

生 物

(60分 100点)

I 細胞分画に関する次の文を読み、以下の〔問1〕～〔問5〕に答えなさい。

(20点)

真核細胞にはさまざまな細胞小器官が存在しており、それらの細胞小器官の機能を調べるには、それぞれの細胞小器官を他の細胞成分から分けて集めることが重要である。

この目的のためには、まず、ア適切な溶液中で細胞を破碎し、得られた破碎液を細胞分画する。細胞分画法では、まず、小さな遠心力(注)で遠心分離することで、破碎液を沈殿と上澄みに分け、次いで、上澄みをより大きな遠心力で遠心分離することで、再び沈殿と上澄みに分ける。これを繰り返すことによって、より大きく密度の高い細胞小器官と、より小さく密度の低い細胞小器官を分けて得ることができる。

(注)：遠心力の大きさは重力(g)を基準として、重力の何倍に相当するかを数値で示す。例えば、 $800g$ は重力の800倍に相当することを表している。

いま、表面をよく洗ったホウレンソウの葉から表皮を取り除き、カミソリで細かく切断した後、破碎した(破碎液a)。そして、破碎液aを管に入れ、 $500g$ で10分間、遠心分離を行って沈殿Bと上澄みbに分けた。そして、上澄みbを新しい管に移し、 $2000g$ で10分間、遠心分離を行って沈殿Cと上澄みcに分けた。さらに、同様に、 $10000g$ で20分間、遠心分離を行って沈殿Dと上澄みdに分けた(図1)。沈殿B～Dのうち、沈殿Cだけが緑色をしていた。

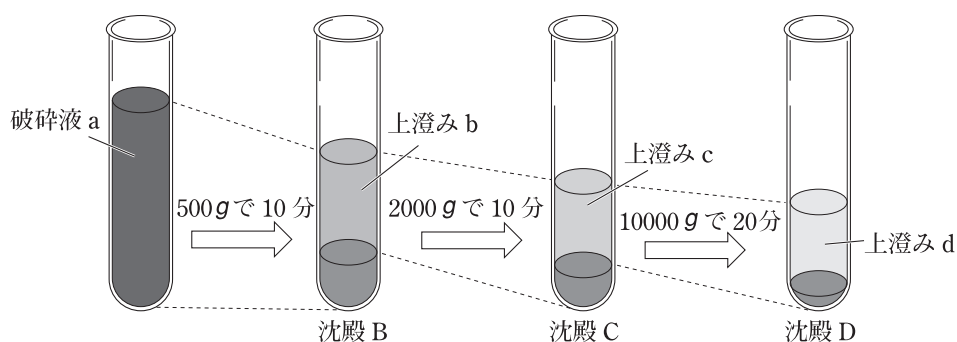


図 1

〔問 1〕 細胞の破碎から細胞分画の一連の操作の過程は、どのような温度で行うのが適切と考えられるか。最も適当なものを、次の①～⑥の中から 1 つ選びマークしなさい。

- ① 4℃ ② 14℃ ③ 24℃
 ④ 34℃ ⑤ 74℃ ⑥ 100℃

〔問 2〕 下線部アについて、ホウレンソウの葉を破碎する際に用いる溶液の濃度をどのように設定したらよいか。適切な濃度の溶液を決める方法として最も適当なものを、次の①～④の中から 1 つ選びマークしなさい。

- ① 用いるホウレンソウの葉をさまざまな濃度の溶液に浸して顕微鏡観察を行い、すべての細胞が膨らんでいる濃度の溶液を用いる。
 ② 用いるホウレンソウの葉をさまざまな濃度の溶液に浸して顕微鏡観察を行い、ごくわずかの細胞が原形質分離を起こしている濃度の溶液を用いる。
 ③ 用いるホウレンソウの葉をさまざまな濃度の溶液に浸して顕微鏡観察を行い、約半数の細胞が原形質分離を起こしている濃度の溶液を用いる。
 ④ 用いるホウレンソウの葉をさまざまな濃度の溶液に浸して顕微鏡観察を行い、すべての細胞がはっきり原形質分離を起こしている濃度の溶液を用いる。

