

理科実験教材の科学性

— 基礎・基本の内容を探る —

理科教育講座 長 沼 健
安城市立安城北中学校 都 築 智

The Science Property for The Teaching Material of Experiments in Junior high school

*Takeshi NAGANUMA and **Satoshi TSUZUKI

*Department of Science Education, **Anjyo Kita Junior high school

要約 指導要領改訂に関して理科における実験教材の見直しの中で、実験を通して見えてくるものは、何なのか。実験と説明の間に飛躍があるのではないか、との観点で実験教材の科学性について検討した。実験がルールを作ることができるのか、を中学での授業を通して明らかにし、その教材の改良を行なった。磁界のはたらき、生命体の器官のはたらき、ろうそくの燃焼について基礎・基本を探った。

キーワード：実験教材，基礎・基本の内容，ろうそくの燃焼

1. はじめに

今回の指導要領の改訂では、理科については次の点が必要であると挙げられている。①見直しをもった観察・実験、②問題解決能力、③基礎・基本を大切に、④ものづくりなどの体験活動。

その中でも基礎・基本とは何かが話題になることが多い。内容が削減された中で学習内容が保証されるのか、それとも今までの内容でも基礎・基本はおろそかだったのか。筆者の都築が安城市派遣研修員で愛知教育大学に1年間籍を置いた関係で授業を通して実験を見直す機会を得る事ができた。この機会に理科の各分野について学術的なアプローチを心がけ、それを教材開発に繋げて行くように方向づけたが、このことは教育学部の内容（例えば本学が目指している「教科学」）への一例となると期待している。

2. 授業実践

授業実践は都築の勤務校の安城市立安城北中学校と長沼が指導した学部生の実践による刈谷朝日中学校で行なった。

平成14年6月20日（木） 都築 智指導

「磁界のはたらき」（安城市立安城北中学校2年）

平成14年11月 都築 智指導

「生命体のはたらき」

（安城市立安城北中学校2年）

平成14年11月16日（土） 内山恵里指導

「消えた火の謎」（刈谷市立朝日中学校1年）

3. 実験教材についての検討

1) 電流のはたらき「電流と磁界の関係を調べよう」

授業では、磁界のはたらきをリニアモーターで演示し、教科書にある電磁ブランコで確認することを実験として取り入れた。U字磁石にすると磁界の方向がわかりやすいことが挙げられる。演示で行なったりニアモーターは電源につないだ2本のアルミパイプの間に磁石を同方向に向けて置き（接着テープでは）ルール上に短いアルミパイプを乗せてスイッチを入れると短いパイプが走り出すというものである。コードを逆につなげば反対側に走り出す。アルミの場合は渦電流が起るため少しコツがいるがよく走る。

「磁界の中で電流が受ける規則性を調べよう」では電磁ブランコとして太い銅線の代わりにアルミ箔を用いることで左右だけではなく上下に動くことも観察できるようにした。U字磁石では磁界向きがはっきりわかるので、力の方向を生徒も間違いなく記すことができる。したがってフレミングの左手の法則が成り立つことを納得する。

