

エネルギーと代謝～「こちらを下げてあちらを持ち上げる」方式

目的

- 生物は生命活動にATPの化学エネルギーを利用していることがわかる。
- 化学反応では必ずエネルギーの出入りがあり、エネルギーを必要とする反応はエネルギーを放出する反応と共役していることがわかる。
- ADPにリン酸を結合することでATPが合成され化学エネルギーを蓄えることができることがわかる。
- 酵素は生体内ではたらく触媒であり、多くの生命現象で重要な役割を果たしていることがわかる。
- 酵素はタンパク質でできており、折りたたまれて適切な立体構造をとることがはたらきに重要であることがわかる。
- それぞれの酵素は、基質が決まっており、はたらくための最適温度や最適pHが存在していることがわかる。
- 真核細胞では酵素は特定の場所に存在してはたらくことがわかる。

課題1 教科書P36 図12 が何を示しているか説明せよ。

課題2 ATPによって供給されるエネルギーはどのように使われるのか、具体例をいくつか挙げよ。

課題1 酵素はタンパク質でできていて、アミノ酸がつながってできた鎖状の分子である。この鎖が適切に折りたたまれて、ある特定の「立体構造」をとることが酵素のはたらきにおいてはとても重要である。

- ① 酵素の立体構造は、なぜ働きに重要なのか説明せよ。
- ② もし酵素の立体構造が崩れてしまったら、働きにどのような影響があるか考察せよ。

課題2 教科書P39、資料集P41、参考資料を読み、酵素にはなぜはたらくための最適温度があるのか、以下のポイントに触れて説明せよ。

- なぜ温度が低いと酵素はうまくはたらくことができないのか？
- なぜ温度が高すぎると酵素はうまくはたらくことができないのか？

課題3 以下のような実験を考える。

- 1、寒天（主成分は糖）とゼリー（主成分はタンパク質）を用意し、その上に切ったばかりのパイナップルをのせて、しばらく静置すると、寒天には変化は見られなかったが、ゼリーは溶けた。
- 2、同様に、缶詰のパイナップル（加熱殺菌してある）を寒天とゼリーの上のにのせたところ寒天ゼリーともに変化は見られなかった。

なぜこのような結果になったのか説明せよ。

課題4 ヒトの体温が42℃を超えると死ぬといわれている。これはなぜか説明せよ。

課題5 酵素反応の「反応速度」と「最終生成物の量」は、主に「酵素の量」「基質の量」「温度」などの影響を受ける。最初の状態から、以下のように条件を変化させたとき、「反応速度」と「最終生成物の量」はどのように変化するか説明せよ。

- ① 基質の量を2倍にする
- ② 酵素の量を2倍にする。
- ③ 温度を極端に下げる。

課題6 教科書P40図16で、以下の①～③のケースではどのようなことが起きるか確認せよ。

- ① 酵素1がはたらかなくなった場合
- ② 酵素3がはたらかなくなった場合
- ③ 酵素2と酵素4が両方ともはたらかなくなった場合

確認しておきたい用語

代謝 異化 同化 呼吸 光合成 ATP (アデノシン三リン酸) アデニン リボース
アデノシン 高エネルギーリン酸結合 ADP (アデノニン二リン酸) 酵素 触媒
カタラーゼ 最適温度 最適温度 最適pH 基質 基質特異性 活性部位 酵素-基質複合体

授業を通じて成長したい人のための発展課題

発展課題は、「創造力」を養うために、2通りの方法で「解」を見つけてみてください。

方法1：資料を見たり、検索をしたりせずに、学習した内容を基に自分の頭で考え、ある結論を導いてみる。

→自分の頭で考えるトレーニング。創造力につながる！

方法2の結論と違う結論、大いにアリ！

むしろ、様々な可能性を提示できることが大きな価値です。

方法2：資料を見たり、検索したりして、「もっともらしく、自分としても理解し納得できる」ような結論をまとめてみる。

→調べる力、難解な内容を咀嚼する力、簡潔にまとめる力につながる！

発展課題1

以下の2つの事例では、どのようなエネルギーがどのようなエネルギーに変換したか考察せよ。

①手回し発電機による発電 ②エタノールによる爆発反応

発展課題2

エネルギー変換の具体例として、様々な発電のしくみを考察せよ。

発展課題3

生物は「エネルギーの通貨」としてATPを利用しているが、例えばヒトではエネルギー貯蔵物質としてグリコーゲン（糖の一種）や、脂質を使っている。ATPそのものを蓄えるよりもこのような化学物質の形でエネルギーを蓄える利点を考察せよ。

