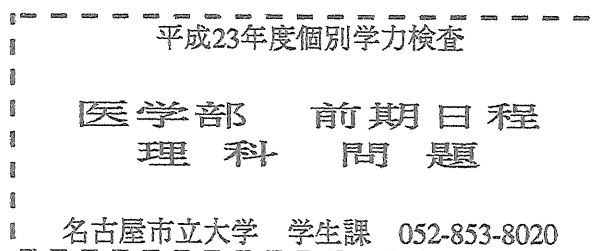


平成 23 年度・入学試験問題

理 科 (Z)

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ません。
2. この冊子は 37 ページあります。
3. 試験開始後、落丁・乱丁・印刷不鮮明の箇所があったら申し出なさい。
4. 解答はすべて解答用紙に、それぞれの問題の指示にしたがって記入しなさい。
5. この冊子のどのページも切り離してはいけません。ただし、余白等は適宜利用してかまいません。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。
7. 受験科目選択上の注意(重要)
「物理」, 「化学」, 「生物」のうち 2 科目を選択して解答しなさい。
選択しなかった科目の解答用紙は試験開始後、90 分で回収します。それ以後は
選択の変更は認めません。
全科目の解答用紙 3 枚ともに受験番号を記入しなさい。



理 科 問 題

物 理	問題 1	3 ページ
	" 2	5 "
	" 3	7 "
	" 4	9 "

化 学	問題 1	13 ページ
	" 2	15 "
	" 3	17 "
	" 4	19 "
	" 5	21 "

生 物	問題 1	25 ページ
	" 2	29 "
	" 3	31 "
	" 4	35 "

解 答 用 紙

理科	物理解答用紙	1 枚
理科	化学解答用紙	1 枚
理科	生物解答用紙	1 枚

生 物

生物問題 1

次の文章を読み問 1～問 5 に答えよ。

一般に配偶子は減数分裂と呼ぶ核分裂を経て形成される。この分裂では、前期のはじめに相同染色体の(1)が起き、前期の終わりころには相同染色体が部分的に分離する。このとき両親からの染色体がところどころで(2)するため輪ゴムをつなげた様に見える。この部分が切れて別の染色体とつながることにより遺伝子の組み換えが起きる。染色体上で 2 つの遺伝子が離れるほど組み換えの率が高いことを利用して、染色体上の遺伝子の配置を示す(3)を作ることができる。

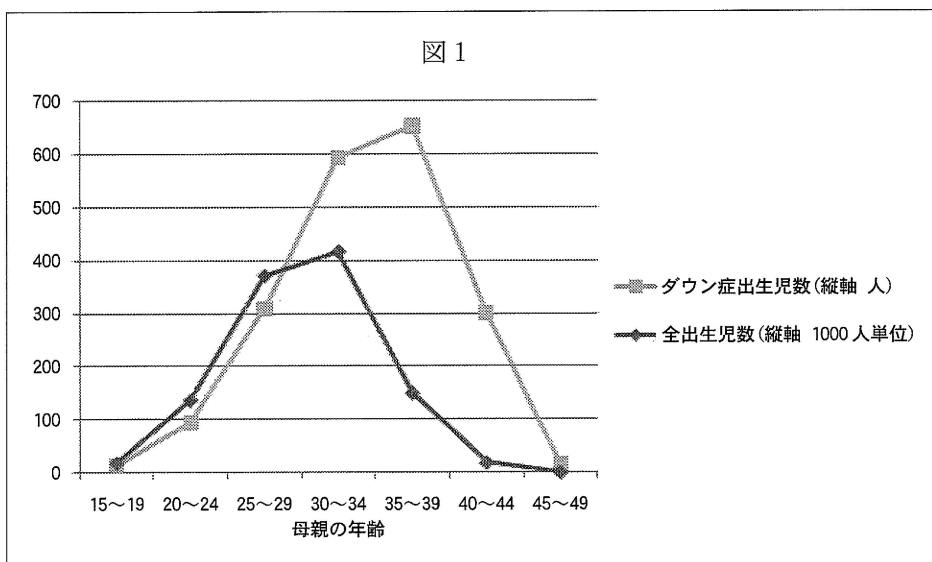
唾腺染色体は、カやハエ等の双翅目昆虫の唾腺などに見られる特殊な染色体で、細胞分裂とは関係なく常に核内に観察される。この染色体を(4)等の色素で染めると多数の横縞が見られ、この 1 本の縞が 1～数個の遺伝子に対応していることがわかっている。発生過程では、決まった時期にところどころの縞模様がほぐれて広がっているのが観察でき、これを(5)と呼ぶ。この部分では(6)がおこなわれており、(7)が盛んに合成されている。

