

博士論文

小学校理科における
連関性のある問題解決過程に関する分析的研究

2020年12月

日本体育大学大学院

教育学研究科

18QDA02 澤柿 教淳

博士論文

小学校理科における
連関性のある問題解決過程に関する分析的研究

2020年12月

日本体育大学大学院

教育学研究科

18QDA02 澤柿 教淳

目次

論文の概要	(1)
序章 研究の背景と問題の所在および研究の目的	(4)
第1節 研究の背景	(5)
第1項 小学校理科における問題解決の各過程とその連関性	(5)
第2項 連関性のある問題解決過程の定義	(8)
第2節 問題の所在	(10)
第1項 連関性のある問題解決過程と対話の実態	(10)
第2項 連関性のある問題解決過程と思考進行の状況	(13)
第3項 連関性のある問題解決過程と教材の特徴	(15)
第3節 小学校理科における連関性のある問題解決過程に関する先行研究	(17)
第4節 研究の目的	(18)
第5節 研究の方法と章構成	(19)
第1章 連関性のある問題解決過程における対話の実態	(21)
第1節 対話の実態の分析方法	(22)
第1項 弁証法的側面から対話を分析する視点	(22)
第2項 対話の弁証法的側面を構成する4つのフェーズ	(24)
第3項 各フェーズの発話タイプ	(26)
第2節 発話プロトコルにみられる対話の弁証法的側面	(29)
第1項 サンプル事例の選定：第4学年「とじこめた空気」	(29)
第2項 「予想・仮説の設定」からそれ以前の「問題の把握」の過程へ 関連した場面	(32)
第3項 「考察」からそれ以前の「観察・実験」の過程へ関連した場面	(34)
第3節 「4つのフェーズ」の発現と推移	(36)
第1項 「4つのフェーズ」の発現	(36)
第2項 「4つのフェーズ」の推移	(38)
第4節 第1章のまとめ	(42)

第2章 関連性のある問題解決過程における思考進行の状況	(43)
第1節 思考進行の状況の分析方法	(44)
第1項 文脈的にみた思考進行の状況を分析する視点	(44)
第2項 問題解決過程を往還する11の思考進行の状況	(47)
第2節 発話プロトコルにみられる思考進行の状況	(51)
第1項 サンプル事例の選定：第4学年「電気のはたらき」	(51)
第2項 場面1：「考察」の過程	(55)
第3項 場面2：「考察」から次の「問題の把握」の過程へ関連した場面	(57)
第4項 場面3：「問題の把握」から「予想・仮説の設定」や「方法の立案」 の過程へ関連した場面	(59)
第5項 場面4：「観察・実験」から再び「考察」の過程へ関連した場面	(63)
第3節 「11の思考進行」の発現と順序性およびその特徴	(65)
第1項 「11の思考進行」の発現と順序性	(65)
第2項 「11の思考進行」にみられる特徴	(66)
第4節 第2章のまとめ	(68)
第3章 関連性のある問題解決過程における教材の特徴	(70)
第1節 教材の特徴の分析方法	(71)
第1項 教材の特徴を分析する視点	(71)
第2項 問題解決過程の状況に応じた教材の3つの特徴	(73)
第2節 関連性がみられる授業事例における教材の特徴	(76)
第1項 サンプル事例の選定：第4学年「水の温まり方・冷え方」	(76)
第2項 使用された教材「可動式内部熱源対流観察器」	(79)
第3項 授業事例3-1において関連性がみられた場面	(82)
第4項 授業事例3-2において関連性がみられた場面	(85)
第3節 「教材の3つの特徴」の発現とその機能	(90)
第1項 「教材の3つの特徴」の発現	(90)
第2項 「教材の3つの特徴」の機能	(92)
第4節 第3章のまとめ	(93)

終章 結論および研究の成果と課題	(95)
第1節 結論	(96)
第2節 研究の成果	(100)
第3節 残された課題	(101)
第4節 今後の展望	(102)
註釈	(103)
引用・参考文献一覧	(108)
謝辞	(113)

図表目次

図序-1	問題解決の過程（一例）（文部科学省（2011）『小学校理科の観察，実験の手引き』p.15より転載）	（7）
図序-2	問題解決過程の連関性（角屋，・稲田，2020，p.231）より引用	（7）
図 1-1	事例 1-1 でみられた「理科における対話の弁証法的側面を構成する4つのフェーズ」の推移	（40）
図 1-2	事例 1-2 でみられた「理科における対話の弁証法的側面を構成する4つのフェーズ」の推移	（41）
図 2-1	単元「電気のはたらき」の目標	（53）
図 2-2	授業事例2-1（5/9時）の展開	（54）
図 3-1	「内部熱源方式」での児童の対流イメージ（例）	（80）
図 3-2	可動式内部熱源対流観察器	（81）
図 3-3	マイ電熱線	（81）
表序-1	「連関性のある問題解決過程」の例	（9）
表 1-1	理科における対話の弁証法的側面を構成する4つのフェーズ	（25）
表 1-2	理科における対話の弁証法的側面を構成する4つのフェーズの発話タイプ	（28）
表 1-3	単元「とじこめた空気」の全体進行（全7時間）	（31）
表 1-4	授業事例 1-1 における主な発話プロトコルとその類型化	（33）
表 1-5	授業事例 1-2 における主な発話プロトコルとその類型化	（35）
表 2-1	問題解決過程を往還する11の思考進行の状況	（50）
表 2-2	単元「電気のはたらき」の全体進行（全9時間）	（53）
表 2-3	場面 1 における主な発話プロトコルと思考進行の状況	（56）
表 2-4	場面 2 における主な発話プロトコルと思考進行の状況	（58）
表 2-5	場面 3 における主な発話プロトコルと思考進行の状況	（61）
表 2-6	観察・実験（その2）におけるグルーptーク（抜粋）	（62）
表 2-7	場面4における主な発話プロトコルと思考進行の状況	（64）
表 2-8	「問題解決過程を往還する11の思考進行の状況」とその順序性	（67）

