

受験番号						氏名	
------	--	--	--	--	--	----	--

2021 年度

# 理 科

## 注 意 事 項

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. 出題分野、頁および選択方法は、下表のとおりである。

出題分野	頁	選 択 方 法
物 理	1～18	左の3分野のうちから2分野を選択し、 解答しなさい。
化 学	19～32	
生 物	33～54	

3. 試験開始後、頁の落丁・乱丁及び印刷不鮮明、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ること。
4. 監督者の指示にしたがって解答用紙の該当欄に下記のようにそれぞれ正しく記入し、マークせよ。

### ① 受験番号欄

受験番号を5ケタで記入し、さらにその下のマーク欄に該当する5ケタをマークせよ。(例)受験番号10025番→

1	0	0	2	5
---	---	---	---	---

と記入。

### ② 氏名欄 氏名・フリガナを記入せよ。

### ③ 解答分野欄

解答する分野名2つを○で囲み、さらにその下のマーク欄にマークせよ。

5. 受験番号および解答する分野が正しくマークされていない場合は、採点できないことがある。
6. 解答は、解答用紙の解答欄にHB鉛筆で正確にマークせよ。


例えば 

15
----

 と表示された問題の正答として④を選んだ場合は、次の(例)のように解答番号15の解答欄の④を濃く完全にマークせよ。薄いもの、不完全なものは解答したことにはならない。

(例)

解答番号	解 答 欄									
15	①	②	③	●	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

7. 解答を修正する場合は、必ず「消しゴム」であとが残らないように完全に消すこと。鉛筆の色や消しきずが残ったり、のような消し方などをした場合は、修正したことにならない。
8. 解答をそれぞれの問題に指定された数と異なる数をマークした場合は無解答とする。
9. 問題冊子の余白等は、適宜利用してよいが、どの頁も切り離してはならない。
10. 試験終了後、問題冊子および解答用紙を机上に置き、試験監督者の指示に従い退場しなさい。

# 生 物

(注意) 計算値の解答をマークするときは、桁に満たない解答欄には0を選んでマークせよ。

**第1問** 以下の問い(問1～8)に示す語句について、①～⑥の中に誤っているものが一つあるか、あるいは①～⑥のすべてが正しいかのどちらかである。①～⑥の中に誤りがある場合にはその記号を、①～⑥のすべてが正しい場合には⑦を選んで、解答欄にマークせよ。なお、補足の文章がある問いはその文章を読んでから解答せよ。解答番号  ～

問1 生体防御に関わるタンパク質

- ① トル(Toll)様受容体は、マクロファージや樹状細胞に存在し、病原体に広く共通する分子構造のパターンを認識する。
- ② B細胞受容体は、B細胞の細胞膜に存在する免疫グロブリンであり、Y字形の2つの先端部分にある可変部で抗原を認識する。
- ③ T細胞受容体は、ヘルパーT細胞とキラーT細胞の細胞膜に存在し、抗原とMHC分子の複合体を認識する。
- ④ MHC分子は、樹状細胞やB細胞の細胞膜で抗原を提示する分子であり、細胞内に取り込んで分解した異物の一部と結合する。
- ⑤ リゾチームは、皮膚や粘膜からの分泌液に含まれる化学的防御に関わる酵素であり、細菌の細胞膜を破壊する。
- ⑥ ある種のサイトカインは、食作用で異物を取り込んだマクロファージなどから分泌され、血管を拡張させる作用をもつ。
- ⑦ ①～⑥のすべての選択肢は正しい。

問 2 家系図中の各個体が病気 X を発症する確率と病気 X の対立遺伝子を保有する確率 2

図 1 の家系図は、有性生殖を行うある生物の各個体の親子関係を表している。病気 X の原因となる劣性の対立遺伝子は常染色体上に存在し、劣性の対立遺伝子の集団中の頻度は 0.02 である。病気 X の対立遺伝子に関して、個体アは優性の対立遺伝子のホモ接合体であり、個体イはヘテロ接合体である。個体エとカの間には血縁関係はない。なお、劣性の対立遺伝子のホモ接合体が病気 X を発症するが、その成体は子をつくることができる。また、突然変異は起こらないものとする。

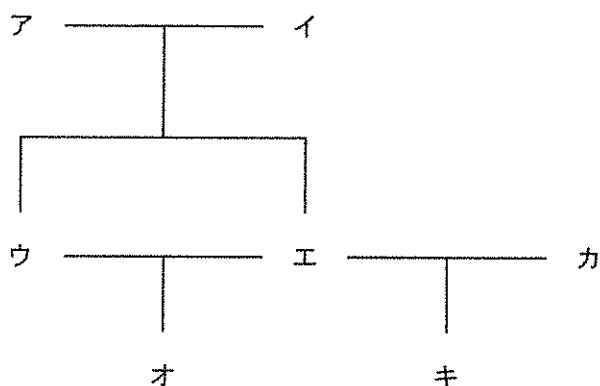


図 1

- ① 個体イが病気 X を発症する確率は 0 % である。
- ② 個体ウが病気 X を発症する確率は 0 % である。
- ③ 個体エがヘテロ接合体となる確率は 50 % である。
- ④ 個体オが優性の対立遺伝子のホモ接合体である確率は 56.25 % である。
- ⑤ 個体カが劣性の対立遺伝子のホモ接合体である確率は 0.04 % である。
- ⑥ 個体キが病気 X を発症する確率は 0.01 % である。
- ⑦ ①～⑥のすべての選択肢は正しい。

