

理 科 問 題 紙

令和 7 年 2 月 25 日

自 14 : 00

至 16 : 00

答 案 作 成 上 の 注 意

1. 理科の問題紙は 1 から 31 までの 31 ページである。
2. 解 答 用 紙 は、生 物 ⑦，⑧，⑨，化 学 ⑩，⑪，
⑫，⑬，物 理 ⑭，⑮，⑯ の 10 枚である。
3. 生物，化学，物理のうち 2 科目を選択すること。
4. 解答はすべて解答用紙の指定された箇所に書くこと。
5. 試験開始後 30 分以内に選択する科目を決定すること。
6. 折りこまれている白紙(2 枚)は草案紙として使用すること。
7. 問題紙と草案紙は持ち帰ること。
8. 選択しない科目も含め，すべての解答用紙に受験番号を記入してください。受験番号が記入されていない解答用紙は，答案が記入されていても採点の対象外となります。

生 物

1

(1) 1930 年代初頭にセント＝ジェルジは、オキサロ酢酸、コハク酸、フマル酸、リンゴ酸の 4 種の C_4 カルボン酸^注のうち 1 つをハト胸筋のミンチに加えると、どれを加えた場合も呼吸速度が劇的に速くなることを発見した。さらに、呼吸基質が豊富にあるときと、呼吸基質が枯渇して呼吸活性がなくなったときとで、筋肉中の C_4 カルボン酸の量を比較したところ、それらが一定レベルに保たれほとんど変化しないことも見いだした。消費されずに反応を促進することから、これらの C_4 カルボン酸が触媒としてはたらいっている可能性もでてくる。しかし、単純な構造の C_4 カルボン酸が触媒としてはたらく有機物というには無理があった。セント＝ジェルジは、これらが持つ水素原子の数が図 1 に示すように 2 つずつ違うことに着目し、これらが NAD^+ や FAD に水素を与える水素運搬体としてはたらくと主張した。

その頃クレブスは、セント＝ジェルジの発見に触発されつつも、 C_4 カルボン酸が糖などの呼吸基質の分解における中間体すなわち反応基質であると考えていた。しかしそれでは、解糖系で生じる C_3 化合物のピルビン酸が C_4 カルボン酸に変換されるのは、分解とは逆の反応になるという矛盾に悩まされていた。ちょうどその頃、クヌープとマルチウスらが、 C_6 カルボン酸である物質 X が C_5 カルボン酸の α ケトグルタル酸を経由して C_4 カルボン酸に至る化学反応経路を解明し報告した。そこでクレブスは、ハト胸筋の組織切片に物質 X を加える実験を行い、これが上記 4 種の C_4 カルボン酸と同様に呼吸を促進することを発見した。さらに、物質 X を呼吸阻害剤とともに加えると、 C_4 カルボン酸が蓄積することも見いだした。これらの結果は、 C_4 カルボン酸が反応中間体であることを明瞭に示していた。クレブスは、これらの C_4 カルボン酸が反応中間体であるのに、触媒のように反応を促進しそれ自体が使い尽くされることがないのはなぜかという難問に直面したが、この問題の解決には、尿素回路の発見という彼自身の数年前の経験が大いに役立った。つまり、 C_6 カル

ボン酸(物質 X) → C₅カルボン酸(α ケトグルタル酸) → C₄カルボン酸(4 種) → 呼吸基質からの C₂ 化合物の補給 → C₆ の物質 X に戻るといふ、カルボン酸による代謝回路の存在に気づいたのである(1937 年)。

