

科目記号	科目名
G	増殖生物学

解答（解答例）・出題の意図

出題内容：水族生理学

出題番号 211

【解答例】

（１）この問題では、幹細胞から筋細胞（筋線維）への分化に関し、以下の４点が記載されていることが求められる。

- ① 幹細胞 → 筋芽細胞 → 筋管細胞 → 筋細胞（筋線維）という段階を経て分化すること。
- ② 各段階の細胞の性状
 - ・ 幹細胞：活発な自己複製能を持ち、筋肉以外の細胞にも分化する能力を持つ
 - ・ 筋芽細胞：自己複製能を持つ細胞であるが、やがて自己複製能を失い、アクチンやミオシンなど筋収縮に関わるタンパク質の合成を活発におこなう。しかし収縮能は持たない。
 - ・ 筋管細胞：隣接する筋芽細胞同士が融合してできる多核の細胞で、アクチン、ミオシンなどから筋原線維の形成が進む。
 - ・ 筋細胞（筋線維）：筋幹細胞が成熟し、収縮能を獲得した細胞
- ③ 幹細胞 → 筋芽細胞へと分化が進む段階（筋細胞へと分化する運命の決定が起こる段階）、および、筋芽細胞におけるアクチン、ミオシンの合成が活性化する段階で機能する転写調節タンパク質
 - ・ 筋細胞へと分化する運命の決定が起こる段階：MyoD と Myf5
 - ・ アクチン、ミオシンの合成が活性化する段階：Myogenin と MyoD
- ④ 指定した１０個の単語の意味を正しく理解して説明に使用していること

（２）この問題では、分化過程で機能する転写調節タンパク質（MyoD, Myf5, Myogenin 等）の mRNA もしくは筋原線維を構成するタンパク質で筋収縮には必要不可欠なタンパク質（アクチンやミオシンなど）の mRNA のうちの一つを判定に用いることができる mRNA 名として挙げ、これらの mRNA の発現量が筋細胞分化に伴い必ず増加することを理由として挙げる必要がある。

出題番号 212

【解答例】

- （１）複眼
- （２）複眼は個眼と呼ばれる多くの視覚単位から構成された光受容器である。各個眼はそれぞれ独立した棒状の光受容器であり、互いに接して配置することで複眼を形成する。個眼の先端には角膜があり、角膜から入った光刺激は底部の光受容部で受容される。光受容部は数個の視細胞が集まった小網膜を構成する。各視細胞の末端から視神経が伸び光刺激は視神経を経て脳に伝えられる。

- ① 単眼，複眼，カメラ眼の違いを理解していること。
- ② 指定した10個の単語の意味を正しく理解して説明に使用していること。
- ③ 個眼が視覚単位，個眼が光受容器。
- ④ 個眼の先端に角膜が存在，角膜から光刺激が入り光受容部に到達すること。
- ⑤ 光受容部は，視細胞が集まり小網膜を構成。
- ⑥ 視細胞から視神経が出て視神経から脳に光刺激が伝達すること。

【出題の意図】

増殖生物学講座では，有用水圏生物資源の持続的活用を図るため，水産増養殖に関する先端技術開発に必要となる，様々な生命科学の知識と研究技術を教授する。

これらを習得する上で必要不可欠な学部教育レベルの基盤知識を問う問題として，出題番号 211（1）では，細胞の分化，遺伝子発現制御等に関する問題を学部講義である水族生理学の講義内容から出題した。加えて，その知識を自らが応用して用いる力を問う問題として，出題番号 211（2）を出題した。出題番号 212 では，海産無脊椎動物は多様な生理現象を持っていることから，その相違点を理解し論理的に説明できる力を問う問題として出題した。

出題内容：水族繁殖学

出題番号 221

【解答例】

(1) (ア) エストロゲン (イ) アンドロゲン

(2) 有胎盤哺乳類では、性ホルモンは外生生殖器の発達においては重要な役割を持つが、胎児期に行われる精巣や卵巣形成には寄与していない。爬虫類では、孵卵温度で性が決まるが、エストロゲン投与またはその阻害によって完全な性転換が誘導されることから、性分化時の温度によるエストロゲン産生制御が性を決定している。

(3) 遺伝的雌ナイルティラピア生殖腺では foxl2 の発現により卵巣発現型アロマターゼ遺伝子 (cyp19a1a) の転写が誘導され、エストロゲン合成が活性化されることによって卵巣分化が誘導される。

(4) 遺伝的雄では、性分化期の生殖腺において hsd17b1 の発現がみられないため、テストステロンが合成されていない可能性が高いこと、また、cyp11c1 の発現も見られないため、11KT も合成されない可能性が高いことから、アンドロゲンが精巣分化を誘導する因子とはなり得ないことを示している。

出題番号 222

【解答例】

(1) (ア) 間腎、(イ) クロム親和性、(ウ) 中、(エ) ステロイド、(オ) 外

(2) コルチゾル、(コルチコステロン、コルチゾン、11-デオキシコルチコステロン、アルドステロンでも可)

