

発達段階に応じた系統的な科学・技術教育推進のためのカリキュラムの開発

—小学校、中学校、高等学校、大学における新エネルギー教材の開発と検証授業—

(課題番号：15606003)

平成15年度～平成16年度科学研究費補助金（基盤研究（C））研究成果報告書

平成17年3月

研究代表者

埼玉大学教育学部

山本利一

研究分担者

埼玉大学教育学部

石田康幸

福井大学教育地域科学部

牧野亮哉

埼玉大学図書館



205801203

研究組織

研究代表者 山本利一 埼玉大学教育学部

研究分担者 石田康幸 埼玉大学教育学部

研究分担者 牧野亮哉 福井大学教育地域科学部

交付決定金額

(金額単位:千円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 15 年度	2,300	0	2,300
平成 16 年度	1,000	0	1,000
総計	3,300	0	3,300

研究発表

- (1)山本利一, 真島清貴, 牧野亮哉, 小林靖英: LEGO MindStorms™ を活用したプログラムと計測・制御学習における授業実践の評価, 日本産業技術教育学会第15回関東支部大会 (宇都宮), pp. 47-48, 2003
- (2)増井英輔, 山本利一, 小林靖英: 小学生を対象にしたプログラムを学習するカリキュラムの開発, 日本産業技術教育学会第16回関東支部大会 (茨城), pp. 67-68, 2004
- (3)山口大輔, 石田康幸, 金沢富明: 生ゴミ堆肥が枝豆の生育・収量に与える影響(予報), 日本産業技術教育学会第16回関東支部大会 (茨城), pp. 59-60, 2004

埼玉大学図書館



埼大コーナ-

205801203

発達段階に応じた系統的な科学・技術教育推進のためのカリキュラムの開発
—小学校、中学校、高等学校、大学における新エネルギー教材の開発と検証授業—

第1章 緒言

- 1 研究目的
- 2 研究組織
- 3 研究の手順および概要

第2章 発達段階に応じた教材開発の視点

- 1 発達段階を考慮した教材や指導方法の選定
- 2 学習指導要領や教科書における取り扱い

第3章 小学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

- 第1節 小学校におけるエネルギー教育の実態
- 第2節 小学校4年生を対象としたカリキュラム開発及び授業実践
- 第3節 小学校6年生を対象としたカリキュラム開発及び授業実践
- 第4節 太陽電池を活用した小学生向け教材の開発

第4章 中学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

- 第1節 中学校におけるエネルギー教育の実態
- 第2節 技術科におけるエネルギー教育の具体的実践
- 第3節 理科におけるエネルギー教育の具体的実践
- 第4節 理科と技術科の内容を念頭に置いたカリキュラム開発及び授業実践
- 第5節 風力発電と太陽光発電を学習する教具の開発

第5章 高校生及び大学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

- 第1節 太陽電池や燃料電池を活用した基礎実験の提案
- 第2節 教材用バイオマス炭化装置の試作
- 第3節 エダマメとラッカセイの生育・収量に及ぼすバイオマス炭の施用効果
- 第4節 太陽電池を活用した自動制御型温室の試作

第6章 結言

謝辞

第1章 緒言

1 研究目的

近年、科学技術離れが叫ばれる中、歯止めがかからない状況が続いている。我々はこれまでに、小学校・中学校、高等学校、大学の現職教員と共にその問題について検討してきた。その中で、科学技術の発展に伴い生活様式が変化し、大学に入学するまでに科学的な体験活動が減少していることに大きな原因があることが明らかとなった。そこで、本研究の目的は、初等中等教育と高等教育を対象した系統的な科学技術に関するカリキュラムの開発である。具体的には、新エネルギーに関する教材・教具を開発し、小学校、中学校、高等学校、大学学部教育までを一貫する系統的なカリキュラムを構築し、授業実践でその効果を検証するものである。

エネルギー問題は、国際的に関心の高い課題であり、人類の持続的発展のためには地球規模で検討すべき課題の1つであり、その技術の進歩は著しい。また、エネルギー問題は、環境問題とも密接に関係があり、適切な認識と展望を持つ人間の育成は重要なことである。そこで、基本的な科学技術や最先端の新エネルギー技術を発達段階に応じて系統的に学習する教材・教具を開発し、体験を通して新エネルギーについて学習するカリキュラムを開発することを目標とした。

2 研究組織

○山本利一（研究代表者：埼玉大学教育学部）

総括的研究、既存教材の調査、教材教具（太陽光発電関係）の開発、カリキュラムの構築、授業研究及び授業分析

○牧野亮哉（福井大学教育地域科学部）

教材教具の開発（風力発電関係）、カリキュラムの評価、授業評価規準の構築、高等学校向け教材の開発

○石田康幸（埼玉大学教育学部）

教材教具の開発（バイオマスエネルギー教材関係）カリキュラムの評価、授業評価規準の構築

3 研究の手順および概要

3.1 児童・生徒・学生の実態把握

小・中・高等学校へ出向き、教師から生徒の実態と指導の現状を調査した。小学校では、福井県鯖江市内の公立小学校、埼玉県さいたま市内の公立小学校、埼玉県朝霞市内小学校の担当教師から現状を調査した。

中学校においては、福井県内の公立中学校教師10名、山梨県内の公立中学校教師8名、埼玉県内の公立中学校教師12名から、現状を調査した。

高等学校においては、福井県内の県立高等学校教師3名、埼玉県内の県立高等学校教師2名、東京都内の都立高等学校教師1名から、現状を調査した。

調査の項目は、現在学校で行われているエネルギー教育の実例と、求められる教材、エネルギー教育推進の課題点である。

3.2 エネルギーに関する教材・教具およびカリキュラム開発

発達段階に応じたエネルギー変換に関する教材・教具の開発及び製作を行った。新エネルギー関係として、太陽光発電システムの教材開発とカリキュラム開発、風力発電システムの教材開発とカリキュラム開発、バイオ・化学および燃料電池に関するの教材開発とカリキュラム開発を行った。

3.3 授業実践および評価

授業実践は、小中学校教員の協力のもと、開発カリキュラムに対応して授業を行った。その実践結果を基に、開発した教材・教具の活用方法を含めて、カリキュラムを再検討した。実践に協力いただいた教師からは、それぞれの教材に適切な評価を得ることができた。このような実践を積み重ね、エネルギー教育の推進を図ることは、極めて重要であることが再確認できた。

第2章 発達段階に応じた教材開発の視点

1 発達段階を考慮した教材や指導方法の選定

物事を指導する際、児童・生徒の既存の知識や概念（レジユネス）を適切に把握する必要がある。同様に、児童・生徒の発達段階に応じた、教材・教具を活用した学習カリキュラムを開発する必要がある。

モータの原理を学習する課題の開発を行う場合、通常、モータの原理は中学校理科の学習内容として位置づけられている。しかし、電気を加えることにより、モータが回転することは、小学生でも認知しており、それらに対して、疑問を持つ児童も見られる。このように、身近な素材の現象面について疑問を持つ課題を、小学校においても取り上げることが可能である。

例えば、モータの基礎的な学習事項である回転方向や回転速度を電池を換えることは、小学生でも生活の中にそれらを経験する機会があり、学習可能である。しかし、モータの内部構造や、回転の仕組みは、中学生のように、抽象概念がある程度発達しないと学習することが難しい。

中学校理科のモータの取り扱いについて調査すると、「電磁誘導」の学習単元で、クリップモータが教科書に記載されている。材料として、エナメル線、クリップ、永久磁石（円形のもの）、乾電池を用いて製作を行う。コイルに電流が流れると磁性を持つことが、周りの永久磁石との作用で実感できるようになっている。生徒は、製作を通してモータの原理を体得し、エネルギーに関する興味関心を高めていく取り組みである。

さらに学年が進み、高等学校の物理では、その理論について学ぶ学習カリキュラムが組み込まれている。電磁気学や電子工学などの基本的な学問に基づいた理論を学習する。

これらのことを踏まえて、同じ現象であっても、児童・生徒の発達段階に応じて教材・教具の選択と系統性を加味したカリキュラムの開発が重要である。

2 学習指導要領や教科書における取り扱い

上記のことを踏まえて、発達段階に応じたカリキュラムを開発するに当たり、義務教育における学習内容を的確に把握する必要がある。そのため、小・中学校においては、学習指導要領と教科書で、エネルギーがどのように取り上げられているかについて、検討することとした。その検討結果を踏まえて、具体的な教材・教具を開発し、それらを効果的に配列した授業展開やカリキュラムを開発することとした。

また、高等学校や大学向けの教材・教具の開発は、先端の科学技術を分かりやすい形に置き換え、これらについても興味・関心が高まるように工夫を凝らした。

次章以降に、具体的に開発した教材・教具及びカリキュラムについて説明をする。

第1節 小学校におけるエネルギー教育の現状

1 緒言

国際教育到達度評価学会（IEA）が2003年、46カ国・地域の中学生と、25カ国・地域の小学生を対象に学力調査¹⁾を行った。その結果、日本の中学生の理科は、1999年の4位から6位に、小学生の算数は、1995年の2位から3位に低下した。また理科、算数・数学の勉強が「楽しい」という小中学生の割合は、学年によりワースト2～4位と世界最低レベルであった。ここで注目すべきは、学力低下とともに、勉強に対する子どもたちの興味・関心が薄れていることである。このことは、授業時間や内容の削減により、基礎・基本の学習の定着に終始せざるを得ない学習過程が大きく起因していると推察される。

そこで、エネルギー教育を推進するに当たり、学校教育の中で、それらがどのような学年で、どのような教材を活用して学習されているのかを次項で検討することとした。

2 エネルギー学習に関する実態の把握

我が国の初等教育におけるエネルギーに関する項目の取り扱いを調べるために、学習指導要領^{2), 3)}の取り扱い、教科書での取り扱いを検討することとした。また、国外の実態についても、文献による調査を行うこととした。

2.1 学習指導要領におけるエネルギー学習の取り扱い

2.1.1 理科における取り扱い

理科⁴⁾においては、第3、4、6学年の「B 物質とエネルギー」でこれらを学習する。各学年の目標を下記に示す。

第3学年の目標は、『(2)乾電池に豆電球などをつなぎ、電気を通すつなぎ方や電気を通す物を調べ、電気の回路についての考えをもつようにする。』

第4学年の目標は、『(3)乾電池や光電池に豆電球やモーターなどをつなぎ、乾電池や光電池の働きを調べ、電気の働きについての考えをもつようにする。』

第6学年の目標は、『(3)電磁石の導線に電流を流し、電磁石の強さの変化を調べ、電流の働きについての考えをもつようにする。』

2.1.2 社会科における取り扱い

社会科⁵⁾においては、第3学年および第4学年の「住みよいくらしをささえる」でこれらを学習する。各学年の目標を下記に示す。

第3学年および第4学年の目標は、『(3)地域の人々の生活にとって必要な飲料水、電気、ガスの確保や廃棄物の処理について、次のことを見学したり調査したりして調べ、これらの対策や事業は地域の人々の健康な生活の維持と向上に役立っていることを考えるようにする。』

2.2 教科書におけるエネルギー学習の取り扱い

2.2.1 理科における取り扱い

理科^{6), 7)}においては、第4学年と第6学年の各教科書で「電気のはたらき」「電流のはたらき」について、その内容を示している。各学年における教科書の取り扱い方について下

記に示す。

第4学年では、「電気のはたらき」で、乾電池とモーターを用いた簡単な自動車作りから始まり、電流の向きから、回路、かん電池のつなぎ方（直列つなぎ、並列つなぎ）を学習し、検流計を用いて大きさを測定している。また、発展内容としては、光電池を利用したソーラーカー作りなども行っている。

第6学年では「電流のはたらき」で、ポリエチレン管にエナメル線を巻き、そこに電流を流し、棒磁石との性質の違いを理解することから始まる。はたらきを大きくするための方法を学んでいく過程でモータについての学習に入り、実際にクリップモータの作製を行い、その仕組みを学習する。この働きを応用したものとして、扇風機や電気掃除機などがあることを知り、身の回りにモータを使ったものが数多くあることを認識する。

2.2.2 社会科における取り扱い

社会科においては、第3学年および第4学年の教科書で「住みよいくらしをささえる」「きょうどにつたわるねがい」について、その内容を示している。教科書の取り扱い方について下記に示す。

「住みよいくらしをささえる」の「ごみのしまつと利用」の中で、学校から出されたごみについて、その行く先を調べることから始め、ごみ処理施設の仕組みを学ぶ。そして、ごみを焼却炉で燃やし、その熱を使ってタービンを回し発電することを図を用いて説明している。

また、「きょうどにつたわるねがい」の「昔のくらし」の中で、身の回りの古い道具と今の道具との比較を行い、電気が生活を豊かにしていく上で、欠かせないものだということを表などにまとめ学習する。

3 米国および西欧の初等中等教育におけるエネルギー教育の現状

以上のことを受けて、海外でエネルギー学習についてどのような教育がなされているのかを参考文献を用いて分析を行った⁸⁾。日本とは教科のカテゴリーが多少異なるものの、学習内容として共通しているものもあったため、米国と西欧の取り組みについて調査を行った。

3.1 米国

米国においては技術科における教育は職業教育、技能教育的色彩が濃く、エネルギーに関する学習内容はほとんど含まれていない。むしろ理科（物理）の教科書にscienceとtechnologyの関連を重視しつつ、エネルギーに関する学習内容が豊富に盛り込まれている点が特徴といえる。しかし、エネルギーの概念、種類、法則等多岐にわたる説明がなされているが、人口とエネルギー需要の問題、エネルギー資源の枯渇の問題、エネルギーと環境の問題等、エネルギーに関する重要な問題の学習内容がほとんど扱われない点が西欧の“Technik”という名の教科書での扱いと大きく異なる点である。

3.2 西欧

西欧においてはGrundschuleにおける第4学年までの“Sachunterricht”でエネルギーに関するごく基本的な予備知識を身につけるようになっており、その後第5学年から第10学年までの6年間“Technik”という教科書が用いられる⁹⁾。とりわけ9/10学年用の教科書

には「エネルギー工学」という単元が設けられ、エネルギーに関する問題が体系的に取り扱われている。具体的には人間1人あたりのエネルギー需要量の増加の歴史的推移を分かり易く説明し、過去と現在の状態の分析だけでなく、その延長線上にある将来の予測を立てさせ、人類が今後直面するであろう問題を認識させた上で、種々のエネルギー変換法、変換効率、省エネルギー技術等の学習を行う点が参考に値する点であろう。

西欧におけるHauptschule (1993) (及びGymnasiumのPhysik) の教科書においても、エネルギーに関する学習内容が見られるが、これらの教科書における扱いは”Technik”における扱いと若干異なり、エネルギーの問題より原理、法則の学習に重点が置かれているように思われる。

4 エネルギーに関する初等教育における実態

ここまで、エネルギー学習の実態を様々な観点から調査してきた。その中で、社会科におけるエネルギー教育は身近なエネルギー活用についての学習項目はあるが、その仕組みについて深く学習する箇所は少なく、社会を取り巻く1つの要素としてエネルギーを扱っているに過ぎない。理科におけるエネルギー教育は、電気や電流のはたらきを理解するところから始まり、ソーラーカーや電磁石を実際に作製させ、その原理を知るところまで学習する。そこで、本研究では、理科の学習指導の中にエネルギーを意識させる教材・教具とカリキュラムを開発することとした。理科におけるエネルギー学習を推進するにあたって、下記のことを明らかにした上で学習カリキュラムの開発へと移っていききたい。①児童の発達段階を考慮した学習題材の取り扱いの検討、②電気に関する単元の学習カリキュラムの作成と実践、③学習の定着を支援する教材・教具の開発に取り組むものとした。

文献

- 1) 国際教育到達度評価学会 (IEA) : 国際数学・理科教育動向調査の2003年調査
- 2) OECD (経済協力開発機構) : OECD生徒の学習到達度調査
- 3) 文部省 : 小学校学習指導要領 (平成11年5月) 解説—理科編—, 東洋館出版社 (1999)
- 4) 文部省 : 小学校学習指導要領 (平成11年5月) 解説—社会科編—, 日本文教出版株式会社 (1999)
- 5) 佐々木毅, 谷川彰英, 岩田一彦 : 新しい社会3, 4下, pp.28-45, pp.68-91, 東京書籍 (2002)
- 6) 三浦登, 奥井智久 : 新しい理科4上, pp.8-21, 東京書籍 (2002)
- 7) 三浦登, 奥井智久 : 新しい理科6下, pp.32-43, 東京書籍 (2002)
- 8) 小川武範, 堀田謙一, 福田芳行, 吉田治夫 : 米国及び西独の初等中等教育におけるエネルギー教育の現状, 日本産業技術教育学会誌, 第32巻, 第1号, pp.73-78 (1990)
- 9) 小川武範, 堀田謙一, 福田芳行 : 学校教育におけるエネルギー教育のあり方に関する研究, 日本産業技術教育学会誌33巻第4号 (1991), pp.227-235

第2節 小学校4年生を対象としたカリキュラム開発及び授業実践

1 緒言

小学校におけるエネルギー学習は、4年生の理科で「明かりをつけよう」で乾電池と豆電球を導線をつなぎ、明かりがつく仕組みについて学習し、その発展としてモータの回転方向や、回転速度を学んでいる。4年生になるまで、電気に関する学習は皆無で、ここで初めて基礎的な事柄を学習するものである。今回開発したカリキュラムは、負荷として豆電球、モータを活用し、仕事の働きを大きくする方法を実験を通して学習を進める展開とした。その発展として、車輪型ロボットの製作やLegoブロックを活用しロボットの製作を取り入れた。この製作過程で、電気エネルギーが光や運動のエネルギーに変換される様子を学習することを目的としている。さらに、興味・関心の高い生徒向けに、新エネルギーの学習として、太陽電池や、風力発電も、Legoブロックを活用し体験的に学習するカリキュラムを開発することとした。

2 エネルギーに関する学習内容の提案

第4学年・・・16時間

単元名「電気の働き」

単元の目的：乾電池や光電池に豆電球やモータなどをつなぎ、乾電池や光電池の働きを調べ、電気の働きについての考えをもつようにする。

2.1 単元指導計画

- (1)モータを回してみよう・・・2時間
- (2)モータと乾電池を使って車輪型ロボットを動かしてみよう・・・2時間
- (3)車輪型ロボットの動きを対に動かすにはどうしたら良いだろう・・・1時間
- (4)検流計を使って電流の強さと向きを調べてみよう・・・1時間
- (5)車輪型ロボットの動きを工夫しながら製作しよう・・・6時間
- (6)アクロボットの製作をしよう・・・4時間

2.2 指導過程（上の指導計画と対応するものである）

- (1)乾電池とモータで走る車輪型ロボットを作る計画を立てる。
- (2)乾電池とモータを使って、電気で走る車輪型ロボットを作る。
- (3)乾電池のつなぐ向きを変えると、モータの回る向きやロボットの動く向きがどのように変わるかをモータの軸に触れて調べる。
- (4)乾電池のつなぐ向きを変えると、モータの回る向きやロボットの動く向きがどのように変わるか検流計を使って調べる
- (5)①電気の働きを大きくして、車輪型ロボットの動きが速くなるように工夫する。
②光電池を利用して、速く動く車輪型ロボットを作り走らせる。
③乾電池や光電池を利用したおもちゃを作る。
- (6)①RCXを使って、アクロボットを組み立てる。
②乾電池や光電池を利用したおもちゃを作る。

3 指導計画

第3章 小学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

3.1 第1.2校時

(1) 本時目標：乾電池とモータを使って、電気で走る車輪型ロボットを作る

(2) 学習の展開

時配	学習内容と流れ	生徒の活動	教師の支援と評価
10	1. 今回行うことの確認, 補足	<p>「モータを2個付けたら速くなったよ」</p> <p>・自分たちの作った設計図, 先生の作ったモデル, 教科書モデルを参考に今回行う車軸ロボットについて, 製作手順を考える</p> <p>・タイヤ ・モータ ・乾電池(乾電池ボックス) ・段ボール ・スイッチ</p> <p>・今挙げた材料を用いてどのような手順で作製していくのかみんなで意見を出し合って手順を決める</p> <p>・「回路」という言葉を復唱し, 覚える</p> <p>・黒板に書いてある手順と比較しながら, どの場面でのどの材料が必要になるのか確認する</p>	<p>・前回の学習の確認から入り, 今回行う内容, 目標を明確にする</p> <p>「どんなふうに回路図を作ったか」と黒板に簡単な図を示す</p> <p>○前回行ったことの確認がしっかりできているか</p> <p>・車軸ロボットに必要な材料を児童に挙げさせ, その後それらの組み立てる手順を児童と確認しつつ黒板に板書する</p> <p>○様々な要素を考慮に入れつつ製作手順を考えることができたか</p> <p>「まず始めにこの車軸ロボットを作るために何が必要か。それは何のために必要か」今回使用する材料を確認させる</p> <p>○必要な材料は何か, またなぜそれが必要なのかまで考えることができたか</p> <p>・板書した製作手順について, 改善できる箇所はないかみんなで考えてみる</p> <p>・「回路」という言葉を認識させる</p> <p>○「回路」という言葉を正しく認識できたか, また今後の授業の中で児童たちからその言葉がでるか</p> <p>・材料の説明(特徴などなるべく詳しく)</p>
	2. 製作作業	<p>・材料を受け取った後, 作業開始</p>	<p>・机間巡視</p> <p>設計図通りにできていない児童や,</p>

第3章 小学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

<p>展 開 70</p>	<p>3.動きの確認 作業</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 黒板に書いてある手順通りに車軸ロボットを作製していく ・ 完成したら自分の名前を黒板に貼っていく ・ 完成した車軸ロボットの試走 →他の友達とも競争させてみる 	<p>何から始めれば良いのかわからない児童に対し、ヒントやアドバイスなど間接的な支援をする</p> <ul style="list-style-type: none"> ○手本をよく観察し、手順通りにそれと同じものを組み立てることができるか ・ 班ごとに完成した児童から黒板に自分の名前を貼ってもらう ・ 動かなかった児童に対してなぜそれが動かなかったのか考えさせ、改良させる ○なぜ動くのか、なぜ動かないのか原因を追及して、改善することができるか ・ 一人一人のロボットをデジカメで記録する ・ 作業状況の確認 ・ 終了の合図
<p>ま と め 10</p>	<p>4.片づけ 5.プリントによるまとめ</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 使用した材料の整理、机の上の片付け ・ 配られたプリントをもとにどこが上手いかなかったのか、次はどうしたいかということを書いて次回の授業につなげる 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 児童に片づけを促す「どの班が早く片付けられるかな？」 ○班ごとにまとまって片付けることができたか ・ 目標の確認（どれだけ達成できたかな？） ・ プリントを配り今回の成果、次回はどうしていききたいか等をまとめさせる ○自分の反省点を認識し、次回にどうつなげていくのか考えることができたか

(3)授業実践の考察

今回は車軸ロボットの動力源であるモータと電池の仕組みについて理解するものだった。それぞれどのようにするとロボットは動くのかと、実際に児童に作らせてみる過程でキーワードである「回路」という言葉を実に上手く引き出して関連づけさせていた。また今後の授業を積極的に取り組ませるため、最後の方では友達と競争してみるなど遊びの要素も取り入れ「楽しむ」ということをさせていたのも良かった。

3.2 第3.4校時

(1)本時の目標：乾電池のつなぐ向きを変えると、モータの回る向きやロボットの動く向

第3章 小学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

きがどのように変わるかをモータの軸に触れ，検流計を使って調べる

(2) 学習の展開

時配	学習内容と流れ	生徒の活動	教師の支援と評価
導入 10	1. 前回行ったことの確認	<ul style="list-style-type: none"> ・ 前回自分たちが行ったことを思い出して発表する ・ 今回やることが理解できたら，前回自分たちが作製した車軸ロボットを持ってきて課題に取り組む 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 今回の作業に入る前に児童が前回やったことをどれだけ理解しているか状況把握する ○ 前回行ったことの確認がしっかりできているか ・ 前回の復習から今回行うことに移行する。その際，目標を明確にする ○ 目標 モータの動きをタイヤが回っている方向から調べる
展開 15	2. 実験，調査	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実際に自分たちが作ったロボットを使って，モータの動きを調べる 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 今，何をやるのかももう一度課題の確認 ・ 児童がただロボットを動かして遊んでいないかチェックし，また理解できない児童へのフォローにまわる ○ どのようなことから児童は課題を達成しようとしているのか，またそれは有効な手段であるのか
展開 15	3. 仮説，実験	<ul style="list-style-type: none"> ・ モータの動きとタイヤの動きとの関係を調べたことを参考に考える ・ 自分たちが今までやってきたことから，新たな課題について答えにつながることを考えてみる 「導線を反対にする」 「モータの向きを変える」 「モータの位置を変える」 ・ 自分の車軸ロボットを用い，1つ目の仮説から正し 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 児童たちが調べたことに対しての確認をする ・ 新たな課題の提示 「車軸ロボットを反対に動かしたらどうなるかな」 「もっと速く動かすにはどうすれば良いか」 ・ 児童が出した意見に対して今度は全員にどれが正しいのか仮説を立てさせる ○ 新たな課題について今までやってきたことを踏まえて自分なりの「答え」を考察することができる

第3章 小学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

2 20		<p>いか実験してみる（終わったら次々と）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・調査結果の発表 →そこから何が分かるか考える 「電池を逆にしても反対に動く」 ・新たな仮説に対しても実際に自分たちで調べて確認する 	<ul style="list-style-type: none"> ・その仮説が正しいのか実際に実験させる ○仮説が正しいのか、正確な方法で確認できたか ・生徒に調査結果の報告をしてもらい、また調べていて他に気づいたこと（仮説以外の答え）についても発表してもらう ○他の友達の見解を受け容れ、その正誤について調べようという意欲があるか
展 開 20	<p>4. 理論的な説明</p> <p>5. 検流計の使い方について</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ワークを使って今までやってきたことの確認 ・モータまたはタイヤの動きについて電気の流れが関係しているということをつかむ ・検流計の使い方を教科書を用いて調べる。その際特に注意しなければいけない点などは念入りに 	<ul style="list-style-type: none"> ・今まで行ったことについて理論的な説明（「回路」という言葉を用いた説明） →電気の流れについての説明に徐々に近づけていく ・検流計を用いた電気の流れを調べる実験への移行 ○教科書やワークなどを用いて検流計の使い方について正しい知識を得ることができたか ・検流計の使用方法についての説明、注意点についても指導
展 開 15	6. 検流計を用いた実験	<ul style="list-style-type: none"> ・検流計を使って、電気の流れを調べる ・電池を逆にして調べ、検流計の動き方について観察する 	<ul style="list-style-type: none"> ・正しく児童達が検流計を使用できているのか机間巡視する ○検流計を正しく使用して、電気の流れを確認することができたか
ま と め 10	7. まとめ、片づけ	<ul style="list-style-type: none"> ・「電池を逆にしても導線も逆にしなければモータは回らない」ということを理解する 	<ul style="list-style-type: none"> ・電池の向きと電気の流れについての関連性の確認 ○実験の結果を正しくまとめることができたか

(3) 授業実践の考察

前回、作製した車軸ロボットを上手く活用し、今回はモータの動きにスポットを当てて授業が構成されていた。本授業の中心発問である「車軸ロボットを反対に動かすためには

第3章 小学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

どうすればいいか」ということから児童の興味・関心をつかみ、仮説→実験→考察という過程で児童が積極的に授業に参加していた。また目的（実験）のために検流計の使い方を学んでいくという姿勢は学習の動機づけを大変上手く活用していたように思う。

3.3 第5.6校時

(1) 本時の目標：電気の働きを大きくして、車輪型ロボットの働きが速くなるように工夫する

(2) 授業の展開

時配	学習内容と流れ	生徒の活動	教師の支援と評価
10	1. 前回の復習	<p>「導線を反対にする」 「電池を反対にする」 「モータを違う場所に変える」</p> <p>・プロペラの動きからモータの動きを理解</p>	<p>・前回行ったことの確認 「どうしたら車軸ロボットは反対に動くか言える人？」 ○前回行ったことを理解できているか ・それぞれの意見に対してどれだけの生徒が確かめられたか挙手で確認を行う ○自分の状況を正確に伝えることができたか 「電池を反対にした時、反対に動いた人と動かなかった人がいた理由を考える」 ・電池ボックスの有用性についての説明 ・今回はプロペラの動きからモータの動きの確認 ○プロペラでどのようにしてモータの動きを確かめることができるのか（早さで音でなど）考えることができたか ・前回、実験できなかった課題の確認→今回の課題とする ○今回の課題 車軸ロボットを速く動かすにはどうしたらいいだろうか</p>
	2. 課題の設定		
	3. 課題の仮説 (班ごとで)	<p>・どうしたら速くできるのか班で相談する →発表 ・強力モータを使う ・電池を2つにする（2つ</p>	<p>・仮説を班ごとでまとめて発表してもらい、黒板に書き出す ○課題に対して今まで行ってきたことを参考にしながら仮説を立てることができるか</p>

