

# 自動温度制御を学習する教具の開発

Development of the Teaching Tool for Learns Automatic Temperature Control

山本利一\*

石田康幸\*

牧野亮哉\*\*

Toshikazu YAMAMOTO

Yasuyuki ISHIDA

Ryoya MAKINO

キーワード：計測・制御，技術科，太陽電池，温度制御

Keyword: Measurement and Control, Technology Education, Solar Cell, Temperature Control

## 1 緒言

近年、環境やエネルギー等に関する関心が高まり、現行の中学校技術・家庭科（以後、技術科と記す）の学習指導要領<sup>1)</sup>「A 技術とものづくり」では、環境・エネルギー・資源と技術との関係についても学習内容に盛り込まれるようになった。それを受けて、技術科の教科書<sup>2), 3)</sup>の中にも、環境・資源・エネルギーに関する学習内容が多数取り上げられるようになり、その中でも太陽電池に関する項目が多く掲載されている。それを受け太陽電池を利用した教育実践<sup>4)~6)</sup>や教材開発<sup>7)~9)</sup>が様々行われている。しかし、これらの先行研究の中に実社会における太陽電池の活用事例を体験的に学習する教材・教具の開発や授業実践の報告は見あたらない。例えば、太陽電池の活用<sup>10), 11)</sup>は様々あるが、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電源が配線されていないところでも活用されることに特徴がある。例えば、離れ小島や、山間地、田畑など配電線の届かない場所での電力供給などである<sup>12)</sup>。

また、現行の学習指導要領から計測・制御に関する学習内容が技術科に取り入れられ、それに応じて教科書では、エアコンや、温室、ロボットを事例に、簡単な実験を通しての学習が示されている。しかし、学校現場では、それらに対応する教具が十分準備されているとは言い難く、紙面上の学習で終了している場合が見られる<sup>13), 14)</sup>。

そこで本研究では、前述の観点から太陽電池を電源とする自立型の温室模型を通して、温室内の温度を自動制御する教具の開発を試みた。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の特徴、②電気エネルギーの蓄電の必要性、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等である<sup>5)</sup>。

## 2 開発した教具

開発した自動温度制御温室（以後、教具と記す）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仕上げた。田畑のように配電線が届いていないところでの電力供給に太陽電池が活用されていることを学習することを目的とし

\* 埼玉大学教育学部技術教育講座

\*\* 元福井大学教育地域科学部

た形状である。教具の構成を図1に、正面の外観を図2に、側面の外観を図3に示す。北向き屋根根部には、吸気と排気ファン（図4）を取り付け、室内の温度が上昇した時に、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。吸気・排気ファンは同形状（中央部の色を変えてある）なので、羽の回転方向を逆にして、視覚的に吸気と排気の役割の違いを表現している。

室内温度が低い場合には、ペルチェ素子（発熱体）に電気を流し、室内の温度を上げている。その時（発熱体が動作している）は、U字型の発熱体模型（模擬的な模型）をLEDで赤色に点灯させ、加熱の状態を可視化している。また、室内に付けられた温度センサポールの下部には、制御状態表示LEDが取り付けられており、加熱時には赤色、適温時には黄色、冷却時には青色で表示し、制御の状態を示している。全体が無色透明のアクリルで作られているので、温度制御の回路や加熱部を直接見ることができる。また、南向きに付けられた太陽電池は、簡単に取り外すことが可能（植物模型も取り外しができる）で、内部を直接見ることや、室温を肌で感じることもできるよう工夫がなされている。

