

平成 29 年度 入学試験問題

理 科 問 題 用 紙 (後期)

試験時間	120分
問題用紙	物理 1～8頁
	化学 9～22頁
	生物 23～32頁

注 意 事 項

1. 指示があるまで問題用紙は開かないこと。
2. 受験科目はあらかじめ受験票に記載された2科目とし、変更は認めない。
3. 問題用紙および解答用紙に落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所があったら、手を挙げて監督者に知らせること。
4. 解答が終わっても、または試験を放棄する場合でも、試験終了までは退場できない。
5. 携帯電話等の電子機器類は電源を必ず切り、鞆の中にしまうこと。
6. 机には、受験票と筆記用具（鉛筆、シャープペンシル、消しゴム）および時計（計時機能のみ）以外は置かないこと。（耳栓、コンパス、定規等は使用できない。）
7. 問題用紙および解答用紙に受験番号と氏名を記入すること。
8. 解答はすべて解答用紙の所定の解答欄に記入すること。欄外には何も書かないこと。
9. この問題用紙の余白は自由に用いてよい。
10. 質問、トイレ、体調不良等で用件のある場合は、無言のまま手を挙げて監督者の指示に従うこと。
11. 中途退室時は、問題用紙および解答用紙を裏返しにすること。
12. 受験中不正行為があった場合は、試験の一切を無効とし、試験終了時間まで別室で待機を命じる。
13. 試験終了後、解答用紙は裏返し、問題用紙は持ち帰ること。

受験番号	
------	--

氏名	
----	--

生 物

[I] 動物の神経と内分泌に関する下記の文章を読み、各問いに答えよ。

集中神経系をもつ脊椎動物では、脳は大腦、間脳、 脳、小脳、橋、 髓に分けられ、それぞれ異なる機能をもっている。ヒトでは大腦がよく発達し、大腦 質には神経細胞の細胞体が多く集まっている。間脳は視床と視床下部に分けられ、視床下部は、脳下垂体を介して内分泌の調節に中心的な役割を果たしている。視床下部には、①長い突起を脳下垂体 葉まで伸ばし、その突起の末端からホルモンを分泌する細胞や、②脳下垂体 葉にいく血管にホルモンを分泌する細胞が存在する。③脳下垂体 葉の細胞は、視床下部による調節を受けながらさまざまなホルモンを分泌し、その中には甲状腺など他の内分泌腺の働きを調節するホルモンも含まれている。

問 1 ～ にあてはまる語句を、それぞれ漢字 1 文字で答えよ。また、 脳および 髓には、どのような働きの中樞が存在するか。以下の(あ)～(か)より最も適切なものをそれぞれ 1 つずつ選び、記号で答えよ。

- | | | |
|-----------|-------------|-----------------------------|
| (あ) 体温の調節 | (い) 体の平衡の保持 | (う) 体の各部分の随意運動 |
| (え) 眼球運動 | (お) 呼吸運動 | (か) 膝蓋腱反射 ^{しつがいけん} |

問 2 神経細胞が(1)興奮していない静止状態のとき、細胞膜で常に開いているチャンネルを以下の(あ)～(か)より 1 つ選び、記号で答えよ。また、神経細胞に刺激が加えられ、(2)膜電位の正負が逆転して活動電位が発生するとき、その後、(3)膜電位がもとの静止状態に戻るとき、細胞膜で開くチャンネルを、以下の(あ)～(か)よりそれぞれ 1 つずつ選び、記号で答えよ。

- (あ) 電位依存性の Na^+ チャンネル
- (い) 電位依存性の K^+ チャンネル
- (う) 電位依存性の Na^+ チャンネルと電位依存性の K^+ チャンネルの両方
- (え) 電位非依存性の Na^+ チャンネル
- (お) 電位非依存性の K^+ チャンネル
- (か) 電位非依存性の Na^+ チャンネルと電位非依存性の K^+ チャンネルの両方

