

2020年度入学試験問題

理 科

(試験時間 10:30~12:10 100分)

1. 解答用紙は、記述解答用紙(「物理」・「化学」・「生物」の3種類)のみです。
2. 問題は、I~IX(「物理」: I~III, 「化学」: IV~VI, 「生物」: VII~IX)の9題あります。そのうち3題を選択して解答してください。「生物」は精密機械工学科、電気電子情報通信工学科、応用化学科、経営システム工学科、情報工学科、生命工学科、人間総合理工学科受験者のみ選択解答できます。数学科、物理学科、都市環境学科受験者は、「生物」を選択解答できません。選択した3題には解答用紙の設問番号の右側の選択欄に○を、選択しなかった残りすべての問題には×を記入してください。(選択欄の記入がない場合は採点の対象となりませんので注意してください。)なお、4題以上○を記入した場合は、理科の解答はすべて無効となります。また、「生物」を選択解答できる学科とできない学科を併願した場合、後者の学科においては、「生物」の解答はすべて無効です。

(記入例)

I	選 択	○
---	-----	---

3. 解答は、必ず解答欄に記入してください。解答欄以外に書くと無効となります。
4. 解答は、HBの鉛筆またはシャープペンシルを使用し、訂正する場合は、プラスチック製の消しゴムを使用してください。
5. 解答用紙には、「物理」・「化学」・「生物」すべてに受験番号と氏名を必ず記入してください。(「物理」, 「化学」, 「生物」のいずれかについて1題も選択していない場合でも受験番号、氏名は必ずすべての解答用紙に記入してください。試験終了後、「物理」・「化学」・「生物」すべての解答用紙を回収します。)

この問題は「生物」の問題です。

数学科，物理学科，都市環境学科においては，「生物」の解答は無効になります。

VII 以下の文章を読み，問い(1)～(10)に答えなさい。(50点)

植物の光合成速度は光の強度によって変わる。植物の葉では，光を照射しないと酸素の吸収が見られる。光の強度を徐々に上げていくと (ア) に達し，葉からの酸素の出入りは見られなくなる。さらに光を強くすると葉から酸素が発生するようになる。その発生速度は光の強度に依存して大きくなるが，ある光の強度で最大に達し，それ以上強くしても速度は大きくなる。植物が生育するには，(ア) よりも強い光が得られる環境が必要である。陸上植物が生育する環境はさまざまで，草原や耕地など日当たりのよい環境でよく生育する (イ) 植物や，森林内の林床のような弱い光のもとでも生育できる (ウ) 植物がある。

海の光環境は陸上とは異なっている。海洋では光が水や浮遊物によって吸収され，水深が深くなるほど光の強度は落ちる。そのため，ある水深より深いところでは，藻類は生育できなくなる。その深さは (エ) とよばれ，これより深い領域を (オ) という。

海洋では，水深によって光の強度が異なるだけでなく，届く光の色の分布，すなわちスペクトルも異なる。藻類は，その生育する水深によって生育する種が異なり，ともに，持っている光合成色素も異なる。藻類の吸収スペクトルと作用スペクトルを調べるために，水深1mに生育していた緑藻と，水深30mに生育していた紅藻をそれぞれ採取した。

図1(A)は，採取した緑藻と紅藻の吸収率スペクトルと緑藻の光合成速度の作用スペクトルを測定したものである。緑藻は，675nm付近の赤い光と400～480nm付近の青い光をよく吸収する(実線)。光合成速度の作用スペクトル(点線)は，吸収スペクトルとよく一致しており，吸収された光は有効に光合成に利用されていることがわかる。また，紅藻は緑藻が吸収しない波長域の光も吸収できることが，図1(A)から読み取れる。

水中における光強度と水深との関係を表したものが図1(B)である。紅藻を採取した水深30mの地点は，緑藻を採取した水深1mのところに比べ，太陽光の強度は大きく減少している。また，光のスペクトルも水深1mのものとは異なっている。