表 2-9	「問題解決過程を往還する 11 の思考進行の状況」とその特徴	・・・ (67)
表 3-1	問題解決過程の状況に応じた教材の 3 つの特徴	・・・ (75)
表 3-2	単元「水の温まり方・冷え方」の全体進行 (全 4 時間)	・・・ (78)
表 3-3	授業事例 3-1 における主な発話プロトコルと教材の特徴	・・・ (84)
表 3-4	2 回目の観察・実験後のノートの記述 (抜粋)	・・・ (84)
表 3-5	授業事例 3-2 における主な発話プロトコルと教材の特徴	・・・ (88)
表 3-6	3 回目の観察・実験後のノートの記述 (抜粋)	・・・ (89)
表終-1	「理科における対話の弁証法的側面を構成する 4 つのフェーズ」と 「問題解決過程を往還する 11 の思考進行の状況」との関係	・・・ (98)
表終-2	「理科における対話の弁証法的側面を構成する 4 つのフェーズ」と 「問題解決過程の状況に応じた教材の 3 つの特徴」との関係	・・・ (99)

論文の概要

問題解決を通じた学びは、今や小学校の理科学習の大きな基盤となっている。近年では特に、連関性のある問題解決過程が注目されるようになってきている。連関性のある問題解決過程に関する研究をレビューすると、例えば、角屋ら（2005）が、児童らは、「問題解決の過程では、結果の考察の場面だけではなく、あらゆる場面で、自分の考えなどを見直し・振り返ることを繰り返している」と指摘している。

連関性のある問題解決過程に関するいくつかの研究を整理すると、その過程には、自分の不完全性や矛盾を自覚できる他者との対話の実態や、問題解決の各過程を往還するような思考進行の状況、問題解決過程の状況に応じた教材の特徴が顕在化している可能性が示唆された。そこで、連関性のある問題解決過程という視点から授業事例を分析した研究について、国内外の理科教育に関する主要な学術誌を調査したが、管見の限りみられないようである。

そこで、本研究は、小学校理科における連関性のある問題解決過程を分析的に明らかにすることを目的とした。この目的を達成するために、3つの具体的目標を設定した。

- (1) 連関性のある問題解決過程における対話の実態をとらえる視点を明らかにする。
- (2) 連関性のある問題解決過程における思考進行の状況をとらえる視点を明らかにする。
- (3) 連関性のある問題解決過程における教材の特徴をとらえる視点を明らかにする。

(1) の対話の実態をとらえる視点を明らかにするため、「理科における対話の弁証法的側面を構成する4つのフェーズ」を措定した。4つのフェーズとは、正：児童自身の考えの表出、反：他者との関わりを契機とした自らの不完全性や矛盾の自覚、止揚：前提を拡張・発展させるような視点の確認、および、合：より高次の概念や真実・真理の創造、である。これを用いて、連関性がみられる小学校第4学年理科「とじこめた空気」の授業事例において、まず、各フェーズに相当する発話プロトコルがみられるか否かを検証した。その結果、対象の授業事例では、正・反・止揚・合の発話タイプが、授業の進行に伴って発現することが明らかになった。また、「4つフェーズ」の推移には、正に相当する発話が連続する時間帯があることや、その局面が打開される場合には、反や止揚に相当する発話関わっていることも明らかになった。

(2) の思考進行の状況をとらえる視点を明らかにするため、中込ら（2019）他の先行研究をもとに「問題解決過程を往還する11の思考進行の状況」を措定した。これに基づい

て、連関性がみられる小学校第4学年理科「電気のはたらき」の授業事例では、それらに相当する発話プロトコルがみられるか否かを検証した。その結果、対象の授業事例では、上記の「11の思考進行」の発現が確認された。また、思考①自分の知識構造の確認・自覚、思考②関連付ける対象の把握、思考③-1 学習者独自の観点・規準を用いた比較、思考③-2 新たな観点・規準を用いた比較、思考⑥問題状況の確認、思考⑦既有知識の想起、思考⑧要因の検討、思考⑨仮説の構想、思考⑩問いの見いだし、思考⑪実験方法の考案、思考④共通性や一般的特性の見いだし、思考⑤原理・原則の理解、という順序性が明らかになった。さらに、「11の思考進行」には、思考①、思考②、思考③-1による「思考のループ」など、環状や重複、停滞や進展が伴うといった特徴があることが明らかになった。

(3)の教材の特徴をとらえる視点を明らかにするため、次に述べる「問題解決過程の状況に応じた教材の3つの特徴」を顕在化する視点について措定し、これを基に分析した。その視点とは、児童からのアクセスを容易にする単純性（以下、「特徴X」と記す）、相反するような複数の考えを想起させる多様性（以下、「特徴Y」と記す）、問題意識に応じて変形できる柔軟性（以下、「特徴Z」と記す）、である。これに基づいて、連関性がみられる小学校第4学年理科「水の温まり方・冷え方」の授業事例で用いられた教材について分析した。その結果、対象の授業事例で用いられた教材には、上記の3つの特徴が顕在化することが明らかになった。また、特徴Xは児童らの不完全性や矛盾を自覚させる準備に、特徴Yは児童らの不完全性や矛盾を自覚させるように、特徴Zは児童らの不完全性や矛盾を解消させるように、それぞれ機能していたことが明らかになった。

