

平成19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)  
 (看護学類)※1科目選択で60分

目 次

物	理	.....	1
化	学	.....	9
生	物	.....	15
地	学	.....	27

注 意

1. 問題冊子は1ページから36ページまでである。
2. 受験者は下表の志望する学群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
看護学類	○	○	○		○印の中から1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。

1979年、メキシコ沖にある水深2600mの熱水域が有人潜水艇によって調査された。その場所では火山活動がおこっており、350℃以上の、真っ黒な煙のような熱水が噴出していた。熱水噴出孔の周辺にはハオリムシやシロウリガイが群がっており、エビ、カニ、ゴカイなどの生物も見られた。これは地球上における新たな生態系の発見であった。

真っ黒な煙のような熱水は以下のメカニズムにより生成すると考えられている。すなわち、地下にしみこんだ海水が高熱の岩石と反応することにより、海水中の  イオンが還元されて硫化水素になる。高熱により岩石から溶け出した金属イオンは、海水中に噴出することにより冷却され、硫化水素と反応して黒色の固体を生じる。それが煙のように見える。

深海熱水域の生態系における一次生産者は  細菌である。 細菌は動物と共生しているものと自由生活をしているものとに分けられる。ハオリムシやシロウリガイはイオウ酸化細菌を細胞内に共生させている。宿主は共生細菌にエネルギー源としての硫化水素と住む場所とを与え、共生細菌は硫化水素を酸化する過程で合成したATPを用いて  を有機物に変換し宿主に与える。一方、自由生活をしている細菌にはメタン細菌、水素酸化細菌、イオウ酸化細菌(前述の共生細菌とは別種)などがある。メタン細菌は嫌気環境に生息し、 と水素からメタンを生成する過程で合成したATPを用いて有機物生産をおこなう。また、水素酸化細菌およびイオウ酸化細菌は微好気環境<sup>(註)</sup>に生息し、それぞれ、水素およびイオウ化合物を酸化する過程で合成したATPを用いて有機物生産をおこなう。これらの一次生産者が深海熱水域の豊富な生物生産を支えているのである。<sup>(b)</sup>このように深海熱水域における生態系は地球内部のエネルギーに支えられている点で、 をおこなう生物が一次生産者となっている地上や海洋表層の生態系とは異なっている。

注：酸素がわずかにしか存在しない環境

問 1  ～  にあてはまる語を記せ。

問 2 下線部(a)のハオリムシは口も消化管もない生物として知られているが、近年、ゴカイと同じ門に属することが分子系統解析により明らかにされた。その門の名称を答えよ。

問 3 一般に、陸水と海水の場合のように、2種類の水が混合するとき生物生産は豊富になる。下線部(b)について、深海熱水域では熱水と海水の混合によりどのような状態が生じるために豊富な生物生産を支える一次生産が可能になると考えられるか、80字以内で述べよ。

問 4 深海熱水域という物理化学的環境において、一次生産者によるATP合成を最も大きく促進する物理的要因は圧力であると考えられる。その理由を60字以内で述べよ。

II 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

地球上の生物種は、互いにさまざまな相互作用を及ぼし合っている。一方の種が利益を得るが他方の種が害を受ける場合を広く「食う・食われるの関係」<sup>(a)</sup>とよび、この中にはヤマネコとウサギのような 1 関係、ヤドリギとケヤキのような 2 関係が含まれる。これに対して、両方の種が害を受ける場合は<sup>(b)</sup>「3」とよばれる。これは、両方の種が少ない食物や空間などの重要な資源を共に必要とする場合に、一方の種が使うことができるはずの資源を他方が使ってしまうために起こる。

生物種間の相互作用の中には、上で述べた関係の他、両方の種が利益を得る場合もあり、「4」とよばれる。よく知られた例が、ユッカとユッカガの関係である。ユッカは北米などに分布するリュウゼツラン科の植物(図1)で、数十年の成長期を経て、多くの白い花をつけ、種子を残した後、枯死する。この花は特殊な受粉システムをもっており、ユッカガという特定の昆虫だけがその受粉に貢献する。受粉は、ユッカガが幼虫の餌<sup>えさ</sup>としてユッカの胚珠を利用しようと産卵のために花を訪れたときに起こる。ユッカガの雌はまずユッカの花に入り込み、ひげのような特殊器官を使って花粉を集める。そして集めた花粉を頭の下側にはさんだまま別の株へ移動し、他個体がまだ産卵していない花の子房の中に、およそ3個の卵を産みつける。その後めしべをよじ登り、運んできた花粉を柱頭に付着させる(図2)。このユッカガの授粉行動は元来、幼虫の餌(発育途中の種子)を確保するためのものであるが、3匹の幼虫は1つの子房に含まれる胚珠の約3割しか食べないので、ユッカは残りの7割を種子として残すことができる。

