

高等学校

平成 9 年 度

教育研究員研究報告書

理 科

東京都教育委員会

平成 9 年 度

教育研究員名簿(理科)

分 野	学 校 名	氏 名
物 理	都 立 武 蔵 丘 高 等 学 校	家 弓 明 丈
	都 立 田 柄 高 等 学 校	赤 嶺 治
	都 立 拝 島 高 等 学 校	山 下 一 郎
	都 立 国 立 高 等 学 校	原 田 光 男
化 学	都 立 田 園 調 布 高 等 学 校	千 葉 勝 吾
	都 立 大 泉 北 高 等 学 校	澤 田 富 雄
	都 立 蔵 前 工 業 高 等 学 校	小 林 晶 代
	都 立 神 代 高 等 学 校	吉 川 典 江
生 物	都 立 第 一 商 業 高 等 学 校	新 行 内 博
	都 立 白 鷗 高 等 学 校	内 田 隆 志
	都 立 上 野 高 等 学 校	黒 崎 文 夫
	都 立 深 川 高 等 学 校	深 川 治
	都 立 農 産 高 等 学 校	早 山 明 彦

担 当 教育庁指導部高等学校教育指導課 指導主事 荒 川 洋

生徒の興味や学習意欲を引き出し、
科学的な思考力を育てる理科の指導の工夫

目 次

I 研究主題設定の理由	2
II 具体的な研究方針	2
III 研究を進める上での留意点	3
IV 研究内容	4
1 「簡易速度計」の教材化により、エネルギー概念の形成を図る指導法の工夫	4
2 身近な物質で考える酸化還元反応 —— 「酸素と結びつく酸化」から 「電子の授受で考える酸化還元」への指導展開の工夫	11
3 ギムネマを使った味覚変容実験によるヒトの感覚の教材化と指導法の工夫	18

生徒の興味や学習意欲を引き出し、 科学的な思考力を育てる理科の指導の工夫

I 研究主題設定の理由

現行の学習指導要領の改訂の基本的な考え方（高等学校理科）は、以下のようなものであった。

- ①基礎・基本の重視と個性を生かす教育の充実
- ②「理科離れ」を防ぐための、日常生活とのかかわりや科学技術の応用面の重視
- ③自ら学ぶ意欲と社会の変化に主体的に対応できる能力の育成の重視

また、平成6年から8年に全国の公立小中学校で実施された「新学力テスト」（教育課程実施状況調査）の結果によると、理科については、知識・計算能力は着実に身に付いているが、自分で考え、表現する力は弱いことが指摘されている。特に中学では、「理科嫌い」の生徒が増えていることがうかがわれる。この結果は、高等学校の学習指導要領改訂の基本的な考え方を裏付けるものであり、あらためて生徒の「理科離れ」（「理科嫌い」）への対応や、生徒自らが考え、表現する力の育成が求められている。我々が高校で理科の指導に当たる際にも、こうした生徒が入学していることを考慮すべきであろう。

これまでも、平成7年度教育研究員の研究において、科学的思考ができる理科好きな生徒を育てることを目標とした教材開発と指導法の実践的な研究が行われた。また、平成8年度同研究においては、自ら学ぶ意欲を引き出し、科学に親しみを感じさせ、探究する能力・態度を育てる理科の指導法の工夫が報告されている。

以上のような背景と先行研究の内容を踏まえ、これからの時代において理科教育に求められるものは何かについて考察と検討を重ねた。主眼となったのは「理科離れ」（「理科嫌い」）への対応と自分で考え表現する力の育成である。その結果、日常生活と関係の深い事物・現象の観察、実験を行うことで、生徒の興味や学習意欲を引き出すとともに、授業の中で科学的な思考力を育てることが重要であり、そのための教材開発や指導法の工夫が必要であるとの結論に達した。このため標記のような研究主題を設定した。

II 具体的な研究方針

研究の概要

物理では、速度が簡単に測れる装置を用い、実験により力学的エネルギー概念の形成を図る授業展開を試みた。

化学では、銅やヨウ素の酸化還元を中心に、薬品による反応と電気分解による反応を関連付けて酸化還元を考えさせる指導方法を研究した。

生物では、身近な事象としてヒトの感覚のうち味覚をとりあげ、ギムネマによる味覚変容と

いう生徒の直接経験を通して生物現象を探究する方法を習得させ、問題解決の能力を育成することをねらいとした授業を試みた。

1 日常生活と関係の深い事物・現象の観察、実験を通して、生徒の興味や学習意欲を引き出す。

物理では、「簡易速度計」を積極的に活用して、力学的エネルギーの概念の形成を図れるように工夫した。

化学では、日常生活で使う物質を利用して簡易的な滴定を行った。また、手廻し発電機を利用して、自ら発電し電気分解を行うという体験を通じて酸化還元を学べるように工夫した。

生物では、甘味阻害物質を含むギムネマを使い、甘味のみをマスキングするとどのように味覚が変化するのかということから生徒の興味・関心を高め、探究活動への導入を図った。

2 科学的な思考力を育てるための指導計画を立てる。

物理では、「簡易速度計」と摩擦を減らす装置を用いて、力学的エネルギーの分野での生徒実験を行うことで生徒の探究的な活動を可能にした。

化学では、酸化還元の本質をはじめ酸化剤、還元剤、電気分解まで同じ物質を用いて科学的な考え方ができるようにした。特に、電気分解によっても薬品が同じように反応することを実験で実証できるように工夫した。

生物では、甘味がなくなった理由を考えるという仮説の設定にとどまらず、その仮説をどのような実験をして検証したらよいか、問題提起→仮説設定→実験による仮説の検証という過程を通して自然科学の研究の道筋をたどらせるというように全体の指導の流れを設定した。

Ⅲ 研究を進める上での留意点

以下の2点に留意して研究を進めた。

◎「I Aを付した科目」「I Bを付した科目」のどちらでも活用できるようにした。

◎実験に使う器具・薬品はなるべく日常的なものを使うとともに、科学概念を形成できるように工夫した。

物理では、力学的エネルギーの保存の実験に関して、測定の誤差を減らして生徒実験の精度を高める工夫をした。また、煩雑なデータ処理が避けられるように実験装置を工夫し、コンピュータを活用して、生徒が興味・関心を高めながら、しかも科学的に考察できるように配慮した。

化学では、各学校の生徒の実態に合わせて指導ができるように1時間単位での実験とし、反応はなるべく簡単な反応式となるものを選んだ。

生物では、感覚受容のしくみそのものを事象として理解させることよりも、実験におけるグループ活動の中で生徒が考えた疑問や、それを解決するための方法を考える過程を重視した。また、教材として全国どの学校でも取り扱うことができるように配慮した。

IV 研究内容

物理

1 「簡易速度計」の教材化により、エネルギー概念の形成を図る指導法の工夫

(1) はじめに

力学的エネルギーについての授業は、従来、教師から生徒への一方的な指導になりがちであった。その問題点は、

ア 力学的な仕事やエネルギー概念の厳密な定義は抽象的であり、数式の取扱いを避けることは困難がある。

イ 教材を身の回りの事物の中に見い出し、おもちゃや遊園地の乗物などを教材化した例があるが、定性的な扱いが多く、教室での定量的な取り扱いが難しい。定量的な測定としては、記録タイマーを用いた方法や、水平投射運動による方法が行われているが、これらには、次のような難点がある。

(ア) 記録タイマーのテープの解析は、運動の経過を測定するには優れた面があるが、この単元以前に何回か利用していて方法としての新鮮味を欠くとともに、作業に手間が掛かるため実験の目的を見失わせる恐れがある。

(イ) 水平投射運動による方法は、理解力の高い生徒を除き、実験結果の直接的な因果関係をとらえさせるのが難しい。

こうしたことで、現象は現象のまま、数式は訓練的な扱いになりがちである。現象と数式を結びつけるためには、この単元では速度の直接測定と運動摩擦の克服が必要である。そこで、本研究では生徒の興味や学習意欲を引き出し、科学的な思考力を育てるために、直観的で定量的な関係を理解させるための教材の開発及び指導法の工夫を行った。

(2) 指導計画

本内容は「物理ⅠA」では、学習指導要領の(3)エネルギーと生活 ウ エネルギーの移り変わりで運動エネルギーにおいて、「物理ⅠB」では、(2)エネルギー ア 力学的エネルギーでも取り扱えるように配慮した。

授業展開において、次の点に留意した。

ア 定量実験は全て生徒実験を基本に考え、各校の実状に応じて、ワークシートを工夫した。

イ 実験教材は、誤差が出ないように摩擦の影響がない装置を工夫した。また、実験の目的を明確にするため、赤外線センサーを利用した「簡易速度計」を用いて、速度を直接測定した。

