と Cl^- の結合距離は $2.36 \times 10^{-10} \text{ m}$ であるとする。必要であれば以下の値を用いよ。(g) は気体であることを示す。

真空の誘電率 $\epsilon_0 : 8.854 \times 10^{-12} \text{ J}^{-1} \text{ C}^2 \text{ m}^{-1}$ 、電気素量 $e : 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$ 、アボガドロ定数 : $6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

問3 以下の反応が 1 atm, 298K で起こる際の標準反応エンタルピーは $-395.4 \text{ kJmol}^{-1}$ である。黒鉛がダイヤモンドに変化する際の標準反応エンタルピーを求めよ。ただし二酸化炭素 $\text{CO}_2(\text{g})$ の標準生成エンタルピー (1 atm, 298K) は、 $-393.5 \text{ kJ mol}^{-1}$ とする。(g) は気体であることを示す。



[4] 以下の文章を読んで、問 1～問 5 に答えよ。

水溶液中に存在する金属イオン M に対し配位子 L を添加したとき錯体 ML が生じる (反応式 (A))。ただし L の添加により溶液の体積は変化しないものとする。またすべての化学種の活量係数を 1 とし、(A) の反応以外の副反応は起こらないものとする。



問 1 L の添加により ML が生じている場合、M の初濃度 $[M]_0$ を、遊離の M 濃度 $[M]$ と錯体の濃度 $[ML]$ を用いて示せ。

問 2 添加した L の総濃度 $[L]_T$ を、遊離の L 濃度 $[L]$ と錯体の濃度 $[ML]$ を用いて示せ。

問 3 ある波長 λ において、M と ML は光を吸収するが、L は光を吸収しない。波長 λ における吸光度 A_λ を、 $[M]_0$ 、 $[ML]$ 、波長 λ における M と ML それぞれのモル吸光係数 $\epsilon_{\lambda,M}$ 、 $\epsilon_{\lambda,ML}$ 、吸光度を測定するセルの光路長 ℓ で表せ。

問 4 M を含む水溶液に L を添加したところ、波長 λ における吸光度は L を添加する前の $A_{0\lambda}$ から A_λ に変化した。このとき、 $[ML]$ と吸光度の間には次式が成立することを示せ。

$$[ML] = \frac{(A_\lambda - A_{0\lambda})}{(\epsilon_{\lambda,ML} - \epsilon_{\lambda,M})\ell}$$

問 5 $[M]_0 = 1.00 \times 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3}$ の溶液に L を $[L]_T = 1.00 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$ 添加し $\ell = 1.00 \text{ cm}$ のセルを用いて吸光度を測定したところ、 $A_\lambda - A_{0\lambda} = 0.090$ であった。 $\epsilon_{\lambda,ML} = 1.00 \times 10^5 \text{ mol}^{-1} \text{ dm}^3 \text{ cm}^{-1}$ 、 $\epsilon_{\lambda,M} = 10.0 \text{ mol}^{-1} \text{ dm}^3 \text{ cm}^{-1}$ として (1)、(2) に答えよ。

(1) $[ML]$ を求めよ。

(2) ML の生成定数を求めよ。

[5] 植物の構造に関する，以下の問1～問5に答えよ。

問1 図 A-1 と A-2 は異なる植物の茎の横断面の模式図である。以下の (1) ， (2) に答えよ。

(1) それぞれの中心柱の名称を答えよ。

(2) 図 A-1 と A-2 のどちらが単子葉植物か， 答えよ。

問2 分裂組織には， 1 次分裂組織と 2 次分裂組織がある。以下の (1) ， (2) に答えよ。

(1) 1 次分裂組織は頂端分裂組織とも呼ばれる。それに対し， 2 次分裂組織は何と呼ばれるか， 答えよ。

(2) 図 B の (g) は 2 次分裂組織である。木の幹には (g) 以外にも 2 次分裂組織が形成されるが， それはどこに形成されるのか， 答えよ。

問3 図 A-3 は， 根の横断面の模式図である。(d) の細胞は茎では区別が難しいが， 根では特殊化している。以下の (1) ， (2) に答えよ。

(1) 根の (d) の細胞はどのように特殊化しているのか， 説明せよ。

(2) 根の (d) の機能について， 説明せよ。

問4 図 B は図 A-1 の (c) を拡大したもので， 図 C は図 B のうち， (e) と (f) を含む組織の縦断面を示したものである。図 C 中に記された (f) について， (e) とは異なる特徴とその機能を説明せよ。

問5 図 A～C の中に記された (a)～(d) と (g)～(i) には組織の名称， (e)～(f) には細胞の名称が当てはまる。それぞれ答えよ。

※著作権の関係から、この箇所は表示できません。
自然科学研究科事務室学務係窓口での閲覧のみ
となります。

出典：図 B と C は『Botany Illustrated second edition』(2006), Springer, p.8,11 (一部改変)

