

博士論文

都市部における植物工場を題材とした
技術科栽培学習に関する実践的研究

2020 年

東京学芸大学大学院連合学校教育学研究科

学校教育学専攻 生活・技術系教育講座

(埼玉大学)

佐藤 正直

目次

第1章 緒言	1
1. 研究の目的	1
2. 研究の背景	1
2.1 Society5.0の社会と教育の在り方	1
2.2 社会の変化と栽培技術	1
2.3 学習指導要領と学校の現状	2
3. 先行研究の整理	3
3.1 調査の方法	4
3.2 カテゴリー分類	4
3.3 昭和33年告示学習指導要領時代の研究	6
3.4 昭和44年告示学習指導要領時代の研究	7
3.5 昭和52年告示学習指導要領時代の研究	8
3.6 平成元年告示学習指導要領時代の研究	9
3.7 平成10年告示学習指導要領時代の研究	9
3.8 平成20年告示学習指導要領時代の研究	10
3.9 生物育成に関する研究の課題	11
4. 研究の位置づけと方法	12
5. 本論文の構成	12
第2章 「生物育成」学習に関する実態調査	18
1. 緒言	18
2. 調査の方法と調査内容	18
2.1 調査の目的	18
2.2 調査の対象と方法	18
2.3 質問項目	18
3. 調査結果	19
3.1 質問紙回収結果	19
3.2 教員の経験年数	19
3.3 実習題材	20
3.4 「生物育成」学習に関する授業の実態	23
3.5 実習の学習形態と主な題材	25
3.6 学習内容の指導程度	25
3.7 生徒に育成できたと思う能力	26
3.8 生物育成の授業に対する課題	27

3.9	生物育成の授業実施に対する難易度	28
3.10	教員自身が生物育成の学習内容について感じていること	29
3.11	生物育成の授業で重視していること	30
3.12	実習場所の確保	31
3.13	植物工場題材の取扱	32
4.	植物工場題材に対する教員の意向分析	33
4.1	教員経験年数による分析	33
4.2	授業の課題と植物工場題材との関連	34
4.3	指導の程度と植物工場題材との関連	36
4.4	授業で重視している内容と植物工場題材との関連	38
5.	結言	39
5.1	都市部における生物育成学習の実態調査	39
5.2	植物工場題材に対する意識調査	39
第3章 植物工場題材による栽培学習をおこなうための教材・教具の開発		42
1.	緒言	42
第1節 室内栽培用人工光源の開発		44
1.1	はじめに	44
1.2	生育に必要な光源	44
1.3	養液栽培装置用 LED 光源の開発	45
1.4	養液栽培用 LED 光源の有効性を確認するための生育実験	48
1.5	おわりに	55
第2節 根菜類を育成するための教材・教具の開発		56
2.1	はじめに	56
2.2	根菜類用養液栽培教具の検討	56
2.3	人工土壌の検討	56
2.4	根菜類用養液栽培教具の開発	60
2.5	BB 弾回収器具の開発	64
2.6	おわりに	64
2.	結言	65
第4章 植物工場を題材とした学習指導の在り方と試行的実践		68
1.	緒言	68
第1節 栽培用 LED 光源を用いた授業実践		69
1.1	はじめに	69
1.2	カリキュラムの検討	69

1.3	養液栽培装置用 LED 光源を利用した授業カリキュラムの検討	70
1.4	実践対象と期日	71
1.5	授業実践	71
1.6	生徒の意識変容調査	74
1.7	調査結果	75
1.8	おわりに	79
第2節	根菜類用養液栽培教具を用いた授業実践	80
2.1	はじめに	80
2.2	実践対象と期日	80
2.3	カリキュラム	80
2.4	授業実践	81
2.5	調査と分析	86
2.6	生物育成技術に関する調査結果	86
2.7	技術開発に関する意識調査	87
2.8	因子分析	88
2.9	自由記述の分析	90
2.10	おわりに	92
3.	結言	92
第5章	結言	94
5.1	本研究で得られた知見の整理	94
5.2	第1章のまとめ	94
5.3	第2章のまとめ	94
5.4	第3章のまとめ	95
5.5	第4章のまとめ	96
5.6	教育実践への示唆	98
5.7	今後の課題	100
謝辞		101

第1章 緒言

1. 研究の目的

本研究の目的は、中学校技術・家庭科技術分野（以下、技術科）において栽培実習をおこなうための農地などの実習場所の確保が難しい都市部の学校に焦点をあて、栽培学習の実態を調査し、課題を明らかにするとともに、教室内で栽培学習可能な植物工場を題材とした栽培学習のカリキュラムおよび教材・教具を開発し、効果的な学習指導事例を提案することである。

2. 研究の背景

2.1 Society5.0 の社会と教育の在り方

平成 28 年 1 月に閣議決定された第 5 期科学技術基本計画では、1. 持続可能な成長と地域社会の自律的発展、2. 国及び国民の安全・安心の確保と豊かで質の高い生活の実現、3. 地球規模課題への対応と世界の発展への貢献、4. 知の資産の持続的創出の 4 つの目指すべき国の姿を掲げている。このような国の実現に向けて未来の産業創造と社会変革を先導するために「Society5.0」というキャッチフレーズを掲げている¹⁾。Society1.0 の社会では、動植物の狩猟や採取を生活の基盤としていた社会。Society2.0 では、農耕を営む共同体が形成される社会。Society3.0 では、産業革命による製造業が発達した社会。Society4.0 では、情報が価値を持つ情報化社会と定義している。そして Society5.0 が目指す社会では、IoT(Internet of Things)で全てのモノと人がつながり、様々な情報が共有され、人工知能(AI)によって必要な情報が必要なときに提供されるなどのイノベーションが加速されるとしている²⁾。

文部科学省は、Society5.0 の実現に向けて「Society5.0 に向けた人材育成に係る大臣懇談会」を立ち上げ、平成 30 年 6 月に報告書を公開した。それによると我が国における課題として、基礎的な数学や情報科学などに関する研究開発と教育が米国や中国などと比して立ち遅れていると記されている。さらに、子どもたちを取り巻く環境変化についても記述されており、都市部への人口集中により自然体験などの体験活動の減少による影響を懸念している³⁾。これらの背景から、我が国の教育は従来の伝統的な教育のみならず、ICT 機器のより一層の活用や新たな価値を生み出すために必要な資質・能力を育成する教育へと発展を遂げる必要があると考えられる。

2.2 社会の変化と栽培技術

我が国の食料自給率は、平成 29 年の段階で 1 日 1 人あたりの供給熱量 2,443Kcal を国産供給熱量 912Kcal で割ったカロリーベースで 38%，農業物価統計に基づき食料の国内消費額 16.2 兆円を国内の生産額 10.6 兆円で割った生産額ベースで 66%であり、先進国と比較するとカナダがカロリーベース 264%，アメリカ 130%，フランス 130%などで我が国は先進国中最低の水準である⁴⁾。この食料自給率低下の背景には農業就労者数の減少があげられ、平成 22 年に 260 万人であった農業就労者数は平成 31 年に 168 万人まで減少している。さらに平成 28 年に新規に農業に就労した 6 万人のうち、49 歳以下は 2 万 2 千人であり農業就労者全体

で見ると49歳以下の就労者はわずか19%である⁵⁾。持続可能な社会を形成するためには農業に若者が就労し産業を育成する必要があることは言うまでもないが、離農者の増加に歯止めがかからない現状がある。また、我が国の人口は平成22年国勢調査時の1億2805万6千人をピークに減少を続け⁶⁾、令和元年9月には1億2615万人となっている⁷⁾。そのうち15歳～64歳以下の生産年齢人口は総人口の59.7%で比較可能な1950年以降過去最低を記録している⁸⁾。我が国の人口減少の特徴は高齢化と出生率の低下とされており、労働力として期待される若年人口の減少は社会を維持していく上での課題であるとされる。

これらの社会の変化に対して、我が国の農業分野において新たな栽培技術も確立されつつある。植物の栽培は従来からも行われている土壌栽培が主流であるが、土壌を用いない養液栽培が第二次世界大戦後に始められた⁹⁾。養液栽培には培地を用いない水耕栽培とロックウールなどの培地を用いた固形培地耕があり、これらの養液栽培とヒーターなどを用いた温度管理、人工光源を用いた日照管理などをコンピュータで制御する植物工場技術が開発された¹⁰⁾。植物工場は南極観測基地内や砂漠地帯といった気象条件の厳しい地域や、都市部などの農地確保が難しい地域における植物栽培を可能とし、更には自動化技術によって限られた就労者数でも栽培が可能である。また、冬の時期に夏野菜を出荷するなど季節とは無関係に栽培することや、漢方薬の原料となる薬用植物に代表される高付加価値の植物を栽培するなど従来の土壌栽培とは異なる栽培を可能としている¹¹⁾。これらの技術は少子高齢化や農業就労者の減少といった課題に直面している我が国や、人口増加や気候変動、農地の宅地化などの課題を抱えている諸外国からも注目されている技術であり、学校教育において社会の課題や新しい技術を学ぶ必要があると考えられる。

これらを背景とし、技術科における栽培学習では、従来からの学習内容に加え、我が国における農業の課題も踏まえつつ、新しい栽培技術の学習を通して技術に対する理解を深めることが重要であり、これらの課題を解決するための教材・教具の開発と新たな栽培学習のあり方を検討する必要があると考えられる。

2.3 学習指導要領と学校の現状

我が国では、学校教育法施行規則¹²⁾を根拠に学習指導要領を定めており、おおよそ10年毎に改定をおこなっている。技術科は、昭和33年告示中学校学習指導要領から開設された教科である。開設当初の学習内容は、「設計・製図」、「木材加工」、「金属加工」、「栽培」、「機械」、「電気」、「総合実習」とされており、改定毎に学習内容が変遷した歴史を持つ。そのうち「栽培」は、昭和33年告示中学校学習指導要領から平成10年告示中学校学習指導要領まで設けられており、平成20年告示中学校学習指導要領からは「生物育成」として設定された内容である。

平成20年告示中学校学習指導要領では、「A 材料と加工に関する技術」、「B エネルギー変換に関する技術」、「C 生物育成に関する技術」、「D 情報に関する技術」のすべての内容を必修として取り扱うこととされた¹³⁾。特に「C 生物育成に関する技術」は、昭和52年告示中学校学習指導要領において選択履修とされてから33年ぶりに必修化された。しかし、選択履修の期間があまりにも長期に渡ったため、栽培学習の履修率低下や施設不足などの影響も顕在化した。

土屋ら(1994)によると、平成5年の「栽培」履修率は、最高は沖縄県の74%から最低は京都府の3%までであり、全国平均では27%であったとしている。これは、他の領域の履修率、「機械」68%、「金属加工」46%、「情報基礎」86%に比べてかなり低い。また、同研究では、履修率の低下の要因として、農地の都市化や農業生産人口の減少といった社会的背景が要因として考えられ、選択履修とされた期間が長期に渡ったため、長い時間をかけて履修率が低下していったとしている¹⁴⁾。

平成14年に谷保ら(2003)が富山県内国公立中学校86校を対象に実施した調査によると「栽培」を履修していた学校の割合は4%であった。「栽培」を履修しない主な理由としては、他の領域を優先させるためや施設設備の不足、授業時間の不足、教員自身の問題などがあげられていた。しかし、低い履修率に反し教員の意識としては、できれば履修させたい、履修させるべきと答えた教員の割合が78%と履修に前向きな意見が多く見られた¹⁵⁾。

また、全日本中学校技術・家庭科研究会が平成24年に全国5,100校を対象におこなった調査では、栽培実習用農場などの施設の有無について調査をおこなっており55.61%の学校で農場も花壇も無いという課題が浮き彫りとなった¹⁶⁾。これも、選択履修とされた期間が長期に渡ったため、施設の維持、管理、新規調達が行われなかったためであると考えられる。

平成29年告示中学校学習指導要領では、技術科の教育目標として「技術の見方・考え方を働かせ、ものづくりなどの技術に関する実践的・体験的な活動を通して、技術によってよりよい生活や持続可能な社会を構築する資質・能力を育成することを目指す」と明記されている¹⁷⁾。つまり、技術科の学習目標を達成するためには実践的・体験的な活動をおこなうことが重要であり、すべての学校において実践的・体験的な活動をおこなうための教材・教具を含めた学習環境の整備が欠かせない。

文部科学省は、学校の学習環境を充実させるため令和元年に教材整備指針^{18,19)}の一部改定をおこない、プログラミング教育関連のハードウェア・ソフトウェアや3Dプリンターなど、新学習指導要領に対応した教材を追加した。その中で技術科に関連する記述としては、加工技術の模型や生物育成資料、計測制御用ロボットなどが新規に掲載され、作物栽培関係用具および動物の飼育・水産生物の栽培関係用具が一部見直しをされた。しかし、栽培学習をおこなうためには耕うん器具などの用具も必要であるが、作物を育てる基本となる農地やプランターなどの容器を置くのに適した場所が必要であり、都市部の学校においては用地確保が容易ではなく、栽培学習をおこなうための課題の一つであると言える。これらのことから、栽培学習をすすめるために必要な研究過程を整理し、現代の学校教育に求められる研究のあり方を考察する必要があると考えられる。

3. 先行研究の整理

中学校技術科「栽培」および「生物育成」に関するこれまでの研究を整理するために、日本学術会議協力学術研究団体である日本産業技術教育学会およびその前身である日本産業教育学会（以下、産技学会）および、日本農業教育学会（以下、農教学会）の学会誌を調査対象とした。

調査対象は、産技学会誌は昭和33年発行のVol.1から平成28年発行のVol.57までに掲載された1955本のうち「栽培」および「生物育成」に関する92本、農教学会誌は昭和41年発行の第1巻から平成27年発行の第46巻までに掲載された373本を対象とした。調査方法は、

これらの論文をカテゴリー毎に分類し、主として技術科における教育に関して論じている論文を学習指導要領の変遷と比較しながら、成果と課題について考察をおこなうこととした。

3.1 調査の方法

調査の方法は、対象となる学会誌に掲載されている論文のうち「栽培」および「生物育成」関連の論文をカテゴリー毎に分類し、その後、カテゴリー別に分類した論文を学習指導要領の変遷に対応するよう時代別に分類し、そのうち中学校技術科を中心とした栽培学習に関する研究過程を整理し考察をおこなった。

3.2 カテゴリー分類

カテゴリー分類は、筆者および技術科の教員経験者2名の計3名で論文の内容を検討し、協議をおこない分類を試みた。その結果、4つのカテゴリーに分類することができた。

1つ目の分類として、農業や農村に対する調査などを主な内容としたものをA「主として農業・漁業・畜産業に関する内容」とした。このカテゴリーに属する論文内容としては、農業従事者の後継者教育を論じている論文や²⁰⁾、農産物の価格変動に関して調査をおこなった論文²¹⁾など農業に関する調査や研究を論じている論文であり、学校教育に言及したものを含まないものと定義した。

2つ目の分類として、植物や動物に対する調査研究を主としたものをB「主として生物に関する内容」とした。このカテゴリーに属する論文内容としては、甘藷の越冬に関する実験を論じている論文や²²⁾、花卉類の伸長抑制剤について調査した論文^{23,24,25)}など生物の成長に関する影響や調査をおこなうことを主な内容としている論文と定義した。更に、サブカテゴリーとして、新しい育成技術の開発などを論じている内容をB1「育成技術の開発」、生物の特性などを調査した内容のものをB2「調査」、生物の成長メカニズムを解明しているものをB3「生物の成長メカニズム」、何れのカテゴリーにも属さない内容をB4「その他」として扱った。

3つ目の分類として、小中学校における栽培学習や農業高校および大学における教育を主としたものをC「主として教育に関する内容」とした。このカテゴリーに属する論文内容としては、栽培学習が自己教育力の育成に対して有効であるか調査した論文や²⁶⁾、スイカ栽培を題材とした課題解決型学習を論じた論文²⁷⁾など学校教育に関する内容を主としたものと定義した。更に、サブカテゴリーとして、小学校栽培学習や中学校技術科などに関する内容をC1「学校教育に対する調査・考察・提言」、授業実践などを通じて児童生徒の学習効果や変容を扱った内容をC2「教育実践」、授業で用いる教材・教具の開発に関する内容をC3「教材開発」、小学校や中学校技術科における生物育成に関するカリキュラムを扱った内容をC4「カリキュラム開発」、何れのカテゴリーにも属さない内容をC5「その他」として扱った。

4つ目の分類は、前述の何れのカテゴリーにも当てはまらないものをD「その他」として分類した。尚、複数のカテゴリーに関わる内容を論じている論文に関しては、その論文の主たる研究目的や内容から判断し何れかのカテゴリーに当てはめて分類した。表1-1にカテゴリー分類を示す。

表 1 - 1 カテゴリー分類

カテゴリー	サブカテゴリー
A「主として農業・漁業・畜産業に関する内容」	
B「主として生物に関する内容」	B1「育成技術の開発」
	B2「調査」
	B3「生物の成長メカニズム」
	B4「その他」
C「主として教育に関する内容」	C1「学校教育に対する調査・考察・提言」
	C2「教育実践」
	C3「教材開発」
	C4「カリキュラム開発」
	C5「その他」
D「その他」	

前述のカテゴリーに分類した後に、中学校学習指導要領の変遷に伴う研究過程の整理と考察をおこなうことを目的として、学習指導要領の告示年毎に分類した。中学校技術科は昭和33年告示中学校学習指導要領によって新たに設置された教科であり、昭和33年、昭和44年、昭和52年、平成元年、平成10年、平成20年の告示により学習内容が変遷している。昭和33年告示中学校学習指導要領時代として昭和33年（1958）～昭和43年（1968）、昭和44年告示中学校学習指導要領時代として昭和44年（1969）～昭和51年（1976）、昭和52年告示中学校学習指導要領時代として昭和52年（1977）～昭和63年（1988）、平成元年告示中学校学習指導要領時代として平成元年（1989）～平成9年（1997）、平成10年告示中学校学習指導要領時代として平成10年（1998）～平成19年（2007）、平成20年告示中学校学習指導要領時代として平成20年（2008）～平成28年（2016）として分類した。表1-2に年代毎の論文数を示す。

表1-2 学習指導要領告示年代別論文数

カテゴリー	サブカテゴリー	昭和 33年	昭和 44年	昭和 52年	平成 元年	平成 10年	平成 20年	計
A:主として農業・漁業・畜産業に関する内容		14	16	2	2	1	3	38
B:主として生物に関する内容	B1:育成技術の開発	0	1	6	7	1	3	18
	B2:調査	5	8	5	9	5	2	34
	B3:メカニズム	6	2	12	2	9	1	32
	B4:その他	0	0	1	2	0	0	3
C:主として教育に関する内容	C1:学校教育に関する 調査・考察・提言	13	15	34	25	20	8	115
	C2:教育実践	3	1	5	12	6	10	37
	C3:教材開発	2	9	13	32	18	19	93
	C4:カリキュラム開発	2	3	3	1	0	2	11
	C5:その他	9	17	11	7	6	2	52
D:その他	10	15	7	0	0	0	32	
計		64	87	99	99	66	50	465

3.3 昭和33年告示学習指導要領時代の研究

抽出された掲載論文は産技学会誌が28本、農教学会誌は36本、計64本であった。カテゴリー別では、A「主として農業・漁業・畜産業に関する内容」が14本、B「主として生物に関する内容」が11本、C「主として教育に関する内容」が29本、D「その他」が10本であった。更にサブカテゴリー別では、B「主として生物に関する内容」のうち、B2「調査」が5本、B3「メカニズム」が6本、C「主として教育に関する内容」のうち、C1「学校教育に対する調査・考察・提言」が13本、C2「教育実践」が3本、C3「教材開発」が2本、C4「カリキュラム開発」が2本、C5「その他」が9本であった。

この時期の主な栽培学習に関する研究として、荒井(1961)は、技術科における栽培学的学習の意義とその方途として、当時新設された中学校技術・家庭科において栽培学の観点から農的内容の意義を見出し検討している。それによると①作物の本質、②環境の諸要素、③栽培に対する人為的技術、④農業の機械化・動力化、⑤作物の特性や栽培法の改善が近代技術学習の意義であると論じている²⁸⁾。毛利(1961)は、教員養成学部における農業実習において、技術科の教員免許法改正にともなう問題点を提起しており、旧職業科のカリキュラムでは農

業に関する内容が51単位であったものが技術科では14単位となりそのうち必修は栽培原論、園芸概論、農業実習の6単位であることから質的な変化が懸念されるとしている²⁹⁾。また、岩瀬(1961)は、パンチカードの一種であるホールソートカードを利用した植栽計画の能率化を思案しており、学校などにおいて栽培品種の選択や栽培の方法などを能率的に検索するシステムを作成し提案をおこなっている³⁰⁾。

この時代は技術科が発足してまもなく、学習指導要領に示された目標として「生活に必要な基礎的技術を修得させ、創造し生産する喜びを味わわせ、近代技術に関する理解を与え、生活に処する基本的な態度を養う」とされていた。研究内容も技術科の学習内容や教育手法などの研究は少なく、その理由として、高校進学率が53.7%と現在の6割程度で、特に農村部を抱える九州や東北地区では30%代の地域も見られる時代であり³¹⁾、農村部の生活の改善や後継者育成が課題であったことから、職業教育寄りの研究が推進されていたと推察される。

3.4 昭和44年告示学習指導要領時代の研究

抽出された掲載論文は、産技学会誌が16本、農教学会誌は71本であった。カテゴリー別では、A「主として農業・漁業・畜産業に関する内容」が16本、B「主として生物に関する内容」が11本、C「主として教育に関する内容」が45本、D「その他」が15本であった。更にサブカテゴリー別では、B「主として生物に関する内容」のうちB1「育成技術の開発」が1本、B2「調査」が8本、B3「メカニズム」が2本、C「主として教育に関する内容」のうち、C1「学校教育に対する調査・考察・提言」が15本、C2「教育実践」が1本、C3「教材開発」が9本、C5「その他」が17本であった。

この時期の主な栽培学習に関する研究として、鴻海ら(1973)は、中学校技術科における養液栽培に関する研究として安価なくん炭とビニル鉢を用いた養液栽培によるレタス栽培を提案しており³²⁾、また井上ら(1972)は、小中学校における代用培養土としてパーライトを用いたレタス栽培を提案している³³⁾。さらに麓(1969)は、水産生物の飼育に関する学習としてコイの飼育を提案しており、学校のプールを水泳指導で利用していない期間を利用し適切に飼育する方法を論じる³⁴⁾など、教材や題材に関する研究論文が見受けられた。また、学習内容に関する研究論文も見られるようになり、奈良(1977)は、中学校技術科における栽培領域の学習内容の構造化について論じており、学習活動を行動様式に置き換え「知る」、「考える」、「行う」、「もつ」と定義し学習内容を構造化している³⁵⁾。

この時代は技術科が発足して10年が経過した時期であるが、当時の社会生活が男女によって異なるとされていたことから、「男子向き」、「女子向き」の区分は維持されることとなった。学習指導要領に示された目標は「生活に必要な技術を習得させ、それを通して生活を明るくするための工夫創造の能力および実践的な態度を養う」とされており、昭和33年告示学習指導要領と比べると生活との関わりが強調され、職業科から技術科へと完全に脱却したことが示されたと考えられる。しかし主な研究の内容は、技術科教育に対する提言や教材の提案が主であり、実践から得た知見に基づいた実践研究をおこなうには至っていなかったものと推察される。

3.5 昭和 52 年告示学習指導要領時代の教育研究

抽出された掲載論文は、産技学会誌が 20 本、農教学会誌は 79 本であった。カテゴリ一別では、A「主として農業・漁業・畜産業に関する内容」が 2 本、B「主として生物に関する内容」が 24 本、C「主として教育に関する内容」が 66 本、D「その他」が 7 本であった。更にサブカテゴリ一別では、B「主として生物に関する内容」のうち、B1「育成技術の開発」が 6 本、B2「調査」が 5 本、B3「メカニズム」が 12 本、B4「その他」が 1 本、C「主として教育に関する内容」のうち、C1「学校教育に対する調査・考察・提言」が 34 本、C2「教育実践」が 5 本、C3「教材開発」が 13 本、C4「カリキュラム開発」が 3 本、C5「その他」が 11 本であった。

この時期以降、農業や農村に対する調査系の論文は少なくなる。昭和 52 年～昭和 53 年は円相場が急騰し国際収支が大幅に黒字化し、日本国内向けの設備投資などが進み国際競争力を飛躍的に向上させた時期とも重なる³⁶⁾。昭和 53 年の実質成長率は 5.5%に及びオイルショックから着実に回復することにより、農村部も発展し都市間との経済格差が縮小していったことも要因であると推察される。

この時期の主な栽培学習に関する研究として、仙城ら(1978)は、土壌内の微小動物に着目し、簡易的な装置でセンチウを観察する実験装置を開発し授業実践を試みており、実践後の調査により生徒の関心を向上させることができたとしている³⁷⁾。石井(1988)は、栽培の容易なハーブ類の教材としての利用について論じており、中学生を対象にハーブ類に対する意識調査をおこなっている。中学生の意識としてハーブ類の栽培に対して「非常に興味がある」、「やや興味がある」と回答した生徒の割合は 32%であり「あまり興味がない」、「ほとんど興味がない」と回答した生徒が 48.6%と関心の無い生徒の割合が多かったものの、当時はハーブ類の栽培がほとんどなされていなかった時代でもあり、教材としての利用価値があると論じている³⁸⁾。さらに増田ら(1987)は、作物の根に着目した教材の開発を論じており、用土の違いによる発根状態を観察する実験やロックウールを利用した養液栽培や異なる肥料を与えた生育状況の観察など複数の教材を提案している³⁹⁾。

学習指導要領に示された目標は「生活に必要な技術を習得させ、それを通して家庭や社会における生活と技術との関係を理解させるとともに、工夫し創造する能力及び実践的な態度を育てる」とされ、地域や学校の実態に合わせて履修領域を選択できるようになり、これより平成 20 年告示学習指導要領改定までの 31 年間に渡り、「栽培」領域の選択履修の時代が続くこととなった。男女相互乗り入れと学習時間の縮小、それらに伴う「栽培」領域の選択履修化は、高度経済成長を遂げライフスタイルの変化に合わせた学習内容であったとも考えられる。また、この時期の論文の特徴としては、学校教育に対する提言が多く、研究者たちが様々な視点から栽培学習に対しての論を展開している。同時に教材の開発においても、学校教育での利用を考慮し、実践しやすい教材も開発されはじめたのが特徴と言える。しかしながら、これらの提言や教材を技術科の授業で実践し、その効果を検証するに至った論文は少なく、実践研究がまだ途上であったと考えられる。このことは、栽培の履修率の低下とも相まって、学校現場での実証を難しくしていたものと推察される。

3.6 平成元年告示学習指導要領時代の教育研究

抽出された掲載論文は、産技学会誌が 12 本、農教学会誌は 87 本であった。カテゴリー別では、A「主として農業・漁業・畜産業に関する内容」が 2 本、B「主として生物に関する内容」が 20 本、C「主として教育に関する内容」が 77 本であった。更にサブカテゴリー別では、B「主として生物に関する内容」のうち、B1「育成技術の開発」が 7 本、B2「調査」が 9 本、B3「メカニズム」が 2 本、B4「その他」が 2 本、C「主として教育に関する内容」のうち、C1「学校教育に対する調査・考察・提言」が 25 本、C2「教育実践」が 12 本、C3「教材開発」が 32 本、C4「カリキュラム開発」が 1 本、C5「その他」が 7 本であった。

この時期の我が国はバブル景気に沸き、金融、機械、エレクトロニクスといった分野で日本が世界を席捲していった時代でもあった。

この時期の主な栽培学習に関する研究として、平井ら(1992)は、コンピュータ利用による気象観測システムを開発しており、温度、湿度、日射量、風向、風速、雨量を測定しデータをフロッピーディスクに記録するものである。本装置を栽培学習以外にもプログラミングをはじめとしたコンピュータの学習にも活用できるとしている⁴⁰⁾。また、梁川(1995)は、学校現場で用いることのできる簡易養液栽培法に関する研究をおこなっており、ロックウールを用いた **Bubbling** 法でコマツナとホウレンソウの栽培を提案している⁴¹⁾。

学習指導要領に示された目標は「生活に必要な知識と技術の習得をとおして、家庭生活や社会生活と技術とのかかわりについて理解を深め、進んで工夫し創造する能力と実践的な態度を育てる」とされ、さらに全ての学習内容が男女共修となり、我が国の普通教育における技術科教育の基礎が作られた。しかしながら「栽培」の履修率は大幅に低下し、それに伴って「情報基礎」や「電気」など他の学習内容に関する実践的研究が増加したため、栽培に関する研究が十分とは言えない状況であったと推察される。

3.7 平成 10 年学習指導要領時代の教育研究

抽出された掲載論文は、産技学会誌が 8 本、農教学会誌は 58 本であった。カテゴリー別では、A「主として農業・漁業・畜産業に関する内容」が 1 本、B「主として生物に関する内容」が 15 本、C「主として教育に関する内容」が 50 本であった。更にサブカテゴリー別では、B「主として生物に関する内容」のうち、B1「育成技術の開発」が 1 本、B2「調査」が 5 本、B3「メカニズム」が 9 本、C「主として教育に関する内容」のうち、C1「学校教育に対する調査・考察・提言」が 20 本、C2「教育実践」が 6 本、C4「教材開発」が 18 本、C5「その他」が 6 本であった。

この時期の我が国はバブル景気崩壊後の不況期にあたり、海外から安価な農産物が輸入されると同時に、農業就労者の高齢化、耕作放棄地の増加や農地の宅地化といった問題が表面化してきた時期でもある。この時期の主な栽培学習に関する研究として、柳ら(1998)が、コンピュータを用いて青色、赤色 LED を制御し植物を栽培する教材について論じており、アサガオの栽培実験を通して人工的に環境を制御し成長過程を観察する授業が可能であるとしている⁴²⁾。また増尾ら(2004)は、生徒の既存スキーマを活用した栽培学習に関して論じており、生徒の内発的動機づけから目標を設定し、既存スキーマを用いて機能や用途を学習させる授業実践をおこなっている。その結果、既存スキーマを活用した授業方法では既存スキーマを多くもつ生徒ほど理解が進み 1 ヶ月後の知識定着度も高いことが明らかとなったと述べてい

る⁴³⁾。さらに魚住(2005)は、栽培学習における自己教育力に関して論じており、バケツ稲の栽培の授業実践をおこなった生徒を対象に自己教育力に関する調査を実施し、女子生徒より男子生徒において自己教育力を育成する効果があることを明らかにしている。また、女子生徒は栽培学習において不安を表出する割合が高く、このことが自己教育力育成を抑制しているとしている⁴⁴⁾。

学習指導要領に示された目標は「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」とされ、所謂ゆとり教育の推進と教科横断的に学習を進めることが求められたため、各教科において授業内容の精選と時数の削減が行われた。そのため、技術科の学習内容は「A技術とものづくり」、「B情報とコンピュータ」の2領域に再編され栽培領域の学習内容はさらに少なくなり栽培学習に関する理解や能力形成といった側面から大きな課題を残すこととなったと考えられる。

