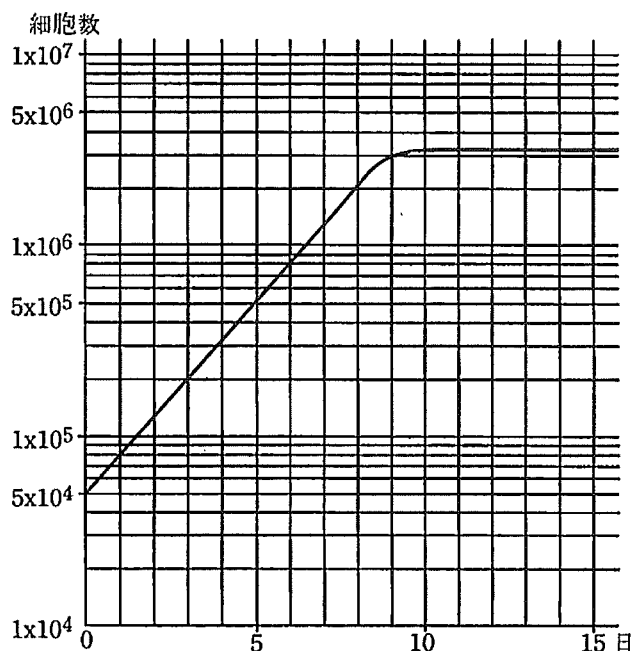




生 物

生物 問題 1

動物の体を構成している細胞の多くは生体外で培養することができる。培養した細胞は培養液中で生体内にある時と同じように増殖して組織を再構築することができる。ニワトリ胚からある上皮組織を取り出し、トリプシン処理により個々の細胞にばらばらにして、直径3cmの培養皿にまいて37℃で初代培養を行ったところ、すべての細胞が活発に分裂して細胞数を増やし、やがて培養皿の底が細胞でおおわれ、すき間がなくなると細胞は分裂を停止した。この時の細胞の状態は生体内の上皮組織とよく似ており、培養皿当たりの細胞数は約320万個であった。これらの細胞をトリプシン処理により、再びばらばらにして、約50,000個の細胞を直径3cmの培養皿にまいて37℃で継代培養を行ったところ、すべての細胞が活発に分裂して初代培養の時と同じように、培養皿の底が細胞で埋め尽くされ、すき間がなくなると細胞は分裂を停止した。右の図は継代培養における増殖曲線であり、縦軸は培養皿当たりの細胞数を、横軸は培養日数を示している。以下の各問に答えよ。



問1. 動物の細胞を培養するには無機塩類以外にもいろいろな成分を培養液に加えなければならない。次の(a)～(l)のうち、必ず加えなければならない成分を3つ選び、記号で答えよ。

- (a) クエン酸    (b) グルコース    (c) 乳酸    (d) グリコーゲン    (e) アミノ酸    (f) ADP  
(g) 脂肪酸    (h) ヌクレオチド    (i) ATP    (j) 活性酸素    (k) ビタミン    (l) デンプン

問2. 動物の上皮組織では細胞同士が互いに接着している。細胞を培養するときには組織をばらばらにすることが多く、この操作は解離と呼ばれている。組織の解離にはタンパク質を分解する消化酵素のトリプシンがよく使われるが、同じタンパク質分解酵素であるペプシンを使うことはない。組織の解離にペプシンを使わない理由を述べよ。

問3. この場合のように細胞を培養する時は大きな組織片のままではなく、組織を解離してから培養することが多い。細胞を培養する前に組織を解離するのはなぜか。主な理由を次の(ア)～(ク)より2つ選び記号で答えよ。

- (ア) 大きな組織片のまま培養すると、組織片が沈んでしまい浮遊状態で培養できないから  
(イ) 大きな組織片のまま培養すると、細胞が組織片の中を自由に動きまわれないから  
(ウ) 大きな組織片のまま培養すると、組織片から細胞が遊走することができないから  
(エ) 大きな組織片のまま培養すると、分裂する細胞と分裂しない細胞ができてしまうから  
(オ) 大きな組織片のまま培養すると、細胞が折り重なって重層化してしまうから  
(カ) 大きな組織片のまま培養すると、重さで下層の細胞が押しつぶされてしまうから  
(キ) 大きな組織片のまま培養すると、酸素や栄養素の不足する細胞ができるから  
(ク) 大きな組織片のまま培養すると、組織片が揺れて培養皿の底に接着できないから