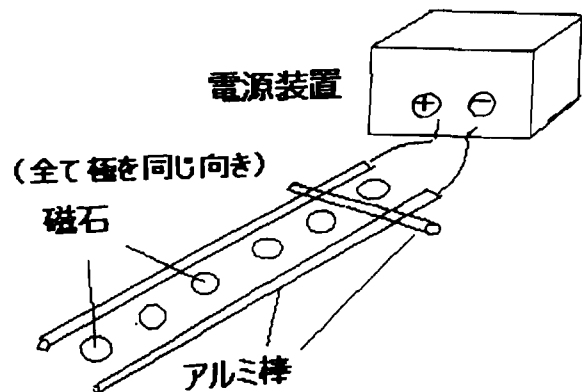


図1 リニアモーター

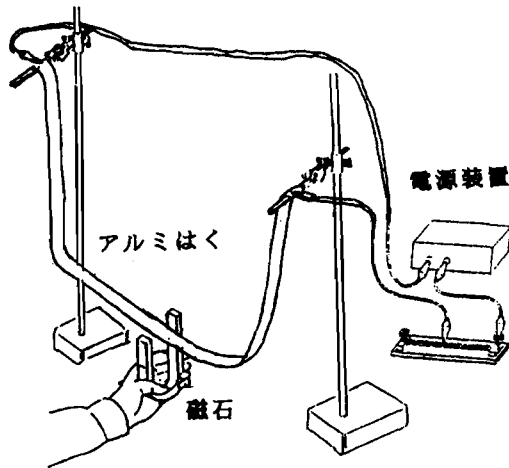


図2 電磁ブランコ

ここで問題となるのは、実験をすればどちらの方向へ力が働くかは調べることができる。しかし、なぜその方向へ力が働くかは説明されていない。したがって実験で確かめたにしろフレミングの左手の法則は覚えるしかないのである。現教科書に、その法則が示されないのはその根拠となるものが示されずに出されていたからと考えられる。磁界と電流によって力が生じることは理解できてもその方向を予想することは大変困難なことである。

【指導の流れ】

磁石のまわりの磁界はどのようになっているのだろうか

- * 日常生活で使われているいろいろな磁石を調べ、磁界の様子を理解させたい。①, ②
- ◎ 磁力, 磁界, 磁力線, 電磁石

↓

コイルのまわりの性質を調べよう

- ・ コイルのまわりの磁界の様子を鉄粉や方位磁針を使って調べる ③, ④
- * 電流が流れると磁界ができることを通して、磁石とコイルは電流を流せば同じはたらきをすることを理解させたい
- ◎ 電流の向きと磁界の向きの関係

↓

モーターのしくみを調べよう

- ・ 磁界の中で電流が受ける力の規則性を調べよう (電気ブランコ) ⑤ (本時)
- ・ モーターを製作し、原理を理解しよう ⑥

2) 生命を維持するはたらき「養分はどのように取り入れられるのか考えよう」

生命体の器官のはたらき、とくに「消化」については、器官が何をするのではなく生命体はどのように栄養をとるのか(生きていくのか)を中心に考える必要がある。大きな物質として体内に入れたものを分解しながら吸収して行く過程であり、そのためにどんな形状が適しているのかという、「器官在りき」からの脱却を目指す必要がある。指導に用いた演示例²⁾を下に示す。

【指導の流れ】

第1時

写真 母体内の赤ちゃん 赤ちゃんの誕生

(発問) これからこの赤ちゃんが生きていくためにはどんなことが必要だろう

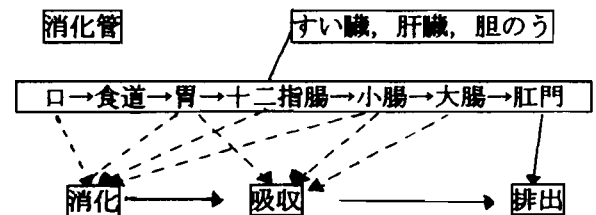
赤ちゃん: ミルク → 体重変化 (差に注目)
時分の場合: 摂取量 → 体重変化

(発問) 摂取量が多いのに、なぜ体重はあまり増えないか。

第2, 3時

(学習課題) 食べた物の行方を調べよう

- ・ 体に吸収される道筋を考えてみよう。
- ・ 吸収された物がどのように使われるかを考えてみよう。
- ・ 吸収されなかった物や不要物はどのように排出されるか考えよう。



食べ物を細かく碎き吸収しやすくする

- * 生徒の既習内容: 消化・吸収の意味
口でデンプンが別の物質に変化する。

(発問) 食べたものはどういう形に変わるのか

炭水化物, タンパク質, 脂肪

第4時 (本時)

