

令和5年度 一般選抜(前期)問題

理 科

試験開始の指示があるまで、問題冊子を開いてはならない。

科目選択について

1. 3科目すべての解答用紙に受験番号、氏名を記入すること。
2. 物理・化学・生物の3科目のうち、2科目を選択すること。
3. 選択しない科目の解答用紙の中央に大きく×印を描くこと。
4. 選択しない科目の解答用紙は試験開始から30分後に回収される。

注 意 事 項

1. 試験開始の指示があるまで、筆記用具を持ってはならない。
2. 試験開始後に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁等の不備、解答用紙の汚れ等を確認しなさい。これらがある場合には手を高く挙げて監督者に知らせること。
3. 物理では、1ページ～16ページで、解答番号は

1

 ～

31

 である。
化学では、17ページ～29ページで、解答番号は

1

 ～

33

 である。
生物では、30ページ～46ページで、解答番号は

1

 ～

21

 である。
4. 解答は指示された解答番号に従って解答用紙の解答欄にマークすること。
5. 解答用紙に正しく記入・マークしていない場合には、正しく採点されないことがある。
6. 指定された以外の個数をマークした場合には誤りとなる。
7. 下書きや計算は問題冊子の余白を利用すること。
8. 質問等がある場合には手を高く挙げて監督者に知らせること。
9. 試験終了の指示があったら直ちに筆記用具を机の上に置くこと。
10. 試験終了の指示の後に受験番号、氏名の記入漏れに気づいた場合には、手を高く挙げて監督者の許可を得てから記入すること。許可なく筆記用具を持つと不正行為とみなされる。
11. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。

解答用紙記入要領

例：受験番号が「0123」番の「日本花子」さんの場合

受 験 番 号				
MB	0	1	2	3
	●	○	○	○
①	○	●	○	○
②	○	○	●	○
③	○	○	○	●
④	○	○	○	○
⑤	○	○	○	○
⑥	○	○	○	○
⑦	○	○	○	○
⑧	○	○	○	○
⑨	○	○	○	○

フリガナ	ニ ッ ポ ン	ハ ナ コ
氏 名	日 本	花 子

注 意 事 項

1. 黒鉛筆(HB, B, 2B)またはシャープペンシル(2B)を使用すること。
 2. マークは、はみ出さないように○の内側を●のように丁寧に塗りつぶすこと。
 3. 所定の記入欄以外には何も記入しないこと。
- ※ マークの塗り方が正しくない場合には、採点されないことがある。

●	●	●	●	●	●	●	●	○	○
良い例	悪い例								

1. 受験番号の空欄に受験番号を記入し、さらにその下のマーク欄にマークする。次に、氏名を書き、フリガナをカタカナで記入する。
2. 受験番号欄と解答欄では、○の位置が異なるので注意する。
3. マークは黒鉛筆(HB, B, 2B)またはシャープペンシル(2B)を使い、はみ出さないように○の内側を●のように丁寧に塗りつぶす。
4. マークを消す場合には、消しゴムで跡が残らないように完全に消す。
5. 解答用紙は折り曲げたり、汚したりしない。
6. 所定の欄以外には何も記入しない。

生 物

解答上の注意

1. 解答は、解答用紙の解答欄にマークすること。

例えば、

4

 と表示のある問題に対して、「①～⑧のうちから2つ選び、一緒にマークせよ。」の場合には、次の例に従う。

例：②と⑦と答えたい場合には

解答 番号	解 答 欄									
4	①	●	③	④	⑤	⑥	●	⑧	⑨	⑩

1 次の文章を読み、下の問い(問1～5)に答えよ。

ヒトの肝臓は直径1 mm ほどの肝小葉という基本単位が約50万個集まってできている。1つの肝小葉は約50万個の肝細胞からできている。肝臓につながっている管には、(A)、(B)、(C)、(D)がある。(A)と(B)は、肝臓内でそれぞれ枝分かれしてから肝小葉の中で合流し、^{るいどう}類洞とよばれる細い管となる。類洞を流れる液は、肝小葉の中心にある中心静脈に集まり、(C)を経て心臓に戻る。(B)は肝臓へ消化管と(E)からの血液を送る管である。肝臓でつくられた不要物の一部は(D)を通して(F)へ運ばれ、体外へ排出される。

