

滋賀医科大学
令和 7 年度
医学科一般選抜(前期日程)

問 題 冊 子

理 科

物 理	1 ページ～ 8 ページ
化 学	9 ページ～14ページ
生 物	15ページ～24ページ

(注 意)

1. 問題冊子は試験開始の合図があるまで開かないこと。
2. 問題冊子は表紙のほか 24 ページである。
3. 試験中に問題冊子及び解答用紙の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせること。
4. 問題は物理、化学、生物のうち 2 科目を選択し、選択した科目の解答用紙のすべてに受験番号及び氏名をはっきり記入すること。
5. 解答はすべて解答用紙の所定の解答欄に明瞭に記入すること。
6. 解答に関係のないことを書いた答案は、無効にすることがある。
7. 選択しない科目の解答用紙は、試験開始 120 分後に監督者が回収するので、大きく×印をして机の左側に置くこと。
8. 本学受験票を机の通路側に出しておくこと。
9. 試験時間は 150 分である。
10. 問題冊子は持ち帰ってもよいが、解答用紙は持ち帰らないこと。

生 物 (4 問題)

I 次の文章を読み、問 1 ～ 7 に答えよ。(配点 25)

自然界には、自ら光る生物(発光生物)が存在する。代表的な発光のしくみは、ルシフェリンという発光のもとになる物質が、ルシフェラーゼとよばれる酵素タンパク質によってエネルギー状態の高い物質に酸化され、それが安定した状態になるときにエネルギーを光として放出するものである。ルシフェリンとルシフェラーゼは、それぞれ、生物の種類によって異なり、発光の色や反応に必要な因子も異なることが知られている。

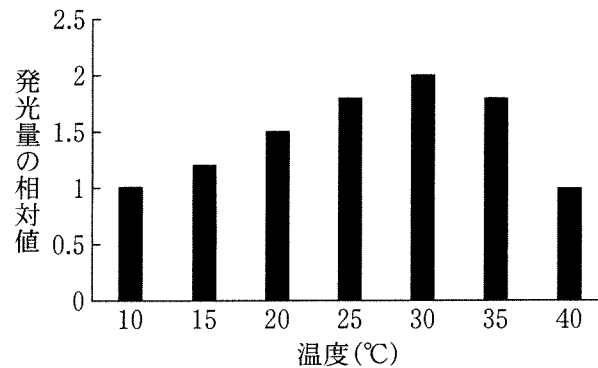
ホタルの発光は、腹部の先端にある発光器の内部で行われ、ルシフェリンがルシフェラーゼによって酸化される反応には ATP が必要である。ホタルの発光反応は、さまざまな用途に利用されている。例えば、食品加工現場で用いられている「ふき取り検査」では、まな板などの表面をふき取った試料を、ホタルのルシフェリンおよびルシフェラーゼの入った試薬と混ぜ、発光量を測定することによって、肉や魚由来の目に見えない汚れを検出している。また、この検査は、手すりなど⁽¹⁾の表面の細菌汚染の検出にも用いられている。

一方、ウミホタルの発光は体外で起こる。ウミホタルは、浅い海に生息する透明な殻(から)をもつ 3 mm 程度の甲殻類で、昼間は砂の中に隠れているが、夜になると砂から出て食物を探す。このときに敵の接近を感じると、ルシフェリンとルシフェラーゼをそれぞれ海中に放出して発光させ、青色の光の煙幕をつくると同時に、ウミホタル自身は暗闇の方へ逃げ去る。ウミホタルは乾燥させると長期に保存することができ、研究材料として用いられている。乾燥ウミホタルに蒸留水を加え⁽²⁾ても少ししか光らないが、すりつぶして蒸留水を加えると青い光が観察される⁽³⁾。

