

平成 21 年度 入学試験問題

理 科

Ⅰ 物 理 ・ Ⅱ 化 学
Ⅲ 生 物 ・ Ⅳ 地 学

2 月 25 日 (水) (情—自然) 13 : 45—15 : 00

(理・医・工・農) 13 : 45—16 : 15

注 意 事 項

1. 試験開始の合図まで、この問題冊子と答案冊子を開いてはいけない。
2. 問題冊子のページ数は、52 ページである。
3. 問題冊子とは別に、答案冊子中の答案紙が理学部志望者と情報文化学部自然情報学科志望者には 15 枚(物理 3 枚、化学 5 枚、生物 3 枚、地学 4 枚)、医学部志望者と農学部志望者には 11 枚(物理 3 枚、化学 5 枚、生物 3 枚)、工学部志望者には 8 枚(物理 3 枚、化学 5 枚)ある。
4. 落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつたら、ただちに申し出よ。
5. 情報文化学部自然情報学科志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 1 科目を選択して解答せよ。
理学部志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 2 科目を選択して解答せよ。ただし、物理、化学のいずれかを必ず含むこと。
医学部志望者と農学部志望者は、物理、化学、生物のうち 2 科目を選択して解答せよ。
工学部志望者は、物理と化学の 2 科目を選択して解答せよ。
6. 解答にかかる前に、答案冊子左端の折り目をていねいに切り離し、自分が選択する科目の答案紙の、それぞれの所定の 2 箇所に受験番号を記入せよ。選択しない科目の答案紙には、大きく斜線を引け。
7. 解答は答案紙の所定の欄に記入せよ。所定の欄以外に書いた解答は無効である。
8. 答案紙の右寄りに引かれた縦線より右の部分には、受験番号のほかは記入してはいけない。
9. 問題冊子の余白は草稿用として使用してもよい。
10. 試験終了後退室の許可があるまでは、退室してはいけない。
11. 答案冊子および答案紙は持ち帰ってはいけない。問題冊子は持ち帰ってもよい。

Ⅲ

生 物

- (1) 問題は、次のページから書かれていて、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの3題ある。全問解答せよ。
- (2) 解答は、答案紙の所定の欄に書き入れよ。文字や記号は、まぎらわしくないようにはっきり書け。

生物 問題 I

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

文 1

DNA と RNA は、ヌクレオチドと呼ばれる構成単位が多数鎖状に結合した高分子化合物で、ヌクレオチドはリン酸と糖と塩基とからなる。DNA を構成するヌクレオチドは、糖として ^① をもつものに対して、RNA は をもつ。DNA が複製されるとき、2 本鎖構造の一部がほどけて 1 本鎖になり、それぞれの 1 本鎖が鋳型となって、複製が始まる。この方式にしたがうと、もとの DNA の 2 本の鎖は両方とも鋳型として存続し、それぞれに相補的な塩基配列をもつヌクレオチド鎖が新生されることになる。このような複製は 複製と呼ばれている。

DNA の遺伝情報はいったん RNA に される。これは のはたらきで、2 本鎖 DNA のどちらか 1 本の鎖を鋳型にして、ヌクレオチドが端から順に連結する ^② ことにより、RNA 分子が作られる反応である。RNA はそのはたらきによって、mRNA、、 の 3 種類に分けられる。

生物の DNA では、塩基配列の中に実際にタンパク質合成に必要な情報となる部分の と、情報とならない部分の がある。したがって、核内で DNA から RNA に が行われるとき、どちらの部分も写し取られ、未成熟な mRNA ができる。この RNA から の部分が取り除かれて、はじめて mRNA となる。この の部分を切り捨てると同時に 部分をつなぎ合わせる過程を という。このようにしてできた mRNA は核膜孔から細胞質へ出て、 と結合する。 では、mRNA を鋳型として、mRNA の塩基配列がアミノ酸配列に読みかえられタンパク質が合成される。これを遺伝情報の と呼ぶ。

