



小学校理科教育におけるアーギュメント構成能力の育成

山本, 智一

(Degree)

博士 (教育学)

(Date of Degree)

2014-03-25

(Date of Publication)

2015-03-01

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第6165号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1006165>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



博士論文

小学校理科教育における
アーギュメント構成能力の育成

平成 25 年 12 月

神戸大学大学院人間発達環境学研究所

山本 智一

目次

はじめに	1
第1章 序論	4
第1節 理科教育におけるアーギュメントの意義	4
第2節 戦後日本の理科教育におけるアーギュメントの位置づけ	6
第3節 アーギュメントを理科の授業に導入した研究の動向	11
第4節 アーギュメント構成能力を育成するデザイン原則	14
第5節 デザイン原則の特徴	20
第6節 問題の所在と研究の目的	22
第2章 小学生におけるアーギュメントの実態	25
第1節 調査の目的	25
第2節 調査方法	28
第3節 調査結果	33
第4節 考察	36
第5節 本章のまとめ	38
第3章 主張－証拠を含むアーギュメント	39
第1節 目的	39
第2節 授業デザイン	40
第3節 実験授業の概要	41
第4節 アーギュメントの評価	47
第5節 考察	52
第6節 本章のまとめ	53

第4章 主張－証拠－理由付けを含むアーギュメント	55
第1節 目的	55
第2節 授業デザイン	56
第3節 実験授業の概要	62
第4節 アーギュメントの評価	63
第5節 考察	71
第6節 本章のまとめ	73
第5章 証拠に適切性と十分性を含むアーギュメント	74
第1節 目的	74
第2節 授業デザイン	75
第3節 実験授業の概要	78
第4節 アーギュメントの評価	80
第5節 考察	93
第6節 本章のまとめ	95
第6章 総合的考察	96
第1節 各章における研究結果	96
第2節 本研究の結論	98
第3節 今後の課題	103
引用文献	105
参考論文等	111

はじめに

アーギュメント (argument) は、近年の科学教育において注目されている。アーギュメントとは、Toulmin(1958)によると、主張, データ, 論拠, 限定詞, 例外の条件や反駁といった、論証を構成するための一連の言葉の構成要素からなる形式を指す。これまでの研究ではアーギュメントとアーギュメンテーション (argumentation) の2種類の語が用いられているが、Duschl and Osborn(2002)によると、アーギュメントは、アーギュメント内容の指示対象を指し、アーギュメンテーションはアーギュメント構成のプロセスを意味している。アーギュメント研究において、記述のアーギュメントに限らず、口頭でのアーギュメントやアーギュメンテーションのプロセスに広く注目することは、重要なことである。しかし、本研究では、日本の小学校理科教育にアーギュメントを導入するはじめての試みであるため、児童に見えやすく、そのことで指導と評価に着手しやすいという理由から、記述のアーギュメントに絞って研究対象とする。よって以下では、アーギュメンテーションという語を用いずにアーギュメントという語に統一して表現する。

記述によるアーギュメントの場合、「アーギュメント」が「説明」と区別されるのかが問題となり、欧米の研究でも議論になっている (Osborne & Patterson, 2011; Berland & McNeill, 2012; Osborne & Patterson, 2012)。これについて、Berland and McNeill(2012)は、両者は相乗的な関係で、オーバーラップしており、分けて捉えることの意義を疑問視している。さらに McNeill(2009) は、1) 州や国のスタンダードが「説明」に焦点を当てていること、2) アーギュメントには日常でのネガティブな意味合いがあることから、児童生徒に説明する際には「科学的な説明」という言葉を用いている。本論文では、小学校の段階でアーギュメントを記述させる実践的研究を数多く行っている McNeill と同じ立場をとり、両者を厳密に区別せずに「アーギュメント」と称し、児童に説明する際には「科学的な説明」を用いる。

アーギュメントは、実験データやそれまでに解明された科学的な原理を根拠にして、他者を説得して合意を得るといった科学のプロセスに不可欠である。このようなアーギュメント構成能力を育成するためには、授業化においてどのようなデザイン原則が有効なのだろうか。デザイン原則とは、三宅・白水 (2003) や大島・大島 (2009) に基づくと「授業実践の中から引き出される、授業作りのベースとなる指針」と定義できる。本研究では、児童が記述したアーギュメントに主張－証拠－理由付けといった要素が含まれているのか、また、それらの内容は正しく、適切かつ十分に記述されているのかをルーブリックに従っ

はじめに

て得点化し、その分析をもとにして、小学校理科授業でアーギュメント構成能力を育成するデザイン原則の有効性を明らかにする。

図 0-1 は、研究の全体像を示しており、本論文は全 6 章から構成されている。まず、第 1 章では、理科教育におけるアーギュメントの意義や戦後日本の理科教育におけるアーギュメントの位置づけを述べるとともに、アーギュメントに関する先行研究をレビューし、問題の所在と研究の目的を宣言する。先行研究のレビューにおいては、理科教育でアーギュメントを導入した実践的研究が行われるようになった最近 20 年間の国内外の研究論文を対象とし、アーギュメントの教授方略に関する明確な記述がある実践的研究から、共通する教授方略の抽出を行う。その上で、日本の小学校理科教育におけるアーギュメントの問題点や本研究の目的を明らかにするとともに、本論文の実践的研究のベースとなる 3 つのデザイン原則を導く。

第 2 章では、日本の小学生におけるアーギュメント構成能力を調査し、現状を明らかにする。現行の小学校学習指導要領では、理科学習における言語活動が重視されており、児童が図表や科学的な概念を用いて、言葉で表現する活動への支援事例が示されている。しかし、言語化する際に、実験データや科学的な原理を用いて、論証そのものをどのように

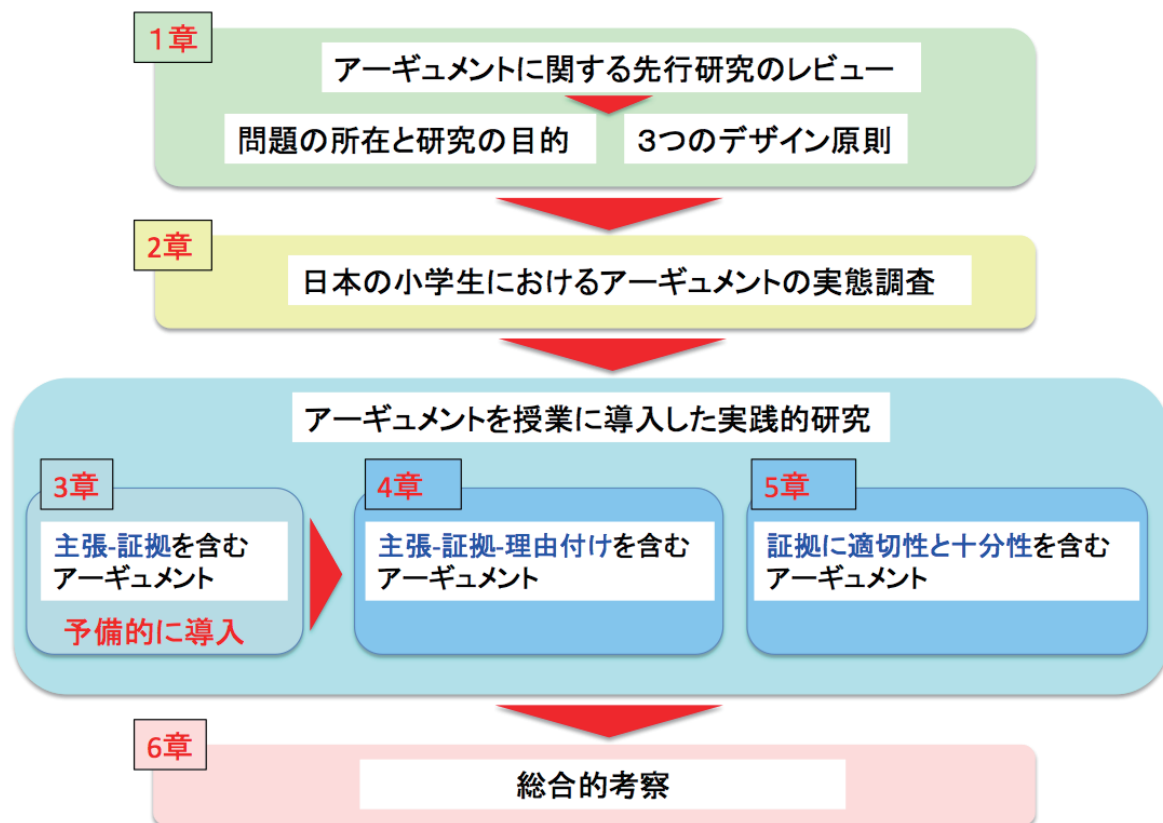


図 0-1 本研究の全体像

組み立てるべきかというアーギュメントの評価や指導については、まだ十分に解明されていない。このことをふまえ、公立小学校の高学年児童が記述したアーギュメントを評価する。その結果を分析し、主張－証拠－理由付けを含むアーギュメント構成が、児童にとって困難であることを明らかにして、教授方略を見出すための基礎的な知見を得る。

第3章から第5章は、第1章で導いたデザイン原則を授業に導入した実践的研究である。アーギュメントの習熟に応じて、デザイン原則に基づいた教授方略を設定した実験授業を行い、児童が記述したアーギュメントを分析することで、第1章で導いたデザイン原則の有効性を検証する。

このうちの第3章は、日本の小学生が、主張－証拠－理由付けを含むアーギュメントを構成するのが困難であるという第2章の実態調査を受け、アーギュメントをはじめて経験する小学校中学年を対象として、主張－証拠を含むアーギュメントを予備的に導入した実践的研究である。総合的な学習の時間「イノシシとわたしたちはいっしょにくらせるの？」(全25時間)の単元においてデザイン原則に基づいた実験授業を行い、授業中のワークシートを評価することによって、証拠に基づいて主張を構成するという児童のアーギュメントを分析し、デザイン原則の有効性を明らかにする。

さらに第4章から第5章は、第3章での成果をふまえ、小学校高学年を対象として、主張－証拠－理由付けを含むアーギュメントを導入した実践的研究である。第4章では、第5学年理科「ふりこの運動」(全10時間)の単元において、デザイン原則に基づいた実験授業を行い、単元中及び単元前後のテストを評価することによって、科学的原理を理由付けとして、証拠と主張を結びつけるという児童のアーギュメントを分析し、デザイン原則の有効性を明らかにする。第5章は、第4章のアーギュメントにおける証拠の要素に、適切さと十分さを含むアーギュメントを導入した実践的研究である。第5学年理科「ものの溶け方」(全13時間)の単元において、デザイン原則に基づいた実験授業を行い、単元中及び単元前後のテストを評価することによって、証拠の中から適切なものを複数選択し、科学的原理で理由付けを行いながら主張するという児童のアーギュメントを分析し、デザイン原則の有効性を明らかにする。

最後の第6章では、論文全体をまとめる。前半では、各章の研究成果を総合的に考察し、アーギュメント構成能力を育成するデザイン原則の有効性を結論づける。後半では、一連の考察をもとに、今後の研究に求められる課題について論じる。

第1章 序論

本章では、理科教育におけるアーギュメントに関する先行研究をレビューする中で、問題の所在を明らかにし、本研究の目的について述べる。

本章でレビューの対象としたのは、理科教育でアーギュメントを導入した実践的研究が行われるようになった過去20年間に国内外で発表された理科教育に関するアーギュメント研究である。具体的には、国際的な理科教育研究誌 "Science Education", "Journal of Research in Science Teaching", "International Journal of Science Education", "Research in Science Education" 等に掲載された論文を中心に、国内の代表的な理科教育研究誌『科学教育研究』『理科教育学研究』等に掲載された論文も含め、教授方略に関する明確な記述がある論文を対象とした。

本章の構成は、次の通りである。まず第1節では、アーギュメントの意義を論じ、理科教育においてアーギュメントが重視されている理由を考察する。次に第2節では、戦後日本の理科教育におけるアーギュメントの位置づけを論考し、本研究の必要性を導く。さらに第3節では、小中学校の段階から、理科授業に積極的にアーギュメントを導入している欧米の先行研究を概観する。続いて第4節では、各研究から教授方略を抽出・整理し、そこから、日本の理科授業で活用できる3つのデザイン原則を導き出し、第5節では、3つのデザイン原則に関して、そこに包括される教授方略の特徴を整理する。最後に第6節では、前節までの議論をふまえた上で、本研究で取り組む問題の所在を明らかにするとともに、本研究の目的を述べる。

第1節 理科教育におけるアーギュメントの意義

Erduran and Jiménez-Aleixandre(2008b) は、理科教育の中でアーギュメントの目的を「科学概念の理解」「科学の方法の理解」「科学リテラシーの育成」「科学する文化の構築」「市民資質の育成」などに整理している。これは、アーギュメントが、科学概念を理解するという目的にとどまらないことを意味している。アーギュメントの目的は、第1に、科学の方法を理解してその手法を駆使するリテラシーの育成という側面と、第2に、科学する文化の構築やそこに生きる市民の資質の育成という側面を合わせ持つのである。

第1の側面に関しては、21世紀の国際社会において、困難で多様な問題を協調的に

解決するために、科学的にアーギュメントを構成する能力が重視され、国際的な学力調査でもその能力が求められている。例えば、国際数学理科教育調査の2003年調査(TIMSS2003)には、冷凍庫でガラス容器に入れた水を凍らせるとガラス容器が割れる理由を問う問題があり、「温度が氷点下になる。だからガラス容器が割れる」は、誤り(不十分)と判断される(国立教育政策研究所, 2005)。「水は凍るとき、体積が膨張する」という論拠が必要なのである。また、PISA2006の地球温暖化に関する設問では、二酸化炭素の増加量と地球の気温変化のデータに対して、論拠が異なると、「二酸化炭素が温暖化の原因であるか否か」という主張が、全く逆になってしまうことが出題文で扱われている(国立教育政策研究所, 2007a)。この設問の背景には、PISAの科学的リテラシーの一つである「科学に関する諸問題について、証拠に基づいた結論(evidence-based conclusions)を導く能力(OECD, 2007; 国立教育政策研究所, 2010)」が密接に関連している。

第2の側面に関しては、科学する文化の特性がアーギュメントを必要としている。すなわち、科学が説得と合意の文脈によって成り立っており、科学的事実が受け入れられるにあたってアーギュメントは重要な役割を持つといえる。例えば Driver, Newton, and Osborne(2000)は、「科学は社会的実践であり、コミュニティの産物が科学的知識である」という見解を示している。その上で「新しい知識は、科学の多様な学会を通してチェックされなければ、公の知識にならない。…この批判的な精査のプロセスでアーギュメントは中心的な役割を果たす」と表している。また、Osborne(2010)は、「科学の目的は、自然界の新しい知識を生み出すことである。この目的を達成するために必要な2つの実践は、アーギュメントと批評である」と示しており、Kuhn(1993)は、「いわゆる科学の『事実』さえも、公によるディベートの土俵に入らなければならないアーギュメントの構成物である」と主張している。

理科授業において、アーギュメントによって、このような精査のプロセスを実現するためには、他者に対して根拠に基づいた説得を行うことが要求される。Berland and Reiser(2009)は、アーギュメントには(1)理解(sensemaking)、(2)思考の明確化(articulating)、(3)説得(persuading)といった3つの目的があり、それぞれが独立しているのではなく、複合的であることを示しつつも、3番目の「説得」という目的を重視している。さらに、証拠と推論を分けるのが難しい学習者は、アーギュメントが聴衆を説得するという中心的な役目を含むことを理解しておらず、教師に正解をデモンストレーションすることだと考えていると指摘し、学習者の社会的な挑戦である説得を促すことを強調している。

第1章 序論

このように、目的や意義に関する研究については、アーギュメントの重要性が認識されているにもかかわらず、もう一方の実践に関する研究では、学習者がアーギュメントを行うことの困難さが指摘されている。例えば、Driver et al.(2000) は、「一般に生徒は“for and against”のアーギュメントを行うこと、あるいは、同じ論点について異なる複数の見解を示すことが苦手である」「現在の教育が、若い人たちに彼らがアーギュメントを構成する能力を発達させる機会をほとんど与えていない」と指摘している。また、McNeill and Krajcik(2011) は、学習者がアーギュメントを行う際に、「適切で十分な証拠を利用できない」「なぜ証拠が主張を支えているかの理由付けができない」「対立する科学的説明を考慮し、反駁を行う事が難しい」の3つの困難があることを指摘している。

これらの課題を解決するために、Osborne, Erduran, and Simon(2004a) は、授業ビデオを教材としながら、アーギュメントの意義、構造や評価を学ぶ機会を教師教育に取り入れている。また、McNeill and Krajcik(2011) は、アーギュメントの構造を可視化し、具体的な実践例を通じた、教授方略を示している。このような取り組みは、教師自らがアーギュメントについて学び、理科授業で積極的にアーギュメントの機会を導入する試みと捉えることができる。

第2節 戦後日本の理科教育におけるアーギュメントの位置づけ

第1項 学習指導要領における位置づけ

文部省及び文部科学省は、アーギュメントという表現を用いていない。しかし、理科で育む能力として、一貫して科学的に思考する能力を挙げている。戦後初の小学校学習指導要領理科編（試案）の改訂版には、「筋道の通った考え方をする能力」「批判的な態度」が明記されているのをはじめ（文部省，1952）、昭和33年の小学校学習指導要領改訂を受けた小学校理科指導書では、「ものごとを分析的、論理的に追求する態度」や「文章などによる表現によって、思考活動の範囲を広めたり、より客観的なものにするように指導する」ことが示されている（文部省，1960）。さらに科学的な思考としての論理性は、昭和43年の小学校学習指導要領改訂による小学校指導書理科編にも、「筋道をたてて考えたりする『論理的』な考察」「論理的思考の発展」を重視するという形で受け継がれている（文部省，1969）。これ以降、昭和52年、平成元年の小学校学習指導要領改訂においても、筋道の通った論理の構成が「自然を調べる能力（文部省，1978）」、「問題解決の能力（文

部省，1989)」の一部として扱われている。

平成10年の小学校学習指導要領改訂による小学校学習指導要領解説理科編では、科学的であることについて、一步踏み込んだ記述がなされ、科学が科学者による合意形成の産物であるという見方を示している。科学的である条件として、実証性・再現性・客観性が示され、これら3つの条件を検討する手続きを経た上で、「多くの人々によって承認され公認される」という社会的な構築が、科学の特性としてとらえられているのである（文部省，1999）。科学的な知識は、批評を乗り越え、説得によって社会的な合意を得て成立するものであり、この文脈にアークギュメントは欠かすことができず、アークギュメントの重要性は明らかである。学習指導要領では、アークギュメントという言葉そのものを使用していないものの、科学の条件を「実証性・再現性・客観性」と定義する中に、アークギュメントによる合意形成のプロセスが不可欠であることを読み取ることができる。

現行の小学校学習指導要領では、各教科教育において、学力としての思考力・判断力・表現力を育成するために、言語活動が重視されている（文部科学省，2008a）。言語活動の充実に関する指導事例集によると、「教科等の特質を踏まえた指導の充実及び留意事項」として各教科で言語活動を充実する具体事例が示され、理科においては「学年や発達の段階、指導内容に応じて、例えば観察・実験の結果を整理し考察する学習活動、科学的な言葉や概念を使用して考えたり説明したりする学習活動を充実する」ことが明記されている（文部科学省，2010）。

以上のように、文部省及び文部科学省は、筋道だった論理的な考え方を重視し、この考え方が、根拠をもって他者を説得する科学の知識構築には不可欠であるという立場をとってきた。近年は、より具体的に言語活動の充実が焦点化されており、そこにアークギュメント研究が寄与する可能性を見出すことができる。

第2項 実践的研究における位置づけ

民間の教育団体においては、アークギュメントに類するものとして口頭での「討論」を重視した教育研究が行われている。その一つが、板倉聖宣らによって提唱された仮説実験授業である。板倉・上廻（1965）は、戦後の生活単元学習の中で「筋道立った考え方」が力説されたにもかかわらず、「空スローガン」に終わっていることを指摘している。板倉・上廻が述べる「科学における筋道立った考え方」は、日常的に通用すればよいもの、あるいは、自然発生的にできるようになるものではなく、実証的で明確な、首尾一貫した自然

第1章 序論

観を背景を持ったものであり、意図的な教育によって実現可能なものである。よって、仮説実験授業では、科学の論理が日常的な直観よりもいかにすばらしいかを児童生徒に体験させる教育を重視している。

このような科学の論理を実証し、そのよさを体験するためには、実験が欠かせない。板倉・上廻（1965）は、当時の理科実験のあり方についても批判を展開している。昭和33年の学習指導要領が、はじめて「告示」という形をとり、科学的知識や学問系統が特に重視される中、そこで行われる実験が、単に知識を確認させるだけの「おしつけ」になっているというのである。実験を児童生徒主体の目的的なものにするには、予想を立てさせることこそが重要であり、仮説実験授業の指導法（授業運営法）では、「授業書」に沿って児童生徒自身が予想に基づいた検証を行い、児童生徒の仮説を法則・理論にまで高めることをねらいとしている。

では、この予想の段階に「討論」はどのように位置づいているのだろうか。仮説実験授業での討論は、特有の性格から「予想討論（仮説討論）」と称され、真理の基準としての実験を通すことで、裏付けがなされる（庄司，1976）。実験によってどの予想が正しいのかが明らかになれば、討論の決着がつくので、選択肢から課題の答えを選んだ理由について、予想段階では自由に討論ができるという特徴を持っている。このとき、自分の考えを他者に説明してわかってもらおうとしたり、正しさを証明するために実験に訴えたりするという、科学のやり方として討論が取り入れられているのである。

仮説実験授業において、1960年代から行われている実践のうち、現在の小学校でも扱われている「ふりこ」や「ものの重さ」を題材とした実践について、予想と討論の場面に着目すると、板倉・上廻（1965）は、「ふりこと振動」について、振れ幅の大きいAの振り子と振れ幅の小さいBの振り子が提示され、2つの振り子の周期はどちらが長いかという問題を提示している。予想の際、Aの振り子を選んだ児童は主に「移動距離が長い」ことを理由とし、Bの振り子を選んだ児童は「勢いが弱い」ことに注目し、どちらも同じであると主張する児童は「Aは勢いがあるスピードは速いけど、移動距離が長い」ことに言及して討論している。その上で実験が行われ、周期が同じであるという事実から、勢い（スピード）と移動距離の両者を相殺した理論が正しいとされる。また、板倉・上廻は「ものとその重さ」の実践について、粘土の形を丸、四角、ひも形に変えたとき、重さが変わるか、あるいは変わらないかという問題を提示している。予想では、「小さく固めている」という理由で丸い粘土が重いと考える児童や、「上が平らで空気が押しつける」という理由で四角

の粘土が重いと判断する児童がいる中で、「同じ粘土だから変わらない」ことに言及した児童に多くの賛同が得られる。はかりで確かめると全て同じ重さになることによって、重さの保存性が証明されている。

このように仮説実験授業では、科学的な見方や考え方を児童生徒が主体的に構成するプロセスにおいて、討論の必要性を強調し、自分とは違う予想に対して実験の末に勝負を決めるという手法を「科学の進歩の基本的な在り方」と見なす（板倉，1966）。よって、討論が論理的な考え方を意識させる上で積極的な役割を果たすことや、討論をぬきにして理論的な考え方の意義を十分体得させることは困難であることが繰り返し主張されている（板倉・上廻，1965；板倉，1966；板倉，1974）。これらの考え方の背景には、板倉・上廻（1965）による「科学教育が民主主義的であるべき」という立場があり、「科学的認識は社会的なもの」という考え方が基盤となっていることが推察できる。

このような仮説実験授業における「討論」の意義は、現在も受け継がれ（例えば、板倉，2011）、さらに再評価されている。鈴木（2002）は「民主性」を保障された能動的学習者観に基づき、討論を含む仮説実験授業を、討論による学習者中心の授業として位置づけている。村瀬（2013）は、言語活動の充実が重視される中で、討論場面に関する関心が高まっていることを取り上げ、仮説実験授業において、自ら行動する人間を育成するために不可欠な授業の要素として、討論が導入された経緯を論考している。また、上島・廣木（2009）は、小学校教員47名へのアンケート調査から、仮説実験授業に対する教師の評価を調査し、仮説実験授業が特に20-30代の若い教員に浸透していないことを問題提起しつつも、討論のプロセスをふむ仮説実験授業が、現在の子ども達に求められている「自分の考えを伝える能力」を育成する指導法として高く評価できることを述べている。

口頭での「討論」についてここまで論じてきたが、記述に関しては、アーギュメントに類するものとして、どのような教育実践が行われてきただろうか。仮説実験授業では、これまでの理科の文章指導について、読書感想文のように他者意識が不足していることを問題として挙げ、「自分の考えを他人に知らせる能力」を重要視し、相手がなぜ自分と違う考え方をするのかをよく知った上で他人を説得する必要性を述べている（板倉，1971）。近年の研究では、仮説実験授業の他にも、小学校段階から記述としての科学的な論証が注目されつつある。例えば、猿田・中山（2011）は、問題解決のプロセスに即して、問いと結論を結びつけたり、結果と結論を区別したりするなど、小中学校の12の実践をもとに記述の指導事例を提言している。

第1章 序論

上述してきたような実践的研究における討論や科学的な論証は、その意義において、科学的知識が社会的な合意のもとに構成される際のアーギュメントと類似している。論証を説得のための手段ととらえ、対立する相手の主張を想定しようとする点においても、アーギュメントと共通点が見られる。

第3項 本研究の必要性

以上のように、筋道だった論理性や批判的な態度は、学習指導要領において戦後から現在に至るまで、小学校理科教育で一貫して大切にされてきた。科学的な認識を社会的なものにする過程での「討論」や「科学的な論証」を重視する実践的研究もなされている。しかし、いずれにおいても、論証そのものの構成については、構成要素を同定して、それらの有無や正しさに着目した教授方略が確立されていないのが現状である。さらに論証の難易度・習熟度による指導や構成要素の評価法は、体系化されていない。これまでの研究と本研究との相違点は、論証の構造についての教授方略を体系的に確立し、児童の論証を評価する点にある。

また、討論によるすぐれた実践的研究である仮説実験授業においては、口頭による表現が中心となっている。庄司（1976）は、「討論中の音声言語の投げかけあい、その内容自体は直接に目でとらえられるものではない」ことを指摘し、討論で何を言っているのかよくわからない状況においては、司会者や教師が交通整理をする必要があることを述べている。このように、児童にとって捉えにくい論証の構成は、記述によってはじめて可視化することができる。本研究では、児童が論証の構造に焦点化して着目できるように、記述によって可視化されたアーギュメントを対象として、指導・評価するという点も特徴的である。

本研究は、記述によるアーギュメント構成能力に焦点を当て、その指導のために有効なデザイン原則を提案するものである。前述した国際標準の学力調査にも見られるように、日本の理科教育において、小学校の段階から児童にアーギュメント構成能力を育成することは火急の課題であり、この課題を解決するためには、論証の構造に注目した記述を行い、科学的原理によって主張と証拠を結びつけながら相手を説得するという、アーギュメントの教授方略に関する知見が不可欠になっている。欧米で重要視されているアーギュメント研究では、Toulminの論証パターンをもとに、多くの研究者が理科教育や科学教育への導入を試み、教授方略や評価の知見を見出している。これを日本の理科教育に活用すること

で、国際標準の学力としての科学的な論証にまで児童の記述を高めるとともに、論証の構造に着目した科学的な言語活動について、新たに具体的な教授方略を提供する。

第3節 アーギュメントを理科の授業に導入した研究の動向

これまで行われてきたアーギュメントの先行研究はどのように位置づけられ、そこから何が見出されているのだろうか。アーギュメントに関する研究は、アーギュメントの意義を指摘したり、実践を分類したりする中で、アーギュメントの理科教育への導入を強く提案するものである。そのレビュー論文に着目すると、例えば Jiménez-Aleixandre(2008) は、カリキュラム、教師、学習者、メタ認知、コミュニケーション、評価等と関連づけて、アーギュメントの意義を提案している。また、Cavagnetto(2010) は、教師の介入の仕方に注目して、アーギュメントによって学習者の探究活動を促したり、アーギュメントそのものの構造を教えたり、社会における科学問題への応用でアーギュメントを活用させたりする研究を紹介している。これらは、アーギュメントを授業に取り入れた実践的研究から、理科教育におけるアーギュメントの意義を多面的にとらえようとするものである。その中で教授方略については、教具や学習環境に関するもの、評価に関するもの、授業構成や学習活動に関するもの、教師や指導に関するものなどが、多岐に示されている。国内では泉(2011)が、Osborneらの主張するアーギュメントの教授方略に特に着目して、教師に必要とされるアーギュメント指導の観点を整理している。しかし、アーギュメントの先行研究やそのレビューから、教授方略の提案は豊富になされているにもかかわらず、それらを包括した教授方略に焦点化したレビューはなく、多様な研究によって導かれた教授方略を整理することで得られる知見は、明確になっていない。

そこで本節では、小中学校の段階から理科の授業にアーギュメントを導入した欧米の研究について、教授方略に関する明確な記述がある5つの研究群に注目して、これらの研究を概観する。

第1項 McNeillらの研究

Krajcik and McNeill(2009)、Berland and McNeill(2010)は、アメリカにおいて幼稚園児から小・中・高校生、教員といった幅広い対象に、アーギュメントを構成させる実践を行った。化学変化や地球の気候変動など物理・化学・生物・地学の内容や環境問題などを

第1章 序論

題材にして、アーギュメントの枠組を使って、記述のアーギュメントを構成させる実践を行い、小学生から中学生（5年生から8年生）への実践を集約した教師教育への導入書を出版した。

その中で McNeill ら (2011) は、Toulmin(1958) の基本構造を用い、図 1-1 のように、生徒にわかりやすい名称を採用した。McNeill ら (2011) の枠組 (framework) は、主張 (claim), 証拠 (evidence), 理由付け (reasoning) を基本の 3 要素としている。「主張」はもとの質問や問題に答える言明または結論であり、「証拠」は主張を支える科学的データにあたる。「理由付け」は、科学的原理を用いて証拠と主張を結びつける正当化であり、Toulmin モデルにおける保証 (warrant) と保証の裏付け (backing) に相当する。より複雑なバリエーションでは、反駁 (rebuttal) が含まれる。「反駁」は、代替の説明に言及し、なぜ代替説明が適切でないのかについての反対の証拠と理由付けを提供するものである。これらの要素を学習者に意識させて、アーギュメントを構成させたり、評価させたりするプロセスにおいて、アーギュメントの教授方略を見出した。

第2項 Sandoval と Reiser の研究

Sandoval and Reiser(2004) は、認識論的道具 (epistemic tools) として、アーギュメントを支援するソフトウェアである ExplanationConstructor を用い、アメリカの中学生（9年生）を対象に、ガラパゴスの少雨がフィンチの個体や個体数にどんな影響を与えたのかについて、証拠に基づいて説明させる実践的研究を行った。

この研究では、ExplanationConstructor というソフトウェアによって、現在の自分たち

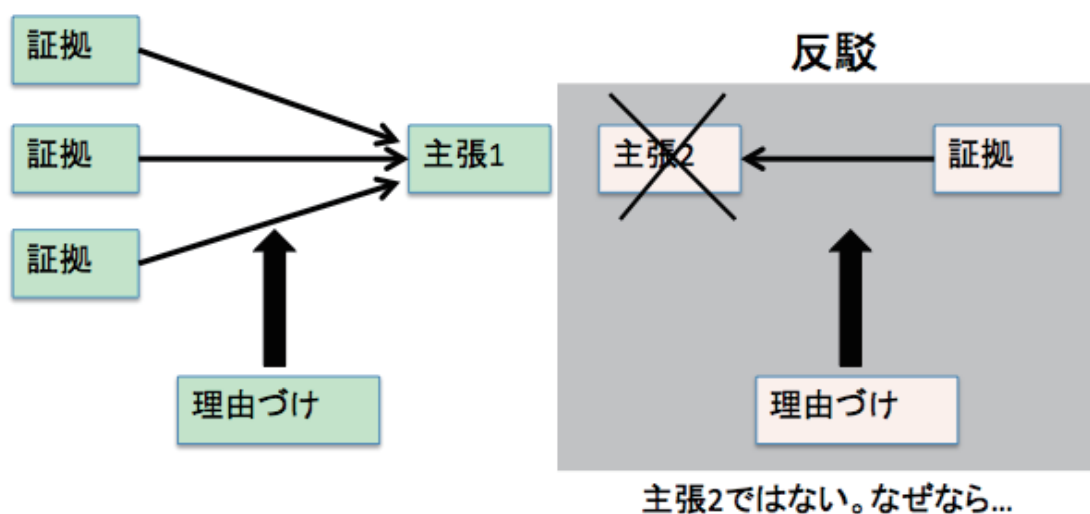


図 1-1 McNeill らによるアーギュメントの枠組 (McNeill & Krajcik, 2011)

