

2023年度

理 科

R 3

【 生 物 】

2月25日(土) 理 学 部 (数学科, 生物科学科, 地球科学科, 創造理学コース)

【前期日程】 農 学 部 13 : 50 ~ 15 : 10

注 意 事 項

試験開始前

- 1 監督者の指示があるまで、問題冊子、解答用紙に手を触れてはいけません。
- 2 監督者の指示に従い、出願時に選択した科目の問題冊子、解答用紙であるかどうかを確かめ、全部の解答用紙(4枚)に受験番号を記入しなさい。
- 3 出願時に選択した科目と解答した科目が異なる場合は採点されません。

試験開始後

- 4 この問題冊子は、9ページあります。はじめに、問題冊子、解答用紙を確かめ、枚数の不足や、印刷の不鮮明なもの、ページの落丁・乱丁があった場合は、手をあげて監督者に申し出なさい。
- 5 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
- 6 問題は、声を出して読むはいけません。
- 7 各問ごとの配点は、比率(%)で表示してあります。

試験終了後

- 8 問題冊子は、必ず持ち帰りなさい。

1

植物の発生と遺伝に関する次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。(配点25%)

花の器官の分化にはA, B, Cの3つのクラスの遺伝子が特に重要であり、それらの組み合わせでどの器官が分化するかが決まる。この3つのクラスの遺伝子による花の器官分化のしくみはABCモデルとよばれており、A, B, C各クラスの遺伝子は花芽の決まった領域ではたらいっている。花芽形成時には、茎頂分裂組織のもっとも外側の領域でAクラス遺伝子がはたらき、①の分化が誘導される。その内側の領域では、Aクラス遺伝子とBクラス遺伝子が協調してはたらくことで②の分化が誘導される。さらに内側の領域では、Bクラス遺伝子とCクラス遺伝子がはたらくことで③の分化が誘導される。もっとも内側となる中央部の領域では、Cクラスの遺伝子のはたらきによって④の分化が誘導される。

静子さんは授業でABCモデルについて学習し、一重咲きの花をつける植物でCクラス遺伝子のはたらかなくなると、八重咲きの花をつけるようになることを知った。また以前に、蛍光を発するGFPというタンパク質について学んだことを思い出し、蛍光を発する八重咲きの花を作る実験を計画した。以下は、静子さんがおこなった実験と得られた結果をまとめたものである。

なお、Cクラス遺伝子座の対立遺伝子にはCとcがあり、野生型の植物は優性ホモ接合体であり、一重咲きの表現型を示す。その遺伝子型をCCと表記する。また、八重咲きの植物は劣性ホモ接合体であり、遺伝子型をccと表記するものとする。

蛍光を発する八重咲きの花を咲かせる植物をつくる実験と結果

実験Ⅰ 野生型の植物にGFP遺伝子を導入して、^aGFP遺伝子を花弁で発現させる植物を作製した。得られたすべてのGFP遺伝子導入植物(GFPトランスジェニック植物)で、花弁に蛍光がみられた。

実験Ⅱ 実験Ⅰで得られたGFPトランスジェニック植物の自家受精によって、GFP遺伝子のホモ接合体を得た。

実験Ⅲ C遺伝子のヘテロ接合体をGFP遺伝子のホモ接合体と交配し、次世代(F_1)を得た。

実験Ⅳ 実験Ⅲで得られた F_1 植物の自家受精によって得られた F_2 植物の中に、蛍光を発する八重咲きの花を咲かせる個体を得た。

ただし、実験Ⅰで最初に得られた蛍光を発するGFPトランスジェニック植物は、GFP遺伝子が染色体DNA上の1ヶ所のみ導入されたものとし、このトランスジェニック植物の遺伝子型を G^+G^- と表記することとする。また、遺伝子が導入されていない野生型を G^-G^- 、GFP遺伝子がホモ接合になっている場合を G^+G^+ と表記するものとする。

問 1 文章中の ~ に入るもっとも適切な語を答えなさい。

問 2 ABCモデルにおける A, B, C 遺伝子のように、それが変異すると器官の一部が別の部分に置き換わる遺伝子を一般に何とよぶか、その名称を答えなさい。

問 3 実験 I の下線部 a について、(i) 遺伝子を特定の細胞で発現させるために必要なプロモーター周辺の領域(配列)を何とよぶか答えなさい。(ii) また、その領域に結合するタンパク質を何とよぶか答えなさい。

