

受験番号						氏名	
------	--	--	--	--	--	----	--

2023 年度

# 理 科

## 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. 出題分野、頁および選択方法は、下表のとおりです。

出題分野	頁	選 択 方 法
物 理	1～22	左の3分野のうちから2分野を選択し、 解答しなさい。
化 学	23～35	
生 物	36～56	

3. 試験開始後、頁の落丁・乱丁及び印刷不鮮明、解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。また、問題冊子に計算用紙が挟んであるのでメモや計算に用いて構いません。
4. 監督者の指示にしたがって解答用紙の該当欄に下記のようにそれぞれ正しく記入し、マークしなさい。

### ① 受験番号欄

受験番号を5ケタで記入し、さらにその下のマーク欄に該当する5ケタをマークしなさい。(例)受験番号10025番→

1	0	0	2	5
---	---	---	---	---

と記入。

### ② 氏名欄 氏名・フリガナを記入しなさい。

### ③ 解答分野欄

解答する分野名2つを○で囲み、さらにその下のマーク欄にマークしなさい。

5. 受験番号および解答する分野が正しくマークされていない場合は、採点できないことがあります。
6. 解答は、解答用紙の解答欄にHB鉛筆で正確にマークしなさい。  
例えば 

15
----

 と表示された問題の正答として④を選んだ場合は、次の(例)のように解答番号15の解答欄の④を濃く完全にマークしなさい。薄いもの、不完全なものは解答したことにはなりません。

(例)

解答番号	解 答 欄									
15	①	②	③	●	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

7. 解答を修正する場合は、必ず「消しゴム」であとが残らないように完全に消しなさい。鉛筆の色や消しくずが残ったり、のような消し方などをした場合は、修正したことになりません。
8. すべて選べという指示のある問題を除き、それぞれの問題で指定された数よりも多くの解答をマークした場合は無解答とみなされます。
9. 問題冊子の余白等は、適宜利用してよいが、どの頁も切り離してはいけません。
10. 試験終了後、問題冊子、解答用紙、計算用紙を机上に置き、試験監督者の指示に従い退場しなさい。

# 生 物

(注意) 計算値の解答をマークするときは、桁に満たない解答欄には0を選んでマークせよ。

**第1問** 以下の問い(問1～6)に示す語句について、①～⑤の中に誤っているものが一つあるか、あるいは①～⑤のすべてが正しいかのどちらかである。①～⑤の中に誤りがある場合にはその記号を、①～⑤のすべてが正しい場合には⑥を選んで、解答欄にマークせよ。なお、補足の文章がある問いはその文章を読んでから解答せよ。解答番号  ～

問1 日本の本州中部におけるバイオームの垂直分布

- ① 一般に、標高が100 m高くなると気温は0.5～0.6℃低くなるため、高山では標高の低い方から高い方に応じて、低緯度から高緯度への変化と同じようなバイオームの分布がみられる。
- ② 一番標高の低い地帯は丘陵帯(低地帯)と呼ばれ、スタジイやアラカシなどの常緑広葉樹がみられる。
- ③ 山地帯には本州東北部の丘陵帯(低地帯)でみられるものと同じような夏緑樹林が分布し、ブナやミズナラなどの落葉広葉樹がみられる。
- ④ 亜高山帯には亜寒帯地域と同様に針葉樹林が分布し、シラビソやコマツガなどの落葉針葉樹がみられる。
- ⑤ 標高2500 mよりも高い地帯は高山帯と呼ばれ、ハイマツなどの低木が分布し、夏にはコマクサなどの高山草原(お花畑)がみられる。
- ⑥ ①～⑤のすべての選択肢は正しい。

問 2 細胞骨格 2

- ① アクチンフィラメントは、球状タンパク質であるアクチンが連なった繊維状構造をしており、原形質流動やアメーバ運動に関与する。
- ② アクチンフィラメントは、タンパク質が集合して円盤状になった構造と細胞内で結合することで、固定結合の一種を構成する。
- ③ 中間径フィラメントは、繊維状のタンパク質を束ねたような構造で、細胞膜の内側に位置して細胞の形を保つ。
- ④ 微小管は、チューブリンが多数結合して管状構造になったもので、細胞骨格のなかでは最も太い繊維である。
- ⑤ 微小管は、方向性をもち、モータータンパク質であるダイニンは微小管上を＋端から－端へ移動する。
- ⑥ ①～⑤のすべての選択肢は正しい。

問 3 細胞の呼吸 3

- ① 呼吸は、真核生物では従属栄養生物も独立栄養生物も行う反応で、酸素を用いて有機物を分解して ATP を合成する異化の過程である。
- ② 細胞質基質で行われる解糖系では、1分子のグルコースから2分子のピルビン酸と2分子の NADH と2個の  $H^+$  が生じ、差し引き2分子の ATP が合成される。
- ③ ミトコンドリアのマトリックスで行われる反応では、1分子のピルビン酸がミトコンドリアに入ってからクエン酸回路を一周するまでの間に、 $CO_2$  は2分子、ATP は1分子生じる。
- ④ 電子伝達系では、NADH や  $FADH_2$  から放出された電子は電子伝達系を構成するタンパク質に次々に受け渡されていき、最終的に  $O_2$  を還元して  $H_2O$  が生じる。
- ⑤  $H^+$  が、濃度勾配にしたがってミトコンドリアの膜間腔(膜間)からマトリックスに向かって ATP 合成酵素を通過する際、ADP とリン酸から ATP が合成される。
- ⑥ ①～⑤のすべての選択肢は正しい。



