



東北大学

平成 31 年度 一般選抜入学試験 個別学力試験
出題意図(生物)

(理科・生物)

前期日程

大問 1

・ 出題意図

遺伝子やタンパク質の機能を理解することは生物学を学ぶ上で極めて重要です。遺伝子分野およびタンパク質の構造に関する基礎的な用語、アミノ酸の構造式と代謝の関連、ヒトの集団遺伝学におけるハーディ・ワインベルグ式の理解、制限酵素を利用した遺伝子型の推定、競争的阻害による酵素反応等を理解することを問うべく出題しました。問題文の内容を正しく理解して、論理的に考え、端的に説明できる能力が求められます。

・ 講評

[I] 問 (1) 遺伝子分野の基礎用語を問う設問です。

解答 ア.相同染色体 イ.常染色体 ウ.性染色体 エ.遺伝子座 オ.表現型

[I] 問 (2) アミノ酸の化学構造式は多くの高校教科書に記載されています。リード文の中に、「フェニルアラニン水酸化酵素 (PAH) (フェニルアラニンにヒドロキシル基を 1 つ付加させてチロシンを合成する酵素)」とあります。したがって、アミノ酸の化学構造式を記憶していなくても、文章から適切な構造を読み取れると期待しました。比較的、正答率は高かったです。

解答 (A) ③ (B) ④

[I] 問 (3) 高校教科書では「選択的スプライシング」について解説しているため、これによって mRNA の配列構造が異なることは多くの学生が理解していると考えました。正答率は期待通り高かったです。

解答 ③

[I] 問 (4) フェニルアラニンが必須アミノ酸であることを問う問題です。教科書で「必須アミノ酸」の用語は学習しますが、その特性について応用的に理解できているかを問いました。正答率は期待より低く、必須アミノ酸の特性を理解していない人が多かったです。

[II] 問 (5) タンパク質の構造に関する基礎用語を問う設問です。

解答 (カ) ペプチド (キ) ポリペプチド (ク) α ヘリックス (ケ) β シート
(コ) カタラーゼ (サ) 基質特異性

[II] 問 (6) ヒトの集団遺伝学におけるハーディ・ワインベルグ式を理解を問う問題です。高校教科書では、対立遺伝子が A と a の 2 つであり、それぞれの頻度が p、q である場合、 $p+q=1$ 、遺伝子型 AA の頻度は p^2 、Aa の頻度は $2pq$ 、aa の頻度は q^2 であり、 $p^2+2pq+q^2=1$ が成り立つことが解説されています。ここでは、対立遺伝子が 3 つのケース A、B、C とし、それぞれの頻度が x、y、z である場合、 $x+y+z=1$ 、遺伝子型 AA の頻度は x^2 、AB の頻度は $2xy$ 、AC の頻度は $2xz$ 、BC の頻度は $2yz$ 、BB の頻度は y^2 、CC の頻度は z^2 であり、 $x^2+y^2+z^2+2xy+2xz+2yz=1$ が成り立ちます。それぞれの頻度に 500 人を乗じると、各遺伝子の推定人数が求められます。

解答 (C) 180 人 (D) 180 人 (E) 60 人 (F) 45 人 (G) 30 人 (H) 5 人

[II] 問 (7) 塩基配列中の 119 番目のグアニンがアデニンに置換すると、*CYP2C19*1* では CCCGGG の配列が *CYP2C19*2* では CCCAGG となり、⑤ *Sma* I で認識される DNA 配列が消失します。その他の制限酵素を用いても塩基置換前後の制限酵素認識部位は認識しません。したがって、一塩基多型部位を含む領域を PCR 法で増幅した産物について、*Sma*I で切断断片長の異なる産物を電気泳動で検出することで、*CYP2C19*2* の遺伝子型を検出することができます。また、遺伝子型が *CYP2C19*1*/*CYP2C19*2* の被験者由来のゲノム DNA から PCR 増幅した 168 塩基対の DNA 断片を、*Sma* I で処理した場合、*CYP2C19*1* 由来の DNA 断片は 118 塩基対と 50 塩基です。したがって、ゲル電気泳動上では、168、118 および 50 塩基対の 3 本の DNA 断片が検出されます。(ii) の正答率が期待より低く、実際の実験操作がイメージできていない印象を受けました。

