

平成 21 年度前期日程入学試験学力検査問題

理 科

平成 21 年 2 月 25 日 13:30~16:00 (150 分)

物 理…… 4~17 ページ, 化 学……18~31 ページ

生 物……32~47 ページ, 地 学……48~56 ページ

志 望 学 部	試 験 科 目
理 学 部 農 学 部	物理, 化学, 生物, 地学のうちから 2 科目選択
医 学 部 歯 学 部	物理, 化学, 生物のうちから 2 科目選択
薬 学 部 工 学 部	物理(指定), 化学(指定)

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで, この問題冊子, 解答用紙を開いてはいけない。
2. この問題冊子は, 56 ページである。問題冊子の白紙のページや問題の余白は草案のために使用してよい。なお, ページの脱落, 印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出ること。
3. 解答は, 必ず黒鉛筆(シャープペンシルも可)で記入し, ボールペン・万年筆などを使用してはいけない。
4. 解答用紙の受験記号番号欄(1 枚につき 2 か所)には, 忘れずに受験票と同じ受験記号番号をはっきりと判読できるように記入すること。
5. 解答は, 必ず選択した科目の解答用紙の指定された箇所に記入すること。
6. 解答用紙を持ち帰ってはいけない。
7. 試験終了後, この問題冊子は持ち帰ること。

生 物

1 次の文章を読み、以下の問(1)～(7)に答えよ。

フォークトは、無害な色素で部分的に染色する方法を用いて、イモリの胞胚または初期原腸胚の表面の各部の細胞が、将来どのような器官や組織を作るかを明らかにした図を作製した。

シュペーマンは、イモリの初期原腸胚期に、原口背唇部の中央で胚をきつくしばった場合には、くびれて切れた半分の胚からそれぞれ正常な個体が発生することを発見した。しかしながら、原口背唇部が片側になるように胚をしばった場合、原口背唇部がある側は正常に発生し、もう一方は無定形の細胞塊となった。このことから原口背唇部は、未分化な胚に作用し分化を誘導することを発見した。

スジイモリの初期原腸胚での予定神経領域の一部と、クシイモリの初期原腸胚の予定表皮領域の一部を切り取り、お互いに交換移植を行った。また同様の交換移植実験を、初期神経胚を用いて行った。クシイモリ由来初期原腸胚の予定神経領域からの移植片、スジイモリ由来初期原腸胚の予定表皮領域からの移植片、クシイモリ由来初期神経胚の予定神経領域からの移植片、スジイモリ由来初期神経胚の予定表皮領域からの移植片からは、さまざまな組織が生じた。

シュペーマンとマンゴルトは、イモリの初期原腸胚期の原口背唇部を切り取って、同じ時期の別の胚の予定外胚葉腹皮域に移植した実験を行った。宿主に移植されてできた小さな胚は、発生の進行とともに頭部を形成し、双頭の胚になった。

問(1) 下線部(a)について、この方法を何とよぶか、その名称を記せ。

問(2) 下線部(b)について、この図を何とよぶか、その名称を記せ。

問(3) 下線部(c)のように、まだ運命の決まっていない領域に作用して、胚を形成させる能力のある部分を何とよぶか、その名称を記せ。

問(4) 下線部(d)～(g)の移植片からは、どのような組織が生じるか、その名称をそれぞれ記せ。

問(5) 下線部(h)について、この原口背唇部によって誘導された胚を何とよぶか、その名称を記せ。

問(6) 原口背唇部の誘導現象を、以下の用語を用いて枠内に記せ。

陥入, 脊索, 外胚葉, 神経管, 表皮

問(7) 下線部(i)の頭部形成のうち、眼の形成における誘導の連鎖について、原口背唇部から角膜までの誘導現象について、(ア)一次誘導, (イ)二次誘導, (ウ)三次誘導の3つに分けてそれぞれの説明を枠内に記せ。

2 次の文章を読み、以下の問(1)～(9)に答えよ。

脊椎動物の中脳神経系は、脳と脊髄から構成される。脳は、大脳皮質、間脳、中脳、小脳、延髄などにわけられ、それぞれが異なった役割を果たしている。一方、脊髄は、脊椎骨の中を通っている円柱状の神経組織であり、その前端は脳の **ア** につながっている。脊髄の切断面をみると、その中心部には神経細胞体が集まっている **イ** が、また周辺部では神経繊維が集まっている **ウ** が観察される。脊髄からは 31 対の神経繊維の束(脊髄神経)が左右対称に出ており、中枢神経と末梢組織の間で情報を伝える役割を果たしている。このうち、痛みや触覚を伝える感覚神経は、脊髄の **エ** から出入りし、一方、脊髄の **オ** には、**カ** の収縮を指令する運動神経が通る。