以上により、小学校理科における連関性のある問題解決過程を分析的に明らかにするという目的に対して、その結果は、以下の3点のように整理できる。

- (1) 連関性のある問題解決過程における対話の実態をとらえる視点として、「理科における対話の弁証法的側面を構成する4つのフェーズ」が発現し、推移すること。
- (2) 連関性のある問題解決過程における児童らの思考進行をとらえる視点として、「問題解決過程を往還する11の思考進行の状況」が、おおよその順序性に従って発現すること。
- (3) 連関性のある問題解決過程における教材の特徴をとらえる視点として、「問題解決過程の状況に応じた教材の3つの特徴」が顕在化し、それぞれ、児童らの不完全性や矛盾を自覚・解消させる過程に機能すること。

本研究の特徴として、以下の2点を挙げる。

- (1) 小学校理科における連関性のある問題解決過程に関して，対話の実態，思考進行の状況，教材の特徴，の3つの側面から分析的にとらえたことを明らかにしたこと。
- (2) 連関性がみられる授業事例について，対話の実態をとらえる視点，思考進行の状況をとらえる視点，教材の特徴をとらえる視点，をそれぞれ創出したこと。

序章

研究の背景と問題の所在および研究の目的

序章 研究の背景と問題の所在および研究の目的

第1節 研究の背景

第1項 小学校理科における問題解決の各過程とその連関性

問題解決を通じた学びは、今や小学校の理科学習の中心となっている。その問題解決の過程については、現在、様々に表現されている（例えば、松山, 2017, pp.116–120. 他）。また、文部科学省（2018, p.17）は、「児童が自然の事物・現象に親しむ中で興味・関心をもち、そこから問題を見だし、予想や仮説を基に観察、実験などを行い、結果を整理し、その結果を基に結論を導き出すといった問題解決の過程」としている。そして、文部科学省（2011, p.15）は、問題解決の過程を図 序-1 のように8つの過程で図示している。これらの問題解決の過程は、実際の授業では、1単元に1サイクル、または、数サイクル繰り返されているものと推察される^{註 序-1}。本研究では、一般的な小学校理科における問題解決の各過程を、それぞれ、「問題の把握」、「予想・仮説の設定」、「方法の立案」、「観察・実験の実行」、「結果の整理」、「考察」とし、全体をまとめて「問題解決過程」とする（以下、「問題の把握」、「予想・仮説の設定」、「方法の立案」、「観察・実験」、「結果」、「考察」と記す）。

小学校理科において、児童が問題を解決していく過程は、大きく2つのタイプに分けられる。1つは、自分で問題を見つけ、解決に向けた予想・仮説を立て、立てた予想・仮説が本当にそうであるかを調べる観察・実験を行い、そこから結果を得て、考察を導く、といったように直線的に進むタイプである。もう1つは、結果から直前の観察・実験の方法を検討したり、当初の問題にまで立ち返ったりする、といったように「見直し・振り返り」（角屋・林・石井, 2005, p.92）ながら進むタイプである。

近年では特に、連関性のある問題解決過程が注目されるようになってきている。これに関するこれまでの研究の流れをレビューすると、例えば、角屋ら（2005, p.92）は、「問題解決の過程では、結果の考察の場面だけではなく、あらゆる場面で、自分の考えなどを見直し・振り返ることを繰り返している」と指摘している。

また、角屋（2013, p.55）は、「問題解決過程の各場面では（略）、単に各場面を踏まえるだけでは思考力、判断力、表現力の育成にはつながらない」（（ ）は筆者）とし、問題解

決の各過程同士を互いに往還しながら思考することが重要であることを指摘している。

さらに、阪本・石井・雲財・稲田・角屋 (2020, p.18) は、連関性のある指導とない指導の指導頻度について比較調査した最新の報告で、「問題解決の各過程を連関させた指導は (連関させていない指導に比べて) 行われていない」(() は筆者) ことを明らかにしている。その中で、阪本ら (2020, p.13) は、平成 29 年度告示の学習指導要領 (2018, pp.12-19.) における小学校理科の目標では、問題を科学的に解決する資質・能力を育成すること掲げていることに対して、「問題解決能力の育成には、問題解決の各過程を通した指導に加え、各過程同士が互いに往還しながら連関性をもたせた指導が重要である」と指摘する。

この連関性に関して、角屋・稲田 (2020, p.231) は、その一例を図 序-2 のように示しながら、教師にも研究者にも通じることとして、「問題解決過程の連関性に特に留意する必要がある」と述べている。

これらのことから、連関性のある問題解決過程は重要であること、その指導の際には、問題解決の各過程は分節化せず、常に文脈的にとらえることが必要であることが指摘できる。このような、連関性をもたせた指導のあり方を具体的に検討するためには、連関性のある問題解決過程をまず明らかにする必要がある。