3.8 平成20年学習指導要領時代の教育研究

抽出された掲載論文は、産技学会誌が8本、農教学会誌は42本であった。カテゴリ別では、A「主として農業・漁業・畜産に関する内容」が3本、B「主として生物に関する内容」が6本、C「主として教育に関する内容」が41本であった。更にサブカテゴリ別では、B「主として生物に関する内容」のうち、B1「育成技術の開発」が3本、B2「調査」が2本、B3「メカニズム」が1本、C「主として教育に関する内容」のうち、C1「学校教育に対する調査・考察・提言」が8本、C2「教育実践」が10本、C3「教材開発」が19本、C4「カリキュラム開発」が2本、C5「その他」が2本であった。

平成23年の東日本大震災などの自然災害や、それに起因する東京電力福島第一原子力発電所の事故など私たちの生活に大きな影響を及ぼす出来事が発生し、「食の安全性」という観点から、農産物に対する関心が高まった時期でもある。この時期の主な栽培学習に関する研究として、亀井ら(2008,2009)は、山梨県における絶滅危惧種の保全と増殖技術の開発およびその教材化に着目した研究をおこなっており、タカネビランジやタカネマンテマの培養方法を確立し農業高校における植物バイオテクノロジーや課題研究の教材として実践している^{45,46,47)}。また、原ら(2015)は、中学校における生物育成と情報を結びつけて学習するシミュレーション教材を開発しており、稲の生育過程を拡張現実(AR)で学習し、稲の収穫量をおにぎりの画像で表示することにより中学生が視覚的にイメージしやすいようにしている⁴⁸⁾。しかしながら実践を通じた検証までは行われておらず教材としての効果は不透明である。さらに、東原ら(2015)は、生物育成学習における林業に関する内容を検討しており、造林の教育内容が記述されていた職業・家庭科の教科書から造林に関する記述を抽出し、それらを農業高等学校森林科学の教科書と比較し、現在の林業の課題を加える形で検討をおこなっているが、実習例や実習環境については言及されておらず今後の課題とされている⁴⁹⁾。

学習指導要領に示された目標は「ものづくりなどの実践的・体験的な学習活動を通して、材料と加工、エネルギー変換、生物育成及び情報に関する基礎的・基本的な知識及び技術を習得するとともに、技術と社会や環境とのかかわりについて理解を深め、技術を適切に評価し活用する能力と態度を育てる」とされ、中学生の生活意識に関する調査⁵⁰⁾などの結果から、「ものづくりを支える資質・能力・態度」、「技術を評価・管理できる能力」といった観点で、

「A 材料と加工に関する技術」, 「B エネルギー変換に関する技術」, 「C 生物育成に関する技術」, 「D 情報に関する技術」の4内容すべてを履修させることが望ましいとの意見が出され、4つの内容の必修化がすすめられた⁵¹⁾。この時期の論文の特徴としては、現代的な課題を解決するための教材や、情報やエネルギー変換など複合的に学ぶ事の出来る教材の開発や実践が研究され、それらの教材を活用した授業実践を通して検証する論文も見受けられる。

3.9 生物育成に関する研究の課題

前述のとおり、学習指導要領の変遷の中で「栽培」および「生物育成」の学習内容は時代と共に変化し、それに連動するように研究内容も変化してきた。技術科が発足してまもない昭和33年告示学習指導要領の時代には、職業科時代の農業教育の影響もあり、技術科教育に関する研究が少なく、その後学習指導要領の変遷とともに教材開発や学習内容の提言などの研究がおこなわれるようになるが、昭和52年告示学習指導要領において「栽培」が選択履修化され履修率が低下し^{52,53)}、更に「情報基礎」に代表されるような新しい学習内容が登場すると、実践的研究や教材開発が他の領域に比べると鈍化し、理論と実践といった車の両輪のような役割ともなる研究が十分におこなわれなくなったと考えられる。さらに平成に入り、バイオテクノロジーや植物工場といった新たな栽培技術が研究対象とされるようになり^{54,55,56)}、平成20年告示学習指導要領において再度必修化されるに至り、教育実践や教材開発といった研究が求められるようになったと推察され、生物育成に関する研究においては学習指導要領の目標に即した実践的な研究が重要であると考えられる。

平成29年3月に告示された平成29年告示中学校学習指導要領では、将来の予測が難しい社会の中でも、伝統や文化に立脚した広い視野を持ち、志高く未来を創り出していくために必要な資質・能力を子供たち一人一人に確実に育む学校教育を目指すとされ、「知識・技能」の習得、知の状況にも対応できる「思考力・判断力・表現力等」の育成、学びを人生や社会に生かそうとする「学びに向かう力・人間性」の涵養の三点を資質能力の三本柱として示した他、小学校段階からのプログラミング教育の推進やアクティブ・ラーニングを各教科に取り入れるなど、新たな学習内容や指導方法にも踏み込んだものとなった^{57,58)}。

平成29年告示中学校学習指導要領で示された技術科の目標は「技術の見方・考え方を働かせ、ものづくりなどの技術に関する実践的・体験的な活動を通して、技術によってよりよい生活や持続可能な社会を構築する資質・能力を育成する」とされ、学習内容を「A材料と加工の技術」、「B生物育成の技術」、「Cエネルギー変換の技術」、「D情報の技術」とし全ての内容を必修として扱うこととしている。しかし、年間指導時間は1・2学年が70時間、3学年は35時間と平成20年告示学習指導要領と同じとされた。

「生物育成」の学習内容としては、(1)生活や社会を支える生物育成の技術、(2)生活や社会における問題を生物育成の技術によって解決する活動、(3)これからの社会の発展と生物育成の技術の在り方から構成され、社会的背景からも農業就労人口の急激な減少や食料自給率の低下など、農業の担い手育成やそれに関連した国民の理解といった側面からも、「生物育成」に関する教育は急務であると考えられる。それと共に、養殖が難しいとされていたマグロの完全養殖や、植物工場における葉物野菜の栽培と流通といった生物育成におけるイノベーションが生活の中に入り込むようにもなり、これらも併せて教育する必要性を帯びてきたものと推察される。

従って、今後の「栽培」に関する教育研究としては、技術科における「栽培」学習を新しい学習指導要領などとも照らし合わせ、学校の実態を調査し、実態に則した教育内容やカリキュラムと教材・教具の開発をおこない、その学習効果を研究することが必要であると考えられる。

4. 研究の位置づけと方法

前述から明らかとなった課題を解決するために、本研究は「生物育成」に関する実践的研究と位置づけ、平成 29 年告示中学校学習指導要領に示された技術科の目標のうち、技術の見方考え方を働かせ、問題を解決する過程をなぞらせ、新たな技術について考える能力の育成することに焦点を当て、これらの能力を育成するために必要な教材・教具の開発をおこない、授業実践を通してその効果を検証することと位置づける。

そのために、平成 20 年告示中学校学習指導要領により再度必修化された「生物育成」に関する学習環境の実情を把握する必要があると考えられ、特に栽培実習をおこなうための、農地などの用地確保が、都市部において課題があると考えられることから、本研究では都市部の学校を研究対象とし、学校の実態調査をおこない、施設設備の現状と教員の実態を明らかにする。

明らかとなった実態を考慮し、都市部の学校において室内での栽培実習を前提とした植物工場を題材とした教材・教具の開発をおこない、指導内容を検討する。開発に当たり第一段階として、室内で栽培をおこなうために必要な人工光源を開発し、実験を通してその効果を検証する。第二段階として、授業で取り扱う栽培品種の拡大を目的とした根菜類用養液栽培教具の開発をおこなう。開発した教材・教具を用いた授業実践をおこなうためのカリキュラムの検討と授業実践を通して、その教育効果について検証をおこない、検証した内容から実践をモデル化し提案するとともに今後の課題を明らかにすることとする。

5. 本論文の構成

本論文は以下のような内容で構成されている。まず、第 1 章では、中学校技術科「栽培」および「生物育成」に関する先行研究を抽出し、学習指導要領の変遷と照らし合わせ研究を整理し、課題の所在を明らかにする。第 2 章では、「生物育成」学習に関する学校および教員の実態を調査し現状を明らかにする。第 3 章では、教材・教具の開発として、室内でも栽培を可能とする植物工場に焦点を当て、室内栽培をおこなうための LED 光源と根菜類を栽培するための根菜類用溶液栽培教具の開発について述べる。第 4 章では、第 3 章で開発した教材・教具を用いたカリキュラムを検討し、授業実践を通して、教材・教具およびカリキュラムの効果の検証をおこなう。第 5 章では、これらの研究を総括し、学校現場への示唆および今後の課題について述べる。図 1-1 に本論文の構成図を示す。

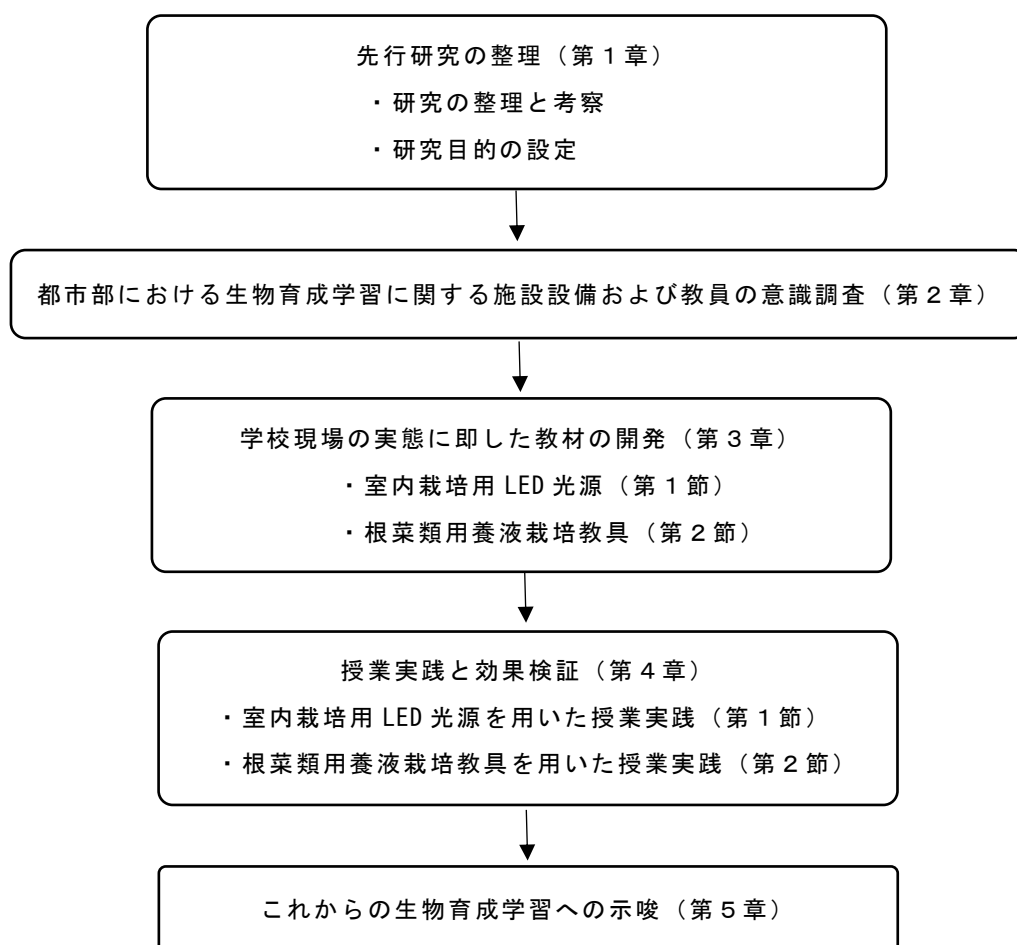


図1-1 論文構成図

参考文献

- 1). 内閣府：科学技術基本計画，<https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index5.html>
(最終閲覧：2020年1月19日)
- 2). 内閣府：第5期科学技術基本計画本文，<https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/5honbun.pdf> (最終閲覧：2020年1月19日)
- 3). 文部科学省：Society5.0に向けた人材育成～社会が変わる，学びが変わる～，https://www.mext.go.jp/component/a_menu/other/detail/__icsFiles/afieldfile/2018/06/06/1405844_002.pdf (最終閲覧：2020年1月19日)
- 4). 農林水産省：平成30年度食料自給率について，https://www.maff.go.jp/j/zyukyu/zikyu_ritu/attach/pdf/012-12.pdf (最終閲覧：2020年1月17日)
- 5). 農林水産省：農業就業人口及び基幹的農業従事者数，<https://www.maff.go.jp/j/tokei/sihyo/data/08.html> (最終閲覧：2020年1月17日)
- 6). 総務省統計局：平成22年国勢調査人口など基本集計結果要約 <https://www.stat.go.jp/data/kokusei/2010/kihon1/pdf/youyaku.pdf> (最終閲覧：2020年1月17日)
- 7). 総務省統計局：人口推計2019(令和元年)9月報，<https://www.stat.go.jp/data/jinsui/pdf/201909.pdf> (最終閲覧：2020年1月17日)
- 8). 総務省統計局：20歳年齢別人口，<https://www.stat.go.jp/data/kokusei/2005/kihon1/00/02.html> (最終閲覧：2020年1月17日)
- 9). 日本養液栽培研究会編：養液栽培のすごい力 土がなくても野菜が育つ，誠文堂新光社(2008)
- 10). 農山漁村文化協会編：養液栽培・養液土耕，農山漁村文化協会(2004)
- 11). 古在豊樹：人工光型植物工場 世界に広がる日本の農業革命，オーム社(2012)
- 12). 総務省行政管理局：学校教育法施行規則平成三十年三月二十七日公布(平成三十年文部科学省令第六号)改正，https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=322M40000080011 (最終閲覧：2020年6月4日)
- 13). 文部科学省：中学校学習指導要領解説技術・家庭編，教育図書(2008)
- 14). 土屋英男・染川正：中学校技術科栽培領域の課題第1章技術科栽培領域の履修率低下の要因・背景とその対策，日本産業技術教育学会誌，第36巻，第2号，pp.155-160(1994)
- 15). 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，富山大学教育実践総合センター紀要，第4号，pp.35-44(2003)
- 16). 全日本中学校技術・家庭科研究会調査研究部：平成24年度中学校技術・家庭科に関する全国アンケート調査技術分野調査報告書，http://ajgika.ne.jp/doc/2013enquete_g.pdf
(最終閲覧：2019年7月29日)
- 17). 文部科学省：中学校学習指導要領(平成29年告示)解説技術・家庭編，https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387018_009.pdf (最終閲覧：2020年1月17日)
- 18). 文部科学省：教材整備指針の改訂について(概要)，https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/__icsFiles/afieldfile/2012/02/21/1316724_1.pdf (最終閲覧：2020年1月17日)

- 19). 文部科学省：中学校教材整備指針，https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/afieldfile/2019/08/06/1316723_4_2.pdf（最終閲覧：2020年1月17日）
- 20). 清水祐夫：農業構造改善と後継者教育，日本産業技術教育学会誌，第8巻，第1号，pp.5-6 (1966)
- 21). 山根精一：海外農産物の流入と農産物の価格形成，日本産業技術教育学会誌，第9巻，第1号，pp.23-25(1967)
- 22). 青井守：甘藷育苗に関する研究，日本産業技術教育学会誌，第10巻，第1号，pp.37-41 (1968)
- 23). 増田繁：花卉類の伸長抑制に関する研究（Ⅰ），日本産業技術教育学会誌，第25巻，第2号，pp.43-52(1983)
- 24). 増田繁：花卉類の伸長抑制に関する研究（Ⅱ），日本産業技術教育学会誌，第26巻，第2号，pp.25-35(1984)
- 25). 増田繁：花卉類の伸長抑制に関する研究（Ⅲ），日本産業技術教育学会誌，第27巻，第4号，pp.103-112(1985)
- 26). 魚住明生：技術科教育における自己教育力の育成に関する研究－中学校技術・家庭科（技術分野）での栽培学習の有効性について－，日本産業技術教育学会誌，第47巻，第2号，pp.93-99(2005)
- 27). 山田哲也：生きる力を育む技術・家庭科教育～連作障害を克服する学習を通して技術を適切に評価し活用する能力と態度の育成～，日本産業技術教育学会誌，第52巻，第3号，pp.237-240(2010)
- 28). 荒井恒重郎：技術科における栽培学的学習の意義とその方途，日本産業技術教育学会誌，第4巻，第1号，pp.2-6 (1961)
- 29). 毛利健治：教員養成学部技術科における農業実習について総合技術教育の確立をめざして，日本産業技術教育学会誌，第4巻，第1号，pp.34-38 (1961)
- 30). 岩瀬倉二：ホールソート・カードの利用による学校園植栽計画の効率化に関する一試案，日本産業技術教育学会誌，第3巻，第1号，p.2 (1961)
- 31). 文部科学省：「我が国の教育水準」第1章教育の普及度 4義務教育後の中など教育，http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpad195901/hpad195901_2_008.html（最終閲覧 2017/5/10）
- 32). 鴻海実・皆川亮一：中学校技術科における養液栽培，日本産業技術教育学会誌，第15巻，第1号，pp.1-4 (1973)
- 33). 井上頼雄・関谷福司：土壌の代替資材による作物の栽培に関する研究 1 レタスの栽培について，日本産業技術教育学会誌，第14巻，第1号，pp.77-79 (1972)
- 34). 麓禎康：小・中学校におけるコイの飼育について，日本産業技術教育学会誌，第11巻，第1号，pp.60-60 (1969)
- 35). 奈良治一：中学校技術・家庭科教育における栽培領域の学習内容の構造化についての研究(1)，日本産業技術教育学会誌，第19巻，第1号，pp.121-125 (1977)
- 36). 鈴木寿雄：技術科教育史，開隆堂，pp.142-143(2009)

- 37).仙城律・中島和則：実践的・体験的な栽培学習のための教材開発に関する研究〔I〕 - 土壌生態系の学習とセンチュウの観察-, 日本産業技術教育学会誌, 第20巻, 第2号, p p.91-94 (1978)
- 38).石井孝昭：栽培学習におけるハーブの利用(第1報), 日本産業技術教育学会誌, 第30巻, 第1号, pp.41-47 (1988)
- 39).増田繁・重岡廣男：ロックウールを用いた鉢物栽培の教材化 -第1報 春まき1年草について-, 日本産業技術教育学会誌, 第29巻, 第3号, pp.21-32 (1987)
- 40).平井宏昭・森源治郎・石川全・柳智博：コンピュータ利用による気象観測システムの開発, 日本農業教育学会誌, 第23巻, 第1号, pp.23-30(1992)
- 41).梁川正：栽培学習のための簡易な養液栽培法の確立に関する研究, 日本農業教育学会誌, 第26巻, 第2号, pp.75-82(1995)
- 42).柳智博・近藤伸二・岡本研正・田北晋一：植物栽培のためのパソコンによる青/赤LED光源制御システムの開発とその有用性, 日本産業技術教育学会誌, 第40巻, 第3号, pp.125-130 (1998)
- 43).増尾慶裕・土屋英男：チューリップ栽培における低温処理の理解をより深める学習モデルの開発とその効果-生徒の実用的な既存スキーマを活用して-, 日本産業技術教育学会誌, 第46巻, 第1号, pp.7-15 (2004)
- 44).魚住明生：技術科教育における自己教育力の育成に関する研究-中学校技術・家庭科(技術分野)での栽培学習の有効性について-, 日本産業技術教育学会誌, 第47巻, 第2号, pp.93-99 (2005)
- 45).亀井忠文・吉田智彦：山梨県における絶滅危惧植物の保全および増殖技術の開発とその教材化(第1報)南アルプスにおけるマンテマ属絶滅危惧植物の教材化, 日本農業教育学会誌, 第39巻, 第1号, pp.33-42(2008)
- 46).亀井忠文・吉田智彦・和田義春：山梨県における絶滅危惧植物の保全および繁殖技術の開発とその教材化(第2報)タカネビランジ受粉様式の解明およびタカネマンテマの組織培養による大量増殖系の確立, 日本農業教育学会誌, 第40巻, 第2号, pp.93-104(2009)
- 47).亀井忠文・吉田智彦・和田義春：山梨県における絶滅危惧植物の保全および繁殖技術の開発とその教材化(第3報)南アルプスにおけるツリガネニンジン属(Adenophora Fischer)2種の組織培養による増殖法の検討, 日本農業教育学会誌, 第40巻, 第2号, pp.105-114(2009)
- 48).原未希子・下戸健・梅野貴俊・平尾健二：中学校技術・家庭科技術分野における「生物育成」と「情報」を結びつけて学べるシミュレーション教材の開発, 日本産業技術教育学会誌, 第57巻, 第2号, pp.69-76 (2015)
- 49).東原貴志・丸山翔平・井上真理子・大谷忠・荒木祐二：生物育成技術としての林業に関する指導内容の検討, 日本産業技術教育学会誌, 第57巻, 第3号, pp.143-150 (2015)
- 50).日本青少年研究所：中学生の生活意識に関する調査, <http://www1.odn.ne.jp/youth-study/research/index.html> (最終閲覧：2014/12/18)
- 51).文部科学省：幼稚園、小学校、中学校、高など学校及び特別支援学校の学習指導要領などの改善について(答申), http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/_icsFiles/afieldfile/2009/05/12/1216828_1.pdf (最終閲覧：2017/4/16)

- 52).土屋英男・染川正：中学校技術科栽培領域の課題第1章技術科栽培領域の履修率低下の要因・背景とその対策，日本産業技術教育学会誌，第36巻，第2号，pp.155-160(1994)（再掲）
- 53).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，富山大学教育実践総合センター紀要，第4号，pp.35-44(2003)（再掲）
- 54).伊藤征夫・若田忍・佐々木久視：中学校におけるジャガイモ芽の組織培養の実践，日本産業技術教育学会誌，第38巻，第3号，pp.171-178(1996)
- 55).神田啓臣・永吉武志・吉田康德・高橋春寛：組織培養実験に関する授業におけるオーニソグラム属の教材化，日本農業教育学会誌，第46巻，第2号，pp.55-67(2015)
- 56).佐俣純・阪田治・佐竹隆顕・橋本光：LEDを用いた養液栽培における影響因子の解析と最適化の手法，日本産業技術教育学会誌，第57巻，第1号，pp.43-50(2015)
- 57).文部科学省：小学校学習指導要領（平成29年告示），https://www.mext.go.jp/content/1413522_001.pdf（最終閲覧：2020年4月12日）
- 58).文部科学省：中学校学習指導要領（平成29年告示），https://www.mext.go.jp/content/1413522_002.pdf（最終閲覧：2020年4月12日）

関連論文

佐藤正直・山本利一：技術科「栽培」および「生物育成」に関する教育研究の現状と課題－過去の教育研究の調査から今後の展望を考える－，埼玉大学教育学部紀要第67巻2号，pp.125-137(2018)

第2章 「生物育成」学習に関する実態調査

1. 緒言

本章では、前章で述べたとおり「生物育成」学習を学習指導要領の目標に示された実践的・体験的活動をおこなうために必要な農場などの用地確保が難しいと推察される都市部の学校に着目し、都市部における学校の生物育成学習に関する施設・設備の実態を明らかにするとともに、教員の「生物育成」学習に対する意識を調査し、実習場所の確保が難しい学校において室内で栽培実習をおこなうことのできる植物工場題材に関する意識調査を実施し、「生物育成」が必修化された後の学校および教員の現状を明らかにすることとした。

2. 調査方法と調査内容

2.1 調査の目的

「栽培」は、昭和52年告示中学校学習指導要領において選択履修化され、その後の平成20年告示中学校学習指導要領からは「生物育成」として必修化された。選択履修期間が31年にもおよび、履修率の低下や施設・設備の未整備、教員の経験不足など様々な課題があると推察される。そこで、本調査ではこれらの課題に対する学校および教員の実態を明らかにすることを目的として、実習をおこなうための施設・設備に関する調査、教員の「生物育成」学習に対する意識調査、室内での実習を可能とする植物工場題材に関する意識調査をおこない、現状の実態を把握することを目的とした。

2.2 調査の対象と方法

調査対象は、農場などの確保が難しいと推察される東京23区内の公立中学校372校と東京近郊のベッドタウンでもある埼玉県内の公立中学校414校、計786校の技術科担当教員を対象として平成30年1月～2月に実施した。調査の方法は郵送による質問紙調査とした。

2.3 質問項目

調査項目は、教員自身に関するカテゴリとして「対象教員の経験年数」の1項目。実習題材に関するカテゴリとして「実習の主な題材」、「題材を選択した理由」など4項目。授業に関するカテゴリとして「生物育成の履修学年」、「生物育成の履修時間」、など7項目。教員の意識に関するカテゴリとして「生物育成の授業に対して教員自身が感じていること」、「教員自身が生物育成で重視していること」の2項目。栽培実習をおこなう場所に関するカテゴリとして「栽培場所の確保状況」、「今年度の実習場所」の2項目。植物工場題材に関するカテゴリとして「植物工場題材に対しての考え」の1項目の計17項目を設定した。調査に使用した調査項目の要約を表2-1に示す。

表2-1 調査項目の要約

カテゴリー	質問項目
教員自身	Q1 教員経験年数
実習題材	Q2 実習の主な題材
	Q3 栽培の方法
	Q4 学習題材を選択した理由
	Q5 学習題材の課題
	Q6 生物育成の履修学年
授業	Q7 生物育成の履修時間
	Q8 実習の学習形態
	Q9 学習内容の指導程度
	Q10 授業を通して生徒に育成できたと思う能力
	Q11 生物育成の授業全般に対する課題
	Q12 生物育成の授業内容の難易度
教員の意識	Q13 生物育成の授業に対して教員自身が感じていること
	Q14 教員自身が生物育成で重視していること
実習場所	Q15 栽培場所の確保状況
	Q16 今年度の実習場所
植物工場	Q17 植物工場題材に対する考え方

3. 調査結果

3.1 質問紙回収結果

質問紙は、東京都 104 校（回答率 27.9%）、埼玉県 129 校（回答率 31.2%）の計 233 校から回答を得た。その内、回答に不備があった 6 校（東京都 2 校・埼玉県 4 校）を除いた 227 校を分析対象とした。

3.2 教員の経験年数

Q1 として、教員の経験年数を調査した。選択肢は調査対象である東京都および埼玉県の教員研修における階層を参考とし^{59,60}主に初任者研修などを受講する「1～5年」、5年経験者研修などを受講後の「6～10年」、中堅教員研修を受講する「11～20年」、20年経験者研修受講後の「21～30年」、ベテラン層である「31年以上」の5択とし回答を得た。その結果、東京都、埼玉県共に経験年数31年以上のベテラン教員が東京都37人（36.27%）、埼玉県42人（33.60%）と最も多く、11～20年の所謂中堅教員が東京都14人（13.73%）、埼玉県11人（8.80%）と最も少ない結果であった。これは、経験年数が11～20年目の教員採用数が少なかったことが要因であると考えられる^{61,62}。回答を得た教員の経験年数を表2-2に示す。

表2-2 教員経験年数

	東京都	埼玉県	全体
1～5年	15人(14.71%)	25人(20.00%)	40人(17.62%)
6～10年	21人(20.59%)	21人(16.80%)	42人(18.50%)
11～20年	14人(13.73%)	11人(8.80%)	25人(11.00%)
21～30年	15人(14.71%)	26人(20.80%)	41人(18.06%)
31年以上	37人(36.27%)	42人(33.60%)	79人(34.80%)
合計	102人	125人	227人

3.3 実習題材

Q2として、実習で栽培している主な題材について調査した。選択肢は、中学校技術科の教科書に記載されている作物を参考とし^{63,64,65)}、トマト、レタス、大根など18種類から回答を求め、複数の題材を取り上げている学校もあるため複数回答可とした。その結果、トマトが最も多く（東京都34.3%、埼玉県35.2%、全体34.8%）、東京都では次いで多かったのがスプラウト（16.7%）であり、埼玉県では小松菜（17.6%）であった。その他と回答した学校では、チューリップ、ビオラなどの花卉類、ミント、バジルなどのハーブ類、エリンギなどのきのこ類などの回答が見られた。トマトは栽培が容易で、摘心、摘芽、誘引といった基本的な技能を指導しやすい題材であることと、比較的小さい容器でも栽培が可能であることから選択している学校が多いものと推察される。表2-3に回答を求めた題材の栽培品種を示す。

表2-3 主な栽培題材

	東京都	埼玉県	全体
トマト	35 (34.3%)	44 (35.2%)	79 (34.8%)
その他	36 (35.3%)	39 (31.2%)	75 (33.0%)
小松菜	11 (10.8%)	22 (17.6%)	33 (14.5%)
スプラウト	17 (16.7%)	13 (10.4%)	30 (13.2%)
レタス	15 (14.7%)	14 (11.2%)	29 (12.8%)
ラディッシュ	11 (10.8%)	15 (12.0%)	26 (11.5%)
ナス	10 (9.8%)	11 (8.8%)	21 (9.3%)
大根	16 (15.7%)	4 (3.2%)	20 (8.8%)
枝豆	7 (6.9%)	8 (6.4%)	15 (6.6%)
ピーマン	3 (2.9%)	11 (8.8%)	14 (6.2%)
豆苗	6 (5.9%)	7 (5.6%)	13 (5.7%)
ホウレン草	5 (4.9%)	6 (4.8%)	11 (4.8%)
サツマイモ	5 (4.9%)	5 (4.0%)	10 (4.4%)
ジャガイモ	6 (5.9%)	3 (2.4%)	9 (4.0%)
人参	4 (3.9%)	4 (3.2%)	8 (3.5%)
イチゴ	6 (5.9%)	2 (1.6%)	8 (3.5%)
青梗菜	2 (2.0%)	1 (0.8%)	3 (1.3%)
稲	1 (1.0%)	1 (0.8%)	2 (0.9%)

東京都 N=102, 埼玉県 N=125

Q3 として、Q2 で回答を得た作物をどのような形態で栽培しているか調査した。回答は露地栽培、容器栽培などの選択肢から複数回答可として回答を求めた。その結果、東京都・埼玉県共に容器栽培が最も多く（東京都 72.5%、埼玉県 77.6%、全体 75.3%）、次いで、東京都では養液栽培（17.6%）、埼玉県では露地栽培（15.2%）であった。

露地栽培をおこなう場所が限られている東京都では、室内などでも実習をおこなうことができる養液栽培が多い理由としてエアコンの設置率が 100%に達しており⁶⁶⁾夏季や冬季でも温度調節が容易であることから取り入れやすいものと推察される。また、その他と回答した学校では、ビニールハウス、ペットボトル栽培、牛乳パックによる栽培、植物の栽培を実施していないなどの回答が見られた。農地の確保が難しいと推察されることから、植木鉢やプランターなどを用いた容器栽培が盛んであることが明らかとなった。表2-4に回答を求めた栽培形態を示す。

表2-4 栽培形態

	露地栽培	容器栽培	袋栽培	養液栽培	その他
東京都	7校 (6.9%)	74校 (72.5%)	12校 (11.8%)	18校 (17.6%)	4校 (3.9%)
埼玉県	19校 (15.2%)	97校 (77.6%)	3校 (2.4%)	12校 (9.6%)	6校 (4.8%)
全体	26校 (11.5%)	171校 (75.3%)	15校 (6.6%)	30校 (13.2%)	10校 (4.4%)

