

一連番号	
------	--

防衛医科大学校医学科第4期1期学生採用第1次試験

## 正 誤 表

### [記述式—理科（生物）]

該当箇所	試験問題 2頁 <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">2</span> 問1 (1)の1行目及び2行目 (2箇所)	
修正内容	誤	2細胞期から原腸陥入までの発生に要した時間は890時間(20℃)～5,035時間(5℃)の間であった。
	正	2細胞期から原腸陥入までの発生に要した時間は890分(20℃)～5,035分(5℃)の間であった。

一連番号	
------	--

防衛医科大学校医学科第41期学生採用第1次試験

## 正 誤 表

### [記述式—理科（生物）]

該当箇所	試験問題 5頁 図3の上部	
修正内容	誤	「 $6\text{H}_2\text{O}$ 」
	正	「水分子」

## 試験問題(記述式) — 理 科(生物)

(注意) 解答はすべて別紙解答用紙の定められた欄に書くこと。

1 次の文章を読んで以下の設問に答えよ。

我々は音、光、温度、匂いなどの刺激を受け、外界の変化として感知しこれに適応・反応する。これら物理化学的刺激はそれぞれに特異に対応した受容器によって電気信号に変えられ(符号化)、脳へ送られ、大脳で知覚・認識する。

(a) 音は、空気などの振動による音圧という物理刺激となる。音圧は、耳介で集音され、外耳道をとおり(ア)を振動させ、中耳にある3個の(イ)により20倍ほどに信号増幅される。増幅された振動は卵円窓に蓋をするアブミ骨底を振動させ、音受容器である(ウ)に伝わる。この受容器内の前庭階から鼓室階へ通じる外リンパ液に振動が伝わり、このリンパ液により鼓室階の天井を形成する基底板を振動させる。この基底板は低音に反応する広い幅から高音に反応する狭い幅まで連続的に繋がっており、最も大きく振動する基底板の上に乗っている聴覚受容装置の(エ)を刺激し、ここに存在する音受容細胞である(オ)が振動を符号化する。符号化には、この音受容細胞にある感覚毛が曲ると陽イオンチャネルが開口し<sup>(b)</sup>K<sup>+</sup>イオンが細胞内に流入し、これにより細胞内電位が上昇し(カ)を発生する、という方法をとる。この(カ)が求心性インパルスを形成し、(キ)神経によって大脳へ伝達され、脳が認識する。

一方、光は電磁波の一種で、ヒトでは約400nmから800nm波長のものをいわゆる可視光として認識できる。光は、表面を涙で覆われた(ク)で屈折され、前眼房をとおり虹彩で囲まれた(ケ)を通過し水晶体をとおり、ここでも屈折を受け、さらに奥の硝子体を通り眼底に広がる光受容器である(コ)に達する。この光受容器の深層には、強い光と色の受容ができる視細胞である(サ)と弱い光への感度が高い視細胞の(シ)が並んでいる。光受容器の中心付近に(サ)が多く、周辺に<sup>(c)</sup>(シ)が多い。これら視細胞は光受容器の深層にあり、表層には神経繊維が走る。この神経繊維は集まり束となって光受容器の中央やや横を貫き大脳へ走る。この神経繊維束が貫く部位には視細胞を欠くため光受容機能がなく(ス)と呼ばれる。いずれの視細胞も、細胞内にあるオプシン蛋白が許した波長の光のみを細胞内へ受け入れ、受け入れられた光によってビタミンAの光感受基が反応し、酵素を活性化して、サイクリックGMPが分解される。分解によりサイクリックGMP濃度が低下すると、サイクリックGMP依存性陽イオンチャネルが閉鎖し、細胞内へのNa<sup>+</sup>イオン流入が停止し、細胞内電位が(セ)する。これが光受容器の浅層に存在する連絡神経細胞(双極細胞など)へ、さらに視神経細胞へ伝達される。この視神経細胞が<sup>(d)</sup>(カ)を発生し、視神経によって大脳皮質の(ソ)まで伝達される。

