

## 令和4年度後期日程入学試験問題

# 生 物 B

## 理 学 部

### 注 意 事 項

- ① 試験開始の指示があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- ② 問題冊子は9ページ(表紙, 白紙を除く)です。試験開始後、確認してください。
- ③ 問題は **1** から **3** まで3題あります。すべて解答しなさい。
- ④ 解答は、解答用紙の指定の欄に記入しなさい。
- ⑤ 解答用紙は、(その1)と(その2)の2枚あります。  
(その1)には **1** と **2** (裏)の解答欄が、  
(その2)には **3** の解答欄があります。
- ⑥ それぞれの解答用紙の指定の欄に受験番号を記入しなさい。
- ⑦ 字数が指定されている間については、アルファベット, 算用数字, 句読点, 括弧も1字とし、1マスに1字ずつ記入しなさい。

1 次の文章を読み、問1～4に答えよ。

生体に異物が侵入すると、異物を排除するように免疫反応がはたらく。リンパ球、マクロファージ、顆粒白血球、樹状細胞といった白血球は、免疫を担当する細胞である。これら白血球の中で、リンパ球には骨髄<sup>ずい</sup>でつくられたのちに胸腺で成熟するT細胞と、骨髄<sup>ずい</sup>や脾臓<sup>ひ</sup>で成熟するB細胞の2種類がある。これらの免疫を担当する細胞には、異物を識別するタンパク質が存在する。

免疫反応は自然免疫と獲得免疫(適応免疫)の2つに大別される。自然免疫は、顆粒白血球やマクロファージが体内に侵入した異物を  により速やかに排除するなどの、生まれつき備わった基本的な免疫反応である。一方、獲得免疫は異物を取り込んだ樹状細胞やマクロファージの一部がリンパ節などに移動し、異物の情報をリンパ球へ伝えることによって始まり、特定の異物を効率よく排除するしくみである。

獲得免疫では、細菌類や花粉、化学物質など体内に侵入し、非自己と認識され、排除される異物は抗原とよばれる。獲得免疫を担当するリンパ球は、それぞれ異なる異物識別タンパク質をつくるため、特定の異物に対してのみ反応する。獲得免疫は、その機構の違いから、体液性免疫と細胞性免疫の2つに分けられる。体液性免疫には抗原と特異的に結合するタンパク質である免疫グロブリンが関与する。免疫グロブリンは2種類のリンパ球のうち  によってつくられる。免疫グロブリンは基本的には同じ構造をしているが、抗原と結合する部位のアミノ酸配列が異なることで、さまざまな立体構造を形成し、多種多様な抗原と特異的に結合する。

免疫反応では、自己のからだを構成している細胞は攻撃されない。しかし、他の個体の臓器を移植すると、個体間で異なる主要組織適合抗原(MHC抗原)によって自己、非自己が識別され、移植臓器は排除される。

MHC抗原は、ヒトではヒト<sup>①</sup>白血球抗原(HLA)とよばれ、第6染色体上にある6個の遺伝子座の対立遺伝子の組合せで型が決まる。これら6個の遺伝子座間の距離は非常に近いので、組換えが起こりにくい。また、この6個の遺伝子座には複数の対立遺伝子が存在することが知られている。本来、自己の細胞や組織に対して免疫反応が起きることはないが、まれに自己のからだの構成成分に対して、免疫反応が起こることがある。このような免疫反応で起こる病気のことを  という。

問 1 空欄 ア ~ ウ にあてはまる最も適切な語を入れよ。

問 2 下線部①の現象を何というか答えよ。

問 3 下線部①の現象について調べるために、マウスを用いて以下の実験を行った。次の(1)~(3)に答えよ。なお、系統とは遺伝的にほぼ同一の個体の集団のことである。