生物の中には、蛍光を発するものも存在する。蛍光物質は、適当な波長の光が当たることによってエネルギー状態が高くなり、安定な状態に戻るときにエネルギーの一部を光として放出する。クラゲ⁽⁴⁾の一種であるオワンクラゲは、刺激を受けると緑色の蛍光を発する。オワンクラゲの体内の光る細胞の中には、カルシウムイオンと反応して青白く光るイクオリンという発光タンパク質と、緑色蛍光タンパク質(GFP)という緑色に光る蛍光物質が存在している。GFP は種々の生物の細胞に⁽⁵⁾発現させることができるため、生命科学研究に不可欠な道具になっている。

問 1 下線部(1)について、「ふき取り検査」によって、肉や魚由来の汚れや細菌汚染を検出できるのはなぜか説明せよ。

問 2 ホタルのルシフェリンとルシフェラーゼの入った試薬を適切な試料と混ぜ、発光させた。このとき、試薬の温度を変えると、図のような結果が得られた。30℃より温度が高くなると、発光量が減少しているのはなぜか。考えられることを述べよ。



問 3 下線部(2)について、このようなウミホタルの性質を何というか。刺激の種類と移動の方向を含めて答えよ。

問 4 下線部(3)について、乾燥ウミホタルをすりつぶすと、蒸留水を加えたときに発光が観察されるようになるのはなぜか。生きたウミホタルの体内では発光が起こらないことを踏まえて説明せよ。

問 5 ウミホタルのルシフェリンとルシフェラーゼを「ふき取り検査」に用いることはできない。その理由を説明せよ。

問 6 下線部(4)について、暗闇の中でオワンクラゲが緑色の蛍光を発するしくみを説明せよ。

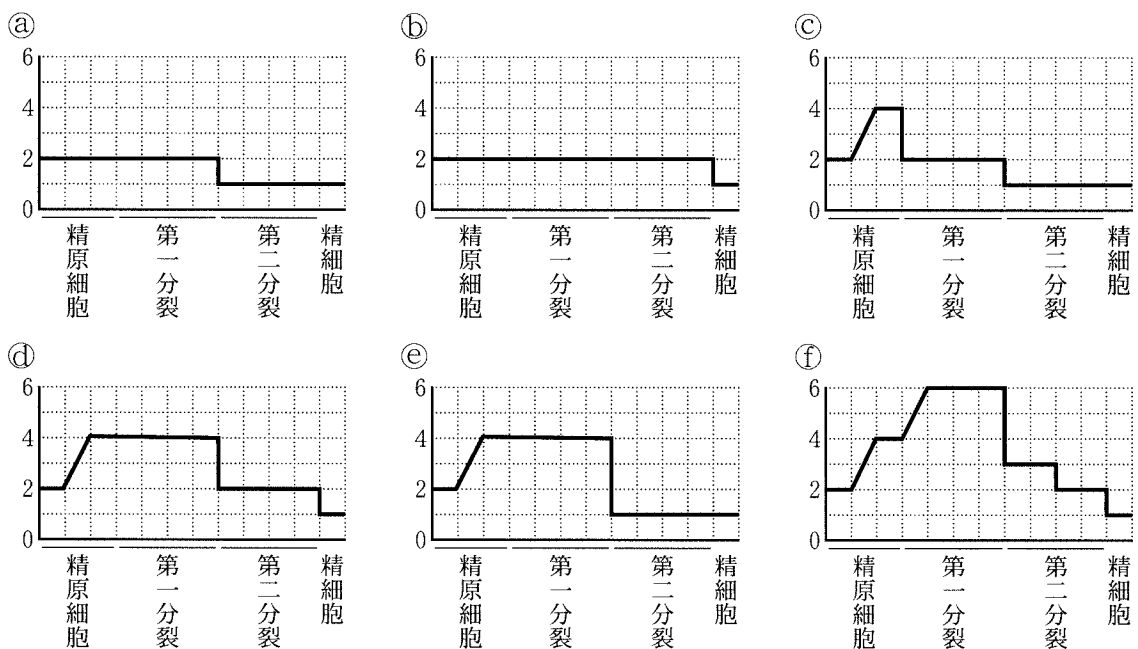
問 7 下線部(5)について、淡水魚のメダカに GFP を発現させた「光るメダカ」のような遺伝子組換え生物をつくることができる。しかし、日本国内において、「光るメダカ」の飼育は法律により規制されている。その理由を説明せよ。

