

平成 30 年度 入学試験問題

理 科

Ⅰ 物 理・Ⅱ 化 学・Ⅲ 生 物・Ⅳ 地 学

2 月 25 日(日)(情—自然) 13:45—15:00

(情—コン・理・)
(医・工・農) 13:45—16:15

注 意 事 項

1. 試験開始の合図まで、この問題冊子と答案冊子を開いてはいけない。
2. 問題冊子のページ数は、59 ページである。
3. 問題冊子とは別に、答案冊子中の答案紙が理学部志望者と情報学部自然情報学科とコンピュータ科学科志望者には 20 枚(物理 3 枚、化学 5 枚、生物 4 枚、地学 8 枚)、医学部志望者と農学部志望者には 12 枚(物理 3 枚、化学 5 枚、生物 4 枚)、工学部志望者には 8 枚(物理 3 枚、化学 5 枚)ある。
4. 落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつたら、ただちに申し出よ。
5. 情報学部自然情報学科志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 1 科目を選択して解答せよ。
情報学部コンピュータ科学科志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 2 科目を選択して解答せよ。ただし、物理を必ず含むこと。
理学部志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 2 科目を選択して解答せよ。ただし、物理、化学のいずれかを必ず含むこと。
医学部志望者と農学部志望者は、物理、化学、生物のうち 2 科目を選択して解答せよ。
工学部志望者は、物理と化学の 2 科目を解答せよ。
6. 解答にかかる前に、答案冊子左端の折り目をていねいに切り離し、自分が選択する科目の答案紙の、それぞれの所定の 2 箇所受験番号を記入せよ。選択しない科目の答案紙には、大きく斜線を引け。
7. 解答は答案紙の所定の欄に記入せよ。所定の欄以外に書いた解答は無効である。
8. 答案紙の右寄りに引かれた縦線より右の部分には、受験番号のほかは記入してはいけない。
9. 問題冊子の余白は草稿用として使用してもよい。
10. 試験終了後退室の許可があるまでは、退室してはいけない。
11. 答案冊子および答案紙は持ち帰ってはいけない。問題冊子は持ち帰ってもよい。

Ⅲ

生 物

- (1) 問題は、次のページから書かれていて、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳの4題ある。4題すべてに解答せよ。
- (2) 解答は、答案紙の所定の欄に書き入れよ。文字や記号は、まぎらわしくないようにはっきり記せ。

生物 問題Ⅰ

次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

文1

生態系を構成する生物は生産者と消費者に大きく区別できる。前者は、から を合成する^①独立栄養生物であり、植物や植物プランクトンなどが該当する。後者は、 を取り込んで栄養源にする であり、動物や多くの菌類・細菌類などが該当する。

消費者については、生産者を食べる一次消費者と、一次消費者を食べる二次消費者があり、生態系によってはさらに高次の消費者も存在する。生産者がつくった は、遺体や排出物に含まれるものも含めて、最終的には にまで分解されるが、そこでは菌類・細菌類の果たす役割が大きい。このため、多くの菌類・細菌類は生態系における としても位置づけられる。

生態系内において、生産者や各次消費者などの生物量やエネルギー量を生産者からより高次の栄養段階へと積み重ねて示したものを と呼ぶ。 を見ると、いかに生産者がつくる に消費者が依存しているかがわかる。このことは、消費者である人類も同様である。

現在の人類は、約80%のカロリー源を6種の被子植物が作る器官に依存している。すなわち、コムギ・イネ・トウモロコシの ^{かいけい}、ジャガイモの塊茎、キャッサバ・サツマイモの塊根^{かいこん}である。さらに、肉として消費する家畜の飼料も被子植物に由来する。人類の肉食化が進行すると、生産者であるこれら植物の生産量をさらに増やす必要がある。

設問(1)：空欄 ～ に入る適切な用語を記入せよ。

設問(2)：下線部①の例として適当なものを，以下の選択肢の中から1つ選択し，それがエネルギー源として用いる物質名を記せ。

- | | |
|-----------|--------------|
| (a) シイタケ | (b) 亜硝酸菌 |
| (c) 木材腐朽菌 | (d) セルロース分解菌 |

