

平成 25 年度 日本医科大学入学試験問題

[理 科]

| | |
|------|--|
| 受験番号 | |
|------|--|

注 意 事 項

1. 指示があるまで問題用紙は開かないこと。
2. 受験科目はあらかじめ受験票に記載された 2 科目とし、変更は認めない。
3. 問題用紙および解答用紙配布後、監督者の指示に従い、配布枚数の確認を行うこと。
(表紙を除き、問題冊子 25 ページ、うち 2 ページは計算用紙、解答用紙 物理 1 枚、化学 1 枚、
生物 1 枚)
落丁、乱丁、印刷の不鮮明の箇所があったら、手を挙げて監督者に知らせること。
4. 解答時間は 14 時 10 分から 16 時 10 分までの 120 分。
解答が終わってもまたは試験を放棄する場合でも、試験終了までは退場できない。
5. 机の上には、受験票と筆記用具および時計（計時機能のみ）以外は置かないこと。
6. 筆記用具は鉛筆、シャープペンシル、消しゴムのみとする。
(コンパス、定規等は使用できない。)
7. 止むを得ず下敷を使用する場合は、監督者の許可を得ること。
8. 解答はすべて解答用紙の所定の解答欄に記入すること。欄外には何も書かないこと。
9. この問題用紙の余白および計算用紙は草稿や計算に自由に用いてよい。
10. 耳栓の使用はできない。
11. 携帯電話等の電源は必ず切り、鞆の中にしてしまうこと。
12. 質問、用便、中途退室など用件のある場合は、無言のまま手を挙げて監督者の指示に従うこと。
13. 受験中不正行為があった場合は、試験の一切を無効とし、試験終了時間まで別室で待機を命じる。
14. 退室時は、試験問題および解答用紙を裏返しにすること。

生 物

【I】 動物の発生に関する下記の文章を読み、各問いに答えなさい。

脊椎動物の胚を構成する細胞群は、 期に、外胚葉、中胚葉、内胚葉の3つの胚葉に分けられるようになる。その後、これらの胚葉をもとに、目や皮膚などの器官が形成されるが、その過程ではさまざまな形づくりのしくみがはたらいっている。ニワトリ胚の皮膚を構成する表皮は、真皮からの誘導作用を受けながら、^{つばき}翼では羽毛型ケラチンを、あしではうろこ型ケラチンをつくるように分化する。この分化の過程ではたらく誘導のしくみについて調べるために、以下の各実験を行った。ただし通常、細胞が分化しても核内の遺伝子は変化せず、分化にともなって①多くの遺伝子の中から、特定の遺伝子だけが発現されるようになると考えられている。

【実験I】

受精後5日目から12日目までのニワトリ胚(5~12日胚)から、将来翼になる部分Wの皮膚と、将来あしになる部分Lの皮膚を切り出した。それぞれの皮膚の表皮を真皮から分離し、いろいろな組み合わせで表皮と真皮を再び結合させた。このようにしてつくった皮膚(再結合皮膚)を、培養液Mの中で37°Cに保って培養した。培養前の表皮はいずれも未分化で、ケラチンをつくっていなかった。2週間後、表皮が何に分化したのかを判定するために、分化した表皮がつくるようになったケラチンの型を調べた。その実験結果の一部を、下表に示す。これらの結果から、 の真皮が、表皮のうろこへの分化を誘導するはたらきをもつと考えられた。

表 ニワトリ胚の再結合皮膚における表皮の分化

| 再結合皮膚の番号 | 表皮が由来する部分 | 真皮が由来する部分 | 分化した表皮がもつケラチンの型 |
|----------|-----------|-----------|-----------------|
| 1 | 5日胚のW | 5日胚のW | 羽毛 |
| 2 | 5日胚のW | 5日胚のL | 羽毛 |
| 3 | 5日胚のW | 9日胚のL | 羽毛 |
| 4 | 5日胚のW | 12日胚のL | うろこ |
| 5 | 5日胚のL | 12日胚のL | うろこ |
| 6 | 7日胚のW | 12日胚のL | うろこ |
| 7 | 9日胚のW | 12日胚のL | 羽毛 |
| 8 | 9日胚のL | 12日胚のL | うろこ |