発展課題4

一人のヒトが1日に必要とするATP量は、自分の体重と同じくらいと考えられている（体重60kgの人であれば約60kgのATPを分解してそこから得られるエネルギーを生命活動に使っているということである。しかし、体内に含まれるATP量は100g程度しかない。なぜ「体内に存在する全ATP量の600倍ものATPを分解」することができるのか考察せよ。

発展課題5

包丁やまな板などの「汚れ」を調べるために、そこに付着しているATPの量を測定する方法がある。

① なぜATPの量を調べると「汚れ」を調べることができるのか考察せよ。

② 具体的にどのような方法を用いてATPの量を調べているのか考察せよ。

発展課題6

冷凍庫の中のもの、室温でいたものより腐りにくい。これはなぜか、以下のポイントをふまえて考察せよ。

●ものが「腐る」とは生物学的にはどのような現象か。

●ものが「腐る」という現象に酵素はどのように関係しているか。

発展課題 7

多くの生命現象は温度の影響を受けやすい。これはなぜか。また、温度の影響を受けない生命現象もある。具体的に一つあげ、なぜ温度の影響を受けないかを考察せよ。

発展課題 8

「温度を下げる」こと以外にものを腐りにくくする工夫を挙げ、なぜその工夫がものを腐りにくくさせているのか考察せよ。

発展課題 9

生命活動を酵素によってコントロールすることにはどのような利点があるか考察せよ。

発展課題 10

酵素タンパク質で、どのアミノ酸がそのタンパク質のはたらきに重要なのかを知りたい。どのようにすればそれを調べることができるか考察せよ。

発展課題 11

ビタミンには補酵素として働くものがある。栄養としてビタミンが不足した場合の影響を考察せよ。

発展課題 12

「競争的阻害」と「非競争的阻害」は、どちらも薬の効くしくみに重要である。

- ① 薬はどのようなしくみではたらくのか考察せよ。
- ② 新薬を開発するときにはどのような情報をもとにどのようにすればよいか考察せよ。

「エネルギーと代謝」参考資料① エネルギー変化と化学反応

エネルギーとは何か？

「エネルギー」とは何でしょうか。物理学では、「仕事をする能力」といいます。ここではイメージしやすいように、「止まっている物体を動かすことのできる能力」と考えることにします。何かが「止まっているものを動かす能力」をもっていれば、それは「エネルギーをもっている」と表現することができます。

わかりやすいのが、運動エネルギーです。運動している物体は、止まっている物体にぶつかることで動かすことができます。このように、運動している物体がもっているエネルギーのことを運動エネルギーといいます。

エネルギーには様々な種類があります。例えば、以下のようなものです。

力学的エネルギー（運動エネルギーと位置エネルギー）、化学エネルギー、原子核エネルギー、熱エネルギー、光エネルギー、電気エネルギー

これらのエネルギーは別なエネルギーに変換することができます。例えば、家庭で消費されるエネルギーの多くは、電気エネルギーとして供給されます。この電気エネルギーを運動エネルギーに変換する家電や、光エネルギーに変換する照明器具、熱エネルギーに変換する電気ヒーターなどがあり、家庭では電気エネルギーをもとに様々なエネルギー変換を行っているわけです。

それでは、生物が生きるために使っているエネルギーとは何でしょうか。生物は生きるために必要なエネルギーを食べ物から摂取しています。食べ物の中に含まれる物質の中には、大きな「化学エネルギー」を持っているものがあります。この化学エネルギーを用いて様々な生命活動を行うことができるのです。

化学反応と化学エネルギー

「化学反応」とは、ある物質が別の物質に変わることです。このとき、反応の前後で、物質の持つ化学エネルギーが変化します。「化学エネルギー大→化学エネルギー小」という変化が起こる場合には、余ったエネルギーが放出されます（発エネルギー反応といいます）。「化学エネルギー小→化学エネルギー大」という変化が起こる場合には、足りないエネルギーを他から補ってやる必要があります（吸エネルギー反応といいます）。

生物は、食べ物に含まれる化学エネルギーを取り出すために、様々な化学反応を起こします。その代表的な活動が「呼吸」という生命活動です。

ATPって何??

