

平成26年度
入学試験問題

理 科

物 理 (1頁～4頁)
化 学 (5頁～10頁)
生 物 (11頁～20頁) } から2科目選択

注意：答えはすべて解答用紙に記入しなさい。

生 物 (その1)

第1問 脂肪に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

われわれは、生命活動の維持に必要なエネルギーを食物のかたちで体外から取り込んでいる。食物に含まれるデンプンは、消化酵素によってグルコースにまで分解され、小腸から吸収される。食後、一時的に血糖値が上昇するが、⁽¹⁾ その濃度はインスリンによって調節されており、⁽²⁾ 余分なグルコースは、グリコーゲンや脂肪として体内に貯蔵される。

脂肪細胞は、インスリンの働きによって⁽³⁾ 細胞内に取り込んだ余分なグルコースを脂肪に変換し、貯蔵する。運動時や絶食時などエネルギーが必要なときは、細胞内に蓄積した脂肪を(ア)という酵素によって、(イ)と脂肪酸に分解し細胞外へ放出する。放出された(イ)と脂肪酸は、全身の細胞へ運ばれエネルギー源として利用される。脂肪酸は細胞に取り込まれた後、ミトコンドリアの中で徐々に分解されながら(ウ)回路で酸化を受け、その結果、発生した高エネルギー電子がミトコンドリア内膜に存在する(エ)のタンパク質の間を次々に受け渡されていき、最終的に⁽⁴⁾ ATP合成酵素の働きでATPがつくられる。

脂肪細胞はエネルギーを貯蔵する働きのほかに、レプチンというホルモンを分泌する働きもある。ホルモンはそれぞれ対応する受容体をもった細胞だけに作用し、このような細胞を(オ)とよぶ。レプチンは視床下部の(オ)に働きかけることで、摂食行動を抑制し、肥満を抑えることが明らかになっている。

レプチンまたはその受容体の、どちらか一方の遺伝的変異により肥満になる2系統のマウスが発見されている。これらのマウスと正常マウスを使って図1に示すような、⁽⁵⁾ 併体結合の実験1～3を行った。併体結合とは外科的に2つの個体をつなぐことで、血液や体液を個体間で循環させる方法である。ここで実験に用いたマウスは、すべて同一の純系マウスに由来しており、併体結合による免疫拒絶は起こらない。併体結合後、それぞれのマウスがいつでも摂食できる条件で1か月間飼育を行った。飼育中の摂食行動の変化と、1か月後の体重の変化を表1に示す。

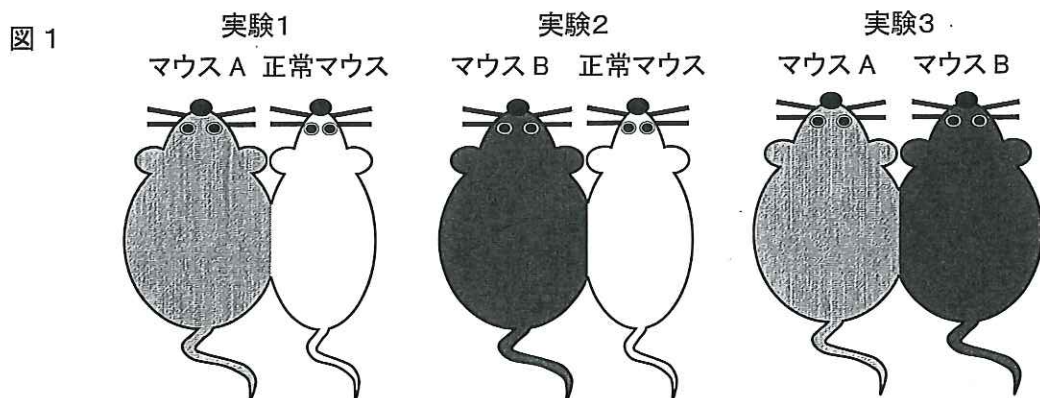


表 1

	実験 1		実験 2		実験 3	
併体結合マウス	マウス A	正常マウス	マウス B	正常マウス	マウス A	マウス B
摂食行動	変化なし	減少	減少	変化なし	(①)	(③)
体重	変化なし	減少	減少	変化なし	(②)	(④)