設問(3)：生態系における生物の役割の組み合わせとして適当でないものを，以下の選択肢から2つ選択し，その理由を述べよ。

- | | |
|----------------|------------------|
| (a) 根粒菌：生産者 | (b) ホヤ：消費者 |
| (c) ゼニゴケ：生産者 | (d) コンプ：生産者 |
| (e) クラゲ：消費者 | (f) ミドリムシ：生産者 |
| (g) 緑色硫黄細菌：消費者 | (h) シアノバクテリア：生産者 |

設問(4)：一般的に，生態系に含まれる生物の現存量や年間純生産量は水域よりも陸上の方が大きい，現存量あたりの純生産量では水域よりも陸上の方がはるかに小さい。陸上の生態系では，現存量あたりの純生産量が小さくなる原因を解答欄の枠内で述べよ。

文2

人類はカロリー源となる植物の生産性を高める技術を模索し続けてきた。1960年代の緑の革命によって，コムギやイネの生産性は飛躍的に増大した。そこでは，葉・個体レベルの光合成速度だけでなく，個体群レベルでの光合成速度を向上させることも重要な課題であった。葉の配置形態が個体群の光合成速度に与える影響を知るために，次のような実験が行われた。

水田に等間隔で栽培したイネ個体群を二分し，図1のように一方の個体群はそのままの状態(無処理)，もう一方の個体群ではすべての葉の先端に米粒程度の鉛の小球を取り付けて葉を下垂させた(葉下垂処理)。各処理の個体群を地表から20 cm ほどの高さで層に分け，個体群内部の光の強さを層ごとに測定した。光の強さを測定後，層ごとに植物体を刈り取り，葉の重量を測定した。その結果を表1にまとめた。

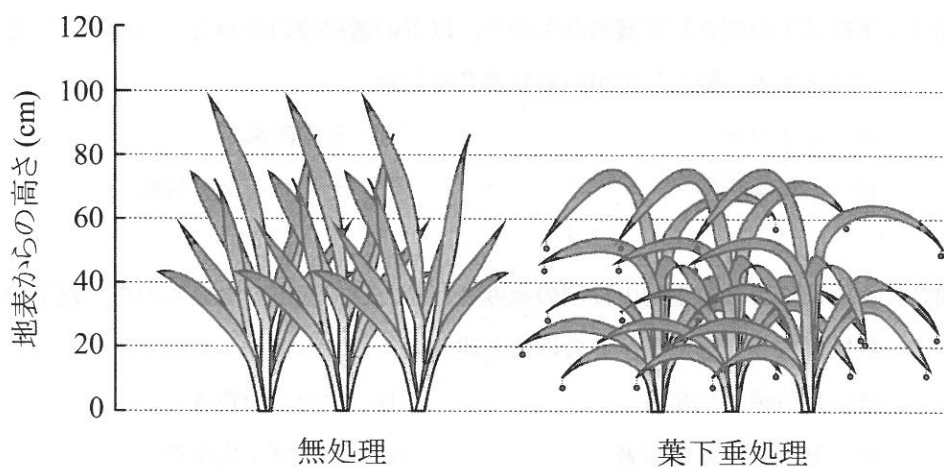


図1 処理の概要

表1 各層の葉の重量と光の強さ

地表からの高さ	葉の重量(g)		光の強さの相対値(%)	
	無処理	葉下垂処理	無処理	葉下垂処理
100～120 cm	—	—	100	100
80～100 cm	9	— *	80	
60～ 80 cm	28	22	50	60
40～ 60 cm	32	40	30	20
20～ 40 cm	20	26	16	10
0～ 20 cm	11	12	8	4
計	100	100		

*下垂処理によって、この層には葉が存在しなくなった。

設問(5)：光の強さと光合成速度(光合成による CO_2 吸収速度と呼吸による CO_2 放出速度の差)の関係を図2に示す。葉下垂処理の有無や地表からの高さとは無関係に、すべての葉が図2の関係をもっていたとする。無処理の個体群に対して葉下垂処理の個体群の光合成速度は何倍となるか、計算過程を含めて答えよ。なお、計算結果は小数点第3位を四捨五入した値で記せ。

