

# 宮城教育大学附属小学校における EC センサーと マイコンボードを用いた STEM 教育の授業実践

安藤 明伸<sup>1</sup>，新田 佳忠<sup>2</sup>，渡部 智喜<sup>2</sup>  
上杉 泰貴<sup>2</sup>，三宅 丈夫<sup>3</sup>，早川 健太郎<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 宮城教育大学 技術教育講座，<sup>2</sup> 宮城教育大学 附属小学校，<sup>3</sup> (株)アーテック

**概要：**本研究では，小学校段階に STEM 教育の観点を取り入れた水質調査用教材を開発することを目的とし，その教材の効果と情報活用能力との関わりを考察した。その結果，アーテック ロボ2.0 を EC センサーとしての計測器として，小学校の総合的な学習の時間における水質調査の方法の1つとして利用することの有効性を見いだすことができた。アナログな方法との比較を通して，情報の特徴を考察するという情報活用能力を意識化させる授業設計により，情報活用能力の体系表例に示される項目との関連する記述や，STEM 教育の要素と関連する記述が見られ教科の学びを統合していることがうかがえる結果を得ることができた。小学校第4学年での感想の記述であるため，児童たちが感じたことや学びが十分に言語化できていない可能性もあり，開発した教材の効果をより一般化するには，今後より多くの児童を対象に同様の分析を行うことや結果について考察する時間を多くとる等，より多くの記述を引き出して分析する必要がある。

**キーワード：**総合的な学習の時間，STEAM / STEM 教育，EC センサー，水質調査，  
アーテックロボ2.0，情報活用能力

## 1. はじめに

### 1. 1. 研究背景

2021 年 1 月 14 日に開催された中央教育審議会初等中等教育分科会（第 129 回）・新しい時代の初等中等教育の在り方特別部会（第 19 回）合同会議にて，STEAM 教育について具体的に議論されている。これは，特に高校段階について言及された議論ではあるが，小学校におけるプログラミング教育では，赤堀(2017)が STEM およびプログラミング教育，コンピュータ科学（コンピュータサイエンス）それぞれの関係性について述べているように，STEAM 教育については小学校段階から高校まで段階的に高度化して取り組むことが想定されている。それは，前述の会議資料の中で「STEAM 教育は、『社会に開かれた教育課程』の理念の下，産業界等と連携し，各教科等での学習を実社会での問題発見・解決に生かしていく高度な内容となるものであることから，高等学校における教科等横断的な学習の中で重点的に取り組むべきものであるが，その土台として，幼児期からのものづくり体験や科学的

な体験の充実，小学校，中学校での各教科等や総合的な学習の時間における教科等横断的な学習や探究的な学習の充実に努めることも重要である。さらに，小学校，中学校においても，子供の学習の状況によっては教科等横断的な学習の中で STEAM 教育に取り組むことも考えられる。」と言及されている。

### 1. 2. 研究目的

こうした背景を受けて，本研究チームでは，小学校段階での学習活動においてスムーズに導入できる STEM 教育のための教材開発を検討した。宮城教育大学附属小学校の教員も含めた本研究チームは，同校の年間指導計画を精査しながら本授業の設計を行う中で，第4学年の総合的な学習の時間における水質の調査を行っていることに着目した。水質調査での STEM 教育の先行研究には，Microsoft（2020）によるマイコンボードの Micro:bit と Excel を用いた EC（電気伝導：Electrical conductivity）センサーの事例がある。しかし，このセンサーでは Excel が無ければ実験ができないため，授業実施環境の汎用性を狭めるという技

術的な課題がある。またプログラムが VBA (Visual Basic for Applications) というテキスト型のプログラミング言語で記述されており、児童たちにとっては難解な英単語の羅列であることと、文法の理解、プログラムの構造の複雑さからその内容を把握することは非常に困難である。そこで、目的のために物を作るという Engineering の視点を少しでも入れるためには、児童たちが小学校段階で利用するプログラミング言語を使用して作られた実用的な教材を体験させることで、よりプログラミングの可能性について気づくことも意味のあることではないかと検討した。これらを踏まえて本研究では、児童が実際に使用しているプログラミング言語を用いて小学校段階に STEM 教育の観点を取り入れた汎用性の高い水質調査用教材を開発することを目的とした。

## 2. STEM 教育と情報活用能力について

ところで、この STEM 教育に関しては、北澤ら (2019) が授業の実践内容について、情報活用能力として挙げられている事項と関連させて分析している。情報活用能力とは、小学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説に「世の中の様々な事象を情報とその結び付きとして捉え、情報及び情報技術を適切かつ効果的に活用して、問題を発見・解決したり自分の考えを形成したりしていくために必要な資質・能力」と定義され、具体例として「学習活動において必要に応じてコンピュータ等の情報手段を適切に用いて情報を得たり、情報を整理・比較したり、得られた情報を分かりやすく発信・伝達したり、必要に応じて保存・共有したりといったことができる力であり、さらに、このような学習活動を遂行する上で必要となる情報手段の基本的な操作の習得や、プログラミング的思考、情報モラル、情報セキュリティ、統計等に関する資質・能力等も含むもの」とされている。これは同学習指導要領解説において、学習の基盤として働くものとされているが、教育活動である以上、教師側で意図して育成する場面を設ける必要がある。