東京都 N=102, 埼玉県 N=125

Q4として、Q2で回答を得た題材選択の理由を調査した。回答は「育成が簡単だから」、
「コストがかからないから」など10の選択肢から複数回答可として回答を求めた。その結果、
「育成が簡単だから」(東京都76.5%、埼玉県65.6%、全体70.5%)が最も多く、次いで「花
や果実など収穫が楽しめるから」(東京都43.1%、埼玉県56.0%、全体50.2%)、「じょうぶで
失敗が少ないから」(東京都49.0%、埼玉県49.6%、全体49.3%)、「育成時間が短いから」(東
京都41.2%、埼玉県41.6%、全体41.4%)と解答した学校の割合が多かった。表2-5に題
材選択の理由を示す。

これらの回答結果から、育成が簡単でじょうぶな作物を選択している実態が明らかとなり、
技術科の授業時数の少なさからも育成期間の短い作物を選択する傾向も示された。技術科の
他の領域と異なり、枯れるなどの失敗した場合のリスクを回避するために栽培が簡単で栽培
期間の短い題材を選択していると推察される。反面、学校内、学校外との連携や学習指導要
領に示された目標達成などは題材選択の際にあまり考慮されていないことも示唆された。表
2-5に題材選択の理由を示す。

表2-5 題材選択の理由

	東京都	埼玉県	全体
育成が簡単だから	78 (76.5%)	82 (65.6%)	160 (70.5%)
花や果実など収穫が楽しめるから	44 (43.1%)	70 (56.0%)	114 (50.2%)
じょうぶで失敗が少ないから	50 (49.0%)	62 (49.6%)	112 (49.3%)
育成時間が短いから	42 (41.2%)	52 (41.6%)	94 (41.4%)
様々な管理作業が学べるから	28 (27.5%)	47 (37.6%)	75 (33.0%)
コストがかからないから	31 (30.4%)	36 (28.8%)	67 (29.5%)
学習指導要領の目標が達成できるから	13 (12.7%)	25 (20.0%)	38 (16.7%)
家庭科や行事などとの校内での連携を考慮しているから	16 (15.7%)	9 (7.2%)	25 (11.0%)
育成時間が長いから	9 (8.8%)	14 (11.2%)	23 (10.1%)
農家やNPOなどとの校外との連携を考慮しているから	1 (1.0%)	4 (3.2%)	5 (2.2%)

東京都 N=102, 埼玉県 N=125

次いで、Q5としてQ2で回答を得た題材で授業を実施した際の課題を調査した。回答は「学習指導要領の目標を達成できなかった」、「生物育成に関する技能を身につけさせることができなかった」など11項目から複数選択可として回答を求めた。

その結果、「新しい技術開発や未来につながる見方や考え方を育成することができなかった」（東京都43.1%、埼玉県52.8%、全体48.5%）、「生物育成と他教科との関連を十分に指導することができなかった」（東京都37.3%、埼玉県51.2%、全体44.9%）、「生物育成と経済との関わりを十分に理解し考えさせることができなかった」（東京都44.1%、埼玉県44.0%、全体44.1%）という回答が得られた。

これらのことから、平成20年告示中学校学習指導要領も示されている「技術と社会や環境とのかかわりについて理解を深め、技術を適切に評価し活用する能力と態度を育てる」や、平成29年告示中学校学習指導要領の「生活や社会の中から問題を見いだして課題を設定し、解決策を構想し、実践を評価・改善し、表現するなど、課題を解決する力を養う」といった教科の目標が必ずしも達成できておらず、体験活動を通して収穫の喜びなどの情意面の育成に傾倒していることが推察される。このことは、前述の題材選択の理由とも合致し、学習指導要領に対してあまり意識されていないとも考えられる。表2-6に学習題材の課題を示す。

表2-6 学習題材の課題

	東京都	埼玉県	全体
新しい技術開発や未来につながる見方や考え方を育成することができなかった	44 (43.1%)	66 (52.8%)	110 (48.5%)
生物育成と他教科との関連を十分に指導することができなかった	38 (37.3%)	64 (51.2%)	102 (44.9%)
生物育成と経済との関わりを十分に理解し考えさせることができなかった	45 (44.1%)	55 (44.0%)	100 (44.1%)
生物育成の技能を十分に身につけさせることができなかった	37 (36.3%)	43 (34.4%)	80 (35.2%)
生物育成と社会との関わりを十分に理解し考えさせることができなかった	41 (40.2%)	39 (31.2%)	80 (35.2%)
教科書の内容を十分に理解させることができなかった	26 (25.5%)	30 (24.0%)	56 (24.7%)
学習指導要領の目標を十分に達成できなかった	22 (21.6%)	23 (18.4%)	45 (19.8%)
生物育成と環境との関わりを十分に理解し考えさせることができなかった	26 (25.5%)	19 (15.2%)	45 (19.8%)
収穫の喜びを味わわせることが十分にできなかった	19 (18.6%)	16 (12.8%)	35 (15.4%)
生物を育成する経験をさせることが十分にできなかった	11 (10.8%)	8 (6.4%)	19 (8.4%)
その他	2 (2.0%)	3 (2.4%)	5 (2.2%)

東京都 N=102, 埼玉県 N=125

3.4 「生物育成」学習に関する授業の実態

Q6として、生物育成の履修学年を調査した。生物育成の学習は、複数の学年にまたがり実施される場合が想定されるため、複数学年を回答してもよいこととした（例：第2学年12月に播種し、第3学年6月に収穫）。その結果、東京都では履修学年を第2学年と設定している学校が58校（56.9%）と最も多く、埼玉県では第2学年と第3学年に設定している学校が共に65校（52.0%）であった。これは、第1学年では「A材料と加工に関する技術」を、第3

学年では「D 情報に関する技術」を履修している学校が多く、「C 生物育成に関する技術」を第2学年に設定する傾向があるのではないかと推察される。履修学年の調査結果を表2-7に示す。

表2-7 履修学年

	1 学年	2 学年	3 学年
東京都	34 校 (33.3%)	58 校 (56.9%)	33 校 (32.4%)
埼玉県	37 校 (29.6%)	65 校 (52.0%)	65 校 (52.0%)
全体	71 校 (31.3%)	123 校 (54.2%)	98 校 (43.2%)

東京都 $N=102$, 埼玉県 $N=125$

Q7 として、生物育成の履修時間を調査した。東京都では学習総時数が最高で 17 時間、最低で 2 時間、平均 8.3 時間であったのに対して、埼玉県では最高で 40 時間、最低で 3 時間、平均 10.2 時間であった。また、学習指導要領の内容別では、(1) ア「生物の育成に適する条件と生物の育成環境を管理」の平均指導時数が東京都 3.0 時間、埼玉県 3.4 時間、全体 3.2 時間。(1) イ「生物育成に関する技術の適切な評価・活用」の平均指導時数が東京都 2.0 時間、埼玉県 2.1 時間、全体 2.0 時間。(2) ア「目的とする生物の育成計画を立て、生物の栽培又は飼育」の平均指導時数が東京都 3.6 時間、埼玉県 5.0 時間、全体 4.3 時間であった。

東京都・埼玉県共に指導内容の一部を 0 時間としている学校も見られ、生物育成の学習内容が十分に指導されていない状況も明らかとなった。背景として施設・設備の不足や他の領域の学習が優先されてしまうなど、学校毎の事情があるものと推察される。また、実習指導に該当する(2)アの履修時間が最も多いことから、実技指導に重きを置いている実態が明らかとなった。表2-7に学習指導要領内容別の指導時数を示す。

表2-7 学習指導要領の内容別指導時数

	総時数	(1) ア	(1) イ	(2) ア
東京平均	8.3	3.0	2.0	3.6
東京最低	2.0	0	0	0
東京最高	17.0	10.0	6.0	12.0
埼玉平均	10.2	3.4	2.1	5.0
埼玉最低	3.0	0	0	0
埼玉最高	40.0	14.0	7.0	26.0
全体平均	9.2	3.2	2.0	4.3

東京都 $N=102$, 埼玉県 $N=125$

3.5 実習の学習形態と主な題材

Q8として、実習の学習形態について調査した。回答は、「一人一鉢（一株）」、「グループに一鉢（一株）」、「クラスに一鉢（一株）」、「その他」の4択として回答を求めた。その結果、東京都・埼玉県共に一人一鉢で実習する学校が最も多く、次いでグループに一鉢が多く見られた。栽培実習ではグループ学習などの形態を取らず、生徒個々に作業を体験させる必要があることから、一人一鉢の形態を取る学校が多いものと推察される。表2-9に実習学習形態の調査結果を示す。

表2-9 実習の学習形態

	一人一鉢	グループに一鉢	クラスに一鉢	その他
東京都	91校(89.2%)	14校(13.7%)	1校(1.0%)	4校(3.9%)
埼玉県	110校(88.0%)	19校(15.2%)	2校(1.6%)	9校(7.2%)
全体	201校(88.5%)	33校(14.5%)	3校(1.3%)	13校(5.7%)

東京都 N=102, 埼玉県 N=125

3.6 学習内容の指導程度

Q9として、平成20年告示中学校学習指導要領と中学校技術科の教科書に記載されている学習内容および上野ら^{67,68)}の先行研究を参考として21項目を抽出し、「環境を整える技術」、「成長を管理する技術」など指導の程度を調査した。回答は「十分に指導している」(4点)、「おおむね指導している」(3点)、「あまり指導していない」(2点)、「全く指導していない」(1点)の4件法で回答を求めた。その結果、上位項目では「肥料成分」(東京都3.08, 埼玉県3.10, 全体3.09)、「栽培に適した土」(東京都3.06, 埼玉県3.02, 全体3.04)、「たねまき」(東京都2.89, 埼玉県2.93, 全体2.91)などの基礎的な知識や技能に相当する内容は指導している割合が高かった。下位項目では「生物育成と社会」(東京都2.19, 埼玉県2.34, 全体2.27)、「生物育成と経済」(東京都2.13, 埼玉県2.23, 全体2.19)、「新しい栽培技術」(東京都2.12, 埼玉県2.19, 全体2.15)、「動物の飼育」(東京都1.55, 埼玉県1.43, 全体1.49)、「水産生物の栽培」(東京都1.55, 埼玉県1.43, 全体1.48)といった評価・活用に通じる内容や平成29年告示中学校学習指導要領に含まれる内容に関しては、指導しているとする割合が低かった。調査の期間が平成29年告示中学校学習指導要領の学習内容が移行期間になる前であったためこれらの内容が低い傾向を示したものと推察される。反面、土や肥料などの知識やたねまき、かん水などの技能は栽培実習に直接関係することから指導している割合が高かったものと推察される。表2-10に生物育成学習の指導の程度を示す。

表2-10 生物育成学習の指導の程度

	東京都		埼玉県		全体	
	平均	S. D.	平均	S. D.	平均	S. D.
肥料成分	3.08	0.75	3.10	0.71	3.09	0.72
栽培に適した土	3.06	0.67	3.02	0.67	3.04	0.67
たねまき	2.89	0.76	2.93	0.71	2.91	0.74
かん水	2.84	0.83	2.94	0.82	2.89	0.82
成長を管理する技術	2.88	0.57	2.91	0.43	2.89	0.50
間引き	2.86	0.81	2.88	0.73	2.87	0.76
収穫の方法	2.72	0.74	2.89	0.69	2.81	0.72
移植、定植	2.87	2.16	2.76	0.84	2.81	1.59
環境を整える技術	2.79	0.65	2.80	0.50	2.79	0.57
育成計画	2.67	0.63	2.89	0.62	2.79	0.63
健康管理	2.75	0.65	2.61	0.75	2.68	0.70
生物育成と環境	2.52	0.72	2.66	0.70	2.59	0.71
摘芽、摘芯、受粉	2.51	0.84	2.61	0.91	2.56	0.88
誘引	2.36	0.85	2.56	0.92	2.47	0.89
特徴を改良する技術	2.29	0.77	2.31	0.71	2.30	0.74
生物育成と社会	2.19	0.76	2.34	0.76	2.27	0.76
水耕栽培、植物工場	2.24	0.91	2.15	0.74	2.19	0.82
生物育成と経済	2.13	0.76	2.23	0.72	2.19	0.74
新しい技術開発	2.12	0.75	2.19	0.78	2.15	0.77
動物の飼育	1.55	0.70	1.43	0.64	1.49	0.67
水産生物の栽培	1.55	0.70	1.41	0.64	1.48	0.67

東京都 N=102, 埼玉県 N=125

3.7 生徒に育成できたと思う能力

Q10として、Q2で回答を得た題材を通して生徒に育成できたと思う能力について調査した。回答は「学習指導要領の目標を達成できた」「生物育成に関する技能を身につけさせることができた」など11項目に関して、「そう思う」、「やや思う」、「あまり思わない」、「思わない」の4件法で回答を求め、得点化にあたり間隔尺度とみなして「そう思う」(4点)、「やや思う」(3点)、「あまり思わない」(2点)、「思わない」(1点)と得点化することとした。その結果、上位3件の回答として「生物を育成する経験をさせることが十分にできた」(東京都84.3%、埼玉県84.8%、全体84.6%)「収穫の喜びを味わわせることが十分にできた」(東京都72.5%、埼玉県73.6%、全体73.1%)「生物育成と環境との関わりを十分に理解し考えさせることができた」(東京都44.1%、埼玉県48.8%、全体46.7%)という回答が得られた。

栽培学習を通して、収穫の喜びを味わわせるといった体験活動や情意面での成長を感じ取っているものの、経済との関わりや新しい技術開発など平成29年告示中学校学習指導要領に記された内容は十分に育成されていないことが明らかとなった。表2-11に一覧を示す。

表2-11 育成できたと思う能力

	東京都	埼玉県	全体
生物を育成する経験をさせることが十分にできた	86 (84.3%)	106 (84.8%)	192 (84.6%)
収穫の喜びを味わわせることが十分にできた	74 (72.5%)	92 (73.6%)	166 (73.1%)
生物育成と環境との関わりを十分に理解し考えさせることができた	45 (44.1%)	61 (48.8%)	106 (46.7%)
教科書の内容を十分に理解させることができた	41 (40.2%)	38 (30.4%)	79 (34.8%)
学習指導要領の目標を十分に達成できた	32 (31.4%)	44 (35.2%)	76 (33.5%)
生物育成の技能を十分に身につけさせることができた	26 (25.5%)	35 (28.0%)	61 (26.9%)
生物育成と社会との関わりを十分に理解し考えさせることができた	16 (15.7%)	32 (25.6%)	48 (21.1%)
新しい技術開発や未来につながる見方や考え方を育成することができた	19 (18.6%)	20 (16.0%)	39 (17.2%)
生物育成と他教科との関連を十分に指導することができた	20 (19.6%)	9 (7.2%)	29 (12.8%)
生物育成と経済との関わりを十分に理解し考えさせることができた	6 (5.9%)	14 (11.2%)	20 (8.8%)
その他	11 (10.8%)	6 (4.8%)	17 (7.5%)

東京都 N=102, 埼玉県 N=125

3.8 生物育成の授業に対する課題

Q11として、生物育成の授業を実施するにあたり課題だと思うことを調査した。回答は「施設・設備」や「予算」、「研修の機会」など16項目に関して、「そう思う」(4点)「やや思う」(3点)「あまり思わない」(2点)「思わない」(1点)の4件法で回答を求めた。その結果、上位の項目として「施設・設備が不足している」(東京都3.52, 埼玉県3.18, 全体3.35)「生徒の経験が不足している」(東京都3.06, 埼玉県2.99, 全体3.03)「授業時数が不足している」(東京都3.09, 埼玉県2.84, 全体2.96)「自分自身の知識が不足している」(東京都3.01, 埼玉県2.84, 全体2.92)が高かった。下位の項目では、「教科書の記述内容が不足している」(東京都2.19, 埼玉県2.20, 全体2.20)や「自分自身の関心が不足している」(東京都2.40, 埼玉県2.29, 全体2.34)であった。

施設・設備の不足に関しては、平成20年告示中学校学習指導要領が平成23年4月に全面実施となってから8年が経過しているものの、十分に改善していないことが明らかとなった。これは学校予算で購入が不可能な農地や温室といった行政レベルで取り組む必要のある施設・設備が改善されていないためであると推察される。また教員自身の知識や経験不足に関しても同様に選択履修期間が長期に及んだため、授業経験が浅く十分な知識の蓄積と継承がなされていないためと推察される。表2-12に調査結果を示す。

表2-12 生物育成の授業に対する課題

	東京都		埼玉県		全体	
	平均	S. D.	平均	S. D.	平均	S. D.
施設・設備が不足している	3.52	0.82	3.18	0.98	3.35	0.93
生徒の経験が不足している	3.06	0.84	2.99	0.96	3.03	0.91
授業時数が不足している	3.09	0.97	2.84	0.99	2.96	0.99
自分自身の知識が不足している	3.01	0.84	2.84	0.88	2.92	0.86
自分自身の経験が不足している	2.97	0.88	2.82	0.95	2.90	0.92
自分自身の技能が不足している	2.95	0.84	2.76	0.92	2.85	0.89
生徒の技能が不足している	2.84	0.85	2.69	0.91	2.77	0.88
研修の機会が不足している	2.65	0.91	2.88	0.92	2.77	0.92
生徒の知識が不足している	2.74	0.77	2.72	0.85	2.73	0.81
予算が不足している	2.75	1.00	2.68	1.03	2.72	1.01
生徒の関心が不足している	2.67	0.92	2.50	0.97	2.58	0.95
適切な教材が不足している	2.64	0.87	2.52	0.95	2.58	0.92
農協や大学など外部機関の協力体制が不足している	2.52	0.89	2.54	0.90	2.53	0.89
理科や家庭科など校内での連携が不足している	2.48	0.86	2.51	0.82	2.50	0.84
自分自身の関心が不足している	2.40	0.98	2.29	0.94	2.34	0.96
教科書の記述内容が不足している	2.19	0.78	2.20	0.83	2.20	0.81

東京都 N=102, 埼玉県 N=125

3.9 生物育成の授業実施に対する難易度

Q12として、教員が生物育成の授業を実施する際の難易度を調査した。調査項目は、「栽培の基礎的な技能を指導する」、「生活や社会の中から生物育成の問題を発見させる」など10項目を調査した。回答は「難しい」（4点）、「やや難しい」（3点）、「やや容易」（2点）、「容易」（1点）の4件法で回答を求めた。

その結果上位の項目として、「発見した問題から、課題を設定し解決策を考えさせる」（東京都3.34、埼玉県3.30、全体3.32）、「遺伝子組み換え技術など新しい技術を調べたり考えさせる」（東京都3.37、埼玉県3.26、全体3.31）、「生活や社会の中から生物育成の問題を発見させる」（東京都3.13、埼玉県3.12、全体3.13）、「生物育成の技術を適切に評価活用する能力を育成する」（東京都3.08、埼玉県3.12、全体3.10）などが難易度が高いとの回答を得た。下位項目では、「生物育成の基礎的な知識を教える」（東京都2.30、埼玉県2.15、全体2.22）、「栽培実習などの体験をさせる」（東京都2.47、埼玉県2.48、全体2.47）、「栽培の基礎的な技能を指導する」（東京都2.61、埼玉県2.44、全体2.51）は難易度が低い傾向を示した。

このことから、学習指導要領にも記述されている課題解決学習を取り入れた学習指導や、新しい栽培技術に関する指導が困難であると感じている教員が多く、反面、基礎的な知識の指導や栽培体験は難易度が低いと感じていることが明らかとなった。表2-13に生物育成授業の難易度を示す。

表2-13 生物育成の授業に対する難易度

	東京都		埼玉県		全体	
	平均	S. D.	平均	S. D.	平均	S. D.
発見した問題から、課題を設定し解決策を考えさせる	3.31	0.62	3.28	0.74	3.32	0.69
遺伝子組み換え技術など新しい技術を調べたり考えさせる	3.34	0.71	3.24	0.83	3.31	0.78
生活や社会の中から生物育成の問題を発見させる	3.11	0.71	3.10	0.74	3.13	0.73
生物育成の技術を適切に評価活用する能力を育成する	3.05	0.72	3.10	0.78	3.10	0.75
新しい栽培技術を理解させる	3.04	0.66	2.87	0.78	2.97	0.73
新しい栽培技術のメリットとデメリットを考えさせる	2.96	0.75	2.76	0.82	2.87	0.80
生物育成と社会や環境との関わりを理解させる	2.78	0.73	2.77	0.76	2.79	0.74
栽培の基礎的な技能を指導する	2.59	0.79	2.42	0.78	2.51	0.79
栽培実習などの体験をさせる	2.46	0.94	2.46	0.82	2.47	0.88
生物育成の基礎的な知識を教える	2.30	0.77	2.15	0.79	2.22	0.78

東京都 $N=102$, 埼玉県 $N=125$

3.10 教員自身が生物育成の学習内容について感じていること

Q13 として、教員自身が生物育成の学習をおこなうにあたって感じていることを調査した。回答は「そう思う」(4点)、「やや思う」(3点)、「あまり思わない」(2点)、「思わない」(1点)の4件法で回答を求めた。その結果、「植物工場などの新しい技術をもっと扱うべきだ」(東京都 2.64, 埼玉県 2.52, 全体 2.57)、「プログラミングやエネルギー変換など他の学習に重点を置くべきだ」(東京都 2.26, 埼玉県 2.04, 全体 2.14)、「動物の育成をもっと扱うべきだ」(東京都 2.09, 埼玉県 2.03, 全体 2.06)、「水産生物の育成をもっと扱うべきだ」(東京都 2.04, 埼玉県 2.00, 全体 2.02)、「実技よりも知識や考え方を学ぶ授業に重点を置くべきだ」(東京都 1.79, 埼玉県 1.68, 全体 1.73)であった。

このうち「実技よりも知識や考え方を学ぶ授業に重点を置くべきだ」が東京都 1.79, 埼玉県 1.68 と中間値の 2.5 をやや大きく下回り、技能指導を中心とした授業が必要であると捉えている教員が多い事が明らかとなった。反面、「植物工場などの新しい技術をもっと扱うべきだ」が東京都 2.64, 埼玉県 2.52 と中間値の 2.5 を若干上回り、新しい栽培技術の指導を重要であると考えている教員の存在が示唆された。表2-14に生物育成学習に対して教員が感じていることに関する調査結果を示す。

表2-14 生物育成学習に対して教員が感じていること

	東京都		埼玉県		全体	
	平均	S. D.	平均	S. D.	平均	S. D.
植物工場などの新しい技術をもっと扱うべきだ	2.64	0.84	2.52	0.80	2.57	0.82
プログラミングやエネルギー変換など他の学習に重点を置くべきだ	2.26	0.89	2.04	0.83	2.14	0.87
動物の育成についてもっと扱うべきだ	2.09	0.85	2.03	0.82	2.06	0.83
水産生物の育成についてもっと扱うべきだ	2.04	0.85	2.00	0.81	2.02	0.83
実技よりも知識や考え方を学ぶ授業に重点を置くべきだ	1.79	0.76	1.68	0.66	1.73	0.71

東京都 $N=102$, 埼玉県 $N=125$

3.11 生物育成の授業で重視していること

Q14 として、教員が生物育成の授業で生徒たちにどのような能力を育成することを重視しているか技能や課題解決能力など5項目を調査した。回答は「重視している」(4点)、「やや重視している」(3点)、「あまり重視していない」(2点)、「重視していない」(1点)の4件法で回答を求めた。その結果、「生物育成の基礎的な知識や技能を身につけさせる」(東京都 3.33, 埼玉県 3.29, 全体 3.31)が最も高く、「生物育成を通して人間的な成長を促す」(東京都 2.95, 埼玉県 2.99, 全体 2.97)、「生物育成と社会との関わりを理解し生活に結びつける能力の育成」(東京都 2.71, 埼玉県 2.93, 全体 2.83)の割合が高かった。しかし「新しい技術を理解させイノベーションに寄与する能力の育成」(東京都 2.21, 埼玉県 2.15, 全体 2.18)とやや低い割合であった。

このことから、前述の3.6 学習内容の指導程度、3.7 で述べた生徒に育成できたと思う能力および3.9 生物育成の授業を実施に対する難易度とも関連し、基礎的な知識や技能の習得や人間的な成長に関して重視している教員が基礎的な知識や技能を重点に指導した結果、生徒に基礎的な知識や技能が育成されたと推察される。反面、「新しい技術を理解させイノベーションに寄与する能力の育成」の値が低かったことから、学習指導要領で示された技術分野の目標についてはあまり重視されていない事が課題であると言える。表2-15 に生物育成の授業で重視している事柄に関する調査結果を示す。

表2-15 授業で重視している事柄の調査結果

	東京都		埼玉県		全体	
	平均	S. D.	平均	S. D.	平均	S. D.
生物育成の基礎的な知識や技能を身につけさせる	3.33	0.62	3.29	0.60	3.31	0.60
生物育成の体験を通して人間的な成長を促す	2.95	0.73	2.99	0.76	2.97	0.75
生物育成と社会との関わりを理解し生活に結びつける能力の育成	2.71	0.65	2.93	0.66	2.83	0.67
生物育成の学習を通して課題解決能力を養う	2.46	0.71	2.76	0.76	2.62	0.75
新しい技術開発を理解させイノベーションに寄与する能力を育成する	2.21	0.70	2.15	0.59	2.18	0.64

東京都 $N=102$, 埼玉県 $N=125$

3.12 実習場所の確保

Q15として、生物育成実習をおこなう場所の確保状況を「農場」、「花壇」、「プランター置き場」、「室内」の4ヶ所について調査した。回答は「十分に確保されている」(4点)、「確保されている」(3点)、「不十分だが確保されている」(2点)、「確保されていない」(1点)の4件法で回答を求めた。その結果、東京都では4ヶ所全てにおいて平均が2点を下回り実習場所に苦慮している実態が明らかとなった。また埼玉県ではプランター置き場が平均2.52点と中間値を若干上回ったものの、その他の3ヶ所については東京都と同様に平均が2点を下回りプランターや植木鉢を使った実習以外は厳しい状況が明らかとなった。

東京都は人口密度が6168.7人/km²と我が国で最も高く、埼玉県も1913.4人/km²と全国平均値655.3人/km²と比較しても極めて高い地域である⁶⁹⁾。このような状況により学校用地が十分に確保できず、生徒数も多いことから実習をおこなうために必要な場所の確保に苦慮しているものと推察される。表2-16に実習場所確保状況の調査結果を示す。

表2-16 実習場所の確保状況

	農 場	花 壇	プランター置き場	室 内
東京都	1.17	1.57	1.99	1.45
埼玉県	1.81	1.96	2.52	1.75
全体	1.49	1.76	2.26	1.60

東京都 N=102, 埼玉県 N=125

Q16として、今年度、生物育成実習をおこなっている場所について調査した。回答は、「農場」、「花壇」、「校庭や校舎の脇などの屋外」、「教室や廊下などの室内」、「その他」から複数回答可として回答をもとめた。その結果、屋外と回答した学校の割合が最も多く(東京都48.28%、埼玉県53.06%、全体50.95%)次いで室内(東京都25.86%、埼玉県20.41%、全体22.81%)であった。前述Q3およびQ15の回答とあわせて考察すると、屋外において容器栽培をおこなっている学校が多いが、栽培場所が限られるため、植木鉢などの小型容器を用いているものと推察される。また、屋外に十分な場所が確保できない学校では、室内において養液栽培をおこなっていることが伺われる。表2-17に実習をおこなっている場所の調査結果を示す。

表2-17 実習場所

	農場	花壇	屋外	屋内	その他
東京都	2(1.72%)	4(3.45%)	56(48.28%)	30(25.86%)	24(20.69%)
埼玉県	12(8.16%)	10(6.80%)	78(53.06%)	30(20.41%)	17(11.56%)
全体	14(5.32%)	14(5.32%)	134(50.95%)	60(22.81%)	41(15.59%)

東京都 N=102, 埼玉県 N=125

3.13 植物工場題材の取扱

Q17 として、室内で栽培実習をおこなうことができる題材として植物工場を扱いたい、または扱いたくないかという意向を調査した。回答は「そう思う」(4点)、「やや思う」(3点)、「あまり思わない」(2点)、「思わない」(1点)の4件法で回答を求めた。また、植物工場に対しての齟齬が生じることを防ぐために筆者らが開発した教材用の簡易植物工場モデルを紹介するパンフレットを質問紙に同封した。パンフレットで紹介した教材用簡易植物工場モデルを図2-1に示す。

その結果、東京都 2.09(S.D.0.79)、埼玉県 2.25(S.D.0.90)と中間値の 2.50 をやや下回る結果であった。次いで、植物工場題材を扱いたい、または扱いたくない理由について、栽培場所や季節など8項目の問いに対して複数回答可として回答を求めた。その結果、「季節を問わず栽培ができる」(東京都 24.4%, 埼玉県 20.8%, 全体 22.6%), 「栽培場所にとらわれないから」(東京都 17.3%, 埼玉県 15.8%, 全体 16.6%), 「エネルギー変換や情報など複合的に学ばせることができる」(東京都 16.0%, 埼玉県 14.6%, 全体 15.3%), 「新しい技術を学ばせることができる」(東京都 14.7%, 埼玉県 22.9%, 全体 18.9%), 「よくわからない技術だから」(東京都 8.4%, 埼玉県 10.0%, 全体 9.2%), 「まだ不安が残る」(東京都 4.9%, 埼玉県 5.8%, 全体 5.4%)であった。生物育成実習が季節や場所の関係から年間指導計画を作成するうえでの制約条件となってしまい、また新しい技術の学習や他の領域との複合題材として取扱やすいと考えられることを理由に肯定しているものと推察される。表2-18に植物工場題材についての意識調査結果を示す。



図2-1 教材用簡易植物工場モデルの例示

表2-18 植物工場題材についての意識調査結果

	季節に関係なく実習できるから	新しい技術を学習させることができるから	栽培場所にとられないから	エネルギー変換やプログラミングなど複合的に学習できるから	よくわからない技術だから	まだ不安が残るから	から 新学習指導要領の目標を達成できる	その他
東京都	55(24.4%)	33(14.7%)	39(17.3%)	36(16.0%)	19(8.4%)	11(4.9%)	13(5.8%)	19(8.4%)
埼玉県	50(20.8%)	55(22.9%)	38(15.8%)	35(14.6%)	24(10.0%)	14(5.8%)	8(3.3%)	15(6.3%)
全体	105(22.6%)	88(18.9%)	77(16.6%)	71(15.3%)	43(9.2%)	25(5.4%)	21(4.5%)	34(7.3%)

東京都 N=102, 埼玉県 N=125

4. 植物工場題材に対する教員の意向分析

4.1 教員経験年数による分析

農地などの栽培場所を確保することが難しい学校において、植物工場題材の可能性を探るために教員の意向を分析することとした。Q17で回答を求めた、植物工場題材の取り扱いに関する調査結果を肯定群と否定群に分け、Q1で回答を求めた、教員経験年数別にクロス集計をおこなった。「そう思う」(4点)、「やや思う」(3点)を肯定群とし、「あまり思わない」(2点)、「思わない」(1点)を否定群とした。その結果、回答した227名の内、肯定群68名(29.96%)、否定群159名(70.04%)であった。表2-19に回答した人数を示す。植物工場題材に対する意向と教員経験年数間の残差分析をおこなったところ、表2-20に示すように経験年数が1～5年、6～10年の若手教員は肯定的に捉える傾向が示されたのに対して、経験年数が21～30年、31年以上のベテラン教員になるほど否定的に捉える傾向を示すことが明らかとなった。

表2-19 植物工場題材—経験年数間の回答数

		1～5年	6～10年	11～20年	21～30年	31年以上	合計
肯定群	そう思う	13	10	0	0	0	23
	ややそう思う	28	17	0	0	0	45
否定群	あまり思わない	0	2	16	40	57	115
	思わない	0	13	9	0	22	44
合計		41	42	25	40	79	227