文 2

(ク) 細胞のミトコンドリアや葉緑体は、いずれも大腸菌などの (セ) 生物に似た独自の DNA をもち、核とは別に分裂し増殖する。ミトコンドリアは好気呼吸能をもつ (ソ) が、葉緑体は光合成能力をもつ (タ) が、それぞれ原始型の生物に取り込まれ共生進化したものと考えられている。

共生進化を支持する根拠のひとつとして、1963年にセイガーと石田が行った次の実験がある。彼らは、(ク) 細胞の緑色藻類であるクラミドモナスの細胞から DNA を抽出して、これを塩化セシウム密度勾配遠心分離法で分析したところ、図 1 (a)のように、密度の異なる 2 種類の DNA をピーク 1 とピーク 2 として観察した。次に、細胞から葉緑体を集めて、これを同様の方法で分析したところ、図 1 (b)の結果を得た。ただし、この実験ではミトコンドリア DNA は検出されなかった。

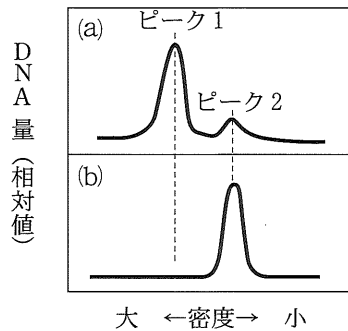


図 1

文 3

大腸菌の染色体 DNA は、460 万個の塩基対からなり、この中に 4,200 個のタンパク質をつくる遺伝子がすき間なく並んでいる。このことから、大腸菌の 1 個のタンパク質をつくる遺伝子は、平均すると約 1,100 個の塩基対からなると計算される。これに対して、ヒトの場合、例えば 1 個の精細胞や卵細胞に含まれる DNA は 30 億個の塩基対からなるが、この中にはタンパク質をつくる遺伝子が全部で 22,000 個であると推定されている。

問 1 文 1 と文 2 の空欄 ～ に適切な語句を記入せよ。

問 2 下線①のヌクレオチドを構成する要素の正しい位置関係はどれか。

- (A) リン酸—糖—塩基 (B) 糖—リン酸—塩基 (C) リン酸—塩基—糖

問 3 下線②のように、下に示した鋳型 DNA から されてできる RNA の塩基配列(1～8 番目まで)を答えよ。

C	G	A	G	A	G	T	A	— 鋳型 DNA の塩基配列
								— RNA の塩基配列
1	2	3	4	5	6	7	8	

問 4 下線③のピーク 1 とピーク 2 の DNA にはアデニンがそれぞれ 18 % と 30 % 含まれていた。他の塩基の含量はそれぞれ何%含まれているか答えよ。

ピーク 1 の DNA

グアニン %, シトシン %, チミン %

ピーク 2 の DNA

グアニン %, シトシン %, チミン %

問 5 図 1 の実験で、ピーク 1 とピーク 2 は何の DNA と考えられるか。その理由とともに 100 字以内で述べよ。

問 6 下線④について、以下の問いに答えよ。

ヒトのタンパク質をつくる mRNA の平均の塩基数が、大腸菌のそれと同じだと仮定すると、ヒト染色体 DNA 全体のおよそ何%がタンパク質の情報となる DNA であると計算されるか、計算の過程とともに答えよ。小数点以下 2 桁まで表せ。

草 稿 用 紙
(切りはなしてはならない)