そのため、我々が開発した教材の効果と情報活用能力との関わりについて考察し、指導上の留意点を明確にすることとした。なお、STEM および STEAM の表記における「A」の扱いについては、本研究においても Art (Liberal Arts の意味も含む) 的な観点は重要

であると認識しているが、STEM と表記する。本研究における STEM 教育の位置づけとしては、冒頭で述べたものに加えて、中央教育審議会 (2019) での配付資料に書かれた「Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics 等の各教科での学習を実社会での課題解決に生かしていくための教科横断的な教育」に準じて考察する。この STEM および STEAM 教育の定義については、胸組 (2019)、Brown, J., *et al.* (2012) 及び Jayarajah, K., *et al.* (2012) が述べているように、意見の一致は得られていないという見方があるためこれ以上の定義の議論は本稿では行わない。授業設計の理念としては、胸組 (2019) が提唱する統合性の違いによる STEM 教育の分類を参考にし、「STEM の構成学問間の境目を明示的に設けず融合・統合的に行うモデル (統合型 STEM)」として実施する。この統合については、Moore, T. J., *et al.* (2014) も、「科学、技術、工学、数学という 4 つの学問分野のうちのいくつか、あるいは 4 つすべてを、教科と実世界の課題を結びつけることを基礎にして、1 つの学級、単元、授業の中に結集する努力」と同様の趣旨で定義している。

## 3. 開発した教材の概要

### 3. 1. 全体の構成

本教材の全体構成を図 1 に示す。本教材は、プロセッサに ESP32 を使用した小学校新学習指導要領 (平成 29 年告示) に対応するプログラミング教材として開発されたマイコンボード (アーテックロボ 2.0、図 2) を利用した水質計測を目指したものである。電気伝導度を計測するために、マイコンボードのアナログ入力端子に EC センサー (electrical conductivity) キットを接続した水質計測部と、計測値をマイコンボードから USB 接続された PC に送信し、Studuino:bit ソフトウェア (アーテックロボ 2.0 専用ソフトウェア) 上でリアルタイムに数値を表示しグラフ描画を行うデータ表示部 (図 3) とで構成される。

### 3. 2. 水質計測部の機能

本教材では、純水が電気を通しにくいという性質を利用し、水質が良いほど読み取り電圧が下がる EC センサーとアーテックロボ 2.0 を組み合わせた。図 4 は、水質計測部の構成である。アーテックロボ 2.0 では、アナログ入出力端子から電圧を測定し、その電圧をデ

デジタル値に変換する A/D 変換を行う。これによって多様な溶液の水質を電圧に変換し、それぞれの水質に数値的な意味合いを持たせることができ、視覚情報のみでは判断できない水質の比較が、この EC センサーキットを通して可能となる。

実験方法としては、アナログ入出力端子に接続した

2本のプローブを観測対象である溶液の中に浸し、片方のプローブから液体中に3Vの通電を行う(図5)。この時に、もう一方のプローブからその導電率をアナログ値である電圧として読み取る。この読み取った値をデジタル値に変換してUSB通信で送信することで、水質の状態を数値として把握することができる。