表2-20 植物工場題材—経験年数間の調整済み標準化残差

		1～5年	6～10年	11～20年	21～30年	31年以上
肯定群	そう思う	5.06**	3.25**	-1.78	-2.34*	-3.70**
	ややそう思う	8.60**	3.72**	-2.64**	-3.47**	-5.47**
否定群	あまり思わない	-7.17**	-6.59**	1.41	6.88**	4.73**
	思わない	-3.47**	2.10*	2.23*	-3.42**	2.36*

* $p < .05$, ** $p < .01$

4.2 授業の課題と植物工場題材との関連

植物工場題材に対して肯定的・否定的な教員が生物育成の授業に対して感じている課題に差異があるかを確かめるために、Q11 生物育成の授業を実施するにあたり課題だと思うことの調査結果を肯定群 ($N=68$) と否定群 ($N=159$) に分け t 検定をおこなった。その結果、「研修の機会が不足している」 ($t_{(225)} = 3.12$, $p < .01$)、「理科や家庭科など校内での連携が不足している」 ($t_{(225)} = 3.20$, $p < .01$)、「自分自身の知識が不足している」 ($t_{(225)} = 1.81$, $p < .05$)、「自分自身の技能が不足している」 ($t_{(225)} = 2.53$, $p < .01$)、「自分自身の経験が不足している」 ($t_{(225)} = 3.13$, $p < .01$)、の5項目で否定群よりも肯定群が有意に高い値を示した。このことから肯定群の教員は自分自身の課題を捉え、校内連携や研修の機会を通して生物育成の授業力を高めたいと考えており、その結果として植物工場のような新しい栽培技術にも関心を寄せ肯定的に捉えているものと推察される。また、否定群の教員は、所謂中堅～ベテラン層が多いことから、経験上得てきた知識や技能を有しており、植物工場題材を扱わなくとも授業を展開することができることから、課題意識が希薄であると考えられる。表2-21に授業の課題と植物工場題材との関連を示す。

表2-21 授業の課題と植物工場題材との関連

質問項目		肯定群	否定群	t 検定
施設・設備が不足している	平均	3.33	3.36	n. s.
	S. D.	0.93	0.93	
予算が不足している	平均	2.74	2.66	n. s.
	S. D.	1.02	1.01	
授業時数が不足している	平均	2.99	2.85	n. s.
	S. D.	0.95	1.06	
研修の機会が不足している	平均	2.91	2.45	**
	S. D.	0.88	0.95	
適切な教材が不足している	平均	2.60	2.49	n. s.
	S. D.	0.91	0.94	
教科書の記述内容が不足している	平均	2.23	2.11	n. s.
	S. D.	0.77	0.89	
農協や大学など外部機関の協力体制が不足している	平均	2.55	2.49	n. s.
	S. D.	0.87	0.97	
理科や家庭科など校内での連携が不足している	平均	2.62	2.19	**
	S. D.	0.81	0.84	
自分自身の知識が不足している	平均	2.99	2.72	*
	S. D.	0.85	0.88	
自分自身の技能が不足している	平均	2.95	2.58	**
	S. D.	0.85	0.92	
自分自身の経験が不足している	平均	3.02	2.55	**
	S. D.	0.85	0.99	
自分自身の関心が不足している	平均	2.33	2.37	n. s.
	S. D.	0.94	1.01	
生徒の知識が不足している	平均	2.75	2.67	n. s.
	S. D.	0.78	0.89	
生徒の技能が不足している	平均	2.78	2.70	n. s.
	S. D.	0.85	0.97	
生徒の経験が不足している	平均	3.06	2.92	n. s.
	S. D.	0.88	0.97	
生徒の関心が不足している	平均	2.61	2.48	n. s.
	S. D.	0.97	0.91	

N=227, * $p < .05$, ** $p < .01$

4.3 指導の程度と植物工場題材との関連

植物工場題材に対して肯定的・否定的な教員が生物育成の指導の程度に差異があるのかを確かめるために、Q9として教員自身が生物育成の学習をおこなうにあたって感じていることの調査結果を肯定群と否定群に分け t 検定をおこなった。その結果、「育成計画」($t_{(225)} = 2.07, p < .05$), 「動物の飼育」($t_{(225)} = 2.01, p < .05$), 「水産生物の栽培」($t_{(225)} = 1.67, p < .05$), 「生物育成と社会とかかわり」($t_{(225)} = 1.853, p < .05$), 「新しい技術開発」($t_{(225)} = 3.08, p < .01$), の5項目で否定群よりも肯定群が高い値を示し有意差が認められた。このことから、肯定群の教員は生物の育成計画を指導している割合が否定群よりも高く、動物の飼育、水産生物の栽培、生物育成と社会、新しい技術開発に関しても同様に指導している割合が高いことから中学校学習指導要領に示された内容に準拠した授業をおこなっているものと推察される。また、否定群ではこれらの項目が低いことから旧来の技能修得型の授業を中心とした授業展開をおこなっているものとも考えられ、学習指導要領に示された内容を意識していないものと推察される。表2-22に指導の程度と植物工場題材との関連を示す。

表2-22 指導の程度と植物工場題材との関連

質問項目		肯定群	否定群	t検定
環境を整える技術	平均	2.79	2.79	n. s.
	S. D.	0.59	0.54	
成長を管理する技術	平均	2.89	2.90	n. s.
	S. D.	0.51	0.46	
特徴を改良する技術	平均	2.37	2.12	n. s.
	S. D.	0.69	0.81	
育成計画	平均	2.85	2.65	*
	S. D.	0.65	0.57	
栽培に適した土	平均	3.08	2.96	n. s.
	S. D.	0.67	0.66	
たねまき	平均	2.96	2.79	n. s.
	S. D.	0.73	0.75	
間引き	平均	2.88	2.84	n. s.
	S. D.	0.76	0.77	
移植・定植	平均	2.71	2.72	n. s.
	S. D.	0.85	0.83	
誘引	平均	2.51	2.36	n. s.
	S. D.	0.92	0.83	
かん水	平均	2.91	2.87	n. s.
	S. D.	0.81	0.85	
肥料成分	平均	3.14	2.97	n. s.
	S. D.	0.69	0.80	
健康管理	平均	2.70	2.63	n. s.
	S. D.	0.71	0.69	
摘芽・摘芯・受粉	平均	2.59	2.51	n. s.
	S. D.	0.87	0.89	
収穫	平均	2.79	2.96	n. s.
	S. D.	0.69	0.78	
水耕栽培, 植物工場	平均	2.25	2.04	n. s.
	S. D.	0.75	0.98	
動物の飼育	平均	1.55	1.33	*
	S. D.	0.65	0.68	
水産生物の栽培	平均	1.53	1.34	*
	S. D.	0.66	0.66	
生物育成と環境	平均	2.63	2.51	n. s.
	S. D.	0.65	0.84	
生物育成と経済	平均	2.25	2.03	n. s.
	S. D.	0.69	0.83	
生物育成と社会	平均	2.34	2.10	*
	S. D.	0.71	0.86	
新しい技術開発	平均	2.26	1.91	*
	S. D.	0.71	0.85	

N=227, * $p < .05$

4.4 授業で重視している内容と植物工場題材との関連

植物工場題材に対して肯定的・否定的な教員が生物育成の授業でどのような事を重視し授業を展開しているかを確かめるために、Q14 教員が生物育成の授業で生徒たちにどのような能力を育成することを重視しているかの調査結果を肯定群と否定群に分け t 検定をおこなった。その結果、「社会との関わりを理解させ生活に結びつける」($t_{(225)} = 2.33, p < .01$), 「新しい技術開発を理解させイノベーションに寄与する能力を育成する」($t_{(225)} = 4.09, p < .01$), の2項目で否定群よりも肯定群が高い値を示し有意差が認められた。

肯定群の教員は、生物育成の学習を通して社会との関わりや新しい技術開発について理解させ、生活やイノベーションに寄与する能力の育成を重視していることが示唆された。このことは尾崎(2013)らが20代から40代の若い年代の教員ほど「技能」, 「知識」よりも「創造」, 「問題解決」を重視していることを明らかにしており⁷⁰⁾, 生活との関連付けや新しい技術の創造といった問題解決を重視していることから、先行研究との結果とも合致している。

これらの植物工場題材に対する意向を分析した結果から、植物工場題材は平成20年告示学習指導要領の目標に示された「技術と社会や環境とのかかわりについて理解を深め、技術を適切に評価し活用する能力と態度を育てる」、平成29年告示学習指導要領の目標に示された「生活や社会の中から技術に関わる問題を見いだして課題を設定し、解決策を構想し(中略)課題を解決する力を養う」および「よりよい生活の実現や持続可能な社会の構築に向けて、適切かつ誠実に技術を工夫し創造しようとする実践的な態度を養う」といった学習指導要領に準拠した問題を解決する題材として適しており、学習指導要領の目標に沿った授業を実現しようとしている教員ほど肯定的に捉えているものと推察される。表2-23に重視している内容と植物工場題材との関連を示す。

表2-23 重視している内容と植物工場題材との関連

質問項目		肯定群	否定群	t 検定
生物育成の基礎的な知識や技能を身に着けさせる	平均	3.32	3.28	n. s.
	S. D.	0.62	0.57	
生物育成の体験を通して人間的な成長を促す	平均	2.99	2.94	n. s.
	S. D.	0.73	0.79	
社会との関わりを理解させ生活に結びつける	平均	2.91	2.65	**
	S. D.	0.64	0.69	
新しい技術開発を理解させイノベーションに寄与する能力を育成する	平均	2.29	1.92	**
	S. D.	0.65	0.54	
生物育成の学習を通して課題解決能力を養う	平均	2.68	2.48	n. s.
	S. D.	0.72	0.81	

N=227, ** p < .01

5. 結言

本章では、都市部における生物育成学習に関する各種調査を東京 23 区および埼玉県の公立中学校を対象に学校における生物育成学習の実態と植物工場題材に関する意識の調査と分析をおこなった。本調査で得られた知見を実態調査と植物工場題材に関する意識調査に分け以下にまとめる。

5.1 都市部における生物育成学習の実態調査

1. 栽培実習の場所として、農場、花壇、プランター置き場、室内の確保状況を調査し、栽培実習をおこなう場所が不十分である実態が明らかとなった。
2. 教員が生徒に育成できたと思う能力の調査では、学習指導要領に記された目標が十分に達成できていないと感じている教員が多いことが明らかとなった。
3. 教員が生物育成の指導に関して感じていることの調査などから技能の指導に傾倒している教員が多いことが明らかとなった。
4. 授業の難易度に関する調査から課題解決や新しい栽培技術に関する指導が困難であると感じている教員が多いことが明らかとなった。

これらの結果から、都市部においては栽培場所の確保が難しい現状が明らかとなったが、栽培場所の確保は教員や学校単位での取り組みでは対応が困難な要素であり、また都市部においては、仮に予算面の課題が担保されたとしても、商業地域や住宅密集地が多いことから土地の確保は現実的ではなく、限られた栽培場所でも実習指導可能な教材・教具の開発が現実的であると考えられる。

また、教師側の課題としては、学習指導要領に記載されている技術と社会・環境との関わりを理解させるなどの目標が十分に達成できておらず、旧来からの技能習得型の指導に重きを置いている傾向が見られる。このことは課題解決の指導が困難であると感じている教員の割合が多いこととも関連していると考えられ研修の機会を充実させるなどの対策も必要である。しかし、栽培場所の確保が不十分なことから、栽培品種が限られ容易に栽培できる品種しか栽培できず、実習題材の自由度が制限されていることに起因して課題解決や学習指導要領の目標未達成に至ると考えることもでき、その場合においても限られた栽培場所においても栽培学習が可能な教材・教具が必要であると推察できる。

5.2 植物工場題材に対する意識調査

1. 植物工場題材に肯定的な教員は 68 名 (29.96%)、否定的な教員は 159 名 (70.04%) であった。
2. 植物工場題材に肯定的な教員の傾向として教員経験 1～10 年の所謂若手教員が多く、否定的な教員は、教員経験 21 年以上の中堅～ベテラン教員に多い傾向が示された。
3. 植物工場題材に対して肯定的な教員と否定的な教員の差異として、肯定的な教員は、研修の機会不足や他教科との連携不足、自分自身の知識や技能の不足を課題として捉えており、生徒に対して育成計画や動物および水産生物の栽培、生物育成と社会との関わり、新しい技術開発に関して否定的な教員よりも指導をおこなっている割合が高く、社会との関わりを理解させ生活に結びつける能力の育成や新しい技術開発を理解させイノベーションに寄与する能力の育成を重視する傾向が見られた。

これらの結果から、若手教員は植物工場題材に対して肯定的な傾向を示し、中堅以降のベテラン教員になるほど植物工場題材に対して否定的に考える傾向である。肯定的な教員は、研修の機会不足や自身の知識・技能の不足といった課題意識を有しており前述の栽培場所に関する課題と関連付けて考察すると、栽培場所に起因して生物育成の学習指導が十分にできていないことから研修の必要性を感じており、栽培場所が限られていても栽培実習可能な植物工場題材に可能性を感じているのではないかと推察することができる。

反面、植物工場題材に否定的な教員では、肯定的な教員よりもこれらの課題意識が低く、これは長年に渡り栽培場所がなくても授業を成立させることができたためとも推察される。さらに、肯定的な教員は学習指導要領の目標達成を意識しており、これは否定的な教員が中堅以降のベテラン教員であることから、過去の学習指導要領時代の授業を現在でもおこなっていると推察でき、現行の学習指導要領に示された目標や学習内容の周知が十分でないことも考えられる。

日本産業技術教育学会発行の21世紀の技術教育（改定）において「技術教育は技術開発と価値創造によるイノベーションへ結びつく創造性を育成する核となるべき教育分野」と記述されており⁷¹⁾、植物工場に代表されるような新しい栽培技術の学習や、生活や社会の課題を解決する学習を通してこれからの時代に求められる資質・能力の育成をおこなうことの必要性を示唆している。また荒木らは、埼玉県内の中学校における栽培学習を取り巻く課題として準備や授業の「時間的制約」、畑や花壇などの「空間的・物質的制約」、評価や教員経験などの「指導法の未確立」、管理の手間や天候に左右されるといった「植物育成上の障害」、教員の専門知識に由来する「教員の知識・情報の不足」が課題であるとしており、教育現場のニーズに即した現実的な手法が栽培学習に求められていると述べている⁷²⁾。このことから都市部における栽培学習の課題として概ね本調査と同様の傾向が示されており、都市部における学校の実態を踏まえ、農地などの確保が難しい学校において栽培学習をおこなうための教材・教具の開発をおこなう必要性が示された。

これらを背景として室内で栽培学習をおこなうことのできる植物工場題材については、農場などの確保が難しい都市部の学校において学習指導要領に示された目標や学習内容を達成し、課題解決型の学習を展開するために適した教材・教具であると考えられる。

次章では、これらの調査結果を踏まえ都市部の学校および教員の実態を考慮した教材・教具の検討と開発について述べる。

参考文献

- 59). 東京都教育委員会：充実した研修制度・サポート体制，<https://www.kyoiku.metro.tokyo.lg.jp/static/kyoinsenko/kenshuseido.html>（最終閲覧：2020年4月15日）
- 60). 埼玉県教育委員会：埼玉県教員の資質向上に関する指標策定について，<https://www.pref.saitama.lg.jp/f2208/shihyou/shihyou.html>（最終閲覧：2020年4月15日）
- 61). 東京都教育委員会：平成30年度公立学校統計調査報告書学校調査編，http://www.kyoiku.metro.tokyo.jp/administration/statistics_and_research/academic_report/files/report_2018/houkokusyo-chousa3003.pdf（最終閲覧：2019年7月1日）
- 62). 埼玉県教育委員会：平成28年度学校教員統計調査，https://www.pref.saitama.lg.jp/f2203/documents/05_gakkoukyouinntoukeichousa.pdf（最終閲覧：2019年7月1日）
- 63). 加藤幸一・永野和雄・佐藤文子・金子佳代子・佐藤勉・他：新しい技術・家庭技術分野，東京書籍（2011）
- 64). 間田泰弘・塩入睦夫・鶴田敦子・大竹美登利・他：技術・家庭 [技術分野]，開隆堂（2011）
- 65). 佐竹隆顕・市川道和・淡野一郎・植村徹・他：技術・家庭技術分野，教育図書（2015）
- 66). 文部科学省：公立学校施設の空調（冷房）設備設置状況の結果について，http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/29/06/1386475.htm（最終閲覧：2019年7月19日）
- 67). 上野耕史・谷田親彦・相澤崇・肥田野豊：中学校技術科における栽培に関する学習内容と教科書題材の変遷，弘前大学教育学部紀要，第107号，pp.73-82（2012）
- 68). 上野耕史・大谷忠・藤井道彦・関篤詞：中学校学習指導要領（平成20年3月告示）に基づく「C生物育成に関する技術」の知識に関する指導内容の分析，日本産業技術教育学会誌，第55巻，第1号，pp.7-14（2013）
- 69). 総務省：人口密度（都道府県別）平成27年，https://www.stat.go.jp/naruhodo/c1data/02_03_stt.html（最終閲覧：2020年4月17日）
- 70). 尾崎誠・中村祐治：技術科教員が重視する基本的な概念の調査研究，日本産業技術教育学会第19回技術教育分科会（愛知）講演要旨集，pp.25-26(2013)
- 71). 日本産業技術教育学会：21世紀の技術教育（改定），<http://www.jste.jp/main/data/21ten.pdf>（最終閲覧：2019年7月29日）
- 72). 荒木祐二・石川莉帆・斎藤亜紗美・田代しほり：栽培学習を取り巻く現状と課題埼玉県中学校を例に，技術科教育の研究，第19巻，pp.19-26(2014)

関連論文

佐藤正直，山本利一：都市部における生物育成学習および植物工場題材に関する教員の意識調査，日本産業技術教育学会誌，第62巻，第2号，pp.85-38(2020)

第3章 植物工場題材による栽培学習をおこなうための教材・教具の開発

1. 緒言

本章の目的は、第2章で得られた学校および教員の実態を踏まえ、植物工場題材による栽培学習をおこなうための教材・教具の開発をおこなうことである。

第2章で述べた通り、都市部の学校においては栽培学習をおこなうための農地などの確保が課題である。また教師の課題として中学校学習指導要領に示された内容を十分に指導できておらず、旧来の技能指導に傾倒している実態も明らかとなった。これらの都市部の学校に着目した教材・教具に関する先行研究は極めて少ない。そこで、本章では中学校学習指導要領の目標に沿った学習を農地などの確保が難しい学校でもおこなうことができる植物工場に焦点を当てた教材・教具の開発をおこなう。

平成29年告示中学校学習指導要領における技術科の目標は、「技術の見方・考え方を働かせ、ものづくりなどの技術に関する実践的・体験的な活動を通して、技術によってよりよい生活や持続可能な社会を構築する資質・能力を次のとおり育成することを目指す」とされており、「(1) 生活や社会で利用されている材料、加工、生物育成、エネルギー変換及び情報の技術についての基礎的な理解を図るとともに、それらに係る技能を身に付け、技術と生活や社会、環境との関わりについて理解を深める（以下、技術と社会や環境との関連）」、「(2) 生活や社会の中から技術に関わる問題を見いだして課題を設定し、解決策を構想し、製作図などに表現し、試作などを通じて具体化し、実践を評価・改善するなど、課題を解決する力を養う（以下、技術による問題解決）」、「(3) よりよい生活の実現や持続可能な社会の構築に向けて、適切かつ誠実に技術を工夫し創造しようとする実践的な態度を養う（以下、社会の発展と技術）」の3つの目標が示されている。

このことから、教材に求められる要素は、「技術と社会や環境との関連」を学習し、「技術による問題解決」を実践することにより「社会の発展と技術」を創造する態度を養うことのできる要素を盛り込むことである。「技術と社会や環境との関連」の学習では、我が国における農業の実態や地球環境の変化に伴う食料生産などを学習することにより、基礎的な理解につなげる学習が可能である。「技術による問題解決」の学習では、効率的な栽培方法や環境負荷に考慮した栽培方法などのテーマを与え、テーマに沿った問題を発見させ、対話的な学習方法などにより問題解決をおこなうなどの授業展開が考えられる。さらに、「社会の発展と技術」の学習では、生徒が学習した内容を踏まえて、技術によってこれからの社会がどのように発展していくかを考えさせることにより、学習指導要領の目標である「技術によってよりよい生活や持続可能な社会を構築する資質・能力」の育成が可能であると考えられる。

これらの要素を取り入れた教材・教具として、植物工場は適した題材である。「技術と社会や環境との関連」では、我が国における農業の実態から植物工場による食料生産が最適解の一つであることを学習することができ、「技術による問題解決」では、植物を育てる技術や品種拡大には新たな技術開発が必要であることから、生徒たちに擬似的な技術開発体験を通して、問題を解決するプロセスを学習させることができる。また、「社会の発展と技術」では、植物工場の技術を通して私達の社会をどのように発展させるかを考えさせる学習が可能である。

植物工場を題材とした先行研究として、宮嶋ら(2017)は STEM 教育の観点から植物工場を

題材とした授業実践をおこなっているが、実践で用いた植物工場は市販のワゴン型植物工場を用いている⁷³⁾。また、堤ら(2015)は、無線通信技術を取り入れた植物工場題材の提案をおこなっているが、授業実践には至っておらず、教材の有用性が明らかとなっていない⁷⁴⁾。さらに、浦山ら(2012)は、LED を利用しロメインレタスの栽培実習をおこなっているが、実践後に生徒に育まれた能力の調査分析には至っていない⁷⁵⁾。これらの先行研究では、学校の実態調査に基づいた教材の開発という観点からは不十分である。

そこで、本章では、学校の実態調査に基づき、室内における栽培学習を展開するための教材・教具の開発として、第1節では室内で栽培をおこなうための人工光源の開発をおこない、開発した人工光源を用いた葉菜類の栽培で効果の検証をおこなう。次いで第2節として、現在の植物工場技術では栽培することの難しい根菜類を栽培するための根菜類用養液栽培教具の開発をおこない、小型根菜類の栽培実験を通して効果を検証する。

第1節 室内栽培用人工光源の開発

1.1 はじめに

作物の栽培には、作物の育成に必要な温度、水、土壌などの育成環境を整える必要がある。この育成環境を室内で整えるために、温度はエアコンなどの空調機器を用い、水や土壌は養液やスポンジ培地などで代用することが可能である。しかし、作物の育成に必要な光に関しては、天井に設置されている照明機器や窓から差し込む太陽光では不十分であり、育成用の光源を必要とする。植物工場用の人工光源は市販されているものもあるが、学校教育で用いる場合にはコストが高く、大型のものが多いことから実用的ではない。また、既に市販されているものをそのまま用いるのではなく、光源の原理やエネルギー変換の仕組みなども学べる要素を含んでいることから、これらの要素も取り入れた教材・教具として開発することとした。

1.2 生育に必要な光源

植物を室内で栽培する植物工場には、人工光のみで育成する完全人工光型と太陽光と人工光を併用して育成する太陽光併用型が存在するが、どちらの方式でも人工光源は必要不可欠である。例えば、菊の電照栽培では白熱電球が用いられているが、消費電力量が多く発熱するため、温度対策として電球を植物に近づけることができないといった欠点も有している⁷⁶⁾。また初期の植物工場では、蛍光灯を用いていたが近年では、消費電力が少なく発熱量も少ないLEDを用いる工場も増えつつある⁷⁷⁾。LEDを用いた場合、植物に応じて必要な波長のみを照射することにより効率的に育成することが可能である。植物の生育では可視光に含まれる波長のうち、特定の光を吸収し生育する。光合成反応では、クロロフィルの吸収ピークが660nm近辺の赤色、花芽形成では、クリプトクロームやフォトトロピンの吸収ピークである450nm近辺の青色に強い反応を示すことが明らかとなっている⁷⁸⁾。波長の違いによる効果を表3-1に示す。以上のことから、植物の栽培には、660nm近辺の赤色と450nm近辺の青色が有効であるため、植物工場においては赤色、青色のLEDが多く用いられている。

表3-1 波長の違いによる植物の生育効果⁷⁹⁾

発光色	波長 (nm)	効果
紫外線	315~400	葉を厚くする・色素の発色促進
青色	435~480	光合成・葉緑素合成
緑色	520~545	コナジラミ類誘因・病害防除効果
黄色	570	夜蛾類の行動抑制効果
赤色	610~750	光合成・葉緑素合成

1.3 養液栽培装置用 LED 光源の開発

生物育成に関する技術の実習を教室内で実践することを想定して養液栽培装置用 LED 光源の開発をおこなった。栽培は1人1鉢で実施する事を想定し生徒数分の養液栽培装置用 LED 光源および電源を確保する必要がある。そのため電源は、5VをUSBバスパワーから供給することとした。これは、生徒数の多い学校では、ACアダプターや電源コードを設置するのが困難なためである。市販されているAC-USB電源は2A程度の定格電流値のものが多く、今回は2A、2ポートのAC-USB電源に4ポートのUSBハブ2個を接続し、最大で1電源あたり8個のLED光源を運用することを目標として製作をおこなうこととした。また、教室内の利用を前提とした場合、完全な暗室では無く、窓からの自然光を利用することが可能である。従って、開発したLED光源は太陽光との併用型として利用することを前提とした。

植物工場で用いる人工光源では、光合成有効光量子束密度（単位： $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ）を用いるが、光量子束密度を測定する装置は高価であり、公立学校などでは購入することが難しい。さらに、中学生に理解させることも困難である。そこで、本研究では中学生の既習事項でもあり、安価に照度計を入手でき実践に用いることができることから照度（単位：lx）を用いて研究を進めることとした。

開発目標は、レタスや小松菜などの半陰性植物を、太陽光を併用して育成することを目標とした。レタスの場合、光合成速度と呼吸速度が釣り合う光補償点が1,500~2,000lxであることから⁸⁰⁾、LED光源単体で3000lx程度、太陽光との併用で10000lx程度の照度を確保することとした。

使用するLEDは、照射角15°~30°の砲弾型超高輝度LED9個とし、青色と赤色のLEDを取り付け実験することとした。設定した開発要件を表3-2に、使用したLEDの規格を表3-3に、試作した養液栽培装置用LED光源の回路図を図3-1に、試作した養液栽培装置用LED光源を図3-2に示す。

表3-2 開発要件

開発の目的	室内における養液栽培用人工光源としての利用
主な対象栽培種	ホウレンソウ・コマツナなどの半陰性葉菜類
電源	5V (USB 端子より供給)
照度	3000lx
授業での製作時間	1～3時間程度
授業での配慮要件	生徒がLEDを自ら選択する自由度を確保

表3-3 活用したLEDの規格

発光種	型番	定格電圧 (V)	定格電流 (mA)	波長 (nm)
青色	OSUB5111A-ST	3.1	20	470
赤色	OSHR5111A	2.1	20	625

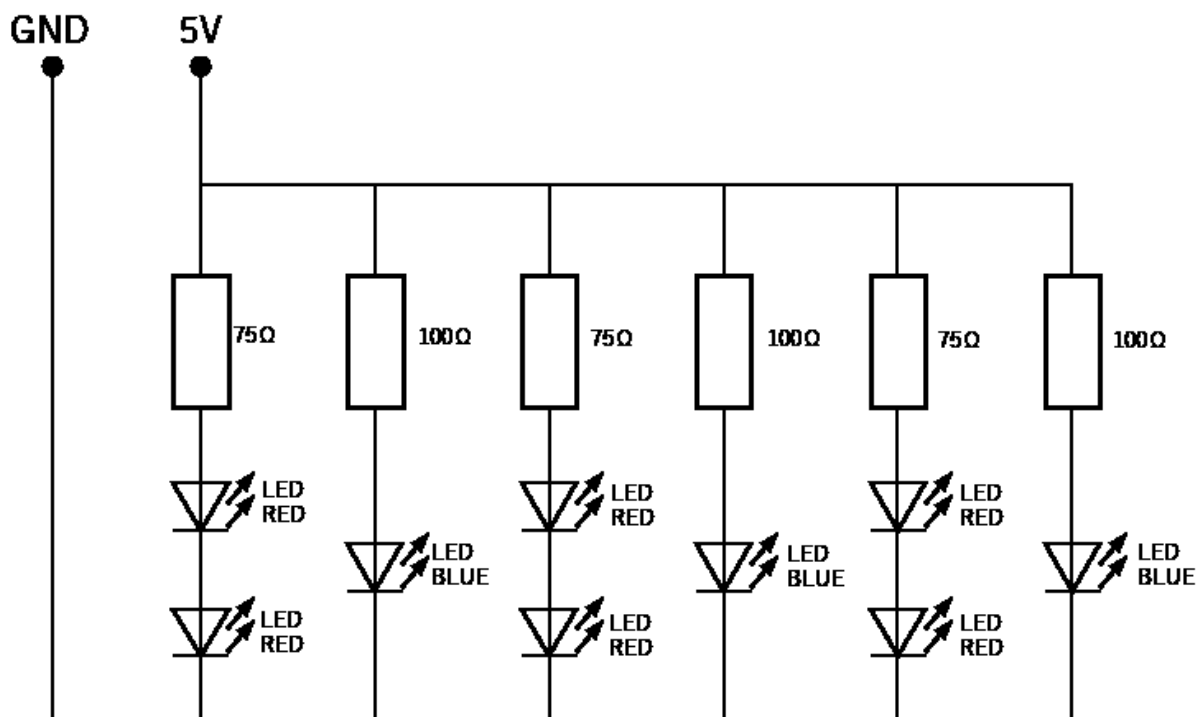


図3-1 試作栽培用LED光源の回路図 (赤6個, 青3個の場合)

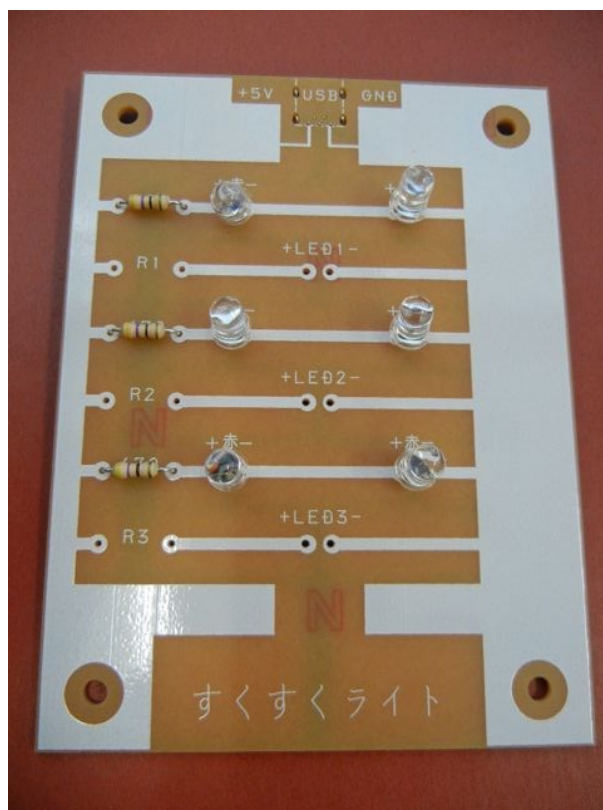


図3-2 養液栽培装置用 LED 光源

1.4 養液栽培用 LED 光源の有効性を確認するための生育実験

開発した養液栽培装置用 LED 光源の有効性を確認するために生育実験をおこなった。生育実験は都内 A 中学校技術室にて、簡易養液栽培装置（YK 社:養液栽培セット）に、開発した養液栽培装置用 LED 光源を取り付けおこなった。簡易養液栽培装置を図 3-3 に示す。



