

K_a 生物問題

注意

1. 試験開始の指示があるまでこの問題冊子を開いてはいけません。
2. 解答用紙はすべてHBの黒鉛筆またはHBの黒のシャープペンシルで記入することになっています。HBの黒鉛筆・消しゴムを忘れた人は監督に申し出てください。(万年筆・ボールペン・サインペンなどを使用してはいけません。)
3. この問題冊子は16ページまでとなっています。試験開始後、ただちにページ数を確認してください。なお、問題番号はI～IVとなっています。
4. 解答用紙にはすでに受験番号が記入されていますので、出席票の受験番号が、あなたの受験票の番号であるかどうかを確認し、出席票の氏名欄に氏名のみを記入してください。なお、出席票は切り離さないでください。
5. 解答は解答用紙の指定された解答欄に記入し、その他の部分には何も書いてはいけません。
6. 解答用紙を折り曲げたり、破ったり、傷つけたりしないように注意してください。
7. 計算には、この問題冊子の余白部分を使ってください。
8. この問題冊子は持ち帰ってください。

マーク・センス法についての注意

マーク・センス法とは、鉛筆でマークした部分を機械が直接よみとって採点する方法です。

1. マークは、下記の記入例のようにHBの黒鉛筆で枠の中をぬり残さず濃くぬりつぶしてください。
2. 1つのマーク欄には1つしかマークしてはいけません。
3. 訂正する場合は消しゴムでよく消し、消しきずはきれいに取り除いてください。

マーク記入例：

A	1	2	3	4	5
	○	○	●	○	○

 (3と解答する場合)

I . 下記の設問 1～10 それぞれの説明文 a～d について、その内容が正しいものを 1 つずつ選び、その記号を解答用紙の所定欄にマークせよ。

1. a. リンパ球には T 細胞, B 細胞, ナチュラルキラー細胞 (NK 細胞) などがあるが, T 細胞はひ臓で成熟し, B 細胞は胸腺で成熟する。
b. 多様なリンパ球がつくられる過程では自分自身の成分を異物として認識する細胞もつくられるが, このようなリンパ球は, 排除または働きが抑制される。
c. 個々の B 細胞は特定の抗原を認識して 1 種類の抗体しか産生しないが, 個々の T 細胞は複数の抗原を認識できる。
d. 獲得免疫では一度認識した抗原の情報を記憶する免疫記憶と呼ばれる仕組みがあり, 自然免疫にもこのしくみは存在する。

2. a. 腎小体は腎臓の皮質と髄質に広く分布して効率よく原尿をつくり, 水分などを再吸収して濃縮された尿は, 腎臓の中央に集められる。
b. 血圧によりボーマンのうに押し出された原尿には, グルコース, いろいろなイオン, タンパク質, アミノ酸などが含まれている。
c. ネフロンは, 糸球体とこれを包み囲むボーマンのう, これにつながる細長い細尿管からなり, 尿をつくる重要な構造単位となっている。
d. 原尿が細尿管を通過する間にグルコースやアミノ酸の再吸収が行われるが, 再吸収される水やイオンの量は体液の状態によらずに一定である。

3. a. ショウジョウバエの受精卵では, 最初に核分裂だけが進行して多核体になった後, 細胞膜が内部に入り込むようにして細胞が区切られて多細胞となる。
b. ショウジョウバエの卵では, 母性因子として卵の前端にナノス, 後端にピコイドの mRNA が局在し, 胚の前後軸形成が行われる。
c. ほとんどすべての動物はホックス遺伝子をもっているが, ショウジョウバエのアンテナペディア遺伝子に対応する遺伝子は脊椎動物には存在しない。
d. ホメオティック遺伝子群は胚の前後軸に沿って順番に発現するが, この順番は, 染色体上の遺伝子の位置とは関係しない。

4.
 - a. 屈筋反射や膝蓋腱反射は脊髄を中枢とする脊髄反射であるが、まぶしいときに瞳孔が小さくなる瞳孔反射は間脳を中枢とする反射である。
 - b. 筋収縮では、筋小胞体から放出されるカリウムイオンのためトロポミオシンの構造が変化し、ミオシン頭部がアクチンフィラメントと結合し滑走できるようになる。
 - c. 横紋筋の収縮時には、Z膜に結合したアクチンフィラメントがミオシンフィラメントに滑り込むが、サルコメアの長さは変わらない。
 - d. 神経には複数のニューロンが含まれ、個々のニューロンが興奮する閾値は異なるため、刺激の強さは、興奮したニューロンの数に置き換えられて中枢へ伝えられる。