化学エネルギーの大きい物質は、化学反応によってそのエネルギーを取り出すことができるので、非常に「価値のある」物質であるといえます。実感できるところでいえば、米や小麦などに含まれるデンプンや砂糖などの「糖」、脂っこいものに含まれる「脂質」が代表的です。余剰エネルギーの一部は、体内に貯蔵されるので、「太る原因」と考えられているものが化学エネルギーをたくさん蓄えている物質、と考えてよいでしょう。

さて、ヒトなどの動物は、様々なものを食べることで、そこに含まれる化学エネルギーを生命活動に利用しています。しかし、そのままでは利用することができません。

※たとえば「価値あるもの」を両替して「お金」にしよう！

例えば、持っている携帯電話と、コンビニで売っている弁当とを比較したときに、より「価値」があるのは携帯電話でしょう。しかし、そうだとしてもコンビニで携帯電話と弁当を交換することはできません。ほとんどのものは、「お金」というものと交換して得るしくみになっています。ですから、携帯電話の持っている「価値」を使って、コンビニの弁当を買おうとする場合には、携帯電話をお金に「変換」して（両替ですね）、そこで得られたお金をさらにコンビニ弁当と交換すればよいというわけです。つまり、「価値がある」からといっても、すぐに自由に使えるわけではなく、色々なものと交換可能な共通通貨である「お金」に変換することで利用可能となるのです。

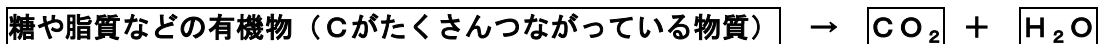
さて、ヒトが食物から摂取し吸収した「糖」や「脂質」に含まれる化学エネルギーもそのままでは自由に使うことができません。実は、体内には、自由に使える便利な「お金」のような物質があります。それがATPです。生物はATPという物質を合成し、そこに蓄えられている化学エネルギーを利用して生命活動を行っています。

呼吸とは？

ヒトを含む動物は、生きるために必要なエネルギーを「化学エネルギーをたくさん蓄えている物質を食べる」ことによって獲得しています。

例えば、糖の一種であるグルコースを食物から吸収し、それが細胞に届けられると、細胞では様々な化学反応を通じて（大きく見ると分解反応）、糖の持つ化学エネルギーを使って、ATPを合成することが可能です。

ざっくり見ると、以下のような感じですよ。



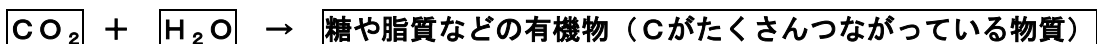
このような分解反応により、有機物の持つ化学エネルギーを使ってATPを大量に合成し、ATPの持つ化学エネルギーで様々な生命活動を行うことが可能になります。

このような反応を細胞内で行いATPを合成しているのが、ミトコンドリアという細胞小器官です。いわば、細胞のための「両替所」といったところです。エネルギー的に価値のあるグルコースを水と二酸化炭素に分解することで、放出されたエネルギーを使ってATP合成をしていると考えてください。

光合成とは？

動物は、食べ物が食べられないと、「エネルギー源」がなくなるため、生命活動を維持することができません。一方植物には、光合成という特殊能力があります。光合成のすごさを2つ説明します。

- ①光エネルギーを吸収して、そのエネルギーを使ってATPを合成できる！
- ②単にATPを合成するだけでなく、CO₂やH₂Oを材料として有機物を合成することもできる！



つまり、光合成ができれば、エネルギー源としての有機物を摂らなくても生きていけるというわけです。

「エネルギーと代謝」参考資料② 酵素の性質

タンパク質と温度（体温）

体内では様々なタンパク質がはたらいています。タンパク質は「はたらく分子」です。体内では絶え間なくある分子を別な分子に変換しています。これを「化学反応」といいます。タンパク質の中にはこの化学反応を助けるはたらきを持つものがいて、そのようなはたらきをもつタンパク質を「酵素」といいます。生命現象のほとんどは化学反応が関係していて、それぞれの化学反応を助ける酵素が存在します。

もし酵素がうまくはたらかないと、化学反応が起きなくなってしまいます。それにより、重要な生命現象が起きなくなると、最悪の場合死に至ります。酵素がうまくはたらくことは、ものすごく重要なのです。

