

# 植物の光合成・呼吸を視覚的にとらえる実験法

川島政吉

中学校における光合成や呼吸については、今まで3年生で学習する内容であったが、新学習指導要領では1年生で学習しなければならない。しかし従前の中では、光合成・呼吸によって起こる変化を結果としてとらえる実験法が多く、1年生段階で興味関心を持って意欲的に取り組むまでは難しい。そこで光合成・呼吸を連続的に起こる変化として簡単な方法で視覚的にとらえることはできないか検討してみた。

[キーワード] 中学校理科 光合成呼吸 pH指示薬 寒天 同化デンプン

## はじめに

植物の光合成や呼吸については、これまでさまざまな工夫や検討が加えられてきている。気泡計算法や酸素センサーを用いた計測法による酸素検出法、pH測定法、ヨウ素試験法などが広く実践されている。ただ第1学年で学習するという観点ではまだ検討の余地が残されている。

植物は光合成で二酸化炭素を吸収し、呼吸で二酸化炭素を放出している。水草を用いた光合成や呼吸の実験において、二酸化炭素量の変化に伴って水溶液中のpHが変化することを利用し、光合成や呼吸を視覚的にとらえることを検討した。具体的にはpH指示薬の色の変化、さらにその変化が連続的に起こっていることを視覚的にとらえるために、寒天を用いる方法について検討した。また、光合成によってつくられる同化デンプンを直接確認する方法についても取り上げた。

## 1 光合成をpH指示薬によって、視覚的にとらえる実験法の工夫

### 準備

オオカナダモ、寒天（粉末）、pH指示薬（クレゾールレッド、BTB、BTBフェノールレッド）、炭酸水、ペトリ皿、OHPまたは蛍光灯、ピーカ、加熱器具、温度計、ピペット、ガラス棒

### 方 法

- (1) オオカナダモを6~8cmほどに切断し、水を入れたピーカの中に入れ、暗黒中に約20分間放置する（暗処理）。
- (2) ピーカの中の水200mlに、寒天の粉末を1.2g加え、焦がさないようにガラス棒でかき混ぜながら加熱し、完全に溶解する（0.6%寒天液）
- (3) 寒天液が40°Cになら、色の反応がはっきりわかるまで指示薬を入れ軽くかき混ぜる。
- (4) 寒天液が38°Cになら、炭酸水を約1ml入れ軽くかき混ぜ、指示薬の色が弱酸性の色に変化したことを確認する。
- (5) その寒天液を、ペトリ皿に静かに注ぎこみ、すばやく暗処理しておいたオオカナダモを入れる。
- (6) 残っている寒天液で、ペトリ皿中のオオカナダモを完全に覆う。（30°Cで寒天液が凝固する）。
- (7) 光合成の光源として日光（OHPまたは蛍光灯）を利用して、指示薬の色の変化を観察する。

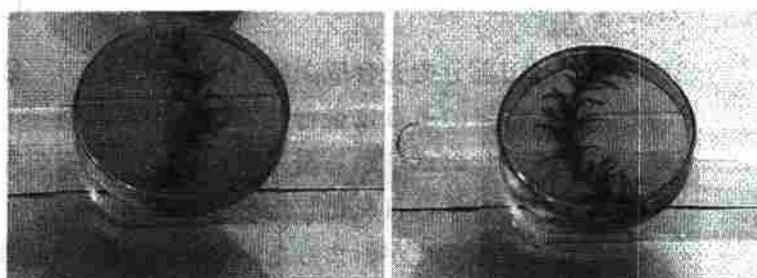




図1 炭酸水を用いた光合成の実験

## 結果

(1) 光源が日光でのオオカナダモの光合成によるpH指示薬の種類と変化の様子を表1に示す。

表1 指示薬による色の変化

指示薬	指示薬の変化の様子
B T B	15分ぐらいで変化が始まり、30分ぐらいで葉の裏側が青色に変化していくのがはっきり確認できた。
クレゾールレッド	10分ぐらいで変化が始まり、20分ぐらいで葉の裏側が赤色に変化していくのがはっきり確認できた。
B T B・フェノールレッド	10分ぐらいで変化が始まり、20分ぐらいで葉の裏側が紫色に変化していくのがはっきり確認できた。