問 3 植物ホルモン 3

- ① エチレンは、気体状のホルモンで、リンゴの果実の成熟を促進したり、離層形成を促進したりする。
- ② サイトカイニンは、花や葉の老化を遅らせる働きがあり、切り花を長持ちさせることができる。
- ③ ジベレリンは、初めはイネ馬鹿苗病菌から分離されたホルモンで、ブドウの子房の発達を促進する。
- ④ フロリゲンは、葉で合成されて師管を通過して伝わるホルモンで、イチゴの花床の成長を促進する。
- ⑤ ジャスモン酸は、タンパク質分解酵素の阻害物質の合成を促進し、食害から植物体を防御する。
- ⑥ アブシシン酸は、孔辺細胞の膨圧を低下させて気孔の閉鎖を促進したり、胚の成長を停止して種子の発芽を抑制したりする。
- ⑦ ①～⑥のすべての選択肢は正しい。

問 4 呼吸基質の推定 4

図 2 に示す実験装置を用意し、フラスコ内のピーカー中の液体と発芽種子の植物種が異なること以外は同じ条件で実験を行った。活栓を閉じた状態で、一定時間後のフラスコ内の気体の減少量( $\text{mm}^3$ )を測定した(表 1)。ただし、植物ク～コの種子は炭水化物、脂質、タンパク質のうち、いずれか 1 つを呼吸基質として利用するものとする。

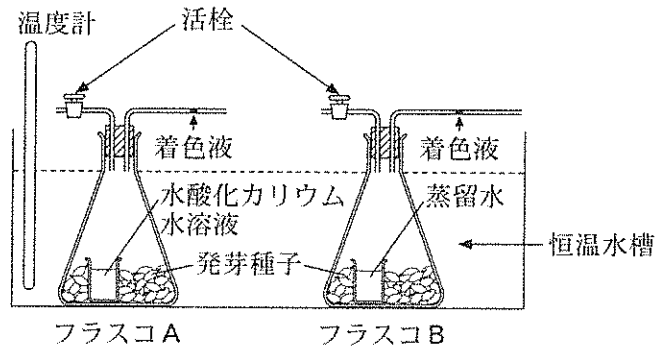


図 2

表 1

	フラスコ A	フラスコ B
植物ク	147	29
植物ケ	180	35
植物コ	154	3

- ① すべての実験で着色液はフラスコ側に移動した。
- ② 植物クは  $147 \text{ mm}^3$  の酸素を吸収した。
- ③ 植物コは  $151 \text{ mm}^3$  の二酸化炭素を放出した。
- ④ 植物クの呼吸商は約 0.80 と計算できる。
- ⑤ 植物ケの呼吸基質はタンパク質であると推定できる。
- ⑥ 植物コの呼吸基質は炭水化物であると推定できる。
- ⑦ ①～⑥のすべての選択肢は正しい。

問 5 健康なヒトの循環系 5

図 3 にヒトの血液の流れの模式図を示す。

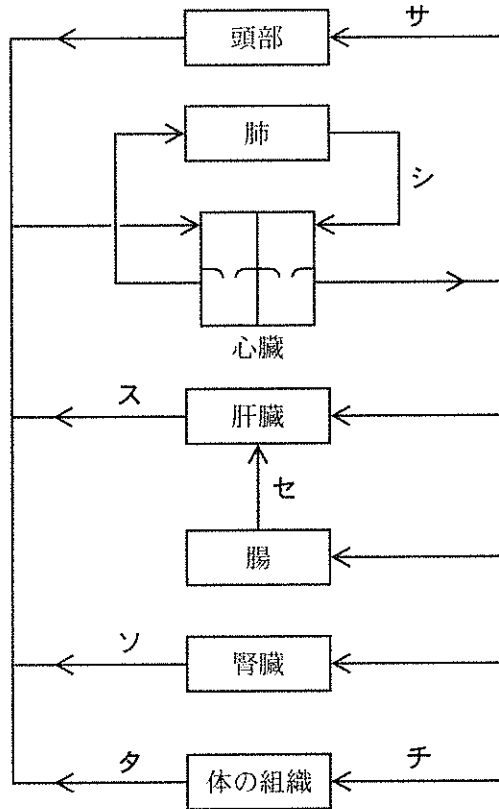


図 3

- ① サの血流量は、運動時と安静時で大きく変わることはない。
- ② シは肺静脈といい、最も酸素が多い血液が流れる。
- ③ スを流れる血液は、含まれるビリルビンや胆汁酸の量が最も多い。
- ④ セは肝門脈といい、食事後には最もグルコースが多い血液が流れる。
- ⑤ ソを流れる血液は、含まれる尿素の量が最も少ない。
- ⑥ タの平均血圧は、チの平均血圧より低い。
- ⑦ ①～⑥のすべての選択肢は正しい。