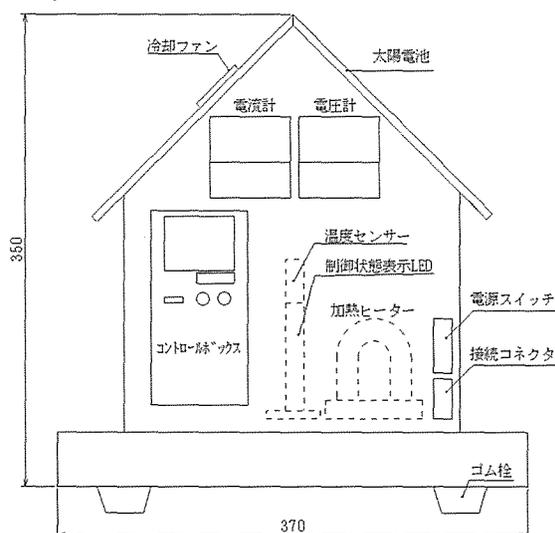


図1 教具の構成図

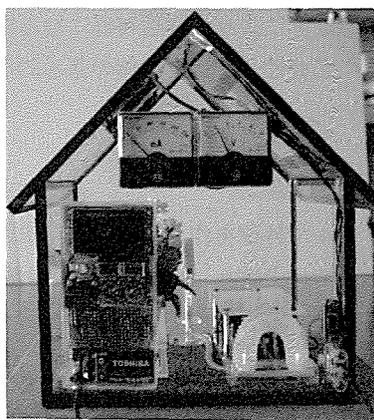


図2 教具の正面

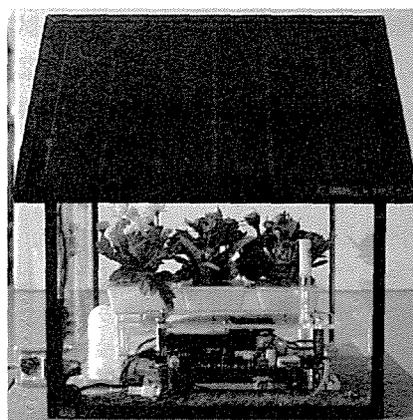


図3 教具の側面

太陽電池の発電状態は、本体に取り付けた電圧計と電流計で確認できるようになっている。また、発電した電気は、本教具下部に設置した図5に示す蓄電池に充電され、ファン、ペルチェ素子、LED、各種制御回路に電気を供給する自立型の教材となっている。

室内の温度の設定には、図6に示すコントロールボックスから、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ことができる。コントロールボックスには、現在の温度、設定温度(高温時、低温時)が液晶ディスプレイに切り替え式で表示される。温度制御の状態については、制御状態表示LEDが取り付けられており、加熱時には赤色、適温時には黄色、冷却時には青色で表示している。これらの制御は、コントロールボックスを介して行うことができるが、外部入出力端子を設けているので、パソコンを活用して制御することも可能である。また、これらの動作を確認するために、室温が設定温度より高い場合、低い場合を擬似的に作り出す、手動用の切り替えスイッチも製作した。

温度の測定の回路は、K型熱電対によって行われ、AD585IC (10mV/°C) を通して制御回路へ出力される。それらの出力と設定温度(上限・下限)を比較し、冷却ファン、加熱ヒータ、温度表示LEDを動作させている。ここで、ヒータに流す電流は季節によって調整する必要があるので、ディップスイッチによって制御(手動)している。

電源の供給の回路は、太陽電池の出力を電圧計、電流計で測定した後、ショットキーバリアダイオードを介して、2種類のヒューズを通して鉛蓄電池に充電を行っている。教具の回路図を図7に示す。