〔問 3〕 核が含まれている分画の組み合わせとして最も適当なものを、次の①～⑥

の中から 1 つ選びマークしなさい。 3

- ① 沈殿 B ② 沈殿 C ③ 沈殿 D
- ④ 沈殿 B と沈殿 C
- ⑤ 沈殿 B と沈殿 D
- ⑥ 沈殿 C と沈殿 D

〔問 4〕 ミトコンドリアが含まれている分画の組み合わせとして最も適当なものを、

次の①～⑥の中から 1 つ選びマークしなさい。 4

- ① 上澄み b ② 上澄み c ③ 上澄み d
- ④ 上澄み b と沈殿 C
- ⑤ 上澄み c と沈殿 D
- ⑥ 上澄み b と上澄み c と沈殿 D

〔問 5〕 沈殿 C に破碎に用いた溶液を加えてかき混ぜて懸濁液としたものは、光を当てると二酸化炭素を吸収した。しかし、沈殿 C に蒸留水を加えてかき混ぜて懸濁液としたものは、光を当てても二酸化炭素を吸収しなかった。この理由として最も適当なものを、次の①～④の中から 1 つ選びマークしなさい。

5

- ① 蒸留水中では、浸透圧によって水が出て、沈殿 C に含まれる細胞小器官が収縮してしまったため。
- ② 蒸留水中では、浸透圧によって水が入り、沈殿 C に含まれる細胞小器官が破裂してしまったため。
- ③ 蒸留水中では、原形質分離が起こり、沈殿 C に含まれる細胞小器官が機能を失ったため。
- ④ 蒸留水中では、膨圧が発生し、沈殿 C に含まれる細胞小器官が機能を失ったため。

Ⅱ 受精に関する次の文を読み、以下の〔問1〕～〔問4〕に答えなさい。(20点)

動物では、精母細胞が減数分裂および精子変形を経て精子となり、卵母細胞が減数分裂を経て卵となる。そして、アこの精子と卵が合体して受精卵が生じる。

被子植物の配偶子の形成は、動物に比べて複雑な過程をたどる。花粉母細胞は減数分裂を行って花粉四分子となり、それぞれはさらに体細胞分裂を行って花粉ができる。花粉は受粉すると花粉管を伸ばし、花粉管内に（イ）個の精細胞が形成される。一方、胚珠内では胚のう母細胞が減数分裂および（ウ）回の核分裂、細胞質分裂を経て胚のうとなり、卵細胞はこの中に形成される。そして、精細胞と卵細胞が合体して受精卵が生じるのとほぼ同時に、（エ）が起こり、胚乳核を含む細胞が生じる。このように、2組の合体がほぼ同時に起こることを（オ）という。

〔問1〕 下線部アの動物の受精について、次の(1)・(2)に答えなさい。

(1) ウニの受精に関する記述として最も適当なものを、次の①～⑤の中から1つ選びマークしなさい。

6

- ① 先体反応が起きると、精子は遊泳能力をもつようになる。
- ② 先体反応が起きた精子は、必ず、卵と合体する。
- ③ 精子が卵に進入すると、卵の細胞膜が受精膜へと変化する。
- ④ 精子が卵に進入すると、卵膜が受精膜へと変化する。
- ⑤ 精子が卵に進入し、精核と卵核の合体が完了すると、受精膜が形成される。

(2) ヒトの受精に関する記述として最も適当なものを、次の①～⑤の中から1つ
選びマークしなさい。

- ① 減数分裂前の一次卵母細胞に精子が進入する。
- ② 減数分裂途中の一次卵母細胞に精子が進入する。
- ③ 減数分裂途中の二次卵母細胞に精子が進入する。
- ④ 減数分裂を完了した卵に精子が進入する。
- ⑤ 精核と卵核の合体が完了してから減数分裂が起こる。

