



2

(1)

問1 ア：ナトリウム(Na<sup>+</sup>)ポンプ, ナトリウム-カリウム(Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>)ポンプ,  
Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPアーゼ (どれでも可)

イ：ATP                      ウ：外                      エ：内                      オ：アクアポリン

問2 流動モザイクモデル

問3 脂肪酸

問4 平常時 NC は閉じ KC は開くため、陽イオンでは主に K<sup>+</sup>のみ細胞外へ漏出するから。

(2)

問5 カ：エンドサイトーシス    キ：エキソサイトーシス    ク：ファゴサイトーシス (食作用)  
ケ：ファゴソーム (食胞)    コ：リソソーム

問6 マクロファージ, 単球, 好中球, 樹状細胞 (などから一つ)

問7 細胞膜上の受容体で表面の分子を認識する。

(3)

問8 サ：カドヘリン                      シ：Ca<sup>2+</sup> (カルシウム)

問9 表皮が接触などにより容易にはがれる。

3

問1 1：葉緑体                      2：ストロマ                      3：グラナ  
4：チラコイド                      5：光化学系                      6：光  
7：カルビン・ベンソン    8：炭酸                      9：気孔  
10：二酸化炭素                      11：固定                      12：乾燥  
13：昼                      14：水分                      15：時間  
16：夜

問2 A：2                      B：2

問3 ストロマ

問4 C<sub>4</sub>植物

問5 細胞 C：維管束鞘細胞  
化合物D：リンゴ酸

問6 CAM植物

問7 ア

4

- 問1 1：静脈                      2：肝小葉                      3：肝細胞  
4：肝静脈                      5：肝門脈                      6：肝動脈  
7：静脈                      8：栄養  
9：血しょうタンパク質（アルブミンおよびフィブリノーゲン）  
10：解毒                      11：総胆                      12：胆  
13：体温
- 問2 グリコーゲン，脂溶性ビタミン，血液
- 問3 アセトアルデヒド，酢酸
- 問4 回路名：オルニチン回路  
物質名：尿素
- 問5 胆汁酸
- 問6 ヘモグロビン
- 問7 胆のう

# ■ 解説

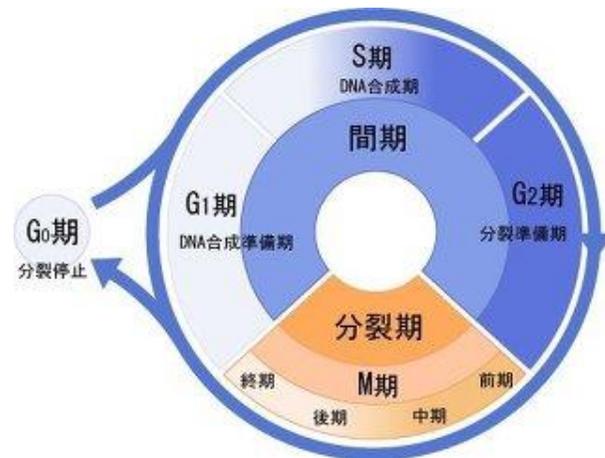
## 1 細胞（細胞周期）

### 原則：細胞分裂・細胞周期

#### ○細胞周期

細胞が分裂する際に、多くの場合 DNA の複製ののち細胞が分裂する。これらの間には様々なプロセスが存在するが、細胞が分裂を終了してから次の細胞分裂までの間を一周期として扱う。この周期を細胞周期と呼ぶ。

ここでは、細胞分裂を繰り返している（あるいは細胞分裂が見られる）細胞群について考える。



細胞分裂が実際には起こっておらず、分裂の前の時期を間期とよぶ。G<sub>1</sub>・S・G<sub>2</sub>の三期からなる。

#### G<sub>1</sub>期（DNA合成準備期）

体細胞分裂や減数分裂の際には母細胞と娘細胞で DNA 量は同じである。そのため分裂前にまず初めに複製する必要がある。この時期では **DNA 合成の準備**を整えるため、必要なタンパク質、酵素を作る。細胞周期の中で最も長い時期である。

図 1-1：細胞周期概略 <http://ks.c.yimg.jp/res/chie-ans-229/229/289/721/i320>

#### G<sub>1</sub>-S チェックポイント

G<sub>1</sub>期 DNA に損傷がないこと、これからの DNA 複製のためのヌクレオチドなどが十分あること、細胞の大きさ、分裂に適した環境かといったことがチェックされる。このチェックポイントは p53 と呼ばれるタンパク質をはじめとする因子が制御している。

（分裂に適さない細胞は S 期には入らず G<sub>0</sub>期と呼ばれる分裂停止・休眠期へと移行する。）

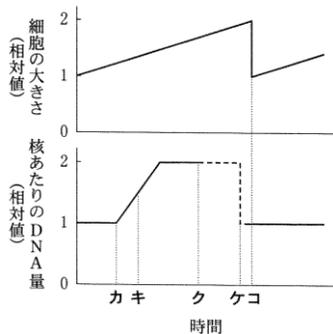
#### S 期（DNA 合成期）

この時期に **DNA を複製**する。この際の細胞は核が肥大する場合がある。S 期の DNA 複製の速さを制御し、DNA 複製に不具合がないかをチェックする機構も存在する。

#### G<sub>2</sub>期（分裂準備期）

細胞分裂の一つ手前のこの時期では、細胞分裂のための最終準備として**細胞自身の成長**や DNA 以外のミトコンドリアをはじめとする**細胞小器官などの複製**が行われる。





### ○細胞分裂時の DNA 量

細胞分裂により細胞の大きさ、各当たりの DNA 量は変化する。

カ…S 期開始時 (DNA の複製が始まっている)

キ…S 期 (複製の中途の DNA 量である。)

ク…G<sub>2</sub> 期直後 (「核膜の消失」のためこれ以降便宜上点線で示した。)

ケ…後期直後 (各当たりの DNA 量、つまり染色体が二分された。)

コ…分裂期直後 (細胞質分裂が完了し、分裂が終了した。)