(e) このように、音受容と光受容とでは、細胞における符号化の仕組みが、イオンの種類・イオンチャネルの種類・またイオンの流出入など、大きく異なる。痛み受容や温度受容も符号化される方法はこれらとはさらにまた異なる。符号化方法を変え、厳密に感覚受容しているにも拘わらず、驚いたことに、これら感覚情報は符号化する段階ですでに脳により増幅や減衰などが行われている。加えて、大脳皮質では、意識にかかわる皮質の興奮度合いによって、これら感覚が消滅させられることも行われている。我々が認識している感覚は、大変厳密に符号化されているが、同時に、実は脳自体が感覚情報を大きく修飾しているのである。

問1 文中の空欄(ア)~(ソ)内に入る適切な語句を記入し、文章を完成させよ。

問2 文中の下線部(a)にみあった刺激のことを何というか、その名称を答えよ。

問3 聴覚でも視覚でも文中の下線部(b)や(c)が符号化する段階で信号が修飾される。最後の段落を考慮し、感覚機能を果たすにあたりこの修飾の目的は何であるかを答えよ。

問4 聴覚の場合下線部(b)で、視覚の場合下線部(c)や(d)で、それぞれ受容信号に修飾を受けるが、その修飾機構についてどのようなものがあるか推定せよ。(80字以内)

問5 下線部(e)の(カ)について、次の問いに答えよ。

(1) 神経に発生する(カ)は、閾値以上の刺激ならいくら刺激を強くしても反応する大きさは変わらない。この現象を何の法則というか、その名称を答えよ。

(2) (1)があるのに、どのようにして刺激の量的変化を脳へ知らせることが出来るのか、その方法を2つ述べよ。(各15字以内)

2

次の文章を読んで以下の設問に答えよ。

バフンウニは、日本では北海道から九州まで広く分布しており、春に産卵する。バフンウニを用いてつぎのような実験を行った。

- ① ビーカーに海水を満たしておき、そこにウニの生殖孔を下にしてビーカーの上に置いた。口器の部分をハサミで取り除き、そこへピペットで塩化カリウム溶液(0.5 mol/L)を滴下した。(図1)
- ② 海水に接した生殖孔から黄色の卵が放出されて沈降した。十分な量の卵が得られたので、ウニを取り去り、ビーカーを静かに傾けて上澄みの海水を捨て、新しい海水を注いだ。この操作を3回繰り返した。
- ③ 別の個体を用いて①と同様の操作を行ったところ、白色の精子の放出が確認された。ただちにウニをビーカー上から取り去り、シャーレに移して放出された精子を集めた。
- ④ ピペットを用いて、②のビーカーから卵を含む海水を時計皿に4滴とった。この時計皿を顕微鏡のステージに載せて観察し、スケッチした。
- ⑤ ピペットを用いて、③で用意した精子を含む海水を顕微鏡下で未受精卵の入った時計皿に1滴、側方から流しこんで受精の様子を観察した。受精膜が形成される経過を観察した。
- ⑥ 受精卵は受精膜が形成されてから外見に大きな変化は観察されなかったが、約1時間半後に2つの割球に分裂した。さらに、割球は4つになり、続く分裂で8つになった。
- ⑦ 受精卵、2細胞期、4細胞期、8細胞期の各段階について、20個ずつの受精卵を対象として胚や割球の半径(R)を1個の受精卵サンプルあたり1か所ずつ測定し、平均値を算出した。顕微鏡下での長さの測定にはマイクロメータを用いた。胚や割球の体積は、つぎの式によって計算した。

$$\text{体積}(V) = R^3 \times 4\pi/3$$

割球の合計体積は、割球の数と上式で求めた体積から計算して求めた。測定値を処理した結果、図2のようなグラフが得られた。

問1 ウニの発生では、適温温度域が種ごとに確定している。バフンウニの適温温度域は5~22℃である。

- (1) 5℃、10℃、15℃、20℃の温度環境で発生実験を行ったとき、2細胞期から原腸陥入までの発生に要した時間は890時間(20℃)~5,035時間(5℃)の間であった。バフンウニでは適温温度域の範囲において、「比較的高い温度環境」の方が「比較的低い温度環境」よりも速く発生が進行する。その理由としてどのようなものが考えられるか。(20字以内)
- (2) バフンウニは3℃あるいは26℃(5~22℃以外の温度)で発生させた場合に発生異常が生ずる。その理由は何か、推測せよ。(30字以内)