〔問2〕 文中の空欄（イ）・（ウ）に当てはまる数の組み合わせとして最も
適当なものを、次の①～⑥の中から1つ選びマークしなさい。

- | | イ | ウ |
|---|---|---|
| ① | 2 | 2 |
| ② | 2 | 3 |
| ③ | 2 | 4 |
| ④ | 3 | 2 |
| ⑤ | 3 | 3 |
| ⑥ | 3 | 4 |

〔問3〕 文中の空欄（エ）に当てはまる語として最も適当なものを、次の①～
⑥の中から1つ選びマークしなさい。

- ① 精細胞と1個の助細胞の合体
- ② 精細胞と2個の助細胞の合体
- ③ 精細胞と1個の反足細胞の合体
- ④ 精細胞と2個の反足細胞の合体
- ⑤ 精細胞と1個の中央細胞の合体
- ⑥ 精細胞と2個の中央細胞の合体

〔問4〕 文中の空欄（オ）に当てはまる語として最も適当なものを，次の①～

⑤の中から1つ選びマークしなさい。

10

- ① 体内受精 ② 体外受精 ③ 自家受精
④ 他家受精 ⑤ 重複受精

Ⅲ 遺伝に関する次の文を読み、以下の〔問1〕～〔問4〕に答えなさい。(20点)

シロイヌナズナはアブラナ科の小さな植物で、遺伝の研究によく利用されている。シロイヌナズナの葉の形には、正常形(図1のア)のほかに、細い葉(図1のイ)や短い葉(図1のウ)、細く短い葉(図1のエ)が知られており、葉の形を支配するオ遺伝子の存在が予想された。

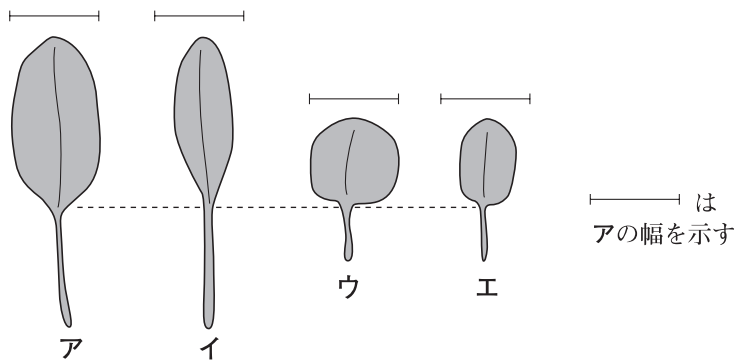


図1

これらの葉の形質の遺伝を調べるために、次の交配1～交配3を行い、それぞれ結果を得た。

交配1 正常形の系統と細い葉の系統を交雑して得られた雑種第一代(F_1)は、正常形の葉をつけた。

この F_1 を自家受粉すると、雑種第二代(F_2)では、正常形の個体：細い葉の個体＝3：1で分離した。

交配2 正常形の系統と短い葉の系統を交雑して得られた F_1 は、正常形の葉をつけた。

この F_1 を自家受粉すると、 F_2 では、正常形の個体：短い葉の個体＝3：1で分離した。

交配3 細い葉の系統と短い葉の系統を交雑して得られた F_1 は、正常形の葉をつけた。

この F_1 を自家受粉すると、カ F_2 では、正常形、細い葉、短い葉、細く短い葉をつける4種類の個体が生じた。また、 F_1 を検定交雑すると、同じく4種類の個体が生じ、その割合はほぼ25%ずつであった。

〔問1〕 下線部オの遺伝子について、次の(1)・(2)に答えなさい。

(1) 遺伝子の本体はDNAであるが、これを証明した実験の材料と研究者の組み合わせとして最も適当なものを、次の①～⑤の中から1つ選びマークしなさい。

11

	実験の材料	研究者
①	肺炎双球菌	ミーシャー
②	ファージ	ハーシーとチェイス
③	キイロショウジョウバエ	ワトソンとクリック
④	アカパンカビ	モーガン (モルガン)
⑤	エンドウ	エイブリー (アベリー)

