

生命科学（佐藤直樹） 平成20年度過去問解答解説例

※問題はこちら→<http://nsato4.c.u-tokyo.ac.jp/old/Kougi/2008/SeimeiR1Test2008.pdf>

使用上の注意：これはあくまで解答解説例だということを、どうか忘れないで下さい。

また、著作権フリーですので、どんどん改良しちゃって下さい。間違いの指摘など歓迎です。ただし意味もなく「お前とりあえず死ね」とかはやめて下さいね。

<解答例>

1. 及び2. は省略。

3. ※1行=40文字（句読点を含まない）として換算。

(1) 両親媒性のリン脂質が、疎水性部分である2つの脂肪酸を内側、親水性部分であるリン酸を外側にして集まることにより形成された、細胞の基本的な膜構造となる二重層である。(1.90行)

(2) 遺伝情報の転写の開始点を定めるプロモータの5'側のDNA領域に結合し、転写を起すか否か、転写をどの程度行うかを定めるなどして、転写の調節を行うタンパク質である。(1.88行)

(3) DNAからmRNAに読み取られた遺伝情報をあらかずmRNAの3つの塩基配列(コドン)と、それに対応するアミノ酸との関係を示す変換規則である。(1.60行)

(4) 不可逆的な細胞分裂におけるDNA合成や分裂といった過程の繰り返しであり、各過程において作業が正確に行われているかをチェックする機構が備わっている。(1.78行)

(5) タンパク質の局所的な規則構造(二次構造)の1つであり、アミノ基とカルボニル基が互い違いに水素結合を形成し、ペプチド鎖がシート状に並んでいる。(1.68行)

(6) 各種類に応じたアミノ酸と結合することによってそれをリボソームまで運搬し、他方の端でmRNAのコドンと結合する小さなRNAで、コドンとアミノ酸との対応関係を決定する。(1.95行)

(7) 真核生物の転写調節の1つで、転写因子がDNAと塩基性であるヒストンとの強固な結合を弱め、プロモータとRNAポリメラーゼとの結合を起しやすくし、RNA合成を促進させる。(2.00行)

4.

(1) β -ガラクトシダーゼ遺伝子のプロモータにRNAポリメラーゼが結合するためには、CAPが結合する必要がある、さらにこのためにはcAMPがCAPに結合する必要がある(図1)。グルコース濃度が高い時は、cAMPが生成されないために、プロモータにRNAポリメラーゼが結合できない。また、ラクトース濃度が低い時は、プロモータと重なったオペレータにlacリプレッサータンパク質が結合し、RNAポリメラーゼの働きが妨げられる(図2)。以上が負の調節である。グルコース濃度が低ければcAMPが生成され、CAPがプロモータに結合でき、さらにラクトース濃度が高ければ、アロラクトースが生成されlac

リプレッサータンパク質と結合し、その働きを阻み、lac operon の転写を促進する (図3)。これが正の調節である。

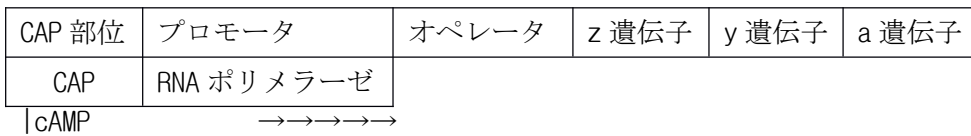


図 1



図 2

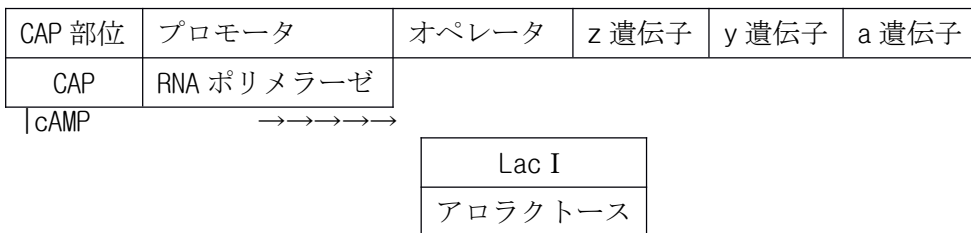


図 3

(2) 原核細胞が真核細胞へ進化する過程で生まれたとされる核、小胞体、ゴルジ体、輸送小胞、エンドソームと、原始的な真核細胞に共生していた別の原核細胞が由来と考えられている、ミトコンドリア及び葉緑体に分類される。核は各真核細胞に1つずつ存在し、DNAを含む。小胞体はタンパク質の合成・折りたたみ・糖鎖の付加などを行い、ゴルジ体はタンパク質の輸送・選別・糖鎖の修飾などを行う。輸送小胞は細胞内小器官の間における輸送を行い、エンドソームは細胞外の物質を取り込む。ミトコンドリアはADPをリン酸化してATPを合成する。葉緑体は植物や藻類のみに存在し、光合成を行うチラコイド膜を持っている。

