

平成 28 年度

[ 理 科 ]

問 題 用 紙

試験時間	120分
問題用紙	物理 1 ~ 8頁
	化学 9 ~ 20頁
	生物 21 ~ 31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. 机上には、受験票と筆記用具および時計（計時機能のみ）以外は置かないこと。
6. 筆記用具は鉛筆、シャープペンシル、消しゴムのみとする。  
(コンパス、定規等は使用できない。)
7. 止むを得ず下敷を使用する場合は、監督者の許可を得ること。
8. 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。
9. 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。
10. この問題用紙の余白は草稿等に自由に用いてよい。
11. 耳栓の使用はできない。
12. 携帯電話等の電源は必ず切り、鞆の中にしまうこと。
13. 質問、用便、中途退室など用件のある場合は、無言のまま手を挙げて監督者の指示に従うこと。
14. 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。
15. 退室時は、試験問題および解答用紙を裏返しにすること。
16. 試験終了後、この問題用紙は持ち帰ること。

受験番号	
------	--

氏名	
----	--

# 生 物

[ I ] 動物の生殖と発生に関する下記の文章を読み、各問いに答えよ。

有性生殖でふえる動物では、(a) 複数回の細胞分裂を経て、さまざまな組み合わせの染色体をもつ卵や精子が形成される。卵は一般に大きく、その形成過程で [ ア ] が生じる部域を動物極という。受精の過程で精子は、 [ イ ] から構成されるペル毛を動かして卵へと近づき、卵の細胞膜まで達する。その後、精子の核と [ ウ ] が卵に入り、卵内で [ ウ ] は星状体を形成する。1 個の卵は通常、(b) 2 個以上の精子とは受精できない。

受精後に起こる卵割の様式は、卵黄の量と分布に依存する。卵黄が比較的少ないウニでは、[ エ ] 細胞期までは、卵割により生じる割球の大きさはほぼ等しい。やがて [ オ ] 胚になると受精膜が破れ、ふ化した胚は泳ぎはじめる。

問 1 文中の [ ア ] ~ [ オ ] にあてはまる語句または数字を入れよ。ただし、[ イ ] には細胞骨格の名称を入れ、この細胞骨格にあてはまるものを以下の(あ)~(く)よりすべて選び、記号で答えよ。

- (あ) [ ウ ] の主な構成成分である。 (い) 受精膜の主な構成成分である。  
(う) 直径 6~7 nm 程度の繊維状構造である。 (え) 直径 8~12 nm 程度の繊維状構造である。  
(お) 直径 25 nm 程度の管状構造である。 (か) アクチンが集まってできている。  
(き) チューブリンが集まってできている。 (く) 筋原繊維を構成し、筋収縮に関与する。

問 2 下線部(a)の細胞分裂について調べるため、ある動物から生殖器官を取り出し、顕微鏡を使って分裂中の細胞を観察した。図 1 は、観察した細胞のうち 1 個を、模式的に描いたものである。この動物の性決定の様式は ZW 型であり、生殖細胞 1 個当たりの核内の DNA 量は、細胞分裂に伴い図 2 のように変化することが知られている。以下の設問に答えよ。

