

平成 31 年度入学者選抜学力検査問題

〈前期日程〉

理 科

(医学部 医学科)

科 目	頁 数
物 理 基 礎・物 理	2 頁 ~ 7 頁
化 学 基 礎・化 学	8 頁 ~ 15 頁
生 物 基 礎・生 物	16 頁 ~ 23 頁

注 意 事 項 I

この冊子には物理、化学、生物の問題がのっている。そこから 2 科目を選択し、解答すること。

注 意 事 項 II

- 1 試験開始の合図があるまでこの問題冊子を開いてはいけない。
- 2 試験開始の合図のあとで問題冊子の頁数を確認すること。
- 3 解答にかかる前に必ず受験番号を解答用紙に記入すること。
- 4 解答は必ず解答用紙の所定の欄に記入すること。  
所定の欄以外に記入したものは無効である。
- 5 問題冊子は持ち帰ってよい。

## 生物基礎・生物

1 次の文章Aおよび文章Bを読み、下の各問いに答えなさい。

A 高等生物は外界の多様な分子を認識する仕組みを備えており、特に免疫系と神経系で顕著である。免疫系では無限に近い外来抗原を、神経系の嗅覚でも無限に近い「におい」を識別する。これらの識別には分子の違いに応じて結合する受容体というタンパク質が必要であり、分子の結合によって適切な生体反応が誘導される。

問 1 リンパ球B細胞では、細胞表面に発現する抗体が受容体としてはたらく。このB細胞受容体(抗体)は、1本のH鎖と1本のL鎖からなる2本のポリペプチドが2組結合したY字型のタンパク質である(図1)。H鎖は1つの遺伝子でコードされ、L鎖には $\kappa$ 鎖と $\lambda$ 鎖の2種類があり、別々の遺伝子でコードされている。個々のB細胞におけるL鎖は、 $\kappa$ 鎖と $\lambda$ 鎖のどちらか一方のみ発現する。従って、このままでは2種類の抗体しか作られない。しかし、DNA組換え反応による遺伝子の再構成が個々のB細胞の成熟過程で起こることで、異なるB細胞受容体を発現する多種類のB細胞が生じる。図1および表1を参考にして、遺伝子の再構成により何種類の抗体を作ることができるかを計算しなさい。計算過程も含めて解答すること。なお、表1に示す数字はそれぞれの遺伝子断片の数であり、遺伝子の再構成の過程で各遺伝子断片群の中から1つが選ばれる。また、遺伝子の変異、欠失、付加などの変化は起きないものとする。

