

## 平成21年度 個別学力試験問題

# 理 科 (120分)

生命環境学群 (生物学類, 生物資源学類, 地球学類)

(地球学類)※地理歴史を選択する者は, 理科1科目と合わせて

120分

理工学群 (数学類, 物理学類, 化学類, 応用理工学類, 工学システム学類)

情報学群 (情報科学類)

(知識情報・図書館学類)※1科目選択で60分

医学群 (医学類, 医療科学類)

### 目 次

物	理	.....	1
化	学	.....	7
生	物	.....	17
地	学	.....	25

### 注 意

- 1 問題冊子は1ページから31ページまでである。
- 2 受験者は下表の志望する学類の出題科目を解答すること。

学 類	出 題 科 目				備 考
	物理	化学	生物	地学	
生物学類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
生物資源学類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
地球学類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答 又は地理歴史を選択する者は○ 印の中から1科目選択
数学類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
物理学類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
化学類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
応用理工学類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須, ○印の中 から1科目を選択解答
工学システム学類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須, ○印の中 から1科目を選択解答
情報科学類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
知識情報・図書館学類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
医学類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答
医療科学類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答

# 生 物

I 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

約 38 億年前に最初の生物が誕生して以来、生物は進化によって様々な形態や生き方を獲得し、大きな多様化を遂げた。生物学者は、多様な生物を自然の類縁関係に基づいて分類し、体系化して理解しようと努力してきた。古くは、生物を動物界と植物界の 2 つに分類する二界説が受け入れられていたが、現在は生物を大きく 5 つの界(原核生物界、原生生物界、植物界、菌界、動物界)に分類する五界説が支持されるようになっている。五界説による分類にはさまざまな考え方があるが、マーグリスの五界説によると、植物界を構成するのは陸上植物であり、多細胞真核生物の中でも複雑なからだの構造をもち、光合成を行って独立栄養で生活するものと定義される。陸上植物は、緑色藻類の一部を起源としており、 をもたないコケ植物と、 をもつシダ植物や種子植物に大きく分けられる。このうち進化のもっとも初期に枝分かれしたのがコケ植物で、次にシダ植物、種子植物の順に枝分かれしたと考えられている。コケ植物の場合、ふつうに見られる植物体は配偶体で、 でつくられた精子が にある卵に達し受精がおこると、胚は 内で発生する。胞子体は光合成を行わず、配偶体に寄生しながら成長し、やがて胞子囊<sup>のう</sup>を形成して減数分裂の結果できた胞子を放出する。シダ植物と種子植物の場合、ふつうに見られる植物体は胞子体で、光合成を行う。シダ植物では、胞子が発芽してできる が配偶体であるが、種子植物の場合、 と が配偶体に相当する。陸上植物では、配偶体が小型化し胞子体が大型化する方向に進化したといえる。

問 1 空欄  ～  に当てはまる語を記せ。

問 2 二界説と比べて、マーグリスの五界説がより生物の自然の類縁関係に基づいて分類できていると思われる点を2つ記せ。

問 3 以下の生物をマーグリスの五界説にしたがって分類し、記号で記せ。

- |        |           |                |
|--------|-----------|----------------|
| ア. アオサ | イ. ワムシ    | ウ. ツリガネムシ      |
| エ. 酵母菌 | オ. イチョウ   | カ. アゾトバクター     |
| キ. 大腸菌 | ク. シイタケ   | ケ. クラミドモナス     |
| コ. ツノモ | サ. ゼンマイ   | シ. シロイヌナズナ     |
| ス. ヒドラ | セ. ゼニゴケ   | ソ. アメーバ        |
| タ. ユレモ | チ. ミドリムシ  | ツ. キイロショウジョウバエ |
| テ. ワカメ | ト. オオカナダモ |                |

問 4 マーグリスの提唱した5つの界の中で、葉緑体を細胞小器官としてもち、光合成をする生物を含む界を全て記せ。また、葉緑体という細胞小器官はどのように誕生したと考えられているか、50字以内で記せ。

問 5 下線部(a)について、陸上植物の起源に最も近縁だと考えられる生物を、以下のア～カより1つ選び、記号で記せ。

- |          |           |           |
|----------|-----------|-----------|
| ア. クロレラ  | イ. ウメノキゴケ | ウ. アオノリ   |
| エ. シャジクモ | オ. ボルボックス | カ. ハネケイソウ |

II 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

幹細胞は、組織を構成する様々な細胞を生成するもととなる細胞である。図1は、神経系における幹細胞の分裂様式を簡略化して示したものである。神経幹細胞はこのような非対称分裂により、もとの細胞と同じ大きさの細胞と小さい細胞とに分裂する。大きな細胞(S1~S4)は、それぞれの分裂後も幹細胞としての性質を保持し、同様な非対称分裂を繰り返すことにより、多数の娘細胞を生成する。一方、幹細胞の分裂により生じた小さい細胞は、特異的な性質をもつ神経細胞に分化する。