Ⅱ 次の文章を読み、問 1 ～ 8 に答えよ。(配点 25)

動物の配偶子のもととなる始原生殖細胞は、発生早い時期に体細胞とは異なる細胞として出現し、未成熟な精巣や卵巣に移動して、それぞれ精原細胞や卵原細胞に分化する。精原細胞は精巣内で増殖し、その一部は一次精母細胞となり、減数分裂第一分裂が始まる。第一分裂終了後に形成された二次精母細胞から第二分裂を経て精細胞がつくられる。精細胞は、成熟とともに長い ① が発達し、運動能力をもった精子になる。卵原細胞は卵巣内で増殖し、一次卵母細胞、二次卵母細胞を経て卵になる。

棘皮(きょくひ)動物であるウニは、受精のしくみを研究するモデルとして用いられている。ウニの卵は、細胞膜の外側に卵黄膜をもち、さらにその外側にゼリー層がある。精子がゼリー層に到達すると、精子の頭部からタンパク質分解酵素などを放出してゼリー層を溶かし、糸状の突起を出し卵黄膜を通過する。その結果、精子と卵の細胞膜が融合し、受精が始まる。受精前は、卵の外側に対して内側はマイナスとなる電位差が生じている。受精後、卵内に ② が流入すると、卵内側の電位がプラスにすばやく変わり、ほかの精子が卵の細胞膜と融合できなくなる。また、卵の細胞質の ③ 濃度が増加することで、さまざまな化学反応が開始する。卵に進入した精子の核は卵の核に近づき、両者は融合して発生を開始する。多くの動物では、精子と卵が受精して受精卵を形成する有性生殖を行い、生命を連続させている。

問 1 下線部(1)の精子形成において、精原細胞から精細胞が形成されるまで、細胞 1 個あたりの DNA 量はどのように変化するか。以下の ㉔～㉙ から 1 つ選び、記号で答えよ。なお、縦軸は細胞あたりの DNA 量(相対量)を示す。

