

生 物

医学部・応用生物科学部

問 題 冊 子

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。
2. 問題冊子は15ページで、医学部は解答用紙3枚・白紙1枚、応用生物科学部は解答用紙5枚・白紙3枚である。乱丁、落丁、印刷不鮮明の箇所などがある場合は、ただちに試験監督者に申し出ること。
3. 受験番号は、解答用紙のそれぞれ指定の欄すべてに必ず記入すること。
4. 解答は、解答用紙の指定箇所に記入すること。指定箇所以外に記入された解答は採点の対象としない。
5. 問題は大問で5題ある。応用生物科学部の受験生は5題すべてに解答すること。医学部の受験生は問題 **1** , **2** , **3** に解答すること。
6. 解答用紙は持ち帰らないこと。
7. 問題冊子および白紙は持ち帰ること。
8. 大問ごとに、満点に対する配点の比率(%)を表示してある。

1 次の文章を読み、問1～5に答えよ。(配点比率 医：34%，応生：20%)

動物は外界からのさまざまな刺激を情報として受け取り、それらに対して反応を示したり、行動を起こしたりする。外界からの刺激は受容器で受け取られるが、受容器にはいろいろな種類があり、受容器ごとに受け取ることのできる刺激の種類がきまっている。このような刺激を **ア** という。

空気中の化学物質に対しては、鼻腔の奥にある **イ** が受容器としてはたらく。**イ** には、**ウ** とよばれる感覚細胞が存在する。**ウ** は **イ** の表面に **エ** とよばれる多数の突起をのぼしている。**エ** の細胞膜には **オ** とよばれるタンパク質が存在し、空気中の化学物質が **オ** に結合することによって **ウ** が興奮する。**ウ** の興奮は、まず脳の嗅球に伝えられる。興奮はそこからさらに脳内のさまざまな部位に伝えられ、その過程で情報処理がなされる。脳内で情報処理された結果は、最終的に筋や腺などの効果器に伝えられ、反応や行動が生じる。

嗅覚に関する行動のしくみを調べるために以下の実験を行った。

[実験1] マウスが入った容器の中に、におい物質を浸み込ませた濾紙ろしを入れた。濾紙を入れてから一定時間内に、マウスが濾紙を嗅ぐ行動をした時間を測定した(図1)。何の処置も加えていないマウス(正常マウス)の場合、水を浸み込ませた濾紙に対して5秒間の嗅ぐ行動がみられた。この5秒間を基準として、正常マウスの、さまざまなにおいに対する反応を調べた。ピーナッツバターのおい(食物のおい)に対しては、それより長い時間の嗅ぐ行動がみられ、誘引反応(引き付けられる反応)を示すことがわかった。一方、腐敗臭や、天敵であるキツネのおいに対しては、ごく短い時間の嗅ぐ行動しかみられず、忌避反応きひ(避ける反応)を示すことがわかった。

[実験2] 嗅球内の、ある領域Aを破壊したマウスを領域A破壊マウスとよぶ。また、領域A内の小領域aを破壊したマウスを領域a破壊マウスとよぶ。これらのマウスを使って実験1と同様の実験を行った(図1)。

[実験3] 正常マウスに、ゴムのにおいを浸み込ませた濾紙を提示した。ゴムのにおいに対しては、初めて提示した際にも、2日後に2回目の提示をした際にも、水と同じ時間の嗅ぐ行動がみられた(図2)。これとは別に、1回目に提示した直後、腹痛を生じさせる塩化リチウムを投与すると、2回目の提示をした際に、ゴムのにおいに対して忌避反応を示すようになった(図2)。このような行動の変化は、ゴムのにおいに対してのみみられ、他のにおいに対しては、塩化リチウムを投与する前と後で、変化がみられなかった。

[実験4] 領域a破壊マウスに、キツネのにおいを提示した。キツネのにおいに対しては、初めて提示した際にも、2日後に2回目の提示をした際にも、水と同じ時間の嗅ぐ行動がみられた(図3)。しかし1回目に提示した直後に塩化リチウムを投与すると、その後キツネのにおいを提示した際に、キツネのにおいに対して忌避反応を示すようになった(図3)。このような行動の変化は、キツネのにおいに対してのみみられ、他のにおいに対しては、塩化リチウムを投与する前と後で、変化がみられなかった。