生 物 (その2)

問1 文中の (ア) ~ (オ) に適語を記せ。

問2 下線部 (1) について,

- i) ヒトの空腹時における血糖値は通常, 血液 100 mL あたり何 mg か, 記せ。
- ii) インスリンを分泌する細胞名を記せ。
- iii) ii) の細胞が属する器官名を記せ。

問3 下線部 (2) について, インスリンに応答して余分なグルコースをグリコーゲンとして貯蔵する組織または器官の名称を2つ記せ。

問4 下線部 (3) について, エネルギーの貯蔵源としてみた場合, 脂肪がグリコーゲンよりすぐれている点を2つ簡潔に記せ。

問5 下線部 (4) について, 近年, 脂肪を ATP の合成に使うのではなく, 熱の発生に利用する新たな脂肪細胞が注目されている。この細胞ではミトコンドリアの内膜に ATP 合成酵素の代わりに UCP1 というタンパク質が存在し, 熱を発生している。

- i) ミトコンドリア内膜で ATP を合成する過程を何とよぶか, 用語で記せ。
- ii) ATP 合成酵素や UCP1 は, ミトコンドリア内膜を挟んでつくられたある物質の濃度差を利用して, ATP を合成したり熱を発生したりしている。ある物質とは何か, 名称を記せ。

問6 下線部 (5) について,

- i) 表1に示された実験1と2の結果から, レプチン受容体に遺伝的変異のあるマウスはAとBのどちらかと考えられるか, 記号で記せ。
- ii) 実験3はどのような結果になると予想されるか。表1の (①) ~ (④) に, 次の a ~ c から最も適当なものを選び, それぞれ記号で記せ。ただし, 記号は重複して選んでも構わない。

① 増加 ② 減少 ③ 変化なし

iii) 実験1で正常マウスの体重が減少した理由を簡潔に記せ。

生 物 (その3)

第2問 DNAと遺伝情報の発現に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

遺伝子の本体がDNAであることが決定的になった後、DNAの構造解明の重要性が認識されるようになった。当時、DNAは (1) 糖、リン酸、塩基の3要素からなるヌクレオチドでできている。塩基にはアデニン(A)、チミン(T)、グアニン(G)、シトシン(C)の4種類があることが知られていた。その後、(2) DNAに含まれるAとTの割合が等しく、GとCの割合も等しいこと、また、X線構造解析からDNAは規則正しい構造をしていることも明らかにされた。ワトソンとクリックはこれらの結果から、分子模型を作製してDNAの二重らせん構造モデルを提唱し、さらに、この構造モデルから (3) 自己複製、遺伝情報、突然変異の原理を説明した。こうして20世紀半ばには、遺伝情報とその発現に関わる分子の概要が明らかになった。

遺伝情報の発現は、(4) DNAの塩基配列がRNAの塩基配列として写し取られる過程から始まる。次に、RNAは、スプライシングなどの加工を受け、伝令RNAとなる。最後に、表2に示されているように、伝令RNAの中の連続した3つの塩基(コドン)によってアミノ酸の種類が指定され、(5) 伝令RNAの塩基配列はアミノ酸配列に変換されタンパク質がつくられる。このように、(6) 遺伝情報は、DNA → RNA → タンパク質へと一方向に流れる。

