

平成22年度

14時10分～16時40分

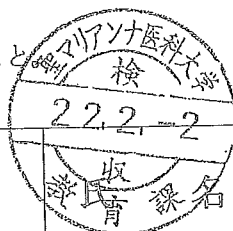
理 科 問 題 用 紙

科目名	頁
物 理	1 ～ 3
化 学	4 ～ 7
生 物	8 ～ 14

注 意 事 項

1. 試験開始の合図〔チャイム〕があるまで、この注意をよく読むこと。
2. 試験開始の合図〔チャイム〕があるまで、この問題の印刷されている冊子を開かないこと。
3. 試験開始の合図〔チャイム〕の後に問題用紙ならびに解答用紙の定められた位置に受験番号、氏名を記入すること。
4. 解答はかならず定められた解答用紙を用い、それぞれ定められた位置に問題の指示に従って記入すること。
5. 解答はすべて黒鉛筆を用いてはっきりと読みやすく書くこと。
6. 解答用紙のホチキスははずさないこと。
7. 質問は文字に不鮮明なものがあるときにかぎり許される。
8. 問題に、落丁、乱丁の箇所があるときは手をあげて交換を求めること。
9. 試験開始後60分以内および試験終了前10分間は、退場を認めない。
10. 試験終了の合図〔チャイム〕があったとき、ただちに筆記用具を置くこと。
11. 試験終了の合図〔チャイム〕の後には、問題用紙および解答用紙はすべて本表紙を上にして、通路側から解答用紙、問題用紙の順に並べて置くこと。いっさい持ち帰ってはならない。
なお、途中退場の場合は、すべて裏返しにして置くこと。
12. 選択科目の変更は認めない。
13. その他、監督者の指示に従うこと。

受験番号		
------	--	--



生物

1 次の文章を読んで、以下の質問に答えなさい。

細胞分裂を完了して生じた娘細胞が、次の細胞分裂を完了するまでの過程を細胞周期という(図1)。細胞周期は、分裂期(M期)と間期に分けられる。さらに、分裂期は前期、中期、後期、終期に、間期は(a)、(b)、(c)に分けられる。

いま、同調分裂せずに増殖している培養細胞の集団を用い、個々の細胞に含まれるDNA量を測定したところ、図2のような結果が得られた。

次に ^3H で標識した塩基チミンが含まれる化合物チミジンをごく短時間この細胞集団に与え、その後細胞を洗浄した。洗浄直後に標識された細胞の割合は25%であった。細胞培養を続けると、5時間後に初めて ^3H -チミジンで標識された分裂期の細胞が現れた後、 ^3H -チミジンで標識された分裂期の細胞は徐々に増えていき、6時間後には分裂期の細胞全てが ^3H -チミジンで標識された。しばらくの時間、分裂期の細胞全てが ^3H -チミジンで標識されていたが、 ^3H -チミジンで標識された分裂期の細胞の数はその後減っていき、やがて全く観察されなくなった。そのまま培養を継続したところ、21時間後に再び ^3H -チミジンで標識された分裂期の細胞が現れ始めた。

