

平成29年度第2次募集

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、表紙を除き全部で9ページある。
- 3 物理学（[1]）、化学（[2]）、生物学（[3]）、地学（[4]）の[1]～[4]から2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、選択した問題番号が記載された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] 以下の問1, 問2に答えよ。

問1 ドップラーレーダに関する以下の文章を読み, ① ~ ⑤ に入る適切な数式を答えよ。

ドップラーレーダはマイクロ波領域の電波を降水粒子(雨粒)に照射し, その反射電波の強度および位相を測定する。これを使うと, 降雨強度および雨粒の挙動を知ることができる。ただし, 媒質をもたない電磁波のドップラー効果は相対論の帰結として現れるものであり, ドップラーレーダという名前がついているが, 本来の電磁波に対するドップラー効果を利用しているわけではないことに注意が必要である。以下, ドップラーレーダの原理について, 1次元で考えてみた。原点にあるレーダから発射された電波は雨粒にあたって反射し, ふたたび原点に戻り, そこで受信される場合を想定している。電波の振幅を A_0 , 周波数を ν , 初期位相をゼロ, 光速を c とし, 雨粒で反射される時の電波の減衰や位相変化は無視できるとする。

原点 $x=0$ にあるレーダから $A_0 \sin(2\pi\nu t)$ という波形の電波が発射されている。位置 x での電波の波形は $A_0 \sin\left\{2\pi\nu\left(t - \frac{x}{c}\right)\right\}$ と表すことができるから, $x=x_0$ にある雨粒で反射された電波が原点で観測されるとき波形は, ① となる。この雨粒が一定の速さ V でレーダの方向に近づいて来ている場合は, t 秒後の雨粒の位置は ② であるから, 原点で観測される電波の波形は ③ となる。結局, レーダ方向に速さ V を持っている雨粒と速さゼロの雨粒との位相差は ④ で, これは周波数が, ⑤ だけ変化することに相当する。この周波数変化量はドップラー周波数と呼ばれており, 受信電波を位相検波器に入力することで取り出すことができる。ドップラー周波数が分かれば ⑤ 式を使って雨粒のレーダ方向の速度成分が決定できる。

問2 流体の運動に関して以下の(1), (2)に答えよ。

- (1) 図1のような密度 ρ の流体の微小要素を考える。x 軸に直交する A 面, B 面にかかる圧力をそれぞれ P_A, P_B とする。x 方向の流速を u とし運動方程式を立て、圧力傾度力の x 成分を導出せよ。図の表記にこだわらず導いてよい。

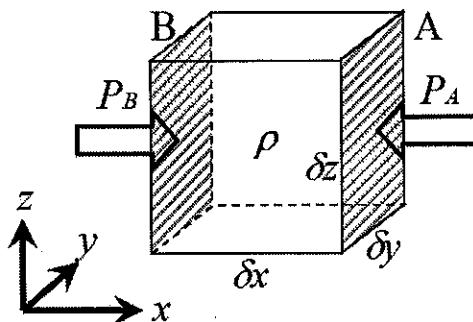


図1

- (2) 2次元流速場 $U=(u, v)$ について、図2のような二辺が $\delta x, \delta y$ の面 S を考える。2次元流速場の発散と渦度 (の z 成分) がそれぞれ ① 式, ② 式で表されることを示せ。ここで x 方向の流速を u , y 方向の流速を v とする。発散とは単位時間、単位面積当り面 S から流出する量である。また渦度は流速場 U について面 S の閉曲線に沿って線積分した量 (循環) を面 S の面積で割ったものである。

$$\nabla \cdot U = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \quad \text{①} \qquad (\nabla \times U)_z = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \quad \text{②}$$

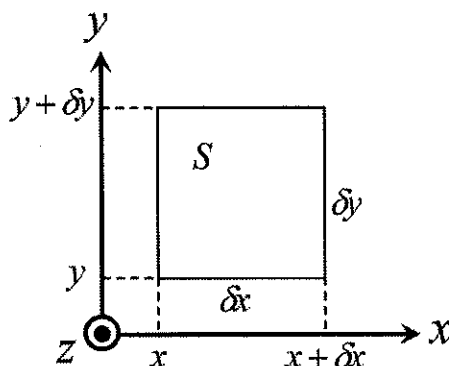


図2

[2] 以下の問1～問3に答えよ。

問1 原子や分子について、以下の(1)～(4)に答えよ。

- (1) ヘリウムは二原子分子ではなく単原子分子として存在する。その理由を電子のエネルギー状態図を示して説明せよ。
- (2) ある分子が赤外線を吸収するときその分子は赤外活性であるという。一酸化炭素は赤外活性であるが酸素分子は赤外不活性である。その理由を説明せよ。
- (3) ヘリウム原子の第1イオン化エネルギーは 2372 kJ mol^{-1} であるが、これは水素原子の第1イオン化エネルギー 1312 kJ mol^{-1} よりもかなり大きい。その理由を説明せよ。
- (4) 水素原子の第1イオン化エネルギー 1312 kJ mol^{-1} は、ナトリウム原子の第1イオン化エネルギー 496 kJ mol^{-1} よりもかなり大きい。その理由を説明せよ。