図 3-3 養液栽培装置⁸¹⁾

中学校における人工光源を利用した栽培学習に関する先行研究では、浦山ら(2012)が、LED 光源を利用し完全人工光でレタスの栽培をおこなっている⁸²⁾。この実践では、レタスを栽培するために、砲弾型 LED を 20 個程度利用している。今回開発した養液栽培装置用 LED 光源は、LED が 9 個と少ないが、太陽光を併用することで照度を確保している。栽培品種は、アブラナ科のべんり菜を選択した⁸³⁾。べんり菜は、小松菜と青梗菜との交配種であり、半陰性のため少ない光量でも育ちじょうぶで育成が容易である。

実験をおこなった都内 A 中学校技術室は東側に窓が設置された校舎 1 階部分であり、午前中に日光が当たるが、校舎に沿って樹木が植えられているため、一日を通してほぼ日陰である。12月の晴天時 12:00 の窓際での照度が 7000~10000lx、外気温が 12℃、教室内の温度が 16℃程度である。

実験の条件として、養液栽培装置用 LED 光源を用いず、教室内に入る自然光および通常教室を利用している際に点灯している蛍光灯の明かりのみで栽培するもの（以下、光源なし）と、今回開発した養液栽培用 LED 光源を 24 時間連続照射し太陽光併用型植物工場を模したものの（以下、光源あり）との成長の様子を比較した。尚、栽培に必要な養液は市販の養液栽培用微粉末肥料（ハイポネクス社製）をメーカー推奨濃度の水 1 リットルに対して約 1 g を溶かしたものを利用し、1 週間に 1 回、容器内の養液全量を交換した。表 3-4 に実験の諸条件を示す。

表 3-4 実験の諸条件

栽培種	べんり菜
養液	H社製微粉末肥料 1000 倍希釈（1週間に1回，全量交換）
場所	教室内（東側，1階，RC構造）

スポンジ培地（縦 20mm×横 20mm×高さ 20mm）にべんり菜の種 3 粒を播種し，発芽後に間引きをおこない 1 株だけ残して栽培をおこなった。栽培実験をおこなった結果，光源なしのべんり菜は栽培開始後 17 日目には完全に枯死してしまったが，光源を用いたべんり菜は栽培開始後 33 日目に草丈 22.7cm まで成長した。この実験結果から，室内におけるべんり菜の栽培に対して，養液栽培装置用 LED 光源が有効であることが確認された。図 3-4 に栽培中の様子を，表 3-5 に栽培実験の経過を示す。

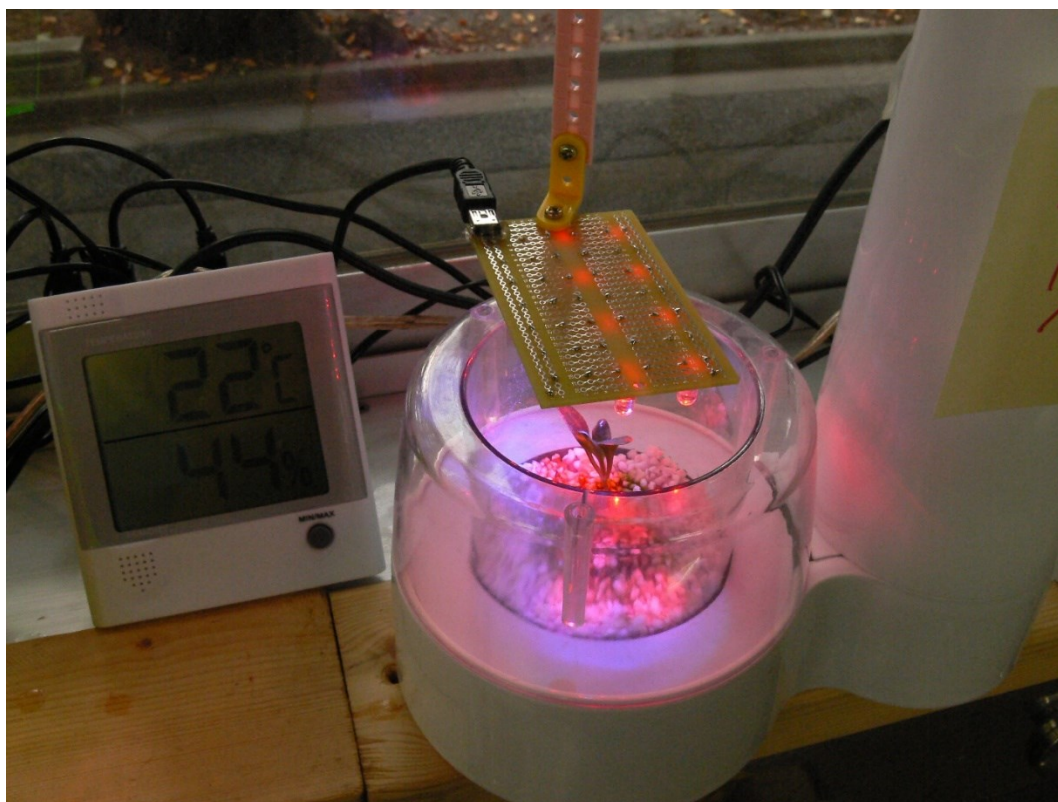
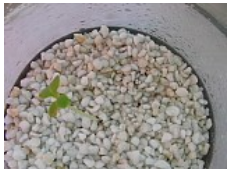


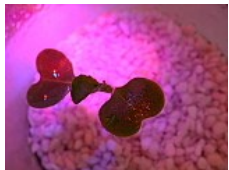
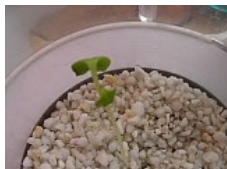








図 3-4 栽培実験の様子

表3-5 光源有効確認実験の経過

日付 (栽培日数)	室温 (°C)	湿度 (%)	LED光源なし		LED光源あり	
			草丈 (cm)	写真	草丈 (cm)	写真
1日目	20	50	2.5		2.0	
5日目	20	56	3.7		3.6	
10日目	19	52	4.3		7.3	
15日目	20	47	3.5		12.5	
20日目	16	52			14.4	
25日目	16	40			20.0	
			17日目で完全枯死			
30日目	18	49			21.7	
33日目	18	43			22.7	

以上の実験結果から、べんり菜の栽培に養液栽培装置用 LED 光源が有効であることが確認された。

次に波長が与える影響について調べるために、LED の色を替えて育成実験をおこない、効果を確認することとした。実験では、9 個の LED 全てを赤色 LED としたもの（以下、LED 全赤）、全て青色 LED にしたもの（以下、LED 全青）、赤色 LED 6 個と青色 LED 3 個の混合にしたもの（以下、赤青混合）3 種類を 24 時間連続照射した場合の生育実験をおこなった。栽培場所や養液などの実験諸条件は、前述の実験条件と同一である。表 3-6 に実験の諸条件を示す。

表 3-6 実験の諸条件

栽培種	べんり菜
養液	ハイポネクス社製微粉末肥料 1000 倍希釈（1 週間に 1 回、全量交換）
場所	教室内（東側，1 階，RC 構造）
条件①	LED 赤色 9 個
条件②	LED 青色 9 個
条件③	赤色 LED 6 個と青色 LED 3 個の混合

この実験では、全てのべんり菜が枯死することなく生育したが、使用した栽培用 LED の種類によって生育に差が生じた。LED 全赤では草丈が約 21cm まで生育し、LED 全青では草丈約 14cm、赤青混合では草丈約 30cm まで生育した。しかし LED 全赤、LED 全青とも、葉や茎の生育が遅れ、食用に利用できる大きさには生育せず、LED 全青は徒長傾向が見られた。また、赤青混合も茎が細く、LED の組み合わせによっては光量不足が生じると推察できる。図 3-5 に実験の様子、図 3-6 に収穫物の様子を示す。



図3-5 栽培実験の様子



図3-6 収穫物の様子

前述の実験結果から、LEDは赤青混合で用いることが効果的であることを確認した。次に、赤色と青色の比率を変え、育成効果を確認することとした。LEDは赤6個と青3個のものと、赤8個と青1個の2種類について実験をおこない生育の差を確認することとした。実験の結果、2:1の光源では27.5cm、8:1の光源では29cmまで成長し、顕著な差は認められなかった。LEDの色の比率による生育の様子を示した表を表3-7に示す。

表3-7 LEDの比率による生育の様子

	1日目	7日目	14日目	21日目	28日目	35日目	42日目	49日目	56日目	63日目	70日目
赤6個 青3個	5.0	9.0	9.5	15.0	17.3	18.2	19.0	21.0	24.0	26.5	29.0
赤8個 青1個	5.0	9.1	11.5	16.3	18.0	19.5	21.0	22.0	25.0	27.5	27.5

単位：cm

養液栽培装置用LED光源を用いた栽培では、LEDから発せられた光を有効に利用できるよう、可能な限り葉に近い位置で照射したほうが効率的であるが、LEDに葉が直接接触してしまうと、点状に白く変色することがわかった。また、LEDに葉が接触した状態で数日間放置すると、葉が丸まってしまう現象も確認できた。このような状態を防ぐために、LEDと葉の間隔を10cm程度離して栽培することとした。図3-7に変色した葉の様子を示す。



図3-7 変色した葉の様子

実験の結果を踏まえ、授業実践で用いる養液栽培装置用 LED 光源の LED 数を 9 個から 12 個に変更し、光量を増やすとともに生徒が LED を組み合わせる際の自由度を増すこととした。

改良後の養液栽培装置用 LED 光源で、赤色 LED 8 個、青色 LED 4 個を用いた際の照度を照度測定器（SMART SENSOR 社製 AR813A）で測定した。測定器から 10cm の距離で約 2900lx であった。また、消費電流を USB 電圧電流測定器（CENTURY 社製 CT-USB-PW）で測定したところ、消費電流は 230mA であった。図 3-8 に改良した LED 光源の回路図を、図 3-9 に改良した養液栽培装置用 LED 光源を用いた簡易養液栽培装置の外観を示す。

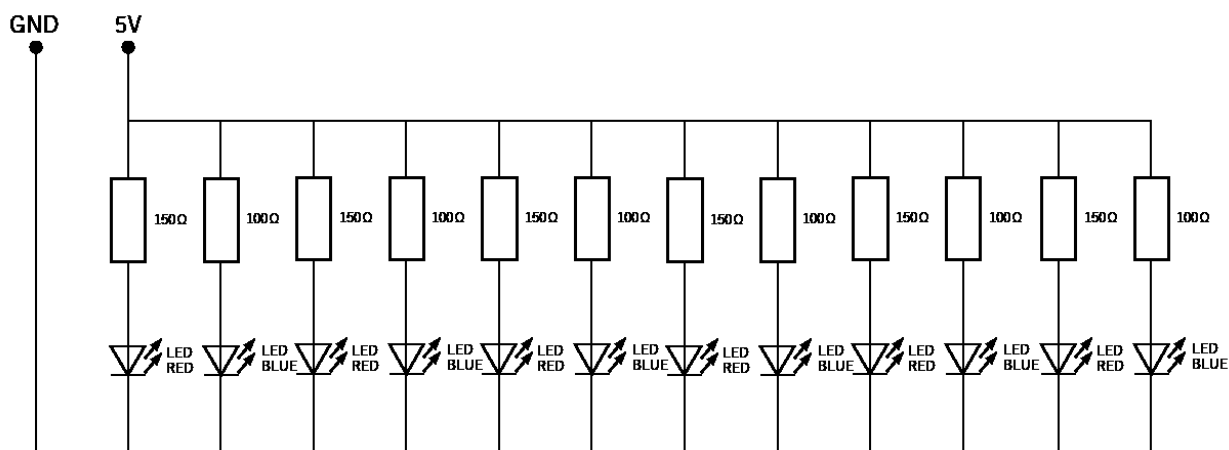


図 3-8 改良後の LED 光源回路図（赤 6 個・青 6 個の場合）



図 3-9 養液栽培装置用 LED 光源を用いた簡易養液栽培装置

1.5 おわりに

本節では、室内で栽培をおこなうための人工光源の開発をおこない、開発した人工光源を用いた葉菜類の栽培で効果の検証をおこなった。以下に本節で得られた知見をまとめる。

1. 砲弾型 LED を用いた養液栽培用 LED 光源を開発し、べんり菜の育成実験をおこなった結果、室内において育成可能であることを確認した。
2. LED の配色は赤色と青色の混合で最もよく成長することを確認した。
3. LED の混合比率は、赤 6 個、青 3 個と赤 8 個、青 1 個では大きな差異を確認することはできなかった。
4. LED 光源と葉面が接触している場合、接触箇所が白く変色することを確認した。
5. 光量の不足を補うために LED の個数を 1 2 個に増やした。

以上のことから、室内において葉菜類の育成を題材とした栽培実習が可能であることが確認され、当初の開発要件を満たす授業実践で用いる教材・教具の開発ができた。また、エネルギー変換と関連した学習や、LED の配色を目的に応じて、生徒が設定するなどの課題解決型の教材としても活用できるものと推察される。

第2節 根菜類を育成するための教材・教具の開発

2.1 はじめに

我が国における植物工場の現状は2018年2月時点で人工光型植物工場183箇所、太陽光人工光併用型植物工場32箇所、太陽光型植物工場158箇所が可動している⁸⁴⁾。これらの植物工場における栽培品種としては、43%が果菜類、次いで39%がレタス類となっており、根菜類など栽培品種の拡大が課題となっている⁸⁵⁾。

技術科の授業で取り扱う栽培品種として、トマト、ピーマン、ナスなどが教科書に記載されている。室内で栽培をおこなうためには草丈の大きいものは題材として扱いが難しい。そこで、室内のスペースを圧迫せずに実習をおこなうことを狙いとして草丈の小さい根菜類を題材とした教材・教具の開発をおこなった。

植物工場における根菜類栽培の課題として、主根部を支えるための土壌が必要である。工場施設内で土を扱うには、衛生管理や重量に耐えるための栽培容器の強度強化、収穫後の洗浄作業や土の処理といった課題がある。これらの課題を処理するためにコストがかかるため、技術的にクリアできても、工場の経営に結びつかないといった問題が生じるため、根菜類を取り扱う植物工場が実用化されていない^{86,87)}。根菜類を植物工場で取り扱うための技術として、保水性のあるピートモスに、保肥性のあるモンモリロナイトをコーティングしたヴェルデナイトが開発され、ヴェルデ式植物工場として実用化されており、根菜類などの栽培を可能とする技術が開発されている⁸⁸⁾。しかし、室内においてヴェルデナイトを利用する場合、保水性が高いことから、重量が増加するとともに、養液内に微細なヴェルデナイトが流入するため、養液管理や循環ポンプの維持といった課題も残されている⁸⁹⁾。

学校で教材・教具として取り扱うためには、上述のような課題に加えて技術科の学習目標に則した授業を展開しやすくする要素が必要である。本節では学校での利用を前提とした教材・教具の開発をおこなうこととした。

2.2 根菜類用養液栽培教具の検討

技術科の教材・教具として様々な養液栽培教具が提案されており^{90,91,92)}、例えば、養液をペットボトルに入れることで自動的に養液が補充されるものが存在する。しかし、その多くがスポンジ培地などを利用した葉菜類や果菜類を対象とした装置である。そこで学校内において授業の教材・教具として利用することを前提とした根菜類用養液栽培教具を検討した。

根菜類を栽培するためには、主根部を支える土壌またはその代用物と、主根部が成長するために必要な容器の深さを確保する必要がある。そこで、土壌の検討と容器の開発をおこなうこととした。

2.3 人工土壌の検討

根菜類の栽培では主根部を支えるための土壌が必要であるが、植物工場では前述の通り土を扱うことに課題がある。そこで最初に、土に代わる人工土壌を検討し栽培実験をおこなうこととした。人工土壌を検討する要素としては、①コスト、②重量、③保水性、④通気性、⑤再利用性とした。特に再利用性では回収、洗浄、乾燥、殺菌消毒の容易さおよび耐久性の面から評価した。検討の結果、栽培用高分子吸収体、玩具銃用のプラスチック弾（以下：BB弾）、土壌改良材として用いられているパーライト、籾殻くん炭（以下、くん炭）、ハイドロ

ボール、バーミキュライト^{93,94)}を人工土壌の候補とした。図3-10に候補となった人工土壌の写真を、表3-8に人工土壌の特性を示す。

これらの人工土壌を用いてラディッシュの栽培実験をおこなった。栽培実験では、スポンジ培地に播種し発芽させたものを500mlのペットボトルを利用した栽培容器に人工土壌と共に定植した。根菜類を養液栽培する場合には、主根部が養液に浸かっていると収穫物が柔らかく、食感に影響が出る⁹⁵⁾。そのため、養液に主根部が浸からないよう別に設置した養液タンクからポンプを用いて時間制御で供給し、供給された養液は栽培容器下部の穴から排水されるようにした。養液は微粉ハイポネックス(N:P:K=6.5:6:19)を1000倍希釈したものを利用し、週に1回新しい養液と全量交換をおこなった。光合成に必要な光源は白色LEDを用い1日当たり18時間の照射をおこなった。照度は葉面で約3400lxを確保する位置から照射した。また、教室内の窓際で栽培することで太陽光も併用した。栽培中は室内の平均気温を20℃程度に保つようエアコンを利用して実験をおこなった。図3-11に栽培実験の様子を示す。

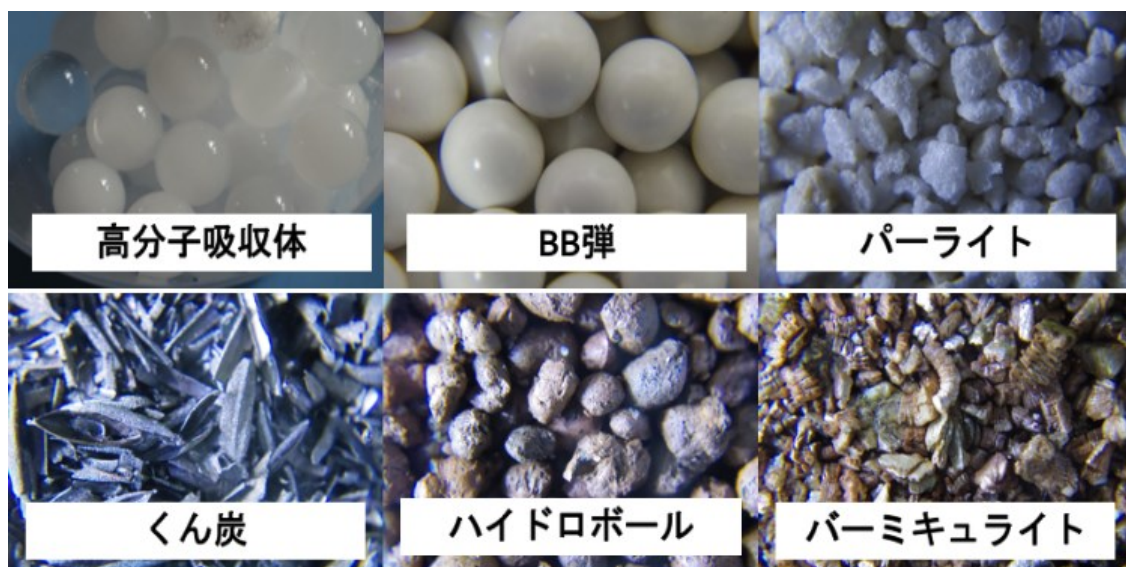


図3-10 検討した人工土壌

表3-8 検討した人工土壌の特性

	価格 (100ml)	重量 (100ml)	保水性	通気性	再利用性
高分子吸収体	¥40	91g	優	やや劣る	再利用不可
BB弾	¥100	100g	無	有	簡単な洗浄後再利用可
パーライト	¥10	24g	有	有	乾燥殺菌後再利用可
くん炭	¥3	26g	有	有	乾燥殺菌後再利用可
ハイドロボール	¥48	90g	やや劣る	有	簡単な洗浄後再利用可
バーミキュライト	¥2.4	19g	有	有	乾燥殺菌後再利用可

※価格は都内量販店における販売価格から算出



図3-11 栽培実験の様子

実験の結果、播種から29日目に全ての人工土壌で収穫することができたが、人工土壌の違いによる顕著な成長の差異は見られなかった。また、くん炭と hidroボールには白色のカビ状の物質が、また高分子吸収体とパーライトには緑色の藻のような物質が発生した。表3-9に収穫の結果を、図3-13にくん炭と高分子吸収体に発生した物質を示す。

表3-9 収穫結果（収量サンプル数は各1個）

	長さ	主根部直径	重量
高分子吸収体	5.1cm	3.2cm	21g
BB弾	4.8cm	3.3cm	19g
パーライト	4.1cm	2.8cm	15g
くん炭	5.0cm	2.8cm	20g
hidroボール	4.0cm	2.1cm	14g
パーミキュライト	4.6cm	3.5cm	18g

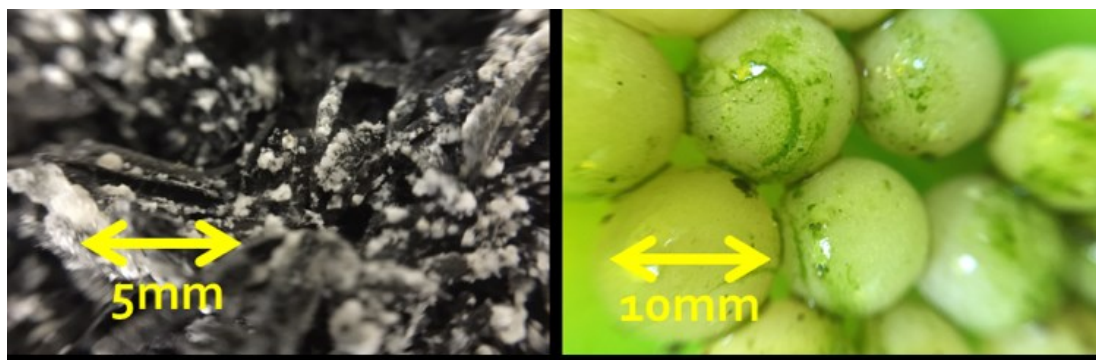


図3-13 人工土壤に発生した物質（一部拡大）

（左：くん炭，右：高分子吸収体）

本実験結果から、BB弾以外の人工土壤では、初期導入コストが安いものの、カビなどが発生し、衛生面や再利用性に課題があることが確認された。そこで、前述のように再利用を考慮し、繰り返しの使用に最も適しているBB弾を人工土壤として用いることとした。

BB弾は、規格品として生産されており、直径は $\phi 6 +0 \sim -0.05\text{mm}$ 、重量 $0.12 \sim 0.43\text{g}$ 、材質はABS樹脂や生分解性プラスチックで作られており、玩具店や通信販売などで簡単に入手可能である。表1に示した通り100g当たりの価格が100円と他の人工土壤の候補と比べ高価であるが、耐久性があり回収が容易で洗浄後に再利用が可能であるため、回収装置を開発し繰り返し利用することでコストの低減を図ることとした。図3-14にBB弾を示す。



図3-14 BB弾

2.4 根菜類用養液栽培教具の開発

実験の結果から、BB 弾を用いた根菜類の栽培が可能であることが確認されたため、技術科生物育成に関する技術の授業で用いるための根菜類用養液栽培教具を開発することとした。想定した栽培対象は、ラディッシュやミニ人参のような小型の根菜類とし、室内でも容易に栽培できるように、可能な限りコンパクトに設計することとした。表3-10に開発要件を、図3-15にシステムの概念図を示す。

表3-10 開発要件

開発の目的	室内における根菜類の養液栽培用としての利用
主な対象栽培種	ラディッシュ、ミニニンジンなどの小型根菜類
制御方式	プログラムタイマーによる時間制御
電源	AC100V
授業での配慮要件	学校での利用を考慮し可能な限り汎用品を利用

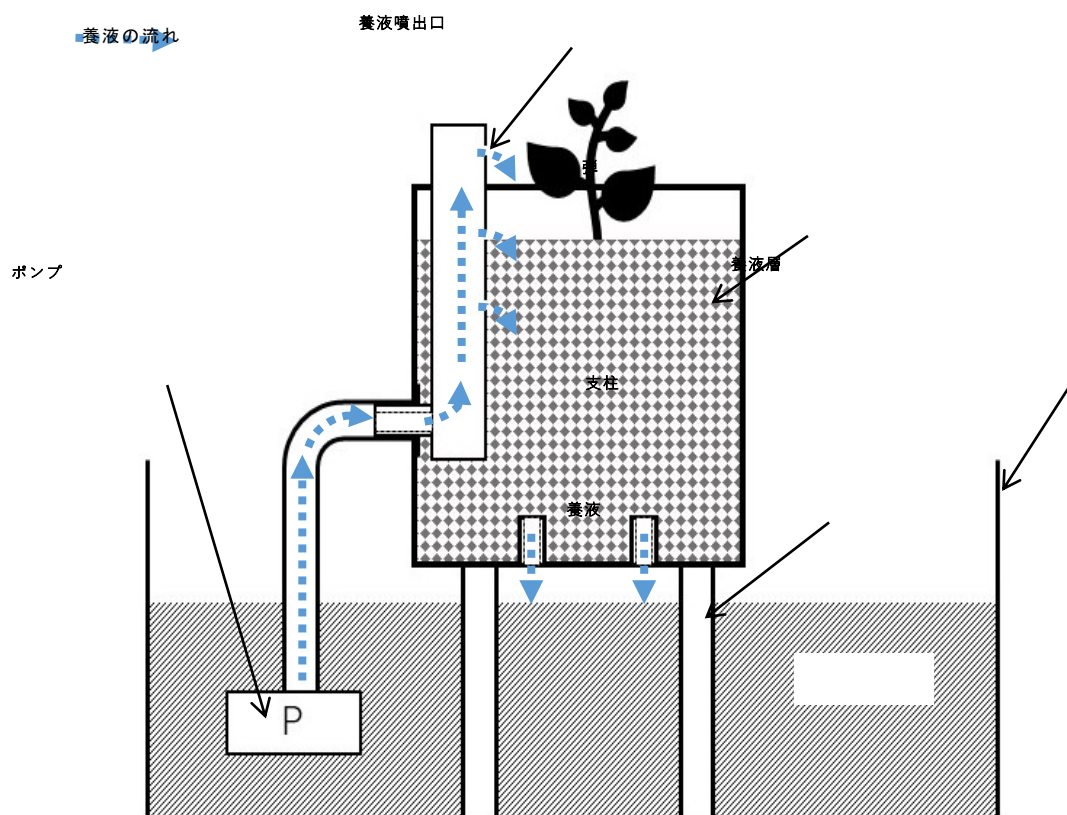


図3-15 システム概念図

設計した根菜類用養液栽培教具は、栽培層の内径φ90mm、高さ120mm、養液噴出部を含む高さ150mmとして設計した。この根菜類用養液栽培教具は、栽培層と養液注入部に分割し、3Dプリンタで出力して製作した。養液注入部と栽培層は、防水性のあるシリコン系コーキング剤を用いて養液が外部に漏れ出さないように接合した。

養液注入部下部に設けられた注入口にシリコンチューブを取り付け、別に設けた養液タンクよりポンプにより養液が供給され、養液注入部に3箇所開けられた養液噴出口から養液が噴出されるようにした。図3-16に根菜類用養液栽培教具の3D-CAD図面を、図3-17に完成した根菜類用養液栽培教具の写真、図3-18に養液の噴出の様子を示す。

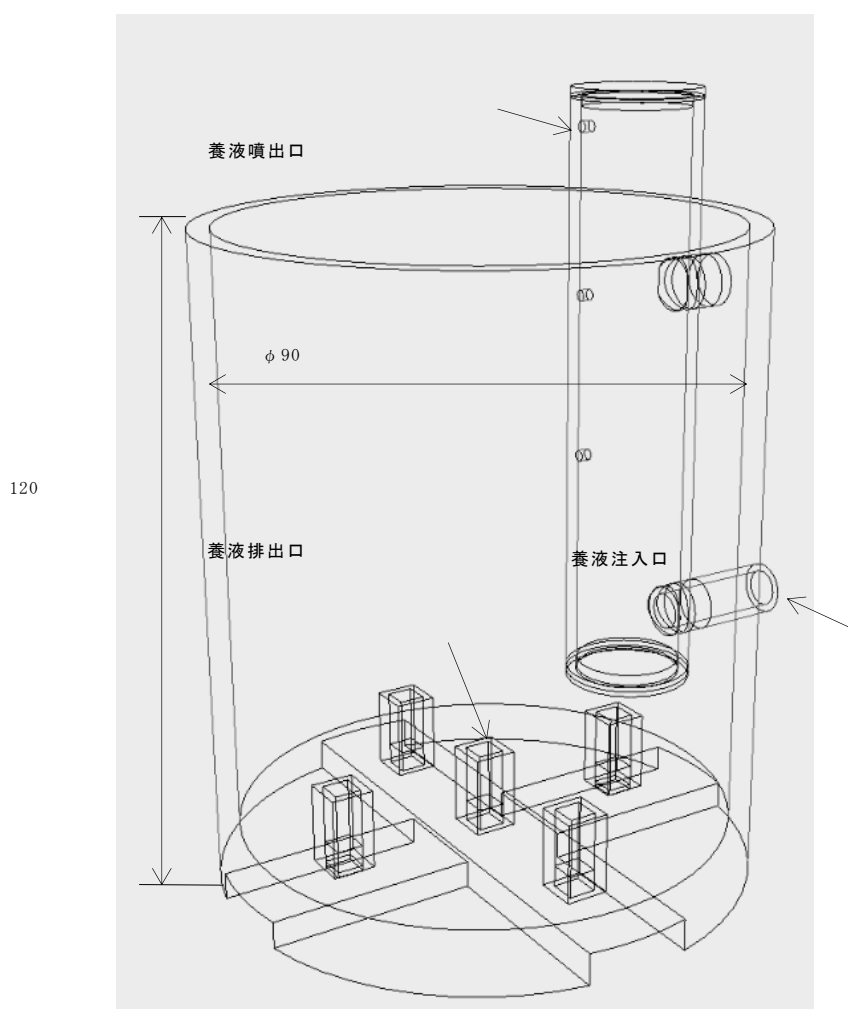


図3-16 根菜類用養液栽培教具の3D-CAD図面

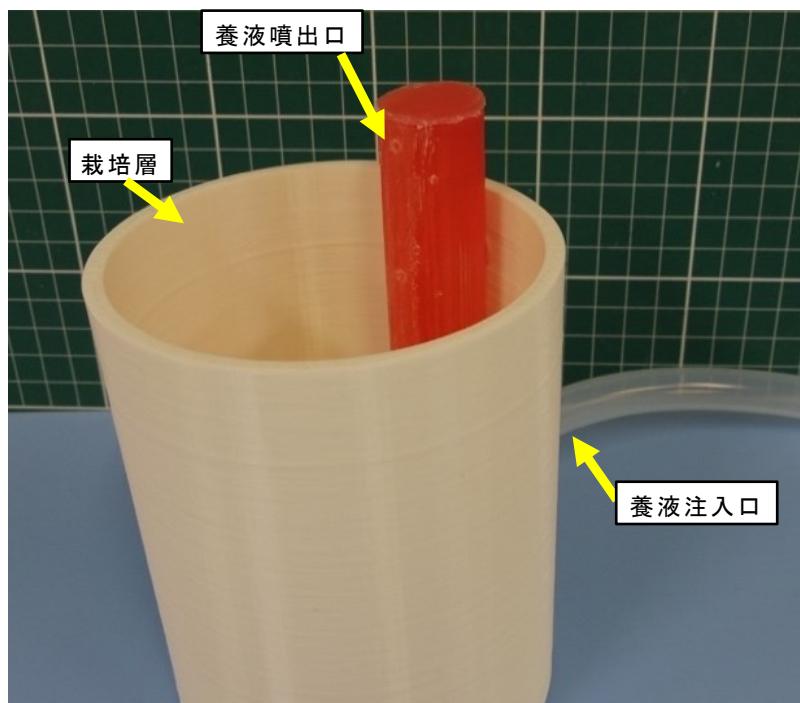


図3-17 根菜類用養液栽培教具



図3-18 養液噴出の様子

本装置で栽培をおこなうには、養液層内に設置されたポンプを定期的に作動させ、養液を供給する。ポンプはプログラムタイマーで時間制御をおこなった。ポンプは3時間毎に5分間動作するように設定した。また、日中はLED光源を点灯し、夜間は消灯するように時間制御をおこなった。さらに、空気を循環させるために60分毎に5分間サーキュレーターを作動させた。図3-19に時間制御のフローを、図3-20にシステム概要図を示す。