ジアスターゼによるデンプンの糖化実験

(学習課題) 消化酵素をつかって、ごはんから水あめを作ろう

消化酵素が最も効率よくはたらく条件

- ・ 温度条件を体温付近にする。
- ・ ごはんを細かくする。
- ・ 液性を中性に保つ

この単元では生徒実験が少ないこと、だ液のはたらきではだ液を出すことをいやがる生徒がいることからごはんから酵素ジアスターゼによるデンプンの糖化実験として水あめをつくる実験を取り入れた。

確認実験として、手触りがさらさらになる、ヨウ素液の変化はなくベネジエクト液の反応が赤褐色になること、水あめが甘いことなどを用いた。

3) ろうそくの燃焼 (小学6年の単元の発展課題)

(1) ろうそく課題

小学校教材として、ろうそくの燃焼は取り上げられている。燃えているろうそくにびんをかぶせると消える現象から、どのようにしたら長く燃えつづけることができるかを考え、燃焼には空気(酸素)が必要であることを学習している。この現象でなぜ火が消えるかとの問いに「酸素がなくなるから」と「二酸化炭素が増えて火を消す」との2つの視点が考えられる。学習としては前者に重きを置くものの、後者を選択することも間違いとはいえない。本研究では、この論点を以下の課題として考えることとした。

「長いろうそくと短いろうそくの2本に火をつけ、瓶をかぶせた。どちらのろうそくが先に消えるか?」この問いについて、服部³⁾が教員養成学部 of 学生への面接法で調べた結果、理系の学生の方が正答が少なかった割に理論的に説明しようとする傾向が強かったと述べている。しかし、この現象を思考実験するには情報が少なく正答を導き出すことはかなり困難と思われる。

我々のアンケート結果でも、短いろうそくが先に消えるとの回答が2/3を占めており、その理由は二酸化炭素は空気より重く下の方が先に消えるが多かった。正解は長いろうそくが先に消え、燃えてできた二酸化炭素は温められて上に行き空気(酸素)は押し下げられてしまい、二酸化炭素が上からたまることになる。実験による事実を見なければこの現象は納得できないであろうが、実験によってもそこまで説明しきれてはいない。

(2) 気体の動きを視覚的にとらえる

一般に気体は目にみえないためその動きを視覚的にとらえることができない。平賀⁴⁾の試みのように気体の動きを視覚的にとらえることを試みた。

【二酸化炭素の確認】

びんの中に閉じられた系であること、燃焼するものがろうそくであることからBTB水溶液を長いろ紙(ペーパクロマト用)にしみ込ませて湿った状態で支柱(わりばしを粘土にさす)にピンでさす。最初、青あるいは緑色が二酸化炭素を吸収して黄色に変わる。消えた後は青から黄色のグラデーションになるが、消

えたらろうそくの芯の位置で青と黄色が区分できるようにするためには最初のpHを調整しておく必要がある。

この反応は二酸化炭素が水に溶け、炭酸を生成し酸性側に片寄るため酸-塩基指示薬の色が変わることを利用しているので、他の酸性物質でもこの変色は起こる。したがってBTBが二酸化炭素の確認方法であることは一般的ではない。

【酸素】

アルカリ性でメチレンブルーはグルコースの存在で無色(ロイコ型)に変色する⁵⁾。この液は空気(酸素)で酸化されると青色に戻る。「青いフラスコ」と呼ばれ化学マジックにも使われている。この反応を利用し当初青色にしておき酸素が欠乏すると消色する反応を利用する。条件が難しく現在まで明確な反応には至っていない。

ここでは、上述の課題に対する生徒(中学1年)の討議の後、本演示実験を取り入れて確認実験とした授業について報告する。

【指導の流れ】

ろうそくに関するいくつかの質問をクイズ形式で行なう。次の問いはその中の最終問題で、どちらとも考えられる問題でクイズとしては面白い内容である。

問: 「長いろうそくと短いろうそくの2本に火をつけ、瓶をかぶせた。どちが先に消えるか?」

* 予想を挙手させる

↓ 短い方が先に消える
(多数)

演示実験: 長いろうそくが先に消える

↓

* 各班に分かれて、協力しながら原因を探る
(自由実験)。

実験器材: ろうそく, 瓶, ふた, 燃焼さじ, 点火器具, ストップウォッチ, 軍手, 粘土, わりばし

問: 各班にまとめを言ってもらおう

↓

演示実験: 空気があるところに二酸化炭素が来たらどうなるか?

