

『基礎固め 生物』章末問題解答例

第 1 章

【問題 1】赤血球膜を含む細胞膜は半透膜でできており，赤血球を蒸留水に入れると，半透膜である赤血球膜を介して外界と同じ浸透圧に保とうとして，大量の水が赤血球内に流入し，時間とともに赤血球は膨潤し膨れ上がる．さらに水が流入すると細胞膜はその圧力に耐えかね破裂する．

一方，赤血球を5.0%食塩水に入れると，半透膜である赤血球膜を介して外界と同じ浸透圧に保とうとして，水が赤血球から流出して，赤血球内部の体積が減少し，赤血球に皺がよることになる．

赤血球を等張液である0.9%食塩水に入れた場合は，赤血球膜を介しての水の出入りがないため，赤血球はそのままの形状を保ち，形状には変化は認められない．

【問題 2】図1.1(2 ページ)および5 ～ 8 ページの文章を参照のこと．

また，演習問題の解答を参照のこと

【問題 3】細胞に外部から指令がくると，核内にあるDNAの二重らせんの必要な部分が開裂し，DNAがむき出しになる．そこへ，RNA合成酵素(RNAポリメラーゼ)が作用してDNAのネガ像の RNAが合成され，これがmRNAとなって核膜孔より細胞質にあるリボソームに移送される．このmRNAをもとにタンパク質の構築材料となるアミノ酸をリボソームまで運んできたtRNAの塩基とmRNAの塩基がリボソーム上で結合し，アミノ酸がペプチド結合することにより，指令されたタンパク質が合成される．〔7.2 形質発現——タンパク質の合成(66ページ)および図7.3 DNAの形質発現(タンパク質の合成)を参照〕

第 2 章

【問題 1】タンパク質を構成するアミノ酸は，18ページの図2.3に示すように，一番分子量の小さいグリシンをはじめとして20種類のアミノ酸がある．この中で，成人の体の中で合成されないアミノ酸は必須アミノ酸とよばれ，バリン，ロイシン，イソロイシン，フェニルアラニン，トリプトファン，メチオニン，リジンおよびトレオニンの8種類がある．

【問題 2】単糖を，構成する炭素の数によって分類すると，主なものとして炭素3個よりなる三炭糖，炭素5個よりなる五炭糖，炭素6個よりなる六炭糖がある．三炭糖にはグリセルアルデヒドおよびジヒドロオキシアセトンがあり，これらのリン酸化合物は解糖系(4 章，45ページ参照)の中間生成物であり，エネルギー源(呼吸基質)として利用される．五炭糖にはリボースおよびデオキシリボースが存在する．これら五炭糖は核酸の構成単位の一つである．すなわち，リボースはRNAの糖部

分を，デオキシリボースはDNAの糖部分を構成する．その他の五炭糖としてはキシロース，アラビノース，リブロースがある．代表的な六炭糖にはグルコース，フルクトース，およびガラクトースが存在する．グルコースは，自然界に最も多く存在する単糖でもあり，重要なエネルギー源でもある．グルコースは細胞内で，解糖系およびクエン酸回路により，最終的には水と二酸化炭素に酸化され，その際多くのATPを産生する(45ページを参照)．また，グルコースは，動物体内ではグリコーゲン，植物体内ではデンプンの形で蓄えられている．フルクトースは果汁や蜂蜜に遊離の形で存在し，またグルコースとグリコシド結合してショ糖の形で存在する．フルクトースはリン酸化され，解糖系・クエン酸回路により酸化されエネルギー源として利用される．ガラクトースは遊離の形ではほとんど存在せず，多くはグルコースとグリコシド結合したラクトースの形で存在することが多い．また，マンノースもまた六炭糖の一つである．

このほかに，光合成の過程でみられる，炭素4個からなる四炭糖としてエリトロースや炭素7個からなる七炭糖としてセドヘプツロースなどがある．また，無糖チューイングガムやキャンディーの甘味料として五単糖のキシリロースやキシリトール，六単糖のソルボースやソルビトールなどがある．

【問題3】肝臓を構成する細胞をすりつぶすと，細胞膜は破壊され，細胞小器官，細胞基質がまざりあって，これらの構成成分を含む均一な懸濁液となる．この懸濁液に有機溶媒であるクロロホルムを加えてよくかきまぜると，水溶性の生体成分は水層に，脂溶性物質である生体成分はクロロホルム層に分配される．このようにして，クロロホルム層に含まれる生体成分は有機溶媒に溶ける脂溶性の物質すなわち脂質である．〔表2.3 脂質の分類(22ページ)を参照のこと〕