この代謝回路のうち、C₆ の物質 X が C₄ カルボン酸に変換されるまでの部分はクヌープとマルチウスらが、4 種類の C₄ カルボン酸で構成される部分はセント = ジェルジがそれぞれ解明したことになるが、それらが回路を成していることにクレブスが気づいたことで、初めて呼吸代謝に関わる化学反応の全貌が真に理解できるようになったのである。なお代謝回路のしくみが明らかになったことで、4 種類の C₄ カルボン酸が水素運搬体としてはたらくというセント = ジェルジの主張も結局は正しかったことが判明した。つまり、これらの C₄ カルボン酸は水素運搬体としてはたらく反応中間体だったのである。クレブスはこの功績が認められ 1953 年にノーベル生理学・医学賞を受賞した。

※ C₄ カルボン酸：4 つの炭素原子を含むカルボン酸(カルボキシ基を含む有機化合物)のことで、C₂₋₆ は有機化合物に含まれる炭素原子数を示す。

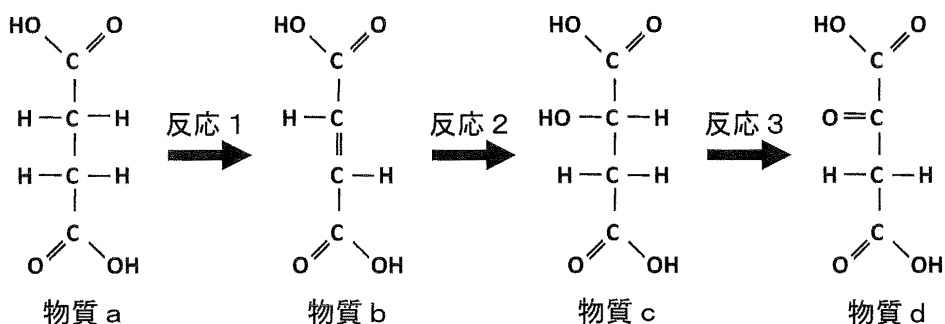


図1 セント = ジェルジが発見した呼吸速度を促進する 4 種類の C₄ カルボン酸。矢印はクレブスが発見した分子回路における反応を示し、例えば反応 1 は物質 a が物質 b に変換される反応を示す。

問 1 下線部アについて、主要な呼吸基質を炭水化物以外で 2 つ書きなさい。

問 2 下線部イについて、物質 X の名称を書きなさい。

問 3 図 1 の物質 a と物質 d の名称をそれぞれ書きなさい。

問 4 図 1 に示す反応 1 ～ 3 は、それぞれ①酸化、②還元、③脱水、④水付加（水和ともいう）のいずれかである。それぞれどの反応か、記号で答えなさい。

問 5 NADH および FADH_2 が作られる反応は、図 1 の反応 1 ～ 3 のどの反応と同時に起こるか、それぞれ数字で答えなさい。

問 6 下線部ウで、 C_4 カルボン酸が実際には反応中間体であるのにも関わらず、使い尽くされることなく呼吸速度を速める触媒のようなはたらきをするのはなぜか、説明しなさい。

- (2) 酵母は、ワインやビール、日本酒などさまざまな酒を造るのに利用されている。ワインなどの果実酒の場合は、果汁に酵母を加えるだけでアルコール発酵が進むが、穀物を原料とする酒を造る場合は、酵母のみでは発酵が進まない。このため、原料がオオムギのビールを造る場合はオオムギの種子を発芽させた麦芽を使うことで、原料が米の日本酒を造る場合は麴(子のう菌の一種で生物学的にはコウジカビという)を加えることで、アルコール発酵を促している。

問 1 酵母とコウジカビについて、正しい選択肢を選び記号で答えなさい。

- ① 酵母とコウジカビは共に原核生物である。
- ② 酵母は原核生物で、コウジカビは真核生物である。
- ③ 酵母は真核生物で、コウジカビは原核生物である。
- ④ 酵母とコウジカビは共に真核生物である。

問 2 アルコール発酵におけるエタノール生成反応について、正しい選択肢を選び記号で答えなさい。

- ① ピルビン酸が直接酸化されてエタノールができる。
- ② ピルビン酸が直接還元されてエタノールができる。
- ③ ピルビン酸が脱炭酸された後に酸化されてエタノールができる。
- ④ ピルビン酸が脱炭酸された後に還元されてエタノールができる。

