

生 物

解答はすべて各問題の指示にしたがって解答用紙の該当欄に記入せよ。

1 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

細菌類は、 につまれた核をもたない細胞からなる原核生物である。一方、真核生物を構成している細胞は、 につまれた核をもち、それぞれ固有の機能を担っているさまざまな細胞小器官を含んでいる。それらの中で、ミトコンドリアは好気呼吸に関係し、葉緑体は光合成の機能を担っている。また、 は細胞の分泌作用に関係する。

二酸化炭素から有機物を合成する反応は とよばれる。緑色植物は光合成により光エネルギーを利用して をおこなう。多くの細菌は従属栄養であるが、一部の細菌(光合成細菌)は光合成をおこなうことが知られている。^aしかし、そのしくみは緑色植物とは異なっている。一方、ある種の細菌では、無機物を したときに生じるエネルギーを使って二酸化炭素から有機物を合成することができる。^b^c

生物は細胞の重要な構成成分である核酸やタンパク質などの有機窒素化合物を合成するために、その材料として窒素化合物をとり入れる必要がある。多くの植物は硝酸イオンやアンモニウムイオンなどの無機窒素化合物をとり入れてアミノ酸を合成し、これをもとにして種々の有機窒素化合物を合成する。一部の細菌では、大気中の窒素(N₂)を取りこんでアンモニアに変え、これを使って有機窒素^d化合物を合成する。また、細菌類は生態系において、分解者としての役割を果たしており、生物の排出物や遺体を分解してアンモニアなどの簡単な無機窒素化合物に変える。さらに、ある種の細菌はこれらの無機窒素化合物の一部を窒素に変え、窒素は大気中に放出される。このはたらきは とよばれる。

問 1 文章中の ア ~ オ に適切な語を入れよ。

問 2 次の生物あるいは生物群を原核生物と真核生物に分け、記号で記せ。

- | | | |
|----------|---------|----------|
| (1) ケイ藻類 | (2) 酵母菌 | (3) ラン藻類 |
| (4) クロレラ | (5) 粘菌類 | (6) アメーバ |

問 3 ミトコンドリアと葉緑体ではともに ATP 合成がおこなわれるが、そのしくみの共通点について簡単に述べよ。

問 4 下線部 a の用語を 30 字以内で説明せよ。

問 5 下線部 b の光合成をおこなう細菌名を 1 つ答え、その細菌がおこなう光合成の反応式を記せ。

問 6 下線部 c と d のはたらきはそれぞれ何とよばれるか。また、これらをおこなう細菌名を 1 つずつ答え、下線部 c をおこなうその細菌がこのはたらきのために用いる無機物を記せ。

2 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

日本などでは一般的に次のような植生の一次遷移が見られる。大規模なかく乱の後に裸地が出現すると、まず (ア) や (イ) などの植物が定着し、その後一年生草本と多年生草本が定着する。さらに、低木林を経て (ウ) とよばれる樹種が定着し、草本植生は森林へと変化していく。その後、 (エ) とよばれる樹種の幼木が (ウ) の森林に進入しはじめ、その個体数が徐々に増加する。同時に、 (ウ) の樹種の成木が枯死しはじめるが、新たに定着する幼木はほとんどなくなるので (ウ) の樹種の個体数は徐々に減少していく。そして数百年を経て、最終的には主に (エ) の樹種からなる森林が形成される。この最終的な森林のことを (オ) と呼ぶ。

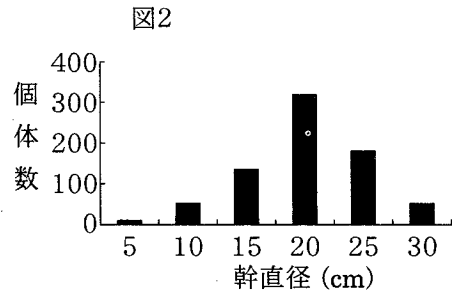
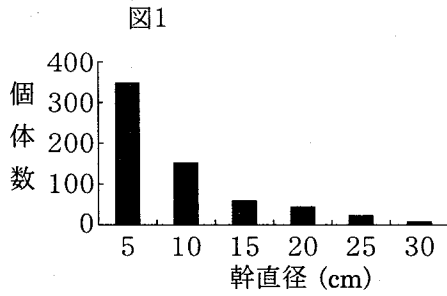
問 1 文章中の (ア) ~ (オ) に適切な語を入れよ。