問 6 動物門の特徴 6

- ① 海綿動物は、触手に多数の刺胞をもち、これによって接触したものを刺して捕らえる。二胚葉性で、消化管の出入口が1つしかなく袋状の体制をとる。
- ② 軟体動物は、からだを覆う外とう膜をもち、トロコフォア幼生を経て発生する。体節はなく、筋肉質のあしが発達していて、石灰質の殻をもつものもいる。
- ③ 環形動物は、多数の体節からなる円筒形で細長いからだをもつ。各体節には排泄器官と一对の神経節があり、背側の血管の収縮によって血液が循環する閉鎖血管系をもつ。
- ④ 線形動物は、クチクラで覆われた円筒形の細長いからだをもち、脱皮によって成長する。土壌中や水中などに生息するほか、寄生性のものもいる。
- ⑤ 棘皮動物は、成体のからは五放射相称で、石灰質の多数の骨板をもつものが多い。水の通る水管系によって呼吸・循環などを行い、水管から伸ばした管足で運動する。
- ⑥ 脊索動物は、からだの背側に中空の神経管をもち、一生のうちいずれかの時期に脊索をもつ。原索動物と脊椎動物に分けられ、脊椎をもつものは脊椎動物と呼ばれる。
- ⑦ ①～⑥のすべての選択肢は正しい。

問 7 PCR の結果から推測される遺伝子 Y の変異 7

ある原核生物の野生型の遺伝子 Y の DNA 塩基配列にもとづき、4 種類のプライマーツ～ナを図 4 に示す位置に結合するように設計した。野生型の個体(野生株)および変異株 C と変異株 D のゲノム DNA を鋳型として、図 5 に示したプライマーの組合せで PCR を行い、増幅された DNA 断片を電気泳動で解析した(図 5)。なお、変異株 C と変異株 D は遺伝子 Y の領域に何らかの突然変異が起きている。

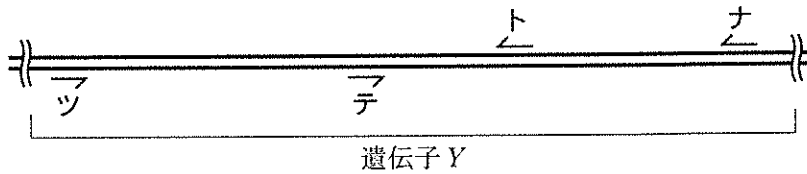


図 4

注) プライマーの位置は遺伝子上の実際の位置を示している。

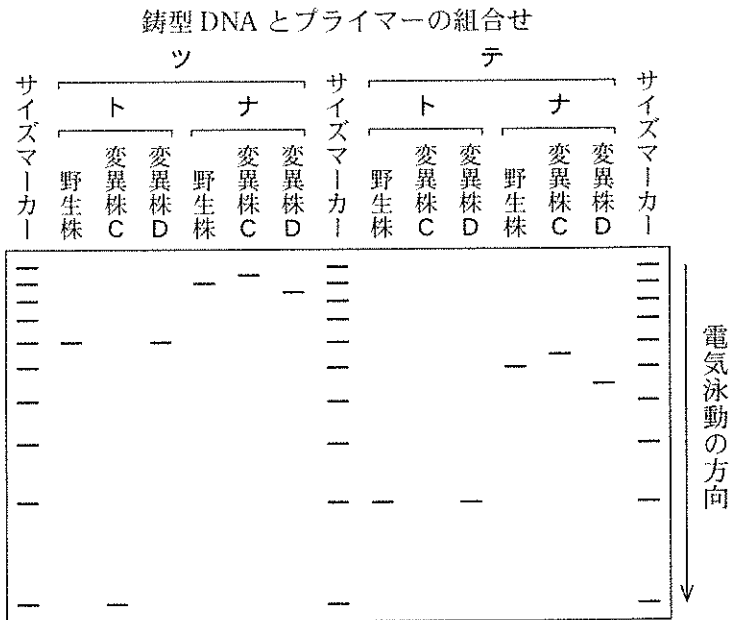


図 5

注) サイズマーカーは 100 塩基対単位の違いを示していて、サイズマーカーの最も陰極側のバンドは 1000 塩基対である。



- ① 野生株では、プライマーツとテが結合する配列の間の領域は約 400 塩基対であると推測される。
- ② 変異株 C では、プライマートが結合する配列に塩基置換が起きたと推測される。
- ③ 変異株 C では、プライマーツが結合する配列から約 100 塩基対離れた位置に塩基置換が起き、プライマートが結合するようになったと推測される。
- ④ 変異株 C では、プライマーテとナが結合する配列の間の領域のどこかに約 50 塩基対の挿入が起きたと推測される。
- ⑤ 変異株 D では、プライマーテとトが結合する配列の間の領域のどこかにフレームシフトの原因となる突然変異が起きたと推測される。
- ⑥ 変異株 D では、プライマートとナが結合する配列の間の領域のどこかに約 50 塩基対の欠失が起きたと推測される。
- ⑦ ①～⑥のすべての選択肢は正しい。

問 8 生命表とその解釈 8

表 2 にアメリカシロヒトリの生命表を示す。

表 2

発育段階	生存個体数	期間内の死亡個体数	主な死亡要因
卵	9528	5329	ふ化に失敗
1 齢幼虫	4199	88	餓死
2 齢幼虫	4111	731	ハナカメムシによる捕食
3 齢幼虫	二	569	クモによる捕食
4 齢幼虫	2811	317	病死
5 齢幼虫	2494	1444	ハチ・カマキリによる捕食
6 齢幼虫	1050	又	ハチ・カマキリによる捕食
7 齢幼虫	220	179	鳥による捕食
前蛹	41	7	ハチによる捕食
蛹	34	24	ヤドリバエによる寄生
羽化成虫	10		

