

## 女子医 2015 生物

### 略解

I 問1 a : イ b : エ 問2 : イ 問3 : ア・イ・ウ 問4 : イ・ウ・エ

II 問1 6 : ケ 7 : カ 8 : ウ 問2 9 : エ 10 : イ 11 : ア  
問3 : エ 問4 : イ・ウ・オ 問5 (1) : ア (2) : イ (3) : ウ

III 1 問1 A : リプレッサー B : プラスミド  
問2 : ア 問3 : ア 問4 : ア 問5 : エ

2 問6 : イ

3 問7 : 変化 : 変異株IVに比べて導入後は、3つの遺伝子が発現しなくなる。

理由 : 導入前には単量体タンパク質 r しか合成されず、オペレーターに結合できない四量体  $r_4$  しか形成されず、3つの遺伝子は発現した。ところが、正常な遺伝子 R の DNA 領域を導入することで、正常な単量体タンパク質 R も合成されるようになった。これらがランダムに結合し、4つすべて R からなる四量体  $R_4$  が形成されると、この四量体はオペレーターに結合できるため、リプレッサーとして機能できる。したがって、4つすべて R からなる四量体がオペレーターに結合することで3つの遺伝子は発現しなくなる。

IV A : 微小管 B : 中間系フィラメント C : 中心体 D : 動原体 E : 紡錘糸  
F : 細胞質分裂 G : アクチン H : ミオシン I : ATP  
J : モータータンパク質 K : 細胞板

V 問1 ア : 脂肪酸 イ : 肝臓 ウ : 筋肉 エ : 肝小葉 オ : 18  
問2 : リパーゼ 問3 : インスリン  
問4 (1) : 肝臓 (2) : 腎臓 (3) : 尿素  
問5 : 肝動脈、肝門脈 (門脈)  
問6 : イ・ウ

VI 問1 : 生殖的隔離 問2 : 地理的隔離  
問3 ウ : 減数分裂 エ : 精原細胞 オ : 一次精母細胞 カ : 極体  
問4 (1) :  $n$  (2)  $2n + m$  (3)  $n$

## I

### 原則1. 動物の行動について →問1～問4に利用

動物の個体の動きが、その個体の生活に何らかの意味付けができる場合（例えば生存や繁殖に意味があるなど）、その動きを行動という。

行動は、大別すると、生まれながらに備わっている「生得的行動」と、生まれてからの経験などに基づく学習による「学習による行動」とに分けることができる。

#### <定位>

動物は食べ物を獲得したり、敵から逃避したりするために移動する。動物が特定の刺激を手掛かりとして、一定の方向を定めることを定位という。定位には、走性のような原始的で単純なものから、鳥の渡りのように大規模なものまで様々なものが含まれる。

#### (1) 走性

魚が流れに逆らって川をのぼったり、夜間にガが電灯に集まってきたりするような、動物が刺激に対して方向性のある行動を示す場合を走性という。

#### (2) 音源定位

メンフクロウは、獲物が立てたわずかな音を左右の耳で比較し、音の発生源が左右上下どの位置にいるかを特定することにより、暗闇でも狩りを行うことができる。

#### (3) 渡り

鳥類には、繁殖地と越冬地などの間を決まった季節に移動する渡りという行動を示すものがある。このとき、目的地の方向への定位に、太陽コンパスを用いている例がある。また、夜間に渡る鳥では星座を用いて方向を決めるものもいる（星座コンパス）。また、地球の磁場を感じ、これを定位に用いるものもいる（磁場コンパス）。一度渡りを経験したものでは地形を学習によって覚えており、それを手掛かりとして方向を決める場合もある。

#### (4) かぎ刺激

イトヨのオスは、発情期に腹が赤くなる（婚姻色という）。そこでイトヨの縄張りにいろいろな模型を入れてみると、形は似ていなくても、腹が赤ければ攻撃行動を起こすことがわかった。ある特徴的な刺激（この場合は腹が赤い）が動物に定まった行動を引き起こす場合、このような刺激をかぎ刺激（サイン刺激、信号刺激）という。

### 問1～問3

#### 【方針】

いずれの設問も行動についての知識を活用する問題であると気付く。

#### 【解説】

(問1)

「原則1. 動物の行動について」の定位が見られる場合と、見られない場合について考察する問題である。

a : カエルがランダムに移動しているとすると、移動方向は特定の角度に偏らず、ほぼ均等に分けられると考えられる。どの移動方向も、個体数にあまり差のないグラフはイ。よって、解答はイである。

b : カエルがなんらかの定位に基づいて池の方向を目指して移動しているとすると、図1より、カエルの移動開始地点がどこであれ、移動方向の角度は小さくなるはずである。移動方向の角度が小さい個体数が多くなっているグラフはエ。よって、解答はエである。

(問2)

