

科学的な思考力・判断力・表現力等の育成を目指して(1年次)

－問題解決に向かう学習活動の在り方－

西村 哲哉（京都市総合教育センター研究課 研究員）

平成27年の中央審議会の「新しい学習指導要領等を目指す姿」の中で、主体的に判断できる力や自分の考えを根拠とともに明確に説明する力等の論理的に考え、表現していく力の育成を目指すことが示された。このような力は、これから変化の激しい予測困難な社会の到来を見据え、子どもたちに身に付けさせたい生きる力の1つである。

そこで、論理的思考力が基盤となる科学的な思考力・判断力・表現力等に着目し、その育成のために、理科の問題解決の学習活動において、指導者の働きかけの在り方や学んだことを適用させる場面の設定、そして、根拠に基づいて考え表現する学習構築について研究を進め、本研究テーマに迫った。

研究を通して、指導者の効果的な問いかけや授業展開により、事実や証拠に基づいて、子どもが思考、判断しようとする姿や、適用する場面において学んだことを活用しながら問題を解決しようとする姿が見られるようになった。

これらの結果、子どもの科学的な思考力・判断力・表現力等の育成につながったと考える。

目 次

はじめに	1		
第1章 科学的な思考力・判断力・表現力等の育成に向けて		第2節 科学的な論述の向上を目指して	
第1節 いま、求められる力	1	(1) 第4学年「わたしたちの体と運動」における実践～予想・仮説の設定場面～	10
第2節 科学的な思考力・判断力・表現力等とは	2	(2) 第5学年「流れる水のはたらき」における実践～予想・仮説の設定場面～	11
第2章 理科の問題解決に向かう学習活動の在り方		(3) 第4学年「ものの温度と体積」における実践から～考察の場面～	12
第1節 理科教育の現状		(4) 第5学年「植物の実や種子のでき方」における実践から～考察の場面～	13
(1) 全国学力・学習状況調査より	2	第3節 適用する力の育成に向けて	
(2) 理科における学習活動	4	(1) 第4学年「わたしたちの体と運動」における実践	14
第2節 研究仮説と本研究の構想	5	(2) 第5学年「流れる水のはたらき」における実践	16
第3節 研究の方策		第4節 論述確認テストの作成と活用	
(1) 指導者の問いかけと対話的な学び	5	(1) 第4学年「わたしたちの体と運動」	17
(2) 科学的な論述の向上を目指して	6	(2) 第4学年「ものの温度と体積」	19
(3) 適用場面の位置づけ	7	(3) 第5学年「植物の実や種子のでき方」	20
(4) 指導の効果を見取る ～論述確認テストの作成と活用～	7	(4) 第5学年「流れる水のはたらき」	21
第3章 研究実践について		第4章 研究実践を終えて	
第1節 指導者の問いかけと問題意識の醸成		第1節 研究の成果と課題	
(1) 第4学年「ものの温度と体積」～教材・自身との対話に重点を置いた実践～	8	(1) 指導者の問いかけと問題意識の醸成から	22
(2) 第5学年「流れる水のはたらき」～自身・他者との対話に重点を置いた実践～	9	(2) 科学的な論述の向上を目指してから	23
		(3) 適用する力の育成に向けてから	24
		(4) 論述確認テストから ～授業実践前後の分析を踏まえて～	24
		第2節 研究成果の汎用に向けて	26
		おわりに	26

< 研究担当 > 西村 哲哉 (京都市総合教育センター研究課研究員)
 < 研究協力校 > 京都市立錦林小学校
 京都市立洛央小学校
 < 研究協力員 > 奥埜 のぞみ (京都市立錦林小学校教諭)
 亀山 侑扶 (京都市立洛央小学校教諭)

はじめに

元号が平成になり 30 年が経った。近年、スマートホンや自動運転車など様々な科学技術の革新により、30 年前には多くの人にとって想像できないような物が、社会に現れるようになった。そして、今や空を飛ぶ自動車や宇宙旅行といったことも実現しようとしている。このように、科学技術は進化を続け、私たちの生活を便利で豊かにし、これからもより一層、人間社会に無くてはならない存在になっていくだろう。

一方、これからの世の中は、地震や洪水、台風などによる大規模災害や地球温暖化、絶滅が危惧されている動物の存在など、個人では解決しにくい困難な問題にも直面している。

このような時代を生きる子どもたちには、人間社会の発展・維持はもちろんだが、地球の環境にも配慮していく力が必要になるだろう。そのため、科学技術を向上させる力と多様化する困難な問題に対応する力を身につけていくことが求められる。そこで、科学に関わる知識や技能を学ぶことが必要になるが、そのような知識や技能を学んでいく上で、問題発見・解決能力や思考力・判断力、情報活用能力、言語能力、他者と協働する力やコミュニケーション能力等といった、いわゆる学習の基盤となる力の育成も不可欠である。例えば、何らかの問題に出合った際、解決していくためには、それに関わる情報収集が必要となる。そのときには、情報を集める力や集めた情報が真か偽かを確かめる力等の情報活用能力は欠かせない。さらに、自ら考えた解決法が適切かどうか判断していく上で、他者と議論する言語能力やコミュニケーション能力等が必要となってくる。また、一人で解決できない場合は、他者と協働していくことも必要となってくるだろう。

これらの学習の基盤となる力の育成が求められる中、科学技術の維持・発展を目指す理科教育はどのような状況にあるのだろうか。理科教育においては、1990 年代の「理科離れ」という言葉が世間を賑わし、さらには、2003 年の PISA ショックを受けて理数教育の充実を一層推進してきた。その結果、日本の小中学生は現象を科学的に説明したり、科学的探求を評価して計画したりする等の力を示す「科学リテラシー」は、調査国の中でも国際的にも高い成績となった。一方で、科学に対する意識調査の中に、「自分の将来に理科の学習が役立つと感じている」や「科学の話題について学

んでいるときは楽しい」等の設問に対しては、OECD 平均をすべての観点において下回っている。(1)このような結果の背景には、記憶としての知識の獲得に重きをおいた学習指導が依然として行われている現状が影響しているのではないかと考える。

「理科は覚えるもの」といった部分にのみ焦点が当てられ、問題を発見することや科学的なきまりや性質等を発見すること、身近にある自然の事物・現象とつなげるといった理科を学ぶ楽しさや有用性を感じないまま学習が進められてきてしまったことが要因の 1 つとして考えられるのではないだろうか。

そこで、これからの社会を担う子どもたちにとって必要不可欠となる科学的な思考力・判断力・表現力等の育成に向けて、小学校理科教育の在り方に着目した。具体的には、

- ・子どもが自然の事物・現象から不思議や疑問を見付け、それらを主体的に解決するための問いを設定するための指導者の働きかけ
 - ・問いを解決していく場面において、根拠に基づいて考え表現する学習の在り方
 - ・学んだことを適用させる場面の設定
- に焦点を当て研究を進めることで、理科教育を起点とした科学的な思考力・判断力・表現力等が培われると考える。

(1) 国立教育政策研究所「OECD 生徒の学習到達度調 (PISA2015) のポイント」 p.4 http://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/2015/01_point.pdf 2019.3.1

第 1 章 科学的な思考力・判断力・表現力等の育成に向けて

第 1 節 いま、求められる力

平成 32 年度の新学習指導要領の全面実施に向け、平成 29 年 3 月 31 日学校教育法施行規則を改正するとともに、文部科学省は小学校学習指導要領を公示した。これに至る審議の過程の中で、これから変化の激しい社会で生きていく子どもたちに求められる在り方が以下のように示されている。

- ・社会的・職業的に自立した人間として、郷土や我が国が育んできた伝統や文化に立脚した広い視野と深い知識を持ち、理想を実現しようとする高い志や意欲を持って、個性や能力を生かしながら、社会の激しい変化の中でも何が重要かを主体的に判断できる人間であること。

- ・他者に対して自分の考え等を根拠とともに明確に説明しながら、対話や議論を通じて多様な相手の考えながら、対話や議論を通じて多様な相手の考えを理解したり自分の考え方を広げたりし、多様な人々と協働していくことができる人間であること。
- ・社会の中で自ら問いを立て、解決方法を探索して計画を実行し、問題を解決に導き新たな価値を創造していくとともに新たな問題の発見・解決につなげていくことのできる人間であること。(2)

これらに示されたことを踏まえると、「主体的に判断できる」や「自分の考えを根拠とともに明確に説明」とあるように、根拠を考える思考力や判断力、思考・判断したことを表現する力を身につけることが求められていると分かる。加えて、「自ら問いを立て、解決方法を（中略）発見・解決につなげていくこと」とあることから、様々な問題に対峙した時に、問題解決していく力の育成が求められている。そして、「社会の中で」とあることから、このような問題解決の力は学校の中だけに留まらず、学校で学んだことを活かして解決していく力の育成を求めている。なぜなら、これから到来する予測困難な社会において出合う様々な問題に対し、学校でその問題を示したり解決策を議論したりするといった学習を全てしていくことは実現不可能であろう。さらに言えば、社会に出た時に生じる問題は様々な要因が絡み合って表れてくるものがほとんどであるため、各教科等で学んだことを統合する等して解決していかななくてはならないと考える。そのため、学んだことを活かしていく力である「思考力・判断力・表現力等」の育成が大切になってくる。そして、このことは、最近になって言われたのではなく、平成15年10月7日の中央審議会による「初等中等教育における当面の教育課程及び指導の充実・改善方策について(答申)」では、「『確かな学力』とは、知識や技能に加え、思考力・判断力・表現などまでを含むもので、学び意欲を重視した、これから子どもたちに求められる力」(3)として、従来から大切だと示されており、これから変化の激しい、予測困難な社会の中で生きていく子どもたちには、益々、重要な力の1つであると言える。

第2節 科学的な思考力・判断力・表現力等とは

科学的な思考力・判断力・表現力等とは、論理的な思考力とその基盤の1つであると考えられる。論理的な思考とは事実や証拠に基づいて判断し、理

由や因果関係を示す筋道の通った思考である。では、これまでも育成を図ってきた論理的な思考力の現状はどのようなものであろうか。PISA2009の読解力を測る調査問題に論理的思考に関わる内容がある。その結果によると日本の子どもは必要な情報を抽出する「情報へのアクセス・取り出し」は得意ではあるが、取り出した情報の関係性を理解して説明する「統合・解釈」や、自らの知識や経験と結びつけ考え判断する「熟考・評価」が苦手ということが明らかとなっている。(4)このような情報を取り出し、解釈を加え、判断していくというような論理的な思考力は各教科等において育成できる資質・能力である。例えば、社会科において得られた情報を基に社会的事象について因果関係を示しながら筋道を立てて考え、表現することである。このような各教科等において育成することのできる論理的な思考力を基盤とし、実証性や再現性、客観性といった特性を踏まえた思考力等が科学的な思考力・判断力・表現力等である。

次章では、これらの資質・能力を育むために、小学校理科教育に着目し述べる。

- (2) 文部科学省「中央審議会 教育課程企画特別部会 論点整理 『新しい学習指導要領等が目指す姿』」2015.9.14 http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/siryo/attach/1364316.htm 2019.3.1
- (3) 文部科学省「中央審議会『初等中等教育における当面の教育課程及び指導の充実・改善方策について(答申)』」2004.10.7 http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/03100701.htm 2019.3.1
- (4) 国立教育政策研究所「OECD生徒の学習到達度調(PISA2009)のポイント」pp.1~23 http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/afieldfile/2010/12/07/1284443_01.pdf 2019.3.1

第2章 理科の問題解決に向かう学習活動を目指して

第1節 理科教育の現状

(1) 全国学力・学習状況調査より

科学的な思考力・判断力・表現力等は、新学習指導要領で示された目標によれば、「観察、実験などを行い、問題解決の力を養う」(5)と示されている。ここで、示された「問題解決の力」とは具体的にどのような力なのだろうか。新学習指導要領に示されている各学年で示された力を育成するた

めに必要な資質・能力の内容を整理すると、以下のようになる。

(3年)差異点や共通点を基に、問題を見いだす力
(4年)既習の内容や生活経験を基に、根拠にある予想や仮説を発想する力
(5年)解決の方法を発想する力
(6年)得られた事実から自分が既にもっている考えを検討し、より科学的なものに変容させるといった妥当な考えをつくりだす力
(6)

これらは、学年ごとに整理した、主に養う問題解決の力を育成する上で必要な力である。ここには、学年とその内容が示されてはいるものの、各学年でその力の育成だけに焦点をあてればよいのではない。例えば、3年生で「問題を見いだす力」をつけるからといって、問題づくりだけすればよいのではない。子どもの実態に配慮し、その後の予想や解決の方法を発想すること、得られた事実に基づいて思考・判断し、結論づけることも必要になってくる。

このような到達目標が示されている中、現状はどうかであろうか。平成24年度から4月に、小学校6年生の子どもを対象に全国学力・学習状況調査が行われてきた。本研究では特に学力調査に注目していく。理科においては、現在までに3回実施されている。表2-1に平成30年度の理科における本市の結果を示す。

表2-1 平成30年度全国調査一部抜粋(7)

分類	区分	設問数(問)	平均正答率(%)	
			全国(公立)	京都市
全体		16	60.3	64.0
枠組み	主として「知識」に関する問題	3	78.0	82.0
	主として「活用」に関する問題	13	56.2	59.0
評価の観点	自然事象への関心・意欲・態度	1	82.1	84.4
	科学的な思考・表現	12	54.1	57.4
	観察・実験の技能	1	71.1	74
	自然事象についての知識・理解	2	81.5	86.2

表2-1の設問数に注目すると、全体では16問であるが、平成27年度から全体の設問数は8問減少している。そのうち6問が知識問題、2問が活用問題であることから、「何を知っているか」という知識の量を問う出題から、「知っている知識をどう活用するか」を問うことを中心とした傾向が強くなってきたと感じる。今後の学習で育成を目指したい力というメッセージとも受け取れる。

次に、平均正答率に注目すると、主に「知識」に関わる問題(以下、知識問題)と主に「活用」に関わる問題(以下、活用問題)ともに、本市は全国平均正答率を上回る結果となった。しかしながら、

