

平成 28 年度・入学試験問題

理 科 (前)

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この冊子は 35 ページあります。
3. 試験開始後、落丁・乱丁・印刷不鮮明の箇所があったら申し出なさい。
4. 解答はすべて解答用紙に、それぞれの問題の指示にしたがって記入しなさい。
5. この冊子のどのページも切り離してはいけません。ただし、余白等は適宜利用してかまいません。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。
7. 受験科目選択上の注意(重要)
「物理」, 「化学」, 「生物」のうち 2 科目を選択して解答しなさい。
選択しなかった科目の解答用紙は試験開始後、90 分で回収します。それ以後は
選択の変更は認めません。
全科目の解答用紙 5 枚ともに受験番号を記入しなさい。

理 科 問 題

物 理	問題 1	3 ページ
	” 2	5 ”
	” 3	7 ”
	” 4	9 ”

化 学	問題 1	10 ページ
	” 2	13 ”
	” 3	17 ”
	” 4	19 ”

生 物	問題 1	23 ページ
	” 2	26 ”
	” 3	30 ”
	” 4	33 ”

解 答 用 紙

理科	物理解答用紙	2 枚
理科	化学解答用紙	1 枚
理科	生物解答用紙	2 枚

生 物

生物問題 1

次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

体内環境はホルモンや自律神経によって一定に維持されており、腎臓は尿を生成することによって体液の恒常性維持に貢献している。腎臓に入った血液は糸球体でろ過され、血球やタンパク質以外の成分の大部分はボーマン囊にこしだされる。そのろ液(原尿)には水分や無機塩類、グルコースなどが含まれるが、細尿管(腎細管)^Aと集合管を通過する間に大部分の水と必要な成分が再吸収され、尿となって体外へ排出される。体液量の変化は血しょう浸透圧の変化として視床下部の浸透圧受容器^Bで感知され、下垂体からのバソプレシンの分泌を介して血しょう浸透圧が補正される。バソプレシン以外に、体液濃度は鉱質コルチコイドによっても調整される。

腎臓は体液量の調節とともに老廃物の処理も行うことで体内環境を一定に保っている。脂溶性の物質が主に肝臓で分解されて便として排泄される一方、水溶性の老廃物は腎臓から尿として排出される。血しょう中に含まれるアミノ酸は細胞でタンパク質や核酸などの材料として利用されるが、不要なアミノ酸は代謝され、有害なアンモニアが生じる。アンモニアは肝臓で尿素に変えられた後、血中に放出され、^C腎臓から体外へ排出される。

病的状態では、尿中に通常見られない物質が観察されることがある。たとえば糖^D尿病では血糖値を下げるしくみはたらずに高血糖となり、尿中にグルコースが排出される。また、フェニルケトン尿症は劣性対立遺伝子のホモ接合により引き起こされる疾患で、フェニルケトンなどの物質が尿中に排出される。フェニルアラニンをチロシンに変換する酵素の遺伝子の塩基が変化したことによって、代謝されないフェニルアラニンとその副産物が蓄積し、脳の発達が障害される。

問 1 下線部Aについて、腎臓のろ過・再吸収の能力を調べるため、健康な人の血管内にイヌリンを投与し、その血中濃度が一定になったところで血しょう、原尿、および尿についてイヌリンと主な物質の濃度を調べ、表1の結果を得た。なお、イヌリンは人体に含まれない物質で、糸球体で自由にろ過され、細尿管で再吸収されずに尿中に排出される植物由来の多糖類である。

表 1

成 分	質量パーセント濃度(%)		
	血しょう	原尿	尿
タンパク質	7	0	0
グルコース	0.1	0.1	0
ナトリウムイオン	0.3	0.3	0.35
クレアチニン	0.001	0.001	0.075
尿素	0.03	0.03	2
イヌリン	0.01	0.01	1.2

健康な人の尿は1分間に1 ml 生成されるものとして、(1)、(2)の問いに答えよ。

- (1) 1分間に生成される原尿の量(ml)を求めよ。
- (2) ナトリウムイオンの再吸収率(%)を求めよ。血しょう、原尿、尿の密度を1 g/ml とし、四捨五入して小数点以下第1位まで記せ。

