

令和4年度第1次募集（令和3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
一般選抜

環境科学専攻
自然システム科学
E1

専門科目（分析化学）

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3ページある。
- 3 解答は，すべて解答用紙の指定された箇所に記入すること。
- 4 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。
- 5 解答時間は，120分である。
- 6 下書きは，問題冊子の余白を使用すること。

[1] 水溶液中での酸化還元反応に関する以下の問 1～問 5 に答えよ。ただしすべての反応は 25.0°C, 1.013×10^5 Pa で起こるものとし、イオンの活量係数はすべて 1 とする。必要であれば以下の値を用いよ。ファラデー定数 F ; 96500 C mol^{-1} , 気体定数 R ; $8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

問 1 1 価の水銀イオン Hg^+ は二量体の Hg_2^{2+} として安定に存在し, Hg との間に下の (1) で示す酸化還元平衡を生じる。



この酸化還元反応の電位 $E_{\text{Hg}_2^{2+}/\text{Hg}}$ を, この反応の標準酸化還元電位 $E^\circ_{\text{Hg}_2^{2+}/\text{Hg}}$, F , R , および Hg_2^{2+} の濃度 $[\text{Hg}_2^{2+}]$ を用いた式で表せ。

問 2 (1) の反応が起きる際に塩化物イオンを添加すると, 難溶性の Hg_2Cl_2 の沈殿が生じた。このときの $E_{\text{Hg}_2^{2+}/\text{Hg}}$ を, 反応の標準酸化還元電位 $E^\circ_{\text{Hg}_2^{2+}/\text{Hg}}$, F , R , Hg_2Cl_2 の溶解度積 $K_{\text{SP}, \text{Hg}_2\text{Cl}_2}$, および Cl^- の濃度 $[\text{Cl}^-]$ を用いた式で表せ。

問 3 下の (2) に示す Hg_2Cl_2 の固体と Hg との反応の標準酸化還元電位を $E^\circ_{\text{Hg}_2\text{Cl}_2/\text{Hg}} = 0.280 \text{ V}$, $E^\circ_{\text{Hg}_2^{2+}/\text{Hg}} = 0.790 \text{ V}$ としたとき, Hg_2Cl_2 の溶解度積の値を求めよ。



問 4 下の (3) で示した鉄と水銀に関する酸化還元反応が, $[\text{Fe}^{2+}] = 1.00 \text{ mol dm}^{-3}$, $[\text{Hg}_2^{2+}] = 1.00 \text{ mol dm}^{-3}$, $[\text{Fe}^{3+}] = 1.00 \text{ mol dm}^{-3}$ の条件のもので自発的に進行する向きについて答えよ。ただし, $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$ で示される反応の標準酸化還元電位 $E^\circ_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0.771 \text{ V}$ とし, (3) 以外の反応は起こらないものとする。



問 5 (3) の反応が右向きに進む場合の標準ギブズ自由エネルギー変化 (ΔG°) を求めよ。

[2] 弱酸 H_2A の水溶液に関する以下の問 1 ~ 問 5 に答えよ。ただしすべての化学種の活量係数は 1 とし、水の自己プロトリス定数は $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$ とする。

問 1 H_2A は下の (1) と (2) に示すように 2 段階に解離する。(1) の酸解離定数と (2) の酸解離定数をそれぞれ K_{a1} , K_{a2} としたとき, K_{a1} と K_{a2} のそれぞれを, $[\text{H}_2\text{A}]$, $[\text{HA}^-]$, $[\text{A}^{2-}]$, $[\text{H}^+]$ のいずれかを用いて表せ。



問 2 $[\text{H}_2\text{A}]$, $[\text{HA}^-]$, $[\text{A}^{2-}]$ の全濃度を C_A としたとき, $\frac{[\text{HA}^-]}{C_A}$ を $[\text{H}^+]$, K_{a1} , K_{a2} を用いて表せ。

問 3 $\text{pH} = \text{p}K_{a1}$ のとき, $[\text{H}_2\text{A}] = [\text{HA}^-]$ であることを示せ。

問 4 $K_{a1} = 5.0 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$, $K_{a2} = 4.0 \times 10^{-11} \text{ mol dm}^{-3}$ であるとき, $0.100 \text{ mol dm}^{-3} \text{ H}_2\text{A}$ 溶液の pH を求めよ。