にどのような知識や答えるべき質問があるのかを認識させ、証拠をインターフェイスから選択・引用させながら、説明を構成させている。実践は2年間に渡って行われ、より多くのデータを引用させること、より自主的にお互いの説明の適切さを批評させ合うこと、そうした批評が教室全体で生じるようにすることについて、インターフェイスの改良が行われた。これらの実践を通して、記述のアーギュメントを支援する教授方略が示された。

第3項 Clark と Sampson の研究

Clark and Sampson(2007, 2008) は、principle-builder というソフトウェアを使って、アメリカの中学生（8年生）を対象に熱平衡を題材とした実践を行った。アーギュメントを促すために、室内にある物体が時間とともに温度変化するように感じられることについて、オンラインインターフェイスを使用して、学習者自身が集めたデータと関連させて説明するための原則を構築させた。

この実践では、異なる原則を作った学習者同士をソフトウェアが議論グループに割り当て、各議論グループが多様な観点を考慮し批評できるようにされていた。その中で、理科の授業でアーギュメントをサポートするためのいくつかの要件が整理された。

第4項 Kuhn や Iordanou の研究

Kuhn(2010) や Iordanou(2010) は、恐竜の絶滅や学校に行かせる代わりに家庭で教育することの是非など、科学領域と科学以外の領域との双方において、アメリカやキプロスの中学生（6, 7年生）向けのアーギュメントを3つのプロセスで行わせ、グループ作りやシートの活用によってアーギュメントを支援した。

3つのプロセスは次のようになっている。第1プロセスの Pregame では、同じ立場の7-8人でグループをつくり、アーギュメントや相手の反応を先読みさせた。第2プロセスの Game においては、主張や反対の証拠を想定した反駁を記入させるリフレクションシートを活用し、同じ立場の学生がパートナーを組み、他の立場の学生のペアとネットワークを介して対話を行うように支援した。パートナーと協力して、相手に対する返答を作り出すことにより、対話のやり取りについてのメタ認知的な省察が起こることを意図したものである。第3プロセスの Endgame では、同じポジションの小グループに戻り、最後の Show down（すべてのグループ、相手間の口頭でのディベート）の準備をさせた。第2のプロセスにおけるネットワーク上の対話を印刷して配布し、リフレクションシートに主張、反対の証拠、反

第1章 序論

駁を記述させたり、記述したものを互いに評価させたりした。最後には、司会を決め、相談(huddle)をはさんで、リフレクションシートを使って交互にアーギュメントを行わせた。

第5項 Osborneらの研究

Chin and Osborne(2010a, 2010b)は、ロンドンとシンガポールの中学生(8年生)を対象に、水の三態変化の2つのグラフを見せて、アーギュメントを構成させ、学習者の質問と議論のトランスクリプトを分析するとともに、質問することを重視した「質問-アーギュメンテーションモデル」についての実践的研究を行った。これらの実践に先だっては、IDEAS (Ideas, Evidence, and Argument in Science) プロジェクトによって教師教育への導入書が出版された (Osborne, Erduran & Simon, 2004a)。このプロジェクトによる成果について、泉(2011)は、教師に必要とされるアーギュメント指導の観点を整理し、「アーギュメントの重要性についての理解」「学習環境についての理解」「学習課題の構造についての理解」「教授技能についての理解」の4つを特定した。

Osborne, Erduran, and Simon(2004b)によると、学習者に対しては、「科学の授業でアーギュメンテーションを支援・促進する材料の一般的枠組み」として、9つの枠組みが示された。また、Chin and Osborne(2010a)は、質問することを重視した「質問-アーギュメンテーションモデル」における具体的な支援を示した。

第4節 アーギュメント構成能力を育成するデザイン原則

第2節で解説した研究からは、それぞれ実践レベルでアーギュメントの教授方略に関する知見を見出すことができる。本節では、さらにこれらの教授方略の内容に焦点を当て、アーギュメント構成能力の育成のために、理科でアーギュメントを導入した授業をどのようにデザインするのかという、デザイン原則を導く。各研究から教授方略を抽出・整理すると、教授方略には、記述のアーギュメントに限らず、口頭のアーギュメント、オンラインのアーギュメントも含めて、アーギュメントの「意義」「構造」「内容知識」において共通点がある。表1-1は、アーギュメント構成能力を育成する3つのデザイン原則と教授方略を示したものである。

表 1-1 アーギュメントの能力を育成する3つのデザイン原則と教授方略

デザイン原則	定義	研究	教授方略
意義	アーギュメントの意義を理解させる。	McNeill & Krajcik, 2011 Chin & Osborne, 2010a	<ul style="list-style-type: none"> ・科学者が何のためにアーギュメントを行うのかを説明する。 ・自分の考えを明白にするためのアーギュメントの意義を説明する。
構造	アーギュメントの構造を理解させ、その構造を利用できるように促す。	McNeill & Krajcik, 2011 Sandoval & Reiser, 2004 Clark & Sampson, 2007 Kuhn, 2010 Iordanou, 2010 Osborne, Erduran & Simon, 2004 Chin & Osborne, 2010a	<ul style="list-style-type: none"> ・アーギュメントの構造について紹介する(用語説明・図示)。 ・日常生活の事例を利用する。 ・教師が作成した良いアーギュメントと不十分なアーギュメントを例示して評価させる。 ・アーギュメント構造に応じて、ノートやワークシートを作成する。 ・他教科でもアーギュメントの構造を利用させる。 ・学習者自身が行ったアーギュメントの良い点と改善点について具体的にフィードバックさせる(相互評価・クラス全体)。 ・アーギュメント構造に応じて、ソフトウェアのインターフェイスを構成する。 ・主張に証拠をリンクさせる。 ・学習者自身が行ったアーギュメントの良い点と改善点について具体的にフィードバックさせる(グループ)。 ・アーギュメント構造に応じて、ソフトウェアのインターフェイスを構成する。 ・主張に証拠をリンクさせる。 ・異なる意見を持つ学習者でグループを構成する。 ・証拠に基づいて反論させる。 ・同じ意見を持つ学習者でグループを構成し、違う意見を持つグループとアーギュメントさせる。 ・自分や相手の主張、反論、反駁の履歴を参照して、リフレクシオンシートに整理させる。 ・学習者自身が行ったアーギュメントの良い点と改善点について具体的にフィードバックさせる(グループ)。 ・仮説、予想、理論といった科学の言葉とともに、データ、証拠、理由、反駁といったアーギュメントの言葉を紹介する。 ・ワークシートにアーギュメントの構造を明記して示す。 ・異なる意見を持つ学習者でグループを構成する。 ・質問ウェブを作成させて、互いに質問させる中で、適切な証拠利用を促す。 ・証拠が理論を支持するのか、正当化について小グループで議論させる。
内容知識	アーギュメントを行う際に内容知識を利用できるように促す。	McNeill & Krajcik, 2011 Sandoval & Reiser, 2004 Clark & Sampson, 2007 Kuhn, 2010 Iordanou, 2010	<ul style="list-style-type: none"> ・学習内容に応じたプロンプトをワークシート上に掲載する。 ・複数の証拠を提示して、適切なものを選択させる。 ・活用する知識を焦点化したプロンプトを提示する。 ・複数の証拠を提示して、適切なものを選択させる。 ・学習内容や学習者の素朴概念に応じた主張や証拠を選択肢として提示する。 ・学習者にアーギュメントに関連する科学的事実を与え、証拠としてどれを選ぶのかを個人で考えさせる。

第1項 アーギュメントの意義の理解

デザイン原則の1つ目は、アーギュメントの意義を理解させることである。McNeill and Krajcik(2011)は、なぜ学習者や科学者がアーギュメントを行うのかについて、アーギュメントの必要性を説明する。科学は現象を説明するものであり、科学者は、証拠や理由付けによって主張を支え、他者を納得させたり、反駁を行ったりしていることを授業の中で紹介している。Chin and Osborne(2010a)も、仮説、予想、理論といった科学の言葉とともに、データ、証拠、理由、反駁といったアーギュメントの言葉を紹介し、自分の考えを明白にするためのアーギュメントの意義を説明する。

学習者の説明に実証性・再現性・客観性を持たせるために、アーギュメントによる批評

第1章 序論

を促すことや、説得による合意を得させる活動を仕組むことは、必要不可欠である。このような科学の営みの意義を学習者に説明することは、学習者が有用感を持ってアーギュメントを構成することを支援する。

第2項 アーギュメントの構造の理解と利用

デザイン原則の2つ目は、アーギュメントの構造を理解させ、その構造を利用できるように促すことである。そのための教授方略として、1) アーギュメントの構造を提示して用語を解説する、2) アーギュメントの構造を可視化する、3) 学習者にアーギュメントの構造を評価させる、4) 主張や意見の対立を際立たせる、の4つがある。

アーギュメントの構造を理解させるための方略として、McNeill and Krajcik(2011)は、単元の最初にアーギュメント構造を学習者に提示し、主張、証拠、理由付けという用語を導入するとともに、それぞれの用語の意味や定義を繰り返し確認させている。主張、証拠、理由付けの3要素に加え、習熟に応じて反駁を取り入れながら、具体的な事例とともに、教室に掲示したアーギュメントの構造を解説している。このような用語説明について、Chin and Osborne(2010a)の実践的研究でも、データ、証拠、理由、反駁といった言葉を紹介している。

さらにMcNeill and Krajcik(2011)は、具体的場面を例示して、児童にアーギュメントを理解させている。例えば、「もっとも優秀なバスケットプレーヤーは誰か」といった日常事例に関連づけて、アーギュメントを日常的に行っていることを説明したり、教師が作成した良いアーギュメントと不十分なアーギュメントを例示して、クラスで評価させたりすることで、主張—証拠—理由付けの構造の有無やその適切性が具体的事例から理解できるようにしているのである。McNeill(2011)は、日常と科学の間にある第3のスペース(ハイブリッドスペース)の存在を示し、理科の授業で行われるアーギュメントが、日常と科学者のアーギュメントを結ぶものとして、双方への関連や意義を意識させながら繰り返し指導される必要があることを重視している。このようにアーギュメントを構成する構成要素そのものを同定し、自らのアーギュメントにそれらが含まれるのかについて自覚的になることは、アーギュメントを支援する上で重要な教授方略となる。

アーギュメントの構造を利用できるように促すための方略には、アーギュメント構造を可視化したり、学習者に評価させたり、主張や意見の対立を際立たせたりする方略がある。これらの方略について整理すると次のようになる。

アーギュメント構造を可視化して利用を促すことについて、McNeill and Krajcik(2011)は、学習者がアーギュメントを構成する場面で、ワークシートによって主張、証拠、理由付けの欄を設け、意識して書き分けるように促している。これらの構成要素は、社会、英語、数学などの他教科においても利用できることを紹介している。同様に、Kuhn(2010)らのリフレクションシートでは、相手の反対の証拠を想定して自分たちの反駁を記入させるように、バレーボールのネットを摸した構造図状のシートを使わせたり、ネットワーク上の自分や相手の主張、反対の証拠、反駁の履歴を参照して、リフレクションシートに整理させたりしている。Chin and Osborne(2010a)のアーギュメントシートでは、証拠を使ってどの主張が正しいのかを判断させ、カウンターアーギュメント（対立意見）に対しても、適切な主張と証拠を用いることができるように、「主張・証拠（データ）・理由・対立意見・反駁」の枠組みに、それぞれのリード文を示して支援している。さらに、「主張・証拠（データ）・理由・理由付け・限定詞」を構造化して、リンクで結んだアーギュメント図を提示して記入させている。

ソフトウェアを使ってアーギュメントの構造利用を支援する Sandoval and Reiser(2004) や Clark and Sampson(2007) においては、アーギュメント構造に応じて、ソフトウェアのインターフェイスを構成し、主張や証拠などの欄を記入しながらアーギュメントの構成要素を書き分けることで、主張に証拠をリンクさせながらアーギュメントを構成できるようになっている。特に Sandoval and Reiser(2004) の ExplanationConstructor では、新しい質問は、はじめの大きな質問の下位に位置づけ、オリジナルの質問の答えが出せるようにインターフェイスを工夫したり、主張と証拠を区別できるようにしたりして構造化を促している。

アーギュメントの構造を利用して、学習者に構成させる際には、各構成要素の関係を示した図を提示して、構造を可視化する支援が重要である。このことによって、学習者に構成要素どうしの関連づけをフィードバックする明確な視点を与えることができる。

学習者にアーギュメントの構造を評価させて利用を促すことについて、McNeill and Krajcik(2011)は、構成要素の数やその適切性、十分性によって、評価規準となる4つのレベルを設定している。学習者のアーギュメントに対して、良い点や悪い点に言及して「フィードバック」することの重要性を指摘しており、クラスの中でアーギュメントを交換させ、互いに良い点や悪い点を評価させたり、クラス全体で、主張、証拠、理由付けについての適切さや良さについての議論の場を設けたりする方略をとっている。Osborne et

第1章 序論

al.(2004b)も、反駁を伴うことを重視して5つのレベルを提案し、反駁の有無、反駁の明確さを観点として、学習者のアーギュメントを教師が評価するようにしている。Sandoval and Reiser(2004), Iordanou(2010) や Kuhn(2010) も同様に、学習者自身が行ったアーギュメントの良いところと改善点について具体的にフィードバックさせている。

自己評価はアーギュメント構成能力を育成するために、重要な教授方略である。学習者が、構成したアーギュメントについて、規準に照らし合わせて検証し、より質の高いものになるように修正することで、アーギュメントは洗練されていく。このような自己評価のために、教師はアーギュメントの評価規準を備え、学習者と共有しておく必要がある。学習者または教師によるアーギュメントの事例を提示し、構成要素の有無やその内容の適切さ、十分さを問いかけるのである。

主張や意見の対立を際立たせて、アーギュメントの構造の利用を促すことについては、対話の中で、アーギュメントへの支援として多く見られる。Osborne et al.(2004b) は、ある科学の問題に対しての陳述の表を与え、それに賛成または反対かを問いかけたり、漫画によって2つ以上の競合する理論を提示したりしている。あるいは、新聞記事のストーリーによって2つ以上の競合する理論を学習者に提示し、選んだ理論の証拠とその理由を出すように求めている。このような理論の競合は、2つ以上の競合する説明を提示するとともに、それらの説明のいずれか1つを支える、両方を支える、またはどちらも支えない一連の証拠について、小グループで考えさせる活動にも導入されている。さらに、自分たちに関連する利点を話し合うために、実験のデザインについて、学習者にペアで話し合いをさせている。Chin and Osborne(2010a)の研究においては、特に質問することの重要性を強調し、個人で質問を考えさせた後、グループで適切な証拠を使って互いに質問させ、書記に質問を網目状に記録させている。このとき、学習者が十分にアーギュメントを行わずに同意してしまわないように、異なる意見を持つ学習者によって3-6人のグループを構成し、グループごとに、リーダーと書記を決めるように指導を工夫している。Iordanou(2010)の研究においても、恐竜の絶滅が隕石によるものか、火山噴火によるものかといった、対立する仮説について、同じ仮説の学生同士がパートナーを組み、別の仮説を支持している学生のペアとネットワークを介してアーギュメントを行うように支援している。

このような相互交流のための教授法の工夫は、コンピュータを使った対話の環境づくりにおいても見られる。Clark and Sampson(2007)の研究では、「生徒は多様な観点を持たせる現象や証拠について、複数の説明を行わなければならない」「学習環境は対話的なディ

スコースを強める文脈を提供しなければならない」「グループに与えられるタスクや活動は、生徒間のディスコースを生成するために協調することを求めなければならない」「教師や学習環境は、ほとんどの教師-生徒間の相互作用に見られる限定的で厳格な特性を除外して、生徒間の会話を促さなければならない」ということを、アーギュメントをサポートする要件として導き出している。

アーギュメント構成能力を育成するためには、議論に対立的な主張を含ませる方略が有効と考えられる。理論の競合による論争が、アーギュメントの必然性を生む文脈をつくる。このような状況は、もっともらしい理論や証拠を複数用意して、学習者に選択することを促したり、選択に戸惑うような具体的場面を提示したりすることによって、具現化できる。また、アーギュメントを実践する際、意図的に主張の異なるメンバーで小グループを構成することは、学習者の反駁を促す有効な支援である。アーギュメントにおいては、互いに質問や反対の証拠提示を促すことによって対話的なやりとりが生まれ、協調して説得を繰り返す中で、合意に達するのである。

第3項 アーギュメントの内容知識の利用

アーギュメントの内容知識に関しては、アーギュメントを行う中で理解を促すアプローチと、内容知識を利用してアーギュメントを行うように促すアプローチがある。前者に位置づけられるものとして、Berland and Reiser(2009)による3つのゴールのうち、理解(sensemaking)のためのアーギュメントを挙げることができる。本論文では、アーギュメントを支援する教授方略に注目しているため、後者のアプローチに焦点を当てた。デザイン原則の3つ目は、アーギュメントを行う際に内容知識を利用できるように促すことである。

Sandoval and Reiser(2004)は、活用する知識を焦点化したプロンプトを提示している。例えば、自然選択のテーマでは、「選択圧を導く変化とは…」といったリード文を挿入するなど、学習者が学問固有の知識によって理解できるように、学問領域の専門家と協力して「説明のガイド」を作成し、学習者がアーギュメントを構成するときやモニタリングの際に利用できるようにしている。さらに、フィンチのくちばしや翼の長さを個体別に比較したデータ(グラフ)など、複数の証拠を提示して、フィンチが生き残った理由の説明に適切なものを選択させている。

Clark and Sampson(2007)も同様に、同じ部屋にある木と金属では温度が異なるかとい

第1章 序論

う問題に対して、複数の証拠を提示して、適切なものを選択させている。その中で、「金属は冷たく感じる」など、特に学習内容についての学習者の素朴概念に応じた証拠を選択肢として提示している点に工夫が見られる。

Jordanou(2010)は、学習者にアーギュメントに関連する科学的事実を与え、証拠としてどれを選ぶのかを個人で考えさせる。これは、学習者にとって、利用できる科学的な知識が少ないことを前提として、その知識を補ってアーギュメントに活用できるようにする支援として位置づけられている。

また, McNeill and Krajcik(2011)は、学習者にアーギュメントの構造を理解させるとき、どの学習内容でも共通する一般的な足場かけ (generic explanation scaffold) だけでなく、学習内容に応じた足場かけ (content-specific scaffold) が大切であることを述べている。後者については、学習内容に応じたプロンプトをワークシート上に掲載し、学習者がアーギュメントを習熟するにつれて、一般的な足場かけは徐々に外したとしても、学習内容に応じた足場かけは、残しておくことを奨励している。特にアーギュメントに習熟していない小・中学生に対しては、利用する学習内容を確認させながら、アーギュメントの構成要素に適用させていくことが、重要な教授方略となる。

以上に挙げた事例では、アーギュメントで適切な内容知識が利用できるようにしている。このような内容知識は、科学を応用した課題でのアーギュメントに、顕著に影響を及ぼす。社会における科学問題 (socio-scientific issue) を題材として研究を行っている Sadler and Fowler(2006)は、遺伝子治療やクローンについて、高校生、非科学専攻の短大生、科学専攻の短大生にインタビュー調査を実施した。このとき、アーギュメントの質について、「正当化」「理由付け」「対立する立場」といった要素の有無によって5段階で得点化した。その結果、科学専攻の短大生の得点が高いことを報告している。この研究では、より高い専門性の知識を持つとき、アーギュメントの質が高められるという仮説が提唱されている。アーギュメントの質を高めるには、内容知識も重要な役割を担っていることを推察することができる。

第5節 デザイン原則の特徴

本章では、欧米におけるアーギュメントの研究から、アーギュメントの教授方略を抽出・整理し、アーギュメント構成能力を育成するために、理科の授業でどのようなデザ

イン原則を持つことができるかを見出した。これらの原則は、先行研究で行われた教授方略の共通点や相違点を包括するものであり、今後、日本の理科教育で学習者にアーギュメント構成能力を育成していく上で、重要なものとなる。

1つ目の「アーギュメントの意義を理解させる」については、理科の授業が、科学の実践として学習者にも認識される上で重要な意味を持つ。日本の理科教育で注目されている「実証性・再現性・客観性」といった科学の条件は、実験・観察の結果から得られる事実とアーギュメントが組み合わさって実現されるものであり、このような科学の方法は、学習者による実践と科学者の実践とを結びつけ、学習を真正で有用なものにしていくと考えられる。

アーギュメントの意義の伝え方は、直接、科学者による探究方法を例示して解説する場合もあれば、実験から導かれる結論をクラスで合意する際に、他者を説得するために有効であることを強調することもある。また、学習者への教授方略としては明示されていないが、Osborneら(2004a)は、教師教育の中で、アーギュメントの意義を教師に伝えており、授業中のアーギュメント支援の背景には、アーギュメントの意義を理解し、尊重する教師が存在する。

2つ目の「アーギュメントの構造を理解させ、その構造を利用できるように促す」については、Toulmin(1958)による論証の構成要素が、理科教育におけるアーギュメントの研究に大きな影響を及ぼしている。それぞれの研究は共通して、主張を証拠によって支える際に、論拠を与えることや、反駁を想定することを、科学の特性として重視している。アーギュメントを構成するための要素を可視化するものとして、ワークシートやソフトウェアのインターフェイスといった異なる媒体が示されているが、アーギュメントの構造を視覚的にとらえられるような工夫がなされている点は共通している。日本の理科教育における「言語活動の充実」において、科学的な説明そのものをどのように構成するのかという指導に、このデザイン原則に基づく教授方略が活用できると考えられる。

さらに、構成したアーギュメントの評価についても、共通して取り上げられている。アーギュメントの評価規準は、研究者が分析の枠組みとして利用する場合だけでなく、どのようなアーギュメントが「良いアーギュメント」なのかを学習者自身が理解して自己評価する場合にも利用される。授業では、観点に基づいて、個別にアーギュメントの評価を促すこともあれば、アーギュメントを交換して相互に評価させたり、クラスで事例を取り上げて評価したりすることも考えられる。いずれのケースにおいても、フィードバックが重要であり、リフレクションを促すことで、アーギュメントの構造理解だけでなく、内容知識

第1章 序論

の理解も促進することが期待できる。

また、アーギュメントの際に、議論に対立的な主張を含ませる教授方略については、異なる意見を持つ学習者で小グループを構成したり、互いへの質問や対話を促したりすることで、アーギュメントを促進している。これらの教授方略は、説明を記述するという意味合いが強い「記述のアーギュメント」よりもむしろ、相互交流が取り入れられる「口頭のアーギュメント」、もしくは、オンラインでのやりとりがあるアーギュメントで積極的に利用できると考えられる。

3つ目の「アーギュメントを行う際に内容知識を利用できるように促す」については、学習者の実態に合わせた教授方略と結びついている。特に科学の知識が少ない学習者の場合、主張を構成する際に使える知識を提示する必要がある。また、選択肢を設けることで、学習者が使える知識を決められるように促すこともある。このとき、選択肢に学習者が持つ素朴概念を含ませることで、学習者の実態に応じることも考えられる。

ここで共通して重要なのは、知識を提示するだけに限らないという点である。学習者が使うための知識を用意しておくにとどまらず、ワークシート、インターフェイスのプロンプトや口頭での助言によって、知識の利用を促すように積極的にはたらきかけることが教授方略として重要になってくる。

なお本研究では、教授方略をもとに行った授業がアーギュメント構成に有効であったのかを明らかにする際に、Brown(1992)などのアイディアをもとに展開されてきたデザイン研究という方法論を採用する。デザイン研究は、実践現場における教育・学習の質の向上に寄与することを重視するために、複数の従属変数を実践場面に同時に投入し、研究対象の教育・学習を引き起こす中で当該教育・学習を分析する方法論である。したがって、本研究においては、先行する実践的研究からの知見として得た複数の教授方略を授業の中に投入し、プレ-ポストテストで読み取った児童の変容から、教授方略が総合的にどのような成果をもたらしたのかを検討する。このデザイン研究を方法論として採用し、日本においてアーギュメントの構成を取り入れた理科授業を現実の授業として具現化することと、アーギュメントの教授方略の知見の蓄積に貢献することの両方を同時に射程に入れる。

第6節 問題の所在と研究の目的

本章で見出したデザイン原則は、討論の場面や実験結果の考察の場面といった授業の一

部に特化したものではない。授業を計画する段階での学習活動の設計、ワークシート等の教材の準備、掲示物などの学習環境、さらには、授業を行う中でのグループ構成、データの提示、評価といった具体的支援を含め、単元全体を扱っている。よって、日本の理科教育の中で小学生からアークギュメント構成能力をどのように育成するのかということについて、授業の包括的なデザインを行い、実践的で具体的な研究を重ねていく必要がある。学習者のレベルに応じて、本章で導いた3つのデザイン原則に基づき、学習環境、具体的支援の全てを含めて、授業をどのようにデザインするのかを検証していくことが望まれる。

現在、日本の理科教育では、児童生徒の科学的な説明能力が不十分であることが課題となっている。「OECD 生徒の学習到達度調査～2009年調査国際結果の要約～」によると、科学的リテラシーに関する設問では、日本の生徒は依然「論述形式の無答率が高い傾向」が見られることが見出されている（国立教育政策研究所，2010）。また、TIMSSの問題においても、日本の生徒は科学的な説明として理論と現象を結びつける論述が不十分であることが指摘されている（中山・大場・猿田，2004）。その解決策として、理科教育でも言語活動の充実が指摘されているが、これまでの言語活動の充実に関する支援事例は、図表や科学的概念を用いる場づくりが中心であり、論証そのものの枠組みは注目されていない。小学生の段階からどのようにアークギュメントを構成させるかという具体的な支援の方略については、重要な課題となっている。

では、小学校理科教育において、どのレベルのアークギュメントが必要なのだろうか。アークギュメントの枠組に関して、Krajcik and McNeill(2009)は、表1-2のように、要素の数と各要素の記述とを変化させて複雑さを増したバリエーションを提示している。枠組には、主張 (claim)、証拠 (evidence)、理由付け (reasoning) を基本の3要素がある。「主張」はもとの質問または問題に答える言明または結論であり、「証拠」は主張を支える科学的データにあたる。「理由付け」は、科学的原理を用いて証拠と主張を結びつける正当化であり、Toulmin モデルにおける保証と保証の裏付けに相当する。より複雑なバリエーションでは、「反駁」(rebuttal) が含まれる。この要素は、代替の説明に言及し、なぜ代替説明が適切でないのかについての反対の証拠と理由付けを提供するものである。Krajcik and McNeill(2009)、McNeill and Krajcik(2011)は、このうちのバリエーション1を小学校低学年から、バリエーション2から5については、小学校高学年から中学校で実践的研究を行うことを示している。本研究ではこの知見に基づき、主張と証拠のみから構成されるアークギュメント (バリエーション1) を予備的な段階として小学校中学年 (第3学年) で、

表 1-2 アーギュメントのバリエーション (Krajcik & McNeill, 2009)

複雑さのレベル	枠組の順序	
単純	バリエーション #1	1. 主張
	バリエーション #2	2. 証拠
	バリエーション #3	3. 理由付け
	バリエーション #4	1. 主張
	バリエーション #5	2. 証拠
		3. 理由付け
		・適切さ
		・十分さ
		3. 理由付け
		1. 主張
		2. 証拠
		・適切さ
		・十分さ
		3. 理由付け
		・多様な要素
		1. 主張
		2. 証拠
		・適切さ
		・十分さ
		3. 理由付け
		・多様な要素
		4. 反駁
↓	↓	↓
複雑		

主張，証拠，理由付けから構成されるアーギュメントについて，証拠の適切性や十分性，理由付けの多元的要素を段階的に含めたアーギュメント（バリエーション 2～3）を小学校高学年（第 5，6 学年）で扱うことにする。

本研究の目的は，本章で導いた 3 つのデザイン原則に基づき，学習者のレベルに応じて，学習環境，具体的支援の全てを含めて，授業をデザインし，その効果を検証していくことである。具体的には，先行研究による科学的なアーギュメントの教授方略を手がかりとして，小学生の段階から徐々にバリエーションを上げたアーギュメント構成能力を育成する理科授業をデザインし，授業で児童が記述したアーギュメントを評価・分析することによって，アーギュメント構成能力を育成するデザイン原則の有効性を明らかにする。

第2章 小学生におけるアーギュメントの実態

前章で論じたように、小学校理科教育において、アーギュメントが重要視されているが、そのための授業のデザイン原則は確立されていない。学習者のレベルに応じて、アーギュメント構成能力を育成する授業をデザインするためには、学習者にどれほどアーギュメント構成能力があるのかを明らかにしておく必要がある。Krajcik and McNeill(2009), McNeill and Krajcik(2011) は、小学校高学年の児童に主張—証拠—理由付けを含むアーギュメントを構成させる実践研究を行っている。よって本章では、現在の小学校高学年の児童に対して、主張—証拠—理由付けを含むアーギュメント構成能力を評価するテストを行い、児童のアーギュメントの実態を検証することを試みた。

第1節 調査の目的

アーギュメントは科学の核をなす活動である (e.g., Erduran, & Jiménez-Aleixandre, 2008a) と同時に、児童生徒が獲得すべきものとして重視されている (National Research Council, 2008; 2011)。日本でも、現行の学習指導要領で、理科学習における言語活動が重視されており、児童が図表や科学的な概念を用いて、言語で表現する活動への支援事例が示されている (文部科学省, 2010)。これに対応する動きとしては、例えば猿田・中山 (2011) があり、小中学校の各学年における理科の代表的な単元を取り上げ、科学的論述力を育成する教育実践のあり方についての、具体的かつ詳細な提言を行った。

1章で見てきたように、科学教育の領域では、Toulmin (1958) の論証パターンを採用した研究により、学習者がアーギュメントを構成する方法や、自分たちの考えをサポートするために用いる正当化の性質について、多くのことが明らかになりつつある。科学的な対話や議論としてのアーギュメントを取り上げ、その内容を分析したり、より生産的な方法でのアーギュメントを支援したりする研究 (Erduran, Simon, & Osborne, 2004; Jiménez-Aleixandre, Rodríguez, & Duschl, 2000; Osborne, Erduran, & Simon, 2004b) の他、文章の記述や論述としてのアーギュメントに焦点を当てた研究が行われている。

その一方で、アーギュメントの構成が、生徒達にとって易しい作業ではないことを示す結果も、多数挙がっている。例えば Sandoval and Çam(2011) は、幼児を対象に「風が吹く所では植物の背丈は低い」という仮説について、「祖母がそうっていた (権威)」「植

第2章 小学生におけるアーギュメントの実態

物は水の少ないところでは環境に応じて低くなることを学んだ（もっともらしい説明）」に対して、「背丈が低くならない実験結果（データ）」を示したとき、どれに信頼を置くのかを調査した。データがもっともらしい説明に反しているとき、子どものもっともらしい説明（データと矛盾するもの）への好みは、減るどころか増えることが明らかになり、証拠（データ）をベースに考えることの困難さが示された。また McNeill and Krajcik(2011)は、児童生徒の説明構成に関し、(1) 適切で十分な証拠を利用できない、(2) なぜ証拠が主張を支えているかの理由付けができない、(3) 対立する科学的説明を考慮し、反駁を行う事が難しい、といった実態を指摘し、証拠を用いて科学的な説明を組み立てる難しさについて述べている。高校生のアーギュメントを分析した Sandoval and Millwood(2005)では、データ引用の必要性に気づいてはいても、主張を支持するデータを十分には引用できない、データと主張とを明確に関連づけられない、等の実態が報告された。

日本の児童生徒についても、類似の困難が示唆されている。1995年に実施された第3回国際数学理科教育調査 (TIMSS1995)における中学2年生理科の得点順位が、解答形式によって異なり、選択形式や求答形式の問題では国際的に高い水準の正答率を保っていたのに対して、論述形式問題の平均正答率が参加41カ国中第10位にとどまることになった(国立教育研究所, 1997)。この傾向はその後の調査 (TIMSS2003, TIMSS2007)でも同様であり、小学4年生、中学2年生ともに論述形式問題の正答率が低くなっていた(国立教育政策研究所, 2007b)。

猿田(2009)によれば、公開されているTIMSSの論述形式問題は、次のようなタイプに分類される。a) 答えに対する理由を書かせる、b) ある事象の原因や理由を書かせる、c) 読み取った事項をまとめさせたり、自分の考えを書かせたりする、d) 特徴・条件・例などをあげさせる、の4タイプである。これらのタイプのうち、a)では自分の答えの正しさを支持するための理由の記述が求められている。また、b)では事象の原因や理由という形で、事象の背後にある科学的原理の記述が求められている。さらに、c)では与えられた内容の読み取りを踏まえた記述が認められている。このような特徴を持つTIMSSの論述形式問題をアーギュメントとの関連から検討してみると、主張に至る理由について具体的に求めることや、説明や反駁に際して多様な証拠から考えること、背後にある原理・法則を見いだして伝えることなどが求められていると解釈することができる。つまり、TIMSSの論述形式問題への解答で求められる能力は、実験データや科学的原理を用いて、論証そのものをどのように組み立てていくのかというアーギュメント構成能力と密接に関