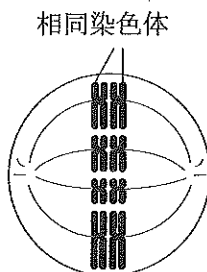


図 1 分裂中の細胞

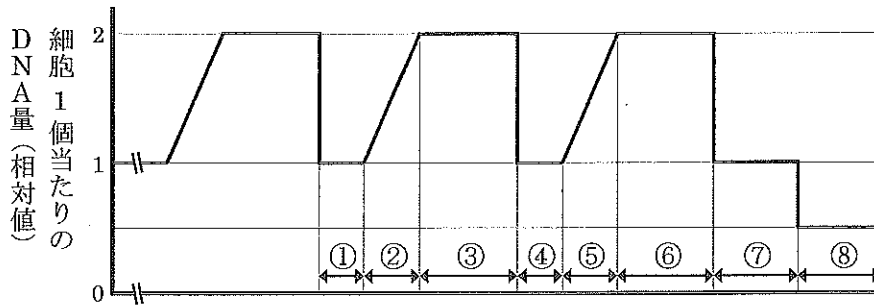


図2 分裂に伴うDNA量の変化

(1) 図1の細胞がもつ性染色体は、すべて同じ種類(ホモ型)であった。この細胞の名称を以下のA群より、核相と染色体数をB群より、この細胞1個から最終的に形成される配偶子の数をC群より1つずつ選び、それぞれ記号で答えよ。また、形成される配偶子には何通りの染色体の組み合わせの可能性があるか。対合した染色体間での乗換えは起こらないと仮定し、整数で答えよ。

- A群： (あ) 始原生殖細胞      (い) 一次卵母細胞      (う) 二次卵母細胞  
 (え) 卵原細胞      (お) 卵      (か) 一次精母細胞  
 (き) 二次精母細胞      (く) 精原細胞      (け) 精細胞      (こ) 精子
- B群： (あ)  $n=2$       (い)  $n=4$       (う)  $n=8$       (え)  $n=16$   
 (お)  $2n=2$       (か)  $2n=4$       (き)  $2n=8$       (く)  $2n=16$
- C群： (あ) 1個      (い) 2個      (う) 4個      (え) 8個以上

(2) 図1の細胞は、何分裂の何期に属するか。以下のA群、B群よりあてはまるものを1つずつ選び、それぞれ記号で答えよ。また、その分裂の時期は、図2の①~⑧のどれに含まれるか。あてはまるものを1つ選び、番号で答えよ。

- A群： (あ) 体細胞分裂      (い) 減数分裂の第一分裂      (う) 減数分裂の第二分裂  
 B群： (あ) 前期      (い) 中期      (う) 後期      (え) 終期      (お) 間期

(3) 以下の(あ)~(え)にあてはまる時期を、図2の①~⑧よりすべて選び、それぞれ番号で答えよ。

- (あ) 分裂期を含まず、間期だけから成る時期  
 (い) 減数分裂のためにDNAを合成する時期  
 (う) 体細胞分裂のためにDNA合成の準備をする時期  
 (え) 細胞の核相が単相( $n$ )である時期

(4) この動物では、図2の⑧の時期の細胞にはどのような構成の性染色体が存在するか。雌と雄それぞれの場合について、以下の(あ)～(か)よりあてはまるものを選び、記号で答えよ。複数の性染色体の構成が存在する場合には、そのすべてを選ぶこと。

(あ) W (い) Z (う) WW (え) ZW (お) ZZ (か) 性染色体は存在しない

問3 ウニの受精過程で起こる現象を、以下の(あ)～(く)より5つ選び、正常な過程で早く起こる順に左から右へと記号を並べよ。

(あ) 胎盤の形成 (い) 精核と卵核の融合  
(う) 先体の形成 (え) 先体突起の伸張開始  
(お) 精子とゼリー層との接触 (か) 灰色三日月環の形成  
(き) 精子と卵黄膜との接触 (く) 精子と卵との細胞膜融合

問4 ウニの受精において、下線部(b)の現象はどのようなしくみにより起こるか。このしくみに深く関わるものを以下の(あ)～(か)より3つ選び、記号で答えよ。

(あ) 受精膜の形成 (い) ゼリー層の分解  
(う) 卵の膜電位変化 (え) 精子の膜電位変化  
(お) 先体の内容物の細胞外への放出 (か) 表層粒の内容物の細胞外への放出

問5 (1)卵割が通常の体細胞分裂と共通してもつ特徴、および(2)卵割にだけにあてはまる特徴を、以下の(あ)～(か)より1つずつ選び、それぞれ記号で答えよ。

(あ) 分裂に先立ってDNAが複製される。  
(い) 分裂後、間期を経ずすぐに次の分裂が始まる。  
(う) 分裂後、細胞1個当たりの染色体数が減少する。  
(え) 分裂の前後で、細胞1個当たりのDNA量は変化しない。  
(お) 分裂により、異なる染色体の組み合わせをもつ娘細胞ができる。  
(か) 分裂をくり返すたびに、細胞1個当たりの体積が減少していく。

