

## 2015 年度 大阪大学 前期 生物

### (1) 光の受容

出題範囲	動物の反応, 神経系
難易度	★★★★☆
所要時間	16 分
傾向と対策	刺激の受容と刺激に対する反応は大阪大学の生物の入試問題では頻出の分野である。問われている知識は基本的なものが多いが, 問題文から情報を読み取り考察しなければならない問題が記述問題として出題されている。基礎的な知識をしっかりと身につけたうえで, 問題文を正確に読み取る力と得られた情報をイメージする力を鍛える必要がある。また, 問 4 は問 5 の誘導問題となっている。誘導にしっかりと従い, 正答にたどり着けるように練習しておこう。

#### 解答

問 1 ア: 錐体細胞 イ: 桿体細胞 ウ: 盲斑 エ: 視神経

問 2 盲斑では神経節細胞の軸索が束になって網膜を貫通しており, 光を受容する視細胞が存在できないから。  
(47 字)

問 3 網膜の中心部ではそれ以外の部分よりも 1 つの神経節細胞に情報を伝達する視細胞の数が少ないため, 光の情報が細かく脳に伝わり, 鮮明にものが見える。一方, それ以外の部分で得られる像は解像度が低い。  
(94 字)

問 4 オ: a カ: b キ: 視細胞 ク: 細胞 X

問 5 e

強度が 100 以下の弱光下の瞳孔反射には視細胞が, 100 以上の強光下には視細胞と細胞 X の両方が関連していることがわかっている。変異マウスは視細胞をもち, 細胞 X をもたない。したがって, 強度が 100 以下の弱光下では野生型マウスと同様の瞳孔反射を示し, 強度が 100 以上の強光下では細胞 X が作用しないため野生型マウスよりも弱い瞳孔反射を示すと考えられる。このような様子を示しているグラフは e である。(194 字)

#### 解説

問 1 難易度: ★★★★★

網膜や視神経に関する基本的な空欄補充問題である。視細胞は大きく分けて, **桿体細胞**と**錐体細胞**の 2 種類がある。桿体細胞は光に対する感度が高く, おもに暗いところにおける視覚にかかわるが, 色を識別することはできない。一方, 錐体細胞は光に対する感度が低く, おもに明るいところでの視覚にかかわるが, 光の色を識別することができる。視細胞が光を感知すると, その情報は連絡神経細胞を通して**視神経**, 脳の順に伝達され, 視覚が生じる。視神経細胞は網膜の内側に存在し, 眼球の外側に接続するためには網膜を貫通しなければならない。

視神経細胞の軸索が束になって網膜を貫通している部分は**盲斑**とよばれる。

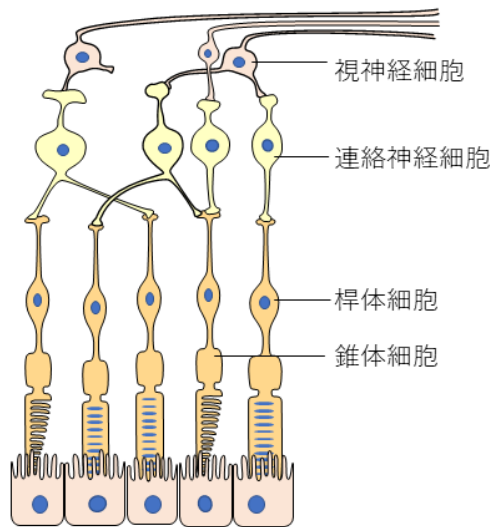


図 A 網膜の構造

したがって、解答は、ア：錐体細胞，イ：桿体細胞，ウ：盲斑，エ：視神経となる。

◆Check!!

目の構造

受容器の構造はさまざまな試験で出題されており、必須の知識といえる。各部の名称と役割をしっかりと覚えておこう。

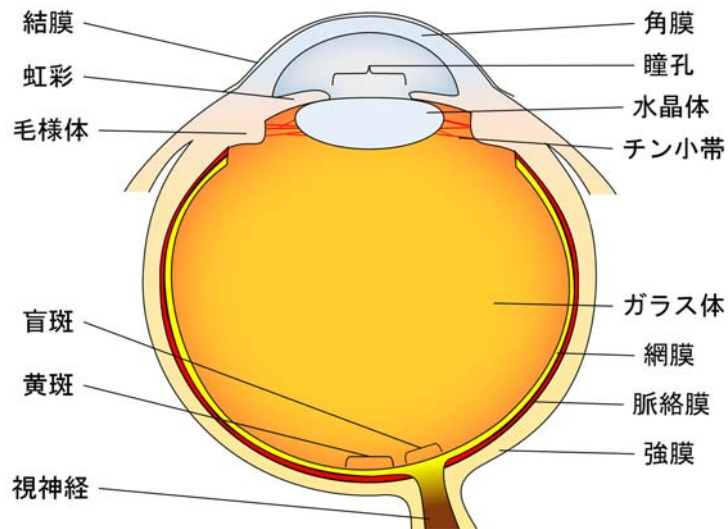


図 B ヒトの目の構造

**問 2 難易度：★★★★☆**

非常に基本的な問題である。問 1 の解説にもあるように、盲斑では視神経細胞の軸索が束になって網膜を貫通している。つまりその部分には視細胞が存在できず、光が当たっても検出することができない。

解答例は以下のとおり。

**解答例**

盲斑では神経節細胞の軸索が束になって網膜を貫通しており、光を受容する視細胞が存在できないから。(47 字)