問4. 図から判断して、この細胞の細胞周期（増殖周期）は何時間か。次の（ア）～（オ）より1つ選び、記号で答えよ。

- （ア）12時間      （イ）24時間      （ウ）36時間      （エ）48時間      （オ）60時間

問5. 図の培養で用いたのと同じ直径3cmの培養皿に、2倍の細胞数（約100,000個）をまいて継代培養を始めると、どのような増殖曲線になるか。予想される増殖曲線を解答欄のグラフ用紙に実線（—————）で描け。

問6. 図の培養で用いたよりも小型の直径1.5cmの培養皿に、この細胞を約25,000個まいて継代培養を始めると、どのような増殖曲線になるか。予想される増殖曲線を解答欄のグラフ用紙に点線（-----）で描け。

問7. 図の培養12日目における細胞の状態として正しいと思われるものはどれか。次の（ア）～（ケ）より2つ選び、記号で答えよ。

- （ア）一度、分裂を停止した細胞はどのような処理を施しても二度と分裂することはない
- （イ）死んで失われていく細胞と、分裂により新たに供給される細胞が均衡を保っている
- （ウ）細胞は核を失っているので二度と分裂することはないが、上皮組織は維持される
- （エ）一時的に分裂を停止しているが、トリプシンを用いて解離してやればまた分裂する
- （オ）細胞はDNAの複製を終えて、いつでも分裂に入れる状態で次の分裂に備えている
- （カ）細胞数の増加に伴って栄養分が不足するため、細胞は生きているが分裂はしない
- （キ）上皮組織の細胞は、細胞どうしは接着できるが、培養皿に接着することはできない
- （ク）細胞と細胞を接着している細胞間結合はタンパク質性の分子により構成されている
- （ケ）細胞と細胞が融合してシート状になっているために、トリプシンでは解離できない

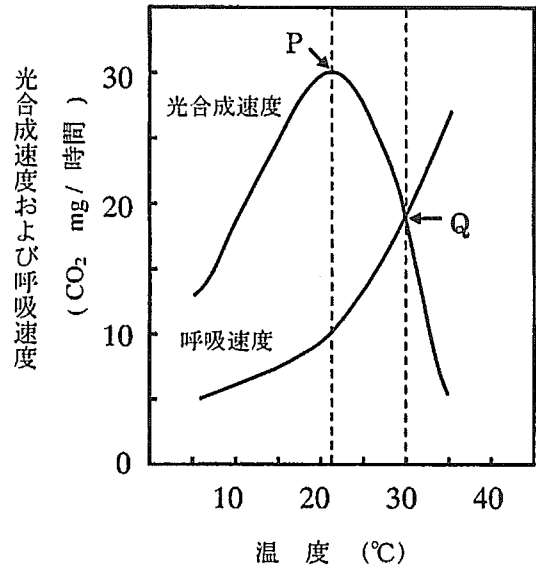
問8. 図の培養5日目に1,000個の細胞を調べたところ、前期の細胞が24個、中期の細胞が7個、後期の細胞が5個、終期の細胞が27個で、それ以外は間期の細胞であった。また、放射性同位元素<sup>3</sup>H（トリチウム）で標識したチミジン（DNAの構成成分の1つ）を培養液に加えて短時間培養し、直ちに細胞を固定して標識された細胞の数を調べたところ、17%の細胞に標識が見られた。次の（1）と（2）に答えよ。

- （1）この細胞がDNAの複製に要する時間は何時間か。答えは四捨五入により小数第一位まで求めよ。
- （2）この細胞が細胞分裂に要する時間は何時間か。答えは四捨五入により小数第一位まで求めよ。

### 生物 問題 II

同化と異化に関する次の【A】と【B】に答えよ。

【A】 緑色植物は光エネルギーを利用して光合成を行い、水と二酸化炭素から有機物を合成している。一方、動物と同じように呼吸を行い、有機物を分解して生命活動に必要なエネルギーを得ている。ある植物を密閉した透明な容器に入れ、光合成速度と温度の関係、呼吸速度と温度の関係を調べたところ、右の図に示すような結果が得られた。光合成速度は一定の光の強さのもとで二酸化炭素の吸収量から求めた。一方、呼吸速度は暗黒中で二酸化炭素の放出量から求めた。図の横軸は実験温度を、縦軸は光合成速度および呼吸速度を表している。ただし、この方法で求められる光合成速度は見かけの光合成速度であり、真の光合成速度ではない。以下の各問に答えよ。なお、原子量は  $C=12$ 、 $H=1$ 、 $O=16$  とし、答えは小数点以下を四捨五入せよ。



