

科目記号	科目名
L	水産資源開発工学

解答（解答例）・出題の意図

出題内容：化学工学

出題番号 401

【解答例】

(1) 体積流量を管断面積で割って平均流量は 4.0 m/s

(2) レイノルズ数＝管径×平均流速 u ×流体密度／流体粘度より， 4.0×10^5

(3) レイノルズ数の値より流動状態は乱流であるので， $f = 0.006$ を用いる。

摩擦損失（エネルギー損失）は E_f は fanning の式より，

$$E_f = 4f \times (\text{運動エネルギー}) \times (\text{流路／管径}) = 191.8 \text{ J/kg}$$

(4) ポンプ動力エネルギー ＝ 運動エネルギー＋位置エネルギー＋摩擦損失 ＝ 297.7 J/kg

出題番号 402

【解答例】

(1)

$$Q_1 = k_1(T_h - T_a)/l \quad (1)$$

$$Q_2 = k_2(T_a - T_b)/l \quad (2)$$

$$Q_3 = k_3(T_b - T_c)/l \quad (3) \quad \text{の関係が得られる。それぞれ，温度差について解くと，}$$

$$T_h - T_a = Q_1 k_1 / l \quad (1)'$$

$$T_a - T_b = Q_2 k_2 / l \quad (2)'$$

$$T_b - T_c = Q_3 k_3 / l \quad (3)' \quad \text{となり，(1)'-(3)'式の辺々を加えると，}$$

$$T_h - T_c = Q_1 k_1 / l + Q_2 k_2 / l + Q_3 k_3 / l$$

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q \quad \text{であるので，} T_h - T_c = Q(k_1/l + k_2/l + k_3/l)$$

$$Q \text{ について解くと，} Q = (T_h - T_c) / (k_1/l + k_2/l + k_3/l)$$

(2) 例えば，固体 3 から， $Q_3 = k_3(T_b - T_c)/l$ がえられるので， T_b について解いて，

$$T_b = T_c + Q_3 l / k_3$$

同様にして，固体 2 から， $T_b = T_a - Q_2 l / k_2$ でもよい。

【出題の意図】

化学工学の基盤である単位操作の中で移動現象との関係からも基礎となる「流動」と「伝熱」に関する素養を問う問題であり，平均流量の意味，流動における Reynolds 数の計算方法，流体のエネルギー保存則であるベルヌーイの定理に基づく流体のエネルギー収支，また，伝熱の基礎となる伝導伝熱の基本概念を正しく理解しているかどうかは，進学後の研究活動において基礎となることから理解度をはかるために出題した。

出題内容：物理化学

出題番号 421

【解答例】

- (ア) $Q_{\text{in}} = \Delta U + W_{\text{out}}$, (イ) 熱力学第一法則, (ウ) $nC_v dT$, (エ) PdV , (オ) dT ,
(カ) Q_{in} , または, 系に入るエネルギー (同意であれば別の表現でもよい),
(キ) W_{out} , または, 系外への膨張仕事 (同意であれば別の表現でもよい)

出題番号 422

【解答例】

- (1) $dC_A/dt = -kC_A$
(2) $dC_A/dt = -kC_A$ (1)
(1)式を, 変数分離して,
 $dC_A/C_A = -kdT$ (2)
(2)式を, 不定積分して,
 $\ln C_A = -kt + C'$ (C' は積分定数) (3)
(3)式に初期条件を代入して,
 $C' = \ln C_{Ai}$ (4)
(4)式の関係を, (3)式に代入して, 次式を得る。
 $\ln(C_A/C_{Ai}) = -kt$ (5)
(5)式を C_A について解いて, 次式を得る。
 $C_A = C_{Ai} \exp(-kt)$

(3)

$\ln(C_A/C_{Ai}) = -kt$ の関係が得られるので, 物質 A 濃度の経時変化測定から, 初期濃度 C_{Ai} で除した無次元濃度の自然対数値を縦軸に, また, 時間を横軸にプロットすることで, 負の傾きを持った直線関係が得られる。この傾きの値から反応速度定数 k の値を決定することができる。

【出題の意図】

出題番号 421 は化学の基礎科目である物理化学の基本である熱力学の基礎素養を確認するための出題である。また, 出題番号 422 は化学反応速度論の基本である一次不可逆反応の理解度の確認のための出題である。化学反応速度論は入学後の研究活動には必要不可欠な基礎的素養である。

出題内容：酵素機能化学

出題番号 431

【解答例】

この問題は, 酵素タンパク質の精製に関する基本的な実験手法の理解度の把握を目的としたものであり, 以下の二点が解答されていることが求められる。

(1) 一般に, 生体組織には種々のプロテアーゼが含有され, 目的とする酵素タンパク質の分解が生じる可能性がある。そこで, 共存するプロテアーゼの活性を抑制するために, 低温室での抽出操作や冷却遠心機を用いた分離など, 低温下での速やかな抽出操作が行われる。

(2) また, 共存する種々プロテアーゼの活性を抑制するため, 抽出液にプロテアーゼ阻害剤が添加されることが多い。例えば, セリンプロテアーゼ阻害剤である PMSF, メタロプロテアーゼ阻害剤

