

「理科的思考」に価値を見出す児童の育成 —ARCSモデルと4MATシステムを融合した理科授業デザインを通して—

教職実践基礎領域
紙谷 拓実

I. はじめに

現在、科学技術や人工知能の発達により急激な技術革新や社会変化が進んでいる。その結果、子どもたちの周りには便利なツールが溢れ、情報を得ることは容易になった。そのような中、内閣府は未来社会のコンセプトとして Society5.0 を提唱し、「①文章や情報を正確に読み解き、対話する力、②科学的に思考・吟味し活用する力、③価値を見つけ生み出す感性と力、好奇心・探究力」の3つの力や非認知能力がこれからの社会において重要だと挙げている。

また、新学習指導要領が平成29年3月に告示され、小学校学習指導要領解説理科編（平成29年7月、以後「解説理科編」と示す）では、国際調査において理科を学ぶことに対する関心・意欲や意義・有用性に対する認識について肯定的な回答割合が低いことや「観察・実験の結果などを整理・分析した上で、解釈考察し、説明すること」などの資質能力に課題があるとしている。そこで、子どもたちが様々な変化に積極的に向き合い、他者と協働して課題を解決していくことや、様々な情報を見極め知識の概念的な理解を実現し情報を再構成するなどして新たな価値につなげていくこと、複雑な状況変化の中で目的を再構築することが求められていると考える。

それらを踏まえ、本研究では、理科の授業を通して「②科学的に思考・吟味し活用する力、③価値を見つけ生み出す感性と力、好奇心・探究力」を育むために、児童自身が思考することに価値を見出し、理科の面白さや有用性を認識できる実践を目指す。

II. 主題設定の理由

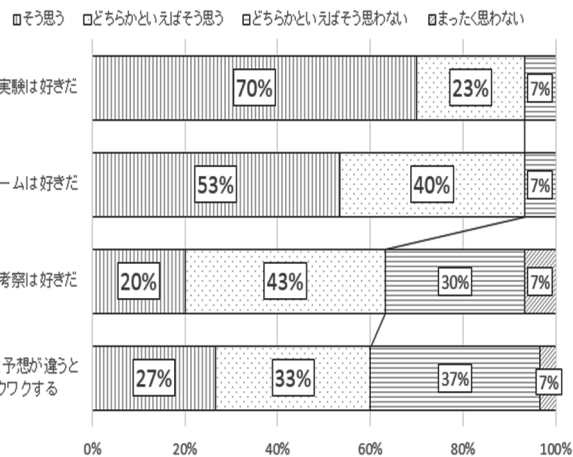
1 児童の実態

本校の児童の理科に対する意識を分析するために、令和元年10月、5年生1学級（30名）を対象に4件法でアンケートを実施した。（資料1）資料1に示すアンケートの結果から「理科の実験が好きだ」という質問項目に「そう思う」・「どちらかといえばそう思う」と肯定的に答える児童は93%であった。また、理科とは関係のない「ゲームが好きだ」という質問項目について肯定的に答える児童も同様に93%であった。さらに、この2つの質問項目には強い正の相関が見られた。

（相関係数=0.73）これらの結果から、実験が好きだと肯定的に捉えた児童は、実験の活動的楽しさに価値を見出していると考えられる。一方、「理科の考察が好きだ」と肯定的に答える児童は63%、「予想と結果が違

うとワクワクする」と肯定的に答える児童は60%に留まっており、理科の本質である問題解決の過程に価値を見出している児童は減少傾向にあると考えられる。

【資料1】理科に関する事前アンケート（n=30）



2 今後求められる理科の授業づくり

解説理科編では、問題解決型学習の過程で資質・能力が養われるような指導の重要性を述べている。1) 特に、「思考力・判断力・表現力」の育成においては、日常生活や他教科等との関連を図った学習活動や、目的を設定し、計測して制御するといった考え方に基づいた観察、実験や、ものづくりの活動の充実を図ったり日常生活や学習内容の理解を深めたりする活動を行うこと、理科の面白さを感じたり、理科を学ぶことの意義や有用性を認識したりすることが求められている。

3 理科の資質・能力を育成する学習過程

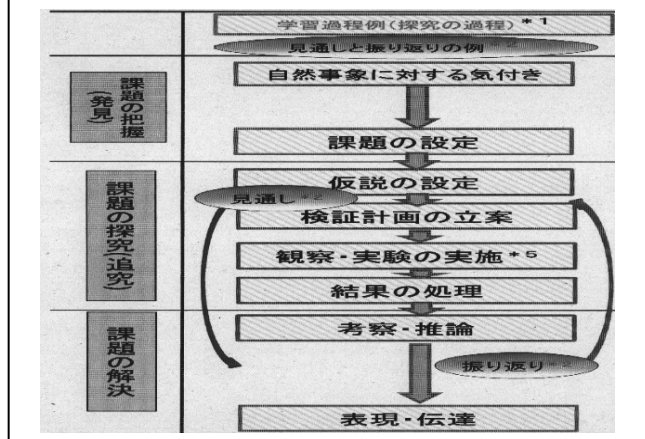
理科の資質・能力を育成するために重視すべき学習過程として、中央教育審議会の理科ワーキンググループは高等学校を例に挙げ、資料2のような学習過程²⁾を提示し、小学校においても基本的に同様の流れで学習過程を捉えることが必要とした。

以上のことから、実験結果を整理し、考察するといった単なる思考力の育成をめざすのではなく、「理科的思考」を次のように定義した上で、その「理科的思考」に価値を見出す児童の育成を目指して本研究の主題設定をした。

[理科的思考の定義]

課題の把握・課題の追究・課題の解決の過程を通して問題解決に至るまでの思考過程

【資料2】資質・能力を育成するために重視すべき学習過程（筆者一部抜粋）



Ⅲ. 先行研究の考察

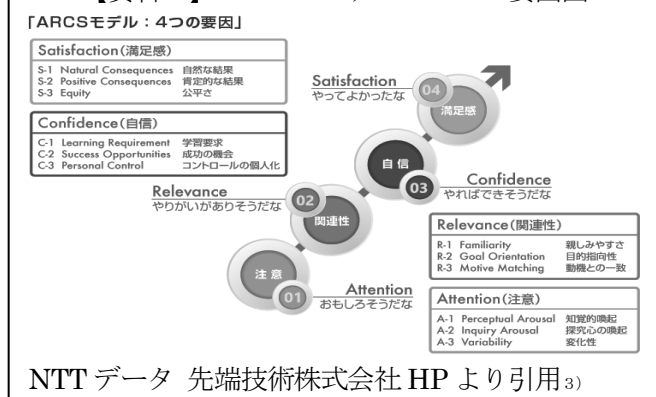
先行研究を踏まえ、本研究における手だてについて考察する。

1 ARCSモデル

ARCSモデルとは John M. Keller によって提唱された動機付けモデルで、「学習の動機付けは4つの側面から成り立っている」と定義されている。4つの側面は、「Attention(注意):おもしろそうだ、Relevance (関連性): やりがいがありそうだ、Confidence (自信): やればできそうだ、Satisfaction (満足感): やってよかった」(資料3)があり、これらを満たすことで学習者が意欲的に取り組むことができるとされている。