問 5 $0.100 \text{ mol dm}^{-3} \text{ NaHA}$ 溶液の pH を求めよ。ただし K_{a1} および K_{a2} は問 4 と等しいとする。

[3] フレーム原子吸光分析法を用いて定量分析を行う場合に見られる化学干渉とイオン化干渉とはそれぞれどのようなものを説明せよ。またそれぞれの干渉を抑制する方法についても説明せよ。

令和4年度第1次募集（令和3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
一般選抜

環境科学専攻
自然システム科学
E1

専門科目（宇宙化学）

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4ページある。
- 3 解答は，すべて解答用紙の指定された箇所に記入すること。
- 4 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。
- 5 解答時間は，120分である。
- 6 下書きは，問題冊子の余白を使用すること。

[1] 質量 m の物体の鉛直方向の落下と打ち上げについて考える。鉛直上向きを y 軸の正方向とする。重力加速度は $g=9.8 \text{ m/s}^2$ とする。このとき、以下の問 1～問 5 に答えよ。

問 1 時刻 $t=0 \text{ s}$ に物体を高さ $y_0=490 \text{ m}$ の位置から自由落下させる。地面に到達するまでの時間を g および y_0 を用いて表し、これを計算せよ。物体は質点とし、空気抵抗は無視する。

問 2 時刻 $t=0 \text{ s}$ に物体を地面 $y=0 \text{ m}$ から初速度 $v_0=49 \text{ m/s}$ で鉛直上方向に打ち上げる。最高点に到達するまでの時間を g および v_0 を用いて表し、これを計算せよ。物体は質点とし、空気抵抗は無視する。

問 3 問 2 において、到達する最高点の高さを g および v_0 を用いて表せ。

問 4 運動する物体に対し速度に比例した空気抵抗が働くとする。物体の運動方程式が $m\ddot{y} = -mg - A\dot{y}$ の形で表せることを示せ。ただし、 A は空気抵抗の比例係数であり、正の値をとるとする。

問 5 問 4 の運動方程式を解き、物体の速度と位置を時刻 t の関数として表せ。ただし、物体は時刻 $t=0 \text{ s}$ において $y=y_1$ の高さから初速度 $v_0=0 \text{ m/s}$ で落下し始めるとする。

[2] 図1に示す, 1辺の長さ L の立方体の箱の中の N 個の理想気体分子の運動について考える。分子1つあたりの質量を m とし, その速度ベクトルを $\boldsymbol{v} = [v_x, v_y, v_z]$ とする。このとき, 以下の問1~問5に答えよ。

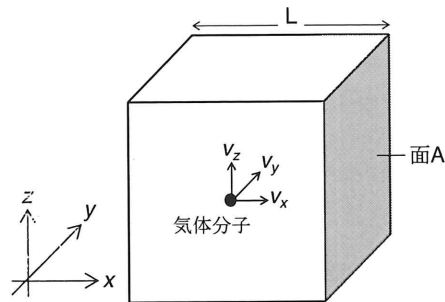


図1

問1 箱の面Aに対する1個の気体分子の完全弾性衝突を考える。 x 軸方向の運動のみを考えたとき, 1回の衝突の前後で分子の運動量はどれだけ変化するか示せ。

問2 1個の気体分子が箱の面Aに及ぼす力が, $f_A = mv_x^2/L$ で表せることを示せ。 x 軸方向の運動のみを考え, 面が受ける力は単位時間当たりの分子の運動量の変化に等しいことに留意せよ。

問3 N 個の気体分子全てが, 箱の面Aに及ぼす力を N, m, L , および $\langle v^2 \rangle$ を用いて表せ。ここで $\langle v^2 \rangle = \langle v_x^2 \rangle + \langle v_y^2 \rangle + \langle v_z^2 \rangle$ であり, $\langle v_x^2 \rangle, \langle v_y^2 \rangle, \langle v_z^2 \rangle$ はそれぞれ全分子についての x, y, z 方向の速度の二乗平均である。また, 気体分子の運動は等方的であると仮定する。