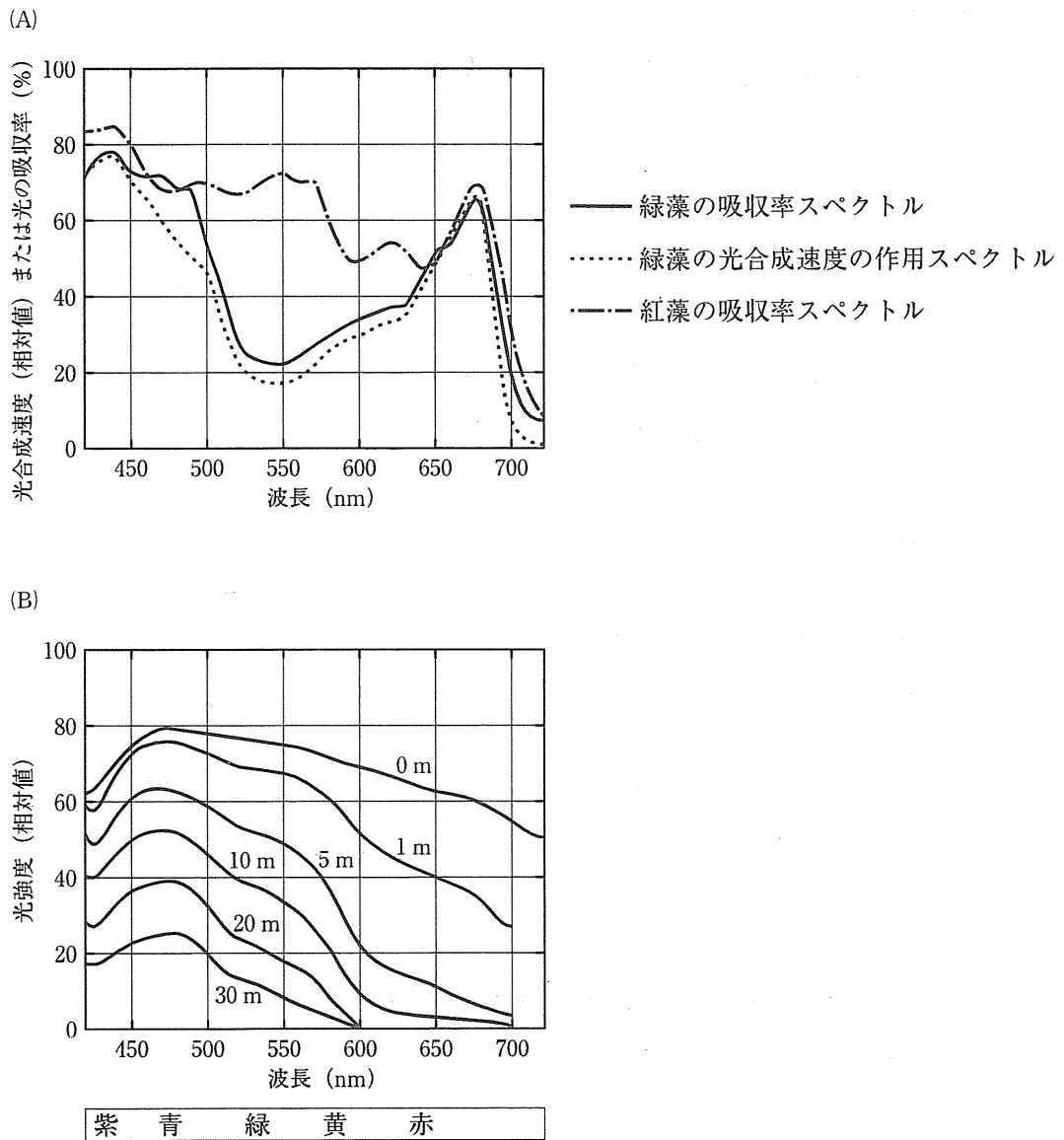


図1 (A) 緑藻における光の吸収率スペクトル (—) と光合成速度の作用スペクトル (.....), および紅藻における光の吸収率スペクトル (·—·—)。 (B) 水中に到達する光強度と水深との関係。

問い

- (1) 文中の (ア) ～ (オ) にあてはまるもっとも適切な語を解答欄に答えなさい。
- (2) 下線部①について、酸素の出入りがなくなる理由を説明しなさい。
- (3) 下線部②の状態に達したときの光の強度は何とよばれるか、解答欄に答えなさい。
- (4) 以下の語群に示した光合成生物の中から、緑藻に属するもの、紅藻に属するものをすべて選び、それぞれの解答欄にその名称を書きなさい。

[語群]

ツノモ	アサクサノリ	ゼニゴケ	ワカメ
ハネケイソウ	ミドリムシ	アオサ	
テングサ	コンブ	ミカツキモ	

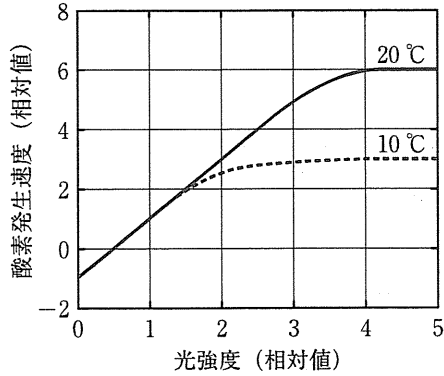
- (5) 緑藻、紅藻は、光合成色素としてどれを持つか。それぞれについて以下の語群からすべて選び、それぞれの解答欄にその名称を書きなさい。