本市、全国ともに知識問題と活用問題との格差が大きい。新学習指導要領が求める資質・能力の育成を目指す上で、課題の1つとして明らかになったであろう。続いて、評価の観点において「科学的な思考・表現」が4つの観点の中で一番低い結果となっているのが分かる。これは、全国でも同じ傾向が見られるように理科教育の課題であり、一方でこれからより高めていかなければならない資質・能力である。

では、そのような科学的な思考力・表現力の定着をはかる、活用問題において、どのような部分に課題が見られるのだろうか。活用問題は、以下の4つの問題に分類される。

「構想」・・・問題点を把握し、解決の方向性や解決法を考える
「適用」・・・理科で学んだ性質や働き、規則性等を日常生活に当てはめて考える
「分析」・・・様々な情報や観察、実験の結果などについて視点をもってとらえ、原因と結果などの関係で考える
「改善」・・・自分の考えと他者の考えの違いをとらえ、自他の考えを修正したりより妥当な考えを導き出したりする

これらの視点で活用問題を分析する。表2-2は平成30年度の活用問題を4つに分類した時の、本市における平均正答率を示している。

表2-2 本市における活用問題の正答率(記述式の解答を除く)(8)

	平成27年度 平均正答率 (%)	平成30年度 平均正答率 (%)
構想	68.6 ↑	65.6 ↑
適用	59.0 ↓	53.3 ↓
分析	69.7 ↑	78.3 ↑
改善	69.3 ↑	63.3 ↑

* 矢印は活用問題の平均正答率と比べての傾向

表2-2を見ると、「適用」の設問では最も正答率が低く、本市の活用問題における正答率(平成27年度62.6%、平成30年度59.0%)より低いことが明らかとなった。そのため、適用する場面の学習活動の設定をすることが必要だと考える。例えば、植物の成長条件について、インゲンマメを使った実験が考えられるが、この素材を使って導いた科学的な性質や働き、規則性等が、他の植物でも当てはまるような学習経験をすることで、適用する力も育むことができるようになるだろう。しかし、このような学習活動があまり行われてきて

いないのではないかと筆者の経験からも感じる。このように、学んだことを活用していく場をくり返すことで、適用する力を育てていけると考える。加えて、表2-3は本市における平成30年度の解答形式別における平均正答率を表している。

表2-3 平成30年度解答形式別における平均正答率(9)

	解答形式	設問数 (問)	平均正答率 (%)	無解答率 (%)
問題 形式	選択式	18	65.7	0.8
	短答式	3	69.0	11.5
	記述式	3	47.8	2.1

表2-3の数値は、どれも全国の平均正答率を上回っており、本市の理科教育の成果が表れていると考える。そのような中、選択式や短答式と比べ、記述式では平均正答率は50%に達していない。記述式の回答として、根拠に実験結果となる「事実や証拠」を示すだけでなく、その事実に基づく「解釈」を踏まえて表現することが求められている。この「事実や証拠」と「解釈」の2つの視点をもって記述できた、いわゆる完全正答と言える正答率は約22%と低かった。この要因として、授業において「事実や証拠」と「解釈」の関係が不明瞭なまま行っていることが要因の1つではないかと考える。そのため、授業においてそれぞれの関係性を整理した授業構築をしていくことが大切であろう。指導者が「事実や証拠」や「(事実や証拠の)解釈」の関係を明確にした授業を行うことで、子どもたちは、得られた事実や証拠から判断し、根拠に基づいて表現する学習活動を行うことができるようになるだろう。子どもたちが「事実や証拠」を示すことは判断することにつながり、「(事実や証拠の)解釈」を示すことは関係づけたり妥当性を考えたりするなどの思考と関連する。つまり、事実や証拠とその解釈を示しながら表現させることは、科学的な思考力・判断力・表現力等の育成に迫るものになる。

そこで、授業において考えの根拠となる「事実や証拠」と、その事実や証拠の「解釈」の関係を整理した学習が大切であると考え。

(2) 理科における学習活動

理科の学習は観察や実験などの体験活動のイメージが強いように思う。確かに観察や実験などの体験活動は大切だが、ただ観察や実験などの体験を行えば、自然に対する理解が深まるというわけではない。観察や実験を行い、事実を知ると学習直後には理解を示すかもしれないが、時間が経過

するほど、その理解も曖昧なものになってしまう。森本によると、ある学級の学習で、実験によって結果が示されると、その実験直後には8割以上の子どもが理解を示したのに対し、1年後の追跡調査では同じ問題であるにも関わらず、正答した8割の子ども約半数は誤答となった(10)。これを、「分かった振り(つもり)をしていたのであり、(中略)検証実験で自分の考えをしっかりと再構築できていなかった」(11)からだと示した。この研究から、観察や実験をするだけでは、子どもが自然の事物・現象を十分に理解したり、さらに、科学的な概念を形成したりするには至らないことが示されている。

逆に、正しい知識を獲得させようと体験活動を制限するような知識の詰め込み、授業形態でいうと講義形式一辺倒のスタイルでは、一時的な知識は身につくものの、科学的な思考力・判断力・表現力等を育成することは難しく、これから求められる他教科や日常生活、さらには社会で活用できる力の育成には至らない。

第1節で述べたこれから必要とされる思考力・判断力・表現力等の科学的な思考力・判断力・表現力等は、理科以外の各教科等においても育成することができるが、子どもの興味・関心を高めることのできる観察や実験などの体験活動のある理科の学習において育成しやすいと考える。なぜなら、観察や実験などの体験活動から自然の事物・現象に着目させることができるからである。自然の事物・現象に着目させることで、より不思議や疑問を感じさせ、問題意識を高めることができたり、解決していく過程で、科学的な事実や証拠を基に思考・判断・表現する学習活動を展開したりすることができる。このような学習を進めていく上で、観察や実験などの体験活動と言語活動のバランスが大切となる。では、どのように授業を展開していくことが求められるのであろうか。村山は「観察、実験を中核に据えながら、その前半で観察、実験に『意味』をもたせ、その後半で観察、実験に『価値』をもたせるのです。」(12)と述べている。この意味づけや価値づけのための活動が、言語活動である。「なぜ、その実験をするとよいのか」「その実験から期待される結果は何か」「得られた結果から何が言えるのか」といった言語活動を通して、体験活動の意味や価値を見いだされるからだ。このように、理科の学習は自然の事物・現象を理解していくために、観察や実験などの体験活動を中核に据えながら、その前後に得た知識

等が活用できる言語活動を用いた問題解決の学習活動を経ることが大切である。図 2-1 は言語活動を用いた問題解決の学習活動の過程を示したものである。

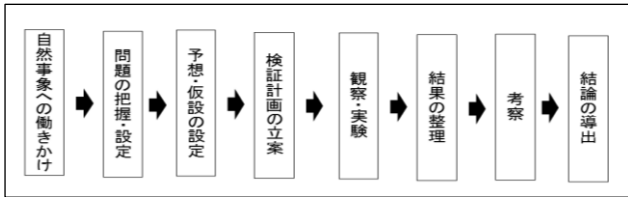


図 2-1 問題解決の学習活動の過程 (13)

図 2-1 の中心にある「観察・実験」の前後に得た知識等が活用できる言語活動を適切に位置づけた学習を展開していくことで、科学的な思考力・判断力・表現力等を育み、科学的な概念の形成へと導いていけるのである。理科の学習はこの問題解決の学習活動を基本として展開していくが、この型にはめることが目的ではなく、この学習活動を通じて、子どもの関心・意欲を引き出しながら進めていくことが大切である。

第 2 節 研究仮説と本研究の構想

本研究のテーマにある、科学的な思考力・判断力・表現力等の育成に向け、子どもが問題解決に向かう学習活動を行うことが大切だと考える。子どもが問題解決に向かうために、次の3つの方策により研究テーマに迫りたいと考える。

- ①教師の効果的な問いかけにより、子どもの対話的な学びを促す。
- ②事実や証拠、事実や証拠の解釈の関係を明確にした授業を行う。
- ③より思考を深めたり広げたりするために学んだことを適用させる場の設定をする。

これら3つの方策により、科学的な思考力・判断力・表現力等の育成が期待できると考える。

加えて、単元末に指導の効果を見取っていくことで、科学的な思考力・判断力・表現力等の育成が見られたかや、結果をもとに授業改善や子どもへのフィードバックすることにより、次の単元の学習へつなげていくことができると考える。

このような学びや見取りをくり返していくことで、科学的な思考力・判断力・表現力等の高まりが可能となるだろう。これらの本研究の構想を、右図2-2に示す。

第 3 節 研究の方策

(1) 指導者の問いかけと対話的な学び

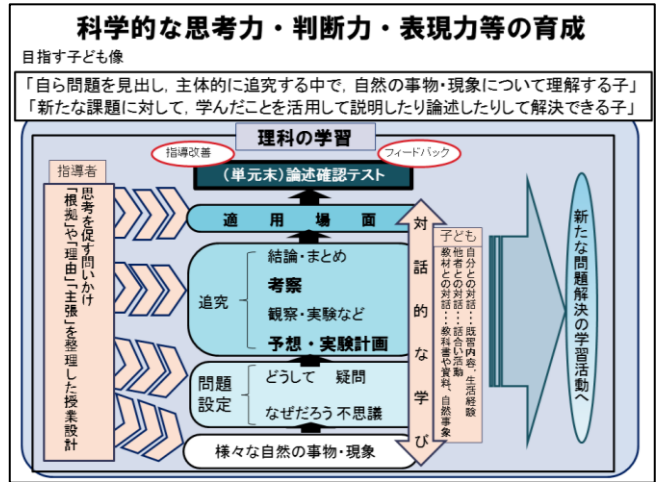


図2-2 本研究の構想

理科における問題解決の学習活動を展開していく上で、自然事象への働きかけから問題の把握・設定する過程は大切である。なぜなら、子どもが問題を把握し、解決したいという思いがもてなければ、その後の学習活動で主体的に考えていくことができにくくなるからである。そのため、問題の把握・設定に至る過程で、指導者が効果的な問いかけを発することで、子どもたちは事象と向き合い教材と対話するようになると考え。さらに、既習内容や生活経験と事象を比較し、自分自身との対話により不思議に感じたり疑問を抱いたりする中で問題意識の醸成が期待できる。その結果、問題解決の学習活動に主体的に参加し、解決していく過程の中で科学的なきまりや性質等を理解したり、活用したりすることにつながっていく。このように、問題意識を醸成するために対話的な学びを促すための効果的な指導者の問いかけは必要不可欠である。ここで言う問いかけは、学習問題や子どもへの発問、質問などである。

このような問題意識を醸成する場面では、対話的な学びを促すことが重要である。では、対話的な学びを促す効果的な指導者の問いかけとはどのようなものであろうか。その1つに、学習内容の系統性を意識して問いかけることがあると考える。例えば、ものの溶け方(5年)の学習を水溶液の性質(6年)における気体の溶けた水溶液がある学習で活かすことを考えてみる。この学習の出合いの場面において、単に炭酸水を提示し、「何が溶けているだろう」と問いかけても、「解決してみたい」という必然性や強い思いは生まれない。そこで、5年生の学習で学んだことを確かめる問いかけをする。食塩水やホウ酸水などを想起させ、「水溶液とはどのような液体だったか」を問うことで「何かもの(固体)が溶けている液体」という考えを学

級で共有する。そこで、炭酸水を提示する際、溶けた物を蒸発により取り出す実験を見せる。すると、何か残っているにも関わらず、目の前には何も残らない事実が示されたことから、自分自身との対話が始まり、これまでの既習内容では説明できないことに気付く。そこで「何が溶けているのだろう」と教材との対話が生まれ、不思議や疑問を感じ、解明したいという思いを持たせ、「炭酸水には何が溶けているのだろうか」という問題意識が醸成することができる。このような系統性を意識した問いかけにより自分自身や教材との対話が始まり、問題意識の醸成へとつながっていくと考える。さらに、学級では複数の他者がいる。他者との対話も効果的に取り入れることで、自分の考えとの共通点や差異点に気づき、「本当はどうだろう」「どちらの考えが正しいのか」といったゆさぶりにもつながり、問題意識の醸成に向け、相乗効果が期待できると考える。

(2) 科学的な論述の向上を目指して

本章第1節(1)で科学的な思考力・判断力・表現力等の育成に向け、事実や証拠に基づいて、それらの解釈を示しながら表現する学習の大切さについて述べた。では、事実や証拠とそれらの解釈とは具体的にどのようなものなのだろうか。事実や証拠とそれらの解釈の関係を整理し、表現したものと、事実や証拠とその解釈のない表現を比較したものを右図2-3に示す。

図2-3の上段にある「事実や証拠と解釈を示した表現」を見ると、「コイルは電流を流すと磁石になる」という考えを表現する際、「電流が流れているコイルにクリップが引き付けられた」という事実や証拠に加え、「磁石はクリップを引きつける働きがあるから。」と事実や証拠の解釈を示すことで、より説得力のある表現になる。

図2-3の下段にある「解釈を省いた表現」だと、考えに対して「どうして磁石になったと言えるか。」といった理由が分かりにくい。そのため、事実や証拠とそれらの解釈を加えて表現していくことが大切である。

そこで、事実や証拠と解釈を踏まえた表現を授業に取り入れる際、子どもたちには「解釈」や「考え」という言葉はイメージしにくいことが考えられるため、「解釈」を「理由」、「考え」を「主張」として提示する。また、子どもたちにとって、それぞれどれが「主張」「事実や証拠」「理由」に当たるか分かりにくいことが考えられるため、板書

