

令和 6 年度入学者選抜学力検査問題
〈前期日程〉

理 科
(医学部 医学科)

科 目	頁 数
物 理 基 礎 ・ 物 理	2 頁 ～ 7 頁
化 学 基 礎 ・ 化 学	8 頁 ～ 15 頁
生 物 基 礎 ・ 生 物	16 頁 ～ 23 頁

注 意 事 項 I

この冊子には物理, 化学, 生物の問題がのっている。そこから 2 科目を選択し, 解答すること。

注 意 事 項 II

- 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ない。
- 2 試験開始の合図のあとで問題冊子の頁数を確認すること。
- 3 解答にかかる前に必ず受験番号を解答用紙に記入すること。
- 4 解答は必ず解答用紙の所定の欄に記入すること。
所定の欄以外に記入したものは無効である。
- 5 問題冊子は持ち帰ってよい。

(このページは空白)

生物基礎・生物

1 次の文章を読み、下の各問いに答えなさい。

ヒトの ABO 式血液型は赤血球の細胞膜上にある糖鎖の違いにより、A 型、B 型、AB 型、O 型の 4 つの表現型に大別され、それらは常染色体上の単一の遺伝子座に存在する 3 種類の対立遺伝子に支配されている。A 型の対立遺伝子(A 遺伝子)と B 型の対立遺伝子(B 遺伝子)には顕性(優性)や潜性(劣性)の関係がなく、O 型の対立遺伝子(O 遺伝子)は A 遺伝子と B 遺伝子のどちらに対しても潜性となる。

A 遺伝子からつくられる酵素 A は、赤血球の細胞膜上につくられた H 型糖鎖の末端に N-アセチルガラクトサミンを 1 つ付加する。一方、B 遺伝子からつくられる酵素 B は、H 型糖鎖の末端にガラクトースを 1 つ付加する。O 遺伝子からつくられる酵素 O は、H 型糖鎖の末端にいずれの糖も付加できない(図 1)。O 遺伝子の配列は A 遺伝子と相同だが、1 塩基の欠失が認められる。

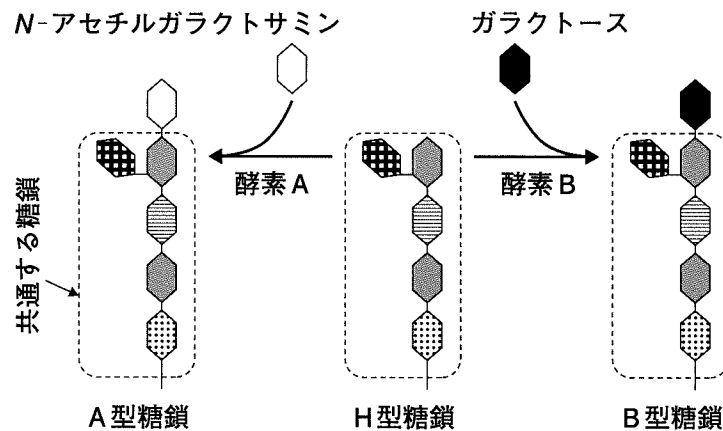


図 1 ABO 式血液型を決める糖鎖

酵素 A あるいは酵素 B によって H 型糖鎖の末端に糖が付加された A 型糖鎖あるいは B 型糖鎖は、それぞれ A 抗原および B 抗原としてはたらく。A 型のヒトの血しょう中には抗 B 抗体があり、B 型のヒトの血しょう中には抗 A 抗体がある。一方、AB 型のヒトの血しょう中には抗 A 抗体も抗 B 抗体もないが、O 型のヒトの血しょう中には抗 A 抗体と抗 B 抗体がどちらもある。共通する糖鎖である H 型糖鎖に反応する抗 H 抗体は、通常ヒトの血しょう中にはない。赤血球の細胞膜上にある抗原と反応する抗体は、抗原抗体反応によって赤血球を凝集させる作用を持つ。