そこで、本研究ではARCSモデルの4つの側面を理科の資質・能力を育成するために重視すべき学習過程に取り入れることで、思考力を育成し、「理科的思考」に価値を見出すことができると考える。

【資料3】ARCSモデル 4つの要因図



2 外発的動機付けから内発動機付けへの変容

ヴァンダービルト大学の Michael T. Treadway が率いる研究チームの報告によると、「人は無意識のうちに脳が損得勘定を計算し、報酬を得られる可能性が高いほど脳が活性化し意欲が高まる。ゆえに、努力できる人は報酬が得られる可能性が低くてもその可能性に価値を見出し脳が活性化する人だ」4) としている。

ここで述べられている報酬は金銭などの具体物だけ

ではなく、達成感や満足感も含まれている。よって、外発的動機付けが内発的動機付けへと変容するためには、外発的動機付けで与えた報酬への期待感を得るための過程で、新たな価値を見出したり、その過程に価値を見出したりする必要があると考える。

したがって、本研究ではARCSモデルのAの側面を満たす際、外発的動機付けを用いても、活動の過程で理科的思考に価値を見出すことができれば、理科的思考を肯定的に捉え、理科の面白さや有用性を認識できるようにすると考える。

3 4MATシステムとパフォーマンス課題

4MATシステムは、デューイ、コルブ、ユングなどの理論を背景として構築された構成主義的教授・学習論である。鈴木・森本 (2014) は理科の学習過程を4MATシステムに基づく、4つの学習スタイルや活動で説明することができ(資料4)、ブルーメンフェルドのプロジェクトベース学習とパフォーマンス課題を用いることで、主体的な探究活動が可能になり、思考力・表現力の育成が可能であると述べている。5)

本研究では、理科の学習過程を4MATシステムとして整理し、それぞれの象限に前述のARCSモデルによる4つの側面を1つずつ取り入れた理科授業デザインを用いることで、思考力が高まり「理科的思考」に価値を見出すことができると考える。

【資料4】4MATシステムを援用した理科授業デザイン

	4MATシステムの基本的な視点	理科授業における教授・学習活動
第1象限 問題把握的学習 "Why?"	・既概念について自覚する ・学びへの見直しを持つ	・生活経験や既概念から、学習についての問題を見出す ・自然現象への疑問や自分の考えを持ち、予想や仮説を立てる
第2象限 分析的学習 "What?"	・与えられた素材について、アナログ表現やデジタル表現を用いて分析する ・分析結果をわかりやすい表現を用いて整理する	・観察・実験結果についてスケッチや文章、グラフや表など様々な形態の情報を収集して整理する
第3象限 共通感覚的学習 "How?"	・事実を概念として表現する ・概念を用いて論理的に説明する ・概念を活用できるようにする	・自然現象に対する自分の概念を解釈を通じて明らかにする ・話し合いや発表を行って「共通感覚」から「常識」を作る過程を通して科学概念を構築する
第4象限 知識活用的学習 "If?"	・共通感覚から常識をつくる過程で構築された概念を活用して次の問題を構想する	・第1～第3象限の学習を振り返る ・構築された概念を活用して、新しい問題解決へ臨む

Ⅳ. 研究の概要

1 めざす子ども像

児童の実態及び、前述の理科の課題を踏まえ、本研究ではめざす子ども像を以下のように設定した。

思考力が高まり、「理科的思考」に価値を見出すことで理科の面白さや有用性を実感できる子ども

2 研究仮説

めざす子ども像に迫るため、先行研究を受けて以下のように研究仮説を立てる。

理科の授業において、「ARCSモデルと4MATシステムを融合した理科授業デザイン」を用いることで、児童の思考力が高まり、児童が「理科的思考」に価値を見出すことで理科の面白さや有用性を実感できるだろう。

3 研究の手だて

① ARCSモデルと4MATシステムの融合【手だて1】

- ・4MATシステムの各象限にARCSモデルの4つの側面を取り入れた単元構想の設定
- ・ARCSモデルの側面を満たすことができる教材・活動の工夫

② 創造的パフォーマンス課題【手だて2】

手だて1を踏まえ、ARCSモデルのAとSを満たし、解説理科編でも述べられている「ものづくりの活動」を取り入れるための手だてを講ずる。

- ・単元を通して、目標を見通すことができるパフォーマンス課題の設定
- ・ものづくりの活動によって、学びで得た知識を活用することで、思考を深め、達成感を味わえる工夫

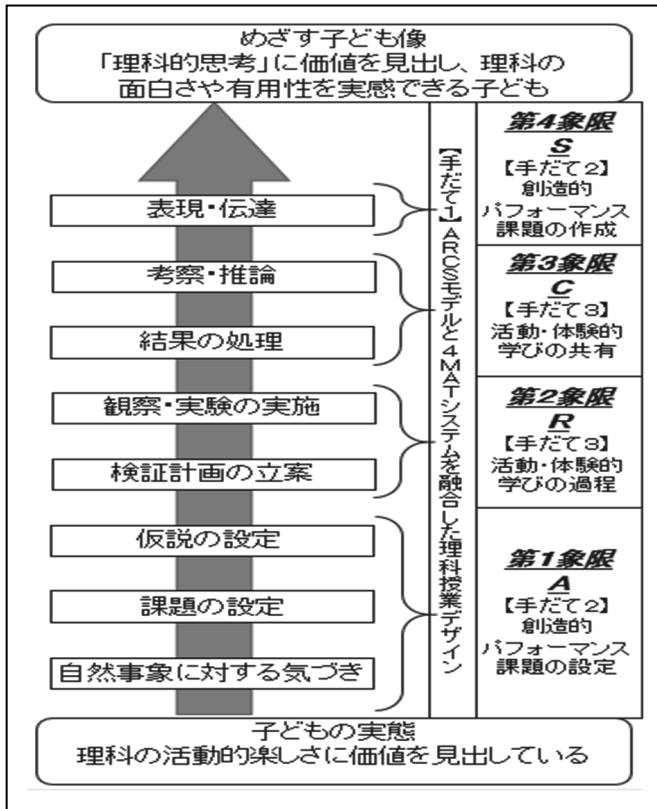
③ 活動・体験的学び【手だて3】

手だて1を踏まえ、ARCSモデルのRとCを満たすための手だてを講ずる。

- ・個人や班ごとに結果や過程が異なり、差異が出る実験や活動の工夫

4 研究構想図

以下は前述した手だてを理科の学習過程に取り入れ、まとめた研究構想図である。



5 検証方法

<量的検証> アンケートの実施

理科の興味とその理由を検証するにあたって、原田ら(2019)の「観察・実験に対する興味と学習方略との関連の検討」を参考に、16項目のアンケートを5件法で作成した。(資料5)

