

中学校技術・家庭科の作物栽培において 制御技術を取り入れた教材の開発

魚住 明生・牡鹿 晃久

Development of Teaching Materials on Cultivation Crops with Control Technology in Technology Education

Akio UOZUMI and Akihisa OJIKI

要 旨

2008年度に改訂された中学校技術・家庭科の学習指導要領では、これまで選択履修であった栽培が共通履修となり、その取り組みが期待されている。一方、学校現場ではこれまで栽培の授業がほとんど行われておらず、そこでの指導には多くの課題があることが示されている。さらに、本教科では共通履修する内容が増えたにも関わらず時間数は実質減少しており、学校現場においては履修項目を相互に関連させた教材と学習過程が求められている。

本研究では、中学校技術・家庭科の栽培における教材を開発することを目的として、この内容を指導する上での課題を再検討すると共に、改訂された学習指導要領における生物育成に関する技術の目標と内容を精査し、履修項目を相互に有機的な関連を図った教材を開発した。具体的には、生物育成技術の作物栽培の学習において、制御技術を取り入れた教材を開発し、それを基にした学習過程を構築した。

1. はじめに

紀元前約1万年前、人類は生きるために農耕を営み始め、それ以降食糧となる作物を育成するために様々な技術を開発してきた。具体的には、生物の生育環境である光、水、温度などを制御し、収穫量を増大させ、作物の質を向上させた。このように、生物育成技術は、人類が自然に働きかけ、自らに有益な物を最大限に手に入れようとする技術の本質そのものである。この生物育成技術については、2008年度に改訂された中学校技術・家庭科技術分野（以下、中学校技術科とする。）の学習指導要領において共通履修の学習項目になり、その取り組みが期待されている。しかし、学校現場では栽培の授業はほとんど行われておらず、そこでの指導には多くの課題があることが示されている¹⁾。

本研究では、これらの課題を再検討すると共に、学習指導要領で示された生物育成技術のねらいと内容を精査し、この学習における教材を開発して、学習過程を構築することにした。

2. 研究の方法

本研究では、最初に既往の研究¹⁾と学習指導要領²⁾の検討から、教材を開発するための要件を明確にし、生物育成技術における教材を開発する。次に、栽培実験により開発した教材の有効性を検証し、さらにこの実験結果を基にして、中学校技術科の生物育成技術における学習過程を構築する。

3. 教材を開発する要件の検討

3.1 既往の研究の再検討

ここでは、既往の研究¹⁾での技術科担当教員への栽培学習に関するアンケート調査の結果を教材の視点から再検討することにした。まず、栽培学習を履修することに対する教員の意識については、約8割の教員が栽培学習を履修することを肯定的に捉えていることが分かった。一方、栽培学習の履修を否定的に捉えている教員の主な理由での記述では、「他の内容項目を優先する」や、「教員自身の課題」、「施設・設備の不足」などが示されている。これらのことは、技術科担当教

員の中には、栽培学習を指導するにあたっての知識・技能が自分自身に身につけていないと考える教員が多いことや、栽培学習を履修するための施設・設備の不足を解消する必要があることなど、栽培学習を履修するにあたっての課題を示していると考えられる。学校現場において効果的な栽培学習を行うためには、これらの課題を解決することが早急に求められる。

また、栽培学習の履修を肯定的に捉えている教員の主な理由での記述では、「情操・心の教育ができる」というものが一番多く示されていた。本来、作物の栽培は人類が食糧の確保のために行ってきたことであり、その目的は収穫量の増大や作物の質の向上を行うことにあると考える。すなわち、これらの目的を達成しようとする課題解決の過程で使用される栽培技術こそが生物育成技術の学習が対象とすべきものであると考える。このことを基にした教材並びに学習過程を早急に検討する必要があると考える。

3. 2 学習指導要領の検討

ここでは、平成20年度学習指導要領の生物育成技術の項目に示されている内容について検討を行った。まず、(1)のアにおける「生物の成長には、光、大気、水、温度、土、他の生物などのいろいろな環境要因が影響することを踏まえ、生物の育成に適する条件と、育成環境を管理する方法について知る。」は、生物育成技術の学習において生物育成に適する条件と生物の育成環境を管理する知識を習得することが重要であることを示している。

次に、(1)のイにおける「生物育成に関する技術が社会や環境に果たしている役割と影響について理解させ、生物育成に関する技術を適切に評価し活用する能力と態度を育成する。」は、生物育成技術の学習において生物育成技術を多面的に捉える能力の育成が重要であることを示している。

さらに、(2)のアにおける「育成する生物の各成長段階における肥料、飼料の給与量や方法をはじめとした管理作業、及びそれに必要な資材、用具、設備などについて知る。」は、生物育成に関する技術の学習において目的とする生物の育成計画を立て、生物の栽培又は飼育ができる知識の習得が大切であることを示している。

最後に、(5)における「全ての学習を通して、環境に対する負荷の軽減や安全に配慮した栽培又は飼育方法を検討させるなど、生物育成技術に関わる倫理観が育成されるように配慮する。」は、生物育成に関する技術の学習において技術に関わる倫理観の中でも特に環境に関する倫理観を育成することを求めている。また、学習指導要領における技術科の学習では「生徒が

学習した知識及び技術を生活に活用できるよう、問題解決的な学習を充実する。」ことと述べられている。本研究では開発する教材と学習過程においては、このことについても十分に留意する必要がある。

また、教科調査官の寄稿文³⁾による学習指導要領改訂の経緯において、「産業についての基礎的な知識・理解が必要とされていることを明確に意識する必要がある。」と述べられている。このことは、技術科が対象とする「技術」の基本が生産技術であり、その理解と実践において教科の目的を達成しようとすることを明確に示したものであると考えられる。