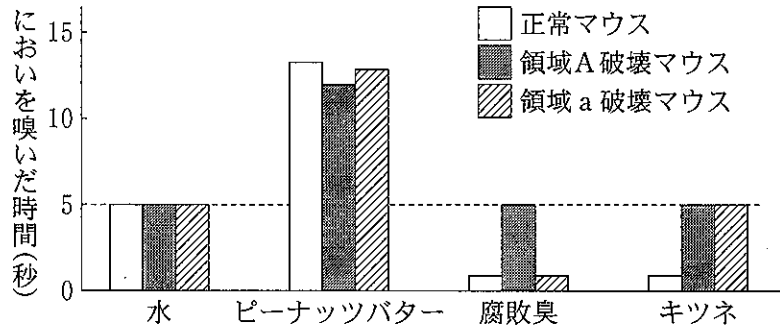


図1 嗅球内領域の破壊による各種のにおいに対する行動の変化

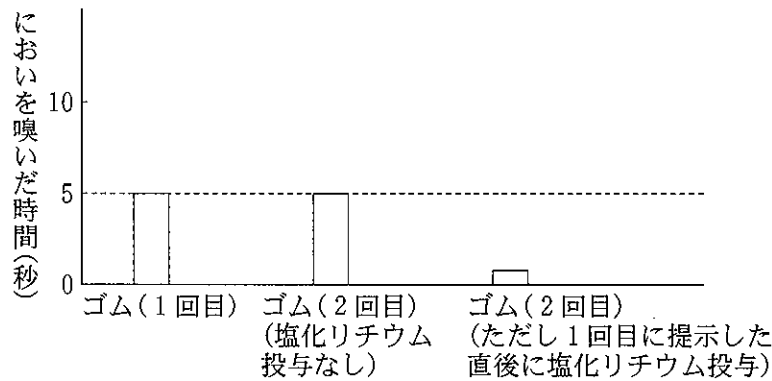


図2 正常マウスにゴムのにおいを提示し、その直後に塩化リチウムを投与した場合の行動の変化

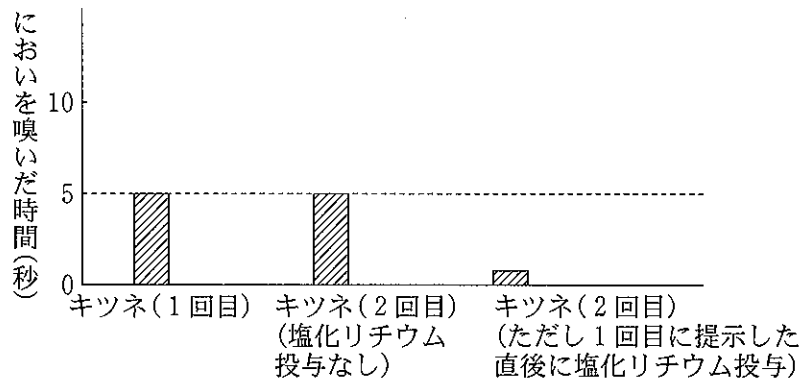


図3 領域a破壊マウスにキツネのにおいを提示し、その直後に塩化リチウムを投与した場合の行動の変化

問 1. ~ に適切な語を入れよ。

問 2. 実験 1 と実験 2 で調べた反応において、嗅球内の領域 a は、どのような役割をしているか。以下の文の ~ に入れる適切な語句を、(ア)「必須の領域」、(イ)「必須でない領域」から選び、記号を記せ。