問3 下線部①の長い突起は、神経細胞では何とよばれ、どのような特徴をもっているか。その名称をA群より1つ、その一般的な特徴をB群よりすべて選び、記号で答えよ。

A群：(あ) 棘突起 (い) 樹状突起 (う) 軸索 (え) 神経鞘 (お) 神経堤

B群：(a) 核を含む。 (b) 微小管を含む。 (c) 細胞1個当たり2本以上存在する。
(d) 突起の末端へと信号を伝える。 (e) 隣接細胞から信号を受け取る。

問4 下線部①～③の細胞が分泌するホルモンを、以下の(あ)～(き)よりそれぞれすべて選び、記号で答えよ。

(あ) アドレナリン (い) パラトルモン (う) バソプレシン
(え) 成長ホルモン (お) 鉍質コルチコイド (か) 副腎皮質刺激ホルモン
(き) 副腎皮質刺激ホルモンの放出ホルモン

問5 甲状腺から分泌されるホルモンは、全身のさまざまな標的細胞に作用し、代謝を促進することが知られている。マウスを飼育していたところ、2匹のマウス(マウスQとマウスR)で全身の代謝が低下していた。そこで、この原因を調べるために以下の各実験を行った。

【実験1】マウスQとマウスRの血液中のホルモン濃度を測定したところ、どちらのマウスでも、チロキシン、甲状腺刺激ホルモン、甲状腺刺激ホルモンの放出ホルモン(以下、「放出ホルモン」と略す)の3つのホルモンの濃度が正常値と異なる値を示していた(下表)。

表 マウス血液中のホルモン濃度(正常値との比較)

ホルモン	濃度
チロキシン	低い
甲状腺刺激ホルモン	低い
放出ホルモン	高い

【実験2】血液中の甲状腺刺激ホルモン濃度が正常値よりも低かったため、このホルモンを2匹のマウスに適当量(濃度が正常値になるくらいの量)投与した。その結果、マウスQでは代謝が高まったが、マウスRでは変化がなかった。そこで次に、マウスRにのみチロキシンを適当量投与したところ、マウスRでも代謝が高まった。

(1) 実験結果から、マウス Q およびマウス R では、どの器官の働きが低下していると考えられるか。以下の(あ)～(か)より、最も適するものをそれぞれ 1 つずつ選び、記号で答えよ。また、マウス R について、それを選んだ実験的根拠を説明せよ。

- (あ) 間脳視床下部のみ (い) 脳下垂体のみ (う) 甲状腺のみ
(え) 間脳視床下部と脳下垂体の両方 (お) 脳下垂体と甲状腺の両方
(か) 間脳視床下部、脳下垂体、甲状腺のすべて

(2) 実験 2 において、マウス Q とマウス R に甲状腺刺激ホルモンを投与した後、各マウスのチロキシンおよび放出ホルモンの血液中の濃度は、どのように変化したと考えられるか。マウス Q とマウス R について、以下の(あ)～(か)より最も適するものをそれぞれ 1 つずつ選び、記号で答えよ。

- (あ) チロキシンも放出ホルモンも上昇した。
(い) チロキシンは上昇したが、放出ホルモンは低下した。
(う) チロキシンは上昇したが、放出ホルモンは変化しなかった。
(え) チロキシンは変化しなかったが、放出ホルモンは上昇した。
(お) チロキシンは変化しなかったが、放出ホルモンは低下した。
(か) チロキシンも放出ホルモンも変化しなかった。

問 6 集中神経系をもつ動物を、以下の(あ)～(か)よりすべて選び、記号で答えよ。

- (あ) ヒドラ (い) メダカ (う) アメーバ (え) カイメン
(お) プラナリア (か) ショウジョウバエ

[II] 葉緑体の構造と機能に関する下記の文章を読み、各問いに答えよ。

陸上の光合成生物は、葉緑体の中で光合成を行っている。葉緑体はみかけは緑色をしているが、光合成の機能のために多数の脂溶性の色素を必ずもっている。これらの色素は 2 種類に大別される。1 つはおもに青色光と赤色光を吸収する色素で、クロロフィルと総称される。それ以外は橙色や黄色の色素で、 と総称される。