**問 3 難易度：★★★★☆**

網膜の中心部とそれ以外の場所における視細胞と神経節細胞の接続の仕方の違いから、見え方の違いについて考えるという問題である。下線部①には、「網膜の中心部に存在する神経節細胞は、それ以外の場所の神経節細胞と比較すると、より狭い領域における光の情報を脳に送ることになる」とある。同じ面積の「網膜の中心部」と「それ以外の場所」を考えると、網膜の中心部に存在する神経節細胞はより狭い面積の視細胞から情報を受け取っているため、神経節細胞の数は「網膜の中心部」のほうが多くなる。したがって、同じ面積で比較すると「網膜の中心部」のほうが「それ以外の部分」よりも情報が多く伝わるので、「網膜の中心部」では「それ以外の部分」より鮮明な像が得られると考えられる。

解答例は以下のとおり。

**解答例**

網膜の中心部ではそれ以外の部分よりも 1 つの神経節細胞に情報を伝達する視細胞の数が少ないため、光の情報が細かく脳に伝わり、鮮明にも見える。一方、それ以外の部分で得られる像は解像度が低い。(94 字)

**問 4 難易度：★★★★☆**

曲線 b に注目すると、変異マウスでは光の強度が 100 よりも弱いと瞳孔の直径がほとんど変化しておらず瞳孔反射は起こっていない。しかし光が 100 よりも強くなると、野生型マウスよりは弱いながらも瞳孔反射を示すようになる。この結果は「視細胞が存在しないと、光の強度が 100 以下の弱光下では瞳孔反射は起こらず、100 以上の強光下では瞳孔反射は起こるが、その程度は弱くなる」ということを示している。

下線部②のような細胞 X は変異マウス、野生型マウスの両方がもち、野生型マウスでは視細胞と細胞 X、変異マウスでは細胞 X のみによって瞳孔反射が起こると考えられる。したがって、細胞 X は、「100 以上の強光下で視細胞とともに瞳孔反射に関与する」というはたらきをもつと考えられる。

したがって、解答は、オ：a、カ：b、キ：視細胞、ク：細胞 X となる。

**問5 難易度：★★★★☆**

問4から、細胞Xは「100以上の強光下で視細胞とともに瞳孔反射に関与する」ことがわかった。問5で扱われている変異マウスは視細胞はもつが細胞Xをもたない。つまり、この変異マウスの瞳孔反射には視細胞のみが関与すると考えられる。したがって、変異マウスは、100以下の弱光下では視細胞がはたらき野生型マウスと同様の瞳孔反射を示すが、100以上の強光下では細胞Xがはたらかないので野生型マウスよりも弱い瞳孔反射を示すと予想される。このような反応を表しているグラフはeであるのでこれが正解となる。

したがって、解答はe。その理由は以下のとおり。

**解答例**

強度が100以下の弱光下の瞳孔反射には視細胞が、100以上の強光下には視細胞と細胞Xの両方が関連していることがわかっている。変異マウスは視細胞をもち、細胞Xをもたない。したがって、強度が100以下の弱光下では野生型マウスと同様の瞳孔反射を示し、強度が100以上の強光下では細胞Xが作用しないため野生型マウスよりも弱い瞳孔反射を示すと考えられる。このような様子を示しているグラフはeである。(194字)

(北川健斗, 西川尚吾, 熊井勇介)

## 2015 年度 大阪大学 前期 生物

### [2] 選択的スプライシング

出題範囲	遺伝子発現
難易度	★★☆☆☆
所要時間	17分
傾向と対策	2015年度の生物は比較的難易度が低いが、中でも[2]は最もやさしい大問である。問2は少し解答しにくい問題だが、それ以外の問題は問題文をしっかりと読めば非常に簡単である。この大問を素早く正確に解答することができればほかの大問や見直しに時間を割くことができる。小問ごとに問題文を読み返すと大きな時間のロスになってしまうので、問題文から得られる情報をどこかにまとめておくなどの工夫をしてみてもよいかもしれない。

#### 解答

- 問1 ア：アンチコドン イ：リボソーム
- 問2 スプライシング後に RNA に残る可能性のある領域。(24字)
- 問3 12通り
- 問4 4.8%
- 問5 XABCDdE
- 問6 XABCDdE という構造をもつ mRNA の翻訳領域の塩基数は、 $600+100+60+90+120+200=1170$  (塩基)。このうち、終止コドンはアミノ酸を指定しないので、アミノ酸を指定する塩基の個数は、 $1170-3=1167$  (塩基)。したがって、この mRNA が指定するアミノ酸の個数は、 $1167\div 3=389$  (個)。
- 問7 アミノ酸 249 個を指定する mRNA の開始コドンから終止コドンまでの塩基数は、 $249\times 3+3=750$  (塩基) であり、エキソン B, E の翻訳領域の塩基数は  $100+200=300$  (塩基)。これ以外のエキソンの塩基数は  $750-300=450$  (塩基)。エキソン a の 300 塩基と C の 60 塩基、D の 90 塩基を足し合わせると  $300+60+90=450$  (塩基)。よって、mRNA の構造は XaBCDE である。