領域 a は、ピーナッツバターのおいに対する誘引反応に である。

領域 a は、腐敗臭に対する忌避反応に である。

領域 a は、キツネのおいに対する忌避反応に である。

問 3. 下記の文章は、実験 1 と実験 3 の結果に関して述べたものである。 ~ に適切な語を入れよ。ただし、 と には異なる語を入れよ。

動物は経験がなくても、特定の刺激に対する反応として、定型的な行動パターンを示す場合がある。このような行動は 的行動とよばれ、 的なプログラムによって支配されている。実験 1 のような、食物のおいや腐敗臭、天敵のおいに対する反応は、生まれてから一度も、それらのおいを嗅いだことのないマウスでもみられ、 的な反応と考えられる。

一方、動物の行動は、生まれてからの経験によって変化する場合がある。これを という。実験 3 において、本来、マウスはゴムのおいに対して目立った反応を示さず、ゴムのにおいは中立的な刺激であったと考えられる。しかし、マウスがゴムのにおいを嗅いだ際に腹痛を経験することにより、その後、マウスはゴムのおいに対して忌避反応を示すようになった。このような一定条件下で形成された反応を条件反応とよび、条件反応を引き起こすようになった中立的な刺激を とよぶ。

問 4. 実験 4 の結果(図 3)に関して、次の(a)~(e)の中で正しいものをすべて選び、記号を記せ。

- (a) 領域 a 破壊マウスは、キツネのおいを検知することができない。
- (b) 領域 a 破壊マウスは、どのような条件でも忌避反応を示さない。
- (c) 領域 a 破壊マウスには、塩化リチウムを用いた条件付けを行うことができる。
- (d) 塩化リチウムは、条件反応を引き起こすようになった中立的な刺激である。
- (e) 塩化リチウムを投与せずに、キツネのおいを 2 回提示する場合、2 回目の提示であっても、においを嗅ぐ時間に慣れの効果はみられない。

問 5. 実験 1 ~ 4 の結果から、領域 a は、キツネのおいに対する反応において、どのようなはたらきをしていると考えられるか、「忌避反応」と「検知」と「条件付け」の 3 語を用いて 100 字以内で記せ。

下書き用 (100字)

2 次の文章を読み、問1～9に答えよ。(配点比率 医：33%， 応生：20%)

タンパク質を構成するアミノ酸の配列情報はDNAの塩基配列によって指定されている。タンパク質が合成される際には、その遺伝子であるDNAからRNAが合成されるが、真核生物の場合、タンパク質をコードする遺伝子の内部に翻訳されない塩基配列を含むことがある。そうした塩基配列もRNAとして転写はされるが、核内で取り除かれる。この取り除かれる部分に対応するDNAの領域は とよばれる。また最終的に作られたRNAは とよばれる。 は を通って細胞質へ運ばれた後、 と結合する。 は、 の塩基配列をもとにアミノ酸を連結してタンパク質を作る。RNAを構成するヌクレオチドの種類よりも、タンパク質を構成するアミノ酸の種類の方が多いので、ヌクレオチド1つではアミノ酸を指定しきれない。そこで生物は3つのヌクレオチドからなるコドンを用いて1つのアミノ酸を指定している。このコドンとアミノ酸の対応表を とよぶ。タンパク質の合成は、AUGである から始まり、その後、 にしたがってコドンがアミノ酸に翻訳されながら、そのアミノ酸が順次連結されて、ペプチド鎖が伸長していき、UAAなどの が現れるまでペプチド鎖の伸長が続く。クリックは、DNAの遺伝情報がタンパク質のアミノ酸配列に翻訳される際に、図1に示す一方向の流れが存在することを予想し、その概念を と名付けていたが、その後、この概念には例外も存在することがわかった。

ただRNAはタンパク質が合成される際にだけ作られるのではなく、RNAが最終産物である場合もある。その代表例が RNAである。真核生物の場合、 RNAは核小体で作られるが、その際、まずひと続きのRNAが合成され、その後、そのRNAから複数種類の RNAが作られることが知られている。図2はある真核生物の核内で、後に RNAとなるひと続きのRNAが作られる様子を電子顕微鏡で観察し、スケッチしたものである。