5.
 - a. あるタンパク質に正しい構造を形成させるためにはたらくタンパク質をシャペロンと呼ぶ。
 - b. タンパク質のポリペプチドは部分的にらせん状 (α ヘリックス) やジグザグ状 (β シート) などの特徴的な立体構造をとる。このような部分的な立体構造を三次構造という。
 - c. ヒトのタンパク質は大腸菌で働かないので、ヒトのタンパク質を大腸菌内で生産することはできない。
 - d. 酵素反応におけるアロステリック阻害とは競争的阻害の一例である。

6.
 - a. DNA複製のときに必要なプライマーはリーディング鎖でもラギング鎖でもそれぞれ複製開始時に必要な1つずつである。
 - b. 真核生物の遺伝子は、アミノ酸配列の情報をもつイントロンとそれ以外の部分 (エキソン) から構成される。
 - c. DNAから転写されてできるRNAはmRNAだけである。
 - d. 大腸菌では、転写途中のmRNAにリボソームが付着して翻訳が起こる。

7. a. mRNA はタンパク質のアミノ酸配列の情報をもつので、5' 末端から 3' 末端までのすべての配列情報が翻訳される。
- b. ある制限酵素が認識する 6 塩基からなる特定の塩基配列はランダムな塩基配列をもつ DNA 上では 4,096 塩基に 1 回の頻度で現れる。
- c. 病原性のある S 型細菌からの抽出物を病原性のない R 型細菌と混ぜ合わせたところ、R 型が S 型に変わった。この現象から DNA が遺伝物質であると結論できる。
- d. ヒトの細胞では DNA 複製を細胞周期あたり 1 回だけ起こすために、核染色体あたりの複製開始点の数は 1 つずつにして、間違っって複数回の複製が開始しないように厳密に制御している。
8. a. G_1 期では細胞あたりの核内 DNA 量に変化は見られない。
- b. 動物細胞では細胞周期をつうじて核膜は安定に存在する。
- c. DNA は間期では凝縮した染色体として観察される。
- d. 1 本の染色体上にある遺伝子は必ず揃って配偶子に入る。
9. a. 共進化は相利共生の関係にある生物間だけで起こる。
- b. 個体群密度は低ければ低いほど動物の繁殖に有利である。
- c. 生物が生息する環境によって有利な形態や生態は異なるため、環境の異なる地域間では異なる進化が起こる。
- d. 同種の個体群内では自己の生存や繁殖に不利益になる場合には、他個体の生存や繁殖を手助けすることはない。
10. 十分に大きい個体数からなり、任意に交配が行われる閉じられた集団が持つ対立遺伝子を A と a とし、その集団内に表現型が A となる個体が 96 匹、a となる個体が 4 匹含まれるとする。A は a に対して優性であり、A と a の遺伝子頻度をそれぞれ p, q とする。突然変異が起こらず、A と a に自然選択がはたらかない場合、
- a. このような集団では進化が加速度的に起こりやすい。
- b. このような集団では世代を重ねると遺伝子頻度が変化する。
- c. p と q はそれぞれ 0.96 と 0.04 である。
- d. p と q はそれぞれ 0.8 と 0.2 である。

Ⅱ. 次の文を読み、下記の設問1～6に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

生物は細胞から構成されている。図1および図2は、一般的な動物細胞または植物細胞を構成する成分の質量比を示している。細胞を構成する成分のうち（イ）が最も多く、細胞の質量の70%近くを占める。その他には、（ロ）、（ハ）、炭水化物などが含まれる。

動物細胞や植物細胞は＜あ＞細胞と呼ばれ、＜い＞細胞と明確に異なる。＜あ＞細胞は、DNAが核の中に存在するが、＜い＞細胞は核を持たずDNAが細胞質基質に存在する。また、＜あ＞細胞の細胞質基質にはミトコンドリアなどの特殊な機能をもつ細胞小器官が存在する。