図 1-4 : 細胞の大きさと核あたりの DNA 量 (大学入試センター試験 2011 年度本試験第 1 問 B より)

## 解答解説 (解答は四角部分)

(1)

問 1 (語句補充・知識)

### 【方針】

細胞分裂における主要なイベントについて理解できておけばよい。当然ながら、細胞分裂は主要なイベント (「前期に核膜が消失」など) をすべて各期に正確に論述できるだけではなく、その様子が具体的にイメージでき、各期の細胞を図示でき、DNA 量もはっきり明示できることが必須である。

### 【解説】

ア: 生殖細胞を作る分裂は**減数分裂**である。高校生物で出てくる細胞分裂は体細胞分裂と減数分裂の二つ。

イ・ウ: 分裂前の細胞を**母細胞**、分裂後の細胞を**娘細胞**と呼ぶ。娘細胞は分裂後の二つの細胞を総称して呼ぶ。

エ・オ: 前期のイベントは**核膜**と**核小体**の消失である。これが起こらなければ凝集した染色体ははっきり表れないであろう。実際の観察時には (写真問題の際にも)、前期初期の細胞ではまだ染色体は核のように中央に集まっているが、染色体一本一本がはっきり区別できることから間期と区別できる。

カ: 上に述べた通り、**染色体**の凝集も前期に同時に見られる。

問 2 (小論述・知識/考察)

### 【方針】

高校生物で語句として扱われることはないが、チェックポイントなどの細胞周期が正常に進んでいるかをチェックする機構が存在する。ここでは各期のイベントが何であるかという知識を用いて解答する。チェックポイントごとのイベントは厳密には複数あり 20 字では解答が難しいが、問題文に G<sub>2</sub>-M チェックポイントのことが書いてあるのでそれを参考にすればよい。

### 【解説】

S 期で DNA 複製 (合成) を行うために**その基質 (材料) が必要**となる。また、分裂、すなわち DNA 複製を

行い実際に細胞周期を進めて**分裂に至るのに適した環境であるか**もチェックする必要がある。こうして得られる二つのポイントに対して、問題文の G<sub>2</sub>-M チェックポイントでは DNA が正確に複製されたか、といった DNA に着目した表記でまとめていることを参考に答案を調整すればよい。

### 問3 (短答・知識)

#### 【方針】

本問はやや難しい。動物細胞における「くびれ」は収縮環を問われていることは知っておきたい知識であるが、これに関係しているタンパク質の名称を知っている受験生は多くはないと考えられる。また、細胞板は植物細胞の細胞壁でセルロース以外の主成分を想起すれば解答できる。

※些末だが、ここで出題されている「くびれ」は「くびれの外側にある構造体（「くびりとる」構造物）」のことと解釈した。厳密には「くびれ」自体はリン脂質が主成分の細胞膜である。

#### 【解説】

動物細胞では収縮環と呼ばれる**アクチンとミオシン**からなる環が赤道面外縁にでき、これが細胞を収縮させてくびれを生じさせる。また、植物細胞ではセルロース以外に**ペクチンやグルカン**と呼ばれる多糖類が細胞壁に存在する。植物細胞観察（分裂組織等）の際塩酸で解離を行うが、それにはペクチンを分解し細胞同士のつながりを緩める目的もある。「化学的主成分」とあり、実際には「くびれ」：タンパク質、「細胞板」：多糖類といった解答も高校生物の範囲から許容されると考えられる。

(2)

### 問4 (小論述・知識)

#### 【方針】

分裂期の細胞を同定することを考えるので、間期との定性的な違いを考えればよい。

#### 【解説】

分裂期の細胞だけが**染色体が凝集**して見える。染色体自体が見えるうえにそれがダイナミックに移動するのであるから、**核膜が消失**しているのは明らかであろう。前期のイベントについて述べられているわけではないためここで「核小体の消失」の言及は不要であろう。（核膜は観察上判別がつかない場合もある。）

### 問5 (短答・考察)

#### 【方針】

標識する（「標識」については後の【研究】参照）細胞はDNAを合成中の細胞、つまりS期の細胞すべてである。（仮にS期の終わりの方の細胞であっても、ほんのわずかにDNAは合成しているはずであるから、<sup>3</sup>Hチミジンは必ず取り込まれる。そのためS期すべてが標識される）この前提のもとに、S期の細胞がどのような周期をたどるのか、【解説】に記した通り、「周期の図」に乗せて考えるとよい。その際注目すべきは、S期の細胞群の「両端」である。（後述）

【解説】

問題文の実験手順を順に追う。

① S期の細胞をすべて標識する。

↓ 4時間後（1h後と記す。）

② 標識した中で一番早い細胞がM期を迎える。

↓ 1h（実験開始から5h後）

③ 一番早い細胞がM期の半分を迎える。

↓ そののち、

④ 標識した中で一番遅い細胞（当初S期に入りたてのうちに標識された細胞）が実験開始から10時間後にM期の半分を迎える。

（時間的に考えて、ここでいうM期の50%とは、M期の最後の50%のことであると考える。）

⑤ 一番早い細胞が細胞周期を一周してから再びM期に入るまでの時間は18時間である。

以上から、

- ・ G<sub>2</sub>期は4時間
- ・ M期は半分が1時間なので（※1），2時間
- ・ S期は④からM期半分とG<sub>2</sub>期を引いて  
10 - 4 - 1 = 5（時間）
- ・ G<sub>1</sub>期は⑤からG<sub>2</sub>期を二回，S期，M期を引いて  
18 - 4 × 2 - 2 - 5 = 3（時間）