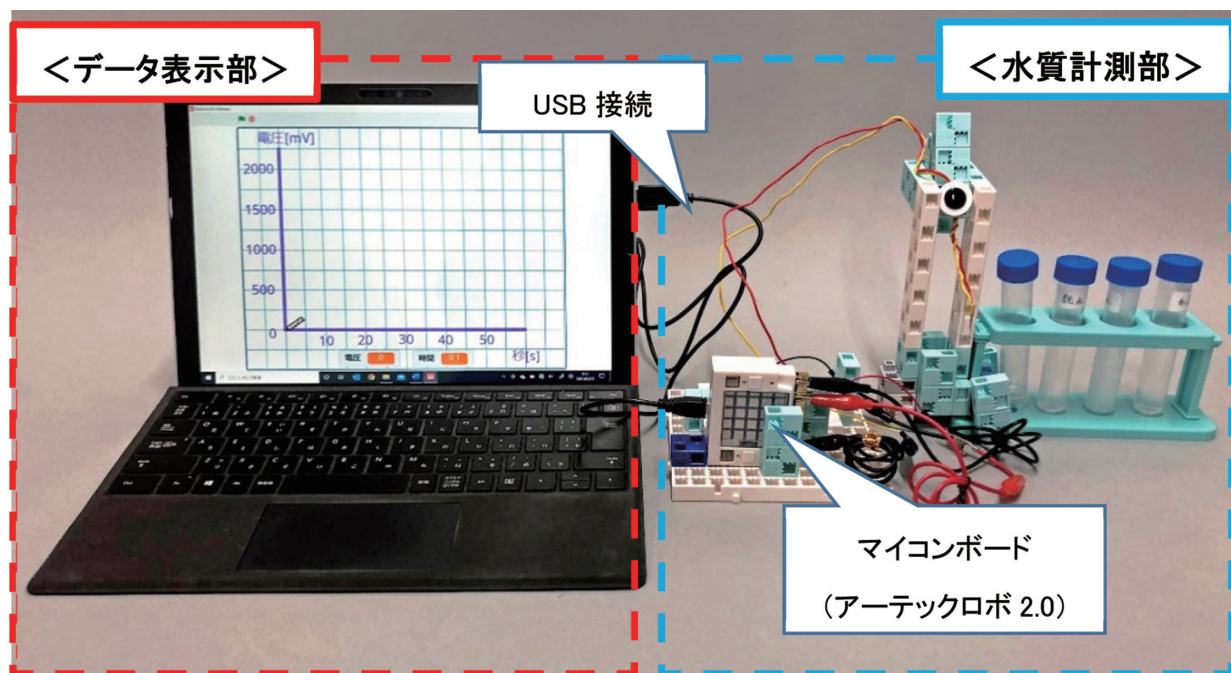


図1 全体構成



図2 ESP32を使用したマイコンボードと入出力端子

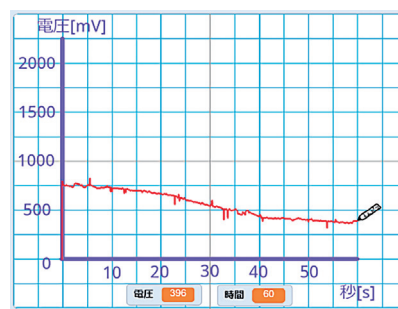


図3 データ表示部の画面例

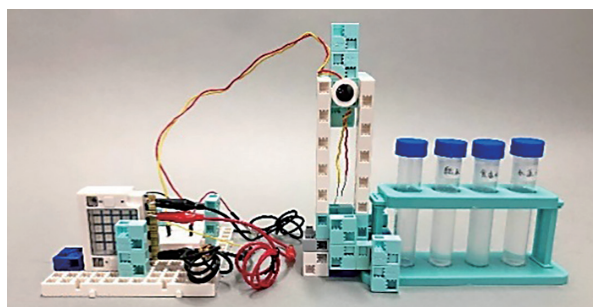


図4 水質計測部の構成

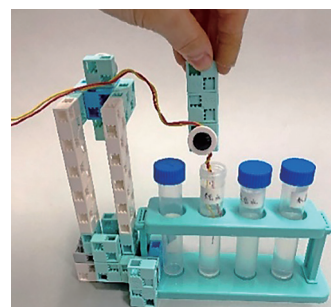


図5 プローブを液体に浸している様子



なお、本研究では、STEM教育のアプローチの中でも特に Science（理科）としての実験に主眼を置いたもので、授業前に授業実施側で予め水質計測キットとプログラムの作成を済ませている。

計測の開始と終了操作は、児童が確実に行うことができるよう簡潔にし、アーテックロボ2.0に搭載されているボタンを押すことで実施できるようにした。図6はその処理のプログラムの一部である。End という状態変数を用意し、スタートが押された場合には「start」メッセージを送ることで計測処理を走らせている。

水質計測部は、アーテックブロック（図7）というブロックパーツと試験管・試験管立てで構成した。アーテックブロックは6面全てにブロックを差し込んで接続できる穴が複数開いているという特徴を持つブロックである。全方向にブロックを接続できるため、様々な構造を容易に作成できる。



図6 計測の開始と終了のプログラム

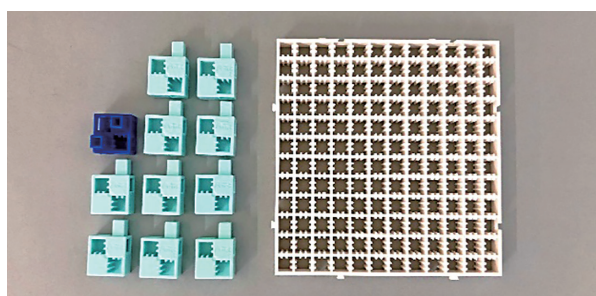


図7 計測部を構成するアーテックブロック

### 3. 3. データ表示部の機能

データ表示部は、アーテックロボ2.0の専用ソフトウェアである「Studuino:bit ソフトウェア」のブロックプログラミング機能を使用し、読み取り値をグラフ化した（図8）。計測は1秒毎に行われ、その値は input という変数に格納し電圧に変換している。グラフ表示を行うために、その電圧の値を画面の y 座標に換算し、1分間もしくは B ボタンが押され状態変数 end が1になるまで実行する。

図9は電圧への変換処理である。前述のように、マイコンボードの入出力端子を用いて溶液中で3Vの通電を行い、アナログ値である電圧としてその導電率を計測しており、使用しているアーテックロボ2.0は外部入力に対して0～1023の1024段階の値をとっている。出力した3V（3000mV）の電圧に対する読み取り値を再度電圧として表示することができる。