肝臓にはさまざまな働きがある。その一つに、グリコーゲンの合成や分解により、血糖濃度^ア(血糖値)を一定の範囲に保つ働きがある。血糖濃度は、自律神経やホルモンの働きによっても調節されている。血液中のグルコースは全身の細胞に送られて、細胞膜を通過して細胞内に入り、細胞のエネルギー源として利用される。

問1 (A)～(C)に入る語の組合せとして最も適切なものはどれか。次の①～⑥のうちから1つ選べ。

	A	B	C
①	肝動脈	肝静脈	肝門脈
②	肝動脈	肝門脈	肝静脈
③	肝静脈	肝動脈	肝門脈
④	肝静脈	肝門脈	肝動脈
⑤	肝門脈	肝動脈	肝静脈
⑥	肝門脈	肝静脈	肝動脈

問 2 (D) ~ (F) に入る語の組合せとして最も適切なものはどれか。次の①~⑧のうちから1つ選べ。

	D	E	F
①	胆 管	ひ 臓	十二指腸
②	胆 管	ひ 臓	胃
③	胆 管	胆のう	十二指腸
④	胆 管	胆のう	胃
⑤	リンパ管	ひ 臓	十二指腸
⑥	リンパ管	ひ 臓	胃
⑦	リンパ管	胆のう	十二指腸
⑧	リンパ管	胆のう	胃

問 3 下線部アに関連して、肝臓の働きとして誤っているものはどれか。次の①~⑥のうちから2つ選び、一緒にマークせよ。

- ① 消化酵素を分泌する。
- ② アンモニアを尿素に変える。
- ③ ビリルビンを胆汁中に排出する。
- ④ 体温の変化に関わらず、同じ熱量を産生する。
- ⑤ 生体にとって有害な物質を無害な物質に変える。
- ⑥ アルブミンや血液凝固に関わるタンパク質を合成する。

問 4 下線部イに関連して、血糖濃度の調節に関与するホルモンについて、X群とY群それぞれで正しい文の組合せとして最も適切なものはどれか。下の①～⑨のうちから1つ選べ。

4

X群

- (a) アドレナリンは副腎髄質から分泌される。
- (b) 成長ホルモンは脳下垂体後葉から分泌される。
- (c) 糖質コルチコイドは視床下部から分泌される。

Y群

- (a) インスリンの分泌は交感神経によって促進される。
- (b) アドレナリンの分泌は交感神経によって促進される。
- (c) グルカゴンの分泌は副交感神経によって促進される。

	X群	Y群
①	a	a
②	a	b
③	a	c
④	b	a
⑤	b	b
⑥	b	c
⑦	c	a
⑧	c	b
⑨	c	c

問 5 下線部ウに関連して、次の文章中の(G)～(K)に入る語の組合せとして最も適切なものはどれか。下の①～⑧のうちから1つ選べ。 5

細胞は細胞膜を介して特定の物質を細胞内に取り込んだり、細胞外へ排出したりしながら活動している。この選択的透過性には膜タンパク質が関わっている。物質の透過に関わる膜タンパク質は、その構造や機能から、チャネル、(G)、(H)と呼ばれる。

たとえば、チャネルは膜を貫通する小さな孔を形成している。その孔が開くと、濃度勾配にしたがって、イオンなどが膜の反対側へと移動する。アミノ酸やグルコースなどの低分子の物質を運搬する働きは(G)が担っている。ナトリウム(H)ではATPのエネルギーを用いてナトリウムイオンを(I)から(J)へ移動させ、カリウムイオンを(J)から(I)へ移動させる。これは濃度勾配にさからって起こる(K)輸送である。

	G	H	I	J	K
①	ポンプ	輸送体	細胞内	細胞外	受動
②	ポンプ	輸送体	細胞内	細胞外	能動
③	ポンプ	輸送体	細胞外	細胞内	受動
④	ポンプ	輸送体	細胞外	細胞内	能動
⑤	輸送体	ポンプ	細胞内	細胞外	受動
⑥	輸送体	ポンプ	細胞内	細胞外	能動
⑦	輸送体	ポンプ	細胞外	細胞内	受動
⑧	輸送体	ポンプ	細胞外	細胞内	能動