【 実験 II 】

い の真皮のみで合成され、それ以外の皮膚の部分では合成されないタンパク質を探したところ、②タンパク質 P とタンパク質 Q の 2 種類のタンパク質が見つかった。そこで、5 日胚の W から取り出した表皮をコラーゲンでつくったゲルの上へのせ、タンパク質 P を充分量加えた培養液 M の中で 37°C に保って培養した。2 週間後、表皮はうろこ型のケラチンをつくるように分化した。これに対し、タンパク質 P の代わりにタンパク質 Q を培養液 M に加えて同様の培養を行った場合には、5 日胚の W から取り出した表皮は羽毛型のケラチンをつくるように分化した。

問 1 あ にあてはまる語句を以下の A 群より、い にあてはまる語句を以下の B 群より、それぞれ 1 つずつ選び、記号で答えなさい。

A 群：(ア) 桑実胚 (イ) 胞胚 (ウ) 原腸胚 (エ) 神経胚 (オ) 尾芽胚

B 群：(ア) 5 日胚の W (イ) 5 日胚の L (ウ) 9 日胚の L (エ) 12 日胚の L

問 2 真皮は、表皮とともに皮膚を構成している。(1)真皮はどの組織に分類されるか。以下の A 群より 1 つ選び、記号で答えなさい。(2)真皮と同じ組織に分類され、かつ同じ胚葉から形成されるものを、以下の B 群よりすべて選び、記号で答えなさい。

A 群：(ア) 上皮組織 (イ) 結合組織 (ウ) 筋組織 (エ) 神経組織

B 群：(ア) 胃の結合組織 (イ) 角膜 (ウ) 血液 (エ) 骨格筋
(オ) すい臓の上皮 (カ) 脊髄 (キ) 脊椎の骨 (ク) 網膜

問 3 下線部①のような遺伝子の発現を、何的遺伝子発現というか。()内に漢字 2 文字を入れて答えなさい。また、細胞が分化しても核内の遺伝子が増えないことを示す根拠となるものを、以下の(ア)～(カ)より 2 つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) メンデルが行った、エンドウの交配実験の結果
- (イ) ガードンが行った、アフリカツメガエルの核移植実験の結果
- (ウ) モーガンらで作成した、キイロショウジョウバエの染色体地図
- (エ) シュペーマンが行った、イモリ神経胚原基間の交換移植実験の結果
- (オ) ウィルムットらによりドリーと名づけられた、クローンヒツジの誕生
- (カ) フォークトが局所生体染色法を使って作成した、イモリ胚の原基分布図

問4 表皮がうろこへと分化する過程で起こる誘導について、以下の(1)と(2)の結論を導いた。実験Ⅰの結果から、結論が正しいと判断される場合には○を、誤りと判断される場合には×を、それぞれ()内につけなさい。また、その根拠は表中の何番と何番の再結合皮膚の実験結果を比較することにより得られるか。以下の(ア)～(シ)より、最も適切なものをそれぞれ2つずつ選び、記号で答えなさい。

- (1) 将来あしになる部分の真皮では、発生が進むと、表皮をうろこへと誘導する力が弱くなる。
 (2) 将来翼になる部分の表皮では、発生が進むと、真皮からの誘導を受けてうろこへと分化する力が弱くなる。

- | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| (ア) 1番と2番 | (イ) 1番と4番 | (ウ) 2番と3番 | (エ) 2番と4番 |
| (オ) 3番と4番 | (カ) 4番と5番 | (キ) 4番と6番 | (ク) 4番と7番 |
| (ケ) 5番と6番 | (コ) 5番と7番 | (サ) 6番と7番 | (シ) 7番と8番 |

問5 実験Ⅱで用いたタンパク質Pは、細胞膜にある受容体に結合してはたらくものとする。実験Ⅰと実験Ⅱの結果から、タンパク質Pの受容体をもたないと予想される表皮はどれか。以下の(ア)～(オ)より1つ選び、記号で答えなさい。

- | | | |
|-----------|-----------|-----------|
| (ア) 5日胚のW | (イ) 5日胚のL | (ウ) 7日胚のW |
| (エ) 9日胚のW | (オ) 9日胚のL | |

