

# 実践・体験的な学習活動を通じた 技術・家庭科（技術分野）における栽培領域の教材開発

森田 綾\* 湯地 敏史\*\* 岩切 宏太\*\*\*  
河野 哲志\*\*\*\* 鎌田 憲嗣\*\*\*\*\*

## Development of Teaching Materials for Cultivation in Technology and Homemaking (Technology) Subject of Junior High School Through Practice and Activities

Aya MORITA\* Toshifumi YUJI\*\* Kouta IWAKIRI\*\*\*  
Tetsushi KAWANO\*\*\*\* Noritsugu KAMATA\*\*\*\*\*

### Abstract

In the program of Technology and Homemaking (Technology) class for middle school students, there is a section of growing of living creatures. While there are many materials and curriculums related to plants, the varieties of materials and curriculums related to raising of animals is few, and the development of such materials and curriculums has been demanded by teachers. This paper develops a teaching plan in classes which includes the development of materials using aquaponics in which plants and fish can be grown at the same time just as mentioned in the section of growing of living creatures in the program of Technology and Homemaking (Technology) class for middle school students, experiences, and practice activities using these materials, and reports about the lesson practice using these materials.

### 1 はじめに

平成20年3月に改訂された現行の中学校学習指導要領においては、技術・家庭科（技術分野）の目標が、「生活に必要な基礎的・基本的な知識及び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」と定められている。同時に、「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は、習得した知識と技術を積極的に活用し、生活を工夫したり創造したりする能力と、実践しようとする意欲的な態度を育てることをねらいとしていることを示したものであり、生活する上で直面する様々な問題の解決に当たり、今まで学んだ知識と技術を応用した解決方法を探したり、組み合わせで活用したりすること、それらを基に自分なりの新しい方法を創造することなど、実際の生活の中で生かすことができる能力と態度を育てることが重要である」とも記載されている<sup>(1)</sup>。

\*横浜国立大学大学院教育学研究科 \*\*宮崎大学教育学部 \*\*\*宮崎水管理株式会社  
\*\*\*\*宮崎大学教育学部附属中学校 \*\*\*\*\*滋賀県立瀬田工業高等学校

現行の中学校学習指導要領での技術・家庭科（技術分野）においては、「C 生物育成に関する技術」が必修化<sup>(2)</sup>されて、学習内容の目標としては、「すべての内容において、技術にかかわる倫理観や新しい発想を生み出し活用しようとする態度が育成されるようにするものとする」とあり、効率的な栽培・飼育方法を考えることを通して新しい発想を生み出し、創造・活用する態度を育成することが求められている。また、技術と環境はお互いに影響しあう関係であり、両者への理解を深めることが、技術を安全性や経済性だけでなく、環境に対する多様な負荷や配慮などの視点から評価することの意義の理解や、技術を適切に活用しようとする意欲につながる。上記の目標を達成するためには、生徒自身に自らの生活に関心を持たせ、実践・体験的な学習活動を通して獲得した知識と技術が、生活の自立に繋がるように学習活動を組み立てる必要がある。そのためには、実践・体験的な学習活動の内容を吟味し、充実感を得ることのできる内容や活動を準備することが求められている。平成20年の学習指導要領改訂により、技術・家庭科の総授業時数は175時間まで減少している<sup>(3)</sup>。現在のこの限られた時数の中で、効果的で且つ、実践・体験的な学習活動を行うことは非常に難しい状況にあると云える<sup>(4)</sup>。

そこで本報告では、中学校技術・家庭科（技術分野）C 生物育成に関する技術の授業において、栽培と飼育の連携を図ること及び時間をより有効に利用し、実践・体験的な学習活動を可能にしたアクアポニックス<sup>(5)(6)</sup>を用いた水耕栽培及び、水産養殖の授業を提案する。本授業では、効率的で新しい発想を創造・活用する態度を育成することを主な目的としている。授業実践にあたり、アクアポニックス装置の製作を行うためのフローチャートを提案し、先に述べた学習目的を達成できるのかを確認するために、授業後に取ったアンケート集計結果をテキストマイニング手法を用いた共起ネットワーク分析<sup>(7)</sup>により、実践・体験的な学習活動の授業効果の検証を図った。