問4 問3で求めた式と理想気体の状態方程式をもとに,

$$\frac{1}{2}m\langle v^2 \rangle = \frac{3}{2}kT$$

となることを示せ。ここで k はボルツマン定数, T は気体の温度である。

問5 星間空間にある分子雲の成分が水素分子ガスであり, 分子ガスの温度が 13 K

であるとしたときの分子ガスの平均速度を cm/s 単位, 有効数字1桁で求めよ。
なお, 水素原子の質量は 1.7×10^{-24} g, ボルツマン定数は $k = 1.4 \times 10^{-16}$ erg/K とする。

[3] 天体の明るさを表す指標として使われている等級について、以下の問 1 ～問 5 に答えよ。

問 1 ある天体のみかけの等級 m は、その天体の明るさ f (その天体から単位時間、単位面積あたりに届くエネルギー量)と、基準となる天体の等級 m_0 およびその明るさ f_0 を用いて以下の式で表される。

$$m = m_0 + C \log(f/f_0)$$

ここで C は定数、 \log は 10 を底とする対数である。1 等の星は 6 等の星より 100 倍明るいとしたとき、 C の値を求めよ。

問 2 AB 等級では、明るさを観測している波長によらず 3630 ジャンスキーの明るさの天体を 0 等とする基準が用いられている。ジャンスキー単位で表した天体 A の明るさを f_A とするとき、この天体の AB 等級 m_{AB} を式で示せ。

問 3 天体の見かけの明るさとその天体までの距離の関係について説明せよ。

問 4 天文学で距離を表す単位として使われる、パーセクの定義を説明せよ。

問 5 天体の絶対的な明るさを測る指標として絶対等級が用いられる。これは距離 10 パーセクにおける天体の見かけの等級として定義される。見かけの等級 m を絶対等級 M 、天体までの距離 D (単位はパーセク) を用いて表せ。

令和4年度第1次募集（令和3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
一般選抜

環境科学専攻
自然システム科学
E1

専門科目（植物分類学）

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4ページある。
- 3 解答は，すべて解答用紙の指定された箇所に記入すること。
- 4 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。
- 5 解答時間は，120分である。
- 6 下書きは，問題冊子の余白を使用すること。

[1] 以下の図1はシラカンバ(カバノキ科)の種子について様々な温度条件下で発芽試験を行った結果を, 図2は発芽試験を行ったシラカンバが生育している函館市の平均気温の季節的推移を示している。これらに関して以下の問1~問5に答えよ。

※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。

図1 シラカンバ種子の温度に対する最終発芽率の関係
冷温処理を施した種子は湿潤条件下に4℃で3週間保存した
出典: 小山 [2002; 『発芽生物学』(文一総合出版)] の図6 (191頁) を一部改変

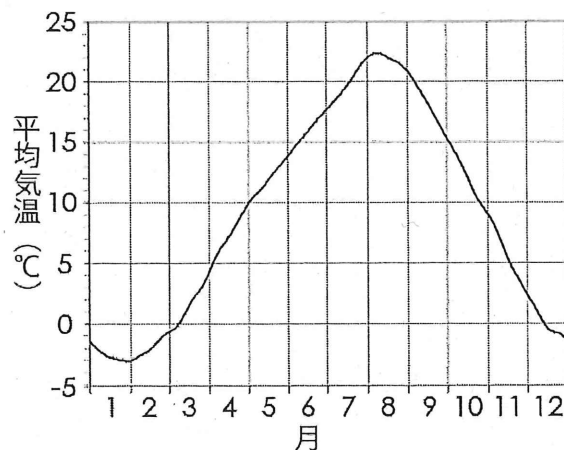


図2 函館市の過去30年間(1981-2010)の平均気温の季節的推移

問1 函館市の野外におけるシラカンバの種子発芽量の季節変化を予測し, 説明せよ。なお, シラカンバの種子散布(果実散布)は7月下旬から11月上旬とする。

問2 このような種子発芽量に季節変化がみられる生態学的意義を述べよ。

問3 シラカンバの果実には半透明の翼があり，風で散布される。種子植物の種子・果実散布に関連して，風散布以外の方法を2つあげよ。また，それぞれの散布方法を行う植物を1種ずつとりあげ，散布体（種子もしくは果実）の形態についても述べよ。