(3) アロステリック酵素の活性中心とは別の部位 (アロステリック部位) にエフェクターが結合し、酵素の活性が大きく変化することによって起こる、反応の調節である。これが可能なのは、酵素の複数のサブユニットが複合体を形成しているので、エフェクターが単一のサブユニットに結合するだけで、酵素の型が一斉に変化するためである。(図は教科書 p98 図 7-5 を使えばよいだろう)

(4)

<解答例 1> キナーゼ型受容体による EGF のシグナル伝達を例に挙げる。EGF が受容体に結合すると、受容体タンパク質が二量体を形成し、互いに相手のチロシンをリン酸化することで活性化状態となる。これによって、低分子量 G タンパク質 Ras が GDP 結合型から活性化状態である GTP 結合型に移行し、MAP キナーゼカスケードの連鎖反応が起こり、転写因子がリン酸化され、核内の遺伝子発現が制御される。

<解答例 2> G タンパク質共役型受容体による、アドレナリンのシグナル伝達を例に挙げる。アドレナリンが受容体に結合すると、受容体が活性化し、結合している三重体 G タンパク質において Gα サブユニットが GDP 結合型から GTP 結合型に変化し、受容体から離れ、さらにアデニル酸シクラーゼという酵

素に結合し、酵素の活性化が起こる。これによってATPからcAMPが生成される。cAMPはPKAというリン酸化酵素を活性化し、PKAは標的タンパク質をリン酸化する。また、受容体から離れたG α は、G β ・G γ の複合体とともにホスホリパーゼCという酵素を活性化し、イノシトール三リン酸を生成する。イノシトール三リン酸は小胞体のCa²⁺チャンネルを開いて細胞内のCa²⁺濃度を上昇させ、その結果Ca²⁺依存性キナーゼが活性化し、遺伝子の発現が制御される。

5. 提出していません。

6. 物質世界にない生命体の特徴は、自らを維持し、また増殖させる仕組み及びそれに必要な遺伝情報を持っているという点である。生命体はエネルギーを外部から取り入れ、自由エネルギーのより高い物質を生成するというエネルギーの流れの中で、自らをエントロピーの低い状態に保っている。これが代謝のサイクルである。さらに細胞分裂のサイクルが形成されることによって、最終的には自らを複製する。また、外部からの刺激に対して応答し、様々な化学反応を通じて、最終的に遺伝子発現の調節が起こる。こうした複雑なサイクルによって、生命体が成り立っている。

<解説例>

1. 2. 構造式を覚えましょう。俺はこれから覚えます。

3. 教科書の説明を要約すればそれなりに書けると思います。1-2行は長いようで短いので、4.の問題みたいに詳しく説明することは無理です。具体例などは省いて定義を述べる感じでしょう。

4. 選択を誤らないように気をつけましょう。難易度に結構差があります。

(1) 配布されたプリントを参考にするといいでしょう。書いてみると分かりますが、問題文の通り、論理構成が難しいです。

(2) 覚えれば難しくはない。しかし長々と様々な器官について述べるのはかったるいかもしれません。

(3) これもそこまで難しくはないし、説明は短くて済むでしょう。要は対称性の話です。

(4) <解答例1>の方はわりとシンプルですが、そもそもシグナル伝達はややこしいです。<解答例2>の方はヒトによく見られる現象のようですが、ご覧の通りかなりややこしいし、登場する物質達も豊富です。教科書で挙げられている中で一番説明が短いのはステロイドホルモンのシグナル伝達ですが、あまりにも簡潔に書かれているので、解答としてこれで大丈夫なのかという不安はあります。

6. 『生命とは何か』のレポートの最後の問題に似ています。レポートのテーマでもあったし、こういう問題がまた出る可能性はありますね。

※問題はこちら→<http://nsato4.c.u-tokyo.ac.jp/old/Kougi/2007/SeimeiR1Test2007.pdf>

使用上の注意：これはあくまで解答解説例だということを、どうか忘れないで下さい。

<解答例>

1. 及び 2. は省略。

3. ※1行=40文字(句読点を含まない)として換算。微調整は効くはず。

(1) 20年度の3.(1)を参照。

(2) 活性中心と異なる部位(アロステリック部位)にエフェクターが結合することによる活性の調節(アロステリック制御)が起こる酵素である。(1.53行)

(3) 遺伝情報の転写の開始点を決定する5'側のDNA領域で、特定の塩基配列を持っている。ここにRNAポリメラーゼが結合すると、RNAの合成が始まる。(1.65行)

(4) それぞれ決まったアミノ酸とtRNAを認識することによって、tRNAに正しくアミノ酸を結合させる酵素であり、tRNAによって種類が決まっている。(1.65行)