[実験 1] A 系統のマウスに、同じ A 系統のマウスの皮膚を移植したところ、移植片は脱落することなく正常に機能した。

[実験 2] A 系統のマウスに、B 系統のマウスの皮膚を移植したところ、移植片は 10 日で脱落した。

[実験 3] 実験 2 で B 系統の移植片を脱落させた A 系統のマウスに、B 系統のマウスの皮膚を再び移植したところ、移植片は 5 日で脱落した。

[実験 4] A 系統のマウスで遺伝的に胸腺が形成されないマウスに、B 系統のマウスの皮膚を移植したところ、移植片は脱落することなく正常に機能した。

(1) 実験 2 について、B 系統のマウスの皮膚が脱落した理由を 50 字以内で説明せよ。

(2) 実験 2 に比べて、実験 3 では皮膚が脱落するまでの日数が短くなった理由を 75 字以内で説明せよ。

(3) 実験 4 の結果から、下線部①の現象には主にどのリンパ球が関与していると考えられるか、理由とともに 75 字以内で述べよ。

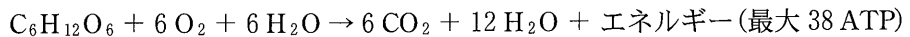
問 4 下線部②に関して、ヒトの臓器移植に際し、HLA 遺伝子の型の一致が重要である。一般的に、血縁関係のない他人より、兄弟姉妹間の方が、HLA 遺伝子の型が一致しやすいとされる。その理由を 150 字以内で説明せよ。

2 次の文章を読み、問1～4に答えよ。

好気呼吸は、酸素を用いて炭水化物、タンパク質、脂質などの呼吸基質を二酸化炭素と水に分解する際にATPを合成する仕組みである。好気呼吸は下の反応式(A)で表される。好気呼吸は、細胞質基質で行われる **ア**、ミトコンドリア<sup>①</sup>で行われるクエン酸回路と **イ** の3つの過程から成り立っている。

一方、発酵は酸素のない状態でATPを得る方法である。出芽酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*) は、発酵の過程でエタノールを生成する。発酵は下の反応式(B)で表される。酸素のある状態でこの酵母を培養すると、エタノールの生成量は少なくなる。この現象は発見した人の名前を用いて **ウ** と呼ばれている。しかし、酸素のある状態でも、ある培養条件では好気呼吸が抑制され、アルコール発酵を行うことが知られている。<sup>②</sup>

好気呼吸の反応式(A)



アルコール発酵の反応式(B)

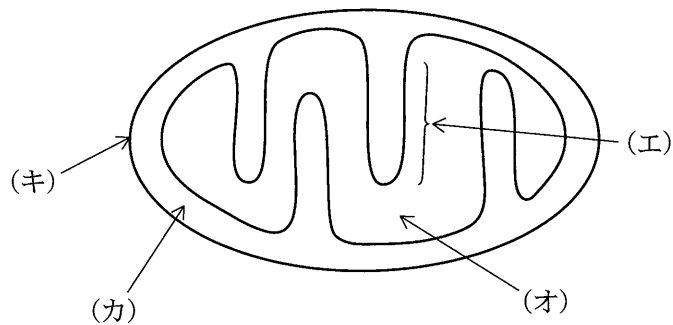


図1 ミトコンドリアの構造の模式図

問 1 文章中の ア ~ ウ にあてはまる最も適切な語句を入れよ。

問 2 発酵の過程で、ADP から ATP が生成する反応の記述として正しいものは

a ~ f のどれか、すべて選んで記号で解答欄に記せ。

- a 脱水素酵素によって無機リン酸が ADP に結合する。
- b リン酸化酵素によって無機リン酸が ADP に結合する。
- c ATP 合成酵素によって無機リン酸が ADP に結合する。
- d 脱水素酵素によって反応基質のリン酸基が ADP に結合する。
- e リン酸化酵素によって反応基質のリン酸基が ADP に結合する。
- f ATP 合成酵素によって ADP に反応基質のリン酸基が結合する。