## 2 アクアポニックス教材の開発

### 2. 1 アクアポニックスの概要<sup>(8)(9)</sup>

アクアポニックスという言葉は、水産養殖（Aquaculture）と水耕栽培（Hydroponics）という二つの言葉から出来上がった単語であり、水産養殖と水耕栽培を組み合わせた合理的な栽培方法である。西暦1000年頃にメキシコの原住民族のアステカ族が実践していた農法「チナンパ」がルーツである。原住民たちは、川に植物を育てるための島を作り、そこで人々は農業を行って生活をしていた。これがアクアポニックスの原点だと言われている。アクアポニックスの主な構成要素としては、魚類及び、植物、微生物の3つが挙げられ、特に微生物は、アクアポニックスでは見落とされがちな要素であるが、栄養素を循環させる中で最も重要な作業を行うものである。また、アクアポニックスでは土を全く使用せず、土に代わる媒材として、ハイドロトン（水耕栽培に使用する培地）及び軽石、溶岩、小石などを適宜使用している。さらに、魚用水槽から送られてくる栄養豊富で豊かな水により、植物を栽培する仕組みになっている。魚の排出物を微生物が分解し、植物がそれを栄養として吸収及び、浄化された水が再び魚の水槽へと戻る、地球環境に配慮した循環型農業である。

図1は、アクアポニックスをモデル化した概要図を示す。同図より、水槽に入れた魚は、排

排泄物とアンモニア（ $\text{NH}_3$ ）を生成する。排泄物と $\text{NH}_3$ の量が上昇することは、水槽の中の魚にとっては有害であり、水質を低下させることになる。だが、アクアポニックスでは、この水質低下した水が、水槽から植物のグロウベッドへと肥料を運ぶ役割を担うことで、有益な細菌が自然に発生し、 $\text{NH}_3$ を亜硝酸塩（ $\text{NO}_2$ ）へと分解し、それから亜硝酸塩を硝酸塩（ $\text{NO}_3$ ）へと分解する循環型の効果を持つ。 $\text{NO}_3$ などの栄養素は、植物によって吸収される仕組みになっており、植物自身の成長を促すだけではなく、水槽の水質を保つ役割も持つ。水槽内の固形廃棄物なども又、植物のグロウベッドへ送られる水によりろ過され、きれいな水として水質を向上させ、魚が必要とする酸素水とし水槽へと戻される。

以下に、アクアポニックスの主な特徴を示す。

- 必要な水の量が通常の土壌栽培に比べてわずか2.0%である。
- より高い成長率と収穫率が得られる。例えば、水耕栽培の約2.6倍の生産性を持ち、1反（1000㎡）の土地で、約11トンの野菜と、約5トンの魚の生産が可能だといわれている<sup>(10)</sup>。
- 土壌を必要としない。
- 広大な土地を必要としないため、都市部でも容易に生産が可能となる。
- 水の再循環により、環境汚染を減少させることができる。

上記に示した通り、これらの主な特徴は、少ない水を活用して栄養素を循環させることで、人の手や化学肥料を極力使用せずに植物の栽培と魚の飼育を行うことができると共に、教育的な観点からは、アクアポニックスの構造上のシステムそのものが、循環型社会のモデルになっていることで、飼育と栽培の両方の実践・体験的な学習活動が行えることもメリットとして挙げられる。アクアポニックスは、装置の規模や大きさも自由に決めることができるため、農場や広いスペースがない学校の現場でもコンパクトに設計することができ、教室内に設置できる構造の点からも、技術・家庭科（技術分野）の生物育成分野の教材として取り扱うことが望ましいと考える。