特定の刺激に対して無意識に起こる瞬時の反応を反射といい、このうち、脊髄のレベルで起こる反射を脊髄反射という。たとえば、ハンマーなどで膝のすぐ下側を軽く叩くと、無意識のうちに足が前に跳ね上がる反応が見られるが、この脊髄反射を特に膝蓋腱反射といい、大腿四頭筋に存在している筋紡錘とよばれるセンサーが重要な役割を果たしている(図1)。膝蓋腱反射では、ハンマーの刺激に

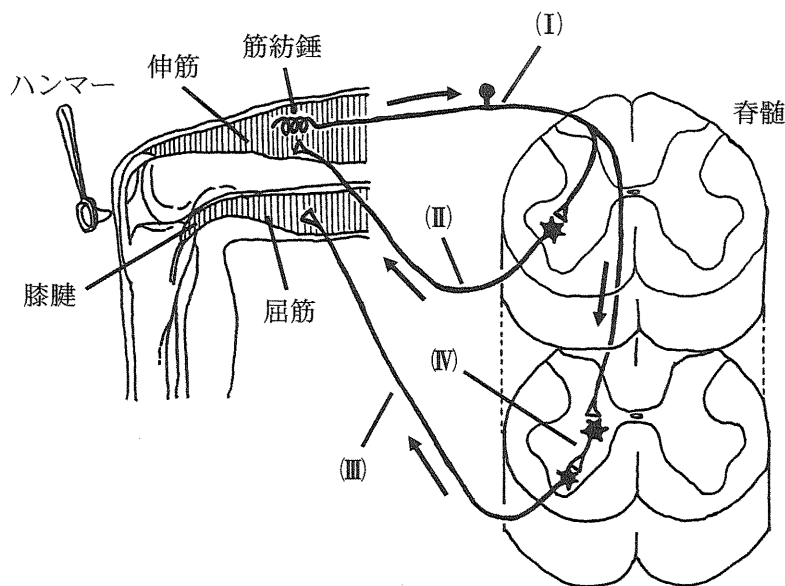


図1

より膝の関節を伸ばす伸筋が収縮すると同時に、膝の関節を曲げる屈筋が弛緩することにより、足が前に跳ね上がる反応が円滑に生じることが知られている。

問(1) に入る適切な語句を下線部(a)~(e)のうちから1つ選び、記号で記せ。

問(2) ~ に適切な語句を入れよ。

問(3) に入る適切な語句を次の①~⑤から1つ選び、記号で記せ。

- ① 平滑筋 ② 心筋 ③ 肺 ④ 毛様体 ⑤ 骨格筋

問(4) 下線部(f)に示される運動神経について、その伝導速度は70~120 m/秒と極めて速い。この理由を、軸索の構造の観点から枠内に簡潔に記せ。

問(5) 下線部(g)について、目に光を当てると瞳孔が縮小するという瞳孔反射において主に関与する脳部位を次の①~⑤から1つ選び、記号で記せ。

- ① 大脳皮質 ② 中脳 ③ 小脳 ④ 延髄 ⑤ 脊髄

問(6) 下線部(h)について、なぜ、脊髄反射は無意識に起こるのかを枠内に簡潔に記せ。

問(7) 下線部(i)に示される膝蓋腱反射と似た仕組みで起こる生体反応を、次の①~⑥から2つ選び、記号で記せ。

- ① 手の指が熱いものにふれてしまい、瞬時に手を熱いものから遠ざけた。
② 毎日、イヌに食物を与える前にベルの音を聞かせると、イヌはベルの音を聞くだけで唾液を分泌するようになった。
③ 手にもったコップに勢いよくジュースを注がれたが、コップを落とさなかった。
④ 真正面からボールが飛んできたときに、瞬時にまばたきをした。
⑤ 誤って画びょうを素足で踏んでしまったときに、足を上げた。
⑥ 疲れていたが、長い間、姿勢を保って起立していた。