問 3 下線部①について以下の(1)~(3)に答えよ。

(1) 図 1 はミトコンドリアの構造の模式図である。クエン酸回路の反応が起きる部位はどれか。図 1 の(エ)~(キ)から最も適切なものを選び、記号を解答欄 I に記せ。また、その名称を解答欄 II に記せ。

(2) ミトコンドリアは細胞内共生に由来すると考えられている。ミトコンドリアが持つ特徴のうち、細胞内共生説を裏付けるものを 3 つあげ、それぞれ簡潔に述べよ。

(3) 酸素が十分に存在する条件下で出芽酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*) を培養した。膜の  $H^+$  透過性を高める物質を培養液に少量加えたところ、酸素消費が増加してグルコースの消費が速くなった。その理由を、以下の語句をすべて用いて 50 字以内で述べよ。なお、 $H^+$  は 1 字とする。

[語句]  $H^+$  濃度      還元型補酵素 (NADH)

問 4 下線部②について、次の文章を読み、(1)と(2)に答えよ。

酵母をグルコース濃度が一定となる条件で培養した際の二酸化炭素生成速度と酸素消費量のグラフを図2に示す。また、この過程においてグルコースは反応式(A)で示す好気呼吸と反応式(B)で示すアルコール発酵で全て消費されたものとする。

- (1) 比増殖速度 0.2 および 0.4 の条件における呼吸商を求めよ。四捨五入して小数点以下第1位まで記せ。また、計算の過程も記述すること。
- (2) 比増殖速度 0.4 の条件における1時間あたりのグルコース消費量は、比増殖速度 0.2 の条件における1時間あたりのグルコース消費量の何倍か、四捨五入して小数点以下第1位まで記せ。また、計算の過程も記述すること。

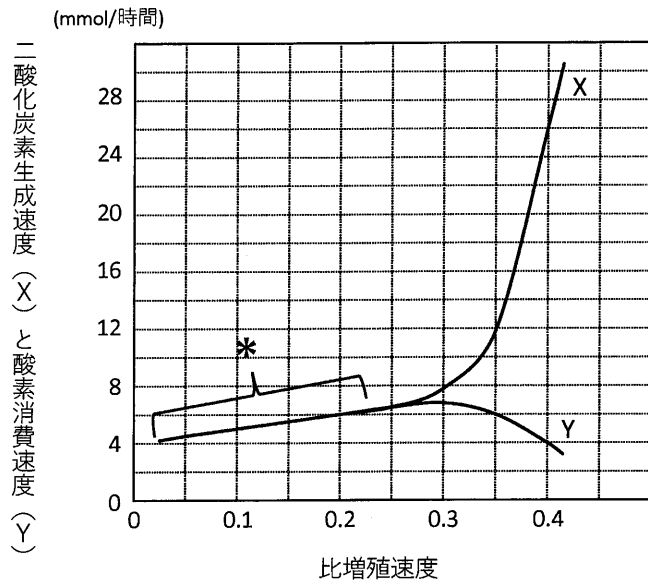


図2 この酵母の比増殖速度と、二酸化炭素生成速度 X ならびに酸素消費速度 Y の関係

比増殖速度とは、酵母 1 g を 1 時間培養した際の増加量にもとづく指標。比増殖速度が大きいほど酵母の増殖が速い。二酸化炭素生成速度とは、酵母 1 g が 1 時間で生成した二酸化炭素量 (mmol)。酸素消費速度とは、酵母 1 g が 1 時間で消費した酸素量 (mmol)。\* の区間は X と Y が同じ値である。

3

次の文章ⅠとⅡを読み、問1～6に答えよ。

- Ⅰ ① 個体群密度は、個体群のさまざまな性質に影響を及ぼす。 個体群密度はどの場所でも同じではなく、同じ個体群のなかでも密度の高い場所と低い場所がある。被子植物T種は落葉樹林の林床に生育する草本で、発芽してから成熟するまでに3年以上の時間を要し、発芽して間もない小さな個体は集中して分布する傾向がある。T種における個体の分布様式の時間変化を調べるために、次の実験を行った。