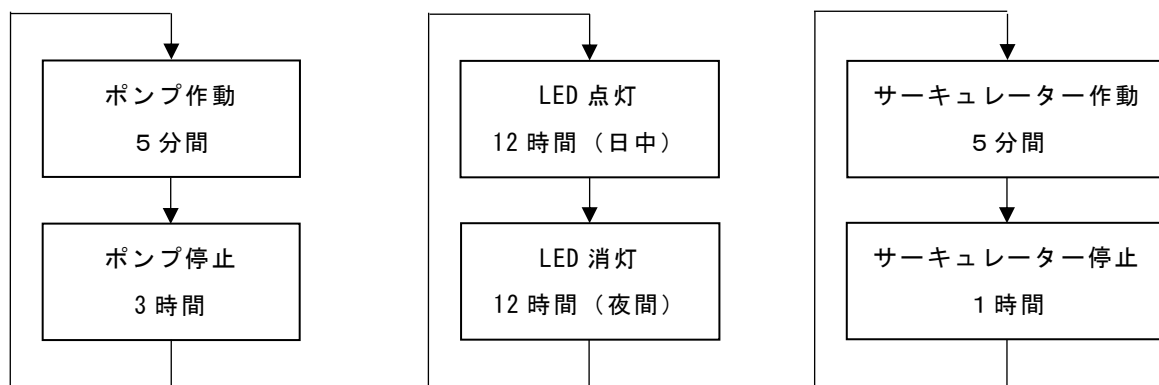


図3-19 時間制御の動作フロー

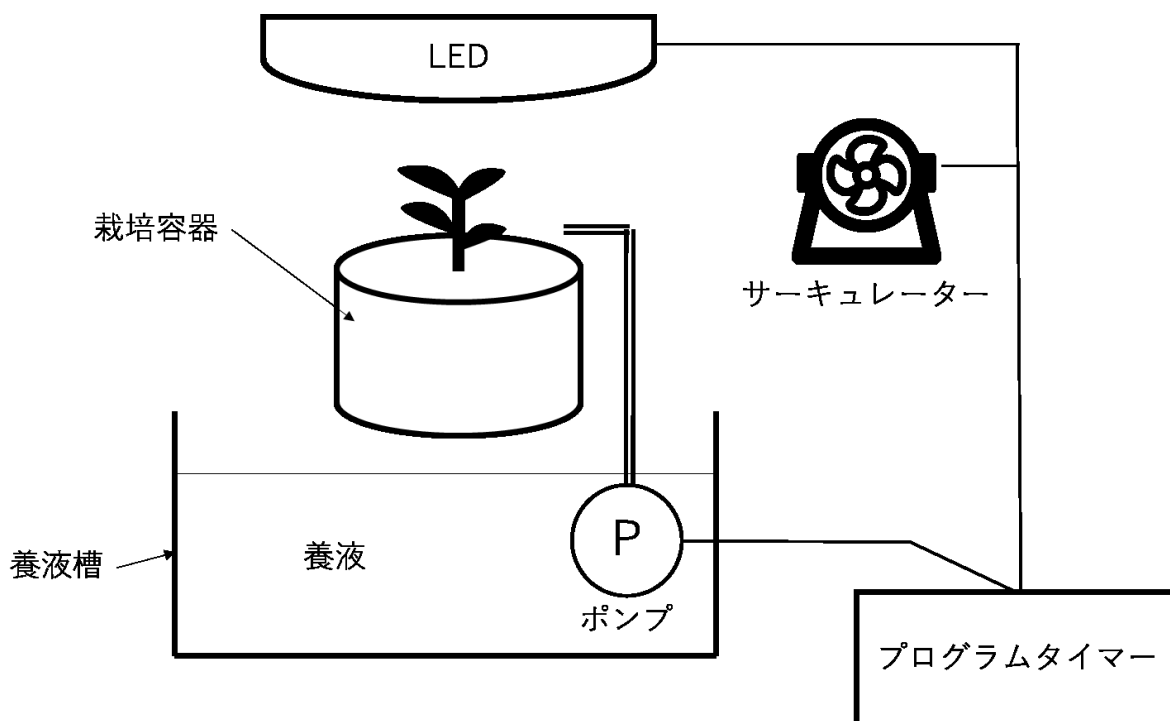


図3-20 システム概要図

2.5 BB弾回収器具の開発

次に、栽培後のBB弾回収を容易にするためのBB弾回収器具を開発した。回収器具は、アルミニウム製パンチングメタル（ $t=1.0\text{mm}$ ， $\phi 6.0\text{mm}$ ）を用いることとした。BB弾は前述の通り、 $\phi 6 +0\sim-0.05\text{mm}$ で製作されており、回収の際に、パンチングメタルの穴からBB弾を自由落下で回収し、BB弾よりも大きいゴミなどを取り除く仕組みとした。また、パンチングメタルの穴をBB弾が通りやすくするために、 $\phi 6.5\text{mm}$ のドリルを用いて、穴を拡張した。図3-21に回収作業の様子を示す。



図3-21 回収作業の様子

2.6 おわりに

本節では、室内で根菜類を栽培するための根菜類用養液栽培教具の開発をおこない、小型根菜類の栽培実験を通して効果の検証をおこなった。以下に本節で得られた知見をまとめる。

1. 室内で根菜類を育成するために用いる人工土壌を検討し、玩具銃用のBB弾を用いて栽培が可能であることを確認した。
2. 根菜類を育成することを目的とした根菜類用養液栽培教具を開発し、育成実験を通してラディッシュの栽培が可能であることを確認した。
3. BB弾の再利用を容易にするために、BB弾回収器具を開発し容易に回収できることを確認した。

以上のことから、室内において根菜類の育成を題材とした栽培実習が可能であることが確認され、当初の開発要件を満たす授業実践で用いる教材・教具の開発ができた。また、これにより室内で栽培可能な栽培品種を拡大することができ、栽培実習をおこなう場所の確保が困難な学校においても多様な栽培実習を展開できるものと推察される。

3. 結言

本章では、農地などの確保が難しい都市部の学校において栽培実習をおこなうための教材・教具の開発をおこなった。以下に本章で得られた知見をまとめる。

1. 教室などの室内でも栽培を可能とするための室内栽培用人工光源を開発し、実験を通してその有用性を確認した。葉菜類の栽培においては窓際などの太陽光が併用可能な位置において栽培が可能であるものの、LEDが葉面に近いと葉焼けを起こすことを確認した。
2. 室内での栽培品種を拡大することを目的として根菜類の栽培を可能とする根菜類用養液栽培教具を開発した。根菜類を支える土壌として玩具銃用のプラスチック弾であるBB弾を使用することで根菜の栽培が可能であることを確認するとともに、栽培後のBB弾を回収し再利用をすることでコスト面および環境面に対処できるようにした。

以上のことから、室内において栽培をおこなうための光源を確保するとともに、栽培品種を拡大することができ、栽培場所の確保が困難な都市部の学校においても多様な栽培をおこなうことができる。また、これらの教材・教具を用いることにより平成29年告示中学校学習指導要領の目標に準拠した課題解決型の授業を展開できる。

次章では、本章で開発した教材・教具を用いるカリキュラムの検討と授業実践をおこない、室内における生物育成学習の効果を検証することとする。

参考文献

- 73).宮嶋将人・山下修一：植物工場を活用した STEM 教育，日本科学教育学会研究会研究報告，Vol.31,No,5,pp.25-30(2017)
- 74).堤健人・川田和夫：無線ネットワークを活用した生物育成題材の提案，広島大学附属東雲中学校中学教育研究紀要，No,64，pp.73-78(2015)
- 75).浦山浩史・松本誠之・松本洋人・吉原 宏・諏佐 誠・池田和幸・馬田大輔・盛内健志・坂口謙一・大河原敏光：LED を使用した植物工場でのレタス栽培を通じた学習指導法の研究：生物育成のリテラシーを習得させる指導の工夫(プロジェクト研究)，東京学芸大学附属学校研究紀要 音楽科・英語科，No.39，pp.71-84 (2012)
- 76).森康裕・高辻正基：LED 植物工場，日刊工業新聞社(2011)
- 77).古在豊樹：人工光型植物工場世界に広がる日本の農業革命，オーム社(2012)
- 78).森康裕・高辻正基：LED 植物工場の立ち上げ方・進め方，日刊工業新聞社(2013)
- 79).LED 栽培の豆知識：http://www.emonotsukuri.com/LED_plant/LED_right-2.html(最終閲覧：2014年1月26日)
- 80).植物工場 Lab 完全人工光型植物工場に適した栽培品種：<https://i-m-a.jp/p=1972> (最終閲覧：2020年4月19日)
- 81).山崎教育システム株式会社：養液栽培セット，<https://www.yamazaki-kk.com/technique/detail.php?id=53&t=1&c=6> (最終閲覧：2020年4月19日)
- 82).浦山浩史・松本誠之・松本洋人・吉原 宏・諏佐 誠・池田和幸・馬田大輔・盛内健志・坂口謙一・大河原敏光：LED を使用した植物工場でのレタス栽培を通じた学習指導法の研究：生物育成のリテラシーを習得させる指導の工夫(プロジェクト研究)，東京学芸大学附属学校研究紀要 音楽科・英語科，No.39，pp.71-84 (2012) (再掲)
- 83).タキイ種苗株式会社：https://www.takii.co.jp/CGI/tsk/shohin/shohin.cgi?breed_seq=0000618 (最終閲覧：2020年4月19日)
- 84).一般社団法人日本施設園芸協会：大規模施設園芸・植物工場実態調査・事例調査別冊1，p.29(2018)
- 85).一般社団法人日本施設園芸協会：大規模施設園芸・植物工場実態調査・事例調査別冊1，p.8(2018)
- 86).古在豊樹：人工光型植物工場，オーム社(2012)
- 87).古在豊樹：人工光型植物工場の進歩と発展方向，http://www.academy-nougaku.jp/pdf/bulletin021/bulletin021_02_rondan.pdf (最終閲覧：2018年3月29日)
- 88).琉球大学総合情報処理センター：ハイブリッド型植物工場，http://www.cc.u-ryukyu.ac.jp/~okinoken/shinpo_box/20090321shinpo/20090321_plantfactory.pdf (最終閲覧：2017年12月18日)
- 89).水耕栽培による家庭菜園日誌：https://blog.goo.ne.jp/knomoto_1942/c/34d13d16214d90919b736021b6091113 (最終閲覧：2020年5月29日)
- 90).山崎教育システム株式会社：養液栽培セット，<https://www.yamazaki-kk.com/technique/detail.php?id=53&t=1&c=6> (最終閲覧：2020年4月19日) (再掲)
- 91).優良教材株式会社：LED 芽出しファーム，<http://www.yuryo.co.jp/t24-016.html> (最終閲覧：2020年4月19日)

- 92).株式会社トップマン：教材用水耕栽培セット， <http://www.topman.co.jp/ky/technology/cultivate/cultivate2/5882-111.html>（最終閲覧：2020年4月19日）
- 93).農林水産省：肥料・改良資材の特徴， http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/hozen_type/h_sehi_kizyun/pdf/ntuti31.pdf（最終閲覧：2018年7月14日）
- 94).農林水産省：土壌改良資材， http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/hozen_type/h_sehi_kizyun/pdf/kana_20.pdf（最終閲覧：2018年7月14日）
- 95).佐々木浩哉：将来に繋がる実践力を育む学習活動の工夫－伝統野菜の養液栽培装置と栽培方法を工夫する学習活動を通して－，第54回東海北陸地区中学校技術・家庭科研究会福井大会資料,pp.43-46(2017)

関連論文

- 1). 佐藤正直・山本利一：養液栽培装置用 LED 光源の開発と授業実践，技術教育の研究，第19巻，pp.39-46(2014)
- 2). 佐藤正直・山本利一：根菜類用養液栽培教具の開発と授業実践，日本産業技術教育学会誌，第61巻，pp.43-52(2019)
- 3). Masanao SATOU / Toshikazu YAMAMOTO: Development of hydroponics teaching tool for root vegetables , Proceedings of the 10th Biennial International Design and Technology Teacher's Association Research Conference (DATTArc),No.10,pp.86-92(2018)

第4章 植物工場を題材とした学習指導の在り方と試行的実践

1. 緒言

本章の目的は、第3章で開発した栽培用 LED 光源および根菜類用養液栽培教具を用いた授業カリキュラムを検討し、授業実践を通して生徒に育まれる意識の変容および技術開発に対する理解に関する調査および分析をおこなうことである。

植物工場に代表される室内栽培を題材とした授業実践は数少ないものの実践事例が報告されている。浦山ら(2012)は、課題解決的な学習としてレタス栽培用の LED 光源を生徒に考えさせ、20個の砲弾型 LED を用いた光源の製作とレタスの栽培をおこなう授業実践を報告しているが実践を通して生徒に育まれた能力に関する調査分析は行われていない⁹⁶⁾。また魚住ら(2011)は、光や水、温度をコンピュータで制御する栽培教材を開発し授業カリキュラムの提案をしており⁹⁷⁾、堤ら(2015)は、無線ネットワークを活用した遠隔管理型植物工場を開発し生物育成学習の題材として提案している⁹⁸⁾。さらに出野ら(2017)は、白色 LED を用いたイチゴ栽培を教材化するための栽培方法および学習内容の検討をおこなっている⁹⁹⁾。しかし、これらの先行研究は教材の開発と授業提案にとどまっており、授業実践を通じた教材の効果検証や、生徒に育まれた能力の調査などは行われていない。宮嶋ら(2017)は、STEM 教育の観点から植物工場を活用した授業を検討し、2時間の授業実践をおこなっている。実践後の調査では植物工場に対する理解 (STEM リテラシー) を部分的に向上させる効果が確認され、植物の光合成など理科で取り扱う学習内容を深めることができたとしているが、実践時間が短いため工学的な学びに結びつけることができなかつたとしている¹⁰⁰⁾。従って本研究では、これらの先行研究では明らかにすることができなかつた植物工場に対する心理的な変容を明らかにするために第3章にて開発した教材・教具を用いた授業実践をおこなうためのカリキュラムを検討し、授業実践をおこなうとともに生徒の心理的な変容を調査、分析をおこなうこととする。

第1節として栽培用 LED 光源を用いて、室内における栽培実習が可能であるか授業実践を通して検証するとともに、実践によって育まれた植物工場に対する意識の変容に関する調査と分析について述べる。また、第2節として根菜類用養液栽培教具を用いて、根菜類の栽培を題材とした試行的実践を通して、生徒たちに育まれた技術開発に対する理解に関する調査と分析について述べる。

第1節 栽培用 LED 光源を用いた授業実践

1.1 はじめに

本節では、第3章第1節で開発した栽培用 LED 光源を用いた室内における栽培学習を試行的に実践する。従来おこなわれてきた屋外における栽培実習では、植物を育てるために必要な光や温度などの環境要因が、気象条件や学校の立地により影響され、天候不順の年には、十分に育成できず、カリキュラム通りに学習を実施することが難しくなるとも考えられる。しかし、室内における栽培では、これらの環境要因を人工的に管理することが可能となり、カリキュラム通りに授業を実施することが可能であり、また、植物工場の基礎的技術となる人工光源に関する新しい栽培技術を学習させることも可能である。そこで、栽培用 LED 光源を用いた実践をおこなうために、カリキュラムの検討をおこない、実践を通して、室内における栽培学習の可能性を検証するとともに、生徒らが栽培学習に対して持つ関心度と、植物工場に対する意識を調査することにより、本教材の効果の検証を試みる。

1.2 カリキュラムの検討

前述の浦山らの実践事例では、10時間のカリキュラムを検討している。この実践事例ではミニトマトあるいは大根の栽培を6～10時間実施した後に第3学年の学習としてレタスの植物工場栽培を10時間、合計16～20時間実施し、栽培の基礎的知識に関する学習や露地栽培等の通常の栽培経験を済ませた後に植物工場の学習をおこなっているとしている。表4-1に浦山らの検討したカリキュラムを示す。

表4-1 浦山らの検討カリキュラム

学習内容	指導時数	備考
1. 栽培計画と播種	1時間	
2. 栽培ポットの製作	1時間	
3. レタスの栽培と考察（1回目）	3時間	並行して照射台の製作
4. 新しいシステムの考察	1時間	並行して照射台の製作
5. レタスの栽培と考察（2回目）	3時間	並行して照射台の製作
6. 植物工場における栽培の比較と考察・植物工場と現代社会	1時間	

魚住らは、実践をおこなっていないものの15時間の詳細なカリキュラムを検討している。学習題材としてはミニチンゲンサイなどのミニ野菜としており、短期間での育成かつ複数回の栽培を考慮している。また魚住らの開発した植物工場型教材は、プランター等の栽培容器と培養土を用いており、人工光源の制御もCdSを利用し太陽光と連動して点灯するしくみであることから、完全人工光型ではなく太陽光併用型の栽培教材である。表4-2に魚住らの検討したカリキュラムを示す。

表4-2 魚住らの検討カリキュラム

時数	作物の生育	学習内容
1		導入・農耕の始まりについて
2		栽培作物の決定と調査
3	土作り・種まき	栽培計画の検討
4	間引き	観察・生育環境が作物に及ぼす影響
5	追肥	観察・作物の性質
6	収穫	収穫物の質の考察
7		作物栽培の振り返り
8	土作り	栽培計画の検討
9	種まき	観察
10	間引き	観察
11	追肥	設置
12		観察・生育結果の予想
13	収穫	1回目との比較
14		作物栽培の振り返り
15		まとめ

両者共に栽培学習としての総時間数は15時間～20時間であるが、全日本中学校技術・家庭科研究会が平成26年に実施した調査によると生物育成学習の指導時間数は6～10時間と回答した学校が51.1%と最も多く、次いで11～15時間が24.2%、5時間以下が17.6%の順であり、16～20時間と回答した学校はわずかに5.2%であった¹⁰¹⁾。また、第2章でも述べた通り、東京都の生物育成指導時数の平均は8.3時間、埼玉県は10.2時間であったことなども考慮すると、生物育成の学習カリキュラムに多くの時間を割くことは現実的でないと推察できる。しかし、学習時間が短くなることによって学習内容が制限されてしまい、必要な知識の理解や技能の修得、技術科の他の領域の学習との兼ね合いなども考慮し授業実践校の実情にあわせて可能な限り時間数を確保することとしカリキュラムを検討することとした。

1.3 養液栽培装置用LED光源を利用した授業カリキュラムの検討

カリキュラムの検討にあたり、第2章で明らかとなった植物工場題材を肯定的に捉えている教員と、否定的に捉えている教員との間に、学習指導要領に記された目標達成や、新しい技術に対する指導などの点で、差異が認められたことから、平成29年告示中学校学習指導要領に示された目標達成を前提としカリキュラムの検討をおこなった。

養液栽培装置用LED光源を利用した授業実践として11時間の授業を計画した。養液栽培装置用LED光源は生徒1人につき1台を製作させ、生徒1人につき1株のべんり菜を栽培することとした。検討した学習カリキュラムを表4-3に示す。

表4-3 学習カリキュラム

時間	指導項目	学習活動
1	私たちの生活と生物育成の関わり	植物工場技術と私たちの生活との関わりについて理解を深めるとともに、植物工場技術の基本的な仕組みを学習する。
2 3 5	養液栽培装置用 LED 光源の設計と製作	生育する植物に応じた養液栽培装置用 LED 光源の設計と製作をおこなう。 ・生育目標の設定 ・養液栽培装置用 LED 光源の設計 ・養液栽培装置用 LED 光源の製作 ・簡易養液栽培装置の加工と組立
6	栽培の準備	養液栽培に必要な準備作業を通して、露地栽培との違いについて学習する。 ・播種 ・養液の準備
7 8 9	栽培の管理と観察	観察を通して生育の様子を知り、生育過程に応じた管理作業の知識と技能を習得する。 ・間引き ・養液の測定と管理 ・光源の調整
10	収穫とその後の利用	収穫作業を通して、光源の違いによる生育比較をおこなうと共に、食用として利用し生物の育成が私たちの命につながることを体験する。 ・色の違いによる比較 ・収穫と利用
11	まとめ	植物工場のメリット、デメリットについて話し合い、これからの社会でどのように用いられるか考える。

1.4 実践対象と期日

授業実践の対象は、東京都内公立 A 中学校の第3学年6クラス 233名（男子 119名、女子 114名）を対象に 2013年9月～2014年2月に実施した。尚、対象校では第3学年における技術科の授業は技術科と家庭科を隔週でおこなうカリキュラムを編成している。

1.5 授業実践

授業では、養液栽培装置用 LED 光源を製作するためにエネルギー変換の学習内容と生物育成の学習内容を融合する形で実践をおこなった。生徒たちに内容をわかりやすく伝えるためにワークシートで生物育成やエネルギー変換に関する学習済みの内容も確認しながら授業を展開した。教室内には、書画カメラ、プロジェクター、大型モニターなどの ICT 機器を設置した。授業者は、タブレット端末(Apple 社製 iPad)と無線映像送受信装置(Apple 社製 Apple-TV)により、板書等に必要な時間を節約しつつ、作業効率を高める工夫をおこなった。

第1時間目では、食料生産を例にとりあげ、食料自給率や農業就業者数の推移などのデータを示しながら生物育成が私達の生活にどのように関わっているかを理解させ、新しい栽培技術として植物工場を紹介し植物工場の基本的なしくみを学習した。

第2時間目から5時間目まででは、学習題材としてべんり菜を育成することを伝え、べんり菜をどのように育てるか生徒自ら目標を設定した。

人工光源として用いる LED の波長により植物の育成に与える影響が異なることを学習した後に、各自が設定した目標を実現するための LED の色と数を設定した。例えば、「早く育てたいので光合成を促進する青と赤を用いる」、「病気や害虫を抑制したいので緑と黄色」などである。

次に、LED の種類によって定格電流値が異なることを知らせ、抵抗器の値を計算し養液栽培装置用 LED 光源の設計をおこなった。全ての生徒が 5V の電源を用いるため、例えば定格電圧が 2.0V、20mA の赤色 LED を 1 個用いる場合には、オームの法則 $R = (\text{電源電圧} - \text{定格電圧}) / \text{定格電流}$ であるので $R = (5.0 - 2.0) / 0.02 = 150\Omega$ となり、使用する抵抗は 150Ω とする。その後、各自が設計した栽培用 LED 光源を半田ごてなどの工具を用いて製作作業をおこなった。簡易養液栽培装置はキットとして販売されているものに、ドリルで穴を開け、プラスチックのリンク材、ビス、フランジナットなどで栽培用 LED 光源を取り付けた。養液栽培用 LED 光源を取り付けた栽培容器の様子を図 4-1 に示す。

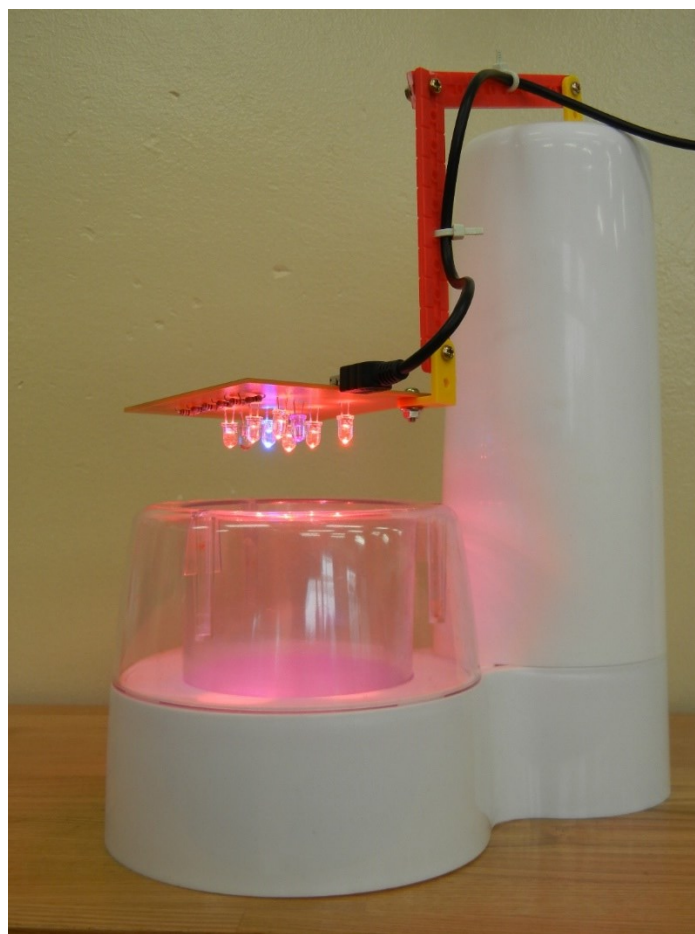


図 4-1 養液栽培用 LED 光源を取り付けた栽培容器

第6時間目では、植物を育てるための要素として、光や温度、肥料の働きなどを学習した後、栽培の準備として播種作業をおこなった。播種は、養液栽培用のスポンジ培地を用い、生徒1人あたり3個のスポンジ培地を使用した。スポンジ培地に水を含ませた後に、スポンジ培地1個あたり2粒播種させた。

第7時間目から9時間目では、成長の様子を観察しながら成長に応じた管理作業をおこなった。観察は草丈や葉の枚数、大きさなどの測定に加え、デジタルカメラで撮影させた。管理作業は間引きや栽培容器への定植、養液の交換に加え、LED光源の高さ調整をおこなった。図4-2に教室内における栽培の様子を示す。

第10時間目では、収穫作業をおこない、収穫したべんり菜の大きさと重量を測定した。また、生徒一人ひとりが選択したLEDの種類や個数が異なるので成長の違いを比較した。その後、収穫したべんり菜の活用方法について意見交換をおこなった。

第11時間目では、学習のまとめとして植物工場のメリットとデメリットを経済や環境などの視点から話し合い、これからの社会でどのように活用されるべきか議論をおこなった。



図4-2 室内における栽培の様子

1.6 生徒の意識変容調査

調査対象の生徒たちが本実践を通して植物工場に対してどのような意識を持ったかを調査するために、授業実践前（以下、事前調査）と授業実践後（以下、事後調査）に質問紙調査を実施した。

事前調査は、第1時間目の授業時（9月初旬）に調査を実施した。調査項目は、調査項目1として「生物育成の学習に対する関心」を4件法で回答を求めた。調査項目2として「工場野菜のイメージ」、調査項目3として「工場野菜の味」、調査項目4として「工場野菜の栄養」、調査項目5として「工場野菜の値段」について3件法で回答を求めた。

事後調査は、第11時間目終了後の2月に同様の調査項目を調査した。また項目毎に自由記述形式による感想も尋ねた。表4-4に質問紙調査の項目を示す。

表4-4 質問紙調査項目

1：生物育成の学習に関心がありますか

A 大いに関心がある B やや関心がある C やや関心がない D 全く関心がない

2：野菜工場のイメージをどう思いますか

A 安全だと思う B 露地物と変わらない C 危険だと思う

3：工場野菜の味についてどう思いますか

A おいしいと思う B 露地物と変わらない C まずいと思う

4：工場野菜の栄養についてどう思いますか

A 栄養豊富だと思う B 露地物と変わらない C 栄養がないと思う

5：工場野菜の値段についてどう思いますか

A 安いと思う B 露地物と変わらない C 高いと思う

質問項目1に関しては、「A 大いに関心がある」と回答したものを4点、「B やや関心がある」と回答したものを3点、「C やや関心がない」と回答したものを2点、「D 全く関心がない」と回答したものを1点と得点化し平均と標準偏差を求めた。また、質問項目2, 3, 4, 5に関してはAに示されたような肯定的な回答したものを3点、Bに示されたようなどちらも変わらないと回答したものを2点、Cに示されたような否定的な回答したものを1点と得点化して平均と標準偏差を求めた。

1.7 調査結果

調査は、233名の生徒を対象に実施した。その中で、欠席や回答に不備のあるものを除いて、180名の回答を分析対象として処理をした。調査の結果を表4-5に示す。

表4-5 工場野菜に関するアンケート結果

		関心	イメージ	味	栄養	値段
事	平均	3.17	2.63	2.28	2.08	2.56
前	S.D	0.72	0.61	0.73	0.83	0.73
事	平均	3.29*	2.63	2.33	2.19	2.60
後	S.D	0.58	0.62	0.64	0.73	0.74

* $p < .05$

事前調査では、調査項目1の「生物育成の学習に対する関心」に関しては、平均3.17と回答しており、「大いに関心がある」、「やや関心がある」と回答した生徒は全体の85.0%であった。

調査項目2の「工場野菜のイメージ」に関しては、平均2.63と回答しており、安全だと思いと回答した生徒たちは68.9%であり、良いイメージを持っている生徒たちが多い。

調査項目3の「工場野菜の味」に関しては、平均2.28と回答しており、おいしいと思いと回答した生徒たちは44.4%であり、まずいと思いと回答した生徒たちが16.7%であった。このことから、比較的美味しいというイメージを持っている生徒たちが多いことが示された。

調査項目4の「工場野菜の栄養」に関しては、平均2.08と回答しており、栄養豊富だと思いと回答した生徒たちが38.9%、栄養が無いと思いと回答した生徒たちは30.6%であった。このことから工場野菜の栄養価に対しては、生徒によってイメージが異なることが示された。

調査項目5の「工場野菜の値段」に関しては、平均2.56と回答しており、安いと思いと回答した生徒たちは70.0%であり、比較的低価格で購入できるというイメージを持っている生徒たちが多いことが示された。

授業実践後の事後調査の結果は、調査項目1の「生物育成の学習に対する関心」に関しては平均3.29であり、「大いに関心がある」、「やや関心がある」と回答した生徒は全体の92.2%であった。

