

令和4年度入学者選抜学力検査問題

理 科

物 理 1 ページ～ 21 ページ

化 学 22 ページ～ 33 ページ

生 物 34 ページ～ 48 ページ

注 意 事 項

1. この冊子は、監督者から解答を始めるよう合図があるまで開いてはいけません。
2. 監督者から指示があったら、解答用紙の上部の所定欄に受験番号、座席番号を、また、下部の所定欄には座席番号をそれぞれ記入しなさい。その他の欄に記入してはいけません。
3. 選択科目は、届け出た科目について解答しなさい。それ以外の科目について解答すると失格となります。
4. 解答すべき問題の番号は、学部・学科等で異なるので、各科目の最初に書いてある注意事項の表で確認しなさい。
5. この冊子の余白の部分を計算、下書きに使用してもかまいません。
6. 解答用紙は、記入の有無にかかわらず、持ち帰ってはいけません。
7. この冊子は、持ち帰りなさい。
8. 落丁、乱丁または印刷不備があったら申し出なさい。

生 物

注意 1. 志望する学部・学科等により、表に示す番号の問題を解答すること。

志望する学部・学科等	解答する問題番号
国際教養学部 志望者のうち生物を選択する者	1 3 4 5
教育学部 志望者のうち生物を選択する者	1 3 4
理学部 数学・情報数理学科，化学科志望者のうち生物を選択する者	1 3 4
理学部 生物学科	1 2 3 4 5
理学部 地球科学科志望者のうち生物を選択する者	1 4 5
園芸学部 園芸学科，緑地環境学科志望者のうち生物を選択する者	1 4 5
園芸学部 応用生命化学科志望者のうち生物を選択する者	1 2 5
医学部 志望者のうち生物を選択する者	1 2 3
薬学部 志願者のうち生物を選択する者	1 2 3
看護学部 志望者のうち生物を選択する者	1 2 3
先進科学プログラム (方式Ⅱ) 化学関連分野志望者のうち生物を選択する者	1 4 5
先進科学プログラム (方式Ⅱ) 生物学関連分野	1 2 3 4 5
先進科学プログラム (方式Ⅱ) 植物生命科学関連分野	1 2 5

2. 解答は、すべて解答用紙の所定の欄に、指定された方法で記入しなさい。

1 次の文章を読み、以下の問い(問1～4)に答えなさい。

個体の形成、維持、生命活動を営むための遺伝情報は、生物の細胞にあるDNAに埋め込まれている。DNAとRNAはともに核酸の一種ではあるが、DNAのみが塩基として **ア** をもつことや、糖として **イ** をもつことがRNAとは異なる。DNAから転写されたRNAは、タンパク質とRNAの複合体である **ウ** に移動し、そこでタンパク質が合成される。このように遺伝情報がDNA→RNA→タンパク質へと一方向に流れるとする原則は、**エ** と称されている。

問1 文章中の **ア** ～ **エ** にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問2 2本鎖DNA内の特定の配列を認識してDNAを切断する酵素を細菌がもつことについて、次の①～③に答えなさい。

- ① このような酵素を一般的に何とよぶか、最も適切な名称を答えなさい。
- ② このような酵素を、細菌はどのような目的で使用しているのか、60字以内で説明しなさい。
- ③ このような酵素のうち、酵素A(特定の6塩基からなる塩基配列を認識)・酵素B(特定の4塩基からなる塩基配列を認識)は、塩基配列に偏りのない2本鎖DNAを、それぞれ何塩基対ごとに1回切断すると計算できるか。数字で答えなさい。

問 3 翻訳について、次の①・②に答えなさい。

- ① 翻訳で使用されるコドンのうち、三つは終止コドンである。このとき、1種類のアミノ酸は平均いくつのコドンと対応していることになるか。計算式とともに、最も近い整数値を答えなさい。
- ② 仮にコドンが塩基二つの組で指定されているとすると、このコドンは最大何種類のアミノ酸を指定することが可能か。計算式とともに、その数を答えなさい。ただし、開始コドンはアミノ酸を指定できるが、終止コドンはアミノ酸を指定できないものとする。

問 4 動物間で、チューブリンのアミノ酸配列はほとんど変わらないが、それを指定する mRNA の塩基配列には多くの違いがみられる。このことについて、次の①・②に答えなさい。