【資料5】 アンケート項目

1	理科では観察・実験があるから
2	理科の観察・実験にやりがい(難しさ)を感じるから
3	新しいことを知るから
4	自分の予想と実験結果が違うことがあるから
5	観察・実験の結果を実際に目で見るから
6	実験を自分たちで行うから
7	自分の知っていることが増えていくから
8	実験結果からきまりを見つけるから
9	理科でしか見ることができないものがあるから
10	自分たちで問題や疑問を解決するから
11	理科では新しいことを自由に考えたり、予想したりするから
12	予想と結果を比べて考えるから
13	今まで使ったことがないものを使うから
14	実験が成功するか失敗するか分からないから
15	新しい発見があるから
16	疑問に思ったことを考え解決するから

田中(2015) ⁶⁾ は価値の認知による興味の質的な違いを興味の深さとして捉え、それを弁別して測定できる心理尺度を開発している。理科に対する興味は、「実験体験型興味」、「驚き発見型興味」、「達成感情型興味」、「知識獲得型興味」、「思考活性型興味」、「日常関連型興味」の6つに分類することができ、それぞれの興味について、浅い興味である「感情的興味」と深い興味である「価値的興味」に大別できると述べている。

原田ら(2019)は、田中(2015)の理論的枠組みを基礎として、観察・実験における興味感情の因子構造を開発し、因子構造を反映した尺度得点の算出方法を作成している。因子構造としてg因子・体験志向・知識獲得志向・思考活性志向の4つの因子で分類している。g因子とは、すべての質問項目に共通する一般因子(general factor)のことであり、他の3つの因子に影響を及ぼす潜在変数のことである。本研究の質問項目は理科に対する感情の理由について聞いているため、理科に対する肯定的な感情の程度を反映しているとされ、すべての質問項目の平均値を用いて得点化する。(表1) また、g因子以外の因子についてはそれぞれの質問項目の結果を用いて2つの方法で得点化する。1つは、各因子の質問項目(体験志向はQ1.5.9.13の4項目、知識獲得志向はQ3.7.11.15の4項目、思考活性志向はQ4,8,12,16の4項目)の平均値をそれぞれ得点とする方法で(方法A) もう1つは、g因子の影響を取り除くためg因子得点との差得点を各因子の得点とする。(方法B)

【表1】 アンケート分析の得点化について

g因子の得点化	$\frac{1}{16} \sum_{i=1}^{16} X_i$
方法A (例: 体験志向)	$\frac{1}{4} (X_1 + X_5 + X_9 + X_{13})$
方法B (例: 体験志向)	$\frac{1}{4} (X_1 + X_5 + X_9 + X_{13}) - g$ 因子得点

方法Aの得点からはg因子の影響を含んだ各因子の得点が得られる。よって理科における各因子の子どもたちの興味感情を表すことができると考えられる。

方法Bの得点は、g因子の影響を取り除いた差得点であるため、項目全体に対する回答傾向よりも、その下位概念に該当する項目に対してどの程度高く(低く)回答したかを表すことができる。つまり、子どもたちが理科を好きかどうか判断するのにどれだけ、その因子が影響を与えたかを表すことができると考えられる。

なお、体験志向得点は浅い興味である感情的興味に分類され、知識獲得志向得点・思考活性志向得点は深い興味である価値的興味に分類される。

本研究では、知識獲得志向得点と思考活性志向得点の数値から「理科的思考」の価値化について分析を進める。

＜質的検証＞ ワークシートの記述

授業で用いるワークシートの記述から学年全体と抽出児2名を設定し両方から分析を行った。

VI. 授業実践 I 「生物どうしの関わりと地球環境」

1 調査対象

刈谷市立公立小学校 第6学年 3学級121名

2 調査時期：令和2年9～10月

3 実践の内容

【単元について】

本単元は、「生物どうしのかかわり」と「生物と地球環境」(大日本図書)の2単元を1単元にまとめて構成したものである。生物が生きていく過程で、他の生物や環境にどのような影響があるのかを知り、大切にしなければならないことに気づくことがねらいである。

【具体的な手だてについて】

＜手だて1＞ARCSモデルと4MATシステムの融合

単元を通して理科の学習過程が行えるように意識した単元構想を行い、授業時間ごとに4MATシステムの象限とARCSモデルの側面を取り入れた授業構想を行った。また、単元の目標を達成するために子どもにどのような問題を解決しなければならないのかを考えさせ単元内で小さな問題解決を複数行うようにした。

＜手だて2＞創造的パフォーマンス課題

本単元では、「密閉瓶の中でアカヒレ(魚)が生き続けるためにはどうすればよいか」を単元の目標とした。単元の終わりに、クラスで1つの密閉瓶を用意し、その中に何が必要かを考えさせ、デザインすることをパフォーマンス課題とし、教室の後ろに掲示し継続的に観察できるようにした。

ARCSモデルの側面では、AとSの側面を満たすことを期待した。Aでは、「密閉瓶で魚を飼育し続けるための不思議」Sでは、「実際に飼育することができた達成感」で満たすことができると考えた。

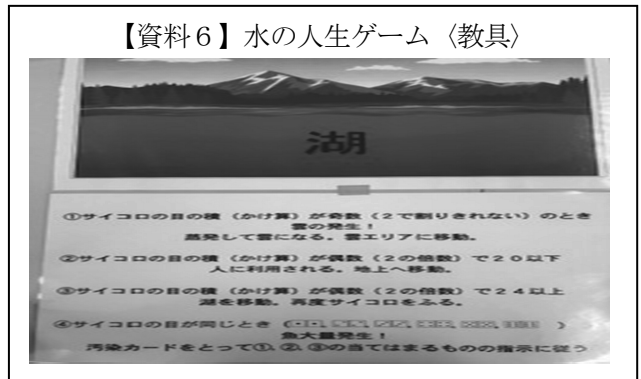
＜手だて3＞活動・体験的学び

本単元は生物分野であるためモデル実験を用いたゲーム性のある「①水の人生ゲーム」と「②弱肉強食ゲーム」を行った。

＜手だて3-①＞水の人生ゲーム

①水の人生ゲームとは、「プロジェクトWET」で紹介されている「驚異の旅」と「塵も積もれば」を筆者が独自に改良した教材である。子どもたち自身が水となり2つのサイコロの出た目に応じて場所を移動したり、イベントが起こったりする活動である。水が存在する場所は海・川・雲・地下水・湖・地上(使われる水)の6か所とした。

