

平成 31 年度入学者選抜学力検査問題

理 科

物 理 1 ページ～17 ページ

化 学 18 ページ～32 ページ

生 物 33 ページ～47 ページ

地 学 48 ページ～59 ページ

注 意 事 項

1. この冊子は、監督者から解答を始めるよう合図があるまで開いてはいけません。
2. 監督者から指示があったら、解答用紙の上部の所定欄に受験番号、座席番号を、また、下部の所定欄には座席番号をそれぞれ記入しなさい。その他の欄に記入してはいけません。
3. 選択科目は、届け出た科目について解答しなさい。それ以外の科目について解答すると失格となります。
4. 解答すべき問題の番号は、学部・学科等で異なるので、各科目の最初にかいてある注意事項の表で確認しなさい。
5. この冊子の余白の部分を計算、下書きに使用してもかまいません。
6. 解答用紙は、記入の有無にかかわらず、持ち帰ってはいけません。
7. この冊子は、持ち帰りなさい。
8. 落丁、乱丁または印刷不備があったら申し出なさい。

生 物

注意 1. 志望学部・学科等により，以下に示す番号の問題を解答すること。

志 望 す る 学 部 ・ 学 科 等	解 答 す る 問 題 番 号
国際教養学部 志望者のうち生物を選択する者	☐ 1 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
教 育 学 部 志望者のうち生物を選択する者	☐ 2 ☐ 4 ☐ 5
理 学 部 数学・情報数理学科，化学科志望者のうち生物を選択する者	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3
理 学 部 生物学科	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
理 学 部 地球科学科志望者のうち生物を選択する者	☐ 2 ☐ 4 ☐ 5
園 芸 学 部 志望者のうち生物を選択する者	☐ 2 ☐ 4 ☐ 5
医 学 部 志望者のうち生物を選択する者	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3
看 護 学 部 志望者のうち生物を選択する者	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3
先進科学プログラム (方式Ⅱ) 植物生命科学関連分野志望者，および化学関連分野志望者のうち生物を選択する者	☐ 2 ☐ 4 ☐ 5
先進科学プログラム (方式Ⅱ) 生物学関連分野	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

2. 解答は，すべて解答用紙の所定の欄に，指定された方法で記入しなさい。

1 次の文章を読み、以下の問い(問1～4)に答えなさい。

動物の初期発生では、未受精卵の中に存在する母親由来の mRNA が、受精後にタンパク質に翻訳されて胚の発生を制御することが知られている。このような mRNA やタンパク質は 因子とよばれている。ショウジョウバエの 因子の中には、胚の前後軸の形成に関わるものがある。

ショウジョウバエの 因子のひとつであるタンパク質 A をコードする遺伝子の mRNA は、未受精卵において卵の前端部分に局在しており、受精後、この mRNA から翻訳されたタンパク質 A は受精卵のなかで、前端部分が最も高く、後端へ向けて低くなる濃度勾配を形成する。タンパク質 A の機能を欠いた胚は頭部が形成されずに、両側に尾部の形態をもった幼虫になる。また、タンパク質 A の機能を欠いた胚にタンパク質 A をコードする遺伝子の mRNA を前端部分に注入したところ、この胚は正常な幼虫に発生した。

ショウジョウバエ未受精卵における mRNA の不均一さは、卵巣の中でおこる卵形成の時につくられる。卵形成時には保育細胞*から、隣接する未成熟な卵にタンパク質 A をコードする遺伝子の mRNA が受け渡される。このとき、未成熟な卵の中には将来の前後軸に沿って、細胞骨格の一種である が卵の前端部分にマイナス端が、後端部分にプラス端が存在するような方向性をもって並んでおり、モータータンパク質であるダイニンが存在している。ダイニンが に結合してタンパク質 A をコードする遺伝子の mRNA を前側へ運ぶことによって、卵の前端部分にこの mRNA が局在するようになる。

タンパク質 A と同様に、頭部の形成に必要なタンパク質 B が存在する。野生型のショウジョウバエにおいては、初期胚の前側でタンパク質 B をコードする遺伝子の mRNA が合成されるが、タンパク質 A の機能を欠いた胚では、タンパク質 B をコードする遺伝子の mRNA は合成されなくなる。⁽²⁾