[語群]

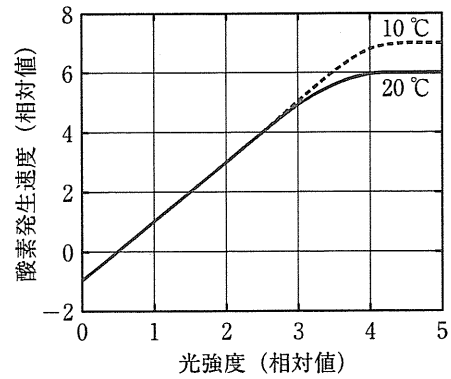
クロロフィル a	クロロフィル b	クロロフィル c
カロテン	フコキサンチン	

(6) 生体反応の速度は温度に依存する。それは光合成や呼吸も同じである。緑藻を用いて、10℃と20℃の2つの条件で光の強度を変えながら酸素の発生速度を測定した。その結果として、もっとも適切なグラフを1つ選び、解答欄に記号で答えなさい。

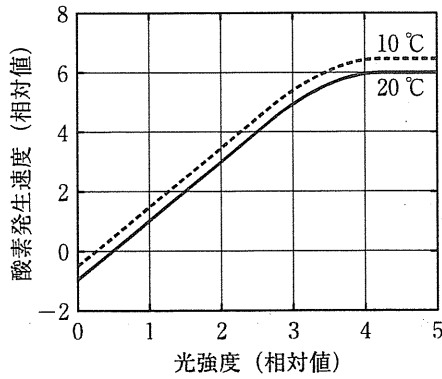
(ア)



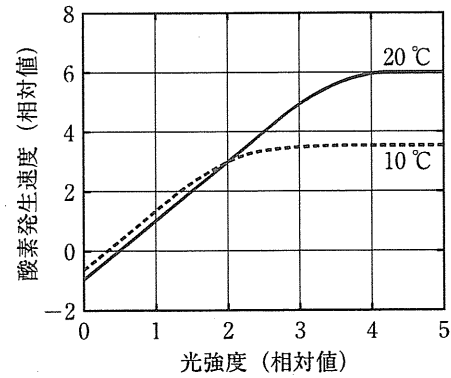
(イ)



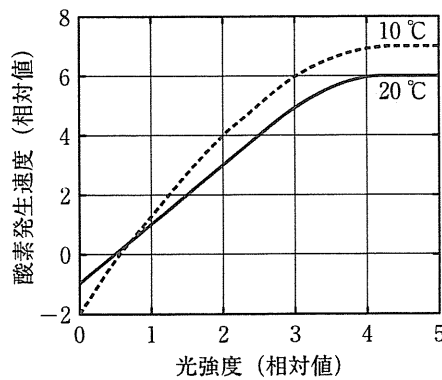
(ウ)



(エ)



(オ)



- (7) 水深1 mで生育していた緑藻の光合成特性は日当りの良い場所に生育する植物に、水深30 mで生育していた紅藻は弱い光のもとで生育する植物に似ていると考えることができる。緑藻を用いて光の強度を変えて酸素発生速度を測定したところ、図2の曲線(ア)が得られた。紅藻を用いて同様の測定を行った場合どのようなになると予想されるか。もっとも適切なものを選択肢(イ)~(カ)から1つ選び、解答欄に記号で答えなさい。ただし、この実験では、緑藻、紅藻とも同様に吸収する、650 nmより長波長の赤い光を照射したものとする。

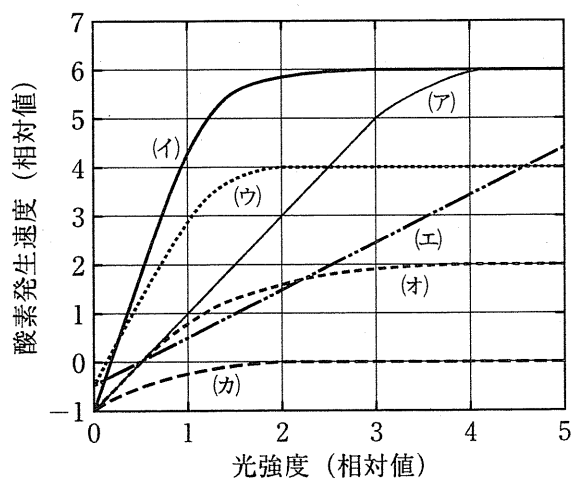


図2 光強度と酸素発生速度の関係

- (8) 下線部③に示す紅藻の特徴がもっとも顕著に見られる波長はどれか。もっとも適切なものを以下の選択肢の中から1つ選び、解答欄に記号で答えなさい。

[選択肢]