問 3 図 2 に示す 3 つのグラフは、白米でつくった薄^{かゆ}い粥を冷ましたものに、酵母または麴、あるいはその両方を加えて培養したときの、アルコール濃度、糖濃度およびデンプン濃度を経時的に計測した結果を示す。

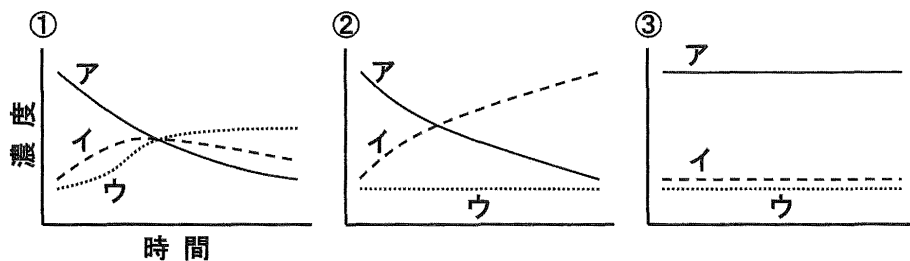


図 2

- 1) 酵母のみ、および麴のみを加えたときの結果を示すグラフは、それぞれ①～③のどれか、記号で答えなさい。
- 2) グラフ内の線イと線ウは、それぞれアルコール濃度、糖濃度、デンプン濃度のどれを示しているか、答えなさい。

問 4 下線部で、ビールを造る際に麦芽を使うのはなぜか、日本酒を造る際に麴を使う理由との違いを含め、説明しなさい。

2

(1) 突然変異による遺伝子の変化が生殖細胞に起きた場合、その変化が次の世代に引き継がれる可能性がある。遺伝子に変化が起きた変異型が生存や生殖に有利な場合、その変異型が集団全体に広がることもあり、その結果集団が変異型で占められるようになる。このように、生存や生殖に及ぼす影響が対立遺伝子で異なる場合、相対的に不利な対立遺伝子が消えたり、相対的に有利な対立遺伝子が広まることを 説という。

ある集団内に存在する遺伝子の集合体を という。 とは無関係に、 のなかには多くの突然変異が存在する。集団内で特定の対立遺伝子の遺伝子頻度が偶然変動する現象を遺伝的浮動といい、これによって有利でも不利でもない突然変異の形質が集団内に定着することがあり、 と呼ばれる。

問 1 ～ に入る語を書きなさい。

問 2 下線部が強く影響する現象としてびん首効果がある。どのような現象でどのような時に起こるか、説明しなさい。

問 3 集団内に 1 組の対立遺伝子 D と d があり、 D の遺伝子頻度を p 、 d の遺伝子頻度を q とする。

- 1) d をホモ接合、ヘテロ接合でもつ人の比率は、それぞれ 5 %、45 % であった。 p を計算し、四捨五入して小数第 3 位までの数字で答えなさい。
- 2) 1) の条件で仮に、 d が有害な潜性(劣性)遺伝子でホモ接合の致死率が 40 % であったとする。この場合、 p はどうなるか計算し、四捨五入して小数第 3 位までの数字で答えなさい。ただし、 d のヘテロ接合は全員生存することとする。また、次世代以降遺伝子頻度がどのように変化するか説明しなさい。

問 4 一定の条件を満たせば世代を経ても遺伝子頻度が変化しないことが知られており、ハーディ・ワインベルグの法則という。集団においてこの法則が成り立つにはいくつかの条件がある。そのうちの 3 つを答えなさい。