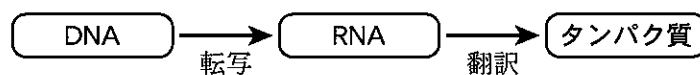


図1 タンパク質が作られる際の遺伝情報の流れ

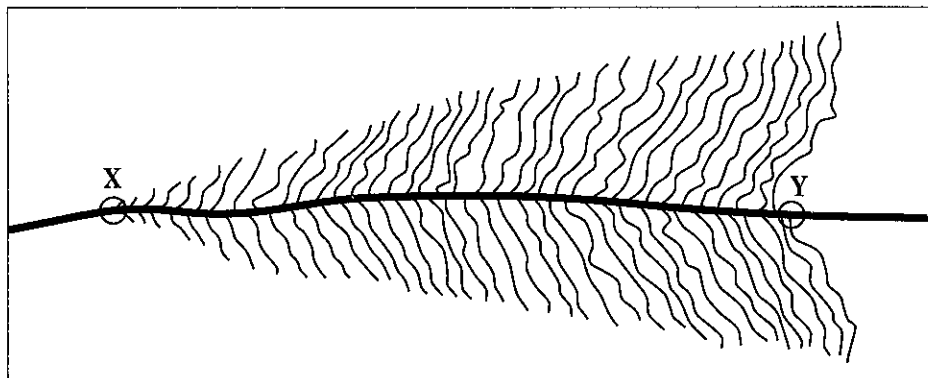


図2 DNAからRNAが転写されている様子

図中の太い線はDNAを、細い線はRNAを表している。

問 1. ア ~ ク に適切な語を入れよ。

問 2. 下線部①の過程を何とよぶか、記せ。

問 3. 下線部②に関して、次の(a)~(d)の中で正しいものを1つ選び、記号を記せ。

- (a) アミノ酸を指定しているコドンの数は64個である。
- (b) アミノ酸を1つ決めると対応するコドンが必ず1つ決まる。
- (c) コドンの3番目の塩基が変わっても対応するアミノ酸が変わらないことがある。
- (d) コドンを1つ決めると対応するアミノ酸が必ず1つ決まる。

問 4. 下線部③に関して、以下の問いに答えよ。

- (1) コドンとアミノ酸を結びつけるはたらきをするRNAを何とよぶか、記せ。
- (2) (1)のRNAにおいて、コドンと塩基対を形成する塩基配列のことを何とよぶか、記せ。
- (3) (1)のRNAがAUGからなるコドンと塩基対を形成する場合、(2)の塩基配列を記せ。ただし塩基配列を記す場合は5'末端を左にすること。

問 5. 下線部④に関して、図1に示す矢印とは逆向きの流れが見つかっている。どのような事例が見つかっているか40字以内で記せ。

下書き用(40字)

問 6. 図 2 の観察結果に関わっている酵素について、以下の問いに答えよ。

- (1) DNA から RNA を合成する酵素を何とよぶか、記せ。
- (2) (1)の酵素が転写を始める際に DNA に結合する領域を何とよぶか、記せ。
- (3) 図 2 のように観察されるまで、(1)の酵素は図 2 の DNA 上でどのようにふるまっていたか、次の(a)~(c)の中で正しいものを 1 つ選び、記号を記せ。
 - (a) X → Y 方向に移動していた。
 - (b) DNA 上の同じ位置にとどまっていた。
 - (c) Y → X 方向に移動していた。

問 7. 図 2 に関して、次の(a)~(d)の中で誤っているものを 1 つ選び、記号を記せ。

- (a) XY 間のいろいろな場所から転写が始まっている。
- (b) RNA は分子内で塩基対を作る場合があるので DNA に比べて短く見えている。
- (c) 1 分子の DNA から同時に多数の RNA 分子が合成されている。
- (d) DNA には転写を終わらせる働きをする領域が存在している。

問 8. 図 2 で観察されるひと続きの RNA の塩基組成は、アデニン 11 %、グアニン 38 %、シトシン 34 %、ウラシル 17 % であった。この時、この RNA に対応している 2 本鎖 DNA の塩基組成を計算し、各塩基名とともに、その百分率を有効数字 2 桁で記せ。