第 3 章

【問題1】独立栄養生物である緑色植物は光合成を行っている．すなわち，細胞が無機物である水と二酸化炭素を取り込み，葉緑体で光エネルギーを利用して炭水化物などの有機物を合成している．このとき酸素が副産物として発生し，空気中に放出される．一方，従属栄養生物であるネズミは，呼吸作用により空気から取り込んだ酸素を用いて，種々の化学反応を繰り返しながら，炭水化物・脂質・タンパク質などの有機物を水と二酸化炭素などに酸化分解し，この過程で生じるエネルギーを利用して生命活動を維持している．

このようにして，空気中の二酸化炭素と酸素は，植物と動物の間で循環する．このことにより，ネズミ単独よりも，植物の入っている容器の中のネズミが長く生命を維持できることになる．

【問題2】クエン酸回路における各反応を触媒する酵素には，シトレートシンターゼ，アコニテートヒドラーターゼ(アコニターゼ)，イソシトレートデヒドロゲナーゼ， α -ケトグルタレートデヒドロゲナーゼ複合体，サクシニルCoAシンターゼ，スクシネートデヒドロゲナーゼ，フマレートヒドラーターゼ(フマラーゼ)およびマレートデヒドロゲナーゼがある．

これらの酵素名にアンダーラインを施した部分が，表3.1に示した酵素の分類で重要な鍵とな

る。

リガーゼ(合成酵素)に分類されるものにはシンターゼ(生成酵素)とシンテターゼ(合成酵素)がある。シンテターゼはATPやGTPなどのヌクレオチド三リン酸の分解に伴う高エネルギーを利用して、二つの基質の縮合・合成反応を触媒する酵素である。一方、シンターゼはATPなどのヌクレオチド三リン酸の分解を伴わず、縮合・合成反応を触媒する酵素である。シンターゼが触媒する酵素反応は脱離・開裂の逆反応である場合が多く、酵素の分類では合成酵素ではなくリアーゼ(脱離酵素)に分類されることが多い。

ヒドラターゼは水(みず)添加酵素であり、炭素二重結合に水を添加し、ヒドロキシ化合物を可逆的に生成する酵素の総称で、リアーゼ(脱離酵素)に分類される。

デヒドロゲナーゼは基質から基質から脱離して電子受容対に受け渡す脱水素反応を可逆的に触媒する酵素であり、酸化還元酵素に分類される。

第 4 章

【問題 1】朝食に食べたパンとバターの主な栄養素はデンプン(炭水化物)と脂肪であり、これらの栄養素がどのようにしてエネルギー源として利用される過程を以下に記述する。

デンプンの一部は、口腔内で消化酵素であるアミラーゼによってマルトースに、およびマルターゼによって一部グルコースに加水分解を受け、食道・胃を経て小腸に移送される。大部分のデンプンは、小腸内で消化酵素であるアミラーゼ、マルターゼによりグルコースに加水分解される。これらのグルコースは、小腸の柔突起の毛細血管より吸収され、肝門脈を経て肝臓に送られたのち、血液を介して全身の細胞に供給される。脂肪は、小腸内でリパーゼによりグリセロールと脂肪酸に加水分解される。このグリセロールと脂肪酸は小腸の上皮細胞で再び脂肪に合成され、小腸の柔突起の乳び管に吸収され、リンパ管・鎖骨下静脈を経て、全身の細胞に供給される。

細胞内に取り込まれた、呼吸基質であるグルコースは解糖系、クエン酸回路および電子伝達系で二酸化炭素と水に酸化され、これらの過程でATPを生成する。脂肪を構成しているグリセロールと脂肪酸は細胞内で以下に記述するような細胞内での反応を受け、最終的にはクエン酸回路および電子伝達系で二酸化炭素と水に酸化され、その際にATPを生成する。すなわち、グリセロールは数段階の反応を経て、ピルビン酸となり、ピルビン酸はクエン酸回路および電子伝達系で酸化される。一方、脂肪酸は特殊な酸化過程(β-酸化という)により、アセチルCoAに分解される。このアセチルCoAは、クエン酸回路および電子伝達系に入り、酸化される。

【問題 2】細胞内に酸素が十分に供給されている状態では、代表的な呼吸基質であるグルコースは、細胞質基質で解糖系によりピルビン酸に嫌氣的に酸化される。さらに、ピルビン酸はミトコンドリアに取り込まれ、クエン酸回路および電子伝達系で好氣的酸化を受け完全に二酸化炭素と水に分解する。