問 6 以下の(あ)～(お)のうち, (1)端黄卵から発生し, 全割で卵割が起きる動物, および(2)心黄卵から発生する動物を1つずつ選び, それぞれ記号で答えよ。また, (3)胚が羊膜に包まれて発生する動物を(あ)～(お)よりすべて選び, 記号で答えよ。

(あ) ウニ    (い) マウス    (う) カエル    (え) ニワトリ    (お) ショウジョウバエ

[ II ] 細胞とエネルギーに関する下記の文章を読み、各問いに答えよ。

真核生物の細胞は、細胞膜などの生体膜により、いくつかの画分に分離されている。生体膜は単なる境界ではなく、細胞内の構造や化合物の組成を維持し、種々の機能を発現する場でもある。動物の細胞では多くの場合、細胞膜に存在する [ア] とよばれる膜タンパク質がもつ機構により、<sup>(a)</sup>細胞内外のナトリウムイオンとカリウムイオン濃度が適切に保たれている。[ア] は、エネルギーを使って働くため、ATPを分解する酵素活性ももっている。一方、エネルギーを必要としない、濃度勾配に依存した物質の輸送を [イ] といい、これには [ウ] と呼ばれる膜タンパク質などが関与している。

問 1 文中の [ア] ~ [ウ] にあてはまる語句を、以下の(あ)~(け)より 1 つずつ選び、それぞれ記号で答えよ。

- |               |               |            |
|---------------|---------------|------------|
| (あ) 能動輸送      | (い) 受動輸送      | (う) インテグリン |
| (え) エキソサイトーシス | (お) エンドサイトーシス | (か) カドヘリン  |
| (き) シャペロン     | (く) チャネル      | (け) ポンプ    |

問 2 動物の細胞膜の性質について正しく説明しているものを、以下の(あ)~(か)よりすべて選び、記号で答えよ。

- (あ) 細胞を低張液に浸すと、細胞膜が破裂する。
- (い) 細胞を高張液に浸すと、細胞膜が細胞壁からはがれる。
- (う) 細胞膜は、アクアポリンを介してイオンを通過させる。
- (え) 細胞膜は、膜タンパク質を介さず酸素や二酸化炭素を通過させる。
- (お) 細胞膜は、膜タンパク質を介してステロイドホルモンを通過させる。
- (か) 細胞膜はリン脂質の二重層からなり、リン脂質の疎水性部分は二重層の内側に並んでいる。

問 3 真核生物の細胞内部にはさまざまな構造が見られる。以下の(あ)~(く)の構造のうち、(1)原核生物由来の生体膜をもつもの、(2)生体膜をもたないものをすべて選び、それぞれ記号で答えよ。

- |         |             |         |           |
|---------|-------------|---------|-----------|
| (あ) 核   | (い) ゴルジ体    | (う) 細胞壁 | (え) 小胞体   |
| (お) 染色体 | (か) ミトコンドリア | (き) 葉緑体 | (く) リボソーム |

問 4 下線部(a)の濃度を適切に保つために、(1)  において、以下の(あ)～(お)の現象はどのような順で起こるか。現象が起こる順に、(あ)から始めて左から右へと記号を並べよ。また、(2)ナトリウムイオン、カリウムイオン、ATPは、それぞれ細胞内外のどちら側から  に結合するか。細胞内から結合する場合は「内」を、細胞外から結合する場合は「外」を○で囲め。

- (あ) ナトリウムイオンが  に結合する。
- (い) カリウムイオンが  に結合する。
- (う) ナトリウムイオンが  から放出される。
- (え) カリウムイオンが  から放出される。
- (お)  に結合した ATP が分解される。