である EDTA, システインプロテアーゼ阻害剤である E-64 などが利用される。

出題番号 432

【解答例】

この問題は、酵素タンパク質の一次構造解析に用いられる cDNA クローニング法の理解度の把握を目的としたものであり、以下の二点が解答されていることが求められる。

(1) 一般に、cDNA クローニングを行う際には、目的とする酵素やタンパク質の遺伝子の発現量が高い組織を選択することが重要である。問題文のサケ科魚類のビテロジェニン^①は肝臓で生合成され、血中に分泌された後、ビテロジェニン受容体を介したエンドサイトーシスにより卵母細胞内に取り込まれて蓄積される。それゆえ、ビテロジェニンが蓄積される卵ではなく、生合成される肝臓から調製した全 RNA が用いられた。

(2) 一般に、肝臓から AGPC 法により全 RNA が抽出される。AGPC 法は、変性剤であるフェノールやグアニジンイソチオシアネートを主成分とする溶液を用いて RNA 抽出を行う方法である。これにより、試料中の RNase をはじめとするタンパク質がすみやかに変性し、共存する DNA も除去され、高品質な RNA 抽出が可能となる。次に、オリゴ dT カラムを用いたアフィニティークロマトグラフィーにより抽出した全 RNA から mRNA が精製される。真核生物由来の mRNA は 3' 末端にアデニン塩基が多数連なったポリアデニン鎖 (poly(A) テール) を持っている。この poly(A) テールに相補的な配列を持つオリゴ dT プライマーを固定化したカラムに、全 RNA 溶液を負荷することで、mRNA のみを特異的に結合させ、分離・精製できる。

【出題の意図】

進学後に、水産生物由来の酵素、水産物由来成分の酵素を利用した構造・機能改変等に関する研究を希望する受験者は、酵素機能化学を選択・受験すると考えられ、酵素に関連する研究に必要な基本的考え方と知識を身につけておく必要がある。これらを確認するため、酵素タンパク質の抽出・分離・精製手法 (出題番号 431)、および酵素タンパク質の一次構造解析手法 (出題番号 432) を中心とした問題を出题した。

出題内容：北方生物圏機能生物学

出題番号 481

【解答例】

(1) この問題では、脂質二重層に対する透過性を物質の極性の度合いと対応させて回答することを求めている。(ア) 多少透過する、(イ) 透過する、(ウ) 透過しない、(エ) 透過しない、(オ) 多少透過する

(2) ティンバーゲンの 4 つのなぜには、「至近要因」、「究極要因」、「発生要因」および「系統要因」がある。

1. 至近要因 (メカニズム) として、真骨類は失われる水を海水を飲んで腸で吸収し、流入してくる 1 価イオン (Na^+ や Cl^-) を鰓、2 価イオン (Mg^{2+} や Ca^{2+}) を腎臓で、イオンポンプや輸送体を用いて排出する浸透圧調節能を持っているから。

2. 究極的要因（適応的意義）として、真骨類では海水より低い体液浸透圧に基づいた細胞内外の物質のやり取りなどのさまざまな活動が行われているため。

3. 発生要因として、ふ化後に鰓、腸および腎臓が形成され、浸透圧調節能を発揮できるようになるから。なお、ふ化直後は卵黄嚢や体表の塩類細胞により浸透圧調節がなされるという報告もある。

4. 系統的要因として、真骨類の進化の早い段階において生理機能が海水より低浸透圧において働くように固定されたから。また、その時期に真骨類は汽水もしくは淡水域に生息していたためとされるが、諸説ある。

出題番号 482

【解答例】

（１）増殖は天然水域における漁業資源の回復および維持・増大を行うもので、ふ化放流事業に代表される栽培漁業も含まれる。一方、養殖は一定区域を占有して魚の生息環境を管理して育成を行う。増殖は開放系であり、魚は漁獲されるが所有者は不明瞭であるのに対し、養殖は閉鎖系で魚は所有者により出荷されるという違いがある。また、栽培漁業では他種や同種の野生魚がいる環境に魚が放流されるという違いもある。

（２）健苗性は Fish health であり、形態的・生理的・生化学的に健全な形質や病気でないことを示す言葉である。一方、種苗性は Fish quality であり、行動生態や機能に優れている形質を示す言葉である。健苗性は増殖業にも養殖業にも共通して求められる形質である一方、種苗性は両者で異なる場合がある。例を挙げると、マダイの養殖業における優れた種苗性は高成長であり、増殖では逃避行動能力が考えられ、目的により異なる。

（３）耐病性が高い魚は、病気を発症していなくても病原菌のキャリアである場合がある。このような魚を放流すると、耐病性が低い野性魚に病原菌が伝播して発病してしまう可能性が考えられる。そのため、栽培漁業においては必ずしも耐病性の高い種苗が良いとは言えない。