激しい運動をして、酸素の供給が不十分な状態になると、筋肉細胞内では、グルコースは解糖系によって生成するピルビン酸が、ミトコンドリア内での好氣的酸化が起こり難くなり、過剰の

ピルビン酸が生成することになる。過剰のピルビン酸は還元され乳酸となって蓄積される。一般的に、筋肉組織内に乳酸が多くなると、筋肉が痛くなったり堅くなったりするといわれている。

第 5 章

【問題 1】白毛の子が生まれたことから、黒毛の雄の遺伝子型はBbと推定される。

【問題 2】対立形質：例えば、子葉の色が緑色と黄色のように、ある形質について正常型(野生型)とそれに対応する突然変異型がある場合、対をなすこれらの形質を対立形質といい、対立形質は同時に現れることのない。

遺伝子型：1 個の細胞の遺伝子の構成を遺伝子型という。

ホモ；同じ遺伝子が対をなす。AA aa

ヘテロ；対立遺伝子が対をなす。Aa

表現型：1 個の細胞の遺伝子の構成を遺伝子型といい、それがもとになり外に現れる形質(形態的、生理的性質)を表現型という。遺伝子がAAの場合にはAの表現型が発現され、AaでもAが発現される。よって、表現型が同じでも遺伝子型が同じとは限らない。

中間雑種：対立遺伝子の優劣関係が不完全な場合のみられる中間の形質を示すヘテロ個体をいう。

第 6 章

【問題 1】mRNA：DNAの持っている遺伝情報を核内から細胞質へ運搬する。

tRNA：細胞質にあって、アミノ酸をタンパク質合成を行うリボソーム上に運搬する。

rRNA：タンパク質合成が行われるリボソームを構成しているRNAである(機能の詳細は不明)。

【問題 2】明確な理由は分らないが、真核生物が進化してくる過程で必要であった遺伝子ではないかという説がある。

【問題 3】現在地球上にいる生物はもとを辿れば、結局はすべて地球上に始めて生まれたたった一つの生物に辿り着く。すなわち、すべての生物の先祖は皆同じであり、したがって遺伝暗号も同じと考えられる。