以上のことより、中学校技術科の生物育成技術において、前述した項目に加え、生産技術としての生物育成技術を学習することが求められている。

4. 教材の開発

既往の研究と学習指導要領の検討から、生物育成技術における教材開発の要件を以下にまとめる。

- ① 生物育成技術を生産技術の視点で捉えることができる。
- ② 実践的・体験的に問題解決学習を行うことができる。
- ③ 環境面や経済面など、技術について多面的に学習することができる。
- ④ 技術分野の他の学習項目と関連づけた学習を行うことができる。

これら4つの要件を基にして、さらに具体的に示すものを以下に示す。

【具体化した教材開発の視点】

- ① 作物の収穫量や質の向上を目的とした作物の生育環境の一つである光・水・温度を制御する技術について学習することができる。
- ② 作物の収穫量や質の向上を目的とすることで、課題意識をもって問題解決学習を行うことができる。
- ③ 作物の収穫量や質と消費電力量や水の消費量、人の労力などの関係を考慮に入れることで、栽培技術を多面的に評価することを学習することができる。
- ④ エネルギー変換技術での学習内容と関連させて学習することができる。

本研究では、これら4つの視点を基にして、中学校技術科の生物育成技術における3つの教材を開発した。

4. 1 光を制御するための教材

1つ目は、作物の生育環境である光を制御する技術を用いた教材である。この教材は、生徒が作物の生育

環境である光を制御した栽培を行うことで、生物育成技術を生産技術として理解できることを目的としている。開発した栽培用照明器の外観を図1に、制御部とそれに附属するLEDユニットの電気回路とその外観を図2と図3に示す。

この栽培用照明器は、センサであるCdSに光が当たらなくなるとLEDユニットが点灯する仕組みになっている。なお、LEDユニットの配色は、葉の生育と光の関係から、赤色LED：20個、青色LED：5個とした。



図1 栽培用照明器の外観

4. 2 水を制御するための教材

2つ目は、作物の生育環境である水を制御する技術を用いた教材である。この教材は、生徒が作物の生育環境である水を制御した栽培を行うことで、生物育成技術を生産技術として理解できることを目的としている。開発した栽培用灌水器の外観を図4に、制御部の電気回路とその外観を図5に示す。

この栽培用灌水器は、センサである端子が乾燥すると家庭用バスポンプ（図6・左）が作動し灌水する仕組みになっている。なお、本実験では点滴ノズル（図6・右）を用い、少量ずつ灌水するようにした。



図4 栽培用灌水器の外観

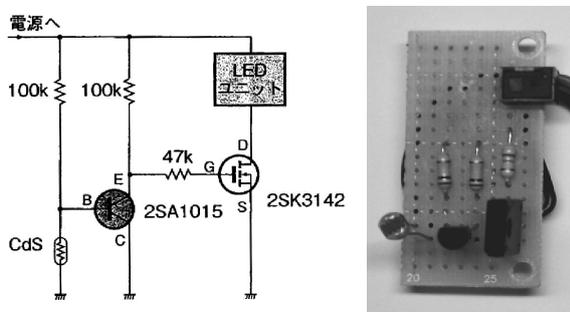


図2 制御部の電気回路（左）と外観（右）

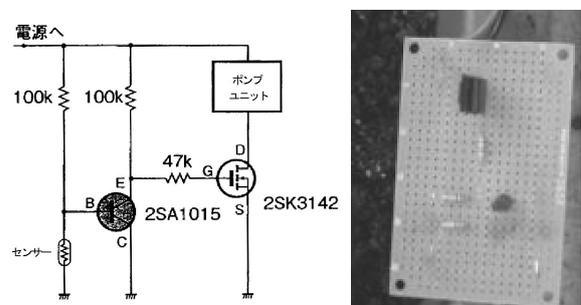


図5 制御部の電気回路（左）と外観（右）

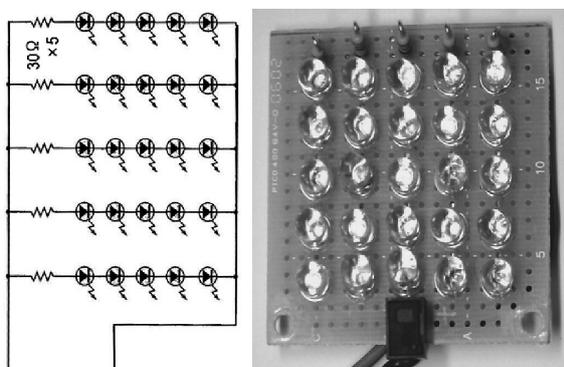


図3 LEDユニットの電気回路（左）と外観（右）



図6 給水に使用した家庭用バスポンプ（左）と灌水用点滴ノズル（右）

4. 3 温度を制御するための教材

3つ目は、作物の生育環境である温度を制御する技術を用いた教材である。この教材は、生徒が作物の生育環境である温度を制御した栽培を行うことで、生物育成技術を生産技術として理解できることを目的としている。

開発した簡易型温室の外観を、図7に示す。

この簡易型温室は、バイメタル（図8・右）が接触している部分の温度が20℃以下になると保温器（図8・左）が作動し加温する仕組みになっている。なお、センサに用いたバイメタルには多種多様な規格品があり、設定温度を容易に変更することができる。



図7 簡易型温室の外観

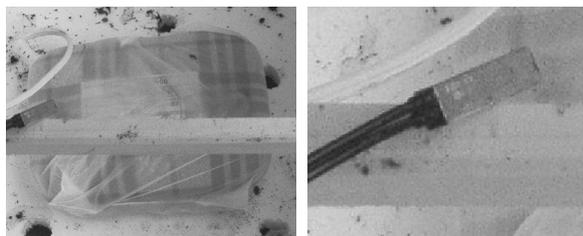


図8 保温器（左）とバイメタル（右）の外観

5. 教材の有効性の検証

開発した教材（栽培用照明器、栽培用灌水器、簡易型温室）の有効性を検証するために、それぞれの教材を用いた栽培実験を行った。ここでは実験対象の作物として葉菜類であるミニチンゲンサイを用いることとした。この作物は生育期間が比較的短く、プランターを用いて約1~2ヶ月程度で収穫ができるため、1年間に複数回栽培することができる。このことにより、生徒は自ら教科書等で調べた栽培方法で行う試行栽培と、その過程で得た知識・技能を基にして行う実験栽培を実施することができ、進んで問題解決学習に取り