問6 下線部②のいずれか1種類のタンパク質は、ホメオティック遺伝子からつくられていた。(1)ホメオティック遺伝子からつくられるタンパク質はどちらか。()内にアルファベットを入れて答えなさい。(2)このタンパク質は、いの正常な発生過程ではどこに結合してはたらくのか。以下の(ア)～(ク)より最も適切なものを1つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) 表皮細胞の細胞膜にある受容体
 (イ) 真皮細胞の細胞膜にある受容体
 (ウ) 表皮細胞の核にあるDNAの特定の塩基配列
 (エ) 真皮細胞の核にあるDNAの特定の塩基配列
 (オ) 表皮細胞の核にあるRNAの特定の塩基配列
 (カ) 真皮細胞の核にあるRNAの特定の塩基配列
 (キ) 表皮細胞の細胞質にあるタンパク質の特定のアミノ酸配列
 (ク) 真皮細胞の細胞質にあるタンパク質の特定のアミノ酸配列

問7 動物の生体内において、細胞外に分泌され、細胞膜にある受容体に結合してはたらく物質はどれか。以下の(ア)～(カ)よりあてはまるものを2つ選び、記号で答えなさい。

- | | | |
|--------------|------------|-----------|
| (ア) アセチルコリン | (イ) アミラーゼ | (ウ) インスリン |
| (エ) エクジステロイド | (オ) エストロゲン | (カ) ヒストン |

問8 以下の(ア)～(カ)のうち、ニワトリの翼に相同な器官および相似な器官はどれか。最も適切なものをそれぞれ1つずつ選び、記号で答えなさい。

- | | | |
|-------------|------------|------------|
| (ア) クジラの胸びれ | (イ) クラゲの触手 | (ウ) サメの背びれ |
| (エ) ハエのはね | (オ) バッタのあし | (カ) ヒトのあし |

[II] タンパク質に関する下記の文章を読み、各問いに答えなさい。

タンパク質は、アミノ酸が鎖状に長くつながった分子であり、このアミノ酸の配列が折りたたまれて立体構造が形成される。タンパク質の立体構造は、機能と密接に関係している。この立体構造が変化することを、タンパク質の **あ** という。また、**あ** によって、酵素がそのはたらきを失うことを **い** という。

酵素の中には、ペプシンのように細胞外に分泌されてはたらくものや、細胞内のリソソームのような特定の場所ではたらくものがある。細菌やウイルスなどの異物が動物の体内に侵入してマクロファージに取り込まれると、①異物はリソソームに運ばれて、その中に含まれている酵素により処理される。

問1 **あ** と **い** にあてはまる語句を、それぞれ漢字2文字で答えなさい。

問2 タンパク質の立体構造の一つである「らせん構造」は、タンパク質の何次構造に含まれるか。()内に漢数字を入れて答えなさい。また、アミノ酸の配列が「らせん構造」を形成するために必要な結合を、以下の(ア)～(エ)よりすべて選び、記号で答えなさい。

- (ア) エステル結合
- (イ) 高エネルギーリン酸結合
- (ウ) 水素結合(水素を介した弱い結合)
- (エ) ペプチド結合

問3 ペプシンの基質となりうるものを、以下の(ア)～(ク)よりすべて選び、記号で答えなさい。

- (ア) DNA ポリメラーゼ (イ) RNA (ウ) アクチン (エ) グリコーゲン
- (オ) クロロフィル (カ) 脂肪 (キ) セルロース (ク) ヘモグロビン

問4 ペプシンを十二指腸の腸管の中ではたらかせた場合、胃液中に比べてペプシンの活性はどのようになるか。以下の(ア)～(ウ)より1つ選び、記号で答えなさい。また、その理由も説明しなさい。

