

2019年度

理 科

RC

生 物

〔問題ページ数〕

8 ページ

〔解答用紙枚数〕

4 枚

3月12日(火) 理 学 部 (生物科学科, 創造理学コース)

【後 期 日 程】 農 学 部

13 : 30 ~ 14 : 50

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 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、声を出して読んではいけません。
- 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

植物の生殖と遺伝に関する次の文章 I、II を読み、問 1～問 8 に答えなさい。(配点 25%)

I 被子植物の花の器官は、一般的に外側からがく片、花弁、おしべ、めしべの順に配置されている。これらの花器官の形成は、ABCモデルで説明できる。このモデルでは、花芽形成時には、茎の先端に4つの同心円状の領域が生じると考える。それぞれの領域で発現する3つのホメオティック遺伝子(Aクラス、Bクラス、Cクラス)の組み合わせが、形成される花の器官を決定する。a チューリップでは、外側から花弁、花弁、おしべ、めしべの順に花器官が配置され、通常の花とは異なる並びとなっている。

おしべの先端には葯があり、中には多数の花粉母細胞がある。花粉母細胞は減数分裂により、4個の細胞からなる花粉四分子となる。それぞれの細胞が体細胞分裂を1回おこなって、小さな①と大きな②になり、やがて成熟した花粉となる。一方、めしべの下部にある子房の中には胚珠が含まれている。胚珠の内部には胚のうが存在し、成熟した胚のうでは図1に示すように、1個の③、その両脇に2個の④、これら細胞の反対側に位置する3個の⑤が生じる。また、胚のうの大部分を占める細胞は⑥とよばれ、2個の極核をもつ。b ①が分裂して2個の精細胞になり、そのうち1個の精細胞は③と融合して胚となり、もう1個は⑥と融合して胚乳となる。

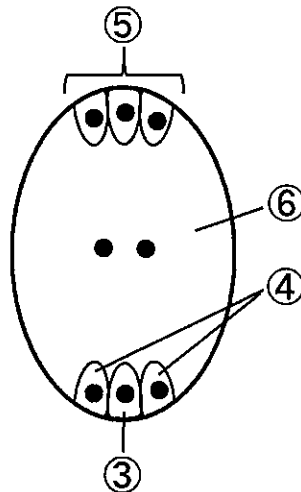


図1 成熟した胚のうの模式図

問 1 外側からがく片、花弁、花弁、がく片の順に器官を形成するホメオティック突然変異体が存在する。このホメオティック変異体は、Aクラス、Bクラス、Cクラス遺伝子のうち、どのクラス遺伝子の変異体であるか答えなさい。また、その理由も説明しなさい。

問 2 下線部 a を ABC モデルで説明した場合、各領域ではたらく A クラス、B クラス、C クラス遺伝子の適切な組み合わせを図 2 の選択肢ア～エから 1 つ選び、記号で答えなさい。また、その理由も説明しなさい。

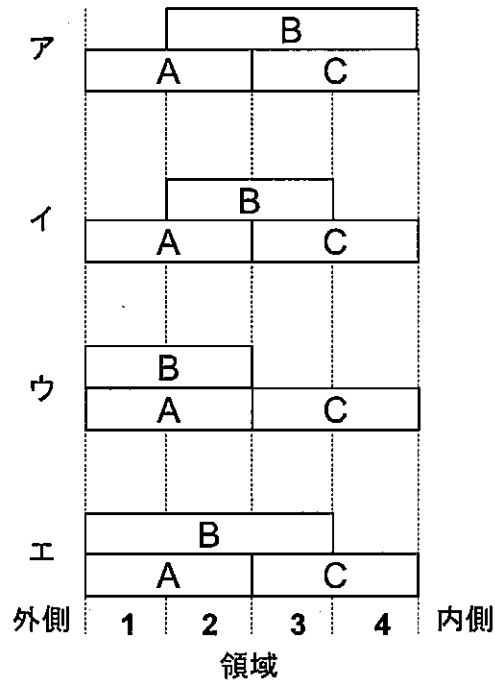


図 2

問 3 環境の変化に対する植物の反応には、おもに屈性と傾性がある。下線部 a のチューリップの花では、温度が上昇すると花卉が開き、温度が低下すると花卉が閉じる温度傾性が知られている。傾性とは何か、屈性との違いがわかるように説明しなさい。

問 4 文章中の ~ に入るもっとも適切な細胞の名称を答えなさい。

問 5 下線部 b の現象の名称を答えなさい。

II ある植物の花の色を紫にする 2 つの遺伝子 Q と R が存在する。遺伝子 q と r は、それぞれ遺伝子 Q と R の劣性の対立遺伝子である。遺伝子 Q と R は独立しており、組換えは起こらないものとする。遺伝子 q と r の少なくともどちらか一方の遺伝子型がホモになると白花の表現型を示す。遺伝子型 QQRR と遺伝子型 qqrr の個体を交配し、雑種第一代 (F_1) を得た。