解答 (i) ⑤ (ii) 3 本

[II] 問 (8) 競争的阻害物質が存在しても、基質薬物濃度が高ければ阻害物質は酵素にほとんど結合できず、阻害反応は起こらずに最大反応速度は変わらないため、その逆数も変わりません。しかし、基質薬物が低濃度側では、阻害物質により基質薬物が結合できずに酵素反応速度が低下するため、縦軸の反応速度の逆数は、阻害物質なしの時よりも大きくなり、④の直線となります。大学の生化学で学ぶ「酵素反応速度論のラインウィーバー＝バークプロット」を高校生物のレベルで解答できるように設定した問題です。

解答 ④

大問 2

・ 出題意図

免疫反応に関する基礎的知識と応用力を問う問題です。獲得免疫である液性免疫および細胞性免疫に関する教科書レベルの用語、液性免疫で重要な働きをする抗体に関する正しい知識、細胞性免疫に関する免疫の仕組みについて正しい知識と理解が問われます。正しい選択肢を選び、作用の過程の順番に並び替える問題も入れており、曖昧な知識では、解答が難しく、正しい免疫の理解が必要とされます。

・ 講評

(1) 免疫を担う細胞に関する基礎的知識および抗体の構造に関する基礎的知識を問う問題です。免疫細胞および抗体に関する基礎的知識があれば解ける問題であり、高い正答率でした。

解答 ア 形質細胞/プラズマ細胞/抗体産生細胞 イ 可変部 ウ 定常部/不変部

(2) 抗体の理論上の種類を問う問題であり、正しい抗体の構造が理解できていれば解ける問題です。高い正答率でした。

解答 25 種類

(3) 本邦で使用されている代表的な結核菌感染に対する予防ワクチンである BCG ワクチンの獲得する免疫に関する作用機序を問う問題です。細胞性免疫の獲得の機序を知っていれば解ける問題です。正しい選択肢を選び、作用の過程の順番に並び替える問題であり、正しい免疫の獲得の理解を要求した問題です。かなり正答率が低かったです。

解答 ③、⑦、⑧、⑤、⑥

(4) BCG ワクチンにより獲得した結核に対する免疫効果を問う問題です。結核菌は、貪食した細胞内に寄生する細菌であることによりサイトカインによるマクロファージなどの貪食した細胞の活性化による殺菌作用の増強により細菌の増殖を押さえる効果を理解していれば解ける問題です。問 3 と同様に作用の過程の順番に並び替える問題であり、正しい細胞性免疫の作用機序の理解を要求した問題です。かなり正答率が低かったです。

解答 ⑧、③、⑥、⑨、②、⑩

(5) 結核菌は細胞内に寄生することを問題文の中に記しており、細胞内にある抗原に対する液性免疫の効果を問う問題です。細胞内にある抗原には、液性免疫が効きにくいことを

考えることができればとける問題です。正答率は、予想より低く、液性成分が細胞内に入っていないことに気づかなかった人が多かったです。

(6) 主要組織適合抗原(MHC)の多様性による自己と非自己の識別に関して問う問題です。主要組織適合抗原による自己と非自己の識別に関して理解していれば解ける問題です。(i)に関しては、正答率は、予想よりかなり高く、(ii)に関しては、記述ということもあり正答率が低いという予想であったが予想よりは高い正答率でした。

解答 (i) 25%

(7) 移植した場合の自己と非自己の識別に関して応用力を問う問題および免疫の記憶に関して基礎的な知識を問う問題です。細胞性免疫の際の一次応答と二次応答に関しての基礎的な知識があれば解ける問題です。(i)に関しては、予想より低い正答率で、ドナーとレシピエントの理解が曖昧であったのではないかという印象でした。逆に(ii)に関しては、予想よりかなり高い正答率で、免疫獲得後の移植した場合の自己と非自己の識別についての理解はできていると思われます。

解答 (i) ア、オ、キ、ク、ケ

大問 3

・ 出題意図

植物の成長過程で重要な働きを有する植物ホルモンの作用を中心に、それと関連のある植物の細胞培養、遺伝子組み換え植物作成、さらに古典的な遺伝解析を含めた出題です。それぞれの問題で基礎的な知識を問うとともに、断片的な知識ではなく幅広い総合的な知識や応用力が備わっているかを試す問題です。