(2) 遺伝子の本体であるDNAは4種類の構成要素(構成単位)からなり、通常は二重らせん構造をとるが、ウイルスなどで見られる1本鎖の構造のDNAも存在する。次の4種類の構成要素(A, C, G, T)の数の割合(%)の中で、2本鎖DNAに成り得ないものはどれか。最も適当なものを、次の①～⑥の中から1つ選びマークしなさい。

12

	A	C	G	T
①	24.4	18.4	24.7	32.5
②	31.3	17.1	18.7	32.9
③	29.7	20.4	20.8	29.1
④	31.0	18.4	19.1	31.5
⑤	15.6	33.8	36.3	14.3
⑥	30.3	19.9	19.5	30.3

〔問2〕 交配1および交配2からわかることとして最も適当なものを、次の①～⑤

の中から1つ選びマークしなさい。 13

- ① 葉を細くする遺伝子と葉を短くする遺伝子は、どちらも優性である。
- ② 葉を細くする遺伝子は優性であり、葉を短くする遺伝子は劣性である。
- ③ 葉を細くする遺伝子は劣性であり、葉を短くする遺伝子は優性である。
- ④ 葉を細くする遺伝子と葉を短くする遺伝子は、どちらも劣性である。
- ⑤ 葉を細くする遺伝子と葉を短くする遺伝子は、どちらも優劣を決められない。

〔問3〕 交配3からわかることとして最も適当なものを、次の①～④の中から1つ

選びマークしなさい。 14

- ① 葉を細くする遺伝子と葉を短くする遺伝子は、対立遺伝子である。
- ② 葉を細くする遺伝子と葉を短くする遺伝子は、複対立遺伝子である。
- ③ 葉を細くする遺伝子と葉を短くする遺伝子は、それぞれ異なる正常遺伝子の対立遺伝子である。
- ④ 葉を細くする遺伝子は、葉を短くする遺伝子の発現を抑制する遺伝子である。

〔問4〕 下線部力について、生じたF₂での表現型の分離比（正常形：細い葉：短い葉：細く短い葉）として最も適当なものを、次の①～⑤の中から1つ選びマークしなさい。

正常形：細い葉：短い葉：細く短い葉＝ 15

- ① 1 : 1 : 1 : 1 ② 3 : 1 : 3 : 1 ③ 3 : 3 : 1 : 1
- ④ 1 : 3 : 3 : 9 ⑤ 9 : 3 : 3 : 1

IV 筋収縮に関する次の文を読み、以下の〔問1〕～〔問4〕に答えなさい。(20点)

カエルの足のふくらはぎの筋肉を神経とともに傷つけないように取り出して、神経筋標本をつくり、図1のような装置で実験1～実験3を行った。なお、実験は室温を15℃に保って行った。