- ① サンガー法での DNA 合成では、PCR 法と異なりプライマーは 1 種類しか用いない。
- ② 電気泳動の緩衝液中で DNA は負の電荷を帯び、短い DNA 断片ほど泳動距離が長くなる。
- ③ 塩基配列を決定した領域で、生物アと生物イの間には 4 箇所の塩基の違いがみられた。
- ④ 塩基配列を決定した生物アの DNA 鎖のグアニンの割合は、20 % であった。
- ⑤ 塩基配列を決定した生物イの DNA 鎖の塩基配列は、  
5' - ACTTGATCGGACTGA -3' であった。
- ⑥ ①～⑤のすべての選択肢は正しい。

問 5 植物の分類とその特徴 5

- ① 植物は光合成を行う多細胞の真核生物であり、コケ植物、シダ植物、種子植物である裸子植物と被子植物に分けられ、最も近縁な原生生物はシャジクモ類である。
- ② コケ植物にはスギゴケなどがあり、維管束をもたず、野外で普通に見かける植物体は配偶体( $n$ )で、配偶体上に造精器と造卵器ができ、受精には水が必要となる。
- ③ シダ植物にはイヌワラビなどがあり、野外で普通に見かける植物体は維管束をもつ孢子体( $2n$ )で、孢子のうでつくられた孢子は飛散・発芽して前葉体になる。
- ④ 胚珠が裸出している裸子植物は維管束をもち、イチヨウでは胚珠の内部に引き込まれた花粉から花粉管が生じ、放出された 2 個の精子が卵細胞と胚乳細胞とそれぞれ融合して、受精卵と胚乳( $2n$ )が形成される。
- ⑤ 子房の中に胚珠がある被子植物は維管束をもち、ナズナでは胚のうに到達した花粉管が破れ、胚のう中に放出された 2 個の精細胞が卵細胞と中央細胞とそれぞれ融合して、受精卵と胚乳( $3n$ )が形成される。
- ⑥ ①～⑤のすべての選択肢は正しい。

問 6 検定交雑の結果の解釈 6

ある植物は、一本の染色体上に3つの遺伝子座(遺伝子座ウ、遺伝子座工、遺伝子座オ)をもつ。それぞれの遺伝子座には2つの対立遺伝子( $U$ と $u$ 、 $E$ と $e$ 、 $O$ と $o$ )が存在し、大文字は小文字に対して優性である。遺伝子型が $UUEEOO$ の個体と $uueeoo$ の個体を交雑し、雑種第一代( $F_1$ )を得た。 $F_1$ を検定交雑した結果、得られた子の遺伝子型とその個体数は表のようになった。なお、これら3つの遺伝子座を含む領域で、染色体の乗換えの起こりやすさは変わらず、乗換えが3回以上起こることはないものとする。

遺伝子型	個体数
$UuEeOo$	1113
$UuEeoo$	45
$UueeOo$	105
$Uueeoo$	249
$uuEeOo$	261
$uuEeoo$	117
$uueeOo$	54
$uueeoo$	1056
合計	3000

- ① 遺伝子座ウと遺伝子座工の間の組換え価は24.4%である。
- ② 遺伝子座工と遺伝子座オの間の組換え価は10.7%である。
- ③ 遺伝子座ウと遺伝子座工の間に遺伝子座オがある。
- ④ 遺伝子座ウと遺伝子座工の間で染色体の乗換えが起こる確率は31.0%である。
- ⑤ 遺伝子座ウと遺伝子座工の間で染色体の乗換えが2回起こる確率は3.3%である。
- ⑥ ①～⑤のすべての選択肢は正しい。



第2問 次の文章Ⅰ～Ⅲを読んで、以下の問い(問1～10)に答えよ。解答番号

7 ~ 21

Ⅰ 哺乳類の腎臓の重要な機能は老廃物の除去と体液中の溶質と水の量をほぼ一定に保つことである。このため、腎小体には糸球体が、細尿管(腎細管)のまわりには細尿管周囲毛細血管と呼ばれる毛細血管があり、これら2つの毛細血管網が直列に配列されている(図1)。哺乳類の腎臓へ供給される血液は腎動脈からのみ入り、腎静脈から出ていく。すなわち、腎臓に入った血液は、腎動脈から細かく枝分かれした細い動脈(輸入細動脈)を通過して糸球体に入り、再び細い動脈(輸出細動脈)に集められた後、細尿管周囲毛細血管を通過して腎静脈へと向かう。

腎小体では、血圧によって血しょうの一部がポーマンのうへこし出されて原尿となる(ろ過, 図1 a)。細尿管へ送られた原尿からは、必要な量の溶質と水が細尿管周囲毛細血管に戻され、細尿管に続く集合管でも一部の溶質と水が戻される(再吸収, 図1 b)。こうして尿は腎うへ送られる(排泄, 図1 d)。さらに、尿の生成には分泌という過程も含まれている(図1 c)。これは、細尿管周囲毛細血管を流れる血液中の溶質の一部が細尿管や集合管を流れる溶液(管内液)中に加えられる過程である。図2に、血液中のいくつかの溶質が受ける処理の例を示す。

