

# 4 3 4 4 4 5 【理学部】

## 理 科 問 題

2023(令和5)年度

### 【注意事項】

1. 理科は2科目を解答すること。試験時間は2科目合計で180分である。
2. 試験開始の合図まで、この問題冊子を開いてはいけない。ただし、表紙はあらかじめよく読んでおくこと。
3. この問題冊子の印刷は1ページから19ページまであり、解答用紙は問題冊子中央に9枚はさみこんである。

| 科 目 | 問 題          | 解答用紙                  |
|-----|--------------|-----------------------|
| 物 理 | 1ページから6ページ   | 3枚 (43-1, 43-2, 43-3) |
| 化 学 | 7ページから12ページ  | 3枚 (44-1, 44-2, 44-3) |
| 生 物 | 13ページから19ページ | 3枚 (45-1, 45-2, 45-3) |

4. 問題冊子に落丁、乱丁、印刷不鮮明な箇所等があった場合および解答用紙が不足している場合は、手をあげて監督者に申し出ること。
5. 試験開始後、解答する科目の解答用紙の所定欄に、受験番号と氏名を記入すること（1枚につき受験番号は2箇所、氏名は1箇所）。
6. 解答は必ず解答用紙の指定された箇所に記入すること。解答用紙の裏面に記入してはいけない。
7. 解答する科目の問題番号に対応した解答用紙に解答していない場合は、採点されない場合もあるので注意すること。
8. 解答する字数に指定がある場合は、句読点も1字として数えること。英数字を記入する場合は、1字分のマス目に2文字まで記入してよい。
9. 解答用紙を切り離したり、持ち帰ってはいけない。解答しない科目の解答用紙も提出すること（提出方法については、試験終了後の指示に従うこと）。
10. 問題冊子の中の白紙部分は下書き等に使用してよい。
11. 試験終了時刻まで退室を認めない。試験中の気分不快やトイレ等、やむを得ない場合には、手をあげて監督者を呼び、指示に従うこと。
12. 試験終了後は問題冊子を持ち帰ること。

# 45 生物

13 ページから 19 ページ

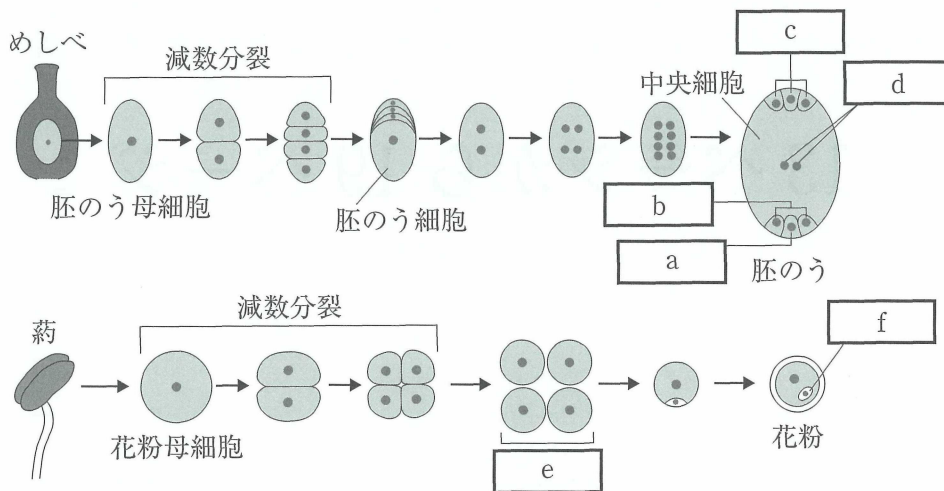
〔 I 〕 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

有性生殖を行う生物では、染色体の数を半減させる特別な細胞分裂(減数分裂)が起こる。

(A)染色体は、減数分裂が始まる前に複製され、第一分裂と第二分裂を経て4個の娘細胞に分配される。減数分裂で生じた4個の娘細胞から配偶子が形成される。

(B)被子植物の配偶子形成は、胚珠と葯で起こる(図)。胚珠では胚のう母細胞が形成される。胚のう母細胞は減数分裂を経て4個の細胞を生じる。4個の細胞のうち3個は退化し、1個が胚のう細胞となる。(C)胚のう細胞では8個の核が生じる。そのうち6個は核のまわりが膜で仕切られて6個の細胞となり、やがて1個の 、2個の 、3個の  となる。残りの2個の核は胚のうの中心に並んで  となる。葯では花粉母細胞が形成される。花粉母細胞は減数分裂を経て4個の  を生じる。それぞれの  は体細胞分裂を行い、大型の細胞1個と小型の細胞1個が生じる。小型の細胞は大型の細胞に取り込まれて  となる。 は体細胞分裂を経て  個の(D)精細胞になる。一方、大型の細胞は受粉すると  をつくる。