連していると言える。従って、日本の児童生徒も、アーギュメントの構成に関して、欧米の研究知見と類似の困難を抱えていると推測される。しかしながら、TIMSSの結果分析だけでは、上述のようなアーギュメント構成能力に関し、日本の一般的な子どもたちが、具体的にどのような困難を抱えているのかが、十分に解明されたとはいえない。

アーギュメントに関わる教育実践を早くから重視してきた米国では、説明の構成や証拠に基づくアーギュメント等の活動を、就学前からの科学教育(K-12science education)のカリキュラムに必須の実践と見なしている(e.g. National Research Council, 2011)。しかしながら、科学教育におけるアーギュメントの先行研究の大多数は、中学生以上を対象としており、小学生についての知見はごくわずかである(McNeill,2011; Songer & Gotwals, 2012)。日本においては、前述のように、言語活動すなわち科学的な思考・表現が重視されている現状にもかかわらず、現在のところ、アーギュメントを扱った研究自体がほとんどない。証拠(データ)をベースに考えることや、証拠を用いて科学的な説明を組み立てることにおいて、日本の公立学校の児童がどのような水準にあり、学年進行に伴う発達が見られるか、といった点に関する調査研究が必要である。科学教育研究としてのこの調査の重要性は、東アジア圏における小学生のアーギュメントの状況を事例的に明らかにして、欧米で行われている先行研究と比較可能な基礎データを提供するという点にある。

そこで本章では、Krajcik and McNeill(2009)、McNeill and Krajcik(2011)の実践研究と同様に、小学校5,6年生を対象として、科学的原理を用いて主張とデータを結びつけたアーギュメントを取り上げ、このタイプのアーギュメントを記述する能力の状況を調査する。このとき、前章の表1-2に示した、小学校高学年対象のアーギュメントのうち、複雑さのレベルが単純であるバリエーション2に焦点を当てることとした。

また、TIMSSやPISAの調査では、得点や正答率の男女差が検討されている。日本の対象者に限った場合、TIMSS1995では、小学4年生の理科の得点に性差があり、男子の得点が女子を上回っていた(国立教育研究所, 1997)。しかし、論述問題の割合が増えたTIMSS2007では、性差は有意でなくなっている(国立教育政策研究所, 2008)。PISA調査における科学的リテラシー得点では、性差は有意水準に達しないものの、女子の得点が男子を上回る調査年度が多かった(国立教育政策研究所, 2002; 2004; 2007b; 2010)。これらを踏まえ、本章では、児童期のアーギュメント構成能力を調査するに当たり、学年差に加えて、性差も検討することとする。調査にあたっては、学習指導要領に即した学習内容を用いて調査課題を作成し、小学生のアーギュメントを評価するためのルーブリック

第2章 小学生におけるアーギュメントの実態

を、初等理科教育からのアーギュメント実践を行っている McNeill and Krajcik(2011) に準じて作成する。

第2節 調査方法

第1項 調査の対象者と時期

M 県下の公立小学校の5年生139名(男子74名, 女子65名), 6年生139名(男子66名, 女子73名)を対象に, 2011年7月に調査を実施した。

第2項 調査課題

既習単元の内容についての観察・実験データを示し, 2つの選択肢から2つの課題に対する答えをそれぞれ選ばせ, アーギュメントを記述させる課題を2問実施した。2問の内訳は, 1日の気温変化に関するもの(以下天気課題)及び回路と豆電球の明るさに関するもの(以下電気課題)であり, 前者では定量的データ, 後者では定性的データを提示した。課題の内容を図2-1 および図2-2に示す。

第3項 手続き

授業時間を利用し, クラス単位で課題に取り組ませた。所要時間は1問10分程度であった。

第4項 評価方法

本章で取り上げたアーギュメントの枠組は, 科学的原理を用いて主張と証拠を結びつけたものである。前述したように, 調査課題の各問では, 課題の答えが2つ求められている。それぞれの答え(主張)について, それを支えるデータ(証拠)と, 両者の関連づけを正当化する科学的原理(理由付け)とを示したアーギュメント, より具体的には, 主張, 証拠, 理由付けの各要素に対応する内容を, 2つずつ記述したアーギュメントを理想的なものに見なした。従って, 評価の際は, 要素に対応する「記述の有無」と, 「内容の科学的正しさ」とを, それぞれ2点満点で得点化した。主張(課題の答え), 証拠(データ), 理由付け(科学的原理)の各要素について, 対応する「記述の有無」と, 「内容の科学的正しさ」とを, それぞれ2点満点で得点化した。使用したルーブリックの実例を表2-1,2-2,2-3,2-4に示す。

問題 1

()年()組()番 (男・女) 名前()

運動場の天気は、10月10日は「くもり」、10月20日は「晴れ」でした。

問題

10月10日、10月20日それぞれの1日の気温変化として当てはまるのは、下の表のAの気温とBの気温のどちらですか。また、なぜそう考えましたか。

これらのことを科学的に説明してください。

時こく	午前 9時	午前 10時	午前 11時	正午 12時	午後 1時	午後 2時	午後 3時	午後 4時
Aの気温 (°C)	18	18	20	21	23	24	23	23
Bの気温 (°C)	13	16	18	21	23	24	22	20

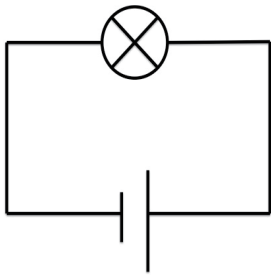
説明はこの下にご書いてください。

図 2-1 1日の気温変化に関する課題

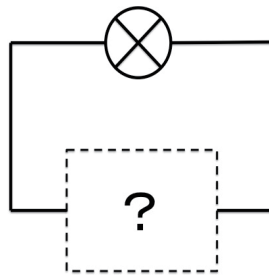
問題 2

①の回路と②の回路はかん電池の部分がかくされています。①の回路では、豆電球の明るさは、かん電池1このときにくらべて明るくなりました。②の回路では、豆電球の明るさは、かん電池1このときと同じでした。

かん電池 1 こ

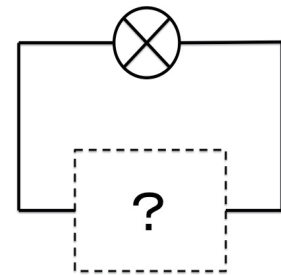


かん電池 1 このとき
にくらべて明るい



①

かん電池 1 このとき
と同じ明るさ



②

問題

①の回路、②の回路のそれぞれのかん電池のつなぎ方として当てはまるのは、下のAとBのどちらですか。また、なぜそう考えましたか。これらのことを科学的に説明してください。

A



B

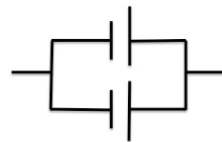


図 2-2 回路と豆電球の明るさに関する課題

表 2-1 1日の気温変化に関する課題のルーブリック（記述の有無）

点	主張	証拠	理由付け
	課題の答え	実験結果(科学的データ)	科学的な決まりをもとにして、証拠と主張を結びつける判断
0	・主張にあたる記述がない。	・証拠にあたる記述がない。	・理由付けにあたる記述がない。
1	以下の2つのうち、1つ記述されている。 ・10月10日は・・・があてはまる。 ・10月20日は・・・があてはまる。	以下の2つのうち、1つ記述されている。 例1 ・Aでは1日の気温変化が6℃である。もしくは、1日の気温が18℃～24℃の間である。 ・Bでは、1日の気温変化が11℃である。もしくは1日の気温が13℃～24℃の間である。 (数値データを示さず、「気温変化が大きい」「小さい」でも可) 例2 ・Aでは気温が高い、もしくは朝から18℃である。 ・Bでは気温が低い、もしくは13℃である。 例3 ・「Aをグラフになおすと山形」 ・「Bをグラフになおすと平ら」	以下の2つのうち、1つ記述されている。 例1 ・くもりの日の気温は、1日を通してあまり変化しないから。 ・晴れの日の気温は、朝夕は低く、昼頃に高くなり、1日の変化が大きいから。 例2 ・晴れの日は気温が高い。 ・くもりの日は気温が低い。 例3 ・晴れの日はグラフが山形になる。 ・くもりの日はグラフが平らになる。 例4 ・晴れの日またはくもりの日の温度変化について言及。
2	以下の2つが記述されている。 ・10月10日は・・・があてはまる。 ・10月20日は・・・があてはまる。	以上いずれかの例につき、2つとも記述されている。	以上いずれかの例につき、2つとも記述されている。 もしくは 晴れとくもりを比べての記述がある。

表 2-2 1日の気温変化に関する課題のルーブリック（記述内容の科学的正しさ）

点	主張	証拠	理由付け
	課題の答え	実験結果(科学的データ)	科学的な決まりをもとにして、証拠と主張を結びつける判断
0	・主張にあたる記述がない。 ・誤った主張が記述されている。	・証拠にあたる記述がない。 ・誤った証拠が記述されている。	・理由付けにあたる記述がない。 ・誤った理由付けが記述されている。
1	以下の2つのうち、1つ記述されている。 ・10月10日はAがあてはまる。 ・10月20日はBがあてはまる。	以下の2つのうち、1つ記述されている。 ・Aでは1日の気温変化が6℃である。もしくは、1日の気温が18℃～24℃の間である。 ・Bでは、1日の気温変化が11℃である。もしくは1日の気温が13℃～24℃の間である。	以下の2つのうち、1つ記述されている。 ・くもりの日の気温は、1日を通してあまり変化しないから。 ・晴れの日の気温は、朝夕は低く、昼頃に高くなり、1日の変化が大きいから。
2	以下の2つが記述されている。 ・10月10日はAがあてはまる。 ・10月20日はBがあてはまる。	以上の内容が2つとも記述されている。	以上の内容が2つとも記述されている。

表 2-3 回路と豆電球の明るさに関する課題のルーブリック（記述の有無）

点	主張	証拠	理由付け
	課題の答え	実験結果(科学的データ)	科学的な決まりをもとにして、証拠と主張を結びつける判断
0	・主張にあたる記述がない。	・証拠にあたる記述がない。	・理由付けにあたる記述がない。
1	以下の2つのうち、1つ記述されている。 ・①の回路に当てはまるのは・・・の電池のつなぎ方である。 ・②の回路に当てはまるのは・・・の電池のつなぎ方である。	以下の2つのうち、1つ記述されている。 ・①の回路の豆電球は、かん電池1このときにくらべて明るい。 ・②の回路の豆電球は、かん電池1このときと同じ明るさである。 (かん電池1このときと比べた記述がなくても可)	以下のいずれかの例につき、2つのうち1つが記述されている。 例1 ・直列つなぎでかん電池を2個に増やして豆電球を点灯させると、乾電池1個につないだときと比べて流れる電流が増える。だから①の豆電球は明るく光った。 ・並列つなぎで乾電池を2個に増やして豆電球を点灯させても、乾電池1個につないだときと比べて流れる電流は変わらない。だから②の豆電球の明るさは変わらなかった。 例2 ・「電圧(電力)が強くなる」「スピードが速くなる」「押し出す力が大きい/強い」等のために「明るくなる」「変わらない」 例3 ・「直列つなぎだから明るくなる」 ・「並列つなぎだから変わらない(弱い)」 例4 ・「直列つなぎは2倍(倍)の力」だから「明るくなる」「変わらない」 ・「並列つなぎはひとつと同じ力」だから「明るくなる」「変わらない」
2	以下の2つが記述されている。 ・①の回路に当てはまるのは・・・の電池のつなぎ方である。 ・②の回路に当てはまるのは・・・の電池のつなぎ方である。	以上の2つとも記述されている。	以上いずれかの例につき、2つとも記述されている。

注)「直列つなぎ」「並列つなぎ」は「たてにつなぐ」「横につなぐ」でも可とした。

表 2-4 回路と豆電球の明るさに関する課題のルーブリック（内容の科学的正しさ）

点	主張	証拠	理由付け
	課題の答え	実験結果(科学的データ)	科学的な決まりをもとにして、証拠と主張を結びつける判断
0	・主張にあたる記述がない。 ・誤った主張が記述されている。	・証拠にあたる記述がない。 ・誤った証拠が記述されている。	・理由付けにあたる記述がない。 ・誤った理由付けが記述されている。
1	以下の2つのうち、1つ記述されている。 ・①の回路に当てはまるのは、Aの電池のつなぎ方である。 ・②の回路に当てはまるのは、Bの電池のつなぎ方である。	以下の2つのうち、1つ記述されている。 ・①の回路の豆電球は、かん電池1このときにくらべて明るい。 ・②の回路の豆電球は、かん電池1このときと同じ明るさである。	以下の2つのうち、1つ記述されている。 ・直列つなぎでかん電池を2個に増やして豆電球を点灯させると、乾電池1個につないだときと比べて流れる電流が増える。だから①の豆電球は明るく光った。 ・並列つなぎで乾電池を2個に増やして豆電球を点灯させても、乾電池1個につないだときと比べて流れる電流は変わらない。だから②の豆電球の明るさは変わらなかった。
2	以下の2つが記述されている。 ・①の回路に当てはまるのは、Aの電池のつなぎ方である。 ・②の回路に当てはまるのは、Bの電池のつなぎ方である。	以上の内容が2つとも記述されている。	以上の内容が2つとも記述されている。

「記述の有無」を評価する際は、内容のループリックに示された「正しい記述例」に加えて、不正確な知識に基づく誤った主張と、それに対応する証拠や理由付けを、記述有りと見なした。具体的には、天気課題の理由付けでは、晴れの日が気温が高い、またはくもりの日は気温が低いといった記述を、証拠では、数値を示さず、気温の高低や変化の大小に言及した記述等をカウントした。電気課題では、電流の違いに言及できていない理由付け（スピードが速くなる、押し出す力が大きい、等）や、直列つなぎと並列つなぎの性質を逆に記述している、または名称を正しく記載できていない理由付けを、有りとカウントした。得点化は2名が独立して行い、協議により不一致点を解消した。一致率は天気課題93%、電気課題96%であった。

第3節 調査結果

第1項 全体結果

各課題における得点分布を図2-3及び図2-4に示す。要素の「記述の有無」に関しては、約8割の児童が何らかの主張を記述したものの、主張を支える証拠や理由付けの記述は4割前後にとどまった。「内容の科学的正しさ」においては、2点を付与された児童が1割に満たない指標が半数を占めた。

要素ごとの得点分布を、天気課題と電気課題間で、符号付き順位和検定により比較した。その結果、課題間で有意な差が認められた。主張では有無・内容ともに、電気課題が天気課題を上回っていた ($z=2.640, p<.01; z=12.004, p<.01$)。証拠の有無と理由付けの内容については、天気課題が電気課題を上回り ($z=-6.178, p<.01; z=-3.480, p<.01$)、理由付けの有無および証拠の内容では、電気課題が天気課題を上回っていた ($z=2.482, p<.05; z=6.065, p<.01$)。続いて、要素内で、有無と内容の得点を比較した。その結果、電気課題の証拠でのみ、有無と内容に差がなく、要素に対応した記述を書いた場合、内容もほぼ正しいことが示された ($z=1.414, n.s.$)。他の要素ではすべて、有無と内容の指標間に有意差があった（主張、証拠、理由付けの有無 $z=13.132, 9.989, 8.513$ ；主張、理由付けの内容 $z=6.019, 10.600$ 、以上すべて $p<.001$)。

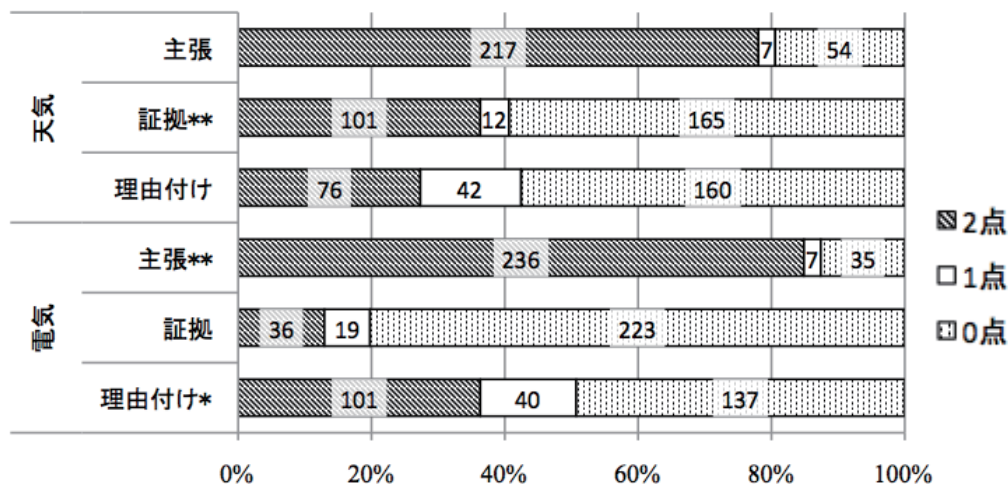


図 2-3 要素の「記述の有無」の得点分布 (調査者全体)

*得点分布が対応する課題を上回っていた要素にマークした. * $p < .05$, ** $p < .01$.

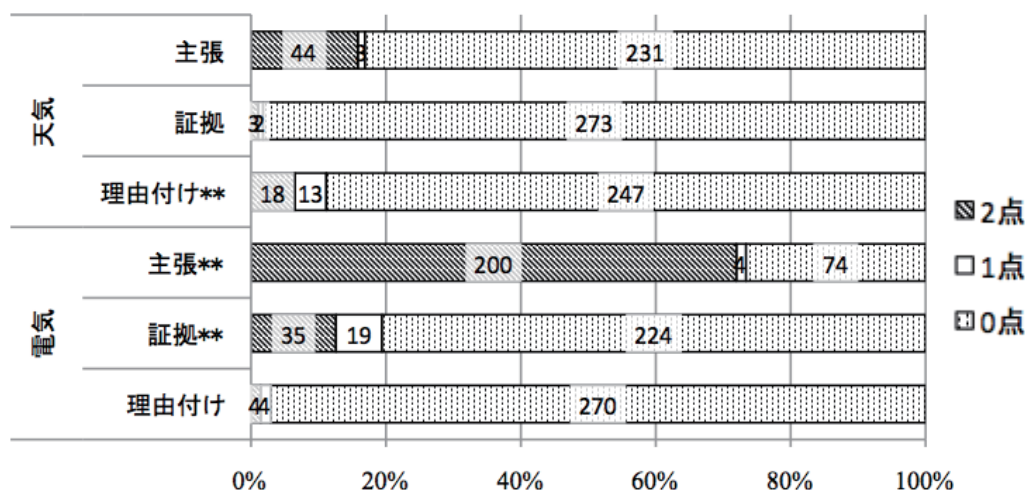


図 2-4 「内容の科学的正しさ」の得点分布 (調査者全体)

*得点分布が対応する課題を上回っていた要素にマークした. ** $p < .01$.

第2項 学年および男女間の比較

児童のアークギメント得点を、マン・ホイットニーの検定により、学年および男女間で比較した。学年・性により差が認められた指標における得点分布を、図 2-5 及び図 2-6 に示す。学年差は、天気課題および電気課題における理由付けの有無 ($z=2.424, p<.05$; $z=2.158, p<.05$) の指標で有意であり、いずれも 6 年生の得点が 5 年生を上回っていた。しかし図 2-6 に示すように、6 年生であっても、理由付け得点が 0 点、すなわち、理由付けに当たる記述を全く書かなかった児童が、天気課題で約半数、電気課題で 4 割程度存在した。性差は、天気課題での理由付けの有無および電気課題での理由付けの内容 ($z=2.480, p<.05$; $z=2.159, p<.05$)、天気課題での証拠の有無 ($z=1.925, p<.10$) の 3 指標で認められ、いずれも女児の得点が男児を上回っていた。

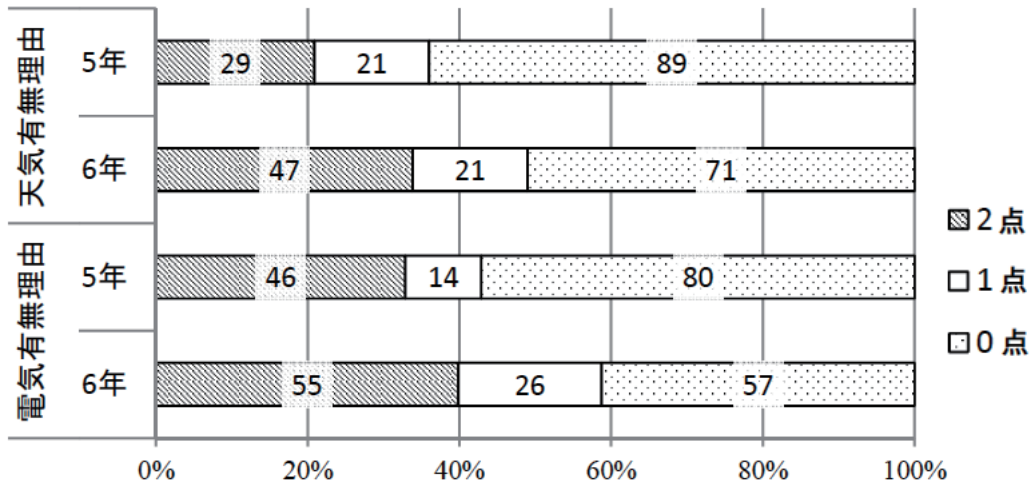


図 2-5 各要素得点の学年比較 (有意なもののみ)

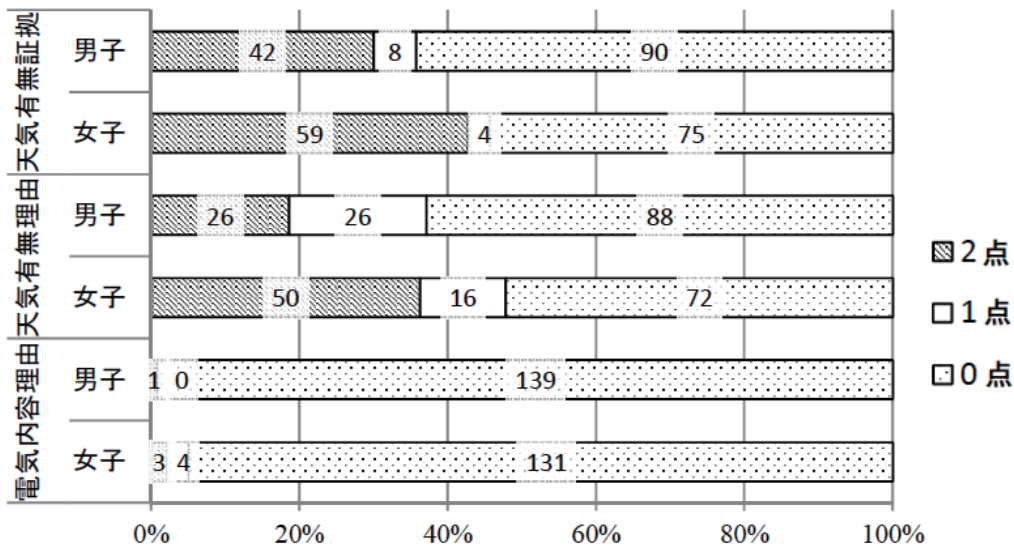


図 2-6 各要素得点の男女比較 (有意なもののみ)

第3項 児童が記述できた要素

各要素に対応する記述を1つでも書けていた場合をありと見なし、課題ごとに、児童が記述した要素の組み合わせを分類した。学年ごとおよび男女ごとの分類結果を、まとめて表 2-5 に示す。天気課題では、主張・証拠・理由付けの3つ全てを記述できた児童は全体の16%程度で、主張と証拠のみ、および主張と理由付けのみの記述が多かった。主張すなわち課題の答えのみの者、要素に対応する記述を1つも書けなかった者も、2割弱いた。電気課題では、主張・証拠・理由付けの3つ全てを記述できた児童が8%にとどまり、主張と理由付けのみや主張のみの記述が極めて多くなった。要素に対応する記述を書けなかった者は、1割弱にとどまった。

表 2-5 児童が記述した要素のパターン(人)

		主張 証拠 理由付け	主張 証拠	主張 理由付け	主張 のみ	その他	記述なし
天気	5年	16	33	34	29	2	25
	6年	28	32	37	15	5	22
	男	13	36	36	23	4	28
	女	31	29	35	21	3	19
	全	44	65	71	44	7	47
電気	5年	9	19	48	46	3	14
	6年	13	12	62	34	8	10
	男	10	12	52	44	5	17
	女	12	19	58	36	6	7
	全	22	31	110	80	11	24

第4節 考察

本章では、科学的原理を用いて主張とデータを結びつけたアーギュメントに焦点を当て、McNeill and Krajcik(2011) に準じて作成したアーギュメント課題と評価ルーブリックを用いて、日本の小学校高学年におけるアーギュメントの状況を調査した。

まず、要素の「記述の有無」について、主張は、記述1つの者も含めると8割の児童が記述できていた。しかし、証拠や理由は、半数ないしそれ以上の児童が、対応する記述を、ひとつも生成できていなかった。これは、McNeill and Krajcik(2011) が、児童生徒の説明構成における問題点として指摘した内容と一致している。また本章では、図2-3が示すように、課題間で差が認められ、証拠は天気課題、理由付けは電気課題が高得点だった。この理由は、天気課題の定量的データが解釈・引用されやすかったのに対し、電気課題では、定性的データとして提示された個々の回路ごとの明るさが、自明のこととして引用されにくかったためと考えられる。

「内容の科学的正しさ」に関しては、図2-4より、以下の実態が明らかになった。天気課題では、「晴れの日気温が高い(くもりの日は気温が低い)」という誤った科学的原理に立脚して解答した児童が多く、主張や証拠の内容を正しく記述できなかった。主たる原因は、児童が記憶していた科学的原理自体が誤っていたためと考えられるが、正しい科学的原理を用いた問題解決に要する認知的負荷が影響した可能性もあると考えられる。具体的には、天気課題の解決過程では、表として提示された温度の変化を折れ線グラフ等の形

で心的に表象したり、最高気温と最低気温の差を計算したりといった作業が必要であり、この作業に伴う認知的負荷ないしは負荷の予測が、朝の気温の高低と天候を関連づける「楽な」問題解決へと児童を向かわせた、という解釈である。電気課題では、電流の差に言及することなく「直列は明るい・並列は1個分と同じ明るさ」と述べる不十分な科学的原理が、理由付けとして多く記述されていたため、理由付けの内容得点が天気課題より低くなった。この現象についても、記憶していた科学的原理の不十分さの他、認知的負荷やコスト感に基づく記述の省略が影響した可能性がある。

冒頭で述べたように、本調査で使用した調査課題と評価基準は、どちらも小学校高学年児童の知識・理解のレベルに応じたものであると言える。しかしそれでも、提示するデータの質をはじめとする課題の内容によって、児童のアーギュメントの書きやすさには違いが見られた。このことは実際にアーギュメントの指導を行う際に、どのようなデータを使った指導が効果的であるか等を今後検討していく上で、参考にできる知見であると言えよう。

続いて、学年差について検討する。主張の要素に関しては、先述のように、8割前後の児童が記述できていたため、天井効果が生じたと考えられる。理由付けの有無については、どちらの課題でも学年差が有意であり、6年生の得点が5年生を上回っていた。しかしながら、6年生であっても約半数の児童が、理由付けに対応する内容を、ひとつも記述できていなかった。このことから、主張を支えるデータを示すことに加え、科学的原理によってデータを主張に結びつけたアーギュメント構成能力は、小学校の最終学年でも、獲得されているとは言えない。

性差に関しては、理由付け一部の指標で、女兒の遂行がよいという差が認められた。まず電気課題では、大多数の児童が正しい理由付けを記述できなかったのだが、明るさの違いをもたらす電流の差にまで言及できたアーギュメントは、女兒に集中していた。また、定量的データが解釈・引用されやすかった天気課題では、理由付けに対応する記述が、電気課題に比べてあまり書かれなかった傾向があったのだが、この指標でも、女兒の遂行が男児を上回っていた。ただ、この差異をもたらす要因、具体的には例えば、科学的原理等の知識や科学的説明の構造についての理解における男女差に起因するのか、それとも「記述する手間」を厭うかどうかという性格傾向の差によるのか、という点については、本調査からは明らかではない。しかし、科学的論述力における性差の内実の一端を示した点は、評価に値すると考えられる。

第2章 小学生におけるアーギュメントの実態

児童が記述できた要素のパターンからは、課題による差はあるものの、主張(答え)のみの記述や、理由として科学的決まりは記述するが、対応するデータを示さない記述が、多く出現したことが示された。証拠(データ)をベースに考えることや、証拠を用いて科学的な説明を組み立てることは、日本の公立学校の児童にとっても難しく、主張の根拠を示すこと、根拠を示す際に、証拠と理由付けとの両方に言及することが、アーギュメント構成における2大困難であることが明らかになった。

アーギュメントを構成するためには、アーギュメントの内容である科学知識(概念)とそれを表現するための言語形式の両方をメタレベルで扱う必要がある。アーギュメントの言語形式については、日常生活や、理科以外の教科での指導を通してもある程度学べる可能性がある。しかしながら、本章の結果からは、十分なアーギュメント構成能力を獲得させるためには、アーギュメントにおける根拠の重要性、特に、主張を支える証拠と理由付けのそれぞれの役割を理解させた上で、「主張—証拠—理由付け」からなる構造に即してアーギュメントを記述させるような訓練が、学年・性別を問わず、必要であることが示唆された。

第5節 本章のまとめ

前節までに論じてきたように、本章で対象とした公立小学校児童のアーギュメントの実態は、高学年の児童であっても十分ではないことが明らかになった。本章の調査は、単一の学校でしか実施しておらず、より大規模な調査を行うことが課題として残されている。しかしこの傾向は、科学的な説明能力が不十分であることが課題となっている日本の多くの小学校でも同様であると推察することができる。これからの科学教育や理科教育で求められるアーギュメント構成能力を育成するためには、小学校の段階から、児童のレベルに応じて、アーギュメントを導入した実験授業を実施していく必要がある。

次に求められるのは、第1章で先行研究から見出した、アーギュメント構成能力を育成するためのデザイン原則を実際の授業に組み込み、児童のアーギュメントの向上を検証することである。そこで、デザイン原則に基づき、小学校中学年(3年生)から高学年(6年生)まで、実験授業の中に様々なレベルでアーギュメント構成能力を育成する学習活動を取り入れ、児童のアーギュメントを分析することで、デザイン原則の有効性を検証することに取り組む。

第3章 主張—証拠を含むアーギュメント

前章では、小学校の高学年児童における、アーギュメントの実態を調査し、5-6年生の児童であっても、アーギュメント構成能力は十分でないことが明らかになった。では、小学校中学年の実験授業から、発達の段階に応じて、アーギュメント構成能力を育成するためには、第1章の先行研究から明らかになったデザイン原則が有効なのだろうか。本章では、予備的な段階として、小学校中学年を対象に主張—証拠のみを含むアーギュメント構成能力を育成する。具体的には、デザイン原則をもとに、小学校3年生の総合的な学習の時間¹⁾で、野生動物との共生問題を扱った授業をデザインする。

第1節 目的

近年のアーギュメントの実践研究では、小学生を対象とした実践はまだ例が少なく(Krajcik & McNeill, 2009; 坂本ら, 2010), そのために、小学生にアーギュメント構成能力を育成するための学習支援の知見が不足している。小学生のアーギュメントについては、第1章の表1-2で示したように、Krajcik and McNeill(2009)によってアーギュメントのバリエーションが示されており、その初期には、1) 質問に対する回答を含んだ「主張」があること、2) 主張を支持する科学的なデータである「証拠」が利用されていることの2点がアーギュメントの構成要素として示されている。そして科学の学習におけるアーギュメントの経験がほとんどない児童には、これら2点の構成要素を含んだアーギュメントを構成させるべきであると述べられている。

本章の目的は、小学生においてアーギュメント構成能力を育成するための授業のデザイン原則に基づいた教授方略で実験授業を行い、証拠を利用して主張を構成する能力に主眼を置いて、デザイン原則の有効性を評価することである。本章は予備的な導入段階であることや、児童にはアーギュメントについての経験がないという理由から、「アーギュメントの意義を理解させる」に基づく教授方略を設定せず、「アーギュメントを行う際に内容知識を利用できるように促す」「アーギュメントの構造を理解させ、その構造を利用できるように促す」という2つの授業のデザイン原則から、3つの教授方略を導き出した。小学校3年生の総合的な学習の時間において、野生動物との共生問題を扱った授業をデザインし、児童のアーギュメントのタイプや、証拠の個数、種類についての分析を行うこと