問 2 下線部Bについて、バソプレシンが合成されてから分泌されるまでの過程を脳下垂体前葉ホルモンとの違いに留意して60字以内で説明せよ。

問 3 バソプレシン、鉍質コルチコイドが作用する腎臓内の構造名とホルモンとしての作用をそれぞれ記せ。

問 4 下線部Cについて、アンモニアを直接排出せずに尿素に変換して排出する利点を陸生動物の水利用の観点から 60 字以内で述べよ。

問 5 下線部Dとは異なり、健康な人では尿中にグルコースが排出されることはない。これは細尿管を構成する細胞の内腔側(尿に接する側)に原尿中のグルコースを再吸収する機構が備わっているためである。この機構があるにもかかわらず糖尿病患者の尿中にグルコースが排出される理由を考えて述べよ。

問 6 糖尿病は主としてインスリン分泌細胞が破壊されるⅠ型とインスリン分泌量が減少、あるいは標的細胞が反応しなくなるⅡ型の二つに分類される。標的細胞が反応しなくなったⅡ型糖尿病の場合、インスリンの分泌はどのようになると考えられるか。ランゲルハンス島 B 細胞に障害がないものとして 60 字以内で述べよ。

問 7 1万人の出生に対し1人にフェニルケトン尿症が発症すると考えた場合、その劣性対立遺伝子の頻度とヘテロ接合体である保有者の頻度を答えよ。ただし、以下の条件を満たすものとする。

- ・新たなフェニルケトン尿症の突然変異が起こらない。
- ・配偶者の選択はランダムに行われる。
- ・フェニルケトン尿症の遺伝子型や表現型の違いによる自然選択がない。
- ・集団サイズは十分に大きい。
- ・ほかの集団との間で個体の流入・流出がない。

生物問題 2

次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

DNAを構成する塩基には(アデニン、チミン、シトシン、グアニン)の4種類があり、アデニン：チミンそしてシトシン：グアニンの割合はすべての生物で1：1^(a)となるという法則がある。また、チミンはRNAでは存在せず、代わりに(①)があり、シトシンは(②)の修飾を受けることによって遺伝子発現制御に関与することが知られている。

タンパク質のアミノ酸配列はDNAの塩基配列によって決定されている。また、タンパク質を形成するアミノ酸は20種類ある。

DNAの塩基配列を写し取ってまず(③)がつくられることを転写といい、(③)の3個の塩基の組み合わせが1つのアミノ酸を指定する。この塩基配列が^(b)タンパク質のアミノ酸配列に変換されることを(④)という。また、このようなDNA⇒RNA⇒タンパク質の一方向の遺伝情報の流れを(⑤)という。

このように、DNAは生物にとって大切なものである。生物は、様々なDNAを守るしくみを持っている。例えば細菌は、バクテリオファージの感染など外からの侵入に対して身を守る防御機構を備えており、外来のDNAを自分自身が持つ制限酵素と呼ばれる酵素によって分解し、バクテリオファージの増殖を抑制する。制限酵素はある二本鎖DNAの特定の塩基配列を認識して結合し、切断する。*EcoR I*という制限酵素は、図1のような塩基配列を認識し、線の位置で切断する。