問1. (A) 光合成による二酸化炭素の吸収に直接関わっている反応系と、その反応が進行する部位を、(a)～(l)より3つ選び記号で答えよ。また、(B) 呼吸による二酸化炭素の放出に直接関わっている反応系と、その反応が進行する部位を、(a)～(l)より3つ選び記号で答えよ。

- |            |          |             |                 |
|------------|----------|-------------|-----------------|
| (a) クエン酸回路 | (b) 解糖系  | (c) 電子伝達系   | (d) カルビン・ベンソン回路 |
| (e) 光化学反応  | (f) 葉緑体  | (g) ミトコンドリア | (h) ストロマ        |
| (i) チラコイド  | (j) クリステ | (k) マトリックス  | (l) 細胞質基質       |

問2. この植物に一定の強さの光を照射して実験を行った。次の(ア)～(ク)から正しいと思うものをすべて選び出し、記号で答えよ。

- (ア) 真の光合成速度が最大になるのは図のP点の温度である
- (イ) 図のQ点の温度では、真の光合成速度と呼吸速度が等しい
- (ウ) ある温度以上になると真の光合成速度は一定になる
- (エ) 図のQ点の温度では、この植物の重量はほとんど変化しない
- (オ) この植物は温度が高いほど真の光合成速度が大きくなる
- (カ) この植物は図のQ点よりもP点の温度の方がよく成長する
- (キ) 真の光合成速度は図のP点とQ点の間の温度で最大になる
- (ク) 図のQ点の温度以下では、この植物の重量は徐々に減少する

問3. 見かけの光合成速度(X)、真の光合成速度(Y)、呼吸速度(Z)の関係をX、Y、Zを使って示せ。

問4. 図のP点の温度でこの植物に光を照射すると、1時間あたり何mgのグルコースが増加するか。

問5. この植物を図のP点の温度に保ち、12時間の明期と12時間の暗期のもとにおくと、この24時間に増加するグルコースの量は何mgになるか。

# 生

## 生 物

【B】 3種類の培養液（培養液①～培養液③）に6種類の微生物（A～F）を別々に入れて、それぞれ異なる条件下で培養したところ、下の1～5の実験結果が得られた。ただし、培養液①と②には窒素源として無機塩類の硫酸アンモニウムが含まれている。

培養液①： 無機塩類とグルコースを含む培養液

培養液②： グルコースを含まない無機塩類だけの培養液

培養液③： 窒素源を除く無機塩類とグルコースを含む培養液

### 実験結果

1. 培養液①にA～Fを別々に入れ、暗所に置いて、空気を遮（しゃ）断したところ、EとFだけが増殖した。Eの培養液は酸性を呈し、Fの培養液には気泡が発生していた。
2. 培養液②にA～Fを別々に入れ、明所に置いて、空気を供給したところ、AとBだけが増殖した。Aの培養液は緑色になり、Bの培養液は白色になっていた。
3. 培養液②にA～Fを別々に入れ、暗所に置いて、空気を供給したところ、Bのみが増殖した。
4. 培養液②に実験結果3のBを培養した使い古しの培養液②を加えてCを入れ、暗所に置いて、空気を供給したところCは増殖した。
5. 培養液③にA～Fを別々に入れて、明所に置いて、空気を供給したところ、Dのみが増殖した。

問1. 微生物A～Fの名称は何か。次の（ア）～（カ）より、それぞれ1つずつ選び、記号で答えよ。

（ア）乳酸菌      （イ）亜硝酸菌      （ウ）クロレラ      （エ）酵母菌      （オ）アゾトバクター      （カ）硝酸菌

問2. 実験結果から判断して、微生物A～Fはそれぞれどのような方法でエネルギーを獲得したと考えられるか。次の（ア）～（エ）より1つずつ選び、記号で答えよ。

（ア）無機物の酸化によりエネルギーを獲得した

（イ）好気性の呼吸によりエネルギーを獲得した

（ウ）クロロフィルまたはバクテリオクロロフィルにより光のエネルギーを獲得した

（エ）嫌気呼吸によりエネルギーを獲得した

問3. 実験結果から判断して、炭酸同化を行っていると思われる微生物をA～Fよりすべて選び出し、記号で答えよ。

### 生物 問題 III

遺伝形質の発現に関する次の【A】と【B】に答えよ。

【A】次の図1は電子顕微鏡写真をもとにした模式図で、大腸菌の遺伝情報が読み取られてタンパク質が合成されている様子を示している。ただし、合成された細いポリペプチド鎖は写真に現れていないため、模式図でも省略してある。次の間に答えよ。