ミトコンドリアは、呼吸の過程において重要な役割を果たす。すなわち、解糖系によってつくられたピルビン酸を使って、ミトコンドリアでのクエン酸回路、電子伝達系により、ATPが合成される。グルコース1分子あたり解糖系では差し引き＜う＞分子のATPが合成される。解糖系での反応は＜え＞を必要としない。解糖系で合成されたピルビン酸はミトコンドリア内に入り、二酸化炭素を奪われた後、オキサロ酢酸と結合し、クエン酸になる。その後、数段階の反応により、再びオキサロ酢酸がえられる。クエン酸をつくるために使われたオキサロ酢酸が、クエン酸から再びつくられるので、一連の反応はクエン酸回路と呼ばれる。解糖系で使われるグルコース1分子を出発点として、クエン酸回路では＜お＞分子のATPが合成されることになる。＜か＞は解糖系とクエン酸回路の両方で生じる還元型の補酵素で、＜き＞はクエン酸回路で生じる還元型の補酵素である。これらによって水素が内膜に運ばれ、 H^+ と電子に分かれる。電子は、電子伝達系を構成するタンパク質に次々と受け渡され、最終的には＜え＞を還元し、＜く＞を生じる。このとき、 H^+ はミトコンドリアのマトリックスから内膜の外へ運ばれる。その結果、ミトコンドリアの内膜をはさんで H^+ の濃度勾配が生じ、 H^+ は内膜のATP合成酵素を介してマトリックスに流入する。このエネルギーを利用することにより、ATPが合成される。グルコース1分子を出発点とすると、電子伝達系では最大34分子のATPが合成されると見積もられている。

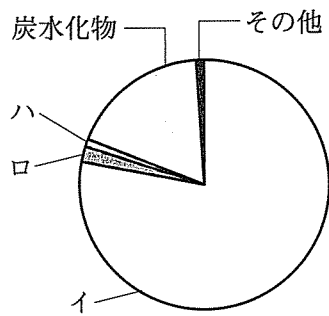


図 1

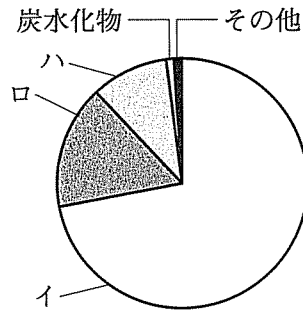


図 2

1. 文中の空所(イ)～(ハ)それぞれにあてはまる語句の組み合わせとして正しいものを、次の a～h から 1 つ選び、その記号をマークせよ。ただし、文中の空所(イ)～(ハ)は、図 1・2 中のイ～ハと同じである。

- | | | |
|------------|---------|---------|
| a. イ：タンパク質 | ロ：核酸 | ハ：脂質 |
| b. イ：水 | ロ：タンパク質 | ハ：脂質 |
| c. イ：タンパク質 | ロ：水 | ハ：核酸 |
| d. イ：水 | ロ：脂質 | ハ：核酸 |
| e. イ：タンパク質 | ロ：水 | ハ：脂質 |
| f. イ：水 | ロ：核酸 | ハ：タンパク質 |
| g. イ：タンパク質 | ロ：脂質 | ハ：核酸 |
| h. イ：水 | ロ：核酸 | ハ：脂質 |

2. 文中の空所〈あ〉～〈く〉それぞれにあてはまるもっとも適切な語句または数字をしるせ。

3. 動物細胞と植物細胞では、細胞を構成する成分のうち、炭水化物の割合が大きく異なっているのはなぜか。考えられる理由のうちもっとも適切と思われるものを 1 行でしるせ。

4. 細胞には核をもたないものもある。ヒトの成熟した赤血球、好中球、血小板、樹状細胞のうち、核をもたないものはどれか。あてはまるものをすべてしるせ。

5. 細胞のような微細なものを観察するためには顕微鏡が必要である。光学顕微鏡とマイクロメーターの目盛りから、試料の大きさを知ることができる。対物マイクロメーターの1目盛りは $10\mu\text{m}$ であり、それを利用して接眼マイクロメーターの1目盛りの長さを求めることができる。次の問 i・ii に答えよ。

- i. 対物レンズが n 倍の顕微鏡を用いて、接眼マイクロメーターと対物マイクロメーターが図3のように見えたとき、接眼マイクロメーター1目盛りの長さは何 μm か、その数値をしるせ。
- ii. 同じ接眼マイクロメーターを使い、対物レンズを $n \times 20$ 倍にすると、接眼マイクロメーター1目盛りの長さは何倍になるか、整数または分数でしるせ。