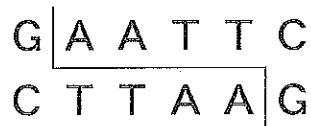


図1

問1 空欄(①)～(⑤)に適切な用語を入れよ。

- 問 2 下線部(a)の法則をその発見者になぞらえて何の法則というか、答えよ。
- 問 3 下線部(b)について、なぜ1塩基や2塩基ではいけないのか、理由を記述せよ。
- 問 4 ある一個体の真核生物の体細胞に含まれている DNA はすべて同じであり、すべての体細胞は基本的には全く同じ遺伝情報をもっている。しかし、われわれの体は肺や皮膚、血管などのように、細胞ごとに様々な機能を有している。その理由を 150~300 字程度で記述せよ。
- 問 5 仮に 10,000 塩基対からなる DNA を *EcoR* I で切断した場合、切断される部位は理論上何か所あるか。ただし、この DNA は環状ではなく、また4つの塩基の含まれる割合はすべて同じとする。答えは小数点以下切り捨てで答えよ。
- 問 6 遺伝子 *lacZ* (β -ガラクトシダーゼの遺伝子) をベクター A に組み込むために、両端に *EcoR* I 認識部位が含まれるように *lacZ* 遺伝子を PCR 法により増幅した。その PCR 産物を *EcoR* I で両端を切り出し、*EcoR* I で切断したベクター A と DNA リガーゼを用いてつなぎ合わせる反応を行った。ベクター A と *lacZ* 遺伝子のつなぎ合わせの効率は 10 % 程度であり、つなぎ合わされなかったベクター A は自身のみで結合した。
- 次にこの反応物を大腸菌に導入し、大腸菌をプレートに塗布した。これらの操作は初心者の学生が行ったため、大腸菌にベクターが形質転換する効率は 0.01 % 程度である。また、導入した *lacZ* 遺伝子はプロモーター部位を含めて約 1,500 塩基対あり、ベクターに組み込まれた場合必ず発現することとする。
- 図 2 に示すように β -ガラクトシダーゼは X-gal という薬剤と反応し、大腸菌を青色にする働きがある(もともとの大腸菌は白いコロニーをつくる)。
- 図 3 にベクター A を示す。このベクター A には抗生物質 K (大腸菌にとって致命的な抗生物質) に耐性となる遺伝子 L、および抗生物質 C (大腸菌にとって致命的な抗生物質) に耐性となる遺伝子 R が含まれている。また、遺伝子 R 付近の遺伝子配列 (R 遺伝子は下線部) を抜き出して記すが、ここ以外には制限酵素認識部位はないものとする。

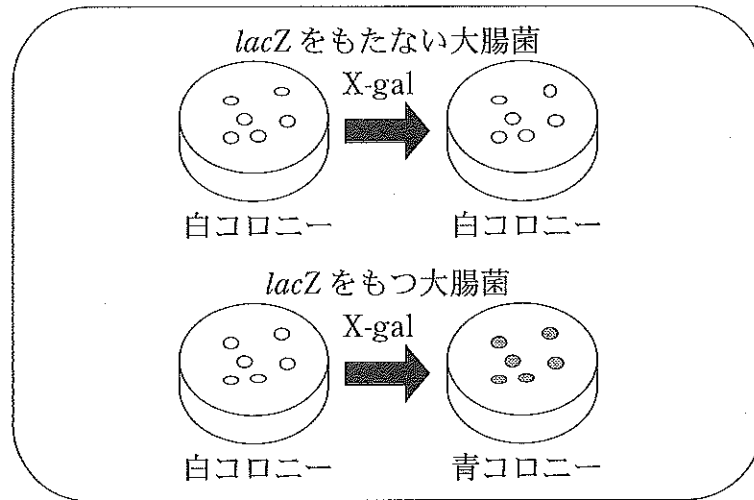
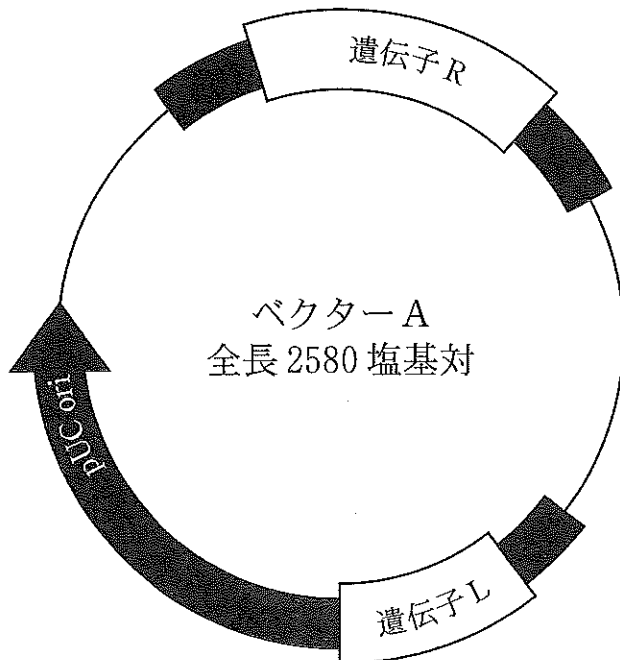


