

生物学

【第8問】

I 次の文章を読んで、以下の問いに答えよ。

生殖は生物を特徴付ける現象のひとつである。生殖には⁽¹⁾無性生殖と有性生殖があり、無性生殖は体細胞の分裂により、配偶子を形成することなく行われる。一方、有性生殖の場合は、性が異なる2種類の細胞が融合する。動物では、卵と⁽²⁾精子が配偶子である。有性生殖をする場合は、体細胞と生殖細胞が区別される。生殖細胞の配偶子形成の段階では、雌の卵巣内では卵原細胞から卵細胞が分化し、雄の精巣中では精原細胞から精子が分化する。これらの細胞は⁽³⁾減数分裂に伴い染色体数が半減し単相(n)となるが、受精が起きた後には卵と精子の核が融合し、複相(2n)に復帰する。水生動物の多くは水中に卵と精子を放出し⁽⁴⁾体外受精を行うが、陸生動物の多くは、交尾を通じて体内受精を行う。受精卵は発生を経て幼若個体となり、成長して次の繁殖を行い、遺伝情報は世代を越えて引き継がれてゆく。

- (1) 下線部(1)について、無性生殖と有性生殖の利点を、それぞれ50字程度で説明せよ。
- (2) 動物における無性生殖の様式の例と、その例となる動物群の名称をひとつ挙げよ。
- (3) 下線部(2)について、一般的な動物の精子の微細構造と各部の機能を150字程度で記せ。
- (4) 受精時には精子と卵が融合するにもかかわらず、多くの動物ではミトコンドリアゲノムは母性遺伝であり、雄のミトコンドリアゲノムは子に伝わらない。その理由を50字程度で説明せよ。

- (5) 下線部(3)の過程で遺伝的組み換えが起こる場合があるが、これはどのような現象であるか。また、類似する用語として遺伝子組み換えがあるが、両者はどのように使い分けられるか。合わせて100字程度で述べよ。
- (6) 下線部(4)に関して、近縁種間で繁殖期が重なっているにもかかわらず通常では雑種が形成されない例があるが、その理由として考えられる機構を50字程度で記せ。

II 動物の発生に関連する以下の問いに答えよ。

- (1) 左右相称動物の初期発生における前後軸等の体軸の決定の際には、あらかじめ卵細胞内に蓄えられた母性因子が重要な役割を果たす。脊椎動物のカエルを例にして、受精前には放射相称であった卵において背腹軸が決定されるメカニズムについて、どのような母性因子が関与しているかにも言及しつつ、100字程度で述べよ。
- (2) 卵割が進み、分化しない細胞が卵の外側に配列した胞胚の段階を過ぎると、胚の一部が内部に陥入、移動する。この細胞の動きは(ア)と呼ばれ、陥入を始めた部分は(イ)と呼ばれる。また、(イ)が成体の口になるものは(ウ)動物、(イ)が肛門となり、成体の口が別の部分に開くものは(エ)動物と呼ばれる。
- (2-1) (ア)から(エ)に入る適切な語をそれぞれ記せ。
- (2-2) (ウ)動物及び(エ)動物にはそれぞれ複数の動物門が含まれる。そのような動物門を、それぞれ2つずつ挙げよ。
- (3) 左右相称動物の体は、表皮、消化管、そして表皮と消化管の間に存在する筋組織、結合組織、神経組織などの3つの基本構造からなる。一方、発生の初期過程では外胚葉、中胚葉、内胚葉の3つの大まかな区域が形成される。成体を構成する(i)表皮、(ii)消化管、(iii)筋組織、(iv)結合組織、(v)神経組織は、胚を構成するどの胚葉に由来するか、それぞれ記せ。

(4) 左右相称動物では、体の前後軸や遠近軸に沿った繰返し構造（分節構造、体節）を単位にした発生様式が多く認められる。これらの繰返し構造それぞれの発生運命を決めているのが、*Hox* 遺伝子群であり、ショウジョウバエのホメオティック変異の原因遺伝子として最初に単離された。*Hox* 遺伝子は、ホメオドメインと呼ばれる独特の（ア）結合ドメインを持つ（イ）をコードしている。

(4-1) ホメオティック変異とはどのような変異か。例を示しつつ 100 字程度で述べよ。

(4-2) (ア) (イ) に入る適切な語をそれぞれ記せ。

(4-3) *Hox* 遺伝子群は一般にクラスター構造を示し、空間的な発現パターンに関して、共線形性 (collinearity) を示す。この空間的な共線形性とはどのような発現パターンか、50 字程度で述べよ。

生 物 学

【第9問】

I 硫黄と鉄の物質循環に関する次の文章を読んで、以下の問いに答えよ。

現在の海水中で硫黄は硫酸塩イオンとして安定に存在し、有機物に富む堆積物中で硫化水素に還元される。(A)硫酸還元反応は微生物代謝の(ア)作用として進行する。その際の電子受容体としては、有機物のほかに(イ)が利用される。海水中で鉄は(ウ)価として安定であるがその溶解度は低く、(B)鉄が欠乏しやすいため植物性プランクトンの一次生産が制限される場合がある。一方、(エ)価の鉄は溶存するが、有機物に富む堆積物中の硫化水素と反応して、硫化鉄鉱物として沈殿する。硫化鉄を含む海洋堆積物が陸上にあらわれて風化されると、硫化鉄が酸化される。(C)硫化鉄の酸化反応を促進する微生物が知られており、硫化物に富む鉱石から金属を溶出する際に利用される。硫化鉄が酸化して生じた硫酸塩イオンは、河川を介して海洋に流入する。硫黄はこのようにして地球表層を循環している。

- (1) (ア) から (エ) に入る適切な語句または数字を答えよ。
- (2) 下線部 (A) の還元反応の化学式を答えよ。また、この反応が初期地球において生命活動が生じていた証拠として用いられる理由を 100 字程度で説明せよ。
- (3) 下線部 (B) の鉄が欠乏すると一次生産が減少する理由を 100 字程度で答えよ。
- (4) 下線部 (C) の微生物は有機物ではなく無機物をエネルギー源にする微生物であるが、そのような微生物は何と呼ばれるか答えよ。また、硫化鉄鉱物酸化の際に用いられる電子受容体を 2 種類答えよ。

- (5) 鉄の酸化反応のエネルギーを利用する微生物は、pHが中性より酸性の溶液中の方が、エネルギーを獲得するのが容易な理由を50字程度で答えよ。

II 化石種を含む生物の形態進化を論ずる上での重要な概念に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 形質の相同性とホモプラシーについてそれぞれ30字程度で説明せよ。
- (2) ホモプラシーはさらに、収斂、平行進化、逆転の3つの現象に区分できる。これらの現象の差異について150字程度で説明せよ。
- (3) 形態の解釈をする上で重要な見方の1つに、Seilacherの構成形態学がある。この見方において形態を規制するとされる3つの要因について、具体的な例とともに200字程度で説明せよ。
- (4) 生物の機能的適応を解析する方法は多岐にわたる。
- (4-1) 化石種における機能形態学的解析法であるパラダイム法について、どのような手法であるか、実際の古生物学的研究例とともに200字程度で説明せよ。
- (4-2) 動物の形態の機能的意義を解析する1つの方法として、2つの計測値（例えば様々な哺乳類における中足骨の相対的長さとその走行速度）の間の相関関係を解析することがある。近年このような場合には、系統学的情報を加味した系統学的比較法が盛んに用いられている。このような2つの数値の相関を解析するにあたり、比較法が用いられるようになってきた統計学的な理由について50字程度で述べよ。