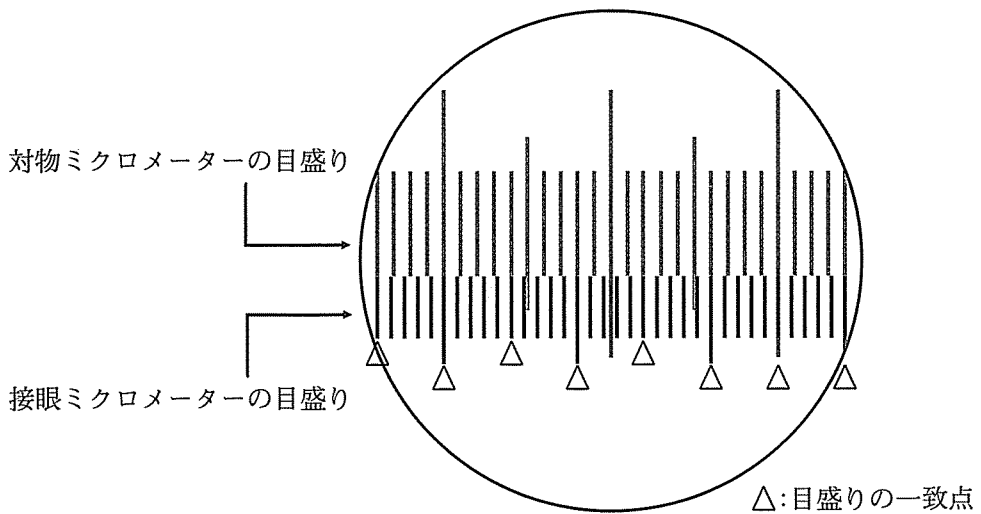


図3

6. ある酵母は、酸素があっても、呼吸に加えてアルコール発酵も行う。この酸素濃度の条件下でグルコースを含む培地でこの酵母を培養したところ、 0.96g の酸素が消費され、 3.08g の二酸化炭素が発生したとする。このとき、グルコースは何 g 消費されたかを計算し、有効数字2桁でしるせ。ただし、基質はグルコースのみとする。なお、分子量は次の値を用いよ。酸素： 32 、二酸化炭素： 44 、水： 18 、グルコース： 180

Ⅲ. ヒトの血糖に関する次の文を読み、下記の設問1～7に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

血液中のグルコースの濃度は血糖値と呼ばれる。激しい運動などによる血糖値の低下は、間脳の(イ)で感知される。¹⁾この情報は、(ロ)神経を介して副腎髄質へ伝えられ、アドレナリンの分泌を促進する。また、低血糖の血液による刺激などによって、すい臓のランゲルハンス島にある(ハ)細胞からは(ニ)が分泌される。間脳の(イ)は、(ホ)を刺激して副腎皮質刺激ホルモンを分泌させる。その結果、副腎皮質から糖質コルチコイドが分泌される。これらのホルモンはいずれも、血糖値の上昇を引き起こす。

食後、小腸で吸収されたグルコースやアミノ酸などは²⁾肝臓を経由して全身に運ばれる。食事などによって血糖値が上昇すると、間脳の(イ)がこれを感知し、(ヘ)神経を通じてすい臓のランゲルハンス島にある(ト)細胞を刺激する。また、ランゲルハンス島の(ト)細胞は、血糖値の上昇を直接感知する。これらの刺激によって(ト)細胞からはインスリンが分泌され、血糖値が低下する。

血糖値を下げるしくみが働かないと、常に高い血糖値になる。この様な症状の病気を⁵⁾糖尿病という。糖尿病の患者では血糖値が高いため、腎臓におけるグルコースの再吸収が間⁶⁾に合わず、グルコースが尿中に排出されることがある。