問 5 ハーディ・ワインベルグの法則が成り立つとして、以下の問いに答えなさい。

- 1) ある病気では、原因となる遺伝子変異をホモ接合でもつと重症となる。
ある集団で遺伝子検査を行ったところ、361 名に 1 名の割合でホモ接合の個体が認められた。この遺伝子変異をヘテロ接合でもつ者は 361 名中何名か計算し、四捨五入して整数で答えなさい。
- 2) ある集団で ABO 式血液型を調査したところ、A 型は 39 %、B 型は 24 %、O 型は 25 %、AB 型は 12 % であった。この集団における A 型遺伝子、B 型遺伝子、O 型遺伝子の遺伝子頻度を計算し、四捨五入して小数第 1 位までの数字で答えなさい。ただし、A 型遺伝子および B 型遺伝子はそれぞれ O 型遺伝子に対して顕性(優性)である。

(2) 恐竜などが絶滅した後に哺乳類の適応放散^アが進んだ。その中から樹上生活に適応した霊長類が出現した。霊長類の特徴には、両眼が顔の前面にあること，扁平な平爪をもつこと，親指が他の指と向かい合うこと^イなどがある。新生代新第三紀のはじめころ，霊長類の中から類人猿のなかまが現れた^ウ。現生の類人猿としては，テナガザル，チンパンジー，ゴリラなどがある。人類は，類人猿との共通の祖先から進化した。人類と類人猿の大きな違いは 1 である。初期の人類は猿人と呼ばれ，猿人から原人，さらに旧人が出現した。猿人の時代からネアンデルタール人の絶滅までは，複数種の人類が地球上に生息していたが，現生の人類(ヒト)は 2 の1種のみである。

問 1 1 と 2 に入る語を書きなさい。

問 2 下線部アについて，適応放散とはどういうことか，説明しなさい。

問 3 下線部イについて，このことの利点を簡単に説明しなさい。

問 4 下線部ウについて，このことを何というか，答えなさい。また，その利点を簡単に説明しなさい。

3

窒素は生物にとって必須の物質のひとつであり、その生態系での循環の概略を下図に示した。以下の問題に答えなさい。

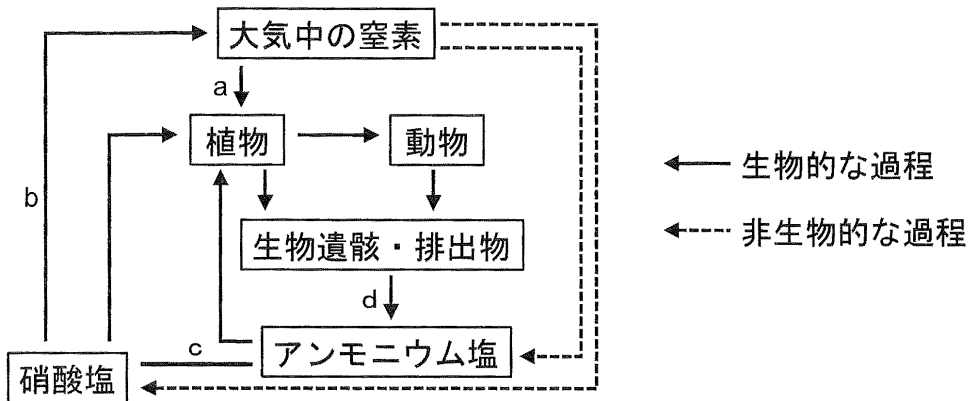


図 生態系における窒素の循環

問 1 細菌類は窒素の循環に重要な役割を持っており、a～d は細菌類が関与する窒素循環の過程である。

- 1) a の過程について、植物に共生して、大気中の窒素を植物が利用できるような化合物に変換している細菌類の名称を書きなさい。
- 2) b の過程を何というか書きなさい。
- 3) c の過程では、細菌類のはたらきによって、アンモニウム塩と硝酸塩の変換が行われている。この過程の矢印は、この図において右向きか左向きのどちらか書きなさい。また、この過程は何か書きなさい。
- 4) d の過程に関与しているのは、細菌類と菌類である。これらの生物集団は、生態系における役割から何と呼ばれるか書きなさい。
- 5) 窒素循環において、イシクラゲが取り込んで利用する窒素原子を含んでいる物質を、下記から選んで記号で書きなさい。