が得られる。

細胞周期全体時間はG<sub>1</sub>～Mまでの合計で、

$$3 + 5 + 4 + 2 = \boxed{14 \text{（時間）}}$$

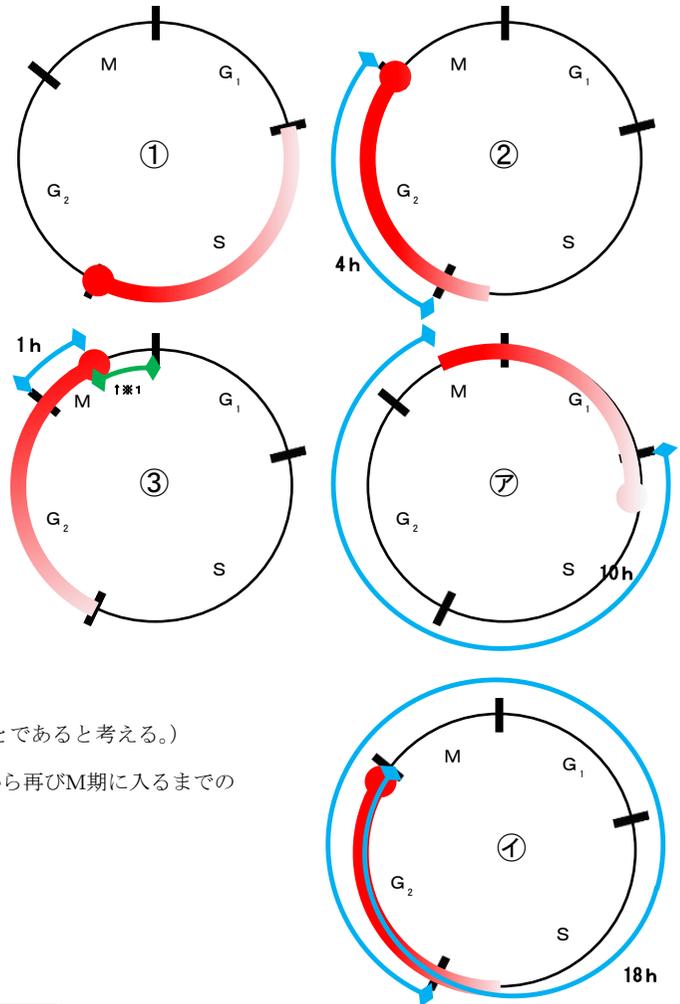


図1-5：問5実験における細胞周期

- — — : S期に標識した細胞の推移（丸は始端）
- ↔ : 標識した細胞のたどった時間

【研究】《標識》

生物学において、特定の物質だけの動きに着目して、その物質がいかに取り込まれて体内でどのような動きをたどり、どのような化合物に変化してゆき、どのように代謝・排出されていくのかを考えることが多い。その際に「特定の物質」だけがどこにいるのか、それがその物質が違う化合物に変化しても追跡するのが**標識**の役割である。手法としては、特定の物質を構成する元素のうち一部を、その物質の性質を大きく変えない範囲の**放射性同位体（ラジオアイソトープ）**や放射性元素で置き換えたり、（タンパク質などであれば）対象に**蛍光色素**を結合させたり、そのタンパク質をコードする遺伝子に**緑色蛍光タンパク質（GFP）**を導入したりするのが挙げられる。

(3)

問6（短答／知識）

【方針】

フローサイトメトリーという見慣れない手法が素材となっているが、「DNA量ごとの細胞数」という入試で数多く出題されるパターンの問題である。

**原則**の図1-4のように細胞周期・分裂期ごとにDNA量は異なる。通常の（つまり分裂期がなく、DNA合成もしていない）細胞一個あたりのDNAを2とすると、S期の細胞のDNA量は「合成中」のため逐次変化する。また合成後の分裂期の細胞のDNA量はちょうど倍である。

【解説】

はじめに特殊な部分（b, c）を考える。bは上に述べた通り2から4に移行途中であるDNA合成過程にある細胞なので**S期**。cは「DNAの合成が終わって」から「分裂し終わって通常の（DNA量2の）細胞に戻る」までの期間であるから**G<sub>2</sub>期とM期**である。aは残りの期間で**G<sub>1</sub>期**である。

問7（描図／考察）

【方針】

すべての細胞は細胞周期をめぐっていると仮定すると、すべての細胞周期が同調することがわかる。

【解説】

最初にM期であった細胞はすべてM期のままであるし、分裂を終えてしまった細胞も必ず次の分裂期にまで至る（ここがpointである。）とわかる。すると、細胞分裂M期はすべて（細胞一つ当たりの）DNA量が4であるから**すべての細胞がDNA量4**であることがわかる。

問8 (小論述/考察)

【方針】

がん細胞は「増殖する」ことは文章から前提として読み取ることができる。また、図からDNA量の「不正な」ピークが2と4の間だけでなく2より小さい場所にあることから、通常のDNA量が2より小さい細胞が「分裂によって」生じたと考えることができる。

【解説】

DNA量が不正であることは、S期の異常などが想起される。しかし、本問では【方針】に述べた通り、がん細胞はそもそも増殖していて、この異数倍数体ではDNA量が2より小さい細胞が生じているので、S期の「DNA合成(つまりDNA量が増えるプロセス)」の不全ではDNA量が2より少なくなることはあり得ず、S期異常の可能性は否定される。このことから、ほかに考えられる仮説として最も有力なのが染色体の不等分裂・不分離である。実際、以下の【研究】に述べた通り異数倍数体は染色体の不分離から生じることは知っておきたい。

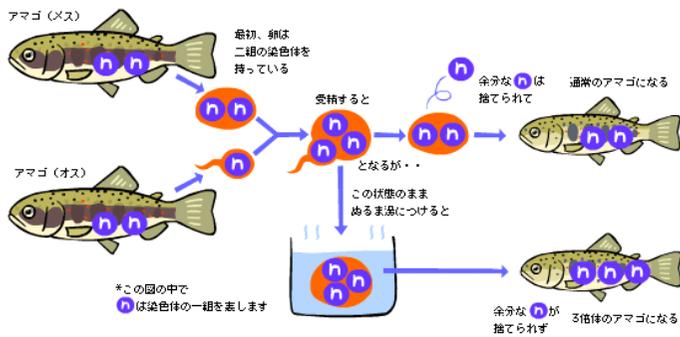
【研究】《異数倍数体》

配偶子形成の際に減数分裂が起こり、ゲノムは $2n$ (二倍体)から $n$ (半数体・一倍体)になる。このとき何らかの異常により染色体を娘細胞に振り分けるのに失敗し、配偶子に三倍体や四倍体などの配偶子ができることがある。こうした現象は染色体の不分離とも呼ばれる。