ウ 生徒の報告書を分析し、本研究の一層の改善を図った。



図1-1 生徒の実験風景

表 1 - 1 「力学的エネルギー」の指導計画

学 習 事 項	時間	学 習 内 容 及 び 留 意 点	実 験 教 材
<単元名> 仕事とエネルギー 物体の運動を正確に調べるために	2	①摩擦の影響の排除方法の探究（各自の探究活動、班討議） ②瞬間の速度の調べ方について（測定器に実際に触れ、考察する。） ・記録タイマーの利点と欠点 ・光電タイマーの利点と欠点（「簡易速度計」の取扱いに、タイヤの回転数などその他のついて注意し、使用方法を方法と利点と決定 理解する。） ③「規則性を見つける方法の探究」 ワークシート、グラフ・コンピュータの利用	・力学台車 ・エア・バック滑走体 ・自作エア・トラック ・記録タイマー ・光電スイッチ ・自作光電スイッチ ・「簡易速度計」 ・自動車のメーター ・コンピュータ ・表計算ソフト、グラフ
I 仕事と仕事率 （導入） エネルギーとは a) 仕事 b) 仕事の原理 c) 仕事率	2	①エネルギーとして利用されているもの （エネルギーの形態に注目し、日常生活の中でのエネルギーの言葉の使われ方からエネルギーを考える。） ②様々なエネルギーの共通点 ③鋼球のもつエネルギー（演示実験） （運動エネルギー、位置エネルギーの例により、力学的エネルギーを提示する。） ④力学的な仕事の定義（仕事は区間を指定すること） 「何から何へ、どこからどこまで」 ⑤力学的仕事の一般化・いろいろな力のする仕事 （物理量の定義、記号、単位、移動の向きに対する力の向きと、正・負の仕事、外力に逆らってする仕事） ⑥仕事の原理（演示実験） ⑦仕事率の定義 ⑧生徒実験「仕事の原理」 （実験を通して、仕事、重力に逆らってする外力の仕事率の計算、単位を実感させる。）	・新聞記事 ・雑誌などの特集（夏休みなどの課題） ・鋼球 ・エア・トラッカー式 ・バネ秤（200 g w） ・糸、滑車、分度器、 ・下げ振り、 ・てこ、複滑車、輪軸、 ・ジャッキ
II 仕事と 運動エネルギー a) 運動エネルギー b) エネルギーの 原理	2	①運動エネルギーの定義（運動エネルギーの定式化、状態を表す量、斜面上を滑走する物体についての重力のした仕事と速度の関係を考察する。） 注）学習の段階に応じて、具体的な運動として自由落下運動や、一般的な力を例にする。 ②エネルギーの原理 （運動エネルギーの変化と外力が物体にした仕事の関係） ③生徒実験「エネルギーの原理」 ・重力のした仕事の測定（斜面の傾きと滑走距離から） ・滑走体の速度の測定（「簡易速度計」の設置） 注）学習の段階に応じて、自由落下運動、力学台車の運動で測定する。 ④データ処理（グラフ化によって考察し、実験結果から運動エネルギーの式を導く。）	・力学台車、レンガなど ・「簡易速度計」 ・エア・トラッカー式 ・振り子、分度器、 ・下げ振り、関数電卓、 ・定滑車、バネ秤 注）台車の運動について測る場合は、台車止めなども必要。 ・表計算ソフト ・グラフ用紙
III 力学的エネルギーの 保存と位置エネルギー a) 力学的エネルギー の保存の法則 b) 重力による位置 エネルギー c) 弾性力による位置 エネルギー	3	①力学的エネルギーの保存（演示実験） （エネルギーの原理より、正・負の仕事をした物体の運動エネルギーの変化に注目する。重力が行った仕事のエネルギー源を考察し、位置エネルギーの考え方を導く。） ②重力による位置エネルギー （重力などの保存力の場の考え方を学び、特に重力による位置エネルギーの表し方を導く。基準点に留意する。） ③弾性力による位置エネルギー（生徒の実験） ・バネ定数の測定 ・バネに蓄えられた力学的エネルギーの測定 ④データ処理（グラフ化によって考察し、弾性力による位置エネルギーの式を導く。） ⑤まとめ（位置エネルギーの導入により力学的エネルギーの保存を確認し、その利用についてまとめる。） ⑥発展 生徒実験「振り子のエネルギー」	・定滑車装置、杭打ち機、 ・力学台車など ・重力場演示用布 ・鋼球 2 個 ・バネ振り子一式 ・バネ秤、定規 ・エア・トラッカー式 ・表計算ソフト ・グラフ用紙 ・コースターの模型 ・衝突球、振り子、スタンド、「簡易速度計」 ・発射装置

(3) 主な教材の紹介

ア 「簡易速度計」 (図1-2)

速度を直接測定するには、市販の光電タイマーを用いればよいが、かなり高価で生徒実験に必要な数を揃えるのは難しい。子供用のおもちゃで、某メーカーの赤外線センサーを用いた簡易計測器(頒価1,800円)がある。これには速度測定機能があるので、「簡易速度計」として利用した。測定単位が $[\text{km}/\text{h}]$ であるため、 $[\text{m}/\text{s}]$ への単位換算をしなければならないが、 $0.00\text{km}/\text{h}$ から $99.99\text{km}/\text{h}$ まで測定可能である。内部の配線の断線がおこることがあり、衝撃にやや弱く、また生徒が指先の速さを測ろうとしてけがをする恐れもあるので注意したい。

さらに、時計機能、ラップタイム($1/100$ 秒単位)や、積算ラップタイムの測定機能があり、他の物理実験の測定(相対速度、運動量など)にも応用できる。

イ 自作光電タイマー (図1-3)

「簡易速度計」は赤外線を用いているため、可視光を用いて動作原理を説明できる演示実験用の測定器を開発し、製作した。

CdS(光センサー)にレーザーなどの可視光を当てておき、光源とCdSの間を物体が通過したときの光の遮断時間(遮光時間)を測定する。通過する物体の大きさと遮光時間から、物体の速度を求めることができる。遮光時間は、IC555による発振クロック数をICカウンターで測り、7セグメント表示素子により3桁で表示する。また、表示のリセットと計測のスタートは、遮光時に自動的に行われるので、繰り返し測定することもできる。

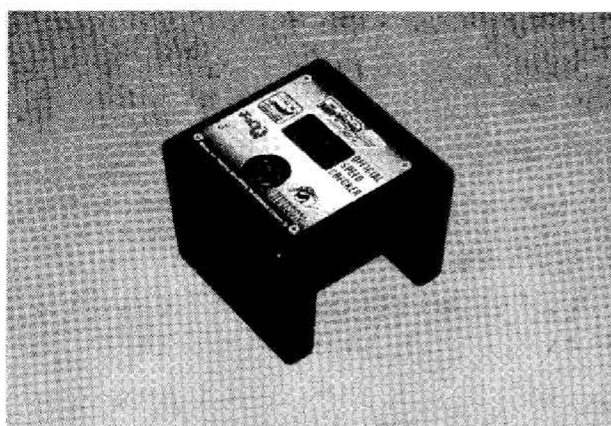


図1-2 「簡易速度計」

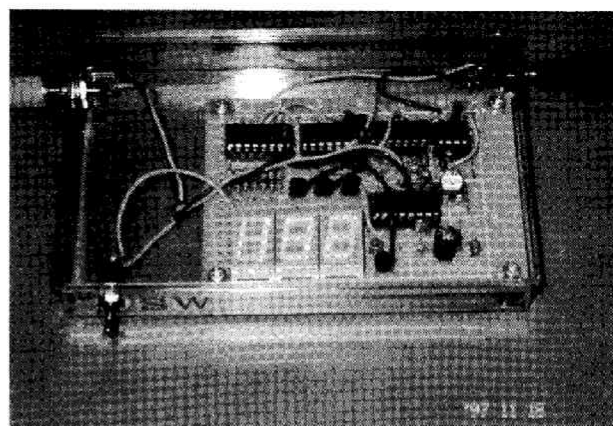


図1-3 自作光電タイマー

ウ 自作エア・トラック (図1-4)

アルミ製の角チューブ(長さ 1.00m —辺約 20mm)に、 $1\sim 2\text{cm}$ 間隔で穴(直径 $1.0\sim 1.5\text{mm}$)を開け、ドライヤーから送風できるようにした。「簡易速度計」を乗せる台も付けてある。傾斜はスタンドを用いて調整する。

滑走体はアルミL材を $10\sim 20\text{cm}$ に切ったものを用いた。

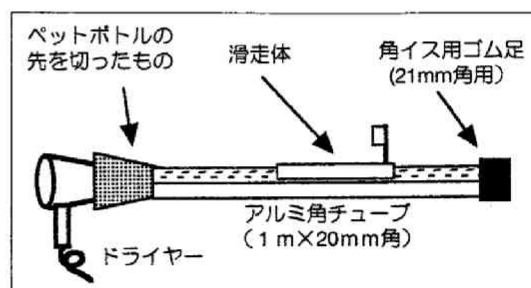


図1-4 自作エア・トラック

エ エネルギー保存測定用振り子（図1-5）

内径1～2mmのアルミ管を木片に付け、釣り用のテグスを通して鋼球（直径20mm穴あき）を吊したもの。使用するスタンドの高さに応じて長さを調節する。

オ 発射装置

初速なしで振り子の鋼球を発射するのにボルトにエナメル線を巻き付けた電磁石を利用した。より容易に扱える装置として、固定した釘にアルニコ磁石を着脱することでもできる。

