



東京都港区立赤坂中学校 秋谷 真理子*
(業績分担者) 東京都港区立赤坂中学校 山田 美沙希**

目的

近年、地球規模での環境問題が大きな課題となっており、未来を築いていく生徒たちには、身近な問題としてとらえ、考えていくことが求められている。中学校三年生の環境分野では地球温暖化について扱い、問題となっている原因物質の1つが二酸化炭素であることを学習する。

学習を進めていく中で、生徒から「夜に人工的に光合成させて吸収される二酸化炭素の質量とその時使用する電力によって排出される二酸化炭素の質量はどちらが多いか」という疑問が出た。そこで、生徒自身が光合成によって吸収される二酸化炭素の質量を求め、光合成による二酸化炭素吸収量を目に見える形で理解できるように『中学生の知識、中学校の理科室の設備で可能な、水中の溶存二酸化炭素量を求める実験方法の開発』を目指した。

また、この開発した実験方法は、中学校一年生の生物分野でも活用することができる。生物分野で扱う光合成についての学習内容では、BTB溶液の性質を用いて、オオカナダモの光合成によって二酸化炭素が吸収されることを確かめる実験を行う。しかし、二酸化炭素の吸収量を数値化する機会はないため、具体的な数値も用いて学習を進めることができれば、排出量削減や植物を増やすことの大切さなどもより実感できるのではないかと考える。

概要

植物による二酸化炭素の吸収量を知るため、水中の二酸化炭素の概量を知る方法を模索した。呼吸により二酸化炭素を水に吹き込み、それを水酸化ナトリウム水溶液で中和させることで、溶けている二酸化炭素の質量を求めた。これにより、生徒は植物が吸収できる二酸化炭素の質量を具体的な数値として理解することができ、日常生活で排出される二酸化炭素の質量と比較することで環境問題への意識を高めることができた。

また、長時間かけての学習・実験は指導計画に難しいため、実験方法を開発していくうえで、『50分間の

授業の中で、二酸化炭素の質量を比較できる実験方法』であることにポイントを置いた。

教材・教具の製作方法

I. 開発のポイント

次の3点を開発の条件とした。

- 私たちが普段の生活に必要な電力を作るために発生する二酸化炭素の質量と植物の光合成によって吸収される二酸化炭素の質量の比較ができるように、水中に溶け込んでいる二酸化炭素の概量を質量として求められること。
- 50分間の授業の中で生徒自らが実験を行い、結果から実感を持った学習ができる指導方法であること。(どの生徒でも簡単に実験ができること。)
- 中学生の知識、中学校の理科室の設備で実験が可能であること。(どの中学校でも常備しており、新しく器具や薬品を買い足す必要のないものや、低コストのものを使用すること。)

II. 使用器具・材料・薬品

- ・ 0.04% 水酸化ナトリウム水溶液
- ・ オオカナダモ
- ・ チャック付き袋 (15 cm × 10 cm) (厚さ 0.04 mm)
- ・ ストロー (21 cm) (口径 6 mm)
- ・ セロハンテープ
- ・ 蒸留水
- ・ キッチンペーパー
- ・ 透明プラスチックカップ (高さ 12.5 cm、容量 420 mL)
- ・ BTB 溶液
- ・ ビュレット

III. 実験の流れ

呼吸を水に吹き込むことで二酸化炭素を水中に溶かし水溶液を酸性にする。これをアルカリ性の水酸化ナトリウム水溶液で中和させ、中和に用いた水酸化ナトリウムの質量から水中に溶けていた二酸化炭素の質量を求める方法を用いた。

二酸化炭素を水に溶け込ませる方法として二酸化炭

* あきや まりこ 東京都港区立赤坂中学校 教諭 〒107-0062 東京都港区南青山1-18-12

☎ (03) 3402-9306 E-mail akasaka-js@minato-tyo.ed.jp

** やまだ みさき 東京都港区立赤坂中学校 教諭

素缶などの使用も検討・実験してみたが、短時間で溶け込む二酸化炭素量が多すぎること、吹き入れた二酸化炭素がどのくらいの量なのかを生徒が実感しにくいことなどから、呼吸を選択した。また、呼吸を使用することで、生徒は日常の生活との結びつきを強く感じ、より実験に興味をもつことができる。中和に使用する薬品も中学校の理科室にあるもので検討した結果、生徒にも馴染みがあり沈殿も生じない水酸化ナトリウム水溶液を用いることとした。