一部分の染色体が不分離を起こすことが多く知られており、ヒトの21番染色体が不分離を起こした場合、21番染色体を3本持つ三倍体のヒトはダウン症(肉体的成長の遅延、特徴的な顔つき、軽中度の知的障がい)を発症する。ほかの染色体でこのような不分離が生じると多くの場合、ほかの染色体が生存に重大な影響を与える遺伝子を有していることもあり個体は発生しないが、21番染色体は発生には大きく影響しないためこのような個体が生じることになると考えられる。

一方、一部の染色体ではなく、すべての染色体がいつせいに不分離を起こすこともある。例えば、減数分裂が一回しか起こらなかったり、極体と卵が合一したりしてできた倍数性の配偶子が受精すると多倍体の個体が発生しえます。これを農業や漁業の領域で応用する試みは知られている。

種なしスイカはこのよい例である。あるスイカの減数分裂時にコルヒチンと呼ばれるチューブリンの重合を阻害する薬剤を処理すると、卵細胞の減数分裂時に微小管からなる紡錘糸の成長が阻害され、染色体が不分離を起こし二倍体の卵が生じる。これに通常の一倍体の花粉を受精させると三倍体( $3n$ )の個体が生じる。この個体が成長しても、減数分裂で染色体は均等分裂されないため卵はできず種子は成長しない。こうして生殖能力を失うのである。(生殖能力を稔性という。ここでは稔性を失ったことになる。)しかしほかの花粉を受粉するとそれに対する応答として子房壁は膨らみスイカの果実となり、種なしスイカが生じるのである。



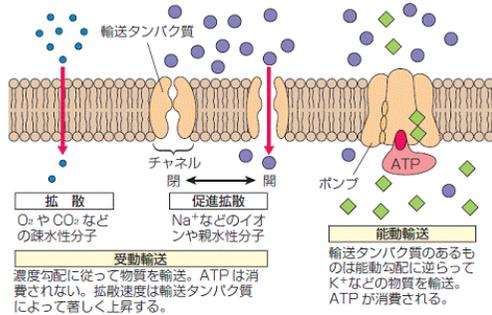
<http://blog.new-agriculture.com/blog/wp-content/uploads/2014/08/20140804BD%93.gif>

三倍体の個体は種なしスイカ同様精子や卵の形成が起こらず、性成熟を起こさないことが知られている。このため次世代の個体や配偶子に蓄える栄養分を個体にとどめておくことができる。これにより質や体形、大きさのよい良品種が期待できるとされている。

サケやマスでも、人工的に倍数体をつくることに成功している。河川にクラスマス的一种であるアマゴと呼ばれる魚のメスは、もともと二倍体の卵を生むが受精すると余分な染色体を一組失い二倍体の個体が発生する。しかし、ここで受精卵に温度刺激を与えると三倍体のままの個体が生じる。

## 原則：膜輸送・細胞接着

### ○膜輸送



### ■受動輸送

#### ①単純拡散

#### ②チャンネル

生体内には脂質二重層を貫通した**チャンネル**と呼ばれるタンパク質からなる通路がある。**イオンチャンネル**は、特定のイオンを選択的に濃度勾配に従って移動させる。つまり特定のイオンだけが、濃度の濃いほうから薄いほうへ移動してゆけ

[http://www.keirinkan.com/kori/kori\\_biology/kori\\_biology\\_n1\\_kaitei/contents/bi-n1/1-bu/1-2-B.files/image005.gif](http://www.keirinkan.com/kori/kori_biology/kori_biology_n1_kaitei/contents/bi-n1/1-bu/1-2-B.files/image005.gif)

るのである。チャンネルの開閉は伝達物質や機械的刺激（接触刺激）などの細胞の状況による。極性分子であり拡散できない水を通すチャンネルは**アクアポリン**と呼ばれる。

### ■能動輸送

多細胞生物では、細胞外液中のナトリウムイオン濃度が大きく、カリウムイオン濃度が小さい。内液はその逆で保たれている。それは、細胞膜が絶えずナトリウムイオンを細胞外へ送り出し、カリウムイオンを細胞内へ取り込む仕組みがあるからである。この仕組みを**ポンプ**という。特に、上記のポンプを**ナトリウムポンプ**とよび、これはATPを消費するためATP 消化酵素としての位置づけとして、**Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATP アーゼ**とも呼ばれる。

### ○細胞間結合

#### ■受動輸送

#### ①密着結合

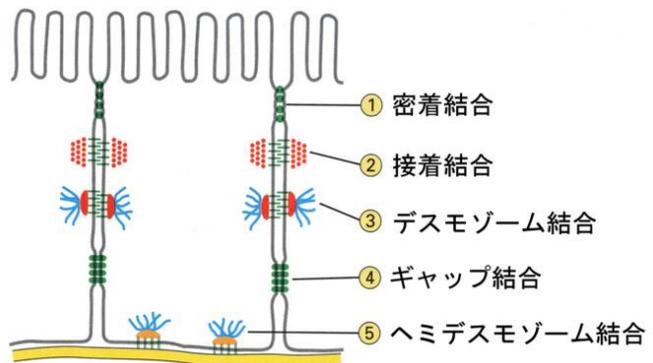
接着タンパク質が細胞同士を隙間なく埋めていく結合のこと。

#### ②接着結合（固定結合の一つ）

カドヘリンと呼ばれるタンパク質による結合。カドヘリンは細胞内アクチンフィラメントと結合している。またカルシウムイオンを持つことで機能している。

#### ③デスモソーム結合（固定結合の一つ）

カドヘリンを介して結合するが、細胞内には細胞膜とカドヘリンを裏打ちするようにデスモソームタンパク質が存



<http://www.tmd.ac.jp/artsci/biol/textbook/junction.jpg>

在し、それは中間径フィラメントと結合している。

#### ④ギャップ結合（連絡結合とも）

二つの細胞にまたがる中空の膜貫通タンパク質で結合しており、化学物質や電気信号が通過できる。

動物細胞ではギャップ結合と呼ぶが、植物細胞ではこれを原形質連絡と呼ぶ。

#### ⑤ヘミデスモソーム結合（固定結合の一つ）

インテグリンと呼ばれるタンパク質を介して細胞と細胞外基質をつなぐ。細胞内成分はヘミデスモソームタンパク質および中間径と結合しており、③のデスモソームと似通っている。