事前・事後調査結果を統計処理（対応のあるt検定：両側検定）した。調査項目1に関しては5%水準で有意差($t(179) = 2.15, p < .05$)が認められたが、その他の項目に関しては有意差は認められなかった。

これらのことから本実践により、生物育成に関する関心を高めることができたと推察でき、生徒の感想からは「LEDで植物が育つことはびっくりした」、「このような技術はすごいと思った」など教材に対しても高評価を示す回答も多く見られた。

質問項目2の「工場野菜のイメージ」に関しては、平均2.63であった。生徒の感想からは「植物の育ちにくい国や地域に普及して、食糧不足を解消できればいい」、「科学技術の進歩に感動した」といった肯定的な意見が見られた。

質問項目3の「工場野菜の味」に関しては、平均2.33であった。生徒の感想からは「自分

で育てた野菜はとてもおいしかった」, 「歯ごたえがシャキシャキしていた」など, 収穫後に試食した感想が述べられていた。

質問項目4の「工場野菜の栄養」に関しては, 平均 2.19 であった。本実践では, 収穫したべんり菜の栄養価について分析が実施できなかったために, 生徒たちが客観的なデータを参照して判断することができず, 調査結果の値が変化しなかったと推察される。

質問項目5の「工場野菜の値段」に関しては, 平均 2.60 であった。生徒の感想からは「気候に左右されず, 安定供給され価格も安定する」といった肯定的意見も見られたが, 「露地栽培と比べると, 電気代などのコストがかかる」といった否定的意見も見られた。野菜の値段については, 栽培に掛かるコストについて学習を深める機会を設定していなかった。しかし, 授業内で雪が積もった畑の様子を写真で紹介する場面があり, 季節を通じて安定供給できるという工場野菜のメリットは学習していた。このことから, 生徒たちは安定供給されれば, 安価で流通するのではないかと考えたと推察される。

次に, 有意差が認められた調査項目1と授業実践後に実施した定期考査の得点との相関係数を求めた。定期考査は 50 点満点で実施し, 平均点が 35.6 点であったので平均点以上の得点の生徒を上位群, 平均点以下の生徒を下位群として処理をおこなった。その結果, 上位群の相関係数は 0.09 と無相関に近い数値を示したのに対して, 下位群では-0.28 と弱い負の相関を示したことから, 関心を高めることはできたものの, 学力の向上には結びついていないといった課題も明らかとなった。図 4-3, 4-4 に定期考査の問題を示す。

I 知識・理解(2点×13問=26点知)

I-① 次の栽培と光に関する文章でカッコ内に当てはまる適切な語句を一つ答えなさい。

植物は太陽光などの光を受け ア:(①吸収 ②拡大 ③光合成 ④酸化)して成長します。

太陽光の中には、様々な光が含まれ、イ:(①赤外線 ②レーザー ③LED ④蛍光灯)や紫外線なども太陽光に含まれている光の種類です

光は、ウ:(①波長 ②光量 ③照度 ④周期)と呼ばれる波があり、グラフや数値で表すことができます。例えば、赤外線は700nm、紫外線は400nmなどです。

I-② 下の表は、光と植物の成長との関係を表した表です。空欄に当てはまる適切な語句を一つ選び答えなさい。

光線の種類	効 果
ア(①赤外線 ②紫外線 ③遠赤外線 ④山手線)	成長を正常にする作用があります。当てすぎると枯れてしまう。
青色光	光合成にイ:(①有効 ②最も有効 ③有害 ④最も有害)な光。 葉や茎のウ:(①成長 ②伸長 ③光合成 ④酸化)に効果があります。
緑色光	病害虫の予防
黄色光	ビタミン増加
赤色光	光合成にエ:(①有効 ②最も有効 ③有害 ④最も有害)な光。 植物のオ:(①成長 ②伸長 ③光合成 ④酸化)に効果があります。

I-③ 次の表は、植物の成長に必要な栄養素をまとめた表です。(ア)～(エ)に当てはまる適切な言葉を語群から選び答えなさい。

	栄養素	働き・効果
(ア)	(イ) (N)	(ウ) や葉の成長
	(エ) (P)	開花・実付きの促進
	カリウム(K)	茎や(オ)を丈夫にする

【語群】

- ①三大栄養素 ②微量元素 ③リン ④ナトリウム
⑤チッ素 ⑥根 ⑦花 ⑧えき芽 ⑨葉

II 生活の技能(2点×1問・8点×1問=10点知・技)

II-① 次の式は電圧と電流と抵抗の関係を表した式です。この公式を何というか答えなさい。

$$\text{抵抗}(\Omega) = \frac{\text{電圧}(V)}{\text{電流}(A)}$$

図4-3 定期考査の問題①

II-② 次の植物栽培に用いるLEDライトを設計する際に用いる抵抗器を計算から求めなさい。(途中の計算式が書かれていない場合は×とします)(8点)

電源電圧 6V 定格電圧 2.8V 定格電流 40mA の緑色 LED

ヒント!

$$\text{抵抗値 } R (\Omega) = \frac{(\text{電源電圧} - \text{定格電圧})}{\text{定格電流}}$$

抵抗器の規格表
56Ω
62Ω
75Ω
100Ω
120Ω
150Ω

III 応用問題(6点工)

あなたは植物工場でレタスを栽培しようとしています。

この工場の設備では、美味しい野菜を生産するために3色のLEDを使うことができます。あなたは、何色のLEDを用いるか、色と選んだ理由を答えなさい。(問題 I-②の表を参考にしなさい)

III 応用問題(4点×2=8点工)

次の植物工場に関する記事を読み、各問いに答えなさい。

III-① 植物工場のメリットとデメリットを簡単に説明しなさい。

III-② 将来、植物工場技術はどのようになると思うか、記事の一部を引用しながら自分の考えを書きなさい。

光や水、温度を管理した屋内施設で無農薬の野菜を育てる、「植物工場」の建設が相次いでいる。

4月に大手建設企業が、レタスなどを水耕栽培できる植物工場ユニットを発売したほか、日本の電気メーカーは、植物工場の開発・設計を行う会社と組んで、栽培の実証実験を始める。食品メーカーや外食チェーンなども植物工場の運営に興味を示す。

全国で稼働中の植物工場の数は、2009年には約50カ所だったが、2012年3月末には127カ所まで増加した。そのうち100カ所超が密閉された空間で人工光を当てて栽培する完全人工光型。残りは太陽光を併用するタイプだ。

植物工場が急増したきっかけは、農林水産省と経済産業省が総額150億円の補助金を出して、建設を促したことが大きい。さらに東日本大震災後、津波による塩害や放射能汚染の問題を抱える被災地の復興の手だてとして、植物工場へ注目が集まっている。

植物工場は設備を買うだけですぐ栽培を始められるうえ、飲食店の店内で栽培できるような小型のものもあるため、異業種から参入しやすい。多くの企業が続々と名乗りを上げるのはそのためだ。

ただし、野菜の生産コストは露地物より高い。植物工場産レタスの価格は1キログラム当たり1100～1500円(露地物は300～600円)。露地物に比べて電気代や空調代などがかさむうえ、一定の品質のものを効率よく大量生産する技術を確立し切れていないためだ。

たとえば、照明の位置で野菜の大きさにバラツキが出てしまう。最適な大きさのものを定期的に取り換するには、生育環境や品種の特性などを考えながら、栽培に適した環境やノウハウを見つけなければならない。

植物工場運営会社社長は、「温度や二酸化炭素など、さまざまな要素の組み合わせによって、生育速度や野菜の重量が変わってくる。設備の部分以上に、栽培ノウハウが重要」と言う。同じく植物工場の設計、販売や運営サポートを手掛ける会社の塚田部長も「われわれも栽培ノウハウを作っている段階。顧客に完全なノウハウを伝えることは難しい」と話す。

作ることのできる品種も今のところ限られている。レタスならフリルレタスと呼ばれる、葉が広がった形状のものがほとんど。中身が球状に詰まっていて可食部分が多い結球レタスの栽培は、まだ難しい。

サンドイッチチェーンを展開する会社では2010年に、政府の補助金を受け、東京・丸の内に植物工場を併設した店舗「野菜ラボ」を出店した。「店産店消」というコンセプトで、客席部分の中央に小型の植物工場ユニットを設置し、フリルレタスを育てている。工場の生産量は店舗で使用するレタスのわずか3～5%程度。採算は到底合わない。

一方で、採算を確保するために本腰を入れて取り組む企業も出てきた。「北海道」などの居酒屋チェーンを展開する会社では、2億円を投じて神奈川工場に植物工場を設置。6月1日から稼働した。

目的は、野菜の仕入れ価格を安定させること。ここ数年、猛暑や厳冬などで葉物野菜を中心に頻りに価格が高騰。「野菜はほかの食材と比べて値段の上下が大きく、安定調達が非常に難しい」。しかも、「同じ重さのレタスを買ったとしても、作柄によって使える分量がものすごくぶれる。いいものは7割使えるが、ひどいときは3割しか使えない」。そこで、植物工場を使って質のいい野菜の安定調達を図りたいという考えだ。また、同社は植物工場を食品加工場の2階に設置。収穫した野菜を1階の食材加工場に移せるようにし、物流コストを抑える体制を整えた。

図4-4 定期考査の問題②

1.8 おわりに

以上、本節では植物工場の基本的な要素である LED による人工光と土壌の代わりとしてスポンジ培地と養液を用いる養液栽培装置用 LED 光源を利用した授業カリキュラムの検討および授業実践をおこない、植物工場に対する意識調査を実施し分析を試みた。

その結果、室内における葉菜類を題材とした栽培実習が可能であることが明らかとなり、生徒数が 200 名を超える場合においても取り組める教材であることが確認された。

教材の効果として、生物育成学習に対する関心を高めることが確認され、工場産野菜に対するイメージや教材・教具に関して比較的肯定的な意見を持つ生徒も見られたことから、本教材を用いることで学習に対する関心を高める効果があると推察される。

学力との相関では学力下位群と生物育成学習との間に弱い相関が認められ、学力を伸ばすためには関心を高める教材や授業の工夫が必要であることが示唆された。

また、生徒の感想からは、室内で植物を栽培する技術についての感動や、新しい栽培技術に対する関心なども聞くことができ、教材としての評価は得られたと推察される。

次節では、根菜類用養液栽培教具を用いた授業実践を通して新たな技術開発に対する意識と生物育成学習における生徒の視点に関する調査と分析を試みる。

第2節 根菜類用養液栽培教具を用いた授業実践

2.1 はじめに

前節では養液栽培用 LED 光源を用いた授業実践を通して、生物育成学習に対する関心を高める効果および学力と関心との相関を明らかにした。第2章で述べた教育現場の課題である農地等の確保が難しい学校において植物工場を題材とすることで室内でも栽培学習が実施できることを示したものの、教員が課題として捉えている社会や生活との関わりや、新しい技術開発への理解などの諸課題を明らかにすることができていない。

本節では、第3章第2節で開発した根菜類用養液栽培教具を用いた授業実践をおこない、生徒たちに、植物工場において根菜類を育成する新たな技術開発を擬似的に体験させることで、社会や生活との関わりといった視点や、新しい技術開発に対する理解度を把握することを目的とした調査と分析について述べる。

2.2 実践対象と期日

授業実践の対象は東京都内 K 中学校の第2学年4学級134名（男子：64名，女子：70名）を対象に、2017年4月から実施した。第1時間目～第6時間目を2017年4月～7月に、第7時間目～12時間目までを2017年11月～2018年2月にかけて実施した。

2.3 カリキュラム

カリキュラムは、第1時間目から第6時間目までの学習としてプランターを用いたラディッシュの容器栽培を学習し栽培の基礎的知識と技能を学習した。その後の第7時間目から第12時間目までの学習において根菜類用養液栽培教具を用いた新しい生物育成技術の開発を学習する流れとした。配時計画は計12時間としてカリキュラムを作成した。表4-7に検討したカリキュラムを示す。

表4-7 カリキュラム

時間	指導項目	学習活動
1	生物育成とは	生物育成と私達の生活との関わりから、どのようにして作物が栽培されているか理解する。
2	生物の育成に適する条件	生物を育成するために必要な水・空気・光・土壌などの条件を理解する。
3	生物の育成環境を管理する方法	定植・間引き・追肥・害虫駆除など生育環境を管理する方法を理解する。
4	栽培計画	ラディッシュのプランター栽培について栽培計画を立てるとともに、ラディッシュの播種をおこなう。
5	ラディッシュのプランター栽培	ラディッシュのプランター栽培をおこない、間引き・追肥などの管理作業と観察をおこなう。
6	栽培の評価と活用	ラディッシュの収穫をおこなうとともに、収穫物の評価を通して、活用方法を考える。
7	栽培の課題と新しい技術	植物工場技術と私たちの生活との関わりについて理解を深めるとともに、植物工場技術の基本的な仕組みを学習する。
8	植物工場に必要な条件	根菜類の植物工場を実現するためにどのような要素が必要か考えさせる。
9, 10	植物工場における生育のための課題解決	根菜類の植物工場のしくみを理解し、肥料の組み合わせを考え、定植と管理をおこなう。
11	植物工場の課題	植物工場のメリット、デメリットについて話し合い、これからの社会でどのように用いられるか考える。
12	生物育成学習のまとめ	生物育成学習を通して、技術と社会や経済との関わりについて理解を深める。

2.4 授業実践

第1～6時間目では、生物育成に適する要因として気象要因や土壌要因、生物要因などを、生物育成に必要な管理技術として、播種の方法や間引きの必要性、肥料の種類とその効果、栽培計画の立て方や害虫対策などについて基礎的知識や技能を学習した。学習題材としては、ラディッシュのプランター栽培を屋外で実施した。授業形態としては、基礎学習であることを考慮し教師主導型の一斉授業として展開した。

第7時間目では、植物工場とは何かをテーマに学習し建物内で主に葉菜類を栽培しており、私たちの身のまわりの商店などでも流通していることや、農地の少ない都市部や砂漠地帯や南極などの局地でも栽培可能であり、他にもロボット等を導入し農業就労者の減少や高齢化問題の解決にもつながるといった社会的な側面なども学習した。また、栽培実習の準備としてスポンジ培地にラディッシュの種を播種した。栽培実習は4～6人の班で1つの栽培容器を利用する形態で実施した。

第8時間目では、現在の植物工場では葉菜類の栽培が主であり、根菜類の栽培が難しい事を学習した。根菜類の栽培では、主根部を支える土壌が必要な事や植物工場では衛生面やコストなどの諸問題から適当な人工土壌が無いことを理解させた上で、BB弾を用いた栽培実験の様子をスライドで紹介しながら、どのようにBB弾を用いた栽培装置を考案するに至ったかのプロセスを紹介した。その後、根菜類の栽培に必要な条件など話し合い活動を通して植物

工場における根菜類の栽培に必要な条件と課題を整理させた。ここでは、既習事項を元にして、光・温度・肥料成分など根菜類の栽培に必要な条件を整理し、これらを室内で人工的に調節する方法をまとめた。その後、発芽したラディッシュの間引をおこない、根菜類用養液栽培教具に定植するなどの作業もおこなった。

第9, 10 時間目では、前時で確認した根菜類栽培の課題を踏まえた上で、BB 弾を用いた栽培では保水性や保肥性に課題があることから、これらの課題を克服するために養液を自動でポンプアップしていることを伝え、植物工場で根菜類を栽培するためにどのような肥料濃度が適しているかを考えさせ、植物工場で根菜類を栽培するための肥料開発を疑似体験させる授業とした。肥料濃度に着目した理由は、既習事項であり思考を容易に促せること。また、チッ素・リン酸カリ・微量元素を生徒自ら混合することのできる肥料が容易に入手可能で生徒たちにも養液管理が可能であることから選択した。生徒たちは最初に個人で調べ、考えた内容をペアで話し合わせ更に班で共有しながら一つの最適解を探索する主体的・対話的な手法で授業を展開した。授業を実施する技術科教室には Wi-Fi 環境を構築し、各班に2～3台のノート型 PC を配布し調べ学習等で用いることができるように配慮した。話し合いの過程では、「露地栽培でも雨が降らないこともあるので肥料濃度は露地と同じ比率でよいのではないか」といった意見や「窒素肥料が多いと葉が大きく成長し、光量の少ない室内で効率的に光を浴びることができるのではないか」、「根菜の育成にはカリが多い方がいいのではないか」、「一瞬で養液が流れていってしまうので全部を多めに配合したほうがいい」などの意見が見られた。1～6 班の意見が同じにならないようにとの制約条件を設けたうえで、意見を集約し、教師側が提示した6パターンの配合比率から、自分たちの考えに近い配合比率を選択した。その後、養液の準備をおこないプログラムタイマーを用いて自動灌水を実施した。使用した肥料は所沢植木鉢センター社製肥料配合キットを用いた。このキットは、チッ素(5-0-0)、第一リン酸カリ(0-10-7)、微量元素(Mg,Fe,Cu,他)が別々の液肥として用意されており、目的に応じて配合比率を調整できるものである。表4-8に養液の比率一覧を、図4-5に自動灌水栽培のシステム概要図、図4-6に栽培の様子を示す。

表4-8 養液の比率一覧

	窒素	リン酸・カリ	微量元素
1 班 (標準濃度)	1	1	1
2 班 (チッ素多め)	2	1	1
3 班 (リン酸・カリ多め)	1	2	1
4 班 (チッ素少なめ)	0.5	1	1
5 班 (リン酸・カリ少なめ)	1	0.5	1
6 班 (全て2倍)	2	2	2

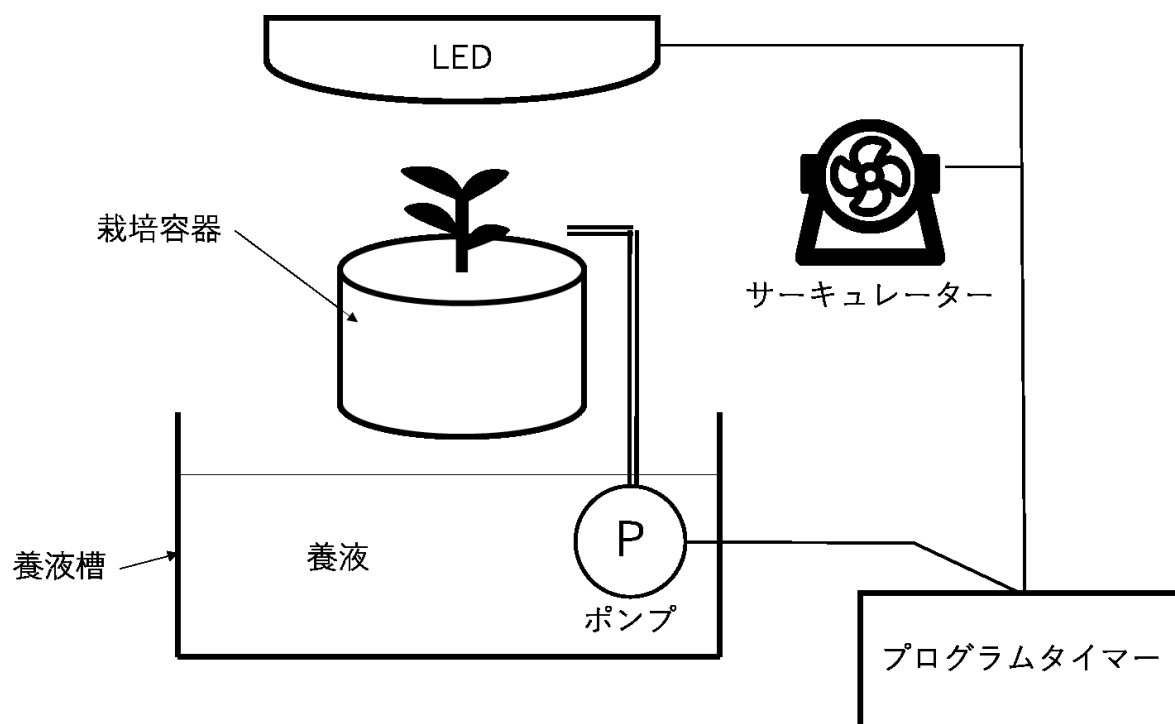


図4-5 自動灌水栽培のシステム概要



図4-6 栽培の様子

今回の授業実践では根菜類を栽培するため、前節で実践した養液栽培用 LED 光源では光量が不足するため、市販のテープ LED を利用した。これにより、一般の学校においても再現することが容易となる。テープ LED を設置するために台座を 3D プリンターで製作し、根菜類用養液栽培教具を設置する金属製ラックの上面にネジで固定した。また、前節と同様に太陽光と併用して栽培するために栽培装置は日中太陽光の差し込む窓際に設置した。図 4-7 にテープ LED の様子を示す。

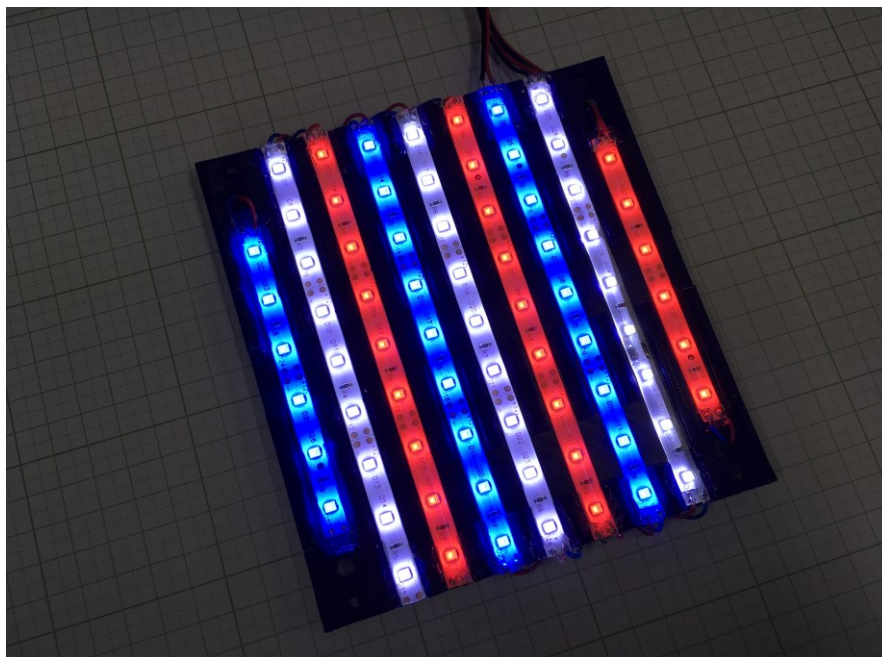


図 4-7 テープ LED

第11時間目では植物工場におけるメリットやデメリットなどを調べ、自分は植物工場産の野菜と露地で栽培した野菜のどちらを選ぶか考えさせ意見交換をおこなった。意見交換では、「害虫などのつかない工場産野菜を選ぶ」、「太陽の光で育った野菜の方が美味しそうだから露地物を選びたい」、「工場産がいいと思うが値段が高いため、両方をバランス良く選ぶ」などの意見が見られた。また各班が栽培しているラディッシュの観察と、養液の交換作業などをおこなった。図4-8に授業の様子を示す。



図4-8 授業の様子

第12時間目では根菜類栽培実験を評価しようというテーマで、各班が栽培したラディッシュの成長の差を比較し、大きさ、重量を測定し断面の観察をおこない、食用として利用可能か、また植物工場として実用可能かを栽培日数や掛かった電気代といったコスト面の計算を通して評価した。栽培したラディッシュは、肥料濃度が全て2倍にしたものが最も大きい結果であった。生徒らは、保水性の無いBB弾で育成した場合、ラディッシュが養分を吸収する機会が露地栽培と比較して短いため、濃度が濃い方が成長するのではと考察していた。

その後、植物工場に関する学習のまとめとして、将来植物工場がどのように発展していくのか、また自分たちの生活や社会にどのような影響を与えるのかなどを考えさせた。図4-9に収穫したラディッシュの成長の様子を示す。

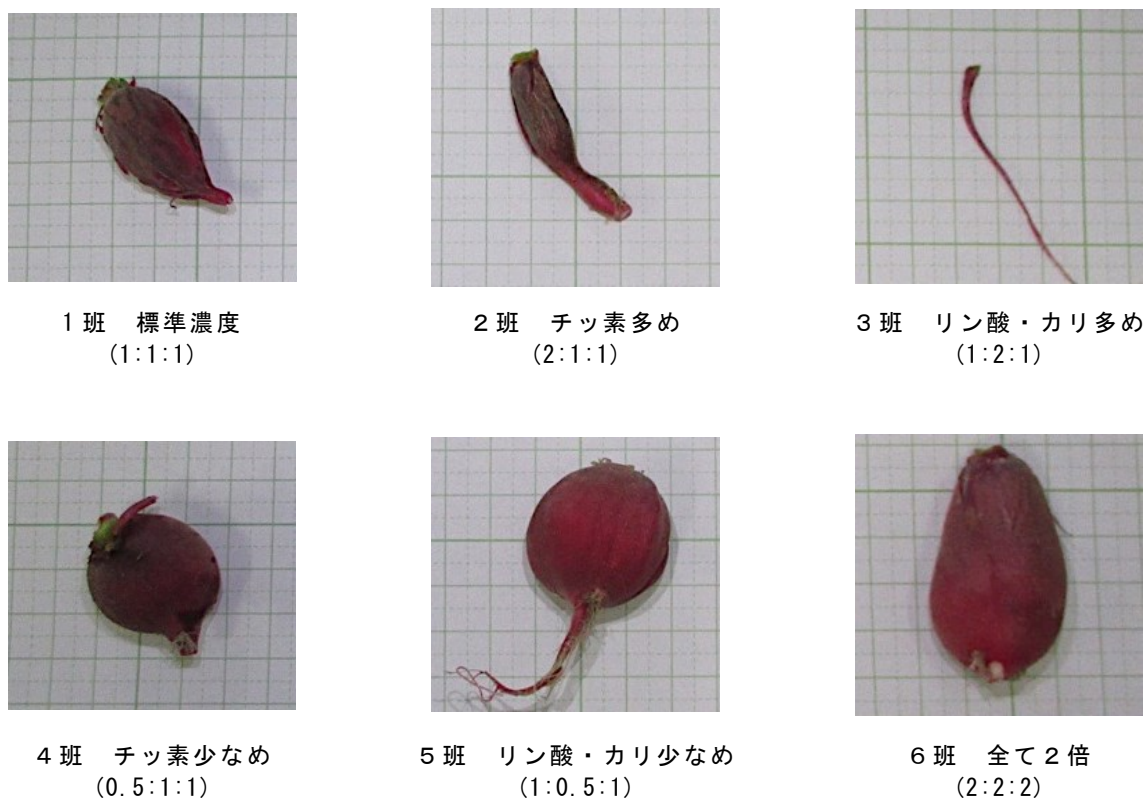


図4-9 収穫したラディッシュの様子
(背景の方眼は1目盛り10mm)

2.5 調査と分析

調査は、社会や生活との関わりといった視点や、新しい技術開発に対する理解度を把握することを目的として、生物育成と生活や環境・経済・社会との関わりに関する4項目の質問を授業実践前と実践後に質問紙で調査をおこなった。更に、技術開発に対する意識に関して調査することを目的として、授業実践後に10項目の質問紙調査を実施した。

2.6 生物育成技術に関する調査結果

質問項目は、Q1「生物育成技術と生活との関わりについて考えることはありますか?」、Q2「生物育成技術と環境との関わりについて考えることはありますか?」、Q3「生物育成技術と経済との関わりについて考えることはありますか?」、Q4「生物育成技術と社会との関わりについて考えることはありますか?」の4項目を「よく考える」(3点)、「たまにある」(2点)、「無い」(1点)の3件法で回答を求めた。134名の生徒のうち、当日欠席や回答に不備のあったものを除いた111名分を有効回答として統計処理(対応のあるt検定:両側検定)をおこなった。授業実践前と実践後と比較すると、Q1では5%水準で有意差($t(220) = 2.03, p < .05$)、Q3では1%水準で有意差($t(220) = 2.74, p < .01$)、Q4では1%水準で有意差($t(220) = 4.16, p < .01$)が認められたが、Q2に関しては有意差が認められなかった。

Q2 で有意差が認められなかった理由としては、室内における栽培実習であったことから環境面に意識が働かなかったことが推察される。この結果から、授業実践の効果として生物育成技術と生活や経済、社会との関わりを考えようとする意識が向上したことが確認された。表4-9にt検定の結果を示す。

表4-9 授業実践前後の生徒の変容

項目		実践前	実践後	t検定
Q1 生物育成と生活との関わりについて考えることはあるか？	平均	1.43	1.59	*
	S. D.	0.57	0.62	
Q2 生物育成と環境との関わりについて考えることはあるか？	平均	1.36	1.51	n. s.
	S. D.	0.52	0.66	
Q3 生物育成と経済との関わりについて考えることはあるか？	平均	1.27	1.48	**
	S. D.	0.49	0.63	
Q4 生物育成と社会との関わりについて考えることはあるか？	平均	1.25	1.57	**
	S. D.	0.46	0.66	

N=111 * $p < .05$, ** $p < .01$

2.7 技術開発に関する意識調査

授業実践1ヶ月後の2018年3月に新しい技術開発に対する意識調査を実施した。調査は表4-10に示す10項目の質問および自由記述で作成し、132名の生徒に対して調査した。

表4-10 質問項目

Q1	新しい技術の開発は、私たち人類の発展に必要なのもっとやるべきだ
Q2	新しい技術の開発にかかるお金を、教育や福祉などほかの目的にもっと使うべきだ
Q3	新しい技術の開発には、危険が伴うので慎重におこなうべきだ
Q4	A. Iのような新しい技術が開発されると、私たちの仕事が無くなってしまうので、あまりおこなうべきではない
Q5	新しい技術が開発されると、私たちの生活は便利になるので、もっとやるべきだ
Q6	新しい技術の開発は、技術者や科学者など優秀な人に任せるべきだ
Q7	新しい技術の開発よりも、古いものや伝統を守るべきだ
Q8	自分は、もっと積極的に新しい技術の開発に関与したい
Q9	生活に新しい技術を取り入れるために、もっと勉強したい
Q10	私たちの未来は、新しい技術開発によってよりよいものになる

2.8 因子分析

分析は、当日欠席や回答に不備のあるものを除いた 120 名分を有効回答として処理した。回答は「とても思う」（4点）、「少し思う」（3点）、「あまり思わない」（2点）、「全く思わない」（1点）の4件法で回答を求め、因子分析をおこなった。因子分析は主因子法を用いプロマックス回転をおこなった。その結果3因子を抽出することができた。得られた因子負荷量より、その絶対値が0.4以上の項目を同一因子とみなし、因子名を解釈した。各因子の因子負荷量を表4-11に示す。

表4-11 因子分析の結果（因子負荷量）

項目内容	F1	F2	F3
10. 私たちの未来は、新しい技術開発によってよりよいものになる	0.7822	0.0456	0.0558
5. 新しい技術が開発されると、私たちの生活は便利になるので、もっとやるべきだ	0.6290	-0.0509	-0.0586
1. 新しい技術の開発は、私たち人類の発展に必要なのでもっとやるべきだ	0.5920	0.1577	-0.0909
8. 自分は、もっと積極的に新しい技術の開発に関与したい	-0.0327	0.7795	-0.0685
9. 生活に新しい技術を取り入れるために、もっと勉強したい	0.0416	0.7575	0.1065
2. 新しい技術の開発にかかるお金を、教育や福祉などほかの目的にもっと使うべきだ	-0.0615	-0.0259	0.7893
4. A.Iのような新しい技術が開発されると、私たちの仕事が無くなってしまふので、あまりおこなうべきではない	-0.0163	0.0161	0.4256
7. 新しい技術の開発よりも、古いものや伝統を守るべきだ	0.0098	0.2624	0.3589
6. 新しい技術の開発は、技術者や科学者など優秀な人に任せるべきだ	0.2661	-0.1154	0.2114
3. 新しい技術の開発には、危険が伴うので慎重におこなうべきだ	0.3707	0.0206	0.3677