図 2

遺伝子 R の周辺配列 (片方の DNA 鎖のみ記載) (R 遺伝子は下線部)

```

AGGCGGCTCAAAGACTTGGAAAGAGATGGAATTCAGAAAAGGAGTGTGTGAGGGAGA
AATTAACCTTACTGCATGAATTTCTGCAAAACAGAAATAAAAAGCCAGTTGTGTGACTT
GGAAACCAAATTACATAAAGAGGAATTATCTGAGGAAGGCTACCTGGCTAAAGTCAAG
TCCCTCTTAAATAAGGATTTGTCCTTGGAGAACGGAACACACACTCTCACT
  
```



pUC ori :
大腸菌内でベクター A が
増幅する為に必要な領域

図 3

この時，使用するプレートが表1に示す（ア）～（エ）の条件だった場合に，生えてくるコロニーの色の割合の比率を（ア）～（エ）の条件それぞれにつき答えよ。

また，*lacZ* 遺伝子が組み

表1

込まれた DNA ができているかどうかを調べるための，プレートに塗布して色をみる以外の方法について記述せよ。

	抗生剤 C	抗生剤 K	X-gal
ア	－	＋	＋
イ	－	＋	－
ウ	＋	－	＋
エ	＋	＋	＋

生物問題 3

次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

体の組織を構成する細胞は、血液から酸素・養分などを受け取り、血液により老廃物が除去されることで活動が維持されている。心臓から送り出された血液は、血管A—血管B—血管Cの順に全身を循環して、心臓に戻るサイクルを繰り返している。血管Aは、心臓に近い太い部位は弾性に富み、枝分かれした細い部位は筋肉の収縮により各臓器への血流と抵抗を調節している。血管Bは最も細い血管であるが、総断面積は最も広い。血管Cは薄い筋肉層におおわれて逆流を防ぐ弁を有しており、血液をたくわえる性質を持つため、血液の約3分の2が分布している。

心臓がポンプとしてはたらくことにより生じ、血液を循環させる駆動力が血圧であり、オームの法則により(血圧) = (心臓から血管Aに押し出される血液の量) × (血管Aの抵抗)として規定される。血圧は心臓が収縮するとき最も高く、心臓が拡張するとき最も低くなり、平均血圧はおおよそ100 mmHgである。血圧は運動、姿勢、ストレスなどによって変化するが、神経やホルモンのはたらきによってその変動は一定の範囲内に維持されている。

血圧を調節する神経には、中枢神経からの指令を心臓や血管に伝える遠心性の神経と血管や心臓からの情報^Aを中枢神経に伝える求心性の神経があり、両者は(①)によって連絡している。血圧が変動すると、心臓と中枢神経をつなぐ神経の回路のはたらきにより、生じた変動とは逆の方向に調節する(②)と呼ばれるしくみが形成されている。血圧が下がった場合には、心臓の(③)と呼ばれる部位に作用して瞬時に心拍数が増加するとともに、心臓の収縮力も強くなる。その結果、心臓から送り出される血液量が増加して血圧はもとに戻る方向に調節される。

問1 空欄(①)～(③)に適切な用語を入れよ。

問2 血管Bの名称を答えよ。またその壁の構造上の特徴と機能を述べよ。

問 3 下線部Aについて、カエルの心臓を用いて図1のような装置を使って、神経のはたらきを調べる実験を行った。ただし生理的塩類溶液は矢印の方向に一定の速度で流れ、心臓を入れたビーカーの液量は変化しない。