組むことができると考える。

次に、教材を用いた栽培と通常通りに行ったものとで選定した作物の生育状態を比較した。なお、栽培実験に用いた資材を以下に通りである。

- 栽培容器：6.21プランター（2個）
- 土：市販の野菜用培養土（各プランター 14l ずつ）
- 肥料：化学肥料（各プランター 10g ずつ）
- 保温：自作ビニルハウス（2個）
- 灌水：じょうろ
- 計測機器：温度計、消費電力量計、土壌水分計、キューブセンサ

学校現場では栽培用地を確保することが困難であると考えられることから、本研究では比較的場所を取らずに栽培できる容器栽培で行うこととした。土に関しては、学校現場において入手しやすく、安定した収穫量を得ることができる市販の培養土を用いることにした。また、肥料は、窒素、リン、カリウムの比率が同じである化学肥料を苗の植え替え時に10gずつ施した。保温に関しては、市販の支柱とビニルを用いて簡易ビニルハウスを製作した。

栽培実験は、2つのプランターそれぞれいっばいに野菜用培養土を入れ、あらかじめ栽培し茎丈約40mmまで伸長したミニチンゲンサイを3株ずつ移植して行った。また、栽培期間は、11月17日から12月8日までの約20日間で行った。本研究での栽培実験の様子を、図9に示す。

5. 1 栽培用照明器を用いた栽培実験

ここでは、栽培用照明器が作物の生育を制御するのに有効であるかを検証することを目的に、ミニチンゲンサイを用いて栽培実験を行った。栽培方法は、1つのプランターには昼間の日光に加え栽培用照明器を用いて夜間も光を照射して栽培を行い、もう一方のプランターのものには通常通り昼間の日光のみで栽培した。なお、栽培用照明器は、土表面から120mmの高さに設置した。この栽培実験において収穫した作物の外観を図10に、その分析結果を表1に示す。

栽培用照明器を用いて栽培したミニチンゲンサイは、通常通りに栽培したもの比べ全ての測定項目においてその数値が大きくなっている。その中でも、重量において差が顕著であった。その理由として、栽培用照明器を用いたことで葉の生育が促進されることが考えられる。これらのことから、栽培用照明器はミニチンゲンサイの生育を制御するのに有効であることが分かった。なお、栽培用照明器を用いる際に消費した電力量は、1,640whであった。

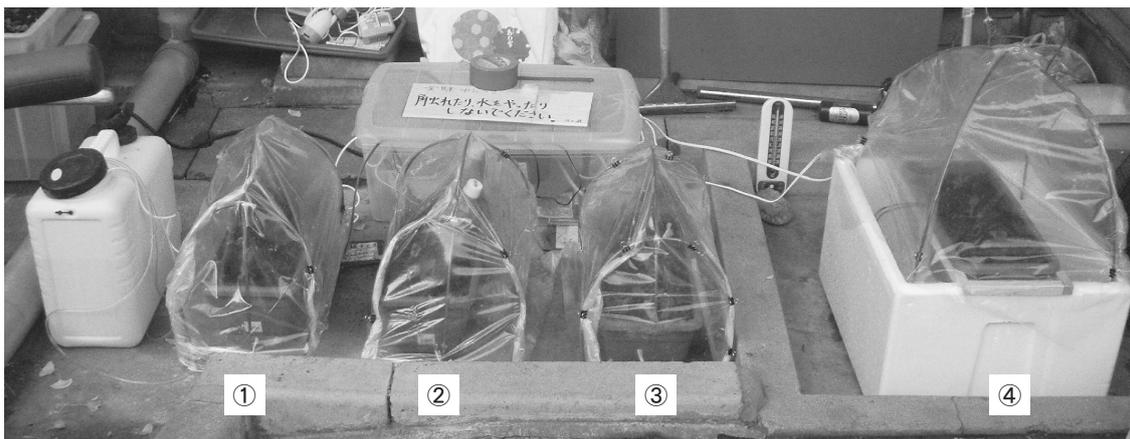


図9 栽培実験の様子（左から、①栽培用灌水器を用いた栽培、②栽培用照明器を用いた栽培、③通常栽培、④簡易型温室を用いた栽培）



図10 栽培用照明器を用いた栽培実験で収穫したミニチンゲンサイ（左：教材使用、右：教材未使用）



図11 栽培用灌水器を用いた栽培実験で収穫したミニチンゲンサイ（左：教材使用、右：教材未使用）

表1 栽培用照明器を用いた栽培実験でのミニチンゲンサイの生育状況の比較

測定項目	教材使用	教材未使用
全長 (mm)	236	196
茎長 (mm)	128.0	117.7
根長 (mm)	99.5	68.3
葉数 (枚)	15.0	12.3
葉面積 (mm ²)	15,630	10,000
重量 (g)	20.9	7.6
消費電力量 (wh)	1,640	0

表2 栽培用灌水器を用いた栽培実験でのミニチンゲンサイの生育状況の比較

測定項目	教材使用	教材未使用
全長 (mm)	216	196
茎長 (mm)	116.7	117.7
根長 (mm)	81.0	68.3
葉数 (枚)	12.3	12.3
葉面積 (mm ²)	9,170	10,000
重量 (g)	6.8	7.6
消費電力量 (wh)	1,740	0