① 大気中の窒素	② アンモニウム塩
③ 亜硝酸塩	④ 硝酸塩

問 2 雷光のことを「稲妻」や「稲光」と呼ぶように、古くから雷の多い年は稲の生育が良くなることが知られている。それはなぜか簡単に説明しなさい。

問 3 植物が利用できる窒素化合物の供給量の変遷を調査したところ、1950 年代まではほぼ一定の値を示していたが、この時期から飛躍的に窒素固定量が増大し、現在も増加中である。その要因を考察し簡単に説明しなさい。

問 4 硬骨魚類では体内で生成される有毒のアンモニアを直ちに排出し、環境に豊富に存在する水で希釈することができる。一方、陸上生活を行う哺乳類ではアンモニアを体内で無毒の尿素に変換して排出している。しかし、哺乳類と同様に陸上生活をする鳥類とは虫類では、アンモニアを尿酸に変換して排出している。

1) 哺乳類において、アンモニアを尿素に変換する臓器の名称を書きなさい。

2) 下線部について、鳥類・は虫類と哺乳類の違いに着目して、尿酸を排出する利点を説明しなさい。

4

ガラス製の試験管 A にヒトの血液を入れ、室温にて放置した。ガラス製の試験管 B にはヒトの血液を入れた後、凝固を抑制する試薬を加えて同じように放置した。一定時間経過の後に観察すると、試験管 A は塊^{かたまり}状の沈殿物と上澄みに分かれ、試験管 B は外観に変化はなかった。

試験管 A 内では凝固因子等により活性化されたトロンビンが、血液中の 1 を繊維状の 2 という物質に変え、それに血球成分が吸着し、血液凝集塊^{ぎょうしゅうかい}すなわち血ぺい^{けい}ができたと考えられる。試験管 B では加えた試薬によってあるイオン^アのはたらきが抑えられたため、凝固^イが起こらなかったと考えられる。

血管内でも同じように血液凝固が進行し、血液中に小さな凝集塊を生じることがある。生体内には凝集塊を溶かす作用が備わっており、プラスミンという酵素が 2 を切断し、凝集塊を溶かす。この反応を 3 といい、血液凝固と 3 が共に存在することにより安定した血流が保たれる。