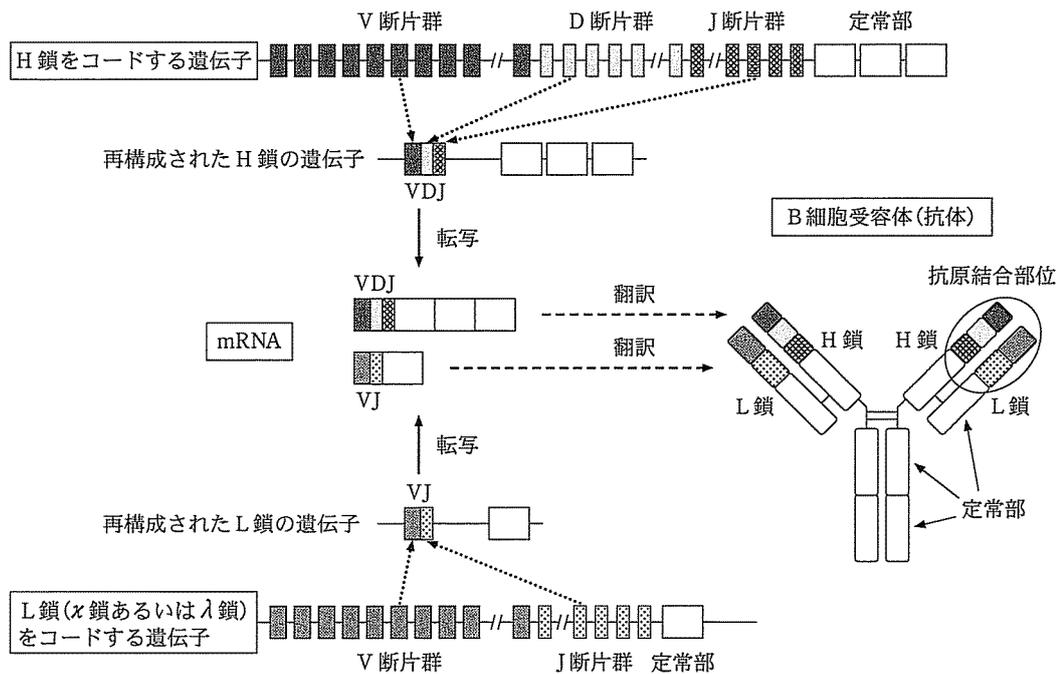


図 1

遺伝子断片群	L鎖		H鎖
	$\kappa$	$\lambda$	—
V	40	30	40
D	0	0	25
J	5	4	6

表1

問2 「におい」は嗅上皮のどの嗅細胞が興奮し、中枢に情報を送るかにより識別されている。各嗅細胞は1種類の嗅覚受容体しか発現しないが、抗体の場合と異なり、マウスのゲノム中には、におい分子に結合する嗅覚受容体をコードする遺伝子が約一千種類用意され、嗅覚受容体をつくる遺伝子には再構成が起こらない。また、抗原と抗体の結合が1対1で厳密なのに対して、1種類の嗅覚受容体は複数の似た構造を持つにおい分子と結合でき、1種類のにおい分子もまた複数の嗅覚受容体と結合する。従って、このような多対多の結合関係を巧みに利用して、わずか一千種類の嗅覚受容体で無限に近い「におい」を嗅ぎ分けていると考えられる。そこで次のようなモデルを考えながら、「におい」を識別する仕組みについて考えてみたい。

図2のように、空気中に5種類のにおい分子  $O_1, O_2, O_3, O_4, O_5$  が存在し、鼻腔の嗅上皮には嗅覚受容体  $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5$  を発現する嗅細胞が1つずつ存在すると仮定する。空気中のにおい分子  $O_1 \sim O_5$  の有無が様々な組み合わせで変化する場合、中枢で感覚として生じ得る「におい」は、以下の2つの条件下(i)および(ii)でそれぞれ最大何種類と見積られるか、計算過程も含めて答えなさい。ただし、各受容体はにおい分子の結合によって全か無かの法則に従って嗅細胞を興奮させ、におい分子の存在を中枢に伝えるものとする。なお、中枢に一切の興奮が伝わらない場合は、「におい」は生じないものとする。

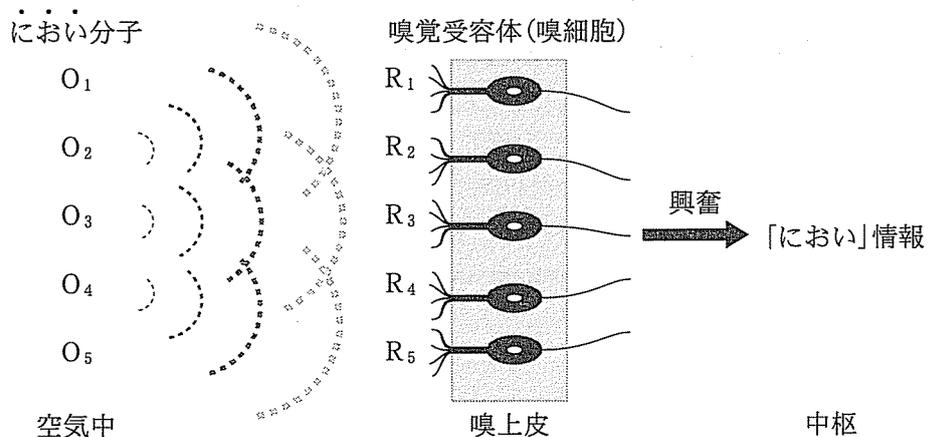


図2

(i) 嗅覚受容体  $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5$  がそれぞれにおい分子  $O_1, O_2, O_3, O_4, O_5$  とだけ 1 対 1 に結合でき、それ以外のおい分子とは結合できない場合。