(5) 酵素反応の初速度 V を導くMichaelis-Mentenの式に登場する定数で、 $K_m=(k_{-1}+k_2)/k_1$ で与えられ、 $V=V_{max}/2$ の時の基質濃度にあたる。(約1.5行)

(6) タンパク質の局所的な規則構造(二次構造)の1つであり、アミノ基とカルボニル基が水素結合を形成し、ペプチド鎖が螺旋状に並んでいる。(1.50行)

(7) 真正細菌やオルガネラのタンパク質合成系において、開始コドンから作られる最初のメチオニンで、ホルミル基がついており、他のメチオニンと区別される。(1.70行)

(8) ミトコンドリアの内膜に存在し、 H^+ 電気化学ポテンシャルを利用して一部分を回転させることによって、ADPからATPを合成する酵素である。(1.63行)

(9) 真核生物にみられる、DNAがヒストンと呼ばれる塩基性タンパク質と強固に結合したもので、クロマチン繊維を形成し、これによってRNAポリメラーゼによるRNAの合成が妨げられる。(2.03行)

(10) 光合成における電子伝達によって放出されたエネルギーを H^+ 輸送を介して H^+ 電気化学ポテンシャルとして蓄え、そのエネルギーを利用してATPを合成する仕組みである。(1.90行)

4.

(1) 20年度の4.(1)を参照。

(2) 細胞骨格には、主にアクチン繊維・微小管・中間径繊維がある。アクチン繊維にはプラス端とマイナス端があり、プラス端ではATPに結合したアクチンが重合し、マイナス端ではATPがADPに分解さ

れてアクチンが脱重合する。これはトレッドミル現象と呼ばれ、細胞の運動の動力となっている。またアクチン繊維はレールの役目をし、その上を ATP の加水分解によるエネルギーによってミオシンなどのモータータンパク質が移動する。微小管は、チューブリンの α 分子と β 分子との二量体が重合した細長い繊維で、アクチン繊維と同様、プラス端 (β -チューブリン側) とマイナス端 (α -チューブリン側) があり、トレッドミル現象が起こる。また細胞内で、マイナス端が中心体となり、プラス端が外側に広がっている。微小管上ではキネシンというモータータンパク質が ATP の加水分解によるエネルギーによって移動し、細胞内の物質輸送は細胞内小器官がこのように移動することによる。中間径繊維もタンパク質の重合体であるが、向きはなく、アクチン繊維や微小管などと連結することによって、複雑な網目構造を形成して、細胞内構造の保持などの機能を担っている。細胞分裂においては、微小管が束構造を形成して紡錘体となる。分裂面が決定されると、アクチンやミオシンからなる収縮環がその部分に形成され、くびれを作り、分裂が進行する。

(3) 酵素には、特定の基質を認識して結合することによって活性化する基質特異性と、触媒する反応が決まっているという反応特異性がある。反応物と結合して反応速度を変化させる点は無機触媒と同様であるが、酵素は無機触媒にない高次構造を持つため、特定の基質と結合することができる。活性の調節は、活性中心とは異なる部位 (アロステリック部位) にエフェクターが結合したり、酵素分子自身がリン酸化などの修飾を受けることによって起こる。

(4) NADH が NAD^+ に酸化されると、ユビキノンは酸化型から還元型に変わり、同時に電子伝達が起こる。その後キノン回路において、還元型のユビキノンはシトクロム複合体に結合することで、ユビキノンの酸化とともに、2つの H^+ と電子が放出される。このうち1つの電子はユビキノンを還元するため、全体としてユビキノンをシトクロム複合体への1つの電子伝達で2つの H^+ が膜外に能動輸送される。こうして膜の両側に H^+ の電気化学的勾配が生じることで、ATP 合成に必要なエネルギーが蓄えられる。

(5) まずグルコース1分子がリン酸化されてFBP (フルクトース 1,6-ビスリン酸) に活性化される。次にアルドラーゼによって2つの三炭素化合物に分解され、さらに NAD^+ によってピルビン酸に酸化される。グルコースの活性化ではATP 2分子が加水分解されているが、その後合計で4分子のATP が生成され、グルコースの活性化に必要なエネルギーが獲得される。

(6) 細胞にはタンパク質リン酸化酵素であるCDKタンパク質が存在し、そこに細胞周期の過程に応じたサイクリンタンパク質が結合し、アミノ酸がリン酸化されると、CDKの酵素活性が現れる。しかし余分なリン酸が結合し、CKIというタンパク質が結合していると、サイクリン-CDK複合体の酵素活性が阻まれる。CKIが離れると、脱リン酸化が起こり、活性が生じる。これらの仕組みがスイッチのような役目を果たし、周期を正しく進めている。また、周期の中でチェックポイントを通過した後、サイクリンがプロテアーゼによって分解されるが、この反応は不可逆的で、周期が前にしか進まない要因となっている。

(7) 略

5. 6. 略

<解説例>

4.