*保育細胞：卵巣内の卵を育てるためにはたらく細胞

問 1 文章中の ア と イ にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部(1)について、受精直後の野生型卵の後端部分にタンパク質 A をコードする遺伝子の mRNA を注入したところ、両端に頭部の構造をもち、体の中央に胸部や腹部のような頭部よりも後方側の構造をもつ幼虫が生じた。タンパク質 A の機能を欠いた卵の中央部分にタンパク質 A をコードする遺伝子の mRNA を注入した場合、どのような形態の幼虫が生じると予想されるか、60 字以内で答えなさい。

問 3 タンパク質 A をコードする遺伝子の mRNA が保育細胞から未成熟な卵に受け渡されたのち、この mRNA が卵の前端部分に局在することに直接関わる現象を以下の(a)~(e)のうちから二つ選び、記号で答えなさい。

- (a) 卵の中の DNA 合成
- (b) 卵の中でおこる転写
- (c) 卵の中のタンパク質の翻訳
- (d) 卵の中の イ の方向性
- (e) 卵の中の ATP の加水分解

問 4 下線部(2)について、次の(1)～(2)に答えなさい。

(1) タンパク質 A は調節タンパク質である。タンパク質 A は遺伝子 B (タンパク質 B をコードする遺伝子) に対してどのようなはたらきをしていると考えられるか、20 字以内で答えなさい。

(2) タンパク質 A と B のいずれかの機能を欠いた胚では頭部が形成されないという共通した表現型を示す。以下の 2 通りの交配の結果、得られる F_1 の胚において、頭部が形成されない胚が出現する確率を % で答えなさい。ただし、遺伝子 A (タンパク質 A をコードする遺伝子) と遺伝子 B はそれぞれ別の常染色体上の遺伝子とし、遺伝子 a と b はそれぞれ遺伝子 A と B の機能を欠いた劣性突然変異の対立遺伝子とする。

(a) $AABb$ のオスと $aaBb$ のメス

(b) $AaBb$ のオスと $AaBb$ のメス

2

次の文章を読み、以下の問い(問1～3)に答えなさい。

マウスにおいて、タンパク質 AR(L)と AR(S)はいずれも、X染色体上の遺伝子 AR から発現する。この遺伝子から転写されてできた mRNA 前駆体は、図1に示すように、5個のエキソンと4個のイントロンから成っている。この mRNA 前駆体の選択的スプライシングにより、大きいタンパク質 AR(L)の mRNA と小さいタンパク質 AR(S)の mRNA が作られる。AR(L)の mRNA は5個のエキソンすべてがつなぎ合わされてできる。一方、AR(S)の mRNA は、エキソン1とエキソン2にイントロン2が除去されずにつなぎ合わされてできる。そのため AR(S)の mRNA ではイントロン2はエキソンとして働く。なお図1において、mRNA の終止コドンの位置を*で示す。

ある培養細胞では AR(L)と AR(S)がいずれも発現している。AR(S) mRNA の⁽¹⁾一部の配列をもった短い2本鎖 RNA をこの培養細胞に導入した。すると AR(L)の発現には影響はみられずに、AR(S)の発現が抑制された。この短い RNA を導入した細胞と導入していない細胞をそれぞれ培養し続けると、細胞数の変化は図2のようになった。

染色体上の特定の遺伝子を別の遺伝子などで置き換えることにより、特定の遺伝子を欠損させて発現しないようにしたマウスをノックアウトマウスという。

AR(L)と AR(S)は選択的スプライシングにより作られるため、AR 遺伝子全体を欠損させると、AR(L)も AR(S)も発現しない。そこである工夫をして、AR(L)は⁽²⁾発現するが、AR(S)は発現しないノックアウトマウスを作製した。生まれてきた⁽³⁾ノックアウトマウスはいずれも、形態形成の異常により生後1か月以内に(成熟する前に)死んだ。