#### 解説

##### 問1 難易度：★★☆☆☆

タンパク質の合成は次の順序で行われる。まず核内で DNA が転写されて mRNA 前駆体が作られる。mRNA 前駆体はスプライシングを経て mRNA となる。mRNA が核膜孔を通過し、細胞質中のリボソームに結合する。次に mRNA の塩基 3 個の配列であるコドンに対応する塩基 3 個の配列 (アンチコドン) をもつ tRNA が特定のアミノ酸を運んでくる。運ばれてきたアミノ酸が前のアミノ酸とペプチド結合して tRNA は mRNA から離れる。このように、コドンに対応するアミノ酸どうしが次々に結合していき、タンパク質の一次構造を形成する。

よって、解答は、ア：アンチコドン、イ：リボソーム。

**問 2 難易度：★★★★☆**

教科書の知識ではエクソンは一般的にタンパク質のアミノ酸配列をコードしている領域となっている。しかし、問題文に非コード RNA の中でもスプライシングを受けるものが存在するとあるので、エクソンはスプライシング後に RNA に残る領域であると表現するのが適当であると考えることができる。また、選択的スプライシングではエクソンの部分を取り除かれることもある。問題の中で選択的スプライシングに触れているので、このことに気づいてほしい。よって、スプライシング後に RNA に残る可能性のある領域としたほうがより適当な解答だろう。

解答例は以下のとおり。

**解答例**

**スプライシング後に RNA に残る可能性のある領域。(24 字)**

**問 3 難易度：★★★★☆**

ルール 5 より 1.~4.の事象は独立とあるので、それぞれの場合の数を掛ければよいことがわかる。ルール 1. より、①エクソン A が残る場合、②エクソン a が残る場合、の 2 通りがある。ルール 2 より①エクソン C が残る場合、②エクソン C が残らない場合、の 2 通りがある。ルール 3 より①エクソン D のみが残る場合、②エクソン d のみが残る場合、③エクソン D とエクソン d の両方が残る場合、の 3 通りがある。したがって、すべての場合の数は  $2 \times 2 \times 3 = 12$  (通り) である。

よって、解答は、**12 通り**。

**問 4 難易度：★★★★☆**

独立な事象とあるので、それぞれのエクソンが残る確率を掛ければよい。エクソン X, B, E が残る確率は 100%，エクソン a が残る確率は 20%，エクソン C が残る確率は 60%，エクソン D とエクソン d の両方が残る確率は 40% であるから、 $0.2 \times 0.6 \times 0.4 \times 100 = 4.8\%$  と求められる。

よって、解答は、**4.8%**。

**問 5 難易度：★★★★☆**

ルールにしたがってより長くなる場合を選択していけばよい。まずエクソン A の翻訳領域は 600 塩基で、エクソン a の翻訳領域が 300 塩基なので、エクソン A が残る場合がより長くなる。次にエクソン C が残る場合がより長くなる。エクソン D とエクソン d に関しては、両方残るほうがより長くなる。エクソン X, B, E は常に残る。これらのことから、RNA-Z からできる最も長い mRNA の構造は XABCDdE とわかる。

よって、解答は、**XABCDdE**。

## 問 6 難易度：★★★★☆

アミノ酸の数を答えるためには、問 5 で答えたエキソンのうち翻訳領域の塩基数を足し合わせて 3 で割ればよい。図中 \* から # の部分までが翻訳領域であることと、終止コドンはアミノ酸を指定しないことに注意しよう。A は 600 塩基、B は 100 塩基、C は 60 塩基、D は 90 塩基、d は 120 塩基、E は終止コドンを除いて(200-3)塩基なので、XABCDdE のアミノ酸の数は $\{600+100+60+90+120+(200-3)\} \div 3 = 389$  (個) となる。

解答例は以下のとおり。

## 解答例

XABCDdE という構造をもつ mRNA の翻訳領域の塩基数は、 $600+100+60+90+120+200=1170$  (塩基)。このうち、終止コドンはアミノ酸を指定しないので、アミノ酸を指定する塩基の個数は、 $1170-3=1167$  (塩基)。したがって、この mRNA が指定するアミノ酸の個数は、 $1167 \div 3 = 389$  (個)。

## 問 7 難易度：★★★★☆

アミノ酸 249 個を指定する mRNA の開始コドンから終止コドンまでの塩基数は、 $249 \times 3 + 3 = 750$  (塩基) である。エキソン X は翻訳領域外なので考えない。必ず入るエキソン B、E の翻訳領域の塩基数は合わせて 300 塩基であるから残り 450 塩基になるように組み合わせればよい。エキソン A は 600 塩基 (>450 塩基) なのでエキソン a が入ると推測でき、その翻訳領域は 300 塩基なので残りは 150 塩基である。残りのエキソン C とエキソン D/d について考える。エキソン C と D を足し合わせると 150 塩基なのでエキソン C、D を含むと考えることができる。これ以外の組み合わせは条件を満たさない。

解答例は以下のとおり。

## 解答例

アミノ酸 249 個を指定する mRNA の開始コドンから終止コドンまでの塩基数は、 $249 \times 3 + 3 = 750$  (塩基) であり、エキソン B、E の翻訳領域の塩基数は  $100+200=300$  (塩基)。これ以外のエキソンの塩基数は  $750-300=450$  (塩基)。エキソン a の 300 塩基と C の 60 塩基、D の 90 塩基を足し合わせると  $300+60+90=450$  (塩基)。よって、mRNA の構造は XaBCDE である。

(神戸朱琉, 熊井勇介, 大橋陽樹, 北川健斗)