第1因子では、「10.私たちの未来は、新しい技術開発によってよりよいものになる」、「5.新しい技術が開発されると、私たちの生活は便利になるのでもっとやるべきだ」などの項目が含まれた。これらの項目は新しい技術開発に肯定的であることから「技術開発肯定因子」と命名した。

第2因子では、「8.自分は、もっと積極的に新しい技術の開発に関与したい」、「9.生活に新しい技術を取り入れるために、もっと勉強したい」などの項目が含まれた。これらの項目は新しい技術開発に積極的な関与を示していることから「技術開発関与因子」と命名した。

第3因子では、「2.新しい技術の開発にかかるお金を、教育や福祉などほかの目的にもっと使うべきだ」、「4.A.Iのような新しい技術が開発されると、私たちの仕事がなくなってしまうのであまりおこなうべきではない」などの項目が含まれた。これらの項目は新しい技術開発に否定的であることから、「技術開発否定・保守的因子」と命名した。

因子分析の結果から、授業実践を通して技術開発に対して肯定的に捉えたり、自らが技術開発に関与したいと考える生徒と、技術開発には否定的で保守的な思考に至った生徒が存在

することが確認された。

また、第一因子と第二因子間に正の相関が認められたが、第一因子と第三因子間および第二因子と第三因子間には相関は認められなかった。表4-12に各因子間の相関行列表を示す。

表4-12 因子相関行列

	F1	F2	F3
F1	1.0		
F2	0.5229	1.0	
F3	0.1098	0.0804	1.0

次に、同質問紙調査の結果について GP 分析をおこなった。GP 分析をおこなうに当たっては、2018年2月に実施した学年末考査の得点を用い、30点満点のテストの平均得点17.6点を境に上位群と下位群に分け、当日欠席等を除いた120名分を対象とした。GP分析の結果を表4-13に示す。

表4-13 GP分析の結果

	上位群	下位群	t 検定
10. 私たちの未来は、新しい技術開発によってよりよいものになる	3.1	2.9	<i>n. s.</i>
5. 新しい技術が開発されると、私たちの生活は便利になるので、もっとやるべきだ	2.9	3.1	<i>n. s.</i>
1. 新しい技術の開発は、私たち人類の発展に必要なのでもっとやるべきだ	3.4	3.2	<i>n. s.</i>
8. 自分は、もっと積極的に新しい技術の開発に関与したい	2.6	2.0	**
9. 生活に新しい技術を取り入れるために、もっと勉強したい	2.6	2.2	*
2. 新しい技術の開発にかかるお金を、教育や福祉などほかの目的にもっと使うべきだ	2.9	3.0	<i>n. s.</i>
4. A.Iのような新しい技術が開発されると、私たちの仕事がなくなってしま	2.6	2.7	<i>n. s.</i>
うので、あまりおこなうべきではない	0.9	0.8	

上段：平均値 下段：S.D * $p < .05$, ** $p < .01$

第1因子に該当する Q10, Q5, Q1 と第3因子に該当する Q2, Q4 では有意差が認められなかったが、第2因子に該当する Q8 では1%水準で有意差 ($t(118) = 3.15, p < .01$), Q9 においては5%水準で有意差 ($t(118) = 2.11, p < .05$) が認められた。この結果から上位群の生徒では下位群の生徒より技術開発を肯定的に捉え、自らも技術開発に積極的に関与したいと考える傾向があることが示唆された。

2.9 自由記述の分析

自由記述調査は「技術開発の授業を通して学んだ事や感じたことを自由に回答して下さい。」とし、空欄等の不備があるものを除いた127名分を分析対象とした。

まず、観点①として筆者と指導経験が20年以上の教員2名で、植物工場のような新しい技術に対して肯定的な記述、保守的な記述、中立的な記述に分類した。その結果、肯定的な記述が102名と全体の81%を占めた。肯定的な意見としては、「空き教室や空き家などを有効活用して栽培できるのでもっと植物工場を作るべき」、「重労働から解放されるので、新しい栽培技術はとても良いと思う」などの意見が見られた。また、保守的な意見は9名（7%）で意見としては、「今農業で働いている人の仕事が無くなってしまわないか」、「医療などもっと他の分野にお金を使う方がいいと思う」などの意見が見られた。中立的意見は15名（12%）で意見としては、「植物工場で食料自給率が上がるのは良いことだが、環境をどのように守るのか不安」、「技術が進化することも良いと思うが、今までのものを守ることも大切」などの意見が見られた。

表4-14 観点①の割合

分類	人数（割合）
肯定的	102 (81%)
保守的	9 (7%)
中立的	15 (12%)

N=126

次に、観点②として、観点①と同じ自由記述の文章を筆者と指導経験20年以上の教員2名で記述内容毎にカテゴリー分類をおこなった。その結果、6つのカテゴリーに分類することができた。

分類①「感心・感動」として、「人工的に生き物を作るのは大変だけど感動した」、「自分がイメージしていた農業とは違い感心した」などの意見が見られた。

分類②「学習に対する価値」として、「新しい技術開発を学習できることは素晴らしいと感じた」、「失敗しても、それを次に活かして少しずつ前にすすめる学習に意味があると感じた」などの意見が見られた。

分類③「生産者の視点」として、「今までの農業よりも楽に作業ができて良いと思う」、「少子高齢化が進んでいるので、働いている人の負担を減らすことは大切」などの意見が見られた。

分類④「消費者の視点」として、「都市部でも生産でき新鮮な野菜が手に入るので良いと思う」、「虫くいや農薬の心配が無いので安心して食べられる」などの意見が見られた。

分類⑤「グローバルな視点」として、「日本の技術を使い世界中の農業関係者が重労働から解放される」、「砂漠などでも生産できて飢餓が解決される」などの意見が見られた。

分類⑥「技術開発の視点」として、「新しい技術を開発するのは大変だけど、とても大切である」、「技術の力で様々な問題を解決できるのでもっと開発を進めるべき」などの意見が見

られた。

これらの意見をまとめると、肯定的な記述をした生徒では、分類①「感心・感動」が40%と最も多く、次いで分類④「消費者の視点」16%、分類⑥「技術開発の視点」であった。保守的な記述をした生徒では、分類③「生産者の視点」が44%と最も多く、次いで分類⑥「技術開発の視点」であった。中立的な記述をした生徒では、分類③「生産者の視点」が53%、次いで分類④消費者の視点27%であった。技術開発に対して肯定的な意見が最も多い結果となったが、その多くが新しい技術開発に対しての感心や感動で占められており、漠然とではあるものの、技術開発に対して肯定的に感じる事ができたと推察される。

以上のことから、根菜類用養液栽培教具を用いた授業実践を通して、中学生に生物育成技術と生活・経済・社会との関わりについての意識付けができ、新しい技術に対する理解を示す記述を確認することができた。また、学力と技術開発に対する意識との関連も示された。

表4-15 自由記述の分類

	感心・感動	学習に対する 価値	生産者の視点	消費者の視点	グローバルな 視点	技術開発の 視点
肯定的	41 (40%)	10 (10%)	15 (15%)	16 (16%)	4 (4%)	16 (16%)
保守的	1 (11%)	0 (0%)	4 (44%)	1 (11%)	1 (11%)	2 (22%)
中立的	3 (20%)	0 (0%)	8 (53%)	4 (27%)	0 (0%)	0 (0%)

N=126

2.10 おわりに

以上、本節では第3章第2節で開発した根菜類用養液栽培教具を用いた授業実践を試行し、新たな技術開発に対する意識と生物育成学習における生徒の視点に関する調査と分析をおこなった。

その結果、授業実践を通して生物育成と社会や経済との関わりに対する意識を高めることが確認された。また因子分析の結果、3因子を抽出し、学力上位の生徒ほど新たな技術開発に理解し、自らも積極的に関与したいと考える傾向が確認された。

また、授業後に生徒らから、新しい技術を自分達で開発した喜びや感動の意見や、技術によって社会を発展させることができることに対する理解を聞くことができ、教材としての効果が得られたものと推察される。

以上のことから、本教材を用いた授業実践を通して、社会や生活との関わりといった視点や新しい技術開発に対する理解度を向上させる効果を認めることができた。

3. 結言

本章では、第2章において開発した教材・教具を用いた授業カリキュラムを検討し、授業実践を通して生徒に育まれる能力に関する調査と分析をおこなった。

養液栽培用 LED 光源を用いた授業実践では、教室内における葉菜類を題材とした栽培実習を可能とし、授業を通して生物育成の学習に対しての関心を高める効果を確認した。また、GP 分析の結果、定期考査の得点が平均点以下の得点下位群との間に弱い相関が認められ、関心と得点との間に相関関係があることが認められた。

次に根菜類用養液栽培教具を用いた授業実践では、室内における根菜類の栽培を題材とした新しい栽培技術の開発を擬似的に体験させることにより、「生物育成と生活との関わり」、「生物育成と経済との関わり」、「生物育成と社会との関わり」についての意識を高める効果を確認した。また、因子分析の結果として、植物工場のような新しい技術開発に肯定的な「技術開発肯定因子」、技術開発に自ら積極的に関わりたいと感じている「技術開発関与因子」、新しい技術の開発には否定的で現状を維持しようとする「技術開発否定・保守的因子」の3因子を抽出することができた。さらに、GP 分析の結果、学力が上位であるほど、技術開発に肯定的で関与したいと感じていることが明らかとなった。

以上のことから、植物工場を題材とした授業実践を通して、中学生に生物育成技術に関する関心を高めると共に、生活・経済・社会との関わりについての意識付けができ、新しい技術に対する理解を促す可能性が示唆された。

学力と技術開発に対する意識との関連も示されたことから、Society5.0 社会の実現に向けてイノベーションを支える人材を育成する観点からも、生徒たちの関心を高め学力を向上させるとともに、技術開発に対する意識付けをおこなうことのできる教材・教具であると考えられる。次章では、本実践で得た知見をまとめるとともに、今後の生物育成学習を実践するための提案をおこなう。

参考文献

- 96). 浦山浩史・松本誠之・松本洋人・吉原 宏・諏佐 誠・池田和幸・馬田大輔・盛内健志・坂口謙一・大河原敏光：LEDを使用した植物工場でのレタス栽培を通じた学習指導法の研究：生物育成のリテラシーを習得させる指導の工夫(プロジェクト研究)，東京学芸大学附属学校研究紀要 音楽科・英語科，第 39 卷，pp.71-84 (2012) (再掲)
- 97). 魚住明生・牡鹿晃久：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，三重大学教育学部研究紀要 ，第 62 卷,pp.189-199 (2011)
- 98). 堤健人・川田和夫：無線ネットワークを活用した生物育成題材の提案，広島大学附属東雲中学校中学教育研究紀要，第 64 卷，pp.73-78(2015) (再掲)
- 99). 出野洋嗣・大西有・工藤雄司・竹野英敏：中学校技術科における白色 LED 補光によるイチゴ栽培の提案，茨城大学教育学部紀要，第 66 卷,pp.217-228(2017)
- 100). 宮嶋将人・山下修一：植物工場を活用した STEM 教育，日本科学教育学会研究会研究報告，第 31 卷,第 5 号,pp.25-30(2017) (再掲)
- 101). 全日本中学校技術・家庭科研究会：平成 26 年度中学校技術・家庭科に関する第 3 回全国アンケート調査【技術分野】調査報告書，<http://ajgika.ne.jp/doc/2014enquete.pdf> (最終閲覧 2020 年 2 月 28 日)

関連論文

- 1). 佐藤正直・山本利一：養液栽培装置用 LED 光源の開発と授業実践，技術教育の研究，第 19 卷，pp. 39-46 (2014)
- 2). 佐藤正直・山本利一：根菜類用養液栽培教具の開発と授業実践，日本産業技術教育学会誌，第 61 卷，第 1 号，pp. 43-52 (2019)

第5章 結言

5.1 本研究で得られた知見の整理

本研究の目的は中学校技術科において、栽培実習をおこなうための農地等の確保が難しい都市部における栽培学習の実態および課題を明らかにし、これら課題解決のための学習指導の方法および教材・教具を開発し、実践的に検討・提案することであった。この目的に対し第1章では、先行研究の整理を学習指導要領の変遷と関連させながらおこない、課題の所在を明らかにした。第2章では都市部の学校を多く抱える東京都ならびに埼玉県公立中学校技術科担当教員に対して栽培学習の実態を調査し実態を把握した。続く第3章では、農地等の確保が難しい都市部の学校において栽培実習をおこなうための教材として植物工場を題材とした教材・教具の開発をおこなった。第4章では、開発した教材を用いた授業実践を通して、教材の効果を検証した。各章で得られた知見を以下に整理する。

5.2 第1章のまとめ

第1章では、技術科が発足した昭和33年告示中学校学習指導要領から平成20年告示中学校学習指導要領までの学習指導要領の変遷とともに「栽培」および「生物育成」に関する先行研究を整理した。昭和52年告示中学校学習指導要領から「栽培」が選択領域となり、履修率が低下するに伴い、実践的な研究が少なく、平成20年告示中学校学習指導要領により再び必修化されたことにより、実践的な研究や教材開発が見受けられるようになったことから、新しい学習指導要領に則した実践的な研究の必要性を明らかにした。

5.3 第2章のまとめ

第2章では、東京23区内の公立中学校372校と埼玉県内の公立中学校414校、計786校の技術科担当教員を対象として郵送による質問紙調査を実施した。その結果、以下のような知見が得られた。

1. 栽培実習の場所として、東京都では農場、花壇、プランター置き場、室内のいずれも確保が難しい状況が明らかとなり、埼玉県では、プランター置き場に関しては不十分であるが確保されている実態が明らかとなった。
2. 履修時間や教員が生徒に育成できたと思う能力の調査では、学習指導要領の目標が十分に達成できていないと感じている教員が多いことが明らかとなった。
3. 教員が生物育成の指導に関して感じていることの調査等から技能の指導に傾倒している教員が多いことが明らかとなった。
4. 授業の難易度に関する調査から課題解決や新しい栽培技術に関する指導が困難であると感じている教員が多いことが明らかとなった。

以上の知見から、都市部の学校においては栽培場所の確保が困難な実情が明らかとなり、栽培実習が十分に行えない中で学習指導要領の目標が十分に達成できず、技能を重視した学習になりがちな傾向が示唆された。また、課題解決型の学習や栽培技術の指導に困難を感じている教員が多く、課題解決型の生物育成教材の開発が必要であることも示唆された。

さらに、室内でも栽培実習可能な植物工場題材に対する教員の意識調査では以下のような知見が得られた。

1. 植物工場題材に肯定的な教員は 68 名 (29.96%)、否定的な教員は 159 名 (70.04%) であった。
2. 植物工場題材に肯定的な教員の傾向として教員経験 1～10 年の所謂若手教員が多く、授業の課題として研修の機会不足や他教科との連携不足、自分自身の知識や技能の不足を課題として捉えており、生徒に対して育成計画や動物および水産生物の飼育、生物育成と社会との関わり、新しい技術開発に関して否定的な教員よりも指導をおこなっている割合が高い。また、社会との関わりを理解させ生活に結びつける能力の育成や新しい技術開発を理解させイノベーションに寄与する能力の育成を重視する傾向が見られた。
3. 植物工場題材に否定的な教員の傾向として教員経験 21 年以上の中堅～ベテランの教員が多く、肯定的な教員よりも研修の機会不足や他教科との連携不足、自分自身の知識や技能の不足を課題と捉えている割合が低い傾向が見られた。また、生徒に対して育成計画や動物および水産生物の飼育、生物育成と社会との関わり、新しい技術開発に関して肯定的な教員よりも指導をおこなっている割合が低く、社会との関わりを理解させ生活に結びつける能力の育成や新しい技術開発を理解させイノベーションに寄与する能力の育成を重視する割合が肯定的な教員よりも低い傾向が見られた。

以上の知見から、植物工場題材に関して肯定的な教員は若手教員が多い傾向が明らかとなり、植物工場題材に対して肯定的な教員は研修の機会不足や自身の知識・技能の不足といった課題意識を有しており、栽培場所に起因して生物育成の学習指導が十分にできていないことから研修の必要性を感じており、栽培場所が限られていても栽培実習可能な植物工場題材に可能性を感じているのではないかと推察することができた。これらの現状を考察し、都市部の学校において学習指導要領の目標に沿い課題解決学習を実践するために植物工場題材のように室内においても実習をおこなうことのできる教材の必要性を指摘した。

5.4 第3章のまとめ

第3章では、植物工場題材による栽培学習をおこなうための教材及び教具の開発をおこなった。植物工場では、室内で栽培をおこなうための光源が必須要素であることから教材として利用することを前提とした人工光源の開発をおこなった。さらに、植物工場の課題として栽培品種の少なさが挙げられ、栽培品種を増やすことが植物工場の課題解決につながることから根菜類を育成するための養液栽培教具の開発をおこなった。以下に得られた知見を整理する。

1. 教室等の室内でも栽培を可能とするための室内栽培用人工光源を開発し、実験を通してその有用性を確認した。葉菜類の栽培においては窓際などの太陽光が併用可能な位置において栽培が可能であるものの、LED が葉面に近いと葉焼けを起こすことを確認した。
2. 室内での栽培品種を拡大することを目的として根菜類の栽培を可能とする根菜類用溶液栽培教具を開発した。根菜類を支える土壌として玩具銃用のプラスチック弾である BB 弾を使用することで根菜の栽培が可能であることを確認するとともに、栽培後の BB 弾を回収し再利用をすることでコスト面および環境面に対処できるようにした。

以上の知見から、室内において葉菜類および根菜類の栽培を可能とし、教材としての可能性を指摘した。

5.5 第4章のまとめ

第4章では、開発した教材を用いた授業実践をおこなうためのカリキュラムを検討し授業実践を通して生徒の植物工場に対する意識調査と植物工場のような新しい技術開発に対する理解を調査し分析をおこなった。以下に得られた知見を整理する。

1. 養液栽培用 LED 光源を利用した授業実践において植物工場に対する意識調査を実施し、生物育成学習に対する関心を有意に高める効果を確認した。
2. 根菜類用養液栽培教具を利用した授業実践においては「生物育成と生活との関わり」「生物育成と経済との関わり」「生物育成と社会との関わり」についての意識が有意に向上した。
3. 因子分析の結果、植物工場のような新しい技術開発に肯定的な「技術開発肯定因子」、技術開発に自ら積極的に関わりたいと感じている「技術開発関与因子」、新しい技術の開発には否定的で現状を維持しようとする「技術開発否定・保守的因子」の3因子を抽出することができた
4. GP 分析の結果、学力が上位であるほど、技術開発に肯定的で関与したいと感じていることが明らかとなった。

以上の知見から、都市部のような農場等の用地確保が難しい学校においても、植物工場を題材として授業を展開することで生物育成学習に対する学習意欲を向上させ、生物育成の技術が生活や社会、経済との関わりについて考えようとする意識を高め、新しい技術の開発に対する意識につなげる効果を認めることができた。これらのことから都市部における生物育成学習に対して有用な教材であることを検証できた。図5-1に本研究によって得られた知見を示す。

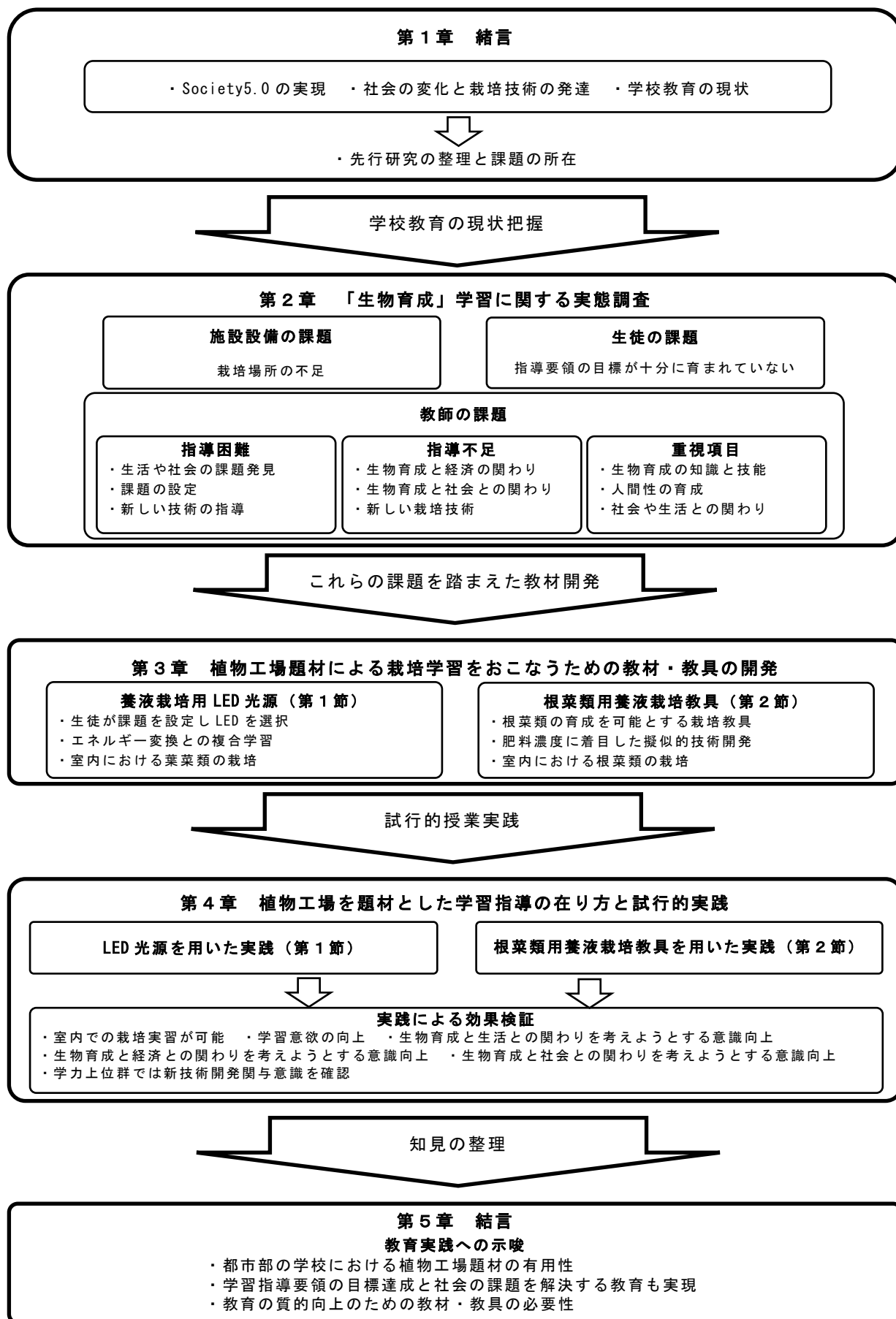


図5-1 本研究によって得られた知見

5.6 教育実践への示唆

本論文における研究から得られた知見から、技術科の授業に対する教育実践への示唆として、次の3点を考察する。

第一に我が国では、地方都市からの人口流入を背景とし都市部における住宅密集度が高く、学校用地の拡張は極めて困難である。栽培実習のように屋外の一定面積が必要となる学習を実施するためには様々な工夫が必要であることは言うまでもない。

本研究においては、室内での栽培実習の在り方として植物工場を提案した。かつては室内での栽培を実現するためには室温の管理の困難さや電照栽培による電気代等のコストに加え安全性といった諸課題が存在したが、現在ではエアコンの設置率向上により室温管理が容易となり、LEDの利用によりコストを低減させることも可能となった。従来の屋外での栽培実習が栽培用地の不足により実施できないことから、スプラウトのような簡便な題材を取り扱い、生物育成領域の学習を簡略化する学校も見られることから、用地確保の難しい学校においては植物工場を題材とした学習を進めることにより学習指導要領に記された目標に沿った授業を展開する必要があると考えられる。

第二に、平成29年告示中学校学習指導要領においては「生活や社会を支える技術」、「技術による問題解決」、「社会の発展と技術」の観点から内容構成されており、さらに「技術の発達を支え、技術改革を牽引するために必要な資質・能力を育成する」との記述も見られることから新しい技術に関する内容や、技術開発に関わるための視点を育成する学習が必要であると考えられる。生物育成学習における植物工場は、学習指導要領に記された学習を実現するために適した題材であるとも言えるのではないだろうか。農業就労者数の減少や、食料自給率の低下といった社会的な課題を解決するために、農業の自動化や都市部における植物工場で栽培された野菜の地産地消による輸送コストや人的リソースの削減、IoTを利用したフードロス問題の解決など、技術によって私達の生活をより良く発展させる技術革新を理解させることのできる教材として活用できると思われる。さらに、生物育成の発展的学習として、育成した生物の利用に関しても指導できる教材として、穀物類を用いたバイオエタノールの製造なども取り扱うことが考えられ、生物育成と環境・社会との関わりといった側面やエネルギー変換の学習としても効果的な教材となりうるであろう。

第三に、教育現場の実態調査を通して、技術科を担当する教員の意識が明らかとなり、課題発見、課題解決といった学習指導を困難と感じている教員の割合が多い。しかし、課題解決型学習は、既に平成20年告示中学校学習指導要領においても明記されており、学習指導要領の改定を経てもその趣旨通りの教育を実施するにあたって、教育現場で授業を担当する教員の資質、能力を支える方策が必要であると考えられる。教員の資質、能力に関しては平成19年の改正教育職員免許法によって教員免許更新制が導入されたが、限られた時間の中で受講しなければならないため、全ての教育課題に対応するのは困難である。このような状況下で、課題発見、課題解決型の学習を展開するために用いるカリキュラムや教材の提案は必要不可欠であり、本教材の開発によって、教育現場に対して具体的な提案ができたと考えられる。

本教材は、これらの教育課題を解決するのみならず、例えば豪雪地帯など栽培学習を実施するにあたり季節の制約を受ける地域では、3年間を見通したカリキュラムの自由度が制約を受ける。そのような学校において活用することにより、栽培学習を効率的に実施するのみ

第5章 結言

ならず，技術科の他の領域や，他教科との連携を促進するなどの効果も見込まれる。今後は，新しい時代の学校教育の実現に向けた課題解決型教材が増えることを期待する。

5.7 今後の課題

本研究では、以下のような課題が残されている。第一に、第1章で述べた先行研究の整理では、国内の学会誌を対象として調査をおこなっているが、海外の研究に関しては調査しておらず、国外における栽培学習の実態も踏まえた研究をおこなう必要があるであろう。第二に、第2章で述べた教育現場の実態調査において、生徒に育まれた能力の調査をおこなっているが、これは回答した教員が育まれた（育まれなかった）と思うことを回答しているに過ぎず、生徒から直接回答を得たものではない。従って、生徒らに直接調査を実施し、教育の実態を明らかにする必要があると考えられる。また栽培場所が不十分であるにも関わらず屋外での栽培を実施している学校も多く確認されたが、どのような工夫によって屋外栽培を実施しているのか調査することができず、平成20年告示中学校学習指導要領において生物育成が必修化された後に、教員自身が課題解決してきた実態を明らかにする必要があるであろう。

第三に第3章で述べた教材開発では、生物育成の学習に焦点を当てており、実際の植物工場のようにコンピュータで自動的に管理することができておらず、D情報の技術の学習とも関連しプログラムによる計測制御の技術を取り入れた教材として発展させる必要もあると考えられる。例えば、汎用型のプログラミング教材などとも組み合わせた教材開発やタブレット端末などを用いて観察記録をおこなうなど教育手法の改善も必要である。また、生物育成の学習と他の領域との関連付けとして、例えば育成した作物を活用してバイオエタノールなどを製造することで、エネルギー変換に関連した学習も可能であると考えられる。これらの事に関しては、既に研究に着手しており、改めて別の機会に報告をしたい。さらに、これらの教材・教具を授業で活用するために、教材を普及させる必要があると考えられ、教員が手軽に扱えるよう改良を重ね、教員研修などを通して、普及に務める必要がある。

第四に第4章で述べた授業実践では、生徒の情意面を中心とした調査分析に留まっており、授業実践で得られた知識や技能、見方・考え方といった多様な観点からの調査分析が必要である。生徒らが働かせた見方・考え方をテキストマイニングなどの手法を用いることにより、より詳細に分析を試みるなどの方法が考えられる。今後は、これらの諸課題を明らかにするための実践的研究に取り組むとともに技術科教育のさらなる発展を願ってやまない。

参考論文

- 1). 佐藤正直・山本利一：バイオエタノールの製造と活用を題材とした授業実践，日本産業技術教育学会誌，第57巻，第2号，pp113-120(2015)
- 2). 山本利一・佐藤正直：中学校技術・家庭科栽培学習におけるタブレット端末の活用と授業実践，教育情報研究，第29巻，第1号，pp.45-53(2013)
- 3). Masanao Satoh / Toshikazu Yamamoto, The suggestion of the plant factory model using MINDSTORMS EV3, Proceedings of 7th INTERNATIONAL SYMPOSIUM of World Robot Olympiad 2014 in Russia pp.7-12 (2014)

謝辞

本論文の執筆および研究をすすめるにあたり、多くの方々にご指導とご支援を賜りました。特に、主指導教員の埼玉大学教授 山本 利一先生には、研究の基礎からご指導を頂きました。山本先生の技術科教育に対する熱い想いを身近で感じながら、研究に対する姿勢に感銘を受けました。山本先生のご指導無しには、本研究の遂行はあり得ませんでした。心より感謝申し上げます。

また、副査としてご指導頂きました、千葉大学教授 辻 耕治先生、埼玉大学教授 首藤 敏元先生、東京学芸大学教授 宮寺 庸造先生、埼玉大学准教授 荻窪 光慈先生には、それぞれの専門分野から丁寧なご指導とご助言を頂きました。深く感謝申し上げます。

さらに、本研究に貴重なご助言を頂きました、帯広畜産大学准教授 平舘 善明先生、貴重な資料を提供頂きました、埼玉大学名誉教授 石田 康幸先生、本教材の開発に協力を頂きました、富士電機 IT ソリューション株式会社 沢田石 秀昭様、大宮 秀利様、佐藤 衣津美様、山崎教育システム株式会社 山崎 正様、神喰 洋光様には、多大なご支援を賜り深く感謝申し上げます。

本研究は私が現職の中学校教員時代より進めており、勤務先であった東京都板橋区立赤塚第三中学校元校長 工藤 雅敏先生、東京都板橋区立上板橋第三中学校校長 山口 敦先生、板橋区教育委員会教育長 中川 修一先生をはじめ、元同僚の皆様方にも多大なるご理解とご支援を頂戴いたしました。心より感謝申し上げます。

本論文の研究が、技術科教育の発展に少しでもお役に立てれば幸いです。

最後に、本研究に協力頂きました、東京都、埼玉県の先生方、生徒、保護者の皆様方、友人、家族、すべての皆様方に感謝の意を表し、謝辞と致します。

2020年4月24日

佐藤 正直