問 2 (ウ) と (エ) に属する樹種には、光の強さと単位葉面積あたりの二酸化炭素吸収速度の関係を表す光-光合成曲線に特徴的な違いがある。(ウ) と (エ) それぞれの光-光合成曲線を図示せよ。また、その違いと遷移段階におけるそれらの生育の特徴を説明せよ。

問 3 (ウ) と (エ) に属する樹種名をそれぞれ1つずつ挙げよ。

問 4 (ウ) から (エ) への移行期には、(ウ) と (エ) に属する樹種が共存する時期がある。そのような森林に1 ha の調査地を設定し、その中に出現するすべての樹木の幹直径を測定した。そのデータにもとづき幹直径5 cm ごとの個体数の頻度分布を樹種ごとに描くと以下の図1、図2のようになった。図中の横軸で、例えば5 (cm) は、0~5 (cm) の階級幅を表す。図1と図2は、それぞれ (ウ) あるいは (エ) どちらの樹種を示すか、(ウ)と(エ)の記号で答えよ。またそのように考えた理由を述べよ。

問 5 植生の遷移で オ の最終的な森林が形成されるまでには、数百年の時間がかかる。そのような長期的な過程を短期的な調査で推定するにはどのような方法をとればよいか説明せよ。



3 次の文章を読み、以下の間に答えよ。

動物は、外界や体内のさまざまな環境変化に対応して、生存の目的にかなった行動を示す。単細胞の原生動物でも、その細胞自身で外界からの刺激を受け、刺激に対して方向性をもつ (ア) といわれる反応を示す。多細胞の無脊椎動物では、刺激を受け入れる細胞群や運動や分泌をおこなう細胞群、また、それらの間で情報を仲介する細胞群も分化する。これら刺激を受け入れるものや情報を仲介する細胞群が神経細胞(ニューロン)の起源であり、 (イ) 動物で初めて見られる。このような動物では、神経細胞は、互いに連絡しながら体表全体に分布して^aいて、刺激に対して単純で定型的な (ウ) といわれる反応を示す。動物の体制がさらに発達してくると、神経細胞の集合化がおけると同時に、神経細胞間の連絡も、より複雑になる。体節構造をもつ無脊椎動物では、神経細胞は体節ごとに集合して (エ) をつくり、その間を神経細胞の突起が連結する。このような形から、扁形動物などでは、かご型神経系とよばれたり、環形動物や節足動物では、はしご型神経系などとよばれる。これらの動物では、頭部の食道をとり囲む (エ) が他の体節より発達している。体節構造を持たない無脊椎動物でも、その動物で特徴的な体制や行動に重要な働きをする体の部分への神経細胞の集合が著しくなり、刺激の情報を伝える働きをするもの、その情報の分析と統合の働きをするもの^bや、分析結果の情報を伝達するもの^cなど、神経細胞の働きの分担^dもおこる。このような神経系をもつ無脊椎動物では、 (ウ) やその動物種に独特な (オ) 行動、さらに、経験に基づき刺激に対して反応を変化させる (カ) 行動が見られる。

脊椎動物の神経系は、 (キ) に由来する神経板組織が腹側に陥没してできる (ク) が起源で、発生にともなう細胞の分化・成長とともに、いくつかのくびれと屈曲がおこり、前方から大脳、間脳、中脳、小脳、延髄、脊髄とよばれる中枢神経系の各部位が形成される。中枢神経系の形成とともに、受容器と中枢神経系、また、効果器(作動体)と中枢神経系とを連絡する末梢神経系も形成される。中枢神経系の各部には、その働きの分担も見られる。特に、間脳の神経細胞は、内臓の働きを調節する自律神経系の中核となる一方で、内分泌細胞としても