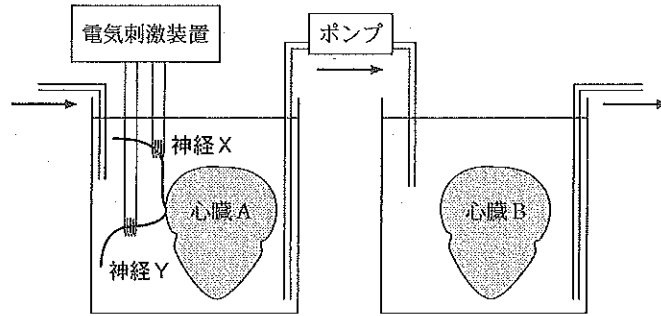


図 1

図 2 は、非刺激時(刺激なし)、心臓 A に分布する神経 X および神経 Y をそれぞれ電気刺激した時の、心臓 A および心臓 B の心拍数の時間経過を示している。ただし、それぞれのたて線は 1 回の心臓の拍動を示しており、矢印(▼)は電気刺激を行ったタイミングを示している。

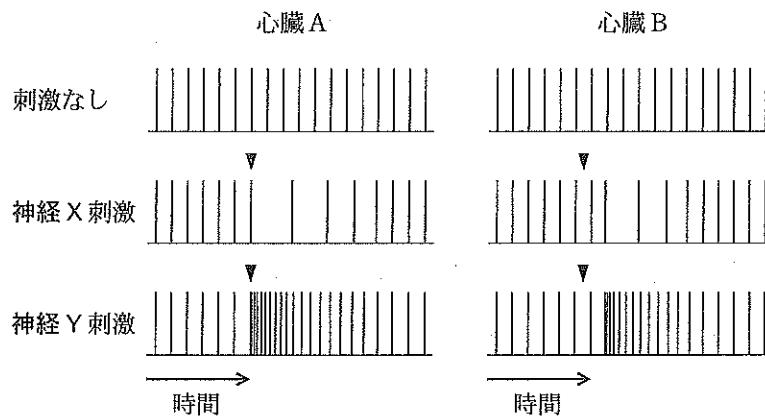


図 2

- (1) 神経 X と神経 Y からの情報は、心臓 A および心臓 B にそれぞれどのような経路で伝わっていると考えられるか、50 字程度で述べよ。

(2) (ア)および(イ)のように条件を変えた場合、神経 X を刺激した時の心拍数の減少は、心臓 A および心臓 B でそれぞれどのように変化すると考えられるか述べてよ。

(ア) 生理的塩類溶液の流速を 2 分の 1 にし、刺激の強さは変えない。

(イ) 生理的塩類溶液の流速は変えず、刺激の強さを半分にする。

問 4 図 3 は、下線部 B の神経の活動電位の発火頻度と平均血圧の関係を示したグラフである。ただし、活動電位の発火頻度は神経終末における伝達物質の放出量と相関するものとする。

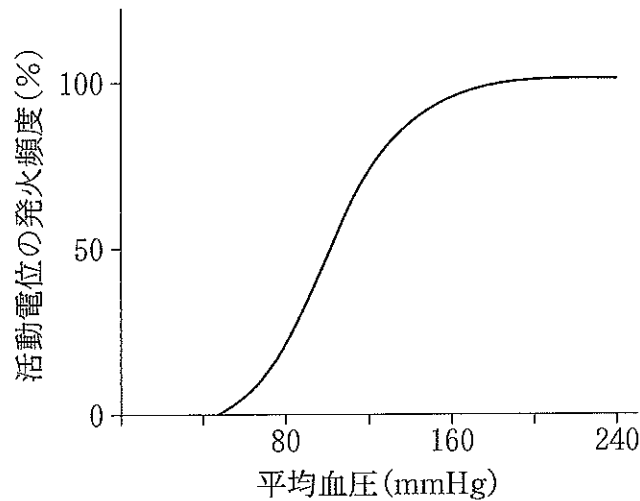


図 3

この神経は、生体内では神経 X および神経 Y に対してそれぞれどのような作用を持つと考えられるか、90 字程度で述べてよ。

問 5 神経 Y は、血管 A の細い部位を収縮させ径を減少させる。このはたらきにより血圧はどのように変化すると考えられるか、30 字程度で述べてよ。

問 6 心臓は、血管 C から戻ってくる血液量が増加すると、血管 A に送り出す血液を増加させるしくみを持つことが知られている。神経 Y により血管 C が収縮すると、血圧はどのように変化すると考えられるか、50 字程度で述べてよ。