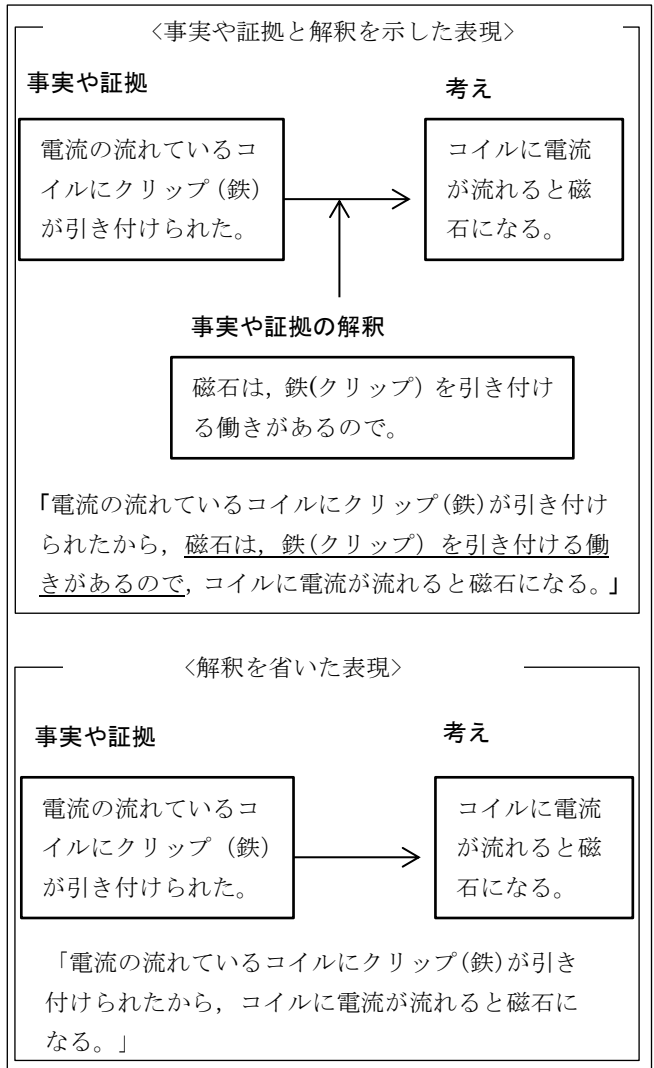


図2-3 事実や証拠、解釈、考えの関係と表現による説得力の違い

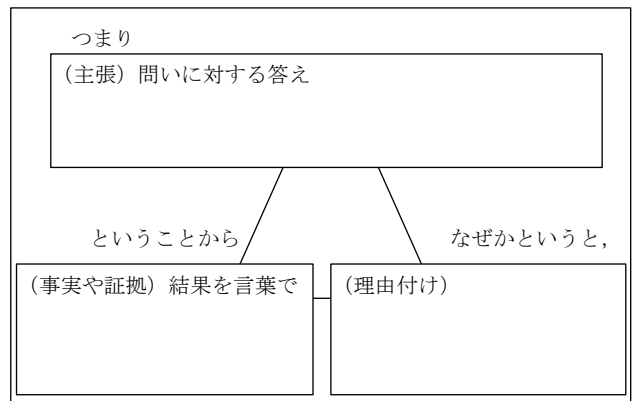


図2-4 思考を整理するワークシート

に示すなどして支援することで分かりやすくなることや、思考を整理する上で、「主張」「事実や証拠」「理由づけ」の関係を視覚化したワークシートを活用させていくことで支援とする。「主張」「事実や証拠」「理由」を視覚化し、思考を整理するためのヒントカードを上図2-4に示す。

図2-4にあるワークシートは、子どもに配布した

り、電子黒板に写したりすることで、科学的な根拠に基づいて思考・判断し、表現していけるようにする。このように思考を視覚化し整理することは、自分の表現の中に、何があって何が不足しているかを客観的にとらえることができるようになる。さらに、交流の場では他者が何を考えていったのかがとらえやすくなると考えられる。このような思考・判断や表現する学習を繰り返すことで、最終的にはワークシートや支援がない状態でも科学的な根拠に基づいて表現できるようにしていきたい。

これらの科学的な論述は、後述する「適用場面の位置づけ」や「指導の効果を見取る～論述確認テストの作成と活用～」における場面で科学的な思考力・判断力・表現力を見取る1つの方法として活用できる。そのため、普段の授業で、継続して指導をしていくことが大切になってくる。

（3）適用場面の位置づけ

全国調査でも明らかとなった課題の1つである「適用」する力は、理科の学習でその資質・能力を育成する場を設定していくことで育まれるものと考えられる。理科での学びは、身近な自然の事物・現象を扱っているため、子どもたちにとって見たり聞いたりしたことのあるものも多い。しかしながら、子どもはそのようなことは「当たり前」と思っていることが多く、理科の見方・考え方を働かせてとらえることはほとんどない。それを補うためには、学びと身近に見られる自然の事物・現象をつなげることを意識的に行うことが大切である。そこで、単元の中に、学んだことを適用する学習を意図的に設定していくことが必要だと考える。このような学習を、意図的、計画的かつ継続的に取り組むことで、科学的な思考力・判断力・表現力等をさらに、広げたり深めたりすることが期待できると考える。

適用場面は、学んだことを新たな状況下において活用していくというものである。本市においては京都市スタンダードという指導計画がある。通常は京都市スタンダードに基づいて学習を計画していくが、学んだことを新たな状況下で適用させる学習について、新たに設定する必要がある場合、学習を効率的に進めることで、時間を確保し、その場면을位置づける。そして、適用場面は次のように考え、設定していく。

1つは、単元の最後に学習で学んだことを適用させ、身近な自然の事物・現象を説明する活動を設

定することが考えられる。例えば、6年生の「てこの性質」の最後に、蛇口の取っ手の必要性について、てこのきまりを使って説明させる学習がそれに当たるだろう。このとき、単に「回しやすから」というだけでなく、「支点・力点・作用点」など学習で習得した用語や、なぜ回しやすくなったのかを科学的なきまりや性質等を使って説明する学習を通して、適用する力の育成が期待できる。

もう1つは、科学的なきまりや性質等を学んでいく過程に設定することもできるだろう。例えば、5年生の「ものの溶け方」の学習において、ものが水に溶ける量や析出させる方法について食塩を使って学びながら、ホウ酸でも、同じことが言えるかどうかを検証していく学習がそれに当たる。複数の対象を実験していくことで、科学的なきまりや性質等の理解も深まったものになることが期待できる。このように、実際の授業の過程で、理解を深めているため、子どもにとっても適用させやすいものとなるだろう。日常生活で扱うことの多い、「砂糖では、・・・」といった違う種類のものにも適用を広げていくことも可能である。このような一般化から適用する過程では、生物分野や化学分野において設定しやすいだろう。

以上のような、適用する場面を設定することで、理科で学んだ性質や働き、規則性等を日常生活に当てはめて考える科学的な思考力・判断力・表現力等が育成できると考える。このような適用場면을効果的にするためには、指導者が適用させたい知識や技能、見方・考え方は何かを把握しておくことが必要であろう。何を学び、それをどのように適用させるかを想定した単元構想が重要である。

（4）指導の効果を見取る

～論述確認テストの作成と活用～


子どもは単元の学習を通し、自然の事物・現象の科学的なきまりや性質等を理解し、それを日常生活に適用する学習を行っている。このような一連の学習の中で科学的な思考力・判断力・表現力等の育成が期待できる。しかし、このような力の高まりは可視化や数値化しにくい側面がある。そこで、本研究のねらいとする力の育成に迫ることができたかを見取る方法が必要である。小学校では市販のテストによりこういった力の育成を見取る部分が多いが、市販のテストだけでは科学的な根拠に基づいて表現する力を見取ることができない部分もあると考えた。そこで、論述確認テストを作成し、活用していく。この論述確認テストを

単元末に設定し、解答させることで、科学的な思考力・判断力・表現力等の育成ができたかを見取っていく。第5学年「植物の実や種子のでき方」の学習において、図2-5のような論述確認テスト問題を設定した。

イチゴをビニールハウスで栽培している農家の中には、ビニールハウスの中でミツバチを飼っている農家があるそうです。よし子さんは、どうしてビニールハウスの中でミツバチを飼っているのか不思議に思い、ビニールハウスの中のミツバチの様子を観察してみました。すると、イチゴの花にみつを吸いに来たミツバチのおしりに、たくさんの黄色い粉のようなものがついていてことに気づきました。

①ミツバチのおしりについていて黄色い粉は、イチゴの花から出たものようです。この黄色い粉は何ですか。


②よし子さんとりか子さんは、どうしてミツバチを飼っているのか話し合いました。



<りか子さん>

ミツバチを飼っていると、ミツバチがすったみつをイチゴに分けてくれて、おいしくなるんじゃないかな。

ミツバチを飼っていると、たくさんイチゴの実ができるんじゃないかな。



<よし子さん>

りか子さんとよし子さんの意見のどちらにさん成できますか。また、選んだわけを書きましょう。

図2-5 論述確認テスト問題の例

図2-5のように、課題の前半では日常生活で見られる事実(知識)を問う問題を、後半において、その事実を根拠として自然の事物・現象を解釈・説明させる問題をそれぞれ設定している。この、後半部分にあたる解釈・説明する問題において、先述した科学的な論述を用い、事実や証拠に理由を加えて主張ができるかを評価の基準としている。評価の基準については、表2-4に示す。

表2-4 科学的な思考・判断・表現等の評価基準

	評価基準
十分満足	「事実」「主張」とそれにつながる「理由」が記述されている。
概ね満足	「主張」に対し「事実や証拠」か「理由」のいずれかの要素が記述できている。
努力を要する	「事実や証拠」「主張」「理由」のいずれか1つの要素のみの記述や、表現の一貫性が見られない。

以上のように、新たな場面での問題を出题し、

その記述した解答を見取っていくことで科学的な思考力・判断力・表現力等が育成できたかを見取っていくこととする。

- (5) 文部科学省「小学校学習指導要領(平成29年告示)解説 理科編」(株)東洋館出版社 2018.2.28 p.12
- (6) 前掲(4)pp.17~18
- (7) 国立教育政策研究所「平成30年度全国学力・学習状況調査 調査結果資料【指定都市別 京都市】問題別調査結果 京都市一児童(公立)理科」http://www.nier.go.jp/18chousakekkahoukoku/factsheet/18prefecture-City/512_kyoto/index.html 2019.3.1
- (8)(9) 前掲(7)
- (10) 森本 信也「子どものコミュニケーション活動から生まれる新しい理科授業」(株)東洋館出版社 1996.8.20
- (11) 前項(9) pp.86~87
- (12) 村山 哲哉「小学校理科『問題解決』8つのステップーこれからの理科教育と授業論ー」(株)東洋館出版社 2013.11.28 p.26
- (13) 文部科学省「小学校理科の観察、実験の手引」2011 p.15
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2012/01/12/1304649_1_1.pdf 2019.3.1

第3章 研究実践について

本研究では、京都市立小学校2校(以下「A校」「B校」)で行った授業実践を行った。対象学年はA校第4学年、B校第5年である。本市は大日本図書の教科書を使用している。

第1節 指導者の問いかけと問題意識の醸成

(1) 第4学年「ものの温度と体積」

～教材・自身との対話に重点を置いた実践～ ア 導入時のねらい

この単元は金属や水、空気の体積は温めると膨張し、冷やすと収縮すること、その体積の変化の様子は金属や水、空気によって違いがあることを理解する学習である。この単元は、第4学年での金属や水、空気のもの性の性質について学習する内の1つである。そこで、本単元で問題意識を醸成するにあたり、まず、単元のつながりを考えた。本市では「ものの温度と体積」の学習の前に、「とじこめた空気や水」を学び、本単元の後に「ものの温まり方」を学んでいくという単元の配列になっている。そこで、単元配列を入れ替えることで

子どもの思考の流れに沿うとともに、既習事項を活かせると考えた。本単元でよく行われる事象提示として、ペットボトルやフラスコに栓をし、お湯で温めて飛ばすものがある。このとき、「何が」「どのように」栓を飛ばしたのかを問題として設定していくが、栓が飛ぶ瞬間は一瞬の出来事であり、子どもにとって何が起こったか分かりにくいことや、事象そのものの驚きが印象的になり「面白かった」というだけに陥りやすい。そのため、問題意識の醸成が難しくなり、指導者が一方的に問題を設定するという場面も少なくない。そこで、本実践における単元配列を図3-1に示す。

図3-1のように、「ものの温まり方」の学習後に本単元を設定した。「ものの温まり方」では、「温められた空気や水は上に上がる」という性質を学んでいる。このことを活かしながら、本単元の出合いの場面を設定し、その性質では説明できない事象を最後に提示することで、問題意識の醸成を高めることをねらった。

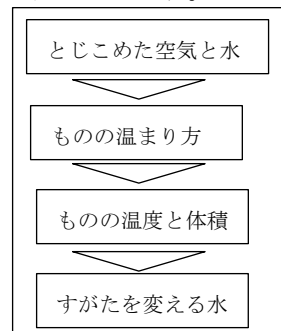


図 3-1 本実践における関連単元の配列

イ 自然の事物・現象との出合い

授業の実際では、フラスコに空気と水を入れて栓をした実験道具を提示し、「栓を飛ばすにはどうすればよいだろうか」と問かけた。この問いかけにより、子どもたちは教材と向き合い、その中から空気に着目することができた。前単元の「ものの温まり方」の学習を活かし、「空気を温めたらよい」という予想が返ってきた。そこで、実際に温めて、栓が飛ぶ様子を観察させ、「どうして栓が飛んだのだろう」と栓が飛ぶ原因を考える問いかけを行った。これは、自身との対話により、既習内容とこの授業の事象をつなげるためである。この問いかけに対し、多くの子どもが「空気を温めたら上に上がる性質があるから、温まった空気が上に上がって栓を押した」という解答をした。このような発言は指導者の問いかけにより子どもが自身との対話を行ったことで、事象と既習内容が結び付いた結果である。これらのやり取りから指導者の問いかけにより教材や自身との対話を促し、思考を結び付けたといえる。

ウ ゆさぶる問いかけ

子どもの意見を聞いた後、「フラスコを横向きや下向きにしても飛ぶかな」とゆさぶる問いかけを行った。これにより再び教材や自身との対話をするようになると推測する。子どもたちは、空気が温められて上に上がることで、栓が押されて飛んだと思っているため、横向きや下向きにした場合は、飛ばないと考えると想定していた。実際には、横向きなら飛ぶと予想した子が学級の約半数。下向きにして飛ぶと考えた子は学級の3分の1以下になった。実際に、横向きや下向きにして飛ぶ様子を観察すると、子どもたちは自分たちの予想とのギャップに驚いたり、不思議に感じたりしていた。「なぜ飛ぶのかな」といったつぶやきが多く聞こえた。そこで、指導者が改めて「どの方向でも栓は飛んだけれど、どうしてかな」と問いかけた。子どもたちは、「空気が関係していると思う」と要因を推測はできるけれど、うまく説明できない曖昧な状態に気付くことができた。これにより、「温めた空気に何が起こったのだろう」という問題意識を醸成することができた。