通常の染色体でも、バンド染色と呼ばれる特殊な染色法により染色体上に縞模様を染め出すことができ、これによって染色体の同定をしたり、おおまかな遺伝子の位置を知ることができる。

さらに詳しく染色体上での特定の遺伝子の位置を知るための方法として、FISH とよばれる方法がある。この方法では、まず遺伝子 DNA の塩基配列に基づいて合成した比較的短い DNA (プローブ) を作成し、部分的に蛍光色素等で修飾する。次に熱をかけて二重らせんをほぐした染色体上の DNA とプローブとを結合させる。プローブの染色体上での位置は蛍光顕微鏡などによって調べることができる。

問 1 文章中の(1)～(7)にあてはまる語を入れよ。

問 2 下の図 1 は 2004 年の日本の全出生児数、ダウン症出生児数と母親の出産年齢との関係を示したものである。ダウン症候群は 21 番染色体が 3 本あることによって起こることが多い。



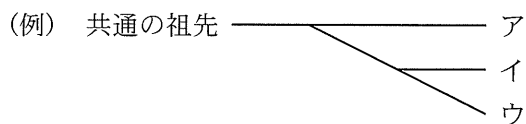
A) この図から言えること、および、B) 21 番染色体が 3 本になる原因についてそれぞれ 40 字程度で答えよ。

問 3 ラバは雄のロバ (染色体数 62 本) と雌のウマ (染色体数 64 本) の間に生まれた異種間雑種で、粗食に耐え丈夫で力もあるため有用な家畜である。しかしラバには繁殖能力がなく一代限りである。2 代目が生まれにくいのは正常な配偶子ができないためであるが、その理由は何と考えられるか。50 字程度で答えよ。

問 4 クマネズミ (イエネズミ) は東南アジアが原産地とされ、現在では世界中に生息している。この種には多数の亜種が存在するが、これらは染色体の数により A アジア型 (42 本)、O オセアニア型 (38 本)、S セイロン (スリランカ) 型 (40 本) に大別される。染色体の数は A → S → O と変化したと推定されている。

A 型、O 型、S 型のクマネズミから血液を採り血清タンパクの 1 つであるトランスフェリンを比較したところ、C タイプと R タイプの 2 種類があった。オセアニア型とセイロン型では C タイプ (O/C, S/C) のみが見られたが、アジア型には C タイプ (A/C) と R タイプ (A/R) の両方が見られた。

このことから、これら4群(A/C, A/R, O/C, S/C)が共通の祖先からどのように分かれたかを示す系統樹を、例にならってすべてあげよ。ただしトランスフェリンの変化は進化の過程で一度しか起きなかったものとする。



問 5 次のA～Fのうちから正しいものを全て選び記号で答えよ。

- A. 温度をあげるとDNAの二重らせんがほどけるのは、塩基間の弱い結合が切れるためである。
- B. DNAとRNAは結合しない。
- C. リボソームRNAの遺伝子は染色体上にはない。
- D. 生体内ではDNAよりもRNAのほうが分解されやすい。
- E. RNAは部分的に分子内の塩基どうしで結合することがある。
- F. RNAは遺伝子とはならない。