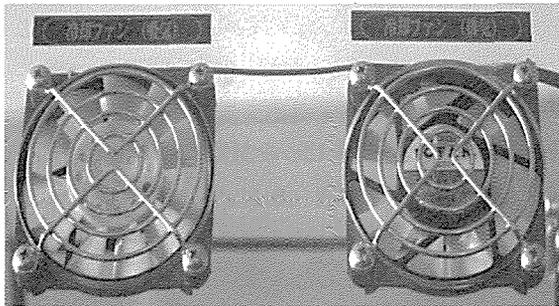


図4 吸気排気ファンの外観

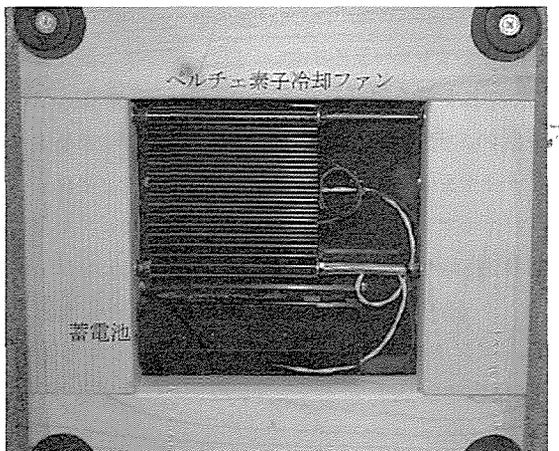


図5 教具下部の蓄電池の放熱フィン

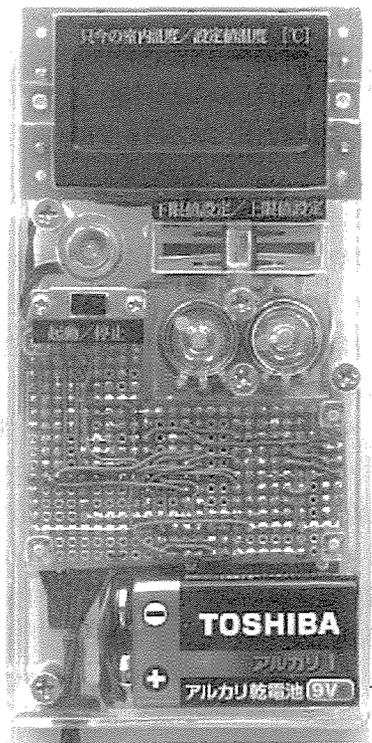


図6 コントロールボックス

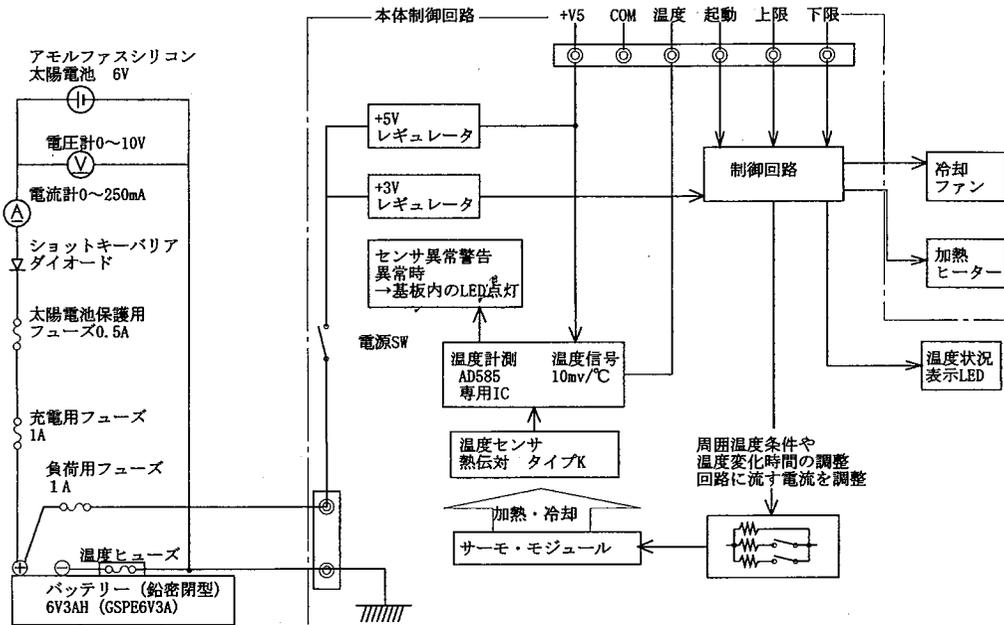


図7 教具の回路図

### 3 授業実践

#### 3.1 実践日及び実践対象

授業実践は、2005年6月にA中学校の技術科の選択授業の3年生12名を対象に、2単位時間で実施した。

#### 3.2 学習課題及び授業展開

学習課題は、「温室の温度調整の仕組みを調べてみよう」と設定した。

授業展開の流れを下記に示す。

- ①太陽光発電と自動制御の事前調査
- ②太陽光発電の特徴
  - ・長所：クリーンなエネルギー、枯渇しない膨大なエネルギー源が存在する、設置が容易である等
  - ・短所：供給電力が不安定、エネルギー密度が低い、充電の必要性等
- ③温度制御の仕組み
- ④エアコンを事例にした制御の流れの確認
- ⑤太陽電池を温室利用する利点 (太陽電池の活用事例)
- ⑥教具の内部構造の説明
  - ・太陽電池、出力電圧計、負荷電圧計、充電器、コントロールボックス、加熱部、冷却部等
- ⑦教具を活用しての実験
  - ・太陽光発電の基礎実験
    - 出力電圧の測定

負荷電流の測定

太陽電池パネルの角度変化による出力変化の確認

・手動による動作確認

高温時→吸気・排気ファンの回転と回転方向（赤色LED点灯）

低温時→ペルチェ素子による加熱と疑似発熱器の動作（青色LED点灯）

適温時→黄色LEDの点灯

・自動制御による実験

最高・最低温度の設定

動作実験（複数回）及び動作の記録

⑧自動温度制御のフローチャートの作図

⑨自分が考えたフローチャートの発表

⑩自動制御の効果の検討

⑪コンピュータを活用した温度制御

⑫効率の良い比例制御（応用発展として）

⑬生活の中で活用されている自動制御の事例

⑭本時のまとめ

⑮事後調査

を設定し実践した。また、3週間後に遅延調査を実施した。

3.3 実践結果

事前調査の回答は、「はい」、「分からない」、「いいえ」の 카테고리を選択させた。調査結果を、表1に示す。事前調査項目1～4の太陽電池に関する質問は、ほとんどの生徒が適切な知識を有しており、これまでに学習した事柄が正しく理解されていることが示された。しかし、質問項目5～7の制御に関しては、用途については指摘できるものの、それらの仕組みに関する科学的な認識がなされていないことが示唆された。