働き、他の内臓から分泌されるホルモンとともに、液性調節の中心的働きをしている。より高等な脊椎動物では、中枢神経系の先端の脳の発達が著しくなるが、それに平行して、無脊椎動物に見られる行動に加えて、思考や推理を働かせ、結果を見通すような (ア) 行動が発達する。

神経細胞の形や大きさは、動物種やそれが存在する部位と働きにより著しく異なっていて、樹状突起(デンドライト)とよばれる多数の短い突起を細胞体から出しているものや、それらに加えて、軸索(神経、神経繊維、またはアクソン)とよばれる長い突起を細胞体から伸ばしているものもある。脊椎動物では、軸索に別の細胞の膜が何重にも巻きつき、ある間隔でその巻きつき部分が途切れている構造となっているものもある。^e 軸索での情報伝達は、活動電位でおこなわれている。受容器と神経細胞、神経細胞と神経細胞、神経細胞と効果器の連絡はシナプスとよばれる。ここでの情報の伝達は、細胞膜境界の小さなすき間を、化学物質 ^f を介しておこなわれる。中枢神経系では、多数の神経細胞間のシナプスで構成される神経細胞回路網が、動物行動に関係するさまざまな情報の分析と統合の働きをしている。

問 1 文章中の (ア) ~ (ケ) に適切な語を入れよ。

問 2 下線部 a の神経系の名称を記せ。

問 3 下線部 b ~ d の神経細胞の名称を記せ。

問 4 下線部 e の構造の名称を記し、この構造があることにより活動電位の伝導に、どのような利点があるか、記せ。

問 5 下線部 f の化学物質名を 2 つ記せ。また、この過程は、どのように起こるか、順をおって説明せよ。

4 次の I および II の文章を読み、以下の問に答えよ。

I

植物色素は、細胞内で一連の化学反応を経て合成される。それぞれの化学反応は、異なる遺伝子から転写、翻訳された酵素タンパク質によって触媒される。色素変異体では、色素合成が途中の段階で止まり、合成途中の色素が細胞に蓄積するので、その色素に対応した色が生じる。

トウモロコシの種皮(実の表面)は色素が蓄積しやすく、色素変異体が判別しやすい。図 1 には、トウモロコシの色素が合成される過程と、その合成反応を触媒する酵素の遺伝子(A, B, C, D)を示した。また、それぞれの色素が蓄積したときに表れる種皮の色も示した。たとえば、遺伝子 C 由来の酵素は、色素 γ から δ への反応を触媒する。そして、色素 δ が蓄積すると、トウモロコシの種皮は赤紫色になる。

次のトウモロコシ 4 系統(系統 1 ~ 系統 4)は、遺伝的に純系であるが、遺伝子型は明らかでない。種皮の色に関して、系統 1 の種皮は黄、系統 2 はオレンジ、系統 3 は赤、系統 4 は赤紫を示す。これら 4 系統を総当たりの組合せで交配した結果、雑種第一代(F₁) で表 1 に示された表現型が現れた。

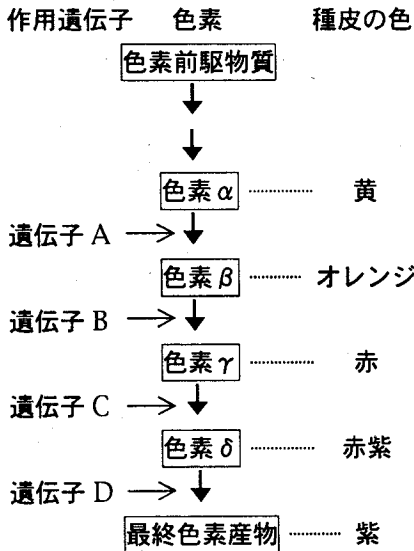


表 1

交配組合せ	F ₁ の種皮の色
系統 1 × 系統 2	紫
系統 1 × 系統 3	赤 紫
系統 1 × 系統 4	赤 紫
系統 2 × 系統 3	赤
系統 2 × 系統 4	紫
系統 3 × 系統 4	赤 紫

