

他教科と連携して利用できる理科実験教材の開発とその実践

竹 田 淳一郎 早稲田大学高等学院

1. 研究の目的

現在、中等教育での各教科の学習内容は文部科学省が定めた指導要領で決められている。しかし、複雑化、グローバル化が進む現代社会においては教科ごとの縦割り学習では問題解決をする上で不十分なことが多いため、各教科が横の連携をもって教育に取り組むことが有効であると考えた。例えば遺伝子組み換え食品、原発問題、先端技術を使った再生医療、防災教育などに取り組むためには理科のみの知識では不十分で、英語はもちろんのこと数学、社会、技術家庭科など多岐にわたる教科の知識が必要である。本研究では実験を行うという理科の特性を活かして、理科主導で他教科と連携して使用できる理科の実験教材の研究と開発を行い、これを授業や講習で実践することで、教育的効果を最大限高めることを目的とした。

2. 他教科との連携の内容

2-1 技術科との連携

中学校の技術科では学習指導要領の改定に伴い、従来は「技術とものづくり」、「情報とコンピュータ」の2つの内容であった学習内容が、2008年から「材料と加工に関する技術」、「エネルギー変換に関する技術」、「生物育成に関する技術」、「情報に関する技術」の4つの内容に整理された。この中の「生物育成に関する技術」では作物の栽培、動物の飼育、水産生物の栽培と3種類が例として取り上げられているが、生徒に実際に体験させるには環境整備に多大なコストがかかってしまう。また、中学校の理科では1年次に2分野（生物）の学習内容として植物があり、そこでは「植物の体のつくりと働き」として花や葉・茎・根のつくりと働きについて観察・学習することが求められているが、時間数の関係から植物の成長の様子をじっくり観察することは難しい。

そこで、技術科で育てた作物を理科2分野の授業で観察することができればベストであると考え、本校にある生物科が管理している6m×10mの畑を利用して、技術科と中学理科で連携して作物の栽培をすることを企画した。当初は4月に技術の授業で作物を栽培し、その作物を継続して理科2分野の授業で観察することを検討したが、どちらの科目も1年次に配当されているため、今年度は畑を技術科と理科で共同利用することを試みた。春休み中に中学理科部でジャガイモを植えて、4、5月に理科2分野の授業で観察を行い、ジャガイモ収穫後の畑に技術の授業で大根の栽培を行った。大根を選んだ理由は秋から栽培を開始して1月終わり頃には収穫でき、失敗が少ないからである。生徒が畑を耕して畝を作っている様子（図1）と栽培中の大根の様子（図2）を示す。技術の授業でも大根の根・茎・葉の違いや植物学的な分類などを考えさせることで、理科2分野で学習した内容を再確認させることができた。

また、畑の作物のように時期に左右されず、狭いスペースで使用できる教材としてシイタケ栽培キットを検討した。このシイタケ栽培キットは通信販売で1300円程度で販売されているシイタケ

の菌床であり、水を吸わせるだけで発芽を始め、10日程度で収穫できる。短期間で時期を問わずに栽培できるために教材として利用価値は高いことが分かった。今後技術科との連携について検討していきたい。



図1 技術の授業での畑の畝づくりの様子



図2 栽培中の大根



図3 栽培開始から3日目



図4 栽培開始から10日目(収穫可能)

2-2 英語科との連携

2-2-1 ネイティブ教員とチームティーチングで行う放課後理科実験講座の開発

本校では2年前からネイティブの教員と協力して放課後の実験講座を行っている。当初は化学実験の2講座だけであったが、昨年からは物理と生物の実験講座も行っている。今年も内容を改良して化学（硫黄の同素体）、生物（細胞の観察）、物理（ストローで橋を作り、グループごとに強度を競うブリッジコンテスト）を各1講座ずつ実施した。図5、6は化学と生物の講座の様子である。