5. 2 栽培用灌水器を用いた栽培実験

ここでは、栽培用灌水器が作物の生育を制御するのに有効であるかを検証することを目的として、ミニチンゲンサイを題材として栽培実験を行った。栽培方法は、1つのプランターへの灌水は栽培用灌水器を用いて全自動で行い、もう一方のプランターのものへは通常どおりじょうろを用いて行った。この栽培実験において収穫した作物の外観を図11に、その分析結果を表2に示す。

栽培用灌水器を用いて栽培したミニチンゲンサイと通常通りに栽培したものとの差は認められなかった。その理由として、水は作物の生育に必要な不可欠なもの

であり、その量が適切であれば生育に差は生じないと考える。一方、作物の種類によっては、灌水する量により糖度に差が生じるなど、質的に変容するものがある。また、栽培用灌水器を用いて灌水した水量は9,100lで、通常通りに灌水した水量(4,500l)の2倍以上であり、消費電力量が1,740whであることが示された。今後、本教材の計測精度を上げるなどの改良や、灌水量、消費電力量を減らすための機器の開発が求められる。以上のことより、栽培用灌水器には多くの課題があるが、学校現場における環境教育や技術を多面的に捉える能力の育成、課題解決に向けての技術開発など、多様な学習が行えると考える。

5. 3 簡易型温室を用いた栽培実験

ここでは、簡易型温室が作物の生育を制御するのに有効であるかを検証することを目的として、ミニチンゲンサイを用いて栽培実験を行った。栽培方法は、1つのプランターでは簡易型温室を用いて栽培し、もう一方のプランターのものは簡易ビニルハウスのみでの保温で、それ以外は通常通りに栽培した。この栽培実験において収穫した作物の外観を図12に、その分析結果を表3に示す。

簡易型温室内で栽培したミニチンゲンサイが、通常通りに栽培したもの比べ、全ての測定項目において値が大きくなった。その理由として、温度が低下する冬場において、バイメタルと保温器を用いることで温度をミニチンゲンサイの生育適温に近づけることができたためであると考えられる。以上のことより、簡易型温室が、ミニチンゲンサイの生育を制御するのに有効であることが分かった。なお、バイメタルと保温器を用いる際に消費した電力量は、1,680 whであった。



図12 簡易型温室を用いた栽培実験で収穫したミニチンゲンサイ（左：教材使用、右：教材未使用）

表3 簡易型温室を用いた栽培実験でのミニチンゲンサイの生育状況の比較

測定項目	教材使用	教材未使用
全長 (mm)	225	196
茎長 (mm)	127	117.7
根長 (mm)	80.6	68.3
葉数 (枚)	14.3	12.3
葉面積 (mm ²)	15,000	10,000
重量 (g)	12.1	7.6
消費電力量 (wh)	1,680	0

6. 学習過程の構築

学習指導要領の分析・検討、並びに開発した教材を用いた栽培実験での結果の検討から、構築した生物育成技術における指導計画案（全15時間）を表4に、各時間の学習指導案を表5～14に示す。

この学習での題材としてミニ野菜を選定した。ミニ野菜は、本研究で取り上げたミニチンゲンサイと同様、

通常の野菜よりも小さく、短期間で生育することから、複数回の栽培が可能であり、プランター等での容器栽培にも適している。これらのことから、学校現場でも容易に取り組みやすい題材であると考えられる。以下、この題材を用いた授業の概要を示す。

第1時では、生物育成の導入として、人類が目的をもって作物を栽培し、その過程で様々な技術を開発してきたことを理解させる。次に、食糧・商品となる作物が人類の管理を必要とし、人類の目的を果たすために生物育成技術が欠かせないものであることを理解させる。

第2時では、質の高い作物を栽培することを目標に自ら環境に適合した作物を選択できるとともに、それに適した栽培計画を立てることができるようになる。

第3時では、土に肥料を混ぜたり、土をほぐしたりする作業には、意味があることを理解させ、グループで協力し合い土つくりと種蒔きを行わせる。

第4・5・6時では、発芽には適度な水分、温度、酸素が必要であることや、作物の生育には光、水、温度、大気など様々な要因が関連していること、さらにそれぞれの要因を基にして作物は呼吸や光合成を行っていることや、根から養分、水を吸収していることなどを理解させる。

第7時では、栽培した作物を収穫し、草丈や茎丈、根丈、葉数、葉面積、重量を記録にまとめさせる。

第8時では、これまでの栽培実習を振り返り、作物の質を向上させる方法を考えさせると共に、作物の生育に必要な環境要因に働きかける方法についても理解させる。

第9・10・11・12時では、生物育成技術としてエネルギー変換での計測・制御技術があることを知らせ、実際に栽培用照明器を用いてその回路と仕組みについて理解させた後、実際に製作させる。

第13時では、実際に機器を用いて栽培しているものと通常通りにものを比較し、観察結果を観察帳にまとめさせる。

第14時では、実際に栽培した作物を収穫し、草丈や茎丈、根丈、葉数、葉面積、重量を記録にまとめさせ、機器を用いて栽培したものと通常通りのものとを比較し、両者の違いを記録にまとめさせる。

第15時では、まず機器が作物の生育に果たした役割や働きを理解させる。次に、機器の使用には多くの電力や水などが消費されることを理解させ、さらに環境との関連でこれらのことを改善する必要があることを知らせた後に、その方策を考えさせる。