第3章 小学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

<p>展 開 30</p>	<p>4. 実験で確認</p>	<p>の電池は直列につなぐ) ・ どうすれば速くなるか実際に実験して確かめる ・ 電池のつなぎ方に関して黒板に自分たちの方法を書く 「電池が横につながっているものと縦のものがある」</p>	<p>・ 生徒の意見に対して実験を行い仮説が正しいのかの確認 →まずは電池を増やす仮説から(つなぎ方にも注意させる)確認できたら次の仮説の立証へ ・ 黒板に書いてあるつなぎ方を見て気が付くことを生徒に発表してもらう ○電池のつなぎ方を理解し、おおまかな特徴、違いについて考えることができたか ・ 教科書のものと比較してどれが誰の意見に近いかを確認させる ・ 注意事項を教科書を読ませることにより正しく理解させる ○注意事項 電池同士をつなげると熱くなるので気を付ける</p>
<p>展 開 20</p>	<p>5. 班ごとに実験</p>	<p>・ 実験の手順、注意事項を先生の説明からよく理解し、班で協力して効率的に行っていくようにする</p>	<p>・ 実験の手順を明確にし、今回はグループで行っていくという旨を伝える ○仮説が正しいのか、正確な方法で確認できたか ○他の友達と協力して実験を行えたか ・ 安全指導、生徒の状況をチェックしながら机間巡視</p>
<p>展 開 20</p>	<p>6. 実験結果の発表 7. 考察</p>	<p>・ 実験の結果どうだったかを発表し、そこから徐々に課題の解決へと結びつけていく</p>	<p>・ それぞれの仮説について実験の結果を発表してもらう ○自分たちの実験結果を発表しそこからどういったことが結論づけられるのかまで考えることができたか ・ 音などによる確認で正誤を確かめる ・ どの意見が正しいのか→今回の課題の答えにつなげる ・ 電池のつなぎ方「直列つなぎ」と「並列つなぎ」という用語の確認 ○「並列つなぎ」と「直列つなぎ」</p>

第3章 小学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

			という言葉を実験から関連づけて理解することができたか
まとめ 10	8.まとめ, 片づけ	・今回の授業で理解できたこと等をノートにまとめる。その際課題の答えに言及すると書きやすい	・課題に対する答えは直接言わず, ノートに「今日の授業で分かったこと」としてまとめさせる ○実験の結果を正しくまとめることができたか ○課題の答えをみつけることができたか

(3) 授業実践の考察

今回の授業は、前回の復習を大事な要素として、十分に確認させた後、本授業の中身に入っていた。これは今回の学習と前回の学習が密接に関わっていることを児童に意識させ、前回の結果を踏まえ、どういう点が共通していて、どこが違うのかということを考えさせることができ、そこからある程度の予想が立てられるという利点がある。これは理科だけに限らず非常に重要な学習の方法だと思う。

3.4 第7.8校時

(1) 本時の目標：電池のつなぎ方が2種類あることを理解し、どちらのつなぎ方がより大きな働きをするのか豆電球、電流計を使って調べる。

(2) 学習の展開

時配	学習内容と流れ	生徒の活動	教師の支援と評価
導入 20	1. 前回の復習	・電池のつなぎ方について 黒板に自分たちの意見を書き発表する	・前回の復習である「乾電池2つのつなぎ方」について児童に確認 ○今回の課題 電気の働きを豆電球の明るさで見える ・「直列つなぎ」と「並列つなぎ」との関連づけ ○前回学習した電池のつなぎ方の2つの名称について正しく理解しているか確認する
	2. 今回行うこと の手順説明	・ワークを用いて今回行うことについて理解していく	・電流計の使い方（読み方）などについても触れておく
展開	3. 実験	班活動 ・直列, 並列の回路を作る →それぞれの電気の明るさを電流計を用いて調べる (その際数字だけでなく目で見た印象というのも大切)	・机間巡視 児童が正しい手順で作業を行っているかのチェック, 支援 ○電流計を正しく使い正確なデータを得ることができたか

第3章 小学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

開 70		である)	<ul style="list-style-type: none"> ・実験で得られたデータについて各自でまとめ、そこからどういうことが考えられるのか考察を促す ○直列つなぎと並列つなぎの違いを理解できたか
ま と め 20	<p>4. 実験結果の発表</p> <p>5. 全体の考察</p> <p>6. 次回の課題提示</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・実験の結果の発表 「並列より直列のつなぎの方が明るい」 ・光電池 ・太陽光電池 →「太陽光電池は太陽が出ていないとつかない？」 ・次回行うことを確認しつつ今回のまとめをし終了 	<ul style="list-style-type: none"> ・児童に実験結果の発表をさせ、そこから今回の課題の答えを導いていく。さらにワークを用いて理論づけていく ○今回行ったことを理解し、課題に対する答えを見つけることができたか 「使っていても弱まらない電池はあるかな？」と今回のまとめの内容から次回予告へと移行する ○次回行う「光電池」について興味 ・関心を高めることができたか

(3) 授業実践の考察

今回の授業は電池のつなぎ方についての学習で、「直列つなぎ」と「並列つなぎ」を、豆電球を用いてその明るさと、電流計の値の比較をすることにより、各つなぎ方の特徴を、学び取っていた。測定器の活用は、定量的な比較が可能となり、児童が納得する内容だったと思う。

3.5 第9.10校時

(1) 本時の目標：光電池を利用して、速く動く車輪型ロボットを作り走らせる

(2) 学習の展開

時配	学習内容と流れ	生徒の活動	教師の支援と評価
導	<p>1. 前回の復習</p> <p>2. 今回の課題についての説明</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・前回学習した2つのつなぎ方について確認する ・先生の発問に対して班で話し合ってみる 「鏡で光を集める」 「ライトの光を使う」 「光電池を多くする」 	<ul style="list-style-type: none"> ・前回の復習である「直列つなぎ」と「並列つなぎ」の確認 ・今回の課題についての説明 ○今回の課題 光電池を用いてロボットを動かしてみよう 「光電池を使って車を速く動かすにはどうしたら良いだろうか」 ○教師の発問について今まで学習してきたことを参考に仮説を立てることができるか

第3章 小学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

入 20			<ul style="list-style-type: none"> ・材料について児童に確認，オルゴールを用いた作業についての説明 ○教師の説明を理解し，答えにつながる実験へと移行していくことができるか
展 開 40	3. 実験	<ul style="list-style-type: none"> ・班ごとに①鏡②ライト③光電池の数にそれぞれ注意して，どの方法が最も良いか実験で確かめる（オルゴールを用いて） 	<ul style="list-style-type: none"> ・机間巡視 （それぞれの実験について正確な作業を行っているか，また児童がどこでつまづいているのかチェックそしてアドバイスしながら） ○それぞれの実験の特性を理解し，効率よく作業を行っているか
ま と め 30	4. まとめ 5. 発表	<ul style="list-style-type: none"> ・ワークに今回行った実験についてまとめる ・まとめた内容，気づいた点などについて発表する 	<ul style="list-style-type: none"> ・児童が実験を終了したことを確認しワークに実験結果や，考察についてまとめさせる ○実験で分かったことをワークにまとめることができたか。また気づいた点や疑問に思った事についても触れることができたか ・プリントを配布し今回の反省点などを記入させ，次回予告（次回必要なものなどについて）し終了 ○次回，準備するものを確認し，意欲・関心を高めることができたか

(3) 授業実践の考察

大切なこと「電池の2つのつなぎ方について」は何回も繰り返して確認するということは非常に重要である。導入部でそれが徹底されていたのは非常に良かった。展開部では「どうしたら光電池という材料に効率良くエネルギーを与えられるか」ということに班単位で協力し，試行錯誤しながら実験する児童の姿が印象的だった。

3.6 第11.12校時

(1) 本時の目標：乾電池や光電池を利用したおもちゃを作る

(2) 学習の展開

時配	学習内容と流れ	生徒の活動	教師の支援と評価
	1. 今回の作業についての説明	「おりがみ」 「発砲スチロール」	「今回の作業は何を材料に使って行いたいかな？」

第3章 小学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

<p>導 入 20</p>		<p>「太陽電池」 「ペットボトル」 「セロハン」 「モータ」 「電子オルゴール」 「鏡」「電池」など</p> <p>「輪ゴムをタイヤに巻き滑り止めをつける」 「もっと速くしたい」 「かっこよくしたい」 「後ろにプロペラをつけてさらに速くしたい」</p>	<p>・一人一人に個性のあるものを作ってもらうためなるべく全員に聞くように心がける ○今回の課題 自分たちがもってきた材料などを使って、オリジナルの車軸ロボットを作ってみよう 「どんな工夫をしたいですか？（どんな変身をさせたいか）」 ○自分はこの授業で何を作ってみたいのかをみんなに発表することができるか →興味・関心 ・伝言板の使用方法や作業の進め方についての説明また終了時間の設定 ○これからどのような手順で作業をしていくのかおおよその筋道をたてることができたか</p>
<p>展 開 50</p>	<p>2. 製作作業</p> <p>3. 試走会</p> <p>4. 後片付け</p>	<p>・自分たちが考えた車軸ロボットをいろいろな材料で工夫しながら製作する</p> <p>・作品の仕上がりを教師に確認してもらう</p> <p>・他の班の友達の作品などを参考に自分のものをさらに改良してみる</p> <p>・完成したら実際に動かしてみる →他のクラスの迷惑にならないように廊下で動かしてみても良い</p> <p>・机の上の整理整頓</p>	<p>・材料について説明</p> <p>・机間巡視 児童が材料を工夫して作業を行っているかのチェック・支援、また危険な作業ではないかの安全管理 ○状況に応じて先生にその場においてもらうなど自分たちの安全管理を考慮に入れて作業が行えたか ○いろいろな作品に触れて自分の作品をさらに改良する手がかりとすることができたか ・児童の完成した作品に名前を書きよう呼びかける →完成した児童には黒板に名前を貼ってもらい状況の確認 ○作製した車軸ロボットが、思った通りに動くだろうか ・自分たちが使ったものを責任をもって片付けさせる ○片づけを班の友達と協力して行えたか</p>

第3章 小学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

20	の説明	を決め、これからどのように作業を進めていくのか先生の説明を聞く 「前進、左右、後退などの動きをする」 「厚い本に当たると後ろに下がる」	ト)について教えてくれる「先生」の紹介 ・アクロボットについてどれだけ児童が理解しているか、問いかけを通して把握する ○アクロボットについて知っていることを積極的に発表しようとしているか ・作業時間を児童に提示し開始
展 開 50	4. 作業	・班ごとに分かれ、自分の番号の工程について行い、また友達の作業についても観察、補助などを行い協力して完成させる ※材料をなくさないようにする	・机間巡視 児童の活動について、つまずいている箇所や安全管理などについて十分に注意を払い、その都度支援や呼びかけなどを行っていく ○自分の番号の役割に責任をもって取り組めたか、またつまずいた所など班で助け合っ、完成することができたか
ま と め 20	5. 発表 6. 次回予告	・班ごとに各自の机の上で完成したアクロボットを動かしてみる	・班ごとにアクロボットが動く様子を観察し、上手いかなかった班に対しては、「どこがいけないか」等の声かけを行う ・次回は「オリジナルのアクロボットを作る」ということを予告して終了とする

(3) 授業実践の考察

授業では、アクロボットの登場は初めてだったが、児童の中には、かなり詳しいことまで理解している子もいて驚いた。1～6まで作業の工程を割り振ったのも良く、児童が自分の役割に対して責任をもって取り組んでいる様子が見えた。アクロボットを見るのが初めてという児童も多い中、その興味・関心を上手く引き出して作業にあたらせていたのはさすがだと思った。

3.8 第15.16校時 (8/8)

(1) 本時の目標：アクロボットを動かして、自分の作った車軸ロボットと動きを比べる

(2) 学習の展開

時配	学習内容と流れ	生徒の活動	教師の支援と評価
	1. 前回の復習	・アクロボットについて思い出し、どんな動きをしたのか発表する	・前回の学習の確認をする ○前回の学習について確認し、積極的に発表しようとしているか

第3章 小学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

<p>導入 20</p>	<p>2. 今回の学習の説明 3. 目標の設定</p>	<p>・今回行う作業の手順，注意点についてよく聞き理解する ・目標を理解し，それを達成することをめざしながら，作業を開始する</p>	<p>・今回の課題の発表，それについての説明（材料，手順を中心に） ○今回の課題 オリジナルアクロボットを作ろう ・作業についての注意点を伝える ○注意点 部品をなくさないよう注意する ・今回の目標を設定し作業について補足説明後，班ごとに作業開始 ○今回の目標 ロボットコンテストをしよう ○今回の目標を理解し，それに向かって意欲をもって作業に取り組もうとしているか</p>
<p>展開 50</p>	<p>4. 作業 5. 片づけの準備</p>	<p>・班ごとに分かれ，友達と協力しながら設計図を見て，オリジナルのアクロボットを完成させていく。その際，作業前に先生が言っていた注意点に気を配りながら行う ・完成した所から徐々に片づけの準備を始める</p>	<p>・机間巡視 材料の確認や児童の活動について，つまづいている箇所や安全管理などについて十分に注意を払い，その都度支援や呼びかけなどを行っていく ○今までの学習を参考にし，注意点やこうするともっと良いなど向上心をもって，作品を作製しようとしているか ○班で協力して作業しているか ・残り時間を児童に知らせ終わった所から片づけの準備をさせる</p>
<p>まとめ 20</p>	<p>6. 発表会</p>	<p>・班ごとにできあがった作品を前に出て，発表する。その際みんなにはどこをみてほしいか等を中心に説明できるようにする</p>	<p>・児童の発表を聞く姿勢を作り，発表する班に対しては，質問やアドバイスなど，作品の意図が他の児童にも伝わるように工夫する ○自分たちの班で作った作品を他の班の友達に上手く説明し，伝えることができたか ○いろいろな作品に触れ，「ここがいいな」や「あそこをああすればもっと良くなる」など建設的な意見を持つことができたか</p>

(3) 授業実践の考察

今回の授業で前回と大きく異なる点は，班ごとに番号を割り振って，自分たちのやり方

で、ロボットを作製したことである。教師は最低限の安全管理と机間巡視をするのみで、児童一人一人の自主性を尊重したものだ。単元の最初に比べ、児童は自分で考え、仲間と協力することが非常に上達したと思う。最後はアクロロボットという少し難しい内容のものだったが、仲間と協力し、作品を完成していた。

4 実践結果

4.1 授業を通しての考察

本実践では、小学4年生理科「電気のはたらき」についてカリキュラムを提案した。児童は3年時に「明かりをつけよう」という単元で、初めて電気とは何かについて学習している。授業の前半では、電気に関する知識の確認から入り、乾電池を用いて初めてモータを動かすといった状態であり、そこから、車軸ロボットの作製→電池の極性→光電池の理解→電池を用いた模型作りと16時間ある授業時間の12時間を費やしている。残りの4時間でLMSを用いたアクロボットの作製、あらかじめ入力してあるプログラムを実行させ、車軸ロボットの動きとの違いを比較するといった授業を行った。

児童は「アクロロボット」という教材に対して強い関心を示し、複雑な動きをするロボットを自分たちで作れるということを実感できただけでなく、プログラムによって動いているということも、車軸ロボットの動きと比較することによって知ることができたと考えられる。しかし、単元の始めに学習したモータとの関連性について結びつけることが難解であり、児童は最後の4時間を今まで行ってきた学習と切り離してとらえてしまったということが推察できるものであった。

4年生で学習する「モータ」「直列つなぎ」「並列つなぎ」「回路」という内容の上に「プログラム」「ロボット」という要素を上手く活用し、児童の興味・関心を高められるカリキュラムを構築していく必要であり、6年生で行う「電流のはたらき」への導入だけではなく、4年生の学習としての働きを充実していかなければならないことが考えられる。

4.2 調査内容

4年生の活動前後に同一アンケート採取した。アンケート項目を表3.2-1に示す。

4.3 調査結果および学習カリキュラムの問題点

事前調査の児童の興味・関心に関する結果から、ロボットに関する興味・関心はあるが、それらを使った経験を有する生徒は、一部に限られていた。また、モータについては、見たことはあるが、その仕組みについての知識は乏しいものであった。同様に、電池の交換等の経験はあるが、それらの留意すべきことについて、知識を持つ児童は約半数であった。このことから、児童に基礎的・基本的な知識の定着が不可欠であることが明らかとなった。基礎・基本的な学習を終えた後、児童の興味・関心の高いロボットなどの課題に取り組むことが大切であること推察される。

事後調査の結果、ロボットに関する興味・関心は高まったが、電気、エネルギーに関する興味・関心が十分高まったとは言い難い結果となった。ロボットに関する興味・関心を電気や、エネルギーへ発展できるような授業構成を検討する必要があることが示唆された。現行の学習指導要領下で、4年生では基礎・基本の学習と発展的な学習の両方の時間を十

表3.2-1 アンケート

電気のはたらきアンケート

月 日 4年 組 名前

問. 下の質問に対して、あなたの気持ちと一番近いものに○を付けてください。

1. あなたは電気にきょうみ・関心がありますか

・はいあります ・少しあります ・どちらとも言えません ・あまりありません ・ありません

2. 電池を見たことがありますか

・あります ・ありません ・分かりません

3. 電池の交換をしたことがありますか

・あります ・ありません ・分かりません

4. 電池を交換するときには、どのようなことに気をつけるか知っていますか

・知っています (答え)

・知りません

5. モータを見たことがありますか

・あります ・ありません ・分かりません

6. モータを使ったことがありますか

・あります ・ありません ・分かりません

7. モータはどんなことができるか知っていますか

・知っています (答え)

・知りません

8. 光電池という言葉聞いたことがありますか

・あります ・ありません ・分かりません

9. ロボットにきょうみ・関心がありますか

・はいあります ・少しあります ・どちらとも言えません ・あまりありません ・ありません

10. エネルギーという言葉聞いたことがありますか

・あります ・ありません ・分かりません

11. エネルギーにきょうみ・関心がありますか

・はいあります ・少しあります ・どちらとも言えません ・あまりありません ・ありません

12. エネルギーについてどんなことを知っていますか? 知っていることを書いてください

13. 3年生で学習した「明かりをつけよう」では、どんなことをしたか思い出してみましよう

14. 4年生では、電気のはたらきをつかっていろいろなものを作りたいと思っています。どんなものを作りたいですか。書いてください

第3章 小学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

分に得ることが難しい。まずは基礎・基本の学習の定着をはかった上で、それらと上手く関連付けられるような教材の活用が必要となってくる。

また、各授業後に取った表3.2-2に示す自由記述のアンケート調査の結果、ロボットの製作やプログラム作成の授業は、これまでの理科の授業に比べ、感想の分量（単語数）が増加した。これらの授業は、生徒にとって、印象的な授業であったことが推察できる。授業が進むにつれ、発話単語数が増えていき、児童のロボットに関する興味が深まっていることが分かる。しかし、まだ児童が解決できていない、やりたい事柄も明らかとなり、それらの問題解決の過程をどの程度まで引き上げていくかがこれからの課題であることも示唆された。その他にも、「分からない」という単語の数を調べることによって、どの授業の内容でつまづきが多く発生するかも分析が可能である。本単元の中では、アクロロボット授業は、「分からない」の指摘が多くあったことから、授業中の作業手順の明確な指示、作製の際に使用する補助テキストの改善などの方策が考えられる。しかし、「分かった」の単語数が最も多い授業でもあるので、難しさと楽しさが混在する授業であるため、これらのことを踏まえて、指導方法の改善を行っていきたい。なお、授業の導入の1, 2時間目の実践ではこの調査がされなかったため、この表3.2-2の1.2時間の授業は、実際の3.4時間目に対応する。

表3.2-2 自由記述アンケート（形成的評価）

1.2時間	3.4時間	5.6時間	7.8時間	9.10時間	11.12時間	13.14時間	
反対に	22 速く	37 明るい	19 光電池	21 つける	16 アクロロボット	55 ~したい	
検流計	17 回る	15 一個	15 光	19 速く	14 ~したい	25 作る(作った)	
~したい	14 電池	13 並列つなぎ	14 回る	13 プロペラ	14 車軸ロボット	24 部品	
モーター	13 2つ	11 直列	13 ありません	10 ~したい	12 動く	19 アクロロボット	
動く	10 ~したい	9 電池	12 速く	10 ありません	10 プログラム	18 いろいろな	
タイヤ	7 つなぎ方	9 光電池	12 当てる	10 走る	10 分かった	17 ロボット	
導線	7 分かった	8 明るさ	12 ライト	10 分かった	7 なぜ、なんで	12 分からない	
回る	7 モーター	7 2個	11 ~したい	9 モーター	7 作る(作った)	12 つける	
分かった	7 直列つなぎ	7 直列つなぎ	10 プロペラ	8 車軸ロボット	7 いろいろな	12 組み立てる	
速く	6 ~ない	7 並列	9 動く	8 動かない	6 分からない	11 ライト	
走らせる	5 1つ	7 同じ	9 当たらない	8 タイヤ	6 回る	11	
向き	5 ありません	6 2つ	8 メロディー	8 競争	5 動き	10	
	直列	6 ~したい	8 ~ない	6 遅くなる	5 動かない	6	
	つなぎ	6 分かった	8 太陽	6	まっすぐ	6	
	2個	6 1番	8 知らなかった	5	自分たちで	5	
	分からない	5 1つ	7 オルゴール	5	ある	5	
	乾電池	5 乾電池	7 おもちゃ作り	5	行く	5	
	並列つなぎ	5 ありません	6 鏡	5	入る	5	
	電気	5 鳴る	5	5			
発話単語数	195	265	256	253	224	485	221

第3節 小学校6年生を対象としたカリキュラム開発及び授業実践

1 緒言

6年生は、これまで4年生で電気の働きについて学習しており、電気の仕組みについての基礎的な知識はある。その分、発展的な課題にもスムーズに移ることができると思う。本実践では、6年生の「電流の働き」の単元の前半に電磁石の仕組みの理解を目的とする学習過程を立案した。単元の後半には、Legoブロック(以後、LMSと記す)を用いたロボット作りとプログラム制御を行うカリキュラムを開発した。プログラム作成では、スモールステップの学習過程を準備し、児童のつまづきを早い段階で把握できるように工夫を凝らした。また、プログラムの作成過程において、児童には自ら問題点を見つけ、自ら解決できるように、教師の支援についても検討を行った。

2 エネルギーに関する学習内容の提案

第6学年・・・14時間

単元名「電流の働き」

単元の目的：電磁石の導線に電流を流し、電磁石の強さの変化を調べ、電流の働きについての考え方をもちようにする。

2.1 指導計画

- | | |
|---------------------------|--------|
| (1)コイルに鉄心をいれたものの性質を調べよう | ・・・2時間 |
| (2)電磁石の働きを大きくしよう | ・・・4時間 |
| (3)電磁石の働きを利用してアクロロボットを作ろう | ・・・6時間 |
| (4)電気と私たちの生活 | ・・・2時間 |

2.2 指導過程(上の指導計画と対応するものである)

- (1)棒磁石の特徴を調べ、極について実験を通して学習する。
- (2)①電流を強くしたり、導線のまき数を増やしたりして、電磁石の働きを大きくする方法を考える
②電磁石の働きを大きくする方法を調べる。
③電磁石の働きはどのようにすると大きくなるかをまとめる。
- (3)①ギアの動きや、モータの働きを工夫して、ロボットを製作する。
②アクロロボットを動かして、自分の作った車軸ロボットと動きを比べる。
③簡単なプログラムを作成し、発表する。
- (4)電気の必要性とエネルギーを大切に使うことの意義を考える

3 指導計画(電磁石の働きを利用してアクロロボットを作ろうについて)

3.1 第1校時：LMSを使った、ローバーロボットの製作(1/6校時)

- (1)本時の目標：モータの動作原理を確認すると共に、LMSを使って、作品を作ることができる

(2) 学習の展開

時配	学習内容と流れ	指導上の留意点	教師の支援と評価
5	1. 課題「ローバーロボットを作ろう」の確認	<ul style="list-style-type: none"> ・児童の頃「レゴ」で遊んだことのある児童を確認し、どんなものを作ったかなどの問いかけを行う →もし、いないようなら、教師の体験などを話す ・今回行う内容として完成したローバーロボットや歯磨きロボットを提示し、いろいろな動きができることの確認を行う ・各ロボットが動く理由としてモータが使われている事に気付かせる 	<ul style="list-style-type: none"> ・LMSについて興味 ・関心を持って取り組もうとしている
35	2. ロボットの製作 (完成した児童から学習内容3に移ることとする)	<ul style="list-style-type: none"> ・パーツの種類を確認すると共にモータの中身を見せながらモータの原理について確認する ・共同でロボットを作成する場合には、役割分担をして作業を進めさせる ・モータの配線は特に重要なため、組立図どおりにポートにつなぐよう注意を促す ・パーツをなくさないように注意を促す ・分からなくなったら、周りの人と相談して進めるようにする 	<ul style="list-style-type: none"> ○ローバーロボット、歯磨きロボットの見本 ・ロボットの動く理由としてモータの存在が分かる ・モータの原理について積極的に発言しようとしている ・共同でロボットを作成する場合には、協力して作業を進めている ○ロボット組立図 ・注意してパーツを扱っている ・分からない場合に周りの人と協力して作業をしている ・LMSを使って目的の作品を作ることができる
5	3. 動作確認	<ul style="list-style-type: none"> ・プログラム番号1番を実行し、見本のロボットと同じ動作を行うか確認する。 →動かない場合は、問題点を探させる ・ポートが間違っている ・部品が足りない ・電極の向きが違うなど ・モータの配線をつなぎ変えてロボットの動く方向が異なることをモータの極性と関連させて説明する 	<ul style="list-style-type: none"> ・プログラム番号1番にはあらかじめ「前進する」というプログラムをセットしておく

(3) 授業実践の考察

本時よりLMSを用いた発展的な課題に取り組んだ。児童の多くはレゴブロックを見たことはあるようだったが、それが動き、ロボットとしての機能があることまでは知らなかったようである。児童にとって身近なレゴブロックでロボットを作ることによって、よりロボットに親しみが持てたと思う。学校の授業など限られた時間の中で、ロボット製作を行う場

第3章 小学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

合、ある程度組み立てたものを用いることで、時間の節約になる。ロボット製作にしても、どこを児童にやらせるかということを考えることが重要である。

3.2 第2校時：タッチセンサを意識してロボットを作成する(2/6)

- (1)本時の目標：①身の回りにあるセンサに気付く
②自分の作品の良いところを言うことができる
- (2)授業の展開

時配	学習内容と流れ	指導上の留意点	教師の支援と評価
7	1. 課題である タッチセンサについて知る	<ul style="list-style-type: none"> ・新しい部品としてタッチセンサを紹介する。 ・タッチセンサの役割について、身の回りにあるタッチセンサを例に挙げて説明する。 ・タッチセンサの取り付けを行うが、そのままでは接触面積が小さく上手く反応しないことを説明してバンパーを作成する。 	○バンパー組み立て図
33	2. 飾り付けの 作業	<ul style="list-style-type: none"> ・前時までの授業で、ロボットを完成させ、動作確認まで終わった児童から好みのロボットになるように飾り付けを行わせる →まだ動作確認を行っていない児童はまずそれを行ってから今回の作業に移ることを説明 ・モータの配線や足回りなどは変えずに出来上がった作品の上から飾りをつけていくよう注意を促す ・机間指導を行い児童の進捗状況を把握できるようにする 	○ローバーロボットの 見本 ・好みのロボットになるよう飾り付けをしている
5	3. 作品発表(デ ジカメによる)	<ul style="list-style-type: none"> ・完成した児童の作品をデジカメで撮影していく ・どんな作品が出来上がったのか、デジカメで撮影したものを中心にクラス全体に伝わるよう発表する。その際、作品の良い点を一言程度添える 	・自分以外の作品に触れることにより、いろいろな考え方があることを知り、自分のロボットについてより愛着が湧くようになる

(3)授業実践の考察

前回、組み立てたロボットにタッチセンサを含めた飾り付けを行った。この時間を用い

第3章 小学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

て、完成しなかった児童は組み立てを行い、上手く進度の調節ができた。組み立てが遅い児童でも後半は、飾り付けの時間にあてることができていたようである。最後に完成したものをデジカメで撮影したが、短い時間の割にそれぞれが個性のある作品を作製していた。

3.3 第3校時：ロボラボの基本的な操作(3/6)

(1)本時の目標：ロボットを動かすためには命令が必要であることが分かる

(2)授業の展開

時配	学習内容と流れ	指導上の留意点	教師の支援と評価
7	1. 課題「ロボラボの基本的な操作」の確認	<ul style="list-style-type: none"> ・プログラム番号の1番を実行し、前進することを確認する。 ・このプログラムは事前に教師が入力しておいたことを知らせ、思い通りの動きをさせるには何が必要かを考えさせる →命令、プログラム等の意見から実際にロボラボを用いた、プログラムの作り方を学んでいくことを説明する ・Inventer 2を使用することを説明する 	<ul style="list-style-type: none"> ・プログラムの実行の仕方について理解できる ・ロボラボの基本的な操作方法について理解する ・プログラムの組み方の基本が理解できる
33	2. ロボラボの使い方の理解	<ul style="list-style-type: none"> ・スタートとゴールのコマンドを説明し、後はプログラム応じて何が必要なのか児童の意見を聞きながら進めていく。すぐに意見が出ない場合は、ロボットを動かしてモータが動いていることに注目させ、モータを動かす命令が必要であることを感じさせる。 ・今回は「進むこと」と「止まること」に焦点を絞る ・コマンドを”ストリングツール”でつないでいく意味をプログラムの作り方と関係させて説明する ・児童にスタート→進む→止まる→ゴールというプログラムを作成してもらう ・プログラムの転送の仕方を説明する ・転送したプログラムを実行する。 ロボットが動かない→なぜだろう？ 次の時間に動くようにする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・なぜ「止まる」のコマンドが必要なのか理解できる ・ストリングツールを使って正確にコマンドとコマンドをつなぐことができる ・保存の時にファイル名を指定して、適切に保存できたかどうかを確認する
5	3. プログラムの保存	<ul style="list-style-type: none"> ・それぞれの保存を行い、保存方法について説明する 	