問4 一般的に知られている，種子の休眠を解除するための条件を2つ以上挙げて説明せよ。

問5 種子発芽に重要な影響を与える温度以外の環境要因を3つあげよ。

[2] 以下の図3は陸上植物の系統樹である。この系統樹を見て、以下の問1～問3に答えよ。

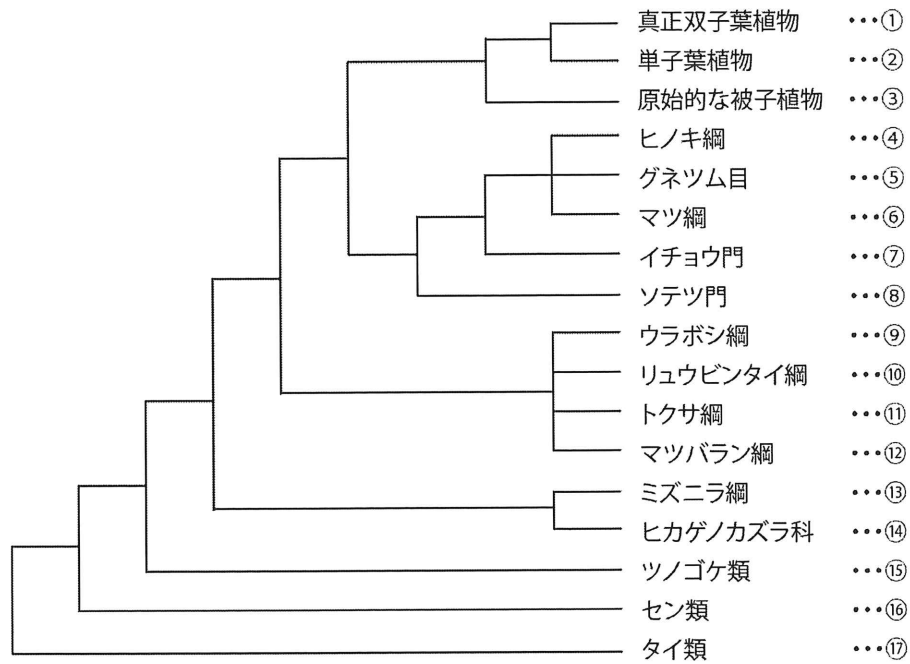


図3 陸上植物の系統関係

問1 以下に示す(a)～(d)の分類学的なまとまりが、系統樹のどの範囲であるか各系統群に付された番号(①～⑰)を記し、単系統群、側系統群、多系統群のいずれであるかを答えよ。

- (a) コケ類
- (b) シダ類
- (c) 裸子植物
- (d) 小葉類

問2 以下に示す(e)～(g)の形質はどの系統群のグループで共有されているか。系統樹内に記された各系統群に付された番号(①～⑰)を答えよ。

- (e) 真正中心柱
- (f) 花粉
- (g) 主な植物体は单相の配偶体

問3 シダ種子植物とはどのような植物であったと考えられているのか。その形態的特徴と、考えられる陸上植物の系統樹における系統学的位置を述べよ。

[3] 以下は、真核生物の遺伝子発現に関する文章である。(A) ~ (J) に当てはまる適切な語句を答えよ。

真核生物で遺伝子発現が起こるためには、DNA 上に (A) と (B) タンパク質が結合しなくてはならない。しかし、DNA が (C) 繊維によって折りたたまれたままでは、(A) などが DNA に近づくことができない。(C) 繊維が必要に応じてほどけた状態になると、これらが結合し、DNA と相補的な配列をもつ (D) RNA 前駆体が合成される。この前駆体はスプライシングを受け、(D) RNA となる。

(D) RNA は (E) を通って細胞質に移動し、(F) と結合する。そして、(D) RNA の塩基配列に相補的なアンチコドンをもつ (G) RNA が、(F) で 2 個ずつ結合する。(G) RNA は、それぞれがもつ塩基配列に対応して、決まった (H) と結合している。(F) は (D) RNA の上を移動し、隣り合う (H) が (I) 結合によって次々につながっていく。こうして (J) が合成される。

令和4年度第1次募集（令和3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

一般選抜

環境科学専攻
自然システム科学

E1

専門科目（行動生物学）

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4ページある。
- 3 解答は、すべて解答用紙の指定された箇所に記入すること。
- 4 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。
- 5 解答時間は、120分である。
- 6 下書きは、問題冊子の余白を使用すること。