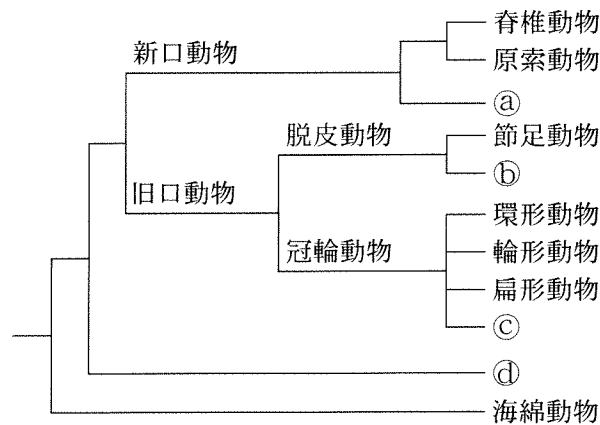


問 2 文中の①に適切な語句を入れよ。また、①の運動に関与する細胞骨格の名称を答えよ。

問 3 ヒトでは、1個の精原細胞および1個の卵原細胞から、それぞれ何個の精子と卵がつくられるか答えよ。

問 4 減数分裂による配偶子形成過程において、遺伝的に多様な配偶子がつくられるしくみを2つ説明せよ。

問 5 下図の動物系統樹において、①～④のうち棘皮動物はどれか。記号で答えよ。



問 6 下線部(2)の反応の名称を答えよ。

問 7 文中の②と③に当てはまるイオンを、以下の①～④からそれぞれ1つ選び、記号で答えよ。

- ① Na^+ ② Cl^- ③ K^+ ④ Ca^{2+}

問 8 下線部(3)に関連して、多くの動物は有性生殖により生命を連続させるが、無性生殖を行うものも知られている。日本の湖沼に生息するコイ科のギンブナのほとんどは雌である。ギンブナは減数分裂を経ない卵をつくり、この卵は、コイ科の他種の精子によって発生を開始し正常な雌個体となる。このとき、他種由来の遺伝子は、ギンブナの卵に取り込まれないことが知られている。ギンブナの無性生殖による繁殖の利点(i)と欠点(ii)について、それぞれ考えられることを述べよ。

Ⅲ 次の文章を読み、問 1 ～ 8 に答えよ。(配点 25)

遺伝子の本体である DNA は、2 本のヌクレオチド鎖からなる二重らせん構造をしている。DNA が複製される際には、二重らせん構造は、① という酵素でほどかれ、2 本鎖のそれぞれを鋳型にして、DNA ポリメラーゼにより新たなヌクレオチド鎖が合成される。DNA がほどけていく方向に連続的に合成される鎖を ② という。一方、DNA がほどけていく方向とは逆方向に DNA の断片がつくられながら、不連続に合成される鎖を ③ という。この DNA 断片は、④ とよばれ、⑤ という酵素によってつながれて 1 本の鎖となり、DNA の 2 本鎖が合成される。

DNA の遺伝情報をもとに、転写と翻訳という過程を経てタンパク質がつくられる。転写では、DNA の一方の鎖を鋳型にして、RNA ポリメラーゼによって RNA が合成される。⁽¹⁾ 原核生物の場合、合成された RNA が mRNA そのものであり、翻訳では、mRNA の塩基配列に従ってアミノ酸⁽²⁾がつながれていく。

遺伝子の多くは、環境の変化に応じて発現が調節されている。大腸菌のラクトースオペロン(図 1)の発現が、生育環境によってどのように調節されるかを調べるために、以下の実験を行った。

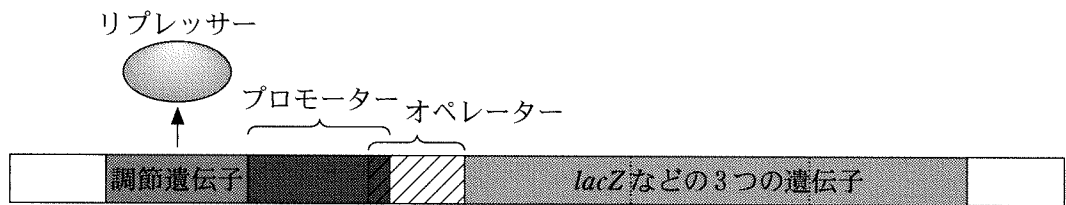


図 1 ラクトースオペロンの模式図

lacZ : β ガラクトシダーゼの遺伝子

(実験 1) 寒天培地 A～E を用いて大腸菌 X を一晚培養し、形成されるコロニーの色を観察した。寒天培地に添加した物質と観察結果を表 1 に示す。なお、X-gal は無色の物質であるが、 β ガラクトシダーゼによって分解されると青色の物質がえられる。

表 1

寒天培地	添加した物質			観察結果
	グルコース	ラクトース	X-gal	コロニーの色
A	+	—	—	白色
B	—	+	—	白色
C	—	—	+	ごく薄い青色
D	+	—	+	白色
E	—	+	+	青色