問1. 大腸菌のように核のない生物を総称して何生物とよぶか。

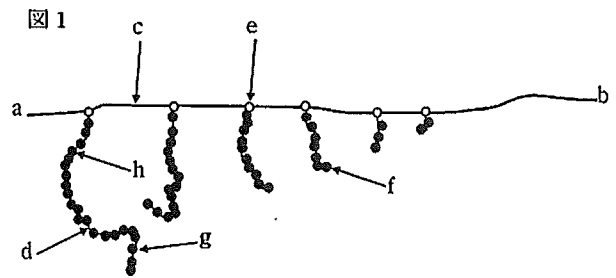
問2. 図1の線cと線dはそれぞれ何を示しているか。また粒子eと粒子fはそれぞれ何を示しているか。c~fの名称を記せ。

問3. アミノ酸を1つ結合して粒子fまで運ぶ役割をもつ核酸を何とよぶか。またその核酸上にある連続した3つのヌクレオチドで線dと相補的に結合する塩基配列のことを何とよぶか。

問4. 転写の進行方向は、a→bまたはb→aのどちらか。

問5. 合成された細いポリペプチド鎖の長さがもっとも長いのは、粒子f~hのうちどれか。

問6. ヒトの細胞の細胞質基質でタンパク質が合成されている様子を観察したところ、大腸菌とは異なり、図1のc~fのうちで観察できないものがあった。観察できないものとは何か、c~fの中からすべて選び記号で記せ。



【B】大腸菌のトリプトファン要求株を多数集め、これらの株がトリプトファン合成経路（下に示す）に属する物質で生育するかどうかを調べたところ5つのタイプ（A株~E株）に分けられた（表1）。表は大腸菌の株と、最小培地に添加した物質を示し、生育は+、生育不能は-で示した。なおCDRPとIGPは大腸菌の内部に浸透しないため実験に用いなかった。さらに表の右端の列は、大腸菌株をトリプトファンを含む液体培地で生育してから遠心分離して菌体を集め、その後、短時間最小培地に移したとき、菌内に蓄積された物質を示す。なお大腸菌内で、コリスミ酸とトリプトファンは、別の物質を合成する代謝経路にも利用されるので、大腸菌内に蓄積されることはない。次の間に答えよ。

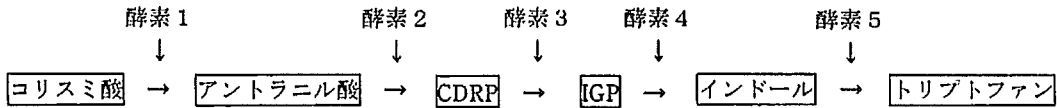


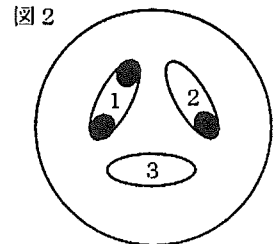
表1

株\添加物	添加物なし	アントラニル酸	インドール	トリプトファン	蓄積された物質
野生株	+	+	+	+	なし
A株	-	-	+	+	IGP
B株	-	-	-	+	インドール
C株	-	-	+	+	CDRP
D株	-	-	+	+	アントラニル酸
E株	-	+	+	+	なし

問1. A株~E株の大腸菌では、それぞれ酵素1~酵素5のうち、どの酵素の機能が失われているのか。数字で記せ。

問2. A株などの大腸菌を短時間最小培地に移すと、例えばIGPなどが菌内に蓄積する現象がみられるが、培地にトリプトファンを加えるとこの蓄積反応はすぐに停止する。このトリプトファンのように反応の結果である産物が、原因にさかのぼって作用するしくみを一般に何とよぶか。

問3. 最小培地に微量のトリプトファンを加えた寒天培地の丸いシャーレに、B株、D株、E株の大腸菌を図2の楕円1~3に示すようにそれぞれぬって生育させた。菌の生育は貧弱だが、図の黒ぬりで示す部分ではよく生育した。図2の楕円1~3は、それぞれB株、D株、E株の大腸菌のうちどれをぬったものか、記号で記せ。