カ 力学台車用マーカー

「簡易速度計」で力学台車の速さを測るための旗。L字型のボールのゴム台の裏にゴム磁石を貼り付けたもの。



図1-5 振り子

(4) 実験・実習内容

授業展開の中で、本研究に関わる項目の指導は以下のように行った。

ア 導入 物体の運動を正確に測るための工夫

- (ア) 摩擦力の排除 物体の運動への摩擦力による影響をなくす方法を探究させ、エア・トラックの構造と原理を理解させる。
- (イ) 瞬間の速度測定 速度測定の方法を瞬間の速度の定義に基づいて理解させる。記録タイマーの利点と欠点を考察させ、光電タイマーを紹介する。光電タイマーの構造と原理の概要を示し、「簡易速度計」の使い方を理解させる。
- (ウ) 規則性の見つけ方 グラフにより定量的な関係を導くための方法を理解させる。比例関係のグラフにするために座標軸の物理量の定め方及びグラフから量的関係を表す式の求め方を学ばせる。

イ エネルギーの原理

力学台車に糸をつけ、定滑車を通して吊した錘により一定の力を加え続ける。

約50cmの移動の前後の速度を2台の「簡易速度計」で求め、運動エネルギーの変化を算出し、その間に加えた力が台車にした仕事との関係を調べる。

糸の張力は台車に付けたバネ秤りの運動中の値を直接測る（図1-6）。



図1-6 力学台車の運動

ウ 力学的な仕事と力学的エネルギーの保存

(ア) 自由落下する物体のエネルギー

定点から鋼球を自由落下させ、机面からの高さ h (位置) ごとに落下速度 v を「簡易速度計」で測り、重力のした仕事と速度の関係を考察させる。落下距離が落下速度の2乗に比例することを $h-v^2$ グラフを作成して確認させる。重力のした仕事との関係から運動エネルギーを表す式を発見させる (図1-7)。



図1-7 自由落下

(イ) 斜面上を滑走する物体のエネルギー

斜面上の滑走距離を測り、重力の斜面方向にした仕事と速度の関係を調べ、(ア)の方法の同様に、運動エネルギーの式を発見させる (図1-8)。

(ウ) 振り子のエネルギー

初速0で振り子を振らせ、高さを5.0cmおきに変え、最下点での速さをそれぞれ測る。このとき、前述の鋼球の発射装置を用いるとよい。 $h-v^2$ グラフを作成させ、発射点と最下点での力学的エネルギーの関係を考察させる。(ア)、(イ)の場合とグラフが一致することを確認させ、重力の位置エネルギーの理解を深めさせる。

(エ) 弾性力による位置エネルギー

水平に置いたエア・トラック上で、一端をバネに付けた滑走体の速度とバネの伸びとの関係を調べる。バネには実験用のバネを用いても、秤量200 g wのバネ秤を用いてもよい。定滑車によりバネを鉛直方向に吊せるようにしてある (図1-9)。

バネの自然長やバネを含む運動体の質量を考慮しながら、運動エネルギーの増加から弾性力による位置エネルギーを表す式を発見させる。また、力学的エネルギーの保存の検証実験として扱うこともできる。



図1-8 重力のする仕事

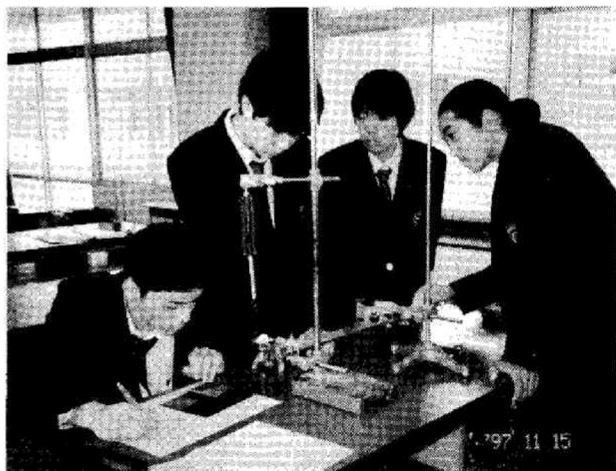


図1-9 弾性力による位置エネルギー

(5) 授業結果

以上のように、本研究で扱った教材は力学的エネルギーの指導の分野だけでも様々な応用できる可能性がある。また、施設等の状況が異なる全日制普通科高校4校において実践した結果、生徒は楽しく興味をもって実験に取り組み、得られたデータは、定量的な関係を十分示していることが確かめられた。

身近なおもちゃである「簡易速度計」を用いたこと、また自作のエア・トラックを積極的に実験に取り入れたことで、生徒の感動は大きかったようである。特に、測定結果のグラフ化は比例関係がはっきり出るので、このことから力学的エネルギーの保存を理解できたと答えた生徒が多かった。計算が必要な場合には、コンピュータを活用した。表計算ソフトを用いて回帰直線を得るなどの工夫を行い、生徒のデータ処理の負担を軽くした結果、短い実験時間でも豊富な結果が得られた。弾性力による位置エネルギーの実験についてA校2年生のデータを例として下に示し、一連の実験全体についての感想を紹介する。

(ア) 測定結果 弾性力による位置エネルギー

表1-2 生徒のデータ

滑走体の質量 (kg)	0.0497
フック部の質量	0.022
バネ定数 (N/m)	19.6

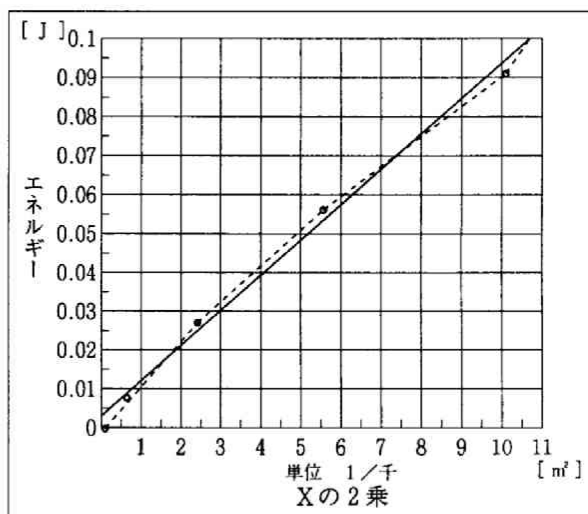
X	速度 v	Xの2乗	エネルギー
0.000	0.000	0.00000	0.0000
0.025	0.468	0.00063	0.0079
0.050	0.869	0.00250	0.0271
0.075	1.245	0.00563	0.0556
0.100	1.606	0.01000	0.0925

エネルギー $K = 0.5 * (0.022 + 0.0497) * v * v$

X 係数	9.1766087
X 係数の標準誤差	0.260973

バネ定数 (N/m)	18.35
誤差 (%)	6.36

表1-3 グラフ



(イ) 生徒の感想

- 「コンピュータを使ったり、いろいろな器具を使ったりして、とても興味もてた。また、プリントでは関係式を導き出すなど、難しい計算もあったけど、答えを出せたときはうれしかった。」
- 「エネルギーというのはどういうものなのか最初は余りよく分からなかったが、実験の結果から式が出てきて、それが公式と重なったりする。理解が容易にできるようになってよかった。」

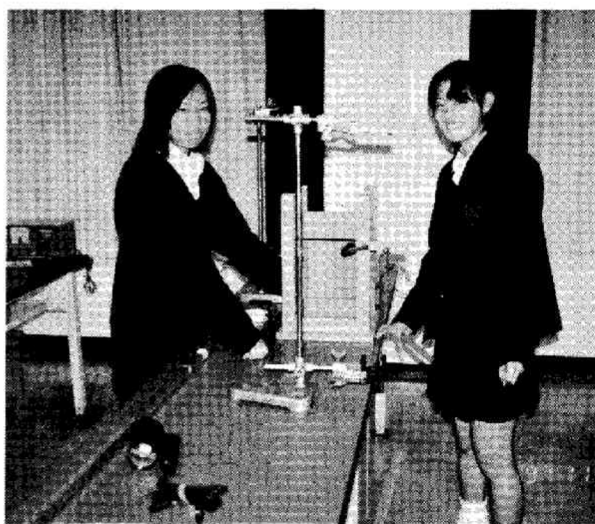


図1-10 振り子のエネルギー

(6) 今後の課題

- ア 自作エア・トラックは、製作に手間が掛かるが、安価で効果的である。しかし、送風機の風量と穴の大きさや間隔の関係は、滑走体の浮上に応じて生ずる前方の風の抵抗の問題は未解決である。特に、装置をコンパクトにしたために、使える滑走体の質量が小さく、実験に制約があることが分かった。
- イ 「簡易速度計」は2点間の平均の速度を測定するものなので、これを瞬間の速度の測定に用いた場合、位置の同定が問題になる。初速が小さく加速度が大きな運動では、「簡易速度計」の中央の点の位置から最大約1.0cmのずれが生じることが分かった。
- ウ 自作エア・トラックをスタンドで固定したが、生徒には左右のバランスが取りにくく、設置上の困難があった。また、「簡易速度計」は、従来の方法では時間のかかりすぎたデータ解析の過程を省き、データも豊富に得られたが、単位換算に予想以上の時間を取られてしまった。
- エ 生徒がグラフを作成する際に、実験と並行してコンピュータにデータを入力させ、結果をCRT画面上で予測させると効果的だが、実験室にコンピュータが設置されている学校は4校中1校のみであった。
- オ 教材への興味・関心は高まり、力学的エネルギーの概念形成には効果があったが、結果から応用する力や物理的な思考力を高めさせるためには一層の工夫と、指導の積み重ねが必要であることをあらためて痛感した。