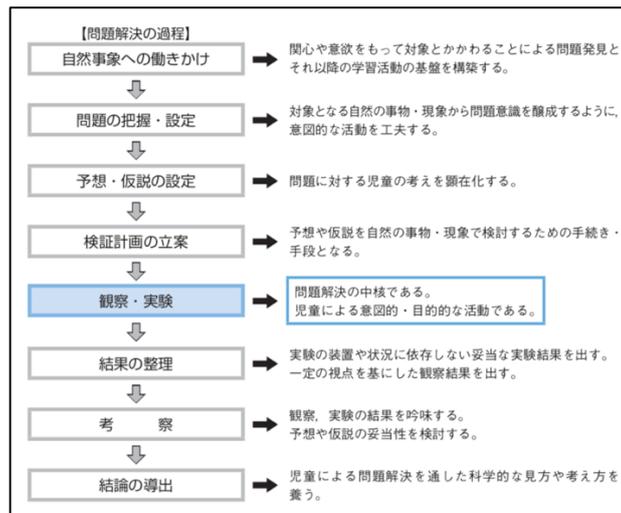


図 序-1 問題解決の過程（一例）

文部科学省（2011, p.15）『小学校理科の観察，実験の手引き』より転載

（実際の授業では，この過程が1単元に1～数サイクル繰り返されているものと推察される。）

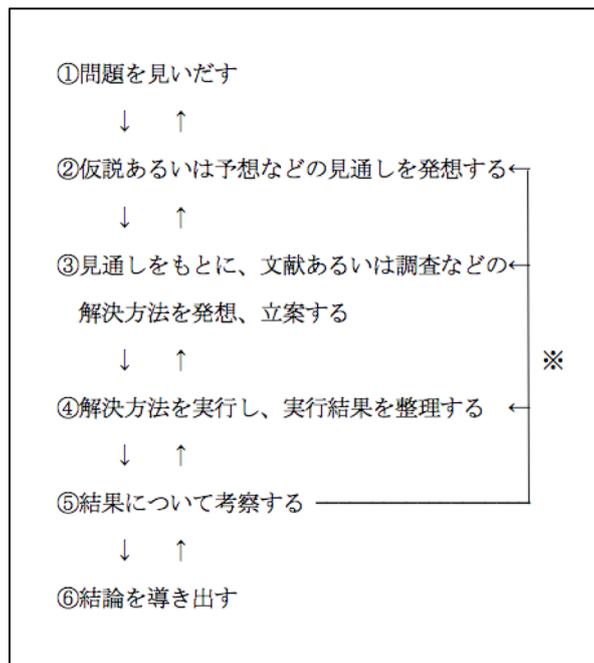


図 序-2 問題解決過程の連関性

角屋・稲田（2020, p.231）より引用

※一例として，実行結果が見通しと一致しなかった場合に，仮説や予想，あるいは，解決方法などを見直すことを図示している。⑥から①や②，③などに戻って再検討する場合など，複数のパターンが考えられる。

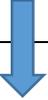
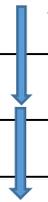
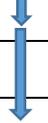
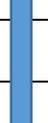
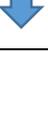
第2項 連関性のある問題解決過程の定義

阪本（2019, pp.13-19.）は、連関性のある指導とない指導の指導頻度について比較調査した際、「連関性有り」を「問題解決過程の中で、ある過程と別の過程と連関をもたせた指導」と規定している。その具体例として、「連関性には①問題の設定という過程と②予想や仮説の設定のように隣接した問題解決過程のみならず、①問題の設定と③観察・実験の構想のように隣接しない問題解決過程の連関も想定する」としている。さらに、「連関性には②予想や仮説の設定と⑤結果の整理のように問題解決過程が進行する方向のみならず、②予想や仮説の設定と①問題の設定のように問題解決過程の前の問題解決過程への連関」や「複数の問題解決過程への連関も想定する」としている。なお、「連関性無し」については、「問題解決過程の中で、それぞれの過程内のみに関する指導、すなわち、ある過程と別の過程とを連関させていない指導」と規定している。

これらの指摘を参考に、本論では、「連関性のある問題解決過程」を「各過程を意味的に往還する問題解決過程」、「問題解決過程の連関性」を「問題解決の各過程の意味的な往還」と定義する。その際、「問題解決過程が進行する方向への連関」、「それ以前の問題解決過程への連関」、「隣接しない問題解決過程への連関」、「複数の問題解決過程への連関」、ならびに、「現時点の問題解決過程のサイクルからそれ以前のサイクルへの連関」等も想定する。その一例を表 序-1 に示す。

上述の連関性のある問題解決過程に関する研究を整理すると、連関性のある問題解決過程とは、例えば、児童らが、仲間の異なる視点からの考えに触れること（対話）によって、それ以前の「予想・仮説の設定」の過程を見直したり、結果を見通し、思考したりして（思考進行）、次の観察・実験の方法を立案して教材に反映させる（教材）などといった、ある種の往還過程である、と言い換えることができる。このことから、連関性のある問題解決過程に関しては、①自分の不完全性や矛盾を自覚できる他者との対話の実態、②問題解決の各過程を往還するような思考進行の状況、および、③問題解決過程の状況に応じた教材の特徴、といった側面から分析的にとらえる必要があると考える。

表 序-1 「連関性のある問題解決過程」の例

問題解決の各過程	連関性の状況（一例）				
	問題解決過程が進行する方向への連関	それ以前の問題解決過程への連関	隣接しない問題解決過程への連関	複数の問題解決過程への連関	現時点の問題解決過程のサイクルからそれ以前のサイクルへの連関
(それ以前の問題解決過程のサイクル) 考察					
問題の把握					
予想・仮説の設定					
方法の立案					
観察・実験					
結果					
考察					
(次の問題解決過程のサイクル) 問題の把握					
	問題から予想や仮説を導いている状況	観察・実験を行いながら、方法の妥当性を振り返っている状況	得られる結果を見通して予想や仮説を設定している状況、あるいは、その逆方向	問題の把握から予想や仮説を導き、同時に次の方法を立案している状況、あるいは、その逆方向	実験の方法を考える際に、それ以前に考察した内容を踏まえている状況

第2節 問題の所在

第1項 連関性のある問題解決過程と対話の実態

第1節において、連関性のある問題解決過程が注目されてきた背景について述べてきた。以下、連関性という視点から、対話の実態について述べる。

理科の学習において、他者と関わりながら協働的^{註序-2}に観察・実験等を行うことの有効性は、これまでに数多く報告されている（例えば、Drive, *et al.*, 1994；湯澤・山本, 2002, 他）。ただ、それは「観察・実験」等、一部の過程だけに限ったことではないであろう。角屋 (2019, p.69) は、児童らは「互いに異なった考え方である予想・仮説や実験方法などを認め合い」、「互いに自分の見通しを確認したり修正したりして、絶えず、他者とかかわりながら、他者と共に科学的により妥当な知を構築」すると指摘する。この指摘からは、「予想・仮説の設定」や「方法の立案」、「観察・実験」等の問題解決の各過程において、他者と対話することによって、児童一人ひとりが、自分の不完全性や矛盾を自覚することができ、歩んできた問題解決過程に修正点を見いだすことが可能となるといったことが示唆される。