問 9. 図 2 に示した XY 間の長さは 9.7 cm である。この電子顕微鏡像の観察結果は、何倍に拡大されているか計算し、有効数字 2 桁で記せ。ただし、このひと続きの RNA の鎖長は 13000 ヌクレオチド、DNA の 1 塩基対分の長さが 0.34 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) であるとせよ。また、図 2 に示した DNA は折りたたまれておらず、直鎖状に引き伸ばされて観察されていると考えよ。

3 次の文章を読み、問1～3に答えよ。(配点比率 医：33%，応生：20%)

リンパ球、マクロファージ、顆粒白血球、樹状細胞といった白血球は、免疫を担当する細胞である。これら白血球の中で、リンパ球には骨髄でつくられたのちに、胸腺で成熟する **ア** と、骨髄で成熟する **イ** がある。

免疫反応は **ウ** と **エ** の2つに大別される。**ウ** は、顆粒白血球やマクロファージが体内に侵入した異物を **オ** により速やかに排除するなどの、生まれつき備わった基本的な免疫反応である。一方、**エ** は異物を取り込んだ樹状細胞やマクロファージの一部がリンパ節などに移動し、異物の情報をリンパ球へ伝えることによって始まり、免疫を担当する細胞とそれらの分泌するさまざまなタンパク質が互いに関連しあつて、特定の異物を効率よく排除する後天的なしくみである。

エ では、細菌類や花粉、化学物質など体内に侵入し、非自己と認識され、排除される異物は **カ** とよばれる。**エ** は、そのメカニズムの違いから、体液性免疫と細胞性免疫の2つに分けられる。体液性免疫は **カ** と特異的に結合するタンパク質である **キ** が関与する。**キ** は基本的には同じ構造をしているが、**カ** と結合する部位は **ク** とよばれ、アミノ酸配列が異なることで、様々な立体構造を形成し、多種多様な **カ** と特異的に結合する。細胞性免疫は、**キ** が関与せずに、ウイルスなどの病原体に感染した細胞やがん細胞などに作用する。**ア** には体液性免疫と細胞性免疫の両方で働く **ケ** と細胞性免疫のみに働く **コ** がある。**エ** では異物が体内に侵入してから、その免疫反応が始まるまでに数日の時間を要するものの、**ウ** にはない二次応答^①がみられる。

免疫反応では、自己のからだを構成している細胞は攻撃されない。しかし、他の個体の臓器を移植すると、個体間で異なる主要組織適合抗原(MHC抗原)によって自己、非自己が識別され、移植臓器は排除される。この現象を **サ** という。MHC抗原は、ヒトではヒト白血球抗原^②(HLA)とよばれ、第6染色体上にある6対の遺伝子で型が決まる。これらの6対の遺伝子間の距離は非常に近いので、組換えが起こりにくい。また、この6対の遺伝子には複数の対立遺伝子が存在することが知られている。本来、自己の細胞や組織に対して免疫反応は起きることはないが、まれに自己のからだの構成成分に対して、免疫反応が起こることがある。このような免疫反応で起こる病気のことを **シ** という。

問1. **ア** ～ **シ** に適切な語を入れよ。

問 2. 下線部①に関して、(A)それが起こるしくみを 100 字以内で説明せよ。また、(B)その具体的な応用法の例を記せ。

下 書 き 用 (100 字)

(A)

問 3. 下線部②に関して、ヒトの臓器移植に際し、HLA 遺伝子の型の一致が重要であるが、一般的に、血縁関係のない他人より、兄弟姉妹間の方が、HLA 遺伝子の型が一致しやすいとされる。その理由を 150 字以内で記せ。

下 書 き 用 (150 字)

4 次の文章 I, II を読み, 問 1 ~ 6 に答えよ。(配点比率 応生: 20%)