しかし、この関係にも、まったく負担がかからないわけではない。ユッカは一部の胚珠をユッカガの餌として犠牲にする。またユッカガは、幼虫が必要とするよりも多くの胚珠を授粉したり、集中的な産卵を避け、複数の株の間を飛び回って少しずつ産卵することに余分な時間とエネルギーを費やす。こうした負担にもかかわらず 4 が成り立っているのは、両種が支払う負担よりも、結果として得られる利益の方が大きいからであろう。興味深いことに、ユッカガが胚珠を食べつくすほど多くの卵を1つの花に集中的に産みつけた場合には、ユッカはその花にだけ栄

養を送るのをやめ、ユッカガの幼虫を餓死させることがわかっている。これは、ユッカガ側に裏切り行動が進化するのをふせぎ、 4 から得られる利益を保<sup>(c)</sup>とうとするユッカ側の巧妙な戦略と考えられる。

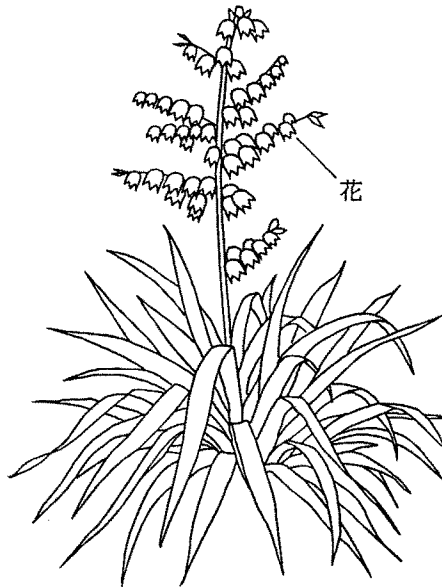


図1

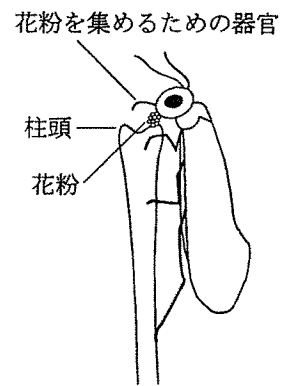


図2

問1 空欄 1 ~ 4 にあてはまる語を以下のア~オから選び、記号で記せ。

- |            |        |       |
|------------|--------|-------|
| ア. 相利共生    | イ. 順位制 | ウ. 競争 |
| エ. 捕食者・被食者 | オ. 寄生  |       |

問2 下線部(a)で述べた「食う・食われるの関係」が主な原動力となって生じる生物現象として、正しくないものを以下のア~キから2つ選び、記号で記せ。

- |          |              |         |
|----------|--------------|---------|
| ア. 保護色   | イ. 個体群の絶滅    | ウ. 警告色  |
| エ. 突然変異  | オ. 個体数の周期的変化 | カ. すみ分け |
| キ. 群れの形成 |              |         |

問 3 ある生物種 A と B の間で、下線部(b)の相互作用がはたらいっていることを最も直接的に証明する実験手続きとして、正しいものを以下のア～ウから選び、記号で記せ。

ア. 種 A と B の両方が食料とする生物種 C を取りのぞき、種 A と B の個体数と体重の変化をそれぞれ測定、比較する。

イ. 種 A と B におけるなわばりの広さと体重との関係をそれぞれ測定、比較する。

ウ. 種 A を取りのぞいた場合の種 B の個体数と体重の変化、および種 B を取りのぞいた場合の種 A の個体数と体重の変化をそれぞれ測定、比較する。

問 4 下線部(c)に関して、ユッカガの集団中に裏切り行動(集中的な産卵)をする突然変異個体が出現したにもかかわらず、ユッカの集団中に、集中的な産卵を受けた花にだけ栄養を送るのをやめるという性質をもつ株がなかったとする。自然選択の考え方にもとづけば、10～20 年後には、この集団におけるユッカの花は、ユッカガに産卵を受けてもほとんど種子を残すことができなくなると予想される。そのように考えられる理由を、ユッカガの野生型個体と裏切り個体が残す子孫の数を比較しながら、120 字以内で述べよ。なお、ユッカガはユッカ以外の植物に産卵することはなく、またユッカは種子から開花までにはほぼ 50 年、ユッカガは成虫になるまでに 1 年を要するものとする。

(次ページに生物の第Ⅲ問以降があります。)