大腸菌のラクトースオペロンのしくみは、以下のような遺伝子組換え実験において、遺伝子導入細胞を選び出す方法に応用されている。

(実験 2) マウスの DNA をある制限酵素で切断し、遺伝子 *M* を含む DNA 断片を得た。これを、同じ制限酵素で切断したプラスミド(図 2)とつなぎ合わせる処置をすると、一部のプラスミドにはこの DNA 断片が組み込まれる。この処置をしていないプラスミド(プラスミド P)または処置をしたプラスミド(プラスミド Q)を大腸菌 Y に導入して、寒天培地で一晚培養し、コロニーの色を観察した。大腸菌 Y は、*lacZ* の塩基配列の一部が欠失しているため、正常な β ガラクトシダーゼがつくられない大腸菌(ラクトースオペロンの調節遺伝子、プロモーター、オペレーターの領域は正常)である。観察結果を表 2 に示す。ただし、この実験では、グルコースやラクトースの影響は考えなくてよい。

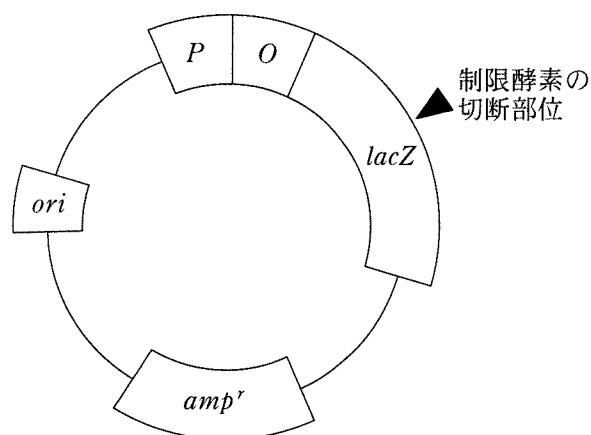


図 2 プラスミドの模式図

このプラスミドは、ラクトースオペロンのプロモーター(*P*)、オペレーター(*O*)、*lacZ*、複製起点(*ori*)、アンピシリン耐性遺伝子(*amp^r*)をもつ。大腸菌は、アンピシリンという抗生物質を含む培地では生育できないが、このプラスミドを取り込んだ大腸菌は、アンピシリンを含む培地で増殖できるようになる。制限酵素の切断部位を矢頭で示す。

表 2

導入したプラスミド		寒天培地に添加した物質			観察結果
		IPTG	X-gal	アンピシリン	コロニーの色
実験 2-1	プラスミド P	—	+	+	白色
実験 2-2	プラスミド P	+	+	+	青色
実験 2-3	プラスミド Q	+	+	+	白色と青色

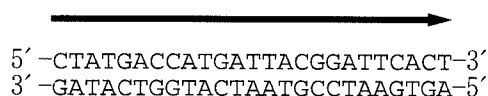
IPTG：リプレッサーに結合して、そのはたらきを調節する物質

問 1 文中の ①～⑤ に適切な語句を入れよ。

問 2 DNA について、正しい記述を以下の ㉔～㉞ から 1 つ選び、記号で答えよ。

- ㉔ DNA を構成する糖は 6 個の炭素を含む。
- ㉕ DNA を構成する塩基のアデニンとシトシンの割合はほぼ等しい。
- ㉖ DNA は水溶液中で負の電荷をもつ。
- ㉗ ヌクレオチド鎖はリン酸と糖が水素結合でつながることで形成される。
- ㉘ 特定の塩基どうしが結合して対をつくりやすい性質は特異性とよばれている。

問 3 下線部 (1) について、下図の DNA を鋳型にして、RNA ポリメラーゼが矢印の向きに進んだときにつくられる RNA の配列を、以下の ㉔～㉞ から 1 つ選び、記号で答えよ。



- ㉔ 5'-GAUACUGGUACUAAUGCCUAAGUGA-3'
- ㉕ 5'-CUAUGACCAUGAUUACGGAUUCACU-3'
- ㉖ 3'-GAUACUGGUACUAAUGCCUAAGUGA-5'
- ㉗ 3'-CUAUGACCAUGAUUACGGAUUCACU-5'