## 解答解説（解答は四角部分）

(1)

問1（語句補充・知識）

### 【方針】

神経細胞の単元においても出てくる、細胞膜上の輸送タンパク質について問われている。このとき考慮すべきは、細胞内は「K+優勢」、細胞外は「Na+優勢」とあるという点である。

### 【解説】

ア・イ：ナトリウムイオンを細胞外に送り出し、カリウムイオンを細胞内に同時に取り込む、ATPを分解する膜タンパク質はナトリウム(Na+)ポンプ、ナトリウム-カリウム(Na+/K+)ポンプ、Na+/K+-ATPアーゼである。どの名称を用いても正解である。

ウ・エ：細胞内は「K+優勢」、細胞外は「Na+優勢」であるから（ア）同様ナトリウムは細胞外、カリウムは細胞内へと移動させることになる。

オ：細胞膜はリン脂質の疎水性部分により極性分子を通さない。化学で学ぶように、水は極性分子であり、細胞膜の透過性がよくない。アクアポリンは細胞膜に水だけを投下させるタンパク質である。

### 【研究】《アクアポリン》

米国ジョージ・ホプキンス大学の Peter Agre（アグリ）博士は1980年代に赤血球の研究を行う中で機能不明の膜タンパク質を発見する。これが以前から「原理的には水は細胞膜の透過性が悪いのに多くの細胞で水は細胞内外をよく行き来する」という疑問を解消する「水チャンネル」であることがわかり、アグリ博士は2003年ノーベル化学賞を受賞した。アクアポリンは膜貫通タンパク質で、細胞内外をつなぐ穴がある。穴の直径は最小で0.3nmで、水分子がかろうじて通過できるサイズとなっている。アクアポリンは水輸送の豊富な腎臓集合管組織などに多く分布しており、アクアポリンの数を適宜調整することにより尿の濃度を変化させる。（体内の浸透圧を調整する。）

問2 (短答・知識)

【方針】

図のように膜タンパク質が動きながら分布している。これは人込みをかき分け  
て動くようにリン脂質と位置を交換し合って移動しているものであり、流動してい  
る。

<http://www.seibutsushi.net/blog/wp-content/uploads/zu2.gif>

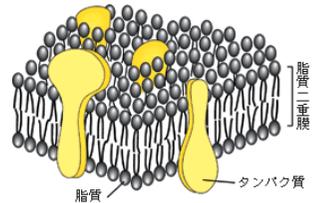


図2：流動モザイクモデル

【解説】

右記のようなモデルが**流動モザイクモデル**と呼ばれる。タンパク質は膜上  
を自由に流動できる。

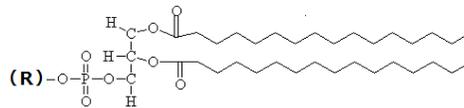
問3 (短答・知識)

【方針】

リン脂質は右のような構造式で表される。

グリセリン、脂肪酸2分子、そしてリン酸のエス  
テル結合である。(脂肪酸のC、H原子は省略して  
いる) 青線で示したのが極性のあるリン酸基(及び  
ほかの基)が付いた親水性の部分で、脂肪酸が赤線の疎水性の部分である。

親水性の頭部                      疎水性の尾部 (脂肪酸)



<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0d/E2%82%AA%E2%82%B3%E2%84%82%E2%83%AA%E2%81%AE%E2%9P%BA%E2%9C%AC%E2%A7%8B%E2%80%A0%E2%81%B1%E2%81%9F%2D.png>

【解説】

疎水性なのは尾部の炭素鎖の部分であり、脂肪酸である。

問4 (小論述・知識)

【方針】

神経細胞の単元においても出てくるが細胞内は「K+優勢」、細胞外は「Na+優勢」であるという点に注目し、  
なおかつ静止電位はチャネルによる受動輸送で成り立っている知識が問われている。

【解説】

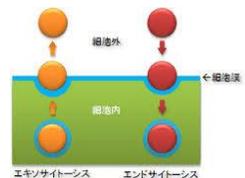
神経細胞などの静止電位が保たれるのは、チャネルについて考えれば、陽イオンが外へ出ていくからであると  
考えられる。「K+漏えいチャネル」の存在を知っていれば、**平常時 NC は閉じ KC は開くため、陽イオンでは主  
に K+のみ細胞外へ漏出するから**だとわかる。

(2)

問1 (語句補充・知識)

【方針】

膜自身が対象物を包み込んで細胞内外と物質のやり取りを行う膜動輸送について、  
主要な語句が問われている。



【解説】

カ：細胞内へ取り込む作用はすべてまとめて「エンドサイトーシス」とよぶ。

キ：逆に、細胞外へ放出する作用を「エキソサイトーシス」という。

ク：エンドサイトーシスのうち、大きな物質を取り込むことを「ファゴサイトーシス」または「食作用」とよぶ。問題文に与えられている飲作用とは、対象物の大きさとで区別する。