「原則1. 動物の行動について」より、音源定位の可能性を考えている問題であると気付く。

ア→カエルが最も多く動いている時間帯を示しただけで、池の方向を目指す理由とは全く関係が無い。

イ→問題文より、「初日に池に入る個体はいない」ことと、設問分より、「カエルは池に入るまで鳴くことが無い」ことから、池の方角から鳴き声が聞こえるのは、2日目以降であることが分かる。したがって、先に入った個体の鳴き声を聞いてその方角にすすむのであれば、2日目から移動方向に変化が見られるはずである。よってイは、この可能性を否定している。

ウ→先に入った個体の鳴き声を聞いてその方角にすすむと考えると、次第に池に近づいているというのは、この可能性を否定しない。

よって、解答はイである。

(問3)

「原則1. 動物の行動について」より、様々な定位について考えられる。

ア、イ、ウのいずれかが、カエルが池を目指す際の手掛かりになっていたとすると、放された場所が元の移動途中の場所と異なっていたとしても、池までたどり着くことができると考えられる。それに対し、エ、オのように、カエルが子供のころ、池から地上に出て離れていく過程で、池から移動していく間に見えた各種の地表の物体や、通った各場所の地面のにおいを覚えていて、それをたどって池までもどるとすれば、移動の途中で場所を移されることによって池の位置が分からなくなるというのは想像できる。また、同じ距離を移動しても、元に戻せば池にたどり着けると考えられる。

よって、解答はア、イ、ウである。

(問4)

「原則1. 動物の行動について」(4) かぎ刺激より、

アは、雌のカエルであってもダミーのこんにやくであっても、抱接を始めてから血液中のホルモン濃度が急上昇している。よって抱き付く行動が引き金となってホルモン濃度が大

幅に上昇する可能性が高い。

イ、ウはダミーであるコンニャクと抱接した場合にもホルモン濃度が急上昇していることから、雌を見たことが引き金になったとは言えず、雌の体に密接に接触することがホルモン上昇に不可欠であると断言することもできない。よって、誤り。

エは、グラフよりホルモン濃度が大幅上昇した後に抱接が引き起こされているわけではないことがわかる。よって、誤り。

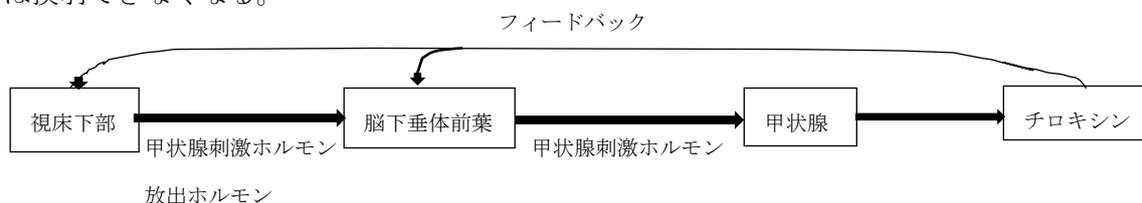
よって、解答はイ、ウ、エである。

## II

### 原則 2. チロキシン分泌のフィードバック調節について →問 1～問 5 に利用

甲状腺からのチロキシンの分泌経路は図のようになる。血液中のチロキシン濃度が高くなると、それがはじめにもどって視床下部からの神経分泌（甲状腺刺激ホルモン放出ホルモン）や脳下垂体前葉からの甲状腺刺激ホルモンの分泌を減少させるので、甲状腺からのチロキシンの分泌量も減少する。このように、最終的に作られた物質がはじめにもどって作用することをフィードバックという。

チロキシンは、I（ヨウ素）を含むアミノ酸の一種で、代謝を促進するとともに、カエル（両生類）ではオタマジャクシからカエル（成体）への変態を促進し、ヘビでは脱皮を、鳥類では換羽を促進する。したがって甲状腺を除去したり甲状腺の機能が低下したりすると、代謝が低下し酸素消費量が減少するとともに、カエルでは変態できなくなり、鳥類では換羽できなくなる。



（図はWEB上で見つからなかったため自作）

### 問 1～問 3

#### 【方針】

チロキシン分泌のフィードバック調節に関する知識問題であると気付く。

#### 【解説】

（問 1）

「原則 2. チロキシン分泌のフィードバック調節について」より、解答は 6 : ケ、7 : カ、8 : ウである。

（問 2）

「原則 2. チロキシン分泌のフィードバック調節について」より、解答は 9 : エ、10 :

イ、11：アである。

(問3)

「原則2. チロキシン分泌のフィードバック調節について」より、解答はエである。

(問4)

「原則2. チロキシン分泌のフィードバック調節について」より、チロキシンはヨウ素が構成成分となっているホルモンであるので、ヨウ素摂取が少ないということは、チロキシンの分泌が減少することが考えられる。そのため、チロキシンの血中濃度は低下する(イ)。また、チロキシンの血中濃度が低下すると、フィードバックによりそれぞれを感知板感応視床下部から甲状腺刺激ホルモン放出ホルモンが、また、脳下垂体前葉から甲状腺刺激ホルモンが、チロキシンの分泌を促進するためにそれぞれ分泌される。したがって、チロキシンの血中濃度が低下している人々の場合、チロキシンの分泌量を増加させるために、甲状腺刺激ホルモン放出ホルモンと甲状腺刺激ホルモンの血中濃度は増加していると考えられる。