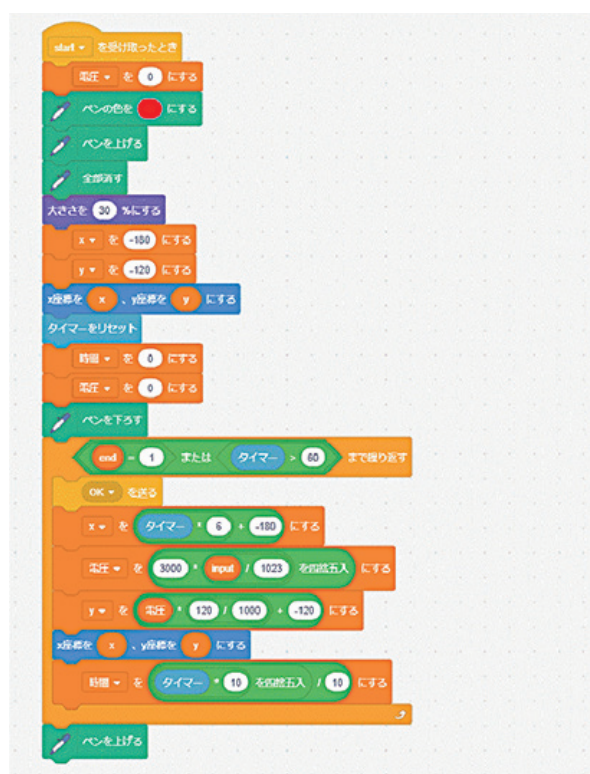


図8 データ表示プログラム



図9 読み取り値変換プログラム

## 4. 授業設計及び実施

### 4. 1. 授業の概要と設計

宮城教育大学附属小学校第4学年の総合的な学習の時間は、4月の単元導入段階として川とのつながりを考えるという活動の見通しを経て、仙台を流れる川として梅田川を取り上げ、上流・中流・下流の様子を知り、年度末には持続可能性につながる行動を実践し「これから」を考えるということで結びとする全体50時間の探究活動である。開発した教材は、その17時間目で利用した。前時までに、児童たちは梅田川での水の採取を行っている段階である。本研究では2020年12月9日に実施された授業を対象とした。

本時のねらいは「梅田川の水と身の回りの様々な水の性質を調べ、比較することで、梅田川は生き物が棲み良い環境であることを捉えることができる。」とした。統合型STEM教育としての観点は、Scienceとして理科の「電気の通り道」の学習を想起させるとともに、「純粋な水は電気を通さない」、「水に電気を通す物が含まれていれば、電気が流れる」ということを確認する。Technologyとしては、アーテックロボの電導度センサーとScratchを活用し、プログラミングとセンサーを組み合わせる。本授業では児童自身に課題を解決するための製作などを行っていないため

Engineeringの観点に直接触れる学習内容は少ないが、目的に合わせた計測実験装置を作らせる等の学習過程を入れることが可能である。Mathとしては、実験結果を縦軸に電圧、横軸を時間としてグラフに出力し読み取らせることで、算数科での学習との関連を図っている。

また、情報活用能力との関係としては、文部科学省(2020)の情報活用能力の体系表例における、知識及び技能のステップ2「調査や資料等による基本的な情報の収集の方法」、「観点を決めた表やグラフを用いた情報の整理の方法」、「情報の特徴、傾向、変化を捉える方法」、思考力、判断力、表現力等のステップ2「調査や資料等から情報を収集し、情報同士のつながりを見つけ、観点を決めた簡易な表やグラフ等や習得した『考えるための技法』を用いて情報を整理する」、「情報を抽象化するなどして全体的な特徴や要点を捉え、新たな考えや意味を見出す」、そして学びに向かう力、人間性等のステップ2「新たな視点を受け入れて検討しようとする」ことが挙げられる。表1は、本時の指導過程である。水道水、梅田川の水、校庭の池の水、味噌汁について、演示実験を中心としてECセンサーの結果について考察する流れになっている。

表 1 本時の指導過程

主な学習の流れ	予想される子供の姿	指導上の配慮事項（※は、評価の観点）
<p>1 前時の学習を振り返り、課題をつかむ。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;">梅田川の水質について調べよう。</div> <p>2 調べる対象を知る。</p> <p>A 水道水 B 梅田川の水 C 校庭の池の水 D 味噌汁</p> <p>3 実験を行い、梅田川の水質について考える。</p> <p><u>【見た目】</u> 水の色や透明度などを目視で観察する。</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p><u>【バックテスト】</u> 水に含まれる成分について、色の濃さで調べ、比べる。</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p><u>【マッピング】</u> 紙に水を垂らし、その広がり方で水質を調べ、比べる。</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p><u>【電気を流す】</u> 水に電流を流し、電圧の数値から水に含まれる有機物の量を調べ、比べる。</p> <p>4 本時の学習を振り返る。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・前回、梅田川に川の水を取りに行ったよね。</li> <li>・今日は、その水の水質を調べるのだった。</li> </ul> <p>・校庭の池には魚などの生き物が棲んでいるね。</p> <p>・池の水質と同じくらいならば、梅田川も生き物が棲むことができる水といえるね。</p> <p>・味噌汁は生活の中で、捨てることもあるよね。</p> <p>・前に調べたら味噌汁は川に流すと、環境によくないと分かったね。</p> <p><u>【見た目】</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・水道水は、無色透明だね。</li> <li>・梅田川と池の水ではあまり違いがないな。</li> <li>・味噌汁は見た感じで他の水と違うことが分かるよ。</li> </ul> <p><u>【バックテスト】</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・梅田川の水と池の水を比べても、ほとんど色が変わらないね。どちらの色も、生き物が棲みやすい環境であることが分かった。</li> <li>・味噌汁は色がついているからバックテストでは調べられないよ。これでは比較できないね。</li> </ul> <p><u>【マッピング】</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・水道水は大きく広がったから、水の中に余計な物があまり含まれていないことが分かるね。</li> <li>・梅田川の水と池の水でも広がり方に違いがないね。どちらもきれいなんだね。</li> </ul> <p><u>【電気を流す】</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・水道水だと、電気は流れないから、電気が流れる物質が含まれていないのだね。</li> <li>・梅田川が 240 mV で、池の水は 170 mV で、近い数値がでたね。</li> <li>・梅田川の方が少し電気が流れる物が多いけれど、水質は似ているね。</li> <li>・味噌汁は 1000 mV で、梅田川の 4 倍くらいの電気が流れたよ。電気を流す物の量が多いということは、やっぱり他とは違うんだね。</li> <li>・この方法で比べると、いろいろな水を同じ条件で比較できるから分かりやすいね。</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・梅田川も、校庭の池と同じく生き物が棲める水質だった。</li> <li>・生き物が棲むことができる、きれいな水といえるね。</li> <li>・けれど、味噌汁のように汚れた水を流し続けると水質は悪くなっていくと思う。</li> <li>・梅田川を守るために、自分たちの生活を見直していく必要があるね。</li> </ul>	<p>1 校外学習で梅田川の水を採集してきたことを想起させ、本時の学習では梅田川の水質について調べることを確かめ、課題につなげる。</p> <p>2 生き物の棲む「校庭の池の水」や、生活排水の「味噌汁」と比較させることで、梅田川は生き物が棲むことに適した水質か、また生活排水が川の水質にどのような影響を及ぼすのか考えることができるようにする。なお、「水道水」を基に、人間にとってきれいな水と生き物が棲みやすいきれいな水（有機物が適度に含まれている）とは違うことを確認しておく。</p> <p>3 それぞれの実験の結果から分かったことをノートに整理させていく。</p> <p><u>【電気を流す】</u>方法では、理科の「電気の通り道」の学習を想起させるとともに、「純粋な水は電気を通さない」、「水に電気を通す物が含まれていれば、電気が流れる」ということを確認した上で実験を行うようにする。実験の際は、今回使用する実験装置が児童たちも使用したことのある Scratch で作られていることを、プログラムを紹介しながら伝える。そしてアーテックロボの電導度センサーと Scratch を活用し、プログラミングとセンサーを組み合わせることで客観的なデータが得られることに気付かせていく。また、実験結果を、縦軸を電圧、横軸を時間としてグラフに出力し読み取らせることで、算数科での学習も活用させていくようにする。各教科との関連を意図的に図っていくことで、統合的・総合的な学びを進めていくようにする。</p> <p>※梅田川の水と身の回りの様々な水の性質を調べ、比較することで、梅田川は生き物が棲み良い環境であることを捉えることができたか。（発言・ノート：思・判・表）</p> <p>4 梅田川は、生き物の棲み良い水質であることを確かめるとともに、そのような川を守るために生活排水の処理など、自分たちの生活を見直していく必要があることを捉えさせる。</p>