表2

		2番目の塩基								
		U		C		A		G		
1番目の塩基	U	UUU	フェニルアラニン	UCU	セリン	UAU	チロシン	UGU	システイン	U
		UUC	フェニルアラニン	UCC	セリン	UAC	チロシン	UGC	システイン	C
		UUA	ロイシン	UCA	セリン	UAA		UGA		A
		UUG	ロイシン	UCG	セリン	UAG		UGG	トリプトファン	G
	C	CUU	ロイシン	CCU	プロリン	CAU	ヒスチジン	CGU	アルギニン	U
		CUC	ロイシン	CCC	プロリン	CAC	ヒスチジン	CGC	アルギニン	C
		CUA	ロイシン	CCA	プロリン	CAA	グルタミン	CGA	アルギニン	A
		CUG	ロイシン	CCG	プロリン	CAG	グルタミン	CGG	アルギニン	G
	A	AUU	イソロイシン	ACU	トレオニン	AAU	アスパラギン	AGU	セリン	U
		AUC	イソロイシン	ACC	トレオニン	AAC	アスパラギン	AGC	セリン	C
		AUA	イソロイシン	ACA	トレオニン	AAA	リジン	AGA	アルギニン	A
		AUG	メチオニン(開始)	ACG	トレオニン	AAG	リジン	AGG	アルギニン	G
	G	GUU	バリン	GCU	アラニン	GAU	アスパラギン酸	GGU	グリシン	U
		GUC	バリン	GCC	アラニン	GAC	アスパラギン酸	GGC	グリシン	C
		GUA	バリン	GCA	アラニン	GAA	グルタミン酸	GGA	グリシン	A
		GUG	バリン	GCG	アラニン	GAG	グルタミン酸	GGG	グリシン	G

生 物 (その4)

問1 下線部(1)について、ヌクレオチドを構成する3要素の正しい位置関係を次の①～③から選び、番号で記せ。なお、-は結合を示す。

- ① 糖 - リン酸 - 塩基 ② 糖 - 塩基 - リン酸 ③ リン酸 - 糖 - 塩基

問2 下線部(2)について、DNAの4種類の塩基、A, T, G, Cを大きい塩基(R)と小さい塩基(Y)に分類し、記号で記せ。

問3 下線部(3)について、この構造モデルから提唱されたDNAの複製様式の名称を記せ。

問4 下線部(4)と(5)について、これらの過程を何とよぶか、それぞれ記せ。

- i) 下線部(4)の過程
ii) 下線部(5)の過程

問5 下線部(6)について、このような原則を何とよぶか、用語で記せ。

問6 表2の伝令RNAのコドン表を見ると、DNAの塩基、A, T, G, Cのうち、TがなくUが加わっている。塩基Uの名称を記せ。

問7 表2のコドン表を見ると、1つのアミノ酸にはそれぞれ1～6種類のコドンが対応している。メチオニンやトリプトファンには1種類のコドンしかない。また、アミノ酸名が記載されていない空白のコドンもある。

- i) コドンの種類が最も多いアミノ酸の名称をすべて記せ。
ii) 空白のコドンは何を意味するか、記せ。

問8 次の配列はある伝令RNAの開始コドンを含む塩基配列の一部である。表2のコドン表に従ってこの塩基配列をアミノ酸の配列に変換し、2番目と7番目に位置するアミノ酸の名称を記せ。ただし、塩基配列の情報は左側から順に解読するものとする。

… U G U A C A C A U G G A C C C A U G U A G A G C G C A A U A C G G G …

問9 次の配列はあるタンパク質のアミノ酸配列の一部である。この部分のアミノ酸配列を指定するコドンの組み合わせは何通りあるか、記せ。

… フェニルアラニン - トリプトファン - リジン - グルタミン酸 - ヒスチジン - トレオニン …

生 物 (その5)

問10 問9のアミノ酸配列を指定する伝令RNAの塩基配列をすべて列記すると膨大なものになる。しかし、コドンが1つに決まらないときに、次のようなルールに従うと複数のコドンを1つにまとめることができる。

- a) 4種類の塩基のいずれでもよい場合には N と表記する。
- b) 大きい塩基のいずれでもよい場合には R と表記する。
- c) 小さい塩基のいずれでもよい場合には Y と表記する。

a) ~ c) のルールに従って、問9のアミノ酸配列を変換した下の塩基配列の 1 ~ 6 に、U, C, A, G, N, R, Y の中から適当な記号を記入して塩基配列を完成させよ。