草 稿 用 紙

生物問題 2

次の文を読み、問1～問8に答えよ。

緑色植物の葉肉細胞には、葉緑体と呼ばれる光合成を行うための細胞小器官が存在する。葉緑体は二重膜で包まれた直径5～10 μm の粒状構造で、内部にはチラコイドと呼ばれる扁平な袋状の膜構造が発達しており^①ところどころで重なって層状になっている。チラコイド膜にはクロロフィルaをはじめ複数の光合成色素が存在しており、光エネルギーを効率よく吸収することができる。光合成の光化学反応は、このチラコイド膜で行われる。また、チラコイド膜以外の基質部分はストロマと呼ばれ、 CO_2 の固定反応が行われる。

CO_2 の固定反応には光化学反応を通じてチラコイド膜で作られた (ア) と ATP のエネルギーが使われる。 CO_2 は葉の (イ) から吸収され、葉緑体で炭素数が5の化合物(C_5)と結合して炭素数が6の化合物(C_6)となったのち、すぐに2つに分かれて炭素数が3の化合物(C_3)になる。その後、数種類の化合物を経て再び炭素数が5の化合物(C_5)が再生される。この反応回路は、発見者にちなんで ③ カルビン・ベンソン回路と呼ばれる。

光合成により作られた有機物の一部は (ウ) として一時的に葉緑体に蓄えられるが、必要に応じてスクロースなどの糖に代謝され、(エ) を通じて葉から ④ 様々な器官に運ばれ利用される。

問1 文の空欄 (ア) ～ (エ) に適切な用語を入れよ。

問2 下線部①の構造の名称を答えよ。

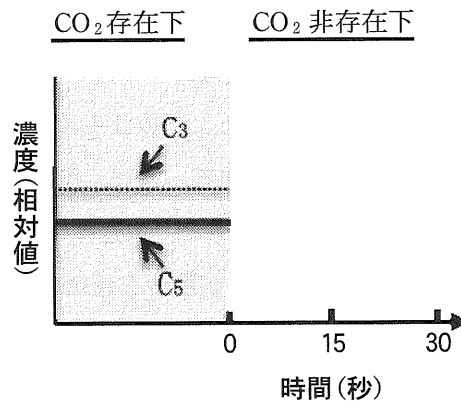
問3 下線部②の中でクロロフィルaとは異なる波長の光を吸収する補助色素の名称を2つ答えよ。

問4 下線部③の化合物の名称を答えよ。

問 5 下線部④の糖などの有機物が運搬されることを何と呼ぶか答えよ。

問 6 カルビン・ベンソン回路で6分子の CO_2 が固定されるとき、回路全体で使われる ATP の分子数を答えよ。

問 7 盛んに光合成をしている植物への CO_2 の供給を人為的に遮断した。その後30秒間の本文中の化合物 (C_3 と C_5) の相対的な濃度変化を示す線を描き、グラフを完成させよ。



問 8 C_4 植物が C_3 植物と比べて強光下での生育に適している理由を解答欄に答えよ。

(解答欄内であれば字数指定はしない)

生物問題 3

以下の文章を読み、問1～問10に答えよ。

細胞膜の基本構造は主要成分(A)で形成される二重層で、これにタンパク質がモザイク状に配置されている。細胞膜の特性の一つである選択的透過性は、上記の基本構造の物理化学的な性質と、そこに存在するタンパク質の機能で決定される。前者はどの細胞でもほぼ同じであるのに対し、後者は細胞の種類や状態、細胞内の部位によっても異なっている。

グルコース(ブドウ糖)はヒトの重要なエネルギー源であるが、単純拡散では細胞膜をほとんど通過できない。このため、グルコース輸送に関与するタンパク質(グルコース輸送体)が10種類以上存在する。表は、代表的な4種類の輸送体(輸送体1～4とする)の特性を示したものである。輸送体の分布は複雑で、異なる細胞に同一種類の輸送体があったり、1個の細胞が2種類以上の輸送体を持っていたりする。これらはいずれも種々の細胞の要求にうまく対応するためと考えられる。