I. 主に陸上で生活し, 光合成を行う真核生物を植物とよぶ。植物には 3 つの大きなグループ, すなわち, シダ 植物, イ 植物, 種子植物が含まれている。一方, 植物以外の光合成を行う真核生物は一般的に藻類とよばれている。ほとんどの藻類は水中で生活しており, 植物に比べると単純な体制を持っている。藻類には, 大きなグループとして, 褐藻類, ケイ藻類, 紅藻類, ウ 類, シャジクモ類などが含まれている。これらのうち, ① ウ 類とシャジクモ類が植物に近縁であり, さらにその他の特徴からシャジクモ類が植物の祖先と考えられている。また, 葉緑体の祖先と考えられる光合成を行う原核生物の エ は, 20 億年以上前に地球上に出現し, ② その繁栄をきっかけとして地球環境が大きく変化したと考えられている。

褐藻類に属するヒバマタは沿岸域の岩礁に付着し, 海中で扁平な葉状の体を成長させる藻類であるが, 図 1 のような生活環を持っている。成体(図 1 の A)にできた生殖巣で減数分裂が起こって卵^③と精子が形成される。放出された卵(図 1 の B)は細胞壁を持っておらず, まるでウニの卵のように球形をしている。受精(図 1 の C)の後しばらくたつと, 球形の受精卵の一部に小さな突起ができ始め(図 1 の D), 次第にそれが伸長していく(図 1 の E と F)。この構造を仮根とよぶ。葉状の体は仮根とは反対側に成長していき, 成体ができあがる。

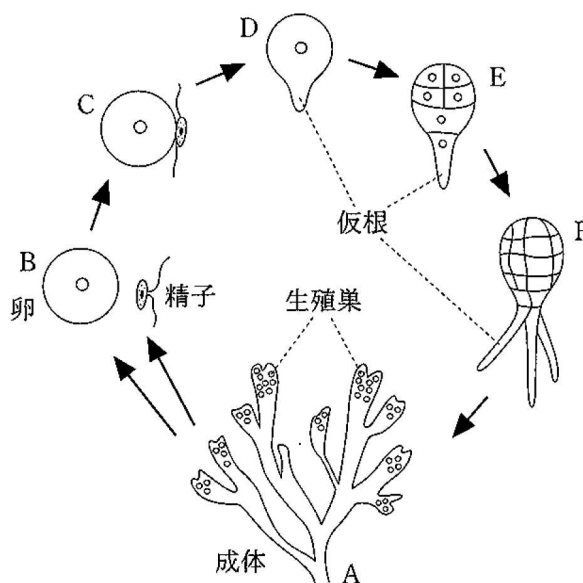


図 1 ヒバマタの生活環

(中沢信午 著『形態形成の原理』裳華房, 1982 年を一部改変)

問 1. イ ~ エ に適切な語を入れよ。

問 2. 下線部①に関して, そのように考える根拠として, ウ 類とシャジクモ類が植物と同じ光合成色素を持つことがあげられる。共通する光合成色素の名称をすべて記せ。

問 3. 下線部②に関して、地球大気にどのように変化が生じたのか、15 字以内で記せ。

下書き用 (15 字)

			5					10						15

問 4. 下線部③に関して、ヒバマタの生活環は、シダ植物の生活環と比較してどのような特徴をもつといえるか、最も重要な点を 20 字以内で記せ。ただし、水中生活と陸上生活の違いは除くものとする。

下書き用 (20 字)

II. 仮根はヒバマタ受精卵の決まったところから伸びるのであろうか。ヒバマタの仲間の受精卵をシャーレに入れ、一方向からのみ白色光を連続的にあてて培養したのち、顕微鏡で観察したところ、図 2 の A に示すような興味深い結果が得られた。すなわち、仮根は常に光源の反対側から伸びたのである (この場合、受精卵の回転は起こっていなかった)。さらに、照射時期などを変える実験を行って光の効果調べた結果が図 2 の B~K である。