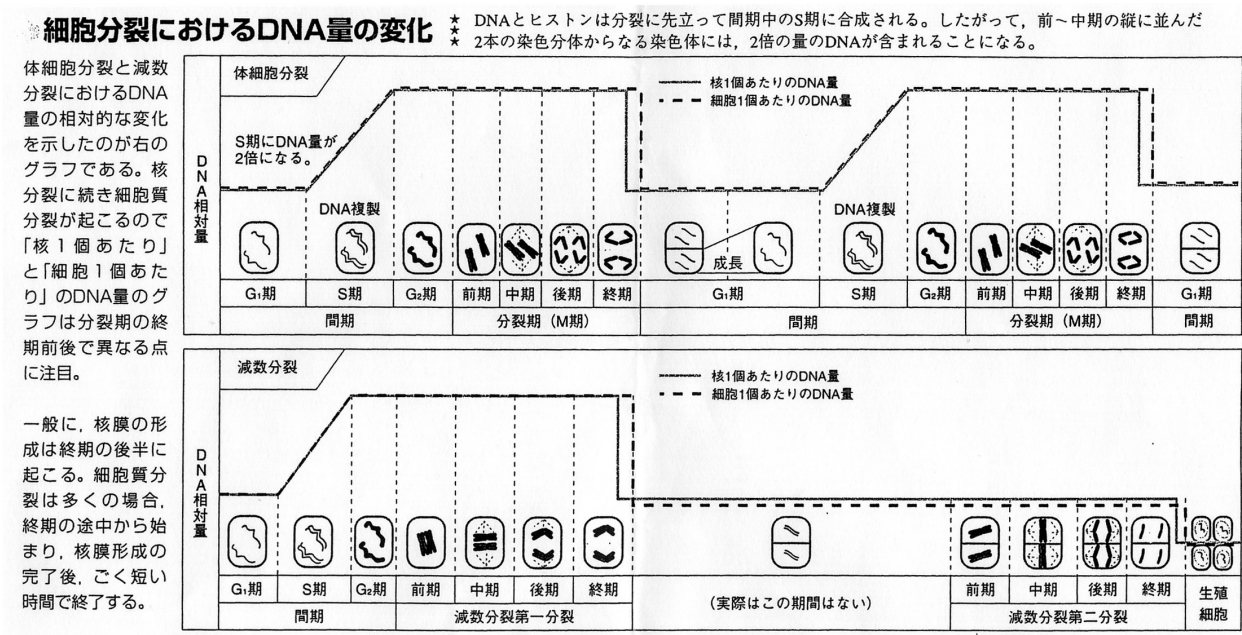
第 7 章

【問題 1】 $(150 \times 3) \div 10 \times (3.4 \times 10^{-7})$ cm

【問題 2】細胞が分化して行く過程で、必要な遺伝子のみが働くように遺伝子の発現が調節されている。

第 8 章

【問題 1】次図参照）



【問題 2】細胞質の分裂のしかたが異なる。動物細胞では、細胞の中間部でくびれるように(瓢箪のような形になる)して分裂してゆく。植物細胞では、細胞の形の変化(瓢箪形にくびれるような)はなく、細胞質に細胞板が現れ、これがさらに成長して二つの細胞にわけれる。

【問題 3】減数分裂の特徴として、第一分裂での相同染色体の対合があげられる。この対合によって、染色体すなわち遺伝子の一部が入れ代わる(遺伝子が組み換えられる)。これによって新しい組み合わせの遺伝子を含む細胞が生まれることになり、これが進化の原動力になったと考えられる。

第 9 章

【問題 1】卵：減数分裂によって、1個の母細胞(2n)から4個のnの細胞ができる。しかし、卵におけるこの分裂は不等分裂で4個のうち1個だけが大きくこれが受精可能な卵になる。他の3個の細胞は極体として廃棄される。

精子：減数分裂によって、1個の母細胞(2n)から4個のnの細胞ができるのであるが、精子形成におけるこの分裂は、最終的に精子として放出されるまで、細胞質はつながったままである。このような細胞質のつながった状態をシンシチウムという。

【問題 2】1個の卵と受精を完了すると、直ちにNa⁺の細胞内への流入とH⁺の流出、さらにCa²⁺の細胞質内への遊離放出が起き、pHが上昇する。それによって卵の外側の表層に変化が起き、精子の侵入が

妨げられる。また，1個の精子の核が卵内に侵入すると，卵の表層顆粒の内容物が分泌され，その働きで卵黄膜が厚く固い膜(受精膜)になって精子の侵入を防ぐ。

【問題3】卵の細胞膜の外側にある卵黄膜には精子と結合するための受容体(バインディング分子受容体：膜タンパク質)があり，これと精子の先体突起にある分子(バインディング分子：タンパク質)が結合することによって卵と精子の融合が起きる。このバインディング分子受容体とバインディング分子の結合は，同じ種の生物の間でしか起こらない。このような種特異的なタンパク質の存在によって他種生物の精子と卵の受精を防いでいる。

第 10 章

【問題1】モザイク卵：割球が，発生の早い時期に胚のどの部分になるかが決まっている。

調節卵：モザイク卵に比べると，もっと遅い時期でも割球分離をしても各割球から完全に近い形をもった胚が生じる。

【問題2】遺伝子的に全く同じなので，新薬の薬効などを調べるにあたっても正確な実験結果が得られる。

【問題3】詳細は略，要点は下記のとおり)

裸子植物の配偶子形成と受精：イチヨウには，雄株と雌株があり銀杏という種子は雌株にあたる。イチヨウでは，4～5月ころ受粉した花粉より花粉管が伸長し，その中に精子が形成され，8～9ころ卵細胞と受精する。

被子植物の配偶子形成と受精：被子植物では，雄雌の配偶子の合体のほかに，発芽の養分を貯える胚乳($3n$)を形成するために，3核の合体がみられる。花粉が花粉管を伸長させている。

発生：受精卵は細胞分裂をくりかえして子葉，胚軸，幼芽，幼根に分化した胚になる。イネなどの有胚乳種子では，中央細胞の2極核と精細胞が受精して胚乳核となり，やがて胚乳細胞となって発芽に必要なデンプンなどの養分を貯えるようになる。

第 11 章

【問題1】恒常性の維持には，内分泌系と神経系(自律神経)が深く関わっているが，それらの作用の仕方の違いは情報の伝達経路に依存する。すなわち，内分泌系は，内分泌腺から情報伝達物質であるホルモンが血中に放出され，目的とする組織・器官(標的組織・標的器官)に血液を介して運ばれる。組織・器官に到達したホルモンは，組織・器官に受容され，ホルモンの情報により，組織・器官の特有な反応を示すことになる。一方，神経系は，神経細胞が，シナプスを介して組織・器官に直接情報を伝達する方法である。