以上のように、構築した学習過程は、まず生徒が自ら調べたことを基にして作物を栽培し、その過程で対象とする作物の性質や栽培での問題を確認して、その

表4 中学校技術科の生物育成技術における指導計画案（全15時間）

時数	作物の育成	学習過程	学習内容
1時限		導入 農耕の始まりについての学習	
2時限		栽培作物の決定と調査	・グループごとに栽培する作物の性質を調べ、栽培の手順を表にまとめる。
3時限	土づくり 種まき	栽培計画の検討	
4時限	間引き	観察 生育環境が作物に及ぼす影響の学習	・作物の生育には、光、水、温度、大気など様々な条件が必要であることを理解する。
5時限	追肥	観察 作物の性質の学習	・作物がどのように養分を取り、生育するかについて理解する。
6時限	収穫	収穫物の質の考察	・作物の育成中に発生した問題をグループごとに話し合い、発表する。
7時限		作物栽培の振り返り	・問題を解決するための方法をグループで話し合い、発表する。
8時限	土づくり	栽培計画の検討	・エネルギーを光、動力、熱に変換する技術を活用することで、生育環境を制御できることを理解する。
9時限	種まき	観察 エネルギー変換を利用した機器の製作	・グループで制御機器等を製作する。
10時限	間引き	観察 ・栽培用照明器 ・栽培用灌水器 ・簡易型温室	
11時限	追肥	設置	・使用した技術が作物の生育に与えた影響をグループで話し合い、発表する。
12時限		観察 生育結果の予想	・消費電力量や使用した水の量から環境面や経済面についても考える。
13時限	収穫	1回目との比較	・人類は自然に働きかける手段として技術を開発し、その使用における価値判断がこれからの社会では大切であることを理解する。
14時限		作物栽培の振り返り	
15時限		まとめ	

表5 第1時学習指導案

1. 本時の目標
 - ・人類は、目的を持って作物を栽培し、その栽培過程で様々な技術を開発してきたことを理解することができる。
 - ・食糧となり、商品となる作物が人類の管理を必要とし、また、人類の目的を果たすためには、生物育成技術は欠かせないものであることを理解することができる。
2. 学習過程

学習段階	学習活動	指導上の留意点
生物育成の導入	・技術科に対して抱くイメージを考える。 ・栽培学習を技術の授業で行う理由を考える。	・技術科で学習する内容に関して抱くイメージを発表させる。 ・今から栽培学習を行っていくことを告げ、どうして技術で栽培学習を行うかについて考えさせる。
生物育成の目的と方法に関する討論	・身の回りの生物育成について考える。	・身近な人や身の回りの地域で、生物育成、作物栽培を行っている人を思い浮かばせ、何のためにやっているのかについてグループで考えさせる。 ・どのように生物育成、作物栽培しているのかをグループで案を出し、発表させる。
生物育成の目的と方法に関する理解	・生物を育成するには、目的があることを理解する。 ・目的を果たすために、人類が生物を管理することを理解する。	・生物育成、作物栽培には、食糧、飼料、バイオエネルギー、商売、鑑賞などの目的があることを理解させる。 ・生物育成、作物栽培には、土づくり、種蒔き、水やり、肥料、餌やりなどの方法があることを理解させる。
まとめ	・生物育成技術について理解する。	・人類が生物育成、作物栽培を行う際には、目的を持つことが大切であることを告げる。 ・目的を果たすために、人類が開発してきたものが生物育成技術であり、これらが社会に貢献していることを理解させる。

表6 第2時学習指導案

1. 本時の目標
 - ・季節に合わせて栽培する作物を選択できるとともに、作物の性質に合わせた栽培計画を立てることができる。
2. 学習過程

学習段階	学習活動	指導上の留意点
作物栽培の導入	・作物栽培の目的を明確にする。	・前回の復習をする。 ・作物栽培のテーマを「販売できる自慢の野菜」と設定し、質の高い作物栽培を目標にさせる。
作物の選定	・栽培する作物を選定する。	・図鑑やインターネットを通じて、現在の季節にあった作物をグループごとに選定させる。ただし、種蒔きから収穫までの期間が、1ヶ月から1ヶ月半のミニ野菜を題材とする。
作物の栽培方法の調査	・作物の性質、栽培方法を調べる。	・図鑑やインターネットを通じて、作物の性質を調べ、土のつくり方や種の蒔き方、水のやり方をグループごとに調べさせる。ここでは、栽培する作物がすじ蒔き、点蒔き、ばら蒔きのいずれになるか、また、それぞれの蒔き方について調べるように指導する。 ・間引き、追肥の必要性を理解し、一週間ごとの栽培計画をグループごとに考えさせる。
栽培計画の立案	・作物の栽培計画表を作成する。	・栽培目的、土づくり、種蒔きの手順・方法、水やり当番、間引き、追肥に関する計画、栽培期間をグループごとに表・グラフにまとめさせる。

表7 第3時学習指導案

1. 本時の目標
 - ・土に肥料を混ぜることや土をほぐす作業には、意味があることを理解することができる。
 - ・グループで協力し合い、土づくり、作物の種蒔きを行うことができる。
2. 学習過程

学習段階	学習活動	指導上の留意点
作物栽培の導入	・本時で行う活動を理解する。	<ul style="list-style-type: none"> ・作物を栽培する上で大切になる土づくりについて理解させる。具体的には、単粒構造、団粒構造について触れ、作物を栽培するのに適している土が団粒構造であることを理解させる。ここでは、砂と土の違いについて触れたり、保水や水持ちなどに触れながら指導する。また、作物によって、施す肥料の量が決まっています、やりすぎ、やらなさすぎのどちらでも作物は生育しにくいことを理解させる。適切な肥料の量は、生徒が購入してきた作物の種袋の裏に記載されているものを調べさせる。 ・作物の種袋の裏に記載されている種の蒔き方、発芽適温、生育適温などについて調べさせる。今回の種蒔きの時期は、ビニルハウスなど、保温しなくても発芽するくらいの季節が望ましい。
作物栽培	・土づくり、種蒔きを行う。	<ul style="list-style-type: none"> ・グループで活動する。 ・ここでは、生徒に説明をした上で、市販の土、すなわち団粒構造になっているものを選ぶ。化学肥料を適切な量加え、混ぜるように指導する。この際、土全体に肥料が行き渡るようにしっかり混ぜるように指導する。また、プランターに土を入れる際には、土を入れたプランターを地面でたたき、土をしっかりと底に落とすように指導し、土をいっぱいまで入れさせる。 ・種蒔きについては、すじ蒔きの場合はプランターの側面に沿って2列に蒔くように指導する。点まきの場合は、3粒程度3箇所蒔くように指導する。ばらまきは、プランター全体に蒔くように指導する。
栽培管理の確認	・水やり、観察の確認を行う。	<ul style="list-style-type: none"> ・水やりを土全体が湿り、水が土の表面から出るくらいまで行う。 ・前回作成した栽培計画表を見ながら、グループごとに水やりを行う日程、当番を確認する。 ・水やり当番は、水やりと同時に観察を行い、観察帳に記録すること、デジカメを用いて写真を撮ることとする。