IV. 実験方法

1. チャック付袋 2 つ (A,B) にそれぞれ水 (蒸留水) 80 mL、BTB 溶液 2 mL を入れる。
2. A の袋にのみ水酸化ナトリウム水溶液 (0.04 %) を 2 mL 入れる。(青色になる。)
3. 曲がるストロー 2 本の口側をテープでつなげ、下側はそれぞれ A、B の袋に入れる。(ストローの先が水中にくるようにする。)
4. 2 本のストローをつなげたものに、呼吸を吹き込む。(この時、ストローの先から同じように呼吸が出るように意識させる。)
5. A の袋の BTB 溶液の色が緑色になった時点で吹き込みをやめる。(水温によって二酸化炭素の溶けやすさが変わるため、吹き込む時間は 5 秒～15 秒程度の間で変動する。)
6. B の袋に質量を測定したオオカナダモを入れる。(オオカナダモに付着している水分の量で質量が変化するため、水をキッチンペーパーなどで軽くふきとる。)
7. 6 を蛍光灯や日光のもとで光合成させる。
8. B の袋の BTB 溶液の色が黄色から緑色になるまでの時間を計測する。日光での光合成ではオオカナダモ約 5 g で 20 分程度で緑色に戻る。(発展：オオ

カナダモの質量と吸収される二酸化炭素の質量が比例することがわかる。)

9. 水酸化ナトリウム水溶液 2 mL と中和した二酸化炭素量は 0.00088 g と求まる (図 2)。
10. 発電の際に発生する二酸化炭素量を 1 kWh あたり 600 g と設定し (表 1 参照)、80 W の蛍光灯を 20 分間点灯するために排出される二酸化炭素量を求めて 9 と比較する。

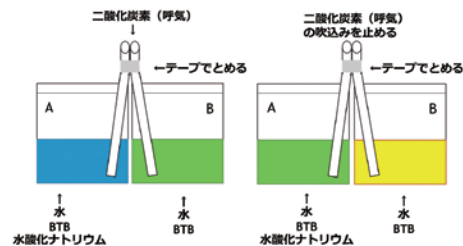


図 1 実験装置

(左：呼吸の吹き込み前 右：呼吸の吹き込み後)

この方法で、気温、個人差、気圧など、実験結果に影響する要因を最小限にすることが可能となった。

表 1 発電により発生する二酸化炭素量¹⁾

発電種類	発電燃料燃焼 [g-CO ₂ /kWh]
石炭火力	864
石油火力	695
LNG 火力	476
LNG 火力 (コンバインド)	376

何gの二酸化炭素が水の中に溶けているかを求める計算

0.04% の水酸化ナトリウム水溶液 2g と、吹き込んだ二酸化炭素は中和することができる。

0.04% の水酸化ナトリウム水溶液 2g に含まれる水酸化ナトリウムが何 g を求める。

100 g : 0.04 g = 2 g : X g

100X = 17.0.08 g

X = 20.0008 g

つまり、水酸化ナトリウム水溶液 2 g の中には、水酸化ナトリウムが 20.0008 g 含まれている。

水酸化ナトリウム (NaOH) 1mol の質量が、Na=23 O=16 H=1 なので、

23+16+1=40 g になる。

1mol あたりの粒子数は、 6.02×10^{23} 個

求めたいのは 40 g の時の粒子数ではなく、20.0008 g の時の粒子数だから、

6.02×10^{23} 個 : 40 g = a 個 : 20.0008 g

$40a = 6.02 \times 10^{23} \times 20.0008$

a = $3.12.04 \times 10^{18}$ 個

つまり、20.0008 g の水酸化ナトリウム水溶液は、 $3.12.04 \times 10^{18}$ 個の水酸化ナトリウム粒子からなっている。

Na⁺ }
OH⁻ } NaOH なので、Na の粒子数も、OH⁻ の粒子数も同じ $3.12.04 \times 10^{18}$ 個となる。

NaOH と H₂CO₃ において、中和するので、OH⁻ と H⁺ の数は等しくなる。(OH⁻, H⁺ だから)