- (a) 450 nm (b) 500 nm (c) 550 nm (d) 600 nm
 (e) 650 nm (f) 700 nm

(9) 図1(B)において、水深1 mにおける光環境と水深10 mにおける光環境について述べた以下の文のうち、適切と考えられる文には○を、不適切と考えられる文には×を、どちらも言えない文には△を解答欄に書きなさい。

- (i) 光の強度は水深1 mでも水深10 mでも変わりはない。
- (ii) 水深10 mでは、青い光に比べ、赤い光の強度は非常に小さい。
- (iii) 水深10 mでは、水面に比べ、青い光の強度は1/10程度にまで落ちる。
- (iv) 水深と光の強度は比例関係にある。
- (v) 表層に生育する藻類が光を吸収するので、水深10 mでは光の強度が落ちる。

(10) 水深30 mに相当する光環境で緑藻と紅藻が光合成を行った場合、光の強度が低くても十分に光合成ができる紅藻の方が緑藻に比べて有利である。さらに、光合成に利用できる光の色の点でも紅藻に有利である。その理由を、以下の語句を使って述べなさい。

[語句]

緑の光 水深30 m

この問題は「生物」の問題です。

数学科，物理学科，都市環境学科においては，「生物」の解答は無効になります。

VIII 以下の文章を読み，問い(1)～(6)に答えなさい。(50点)

制限酵素は DNA 中の特定の塩基配列を認識し，その部分で DNA の 2 本鎖を切断する。制限酵素はウイルスに対する細菌の防御機構としてはたらき，さまざまな細菌で，多くの種類の制限酵素が見いだされている。切断される特定の塩基配列は，制限酵素の種類によって異なる。EcoR I という制限酵素は， $5'-GAATTC-3'$ という配列を認識し，図 1 に示すように，DNA 配列の G と A との間を切断する。認識される塩基配列をみると，2 本の DNA 鎖それぞれでの塩基配列は同一で，並び方が互いに反対になっている（回文配列）。一般に，制限酵素が認識する塩基配列は回文配列であるため，認識する塩基配列を 1 本鎖 DNA の塩基配列で表すこともできる。EcoR I が認識する塩基配列と切断位置は $5'-G\downarrow AATTC-3'$ と表記することができる。ここで，「↓」は制限酵素が DNA を切断する位置を示す。EcoR I が DNA に作用したとき，2 本の DNA 鎖が数塩基ずれた位置で切断され，切断された DNA 鎖の末端に 1 本鎖の突出部分ができる。このように，1 本鎖の末端を作り出す制限酵素は多数知られている。

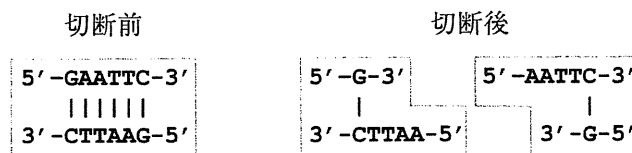


図 1 EcoR I による DNA の切断。図中の縦線（|）は，各塩基対の水素結合を模式的に表す。

細菌の細胞内では，染色体 DNA とは別に，プラスミドとよばれる細胞内で増殖する小型の 2 本鎖環状 DNA がしばしば見いだされる。あるプラスミド（プラスミド P）を図 2 に示す。

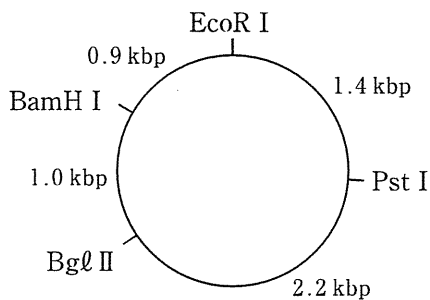


図2 プラスミドPの構造。円は2本鎖DNAを表す。EcoR I, Pst I, Bgl^{II}およびBamH Iは制限酵素の名称であり、円の上を示した位置でDNAを切断する。となり合う制限酵素切断位置の間に書かれた数字は、それぞれの切断位置間の塩基対のおおよその数を示す。1 kbpは1000塩基対を表す〔bpはbase pair (塩基対)の略〕。このような図は制限酵素切断地図とよばれる。