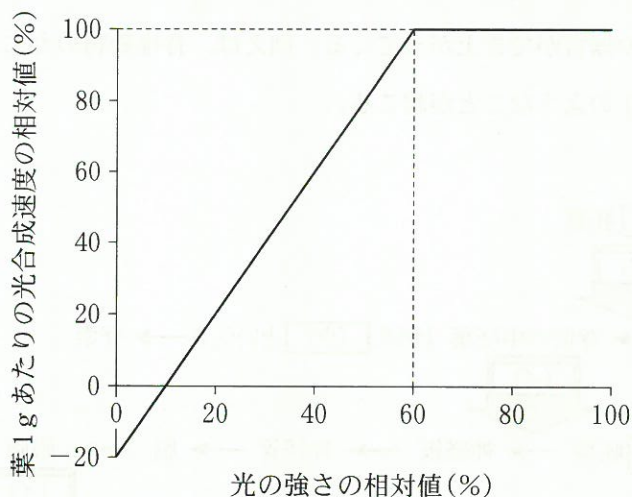


図2 光の強さと光合成速度の関係

設問(6)：広葉型の草本植物の個体群は葉下垂処理のような生産構造を示す場合が多い。自然環境では広葉型の草本植物も広く繁殖しているが、このような生産構造を示す植物はどのような場合に有利となるか、考察して述べよ。

生物 問題Ⅱ

次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

文 1

発生過程で受精卵から分裂が進み細胞が増えてくると、細胞間で相互作用が起こり、特定の組織や器官ができ上がってくる。例えば、脊椎動物のカエルの眼の発生過程では以下の図1のようなことが起こる。

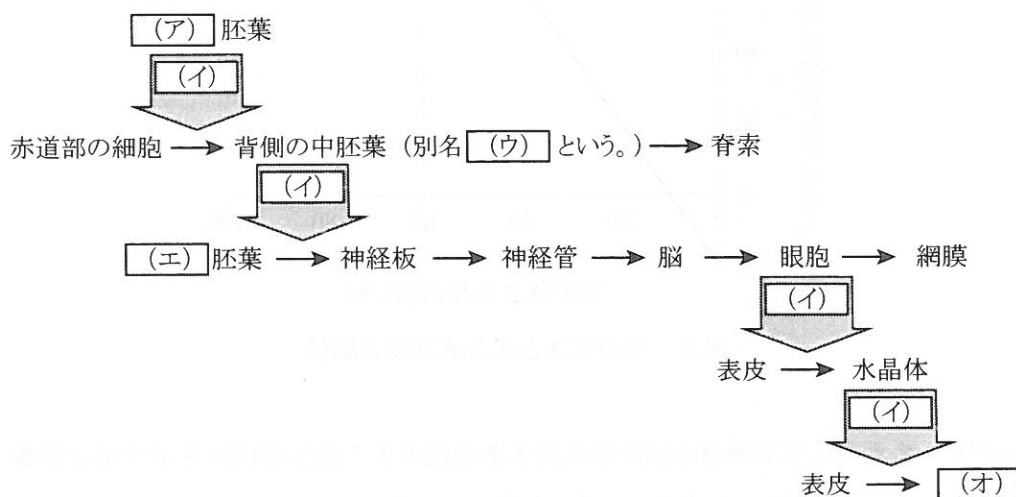


図1 眼の発生過程

この図のような (イ) が連続で起こることを「(イ) の連鎖」と呼ぶ。

このように発生し、形成される「眼」という器官は、光の刺激を受け取り、像を結ぶという共通のはたらきをもっている。しかし、節足動物のショウジョウバエの複眼、軟体動物のイカの眼、脊椎動物のマウスの眼は、発生過程や構造が大きく異なる。現在までに、*Pax6* という遺伝子がマスター遺伝子(最初に指令を出す遺伝子)として、多くの動物において共通して「眼」という器官の発生に重要な機能をもつことが知られている。これは、ショウジョウバエの *Pax6* 遺伝子やマウスの *Pax6* 遺伝子の一部に