(2) 第5学年「流れる水のはたらき」

～自身・他者との対話に重点を置いた実践～ ア 導入時のねらい

この単元は、観察や実験を通し、流れる水の速さや量による働きの違いを調べ、流れる水の働きと土地の変化の関係についての考えをもつことができるようにしていく。B校の校区には川が流れているが、子どもたちは意識して川の様子を見たことがほとんどないため、出合いの場面では、川の様子について視点をもって見ることから始めるようにした。そうすることで、ただ水が流れているだけでなく、周りの様子や水の流れる様子の違いを意識できると考えたからである。さらに、流れる水には何らかの働きがあるのではないかという問題意識を醸成する視点から、平常時の川の様子と増水時の川の様子を比べるようにした。

イ 自然の事物・現象との出合い

授業の実際では、身近な川の上流から下流にかけての写真を提示し、「川の様子についてどのような違いがありますか」と問いかけることで、教材との対話を促した。子どもたちは、提示された資料を比較し、川幅や川原にある石の大きさや形、流れる水の速さなどの様々な違いに気づき、教材との対話を通し、川を観察するときの視点を見付

けることができた。そして、同じ川でも場所が違えば様子が違うということを理解している様子が見られた。そこで、同じ場所の増水時の様子の写真を提示した。すると、子どもらは水のにごりや川幅がさらに広がったということに気づいた。

ウ ゆさぶる問いかけ

授業の展開部分では、指導者が「水が増えただけでにごるのかな」とゆさぶりをかけた。この時、水が100mL入ったビーカーにさらに100mL加えても色は変わらないということを例示することで、子どもたちは川の水が増えただけでは、濁ることはない意識することができた。そこで、指導者が茶色の濁りの正体は何かな」と全体に問いかけ、再び教材との対話を促した。さらに、濁りの正体と思った理由についても考えるようにしたことで、自身の生活経験や既習内容と事象をつなげる自身との対話を促した。子どもたちは濁りの正体は土や砂だろうと考えた。そして、土や砂が正体だということを「写真を見ると、川の周りには木や石が多いから、川の水が増えたときそれらが混ざるから」や「雨のせいで川の水が増えると川底に沈んでいた土や砂が一気に流されるから」等と考えることができた。本時では、これらの考えを発表し合うことで、他者との対話を設定し思考を広げた。このように他者と対話していく内に、様々な考えが出されることとなった。すると、「本当の理由はどうなのだろうか」や「川の水には地面をけずるような力があるのだろうか」などといった疑問をつぶやき出した。これは、他者との対話により真実を確かめてみたいという気持ちの表れであろう。これらの授業の中で、疑問に思うことを各自で整理する時間を設定した。以下に、子どもが疑問に思ったことの一部を示す。

- ・本当に水で土や砂がけずられるのだろうか？
- ・どのようなときに、水で土や砂がけずられるのだろうか？
- ・水の流れる量とにごりは関係しているのか？
- ・なぜ、水が流れているだけなのに、土がけずられているのだろうか？
- ・本当に、土や砂が流れる水でけずられているの？また、どこの土や砂がけずられているの？
- ・なぜ、上流と下流で川の大きさ（幅）がちがうの？
- ・水の流れるスピードや量でけずられ方がちがうのではないか？

これらの疑問にあるように、指導者が子どもの実態を見取り、子どもの思考の流れに沿った問い

かけを行うことで、教材や自身、他者との対話を促し、流れる水の働きについての問題意識を醸成することにつながった。

第2節 科学的な論述の向上を目指して

<科学的な論述の導入ガイダンス>

本研究を進めるにあたり、子どもたちが自分の考えを主張する際に、どのような思考の仕方やどのような表現がよいかを理解することが重要であると考えた。そのために、その思考を獲得する時間を設定した。この学習でのポイントは、普段の私たちの会話には事実や証拠からなる主張が多いことに気付くことである。自分の考えをより分かってもらうには事実や証拠に理由を加えた表現の仕方が適切であることを理解するために行った。そこで、だれもがイメージしやすい日常場面において主張する場面を例に挙げた。事実や証拠と主張からなる表現と、事実や証拠に理由を加えた主張からなる表現を比較させることで、多くの人に自分の考えが伝わる表現について考えさせた。子どもたちは、「事実だけだと、どうしてそういう主張になったか分かりにくい」や「理由があるとその人の考えがよく分かる」と判断し、事実や証拠に理由を加えて主張した表現の方がより納得できることをとらえることができた。このような時間を設定したことで、根拠に基づいて理由を加え思考の仕方や表現について共有することができた。

(1) 第4学年「わたしたちの体と運動」における実践～予想・仮説の設定場面～

<学習のねらいや手立て>

本単元は自分の体を題材にしているため子どもにとっては身近な存在である。しかし、予想や仮説を立てる際、体の中まで見えない、見たこともないということから、「何となく」や感覚的に予想してしまうことがある。そこで、「関節のはたらきを調べる」学習の予想を立てる場面において、根拠に基づいて思考・判断し、表現できる予想場面を設定した。この本時は、人が体を動かすことができるのは、骨、筋肉の働きによることを理解していく学習の1つで、体の各部にある関節の存在に気付く学習である。ここでは、全体での交流やワークシート、ガイダンスで示した思考の関係図を拡大提示するなど、子どもたちが事実や証拠に当たる部分を明確にしなが、理由を加えて表現できるようにした。さらに、予想を立てる際に事

実や証拠を明確にすることは容易ではないため、子どもたちが単元導入時に想像して描いた手の骨のつくりの予想図を活用することとした。

<授業の実際と子どもの様子>

授業では、子どもが考えた予想図を複数提示した。提示した予想図を図3-2に示す。

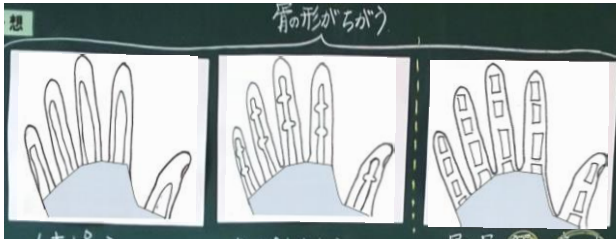


図3-2 子どもの予想図

提示後、指導者が「予想図の違いは何だろう」と問いかけた。この問いかけにより子どもは予想図を比較する思考を働かせ「骨と骨が分かれているもの」や「骨が1本でつながっているもの」等という違いに気づいた。その上で、「曲げることのできる私たちの骨のつくりに近い図はどれだろう」と問いかけることで、比較して得られた事実や証拠に基づき、判断する場の設定を行った。さらに、自分が選んだ図が正しいと言えるか、相手に分かるように主張していく際に、ガイダンスで示した思考の仕方や表現の仕方を想起させ、さらに、事実や証拠、理



図3-3 考え方や表現を整理している様子

由、主張の関係図を提示して考えさせるようにした。図3-3は関係図を提示、説明している様子を示している。これら一連の手立てにより、子どもが予想したときの記述を右上図3-4に示す。

図3-4の記述にあるように、根拠となる事実や証拠を共有したことで、「骨と骨がはなれているから」や「かんせつごのところがふくらんでいて」と主張を支える事実や証拠を図の中から見出し、明確に表現することができている。さらに、その事実や証拠に基づき、「かんせつごとにはまげることができない」、「自分の指もかんせつごのところはふくらんでいる」と理由を加え主張している記述がある。事実や証拠の明確化、思考過程を視覚化することにより、根拠に基づいて思考・判断し、表現

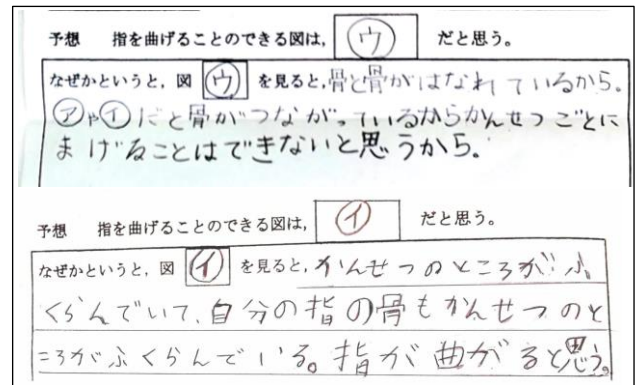


図3-4 根拠に基づいて予想した記述することにつながったと考える。

(2) 第5学年「流れる水のはたらき」における実践～予想・仮説の設定場面～

<学習のねらいや手立て>

本単元の「上流と下流の石の様子の違いを調べる学習」において、根拠をもって予想する場面の実践である。この学習は、上流には大きな角ばった石が多いことや下流には小さな丸みのある石が多いことを理解し、そのような違いの原因が流れる水のはたらきによることを理解する学習である。しかし、どうして石の形や大きさが違うのかをいきなり問いかけても、考えるための根拠が不足している。なぜなら、子どもらは石について注目した経験がほとんど無いからである。そこで、石の形や大きさの違いの原因を、石の様子を事実や証拠として考えていく上で、まず同じ川の上流の石と下流の石の実物を用意し比べさせることを手立てとした。そして、とらえた事実や証拠に基づいて思考・判断し、表現していくための手立てとして、事実や証拠、理由、主張に当たる要素を板書に明記することで、視覚的な支援とし根拠に基づいて思考・判断したことを表現することができるようにした。

<授業の実際と子どもの様子>

授業では、最初に同じ川の石だということを伝え、「AとBの石はどこが違うだろう」と問いかけると、子どもたちは石の大きさが違うことやゴツゴツした感じと滑らかな感じという触感の違い、尖っている石と丸みのある石などと比較する思考を働かせ様々な違いをとらえることができた。そこで、「より下流の石はどちらの石だろうか」と問いかけ、学習問題を「より下流の石はAとBのどちらだろうか」と設定した。予想を立てる際、見つけた違いが事実や証拠となること板書で示し、より

下流の石はAとBのどちらかを主張していく上で理由を加えることを指示した。このように、それぞれの関係を明確にした後の、話合いの様子を以下に示す。

- T どちらがより下流の石だと思いましたか？
- C1 ぼくはAだと思って、A(の石)とB(の石)では、A(の石)の方が小さくて下流に行くほど、強い流れで侵食されて小さくなっていくと思ったからです。
- C2 ぼくもAがより下流の石だと思いました。理由は、Bは苔や土とかがついていて、川のにおいがするし、Aの石は苔がついていなくて、(表面が)サラサラで、見た感じ下流の石だと思いました。
- T どうして苔がついていると上流と言えますか？
- C3 苔は上流でも下流でもつくと思うから、それでは言い切れないと思います。それに、川のにおいも、どっちの石も川のものだから判断できないと思います。
- T そうだね。
- C2 ちょっと考えます。
- C4 ぼくはAの石だと思っています。理由は、流れてくるときに削られて、丸くなると思います。何かほら、Bの石はチクチクとがっています。
- C5 ぼくはAの石がより下流だと思っています。理由は、前の実験で上流の方が流れが速いと分かったから、Bのゴツゴツしている石は、それで、削られたから。Aは丸っこいし、下流はそんな削ってなかったから、Aの方が下流だと思っています。
- T そういえば、C6さんも同じように考えていたけれど、どうですか？
- C6 私はAの石だと思って、理由は上流より下流の方が水の流れが遅いので、流れが速い方がより削られ、Bの石がゴツゴツしたり、尖っていたりしているからAの石の方が下流だと思っています。
- C7 私もAの石の方が下流だと思っています。なぜかというと、同じ川の石でも大きさが、Bの石の方が大きいし、Aの方が小さいし、なんかあの、侵食で削られてきたんかなと思って。それで、上流から流れてきた石が、ずっと削られてAの石みたいな形になったと思ったからです。

これらの発言から、予想する前にAの石とBの石の実物を比較し違いをとらえたことで、その事実や証拠に基づいて思考している。さらに理由付けでは、流れる水のはたきによるきまりや性質等に関係づけた表現ということが分かる。本時における事実や証拠、主張と理由の関係を明確にした手立てにより、第5学年の予想場面においても事実や証拠に基づいて思考・判断し、表現することがで

きたと考える。

(3) 第4学年「ものの温度と体積」における実践 ～考察の場面～

<学習のねらいや手立て>

本単元の「温度と空気の体積の関係を調べる」学習の授業実践について述べる。この学習は、本章第1節(1)で問題意識を醸成した後の学習である。フラスコの口がどのような向きであっても栓が飛んだ原因を追究していく場面である。出合いの事象ではフラスコに空気と水が入っていたが、思考を整理していくために、空気と水を分けて考えていくようにした。そこで、本時の学習では、空気だけに視点を絞って学習するが、空気という目に見えないものの変化を調べていかななくてはならないため、出合の事象で扱ったフラスコ栓が飛ぶ一瞬の出来事では温めた空気に何が起こったのかをとらえることは難しい。そこで、空気の体積と温度の変化をとらえやすくするために、フラスコの口に石鹼膜を張ることで空気の体積変化を視覚化した。また、「何がフラスコ栓を飛ばしたのか」という学習問題に沿って思考していくため、冷やした時の空気の体積変化は結論導出後に学習するような展開を考えた。これらの手立てにより子どもが空気が温められた時の体積変化を理解すると同時に、事実や証拠に当たる部分をとらえることができるようにした。そして、本時ではガイダンスで示した思考を可視化した関係図をワークシートにして活用することで、実験で調べた結果を科学的な根拠として思考することができるようにした。

<授業の実際と子どもの様子>

授業では、実験を通し「温めると石鹼膜が膨らんだ」や「お湯を入れた袋で包むと石鹼膜が膨らみ、袋を離すと膜がしぼんだ」「袋を離すと元の大きさにもどった」ということを確かめることができた。このことは、空気が温められると体積が膨張していく様子が視覚化され、分かりやすくなったからであると考え。そこで、学習問題である「何がフラスコ栓を飛ばしたのだろうか」を改めて問いかけ、個人で考えを整理する時間を設定した。そのとき、学習問題に対して、科学的な根拠に基づいて思考・判断し、表現するためにワークシートを配布した。そのワークシートを使って記述したものを次頁図3-5に示す。