- ① チューブリンのアミノ酸をコードする DNA に生じた突然変異の多くは、どのような塩基配列の変化であったと考えられるか、適切な用語を答えなさい。
- ② 図は、ヒトとショウジョウバエにおいて、チューブリンの同じ部分を指定する mRNA の塩基配列を示したものである。読み枠は何番だと推測できるか。理由とともに、100 字以内で答えなさい。

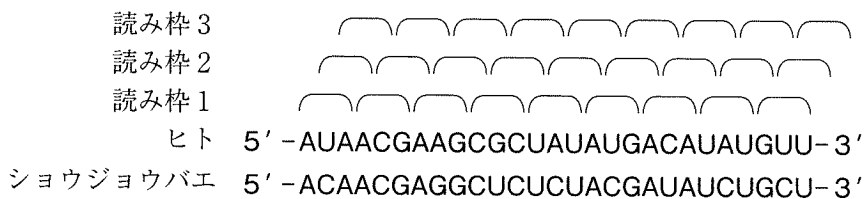


図 チューブリン(一部)の mRNA の塩基配列の比較

2

ウニの受精に関する以下の問い(問1～3)に答えなさい。

問1 ウニの受精の際に起こる反応を次の①～④の順番に説明した。ただし、それぞれの説明には間違っている箇所が一つある。間違っている下線部を指摘し、正しい答えを書きなさい。

- ① 精子の頭部には先体(先体小胞)と核が存在する。先体はゴルジ体から作られる。精子の尾部は主にミトコンドリアと鞭毛からなり、鞭毛はATPのエネルギーを使ってモータータンパク質のダイニンによって運動する。
- ② 精子頭部の細胞膜が卵の卵黄膜を認識すると、先体は精子細胞膜と融合してタンパク質分解酵素を含んだ内容物を放出する。精子頭部のアクチンは繊維状に変化し、細胞膜を突出させ、先体突起を形成する。
- ③ 先体突起は卵黄膜と種特異的な反応をした後、卵の細胞膜と接触し、互いの細胞膜が融合する。この時点を受精と呼ぶ。卵の卵黄膜の直下にある表層粒はエキソサイトーシスをおこし、卵黄膜と細胞膜の間に内容物を放出する。
- ④ 受精後、卵黄膜は細胞膜から離れて固くなり受精膜となる。受精膜の外側に透明層が形成される。受精によって卵は活性化され、初期発生が開始する。

問2 ウニでは多精拒否のため、受精直後に卵の膜電位が変化し、約1分後に受精膜が形成される。しかし、多精は一定の割合で起こり、それは卵の膜電位の性質に依存している。一方、未受精卵の膜電位を人工的に+5mVに固定すると、その間は精子を加えても受精は起こらない。表に卵の膜電位の変化と受精結果との関係を示した。これらのことから、多精拒否がおこる卵の膜電位の変化として最適なグラフを、図1の(a)～(d)から選び記号で答え、その理由を100字以内で説明しなさい。

表 卵の膜電位の変化と受精結果との関係

精子を加える前の電位(mV)	受精 3 秒後の電位(mV)	受精結果
- 75	+ 23	単精受精
- 68	+ 15	単精受精
- 77	+ 12	単精受精
- 71	+ 6	単精受精
- 71	- 12	多精受精
- 56	- 17	多精受精
- 79	- 20	多精受精
- 71	- 22	多精受精
+ 5		受精しない