問2 下記はウニが受精卵から幼生までどのような順で発生するかを示している。空欄(あ)~(お)に《語群》から選んで適語を入れよ。

受精卵→2細胞期→4細胞期→8細胞期→16細胞期→(あ)→(い)→(う)→(え)→(お)

《語群》プルテウス幼生、プリズム幼生、原腸胚、桑実胚、胞胚

問3 ウニの原腸胚では原口から陥入が起こる。その原口は発生の過程で一度閉じ、改めてそこに肛門がつくられる。

- (1) 系統分類学上、発生過程でウニのような口と肛門のできかたをする動物を何と呼ぶか。(漢字4字)
- (2) (1)の発生様式の観点からウニに近いのはどれか。2つ選び記号で答えよ。  
(か) イソギンチャク (き) ヒトデ (く) イカ (け) ナメクジウオ (こ) プラナリア

問4 バフンウニを採集した場所はどこか、1つ選び記号で答えよ。

- (さ) 深海の岩礁域 (し) 潮間帯の岩礁域 (す) 遠浅の砂浜海岸 (せ) 河口の汽水域の砂地  
(そ) 深海の砂地

問5 取り除いた口器(下線部a)(図1)をルーペでよく観察したところ、かご状の硬い構造で白色を呈していた。このような口器はウニの成体の食性と対応している。ウニの成体は主に何を食べているか、図を参考にして推定し、1つ選び記号で答えよ。

- (た) 植物性プランクトン (ち) 動物性プランクトン (つ) 小魚 (て) 海藻類  
(と) ゴカイなどの環形動物

問6 下線部(b)の塩化カリウム溶液の作用は何か。(30字以内)

問7 下線部(c)の操作を行った理由は何か。(20字以内)

問8 実験①、④、⑤を行うときのピペット使用上の注意点を述べよ。(20字以内)

その理由は何か。(30字以内)

問9 下線部(d)の受精膜の役割は何か。(30字以内)

問10 精子のDNA量を1とした場合、下線部(e)で示した2細胞期になる直前の分裂期後期における受精卵のDNA量を整数値で答えよ。

問11 図2から見出される疑問点は何か、記述せよ。(50字以内)

問12 問11で得た所見はどのように解釈したらよいか、説明せよ。(100字以内)