図3-5を見ると、「空気がロケットを飛ばした」という主張を「石鹼膜が膨らんだ」という結果を

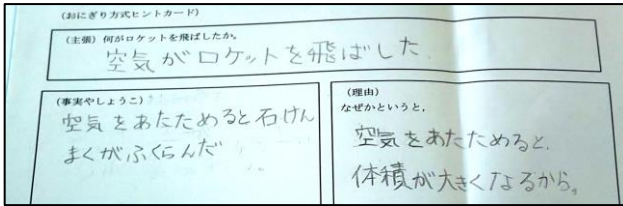


図3-5 ロケットが飛んだ原因を表現した児童のワークシート基に表現している。さらに、結果から主張に至った理由を「空気を温めると体積が大きくなるから」と目で見ることができない空気に対し実体的な見方を働かせて思考している様子が伺える。このことは、空気の体積の変化を石鹼膜を使って視覚化したことによる成果であると考えられる。

個人で考えをワークシートに整理した後の全体交流では、現時点でフラスコ栓が飛んだ理由として、試験管の中の空気を温めると、石鹼膜が膨らんだことから、空気がフラスコ栓を飛ばしたと考えられるということを多くの子どもが主張していた。さらに、その理由として、温めると石鹼膜が膨らんだのは空気の体積が大きくなったと言える理由付けしていた。その後、水を入れなくてもフラスコ栓が飛ぶ様子を観察し、確認してまとめた。このような科学的な事実や証拠に基づいた発言に至った要因には、ワークシートの活用により考えを構築し、それを表現することができたからだと考えられる。

(4) 第5学年「植物の実や種子のでき方」における実践～考察の場面～

<学習のねらいや手立て>

この単元では「アサガオは受粉することで実や種子ができるか調べる」学習において実験結果に基づいて思考・判断し、表現することができるように考えた。この学習では、アサガオの結実について受粉させたアサガオと受粉させないアサガオの比較対照実験を行い受粉との関係を調べていく中で、結実には受粉が必要ということを理解する。しかし、実際には受粉させたアサガオであっても結実しないこともある。本時では敢えて結実しない結果も示すことで、結果を事実や証拠ととらえさせ、主張していく際に加える理由付けとして複数あるデータの中からどこに着目したから主張が成立するのかを意識して授業構築した。加えて、本学級では植物の発芽について調べる学習において、発芽条件を満たしていても、必ず発芽するわけではないことを学習している。そのことも踏まえ植物の結実と受粉の関係について考えていくことで、植物の命をつなぐ仕組みについての理解を

より深めることができると考えた。結果を基に考えていく場面では、事実や証拠、理由、主張の関係図を拡大提示したり、ワークシート用いたりすることによって、考えることができるようにした。第5学年という発達段階を踏まえ、ワークシートには関係図は示さずに授業の流れに沿う普段のノートの構成に近い形でワークシートを作成し手立てとした。なぜなら、第6学年に向けて、関係図を使わずとも自ら思考・判断したことを、表現できるようにするためである。

<授業の実際と子どもの様子>

授業では、「アサガオの実や種子ができるために、受粉は必要だろうか。」という学習問題のもと問題解決の学習活動を行った。結果が明らかとなった10個の比較対照実験について取り上げ、受粉させたことで結実したアサガオが8/10つ、受粉させないため結実しなかったアサガオが0/10つと全体で共有した。この結果を基に、一人一人ワークシートを用いて考察した。このとき、拡大提示で関係図を示しながら、事実や証拠に当たる部分は表を言葉で書き表したものを、主張は学習問題に対する結果を踏まえた自分の考え、理由は結果のどこを見たから自分の考えが言えるのかということ整理した上で、書くように指示した。その時の、考察で用いたワークシートを図3-6に示す。

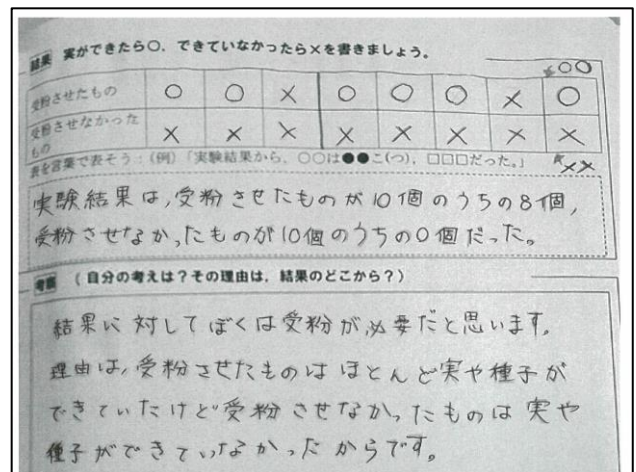


図3-6 受粉と結実の関係を考察したときのワークシート

この図を見ると結果の欄には表の下に結果を言葉で書き表したものを、考察の欄には自分の考えである主張と、その主張に至る理由を書くことができています。事実や証拠、理由、主張の関係を整理したことにより、図3-6のようなワークシートの形式でも記述することができたと考えます。

一人一人が結実と受粉の関係性について考察した後、グループで話し合う場を設定し、意見をま

とめるようにした。他者の意見を聞くことで、思考を広げたり深めたりできるようにするためである。このグループでの話合いの様子を以下に示す。

- T それぞれの主張に対する理由が納得いくものかグループで交流しましょう。
- C1 受粉させないと実ができてないし、受粉させたら実ができたんだから、(アサガオが実を作るためには)受粉は必要だね。
- C2 私も実ができるには受粉が必要だと思いました。
- C3 でも、受粉させても実ができないのは何で(だろう)?
- C1 えっと。
- C3 そっか。もしかしたら、(受粉させても実が)できる場合とできない場合があるんじゃない。
- C2 あー。そうだ。
- C4 じゃあ、アサガオの実をつくるために、受粉は必要だけど、必ず(受粉させても)実ができるわけじゃないね。

このグループは学習でねらいとしていた受粉すれば必ずしも結実するわけではないことに、既習内容に関連させて到達している様子が分かる。本学級には8つのグループがあったが、このグループだけが指導者のねらいとするところに自ら到達していた。このことを指導者は机間指導の中で把握していた。そこで、全体交流の場で多くのグループが「アサガオの結実に受粉は必要」という主張をしたことを受けて、「受粉させたのに実ができていないアサガオもあるけれど、アサガオの実や種子ができるのに受粉が必要だと言えるかな」とゆさぶるような問いかけを行った。子どもたちが指導者の問いかけに対し、どのように解答したらよいか悩んでいる中、上記の話合いをしたグループに発表をさせた。このグループの意見を聞いた多くの子どもらは、既習内容である植物の発芽実験で条件がそろっていても発芽しない場合があったからと理由に加え、結実に受粉は必要だが、必ず結実するわけではないということを理解することができた。その後、学習をまとめる場面では、子どもの意見をつなぎ「アサガオは受粉すると実や種子ができる。しかし、受粉したら必ず実や種子ができるわけではない」とまとめた。このようなまとめは指導者がねらっていたことであり、ねらいに到達した要因としてゆさぶる問いかけにより思考を促し、意図的に発表順を設定したことで既習内容をつなげて科学的な根拠に基づき、より深まった思考・判断・表現が学級全体でできたと考える。

第3節 適用する力の育成に向けて

学んだことを新しい状況下で適用させることのできる力の育成に向け、A校・B校のそれぞれで、単元を通して学んだ科学的なきまりや性質等を適用する場を設定した。このような適用させる学習をくりかえし行うことで、科学的な思考力・判断力・表現力等のさらなる育成を目指した。

(1) 第4学年「わたしたちの体と運動」における実践<学習のねらいや手立て>

本単元では、人の体には骨や関節、筋肉があることを理解し、それらが関係し合って曲げたり伸ばしたりなどの運動ができることを理解する。このような学んだことを身近な哺乳類にも当てはめて考える場面を単元末に適用場面として位置づけた。このとき、科学的な思考力・判断力・表現力等の育成を目指す視点から理科における見方・考え方を適切に働かせる必要があると考えた。そのため、複数の哺乳類を観察することで、体のつくりや動きについての共通性やある種の動物だけの特徴としての多様性といった見方を働かせることができるようになると考えた。複数の動物を観察できるよう京都市動物園に依頼し、協力して実践することとした。そして、共通性や多様性といった見方を適切に働かせるためには調べたことを比較する考え方が必要である。このように、複数の動物を観察することや調べたことを比較することで、理科の見方・考え方を適切に働かせることができる手立てとする。また、調べる際には、これまで同様、事実や証拠に基づいて、理由を加えながら主張することのできるワークシートを用いることで科学的な根拠に基づいて表現することのできるように手立てとする。しかし、今回は動物の動きを観察したとき、足の動きや首の動き、腕の動きなど様々な事実や証拠が挙げられ、それぞれの動きがどうしてできるのかを理由を加えながら主張していく上で、2章第1節(2)に示した関係図のような形で記述すると、整理しづらくなると考えた。そこで、事実や証拠、理由、主張を矢印でつなぐ方式で記述することで、多様な調べ学習ができるようにした。次頁図3-7に子どもに配布し、示した書き方の例を示す。

<授業の実際と子どもの様子>

授業では、まず、学級では「人と比べて、動物はどのような仕組みで動いているのだろうか。」と

これらの振返りから、「動物の体は、筋肉と骨、けん、関節があるのは（人と）同じでも」や「人の体と動物の体はにているところもあるけれど」のような記述から、人の体との共通性に気づき、「進化の過程で生活や骨の形が違うこと」や「それぞれの生活に合わせてしんかしていくこと」などからは多様性に注目して考えた様子が見えてくる。このような考えに至ったのは、複数の動物を観察したこと、指導者の問いかけが効果的であったからだと考えられる。

（２）第5学年「流れる水のはたらき」における実践<学習のねらいや手立て>

本単元における適用場面として、三日月湖のでき方を考え説明する学習を行った。子どもたちはこれまでに流れる水のはたらきや降水時の川の様子について学習している。三日月湖ができる要因の1つとして、流れる水の侵食・運搬・堆積作用による地形の変化がある。子どもたちは川岸や川原の石などが流れる水のはたらきによって変化することは理解しているものの、そのことが地形を変えているという理解には至っていないと考えた。そこで、三角州ができる様子を話し合うことで、流れる水によって地形が変わることをとらえさせる。その上で、三日月湖も流れる水のはたらきによってできるか考えられるようにする。しかし、地形が変わることをとらえても、どのように考えていけばよいか見通しも立てられないことが考えられる。そこで、三日月湖の周辺と身近な琵琶湖などの周辺を Google Map の航空写真を使い、比較する。これにより三日月湖の周辺には大きな川が並行するように流れていることや川の一部のような形になっている事実をとらえることができるようにする。そして、三日月湖ができる前の川の同じ地域の写真も提示することにより三日月湖になる前の川の様子もとらえることができるようにし、考えていく手立てとした。また、1人ではなかなか考えを構築することが難しいため、グループで協同して考えるようにし、ここではワークシートを用いることで、科学的な根拠に基づいてまとめることができるようにした。

<授業の実際と子どもの様子>

授業では、インターネットを検索すると流れる水のはたらきで三角州という地形ができるという掲載があったことから、三角州のでき方について子どもとのやり取りの中で確認した。やり取りの

中で、子どもたちは流れる水のはたらきによって三角州ができることを理解することができた。そこで、「さらに検索すると三日月湖という湖も、流れる水のはたらきでできた自然の地形だ」との掲載があることを知らせた。次に、Google Map にある三日月湖と琵琶湖の航空写真も提示し、比較した。三日月湖は、「湖が曲がっている」ことや「近くに大きな川がある」といった違いに気付くことができた。さらに、三日月湖ができる前の同じ地域の写真を提示した。すると、三日月湖がないことから、「どのようにしてできたのか」「本当に、自然にできるのか」等と疑問が生じた。その上で、「この三日月湖はめずらしい形をしているけれど、自然にできるものだろうか」と問いかけ、学習問題を「三日月湖は自然にできるものだろうか」と設定した。子どもたちは「自然にできる」という子どもが3分の2、「自然にできない」という子が3分の1だった。

そこで、グループで考える時間を設定し、意見をまとめさせた。以下にあるグループの話し合っている様子を示す。

- | | |
|----|--|
| T | このような三日月湖は、自然にできるものかグループで話し合おう。 |
| C1 | だって、だんだん侵食と堆積で、曲がっていくんじゃない。 |
| C4 | 何でここが曲がるの？ |
| C1 | (昔の写真を指差して)ここ(カーブしている部分)がちぎれて、移動していったんじゃない？ |
| C3 | じゃ、自然にできるでいいよね。 |
| C1 | そうだね。なぜなら、侵食と堆積して川が曲がっていつて。 |
| C4 | 下の写真のカーブの所のこと？ |
| C1 | そう。この昔の写真の方のこの部分。 |
| C3 | カーブが曲がって、どんどん曲がる？ |
| C4 | 侵食されるなら、川がどんどん太くなるんじゃない？だから、川が移動するわけじゃないんじゃない？ |
| C1 | 大きく曲がり続けていつて、そうすると、川のカーブに水が流れがたえきれなくて、川が真っ直ぐつながった。 |
| C4 | 川がそんなに大きく移動するかな？ |
| C1 | 長い時間かかれば、形が変わって移動してるように見えるはず。 |
| T | では、時間です。 |

このように、写真の川の形から流れる水の侵食と堆積の働きを関係づけて、地形が変形したという考えをもって、話している様子が見えてくる。しかし、同じグループの中で、「自然にできた」と思っても、理由の違いから納得していない子ども