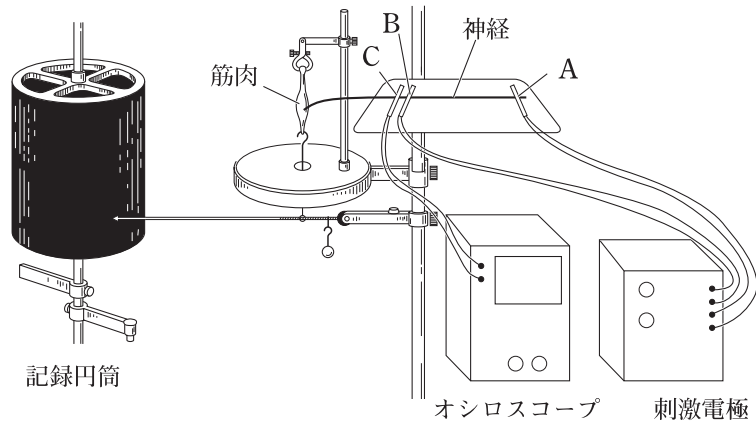


図1

実験1 筋肉から10 cm離れた神経上の部位Aに刺激電極をおき、ごく短時間電流を流して神経を刺激すると、9.1 ミリ秒後に筋肉の収縮が起こった。次に、筋肉から4 cm離れた部位Bにおいた刺激電極により同様の刺激を与えたところ、6.7 ミリ秒後に筋肉の収縮が起こった。なお、1 ミリ秒は1000分の1秒である。

実験2 神経上の部位Aに、ごく短時間電流を流す刺激を1回だけ与えると、筋肉は(ア)を起こしたが、1秒間に(イ)回ほど、繰り返し同じ刺激を与えると、筋肉は完全強縮を起こした。

実験3 神経上の部位Cに記録用の電極をおき、部位Aの刺激電極に流す電流の強さをさまざまに変えて刺激を与え、記録される神経活動の大きさをオシロスコープで調べたところ、図2のような結果が得られた。

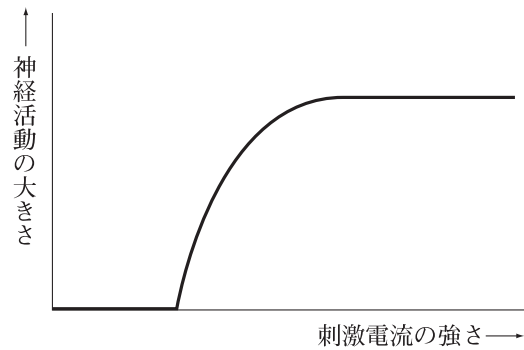


図 2

〔問 1〕 実験 1 から、この神経の興奮の伝導速度 (m/秒) はいくらか。最も適当なものを、次の①～⑤の中から 1 つ選びマークしなさい。 16

- ① 1 m/秒 ② 6 m/秒 ③ 11 m/秒
 ④ 25 m/秒 ⑤ 58 m/秒

〔問 2〕 文中の空欄 (ア) ・ (イ) に当てはまる語と数値の組み合わせとして最も適当なものを、次の①～⑥の中から 1 つ選びマークしなさい。

17

- | | ア | イ |
|---|-------|----|
| ① | 単収縮 | 2 |
| ② | 単収縮 | 5 |
| ③ | 単収縮 | 30 |
| ④ | 不完全強縮 | 2 |
| ⑤ | 不完全強縮 | 5 |
| ⑥ | 不完全強縮 | 30 |

〔問3〕 筋肉の直前の部位（筋肉から0 cmの部位）で神経を刺激しても、数ミリ秒経過した後に筋肉の収縮が起こる。この理由を述べた次の文a～cのうち可能性のあるものはどれか。最も適当な組み合わせを、下の①～④の中から1つ選びマークしなさい。 18

- a. 刺激してから神経に興奮が生じるまでに時間がかかる。
 b. 神経と筋肉の間での興奮の伝達に時間がかかる。
 c. 筋肉に興奮が伝わってから収縮するまでに時間がかかる。
- ① a・b ② a・c ③ b・c ④ a・b・c

〔問4〕 図2で示されているように、実験3では、全か無かの法則が成立していない。その理由を述べた次の文について、下の(1)・(2)に答えなさい。

全か無かの法則は（ウ）で成立する法則であるのに対して、実験3で用いた神経は（エ）からなっているため、刺激を強くしていくと（オ）、全か無かの法則が成立しない。

(1) 文中の空欄（ウ）・（エ）に当てはまる語の組み合わせとして最も適当なものを、次の①～⑤の中から1つ選びマークしなさい。 19

- | | ウ | エ |
|---|-------------------|----------------------------------|
| ① | 1個の神経細胞 | 閾値 <small>いき</small> が等しい多数の神経細胞 |
| ② | 1個の神経細胞 | 閾値が異なる多数の神経細胞 |
| ③ | 閾値が異なる多数の神経細胞の集まり | 1個の神経細胞 |
| ④ | 閾値が等しい多数の神経細胞の集まり | 1個の神経細胞 |
| ⑤ | 閾値が異なる多数の神経細胞の集まり | 閾値が等しい多数の神経細胞 |