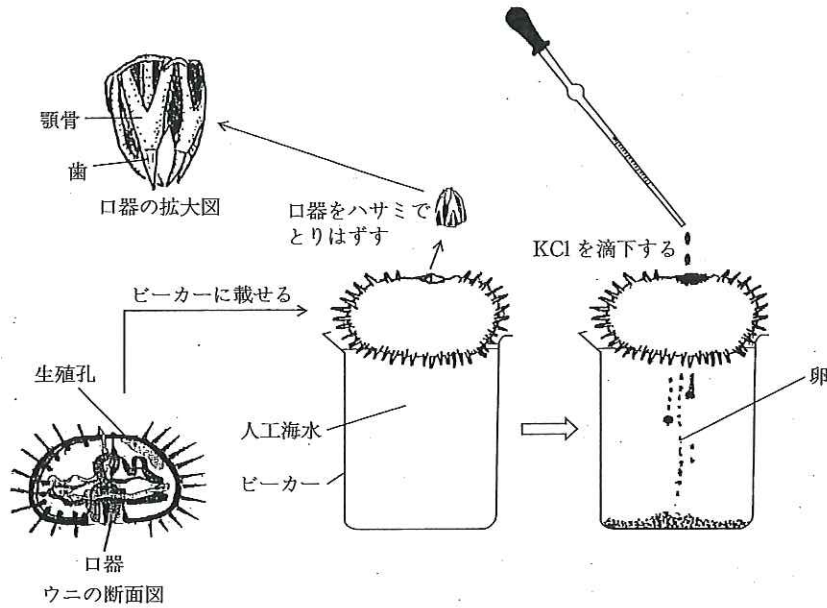


図1 ウニの採卵方法と口器

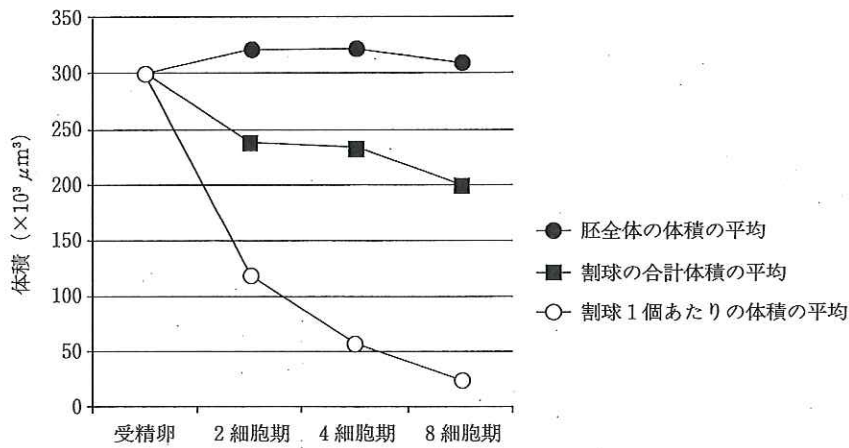


図2 バフンウニの発生段階と胚全体の体積および割球の体積変化との関係

3 次のⅠ～Ⅲの文章を読んで以下の設問に答えよ。

Ⅰ 代謝によって生物体を構成する物質は常に交換されている。外から取り入れた物質から生体を構成する物質を合成する化学反応は（ア）と呼ばれる。反対に、複雑な化合物を分解して生命活動に必要なエネルギーを取り出す化学反応を（イ）という。（ア）の中でも、無機炭素化合物である  $\text{CO}_2$  から有機物を合成するものを特に（ウ）と呼ぶ。植物や藻類が行う代表的な（ウ）である光合成では、太陽から降り注ぐ光エネルギーを吸収して（エ）に変換した後、これを利用して  $\text{CO}_2$  を固定し、有機物が合成される。

問1 本文中の（ア）～（エ）に適切な語句を当てはめて文章を完成せよ。

問2 光合成ではなく、無機物を酸化して取り出したエネルギーで（ウ）を行う化学合成細菌を3種類記せ。

問3 化石燃料の大量使用による大気中の  $\text{CO}_2$  濃度の上昇は地球温暖化の引き金になっているとされる。一方、農作物からつくられるバイオ燃料は、化石燃料を使用するのに比べて地球温暖化の抑制に有効であると考えられる。その理由を  $\text{CO}_2$  の流れに注目して簡潔に説明せよ。（80字以内）

Ⅱ 植物の葉緑体で起こる光合成は次の4つの段階に分けて考えることができる。

反応1：光合成色素を含む光化学系Ⅰと光化学系Ⅱが光エネルギーをとらえて、それぞれの反応中心の光合成色素が活性化し電子を放出する。

反応2：光化学系Ⅰから放出された電子は  $\text{H}^+$  とともに補酵素 X に渡り還元型補酵素  $\text{X} \cdot 2[\text{H}]$  となる。光化学系Ⅱで放出された電子は電子伝達系を経由して光化学系Ⅰに渡る。電子を失った光化学系Ⅱは、 $\text{H}_2\text{O}$  を  $1/2 \text{O}_2$  と  $2\text{H}^+$  に分解して、不足した電子を奪い返し元の状態に戻る。

反応3：光化学系Ⅱから電子伝達系に渡された電子は、電子伝達系内の連続する酸化還元反応により次々とエネルギーを放出する。このエネルギーを利用して、ATP合成酵素の働きによりADPとリン酸からATPが合成される。

反応4：反応2でできた還元型補酵素  $\text{X} \cdot 2[\text{H}]$  と反応3でできたATPを用いて、大気から取り込んだ  $\text{CO}_2$  から炭水化物が合成される。