つまり、粒子数において、H⁺ = OH⁻ といえる。

二酸化炭素 (CO₂) 1mol の質量は、 $12 + 16 \times 2 = 44$ となる。

$12 + (16 \times 2) = 44$ g になる。

CO₂ を吹き込んだ時に、何gの CO₂ がとけているかが知りたいから、

6.02×10^{23} 個 : 44 g = $3.12.04 \times 10^{18}$ 個 : b g

$6.02 \times 10^{23} b = 44 \times 3.12.04 \times 10^{18}$

b = 4.0.00088 g

つまり、息を吹き込ませた水が中性に戻る為に、植物が 4.0.00088 g の二酸化炭素を吸収しなければならないことがわかる。

80W を 20 分間使用した時に排出される二酸化炭素の量を求める計算 (1kWh あたり、600g)

1000 Wh : 600 g = 80 Wh : x g

x = 5.48 g

1時間ではなくて、20分で排出される二酸化炭素を求めると、

5.48 g × 20/60 = 1.82 g

4.0.00088 g の二酸化炭素とつり合う時間は、7.0.132 秒

図 2 質量の求め方 溶け込んだ二酸化炭素の質量を求めるための生徒用ワークシート
同じ色の部分には同じ数値が入る。□ は決まっている数字。

学習指導方法

I. 課外活動における段階的な研究

1. 目的

生徒から「夜に植物に光合成を行わせることで二酸化炭素の吸収量を増やすことはできないのか」という疑問が出たことをうけ、二酸化炭素の吸収量を数値化することを目的として、生徒と共に研究を進める。

2. 実験

最初に考えたのは、ふたつきの透明カップの中で呼気を吹き込んだ水に、水酸化ナトリウム水溶液を加えて中和滴定する方法である。

中和したことを判断するために pH 測定器の使用なども試みたが、数値が安定しないことから、図3のように色の変化が中性範囲で小さい BTB 溶液の色の変化で判断した。

また、加えた水酸化ナトリウム水溶液の体積を求める方法として、点滴びんや、電子てんびんを使つての質量測定などを考えた。しかし、点滴びんでは誤差が大きく、電子てんびんは正確に測ることができる器具を班数分用意することが難しいと判断し、ビュレットを用いて求める方法を試みた。

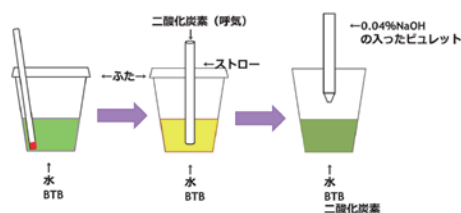


図3 実験装置と実験の流れ

3. 結果

結果は、図4のようになり、吹き込む時間とともに二酸化炭素が多く溶け込むことがわかった。この結果から、実際にオオカナダモを用いて光合成をさせることで、二酸化炭素の吸収量と排出量を比較させることができた。

比較させると、夜間に光合成させるための電力を作る際に発生する二酸化炭素量が圧倒的に多いことから、「夜に光合成を行わせることで二酸化炭素の吸収量を増やすことは難しい」ことが分かる。

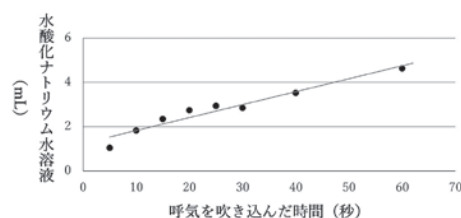


図4 呼気を吹き込む時間との関係

4. 発表

最初に疑問を出した生徒には、研究について発表を行う機会を設け、他の生徒の環境問題に対する意識を高めることができた。



写真1 生徒発表の様子

また、学校全体の生徒の関心を高めるため、学習発表会の場で、研究について発表を行った。発表を聞き、興味を持った下級生が研究の続きを行いたいと希望するなど、周囲の生徒の興味・関心を高めることができた。