一方、心理学の先行研究では、協働的な活動や対話による相互作用は、必ずしもよい結果に結びつくとは限らないことが指摘されている（例えば、Dimant & Bearison, 1991；Howe, *et al.*, 1995, 高垣・中島, 2004, 他）。小林 (2007, p.57) は、「法則の発見において、協同が常に効果的というわけではない」、「協同が効果的であるために必要な働きかけを明らかにすることも重要ではないか」と指摘する。実際、小林 (2007) は、中学生を対象とした実験室的な研究で、どのような条件で「協同」することが法則の発見を促すことに有効であるかについて検討した結果、「仮説評価スキーマ」の教示の下で協働的に探究を行った場合は、教示がなかった場合と比べて、仮説と観察・実験の結果の適合を図る活動や、仮説を棄却する活動が促されることを報告している。この場合の「協同」とは、複数人による仮説の確証や反証を検討する対話場面として置き換えられる。この実験室的な研究に基づくならば、協働的な活動や対話が、必ずしも連関性のある問題解決過程における対話の実態となるわけではなく、連関性がみられる授業事例では、特徴的な様相を示すということが考えられる。

では、連関性のある問題解決過程における対話の実態とはどんなものなのか。

対話については、近年、「主体的・対話的で深い学び」がキーワードの一つとなっており（文部科学省, 2018, pp.76-80.）、小学校理科における対話に関する先行研究も多数ある。具体的には、社会的相互作用が生じた場面における児童や教師の発話分析（例えば、高垣・中島, 2004, Alexander, 2005, 他）、相互交流を促すツールの開発（例えば、山口・稲垣・舟生・疋田, 2002, 他）、協働的に科学概念や知識を構築する理論やモデルの理科授業への援用（黒田・森本, 2011; 後藤・和田, 2019, 他）等である。それらは、教師と児童、児童同士がどのようなコミュニケーションによって科学概念を獲得するかを明らかにしてきたものであるといえる。そして、現在の理科教育では、対話とは、「意見を交換したり、根拠をもとにして議論したりして、自分の考えをより妥当なものにする」（文部科学省, 2018, p.95）資質・能力を協働的に育成するものと結論付けられている。文部科学省（2019）の英語では、対話を、情報の関わりとしての側面を表す「interactive」という言葉でされていることが、このことを端的に示している。

この考えに基づくと、コミュニケーションや意思疎通の方法という側面ばかりが想起され、連関性のある問題解決過程における対話の実態は顕在化しないと考える。この点に関して、寺下（2016, p.36）は、現在の教育実践における対話の問題点として、「哲学的意味が軽視され、コミュニケーションという意思疎通の方法として、その表面的な側面のみが考えられがち」であると指摘する。

文部科学省が示すこの「対話的な学び」は、そもそも、Vigotsky, L. S. や Bakhtin を系譜とする社会的構成主義に立脚した学習論が基盤となっていることは容易に推察される。この学習論において、他者を介在させる対話の意義の一つは、単に知識・概念を獲得するためではなく、あるいは、教室における教師と児童、児童同士のコミュニケーションを促すためだけでなく、他者との対話を通して自己のアイデンティティの形成を果たすことにあった。この点に関して、森本・滝口・八嶋（1999, p.45, p.47）は、理科教育を対象とした社会文化的なアプローチの過程を説明するキーワードとして「対話」を取り上げている。そして、教授・学習過程における対話の意味として、「学習者一人ひとりの関係性に基づく意味の構成と、その構成過程への参加意識に基づくアイデンティティの形成」に着目している。

このような自己のアイデンティティの形成を果たすような対話を、理科の学習における対話に置き換えるならば、例えば、児童らが、絶えず自他の思考を相対化しながら、相手の良さや自らの不完全さに気付くとともに、それを契機として新たな価値を共創する、と

いった一連の文脈をもつ対話が必要と考えられる。

また、鵜殿（2018）は、学習指導要領の「対話的な学び」を裏打ちする哲学的な理解を探るべく、ソクラテスの対話術（dialogue）に遡って検討し、論理的な推論を導く対話の機能や人格形成に関わる対話の機能等について論考している。ここでの対話とは、今日の弁証法的な対話と考えられる。弁証法的な対話には、正・反・止揚・合に代表される4つのフェーズ移行がある。その特徴として、自己の不完全性を何度も自覚することを繰り返しながらも、真実・真理には着実に近付いていく、といったことが挙げられる。具体的には、弁証法的な対話では、例えば、それまでの考えに自信をもっていた自分が（正）、異なる結果に至った他者の存在によって、自らの観察・実験の方法の不完全さに気付いたり、自らの問いや仮説との矛盾に出会って謙虚に見直したりすることで（反）、新たな視点を獲得しながら（止揚）、より妥当な科学的概念を創造する（合）、といった実態が伴うものと考えられる。

とりわけ、科学的な手続きによって問題を解決する能力を育成する理科教育においては、自らの不完全性を自覚しながら真実・真理は何かを問い返すといった弁証法的な側面が機能していると考えられる。こうした点からみれば、連関性のある問題解決過程における対話には、弁証法的な側面が重要であることが示唆される。

以上、これまで述べてきたように、連関性のある問題解決過程の重要性が指摘され、同時に、文部科学省が「対話」をキーワードに挙げている中で、その両者をつなぐ、すなわち、連関性のある問題解決過程における対話の実態に関する知見は、これまでのところほとんど得られていないのが現状であるといえる。