(3)授業実践の考察

本カリキュラムのメインであるプログラム学習の導入を行った。6年生ということもあり、ほとんどの児童がコンピュータの基本的な操作方法は理解しているようである。しか

し、プログラムの作成は初めてであり、その方法については十分に説明を行う必要があると感じた。児童はプログラムソフトにロボラボを用いることで、比較的スムーズにプログラムというものを理解できていたようである。説明だけでは不十分な箇所もあるため補助教材を効果的に使い、それでも分からないところについては机間指導という形で対応した。

3.4 第4校時：基本的なプログラムを作成する(4/6)

(1)本時の目標：モータの動きを変化させ、ロボットを思い通りに動かすことができる

(2)授業の展開

時配	学習内容と流れ	指導上の留意点	教師の支援と評価
3	1. 前時の想起	<ul style="list-style-type: none"> ・前回行ったこととしてプログラムを作り、それを保存したことを思い出させる ・保存したプログラムを読み込み、それをロボットに送るという作業の説明をし、児童にも行わせる ・プログラムが実行されたかの確認 	
10	2. 課題の確認	<ul style="list-style-type: none"> ・「なぜロボットが動かないのだろう？」 ・”止まる”を削除し、もう一度読み込み、実行させる ・「いつまで進むのだろう？」 ・時間の設定がないということに気付かせ、そこから時間の設定の仕方について説明 ・説明をもとにプログラムを作成する 	<ul style="list-style-type: none"> ・事象から問題点を見つけ、その改善方法について積極的に考えようとしている
30	3. プログラム作成	<ul style="list-style-type: none"> →実行 ・課題1「3秒前進して1秒右に曲がる」を提示し、作成させる →徐々にヒントを出していき、最後まで分からないという状況を作らないよう心がける ・課題2「2秒後退し、1秒右に曲がり、その後前進」を提示し、クラスみんなで考えてみる ・意見については教師のパソコンで作成、実行し、課題の通り動くことができたなら正解とする ・児童にも同じプログラムを作成させる ・前回と同様、プログラムは適切な場所に保存するようにする 	<ul style="list-style-type: none"> ・どうすれば”曲がる”のかということを含めた学習から考えることができる ・他の人の意見も参考にしながら、クラス全員で問題の解決に向かおうという姿勢が見られる ・提示されたプログラムについて理解し、同じものを作成することができる
2	4. プログラムの保存		

(3)授業実践の考察

基本的なプログラムの作成ということで課題を設定し、それを解決する手段を、前回学

第3章 小学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

習した基本操作を用いて考えていくこととした。様々なアイコンを用いて、ロボットの動きから答えに近づいていく様子が随所で見られた。その際、教師は直接的な答えは出さずに、ヒントを出すことによって児童に分かる喜びを与えることが重要である。なかなか課題を達成できない児童もいたが、いろいろなプログラムにチャレンジしている児童もおり、どちらも意欲的に学習に取り組んでいるようであった。

3.5 第5校時：障害物をよけるプログラムの作成（スモールステップ）（5／6）

(1) 本時の目標：競技会のコースやルールを理解し、それに応じたプログラムを作る

(2) 授業の展開

時配	学習内容と流れ	指導上の留意点	教師の支援と評価
3	1. 前時の想起	・前回、作成した「2秒後退し、1秒右に曲がり、その後前進」のプログラムを確認する	
5	2. 競技会の説明（コースやルールについて等）	・スタートからゴールまでのタイムを競うものであり、途中で障害物があるということを説明	・コース、ルールを理解する
15	3. タッチセンサの説明	・障害物をよけるためには、あとどのようなプログラムが必要か考えさせる。そこからタッチセンサの重要性を理解させ、説明するようにする ・押されるまで待つという機能がある ・タッチセンサの機能を使い、モータの制御を行う ・タッチセンサを用いたプログラムを作成させる	・タッチセンサの使い方を正しく理解できる
20	4. プログラムの作成	・児童達にゲームを意識した、独自のプログラムを作成させる ・競技会で用いるコースを提示し、試走させ、より早くゴールするためにはどう言うプログラムが良いのかを考えながら改良していく	・目的に応じたプログラムを作成することができる。またそうしようと努力している
2	5. 次時予告	・もう一度ルールの説明をし、次回は班ごとに、リレー形式で競技会を行っていくことを確認する	

(3) 授業実践の考察

次回、単元の最後ということで、ロボットを用いた競技会を行うためのルールを確認し

第3章 小学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

た。前回よりも一段階難しい課題であるが、仲間と協力して意欲的に取り組んでいた。タッチセンサについてはある程度、詳しく説明する必要があるが、今まで学習したことと関連させることによって課題が解決できることを児童に理解させることが重要である。ロボットの動きからどこがいけないのかを知り、プログラム作成に生かしていた児童が見られた。次回、時間は少ししか取れないが、このような児童がもっと増えることを期待したい。

3.6 第6校時：障害物をよけるプログラムの作成(6/6)

(1)本時の目標：競技会を楽しむと共に、身の回りでモータがどのように使われているかを見つけることができるようにする

(2)授業の展開

時配	学習内容と流れ	指導上の留意点	教師の支援と評価
2	1. 課題の確認	・ 競技会のルールを確認し、本時の流れについて簡単に説明する ・ 前回の授業で不十分だったところを中心に最終調整を行わせる	・ プログラムの問題点を見つけ、改良しようとする意欲が見られる
8	2. プログラムの改良	・ どこでロボットの動作がうまくできないか、何度も試験走行する中で児童に見させる ・ 各自のロボットの特性を生かした走りができるように、班で話し合っ相談する	・ 班で協力し、作戦を立てることができる ・ 自分のロボットの特徴（特に工夫した点）を他の友達に正確に伝えることができる
5	3. グループごとに分かれ、作戦を立てる（走順など）	・ 班ごとにそれぞれのロボットの名前、難しかった点、工夫した点などを発表する	○評価方法
20	4. 競技会を行う	・ ロボットを走らせ、タイムを競う。その際、他の班の競技もしっかりと観察するように指導する	・ タイム ・ プログラムの工夫点 ・ ロボットの概観
5	5. 成績発表	・ 評価は単純に順位だけではなく、プログラムやロボットの飾り付けなど独創的なアイデアや工夫などについても行うこととする	・ 他の人の意見、走行を聞いたり見たりすることで自分の学習に生かそうとしている
5	6. 本単元を振り返ってのまとめ	・ モータを使うとどのようなことができるかが分かったところで、もう一度身の回りでモータが使われているものを探す ・ モータがいろいろなところで使われており、それらを動かしているのは電気だということを気付かせる。そこで電気の重要性を気付かせ、資源の節約の大切さに気付くようにする。	・ 身近にある電気機器の制御やモータの使われ方を本単元の学習と関わらせて考察することができる ・ 電気の重要性についての理解

(3)授業実践の考察

第3章 小学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

始めに、プログラムを改良する時間を設け、最終調整を行った。まだまだ物足りないといった児童が多かったようである。競技会はグループごとに行った。様々な方法で課題に取り組んでおり、うまくいった児童も失敗してしまった児童も自分達のロボットの動きに一喜一憂し、とても楽しんでいる様子が見られた。最後に、LMSを用いたロボットと、モータとの関連性からエネルギーの大切さを実感させることで、本カリキュラムのまとめとすることができた。

3.7 第6校時：障害物をよけるプログラムの作成（6／6）

（競技会を行わない場合の指導案）

(1)本時の目標：タッチセンサを利用し、障害物をよけるプログラムを発表できる

身の回りでモータがどのように使われているか見つけることができる

(2)授業の展開

時配	学習内容と流れ	指導上の留意点	教師の支援と評価
20	1. 班で発表会	<ul style="list-style-type: none"> 自分達の作ったロボットを班の友達に見てもらい、評価してもらう 工夫した点やどういうプログラムを作成したのかを発表した後、実際の動きを評価してもらうよう声かけを行う 「タッチセンサを活用し、障害物をよけることができたか」を一番の着目点にするということを伝える チーム内で話し合い、代表を1名選び 	<ul style="list-style-type: none"> 自分の作品の良い所、改善点などを積極的に評価してもらおうとしている ○チェックシート 前時までに学習したことが生かされているか
10	2. 意見交換	<ul style="list-style-type: none"> 全体の前で発表する どんな所が良かったか、または工夫されていたかなど児童同士で意見が交換できるよう促す それぞれのチームによっていろいろな動きができることを理解させる 	<ul style="list-style-type: none"> 友達の良い所、工夫されているところなど積極的に発言しようとしている それぞれの働きを身近かなものと関連づけて、理解することができる
10	3. 本単元の学習の整理	<ul style="list-style-type: none"> 動きを命令する脳の役割はプログラムであるが、エネルギーを送り出す心臓の役割をするのはモータであることを確認する モータを使った機械はどんなものがあるのか考えてみる モータがいろいろなところで使われており、それらを動かしているのは電気だということを気付かせる。そこで電気の重要性を気付かせ、資源の節約の大切さに気付くようにする。 	<ul style="list-style-type: none"> モータの働きについて考えることができる 身近にある電気機器の制御やモータの使い方の本単元の学習と関わらせて考察することができる
5	4. 本単元を振り返ってのまとめ		<ul style="list-style-type: none"> 電気の重要性についての理解

※ 複数人数で1台のロボットを使うことを想定した。
→複数人数でチームが構成され、チームが集まって班になる。

4 実践結果

4.1 授業を通しての考察

本実践では、小学6年生理科「電流のはたらき」についてカリキュラムを提案した。児童は4年時に「電気のはたらき」で電気の基礎的な知識については学習している。単元の前半はそれらの確認とともに、電気を流すことによって磁石の働きをする電磁石の仕組みについて学習を行った。永久磁石と異なり、電流のON、OFFで性質を変化できることから、その仕組みを理解することによって活用できる働きを知ることができる。その上で、プログラムを作成することによって自分の意図する動きができるロボットの活用という流れでLMSを用いた発展的な課題へと展開することが可能となった。

LMSを活用したロボットの作製からプログラムの作成まで6時間で行ったが、プログラム作成に重きをおいたため、6時間中4時間を配当した。各作業には、スムーズな進行を図るため、補助教材として、学習プリント、補助シートを使用することにより、最初は児童の取り組む姿勢に差が見られたが、実践を行っていく過程で、児童が主体的に授業に参加する姿勢が確認できるようになった。これは、プログラム作成を身近に感じることができ、自ら課題に向かって学習していけるカリキュラムが大きく起因していると考えられる。また、単元後半でタッチセンサを用いてプログラムを作成したが、光センサよりも設定がしやすいため、学校など様々な状態の児童を対象とする場合、課題解決(ゴール)へと導きやすいということが示唆された。エネルギーの基礎・基本を学習した後、ロボット作製からプログラム作成を行ったことにより、科学技術への興味関心を高めることができると推察される。

4.2 調査内容

下記に6年生生活動前に使用したアンケートを表3.3-1に、事後アンケートを表3.3-2に示す。

4.3 調査結果および学習カリキュラムの問題点

事前調査の結果、電気やエネルギーに対しての興味・関心が高いとはいえず、電池の交換方法などの知識についても十分でないことが明らかとなった。このことから、単元を通して、エネルギーや電気に関する意識の向上や、学習の定着を図る必要があることが示唆された。

事後調査の結果、少数ではあるが、プログラム作成以降の学習内容を難しいと指摘する児童も見受けられた。しかし、学習に対する興味・関心の向上が見られたことや単元を通して、達成感を得られたなどの感想が多数あり、本実践が有意義な活動であったことが分かる。また、簡易言語を用いることで、プログラムの作成も、比較的短時間で行うことができた。児童は、プログラムの必要性を体験を通して学び取っていたようである。表3.3-3の自由記述アンケートの結果から「～したい」という能動的な単語が増加していったことからそれが認められる。

表3.3-1 事前アンケート

電気のはたらきアンケート

月 日 年 組 名前

問. 下の質問に対して, あなたの気持ちと一番近いものに○を付けてください。

1. あなたは電気にきょうみ・関心がありますか
 ・はいあります ・少しあります ・どちらとも言えません ・あまりありません ・ありません

2. 電池を見たことがありますか
 ・あります ・ありません ・分かりません

3. 電池の交換をしたことがありますか
 ・あります ・ありません ・分かりません

4. 電池を交換する時には, どのようなことに気をつけるか知っていますか
 ・知っています(答え)
 ・知りません

5. モータを使ったことがありますか
 ・あります ・ありません ・分かりません

6. モータはどんなことができるか知っていますか
 ・知っています(答え)
 ・知りません

7. 電磁石という言葉聞いたことがありますか
 ・あります ・ありません ・分かりません

8. 電磁石を利用したものを知っていたら書きましょう。

9. ロボットにきょうみ・関心がありますか
 ・はいあります ・少しあります ・どちらとも言えません ・あまりありません ・ありません

10. エネルギーにきょうみ・関心がありますか
 ・はいあります ・少しあります ・どちらとも言えません ・あまりありません ・ありません

11. エネルギーについてどんなことを知っていますか? 知っていることを書いてください

12. 3年生で学習した「明かりをつけよう」や4年生で学習した電気のはたらきでは, どのようなことをしたか思い出してみましよう。

13. 6年生では, モータのはたらきを利用してロボットを動かしたいと思っています。どんな動きをするロボットを作ってみたいですか。書いてください

表3.3-2 事後アンケート

	月	日	学校	6年生	男子・女子		
<p>Q1. 次の質問内容の中で、今の自分の気持ちと一番近いものに○を付けてください。 5 (あてはまる), 4 (だいたいあてはまる), 3 (どちらとも言えない), 2 (どちらかと言えばあてはまらない), 1 (あてはまらない)</p>							
(1) モータの仕組みがわかりましたか。	良くわかった	5	4	3	2	1	わからない
(2) ロボットにきょうみを持ちましたか。	きょうみを持った	5	4	3	2	1	興味がない
(3) プログラムににきょうみを持ちましたか。	きょうみを持った	5	4	3	2	1	きょうみがない
(4) オリジナルのロボットをつくってみたいと思いましたか。	つくってみたい	5	4	3	2	1	つくりたくない
(5) プログラムをつくってみたいと思いましたか。	つくってみたい	5	4	3	2	1	つくりたくない
(6) コンピュータのそうさはうまくできましたか。	できた	5	4	3	2	1	できなかった
(7) プログラムはうまくつくれましたか。	つくれた	5	4	3	2	1	つくれなかった
(8) プログラムをつくることはやさしかったですか。	簡単だった	5	4	3	2	1	難しかった
(9) ロボットはうまくつくれましたか。	つくれた	5	4	3	2	1	つくれなかった
(10) ロボットをつくることはやさしかったですか。	簡単だった	5	4	3	2	1	難しかった
(11) レゴマインドストームを使ったプログラムの体験は楽しかったですか。	楽しかった	5	4	3	2	1	楽しくなかった
<p>Q2. レゴマインドストームの体験教室で一番勉強になったことはどのようなことですか。 1.. ロボットづくり, 2. プログラムづくり, 3. コンピュータそうさ 4. その他 ()</p>							
<p>Q3. レゴマインドストームの体験教室の感想や、次にやってみたいこと などを書いてください</p>							

第3章 小学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

また、同様に、プログラム作成を行った11、12時間目以降で全体の単語数の増加した。また、この時間は、「～したい」という能動的な単語の出現頻度が増加していることから、児童はプログラムの必要性を体験を通して学び取っているということが分かる。4年生の特徴としては、「ロボットに関する単語の増加」、6年生では、「プログラムに関する単語数の増加」にそれぞれの授業の特徴が見受けられた。このことから児童がどこでつまづいているのかを究明し、それを次時の導入などで、的確におさえる授業展開を考えていく必要があることが明らかとなった。表3.3-3のアンケートの中で、LMSを活用した授業は、7時間から12時間がそれに相当する。

表3.3-3° 自由記述アンケート

	1.2時間	3.4時間	5.6時間	7.8時間	9.10時間	11.12時間					
電磁石	33	電流計	23	特にない	29	モータ	49	特にない	23	プログラム	39
S極	23	電磁石	21	電流	17	特にない	22	作る	20	～したい	24
N極	23	使い方	19	乾電池	14	～したい	16	ロボット	19	ロボット	23
特にない	21	特にない	17	～したい	13	作る	16	バンパー	17	作る	17
くっつく	16	大きく	13	電磁石	12	回す	16	～したい	14	動き	16
電気	13	はたらき	12	巻き数	12	分かる	15	組み立て方	12	～できる	13
分かる	12	強く	11	強さ	12	作り方	10	作り方	9	特にない	11
反対に	12	実験	10	増やす	12	仕組み	9	ローバーロボット	8	曲がる	11
コイル	9	分かる	7	強く	11	使う	8	部分	8	分かる	10
～したい	9	方法	7	作る	11	いろいろと	7			いろいろと	10
はたらき	7	検流計	7	数	11	早い	7			どうすれば	9
極	6	～したい	6	モータ	11	方法	7			もっと	9
向き	6			分かる	10	導線	6			作り方	8
もの	6			変える	9					早い	7
どうして	6			導線	8					ローバーロボット	7
電流	6			コイル	8					上手に	7
				多く	8					速い	6
				使う	6					思うように	6
				方法	6					走る	6
発話単語数	360	273	352	302	204	443					

第4節 太陽電池を活用した小学生向け教材の開発

1 緒言

小学校の理科において、太陽電池を活用した実験が4年生の教科書に記載されている。その学習内容は、乾電池と同様に電力源として活用がなされている。教科書の記載では、学習の理解を促進するために、太陽電池を光電池と言う名称で示し、光により電気を発生させる部品として捉えている。これらの学習をするために、車軸ロボット製作と動作実験が設定されている。これらの学習は、乾電池以外の電源として太陽電池の特質を学び、車軸ロボットへその電池を取り付け、ロボットを動作させる実験が基本的な流れである。

そこで、このような太陽電池の基本的学習事項の応用として、太陽電池を活用した教材の開発を行った。

2 開発した教材

開発に用いた太陽電池は、e-lab と呼ばれる、LEGO ブロックに太陽電池が取り付けられたもので、太陽電池をロボットに簡単に取り付けることができる。また、太陽電池の角度を自由に調節することを可能にするためのブロックも準備されている。図3.4-1に太陽電池ブロックを示す。

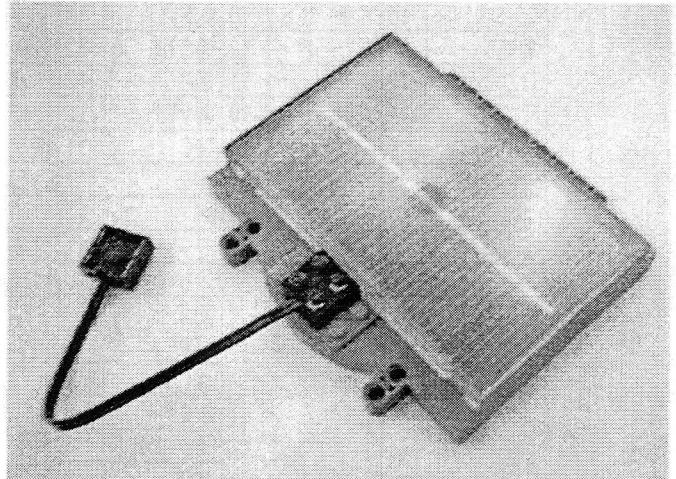


図3.4-1 太陽電池ブロック

3 学習展開

学習課題は、「太陽電池の性質を調べてみよう」と設定し、下記に示す授業展開を設定した。

- ①太陽電池の使い方
- ②太陽電池の特徴
- ③太陽電池とモータを活用した実験
- ④太陽電池を車軸ロボットやアクロボットに取り付けた実験（図3.4-2に太陽電池を取り付けたロボットを示す）
- ⑤走行テスト
- ⑥光のあるところと無いところでの走行テスト
- ⑦暗いところでも走るロボットを作るためにはどうしたらよいかを話し合う
- ⑧電気を貯える部品（コンデンサ）を使っているロボット製作
- ⑨光のあるところと無いところでの走行

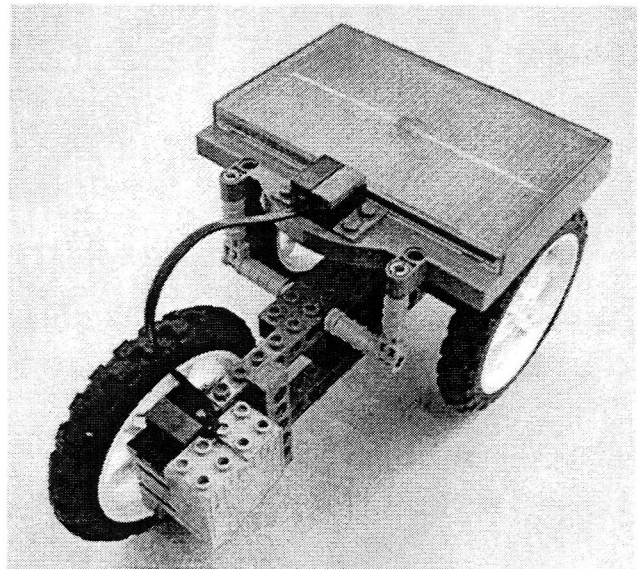


図3.4-2 太陽電池を使ったロボット

テスト

⑩電気を貯える部品役割の確認

4 電気を貯える部品

e-labには、スーパーキャパ（大型のコンデンサ）がブロック部品として提供されている。そこで、この部品を活用することで、明るいところから、暗いところへ移動しても、ロボットがすぐに止まらず、走り続けることを実験を通して学習する。このことにより、蓄電の必要性に気付く取り組みである。本来は、中学校の技術・家庭科で学習する内容であるが、今回はその先取りという形で、授業展開に位置づけた。図3.4-3にスーパーキャパを取り付けたロボットを示す。

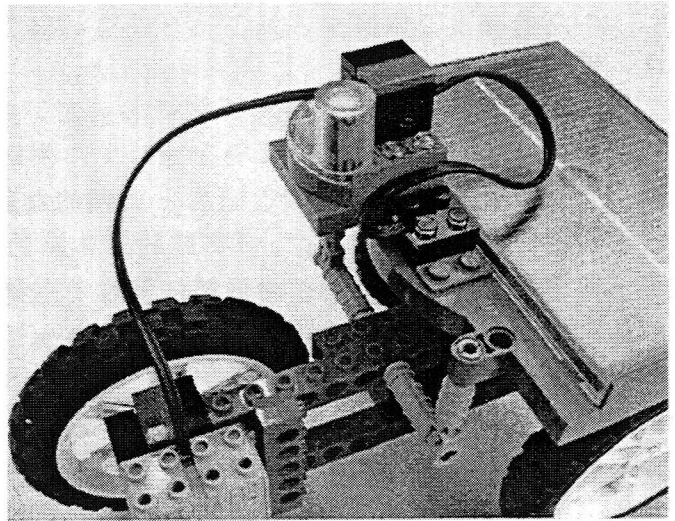


図3.4-3 スーパーキャパを取り付けたロボット

5 児童の反応

太陽電池を使った工作に関しては、ブロックを組み立てる感覚でスムーズにロボットを製作していた。光のあるところと無いところでの走行テストでは、ロボットが急に止まってしまう、光がないと電気が発生しないことを、体験を通して学習していた。また、スーパーキャパを取り付けることで、同一場所を走行させても、幾分スピードが落ちるがロボットが走り続けることに驚きを示していた。しかし、充電された電気が無くなるとロボットが止まってしまうので、エネルギーが無くなるモータが回らないことも学び取っていた。スーパーキャパを取り付けても、暗い場所で走る距離は短く、エネルギーの有効利用に関して質問する児童の姿も見られた。実験を通して、エネルギーの大切を体得できたと推察される。

6 結言

本教材は、近年市販された e-lab を活用して、太陽電池の性質と活用方法を学習する授業展開を検討した。児童は、実験を通して太陽電池の仕組みや活用方法を学習し、これらの欠点を補うことについても、考えることができた。

また、中学校で学習する蓄電の内容を、簡単な部品を活用することにより、体験的に学ぶことが可能となった。このように、子供の発達段階に応じた教材を準備すれば、子供の興味関心は、エネルギーに向けられ、自らがそれらの課題に対して解決策を見つけ出そうとする意欲的な姿勢をみせていた。今後は、より多くの実践を通して、効果的な活用法と教材の改善に努めたい。

第4章 中学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

第1節 中学校におけるエネルギー教育の実態

1 はじめに

平成12年告示の新学習指導要領において、中学校技術・家庭科では、目標を「生活に必要な基礎的な知識と技術の習得を通して、生活と技術とのかかわりについて理解を深め、進んで生活を工夫し創造する能力と実践的な態度を育てる」と改めた。技術分野（以後、技術科と記す）においては、「実践的・体験的な学習活動を通して、ものづくりやエネルギー利用及びコンピュータ活用等に関する基礎的な知識と技術を習得するとともに、技術が果たす役割について理解を深め、それらを適切に活用する能力と態度を育てる」と目標を置き、領域が「A 技術とものづくり」と「B 情報とコンピュータ」の2つの学習内容に再編・統合された。

この中で、エネルギーに関する学習は、中学校技術・家庭科、技術分野の内容となっており、学校現場では、様々な実践が取り組まれている。学習指導要領にあるエネルギーに関する内容を抜粋すると以下のようになっている。

「A 技術とものづくり」

(5) エネルギーの変換を利用した製作品の設計・製作について次の事項を指導する。

ア エネルギーの変換方法や力の伝達の仕組みを知り、それらを利用した製作品の設計ができること。

イ 製作品の組立・調整や電気回路の配線・点検ができること。

これらの内容は、新学習指導要領によって新たに付け加えられたため、教材・教具の開発およびカリキュラムの開発は、今日において十分とは言い難い。

2 中学校技術科と中学校理科におけるエネルギーに関する調査

中等教育におけるエネルギーに関する指導の実態を調査するために、中学校学習指導要領技術・家庭科、同理科及び技術科、理科の教科書の内容の検討を行った。

2.1 中学校指導要領「技術・家庭科」、「理科」の内容

現行の学習指導要領におけるエネルギーの学習に関する項目を検討するために、下記にそれらに該当する箇所を示す。

2.1.1 技術 「A 技術とものづくり」

すべての生徒に共通に履修させる基礎的・基本的な内容

(1) 生活や産業の中で技術の果たしている役割について、次の事項を指導する。

イ 技術と環境・エネルギー・資源との関係について知ること。

(4) 製作に使用する機器の仕組み及び保守について、次の事項を指導する。

ア 機器の基本的な仕組みを知ること。

イ 機器の保守と事故防止ができること。

ウ 製作に使用する電気機器の基本的な電気回路や、漏電・感電等についても扱うこと。

(5) エネルギーの変換を利用した製作品の設計・製作について次の事項を指導する。

ア エネルギーの変換方法や力の伝達の仕組みを知り、それらを利用した製作品の設計ができること。

イ 製作品の組立・調整や電気回路の配線・点検ができること。

2.1.2 理科1分野

(3) 電流とその利用

電流回路について観察、実験を通して、電流と電圧との関係及び電流の働きについて理解させるとともに、日常生活と関連付けて電流と磁界についての初歩的な見方や考え方を養う。

ア 電流

(ア) 異なる物質同士をこすり合わせると静電気が起こり、帯電した物体間では空間を隔てて力が働くこと及び静電気と電流は関係があることを見いだす。

(イ) 回路をつくり、回路の電流や電圧を測定する実験を行い、各部分を流れる電流や回路の各部に加わる電圧についての規則性を見いだすこと。

(ウ) 金属線に加わる電圧と電流を測定する実験を行い、電圧と電流の関係を見いだすとともに金属線には電気抵抗があることを見いだすこと。

イ 電流の利用

(ア) 磁石や電流による磁界の観察を行い、磁界を磁力線で表すことを理解するとともに、コイルの周りに磁界ができることを知る。

(イ) 磁石とコイルを用いた実験を行い、磁界中のコイルに電流を流すと力が働くこと及びコイルや磁石を動かすことにより電流が得られることを見いだすこと。

(ウ) 電流によって熱や光などを発生させる実験を行い、電流から熱や光などが取り出せること及び電力の違いによって発生する熱や光などの量に違いがあることを見いだすこと。

(5) 運動の法則性

物体の運動やエネルギーに関する観察、実験を通して、物体の運動の規則性やエネルギーの基礎について理解させるとともに、日常生活と関連付けて運動とエネルギーの初歩的な見方や考え方を養う。

ア 運動の規則性

(ア) エネルギーに関する実験や体験を通して、エネルギーには運動エネルギー、位置エネルギー、電気、熱や光など様々なものがあることを知るとともに、エネルギーが相互に変換されること及びエネルギーが保存されることを知る。