[6] 動物の発生と生物の個体群に関する，以下の問 1，問 2 に答えよ。

問 1 以下の文章を読んで，(1) ～ (5) に答えよ。

すべての脊椎動物の胚は類似した過程を経て発生する。すなわち，受精後まず，1 と呼ばれる細胞分裂を繰り返し，^(ア)1 個の細胞から細胞数を増加させる。次に，増加した細胞が胚の表面から内部へ入り込むような，2 と呼ばれる運動がおきる。その過程で，^(イ)内胚葉，中胚葉，外胚葉という 3 つの胚葉が生じる。続いて，^(ウ)中枢神経系の原基として神経管が脊索の背側に形成される。さらに，胴尾部には神経管の両側に体節が形成され，また頭部には神経管の腹側に繰り返し構造である 3 が形成される。この時期の胚は脊椎動物の間で類似した外観を示す。その後，^(エ)それぞれの分類群を特徴づける形態形成がおこなわれる。

- (1) 文章中の 1 ～ 3 に当てはまる語句を答えよ。
- (2) 下線部 (ア) に関連して，胚発生初期には接合子の DNA から転写はおこなわれない。この時期に働く RNA は何と呼ばれるか，答えよ。
- (3) 下線部 (イ) に関連して，次の 6 つの組織や器官はそれぞれの胚葉から形成されるのか，答えよ。〔肝臓，筋肉，血管，消化管の上皮，脳，表皮〕
- (4) 下線部 (ウ) に関連して，神経冠 neural crest と呼ばれる細胞集団が形成される。
- (a) 神経冠はどのように形成されるのか，説明せよ。
- (b) 神経冠はどのような細胞へと分化するのか，細胞の名称を 2 つ答えよ。
- (5) 下線部 (エ) に関連して，遺伝子の発現が制御されることによって，未分化な細胞から異なる組織の細胞へと分化する。どのようにして遺伝子発現は制御されているのか，次の用語をすべて使い説明せよ。〔RNA ポリメラーゼ，プロモーター，転写因子，エンハンサー〕

問2 以下の文章を読んで、(1)～(3)に答えよ。

ある地域に生息する同種の個体のまとまりを個体群という。個体群の特徴を考えるうえで重要な尺度として、^(オ) 個体群の大きさと ^(カ) 個体群密度がある。島や湖にすむ生物の場合には、個体群の境界がはっきりしているので、個体群の大きさを明確に定義できる。しかし、連続して広がる森林にすむネズミのように、個体群の境界がはっきりしない場合には、個体群密度が用いられることが多い。

植物やフジツボなどの動かない生物の場合には、区画を利用すれば、個体群密度を測ることは容易である。しかし、動きが激しく、見つけにくい動物では、^(キ) 標識再捕獲法という方法が用いられる。

ある個体群は、同じ地域にすむ別の種の個体群とさまざまに関係し合いながら生活している。食物や生息場所をめぐって競い合う や、他の生物を捕らえて食べる などがある。このような関係を といい、個体群内での同種の個体間での相互作用と分けて考えられる。相互作用をもちながら、ある場所に生活している異種の個体群の集まりを という。さらに、 と非生物的環境を合わせたものが、 である。

(1) 下線部(オ)と(カ)とはどのように定義されるか。それぞれの定義を説明せよ。

(2) 下線部(キ)の方法を使って、ある池の中のメダカの数について推定を試みた。次の(i)から(iii)の手順をおこなった場合の推定個体数を求めよ。ただし、標識付と無標識の捕獲率は等しいものとする。

(i) : 池からメダカを20個体とらえ、尾びれの一部を切りとって、標識とした。

(ii) : (i) でとらえたすべてのメダカを池に戻した。

(iii) : 次の日、再びメダカをとらえたところ、標識付が8個体、無標識が32個体であった。

(3) 文章中の ～ に当てはまる語句を答えよ。

[7] 以下の問 1, 問 2 に答えよ。

問 1 次の (1) ~ (4) に答えよ。

- (1) 地上の低気圧 (高気圧) の西側に上空の気圧の谷 (尾根) があると, 地上の低気圧 (高気圧) が発達しやすくなる理由を説明せよ。
- (2) 液体の水が水蒸気に気化する現象に沸騰と蒸発がある。沸騰は 1 気圧下においては水温が 100°C にならないと起こらないが, 蒸発は常温でも起こる理由を説明せよ。
- (3) オゾン層は太陽光線の中の紫外線を吸収することで大気を加熱する性質がある。オゾン層の極大は高度 25 km 付近にあるが, 気温の極大は高度 50 km 付近にある理由を説明せよ。
- (4) 太陽定数は 1370 Wm^{-2} であるが, 地球が受け取る単位面積あたりの太陽光の入射エネルギーは平均で 240 Wm^{-2} である。この理由を, 「地球の表面積」, 「地球の投影面積」, 「地球の反射率」, 「0.3」を用いて説明せよ。