第2項 連関性のある問題解決過程と思考進行の状況

以下では、連関性という視点から、児童らの思考進行の状況について述べる。

これまでの先行研究では、問題解決における児童の思考進行の状況は、それぞれの過程ごとに分節的に明らかにされてきた。例えば、「問題の把握」の過程に関わる思考進行について、小暮・小倉（2018）は、「『見つける』ことが表現できる状態」、「『わかる』ことが表現できる状態」、「『疑問に思う』ことが表現できる状態」、「『疑問に思う』ことが理科的な問題解決手法によってこれから追究可能な問題の形式で疑問が表現されている状態」と段階的にとらえている。同様に、吉田・川崎（2019）は、疑問から問いへ変換する際の思考の順序性として、主に「問題状況の確認→既有知識の想起→要因の検討→仮説の形成→問いの設定」を辿ることを確認している。

また、「予想・仮説の設定」の過程に関わる思考進行については、中村・松浦（2018）は、仮説設定における思考過程について、大学生・大学院生を対象とした面接調査を行い、仮説設定に共通してみられる思考過程として、おおよそ、A. 問題状況の理解、(B. 目標・方向性の確認、*ただし、B を経ない場合がある) C. 変数の同定、D. 因果関係の認識、(E. 仮説の批判的検討 *ただし、E は出現回数が少なく共通した思考過程としては抽出しない)、F 仮説の表現といった過程を辿ることを示している。なお、先述の吉田ら（2019, p.191）は、中村・松浦（2018）の研究を引用し、「直線的な思考 A~D の思考の順序性は、表現の仕方や思考内容を区分する箇所等多少の差異点はあるものの、思考内容およびその順序性自体は仮説形成の際の思考過程とほぼ同様である」と述べている。

さらに、「考察」の過程に関わる思考進行については、中込・加藤（2019）は、知識を俯瞰する行為に着目して、その行為としての思考プロセスを詳細にとらえた。具体的には、中学校理科の授業において、実験結果を比較し、科学的な一般的特性を見出していく場面での個人のワークシートやグループワークでの記述、インタビュー調査をもとに、俯瞰する行為における思考プロセスをとらえた。その結果、①自分の知識構造の確認、②関連づける対象の把握、③観点・規準を用いた比較、④共通性や一般的特性の見出し、⑤原理の理解に至ることを示した。なお、思考③から思考④へはすぐに到達せず、思考①～思考③の「思考のループ」が存在すると指摘している。

これらの思考進行に関する研究は、問題解決のそれぞれの過程ごとに分節的に明らかにしてきたものといえる。ただ、第1節、第1項において、角屋（2013, p.55）が、「問題解

決過程の各場面では（略）、単に各場面を踏まえるだけでは思考力、判断力、表現力の育成にはつながらない」（（ ）は筆者）と指摘していることを踏まえると、今後は、問題解決の過程ごとに分節的に明らかにされてきた思考進行に加えて、連関性のある問題解決過程における一連の思考進行の状況を明らかにすることが求められる。連関性がみられる授業事例における思考進行の状況には、これまでの分節的な分析では潜在していた様相が顕在化すると考えられる。

では、連関性のある問題解決過程における思考進行の状況とはどんなものなのか。

そこで、小学校理科の問題解決の複数の過程に関わっている思考進行について先行研究を調査した。その結果、雲財・松浦（2014）は、科学的推論を「理論から証拠への推論」、
「証拠から理論への推論」、「思考過程を吟味する推論」という3つの側面に分けてとらえている。これは、問題解決過程の、主に「結果」から「考察」の過程といった複数の過程に関わる思考進行をとらえているものといえる。

また、中村・松浦（2019）は、理科の問題解決における条件制御能力に影響を及ぼす要因について考察を行った。その結果、特に条件制御を扱う授業においては、「教師との関わりによるメタ認知」や「認知欲求」が、自分自身の思考を振り返らせることに有効であると述べている。このことは、例えば、問題解決過程の、主に「考察」から「方法の立案」の過程に立ち返る状況などにおいてみられる思考進行を示唆するものと考えられる。

さらに、角屋・山根・西内・雲財・稲田（2018, p.155）は、思考力・判断力・表現力を育成する学習指導が具備する条件として、問題解決の各過程を成立させている「すべ」に着目している。とりわけ、「問題解決過程を振り返る」という場面においては、「最初の問題と、今まで得た実験事実を関係づけて整理するという『すべ』を適用することから、問題解決の全過程についてその整合性について振り返りを行っている」とする。このような「すべ」を、児童らが問題解決過程の中で適用する際には、例えば、現時点の過程における自分の考えを見直して振り返ったり、次にいずれかの過程に向かうための新たな視点を得たりする、往還的な思考進行が顕在化すると考えられる。

以上、これまで述べてきたように、問題解決の各過程、あるいは複数の過程に関わる思考進行が分節的に存在することが示唆されるものの、それらを文脈的につなぐ一連の思考進行、すなわち、連関性のある問題解決過程における思考進行の状況については、これまでのところほとんど明らかになっていないのが現状であるといえる。

第3項 連関性のある問題解決過程と教材の特徴

以下では、連関性という視点から、教材の特徴について述べる。

これまでの教材の多くは、児童らが科学の原理・原則を獲得しやすくしたり、児童らの概念変容が促進されたりするように工夫されてきた（例えば、高垣・田爪・降旗・櫻井，2008，他）。これらは、例えば、問題解決の「問題の把握」の過程で児童らに問いをもたせたり、「観察・実験」の過程で児童らが適切な試行活動ができるようにしたりする等、各過程において有効に機能する教材だといえる。その一方、そこには、連関性のある問題解決過程における教材の特徴は見いだせない。連関性がみられる授業事例において用いられた教材には、これまでの教材を分析する視点では明らかにならなかった特徴がみられることが推察される。