問(8) 下線部(j)に示される筋紡錘が受容する適刺激はどのようなものなのかを枠内に簡潔に記せ。

問(9) 図1は膝蓋腱反射における反射弓を模式的に表している。なお、図中の(Ⅰ)、(Ⅱ)、(Ⅲ)、(Ⅳ)は神経繊維を、矢印は興奮の伝導方向を示す。

(i) 図1の(Ⅰ)、(Ⅱ)、(Ⅲ)で示される神経繊維上に観察される活動電位の振幅と頻度は、ハンマーで膝のすぐ下側を軽く叩くことにより、どのように変化するか。表1の ～ に入る適切な語句を次の①～③から1つ選び、記号で記せ。

- ① 変化しない ② 増大する ③ 減少する

表1 ハンマーの刺激による活動電位の変化

活動電位の変化	振 幅	頻 度
Ⅰの神経繊維	<input type="text" value="キ"/>	<input type="text" value="コ"/>
Ⅱの神経繊維	<input type="text" value="ク"/>	<input type="text" value="サ"/>
Ⅲの神経繊維	<input type="text" value="ケ"/>	<input type="text" value="シ"/>

(ii) (Ⅳ)の神経繊維上に観察される活動電位の頻度はハンマーの刺激により増大することが知られている。(Ⅳ)の神経細胞が放出する神経伝達物質は(Ⅲ)の神経細胞の膜電位をどのように変化させるのかを枠内に簡潔に記せ。

——このページは白紙——

3 次の文章を読み、以下の問(1)～(7)に答えよ。

生物の遺伝情報を担う DNA は、糖とリン酸と塩基よりなる ア と呼ばれる単位が繰り返し重合した構造をもつ。1953年、ワトソンとクリックによって DNA の立体構造として二重らせん構造が提唱された。この構造では、糖とリン酸の繰り返しより構成される 2 本の鎖が、らせん状に寄り合っている。塩基の部分は、らせんの内側に突き出しており、アデニンは イ との間、シトシンは ウ との間で エ 結合を形成して、2 本の鎖の間を連結している。

この二重らせん構造は、遺伝子としての DNA の複製の様式を示唆するものであったが、理論的には、少なくとも図 1 の A～C の 3 種類の複製様式が考えられ、実際の DNA の複製様式は、1958 年にメセルソンとスタールによって行われた以下の実験によって明らかになった。

彼らは、窒素の同位体である ^{15}N と ^{14}N を利用して実験を行った。まず、窒素源として $^{15}\text{NH}_4\text{Cl}$ のみを含む培地中で大腸菌の培養を繰り返し、大腸菌の DNA に含まれる窒素原子のほとんどを ^{15}N に置き換えた。次に、この大腸菌を $^{14}\text{NH}_4\text{Cl}$ を含む培地中で適当な時間培養し、任意の回数、分裂させた。得られた大腸菌から DNA を抽出し、濃い塩化セシウム溶液の中で、長時間遠心分離を行った後、DNA の存在する位置を解析した。

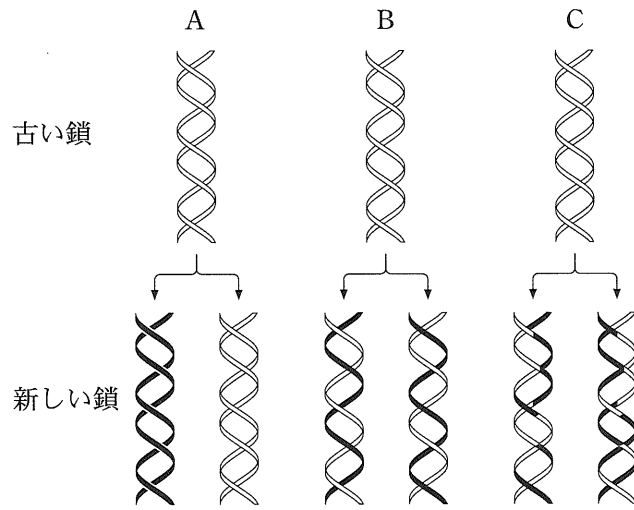


図 1

(黒塗りの部分は新しく合成された鎖を表す)

一度も分裂していない大腸菌から抽出した DNA について解析を行ったところ、図 2 の I のパターンが、25 回分裂させた大腸菌から抽出した DNA を用いた解析では、II のパターンが得られた。ただし、図 2 の a から e の範囲では、直線的な密度勾配が形成されているものとする。