Ⅲ 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

マウスやショウジョウバエは、遺伝学の研究材料としてよく用いられる。いずれも性染色体の組み合わせは通常、メスがXX、オスがXYである。しかし、性決定の詳しいメカニズムは、マウスとショウジョウバエでは異なっている。マウスでは、Y染色体の有無によって性が決まる。Y染色体をもつ個体では、発生の途中で  がつくられる。 ではアンドロゲンが合成され、 によって全身に運ばれる。そのため、そのような個体はオスになる。ショウジョウバエでは、X染色体の本数によって性が決まる。また、ショウジョウバエにはアンドロゲンのように性決定にかかわる性  は存在しない。X染色体の本数は通常、発生の途中で変わることはないが、ショウジョウバエではある方法を使うとその頻度を高くすることができる。このようにしてX染色体の本数が変わった細胞でも細胞分裂は正常に進行し、体の他の部分とは異なった性を示す細胞ができる。そのような細胞が体表面に現れると、メスの特徴とオスの特徴をあわせもつモザイク個体として、容易に認識できる。

問 1 空欄  ～  にあてはまる適切な語を記せ。

問 2 性染色体の組み合わせがXXYやXO<sup>(注1)</sup>の個体が、まれに生まれることがある。これらはオスになるか、メスになるか。マウスとショウジョウバエのそれぞれについて答えよ。また、XXYの個体はどのような要因で生じるか、25字以内で述べよ。

注 1：性染色体として、X染色体を1本だけもっている状態

問 3 ショウジョウバエのメスになるはずの受精卵で、第 2 回目の核分裂<sup>(注2)</sup>の後、1 個の娘核において X 染色体が 1 本失われていたとする。このようにして生じたショウジョウバエの体表面はどのようになるか、以下のア～カから 1 つ選び、記号で記せ。ただし、X 染色体の本数は細胞増殖の速度に影響しないものとする。

ア. 体表面のすべてがメス

イ. 体表面の  $\frac{1}{2}$  がメスで  $\frac{1}{2}$  がオス

ウ. 体表面の  $\frac{1}{4}$  がメスで  $\frac{3}{4}$  がオス

エ. 体表面の  $\frac{3}{4}$  がメスで  $\frac{1}{4}$  がオス

オ. 体表面の  $\frac{1}{8}$  がメスで  $\frac{7}{8}$  がオス

カ. 体表面の  $\frac{7}{8}$  がメスで  $\frac{1}{8}$  がオス

注 2 : ショウジョウバエの発生初期では核だけが分裂し、細胞質の分裂を伴わない。

問 4 ショウジョウバエの野生型は体が茶色であるが、X 染色体にある劣性の突然変異 a では体が黄色になる。突然変異をもたない野生型のメスと突然変異 a をもつオスを交配して、受精卵を集めた。この中のメスになるべき受精卵が、問 3 と同様に第 2 回目の核分裂のとき、1 個の娘核で X 染色体が 1 本失われていたとする。この受精卵から生じたショウジョウバエはどのような体色を示すか。メス親由来の X 染色体が消失する場合とオス親由来の X 染色体が消失する場合について、それぞれ以下のア～エから選び、記号で記せ。

ア. 体表面のすべてが茶色

イ. 体表面のすべてが黄色

ウ. メスの部分は茶色でオスの部分は黄色

エ. メスの部分は黄色でオスの部分は茶色

IV 次の3つの文章を読み、以下の問に答えよ。

〔文章1〕

海産の軟体動物であるイカ(図1)は神経生物学の研究にとって重要な実験材料として使われてきた。イカはゆっくり遊泳するときには胴部の両側にあるヒレを波打たせて遊泳するが、瞬間的に移動するときには胴部の筋肉をほぼ同時に収縮させ、<sup>(a)</sup>胴部の中の海水を漏斗から噴射する。胴部をなす外套膜を開くと、神経節とそこから放射状に伸びる太い軸索が観察される(図2)。その軸索は長いほど太い傾向があった。

神経の電氣的興奮を測定するために、外套膜の太い軸索を注意深く切り出した。軸索の端を刺激用の電極にのせ、軸索の2カ所 a と b に細胞内の電位(外液に対する細胞内の電圧)を測定するためのガラス電極を刺した(図3)。電気刺激を行ったところ、測定点 a と測定点 b での電位  $E_a$  と  $E_b$  は図4のような時間変化を示した。

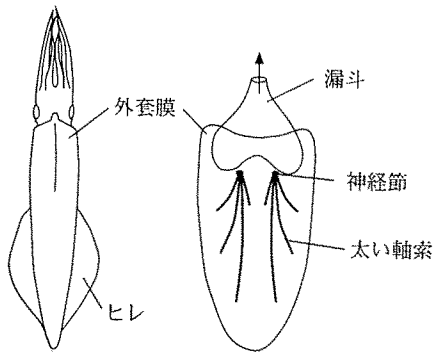


図1

図2

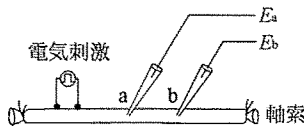


図3

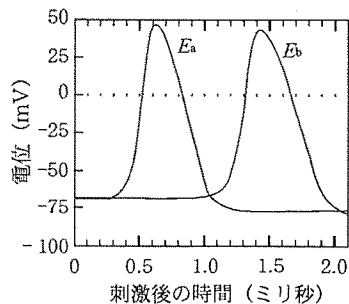


図4

[文章 2]