で、児童が証拠を利用してアーギュメントを構成したかについて検討を行った。

第2節 授業デザイン

今回の実験授業では、1章で設定したデザイン原則に基づき、3つの教授方略を設定した。教授方略(1)は、「問題領域に関する基礎知識の学習を十分に行う（以下、基礎知識の学習）」である。これはデザイン原則「アーギュメントを行う際に内容知識を利用できるように促す」をさらに具現化したものである。Seethaler and Linn(2004)は、第8学年（中学生）の生徒が、社会的な論争となっている科学問題として、遺伝子組換え食品問題に関するアーギュメントを構成する際に、健康、環境や経済を視点とした異なる立場の見解を資料として与えた。その後、構成されたアーギュメントに科学的な適切さを含むかどうかを評価し、基礎知識を踏まえた上でのアーギュメントを行うことを重視した。生徒は知識の学習によって、問題についての適切な理解や判断が可能になると考えられる。よって、基礎知識を十分に学習することは不可欠である。

教授方略(2)は、「複数のデータを収集し、それをクラスで共有しながら、いくつかのまとまりごとに整理する（以下、情報の共有・整理）」であり、これもデザイン原則「アーギュメントを行う際に内容知識を利用できるように促す」ための具体である。Bell and Linn(2000)は、収集したデータについて、クラスで共有しながら、いくつかのまとまりごとに整理することによって、よりアーギュメントを構成しやすくなることを示した。授業においても児童が扱う証拠は、クラスの中で共有され、活用しやすいように整理されている必要がある。

教授方略(3)は「児童に自分が証拠を利用していることを意識させる（以下、証拠利用の意識化）」である。これは、デザイン原則「アーギュメントの構造を理解させ、その構造を利用できるように促す」によるものである。Jiménez-Aleixandre(2008)は、「自分の立場を正当化する証拠の利用を促す」ために、「なぜそう考えるのか?」「どのようにそれを知ったのか」を教師が問いかけることによって、自分が証拠を利用していることを意識させるという足場かけの重要性を述べている。証拠の利用を自ら意識することを促し、よいアーギュメントでは証拠を利用して主張を構成するということを明確にさせることで、それを目指したアーギュメント構成能力の向上が期待できる。

第3節 実験授業の概要

第1項 対象と実施時期

国立大学法人附属小学校の3年生1クラス(35名)を対象とし、実施時期は2009年12月21日～2010年2月25日の計25時間であった。実験授業の授業者は著者であった。

第2項 題材と単元目標

実験授業は、「総合的な学習の時間」において「イノシシとわたしたちはいっしょにくらせるの?」という単元名で実施された。本章の対象校は、六甲山麓に位置し、近年特に野生動物であるイノシシによる被害が大きく、対象校でも花壇の作物を頻繁に荒らされたり、運動場への糞の害を被ったりして、児童にとって他人事でない被害を日常的に経験している。よって対象校においてイノシシは、野生動物との共生を考えるための最も身近な題材である。

総合的な学習の時間では、「変化の激しい社会に対応して、自ら課題を見付け、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、よりよく問題を解決する資質や能力を育てる」というねらいが示され、「学習活動を通して身に付けていくことが求められる学び方やものの考え方」の一つとして、討論の仕方が例示されている(文部科学省, 2008b, 2008c, 2009)。本章では、科学教育がアーギュメントの題材として扱う科学的な社会論争の一つとして「イノシシと人間の共生問題」をとらえ、総合的な学習の時間の趣旨に照らし合わせて、この学習の中に位置づけることにした。

単元目標は、「イノシシの生態や被害を調査し、それをもとに、捕獲の是非や市民としてできることなどの解決策を考える」であった。

第3項 授業の実際

表3-1は、学習活動及び教授方略を示している。単元は大きく3つの段階に分かれている。

a. 第1段階

第1段階の第1～3時限は、イノシシについて、児童が持っているイメージを共有し、単元で調べたいことを計画したり、個人で情報を収集したりする段階である。児童は、人間がイノシシと一緒にくらせるのかどうかという問いを持ち、イノシシについて知りたい

表 3-1 学習活動及び教授方略

時限	学習活動	教授方略
1-3	<ul style="list-style-type: none"> ・イノシシに対する知識，イメージを出し合う。 ・イノシシについて知りたいことを出し合い，情報収集の方法を考える。 ・個人でイノシシに関する情報を集める【前期】 	(1) 基礎知識の学習
4-20	<ul style="list-style-type: none"> ・博物館へ行き，イノシシの専門家の講話を聞く。 ・博物館で調べた内容について，「イノシシデータカード」にまとめる。 ・イノシシの被害の様子について，学校近辺の住民にインタビューをする。 ・インタビューの結果を，「イノシシデータカード」にまとめる。 	(1) 基礎知識の学習 (2) 情報の共有・整理
21-25	<ul style="list-style-type: none"> ・イノシシ捕獲の是非について，クラスで話し合いをする。 ・区役所の町づくり課の職員から，実際の被害対策の現状を聞きとる。 ・調査結果を根拠にしながら人間はイノシシと共生できるのかについて議論する。 ・イノシシと共生するためにできることについて，ポスターを作成する。 ・根拠を持って自分の意見を構成できたかをふりかえる。【後期】 	(2) 情報の共有・整理 (3) 証拠利用の意識化 (3) 証拠利用の意識化 (3) 証拠利用の意識化

ことを話し合った。その後、イノシシの生態やイノシシによる被害の現状を知り、対策について議論していくことを学習計画として確認した。さらに児童は、図鑑や本の他に、インターネットによる情報や専門家への聞き取り、街頭でのインタビューといった方法で調査するという見通しを持った。この段階では、教授方略(1)「基礎知識の学習」に基づき、冬休みを利用して教師が紹介した資料を読んだりインターネットで関連する情報を集めたりした。

これらの活動後、「いっしょにくらせる」と判断した児童は16名であり、「食べ物をあげたらなつく」「仲良くなれる」などを主な理由に挙げていた。一方、「いっしょにくらせる」は8名であり、「人を襲う」「被害がある」などを理由としていた。「わからない」と答えた児童は11名であり、「どんな方法で被害を止めるかわからない」「逃げていくこともあるけど、あぶない」「おそってくるかも知れない」などがその理由であった。児童は、基礎知識を学習したが、イノシシとの共生について楽観的にとらえたり、漠然とした印象で判断している様子であった。

b. 第2段階

第2段階の第4～20時限は、計画をもとに実際に調査する段階である。ここで児童は大きく分けて2つの調査を行った。1つ目の調査は、イノシシの生態に関するものであり、計11時間をかけて行った。教授方略(1)「基礎知識の学習」に基づき、博物館での見学や専門家の講話を通じて、イノシシの進化の過程、分布、体のつくり、食べ物、習性、餌付けの問題について情報収集を行った。さらに学校で図鑑、本やインターネットなどからも、イノシシの生態について調査した。その後、教授方略(2)「情報の共有・整理」に基づき、児童が収集した情報をクラスで共有した後、「イノシシデータカード」に整理した。図3-1は児童が作成した「イノシシデータカード」の実例である。カードには、イノシシの体の特徴について、博物館での取材で得た情報が、鼻、歯、胃、毛、体重、手足に分類して整理されている。例えば、あごがスコップのようなつくりになっていて、70kgのものも持ち上がるということ(図中a)や、四肢の短いイノシシにとって、雪が苦手なものであること(図中b)は、イノシシの特性を表すものとして、授業の中で児童の発表を板書し、それをカードに転記させた内容である。このようにして記載したことはすべて、クラスで共有された証拠として、後にアーギュメントを構成する際に児童が利用可能な状態になっている。この段階でのカードは3枚で構成され、1枚目に体のつくりや食べ物について、2枚目にイノシシの習性、性格、家族について、3枚目にすみか、分布、群れ、その他について、それぞれ整理されている。

2つ目の調査は、イノシシの被害に関するインタビューであり、計6時間の活動であった。六甲山周辺の地図上のイノシシ目撃場所に赤いシールを貼り、「イノシシ出没マップ」を完成させた後、教授方略(1)「基礎知識の学習」に基づき、イノシシが出没する学校の最寄り駅周辺で26箇所に分かれて約300名を対象にインタビューを行った。インタビューの内容は、「イノシシを見たことがあるか」「イノシシの被害を受けたことがあるか」「イノシシの被害対策をしているか」「イノシシについて知っていることはあるか」であった。取材後、教授方略(2)「情報の共有・整理」に基づき、インタビューで得られた数値、被害の状況、被害対策の状況をクラスで共有し、これらの内容をイノシシデータカードに付け加えた。

これらの活動後「いっしょにくらせる」と判断した児童は4名に減り、「だんだんなれてくる」「被害対策をすればいい」などをその理由としていた。一方、「いっしょにくらせる」は17名に増え、「被害が多い」「野生の性質は変わらない」などを理由に挙げていた。

グローバル総合学習「イノシシとわたしたちはいっしょにくらせるの？」 データカード①

体・食べものについて

1月14日



鼻	びん感じ (犬と同じ)	臭いからたい
あご⇒スコープ ... 70kgももち上がる 首が上下		
歯	お歯3年	あふない
ミバ	とがっている	毛 かくれや ずい色
けがる		
胃 1つ	木の芽たねのうさぎぶつ みまいつどいカサレ	
体重	80~110kg 子たかき 大きい はがき	1m バイクくらいの
手足	四肢の短いイノシシは、雪が外 木の舌手 多少の 雪ならうっセルしていこうする。	
→ 歯 は44本		

図3-1 児童が作成した「イノシシデータカード」

「わからない」と答えた児童は14名であり、「攻撃することもあれば逃げることもある」「うりぼうはおとなしいけど大人になると凶暴」などが理由であった。被害の具体やイノシシの性質を確認・整理していく中で、児童の楽観的な判断は減少し、人間生活の中では害を及ぼす動物であるという認識が強まった。

c. 第3段階

第3段階の第21～25時限は、調べたことをもとに対策を考える段階である。兵庫県森林動物研究センター（2009）による「平成21年度出猟カレンダー結果報告」に掲載されたイノシシの捕獲、狩猟頭数のグラフを見て、イノシシの捕獲、駆除の是非について

議論した。教授方略(3)「証拠利用の意識化」に基づき、話し合いではこれまで共有した情報を根拠にして意見を述べることを教師が促した。

表3-2は、教師による証拠利用の意識化を促す具体的場面である。「人間による自然破壊の証拠希求場面」では、児童Bが「人のほうが悪い」という主張と、そのように考える理由を発表していた。しかしながら、その理由は、証拠としての資料や調査結果に言及するものではなかった。そこで、教師はそのまま話し合いを進めるのではなく、「これま

表3-2 イノシシの駆除についての話し合い(第21時限)における、証拠利用の意識化の支援

■人間による自然破壊の証拠希求場面	
A	反対なんだけど、その理由は、[イノシシは駆除するから怒り被害がある。被害をなくすには駆除しなければよい]。
T1	駆除とかをしなければいけないから○?×?そうか、人のほうが悪いという意見なんだね?
B	私も人のほうが悪いと思うけど、理由は、[人間が自然破壊をする]。
T2	それさ、人のほうが悪いってこれまで調べた中でデータとかある?
C1	先生、ここある。
T3	じゃあどんなデータ、何ページのどこ?データカード何番のどこですか?
C2	データカードじゃなくて僕が調べたやつ。
T4	僕が調べたやつか、じゃあそれで。
C3	[イノシシの住処を壊すから、イノシシは山から下りてくる。]
T5	ここにも書いてあるね、データカードの3のところに住処ってかいてあるけど、森林とか藪とか里山っていう話をしたね。これが、みんなのカードで言えば3番目のところにあるねんけど、それを人間が壊してるから。住処を壊しているから。だからこういうことが起きている。
■被害情報の証拠希求場面	
D1	イノシシがどれだけ被害を出してるのかの件数が書いてある。
T6	どれくらいの被害の件数になってる?
D2	イノシシに関する被害が281件あって、そのうちの家などに侵入する被害が162件、心理的な被害が27件。
T7	恐いってことだね、心理的な被害っていうのは。
D3	餌付け中止の指導っていうのが16件、川に落ちたイノシシを助けてほしいなどの、寄せられるのが14件。
T8	それはどこからの情報?何区?
D4	神戸市の(神戸市のホームページのコピーを見て)。
T9	神戸市の情報なんやね。あのね、実は神戸市でも、特にこのあたりの東灘区のまちづくり課っていうところでね、この対策をやってるそうなんですな。

Tは教師、ABCDは児童の発言。[]内は長い発言の要約を示す。
太字部分は、教師による証拠希求。

第3章 主張－証拠を含むアーギュメント

で調べた中でデータとかある？」(T2)と資料や調査結果の有無を問い返している。このT2の問い返しにより、児童Cが資料や調査結果があることを述べる事ができている。それを受けて、教師は資料や調査結果を具体的に発表することを促進したり(T3)、クラス全体に向けて資料や調査結果を記載したデータカード、すなわち証拠と先の児童Bの主張とを関連づけるような助言をしたりしている。このように、教師は、クラス全体の子どもたちに向けて、主張に際して証拠が利用されていないことを指摘すると同時に、証拠が利用されるような方向で話し合いを方向づけることで、児童自身が証拠利用を意識できるように支援している。

また、「被害情報の証拠希求場面」では、児童Dは「餌付け中止の指導っていうのが16件、川に落ちたイノシシを助けてほしいなどの、寄せられるのが14件」というデータを示しているが、それが証拠として共有されるものなのかが不明確であった。そこで教師は、T8「それはどこからの情報？何区？」と情報のリソースを問うことで、扱われている情報が証拠になっているのかを意識させた。神戸市のホームページのコピーを参照しながら「神戸市の」(D4)という返答に対して「神戸市の情報なんやね・・・」(T9)によって、神戸市から公表されたデータであることを確認させ、児童自身が証拠利用を意識できるように支援している。

これらの2つの具体的場面での教師の発話は、Jiménez-Alexandre(2008)が証拠を利用していることを意識させるために重要視した「なぜそう考えるのか？」「どのようにそれを知ったのか」という教師の問いかけに相当する。

クラスでの話し合いの後、教授方略(2)「情報の共有・整理」に基づき、区役所からゲストティーチャーを招聘した。ゲストティーチャーの役割は、全く新しい情報を与えることではなく、イノシシの被害対策の現状について、話し合いやそれまでに調べた被害情報にもとづいて、実際の行政の政策と関連づけて整理を行うことであった。

最後に、教授方略(3)「証拠利用の意識化」に基づき、調査結果を根拠にしながら人間はイノシシと共生できるのかについて議論し、人間とイノシシが棲み分けをするために自分たちができることとして「餌付けしない」「買い物でビニル袋を使わない」「ゴミ出しのルールを守る」などを校内の児童や家族に呼びかけたポスターを作成した。

これらの活動をすべて終えた時点では、「いっしょにくらせる」と判断した児童は1名となり、「ストレスを与えなければよい」を理由としていた。一方、「いっしょにくらせない」は30名へとさらに増加し、「イノシシは力が強い」「野生の本能を持っていて知能も

高い（わなを見分ける・被害をなくせない）」「すみ分けをしてなくて、かかわってくらすというのは難しい」「人に慣れると野生に戻れない」などを理由に挙げていた。「わからない」と答えた児童は4名であり、「山から出ないイノシシもいる」などがその理由であった。児童は、イノシシを野生動物として認識し、人間とは距離を置いてくらすことがよりよい在り方であることに注目するようになってきた。

第4節 アーギュメントの評価

第1項 目的

児童のアーギュメントを調べるために、授業の進行に対応する児童のアーギュメントについて、タイプの分類、タイプの遷移、証拠の個数と種類数を分析した。

第2項 調査方法

a. 対象

対象は、授業に参加した小学校3年生の35名であった。

b. 課題

調査課題は、「イノシシとわたしたちはいっしょにくらせるか」であり、この質問に対して、「くらせる」「くらせない」「わからない」の3つの選択肢から自分の立場を選ばせ、その理由を質問紙に自由記述させた。

c. 実施時期と手続き

調査の実施時期は、イノシシとの共生についての学習課題を設定した第3時限終了時（以下、前期）と、イノシシの生態や被害を調べた第20時限終了時（以下、中期）、対策について検討した第25時限終了時（以下、後期）の計3回実施された。3回の調査は、質問紙法を用いてクラス一斉に実施された。所要時間は各10分であった。

第3項 分析方法

分析した質問紙の質問項目の中には、イノシシといっしょに「くらせる」「くらせない」「わからない」の主張を選ぶ項目が設定されているため、Krajcik and McNeill(2009)によるアーギュメントのバリエーションに示される、「質問に対する回答を含んだ『主張』があること」という要素は全員が満たしているものとした。よって、児童の回答のうち、イノシシといっ

第3章 主張—証拠を含むアーギュメント

しよに「くらせる」「くらせない」等の主張に対応する理由の記述を、アーギュメントの指標とし、証拠の利用に着目して分析を行った。

まず、理由の記述を3つのアーギュメントのタイプに分類し、学習の進展に伴う変化を検討した。表3-3は、児童のアーギュメントのタイプのカテゴリーと定義、具体例を示している。第1のカテゴリーは、「イメージ」であり、イメージ（先入観）に基づいているものとした。第2は、「基準なし」であり、判断の基準や材料がないものを当てはめた。第3は、「証拠」であり、学習した証拠に基づくものと定義した。

Krajcik and McNeill(2009)のアーギュメントのバリエーションによる初期の段階では、質問に対する回答を含む「主張」について、科学的なデータである「証拠」によってそれを支持することが示されている。そこでの科学的なデータについては、「調査から得られるデータ、観察・読み物・保存資料など別の情報源から得られるデータ」とされている。このことからすると、Krajcik and McNeill(2009)のいう科学的なデータとは、観察や読み物や資料などから得られるデータを含むものとして解釈することができる。本章では、この解釈に従って、イノシシとの共生に関する公刊された資料と各種調査の一次データを

表3-3 アーギュメントのタイプのカテゴリー、定義と具体例

カテゴリー	定義	具体例
イメージ	イメージ（先入観）に基づいているもの	<ul style="list-style-type: none"> ・「なつく」「害を与える」「きょうぼう」「あばれる」「あぶない」など ・「…かもしれないから」「…しそうだから」といった推定表現のみ
基準なし	判断の基準や材料がないもの	<ul style="list-style-type: none"> ・「どんなものをあたえればいいかわからないし、どんな方法でひがいをとめられるかもわからないので、わからない。」 ・「調べる事でどうにかすればイノシシもわたしたちがいをあたえる事がなくなるはずです。…まだあまり調べてない今は、分かりません。」 ・「人間がイノシシにあたえてしまっている『がい』が何かという事が分かれば、いっしょにくらせると思います！」
証拠	学習した証拠に基づくもの	<ul style="list-style-type: none"> ・「スーパーの袋をとられる」「体重が重い」「鉄を破ることもある」「走るのが速い」「あごがスコップのようだ」「きばがある」「鼻がよくきく」「スプレーにすぐに慣れてしまう」「知能が高い」「野生に戻れなくなる」など ・「苦情件数は…」「被害総額は…」など ・「博物館の先生が言っていた」「東灘区役所の方に教えてもらった」「目撃情報では…」「本に書いてあった」といった情報のリソースを明示したもの

証拠として扱った。具体的には、1) 児童が調べた図鑑やパンフレットなどに記載されたグラフ、数値、文章など、2) 野生生物の専門家の講話や住民へのインタビューで得た情報を交流して、イノシシデータカードに記入されたものを証拠と見なした。特に後者では、交流時に児童が発表したことを教師が板書し、「イノシシのあごはスコップのよう」や「こわがっている人が多い」など、講話や取材で得た情報であるかを評価した上でイノシシデータカードに記入させた。この際「イノシシはオスだけが凶暴」など、図鑑、パンフレットやイノシシデータカードにない情報がクラスで共有されないように留意した。

上述した定義に沿って、児童の理由の記述を3つのカテゴリーに分類した。判定に際しては、独立した2名で行い、不一致の箇所は判定者2名で協議して決定した。一致率は96.2%であった。

次に、学習の進行に伴って証拠を利用できる児童が増加したのかを調べるために、アーギュメントのタイプが「証拠」に分類された記述について、利用された証拠の個数を前期、中期、後期でそれぞれカウントし、証拠を利用した人数の割合を求めた。

また、単元の学習で収集した多様な調査から得られた証拠を児童が利用していたのかを調べるために、「証拠」に相当するアーギュメントを抽出し、各アーギュメントで使用された証拠の種類数を算出した。証拠の種類については、「被害」「経済」「特性」「野生」「その他」に分類した。表3-4は、証拠の種類、定義とその具体例を示している。「被害」は、対人、対物への被害状況を根拠にしているもの、「経済」は、被害や対策にかかる費用を根拠にしているもの、「特性」は、イノシシの生態的な特性を根拠にしているもの、「野生」は、イノシシが野生動物である事を意識して棲み分けの必要性を根拠にしているものであり、これらにあてはまらないものを「その他」とした。分類に際しては、独立した2名で判定を行い、不一致の箇所は判定者2名で協議して決定した。一致率は97.1%であった。

第4項 結果

まず図3-2は、児童のアーギュメントのタイプの遷移である。証拠を利用できた児童は、前期には11名であったが、中期には21名、後期には26名であった。前期と比較すると、中期及び後期では証拠を利用する児童が有意に増加したことが示された ($\chi^2(2)=14.629$, $p<.001$; $p<.001$ 二項検定²⁾).

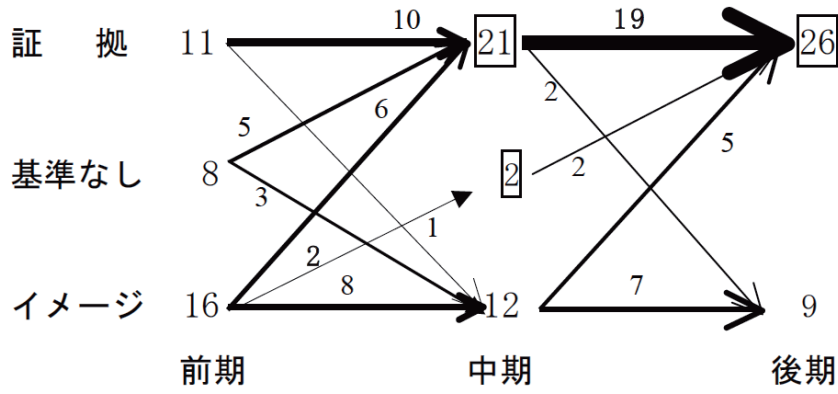
次に図3-3は、「証拠」に分類された記述について、利用された証拠の個数の分布を表

表 3-4 証拠の種類, 定義とその具体例

種類	定義	具体例
被害	対人, 対物への被害状況を根拠にしているもの	<ul style="list-style-type: none"> ・「ビニール袋をうばって, その中の野さいや, 食料をとったりする」 ・「はん神からささ山までのひがいがたくさん出ている」 ・「じゅうたくしきちしんにゅう」「ごみあらし」「ふんをまきちらかす」
経済	被害や対策にかかる費用を根拠にしているもの	<ul style="list-style-type: none"> ・「山全体にさくをはるということもお金がかかって大変」 ・「被害で 50 おく円もなくなっている」
特性	イノシシの生態的な特性を根拠にしているもの	<ul style="list-style-type: none"> ・「鼻がよくきき, 鉄のわなをしかけてもにおいですぐかぎ分けする」 ・「ちのうがたかい」 ・「イノシシは人間のことがオオカミの次に怖く, 今はオオカミがいない, 一番怖い動物」
野生	イノシシが野生動物である事を意識して棲み分けの必要性を根拠にしているもの	<ul style="list-style-type: none"> ・「イノシシが人になつくと, えさをくれとよってきたり, やせいにかえれなくなったりする」 ・「イノシシと人間自体がすみ分けをしてなくて, かかわってくらすというのはむずかしい」
その他	上記にあてはまらないもの	<ul style="list-style-type: none"> ・「人間が木を切らなければイノシシといっしょにくらせると言う人もいますが, 生きるためだからしょうがないという人もいます」 ・「アンケートとかしていたらこわいなどのいけんが多かった」

したものである。前期に証拠を利用した 11 名の児童のうち, 複数の証拠を利用して主張を構成したのは 11 名中 1 名であったが, 中期には 21 名中 5 名, 後期には 26 名中 13 名となった。最大で 4 個の証拠を利用する児童が, 中期に 1 名, 後期に 2 名いた。利用された証拠の個数を, 測定時点間で比較するために, Friedman 検定を実施したところ, 有意差が認められ ($S=9.586, df=2, p<.01$), 多重比較の結果, 前期から後期にかけて, 児童に利用された証拠の個数が有意に増加したことが示された。

また, 図 3-4 は, 3 期いずれかのアーギュメントが「証拠」に分類された児童 28 名について, 1 つのアーギュメントで利用した証拠の種類の人分布を表している。符号付き順位和検定を実施して種類数を測定時点間で比較したところ, 有意差が認められ ($Z=2.314, p<.05$), 児童が利用した証拠の種類数が, 前期や中期から後期にかけて有意に増加したことが示された。



□は前期と比較しての有意な増加または減少 (中期 $p < .05$, 後期 $p < .001$)

図 3-2 アーギュメントのタイプの遷移

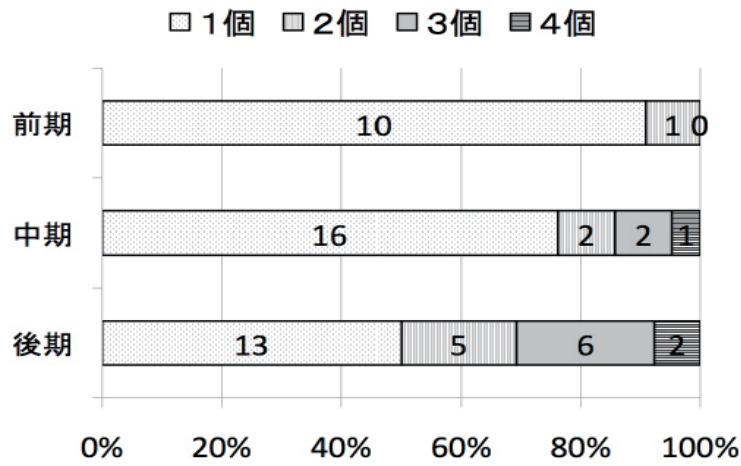


図 3-3 利用された証拠の個数分布

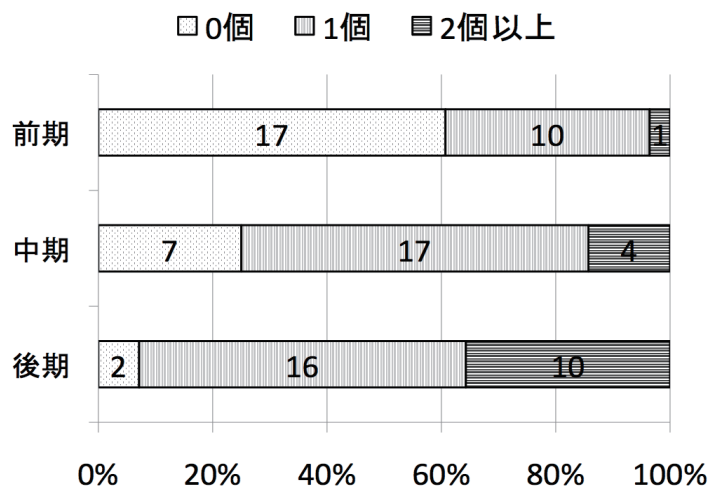


図 3-4 1つのアーギュメントで利用した証拠の種類数の人数分布

第5節 考察

本章の目的は、小学生においてアーギュメント構成能力を育成するためのデザイン原則に基づいた教授方略で実験授業を行い、証拠を利用して主張を構成することに主眼を置いて、デザイン原則の有効性を評価することであった。本節では、前述した結果から児童のアーギュメントの状況を考察し、本実践で取り入れた2つのデザイン原則が有効であったのかを論じる。

1つ目のデザイン原則「アーギュメントを行う際に内容知識を利用できるように促す」について、まず、教授方略(1)を検討してみる。図3-2より、前期に個人で情報収集した後には、すでに11名の児童が証拠を利用することができていた。この時点で証拠を利用できず、イメージに基づいて判断したり、判断の根拠を見つけられなかったりした児童でも、学習の進展に伴い、証拠を利用できる者が増えていった。これは教授方略(1)「問題領域に関する基礎知識の学習を十分に行う」により、問題に対する適切な理解・判断が促されたことによるものと推察される。議論する対象についての知識が豊かになればなるほど、証拠が利用しやすくなると考えられる。

では、知識を多く学びさえすれば、アーギュメント構成能力は育成されるだろうか。Means and Voss(1996)は、実証的な研究に基づき、アーギュメントを構成できるようになるためには、知識だけではなく、アーギュメント構成に関わる能力も必要であるという主張を行っている。中期、後期にかけて、証拠を利用できる児童が増加したという結果は、教授方略(1)によって、基礎知識の学習を反復したことだけではなく、それと合わせて、知識を利用できるようにしたり、アーギュメントを構成させたりする支援を行ったためだと考えられる。

そこで次に、教授方略(2)について考察する。図3-3では、アーギュメントを構成する際に利用した証拠の個数が増加したことが示された。これは、教授方略(2)「複数の証拠を収集し、それをクラスで共有しながら、いくつかのまとまりごとに整理する」によって、アーギュメントの際に、証拠としての知識利用が容易になったためだと考えられる。「イノシシデータカード」には、クラスで確認された特性が小見出しをつけて整理され、被害調査の結果交流が表などにまとめられていた。ファイリングされたこれらの知識は、毎時間の資料として参照できるようになっていたために、アーギュメントを構成する際に児童が証拠として活用することを容易にしたと考えられる。

2つ目のデザイン原則「アーギュメントの構造を理解させ、その構造を利用できるように促す」については、教授方略(3)を検討する。図3-4より、後期には、前期や中期に比べて、複数の種類の証拠が利用されていた。これは、証拠が増加する際、同様の証拠を重ねるよりも、むしろ、異なる視点からの証拠を利用しようとする状況を示している。この原因について、解決策について話し合いを行った第21時限と第23時限において、表3-2で示したように教授方略(3)「児童に自分が証拠を利用していることを意識させる」ことを促したため、証拠を示して発言することが求められ、結果的に相手を説得するのに有効な複数の種類の証拠から結論づけていたとも推察できる。児童自身に証拠利用を意識させることは、アーギュメントを構成する際に有効な教授方略となると考えられる。

以上の考察から、2つのデザイン原則「アーギュメントを行う際に内容知識を利用できるように促す」「アーギュメントの構造を理解させ、その構造を利用できるように促す」は、いずれも児童のアーギュメント構成能力を育成する上で有効であると結論できる。

第6節 本章のまとめ

本章では、第1章で導き出した「アーギュメントを行う際に内容知識を利用できるように促す」「アーギュメントの構造を理解させ、その構造を利用できるように促す」という授業のデザイン原則を具現化して、3つの教授方略によって、小学校3年生のアーギュメント構成能力を育成した。アーギュメントのタイプや、証拠の個数、種類についての分析の結果、児童が証拠を利用してアーギュメントを構成できたことが示され、デザイン原則の有効性が明らかになった。

しかしながら、中学年において、予備的に主張—証拠のみを含むアーギュメント構成能力を身につけた児童が、高学年において、主張—証拠—理由付けを含むアーギュメント構成能力へと発展させることができるのかは、明らかになっていない。Krajcik and McNeill(2009)によって示されたアーギュメントのバリエーションにおいて、その初期のレベルは達成された児童には、より高いレベルへの挑戦が期待できる。その際、図3-2が示すように、一部の児童は単元の後期でも証拠を用いた主張を構成できなかったという事実をふまえ、特にデザイン原則「アーギュメントの構造を理解させ、その構造を利用できるように促す」に関して、より丁寧で詳細な教授方略による授業デザインを行う必要がある。また、デザイン原則「アーギュメントの意義を理解させる」ことを具現化した教授方

第3章 主張－証拠を含むアーギュメント

略によって、アーギュメントを導入する際に、アーギュメントの大切さについて意識できるようにすることも課題である。

そこで、次章では、小学校高学年の児童に、よりバリエーションの高いアーギュメントを構成するために、デザイン原則に基づいた詳細な教授方略による理科の授業をデザインする。単元前後にアーギュメントを評価するテストを行い、科学的原理を理由付けとして、証拠と主張を結びつけるというアーギュメント構成能力を評価し、デザイン原則の有効性を検証する。

注

1) アーギュメントが重要視されている科学教育が扱う内容は、科学的な社会論争を含むものであり、日本においては、理科教育だけでなく、総合的な学習の時間においても位置づけられている。

文部科学省 (2008b) は、総合的な学習の時間の趣旨の中で、「容易には解決に至らない日常生活や社会、自然に生起する複合的な問題を扱う」と述べ、「国際理解、情報、環境、福祉・健康などの課題及び日常生活や社会とのかかわりの中から見出される課題は、『答えが多様で正答の定まらない問い』といった性質のものであることが多い」ことを指摘している。