問2 酸素の反応について、以下の(1)～(3)に答えよ。

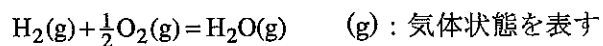
(1) エタン、黒鉛および水素の 298 K, 1.013×10^5 Pa における燃焼熱は、それぞれ以下のものであるとして、エタンの標準生成エンタルピーを求めよ。

$$\Delta H_{\text{エタン}}^{\circ} = -1559.88 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta H_{\text{黒鉛}}^{\circ} = -393.51 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta H_{\text{水素}}^{\circ} = -285.84 \text{ kJ mol}^{-1}$$

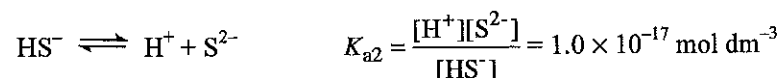
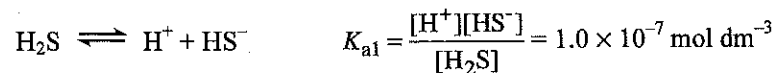
(2) 次の反応について、298 K における標準エントロピー変化 ΔS° を求めよ。ただし、 $\text{H}_2(\text{g})$, $\text{O}_2(\text{g})$, $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ の 298 K における標準エントロピーはそれぞれ $130.6 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, $205.03 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, $188.7 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ とする。



(3) (2) において 298 K における標準ギブス自由エネルギー変化 ΔG° を求めよ。ただし、 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ の 298 K における標準生成エンタルピーは $-241.83 \text{ kJ mol}^{-1}$ とする。

問3 硫化物の沈殿反応に関する次の文章を読み、(1)～(4)に答えよ。ただし、[X] は化学種 X のモル濃度であり、全ての化学種の活量係数は1とする。

硫化水素 H_2S は 298 K, $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ において水溶液中で次のように酸解離する：



硫化水素は種々の金属イオンと反応し硫化物を生成する。ある種の硫化物は、適当な pH において沈殿する。例えば、 $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3} \text{ Cu}^{2+}$ 及び $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3} \text{ Ni}^{2+}$ を含む $0.01 \text{ mol dm}^{-3} \text{ HCl}$ 水溶液に硫化水素を 0.10 mol dm^{-3} 溶解させると溶解度積の小さい CuS は沈殿するが NiS は沈殿しない。このことを利用すれば、水溶液中の Cu と Ni を分離することができる。

- (1) 0.10 mol dm^{-3} 硫化水素水溶液について、(i) 電荷収支および (ii) S に関する物質収支を表す式を書け。
- (2) 0.10 mol dm^{-3} 硫化水素水溶液の pH を求めよ。
- (3) 下線部において、 $[\text{Cu}^{2+}]$ を求めよ。 CuS の溶解度積 $K_{sp} = 1.0 \times 10^{-36} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$ である。
- (4) Ag_2S の水に対する溶解度は $9.0 \times 10^{-15} \text{ g dm}^{-3}$ である。 Ag_2S の溶解度積を求めよ。 Ag_2S のモル質量は 247.8 g mol^{-1} である。

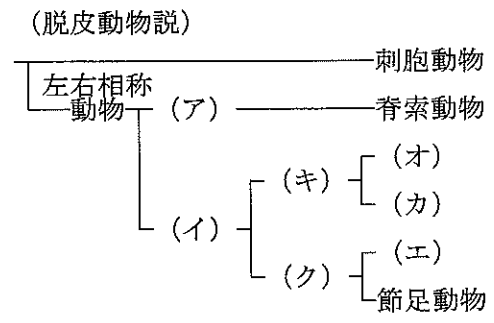
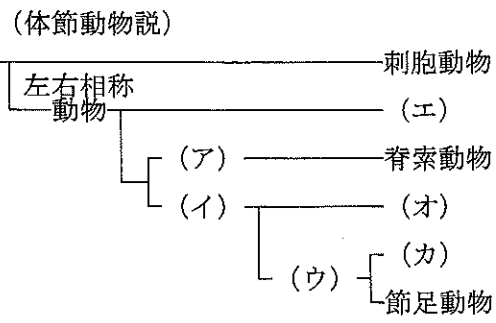
[3] 生物学に関する以下の問 1, 問 2 に答えよ。