[1] 生物における情報伝達に関する以下の文を読み、問1～問3に答えよ。

生物が発する化学物質には、生物の種類や状態が情報として含まれていることがあり、^(a)周囲の他の生物は、それらの化学物質を感知すると、行動や形態などの[ア]型を変化させることができる。

これらの化学物質による[ア]型の変化は、遺伝子発現の変化によってもたらされることがある。細胞レベルでみると、化学物質を受容した個体内では、細胞が化学物質の受容に応答し遺伝子発現を変化させる。他の生物が発した化学物質は直接、あるいは体内の情報伝達を担う分子に変換されて、標的となる細胞に伝わる。標的細胞には、シグナルとなる分子を特異的に認識して捕らえる[イ]が存在する。細胞膜表面に[イ]が存在する場合、多くは[ウ]タンパク質であり、細胞の外側にある結合部位にシグナル分子が結合すると、立体構造が変化し、細胞内の情報伝達を担う[エ]にシグナルを受容したことが伝えられる。細胞内情報伝達経路を介して伝えられた情報は、^(b)転写制御因子に伝えられ遺伝子発現が変化する。

問1 文中の[ア]～[エ]に入る適した語をそれぞれ答えよ。

問2 下線部 (a) について、同種2個体間の相互作用を媒介する化学物質のことを何というか答えよ。また、その例を一つあげて説明せよ。

問3 下線部 (b) に関連して、転写制御因子によって特定の遺伝子の転写が活性化する場合について、その過程を以下の6つの語句をすべて用いて説明せよ。

語句：転写制御因子（転写活性化因子）、標的遺伝子、エンハンサー、プロモーター、基本転写因子群、転写開始複合体

[2] 種間相互作用と進化に関する以下の文を読み、問 1 ～問 4 に答えよ。

ある寄生蜂はショウジョウバエの幼虫に卵を産み付け、寄生蜂の幼虫はショウジョウバエ幼虫の体内で成長し、最終的にはショウジョウバエの幼虫を殺して羽化する。一方、ショウジョウバエは、寄生蜂の卵を細胞性免疫によって殺すことで、寄生に抵抗する。

ヨーロッパのショウジョウバエの野生集団では、^(a)寄生蜂に対する抵抗性に集団間で遺傳的変異がある。Kraaijeveld と Godfray は、ショウジョウバエの抵抗性の進化に影響する要因を明らかにするため、室内でショウジョウバエを継代飼育し、世代ごとの抵抗性の変化を調べた (Kraaijeveld & Godfray, 1997)。彼らは、初期集団として抵抗性の低い系統を用い、各世代 100 個体ずつを選抜し継代飼育を行った。また、飼育集団を 2 種類に分け、片方のグループでは、毎世代、ショウジョウバエ幼虫を寄生蜂にさらし、寄生を生き残ったショウジョウバエから選抜を行った。もう一方のグループでは、寄生蜂にさらさずに選抜を行った。

図 1 は、寄生蜂が存在する条件で選抜した系統と存在しない条件で選抜した系統における、各世代のショウジョウバエ幼虫の寄生蜂に対する抵抗性の強さを示している。抵抗性の強さは、ショウジョウバエ幼虫を寄生蜂に一定時間さらした後、数日後に寄生蜂の卵が殺されていた割合で示している。

また、同様の選抜実験を行い、選抜された系統の種内競争力を異なる餌条件下で調べた。図 2 は、寄生蜂が存在する条件で選抜された系統の種内競争力と、寄生蜂が存在しない条件で選抜された系統の種内競争力を比較したものである。種内競争力は、選抜後の系統 (選抜系統) のショウジョウバエと、選抜実験に用いていない系統 (テスト系統) のショウジョウバエを 15 個体ずつ、餌が入ったペトリ皿に入れ、一定期間後に選抜系統の生存個体数 (e) とテスト系統の生存個体数 (t) を数え、両者の比率の対数 ($\log(e/(t+1))$) として表している。ペトリ皿には、4 種類の餌量のいずれかになるように餌を入れた。

※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 : Kraaijeveld & Godfray. Trade-off between parasitoid resistance and larval competitive
ability in *Drosophila melanogaster*. *Nature* 389: 278-280 (1997) を改変