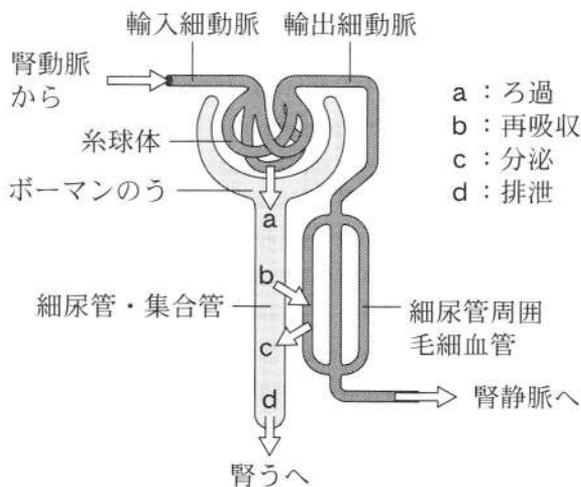


図1

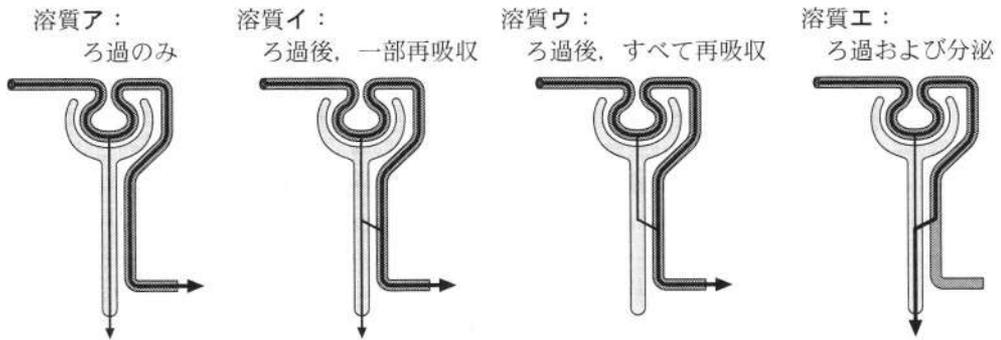


図 2

問 1 文章中の下線部 A に関して、健康なヒトでは、ポーマンのうへこし出される(ろ過される)血しょうの量は輸入細動脈と輸出細動脈の収縮によって比較的一定に保たれている。全身の血圧が低下したとき、ろ過量を一定に保つため、どのようなことが起こると考えられるか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 輸入細動脈が収縮して、輸出細動脈も収縮する。
- ② 輸入細動脈が収縮して、輸出細動脈は収縮しない。
- ③ 輸入細動脈は収縮せず、輸出細動脈が収縮する。
- ④ 輸入細動脈は収縮せず、輸出細動脈も収縮しない。

問 2 文章中の下線部 B に関して、一般に、ヒトの 1 日当たりのカリウムイオンのろ過量、再吸収量、排泄量は、それぞれ 29.6 g、28.4 g、3.60 g である。尿の生成過程におけるカリウムイオンに関する記述として誤っているものはどれか。次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① ろ過されるカリウムイオンのおよそ 96 % が再吸収される。
- ② 原尿中に含まれるカリウムイオンの 12 % が排泄される。
- ③ カリウムイオンの 1 日当たりの分泌量は 2.40 g である。
- ④ 管内液中に加えられるカリウムイオンの量は、1 日に排泄される量のおよそ 3 分の 2 である。
- ⑤ カリウムイオンは、図 2 の溶質イと溶質エの処理をあわせたような処理を受ける。

問 3 健康なヒトに適切な量のイヌリンを静脈注射した後、血しょう、原尿、尿におけるイヌリンと尿素の濃度を測定した。表にその結果を示す。また、尿の生成量は1分間に1.20 mLであった。尿素の再吸収量は1分間当たり何 mg か。必要ならば小数点以下第二位を四捨五入して答えよ。なお、イヌリンは図2の溶質アと同様に、尿素は溶質イと同様に処理される。また、イヌリンは通常ヒトの体内には存在しない。

.  mg/分

表

物質(mg/mL)	血しょう	原尿	尿
尿素	0.250	0.250	17.0
イヌリン	1.00	1.00	125

- ① 1      ② 2      ③ 3      ④ 4      ⑤ 5  
 ⑥ 6      ⑦ 7      ⑧ 8      ⑨ 9      ⑩ 0

問 4 図2の溶質アのような物質を用いることで、血しょうのろ過量を求めることができる。したがって、図2の溶質エのように、腎臓で血液中から完全に除去される物質を用いれば、腎臓を流れる全血しょう量を求めることができる。パラアミノ馬尿酸(PAH)は、図2の溶質エと同様に処理され、大部分が除去されるが、腎臓を通過したPAHの10%は血液中に残る。健康なヒトに適切な量のPAHを静脈注射した後、PAH濃度を測定したところ、腎臓に入る前の血しょうでは0.0100 mg/mL、尿では5.85 mg/mLであった。また、尿の生成量は1分間に1.00 mLであった。腎臓を流れる全血液量は何 mL/分か。必要ならば一の位を四捨五入して答えよ。なお、このヒトの血液中の有形成分の容量の割合は45%であった。また、PAHは通常ヒトの体内には存在しない。    0 mL/分

- ① 1      ② 2      ③ 3      ④ 4      ⑤ 5  
 ⑥ 6      ⑦ 7      ⑧ 8      ⑨ 9      ⑩ 0