よって、解答はイ、ウ、オである。

(問5)

「原則2. チロキシン分泌のフィードバック調節について」の図より、解答は(1)は、ア、(2)はイ、(3)はウである。

### III

#### 原則3. ラクトースオペロンについて

→問1～問7に利用

##### ① オペロン説

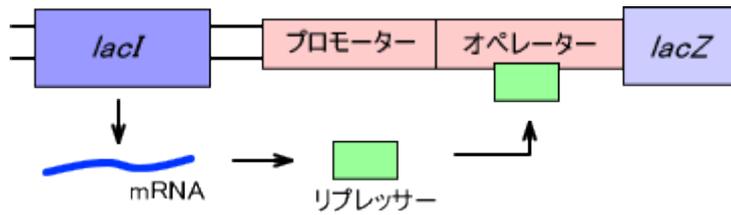
原核生物では、関連する複数の遺伝子群が隣り合って存在していることがある。これらは1つのまとまりとして、単一のプロモーターと、共通の調節タンパク質による発現調節を受け、1つのRNAとして転写される。こうした共通の調節タンパク質によって同調的な調節を受けているいくつかの構造遺伝子群をオペロンという。原核生物では、調節タンパク質がオペレーター(作動遺伝子)とよばれる特定の塩基配列に結合して構造遺伝子群(オペロン)の発現が調節されるとする説をオペロン説という。

##### ② ラクトースオペロン

大腸菌でラクトース(乳糖)を分解してグルコースとガラクトースにする $\beta$ -ガラクトシターゼという酵素と、ラクトースを細胞内に透過する透過酵素の生合成では、ラクトースオペロンと呼ばれる遺伝子群がはたらく。調節遺伝子*i*が働いてリプレッサー(抑制因子)とよばれる調節タンパク質がつけられ、これがオペレーターに結合して $\beta$ -ガラクトシターゼとラクトース透過酵素をコードしている構造遺伝子の転写を妨げる。

###### 1) ラクトースがない場合

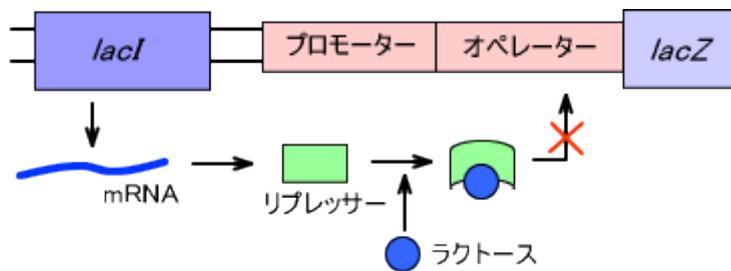
リプレッサーはオペレーターに結合する。RNAポリメラーゼはプロモーター部位に結合できず、転写は抑制される。



(図は <http://kusuri-jouhou.com/creature2/expression.html> より引用)

2) ラクトースがあつてグルコースが無い場合

ラクトースが透過酵素によって細胞内に取り込まれると、ラクトースがリプレッサーに結合する。リプレッサーは構造遺伝子の転写が行われる。RNAポリメラーゼが転写を開始するには、転写を正に制御する因子が結合していることが必要である。



(図は <http://kusuri-jouhou.com/creature2/expression.html> より引用) ↓

3) ラクトースとグルコースがある場合

グルコースが細胞内に取り込まれる際にグルコース-6-リン酸となり、同時にラクトース透過酵素のはたらきが抑制される。そのため、グルコースがある限り、ラクトースはほとんど細胞内に取り込まれなくなる。その結果、リプレッサーがオペレーターに結合するため、転写はほとんど起こらない。この仕組みは、グルコースによる異化代謝抑制（グルコース効果）と呼ばれていて、炭素源としてグルコースがあるときにはグルコースを優先的に代謝し、他の糖があつてもそれを代謝しないという生物に普遍的な現象を説明できる。

**原則4. プラスミドについて**

→問1、問4～問7に利用

プラスミドは、原核生物の細胞内にある小さな環状のDNA。原核生物の染色体DNAとは独立して複製される。

ある特定の遺伝子を含むDNAを制限酵素で処理して断片化し、それを同じ制限酵素で処理したプラスミドにリガーゼで結合させる。この特定の遺伝子を組み込んだプラスミドを宿主菌で増幅させれば、ある特定の遺伝子を増幅させることが可能である。このようにある遺伝子DNAを増幅させて集めることを遺伝子クローニングという。また特定の遺伝子を組み込んで、宿主細胞中で増やすことのできるプラスミドのようなDNAのことをベクター（運び屋）とよび、ベクターとこれを増やすことのできる宿主菌との組み合わせを宿主・ベクター系という。