図1は小腸の吸収上皮細胞の電子顕微鏡写真のスケッチである。細胞は← a →の部分で小腸内腔、← b →の部分で隣接する上皮細胞、← c →の部分で組織中の細胞外液と接している。この細胞には2種類のグルコース輸送体(輸送体1, 輸送体2)が存在する。輸送体1は細胞外グルコースを濃度勾配に逆らって細胞内へ輸送できる。これは輸送体1によるグルコースの輸送が、細胞内よりも細胞外濃度が高く保たれている(B)が細胞内へ入る反応と同時に起きるためである。輸送体2は濃度勾配に従った輸送しかできないが、単純拡散よりもはるかに効率よくグルコースの細胞膜通過を行う。

図2は輸送体2と輸送体3の性質を比較した実験のデータである。ヒトの血液中グルコース濃度(血糖値)は摂食状況に従っておおよそ5～10mMの間で変動するが、各々の輸送体によるグルコース輸送速度は図中に示した式で近似できる。どちらの輸送体も濃度勾配に従ってグルコース輸送を行うが、輸送の最高速度(輸送体2では輸送体3の2倍)や細胞外のグルコース濃度に対する反応性(反応速度が最高値の50%となる濃度は各々20mMと1mM)は異なる。(X)は体内のさまざま

まな組織／細胞に広く認められるが、解糖以外ではATPが産生できないために常にグルコースの消費を必要とする(C)には特に多い。一方、他の組織の細胞へのグルコース供給のために、血糖値が高い時のみグルコースを取り込んで貯蔵している(D)では(Y)が主要なグルコース輸送体となっており、それぞれに都合がよい。(Y)はインスリンを分泌する(E)の細胞にも認められる。

図3は体内で最大の重量を占め、輸送体4をもつ(F)の性質を調べたものである。図のようにグルコースの取り込みはインスリンの有無によって異なる。この輸送体4の働きは、インスリンによる(Z)のために大変重要であることが明らかにされている。

表

輸送体 \ 特性	濃度勾配に逆らったの輸送	インスリンの影響
輸送体1	可能	受けない
輸送体2	不可能	受けない
輸送体3	不可能	受けない
輸送体4	不可能	受ける