- 文中の空所(イ)～(ト)それぞれにあてはまるもっとも適切な語句をしるせ。
- 文中の下線部1)に示す血糖値は、アドレナリンと糖質コルチコイドのどちらの働きによっても上昇する。両者の働きを比較し、血糖値を上昇させるしくみの違いを2行でしるせ。
- 文中の下線部2)に示すホルモンについて、次の問i～iiiに答えよ。
 - ホルモンは内分泌腺から血液中に分泌され、血流を介して特定の器官や組織に作用する。ホルモンが作用する器官は一般的に何と呼ばれるか、その名称をしるせ。
 - 内分泌系による制御では、ホルモンの分泌量を調節することにより、体内環境の調節を行う。ホルモン作用により生じた代謝産物や生理応答が前の段階に戻ってホルモンの分泌量を調節するしくみは何と呼ばれるか、その名称をしるせ。

iii. 腎臓の集合管において、水の再吸収を促進する働きをもつホルモンおよびそのホルモンを分泌する内分泌腺は何と呼ばれるか、その名称をしるせ。

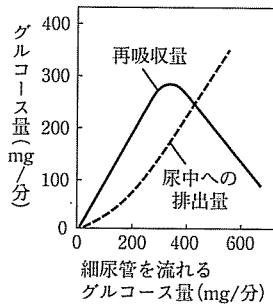
4. 文中の下線部 3) に示す肝臓について、次の問 i ~ iv に答えよ。

- i. 小腸で吸収されたグルコースやアミノ酸などを含む血液を肝臓に送る血管は何と呼ばれるか、その名称をしるせ。
- ii. 肝臓を構成する角柱形をした機能的単位は何と呼ばれるか、その名称をしるせ。
- iii. 血しょう中には、血液成分の調節や運搬に関わる複数の種類のタンパク質が含まれている。これらの中から、肝臓で合成される代表的なタンパク質の名称を1つしるせ。
- iv. 肝臓でビリルビンなどからつくられた胆汁は、いったん胆のうへ蓄えられた後、胆管を通過して消化管へ放出される。胆管がつながる消化管の部分は何かと呼ばれるか、その名称をしるせ。

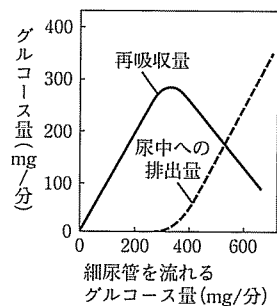
5. 文中の下線部 4) に示すインスリンが血糖値を下げるしくみを1行でしるせ。

6. 文中の下線部 5) に示す糖尿病の患者では、血糖値が上昇して腎臓におけるグルコースの再吸収が間に合わない場合に、尿中へグルコースが排出されるようになる。細尿管を流れるグルコース量と再吸収されるグルコース量および尿中へ排出されるグルコース量の関係を示した図として正しいものを、次の a ~ d から1つ選び、その記号をマークせよ。

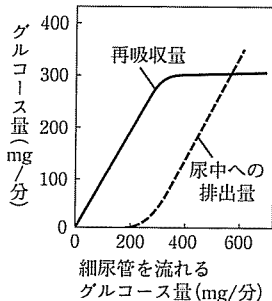
a.



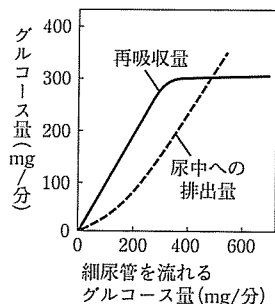
b.



c.



d.



7. 文中の下線部 6) の腎臓におけるグルコースの再吸収について調べた結果が次の表にまとめられている。この検査では、ある成人の血しょう中および尿中に含まれるグルコース、尿素、イヌリンの濃度を測定している。この時、イヌリンは糸球体でろ過されるが再吸収されない物質として使用されており、この人は1時間で80 mLの尿を生成していた。この結果について、次の問 i ~ iii に答えよ。

i. 1時間で作られた原尿量は何 mL になるか、整数でしるせ。

ii. 1時間で再吸収された尿素は、こし出された尿素の何%になるか、小数点第2位を四捨五入して、小数点第1位までしるせ。

成分	血しょう (mg/mL)	尿 (mg/mL)
グルコース	2.5	50
尿素	0.3	18.0
イヌリン	0.1	11.0

iii. 1日で再吸収されたグルコース量は何 g になるか、整数でしるせ。

IV. 次の文を読み、下記の設問1～7に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしろ。

ある環状プラスミド上に存在する2つの遺伝子XとYの位置、向きおよび制限酵素A, B, Cの切断部位を決めるために以下の実験を行った。

【実験1】 プラスミドを制限酵素A, B, Cの様々な組み合わせで切断した。その後、電気泳動によりDNA断片を分離した。その結果は表1のようになった。

【実験2】 遺伝子Xのそれぞれ5'末端側, 3'末端側から増幅するためのプライマーX1, X2および遺伝子Yのそれぞれ5'末端側, 3'末端側から増幅するためのプライマーY1, Y2を様々な組み合わせで用いて, PCRを行った。PCRは(1) 95℃で保温, (2) 60℃で保温, (3) 72℃で保温, という(1)から(3)の反応を30回繰り返すことによって行った。その後、電気泳動によりPCR産物を分離した。その結果は表2のようになった。