## 2015 年度 大阪大学 前期 生物

### (3) ショウジョウバエの行動リズムに関する順遺伝学，マウスの概日リズム

出題範囲	動物の行動，遺伝子，染色体
難易度	★★☆☆☆
所要時間	18分
傾向と対策	【A】，【B】を通して概日リズムをテーマとしている問題であるが，知識はほとんど必要なく，考えて答える問題ばかりである。記述問題は問4と問5の2題であるが，どちらもやや書きにくいものの，答えにたどり着くのは難しくない。全体を通して平易な問題ばかりで，問題数も少ない。記述をまとめることに手間取らなければ，短時間ですませることができる。阪大生物の特徴として記述量が多いことが挙げられるので，記述の練習を多く積むことが重要である。そうすれば，このような大問では素早く高得点を取ることができるだろう。

#### 解答

問1 変異体2：18時間 変異体3：28時間

問2 ア：period イ：m ウ：30.7

問3 11：30

問4 14：30

理由：恒常暗の状態での概日周期は23.5時間で、概日時刻15における光照射により位相が3時間後退するから。(50字)

問5 計算過程：「行動開始時刻＝前回の行動開始時刻＋(概日周期－時刻の周期)－位相変化」という式が成り立つ。ここで、初回の定刻6：00の光照射の概日時刻は24であることから、直前の行動開始時刻は18：00であり、位相は1時間前進する。また、概日周期は25時間、時刻の周期はもちろん24時間である。以上より、初回の光照射後の行動開始時刻＝18：00＋(25：00－24：00)－1：00＝18：00となる。  
行動リズム：毎日18：00に行動を開始するようになり、行動リズムの周期は24時間となる。(38字)

#### 解説

問1 難易度：★★☆☆☆

図1から変異体2と変異体3の行動リズム周期を読み取る。周期は繰り返し1回分の時間を指すので、ある活動期の開始時刻とその次の活動期の開始時刻の間の時間を数えればよい。

変異体2において、1日目の活動期の開始時刻は6：00で、その次の活動期の開始時刻は2日目の0：00であるから、周期は18時間である。変異体3において、1日目の活動期の開始時刻は6：00で、その次の活動期の開始時刻は2日目の10：00であるから、周期は28時間である。

よって、解答は、**変異体2：18時間**、**変異体3：28時間**である。落ち着いて数え間違いがないようにすれば、



必ず正解できる。

**問2 難易度：★★★★☆**

4つの遺伝子  $m, v, y, period$  の組換え価から染色体地図を完成させる。**染色体地図**とは、染色体上の遺伝子の位置関係を示した図のことである。そのうち、組換え価を染色体上の遺伝子間の物理的な距離として考えた地図を**連鎖地図**という。

$y$ と「ア」の距離は1.3であるので、 $y$ との組換え価が1.3%である  $period$ が「ア」に入る。 $y$ と「イ」の距離は33.7であるので、 $y$ との組換え価が33.7%である  $m$ が「イ」に入る。また、 $v$ と  $period$ の組換え価が29.4%であることより、 $v$ の相対的位置は  $1.3+29.4=30.7$  となる。これは  $m$ と  $v$ の組換え価が3.0%であることにも矛盾しない。よって「ウ」には30.7が入る。

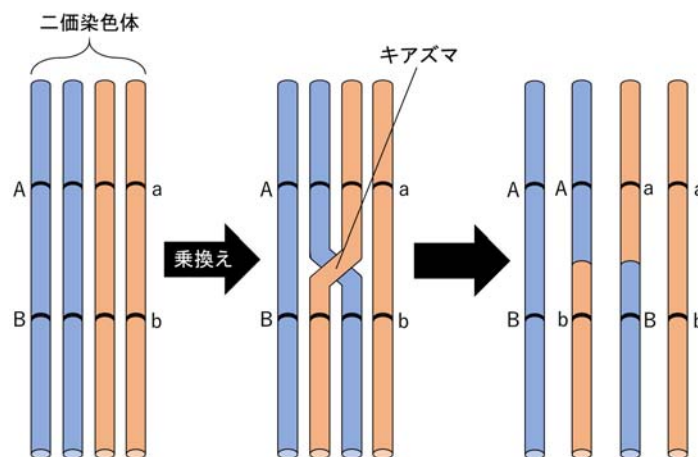
以上より、解答は、ア： $period$ 、イ： $m$ 、ウ： $30.7$ である。

◆Check!!

**染色体の乗換えと遺伝子の組換え**

問2で遺伝子の組換え価から染色体地図の作成をした。ここでは、その組換えがどのようなものであったかを確認すると同時に、混同されてしまいがちな乗換えについても理解しよう。

染色体上には遺伝子が多数存在しており、同一染色体上にある遺伝子間の関係は**連鎖**とよばれる。それぞれの遺伝子の位置は**遺伝子座**とよばれ、1つの遺伝子座に存在する異なる遺伝子を**対立遺伝子**とよぶ。染色体上には各対立遺伝子のうちの1つずつしか存在しておらず、その組み合わせは**相同染色体間**でも異なっている。その相同染色体間で染色体の一部が交換されることにより、染色体における遺伝子の組み合わせが変化する。この染色体の一部の交換が**乗換え**、遺伝子の組み合わせの変化が**組換え**である。



図A 染色体の乗換えによる遺伝子の組換え

**問 3 難易度：★★★★☆**

恒常暗 13 日目におけるマウスの活動開始時間を図 2 から求める。恒常暗条件下では一定の概日リズムで活動していることを踏まえると、恒常暗 12 日目の活動開始時間と概日リズムの周期がわかればよい。