#### 4. 2. 授業の様子及び成果と課題

表1の指導過程3では、本時のECセンサーの動作原理の理解に対して児童たちが実際にプログラミング教育で操作したことのあるScratchで動作していることを示している。図10はその様子である。プログラム全体は複雑であるが、要点となる部分を簡単に示すだけでも、プログラムを作って役に立てるといえるEngineeringの視点を入れる工夫である。図11は、味噌汁をECセンサーで計測し、その値がグラフ化されて大きな値を示すことで他の水溶液との違いを児童たちが把握した様子である。図12は、マーブリングの実験結果を示している様子である。ICT活用として、実物投影機の代わりにスマートフォンのカメラで結果を写している。

開発した教材の効果を考察するために、「Q1：センサーの結果をグラフ描画したことから分かったこと」と及び「Q2：プログラムとセンサーを用いた装置を使った感想」の2項目に対する児童の自由記述25件をテキストマイニングした。使用したツールは、



図10 実験装置がScratchで作られていることを紹介している様子

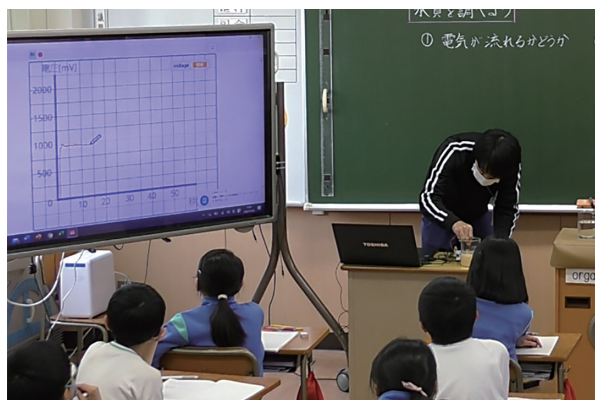


図11 ECセンサーで味噌汁の実験をしている様子



図12 マーブリングの実験結果をカメラで撮影して見せている様子

KHcorder ver3.  $\beta$ .02cである。表2は、児童の代表的な記述を抽出したものであり、図13はQ1：センサーの結果をグラフ描画したことから分かったことの共起ネットワーク：サブグラフ検出の分析結果である。構成されたクラスタに対し、本研究チーム全員で検討したトピック名を付けている。記述のトピックとしては5つのクラスタが構成された。つながりが広範だったのは「実験内容全般に関する数量的な考察」と命名したクラスタである。ここには、数値として水の品質がわかることやその変化について書かれていた。また、記述の中にはセンサーを用いて電気の流れやすさが把握できたことについての考察があった。特に、水道水とみそ汁が表出されており、印象に残りやすかったことがわかる。これらのクラスタの中に、MathやTechnologyの観点は含まれているが、Scienceとの