しかし、この酵素はわがままで、温度が高すぎても低すぎても上手くはたらくことができません。ヒトの場合は、多くの酵素が36℃付近で最もよくはたらけます。これは平常時の体温ですね。ヒトの体温は、酵素にとっての「最適温度」に調節してあるのです。

では、もし6℃体温が下がったらどうなるのでしょうか？多くの酵素のはたらきが著しく低下し、生命活動は極端に落ちてしまうでしょう。これはとっっても困ります。それでは、6℃体温が上がったら？実は、酵素などのタンパク質は温度が高くなると壊れてしまいます。しかも、一度壊れてしまうと元に戻りません（卵の白身にはタンパク質が多く含まれています。これに熱を加えた状態を想像すると、どんな変化が起きるかイメージしやすいと思います）。すると、重要な化学反応が停止してしまい、死に至ります（体温計が42℃までしか測らなくてよいのはそういうわけです）。恐ろしいですね。

まとめると、

- 生命活動には酵素がしっかりはたらくことが重要。
 - 酵素にははたらくための最適温度がある。
 - 体温を一定に保つことで、酵素が上手くはたらくようにしている。
- ということです。

化学反応と触媒

ある物質が別な物質に変化することを化学反応といいます。この化学反応には起こりやすい反応と起こりにくい反応があります。起こりにくい化学反応をお助けしてくれる物質を「触媒」といいます。触媒自身は反応の前後で変化しません。例えば、ある分解反応を理解するのに、以下のように考えればよいわけです。

e x) 「ハサミで紙を切る」ことを、「大きな分子を小さな分子に分解する」ことに例える。

大きな紙（大きな分子） → 小さな紙（小さな分子）

ハサミ（触媒）

細胞内の分子の熱運動

細胞内の分子は常に「動いて」います。この動きは熱によってもたらされる熱運動です。細胞の中には、タンパク質や水など、様々な分子がぎっしりつまっています（満員電車の中の混雑を考えてみるとよいと思います）。電車の中の人々は動きません（あるいは動けません）が、細胞内の分子は、混雑している中でも、ものすごくよく動くことができます。先ほどの「ハサミと紙」、つまり「触媒（これも分子）と大きな分子」の例だと、細胞内で「紙＝大きな分子」も「ハサミ＝触媒」も、常に動き回っているというわけです。「温度が高い」というのは、熱運動が活発な状態、つまり分子が「よく動いている状態」と考えられます。

温度が高いとなぜ酵素はよくはたらけるのか

「温度が高い」というのは、「それぞれの分子の熱運動が激しい」ということです。酵素と基質（酵素がはたらきかける相手）が、ゆっくり動いているのと、速く動いているのとでは、これらが「出会う確率」が変わります。速く動いている方が、同じ時間では、酵素と基質がぶつかる回数が増えて、反応できる可能性が高まります。温度が高いと酵素の反応速度が高まるのは、単に熱運動によって「分子がよく動いてぶつかる確率が高まるから」なのです。

温度が高すぎるとなぜ酵素は壊れてしまうのか

酵素はタンパク質でできています。タンパク質は、アミノ酸という分子がたくさんつながってできた長い鎖状の分子です。その鎖がきちんと折りたたまれて、ある「立体構造」を持ったときに、基質とくっつき、適切な反応を触媒することができます。

温度が上がると、熱運動が激しくなって、酵素と基質の出会う確率が上がり、基本的には反応速度は上がるはずですが、温度が上がりすぎると、タンパク質の鎖が「こんがらがってしまう」のです。すると、当然ですが、タンパク質の立体構造が壊れてしまうため、そもそも基質と結合することができなくなってしまいうため、はたらきが失われてしまうのです。

タンパク質のはたらきとpH

pHというのは、ある液体がどのくらい酸性か、アルカリ性かを示すものです。pH 7が中性で、そこから数字が小さくなるほど強い酸性、数字が大きくなるほど強いアルカリ性であることを示します。例えば、レモンの果汁はpH 2の強い酸性の液体です。

酵素にははたらくための最適温度がありますが、実ははたらくための最適pHもあります。最適pHを外れると、高温になったのと同様にタンパク質の立体構造が壊れてしまうのです。多くの酵素の最適pHは7付近なので、体温の調節と同様に、体液の状態をほぼ中性に保つことがとても重要です。