もいる。決着がつく前に、話し合いの時間が終わってしまった。このようなグループでの話し合いの結果、上記以外のグループはどのようにまとめたかを図3-10に示す。

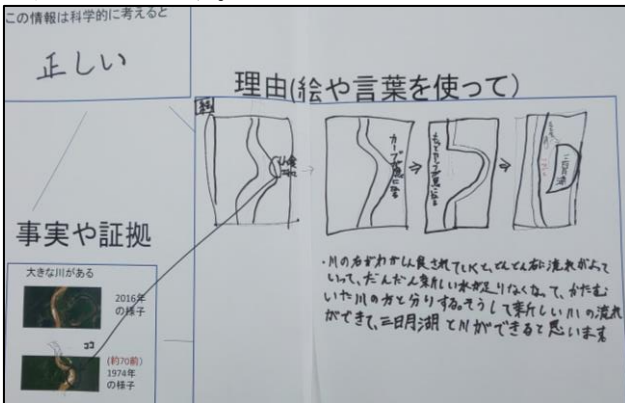


図3-10 グループでまとめたワークシート

このグループも写真の川の形から流れる水のはたらきによって地形が変わっていった過程を理由に示し、自然にできるのは科学的に考えて正しいと主張している。話し合いの様子を示したグループと図3-10のようにまとめたグループがこのようなまとめに至ったのは、授業の前半において事実や証拠をとらえる場面の設定に加え、流れる水のはたらきで三角州ができた話をしたことで、学んだ流れる水のはたらきを三日月湖の場合にも適用させて考えることができたからだと考える。

グループ交流の後、自然にできたと考えた班が5グループ、自然にできないと考えた班が3グループだった。そこで、お互いの説明を聞いた。意見を聞くことで、自然にできたという意見に変える子どもが現れた。その子どもにどうして意見を変えたのかを聞くと、「けずるとたまが繰り返されるといことで、川（のカーブしている部分）がどんどんズレていくというのは分かるから」と発言した。意見を変えたこの子どもは、自分とは違うグループの説明を聞くことで、学んだ流れる水による侵食・堆積作用と三日月のでき方を関連付けることができたからだと考える。そこで、指導者が「侵食によって、川のカーブがどんどん外側の方へズレることはありえるかな」と思考を整理する問いかけをすると、子どもらの多くがうなづいていた。本時の学習を踏まえ分かったことを整理させると、三日月湖は流れる水の削ったり積もったりする働きによって川の形が変わったことで自然にできる湖であるということをもとめた。このことから、これまでの学習で学んだ科学的な性質やきまり等を適用させ科学的な思考力・判断力・表現力等を広げることができたと考えられる。

第4節 論述確認テストの作成と活用

単元の最後に、学んだことを適用する視点と、科学的な思考力・判断力・表現力等が育成されたかを見取るため、論述確認テストを作成し、実践を行った。このテストはそれぞれの学習の単元末に行うことで、単元で獲得したい知識の習得ができたかを見取ることができる。加えて、単元を通じて獲得した科学的な性質やきまり等が新たな状況下で適用できるかを見取ると同時に、科学的な根拠に基づいて思考・判断し、表現する力が身に付いてきているかを見取るともできる。一方で、子どもに力がついているかを測るということは、指導者による指導が効果的であったかどうかを見取るともできる。論述確認テストをすることで子どもの科学的な思考力・判断力・表現力等を見取ると同時に、指導者の指導の在り方を見直し、次に活かすといったねらいで実践した。

評価規準は2章を参考にしながら行うが、「概ね満足」の中に「事実や証拠に基づいた表現」と事実や証拠は不明瞭だが、学習で学んだ科学的な性質やきまり等が記述できている「事実や証拠が不明瞭な表現」を位置づける。「努力を要する」には「十分満足」や「概ね満足」の基準以外の記述である「その他」や主張のみの記述である「無解答」、そして主張が問題に正対していない「誤答」を位置づけて実践した。

(1) 第4学年「わたしたちの体と運動」

<論述確認テスト作成に向けて>

子どもたちは、授業において人のうでが曲げ伸ばしできる仕組みについて骨や関節、筋肉を関係づけながら学習してきた。そこで人の足首を曲げ伸ばしして足のつま先を上げたり下げたりする仕組みについて、腕で学んだことを適用させることができるかを見取るようにした。足のつま先を上げている様子の図を選んで主張とする際に、問題にある図の筋肉の縮んでいる様子や緩んでいる様子を事実や証拠として示し、選んだ図の筋肉の様子がどうして足のつま先を上げることにつながるかを理由として記述できるかを見取るようにした。このようにして作成した論述確認テストを次頁図3-11に示す。

<論述確認テストの結果>

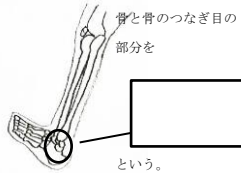
①の問題に対する正答率は、97%であった。このことから、子どもらは関節という言葉の意味につ

私たちが歩くときには、足のつま先を上げたり下げたりしているそうです。そこで、どのような体の仕組みで、上げ下げできるのか、図かんで調べました。

図かんの続きには、足のつま先を上げている様子を表した図がのっていました。

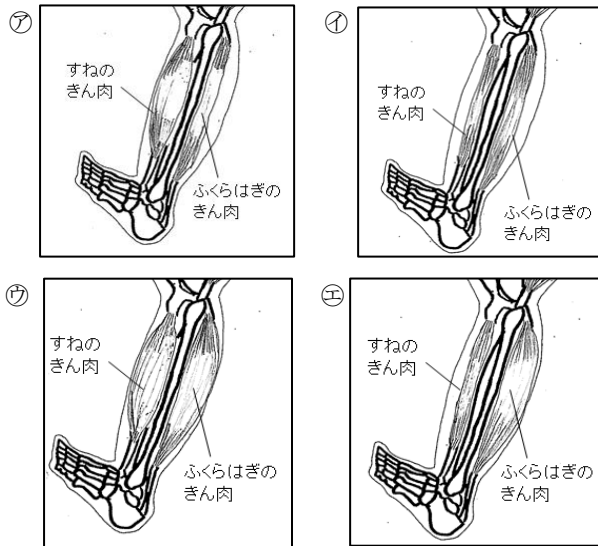
①ふくらはぎから足のつま先の

部分の骨を見ると、図の○のように、曲がる場所には骨が分かれているつなぎ目の部分がありました。



このような骨のつなぎ目の部分を何と言いますか。右の口に書きましょう。

②図かんにのっていた図は㉗～㉜のうちどれでしょう。選んだわけを「骨」「筋肉」という言葉2つを使って、書きましょう。



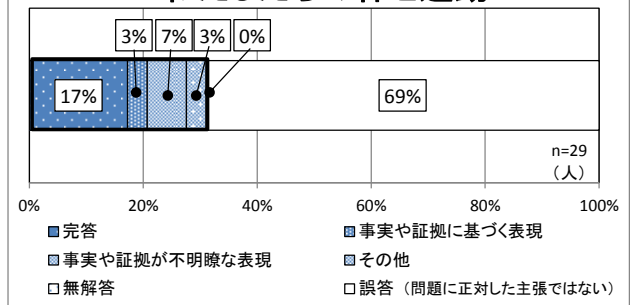
足のつま先を上げている様子の図は・・・
わけ

図3-11 「わたしたちの体と運動」 論述確認テスト

いて理解していると考え。次に、②の問題に対して、選択した図に対する記述内容を分析した結果を右上図3-12に示す。

図3-12を見ると正しい図を選べた子どもが31%、誤った組合せを選んだ子どもが69%であった。正しい図を選べた子どもが半数にも満たなかった。しかし、授業実践での子どもの様子や研究協力員の子どもを見取りを考えると、半数以上の子どもが誤答になるとは考えにくい。そこで、このような結果となった要因を考えると次の2つが挙げられる。1つ目は、子どもが腕の動く仕組みで学んだことを足に適用させることができなかつたと考

わたしたちの体と運動



* 太枠は問題に正対する主張を選択している解答

図3-12 「私たちの体のつくりと運動」の記述の分析結果えられる。2つ目は、問題文から足のつま先の上げ下げと筋肉の動きをイメージすることができなかったのではないだろうか。問題には足のつま先の上げている様子しか示されていない。そのため、下げている様子をイメージしたり、すねやふくらはぎの筋肉が足の骨のどの部分につながっているか分からなかったりしたと考えられる。そのため、子どもが腕の動く仕組みを足の動く仕組みに適用できなかったと考えるより、作問に課題があったと考えられる。

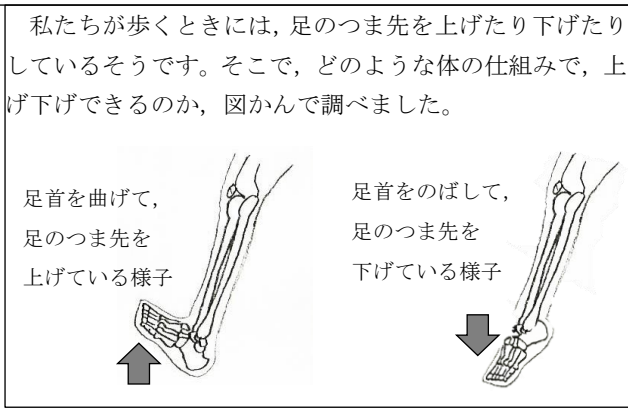
そこで、図3-11を返却する前に、論述確認テストを修正し、新たに作成したものが次頁図3-13である。

この図3-13の新たに作成した論述確認テストは、子どもが足のつま先の上げ下げの動きをとらえることができるように配慮して作成した。

<論述確認テストの結果>

①の問題に対して、正答率は95%と図3-11の論述確認テストと同率の結果であった。次に、②の問題に対する子どもの記述の分析結果を次頁図3-14に示す。

図3-14を見ると、正しい図を選べた子どもが69%となり、その内訳を見ると完答となった子どもが28%、準正答である事実や証拠に基づいて表現できた子どもが10%となった。さらに、正しい図を選べたが、事実や証拠が不明瞭な表現やその他に該当する子どもが31%であり、子どもたちの実態として妥当性があるものと考えられる。そこで、完答や準正答に至らなかった子どもの記述を分析すると、事実や証拠に基づかず、自分の感覚で答えたり記述する際にキーワードを使わずに表現したりしていたことが要因である。そのため、次の授業実践では、改めて事実や証拠に基づいて思考、判断し、表現することを継続して指導していくことが大切であると分かった。



①図かんの図のを見ると
○のように、曲がるころには骨が分かれているつなぎ目の部分がありました。
このような骨のつなぎ目の部分を何と言いますか。

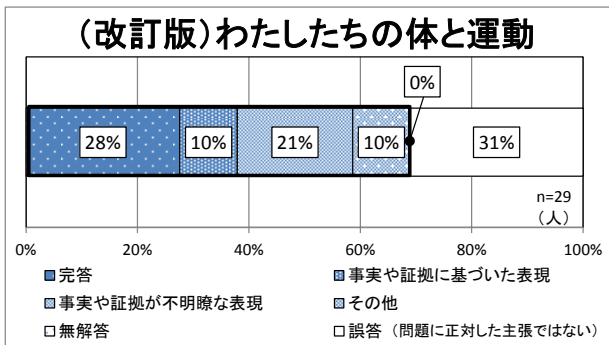
②さらに、足をつま先を上げ下げするには、筋肉も必要だと書いてありました。
足をつま先を上げている（足首を曲げる）時と、下げている（足首をのばす）時の様子の組合せとして正しいのはA～Dのどれでしょう。また、選んだわけを「骨」「筋肉」という言葉を必ず使って、書きましょう。

⑦ ① ㊦ ㊧

A 上げているのは㊦で、下げているのは㊧
B 上げているのは㊦で、下げているのは㊦
C 上げているのは㊦で、下げているのは㊧
D 上げているのは㊧で、下げているのは㊦

正しい組合せは である。
わけは、

図3-13 新たに作成した「わたしたちの体と運動」論述確認テスト



* 太枠は問題に正対する主張を選択している解答
図3-14 (改訂版)「わたしたちの体と運動」の記述の分析結果

加えて、この単元の実践より論述確認テストについては、今後の作成するにあたり、子どもが問題状況を適切にとらえることができるように子どもの実態を把握しながら作問することが重要であり、気をつけるポイントとして明らかになった。

(2) 第4学年「ものの温度と体積」

<論述確認テスト作成に向けて>

論述確認テストでは、できるだけ問題の状況が分かるように詳細に示すこととした。図3-15に作成した問題を示す。

下のグラフはA町の夏(8月10日)の最も高い時の気温(最高気温)と道路の最も高い時の温度、冬(1月23日)の最高気温と道路の最も高い時の温度を表にしたものです。

	8月10日	1月23日
気温	38℃	9℃
道路の温度	68℃	4℃

①夏と冬の温度の変化が大きいのは、気温と道路の温度のどちらでしょうか。

の方が変化が大きい。

②A町を歩いていると、いくつか橋がかかっています。その橋には、写真のような金属のつなぎ目があることに気づきました。そのつなぎ目には、すき間があることに気づきました。

図のようなすき間が見られるのは、夏と冬のどちらでしょう?そのわけを、「道路の温度」「すき間」という言葉を使って、書きましょう。



と考える。

わけ

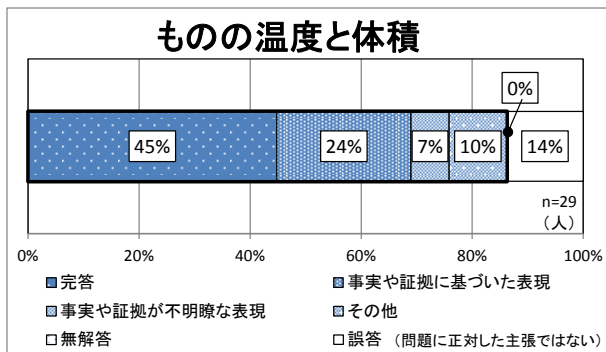
図3-15 「ものの温度と体積」論述確認テスト

この問題は温度によって道路にある金属の体積が変化することによりすき間が生じることを説明する内容である。子どもたちは単元を通じて空気

や水、金属は温められると体積が大きくなり、冷やすと体積が小さくなることを学んでいる。この性質を適用させて写真の道路の様子はどの季節と考えることができるかを主張させるようにしている。主張してく際には、道路の温度が日中や季節によって変化していることをとらえる必要があり、子どもの実態を踏まえると道路の温度が変化していることを問題文に提示していないと、問題状況を適切にとらえ、事実や証拠に基づいて考えることができないと考えた。そこで、図3-15のように第①問に季節による気温と道路の温度変化を出題し、道路も季節によって温度が違うことを理解できるような状況を設定した。これにより、第②問で、道路の温度の変化から、金属のすき間の様子について理由を加えながら判断した季節について説明することができると考えた。

<論述確認テストの結果>

実際にテストを行うと①の問題に対する正答率は、82%であった。この正答率から、子どもらは路面の温度は、夏と冬では変化が大きいということを理解していることが伺える。そして、②の問題に対して、子どもの記述を分析した結果を図3-16に示す。