(7) 科学技術と人間

エネルギー資源の利用と環境保全との関連や科学技術の利用と人間生活とのかかわりについて認識を深めるとともに、日常生活と関連付けて科学的に考える態度を養う。

ア エネルギー資源

- (ア) 人間が利用しているエネルギーには水力，火力，原子力などの様々なものがあることを知るとともに，エネルギーの有効な利用が大切であることを認識する。

2.2 教科書「中学校技術」，「理科1分野」の内容

現行の教科書，技術・家庭科技術分野（T社及びK社），理科1分野（T社）におけるエネルギーの学習に関する項目を検討するために，下記にそれらに該当する箇所を示す。

2.2.1 技術・家庭科技術分野

ア 機器の基本的な仕組みを知ること。

「T社」

- ・機器のしくみについては，卓上ボール盤で回転を伝えるしくみを取り上げている。

「K社」

- ・機器のしくみについては，卓上ボール盤を取り上げているがくわしく説明していない。

イ 機器の保守と事故防止ができること。

「T社」

- ・機器の保守点検については卓上ボール盤の点検表，導通試験，電源プラグの交換を取り上げている。
- ・事故防止については，ヒューズやブレーカ，ろう電と感電を取り上げている。また，回路計による電気の測定を取り上げている。

「K社」

- ・機器の保守点検については，卓上ボール盤の点検のしかたを例に取り上げている。
- ・電気機器の点検については，電源プラグの修理と組立を取り上げている。

ウ 製作に使用する電気機器の基本的な電気回路や，漏電・感電等についても扱うこと。

「T社」

- ・電気回路については卓上ボール盤を取り上げている。

「K社」

- ・電気回路については，はんだごてを取り上げている。
- ・漏電や感電については洗濯機を例に取り上げている。

ア エネルギーの変換方法や力の伝達の仕組みを知り，それらを利用した製作品の設計ができること。

「K社」

- ・電気エネルギーの動力への変換にモータ，光の変換に白熱電球・蛍光灯，熱への変換にはんだごてを取り上げている。
- ・伝達の仕組みについては，糸のこ盤ののこ刃の往復運動，リンク装置，カム装置を取り上げている。
- ・エネルギー変換を利用した製作品の設計については，ピンポン玉を拾うブルドーザを取り上げている。

第4章 中学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

- ・実習例として、カム装置を使ったブルドーザ、リンク装置を使ったブルドーザ、歩行型のクワガタロボット、白熱電球や蛍光灯を使ったいろいろな照明、ソーラー充電器を取り上げている。

「T社」

- ・エネルギーの変換方法は水力発電、風力発電、火力・原子力発電を取り上げている。エネルギーの変換方法は電気エネルギーを光り、熱、動力に変える仕組みを取り上げている。
- ・伝達の仕組みは歯車、チェーン伝動、ラックとピニオン、リンク装置、カム装置を取り上げている。
- ・製作品の設計については水や風の力を利用したゆらゆらトンボやヨットカー、電池を利用した導通ブザーや連絡応答ブザー、太陽電池を利用したソーラーカーや動く模型、交流電源を利用したムーディーライトやライトアップスタンドを取り上げている。

イ 製作品の組立・調整や電気回路の配線・点検ができること。

「T社」

- ・製作品の組立・調整については、くわしく取り上げていないが、実習例としてカム装置を使ったブルドーザ、リンク装置を使ったブルドーザ、歩行型のクワガタロボット、いろいろな照明、ソーラー充電器を取り上げている。
- ロボットコンテストやクリーンなエンジンの開発についての紹介をしている。

「K社」

- ・製作品の組立・調整については歩行ロボットと制御するコントロールボックスを取り上げている。
- ・これからのエネルギー変換については、人や環境を大切にするためバリアフリー、ユニバーサルデザイン、省エネルギー、リサイクルについて取り上げている。

2.2.2 理科1分野

(3) 電流とその利用

ア 電流

(イ) 電流計と電圧計

- ・配線の仕方、一端子の選び方、目盛りの読み方（電流計、電圧計）を取り上げている。
- ・直列回路と並列回路について、それぞれの時に流れる電流及び加わる電圧の測定実験を取り上げている。
- ・電流と電圧の関係についてオームの法則及び計算を取り上げている。

(ウ) 電気抵抗

- ・導体、不導体または絶縁体をプラグとコードを用いて説明を取り上げている。
- 物質の抵抗の表を取り上げている。
- ・直列回路、並列回路における、全体の抵抗の計算を取り上げている。

イ 電流の利用

(ア) 電流が作る磁界を調べる

- ・砂鉄と磁石及びコイルでの実験の写真。磁力、磁界、磁界の向き、磁力線を取り上げている。

- ・フレミングの法則のような挿絵を取り上げている。
- ・明記はされていないが右ねじの法則を図で取り上げている。
- ・モータの原理を取り上げている。
- (イ) コイルと磁石で電流が作れるのか。
 - ・コイルに磁石を出し入れして電流が流れるかどうかの実験を取り上げている。
 - ・電磁誘導，誘導電流についてを取り上げている。
 - ・モータ，スピーカ，発電機の作成を取り上げている。
- (ウ) 電力
 - ・1 Wは1 Vの電圧を加えて1 Aの電流が流れた時の電力であることを取り上げている。
 - ・熱量1 Jは1 Wの電力を一秒間使用した時に発生する熱量であることを取り上げている。
 - ・電熱線の発熱とワット数との関係の実験を取り上げている。
- (5) 運動の規則性
 - ア 運動の規則性
 - (ウ) ・電気エネルギー
 - ・熱エネルギー
 - ・光エネルギー
 - ・エネルギーの移り変わりと保存
 - (7) 科学技術と人間
 - ア エネルギー資源
 - (ア) 様々なエネルギー
 - ・エネルギー資源の利用を取り上げている。
 - ・水力発電，火力発電，原子力発電でのエネルギー変換を取り上げている。
 - ・エネルギーの有効利用を取り上げている。

2.3 調査結果

中学校技術・家庭科と理科に関する学習指導要領および教科書のエネルギーに関する内容を検討した結果，技術科の学習指導要領では，原理原則についての扱いについては，明確には記述されていない。言うならば原理原則は既習のこととして，それをどのように生活に利用しているか，又それらを利用した設計製作ということに重点が置かれている。設計に関しては，基礎的な回路を取り上げることとし，電流の流れを考えさせるようにしている。また，日常生活で活用できる実践的な技術を，学習の内容としている。簡単な修理や点検，部品交換など，安全な電気機器の利用として学習する内容となっている。

教科書を見てみると，生活への利用に関しては，身近なもの，基本的なものを取り上げ，現在の生活においてエネルギーがいかに重要であるか書かれている。原理原則については，学習指導要領では触れられていなかったが，教科書にはオームの法則などある程度は記述されている。設計製作に関しては，電気記号等，簡単な回路の設計ができ，電気回路が描けるようになっている。しかし，回路の理論的な説明や，電子部品の解説は不十分であり，

どのような働きをする回路なのか、電子部品なのかがわかりづらいと感じる。工具や回路計は基本的な使い方がわかるようになっていて、実際に教科書を参考に利用できると思う。

理科の学習指導要領では、基本的には原理原則が学習内容となっている。オームの法則、電磁誘導など電気の理論を一通り学習する形となっている。しかし、フレミングの法則など一部指導してはならないものがある。また、エネルギー資源など、生活とのかかわりについても学習できるようになっている。

教科書のほうは、原理原則の説明と、実験、観察がほぼ同じぐらいの割合となっており、原理原則を実験、観察を通して身につけさせようとしている。しかし、指導してはならない原理原則もあるため、逆にわかりにくく、説明を難しくする部分も見られる。また、理科の教科書でコラムのようなものが多く、その内容は、生活の安全や電気エネルギーを利用した製作など技術科の内容に近いものが多い。

両方の教科書を比べてみると、電流、電圧の測定の方法や、生活における電気エネルギーの利用などといったような、内容が近いものが見られた。電流、電圧の測定の方法については、技術科では、回路計を取り上げて、保守、点検からの視点であるのに対して、理科では、電流計、電圧計を用いて、原理原則の観察、実験という視点から取り上げている。生活における電気エネルギーの利用に関しては、技術科と理科の差を見ることはできなかった。

第2節 技術科におけるエネルギー教育の具体的実践

1 緒言

学習指導要領や教科書のエネルギーに関する取り扱いを踏まえ、学校現場での授業の実態を調査した。調査は、技術科と理科の学習の中で、比較的類似した学習課題である、エネルギー変換（スピーカの製作）の学習が、どのような観点で、授業がなされているかを検討した。

2 中学校技術科における実践

2.1 実践期間および対象

平成16年7月にI大学附属中学校において、第2学年29人を対象とし、1時間を配当した。本授業実践の学習指導案、学習プリントを以下に示す。

3 授業展開

3.1 単元設定の理由

これまで扱ってきた技術・家庭科（技術分野）の「電気」の内容は理科との重複が多かったことから、それぞれの教科の特徴により重複をさけるように構成され、現在の技術・家庭科では「エネルギー変換を利用した製作品の設計・製作」の中で電気の内容を扱うようになってきている。理科の「電流とその利用」等の内容を学習した後、エネルギー変換やその利用と回路の設計の学習に取り組むことによって、系統的、発展的な指導ができると考え、本単元を設定した。また、理科と技術・家庭科のつながりを考えて学習内容を整理し、重複をなくして整合性を持たせ、製作により多くの時間をかけることで、理科で学習したことが技術・家庭科に結びつき、生活に技術を役立てることができると考えた。

3.2 理科の指導内容との関連について

○技術 「A 技術とものづくり」

(5)ア エネルギー変換の方法や力の伝達のしくみを知り、それらを利用した製作品の設計ができること。

○理科 1分野 (3)電流とその利用

ア 電流 (イ)・電流計と電圧計 ・直列回路と並列回路・電流と電圧の関係
(ウ)・電気抵抗

イ 電気の利用 (イ)・発電機とモータ

(ウ)・電熱器、電球、ブザー、モータ ・電力

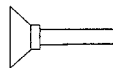
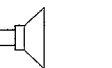
3.3 目標

電気エネルギーの変換方法や仕組みを知りその利用について考えることができる。

3.4 準備・資料

手作りモータ、モータ、可変抵抗器、安定化電源装置、回路計、手作り紙コップスピーカ、スピーカ、オシロスコープ、拡声器、扇風機、電気スタンド、学習プリント（図4.2-1）

3.5 展開

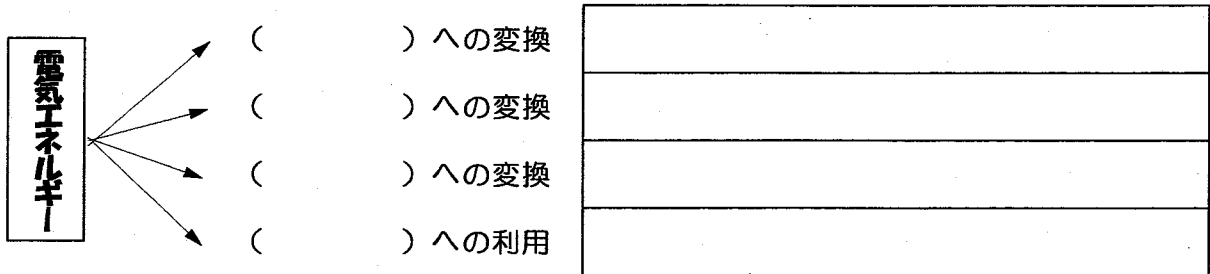
学習内容・活動	指導・評価
<p>1 本時の学習課題を確認する。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>エネルギー変換の方法とその利用について調べよう！</p> </div> <p>2 エネルギー変換の方法とその利用について考える。</p> <p>(1) <u>電気エネルギーを他のどんなエネルギーに変換して利用しているだろう？</u></p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright; margin-right: 10px;">電気エネルギー</div> <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 10px;"> <div>→ 動力への変換</div> <div>→ 光への変換</div> <div>→ 熱への変換</div> <div>→ 情報伝達への利用</div> </div> </div> <p>(2) <u>モータのはたらきとその利用を考えよう！</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 手作りモータを観察し、回転するしくみを確認する。 ○ モータの回転を調整する方法を考え、実験する。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 電圧を調整する。 ・ 電流を調整する。(ボリュームを利用) <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  </div> <p>(3) <u>スピーカのはたらきとその利用を考えよう！</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 手作りスピーカを観察し、音の出るしくみを確認する。 ○ スピーカに乾電池を接触させ、振動することを確認する。 ○ スピーカ糸電話の実験をする。 <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin: 10px 0;"> <div style="text-align: center;"> <p>電気信号</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>電気信号</p>  </div> </div> <p>(4) <u>スピーカから大きな音を出すにはどうしたらよいだろうか？</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 大きなスピーカを使用する。 ○ 電気信号を増幅する。(CDラジカセを利用) <p>3 学習のまとめ</p>	<p>・ 理科で学習している電気事象について例をあげて説明するとともに、技術の学習では、電気事象が実生活の中でどのように利用されているか考えていくことを伝えることで、学習のねらいを明確にさせたい。</p> <p>・ 電気エネルギーの利用例として、アイロン(熱)、扇風機(動力)白熱電灯や蛍光灯(光)、CDラジカセ(情報伝達)等を準備して提示する。</p> <p>【評】電気機器が電気エネルギーを他のどんなエネルギーに変換して目的を果たしているか例をあげてまとめることができたか。 (発表、学習シート)</p> <p>・ 手作りモータの観察を通して、電磁誘導によって回転していることを理科の学習をふり返らせながら確認させる。</p> <p>・ モータの回転を調整する必要がある電気機器をあげさせるとともに、ボリュームの存在に気づかせる。</p> <p>・ ボリュームによって抵抗値を変えることで電流が変化することをオームの法則から確認させる。</p> <p>【評】モータのはたらきがわかり、回転を調整することができたか。 (実験、観察、学習シート)</p> <p>・ 手作りスピーカも電磁誘導によって音が出ることを確認させる。</p> <p>・ スピーカ糸電話の実験を通して、スピーカとマイクが同じ電磁誘導を利用しているものであることに気づかせる。</p> <p>・ 音が伝わるしくみについては、実際にオシロスコープで波形(電気信号)を提示しながら説明する。</p> <p>・ 増幅器のしくみには深入りしないが、小さな電気信号が大きな電気信号に増幅されていることにふれる。</p> <p>・ 実験を通して、情報伝達の利用について考えさせたい。</p> <p>【評】スピーカのはたらきがわかり、大きな音を出すことができたか。実験、観察、学習シート</p> <p>・ 生徒の新たな気づきや疑問を大切に扱い、次時の学習につなげたい。</p>

技術・家庭科 **エネルギー変換とその利用**

2年 組()番 氏名 _____

学習課題

1 わたしたちは電気エネルギーを他のどんなエネルギーに変換して利用しているだろう
(電気機器の利用例)



2 モーターのはたらきとその利用を考えよう！
○モーターの回転を調整する方法を考えよう！

※わかったこと, 疑問など

3 スピーカーのはたらきとその利用を考えよう！
○スピーカーから大きな音を出すにはどうしたらよいだろうか？

※わかったこと, 疑問など

<学習のふり返し>

- ◆電気エネルギーを他のどんなエネルギーに変換(利用)して利用されているか例をあげてまとめることができるか。 できた
- ◆モーターのはたらきがわかり, 回転を調整することができたか。
- ◆スピーカーのはたらきがわかり, 大きな音を出すことができたか。

学習を通して気づいたこと, 感想などを書きましょう。

図4.2-1 学習プリント

4 授業実践の考察

4.1 技術で電気を扱うこと

スピーカについては、理科では「なぜ、スピーカから音が出るのか？」について電磁誘導という事象について学習するものであり、技術では、「スピーカをどのように利用するのか？」について電気機器の利用や回路の設計等について考えるものである。本時はモータとスピーカが同じような部品でできていて電気エネルギーを動力に変換したり情報伝達に利用していること、スピーカは電気信号によって音を伝えること、スピーカから大きな音を出すには増幅器が必要であることについて学習した。

生徒は理科の授業で電磁誘導の学習をしているところなのでエネルギー変換のしくみはすぐに理解できたようである。

生徒のふりかえりを見ると、なぜスピーカから音が出るのか、しくみはどうなっているのかと疑問を持つ生徒がみられ、理科の授業で意欲的に学習するものと思われる。また、増幅器のしくみを調べたいという生徒も多く、選択教科の時間に追究させるようにしたい。

4.2 技術と理科

電流の大きさが変わるとモータの回転が変わることから、「電流を変えるには？」という発問をした。生徒からは「導線を長くする」「コイルの巻数を増やす」等の意見が出された。オームの法則 ($E = IR$) について電流、電圧、抵抗の関係を提示することによって「抵抗を変える」「電圧を変える」という意見が聞かれた。オームの法則に直結して思考できる生徒は多くはなく、理科で学習した内容との関連や応用の方法については技術の授業にも指導する必要があると感じた。

理科で学習したオームの法則は実験ではわかっているけれども応用することができていないので、技術の授業で補充すれば理解が深まるであろうと考える。

4.3 指導計画、指導方法

これまでエネルギー変換の内容は、理科の学習で身に付けた知識や技能が技術の学習の基礎になっており、理科で学習したことをもとに技術で生活への利用について考える授業の流れが良いだろうと考えてきた。しかし、授業実践やその後の協議から、学習内容によっては、逆の流れで授業展開しても学習が十分成立すると考えられる。また、必要に応じて理科担当教員とのTTの形態で指導に当たることも学習の効果を高める上から今後検討していく必要がある。

第3節 理科におけるエネルギー教育の具体的実践

1 中学校理科における実践

1.1 実践期間および対象

平成16年7月、千葉県内の公立中学校において、第3学年25人を対象とした。

2 授業展開

2.1 題材設定の理由

教科書等で扱いにくい内容について観察・実験を行い、理科への興味・関心を高めることを目的としている。「身のまわり＝簡単」と、とらえられやすいが、「身のまわり」がゆえに不思議さを見逃している場合も多く、身近なもので実験が行えることは、科学的な探求能力や思考力を高める上でも利点である。また自由研究に取り組むことの困難さを感じている生徒も多いという実態も踏まえて、今回の選択理科「身のまわりの科学」を開設することとした。本選択で扱う実験内容の決定の方針は以下の通りである。①数人で短時間で実験が終了し、一通りの結果や結論が出せるもの。②条件の変化、繰り返し実験が可能で、表やグラフ処理が行いやすいもの。③危険な薬品や、高価な材料を用いないもの。④既習経験で、ある程度現象やその原因が説明できるもの。⑤生徒のアイデアが追究に生かしやすい、自由研究のヒントとなる要素を含むもの。⑥現象が不思議であったり、意外性や驚きを含みやすい科学手品的な内容。

授業展開時の基本的な方針としては以下のようなことがあげられる。①毎回、A4判レポートを提出させる。②毎回異なる内容を取り上げ、授業の最初に、方法や手順の概要を説明する。③生徒の発想やアイデアを大切にし、可能な限りその実現のために支援する。④実験器具や材料などは、生徒に自由に使えるようにする。⑤反復実験や条件を変化させ繰り返し実験を行わせる。

2.2 技術科の指導内容との関連について

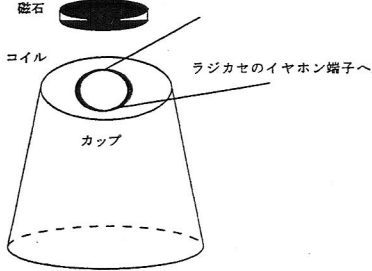
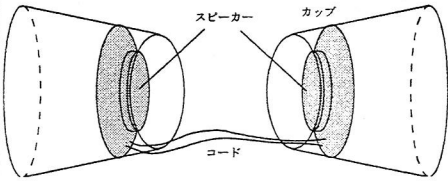
今回の授業展開に関しては技術科の指導内容「(1)生活や産業の中で技術の果たしている役割」「(5)エネルギーの変換を利用した製作品の設計・製作」が関連している。理科では「電気とその利用」、「科学技術と人間の生活」、「エネルギーの移り変わり」が今回の指導内容に相当し、理科、技術科双方に関連性が強く「エネルギー変換」など内容的に重なる部分が見られる部分である。今回、スピーカを自作し、マイクとの相互関係まで実験を通して指導することで「エネルギーを変換することで人間の生活を豊かにしていること」や「エネルギー変換の方法や機器のしくみや原理」に関して具体的かつ体感的に理解させ、学習に深みを持たせることが可能な内容と考える。また、様々な電気機器や科学技術に関する興味関心も高められると考えている。

2.3 本時の目標

- ①カップスピーカを、安全に製作できる。(技能)
- ②スピーカとマイクは、基本的には同様のしくみで磁石とコイルからできていること。
およびスピーカは電流（電気エネルギー）を振動（力学的エネルギー）に変換する

装置であることを指摘できる。(知識・理解)

2.4 本時の展開

時配	学習内容と生徒の活動	指導上の留意点・評価
5分	<p>○ワークシートを受け取り，本時の課題を確認する。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> <p>課題 スピーカをつくり，そのしくみやエネルギーの移り変わりについて実験してみよう。</p> </div>	<p>○ワークシートにスピーカ製作方法や実験方法を示しておく。</p> <p>○作業の時間差が生じるため，実験内容を最初に一通り説明。</p>
15分	<p>◇<実験1>カップスピーカの作り方の説明を聞く。</p> <p>1)準備 カップ，エナメル線（2m），フェライト磁石，セロハンテープ，単3電池，紙ヤスリ，糞虫クリップ</p> <p>2)作り方</p> <p>①コイル製作：単3乾電池にエナメル線（2m）を40回程度巻き，コイルを作る。セロハンテープで巻きがほどけないように固定。</p> <p>②コイルの固定：カップの底にコイルを固定。</p> <p>③磁石の固定：コイルの上に磁石をテープで固定</p> <p>④コイルの端の部分に糞虫クリップをつける</p> <p>○スピーカであることの確認 CDラジカセのスピーカ端子にミニプラグコードを接続して，CDを再生してみる。</p> <p>◇<実験2>カップスピーカによって電流が生じることをオシロスコープで確認。</p> <p>○結果や気づいたことを，ワークシートに記入。</p> <p>◇<実験3>2個のスピーカを直接コードでつないだもので双方向に通信する。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <p>スピーカ ————— オシロスコープ</p> </div>	<p>○カップスピーカの製作</p>  <p>エナメル線の端は，糞虫クリップをつける。</p> <p>◆カップスピーカを，安全に製作できたか<技能：目標①></p> <p>○ラジカセおよびイヤホンジャックコードを3台程度用意。 音源となるCDはリズムのはっきりしたポップスの曲を用意。</p> <p>○スピーカによって生じる電流が微弱で，検流計では無理。</p> <p>◆以下の点を指摘しワークシートに記入できたか。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・スピーカとマイクは基本的には同様なものであり，磁石とコイルからできていること。 ・スピーカは，電流を振動に変換する装置であること。 <p><知識・理解：目標②></p> <ul style="list-style-type: none"> ・マイクは，振動を電流に変換する装置であること。
20分	<p>(コードは3～10m)</p>  <p>2セット準備</p> <p>○糸電話のように通信が可能なことを確認し，スピーカとマイクは基本的に同じものであり，エネルギーの交換方向が違うことを。ワークシートに記入。</p>	<p>○スピーカによって生じる電流が微弱で，検流計では無理。</p> <p>◆以下の点を指摘しワークシートに記入できたか。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・スピーカとマイクは基本的には同様なものであり，磁石とコイルからできていること。 ・スピーカは，電流を振動に変換する装置であること。 <p><知識・理解：目標②></p> <ul style="list-style-type: none"> ・マイクは，振動を電流に変換する装置であること。
10分	<p>○<まとめ>記入したワークシートを提出。</p>	

3 授業実践を終えて

3.1 理科で電気を扱うこと

なぜ振動が電気信号、電気に変わるのかというような電磁誘導、電気事象を明らかにする。今回の内容はスピーカよりもモータの方が直接的でわかりやすいが、振動を電子誘導で行うとき、動きにおきかえるという発想が生徒には難しい。そのため音が振動であるという指導がないと、コイルがコーンを動かすということがわからず、電磁誘導とのつながりがない。

3.2 理科と技術科

技術科では手作りスピーカを作るのではなくて実際のスピーカを使用する。片方から入れば、それが電気信号になって、もう片方から同じ物となって出てくるということを学習させる。方法は違うがやっていることは理科と同じ。

信号が音になるのかはあきらかにしない。スピーカ系電話を使うと確かに聞こえるが、実用的ではない。大きな音を出したい、そのために増幅回路に進むことが考えられる。理科で先に学習した方が、事象がわかっているため技術科ではやりやすい。しかし、今回の授業を見てどちらが先でもよいと感じた。

電磁誘導などのように内容がかぶっている、または同じものがある。しかし、狙うところに至るまでの方法が互いに違う。狙いが違うならば違うストーリーが出来るのは当然である。その中でたまたま同じ内容のものもあるが、それを削ることは出来ない。

互いの内容を理解することが教科の授業の発展に重要であり、順序性を意識して行った方がよい内容もある。また逆に指導法を工夫するというで行った方がよい内容もある。電磁誘導に関しては理科が先でも、技術科が先でもよい。オームの法則に関しては理科でやっておかないと、技術科で扱えない。同じ電気であっても扱う内容によって順序がある。

4 授業実践第4章第2節と第3節の調査に関する考察

2つの授業実践を調査した結果、下記の知見を得ることができた。

4.1 指導方法について

この実践を通して技術科と理科には「理科の学習」⇒「技術科の学習」という、指導に順序性があるものと「理科の学習」⇔「技術科の学習」という、指導の順序に双方向性を持つものがあることが明らかになった。例をあげると前者はオームの法則であり、後者は電磁誘導である。

オームの法則について、理科は、電流、電圧、抵抗の関係について $E = IR$ という関係（オームの法則）を実験・観察を通して導いていく。技術科は、それを基礎として回路の設計等に応用していく。当然のことであるが、理科でオームの法則を学習していない段階で、技術で回路の設計をするのは困難である。また、回路の仕組み等、理論的に回路を学習していくことも困難である。この実践で言えば、スピーカから大きな音を出すためには、回路をどのように工夫すればよいか理論付けて説明できるようにするための基礎知識として習得しておく必要がある。そのためにも、オームの法則の学習を中学校技術科で扱うエ

エネルギー変換の学習の前にすることが望ましい。

電磁誘導については、理科で電磁誘導の理論を学習してから、技術科で生活への利用について学習する展開。技術科で生活への利用について学習してから、理科で電磁誘導の理論を学習する展開。という2つの展開が考えられることがわかった。このような場合、学習効果を高めるために、技術科の教師と理科の教師がお互いの授業の内容について共通理解を図り指導計画を作成することが大切であると考えられる。また、個々の教科として学習するのではなく、総合的な学習の時間を使って指導するという展開も考えられる。

4.2 学習内容について

両教科とも、視覚的に学習することの難しいエネルギー変換について、スピーカの製作を通して学習を進めていた。理科と技術科での違いは、理科では、電磁誘導の法則や、音の伝達といった、スピーカから音が出る原理や仕組みを実験を通して学習する授業展開がなされていた。技術科では、スピーカから出る音を大きくするために、スピーカを構成する各部品をどのように改善するかなど、スピーカの活用に関する観点で授業が進められていて、原理などには詳しくは触れていなかった。授業後に、授業担当者と協議をした結果、エネルギー変換は、基本的な原理原則、実験や実習を通して学習することが望ましいことが明らかとなった。

このことから、技術科において、エネルギー変換を学習する場合の指導過程を検討する際、理科の学習内容を考慮することが重要であると考えられる。理科の学習内容をうまく技術科の学習内容に取り入れることができれば、技術科でのエネルギー変換の学習が効果的に行えると考えられる。これらについては、次節において技術科の授業の中に、理科の学習内容を盛り込んだ学習展開を検討し、実践することにより検証を行う。

第4節 理科の内容を念頭に置いた技術科のカリキュラム開発及び授業実践

1 理科の学習を考慮に入れた技術科の授業実践

これまでの調査から、技術科の指導過程を検討する上で、理科の学習内容を考慮することが重要であることがわかった。このことを踏まえ理論と実験や実習を結びつけて学習する授業展開を検討した。

1.1 実践期間および対象

実施期間は平成16年10～12月、東京都内の公立中学校2年生32人、3年生23名を対象に技術科の実践を行った。

1.2 単元選択の理由

現在、電気の利用は、生活に必要不可欠なものであり、生活に必要なエネルギーである。電気エネルギーは、スイッチの操作ひとつで簡単に光、熱、動力に変えることができる。私たちの生活はこのようなエネルギー変換を利用し、生活を豊かで便利なものへとしている。社会でも生産、交通、通信などのいろいろな分野で利用されている。今後、電気は、これまで以上に様々な形で私たちの生活に活用されるであろう。また一方で環境へと目を向けると、現在の発電の中心である水力、火力、原子力は、限りある資源を利用し、環境に負荷を与えているということを知っておく必要があると考える。

このように生活に必要な電気について、基礎的な知識を習得し、生活に活用するための技術を習得することは、生活をより一層充実したものとするために重要であると考え。そのためには、電気エネルギーを熱、光、動力などに変換するための電気回路を理解し、エネルギーがどのように変換され、制御され、利用されているか、電気機器の仕組みや構造など、どのような原理が使われ、どのような技術で利用されているかを学習し理解することが重要である。また、限りある資源の利用を考え、電気を効率よく利用することや地球環境との関わりについて理解することは、これからの時代を生きていく上で必要であると考え。