問 5 ATPは、細胞内の生体膜部分でも生体膜以外の部分でも合成される。各部分でATPを合成するものを、以下の(あ)～(き)よりすべて選び、それぞれ記号で答えよ。

- (あ) 解糖系
- (い) アルコール発酵
- (う) クエン酸回路
- (え) ミトコンドリアの電子伝達系
- (お) 光合成の光化学系
- (か) 光合成の電子伝達系
- (き) カルビン・ベンソン回路

問 6 ヒトは安静時に、毎時 0.8 mol の酸素を肺から血液に取り込む。取り込んだすべての酸素がグルコースを基質とした好気呼吸に使われると仮定すると、1日で何 kg の ATP が合成されることになるか。解答は小数第 1 位を四捨五入した値で示せ。ただし、ATP の分子量は 500、また 1 分子のグルコースから 38 分子の ATP が合成されるものとする。

[ III ] 幹細胞の増殖と分化に関する下記の文章を読み、各問いに答えよ。

胚性幹細胞 (ES 細胞) は、多能性と分裂能をもち、培養条件によって未分化な状態を維持することも、さまざまな細胞に分化することもできる。未分化な細胞では遺伝子 S が発現するが、分化へと向かう細胞では遺伝子 S の発現が止まり、遺伝子 T が発現するようになる。

培養液にタンパク質 A を加えると、ES 細胞は分裂後も未分化な状態を維持することが知られている。タンパク質 A が細胞膜にある受容体 B と受容体 C の両方に結合すると、それまでタンパク質 D により阻害されていたタンパク質 E が活性化して核内へ移行し、遺伝子 U など複数の標的遺伝子の転写を促進する (図 1)。また、タンパク質 A の存在下でタンパク質 F が受容体 G に結合すると、タンパク質 A の作用を強め、標的遺伝子の転写がさらに活性化する。

タンパク質 A が、どのようなしくみで未分化な状態を維持させるかを調べるために、マウスの ES 細胞を用いて、以下の各実験を行った。ただし、どの実験においてもタンパク質 A は充分量存在し、培養液中で分解されることはないものとする。また、各受容体はタンパク質である。

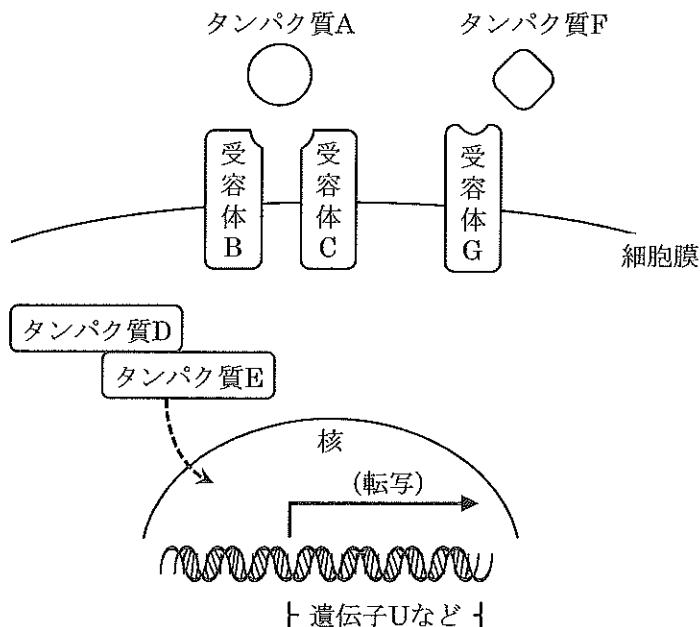


図 1 タンパク質 A および関連するタンパク質

【実験 1】 タンパク質 A を均一になるように加えた培養液で ES 細胞を培養した。分裂前後で受容体 B が細胞のどの部位に存在するか、その分布を調べたところ、いずれも細胞膜全域で検出された。また、どの娘細胞も遺伝子 S を発現していた。次に、タンパク質 E を過剰に発現させた ES 細胞を、タンパク質 A を含まない培養液で培養すると、分裂前後のいずれの時点でも、受容体 B は細胞膜全域で検出された。また、どの娘細胞も遺伝子 S を発現していた。