- ① 表 2 中二の生存個体数は 3380 個体である。
- ② 表 2 中又の期間内の死亡個体数は 830 個体である。
- ③ 7 齢幼虫の死亡率は約 81.4 % と計算できる。
- ④ 1 齢から 4 齢幼虫の間の死亡率は 5 齢から 7 齢幼虫の間の死亡率よりも低い。
- ⑤ 5 齢幼虫から羽化するまでに約 99.6 % の個体が死亡し、その多くは捕食されて死亡する。
- ⑥ 生存曲線は典型的な早死型を示す。
- ⑦ ①～⑥のすべての選択肢は正しい。

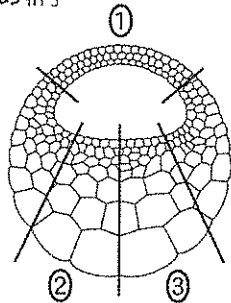
第2問 次の文章Ⅰ～Ⅲを読んで、以下の問い(問1～9)に答えよ。解答番号

9 ~ 20

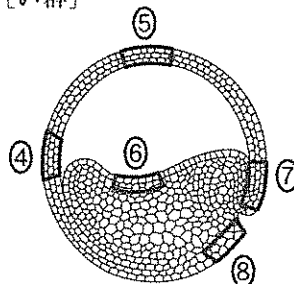
Ⅰ 脊椎動物の発生では、原腸胚期を過ぎると胚の背側の外胚葉が厚く平たくなつて神経板が形成される。神経板の両側が盛りあがってひだをつくり、このひだが<sup>A)</sup>内側に折れ込んでつながり、胚の内部に神経管が形成される。さらに発生が進むと、神経管の前方は膨らんで脳(脳胞)を形成し、後方の細長い部分は脊髄となる。また、神経管がつくられるときに神経堤細胞が遊離し、胚のさまざまな場所<sup>B)</sup>へ移動する。

問1 文章中の下線部A)の細胞は、カエル胚を用いて実験的に誘導することができる。図に発生段階の異なる2つのカエル胚の断面と選択肢を示す。あ群(左図)の①～③の胚の領域とい群(右図)の④～⑧の胚の領域のどれとどれを組合せれば誘導できると考えられるか。最も適当なものを、あ群の①～③のうちから一つ、い群の④～⑧のうちから一つ選べ。なお、あ群とい群の胚の切断面の向きは同じである。あ群  , い群

[あ群]



[い群]



問2 文章中の下線部B)は将来何に分化するか。最も適当なものを、次の①～

⑥のうちから一つ選べ。

- |             |            |
|-------------|------------|
| ① 腸管の上皮細胞   | ② 腸管の平滑筋細胞 |
| ③ 感覚神経の神経細胞 | ④ 網膜の視細胞   |
| ⑤ 血管の内皮細胞   | ⑥ 心臓の心筋細胞  |

II 脊椎動物の脳は、複数の部分に分かれており、それぞれが異なった機能をもつ  
C)  
ている。 大脳は、大脳皮質と大脳髄質からなり、哺乳類の大脳皮質は、新皮質と  
辺縁皮質から構成される。新皮質は、機能や形態の異なるニューロン(神経細胞)  
が正確に配置され、脳の表面側(脳表面側)から脳の深部(脳室面側)にかけて6層  
構造を形成する(図1)。

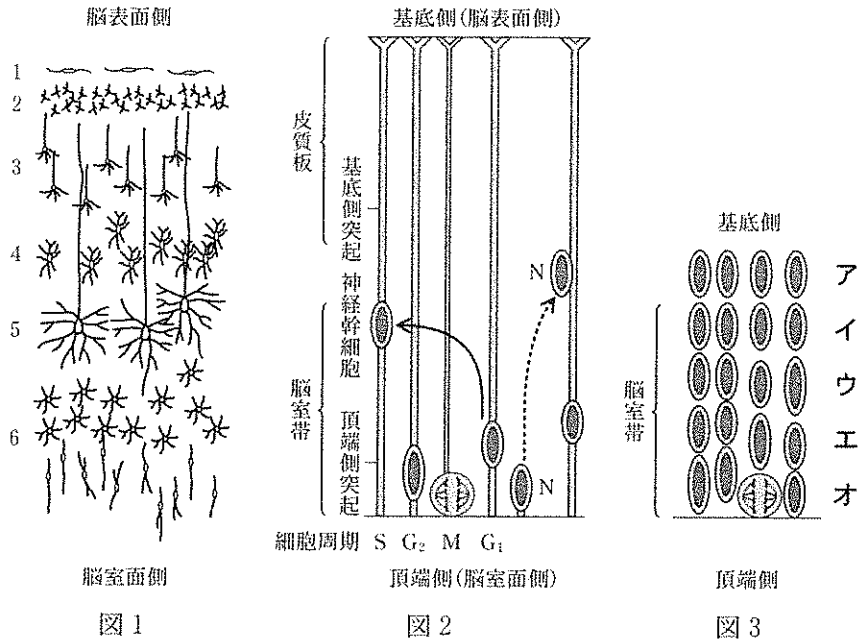
発生の初期につくられる神経管は、円柱状の神経上皮細胞と呼ばれる1層の細胞で構成される。神経上皮細胞が未分化なまま分裂を繰り返すことで、神経管の前方が膨んで脳(脳胞)がつくられ、その内腔は脳室となる。やがて、神経上皮細胞から変化した神経幹細胞(放射状グリア細胞)は、盛んに分裂しながらニューロンを生じる。脳室面側で生じたニューロンは脳表面側に向かって移動し、適切な層に定着する。

