

## 酵素の性質～得意技を持った気まぐれな職人

### 目的

- 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。
- 酵素反応は活性部位やその他の部位に結合する様々な物質により影響を受けることがわかる。

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 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。

### 確認しておきたい用語

化学反応 活性化エネルギー 触媒 酵素 基質 生成物 基質特異性 活性部位  
酵素-基質複合体 最適温度 最適pH 補酵素 補助因子 フィードバック調節  
フィードバック阻害 アロステリック酵素 アロステリック効果 競争的阻害

## 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

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説明せよ。

- 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2

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説明せよ。

### 発展課題3

「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理由を説明せよ。

### 発展課題4

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、考えられることを述べよ。

### 発展課題5

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6

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にどのようなことが考えられるか説明せよ。

### 発展課題7

「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説明せよ。
- 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。

## 「酵素の性質」参考資料

### 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が、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。