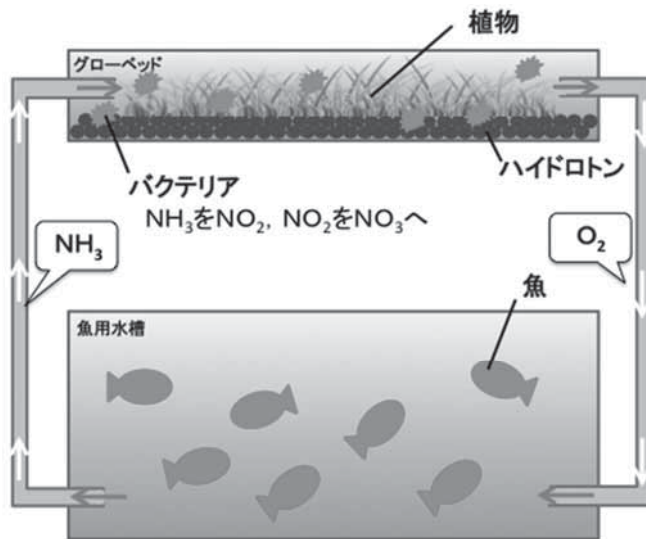


図1 モデル図

## 2. 2 アクアポニックス教材装置の概要<sup>(9)</sup>

本研究で提案するアクアポニックス教材装置では、メディアフィールドグロウベッド(MFG)と呼ばれるシステムを採用した。メディアフィールドグロウベッドは、アクアポニックスの中で最も簡単で普及している形式であり、植物を育てるのに適した媒体(土に代わるもの)を敷き詰めた容器(グロウベッド)を使用する。

写真1は、実際にグロウベッドの中にハイドロトンを敷き詰めた状態を示す。通常、グロウベッドの中には、膨張させた球体の粘土(クレイボール)、軽石、砂利やそれらに近いものを使用する。アクアポニックスのシステムとしては、魚用水槽の水がポンプで汲み上げられ、植物用グロウベッドに敷き詰めた媒体(クレイボールや軽石)の中へと送られる。それにより、植物がグロウベッドの中で育つことができる。グロウベッドを用いたアクアポニックスのシステムには、異なる2つの方法が一般的である。まず1つ目は、絶えず水を循環させて、植物用グロウベッドと魚用水槽の水量を常に一定に保ち続ける方法である。2つ目は、植物用グロウベッドの一定の位置まで水位が上昇すると、自動的に魚用水槽へ水を排出させる方法である。通常、植物用グロウベッドの最適な深さは約30cmであり、この深さは、植物が成長する上でもグロウベッドに発生する微生物や虫が生存する上でも最適な深さと考えられている。

本報告では、後者のシステムを採用し水位が一定の位置まで上昇すると、植物用グロウベッドから水が魚用水槽に排出される。グロウベッド中の水量が下がることで、グロウベッドにある植物やバクテリアにとって必要な酸素をグロウベッド内に取り入れることが容易になる。この一定のサイクルは、プログラムタイマーによって定期的に繰り返され、化学肥料を一切加えずに必要な栄養素を取り込んだ植物を育てることが可能となる。