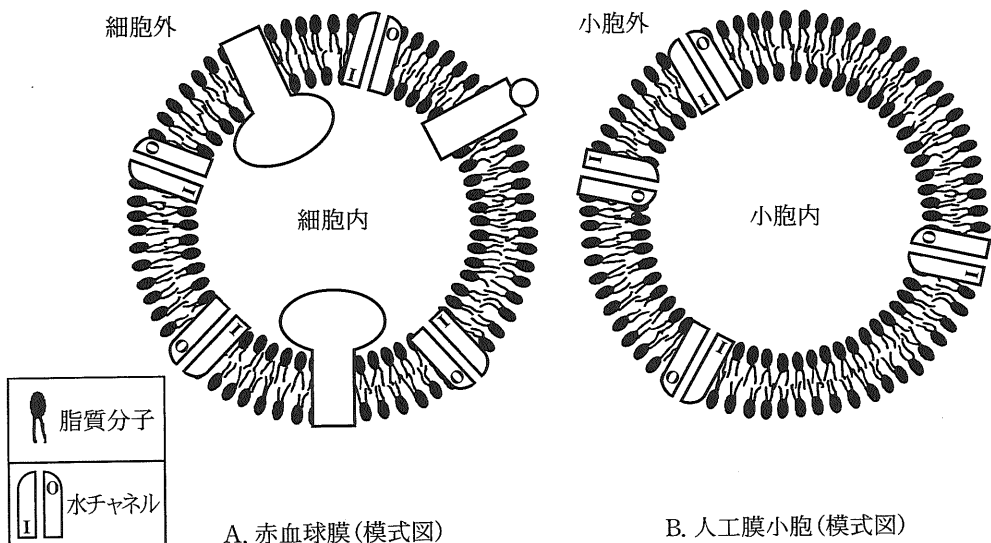
生物 問題Ⅱ

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

文1

細胞膜は脂質とタンパク質からなる。脂質分子には多くの種類があるが、どれも親水性(水に親和性の高い)の頭部と疎水性(水に親和性の低い)の尾部からなり、図1のように脂質二重膜を形成する。細胞膜にはさまざまな膜タンパク質が組み込まれており、細胞内の環境を調節するなど重要な機能を担っている。

図1Aのように赤血球膜ではすべての膜タンパク質が特定の端を細胞の外側に向け、反対の端を細胞の内側に向けている(これを正方向とし、反対向きを逆方向とする)。ある特定の種類の膜タンパク質の性質を調べるには人工膜小胞を用いる。脂質分子と1種類の膜タンパク質を混ぜると、脂質二重膜で囲まれた直径0.1 μm 程度の小胞ができ、この膜に膜タンパク質が組み込まれる(図1B)。この場合、この膜タンパク質はふつう正方向を向くものと逆方向を向くものがほぼ半々となる。



赤血球の細胞膜にはさまざまな種類の膜タンパク質が組み込まれている。水チャネルはどれもO端を細胞外に向けI端を細胞内に向けている。

膜に組み込まれた水チャネルの方向はばらばらである。

図1

文 2

脂質二重膜の中央部は疎水性であるため、単位時間、単位面積あたりに透過する水分子の数は少ない。他方、動物の赤血球、腎臓の細胞、あるいは植物の細胞では細胞膜を横切って多量の水を高速に通すことができる。このような細胞の細胞膜には水分子だけを選択的に、かつ高速に透過させる水チャネル(アクアポリン)という膜タンパク質が多量に存在する。

多くの研究者は水チャネルがあるに違いないと考えていたが、長い間その存在を証明した人はいなかった。1992年、ピーター・アグレ(Peter Agre)はヒト赤血球膜に多量に存在するタンパク質を研究していたところ、ある偶然からそのタンパク質(Pと呼ぶことにする)が水チャネルではないかと気づき、それを証明しようと以下の実験を行った。

文 3

アフリカツメガエルの卵母細胞は特定の成熟段階で停止した未成熟な卵細胞である。この細胞内では DNA の遺伝情報をもとに活発にタンパク質が作られ、作られたタンパク質は細胞膜に埋め込まれ機能する(これを膜タンパク質を細胞膜に発現させるといふ)。