①

変異が生じるとそれぞれの眼の発生過程に異常が起こること，さらにショウジョウバエの *Pax6* 遺伝子をショウジョウバエの触角ができる予定の場所ではたらかせてみると，その場所にショウジョウバエの複眼ができることなどにより，明らかになった。

以上のような初期の胚から「眼」という器官が発生する過程を知することは，それぞれの動物の基本的な器官発生を理解するだけでなく，再生医療にも役立っている。発生の初期段階である胚盤胞期の内部細胞塊から作られる胚性幹細胞 (ES 細胞) は，さまざまな細胞に分化する能力を保ちながら増殖する能力をもつ。また成体の皮膚などの体細胞に数種類の遺伝子 (山中ファクターと呼ばれる) を導入することにより脱分化させてつくられる人工多能性幹細胞 ((カ) 細胞) も，さまざまな細胞に分化する能力を保ちながら増殖する能力をもつ。このような細胞から網膜組織をシート状に作り出し，網膜が変性してしまった黄斑変性症の患者に移植する ^③ という取り組みが行われている。

設問(1)：文中や図中の空欄の (ア) ～ (オ) に入る適切な用語を記入せよ。

設問(2)：文中の空欄の (カ) に入る名称(略称)をアルファベットで記入せよ。

設問(3)：図 1 にあるように，「背側の中胚葉」は，のちに脊索という組織に発生する。

カエルと同じように，発生過程で脊索を分化させる動物を以下より選び，すべて記入せよ。

- | | | |
|--------------|-----------|-------------|
| (a) ホ ヤ | (b) ウ ニ | (c) ナメクジウオ |
| (d) ショウジョウバエ | (e) ウナギ | (f) センチュウ |
| (g) イ カ | (h) プラナリア | (i) カタツムリ |
| (j) カモノハシ | (k) ツバメ | (l) イソギンチャク |
| (m) カイメン | (n) ヒトデ | |

設問(4)：下線部①のショウジョウバエやマウスだけでなく，ヒトでも *Pax6* 遺伝子に異常があると，虹彩が完全または不完全に欠損してしまう。これを無虹彩症という。虹彩のはたらきと役割について解答欄の枠内で述べよ。

設問(5)：単純な眼の構造をもつプラナリアにおいて、マウスやショウジョウバエの *Pax6* 遺伝子と似た塩基配列をもつ *X* 遺伝子が見つかったとする。眼の発生過程で *X* 遺伝子がショウジョウバエの *Pax6* 遺伝子と似たはたらきをもつかどうかを調べるには、どのような実験を行えばよいか。解答欄の枠内で述べよ。

設問(6)：(カ) 細胞から作った網膜組織を移植した後、下線部②の山中ファクターが再びはたらき始めてしまい、「問題のある細胞」が現れる可能性が指摘されている。文1を参考に、「問題のある細胞」の考えられる特徴を解答欄の枠内で1つ述べよ。

設問(7)：下線部③を行うために、他者の初期胚から作製したES細胞ではなく、自己の細胞よりつくられた (カ) 細胞を利用して、移植する組織を作り出すことの利点について説明せよ。「主要組織適合性複合体(MHC)抗原」という単語を用いて、解答欄の枠内で述べよ。

文2

視覚とは、光のエネルギーが網膜上に一層に並んだ視細胞を刺激して生じる感覚である。視細胞は光の強弱や光の色(色覚)を刺激として感受し、脳に伝達する役割をもつ。視細胞は細胞の形の違いから (キ) 細胞と (ク) 細胞に区別されている。ヒトの (キ) 細胞には弱光を感受できるタンパク質が発現し、はたらいている。一方、ヒトの (ク) 細胞には色を感受するタンパク質が発現し、はたらいている。これらの弱光や色を感受するタンパク質のアミノ酸配列はお互いによく似ており、また無脊椎動物にも似たアミノ酸配列をもつタンパク質が存在する。このことから、進化の過程で祖先となる遺伝子が重複により増え、さらにそれぞれの遺伝子に突然変異が起こったことで、これら動物はさまざまな種類の光を受容するタンパク質を獲得していったと考えられている。例えば、ヤツメウナギ、ニワトリ、ヒトで弱光を感受するタンパク質があることから、ニワトリとヒトの共通祖先では弱光を感受するタンパク質を (ケ) と考えられている。さらに、キンギョやニワトリでは色を感受するタンパク質は4種類以上(赤、紫、青、緑など)存在するのに対し、イヌなどの④多くの哺乳類では2種類(赤と緑を共通に感受する黄緑、青)、ヒトでは3種類(赤、青、緑)見つかったことから、哺乳類ではかつてもっていた (コ) と考えられている。