問 4 実験 III で、八重咲きの個体(cc)を交配に用いず、ヘテロ接合の個体(Cc)を交配に用いた理由を説明しなさい。

問 5 実験 III と実験 IV に関する以下の小問(1)~(3)に答えなさい。

(1) 実験 III で得られる F_1 個体の遺伝子型および表現型(蛍光の有無、八重咲きまたは一重咲き)のすべての組み合わせを、遺伝子型については下の(a)~(i)から、また表現型については下の(ア)~(エ)からそれぞれ選び、(遺伝子型、表現型)の形式で答えなさい。ただし、GFP 遺伝子と C 遺伝子は異なる染色体上に存在するものとする。

(2) 実験 III で得られた F_1 個体のうち、実験 IV でおこなった自家受精によって「蛍光を発する八重咲きの花」が得られる可能性がある F_1 個体の遺伝子型を、下の(a)~(i)から 1 つ選びなさい。

(3) 小問(2)で答えた遺伝子型をもつ F_1 個体の自家受精によって得られる F_2 個体の表現型(ア)~(エ)の分離比は(ア):(イ):(ウ):(エ) = : : : である。⑤~⑧に当てはまる数を答えなさい。

遺伝子型

- | | | |
|------------------|------------------|------------------|
| (a) $G^+ G^+ CC$ | (b) $G^+ G^- CC$ | (c) $G^- G^- CC$ |
| (d) $G^+ G^+ Cc$ | (e) $G^+ G^- Cc$ | (f) $G^- G^- Cc$ |
| (g) $G^+ G^+ cc$ | (h) $G^+ G^- cc$ | (i) $G^- G^- cc$ |

表現型

- | | |
|---------------|---------------|
| (ア) 蛍光あり、八重咲き | (イ) 蛍光あり、一重咲き |
| (ウ) 蛍光なし、八重咲き | (エ) 蛍光なし、一重咲き |

2

動物の卵の減数分裂に関する次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。(配点25%)

ある硬骨魚類の卵巣は、^a減数分裂第一分裂前期で停止した状態の卵母細胞をもつ。この魚類では産卵前日の夜に脳下垂体から生殖腺刺激ホルモンが分泌され、このホルモンが血流を介して卵巣に運ばれ、卵母細胞を覆っている細胞の^b受容体に作用して、ステロイドホルモンの一種である $17\alpha, 20\beta$ -ジヒドロキシ-4-プレグネン-3-オンというプロゲステロン類が合成される。このプロゲステロン類はその後、卵母細胞に作用する。卵母細胞は図1に示すように、このプロゲステロン類の刺激に反応して減数分裂を再開し、卵母細胞内では、分裂期促進因子とよばれる酵素がはたらくようになる。この過程で、卵母細胞は透明化し、さらに卵母細胞の巨大な核(卵核胞)の消失や第一極体の放出などの変化を経て受精が可能な二次卵母細胞となり、排卵される。

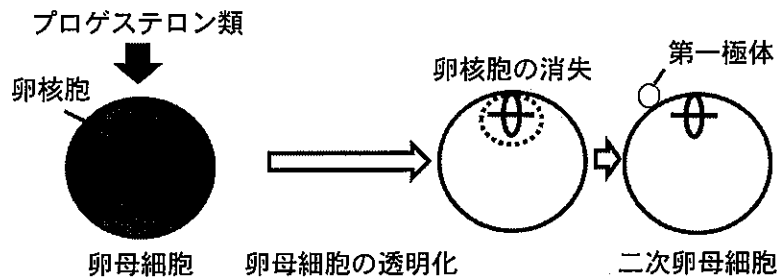


図1 ある硬骨魚類の卵母細胞の減数分裂過程

この硬骨魚類の卵巣から取り出した卵母細胞を用いて、図2に示すように卵母細胞を培養し、その透明化を観察することで卵の減数分裂が再開されたかどうかを判定する以下の実験I～Vを行った。

