

1 脊椎動物の発生において、器官は2つ以上の胚葉が相互作用を及ぼすことで形成されることが多い。消化管の発生では、その内面を覆う(ア)から生じた上皮組織と、その外側に位置する(イ)から生じた間充織の二つの部分からなる管状の構造ができた後、間充織からは結合組織や平滑筋が生じる。この管状の構造からは、胃や小腸などの消化器官が生じる他、さまざまな器官が形成される。

ニワトリの有精卵をふ卵器で培養して消化器官の発生過程を観察した。ニワトリの胃は前胃と砂嚢からなり、ふ卵後5日から6日目の胚では消化管にくびれが生じて前胃と砂嚢が明瞭に区別できるようになるが、この時期までは前胃と砂嚢の上皮組織の細胞は形態的にほとんど違いが認められない。前胃ではふ卵6日目から上皮組織の一部が間充織中に陥入して腺構造を形成しはじめる。一方、砂嚢では上皮組織はこの時期には腺構造を形成することはない。このようにして形成された前胃の腺上皮細胞は、ふ卵9日頃から胃が産生する消化酵素の前駆体であるペプシノーゲン遺伝子(ECPg)を発現するようになる。一方、砂嚢上皮はcSP遺伝子を発現する。前胃でのECPgとcSPの発現のパターンは一方が発現すると他方は発現せず、ニワトリの胃においてECPgを発現している細胞は腺上皮、cSPを発現している細胞は砂嚢上皮へ分化したことを示している。このように遺伝子の発現の有無を調べることで細胞分化を確認することができる遺伝子のことを分化マーカーと呼ぶ。消化管上皮の分化に対する間充織の影響を調べるために、これらの分化マーカーを用いて以下のような実験をおこなった。

ふ卵6日目の胚の前胃、砂嚢を取り出し、トリプシンで処理することで上皮と間充織を分離して、以下のように組合せて3日間結合培養実験を行ったところ、次のような結果が得られた。

- (1) 前胃上皮を前胃間充織とともに培養すると、一部の上皮組織の細胞は腺構造を形成してECPgを発現する。
- (2) 前胃上皮を砂嚢間充織とともに培養すると、すべての上皮組織の細胞がECPgを発現せず、cSPを発現する。
- (3) 砂嚢上皮を前胃間充織とともに培養すると、一部の上皮組織の細胞は腺構造を形成してECPgを発現する。
- (4) 砂嚢上皮を砂嚢間充織とともに培養すると、すべての上皮組織の細胞がECPgを発現せず、cSPを発現する。

問1 問題文中の(ア)、(イ)にあてはまる語句を答えなさい。

問2 下線部について、この管状の構造から形成される器官を次の(a)~(f)の中から全て選び、記号で答えなさい。

- (a) 甲状腺 (b) 肺 (c) 心臓 (d) 肝臓 (e) 腎臓 (f) 脊髄

問3 (1)~(4)の培養実験の結果をもとにして、ニワトリの前胃・砂嚢の上皮・間充織の間でどのような相互作用がはたらいているか、100字以内で答えなさい。

2 植物ホルモンであるオーキシンは茎頂部でつくられ、主に木部柔組織を通して根端の方向へ輸送される。この輸送現象のことは(1)と呼ばれる。柔組織を構成する細胞の細胞膜にはオーキシンを細胞内に取り込む AUX タンパク質と、細胞外へ排出する PIN タンパク質が存在する。このうちオーキシンを細胞外へ排出する PIN タンパク質は幼葉鞘や茎部の細胞では鉛直方向下部側の細胞表面に局在しているためにオーキシンは茎頂から根端の方向性をもって輸送されることが知られている。

オーキシンは植物の重力屈性現象に関与している。植物の芽生えを水平におくと、茎は重力の方向とは反対方向に屈曲し、根は重力方向に屈曲する。この重力刺激は植物細胞内にあるアミロプラストの移動によって感知され、結果としてオーキシンの輸送方向が変化することによって濃度勾配に変化が生じるために屈性が生じると考えられている。生物の種類によって重力刺激を感知する構造はさまざまであり、ヒトの頭部には体が傾くと(2)が移動して(3)が変形することで重力刺激を感知する構造が存在している。

細胞内に取り込まれたオーキシンのうちの一部は、細胞質に存在する TIR 1 とよばれるオーキシン受容体タンパク質に結合する。TIR 1 はオーキシンと結合すると、オーキシンの作用に関連する遺伝子の発現を抑制する働きを持つ制御タンパク質の分解を促進する働きを持っているため、それまで抑制されていたオーキシンのホルモン作用が発現するようになる。

一方、ブラシノステロイドは植物細胞の細胞膜上にある受容体と結合する植物ホルモンであり、これらの受容体は細胞質のタンパク質をリン酸化する酵素活性をもち、ホルモンに結合すると酵素活性が亢進してホルモン作用の発現に必要な目的タンパク質をリン酸化することで機能を発揮する。