- ・ オープンのところでろうそくの火にドライアイスをかけると火が消える。
- ・ BTB溶液を試験管にとり息(二酸化炭素)を吹き込むと青色から黄色に変色することを示す。
- ・ 下記のような装置でBTB試験紙の変色を見る。

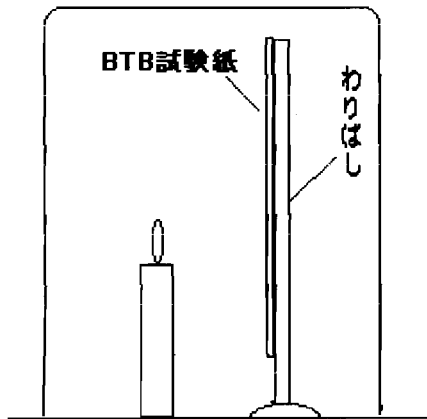


図3 BTB溶液を用いた検出法

なお、今回の実践は文化講座の一環で行なったため、時間は約100分で、間にろうそく作りの作業を混ぜて構成されている。なお、クイズをとりいれても本授業分は45分で収まる内容である。

4. 基礎・基本を探る

3つの授業実践を通して、教材の科学性の検討を行なった。学習において最終的に生徒が科学知識を理解するためには「納得する」ことが必要である。

第一の電流と磁界による力の動きは、実験によってその作用を確かめることはでき、一般化されたとしても、力の方向の原理を理解するには難しいため、便利な法則（フレミングの左手の法則）が生み出されたのである。

第二の消化酵素の条件は、水あめを作るという作業の中で、その条件を見出して行くもので、そのことが体内で行なわれていることと結びつくかが大きなポイントである。さらにこの単元では各臓器からの分泌物が酵素であり、酵素の役割がわかっても酵素の不思議さは残る。この部分はかなり専門的になるが、現代生命科学の謎解きであるとするれば科学への目標になるかも知れない。この分野（生命科学）の教材については単に生物学的ではなく分子レベルでの内容を少し加えてやることは今後重要な要素になるであろう。

第三は、小学校6年のろうそくの燃焼に題材をとって、新たに教材化したものであるが、燃焼の基本的な概念を問うものであり、それを解明しようとする内容である。二酸化炭素の性質があまりあつかわれなくなったため、もっぱら燃焼が酸素の視点からのみ語られることはろうそく課題については片手落ちの部分がある。現在、酸素の濃度検出を色変化で見られるよう検討中であるが、この2色のグラデーションにより酸素が消費され二酸化炭素ができ、それが温められて上部に行き空気を押し下げるといった筋書きが見えてくるであろう。さもなければ、現象のみからの推論であり、納得されずに終了することになる。

謝辞

本研究は、安城市の派遣研修制度利用による都築の研修成果と文部科学省教育学部フレンドシップ事業による学生の訪問実験教室によって構成されている。両事業の関係各位に深謝いたします。

また、授業計画・実践を行なってくれた本学4年生内山恵里氏にも感謝いたします。

参考文献

- 1) 角田睦男: 「電流のはたらきの学習指導」, 理科の教育, 44, p596 (1995)
- 2) 都築智他: SSTA教育研修会資料, (2002)
- 3) 服部美智子: 平成12年度卒業研究「大学生が持つろうそくの燃焼についての誤概念とその変容」, (愛知教育大学) (2001)
- 4) 平賀伸夫, 寺谷敏介: 上方・下方置換時の気体がたまる様子を視覚化できる実験方法の開発, 東京学芸大学紀要 (4部門), 46, p56-56 (1994)
- 5) 長沼健他: 日本化学会第79春季年会要旨集, p546 (2001)