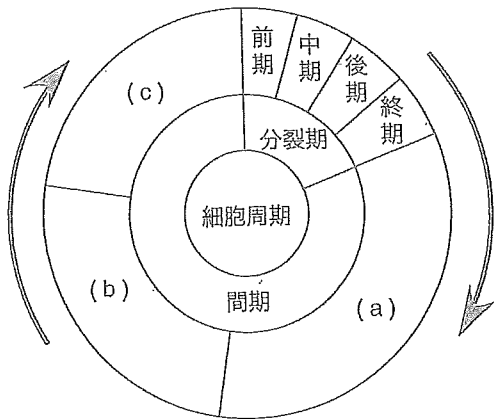


図1

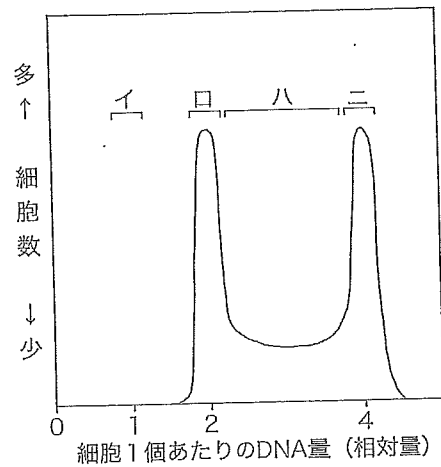
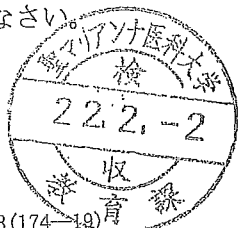


図2

- 1) 上の文や図中の空欄(a)～(c)に適する語を答えなさい。
- 2) 動物と植物の体細胞分裂における相違点を述べなさい。
- 3) 図2のイ、ハ、ニの細胞集団は、それぞれ細胞周期のどの時期にあたるか、図1のa、b、cおよび分裂期の中から該当する時期を選びなさい。
- 4) 図1の(b)、(c)および分裂期を通過するのに必要な時間を求めなさい。
- 5) 成熟したマウスの個体の様々な器官のうち、図2のイに相当する細胞をつくる器官を答えなさい。



6) 以下に示した図3は、培養細胞の体細胞分裂の様々な状態を模式的に示したものである。①-⑥を、⑥から時系列に沿って並べ替え、その順番を記号で答えなさい。

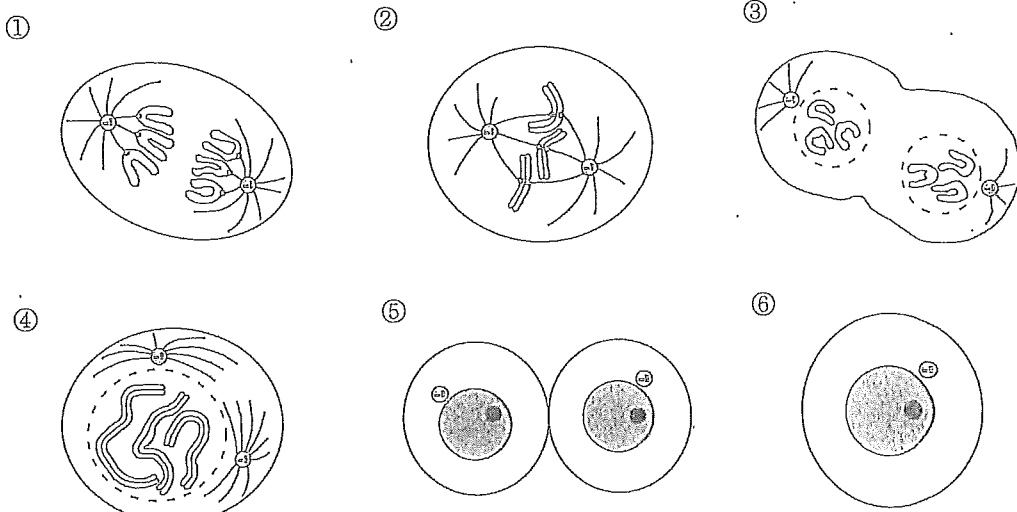


図3

2 次の文章を読んで、以下の質問に答えなさい。

細胞膜は、脂質の二重層の中にタンパク質がモザイク状に分布してできている。このうち、細胞膜に存在している膜タンパク質の幾つかは細胞膜を介した物質の輸送に関与している。このタンパク質の例として、イオンチャネルやポンプが挙げられる。

通常、細胞では (a) イオンは細胞の外側より内側が、一方 (b) イオンは細胞の内側より外側が高い濃度に保たれている。神経細胞に微小なガラス電極を挿入し、刺激を与えていない状態で細胞膜の膜電位を測定すると、細胞膜の外側を基準として細胞の内側が $-50 \sim -90 \text{ mV}$ 程度にある。この電位を (c) という。神経細胞に刺激が加えられると、膜電位は脱分極する。このとき、細胞の外側に対して内側の電位が $+30 \sim +60 \text{ mV}$ 程度となる。しかしこの状態は一過性のものであり、膜電位はすぐに (c) に戻る。このような膜電位の急速な変化を (d) という。