設問(8)：文中の空欄の (キ) および (ク) に入る適切な用語を記入せよ。

設問(9)：文中の空欄 (ケ) および (コ) に適切な言葉を入れて文章を完成させよ。

設問(10)：下線部④の特徴以外に、ヒトの左右の「眼」はイヌのそれらと比べて前面に位置している。これら2つの特徴は、ヒトがある環境で適切な食べ物を見つける時に重要なはたらきをもつと考えられている。ヒトが食べ物を見つける上でイヌより有利な環境を想像し、解答欄の枠内で文章で述べよ。

生物 問題Ⅲ

次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

文1

食物を摂取すると胃が伸展し、その情報は脳に伝えられる。その結果、脳では (ア) が刺激されて、この神経の末端から (イ) が放出されることで胃から ^①塩酸が分泌される。胃の塩酸が十二指腸に流入すると、十二指腸の上皮細胞に存在する内分泌細胞を刺激し、アミノ酸 27 個からなる (ウ) が分泌される。 (ウ) はすい液の分泌を促進し塩酸を中和する。一方、食物中のデンプンはすい液に含まれるアミラーゼのはたらきによって小分子に分解され、さらに吸収上皮細胞に存在する二糖類分解酵素によってグルコースに分解された後に吸収される。

グルコースからエネルギーが生産される過程は、解糖系、クエン酸回路、電子伝達系に分けられる。解糖系では、グルコース 1 分子から 2 分子のピルビン酸に代謝され、最終的に (エ) 分子の ATP が合成される。ピルビン酸はミトコンドリアの (オ) に運搬されて、クエン酸回路に入り、グルコース 1 分子あたり (カ) 分子の ATP が合成される。解糖系とクエン酸回路で生じた NADH や FADH₂ によって運ばれた電子は、ミトコンドリアの (キ) にある電子伝達系に渡される。電子伝達系では、グルコース 1 分子あたり最大で (ク) 分子の ATP が合成される。

グルコースなどの糖の他に、脂肪やタンパク質もエネルギー生産の基質として用いられる。脂肪は (ケ) と (コ) に分解された後、 (ケ) は解糖系の基質となり、 (コ) は β 酸化を受け、最終産物として (サ) を生じてクエン酸回路に合流する。タンパク質の分解産物であるアミノ酸は、アンモニアを遊離する (シ) 反応を経て、ピルビン酸やクエン酸回路の中間物質となって代謝される。これらの代謝過程で生じる呼吸商は、消費した酸素に対する発生した二酸化炭素の体積比 (CO₂/O₂) であり、炭水化物、脂肪、タンパク質のそれぞれで固有の値を示す。

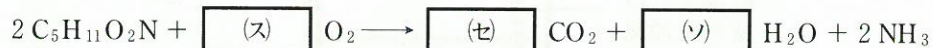
②

設問(1)：空欄 ～ に入る適切な用語や数字を記入せよ。

設問(2)：下線部①について、胃内の pH が低下することでタンパク質の分解が促進される。pH の低下によってタンパク質分解が促進される 2 つの理由を解答欄の枠内で述べよ。

設問(3)：下線部②について、タンパク質を構成するアミノ酸の 1 つであるバリン ($\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$) の呼吸商を考えてみる。バリンが基質となる呼吸は以下の反応式で表される。空欄 ～ に入る適切な数字を記入せよ。
この反応式にもとづいて、バリンの呼吸商を計算し、小数点第 4 位を四捨五入した値を記せ。