制限酵素EcoR Iと、Pst I, Bgl^{II}およびBamH Iのうちの1種または2種とを組み合わせて、プラスミドPに作用させた。断片化されたDNAをアガロース(寒天の主成分)で作ったゲルを用いて電気泳動した結果を図3に示す。電気泳動すると、DNA断片は(ア)極に向かって移動する。このとき、塩基対の数が多い大きなDNA断片はゲルの繊維の網目構造に移動を妨げられ、小さなDNA断片よりも移動が遅くなる。そのため、ある一定時間電気泳動した後に移動した距離を測定することによってDNA断片の大きさを知ることができる。

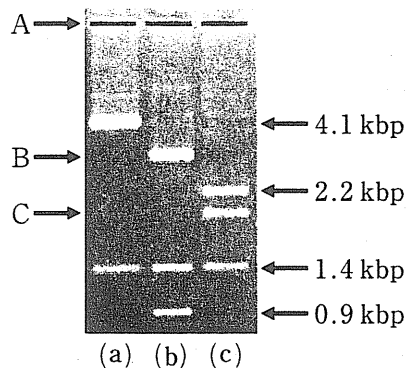


図3 プラスミドPのアガロース・ゲル電気泳動。Aの位置に、—で示す、ゲルに作ったくぼみ(ウェルとよばれる)があり、そこに制限酵素で切断したDNAのサンプルを入れ、電気泳動した。DNAは写真の上から下に向かって移動した。DNA断片を染色し、図中に見られる白いバンドとして検出した。写真右の数字はDNA断片の塩基対の大きさ(kbp)を示す。ただし、制限酵素を作用させたとき、すべてのプラスミドDNAは切断されていたものとする。

問い

- (1) 文中の にあてはまるもっとも適切な語を解答欄に答えなさい。
- (2) BamH I, Pst I および Bgl II が認識する塩基配列とその切断部位は、以下のよう表記することができる。

BamH I: 5'-G↓GATCC-3', Pst I: 5'-CTGCA↓G-3', Bgl II: 5'-A↓GATCT-3'

それぞれの制限酵素で DNA を切断したときの DNA の末端の構造を、解答欄の例にならって書きなさい。ただし、図 1 に示すように、制限酵素で 2 本鎖 DNA を切断した後は一对の同一構造が形成されるので、一对の片方だけを書き、1 本鎖 DNA の両側に「5'」と「3'」を、また、水素結合を表す「縦線 (|)」を書き入れなさい。

- (3) つぎの(i)および(ii)に記した 2 種の制限酵素の組み合わせで、プラスミド P を切断した。それぞれについて、生じた DNA 断片の数を答えなさい。また、各 DNA 断片の大きさ (kbp) を、小数点以下第一位までの値で答えなさい。
- (i) EcoR I と Bgl II (ii) BamH I と Pst I
- (4) つぎの文章を読んで、(i)および(ii)に答えなさい。

プラスミド P を EcoR I と Bgl II とで切断した後、いったん制限酵素を失活させ、つぎに DNA リガーゼを作用させた。その結果、 kbp の環状 DNA が得られた。一方、プラスミド P を BamH I と Bgl II とで切断し、同じように制限酵素を失活させた後、DNA リガーゼを作用させた場合、 kbp の環状 DNA だけでなく、それ以外の環状 DNA が得られた。これは、BamH I および Bgl II で切断されてできた 1 本鎖の突出部分の塩基配列が互いに 的なためである。

- (i) 文中の にあてはまるもっとも適切な数値を小数点以下第一位までの値で、また、文中の にあてはまるもっとも適切な語を解答欄に答えなさい。
- (ii) 下線部①で示す環状 DNA の中で、もっとも小さいサイズのものは何 kbp か。小数点以下第一位までの値で答えなさい。

(5) 図3の(a)~(c)は, EcoR I と, Pst I, Bgl II および BamH I のうちの1種または2種の制限酵素とを組み合わせずてプラスミドPに作用させ, 切断した結果を示す。つぎの問い(i)および(ii)に答えなさい。

(i) 図3の(a)~(c)は, EcoR I とどの制限酵素とを組み合わせたときの結果と考えられるか。EcoR I と組み合わせた他の制限酵素の名称を1つあるいは2つ, 答えなさい。