問 1 上の問題文中の(1)～(3)にあてはまる適切な語句を答えなさい。

問 2 以下の(ア)～(カ)の植物の環境応答にかかわる植物ホルモンを語群中から選びなさい。

- (ア) 果実の成熟促進 (イ) 気孔の閉鎖 (ウ) 茎の肥大成長 (エ) 花芽の分化誘導
(オ) 植物種子の休眠 (カ) 植食性動物の傷害に対する抵抗反応

【語群】 アブシシン酸 エチレン サイトカイニン ジベレリン ジャスモン酸
 ブラシノステロイド フロリゲン

問 3 下線部について、植物の重力屈性の発現の際にオーキシンの輸送方向の変化が生じるが、その際に細胞膜に存在する PIN タンパク質が細胞膜ごと内部に取り込まれて別の場所へ輸送される現象がおこることが知られている。このようにタンパク質とともに細胞膜が小胞として内部に取り込まれる現象のことを何と呼ぶか答えなさい。

問 4 ホルモンの受容体にはブラシノステロイド受容体のように細胞膜上に存在するものとオーキシン受容体のように細胞質に存在する2つのタイプのもがある。動物のペプチドホルモンであるインスリンの受容体は2つのタイプのうちのどちらであると考えられるか、30字以内で理由を付して答えなさい。

生 物 (全3の3)

- 3 真核生物は、細胞内に核などの細胞小器官を持つ。化石の証拠によると、真核生物は(1)よりかなり遅れて約 21 億年前になって初めて出現している。複雑な細胞小器官をもつ真核生物は、かつては、(1)が細胞内の構造を発達させて進化してきたと考えられていた。しかし最近では、真核生物の細胞構造のうち、(2)は細胞内に好気性細菌が入り込んだ結果で、(3)はシアノバクテリアが細胞内に入り込んだ結果できたという(4)が有力である。

細胞の構造に着目すると生物は、(1)と真核生物に二分される。DNA の(5)に基づいた系統解析がおこなえるようになると、(1)には 2 つの異なる系統の生物群が存在することが明らかになってきた。その後、すべての生物がもつ(6)の(5)を用いて、全生物の系統関係が調べられ、ウーズらの研究によって、真核生物は 1 群にまとまるが、(1)は 2 群に分かれて、全体で 3 群に分かれることが明らかになった。2 群に分かれた一方は、大腸菌などの比較的なじみ深い生物を含み、(7)と呼ばれる。もう 1 群は超高温菌、高度好塩菌、メタン菌などヒトにとっての極限環境に生息する(1)が多く含まれる(8)と名付けられた。(7)、(8)、真核生物は生物の世界の(9)と呼ばれている。

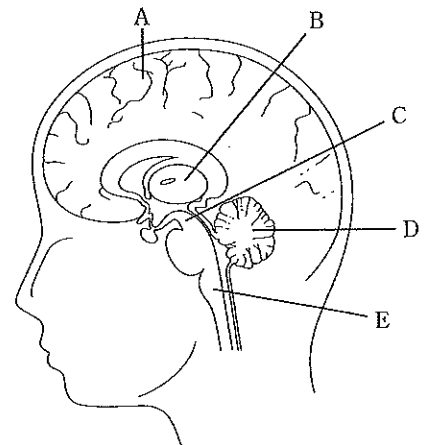
問 1 文中の(1)～(9)の中に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(a)の根拠を 2 つあげよ。

問 3 下線部(b)において、(7)と(8)のうち、真核生物に系統的に近いのはいずれであると推測されているか。番号で書け。

- 4 脊椎動物の中枢神経は、脳とそれに続く脊髄からできている。脳は、大脳、間脳、(1)、(2)、(3)などからなる。間脳は、視床と(4)からなる。視床は、多くの感覚神経が大脳へいたる途中の中継地点となっている。(4)は、体内部の状態を常に監視し制御する自律機能の調節・統合の重要な中枢で、血糖・体温・血圧・食欲・水分などの調節に関与している。(1)は姿勢の維持、眼球運動や瞳孔の大きさの制御などにかかわる中枢である。(2)は体の平衡を制御し随意運動の総括的な統合をおこなう中枢である。(3)は生命維持に欠くことのできない呼吸や血液量の調節などを行っている。このように脳は多くのユニットからできており、動物が生きていくうえで重要な機能や活動の制御をそれぞれ別々に役割分担している。

中枢神経系と体の各部の間をつないでいる神経を(5)という。これは機能の面で感覚や随意運動に関与し、感覚神経と運動神経からなる(6)と、意思とは無関係に働き、交感神経と副交感神経とからなる(7)に分けられる。刺激に対して無意識に起こる反応を(8)という。(8)では、刺激の受容から反応が起こるまでに、単純な神経経路をとり、すばやく反応が起こる。この興奮の伝わる神経の経路を(9)という。(8)の中心となる部分を(10)という。(10)は脊髄あるいは脳幹に存在する。



問 1 文中の(1)～(10)の中に適切な語句を入れよ。

問 2 右の図は、ヒトの頭部を示している模式図である。文中の(1)、(2)、(3)に該当する箇所を、図中の A～Eの中からそれぞれ 1 つを選べ。

問 3 ヒトにおいて、文中の下線部(a)の末端部で主に分泌する神経伝達物質名を書け。

問 4 下線部(b)の経路を下に記している。「ア」と「イ」の中に適切な語句を書け。

刺激 → 「ア」 → 感覚神経 → 脊髄 → 運動神経 → 「イ」 → 反応

問 5 下線部(c)において、脊髄および脳幹が(10)となる(8)の例をそれぞれ 1 つ挙げよ。