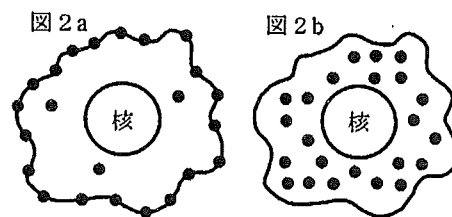
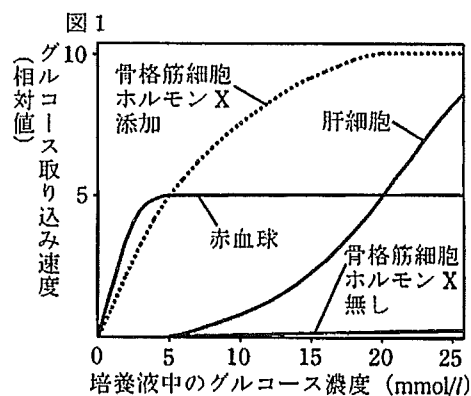


### 生物 問題 IV

血液中のグルコース濃度である血糖値は、正常範囲がヒトでは5~7.2mmol/l、マウスでは5~7mmol/l になるように調節されているが、これは糖質の摂取による消化管からのグルコース吸収と、グリコーゲンや脂肪の合成によるグルコース貯蔵の均衡によって維持されている。血糖値のホメオスタシスについて次の【A】と【B】に答えよ。

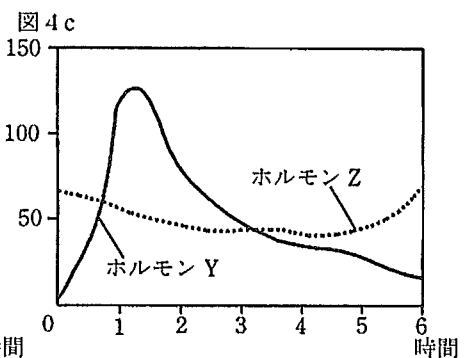
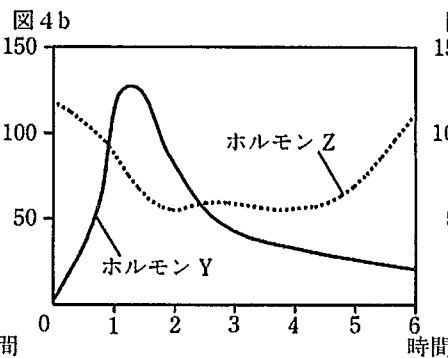
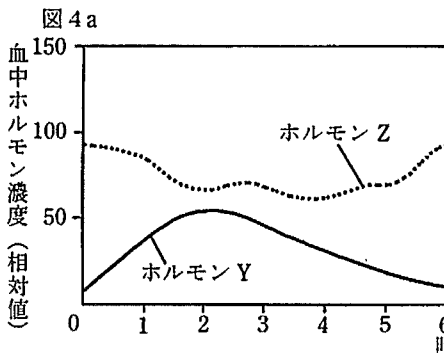
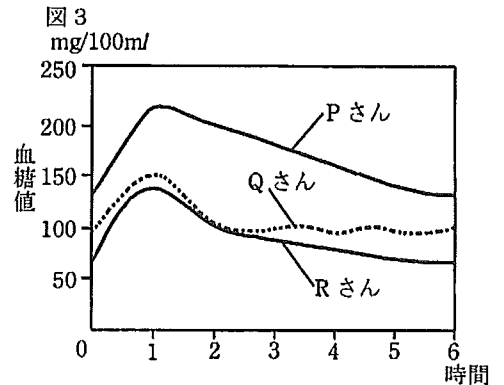
【A】グルコースの細胞内への取り込みは、数種類の GLUT (glucose transporter) と呼ばれる細胞膜を貫通する輸送タンパク質によっておこなわれている。マウスより赤血球、肝細胞、骨格筋細胞を単離し、これらの細胞を用いて、培養液中のグルコース濃度の違いに対して、細胞内へのグルコースの取り込み速度を測定した(図1)。培養液中に、すい臓のランゲルハンス島から分泌されるホルモン X を添加したときとしないときによって、赤血球と肝細胞ではグラフに変化はなかったが、骨格筋細胞では、ホルモン X の有無によって異なるグラフが得られた。また、GLUT タンパク質の細胞における局在を観察したところ、培養液中のホルモン X の有無によらず、赤血球と肝細胞では図2aのような分布であった(黒丸●は GLUT タンパク質を示す)。骨格筋細胞では、ホルモン X の添加によって図2aの分布を示し、ホルモン X が無いときは図2bの分布を示した。ただし、赤血球には GLUT 1、肝細胞には GLUT 2、骨格筋細胞には GLUT 4 が存在する。次の問に答えよ。