・ 講評

(1) オーキシンおよび屈性の基礎的知識の確認をする出題です。概ね理解されており、正答率は高かったです。

解答 ア：インドール酢酸 (IAA)、イ：極性移動、ウ：青

(2) オーキシンの移動には方向性があります。これは細胞膜上のオーキシンを排出するタンパク質の局在性が関与しており、このタンパク質が基部側に局在することでオーキシンが基部方向へと移動するために起こります。本問題ではこの現象を正しく理解していることを確認しました。細胞における排出輸送体の局在性がポイントですが、正答率は必ずしも高くはありませんでした。

(3) オーキシンが光屈性を起こす仕組みについて、理解していることを確認した問題で

す。正答率が高かった(i)に比べ、(ii)は期待したほど正答率は高くありませんでした。

解答 (i) a:× b:○ c:× d:○ e:○ f:× g:○ h:× (ii) c、h

(4) ジベレリンを含む植物ホルモンに関する基礎的知識を確認した問題です。個々の植物ホルモンの作用について熟知していないと完答できないため、正答以外の番号を記載している解答も多く見られました。

解答 ③

(5) (6) ジベレリン生合成変異体を用いた遺伝学の問題です。各実験結果から各品種の変異がどの遺伝子にあるのかを考えることができれば、正答を導くことができます。比較的正答率は高かったです。

(5) 解答 ① (6) 解答 ②

(7) 植物の組織培養や再分化の基礎的知識の確認をする出題です。概ね理解されており、エとオの正答率は高かったです。

解答 エ:脱、オ:カルス、カ:(分化)全能性、全形成能

(8) (9) 未分化な細胞塊から茎や根に分化するときには2種類の植物ホルモン(オーキシンとサイトカイニン)の濃度比が重要です。植物細胞はオーキシン濃度が高く、サイトカイニン濃度が低いと根に分化しますが、逆にサイトカイニン濃度が高く、オーキシン濃度が低いと芽に分化します。これが理解できていれば、正答を導くことは難しくはなく、概ね理解されていたようです。

(8) 解答 ⑥ (9) 解答 ③

後期日程

大問 1

・ 出題意図

最近のバイオテクノロジーの内容を題材に、DNA から RNA、タンパク質がどのようにして作られるのかを正しく理解していることを問うべく出題しました。教科書に記載されている知識を問う基礎的な問題だけでなく、問題中で行われている実験の目的を理解した上で、基礎知識を組み合わせながら論理的に考察することを求める問題を出題しました。個々の基礎知識を統合して考察する能力が問われます。

・ 講評

問 (1) RNAi という生命現象を知っていることを問う問題です。複数の教科書で明記されている基礎問題です。高い正答率でした。

問 (2) RNAi の分子機構に関する知識を問う問題です。正答率は高かったです。

問 (3) 実験の目的を正しく理解した上で、縮退している別のコドンに置換しても生育に影響がないことを理解できていれば正解を導き出せる問題です。UAG をアミノ酸を指定するコドンに変換した場合、終止コドンとして機能すべき UAG をそのままにしていると、そこで翻訳は終了せずに翻訳反応が続いてしまいます。この問題点に気づくことができれば、「終止コドンとして機能すべき UAG は縮退している他の終止コドンに置換しなければならない」ということがわかるはずですが。正答率は高くありませんでした。

解答 UAA, UGA

問 (4) tRNA と一緒に働くタンパク質 X (アミノアシル tRNA 合成酵素) が何なのかを問う問題です。tRNA が機能する際、アミノ酸を tRNA の 3'末端に結合させた状態で運搬することを理解できていれば、正解の④を選択できます。正解以外の選択肢は、翻訳反応における正しいアミノ酸の運搬のされ方ではなく、正しく翻訳反応を理解できていれば正答できる問題です。

解答 ④

問 (5) 終止コドンで翻訳が終結する際に、翻訳を集結させるタンパク質が存在することを理解できれば正答できる問題です。「UAG の部位までしか翻訳されない」という実験事実から、UAG に対応する tRNA が存在しても UAG が依然として終止コドンとして機能していることを理解し、「tRNA^{Arc}によるポリペプチド鎖の伸長」が「タンパク質 Y による翻訳の終結」により競争的に阻害されていたため、タンパク質 Y の欠失により伸長の阻害が起こらなくなったと考察することを問いました。正答率は低かったですが、出題

意図に沿った解答も見られました。

問(6) タンパク質 X のランダム変異体から有用な変異体を選出するという実験の意図を理解していることを問う問題です。使用した 2 つのプラスミドがクロラムフェニコール耐性遺伝子とテトラサイクリン耐性遺伝子をもつにもかかわらず、コロニーのスクリーニングにアンピシリンが用いられていることから、タンパク質 Z がアンピシリンを分解(無毒化する)タンパク質であるという解答を導くことができます。正答率は予想したよりも低かったです。