神経幹細胞の細胞体は脳室面側の脳室帯に存在していて、脳室面側に頂端側突起を、脳表面側に基底側突起を伸ばしている(図2)。神経幹細胞の細胞体の位置は、細胞周期に依存して、脳室帯の頂端側と基底側の間で変化する。細胞体は、S期には脳室帯の基底側の端にあり、G<sub>2</sub>期に移行すると頂端側に向かって移動する。M期には脳室帯の頂端側の端に達して分裂し、一方の娘細胞であるG<sub>1</sub>期に移行した神経幹細胞の細胞体は、基底側に向かって移動する(図2中実線矢印)。もう一方の娘細胞であるニューロン(図2中N)は、これ以降は分裂することなく、神経幹細胞の基底側突起を伝わるように脳室帯から抜け出て新皮質の適切な層へ移動する(図2中破線矢印)。

脳室帯とその少し上を含む組織の断面を観察すると図3のように神経幹細胞の細胞体がほぼ層状に配列しているのがわかる。これは、さまざまな細胞周期の段階にある神経幹細胞の細胞体が、脳室帯の基底側から頂端側にかけて層をつくっているように見えるからである。

問3 文章中の下線部C)に関連して、体の平衡を制御し、随意運動における熟練の獲得に関わっているのはどれか。最も適当なものを、次の①~⑤のうちから一つ選べ。 12

- ① 大脳      ② 間脳      ③ 中脳      ④ 小脳      ⑤ 延髄



注) 図2の皮質板(後の新皮質)の位置に6層構造が形成される。皮質板と脳室帯の間は脳室下帯と呼ばれる。Nは分裂で生じたニューロンを示す。

注) 図3の細胞体の位置は、図2の細胞体の位置と対応している。

問4 妊娠12日の母マウスに、放射性同位元素トリチウム(<sup>3</sup>H)で標識されたチミジンを投与した。その直後(1時間以内)に胎児を固定して脳室帯の組織切片を作製し、脳室帯のどの領域が標識されたのかを調べた。標識された核を含む細胞体は図3中のア~オのどの位置に最も多く観察されと考えられるか。最も適当なものを、次の①~⑤のうちから一つ選べ。なお、この時期の胎児の神経幹細胞からはニューロンが生じている。また、この方法では、<sup>3</sup>H-チミジンが胎児の細胞に取り込まれるとチミンをもったデオキシヌクレオチドになり、これが利用されると核が標識される。

13

- ① ア      ② イ      ③ ウ      ④ エ      ⑤ オ

問 5 イタチ科のフェレットを用いて次の実験を行った。胎齢 29 日の胎児 (E 29) および生後 1 日の新生児 (P 1) に  $^3\text{H}$ -チミジン を 24 時間投与し、生後 40 日 (P 40) で脳を固定し大脳新皮質の組織切片を作製した。標識されたニューロンの割合を大脳新皮質の層ごとに調べた結果を図 4 に示す。この結果から、新皮質形成の初期に神経幹細胞から生じるニューロンは図 1 のどの層に定着すると考えられるか。最も適当なものを、次の①~⑤のうちから一つ選べ。なお、フェレットの妊娠期間は 42 日で、神経幹細胞からニューロンへの分化は、胎齢 24 日頃からはじまり、生後 12 日頃まで続く。

14

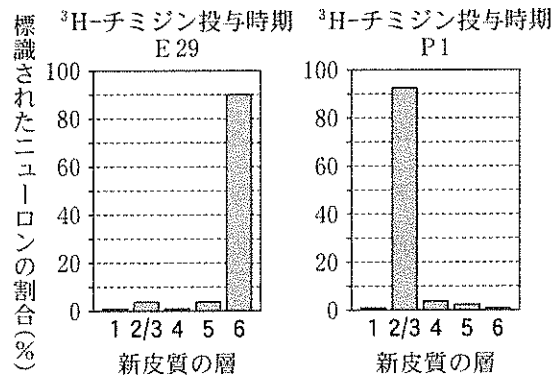


図 4

注) この実験では、新皮質の層 2 と層 3 を区別することはできないため、層 2/3 と表記する。

- ① 層 1      ② 層 2/3      ③ 層 4      ④ 層 5      ⑤ 層 6

問 6 E 29 フェレットの脳室帯の細胞を<sup>3</sup>H-チミジンで短時間標識した。標識直後、4時間後、24時間後に脳室帯の細胞を解離し、宿主となるP1の脳室帯へ移植した。P40で脳を固定し大脳新皮質の組織切片を作製した。図4と同様に、標識されたニューロンの割合を図5に示す。図4および図5の結果の解釈として不適切なものはどれか。次の①～⑤のうちから一つ選べ。なお、フェレットの神経幹細胞の細胞周期は24時間より短い。 15