… U U 1 U G 2 A A 3 G A 4 C A 5 A C 6 …

問11 遺伝子の1か所に突然変異が起きて、問9のアミノ酸配列が次に示すような配列に変わってしまった。コドンにどのような変化が生じたかを推測して簡潔に説明せよ。

… フェニルアラニン - グリシン - アルギニン - アスパラギン - イソロイシン - プロリン …

問12 問11の結果から判断して、問10で作成した塩基配列のうち 3 ~ 6 をU, C, A, G のいずれかに確定し、その記号を記せ。

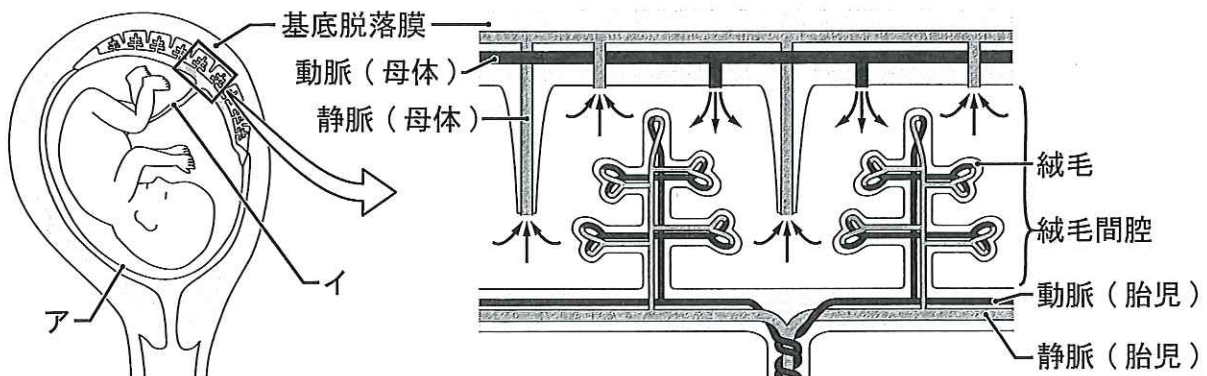
生 物 (その6)

第3問 胎盤に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。ただし、文中の (ア) と (イ) は、それぞれ図2の記号に対応している。

胎生のは乳類では、胚は十分な大きさになるまで母体の子宮の中で育てられるが、そのほとんどの期間、胎児と母体の間では胎盤を介して (1) 栄養分の補給や老廃物の処理, (2) ガス交換, さらには (3) 抗体などさまざまな物質のやり取りをしている。また、胎盤はホルモンの分泌器官でもあり、妊娠の維持に必要な (4) ホルモンの合成も行っている。ヒトの妊娠中の子宮内の様子と胎盤の模式図を図2に示す。胎児は子宮の中で (ア) によって包まれ、液体中に浮かんでいる。胎児の組織は絨毛間腔とよばれる腔所を挟んで母体側の組織と向かい合っているが、この腔所には母体側の基底脱着膜から動脈と静脈が開口しており、内部は母体の血液で満たされている。絨毛間腔には胎児側の組織である絨毛が広がっており、絨毛内を走行する血管は (イ) を介して胎児とつながっている。「血のつながった親子」といわれることがよくあるが、図2右に示すように、実際には母体の血液に胎児の血球が混じり合うようなことは決して起こらない。

胎児と母体では遺伝子組成が異なっているため、胎児は母体にとっては異物であり、本来なら胎児は免疫学的に母体から排除されてしまうはずのものである。しかしそれを防ぐためのさまざまな仕組みが胎盤には備わっている。それでも胎児と母体の血液型が合わないときに、血液型不適合妊娠とよばれる症状が引き起こされることがまれにある。Rh 抗原をもたない Rh(-) の血液型は、日本人では200人に1人の割合で存在するが、母体の血液型が Rh(-) で、胎児の血液型が Rh(+) という組み合わせになった場合、妊娠中は両者の血球が混じることはないので問題は生じない。ところが分娩時の出血で胎児の Rh(+) 型の血球が母体の血管内に侵入すると、母体で Rh(+) の血球に対する抗体 (Rh 抗体) がつくられる。その後、(5) 第2子で再び Rh(+) の胎児を妊娠した場合、母体の中につくられた抗体が、胎盤を通して胎児の血管に移行し、それが胎児の赤血球を破壊してしまう。ひどいときには流産に至るが、流産を免れたとしても、強度の貧血や (6) 新生児溶血性黄疸を発症して産まれてくることがある。このような事態を防ぐために、現在では第1子出産後すぐに、(7) 母体に Rh 抗体を注射して胎児由来の Rh 抗原を取り除き、母体に Rh 抗体をつくらせないような処置を行っている。