【実験3】 実験2で得られたPCR産物を制限酵素A, B, Cのいずれかで切断した。その後、電気泳動によりDNA断片を分離した。その結果は表3のようになった。

ただし、制限酵素A, B, Cはそれぞれ異なる塩基配列を認識し、切れ残ったDNAはないものとする。

1. PCRで使われるDNAを合成する酵素がもつDNA合成能以外の特徴を1行で述べよ。
2. 細胞内でDNAが複製されるときにはあるタンパク質によって二重らせんがほどかれる。一方、PCRではこのタンパク質を加える必要はない。このタンパク質の名称をしるせ。
3. PCRのうち、60℃で保温するとき、どのような反応が起こっているかを1行でしるせ。
4. 【実験2】で(1)から(3)の反応を10回終えた段階で、DNAは理論上何倍に増幅されているかを整数でしるせ。

5. 実験から2つの遺伝子XとYは、逆向きに配置していることがわかった。どのような実験結果から逆向きに配置されていると結論づけることができたのか、その具体的な理由を1行でしるせ。ただし、2つの遺伝子が同じ向きとは2つの遺伝子が2本鎖DNAのうち同じ鎖に指定されていること、2つの遺伝子が逆向きとは2つの遺伝子がそれぞれ異なる鎖に指定されていることをいう。
6. このプラスミドに含まれる遺伝子Xと遺伝子Y以外の領域の長さ（キロ塩基対）をすべて答えよ。答えは、整数または小数でしるせ。
7. 次のa～fのうち、記述内容が正しいものをすべて選び、その記号をしるせ。
- 制限酵素Aが認識する塩基配列は遺伝子Xと遺伝子Yの内部にそれぞれ1カ所ずつある。
 - 制限酵素Aが認識する塩基配列は遺伝子Xと遺伝子Yの間の領域のうち、遺伝子Xの5'末端から200塩基対離れたところにある。
 - 制限酵素Bが認識する塩基配列は遺伝子Xの外部にあり、遺伝子Xの3'末端から200塩基対離れたところにある。
 - 制限酵素Bが認識する塩基配列は遺伝子Yには存在しない。
 - 制限酵素Cが認識する塩基配列は遺伝子Yの内部にあり、遺伝子Yの5'末端から500塩基対離れたところにある。
 - 制限酵素Cが認識する塩基配列は遺伝子Xと遺伝子Yの間の領域のうち、遺伝子Xの3'末端から300塩基対離れたところにある。

表 1

用いた制限酵素	電気泳動により分離された DNA 断片の大きさ (キロ塩基対)		
A	3.5	1.5	
B	5.0		
C	5.0		
A と B	3.5	1.0	0.5
B と C	2.8	2.2	
A と C	1.8	1.7	1.5

表 2

PCR に用いた プライマー	電気泳動により分離された DNA 断片の大きさ (キロ塩基対)
X1 と X2	1.0
Y1 と Y2	1.5
X1 と Y1	3.5
X2 と Y2	4.0
X1 と Y2	DNA は検出されなかった (PCR で増幅されなかった)
X2 と Y1	DNA は検出されなかった (PCR で増幅されなかった)

表 3

PCR に用いたプライマー	用いた制限酵素	電気泳動により分離された DNA 断片の大きさ (キロ塩基対)	
X1 と X2	A	1.0	
	B	0.8	0.2
	C	1.0	
Y1 と Y2	A	1.5	
	B	1.5	
	C	1.0	0.5
X1 と Y1	A	2.2	1.3
	B	2.7	0.8
	C	3.0	0.5
X2 と Y2	A	2.8	1.2
	B	3.8	0.2
	C	3.0	1.0

【以下余白】