生物問題 4

次の文章を読み、問1～問3に答えよ。

愛知県内の自然公園には、多様な生物種が生息している。近年、外国から持ち込まれた外来種が繁殖し、自然公園内の生態系に様々な影響を与えている。この自然公園では日本シカが^(ア)増えており、このシカが希少種を含む多くの植物種を、^(イ)餌として食べ尽くしてしまう事が問題となっている。シカのように、食う物を と呼び、植物のように食われる物を と呼ぶ。この自然公園では、複数の植物種でアブラムシが観察され、アブラムシが出す栄養物をアリが利用している。アリは栄養物をもらう代わりにアブラムシを天敵から守っていると考えられる。このように、互いが利益を得るような種間関係を という。それに対して、一方のみが利益を受けて、他方は利益も不利益も受けない場合を という。

問1 空欄 ～ に適当な語句を入れよ。

問2 下線部(ア)について、外来種が生態系に与える影響についての説明文として最も適切なものを、下記の(a)～(d)から選べ。

- (a) 個体群内の外来種の年齢構成が変化する。
- (b) 生物群集内で占める外来種の生態的地位が上昇する。
- (c) 外来種の天敵が生息しない場合、外来種の個体数が急速に増加する。
- (d) 外来種の個体数が増加し、絶滅の渦と呼ばれる現象が発生する。

問 3 下線部(イ)について、以下の問に答えよ。

- 1) 自然公園内に生息する日本シカの個体数を知りたいので、標識再捕法と呼ばれる調査を行なった。まず、シカ 56 個体にマークを付けて自然公園に戻した(1 回目の調査)。20 日後に、同じ自然公園で 68 個体のシカを捕獲したところ、20 個体にマークが付いていた(2 回目の調査)。この自然公園内に生息するシカの個体数は何個体と推定されるか。人為的な持ち運び、個体の出生、死亡、移入、移出、マークの脱落、山火事などの攪乱要因は考えないものとする。割り切れない場合は、小数点以下は四捨五入すること。計算式は省略しないこと。

- 2) 1 回目の調査で、メスは 40 個体であった。また、2 回目の調査では、メスは 40 個体で、このうちマークが付いたメスは 12 個体であった。この自然公園内に生息する、メスのシカの個体数は何個体と推定されるか。ここでも、人為的な持ち運び、個体の出生、死亡、移入、移出、マークの脱落、山火事などの攪乱要因は考えないものとする。割り切れない場合は、小数点以下は四捨五入すること。計算式は省略しないこと。

- 3) 上記の 2 つの計算式から導かれた個体数を使って、オスを 1 とした時の、メスの比率を計算せよ。小数点以下第二位を四捨五入して、小数点以下第一位まで示せ。

- 4) 1 回目と 2 回目の調査の間に、他の地域からシカが移入した場合、推定される予定であった個体数はどのような影響を受けるのか。次の(a)~(d)から適切なものを全て選べ。
 - (a) 推定される個体数は増加する。
 - (b) 推定される個体数には影響がない。
 - (c) 推定される個体数は減少する。
 - (d) 他の地域から移入したシカの数によって、推定される個体数は増減する。

- 5) 1回目と2回目の調査の間に他の地域へシカが移出した場合、どの時点の個体数を推定することになるのか。次の(a)~(d)から最も適切なものを選び。
- (a) 移出前の個体数を推定している。
 - (b) 移出後の個体数を推定している。
 - (c) 移出前と移出後の中間の時期の個体数を推定している。
 - (d) 他の地域へ移出したシカの個体数を推定している。