図 2 より、恒常暗 12 日目の活動開始時間は 12 : 00 である。また、問 1 と同様に周期を調べると、概日リズムの周期は 23.5 時間である。したがって、恒常暗 13 日目の活動開始時間は 11 : 30 である。

概日リズムの周期を 1 周期だけから調べるのが厳しい場合は、観察日数 4 日目から 16 日目までの 12 日間で活動開始時刻が 6 時間早くなっていることなどから求めるとよい。

よって、解答は 11 : 30 である。

**問 4 難易度：★★★★☆**

図 2 の観察 16 日目 15 : 00 に光照射をした場合の翌日の活動開始時刻を求める。これを求めるためには、観察 16 日目の活動開始時刻、概日周期、光照射による位相変化がわかればよい。しかし、光照射をせず位相変化がない場合の活動開始時刻は問 3 で求めたので、問 3 の解答から光照射による位相変化分をずらせばよい。

ここで、光照射を行った時刻 15 : 00 は概日時刻 15 である。よって図 4 より、位相変化は -3 時間 (3 時間後退) である。よって、問 3 の解答 11 : 30 から 3 時間後退させればよいから、活動開始時刻は 14 : 30 である。

理由として書くべきポイントは「概日周期が 23.5 時間であること」、「光照射時の概日時刻が 15 であること」、「位相が 3 時間後退すること」の 3 つである。

したがって、解答は 14 : 30 であり、その理由の解答例は次のとおり。

**解答例**

恒常暗の状態での概日周期は 23.5 時間で、概日時刻 15 における光照射により位相が 3 時間後退するから。(50 字)

**問 5 難易度：★★★★☆**

恒常暗で 25 時間の概日周期を示すマウスが毎日定刻 6 : 00 に光照射を繰り返す条件下でどのような行動リズムを示すかを調べる。しかし、長いタイムスケールでの行動リズムをいきなり把握するのは困難であるので、とりあえず初回の光照射の直後の行動開始時刻を調べよう。これを知るためには、問 3、問 4 と同様に、光照射直前の行動開始時刻、概日周期、光照射による位相変化がわかればよい。

初回の定刻 6 : 00 の光照射が概日時刻 24 に相当することより、直前の行動開始時刻は 18 : 00、位相変化は 1 時間 (1 時間前進) であるとわかる。また、本文より概日周期は 25 時間である。したがって、初回の光照射直後の行動開始時刻も 18 : 00 となる。

ここで、初回の光照射の直前と直後の行動開始時刻はどちらも 18 : 00 であり、毎日定刻光照射を行うと、マウスは毎日 18 : 00 に行動を開始するとわかる。したがって、マウスの行動リズムの周期は 24 時間となり、毎日 18 : 00 に行動を開始する。

以上で解答は書けると思うが、計算過程に何を書けばいいのかがやや難しい。今までの行動開始の調べ方を式にすると「行動開始時刻＝前回の行動開始時刻＋(概日周期－時刻の周期)－位相変化」というふうになる（ただし、この式では時刻が 24 : 00 を超えたり、負の数字になってしまったりする可能性もある）。この式を用いて説明すればよいだろう。

したがって、解答例は次のとおり。

#### 解答例

計算過程：「行動開始時刻＝前回の行動開始時刻＋(概日周期－時刻の周期)－位相変化」という式が成り立つ。ここで、初回の定刻 6 : 00 の光照射の概日時刻は 24 であることから、直前の行動開始時刻は 18 : 00 であり、位相は 1 時間前進する。また、概日周期は 25 時間、時刻の周期はもちろん 24 時間である。以上より、初回の光照射後の行動開始時刻＝18 : 00＋(25 : 00－24 : 00)－1 : 00＝18 : 00 となる。

行動リズム：毎日 18 : 00 に行動を開始するようになり、行動リズムの周期は 24 時間となる。(38 字)

(西川尚吾，安藤さくら，大橋陽樹，北川健斗)

## 2015 年度 大阪大学 前期 生物

## 〔4〕 腎臓による血圧調節

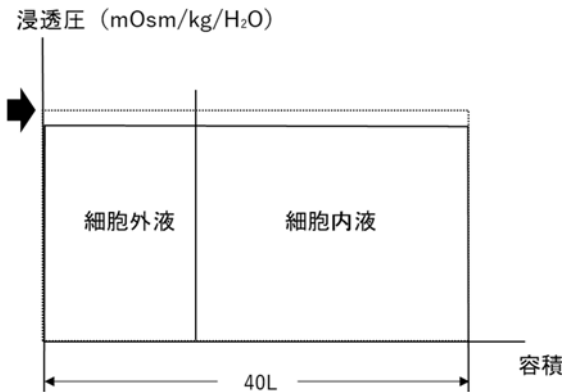
出題範囲	浸透圧, 排出系, 内分泌系
難易度	★★★☆☆
所要時間	15分
傾向と対策	見慣れない図が出てきているが, 内容そのものは簡単な図であり, 難しくはなかった。このように, 資料集などでも見かけないような図に関する問題が出題されることは多いので, 慌てず落ち着いて対応していこう。全体的な難易度は低いので, 記述量の多い問4の論述をきちんと書くことができたか, 問7の論述に時間をかけすぎることがなかったかという部分で差がつくだろう。まずは基本的な問題を確実に得点源としたうえで, 読み取りや考察の問題に時間をさけるようにしていきたい。