問 4 下線部 (2) について、以下の文は、mRNA の塩基が、タンパク質を構成する 20 種類のアミノ酸をどのように指定するか述べたものである。文中の ア～ウ に適切な数字を入れよ。

mRNA のコドンは、連続した塩基 ア 個の配列で、その組み合わせは イ 種類ある。このうち、ウ 個のコドンが 20 種類のアミノ酸を指定する。ほとんどのアミノ酸は複数のコドンによって指定されている。

問 5 表 1 の寒天培地 E における *lacZ* の発現調節について、「リプレッサー」、「オペレーター」、「プロモーター」、「ラクトースの代謝産物」の語句をすべて用いて説明せよ。

問 6 表 1 の寒天培地 C と D の結果を比較して、*lacZ* の発現がどのように調節されるか考察せよ。

問 7 表 2 の実験 2-1 と 2-2 の結果を比較して、IPTG を添加したことで、青色のコロニーが形成されたのはなぜか述べよ。

問 8 表 2 の実験 2-3 において、遺伝子 *M* が挿入されたプラスミドを取り込んだ大腸菌は白色と青色のどちらのコロニーを形成するか。理由とともに述べよ。

Ⅳ 次の文章を読み、問 1 ～ 8 に答えよ。(配点 25)

ヒトの体内に侵入して病気を引き起こすウイルス、細菌、カビ、寄生虫などを病原体という。ワクチンは、病原体の抗原情報を保ったまま病原性を消失させたもので、接種すると一次応答が起こり、刺激を受けた細胞の一部が ① として体内に残る。その後、実際の病原体が体内に侵入した場合には、① がはたらいて二次応答が起こり、発症を未然に防いだり、症状をやわらげたりすることができる。⁽¹⁾ ワクチンの開発により、生命にかかわるような感染症も予防できるようになった。⁽²⁾

マラリアは、蚊によって媒介されるマラリア原虫を病原体とする感染症である。マラリア原虫を保有するハマダラカがヒトを刺すと、その唾液(だえき)中に含まれるマラリア原虫がヒトの体内に入る(図1)。このときマラリア原虫は、スポロゾイトという形態をとり、肝臓の細胞に感染して増殖し、メロゾイトという形態となって肝臓から放出される。メロゾイトは赤血球に入って増殖し、赤血球を破壊して出てくると、次の赤血球に感染し、増殖・破壊のサイクルをくり返す。メロゾイトの一部は配偶子母細胞に分化し、蚊に吸血されると、蚊の体内で接合し、再びスポロゾイトへと分化してヒトへの感染源となる。マラリアの診断は、血液をスライドガラス上に塗り広げ、核がよく染まるギムザ染色という方法で染色し、顕微鏡で観察することで行われる。⁽³⁾