2 次の文章を読み、後の問い(問1～4)に答えよ。

ヒトのゲノムには約(A)個の遺伝子があり、多くの遺伝子の発現においては、まず、イントロンを含めたすべての塩基配列が転写され、mRNA 前駆体が合成される。次に、mRNA 前駆体は、(B)でスプライシングによりイントロン領域が除かれ、隣りあうエクソンが連結されて mRNA がつくられる。スプライシングの過程で異なる領域が除かれ、1つの遺伝子から2種類以上の mRNA がつくられることがある。この現象を(C)スプライシングと呼ぶ。

遺伝子 X は、ヒトのすべての細胞で発現しており、正常なスプライシングが起こるために必要なタンパク質 X をコードしている。遺伝子 X は、図1に示すように5つのエクソンから構成されており、通常、5つのエクソンすべてが含まれる mRNA からタンパク質 X が合成される。しかし、ある中枢神経系の病気では、図2に示すように、3番目もしくは4番目のエクソンを欠く mRNA がつくられ、それぞれタンパク質 X' およびタンパク質 X'' が合成される。タンパク質 X' やタンパク質 X'' は、細胞機能に障害を与え、アポトーシスを引き起こすことが知られている。この過程が神経細胞で起こることが、この病気の一因となる。遺伝子 X やタンパク質 X はマウスにも存在し、ヒトと同じ塩基配列、アミノ酸配列および機能をもち、すべての細胞で発現している。しかし、マウスでは、タンパク質 X のみが発現し、タンパク質 X' やタンパク質 X'' は発現しない。

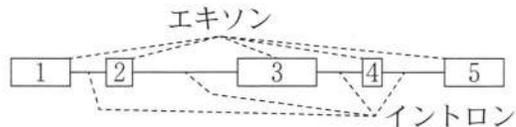


図1 遺伝子 X のエクソン-イントロン構造



図2 それぞれのタンパク質に対応する mRNA

問 1 下線部アに関連して、真核生物の転写開始時にプロモーターに結合するものとして適切なものを、次の①～⑧のうちから2つ選び、一緒にマークせよ。 6

- ① RNA ポリメラーゼ ② DNA ヘリカーゼ ③ 基本転写因子 ④ オペレーター
 ⑤ DNA リガーゼ ⑥ リボソーム ⑦ プライマー ⑧ ベクター

問 2 (A)～(C)に入る数値と語の組合せとして最も適切なものを、次の①～⑧のうちから1つ選べ。 7

	A	B	C
①	8000	核 内	選択的
②	8000	核 内	半保存的
③	8000	細胞質	選択的
④	8000	細胞質	半保存的
⑤	20000	核 内	選択的
⑥	20000	核 内	半保存的
⑦	20000	細胞質	選択的
⑧	20000	細胞質	半保存的

問 3 下線部イに関連して、タンパク質 X' やタンパク質 X'' がスプライシングと生存率に与える影響を明らかにするため、マウスでは本来、発現していないタンパク質 X' やタンパク質 X'' を発現するマウスを作出して、次の実験 1～3 を行った。

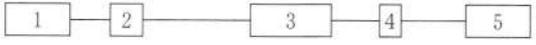
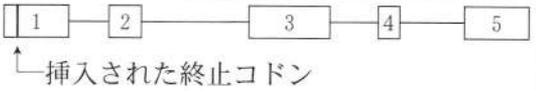
【実験 1】 マウスのゲノム中の遺伝子 X を、3 番目もしくは 4 番目のエキソンを除去した遺伝子(以下、遺伝子 X' および遺伝子 X''),あるいは終止コドンの挿入によりタンパク質 X を発現しない遺伝子(以下、遺伝子 KO)に置き換えたマウスを作出した。4 つの遺伝子(X, X', X'' および KO)のエキソン-イントロン構造と合成されるタンパク質を表 1 に示す。

【実験 2】 実験 1 で作出した遺伝子型の異なるマウス(生後 1 日目)の神経細胞から RNA を抽出し、タンパク質 X がスプライシングに関与するすべての遺伝子のうち、正しくスプライシングされた遺伝子の割合を調べた。その結果を図 3 に示す。

【実験 3】 実験 1 で作出した遺伝子型の異なるそれぞれのマウスについて、生存している個体数を生後 30 日まで記録し、生存率を計算した。その結果を図 4 に示す。生存率は、出生時の個体数に対する記録日に生存していた個体数の割合である。