問1 下線部(a)について、あるヒトの集団では、A型の割合が28%、O型の割合が36%であった。この集団においてハーディ・ワインベルグの法則が成立する場合、この集団におけるB型とAB型の人の割合およびA遺伝子、B遺伝子、O遺伝子の遺伝子頻度を、計算過程を示した上でそれぞれ有効数字2桁で答えなさい。

問2 下線部(b)について、O遺伝子からつくられる酵素Oに糖を付加する活性が認められない理由を推察し、簡潔に説明しなさい。

問3 下線部(c)に関連して、体内に侵入した異物を取り込んで分解し、その一部を抗原として提示する細胞の名前を3つ答えなさい。

問4 下線部(d)について、通常ヒトの体内では抗H抗体がつかれない理由を推察し、簡潔に説明しなさい。

問5 下線部(e)について、次の文章を読み、下の問いに答えなさい。

ボンベイ型と呼ばれる極めてまれな血液型のヒトの赤血球では、H遺伝子の変異によりH型糖鎖がつかれない。一方、ボンベイ型のヒトの血しょう中には、H型糖鎖に反応する抗H抗体がある。

- (i) ボンベイ型のヒトの赤血球を凝集させるのはどの血液型の血しょうか。
- (ii) ボンベイ型のヒトの血しょうを加えると凝集するのはどの血液型の赤血球か。

解答用紙欄の選択肢から当てはまるものをすべて選び、○で囲みなさい。

問6 ヒトの免疫では、他人の臓器を移植すると拒絶反応がおこり、移植片は排除される。しかし、他人の赤血球を同じ血液型のヒトに輸血する場合、拒絶反応は起こりにくい。この現象は、赤血球が持つある特性が原因と考えられる。その特性を推察し、以下の用語をすべて使って簡潔に説明しなさい。

用語：MHC 抗原，T細胞受容体，赤血球表面，T細胞

2

次の文章を読み、下の各問いに答えなさい。

呼吸は外呼吸と内呼吸の2つに分けられる。外呼吸は肺における酸素と二酸化炭素のガス交換であり、内呼吸は細胞内において外呼吸で取り入れた酸素と食べ物として取り入れた有機物から生命活動に必要なエネルギーである ATP を産生することである。

(a)

内呼吸は通常酸素を必要とする反応系で、好気呼吸とよばれ、 ア の中で進行する解糖系、ミトコンドリアの中で進行するクエン酸回路と電子伝達系の3段階からなる。

(b)

解糖系では炭水化物などの呼吸基質が ア に存在する酵素群によって イ 酸にまで分解され、少量の ATP も産生される。

(c)

この イ 酸は細胞小器官であるミトコンドリアの ウ に運ばれ、酵素によりアセチル CoA となってクエン酸回路に入っていく。クエン酸回路ではアセチル CoA は酵素によりオキサロ酢酸と反応してクエン酸を生じる。クエン酸は何段階かの酵素反応を経てオキサロ酢酸へと変化し、オキサロ酢酸は再びアセチル CoA と反応して再びクエン酸に戻ることに より反応回路を形成している。 この反応回路においても少量の ATP が産生される。

(d)

電子伝達系では解糖系とクエン酸回路で生じた エ 型補酵素を受け取り、ミトコンドリアの内膜のタンパク質複合体において水素イオン、電子と オ 型補酵素に分解される。電子はタンパク質複合体を移動しながらエネルギーを放出し、そのエネルギーを用いてミトコンドリア内で水素イオンの濃度勾配が生じ、この水素イオンの濃度勾配を利用して大量の ATP が産生されている。

(e)

問1 文中の空欄 ア ～ オ に当てはまる用語を答えなさい。

問2 下線部(a)の生命活動に必要なエネルギーとして取り出される ATP はどのような特徴をもつ分子なのか説明しなさい。

問3 下線部(b)に関して、酵母は酸素が十分な状況では好気呼吸を行っているが、酸素が無い場合はどのようにしてエネルギーを得ているのか答えなさい。またグルコース ($C_6H_{12}O_6$) を呼吸基質とした場合、どのような化学反応が起こっているのかも答えなさい。