(ii) 図3の矢印BおよびCの位置まで移動したDNA断片の大きさ(kbp)を, 図2から推定し, 小数点以下第一位までの値で答えなさい。

(6) プラスミドQは4.4 kbpの環状2本鎖DNAである。3種類の制限酵素, BamH I, Hind III および Pst I は, いずれも, プラスミドQを1カ所で切断することがわかっている。Hind III と Pst I とを組み合わせずてプラスミドQに作用させたところ(実験1), 0.8 kbp と 3.6 kbp の2つのDNA断片を生じた(表1, 図4)。制限酵素の組み合わせを変えて, 実験2および実験3を行った(表1)。これらの結果をもとに, BamH I がプラスミドQを切断するおおよその位置を, 解答欄の図に書き入れなさい。さらに, 3種類の制限酵素それぞれの切断位置間の塩基対の数(kbp)すべてを, 図2にならうて, 小数点以下第一位までの値で書き入れなさい。なお, 解答欄の図は図4と同じである。

表1. プラスミドQに制限酵素(BamH I, Hind III, Pst I)をさまざまに組み合わせずて作用させたときに生じたDNA断片の大きさ

実験	作用させた制限酵素	DNA断片(kbp)
1	Hind III と Pst I	0.8, 3.6
2	BamH I と Hind III と Pst I	0.4, 0.8, 3.2
3	BamH I と Pst I	1.2, 3.2

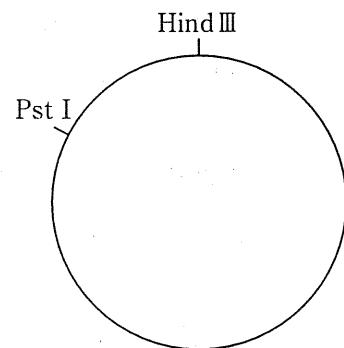


図4

この問題は「生物」の問題です。

数学科，物理学科，都市環境学科においては，「生物」の解答は無効になります。

IX 以下の文章 A，B を読み，問い(1)～(10)に答えなさい。(50 点)

A 動物の体内環境は，さまざまな種類の細胞が協調的にはたらくこと（協同作用）で維持されている。中でも，体の中に侵入した病原体に対する防御機構である免疫は，細胞どうしの複雑な協同作用でなりたっている。免疫には，侵入したさまざまな病原体に幅広く，すばやく応答する機構と，応答は遅いが決まった病原体を標的として排除する機構とがある。後者の機構では，全身の組織に存在する樹状細胞が侵入した異物を取り込むと，リンパ節や脾臓へ移動し，リンパ球を活性化する。このときに，樹状細胞は取り込んだ異物を細胞内で分解して提示する。すると，提示された異物を認識した T 細胞が活性化し，増殖する。増殖した T 細胞は，感染部位にある免疫細胞を活性化したり，ある種のリンパ球を活性化することで抗体の産生を促したりする。樹状細胞は，また，細胞性免疫も活性化する。これらの一連の反応でいったん活性化したリンパ球の一部は，記憶細胞として残り，同じ異物が再び体内に侵入したときに，再度，免疫応答を起こす。このしくみを免疫記憶という。

問い

- (1) 下線部①の名称を答えなさい。また，この反応で主要な役割を果たす免疫系の食細胞の名称を 2 つ，答えなさい。
- (2) 下線部②について，T 細胞が異物として認識するための，細胞膜にあるタンパク質の名称を答えなさい。
- (3) 下線部③と下線部④ではたらいっている T 細胞の名称を，それぞれ答えなさい。
- (4) 下線部⑤の，抗体によって病原体を除去する免疫機構の名称を答えなさい。

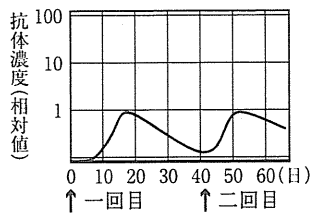
- (5) 下線部④の細胞性免疫とはどのようなしくみか。以下の語を含む、25字以上60字以内の文章で説明しなさい。

[語]

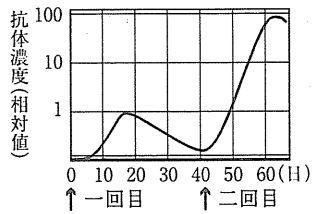
感染細胞 提示 MHC

- (6) 下のグラフは、ある動物に同じ抗原を二回注射したときの、注射した抗原に対する抗体の濃度の変化を示す。下線部⑤の免疫記憶における、一次応答と二次応答について正しく示しているグラフを選び、解答欄に記号で答えなさい。なお、グラフの縦軸は血清中の抗体濃度の相対値を対数で、横軸は日数を、グラフの下矢印は抗原を注射した日をそれぞれ示す。

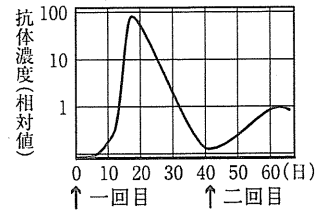
(a)