- (ア) 高くなる (イ) 同じままである (ウ) 低くなる

問5 ヒトの正常な食物消化の過程において、十二指腸に運ばれてはたらくタンパク質分解酵素の名称と、それをつくる器官の名称を、それぞれ答えなさい。

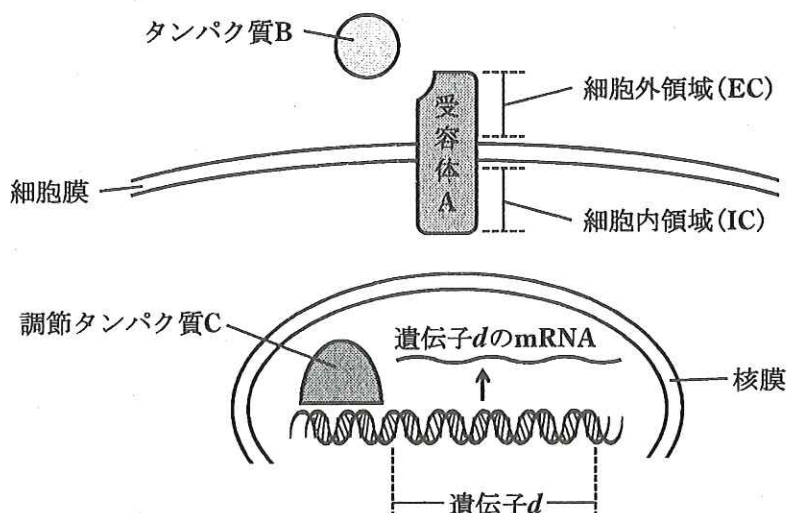
問6 下線部①で処理された異物の一部は、抗原として認識される。体液性免疫が起こる場合、どのような順番で免疫反応は進むのか。以下の(ア)～(オ)を、早く起こる順に並べかえなさい。

- (ア) T細胞が活性化される。
- (イ) 抗原抗体反応が起こる。
- (ウ) 抗体が体液中に分泌される。
- (エ) 抗原の情報が細胞表面に提示される。
- (オ) 分泌されたインターロイキンにより、B細胞が活性化される。

【 III 】 動物細胞における遺伝子の転写調節に関する下記の文章を読み、各問いに答えなさい。

受容体 A は細胞膜に存在するタンパク質であり、図 1 に示すように、細胞膜を貫通している。別の細胞からタンパク質 B がやってきて受容体 A に結合すると、何段階かの化学反応を経て、核内に常に存在する調節タンパク質 C が活性化し、遺伝子 *d* の転写が促進される。タンパク質 B による転写調節のしくみを調べるために、マウスの培養細胞を用いて以下の各実験を行った。ただし、DNA を導入する実験では、該当する実験群のすべての細胞に目的の DNA が同じ量導入されて発現するものとする。なお、実験に先立ち、受容体 A の細胞内領域 (IC) とのみ結合する化合物 E-1 と、受容体 A の細胞外領域 (EC) とのみ結合する化合物 E-2 を、それぞれ作製した。

図 1 マウスの培養細胞



【 実験 I 】

マウスの培養細胞を 2 つの実験群に分け、片方にのみタンパク質 B を投与したところ、投与しなかった実験群に比べて、遺伝子 *d* の mRNA 量は 10 倍になった。

【 実験 II 】

実験 I でタンパク質 B を投与しなかった実験群の細胞を固定してスライドグラスにのせ、化合物 E-1 と化合物 E-2 を反応させて観察した。その結果、どちらの化合物も細胞膜上で検出されたが、化合物 E-1 は①細胞膜の内側に、化合物 E-2 は細胞膜の外側に、それぞれ結合していた。

【 実験 III 】

実験 I でタンパク質 B を投与した実験群の細胞を培養液から取り出した。これらの細胞を生理食塩水中ですりつぶした懸濁液から化合物 E-1 と結合する物質を抽出したところ、抽出

液には受容体 A とその細胞外領域断片(受容体 A-EC)は含まれていなかったが、受容体 A の細胞内領域断片(受容体 A-IC)と調節タンパク質 C が含まれていた。一方、同じ懸濁液から化合物 E-2 と結合する物質を抽出したところ、抽出液には受容体 A, 受容体 A-EC, 受容体 A-IC, 調節タンパク質 C のいずれも含まれていなかった。

さらに、実験 I でタンパク質 B を投与しなかった実験群の細胞についても同様の実験を行ったところ、どちらの化合物を用いて抽出しても、抽出液には受容体 A が含まれていたが、受容体 A-EC, 受容体 A-IC, 調節タンパク質 C のいずれも含まれていなかった。