## 解答

問1 ア：恒常性（ホメオスタシス） イ，ウ：内分泌，自律神経（順不同） エ： $K^+$  オ：腎単位（ネフロン）

問2 b

問3



問4 脱水状態に陥ると, 体液の水分量が減少しているため血圧は低下し体液の浸透圧は上昇する。これは間脳の視床下部で感知され, 抗利尿ホルモンが分泌される。抗利尿ホルモンは標的細胞の受容体に結合して細胞内へシグナルを伝達し, 腎臓の集合管での水の再吸収を促進する。脱水状態では鉱質コルチコイドの分泌も促進される。鉱質コルチコイドは標的細胞内に直接作用し, 腎臓の集合管での  $Na^+$  の再吸収を促進する。すると原尿と体液の浸透圧差が生まれるため, 水の再吸収が増加する。水の再吸収が促進されることで体液量や血圧が保持される。(250字)

問5 病名：糖尿病

根拠：血しょう中のグルコース濃度が高く, また, グルコースが再吸収されきらず尿中に排出されているから。(47字)

問 6 120 mL/分

問 7 血圧を 120mmHg 程度で一定に保つにあたって、腎臓が何らかの重要なはたらきをしている。(44 字)

**解説**

**問 1 難易度：★★★★☆**

基本的な知識を問う問題である。

体内環境が一定に保たれることを**恒常性 (ホメオスタシス)**という。恒常性は外部環境が変化する中でも生物が活動することを可能にしている。体液濃度や体温は肝臓、腎臓、内分泌系、自律神経系などのはたらきによりある程度一定に保たれている。は恒常性 (ホメオスタシス)、, は内分泌系、自律神経系 (順不同) が入る。

細胞膜では**ナトリウムポンプ**によって、細胞内への  $K^+$  の取り込み、細胞外への  $Na^+$  の排出が能動的に行われている。そのため、細胞外液には  $Na^+$  が、細胞内液には  $K^+$  が多く含まれる。よって は  $K^+$ 。

腎臓 1 個には**糸球体**と**ボーマンのう**からなる**腎小体 (マルپیーギ小体)**がおよそ 100 万個ある。腎小体では糸球体からボーマンのうへ血液がこしとられ、原尿が作られる。作られた原尿は**細尿管**を通る過程で必要物質が**再吸収**されたあと、集合管を通して腎うへ集められる。1 つの腎小体とそれに続く 1 つの細尿管は合わせて**腎単位 (ネフロン)**とよばれる。腎うに集められた尿は輸尿管を通してぼうこうに溜められたあと、排出される。に入るのは腎単位 (ネフロン)。

したがって、解答は、**ア：恒常性 (ホメオスタシスでも可)**、**イ・ウ：内分泌・自律神経 (順不同)**、**エ： $K^+$** 、**オ：腎単位 (ネフロンでも可)**である。

**問 2 難易度：★★★★☆**

見たことのない図が出てきて驚いたかもしれないが、表現していることは簡単であり、落ち着いて考えれば難しくない。横方向が容積、縦方向が浸透圧の大きさを表している。

水分不足と発汗で体液が 3 リットル失われた状態とは、体液よりも塩類濃度が小さい水分が 3 リットル、細胞外液から減った状態と考えられる。よって、細胞外液の塩類濃度は上昇する。塩類濃度が大きいほど浸透圧は高くなるので、細胞外液の浸透圧は上昇する。この時の概念図は図 A の「体液が失われてすぐの状態」のようになる。

しかし、水分不足と発汗で体液が失われるとき、普通このように細胞外液と細胞内液で大きな浸透圧差が生じた状態になることはない。なぜなら、浸透圧に差が出るとすぐにその差がなくなる方向へと水が移動するからである。ここでは、一旦「体液が失われてすぐの状態」になったあとで浸透圧のバランスがとられるように水が移動するものとして考えよう。

「体液が失われてすぐの状態」では「細胞外液の浸透圧」>「細胞内液の浸透圧」であるので、水は細胞内液から細胞外液へと移動する。その結果、細胞外液の浸透圧は低下し、細胞内液の浸透圧は上昇する。細胞外液と細胞内液の浸透圧差がなくなったところが平衡状態 (平衡状態 1) である。

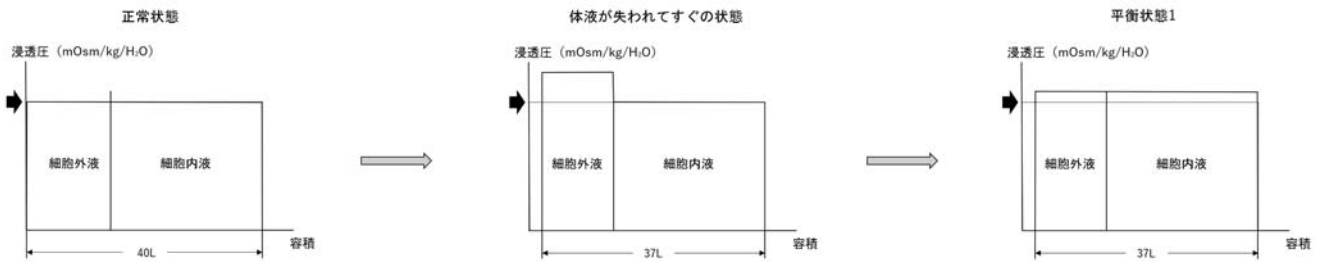


図 A 正常状態から脱水症状の状態への変化

ここで選ぶべき適切な図は、この平衡状態 1 と同じ図である。よって、解答は b。

本来であれば、細胞内から細胞外への水の移動に伴う容積の変化も生じているが、選択肢の図で表現されている様子はみえない。しかし、実際はどの程度の水が移動しどの程度の塩類が移動するかわからないし、細胞外液と細胞内液の浸透圧が正常状態よりも大きいところでバランスが取れている図を選べばよいので、問題を解くうえで支障はない。