ケ：ソームとは小胞のことであり、ファゴサイトーシスによる小胞を「食胞」または「ファゴソーム」という。

コ：加水分解酵素を持ち分解を担うのは「リソソーム」である。

問6（短答・知識）

【方針】

食作用などを用いて異物を分解する細胞は免疫に関係する細胞だと想起できる。

【解説】

免疫細胞で食作用を行うのは「マクロファージ、単球、好中球、樹状細胞など」の異物分解を行う細胞である。

問7（小論述・知識）

【方針】

TLR(Toll 様受容体)の知識がなくても、異物を分解前に（分解すべき異物か）認識するには表面の接触が必要であるとわかればよい。

【解説】

マクロファージや樹状細胞は他の細胞のもつ物質を一部特異的に認識する Toll 様受容体（Toll like receptor, TLR）で他の細胞を認識している。つまり、「細胞膜上の受容体で表面の分子を認識している」のである。

(3)

問8（語句補充・知識）

【方針】

**原則**に示したが、細胞接着は図示や論述を求める出題も考えられるので結合様式を頭に入れておきたい。

【解説】

サ：デスモソームによる接着は「カドヘリン」というタンパク質による。

シ：カドヘリンは「カルシウム」イオンにより立体構造を保ち、接着できる。

※（シ）は問題文に「イオン」と与えられているので解答欄にカルシウムイオンまで書かないよう注意。

問9（小論述・考察）

【方針】

表皮のデスモソーム破壊により「細胞間の接着結合がなくなる」ことから想起したい。

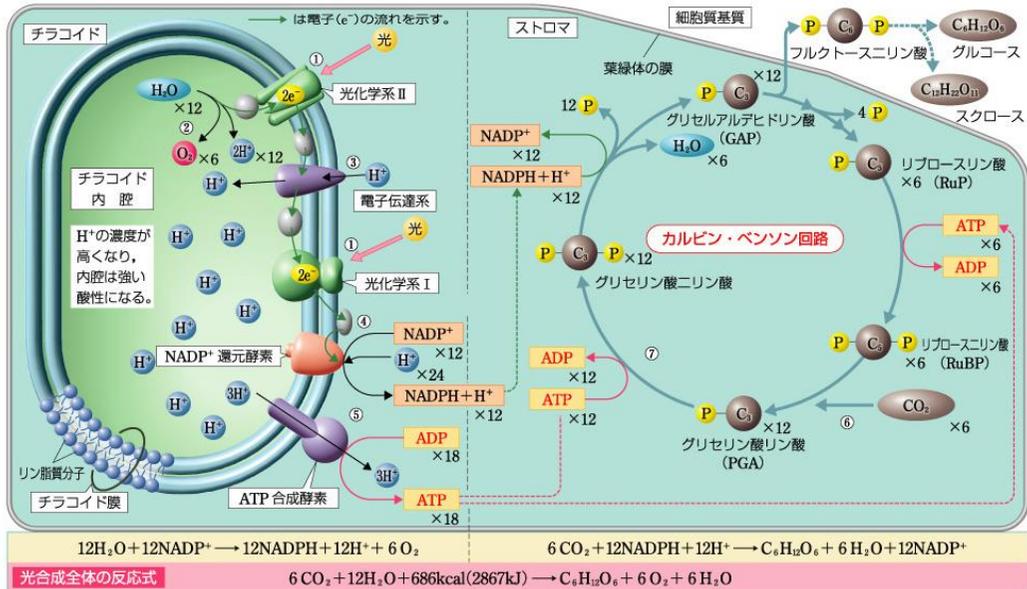
【解説】

接着が緩むと皮膚はもろくなる。もろくなった皮膚は「接触などにより容易にはがれる」と考えるのが妥当である。

### 3 代謝（光合成）

#### 原則：光合成

○光合成



[http://www.daiichi-g.co.jp/rika/fukukyozaibio/data/image/05\\_07\\_02\\_01F.jpg](http://www.daiichi-g.co.jp/rika/fukukyozaibio/data/image/05_07_02_01F.jpg)

葉緑体は基質であるストロマと袋状のチラコイド、それが重なったグラナからなる。

光合成は以下の通り反応1～4に分けられる。

反応1…光化学系IIが光を受けて水を分解。

反応2…光化学系Iが電子をNADP<sup>+</sup>に渡し、NADP<sup>+</sup>還元酵素が付近の水素イオンとともにNADPH+H<sup>+</sup>を生成する。

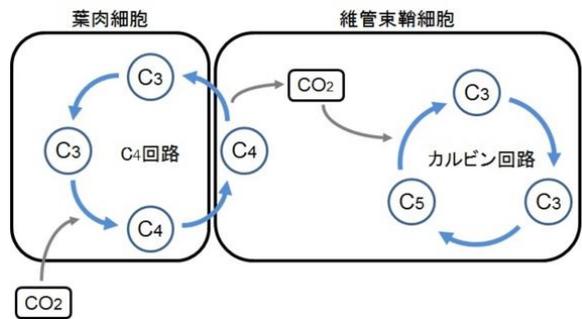
反応3…ATP合成酵素がチラコイド内腔内から濃度勾配に従って水素イオンを送り出す。そのエネルギーを用いてADPからATPを合成する。この反応を光リン酸化という。

反応4…カルビン・ベンソン回路の反応がおこる。このとき、ATPや還元剤としてNADPH+H<sup>+</sup>が用いられる。

カルビン・ベンソン回路でCO<sub>2</sub>が取り込まれ、PGAが還元される反応がおこる。

### ○C<sub>4</sub>植物

多くの植物は二酸化炭素を取り込んでまず PGA という物質を合成するが、このように最初に作られる物質の炭素数3の植物をC<sub>3</sub>植物という。一方で、二酸化炭素を取り込んで最初に合成される物質の炭素数が4の化合物である植物はC<sub>4</sub>植物と呼ばれる。例…とうもろこし、サトウキビ、メヒシバ