なお、どの場合でも、化合物を用いて抽出する前の懸濁液には、調節タンパク質 C が含まれていた。

【 実験 IV 】

実験 II と実験 III の結果から、受容体 A はタンパク質分解酵素により細胞内領域と細胞外領域とに分断されることがわかった。そこで、受容体 A を分断する酵素を明らかにするために、この細胞で常に発現している 3 種類のタンパク質分解酵素(酵素-1, 酵素-2, 酵素-3)のそれぞれを阻害する実験を行った。培養細胞を 5 つの実験群に分け、タンパク質 B の存在下でいずれかの酵素を阻害し、遺伝子 *d* の mRNA 量を測定した。さらに、実験 III と同様に化合物 E-1 を用いて抽出液を調製し、抽出液中に調節タンパク質 C が含まれているかどうかを調べた。実験の条件と結果を表 1 に示す。

表 1 各タンパク質分解酵素を阻害したときの、遺伝子 *d* の mRNA 量の平均(相対値)と抽出液中の調節タンパク質 C の有無

| | 実験群 1 | 実験群 2 | 実験群 3 | 実験群 4 | 実験群 5 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| タンパク質 B | — | + | + | + | + |
| 阻害した酵素 | なし | なし | 酵素-1 | 酵素-2 | 酵素-3 |
| 遺伝子 <i>d</i> の mRNA 量 | 1 | 10 | 1 | 10 | 1 |
| 調節タンパク質 C | × | ○ | × | ○ | × |

注) 投与した場合は「+」、投与しなかった場合は「-」、含まれていた場合は「○」、含まれていなかった場合は「×」で示してある。

【 実験 V 】

受容体 A-IC をつくる遺伝子を人工的に合成し、この人工遺伝子 *a-ic* をプロモーター *F* に連結させた DNA-1 を作製した(図 2)。ただし、このプロモーター *F* は、薬剤 G を投与したときのみ、連結した遺伝子を発現させることができる。培養細胞を 4 つの実験群に分け、そのうち 2 つの群に DNA-1 を導入し、薬剤 G 投与前後の遺伝子 *d* の mRNA 量を測定した。さらに、実験 III と同様に化合物 E-1 を用いて抽出液を調製し、抽出液中に調節タンパク質 C が含まれているかどうかを調べた。実験の条件と結果を表 2 に示す。

図2 細胞に導入した DNA-1



表2 受容体 A-IC を発現させたときの、遺伝子 *d* の mRNA 量の平均(相対値)と抽出液中の調節タンパク質 C の有無

| | 実験群 1 | 実験群 2 | 実験群 3 | 実験群 4 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| タンパク質 B | - | - | - | - |
| DNA-1 | - | - | + | + |
| 薬剤 G | - | + | - | + |
| 遺伝子 <i>d</i> の mRNA 量 | 1 | 1 | 1 | 10 |
| 調節タンパク質 C | × | × | × | ○ |

注) 投与もしくは導入した場合は「+」、投与もしくは導入しなかった場合は「-」、含まれていた場合は「○」、含まれていなかった場合は「×」で示してある。

【 実験 VI 】

調節タンパク質 C をつくる遺伝子を変異させることで、遺伝子 *d* の転写を促進するはたらきのみを失った変異体 CΔをつくることができる。この変異体 CΔをつくる遺伝子を人工的に合成し、この人工遺伝子 *cδ* をプロモーター *F* に連結させた DNA-2 を作製した(図3)。培養細胞を7つの実験群に分け、そのうち4つの群に DNA-2 を導入し、薬剤 G 投与前後の遺伝子 *d* の mRNA 量を測定した。さらに、実験 III と同様に化合物 E-1 を用いて抽出液を調製し、抽出液中に変異体 CΔが含まれているかどうかを調べた。実験の条件と結果を表3に示す。

図3 細胞に導入した DNA-2

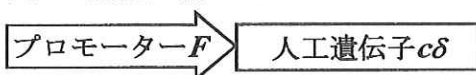


表3 調節タンパク質 C の変異体 CΔを発現させたときの、遺伝子 *d* の mRNA 量の平均(相対値)と抽出液中の変異体 CΔの有無

| | 実験群 1 | 実験群 2 | 実験群 3 | 実験群 4 | 実験群 5 | 実験群 6 | 実験群 7 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| タンパク質 B | - | - | - | + | + | + | + |
| DNA-2 | - | + | + | - | - | + | + |
| 薬剤 G | - | - | + | - | + | - | + |
| 遺伝子 <i>d</i> の mRNA 量 | 1 | 1 | 1 | 10 | 10 | 10 | 3 |
| 変異体 CΔ | × | × | × | × | × | × | ○ |