問 6 F_1 の遺伝子型 (1) と花の色 (2) を答えなさい。

問 7 F_1 を自家受粉して得られる F_2 の花の色の分離比(紫花 : 白花)を答えなさい。

問 8 F_1 を検定交雑して得られる集団の花の色の分離比(紫花 : 白花)を答えなさい。

2

バイオテクノロジーに関する次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。(配点25%)

① 技術とは、ある生物のDNA断片を別の生物のDNAに組み込む技術である。ある生物のゲノムから目的遺伝子を切り出すためには制限酵素が用いられる。切り出した目的遺伝子は、一般的にはプラスミドなど、DNAの運び手である②に組み込んで別の生物に導入される。同じ制限酵素で切り出した目的遺伝子とプラスミドは、③という酵素でつなぎ合わせる事ができる。a 目的遺伝子を組み込んだプラスミドを大腸菌に導入すると、その遺伝子が発現して大腸菌の性質が変わることがある。ただし、b 目的遺伝子がイントロンを含む真核生物の遺伝子であった場合、正常なタンパク質は作られない。しかし、④酵素で mRNA から合成した相補的なDNAを用いることにより、大腸菌にも真核生物のタンパク質を作らせることができる。

図1に示すプラスミドPには、 amp^r と $lacZ$ の2つの遺伝子が存在している。 amp^r は大腸菌の増殖を阻害する抗生物質であるアンピシリンを分解する酵素の遺伝子であり、プラスミドが導入された大腸菌の選抜に利用することができる。 $lacZ$ は、c ラクトースを分解するβ-ガラクトシダーゼの遺伝子であり、ラクトースがないときには、転写は抑制されている。このプラスミドPは、制限酵素切断部位が $lacZ$ にあることを利用して、目的遺伝子が組み込まれたかどうかを判別できるようになっている。

プラスミドPの制限酵素切断部位に目的遺伝子を組み込む操作をした後、大腸菌の $lacZ$ 欠損株に導入する処理をおこなった。この大腸菌をアンピシリン、d IPTG^{*1}、X-gal^{*2}を表1に示す組み合わせで添加した寒天培地で24時間培養し、コロニー^{*3}を観察した。

※1 IPTG： $lacZ$ の転写を促進する化合物

※2 X-gal：β-ガラクトシダーゼによって分解されると青色の物質を生じる化合物

※3 コロニー：1細胞の細菌が増殖することによって形成される集落

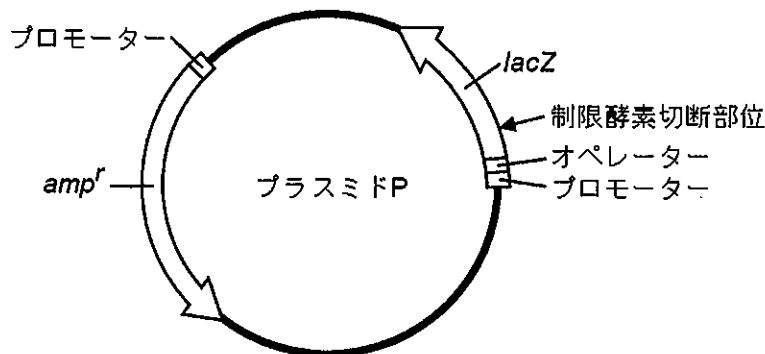


図1 プラスミドPの構造

表1 培地1～4の添加物と培養の結果(形成されたコロニー)

培地	添加物	形成されたコロニー
1	なし	多数の白いコロニーのみ
2	アンピシリン	少数の白いコロニーのみ
3	IPTG, X-gal	
4	アンピシリン, IPTG, X-gal	少数の白いコロニーと少数の青いコロニー

問1 文章中の 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のように、DNAを導入することによって、その生物の性質が変わることを何とよぶか、答えなさい。

問3 下線部bの理由を説明しなさい。

問4 下線部cのラクトースが *lacZ* の転写を促進するしくみを次の語をすべて用いて説明しなさい。

プロモーター、オペレーター、リプレッサー、RNAポリメラーゼ

問5 下線部dのIPTGはラクトースに類似した化合物であるが、 β -ガラクトシダーゼによって分解されることはない。このことにより、IPTG存在下(A)とラクトース存在下(B)では、*lacZ*のmRNA量は時間経過にともなって異なる変動を示す。(A)と(B)における時間経過にともなう*lacZ*のmRNA量の変化について、それぞれ説明しなさい。