※光源は20,000Lx以上になり室温は22°Cで対照実験（オオカナダモ無し）の指示薬は変化しなかった。

- (1) 光合成によって寒天液中の二酸化炭素が使われることを、pHの変化によって指示薬の色が変化することで、はっきりとらえることができる。
- (2) 植物のどの部分で光合成が盛んに行われ、時間とともにどのように進行していくかを、寒天の色の変化の様子から読み取れる。
- (3) 光源を蛍光灯やOHPにしたときも20分～30分で指示薬の変化が始まった。

## 考察

- (1) 指示薬の色の変化にかかる時間は、オオカナダモの状態や二酸化炭素源として加えた炭酸水の量によって大きく左右される。
- (2) この実験の光合成に用いる植物を、水草以外の植物にしたらどうになるか検討する必要がある。
- (3) 表2の指示薬の変色域の違いによって、色の変化にかかる時間、酸性域から中性を経てアルカリ性に近い状態まで変化するので色の変化の様子が異なる。

表2 いろいろな指示薬

指示薬	変色域 (pH)	色の変化
B T B	6.0～7.6	黄～緑～青
クレゾールレッド	7.2～8.8	黄～橙黄～赤
フェノールフタレン	8.3～10.0	無～紅
B T B・フェノールレッド	7.4 (淡紫)	黄～淡紫～紫

- (4) 光合成によって指示薬の色が変化したものを、暗所において置くと、葉のまわりで指示薬が酸性の呈色を示し、呼吸の実験としてひき続き応用できる

## 参考

表3に指示薬の作成方法を示す。

表3 いろいろな指示薬の作成方法

指示薬	作成方法
B T B (ブリムモルブルー)	0.1gのB T Bをエタノールを20cm <sup>3</sup> に溶かし、水を加えて100cm <sup>3</sup> とする。
クレゾールレッド	0.1gのクレゾールレッドをエタノール20cm <sup>3</sup> に溶かし、水を加えて100cm <sup>3</sup> とする。
フェノールフタレン	1.0gのフェノールフタレンをエタノールを90cm <sup>3</sup> に溶かし、水を加えて100cm <sup>3</sup> とする。
B T B・フェノールレッド	0.1gのB T Bと0.1gのフェノールフタレンをエタノール50cm <sup>3</sup> に溶かし、水を加えて200cm <sup>3</sup> とする。

## 2 植物の呼吸をpH変化によって、視覚的にとらえる実験法の工夫

- A 簡単で短時間にできる、植物の呼吸量の違いを比較実験する方法の工夫

## 準備

呼吸を確かめる植物（カイワレ大根、もやし、

エノキタケ、青ジソ、春菊）、大型試験管（内経24ミリ）、試験管立て、ろ紙、水酸化カルシウム（石灰水）、指示薬（フェノールフタレン、BTB）、ペトリ皿、アルミニウムはく、ピンセット

### 方法

- (1) ろ紙を、一边が5cmの正方形に切る。
- (2) ペトリ皿に取った飽和水酸化カルシウム溶液10mlに指示薬を加え、アルカリ性の呈色を示したもので、(1)のろ紙を入れ濃く染める。
- (3) 内経24mmの試験管に、実験に使う植物材料をほぼ同量入れ、アルミニウムはくでおおう。
- (4) ペトリ皿からピンセットで染めたろ紙で、試験管にふたをするようにのせ(図2)，時間とともにろ紙の色の様子の変化を観察する。