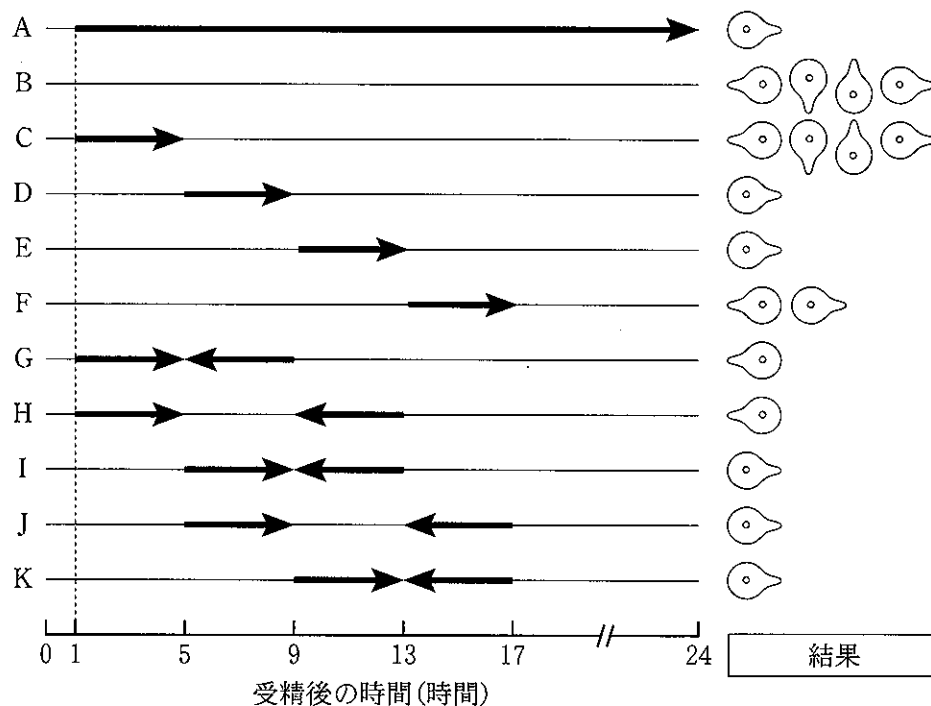


図 2 光の照射と仮根形成の方向の関係

太い矢印は一方向からの照射時期を、細い実線は暗黒下の培養時期を表す (逆向きの矢印は 180 度逆の方向からの照射を表す)。各実験において、受精の 24 時間後に仮根形成の方向を調べた結果の概略を右に図で示す。

(嵯峨直恒・中沢信午 著『Fucales ノート(7)』藻類第 22 巻 p 1—5, 1974 年を一部改変)

問 5. 下線部④に関して、この実験結果で示された性質がヒバマタの自然界での生活に役立っているとする、どのようなことが考えられるか、40字以内で記せ。

下書き用(40字)

				5					10					15					20

問 6. 仮根形成に及ぼす光の効果に関して、次の(a)~(h)の中から正しいと考えられるものをすべて選び、記号を記せ。

- (a) 暗黒下では仮根形成の方向は不定である。
- (b) 仮根形成を促すためには12時間以上光照射する必要がある。
- (c) 仮根形成の方向決定に関して最も有効な光照射時期は受精後1~5時間である。
- (d) 仮根形成の方向決定に関して最も有効な光照射時期は受精後5~9時間である。
- (e) 仮根形成の方向決定に関して最も有効な光照射時期は受精後9~13時間である。
- (f) 仮根形成の方向決定に関して最も有効な光照射時期は受精後13~17時間である。
- (g) 受精後5~9時間、9~13時間の光照射は仮根形成の方向決定に関して同等の効果がある。
- (h) 一方向から4時間光照射したのちに逆方向から4時間光照射した場合、常に2回目の照射の方が仮根形成の方向決定に関して有効である。

5

次の文章 I, II を読み, 問 1 ~ 6 に答えよ。(配点比率 応生 : 20%)

I. 地球の全表面積に占める陸地と海洋の割合はおよそ 3 : 7 であるが, 生産者による純生産量の比率は陸地と海洋でおよそ 2 : 1 と逆転する。表 1 は地球のバイオームの生産者の純生産量と現存量をまとめたものである。

表 1 地球のバイオームの生産者の純生産量と現存量

バイオームの種類	面積 (10^6 km^2)	純生産量 (10^9 t/年)	現存量 (10^9 t)
熱帯多雨林	17.0	37.4	765
雨緑樹林	7.5	12.0	260
照葉樹林・硬葉樹林	5.0	6.5	175
夏緑樹林	7.0	8.4	210
針葉樹林	12.0	9.6	240
サバンナ	15.0	13.5	60
耕地	14.0	9.1	14
その他	71.5	18.7	113
陸地合計	149.0	115.2	1837
海洋合計	361.0	55.0	4
地球合計	510.0	170.2	1841