(ii) 嗅覚受容体  $R_1$  はにおい分子  $O_1, O_2$  と、嗅覚受容体  $R_2$  はにおい分子  $O_2, O_3$  と、嗅覚受容体  $R_3, R_4, R_5$  はそれぞれにおい分子  $O_3, O_4, O_5$  とだけ 1 対 1 に結合できる場合。なお、 $R_1$  および  $R_2$  は 2 種類のおい分子と結合するが、どちらのおい分子が結合しても、嗅細胞の興奮の様子は同じとする。

**B** 一般に、免疫系は自己(自分である)と非自己(自分ではない)を認識し、自己と認識した細胞は受け入れるが、非自己と認識した細胞は拒絶することが知られている。

ヒトでは一卵性双生児間での皮膚移植は成立するが、二卵性双生児間では成立しない。ピーター・メダワー博士(ノーベル生理学・医学賞受賞)は、ウシの二卵性双生児間では皮膚移植が成立することを見出し、この成立の原因に「ウシの二卵性双生児では、胎生期に両者の血管が互いにつながっていることが多く、長期間にわたって血液が交換されている」ことが深く関係していると考え、ある仮説を立てた。

メダワー博士は、この仮説を証明するために、遺伝的背景の異なる三系統のマウス(系統 1, 系統 2, 系統 3<sup>(a)</sup>)を用いて以下の実験を行った。(図 3)

実験 1 系統 2 マウスに、系統 1 マウスの皮膚を移植すると脱落した。

実験 2 系統 2 マウスの胎児に系統 1 マウス由来の細胞を注射してから生まれたマウスに、系統 1 のマウスの皮膚を移植すると生着した。

実験 3 実験 2 で皮膚が生着した系統 2 のマウスに、実験 1 で系統 1 の皮膚を拒絶した系統 2 マウスのリンパ球を注射すると、生着していた皮膚が脱落した。