図 1

問 1 下線部 a のように遺伝的に純系である場合の遺伝子の組み合わせの状態を何とよぶか。

問 2 系統 1 から 4 について、遺伝子 A から D までの遺伝子型を記せ。ただし、不明な遺伝子 A から D を除き、4 つの系統はすべて同一の遺伝子を有するものとする。(優性を +, 劣性を - とし、 $A^+A^-B^+B^-C^+C^-D^+D^-$ のように記入すること)

II

トウモロコシでは、上記 A から D のように色素の生合成に直接関わる色素生合成遺伝子とは別に、種皮、葉や茎など、組織ごとに色素生合成遺伝子へ直接作用し、色素の生合成を促す遺伝子が同定されている。トウモロコシの第 10 染色体には、このような遺伝子が複数存在する。例えば、酵素遺伝子 A, B, C, D がすべて優性である個体において、優性の遺伝子 S が存在すると種皮に色素が蓄積する。優性の遺伝子 L の存在下では葉に、優性の遺伝子 P の存在下では茎に、それぞれ色素が蓄積する。次の 4 つの系統(系統 5 ~ 系統 8)は、酵素遺伝子 A, B, C, D がすべて優性であるが、種皮、葉、茎での色素の蓄積が異なる。いずれの系統も純系として維持されている。

系統 5 は、種皮と茎に紫の色素が観察された。

系統 6 は、葉と茎に紫の色素が観察された。

系統 7 は、種皮と葉に紫の色素が観察された。

系統 8 は、どこにも紫の色素は蓄積しなかった。

遺伝子 S, L, P の染色体上での位置関係を調査するため、系統 5 と系統 6 および系統 7 の 3 系統相互の交配組合せ(系統 5 × 系統 6, 系統 5 × 系統 7, 系統 6 × 系統 7)から F_1 を得た。 F_1 はどの組み合わせにおいても種皮、葉、茎で色素の蓄積が認められた。さらに、それぞれの F_1 と系統 8 を交配した。^b 各交配組合せで得られた 1000 個の種子を育て、表現型を調べたところ、表 2 の結果が得られた。

表 2

各 F ₁ と系統 8 との交配組合せ	交雑後代の紫の着色部位	個体数
F ₁ (系統 5 × 系統 6) × 系統 8	種皮と茎	450
	葉と茎	450
	茎	50
	種皮と葉と茎	50
F ₁ (系統 5 × 系統 7) × 系統 8	種皮と茎	470
	種皮と葉	470
	種皮	30
	種皮と葉と茎	30
F ₁ (系統 6 × 系統 7) × 系統 8	葉と茎	480
	種皮と葉	480
	葉	20
	種皮と葉と茎	20

- 問 1 S, L, P のように他の遺伝子の発現に影響を与える遺伝子を何とよぶか。
- 問 2 系統 5 から系統 8 について S, L, P の遺伝子型を記せ。(優性を+, 劣性を-とし, S⁺S⁻L⁺L⁻P⁺P⁻ のように記入すること)
- 問 3 下線部 b のような交配を何とよぶか。
- 問 4 表 2 の結果ではどの交配組合せにおいても親と異なる表現型がでてくる。それは、何が原因で、どのような時に起こるのか、20 字以内で答えよ。ただし、遺伝子 S, L, P を除き、4 つの系統はすべて同一の遺伝子を有するものとする。
- 問 5 第 10 染色体上の遺伝子 S, L, P の位置関係を図示せよ。遺伝子間の距離(相対距離)も記せ。