- 問1. マウスを一晩絶食させて血糖値を測定したところ5mmol/l であった。また、このマウスにグルコース溶液を投与したところ、血糖値が15mmol/l になった。このとき、絶食後とグルコース投与後のそれぞれの時点で、マウスの体内で活発にグルコースを取り込んでいる細胞はどれか。取り込み速度の速い順に、例えば、肝 > 赤 = 筋、などのように答えよ。
- 問2. ホルモン X と GLUT タンパク質の間には、どのような関係があると考えられるか。次の(ア)~(カ)の中から最も適切なものを2つ選び記号で記せ。



- 問3. すい臓のランゲルハンス島には、血糖値の変化を感知してホルモン X を分泌する細胞がある。この細胞は、ある GLUT タンパク質のはたらきでグルコースを取り込み、その代謝によって生じた ATP 濃度の上昇がきっかけとなって、ホルモン X を分泌する。この細胞について、どのようなことが考えられるか。次の(ア)~(キ)の中から最も適切なものを2つ選び記号で記せ。
- (ア) 細胞は GLUT 1 をもつ                      (イ) 細胞は GLUT 2 をもつ  
 (ウ) 細胞は GLUT 4 をもつ                      (エ) 細胞は GLUT 1 と GLUT 4 をもつ  
 (オ) 血糖値が正常範囲の場合、細胞はグルコースを活発に取り込む  
 (カ) 血糖値が正常範囲の場合、細胞はグルコースを血糖値に依存して取り込む  
 (キ) 血糖値が正常範囲の場合、細胞はグルコースをほとんど取り込まない

【B】3人のボランティア、Pさん、Qさん、Rさんに、空腹状態で一回、一定量のグルコース液を飲んでもらい（時間0とする）、その後の時間経過にともなう血糖値の変化を測定したところ、3人のグラフはそれぞれ異なっていた（図3）。また、同時に、すい臓のランゲルハンス島から分泌される2種類のホルモンである、ホルモンYとホルモンZの血液中の濃度の変化をそれぞれ測定したところ、3人のホルモンのグラフはそれぞれ図4a～図4cのいずれかになった。ただし、血糖値が200 mg/100mlを超えると、尿中にグルコースが排出される。以下の間に答えよ。



- 問1. すい臓のランゲルハンス島のB細胞の機能が低下していると考えられる人が1人いる。それはPさん、Qさん、Rさんのうち誰か、記号で記せ。また、この症状が進行した場合どのような病気になるか。病名を記せ。
- 問2. すい臓のランゲルハンス島から分泌されるホルモンYとホルモンZとは何か。それぞれの名称を記せ。
- 問3. PさんとRさんの、ホルモンYとホルモンZの血液中の濃度の変化のグラフは、それぞれ図4a～図4cのどれにあてはまるか。a～cの記号で記せ。また、その理由について、どのようなことが考えられるか。次の（ア）～（ク）の中から最も適切なものを2つ選び記号で記せ。
- （ア）3人の中で、PさんのホルモンYの濃度は、全般的に最も高い
  - （イ）3人の中で、PさんのホルモンYの濃度は、全般的に最も低い
  - （ウ）3人の中で、PさんのホルモンZの濃度は、時間経過にともなう変化が最も大きい
  - （エ）3人の中で、PさんのホルモンZの濃度は、全般的に最も低い
  - （オ）3人の中で、RさんのホルモンYの濃度は、時間経過にともなう変化が最も小さい
  - （カ）3人の中で、RさんのホルモンYの濃度は、全般的に最も低い
  - （キ）3人の中で、RさんのホルモンZの濃度は、全般的に最も高い
  - （ク）3人の中で、RさんのホルモンZの濃度は、全般的に最も低い
- 問4. 正常な人の腎臓では、原尿に含まれるグルコースのほとんどが細尿管で再吸収される。血糖値が120 mg/100mlの場合、細尿管では、何mg分のグルコースを再吸収しているのか。ただし、腎小体（マルピーギ小体）でのろ過速度は左右の腎臓を合わせて125ml/分とする。