### 問1～問3

#### 【方針】

ラクトースオペロンをテーマとした問題である。問1は知識問題、問2、問3は「原則3. ラクトースオペロン」についての考察問題である。

#### 【解説】

(問1)

「原則3. ラクトースオペロンについて」と、「原則4. プラスミドについて」より、解答は、A：リプレッサー、B：プラスミドである。

(問2)

「原則3. ラクトースオペロンについて」より、正常な調節タンパク質 $R_4$  (リプレッサー) が、オペレーターに結合できないということは、つねに、RNAの転写が行われていることになる。よって、解答はアである。

(問3)

「原則3. ラクトースオペロンについて」より、遺伝子Rに突然変異が生じたということは、正常なリプレッサーが合成されないということなので、オペレーターに結合するリプレッサー $R_4$ が合成されないため、つねに、RNAの転写が行われていることになる。よって、解答はアである。

### 問4～問7

#### 【方針】

「原則3. ラクトースオペロンについて」と、「原則4. プラスミドについて」の知識より、考察する問題である。

#### 【解説】

(問4)

「原則4. プラスミドについて」より、プラスミドの遺伝子を導入しても、プラスミドはバクテリア本体の染色体DNAに組み込まれ、オペレーターが正常になることは考えられない。したがって、変異株Iと同じ結果になるため、解答はアである。

(問5)

「原則3. ラクトースオペロンについて」と、「原則4. プラスミドについて」より、プラスミドの遺伝子から、正常な単量体Rが作られるようになり、それによって四量体 $R_4$ が形成されるため、本来の遺伝子発現が起こることになる。よって、解答はエである。

(問6)

「原則3. ラクトースオペロンについて」より、変異株IIIは、物質Lと結合できないので、リプレッサーである $R_4$ はオペレーターに結合したままであるため、遺伝子発現は起こらな

い。よって、解答はイである。

(問7)

変異株IVでは、 $r_4$ はオペレーターに結合できないので、遺伝子は発現している。しかし、変異株IVに正常な遺伝子RのDNA領域を導入すると、 $r$ とRはランダムに結合することから、四量体 $R_4$ も作られる。その確率は $1/16$ であるが、 $R_4$ が少しでも存在すると、オペレーターに結合し遺伝子の発現は抑制される。

よって解答は、変異株IVに比べて導入後は3つの遺伝子が発現しなくなる。である。

## IV

### 原則5. 細胞骨格について →A~Kに利用

細胞の形態の維持や、細胞の動きを伴う現象には、細胞内に張り巡らされた細胞骨格とよばれる繊維状の構造が関与している。細胞骨格はタンパク質でできており、アクチンフィラメント、微小管、中間径フィラメントの3つがある。

#### ① アクチンフィラメント

アクチンと呼ばれる球状のタンパク質が糸状につながってできた2本の鎖がらせん状に巻きついてできる。アメーバ運動、筋収縮、原形質流動、細胞質分裂などに関与する。

#### ② 微小管

直径が約 $25\text{ nm}$ で、2種類( $\alpha$ と $\beta$ )のチューブリンとよばれるたんぱく質が交互に並んだものがさらに13本集まった円筒状構造をしている。細胞分裂時には紡錘体を形成して染色体を娘細胞に分配する。また鞭毛や繊毛を形成し、「 $9+2$ 構造」を作る。

#### ③ 中間径フィラメント

アクチンフィラメントと微小管の中間の太さで直径約 $10\text{ nm}$ 。中間径フィラメントは分解されにくく安定しており、細胞に構造的な強度を与えると同時に、細胞や核の3次元構造を保ち、細胞小器官を特定の場所に配置するのに役立っている。

#### ④ モータータンパク質

細胞が運動したり、細胞内の物質を移動させたりする現象には細胞骨格ばかりでなく、細胞骨格を足場としてその上を移動するモータータンパク質が必要である。モータータンパク質にはアクチンフィラメントの上を2本のあしで滑るように移動するミオシン、微小管上を移動するダイニンやキネシンが知られている。モータータンパク質にはATP分解酵素(ATPアーゼ)としてはたらきがあり、ATPを加水分解したときに発生するエネルギーを使って細胞骨格の上を移動する。モータータンパク質は鞭毛運動、アメーバ運動、原形質流動などの細胞レベルで見られる運動のほか、細胞内輸送や核分裂の際の染色体の娘細胞への分配などにはたらいている。