目的の数値を得るために、様々な方法で実験を行いながら試行錯誤していく中で、生徒は論理的に物事を考えることを学んでいく様子が見られた。



写真2 学習発表会での発表の様子



写真3 学習発表会での発表の様子（舞台上でも実演実験を行い、スクリーンに投影させた）

5. 課題

この実験では、加える水酸化ナトリウム水溶液の数値は安定しないことなど課題が残った。

原因として次の3つが考えられた。

- ・実験時の水温や気圧により、水への二酸化炭素の溶けやすさが変化する。
- ・吹き込む量や環境要因により、呼気に含まれる二酸化炭素量が人によって差がある。
- ・水酸化ナトリウム水溶液は、二酸化炭素を吸収する性質がある。

また、授業内で取り組むには時間がかかることや滴

定に技術が必要なことなど、今後多くの生徒に実践していくのは難しいという点も課題となった。

これらの課題を解決するため、教材・教具の製作方法で述べた実験を開発した。

Ⅱ. 授業内での実践

1. 地球温暖化の原因の1つが二酸化炭素濃度の上昇によるものであることを学習し、改善策を考えさせる。(生徒からは、節電により二酸化炭素の排出量を減らすことや、植物を増やし吸収量も増やすことなどが出る。この段階では、生徒は他人事としてとらえていることが多く、実感を伴った認識はほとんどない。)
2. 今回開発した実験を行う。光合成は、晴れていると20分程度で終了できる。また、蛍光灯などの光でも行うことが可能である。
3. 光合成させている間に、吸収される二酸化炭素量や比較する電力などを計算プリントを用いて計算し、求めた結果と計算結果を比較する。(比較することで、生徒は排出された二酸化炭素を吸収することの大変さを実感し、環境問題への意識の高まりへとつながる。)



写真4 二酸化炭素を吹き込んでいる様子



写真5 光合成の前後での色の比較
(左：光合成前 右：光合成後)



写真6 日光に当てて光合成をさせている様子

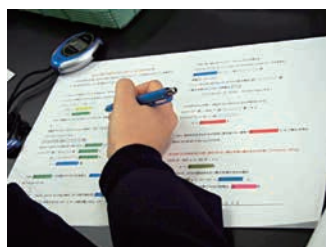


写真7 ワークシートを用い、
二酸化炭素の質量を求める
(光合成させている間に計算を行う)

実践効果

今年度の1年生と3年生を対象に、アンケートをとった結果、96%の生徒が、実験前より環境への関心が高まったと答えた。

また、生徒からは次のような感想が出た。

【初めに疑問を持った生徒の感想】(一部抜粋)

実験結果から二酸化炭素を排出してしまう怖さを身にしみて感じることができた。私は今まで、どうせ節電しても、二酸化炭素の排出量はそんなに変わらないだろうと考えていたが、寝ている間に、部屋でつけていた5W程度の夜光灯を使うことをやめた。

【その他の生徒】

- ・CO₂量をリアルに感じ、吸収量が想像以上に少なくショック
- ・自分で行った実験で、調べられて面白い
- ・植物は減って、人が増えているなんて心配
- ・環境問題は、思っている以上に深刻
- ・知っているつもりだったけれど、わかっていなかった

生徒が実際に実験を行うことで、環境問題を身近に感じることができ、排出された二酸化炭素を吸収することがどれだけ大変なことであるかも実感させることができた。

今回、生徒からでた疑問を生徒自身で試行錯誤しながら、ねばり強く実験を重ね、科学的な思考力を高めることにもつながった。また、港区の環境に関する自主研究で、研究生徒は二年連続で優秀賞を受賞するなど周囲の生徒への刺激にもなった。

このように、生徒が主体的に課題解決を行えるような環境を整えると、それに応えるように生徒たちが学習活動を行った。

参考文献

- 1) 発電と二酸化炭素、中国電力公式サイト、
<http://www.energia.co.jp/kids/kids-ene/learn/environment/co2.html> (2019年3月14日閲覧)。