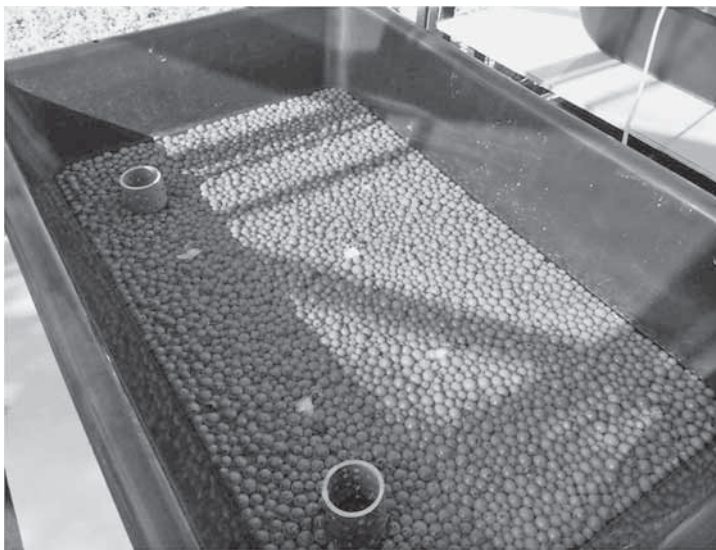


写真1 グロウベッド内のハイドロトン

### 2. 3 アクアポニックス教材装置の設計

図2は、実際のアクアポニックス教材装置の製作のためのフローチャートを示す。同図より、アクアポニックス教材装置を設計するにあたり、設置する場所や装置の大きさなどについて十分に検討する必要がある。これらの概観について設計ができた後、骨組み及びグロウベッド、グロウベッド台並びに装置の組み立ての順に製作し、最終的には装置の稼動に至る。本教材装置は、学校内における移動や装置の撤収に対応するため、簡単に組み立てられるように設計されている。

図3は、本研究で用いるアクアポニックス教材装置の設計概要を示す。同図のように、グロウベッドを支える骨組みには、SS材角パイプを長さ1,100 mm×2本及び、1,040 mm×1本、620 mm×4本を2組づつ切断して使用した。これらの角パイプについては、設置場所の足場を考慮し、高さを調節できるアジャスターを炭酸ガスアーク溶接機により溶接した。次に、グロウベッド本体となる容器の吸排水口は、塩ビ管を取り付けるためにφ25 mmのホールソーを使用し穴あけを行っている。その後、穴あけをした箇所については、半丸やすりで塩ビ管が入る大きさまで削り、水漏れを防止するために防水シールを使用し防水を行った。排水口については、グロウベッドに入れる媒体（ハイドロトン）が流出することを防ぐために、一回り大きい塩ビ管にφ6.0 mmで無数に穴を開け、吸排水口の塩ビ管（φ29 mm×長さ65 mm）に被せる形で設置した。同時に、吸水側の塩ビ管（φ50 mm×長さ92 mm）に家庭用バスポンプを繋ぐために、内側から径15 mmの吸水ホース（長さ2,000 mm）を取り付けている。水槽からは、家庭用バスポンプで水を汲み上げ、排水口から水槽に水を落下させる仕組みとし、グロウベッド側の排水口を吸水口より低い位置に設置することで、排水口の高さの分だけグロウベッドに水を溜められる仕組みとした。

アクアポニックス教材装置で飼育する魚については、実践授業を12月の冬季に実施するために0℃～35℃の範囲で育成可能な金魚（姉金）を選んだ。栽培する食物についても、寒さに強く-3℃まで枯れる心配がなく、周囲の環境への適応力が高く、比較的簡単で且つ育成速度が