### 原則6. 細胞分裂について →A~Kに利用

通常の細胞分裂は、核が2つに分かれる核分裂と、細胞質が2つに分かれる細胞質分裂の

2つの過程からなる。

DNA合成準備期をG1期、DNA合成期をS期、分裂準備期をG2期、分裂期をM期という。

① 核分裂

1) 前期

核内にのび広がっている染色体が凝縮し、縦裂する。核膜と核小体が消失し、紡錘体が出現する。

2) 中期

染色体が赤道面上にならぶ。

3) 後期

染色分体が分かれ、両極へ移動する。このとき、染色体は動原体に結び付いた紡錘糸に引かれるようにして移動する。

4) 終期

核膜と核小体が出現。細胞質分裂が起こる。

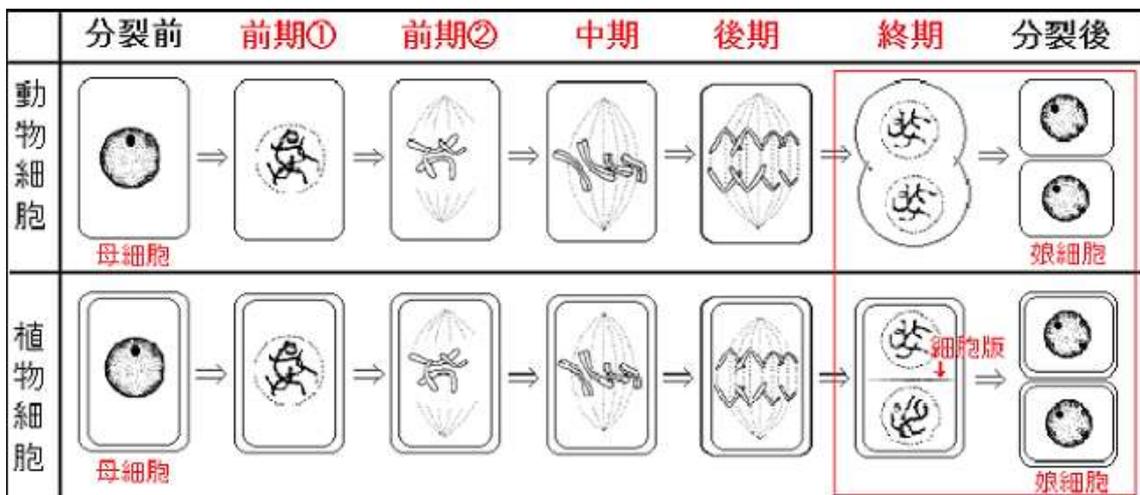
② 細胞質分裂

1) 植物細胞

終期に入ると、赤道面の中心部に粒上の物質(ペクチン)が集まって細胞版ができ、これが広がって細胞質を二分する。

2) 動物細胞

赤道面のまわりから細胞膜がくびれてきて、外から内へと細胞質を二分する。



(図は <http://www.drgelo.club/wp-content/uploads/2014/11/taisaiboubunretsu.png> より引用)

問A～問K

【方針】

細胞骨格と、細胞分裂の知識問題であると気付く。

### 【解説】

「原則5. 細胞骨格について」と、「原則6. 細胞分裂について」より、解答は、  
A：微小管、B：中間径フィラメント、C：中心体、D：動原体、E：紡錘糸、F：細胞質分裂、G：アクチン、H：ミオシン、I：ATP、J：モータータンパク質、K：細胞板  
である。

## V

原則7. 脂肪の呼吸への利用について →問1～問6に利用

脂肪はアルカリ処理やすい臓由来のリパーゼによって加水分解され、脂肪酸とモノグリセリドになってから呼吸基質として使われる。脂肪酸は複雑な反応を経てアセチルCoAにまで分解され(β酸化)、クエン酸回路に組み込まれる。脂肪酸の一種パルミチン酸の場合、その1分子から129分子のATPができる。モノグリセリドも酸化を受け、結局ピルビン酸となってクエン酸回路に入る。

原則8. 血糖濃度の調節について →問1～問6に利用

① 血糖濃度が高すぎる時 (高血糖)

消化管から多量の糖を吸収したときは、次の経路で調節される。

高血糖→視床下部で感知→副交感神経の迷走神経

→すい臓ランゲルハンス島のB細胞→インスリン分泌→血糖濃度低下

「インスリン」は、①ほとんどの細胞でグルコースの取り込みを高め、かつその消費を促進し、②筋肉や肝臓でグルコースからグリコーゲンへの合成を促進する。以上によって、血糖濃度を低下させる。すい臓は高血糖を直接感知して、これによってもインスリンの分泌が行われる。

② 血糖濃度が低すぎる時 (低血糖)

運動をした莉、食事をしなかったりして血糖濃度が低下し、低血糖の血液が視床下部の血糖調節中枢に入ると、この中枢から交感神経および脳下垂体を通して指令が出る。

1) 交感神経を介する経路

低血糖→視床下部で感知→交感神経→副腎髄質→アドレナリン分泌

→血糖濃度上昇

「アドレナリン」は肝臓や筋肉に作用し、貯蔵されているグリコーゲンをグルコースに変える反応を促進する。そのため、血糖濃度は上昇して正常に戻る。これがおもな経路である。

交感神経はすい臓のランゲルハンス島にあるA細胞からグルカゴンを放出させる。また、すい臓は低血糖の血液そのものを感知して（フィードバック）グルカゴンを分泌する。グルカゴンは肝臓や筋肉のグリコーゲンをグルコースに変える反応を促進し、血糖濃度を上昇させる。