被子植物以外の(E)コケ植物、シダ植物、裸子植物でも減数分裂と受精は行われるが、そのしくみは被子植物とは異なっている。



- (1) 文章中と図中の空欄  ～  にあてはまる適切な語句あるいは数字を答えなさい。
- (2) 下線部 (A) について、染色体の複製が終了した減数分裂直前の細胞 1 個に含まれる DNA 量を 1 とすると、配偶子 1 個に含まれる DNA 量はいくつであるかを答えなさい。
- (3) 下線部 (B) について、染色体の構成が  $2n = 6$  の植物において母方由来の染色体を A, B, C, 父方由来の染色体を a, b, c とした場合、減数分裂後に生じる配偶子の染色体の組合せをすべて答えなさい。なお、遺伝子の組換えは起こらないものとする。
- (4) 下線部 (C) の過程を 20 字以内で説明しなさい。
- (5) 下線部 (D) の精細胞は受粉後に重複受精を行う。この重複受精とはどのような現象か、単相を  $n$  で表し、関係する細胞もあげながら、70 字以内で説明しなさい。
- (6) 下線部 (E) では、受精に外部の水を必要とする。コケ植物とシダ植物の受精のしくみではなぜ水を必要とするのか、「造卵器」と「造精器」という用語を用いて 50 字以内で説明しなさい。

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

〔 a 〕 と 〔 b 〕 は、(A)アカパンカビを用いた実験の結果をもとに(B)一遺伝子一酵素説を提唱し、1958年に〔 c 〕医学生理学賞を受賞した。一遺伝子一酵素説は、その後、一遺伝子一〔 d 〕説に発展したが、現在では(C)これらの説では説明できない現象があることが明らかになっている。

ヒトのフェニルアラニンやチロシンの代謝異常は一遺伝子一酵素説で説明できる事例の1つであり、関連疾患として〔 e 〕尿症や〔 f 〕尿症が知られている。こうした遺伝子疾患の原因となる突然変異の種類はさまざまであるが、(D)1つのエキソンが丸ごと消失してしまう例もある。

(1) 文章中の空欄〔 a 〕～〔 f 〕に入る最も適切な語句をカタカナで答えなさい。

(2) 下線部 (A) について、この実験の過程で X 線照射された材料の核型を、下記の①～⑤の中から1つ選び、番号で答えなさい。また、もしその核型でなかったとすると、実験の遂行上どのような問題が生じていたと考えられるか、考えられる可能性を突然変異の誘発という観点から100字以内で説明しなさい。

① 一倍体      ② 二倍体      ③ 三倍体      ④ 四倍体      ⑤ 六倍体

(3) 下線部 (B) はどのような仮説か、25字以内で説明しなさい。

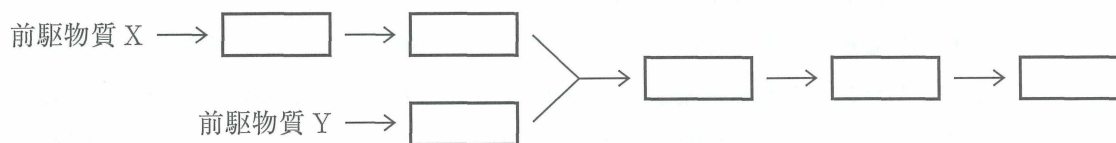
(4) 下線部 (C) に該当する現象を3つあげなさい。

(5) 栄養素 U の合成経路ではたらく酵素を 1 つだけ欠損した突然変異体を多数分離し、6 種類の栄養要求株を用いて実験を行ったところ、下表に示す結果が得られた。P, Q, R, S, T および前駆物質 X, Y は、いずれも U の合成に必要なとされる生体物質である。この実験結果をふまえ、解答用紙の合成経路図の 6 つの空欄  に P, Q, R, S, T, U をそれぞれ記入しなさい。ただし、図中の各矢印はそれぞれ 1 つの酵素反応に相当するものとする。