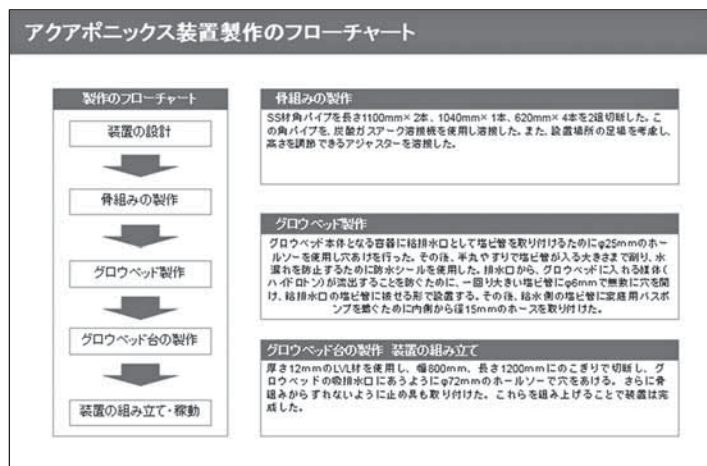


図2 アクアポニックス教材装置の製作のためのフローチャート

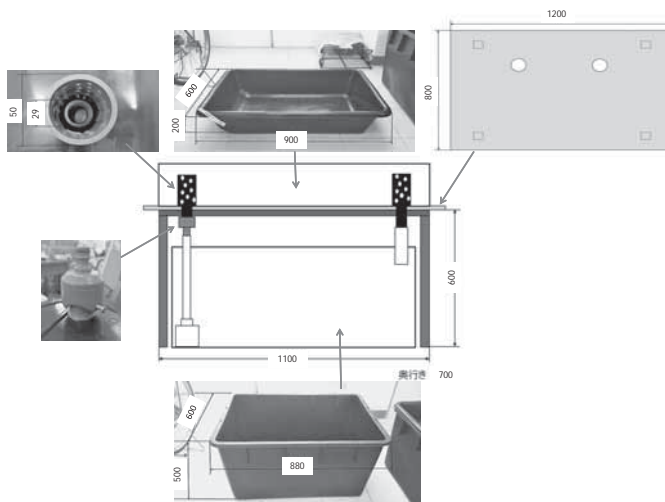


図3 アクアポニックス教材装置の設計概要

速いコマツナを使用した。通常、アクアポニックスは水産養殖ということで、食用の淡水魚を養殖するのが一般的であるが、中学校での授業実践を行うにあたっては、魚を食するという事まで本授業では求めていることから、比較的飼育が容易で且つ、暑さ寒さに強い金魚を選んでいる。

### 3 アクアポニックス教材における授業指導案の提案

提案する授業指導案での目標については、中学校学習指導要領解説の技術・家庭編より、中学校技術・家庭科（技術分野）の生物育成に関する技術における“(1) 生物の生育環境と育成技術について、次の事項を指導する。イ 生物育成に関する技術の適切な評価・活用について考えること。”より、生物育成に関する技術の適切な評価・活用について考える態度を養う及び“(2) 生物育成に関する技術を利用した栽培又は飼育について、次の事項を指導する。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ができること。”より、アクアポニックスを用いて、植物の栽培ができるようになることを設定した。

表1は、1時間分（50分）の学習指導過程を示す。学習指導過程では、指導観の内容を十分に検討した上で計画した。指導観の内容については、生徒の実態も考慮して、以下の3点にまとめた。

1. 私たちは、長い歴史の中で、野生植物から栽培可能な有用植物を見つけだし、現在多くの作物を栽培し生活を支えている。何世紀にもよる努力の積み重ねにより、原産地を離れて多くの地域に適応して生育できる作物への品種改良や栽培技術の進展が図られている。近年では、バイオテクノロジーなどの最先端の技術を活用した取り組みが注目され様々な取り組みがなされている。しかし現在、日本では、栽培技術の進展の影で、農業人口や耕地、食糧自給率も大きく低下してきている。生徒には、このような社会の中で、生物育成と人間生活との関わりを広い視点から考えられる活動、生物育成技術の発達や環境への影響を

表1 学習指導過程

過程	学習内容及び学習活動	指導上の留意点	時間
導入	1 既存の学習の復習をする。	○ 今までの技術，理科の授業で学んだ植物の育成条件を復習し，今回の授業に必要な知識を思い出させる。	5分
	2 アクアポニックスについて知る。	○ アクアポニックスというものがどのようなものを理解し，植物の栽培におけるメリットを理解させる。	10分
	3 本時の学習の目標を確認する <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">                     アクアポニックスを用いて栽培ができるようになる。                 </div>	○ 目標がしっかり確認できるように音読させる。	12分
展開	4 アクアポニックス装置の概要を知る。	○ 生徒が理解しやすいように，アクアポニックス装置の仕組みをPower Pointで図解し，どのように稼働しているかを説明する。	20分
	5 今回使用する植物，魚について説明する。	○ コマツナ，金魚の特性を理解させ，それぞれ選んだ理由を説明する。	23分
	6 装置に触れ，コマツナの植え付けをする。	○ 装置の設置場所に移動し，実物を確認させて，稼働させ，体感的に装置を理解させる。  ○ 体験的な活動を行えるように，発芽したコマツナを1クラスで10苗植え付けさせる。	43分
終末	7 ワークシートを用いて本時の振り返りを行い，自己評価を行う。	○ 本時での学習内容を知識として身に付けられるように，掲示物やワークシートを用いて振り返りの場を設ける。  ○ 生徒の将来の職業選択の幅を増やすために，新しい技術を使っている農業，水産業の仕事を紹介する。  ○ コマツナの成長の変化を確認できるように，観察用のワークシートの記入の仕方を説明する。	50分