反応式



文 2

小腸でのグルコースの輸送のしくみを理解するために、ラットの反転腸管を利用した実験を行った。反転腸管は図1のように腸管の内側と外側を反転させ、栄養素の吸収面が外側を向くようにし、内側にはグルコースを含まない培養液(充てん液)を満たして両端をしぼり、中の溶液がもれないようにした。外側にはグルコースを添加した培養液(グルコース液)を加えた。グルコース液中にガラス管を通じて酸素または窒素を通気した。図2の通り、グルコースはグルコース液側の細胞膜上に存在するグルコース輸送タンパク質 α で取り込まれ、吸収上皮細胞内を通過したのち、充てん液側のグルコース輸送タンパク質 β で運び出されることで輸送が完了する。吸収上皮細胞の充てん液側には筋組織などの支持層が存在するが、これらの組織は物質の輸送に影響を与えないものとし、図2では省略した。また、吸収上皮細胞間には密着結合があるので小分子が通過できないようになっている。

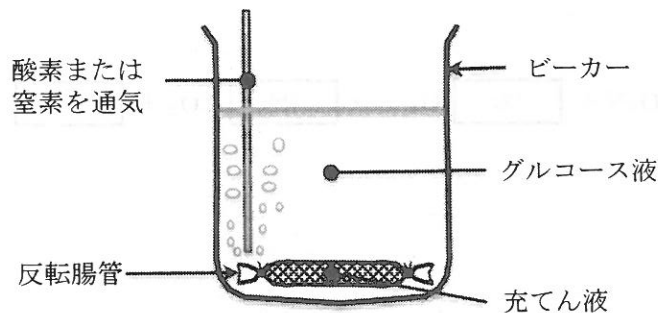


図1 反転腸管の培養実験

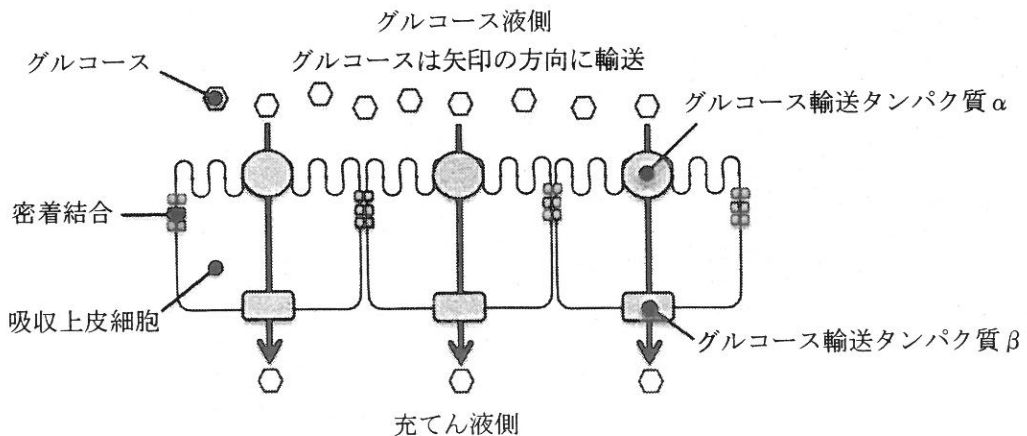


図2 吸収上皮細胞でのグルコース輸送の概略

反転腸管の培養(図1)を用いて、以下の実験を行った。AからEの5つの実験では、ナトリウムポンプのはたらきを阻害するウアバインのグルコース液あるいは充てん液への添加の有無、グルコース液へのナトリウムイオン(Na^+)の添加の有無、グルコース液に通気する気体の種類の違いによるグルコース輸送量の変化を観察した。各実験の条件を表1に、結果を図3に示した。

表1 各実験の条件

実 験	グルコース液の ウアバイン	充てん液の ウアバイン	グルコース液の Na^+	グルコース液に 通気する気体
A	—	—	+	酸 素
B	+	—	+	酸 素
C	—	+	+	酸 素
D	—	—	—	酸 素
E	—	—	+	窒 素