表8 第4・5・6時学習指導案

1. 本時の目標
 - ・発芽には、適度な水分、温度、酸素が必要であることを理解することができる。
 - ・作物の生育には、光、水、温度、大気など様々な要因が必要であることを理解することができる。
 - ・作物はそれぞれの要因を基に呼吸、光合成を行うことや根から養分、水を吸収することを理解することができる。
2. 学習過程

学習段階	学習活動	指導上の留意点
生育状態の共有	・前回蒔いた種の様子を発表する。	<ul style="list-style-type: none"> ・グループごとに、蒔いた種が現在どのようになっているかを3分で発表させる。
作物の生育に関する認識	・作物の性質、作物の生育環境における学習を行う。	<ul style="list-style-type: none"> ・発芽の仕組みについて知るため、作物の生育の仕組みについて知るために、作物の性質、生育環境における学習を行うことを告げる。 ・内容は「発芽」、「根の働き」、「蒸散」、「呼吸」、「光合成」、「生育環境」の大きく6つに分けて指導する。 ・「発芽」については、適度な水分、温度、酸素が必要であることを示し、現在蒔いた種にはそれらの条件が整っていたことを理解させる。この際、発芽していないものがある場合は、その原因について考えさせる。理由には、種自体の問題、水、温度、酸素の欠乏、または光の問題が考えられる。発芽に光を必要とする作物とそうでない作物があることについてふれる。 ・「根の働き」については、根には師管、道管が通っており、養水分や酸素が道管を通して作物全体に送られるために、作物の生育に根が重要な働きをしていることを理解させる。 ・「蒸散」については、葉の気孔という穴から、そこから水分を蒸発させて葉の温度を調節していることを理解させる。作物は、この蒸散に合わせて根から養水分を吸収する性質を持つことを理解させる。 ・「呼吸」については、酸素を取り込み、二酸化炭素を放出することにより、エネルギーを放出していることを理解させる。 ・「光合成」については、二酸化炭素を取り込み、酸素を放出することにより、作物の生育に必要な養分をつくり出していることを理解させる。 ・「生育環境」については、主に光、水、温度、大気などがあることを理解させる。既に学習した「蒸散」には水が大きく関わっており、作物は蒸散を行うと同時に根から養水分を吸い上げることを理解させ、日中には土中に水分を含んでいる必要があることを理解させる。また、「光合成」には、光が大きく関わっており、作物は光をエネルギーとして光合成を行うことを理解させる。また、「蒸散」、「呼吸」、「光合成」には、酸素や二酸化炭素が必要であり、さらにそれぞれが働くためには、その作物にあった温度が必要になることを理解させる。 ・必要に応じて実験を行う。
作物の生育に関する知識の深化	・作物の性質を理解するための実験を行う。	<ul style="list-style-type: none"> ・作物はまわりの環境から多くの養分を得ていることから、近くの作物同士で養分を取り合わないために、生育の悪い作物を間引くことを理解させる。
栽培管理	・間引きについての学習し、行う。	<ul style="list-style-type: none"> ・作物同士の間隔が8cm程度になるまで間引くように指導する。

中学校技術・家庭科の作物栽培において制御技術を取り入れた教材の開発

表9 第7時学習指導案

1. 本時の目標
 - ・作物の収穫時の草丈、茎丈、根丈、葉数、葉面積、重量を記録にまとめることができる。
2. 学習過程

学習段階	学習活動	指導上の留意点
作物の収穫	・作物を収穫する。	・作物を収穫する際には、根までを収穫するように指導する。 ・収穫した作物についた土をはらい、水で軽く洗うように指導する。
作物の観察	・作物の草丈、茎丈、根丈、葉数、葉面積、重量を記録にまとめる。	・それぞれの長さや重量をはかり、観察帳に記録させる。この際、次回に観察帳の記録を用いることを説明し、しっかり記録を取るよう指導する。 ・葉面積に関しては、葉を1枚ずつコピーし、葉の形に切り抜いた後、重量の体積比により求める。
作物栽培の感想	・作物の栽培を通して感じたこと、気づいたことを発表する。	・グループごとに、栽培を通して感じたことや気づいたことを発表し合った後に、代表者にグループの意見をまとめて発表させる。

表10 第8時学習指導案

1. 本時の目標
 - ・作物の性質や生育環境と栽培過程における体験を基にして、作物の質の向上を行うための方法を考えることができる。
 - ・作物の生育に必要な環境要因に働きかけるとい一つの方法を理解することができる。
2. 学習過程