## 2) 脳下垂体を介する経路

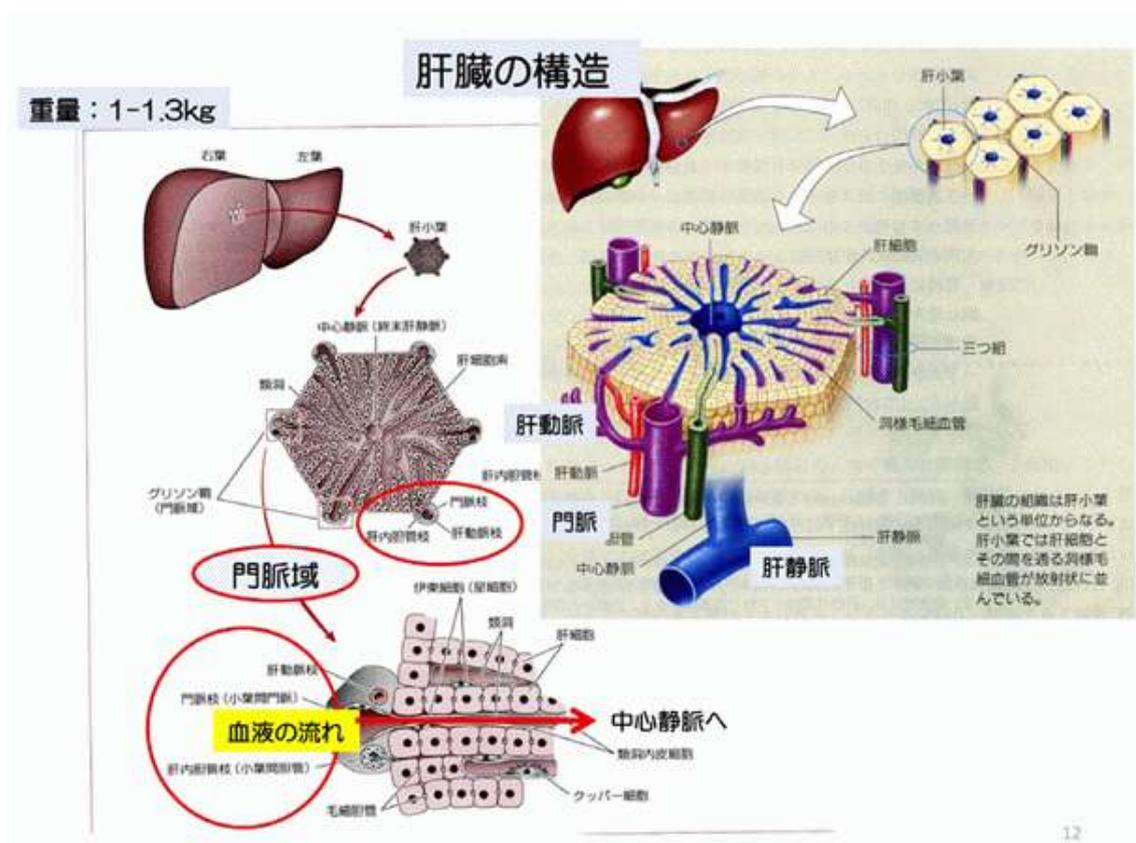
脳下垂体は①成長ホルモンを分泌し、②甲状腺刺激ホルモンを分泌して甲状腺からのチロキシン分泌を促進し、③副腎皮質刺激ホルモンを分泌して副腎皮質からの糖質コルチコイド分泌を促進する。

成長ホルモンもチロキシンもグリコーゲンを分解してグルコースにする反応を促進し、血糖濃度を上げる。

## 原則9. 肝臓のはたらきについて

→問1～問6に利用

肝臓は多数の肝小葉からできており、たくさんの血管が分布している。



(図は [http://www015.upp.so-net.ne.jp/j-hata/husigi/syoukaiki\\_2.html](http://www015.upp.so-net.ne.jp/j-hata/husigi/syoukaiki_2.html) より引用)

### ① 脂肪の代謝

小腸で吸収された単糖類（グルコースなど）とアミノ酸などは肝門脈を經由して肝臓に入る。余分な糖やアミノ酸があると脂肪に変える。これは脂肪組織（皮下など）に送られて蓄えられ、エネルギー源（呼吸基質）が減少すると貯蔵脂肪が肝臓に運ばれ、分解

されてエネルギー源となる。

## ② 尿素の合成

不要になった酵素や赤血球などのタンパク質が分解されて脂肪に変えられたり、アミノ酸がエネルギー源として使われたりすると、アンモニア ( $\text{NH}_3$ ) ができる。アンモニアは細胞にとって有毒な物質であり、ヒトをはじめとする哺乳類や両生類（成体）などでは、肝臓の細胞で比較的毒性の少ない尿素に変えられる。アンモニアが尿素になるには、ATPを消費する複雑な反応経路（オルニチン回路）で尿素が合成される。血液中に放出された尿素は腎臓で尿中へと排出される。