配慮した栽培のあり方などを調べる活動を通して、生活上の課題を解決する能力の育成を図らせたい。さらに、生徒にとって学習した知識や技術を合理的に、しかも適切に活用する態度を身に付けさせることは、今後の生活にとって意義あることと考える。「生物育成に関する技術」では、生物育成に関する基礎・基本的な知識及び技術を習得させるとともに、生物育成に関する技術が社会や環境に果たす役割と影響について理解を深め、それらを適切に評価し、活用する能力と態度を育成することをねらいとした。

2. 生徒は、生物育成に関する技術を学習するにあたり、自分で育てた野菜を食べてみたいと思っている生徒が多い。しかし普段の生活の中で、作物を育てたりする経験が少ないため、自分で育てたい作物を考え、育てることについて興味を持てる機会が多いわけではない。これまでに理科などで学習した植物についての知識を生かしながら、作物の育て方だけでなく土壌の特性などを科学的な根拠をもとに学習させることで、興味関心が高まり、普段の生活の中で実践していこうとする態度を育成していきたいと考える。
3. 本題材では、アクアポニックスを用いてコマツナの栽培及び金魚の飼育を行う。今まで学んできた植物の知識を活用し、どのようにすればうまく植物を育成することができるか、アクアポニックスを用いることでどのようなメリットがあるかを生徒自身が自ら考察することができると考える。その中で、生物育成に関する基礎・基本的な知識及び技術を習得させるとともに、生物育成に関する技術が社会や環境に果たす役割と影響について理解を深めさせ、それらを適切に評価し活用する能力と態度を育成したい。また、実践・体験的な学習活動を通して、生物の育成や成長、収穫の喜びを体験させることで、生徒は基礎的な知識や技術を確実に習得し、学んだことを自分の生活に生かし、自立した生活を送ることができるようになると考え本題材を設定した。

#### 4 アクアポニックス教材における授業実践

写真2は、実際の授業実践の際の風景を示す。平成27年12月に宮崎大学教育学部附属中学校で3年生4クラス(120人)に対して授業実践を行った。授業は、中学校技術・家庭科(技術分



写真2 授業実践の風景



野)の内容「C 生物育成に関する技術」において、「アクアポニックスを用いてコマツナを栽培しよう」という題材で授業実践を行った。授業の流れとしては、先ず既習事項の確認を行って、アクアポニックスの概要及びシステム、装置についての説明を行った。アクアポニックス教材装置については、予め製作した2つの装置（片方には金魚を入れず）をビニールハウス内に設置して、コマツナの植え付けを行ってコマツナの成長の早さの違いを観察するという対照実験を行った。

図4は、作成したワークシートに実際に生徒が記入した例を示す。ワークシートについては、授業の内容を記述する3項目と授業の終わりにワークシートに感想を自由記述できる項目を作成した。授業後のワークシートの自由記述を集計すると、「植物と魚と一緒に育てられて、一石二鳥だと思った」や「実際のアクアポニックスが見れてとても分かりやすかった」、「一つの装置で循環型社会ができてすごかった」、「アクアポニックスを家で作ってみたい」という意見が見られた。このことから、栽培及び飼育の授業内容を連携させることで、新しい技術を学ぶ態度の育成ができていたのではないかと考える。同様に、実践・体験的な学習活動を取り入れたことで、興味関心を惹き付け且つ効率的で新しい発想を創造・活用する態度を育成することもできたのではないかと考える。