(3) 糖新生を促進し、血糖量を増加させる。特にストレス時に下垂体から分泌される副腎皮質刺激ホルモン (ACTH) の作用によって合成が刺激される。体の脂肪やタンパク質を分解することでエネルギーを補う。また、電解質・浸透圧調節においても、海水適応時に鰹に作用し、海水型塩類細胞の分化を促進し、NKA の活性を高めることで塩類細胞からのイオン排出を促進する。

(4) アドレナリンまたはノルアドレナリン

(5) 緊張時の心拍数の増加、心収縮力の増加、血圧の上昇、血管の収縮、鰹血管の拡張、尿量の増加、血糖の上昇、メラニン顆粒の凝集など、いずれか4つ回答で可。

【出題の意図】

増殖生物学講座では、有用水圏生物資源の持続的活用を図るため、水産増養殖に関する先端技術開発に必要となる、様々な生命科学の知識と研究技術を教授する。

これらを習得する上で必要不可欠な学部教育レベルの基盤知識を問う問題として、出題番号 221 では、脊椎動物の性分化制御機構と魚類の性分化制御機構について幅広く問い、また出題番号 222 では、性分化および性成熟を抑制するストレスホルモンを産生する組織、およびその生体内におけるはたらきに関わる理解度を問う問題を中心として出題した。

出題内容：水族生化学

出題番号 231

【解答例】

- (1) (A) 視床下部，産生される主要なホルモン：生殖線刺激ホルモン放出ホルモン
(B) 下垂体，産生される主要なホルモン：生殖線刺激ホルモン（濾胞刺激ホルモンおよび黄体ホルモン，でも可）
- (2) 分子名：エストロジェン受容体
作用機構：エストロジェン受容体とリガンド（エストロジェンまたは E_2 ）が結合する受容体とリガンドの複合体は二量体を形成し核内の標的遺伝子のプロモーター内にあるホルモン反応性エレメントに結合し，その遺伝子の発現を転写レベルで調節する。
- (3) これらの良く知られた卵の構成成分に加えて，成長中の卵母細胞は様々な他の成分を蓄積するが，それらは時には相当な量であり，胚や仔稚魚の正しい発達において不可欠な役割を担っている。
- (4) E: 表層胞，F: 油球
- (5) 多くの魚種では，最初の摂餌までの初期発達期間が長いため，その間に飢餓状態にならないように母親由来の卵黄を吸収して栄養源とする必要があるため。

出題番号 232

【解答例】

- (1) ヘテロ接合型組換え個体と野生型個体が出現し，その出現比率は 1:1 である。
- (2) ゲル濾過カラムクロマトグラフィー法は，多孔性の担体を充填したカラムの分子ふるい効果により，高次構造を保った非変性状態の蛋白質をサイズの違いにより分離する方法である。一方，SDS-PAGE はアクリルアミド重合ゲルの分子ふるい効果により，SDS の存在下で変性した状態の蛋白質を分子サイズの違いにより分離する方法である。イオン化した SDS は蛋白質に作用し，非共有結合の一部を切断または変化させ，さらに蛋白質に均一な負荷電を付加する。これにより蛋白質は，自身の高次構造・荷電の影響を受けずに，通電したゲル中を負極から正極に向かい移動し，サイズの小さなものほど泳動距離が長くなる。加えて試料の還元処理は，強固な共有結合であるジスルフィド結合も切断する。上記原理と本文の記載により，本文の非変性条件下の蛋白質 A は，2 万 5 千の単量体が非共有結合により 4 分子集合した 4 量体構造を持つと推定される。
- (3) ①グリシンは最もサイズの小さいアミノ酸であり，これより大きな分子量のアミノ酸に置換したため，蛋白質 A のサイズが B より大きくなった，②グリシンから他のアミノ酸に置換したことにより，蛋白質に糖鎖などの修飾が起こり，サイズが大きくなった，など。
- (4) グリシンから置換したアミノ酸は，280 nm 付近に吸光極大を持つトリプトファンやチロシンと推定される。これらのアミノ酸は，芳香族側鎖（ベンゼン環などの芳香環を含む側鎖）を持つ。光路長が半分になると，Lambert-Beer の法則により吸光値も半分となる。

【出題の意図】

増殖生物学講座では、有用水圏生物資源の持続的活用を図るため、水産増養殖に関する先端技術開発に必要となる、様々な生命科学の知識と研究技術を教授する。

これらを習得する上で必要不可欠な学部教育レベルの基盤知識を問う問題として、出題番号 231 では、魚類の卵形成に関連する英語の総説を抜粋し、英語の読解力と魚類の卵黄形成に関わる理解度を問う問題を出題した。出題番号 232 では、生化学および分子生物学等の生命科学的な手法を例示的に含んだ模擬的な試験研究ケースを設定し、基盤となる手法原理の理解度、およびそれを背景とした分析力を問う問題を出題した。