問4 下線部(c)について、呼吸基質には炭水化物以外にどのような有機物があるか答えなさい。

問5 下線部(d)の反応回路は Hans Krebs 博士等の研究により発見され、1953 年にノーベル賞を受賞している。この反応回路に関して以下の実験を行った。

実験1：動物の筋肉をすりつぶしたものをリン酸緩衝液(pH 7.4)に入れ、消費される酸素量を経時的に測定した(図1の●)。また別に準備した懸濁液に少量のクエン酸を加えた時に消費される酸素量の変化も調べた(図1の▲)。

実験2：懸濁液に少量のコハク酸もしくはマロン酸を加えて実験1と同様に消費される酸素量を経時的に測定した。マロン酸を加えた時に消費される酸素量の変化は図1の■であり、懸濁液中にコハク酸が増加していた。

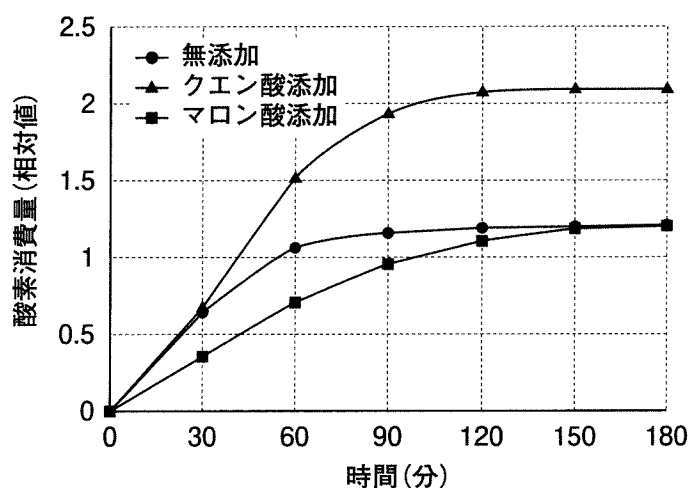


図1 有機酸添加による酸素消費量の経時的変化

実験1、実験2について以下の各問いに答えなさい。

- (i) クエン酸回路では酸素が消費されないにも関わらず、実験1でクエン酸を加えたとなぜ消費される酸素量が増加したのか説明しなさい。
- (ii) 実験2で少量のコハク酸を加えた場合、消費される酸素量は図1のグラフの●、▲、■のどれに最も類似するのか解答欄の記号を○で囲みなさい。
- (iii) マロン酸を加えることによりなぜコハク酸が増加したのか説明しなさい。

問6 下線部(e)に関して、ミトコンドリア内で水素イオン濃度勾配がどのような状態になっているのか、またその濃度勾配とATPの合成との関わりを簡潔に説明しなさい。

3 次の文章(1)，(2)を読み，問1～問12に答えなさい。

(1) 現在，地球上には多種多様な生物が存在しているが，どのようにして地球上で誕生し，過去から現在までどのような変遷を辿って来たのであろうか。

地球は今から約46億年前に誕生した。生命の誕生した時期は約40億年前の原始海洋が形成された頃で，現在の深海底に存在している熱水噴出孔は，生命が誕生した環境に近いと考えられている。生物誕生前の原始地球において，生物体に必要な有機物が生み出されていた過程を **ア** という。その後，秩序だった代謝を行う能力，膜で仕切られたまとまりの形成，自己と同じものを複製する能力を獲得し，生命が誕生したと考えられている。

初期の生物は原核生物であったとされており，嫌気性細菌などが海中に生息していた。やがてシアノバクテリアが出現し光合成を始めると，発生した酸素が水中や大気中に蓄積し，好気性細菌が繁栄するようになったと考えられている。

その後，古細菌に近い嫌気性の単細胞生物の中に，好気性細菌が入り込んで **イ** となり，さらにシアノバクテリアが入り込んで **ウ** となるものもあり，様々な真核生物が出現したと考えられている。そして真核生物が集合することにより，多種多様な多細胞生物が出現するようになった。