実験 4 系統 2 マウスの胎児に系統 1 マウス由来の細胞を注射してから生まれたマウスに、系統 3 由来の皮膚を移植すると脱落した。

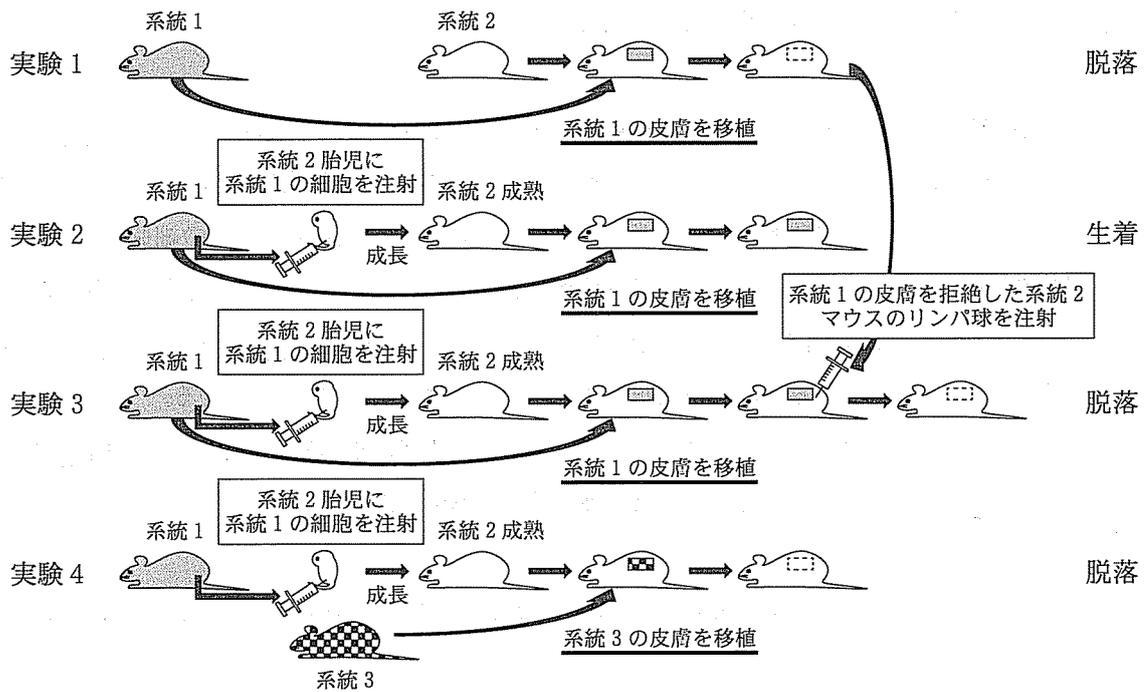


図 3

問 3 実験 1, 2 の結果はメダワー博士の仮説を支持する。下線部(a)の仮説とはどのようなものであったと考えられるか、簡潔に説明しなさい。

問 4 実験 3, 4 のそれぞれの結果が得られた理由について、自己・非自己の観点から簡潔にそれぞれ説明しなさい。

問 5 最近の研究で、出生後初期のマウスに特定のにおい分子をかがせておくと、そのマウスは成体となった後も、そのにおい分子に対して愛着や好奇心を示すことが明らかとなった。一方、出生後初期に限定して鼻の穴をふさぎ、におい分子を一切かけないようにすると、そのマウスは成体となった後、家族を含めた他個体を避けるような行動を示した。

この研究結果から、嗅覚系がマウスにおける社会行動にどのような役割を担っているかについて、自由に考察しなさい。

2

次の文章を読み、下の各問いに答えなさい。

細胞膜は、様々な仕組みによって物質の出入りを調節しており、特定の物質のみを通す性質を示す。たとえば、エネルギー源として重要なグルコースは、細胞膜に配置された、いくつかの輸送タンパク質を介して移動する。小腸の吸収上皮細胞の腸管側(吸収側)の細胞膜には、 $\text{Na}^+$ の濃度勾配を利用して、グルコースを濃度勾配に逆らって輸送する共役運搬体 S が存在し、しょう膜側(細胞外液に放出する側)の細胞膜には、グルコースを濃度勾配に従って輸送する運搬体 Gが存在する。また、しょう膜側の細胞膜には、ナトリウムポンプも存在する。

一方、運搬体 G は、すい臓ランゲルハンス島の B 細胞の細胞膜にも存在し、血糖濃度を直接感知するセンサーとしてはたらくことで血糖濃度の調節に関与する。

問 1 細胞膜を通過する際に輸送タンパク質を必要としない物質を全て選び、番号で答えなさい。

- ① グリセリン
- ② マグネシウムイオン ( $\text{Mg}^{2+}$ )
- ③ 二酸化炭素
- ④ 糖質コルチコイド
- ⑤ アスパラギン酸

問 2 下線部(a)の性質を何というか、答えなさい。

問 3 下線部(b)の輸送の仕組みを何というか、答えなさい。

問 4 下線部(c)に関する解答欄の文章について、括弧内の選択肢中の正しいものをそれぞれ○で囲みなさい。

問 5 小腸におけるグルコース輸送について調べるために、次のような実験を行った。ラットから小腸を取り出して反転させ、腸管側が外側を、しょう膜側が内側を向くようにした。これを反転腸管と呼ぶ。反転腸管の内外は  $37^\circ\text{C}$  に温めたリンガー液(体液に似た塩分を含む溶液)で満たされている。図1のように基準電極と測定電極を配置し、これらの電極間の電位差を電圧計で記録する。なお、腸管側としょう膜側は絶縁されているものとする。