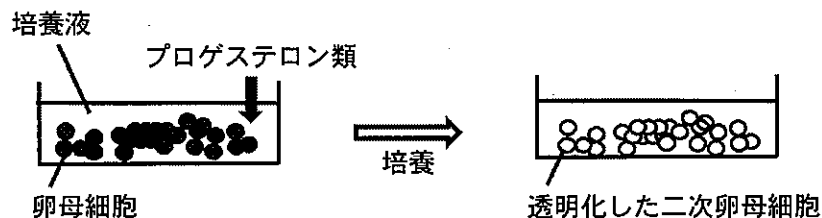


図2 卵母細胞の培養実験

- 実験I 卵母細胞の培養液にプロゲステロン類を添加したところ、卵の透明化が起こった。
- 実験II 卵母細胞にプロゲステロン類を細いガラス針で注入したが、卵の透明化は起こらなかった。
- 実験III 卵母細胞に転写を阻害する薬剤をあらかじめ作用させた後、培養液にプロゲステロン類を添加したところ卵の透明化が起こった。
- 実験IV 細胞膜を透過できない粒子状物質にプロゲステロン類を結合させたものを培養液に添加したところ、卵の透明化が起こった。
- 実験V 細胞膜を透過できない粒子状物質を培養液に添加したが、卵の透明化は起こらなかった。

問 1 下線部 a に関して、減数分裂について説明した以下の文章の ① ~ ④ に
もっとも適切な語を答えなさい。

有性生殖を行う動物では、卵や精子など、合体(受精)して新個体をつくる細胞を配偶子と
いう。合体して誕生した新個体を ① という。配偶子を作り出すための分裂が減数分
裂である。減数分裂では複製された相同染色体は ② し、③ を形成する。
③ の一部では乗換えが起こることがある。乗換えが起きると染色体中の DNA はそ
の部分で ④ を起こす。

問 2 下線部 b について、(i) 細胞膜表面の受容体に作用するヒトのホルモンの名称を 1 つ答え
なさい。さらに、(ii) その生理作用について説明しなさい。

問 3 下線部 b について、この受容体タンパク質は、細胞膜を 7 回貫通し、アミノ末端は細胞外
に、またカルボキシ末端は細胞内に突出することが分かっている。細胞膜を 7 回貫通する受
容体タンパク質の構造を、図 3 の例にしたがって図示しなさい。タンパク質のアミノ末端を
NH₂、カルボキシ末端を COOH と表記し、ポリペプチドは一本の線で描くこととする。

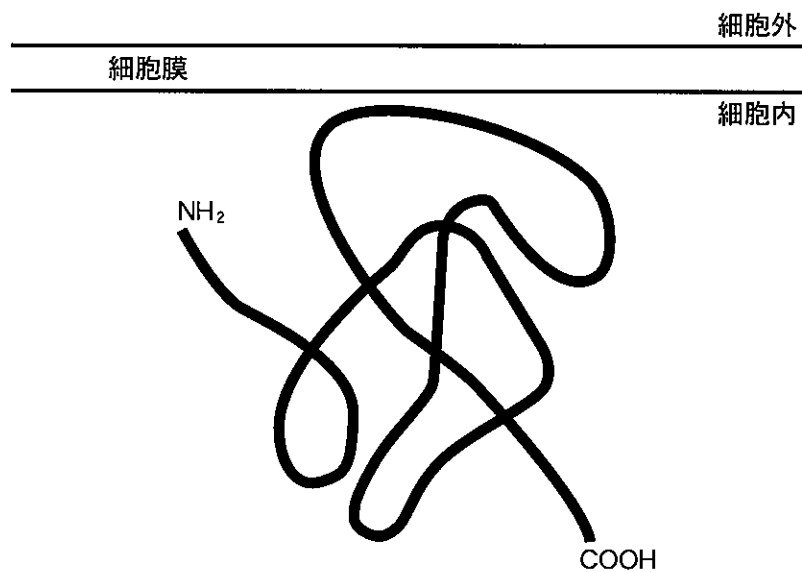


図 3 ある細胞内タンパク質の模式図

問 4 卵母細胞を用いた実験 V はどのような目的でおこなったのか答えなさい。

問 5 卵母細胞を用いた実験 I ~ V の結果から、プロゲステロン類が結合する受容体の卵母細胞
での存在部位とプロゲステロン類の作用のしくみを関連づけて説明しなさい。

3

植物の花芽形成に関する次の文章を読み、問1～問3に答えなさい。(配点25%)

種子植物は、花を咲かせ、種子をつくることで世代をつないでいる。栄養成長を続けていた茎頂分裂組織の細胞が、光や温度などの影響を受けて ① に切り替わることで花芽となる。植物が昼間や夜間の長さの影響を受けて反応する性質を ② とよぶ。一方、一定期間の低温によって花芽形成が誘導される現象を ③ とよぶ。

植物は ④ で日長の変化を感知し、植物ホルモンである ⑤ を合成する。⑤ は ④ から茎の ⑥ を通って茎頂に移動し、そこで花芽形成を誘導する。明暗の長さの感知には、光受容体である ⑦ が関与している。