図2



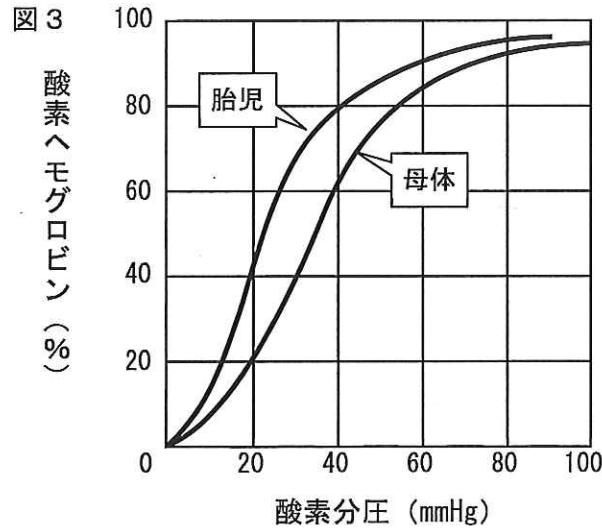
生 物 (その7)

問 1 文中の (ア) と (イ) に適語を記せ。

問 2 下線部 (1) について、胎盤は、は虫類や鳥類の胚発生の膜構造が進化してできたものと考えられているが、は虫類や鳥類では、次の i) と ii) はどのような膜構造によって行われているか、それぞれの名称を記せ。

- i) 栄養の補給
- ii) 老廃物の処理

問 3 下線部 (2) について、母体のヘモグロビンと胎児のヘモグロビンの酸素解離曲線を図 3 に示す。数値は四捨五入して小数点以下第一位まで記せ。



- i) 母体の血液 100 mL 中のヘモグロビンは、最大でどれだけの酸素を結合することができるか。ただし、血液 1 L 中にヘモグロビンは 150 g あり、1 g のヘモグロビンは 1.34 mL の酸素と結合できるものとする。
- ii) 胎盤における酸素分圧が 30 mmHg だとすると、母体の血液 100 mL 中のヘモグロビンは、肺胞で得た酸素を胎盤中に最大でどれだけ放出することができるか。ただし、母体の肺胞では酸素ヘモグロビンの割合は 95% であったとする。
- iii) 胎児の血液 100 mL 中のヘモグロビンは、胎盤から最大どれだけの酸素を運び出せるか。ただし、血液 100 mL 中のヘモグロビンの最大酸素結合量は、胎児と母体で同じものとする。
- iv) (イ) には動脈と静脈が通っているが、酸素濃度の高い血液が流れているのは動脈と静脈のどちらか、記せ。

問 4 下線部 (3) について、母体から胎児に伝えられる抗体は、多くの場合、出生後の新生児を外敵から守るために使われている。生後間もない新生児は自分自身で抗体をつくるのがまだできないために、母親からもらった抗体を利用するが、胎盤を経由する以外にどのような方法で母親の抗体を獲得しているか、簡潔に記せ。

生 物 (その8)

問5 下線部(4)について、胎盤でつくられる次のi)とii)のホルモンの名称を記せ。

- i) 黄体の維持に働き、早期の妊娠判定検査にも用いられているタンパク質ホルモン。
- ii) 卵巣や副腎皮質でもつくられ、乳腺を刺激するステロイドホルモン。

問6 下線部(5)について、Rh式血液型の場合と異なり、ABO式血液型の抗原に対してつくられる抗体の多くは、胎盤を通して胎児に移行しないため、血液型不適合妊娠が問題になることはほとんどない。しかし、ABO式血液型の場合でも母子の血液型が一致しないときに、血液型不適合妊娠が起きることがまれにある。

i) ABO式血液型で、血液型不適合妊娠が起こる可能性が最も高いのは、母親の血液型が何型のときか。次の①～④の中から適当なものを1つ選び、番号で記せ。

- ① A型 ② B型 ③ O型 ④ AB型

ii) i)に記した母親の血液型で血液型不適合妊娠が起きたとき、胎児の血液型としてどのようなものが考えられるか。i)の①～④の中から可能性のあるものをすべて選び、番号で記せ。ただし、この胎児は自然妊娠により受胎したものとする。