* 太枠は問題に正対する主張を選択

図3-16 「ものの温度と体積」の記述の分析結果

図3-16を見ると、誤答率が前回の論述確認テストの結果(図3-14)に比べ17ポイント減少し14%になった。このことは、子どもが自分の感覚や何となくではなく事実や証拠に基づいて思考・判断した結果だと考えられる。さらに図3-16を見ると、正しい図を選択し事実や根拠に基づき、理由を加えて表現することができた完答と言える子どもが45%であった。次に、正しい図を選択し事実や根拠は示したものの理由に当たる部分が不足していた準正答にあたる子どもが24%という結果であった。

また、完答の子ども記述を右図3-17に示す。

図3-17を見ると、気温が低いことで道路の温度

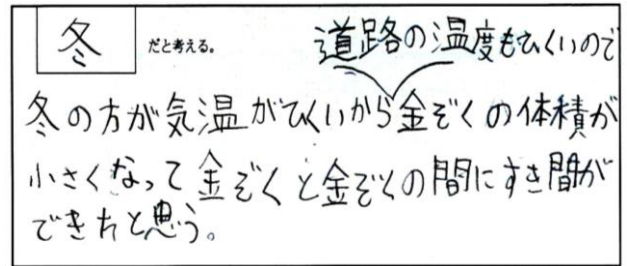


図3-17 論述確認テストの子ども記述

も低いという事実や証拠に基づき、授業で学んだ金属の体積と温度の関係を理由とし、隙間の様子から冬という季節だと主張している様子が伺える。このような記述をした子どもが45%という学級の約半数を占めたことは、学習を通して金属の体積と温度の関係を理解できたことや単元を通して科学的な根拠に基づいて思考・判断し、表現する学習を継続的に取り組んできた成果と考えられる。

(2) 第5学年「植物の実や種子のでき方」

<論述確認テスト作成に向けて>

この単元では、植物の結実には受粉が必要ということや学んでいく。結実のために受粉が必要であることから、イチゴ農家が行っているより多く結実させるための工夫について説明する問題となっている。ここでは、受粉に必要な花粉をミツバチが付けている事実や証拠を基に、農家の主張を裏付ける理由を結実には受粉が必要ということや適用させることをねらいとした。そこで、事実や証拠をとらえるために第①問で、ミツバチが花粉を付けていることをとらえられるようにした。このようにして作成した論述確認テストを次頁図3-18に示す。

<論述確認テストの結果>

①の問題に対する正答率は、100%であった。このことから、子どもらは花粉という言葉の意味について理解し、さらに受粉に必要な花粉がミツバチに付いていることをとらえたと考えられる。次に②の問題に対して、子どもの記述を分析した結果が次頁図3-19になる。


図3-19を見ると、正しい主張を選べた子どもが96%となり、その内訳として事実や根拠に基づき理由を加えて表現できた完答の子どもが35%、事実や根拠に基づいて表現した準正答の子どもが32%と合計67%になった。B校では初めての実践であったが、子どもたちは事実や証拠に基づいて理由を加え主張していくことができたのではないかと考える。


続いて、右頁図3-20に完答した子どものA児の

イチゴをビニールハウスで栽培している農家の中には、ビニールハウスの中でミツバチを飼っている農家があるそうです。よし子さんは、どうしてビニールハウスの中でミツバチを飼っているのか不思議に思い、ビニールハウスの中のミツバチの様子を観察してみました。すると、イチゴの花にみつを吸いにきたミツバチのおしりに、たくさんの黄色い粉のようなものがついていることに気づきました。

①ミツバチのおしりについて黄色い粉は、イチゴの花から出たものようです。この黄色い粉は何ですか？

②よし子さんとりか子さんは、どうしてミツバチを飼っているのか話し合いました。

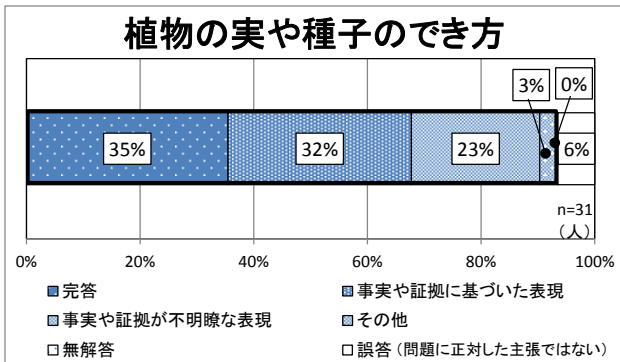
 ミツバチを飼っていると、ミツバチがすったみつをイチゴに分けてくれて、
 <りか子さん> おいしくなるんじゃないかな。

 ミツバチを飼っていると、
 たくさんイチゴの実ができるんじゃないかな。

<よし子さん> よし子さんとりか子さんの意見のどちらにさん成できますか。また、選んだわけを書きましょう。

さんの意見にさん成わけ

図3-18 「植物の実や種子のでき方」 論述確認テスト



* 太枠は問題に正対する主張を選択している解答

図3-19 「植物の実や種子のでき方」の記述の分析結果記述と、準正答の子どもB児の記述を示す。

図3-20のB児の記述を見ると、「ミツバチがかふんをめしべにつけるから」という事実や証拠に基づいて考えているものの、「花粉をめしべにつける」ということが「どうしてたくさんのイチゴの実ができるか」という主張につながる理由が不明瞭である。このB児のような記述は他にも、見られた。これは指導により、事実や証拠となる根拠を示す

A児

わたしは、花粉がめしべにつくと、受粉して実ができることから、たくさんのイチゴの実ができると考えました。理由は、ミツバチは、花の花粉を巣に運ぶと聞いたことがあるから、ミツバチについて花粉がめしべにつくと、受粉して、イチゴの実ができやすくなると思ったからです。

B児

ほくは仔の实ができると思えるのは、ミツバチがみつをめしべにつけるからだと思います。だからたくさんの実ができると思う。

図3-20 論述確認テストにおける子どもの記述

ことは意識させることでできたが、解釈する力である理由に当たる部分を思考・判断し、表現する力がまだ十分でないことによるものだと考えている。理由付けが不十分であり完答とならなかった子どもたちには、テストを返却する際、「花粉をつけることとイチゴがたくさんできることとの関係を示して書くといいよ」と理由が不明瞭だったことを助言した。また、指導者は次の単元において、子どもの表現に事実や証拠を示されているか気をつけて指導を行うといった、自身の指導改善に活かすことができた。

(4) 第5学年「流れる水のはたらき」

<論述確認テスト作成に向けて>

授業では川岸の様子に着目しながら、流れる水のはたらきについて学んできた。そこで、このテストでは、川岸だけでなく流れる水のはたらきを川底に適用させるとどのように考えられかをねらった。そこで、問題文では川の外側と内側という表記をせず、A側とB側とすることで、第①問でA側とB側の水の流れる速さの事実に基づいて第②問における川底の様子として考えられるものを思考・判断し、表現することをねらいとした。このような視点で作成したテストを次頁図3-21に示す。

<論述確認テストの結果>

①の問題に対する正答率は72%であった。このことから子どもたちは、川の内側と外側では流れる水の速さが違うことについてとらえていることが分かる。そして、②の問題に対し、子どもの記述の分析結果を次頁図3-22に示す。

図3-22を見ると、事実や根拠に基づき理由を加

上のような川の曲がっている場所では、内側と外側で流れの速さにちがいがああるかを、木の葉が流れる様子を見て調べました。同じような大きさの木の葉が5秒間にどれだけ流れるかを調べると次のようになりました。

	1回目	2回目	3回目
A側	7 m	10 m	9 m
B側	3 m	2 m	3 m

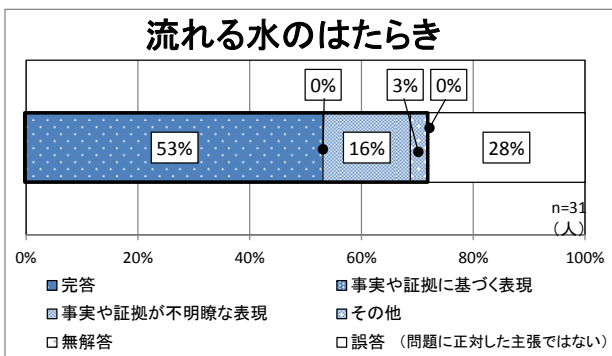
① 表の結果からこの川の流れはA側とB側ではどちらが速いでしょうか？

② A-Bを結ぶ川底の様子として考えられるものはどれでしょう。また、「**流れる水の速さ**」という言葉を使って、選んだ理由も書きましょう。

⑦ ① ⑦ ⑤

川底の様子と考えられるのは・・・

図3-21 「流れる水のはたらき」チェックテスト



* 太枠は問題に正対する主張を選択している解答

図3-22 「流れる水のはたらき」の記述の分析結果

えて表現できた完答の子どもが74%, 事実や根拠に基づいて表現した準正答の子どもは0%であった。1つ目の実践を受けて、多くの子どもが事実や証拠に基づいて理由を加えて表現していると考え。一方で、正しい図を選べてはいるが、事実に基づかずに「川は外側がけずられるから」といった知識のみで書いている解答もあった。しかし、本単元の学習する流れる水のはたらきの性質を理解し

ていることは分かる。今後、こういった子どもには、「学んだことがこの場面ですべて当てはまると思うか」、「どこを見て、このきまりや性質が当てはまると思ったのか」という事実や証拠を示しながら主張していけるように指導していくことが大切だと考える。図3-23に「流れる水のはたらき」の論述確認テストの子どもの記述を示す。

ぼくは⑦だと思て、理由は水の流れる速さは、A側のものがはやいからとてもしん食されると思うから。

図3-23 論述確認テストの子どもの記述

記述にあるように、A側の方が水の流れることが速いという問題にある事実や証拠をとらえ、そのことに基づいて侵食と土地の変化の関係を説明できている。このことは、学習において流れる水のはたらきについて理解していること、さらに科学的な思考力・判断力・表現力等の育成に迫れたことが考えられる。

第4章 研究実践を終えて

第1節 研究の成果と課題

本研究実践を終えて、科学的な思考力・判断力・表現力等の育成に向けて、効果的であったと考えられる手立てや今後の課題や汎用に向けて振り返って考察したことについて述べる。

(1) 指導者の問いかけと問題意識の醸成から<成果について>

問題解決の学習活動を展開していくために、指導者の効果的な問いかけは、子どもの問題意識の醸成に関与すると考えられる。本実践では、単元配列の工夫により子どもの既習内容とのズレを生じさせる問いかけや、他者との対話を設定したことによる一人一人の考えのズレを認識させる問いかけなどを行った。このような問いかけを行ったことにより自然の事物・現象に着目させ、問題意識を醸成することができた。そして、問題意識を醸成させることで、子どもらが問題解決の学習活動に向かうことができるようになったと考えられる。そして、本研究で実践した問いかけの視点は、この単元だけによるものではないため、他の学習でも生かすことのできる視点であると考え。例

えば、先述した2章第3節(1)で示した気体の溶けた水溶液について学ぶ際などである。このように問題意識を醸成させる問いかけを指導者は年間の単元配列を見通した指導計画や、子どもの実態を把握した上で効果的な問いかけを模索していくことが大切であることが明らかとなった。

<課題について>

問題意識を醸成することのできる有効な問いかけであっても、子どもたちが思考を働かせていないような場面も見受けられた。この要因には問いかけするタイミングや指導者の表情、問いかけする時の声の抑揚など様々な要素が複合しているのではないかと考える。子どもに思考させていくには、授業の中で、子どもの発言を聞いた時、数秒の間を空けて「本当かな？」や指導者が腕を組み、頭を悩ませながら考える様子を見せる等、役者のようになることで、子どもがゆさぶられる状況となる雰囲気作りも大切であると考えた。問いかけを練るだけでなく、問いかけ方も考えていくことも大切になってくる。

(2) 科学的な論述の向上を目指してから

<成果について>

授業の中で、授業中に、子どもが「根拠は何だっけ」や「理由は難しいな」というつぶやきがあった。このつぶやきは、自分の考えを相手に伝える時、事実や証拠などの根拠に基づき、それらの解釈を踏まえ理由付けして表現していこうとする意識の表れであると考えた。このような発言が見られたのは、事実や証拠と理由、主張の関係を意識した学習の展開やワークシート等の手立てを講じた成果であると考えた。

そして、子どもが事実や証拠に基づいて表現するためのポイントとして明らかになったのが、事実や証拠をとらえるため、その共有を図る学習活動が必要ということである。これにより、子どもは事実や証拠を明確にしながらか主張する姿が見られた。例えば第3章第2節(2)にあるように、予想図を比較させ、違いをとらえることで、その違いを事実や証拠として正しいと思う図を表現している様子や3章第2節(3)にある上流と下流の石を比較し、違いを事実や証拠として、下流の石を主張するといった姿である。この学習活動を経ることで、全体で共有した複数の事実の中から、子どもは自分の主張に必要な事実や証拠を選択することができたと考える。

そして、このように科学的な根拠となる事実や証拠に基づいて思考・判断し、表現させることは理科の資質・能力の育成に必要不可欠である。例えば、根拠に必要な事実や証拠を判断するときには、事象の変化、事象の共通点や相違点に気付かなければできない。そのため、事実や証拠をとらえる段階では比較する力の育成に迫れたと考えられる。これは、次期学習指導要領にも示されている第3学年の目標となる資質・能力である。さらに、根拠を明確にし、自分の考えを主張する際、理由付けする思考過程では、生活場面やこれまでに学んできたことをつなげるといった、関係付ける力の育成に迫れたと考えられる。このことは第4学年の資質・能力である。また、一人一人が科学的な根拠に基づいて表現し合い、議論していく中で第5学年や第6学年の資質・能力の育成へと関連していく。つまり、科学的な根拠に基づいて表現する学習を行うことは、次期学習指導要領の目標と合致し、科学的な思考力・判断力・表現力等の育成に有効であったと考える。