実験 落葉樹林の林床に1 m 四方の区画をつくり、区画内のいくつかの場所に分布が集中するようにT種の種子をまいた。その後、一定時間おきに個体を追跡して、分布様式の変化を調べたところ、図1のように、時間がたつにつれて個体数が減少し、一様な分布へと変化していった。なお、種子をまいたときの光や水、栄養分などの生育条件には区画内で違いがなかった。

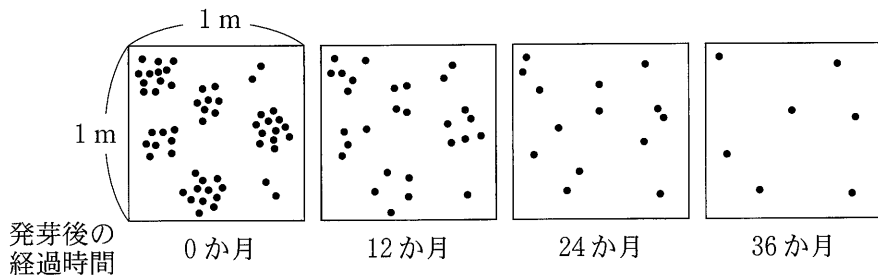


図1 草本T種の個体群における個体の分布様式の変化  
黒い丸(●)は個体を表す。

問 1 下線部①に関する記述として誤っているものを、次の(ア)～(エ)からすべて選び、記号で答えよ。

- (ア) ダイズを、個体群密度を変えて一定の面積にまくと、密度が低い個体群に比べて、密度の高い個体群の方が総重量が大きく、両者の総重量の差は時間がたつにつれて大きくなる。
- (イ) スギなどの樹木を高い個体群密度で植えて放置すると、個体の成長が一様に悪くなり、強風などによって共倒れすることがある。
- (ウ) トノサマバッタを、個体群密度を変えて数世代にわたって飼育すると、低い密度で飼育した場合に比べて、高い密度で飼育した場合に、体長に対して翅が短く後脚が長い成虫が出現する。
- (エ) クロバエを一定量のエサを入れた容器内で飼育すると、個体群密度が高い容器ほど幼虫の羽化率が低くなる。

問 2 実験で観察された個体数の変化から推察して、T種の個体群における生存曲線として最も適切なものを、図2の(ア)～(ウ)から選び、記号で答えよ。

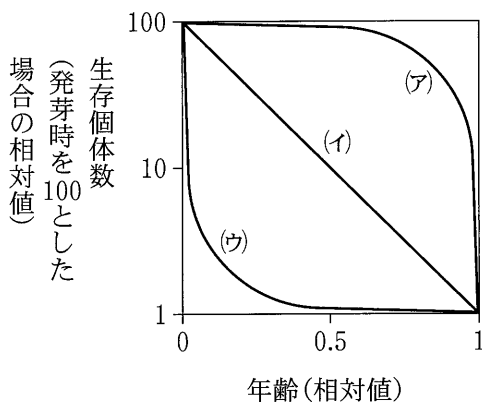


図2 T種の生存曲線

問 3 実験で観察された個体の分布様式の変化には、T種の個体間で働く相互作用が関わっていた。どのような相互作用が関わっていたと考えられるか、最も適切な用語を記せ。また、個体の分布様式が時間とともに変化した理由を50字以内で説明せよ。なお、実験区画内への他の植物の侵入はなかったものとする。



II 植物の花芽形成は、温度や光などの環境要因によって調節される。これらの環境要因は緯度により異なるため、同じ植物種でも地域によって花芽形成の時期が異なることがある。被子植物 X 種は、日本に生育する草本植物である。