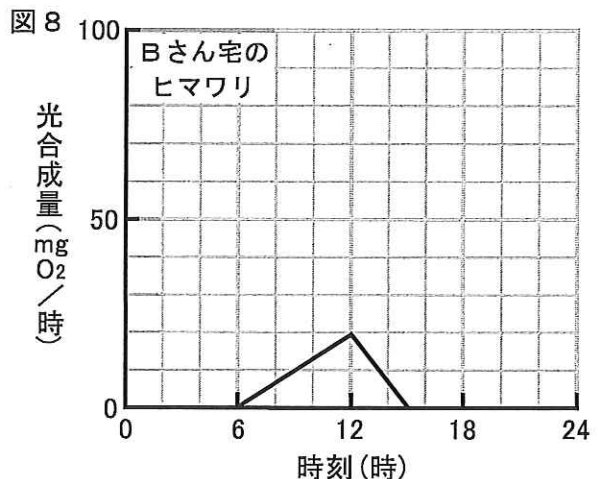
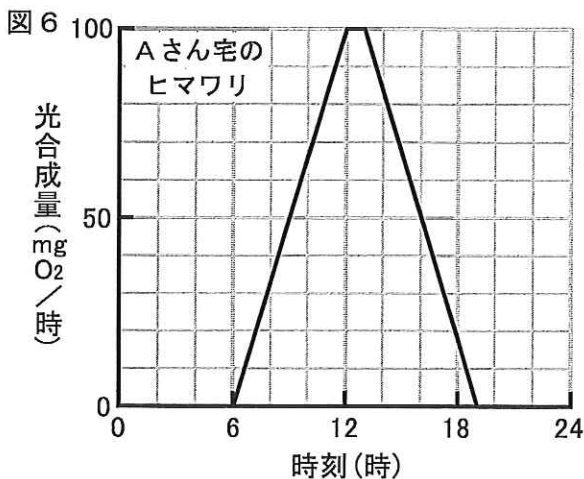
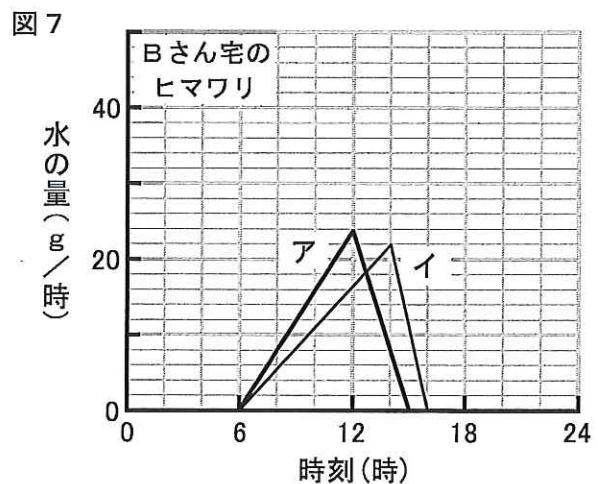
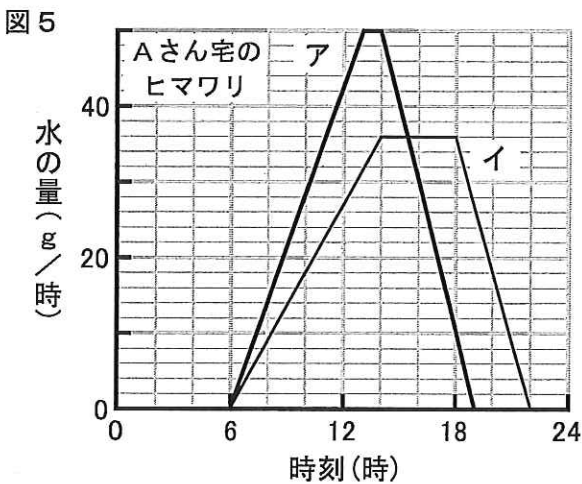
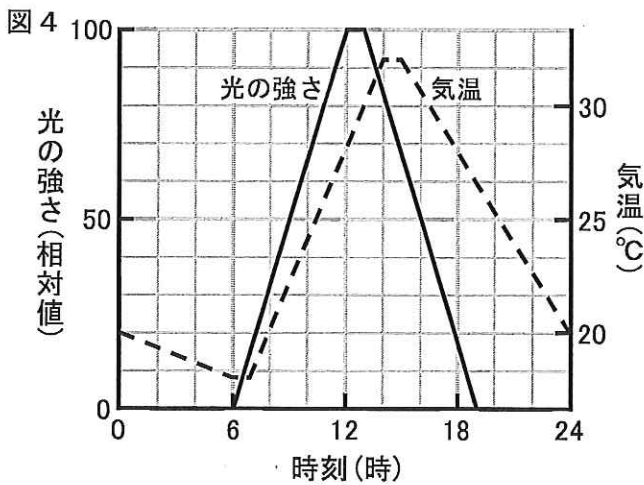
問7 下線部(6)について、新生児溶血性黄疸の原因となっている色素ビリルビンは、ある物質の分解産物である。ある物質とは何か、その名称を記せ。