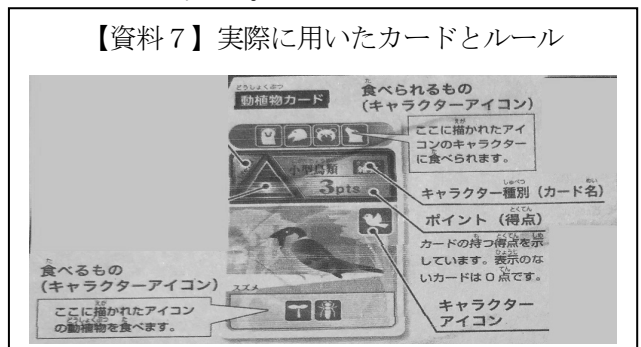
イベント内では、水が汚れる現象が発生し、汚染カードを取ることがある。この活動を通して水は地球上を循環していること。また、汚染はきれいにしている存在がなければ、海などに少しずつ溜まっていくことに気づき、水の大切さや浄水の大切さについて考えることができる教材である。(資料6)



＜手だて3-②＞弱肉強食ゲーム

②弱肉強食ゲームとは、陸と海の生態系における食べる・食べられるの関係や環境変化による影響を理解できるように、株式会社アーテックによって考案・販売されている「食物連鎖カードゲーム」を用いて、筆者がルールを独自に改良したものである。七並べのようにカード上に示されている食べる・食べられるの関係がつながるように食物連鎖ピラミッドを完成させるゲームである。

本教材で自分や他者が完成させたピラミッドを比較させることで生物どうしは多くの関わりがあることや、食物連鎖のはじまりは植物であることに気づかせることができる。と考える。



以上述べてきた手だてを取り入れて単元構想をし、まとめたものが下記の単元構想図である。

【単元構想図】 9時間完了

第一象限 (A) (注意)	○話をせずに密閉状態で1ヵ月間魚が生き続けたことを知る。 ○単元の終わりに、クラスで瓶に入れるものを決め飼育していくことを伝える。 ・どうしたら世話をしなくても飼育できるのだろうか？		
	①密閉したビンの中で魚を飼育できるのだろうか？ (手だて2 創造的パフォーマンス課題)		
第二象限 (R) (やりがい)	○ビンの中に何をいれる必要があるか予想を立て、問題を見出す。 ・酸素がなくなるのかな？..... 問題1 ・糞などで水が汚れても大丈夫なのかな？..... 問題2 ・エサは何を食べていて、なくなるのかな？..... 問題3		
	問題1「酸素問題」(2時間) ○酸素はどうやってできているのか予想を立て、調べる方法を考える。 ・植物がつくっていると思う ・光が必要なのかな？ ②酸素はどうやってできているのだろうか？ (計画の立案) ・日光だと水温が上がってしまうからLEDでやろう	問題2「水問題」(2時間) ④わたしたちが使う水はなくなるのだろうか？ (手だて3 水の人生ゲーム) ○わたしたちが使う水が循環していることを知る。 ・水は循環しているから大切にしないといけないね。 ・汚れが溜まっていくね。 ・水をきれいにする役割が必要だね。	問題3「エサ問題」(4時間) ○魚を飼育するために必要なものを調べよう ○インターネットを使って、自然界の魚のエサが何かを調べる。 ・ミジンコなどの小さな生き物を食べているんだね。 ⑤⑦の生き物のエサをたどると何に行き着くのだろうか？ (手だて3 探検的学習ゲーム) ○生き物のエサをたどると植物に行き着くことを知る。 ・食べ物も循環しているね。 ・ビンの中で、循環ができてよう。
	③酸素はどうやってできているのだろうか？ (結果の処理・考察) ・植物が光を使って酸素を出すんだね。 ・わたしたちが吸っている酸素は植物がつくったんだね。 ・ビンの中に植物を入れて、光を当てることが必要だね。	⑤魚を飼育するために必要なものを調べよう ○インターネットを使って水をきれいにする生物には、何がいるか調べる。 ・タンニンなどの貝類やエビが糞などを分解しているんだね。 ・目に見えない生物がいるみたいだね。	⑥水の中の小さな生き物を観察しよう ○顕微鏡を使って微生物の観察をする。 ・確かに小さな生き物が存在するんだね。
	第二次	第三次	第四次
	第四象限 (S) (満足感)	⑧密閉したビンでも魚が生き続けられる環境をつくろう (手だて2 創造的パフォーマンス課題) ○今までの学習を振り返り、ビンの中の環境を設定する。 ・光と植物は絶対に必要。 ・水は、川や池の水の方がいい。 ○ビンを作成し、継続的に飼育していく。 ・魚が生き続ける環境をつくることができてよかった。	
第五次			

※丸数字は授業時間を示す。

4. 授業の実際と考察

①第1次 課題設定場面 (第1時)

まず、導入として筆者が生態系バランスを考え、1ヵ月間、密閉状態が続いた密閉瓶 (資料8) を子どもたちに観察させた。その後、1ヵ月以上ふたを開けずに世話をしていないこと、そして単元の終わりに教室に1つの瓶を完成させ、みんなで卒業まで飼育していくことを伝えた。子どもたちは、「えーなんで生きてるの?」、「水替えもエサもなし?」と驚いた様子だった。

次に、どのようなことを解決する必要があるのかという課題を見出すために、現段階で瓶の中に何をいれる必要があるのか、また、どのような役割があるのかを予想させた。(資料9) 環境については、筆者が作成した密閉瓶の環境の様子や5年生で学習したメダカの飼育を参考に予想を立てていた。役割についても、自分なりに解決しなければならない課題を見つけ、その役割を担っているものが何かを考えて予想を立てることができていた。

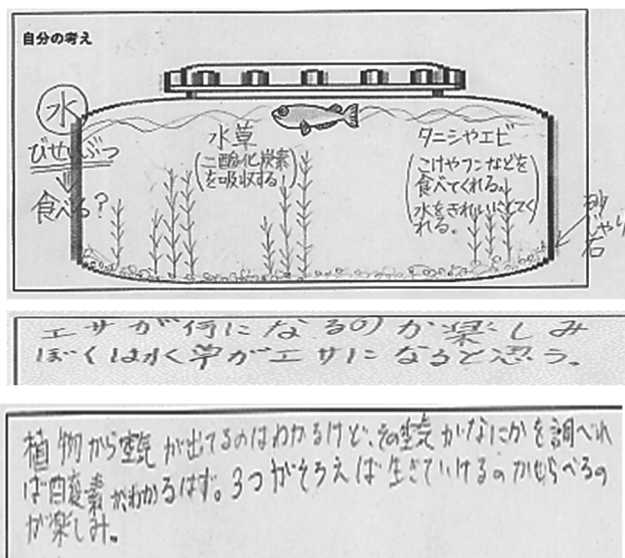
子どもたちの予想を全体で共有することで、解決しなければならない課題が大きく3つ見出された。「①酸素をどうやってGETしているのか?」、「②糞などをきれいにしてくれる生き物は何か?」、「③エサはどうしているのか?」である。子どもたちのワークシートの感想欄 (資料9) から「エサが何になるのか楽しみ。ぼくは水草がエサになると思う。」「植物から空気が出てるのはわかるけど、その空気がなにかを調べれば酸素かわかるはず。3つがそろえば生きていけるのかしらべるのが楽しみ。」といった記述が得られた。また、連絡帳の日記欄 (資料9) にも「酸素がどうやってできているのかがすごく気になりました。つぎの理科がたのしみです。」といった記述が得られた。