(7) おわりに

年間を通じて役立つ実験器具を開発し、授業に生徒実験を多く取り入れ、学習効果を高めることを目指して研究した。その結果実験器具も、ワークシートも、手作りの教材は生徒に親しまれ指導効果が大きいことが確認できた。

本研究について特に留意した3点については、以下のような結果が得られた。

- ア 生徒実験を行うに当たり、ワークシートの工夫やコンピュータの活用などにより大きな成果が得られた。また、1校は「物理ⅠA」で自由落下運動を例にエネルギーの移り変わりを指導し、また3校では「物理ⅠB」で仕事・エネルギーの関係を重視した指導ができた。
- イ 力学的エネルギー実験の際に摩擦の影響を防ぐために工夫した「自作エア・トラック」は、弾性力による位置エネルギーについての実験例から、教材として十分使えることが分かった。

また、「簡易速度計」は生徒が手軽に扱え、速度の直接測定器として有効であった。

- ウ 教材を数多く作成しなければならなかったが、生徒の興味や学習意欲を引き出す上でも、大きな成果があった。また、生徒は授業時間外にも教材の準備を手伝ったり、実験教材を見に来たりして、高い関心を示した。

教卓に並べられた実験教材を見て、生徒がわくわくしている姿から、さらに物理の内容に関心をもち、理解を深め、生徒自らの探究的な自発学習がうながされるように、教師が常に創意工夫をして教材の研究を進め、授業の一層の改善をさらに心がける必要がある。

2 身近な物質で考える酸化還元反応

化学

(1) はじめに

酸化還元反応は、日常生活の中で数多く起こっている現象である。にもかかわらず、現行の授業の内容では、電子の授受で定義付けを行った後、酸化数へと発展しており、身近な現象と結び付けた指導は困難である。さらに、電池、電気分解へと進み、ともすればそれが酸化還元反応であるということが生徒に理解されないまま単元が終わってしまうこともある。

本研究では、身の回りの物質の中で、化学式や化学反応式がわかりやすい物質を取りあげた。そして、生徒が理科に興味をもち、意欲的に取り組む態度を養うとともに科学的な思考力を育てることを目標とした授業展開を行った。

(2) 授業計画及び留意点

授業計画を立てるのに当たり、生徒の酸化還元反応への認識を調査した。

「酸化還元反応」の学習をする前に

中学校で酸化還元反応を学習しましたが、皆さんがどの位理解しているかを知りたいので、次の質問に答えて下さい。

- ① 「酸化」・「還元」とは何か答えてください。
- ② 身近で起こる「酸化反応」・「還元反応」を書いて下さい。
- ③ 身近にある「酸化剤」・「還元剤」を書いて下さい。

調査の結果、大半の生徒が、酸化反応は酸素と化合することであり、その具体的な例として、鉄や銅のさびをあげている。還元反応を理解している生徒は半数以下であった。従って、本研究は金属の酸化から導入する授業展開を行った。

第1 限目……「酸化還元の復習と発展」

銅と酸化銅を復習として扱った銅と銅イオン及びヨウ素とヨウ化物イオン対比させることにより、酸化還元が、電子が関与していることに気付くような授業展開をした。

第2 限目……「酸化還元を電子の授受で理解する」

手廻し発電機を利用して、銅と銅イオンの酸化還元反応とヨウ化物イオンの酸化の実験を行い、酸化還元反応が、電子の授受により行われていることに気付くような工夫をした。

第3 限目……「酸化還元と酸化剤・還元剤」

第1 限で導入した銅の酸化還元に基づいて、酸化剤・還元剤について説明付けをした。また、具体的な例として、ビタミンC（酸化防止剤）などの身の回りの物質を取り上げた。ヨウ素溶液中におけるビタミンCの還元性の実験を行い、生徒が理解しやすいような指導法を工夫した。

第4 限目……「ヨウ素入りうがい薬を用いたビタミンCの簡易的な定量実験」

うがい薬を用いて市販の清涼飲料水の酸化還元滴定を簡易的に行い、清涼飲料水中に含まれているビタミンCの量を求める実験を考案した。

(3) 授業内容

ア 授業第1限・酸化還元の見直しと発展

<目的>

中学校で酸化還元を学習している。酸化とは物質が酸素と化合する変化であり、還元とは酸化物から酸素を取り除く反応である。本時は、 $\text{Cu} \cdot \text{CuO}$ と CuSO_4 及び $\text{I}_2 \cdot \text{KI}$ を取り扱い、酸化還元が酸素との関わりだけではないことを理解させる。

<展開>

演示実験(A)・中学校の学習の見直し

- ①銅線を強熱すると空气中で酸化銅の黒いさびが生じる。
- ②乾燥した試験管に水素を入れ、熱い酸化銅を差し込むと還元されて、きれいな銅線になる。試験管の内壁には、水蒸気が曇りとなって確認できる。

演示実験(B)・発問のための演示

- ①希硫酸を温め、銅線を差し込む。過酸化水素水を加えると銅が反応して、青色の溶液になる。
- ②ヨウ化カリウム水溶液に過酸化水素水を加えると、ヨウ素の褐色を呈する。さらにデンプン溶液を加えてもよい。

説明・発問(酸化還元の反応相手は酸素だけなのか)

酸 化	還 元
$\text{Cu} \longrightarrow \text{CuO}$	$\text{CuO} \longrightarrow \text{Cu}$
$\text{Cu} \longrightarrow \text{CuSO}_4$	$\text{CuSO}_4 \longrightarrow \text{Cu}$
$\text{Cu} \longrightarrow \text{Cu}^{2+}$	$\text{Cu}^{2+} \longrightarrow \text{Cu}$
$2\text{I}^- \longrightarrow \text{I}_2$	$\text{I}_2 \longrightarrow 2\text{I}^-$

酸化・還元という化学変化では、何が変化しているかという発問をする。価数の変化から電子が関与していることに気付くように導く。

まとめ

(B)は、銅やヨウ素イオンが過酸化水素により酸化された反応($\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$, $2\text{I}^- \rightarrow \text{I}_2 + 2\text{e}^-$)である。酸化還元はもともと酸素との化合・解離で考えられた現象だが、反応の相手を酸素だけに限定する必要はない。さらに、酸化還元の本質を理解させるとき「電子の移動が関係しているのではないだろうか。」と生徒が気付くよう指導する。

イ 授業第2限・酸化還元と電子の授受

<目的>

第1限で酸化還元は、酸素だけが反応の相手ではないこと、さらに電子の移動で考え

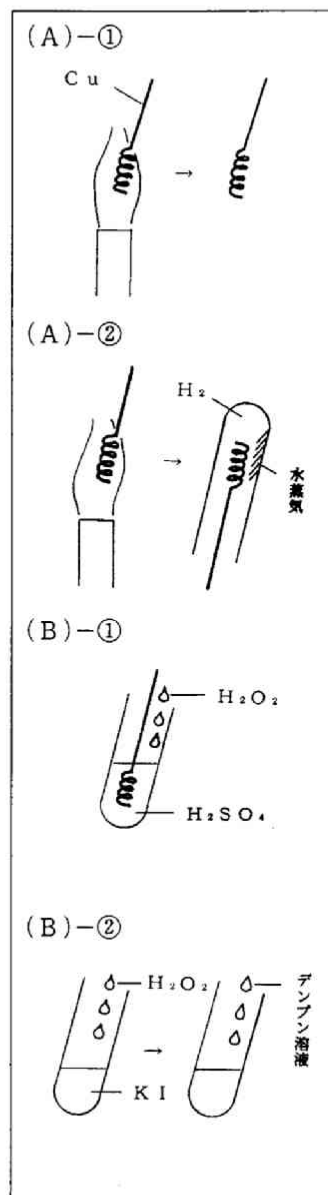


図2-1

られることを学習した。本時は、電子の授受が酸化還元の本質であることを、手廻し発電機を用いた実験を通して理解させる。 (B) - ③ (C) - ①

<展開>

演示実験 (第1限の復習及び補足)

第1限の演示実験

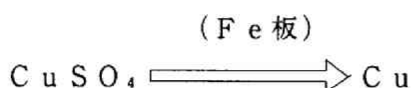
銅の加熱による酸化 (A) - ①

過酸化水素による銅の酸化 (B) - ①

過酸化水素によるヨウ素の酸化 (B) - ②

を行う。

さらに、以下の実験を行う。硫酸銅水溶液の中に鉄板を浸す。銅が還元されて鉄板の表面に析出する。(B) - ③



銅の還元

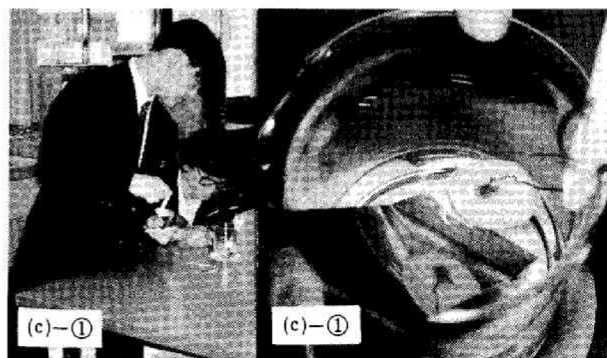
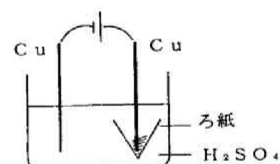
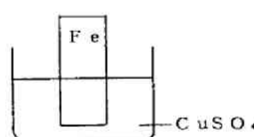