問 5 健康なヒトでは、グルコースは、図 2 の溶質ウと同様に処理される。これは細尿管上皮細胞のグルコース輸送体の働きによるものである。図 3 に、ヒトにおける血しょう中のグルコース濃度と 1 分間にろ過、再吸収、排泄されるグルコース量の関係を示す。この図から分かることとして、**不適切なもの**はどれか。次の①～⑥のうちから二つ選び、解答番号 15 の解答欄に二つマークせよ。

15

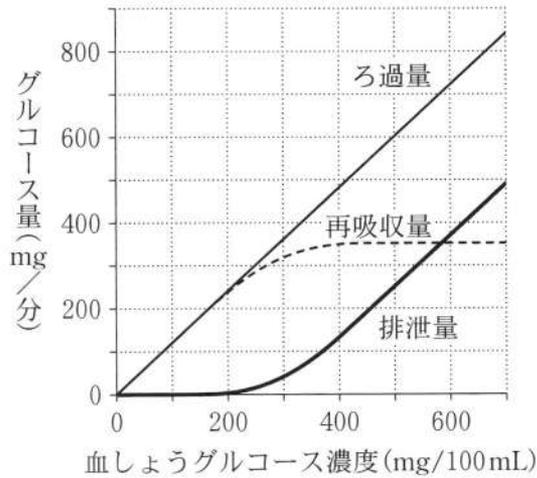


図 3

- ① グルコース輸送体の最大輸送能力は、腎臓全体でおよそ 350 mg/分である。
- ② グルコース輸送体の数(発現量)は、個々のネフロンではほぼ同数である。
- ③ 腎臓全体のグルコース輸送体のグルコース結合部位が飽和していなくても、グルコースの尿中への排泄が起こる。
- ④ 血しょうグルコース濃度が 100 mg/100 mL のとき、グルコースのろ過量は、およそ 120 mg/分である。
- ⑤ 血しょうグルコース濃度がおよそ 580 mg/100 mL を超えると、グルコースは管内液中に分泌される。
- ⑥ 適切な治療がなされていない糖尿病の患者では、血しょうグルコース濃度がしばしば 200 mg/100 mL を超える。

II 輸入細動脈の血管壁を構成する細胞の中には、多量の出血などで糸球体でのろ過量が減少すると、レニンと呼ばれるタンパク質を分泌するものがある(図4)。レニンは、肝臓で産生・分泌される血しょうタンパク質のアンギオテンシノーゲンに作用してアンギオテンシンIを産生する。アンギオテンシンIが肺の毛細血管を通過するとき、内皮細胞に存在するアンギオテンシン変換酵素の働きによってアンギオテンシンIIが産生される。アンギオテンシンIIの働きのひとつは、副腎皮質からの鉱質コルチコイドの分泌を促進し、細尿管・集合管でのナトリウムイオンの再吸収を促進することである。この時、ナトリウムイオンの再吸収量に見合った水の再吸収が起こるため、血液量が回復し、糸球体でのろ過量も回復する。

鉱質コルチコイドは、標的となる細尿管・集合管の上皮細胞に作用し、組織液  
 c  
 に面した側(毛細血管側)の細胞膜のナトリウムポンプと細尿管・集合管の内腔に面した側(管腔側)の細胞膜のナトリウムチャネルを活性化させたり、発現量を増加させたりする(図5)。これによって、ナトリウムイオンの再吸収が促進され、アクアポリンを介して水の移動が起こる。また、管腔側の細胞膜のカリウムチャンネルも鉱質コルチコイドにより活性化され、カリウムイオンの分泌が促進される。



図4

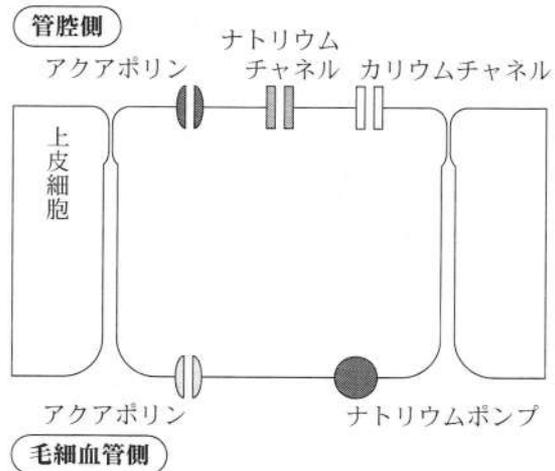


図5

問 6 文章中の下線部Cに関して、副腎皮質から分泌される糖質コルチコイドは、鉱質コルチコイドと構造が類似していて、鉱質コルチコイド受容体に結合すると鉱質コルチコイドと同様の働きをする。通常、血液中の平均的な濃度は糖質コルチコイドの方がおよそ 2000 倍高いにもかかわらず、鉱質コルチコイドだけが標的上皮細胞に作用する。この理由として、最も適切と考えられるものはどれか。次の①～⑤のうちから一つ選べ。 16

- ① 標的上皮細胞内に、糖質コルチコイドを不活性化する酵素が存在する。
- ② 標的上皮細胞は、糖質コルチコイドを破壊する酵素を血液中に分泌する。
- ③ 糖質コルチコイドは、標的上皮細胞の細胞膜を透過できない。
- ④ 標的上皮細胞の細胞膜には、タンパク質と結合して輸送される糖質コルチコイドの輸送体が存在しない。
- ⑤ 糖質コルチコイドと結合した鉱質コルチコイド受容体は、調節 DNA 領域に結合できない。