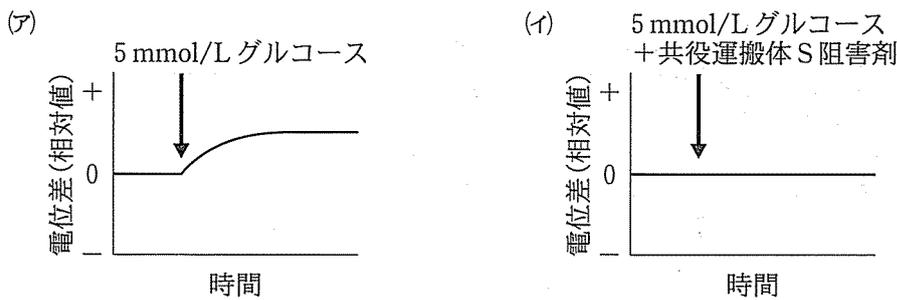
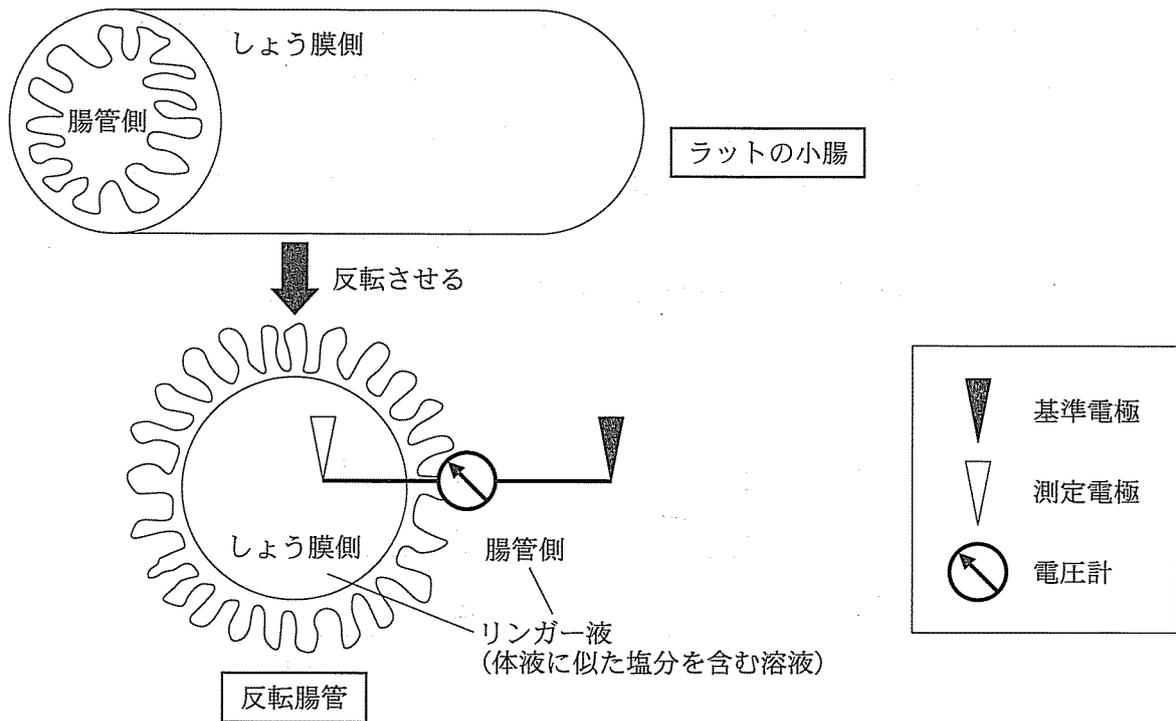


図 1

- (i) 図 1 (ア) のように、腸管側のリンガー液を矢印の時間に 5 mmol/L のグルコースを含むリンガー液に置換すると、測定電極と基準電極の電位差がプラスに変化した。また、(イ) のように、腸管側のリンガー液を矢印の時間に 5 mmol/L のグルコースと運搬体 S 阻害剤を含むリンガー液に置換すると、測定電極と基準電極の電位差に変化は認められなかった。図 1 (ア) で、電位差がプラスに変化した仕組みを説明しなさい。