問1 (A)にあてはまる物質は何か。

問2 (A)の二重層を単純拡散で容易に通過できるものすべてを選び、記号で答えよ。

- a エタノール
- b ステロイドホルモン
- c ヌクレオチド
- d Ca^{2+}
- e CO_2

問 3 (A) の二重層の選択的透過性決定に最も強く影響している性質を選び、記号で答えよ。

- a 極 性
- b 剛 性
- c 疎水性
- d 粘 性
- e 流動性

問 4 (B) にあてはまる物質は何か。

問 5 (B) の濃度勾配を維持するために必要なタンパク質は何か。

問 6 図 1 で、輸送体 1 と輸送体 2 の存在する部位を a ~ c の記号で答えよ。

問 7 (C), (D), (E), (F) にあてはまる組織または細胞を各々一つ選び、記号で答えよ。

- a 脳
- b 肺
- c 肝 臓
- d すい臓
- e 腎 臓
- f 赤血球
- g 骨格筋
- h 皮 膚

問 8 (X), (Y) は各々輸送体 2, 輸送体 3 のいずれか。

問 9 図 3 で、インスリンが存在する時のデータは(ア)と(イ)のいずれか。

問 10 (Z) にあてはまるインスリンの作用は何か。

図 1

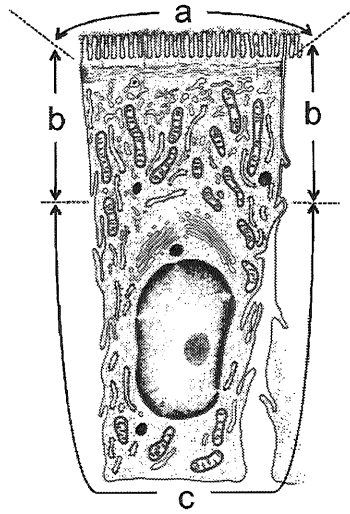
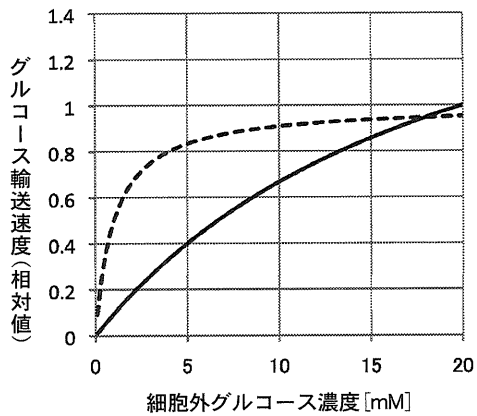


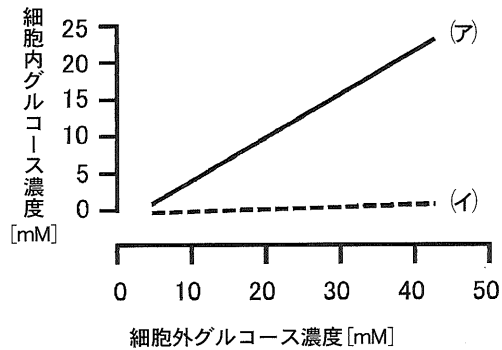
図 2



— 輸送体2 $y = \frac{2x}{20+x}$

- - - 輸送体3 $y = \frac{x}{1+x}$

図 3



* 細胞外に加えた標識グルコースのうち、細胞内で検出されたものの割合をもとに示されている。

生物問題 4

次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

蝶ヶ岳ボランティア診療班に参加した大学1年の川澄君は、標高2677メートルの頂上で息苦しいことに疑問を持ち、呼吸のしくみについて調べ、以下のようにまとめた。

外呼吸のしくみには、肺で空気中の酸素を取り入れる肺呼吸や酸素および二酸化炭素の血液による運搬がある。このしくみが障害されると、血液中の酸素濃度が低下し、息苦しさとして自覚される。

肺呼吸は、胸部の筋や横隔膜などの一連の呼吸運動により空気中の酸素が肺胞まで運ばれる過程(換気)と、厚みが $0.5\sim 0.8\ \mu\text{m}$ 程度と非常に薄い肺胞において酸素および二酸化炭素が効率よく交換される過程(拡散)が関係している。

一般成人男子が1回の呼吸で取り入れる空気(1回換気量)は約500 mlであり、平均呼吸回数⁽¹⁾は約16回/分である。吸気時には、胸部の容積が大きくなり外気圧より内部の圧力(胸腔内圧)は低くなる⁽²⁾。反対に呼気時には、胸部内の容積が小さくなり胸腔内圧は高くなる。

拡散に関する基本原理として、単位時間あたりの気体の拡散量は、表面積および分圧差に比例し距離に反比例することが知られている。肺胞内に滲出液が蓄積する⁽³⁾肺炎時には、肺胞部における酸素の拡散が障害されている。

血液による運搬のしくみは酸素と二酸化炭素で異なる。酸素はヘモグロビンに結合⁽⁴⁾し運搬される。これに関し血中酸素分圧とヘモグロビンの酸素飽和度との関係を示した酸素解離曲線がよく知られている。二酸化炭素は、その大部分は赤血球内で(A)となり血漿中に溶けた形で運ばれる。

細胞に取り込まれた酸素は、タンパク質、脂質、炭水化物の代謝に利用される(内呼吸)。炭水化物の1つであるブドウ糖からは、解糖系、(B)、酸素を利用した電子伝達系をへて、1モルあたり38モルのATPが合成される。