+ と — はそれぞれ添加の有無を表す。

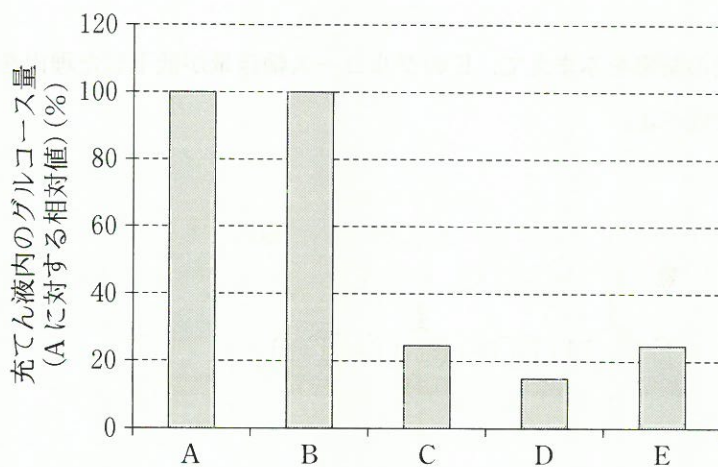


図3 各実験でのグルコース輸送量

設問(4)：次の1) から2) の文章は、本実験の結果をふまえてグルコースの輸送のしくみをまとめたものである。空欄 ～ に入る最も適切な用語を記入せよ。ただし、空欄 と と には「内」または「外」のどちらかの語を記入せよ。

1) A, B, C の比較から、グルコースの吸収には 液側の細胞膜に存在するナトリウムポンプの稼働が必要ながわかる。ナトリウムポンプとは一般的に Na^+ を細胞 から細胞 に運搬するものである。吸収上皮細胞では、このはたらきにより、細胞 の Na^+ 濃度が低下すると考えられる。

2) A と D の比較から、グルコース輸送タンパク質 α は 液側の高濃度の Na^+ と細胞 の低濃度の Na^+ がつくる を利用して、 Na^+ とともにグルコースを細胞内に取り込んでいることが考えられる。この輸送により細胞内のグルコース濃度は充てん液側よりも高くなるため、グルコース輸送タンパク質 β はグルコースの にしただけでグルコースを充てん液側に輸送すると考えられる。

設問(5)：上記の結果をふまえて、E のグルコース輸送量が低下した理由を解答欄の枠内で述べよ。

草稿用紙

(切りはなしてはならない)

生物 問題Ⅳ

次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

文 1

生物の遺伝情報は、DNA の塩基配列として存在する。DNA の複製は、部分的に DNA の 2 本鎖が開裂して、1 本鎖部分と 2 本鎖部分からなる複製フォークで行われる(図 1)。複製フォークが進むにしたがって、DNA の複製も進行する。複製には、DNA ポリメラーゼがはたらいて、それぞれの 1 本鎖 DNA が鋳型となり、もとの DNA の塩基配列と全く同じ 2 本鎖 DNA が 2 組できる。この時、連続的に合成される (ア) 鎖と、不連続に合成される (イ) 鎖がある。

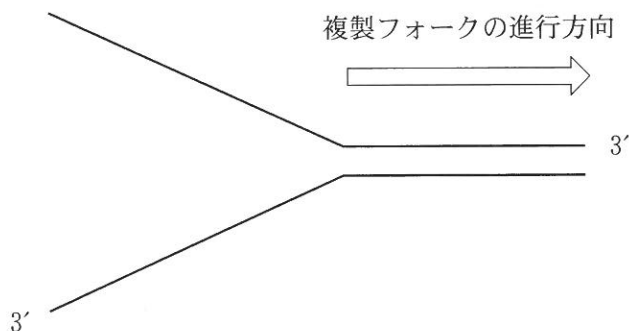


図 1 DNA 複製フォーク

遺伝情報の発現の流れは、染色体 DNA 中の遺伝子領域の塩基配列をもとに RNA として転写されることで始まる。転写には RNA ポリメラーゼがはたらき、1 本鎖 DNA のどちらか一方の DNA 鎖を鋳型にして RNA を合成する(図 2)。RNA ポリメラーゼと DNA ポリメラーゼによる合成反応は、鋳型を利用して新しい鎖を合成するという点ではよく似ているが、合成開始のしくみは両者で大きく異なる。