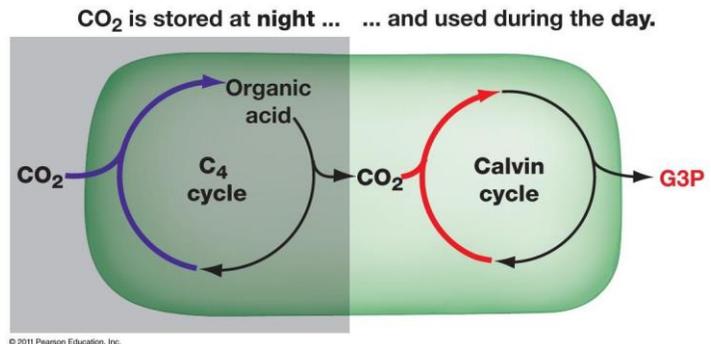


<http://cdn-ak.f.st-hatena.com/images/fotolife/t/tsunepi/20140504/20140504142557.jpg>

C<sub>4</sub>植物はカルビン・ベンソン回路とは別にC<sub>4</sub>回路という合成経路を葉肉細胞に持っている。C<sub>4</sub>回路では炭素数3のホスホエノールピルビン酸と二酸化炭素が反応して炭素数4のオキサロ酢酸が合成され、その後リンゴ酸に変換される。C<sub>4</sub>回路でつくられたリンゴ酸は維管束鞘細胞に集められる。維管束鞘細胞では、リンゴ酸がピルビン酸になり、二酸化炭素を遊離するため二酸化炭素濃度が極めて高くなる。維管束鞘細胞ではカルビン・ベンソン回路が行われるが、二酸化炭素濃度が高く、強光、高温条件下での光合成速度が非常に大きくなる。

### ○CAM植物

CAM型光合成は砂漠などの乾燥地域に生育する多肉植物などに多く見られる光合成である。このような光合成を行う植物を一般的にCAM植物と呼ぶ。CAM型光合成はC<sub>4</sub>植物の光合成と似ているが、C<sub>4</sub>回路とカルビン・ベンソン



<http://livedoor.blogimg.jp/crazybio/imgs/7/d/7d62d68c.jpg>

回路の両方を葉肉細胞で行う。CAM植物は、比較的気温の低い夜間のみ気孔を開き、二酸化炭素を固定してC<sub>4</sub>回路でリンゴ酸を合成する。合成されたリンゴ酸は液胞内に蓄えられる。昼間は気孔を閉じるため、外界からの二酸化炭素の取り込みは行えないが、蓄えられているリンゴ酸から二酸化炭素を遊離させ、カルビン・ベンソン回路を行う。このように、C<sub>4</sub>回路を夜間、カルビン・ベンソン回路を昼間に行うことにより、昼間に気孔を開き、蒸散によって植物体内の水分が失われることを抑制できるため、CAM植物は乾燥地に非常に適応している。例…サボテン、パイナップル、ベンケイソウ

## 解答解説（解答は四角部分）

(1)

問1（語句補充・知識）

【方針】

上の原則に大まかな説明は譲るが、これも語句や代謝の流れを描図できるようにしておきたい。

【解説】

1：光合成は葉緑体で行う　2：基質はストロマ　3・4：グラナはチラコイドが重なった部分である。

5：光化学系はⅡとⅠに分かれる。Ⅱが先である。　6：光エネルギーが反応を支配する。

7・8：カルビン・ベンソン回路で炭酸同化を行う。

9・10：空気のやり取りは気孔で、二酸化炭素も取り込む。

11：二酸化炭素を逃がさず固定する工夫が上の原則のC4植物やCAM植物にみられる。

12：C4植物やCAM植物は特に乾燥に強い。

13・14：昼間は気孔開放による水分損失リスクが大きい。

15：このような時間差を設けることが工夫の大枠である。　16：夜間に二酸化炭素を吸収する。

問2（語句補充・知識）

【方針】

原則のとおりの基本事項である。

【解説】

A：葉緑体は二重膜構造をもつ。ほかに二重膜であるのは核とミトコンドリアである。

B：原則に示した通り、C4植物は葉肉細胞と維管束鞘細胞での二段構えの炭酸同化を行う。

問3（短答・知識）

【方針】

光合成で光化学反応以外がおこる部分を書けばよい。

【解説】

光化学反応はグラナでおこるがそれ以外のカルビン・ベンソン回路などはストロマでおこる。

問4（短答・知識）

【方針】

特殊な同化形式を行う植物2種類のうちどちらであるかを考える。

【解説】

サトウキビやトウモロコシなどからC4植物であるとわかるが、二段構えの同化を行うことから気づきたい。

問5 (短答・知識)

【方針】

原則の通り、C4回路が問われている。図示論述まで行えるようになっておきたい。

【解説】

C：維管束鞘細胞 (漢字注意) で二酸化炭素とピルビン酸を放出する。

D：維管束鞘細胞を出る際のC4化合物はリンゴ酸である。

問6 (短答・知識)

【方針】

特殊な同化形式を行う植物2種類のうちどちらであるかを考える。

【解説】

二酸化炭素吸収と光合成に時間差を設けるのはCAM植物である。

問7 (選択・知識)

【方針】

光合成研究の歴史は人名と要旨の流れをつかんで押さえておきたい。

【解説】

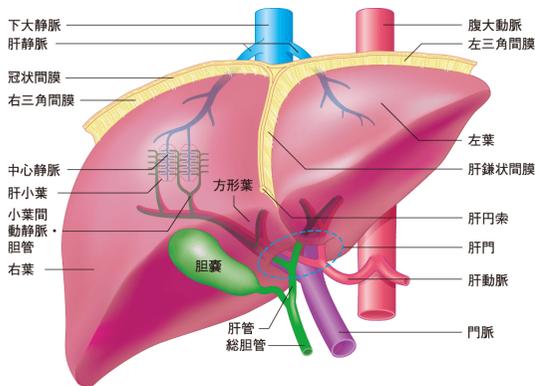
ファンヘルモント：植物の体は水から作られる (植物に水だけを与えて実験)

ブリーストリ：光合成で酸素が作られる (ガラス鐘内でろうそくを燃やして酸素を除きネズミを入れると死ぬが、植物を入れるとネズミは生きている。)