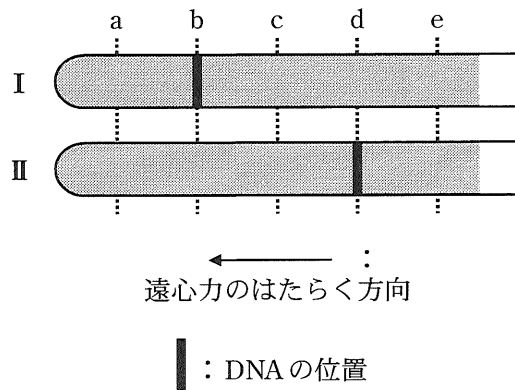


図 2

問(1) ～ に適切な語句を入れよ。

問(2) に入る適切な語句を次のうちから1つ選び、記号で記せ。

- ① 共有 ② 疎水 ③ 配位
④ 水素 ⑤ ホスホジエステル

問(3) 下線部(d)について、 ^{15}N はDNAを構成するどの部分に取り込まれるか。本文中の下線部(a)～(c)の中から、適切なものを1つ選び、記号で記せ。

問(4) 下線部(e)で、1回、2回、または3回分裂した大腸菌から抽出したDNAについて、下線部(f)の解析を行った。図1のAまたはBのモデルが正しいと仮定した場合、それぞれのDNAを用いた解析の結果、図2のa～eの各位置に、どのような割合でDNAが検出されると予想されるか。次の表の空欄に、各位置のDNAの割合(a : b : c : d : e)を、もっとも小さな整数を用いて記せ。(たとえば、図2のIの場合、a : b : c : d : e = 0 : 1 : 0 : 0 : 0、IIの場合、a : b : c : d : e = 0 : 0 : 0 : 1 : 0と表す。)

DNAの割合 (a : b : c : d : e)		モデル	
		A	B
大腸菌の分裂回数	1回	<input type="text" value="オ"/>	<input type="text" value="ク"/>
	2回	<input type="text" value="カ"/>	<input type="text" value="ケ"/>
	3回	<input type="text" value="キ"/>	<input type="text" value="コ"/>

問(5) 図1のCのモデルが正しいと仮定した場合、下線部(e)で1回、2回、または3回分裂した大腸菌から抽出したDNAは、それぞれどの位置に検出されることが予想されるか。DNAの検出される位置を、図2にならって、解答欄の図の中に示せ。ただし、Cのモデルでは、複製された2本の鎖は、いずれも古いDNAの鎖と新しい鎖を等量含み、DNA全域に渡って一様の組成をもつものとする。

問(6) 本文中の一連の実験によって、図1のA～Cのモデルのいずれが正しいか、明らかにするためには、下線部(e)で何回分裂させればよいか。理論上必要な最小の分裂回数を、整数で記せ。

問(7) メセルソンとスタールの実験の結果、DNAの複製に関して実際にわかったことについて、以下の(i)、(ii)に答えよ。

(i) 図1のA～Cのいずれのモデルが正しいことが証明されたか。正しいモデルの記号を記せ。

(ii) 証明された複製の様式は、 的複製とよばれる。 に適切な語句を入れよ。

4 次の文章を読み、以下の問(1)~(5)に答えよ。

ソトモノアラガイという巻貝には右巻きと左巻きがあり、右巻き(R)は左巻き(r)に対して優性である。また貝が右巻きになるか、左巻きになるかは、母体の遺伝子型によって決定される。たとえば図1のように右巻きの純系の雄(RR)と、左巻きの純系の雌(rr)を交配して得られたF₁はすべて左巻きになるが、このF₁どうしを交配して得られた子供は、すべて右巻きになる。