【実験 2】 タンパク質 A を培養液に加えるかわりに小さな粒子状の物質（ビーズ）の表面に付着させ、タンパク質 A が培養液中に拡散しないようにした。1つのビーズに1つの ES 細胞を接触させた状態で培養すると、分裂前後のいずれの時点でも、受容体 B は<sup>(a)</sup>細胞膜のうちビーズと接触している領域でのみ検出された。また、分裂期の細胞では、ビーズから細胞の中心へ向かう軸に沿って、染色体が移動していった。分裂後の娘細胞での遺伝子発現を調べたところ、ビーズと接触している娘細胞（娘細胞①）では遺伝子 S が発現しており、もう片方の娘細胞（娘細胞②）では遺伝子 T が発現していた（図 2）。

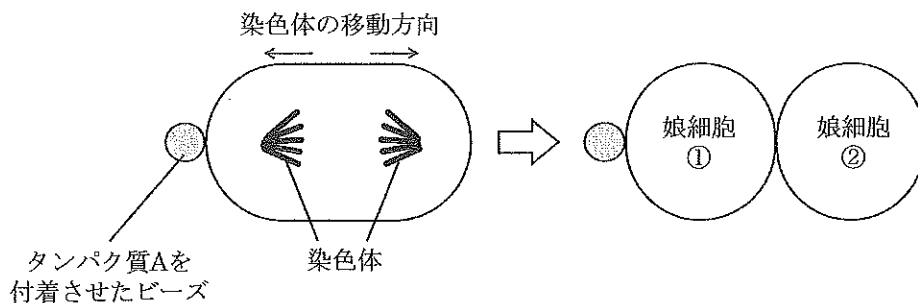


図 2 ビーズと接触させた ES 細胞の分裂過程と分裂後の娘細胞

【実験 3】 実験 2 において、培養液に翻訳阻害剤を加えた場合、ES 細胞は分裂しなかったが、受容体 B は細胞膜のうちビーズと接触している領域でのみ検出された。また、翻訳阻害剤を加える前と比べて、受容体 B の分子数は変化しなかった。

【実験 4】 タンパク質 F の働きを調べるため、タンパク質 A を均一になるように加えた培養液 1 と、タンパク質 A とタンパク質 F の両方を均一になるように加えた培養液 2 を準備し、それぞれの培養液で ES 細胞を培養した。その結果、培養液 1 よりも培養液 2 で培養した ES 細胞の方が、遺伝子 U の発現量が多くなった。また、受容体 B と受容体 C の分子数を培養前後で比較したところ、どちらの培養液でも受容体 B の分子数に変化はなかったが、培養液 1 では培養後に受容体 C の分子数が低下した。一方、培養液 2 では培養前後で受容体 C の分子数に変化はなかった。さらに、培養液 2 で培養した場合のみ、受容体 G が受容体 C に結合した。

問 1 細胞内のタンパク質 D のみを特異的に破壊してから実験 2 を行った場合、分裂後の娘細胞での遺伝子発現はどうか。以下の(あ)～(え)より最も適切なものを 1 つ選び、記号で答えよ。また、その理由を説明せよ。

- (あ) どちらの娘細胞も遺伝子 S を発現する。
- (い) どちらの娘細胞も遺伝子 T を発現する。
- (う) 娘細胞①は遺伝子 S を、娘細胞②は遺伝子 T を発現する。
- (え) 娘細胞①は遺伝子 T を、娘細胞②は遺伝子 S を発現する。

問 2 実験 2 で、(1)受容体 B が検出された部位が、下線部(a)のようになった理由を以下の I 群より、(2)その根拠となる実験結果を II 群より、それぞれ最も適切なものを 1 つずつ選び、記号で答えよ。