一方、日本理科教育学会編集の月刊誌『理科の教育』でも、「理科における「総合的な学習の時間」の活用」(1999年7月)、「理科学習と総合的な学習との連携」(2000年5月)、「環境を中心とした総合的な学習」(2000年6月)、「理科」と「生活科」, 「理科」と「総合的な学習」(2011年1月)のような特集が組まれているように、専門家の中でも総合的な学習の時間は、理科教育と密接な関連があるものとされてきた。

2) 度数0のセルを含むため、後期と他の時期の比較にあたっては、「イメージ」と「基準なし」のセルを合併してマクニマー検定を行った。

第4章 主張－証拠－理由付けを含むアーギュメント

前章では、小学校の中学年児童において、アーギュメント構成能力を育成する授業をデザインし、小学校3年生の総合的な学習の時間で、実験授業を行った。その結果、児童が証拠を利用してアーギュメントを構成できたことが明らかになり、デザイン原則の有効性が示された。では、高学年の児童において、さらにレベル上げたアーギュメントを構成するためにも、デザイン原則は有効なのだろうか。本章では、デザイン原則に基づき、Krajcik and McNeill(2009) が設定したアーギュメントのバリエーションのうち、主張－証拠－理由付けを含むアーギュメント（バリエーション2に相当する）を達成するための授業をデザインする。

第1節 目的

McNeill and Krajcik(2011) は、小学校高学年から中学校の児童生徒（第5学年～8学年）にアーギュメントを指導している。その中で、児童の実態に応じて、第1章の表1-2で示した、アーギュメントのバリエーションを上げていくことを提言している。前章では、小学校ではじめてアーギュメントを体験する中学年の児童を対象とした授業をデザインしたが、小学校の高学年において、より複雑なアーギュメントへとレベルを上げていく際の授業はデザインされておらず、デザイン原則の有効性は検証されていない。

そこで筆者は、1章で導いた3つのデザイン原則を具現化するために、McNeill and Krajcik(2011) の研究を手がかりとして、12の教授方略を設定した。これらを小学校5年生理科「振り子の運動」の単元に導入し、振り子の周期に影響する要因を解明してアーギュメントを記述する実験授業を行った。この授業を評価するために、単元内容の知識・理解課題によって、振り子の周期に影響を及ぼす要因についての正しい理解を確認した。それとともに、単元内容に関するアーギュメント課題や単元内容とは異なる既習内容に関するアーギュメント課題によって、科学的原理を理由付けとして主張と証拠とを結びつけて記述するという、アーギュメントの向上を検証した。本章の目的は、主張－証拠－理由付けを含むアーギュメントの教授方略を設定した実験授業から、デザイン原則の有効性を明らかにすることである。

第2節 授業デザイン

表4-1は、3つのデザイン原則と McNeill and Krajcik (2011)の研究から得た詳細な12の教授方略を示している。1つめのデザイン原則「アーギュメントの意義を理解させること」に基づく教授方略は2つある。「アーギュメントの必要性の説明」は、なぜ児童生徒や科学者がアーギュメントを行うのかを説明し、「他教科との関連づけ」は、社会、英語、数学などの他教科においても、アーギュメント構造が利用できることを説明するものである。

2つめのデザイン原則「アーギュメントの構造を理解させ、その構造を利用できるように促す」に基づく教授方略は、本章の実践研究で特に詳細に設定したものであり、10の教授方略が含まれる。「カリキュラムの目標の設定」は、当該学年の児童生徒が学習すべき内容知識と科学的探究を統合して目標を設定することを指す。「達成すべきアーギュメントの設定」は、問いの自由度を設定する教授方略である。ここでは、児童生徒に証拠として理解させたいデータは何か、そのデータは葉の枚数のような量的なものか、葉の描写のような質的なものかを決めるとともに、データの量や多様な視点を含んで複雑にするかを設定し、さらに、理由付けで利用させる科学的原理や、反駁を含むのかを決める。「アーギュメント構造の掲示物の作成」に関しては、アーギュメントとして、主張、証拠、理由付けの構造を視覚的に提示し、状況に応じて反駁を追加していくような掲示物の作成を意味している。「足場かけ用のワークシートの作成」は、アーギュメントを促すリード文や図表、ヒントを児童生徒に与え、単元内容固有あるいは単元共通の足場かけを含んだワークシートを作成することである。「アーギュメント構造の説明」は、単元の最初にアーギュメント構造を学習者に提示し、主張、証拠、理由付けという用語を導入することを指す。それぞれの用語の意味や定義を繰り返し確認させるのである。「日常事例との関連づけ」は、質問に答えたり他人を納得させたりする場面で、アーギュメントを日常的に行っていることを実例で説明するものである。「アーギュメントの例示と批評」は、適切または不適切なアーギュメントを児童生徒に例示し、その良し悪しについての児童生徒の批評を促すことである。「個人へのフィードバック」は、児童生徒のアーギュメントに対して、良い点や悪い点に言及してフィードバックするものである。「相互評価」については、クラスの中でアーギュメントを交換させ、互いに良い点や悪い点を評価させ合うことを指す。「クラス全体での評価」に関しては、クラス全体で、主張、証拠、理由付けについての適切さ

表 4-1 3つのデザイン原則と McNeill and Krajcik (2011) の研究から得た 12 の教授方略

デザイン原則	McNeill & Krajcik (2011)の研究から得た12の教授方略
アーギュメントの意義を理解させる	<ul style="list-style-type: none"> ・アーギュメントの必要性の説明 ・他教科との関連づけ
アーギュメントの構造を理解させ、その構造を利用できるように促す	<ul style="list-style-type: none"> ・カリキュラムの目標の設定 ・達成すべきアーギュメントの設定 ・アーギュメント構造の掲示物の作成 ・足場かけ用のワークシートの作成 * ・アーギュメント構造の説明 ・日常事例との関連づけ ・アーギュメントの例示と批評 * ・個人へのフィードバック * ・相互評価 * ・クラス全体での評価 *
アーギュメントを行う際に内容知識を利用できるように促す	<ul style="list-style-type: none"> ・足場かけ用のワークシートの作成 * ・アーギュメントの例示と批評 * ・個人へのフィードバック * ・相互評価 * ・クラス全体での評価 *

* は2つのデザイン原則に関連する

についての議論の場を設けることである。

3つめのデザイン原則「アーギュメントを行う際に内容知識を利用できるように促す」に基づく教授方略は、「ワークシート上の足場かけ」の中で、児童の実態に応じて、板書に書かれた単元の具体的な内容とワークシートを対応させて、内容知識を使いやすいようにすることが挙げられる。さらに、「アーギュメントの例示と批評」において例示したアーギュメントや、「個人へのフィードバック」「相互評価」「クラス全体での評価」において扱う児童のアーギュメントに対して、教師が内容知識を具体的に示し、これらを適切に利用しているかを確認させたり、評価させたりすることができる。

表 4-2 は、McNeill and Krajcik(2011) の教授方略と本章における教授方略を示している。準備段階のフェーズでの教授方略は以下の4つであった。1)「カリキュラムの目標の設定」において、目標は、児童が実験を通して、振り子の周期には長さのみが影響することを理解するとともに、振り子の振れ幅、重さ、長さとの関係を示す証拠を示し、振り子の周期には、振り子の振れ幅や重さは影響しない、あるいは、長さが影響するという理由付けを用いて、アーギュメントを記述することであった。2)「達成すべきアーギュメントの設定」で扱う質問は、「振り子の長さを短くすると、振り子の周期は短くなるか」といった、要因の候補と周期との関係を具体的に問うものとし、データは実験結果のクラスの平均のみを利用させ、利用させる科学的な原理は1つとした。3)「アーギュメント構造の掲示物の作成」に関しては、教室の壁にアーギュメント構造の図を掲示し、視覚的な支援を設定した。図 4-1 は、掲示したアーギュメント構造であり、授業の中でこの掲示物

表 4-2 McNeill and Krajcik(2011) の教授方略と本章における教授方略

段階	McNeill & Krajcik の教授方略	本章における教授方略
準備段階	1)カリキュラムの目標の設定	目標は、児童が実験を通して、振り子の周期には長さのみが影響することを理解するとともに、振り子の振幅、重さ、長さとの関係を示す証拠を示し、それぞれの条件が振り子の周期に影響するか否かという科学的原理を理由付けとして、アーギュメントを記述することとした。
	2)達成すべきアーギュメントの設定	扱う質問は”振り子の長さを短くすると、振り子の周期は短くなるか”といった具体的なものとし、データは実験結果のクラスの平均のみを利用させ、利用させる科学的な原理は1つとした。
	3)アーギュメント構造の掲示物の作成	教室の壁にアーギュメント構造の図を掲示し、視覚的な支援を設定した。授業の中でこの掲示物を使って、アーギュメントの構造を説明できるようにした。
	4)足場かけ用のワークシートの作成	アーギュメントを記述するワークシートは主張、証拠、理由付けを分割して記述できるレイアウトにした。
実施段階	1)アーギュメント構造の説明	振り子の振幅の実験結果を使って構造を説明した。
	2)日常事例との関連づけ	給食時間の事例を挙げ、給食を食べたかどうかを尋ねられた時、「おなかがへっていない」という主張が不適切であることを示し、「食べたか、食べていないか」を述べるべきであることを確認させた。
	3)アーギュメントの必要性の説明	アーギュメントは世界共通で、記述できれば世界に通用することを伝えた。
	4)他教科との関連づけ	算数でもアーギュメントの構造が適用できることを伝えた。
	5)アーギュメントの例示と批評	5年生の既習単元である”電流の働き”や”植物の成長”を用いたアーギュメントの例示を行った。
	6)個人へのフィードバック	振り子の重さや長さの実験結果をもとに記述したアーギュメントを教師が評価し、フィードバックを行った。
	7)相互評価	振り子の振幅、重さ、長さとの関係について、児童がワークシートに記述したアーギュメントを交換し、相互評価させた。
	8)クラス全体での評価	単元内容に関するアーギュメント課題で記述したアーギュメントの適切さを全体で議論した。

を使って、アーギュメント構造を説明できるようにした。また、児童に提示する際には、McNeill and Krajcik と同様に、「科学的な説明」という用語を用いた。4)「足場かけ用のワークシートの作成」としては、図 4-2 に示すように、主張、証拠、理由付けを分割してアーギュメントを記述できるレイアウトにした。

実施段階のフェーズでの教授方略は以下の8つである。アーギュメントを導入する際、1)「アーギュメント構造の説明」では、振り子の振幅の実験結果を使って構造を説明した。また、2)「日常事例との関連づけ」では、給食時間の事例を挙げ、給食を食べたかどうかを尋ねられた時、「おなかがへっていない」という主張が不適切であることを示し、「食べたか、食べていないか」を述べるべきであることを確認させた。さらに3)「アーギュメントの必要性の説明」の際には、アーギュメントは世界共通で、記述できれば世界に通用することを伝え、4)「他教科との関連づけ」として、算数でもアーギュメント構造が適用できることを紹介した。

アーギュメントの評価においては、5)「アーギュメントの例示と批評」として、既習単元の「電流の働き」や「植物の成長」を用いたアーギュメントの例示を行った。また、6)「個人へのフィードバック」として、振り子の重さや長さの実験結果をもとに記述したアーギュ

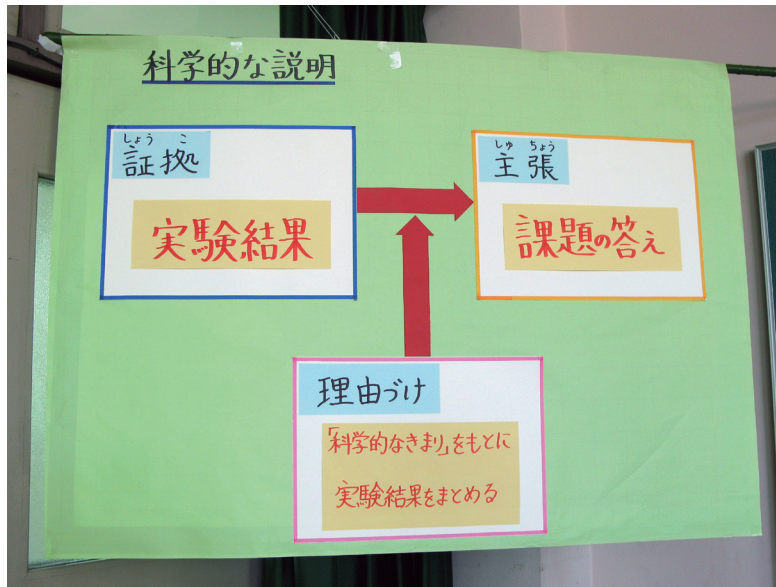


図 4-1 掲示したアーギュメントの構造

科学的な説明 実験 No. ()

<p>証拠 (実験結果)</p> <div style="border: 1px solid black; height: 80px; width: 100%;"></div>	<p>主張 (課題の答え)</p> <div style="border: 1px solid black; height: 80px; width: 100%;"></div> <p style="text-align: right;">と言える。</p>
--	---

だから

理由付け
 (「科学的な決まり」をもとに実験結果のまとめを述べる)

図 4-2 アーギュメントを記述するワークシート

メントを教師が評価し、フィードバックを行ったり、7)「相互評価」に際して、児童が記述したアーギュメントを児童同士で交換し、相互評価させたりした。さらに、8)「クラス全体での評価」として、単元内容に関するアーギュメント課題で記述したアーギュメントの適切さを全体で議論するようにした。図 4-3 は、発展課題の問題であり、図 4-4 は問題の続きと回答欄である。発展課題では、授業で学習したことを生かして、ふりこのおもちゃを作るという場面で、1 往復する時間を示すデータと、ふりこの長さやおもりの重さが違う複数のおもちゃを結びつけるというものであった。

第4章 主張—証拠—理由付けを含むアーギュメント

太郎さんたちは、下の図のようなおもりをふって動くおもちゃをつくることにしました。このとき、おもちゃの大きさは同じにします。また、どの場合も、はじめのふれはばは同じにします。

太郎さん、正子さん、春夫さんは、①から③までの中から1つを選んで、3回ずつゆらしました。そのときのおもちゃが1おうふくする時間は次のようになりました。

名前	1回目	2回目	3回目	平きん
太郎さん	1.4秒	1.3秒	1.4秒	1.4秒
正子さん	1.7秒	1.7秒	1.7秒	1.7秒
春夫さん	1.7秒	1.7秒	1.7秒	1.7秒

*平きんは、小数第2位を四捨五入しています。

図 4-3 発展課題の問題（1枚目）

()年()組()番 (男・女) 名前()

問題

この結果から、太郎さんのゆらしたおもちゃは上の図の①から③のうち、どれだと考えられますか。また、なぜあなたはそう考えましたか。

これらのことを科学的に説明してください。

The diagram illustrates the structure of a science problem and its answer. It consists of three main rectangular boxes. At the top left is a box labeled '証拠 (実験結果)' (Evidence (Experimental Results)) with the hiragana 'しょうこ' above it. At the top right is a box labeled '主張 (課題の答え)' (Claim (Answer to the problem)) with the hiragana 'しゅちょう' above it. At the bottom is a larger box labeled '理由づけ (「科学的なきまり」をもとに実験結果をまとめる)' (Reasoning (Summarizing experimental results based on scientific principles)). A vertical arrow points from the Reasoning box up to the Evidence box. A horizontal arrow points from the Evidence box to the Claim box.

図 4-4 発展課題の問題 (2枚目) と回答欄

第3節 実験授業の概要

第1項 対象と実施時期

国立大学法人附属小学校の5年生3クラス(112人)を対象とし、実施時期は2011年6月上旬～2011年7月上旬の計10時間であった。

第2項 題材と単元目標

題材は、小学校第5学年理科の内容A(2)「振り子の運動」であった。単元の目標は、「振り子の周期を変える要因は、振り子の振れ幅やおもりの重さではなく、振り子の長さであることについて、実験を通して理解する」であった。

第3項 授業の実際

振り子の周期に影響する要因を実験で解明する単元の中で、McNeill and Krajcik(2011)の構造に基づくアーギュメントを記述させる活動が実施された。実験授業は、3クラスとも同一の教師によって、同一の単元で行われた。授業では、準備段階のフェーズで4つ、実施段階のフェーズで8つの教授方略を設定した。

表4-3は単元の展開と実施段階の教授方略を示している。児童は、単元の中で計4回、アーギュメントを記述した。1時限目は周期が1秒の振り子を作成するという学習目標を共有した。2-4限目は振り子の振れ幅を変える実験を行い、結果を利用してアーギュメント構造を学習した。この場面では、教授方略1)2)3)による支援が行われた。さらにその後、児童が1回目のアーギュメントを記述する時には、教授方略5)6)によって評価が促された。5-9限目は振り子の重さ、長さを変える実験を行い、その後、振り子の単元内容に関するアーギュメント課題について、アーギュメントを記述した。実験をもとにした2回目と3回目のアーギュメントの記述では、教授方略5)6)7)による評価を促す支援が行われた。特に2回目においては、教授方略4)による補足的な説明も行われた。実験を総括するための振り子の単元内容に関するアーギュメント課題では、4回目のアーギュメントを記述する際に、教授方略5)6)8)によって、個人やクラス全体での吟味が支援された。10時限目には周期が1秒の振り子を作成した。

表 4-3 単元の展開

時限	単元の展開	実施段階の 教授方略
1	1秒周期の振り子を作る方法の話し合い	
2-4	振り子の振れ幅を変化させる実験 結果をもとにアーギュメント構造の学習 アーギュメントを記述(1)	1)2)3) 5)6)
5-9	振り子の重さを変化させる実験 実験結果をもとにアーギュメントを記述(2) 振り子の長さを変化させる実験 実験結果をもとにアーギュメントを記述(3) 単元内容に関するアーギュメント課題を通じて アーギュメントを記述(4)	4)5)6)7) 5)6)7) 5)6)8)
10	1秒周期の振り子を作成	

第4節 アーギュメントの評価

第1項 目的

評価の目的は、単元における児童のアーギュメントの達成状況と、単元を通じたアーギュメントの変容を明らかにすることである。

第2項 調査方法

a. 対象

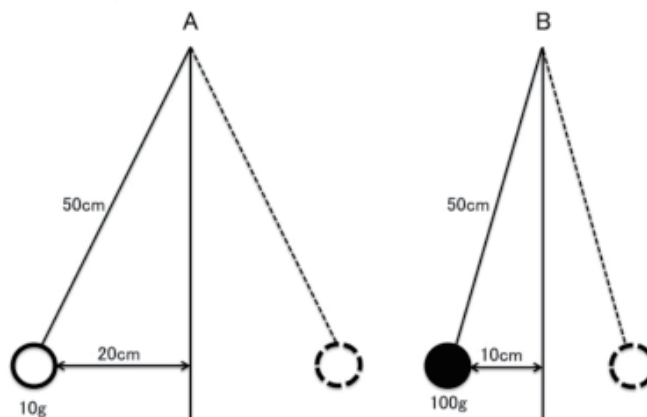
調査の対象は、単元の実験授業に参加した小学校5年生の112人のうち、欠席者を除く102人であった。

b. 課題

(1) 単元内容の知識・理解課題

本章の主眼はあくまでもアーギュメントの向上にあるが、単元の学習において知識・理解の定着が保証されていたことを確認するために、単元の内容である振り子についての知識・理解の課題も補足的に実施した。この課題では、「振り子の周期が振り子の長さによってのみ影響を受け、おもりの重さや振れ幅は関係ない」という知識を利用する設問として、問1から問3の3問を回答させた。問1は、振り子の周期に影響を及ぼさない「振れ幅、おもりの重さ」が異なる2つの振り子A、Bが図示され、周期が長くなるほうを「Aの振り子、Bの振り子、どちらも同じ、わからない」の4つから選ぶという設問であった。図4-5は、問1の設問を示している。問2は、「振れ幅、おもりの重さ」に加え、周期に影響を及ぼ

1. 下の図のように、AのふりこことBのふりこがあります。



問題

AのふりこことBのふりこのうち、周期（ふりこが1おうふくする時間）が長いのはどちらですか。

図4-5 単元内容の知識・理解課題（問1）

す「振り子の長さ」が異なる2つの振り子A、Bが図示され、問1と同様に4つから選ぶという設問であった。問3は、「振れ幅、おもりの重さ、振り子の長さ」が多様な6つの振り子A～Fが図示され、周期が長い順を答える問題であった。また、各問の回答に対する自信の程度を、7段階で評定させた。

(2) 単元内容に関するアーギュメント課題

単元における児童のアーギュメントの達成状況を評価するために、授業で学習したことを活用して、単元の内容（振り子）についてアーギュメントを記述する課題を実施した。3人の児童が振り子のおもちゃを作るという場面設定で、3人の児童それぞれが測定した振り子の周期のデータと、振り子の長さやおもりの重さが違う3種類のおもちゃを提示した。課題は、これらの中から、周期が短いおもちゃを選択してデータと結びつけ、選択の理由を記述するものであった。回答欄は、授業中に用いたワークシートと同様に、主張、証拠、理由付けを分割して記述できるレイアウトにした。

(3) 既習内容に関するアーギュメント課題

単元を通したアーギュメントの変容を明らかにするために、既習内容に関するアーギュメント課題として、第2章と同様に、坂本ら（2011）による課題を採用した。これには、単元の内容（振り子）とは異なる内容で、かつ、児童が既習の内容について、示されたデータをもとにアーギュメントを記述する2つの課題が含まれている。2つの課題の内訳は、1日の気温変化に関する課題と、電気回路と豆電球の明るさに関する課題であり、以下では第2章と同様に、前者を天気課題、後者を電気課題と称する。

天気課題は、証拠として定量的なデータを扱う課題であり、午前9時から午後4時までの1時間ごとの気温変化のデータ（表）を掲載している。別々の日に観測された2つのデータのうち、晴れの日、くもりの日はどちらであるかについて、科学的に説明することを自由記述で求める課題である。一方、電気課題は、証拠として定性的なデータを扱う課題であり、乾電池の部分を隠した2つの回路図とそれぞれの豆電球の明るさが示されている。隠した乾電池の部分は、回路図で表された直列つなぎ、並列つなぎのうち、どちらであるのかについて、科学的に説明することを自由記述で求める課題である。理科で用いるデータは、定量的・定性的に大別でき、2つの課題は、性質の違うこれらのデータを証拠としたアーギュメント構成を調査するために設定されている。

c. 実施時期と手続き

調査の実施時期は、単元内容の知識・理解課題と既習内容に関するアーギュメント課題については、単元前後の計2回であった。所要時間は単元内容の知識・理解課題が10分、既習内容に関するアーギュメント課題が、天気課題と電気課題でそれぞれ10分ずつであった。単元内容に関するアーギュメント課題については、単元（全10時間）中の第9時間目に10分間で取り組ませた。

第3項 分析方法

a. 単元内容の知識・理解課題の得点化

単元内容の知識・理解課題については、設問ごとの正答率と自信の程度の平均値を単元前後で算出した。

b. 単元内容に関するアーギュメント課題の得点化

単元内容に関するアーギュメント課題については、主張（質問の答え）、証拠（データ）、理由付け（科学的原理）の各要素について、対応する「記述の有無」と、「内容の科学的正しさ」をそれぞれ1点満点で得点化した。さらに、各要素での満点の人数の割合を得点率として算出した。「内容の科学的正しさ」のルーブリックの実例を表4-4に示す。ルーブリックには、各要素について、科学的に正しい内容の規準が記載されており、該当する記述がある場合が1点、ない場合が0点となっている。「記述の有無」のルーブリックでは、本表の記述の他、不十分な記述や不正確な知識に基づく誤った主張、証拠や理由付けも「記述有り」と見なし、1点を付与した。得点化は2人が独立して行い、協議により不一致点を解消した。一致率は97%であった。

表 4-4 ルーブリック (単元内容に関するアーギュメント課題・内容の科学的正しさ)

点	主張 課題の答え	証拠 実験結果(科学的データ)	理由付け 科学的な決まりをもとにして、証拠と主張を結びつける
0	<ul style="list-style-type: none"> 主張にあたる記述がない。 誤った主張が記述されている。 	<ul style="list-style-type: none"> 証拠にあたる記述がない。 誤った証拠が記述されている。 	<ul style="list-style-type: none"> 理由付けにあたる記述がない。 誤った理由付けが記述されている。
1	<ul style="list-style-type: none"> 以下に該当する記述がある。 太郎さんのゆらしたおもちゃは②である。 	<ul style="list-style-type: none"> 以下に該当する記述がある。 1往復する時間(周期)の平均は、太郎さんが1.4秒、正子さんが1.7秒、春夫さんが1.7秒だった。 	<ul style="list-style-type: none"> 以下のいずれかに該当する記述がある。 ふりこの1往復する時間(周期)は、ふりこの長さによって変わる。(ふりこの長さを変えると、ふりこの1往復する時間(周期)は変わる) ふりこの長さを短くすると、ふりこの1往復する時間(周期)は短く(または長く)なる。 ふりこの1往復する時間(周期)は、ふりこのふれはばやおもりの重さではなく、ふりこの長さによって変わる。

c. 既習内容に関するアーギュメント課題の得点化

既習内容に関するアーギュメント課題の分析にあたっては、単元内容に関するアーギュメント課題と同様に、主張、証拠、理由付けの各要素について着目した。各課題で、主張、証拠、理由付けのそれぞれを2つずつ記述する必要があることから、「記述の有無」と、「内容の科学的正しさ」を、それぞれ2点満点で得点化した。使用した「内容の科学的正しさ」のルーブリックの実例を表4-5及び表4-6に示す。ルーブリックには、各要素について、科学的に正しい内容の規準が示され、該当する2つの記述がある場合が2点、いずれか片方の記述がある場合が1点、どちらの記述もない場合が0点となっている。「記述の有無」を評価する際は、「内容の科学的正しさ」のルーブリックに示された「正しい記述例」に加えて、不正確な知識に基づく誤った主張と、それに対応する証拠や理由付けを、「記述有り」と見なし、1つにつき1点を付与した。具体的には、天気課題の理由付けでは、表4-5の記述の他、天気と1日の気温変化との関連に言及できていない理由付け(晴れの日には気温が高く曇りの日は気温が低い、等)を「記述有り」と見なし1点を付与した。電気課題では、表4-6の記述の他、電流の違いに言及できていない理由付け(スピードが速くなる、押し出す力が大きい、等)や、直列つなぎと並列つなぎの性質を逆に記述している、または名称を正しく記載できていない理由付けを、「記述有り」と見なし1点を付与した。得点化は2人が独立して行い、協議により不一致点を解消した。一致率は天気課題が99%、電気課題が96%であった。

d. 単元内容に関するアーギュメント課題と既習内容に関するアーギュメント課題の遂行の関連

実験授業でのアーギュメントの達成が児童のアーギュメントの向上に影響したかどうかを確かめるために、単元内容に関するアーギュメント課題と既習内容に関するアーギュメント課題の遂行の関連性を分析した。遂行の関連を検討する際は、両アーギュメント課題

表 4-5 ルーブリック (天気課題・内容の科学的正しさ)

点	主張 課題の答え	証拠 実験結果(科学的データ)	理由付け 科学的な決まりをもとにして、 証拠と主張を結びつける
0	・主張にあたる記述がない。 ・誤った主張が記述されている。	・証拠にあたる記述がない。 ・誤った証拠が記述されている。	・理由付けにあたる記述がない。 ・誤った理由付けが記述されている。
1	以下の2つのうち、1つ記述されている。 ・10月10日はAがあてはまる。 ・10月20日はBがあてはまる。	以下の2つのうち、1つ記述されている。 ・Aでは1日の気温変化が6℃である。もしくは、1日の気温が18℃～24℃の間である。 ・Bでは、1日の気温変化が11℃である。もしくは1日の気温が13℃～24℃の間である。	以下の2つのうち、1つ記述されている。 ・くもりの日の気温は、1日を通してあまり変化しないから。 ・晴れの日の気温は、朝夕は低く、昼頃に高くなり、1日の変化が大きいから。
2	以上の内容が2つとも記述されている。	以上の内容が2つとも記述されている。	以上の内容が2つとも記述されている。

表 4-6 ルーブリック (電気課題・内容の科学的正しさ)

点	主張 課題の答え	証拠 実験結果(科学的データ)	理由付け 科学的な決まりをもとにして、 証拠と主張を結びつける
0	・主張にあたる記述がない。 ・誤った主張が記述されている。	・証拠にあたる記述がない。 ・誤った証拠が記述されている。	・理由付けにあたる記述がない。 ・誤った理由付けが記述されている。
1	以下の2つのうち、1つ記述されている。 ・①の回路に当てはまるのは、Aの電池のつなぎ方である。 ・②の回路に当てはまるのは、Bの電池のつなぎ方である。	以下の2つのうち、1つ記述されている。 ・①の回路の豆電球は、乾電池1個の時に比べて明るい。 ・②の回路の豆電球は、乾電池1個の時と同じ明るさである。	以下の2つのうち、1つ記述されている。 ・直列つなぎで乾電池を2個に増やして豆電球を点灯させると、乾電池1個につないだ時と比べて流れる電流が増える。だから①の豆電球は明るく光った。 ・並列つなぎで乾電池を2個に増やして豆電球を点灯させても、乾電池1個につないだ時と比べて流れる電流は変わらない。だから②の豆電球は明るさは変わらなかった。
2	以上の内容が2つとも記述されている。	以上の内容が2つとも記述されている。	以上の内容が2つとも記述されている。

における主張、証拠、理由付けの3要素の得点を合計し、アーギュメント得点を算出した。既習内容に関するアーギュメント課題では課題ごとに算出した。まず、単元内容に関するアーギュメント課題の達成状況について、主張、証拠、理由付けの3要素全てを書けた(3点満点)かどうかを基準に、「記述の有無」「内容の科学的正しさ」のそれぞれについて、児童を達成群と非達成群に群分けした。次に、既習内容に関するアーギュメント課題の得点について、課題別に群間比較を行った。単元内容に関するアーギュメント課題における群別の人数は、「記述の有無」については、達成群76人、非達成群26人、「内容の科学的正しさ」については、達成群48人、非達成群54人であった。

第4項 結果

a. 単元内容の知識・理解課題

単元内容の知識・理解課題について、プレ-ポストテストにおける設問毎の正答率を図4-6に、自信の程度の平均点を図4-7に示す。設問毎の正答率、自信の程度ともに、どの

第4章 主張－証拠－理由付けを含むアーギュメント

設問でも、プレ-ポストテストで有意な向上が認められた(正答率は3問とも $p<.001$, マクニマー検定. 自信の程度は問1: $t(102)=15.597, p<.001$, 問2: $t(98)=15.270, p<.001$, 問3: $t(102)=15.855, p<.001$.).

b. 単元内容に関するアーギュメント課題

単元内容に関するアーギュメント課題の得点率を表4-7に示す。得点率は、「内容の科学的正しさ」の証拠の指標で62%であったが、その他の指標はすべて80%以上であった。「内容の科学的正しさ」の証拠の指標が低かったのは、実験結果のデータを記述する際、3人の児童のうちの1人のデータしか示していなかったり、データの数値を示していなかったりするなど、主に省略による不十分な記述が原因であった。

c. 既習内容に関するアーギュメント課題

既習内容に関するアーギュメント課題の得点分布を表4-8に示す。「記述の有無」については、天気課題、電気課題ともに、いずれの主張でも満点が90%以上であり、天井効果が生じていた。一方、電気課題の証拠や理由付けの「記述の有無」では、ポストテストでも満点が半数以下であり、記述が不十分であった。これは、証拠としての豆電球の明るさについて記述しなかったり、理由付けとして並列つなぎや直列つなぎであるという事実が、そのまま科学的な原理として記述されていたりしたためである。

「内容の科学的正しさ」に着目すると、天気課題の場合、主張はプレ-ポストテストを通して満点が29人とどまり、証拠や理由付けについては、それよりもさらに低かった。これは、児童が記憶していた科学的原理が、「晴れの日気温が高く、くもりの日は低い」など、不適切なものだったためであり、データを誤って選択したことによるものであった。電気課題の場合、主張はプレ-ポストテストを通して満点が80%以上であるが、証拠や

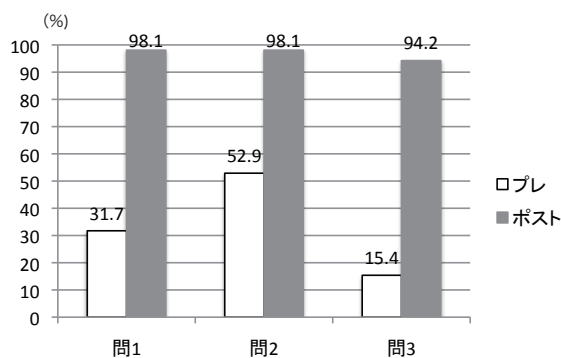


図4-6 知識・理解課題における設問ごとの正答率 (%)