では、連関性のある問題解決過程における教材にみられる特徴とはどんなものなのか。

第2節，第1項でも述べてきたように、連関性のある問題解決過程における対話には、正・反・止揚・合に代表されるような弁証法的な側面が重要であることが示唆される。その場合、特に重要なのは、児童が自らの不完全性や矛盾に出会って、自らの考えや取り組みを謙虚に見直す局面であろう。従って、連関性のある問題解決過程における教材には、まず、児童らに不完全性や矛盾を自覚させるといったことが必要になると考えられる。教育実践の分野においてこの矛盾は、「コンフリクト」とも呼ばれ、協働的、対話的な学びが成立する要因の一つとして考えられている（例えば、高垣・田爪・清水，2006，p.24，他）。

このコンフリクトを生成する教材に着目した先行研究は多数ある^{註序-3}。例えば、高垣ら（2008）は、先行概念から科学概念へと変容する過程において、認知的葛藤の生成と解消の場を意図的に設けた「コンフリクトマップ」を用いて、高校物理「波の性質」の学習でその効果の検証を試みた。そして、この教授方略が、生徒たちの波の先行概念の変化を促す手掛かりとして機能することを示した。その他、「コンフリクトマップ」や、それを発展させた「コンフリクトドキュメント」、「コンフリクトシート」（清水・實川，2014；松田・溝邊，2015；福嶋・片平，2004；加藤・本澤，2006）等の先行研究があり、いずれも、認知的葛藤を誘発し、素朴概念の修正につながるような教材として紹介されている。

このような、素朴概念を科学的な概念へと変容を促す方略には、他にも、3DCG等の動画モデルや、自分の考えを自分の言葉で表現した自己生成アナロジーモデル、概念を拡張する演示実験等の道具立てを用いること等がある。（高垣・田原，2005；高垣・田爪・松瀬，

2007；高垣・田爪,2008)^{註序-4}。そして、具体的事象と思考を媒介する道具立て、すなわち、アナロジーや映像、演示実験等による教材を用いた介入が、認知的葛藤を解消する役割を果たすことに有効であることが明らかにされている。

ただ、これらの多くの事例において、教師が用いる教材の役割は、「思考のガイダンス」(高垣ら,2005,p.559；高垣ら,2008,p.73)とも呼ばれ、やや説明的な指導の要素が強い。このような教師の介入方略については、「授業者は児童に視点の転換を誘導したのではないか、(略)授業者は児童に知識を伝達してしまっているのではないか」(高垣・田爪・清水,2006,p.32)と指摘されている(()は筆者)。つまり、学習者の問題解決過程の文脈にかかわらず、コンフリクトを生起させるために、教師から教材が投入されるという側面があるといえる。このことから、単に具体的事象の理解が深まる教材を提示すればよいわけではないことが示唆される。

このようなコンフリクトの生成プロセスについて、小野沢(2016,p.47,p.56)は、『コンフリクト』は、教師が意図的に生起させ、それを(学習者が)解消するという一連のプロセスを経る」(()は筆者)と、その教材の分節的な投入について問題点を指摘する。そして、『コンフリクト』の生起に伴い、教師と子どもの協働参加の仕方が変化し、それに付随して教材も発展していく」ことの重要性を述べている。

これらの考え方に基づくならば、連関性がみられる授業事例で用いられた教材は、児童らの問題解決過程の状況に応じた特徴を具備していたと考えられる。しかしながら、連関性のある問題解決過程における教材の特徴については、ほとんど明らかになっていないのが現状であるといえる。

第3節 小学校理科における連関性のある問題解決過程に関する先行研究

以上を踏まえると、連関性をもたせた指導のあり方を具体的に検討するためには、まず、連関性のある問題解決過程を分析的に明らかにする必要がある。このため、小学校理科における連関性のある問題解決過程という視点から授業事例を分析した研究について、国内外の理科教育に関する主要な学術誌を調べた。具体的には、『理科教育学研究』の1999年 Vol.40, No.1～2020年 Vol.60, No.3., 『日本教科教育学会誌』の1999年 Vol. 22, No.3～2020年 Vol.43, No.1, 『科学教育研究』の1998年 Vol.22, No.4～2020年 Vol.44, No.2, “Journal of Research in Science Teaching”の2006年 Vol.43, No.1～2020年 Vol.57, No.7, “Science Education”の2006年 Vol. 90, No.1～2020年 Vol.104, No.5である。その結果、このような視点から分析した研究は、管見の限りみられないようである。

第4節 研究の目的

今まで述べてきた背景をもとに、本研究は、小学校理科における連関性のある問題解決過程を分析的に明らかにすることを目的とした。この目的を達成するために、次の3つの具体的目標を設定した。

- (1) 連関性のある問題解決過程における対話の実態をとらえる視点を明らかにする。
- (2) 連関性のある問題解決過程における思考進行の状況をとらえる視点を明らかにする。
- (3) 連関性のある問題解決過程における教材の特徴をとらえる視点を明らかにする。

第5節 研究の方法と章構成

第4節で示した3つの具体的目標を達成するために、本研究では、次の手続きをとる。

まず、手順の第一では、連関性のある問題解決過程における対話の実態をとらえる視点について明らかにする。その場合の対話とは、単に情報交換としての *interactive* 的側面だけではなく、そもそもの哲学的な意味を加味した弁証法的な対話としてみる必要がある。そこで、対話の実態の分析にあたっては、弁証法の正・反・止揚・合という4つのフェーズに着目した分析の視点を措定して分析に用いる。その際、教育原理的な視点から対話的な学びについて吟味した金子(1976)、寺下(2016)、富山大学教育学部附属小学校(1979)、鵜殿(2018)を参考にする。これに基づいて、連関性がみられる小学校理科の授業事例を分析し、各フェーズに相当する発話プロトコルがみられるか否かを検証する。