これらの記述から、子どもたち自身が課題を認識し、自分なりに予想を立てていることが伺える。また、「楽しみ」といった記述から手だて2である創造的パフォーマンス課題によってARCSモデルによるA (興味) の側面を満たすことができたと考える。さらに、見出した課題に対して前向きに調べようといった記述も見られるため、ARCSモデルのR (やりがい) の側面も満たすことができたと考える。

【資料8】 導入で提示した密閉瓶の環境



【資料9】 子どもたちの予想図と第1次の感想



2日の1日今日理科をやりました。酸素はど
うやってできているのか？と気になりました
た。つぎの理科がたのしみです。

②第2次 酸素問題の解決 (第2, 3時)

本次では、前時に出てきた課題の1つである酸素問題について調べた。前時の予想から多くの子が「植物(水草)が酸素を出しているのではないか?」と予想をしていたため、植物が酸素を出しているのかどうかを調べることにした。

第2時では、実験の方法について考えた。使う植物はホウセンカとした。始めは植物に日光を当てるものと当てないものを用意して、気体検知管と気体採取器を用いて調べる方法が挙げられた。しかし、議論を進めていく中で、「日光で酸素を出せたとしても、日光はいつもあるとは限らないから、魚のことを考えると人工の光で実験した方がいい。」という発言があった。そこで、教室の後ろのロッカー上でLEDライトを用いて実験を行うことにした。

第3時では、前時で考えた実験結果をまとめた。実験の結果からLED光を当てたホウセンカでは、二酸化炭素が減り、酸素が増える。また、光を当てないと酸素は減り、二酸化炭素が増えることが分かった。子どもたちは、そこから植物も呼吸をしていること、また、私たちが呼吸や活動によって出した二酸化炭素は植物によって酸素に変えられ、循環していることに気づくことができた。さらに、瓶の中にも目を向け魚が呼吸で出した二酸化炭素を酸素に変える役割が水草にあることに気づくこともできた。子どもたちのワークシートの記述にも「水草をいれて酸素を作ってくれば魚の酸素の事はもう大丈夫だなと思いました。」とあった。また、「ただまだもんだいはたくさんあるので、がんばりたいです。」(資料10)という記述も見られた。

これらの記述から、実験にやりがい(目的意識)をもって取り組み、実験結果から酸素問題について解決したと実感(自信)していると考えられる。また、他の問題に目を向けることができおり、単元を貫いた目標によって見通しをもって学習を進めていることが考えられる。

【資料10】第2次を終えての感想

草は光をあてれば二酸化炭素を使って酸素を作る事がわかったので、水草をいれて酸素を作ってくれば魚の酸素の事はもう大丈夫だなと思いました。ただまだもんだいはたくさんあるので、がんばりたいです。

③第3次 水問題の解決 (第4, 5時)

本次では、水問題の解決を図った。瓶の中に目を向けさせる前に、実際にわたしたちが利用している水について考えることで、地球上の水が循環していることや水をきれいにする存在の必要性の理解を深めること

をねらいとした。

第4時では、手だて2である「水の人生ゲーム」を行った。理科室の机上海や川など地球上に水が存在する場所に見立て、水の移動を実感し循環していることを体験できるようにした。

子どもたちは活動の中で、海からなかなか抜け出せず、水の多くは海に存在していることを実感している様子だった。また、活動後に海に捨てられた汚染カードの量を見て、「そんなにたまっているのー」と驚いた様子だった。活動の結果をまとめる場面では、一人一人違ったルートで移動しており、共通点・相違点を中心に議論を進めた。議論の中で「海→雲→川→海と水がぐるぐる回っている」や「地上で使われると水が汚れて海までいってしまう」という発言や気づきが見られた。授業の感想では、水が循環しており、どんどん汚くなっていってしまうことを問題として捉えるような記述が見られた。

第5時では、水が次第に汚れてしまうため水をきれいにする役割をもつ生物が何か?また、魚のエサが何か?など子どもが疑問に思ったことについてコンピューターを用いて調べることにした。

子どもたちは、単元の始めに筆者が作成した密閉瓶の中の環境から、エビ・タニシが水をきれいにする役割を担っており、どちらか一方だけでもよいと考える子もいた。しかし、調べた結果から魚が出した排出物をエビが食べ、エビが出す排出物や発生する藻などを食べるのがタニシの役割だと知った。エビとタニシには関わりがあることに加え、「両方を密閉瓶の中に入れることで密閉瓶の中の水が循環して水問題は解決できると思う。」といった発言が見られた。

以上のことから子どもたちの中で、調べた結果から水問題は解決したと実感していると考えられる。

④第4次 エサ問題の解決 (第5, 6, 7, 8時)

本次では、エサ問題の解決を図った。まず、コンピューターを用いて、魚(メダカやアカヒレ)のエサが何かを調べた。調べた結果から、植物の葉や目に見えない小さな生き物(ミジンコなど)をエサとしていたことを知った。エサ問題が解決したと考えた子もいたが、前述にある水問題の解決の過程からエビ・タニシの関わりに注目させ、視野を広げ地球上のエサについての生物の関係について深めていくことにした。

第6, 7時では、弱肉強食ゲームを行った。ゲームの過程で子どもたちは、自分が完成させたピラミッドと他者が完成させたピラミッドを比較して考えている姿が見られた。ゲームから分かったことの記述(資料11)では、「小さい動物がいなかったら、大がたの動物が食べるものがなくなってしまふ。」と食べる・食べられるの関係で生き物がつながっていることや、「弱い生き物の方が強い生き物よりも多い。」と生き物の数に注目した内容も見られた。また、「植物やプランクトンの

えさがなかったら、ほかの生き物たちは生きていられなくて、強いものが弱いものを食べていく順番も続かない。だから大事なことは、植物と植物プランクトンというえさがあればいい。」という記述から植物と食物連鎖の関係から密閉瓶について考え、魚のエサとなるミジンコだけではなく、そのエサについても着目していると考えられる。