表2 Q1：センサーの結果をグラフ描画したことから分かったことの記述例

- ・味噌汁はかなり数値が高いと思った。梅田川の水を初めて見た時とても汚いと思った。でもこの装置を使うと水道水と変わらないぐらいの数値だったので綺麗なのだと思ってびっくりした。
- ・水道水はきれいなので電気が通らなかった。それに対して川の水を汚す原因の一つである味噌汁は、数値が1000まで上がった。理科や算数の知識も得られた。
- ・電気の流れるパワーがしっかりと見分けられたので分かりやすかった。電気を調べるところが理科に似ていた。
- ・電気が通りやすいか通りにくいかわかるということで、有機物がどの程度あるのかということがわかった。川に生活排水がそのまま流れていないことがわかった

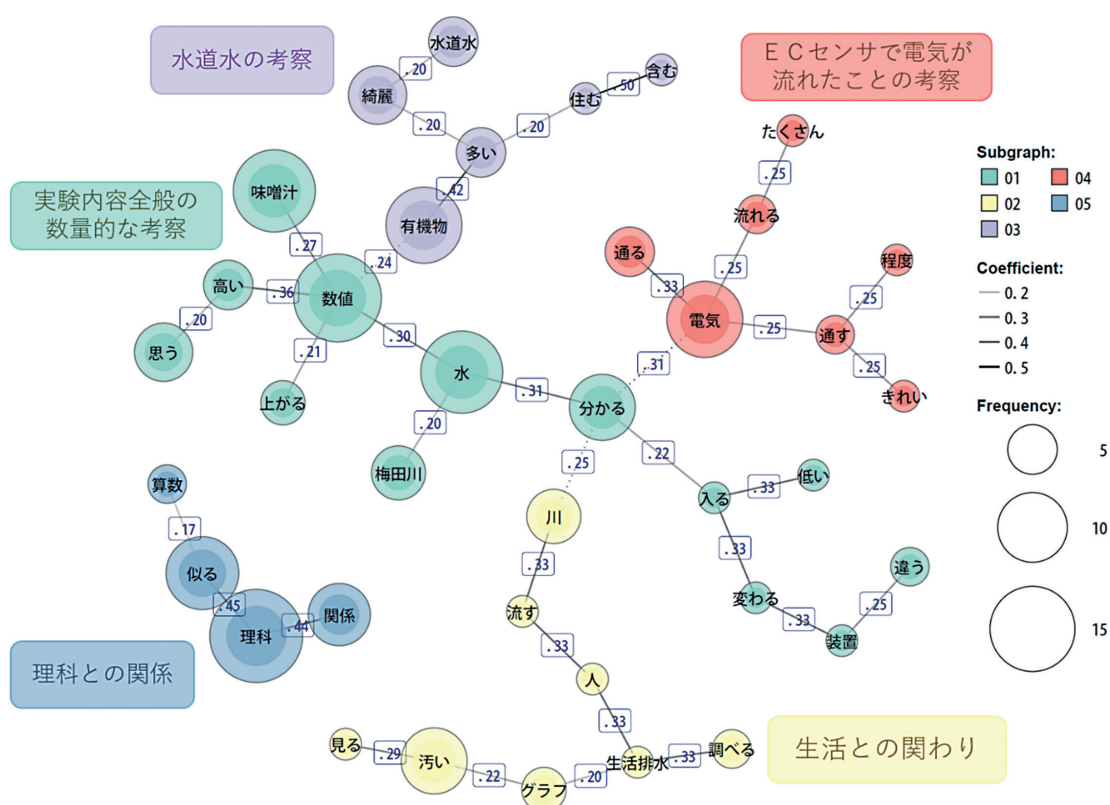


図13 Q1：センサーの結果をグラフ描画したことから分かったことの記述の共起ネットワーク図

関りについては特に多く言及されていた。

表3は、Q2：プログラムとセンサーを用いた装置を使った感想の代表的な記述であり、図14は共起ネットワーク：サブグラフ検出で分析した結果である。こちらは6つのクラスターが形成され、それぞれのトピック名を付与した。頻出語句が多かったのは、「装置」「使う」であり、相関係数も0.8と非常に高い。そこから、「分かる」「思う」という語が関連しており、目視での実験に加えて、こうしたセンサーとScratchを使った

表3 Q2：プログラムとセンサーを用いた装置を使った感想の記述例

- ・ マーブリングなどは色が広がるかどうかしかわからないけれど、装置がどのような反応するのか装置を使うと分かるので良いと思いました。
- ・ 装置を使うことで変わり方や違いがよくわかったし、装置を使ったからこそ微妙な違いにも気づくことができた。
- ・ 装置を使うと、他と比べてどれだけ汚いかが見ることができたり、どのくらいの時間で数値が上がるかを見ることができた。こうした実験からも川に興味を持ててよかったです。

汎用性のあるもので作られた計測装置を使うことで、気づきや理解を促したことが推察される記述がみられた。

こうした記述の中には、先の情報活用能力の体系表との関連事項である、「調査や資料等による基本的な情報の収集の方法」については、目視と数値による調査の特徴に関する言及がみられ、「観点を決めた表やグラフを用いた情報の整理の方法」については、電圧をグラフ化するという観点で情報をテクノロジーで整理することへの言及、「情報の特徴、傾向、変化を捉える方法」については、グラフの時間経過による変化とサンプルを採取した場所によるグラフの値の比較が行われていた。そして「調査や資料等から情報を収集し、情報同士のつながりを見つけ、観点を決めた簡易な表やグラフ等や習得した「考えるための技法」を用いて情報を整理する」及び「情報を抽象化するなどして全体的な特徴や要点を捉え、新たな考えや意味を見出す」については、今回は考えることについての技法を用いての情報の整理は行っていないものの、グラフの値の変化が持つ意味を考察しており、生活排水など身の回りのこととの関連付けをしている記述がみられた。さらに「新たな視点を受け入れて検討しようと