ピーター・アグレたちは、ヒトのタンパク質 P の遺伝情報を持つ mRNA を含む溶液をアフリカツメガエルの卵母細胞に注入し、卵母細胞 A とした。卵母細胞 B には mRNA を含まない溶液を同量注入した。卵母細胞 A, B を注入操作の後 72 時間、室温で等張液(アフリカツメガエルの体液の浸透圧にほぼ等しい塩溶液)中に放置した。その後、卵母細胞を入れた外液を約 3 倍量の蒸留水でうすめたところ、卵母細胞 A は図 2 のグラフの黒丸で示したように膨張して数分の後に破裂した(矢印)。卵母細胞 B はグラフの白丸で示すように多少膨張したものの 1 時間経過しても破裂しなかった。また、別な膜タンパク質の遺伝情報を持つ mRNA を注入した卵母細胞 C では、細胞膜にこの膜タンパク質は発現されたが、卵母細胞 B と同様に破裂しなかった。

この実験で卵母細胞 A は破裂し、卵母細胞 B と C は破裂しなかったのは、卵母細胞 A では大量の水が急速に細胞内に流入したためであり、卵母細胞 B と C ではそのような水の急速な流入がなかったためと考えられる。水の急速な流入を引き起こした

原因は、細胞内外の浸透圧の差である。蒸留水で外液を希釈したために細胞外液の浸透圧が細胞内の液の浸透圧に比べて (ア) になった。卵母細胞 A のみで水の急速な流入が起きたのは、卵母細胞 A の膜にのみ (イ) が発現されたからと結論できる。卵母細胞 B が多少膨張したのは (ウ) を通してゆっくりとした水の流入があったためである。

ただしこの実験のみから、タンパク質 P が水チャネルそのものであるとは断定できない。それは「水チャネルの本体は卵母細胞膜にすでに存在していたが機能しておらず、タンパク質 P がその水チャネルを活性化した」^② という可能性を否定できないからである。これを否定するために次の実験を行った。

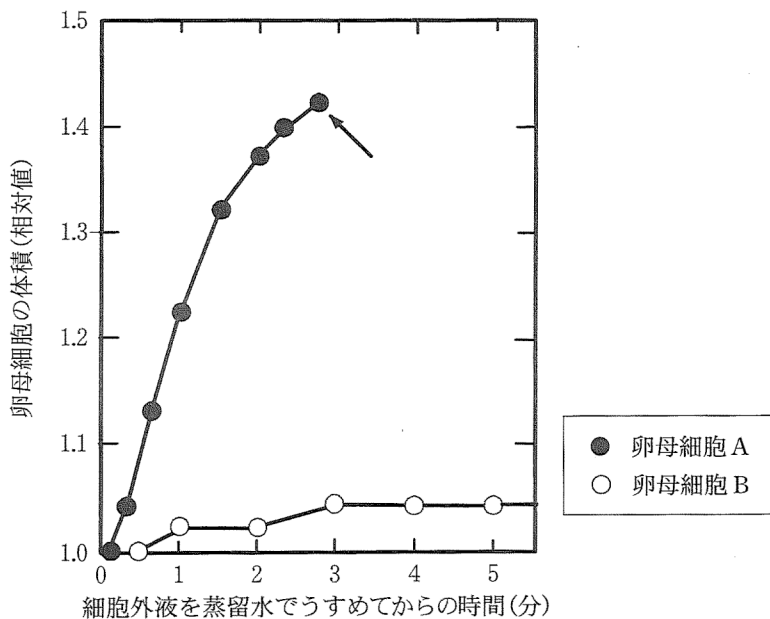


図 2

文 4

ピーター・アグレたちはさらに、赤血球からタンパク質 P を単離・精製し、それを脂質分子と混合して人工膜小胞を作った。この人工膜小胞を等張液(浸透圧が人工膜小胞内液のそれに等しい液)中に入れ、その液にショ糖(スクロース)を加えてすばやくかき混ぜた。この結果、人工膜小胞の体積が急速に減少した。この体積減少の速度は、人工膜小胞に含まれるタンパク質 P の量に比例した。タンパク質 P を含まな