軸索を、図 5 のように単位長さあたりで分けした電気回路としてモデル化することにより、電気刺激あるいは活動電位によって生じる軸索での電圧の分布を見積もることができる。図 5 では電気刺激によって生じた電圧を  $V_0$  とし、軸索の直径を  $d$  とし、外液の電気抵抗が無視できるぐらい低く、単位立方体体積の細胞内の液体が示す電気抵抗を  $R_a$ 、単位面積の軸索の膜が示す電気抵抗を  $R_m$  としている。分けを小さくしていくと、電気刺激を与えたところから距離  $x$  の場所の電圧  $V(x)$  は

$$V(x) = V_0 e^{-\frac{x}{L}} \quad \text{式 1}$$

$$\text{ただし} \begin{cases} L = \sqrt{\frac{d R_m}{4 R_a}} \\ e = 2.718 \end{cases}$$

として表すことができる。式 1 は図 6 のようなグラフとなり、式 1 において電位  $V_T$  を与える  $x$  の値を  $x_T$  とすると、

$$x_T = -L \log \frac{V_T}{V_0}$$

と変形することができる。

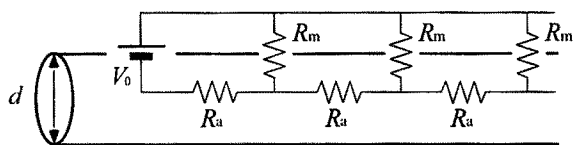


図 5

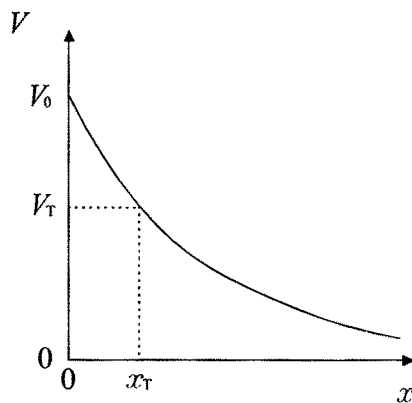
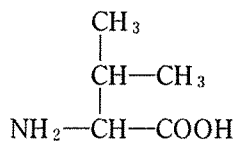


図 6

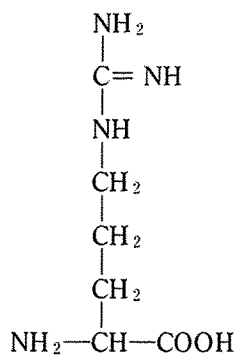
問 6 下線部(b)について、側鎖が正の電荷となるアミノ酸を次のア～ウから1つ選び、記号で記せ。

ア.



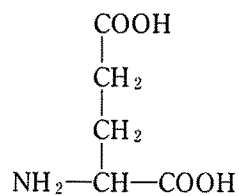
バリン

イ.



アルギニン

ウ.



グルタミン酸

問 7 空欄  と  に入れる適切な語を次のア、イから選び、それぞれ記号で記せ。

ア. 中から外

イ. 外から中

〔文章 3〕

細胞の中の電圧が外に対して正になる方向に変化することにより、軸索の細胞膜にあるイオンチャネルとよばれるタンパク質が細胞の  ヘナトリウムイオンを通すようになる。この時、細胞膜の電圧の変化によりイオンチャネルにある正の電荷の側鎖を持つアミノ酸が細胞の  の方向に動き、それによりナトリウムイオンを通すようになるという説がある。

問 1 イカは軟体動物の一種であるが、その分類群を次のア～エのうちから 1 つ選び、記号で答えよ。

ア. 斧足類          イ. 腹足類          ウ. 頭足類          エ. 腕足類

問 2 図 4 で示した測定結果を用いて、神経の活動電位が測定点 a から測定点 b へ伝導する速度を m/秒の単位で求めよ。ただし、測定点 a と測定点 b は 16 mm 離れているものとする。

問 3 式 1 について、軸索の直径が 4 倍になると、図 6 のグラフはどのようなようになるか。解答欄のグラフに描き入れよ。ただし、 $V_T$  を与える  $x$  の値を記すこと。

問 4 図 6 の  $V_T$  を活動電位が発生する閾値とすると、活動電位  $V_0$  を発生している部位のまわりで閾値を越えている範囲を推測することができる。この推測に基づくと、伝導速度と軸索の直径との間にはどのような関係があると考えられるか。その関係を 40 字以内で述べよ。

問 5 イカの外套膜に太い軸索が必要とされる理由について、下線部(a)のイカの遊泳と関連させて 70 字以内で述べよ。