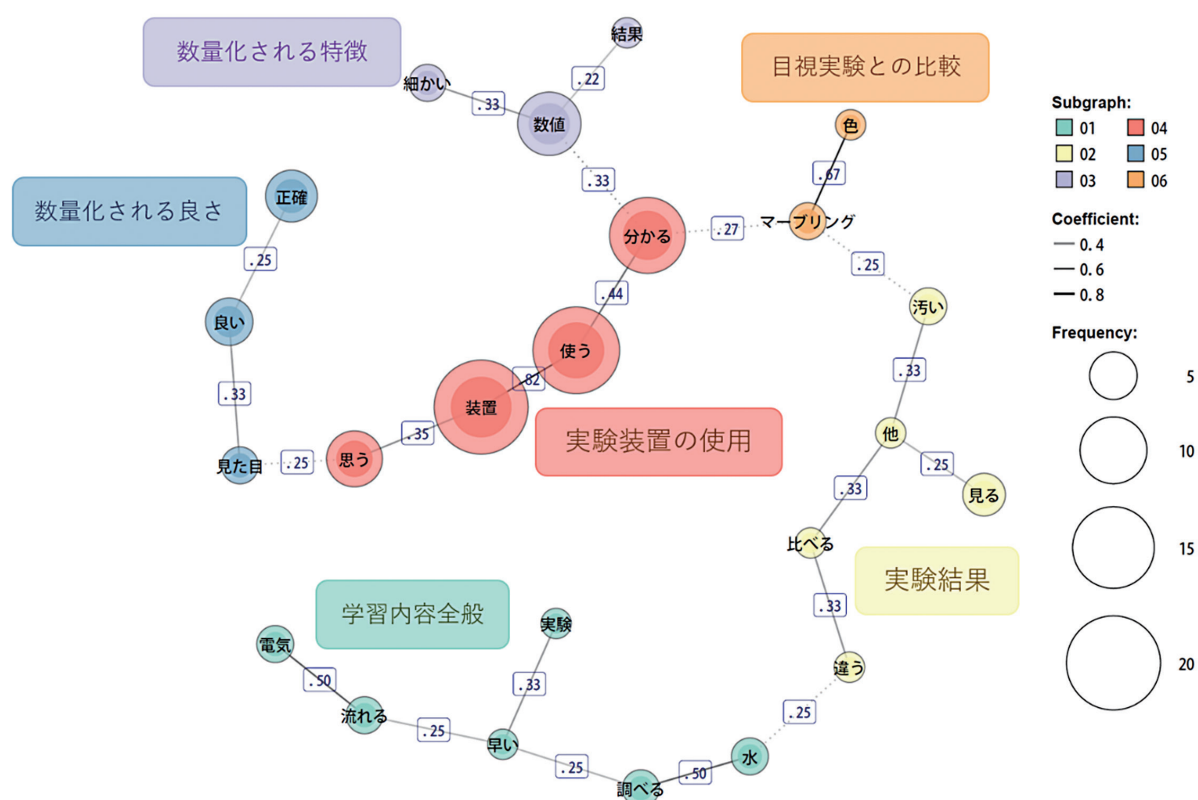


図14 Q2：プログラムとセンサーを用いた装置を使った感想の共起ネットワーク図

する」については、実験や川、理科や算数への興味や関連についての記述も見られた。

授業者からの本教材に対する考察として表4のようなコメントが得られた。プログラミング教育も同様で

あるが、STEM教育においても教科特有の体系化された指導事項・指導順序を飛び越えた体験が可能になる。児童たちの混乱につながる疑問点が生じる可能性に留意することの重要性が確認された。

表4 授業者からのコメント

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 小学校理科においては、文部科学省(2017)の考え方として「比較」および「関連付け」が重要であり、これは情報活用能力としても大切な思考力である。その点においては、電圧の大きさと水質を「関係付けて」水質について考察しているところに四年生の理科で身に付けさせたい科学的な思考が現れていると思われる。</li> <li>・ パックテストやマーブリングという方法をセンサーと「比較」して、センサ(実験方法)の有用性に気付いているところも科学的な考え方につながるのではないかと。</li> <li>・ 水の水質を調べるにあたり、王道とも言えるパックテストで調べる際には、例えばみそ汁などは濾過する必要があるとあったり、結果は視覚的で感覚材の最大のメリットであると考えられる。より結果の妥当性が高まり、納得がいくからである。今回の実験結果からも、「水は電気が流れない」「生き物が棲む学校の池と梅田川の水を流れる電気の量は同じ</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>くらいである」「みそ汁は、電気を通すものがたくさん含まれている」ことが結果から明白となった。</li> <li>・ 一方で、本実践を行うにあたり、一点、懸念されることがあった。それは、液体と電気の関係性である。小学校段階では、「金属は電気を通す」概念のみを学習する。そのため、本実験を行う前にも、一つ二つ子供に予備的な知識を与えなければならなかった。「なぜ液体なのに電気が流れるのだろう」など、本時に学ばせたいこと以外の疑問が生じることは容易に考えられるため、事前にそれを排除させておく必要がある。</li> <li>・ 実践では、本教材の他にも、パックテストやマーブリングによる水質検査も行った。それら複数の結果を組み合わせることで、本教材で得られた結論がより深まるとともに、その他の実験でも本教材における結果が根拠ともなり、相乗的な効果を発揮することができたと思う。</li> </ul> |
|--|---|