I 群：

- (あ) 細胞膜全域に存在していた受容体 B がすべて分解され、新たに発現した受容体 B がビーズと接する領域へ輸送されたから。
- (い) 細胞膜全域に存在していた受容体 B のうち、ビーズと接していない領域にあった分子が分解されたから。
- (う) 細胞膜全域に存在していた受容体 B が、ビーズと接している領域に集まってきたから。

II 群：

- (あ) 翻訳阻害剤を加えて培養すると、ES 細胞は分裂しなかった。
- (い) 翻訳阻害剤を加えた培養の前後で、受容体 B の分子数は変化しなかった。
- (う) タンパク質 A を均一になるように加えた培養液で ES 細胞を培養すると、培養後に受容体 C の分子数が低下した。
- (え) タンパク質 A とタンパク質 F の両方を均一になるように加えた培養液で ES 細胞を培養すると、受容体 G が受容体 C に結合した。

問 3 実験 2 において、対照実験により以下の(1)、(2)であることを示すためには、それぞれどのような条件で ES 細胞を培養し、いかなる結果を得ればよいか。対照実験を以下の I 群より、その対照実験により得られる結果を II 群より、それぞれ最も適切なものを 1 つずつ選び、記号で答えよ。同じ記号を何度用いてもよい。

- (1) ビーズ自体は受容体 B の分布に影響しない。
- (2) ビーズに付着させたタンパク質 A が、受容体 B と受容体 C の両方に結合した場合のみ、娘細胞①で遺伝子 S が発現する。

I 群：

- (あ) 培養液にタンパク質 A を均一になるように加え、ES 細胞を培養する。
- (い) 培養液にタンパク質 A と翻訳阻害剤を均一になるように加え、ES 細胞を培養する。
- (う) 何も付着させていないビーズを ES 細胞に接触させて培養する。
- (え) タンパク質 A を付着させたビーズを ES 細胞に接触させ、タンパク質分解酵素を均一になるように加えた培養液で培養する。
- (お) 受容体 B には結合するが、受容体 C には結合しないタンパク質 A の変異体を付着させたビーズを、ES 細胞に接触させて培養する。

II 群：

- (あ) 受容体 B は細胞膜全域で検出される。
- (い) 受容体 B は細胞膜のうちビーズと接触している領域でのみ検出される。
- (う) 分裂後の娘細胞はどちらも遺伝子 S を発現する。
- (え) 分裂後の娘細胞はどちらも遺伝子 T を発現する。
- (お) 分裂後、娘細胞①は遺伝子 S を、娘細胞②は遺伝子 T を発現する。
- (か) 分裂後、娘細胞①は遺伝子 T を、娘細胞②は遺伝子 S を発現する。
- (き) ES 細胞は分裂しない。

問 4 タンパク質 A の働きについて正しく述べているものを、以下の(あ)～(お)より 1 つ選び、記号で答えよ。

- (あ) タンパク質 A が ES 細胞全体に作用すると、分裂後の娘細胞はどちらも分化へと向かう。
- (い) タンパク質 A が ES 細胞の特定の領域に作用すると、分裂後の娘細胞はどちらも未分化な状態を維持する。
- (う) タンパク質 A が ES 細胞に作用すると、細胞の増殖が促進される。
- (え) タンパク質 A が ES 細胞に作用すると、遺伝子 S が発現する。
- (お) タンパク質 A が ES 細胞に作用すると、遺伝子 T が発現する。

問 5 タンパク質 F が受容体 G と結合して形成される複合体が、タンパク質 A の働きを促進するしくみについて、最も適切に述べているものを、以下の(あ)～(か)より 1 つ選び、記号で答えよ。

- (あ) 複合体が受容体 C と結合し、受容体 B の分解を阻害する。
- (い) 複合体が受容体 C と結合し、受容体 B の分解を促進する。
- (う) 複合体が受容体 C と結合し、受容体 C の分解を阻害する。
- (え) 複合体が受容体 C と結合し、受容体 C の分解を促進する。
- (お) 複合体が細胞内に入り、タンパク質 D の分解を阻害する。
- (か) 複合体が細胞内に入り、タンパク質 E の分解を促進する。