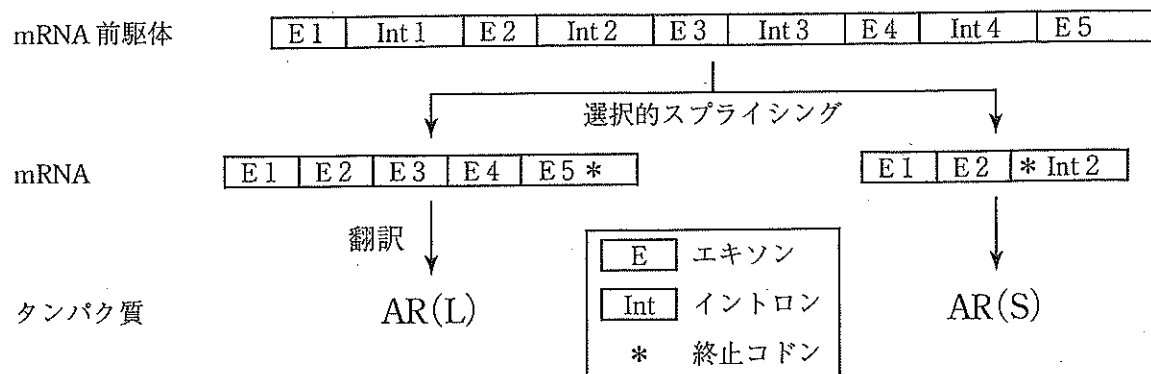


図1 選択的スプライシングによる AR(L)と AR(S)の発現

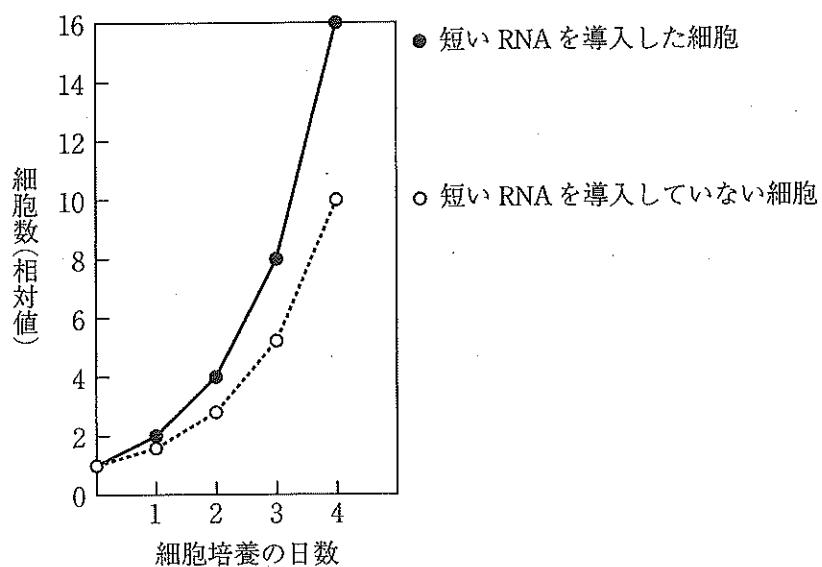


図2 細胞数の変化

問 1 下線部(1)について、次の(1)~(4)に答えなさい。

- (1) この短い RNA は、AR(S) mRNA の一部の配列をもっているが、この配列は、AR(S) mRNA のどの部分に相当するか答えなさい。
- (2) この短い RNA は、どのように作用して AR(S) の発現を抑制するか、40 字以内で答えなさい。
- (3) 図 2 の結果から、AR(S) のタンパク質は培養細胞の増殖についてどのような働きをしていると考えられるか、20 字以内で答えなさい。
- (4) AR(S) の mRNA を鋳型として、逆転写酵素を用いて相補的 DNA (cDNA) を合成した。この cDNA をベクターに組み込んで、培養細胞に導入して、AR(S) を発現させた。この培養細胞では、短い RNA を導入した細胞や導入していない細胞と比べて、培養 4 日間にわたる細胞数の変化はどのようなになると考えられるか。解答欄のグラフに折れ線で記入しなさい。

問 2 下線部(2)について、AR(L)は発現するが、AR(S)は発現しないノックアウトマウスを作製するには、染色体上の AR 遺伝子をどのような遺伝子または DNA と置き換えればよいか。40 字以内で答えなさい。

問 3 下線部(3)について、次の(1)~(2)に答えなさい。

- (1) AR 遺伝子は X 染色体上にある。成熟したマウス同士を交配させて AR(S) のノックアウトマウスを得るには、どのようなマウス同士を交配させればよいか。ただし、正常な AR 遺伝子をホモ接合体としてもっているメスマウスは AR/AR、正常な AR 遺伝子と問 2 で置き換えた AR 遺伝子をヘテロ接合体としてもっているメスマウスは AR/ar と表記して、40 字以内で答えなさい。
- (2) このようなマウス同士の交配により生まれたマウスでは、オスとメスについてそれぞれどのような頻度(%)でノックアウトマウスが現れると考えられるか答えなさい。