水生昆虫のガムシの仲間には、幼虫が巻貝を餌としているものがある。その大あごの形(図2の矢印の部分)を調べたところ、右側が左側より極端に長く鋭いことがわかった。

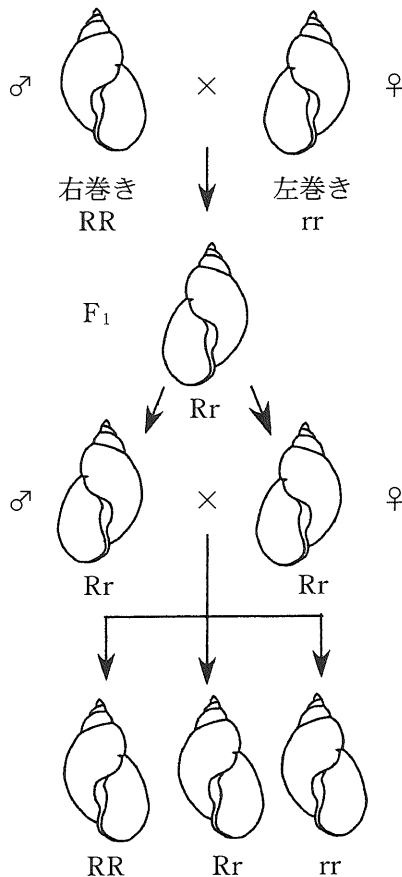


図1

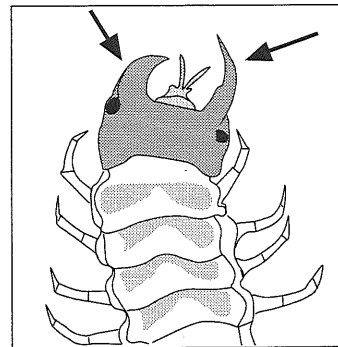


図2

そこでこのガムシの幼虫の大あごの形は、左巻きよりも右巻きの貝を捕食するのに有利な形なのではないか、^(a)という仮説を考え、それを検証するため次のような実験を行った。

まず1つの池からソトモノアラガイの稚貝を採集し、水槽でどの個体もほぼ同じ体の大きさになるまで育てた。次に実験1として、その中から右巻きの貝と左巻きの貝をそれぞれ100匹ずつ選び、同じ水槽に入れた。次にこの水槽にガムシの幼虫を入れ、十分な時間の後に貝を調べたところ、ガムシに襲われた貝は、殻が壊れて食われてしまったものと、殻が壊れず食われもしなかったが殻に傷が残ったものがあった。一方、ガムシに襲われなかった貝は殻にまったく傷がなかった。そこでこれらの貝の数をそれぞれ数えた。次に実験2として、ソトモノアラガイの右巻きの貝と左巻きの貝をともに殻を壊して中身だけにしたものを、それぞれ100匹ずつ同じ水槽に入れた。そしてこの水槽にガムシの幼虫を入れ、十分な時間の後に、ガムシが食った貝の数を右巻きの貝と左巻きの貝に区別して調べた。なお、貝の巻き方は、貝の中身だけからも判断できる。

これらの実験の結果、表1のような結果が得られた。なお、この池ではソトモノアラガイは自由交配を行い、ハーディ・ワインベルグの平衡が成り立っているものとする。また雄と雌の比率は右巻きの貝も左巻きの貝も1：1とする。

表 1

実験 1 殻を壊さずに水槽に入れたもの			
	水槽に入れた貝の数	殻が壊れて食われてしまった貝の数	殻が壊れず食われなかったが、殻に傷が残った貝の数
右巻き	100	64	6
左巻き	100	36	34

実験 2 殻を壊して中身を水槽に入れたもの		
	水槽に入れた貝の数	食われた貝の数
右巻き	100	72
左巻き	100	72

問(1) これらの実験結果から判断して、ガムシの幼虫は左巻きの貝よりも右巻きの貝を襲う傾向が強いといえるか。その理由とともに枠内に記せ。

問(2) これらの実験結果から判断して、下線部(a)の仮説は正しいといえるか。その理由とともに枠内に記せ。

問(3) 実験 1 の結果、ガムシに食われず生き残った貝のなかで遺伝子型 rr をもつ貝が占める割合は、実験 1 に使われた合計 200 匹の貝のなかで遺伝子型 rr をもつ貝が占めていた割合の何倍であるか、答えを記せ。ただし、答えは小数点以下第 3 位を四捨五入すること。

問(4) 実験 1 の結果、ガムシに食われず生き残った貝のうち、左巻きの貝だけを使って自由交配させたところ、それらの子供の 20 % が右巻きになった。実験 1 の後、生き残った左巻きの貝はどのような遺伝子型を、どのような比でもつか、枠内に記せ。ただし、比はもっとも小さな整数比で記すこと。

問(5) 問(4)の結果から考えて、池では左巻きの貝がソトモノアラガイの全個体数の何%を占めていたと考えられるか。その理由とともに枠内に記せ。ただし、答えは小数点以下第1位を四捨五入すること。

——このページは白紙——

——このページは白紙——