また、生徒が電気およびエネルギーの利用について興味・関心を持つことによって、電気分野の技術者になりたいと思う生徒を育成することは、今後の社会、産業、生活の発展にもつながることと考える。

1.3 指導方法について

この授業展開は、理科で学習する原理原則から、技術科における生活への利用を、理論的な面から学習できるような内容である。また、第4章第2、3節の授業実践から得られた知見である、「電磁誘導においては、学習の順序性が双方向である」ということを考え、ものづくりと座学を同時期に行える題材であると考えた。教材は第4章第2、3節の授業実践と同様に、紙コップスピーカとした。スピーカの仕組み、音が出るのは、電磁誘導によるものであるということが学習できるような内容とした。

本来ならば、理科において電磁誘導を学習し、技術科でスピーカの仕組みを学習する。しかし、指導時期が大きく異なっていると、「スピーカ」と「電磁誘導」という、結びつ

きが感じられず、双方別々の知識として生徒の中に残ってしまう可能性がある。ならば、スピーカの仕組みを電磁誘導という原理から学習することで、最初からこの2つを結びつけて学習することによって、1つの知識として定着させることができると考えた。応用発展的な課題としての位置づけとして理科で原理原則を学習し、その応用および日常生活へのつながりという視点で、技術・家庭科でスピーカの仕組みと電磁誘導を結びつけて扱うことが、より効果的であると考えた。

1.4 学習内容について

学習内容は、あくまでも技術科の授業であるので、ものづくりを行いながら学習を進めるようになっている。スピーカの仕組みの説明の部分は、理科の授業とあまり変わらないものとなっているが、この部分をきちんと学習することにより、次に続く、スピーカから大きな音を出すにはどのようにしたらよいかという問いかけに対する、答えが容易にできるようにした。本来ならば、電流を大きくすることによって容易に大きな音を出せるのであるが、事前の実験の結果、ラジカセ等の音源を使うとボリュームを最大にしても、大きな音が出なかったため、今回は電流の大きさを調整することは考慮しないこととした。

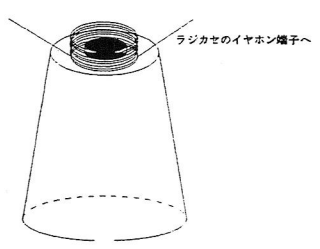
2 学習指導案

2.1 本時の目標

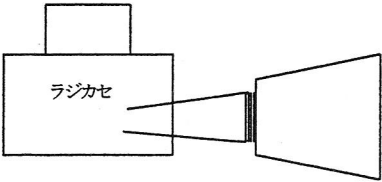
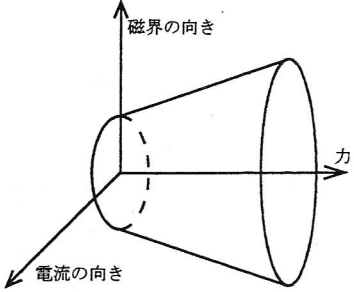
- ①紙コップスピーカを正しく製作できる。
- ②スピーカから音が出る仕組みについて理解する。
スピーカは電流を振動に変換する装置であること。
- ③工夫して、スピーカから大きな音を出すことができる。学習プリントを図4.4-1に示す

2.2 本時の展開

時間	学習内容と生徒の活動	指導上の留意点・評価
5分	・本時の課題の確認。 課題 紙コップスピーカを作り、スピーカの仕組みや効率よくエネルギーを変換させる方法について考えよう。	・プリントの配布 ・理科の電気分野での学習を思い出させ、それが生活にどのように利用されているかを考えさせるようにしたい。 ・フレミングの法則 ・右ねじの法則等
15分	・紙コップスピーカの作成 1) 準備 紙コップ、エナメル線(3m)、フェライト磁石、セロハンテープ、両面テープ、単一電池、紙ヤスリ 2) 作り方 プリント参照 3) スピーカであることの確認	・完成品の見本を見せる。ラジカセにつながり音がでるところを実演できるようならば、やってみる。 ・エナメル線の被覆がきちんとはがれていないと、電流が流れず音が出ないので、きちんとヤスリがけを行わせる。 ・できた生徒から、実際にラジカセに繋いで音を出させる。 ・ある程度の生徒ができたなら次へ進み、次の作成の時間を多くとることも考える。



第4章 中学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

		
<p>10分</p>	<p>・スピーカから音が出る仕組みについてについて</p>  <p>・電気エネルギーが情報に変わっていることに気づく。</p>	<p>・コイルに電流が流れると、磁界が発生して、それによって磁石が、引き合ったり反発することにより、振動する。 それによって紙コップの底が振動するために音が出る。</p> <p>・できればフレミング左手の法則、右ねじの法則を使っての磁界の向きや力の発生する方向にまでふれたい。</p> <p>・磁界の強さは、電流の強さに比例？するので、そのことにも触れ、次の作成のヒントとする。</p>
<p>15分</p>	<p>・紙コップスピーカの改良・作成 大きな音を出すためにはどのようにしたらよいかを考え、改良をする。</p> <p>・他の生徒と相談したり、音を聞き比べしながら、作成。</p>	<p>・大きな音を出させるには、振動を大きなものとすればよい。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1)コイルの巻き数を増やす 2)磁石の数を増やす 3)エナメル線の抵抗を小さくする。磁界を強くすることにより磁力が強くなり、振動が大きくなる。1), 2)は直接磁力を強くする方法。3)は電流を強くすることにより、磁界を強くする。 <p>・コイルの巻き数や、磁石が多くなると、その重量によって振動しづらくなり大きな音が出ないことがある。</p> <p>・コイルの巻き数、磁石の数を正確に数えさせ、ワークシートに記入させながら作業を進めさせる。</p> <p>・随時、気づいたことなども記入させる。</p>
<p>5分</p>	<p>・まとめ ワークシートの提出</p>	<p>・電気エネルギーが情報に変わっていることを気づかせる。</p> <p>・テレビやラジカセのボリューム調整がどのような仕組みになっているのかについて触れ、スピーカから音の出る仕組みについてのまとめとする。</p>

年 組 氏名 ()

紙 コ ッ プ で ス ピ ー カ を 作 ろ う

今回は、紙コップでスピーカを作ってみたいと思います。その中で、スピーカから音が出る仕組みを知り、エネルギー変換について考えよう。

紙コップスピーカの製作

1) 準備：紙コップ、エナメル線、フェライト磁石、両面テープ、単1乾電池、紙ヤスリ

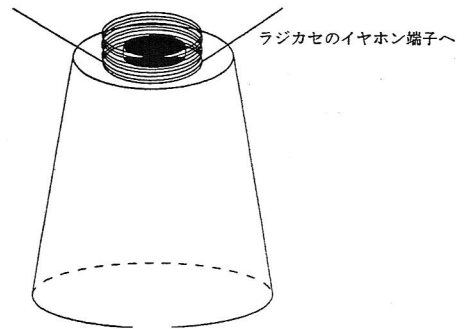
2) 作り方

①コイル製作：単2乾電池にエナメル線を30回巻き、セロハンテープで巻きがほどけないように固定して、コイルを作る。エナメル線の両端を紙ヤスリで磨く。

②磁石の固定：カップの底に、両面テープを十字に張る。

カップの真ん中に磁石を固定する。

③コイルの固定：カップの底に磁石を囲むようにしてコイルを固定する。



3) 音を出してみる

①エナメル線の両端をミニプラグコードに接続し、ラジカセのスピーカ端子に接続してCDを再生し

たり、ラジオ放送を聞いたりしてみよう。

スピーカの仕組み

スピーカから大きな音を出そう：スピーカから大きな音を出すためには、どのような工夫をしたらよいだろうか考えて、作ってみよう。

工夫したところ。音の大きさはどうなったか？

— コイルの巻き数 —

— 磁石の数 —

図4.4-1 学習プリント

3 授業実践に関する考察

3.1 第2学年32名に対する実践

授業前アンケートを行いどのような学習状況か調査した。電磁誘導は学習していると回答した生徒が多かった。スピーカの仕組みを知っている生徒はほとんどいなかった。

スピーカの仕組みを学習することを伝えると、身近なものでもスピーカが製作できることに興味を持つ生徒が多く見られた。

スピーカの動作原理についての学習は理科を意識して、電磁誘導によって動作していることを確認した。電流の向きと磁界の向き、それによって発生する電圧の向き、というフレミングの法則についても軽く触れ、音の出る仕組みについて説明を行った。

製作段階では手順通りに製作していたが、コイルと磁石を紙コップにつける際に、両面テープで何重にも巻いて固定する生徒や、磁石とコイル両方をテープで巻いてから固定する生徒などが見られた。これは、音の伝わる仕組みとスピーカの動作原理の両方を意識させて製作することができなかつたことによるものだと感じた。

全員がスピーカを製作し、動作させることができた。しかし、どのようにボリュームを調節するのか、雑音を消すにはどうしたらよいのか、もっとはっきり聞くにはどうしたらよいのか、などについてはあまりふれることができなかった。

授業後、何人かの生徒が授業後に残り、磁石を増やしたらどうなるのか、コイルの数を増やしたらどうなるのかなど、すぐにできることを実験していた。授業中にもふれて実験させたのだが、少しペースが速く、スピーカの動作確認から、その次の実験までほとんど時間がとれなかつたことが原因だと思う。できれば生徒からの意見より実験に発展するようにしたい。そうすることによって、自発的に実験する生徒が増え、より知識や体験の定着につながると思う。

3.2 第3学年23名に対する実践

スピーカの仕組みを理解している生徒は少なく、コイルと磁石が用いられているということを知っている生徒もほとんどいなかった。導入の時点で電磁誘導について学習したかを尋ねたところ、ほとんどの生徒が学習していると回答した。しかし、アンケートの結果から電磁誘導は、学習していても説明することなどはできないことがわかった。

本時の導入では簡単な図を用いて電磁誘導にふれた。スピーカの仕組みを図によって説明し、音の伝わる仕組み等と関連づけ説明した。

実際製作するときには電磁誘導が生じるということ意識させ製作させた。しかし、スピーカの仕組みを理解している生徒がほとんどいないために、磁石にコイルを隙間なく巻き付ける生徒などが見られた。スピーカの仕組みについてもっと触れることが必要だったと感じた。

今回は音が出ているかを確認させるために、スピーカをPCにつなぎCDの音を聞いた。生徒たちは製作したスピーカではボリュームの調節ができないためどのようにしたら音を大きくできるのかに興味を持っていた。そこで「磁石を増やす」「コイルを多くする」などの案が出ていて、実際に実験する生徒もいたが、あきらめてしまう生徒が多くみられた。

ほとんどの生徒がスピーカを製作、動作させることができた。しかし、音が出た時点で終わってしまう生徒が多く見られた。授業内容や教師の働きかけを工夫する必要がある。

第4章 中学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

授業後にアンケートを行ったが、いい加減につける生徒が多く見られた。アンケートでも各自に任せてやるのではなく、授業と連携のとれた学習プリントとして使えるものの方がより有効な回答がとれると感じた。特に感想などは授業が終わってしまうと、どのようなことを目的とした授業か忘れてしまう生徒や、やる気のなくなってしまう生徒が多くみられた。感想を書かせるタイミングなども考慮する必要がある。

4 結言

第4章では、理科と技術・家庭科における、エネルギーに関する取り扱いについて学習指導要領と教科書の調査を行った。これらのことを踏まえて、各教科でのエネルギー教育の実践を検討した。その結果、理科と技術・家庭科の学習内容には、表面的に似たような学習を行っているように見える部分もあるが、教科の目的が異なっている。そこで、両教科の目的を十分に認識した上で、エネルギー教育の視点で授業内容を再構成し、授業展開を検討した。その実践の結果、エネルギーに関する興味・関心を高めることができ、新しい社会へ参画する態度の育成が推進されたと推察できる。

第5節 風力発電と太陽光発電を学習する教具の開発

1 緒言

今日我が国では、数多くの工業製品が生活を豊かにし、新たに開発される機械などは目的の仕事の速く正確に処理することを支援する。これらの生産技術は、生活を快適にする反面、使い捨て文化を生み、環境・エネルギー・資源問題を引き起こす要因を作り出している。また、生産活動の機械化やIT化に伴い、熟練工が姿を消しつつあり、労働コストの低いアジアなどの周辺諸国へ工場を移転することにより、日本からものづくりの精神や環境が失われつつある。

新学習指導要領¹⁾における中学校技術・家庭科の「技術」分野には、“環境問題をはじめとする今日的な諸課題を解決するために、技術が果たす役割について学ぶこと”“ものづくりの精神は、日本経済を支えるとともに、個人のよりよい生き方にも通じること”を学習させる課題が設けられている。技術・家庭科では、実践的・体験的な学習活動を通して、基本的な技術を体験・修得するとともに、今日の生活と技術の関わりや先人が築きあげた技術とその精神を伝えることも重要であると考え。そこで、技術・家庭科の教科書^{2),3)}に記載のある、近年開発が進められている新エネルギー技術（太陽光発電，風力発電，燃料電池，ハイブリット自動車など）を学習課題に取り上げ，エネルギー変換の仕組みを実験を通して学習する教具の開発を試みた。教具開発の目的は，エネルギー変換の仕組みを正しく理解させ，さらに環境・エネルギー・資源問題と技術の関係についての視野を広げさせることとした。

2 エネルギー変換教具の開発

2.1 スーパーキャパシタを充電装置に用いたエネルギー変換学習教具A

太陽電池を利用した教育実践^{4)~8)}は様々あるが，充電装置に半導体を活用した教具の報告は見あたらない。そこで，教具の開発目的は，自然界にあるエネルギーを電気エネルギーに変換し，各種負荷の動作させる実験を通して，発電した電気が必ずしも安定しないことを学び，電気を蓄える必要性と蓄電の難しさを学習することとした。

図4.5-1に示す教具Aは，手回しの発電機や太陽電池（15mm×34mm：アモルファス：1.5V-11.5mA）からの電気を各負荷に取り付けて，各種動作させるまでの過程を学習するものである。手回し発電機は，ハンドルの回転をギヤを用いて回転数を上げ，発電機（RE:140）に動力を伝達している。教具A本体（150mm×180mm）に取り付けた負荷は，LEDと豆電球（光），D.C.モータ（動力），ブザー（音）など，中学生の身近にある素材を用いた。中学生が電気の流れを視覚的に学習できるように，これら各種負荷の端子に，みのむしクリップを介して電気エネルギーを供給できるようにしている。発電した電気エネルギーを蓄えるために，スーパーキャパシタ（SUPER CAPACITORS：電気二重層コンデンサ）を取り付けた。通常は，充電装置として，Ni-Cr蓄電池を用いる場合が多いが，その場合は過充電を検知する装置や逆流防止装置などが複雑になるため，小型で安価なスーパーキャパシタ⁹⁾（FM0H223Z，5.5V-0.022F）を用いた。スーパーキャパシタは，アルミ電解コンデンサと比較して，内部抵抗が大きく，リップル吸収用などの交流回路には利用できない反面，充電時間が数秒でよいことなどから，直流回路の電源バックアップなどの二次電

池として活用できる。また、Ni-Cr電池と比較して充放電寿命が長く（Ni-Cr電池では約300回、スーパーキャパシタでは無制限）、液漏れなどの恐れもなく、少量の電気の充放電に適している。生徒は、発電した電気エネルギーをみのむしクリップで各種負荷に直接接続することにより、回路を意識することなくその動作を確かめることができる。

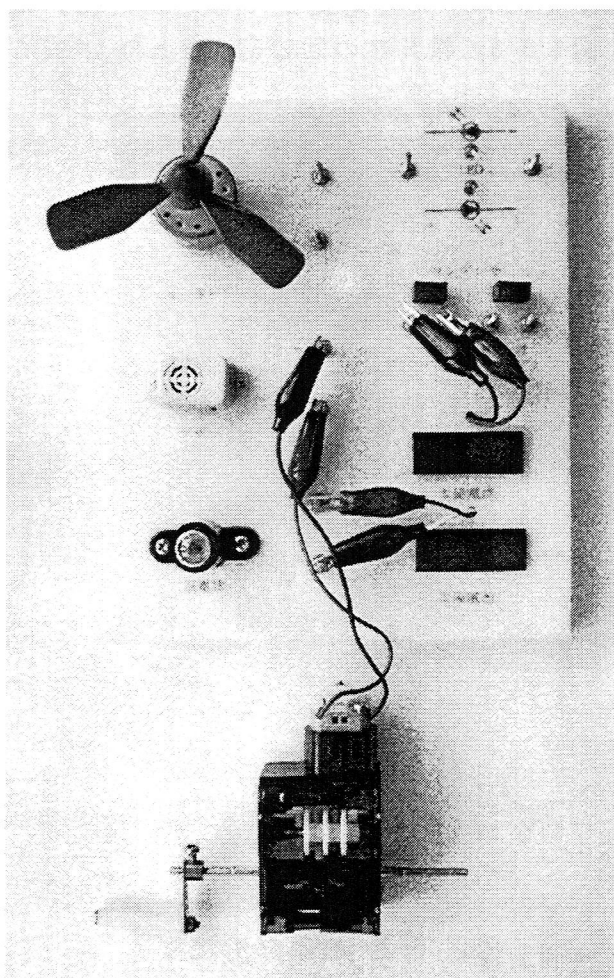


図4.5-1 教具Aの概要

2.2 風力発電・太陽光発電のハイブリッド型充電教具B

クリーンエネルギーとして太陽光発電と並ぶものに風力発電があげられる。EUではエネルギー政策として風力発電を積極的に推進しており、日本でも各市町村に施設の数が増えてきている。また、個人住宅でも設置可能な小型の風力発電装置も開発されており¹⁰⁾、太陽光発電とともに注目されている新エネルギーの一つである。このような社会的背景を踏まえて、中学生が容易に風力発電の原理を学習できる教具Bの開発に取り組んだ。本教具は、風力でプロペラを回転させ、そのプロペラ軸に発電用のモータが取り付けられている。本教具に使用したモータは、小さいトルクでも回転する太陽電池用（1.5V-400mA）のものを利用した。また、効果的に風力を得るために、風が吹く方向にその向きが変わるように、尾翼を持つ風向計装置を製作し、本体をピボット軸受けで支えて発電装置に取り付けた。また、風のない状態でも充電できるようにするため、太陽電池を併用し、風力と

第4章 中学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

太陽光の両方で発電・蓄電できるハイブリッド構造とした。発電された電気エネルギーは、蓄電池に充電されると同時に、本体に取り付けられた電圧計で現在の発電状況をリアルタイムで測定できる。また、この電圧計はロータリースイッチの切り替えで、蓄電池の充電状態、太陽電池の発電状態も確認できるようにしてある。教具には負荷を取り付ける端子を設け、その負荷に流れる電流についても測定できるように、電流計も併設してある。図4.5-2に教具Bの概要、図4.5-3に教具Bの回路図、表4.5-1、表4.5-2に基本特性を示す。

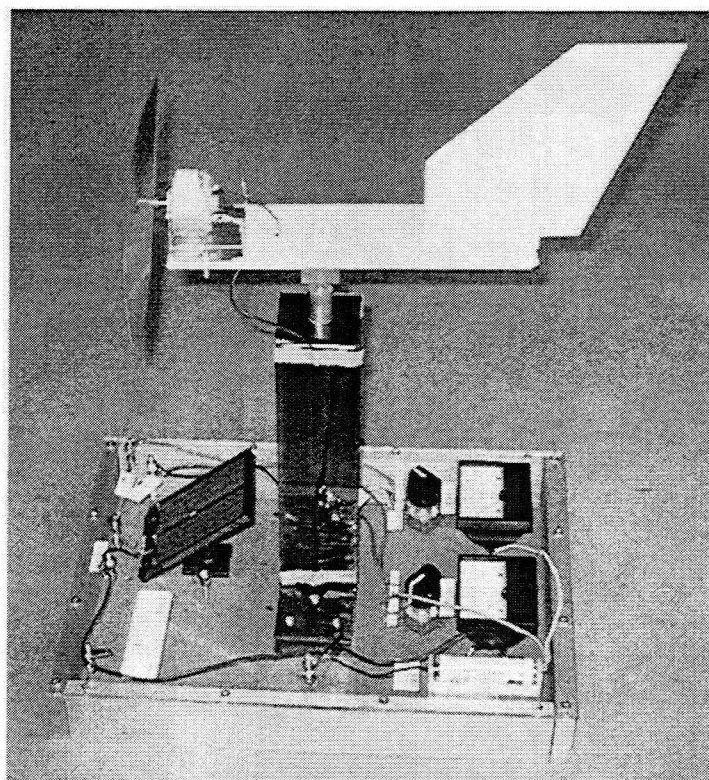


図4.5-2 教具Bの概要

表4.5-1 太陽光発電による出力特性

測定場所 (晴れ)	照度 (lx)	起電圧 (V)	充電電流 (mA)
屋内 廊下側	250	1.4	微量 (1mA以下)
屋内 中間	650	1.4	微量 (1mA以下)
屋内 窓際	4000	1.9	4
屋外 日陰	27000	2.0	13
屋外 日向	70000	2.2	40
蛍光灯15W, 30cm	1800	1.6	微量 (1mA以下)
白熱灯100W, 30cm	2700	2.0	10

表4.5-2 風力発電による出力特性

送風条件	距離	風速 (m)	電圧 (V)	充電電流 (mA)
扇風機 (弱)	120cm	4.0	0.8	微量 (1mA以下)
"	(弱) 50cm	7.5	1.6	9
"	(中) 50cm	8.5	2.4	30
"	(強) 50cm	10.0	3.0	55

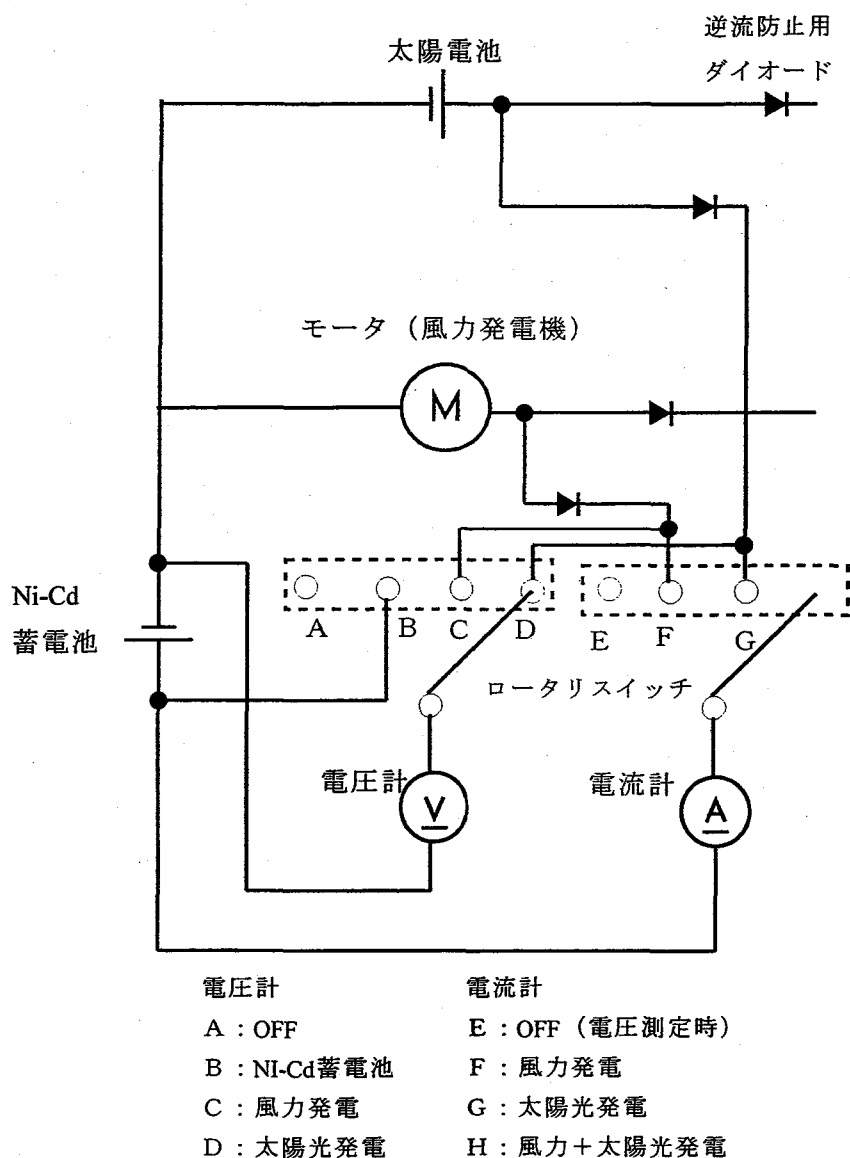


図4.5-3 教具Bの回路図

3 授業実践

3.1 調査対象および学習課題

授業実践は、公立中学校3年生2クラスで、男子37名・女子38名、合計75名を対象にして、技術・家庭科の「技術とものづくり」の学習の中で、2単位時間（50分×2コマ）を配当し実施した。学習課題は、「新エネルギーの変換技術について学習しよう」と設定した。

3.2 授業展開

第1校時は、事前アンケートを行い、次に太陽光発電の歴史と原理を説明し、教具Aを利用して太陽光発電の特徴について実験を通して学習した。第2校時は、風力発電の歴史と原理を説明し、教具Bを利用して各種条件による風力発電の計測実験を行った。また、教具Bに取り付けられている太陽電池の仰角を調整し、風力と太陽光の両方で発電できる最大の発電量を測定した。最後に、環境問題やエネルギー問題と、太陽光発電や風力発電などの有効利用について話し合いを持った。授業終了後に事後アンケートを取った。授業で行った基本的な実験と学習内容を下記に示す。

[第1校時]

(1)新エネルギーの事前アンケート調査

(2)太陽電池の歴史と原理について学習

(3)テスタと照度計による測定実験

機器の保守点検のために必要なテスタの使い方について、本教具を通して学習する。発生電圧、負荷電流の測定と、照度計を併用した光量と発生電圧の関係を調べる。

(4)太陽電池のエネルギーを直接利用する実験

パネル上の4つの負荷は、接続されずにそれぞれ独立しており、みのむしクリップで簡単に接続できるように端子を設けてある。最初は、太陽電池を直接各負荷に接続する実験を行う。室内の明るさでは、LEDは点灯するが、モータは2個の太陽電池を直列につないでも回転しない。窓際の太陽光が直接あたっているところではモータは回転する。また、太陽電池への光量を減らすと、モータの回転数は減少し、LEDの光量は減少することから、光の量が発電量に影響していることを学習する。ただし、豆電球、ブザーは動作しないことを確認する。

(5)手回し発電機のエネルギーを直接利用する実験

手回し発電機を直接LEDに接続する。太陽電池同様に直流が発生し、一方のLEDのみが点灯する。逆回転をすれば、もう片方のLEDが点灯する。モータも手回し発電機の回転方向に準じて正転逆転する。ここで、発生した電気の極性（直流の+-）を確認する。回転数を上げれば、豆電球が点灯する。ブザーも、回転数を上げると音が出るが、きれいな音が出ないことを確認する。

(6)蓄電の必要性を確認する実験

太陽光は季節や天候によって変化するので、安定的に負荷にエネルギーを供給するためには、電気を蓄える（蓄電）必要があることに気づかせる。スーパーキャパシタに太陽電池で発電したエネルギーを充電して、負荷を動作させる。この実験では、現在の技術力では、電気を効率よく蓄えるには解決すべき課題が多いことを自然放電や蓄電効率を通して

学習する。また、手回し発電機で作った電気は、電圧が一定しない脈流なので、ブザーにつないだ場合は、音が途切れる現象が生じる。しかし、スーパーキャパシタを仲介すると、一時的に電気が蓄えられ、電圧が安定するので、ブザー音はきれいに再生できることを学習する。

[第2校時]

(1) 風力発電の歴史について学習

(2) 風力発電の仕組みを学習

中学生は、モータに電気を流すことによりモータが回転することはすでに学習しているが、モータを外力で回転させることで電気が作られることは認識がなされていない。そこで、モータの回転軸に取り付けられたコイルが永久磁石の磁界内を回転すると電磁誘導の作用によりコイルに起電力が生じ、発電機になることを、本教具で実験を通して学習する。

(3) 教具Bの電気回路の確認

教具Bの構造や各 부품の役割を学習する。本教具は、充電（太陽電池→Ni-Cd蓄電池、風力発電→Ni-Cd蓄電池）用の回路、電流測定用の回路、電圧測定用の回路の3つの回路が設けられている。そこで、本教具の各種回路を生徒自身が調べ、回路図をかく学習を行う。一見複雑に見えるが、配線が教具上面になされているので確認しやすく、単純な回路の集まりであることが認識できる。また、回路の区別をしやすくするために導線の色を変え、パネル裏に回り込んだ配線を見やすくするために透明の亚克力板を使用するなどの工夫がなされているので、正確に回路を読みとる学習ができる。

(4) 計測実験

本教具は、直流電流計と直流電圧計が組み込まれており、ロータリースイッチで回路の切り替えができるので、各条件下による太陽電池と風力発電の電圧と電流を測定する。

(5) ハイブリッドの必要性

本教具の風力発電装置での発電量は、小さいものである。実験では扇風機を用いて発電実験を行ったが、日常吹く風だけで発電することを想定すると、極わずかなエネルギー供給にしかすぎない。自然界のエネルギーを効率よく利用することを考えた場合、太陽光発電との併用についても検討させる必要がある。