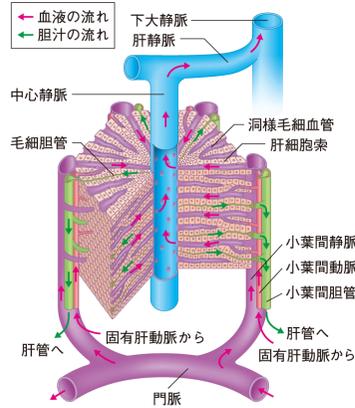
インゲンハウス：光合成は光が当たって初めておこる。(暗所で上と同様の実験を行うと失敗)

ソシュール：光合成で空気中の二酸化炭素が消費される (ガス量測定)

ザックス：光合成が葉緑体で行われ、デンプンが作られる。(ヨウ素デンプン反応で葉緑体にデンプンを検出。)

**原則：肝臓**

<https://id3.ap-northeast-1.amazonaws.com/s3-kangaroo.com/upload/images/scio/kaibo/sciri/100-13095-16.png>



[https://id3.ap-northeast-1.amazonaws.com/s3-kangaroo.com/upload/images/scio/kaibo/sciri/100-13095-17\\_150805.png](https://id3.ap-northeast-1.amazonaws.com/s3-kangaroo.com/upload/images/scio/kaibo/sciri/100-13095-17_150805.png)

成人の肝臓は約 1kg で、50 万個の肝小葉からなる。肝臓は様々な働きを担い、体内環境の維持に大きく役立っている。以下に肝臓の働きを示す。

**1. 物質代謝**

- ①炭水化物：単糖類からグリコーゲンを合成して蓄え、血糖値が下がるとこれをグルコースに分解して調節する。
- ②脂肪：余分な糖やアミノ酸は脂肪に帰られて脂肪に贈られるほか、エネルギー源が不足すると脂肪が分解されてエネルギー源となる。
- ③タンパク質の代謝：種々の酵素タンパク質の合成のほか、アルブミンやフィブリノーゲンも合成する。

**2. 胆汁生成**

ヘモグロビンの分解産物であるビリルビンをはじめとする胆汁色素と、脂肪を乳化する胆汁酸を含む胆汁を作り、胆のうに蓄える。胆汁は十二指腸に分泌される。

**3. 体温保持**

反応によって生じる熱が体温の維持に役立っている。

**4. 解毒作用**

有害物質は代謝を行い無毒化する。特にエタノールはアセトアルデヒドに参加された後、酵素によって酢酸にまで酸化される。

**5. ビタミンの貯蔵**

ビタミンのうちビタミンA、Dは一度肝臓に集められて貯蔵されてから体内の各部へ分配される。

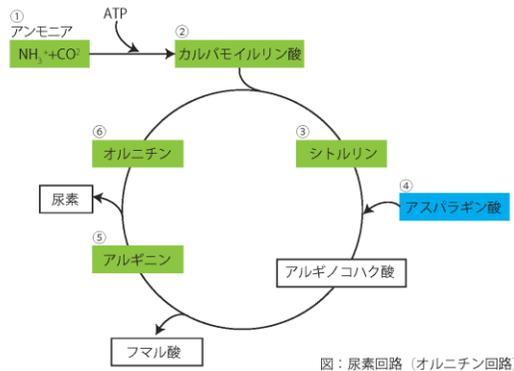
**6. 血液の貯蔵**

心臓から出た血液の 1/4 が肝臓に入り、血液量の調整を行う。

## 7. 尿素の合成

オルニチン回路と呼ばれる、アミノ酸から生じたアンモニアを参加して尿素を合成し無毒化する反応が行われる。

[http://pds.exblog.jp/pds/1/201402/20/39/e0223539\\_12345653.png](http://pds.exblog.jp/pds/1/201402/20/39/e0223539_12345653.png)



## 解答解説（解答は四角部分）

問1（語句補充・知識）

### 【方針】

肝臓についての基本語句が問われている。肝臓は、その機能や構造が入試でたびたび問われる器官である。

### 【解説】

- 1・2：肝小葉は中心静脈を中心とする肝臓の単位である。
- 3：肝小葉約50万個で肝臓一つだが、肝細胞約50万個で肝小葉一つである。
- 4・5・6：肝臓から出入りするものが肝動脈、肝門脈、肝静脈である。肝門脈は消化管から出た血液の流路。
- 7・8：消化管から来た血液は静脈血であり、栄養分も含まれる。
- 9：アルブミンやフィブリノーゲンなどの血しょうタンパク質を合成する。
- 10：解毒作用を持つ。 11・12：十二指腸に胆汁が分泌されるのは総胆管からである。
- 13：肝臓は反応熱により体温維持の役割の一端を担う。

問2（短答・知識）

### 【方針】

原則がすべて理解できていれば、肝臓に貯蔵される物質は列挙できる。

### 【解説】

血統量調整を担うグリコーゲンと血液が貯蔵される。また、脂溶性ビタミンは他と異なり一度肝臓に貯蔵されてから分配される

問3（短答・知識）

### 【方針】

アルコールの代謝は化学の知識でもあるが、ここではエタノールのことを指していると解釈する。

### 【解説】

アルコールは-OH基がアルデヒド基-CHOになり、酵素ALDH2により-COOHに変わる。ここではそれぞれ

に  $\text{CH}_3$  基の付いたアセトアルデヒドと酢酸となる。

問 4 (短答・知識)

【方針】

アンモニアの代謝回路は頻出問題である。

【解説】

オルニチン回路により、アンモニアは水と二酸化炭素とともに尿素へと変換される。

問 5・6・7 (短答・知識)

【方針】

肝臓のはたらきのうち、胆汁について理解が問われている。

【解説】

問 5：胆汁酸は親水性の部分と疎水性のステロイド骨格を持つ両親媒性の酸で、脂肪と水を親和させて乳化する。

問 6：胆汁色素はビリルビンと呼ばれるヘモグロビンの分解産物で、便の色の主な成分である。

問 7：胆のうは胆汁を濃縮する。