③ X 種は、茎が細長く直立しており、<sup>へんべい</sup>扁平ではほぼ水平に保たれた複数の葉が茎の下部から上部にわたってついており、茎の先端部分に花芽が形成される。X 種の花芽形成を調節しているのは日長であり、X 種は適切な日長条件下におかれると、その約 10 日後に花芽形成を開始する。日本の都市 (Y 市) と、日長の変化がほとんどない低緯度の国 (Z 国) の 2 地点において、連続光のもとで育てた苗を用い、X 種の花芽形成に関する以下の実験 A と実験 B を行った。なお、2 つの地点における日長の季節変化は図 3 のとおりであった。また、日の出前と日没後の薄明かり、および 2 つの地点の気温の違いは花芽形成に影響しないものとする。

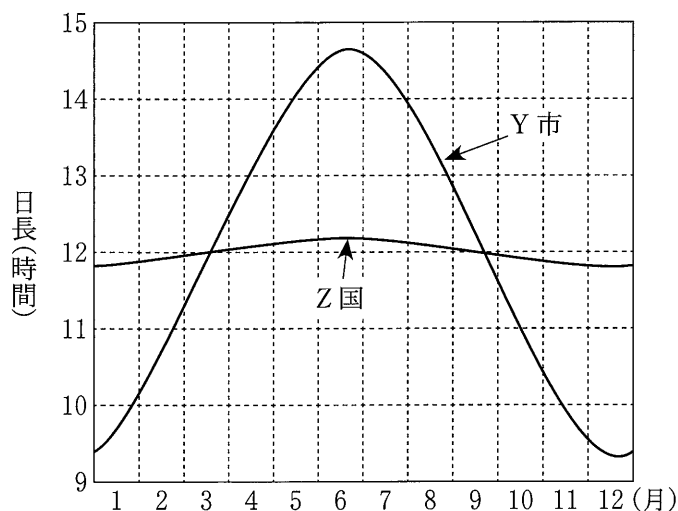


図 3 Y 市と Z 国における日長の季節変化

実験 A 屋外で、ある月の同じ日に Y 市と Z 国で同時に X 種の栽培を開始したところ、Y 市では栽培開始から 50 日後、Z 国では 10 日後に花芽形成が始まった。

実験B 屋外で、実験Aと同じ日にX種の栽培を開始し、次の操作1～4のいずれかを毎日行った。

操作1 日没の1時間前から翌日の日の出まで、植物体を全く光が当たらない条件下においた。

操作2 日没直後から1時間、植物体に光を照射した。

操作3 日没直後から1時間半、植物体に光を照射した。

操作4 真夜中に1時間、植物体に光を照射した。

操作1を行った場合、Y市では実験Aと比べて約1ヶ月早く花芽形成が始まったが、Z国では実験Aと同時期に花芽形成が始まった。操作2を行った場合、Y市では実験Aと比べて約1ヶ月遅れて花芽形成が始まったが、Z国では実験Aと同時期に花芽形成が始まった。操作3を行った場合、Y市では実験Aと比べて約1ヶ月半おくれて花芽形成が始まったが、Z国では花芽は形成されなかった。操作4を行った場合、Y市とZ国のいずれにおいても花芽は形成されなかった。

問4 下線部③の記述から、X種が優占する群集の生産構造図はある特徴をもつことがわかる。同様の特徴をもつ生産構造図を示す群集の優占種として適切なものを、次の(ア)～(オ)からすべて選び、記号で答えよ。

- (ア) イネ                      (イ) チカラシバ              (ウ) ヒマワリ  
(エ) ススキ                      (オ) アカザ

問5 実験Aと実験Bの結果から、X種の花芽形成を引き起こすのに必要な限界暗期についてわかることを、そのように判断した理由とともに、100字以内で記せ。なお、Z国の日長は図3のように12時間±10分の範囲で季節変化していたが、ここではZ国の日長は年間を通じて12時間であったと仮定して解答せよ。

問6 実験Aを開始した時期はいつであると考えられるか。次の(ア)～(エ)の中から最も適切なものを1つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 3月上旬                      (イ) 5月上旬  
(ウ) 7月上旬                      (エ) 9月上旬