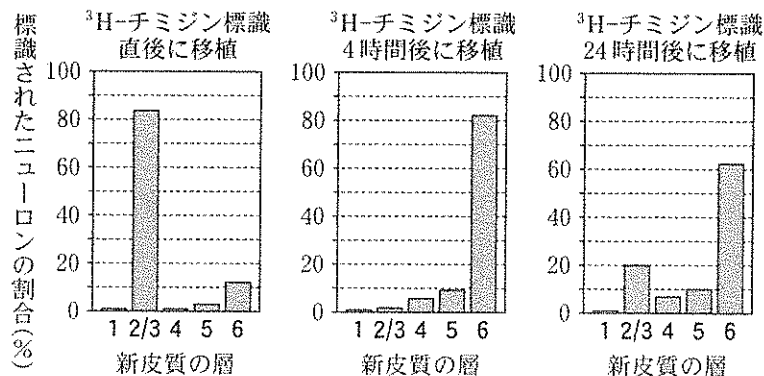


図 5

注) この実験では、新皮質の層 2 と層 3 を区別することはできないため、層 2/3 と表記する。

- ① P1へ移植したE29神経幹細胞から生じたニューロンは、層6以外のニューロンにも分化する能力をもっていると考えられる。
- ② 標識直後にP1へ移植したE29神経幹細胞から生じた多くのニューロンは、P1で生じるニューロンと同じ発生運命をもっていると考えられる。
- ③ 標識4時間後にP1へ移植したE29神経幹細胞から生じた多くのニューロンは、E29で生じるニューロンと同じ発生運命をもっていると考えられる。
- ④ P1へ移植して層6に定着した多くのニューロンは、E29の脳室帯でS期の段階であった神経幹細胞から生じたと考えられる。
- ⑤ 神経幹細胞から生じるニューロンの発生運命は、ほとんどの神経幹細胞でS期のどの時点からでも4時間後には決定されていると考えられる。

Ⅲ マウス胎児の神経幹細胞の細胞周期の長さを推定するため、次の実験を行った。妊娠 12 日の母マウスにプロモデオキシウリジン (BrdU) を投与した。BrdU は、チミジンと類似の化合物で、細胞内でチミジンの代わりに使われる。適当な濃度で投与すると、BrdU を利用した細胞と利用していない細胞を組織切片で区別して特定できる。

最初に、BrdU 投与直後 (0.5 時間) に固定した胎児の脳室帯の組織切片の一定区画における BrdU 標識細胞体数と全神経幹細胞の細胞体数の比 (標識率) を求めた。また、BrdU の 1.5 時間おきの繰り返し投与を行い、同様に標識率を求めた結果を図 6 に示す。

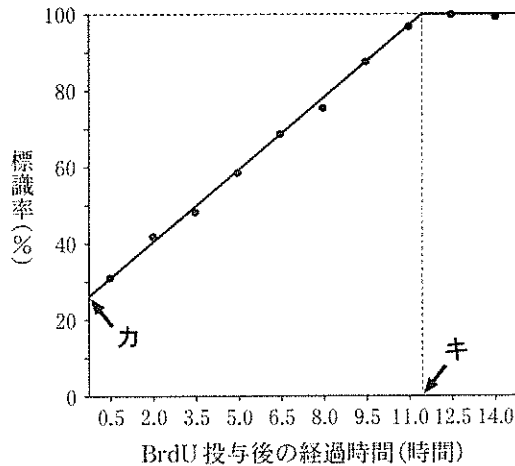


図 6

問 7 図 6 中のカの標識率から何が推定できるか。最も適当なものを、次の①～

⑤のうちから一つ選べ。

16

- ① 細胞周期全体の長さに対する間期の長さの比
- ② 細胞周期全体の長さに対する  $G_1$  期の長さの比
- ③ 細胞周期全体の長さに対する S 期の長さの比
- ④ 細胞周期全体の長さに対する  $G_2$  期の長さの比
- ⑤ 細胞周期全体の長さに対する M 期の長さの比



問 8 図 6 中のキの時間から何が推定できるか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① 細胞周期全体の時間の長さと同期の時間の長さの差
- ② 細胞周期全体の時間の長さと G<sub>1</sub> 期の時間の長さの差
- ③ 細胞周期全体の時間の長さで S 期の時間の長さの差
- ④ 細胞周期全体の時間の長さで G<sub>2</sub> 期の時間の長さの差
- ⑤ 細胞周期全体の時間の長さで M 期の時間の長さの差

問 9 図 6 中の力の標識率を 25 %、キの時間を 11.5 時間とする。神経幹細胞の細胞周期全体の時間の長さで S 期の時間の長さをそれぞれ推定せよ。必要ならば小数点以下第一位を四捨五入して答えよ。

細胞周期全体   時間, S 期  時間

- ① 1            ② 2            ③ 3            ④ 4            ⑤ 5
- ⑥ 6            ⑦ 7            ⑧ 8            ⑨ 9            ⑩ 0

