

福島県立医科大学

平成 23 年 度  
医学部前期入学試験問題

理 科

〔「物理Ⅰ・物理Ⅱ」「化学Ⅰ・化学Ⅱ」「生物Ⅰ・生物Ⅱ」〕

(時間：2 出題科目で 120 分)

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 出題科目、ページ及び選択方法は、下表のとおりです。

出 題 科 目	ペー ジ	選 択 方 法
「物理Ⅰ・物理Ⅱ」	1～2	左の 3 出題科目のうちから、あらかじめ届け出た 2 出題科目について解答しなさい。
「化学Ⅰ・化学Ⅱ」	3～4	
「生物Ⅰ・生物Ⅱ」	5～7	

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 解答は、すべて解答用紙の所定の欄に記入しなさい。
- 5 問題冊子の余白は計算等に用いて構いません。
- 6 試験終了後、解答用紙のみを回収します。

# 生物 I ・ 生物 II

[ 1 ] 次の文章を読み、下の問い(問 1～5)に答えよ。

DNA が遺伝物質であるということが 20 世紀に入って次第にわかってきた。そこでは、肺炎双球菌の形質転換<sup>①</sup>の研究やバクテリオファージの増殖メカニズムの研究が大きな役割を果たした。肺炎双球菌には外見で区別がつく非病原性の株(R 型)と病原性の株(S 型)があり、S 型菌をネズミに接種すると、ネズミは肺炎を引き起こして死ぬが、R 型菌を接種してもネズミは死なないことが知られていた。

ア
イ
ウ

ハーシーとチェイスは、大腸菌を宿主とするバクテリオファージのタンパク質と DNA に目印をつけ、どちらが大腸菌に注入されるかを調べた。具体的には、DNA 中には存在するがタンパク質には含まれないリンの放射性同位体\*で DNA に印をつけ、 でタンパク質に印をつけた。印をつけたバクテリオファージを大腸菌に感染させ、ミキサーで激しく攪拌した後に遠心したところ、沈殿した大腸菌からは、印をつけた  は検出されたが、印をつけた  は検出されなかった。この研究により、DNA が遺伝子の本体であることが確定したといわれる。この翌年の  と  による DNA の二重らせん構造<sup>③</sup>の提唱を経て、DNA と遺伝子の研究は 20 世紀後半に飛躍的に発展した。

\*同じ元素で中性子の数が違い、質量の異なるものを同位体と呼び、不安定で放射線を発するものを放射性同位体という。

問 1  ～  に入る適切な段落を、それぞれの研究が年代順に並ぶように、次の(A)～(C)から選べ。

- (A) アロウェイは、病原性の S 型菌を破壊し、濾過して細胞の破片などを取り除いて得た抽出物を、非病原性の R 型菌に混ぜて培養すると、生きた S 型菌を生じることを明らかにした。
- (B) エイブリー(アベリー)らは、病原性の S 型菌から形質転換を起こす物質を精製した。この物質をタンパク質分解酵素で処理しても、培養した非病原性の R 型菌を S 型菌に形質転換させる働きに変化はなかった。一方、DNA 分解酵素で処理すると、形質転換は起こらなかった。
- (C) グリフィスは、非病原性の R 型菌と、加熱して死滅させた病原性の S 型菌を混ぜてネズミに注射した。その結果、ネズミの血液中で S 型菌が増殖し、やがてネズミが肺炎で死亡することを見いだした。

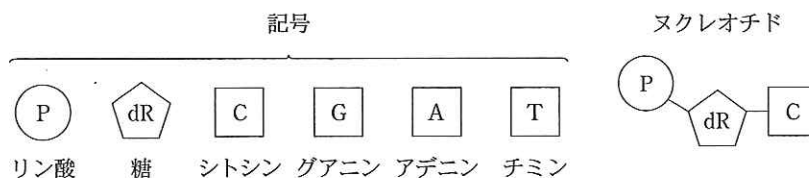
問 2 下線部①について、次の a～e の文から形質転換に関するものをすべて選び、記号で答えよ。