問 3 難易度：★★★★☆

体液が 3 リットル失われた状態を改善するために水道水を 3 リットル飲んだ状態は、塩類を含まない水 3 リットルが細胞外液に増えた状態と考えられる。よって細胞外液の塩類濃度は減少し、浸透圧は低下する。このときの概念図は図 B の「水道水を 3 リットル飲んだ直後の状態」のようになる。「細胞外液の浸透圧」 < 「細胞内液の浸透圧」であるので、水分は細胞外液から細胞内液へ移動する。そして浸透圧のバランスが取れたところが平衡状態（平衡状態 2）である。ここで、平衡状態 2 のときの浸透圧は正常状態よりも低いということに注意してほしい。体液が減ったときには発汗があったので塩類が排出されている一方で、体液が増えたときには塩類が供給されていない。そのため、体液に含まれる塩類は正常状態よりも少なくなっている。

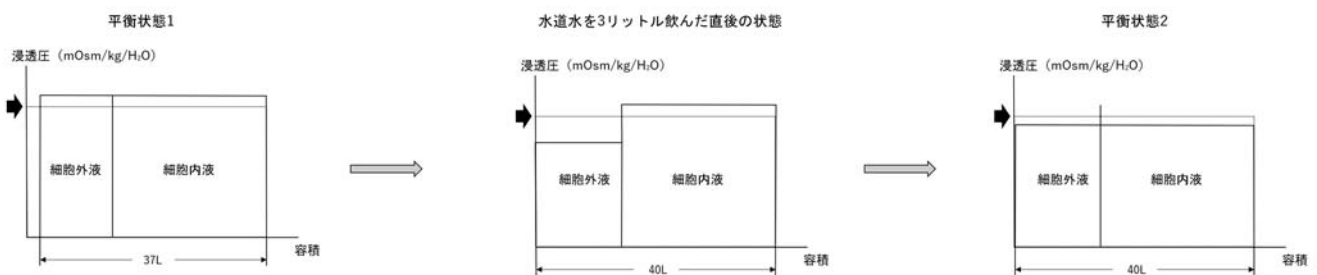
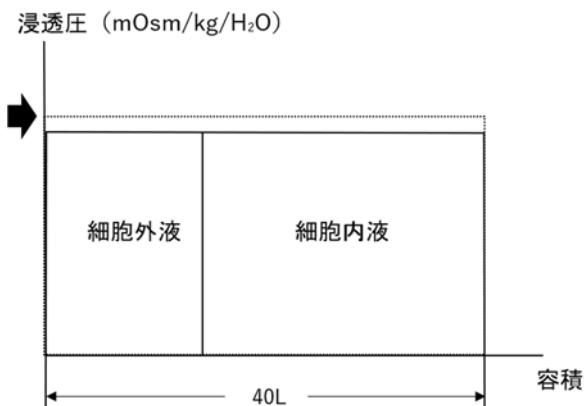


図 B 脱水症状の状態から水道水を 3 リットル飲んだ状態への変化

よって、解答は次図。



- ・塩類濃度が「体液」>「汗」>「水道水」であること
- ・細胞外液と細胞内液で浸透圧のバランスがとられること

この2つが押さえられていれば、順を追って考えなくても問2、問3は容易に解くことができたろう。

#### 問4 難易度：★★★★☆

バソプレシンの作用については知ってほしいが、**鉱質コルチコイド**の作用については教科書での扱いも軽く、記述するのは難しかったかもしれない。

バソプレシンは腎臓の集合管での水の再吸収を促進するペプチドホルモンである。ペプチドホルモンは親水性で細胞膜を通過できないため、標的細胞の細胞膜表面にある受容体と結合し、細胞内へシグナルを伝達する。血圧の低下や浸透圧の上昇が起こると、それが間脳の視床下部で感知され、脳下垂体後葉からのバソプレシンの分泌が促進される。脱水症状に陥ったときは、体液量が減少しているので血液量も減少し血圧が下がる。また、問2で見たとおり、体液中の水分が減少すると体液の浸透圧が上昇する。血圧の低下や体液の浸透圧の上昇といった体液量の低下を示すシグナルを視床下部が感知し、バソプレシンの分泌が促され、水の再吸収が促進される。このようにして排出される水分量が抑えられ、体液量や血圧が保持される。

鉱質コルチコイドはNa<sup>+</sup>の再吸収を促進するステロイドホルモンである。ステロイドホルモンは疎水性で細胞膜を通過しやすいため、標的細胞内に直接はたらきかける。鉱質コルチコイドのはたらきでNa<sup>+</sup>の再吸収が促進されると、原尿中のNa<sup>+</sup>濃度が低下（すなわち、原尿の浸透圧が低下）し、体液中のNa<sup>+</sup>濃度が上昇（すなわち、体液の浸透圧が上昇）する。すると浸透圧差に従って、原尿から体液への水の再吸収が増加する。このようにして排出される水分量が抑えられ、体液量や血圧が保持される。