神経による情報伝達は，標的となる組織・器官が長距離であっても，直接神経細胞が伝達するので迅速である。一方，神経系に比べ，内分泌系ではホルモンが血液を介して伝達されるので，

情報の伝達時間は遅くなる。

【問題 2】脳の分化した視床下部は重要な自律神経系および内分泌系の調節中枢である。脳下垂体は、視床下部に連なる内分泌腺であり、いくつか他の内分泌腺の機能に影響を及ぼしている。

たとえば、中枢神経からの情報を受け、その情報に従って多くの調節ホルモン(放出因子)を産生して、下部に連なる脳下垂体を送る。調節ホルモンのあるものは脳下垂体前葉を刺激して副腎皮質、甲状腺、卵巣、精巣、膵臓などの内分泌腺を刺激するホルモンが放出され、個々の内分泌腺からそれぞれ特有のホルモンが分泌される。抗利尿ホルモンやオキシトシンなどの脳下垂体後葉ホルモンは、視床下部の神経細胞で産生され、脳下垂体後葉内に貯蔵されされた後、必要に応じて血管内に放出される。

【問題 3】インスリン注射後には、血中に過剰のインスリンが存在することになり、血糖値が非常に低くなる場合がある。この場合、エネルギー源として主にグルコースを使用する脳は機能しなくなり、痙攣・意識の混濁を起こすことがある。

これらの症状をなくするためには、インスリン注射後に『食事をとるか』あるいは『キャンディーをなめる』などをして、血糖値が極端に低下することを防がなければならない。

第 12 章

【問題 1】もともとヒトの体に存在していない「はしか」や「風疹」を引き起こすウイルスがヒトの体内に侵入すると、ヒトの体はこれらを『異物』として認識する。ヒトを含めたほ乳類は、個体を取りまくばう大な数の微生物あるいは病原体が最初に体内に侵入したとき、リンパ球(B細胞とT細胞)はこれらを異物(抗原)として認識する。リンパ球は、体内に侵入してきた異物を抗原として認識すると、その抗原に対する抗体という物質をつくり、また異物として記憶する。リンパ球でつくられたこの抗体は抗原と結合(抗原抗体反応)して、凝集・沈殿・溶解されて、抗原は除去される。

ふたたび、同じ異物(抗原)が体内に侵入したとき、リンパ球はすみやかに抗原を認識し抗原に対する抗体を作りだし、敏速に抗原抗体反応をおこし、再度侵入した抗原を排除することにより、発病することを防御している。

【問題 2】免疫機構は、“自分と自分以外(非自己)のものである異物を明確に区別して働く”のが特徴である。免疫を担っている細胞は、骨髄中にある幹細胞とよばれる細胞から分化したリンパ球と単球・マクロファージがある。免疫の主体となる主なリンパ球としては、Tリンパ球(T細胞)とBリンパ球(B細胞)がある。Tリンパ球は、骨髄の幹細胞が血流にのって胸腺に移動し、胸腺内で分化・増殖・成熟したものである。

「ヌードマウス」は先天的に胸腺を欠損しており、胸腺内で分化・増殖・成熟するTリンパ球がなく、正常な免疫機能を欠損した動物とすることができる。言い換えると、ヌードマウスは「正常な免疫機能を欠損している特別な動物」なので、「ヒトのがん細胞」を移植しても、移植された「ヒ

トのがん細胞」を非自己である異物として認識することができず、「ヒトのがん細胞」を拒絶することなく、ヌードマウスの皮下で増殖することができる。

【問題3】特定の伝染病の予防または治療のために導入される抗原をワクチンという。抗原がヒトに慎重に導入され、体内に免疫系を刺激することをワクチン接種という。ワクチン接種により、体内に人為的(能動的)につくられた免疫が病原体の感染・伝播・流行を阻止することになる。抗原となり得るワクチンの成分は微生物の構成要素の一部分、死んだ微生物あるいは生きていたが変性した微生物である。抗原は変性しているため免疫系を刺激するが発病はしない。この点において、ワクチン接種では発病をすることなく免疫を獲得する良い手段である。これまで、天然痘、狂犬病、BCG、ポリオ、はしか、風疹、流行性耳下腺炎、百日咳、ジフテリア、破傷風、日本脳炎、インフルエンザなどの多く病気に対するワクチンが開発されている。