図5 硫黄の同素体の作成



図6 顕微鏡での細胞観察

具体的な内容は、実験に使用するプリントをすべて英語で作成し、生徒は辞書でわからない語句を調べ、解説を聞きながら実験をするスタイルとした。偶然であるが本校のネイティブ教員は大学時代の専門が生物学であるため、生物の実験講座はネイティブの教員主導で行い、化学と物理の実験では日本人教員が主導した。どの講座も参加対象を中学・高校生としたにもかかわらず中学生しか参加しなかったのは残念であったが、細胞小器官や実験器具の名前など既習の内容も英語で改めて学習することは生徒にとって良い体験となった。

2-2-2 高校3年生の化学の授業に英語を導入する取り組み

本校では高校3年生で自由選択科目として様々な教科から2単位の科目を2つ選ぶことができる。そのうちの有機化学の発展的内容を学習する化学1という講座を今年度担当したので、授業にどれくらい英語を導入できるかを研究した。

表1 化学1（毎週火曜日5、6限）の年間カリキュラム

日付 (火曜5、6限)	授業のテーマ	内容	実験の有無	英語導入の有無
1	4/14 無機化学	金属イオン化合物の同定(高1、2の復習)	有	無
2	4/21 高分子化学概論	前回のまとめ、高分子化学導入	無	無
3	4/28 共重合	メタクリル酸メチルをベースとした共重合の体験	有	共重合の材料名を英語で
4	5/5	こどもの日(祝日)		
4	5/12 合成繊維	ナイロン6, 6の合成、スライムの合成とその性質	有	実験プリントを英語で作成
5	5/19	校外活動		
5	5/26 イオン交換樹脂	イオン交換樹脂とカラムクロマトグラフィー	有	無
6	6/2 糖とデンプン	アミロース、アミロペクチンの違いと酵素反応	有	無
7	6/9 糖とデンプン続き	アルギン酸ナトリウムを用いたバイオリクター	有	実験プリントを英語で作成
8	6/16 アミノ酸、タンパク質	タンパク質の変性、呈色反応	有	無
9	6/23 ゴム	ゴムの木とラテックス	有	無
10	6/30 英語と化学	海外の化学すごろくで学習する	無	海外の教材を使用
11	9/8	特別考査		
11	9/15 副穀と電子軌道法	電子軌道法について大学院入試で演習を行う	無	無
12	9/22	国民の祝日		
12	9/29 有機機器分析	質量分析、IRスペクトル、NMRなどの説明	無	英語の動画を利用
13	10/6 脂肪族化合物の同定	C ₄ H ₁₀ Oの構造決定	有	無
14	10/13	学園祭の振り替え休日		
14	10/20 有機反応メカニズム1	アセトアニリドの合成	有	無
15	10/27 有機反応メカニズム2	マルコフニコフ則、S _N 2反応とS _N 1反応	無	無
16	11/3	文化の日		
16	11/10 有機反応メカニズム3	アゾ染料とインジゴの合成	有	無
17	11/17 有機反応メカニズム4	ベンゼン環の配向性と創薬化学	無	英語の合成スキームを使用
18	11/24 有機反応メカニズム5	アセチルサリチル酸とサリチル酸メチルの合成	有	無
19	12/1 まとめのテスト	英語の化学テスト。辞書、教科書など持込可。	無	SATを参考にしてテスト作成

実験プリントを英語で作成する他に、10回目には amazon.com で販売されていた高校生向けの化学をテーマにしたボードゲームを授業中に実施し、19回目には SAT(Scholastic Assessment Test 大学進学適性試験)をモデルにしたすべて英語の学期末試験を生徒に課した。

ボードゲーム(図7: コマやダイス、質問カードがセットになっていて、1セットで30~40人のクラスで利用できる。価格は amazon.com で約66ドル+国際便の送料約4000円である)では履修者13人を4グループに分けて2回戦を行った。ゲーム内容はダイスを振ってコマを進めながら質問カード(図8)に答えて正解の場合はポイントを獲得する形式で、ゴール時の獲得ポイント数で順位を決める(ゲーム内容はアレンジも可能)。質問自体は図8に示した通り難しくはないが英語の化学用語は高3生にとっても難しく、辞書をひいたり教員に聞いたりしながらゲームを進めていた(図9)。