問1 文章中の ① ～ ⑦ に入るもっとも適切な語を答えなさい。

問2 異なる長さの明期と暗期に設定した環境で植物Aと植物Bを栽培したところ、図1のような花芽形成反応が観察された。小問(1)～(4)に答えなさい。

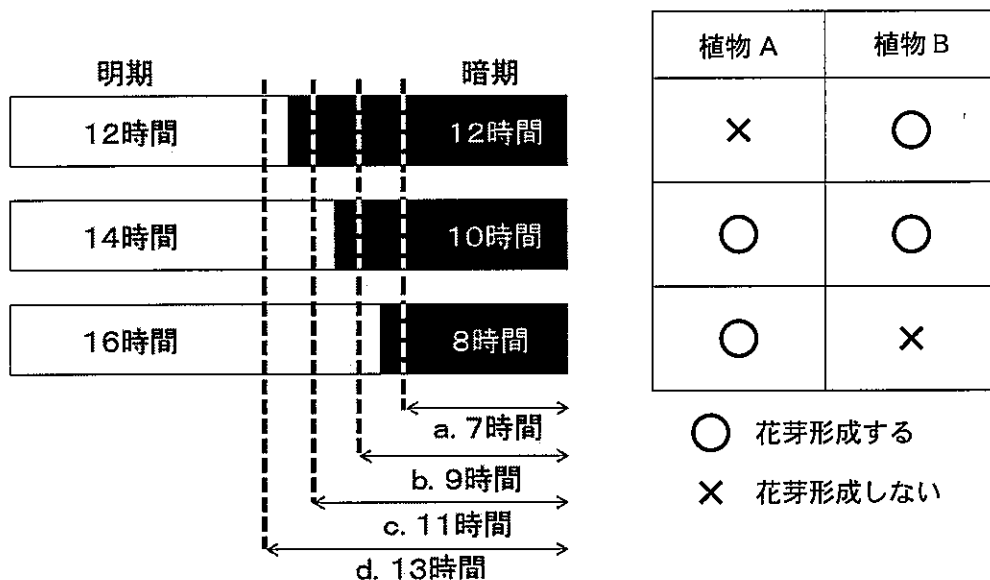


図1 異なる明暗条件における植物Aと植物Bの花芽形成

(1) 日長の変化に反応する花芽形成の性質から、(i) 植物Aと植物Bはそれぞれ何とよばれているか答えなさい。(ii) さらに、それぞれを代表する植物を以下からすべて選びなさい。

トマト、セイヨウアブラナ、アサガオ、アヤメ、オナモミ、トウモロコシ

(2) 図1のa～dの時間は、花芽形成が起こりはじめる連続暗期の長さを示している。

(i) このような連続暗期の長さのことを何とよぶか答えなさい。(ii) また、a～dの連続暗期の長さのうち、植物Aと植物Bの花芽形成が起こりはじめる連続暗期の長さとしてもっとも適切なものをそれぞれ1つずつ選びなさい。

- (3) 植物 A と植物 B は、種をまいた 2 カ月後に適切な日長条件を経験すると花芽形成がおこり、開花する。P 地点は、図 2 に示すように一年間の日長が変化する地域である。植物 A と植物 B をそれぞれ P 地点で栽培したとき、何月から何月の間に種をまいたときに開花に至ることができるか答えなさい。ただし、日長以外の条件は植物の生育にとって適切なものとする。

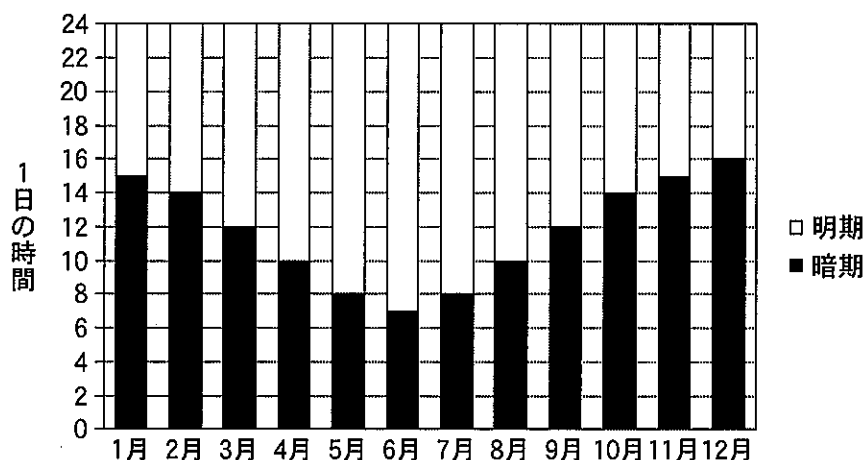


図 2 P 地点の月ごとの明期と暗期の長さ

- (4) 植物 A を P 地点より低緯度の赤道付近で栽培をすることとした。この場合、植物 A が 1 年のうちで花芽形成する期間が P 地点と比べてどのように変化するか答えなさい。ただし、日長以外の条件には両地点で差はないものとする。