(6) 充電装置のまとめとインバータの必要性

充電装置に関する学習事項は、その種類（鉛蓄電池、Ni-Cd蓄電池、ニッケル・水素蓄電池、スーパーキャパシタなど）、構造（安全弁など）、乾電池との違い（乾電池を充電することの危険性など）などである。また、蓄えた電気を家庭内で利用するためには、インバータを利用して直流を交流に変換する必要があることを見つけさせる。

(7) 新エネルギーのまとめと、エネルギー問題や環境問題についての考察

新エネルギーの長所と短所のまとめを行い、これからの普及について話し合う。また、自分たちができる省エネルギーについて発表する。

(8) 事後アンケート調査

以上の授業展開で授業実践を行い、事後アンケートを取った。

3.3 アンケート調査の手続き

授業に先立ち、新エネルギーに関する知識の事前調査を質問項目1～10（表4.5-3）を

第4章 中学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

用いて行った。回答は、質問項目1～6については、「はい」、「いいえ」、「どちらとも言えない」、「分からない」の選択とし、それ以外は、自由記述とした。事前調査終了後、授業実践を実施した。実験授業が終了した直後に、同一質問項目1～11を用いて事後調査を行い、授業前後の意識の違いについて調べた。

表4.5-3 アンケート質問項目

1. 太陽光発電は火力発電に比べてクリーンですか。
2. 風力発電は火力発電に比べてクリーンですか。
3. 太陽光発電は安定した電力の供給ができますか。
4. 風力発電は安定した電力の供給ができますか。
5. 発電した電気を蓄える必要がありますか。
6. 日本では風力発電と太陽光発電のどちらの方が多くの電気を作っていますか。
7. エネルギー問題に興味・関心がありますか。
8. 日本では新エネルギーの総出力（発電量の合計）が少ない理由を知っていますか。
9. 太陽光発電がどのようにしたら普及すると思いますか。
10. 風力発電がどのようにしたら普及すると思いますか。
11. 今日の授業の感想を書いてください

5.1 生徒の反応

教具を使用した各種の実験も班員の協力で、「操作をする生徒」、「測定をする生徒」、「記録を取る生徒」と役割分担をして比較的短時間に実験を進めていた。また、実験を進める過程で、太陽電池表面の温度が上昇すると開放電圧が徐々に低下することを見つけることができたグループも複数あった。

モータを回転させる実験では、太陽電池を太陽に垂直に向けないと回転しないことや、雲が太陽を隠すとモータは止まってしまうことを経験することによって、安定した発電が難しいことを学んでいた。

豆電球の実験では、太陽の光を十分に受けないと点灯しないことが分かり、発電所として利用するには広大な面積が必要であることを学んでいた。そのため、海上や宇宙という発展的な意見を出す生徒も見られた。また、明るい時には電球をつける必要がないので、夜まで電気を蓄えるための蓄電池が必要であることを指摘できる生徒も多数見られた。このように、各種実験を進める中で、太陽の膨大なエネルギーを実感するとともに、今後解決しなくてはならない課題を学ぶことができたと推測される。

教具Bの風力発電で発生する電気エネルギーは予想以上に小さく、効率よく発電するためには、大型の装置と強い風が必要であることを実験を通して学習していた。

環境問題とエネルギーの有効利用については、太陽光発電や風力発電はクリーンであることは理解していても、実用的な発電効率を考察すると、解決すべき課題が多いことを学んでいた。

6. 結果および考察

表4.5-4は、質問1～10の授業前後のアンケート結果の正答率、もしくは「はい」と回

第4章 中学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

答したものの割合を示したものである。事前調査の質問項目1～4においては、正答率が85%を越えており、本授業以前に学習してきたことが正しく理解されていることがうかがわれる。しかし、質問項目5～8については、正しい知識が身につけていないことが明らかになった。

授業後においては、全ての項目で正答率が90%を越えており、所期の目的が果たせたとと言える。特に授業前の正答率の低かった項目を見ると、質問項目5の「蓄電の必要性」は、安定した電力の供給という観点を持ち合わせていないと気がつきにくい項目である。しかし、太陽光、風力の開放電圧の測定を通して蓄電の必要性を学び取り、電気を蓄える技術の難しさを理解していた。

質問項目6の「発電量の比較」は、中学生は日常経験において、太陽電池などを見る機会が多いために、太陽光発電の方が発電量が多いと答えていたが、統計資料¹¹⁾から日本国内においては風力発電の方が発電量が多いことを学習していた。

質問項目7の「エネルギー問題に興味・関心がありますか」の質問に対しては、各種実験や日本のエネルギー事情を示すデータを学習することにより、エネルギー問題は、自分たちの身近な課題であることを理解したことにより、興味・関心の度合いが高まったと思われる。

質問項目8の「新エネルギーの総出力が小さい理由」を授業前に明確に答えられた生徒は少数で、日本国内での新エネルギー全ての合計が1%程度であることに対しては、驚きを表していた。新エネルギーは、長所だけが先行して宣伝されているが、効率やコスト等課題が多いことを学習していた。

質問項目9、10の「新エネルギーの普及について」は、授業前では具体的な意見をほとんどの生徒が書けなかったが、授業後は90%の生徒が自分の考えた具体的な措置について答えられるようになった。特に多い意見として、「太陽電池の値段を下げればよい」、「国が新エネルギーに対して補助金をつければよい」、「もっと効率の良い太陽電池、風力発電機を開発する」、「風車の羽根車やポールに太陽電池を取り付けてハイブリットにする」など、これからの新エネルギーの普及には、不可欠な意見が多数見られるようになった。

表4.5-4 調査結果

	問1		問2		問3		問4		問5	
	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後
正答率	93	100	88	100	89	98	85	98	47	97
	問6		問7		問8		問9		問10	
正答率	16	95	25	90	5	95	1	90	1	90

(前：授業前，後：授業後，正答率の単位は%)

5 まとめ

本実践では、自然界のエネルギーが現代社会の共通的能量である電気に変換される過程を、体験しながら学習できる教具の開発を試み、授業でその効果を確認した。中学生は新エネルギーを、クリーンで容易に発電できると安易に捉えがちであるが、この教具

第4章 中学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

を活用した実験を通して、新エネルギーの様々な課題点を学習することができた。また、社会的な課題である環境・エネルギー・資源問題に視野を広げ、自分たちのエネルギー消費について考察する取り組みに発展することができた。

今後は、教具のより有効的な活用方法を検討するために複数校での授業実践を行い、本教具の改善や活用法の研究を続けていきたい。

文献

- 1) 文部省：中学校学習指導要領（平成10年12月）解説－技術・家庭編－，東京書籍（1999）
- 2) 間田泰弘，中村祐治：技術・家庭 技術分野，開隆堂出版（1997）
- 3) 石田晴久，加藤幸一，他：新しい技術・家庭 技術分野，東京書籍（1997）
- 4) 志村雅史，永倉一郎：パソコンを用いた太陽電池の特性評価，群馬大学教育実践研究，第9号，pp.93-111（1992）
- 岡 敏博，垣見弘明：太陽電池を利用した動く模型の開発，奈良教育大学教育実践研究指導センター報告，第1号，pp.1-14（1992）
- 5) 大倉宏之，須見尚文，上田 整；ソーラーエネルギー変換教材のための太陽追従装置の開発とその応用，日本産業技術教育学会誌，Vol.35，No.2，pp.141-147（1993）
- 6) 山本利一，牧野亮哉：太陽光発電を学習する教具の開発，日本産業技術教育学会誌，Vol.40，No.3，pp.147-153（1998）
- 7) 山本利一，牧野亮哉：太陽光発電システムの教材化と授業実践，日本産業技術教育学会誌，Vol.42，No.4，pp.183-188（2000）
- 8) スーパーキャパシタ，NEC/TOKIN，Vol.01（2002）URL：http://www.nec-tokin.net/now/product/pdf_dl/super_cap.pdf
- 9) 清水幸丸：風力発電技術，パワー社（1999）
- 10) 資源エネルギー庁：日本における風力発電導入量の推移（2000）URL：<http://www.enec.ho.meti.go.jp/>

第5章 高校生及び大学生を対象としたエネルギー教育推進の手立て

第1節 太陽電池や燃料電池を活用した基礎実験の提案

1 緒言

近年、「地球の温暖化」、「温室効果」、「環境破壊」、「排気ガス」などの問題が、社会的に注目されている。これらの課題は、私たち人間の生活を豊かにすることと引き替えに、我々が生み出した問題である。

その中でも、エネルギーに対する関心は、比較的高く、様々な研究がなされている^{1),2)}。その中のひとつに「再生可能資源の活用によるエネルギー製造」がある。具体的には、「燃料電池」、「太陽電池」、「風力発電」、「水力発電」などで、風力や水力は、何世紀にもわたって我々の生活を支援してきた動力源である。今日では、風力や水力のエネルギーを電気エネルギーに変換し活用している。これらに付け加え、近年では、太陽光や物質の化学変化をエネルギー源として活用する研究^{3),4)}が進められるようになり、私たちの生活を支えるようになりつつある。これらの背景を基に、学校教育でも、これら新エネルギーについて学習する必要があるが生じていると推察される^{5),6)}。そこで、本報では、太陽電池と燃料電池を活用した学習教材の開発と効果的な指導方法を検討することとする。

2 新エネルギーの特徴

2.1 太陽電池の特徴

太陽電池は、太陽の光を電気エネルギーに変換する「太陽光－電力」変換装置である⁷⁾。太陽電池は、P型半導体とN型半導体から作られており、光があたると各半導体に電位差が発生し、電流が流れる光起電効果の応用である。製造工程は、N型半導体をベースとし、その表面にリン(P)を拡散してP型半導体を作り、PN接合を形成している。これらの面が光を受光すると、太陽電池内部で-の電子と+の正孔がそれぞれ発生する。この+の正孔と-の電子が太陽電池の+極と-極にそれぞれ集まり、+極と-極の間に電位差が生じ、電気を作りだしている⁸⁾。しかし、乾電池のように、電気を貯える蓄電機能は備えておらず、受光する光の量に応じて、発生電力が変化する。また、発生電流は直流である。

太陽電池の主な長所は、①太陽光は無尽蔵で枯渇がなく、エネルギー源にコストを必要としない、②光から電気へ直接変換するため、可動部分がなく、騒音、振動や有害排出物がなく公害の心配がない、③変換効率がシステムの大小にかかわらずほぼ一定で、必要に応じてエネルギーを取り出せる、などである。その反面、短所として、①太陽エネルギーの大きさが昼夜、天候に左右され不安定である、②太陽電池パネルが高価である、③太陽エネルギーの密度が低く、変換効率の関係もあって、必要面積が大きい、などであり、これらの特徴を留意して、活用する必要がある⁹⁾。

2.2 燃料電池の特徴

燃料電池の分類は、化学電池に分類されるが、乾電池のような一次電池や、ニッカド電池のような2次電池とは異なり¹⁰⁾、その他の電池（燃料電池・新エネルギー）として扱われる。

燃料電池は、水素(H₂)と酸素(O₂)を結合させ、電気を作り出すもので、「水の電気分解(水に外部から電気を通して水素と酸素に分解する)」とは逆の原理で発電する。水の電気分解と燃料電池内で生じる反応の模式図を図5.1-1に示す。図5.1-1に示すように、燃料電池は、水の電気分解の反応とは逆で、水素と酸素を化学反応させて電気を発生させている。一般的な燃料電池では、酸素(O₂)は、空気中にあるものを利用し、水素(H₂)は、天然ガスなどから取り出し活用することが多い。

特に、近年では、自動車の動力源として活用されるようになり、TVコマーシャル等でも放映されることから、生徒においても、それらを耳にする機会が増えている。また、これらを実験する装置が比較的安価で入手できるようになりつつある。

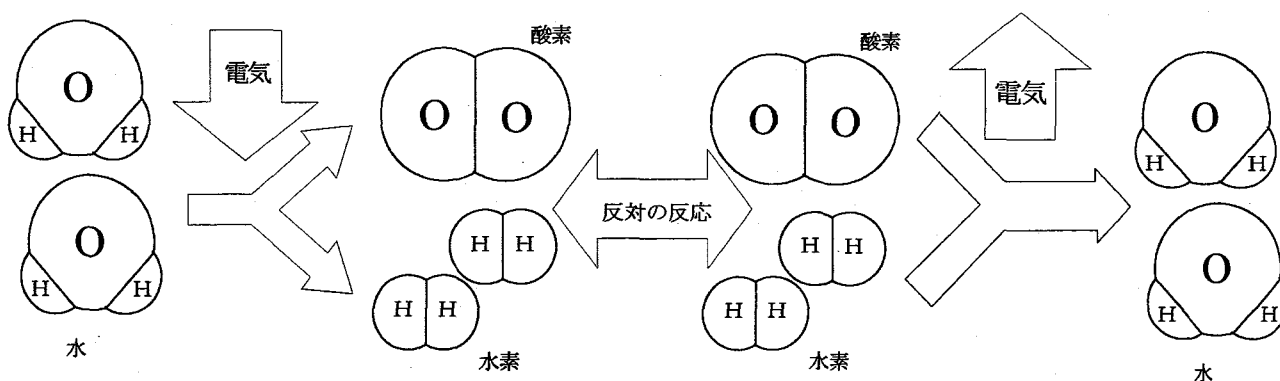


図5.1-1 燃料電池内で生じる反応の模式図(左が水の電気分解, 右が燃料電池)

3 太陽光電池を活用した学習可能な基礎実験

3.1 太陽光電池の発生電圧と発生電流の測定実験

太陽光電池の電圧を測定する場合は、太陽光電池出力端子に並列に回路計を接続する。電流を測定する場合には、太陽光電池に対して直列に回路計を接続する。

しかし、太陽光電池の発生電流と発生電圧は光の受光強度により、電流と電圧がともに変化する。そこで、これらの実験を行う場合は、光源の光度を一定に保つことが望まれる。本実践では、光源として白熱電球(100V-60W)を用い、太陽光電池から約10cmの位置に定め、各種計測を行った。その結果、電圧は無負荷で2.8V、負荷をかけた場合2Vとなった。負荷を入れることで、電圧降下が生じている。同様に、電流値の測定は、無負荷の状態では140mA、負荷を直列に入れた場合では50mAとなった。このように、測定電圧や測定電流が各条件で異なるため、実験する際には、各条件を一定に定めて実験するよう配慮する必要がある。

さらに、本実験で注意すべきことは、太陽電池表面の温度である。表面の温度が上昇すると、発生電圧および発生電流は減少するので(太陽電池の特徴)¹⁰⁾、実験は速やかに行うように指導する必要がある。

3.2 太陽電池—変換効率

太陽電池の特性の中で、最も重要となるのが「変換効率」である。この変換効率は η (ギリシャ文字: ミュー)で表し、最大出力とそのときの日射強度(Lx)の商で求めることができる。図5.1-2に出力電圧と出力電流(最大動作点: 負荷抵抗値)の関係を示す。グラフ

の四角形が、最大発生電力を示す。

変換効率(η)

$$= \text{最大出力 (W)} \div \text{日射強度 (W/m}^2\text{)}$$

面積 1 cm^2 のセルに垂直方向から光エネルギー $P = 100 \text{ (mW/cm}^2\text{)}$ の光を当てたとき、最大電力 $W = 10 \text{ (mW)}$ が得られるなら、このセルの変換効率は10%となる。この値は1枚のセルの場合であるからセル効率と呼ばれる。複数のセルを接続して器に収めた太陽電池モジュールの場合にはモジュール効率という。

もし変換効率が1なら、日射強度がすべて出力に変換されたということになる。しかし、実際の太陽電池の変換効率は、8~19%程度である。

セル効率は太陽電池の種類によって異なる。2003年の技術では、シリコン太陽電池の場合、単結晶タイプが15~19%、多結晶タイプが12~17%、アモルファスタイプが8~12%であり、これらの効率は、技術の革新と共に向上している。

太陽電池の最大出力を求めるには、出力電圧と出力電流の積でそれらを求めることができる。そこで、太陽電池の最大出力から、適切な負荷抵抗を導き出し、実験値をグラフ化することによりこれらを求める必要がある。

$$P(W) = E(V) \times I(A)$$

この電力の学習は、中学校理科第1分野の「電気エネルギー」で履修する内容であるため、物理を履修しなくても本来できる内容であるが、再確認の必要がある。

本実践で活用した、太陽電池と燃料電池の材料を図5.1-3に、それらを使った自走カーを図5.1-4に示す。

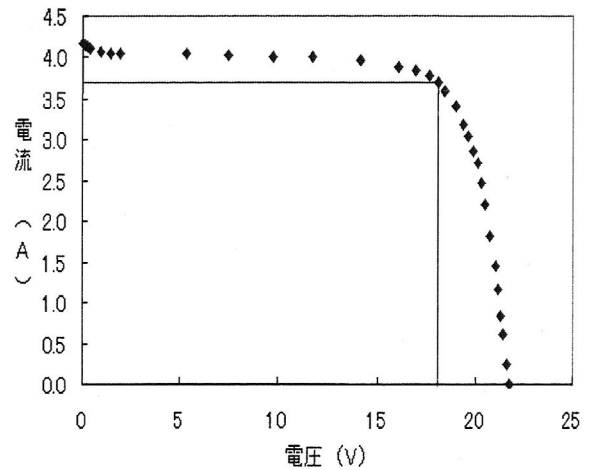


図5.1-2 太陽電池の出力特性

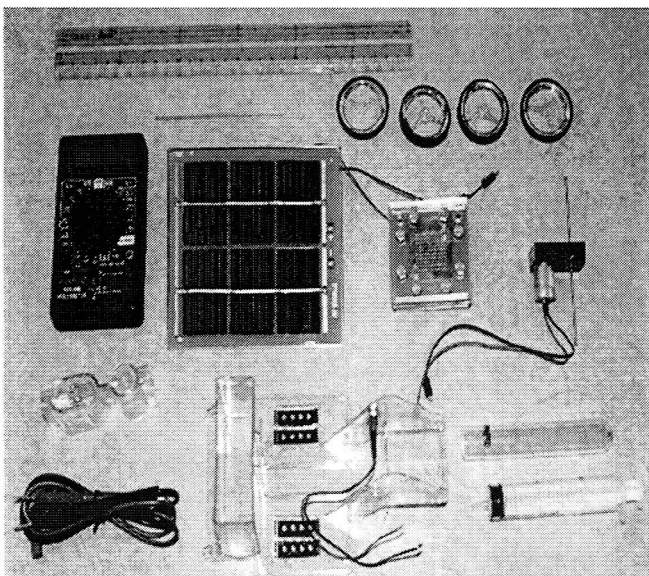


図5.1-3 製作に用いた各種部品

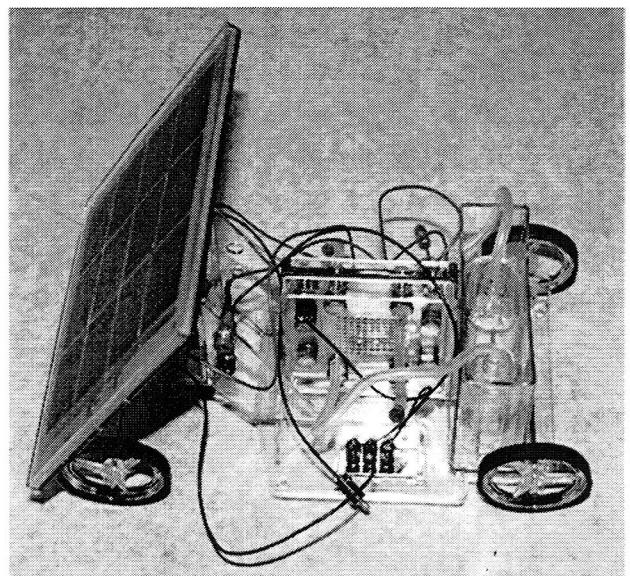


図5.1-4 完成した自走カー

4 燃料電池を活用した学習可能な基礎実験

4.1 蒸留水の電気分解

電気分解の実験として、燃料電池で電気を発生させるために必要な酸素と水素を発生させる学習を行う。これは、蒸留水に電圧をかけることにより、酸素と水素がどの程度発生するかを測定するものである。測定方法は、図5.1-3に示すタンクの中に蒸留水を充満し（空気を抜き）、ここに発生したガスを水上置換法により収集することで、ガスの量を調べるものである。また、時間経過における発生ガスの状態をグラフ化する。本実験の場合は、15秒間隔での発生ガス量を測定・観察することとした。その結果を表5.1-1に示す。

表5.1-1 経過時間とガス発生量の関係

経過時間 (秒)	発生酸素量 (ml)	発生水素量 (ml)
0	0	0
15	0.12	0.25
30	0.25	0.50
45	0.37	0.75
60	0.50	1.00
75	0.63	1.25
90	0.75	1.50
105	0.87	1.75
120	1.00	2.00
135	1.12	2.25
150	1.25	2.50
165	1.37	2.75
180	1.50	3.00

この表からグラフを作成する。そしてそのグラフを元にガスの発生速度を求めることができる。この速度は「ガス発生率」と呼ばれる。「ガス発生率」=ml/Sの関係を図5.1-5に示す。

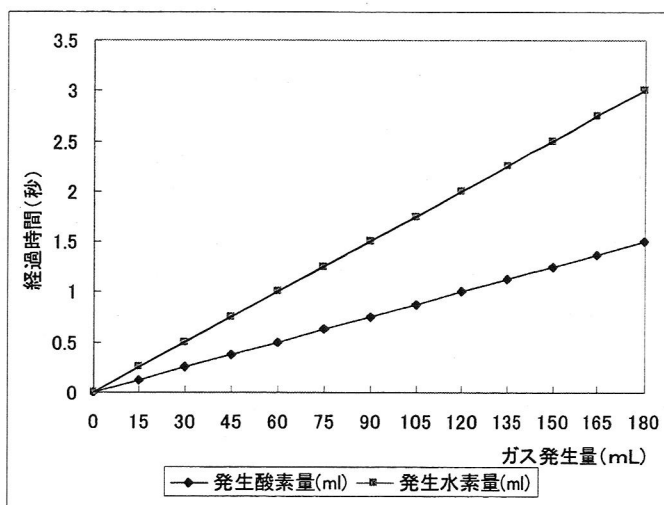


図5.1-5 経過時間と水素・酸素発生量の関係

次に、この蒸留水の電気分解の実験における、必要電圧と電流の値を計測する。これにより、消費電力と、発生ガスのエネルギー変換効率が求められる。ただし、この学習は、応用発展的な学習なので、中学生の課題とはせず、対象を高校生以上とする。

4.2 酸素と水素を使った燃料電池の発電実験

前実験で得られた酸素と水素を活用して、燃料電池による発電実験を行う。収集した酸素と水素を燃料電池にそれらが供給できるように、図5.1-6に示すようにシリコンチューブを接合する。発電の状態を電圧と電流の値により計測する。また、これらで発電する電気の量と時間、ガスの減量を測定する。これらから、発電効率を求めることが可能となる。

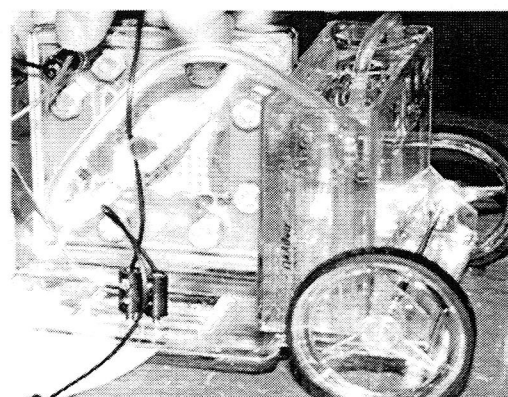


図5.1-6 シリコンチューブの接合

4.3 太陽電池のエネルギーを活用した燃料電池の蓄電実験

本実験は、太陽光電池で発電したエネルギーを蒸留水の電気分解に用い、そこで発生し

たガスによる発電を行う。この実験の目的は、電気エネルギーは、保存することができない特性を学習するために、太陽電池で発電したエネルギーを、蒸留水の電気分解で、ガスに変換し、エネルギーを保存する学習である。蓄電の意識や、電気の特性を学ばせることにより、社会問題となっているエネルギーや環境に関する意識を育てるものである。この実験のエネルギー変換の流れを図5.1-7に示す

光 → 太陽電池 → 電気エネルギー → 蒸留水の電気分解 → 燃料電池による発電

図5.1-7 エネルギー変換の流れ

5 学習プリントの作成

これらの実験を、より効果的に学習するために、実験手順と留意点および、生徒が書き込むことのできる学習プリントを作成した。学習プリントを図5.1-8、図5.1-9に示す。これらの学習プリントを活用することにより、教師の支援を最小限に、生徒自身が実験することができる。

6 まとめ

燃料電池は、有害排気物が発生しないため、環境にやさしいエネルギーと言われているが、実用化には、技術的課題とコストの問題もあり、まだ十分に普及するレベルに達していない。

コストの課題として、先ごろホンダの燃料電池自動車のリース契約が発表されたが、自動車の価格がおよそ1億円程度で、この価格をどの程度下げることができるかが今後の焦点となっている。

太陽電池は、クリーンエネルギーとして注目されているものの、エネルギー密度が低く、広大な設置面積を必要とし、天候など自然条件に左右されるため、燃料電池同様に、十分普及しているとは言い難い。しかし、現在のエネルギー事情を検討すると、40年で枯渇すると言われる化石燃料等に頼るエネルギー政策には問題が多い。そのためにも、新エネルギーの研究や教育が推進されなくてはならない。便利さだけを求めるのではなく、見通しを持った将来設計を早い段階から取り組むことが重要である。本研究で提案した各種実験を通して、「新エネルギーの長所と短所の理解」、「エネルギーの蓄積が必要である」など、現在人類が抱えている課題を理解することを目的としている。今後は、本研究で得られた知見を基に、より学校現場で活用しやすい教材へと改善をしていきたい。

水の電気分解

氏名 ()

<準備するもの>

太陽電池 アルミホイル ガラスかプラスチックの水槽 食塩 ペーパークリップ 2個

※注意：実験中は必ず安全メガネを着用する。

手順

①電極を作る

アルミホイルで電極を2本作る。先を1cmほど折りたたみ、水槽の端に取り付ける。次に、導線の接続を行う。ペーパークリップ等で太陽電池からの5導線と接続する。

②食塩水を作る

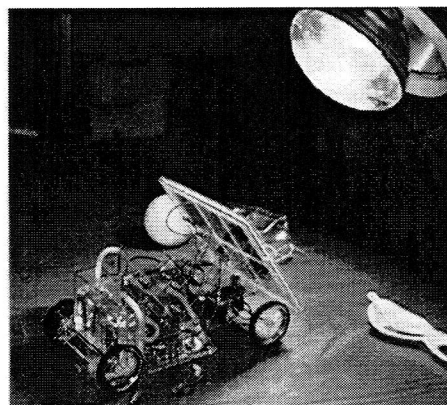
次に水槽に食塩水を入れる。水槽(200ml)にスプーン3,4杯の食塩を入れてよく混ぜて食塩水を作る。(よく観察していると食塩を溶かす際に容器の温度が少し下がる。これは食塩が水に溶けるときに温度を奪うためである。この現象を「溶解熱」と呼ぶ。)

③電極をつなぐ

導線をアルミホイルに接続する。太陽電池からの導線はどちらにつないでも問題はない。

④発電する

室内で実験をする場合は白熱電球の電気スタンドを使って太陽電池を照らす。屋外なら太陽光で照らす。光源との距離と発生電圧の関係を表に記入する。



⑤電気分解の観察

しばらくするとアルミの電極から気泡が出る。気泡の出ているアルミの電極は太陽電池のどちらの電極につながれているか確認する。

光源との距離 (cm)	発生電圧 (mV)

感想

図5.1-8 学習プリント1

水素の確認

氏名 ()

<準備するもの>

試験管 マッチ 太陽電池 前実験で使用したもの

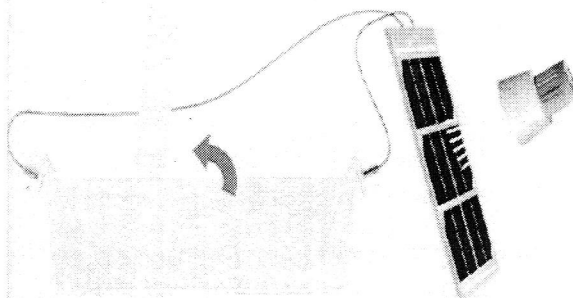
※実験に携わる人は全員ゴーグルをつけていること

①ガスの発生

太陽電池のマイナス極につながれたアルミ電極で発生しているガスがなんなのか調べてみましょう。

②ガスの採取

アルミの電極の先を細くして発生するガスを試験管に採取します。試験管は水槽の中に沈めて気泡が入らないように気をつけながら、完全に水で満たします。アルミの電極を水の満たしてある試験管の中に入れ、中の水が完全になくなるまでガスで満たします。経過時間、発生酸素量、発生水素量の関係を下の表に記入しましょう。



③気体の確認

マッチの火を試験管の下に持っていくと「ポッ」という音がして一瞬にして試験管の中のガスは燃焼します。これは水素が火を近づけると爆発する性質（可燃性）を利用して確認する方法です。

経過時間 (秒)	発生酸素量 (ml)	発生水素量 (ml)