(ii) 腸管側のリンガー液を図1(ア)の矢印の時間に、(ウ) 5 mmol/L のマルトースを含むリンガー液、(エ) 5 mmol/L のマルトースと共役運搬体 S 阻害剤を含むリンガー液、(オ) 5 mmol/L のマルトースとマルターゼ阻害剤を含むリンガー液に置換すると、電位差はどのように変化するか、図2の①～④から最も適当なものをそれぞれ一つずつ選び、番号で答えなさい。なお、図には図1(ア)のグラフを破線で示してある。また、共役運搬体 S 阻害剤およびマルターゼ阻害剤は、それぞれ阻害効果を完全に発揮するものとする。

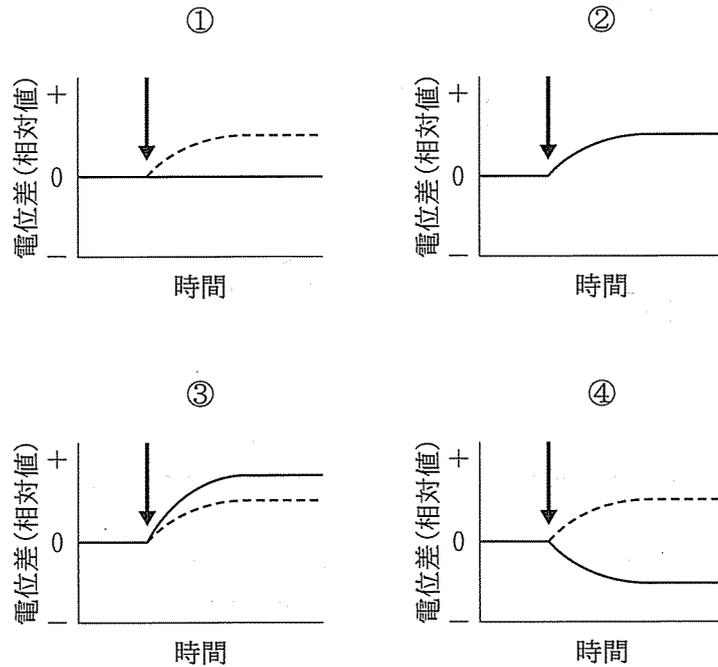


図2

(iii) マルターゼ阻害剤は、血糖濃度の上昇を抑える薬として使われる。マルターゼ阻害剤を服用するのに最も効果的なタイミングを理由とともに簡潔に答えなさい。

問 6 下線部(d)について、以下の問いに答えなさい。

(i) このセンサーを介した調節が行われる時の血糖濃度は①低血糖と②高血糖のどちらか、番号で答えなさい。

(ii) この時、ランゲルハンス島の B 細胞から分泌されるあるホルモンによる血糖濃度調節のしくみを簡潔に説明しなさい。

問 7 問 6 のホルモンは、神経系を介しても分泌される。この調節機構について、(i)調節中枢の存在部位、(ii)関与する自律神経系、および、(iii)関与する神経伝達物質をそれぞれ答えなさい。

問 8 ヒトの運搬体 G 遺伝子は第 3 染色体上にあり、遺伝子内には多くの遺伝子突然変異がみられ、中には運搬体としての機能を消失させ、疾患を引き起こすものもある。運搬体 G の正常遺伝子は優性であり、疾患の原因となる遺伝子は劣性である。

(i) 運搬体 G 遺伝子の突然変異による疾患の患者が 2500 万人あたり 1 人の割合で認められる場合、この疾患の保因者の割合はどのくらいか。以下の①～⑤の中から最も近いものを選び、番号で答えなさい。

- ① 2500 人に 1 人
- ② 5000 人に 1 人
- ③ 1 万人に 1 人
- ④ 25 万人に 1 人
- ⑤ 50 万人に 1 人

(ii) この疾患を発症していない両親から 3 人の子が生まれ、長男と長女はこの疾患を発症しなかったが、次男は発症した。長男が保因者である確率を求め、分数で答えなさい。

(iii) (ii)の長男がこの疾患を発症していない女性と結婚した場合、生まれる子がこの疾患を発症する確率はいくらか。以下の①～⑥の中から最も近いものを選び、番号で答えなさい。

- ①  $1/3750$
- ②  $1/10000$
- ③  $1/15000$
- ④  $1/20000$
- ⑤  $1/30000$
- ⑥  $1/60000$