生物が水中から陸上へ進出するきっかけとなったのは，藻類などの光合成生物が大量の酸素を大気中に放出し，成層圏にオゾン層が形成されたおかげである。陸上へ進出した植物は，水中生活していた藻類から，コケ植物，シダ植物，裸子植物，被子植物などへと進化した。一方，陸上へ進出した動物は，水中生活していた魚類から，両生類，ハチュウ類，哺乳類などへと進化した。

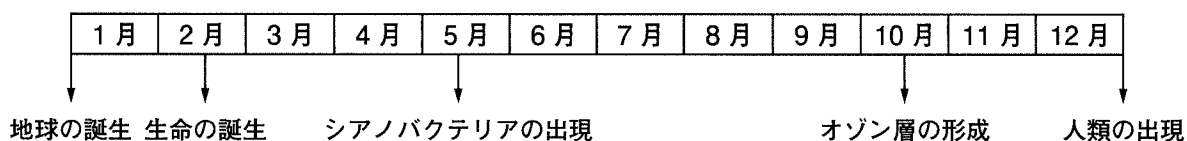


図1 46億年を1年に置き換えた場合の「地球と生物の歴史カレンダー」

問1 文中の空欄 **ア** ～ **ウ** に入る用語を答えなさい。

問2 図1のように、地球の誕生から現在までの46億年を1年に置き換えた場合、以下の(I)～(IV)の出来事はおよそ何月に当たるかを答えなさい。

- (I) 真核生物の出現
- (II) 多細胞生物の出現
- (III) 恐竜類の繁栄
- (IV) 脊椎動物の出現

問3 下線部(a)について、動植物が陸上で生活するためにオゾン層が果たした役割を簡潔に答えなさい。

問4 下線部(b)に関して、新生代に入ると植物界では、裸子植物やシダ植物の衰退が進み、代わりに花を持つ被子植物が多様化して繁栄するようになった。被子植物がなぜ多様化したのかを、「共進化」という言葉を用いて答えなさい。

(2) 人類は 1000 万～ 600 万年前の間にアフリカ大陸で出現したと考えられており、図 1 で示したように、約 46 億年の地球の歴史を 1 年に置き換えると最後の数分間に収まってしまう。初期の人類は猿人と呼ばれ、最古の化石は中央アフリカで発見された **エ** で、約 700 万年前の地層から見つかっている。エチオピアの約 440 万年前の地層から発見された **オ** 猿人や約 400 万年前から出現した **カ** 類は、ほぼ全身の化石が見つかっている。これらの初期の人類は直立二足歩行をしていたと考えられ、類人猿と異なる特徴を持っているが、^(c) 脳の容積はゴリラとほぼ同じ 500 mL 程度に過ぎなかった。^(d)

^(e) 約 200 万年前になると、**キ** などの原人が出現した。原人の化石はアフリカ以外の中国や東南アジアなどでも見つかっており、脳の容積は約 1000 mL となり、石器や火を使用していた証拠も残されている。

80 万年ほど前には旧人が出現し、その中から約 30 万年前にネアンデルタール人が出現した。ネアンデルタール人は現生人類と同等の脳容積約 1500 mL を持ち、狩猟のための道具も作っていた。彼らはヨーロッパから西アジア、中央アジア、南シベリアへと広がったが、約 3 万年前に絶滅したと考えられている。

現生人類であるホモ・サピエンスは、^(f) およそ 20 万年前にアフリカで出現し、 10 万～ 5 万年前にアフリカを出た集団が全世界に広がったと考えられている。アフリカを出たホモ・サピエンスは、中東やヨーロッパ、西アジアなどでネアンデルタール人と共存していた可能性がある。