ただし、マウスの遺伝子 X の遺伝子座において、遺伝子 X のみをもつホモ接合体マウスの遺伝子型を [X/X], 遺伝子 X' と遺伝子 KO をもつヘテロ接合体マウスの遺伝子型を [X' /KO] などと表記するものとする。

表 1 それぞれの遺伝子のエキソン-イントロン構造および合成されるタンパク質

遺伝子	エキソン-イントロン構造	合成されるタンパク質
X		X
X'		X'
X''		X''
KO		合成されない

正しくスプライシングされた遺伝子の割合(%)

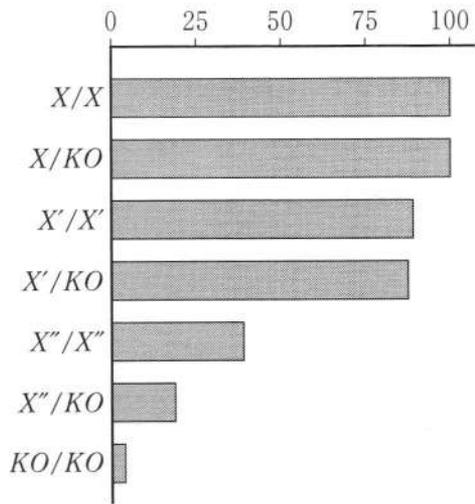


図3 実験2の結果

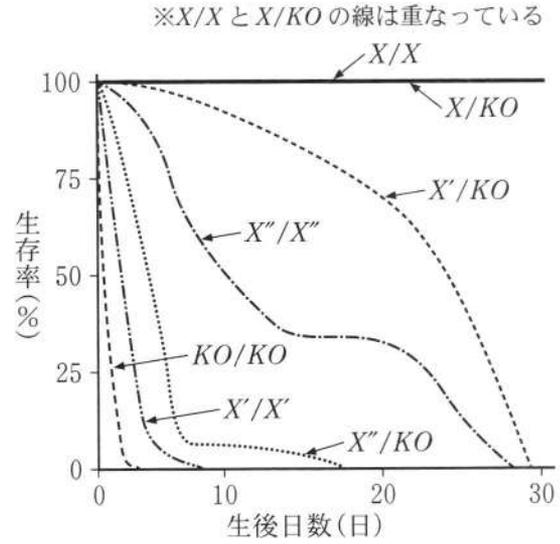


図4 実験3の結果

実験2, 3の結果から, タンパク質X'やタンパク質X''が生存率に与える影響について, 下のように考察した。(D)~(F)に入る語句の組合せとして最も適切なものを, 下の①~⑧のうちから1つ選べ。ただし, 細胞あたりのタンパク質の量は, 3つのタンパク質(X, X'およびX'')のいずれも, それをコードする遺伝子数に比例するものとする。

8

【考察】

スプライシング機能をタンパク質X'とタンパク質X''で比較すると, タンパク質(D)の方がタンパク質Xに近かった。タンパク質X'を発現しているマウスの間で比較すると, タンパク質X'の量が(E)ときには, 生存率が低下した。以上から, タンパク質X'は, タンパク質Xが(F)ことで, 生存率を低下させたと考えられる。

	D	E	F
①	X'	多い	もつ機能が弱まる
②	X'	多い	もたない機能を獲得する
③	X'	少ない	もつ機能が弱まる
④	X'	少ない	もたない機能を獲得する
⑤	X''	多い	もつ機能が弱まる
⑥	X''	多い	もたない機能を獲得する
⑦	X''	少ない	もつ機能が弱まる
⑧	X''	少ない	もたない機能を獲得する

問 4 神経細胞におけるタンパク質 X^{''} の影響を長期的に観察するため、神経細胞でのみタンパク質 X^{''} を発現するマウスを作出した。具体的には図 5 に示すとおり、遺伝子 X の遺伝子座において、エキソン 4 の周辺に特別な塩基配列を導入するゲノム編集を行い、神経細胞でのみエキソン 4 が除去された mRNA がつくられるマウスを作出した。このようにゲノム編集を行った遺伝子を nX'' とする。遺伝子 nX'' からは、神経細胞でのみエキソン 4 が除去された mRNA がつくられ、それ以外の細胞ではすべてのエキソンが含まれる mRNA がつくられる。