問6 表1に示した培養結果について、小問(1)～(3)に答えなさい。

(1) アンピシリンを含む培地2では、アンピシリンを含まない培地1と比べて観察されたコロニー数が少なかった。その理由を説明しなさい。

(2) 培地4では白いコロニーと青いコロニーが観察された。目的遺伝子が組み込まれたプラスミドPをもつ大腸菌のコロニーの色はどちらか答えなさい。また、その色になる理由を説明しなさい。

(3) 培地3で形成されたコロニーとして、適切なものを(ア)～(オ)から選び、記号で答えなさい。

(ア) 多数の白いコロニーのみ

(イ) 多数の青いコロニーのみ

(ウ) 多数の白いコロニーと少数の青いコロニー

(エ) 少数の白いコロニーと多数の青いコロニー

(オ) 多数の白いコロニーと多数の青いコロニー

3 植生遷移に関する次の文章を読み、問1～問4に答えなさい。(配点25%)

噴火による溶岩が冷えて固まった裸地には、土壌がなく植物の種子や根も存在しない。このように、植物が生育していなかった場所から始まる遷移を一次遷移という。陸上で始まる遷移を乾性遷移とよぶ。乾性遷移の一次遷移においては、一般にコケ類・地衣類やススキ・イタドリなどの草本植物が進入する。a 植物の生育にともなって土壌の形成が進むと、木本植物も生育するようになる。一般に、このとき進入する木本植物は b 陽樹である。陽樹が成長してできた陽樹林では森林内部の光強度が減少するため、c 陰樹の芽生えが生育し、やがて陰樹林が形成される。陰樹林ではその幼木が育って成木と入れ替わるため、構成する種に大きな変化が見られなくなる。このような状態の森林を極相林という。しかしながら、実際には極相林では d 台風などによる攪乱によって、構成する樹種が変化する場合がある。

問1 下線部aについて、小問(1)、(2)に答えなさい。

- (1) 生物の生活が非生物的環境に影響を及ぼすことを何とよぶか、答えなさい。
- (2) 植生の発達にともなって、どのように土壌が形成されるか、その過程を説明しなさい。

問2 下線部b、cについて、小問(1)、(2)に答えなさい。

- (1) 暖温帯に出現する下線部b、cの代表的な樹種の組み合わせとして適しているものを(ア)～(ク)からそれぞれ1つずつ選び、記号で答えなさい。

(ア) ブナ・アラカシ	(イ) スダジイ・ミズナラ	(ウ) アラカシ・トドマツ
(エ) アカマツ・コナラ	(オ) ガジュマル・アコウ	(カ) ブナ・ミズナラ
(キ) ブナ・ハイマツ	(ク) スダジイ・ヤブツバキ	
- (2) 図1は陽樹と陰樹における光の強さと光合成速度の関係を示す。陽樹は図1のAとBのどちらの曲線に対応すると考えられるか、理由とともに答えなさい。

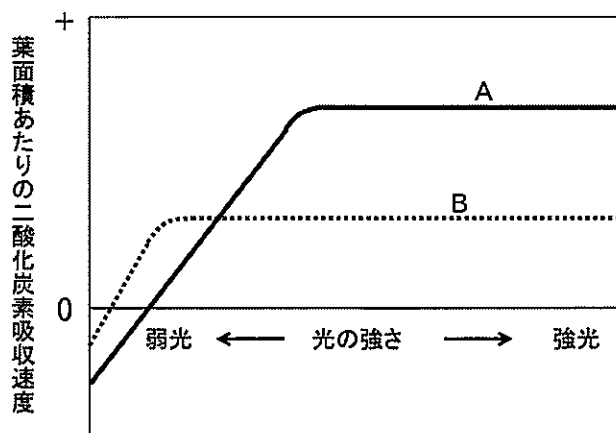


図1 陽樹と陰樹における光の強さと光合成速度の関係

問 3 カタクリは早春に芽を出し 2 か月後には地上部が枯れて翌春まで休眠する。カタクリは陽生植物であるにもかかわらず、冷温帯の陰樹林の林床に生育する。カタクリが林床に生育できるのは、冷温帯の陰樹林がどのような特徴をもつためか、説明しなさい。