問 7 アンギオテンシンⅡの過剰な産生は、図5の上皮細胞を介して血液量を増加させ、高血圧の原因となる。このような高血圧では、アンギオテンシンⅡの受容体に競争的に結合する物質が治療薬として用いられることがある。この治療薬の作用として、図5の上皮細胞を介して起こると考えられるものはどれか。適当なものを、次の①～⑥のうちから二つ選び、解答番号17の解答欄に二つマークせよ。 17

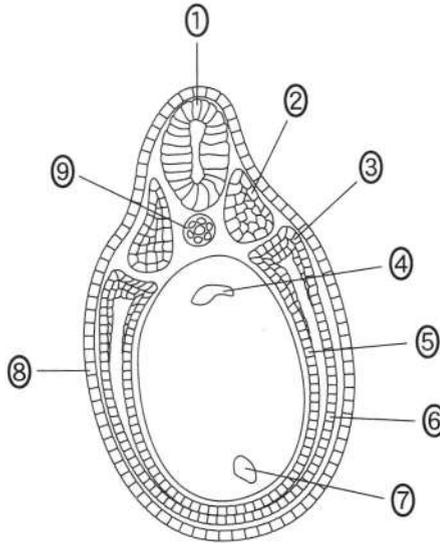
- ① 鉱質コルチコイドの分泌が抑制される。
- ②  $\text{Na}^+$  と水の血しょう中への再吸収が抑制される。
- ③ 尿素の組織液中への移動が促進される。
- ④  $\text{K}^+$  の管内液中への分泌が促進される。
- ⑤ 排泄される水の量が減少する。
- ⑥ 血しょう中の  $\text{K}^+$  濃度が増加する。

Ⅲ 陸上へ進出した哺乳類であるヒトの腎臓は、水の損失を少なくする適応の結果、<sup>D</sup>髄質まで伸びた細尿管のループ状構造がネフロンにみられ、集合管で尿を濃縮することができるようになった。一方、陸上へ進出したが、水辺の環境が必要な両生類のカエルの腎臓は、<sup>E</sup>尿の生成過程とネフロンの基本的な構造はヒトと同様であるが、<sup>F</sup>細尿管には、ループ状構造がみられない。また、カエルの腎臓には、ヒトとは異なり、肝臓のように2つの血管から血液が供給される。すなわち、腎動脈から糸球体へと入る動脈血に加え、からだの後方部分からの静脈血も腎門脈と呼ばれる静脈から入る。腎門脈は細尿管周囲毛細血管に血液を供給している。ヒトとカエルの成体は、アミノ酸代謝の老廃物として尿素を排泄する。細尿管にループ状構造をもたないカエルも、<sup>G</sup>乾燥した環境では尿量を減らすことで、水の損失を防ぐことができる。この時の尿素の排泄量は、高いままに維持される。

問 8 文章中の下線部DとEが出現した地質時代はそれぞれどれか。最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。なお、同じ記号を重複して選んでもよい。下線部D  , 下線部E

- ① カンブリア紀
- ② オルドビス紀
- ③ シルル紀
- ④ デボン紀
- ⑤ 石炭紀
- ⑥ ペルム紀
- ⑦ 三畳紀
- ⑧ ジュラ紀
- ⑨ 白亜紀

問 9 カエルの尾芽胚の断面のスケッチを示す。文章中の下線部Fはこの図のどの構造から発生するか。最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。 20



問10 下線部Gのような腎臓の適応は、どのような仕組みから生じたと考えられるか。適当なものを、次の①～⑦のうちから二つ選び、解答番号21の解答欄に二つマークせよ。 21

- ① 糸球体へ入る血液量を減らすことで、ろ過される水分量を減らしている。
- ② ろ過の効率の低い小さく縮んだ糸球体をもつことで、水が体内に保持される。
- ③ ネフロンの数を減らすことで、水の損失を減らしている。
- ④ 細尿管にループ状構造がないことで、細尿管での水の再吸収量を増やしている。
- ⑤ 尿素の多くを分泌で排泄することで、腎門脈から供給される血液中からも尿素の除去を可能にしている。
- ⑥ 集合管で水を再吸収することで、尿を濃縮している。
- ⑦ 血液中に尿素を保持することで、水の浸透を防いでいる。

第3問 次の文章I、IIを読んで、以下の問い(問1～7)に答えよ。解答番号

22

～

31

I 生体内の化学反応は、酵素によって促進される。酵素反応では、基質(S)と酵素(E)が反応して複合体(ES)を一時的に形成し、生成物(P)を生じる。



酵素反応の速度は、酵素と基質の量を一定にした条件下で、時間経過に伴う生成物の量を測定することで求められる。さらに、酵素量は一定のまま、基質の量を変化させることによって、さまざまな基質量での反応速度を求めると図1に実線で示す曲線が得られる。この曲線は、次に示すミカエリス-メンテンの式で表すことができる。

$$V_0 = \frac{V_{\max} [S]}{K_m + [S]}$$

ここで $V_0$ はPの単位時間当たりの生成量で示す初期の反応速度、 $V_{\max}$ は反応の最大反応速度、 $[S]$ は基質の初期濃度、 $K_m$ はミカエリス定数で、 $1/2 V_{\max}$ の時の基質濃度である。