注) 表示方法については表2と同様である。

問1 実験 I～実験 III の結果から導き出される結論として、最も適切なものを以下の(ア)～(エ)より1つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) タンパク質 B の存在下では、受容体 A-IC が調節タンパク質 C と結合して遺伝子 *d* の転写を促進する。
- (イ) タンパク質 B の存在下では、受容体 A-EC が調節タンパク質 C と結合して遺伝子 *d* の転写を促進する。
- (ウ) タンパク質 B の非存在下では、受容体 A-IC が調節タンパク質 C と結合して遺伝子 *d* の転写を抑制する。
- (エ) タンパク質 B の非存在下では、受容体 A-EC が調節タンパク質 C と結合して遺伝子 *d* の転写を抑制する。

問2 タンパク質 B を投与した実験群の細胞を固定してスライドグラスにのせ、化合物 E-1 を反応させると、化合物 E-1 は下線部①とは異なる部位で検出されるようになった。その部位とは主にどこであるか。実験 II と実験 III の結果をふまえ、以下の(ア)～(ウ)より適切なものを1つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) 細胞膜の外側 (イ) 細胞質 (ウ) 核

問3 実験 III と実験 IV の結果から、(1)遺伝子 *d* の転写を促進するために必要な酵素を以下の A 群より、(2)その酵素が受容体 A を分断する条件を以下の B 群より、それぞれ1つずつ選び、記号で答えなさい。

A 群：

- (ア) 酵素-1 のみ (イ) 酵素-2 のみ (ウ) 酵素-3 のみ
- (エ) 酵素-1 と酵素-2 (オ) 酵素-1 と酵素-3 (カ) 酵素-2 と酵素-3
- (キ) すべての酵素

B 群：

- (ア) タンパク質 B の存在下でのみ分断する。
- (イ) タンパク質 B の非存在下でのみ分断する。
- (ウ) タンパク質 B の有無にかかわらず分断する。

問4 実験Vの実験群4において、酵素-1、酵素-2、酵素-3のいずれかを阻害すると、遺伝子*d*のmRNA量はどのようになるか。あてはまるものを以下の(ア)~(カ)よりすべて選び、記号で答えなさい。

- (ア) 酵素-1を阻害すると、遺伝子*d*のmRNA量は1になる。
- (イ) 酵素-2を阻害すると、遺伝子*d*のmRNA量は1になる。
- (ウ) 酵素-3を阻害すると、遺伝子*d*のmRNA量は1になる。
- (エ) 酵素-1を阻害しても、遺伝子*d*のmRNA量は10のままである。
- (オ) 酵素-2を阻害しても、遺伝子*d*のmRNA量は10のままである。
- (カ) 酵素-3を阻害しても、遺伝子*d*のmRNA量は10のままである。

問5 実験VIで測定した遺伝子*d*のmRNA量について、実験群7では実験群1と同じ値を示すことを期待していたが、実際は実験群1よりも高い値を示した。下線部の理由として最も適切なものを、以下の(ア)~(オ)より1つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) 実験群7のすべての細胞で、受容体A-ICが変異体CΔと結合したから。
- (イ) 実験群7のすべての細胞で、受容体A-ICが変異体CΔと結合しなかったから。
- (ウ) 実験群7のすべての細胞で、受容体A-ICが調節タンパク質Cと結合したから。
- (エ) 実験群7の一部の細胞で、受容体A-ICが調節タンパク質Cと結合したから。
- (オ) 実験群7の一部の細胞で、受容体A-ICが調節タンパク質Cと結合しなかったから。

問6 培養細胞にDNA-1とDNA-2の両方を導入し、タンパク質Bの非存在下で薬剤Gを投与すると、遺伝子*d*のmRNA量はどのくらいになるか。実験Vと実験VIの結果をふまえ、以下の(ア)~(ウ)より最も適切なものを1つ選び、記号で答えなさい。また、その理由を説明しなさい。ただし、薬剤G投与前の値を1とする。

- (ア) 1 (イ) 3 (ウ) 10