問 3 キクは、日本の自然日長においては、秋から冬にかけて花を咲かす。このキクを秋から冬に開花させずに春に開花させる栽培方法を抑制栽培とよぶ。この抑制栽培では、どのような処理をおこなえば効率的に花芽形成を抑制できるか答えなさい。なお、キクの花芽形成が起こり始める連続暗期の長さは 13 時間である。

4

進化に関する以下の文章を読み、問1～問7に答えなさい。(配点25%)

DNAの塩基配列の変化は、a 突然変異によって生じる。このうち、1つの塩基が別の塩基に置き換わる変化を置換という。置換の中でも、コドンが指定するアミノ酸が変化する塩基置換のことを ① とよび、これが生じるとその個体の形質に影響をおよぼす場合がある。その影響の大きさは置換によって引き起こされるタンパク質の ② や機能の変化の程度によってさまざまである。一方、アミノ酸が変化しない塩基置換のことを ③ とよび、これが生じても個体の生存や生殖にはほとんど影響をおよぼさない。また、b 塩基が挿入されたり、欠失したりする突然変異も存在する。

c 突然変異が生じた遺伝子の集団内での頻度は世代を重ねるごとに変化していく。 その変異遺伝子が集団内に固定されることで、その生物種の遺伝子の塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列に変化がもたらされる。このようにして起こる分子レベルの進化を分子進化という。d 自然界で生じる分子進化の多くは生存や生殖に有利でも不利でもなく、中立である。 この考え方を中立説とよぶ。中立に進化する遺伝子やタンパク質には、一定の速度で突然変異が蓄積する。このような、分子に生じる変化速度の一定性を ④ とよぶ。しかし、同一の遺伝子内では変化の速度に違いがある。例えば、e コドンの1文字目と2文字目よりも、3文字目の方が相対的に変化の速度が速いことが知られている。


問1 文中の ① ~ ④ に入るもっとも適切な語を答えなさい。

問2 下線部aに関して、突然変異を引き起こす主な要因として適切なものを以下の(ア)～(オ)の中から2つ選びなさい。

(ア) 赤外線、(イ) DNA複製時のあやまり、(ウ) リンの不足、(エ) 紫外線、(オ) 酸性雨

問3 下線部aに関して、多細胞生物で突然変異を起こした遺伝子が次世代に伝わる頻度は単細胞生物のそれより低いことが知られている。その理由を説明しなさい。

問 4 下線部 b に関して、以下に示す ATG から始まり TAA で終わる X 遺伝子の矢印で示す位置に、塩基配列(I)~(Ⅳ)が挿入されたとする。翻訳されるタンパク質の長さをアミノ酸の数でそれぞれ答えなさい。遺伝暗号表(表 1)を参照すること。

X 遺伝子の塩基配列 ATGGATTCGTCGTTAGTTGACTAA


- (I) GGTCGCTAAAT
- (II) CTAATGTAAGCTG
- (III) CGAATGCCTGTG
- (Ⅳ) AAGTCGTACGATAT

表 1 DNA に置き換えた遺伝暗号表

TTT TTC	フェニルアラニン	TCT TCC	セリン	TAT TAC	チロシン	TGT TGC	システイン	
TTA TTG	ロイシン	TCA TCG	プロリン	TAA TAG	終止	TGA TGG	終止 トリプトファン	
CTT CTC CTA CTG		CCT CCC CCA CCG		CAT CAC CAA CAG	ヒスチジン グルタミン	CGT CGC CGA CGT	アルギニン	
ATT ATC ATA		ACT ACC ACA		トレオニン	AAT AAC AAA AAG	アスパラギン リシン	AGT AGC AGA AGG	セリン アルギニン
ATG		メチオニン		ACG				
GTT GTC GTA GTG	バリン	GCT GCC GCA GCG	アラニン	GAT GAC GAA GAG	アスパラギン酸 グルタミン酸	GGT GGC GGA GGG	グリシン	