酵素には、それぞれ特有の立体構造をもつ活性部位が存在し、その構造に適した物質、すなわち特定の基質としか反応しない基質特異性がある。酵素反応は特定の物質によって阻害されることがあり、その阻害の仕方によって競争的阻害と非競争的阻害に分けられる。

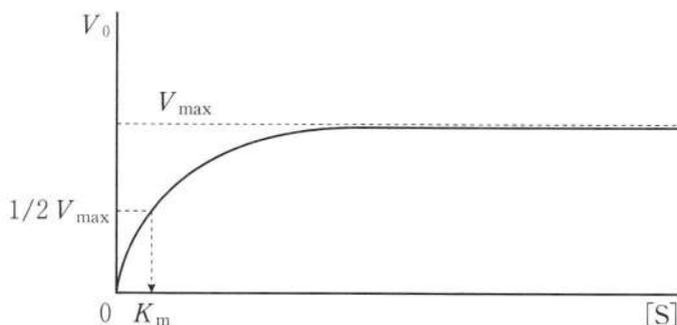


図1

問 1 文章中の下線部Aに関して、ある酵素と一定量の基質を混合して一定温度で反応させ、さまざまな経過時間ごとに生成物量を調べた結果を図2の実線で示す。破線で示す曲線あ～おは、酵素量や基質量の条件を変更して得られた結果を示す。それぞれの曲線に対する実験条件の説明として正しいものはどれか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。なお、この実験では、いずれの条件でも反応開始時には酵素に対して十分な量の基質が存在していた。

22

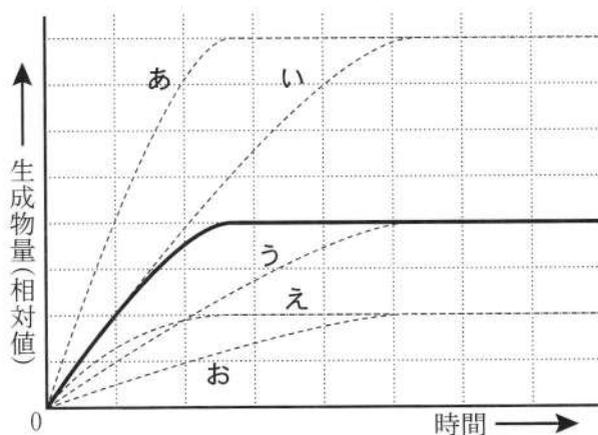


図 2

- ① 曲線あ：反応開始時の酵素量のみを2倍にした。
- ② 曲線い：反応開始時の基質量と酵素量を2倍にした。
- ③ 曲線う：反応開始時の酵素量のみを1/2にした。
- ④ 曲線え：反応開始時の基質量のみを1/2にした。
- ⑤ 曲線お：反応開始時の基質量と酵素量を1/2にした。

問 2 文章中の下線部Bにおいて、 $V_{\max}$  は、すべての **ア** が **イ** に結合した状態を示し、 $K_m$  が小さいほど酵素と基質の親和性が **ウ** ことを示す。したがって、同じ基質に反応する2種の酵素を図1と同様にプロットしたとき、基質との親和性がより **ウ** 酵素の方が、曲線の傾きが **エ** なる。空欄のア～エにあてはまる語の組合せはどれか。最も適当なものを、次の①～⑧のうちから一つ選べ。 **23**

	ア	イ	ウ	エ
①	基 質	酵 素	高 い	大き く
②	基 質	酵 素	高 い	小さ く
③	基 質	酵 素	低 い	大き く
④	基 質	酵 素	低 い	小さ く
⑤	酵 素	基 質	高 い	大き く
⑥	酵 素	基 質	高 い	小さ く
⑦	酵 素	基 質	低 い	大き く
⑧	酵 素	基 質	低 い	小さ く

問 3 文章中の下線部Cに関する記述として、正しいものはどれか。適当なものを、次の①～⑥のうちから二つ選び、解答番号24の解答欄に二つマークせよ。 **24**

- ① 阻害物質が基質に結合して、酵素-基質複合体の形成が阻害される。
- ② 阻害物質が酵素の活性部位に結合して、酵素-基質複合体の形成が阻害される。
- ③ 阻害物質が酵素の活性部位以外に結合して、酵素の立体構造が変化することで酵素-基質複合体の形成が阻害される。
- ④ 一定濃度の阻害物質の存在下で、基質濃度を高くすると阻害効果が減少する。
- ⑤ 一定濃度の阻害物質の存在下で、基質濃度を高くしても阻害効果は減少しない。
- ⑥ 一定濃度の阻害物質の存在下で、酵素濃度を高くしても阻害効果は減少しない。

問 4 ある酵素反応を解析するため、文章中の下線部Bを変形し、基質濃度の逆数に対して反応速度の逆数をプロットして、図3の実線で示す直線を得た。破線で示す直線か～このうち、文章中の下線部Cが生じた直線はどれか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 25