## 5. おわりに

本研究では、小学校段階にSTEM教育の観点を取り入れた水質調査用教材を開発することと、その教材の効果と情報活用能力との関わりについて考察することを目的とした。新規性という点だけの楽しさや、デジタルな処理が優れているという短絡的な理解になることを懸念したが、アナログな方法との比較を通して、情報の特長を考察するという情報活用能力を意識化させる授業設計により、以下のように情報活用能力の体系表例に示される項目との関連する記述や、STEM教育の要素と関連する記述が見られ教科の学びを統合していることがうかがえる結果を得ることができた。

センサーの結果をグラフ描画したことから分かったこととして、以下のトピックが特徴的であった。

- ・理科との関係について
- ・実験内容全般の数量的な考察
- ・ECセンサーで電気が流れたことの考察

プログラムとセンサーを用いた装置を使った感想からは、以下のトピックが特徴的であった。

- ・数量化される特徴
- ・数量化される良さ
- ・目視実験との比較
- ・プログラムとセンサーを用いた実験装置の使用

そして情報活用能力と関連については、以下の点が挙げられた。

- ・「調査や資料等による基本的な情報の収集の方法」
- ・「観点を決めた表やグラフを用いた情報の整理の方法」
- ・「情報の特徴、傾向、変化を捉える方法」
- ・「調査や資料等から情報を収集し、情報同士のつながりを見つけ、観点を決めた簡易な表やグラフ等や習得した『考えるための技法』を用いて情報を整理する」
- ・「情報を抽象化するなどして全体的な特徴や要点を捉え、新たな考えや意味を見出す」
- ・「新たな視点を受け入れて検討しようとする」

しかし、小学校第4学年での感想の記述のテキストマイニングであることから、児童たちが感じたことや学びが十分に言語化できていない可能性もある。開発した教材の効果については今後より多くの児童を対象に同様の分析を行うことと、単元設定的に可能であればこの結果について考察する時間を多くとることで、

より多くの記述を引き出して分析する必要がある。また、本教材の効果をより検証するためには、教材を利用する対象者を増やすと同時に、教材を使用する群と使用しない群とで比較可能な実験計画で検証する必要がある。

技術的には、アーテックロボ2.0はWi-Fi接続の機能も備わっているため、遠隔操作を用いた実験などの拡張も検討することができることを活かせば、人が立ち入ることができない災害での現場の調査や自然探索などへの可能性に気づかせられる可能性がある。

## 付記

本研究において、三宅は、(株)アーテック 教育ネットワーク推進事業主幹、早川は、同社 企画室グラフィックチーム コンテンツ担当であるが、本研究の結果解釈や結論に(株)アーテック社の影響はない。

授業の設計に関しては、安藤、新田、渡部及び上杉らで行い、分析については安藤が中心となり実施し、共同研究者全体で妥当性を協議している。教材の技術的な開発は、三宅、早川が担当している。

## 引用・参考文献

- 赤堀侃司 (2017) 「プログラミング教育の現状についての考察」『CRET年報』第2号, pp.19-34.
- Brown, J., Brown, R., Merrill, C. (2012) *Science and technology educator's enacted curriculum: areas of possible collaboration for an integrative STEM approach in public schools.*, *Technology Teacher* 71 (4), pp.30-34
- 中央教育審議会 (2019) 『初等中等教育分科会 教育課程部会 (112 回) 配布資料』資料5-2
- 中央教育審議会 (2021) 『初等中等教育分科会 (第129回)・新しい時代の初等中等教育の在り方特別部会 (第19回) 合同会議 教育課程部会における審議のまとめ (案)』配布資料6-1.
- Jayarajah, K., Saat, R.M., Rauf, R.A.A. (2014) *A review of science, technology, engineering & Mathematics (STEM) education research from 1999-2013, a Malaysian perspective*, *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education* 10 (3), pp.155-163
- 北澤武・宮村連理 (2019) 「児童生徒の情報活用能力

- に着目した STEM/STEAM 教育の試み」『日本科学教育学会第43回年会論文集』, pp.89-90
- Microsoft (2020) Hacking STEM Measuring Water Quality to Understand Human Impact, <https://www.microsoft.com/en-us/education/education-workshop/conductivity-sensor.aspx> (参照日: 2020/9/12)
- 文部科学省 (2017) 「小学校学習指導要領 (平成29年告示)」, 50
- 文部科学省 (2020) 「情報活用能力の体系表例 (IE-Schoolにおける指導計画を基にステップ別に整理したもの) (令和元年度版) 全体版」, [https://www.mext.go.jp/content/20201014-mxt\\_jogai01-100003163\\_005.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20201014-mxt_jogai01-100003163_005.pdf) (参照日: 2021/2/1)
- Moore, T. J., Smith, K.A. (2014) Advancing the state of the art of stem integration, *Journal of STEM Education* 15 (1), pp.5-10
- 胸組虎胤 (2019) 「STEM教育と STEAM教育—歴史, 定義, 学問分野統合—」『鳴門教育大学研究紀要』第34巻, pp.58-72