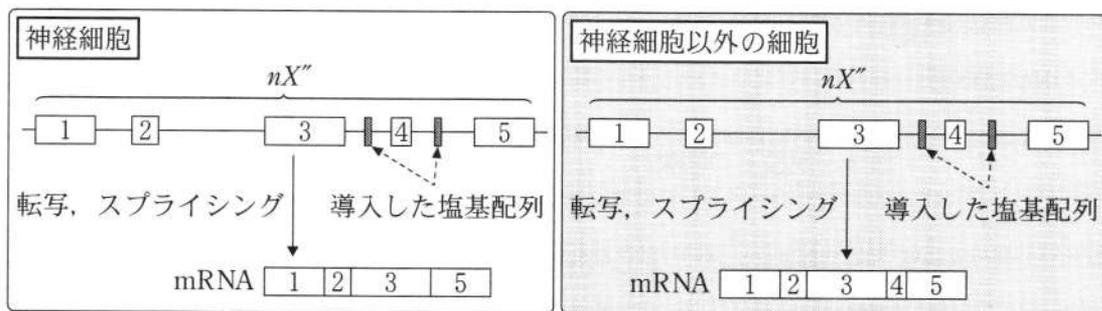


図 5 遺伝子 nX'' からつくられる mRNA

遺伝子 nX'' をもつマウスと実験 1 で作出したマウスを用いて、次の実験 4～6 を行った。後の(1), (2)に答えよ。ただし、遺伝子型の表記は問 3 と同様で、細胞あたりのタンパク質の量は、タンパク質 X およびタンパク質 X^{''} のいずれも、それをコードする遺伝子数に比例するものとする。

【実験 4】 実験 1 で作出したマウスと遺伝子 nX'' をもつマウスとを交配させ、遺伝子型が異なるマウスを作出した。

【実験 5】 実験 4 で作出したマウスを用いて、1 個体あたりの神経細胞数が、成長に伴いどのように変化するかを X/X マウスと比較した。その結果を図 6 に示す。ただし、遺伝子型の異なるマウスの中で生存率は変わらないものとする。

【実験 6】 生後 1 日目の、X/X マウスと遺伝子型のわからない 2 匹のマウス(マウス Y およびマウス Z)の神経細胞と肝細胞から RNA を抽出し、タンパク質 X がスプライシングに関与するすべての遺伝子について、神経細胞と肝細胞において正しくスプライシングされた遺伝子の割合を調べた。その結果を図 7 に示す。