近年、人類の起源や進化の研究分野において、2022 年にノーベル生理学・医学賞を受賞したペーボ博士らが駆使した DNA 解析の手法が、重要な役割を果たすようになっている。以前は多くの古人類学者の間で、ネアンデルタール人は原人からホモ・サピエンスへの進化の一つの段階であると信じられていたが、^(g) ミトコンドリア DNA の分析の結果から別の系統であると考えられるようになった。 一方、ネアンデルタール人の骨片由来 DNA から 全ゲノム配列が解読された結果、^(h) ヨーロッパとアジアの現生人類のゲノム配列の 2～4 % 程度はネ⁽ⁱ⁾ アンデルタール人に由来していることが判明した。 ホモ・サピエンスがアフリカを出た後にネアンデルタール人と交雑し、世界の各地に移動したと考えられる。

問 5 文中の空欄 **エ** ～ **キ** に入る用語を以下から選びなさい。

用語：アウストラロピテクス、サヘラントロプス、ホモ・エレクトス、ラミダス

問 6 下線部(c)について、直立二足歩行をしていたと推定する根拠となる骨の特徴を二つ答えなさい。

問7 下線部(d)について、直立二足歩行以外の特徴を二つ答えなさい。

問8 下線部(e)に関連して、完全な形の頭蓋骨があるとして、脳の容積を測定する方法を答えなさい。

問9 下線部(f)にある年代は、実際にアフリカで発見された初期のホモ・サピエンスの化石から導き出された。化石の年代はどのように測定するかについて答えなさい。

問10 下線部(g)について、ミトコンドリア DNA が核 DNA より分析し易い理由を、以下の用語を全て用いて答えなさい。

用語：塩基の置換速度、母性遺伝、DNA のコピー数

問11 下線部(h)に関連して、塩基配列の解析には、サンガーが開発した方法が使用されている。この方法では、DNA の一方の鎖を鋳型として、それに相補的な DNA 鎖を合成させる。この時、材料となるヌクレオチドの中に、取り込むと合成が止まるような特殊なヌクレオチドを少量混ぜておく。この特殊なヌクレオチドを図2の①～⑥から一つ選びなさい。

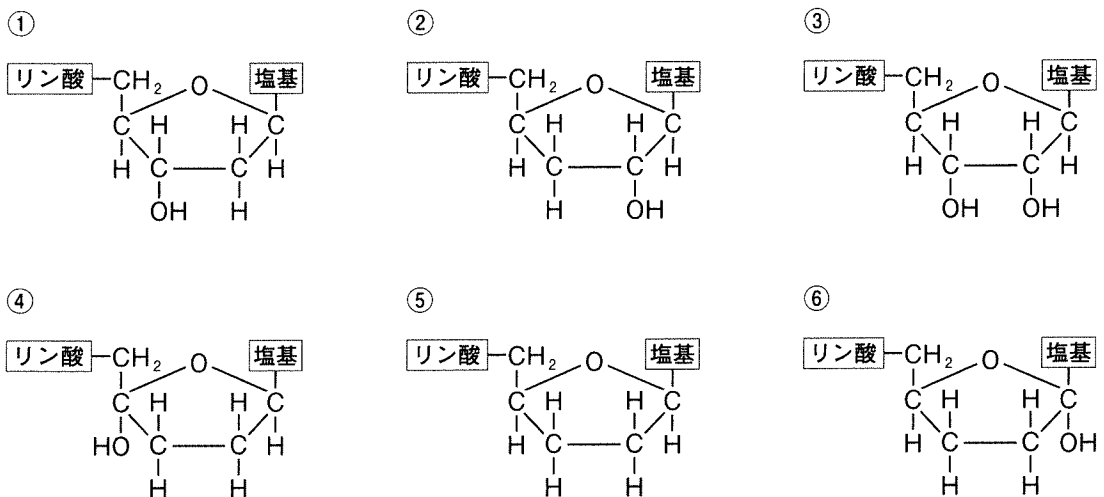


図2 様々なヌクレオチド

問12 下線部(i)について、絶滅したネアンデルタール人由来ゲノムが、現生人類の核ゲノムの様々な場所に未だに短い領域として残っている理由を推察し答えなさい。