## 原則10. 呼吸の概略について

→問6に利用

呼吸は、大きくは①解糖系、②クエン酸回路、③電子伝達系の3つに分けられる。解糖系は細胞質基質で行われ、クエン酸回路と電子伝達系はミトコンドリアで行われる。ミトコンドリアは内外2枚の膜からなり、内膜は内側に折れ込んでクリステというひだ状の構造をつくっている。内膜に囲まれた部分をマトリックスという。内膜やマトリックスには呼吸に必要な様々な酵素が存在している。クエン酸回路はマトリックスで行われ、電子伝達系は内膜で行われる。

## 問1～問6

### 【方針】

脂肪を利用した呼吸についての知識問題であると気付く。

### 【解説】

(問1)

「原則7. 脂肪の呼吸への利用について」と「原則8. 血糖濃度の調節について」と「原則9. 肝臓のはたらきについて」より、解答は、

ア：脂肪酸、イ：肝臓、ウ：筋肉、エ：肝小葉、オ：18 である。

(問2)

「原則7. 脂肪の呼吸への利用について」より、解答は リパーゼ である。

(問3)

「原則8. 血糖濃度の調節について」より解答は インスリン である。

(問4)

(1)「原則9. 肝臓のはたらきについて」より、毒性の低い窒素化合物が尿素であることに気付く。よって解答は 肝臓 である。

(2)「原則9. 肝臓のはたらきについて」より、解答は 腎臓 である。

(問5)

「原則9. 肝臓のはたらきについて」の図と文章より、解答は肝門脈と肝動脈である。

(問6)

「原則10. 呼吸の概略について」と、問題文の「成熟段階でミトコンドリアが失われる」とあることから、ミトコンドリアで行われるクエン酸回路と電子伝達系は行われず、細胞質基質で行われる解糖系だけが赤血球で行われていることが分かる。よって解答はイとウである。

## VI

**原則11. 隔離について** →問1、問2に利用

集団間で遺伝子の交流が妨げられることを隔離という。生殖隔離はその1つである。また、同種の集団と集団との間に海などがあり、地理的要因や気候的要因によって自由な往来が妨げられている場合、地理的隔離があるという。

**原則12. 倍数性について** →問4に利用

禁酒の種・変種・品種などの間でゲノムが重複している現象を倍数性という。動物では例外的に単為生殖のもの（ホウネンエビ、シャクトリガなど）に倍数性が見られるが、植物ではきわめて広く見られ、被子植物の1/3は倍数種と言われている。

コムギのゲノムは7個の染色体からなるが、実験的に2粒系コムギ ( $2n=28$ ) とタルホコムギ ( $2n=14$ ) を交配したところ、現在のパンコムギと同じ異質六倍体 ( $2n=42$ ) が得られた。このことから、染色体の倍数化によって、新種や変種ができていく（進化する）1つの道すじが明らかとなった。

**原則13. 減数分裂について** →問3、4に利用

複相 ( $2n$ ) の核を持つ細胞が2回連続して分裂し、単相 ( $n$ ) の核を持つ娘細胞が4個できる分裂を減数分裂という。

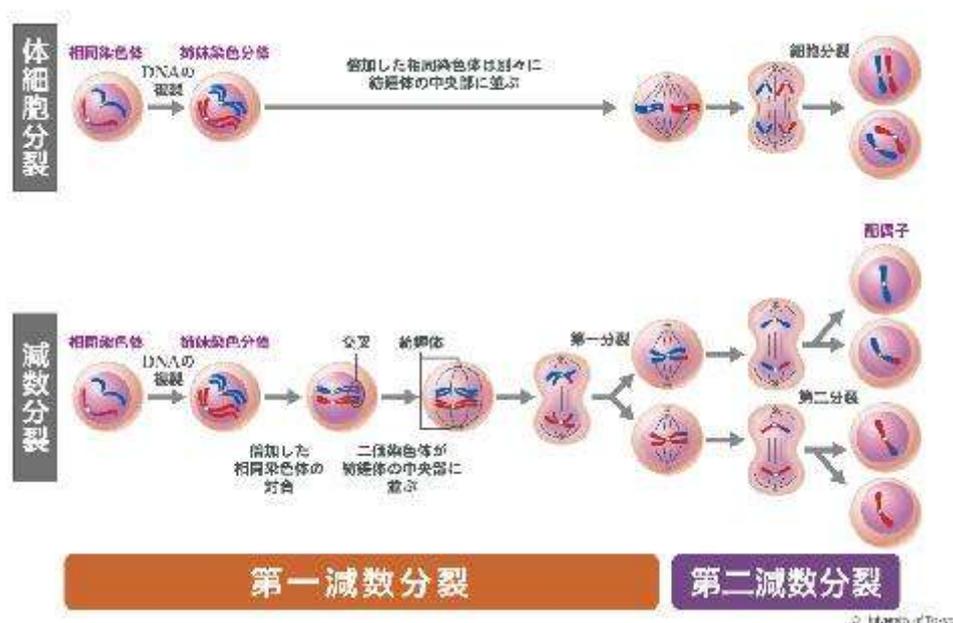
複相の書くには、相同染色体が  $n$  対あり、染色体の総数は  $2n$  本である。減数分裂では細胞分裂が2回、続けて起こる。第一分裂では相同染色体の対合と分離（染色体数の半減）が起こり、第二分裂では染色分体の分離が起こる。