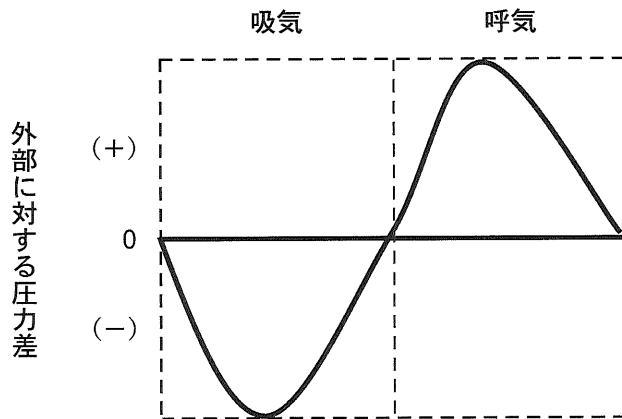
問 1 文中の A および B に適語を入れなさい。

問 2 下線部(1)に関し，実際には気管および気管支に存在し肺胞での拡散に関係しない気体があり，その量は 150 ml であることが知られている。肺胞における 1 分間あたりの実際の換気量を計算しなさい。

問 3 下線部(2)に関し，図 1 は正常呼吸時の肺胞内圧の時間的变化を示したものである。自発呼吸のない患者に対し，外部より強制的に空気を肺内に送る人工呼吸器を用いた時の胸腔内圧の時間的变化を，解答欄に図示しなさい。

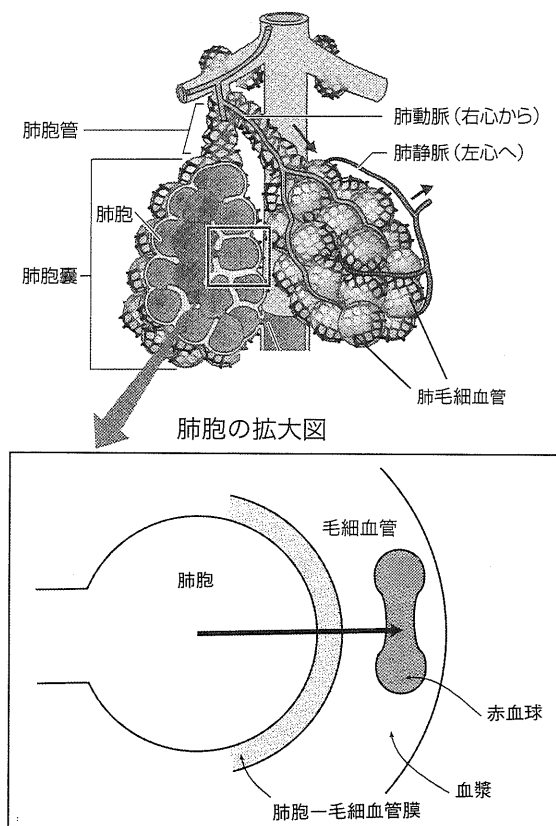
図 1

胸腔内圧の変化
(正常呼吸時)



問 4 図 2 は、肺胞部のつくりを示してある。下線部(3)に関し、どうして拡散が障害されているのかについて、図 2 を用いて 50 字程度で説明しなさい。

図 2



問 5 下線部(4)に関し、次のア～エについて正しい文章の場合には解答欄に○をつけ、間違っただ文章の場合には解答例のように間違っただ箇所を正しく直せ。

例 富士山の高さは 4776 m である。(誤) 4776 ——(正) 3776

ア. ヒトの血液量は、体重の約 13 分の 1 である。

イ. ヘモグロビンからの酸素供給量は、体温の低下により増加する。

ウ. 二酸化炭素は、赤血球の核内の酵素によって分解される。

エ. 血中二酸化炭素分圧が低くなると、pH は低下する。

問 6 蝶ヶ岳山頂で息苦しさを感じている患者さんや、これから蝶ヶ岳に登ろうとする人に対して有効な対策法として具体例を 2 つあげ、それぞれにその理由について簡単に答えなさい。