- a. 純系のインゲン豆の種子から、日当たりや肥料などの条件によってさまざまな重さの種子が出来る。
- b. 野生株の大腸菌を、栄養源としてラクトースのみを含む培地で培養すると、新しくラクターゼを発現するようになる。
- c. ヒトのインスリンの遺伝子を組み込んだプラスミドを大腸菌内に取り込ませて、インスリンを発現させる。
- d. 日本では、古くからサクラやキンギョなどの改良を行い、たくさんの品種が作られてきた。
- e. 害虫に対して毒性を持つタンパク質を作る遺伝子を組み込んだトウモロコシが作製された。

問 3 空欄  に入る文を、下線部②と同様の形式で記せ。

問 4 文中の  ～  に適切な語句を記せ。なお、 と  は物質名、 と  は人名である。

問 5 下線部③について、DNA の構成単位は下に示す記号で表すことができる。これらの記号を用いるとヌクレオチドの構造は右下の例のような模式図で表される。この例にならって、片方の鎖の塩基配列が ATGC である DNA の構造模式図を描け。この際、ヌクレオチドの塩基の相補性がわかるように注意せよ。なお二本のヌクレオチド鎖は平面的に描いてよい。



〔2〕 次の文章を読み、下の問い(問1～7)に答えよ。

体内に侵入した異物は、免疫系によって排除される。異物は、マクロファージに取り込まれ分解されたのち、その一部がマクロファージの表面に提示される。(ア)細胞がこれを抗原として認識し、(イ)細胞を活性化させる。①活性化された(イ)細胞は、分化して(ウ)を産生し、これを血液中に放出して異物を排除する。(ウ)の抗原結合部位の(エ)構造は変化に富み、その結果、立体構造も異なる。同一の細胞集団(クローン)からなる(イ)細胞は、(オ)種類の(ウ)を作る。

一方、ある種の(ア)細胞は、直接異物を攻撃して排除する。成体のマウスに、異なる系統のマウスの皮膚を移植すると、移植した組織はこの攻撃によって破壊される。この現象は拒絶反応と呼ばれる。拒絶反応は、移植を受けた受容者であるマウスの免疫系が、提供者の組織に存在する自己とは異なる主要組織適合抗原(MHC)を認識することにより生じる。MHCは複数の遺伝子によって作られ、その組み合わせによって多くの型が生じる。

皮膚移植の成否とMHCの型との関係を知るために以下の実験1～4を行なった。ここでは、皮膚移植に関与するMHC遺伝子は遺伝子Aと遺伝子Bであるとする。これら2つの遺伝子は一本の染色体上にあり、遺伝子間の組換え価は0.1である。遺伝子座Aには遺伝子A1と遺伝子A2という2つの対立遺伝子があり、遺伝子座Bには遺伝子B1と遺伝子B2という2つの対立遺伝子がある。それぞれ2つの対立遺伝子は両方ともに発現し、優劣の関係はない。また、これらの遺伝子から作られるタンパク質A1、A2、B1、B2はいずれも異なるMHCである。

実験1 図1に示すように、I-1のマ

ウスの遺伝子型はA1B2/A2B2(遺伝子A1とB2が一つの染色体上にあり、別の相同染色体上には遺伝子A2とB2があることを示す)であり、I-2のマウスの遺伝子型はA2B2/A2B2である。これらのマウスを交配した結果、II-1～II-4の4匹の子

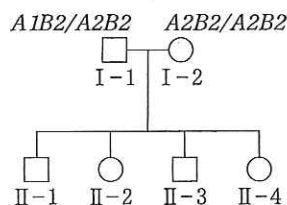


図1

		提供者					
		I-1	I-2	II-1	II-2	II-3	II-4
受容者	I-1	○	○	○	○	○	○
	I-2	×	○	×	○	×	○
	II-1	○	○	○	○	○	○
	II-2	×	○	×	○	×	○
	II-3	○	○	○	○	○	○
	II-4	×	○	×	○	×	○