問 5 下線部 c に関して、有利な突然変異を起こした遺伝子の世代数に対する頻度の推移を実線、中立な突然変異を起こした遺伝子のそれを点線で示した。A～Fのうち適切な推移を示すものを1つ選び、その理由を説明しなさい。

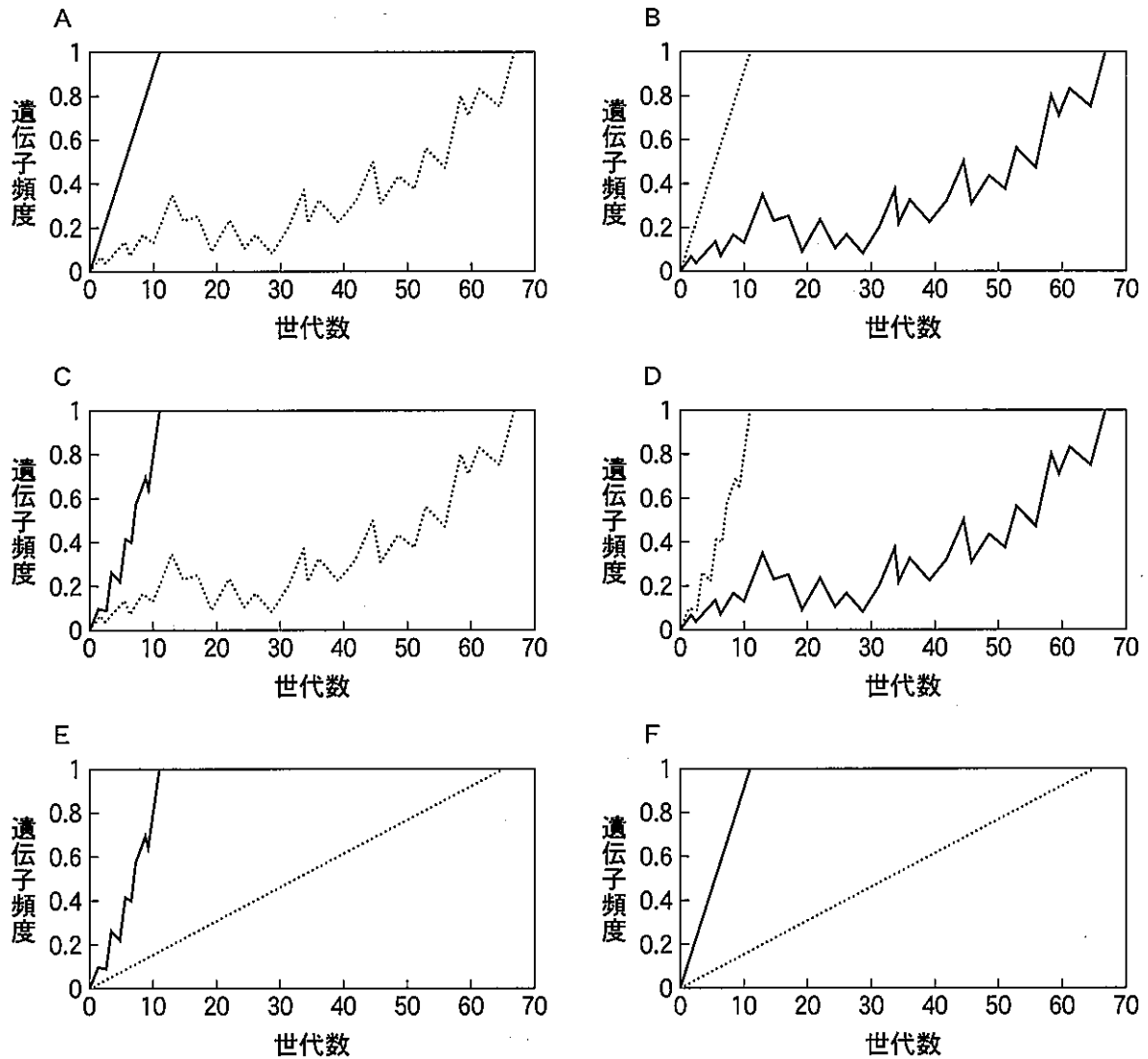


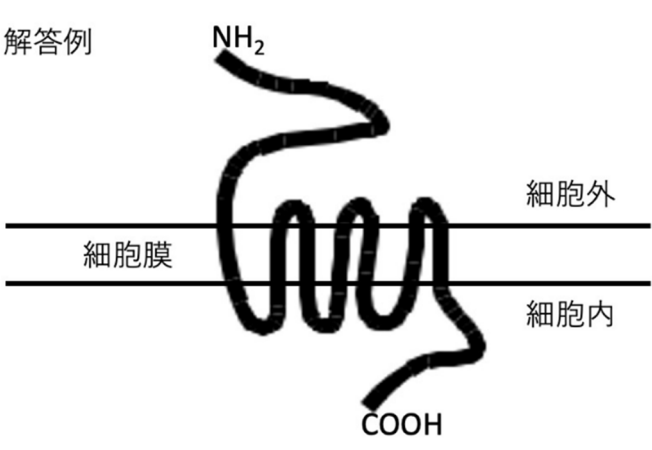
図1 世代数に対する変異遺伝子の頻度の推移

問 6 下線部 d に関して、自然界で生じる分子進化の多くが中立である理由を説明しなさい。

問 7 下線部 e に関して、コドンの3文字目の方が1文字目と2文字目より相対的に変化の速度が速い理由を説明しなさい。

正解・解答例

<p>教科・科目名</p>	<p>生物（前期日程試験：令和5年度） 1 / 4</p>	<p>問題番号</p>	<p>R 3</p>
<p>対象学部・ 学科(課程)等</p>	<p>理学部（数学科，生物科学科，地球科学科，創造理学コース），農学部</p>		
<p style="text-align: center;">1</p> <p style="text-align: center;">25% 配点 50 点</p>	<p>問1 ①がく（「がく片」も正解とする） ②花卉 ③おしべ ④めしべ</p> <p>問2 ホメオティック遺伝子</p> <p>問3 (i) 調節領域（「プロモーター」も正解とする） (ii) 調節タンパク質（「転写因子」も正解とする）</p> <p>問4 八重咲[cc]の花にはおしべとめしべがないため交配できないから。</p> <p>問5 (1) (b, イ) と (e, イ) (2) (e) (3) ⑤3 ⑥9 ⑦1 ⑧3</p>		

教科・科目名	生物（前期日程試験：令和5年度） 2 / 4	問題番号	R 3
対 象 学 部 ・ 学 科 (課 程) 等	理学部（数学科，生物科学科，地球科学科，創造理学コース），農学部		
<p style="text-align: center;"> 2 25% 配点 50 点 </p>	<p> 問 1 ①接合子（「接合体」，「受精卵」，「胚」も正解とする） ②対合 ③二価染色体 ④組換え </p> <p> 問 2 グルカゴン 血糖濃度を増加させる。 （以下も正解とする） インスリン 血糖濃度を増加させる。 