(R. H. ホイッタカー 著, 宝月欣二 訳『ホイッタカー生態学概説—生物群集と生態系—』培風館, 1979 年を一部改変)

問 1. 「照葉樹林」と「硬葉樹林」は暖温帯に見られるバイオームであるが, それぞれが分布する気候の特徴を 50 字以内で記せ。

下書き用 (50 字)

5					10					15					20				

問 2. 「サバンナ」は熱帯の草原であるが, 温帯の草原を何とよぶか, 記せ。

問 3. (1) 表 1 の数値を用い、陸地および海洋について、生産者の現存量 1t あたりの純生産量 (t/年) をそれぞれ計算し、有効数字 2 桁で記せ。

(2) (1) で求めた値が陸地と海洋で異なる理由を、それぞれの生産者の器官や組織の特徴に着目して、50 字以内で記せ。

下 書 き 用 (50 字)

				5					10					15					20

Ⅱ. 地球の生物の現存量の約 90 % は陸上に森林として存在する。森林を構成する樹木は、地上部の非同化器官である幹や枝をよく発達させている。幹を建築材料などの生活資材として得ることは、植物の生産力を活かした生態系サービスの利用形態の 1 つである。人工林では、計画的な伐採^{ばっさい}と植林を繰り返すなど適切な管理が図られることが必要である。^①

問 4. 図 1 は生態系における植物の現存量、生産量等の関係を模式的に表したものである。「純生産量」および「現在の現存量」を、図中のアルファベットを用いて数式で記せ。

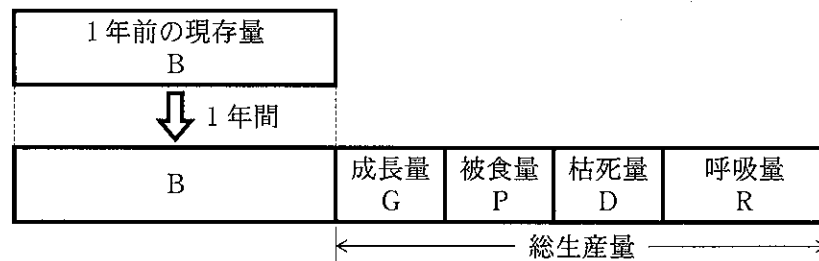


図 1 生態系における植物の現存量、生産量等の関係

問 5. 下線部^①に関して、人工林の現存量を長期的に減らさず、持続的な利用を可能にするためには、収穫量の上限をどうすればよいか、図 1 の用語を用いて、20 字以内で記せ。

下 書 き 用 (20 字)

				5					10					15					20

問 6. 人工林のような同樹種・同齢の樹木で構成される森林は、年齢が高くなると、CO₂ 吸収能力は低下すると考えられている。図 2 を参考にして、その理由を 60 字以内で記せ。ただし、必要であれば、CO₂ は 2 文字とせよ。

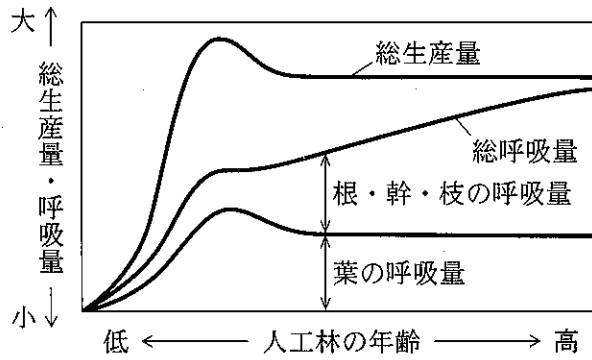


図 2 人工林の年齢と総生産量, 呼吸量の変化

下書き用 (60 字)

				5						10						15					20	