問4 反応1、反応3はそれぞれ何と呼ばれる反応か、その名称を記せ。

問5 下線部(a)に関して、正しい記述を1つ選び記号で答えよ。

- (a) 緑色植物はクロロフィルa、あるいはクロロフィルbのいずれかを葉緑体を持つ。
- (い) カロテンは青色の色素である。
- (う) 同じ光量であれば緑色光が最も効率よく光合成色素を活性化する。
- (え) クロロフィルaは青紫色光と赤色光をよく吸収する。
- (お) クロロフィルbは鉄イオンを含む複雑な分子である。

問6 下線部(b)に関して、同位体  $^{18}\text{O}$  を用いて水の分解を示した実験（ルーベンら）の実験結果と結論をそれぞれ簡潔に説明せよ。

問7 下線部(c)のATPに関して、(オ)～(ク)に適切な語句を当てはめて以下の文章を完成せよ。

ATPは核酸を構成する塩基の1つ（オ）と、糖の一種である（カ）が結合してできた（キ）に、3個のリン酸が連続して結合してできた物質である。このリン酸同士の結合は（ク）と呼ばれる。

問8 図1は植物体の細胞内にみられる葉緑体の模式図である。反応1と反応4が起こる場所（構造）と、合成された有機物が一時的に貯蔵されている場所を図中の(ケ)～(ス)から選び記号で答え、さらにそれぞれの場所の名称を記せ。

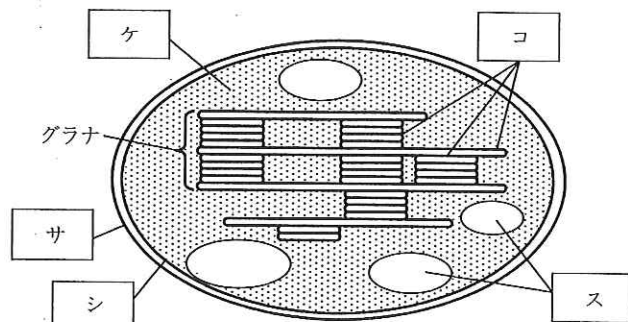


図1：葉緑体構造の模式図

III 以下は光合成反応を明らかにした2つの実験である。

実験1：緑藻に暗所でCO<sub>2</sub>を与える条件と、光を当ててCO<sub>2</sub>を与えない条件を交互に繰り返した場合の緑藻のCO<sub>2</sub>吸収速度を測り、図2のようなグラフを得た。

実験2：カルビンとベンソンらは、炭素の放射性同位体<sup>14</sup>Cで標識した<sup>14</sup>CO<sub>2</sub>を緑藻に取り込ませて光合成を行わせた。一定時間ごとに光合成を止めて、反応生成物を2次元クロマトグラフィーで展開し、<sup>14</sup>Cがどのような物質に移動していくかをX線フィルムで検出し、反応の順序を明らかにした。彼らは<sup>14</sup>CO<sub>2</sub>から最初に<sup>14</sup>Cが3-ホスホグリセリン酸(PGA、C3化合物)に取り込まれることを見出した。これに続く複数の反応を経てできたリブローズ-1,5-ビスリン酸(RuBP、C5化合物)がCO<sub>2</sub>と不安定なC6化合物(図3の\*印)をつくった後、すぐに3-ホスホグリセリン酸(PGA)に開裂することから回路反応であることを明らかにした。図3は、この実験より明らかになったカルビン・ベンソン回路である。ただし、還元型補酵素X・2[H]とATPは、上記IIの反応1~3により供給される。

問9 図2の時点Aにおいて、図3の反応経路中で起きていることとして正しいのを(か)~(け)より選び記号で答えよ。

- (か) 3-ホスホグリセリン酸(PGA)がたまっている。
- (き) リブローズ-1,5-ビスリン酸(RuBP)がたまっている。
- (く) グリセルアルデヒド-3-リン酸(GAP)がたまっている。
- (け) ATPとX・2[H]の供給が断たれている。