そこで、実際に目に見えない微生物が確かに存在しているかを確認していないため、次時で顕微鏡を用いて観察・スケッチを行うことにした。

【資料11】弱肉強食ゲームを終えての感想

プランクトンみたいに小さい動物が11なると、大きな動物が食べる動物が1つだけある。弱い生き物の方が強い生き物よりたくさん(食べられる) (食べる)

思ったことは植物やプランクトンのえさがあったら、ほかの生き物たちは生きていられなくて強いものが弱いものを食べていく順番も続かない。だから大事なことは植物と植物プランクトンというえさがあればいいと

第8時では、微生物の観察を行った。ゲームに登場した微生物を観察し、動物プランクトンと植物プランクトンの違いを意識して観察・スケッチに取り組む姿が見られた。また、池や川の水にはこういった生物が含まれていて「きれいに見えるけど、実は汚いかもしれないんだ」と発言する子もいた。

以上のことから、目に見えない小さな生物が含まれる環境設定が必要であり、生物の関わりについて意識することが大切だと考え、エサ問題を解決できると実感していると考えられる。

第5次 密閉瓶の環境設定 (第9時)

第9時では、クラスで作成する密閉瓶の環境設定を行った。ワークシートに自分の考えを記入させた後、クラスでどうしても必要なか理由も含めて議論を進めて瓶の環境を設定した。

子どもたちのワークシートでは、今までの学習を活かし、自ら3つの問題を解決できたかを意識し、必要な理由をきちんと説明している記述が見られた。(資料12) また、単元の感想では「魚が生きてけるためにエサとかの問題を解決したので魚はぜったい生きてけると思います。」(資料13) などの記述が見られた。

これらの記述から、単元の学びから自信をもって創造的パフォーマンス課題に取り組むことができたと考えられる。作成した密閉瓶(資料14)を教室で飼育続けることで、自分たちの考えの妥当性を確認でき、達成感・満足感であるSの側面を満たすことができると考える。

【資料12】パフォーマンス課題の回答

1 魚が生きていくために必要なものをすべて書こう!

2 どうして必要なかを書こう!

必要なもの	役割
水	池や川の水を用いた。魚の食料となるミジンコが入っている可能性
水草	二酸化炭素を吸収
砂	魚を落ちつかせる・水質いい
微生物	ふんを食べる・餌の食べ物にする エサ・エサを準備→増える
タニシ	水をきれいにする
石	魚がかくれやすい
日光・人の光	水草が日光に当たると酸素がふられるから、魚が生き

【資料13】単元を終えての感想

魚が生きてけるためにエサとかの問題を解決したので魚はぜったい生きてけると思います。

【資料14】子どもが環境設定をした密閉瓶



VII. 研究の成果と課題

1 検証結果

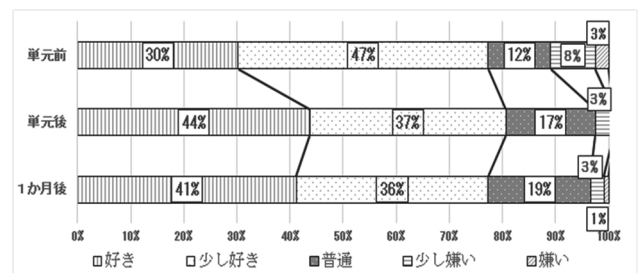
① 量的検証(アンケート結果)からの考察

単元前後と1か月間、密閉瓶を観察した後に行ったアンケートで回答を得られた3学級116人を対象に前述の方法で得点化を行った。回答は「①当てはまる(5点) ②やや当てはまる(4点) ③どちらともいえない(3点) ④あまり当てはまらない(2点) ⑤当てはまらない(1点)」として得点化を行った。

以下に理科の興味、単元前後・1か月後における得点の結果を示す。

【資料15】アンケートの結果

① 理科が好きかどうか? (n=116)



② 各因子得点の結果

	g 得点	方法A			方法B		
		体験志向	知識獲得志向	思考活性志向	体験志向	知識獲得志向	思考活性志向
単元前	3.64	3.97	3.78	3.30	0.33	0.15	-0.34
単元後	3.87	4.24	4.00	3.49	0.37	0.13	-0.38
1か月後	3.84	4.10	3.99	3.53	0.26	0.15	-0.30

各項目において一元配置分散分析を両側5%水準で行い、多重比較として Bonfferoni 法を用いた。g 得点・方法Aの単元後と1ヵ月後の全項目、方法Bの知識獲得志向を除き、有意水準だと認められた。分散分析: $F(2,345) > 3.02, p < .05$ 多重比較: t 検定 ($p < .017$)

方法Bの知識獲得志向で有意性が認められなかったことについては、研究前から知識の活用問題を行っており、価値化が進んでいたことが考えられる。

単元前と単元後の比較から、理科が好き・少し好きと肯定的に回答した子どもの割合は上昇した。また、g 得点も単元前後で0.2ポイントほど上昇が見られた。このことから、単元を通して子どもたちの理科に対する興味が増えたと考えることができる。

さらに、方法Aの各因子得点において、深い興味である知識獲得志向と思考活性志向の得点も上昇が見られた。このことから、子どもたちは理科の環境的要因ではなく思考過程に興味をもつことができたと考えられる。しかし、方法Bにおける因子得点では体験志向については上昇が見られたものの、思考活性志向では下降が見られた。よって、子どもたちが理科が好きかどうかを判断する大きな要因は体験志向の影響が大きいと考えられ、単元後における理科に対する興味の上昇は、浅い興味である体験志向によるものだと考えられる。

単元後と1か月後の比較から、g 得点・方法Aにおける因子得点に大きな変化は見られなかった。よって理科に対する興味感情は維持されたと言える。しかし、方法Bにおける各因子得点は、体験志向得点において下降傾向が見られ、思考活性志向得点においては上昇傾向が見られた。ゆえに、単元1か月後における理科に対する興味では、深い興味である思考活性志向の影響が大きくなり、浅い興味である体験志向の影響が小さくなったと考えられる。よって、子どもたちが「理科的思考」に価値を見出したと考えられる。

以上の結果からその要因について考察する。まず、単元後において方法Bにおける体験志向得点に上昇が見られ、思考活性志向得点に下降が見られたことについて述べる。単元直後において、子どもたちは単元の内容を理科の身近に感じるため、単元内容の影響が大きいと考えられる。単元では、手だて③「活動・体験的学び」が多く取り入れられていた。また、密閉瓶の環境設定をただけであり、実際に教室で育てていな