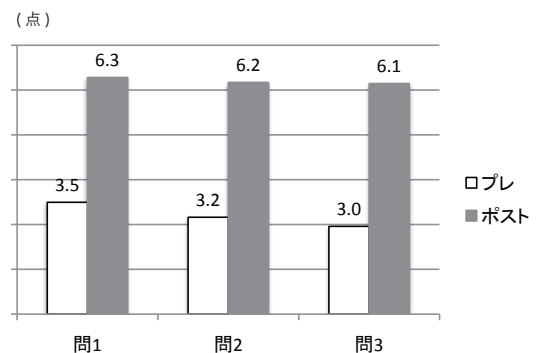


図4-7 知識・理解課題における設問ごとの自信の程度(平均点)

表 4-7 単元内容に関するアーギュメント課題の得点率 (%)

		得点率 (%)
記述の有無	主張	90
	証拠	85
	理由付け	94
内容の科学的正しさ	主張	89
	証拠	62
	理由付け	81

表 4-8 既習内容に関するアーギュメント課題の得点分布 (人)

課題	点数	プレ			ポスト		
		2	1	0	2	1	0
天気 記述の有無	主張	94	3	5	93	3	6
	証拠	62	15	25	78	0	24
	理由付け	52	16	34	68	11	23
内容の科学的正しさ	主張	29	1	72	29	0	73
	証拠	3	2	97	5	0	97
	理由付け	16	7	79	22	9	71
電気 記述の有無	主張	94	5	3	98	1	3
	証拠	16	8	78	51	8	43
	理由付け	33	24	45	43	15	44
内容の科学的正しさ	主張	85	5	12	92	1	9
	証拠	13	10	79	49	5	48
	理由付け	2	6	94	3	4	95

・プレ、ポストテストで、得点分布の向上が有意であった構成要素の人数を太字で示している。

理由付けは、ポストテストでも満点が半数以下であった。これは、証拠としての豆電球の明るさという観測結果や理由付けとしての電流の増加に言及する児童が少なかったためである。

「天気課題の記述の有無」「天気課題の内容の科学的正しさ」「電気課題の記述の有無」「電気課題の内容の科学的正しさ」のそれぞれにおける、主張、証拠、理由付けの各要素別の得点分布について、符号つき順位和検定によってプレ-ポストテストで比較した。その結果、表 4-8 に示すように、「天気課題の記述の有無」の理由付け ($T=4.859, p<.001$) および「天気課題の内容の科学的正しさ」の理由付け ($T=1.827, p<.10$)、「電気課題の記述の有無」の証拠 ($T=4.922, p<.001$) および「電気課題の内容の科学的正しさ」の証拠 ($T=2.496, p<.01$) で、得点分布のずれが有意となり、プレ-ポストテストで得点が向上したことが明らかになった。

d. 単元内容に関するアーギュメント課題と既習内容に関するアーギュメント課題の遂行の関連

単元内容に関するアーギュメント課題について、アーギュメント得点は、「記述の有無」で平均 2.70 点 ($SD=.58$), 「内容の科学的正しさ」で平均 2.32 点 ($SD=.75$) となった。この課題の達成群と非達成群のそれぞれについて、課題別に既習内容に関するアーギュメント課題のアーギュメント得点の平均値を示したものが表 4-9 及び表 4-10 である。表 4-9 は「記述の有無」、表 4-10 は「内容の科学的正しさ」についてのアーギュメント得点の平均値を、それぞれ示しており、可能得点範囲はいずれも 0～6 点である。

課題ごとに、「記述の有無」ないし「内容の科学的正しさ」のアーギュメント得点の平均値を、達成・非達成の群間で比較した。その結果、天気課題の「内容の科学的正しさ」において、群間に有意な差が認められなかった他は、達成群の得点が非達成群を上回っていた(天気課題の「記述の有無」: $t(100)=2.520, p<.05$, 電気課題の「記述の有無」: $t(100)=2.955, p<.01$, 電気課題の「内容の科学的正しさ」: $t(100)=2.859, p<.01$)。

これより、単元内容に関するアーギュメント課題で学習してきた形式に従ってアーギュメントを記述できた児童は、そうでない児童よりも、既習内容に関するアーギュメント課題の得点が高いことが明らかになり、単元内容に関するアーギュメント課題の達成と既習内容に関するアーギュメント課題の遂行との関連が認められた。

表 4-9 「記述の有無」に関するアーギュメント得点の平均値 (SD)

既習内容に関するアーギュメント課題	天気課題	電気課題
単元内容に関するアーギュメント：達成群	5.04(1.46)	4.25(1.47)
単元内容に関するアーギュメント：非達成群	4.19(1.55)	3.27(1.43)
計	4.82(1.52)	4.00(1.52)

表 4-10 「内容の科学的正しさ」に関するアーギュメント得点の平均値 (SD)

既習内容に関するアーギュメント課題	天気課題	電気課題
単元内容に関するアーギュメント：達成群	1.44(1.98)	3.31(1.32)
単元内容に関するアーギュメント：非達成群	.96 (1.53)	2.57(1.28)
計	1.19(1.76)	2.92(1.35)

第5節 考察

本章の目的は、主張－証拠－理由付けを含むアーギュメントの教授方略を設定した実験授業から、デザイン原則の有効性を明らかにすることであった。そのために、本節ではまず、単元における知識・理解の獲得状況と単元終了時点でのアーギュメントの達成状況及び単元前後のアーギュメントの向上について着目し、本章の実験授業の成果を明らかにする。その際、上述した結果をもとに、すべての教授方略を組み込んだ実験授業を総合的に検証するとともに、授業における個々の教授方略の効果について、可能な範囲で考察する。次に、本章で達成が不十分だった点について考察を加える。

まず図4-6及び図4-7の単元内容の知識・理解課題の結果より、児童は実験授業を通して振り子に関する知識を理解し、自信を持って回答できたことが明らかになった。また表4-7より、単元内容のアーギュメントについて、主張、証拠、理由付けの「記述の有無」や「内容の科学的正しさ」が、ほぼ80%以上の得点率であったことを合わせて考察すると、「振り子の周期は振り子の長さによって影響を受ける」という科学的原理を理由付けとして、主張と証拠を結びつけて記述するという児童のアーギュメントが、達成されたことが明らかになった。

このように児童のアーギュメントは、単元において達成されたが、単元の前後では向上していたのだろうか。単元前後の既習内容に関するアーギュメント課題に着目すると、主張は、授業前から記述できていたものの、その主張を支える証拠や理由付けは、いずれも満点が60%以下であり、これらの要素をすべて記述できる児童は少なかった。しかし表4-8に示すように、授業後のポストテストにおいて、天気課題における理由付けや電気課題での証拠において、児童のアーギュメントに有意な向上がみられた。これらの結果から、児童は、もともと主張の記述ができていたことに加え、主張を支える証拠や理由付けにも言及できるようになってきたと考えられる。また、表4-9、4-10で示したように、単元内容に関するアーギュメント課題の達成群、すなわち、単元の終盤で3つの要素を含むアーギュメントを書けた児童では、既習内容に関するアーギュメント課題の得点が、一部の要素を除いて、非達成群よりも高くなっていた。このことから、本章の実験授業が、児童のアーギュメントの向上に寄与したことが推察できる。

上述したようなアーギュメントの達成や向上は、3つのデザイン原則をもとに、多様な教授方略が組み込まれた結果、次のような効果が総合的に生じたことによると考えられる。

第4章 主張－証拠－理由付けを含むアーギュメント

まず第1に、準備段階の1)「カリキュラムの目標の設定」、2)「達成すべきアーギュメントの設定」について、科学的概念やアーギュメントの難易度が児童に適切であり、この単元で獲得をねらった知識・理解をふまえてアーギュメントが達成されたと推察できる。

第2にアーギュメントを導入する際、児童は、実施段階の教授方略1)「アーギュメント構造の説明」により、アーギュメントとはどういうものであるのかを理解し、2)「日常事例との関連づけ」で、具体的にイメージできたと推察できる。また、3)「アーギュメントの必要性の説明」によって、科学の方法としてアーギュメントの意義を確認したり、4)「他教科との関連づけ」によって、汎用性があるものとしてその価値を見出したりしたと考えられる。

第3にアーギュメントの評価について、5)「アーギュメントの例示と批評」で具体例を通して、アーギュメントの良し悪しを判断することが促された。その上で、6)「個人へのフィードバック」によって教師からの朱筆で修正箇所気付いたり、7)「相互評価」で友達からの指摘によって、自分とは別の視点でアーギュメントの改善点を見付けたり、8)「クラス全体での評価」によって、よいアーギュメントの具体を共有したりする中で、主張、証拠、理由付けの「記述の有無」や「内容の科学的な正しさ」をチェックするようになったと推察できる。

第4に、アーギュメントを記述する際には、準備段階の教授方略である4)「足場かけ用のワークシートの作成」によって、アーギュメント構造が可視化して示され、構造に対応させて記述することが促された。これに加え、3)「アーギュメント構造の掲示物の作成」によって、普段からもアーギュメント構造が意識できるようになったと考えられる。以上の考察は推測の域を出ないが、このような教授方略の可能性について日本の理科教育に提案できたという意味で、本章の研究には一定の意義があると考えられる。

しかし一方で、既習内容に関するアーギュメント課題の「記述の有無」に着目すると、証拠や理由付けでは、ポストテストであっても、満点の児童が最多で78人(天気課題の「記述の有無」の証拠)にとどまっているという事実がある。これは、正誤にかかわらず、証拠と理由付けにあたる記述そのものが不十分なアーギュメントが、単元後にも少なからずあったことを意味している。先述した結果より、「内容の科学的正しさ」における証拠には、省略による不十分な記述が見られ、この傾向は、単元内容に関するアーギュメント課題でも同様に表れている。これらのことは、2章でも述べたとおり、小学生のアーギュメントの構成が、高学年であっても容易ではないということと一致している。

このような困難の克服について、児童の実態に応じた教授方略の在り方を再考し、改善していく必要がある。単元の初期の段階では、証拠としての事実を省略せずに書いたり、理由付けとしての科学的原理と結果としての事実との違いを認識させたりする足場かけを加えると同時に、児童にそれができたことを確認しながら、徐々にこれらの足場かけを外し、児童自らが十分なアーギュメントを記述できるようにするという、より丁寧な教授方略が必要だと考えられる。

第6節 本章のまとめ

本章では、高学年の児童において、中学年児童よりも複雑さのレベルが高いアーギュメントが可能であることが示され、デザイン原則の有効性が明らかになった。Krajcik and McNeill(2009) が設定したアーギュメントのバリエーションのうち、主張－証拠－理由付けを含むアーギュメント（バリエーション2に相当する）を達成するために、デザイン原則に基づく本単元での12の教授方略は効果的であった。これらの教授方略は、さらにレベルを上げたアーギュメントにも適用できると考えられる。児童のアーギュメントの習熟に伴い、多様な証拠から適切なものを選び取ったり、複数の証拠を用いたりするアーギュメントが重要となってくる。このようなレベルの高いアーギュメントにおいては、デザイン原則をもとにした各教授方略の内容をさらに工夫すべきである。そこで、次章では、Krajcik and McNeill(2009) が設定したアーギュメントのバリエーションのうち、証拠と理由付けによって主張を支え、かつ証拠に適切性と十分性を含むアーギュメント（バリエーション3に相当する）を達成するための授業デザインを行い、デザイン原則の有効性を検証する。

第5章 証拠に適切性と十分性を含むアーギュメント

前章では、小学校の高学年児童において、アーギュメント構成能力を育成する授業をデザインし、小学校4年生理科「振り子の運動」の単元で、実験授業を行った。その結果、児童が主張—証拠—理由付けを含むアーギュメントを構成することができたことから、教授方略が効果的に働いたことが示され、デザイン原則の有効性が明らかになった。では、このようなアーギュメントに習熟した児童において、さらにレベル上げたアーギュメントを構成するために、デザイン原則は有効なのだろうか。本章では、デザイン原則に基づき、Krajcik and McNeill(2009) が設定したアーギュメントのバリエーションのうち、証拠に適切性と十分性を含むアーギュメント（バリエーション3に相当する）を達成するための授業をデザインする。

第1節 目的

Krajcik and McNeill(2009)によると、バリエーション3の適切な証拠とは、主張に関連する科学的な証拠であり、十分な証拠とは、量的、質的なものも含めた多様な証拠である。Krajcik and McNeill(2009)は、「多くの光を受ければ植物は大きく育つ」という主張のために、「24時間光を当てた6つの植物は平均で20cm育ち、6つの黄色い花をつけ、葉は15枚でそれらはすべてあざやかな緑色であった。12時間光を当てた6つの植物は平均で8cm育ち、2つの黄色い花をつけ、葉は4枚であった」という証拠を例示している。これらの証拠は、「多くの光を受ければ植物は大きく育つ」という主張に関連して、光を当てた時間が長い植物はよく成長をしているという実験結果を示しているので適切であり、かつ、植物の大きさや、花や葉の数と色の比較といった複数の証拠を利用しているので十分だと捉えることができる。

このような証拠の適切性や十分性については、他のアーギュメント研究でも言及されている。例えば Sandoval and Millwood(2005)は、説得力のある説明のためには、主張を保証する適切で十分な証拠が要求されることを指摘し、9年生を対象とした調査において、生徒が不適切な証拠利用を問題視しないことを危惧している。また、Kelly, Regev, and Prothero(2008)は、大学での海洋学の授業で作成されたテクニカルレポートを、アーギュメントの視点で分析した。その中で、証拠が潜在的に十分であるか、適切に用いられてい

るか、その妥当性は示されているかなどの観点で評価し、適切で十分な証拠を吟味して用いることの重要性を示している。

小学生に証拠の適切さや十分さを教授する実践においては、McNeill and Krajcik(2011)が、4年生において、車の模型のスピードを速くするために、どうすればよいのかを調べる授業の中で、複数の証拠からどれを選択すればよいのかを話し合う場を設定し、適切で十分な証拠を利用するように促している。しかし、日本における実践研究では、このような教授方略は提案されておらず、バリエーション3で必要とされるアーギュメントを育成するための実践研究が求められている。

本章では、小学校5年生理科「物の溶け方」の単元で、児童が質量保存に関するアーギュメントを記述する実験授業を行った。単元の内容について児童がアーギュメントを構成できるようになったのかを確かめるために、単元内容に関するアーギュメント課題を実施した。さらに、単元で学習したアーギュメントを他の場面においても、構成できるのかを確かめるために、単元内容とは異なる既習内容に関するアーギュメント課題によって調査するとともに、その結果を単元前後で比較した。なお、本研究の主眼はアーギュメント構成能力の育成にあるが、児童が適切かつ十分に証拠を選び取るためには、単元内容について科学的に正しく理解していることが前提となる。よって、単元の学習において知識・理解の定着が保証されていたことを確認するために、単元の内容である溶解についての知識・理解の課題も補足的に実施した。本章の目的は、証拠に適切性と十分性を含むアーギュメントの教授方略を設定した実験授業から、デザイン原則の有効性を明らかにすることである。

第2節 授業デザイン

本章のアーギュメントの教授に際しては、前章と同様に12の教授方略を試みた。McNeill and Krajcik(2011)は、いろいろなバリエーションでこれらのアーギュメントの教授方略を利用しているからである。本章のバリエーション3においても、12の教授方略を援用するとともに、教授方略の内容において、特に適切性と十分性を備えた証拠を利用して、主張、証拠、理由付けを結びつけて記述することを支援した。表5-1は、12の教授方略と本章における教授方略である。準備段階のフェーズでは4つの教授方略を設定した。バリエーション2では、1)「カリキュラムの目標の設定」や2)「達成すべきアーギュメントの設定」において、主張・証拠・理由付けによってアーギュメントを構成する

表 5-1 12の教授方略と本章における教授方略

段階	12の教授方略	本章における教授方略
準備段階	1)カリキュラムの目標の設定	目標は、児童が実験を通して、水に溶かして見えなくなった物はなくなることを理解することであった。これとともに、児童が水溶液の冷却による析出、蒸発乾固、溶解前後の質量比較の実験結果を証拠として選択し、水に溶かした物は、目に見えない小さな粒となって広がっているという理由付けを用いて、アーギュメントを記述することを目指した。
	2)達成すべきアーギュメントの設定	扱う質問は、「水に溶かして見えなくなった物はなくなるか(出てくるか)」といった、水溶液中の物質の存在を具体的に問うものとした。証拠は、主張と関連して溶質の存在を証明する適切な実験について、複数の種類の物質による結果を提示するとともに、主張とは関連性のない実験結果も含めて選択肢とした。利用させる科学的な原理は「水に溶かした物は、目に見えない小さな粒となって広がっている」というような1つの原理とした。
	3)アーギュメント構造の掲示物の作成	模造紙や板書といった掲示物によって、アーギュメント構造を視覚的にとらえる支援を設定した。授業の中でこの掲示物を使って、アーギュメント構造を説明できるようにした。
	4)足場かけ用のワークシートの作成	アーギュメントを記述するワークシートは、主張、証拠、理由付けを分割してアーギュメントを記述できるレイアウトにした。
実施段階	1)アーギュメント構造の説明	ワークシートや板書を利用して各実験における主張・証拠・理由付けを確認させた。特に証拠については、実験で扱った複数の物質による結果の中から、主張と関連する適切な内容のものを十分な数だけ利用することを促した。
	2)日常事例との関連づけ	「先生は料理上手」という主張を支えるデータの例を挙げて、適切で十分な証拠を選ぶことの重要性を説明した。
	3)アーギュメントの必要性の説明	本単元では該当なし。
	4)他教科との関連づけ	本単元では該当なし。
	5)アーギュメントの例示と批評	既習単元である「振り子の運動」を用いたアーギュメントを例示した。また、授業で構成した児童のアーギュメントを例示し、複数の実験結果を証拠にしたり、主張と関連しない不適切な証拠を除いたりしていることに注目させて賞賛した。
	6)個人へのフィードバック	実験結果をもとに児童が記述したアーギュメントを教師が評価する際、証拠においては、適切で十分な証拠を選ぶことができるようにフィードバックを行った。
	7)相互評価	記述したアーギュメントを児童同士で交換させ、証拠の適切性と十分性などの観点から、相互に評価させた。
	8)クラス全体での評価	証拠として複数の実験結果が示されたとき、どのような実験結果を採用するのが適切で十分であるのかについて、クラス全体で議論した。

ことを目指していたが、バリエーション3では、これに加え、単元内で実施する複数の実験結果を証拠として設定し、十分性を備えたアーギュメントを構成できるようにした。さらに、主張とは関連性のない実験結果も含めることで、証拠の適切性を判断できるようにした。また、3)「アーギュメント構造の掲示物の作成」や4)「足場かけ用のワークシートの作成」において、「科学的な説明」としてアーギュメント構造を視覚的に捉えられるようにする際にも、証拠の欄に複数の証拠が入ることを助言できるようにした。図 5-1 は、アーギュメント構造を解説した板書、図 5-2 はアーギュメントを記述するワークシートである。

実施段階のフェーズでは、6つの教授方略を設定した。1)「アーギュメント構造の説明」や2)「日常事例との関連づけ」では、バリエーション2で学習した主張・証拠・理由付けの中で、特に証拠の質に注目させた。実験結果を想起させながら、主張と関連する適切

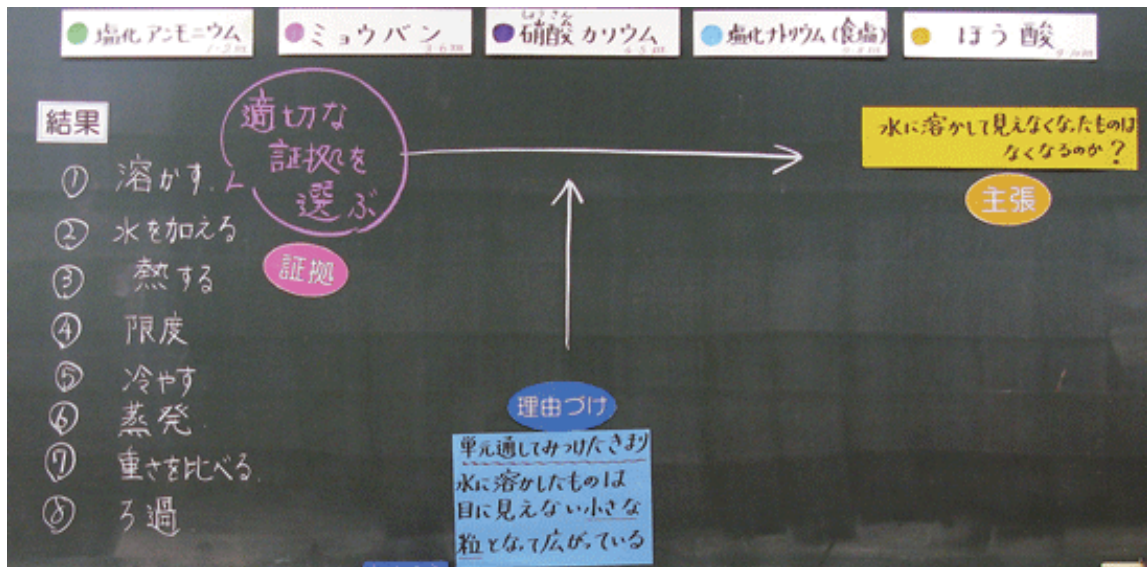


図 5-1 アーギュメントの構造について解説した板書

科学的な説明 実験 No. () 5年 () 組 () 番 名前 ()

しょうこ しょうごう
証拠 (実験結果) 主張 (課題の答え)

だから

→

↑

と言える。

理由付け
 (「科学的な決まり」をもとに実験結果をまとめる)

図 5-2 アーギュメントのワークシート

第5章 証拠に適切性と十分性を含むアーギュメント

な内容のものを十分な数だけ利用することを強調したり、日常場面の事例を挙げ、適切で十分な証拠を選ぶことの重要性を説明したりした。さらにアーギュメントの評価においても、バリエーション2で扱った主張－証拠－理由付けだけでなく、証拠の適切性や十分に着目させた。具体的には、5)「アーギュメントの例示と批評」として、児童のアーギュメントを例示し、その中で特に証拠の十分性や適切性を考慮できている児童のアーギュメントを賞賛した。また、6)「個人へのフィードバック」における教師からのコメント、7)「相互評価」で児童同士が評価し合う際のチェックポイント、8)「クラス全体での評価」で議論する内容には、バリエーション3として、特に、証拠の十分性や適切性という評価観点に注目させるようにした。

なお、本章では、実施段階において、アーギュメントの意義や適用を紹介した3)「アーギュメントの必要性の説明」4)「他教科との関連づけ」の教授方略を省略した。なぜなら、これらの教授方略は、本研究の1つ前のバリエーションにあたる、主張・証拠・理由付けからなるアーギュメントを初めて導入する際に特に必要であり、約6ヶ月前の実験授業の際にすでに実施されているからである。McNeill and Krajcik(2011)は、児童の実態に応じて教授方略を選択することを奨励しており、本章ではこれらの教授方略は不必要であると判断した。

第3節 実験授業の概要

第1項 対象と実施時期

国立大学法人附属小学校の5年生3クラス(115人)を対象とし、実施時期は2012年1月下旬～2012年3月上旬の計13時間であった。児童は第4章の対象児童と同じであり、約6ヶ月前に主張－証拠－理由付けからなるアーギュメントを構成する実験授業を経験し、単元内容のアーギュメントを得点化した評価において、概ね80%以上の児童が満点であった。本章の1つ前のバリエーション2にあたるアーギュメントは達成できていた。

第2項 題材と単元目標

題材は、小学校第5学年理科の内容A(1)「物の溶け方」であった。単元の目標は、「物を水に溶かすと小さな粒が均一に拡がり透明になることや、溶かす前後では重さが変わら

ないこと、物が水に溶ける量は限界があり、それは水の量や温度、物質によって異なることを科学的に説明できること」であった。

第3項 授業の実際

表5-2は単元の展開と実施段階の教授方略を示している。児童は、単元の中で計4回、アーギュメントを記述した。1-5時限目では、水に溶かして見えなくなったクエン酸を観察したり、5種類の物質で、水の温度を上げると溶ける量が増えることを確かめたりしながら、物が水に溶けると、「なくなる」「少しなくなる」「なくなる」という3つの仮説を設定した。6-11時限目は、これらの仮説を確かめるために、「水溶液の温度を下げることによる析出実験」「水溶液の蒸発乾固実験」「溶解前後の質量比較実験」の3つの実験を行った。毎回の実験後には、5種類の物質の実験データを複数の証拠として、主張、証拠、理由付けからなるアーギュメントを記述し、それを交換して読み合った。ここでは、計3回のアーギュメントの記述が行われ、実施段階の教授方略1) 5) 6) 7) 8)による支援が行われた。12-13時限目には、単元のまとめとして結論付けを行った。これまでの複数の実験結果から適切性と十分性を考慮して証拠を選択し、「水に溶かした物はなくな

表5-2 単元の展開と実施段階の教授方略

時限	単元の展開	実施段階の教授方略
1-5	水溶液の基本的性質の理解と仮説の設定 <ul style="list-style-type: none"> ・水に溶かして見えなくなったクエン酸の観察 ・5種類の物質で、水の温度を上げると溶ける量が増えることを確認 ・物が水に溶けると「なくなる」「少しなくなる」「なくなる」という3つの仮説の設定 	
6-11	仮説の検証実験 <ul style="list-style-type: none"> ・水溶液の温度を下げることによる析出実験 <u>アーギュメントを記述(1)</u> ・水溶液の蒸発乾固実験 <u>アーギュメントを記述(2)</u> ・溶解前後の質量比較実験 <u>アーギュメントを記述(3)</u> 	1)5)6)7)8)
12-13	単元のまとめ <ul style="list-style-type: none"> ・「水に溶かした物はなくなるのか」についての結論付け <u>アーギュメントを記述(4)</u> 	1)2)6)7)

第5章 証拠に適切性と十分性を含むアーギュメント

るのか」についてアーギュメントを記述・交流した。ここでは、実施段階の教授方略 1) 2) 6) 7) による支援が行われた。

児童がアーギュメントを記述する際には、毎回、教授方略 1) でアーギュメントの構造を確認し、教授方略 7) によって記述を見直させ、教授方略 6) として、ワークシートに教師がコメントを入れて返却した。これを繰り返すことによって、児童の習熟を促した。

これに対して教授方略 2) 5) 8) は、児童の習熟に応じて、上記の教授方略を補足するものであった。単元で記述させた 4 回のアーギュメントのうち、練習として位置付く 1～3 回目では、教授方略 5) で既習単元や実際の児童のアーギュメントを用いて説明したり、教授方略 8) で、クラス全体で吟味させたりして、直接的で具体的にアーギュメントを理解させる必要があった。一方、練習の総括として位置づいている最後の 4 回目では、これまでの学習をふりかえって、アーギュメントを記述するために、教授方略 2) により、日常事例をヒントにして、学習したことを想起させる必要があった。

第4節 アーギュメントの評価

第1項 目的

評価の目的は、単元の学習において知識・理解の定着が保証されていたことを確認するとともに、適切性と十分性を含む証拠を利用して主張、証拠、理由付けを結びつけて記述するという児童のアーギュメントに注目して、単元におけるアーギュメントの達成状況と、単元を通じたアーギュメントの変容を明らかにすることである。

第2項 調査方法

a. 対象

調査の対象は、単元の実験授業に参加した小学校 5 年生の 115 人のうち、欠席者を除く 108 人であった。

b. 課題

(1) 単元内容の知識・理解課題

この課題では、計 11 問の設問が設定された。その内訳は、「物が水に溶けるとき、水溶液の質量は、溶質と溶媒の質量の和になる」という知識を利用した選択形式の設問が 3 問、「溶媒の量を増やしたり温度を上げたりすると溶質はたくさん溶け、水溶液を冷やす

と溶質が析出する」という知識を利用した選択形式の設問が3問、「物質によって、温度を変えたときの溶ける量は異なる」という知識を使って説明を記述する設問が1問、正しいろ過の方法を選択肢から選んだりメスシリンダーの目盛り読んだりする設問が3問、温度によって溶ける量が増えるデータを棒グラフに書き表す設問が1問であった。

(2) 単元内容に関するアーギュメント課題

単元における児童のアーギュメントの達成状況を評価するために、単元全体において実施した演習実験や児童実験の結果を提示した上で、「水に溶かして見えなくなった物はなくなるのか」という問いに対する科学的な説明を記述させた。問いの答えを主張、「水に溶かしたものは目に見えない小さな粒となって広がっている（溶質は存在する）」という科学的な原理を理由付けとし、証拠には、主張に関連した3事例（冷却による析出、蒸発乾固、溶解前後の質量保存）、関連しない5事例（水溶液の透明性、溶媒の量と溶解度の関係、温度と溶解度の関係、溶解度、ろ過）を用意した。証拠の各事例の内容と適切性を表5-3に示す。これら8つの中から、適切な証拠を選んでアーギュメントを記述させた。回答欄は、授業中に用いたワークシートと同様に、主張、証拠、理由付けを分割して記述できるレイアウトにした。

(3) 既習内容に関するアーギュメント課題

単元を通じたアーギュメントの変容を明らかにするために、単元の内容（溶解）とは異なる内容で、かつ、児童が既習の内容について、示された証拠をもとにアーギュメントを記述する課題を設定した。課題は2つの問題から成り、図5-3-1、図5-3-2に示した水の凝固と体積膨張に関する課題（以下水課題）と、図5-4-1、図5-4-2に示した植物の発芽条件に関する課題（以下発芽課題）であった。

水課題は、本単元までに児童が学習した6つの実験結果を提示した上で、「水がいっぱい入っているガラスのビンにせんをして、冷とう庫に一ばん入れておくと、次の朝、ビンはわれているか」という問いに対するアーギュメントを記述させた。問いの答えを主張、「水は氷になるときに体積が増える」という科学的な原理を理由付けとし、証拠には、主張に関連した3事例（凝固時の体積膨張）、関連しない3事例（凝固時の温度変化、熱対流、熱膨張）を用意した。証拠の各事例の内容と適切性を表5-4に示す。これら6つの実験結果の中から、適切な証拠を選んでアーギュメントを自由記述させた。

発芽課題は、本単元までに児童が学習した6つの実験結果を提示した上で、「発芽には水、空気、適当な温度に加えて、外からあたえる肥料も必要だという考えは正しいかどうか

科学的な説明 問題 1

太郎さんは、水についての実験や調査を行いました。その結果、【結果 1】～【結果 6】のようになりました。

【結果 1】

小さな容器に水をいっぱいまで入れ、ラップシートと輪ゴムでふたをして容器を冷とう庫に入れる。すると次の日、図 1 のように氷が容器から盛り上がっていた。



図 1

【結果 2】

水を冷やしながら温度を測り続けると、0°Cでこおり始め、すべて氷になるまで温度は0°Cのまま変わらなかった。

【結果 3】

水に絵の具を入れて温めると、図 2 のように温めた部分が上に移動し、冷やされた部分が下に移動するのが見えた。

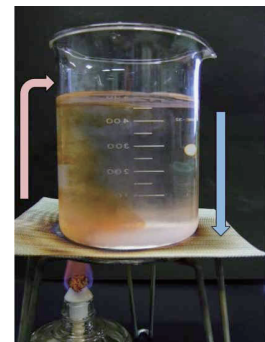


図 2

【結果 4】

ある町の水道管破れつ事故の件数は、7月は0件で、1月は20件であった。

【結果 5】

10mLの水をこおらせると、11mLの水ができた。

【結果 6】

図 3 のように丸底フラスコに水をいっぱいまで入れ、ガラス管付きゴムせんをはめて、温めたり冷やしたりして水面の変化を見ると、温めると体積が大きくなり、冷やすと体積が小さくなった。



図 3

図 5-3-1 水の凝固と体積膨張に関する課題 (1 枚目)

5年（ ）組（ ）番 名前（ ）

太郎さんの実験・調査の結果をもとに，次の問題に答えて下さい。

問題1

水がいっぱい入っているガラスのビンにせんをして，冷とう庫に一ばん入れておきました。次の朝，ビンはわれているでしょうか，それともわれていないでしょうか。また，なぜそう考えましたか。