問10 図2の時点B直後に、①CO<sub>2</sub>の吸収速度が急上昇し、②その後すぐに急下降するのはなぜか。図3を参考にして簡潔に説明せよ。(それぞれ40字以内、必要であれば図中の略語を用いて構わない。)

問11 カルビン・ベンソン回路を通して、転流されるスクロースが10分子できるためには、何分子のCO<sub>2</sub>が必要か。

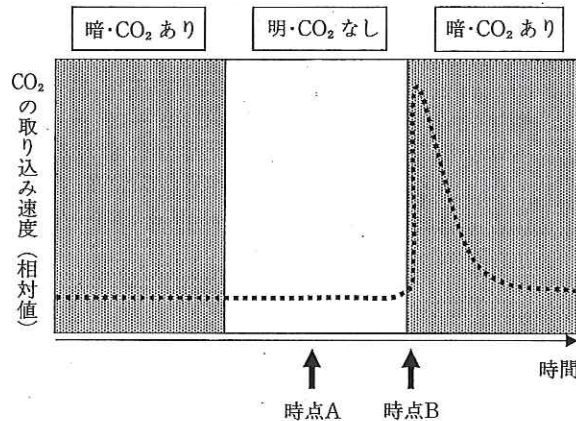


図2：光合成での光とCO<sub>2</sub>の利用

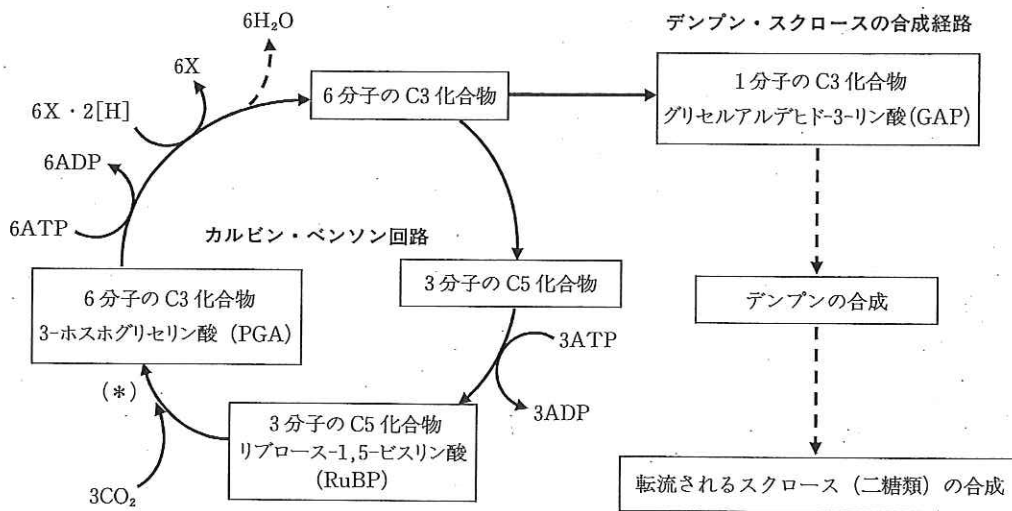


図3：カルビン・ベンソン回路とデンプン・スクロース合成経路の概要

4 次の文章を読んで以下の設問に答えよ。

輸血の歴史は、1492年ローマ教皇の臨終に際して少年の血を口から与えたことに始まるとされる。様々な輸血の試みがなされた後、ABO式血液型の発見、(ア)剤の開発等を経て輸血方法が進歩し、第一次世界大戦で多くの負傷した兵士の生命が救われた。