実験1 ある動物の神経細胞に微小なガラス電極を挿入し、膜電位を人為的に -70 mV から $+30 \text{ mV}$ まで脱分極させ、そのときに細胞膜を横切る電流 (イオンの流れ) を測定したところ、図4に示すような結果が得られた。ただし、このグラフでは細胞の内側へ流れる電流をマイナス方向、細胞の外側に向かって流れる電流をプラス方向に示している。

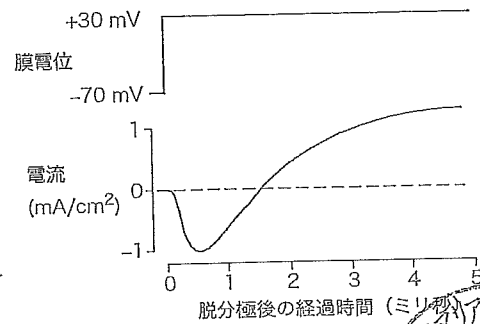
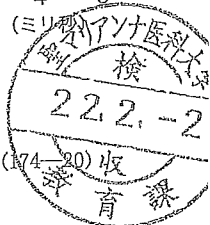


図4



実験2 フグ毒や貝毒として知られるテトロドトキシンあるいはサキシトキシンを溶液に加えて実験1と同様に電流変化を測定すると、図5 aに示すような結果が得られた。

これとは別にテトラエチルアンモニウムを溶液に加えて実験1と同様に電流変化を測定すると、図5 bに示すような結果が得られた。

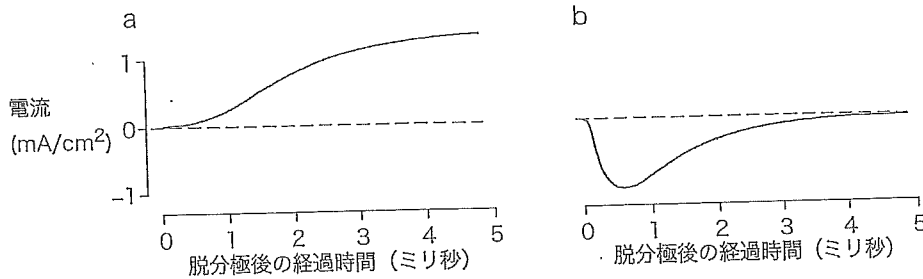


図5

実験3 サキシトキシンは細胞膜に存在するあるイオンチャネル1つに対し1分子が結合する。³Hで標識したサキシトキシンを用いて神経細胞に結合するサキシトキシンの量を調べたところ、神経細胞1 kgあたり最大で 1.1×10^7 モル結合できることが分かった。

実験4 図6に示すように、神経細胞に微小なガラスピペットを押し当てて軽く吸引する。細胞膜とガラスが接触している部分の電気抵抗が十分に高いとき、ピペット先端に吸引された微小な細胞膜領域を流れる電流だけを測定することができる。いま、ピペット内の溶液にテトラエチルアンモニウムを加え、実験1と同じように膜電位を人為的に脱分極させ、ピペット先端に吸引された微小な細胞膜領域を流れる電流を測定したところ、図7に示すような結果が得られた。