問 1 以下の(あ)～(き)より葉緑体をもつ生物をすべて選び、記号で答えよ。

- (あ) アオサ (い) アメーバ (う) 紅色硫黄細菌 (え) コンブ
(お) シーラカンス (か) ネンジュモ (き) ミドリムシ

問 2 に属する色素の一部は、動物体内に吸収されると酵素により色素分子の中央で切断されてレチナールになり、利用される。例えばヒトの眼の網膜には、明暗を感知する 細胞があり、 細胞は とよばれる視物質をもっている。 は、タンパク質 と、光を吸収するレチナールからできている。 ～ にあてはまる名称を答えよ。

問 3 クロロフィルに類似した構造をもつヘムは、動物にも存在する。ヒトにおいてヘムをもつタンパク質がいくつか知られているが、そのうち 1 つの名称を答えよ。

問 4 光合成の二酸化炭素固定に重要な役割を担っている Rubisco という酵素は、大小 2 種類のポリペプチドからできている。陸上植物では、大ポリペプチドの遺伝子は葉緑体 DNA に、小ポリペプチドの遺伝子は核 DNA に、それぞれ存在する。(1) 真核生物に特異的に作用する翻訳阻害剤、あるいは(2) 原核生物に特異的に作用する翻訳阻害剤を投与したときに、各ポリペプチドの翻訳はどうなるか。以下の(あ)～(う)より適切なものを 1 つずつ選び、それぞれ記号で答えよ。ただし葉緑体の核酸は、葉緑体の外には出ないことが知られている。

- (あ) 大ポリペプチドの翻訳のみが阻害される。
(い) 小ポリペプチドの翻訳のみが阻害される。
(う) 両方のポリペプチドの翻訳が阻害される。

問5 葉緑体において二酸化炭素 44.8L (標準状態における体積) がすべてグルコース ($C_6H_{12}O_6$) に変化すると、グルコースは何 g できるか。解答は小数第 1 位を四捨五入した値で示せ。ただし $C=12$, $H=1$, $O=16$ とする。

問6 正常な細胞で起きる光リン酸化反応では、電子伝達系による H^+ の輸送により、 H^+ の濃度勾配が オ の内外に形成される。この濃度勾配を利用して ATP が合成される。 オ にあてはまるものを、以下の A 群より 1 つ選び、記号で答えよ。また、この光リン酸化反応についてあてはまるものを、B 群よりすべて選び、記号で答えよ。

- A 群：(あ) ミトコンドリアの内膜
(い) ミトコンドリアの外膜
(う) 葉緑体のチラコイド膜
(え) 葉緑体の内膜
(お) 葉緑体の外膜
(か) 細胞膜

- B 群：(a) 二酸化炭素を固定する。
(b) 二酸化炭素を発生する。
(c) 酸素を消費する。
(d) 酸素を発生する。
(e) 明所でのみ起きる。
(f) 暗所でのみ起きる。
(g) 明暗には関係なく起きる。

[III] 選択的遺伝子発現と細胞の分化に関する下記の文章を読み、各問いに答えよ。

真核生物において、DNA はヒストンとよばれるタンパク質に巻きついてヌクレオソームを形成している。さらに、ヌクレオソームは折りたたまれて、クロマチン構造を形づくっている。多くの遺伝子の発現は、このクロマチンの構造が変化することで調節される。クロマチンが密に折りたたまれた領域では、転写に必要なタンパク質が DNA に結合できないため、遺伝子が転写されない。しかし、この領域のクロマチンが緩むと遺伝子が転写される。このようなクロマチン構造の変化は、ヒストンの特定の部位に、メチル化酵素によってメチル基が結合すること（メチル化）などにより制御される。このヒストンのメチル化が、遺伝子の選択的発現に重要な働きを果たしていることがわかってきた。