また、事実や証拠と主張をつなぐ理由付けを表出させることは、素朴概念や理科の見方を表出させる効果もあった。例えば、第4学年の「ものの温度と体積」の学習の問題意識を高める学習において、フラスコ栓を飛ばす方法を話し合う際に、子どもから「温めると水からモヤモヤが出るから。」や「水の中からあわがでてくるから。」といった、水の状態変化についての素朴概念に関わる発言があった。この単元で活かされることは無かったが、その後の「すがたを変える水」の単元で、「泡が出てくるのは、どんな時かな？」や「泡って何かな？」と話をつなげていくことができるだろう。こういった素朴概念を導出させ、子どもの実態をとらえ指導をしていけることは、子どもの科学的な思考力・判断力・表現力等を育成していく上で効果的であると考えた。

<課題について>

学習問題の設定の難しさである。事実や証拠に基づいて理由を加えて主張する学習を成立させる際、学習問題によっては表現させる時、事実や証拠、理由、主張の棲み分けが難しい場面もあった。例えば、水の温度と体積の関係を調べる学習の際、子どもの意見を尊重し学習問題を「水は温めると体積はどうなるだろうか」とした。試験管に水を入れて温めたとき「温めると試験管の中の水面が上がった」という結果が示された。そして、結果

を踏まえて考察する場面で、「水は温めると体積が大きくなる」といえる」という主張を多くの子どもたちがした。次に、なぜ主張が言えるか理由を示そうとした際、「温めると水面が上がったから」となった。ここで、子どもたちは事実や証拠と理由が同じになってしまうことに気づき、理由をどう表現したらよいだろうと考え始めたが、水が温められ体積が大きくなる仕組みである分子の構造や分子間のエネルギーについて関わる等の科学的な仕組みを考えたり表現したりすることは小学生では難しい。学習問題を設定する際、子どもたちにとって事実や証拠、理由、主張ができるものであるかを検討した上で授業をしていく必要がある。

（３）適用する力の育成に向けてから

＜成果について＞

適用場面の設定により、子どもが学んだことを生かして考えていく姿が見られた。例えば第3章第3節(1)にある動物園での実践である。この学習では、実際に、複数の動物を観察したことにより生物の共通性や多様性といった理科における見方を働かせる姿が見られた。理科における見方を適切に働かせることは、深い学びをしていると考えられ、このような深い学びは、科学的な思考を深めていると考えられる。さらに、こういった適用場面の設定により、論述確認テストも戸惑うことなく解答できていた。適用場面を設定することで科学的な思考力・判断力・表現力等の育成に迫れたということは成果と考えられる。

＜課題について＞

適用場面については授業時間の確保という課題が見られた。平成32年度から外国語やプログラミング教育などの授業時数の確保が必要不可欠となり、規定時数以上に授業を設定することは難しい。そのため、年間を見通して、どの単元で適用場面を設定するかを考える必要がある。

しかし、規定数以上の授業時間の確保をしなくとも、習得する学習の終末に適用させる問いかけを行うことで解決できるのでないかと考えた。実際に、実践の中で次のように行った。例えば、関節のはたらきを調べる学習では、子どもは手の指を曲げるためには関節が必要だということを、1時間の学習の中で理解した。その学習の終末に、以下のようなやり取りを行った。

T もし、この指の関節はそれぞれ1つずつしか無かったらどうなるかな？

- C1 1つしか無かったら、指が1か所しか曲がらないです。
 C2 指が1か所しか曲がらないので、物が掴めない。
 C3 鉛筆をにぎったり、鉄棒にぶら下がれないと思う。

これらのやり取りから、関節の働きを理解した上で、その働きを用いて発言している様子が見られた。他にも、第5学年の上流と下流の石の違いを調べる学習において、下流の石が丸みのある石になることを理解した後、学習で提示した石よりさらに下流の石を提示して、子どもに問いかけた時のやり取りを以下に示す。

- T （さらに丸くて小さい石を見せて）この石は、どの辺りにより多くありそうですか。
 C1 さらに小さくなっているから、もっと下流に多くあると思う。
 C2 もっと丸くなっているから、もっと侵食、運搬が働いたより下流の石です。

これらのやり取りから、本時で学んだことを適用させる様子が見られた。これらのように、問いかけや提示の順番の工夫により1時間の学習の中でも、学んだことをもとに、適用する場を設定することができるのではないかと考える。

（４）論述確認テストから

～実践前後の変容を踏まえて～

＜成果について＞

論述確認テストを行うことにより、子どもの事実や証拠に基づいて、論理的に思考・判断し、表現する力を見取ることができた。さらに、子どもの力を見取ることによって、子どもにどのような視点が必要かをアドバイスできたり、指導者が次の単元で指導する際に留意したりするといった指導改善、向上に活用することができた。それにより、科学的な思考力・判断力・表現力等のさらなる育成に迫れたと考えられる。

＜課題について＞

論述確認テストを作成していく上で何もなしから作っていくのは難しい。また、多くの小学校の担任はほとんどの教科を指導していくといったことから作成にかかる時間もない。そこで、一から作っていかなくとも、教科書の単元末にある復習の問題を参考にしながら作成することで、時間や内容についての課題も解決できるのではないかと考える。また、全単元で作成、活用しなくとも、重点単元や学期末の1単元を目安に作成し、活用していくことでも子どもの見取りや指導

改善に役立てていけると考えている。

＜授業実践前後の比較、分析＞

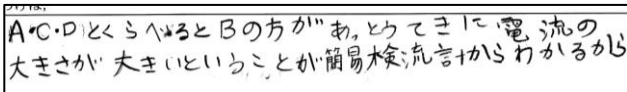
根拠に基づいて理由を加え表現する力を見取るため、単元末に科学的な論述確認テストを行った。論述確認テストの結果はそれぞれの学年で実践を進めることで成果が表れている。このことは、授業において事実や証拠に基づいて理由を加えながら主張を表現させることを意識づけた結果だといえる。一方で、短期間の実践で、子どもに印象が残っていた可能性も拭い去れない。

そこで、本研究では授業実践に入る前とそれぞれの授業実践が終わった後に、論述確認テストを行った。この実践前後の論述確認テストは、各実践校での授業実践に関わらない単元の内容を出題し、授業実践前と後では同一内容を出題した。これにより、実践前後で科学的な根拠に基づいて思考・判断し、表現する力の育成に迫れたかを比較できるようにするためである。問題の内容は、どちらの学年でも解答することのできる「電池のはたらき」についてである。電池の数やつなぎ方、向きなどを変えた場合、どのモーターカーが一番速く走ると言えるかを、検流計の電流の大きさを事実や証拠として理由を加えて表現する問題である。その実践前後について述べる。

●子どもの記述

実践前後の論述確認テストでも単元末におけるチェックテストと同様に、解答記述から子どもの変容が見られた。図4-1に特に顕著な子どもA児（第5学年）と子どもB児（第5学年）の記述を示す。

＜子どもA児の実践後の記述＞



＜子どもB児の実践前後の記述＞

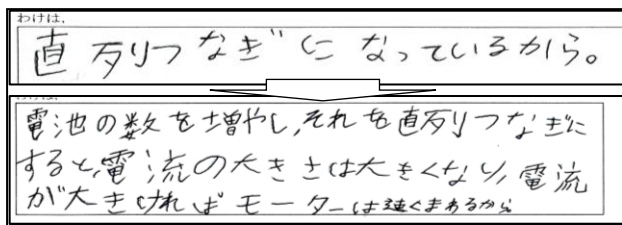


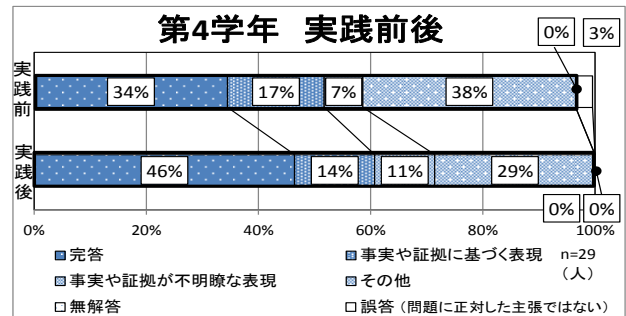
図4-1 特に顕著な子どもの記述

子どもA児の実践前は、何かを書こうとしたが、消されていて、無解答であった。おそらく、何をどのように記述したらよいのか分からなかったと推測できる。ところが、実践後には完答ではない

が、「Bの方があつとうてきに電流の大きさが大きいということが簡易検流計からわかるから」と事実や証拠に気づき記述することができるようになっていた。さらに、子どもB児の実践前は「直列つなぎだから」と書いていたが、実践後には「電流の大きさは大きくなり」や「電流が大きければモーターは速く回るから」といった事実や証拠に基づいて理由を加えて表現する姿が見られた。このような変容は、多くの子どもに見られた。次に、実践前後の論述確認テストの各実践校での結果について述べる。

●4年生の結果

本研究の実践前後の4年生の論述確認テストの結果を図4-2に示す。



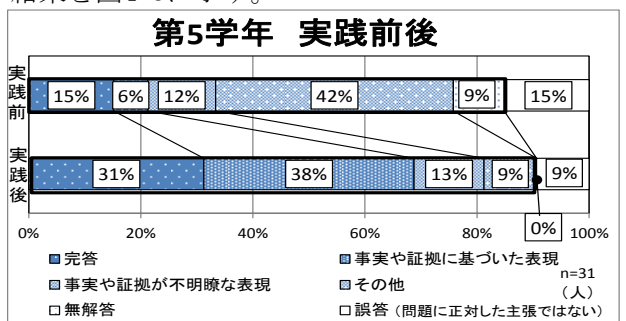
* 太枠は問題に正対する主張を選択している解答

図4-2 第4学年実践全体での論述確認テストの結果

図4-2の4年生の結果を見ると、実践前に比べ実践後の方が事実や証拠を示しながら理由を加え主張することのできた子どもが12ポイント増加している。特に顕著に表れたのは、実践前に「その他」の区分だった子どものうち4名(学級全体の約14%)が「完答」になり、1名(学級全体の約3%)が事実や証拠に基づいた表現ができるようになったことである。

●5年生の結果

本研究の実践前後の5年生の論述確認テストの結果を図4-3に示す。



* 太枠は問題に正対する主張を選択している解答

図4-3 第5学年実践全体での論述確認テストの結果

図4-3の5年生の結果を見ると、実践前は事実や証拠に基づいて理由を加えて表現ができた子どもが15%であったが、実践後には31%と、16ポイント上昇している。特に顕著になったものが、事実に基づいた表現をする子どもである。実践前と比べると32ポイント上昇する結果となった。詳しく分析すると、実践前には「その他」に該当する子どもの内、「完答」となった子どもが6人(学級全体の約19%)、「事実や証拠に基づいて表現」できるようになった子どもが8人(学級全体の約26%)となった。また、「無解答」であった子どもは0%となった。

以上の各実践校の実践前後の比較から、本研究の方策を講じた結果、科学的な根拠となる事実や証拠に基づいて論理的に思考・表現する力が身に付いてきたと考える。また、本研究での方策は「何となくそう思う」といった子どもや「どのように表現したらよいか分からない」といった科学的に思考・判断し、表現することを苦手とする子どもにとって有効に働いた。そのため、事実や証拠、理由、主張を明確に表現させる授業を行っていくことは、科学的な思考力・判断力・表現力等の育成に有効であることが明らかとなった。

第2節 研究成果の汎用に向けて

本研究が目指す科学的な思考力・判断力・表現力等の育成に向けて、理科の学習を通して実践してきた。ワークシートの改良や指導者の働きかけを工夫することで、根拠を明確にしながら、論理的に表現する力のさらなる育成が期待できる。

また、3章(4)の実践にあった「受粉させたものは必ず結実するわけではない。」といった考えは、中学校の理科の種の保存や生物の分類等につながる視点である。「命をつなぐ仕組みなのに、どうして受粉しても必ず結実しないのかな。」と問いかけ中学へのつながりを意識した指導をしていくことで、子どもの興味・関心を喚起し、思考を連続させることができると考える。科学的な思考力・判断力・表現力等の育成に向けて、義務教育9年間の系統性を踏まえて指導していくことは重要であると考えられる。

そして、論述確認テストについては、実践する時期を考え作成、活用していくことで、市販のテストと合わせて取り組むことでさらに有効なものになっていくと考える。また、問題形式について

も子どもの実態に合わせ、主張を選択式ではなく記述式にするなどする工夫もできる。子どもの資質・能力を定期的に見取り、自身の今後の指導改善に活かしてほしいと考える。

一方で、科学的な思考力・判断力・表現力等を育成していく上で、基盤となる論理的な思考力の育成は理科に限った事でもないだろう。例えば、国語科において文章の記述を根拠にしながら筆者の意見を議論すること、社会科において資料の情報を根拠にしながら社会的事象を考えていくこと等である。このように各教科等においても育成をしていくことができると考えられる。そのため、各教科等においても意識して育成していくことで相乗効果も生まれると考える。科学的な思考力・判断力・表現力等の育成を目指す上で、教科等横断的な視点も踏まえてより効果的に育成できる方策を考えていきたい。

おわりに

「1番重要なのは不思議だなという心を大切にすること。教科書に書いてあることを信じない。常に疑問をもって本当はどうなんだろうという心を大切にする。」

この言葉は、2018年ノーベル生理学・医学賞を受賞した本荘佑教授の言葉である。

本研究で、科学的な思考力・判断力・表現力等の育成に向け、指導者の問いかけや授業構築、指導効果の見取りなどについて考え、実践を進めるごとに、教科書通りの実験結果が得られない体験をした。そのとき、「これはどうしてかな?」「なぜ、違う結果になったのだろうか?」と考えるようになった。そして、1つの疑問に対し納得する段階に到達すると新たに「これをしたらどうなるかな?」「この場合は?」と考えることが増えた。こういった体験と考えの構築により科学は成り立っているのだろう。そして、自分なりに考えを構築していくことで、身の周りにある自然の事物・現象に対して新しい見方ができるようになり、おもしろさを感じるようになった。このような、考えるおもしろさというものを多く子どもたちにも実感してほしいと思う。そして、本研究がそのための手助けの1つになれば幸いである。

最後に、本研究の趣旨を理解して協力してくださった京都市立錦林小学校と京都市立洛央小学校の校長先生をはじめ、研究協力員や学年の先生方、教職員の皆様、京都市立動物園の職員の皆様に心より感謝申し上げます。