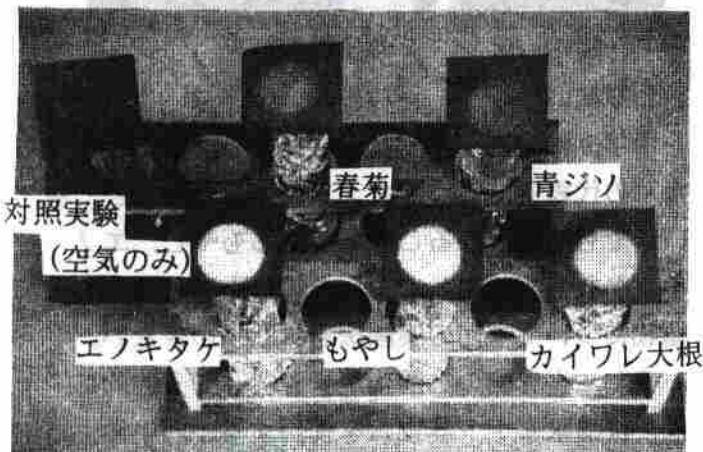


図2 植物の呼吸実験

### 結果と考察

- (1) いろいろな植物の呼吸量の比較実験は、表4と表5に示す。

表4 フェノールフタレンを用いた場合

植物	指示薬の変化の様子
もやし	3分ぐらいで変化が表れ、10分で紅色の中に、円形の透明な部分が確認できた。
カイワレ大根	7分ぐらいで変化が表れ、15分で紅色の中に、円形の透明な部分が確認できた。
エノキタケ	3分ぐらいで変化が表れ、10分で紅色の中に、円形の透明な部分が確認できた。
青ジソ	10分ぐらいでようやく変化が表れ、紅色の中に円形の透明な部分が確認できるまで、20分かかった。
春菊	10分ぐらいでようやく変化が表れ、紅色の中に円形の透明な部分が確認できるまで、20分かかった。

表5 BTBを用いた場合

植物	指示薬の変化の様子
もやし	15分ぐらいで変化が表れ、20分で青色の中に、円形の黄色い部分が確認できた。
カイワレ大根	20分ぐらいで変化が表れ、30分で青色の中に、円形の黄色い部分が確認できた。
エノキタケ	15分ぐらいで変化が表れ、20分で青色の中に、円形の黄色い部分が確認できた。
青ジソ	10分ぐらいで変化が表れ、20分で青色の中に、円形の黄色い部分が確認できた。
春菊	10分ぐらいで変化が表れ、20分で青色の中に、円形の黄色い部分が確認できた。

※それぞれの実験では、用いた植物の量は約10gで、室温は約21℃であった。

- (2) 指示薬の変化は、フェノールフタレンの方が、変化が速く色の変化もはっきりしている。
- (3) 室温やアルミニウムはくの有無、植物の種類によって指示薬の変化が、どの様に変わらるか比較検討する。

### 指導上の留意点

- (1) 指示薬でぬれたろ紙によって、試験管が密閉されないと、正しい結果が得られないので、ろ紙が乾燥して浮いてしまわないうちに実験を終了する。
- (2) 指示薬の色の変化によって、植物の呼吸量を比較するので、水酸化カルシウム溶液の量は、指示薬の色が濃くなるように調節する。

### B 寒天液を用いて、植物の呼吸量の違いを定性的に調べる実験法の工夫

#### 準備

呼吸を確かめる植物（カイワレ大根、もやし、エノキタケ）、大型試験管（内経24mm）、小型ガラス管（内径17mm）、試験管立て、フィルムケース、油粘土、水酸化カルシウム（石灰水）、指示薬（フェノールフタレン、BTB）、ペトリ皿、アルミニウムはく、ピンセット  
方法

- (1) 内径24mmの試験管に、実験に使う植物を同量入れ、アルミニウムはくでおおう。
- (2) 対照実験用として、空気だけのものも用意する。

- (3) 0.6%寒天液100mlが40℃ぐらいにならざるを加える。さらに、飽和水酸化カルシウム溶液を0.3~0.5ml加え、アルカリ性の呈色反応を起こさせる。
- (4) この寒天液を、小型ガラス管に入れ固め、植物の入った試験管と小型ガラス管を図3のようにつなぐ。
- (5) 図3のように小型ガラス管を下にして、試験管立てにたて、植物の呼吸によって少しずつ反応し透明になっていく様子を観察する。