よって、解答例は以下のとおり。バソプレシンは水の再吸収の促進、鉱質コルチコイドはNa<sup>+</sup>の再吸収の促進だということを踏まえて解答を書くようにしよう。

**解答例**

脱水状態に陥ると、体液の水分量が減少しているため血圧は低下し体液の浸透圧は上昇する。これは間脳の視床下部で感知され、抗利尿ホルモンが分泌される。抗利尿ホルモンは標的細胞の受容体に結合して細胞内へシグナルを伝達し、腎臓の集合管での水の再吸収を促進する。脱水状態では鉱質コルチコイドの分泌も促進される。鉱質コルチコイドは標的細胞内に直接作用し、腎臓の集合管での  $\text{Na}^+$  の再吸収を促進する。すると原尿と体液の浸透圧差が生まれるため、水の再吸収が増加する。水の再吸収が促進されることで体液量や血圧が保持される。(250 字)

**問 5 難易度：★★★★☆**

正常なヒトでは体液のグルコース濃度がおよそ  $1\text{mg/mL}$  であること、グルコースがすべて再吸収されることの 2 つを知っているかを問われている問題である。この 2 つはよく問われることなので覚えておこう。

与えられた表を見てみると、この患者の血しょう中のグルコース濃度は  $4\text{mg/mL}$  と、正常なヒトよりも高濃度である。また、尿中にもグルコースが含まれている。これは糖尿病患者の典型的な症状である。

解答例は以下のとおり。

**解答例**

**病名：糖尿病**

**根拠：血しょう中のグルコース濃度が高く、また、グルコースが再吸収されきらず尿中に排出されているから。**  
(47 字)

**問 6 難易度：★★★★☆**

よくある計算問題であり、特にひねりもない典型的なものなので、素早く解答したい。

まず、**イヌリン**は全く再吸収されない物質であるということを覚えておこう。10 分間で尿中に出てきたイヌリンの量は、 $24.0\text{mg/mL} \times 10\text{mL} = 240\text{mg}$  である。イヌリンは再吸収されないので、イヌリンが 10 分間でろ過された量は同じで、 $240\text{mg}$  である。血しょう中のイヌリン濃度は  $0.2\text{mg/mL}$  であるので、ろ過された血しょうの量は  $240\text{mg} \div 0.2\text{mg/mL} = 1200\text{mL}$  である。

よって、糸球体ろ過量は、 $1200\text{mL} \div 10 \text{分} = 120\text{mL/分}$  である。

**◆Check!!****原尿量の算出**

尿量、血しょう中の物質の濃度、尿中の物質の濃度は直接計測することが可能である。一方、原尿の量は直接量ることはできない。そこで、原尿の量は尿量、血しょう中の物質の濃度、尿中の物質の濃度から計算するしかない。



普通の物質は原尿から尿になるまでの間に再吸収され、「血しょう中からろ過された量」＝「尿中に含まれる量」とはならないが、イヌリンはまったく再吸収されない物質であるため

$$\text{「血しょう中からろ過された量」} = \text{「尿中に含まれる量」}$$

となる。糸球体でろ過される物質の場合、

$$\text{「血しょう中からろ過された量」} = \text{「血しょう中の濃度」} \times \text{「原尿の量」}$$

であり、

$$\text{「尿中に含まれる量」} = \text{「尿中の濃度」} \times \text{「尿量」}$$

であるので、イヌリンの場合は

$$\text{「血しょう中の濃度」} \times \text{「原尿の量」} = \text{「尿中の濃度」} \times \text{「尿量」}$$

が成り立つ。

したがって、

$$\text{「原尿の量」} = \frac{\text{「尿中の濃度」} \times \text{「尿量」}}{\text{「血しょう中の濃度」}}$$

このようにして原尿の量を求めることができる。

## 問7 難易度：★★★★☆

わかることの少ない実験であるのに考察をさせており、不安になるかもしれない。勝手な推測を入れないよう注意しよう。

まずは図3を見てみよう。正常な食塩抵抗性ネズミでは食塩を摂取させても血圧はほぼ一定に保たれている。一方、食塩抵抗性ネズミ（食塩感受性ネズミ腎臓）は食塩を摂取すると血圧はどんどん上昇している。次に図4を見てみよう。正常な食塩感受性ネズミはもともと血圧が高く、食塩を摂取させると血圧はさらに上昇していく。一方、食塩感受性ネズミ（食塩抵抗性ネズミ腎臓）は食塩を摂取しているにもかかわらず血圧が低下していつている。

食塩を摂取すると血しょうの塩類濃度が高くなるので、何らかの応答がない限り血圧は上昇する。図3、図4から、食塩感受性ネズミの腎臓では食塩を摂取すると血圧は上昇するが、食塩抵抗性ネズミの腎臓では食塩を摂取しても血圧は上昇しないことが確認された。つまり、食塩抵抗性ネズミと食塩感受性ネズミの食塩摂取に対する応答の違いは腎臓の違いによるものだとわかる。しかし、血圧上昇の抑制に関して腎臓がどのようにかかわっているのかはこの実験ではわからない。わかるのは腎臓が血圧の調節にかかわるということだけである。

したがって、解答例は以下のとおり。

### 解答例

血圧を 120mmHg 程度で一定に保つにあたって、腎臓が何らかの重要なはたらきをしている。(44 字)

(大橋陽樹, 安藤さくら, 熊井勇介, 北川健斗)