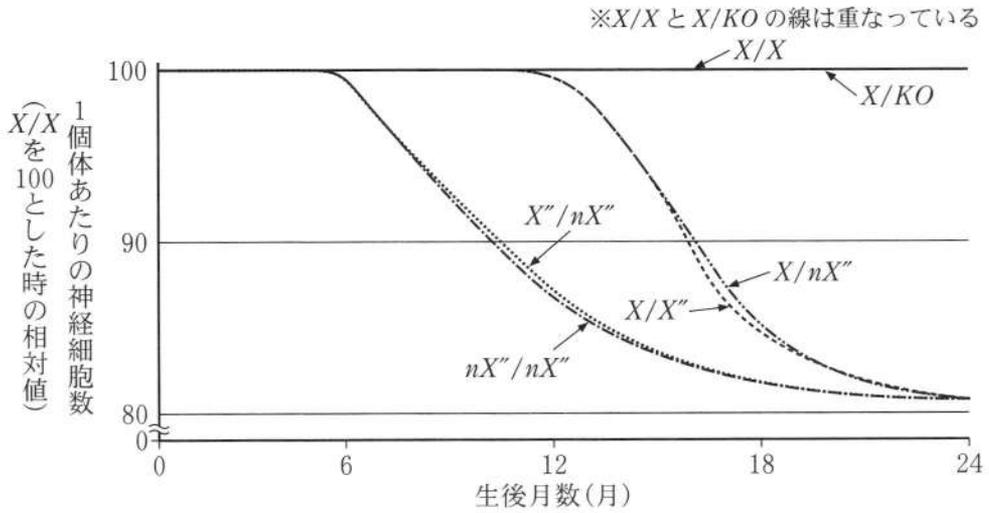


図6 実験5の結果

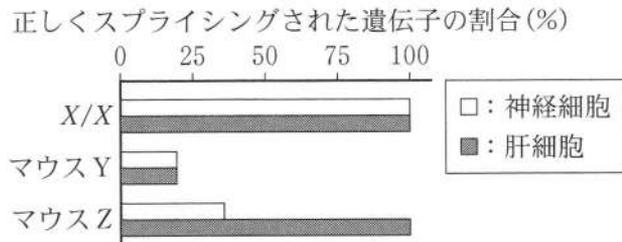


図7 実験6の結果

(1) 実験5の結果から推定されることとして最も適切なものを、次の①～④のうちから1つ選べ。

- ① 神経細胞でのみタンパク質X''を発現しているマウスでは、全身の細胞でタンパク質X''を発現しているマウスと比べ、神経細胞数の減少が早く始まる。
- ② タンパク質Xを発現しているマウスでは、タンパク質X''の発現に関係なく、神経細胞数は減少しない。
- ③ 神経細胞以外の細胞で発現しているタンパク質Xは、神経細胞数の減少を遅らせる。
- ④ 神経細胞におけるタンパク質X''の量が多いほど、神経細胞数の減少が早く始まる。

(2) マウスYとマウスZの遺伝子型として最も適切なものを、下の①～⑥のうちから1つずつ選べ。同じものを繰り返し選んでもよい。ただし、タンパク質Xおよびタンパク質X''がスプライシングに与える影響は、神経細胞と肝細胞とは同じであるものとする。実験2の結果も踏まえて解答すること。

マウスY マウスZ

- ① X/KO ② X''/KO ③ X''/X'' ④ nX''/KO ⑤ nX''/nX'' ⑥ KO/KO

3 次の文章(文章A, B)を読み, 下の問い(問1~6)に答えよ。

文章A

一次遷移の初期には地衣類が生育することがある。地衣類は、緑藻類や(a)が(b)などと共生体となったものである。緑藻類や(a)は、(b)から水分や無機塩類の供給を受け、(b)は、緑藻類や(a)がつくる有機物を得ている。このため、地衣類は有機物の少ない岩の上などでも生育することができる。

草本が生育し始めると、荒原から草原へとかわっていき、やがて陽樹が低木林を形成する。陽樹の成長によって林床に光が届きにくくなると陰樹の幼木が成長するようになり、陽樹と陰樹の混交林が形成される。

問1 (a)と(b)に入る語の組合せとして最も適切なものを、次の①~⑨のうちから1つ選べ。 12

	a	b
①	硝酸菌	細胞性粘菌
②	硝酸菌	子のう菌類
③	硝酸菌	ゾウリムシ
④	緑色硫黄細菌	細胞性粘菌
⑤	緑色硫黄細菌	子のう菌類
⑥	緑色硫黄細菌	ゾウリムシ
⑦	シアノバクテリア	細胞性粘菌
⑧	シアノバクテリア	子のう菌類
⑨	シアノバクテリア	ゾウリムシ

問 2 下線部アに関連して、ある草本の生産構造を層別刈取法によって調べた。1 辺 50 cm の正方形の調査区域を設定し、まず、この草本の群集内部の照度を測定した。図 1 は植物群集の最上部の照度を 100 としたときの調査区域内の高さごとの相対照度を示している。