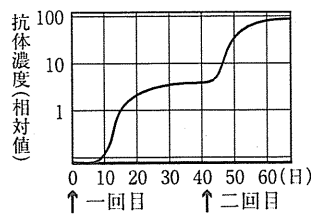
(b)



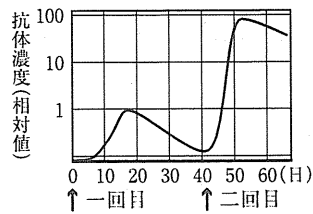
(c)



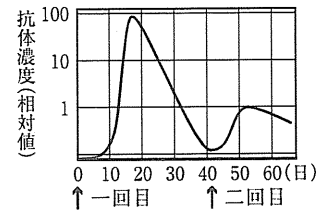
(d)



(e)



(f)



B あらかじめ抗原をマウスの血液中に注射することで、その物質に対する抗体を人為的につくらせることができる。ただし、抗原となる物質の分子量が小さい場合は、それ自体を直接マウスに注射しても、抗原としてほとんど認識されないため、その物質に対する抗体がつくられにくい。しかし、他の分子量の大きなタンパク質と結合させた複合体をつくり、これをマウスに注射すると、そのタンパク質に対する抗体だけでなく、分子量の小さな物質に対する抗体もつくられる。この性質を利用し、二次応答における細胞の協同作用を調べるため、以下の実験を行った。

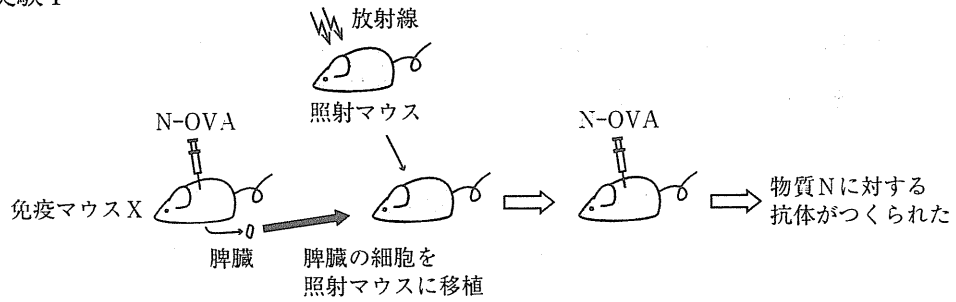
実験の概要を図1に示す。実験にはニワトリ卵白アルブミンタンパク質 (OVA) とウシ血清アルブミンタンパク質 (BSA) を抗原として用いた。これらのタンパク質は、マウスの体内では異なる抗原として認識される。さらに、抗原物質として、分子量の小さい物質Nと、OVA または BSA を結合させたものを作製した。それぞれを、「N-OVA」、「N-BSA」とよぶ。最初にまず、これらの物質をマウスに注射することにより、これらの物質に対して免疫をもつ「免疫マウス」を準備する。また、放射線を照射してリンパ系の細胞を死滅させた「照射マウス」を準備する。抗原として、N-OVA を注射したマウスを「免疫マウスX」、BSA を注射したマウスを「免疫マウスY」、何も注射していないマウスを「未免疫マウス」とする。なお、実験ではすべて同じ系統のマウスを用いた。

実験1. 免疫マウスXから脾臓の細胞をとり出し、照射マウスに移植した後、N-OVA を注射すると、約一週間後に物質Nに対する抗体がつくられた。

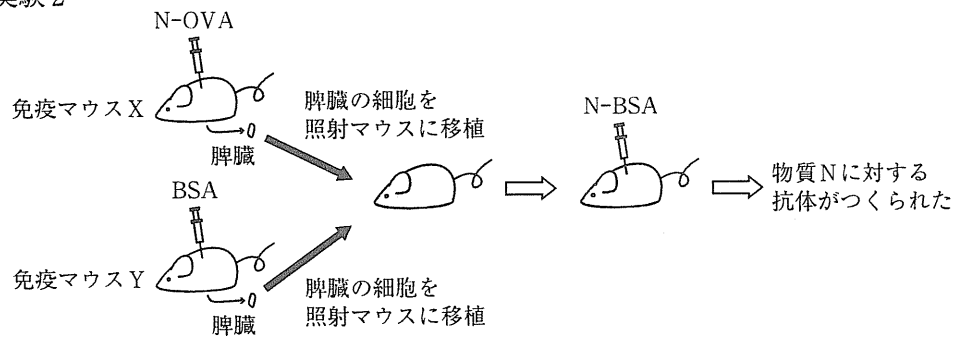
実験2. 免疫マウスXから脾臓の細胞をとり出し、免疫マウスYの脾臓の細胞と一しょに照射マウスに移植した後、N-BSA を注射すると、約一週間後に物質Nに対する抗体がつくられた。