問(7) タンパク質 Z の中にどのような意図で UAG コドンが挿入されているのかを理解できれば正答できる問題です。コロニーが形成されるためにはタンパク質 Z (アンピシリン分解タンパク質) が機能を持つ必要があり、そのためには途中の UAG で翻訳が終了してはいけません。この点を理解できれば、「UAG は何らかのアミノ酸のコドンとして認識される必要がある」という正解を導き出せます。

問(8) 栄養要求性を利用して目的のクローンを選別する方法を理解していることを問う問題です。UAG にヨードチロシンだけを導入できるクローンは、ヨードチロシンが培地にない場合、2 残基目のコドンが UAG に置換されたタンパク質 Z (アンピシリン分解タンパク質) を翻訳できず、したがってヨードチロシン非存在下ではアンピシリンに対する耐性がなく、生育できなくなるということを理解できれば正解の③を選択できます。正答率は予想よりも低かったです。

解答 ③

大問 2

・ 出題意図

神経細胞(ニューロン)における電気信号発生と動物の行動制御の仕組みについての理解を問う問題です。問(1)から問(4)までの前半部分では、ニューロンの仮想的な実験操作による膜電位変化を問うています。問(5)から問(9)の後半部分は、コオロギの行動を神経回路の機能として考えるとともに、行動の表現型について遺伝学的に考える、融合的な問いです。いずれの問題でも、基礎的な知識をふまえた上で、新しい問題設定を文章から読み取り、論理的に考えて解答することが必要とされています。

・ 講評

問(1) 動物の行動および神経系に関する基本的な語句を答える問題です。いずれも教科書でよく記載されているものでしたので、正答率は比較的高めでした。

解答 ア.受容器 イ.効果器 ウ.グリア細胞 エ.閾値 オ.全か無かの法則

問(2)と問(3) ニューロンの膜電位の決定には、細胞内外のイオン濃度差とそれぞれのイオンの透過性が問題となります。仮想的な実験を通して、問(2)では静止電位、問(3)では活動電位発生時の膜電位、それぞれに対するイオン濃度の寄与を問いました。問(2)では操作 A に関する正答率が低めでした。文章中の「 Na^+ 透過性は0である」ことを適切に理解する必要があります。問(3)は操作 B に関する正答率が低かったです。教科書では、 Na^+ の挙動に比べて K^+ の挙動は記載が少ないため、活動電位発生の仕組みをきちんと理解していないと正答を導けなかったと思われます。

解答 問 (2) ③

解答 問 (3) ②

問(4) 膜電位に対する寄与は Na^+ や K^+ の効果が中心的ですが、 Cl^- も重要な働きをしています。多くの教科書では、 Cl^- チャネルの開口は過分極を引き起こし抑制的に働くことのみ説明されていますが、電位変化の方向は静止電位のレベルに依存します。仕組みを理解する必要があったためか、正答率はやや低かったです。また、「脱分極・過分極」という重要語句を解答できない受験生が意外と多く見られました。

解答 カ.大きい キ.過分極 ク.小さい ケ.脱分極

問(5) 遺伝学的な知識を答える問題で、高い正答率でした。ここでの正答「伴性遺伝」も含めて、古典的な遺伝学の考え方も重要です。

問(6) 「搬送周波数の違いは翅を閉じる速度に依存している」という記載から、「搬送周波数を大きくするには筋収縮が早くなければならない」ことを導き出した上で、各々の条件が筋収縮にどのような影響を与えるかを考える問題です。適切な条件を全て選ぶという形式だったため、正答率はやや低めでした。

解答 ②、③、⑤

問(7) 雑種を作る交配時の染色体分配を問う問題です。ここでは雑種の遺伝子型が雌雄で異なることを理解することが重要でした。文章中に例として記されている遺伝子型を参考にすれば比較的容易に解けたためか、正答率は非常に高かったです。

問(8) コミュニケーションが成立するには、送信者が発するシグナルを受信者が適切に受け取る必要があります。この問題では、受信者が送信者の発するシグナルのどこに注目するかについて、仮想的な実験結果から考察してもらいました。選好性には「搬送周波数」と「シラブル頻度」両方の音響パラメーターが寄与しますが、シラブル頻度の方が優先的に影響を及ぼすことが、実験結果から読み取れるはずです。これを論理的に説