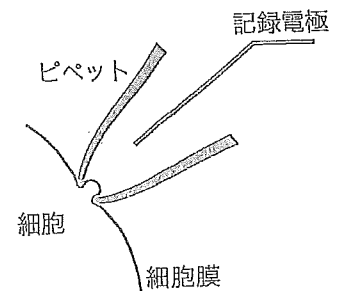


図6

ここには同じ細胞膜を用いた3回の測定結果が示してある。

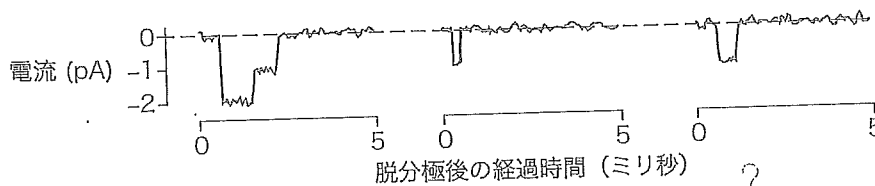
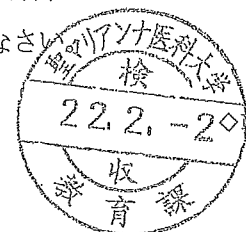


図7

- 1) 上の文中の空欄 (a) ~ (d) に適する語を答えなさい。
- 2) 膜タンパク質には物質輸送を担っているもの以外にもいろいろなものが存在する。物質輸送以外の膜タンパク質の機能を1つ挙げなさい。
- 3) イオンチャネルやポンプはどのように物質を輸送するのか、両者の違いに触れながら3行以内で述べなさい。
- 4) ①テトロドトキシンあるいは②テトラエチルアンモニウム存在下で神経細胞を刺激して膜電位を測定すると、(d) はどのようになるか、それぞれ1行で説明しなさい。



5) この神経細胞の膜に存在する μm^2 あたりのイオンチャネルの数に最も近い値を次の中から選び、記号で答えなさい。ただし、この神経細胞の表面積は $6000 \text{ cm}^2/\text{g}$ とする。

- (ア) 1 (イ) 1×10^2 (ウ) 1×10^4 (エ) 1×10^6 (オ) 1×10^8

6) 神経細胞に微小なガラス電極を挿入して測定した結果 (図5b) と、ピペット先端の開口部の微小な細胞膜領域を流れる電流を測定した結果 (図7) が異なる。このことからどのようなことが言えるか、2行以内で述べなさい。