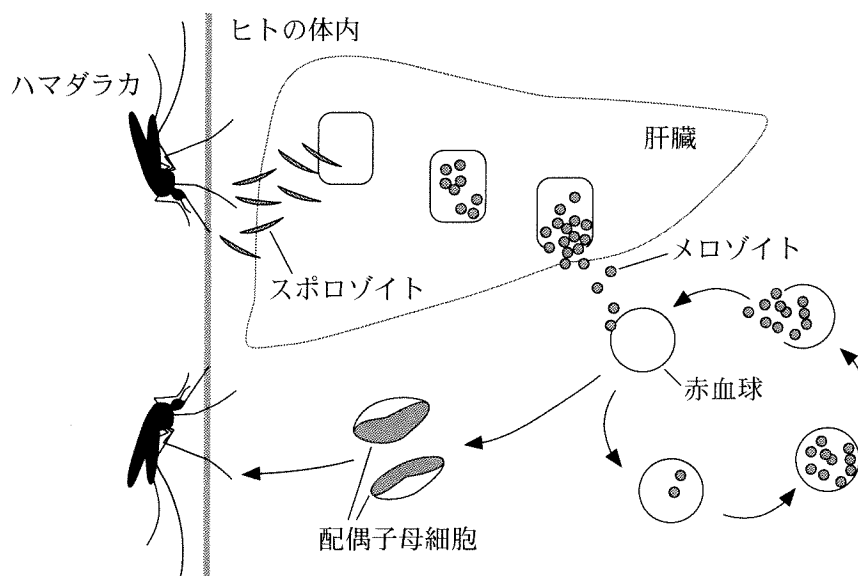


図1 マラリア原虫の生活環

1960年代に、アメリカの研究者らは、マラリア原虫を保有するハマダラカの唾腺からスポロゾイトを集め、これをX線照射により弱毒化してワクチンとし、マウスに接種した。2～3週間後に生きたスポロゾイトまたは感染した赤血球を投与し、マラリアを発症するか調べたところ、表1のような結果となった。対照実験として、X線照射したスポロゾイトを接種していないマウスにも生きたスポロゾイトまたは感染した赤血球を投与した。

表 1

投与したもの		X 線照射したスポロゾイトの接種	
		あり	なし
生きたスポロゾイト	投与したマウスの数	37	41
	発症したマウスの数	0	41
感染した赤血球	投与したマウスの数	13	14
	発症したマウスの数	11	13

この実験がきっかけとなって、スポロゾイトの表面タンパク質(Cタンパク質とよぶ)を標的としたワクチン開発が始まった。最初に承認されたワクチンは、Cタンパク質の一部分とウイルスの殻(から)のタンパク質(Sタンパク質とよぶ)がつながった融合タンパク質を、酵母の細胞内で発現させたもので、ウイルス粒子のような形で産生される。これに、アジュバントとよばれる物質が加えられている。アジュバントの多くは、抗原をリンパ球に提示することで適応免疫を誘導するはたらきをもつ ② を活性化することで、免疫応答を増強する。

問 1 文中の①と②に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(1)について、どのように二次応答が起こり、一次応答に比べてどのような特徴があるか説明せよ。

問 3 下線部(2)に関連して、ワクチンの開発により根絶された感染症はどれか。以下の①～⑤から1つ選び、記号で答えよ。

- ① インフルエンザ ② 結核(けっかく) ③ 天然痘(てんねんとう)
④ 破傷風(はしょうふう) ⑤ 風疹(ふうしん)

問 4 蚊に刺されると、刺されたところは赤くなり膨(ふく)れる。このような局所の症状を何というか答えよ。また、局所でどのようなことが起きて赤くなり膨れるのか説明せよ。

問 5 下線部(3)について、マラリア原虫に感染した赤血球を簡単に見分けることができる理由を説明せよ。

問 6 表1の実験結果を、対照実験の結果を含めて説明せよ。また、その結果から考えられるこのワクチンの効果について、マラリア原虫の生活環との関連がわかるように述べよ。

問 7 下線部(4)について、どのようにして融合タンパク質を酵母の細胞内で発現させるか説明せよ。

問 8 多くの感染症に対しワクチンが使用されているが、近年、タンパク質を抗原とするワクチンとは異なり、mRNA を用いたワクチンが実用化された。mRNA ワクチンをヒトに接種すると、体内でどのようなことが起こると考えられるか。以下の ①～⑤ から 1 つ選び、記号で答えよ。

- ① mRNA をもとにして体内のリンパ液の中で抗原タンパク質が合成される。
- ② mRNA は抗体を産生する B 細胞に取り込まれ、そこで抗原タンパク質が合成される。
- ③ mRNA は抗体産生を助ける T 細胞に取り込まれ、そこで抗原タンパク質が合成される。
- ④ mRNA はさまざまな細胞に取り込まれ、そこで抗原タンパク質が合成される。
- ⑤ mRNA は体内で一旦壊されるが、血液中の細胞で同じ mRNA がつくられ、抗原タンパク質が合成される。