(1) 第一分裂

- ① 前期 染色体は凝縮して太いひも状になる。染色体は長軸方向に沿って縦に裂け目が見え、2本の染色分体からなっている。相同染色体同士が平行して接着する。これを対合とよび、対合した状態の相同染色体は二価染色体と呼ばれる。（二価染色体は4本の染色分体からできていることになる。）
- ② 中期 二価染色体が赤道面に並ぶ
- ③ 後期 二価染色体は対合面で分かれ、各相同染色体は両極へと移動する。
- ④ 終期 核分裂が終了し、続いて細胞質分裂が起こる。その結果、各相同染色体を1本ずつ含む核相  $n$ （単相）の細胞が2個できる。

## (2) 第二分裂

- ① 中期 染色体が赤道面に並ぶ
- ② 後期 2本の染色分体が縦裂面で分離して、それぞれ両極へと移動する。
- ③ 終期 染色体が両極に到達し、今までの凝縮した応対が崩れて細い糸状になる。核膜ができ、細胞質分裂が起こり、 $n$ の娘核を持った細胞が4個できる。



(図は [http://csls-db.c.u-tokyo.ac.jp/search/detail?image\\_repository\\_id=831](http://csls-db.c.u-tokyo.ac.jp/search/detail?image_repository_id=831) より引用)

### 原則 1 4. 動物の配偶子形成について → 問 3 に利用

動物のほとんどのものでは性が分化しており、雄の個体と雌の個体とがある。雌は卵巣内で卵を作り、雄は精巣内で精子を作る。卵や精子のもとになる細胞が始原生殖細胞であり、これは発生の比較的早い時期から存在し、未分化な精巣や卵巣に移動して、そこで精原細胞や卵原細胞となる。

#### 2) 精子形成

- ① 精巣中の始原生殖細胞 ( $2n$ ) は体細胞分裂を繰り返して多数の精原細胞 ( $2n$ ) になる。
- ② これは発情期になると成長して一次精母細胞 ( $2n$ ) になる。
- ③ 減数分裂を行って2個の二次精母細胞 ( $n$ ) になり、続いて4個の精細胞 ( $n$ ) になる。
- ④ さらに精細胞は変形して精子になる。

#### 3) 卵形成

- ① 卵巣中の始原生殖細胞 ( $2n$ ) は体細胞分裂を繰り返して多数の卵原細胞 ( $2n$ ) になる。

- ② 卵原細胞は発情期に特に大きくなって巨大な一次精母細胞 ( $2n$ ) となる。
- ③ これが減数分裂を行うが、2回とも著しい不平等分裂である。減数分裂の第1分裂で卵母細胞から生じる娘細胞のうち、一方が多量の細胞質を含んだ二次卵母細胞になり、もう一方は細胞質の極めて少ない極体 (第一極体) となる。
- ④ 第二分裂により、二次卵母細胞は第二極体を放出して卵となる。第一極体も分裂して2個に増える。第一極体、第二極体はやがて消失する。(第一極体は退化して第二分裂を行わず、卵に極体が2個しかできない場合もある。)

### 問1～問3

#### 【方針】

隔離と動物細胞における減数分裂の知識問題であると気付く。

#### 【解説】

(問1)

「原則1 1. 隔離について」より、解答は生殖的隔離である。

(問2)

「原則1 1. 隔離について」より、解答は地理的隔離である。

(問3)

「原則1 4. 動物の配偶子形成について」より、解答は、ウ：減数分裂、エ：精原細胞、オ：一次精母細胞、カ：極体 である。

### 問4

#### 【方針】

「原則1 3. 減数分裂について」の知識を利用した、計算問題であると気付く。

#### 【解説】

(問4)

二倍体は通常の染色体数である。

(1) 「原則1 3. 減数分裂について」より、二価染色体は相同染色体同士が対合したものであるので、解答は  $n$  である。

(2) 「原則1 3. 減数分裂について」より、四倍体のA種 ( $4n$ ) からつくられる配偶子の染色体数は  $2n$  であり、二倍体のB種 ( $2m$ ) は  $m$  である。よって、生じた雑種個体の体細胞の染色体は、 $2n+m$  となる。

よって、解答は、 $2n+m$  である。

(3) (2) の解答より、雑種個体の染色体は  $2n+m$ 。二価染色体は相同染色体同士が対合したもので、 $2n+m$  のうち、 $2n$  は対合して  $n$  個となるが、 $m$  は1つしかないので対合

できず、二価染色体を形成できない。よって、この雑種個体において観察される二価染色体は $n$ 個のみとなる。

よって解答は $n$ である。