学習段階	学習活動	指導上の留意点
収穫量の維持、作物の質の向上に関する討論	・収穫量、作物の質を向上させるための方法を考える。	・作物の生育に影響する作物の性質や生育環境についてまとめたものを板書する。 ・前回学習した内容について分からない部分を復習したり、栽培の体験を通して感じたことを話し合う過程で、栽培過程を振り返る。 ・板書した内容と前回まとめた作物の記録、観察過程の記録を基に、同じ栽培期間で収穫量を維持し、作物の質を向上させる方法についてグループごとに考えさせる。 ・この際、作物の種袋の裏に記載されている生育適温と実際に観察して記録した温度を比較するように指導する。 ・作物が光合成によって養分を摂取することに着目させる。
収穫量の維持、作物の質の向上に関する発表	・グループで出した意見を発表する。	・種を増やすなど意見に関しては、収穫量は増えるが質が低下することを理解させる。 ・種の数を減らし、一つの株に養分が行き渡りやすくなるなどの意見には、質は向上するが、収穫量が低下することを理解させる。 ・ここで、農業を営んでいる人は、計画通りに多くの収穫量を、よりよい質の作物を作らないとなかなか売れないということを説明する。 ・生徒が発表した意見の中から、作物の生育環境に着目しているものを取り上げる。
収穫量の維持、作物の質の向上に関する技術の紹介	・生物の性質に合わせて生育環境を変化させる技術があることを理解させる。	・作物には、光合成により養分を摂取したり、根から養水分を吸収したり、作物にとって適切な温度が必要であるという仕組みがあることを再確認する。 ・この作物の性質を利用して、作物が生育する環境を変化させることで作物の質を向上させることができることを説明する。 ・具体的な例として、多くの作物は光合成を行って養分を取るが光合成には光が必要になることを挙げる。光は基本昼間にしかあたらぬが、もし、夜間に光をあてることができたらどうなるかを考えさせる。 ・人類は食糧を確保するために、よりよい生活をするために、作物の性質を利用して、開発してきたものが生物育成技術であることを説明する。

表11 第9・10・11・12時学習指導案

1. 本時の目標
 - ・生物育成技術としてエネルギー変換・制御技術があることを理解することができる。
 - ・栽培用照明器の回路の仕組みについて理解することができる。
2. 学習過程

学習段階	学習活動	指導上の留意点
生物育成技術の紹介	・生物育成技術の一つである制御機器について学習する。	・作物の性質を利用して開発してきたものが生物育成技術であることを再確認する。 ・様々な作物の性質から、今回は光、水、温度に関する生物育成技術について学習することを説明する。 ・作物は、光合成をすることにより養分を取り入れる性質を持つことから、光を必要とすることを確認する。さらに、夜間にも光をあてるとどのようになるかを考えさせる。
エネルギー変換・制御技術の導入	・栽培用照明器の回路図の仕組みについて学習する。	・光に関する制御に着目することを説明する。 ・昼間は日光があるため、人工的にあてる光は夜間のみで良いことを説明する。ここで、栽培用照明器の回路図を配り、CdSの機能、トランジスタの機能、抵抗の機能について説明する。また、回路がエネルギーを光に変換するために製作されていることを説明する。
エネルギー変換・制御技術の製作	・栽培用照明器の回路を製作する。	・はんだごての使い方について説明する。 ・2人一組になり、栽培用照明器の回路を製作する。1人は制御部の製作、もう1人は発光部の製作を行う。 ・トランジスタ、FET、LEDの向き、抵抗を取り付ける位置に注意するように説明する。 ・はんだが必要箇所以外に着かないように説明する。 ・回路が完成したら、制御部に発光部を取り付け、栽培用照明器を製作する。各グループに2から3つの栽培用照明器が完成するようにする。
エネルギー変換・制御技術の紹介	・栽培用灌水器、簡易型温室について学習する。	・光以外に、作物の生育には、水が不可欠であることを確認する。人類が作物を大量生産しようとする過程で開発した灌水器について説明する。 ・灌水器に着目した制御機器についても製作することができることを説明し、栽培用灌水器の実物を示す。ここで、栽培用灌水器の回路の仕組みを説明する。 ・光、水以外に、作物の生育には、一定の温度が必要であることを確認する。人類が、一定の温度を保つために、温室、温度を一定に保つために開発した技術について説明する。 ・市販されているパイメタルと保温器を用いることで、温度を一定に保つことができることを説明し、それらの実物を示す。
エネルギー変換・制御機器の設置	・製作した栽培用照明器、栽培用灌水器、簡易型温室をプランターに設置する。	・1つのグループに栽培用照明器を3つ設置させる。栽培用灌水器、簡易型温室については、グループごとにどちらを用いるか検討させ、設置させる。 ・プランターは各グループ通常通りに栽培するもの、栽培用照明器を用いて栽培するもの、栽培用灌水器もしくは簡易型温室を用いて栽培するものと合計3つ用意するように指導する。
まとめ	・制御機器を用いる目的を確認する。	・制御機器を用いる目的は、作物の生育に必要な光、水、温度を制御し、作物の質の向上を行うことであることを理解させる。なお、制御機器の製作と同時に、土づくり、種蒔き、間引きを行う。

表 12 第 13 時学習指導案

1. 本時の目標：
 - ・制御機器を用いて栽培しているものと通常通りに栽培しているものとを比較し、観察結果を観察帳にまとめることができる。
 - ・観察結果を基に、用いている制御機器の良い点、悪い点を考え、まとめることができる。
2. 学習過程

学習段階	学習活動	指導上の留意点
作物の観察	・作物の生育状態を観察する。	・制御機器を用いて栽培しているものと通常通りに栽培しているものとを比較する。 ・茎丈と葉数を観察し、記録するように指導する。
制御機器と作物生育に関する考察	・制御機器が作物の生育に与える影響について考え、収穫時の作物の状態を予想する。	・夏場においては、栽培用灌水器の効果が大きく、冬場においては、簡易型温室の効果が大きいと考えられる。栽培用照明器においては、葉菜類である作物において効果が大きいと考えられる。 ・制御機器の機能と生育環境の制御という観点から、次週の作物の生育状態をグループで予想させる。 ・予想は、通常通りに栽培したものよりも「大きい」、「小さい」、「変わらない」のいずれかにおいて判断させる。また、その理由についても考えさせ、グループで意見をまとめさせる。
制御機器の評価	・制御機器の良い点、悪い点を考える。	・作物の生育との関わりにおいて制御機器を評価する視点、灌水の自動化などの便利さにおいて評価する視点を持たせる。ここで、制御機器を多面的に見る訓練を行う。