また、SATをモデルにした英語の試験は、英語の単語力を問う必要は無いと考えたので、辞書を持ちこみ可とし、さらに暗記を重視しない自由選択の授業なので授業で使用したプリントや教

科書ももちこみ可とした。図8の質問カードに似た記号選択式の問題で合計25問、平均点は20.0点であった。



図7 ボードゲーム

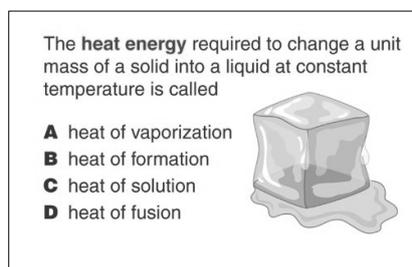


図8 質問カードの例

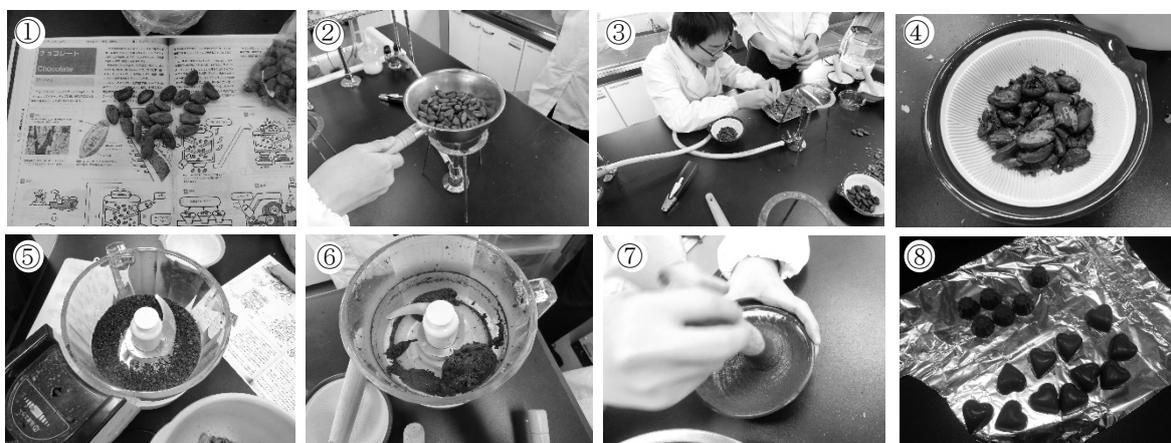


図9 生徒の様子

(図7, 8は amazon.com の『NewPath Learning Chemistry Review Curriculum Mastery Game, High School, Class Pack』の商品紹介ページを転載)

2-3 社会科との連携のための基礎研究

中学の地理ではフェアトレードについて学習しているので、フェアトレードのカカオ豆を取り扱っているお店から生のカカオ豆を購入してチョコレートをつくる講座を開催した。できたチョコレートは裏ごししていないために舌触りが良くなく、あまりおいしくはなかったが普段よく目にするものの製法を知ることができて生徒には好評であった。この講座は家庭科と連携できる可能性もあると考えている。



(①: 発酵後の生カカオ豆 ②: カカオ豆を焙煎する ③: 焙煎後に皮をむく ④: 皮をむいた後の豆
⑤: ミキサーで砕く ⑥: 10分後、油が出る ⑦: 砂糖とカカオバターを加える ⑧: 型に入れる)

図10 カカオ豆からチョコレートができるまで

3. まとめと今後の展望

今回の研究で理科以外の様々な教科との連携について研究を進めてきたが、実際に他教科と連携するには教員同士が密に打ち合わせをする必要があり、この部分が一番大きな時間的制約となった。日ごろから教科の枠を超えて教員同士が授業を見学するなど、コミュニケーションを密にとることが教科同士の横の連携をとるためには必要不可欠であることを再認識した。今後も研究を発展させて、特に英語と社会分野との連携を進めていきたい。なお、本研究は早稲田大学からも特定課題研究助成費(特定課題 B 課題番号 2015B-481)の助成を受けて行われた。ここに謝意を表す。