(2) 文中の空欄（オ）に当てはまる文として最も適切なものを，次の①～④

の中から1つ選びマークしなさい。

20

- ① 興奮する神経細胞の数が増え
- ② 神経細胞の興奮の頻度が増え
- ③ 神経細胞の活動電位の大きさが増え
- ④ 神経を構成する神経細胞の数が増え

〔 V, VIは選択問題です。問題冊子表紙で指定された科目を解答しなさい。〕
〔 Vは医療保健学部受験生が, VIは薬学部受験生が解答しなさい。 〕

V 光周性に関する次の文を読み, 以下の〔問1〕～〔問4〕に答えなさい。(20点)

植物は, 季節による環境の変化を感知するしくみをもっている。例えば, 花芽形成では, 季節による昼と夜の長さの違いを感知して調節が行われており, 花芽形成に必要な条件の違いから, 長日植物・短日植物・ア中性植物に分けられている。

ところで, 植物は花芽形成に必要な条件として何を利用しているのだろうか。昼の長さ(以下, 日長とする)だろうか。夜の長さ(以下, 夜長とする)だろうか。1日は24時間で一定なので, 日長が長くなれば夜長がその分短くなるため, 日長と夜長の比も変化することになる。イこの点を調べるために, ある短日植物と長日植物を用いて実験1～実験4を行った。実験は明るさを自由に調節できる温室で, 温度を一定に保って行った。なお, 実験開始前には, 花芽形成が起きない条件に置いておいた。

実験1 連続明期8時間, 連続暗期16時間の明暗周期を繰り返し与えて栽培する。

実験2 連続明期16時間, 連続暗期8時間の明暗周期を繰り返し与えて栽培する。

実験3 連続明期8時間, 連続暗期8時間の明暗周期を繰り返し与えて栽培する。

実験4 連続明期4時間, 連続暗期8時間の明暗周期を繰り返し与えて栽培する。

次の図1はそれぞれの実験の明暗周期とその結果をまとめたものである。

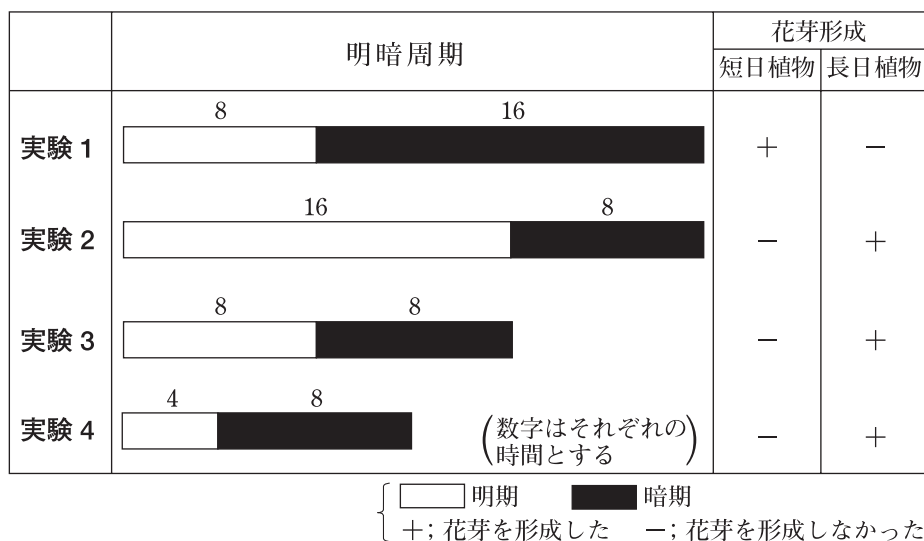


図1

また、明暗周期を24時間に固定した上で異なる長さの明期を与えて栽培し、一定期間後に花芽を形成した個体の割合(%)を調べる実験を行った。次の表1は、植物Xについての結果である。