図2-2

生徒実験 (C)

- ① 希硫酸溶液に銅線を2本浸し、直流電流を流す。陽極の付近が青色の溶液に変わっていく。銅は陽極に電子を与えて銅イオン (II) になる。
- ② 硫酸銅水溶液にニッケル板を2枚浸し、直流電流を流す。
陽極に銅が析出する。銅イオン (II) は陰極で電子を受け取って銅になる。
- ③ ヨウ化カリウム水溶液にデンプン溶液を入れる。銅線を2本浸し、直流電流を流す。陽極の付近の溶液が青紫色に変わっていく。ヨウ化物イオンは陽極に電子を与えてヨウ素になる。

まとめ

ここであげた実験から分かるように薬品で起こる化学反応は、電気を利用しても、同様の変化を起こすことができる。すなわち、酸化還元反応は、薬品による化学反応であっても、電子の授受がその本質と考えられる。

ウ 授業第3限・酸化還元と酸化剤・還元剤

<目的>

酸化還元の本質は電子の授受であることを第2限で学習した。さらに、「酸化された」=「還元した」=「還元剤として働く」という内容を理解させる必要がある。本時のねらいは、化学変化を表にまとめて理解させ、実験も行なって酸化還元の全体像を理解させることである。

<展開>

演示実験 (A) ・中学校で学習した反応を利用して酸化剤、還元剤を説明する

- ① 銅線を強熱すると空气中で酸化銅の黒いさびが生じる。
- ② 乾燥した試験管に水素を入れ、熱い酸化銅を差し込むと還元されて、きれいな銅線

になる。試験管の内壁には、水蒸気が曇りとなって確認できる。この反応を、銅に注目すると次の表のようになる。



銅	水 素		銅	水 素
$\text{Cu}^{2+} \rightleftharpoons \text{Cu}$ 還元された	$\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}$ (相手を)還元した 還元剤	→	$\text{Cu}^{2+} \rightleftharpoons \text{Cu}$ 還元された (相手を)酸化した 酸化剤	$\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}$ 酸化された (相手を)還元した 還元剤

まとめ

銅は、還元されるとき、相手を酸化する。これを酸化剤という。

水素は、酸化されて相手を還元する。これを還元剤という。

発展 還元剤である酸化防止剤について

清涼飲料水に混合されているビタミンC（VC）は、酸化防止剤としても働く。これは、清涼飲料水が酸化されないように、自分が身代わりに酸化されることで相手を還元する還元剤である。

生徒実験（D）

- ①ヨウ化カリウム水溶液に銅線を2本浸し、手廻し発電機で直流電流を流す。

陰極側にヨウ素が発生するのが確認できる。

- ②ヨウ化カリウム水溶液にビタミンCを混ぜて、銅線を2本浸し、手廻し発電機で直流電流を流す。

陰極側にヨウ素が発生するが、見る間に無色透明になっていくのが確認できる。

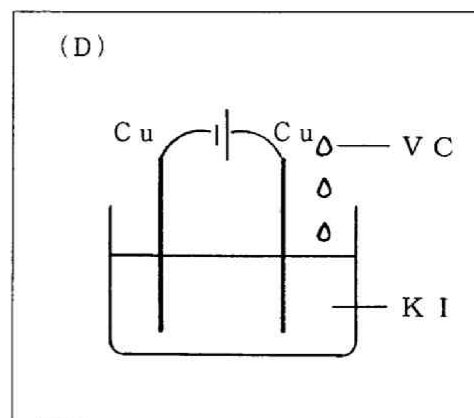


図2-3

エ 授業第4限・ヨウ素入りうがい薬を用いたビタミンCの定量

<目的>

第3時限で酸化剤・還元剤について学習し、食品などの酸化防止剤として還元剤が用いられていることを学んだ。本授業では、身近な物質であるビタミンC（アスコルビン酸）とヨウ素の反応を利用し、ビタミンCを酸化するのに要したヨウ素の量から試料に含まれるビタミンCの量を求める実験を行い、酸化還元を定量的に取り扱う。

<展開>

【原理】

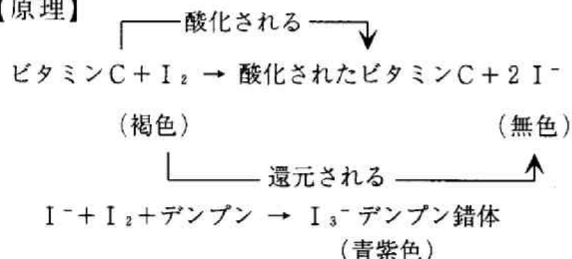


図2-4

【操作手順】

- ① 2つのコニカルビーカーにビタミンC錠水溶液*¹を10mlずつ入れる。
希塩酸（0.1mol/l）を各0.5ml加え、白色プラスチック製パッドの上に置く。
- ②①の1つにヨウ素入りうがい薬（目薬瓶入り）を1滴ずつ加える。
ヨウ素の褐色が消えてなくなるまでに要するうがい薬の滴数を測定する。
（①の2つ目のコニカルビーカーは終点を判断するために利用する。）
- ③①の2つ目のコニカルビーカーに、デンプン溶液を3滴を加える。
②と同様にうがい薬を1滴ずつ加える。
ヨウ素-デンプン錯体の青紫色が消えてなくなるまでに要するうがい薬の滴数を測定する。
- ④清涼飲料水や果汁飲料を10mlずつとり、②、③と同様の操作を行う。
（注）* 1：ビタミンC錠1錠を、100mlの蒸留水に溶かす。これを更に10倍に希釈したもので16.7mg/100mlに相当する。用時調製する。

【結果】デンプン溶液を加えなかった場合と加えた場合の結果を総合し、ヨウ素うがい薬の消費量を求めた。ビタミンCの濃度はビタミンC錠水溶液を基準に以下の式より求めた。

$$\text{ビタミンC (mg/100ml)} = 16.7 \times \text{飲料中のヨウ素量} / \text{ビタミンC錠水溶液のヨウ素量}$$

表 2-1

	ビタミンC錠水溶液	ビタミン入り清涼飲料水	りんご果汁・果肉入り飲料	100%オレンジ果汁* ²	スポーツ飲料* ³
ヨウ素うがい薬消費量	16滴	22滴	17滴	6滴×5	10滴×5
ビタミンCの濃度	16.7mg/100ml	23.0mg/100ml	17.7mg/100ml	31.3mg/100ml	52.2mg/100ml

- （注） * 2 ではヨウ素およびヨウ素-デンプン錯体の色が判断しやすいように、また、
 * 3 ではビタミンC含有濃度が高いために、蒸留水で5倍希釈したものを試料として用い、原液の濃度に換算した。

(4) 指導結果と分析

ア 酸化還元についての理解の変化

中学校までの酸化還元と本授業実践後における生徒の理解度についてアンケート調査を行った。

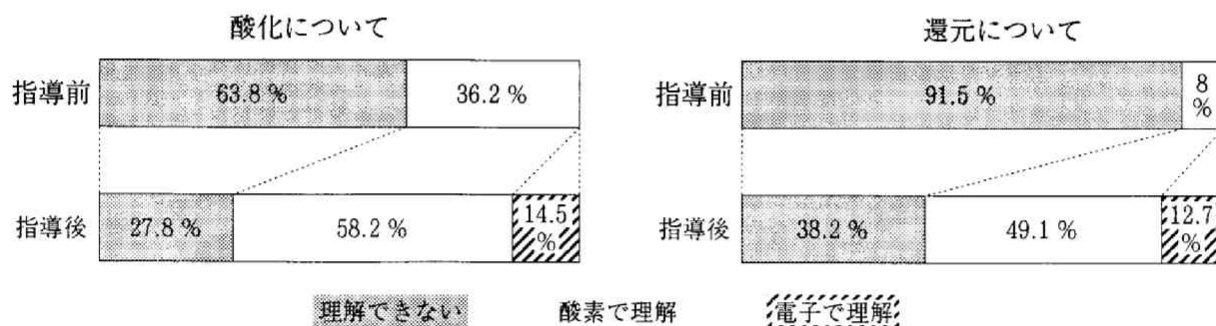


図 2-5

実験では、色の変化が繰り返されるため、生徒達はいつもよりも興味深そうに反応を観察していた。中学校で理科が苦手であった生徒が多く、実験前に行った「酸化、還元とは何か？」というアンケートの質問に対し酸素に触れた生徒は、酸化では36.2%、還元では8.5%であった。実験後は、各々72.2%、61.8%となった。このうち、電子の移動が理解できた生徒は全体の14.5%、12.7%になった。この結果から、科学的なものの見方が育ったとは言いがたいが、理解できるようになったのではないかと思う。印象的だったのは、「酸化は酸素に限定して使う用語で、他の物質との反応に使うのはおかしい。まして電子を失う反応だというのはとんでもない。」という感想があり、生徒の認識の方法に驚かされた。