問 2 次の文章を読み, 以下の (1) ~ (3) に答えよ。

北緯 30 度を中心とした地点において, 等圧線の間隔が 500 km で, 気圧傾度が北向きに +5 hPa, 東向きに +2 hPa であった。気圧を P [$\text{Pa} = \text{Nm}^{-2} = \text{kgm}^{-1}\text{s}^{-2}$], 空気の密度は $\rho = 1.0 \text{ kgm}^{-3}$, コリオリパラメータは $f = 2\Omega \sin\varphi$ で, φ は緯度, 地球の自転角速度は $\Omega = 7.3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, また東西, 南北方向の風速をそれぞれ u [ms^{-1}], v [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。東西及び南北方向の地衡風の式は以下に示す。

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

- (1) 地衡風の式を用いて東西方向の風速 u [ms^{-1}] を計算し, 風向も示せ。
- (2) 地衡風の式を用いて南北方向の風速 v [ms^{-1}] 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] 以下の文章を読んで、問 1、問 2 に答えよ。

図 1 はある露頭の地質スケッチである。この露頭の下位層の下部には白色凝灰岩層を挟在するやや塊状の泥岩層、上部には砂岩優勢泥岩互層が重なり、その上位層の泥質細粒砂層とは不整合関係にある。また、上位層の泥質細粒砂層には生痕化石が、下位層の砂岩優勢泥岩互層には海棲化石が含まれ、図 2 のような堆積構造が観察される。

問 1 以上のことを考慮し、以下の (1) ～ (5) に答えよ。

- (1) この露頭に見られる不整合の形態を何というか。
- (2) 不整合面付近には、人頭大の円～超円礫が含まれる。このような礫を地質用語で何というか。
- (3) この円～超円礫はどのような堆積環境で堆積したと考えられるか。
- (4) この露頭の下位層の砂岩優勢泥岩互層には、図 2 の地質柱状図に示すような堆積構造が見られる。この堆積セットを何というか。また、そのような堆積物を何というか。
- (5) 「単層」とは地層の最小単元で、1 回の堆積作用によって堆積した地層を言う。図 2 で「単層」とは a～e のうちどこまでをいうか、次の①～④から選べ。
① a, b, c, d, e それぞれ、② a～c、③ d～e、④ a～e

問 2 この露頭から読み取れる、この地域が経てきた古環境（堆積環境や構造運動）の変遷について述べよ。

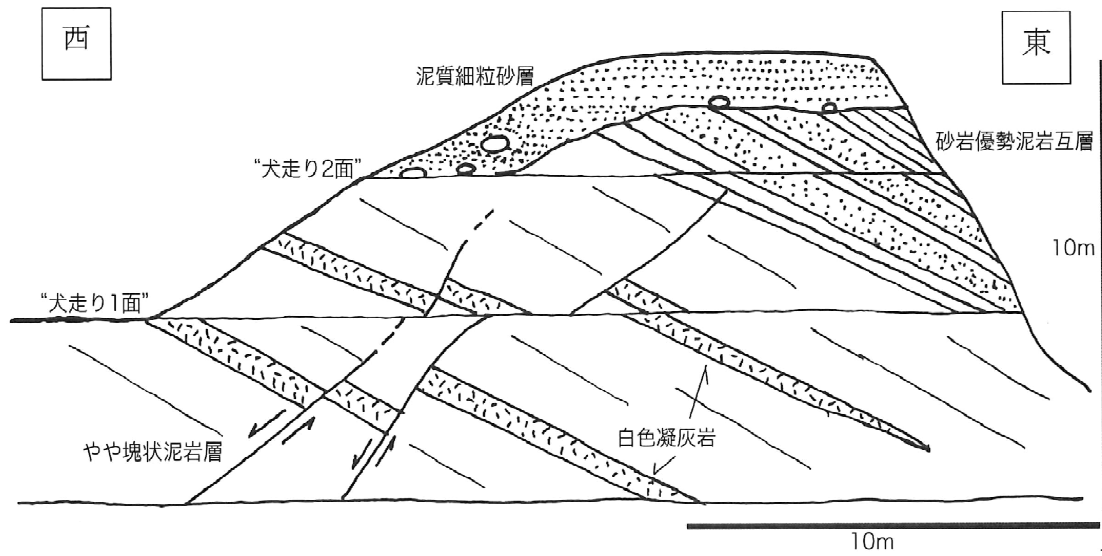


図1 露頭地質スケッチ

(犬走り1, 2面は平坦な段になっているため、見かけ上、地層がずれているように見えている)

※著作権の関係から、この箇所は表示できません。
自然科学研究科事務室学務係窓口での閲覧のみ
となります。

図2 砂岩優勢泥岩互層に観察される堆積構造

(出典：地層と化石，東海大学出版会，1982に一部加筆)