ヒトの赤血球膜上には様々な血液型の指標となる(イ)である抗原が存在する。その中でも輸血に最も重要なものはABO式血液型とRh式血液型である。ABO式血液型は第9染色体上のABO遺伝子座に存在する(ウ)により(エ)の法則に従って遺伝する。赤血球の抗原としてAとBがあり、A抗原が存在する赤血球を持つヒトの血液型はA型である。同様にB抗原をもつヒトの血液型はB型である。ABO式血液型では、同一個体においては自己が持たない抗原に対する(オ)が規則的に存在し、自己の持つ抗原に対する(オ)は存在しない<sup>(a)</sup>、という原則がある。通常、赤血球を生理食塩水に浮遊させると、赤血球表面は負に荷電する。生理食塩水中のNaClは解離し、陽イオンが赤血球の陰イオンに引っ張られて赤血球表面に集まる。この陽イオンは赤血球の移動と共に移動するので、赤血球の表面には電気的な2重層が形成される。そのため、2個の赤血球が近づくと、赤血球同士が相反発し、一定の距離(35nm)を保つことになる。しかし、試験管内でA型赤血球を生理食塩水に浮遊させ、B型血清を入れると、凝集が起こる。これはA型赤血球膜上のA抗原とB型血清中の大きさ35nmの(カ)が(キ)を起こし、赤血球間を連結させるからである。

Rh式血液型は第1染色体上にある相同性の高い2つの連鎖した遺伝子によりコードされている。一方の遺伝子はD抗原を発現させ、このD抗原の有無が輸血するために重要となる。Rh式血液型で、ABO式血液型と異なる点はD抗原陰性であったも規則的に血清中にD抗原に対する(オ)を持っていないこと<sup>(b)</sup>である。

ABO式血液型とRh式血液型が供血者と受血者の間で一致していても輸血できない場合がある。受血者の血清中にABOとD以外の血液型抗原に対する(オ)が存在する場合があります。この(オ)の大きさは24~25nmで、試験管内生理食塩水中に浮遊する供血者の赤血球同士を凝集させることができない。言い換えれば、(オ)内に2つある(ク)間の距離が14nmと短く、(キ)が起きても赤血球間を連結させることができないことによる。この検出法として隣接した赤血球膜上の抗原にそれぞれ付着した(オ)と(オ)の間を架橋する方法がある。また、上記のような<sup>(c)</sup>(オ)が存在し、その量が検出法の検出限度以下である場合、この(オ)に対応する抗原をもつ赤血球を輸血してしまう可能性がある。この場合、輸血後24時間から1~2週間程度で血液型不適合輸血の症状が出現する<sup>(d)</sup>。

ラントシュタイナーがABO式血液型を発見してから約110年の現在、血液型不適合による死亡事故が劇的に減少し、輸血の安全性がますます向上している<sup>(e)</sup>。

問1 文中の(ア)~(ク)に入る適切な語句を記入せよ。

問2 A型の人にO型の赤血球を輸血すると、輸血赤血球はどうなるか。理由を含めて述べよ。(20字以内)

問3 文中の下線部(a)に関して2つの問いに答えよ。(各々30字以内)

- (1) 具体的に例を挙げて説明せよ。
- (2) 自己の持つ抗原に対する(オ)は存在しない。なぜ(オ)が産生されないのか、その理由を述べよ。

問4 文中の下線部(b)に関して2つの問いに答えよ。

- (1) (オ)を持つ場合、輸血時どのようなことに注意しなければならないか。(30字以内)
- (2) どのような人が(オ)を持つ可能性があるか。(20字以内)

問5 文中の下線部(b)に関連し、D抗原陰性の母親にD抗原陽性の子供ができ、問題なく分娩した場合でも、将来医療上問題になることがある。そのため、出産後、母親に抗ヒトD免疫グロブリンを投与する必要がある、なぜか。(20字以内)

問6 文中の下線部(c)の方法とはどのような方法であるか。(オ)の語句を使用して説明せよ。(40字以内)

問7 文中の下線部(d)はなぜ遅れて起こるのか、説明せよ。(20字以内)

問8 文中の下線部(e)で輸血の安全性を確保するために血液型不適合の血液のチェック以外に、現在行われている検査の一つとしてB型肝炎ウイルス検査がある。これに関して3つの問いに答えよ。

- (1) この検査はどのような方法で行われているか。(オ)の語句を使用して説明せよ。(30字以内)
- (2) (1)の検査ではB型肝炎に感染していても陽性と認識されない期間がある。なぜ、そのようなことが起こるのか。(30字以内)
- (3) 近年、この方法に加えて核酸を使った検査法が行われている。どんな方法か。(10字以内)