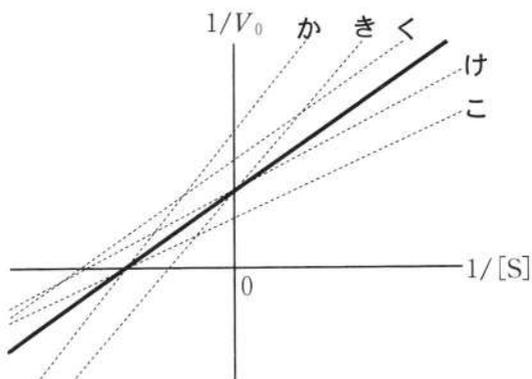


図 3

- ① 直線か
- ② 直線き
- ③ 直線く
- ④ 直線け
- ⑤ 直線こ

II アミラーゼはデンプンの長鎖を切断し、二糖にまで分解する酵素である。ヒトは、唾液腺から分泌されるアミラーゼの遺伝子 *AMY1* と膵臓から分泌されるアミノ酸配列の異なる2種のアミラーゼの遺伝子 *AMY2A* と *AMY2B* をもつ。ヒトでは1番染色体上にこれらの遺伝子が並んでいるが、その数は個人によって異なっていて、遺伝子のコピー数多型(CNV)がみられる。通常、体細胞1個当たり2個(2コピー)の遺伝子が存在するが、CNVでは、遺伝子の重複や欠失によってコピー数の違いが生じる。CNVでみられる増えた遺伝子のコピーは、ほとんどの場合隣接している。また、遺伝子でない領域でもCNVはみられる。

中国人・日本人、西アフリカ系、ヨーロッパ系の各集団について、個人のもつ体細胞1個当たりの各アミラーゼ遺伝子のコピー数を調べた結果を図4に示す。ヒトアミラーゼ遺伝子のコピー数と配置にはいくつかの主要なハプロタイプ(一倍体の染色体上に位置する遺伝子の組合せと配置の型)が認められる(図5)。これらのハプロタイプを両親から一つずつ受け取ることにより、個人にアミラーゼ遺伝子のCNVが生じる。ハプロタイプAH1はチンパンジーと共有する型で、*AMY2B*、*AMY2A*、*AMY1*を1コピーずつ、図5に示した順でもつ。ヒトで最

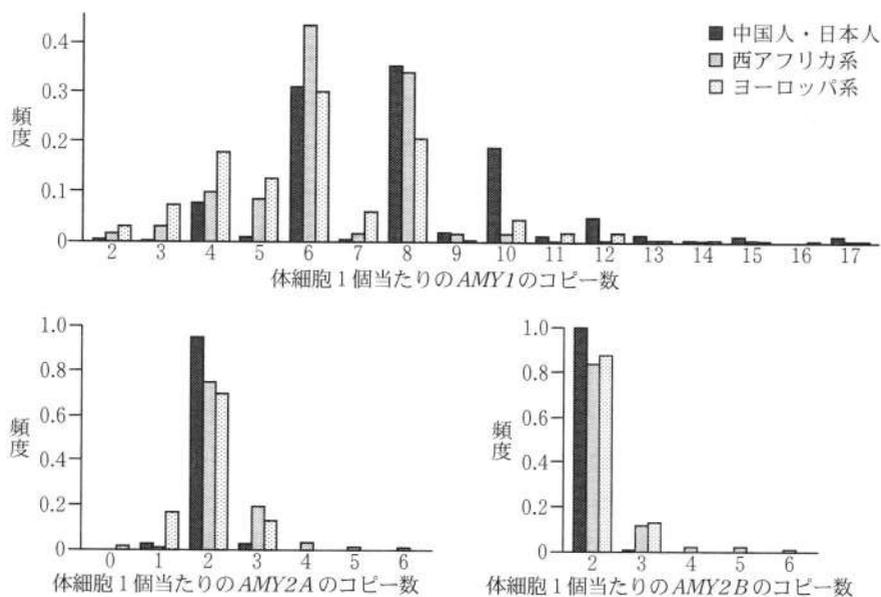


図4

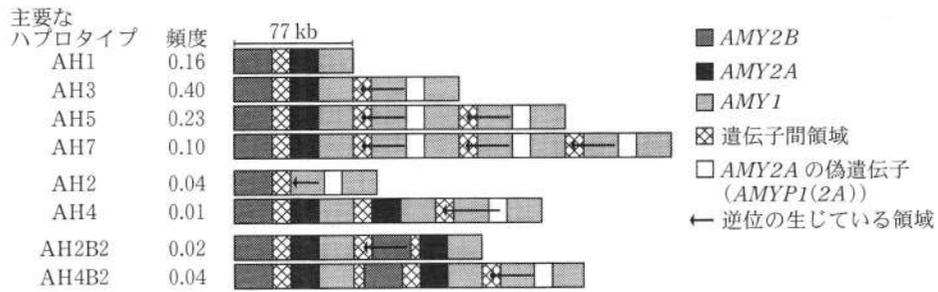


図 5

注) kb はヌクレオチド鎖の長さを塩基数で表したもので、1 kb は 1000 塩基を表す。突然変異によって機能を失った遺伝子を偽遺伝子という。

も多くみられるハプロタイプは AH 3 で、*AMY2B*、*AMY2A* を 1 コピーずつ、*AMY1* を 3 コピー (*AMY1A*、*AMY1B*、*AMY1C*) もつ (図 5、6)。逆位が生じた *AMY1B* を含めた 3 コピーの *AMY1* は同じアミノ酸配列を指定する。