3 以下の質問に答えなさい。

1) 次の図8のe~hの中で、動脈はどれか。記号で答えなさい。

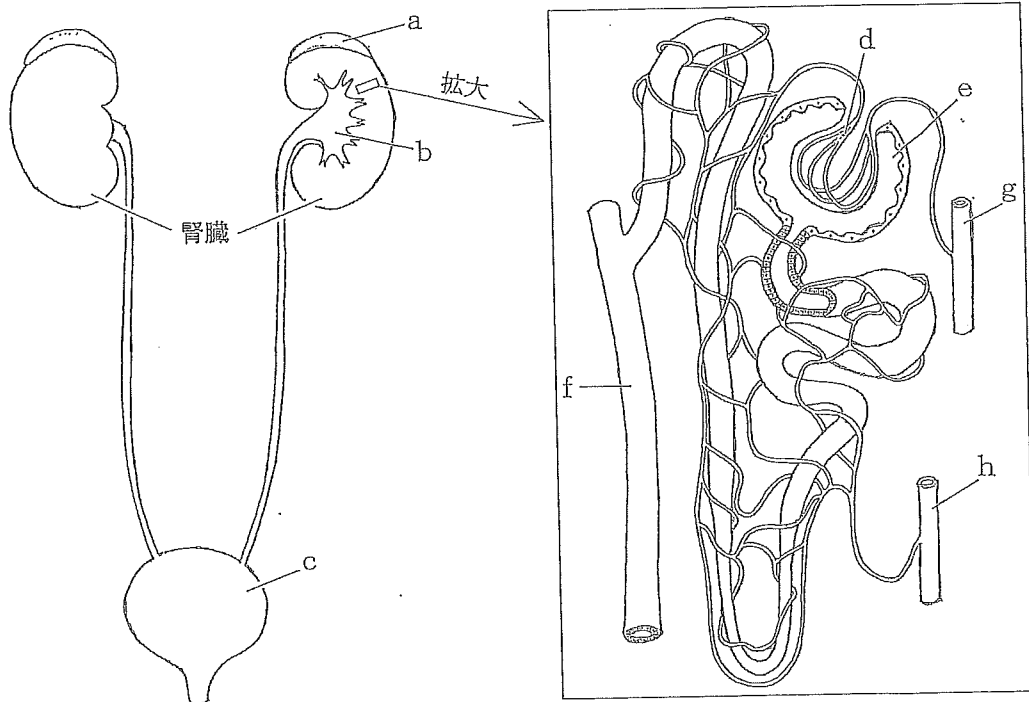


図8

2) 図8のa~hの中で、原尿が生成される部位の記号と、その部位の名称を答えなさい。

3) 次の表1は、健康な人にインスリンを静脈注射し、インスリンの血中濃度が安定してから血漿中、原尿中、尿中の様々な成分の濃度を測定した結果を $\text{g}/100\text{ml}$ で表したものである。表中の(ア)~(エ)に該当する物質を次の(あ)~(く)からそれぞれ1つずつ選んで、記号で答えなさい。

(注) インスリンは人体内では代謝されず、原尿からの再吸収や原尿への分泌も起こらない。

- (あ) アセチルコリン (い) アンモニア (う) カルシウム (え) グルコース
(お) 鉄 (か) ナトリウム (き) ピルビン酸 (く) ヘモグロビン



成分	血漿	原尿	尿
(ア)	8.00	0	0
(イ)	0.10	0.10	0
尿素	0.03	0.03	2.00
(ウ)	0.001	0.001	0.040
(エ)	0.32	0.32	0.33
カリウム	0.02	0.02	0.15
イヌリン	0.02	0.02	2.40

表1

- 4) 原尿から水の再吸収が行われる部位を図8のa～hから選び、その記号と部位の名称を答えなさい。
- 5) 表1における原尿からの水の再吸収率は何%か。小数第二位を四捨五入して答えなさい。
- 6) 1日に生成される尿の量を1.8ℓとして、原尿からの尿素および物質(ウ)の再吸収はそれぞれ毎分何mgか答えなさい。
- 7) 図8のa～hの中で、体液の浸透圧調節に関係するホルモンを分泌している部位の記号とその名称、および分泌しているホルモンの名称を答えなさい。
- 8) 7)のホルモンのはたらきを1行以内で答えなさい。

4 次の図9 aおよび図9 bは、遺伝子発現の機構に関する二つの学説を模式的に図に表したものである。これに関して、以下の質問に答えなさい。

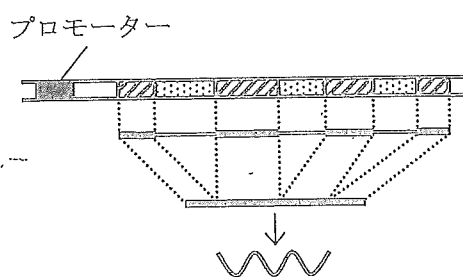


図9a

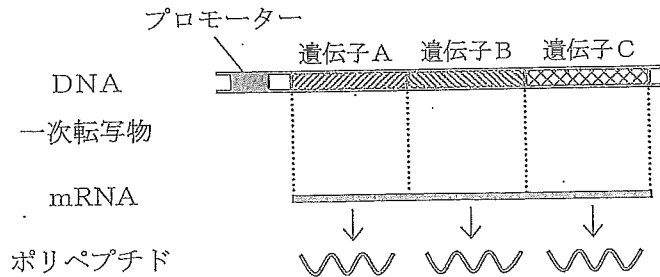




図9b

- 1) 図9 aおよび図9 bに共通する学説を、最もふさわしい名称で答えなさい。
- 2) 図9 bで表した学説を特に何というか答えなさい。
- 3) 図9 aの  および  の部分を何というか。解答欄①および②にそれぞれ答えなさい。
- 4) 全ての遺伝子の転写開始において、プロモーター配列に結合することが必須となるタンパク質の