遺伝子 A は、ヒストンのメチル化酵素をコードしており、細胞の分化に関与することが知られている。また、遺伝子 A は 3つのエクソンをもち、その全長が転写され、mRNA 前駆体がつくられる。選択的スプライシングにより、この mRNA 前駆体から A-L mRNA と第 2 エクソンをもたない A-S mRNA ができ、その後、それぞれからタンパク質 A-L とタンパク質 A-S がつくられる（図 1）。選択的スプライシングにより生じる mRNA は、A-L mRNA と A-S mRNA 以外に存在しない。遺伝子 A の第 1 エクソンはタンパク質が核へ移動するために必要な領域を含み、第 3 エクソンは酵素として働くために必要な領域を含むことがわかっているが、第 2 エクソンはその機能が不明である。

胚性幹細胞（ES 細胞）は、さまざまな種類の細胞へ分化する能力をもっている。未分化の ES 細胞（以下、「未分化細胞」と略す）は、培養液 M で一定期間培養すると、すべての細胞が神経細胞に分化する。また、神経細胞に分化した ES 細胞（以下、「分化細胞」と略す）では、タンパク質 B が発現するが、未分化細胞では発現しない。遺伝子 A の選択的スプライシングと細胞の分化の関係について調べるために、マウスの ES 細胞を用いて、以下の各実験を行った。

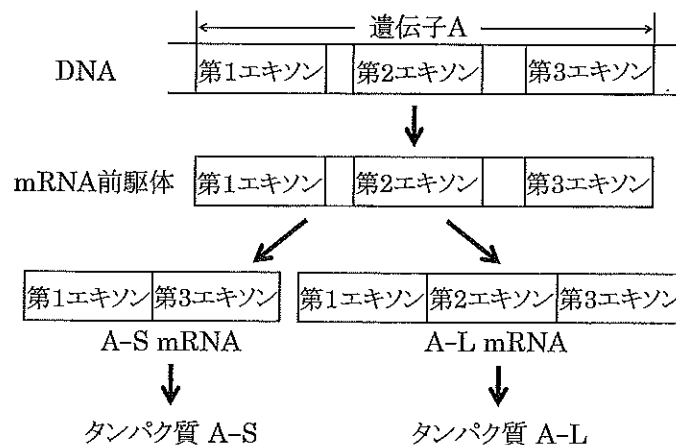


図 1 遺伝子 A の選択的スプライシング

【実験 1】 未分化細胞を培養液 M で培養し、培養前後における細胞あたりの A-L mRNA および A-S mRNA の発現量を比較した。図 2 において、左側のグラフは A-S mRNA の発現量の変化を、右側のグラフは A-S mRNA と A-L mRNA の発現量の比の変化をそれぞれ示している。mRNA 前駆体の発現量は、未分化細胞と分化細胞で変化しなかった。

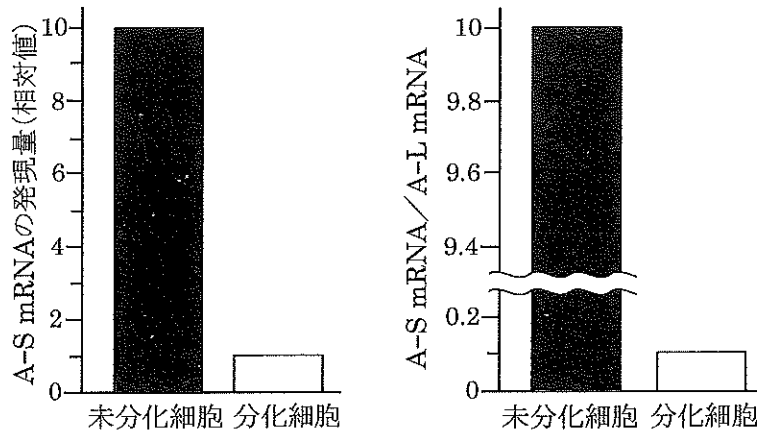


図 2 細胞あたりの A-S mRNA および A-L mRNA の発現

【実験 2】 未分化細胞を培養液 M で培養し、培養前後のヒストンのメチル化を調べたところ、未分化細胞に比べて、分化細胞でヒストン当たりのメチル基の量が増えていた。