(注) 単精受精とは一つの精子しか卵内に進入しない受精様式のことをいう。

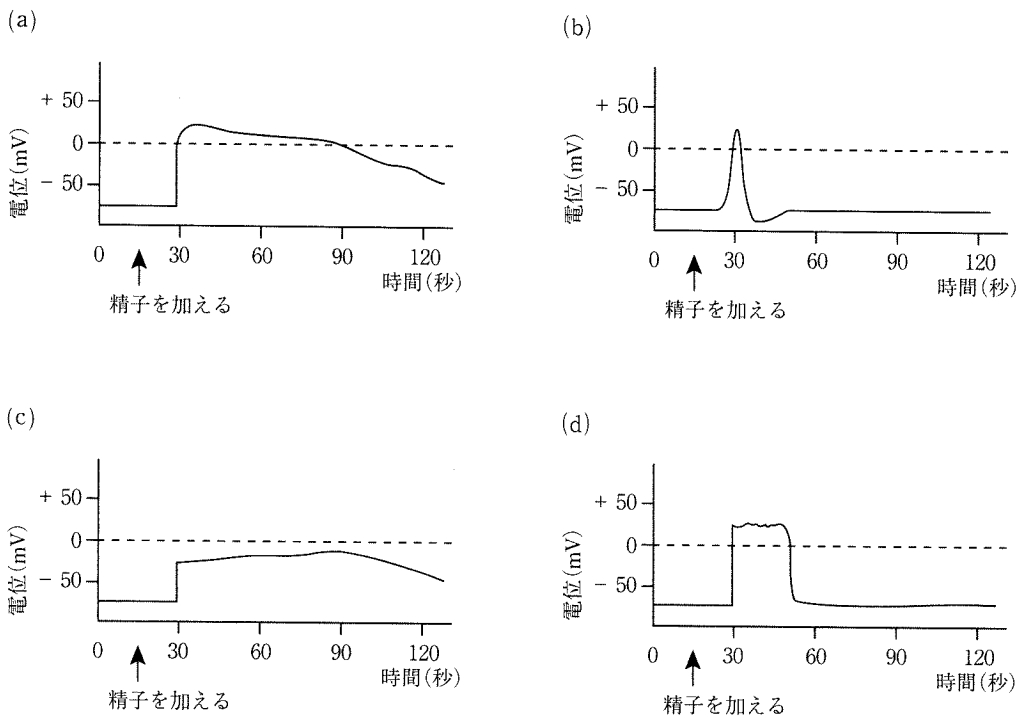


図 1

問 3 受精後の卵のタンパク質合成の仕組みを調べるため、実験1～3を行った。この結果に関して、次の①・②に答えなさい。

【実験1】 海水で未受精卵を3時間飼育した後、新しい海水に交換して人工受精を行い、26時間飼育した。その結果、胚はふ化し、遊泳した。

【実験2】 転写を不可逆的に阻害する物質Aを含む海水で未受精卵を3時間飼育した後、物質Aを含まない海水に交換して人工受精を行い、26時間飼育した。その結果、胚は胞胚腔を形成したが、それ以上発生は進行しなかった。

【実験3】 実験1と実験2の手順で多数の胚を発生させ、図2の白丸と黒丸で示す様々な時間にそれぞれ取り出した。これらの胚を ^{14}C (炭素の放射性同位体)で標識されたバリンを含む海水の入った試験管に移し、20分間飼育を続けた後、タンパク質を抽出し、タンパク質1mg中に検出される放射線量を測定した。測定結果は図2のようになった。