明することを求めましたが、正答率は想定より高かったです。

問(9) 基本的な遺伝学の考え方が身につけていけば、戻し交配後の遺伝子型は比較的簡単に記載できるはずですが、しかし、遺伝子型を行動の表現型（歌のタイプ）に結びつけて総合的に考える必要があるためか、正答は 1:1:0:0 という単純な比率であったにもかかわらず、正答率は高くはありませんでした。

大問 3

・ 出題意図

ヒトゲノム計画の完了が宣言されてから 15 年経過しました。現在の分子生物学では、ゲノム周囲の分子による遺伝子発現調節のしくみを解明するという「エピジェネティクス」という新たな学問分野の研究が盛んにおこなわれています。エピジェネティクスでキーワードとなるクロマチンとヌクレオソームの性質について、洞察力と複眼的視野を駆使して理解し、それらが遺伝子発現調節や生体機能におよぼす影響を論理的に導き出すことを問うべく出題しました。

・ 講評

問(1) 調節タンパク質についての基本的知識を問う設問になっており、高い正答 (3、4、5) 率でした。

問(2) ヌクレオソームの構造について、DNA の電気泳動や酵素反応の知識を活用して正答を導く設問になっています。[パターン] については、アガロースゲル電気泳動における DNA の塩基対の長さや移動度が指数関数の関係にあることとゲノム DNA は約 30 億塩基対（出題分に記載）であることから、ほとんどの選択肢が消去され、正答 (1) を導くことができます。不慣れな問題だったようで、低い正答率でした。[長さ] については [パターン] がわからなくても、高い割合で正答 (イ) が導かれていました。

問(3) 出題文と DNA に対する知識から論理的に正答を導く設問です。電気泳動の原理などの知識から、DNA は負電荷を帯びていることを知っていれば、リシン残基の正電荷がアセチル化によって消失することがヒストンと DNA の結合を緩めることが説明できます。DNA が負に帯電していることに気づかず、説明が不十分な解答が目立ちました。

問(4) 転写のしくみと細胞の構造に関する総合的な理解を問う設問になっています。比較的慣れている問題だったようで、(ii)と(iii)は高い正答 (④と①) 率でした。選択肢

⑤では、当該細胞で発現する遺伝子の非翻訳領域に GFP の遺伝子を挿入しております。したがって、GFP は単独で発現し、融合タンパク質とはならず、細胞内に均質に拡散するため、(i)の正答となります。

問(5) 遺伝子発現調節がヘモグロビンの性質を変化させることの意義を問う設問になっています。ヘモグロビンの違いが全身への効率的な酸素供給を可能としていると考えることにより、ヘモグロビンの酸素飽和度に対する正しい知識がなくても、正答 (3>1>2>4) を導くことができたため、比較的高い正答率でした。選択肢④の免疫グロブリンは「呼吸に用いる酸素」と結合しません。

問(6) 1つの遺伝子における、たった 0.2%の違いが生体機能に大きな影響をおよぼすことを導くべく出題しました。基本的な遺伝子の知識を問う設問であり、高い正答 (0.2) 率でした。

問(7) 遺伝子発現調節や遺伝子操作に関する総合的な知識を問う設問になっています。教科書で学んだ生物学の知識を実生活と関連づけて考えていると、正答 (1、8) を導くことができます。

問(8) 浸透圧と細胞溶解(溶血)に関する基本的な知識を問う設問になっており、教科書の知識で正答 (溶血、0.9、低、膨張、等張液) できたようです。高い正答率でした。

○志願者へのメッセージ

生き物は、巧妙な生体調節システムを進化の過程で発達させており、そのような生命現象を探求し、理解することが生物学の醍醐味です。また、生命科学研究では、得られた最新の知見をすみやかに疾患治療や環境保全、食料供給などに活用することも求められます。

本試験では、教科書の章ごとの知識ではなく、生命現象を横断的にとらえる能力について評価するための問題を出題しました。また、日頃から、学んだ知識を身近な現象と関連づけて考えることができている学生を選抜することを目指して作題しました。

問題文が長く、時間がかかったとおもわれますが、基礎的な知識がしっかりしていれば、難しくはなかったようです。誤字脱字もが目立ちました。自身の体内や身近なところで起きている生命現象に興味をもち、教科書の知識と関連づけて考えながら学ぶことが大切です。