表1

明期	13時間	13時間 30分	14時間	14時間 30分	15時間	15時間 30分
花芽形成した 個体の割合 (%)	100	100	100	0	0	0

〔問1〕 下線部アの中性植物に関する記述として最も適当なものを、次の①～④の

中から1つ選びマークしなさい。 21

- ① 日長が12時間、夜長が12時間になると花芽形成する植物
- ② 日長が、夜長の半分になると花芽形成する植物
- ③ 夜長が、日長の半分になると花芽形成する植物
- ④ 日長・夜長に関係なく花芽形成する植物

〔問2〕 下線部イについて、次の(1)・(2)に答えなさい。

(1) 図1の結果から、植物が花芽形成の条件に「明期(日長)」以外の要因を用いていることがわかる。この判断の根拠となる実験の組み合わせとして最も適当なものを、次の①～⑥の中から1つ選びマークしなさい。 22

- ① 実験1, 実験2 ② 実験1, 実験3 ③ 実験1, 実験4
④ 実験2, 実験3 ⑤ 実験2, 実験4 ⑥ 実験3, 実験4

(2) 図1の結果から、植物が花芽形成の条件に「明期(日長)と暗期(夜長)の比」以外の要因を用いていることがわかる。この判断の根拠となる実験の組み合わせとして最も適当なものを、(1)の選択肢①～⑥の中から1つ選びマークしなさい。 23

〔問3〕 下線部ウの植物Xに関する記述として最も適当なものを、次の①～⑥の中から1つ選びマークしなさい。 24

- ① 植物Xは短日植物で、限界暗期はおよそ9時間45分である。
② 植物Xは長日植物で、限界暗期はおよそ9時間45分である。
③ 植物Xは短日植物で、限界暗期はおよそ12時間である。
④ 植物Xは長日植物で、限界暗期はおよそ12時間である。
⑤ 植物Xは短日植物で、限界暗期はおよそ14時間15分である。
⑥ 植物Xは長日植物で、限界暗期はおよそ14時間15分である。

〔問4〕 花芽形成を調節する日長と夜長を感知する部位と、感知部位から花芽形成が起こる部位へ情報を伝える伝達物質の組み合わせとして最も適当なものを、次の①～⑥の中から1つ選びマークしなさい。 25

- | | 感知部位 | 伝達物質 |
|---|------|--------|
| ① | 葉 | フィトクロム |
| ② | 葉 | オーキシン |
| ③ | 葉 | フロリゲン |
| ④ | 芽 | フィトクロム |
| ⑤ | 芽 | オーキシン |
| ⑥ | 芽 | フロリゲン |

〔 V, VIは選択問題です。問題冊子表紙で指定された科目を解答しなさい。 〕
 〔 Vは医療保健学部受験生が, VIは薬学部受験生が解答しなさい。 〕

VI 代謝に関する次の文を読み, 以下の〔問1〕～〔問4〕に答えなさい。(20点)

生体内で行われる代謝は, 多くの種類の酵素によって担われている。例えば, グルコースを呼吸基質として好気呼吸を行う場合は, 解糖系の酵素, アクエン酸回路の酵素, 電子伝達系の酵素などがはたらき, 効率よくATPが合成される。また, 嫌気呼吸を行う場合は, 解糖系の酵素のほかに, 解糖系の産物である(ウ)をエタノールや乳酸に変える酵素がはたらく。

いま, ある酵素Eについて, 酵素反応の速度を調べる実験を行った。実験は, 酵素Eと基質を混ぜて一定時間反応させ, 生成物の量を測定した。その結果を図1の太線aに示す。