イ 生徒の感想

- ・酸化とは酸素だけが結合するという反応だけじゃないことがわかった。疑問に思ったのは電子が放出されても酸化っていう言葉の意味。うまく説明できないけど“酸化”っていう言葉じゃない方がいい気がした。この言葉が、“酸化とは→酸素と結合すること”、っていうイメージを作っている気がした。
- ・今日の実験では酸化と還元という考えだけでなく、電子ができる＝酸化なのでは…というのも少々わかった。ノートを書いているだけではよくわからないものがあるが、実験になると自分が納得して理解していける気がした。
- ・酸化と還元は何ぞや？の一番基本的なことはまあまあわかったかなという感じだけど後は何いってるの？みたいな感じでさっぱり？
- ・実験に興味はもてたが、理解するとなると結構難しい。
- ・電子の出入りの説明は分かりやすかった。
- ・何となく分かってきたけれど、化学式だけで見ると分からなくなることもある。
- ・ビタミンCが入っていると書いてあるジュースに本当に入っているのは、びっくりした。
- ・ビタミンCでヨウ素の色が消えるということは、うがい薬でうがいした後ビタミンCを飲んだり食べたりすると効果がなくなるかもしれないと思った。
- ・りんご果汁入り飲料に加えられたビタミンCは、空気（酸素）によって色が変わるのを防ぐ効果があることがわかった。
- ・今日の実験はすごくよくやった。自分で自分を誉めてあげたい。
- ・家でもできそうな実験で楽しかった。
- ・おもしろ味がなかった。興味をそそられなかった。

ウ 今回の指導内容におけるアンケート及びその分析

アンケートの内容

- ①実験の意味が分かりましたか（分かった→1 少し分かった→2 分からない→3）
- ②実験に興味がありましたか（もてた →1 すこしもてた→2 もてない →3）
- ③他の物質でやりたいですか（やりたい→1 やってもよい→2 したくない→3）
- * 次の内容がわかりましたか（分かった→1 少し分かった→2 分からない→3）
- ④酸化還元は酸素の出入りする反応である ⑥酸化される＝還元する
- ⑤酸化還元は酸素以外の物質の出入りで考えてよい ⑦還元する＝還元剤

⑧酸化還元は電子の出入りする反応である

⑩還元剤＝酸化される

⑨酸化還元は酸と塩基の反応と同じである

⑪酸化する＝酸化剤

表 2-2

アンケート結果

(単位%)

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
1	20	40	28	42	25	52	37	28	7	28	33
2	68	38	58	42	40	32	40	48	33	37	38
3	12	22	13	17	35	17	23	23	60	35	28

アンケート結果を分析して次のことが分かった。

- ・実験の意味が少し分かり (①)、実験に興味をもてて (②)、更に他の物質でもやってもみようという前向きの意欲がある (③) のが好ましい。
- ・酸化還元の意味は、中学レベルはわかったと感じており (④)、電子の出入りに全く結びつかない生徒はほとんどいなかった (⑧)。⑨はアンケートの信頼性を確認する目的で行ったが「わからない→3」が60%と飛び抜けているのは、授業・アンケートにまじめに取り組んでいると考えられる。
- ・表現することは予想通り難しいようで、特に「還元剤＝酸化される」という内容は理解しがたいようである。

(5) おわりに

本研究における成果及び課題については以下のようにまとめられる。

- ア 酸化還元反応の実験を身近な物質を用いて行うことにより、生徒の興味を引き出せ、また、視覚の変化においてマジック的な要素もあり、効果的であった。
- イ 生徒になじみのある銅とヨウ素（うがい薬）を対比させることにより、酸化還元反応が電子の授受で行われることに気付かせることができた。
- ウ 銅とヨウ素のイオン式やイオン反応式は簡単であり、生徒に容易に理解させることができた。
- エ 生徒は手廻し発電機で発電することに興味をもった。次に学習する電池へのつながりができた。
- オ うがい薬による清涼飲料水中のビタミンCの酸化還元滴定を簡易的に行い、定量的な学習を行うことができた。
- カ 本研究は、「化学ⅠA」もしくは「化学ⅠB」のどちらでも活用できる。また、「化学ⅠA」のため、1時間単位の実験とし、生徒の実態に応じて指導案を作成できるよう弾力性をもたせた。たとえば、1限目と2限目の演示実験は、生徒実験として指導計画を立てることもできる。
- キ 漂白剤などの他の物質での実験も試みたが、うまくいかなかった。多くの酸化還元反応を理解できるような身の回りの物質を探すことが課題である。

3 ギムネマを使った味覚変容実験によるヒトの感覚の教材化と指導法の工夫

生物

(1) はじめに

理科では、生徒の興味・関心を引き出し、科学的な思考力を養うことが大きな目標となっている。そうした授業展開を行うためには、教材を精選するとともに指導法を工夫することが重要である。そこで、生物分野では、実験教材としてこれまでに引き上げられることが少なかった味覚に焦点をあてて次のような研究を行った。

ア 生徒の興味・関心を引き出すために、『ギムネマによる味覚変容（味覚の変化）』を取り上げた。生徒はギムネマを口に含むことによって甘味に対する感覚を失うという劇的な味覚の変化を経験する。この直接体験を通して、生徒が意欲的に取り組み、学ぶ実験を工夫した。

イ 生徒が主体的に課題を発見し、問題解決のための実験方法を立案するような授業展開の研究を行い、科学的な思考力を養う指導計画を立案した。

(2) 教材について

① ギムネマ・シルベスタ (*Gymnema sylvestre*)

インドから中国南部にかけて自生しているガガイモ科のつる性の多年草（図3-1）。この葉には噛んでから甘い物を食べても全く甘味を感じなくなる甘味阻害物質が含まれる。この物質は、甘味以外の味覚には全く影響しない。有効成分はギムネマ酸（図3-2）で、図の□に示される部分と、受容体との相互作用で甘味が感じられなくなると推測されている。甘味阻害物質には他に、ジジフィン（クロウメドキ科のナツメに含まれる）、ホダルシン（クロウメドキ科のケンボナシに含まれる）、グルマリン（ギムネマに含まれラットに作用する）などがある。



図3-1 ギムネマ・シルベスタ (*Gymnema sylvestre*)

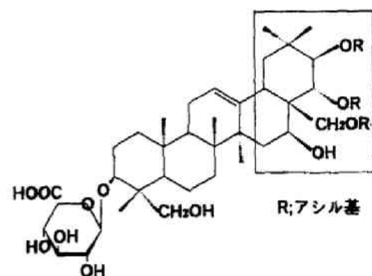


図3-2 ギムネマ酸の構造

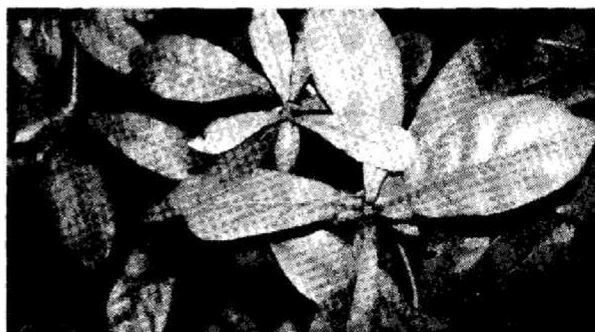


図3-3 ミラクルフルーツ (*Richadella dulcifica*)

② ミラクルフルーツ (*Richadella dulcifica*)

西アフリカ原産のアカテツ科の灌木でオリーブ大の実をつける。（図3-3）。果肉を口に含んでからレモンのような酸味のあるものを食べると甘く感じられる。この活性成

分はミラクリンと呼ばれ、191個のアミノ酸がつながった単量体がジスルフィド結合（S-S結合）した二量体のタンパク質である。精製したミラクリン自体に甘味はないが、 H^+ の存在下では強い甘味を感じる（図3-4）。似た作用をもつ物質にクルクリゴ（キンバイザサ科）の実の成分クルクリンがある。

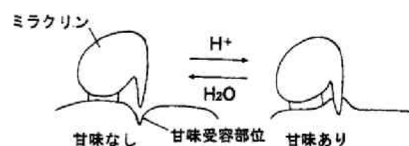


図3-4 ミラクリンの作用

③ 尿糖検査紙

酵素反応を利用して、ブドウ糖の濃度が判定できる。グルコースオキシダーゼ（ブドウ糖酸化酵素）のはたらきで、ブドウ糖+酸素→グルコン酸+過酸化水素の反応がおこる。次に、ペルオキシダーゼのはたらきで過酸化水素が分解し、発生する酸素と呈色剤（オトリジンなど）の反応の結果を比色することにより、およそそのブドウ糖量を知ることができる。今回の研究授業では、T社の製品を使用した。

④ 甘味の受容原理

シャレンバーガーらの説では、甘味物質にはプロトン供与基（AH）とプロトン受容基（B）がある。舌の受容膜の甘味受容タンパク質にある分子受容サイトにも、AHとBが存在し、互いのAH-B間で水素結合が形成され、ちょうど鍵と鍵穴のような関係で甘味物質が受容サイトに結合すると甘味刺激が生じる。さらにキールは、AH、Bの他に疎水性基Xがあると考え、受容体側のXと結合することで甘味が強化されると推論した。AHの官能基は-OH、 $>NH$ 、 $-NH_3^+$ など、Bは-O-、=O、 $-COO^-$ などである（図3-5）。ギムネマ酸は、この受容サイトにふたをするようにはたらく。