これらのことを科学的に説明して下さい。

説明はこの下を書いて下さい。

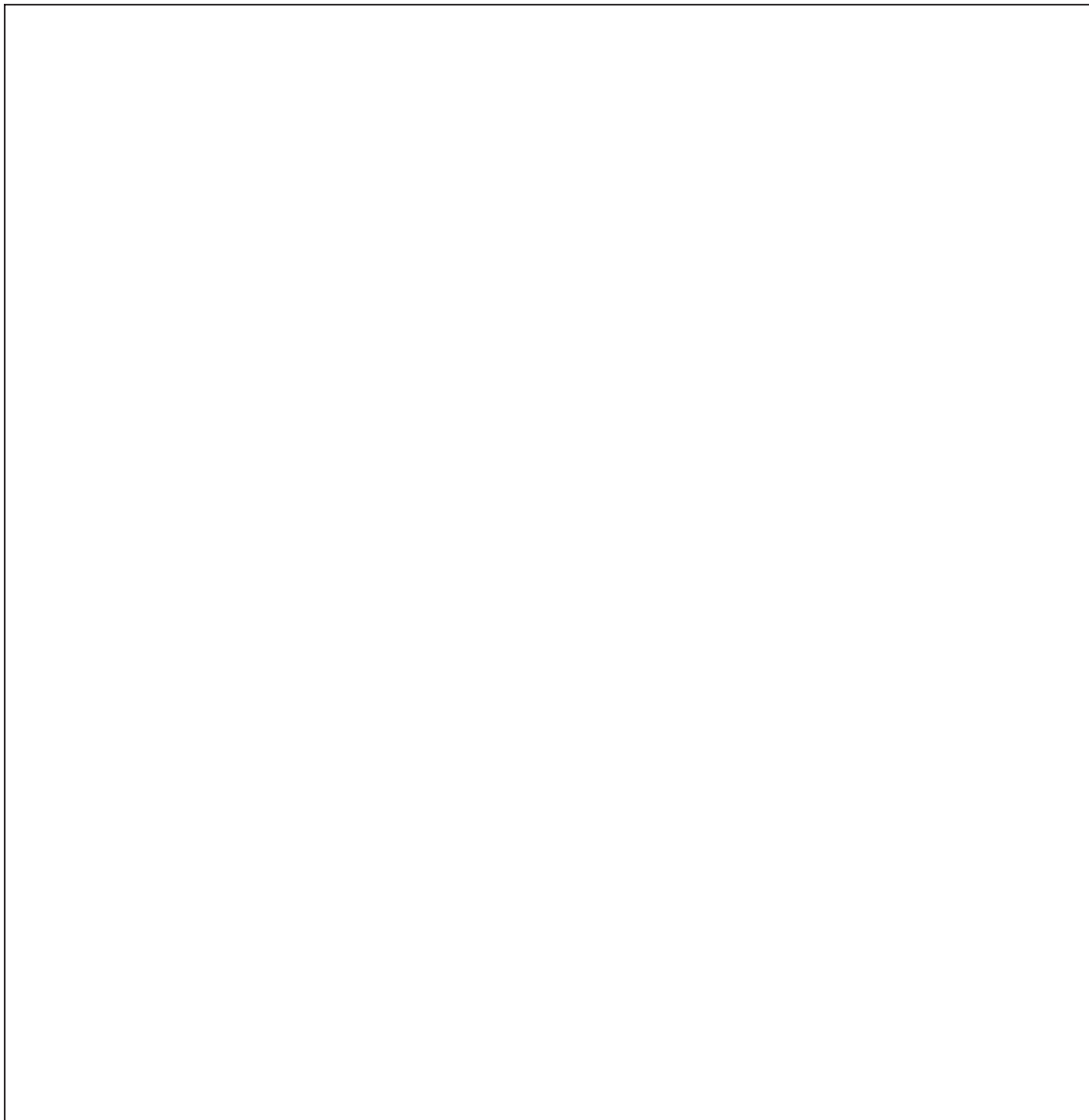


図 5-3-2 水の凝固と体積膨張に関する課題（2枚目）

科学的な説明 問題2

花子さんは、植物についての実験や調査を行いました。その結果、【結果1】～【結果6】のようになりました。

【結果1】

	水	空気	温度	肥料
インゲン豆 A	あり	あり	25°C	あり
インゲン豆 B	あり	あり	25°C	なし

インゲン豆 A もインゲン豆 B も発芽した。

【結果2】

	肥料
発芽したトウモロコシ A	あたえた
発芽したトウモロコシ B	あたえなかった

トウモロコシ A の方が大きく成長した。

【結果3】

	水	空気	温度	肥料
トウモロコシ C	あり	あり	25°C	あり
トウモロコシ D	あり	あり	25°C	なし

トウモロコシ C もトウモロコシ D も発芽した。

【結果4】

	肥料
発芽したインゲン豆 C	あたえた
発芽したインゲン豆 D	あたえなかった

インゲン豆 C の方が大きく成長した。

【結果5】

インゲン豆 E の種子を横に切り、ヨウ素液をつけて調べると、デンプンがたくさんふくまれていた。発芽後、しばらくたってしぼんだ子葉には、デンプンがふくまれていなかった。

【結果6】

へチマ A が少し大きくなってきたから、肥料を入れた畑に植えかえた。

図 5-4-1 植物の発芽条件に関する課題（1 枚目）

5年（ ）組（ ）番 名前（ ）

花子さんの実験・調査の結果をもとに、次の問題に答えて下さい。

問題2

まさこさんは「発芽には水、空気、適当な温度に加えて、外からあたえる肥料も必要だ」と言っています。まさこさんの言っていることは正しいですか。まちがいですか。また、なぜそう考えましたか。

これらのことを科学的に説明して下さい。

説明はこの下を書いて下さい。

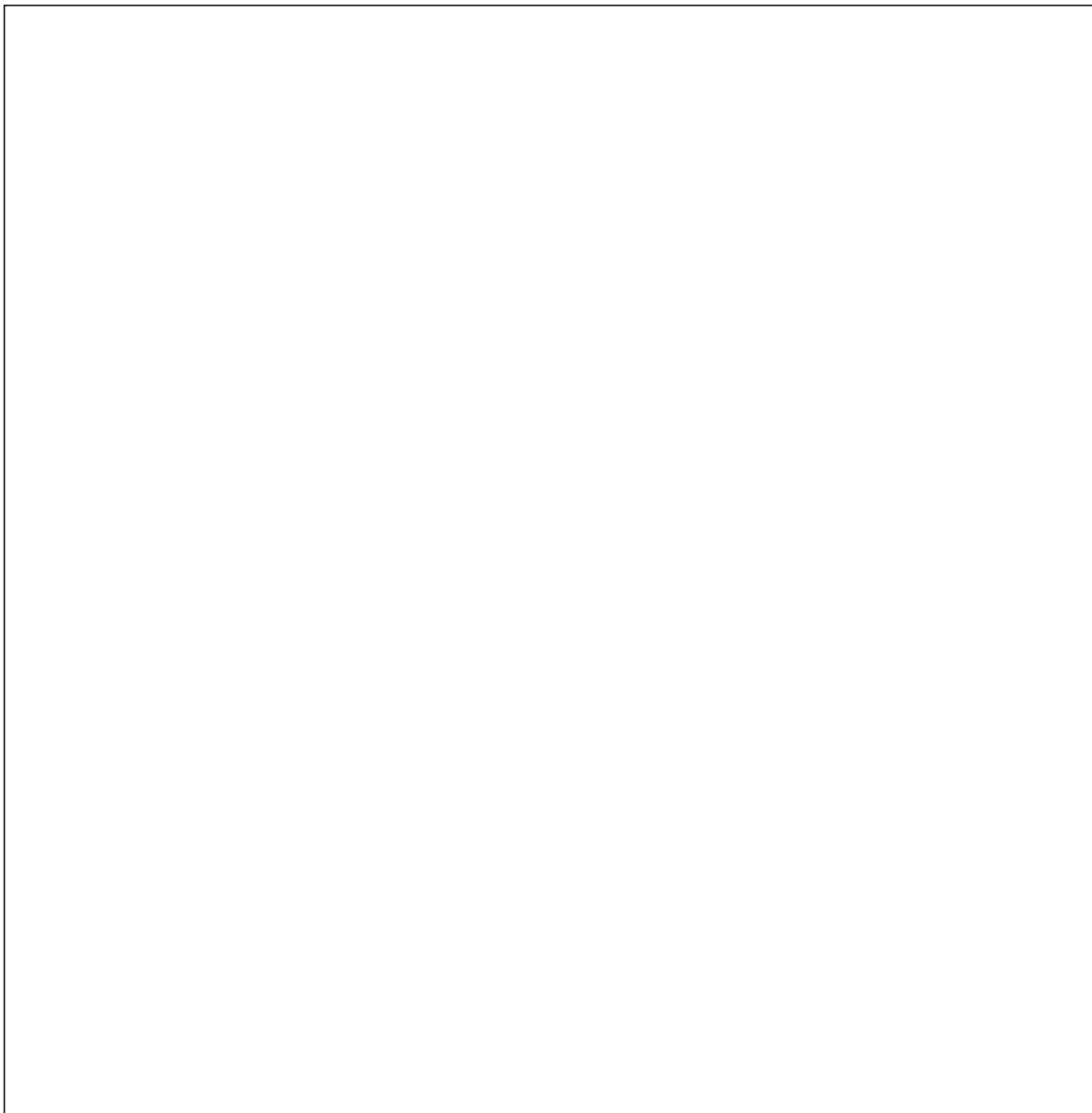


図 5-4-2 植物の発芽条件に関する課題（2枚目）

表 5-3 単元内容に関するアーギュメント課題で証拠として提示された実験結果とその適切性

実験	実験結果	主張に対する適切性
凝固時の体積膨張 ¹	小さな容器に水をいっぱいまで入れ、ラップシートと輪ゴムでふたをして容器を冷とう庫に入れると次の日、氷が容器から盛り上がっていた（写真付き）。	適切
凝固時の温度変化	水を冷やししながら温度を測り続けると、0°Cでこおり始め、すべて氷になるまで温度は0°Cのまま変わらなかった。	不適切
熱対流	水に絵の具を入れて温めると、温めた部分が上に移動し、冷やされた部分が下に移動するのが見えた（写真付き）	不適切
凝固時の体積膨張 ²	ある町の水道管破れつ事故の件数は、7月は0件で、1月は20件であった。	適切
凝固時の体積膨張 ³	10mLの水をこおらせると、11mLの氷ができた。	適切
熱膨張	丸底フラスコに水をいっぱいまで入れ、ガラス管付きゴムせんをはめて、温めたり冷やしたりして水面の変化を見ると、温めると体積が大きくなり、冷やすと体積が小さくなった（写真付き）。	不適切

表 5-4 氷課題で証拠として提示された実験結果とその適切性

実験	実験結果	主張に対する適切性
凝固時の体積膨張 ¹	小さな容器に水をいっぱいまで入れ、ラップシートと輪ゴムでふたをして容器を冷とう庫に入れると次の日、氷が容器から盛り上がっていた（写真付き）。	適切
凝固時の温度変化	水を冷やししながら温度を測り続けると、0°Cでこおり始め、すべて氷になるまで温度は0°Cのまま変わらなかった。	不適切
熱対流	水に絵の具を入れて温めると、温めた部分が上に移動し、冷やされた部分が下に移動するのが見えた（写真付き）	不適切
凝固時の体積膨張 ²	ある町の水道管破れつ事故の件数は、7月は0件で、1月は20件であった。	適切
凝固時の体積膨張 ³	10mLの水をこおらせると、11mLの氷ができた。	適切
熱膨張	丸底フラスコに水をいっぱいまで入れ、ガラス管付きゴムせんをはめて、温めたり冷やしたりして水面の変化を見ると、温めると体積が大きくなり、冷やすと体積が小さくなった（写真付き）。	不適切

か」という問いに対するアーギュメントを記述させた。問いの答えを主張、「発芽には水、空気、適当な温度が必要」という科学的な原理を理由付けとし、証拠には、主張に関連した3事例（発芽条件）、関連しない3事例（成長条件）を用意した。証拠の各事例の内容と適切性を表5-5に示す。これら6つの実験結果の中から、適切な証拠を選んでアーギュメントを自由記述させた。

c. 実施時期と手続き

調査の対象は、単元の実験授業に参加した小学校5年生の115人のうち、欠席者を除く108人であった。調査の実施時期は、単元内容の知識・理解課題は単元終了後に15分、単元内容に関するアーギュメント課題については、単元（全13時間）中の第13時間目（最終時間）に20分間で取り組ませた。既習内容に関するアーギュメント課題については、単元前後の計2回実施した。所要時間は、水課題と発芽問題でそれぞれ15分ずつであった。

第3項 分析方法

a. 単元内容の知識・理解課題の得点化

単元内容の知識・理解課題については、各設問において正答に1点を付与し、合計11点満点で得点化した。

b. 単元内容に関するアーギュメント課題の得点化

表5-6は、単元内容に関するアーギュメント課題のルーブリックである。第4章では、

表5-5 発芽課題で証拠として提示された実験結果とその適切性

実験	実験結果	主張に対する適切性
発芽条件1	インゲンマメは、条件統制を行った実験において肥料の有無に関わらず発芽した（結果の表を提示）。	適切
成長条件1	発芽したトウモロコシは、肥料を与えたほうが大きく成長した（結果の表を提示）。	不適切
発芽条件2	トウモロコシは、条件統制を行った実験において肥料の有無に関わらず発芽した（結果の表を提示）。	適切
成長条件2	発芽したインゲンマメは、肥料を与えたほうが大きく成長した（結果の表を提示）。	不適切
発芽条件3	インゲン豆の種子を横に切り、ヨウ素液をつけて調べると、デンプンがたくさんふくまれていたが、発芽後しばらくたってしぼんだ子葉には、デンプンがふくまれていなかった。	適切
成長条件3	ヘチマが少し大きくなってきたから、肥料を入れた畑に植えかえた。	不適切

表 5-6 単元内容に関するアーギュメント課題におけるルーブリック

	点数	基準
主張	1	次の主張がある。 ・水に溶かして見えなくなった物はなくなるらない。
	0	上記の主張がない。
証拠 (適切性)	5	次のような不適切な証拠を1つも採用していない。 ・物を水に溶かすと、透明になって見えなくなった。 ・水溶液に水を加えると、とける量は増えた。 ・水溶液を温めると、とける量は増えた。 ・物が水にとける量には限度があった。 ・水溶液をろ過してもとけた物は出てこなかった。
	4	上記のような不適切な証拠が1つ採用されている。
	3	上記のような不適切な証拠が2つ採用されている。
	2	上記のような不適切な証拠が3つ採用されている。
	1	上記のような不適切な証拠が4つ採用されている。
	0	上記のような不適切な証拠が5つ採用されている。
証拠 (十分性)	3	次のような正しい証拠を3つとも採用している。 ・温めた水溶液を冷やすと、見えなくなった物が出てきた。 ・水溶液を蒸発させると、見えなくなった物が出てきた。 ・物を水に溶かす前と後で重さを比べてはかると、溶かす前と後では重さは変わらなかった。
	2	上記の証拠のうち2つを採用している。
	1	上記の証拠のうち1つを採用している。
	0	上記の証拠を1つも採用していない。
理由付け	1	次の理由付けがある。 ・水に溶かした物は、目に見えない小さな粒となって広がっている（というきまりがある。だから、水溶液を冷やしたり、蒸発させたりすると、見えなくなった物が出てきたし、物を溶かす前と後で重さが変わらなかったのだ。）
	0	上記の理由付けがない。

アーギュメントの評価に際しては、内容が科学的に正しく記述されているかという「内容の科学的正しさ」だけでなく、正誤に関わらず各要素に該当する記述があるかという「記述の有無」の観点からルーブリックが作成されている。しかし、本章で焦点を当てた証拠の適切性や十分性においては、主張を支えるために妥当な証拠が採用されなければならない、内容に誤りがあるものは、得点を付与されない。つまり、アーギュメントの複雑さのレベルがより高い「証拠の適切性と十分性」の得点は、科学的に正しい内容の証拠を利用することを必然としており、本研究で目指すアーギュメントを評価するためには、誤った内容を含んだ場合も認めた「記述の有無」で得点化することはできない。よって、本章では、各要素に該当する記述があるかという「記述の有無」での評価を行わないことにした。

ルーブリックの主張と理由付けでは、該当する記述がある場合に1点を付与した。証拠においては、提示された8つの実験結果のうち、5つは水溶液中の溶質の存在を主張するために不適切な証拠であり、「適切性」では、誤って利用した不適切な証拠の個数に応じて、5点満点から1点ずつ減点して得点化した。また「十分性」では、3つの適切な証拠のうち、いくつ利用できたのかを加点して、3点満点で得点化した。得点化は2人が独立して行い、協議により不一致点を解消した。一致率は96%であった。

c. 既習内容に関するアーギュメント課題の得点化

表5-7は氷課題、表5-8は発芽課題におけるルーブリックである。主張と理由付けでは、該当する記述がある場合に1点を付与した。証拠では、それぞれ6つの実験結果の中から「適切性」として、氷課題では、水凝固点での温度変化、熱対流、熱膨張といった3つの不適切な証拠の利用数に応じて、3点満点から1点ずつ減点して得点化した。発芽課題では、成長条件を示す3つの不適切な証拠について同様に減点し、3点満点で得点化した。

表 5-7 氷課題におけるルーブリック

	点数	基準
主張	1	次の主張がある。 ・ (びんは) われている。
	0	上記の主張がない。
証拠 (適切性)	3	次のような不適切な証拠を1つも採用していない。 ・ (結果2では) 水が0℃でこおり始め、すべて氷になるまで温度は0℃のまま変わらなかった。 ・ (結果3では) 温めた部分が上に移動し、冷やされた部分が下に移動した。 ・ (結果6では) 温めると体積が大きくなり、冷やすと体積が小さくなった。
	2	上記のような不適切な証拠が1つ採用されている。
	1	上記のような不適切な証拠が2つ採用されている。
	0	上記のような不適切な証拠が3つ採用されている。
	3	次のような正しい証拠を3つとも採用している。 ・ (結果1では) 水がいっぱい入った容器を一晩冷蔵庫に入れておくと、氷が容器から盛り上がっていた。 ・ (結果4では) 水道管破裂事故の件数は、7月は0件で、1月は20件であった。 ・ (結果5では) 10mLの水を凍らせると、11mLの氷ができた。
2	上記の証拠のうち2つを採用している。	
1	上記の証拠のうち1つを採用している。	
0	上記の証拠を1つも採用していない。	
理由付け	1	次の理由付けがある。 ・ 水は氷に変化すると体積 (かさ・量) が増える。
	0	上記の理由付けがない。

表 5-8 発芽課題におけるルーブリック

	点数	基準
主張	1	次の主張がある。 ・（まさこさんは）まちがっている。
	0	上記の主張がない。
証拠 (適切性)	3	次のような不適切な証拠を1つも採用していない。 ・（結果2では）トウモロコシAの方が、大きく成長した。 ・（結果4では）インゲン豆Cの方が、大きく成長した。 ・（結果6では）ヘチマAを肥料を入れた畑に植えかえた。
	2	上記のような不適切な証拠が1つ採用されている。
	1	上記のような不適切な証拠が2つ採用されている。
	0	上記のような不適切な証拠が3つ採用されている。
証拠 (十分性)	3	次のような正しい証拠を3つとも採用している。 ・（結果1では）インゲン豆Aもインゲン豆Bも発芽した。 ・（結果3では）トウモロコシCもトウモロコシDも発芽した。 ・（結果5では）インゲン豆Eの種子の中にはデンプンがたくさん含まれているが、発芽後の子葉にはデンプンがふくまれていなかった。
	2	上記の証拠のうち2つを採用している。
	1	上記の証拠のうち1つを採用している。
	0	上記の証拠を1つも採用していない。
理由付け	1	次の理由付けがある。 ・発芽には水、空気、適切な温度があればよい（肥料は必要ない）。
	0	上記の理由付けがない。

また「十分性」として、氷課題では、氷の凝固時の体積膨張を示す3つの適切な証拠のうち、いくつ利用できたのかを3点満点で得点化した。発芽課題では、発芽条件を示す3つの適切な証拠について同様に3点満点で得点化した。得点化は著者のうちの2人が独立して行い、協議により不一致点を解消した。一致率は氷課題が95%、発芽課題が98%であった。

d. 単元内容に関するアーギュメント課題と既習内容に関するアーギュメント課題の遂行の関連

実験授業でのアーギュメントの達成が児童のアーギュメントの向上に影響しているかどうかを検証するために、単元内容に関するアーギュメント課題と既習内容に関するアーギュメント課題の遂行の関連を分析した。両アーギュメント課題における主張・証拠（適切性・十分性）・理由付けの全要素の得点を合計し、アーギュメント得点を算出した。単元内容に関するアーギュメント課題は10点満点、既習内容に関するアーギュメント課題

は氷課題，発芽課題で各8点満点となる。

そして，単元内容に関するアーギュメント課題の達成状況について，アーギュメント得点が10点満点かを基準に，児童を達成群と非達成群に群分けした。既習内容に関するアーギュメント課題の得点について，課題別に群間比較を行った。

第4項 結果

a. 単元内容の知識・理解課題

単元内容の知識・理解課題について，平均点は11点満点中10.35点であった ($SD=.90$)。

b. 単元内容に関するアーギュメント課題

単元内容に関するアーギュメント課題における満点の児童の割合を表5-9に示す。証拠の十分性が71.3%，その他はすべて90%以上の児童が満点であった。証拠の十分性が他の要素に比べて低かったのは，見えるようになったという事実のみを示し，それが溶けた物質の析出であることに言及できていなかったり，観察した事象に触れずに物質がなくなっていなかったという結論のみに言及していたりするほか，証拠を3つ選ぶべきところ，1つまたは2つしか選んでいないなどが原因であった。

c. 既習内容に関するアーギュメント課題

既習内容に関するアーギュメント課題の得点分布を表5-10に示す。主張と理由付けはマクニマー検定，証拠は符号つき順位和検定によってプレ-ポストテストで比較した。その結果，主張については，氷課題で天井効果が見られたものの，発芽課題では低下していた。これは主に，「まさこさんは間違っている」という主張を構成できず，「発芽に肥料は必要ない」という記述を行っていたためである。理由付けでは，両課題でプレ-ポストテスト間の得点が向上していた。

証拠に注目すると，「適切性」については，両課題とも有意な差はなかった（氷課題の適切性： $T=.832, n.s.$ ，発芽課題の適切性： $T=1.304, n.s.$ ）。氷課題では，プレ-ポストテ

表5-9 単元内容に関するアーギュメント課題における満点児童の割合

	満点の児童の割合 (%)
主張	98.1
証拠 (適切性)	93.5
証拠 (十分性)	71.3
理由付け	91.7

表 5-10 既習内容に関するアーギュメント課題の得点分布 (人)

課題	点数	プレテスト				ポストテスト				
		3	2	1	0	3	2	1	0	
氷	主張	-	-	102	6	-	-	103	5	
	証拠 (適切性)	100	7	1	0	102	6	0	0	
	証拠 (十分性)	8	30	46	24	49	30	18	11	***
	理由付け	-	-	59	49	-	-	74	34	*
発芽	主張	-	-	101	7	-	-	84	24	***
	証拠 (適切性)	80	7	14	7	83	11	12	2	
	証拠 (十分性)	10	54	30	14	18	62	19	9	**
	理由付け	-	-	23	85	-	-	54	54	***

プレ-ポスト間で得点が有意に高かったものを太字にしている。

主張と理由付けはマクニマー検定，証拠は符号つき順位和検定。* $p < .05$ ，** $p < .01$ ，*** $p < .001$

トとも，満点が90%以上であり，天井効果が生じていた。発芽課題では，ポストテストでも満点が83人であり，記述が不十分な児童が25人いた。これは，証拠として発芽条件を選ぶべきところ，成長条件を示す不適切な実験結果を利用したためである。

一方，「十分性」については，両課題共に，得点分布のずれが有意となり，プレ-ポストテストで得点が向上したことが明らかになった（氷課題の十分性： $T=6.316$, $p < .001$ ，発芽課題の十分性： $T=2.939$, $p < .01$ ）。しかし，満点であったのは，氷課題で49人，発芽課題で18人と半数以下にとどまっている。これらの中には，証拠をすべて選ぶことができなかった他に，2つを比較した証拠の片方のみ言及していたり，記述の省略や不正確さが見られたりした。

d. 単元内容に関するアーギュメント課題と既習内容に関するアーギュメント課題の遂行の関連

単元内容に関するアーギュメント課題について，平均得点は9.39点 ($SD=1.10$) となった。10点満点を基準に，児童をこの課題の達成群 (72名) と非達成群 (36名) に分類し，既習内容に関するアーギュメント課題の得点を比較した。プレ-ポストテストにおける課題ごとの平均得点を図5-5に示す。氷，発芽の課題ごとに，達成 (達成，非達成) × テスト (プレ，ポスト) の2要因分散分析を実施した結果，どちらの課題でも，達成およびテストの主効果と，交互作用がそれぞれ有意であった（氷課題： $F(1,106)=10.401$, $p < .01$; $F(1,106)=43.429$, $p < .001$; $F(1,106)=5.410$, $p < .05$., 発芽課題： $F(1,106)=6.111$, $p < .05$; $F(1,106)=5.578$, $p < .05$; $F(1,106)=7.286$, $p < .001$.)。交互作用の下位検定の結果，両課題とも，プレテストで両群に差はなかったが，ポストテストで達成群が非達成群より得点が高かつ

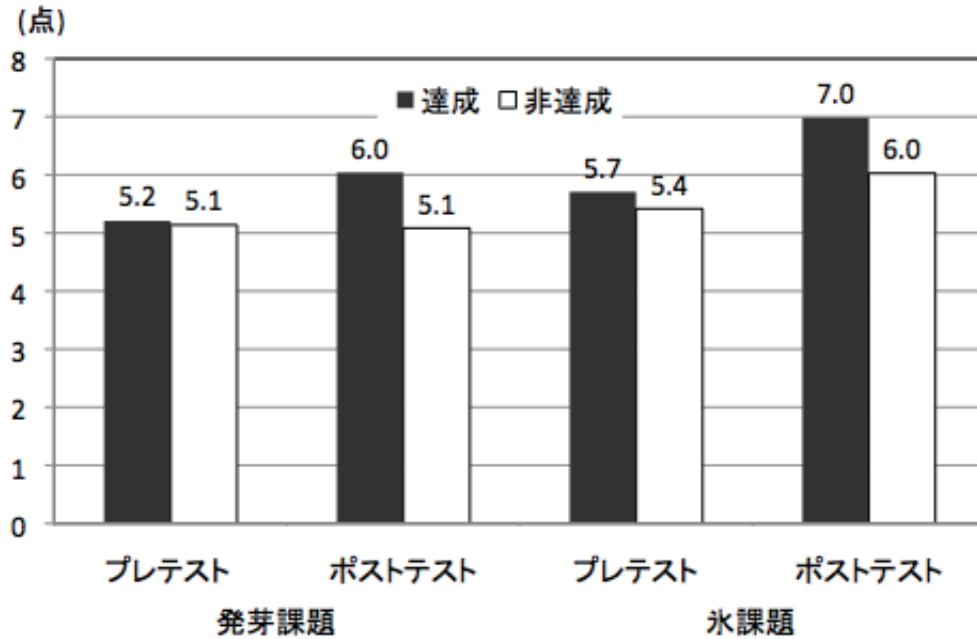


図 5-5 プレ・ポストテストにおける課題別アーギュメント得点の比較（達成群・非達成群）

た。また、氷課題では両群とも、発芽課題では達成群にのみ、プレ・ポストテスト間に向上が見られた。

これより、既習内容に関するアーギュメント課題について、単元のアーギュメントが達成できていた児童は、そうでない児童と比べて、単元前では差がないにも関わらず、単元後ではよりよく達成できていたことが明らかになった。単元内容に関するアーギュメント課題の達成と既習内容に関するアーギュメント課題の遂行との間には、関連が認められた。

第5節 考察

本章の目的は、証拠に適切性と十分性を含むアーギュメントの教授方略を設定した実験授業から、デザイン原則の有効性を明らかにすることであった。そのために、本節ではまず、単元における知識・理解の獲得状況について述べ、それをふまえて単元終了時点でのアーギュメントの達成状況を考察する。次に、単元前後のアーギュメントの向上に着目し、本研究の成果を明らかにする。さらに、本研究で達成が不十分だった点について考察を加える。

まず、単元内容の知識・理解課題の結果より、平均点がほぼ満点に近いことや課題を返却する際、理解が不十分な点について児童は補足説明を受けていることから、本単元の内容理解は達成できていると考えられる。少なくとも、アーギュメントを導入した実験授業によって、内容理解が妨げられていることはないと言える。また、表 5-9 より、単元内容

第5章 証拠に適切性と十分性を含むアーギュメント

のアーギュメントについて、満点の児童が多くを占めていたことを合わせて考察すると、単元の内容に関して、適切かつ十分な証拠を利用するアーギュメントが育成されたことが明らかになった。

次に、単元前後のアーギュメントの向上に着目すると、表 5-10 に示されたように、単元前後の既習内容に関するアーギュメント課題における2つの課題で、共に証拠の十分性には有意な向上が見られた。児童は特に、多くの証拠を利用してアーギュメントを記述できるようになったと言える。また、適切な証拠を利用することについては、氷課題では天井効果が生じていたことから、児童はアーギュメントを記述する際、主張に関連しない証拠を不用意に利用しないことが明らかとなった。図 5-5 より、これらの成果は、単元におけるアーギュメントを達成できた児童のほうが、そうでない児童より有意に多く見られることから、本単元での実験授業が、適切かつ十分な証拠を利用するアーギュメント構成能力の育成に寄与したことが推察できる。

上述してきたような成果が明らかになった一方で、既習内容に関するアーギュメント課題では、いくつかの問題点が見られた。本研究では証拠の適切性と十分性に焦点を当てているので、特に証拠にのみ注目すると、表 5-10 より、証拠の十分性に関しては、向上が見られるものの、満点の児童の数は両課題で半数以下にとどまっていることが示された。主張を支えるための単一の証拠で満足したり、自明なこととして記述を省略したりすることで、不十分なアーギュメントを満足なものとして判断したと考えられる。このような児童には、複数の十分な証拠を利用して、アーギュメントの質を向上させる支援の工夫がさらに必要である。

このような問題点を解決するためには、証拠を記述する際に、単一の証拠や省略した証拠は不十分であることについての認識を高めることが有効だと考えられる。そのために、児童が十分性を備えたアーギュメントとはどういうものかを、さらに具体的に検討する場の設定が必要である。例えば、準備段階の教授方略 3)4) において、証拠の十分性の要件を掲示物やワークシートにも明記することが考えられる。合わせて、実施段階の教授方略 1) では、複数の証拠で主張を支えることを奨励することに加え、比較した実験結果を証拠として用いる際には両方の実験結果に言及したり、第三者への説明を想定して省略せずに記述したりするよう促すことも考えられる。アーギュメントの例示場面としては、実施段階の教授方略 2)5) において、日常場面や練習場面を例示し、複数の証拠を利用することがなぜ効果的であるのかを児童に話し合わせる活動が設定できる。評価の場面でも、実

施段階の教授方略 6)7)8) において、証拠に該当する部分に下線を引いて、十分な数を利用できているかを確認させるなど、評価の観点としてさらに強く認識できるようにすることもできる。

第6節 本章のまとめ

本章では、高学年の児童において、証拠と理由付けによって主張を支え、かつ証拠に適切性と十分性を含むアーギュメントが可能であることが示された。Krajcik and McNeill(2009) が設定したアーギュメントのバリエーションのうち、このようなバリエーション3に相当するアーギュメントを達成するために、本単元での12の教授方略は効果的であり、デザイン原則の有効性が明らかになった。

次章では、これまでの各章における研究結果を総合的に考察する。その上で、本章で設定したアーギュメント構成能力を育成するデザイン原則の有効性や今後の研究に求められる課題を結論づける。

第6章 総合的考察

本研究では、科学教育や理科教育が担うアーギュメントに焦点を当て、従来の研究では十分に解明されていない、小学校理科授業でアーギュメント構成能力を育成するデザイン原則を見出し、その有効性を評価することを目的とした。本章では、各章における研究成果を総合的に考察し、今後の展望もふまえて本研究を結論づける。

第1節 各章における研究成果

図6-1は、本研究の全体像を示している。本研究では、第1章で、理科教育におけるアーギュメントの意義や戦後日本の理科教育におけるアーギュメントの位置づけを述べ、アーギュメントに関する先行研究のレビューから、実践的研究を行うにあたっての3つのデザイン原則を導き出した。また第2章では、日本の小学生におけるアーギュメントの実態を調査した。これらの知見をもとに、第3章、第4章、第5章では、総合的な学習の時間や理科の学習において、デザイン原則に基づいて具体的なアーギュメントの教授方略を