【実験 3】 培養前後の細胞からタンパク質 A-L とタンパク質 A-S を抽出し、ヒストンにメチル基を結合させる酵素活性をそれぞれ同じ条件で測定した。その結果、両者で酵素活性に差はみられなかった。

【実験 4】 第 3 エキソンからつくられるアミノ酸配列を検出することにより、遺伝子 A からつくられるタンパク質が、細胞内のどの部位に分布するのかを調べた。その結果、未分化細胞では細胞質と核で同程度の量が検出されたが、分化細胞では主として核で検出された。

【実験 5】 培養液 M にタンパク質 A-L の発現のみを抑制する薬剤を加えて、未分化細胞の培養を行ったところ、ES 細胞はすべて未分化な状態のままであった。

【実験 6】 培養液 M にヒストンのメチル化を阻害する薬剤を加えて、未分化細胞の培養を行ったところ、ES 細胞はすべて未分化な状態のままであった。

問1 タンパク質 B をコードする遺伝子 (遺伝子 B) が存在する領域のクロマチン構造は、未分化細胞と分化細胞において、それぞれどのような状態であるか。以下の(あ)～(え)より 1 つ選び、記号で答えよ。

- (あ) 未分化細胞でも分化細胞でも、密に折りたたまれている。
- (い) 未分化細胞でも分化細胞でも、折りたたみが緩んでいる。
- (う) 未分化細胞では密に折りたたまれているが、分化細胞では折りたたみが緩んでいる。
- (え) 未分化細胞では折りたたみが緩んでいるが、分化細胞では密に折りたたまれている。

問2 未分化細胞と分化細胞における A-L mRNA の発現量について、以下の(あ)～(お)より最も適切に述べているものを 1 つ選び、記号で答えよ。

- (あ) 未分化細胞でも分化細胞でも発現量は同じであった。
- (い) 分化細胞では未分化細胞の 0.1 倍の発現量になった。
- (う) 分化細胞では未分化細胞の 0.5 倍の発現量になった。
- (え) 分化細胞では未分化細胞の 10 倍の発現量になった。
- (お) 分化細胞では未分化細胞の 100 倍の発現量になった。

問3 実験2において、培養後の分化細胞でヒストン当たりのメチル基の量が増えた理由として、以下の(あ)～(か)より最も適切なものを 1 つ選び、記号で答えよ。

- (あ) ヒストンの総量が減ったから。
- (い) ヒストンの総量が増えたから。
- (う) 細胞質内のタンパク質 A-S の量が増えたから。
- (え) 細胞質内のタンパク質 A-L の量が増えたから。
- (お) 核内のタンパク質 A-S の量が増えたから。
- (か) 核内のタンパク質 A-L の量が増えたから。

問4 実験4の結果より、タンパク質A-Sおよびタンパク質A-Lはそれぞれ細胞のどの部位に分布しているか。以下の(あ)~(え)より1つずつ選び、記号で答えよ。同じ記号を用いてもよい。

- (あ) 主として細胞質に分布する。
- (い) 主として核に分布する。
- (う) 細胞質と核に同程度に分布する。
- (え) 分布しない。

問5 第2エクソンからつくられるアミノ酸配列が、タンパク質A-Lの細胞内分布に果たす役割について説明せよ。また、その根拠となる結果を得た実験はどれであるか。実験番号を示した以下の(あ)~(か)のうち、最も適切なものを1つ選び、記号で答えよ。

- (あ) 実験1と実験2
- (い) 実験1と実験4
- (う) 実験2と実験5
- (え) 実験3と実験4
- (お) 実験3と実験6
- (か) 実験5と実験6

問6 未分化細胞が分化するために必要なことは何か。以下の(あ)~(お)より最も適切なものを2つ選び、記号で答えよ。

- (あ) ゲノムDNAの塩基配列が変化する。
- (い) A-L mRNAの発現量が減少する。
- (う) 第2エクソンを除去する選択的スプライシングの頻度が下がる。
- (え) タンパク質A-Lがクロマチンの構造を変化させる。
- (お) タンパク質A-Sが遺伝子BのDNAに結合して転写を促進する。