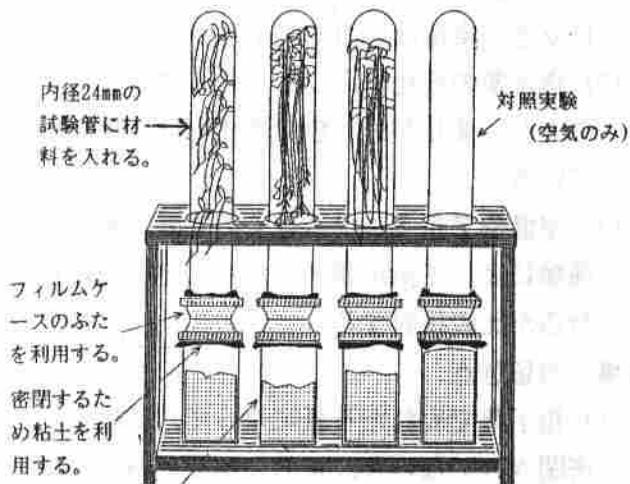


図3 呼吸によって指示薬入り寒天液の色の変化をとらえる実験

#### 結果と考察

- (1) エノキタケの呼吸量が他に比べ大きいことが指示薬の色の変化によってわかる。
- (2) 指示薬にフェノールフタレン用いた寒天液の方が、呼吸によって生じた二酸化炭素による色の変化が速くはっきり現れるが、対照実験で、空気中の二酸化炭素の影響を多少受ける。
- (3) アルミニウムはくをつけなかったり、他の緑の部分が多い植物で行ったとき、光合成量と呼吸量の比較をどの様に行うか検討する。

### 3 すりつぶし法によるデンプンの検出

#### 準備

緑葉、ビーカー、ガーゼ、乳棒・乳鉢、ピペット、カッター

#### 方法

- (1) きれいに洗った緑葉約20gを細かくきざんで置き100mlの水を加え、乳棒ですりつぶす。
- (2) すりつぶしたものを四重のガーゼで、ビーカーに搾り取り24時間以上放置する。
- (3) ビーカーに取った搾り汁は、上澄みを捨て、沈殿したものをろ紙上で乾燥し、色や手触り等を調べ、ヨウ素液の反応を確認する。

#### 結果と考察

搾り汁に粘性のあるものは沈殿しにくい。沈殿の量は植物の種類によってかなり差が出る

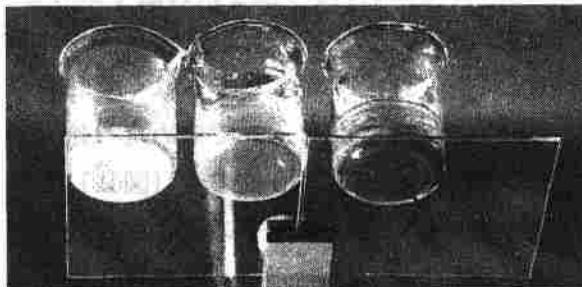


図4 デンプンの沈殿の様子

#### おわりに

中学1年生にとって身近な植物ということで水草の代表であるオオカナダモやスーパーなどでもいつでも手に入れることができるものやし、エノキタケなどを使用したが、今後はもっと多くの植物について今回の実験法を試していきたい。

また、光合成の二酸化炭素源として一般的には、炭酸水素ナトリウムを使用するが、中学生にとって身近なもので理解しやすいものとして、炭酸水（水に二酸化炭素を溶かしたもの）を使用してみた。結果的には指示薬の変化がはっきりわかり、有効だったのではないか。今後は、より定量的な実験について工夫してみたい。

#### 参考文献

- 1) 岡山県理科研究サークル編(1986)：中学校理科の課題研究100. 東洋館出版社
- 2) 川島政吉(1993)：長期研修集録 植物の光合成・呼吸をとらえる実験・観察法とその工夫
- 3) 神谷明男(1980)：光合成と物質生産 理工学社

(かわしま まさよし 生物研究室)