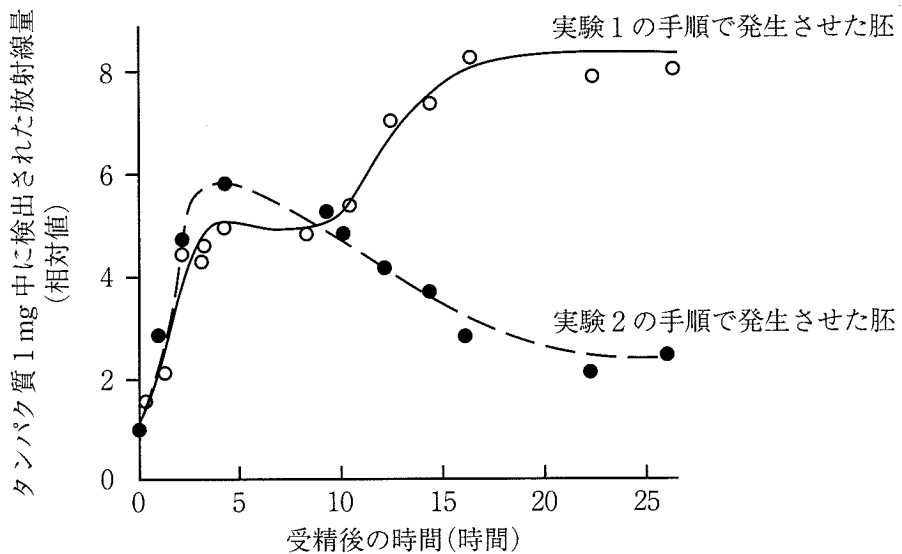


図2 ウニ胚のタンパク質から検出される放射線量

① 図2のグラフの縦軸が示す値は何を意味するか、次の(a)~(d)から正しいものを一つ選び、記号で答えなさい。

(a) 受精後から ^{14}C で標識されたバリンを含む海水に移されるまでの間に合成されたタンパク質の総量

(b) 全タンパク質に対する、受精後から ^{14}C で標識されたバリンを含む海水に移されるまでの間に合成されたタンパク質の割合

(c) 一定時間の間に合成されたタンパク質の総量

(d) 全タンパク質に対する、一定時間の間に合成されたタンパク質の割合

② 図2の結果において、受精後10時間まではタンパク質1mg中に検出された放射線量に実験1と実験2の胚の間でほとんど違いが認められなかった。しかしその後、実験1の胚のタンパク質から検出された放射線量は増加したのに対して、実験2の胚では減少した。この結果から考えられる受精後の卵のタンパク質合成の仕組みを、100字以内で説明しなさい。

3

次の文章を読み、以下の問い(問1～3)に答えなさい。

ヒトの ABO 式血液型は最初に発見された血液型であり、ラントシュタイナーにより 1901 年に報告された。ラントシュタイナーは自身を含む数十名から血液を採取し、血球と血清にわけた。そして、数十名の血球と血清をそれぞれ組みあわせて混ぜた。すると、(1) 同じ人の血球でも組みあわせる血清によって凝集したり、しなかつたりすることがわかった。ラントシュタイナーによる ABO 式血液型発見の論文は、発表した当初は大きな反響はなかった。しかしその後、輸血による死亡事故の主な原因は、血液型の不適合によるものであると別の研究者が主張したことをきっかけに、血液型の基礎研究を医学に応用する動きが急速に高まり、輸血による死亡事故は激減した。ラントシュタイナーはヒト血液型発見の功績により、1930 年にノーベル生理学・医学賞を受賞した。今では、(2) ABO 式血液型は、一つの遺伝子座の三つの対立遺伝子(A, B, O)で決定されることが明らかにされており、その遺伝様式と血液型は表1のようになる。また、血球の凝集は血清に含まれる凝集素(赤血球の表面に存在する糖鎖を抗原とする抗体)によるものであることが明らかにされている。

表1 ABO 式血液型の遺伝様式

		父親の配偶子の遺伝子		
		A	B	O
母親の配偶子の遺伝子	A	AA (A 型)	AB (AB 型)	AO (A 型)
	B	AB (AB 型)	BB (B 型)	BO (B 型)
	O	AO (A 型)	BO (B 型)	OO (O 型)

問 1 以下の文章の ～ にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

採取した血液を試験管内で静置すると、 と血清に分離する。
 には血球と とよばれる繊維状のタンパク質が含まれている。
 は、酵素である によって が変化して生じる。
 は が変化して生じるが、そのためには イオンが必要である。

問 2 下線部(1)について、次の①～③に答えなさい。

- ① 同じ血液型の血球と血清の間で凝集反応がおこらないのは、自分の赤血球の表面に存在する抗原(凝集原)に対して免疫寛容がおこるためである。また、ヒトの生活環境には、ヒトの赤血球の凝集原と同じ抗原をもつ細菌が存在する。そのために、ヒトの生後間もなく、これらの抗原に対する抗体がつくられる。これらのことから、例えば A 型のヒトは、A 型の凝集原と同じ抗原をもつ細菌に対する獲得免疫の力が他の血液型のヒトより劣ることが考えられるが、実際にはほとんど差はない。その理由を 40 字以内で答えなさい。
- ② A 型、B 型、AB 型、O 型の血液を血球と血清にわけて、それぞれを混ぜて凝集反応を調べたところ、表 2 のようになった。表 2 の(a)～(c)に入る適切な結果を「+」か「-」で答えなさい。ただし、血球(キ)～(ク)、血清(サ)～(セ)は、A 型、B 型、AB 型、O 型のいずれかであり、重複はないものとする。さらに、凝集反応は ABO 式以外の血液型の影響を受けないものとする。