問1 寄生者や捕食者の攻撃能力と、宿主や被食者の防御能力の進化では、(b)2種間の相互作用により互いの形質が影響しあい進化が起こる。下線部 (b) に関連して、以下の (i) および (ii) に答えよ。

(i) 下線部 (b) のような進化を何というか答えよ。

(ii) 2種間の相互作用には、相互作用を行う2種がともに利益を得る関係もある。このような関係を何と呼ぶか答えよ。また、その例を具体的な生物名をあげて説明せよ。

問2 図1において、選抜実験によってショウジョウバエの抵抗性はどのように進化したかを説明せよ。また、そのように進化した理由を考察せよ。

問3 図2から、餌資源量がショウジョウバエの抵抗性の進化に与える影響を読み取り説明せよ。

問4 本文中の下線部 (a) について、野外において抵抗性の低い集団が存在する理由を、図1および図2が示す結果をもとに考察せよ。

令和4年度第1次募集（令和3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
一般選抜

環境科学専攻
自然システム科学
E1

専門科目（動物進化発生学）

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3ページある。
- 3 解答は，すべて解答用紙の指定された箇所に記入すること。
- 4 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。
- 5 解答時間は，120分である。
- 6 下書きは，問題冊子の余白を使用すること。

[1] 次の文章を読んで、以下の問 1～問 6 に答えよ。

脊椎動物は類似した過程を経て発生する。すなわち、まず^(a)受精後 1 つの細胞から卵割と呼ばれる細胞分裂を繰り返し、細胞数を増加させる。次に、^(b)増加した細胞が胚の表面から内部へ入り込む形態形成運動がおきる。その過程で、^(c)内胚葉・中胚葉・外胚葉という 3 つの胚葉が生じる。続いて、^(d)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。胴尾部には神経管の両側に体節が形成され、頭部には神経管の腹側に繰り返し構造である咽頭弓が形成される。^(e)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、^(f)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。

問 1 下線部 (a) 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が、mRNA が機能している。この時期に機能している mRNA は何と呼ばれるか、答えよ。

問 2 下線部 (b) について、この表面から内部へ入り込む形態形成運動は何と呼ばれるか、答えよ。

問 3 下線部 (c) に関連して、筋肉はどの胚葉から形成されるか、答えよ。

問 4 下線部 (d) に関連して、神経管が形成される過程で脊椎動物を特徴づける細胞集団が遊離する。その細胞集団の名称を答えよ。

問 5 下線部 (e) について、胚発生過程においてこの時期は何と呼ばれるか、答えよ。

問 6 下線部 (f) に関連して、どのように遺伝子発現が制御され、未分化な細胞から異なる組織の細胞へと分化しているのか、次の 4 つの用語をすべて使い説明せよ。

用語：RNA ポリメラーゼ、プロモーター、転写因子、エンハンサー

[3] 次の文章を読んで、以下の問 1 ～問 5 に答えよ。

ある生物の遺伝子 X について、そのコード領域全域をクローニングし DNA 塩基配列を決定する実験をおこなった。まず、組織から total RNA を抽出し、(a)オリゴ dT プライマーを用いて逆転写反応をおこなうことにより cDNA を合成した。次に、その cDNA を鋳型として、遺伝子 X のコード領域全域を含むように設計された 1 組のプライマーと DNA ポリメラーゼを用いて (b)ポリメラーゼ連鎖反応(PCR)をおこなった。その PCR 産物を抗生物質に対する耐性遺伝子をもった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た。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、一晩 37°C で培養した。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晩 37°C で培養した。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 を抽出した。最終的に、この DNA 溶液を鋳型として (e)シーケンス反応をおこない、サンガー法によって遺伝子 X の塩基配列を決定した。

問 1 下線部 (a) について、なぜオリゴ dT プライマーを用いるのか、その理由を答えよ。

問 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 つの過程名を挙げ、それぞれおこなわれている反応について、説明せよ。

問 3 下線部 (c) について、なぜ抗生物質を用いるのか、その理由を答えよ。

問 4 下線部 (d) について、なぜ独立したコロニーを植菌し培養するのか、その理由を答えよ。

問 5 下線部 (e) について、サンガー法による塩基配列決定ではデオキシヌクレオシド三リン酸(dNTP)とともになぜジデオキシヌクレオシド三リン酸(ddNTP)を用いるのか、その理由を答えよ。