第3問 次の文章Ⅰ～Ⅲを読んで、以下の問い(問1～7)に答えよ。解答番号

21 ~ 30

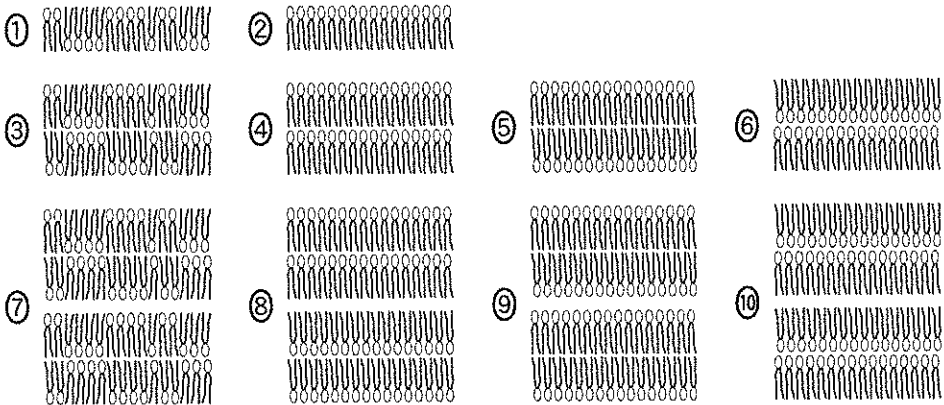
Ⅰ 生物のからだを構成する基本単位は細胞である。すべての細胞は細胞質をもち、その最外層は細胞膜となっている。細胞膜は、主にリン脂質分子で構成される。図1にリン脂質分子の模式図を示す。リン脂質分子は、親水性の頭部と疎水性の尾部からなり、尾部は2本の炭化水素鎖からなる。図1真核細胞にみられる細胞小器官を包む生体膜は、細胞膜と同様に主にリン脂質分子で構成される。



細胞膜には、さまざまな膜タンパク質が存在していて、細胞膜の機能に関わっている。例えば、動物細胞の細胞膜には、細胞どうしあるいは細胞外基質との接着に関わるタンパク質が存在している。

問1 文章中の下線部A)を用いて生体膜の模式図を作製した。細胞膜の構造を表しているものはどれか。また、植物細胞で細胞質基質とストロマの間の生体膜の構造を表しているものはどれか。最も適当なものを、次の①～⑩のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

細胞膜  , 細胞質基質とストロマの間



問 2 文章中の下線部B)のひとつにカドヘリンがある。カドヘリンにあてはまるものはどれか。適当なものを、あ群の①～⑤のうちから二つ、い群の①～⑤のうちから二つ選び、解答番号 23 と 24 の解答欄にそれぞれ二つマークせよ。あ群  , い群

[あ群]

- ① 細胞膜に連絡孔をつくる。
- ② 同じ種類どうしが結合する。
- ③ 細胞内で微小管と結合する。
- ④ 結合には  $\text{Ca}^{2+}$  が必要である。
- ⑤ 細胞外基質のコラーゲンと結合する。

[い群]

- ① 接着結合
- ② 密着結合
- ③ ギャップ結合
- ④ デスモソーム
- ⑤ ヘミデスモソーム

II 細胞膜に存在する物質の輸送に関わるタンパク質には、濃度勾配に従って特定の物質を拡散させるもの<sup>C)</sup>と、濃度勾配に逆らって特定の物質を輸送するものがある。さらに、濃度勾配に従ったある物質の輸送と濃度勾配に逆らった別の物質の輸送を共役させる共役輸送タンパク質が存在する。

例えば、小腸の上皮細胞には、図2のように腸管の内腔に面した側(管腔側)の細胞膜に輸送体アが、管腔側の反対側(基底側)の細胞膜に輸送体イが発現している。この2つの輸送体はグルコースの輸送に関わるタンパク質であり、濃度勾配に従う輸送タンパク質と共役輸送タンパク質のどちらかに分類される。どちらの輸送タンパク質にも輸送する物質との特異的な結合部位があり、この部位に輸送する物質が結合すると輸送タンパク質の立体構造が変化して、その物質を輸送する。また、小腸上皮細胞の基底側の細胞膜にはナトリウムポンプが発現している。

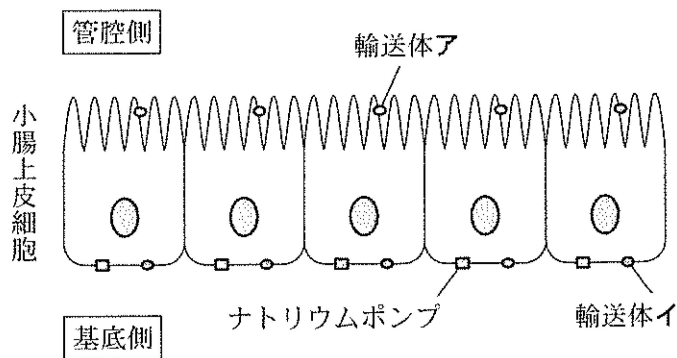
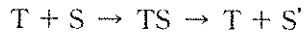


図2

問3 文章中の下線部C)にはチャネルがある。カルシウムチャネルとアクアポリンが関与するのはそれぞれどれか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。カルシウムチャネル  , アクアポリン

- ① 青色光の刺激による孔辺細胞での浸透圧の上昇
- ② 閾値以上の刺激によるニューロンでの活動電位の発生
- ③ 活動電位が到達した軸索の末端からの神経伝達物質の放出
- ④ 運動ニューロンの興奮が終了したことによる骨格筋の弛緩
- ⑤ バソプレシンを受容した集合管上皮での水の透過性の増大