神経幹細胞では様々な分化制御遺伝子が発現しており、発現する遺伝子の組み合わせが、それぞれの分裂において、どのようなタイプの神経細胞を作り出すかを左右することが知られている。今、神経幹細胞で発現する3つの遺伝子(X, Y, Z)について、その発現パターンと幹細胞が生み出す神経細胞のタイプについて調べたところ、図2のような結果を得たとする。ただし、図中の記号+は該当する遺伝子が発現していることを、記号-は該当する遺伝子が発現していないことをそれぞれ示すものとする。

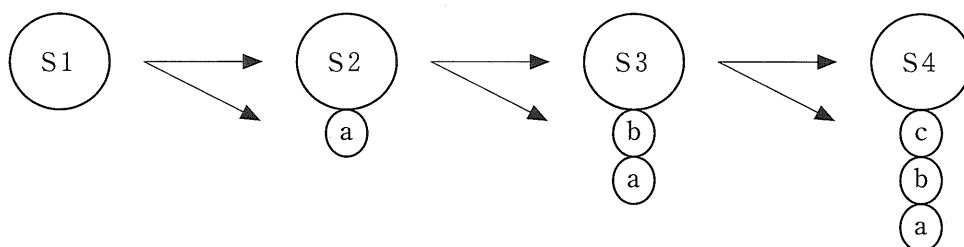


図1

幹細胞の遺伝子発現			生成される神経細胞のタイプ
X	Y	Z	
+	-	-	II
-	+	-	III
-	-	+	IV
+	+	-	II
-	+	+	III
+	-	+	IV
+	+	+	I
-	-	-	V

図2

問 1 タイプⅠ，タイプⅡ，タイプⅢ，タイプⅣの神経細胞の生成には，それぞれの遺伝子の発現が必要であるか，該当する遺伝子の記号を全て記せ。

問 2 神経幹細胞において，遺伝子発現を様々に変化させるような以下の実験を行った。これらの場合に，図 1 の幹細胞から生成される a, b, c の娘細胞は，ⅠからⅤのいずれのタイプの神経細胞となると予想できるか，該当する神経細胞のタイプを解答欄に記せ。ただし，X 遺伝子，Y 遺伝子，Z 遺伝子の発現は独立であり，実験操作以外では，神経幹細胞の遺伝子発現は S1 から S4 の間は変化しないものとする。また，実験操作による遺伝子発現の変化は，記述されたものに限られており，神経幹細胞の分裂の後も維持されるものとする。

[実験 1] S2 細胞は X 遺伝子，Y 遺伝子，Z 遺伝子を発現していたが，S3 細胞において Z 遺伝子の発現を抑制した。

[実験 2] S1 細胞は Z 遺伝子のみを発現していたが，S2 細胞で Y 遺伝子の発現を誘導した。

[実験 3] S1 細胞は Y 遺伝子のみを発現していたが，S3 細胞で X 遺伝子の発現を誘導した。

[実験 4] はじめに，S1 細胞と S2 細胞で発現していた X 遺伝子の発現を S3 細胞で抑制した。その後に，S4 細胞の遺伝子発現パターンを調べたところ Y 遺伝子と Z 遺伝子が発現していることが明らかとなった。

問 3 図 2 において，タイプⅡ，タイプⅢ，タイプⅣの神経細胞の分化機構に着目した場合に，X 遺伝子，Y 遺伝子，Z 遺伝子の間にどのような力関係があると考えられるか，60 字以内で記せ。

Ⅲ 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

メタンは二酸化炭素の約 20 倍の温室効果をもたらす一方で、石油に代わる次世代エネルギーの 1 つとして注目されている。自然界には莫大な量のメタンがメタンハイドレート<sup>(註)</sup>として、大陸棚が深海底へとつながる水深 500～2,000 m の海底斜面の地下に埋蔵されている。メタンハイドレートの存在する地層においては嫌気性メタン酸化菌<sup>(a)</sup>と硫酸還元菌の共生により、メタンと硫酸イオンから硫化水素が発生している。また、メタンハイドレートのメタンは嫌気性メタン酸化菌の栄養物質となる一方で、大気中に漏出して地球温暖化を促進する。メタンの漏出をコントロールし、燃料として有効利用できれば、石油の使用量を減らし地球温暖化を緩和できると期待されている。

地球上のメタンの半分以上はメタン菌によって作られている。メタン菌は二酸化炭素を水素で還元してメタンを産生する反応によりエネルギーを得る嫌気性の化学合成独立栄養細菌<sup>(b)</sup><sup>(c)</sup>である。メタン菌は南極の低温環境から水田や動物の腸内といった常温環境、深海熱水系の高温環境と、幅広い温度範囲に生息している。これらのことから、もし地球外生物が存在するならば、それらの中にはメタン菌の仲間がいるはず<sup>(d)</sup>であると考える微生物学者も少なくない。