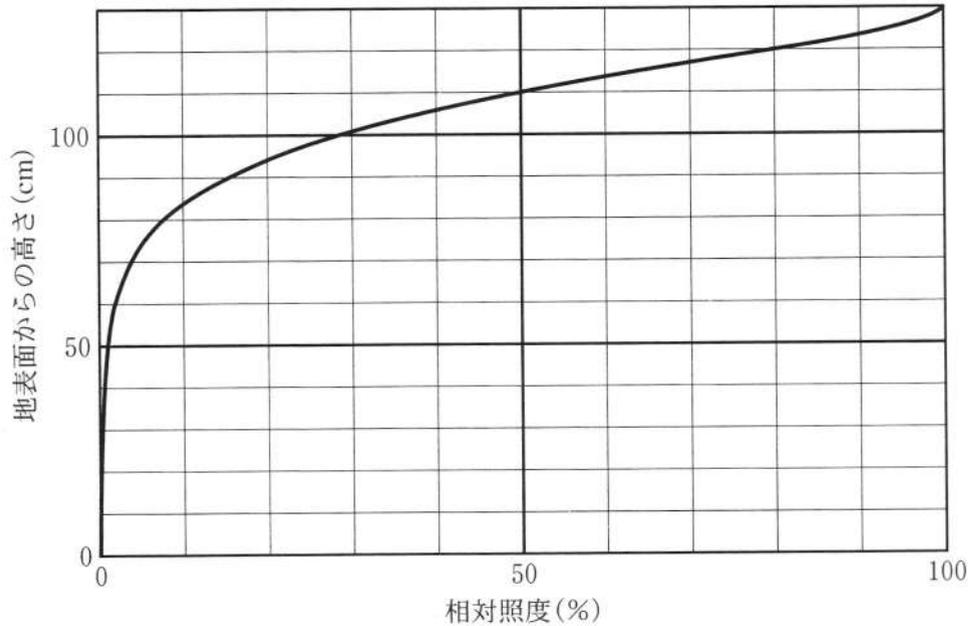


図 1 植物群集内の相対照度

次に、地表面から 10 cm ごとに層を設定し、上層から植物を刈り取り、光合成器官と非光合成器官とに分けて、それぞれの重量を計測した。この草本の高さごとの光合成器官の重量(単位は g)として最も適切なものを、次の①～⑤のうちから 1 つ選べ。 13

	地表面からの高さ(単位は cm)												
	0～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80	80～90	90～100	100～110	110～120	120～130
①	35	30	35	25	40	35	35	40	35	28	24	28	35
②	0	1	7	12	17	17	25	35	35	57	55	29	20
③	0	3	10	60	27	60	30	28	22	20	18	14	11
④	4	41	103	87	61	33	12	3	3	2	2	1	1
⑤	0	10	57	55	35	15	10	7	15	55	50	3	1

問 3 下線部イに関連して、ある林床で、陽生植物 P と陰生植物 Q からそれぞれ葉を採取して、光を照射し、二酸化炭素(CO₂)吸収速度(葉の面積 100 cm² あたり、1 時間あたりの CO₂ 吸収量(単位は mg))を調べる実験を行った。実験結果を図 2 に示す。実線と破線の曲線は、それぞれ陽生植物 P あるいは陰生植物 Q のいずれかである。光の強さは相対値で示した。ただし、陽生植物 P、陰生植物 Q ともに呼吸速度は光の強さに影響を受けないものとする。また、呼吸基質として使われる有機物および光合成によって合成される有機物はいずれもグルコース(C₆H₁₂O₆)であるものとする。後の(1)、(2)に答えよ。

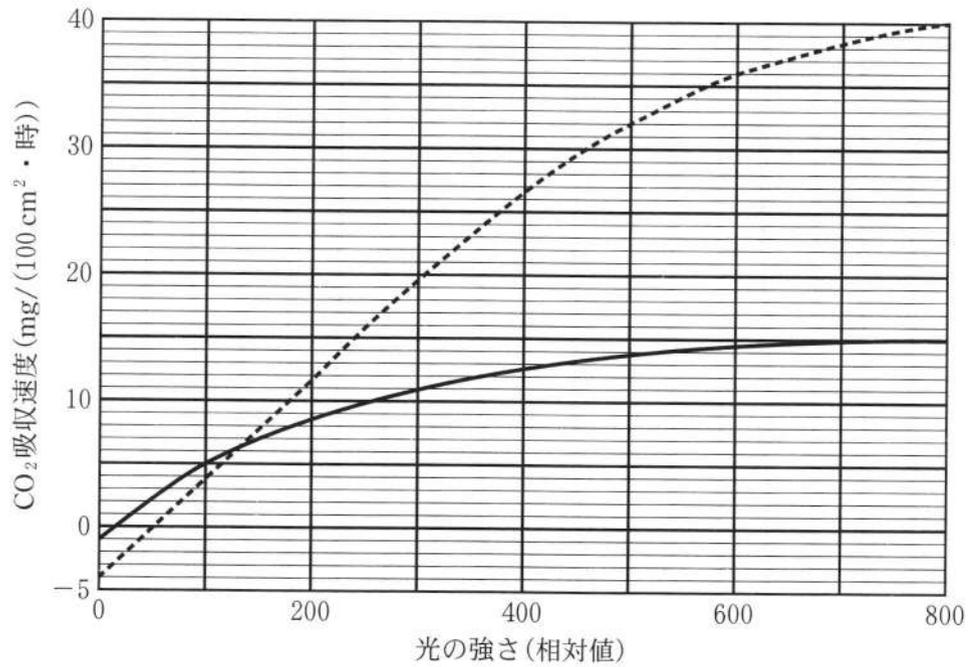


図 2 光の強さと陽生植物 P・陰生植物 Q の葉における CO₂ 吸収速度の関係

- (1) 次の文章中の(c)~(e)に入る語の組合せとして最も適切なものを、下の①~⑧のうちから1つ選べ。 14

陽生植物 P は陰生植物 Q と比べて呼吸速度は(c)、光補償点は(d)。陽生植物 P の光補償点の光の強さでは陰生植物 Q の見かけの光合成速度は陽生植物 P に比べて(e)ことがわかる。