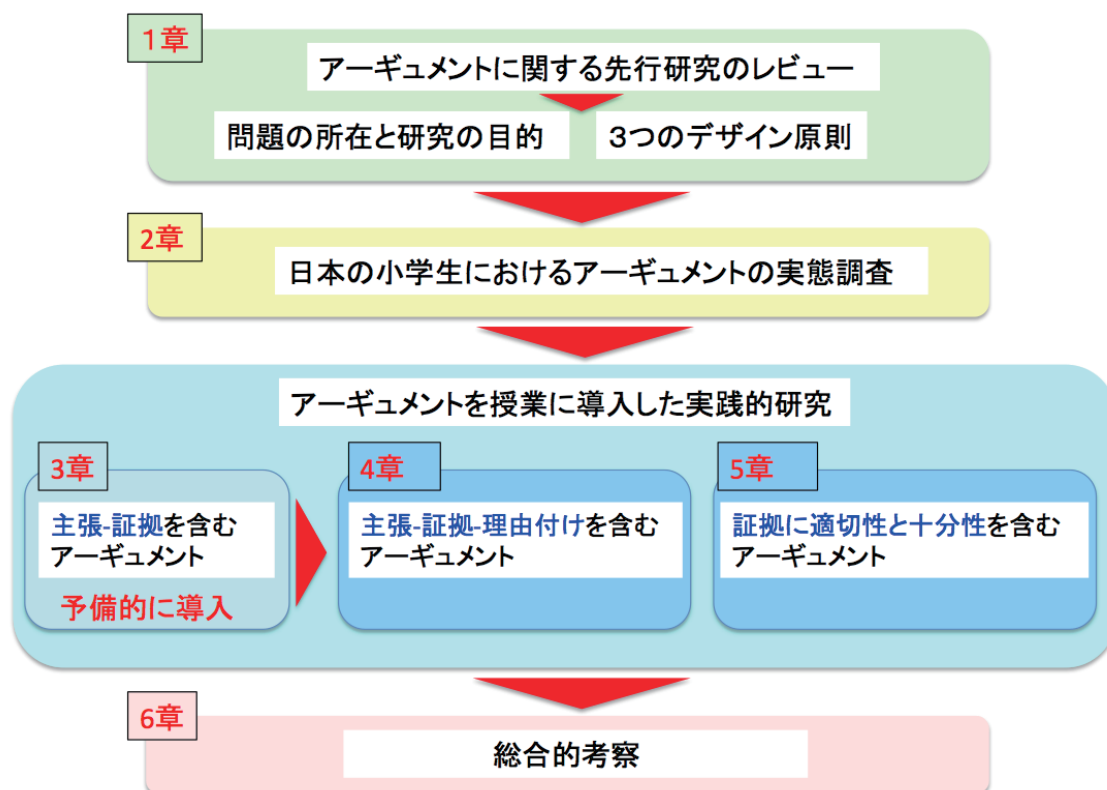


図6-1 本研究の全体像

設定した実験授業を行い、児童が記述したアーギュメントを評価・分析することによって、デザイン原則の有効性を明らかにした。以下に、得られた成果を整理して示す。

第1項 アーギュメントのデザイン原則

第1章では、理科教育におけるアーギュメントの意義や戦後日本の理科教育におけるアーギュメントの位置づけを論考するとともに、欧米を中心としたアーギュメントの教授に関する研究を整理し、これらの研究の共通点から「アーギュメントの意義を理解させる」「アーギュメントの構造を理解させ、その構造を利用できるように促す」「アーギュメントを行う際に内容知識を利用できるように促す」の3つのデザイン原則を見出した。さらに、Krajcik and McNeill(2009)の研究をもとに、アーギュメントの枠組を主張 (claim)、証拠 (evidence)、理由付け (reasoning) を基本の3要素から構成されるものと定義し、要素の数と各要素の記述とを変化させて複雑さを増したバリエーションから、本研究で実践するアーギュメントを示した。これにより、理科教育が担うアーギュメントが科学的原理を理由付けとして、証拠と主張を結びつける構造を持ち、Krajcik and McNeill(2009)が提案したバリエーション1を小学校中学年から、バリエーション2,3については、小学校高学年で目指すという、第3章から第5章の実践的研究の基盤を築くことができた。

第2項 日本の小学生におけるアーギュメントの実態

第2章では、現在の小学校高学年の児童に対して、アーギュメント構成能力を評価するテストを行い、児童によるアーギュメント構成能力の実態を検証することを試みた。児童が記述したアーギュメントに主張、証拠、理由付けといった要素が含まれているのか、また、それらの内容は正しく記述されているのかをルーブリックに従って評価した結果、公立小学生児童が記述したアーギュメントの実態は、高学年の児童であっても十分ではないことが明らかになった。これにより、小学生児童に主張—証拠—理由付けを含むアーギュメント構成能力を育成する必要性が示され、第3章から第5章の実践的研究を実施するための基礎的な知見を得ることができた。

第3項 アーギュメントを授業に導入した実践的研究

第3章から第5章では、第1章で見出した、アーギュメント構成能力を育成するためのデザイン原則を実際の授業に組み込み、児童のアーギュメントの向上を検証した。デザ

第6章 総合的考察

イン原則に基づき、小学校中学年、高学年の実験授業の中に様々なバリエーションでアーギュメント構成能力を育成する学習活動を取り入れ、児童が記述したアーギュメントを分析することで、デザイン原則の有効性を評価した。

第3章では、小学校中学年の総合的な学習の時間において、予備的な段階として、児童が主張－証拠を含むアーギュメントを向上させることができた。第4章では、小学校高学年（第5学年）の理科において、児童は主張－証拠－理由付けを含むアーギュメントを達成することができた。さらに第5章では、これに加えて、児童は証拠に適切性と十分性を含むアーギュメントを構成することができた。これらの結果より、3つのデザイン原則に基づいて教授方略を設定した各実践的研究では、それぞれのデザイン原則が、小学生のアーギュメント構成能力を育成する上で、有効であることが明らかになった。

第2節 本研究の結論

以上の研究成果を総括すると、日本の小学校においてアーギュメント構成能力を育成するための授業をデザインするには、「アーギュメントの意義を理解させる」「アーギュメントの構造を理解させ、その構造を利用できるように促す」「アーギュメントを行う際に内容知識を利用できるように促す」の3つのデザイン原則が有効であると結論づけることができる。この結論は、児童生徒の科学的な説明能力が不十分であることが問題となっている日本の理科教育に、アーギュメントの教授という具体的な方略を示し、問題の解決に資するものである。

では、本研究で導いた3つのデザイン原則はそれぞれ、今後、小学校理科教育においてアーギュメント構成能力を育成するために、教授方略に対してどのように反映されるだろうか。表6-1は、3つのデザイン原則と各バリエーションでの教授方略である。最後にこれをもとに、本研究を整理しながら、上述した問いについて考察する。

第1項 デザイン原則「アーギュメントの意義を理解させる」

アーギュメントは、科学的事実がコミュニティに受け入れられるプロセスにおいて、重要な精査の役割を担っている。このアーギュメントの意義を児童自身が感じ取るようにすることは、アーギュメントの動機付けとしても重要である。

バリエーション2において、「アーギュメントの必要性の説明」では、なぜ児童生徒や

表6-1 3つのデザイン原則と各バリエーションでの教授方略

デザイン原則	バリエーション1の教授方略 (第3章)	バリエーション2の教授方略 (第4章)	バリエーション3の教授方略 (第5章)
アーギュメントの意義を理解させる		<ul style="list-style-type: none"> ・アーギュメントの必要性の説明 ・他教科との関連づけ 	
アーギュメントの構造を理解させ、その構造を利用できるように促す	<ul style="list-style-type: none"> ・児童に自分が証拠を利用していることを意識させる(証拠利用の意識化) 	<ul style="list-style-type: none"> ・カリキュラムの目標の設定 ・達成すべきアーギュメントの設定 ・アーギュメント構造の掲示物の作成 ・足場かけ用のワークシートの作成* ・アーギュメント構造の説明 ・日常事例との関連づけ ・アーギュメントの例示と批評* ・個人へのフィードバック* ・相互評価* ・クラス全体での評価* 	<ul style="list-style-type: none"> ・カリキュラムの目標の設定 ・達成すべきアーギュメントの設定 ・アーギュメント構造の掲示物の作成 ・足場かけ用のワークシートの作成 ・アーギュメント構造の説明 ・日常事例との関連づけ ・アーギュメントの例示と批評* ・個人へのフィードバック* ・相互評価* ・クラス全体での評価*
アーギュメントを行う際に内容知識を利用できるように促す	<ul style="list-style-type: none"> ・問題領域に関する基礎知識の学習を十分に行う(基礎知識の学習) ・複数のデータを収集し、それをクラスで共有しながら、いくつかのまとまりごとに整理する(情報の共有・整理) 	<ul style="list-style-type: none"> ・足場かけ用のワークシートの作成* ・アーギュメントの例示と批評* ・個人へのフィードバック* ・相互評価* ・クラス全体での評価* 	<ul style="list-style-type: none"> ・足場かけ用のワークシートの作成 ・アーギュメントの例示と批評* ・個人へのフィードバック* ・相互評価* ・クラス全体での評価*

*は2つのデザイン原則に関連する

科学者がアーギュメントを行うのかを説明したり、「他教科との関連づけ」として、社会、英語、数学などの他教科においても、アーギュメント構造が利用できることを説明したりした。これらによって、高学年(第5学年)において、主張—証拠—理由付けを含むアーギュメントを向上させることができた。デザイン原則に基づくこれら2つの教授方略によって、児童が科学の方法としてアーギュメントの意義を確認したり、他の文脈にも適応する汎用性のあるものとして、アーギュメントの価値を見出したりしたと考えられる。

主張—証拠—理由付けを含むバリエーション2のアーギュメントに習熟した段階であるバリエーション3では、これらの教授方略を省略しても、アーギュメントを向上させることができた。McNeill and Krajcik (2011) は、児童の実態に応じて教授方略を選択することを奨励しており、児童には実際、これらの教授方略は不必要であった。このことからデザイン原則「アーギュメントの意義を理解させる」に基づく教授方略は、バリエーション2において、主張—証拠—理由付けを含むアーギュメントを初めて導入する際に、特に必要であり、児童の習熟に応じて、省略可能であると推察できる。

一方、小学校中学年児童においては、バリエーション1が予備的な導入段階であることや、児童にはアーギュメントについての経験がないという理由で、この原則に基づく教授方略を特に設定しなかった。これについては、今後、アーギュメントの意義を低学年児童にもわかりやすく認識できるような工夫が必要かもしれない。しかし、第3章の実践的研究の中で、児童が主張を支える証拠によって、相手を説得できることを体感し、実施

第6章 総合的考察

した単元の文脈でアーギュメントの意義を認識できた。バリエーション2の教授方略「アーギュメントの必要性の説明」や「他教科との関連づけ」では、多様な文脈でのアーギュメントの意義が解説されるが、それに先立って、これらの教授方略を理解する素地ができたと考えられる。

第2項 デザイン原則「アーギュメントの構造を理解させ、その構造を利用できるように促す」

このデザイン原則に関しては、最も多様な教授方略が考えられる。アーギュメントの要素を同定し、構造化するために、具体的で詳細な教授方略が必要である。以下では、それぞれの教授方略の効果を述べてみたい。

バリエーション2では、「カリキュラムの目標の設定」として、当該学年の児童生徒が学習すべき内容知識と科学的探究を統合して目標を設定したり、「達成すべきアーギュメントの設定」で、問いの自由度を設定したりした。このことによって、科学的概念やアーギュメントの難易度が児童に適切に示され、この単元で獲得をねらった知識・理解をふまえてアーギュメントが達成された。「アーギュメント構造の掲示物の作成」に関しては、アーギュメントとして、主張、証拠、理由付けの構造を視覚的に提示したことで、児童が普段からアーギュメント構造を意識できるようになった。「足場かけ用のワークシートの作成」では、アーギュメントを促すリード文やヒントを児童に与えたことにより、児童は構造に対応させて記述するように促された。「アーギュメント構造の説明」では、単元の最初にアーギュメント構造を児童に提示するとともに、主張、証拠、理由付けという用語を導入した。それぞれの用語の意味や定義を繰り返し確認させる中で、児童はアーギュメントとはどういうものであるのかを理解できた。「日常事例との関連づけ」では、質問に答えたり他人を納得させたりする場面で、アーギュメントを日常的に行っていることについて実例を挙げて説明し、児童のアーギュメントについての具体的なイメージを引き出すことができた。「アーギュメントの例示と批評」では、適切または不適切なアーギュメントを児童に例示し、その良し悪しについての児童の批評が促された。これによって、具体例を通して、アーギュメントの良し悪しを判断することが可能となった。「個人へのフィードバック」では、児童のアーギュメントに対して、教師が良い点や悪い点に言及してフィードバックすることで、児童は修正すべき箇所に気付くことができた。「相互評価」については、クラスの中でアーギュメントを交換させ、互いに良い点や悪い点を評価させ合う中で、児童は友達

からの指摘によって、自分とは別の視点でアーギュメントの改善点を見付けることができた。「クラス全体での評価」に関しては、クラス全体で、主張、証拠、理由付けについての適切さや良さについての議論の場を設けることで、児童はよいアーギュメントの具体を共有することができ、主張、証拠、理由付けの「記述の有無」や「内容の科学的な正しさ」をチェックするようになった。

バリエーション3では、バリエーション2の各教授方略の内容において、さらに適切性と十分性を備えた証拠を利用して、主張、証拠、理由付けを結びつけて記述することを支援した。「カリキュラムの目標の設定」や「達成すべきアーギュメントの設定」においては、単元内で実施する複数の実験結果を証拠として設定することによって、児童は十分性を備えたアーギュメントを構成した。また、主張とは関連性のない実験結果も含めることで、児童は証拠の適切性を判断できるようになった。「アーギュメント構造の掲示物の作成」や「足場かけ用のワークシートの作成」では、複数の証拠が入ることを可視化することで、児童が証拠の欄に複数の証拠を記入することができた。「アーギュメント構造の説明」や「日常事例との関連づけ」では、バリエーション2で学習した主張、証拠、理由付けの中で、特に証拠の適切性と十分性に注目させたことによって、児童は実験結果から主張と関連する適切な内容のものを十分な数だけ利用したり、日常場面の事例から、適切で十分な証拠を選ぶ意味を理解したりすることができた。さらにアーギュメントの評価においても、バリエーション2で扱った主張・証拠・理由付けだけでなく、証拠の適切性や十分性に着目させた。具体的には、「アーギュメントの例示と批評」として、児童のアーギュメントを例示する際、特に証拠の十分性や適切性を考慮できている児童のアーギュメントを賞賛した。また、「個人へのフィードバック」における教師からのコメント、「相互評価」で児童同士が評価し合う際のチェックポイント、「クラス全体での評価」で議論する内容には、バリエーション3として特に、証拠の十分性や適切性という評価観点を盛り込むようにした。これらの評価における教授方略によって、児童は証拠に適切性と十分性を含ませることを意識することができた。

中学年児童には、予備的な段階であるバリエーション1として、バリエーション2を包括した形での教授方略「証拠の利用を自ら意識すること」を設定した。バリエーション1では、アーギュメント構造が単純であり、主張を支える証拠の部分に焦点化して意識させることが重要となる。証拠のみに特化した教授方略によって、児童は常に証拠を示しているかを確認するように求められ、結果として相手を説得するために有効な証拠を伴って主

張することができた。

第3項 デザイン原則「アーギュメントを行う際に内容知識を利用できるように促す」

このデザイン原則に基づく教授方略は、上述した2つめのデザイン原則「アーギュメントの構造を理解させ、その構造を利用できるように促す」と重なりを持ち、それぞれの教授方略において内容知識の利用に焦点を当てている。また、ここでの教授方略は、バリエーション2,3で共通であり、それぞれの単元で固有に扱われる内容知識を反映している。

バリエーション2,3における「足場かけ用のワークシートの作成」や「アーギュメントの例示と批評」では、内容知識を用いて例示することで、単元に即して、具体的にアーギュメント構造を理解させることができた。さらに「個人へのフィードバック」「相互評価」「クラス全体での評価」においても、単元の内容知識を伴って、アーギュメントの各構成要素について個別にチェックしたり、全体で確認したりした。これらによって評価が、単元固有の内容や学習の文脈に沿ったものとなり、アーギュメントの構造が児童に理解されやすくなった。

バリエーション1の教授方略では、アーギュメントがはじめてとなる小学校低学年の児童であるため、内容知識そのものを学習したり、整理したりすることに特に重点を置いて設定された。「問題領域に関する基礎知識の学習を十分に行う」については、総合的な学習の時間において横断的総合的な課題に取り組むために、教科の学習で扱わない具体的な知識が必要であった。また、「複数のデータを収集し、それをクラスで共有しながら、いくつかのまとまりごとに整理する」については、情報の収集について、初めて丁寧な指導を受ける必要があった。これらの教授方略によって、児童は、問題に対する適切な理解・判断を行ったり、整理された知識を証拠として活用したりすることができた。

McNeill and Krajcik(2011)は、アーギュメントの足場かけを外していく際(fading)、内容知識に依存しないアーギュメントの枠組に関する足場かけを外していくとしても、内容知識に依存する足場かけは残していくことを提言している。児童のアーギュメントの習熟の度合いに応じて、初めての児童には特に、内容知識とアーギュメントとを関連づけられるように丁寧に指導するとともに、習熟した児童に対しても、実験授業の内容に応じてどれが主張、証拠、理由付けに対応するのかについて、内容知識と関連づけながら確認させていくような工夫が必要である。

第3節 今後の課題

本研究においては、第2節で述べたように、デザイン原則の有効性やそれに基づく教授方略の効果が明らかになった一方で、アーギュメント構成能力の育成には、不十分な点も見られた。バリエーション2については、第4章において、既習内容に関するアーギュメント課題の「記述の有無」に着目すると、証拠や理由付けでは、学習後であっても、満点の児童が最多で102人中78人（天気課題の「記述の有無」の証拠）にとどまっているという事実があった。バリエーション3については、第5章において、証拠の十分性に関して、満点の児童の数は両課題で半数以下にとどまっていることが示された。

これらの問題点については、本研究で有効性が明らかになったデザイン原則やそれに基づく教授方略を継続して、解決に取り組むべきである。なぜなら、各教授方略については、当該授業における初めての導入であったので、その適用の仕方に改善の余地が残っているからである。第1章で述べたデザイン研究の立場から、教授方略の適用の仕方について、具体的に改善を試み、次年度の実践で改善の効果を再び検証することで、アーギュメントの教授方略についての知見を蓄積する必要がある。具体的には、各バリエーションで、次のような改善を行うことが課題である。

バリエーション2については、「アーギュメント構造の説明」において、アーギュメントの構成要素の具体例を解説する際や、「アーギュメントの例示と批評」「個人へのフィードバック」「相互評価」「クラス全体での評価」によって、アーギュメントを吟味・評価する際に、自明のことであっても省略せずに十分な記述を行うように指導したり、理由付けに科学的原理を位置づけることを強調したりする必要がある。バリエーション3については、「アーギュメントの例示と批評」で、証拠の適切性の観点から、適切な証拠と不適切な証拠を具体的に練習課題として例示し、なぜそれが適切（不適切）なのかを丁寧に問わなければならない。証拠の十分性の観点からは、複数の証拠で主張を支えることを奨励することに加え、比較したデータを用いる際には両方のデータに言及したり、第三者への説明を想定して省略せずに記述したりするよう促すことが、今後、教授方略を適用する際の改善策として考えられる。

さらに、児童自らがアーギュメントを構成できるようにするためには、教授方略において、足場かけを外していくことも重要である。「足場かけ用のワークシートの作成」では、徐々に足場かけを外して、証拠や理由付けで記述すべきことがらを児童自らが意識できる

第6章 総合的考察

ようにしていくようなワークシートの改良が必要である。教授方略の改善については、どの段階で、どのような学習環境の中にそれらを組み込むのかという問題に取り組むとともに、授業のデータを本研究と比較することで、改善した教授方略の効果に焦点を当てた検証を行うことが課題となる。

本研究では、アーギュメントのバリエーションについて、Krajcik and McNeill (2009) が設定したアーギュメントのバリエーションのうち、バリエーション1から3までを実施した。このバリエーションのアーギュメントを達成できた児童に対しては、さらに多様な科学的原理を用いたり、反駁を取り入れたりして、より複雑さのレベルを増したアーギュメントを記述できるようにすることが重要である。本研究で有効性が明らかになった教授方略をもとにして、バリエーション4や5のアーギュメントに対応できるように、各教授方略の適用の仕方を新しく検討していくことが課題として残されている。

引用文献

- Bell, P., & Linn, M. (2000). Scientific arguments as learning artifacts: Designing for learning from the web with KIE. *International Journal of Science Education, 22*(8), 797-817.
- Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2009). Making sense of argumentation and explanation. *Science Education, 93*(1), 26-55.
- Berland L. K., & McNeill K. L. (2010). A learning progression for scientific argumentation: Understanding student work and designing supportive instructional contexts. *Science Education, 94*(5), 765-793.
- Berland, L. K., & McNeill, K. L. (2012). For whom is argument and explanation a necessary distinction? A response to Osborne and Patterson. *Science Education, 96*(5), 808-813.
- Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in evaluating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences, 2*(2), 141-178.
- Cavagnetto, A. R. (2010). Argument to foster scientific literacy : A review of argument interventions in K-12 science contexts. *Review of Educational Research, 80*(3), 336-371.
- Chin, C., & Osborne, J. (2010a). Supporting argumentation through students' questions: Case studies in science classrooms. *The Journal of the Learning Sciences, 19*(2), 230-284.
- Chin, C., & Osborne, J. (2010b). Students' questions and discursive interaction: Their impact on argumentation during collaborative group discussions in science. *Journal of Research in Science Teaching, 47*(7), 883-908.
- Clark, D. B., & Sampson, V. D. (2007). Personally-seeded discussions to scaffold online argumentation. *International Journal of Science Education, 29*(3), 253-277.
- Clark, D. B., & Sampson, V. D. (2008). Assessing dialogic argumentation in online environments to relate structure, grounds, and conceptual quality. *Journal of Research in Science Teaching, 45*(3), 293-321.

引用文献

- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.
- Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, 38(1), 39-72.
- Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (Eds.). (2008a). *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research*. Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2008b). Argumentation in science education: An overview. In S. Erduran, & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research*(pp. 3-27). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88(6), 915-933.
- 兵庫県森林動物研究センター (2009). 「平成 21 年度出猟カレンダー結果報告」 <http://www.wmi-hyogo.jp/calendar/calender2009_1.pdf> [2011.4.10. アクセス] .
- Iordanou, K. (2010). Developing argument skills across scientific and social domains. *Journal of Cognition and Development*, 11(3), 293-327.
- 板倉聖宣 (1966). 『未来の科学教育』 国土社
- 板倉聖宣 (1971). 『科学と仮説 仮説実験授業への道』 季節社
- 板倉聖宣 (1974). 『仮説実験授業—授業書ばねと力によるその具体化』 仮説社
- 板倉聖宣 (2011). 『仮説実験授業の ABC 第 5 版—楽しい授業への招待』 仮説社
- 板倉聖宣・上廻昭編 (1965). 『仮説実験授業入門』 国土社
- 泉直志 (2011). 「理科教育におけるアーギュメント導入のための教授方略 -IDEAS プロジェクトに焦点を当てて -」 『理科教育学研究』, 第 52 卷, 第 2 号, 11-21.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., Rodríguez, A. B., & Duschl, R. A. (2000). “Doing the lesson” or “Doing science”: Argument in high school genetics. *Science Education*, 84(6), 757-792.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2008). Designing argumentation learning environments. In S. Erduran, & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education:*

- Perspectives from classroom-based research* (pp. 91-115). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Kelly, G. J., Regev, J., & Prothero, W. (2008). Analysis of lines of reasoning in written argumentation. In S. Erduran, & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.): *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research* (pp.137-156). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- 国立教育研究所 (1997). 『中学校の数学教育・理科教育の国際比較—第3回国際数学・理科教育調査報告書—』 東洋館出版社
- 国立教育研究所 (2002). 『生きるための知識と技能—OECD生徒の学習到達度調査(PISA)2000年調査国際結果報告書—』 ぎょうせい
- 国立教育政策研究所 (2004). 『生きるための知識と技能2—OECD生徒の学習到達度調査(PISA)2003年調査国際結果報告書—』 ぎょうせい
- 国立教育政策研究所 (2005). 『TIMSS2003 理科教育の国際比較—国際数学・理科教育動向調査の2003年調査報告書—』 ぎょうせい
- 国立教育政策研究所 (2007a). 『PISA2006年調査 評価の枠組み—OECD生徒の学習到達度調査—』 ぎょうせい
- 国立教育政策研究所 (2007b). 『TIMSS2007 理科教育の国際比較—国際数学・理科教育動向調査の2007年調査報告書—』 国立教育研究所
- 国立教育政策研究所 (2010). 『生きるための知識と技能4—OECD生徒の学習到達度調査(PISA)2009年調査国際結果報告書—』 明石書店
- 国立教育政策研究所 (2010). 「OECD生徒の学習到達度調査～2009年調査国際結果の要約～」 < http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/afiel_dfile/2010/12/07/1284443_01.pdf > [2012.2.10. アクセス]
- Krajcik, J., & McNeill, K. L. (2009, April). *Designing instructional materials to support students' in writing scientific explanations: Using evidence and reasoning across the middle school years*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Garden Grove, CA. Retrieved from <http://www.katherinelMcNeill.com> [2011, December 18].
- Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 77(3), 319-337.

引用文献

- Kuhn, D. (2010). Teaching & learning science as argument. *Science Education*, 94(5), 810-824.
- McNeill, K. L. (2009). Teachers' use of curriculum to support students in writing scientific arguments to explain phenomena. *Science Education*, 93(2), 233-268.
- McNeill, K. L. (2011). Elementary students' views of explanation, argumentation, and evidence, and their abilities to construct arguments over the school year. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(7), 793-823.
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2011). *Supporting grade 5-8 student in constructing explanation in science*. Boston, MA.: Pearson.
- Means, M. L., & Voss, J. F. (1996). Who reasons well? Two studies of informal reasoning among children of different grade, ability, and knowledge levels. *Cognition and Instruction*, 14(2), 139-178.
- 三宅なほみ・白水始 (2003). 『学習科学とテクノロジー』放送大学教育振興会
- 文部科学省 (2008a). 『小学校学習指導要領』
- 文部科学省 (2008b). 『小学校学習指導要領解説総合的な学習の時間編』
- 文部科学省 (2008c). 『中学校学習指導要領解説総合的な学習の時間編』
- 文部科学省 (2009). 『高等学校学習指導要領解説総合的な学習の時間編』
- 文部科学省 (2010). 「言語活動の充実に関する指導事例集～思考力, 判断力, 表現力等の育成に向けて～小学校版」 <http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2011/01/25/1301088_1.pdf, 2010> [2011.12.17. アクセス]
- 文部省 (1952). 『小学校学習指導要領理科編 (試案) 改訂版』
- 文部省 (1960). 『小学校理科指導書』
- 文部省 (1969). 『小学校指導書理科編』
- 文部省 (1978). 『小学校指導書理科編』
- 文部省 (1989). 『小学校指導書理科編』
- 文部省 (1999). 『小学校学習指導要領解説理科編』
- 村瀬公胤 (2013). 「1960年代の首都圏私学教員による科学教育の改革史: 仮説実験授業における討論と読み物の導入に注目して」『和光大学現代人間学部紀要』, 第6巻, 129-139.
- 中山迅・大場裕子・猿田祐嗣 (2004). 「科学理論と現象を関係づける力を育てる教育課程の必要性 - 酸化・燃焼に関する TIMSS 理科の論述形式課題に対する回答分析から -」

- 『科学教育学研究』, 第 28 卷, 第 1 号, 25-33.
- National Research Council. (2008). *Research on future skill demands*. Washington, DC: National Academies Press.
- National Research Council. (2011). *A framework for K-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- OECD (2007). *PISA 2006: Science competencies for tomorrow's world: Executive summary*. Retrieved from <http://www.oecd.org/dataoecd/15/13/39725224.pdf> [2011, December 18].
- 大島純・大島律子 (2009). 「エビデンスに基づいた教育: 認知科学・学習科学からの展望」『認知科学』, 第 16 卷, 第 3 号, 390-414.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004a). *Ideas, evidence and argument in science*. London, U.K.: King's College London.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004b). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.
- Osborne, J. (2010). Arguing to learn in science: the role of collaborative, critical discourse. *Science*, 328(5977), 463-466.
- Osborne, J., & Patterson, A. (2011). Scientific argument and explanation: A necessary distinction? *Science Education*, 95(4), 627-638.
- Osborne, J., & Patterson, A. (2012). Authors' response to "For whom is argument and explanation a necessary distinction? A response to Osborne and Patterson" by Berland and McNeill. *Science Education*, 96(5), 814-817.
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513-536.
- Sadler, T. D. & Fowler, S. R. (2006). A threshold model of content knowledge transfer for socioscientific argumentation. *Science Education*, 90(6), 986-1004.
- 坂本美紀・山口悦司・稲垣成哲・大島純・大島律子・村山功・中山迅・竹中真希子・山本智一・藤本雅司・橘早苗 (2010). 「知識構築型アーギュメントの獲得—小学生を対象とした科学技術問題に関するカリキュラムの開発と改善を通して—」『教育心理学研究』, 第 58 卷, 第 1 号, 95-107.
- 坂本美紀・山口悦司・西垣順子・山本智一・村津啓太・稲垣成哲 (2011). 「アーギュメント・

引用文献

- スキルに関する基礎調査：小学校高学年における学年差と性差」『平成 23 年度日本理科教育学会近畿支部大会発表論文集』, 62.
- Sandoval, W. A., & Reiser, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88(3), 345-372.
- Sandoval, W. A., & Millwood, K. A. (2005). The quality of student ' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and Instruction*, 23(1), 23-55.
- Sandoval, W. A., & Çam, A. (2011). Elementary children's judgments of the epistemic status of sources of justification. *Science Education*, 95(3), 383-408,2011.
- 猿田祐嗣 (2009). 「TIMSS 理科の論述形式課題に対する解答に表れた日本の児童・生徒の傾向」 『平成 20 年度科学研究費補助金（基礎研究 B, 代表者：三宅征夫）研究成果報告書 科学的・論理的思考に基づいた表現力に関する分析的研究』, 25-56.
- 猿田祐嗣・中山迅 (2011). 『思考と表現を一体化させる理科授業』東洋館出版
- Seethaler, S., & Linn, M. (2004). Genetically modified food in perspective : An inquirybased curriculum to help middle school students make sense of tradeoffs. *International Journal of Science Education*, 26(14), 1765-1785.
- 庄司和晃 (1976). 『仮説実験授業と認識の理論』季節社
- Songer, N. B., & Gotwals, A. W. (2012). Guiding explanation construction by children at the entry points of learning progressions. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(2), 141-165.
- 鈴木真理子 (2002). 「コミュニケーションを取り入れた理科教授法の例：仮説実験授業と極地方式」『滋賀大学教育学部紀要 .I, 教育科学』, 第 52 卷 , 95-100.
- Toulmin, S. (1958). *The use of argument*. New York, NY. : Cambridge University Press. (戸田山和久・福澤一吉訳 (2011). 『議論の技法』東京図書)
- 上島昌晃・廣木義久 (2009). 「仮説実験授業の再評価 -- 教師の意識調査から」『大阪教育大学紀要 第 5 部門 教科教育』, 第 57 卷, 第 2 号 , 59-74.
- 山本智一・坂本美紀・山口悦司・稲垣成哲・村津啓太・西垣順子 (2011). 「アーギュメント・スキルに関する基礎調査：小学校高学年を対象としたスキルの獲得状況」『平成 23 年度日本理科教育学会近畿支部大会発表論文集』, 63.
- Zemal-Saul, C. L., McNeill, K. L., & Hershberger, K. (2012). *What's your evidence?: Engaging K-5 children in constructing explanations in science*. Boston, MA: Pearson.

参考論文等

本論文の第1章から第5章は、以下のレフェリー付き学術論文に基づいている。但し、本論文の研究課題に即して学術論文を大幅に加筆し、その内容を再構成している。なお、はじめに、第6章は、本論文のための書き下ろしである。

第1章 序論

山本智一・山口悦司・稲垣成哲・坂本美紀・西垣順子 (2012.7). 「アーギュメントの教授方略の研究動向」『理科教育学研究』, 第53巻, 第1号, 1-12.

第2章 小学生におけるアーギュメントの実態

坂本美紀・山本智一・山口悦司・西垣順子・村津啓太・稲垣成哲 (2012.9). 「アーギュメント・スキルに関する基礎調査：小学校高学年を対象としたスキルの獲得状況」『科学教育研究』, 第36巻, 第3号, 252-261.

第3章 主張 - 証拠を含むアーギュメント

山本智一・坂本美紀・山口悦司・稲垣成哲・村津啓太・中山迅・大島純・大島律子・村山功・竹中真希子 (2011.9). 「小学生におけるアーギュメント・スキルの育成：野生動物との共生問題を扱った総合的な学習の授業デザインと分析」『科学教育研究』, 第35巻, 第3号, 245-255.

第4章 主張 - 証拠 - 理由付けを含むアーギュメント

山本智一・坂本美紀・山口悦司・西垣順子・村津啓太・稲垣成哲・神山真一 (2013.3). 「小学生におけるアーギュメントの教授方略：「振り子の運動」の実践を通して」『理科教育学研究』, 第53巻, 第3号, 471-484.

第5章 証拠に適切性と十分性を含むアーギュメント

山本智一・稲垣成哲・山口悦司・村津啓太・坂本美紀・西垣順子・神山真一 (2013.12). 「適切かつ十分な証拠を利用するアーギュメント構成能力の育成：小学校第5学年「物の溶け方」の事例」『科学教育研究』, 第37巻, 第4号, 317-330.