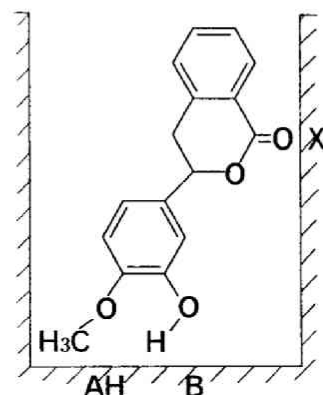


図3-5 甘味の受容原理

(3) 授業計画および留意点

① ギムネマが教材として優れている点

ギムネマによる味覚変容の実験は簡単で、安全に行うことができる。そして、実験の体験を通して、生徒の好奇心を刺激し、「なぜ甘く感じなくなったのだろう。」という疑問をもたせることができる。また、それを原動力として、意欲的に探究活動を行わせることができる。ギムネマはダイエット茶として市販されており、容易に入手することができる。ギムネマ自体に特に危険な副作用は、報告されていないが、中には特異体質をもつ生徒がいる可能性もあるので、そのような生徒については十分配慮する。

② 学習の目的を何におくか

現行の学習指導要領の中では、感覚についての学習は「生物ⅠA」生物としての人間、「生物ⅠB」生物体の調節と恒常性の単元に位置付けられている。しかし、感覚のうちでは視覚や聴覚が中心で味覚はあまり扱われてこなかった。

味覚については、モデルで示された学説があるが、「甘い」と感じる物質がなぜ「甘い」と感じるのか、どのようにして味細胞がその刺激を受け取るのかなど、実際の機序は十分には解明されていない。

そこで、味覚または感覚についての知識を伝達するというよりも、科学的に見たり、理論的に考えたりするための「考えるトレーニング」の材料として、教材化することにした。

③ 具体的な指導計画（指導例）

ア ギムネマの葉を口に入れて、よく噛んでから、甘いものを食べさせてみる。どのような感覚になるかを体験させる。

イ ギムネマはどのような働きをするのかをまとめさせ発表させる。

生徒からの意見の例

- ・甘さを消す
- ・甘さの感覚を麻痺させる
- ・甘さを感じなくさせる
- ・味覚が変になる
- ・味がなくなる
- ・味を変える

などの答えが想定される。

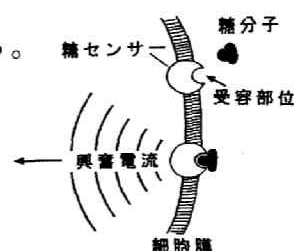


図3-6 甘味受容の仕組み

ウ イで出た意見を仮説として設定し、どの仮説が正しいと思うかを討論させる。ここでは「甘味をなくす」と「甘さを感じなくさせる」の違いをはっきりと認識させる。

「甘味をなくす」というのは糖の「甘い」という性質を変えること、すなわち、ギムネマが糖に作用したことを示す。また、「甘さを感じなくさせる」というのは、ギムネマが舌のセンサーに作用したということを示す。考えた仮説をより具体的にするために、図3-6のようなモデルを提示するとよい。

エ 生徒が自分の考えた仮説を証明するためにはどのような実験をすればよいか、意見を発表させ、討論させる。

生徒からの意見の例

- ・ショ糖以外のいろいろな糖や甘味料をなめてみる。舌に働くのであればどれをなめても甘さを感じないはずである。
- ・糖水溶液にギムネマを混ぜて糖の量を調べてみる。ギムネマに糖が作用するのであれば糖が糖でなくなりその量が減っているはずである。
- ・糖水溶液にギムネマを混ぜて飲んでみる。ギムネマが舌に働くのであれば甘いと感じるはずであるし、糖と反応するのであれば甘さは感じなくなるはずである。
- ・糖水溶液とギムネマの混合比を変えてみる。糖にギムネマがつくのであれば糖分子の数とギムネマ分子の数が合えば甘味は感じなくなるはずである。舌のセンサーにつくのであればセンサーの数と同じだけギムネマの分子があればそれ以上いくら糖をなめても甘味は感じないはずである。
- ・モルモットにギムネマ入りの餌と普通の餌を多量に食べさせてみる。ギムネマが単にセンサーにつくのであれば、モルモットは肥るはずである。
- ・舌の半分だけにギムネマをつけてみる。センサーにつくのであれば、ギムネマをつけた部分だけ甘さを感じなくなるはずである。糖に作用するのであればギムネマをつけた部分もつけなかった部分も甘さを感じないはずである。

以上は一例であるが、生徒はそれまで身に付けた知識を使って検証の方法を考察できる。それぞれの方法を検討させ、討論させることによって科学的な思考を深め、探究する楽しさを体験させることが期待できる。

(4) 授業の実践例（研究授業と指導案）

前項までの内容をふまえて、全日制普通科2年生を対象に本教材を用いた研究授業を行った。以下に学習指導案及び実験に用いたプリントを示す（図3-7、8）。

第2学年 普通科生物IB 学習指導案			
平成9年10月13日（月）第5、6時限 指導クラス 2年 組名 指導者			
1 単元 ヒトの感覚（刺激の受容） 2 単元設定の理由 生物が外部環境や内部環境の変化を受容し、巧みな制御機構や調節のしくみにより、安定した内部環境を維持していることを理解させる。 3 本時の学習 (1) 目標 味覚受容実験を通して、感覚のしくみについて理解を深める。 (2) 使用教科書 高等学校生物IB 第一学習社 補助教材 スタンダード生物図表 浜島書店 4 展開			
過程	学習活動	指導項目	備考
導入 5分	前時までに学習したことを確認する。 刺激から反応まで 感覚器（目、耳）	教科書P178図5-1 について解説	
展開1 45分	学習目標を知る。 実験1 ギムネマ茶の試飲及び糖類の試食 さまざまな食品で試し味覚受容に気づく。 味覚受容について記録する。 ギムネマの働きについて考える。「甘くない」ことの分析と「ギムネマの働きについて考え記録する。グループで話し合い発表。	舌（味覚受容器について） 作業についての指示 ア、作業プリント①配布 イ、ギムネマ茶、水砂糖配布 ・机間巡回 甘くないという感覚に着目させる 甘みをなくす 甘みを感ぜなくさせた 受容体についての説明 ギムネマの働き 糖に作用（糖の変化） 受容体に作用	味覚のビデオ アレルギーに関する注意 プリント① 1を記入 プリント① 2を記入 プリント① 3を記入 板書 レセプター の図
実験準備	ギムネマの働きを確かめるにはどうすればよいか記録する。	机間巡回 実験「ギムネマの糖への作用」 実験方法の説明 プリント②配布	プリント① 4を記入
休憩 10分			
展開2 15分	実験2 ギムネマの糖への作用 実験準備 ブドウ糖に濃度が変化しないことを確認。 ギムネマが糖に作用しているわけではないと理解する。	プリント②の手順で作業（尿糖検査紙の書き解読） ジュースで指示。 尿糖検査紙の呈色を確認させる。 受容体に働いていることを確認させる。	
まとめ 5分	実験1、実験2をもとに受容器としての舌について考える。	甘味物質は、受容器（舌）の味らい（受容体）でとらえる。 ギムネマ糖が受容体レセプターに働きかけるという説を提示	
展開3 20分	実験3 ミラクルフルーツの酸味が甘味に変化することに気づく。	味覚受容を別に例示 味覚の順列をまとめる （甘味、塩味、苦味、酸味、うま味）	
まとめ 10分	プリント整理（各自まとめる）	机間巡回	プリント②回収 ①は使わず回収

図3-7 学習指導案

実験1 プリント① 4. ギムネマの働きを確かめるには、どうすればよいと思いますか？ 1. あなたは、何を食べましたか？ 2. ギムネマ茶を飲んだ後、味がどのように変化しましたか？ 3. ギムネマ茶は、どのような働きをしたのだろうか？考えられるだけ書きましょう。 自分の意見 他の意見	実験2 プリント② 題目 ブドウ糖試験紙によるブドウ糖の確認。 目的 ギムネマ茶によってブドウ糖が他の物質に変化したか、ブドウ糖試験紙の呈色反応で確認する。 方法 - ブドウ糖をなめて、甘さを確認する。 - ビーカーAにギムネマ茶50mlとブドウ糖0.5gを入れ、よく攪拌する。 - ビーカーBに水50mlとブドウ糖0.5gを入れ、よく攪拌する。 - ビーカーAとB同時に、ブドウ糖試験紙の試薬部分を約1秒間浸し、同時に引き上げる。 - そのまま、約30秒間待つ。 - 瓶についている色調表で確認する。 参考！ ブドウ糖試験紙：試験紙の試薬部分に、ブドウ糖に反応する試薬を浸み込ませてある試験紙。 - 検出限界以下では、黄色のまま - 検出限界をこえる濃度（100mg中50mg以上）では、濃くなるにしたがって黄緑から深緑になる 結果 考察 年 組 番 氏名
--	---

図3-8 実験に用いたプリント

(5) 指導内容の検討

本実践では、味覚変容という現象を通して、生徒に生じた疑問を探究的な課題としてとらえ、仮説の設定、実験の方法を生徒に考えさせる過程を重視している。このため、最終的な結論を明らかにすることを目的としたものではない。