集計した自由記述については、KH Cordaer (Ver. 3)<sup>(11)</sup>を用いて、テキストマイニング手法を用いた共起ネットワーク分析(Jaccard係数を0.1以上)により、出現パターンの似通った語句及び共起の程度が強い語を線で結んで、語句と語句の結びつき(サブグラフ検出描画方法)を明らかとした。

図5は、実際に授業終了後に、生徒に自由記述させた感想をサブグラフ検出描画方法での共起ネットワークを示す。同図より、強い共起関係ほど太い線で結ばれ、出現数の多い語ほど大

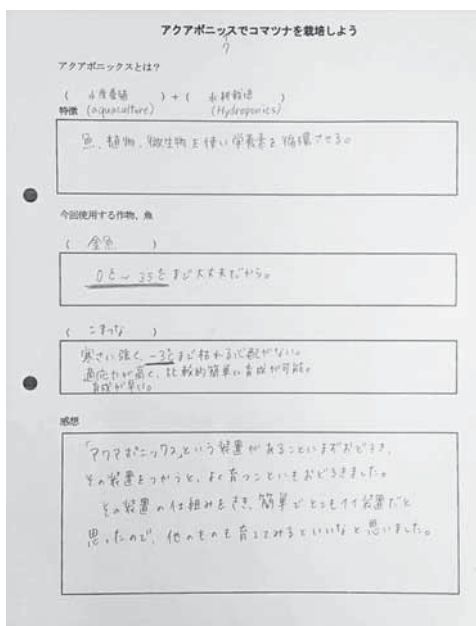


図4 作成したワークシート（生徒記入例）

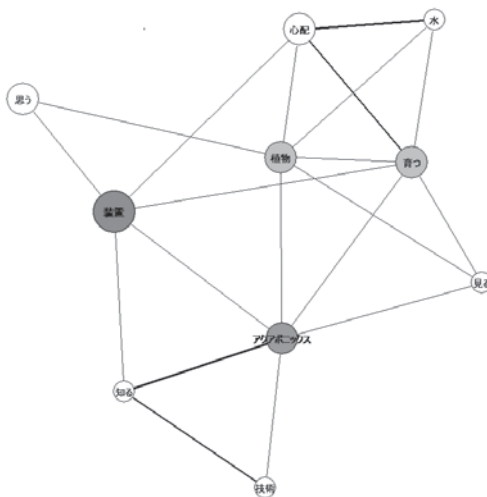


図5 サブグラフ検出による共起ネットワーク

きい円で描画されている。同図右側の「育つ」と「心配」及び「水」の語については、太い線で結ばれており、授業指導案の中の指導観の2点目に示す“しかし普段の生活の中で、作物を育てたりする経験が少ないため、自分で育てたい作物を考え、育てることについて興味を持つ機会が多いわけではない。”の内容からも生徒の実態が共起関係から一致する。同様に、同図下側の「アクアポニックス」の語を中心とする記述の関係性が見て取れる。「知る」と「技術」との太い線で結ばれており、密接にリンクしていることがわかる。このことから、アクアポニックス教材を授業の中で使用することで、授業指導案の中の指導観の3点目に示す“生物育成に関する基礎・基本的な知識及び技術を習得させるとともに…”の内容が実践・体験的な学習効果の向上に繋がり、共起関係が一致するものと示唆する。このため、本報告で提案するアクアポニックス教材を題材とした授業指導案の指導内容は、生徒の授業終了後の自由記述の感想に反映されており、本授業での実践・体験的な学習内容の教育効果の向上が見込まれるものと考えられる。

## 5 むすび

本研究では、中学校技術・家庭科(技術分野)のC生物育成に関する技術の学習内容における飼育と栽培を複合したアクアポニックス教材装置を開発して、この装置を用いた授業実践を試みることで、生物育成に関する技術で授業時数の省略及び、実践・体験的な学習における教育効果の検証を行った。以下に、本研究で得られた知見を示す。

