

## 呼吸と発酵～有機物の分解と電子伝達系でATP合成

### 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。
- ATPは様々な化学反応とエネルギー的に共役することで様々な生命現象に関わっていることがわかる。
- 呼吸では糖などの有機物の持つ化学エネルギーがATPの化学エネルギーに変換されることがわかる。
- 解糖系とクエン酸回路では、ATPが合成されるとともに、活性運搬体が生じることがわかる。
- 電子伝達系では、活性運搬体の電子のエネルギーを利用して大量のATPが合成されることがわかる。
- 発酵や解糖では酸素がなくても有機物を分解しATPを合成できることがわかる。

課題1 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2 教科書P61参考「酸化還元反応」の内容を確認せよ。

課題3 教科書P64図6が何を意味しているか説明せよ。

課題4 教科書P65図7が何を意味しているか説明せよ。

※NADHとFADH<sub>2</sub>は「高エネルギー電子運搬体」である。

課題5 解糖系、クエン酸回路に登場する化学反応の中で、「脱水素酵素」、「脱炭酸酵素」が働く反応を確認せよ。

課題6 教科書P66を読み、電子伝達系について以下のことを確認せよ。

- 電子伝達系では、「高エネルギー電子運搬体」であるNADH、FADH<sub>2</sub>から高エネルギーの電子を取り出す。
- 電子は様々な物質に受け渡されていく間にエネルギーを放出していく。このエネルギーを使ってプロトン(H<sup>+</sup>)を運搬し、「偏り」をつくる。
- できあがったプロトンの濃度勾配を利用して、プロトンの移動と共役させることによりATPが合成される。
- エネルギーを失った電子はプロトンと酸素と結合し水となる。つまり、水は電子伝達系の「廃棄物」として生産されており、酸素は「廃棄物処理」のための道具として使われ

ている。

課題7 呼吸は「酸素を吸って二酸化炭素を吐く」と表現されることがあるが、細胞レベルの呼吸を考えたときには問題がある。呼吸のそれぞれの反応において、①酸素を消費する反応と②二酸化炭素が生じる反応がどこにあるかを確認せよ。また、「吸った酸素」は呼吸の反応で「二酸化炭素に変換している」とは言えないことを確認せよ。

課題8 解糖系、クエン酸回路、電子伝達系の反応式がどのような変化を示しているか説明せよ。

課題9 教科書P64図6が何を意味しているか説明せよ。

課題10 教科書P67図9「呼吸のまとめ」に描かれている物質変換の流れやそれぞれの矢印の意味、ATP合成にいたるまでの流れを説明せよ。

課題11 教科書P70図10、P71図11が何を意味しているか説明し、共通点と相違点をまとめよ。

課題12 呼吸と発酵の共通点と相違点を、以下の観点からまとめよ。

- ATPをどのように合成しているか？
- 「高エネルギー電子運搬体」はどんな意味を持つか？

課題13 教科書P72「アルコール発酵の実験」を読み、考察①～③をまとめよ。

課題14 食事から得られる「栄養」には様々なものがある。

- ①「カロリー」を計算するときには、糖、脂質、タンパク質を考える。教科書で学んだ呼吸というシステムでは糖からエネルギーを獲得できることはわかったが、なぜ脂質やタンパク質からもエネルギーを獲得できるのか考察せよ。
- ②ビタミンやミネラルは「カロリー」の計算には用いられない。これはなぜか考察せよ。

課題15 教科書P73「呼吸基質と呼吸商」を読み、「呼吸で発生する二酸化炭素」と「消費した酸素」の体積を測定できれば、呼吸基質をある程度推定できることを確認せよ。

### 確認しておきたい用語

代謝 異化 同化 ATP (アデノシン三リン酸) 高エネルギーリン酸結合  
ADP (アデノシン二リン酸) 酸化還元反応 酸化剤 還元剤 独立栄養生物 従属栄養生物  
ミトコンドリア クリステ マトリックス 解糖系 クエン酸回路 電子伝達系  
NADH ピルビン酸 アセチルC<sub>o</sub>A オキサロ酢酸 クエン酸 FADH<sub>2</sub>  
ATP合成酵素 酸化的リン酸化 化学浸透 脱水素酵素 メチレンブルー ツンベルク管  
発酵 乳酸発酵 解糖 アルコール発酵 呼吸商 (1.0、0.8、0.7)

## 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

液体の水を気体にするためには、温度を上げて沸騰させる方法が考えられる。しかし、必ずしも高温にしなくても水分子は液体から気体になる。例えば、外に干しておく洗濯物は乾く。これは洗濯物の水分が気体となったからである。なぜ常温でも液体の水が気体になる変化が起こるのか考察せよ。

### 発展課題2

生体内の「自然に起こりにくい化学反応」を起こすためには、以下の二つの方法が考えられる。

- ① 温度を上げるなど、大きなエネルギーを与えることにより活性化エネルギーを無理やり超えさせて反応を起こす。
  - ② 酵素によって活性化エネルギーを下げることによって反応を起こす。
- ①と②の方法を比較することで、なぜ生体内の化学反応は①の方法ではなく②の方法で行ったほうが合理的なのか考察せよ（酵素を用いた化学反応制御システムは何が優れているのか？）。

### 発展課題3

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4

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。