成長ホルモン 体全体の成長を促進する。 バソプレシン 抗利尿作用 アドレナリン 筋肉の収縮，脂肪代謝の亢進 甲状腺刺激ホルモン チロキシンの合成の促進 副腎皮質刺激ホルモン 副腎皮質のホルモン（コルチゾール，糖質 コルチコイド）の合成促進 黄体ホルモン 妊娠の維持，排卵誘発 パラトルモン 血中カルシウム濃度の上昇 </p> <p> 問 3 </p> <p> 解答例 </p> <div style="text-align: center;">  </div> <p> 問 4 減数分裂の再開（卵母細胞の透明化）がプロゲステロン類の作用であり，細胞膜を通過できない粒子状物質そのものには作用が無いことを示すため。 </p> <p> 問 5 プロゲステロン類の受容体は卵の細胞表面に存在し，それが伝達する減数分裂誘導経路の反応には遺伝子発現（mRNA の合成）は必要ではない。 </p>		

教科・科目名	生物（前期日程試験：令和5年度） 3 / 4	問題番号	R 3
対象学部・ 学科(課程)等	理学部（数学科，生物科学科，地球科学科，創造理学コース），農学部		
<div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 5px;">3</div> 25% 配点 50 点 </div>	<p>問1 ①生殖成長 ②光周性 ③春化（「バーナリゼーション」も正解とする） ④葉 ⑤フロリゲン ⑥師部（「師管」も正解とする） ⑦フィトクロム</p> <p>問2</p> <p>(1) (i) A : 長日植物 B : 短日植物 (ii) A : セイヨウアブラナ, アヤメ B : アサガオ, オナモミ</p> <p>(2) (i) 限界暗期 (ii) A : c B : b</p> <p>(3) A : 2月～6月 B : 6月～2月</p> <p>(4) 赤道付近では暗期の長さが 12 時間付近で 1 年間変化しないため，限界暗期 11 時間の植物 B では花芽を誘導する 11 時間以下の暗期になる日数がほとんどない。開花する期間は P 地点より著しく減少すると考えられる。</p> <p>問3 短日植物であるキクは，長日条件のままに栽培すると開花が抑制されるので，連続した暗期の長さを限界暗期以下にする光中断を行うことで開花を抑制できる。</p>		