問 4 文章中の下線部D)のような方法で、濃度勾配に従って特定の物質を拡散させる輸送タンパク質は酵素とよく似た仕組みで働く。したがって、輸送タンパク質を T、輸送される物質を S、輸送された物質を S' (物質自体は変化しない)とすると



の式で表すことができる。ここで、TSは輸送タンパク質と輸送される物質が結合したときの複合体を表す。細胞膜を隔てた T による S の輸送について、この関係式から説明できることとして不適切なものはどれか。次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、この細胞では、T の発現量が変化しても S の輸送以外の働きに影響はないものとする。また、T の最大輸送速度は変化することなく、S' は逆方向へ輸送されないものとする。

27

- ① S の濃度が一定の場合、T の発現量が多い細胞ほど、S と S' の細胞膜を隔てた濃度差がなくなるまでの時間は短い。
- ② S の濃度が十分高くて一定の場合、T の発現量が異なる細胞では、輸送速度は T の発現量に比例して変化する。
- ③ T の発現量が十分多くて一定の細胞の場合、S の濃度に関係なく、S' の濃度は一定である。
- ④ T の発現量が一定の細胞で、S の濃度も一定の場合、S' の濃度は時間に比例して高くなるが、S と S' の細胞膜を隔てた濃度差がなくなると、輸送速度は 0 になる。
- ⑤ T の発現量が一定の細胞の場合、S がある濃度に達するまで、輸送速度は S の濃度に比例して速くなるが、すべての T が TS になると、輸送速度は一定になる。

III 小腸上皮細胞に発現する3つの輸送タンパク質(図2中、輸送体ア、輸送体イ、ナトリウムポンプ)の働きを調べるため、以下の実験を行った。ハムスターの小腸の内側と外側を反転し、栄養素の吸収面が外側を向くようにした反転小腸を実験に用いた。反転小腸の一端を糸でしばって溶液が出入りしないようにし、もう一端はガラス管にしぼり付けた。反転小腸の内側にはグルコース無添加の培養液(内液)をガラス管から入れ、これをグルコース添加の培養液(外液)の入った試験管に入れた(図3)。通気口から酸素を通気し、試験管全体を恒温水槽につけて実験 i ~ vii) を行った。実験 i ~ vii) の条件と結果を表1に示す。なお、実験 i で酸素の代わりに窒素を通気すると、内液のグルコース量は実験 i の約 25 % となった。また、小腸上皮細胞の3つの輸送タンパク質以外は実験での物質の輸送に影響しないものとする。

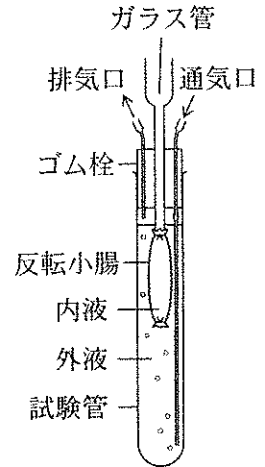


図3

表1

実験	外液のイオン	阻害剤X		阻害剤Y		内液のグルコース量 (iに対する相対値%)
		外液	内液	外液	内液	
i	Na <sup>+</sup>	-	-	-	-	100
ii	Na <sup>+</sup>	+	-	-	-	~85
iii	Na <sup>+</sup>	-	+	-	-	~25
iv	Na <sup>+</sup>	-	-	+	-	~25
v	Na <sup>+</sup>	-	-	-	+	~85
vi	K <sup>+</sup>	-	-	-	-	~25
vii	なし	-	-	-	-	~25

注) + は阻害剤を加えたことを、- は阻害剤を加えていないことを意味する。

問 5 実験の結果から、小腸上皮細胞に発現する輸送タンパク質について適切なものはどれか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

28

- ① 輸送体アはグルコースと  $K^+$  を共役輸送する。
- ② 輸送体アはグルコースと  $Na^+$  を共役輸送する。
- ③ 輸送体イはグルコースと  $K^+$  を共役輸送する。
- ④ 輸送体イはグルコースと  $Na^+$  を共役輸送する。
- ⑤ 輸送体アとイのどちらもグルコースをその濃度勾配に従って輸送する。

問 6 実験の結果から、阻害剤 X と Y が阻害する輸送タンパク質はそれぞれどれか。組合せとして最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。なお、実験 iii では、小腸上皮細胞内の  $Na^+$  濃度の上昇が起こっていた。

29

- | 阻害剤 X      | 阻害剤 Y    |
|------------|----------|
| ① 輸送体ア     | 輸送体イ     |
| ② 輸送体ア     | ナトリウムポンプ |
| ③ 輸送体イ     | 輸送体ア     |
| ④ 輸送体イ     | ナトリウムポンプ |
| ⑤ ナトリウムポンプ | 輸送体ア     |
| ⑥ ナトリウムポンプ | 輸送体イ     |

問 7 文章中の下線部 E) の働きとして適切なものはどれか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

30

- ① 外液の pH を一定に保つ。
- ② 小腸の平滑筋を麻酔する。
- ③ 小腸上皮細胞の ATP の合成を維持する。
- ④ 小腸上皮細胞のグリコーゲンの合成を阻害する。
- ⑤ 反転小腸の吸収面から分泌される粘液を除去する。