表1

マウスが生まれた(口は雄、○は雌を示す)。これらのマウスが成体になったのちに、相互に提供者と受容者として皮膚移植を行なった。提供者の皮膚が受容者に生着するかどうか調べ、結果を表1に示した。○は生着を示し、×は9～12日後に拒絶反応が起きたことを示す。

実験2 実験1で拒絶反応を起こしたマウスに、同じ提供者からの皮膚を再び移植したところ、6日後に拒絶反応が生じた。

実験3 実験1と同様に、I-1とI-2の間で交配を行ない、生まれたマウスから、出生直後に胸腺を摘出した。それらのマウスが成体になってから、相互に皮膚移植を行なった。その結果、胸腺摘出マウスへの皮膚移植は、遺伝子型が異なったマウスからの移植であっても、すべて生着した。

実験4 図2に示すように、遺伝子型

A1B2/A2B1のI-3のマウスと遺伝子型A2B2/A2B2のI-4のマウスを交配した結果、II-5～II-8の4匹のマウスが生まれた。マウスが成体になってから相互に皮膚移植を行なったところ、表2の結果が得られた。

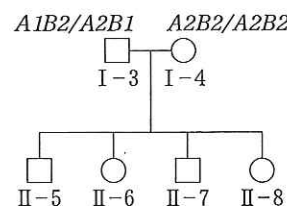


図2

		提供者					
		I-3	I-4	II-5	II-6	II-7	II-8
受容者	I-3	○	○	○	○	○	○
	I-4	×	○	×	×	×	×
	II-5	×	○	○	×	○	×
	II-6	×	○	×	○	×	×
	II-7	×	○	○	×	○	×
	II-8	○	○	○	○	○	○

表2

問1 文中の(ア)～(オ)に適切な用語または数値を記せ。

問2 文中の下線部①と②はそれぞれ何と呼ばれる免疫作用か、名称を答えよ。

問3 実験1の結果から、II-1およびII-2のマウスの遺伝子型を答えよ。(解答例：A1B1/A2B2)

問4 実験2に示すように、2回目の拒絶反応はより短時間で起こる。その理由を説明せよ。

問5 実験3の結果から考えられる胸腺の働きについて説明せよ。

問6 実験4の結果から、予想されるII-5のマウスの遺伝子型をすべて答えよ。

問7 実験4の結果から、II-8のマウスの遺伝子型を答えよ。また、実験4の交配によってII-8と同じ遺伝子型をもつマウスが生まれる確率は何%か、答えよ。



[3] 次の文章を読み、下の問い(問1～5)に答えよ。

ヒト赤血球中に存在するヘモグロビン(Hb)は4本のポリペプチド鎖(サブユニット)からなり、それぞれが酸素分子を結合することができる。酸素が結合したものをオキシ型ヘモグロビン、酸素が結合していないものをデオキシ型ヘモグロビンと呼ぶ。

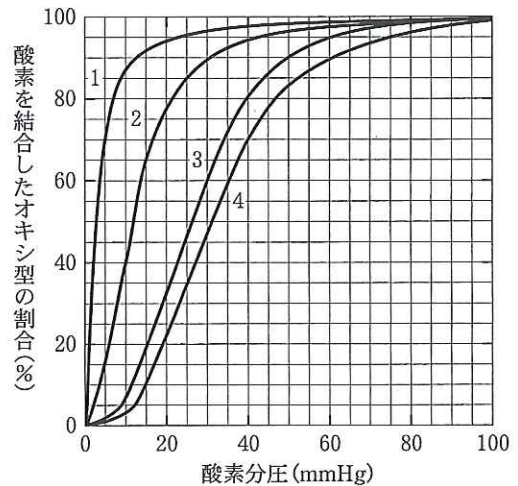


デオキシ型	オキシ型
ヘモグロビン	ヘモグロビン

また、筋肉中には単量体のミオグロビンが存在し、ヘモグロビンが運搬した酸素分子を受け取って筋肉中に貯蔵している。図はミオグロビンとさまざまな条件下におけるヘモグロビンの酸素解離曲線を示したものである。赤血球中のヘモグロビンの酸素解離曲線(曲線3)は双曲線型のミオグロビン(曲線1)とは異なり、S字型の曲線となる。