①

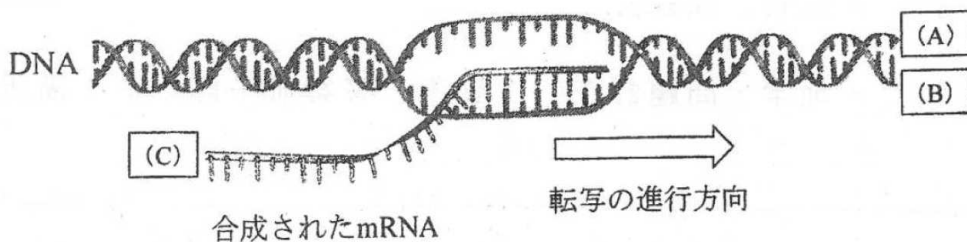


図2 転写の過程

設問(1)：文中の空欄の (ア) および (イ) に入る適切な用語を記入せよ。また、(ア) 鎖と (イ) 鎖を解答欄の図中に書き加えよ。ただし、矢印の先端をDNAの合成方向として表し、(ア) 鎖を実線矢印(→)で、(イ) 鎖を点線矢印(----->)で記せ。

設問(2)：図2はDNAが転写されてmRNAが合成される様子を表している。空欄 (A) ~ (C) はDNAとRNAの末端を示している。それぞれに入るものとして、以下の1)~5)の組み合わせで最も適切なものを1つ選び、その記号を記せ。

	(A)	(B)	(C)
1)	5'	5'	3'
2)	5'	3'	5'
3)	3'	5'	3'
4)	3'	5'	5'
5)	5'	3'	3'

設問(3)：下線部①について、DNAの複製とRNAの合成の開始の違いを、解答欄の枠内で述べよ。

文 2

真核生物の場合、核内でつくられた mRNA は、(ウ) を通って細胞質に出ると、リボソームと結合し、翻訳が行われる。リボソームでは mRNA の 3 つの塩基の並び(コドン)をもとに 20 種類のアミノ酸のうち、1 つのアミノ酸が指定される。アミノ酸は (エ) によりリボソームに運ばれ、(エ) のアンチコドンと mRNA のコドンが相補的に結合する。その後、アミノ酸どうしがペプチド結合で連結されてタンパク質が合成される。タンパク質はそのはたらきに応じて細胞内の特定の場所に運ばれるが、その場所を特定するための実験として、^②緑色蛍光タンパク質^③(GFP)を利用した方法が広く使われている。

細胞が飢餓状態におちいると、タンパク質を分解して、細胞内でタンパク質をリサイクルするしくみが活性化される。このような現象を (オ) と呼び、これは (カ) という細胞小器官に含まれるタンパク質分解酵素によって行われる。大隅良典博士は、酵母を使って (オ) の分子メカニズムを解明し、2016 年にノーベル生理学・医学賞を受賞した。

設問(4)：空欄 (ウ) ～ (カ) に入る適切な用語を記入せよ。

設問(5)：下線部②のタンパク質のはたらきと存在場所について、以下の 1)～5)の組み合わせで最も適切なものを 1 つ選び、その記号を記せ。

	タンパク質	はたらき	存在場所
1)	アクアポリン	細胞の内外にカルシウムを輸送する	細胞膜
2)	カドヘリン	細胞間の接着にはたらく	小胞体
3)	ヒストン	RNA のスプライシングにはたらく	核
4)	ルビスコ	CO ₂ 固定反応を触媒する	ミトコンドリア
5)	ATP 合成酵素	生命活動に必要な ATP をつくる	葉緑体

設問(6)：下線部③の GFP を利用すれば，タンパク質 X の細胞内の存在場所を明らかにすることができる。その実験方法を解答欄の枠内で述べよ。ただし，以下の用語をすべて使うこと。

組換え DNA 技術 発現 顕微鏡

草 稿 用 紙

(切りはなしてはならない)