表2 凝集反応の結果(+：凝集した -：凝集しなかった)

		血清			
		サ	シ	ス	セ
血球	キ	-	b	-	-
	ク	a	-	+	+
	ケ	-	+	+	-
	コ	-	+	+	c

- ③ 血液型が発見される以前には、輸血は死にいたる可能性のある治療法であった。血液型が発見される以前の時代に、A型、B型、AB型、O型の存在比が等しい集団において、ある人が輸血を受ける際に凝集がおこらない確率は何%か、小数点第一位を四捨五入して答えなさい。ただし、凝集反応はABO式以外の血液型の影響を受けないものとする。

問3 下線部(2)について、以下の①・②に答えなさい。

A型、B型、AB型、O型の存在比は、地域や民族によって異なることが知られている。例えばある集団300人を対象にした調査では、A型が165人、B型が48人、AB型が60人、O型が27人となった。この集団では、ハーディ・ワインベルグの法則が成り立つものとする。

- ① 対立遺伝子Aの頻度を x 、Bの頻度を y 、Oの頻度を z として血液型A型、B型、AB型、O型の頻度を数式で答えなさい。
- ② この集団における対立遺伝子A、B、Oの頻度を求め、それぞれをもっとも簡単な分数(既約分数)で答えなさい。

4 次の文章を読み、以下の問い(問1～3)に答えなさい。

個体群における単位生活空間当たりの個体数を個体群密度という。そして個体数が増加し、個体群密度が高くなることを **ア** といい、この過程を表したグラフを **イ** という。

例えばショウジョウバエ雌雄一対を飼育びんの中で飼育したとき、個体数は、はじめは急速に増加していくが、食物や生活空間などの資源を巡って同種個体間の競争(**ウ**)が激しくなり、出生率の低下や死亡率の上昇が起こり、ある一定の個体数で増加しなくなる。そのため、 **イ** はS字状になり、増加しなくなった最大の個体数を **エ** という。

一方、1種だけではなく2種が同じ地域内に生息するとき、⁽¹⁾異種間の競争により片方の種の個体数が時間の経過とともに減少していく場合(A)と、二つの種が共存する場合(B)がある。

また、複数の種が同じ地域内に生息し、⁽²⁾捕食と被食の関係が複雑につながっているとき、ある種の存在が、直接的な捕食と被食の関係にはない種の個体群密度に影響を及ぼす場合があり、これを **オ** という。

問1 文章中の **ア** ～ **オ** にあてはまる適切な語句を答えなさい。

問 2 次の①～⑤の場合、それぞれ下線部(1)の(A)と(B)のどちらになると考えられるか。(A)か(B)で答えなさい。なお、①～⑤のそれぞれの2種の生育に必要な条件は、各文中に示したこと以外は同じものとする。

- ① 2種は草本植物。両方の種の葉の形、大きさ、数、成長に必要な光の量はほぼ似ている。片方の種は草丈が高く上部で葉を広げ、もう片方の種は草丈が低い。
- ② 2種は動物。両方の種のご食物は似ている。片方の種は生活場所が主に樹上であり、もう片方の種は主に地上である。
- ③ 2種は動物。両方の種のご食物や生活場所はほぼ似ている。片方の種は、もう片方の種に比べて食物となる動物をより多く捕獲できる。
- ④ 2種は樹木。片方の種は幼木時と成木時のどちらでも成長に多くの光の量を必要とし、もう片方の種は幼木時は少ない光の量でも成長が可能である。
- ⑤ 2種は動物。片方の種は植物の種子を食べ、もう片方の種は小さい昆虫を食べている。

問3 下線部(2)の例として、ある地域における食物網が次の a～j の種で構成されているとする。また、これら以外の種による影響はないものとする。この地域から a 種を駆除した場合について、以下の①～③に答えなさい。

- a：動物。b, c, dを捕食する。dを多く捕食する。
- b：動物。gを捕食する。
- c：動物。fを捕食する。
- d：動物。e, fと生活場所を巡る競争関係*にある。
- e：動物。hを捕食する。dと生活場所を巡る競争関係*にある。
- f：動物。dと生活場所を巡る競争関係*にある。
- g：動物。iの受粉を促進させる活動をする。
- h：植物。jの産卵場所になる。
- i：植物。gにより受粉が促進され、繁殖する。
- j：動物。hを産卵場所にして繁殖する。