3

次の文章を読み、以下の問い(問1～4)に答えなさい。

動物個体は、一つの受精卵が分裂を繰り返し、からだのさまざまな組織を構成する細胞へと分化することにより形成される。細胞は、特定の細胞に分化すると、その細胞に特有の機能をもつようになり、⁽¹⁾他の細胞にはなることはできない。たとえば皮膚の細胞は皮膚の細胞として、血液の細胞は血液の細胞として、固有のはたらきを担う。一方、受精卵やES細胞(胚性幹細胞)は、さまざまな細胞へと分化する能力をもっている。興味深いことに、それらの細胞質には、分化した細胞を初期化する因子が含まれていることが明らかにされた。

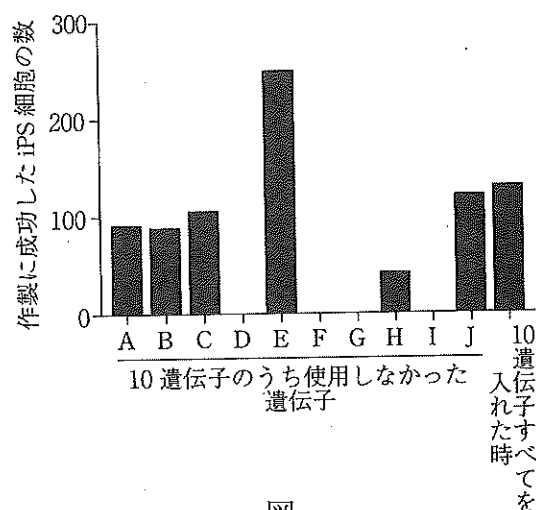
この現象に着目して、山中博士(現京都大学 iPS 細胞研究所所長)らはES細胞⁽²⁾に高く発現していた遺伝子をベクターに組み込み、人為的に発現させることで、2006年にマウス、2007年にヒトの皮膚の細胞を、さまざまな組織に分化する能力をもった細胞へと初期化させることに成功した。iPS細胞(人工多能性幹細胞)⁽³⁾と名付けられたこの細胞は、細胞初期化のしくみの解明のみならず、医療応用への観点から注目を集めている。ES細胞と異なり自己の細胞から作製することが可能な iPS 細胞は、移植による拒絶反応の課題を解決できることが期待されている。

問1 下線部(1)について、細胞は、ほぼすべての細胞において同じ遺伝情報(DNA配列)をもつにもかかわらず、細胞ごとに特有の性質を示す。その理由を遺伝子発現の観点から、40字以内で答えなさい。

問2 真核生物における遺伝子発現について正しいものを、以下の記述(a)～(d)のうちから二つ選び、記号で答えなさい。

- (a) クロマチン構造が緩んでいる場所は転写が起きにくくなっている。
- (b) 転写調節領域に、転写を促進する分子が結合する場合がある。
- (c) 転写調節領域に、転写を抑制する分子が結合する場合がある。
- (d) 基本転写因子はオペレーターに結合する。

問 3 下線部(2)について、10 種類の遺伝子を用いて山中博士らと同様の手法で iPS 細胞の作製を試みた。遺伝子(A～J)をベクターに組み込み、同時にすべての遺伝子を皮膚の細胞に導入したところ iPS 細胞の作製に成功した。次に 10 種類の遺伝子のうち、必要な遺伝子を決定する目的で、1 種類ずつ除いた 9 種類の遺伝子セットを導入して、再び iPS 細胞の作製を試みた。図は、それぞれの条件で 100,000 個の皮膚の細胞を用いて遺伝子導入をした時に、作製に成功した iPS 細胞の数を示す。図を参考に、(1)、(2)について答えなさい。



図

- (1) 10 種類の遺伝子のうち、iPS 細胞の作製に不可欠であると予想される遺伝子を A～Jの中からすべて選び、記号で答えなさい。
- (2) 図で示すように遺伝子 Eを除いたら、作製に成功した iPS 細胞の数が増加した。増加した理由について、考えられることを 40 字以内で答えなさい。

問 4 下線部(3)のように，ES 細胞と比較して，iPS 細胞では拒絶反応の観点から，医療応用の際の有効性が期待されている。一般的に，組織を移植した際に問題となる免疫学的拒絶反応は，自己と非自己の細胞が区別されていることでおこる。この区別のしくみ(どの細胞がどのように区別しているか)を具体的に 120 字以内で答えなさい。