実験3. 免疫マウスXから脾臓の細胞をとり出し、未免疫マウスの脾臓の細胞と一しょに照射マウスに移植した後、N-BSA を注射すると、約一週間を経ても物質Nに対する抗体はつくられなかった。

実験1



実験2



実験3

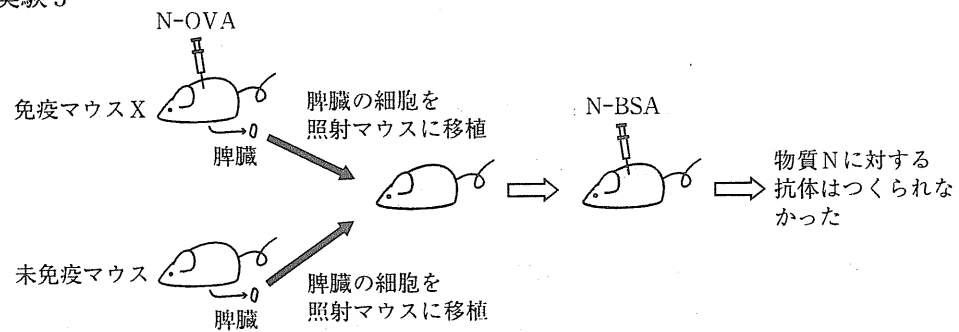


図1 実験の概要

(7) 実験1～実験3では、脾臓の細胞を移植される方のマウスに、あらかじめ放射線を照射している。この理由としてもっとも適切なものはどれか、(a)～(d)から選び、解答欄の記号を丸で囲みなさい。

- (a) 細胞を移植することによって起こる拒絶反応を防ぐため。
- (b) 移植した細胞と照射マウスの細胞との相互作用を調べるため。
- (c) 移植した細胞ではなく、照射マウスの細胞の免疫応答のみを調べるため。
- (d) 照射マウスの細胞ではなく、移植した細胞の免疫応答のみを調べるため。

(8) 実験1から考察できることはどれか、(a)～(d)からすべて選び、解答欄の記号を丸で囲みなさい。

- (a) 免疫マウスXの脾臓の細胞には、物質Nに対する抗体をつくる細胞の記憶細胞が含まれている。
- (b) 免疫マウスXの脾臓の細胞には、物質Nに対する抗体をつくる細胞を活性化させる細胞の記憶細胞が含まれている。
- (c) 照射マウスの脾臓の細胞には、物質Nに対する抗体をつくる細胞の記憶細胞が含まれている。
- (d) 照射マウスの脾臓の細胞には、物質Nに対する抗体をつくる細胞を活性化させる細胞の記憶細胞が含まれている。

(9) 実験2と実験3を比較した結果、物質Nに対する抗体をつくる細胞を活性化させる細胞の記憶細胞は、どこにあると考えられるか。(a)～(d)からもっとも適切なものを選び、解答欄の記号を丸で囲みなさい。

- (a) 免疫マウスXの脾臓
- (b) 免疫マウスYの脾臓
- (c) 未免疫マウスの脾臓
- (d) 照射マウスの脾臓

- (10) 以下は、実験1～実験3の結果について要約した文である。文中の [ア] ～ [カ] にあてはまるもっとも適切な語を解答欄に答えなさい。ただし、 [ア] , [ウ] , [カ] にはマウスの名称を, [イ] , [エ] , [オ] には免疫細胞の名称を, それぞれ答えなさい。

実験2では、照射マウスにN-BSAを抗原として注射すると、 [ア] 由来の、物質Nを抗原として認識する [イ] の記憶細胞が、N-BSAを細胞内に取り込んで分解し、BSAの一部を抗原として細胞表面に提示する。これを、 [ウ] 由来の、BSAを抗原として認識する [エ] の記憶細胞が認識する。その結果、認識された [イ] の記憶細胞は刺激を受けて活性化され、増殖して [オ] へと分化し、物質Nに対する抗体をつくる。しかし、実験3では、物質Nを抗原として認識する [イ] の記憶細胞を活性化する細胞が [カ] にはないため、照射マウスにN-BSAを注射しても物質Nに対する抗体はつくられない。このように、二次応答における抗体産生にも、細胞どうしの協同作用が必要であることが示された。