い人工膜小胞の体積減少はほぼゼロであった。この関係より、タンパク質 P の 1 分子あたりの水分子の透過率(単位時間あたりに透過した水分子の数)を求めた。他方、同一条件下で赤血球膜を透過する水の量を測り、それを赤血球膜に含まれるタンパク質 P の数で割ってタンパク質 P の 1 分子あたりの水分子の透過率を求めた。こうして求めた 2 つの透過率はほぼ等しかった。また、電子顕微鏡で調べると、人工膜小胞の膜に組み込まれたタンパク質 P の方向は正方向と逆方向がほぼ半々であった(図 1 B)。それに対し、赤血球膜ではタンパク質 P はすべて正方向である(図 1 A)。

問 1 以下のタンパク質のなかで、下線①「さまざまな膜タンパク質」にあてはまるものに○、当てはまらないものに×を付けよ。

- (ア) イオンチャネル：特定のイオンを一方から他方へ移動させる。
- (イ) アクチンとミオシン：ATP を加水分解して得たエネルギーを使って、筋肉の収縮を引き起こす。
- (ウ) インスリン受容体：インスリンの結合によって、細胞内での一連の化学反応を引き起こす。
- (エ) Na^+ 、 K^+ - ATP 分解酵素(ナトリウムポンプ)：ATP を加水分解して得たエネルギーを使って、ナトリウムイオンとカリウムイオンをそれぞれ一方から他方へ輸送する。
- (オ) 神経伝達物質の受容体：軸索の末端から放出された伝達物質を結合し、イオンを一方から他方へ移動させ、活動電位発生に寄与する。
- (カ) ヘモグロビン：赤血球にあり、酸素を結合して酸素の体内輸送に関与する。

問 2 文 3 の空欄 ～ に適切な語句を記入せよ。

問 3 この一連の実験によって文 3 の下線②の可能性が否定される理由を 50 字以内で述べよ。

問 4 文 4 の下線③のような違いにかかわらず、赤血球膜と人工膜小胞の膜の水分子の透過率は、水チャネル 1 分子あたりで比較するとほぼ等しかった。このことから結論される水チャネルの機能の特徴を 50 字以内で述べよ。ただし、水チャネルは 1 分子ずつ独立に機能する。

生物 問題Ⅲ

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

文1

バイオテクノロジーのひとつに多細胞生物の体細胞1個から、個体を再生する技術がある。

植物の場合は体細胞をばらばらにするために、細胞を取り囲む構造体である [ア] を取り除く処理が必要となる。 [ア] は [イ] を主成分としており、 [イ] などの [ア] の構成成分を分解するための酵素処理を行う。この酵素処理は高張液中で行うため、植物の組織片を酵素処理液に入れると、 [ア] と [ウ] が離れた [エ] という状態となる。

ある植物(以下「親植物」と呼ぶ)の組織片を、 [ア] を分解する酵素で処理することにより、 [ア] が除かれた [オ] と呼ばれる裸の細胞が得られた。その中には、緑色の細胞小器官を持つ [オ] や、赤紫色の色素を含む大きな細胞小器官を持つ ① [オ] が存在した。②

文2

上記のようにして得た [オ] を1個ずつ分離して、適当な培地で培養したところ、緑色や赤紫色の細胞小器官が観察されない、 [カ] と呼ばれる黄白色の細胞塊ができた。培地に添加する2種類の植物ホルモンのバランスを変えていくと、③ [カ] から芽や根が発生し、植物体を再生することができた(以下、この植物を「再生植物」と呼ぶ)。このように、 [キ] していた細胞が [ク] して増殖し、それが [ケ] して新しい個体を形成する能力を [コ] という。このようにして得られた個体は、由来となった親個体と基本的には遺伝的に同一であり、 [サ] と呼ばれる。