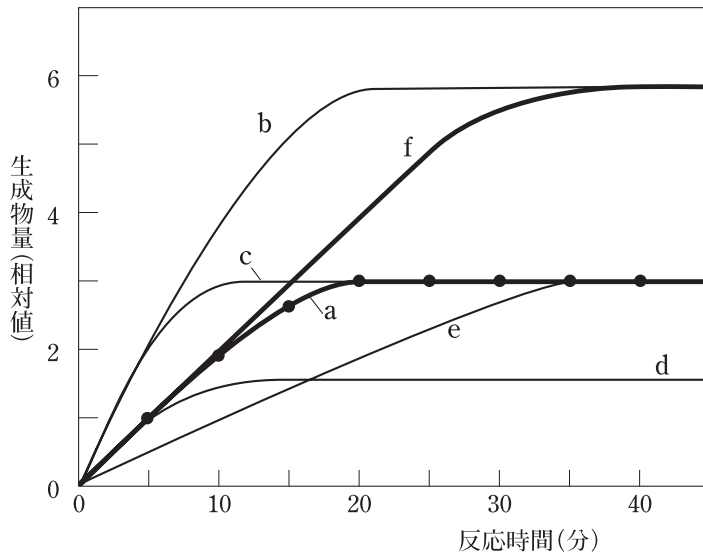


図1

〔問1〕 下線部アについて、クエン酸回路の酵素およびクエン酸回路が存在する細胞内の部位の組み合わせとして最も適当なものを、次の①～⑥の中から1つ選びマークしなさい。 26

酵素	部位
① コハク酸脱水素酵素	細胞質基質
② コハク酸脱水素酵素	ミトコンドリア
③ コハク酸脱水素酵素	葉緑体
④ カタラーゼ	細胞質基質
⑤ カタラーゼ	ミトコンドリア
⑥ カタラーゼ	葉緑体

〔問2〕 下線部イについて、1分子のグルコースが好気呼吸で分解された場合、解糖系、クエン酸回路、電子伝達系のそれぞれで何分子のATPが合成されるか。その組み合わせとして最も適当なものを、次の①～⑤の中から1つ選びマークしなさい。 27

	解糖系	クエン酸回路	電子伝達系
①	1分子	1分子	2分子
②	1分子	1分子	34分子
③	1分子	1分子	38分子
④	2分子	2分子	34分子
⑤	2分子	2分子	38分子

〔問3〕 文中の空欄（ウ）に当てはまる物質として最も適当なものを、次の①～⑤の中から1つ選びマークしなさい。 28

- | | |
|-------------------|----------|
| ① ピルビン酸 | ② クエン酸 |
| ③ ホスホグリセリン酸 (PGA) | ④ オキサロ酢酸 |
| ⑤ アミノ酸 | |

〔問4〕 下線部Ⅰについて、次の(1)・(2)に答えなさい。

(1) 他の条件は一定で、酵素Eの量を2倍にしたとき、反応時間と生成物量の関係は、図1中の曲線a～eのどれになると考えられるか。最も適当なものを、次の①～⑤の中から1つ選びマークしなさい。 29

- ① 曲線 a ② 曲線 b ③ 曲線 c
④ 曲線 d ⑤ 曲線 e

(2) 他の条件は一定で、反応開始時点での基質量を2倍にしたとき、反応時間と生成物量の関係が、図1中の曲線fとなった。この結果から推論できることとして最も適当なものを、次の①～⑤の中から1つ選びマークしなさい。

30

- ① もとの条件の基質量は、酵素反応の速度が最大速度になるには不十分であった。
- ② もとの条件の基質量は、酵素反応の速度が最大速度になるのに十分であった。
- ③ もとの条件の基質量は、基質特異性が現れるのに不十分であった。
- ④ もとの条件の基質量は、基質特異性が現れるのに十分であった。
- ⑤ 基質量によって、最適pHが変化した。