注：メタンと水の分子が固体の結晶を形成したもので「燃える氷」ともいわれる。

問 1 下線部(a)の微生物は独立栄養細菌か従属栄養細菌か、解答欄の語を丸で囲み、その理由を 20 字以内で記せ。

問 2 メタンハイドレートの存在する地層の嫌気的環境が維持されている理由について、最も適切なものを以下のア～エから 1 つ選び、記号で記せ。

- ア. 地層が海底地下という高圧環境にあるから。
- イ. メタン酸化菌が嫌気性であるから。
- ウ. メタン酸化菌がメタンを消費するから。
- エ. 硫酸還元菌が硫化水素を生産するから。

問 3 下線部(b)の反応は同化か異化か，解答欄の語を丸で囲み，その理由を 20 字以内で記せ。

問 4 下線部(c)について，次の語群の中からメタン菌と同様に化学合成独立栄養細菌に分類されるものを全て選び，記号で記せ。

- |             |        |             |
|-------------|--------|-------------|
| ア. イオウ細菌    | イ. 根粒菌 | ウ. シアノバクテリア |
| エ. 硝化菌      | オ. 枯草菌 | カ. 鉄細菌      |
| キ. クロストリジウム | ク. 乳酸菌 |             |

問 5 下線部(d)について，このように考える根拠を 80 字以内で記せ。

#### IV 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

昆虫の中でもハチやアリはヒトなどの二倍体の生物とは大きく異なり、雄と雌でゲノムの量が異なる。雌はヒトと同様にゲノムを2組もつが、雄は1組しかもたない。<sup>(a)</sup>その結果、雌は他の二倍体の生物と同様、必ず母親のゲノムの1組を受け継ぐが、父親のゲノムは全て受け継ぐことになる。一方、雄は多くの場合、単為生殖で産まれ、母親のもつ2組のゲノムのうち1組だけを受け継ぎ、父親からはゲノムをまったく受け継がない。

血縁度を「2個体が同一の対立遺伝子をもつ確率」と定義しよう。今、親子世代が同一の巣で生活し、卵を産む女王と卵を産まないワーカー(雌)といった、繁殖カーストの分化がみられる社会性昆虫の場合を考える。1頭の女王から形成された1つの巣の中においては、女王がもつ対立遺伝子の半分が子に伝えられるため、二倍体の生物と同様に、女王とその子の血縁度は0.5になる。しかし、ワーカー同士の血縁度は0.75である。<sup>(b)</sup>したがってワーカーは、自分の子を育てるよりも、女王が産む子を育てる方が、自分のもつ対立遺伝子を後代に伝える可能性がより高くなる。その結果、ハチやアリの仲間では、繁殖カーストが分化するまでに発展した社会性が進化しやすかったと考えられている。

ミツバチの女王は複数の雄と交配することが知られているが、他の多くのハチやアリでは、女王は1頭の雄としか交配しない。ハチやアリの系統関係を考慮した最近の研究から、ミツバチにみられるような女王が複数の雄と交配するという性質は、ハチやアリの進化の過程の中で最初からあったのではなく、後から獲得されたことが明らかになっている。女王が1頭の雄とだけ交配することと、雄と雌でゲノム量が異なるという特殊な遺伝様式があいまって、ワーカー同士の血縁度が高まり、<sup>(c)</sup>その結果、ハチとアリでは社会性を高度に発展できるようになったと考えられる。

問 1 下線部(a)に関して、ハチやアリでは、数世代近親交配を繰り返すと、二倍体であるにも関わらず雄が発生してくることが知られている。単為発生した雄が、性決定において機能的にホモ接合と同じであると考えた場合、ハチやアリの性決定様式として、最も正しいと思われるものはどれか、記号を記せ。

ア. ゲノム上の1対の対立遺伝子によって性が決定されており、ヘテロ接合のときに雌になる。

イ. ゲノム上の1対の対立遺伝子によって性が決定されており、ヘテロ接合のときに雄になる。

ウ. ゲノム上の多数の複対立遺伝子によって性が決定されており、ヘテロ接合のときに雌になる。

エ. ゲノム上の多数の複対立遺伝子によって性が決定されており、ヘテロ接合のときに雄になる。

問 2 下線部(b)のようになるのはなぜか、以下の(1)~(3)に答えよ。

(1) 女王由来の対立遺伝子についてのみ考えた場合、ワーカー同士が同じ対立遺伝子をもつ確率と、その値を得るための計算過程を記せ。

(2) 父親由来の対立遺伝子についてのみ考えた場合、ワーカー同士が同じ対立遺伝子をもつ確率と、その値を得るための計算過程を記せ。

(3) (1)と(2)に対する解答をふまえ、ワーカー同士の血縁度が0.75になる計算過程を記せ。

問 3 下線部(c)に関して、女王が複数の雄と交配すると、ワーカー同士の血縁度が低くなると考えられる。異なる父親をもつワーカー同士の血縁度と、その値を得るための計算過程を記せ。

問 4 ハチやアリ以外に、繁殖カーストが分化した社会性を示すことが知られている生物を、脊椎動物以外で1つ記せ。