動物細胞は、植物細胞のように [キ] した細胞を [ク] させることが容易ではないが、近年、 [シ] 細胞と呼ばれる [コ] を持ったまま培養できる細胞が作り出され、再生医学の分野で注目を集めている。例えば、すい臓の [ス]

にある 細胞からインスリンの分泌がうまく行われ^{ない}糖尿病患者に、
 細胞から させた 細胞を移植して治療する方法も検討
されている。

文3

再生植物は、密閉されたフラスコ内で水分量が十分な状態で育成されていた。これをフラスコから出して、滅菌した土に植えかえたところ、すぐにしおれてしまった。この植物の葉の断面を顕微鏡で観察すると、表皮の最外層にある が薄かった。葉の表面を顕微鏡で観察すると、 が全て閉じていた。根の表面を観察すると の発達が悪かった。^④

しおれてしまった再生植物を、光、温度、湿度などの環境を維持できる植物育成装置の中に移し、湿度を高く保つと、しおれから回復した。植物育成装置内の湿度を徐々に下げながら栽培を続けると、 や の発達がみられ、湿度が低い状態でもしおれることなく生育できるようになった。

文4

再生植物を栽培している植物育成装置内に、たくさんの成熟したリンゴ果実を置き^⑤
たところ、数日後に植物の葉が全て落ちた。落ちた葉の葉柄の基部を観察すると、
 の形成がみられた。リンゴ果実を植物育成装置から取り出して植物の栽培を続けると、植物は新しい葉を出し、旺盛に生育した。

親植物の種を名古屋で秋にまくと、翌年の春に花を咲かせる。しかしながら、再生植物を、明期が18時間、暗期が6時間、温度が20℃の条件に設定した植物育成装置内で栽培し続けたが、1年以上経っても花芽を形成することはなかった。そこで植
物育成装置内のある環境条件を変えてしばらく栽培し、その後、元の環境条件に戻す^⑥
と開花した。

文5

再生植物の花は、がく、花弁、おしべ、めしべから構成されていたが、多数の再生植物を栽培している中に、花弁とおしべがなく、がくとめしべしか持たない花を見つけ

る個体が存在した。原因を調べると、この個体では花の形態形成に関わる 遺伝子に が起きていることがわかった。

この花弁とおしべがない花をつける個体を隔離して栽培すると、 が起きないため果実をつけなかったが、ある植物ホルモンを花に処理すると果実が大きく成長した。このように が行われることなく果実が形成される現象を と呼び、この現象を利用して種なしブドウの生産が行われている。
⑦

問 1 文 1～文 5 の空欄 ～ に適切な語句を記入せよ。

問 2 下線①の細胞小器官に含まれる緑色の色素と、下線②の細胞小器官に含まれる赤紫色の色素は何かを答えよ。

問 3 下線⑥で変えたある環境条件とは、「日長」か「温度」かのどちらかである。今回の実験ではどちらの条件を、どのように変えることにより花芽を形成させることができたのか、それを判断した理由とともに 130 字以内で述べよ。なお、親植物と再生植物は同じ花芽形成の性質を持つものとする。

問 4 以下は下線③～⑦に関わる植物ホルモンに関する問いである。設問(1)～(5)に答えよ。同じ植物ホルモンを何度答えてもよい。

設問(1)：下線③の 2 種類の植物ホルモンは何か。

設問(2)：下線④の現象に最も関係が深い植物ホルモンは何か。

設問(3)：下線⑤の現象に最も関係が深い植物ホルモンは何か。

設問(4)：下線⑥では環境条件を変えることで再生植物に花芽を形成させることができたが、環境条件を変えることなく、ある植物ホルモン(合成品が市販されている)を再生植物に処理することによっても、花芽を形成させることができた。この植物ホルモンとは何か。

設問(5)：下線⑦で用いられる植物ホルモンは何か。

草 稿 用 紙
(切りはなしてはならない)

草 稿 用 紙
(切りはなしてはならない)