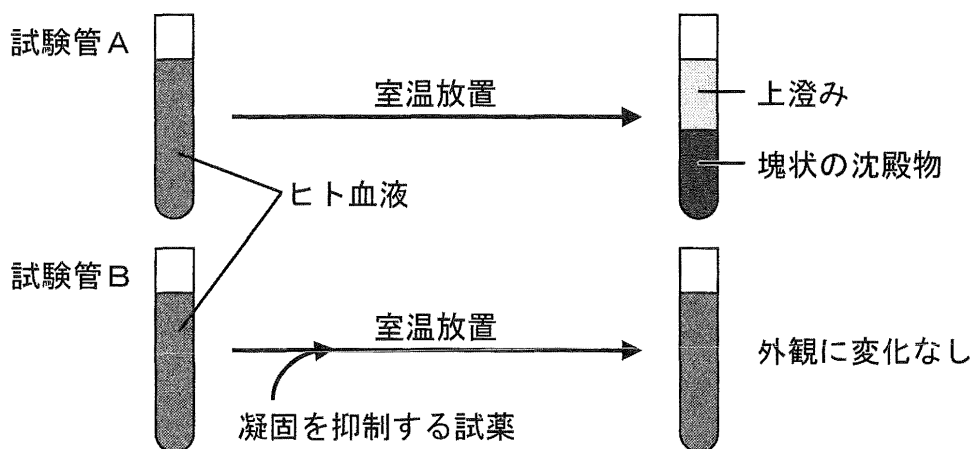


図1 ヒト血液の室温放置による変化

問 1 ～ に入る語を書きなさい。

問 2 下線部アについて、あるイオンとは何か書きなさい。

問 3 下線部イについて、他に凝固を抑制する方法を1つ挙げなさい。またその理由を簡単に説明しなさい。

問 4 プラスミンは活性のない前駆体(プラスミン前駆体)として肝臓で合成された後に血管内を循環し、凝集塊中の に結合する。プラスミン活性化因子は血管の細胞で合成された後、血液中に分泌され、凝集塊に結合したプラスミン前駆体に作用して、活性のあるプラスミンに変える。図2に示した、このしくみは生体にとってどのような利点があると考えられるか、説明しなさい。なお、活性化因子が血管内を循環しているプラスミン前駆体にはたらく可能性は無視できるものとする。

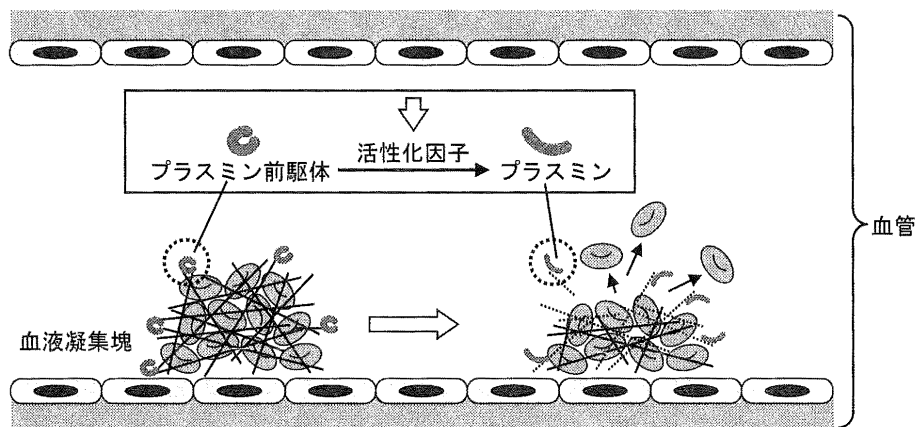


図2 プラスミンの活性化と血管内での血液凝集塊の溶解

問 5 血液には抗体が含まれている。抗体は、血清療法などの医療にも広く用いられている。

1) 抗体分子の、抗原との結合に必要な部分のみを黒で塗った模式図は図 3 のうちどれか、1 つ選び記号で答えなさい。

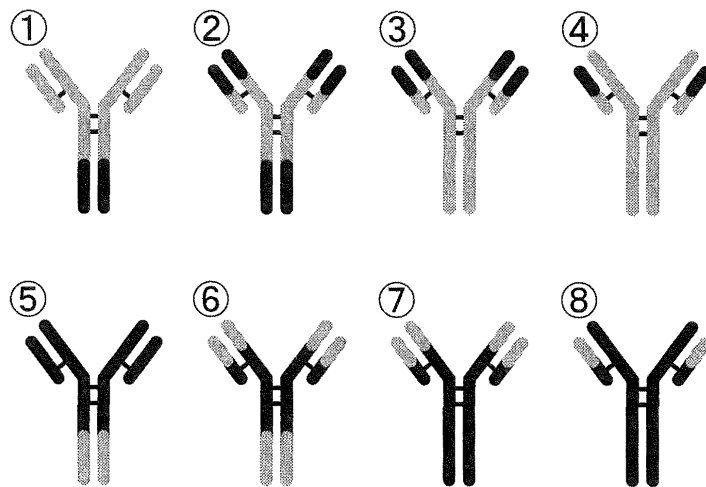


図 3

2) 血清療法にはどのようなものがあるか。利用例を 1 つ挙げなさい。