い状態であったため、手だて②「創造的パフォーマンス課題」の影響が小さかったことが要因の1つとして挙げられる。

次に1か月後において方法Bにおける体験志向得点が単元前より下降し、思考活性志向得点が上昇したことについて述べる。ここでは、2つの要因が考えられる。1つ目は手だて②「創造的パフォーマンス課題」の影響である。1か月間、自分たちで考えた密閉瓶を観察し、魚が生き続けることができたことを実感し、達成感・満足感を味わえたことから、子どもたちの中で「考えることをしてよかった」という思考に対する価値が高まり、理科の興味が維持されたと考えられる。2つ目は興味の深化にかかる時間である。田中(2013)は、浅い興味から深い興味の変容はについて「一時的にポジティブ感情(浅い興味)を高め、それに加えて具体的な達成目標を提示して課題への関わりを維持させる。」ことが大切であるとしている。よって、単元内で行った浅い興味を高める、手だて③「活動・体験的学び」が手だて②「創造的パフォーマンス課題」に関わっていたため、子どもたちの中で課題の達成を感じた1か月後に影響が表れたことが挙げられる。

②質的検証(抽出児の結果)からの考察

<抽出児Aについて>

自ら発言することは多くなく、他者の意見をよく聞くことができる反面、他者の意見に流されやすい。単元前のアンケートから、理科に対して肯定的であるが知識獲得志向による影響が大きい。

抽出児Aは知識獲得志向が高いため、A児の実態を踏まえ考えると他者と協力して、理解をすることから理科が好きだと感じていることが伺える。

<抽出児Bについて>

どの教科においても一生懸命に取り組むことができる。テストでよい点を獲得することを目標にしている。単元前のアンケート結果では、理科に対して「普通」と回答しており、どのようにまとめたり、理由を考えたりするのが難しいから思考場面が嫌いだと回答している。

抽出児Bは、実態とアンケートから知識を得たいと思う反面、思考することに苦手意識を抱えていることが、理科に対する興味の回答に大きな影響を与えていると考えられる。

第1次のワークシートの感想で、抽出児Aは「○○することが分かった。」(資料16)という記述が多く見られ、他者の意見を踏まえた理解したことに興味をもっていることが伺える。また、抽出児Bは「Cくんが○○と言っていたけど…不思議に思いました。」「エサは何を食べているのかとても気になりました。」という記述が見られた。(資料17) 創造的パフォーマンス課

題を解決するために、問題について前向きに考えようとしていることが伺える。

【資料16】抽出児Aの初発の感想

魚がビンの中で生きていくには酸素やエサや水をきれいにしてくれるの水、小石が必^じ要だ^いということが分かりました。すべて魚が生きていくために必要なものがあってないと魚が死んでしまうことが分かりました。

【資料17】抽出児Bの初発の感想

C くんが水草は酸素を出すと言っていてどうやら、酸素を出すのか何で酸素を出すかすごく不思議に思いました。あとエサは何を食べているのかも気になりました。

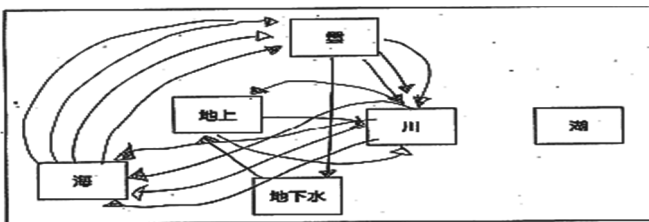
しかし、第2次の感想で抽出児Aは「〇〇することが分かった。」という記述に加え、「魚がすごするために必要なので、何が必要か調べていきたい。」(資料18)という記述が見られた。酸素問題の解決を通して、密閉瓶に目を向け単元の目標の解決に自ら見通しをもち始めたことが伺える。これらから、手だて2「創造的パフォーマンス課題」は単元に見通しをもたせ、興味(A) や やりがい(R) に影響を与え、主体性を向上させることができると言える。

【資料18】酸素問題解決後の抽出児Aの感想

ビンの中には酸素を出す植物(水草)が必要だ^いということが分かりました。ほかにも魚がすごするために必要なので何が必要か、調べていきたいと思います。

第3次の水の人生ゲームでは、抽出児A、Bともに意図的に取り組み、多くの場所を巡っていた。その過程で気づいたことを自分でまとめ、自らの生活に目を向けていた。(資料19)

【資料19】抽出児Aの水の人生ゲームの活動記録



海はたくさんよごれている。(1番) 海の水はじかならないうへ蒸発 川は海へ 地上の水は川に流れる。

あまりお風呂によくないことはしない。お風呂で使った水は洗たく機に使ったりすると水がもったいなくないのでそうしたい。

また、第4次の弱肉強食ゲームにおいても、結果だけではなく自らが思ったことについての記述が見られた。(資料20) 抽出児Bの記述では、例を挙げ、気づいたことを説明する記述も見られた。(資料21)

【資料20】弱肉強食ゲームにおける抽出児Aの記述

植物はいろいろな動物から食べられる。(食べられるものの大きさが) 四→中→大

【資料21】弱肉強食ゲームにおける抽出児Bの記述

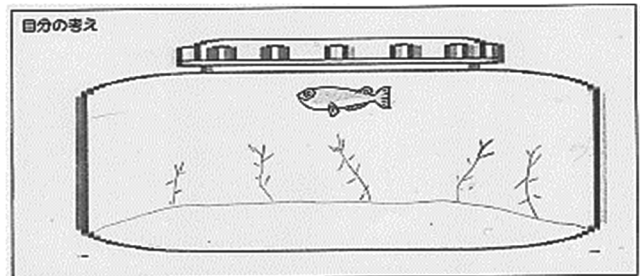
例えば植物から小型ホ乳類に比べて大型鳥類に行くと、小型ホ乳類がないとつなげられない。たべて食べられるをくり返している。すべて植物に食べられることばかりだ。

第3次、第4次の記述から、抽出児A、Bともに結果だけではなく、自ら考えたことを記述していることが伺える。ゆえに、手だて3「活動・体験的学び」は子どもの思考を助けることができ、体験的に学ぶことができることで、思考結果に自信(C)をもつことができると考えられる。

第5次では、今まで学習で得た知識を活用し、なぜ瓶の中に入れる必要があるのか理由を書くことができた。自ら思考し、問題解決に向けて取り組むことができていると考えられる。(資料22)

また、単元後の感想で、抽出児Aは「始め必要なのは他者が出していたが、なぜ必要か分かって面白かった。」という旨の記述が見られた。(資料22) これから、単元を通して考え、問題解決をすることができたと実感していると考えられる。しかし、抽出児Bは活動から知識を得られるため、理科が好きになったという旨の記述が見られた。(資料23) このことから、抽出児Bは知識獲得志向が強くその方法として体験志向の影響が大きくなったため理科が好きになったと考えられる。よって、抽出児Bでは「理科的思考」に価値を見出したとは言えない。しかし、浅い興味によって理科に対する興味に上昇が見られたため、継続・維持していくことで深い興味に変容する可能性があり、そのきっかけとなることができたと考えられる。以上のことから、手だて1「ARCSモデルと4MATシステムの融合」を取り入れた単元構成は、理科に対する興味感情を刺激し、「理科的思考」の価値化に影響を与えることが分かった。

【資料22】抽出児Aの創造的パフォーマンス課題と感想



2 どうして必要なかを書こう!