今回の研究授業では、ギムネマの葉 2 g に対して約 80℃ のお湯 1 ℓ で抽出したギムネマ茶を使用した。葉を直接噛んだ場合、甘味阻害の効果は約 30 分持続するが、このお茶の状態では約 5 分程度で甘味が阻害された状態から回復するために、その後は甘味物質を摂取したときに甘味を感じることができる状態にもどる。

ア 実験に用いた糖を含む食品と味感覚の変化

今回の実験には、糖を含む食品（菓子類）を生徒に用意させた。実験のはじめに生徒にギムネマ茶を飲ませ、後に、持ち寄った食品を食べさせた。以下に生徒が感じた味の変化の例を示す。

チョコレート→苦い・油っぽい

キャラメル→塩っぽい・粘土のよう

キャンディー→酸っぽい

ケーキ→苦い

砂糖→砂のよう

ガム→ゴムのよう

水ようかん→甘みが薄くなった など



表現は様々であるが味の変化に驚く様子が多く見られた。この過程で生徒は甘味感覚のみが消えて、他の味覚は残っているということに気付いたようであった。予備知識として味覚が複数の感覚（甘味・苦味・酸味・塩味・うま味）でできていることや、鼻をつまんでものを食べたときには味の感覚もおかしくなるなど、味は嗅覚や触覚、さらに辛味などの痛覚も関係する複雑な感覚であることを提示しておくとともに興味を引き出すことが期待できる。また、持ち寄った食品の成分表を箱の表示などで確かめさせ、糖の種類や他の味物質について考えさせると、より一層学習を深めることが可能である。

イ 甘味が無くなったのはなぜかを考えさせる

生徒は次に、甘味が無くなったのはなぜだろうかという疑問をもつ。これについての生徒の考えをまとめると、大きく分類して次の 2 点となった。

原因① 甘味物質に作用（結合もしくは分解）し、甘味をなくす。

例 糖分をこわした（分解した）

ギムネマと糖が結合した など

原因② ヒトの受容体（味細胞）に作用し甘味感覚をなくす。

例 甘味を感じなくさせる、甘味を消す作用がある

舌に作用し麻酔をかける、味覚が麻痺した

神経を鈍くする、甘味を感じる所に入り込んでいる

甘味を感じる舌の感覚が弱まる など

また、この2つの中間的な答えとして「ギムネマ茶に含まれる苦味成分が甘味成分をかくした。」や「苦味や塩味を増幅させた。」などというものもあった。このように、自分の考えだけでなく、他の生徒の考え方をグループやクラスで出し合い、それを考え討論する過程に多くの時間をとった。

ウ ギムネマのはたらきを確かめるためにはどのような方法があるか

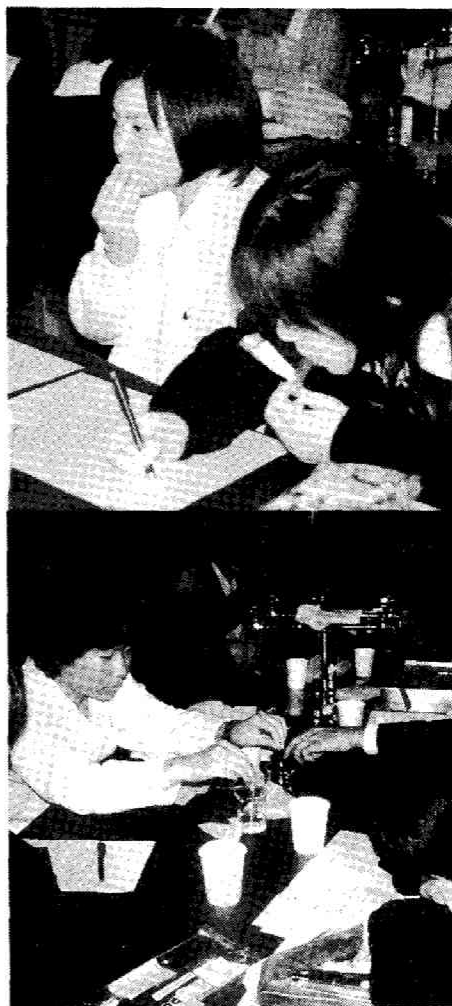
生徒に原因①または原因②のいずれが正しいか確かめるにはどのような実験が必要であるか考察させた。すでに、実験の過程でギムネマ茶に食品を入れ同時に飲むことで味感覚の変化を確かめている生徒もいたが、ギムネマ茶と糖を混ぜ合わせたら糖に変化が生じるか確かめるという方法や、果物の糖度計を用いる方法や、糖尿病患者が用いる糖検出のセンサーを使う方法など、資料や既存の知識を使って生徒が様々に考える様子がみられた。

エ ギムネマが糖の分解や結合と関係しているか確かめる

イとウで生徒が考えた原因と実験方法のうち、原因①の「糖の結合または分解により甘味がなくなった。」ということが正しいかどうかを確かめるため、尿糖検査紙を用いて実験を行った。尿糖検査紙は薬局薬店で容易に手に入れることができ、反応も速やかである。0.5 gのグルコースを50 mlの水で溶かしたものと、同量のギムネマ茶に溶かしたものを用意する。尿糖検査紙の呈色でそれぞれの溶液のグルコース濃度を確かめさせる。このような実験で、ギムネマの作用で糖が変化し、甘味がなくなったのではないことを確認させる。

また、本来はギムネマに含まれるギムネマ酸などのギムネマ抽出物とその味覚変容の原因となるのであるが、生徒の記入した実験プリントを解析するとギムネマという表現が目立つ。余裕があれば指導する際にその点も気付かせたい。

原因②を確かめるには、ギムネマ抽出物を綿棒などに浸し、舌の一部に塗るという簡単な方法がある。ギムネマ抽出物を塗った部分の甘味感覚が失われ、塗っていない部分の感覚が残れば、糖への作用ではなく、受容体へのはたらきによるものであると証明される。現在、高等学校段階では生理学的な手法を使って簡単に実験し証明する方法はない。学説では、味覚受容細胞の甘味受容部域にギムネマ酸が結合し、甘味物質の甘味受容部への結合を妨げていると考えられている。そのしくみについては図3-6の受容体のモデル等で説明している。この分野の学習を、一つの結論に集約させ、終わらせるのではなく、将来への展望を含んで生徒に投げかけることも大切と考える。



オ 味覚変容にかかわるその他の物質

今回の研究授業では味覚変容に対する興味を深めるためさらに酸味を甘味にかえる物質ミラクリンを含むアカテツ科のミラクルフルーツ (*Richadella dulcifica*) を用意し、レモンなどの酸味の強い食品が甘くなるという変化を体験させた。これにより、生徒は、味覚の変化をもう一度確認できた。

カ 評価について

生徒の取組みについての評価の観点を以下にあげる。

- (ア) 味覚の変化を正しく表現することができたか。
 - (イ) 甘味を感じなくなった理由を考え発表することができたか。
 - (ウ) 仮説をたてることができたか。
 - (エ) 仮説を検証する方法を考えることができたか。
 - (オ) 味覚について興味をもって実験を行うことができたか。
- などがある。



これらの実験で、生徒は、糖がギムネマによって分解されないことを理解した。これにより、ダイエット茶としてのギムネマのはたらきに疑問をもったようである。市販されている商品の中には、ギムネマはインドで糖を壊すものという言い伝えがあると書かれているものもある。インドでは古くから糖尿病の民間治療薬に使われてきたことは事実である。最近では日本でも、腸で糖の吸収を遅らせるはたらきがあるのではないかと、糖尿病患者の体内で食後に起こる急激な血糖値上昇をおさえるのに役立つのではないかなどという、ギムネマの薬理作用に関する報告もある。そのはたらきを科学的に解明するのは、「この実験を行った君たちかも知れない。」というような投げかけを生徒にすると、理科全体への興味をより高めるのではないか。

(6) おわりに

ギムネマを用いた味覚変容の実験では、生徒が極めて積極的に取り組み、考察する姿勢が見られた。ギムネマによって全く甘味を感じられなくなる体験が生徒に新鮮な驚きを与え、それが「どうして味覚が変容したのだろうか？」という探究心を刺激し、仮説を設定して、さらにその仮説を検証するための実験方法を計画するという、探究の過程をスムーズに展開することができた。特に、味覚変容の理由とそれを確かめる方法については、予想を上回る多様な意見や様々な創意工夫が生徒から出された。このことから、本実験は科学的な思考力を養う探究的な活動として大きな成果を上げたといえるであろう。また、本実験の主要な部分は学校のみならず家庭でも手軽にできるため、生徒が自主的に取り組む課題研究の題材としても適していると言えよう。

本実験で生まれた生徒の多様な発想を具体化し、生徒の主体性をはぐくむには、教師が生徒間の意見交換や発表をうながし、実験計画を立てる際の適切な助言を行うとともに、生徒と共に実験を工夫することも重要である。これらのことを通して、生徒の個性を生かし、科学的なものの見方や考え方を育てていくことができると考えられる。

最後に、貴重な資料とミラクルフルーツを御提供下さり、また御助言をいただきました横浜国立大学教育学部栗原良枝教授に厚く御礼を申し上げます。