	c	d	e
①	大きい	大きい	大きい
②	大きい	大きい	小さい
③	大きい	小さい	大きい
④	大きい	小さい	小さい
⑤	小さい	大きい	大きい
⑥	小さい	大きい	小さい
⑦	小さい	小さい	大きい
⑧	小さい	小さい	小さい

- (2) 陽生植物 P の葉 50 cm^2 に、強さ 800 の光を 5 時間照射した。5 時間の照射中にこの葉で合成されたグルコースの合計量に最も近い数値を、次の①~⑩のうちから 1 つ選べ。ただし、H、C、O の原子量はそれぞれ 1.0、12、16 であるものとする。

15 mg

- ① 0.16 ② 0.59 ③ 2.7 ④ 7.5 ⑤ 27
 ⑥ 59 ⑦ 68 ⑧ 75 ⑨ 160 ⑩ 300

文章B

生態系において生産者は光合成によって有機物を生産して、これを生活に利用し、成長している。ある森林では、総生産量は2650、成長量は500、被食量と枯死量の合計が690、呼吸量が1460であった。単位は $g/(m^2 \cdot \text{年})$ である。これらの数値からこの森林の純生産量を計算できる。

生産量は生態系の特徴によって異なる。表1は地球全体の熱帯多雨林・亜熱帯多雨林とサバンナの現存量と純生産量を示している。現存量に対する純生産量の割合は熱帯多雨林・亜熱帯多雨林では約0.05で、サバンナでは約0.23であり、熱帯多雨林・亜熱帯多雨林の方がサバンナよりも小さい。これは、熱帯多雨林・亜熱帯多雨林では(f)だと考えられる。

表1 陸上生態系における生産者の現存量と純生産量

生態系	現存量(kg/m^2)	純生産量($kg/(m^2 \cdot \text{年})$)
熱帯多雨林・ 亜熱帯多雨林	45	2.2
サバンナ	4	0.9

表2は地球全体の海洋における、陸地に近い浅海域と陸地から離れた外洋域の生産者の現存量と純生産量を示している。浅海域では川などからの栄養塩類の供給が(g)であり、外洋域では深層水が上昇してくる湧昇域ゆうじょういきにおいて栄養塩類の供給が(h)であることが反映されている。

表2 海洋生態系における生産者の現存量と純生産量

生態系	現存量(g/m^2)	純生産量($g/(m^2 \cdot \text{年})$)
X	3	125
Y	100	461

問4 下線部ウに関して、この森林の純生産量は $g/(m^2 \cdot \text{年})$ である。には千の位の数字を、には百の位の数字を、には十の位の数字を、には一の位の数字をそれぞれマークせよ。該当する位がない場合には、①をマークせよ。小数点以下がある場合には四捨五入せよ。

問 5 (f)に入る句として最も適切なものを、次の①～④のうちから1つ選べ。

20

- ① 現存量に対する呼吸量の割合が小さいから
- ② 現存量に対する被食量の割合が大きいから
- ③ 現存量に対する非光合成器官の量の割合が大きいから
- ④ 時間経過に伴い、現存量がしだいに減少するから

問 6 (g), (h)に入る語はどれか。また、表 2 の Y は外洋域あるいは浅海域のどちらか。組合せとして最も適切なものを、次の①～⑧のうちから1つ選べ。

21

	g	h	Y
①	豊 富	豊 富	外洋域
②	豊 富	豊 富	浅海域
③	豊 富	貧 弱	外洋域
④	豊 富	貧 弱	浅海域
⑤	貧 弱	豊 富	外洋域
⑥	貧 弱	豊 富	浅海域
⑦	貧 弱	貧 弱	外洋域
⑧	貧 弱	貧 弱	浅海域