| 株 \ 培地 |    | 最少培地 | 最少培地に P を添加した培地 | 最少培地に Q を添加した培地 | 最少培地に R を添加した培地 | 最少培地に S を添加した培地 | 最少培地に T を添加した培地 | 最少培地に U を添加した培地 |
|--------|----|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 野生株    |    | +    | +               | +               | +               | +               | +               | +               |
| U 要求株  | #1 | -    | +               | +               | +               | +               | -               | +               |
|        | #2 | -    | -               | -               | +               | -               | -               | +               |
|        | #3 | -    | +               | -               | +               | -               | +               | +               |
|        | #4 | -    | -               | -               | -               | -               | -               | +               |
|        | #5 | -    | +               | -               | +               | +               | -               | +               |
|        | #6 | -    | +               | -               | +               | -               | -               | +               |

＋ は生育したことを，－ は生育しなかったことを示す。

【合成経路図】



(次ページにつづく)

(6) 下線部 (D) に関して、以下の問いに答えなさい。

ほぼすべてのイントロンは GT で始まり AG で終結する。これを GT-AG 則(または GU-AG 則)と呼ぶ。下図に示す DNA 塩基配列は、9 個のエキソンから構成されるヒト遺伝子の一部を示しており、この中には 2 番目のイントロン(イントロン 2 と呼ぶ)と 3 番目のエキソン(エキソン 3 と呼ぶ)の全体、および、エキソン 2 とイントロン 3 の一部が含まれる。四角で囲った 2 つの塩基は、それぞれエキソン 2 とエキソン 3 の最後の塩基を示している。また、図中の二重下線はこの遺伝子の開始コドンを示しており、終止コドンはエキソン 9 に存在する。

```
5' - AGCCATGGTCTACCCCCAGCCAAAGGTGCTGACACCGAGGTGAGTAAAGTTACT
GACACTGAAACTGAACGCAGCTCAAGGGGCTGTTCTGAAGGTATTAGAGGGCGGTTTC
CTTGATGTAAATCTCAGTTGGGGAGGCAGAAGCTGAGTGGAGTTTCCAGGTGGGGGCG
GCCGTGTGCCAGAGGCGCATGAGGGTGGCACCCCTGCTAGCTCCATGTGACCGCACGCC
          ①          ②          ③
TCTCTCCATGTGCAGTAGGAAGGATGTCCTCGAGGTGACCCCTTGGCTGGCTCCCATT
          ④          ⑤
GTCTGGGAGGGCACATTCAACATCGACATCCTCAACGAGCAGTTCAGGCTCCAGAACA
CCACCATTGGGTAACTGTGTTTGCCATCAAGAAGTAAGTCAGTGAGGTGGCC - 3'
                ↑           ↑           ↑           ↑
                ㉞          ㉟          ㊱          ㊲
```

- (ア) この遺伝子のイントロン 2 は、下線①～⑤のいずれかの AG で終結することがわかっている。このとき、エキソン 3 の長さを塩基数で答えなさい。また、そのように判断した根拠を簡潔に述べなさい。
- (イ) 1 つの塩基の置換によって、スプライシングの際にエキソン 3 が除かれ、エキソン 2 とエキソン 4 が直接連結された mRNA が作られることがわかっている。このような現象は、矢印で示した四つのグアニンのうち、どのグアニンに突然変異(置換)が生じたときに起こると考えられるか、㉞～㊲の記号で答えなさい。また、この置換によって、この mRNA から翻訳されるタンパク質の構造や機能にどのような影響が出ると考えられるか、考えられる可能性を解答欄の枠内で説明しなさい。

〔Ⅲ〕 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

問題文 1

動物のからだには、ウイルスや細菌などの病原体の侵入を防ぐしくみや、からだに侵入してしまった病原体を排除するしくみが備わっている。

気管や消化管の  や、皮膚などは、病原体の侵入を防ぐ物理的な防御としてはたらく。また、病原体の侵入を防ぐ化学的な防御としては、涙やだ液に含まれる  や、 上皮や皮膚に存在する  などの抗菌作用を有する物質がはたらく。