必要なもの	役割
植物(水草)	植物は日光が当たると空気中の二酸化炭素を取り入れて酸素を出してくれるから。
石(じり)	空をおろつたり、水質を調整したり、バクテリアが着くお効果があるから。
石巻貝 やマシゴト	石巻貝はガラス面の汚れを食べてくれる。マシゴトは魚の糞の食べ残しを食べてくれる。
水	ミネラルウォーター。水道水だと日光が当たる。plant
ミジンコ、ボウフウ、藻類	メダカやフナなどのえさ。

一番始めの授業の時は、ビンの中に水や水車や水をきれいにする生き物やグッピーのえさなど必要な物は、ほとんどでいいけれど、水車や石は、何が必要なのかとか、グッピーのえさは、どんな生き物なのかなど、何も分かっていなくて、どんどん授業をこなして行くうちに、どんどん分かってきておもしろかったです。

【資料23】 抽出児Bの感想

私は理科が好きな子じゃなかったけど、今でもなにかと「理科」って聞くと「理科」って聞くと、カードゲームで「食物連鎖」のしくみを知り、前より少し理科が好きになりました。

2 成果と課題

手だてごとに成果と課題をまとめる。

手だて① 「ARCSモデルと4MATシステムの融合」

<成果>

- ・ARCSモデルと4MATシステムを融合した単元構想により、子どもたちは「理科的思考」に価値を見出すことができる。
- ・ポジティブ感情を高めつつも、単元の目標とのつながりを維持できるため、興味の深化にも有効である。

<課題>

- ・理科に対する興味が低い子に対して継続して行うことで、「理科的思考」に価値を見出すことができるようになるかどうか。
- ・ARCSモデルを続けることで思考活性志向が与える影響が正になるのかは再検証の余地がある。

手だて② 「創造的パフォーマンス課題」

<成果>

- ・4MATシステムの第1、4象限にARCSモデルのA(注意)、S(満足感)を融合することができる。
- ・単元を通した目標設定につながるため、ポジティブ感情を高めるための活動との関連性を維持しやすい。
- ・自分事として捉え、自ら問題を見出し、解決方法を考えるため、R(やりがい)の側面を満たし、「理科的思考」に目的意識をもって取り組むことができる。

<課題>

- ・子どもが自由に思考できる余地を残しつつも、最低限失敗しないための条件を教師側がきちんと把握する必要がある。
- ・興味感情を急激に向上させる効果は見込めないことが挙げられる。具体物を作成することで、定期的子どもたちが思い返すことができる反面、作成した直後では効果が薄いことが考えられる。

手だて③ 「活動・体験的学び」

<成果>

- ・活動・体験から子ども自身が気づきを得ることができれば、子どもの思考が進みやすい。
- ・気づき考えた知識を共有することで自信(C)につながる意見の発言や記述をしやすくなる傾向がある。

<課題>

- ・子どもたちにどうしてその活動を行うのか目的意識ややりがい(R)をもたせなければならない。

- ・生物分野であったためモデル実験として活動・体験的に学べるようにしたが、物理・化学分野では、実験が4MATシステムにおける第2、3象限を満たすため、活動・体験的要素を加えるとポジティブ感情が急激に高まり、思考過程へ意識が向かなくなる可能性がある。

3 終わりに

本研究実践後、「ものの燃え方」においても同様の手だてを用いて実践を行った。単元後のアンケートの結果から、g得点・方法Aによる各因子得点に大きな変化は見られなかったが、方法Bによる思考活性志向得点は-0.23となり、減少が見られた。ARCSモデルと4MATシステムの融合を取り入れた単元構想を繰り返すことで、子どもたちは少しずつ「理科的思考」の価値化が進む可能性があると言える。今後の授業実践でも取り入れ、「理科的思考」に価値を見出せるように努めていきたい。

引用・参考文献

- 1) 文部科学省 (2017)『小学校学習指導要領 (平成29年告示) 解説理科編』 p5-19
- 2) 中央教育審議会 理科ワーキンググループ (2016)「理科における学習過程と資質・能力の評価場面の例 (高等学校基礎科目)」
- 3) NTT データ 先端技術株式会社 HP <https://www.nttdata.com/jp/ja/data-insight/2014/121501/> (最終閲覧日 2020.2.12)
- 4) Michael T.Treadway(2012) Dopaminergic Mechanisms of Individual Differences in Human Effort-Based Decision-Making *Journal of Neuroscience* 2 May 2012, 32 (18)
- 5) 鈴木一成・森本信也 (2013)『科学的な思考力・表現力』を育成する理科授業を支援するための評価の研究—理科授業デザインを支援するためのパフォーマンス評価— p201-204 (理科教育学研究 Vol.54 No.2)
- 6) 田中瑛津子 (2015)「理科に対する興味の分類—意味理解方略と学習行動との関連に着目して—」 p23-26 (教育心理学研究 第63巻,第1号)
- 7) 田中瑛津子 (2013)「興味の深化を促す授業方略の検討—ポジティブ感情と価値の認知に着目して—」 p12-14 (教授学習心理学研究 第9巻,第1号)
- ・ 文部科学省 (2018)「6. Society5.0に向けた人材育成について」 https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/afieldfile/2018/11/19/1411060_02_1.pdf
- ・ 著 J.M.ケラー 監訳鈴木 克明 (2010)「学習意欲をデザインする ARCSモデルによるインストラクショナルデザイン」北大路書房
- ・ 鈴木一成 (2014)「子どもの思考と表現の育成に寄与する理科授業デザインとパフォーマンス評価の研究」 (横浜国立大学)
- ・ 原田勇希・中尾友紀・鈴木達也・草場実 (2019)「観察・実験に対する興味と学習方略との関連の検討—因子分析による興味の構造分析を基礎として—」 (理科教育学研究 Vol.60 No.2)
- ・ プロジェクトWET ジャパン (2010)「プロジェクトWET学校カリキュラム適合事例集」(平成22年10月版) 15-46 http://www.kasen.or.jp/Portals/0/images/project_wet/membersite/20101007jirei.pdf (最終閲覧 2021.1.23)
- ・ 株式会社アーテック「食物連鎖カードゲーム」

付記

本研究へのご理解をいただき、愛知教育大学教職大学院の実習の一環として連携協力校にて行わせていただきました。多忙の中、校長先生をはじめとする多くの先生方にご指導をいただきました。心から感謝しております。また、本研究に多大な示唆を与え、方向性を示してくださった山田浩一先生をはじめ、教職大学院でお世話になりました全ての先生方に心から感謝申し上げます。