問8 下線部(7)について、母体にRh抗体を注射しているにもかかわらず、その抗体が次に妊娠したRh(+)型の第2子の胎児に影響を与えないのはどうしてか。その理由を簡潔に記せ。

生 物 (その9)

第4問 ヒマワリの吸水量、蒸散量、光合成量の日内変動に関して、次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

ヒマワリは藤田保健衛生大学が立地する豊明市の花として市民に親しまれている。ある年、市役所から市民にヒマワリの苗が1本ずつ配布され、市内のAさん宅とBさん宅の庭に植えられた。図4に示すような日照と気温変動が見られたある日、これら2本のヒマワリについて1日の吸水量、蒸散量、光合成量の変動を測定した。各ヒマワリの吸水量と蒸散量の変動を図5と図7に、光合成量の変動を図6と図8に示す。ただし、図5のアとイは、それぞれ図7のアとイに対応している。また、その日のAさん宅とBさん宅の庭の日当たりや風通しは同じ条件で、2本のヒマワリの大きさは同じものとする。



生 物 (その10)

問1 図5について、

- i) 吸水量の変動を表すのは、アとイのどちらか。
- ii) i) で選んだ理由を簡潔に記せ。
- iii) 1日あたりの吸水量を求めよ。
- iv) 1日あたりの蒸散量を求めよ。
- v) 1日あたり、吸水量に対する蒸散量の割合は何%か。数値は四捨五入して小数点以下第一位まで記せ。

問2 湿度が高いときなどに、吸水された水が葉の周辺部から押し出される現象を何とよぶか、記せ。

問3 図6について、

- i) 1日あたりの光合成量を、酸素の放出量として求めよ。
- ii) 1日あたりの光合成量を、グルコースの生成量として求めよ。ただし、水素、炭素、酸素の各原子量をそれぞれ 1, 12, 16 とし、数値は四捨五入して小数点以下第一位まで記せ。
- iii) 光合成の反応で出入りする水分量の差し引きは、1日あたりいくらになるか。ただし、数値は四捨五入して小数点以下第一位まで記せ。
- iv) iii) で求めた水分量は、問1のiii) で求めた吸水量に対して何%か。数値は四捨五入して小数点以下第二位まで記せ。

問4 図7について、

- i) 1日あたり、吸水量に対する蒸散量の割合は何%か。数値は四捨五入して小数点以下第一位まで記せ。
- ii) 図5に比べて吸水量、蒸散量ともに減少しているが、その理由として考えられるものを1つあげ、簡潔に記せ。
- iii) Bさん宅のヒマワリでは、昼間、時間とともに気孔の働きを調節するある植物ホルモンの濃度が上昇した。そのホルモンの名称を記せ。
- iv) 気孔に対するiii) のホルモンの作用を簡潔に記せ。

問5 図6と図8に示すように、Aさん宅とBさん宅のヒマワリの間で、光合成量に大きな差が見られた。

- i) Bさん宅のヒマワリで、光合成の限定要因として考えられるものは何か、記せ。
- ii) i) が限定要因になった理由について、簡潔に記せ。