名称を一つ答えなさい。

5) 次の (ア) ~ (カ) の中で、特定の遺伝子のプロモーター配列に特異的に結合して転写調節の作用をもつものを全て選び、記号で答えなさい。

- (ア) tRNA (イ) ヒストン (ウ) ステロイドホルモン (エ) 水溶性ホルモン
(オ) ステロイドホルモンとその受容体の複合体 (カ) 水溶性ホルモンとその受容体の複合体

6) 大腸菌において、図 9 b のように転写される遺伝子群の具体例を一つ挙げなさい。

7) プロモーター配列の近くには、一般に転写調節の機能をもったもう一つの DNA 配列が存在する。そこに結合するタンパク質を調節タンパク質、調節タンパク質をコードする遺伝子を調節遺伝子という。ショウジョウバエでは頭部にあし (中肢) が生える突然変異体が見つかっており、これは、あしをつくる遺伝子の調節遺伝子に生じた突然変異が原因である。これを踏まえ、正常個体の頭部にあしが生えない理由およびこの突然変異体の頭部にあしが生える理由を説明しなさい。

5 次の文章を読んで、以下の質問に答えなさい。

進化の過程を調べるために、化石以外に現存の生物を比較するという手法をとることができる。その中から 1960 年代には分子時計という考え方が提唱された。アメリカのポーリングとズッカーカンドルは、数種の動物のヘモグロビン α 鎖のアミノ酸配列を比較し、生物が分岐した年代を推測することを試みた。最近ではアミノ酸配列だけでなく、DNA の塩基配列を直接比較することによる分岐年代の推測も行われている。

今日のヒトの起源と進化に関する研究でも遺伝子は多くの研究者の注目を集めている。そのなかでもミトコンドリア DNA は研究対象として有用な点が多く、数々の知見が発見されている。

ミトコンドリアはひとつの細胞に数百から数千個と多数含まれることから、DNA 分子が数多く必要だった従来の分析方法でも比較的容易に扱えるため、研究対象として有用であった。今日では、(1) 特定配列の DNA を人工的に増幅する手法によって、微量の DNA でも分析できるようになった。そのため、一見ミトコンドリア DNA の利点が薄れたようにも思われるが、(2) 他にも有利な点があり現在でもミトコンドリア DNA は注目度が高い研究対象である。

1) 分子時計という考え方が成り立つために必要な前提を、40 字以内で答えなさい。

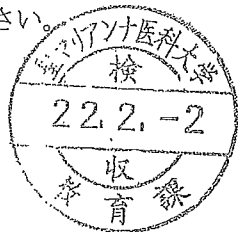
2) ヒトのヘモグロビン α 鎖は 141 個のアミノ酸から構成されている。表 2 は複数の動物のヘモグロビン α 鎖をヒトのそれと比較してアミノ酸の置換数を示したものである。表 2 の動物について分子時計の考え方が成り立つものと仮定して、ヒトとの分岐年代が 1.6 億年前と推定されるのは表内の動物の中ではどれが該当するか。なお、化石の研究結果からヒトとウマは 8000 万年前に分岐したものと推定されている。



ゴリラ	ウシ	ウマ	イヌ	ウサギ	カモノハシ	イモリ	コイ	サメ
1	17	18	23	25	37	62	68	79

表2 ヒトのヘモグロビン α 鎖とのアミノ酸置換数

- 3) ミトコンドリアのような細胞小器官は、原始的な真核生物の細胞内に共生した原核生物に由来するという説があるが、共生した原核生物に由来すると考えられる細胞小器官を、ミトコンドリア以外に1つ答えなさい。また、その説を支持する根拠を2つ答えなさい。
- 4) 1985年、マリスによって発明された下線部(1)の手法を何というか。また、この手法が可能になったのは、ある性質を持ったDNAポリメラーゼの発見によるところが大きい。その性質とは何か。
- 5) 下線部(2)について、核DNAに比べてミトコンドリアDNAが進化の道すじを研究する場合に有利な点を2点答えなさい。



以上