教科・科目名	生物（前期日程試験：令和5年度） 4 / 4	問題番号	R 3
対象学部・ 学科(課程)等	理学部（数学科，生物科学科，地球科学科，創造理学コース），農学部		
<div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 5px;">4</div> 25% 配点 50 点 </div>	<p>問1 ①非同義置換 ②立体構造（「三次構造」も正解とする） ③同義置換 ④分子時計</p> <p>問2 イ，エ</p> <p>問3 単細胞生物では起こった突然変異はそのまま次世代に伝えられる。これに対して，多細胞生物では生殖細胞（前駆細胞も含む）で起こった突然変異のみが次世代に伝えられるが，体の大部分を占める体細胞で突然変異が起こっても次世代には影響しないから。</p> <p>問4 (ア) 8 (イ) 1 0 (ウ) 1 1 (エ) 4</p> <p>問5 C 有利な変異を起こした遺伝子を持つ個体には自然選択がかかるため，その遺伝子が次世代に受け継がれる確率は高くなる。従って集団内に固定される速度は大きくなる。また，いずれの突然変異も遺伝的浮動による遺伝子頻度の増減があるため，線は滑らかにならない。この条件を満たすのはCのみである。</p> <p>問6 中立な突然変異が集団に固定される確率は，有利な突然変異が集団に固定される確率よりも低い。しかし中立な突然変異の発生頻度は，有利な突然変異の発生頻度よりはるかに高いため，集団に固定される頻度は中立な突然変異の方が高いから。</p> <p>問7 コドンの1文字目あるいは2文字目に突然変異が起こった場合は同義置換よりも非同義置換の方が起こりやすい。しかし，コドンの3文字目に突然変異が起こった場合は同義置換の方が起こりやすい。同義置換は淘汰圧がかからないため，変化速度がより大きくなるから。</p>		

採点・評価基準（具体的基準）

教科・科目名	生物（前期日程試験：令和5年度）	問題番号	R 3
対象学部・学科(課程)等	理学部（数学科，生物科学科，地球科学科，創造理学コース），農学部		
出題のねらい	<p>① ABCモデルを題材として，植物の発生と遺伝に関する知識と理解度，および提示された実験の内容を正しく理解する力をみる。</p> <p>② 減数分裂とホルモン作用に関する知識と理解度，および提示された実験の内容と目的を正しく理解する力をみる。</p> <p>③ 植物の花芽形成に関する知識と理解度，および問いかけに対して適切かつ簡潔に説明し文章とすることのできる力をみる。</p> <p>④ 突然変異と分子進化の関係に関する知識と理解度，および問いかけに対して適切かつ簡潔に説明し文章とすることのできる力をみる。</p>		
採点基準	<p>① 配点 25% （50 点）</p> <p>問 1. ①～④各 4 点 16 点</p> <p>問 2. 4 点 4 点</p> <p>問 3. (i), (ii)各 3 点 6 点</p> <p>問 4. 6 点 6 点</p> <p>問 5. (1)3 点×2 (2)4 点 (3)⑤～⑧ 8 点 18 点</p> <p>② 配点 25% （50 点）</p> <p>問 1. ①～④各 2 点 8 点</p> <p>問 2. 4 点+6 点 10 点</p> <p>問 3. 12 点</p> <p>問 4. 8 点</p> <p>問 5. 12 点</p> <p>③ 配点 25% （50 点）</p> <p>問 1. ①～⑦各 2 点 14 点</p> <p>問 2. (1) (i) A, B各 2 点 (ii) A, B各 4 点 31 点</p> <p>(2) (i) 2 点 (ii) A, B各 2 点</p> <p>(3) A, B各 4 点</p> <p>(4) 5 点</p> <p>問 3. 5 点</p> <p>④ 配点 25% （50 点）</p> <p>問 1. ①～④各 2 点 8 点</p> <p>問 2. 3 点</p> <p>問 3. 6 点</p> <p>問 4. (ア)～(エ)各 2 点 8 点</p> <p>問 5. 4 点+7 点 11 点</p> <p>問 6. 7 点</p> <p>問 7. 7 点</p>		