感想

図5.1-9 学習プリント2

文献

- 1) 山本利一, 牧野亮哉:「太陽光発電システムの教材化と授業実践」『日本産業技術教育学会誌』(日本産業技術教育学会), 第42巻, 第4号, pp. 183-188, 2000
- 2) 山本利一, 牧野亮哉, 玉川昇:「エネルギー変換を実験を通して学習する教具の開発と授業実践—スーパーキャパシタを充電装置に用いた教具とハイブリッド発電教具の開発—」『埼玉大学紀要教育学部(数学・自然科学1)』, 第52巻, 第1号, 69-76頁, 2003
- 3) 志村雅史, 永倉一郎:「パソコンを用いた太陽電池の特性評価」, 群馬大学教育実践研究第9号, pp. 93-111, 1992
- 4) 向山洋一監修:「子供のためのエネルギーブック」, PHP研究所
- 5) 岡敏博, 垣見弘明:「太陽電池を利用した動く模型の開発」, 奈良教育大学教育実践研究指導センター報告第1号, 1992
- 6) 山本利一, 牧野亮哉:「太陽光発電を学習する教具の開発」, 日本産業技術教育学会誌, Vol. 40, No. 3, pp. 147-153, 1998
- 7) 中島康孝, 傘木和俊:「地球環境のための太陽エネルギーの利用法」, オーム社, 1993
- 8) 桜井薫編:「やり方いろいろ太陽光発電実験事例集」, パワー社, 1993
- 9) 北守 進:「太陽電池の特性パラメータの簡易測定」, 北海道教育大学紀要, Vol. 46, No. 1, pp. 85-91, 1995
- 10) 資料提供: <http://www.baj.or.jp/knowledge/type.html>
- 11) 金井 兼, 宝泉和明, 四十塚 徹, 高山佳之, 巢森信義:「太陽光発電の実証的研究」, 平成8年度電気設備学会全国大会講演論文集, pp. 269-270, 1996

第2節 教材用バイオマス炭化装置の試作

1 緒言

新エネルギーの一つに位置づけられるバイオマス（生物資源）エネルギーは、計画的に効率良く使用すれば、大気中の二酸化炭素量を増やすことなく半永久的な利用が可能である。

また、バイオマスを炭化して土壌に施用すれば、炭化物（以下、炭）はその重量の4割近くが炭素であり^{註1)}、しかも長期間にわたって分解しないため、大気中の二酸化炭素の増加を一層軽減することができ、温暖化防止に効果的である。

さらに、炭の施用によって、土壌の物理性や化学性が改良され、これに加え、有用な土壌微生物の増加などの生物性も良好となることから、土壌の作物生産力を高めるとともに、土壌伝染性の病害防除にも有効である。

また、炭は養液栽培用の培地にも適しており、さらに汚水や汚れた空気の浄化や酸性雨の中和などにも好適であると思われる。

そこで、今般、環境教育用の教材開発の一つとして、籾殻などの農業廃棄物を中心に、様々なバイオマスを炭化して利用することはもとより、炭化の際に発生する排熱をエネルギー源として利用できる極めて効率的な小型の炭化装置を、空き缶等を用いて試作したので、その概要等を報告する。

2 炭化装置の概要及び特性

資源のリサイクルを念頭において、材料には掃除用ワックスの空き缶と若干の鉄板（0.8mm）等を用いた。

この装置は、高温の排熱が通過する素焼きの煙突を中央に配置、その周囲に上部から籾殻、オガクズ及びラッカセイ殻等、比較的細かいバイオマスを連続的に供給、下部の燃焼室で炭化し、塊状になった炭をスクレーパーと呼ばれる付属設備で細かくしながら最下部のシャッターを開き外部に排出する構造となっている。図5.2-1にその概要を示す。

内容積は約27 l（リットル）である、なお多少内部構造を変更すれば、割り箸、剪定枝、細断済みの紙類、あるいは生ゴミなどの炭化にも利用できると思われる。

燃焼室と煙突の間には、バイオマスを炭化する際に排出される可燃ガス等^{註2)}を再び出来る限り燃焼させるための装置である再燃焼器を組み込み、下部からパイプを通し、小型のファンで空気が十分に流入可能な構造とした。

籾殻の炭化の際、図5.2-2に示した装置内各部の温度測定の結果は、図5.2-3の通りであった。

炭の排出から次の排出までの時間は約13分で、燃焼室内上部の温度が700℃に達したときを炭の排出期とした。

様々な検討の結果、煙突の出口ではかなりの高温が得られるとともに^{註3)}、1時間当たり、含水率約10%の籾殻2.1kgから0.7kgの良質の炭（燠炭）を製造できることが確認された。

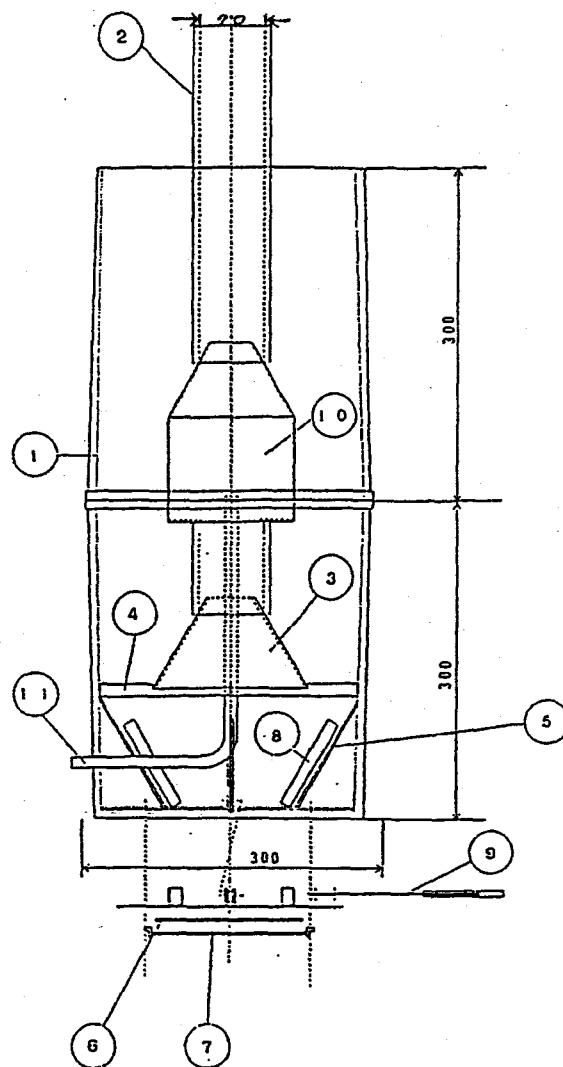


図5.2-1 バイオマス炭化装置の基本構造

注) 図中の数字は以下の装置(部品)を示す。①外壁, ②煙突, ③集煙器, ④集煙器支持バー, ⑤燃焼室底部, ⑥シャッター, ⑦支持バー, ⑧スクレーパー, ⑨操作ハンドル, ⑩再燃焼器, ⑪吸気パイプ

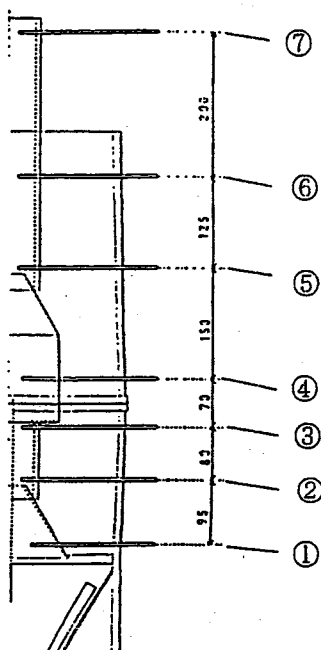


図5.2-2 温度の測定点

注1) ①～⑦はそれぞれ、第1測定点～第7測定点を示す。

注2) 各測定点まで、鉄の細管を通じてアルメクロメラ製のセンサーを入れ、温度を連続的に測定した。

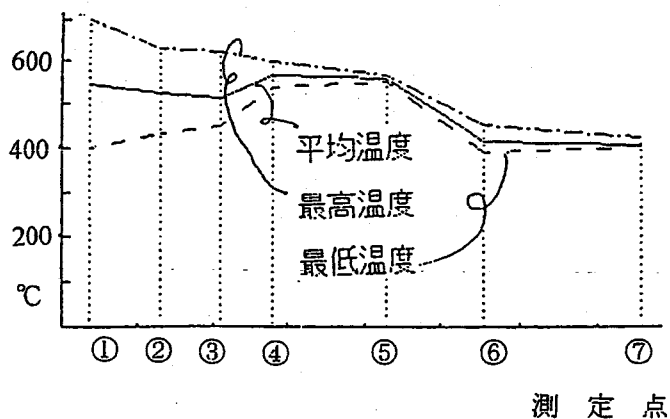


図5.2-3 炭化装置内の温度分布

注) 1 燃焼サイクル (炭の排出から次の排出までの時間で、約13分間) 内での最高温度、最低温度及び算術平均値を示す。

3 排熱、排煙及び製造炭の利用システム

排熱、排煙及び製造炭の利用システムを構想すれば、以下の様になると思われる。

- 排熱 : スターリング発電
炊事
- 排煙 : 薫製
木酢液
- 製造炭 : 燃料 (豆炭, 練炭)
土壌改良
養液栽培
汚水浄化
酸性雨の矯正
空気浄化

1) 排熱及び排煙の利用

排熱は、現在開発中の教材用排熱利用型のスターリングエンジンや他の外燃機関用の熱源に利用することを想定している。また、授業で栽培した各種作物の炊事にも利用できる。

また、再燃焼器を装着しない場合、黒灰色の煙が排出されるが、この煙は薫製製造に利用可能である。また、煙を容器に集め、水分調整を行えば、殺菌・殺虫効果のある木酢液が得られる。木酢液は化学合成農薬の代わりに、環境にやさしい資材として各種病害虫の防除に利用できる。

2) 製造炭の利用

製造炭 (以下特別な場合を除き、炭) は多方面の利用が期待できる。

炭は古くから、燃料として利用され、開発途上国では、現在も主要な燃料とされている。例えば、ミャンマーのある都市では、炊事用燃料の大半が炭と薪であると言われている。従って、製造炭を用いて、豆炭や練炭を製造して、栽培作物等の調理時に利用すれば、開発途上国や戦後しばらくの間のわが国での炊事事情の理解を助ける教材・教具となると思われる。

また、炭は大小さまざまな形の孔隙を無数に持ち、物理・化学的な吸着力に優れた無菌のアルカリ性物質で、保水力にも優れた炭素と無機物の塊である。従って、以下のように様々な効果が認められる。

関東ロームの赤土を用いたポット試験の結果、製造炭の施用は土壌改良につながり、ラッカセイを増収させることが明らかとなった^{註4)}。これは、炭の施用によって、土壌孔隙が増加し、通気性や透水性などの土壌の物理性や化学性が良好となるとともに、根粒菌や有用な菌根菌が増加し、窒素やリン酸の供給が増加したことによるものと推察される。

一方、イチゴ栽培などでは、従来籾殻炭を用いた養液栽培が行われて来た。

また、炭は水中や土壌中において、有害物質を吸着したり、有用微生物のすみかを提供することを通じて有害微生物の増殖を防ぐため、汚水の浄化にも利用できる。

なお、著者らの予備試験の結果、製造炭は、酸性雨の矯正や、排煙からの硫黄酸化物の除去にも効果大きいことが見出されている。

さらに、一部の畜産農家で行われているように、炭は牛や豚の整腸剤や畜舎の脱臭剤としても利用できる。

4 おわりに

以上のように、環境教育用の教材開発の一つとして、様々なバイオマスを炭化するとともに、炭化の際の排熱をエネルギー源として利用できる極めて効率的な小型の炭化装置を試作した。

今後、外壁及び煙突の断熱化や、供給空気量、再燃焼器の位置及び炭の排出設定温度等を工夫し、熱損失の減少を図り、排熱を例えばスターリングエンジンなどの外燃機関の熱源として利用できるようにしたい。また、現在、そのための、スターリングエンジンの開発を計画中である。

なお、本報の内容は、装置の製作及びその利用、完成品の利用のみ、あるいは製造炭の利用など、地域や学校の事情と学生・生徒の発達段階に即して扱い方を工夫すれば、技術科の教員養成、農業高校の課題研究や実習の教材、あるいは中学校の技術・家庭科、さらには中・高の総合的な学習の時間等における、創造力や問題解決能力の養成を目指す総合領域的な教材として適していると思われる。さらに、小学校の高学年や中・高の他教科においても、エネルギーやリサイクルにかかわる展示教材として利用できる。

既に述べたように、炭の用途は極めて広く、しかも自然の循環を妨げることがない。さらに、インドネシアなどでは、わが国の研究者の支援で、炭を用いて土壌を豊かにし、熱帯林を再生する研究なども進められているなど、地球温暖化問題の対策としても期待が大きい。

ところで、炭化の際に発生する可能性のあるダイオキシンについては、排気ガスの温度を850℃以上の高温で燃焼する必要があると言われているが²⁾、本研究では、再燃焼室の温度は最高700℃に過ぎないので、今後一層、温度上昇の工夫の必要がある。

注

注1) 例えば、農業機械化研究所(1986)によるH₂及びCOを主成分とする可燃ガス(平均発熱量約1,000kcal/Nm³)の採取を目的とした「稲の籾殻加熱ガス化利用システム」では、残さとして

揮発分を5%、炭素を36%、灰分を59%含む籾殻炭(燻炭)が得られた。なお、原料籾殻の揮発分、炭素及び灰分はそれぞれ61%、19%、及び20%であった¹⁾。

注2) 例えば、ガスの成分はN₂が50%、COが20%、CO₂及びH₂が10%ずつ、O₂が3%CH₄が2% C₂H₆及びC₂H₄が若干であった¹⁾。

注3) 予備試験の結果から、煙突出口では約400℃の高温が利用でき、257w以上の熱源となることが期待できる。

注4) 別報で報告の予定

文献

- 1) 農業機械化研究所(1986) 籾殻加熱ガス化利用システムー総括ー (昭和60年度委託事業調査報告書)
- 2) 凌 祥之・東理 裕(2003) バイオマス由来の炭化物の用途開発と炭化装置の改良. 農業および園芸. 78(10):pp. 1049-1055

第3節 エダマメとラッカセイの生育・収量に及ぼすバイオマス炭の施用効果

1 緒言

近年、化学肥料や農薬、機械化などにかかわる技術の進歩によって、単位面積当たり収量（以下単収）は飛躍的に増加したが、これらの大量投入などの影響が水質汚染や酸性雨などを発生させるなど、水や大気を介して人間生活に及ぶようになってきた¹⁾。そこで、これらへの過度の依存を回避できる環境保全型の作物生産技術を構築することが、期待されている。

このような観点から、最近、堆肥や有機質資材の炭化物等の施用効果が注目されている。

そこで、本報では著者らが開発した排熱利用型バイオマス炭化装置²⁾を用いて製造したバイオマス炭（モミガラ燻炭）施用の効果を検討することを通じて、低地力土壌の地力向上についての方策の一端を明らかにしようとした。

2 材料及び方法

実験栽培は本学教育学部大久保農場において実施した。エダマメ（ダイズ）は早生枝豆白鳥（（株）ウタネ産）を、ラッカセイは千葉半立（当農場前年度産）を供試した。供試種子は、播種前に、ベンレート水和剤（住友化学工業（株）製）2000倍水溶液に30分間浸漬消毒した。

6月中旬に、バイオマス炭施用区（以下、施用区）は赤土と当農場で製造したバイオマス炭（モミガラ燻炭）^{※1、2)}を3：1の割合で混合したものを充填したポット（上底の直径30cm、深さ40cmのポリバケツ）^{※2)}に、バイオマス炭無施用区（以下、無施用区）は赤土のみを充填したポットに、それぞれ播種した。

赤土は5mmの篩いを通したものをを用いて、これに当農場の畑土をポット当たり150gずつ混合し根粒菌の給源とした。また、基肥としてポット当たり化成肥料（3-10-10）を100g、苦土石灰を50g、それぞれ施用した^{※3)}。

実験区の構成は、「エダマメ・施用区」、「ラッカセイ・施用区区」、「エダマメ・無施用区」、「ラッカセイ・無施用区」、の4区で、それぞれ4反復（4ポット）とした。

エダマメは両区ともエダマメ種子を5粒ずつ、ラッカセイは両区ともラッカセイ種子を4粒ずつ、それぞれ播種し、出芽後、7月8日に1個体を残し、他は子葉を含む茎葉部を切り取るにより間引いた。

エダマメの主茎長及び主茎節数、ラッカセイの主茎長及び主茎葉数を6月24日から収穫日まで、ほぼ1週間ごとに測定した。

エダマメは8月26日に、ラッカセイは10月21日に、主茎を地表面で切り取る方法でそれぞれ収穫した。エダマメは、青果（果菜類）として市場に出回るため、収穫後すぐに、地上部生重、生茎葉重、生莢実重及び生莢実数を調査した。また、生莢実重歩合を算出した。

生重測定後のエダマメと収穫後のラッカセイは、約1週間日干し、その後は風通しのよいところで風乾した。

風乾物の測定は、エダマメは9月29日に、ラッカセイは11月25日にそれぞれ行った。エダマメは、地上部重、茎葉重、莢実重及び莢実数、子実重、完全粒重及び不完全粒重をそれぞれ測定した。また、莢実重歩合、剥き実歩合及び完全粒歩合を算出した。

ラッカセイは、地上部全重、茎葉重、莢実重、上莢重、下莢重、上莢数、子実重、上実重、下実重、をそれぞれ測定した。また、莢実重歩合、剥き実歩合及び上実歩合を算出した。

なお、エダマメは青果（果菜類）として利用されるので、風乾物の測定結果は参考的に使用することとした。

なお、別にエダマメとラッカセイを混作した試験区をほぼ同様に設けたが、その結果は本報では割愛した^{註4)}。

3 結果

(1) エダマメの生育及び収量

1) 主茎長及び主茎節数の推移

エダマメの生育経過を主茎長、主茎節数について約1週間毎に調査したところ、以下のような結果が得られた。

まず、主茎長についてみると（図5.3-1）、施用区は無施用区に比べ、7月1日には0.7cm、7月29日には6.2cm、8月26日の収穫日には4.1cm、それぞれ長かった。また、施用区、無施用区ともに、播種後1ヶ月目前後を境にその後の主茎伸長速度が緩慢となる傾向を示した。

次に、主茎節数についてみると（図5.3-2）、施用区は無施用区に比べ、最大2.0節多かった。また、両区ともに、播種後1ヶ月前後を境に、その後の増加が緩慢になった。

2) 収量形質

エダマメの生重をみると（表5.3-1）、地上部生重は、施用区が160.0g、無施用区が185.0gで、施用区の地上部生重が25g（14%）少なかった。生茎葉重は、施用区が71.3g、無施用区が77.4gで、施用区は6.1g（14%）少なかった。

生莢実重は、施用区が86.0g、無施用区が105.5gで、施用区は19.5g（19%）少なかった。生莢実数は、施用区が43.5莢、無施用区が52.0莢で、施用区は8.5莢（16%）少なかった。

生莢実重が地上部生重に占める割合、すなわち生莢実重歩合は、施用区が53.8%、無施用区が57.0%であった。

このように、生収穫のエダマメの収量である生莢実重は施用区が無施用区に比べ、19%の減収となった。なお、各形質についてはいずれも両区の間には有意差は認められなかった。

次に、エダマメの風乾重をみると（表5.3-2）、地上部重は、施用区が38.2g、無施用区が49.2gで、施用区は11.0g（22%）少なかった。茎葉重は、施用区が15.8g、無施用区が18.9gで、施用区が3.1g（16%）少なかった。莢実重は、施用区が22.1g、無施用区が29.8gで、施用区は7.7g（26%）少なかった。莢実数は、施用区が43.5莢、無施用区が52莢で、施用区は8.5莢（16%）少なかった。

莢実から取り出した子実の重さ、すなわち子実重は、施用区が15.1g、無施用区が15.9gで、施用区は0.8g（5%）少なかった。しかし、完全粒重は、施用区が11.8g、無施用区が10.6gで、施用区は1.2g（11%）多かった。一方、不完全粒重は、施用区が1.2g、無施用区が5.3gで、施用区は4.1g（77%）少なかった。このことから、施用区の莢実は充実した種子が多いことがわかった。

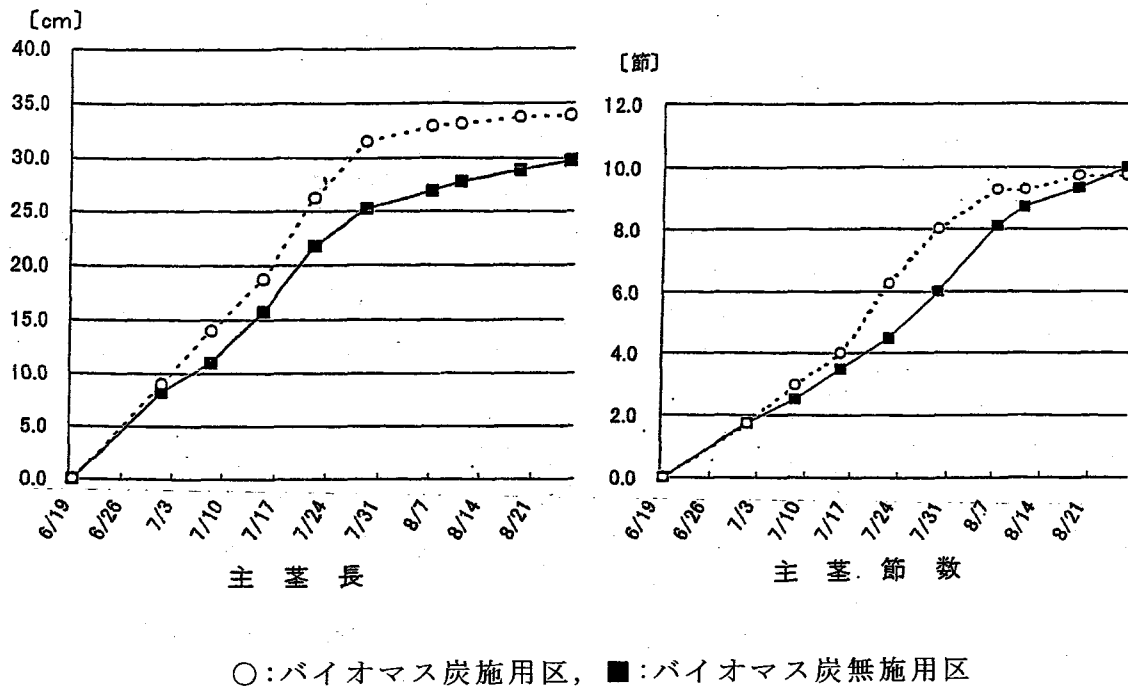


図5.3-1 エダマメの主茎長及び主茎節数の推移

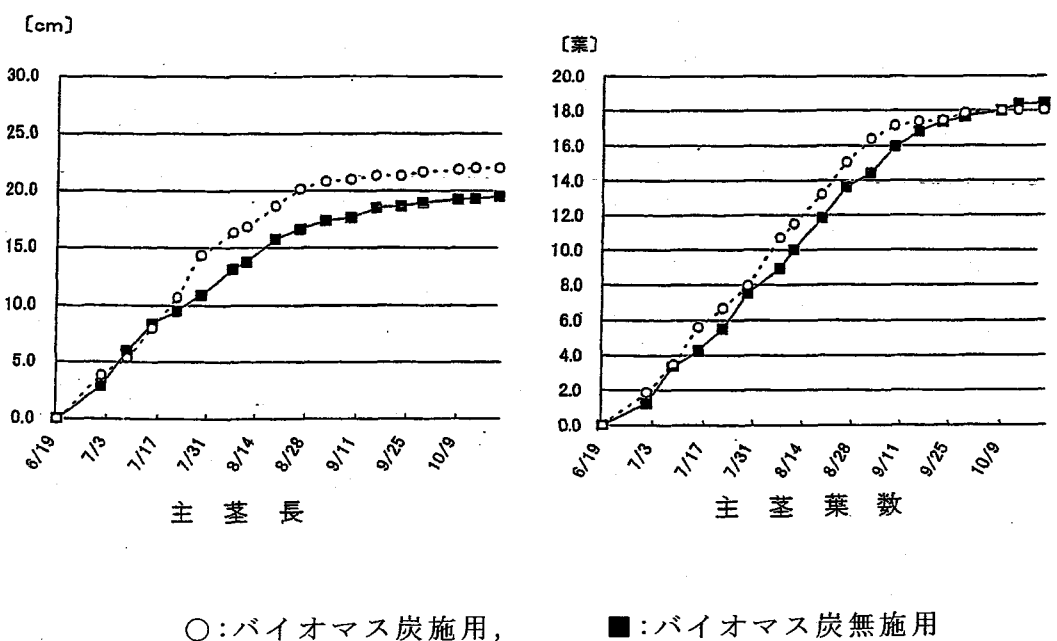


図5.3-2 ラッカセイの主茎長及び主茎葉数の推移

表5.3-1 エダマメの個体当たり収量形質（生体）

項目	バイオマス炭	
	施用	無施用
地上部生重 ¹⁾ (g)	160.0±21.3 (86)*	185.0±42.4 (100)
生茎葉重 (g)	71.3±13.8 (86)	77.4±14.3 (100)
生莢実重 (g)	86.0±10.3 (81)	105.0±21.9 (100)
生莢実数 (莢)	43.5±15.6 (84)	52.0±14.1 (100)
生莢実重歩合 (%)	53.8	57.0

*：無施用区を100としたときの相対値(％：表5.3-2及び表5.3-3も同様)

1) 平均値±標準偏差、地上部生重は生茎葉重に生莢実重を加えたものと同様であるが、3者は別々に計量したので、合計値は必ずしも一致しない。

表5.3-2 エダマメの個体当たり収量形質（風乾物）

項目	バイオマス炭	
	施用	無施用
地上部重 (g)	38.2(78)	49.2(100)
茎葉重 (g)	15.8(84)	18.9(100)
莢実重 (g)	22.1(74)	29.8(100)
莢実数 (莢)	43.5(84)	52.0(100)
子実重 (g)	15.1(95)	15.9(100)
内		
完全粒重 (g)	11.8(111)	10.6(100)
不完全粒重 (g)	1.2(23)	5.3(100)
莢実重歩合 (%)	57.9	60.6
剥実歩合 (%)	58.8	53.4
完全粒歩合 (%)	90.8	66.7

1) 地上部重は茎葉重に莢実重を加えたものと同様であるが、3者は別々に計量したので、合計値は必ずしも一致しない。

表5.3-3 ラッカセイの個体当たり収量形質（風乾物）

項 目	バイオマス炭	
	施用	無施用
地上部全重 ¹⁾ (g)	100.0(123)	81.0(100)
茎葉重 (g)	55.8(137)	40.8(100)
莢実重 (g)	44.3(110)	40.2(100)
内		
上莢重 (g)	42.7(108)	39.4(100)
下莢重 (g)	1.6(200)	0.8(100)
上莢数 (莢)	27.0(98)	27.5(100)
子実重 (g)	29.2(117)	24.9(100)
内		
上実重 (g)	24.7(119)	20.7(100)
下実重 (g)	4.5(107)	4.2(100)
莢実重歩合 (%)	44.3	49.6
剥実歩合 (%)	65.9	61.9
上実歩合 (%)	84.6	83.1

1) 地上部全重は茎葉重に莢実重を加えたものと同様であるが、3者は別々に計量したので、合計値は必ずしも一致しない。

莢実重歩合については、施用区が57.9%、無施用区が60.6%で、施用区は2.7%小さかった。

子実重が莢実重に占める割合、すなわち剥実歩合は、施用区が58.8%、無施用区が53.4%で、施用区は5.4%大きかった。このことは、施用区の莢実が無施用区に比べて、充実していることを示している。

完全粒重が子実重に占める割合、すなわち完全粒歩合は、施用区が90.8%、無施用区が66.7%で、施用区は24.1%大きく、全子実に占める完全粒の割合が極めて高く、施用区は無施用区に比べ、充実した子実が多いことが認められた。

以上のように、主茎長の伸長や主茎節数の増加は、施用区が無施用区に勝ったが、その程度は、両区ともに播種後約1ヶ月間を境に緩慢になった。

一方、施用区は無施用区に比べ、生莢実重は19g(19%)、生莢実数は8.5莢(16%)少なかった。このように、生収穫のエダマメの収量である生莢実重は、施用区が無施用区に比べ、19%の減収となったが、完全粒重が11%多かったことなど、むしろ、商品価値の高い充実した莢実は施用区に多いことが認められた。

(2) ラッカセイの生育及び収量

1) 主茎長及び主茎節数の推移

ラッカセイの生育経過を主茎長、主茎葉数について約1週間毎に調査したところ、以下のような結果が得られた。

まず、主茎長についてみると（図5.3-2）、施用区は無施用区に比べ、7月1日には0.9cm、7月29日及び9月9日には3.4cm、10月21日の収穫日には2.5cm、それぞれ長かった。また、施用区、無施用区ともに播種後約2ヶ月間目を境に、その後の主茎伸長が緩慢になった。

次に、主茎葉数についてみると（図5.3-2）、施用区は赤土区に比べ、7月1日には0.6葉、9月2日には2.0葉多かったが、10月21日の収穫日にはほぼ同様となった。また、施用区、無施用区ともに、主茎長の推移と同様、播種から約2ヶ月間目を境に、その後の主茎葉の増加が緩慢となった。