- (1) アクアポニックス装置を用いた授業を行うことで、中学校学習指導要領解説の技術・家庭編より、中学校技術・家庭科(技術分野)の生物育成に関する技術においての“(1) 生物の生育環境と育成技術について、次の事項を指導する。イ 生物育成に関する技術の適切な評価・活用について考えること。”より、生物育成に関する技術の適切な評価・活用について考える態度を養う及び“(2) 生物育成に関する技術を利用した栽培又は飼育について、次の事項を指導する。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ができること。”より、アクアポニックスを用いて、植物の栽培ができるようになる。ことの2つの学習目標を1時間分の授業で達成させることができた。
- (2) アクアポニックス教材装置を用いた実践・体験的な学習を取り入れた授業では、生徒が授業に興味・関心を示し、ワークシートにおける自由記述の感想からテキストマイニング手法の共起ネットワーク分析より、「アクアポニックス」と共起している単語に着目したところ、「知る」と「技術」の語が密接にリンクしていることが明らかとなった。そのため、中学校技術・家庭科(技術分野)の「C生物育成に関する技術」でアクアポニックス教材を取り入れることで、生徒に実践・体験的な学習内容の教育効果の向上を齎すことが明らかとなった。

今後は、本教材の構造面等の問題点を学校規模により解決できるようにし、コンパクトで多くの生徒が関われる教材へ改良して、全国の中学校への普及を図りたい。同時に、季節を考えずに飼育及び栽培できる動物及び食物の選択を検討していきたいと考える。

## 参考文献

- (1) 文部科学省：中学校学習指導要領解説 技術・家庭編（平成10年12月），教育図書（1999）
- (2) 佐藤博・篠原悠希・山主公彦：「中学校技術科における生物育成についての調査」，教育実践学研究 山梨大学教育人間科学部附属教育実践総合センター研究紀要，No.17，pp.59-65（2012）
- (3) 廣谷太佑・豊崎健太・湯地敏史・岡村好美・中林健一・木之下広幸・藤元嘉安：「大学生を対象とした技術・家庭科（技術分野）の教育内容に対する意識調査」，宮崎大学教育文化学部紀要，教育科学 第30号，pp.103-114（2014）
- (4) 佐藤裕二・寺井謙次：「中学校技術科における栽培学習の諸課題－教育現場のアンケート調査結果から－」，秋田大学教育学部研究紀要 教育科学部門，第42号，pp.1-14（1991）
- (5) Sylvia Bernstein: Aquaponic Gardening: A Step-by-Step Guide to Raising Vegetables and Fish Together, New Society Pub（2011）
- (6) 相川英輝・木村和孝・清水亨祐・三上恒生・野村武史：「アクアポニックスをツールとした教育現場への導入について：中学理科の導入の1年間」，日本理科教育学会全国大会要項，P0-021，P.461（2013）
- (7) 武谷慧悟・渡寛法：「オンデマンド型ライティング授業の改善に向けた授業評価分析－顧客満足分析の視点によるテキスト・マイニング－」，京都大学高等教育研究，第21号，pp.1-14（2015）
- (8) 日本アクアポニックス <http://www.japan-aquaponics.jp/>
- (9) ロレーナ・ビルドマ&フィリップ・ジョーンズ：【アクアポニックス 入門書】基礎から実践までを体系的に学べる実践マニュアル，株式会社おうち菜園（2015）
- (10) James E. McWilliams: Just Food: Where Locavores Get It Wrong and How We Can Truly Eat Responsibly, Back Bay Books,（2010）
- (11) 樋口耕一：社会調査のための計量テキスト分析-内容分析の継承と発展を目指して，ナカニシヤ出版（2014）

## 付記

最後に、本論文の内容の一部は、平成29年度宮崎大学戦略重点経費：「地方創成型実践的海洋教育の授業カリキュラム開発」の助成により行われた。