問 4 下線部 d について、小問 (1) ~ (3) に答えなさい。

- (1) 攪乱と生物群集の種の多様性の関係を示す考え方に中規模攪乱仮説がある。中規模攪乱仮説とはどのような考え方が、説明しなさい。
- (2) 台風などによって木が倒れ林冠が途切れた場所を何とよぶか、答えなさい。またそのような場所が生じた結果、極相林はどのような構造になるか、説明しなさい。
- (3) 生物群集内に異なる種が共存できるしくみとして、生態学的地位(ニッチ)が異なることや中規模攪乱仮説以外に、捕食者の影響が考えられている。捕食者は森林の樹木の種多様性にどのように作用すると考えられるか、説明しなさい。

4 生物の進化に関する次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。(配点25%)

生物が多様性だけではなく、共通性をもっているのは、生物が共通の祖先から進化してきたためである。生物の進化に基づく類縁関係を ① とよぶ。① を表す図は、通常樹木に似た形で描画されるため、② とよばれている。

ある地域に生息する同種の生物集団がもつ遺伝子全体を、③ とよぶ。③ は、すべての個体の全遺伝子座の全対立遺伝子で構成される。③ において、^a 1つの遺伝子座の対立遺伝子の割合を遺伝子頻度とよぶ。生物集団には、^b 突然変異などによって生じた、さまざまな形質をもつ個体が存在する。生存や生殖に有利な形質をもつ個体は、次世代により多くの子を残す。これを ④ とよぶ。また、④ を引き起こす環境要因を ⑤ とよぶ。④ によってもたらされる進化を、^c ⑥ 進化とよぶ。一方、^d 遺伝的浮動によって集団内に変異が広まる進化を中立進化とよぶ。

問1 文章中の ① ～ ⑥ に入るもっとも適切な語を答えなさい。

問2 下線部aについて、小問(1)、(2)に答えなさい。

(1) 次の(ア)～(オ)の条件を満たす生物集団では、集団内の遺伝子頻度は世代を経ても変化しないという法則が知られている。この法則の名称を答えなさい。

- (ア) 集団が十分大きい。
- (イ) 交配が任意におこなわれる。
- (ウ) 突然変異が起これない。
- (エ) 他の集団との間で個体の出入りがない。
- (オ) 個体によって生存力や繁殖力に差がない。

(2) (1)の法則にしたがう集団内にMとmの2つの対立遺伝子があると仮定する。M、mの遺伝子頻度をそれぞれ p 、 q として、遺伝子頻度が親世代と子世代で等しくなることを示しなさい。ただし、 $p + q = 1$ とする。

問 3 下線部 b について、小問 (1) , (2) に答えなさい。

(1) 共通祖先に由来するタンパク質のアミノ酸配列を生物種間で比較すると、突然変異によって生じたアミノ酸の置換の割合が、分岐してからの年数に比例していることがある。このような、アミノ酸配列に生じる変化速度の一定性を利用して、2種の生物が分岐してからの年数を推定することができる。この一定性を何とよぶか、答えなさい。

(2) 図 1 は、(1) の一例を示したものである。タンパク質 A とタンパク質 B ではグラフの傾きが大きく異なっているが、この理由について答えなさい。

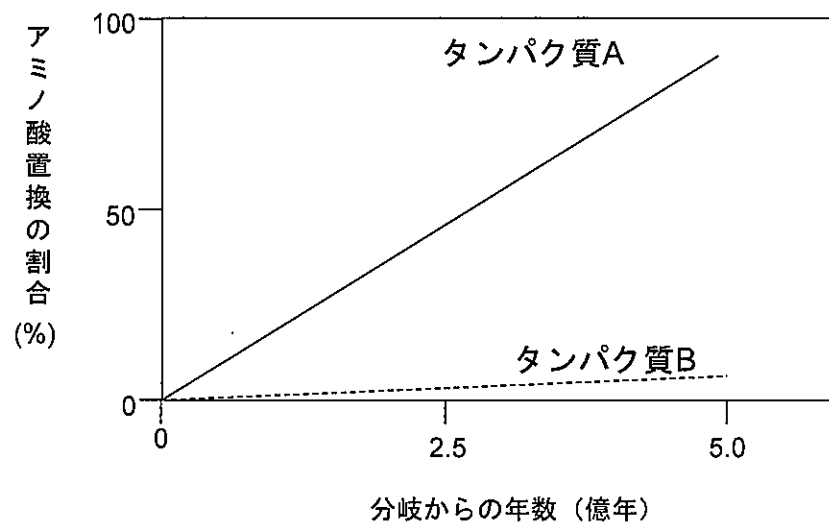


図 1 分岐からの年数とアミノ酸置換割合の関係

問 4 下線部 c について、具体例を 1 つ説明しなさい。

問 5 下線部 d について、小問 (1) , (2) に答えなさい。

(1) 遺伝的浮動について説明しなさい。

(2) 中立進化に関わる塩基配列やアミノ酸配列の変化の例を 1 つあげなさい。