(2) かなり冗長になってしまった気がするけど、細胞骨格の説明は盛り沢山になってしまうので仕方ないような。この問題は選ばない方がいいかもしれません。

(3) この問題が一番楽だと思います。説明しなきゃいけないことは問題に書いてあるから、忠実にそれに従えばよいでしょう。

(4) 酸化還元の本質にあるのが電子の授受であるということは、高校の化学でもやったことなので理解しやすいかと。ATPの合成がリン酸の H^+ の分離を伴うことを考えればよいと思います。

(5) 登場する物質は略称だけで大丈夫だと思います。ATPの合成と加水分解とのバランスによって成り立っているということが大事ですね。

(6) 若干ややこしい。登場する物質をちゃんと覚える必要があります。

(7) この辺は授業で詳しくやってない(と思う)ので、省略させていただきます。

※問題はこちら→<http://nsato4.c.u-tokyo.ac.jp/old/Kougi/2006/Seimeir1Test2006.pdf>

使用上の注意：これはあくまで解答解説例だということを、どうか忘れないで下さい。

<解答例>

1. 及び 2. は省略。

3. ※1行=40文字(句読点を含まない)として換算。微調整は効くはず。

(1) 19年度、20年度の3.(1)を参照。

(2) 基質と類似した構造を持つ物質であるが、酵素と結合しても酵素反応を受けず、酵素の反応を阻む。見かけの Michaelis 定数は大きくなるが、反応最大初速度は変化しない。(1.95行)

(3) 20年度3.(2)を参照。

(4) 20年度3.(6)を参照。

(5) 19年度3.(5)を参照。

(6) 19年度3.(6)を参照。

(7) 19年度3.(7)を参照。

(8) ATPの加水分解によるエネルギーを利用して、細胞骨格からなる繊維上を移動し、物質輸送や力学的仕事の動力となる細胞骨格の機能の一つである。(1.63行)

(9) 20年度3.(7)を参照。

(10) 減数分裂による雄の二倍体細胞がさらに分裂し、結果としてできた2つの精細胞が、雌の卵細胞と中央細胞にそれぞれ受精することである。(1.53行)

4.

(1) 遺伝情報はDNAに蓄積されている。ここからRNAポリメラーゼによってmRNAが合成され、遺伝情報が転写され、それに基づいてタンパク質が合成される。原核生物ではmRNAの合成途中でmRNAにリボソームが結合して、タンパク質の合成が進む。真核生物の場合、まず核内でpre-mRNAが合成され、プロセッシングを受けてmRNAが完成し、それが細胞質に輸送される。まず、各tRNAに対応したアミノ酸がアミノアシル tRNA 酵素によって tRNA に結合しアミノアシル tRNA となり、それがリボソームにおいて mRNA と結合する。mRNA にはアミノ酸と対応する塩基配列(コドン)があり、タンパク質合成は、アミノアシル tRNA が開始コドンを読み取ることで始まる。その後各コドンに対応したアミノアシル tRNA が mRNA に結合し、tRNA とアミノ酸の結合が切れ、アミノ酸同士がペプチド結合を形成してゆく。こうしてタンパク質が合成される。(図は教科書 p37 図 3-3 を参考にすればいいかと)

(2) 19年度4.(2)を参照。

(3) 19年度3.(2)、20年度4.(3)を参照。

(4) 19年度4.(4)を参照。

(5) 20年度4.(4)を参照。

(6) 19年度(6)を参照。

(7) 略

(8) 有糸分裂ではDNAがそのまま複製されて二倍体細胞ができるが、減数分裂では分裂によって4つの一倍体細胞ができる。さらに減数分裂では交叉による遺伝子の組み換えが起こる。こうした仕組みによって有性生殖では種の多様性が高まり、環境に適応し生存する確率を上げることが可能となる。

(9) (10) 略

<解答例>

4.

(1) 3章の問題の間2を参考にすると思います。こちらの解答はもうちょっと簡潔に書かれているように思います(タンパク質合成の開始について端折られている)。

(8) これは割と説明しやすいでしょう。

(10) 過去問のどれかから引っ張ってくればいいでしょう。もう多分こういう問題は出なさそうですが。

(7) (9) この辺は授業で詳しくやってない(と思う)ので、省略させていただきます。

ここまで駄文をつらつらと並べましたが、少しでも参考になれば幸いです。当然ですが、これを参考にしたことによって成績が芳しくなかったとしても、私は責任を負いかねます。まあ見ての通り過去問の再利用も多いので、しっかりやれば大丈夫だとは思いますが。

文責：渡部