問 1 動物系統分類学に関する以下の文章を読み, (1) ~ (3) に答えよ。

DNA の塩基配列などに基づいて生物間の系統関係を推定する分子系統学的手法は, いまや動物系統分類学にとって強力かつ必要不可欠な研究手法となっている。

例えば後生動物 (Metazoa) の進化に関しては, ① の襟細胞の形態と ② の形態の類似性から群体性鞭毛虫を後生動物の起源とするという群体性鞭毛虫起源説がかつてより唱えられてきたが, 分子系統解析によっても後生動物と ② の姉妹群関係が強固に支持されることから, この説は今や定説として認められている。このように比較形態学に基づいた説が分子系統解析によっても支持される場合もあれば, 比較形態学に基づく体節動物説 (Articulata theory) と分子系統学に基づく脱皮動物説 (Ecdysozoa theory) のように両者が対立する場合もある。

- (1) ① に入る後生動物と ② に入る原生物 (Protista) の, それぞれ生物門名を答えよ。
- (2) ② に入る生物門と後生動物とは, 共にオピストコンタ (Opisthokonta) という単系統群の一員である。この群に共通してみられる特徴について説明せよ。
- (3) 下線部について, 体節動物説と脱皮動物説それぞれの立場における, 主要な動物群の系統樹の樹形を以下に示す。ここで (ア) ~ (ク) に入る, 適切な動物の分類群名を下の語群から選んで記入せよ。



- 語群：
- | | | | |
|------|-------|-------|----------|
| 環形動物 | 冠輪動物 | 棘皮動物 | 後口(新口)動物 |
| 線形動物 | 側節足動物 | 体節動物 | 前口(旧口)動物 |
| 脱皮動物 | 軟体動物 | 汎節足動物 | 袋形動物 |

問2 分子系統解析に関連した遺伝子クローニングに関する以下の文章を読み、以下の(1)～(4)に答えよ。

後生動物の系統的起源のようないわゆる^(a)生物の大系統に関わる分子系統解析には、リボソーム RNA (rRNA) 遺伝子の塩基配列が用いられることが多い。これらの DNA 塩基配列の決定は、遺伝子断片をクローニングしてから行われる。まず核 DNA 上の rRNA 遺伝子に設計された1組のプライマーと DNA ポリメラーゼを用い、対象とする生物の DNA を鋳型とした^(b)ポリメラーゼ連鎖反応 (PCR)を行う。次に、その PCR 産物を抗生物質に対する耐性遺伝子をもつベクターにライゲーションし、そのライゲーション産物を用いて大腸菌を形質転換させる。その大腸菌溶液を^(c)抗生物質を含む寒天培地プレートにまき、一晚37°Cで培養する。得られた^(d)独立したコロニーを植菌し、抗生物質を含む液体培地で再び一晚37°Cで培養する。この培養液を遠心分離機にかけて集菌し、アルカリ変性法によってプラスミド DNA を抽出する。最終的に、この DNA 溶液を使ってシーケンス反応を行い、配列を決定する。

- (1) 下線部 (a) について、なぜリボソーム RNA (rRNA) 遺伝子が適しているのか、その理由を答えよ。
- (2) 下線部 (b) について、ポリメラーゼ連鎖反応 (PCR) では通常3つの定温過程を繰り返すことによって DNA 断片を増幅させる。それら3つの過程で行われている反応について、それぞれ説明せよ。
- (3) 下線部 (c) について、クローニングにおける抗生物質の役割を答えよ。
- (4) 下線部 (d) について、なぜ独立したコロニーを植菌して培養するのか、その理由を答えよ。

[4] 段丘・山地の地形に関する以下の問1～問5に答えよ。

問1 山地は、火山活動や地殻変動などの内的営力による大地の隆起によって高くなり、外的営力による削剥（高度が低下する現象）によって起伏を増した地形である。削剥によって山は低くなるが、侵食過程には営力ごとに作用下限高度がある。この下限高度は「侵食基準面」とよばれ、河川侵食では海面、氷食では平衡線、風食では水面がそれぞれの「侵食基準面」である。以下の（1）、（2）に答えよ。

（1） 外的営力とは何か説明せよ。

（2） 河成段丘や海成段丘が形成される要因を「侵食基準面」を用いて説明せよ。

問2 山地の地形変化の速度は低地や段丘よりも大きく、斜面崩壊（落石・崩落）、地すべり、土石流などの物質の集団移動が著しい。崩落と地すべりは、斜面物質が重力によって土塊あるいは岩塊の状態で斜面下方に移動する現象をいう。この崩落と地すべりの違いについて答えよ。

問3 地すべりおよび崩落が生じる誘因をそれぞれ2つ答えよ。

問4 斜面の上部を構成する地層や岩石が、重力作用を受けて安定性を失い、落下し定着する現象を落石という。落石に関する以下の（ア）～（エ）の説明について、不適切なものを記号で答えよ。

（ア） 落石は、岩壁のほか段丘崖や海食崖でも生じる。

（イ） 岩盤からの落石によって生じる礫は、角礫～亜角礫からなる。

（ウ） 落石によって斜面基部にできる堆積地形は崖錐とよばれる。

（エ） 凍結融解作用では落石は生じない。

問5 地すべりや崩落の進行状態や移動量を定量的に調査する方法について2つ述べよ。