物理的・化学的な防御をすり抜けて侵入した病原体に対しては、免疫系がはたらく病原体を排除する。免疫系には<sup>(A)</sup>自然免疫と獲得免疫(適応免疫)がある。自然免疫ではたらく細胞には、食作用を有する好中球、, , およびウイルスが感染した細胞を攻撃する などがある。一方、獲得免疫ではたらく細胞には T 細胞と<sup>(B)</sup>B 細胞があり、T 細胞には や などの種類がある。

は病原体を取り込み、近くのリンパ節に移動した後、T 細胞に<sup>(C)</sup>抗原を提示し、T 細胞を活性化させる。

- (1) 文章中の空欄  ～  にあてはまる適切な語句を答えなさい。
- (2) 下線部 (A) について、自然免疫ではたらく細胞が病原体を認識するしくみを、50 字以内で説明しなさい。
- (3) 下線部 (B) について、B 細胞がつくられる組織の名称を答えなさい。また、つくられた B 細胞はどの組織で、どのようなはたらきをするか、40 字以内で説明しなさい。
- (4) 下線部 (C) について、 は、取り込んだ病原体をどのようにして提示するか、MHC という語句を用いて 50 字以内で説明しなさい。MHC は主要組織適合遺伝子複合体を意味する。



## 問題文 2

臓器移植では、移植臓器の MHC 分子と自己の MHC 分子との不一致が、拒絶反応の主な原因である。このような自己と非自己の認識には、T 細胞のはたらきが関係している。この現象を理解するため、異なる 2 種類の純系マウス(マウス X とマウス Y)を用いて、次の実験を行った。

それぞれのマウスの臓器から、抗原提示細胞と T 細胞を分離した。図 1 に示すように、培養容器①にマウス X の抗原提示細胞とマウス X の T 細胞を加え、培養容器②にマウス X の抗原提示細胞とマウス Y の T 細胞を加えた。4 日間培養し、マウス X とマウス Y の T 細胞の数をそれぞれ計測した。培養 0 日の T 細胞の数を 1 としたときの各培養日の T 細胞の数の相対値を図 2 に示す。

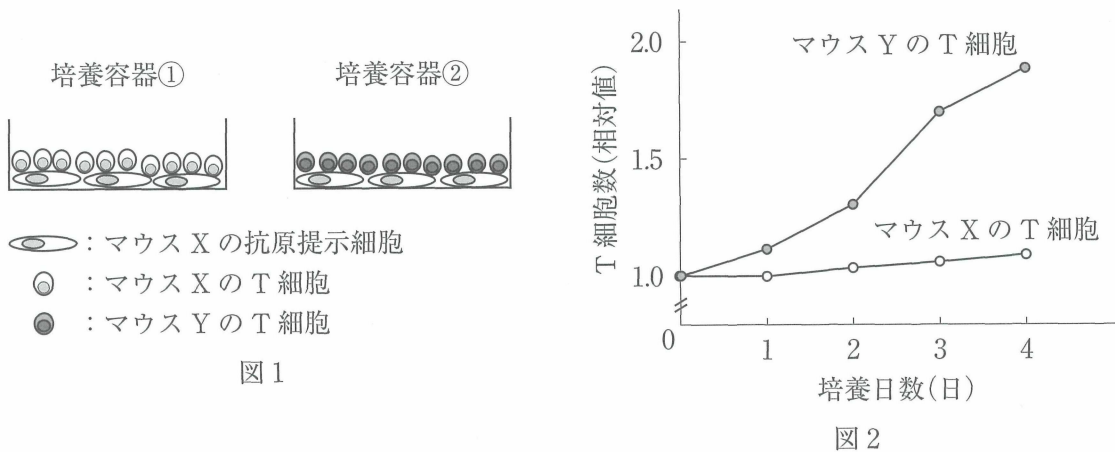


図 1

図 2

- (5) 図 2 に示すように、マウス Y の T 細胞は活性化し増殖した。その理由を 60 字以内で説明しなさい。また、増殖したマウス Y の T 細胞の種類をすべて答えなさい。
- (6) ヒトの場合、臓器移植しても拒絶反応が理論上おこらない血縁関係がある。それはどのような関係か答えなさい。