表1 事前調査項目とその回答

No	質問項目	はい	どちらでもない	いいえ
1.	太陽エネルギーは膨大であると思いますか？	10	2	0
2.	太陽電池は他の発電方式に比べクリーンであると思いますか？	11	1	0
3.	発電量が天候によって変化すると思いますか？	12	0	0
4.	発電した電気を蓄える必要があると思いますか？	9	2	1
5.	エアコンの設定温度の意味を知っていますか？	4	3	5
6.	エアコンが温度を制御している仕組みを知っていますか？	2	2	8
7.	コンピュータが使われている家電製品を書いてください。	正答 9	無記入 3	誤答 0

授業実践においては、生徒達は班別で実験を行いながら、制御の役割を学んでいた。動作の状態を視覚的に確認できるので、ズムズに実験をこなしていた。授業の後半では、エアコンや自動照明など、家庭電化製品の中で、自動制御が活用されていることを指摘しあい、生活の中で活

用されている計測・制御の技術について話し合いを深めた。授業実践の様子（手動による温度制御実験）を図8に示す。

表2に示す事後調査において、全ての項目で高い正答率を示した。このことから、本教具活用の所期の目的が果たせたと推察される。

また、3週間後に行った遅延調査についても、高い正答率が得られた。このことは、生徒が自動制御を実験を通して学習できたため、理解が深まり、定着が高まったと推察される。



図8 授業実践の様子

表2 事後・遅延調査項目とその結果

No 質問項目	事後調査			遅延調査		
	正答	誤答	無記入	正答	誤答	無記入
1. 太陽光発電の特徴(長所と短所)	11	0	1	11	0	1
2. 自動制御の用途	11	0	1	10	0	2
3. 自動制御の特徴(長所と短所)	12	0	0	12	0	0
4. 自動制御の仕組み	12	0	0	12	0	0
5. 温度制御のフローチャート	11	0	1	10	1	1

#### 4 結言

本教具は、太陽光発電の特徴を学習するだけに止まらず、実社会での活用方法の一例を学習することを目的としたものである。また、学校現場で十分に準備されていない計測・制御を実験を通して学習することも目的の1つである。本教具を活用した授業実践から下記のことが学習可能であることが示唆された。

1. 太陽光発電の発電による出力測定実験
2. 太陽光発電の充電の必要性とその利用
3. 太陽光発電の用途の1つである、電源が供給されていないところでの活用事例の学習
4. 温度制御の動作実験
5. 自動制御の流れ
6. コンピュータによる制御学習

このように本教具を活用することにより、実験を通して各種動作を確認できるため、身の回りにある、コンピュータが組み込まれた家電製品の動作に対しても興味・関心を高めることができると推察される。今後は、より多くの実践を通して、効果的な指導法と教具の改善を図りたい。

なお、本研究は平成15年度～平成16年度科学研究費補助金（基盤研究（C））研究、「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）」研究代表者：山本利一、研究分担者：石田康幸、牧野亮哉によって、進められた研究であることを追記する。

【参考文献】

- 1) 文部科学省：中学校学習指導要領（平成10年12月）解説－技術・家庭編一，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（2001）
- 3) 石田晴久・加藤幸一・渋川祥子：新しい技術・家庭 [技術分野]，東京書籍（2001）
- 4) 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，1～14頁（1992）
- 5) 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，第40巻，第3号，147～153頁（1998）
- 6) 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，第42巻，第4号，183-188頁（2000）
- 7) 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，第35巻，第2号，141～147頁（1993）
- 8) 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Ⅰ），第52巻，第1号，69-76頁（2003）
- 9) 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，269～270頁（1996）
- 10) 千葉三樹男：手軽に出きるミニ太陽小発電，家の光協会，62～81頁（1998）
- 11) 米井健治・大本 修：太陽光発電システムとその応用に関する研究－CMOSによる簡易制御回路の開発－，1990年度工学研究所年報，47～48頁（1990）
- 12) 桜井 薫：太陽光発電事例集，パワー社，120～130頁（1993）
- 13) 山本利一・牧野亮哉：福井県内の情報教育担当者が中学生に身につけさせたいと考える情報教育の内容と教師の意識，教育情報研究，第16巻，第3号，21-29頁（2001）
- 14) 安藤義仁・山本利一：LEGOMINDSTORMS™ とROBOLAB™を使ったコンピュータ制御学習への取り組み－選択教科におけるコンピュータ制御学習への取り組み－，埼玉大学教育学部附属中学校研究紀要，第39号，25-30頁（2003）