一方、赤血球から単離精製したヘモグロビンの酸素解離曲線(曲線2)は、赤血球中のヘモグロビンよりも大きく左にずれていることがわかる。このことから、赤血球中にはヘモグロビンと複合体をつくる物質があり、酸素親和性を変化させていると推定された。研究の結果、この物質は2,3-ビスホスホグリセリン酸(2,3-BPG)であることがわかった。2,3-BPGはデオキシ型ヘモグロビンに強く結合するが、オキシ型ヘモグロビンに対しては弱くしか結合しない。そのため、2,3-BPGはデオキシ型のヘモグロビンを安定化し、酸素に対する親和性を下げていると考えられる。

平地に住む人が高地に移動したとき、1～2日でヘモグロビンの酸素解離曲線に急激な変化が生じる。すなわち、高地に移動すると、ヘモグロビンの酸素解離曲線は平地よりも右にずれる(曲線4)。その原因は、ヒト赤血球中の2,3-BPGの急激な増加にあることがわかった。この変化により、ヒトは短時間で酸素分圧の低下に対応していると考えられる。



1. ミオグロビン
2. 単離ヘモグロビン
3. 赤血球中のヘモグロビン
4. 高地(4,500 m)に適応した人の赤血球中のヘモグロビン

問1 下線部aについて、ミオグロビンおよびヘモグロビンが分子中に共通して有する金属の名称を記せ。また、ミオグロビンが貯蔵した酸素はその後、主にどこで利用され、最終的に何になるか、細胞小器官と最終産物の名称を記せ。

問2 下線部bについて、以下の問いに答えよ。

(1) 酸素はヘモグロビンに結合して運ばれる一方で、血液中に物理的に溶解しても運ばれる。酸素分圧が100 mmHgのとき、赤血球中のヘモグロビンに結合する酸素の量は、物理的に溶解する量の約何倍に相当するか、小数点第1位まで求めよ。計算過程も示すこと。なお、酸素分圧100 mmHgにおいて血液100 mlあたりに物理的に溶解する酸素量は $0.014 \times 10^{-3}$ モル\*、血液100 ml中のヘモグロビン量は $0.25 \times 10^{-3}$ モルとする。

\*1モルは $6.02 \times 10^{23}$ (アボガドロ数)個の分子を表す単位

(2) ヘモグロビンの酸素解離曲線がS字型になる分子機構を、語群の語句をすべて用いて簡潔に説明せよ。

(語群：酸素分圧 立体構造 親和性 サブユニット)

問3 下線部cについて、この変化により、末梢で放出される酸素の量はどのように変化したか、グラフより算出して考察せよ。ただし、肺中の酸素分圧は、平地で100 mmHg、高地で55 mmHgとし、末梢の酸素分圧はいずれも30 mmHgとする。なお、二酸化炭素分圧やpHの影響は考慮しなくてよい。

問4 下線部①について、もし赤血球中のヘモグロビンの酸素解離曲線(曲線3)が単離ヘモグロビンと同一であった場合、どのような不都合が生じると予想されるか、グラフから結合酸素量を求めて考察せよ。なお、酸素分圧の値は問3のものをを用いよ。

問5 下線部②について、胎児のヘモグロビンは成人と異なり、デオキシ型においても2,3-BPGの結合が弱いことが知られている。胎児のヘモグロビンの酸素解離曲線がどのような形になるか考察せよ。また、そのような変化は胎児にとってどのような利点があるか、母体の血液との関係に留意して述べよ。