【出題の意図】

水産資源開発工学講座には、魚類生理学・機能生物学を専門分野とする研究室がある。この研究室は、生理学・生化学・機能生物学を基盤にしながら、水圏生物が環境に適応して進化してきたことや人間活動の影響を直接・間接的に受けること踏まえ、水産資源を適切に開発・生産・管理していくことを目指している。大学院進学後にはそのような知識、視点および技術が必要となる。以上を踏まえ、出題番号 481 は、生体膜の基本的な性質と生物学的な研究課題設定に重要な 4 つの視点を問う問題とした。出題番号 482 は、人間が水産生物を増大するために用いる栽培漁業と養殖という似て異なる活動を正確に理解し説明できるかを問う問題とした。

出題内容：比較生理学

出題番号 491

【解答例】

（１）この問題では、成長調節に重要な成長ホルモンとインスリン様成長因子-1 からなる内分泌系

の調節ネットワークを正しく理解している必要がある。(ア) 成長ホルモン、(イ) インスリン様成長因子-1、(ウ) 脳下垂体、(エ) 肝臓、(オ) 筋肉・骨、(カ) 絶食、(キ) 成長ホルモン受容体 (数、感受性、シグナル伝達強度など)、(ク) 成長ホルモン分泌に対する負のフィードバック

(2) 哺乳類は有限成長、真骨類は一般的に無限成長である。両グループの骨成長は軟骨の骨化による。哺乳類では軟骨が硬骨に挟まれ成長板を形成するが、それが最終的には閉じるため成長が止まる。一方、真骨類では軟骨が硬骨に挟まれていないので成長が継続する。筋肉の成長は、哺乳類では主に筋繊維の肥大によるが、真骨類では繊維の数増加と肥大による。

出題番号 492

【解答例】

(1) 前胸腺刺激ホルモン：側心体・アラタ体、膜受容体、およびエクジソン：前胸腺、核受容体

(2) 節足動物のホルモン分泌様式は主に神経分泌であり、脊椎動物は腺性分泌である点で異なる。ただし、脊椎動物の視床下部や脳下垂体では、神経分泌も使われている。また、節足動物では、ホルモン調節様式は主に阻害するものが多いのが特徴である。一方、脊椎動物は刺激を促すホルモンが多い。

(3) 脳下垂体は神経下垂体と腺性下垂体からなるが、これらは発生学的には起源が異なる（二重性）。前者は脳の一部であり外胚葉由来、後者は脳とは別の器官で内胚葉由来である。発生の過程で間脳視床下部の小突起と口蓋上皮の一部が陥入したラトケ嚢が合一して下垂体を形成する。

【出題の意図】

水産資源開発工学講座には、魚類生理学・機能生物学を専門分野とする研究室がある。この研究室は、生理学・生化学・機能生物学を基盤にしながら、水圏生物が環境に適応して進化してきたことや人間活動の影響を直接・間接的に受けることを踏まえ、水産資源を適切に開発・生産・管理していくことを目指している。大学院進学後にはそのような知識、視点および技術が必要となる。以上を踏まえ、出題番号 491 は、脊椎動物の成長を調節する内分泌系の構成要素と調節ネットワークを正しく理解しているのかを問う問題とした。出題番号 492 は、進化・分類的に大きく異なる無脊椎動物の内分泌系の基礎知識と脊椎動物の違いを説明できるかどうかを問う問題とした。

出題内容：水産生化学

出題番号 541

【解答例】

この問題では、1) 疎水性相互作用クロマトグラフィーで20%飽和硫酸画分に目的タンパク質が溶出している。試料溶液のイオン強度が高い状態であるため、透析などで試料溶液のイオン強度を下げる必要がある。また、イオン交換カラムクロマトグラフィーではpHが吸着・分離の重要な要因であるため、試料溶液のpHを溶離液と揃える必要がある。

2) 陰イオン交換カラムクロマトグラフィーの原理：正電荷をもつ固定相を用いることで、タンパク質表面に負荷電を持つ分子を静電的に吸着させる。塩濃度やpHを変化させることで、タンパク質の持つ負荷電の強さの違いにより分離するものである。

一般的な手順として、カラムの平衡化、試料の注入、低塩濃度の緩衝液による非吸着画分の溶出、塩濃度を上げることで試料の溶出、280 nm の吸光度測定による溶出の確認、及びカラムの洗浄があげられる。

出題番号 542

【解答例】

この問題では、水産生物から天然のタンパク質を精製しているため、それをもとに抗体を作製し、特異的に目的タンパク質の発現を確認するウェスタンブロッティングについて問いている問題である。この問題では、以下の特徴等が解答されていることが求められる：

- ・タンパク質サンプルを電気泳動で分離する点、
- ・電気泳動で分離したサンプルをメンブレンに転写する点、
- ・特異性が高い点、抗体を使用するため、目的タンパク質だけを検出可能な点、
- ・標識された酵素や蛍光色素を利用して、目的のタンパク質を検出する点。

【出題の意図】

進学後に生化学系での研究を希望する受験者は水産生化学を選択すると考えられる。生化学系では研究の主軸を生化学的手法に基づいた成分の分離や同定技術・分析化学に重点をおいているため、進学後にこの分野を研究するために必要な考えと知識を身につけているかを確認するため、この分野に関連する成分の分析手法（出題番号 541）、および成分の同定手法（出題番号 542）を中心とした問題を出題した。