問 5 図 4、5 の結果とその解釈として不適切なものはどれか。次の①～⑦のうちから二つ選び、解答番号 26 の解答欄に二つマークせよ。

26

- ① ほとんどのヒトが一本の染色体に 2 コピーの *AMY2B* をもつ。
- ② *AMY1* のコピー数が奇数のヒトは、*AMY2A* も奇数でもつことが多い。
- ③ 中国人・日本人は、ヨーロッパ系と西アフリカ系に比べて *AMY1* の平均コピー数が多い。
- ④ ヨーロッパ系と西アフリカ系では、中国人・日本人に比べて AH 2 の頻度が高い。
- ⑤ AH 3 と AH 5 のハプロタイプの組合せのヒトは、*AMY2A* を 2 コピー、*AMY2B* を 2 コピー、*AMY1* を 8 コピーもつ。
- ⑥ 図 5 に示すハプロタイプを組合せても、*AMY2B* を 6 コピーもつヒトは生じない。
- ⑦ *AMY1* を偶数でもつヒトが多いのは、ハプロタイプの多くが奇数の *AMY1* をもつためである。

問 6 アミラーゼ遺伝子領域のハプロタイプ AH 3 のより詳細な構造を図 6 に示す。図 6 中の大きな矢印はアミラーゼ遺伝子の位置と方向を示す。AMY1 の 5' 側には、内在性レトロウイルス配列 (ERV；過去に感染したレトロウイルスのゲノムが取り込まれたもの) が存在し、これらの塩基配列は相同である。なお、図 6 中の [ERV] で示した領域は、欠失により短縮して ERV との相同性を失っている。2 個の遺伝子間領域は塩基配列が相同であるが、AMY1B に近接する遺伝子間領域から ERV までの領域では逆位が起きており、染色体上で互いに逆向きに配置されている。AMYPI(2A) は AMY2A の全 10 個のエキソンのうち最初の 3 個のエキソンが欠落した偽遺伝子を示す。

図 5, 6 からアミラーゼ遺伝子領域で起こったハプロタイプの多様化の仕組みを推定した。

『AH 3 の二倍体が対合するときに、一方の染色体の d ~ e の領域と、もう一方の **オ** の領域が整列し、その間で乗換えが起きると、組換え体の 2 つのハプロタイプ **カ** が生じる。このようにずれて対合して乗換えが起こった結果、ヒトのアミラーゼ遺伝子領域の主要なハプロタイプが生じたと考えられる。この様に考えた場合、AMY1 を奇数でもつヒトの一般的なアミラーゼ遺伝子領域のハプロタイプは **キ** — **ク** ( **キ** — **ク** )<sub>n</sub> — ( **キ** — **ク** )<sub>n</sub> ( n は繰り返しの回数で 0 ~ 3 ) と記述できる。』

空欄のオにあてはまるものとして最も適当なものを、[i 群] の ① ~ ⑩ のうちから一つ、空欄のカにあてはまるものとして最も適当なものを、[ii 群] の ① ~ ⑨ のうちから一つ、空欄のキとクにあてはまるものとして最も適当なものを、[iii 群] の ① ~ ⑥ のうちからそれぞれ一つ選べ。

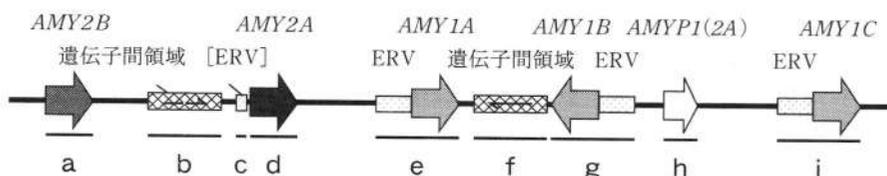


図 6

注) ERV：内在性レトロウイルス配列，[ERV]：短縮した ERV，

⇔：遺伝子間領域の配置方向

[i 群]オ 27

- ① a ~ b    ② a ~ d    ③ a ~ e    ④ b ~ d    ⑤ d ~ e  
⑥ d ~ f    ⑦ e ~ g    ⑧ e ~ h    ⑨ g ~ h    ⑩ h ~ i

[ii 群]カ 28

- ① AH 1 と AH 3    ② AH 1 と AH 5    ③ AH 1 と AH 7  
④ AH 2 と AH 4 B 2    ⑤ AH 3 と AH 5    ⑥ AH 3 と AH 7  
⑦ AH 4 と AH 2 B 2    ⑧ AH 5 と AH 7    ⑨ AH 2 B 2 と AH 4 B 2

[iii 群]キ 29 , ク 30

- ① *AMY1A*    ② *AMY1B*    ③ *AMY1C*  
④ *AMY2A*    ⑤ *AMY2B*    ⑥ *AMYPI(2A)*

問 7 「ヒトのアミラーゼ遺伝子の CNV はデンプンを多く含む食事への適応として自然選択された」という仮説の検証に貢献しないと考えられるものはどれか。次の①～⑤のうちから一つ選べ。 31

- ① 肥満とアミラーゼコピー数の相関関係  
② *AMY1* のコピー数と唾液中のアミラーゼ活性の相関関係  
③ *AMY2A* および *AMY2B* のコピー数と血液中のアミラーゼの量の相関関係  
④ アミラーゼ遺伝子領域のハプロタイプの出現年代と系統関係  
⑤ 食事に含まれるデンプン量が異なる多くの集団間でのハプロタイプの頻度比較