表 13 第 14 時学習指導案

1. 本時の目標：
 - ・作物の収穫時の草丈、茎丈、根丈、葉数、葉面積、重量を記録にまとめることができる。
 - ・制御機器を用いて栽培したものと通常通りに栽培したものと比較し、両者の違いを記録にまとめることができる。
2. 学習過程

学習段階	学習活動	指導上の留意点
作物の収穫	・作物を収穫する。	・作物を収穫する際には、根までを収穫するように指導する。 ・収穫した作物についた土をはらい、水で軽く洗うように指導する。
作物の観察	・作物の草丈、茎丈、根丈、葉数、葉面積、重量を記録にまとめる。	・それぞれの長さや重量をはかり、観察帳に記録させる。この際、次回に観察帳の記録を用いることを説明し、しっかり記録を取るよう指導する。 ・葉面積に関しては、葉を1枚ずつコピーし、葉の形に切り抜いた後、重量の体積比により求める。
生育結果の比較	・収穫した作物の比較を行う。	・グループで、制御機器を用いて栽培したものと通常通りに栽培したものの生育状態を比較し、記録にまとめる。 ・制御機器を用いた際に、消費した電力量を記録する。 ・栽培用灌水器を用いた際に、消費した水の量を記録する

表 14 第 15 時学習指導案

1. 本時の目標
 - ・制御機器が作物の生育に果たした役割を理解することができる。
 - ・制御機器が作物の性質を基に開発され、機能することを理解することができる。
 - ・制御機器を用いることには、消費電力量、消費水量などの問題点があることを理解することができる。
 - ・消費電力量、消費水量などの問題点を改善しようとし、改善案を考えることができる。
2. 学習過程

学習段階	学習活動	指導上の留意点
作物の比較	・制御機器を用いて栽培したものと通常通りに栽培したものとを比較し、制御機器が作物の生育に与えた効果について発表する。	・栽培用照明器を用いて栽培したもの、栽培用灌水器もしくは簡易型温室を用いて栽培したものと通常通りに栽培したものを比較させる。 ・それぞれの制御機器が作物の生育にどのような効果を与えたかをグループごとに発表させる。 ・栽培用照明器、簡易型温室については効果が見られると考える。栽培用灌水器に関しては、冬場において効果は見られないと考える。
生育結果の理由に関する討論	・作物の生育結果を基に、理由を考え、発表する。	・制御機器の中にも、効果があったものそうでないものがあったことから、それぞれの理由について考えさせ、挙手制で発表させる。 ・栽培用照明器は、夜間に光をあてることで作物に光合成を活発に行わせ、作物の生育を良くしたことに気づかせる。 ・簡易型温室は、温度が下がりにくい冬場において、生育適温に近づけることができたため、作物の生育が良かったことに気づかせる。 ・栽培用灌水器は、冬場においては土の水持ちが良いため、作物の生育に効果がなかったことに気づかせる。また、水は多ければ多いほど作物の生育にとって良いとは限らないことを指導する。自動灌水が作物を大量生産するための効率をあげることに適しているという面にも気づかせる。
制御機器の問題点に関する討論	・制御機器を多面的に学習する。	・制御機器を用いて悪かった点についてグループで考えさせ、発表させる。 ・環境面に着目させ、消費した電力量、消費した水の量に気づかせる。 ・技術を開発すること、用いることは非常に社会に貢献するが問題点を生み出す可能性があることを説明する。
制御機器の改善	・制御機器の改善案について考える。	・制御機器の良い面、悪い面を考えた上で、制御機器を評価させる。この際、悪い面を出さないために技術を用いないのではなく、問題点を改善するために新しい技術を生み出すように指導する。 ・制御機器の改善案を考えさせる。具体的には、栽培用照明器の光を点灯する時間を短くする、栽培用灌水器の水を節約する、簡易型温室を大型にし、中に入れるプランターの数を増やすなどが考えられる。
まとめ	・生物育成技術の役割について確認する。	・人類が有益なものを得ることを目的として作物の性質を基に、開発してきたものが生物育成技術であることを説明する。 ・技術には、良い点も悪い点もあることから、悪い点を克服するためにさらに技術を開発していくことが大切であることを説明する。 ・環境にやさしく、よりよい社会をつくること役割の一端を、みんなが担っていることを説明する。

解決法について考える。次に、その解決法の1つとして、生育環境を制御する生物育成技術があることを説明し、各班ごとに本研究で開発した教材を製作する。そして、それらを用いて、収穫量の増大と作物の質の向上を目標に、生の栽培を客観的に比較・検討し、環境面や経済面など多様な視点で使用した栽培技術を評価して、これからの社会と技術との関わりについて考える。

このような一連の学習を通して、生徒は実践的・体験的に生物育成技術について学習することができると思われる。

7. おわりに

中学校技術科の生物育成技術における教材と学習過程を提案することを目的として、光、水、温度の生育環境を制御する教材を開発して、栽培実験により教材の有効性を検証し、それらを基にして学習過程を構築した。なお、本研究では授業実践を通しての有効性は検証していない。教材並びに学習過程の効果をより高める栽培ノートや学習プリントなどの副教材の作成を含めて今後の課題とする。

附 記

本論文は、牡鹿晃久の作成した論文（2008年度三重大学教育学部卒業論文）を基に、指導教員であった魚住明生がまとめ直したものである。

引用文献

- 1) 谷保成洋・魚住明生：技術科教育における栽培学習に関する基礎的研究－新学習指導要領における中学校へのアンケート調査を基にしての一考察－，富山大学教育学部附属教育実践総合センター紀要，第4号通巻20号，pp.35-44（2003）
- 2) 文部科学省：中学校学習指導要領（2008）
- 3) 上野耕史：技術分野の改訂の方向，日本産業技術教育学会誌，第49巻第4号，pp.331-338（2007）