2) 収量形質

ラッカセイの風乾重をみると（表5.3-3）、地上部全重は、施用区が100.0g、無施用区が81.0gで、施用区は19.0g（23%）多かった。茎葉重は、施用区が55.8g、無施用区が40.8gで、施用区は15.0g（37%）多かった。

莢実重は、施用区が44.3g、無施用区が40.2gで、施用区は4.1g（10%）多かった。上莢重は施用区が42.7g、無施用区が39.4gで、施用区は3.3g（8%）多く、下莢重も施用区が1.6g、無施用区が0.8gで、施用区は0.8g（100%）多かった。

また、上莢数は、施用区が27.0莢、無施用区が27.5莢で、施用区は0.5莢（2%）少なかった。

なお、一莢上莢重を算出した結果、施用区は1.58g、無施用区は1.43gで、施用区の一莢上莢重が10%重いことが認められた。

子実重は、施用区が29.2g、無施用区が24.9gで、施用区は4.3g（17%）多かった。上実重は、施用区が24.7g、無施用区が20.7gで、施用区は4.0g（19%）多かった。下実重は、施用区が4.5g、無施用区が4.2gで、施用区は0.3g（7%）多かった。

莢実重歩合は、施用区が44.3%、無施用区が49.6%で、施用区は5.3%少なかった。

剥実歩合は、施用区が65.9%、無施用区が61.9%で、施用区は4.0%多かった。上実歩合は、施用区が84.6%、無施用区が83.1%で、施用区は1.5%多かった。

以上のように両区の、主茎長及び主茎葉数や、収量形質はバイオマス炭施用により多くなる計傾向が認められ、ラッカセイへのバイオマス炭の施用は有効であると思われた。

4 考察

以上のように、バイオマス炭の施用はエダマメとラッカセイに異なった影響を与えることが明らかとなった。以下、主茎長及び主茎節（葉）数、収量形質について、若干の考察を加えたい。

エダマメの主茎長の伸長や主茎節数の増加は、施用区が無施用区に勝ったが、その程度は、両区ともに播種後約1ヶ月間を境に緩慢になった（図5.3-1）。これは、バイオマス炭の施用により茎葉の成長が促進されるとともに、7月26日前後に、両区とも開花期を迎え、その後着莢し、8月26日の収穫まで、大半の養分は莢実の肥大に使われたことによると考えられる。

一方、施用区は無施用区に比べ、生莢実重は19%、生莢実数は16%少なかった（表5.3-1）。このように、生収穫のエダマメの収量である生莢実重は、施用区が無施用区に比べ、19%

の減収となったが、完全粒重が11%多かったことなど、むしろ、商品価値の高い充実した莢実が施用区に多いことが認められた(表5.3-2)。

次に、ラッカセイについて見てみたい。

両区の、主茎長及び主茎葉数や、収量形質はバイオマス炭施用により多くなる傾向が認められ、ラッカセイへのバイオマス炭の施用は有効であると思われた。

先ず、ラッカセイの主茎長の伸長速度は、施用区、無施用区ともに9月9日以降緩慢になり、生育初期約2ヶ月目を境に、茎葉部の成長が緩やかになることが確認された(図5.3-2)が、この時期は開花始め(7月26日)から約1ヶ月目に当たり、土壌中の莢実の肥大期と重なることによって、茎葉部の成長への同化産物の分配が減少したことによると思われる。

また、施用区は無施用区に比べ、主茎の伸長が速く、やや長目となった。また、主茎葉数は、最終的にはほぼ同様であったが、施用区の主茎葉の展開過程は1~2週間程度早い傾向が認められた。このように、ラッカセイ茎葉の成長へのバイオマス炭施用の有効性が認められた。

次に、各収量形質において、施用区は無施用区に比べ、地上部全重は23%、茎葉重は37%、莢実重は10%、上莢重は8%、下莢重は100%、一莢上莢重は10%、子実重は17%、上実重は19%、下実重は7%、剥き実歩合は4%、上実歩合は2%、それぞれ多かった。一方、莢実重歩合は5%、上莢数は2%それぞれ少なかった。このように、バイオマス炭の施用によって、ラッカセイの殆どの収量形質は大となり、この傾向は前報²⁾の結果とほぼ一致した。一方、エダマメの収量形質は減少を示したので、両者の相違の要因について今後検討する必要がある。

5 結言

以上のように、バイオマス炭の施用によって、ラッカセイは増収傾向を示した。

バイオマス炭の施用によって、ラッカセイでは17%の増収となり、バイオマス炭施用が有効であることが示された。一方、エダマメでは減収することが認められたが、完全粒重が増加し、商品価値の高い充実した莢実が多くなる傾向も認められた。

バイオマス炭の施用によって、ラッカセイは増収し、エダマメは減収する理由は今のところ不明である。従って、今後、完熟ダイズへの施用実験を含めて、両種への影響の相違の原因を明らかにする必要がある。

摘 要

低地力土壌における効果的な栽培方法を明らかにする第一歩として、バイオマス炭施用の効果を火山灰性の赤土を用いたポット栽培によって検討した。

その結果、バイオマス炭の施用により、エダマメは生莢実重で18%の減収となったが、ラッカセイは莢実重で10%、子実重で17%の増収となり、ラッカセイへのバイオマス炭施用は有効であることが示された。

注

注1) 排熱を外燃機関の熱源として利用できるバイオマス炭化装置を開発し、それを用いてイネ(品種コシヒカリ)の籾殻からバイオマス炭(籾殻燻炭)を製造した²⁾。

注2) ポット(ポリバケツ)の底面には、直径2cmの排水用の穴を5個ずつ開け、供試土壌

の流失を防ぐために、底面には篩いに残った赤土の土塊を搬入した。

注3) 畑土は、根粒菌接種の代わりにそれぞれの根粒菌密度が高いと推測される、エダマメ（ダイズ）及びラッカセイを栽培した箇所から採取し、混合して使用した。また、a 当たり、化成肥料を143kg、苦土石灰を71kgずつ施用したが、この量は通常のポット栽培の場合の4~7倍に当たる。これは、養分の乏しい赤土を用いて、通常の収量をあげるための一つの工夫で、3要素とカルシウム及びマグネシウムを十二分に確保したものである。その他の微量元素はa当たり214kgずつ混合した畑土の含有成分で代替えしようとしたが、試験区によっては一部の微量元素が欠乏したことも考えられる。

注4) 参考比較区として「エダマメとラッカセイの混作・施用区」、「エダマメとラッカセイの混作・無施用区」の2区を同様な規模で設けた。なお、本報では紙面の都合で記述を省いたが、概略ほぼ同様な傾向が認められた。

文献

- 1) 堀江 武：農業と作物および作物学. 堀江 武他著, 作物学総論, 朝倉書店, pp. 1-15, 1999
- 2) 石田康幸・細田英次・松尾政弘：排熱利用型バイオマス炭化装置の開発と製造炭の利用（第2報）小型炭化装置の試作と排熱, 排煙及び製造炭の利用システム. 農作業研究. 27(別号1): pp. 83-84, 1992

第4節 太陽電池を活用した自動制御型温室の試作

1 緒言

太陽電池の活用方法は様々ある。太陽電池は、モジュール単体で発電できることから、通常の100V電源が配線されないところでも活用が可能である。そこで本研究では、太陽電池を電源とする温室模型を製作し、温室内の温度を自動制御する教具を開発することとした。本教具を活用することにより、学習可能になる項目は、①太陽電池による発電、②電気エネルギーの蓄電、③自動制御の基本的なアルゴリズム、④新エネルギーの活用事例などである。

2 製作した教具

製作した自動制御型温室は、アクリルで外壁を作り、南向き屋根部にアモルファスの太陽電池を取り付けた、実物の温室形状を模倣して製作した。北向き屋根部には、吸気と廃棄のダクトを取り付け、室内の温度が上昇したときに、ファンを回すことにより、温度を下げる仕組みとなっている。室内温度が低い場合には、ペルチェ素子に電気を流し、室内の温度を上げている。その時、発熱体に取り付けたLEDが点灯し、過熱の状態を可視化している。室内の温度の設定には、コントローラボックスから、最高温度と最低温度を入力することにより、その設定温度内に室温をコントロールするものである。外壁がアクリルでできているため、温度制御の回路や加熱部を直接見ることができるよう工夫がなされている。また、発電している電圧と電流を測定するためのメータも取り付けてある。室内の温度が適切の場合はオレンジ、温度が低い場合には青、温度が高い場合には赤のLEDが点灯し、現在の状態を示している。温室の外観を図5.4-1に、温室の内部と各機器を図5.4-2に、温度制御の回路図を図5.4-3に、外部制御と手動制御の回路図を図5.4-4に、専用コントローラの回路図を図5.4-5に示す。

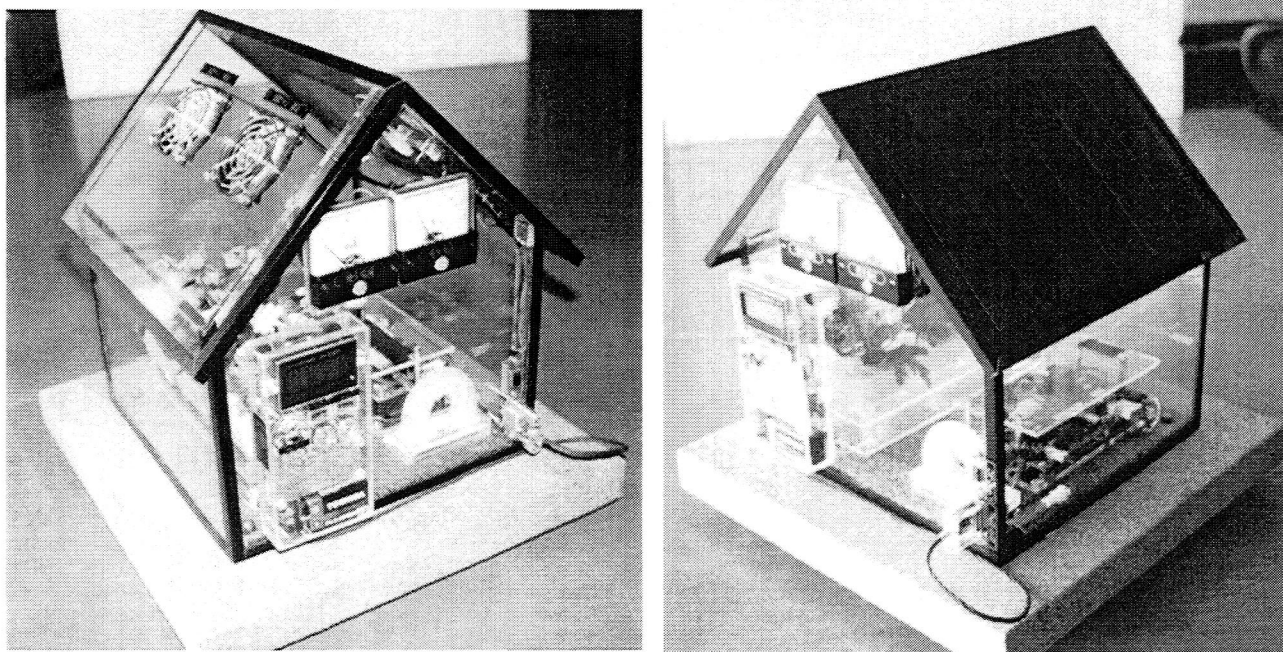
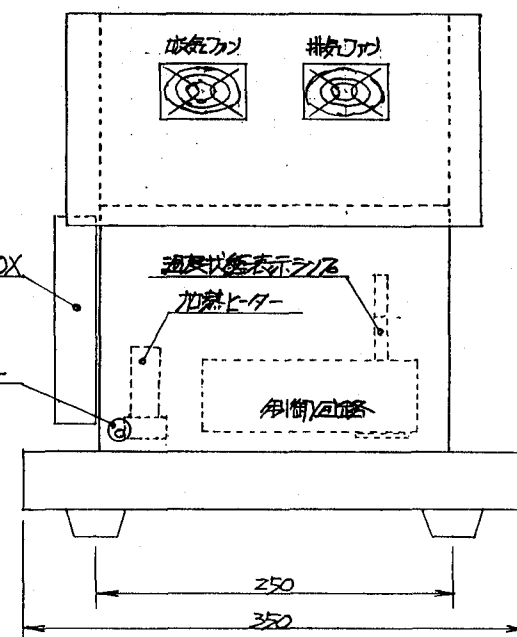
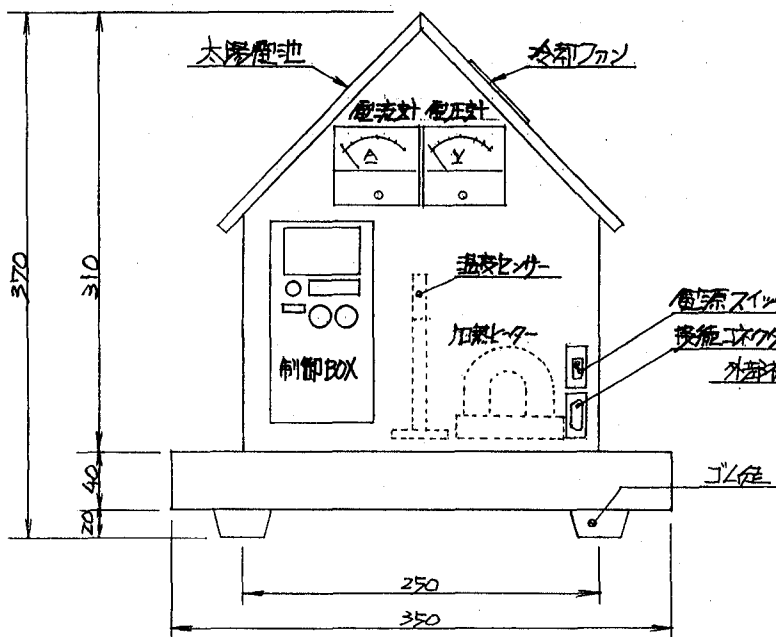
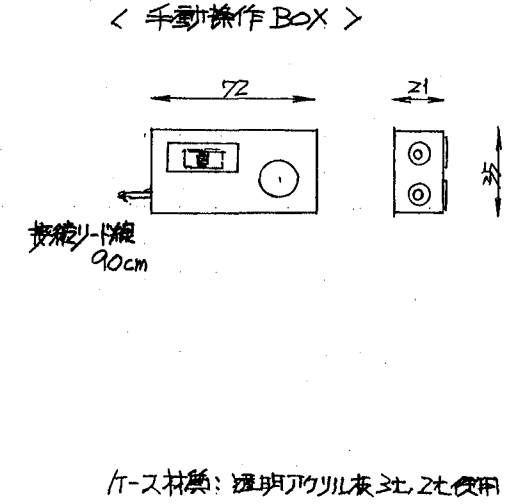
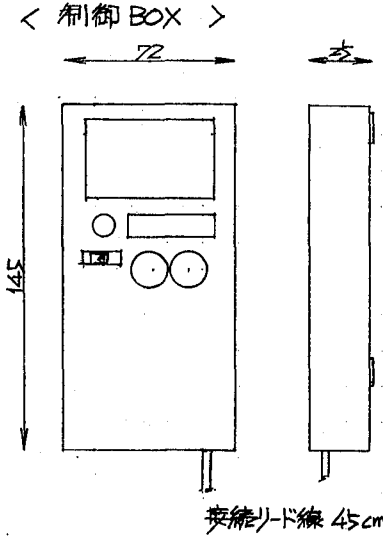
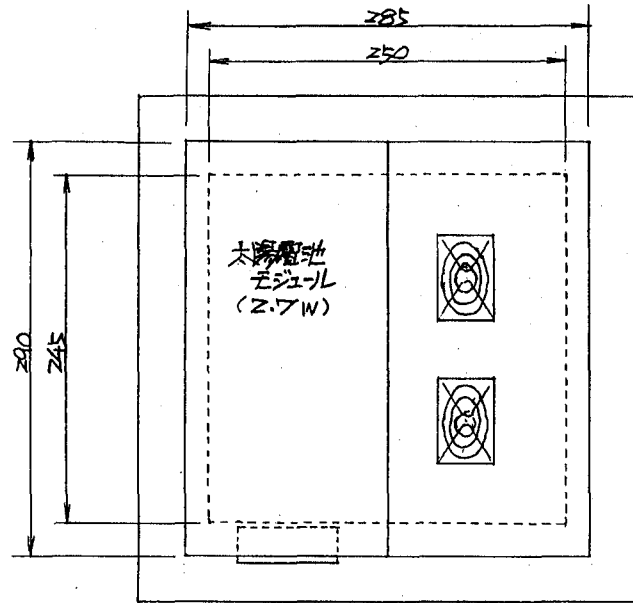


図5.4-1 温室の外観

図5.4-2 温室の内部と各機器



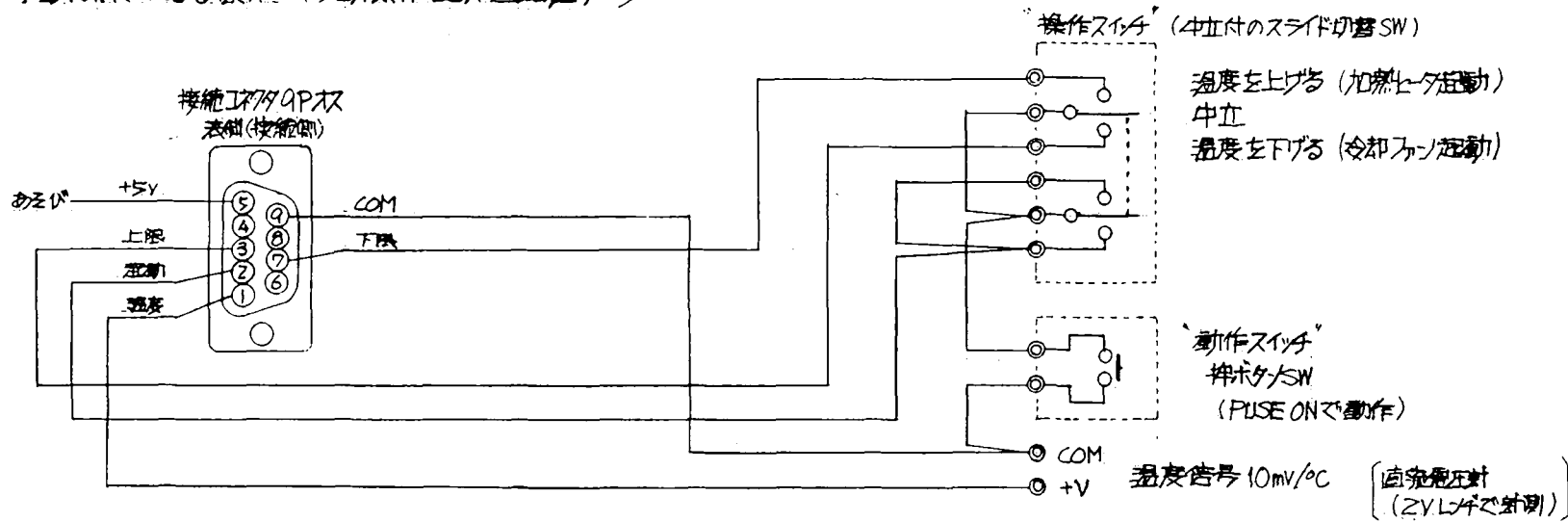
- ガラス材質
- ・5mm透明アクリル板(一部3mm)使用
 - ・ガラス隙間に無色透明シリコン(9x9x14)で充填及び補強。
- 台の材質
- ・木製 コルクシート包み貼り仕上げ
- * 屋根片側にアクリルガラス製の太陽電池モジュール(最大出力2.7W)を搭載した室内温度制御を実験する装置。

教具(温室温度制御)

外形図

図5.4-4 外部制御と手動制御の回路図

< 手動操作による操作 (手動操作BOX回路図) >



< 外部信号による動作 (パソコン等による) >

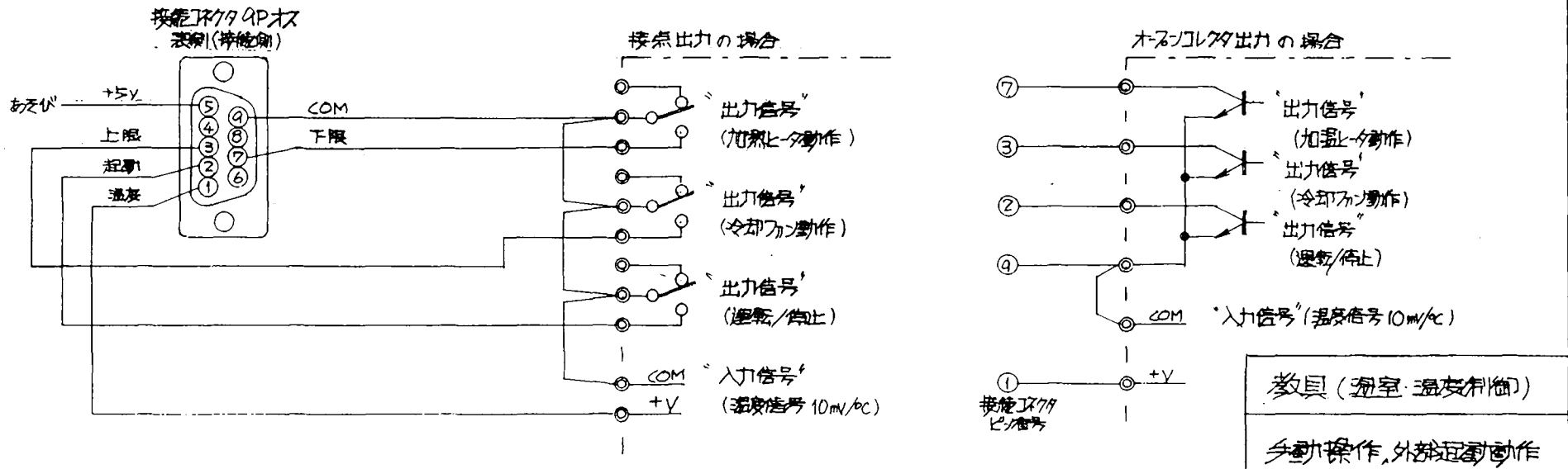
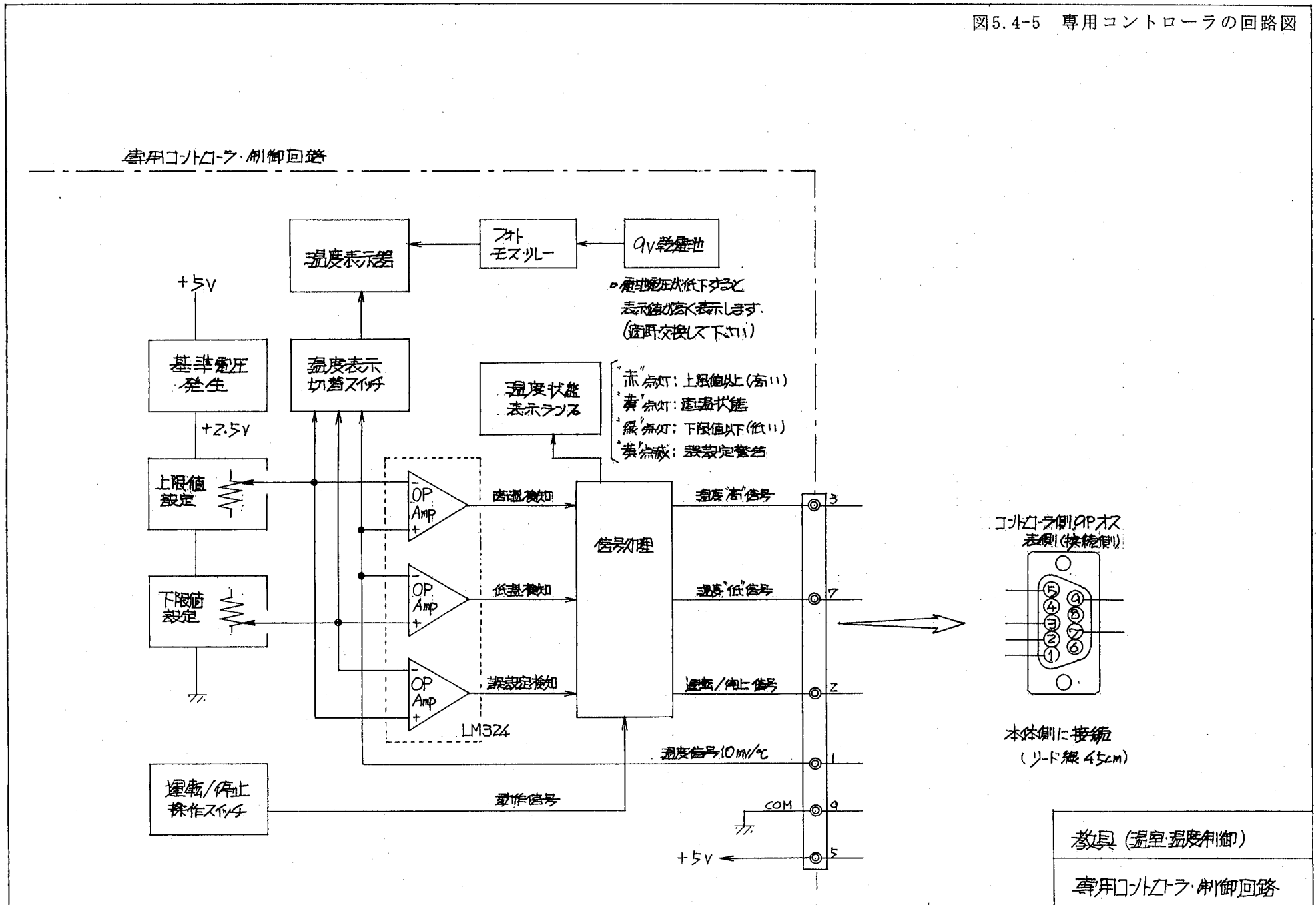


図5.4-5 専用コントローラの回路図



3 考察

本教具は、現在3台製作し、小学校、中学校、高等学校の学校現場へ持ちこみ、授業での活用について可能性を検討し始めた。小学校の教員からは、「理科の太陽電池の応用として扱いたい」、「電圧計、電流器の読みを指導したい」などの意見が出されている。中学校の教員からは、「自動制御のプログラムを考えさせたい」、「栽培の学習と結びつけたい」、「太陽電池の長所や短所を学習させたい」などの意見が出されている。高等学校の教員からは、「エネルギーの有効利用について考えさせたい」、「太陽電池の特徴を、電気の供給できない場所での自律運転について学ばせたい」などの意見が出されている。同一の教具であっても、発達段階に応じて活用方法がさまざま考えられるので、これらを系統的に活用する手立てを今後検討していきたい。

第6章 結言

これまで、小学校、中学校、高等学校及び大学における、エネルギー教育推進のための教材・教具やカリキュラムの開発を行ってきた。様々な校種での授業実践の結果、下記のこと明らかとなった。

- (1) 学校現場では、エネルギー教育を推進するための体験的な教材が不足している。また、それらの教材を求めている。
- (2) 新エネルギーについては、教員も児童、生徒、学生共に興味があるが、それらを系統的に指導するカリキュラムは存在しない。
- (3) 最新の科学技術も、適切な形へ教材化することにより、児童、生徒、学生は興味を示し、十分学習が可能である。
- (4) 実験や実習を通してエネルギーについて学習することにより、興味・関心が高まり、新たなエネルギー問題についても、課題意識を持つ児童、生徒、学生の育成が可能となる。
- (5) 系統的に新エネルギーを教えることにより、積極的に社会に参加する姿勢が生まれてくると推察される。

これらのことを踏まえ、本研究で開発した教材・教具やカリキュラムをより多くの学校で実践できるように、実践校の教員や授業参観に参加した指導主事等と指導方法や授業添加について検討した。その結果、下記のこと示唆された。

- (1) 学校現場で広く普及させるには、指導案、学習プリント、評価計画、教材・教具を1つのセットにして、学校へ提案する。
- (2) 本実践による、児童、生徒、学生の変容を的確に捉え、学習効果を端的に知らせることが重要である。
- (3) 絶えず、指導方法、授業展開に改善を加え、汎用性のあるカリキュラムに変更する必要がある。
- (4) 地域や学年によるレジユネスの違いをまとめて、学校現場に提案することにより、学校現場から、エネルギー教育推進のアイデアを集める。

今後は、これらで得た知見を基に、より多くの学校での実践が可能となるように、教材・教具やカリキュラムの改善を進めていきたい。また、今回開発した教材・教具は科学館や博物館に提案し、社会教育の面からもエネルギー教育の推進を勧めていきたいと考える。

第6章 結言

謝 辞

最後に、本研究を推進するにあたり、福井県、埼玉県、山梨県、石川県、東京都の小・中・高等学校の先生方から、様々なご助言やアンケートのご協力いただきました。また、授業実践におきましても、多大なる御協力をいただきました。ここに感謝の意を表します。

また、授業評価に関しましては、福井県、石川県、埼玉県の指導主事の先生方から、授業改善や指導法につきまして、ご助言を頂きました。これらを基に、本研究をより発展させていきたいと考えております。ここに感謝の意を表し、謝辞とさせていただきたいと思っております。