※：同じ地域にd, e, fが生息し、これらを捕食する種がない場合、dはe, fよりも競争に強い。

- ① i種の個体数は増加すると考えられるか、減少すると考えられるか。理由とともに130字以内で答えなさい。
- ② d, e, h, jの種の個体数は増加すると考えられるか、減少すると考えられるか。増加すると考えられる場合は「↑」、減少すると考えられる場合は「↓」で答えなさい。
- ③ c種の個体数は減少していた。この理由を140字以内で答えなさい。

5 次の文章を読み、以下の問い(問1～4)に答えなさい。

作物の進化と栽培化の歴史において、染色体の構造や数などの突然変異は重要な役割を果たしてきた。植物のみならず、染色体の基本数は、通常、生物種によって決まっており、体細胞には多くの場合、基本数の ア 倍、例えばヒトでは46本の染色体がある。染色体の基本数の変化は生理や生殖に様々な影響をもたらす。一方で栽培化された作物には染色体の基本数の ア 倍より大きい整数倍を示すものも存在し、このような個体は イ と呼ばれる。例えば栽培種であるパンコムギは ウ 倍体であるが、これは種間交雑と染色体の増加によって生じた種である。具体的には、異なる種の ア 倍体コムギ間での交雑のあとに倍数化が起こり、4倍体コムギが生じた。その後、¹⁾4倍体コムギと ア 倍体コムギ間での別種間での交雑と倍数化が起こることで、パンコムギが成立した。特に染色体数の変化によって生じる進化は地理的隔離なしで エ 的隔離が起こるため、比較的短い期間で新たな種が生まれる。

下の図はある科に属する2種の植物の染色体構造と数を示しており、²⁾β種の植物はα種の植物から形成された種であることが知られている。遺伝子Cに着目すると、α種の植物の2番染色体に由来すると思われる染色体が、β種の植物では3番および11番染色体と二つになっており、倍数化が起こったと考えられる。

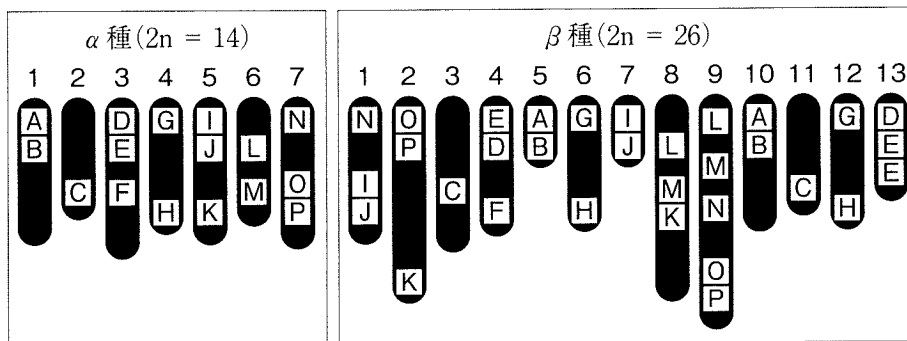


図. ある同じ科に属するα種およびβ種の植物の染色体の模式図。染色体上のアルファベットはすでに位置が特定されている遺伝子A～Pを示す。染色体番号は、染色体の上に示す。

問 1 文章中の ア ~ エ にあてはまる最も適切な語句または数字を答えなさい。

問 2 下線部(1)で生じる個体について、倍数化が起こらなかった場合の染色体数は基本数の何倍になるか、答えなさい。また、このときに生じる個体は生殖能力を失う。そのメカニズムを以下の三つの語句すべてを用いて 120 字以内で説明しなさい。

相同染色体 減数分裂 対合

問 3 下線部(2)について、 α 種から β 種が形成される過程で生じた染色体レベルでの突然変異を、特に α 種 3 番染色体と β 種 4 番および 13 番染色体について、以下の三つの語句すべてを用いて 180 字以内で説明しなさい。

欠失 逆位 重複

問 4 下線部(2)について、 α 種から β 種が形成される際に倍数化が起こっているにも関わらず、 β 種の染色体数は α 種の整数倍になっていない。その理由を 80 字以内で説明しなさい。