手順の第二では、連関性のある問題解決過程における思考進行の状況について明らかにする。その場合の思考進行の状況は、これまで問題解決の過程ごとに分節的にとらえられてきた思考進行だけでなく、それらを文脈的につなぐ一連の思考進行としてみる必要がある。そこで、思考進行の状況の分析にあたっては、これまで、中込・加藤(2019)、中村・松浦(2018)、吉田・川崎(2019)らが、分節的に明らかにしてきた思考進行を参考に、連関性のある問題解決過程における一連の思考進行の状況をとらえる分析の視点を措定し、分析に用いる。これに基づいて、連関性がみられる小学校理科の授業事例を分析し、それらに相当する発話プロトコルがみられるか否かを検証する。

手順の第三では、連関性のある問題解決過程における教材の特徴について分析する。連関性のある問題解決過程における教材は、単に、科学の原理・原則や概念を獲得するために投入される教材ではなく、問題解決過程の状況の応じた教材であることが推察される。そこで、連関性のある問題解決過程における教材の特徴を分析するにあたっては、小野沢(2016)らの指摘を参考に、教材の特徴をとらえる分析の視点を措定して分析に用いる。これに基づいて、連関性がみられる小学校理科の授業事例で用いられた教材を取り上げて、それらに相当する特徴がみられるか否かを検証する。

以上のような研究の手順に従って、次のように論文を構成した。第1章では、具体的目標の(1)連関性のある問題解決過程における対話の実態をとらえる視点について明らかにした。第2章では、具体的目標の(2)連関性のある問題解決過程における思考進行の状況をとらえる視点について明らかにした。第3章では、具体的目標の(3)連関性のある問題

解決過程における教材の特徴をとらえる視点について明らかにした。そして、終章において、各章から得られた結果に基づいて最終結論と研究の成果，ならびに，残された課題と今後の展望について述べた。

第 1 章

連関性のある問題解決過程における対話の実態

第1章 連関性のある問題解決過程における対話の実態

第1章では、まず、連関性のある問題解決過程における対話の実態には、そもそもの哲学的な意味を加味した弁証法的側面が現れる可能性があることを指摘する。そのうえで、連関性がみられる授業事例の発話プロトコルを取り上げて、そこに対話の弁証法的側面が発現しているか否か、もし発現しているとすればそれほどのように推移しているかについて分析する。その結果をもとに、連関性のある問題解決過程における対話の実態をとらえる視点について明らかにする。

第1節 対話の実態の分析方法

第1項 弁証法的側面から対話を分析する視点

序章において、連関性がみられる授業事例では、異なる視点をもつ他者との対話に注目することが必要であることを指摘した。その場合の対話とは、単に情報交換としての *interactive* 的側面だけではなく、そもそもの哲学的な意味を加味した弁証法的な対話としてみる必要があることを述べた。

この点について、教育実践の文脈から教育原理的な対話について論考した鶴殿（2018, pp.20-21.）は、対話の営みをソクラテスの「産婆術」に重ねて説明している。これはすなわち、哲学上の議論の枠組みとしての弁証法を教育実践に導入しているもの、と解釈できる。鶴殿（2018）の記述を具体的に当てはめていくと、「誰かに吟味の素材となる直観的な思い込みを生み出してもらい」という例えは弁証法の「正」に相当するものであり、その後の「直観と論理との協働と往還によって」という記述は「反」あるいは「止揚」、 「真理を生み出す」という記述は「合」といったふうに、対話の弁証法的側面の各フェーズにそれぞれなぞらえているのにほかならない。つまり、弁証法的側面の発現が教育実践の場においてもみられる可能性があることを、鶴殿（2018）は指摘している。

また、弁証法的側面を踏まえて対話的思考について考察した金子（1976, p.5, p.34, p.35, p.46, p.80, p.82）の記述も同様に解釈し直すことができる。すなわち、「対話の中には予想しがたいできごととの邂逅、新しい事態の発見と伸展、さらに予想を超えた帰結とがひそんでいる」というのは「反」や「止揚」のことであり、「対話自体がわれわれを導き、当初

の予想に反して、まったく新しい局面を拓き、新しい真実の姿を発見するように導いている」というのは「止揚」や「合」のことを指している。また、この一連の過程では、独話的だった発話が相互的な発話になると指摘している点などは、弁証法的側面の発現過程を見いだす教育実践上の観察ポイントとして参考になる。

さらに、対話的思考による学習過程については、富山大学教育学部附属小学校（1979, pp.15-30.）が「関係的位置を自覚する5つの節」を提案している。これについても上記と同様に弁証法的側面になぞらえて再解釈すると、それぞれ、以下のように位置付けることができるだろう。すなわち、提示された事象から一人一人が自分の視点や考えをもつ「視点をさぐる」節や、「視点をもつ」節は「正」に、他者との異同に気づき、曖昧さや不完全さを自覚して立ち止まり、謙虚になって考えを見直す「関係的位置の設定・変換」の節は「反」や「止揚」に、問題点を見極めて解決活動へ強く動機付けられる「関係的位置の確認」の節は「止揚」や「合」に、そして、再び新たな問題の解決に向けて活動する「問題へのとり組み」の節は「合」に位置付けられる。つまり、ここでは、一般的な問題解決的な学習過程が、弁証法的側面を踏まえた対話的思考と関連付けて、「節」という段階として示されているものと考えられる。

以上から、連関性のある問題解決過程における対話には、そもそもの哲学的な意味を加味した弁証法的側面が現れることは明らかであろうと考えられる。ただし、上記で紹介した先行研究は、必ずしも弁証法的側面を明示的に意識して授業事例を分析していたわけではなく、分析の視点も弁証法的側面の各フェーズをあぶり出すような手法を採っていたわけでもない。そこで以下では、まず、弁証法の構成要素である正・反・止揚・合の4つのフェーズを明確に定義する。そして、問題解決過程の連関性がみられる授業事例において、それらに相当する発話プロトコルがみられるか否かを分析していく。

第2項 対話の弁証法的側面を構成する4つのフェーズ

連関性のある問題解決過程における対話の実態をとらえる視点について明らかにするために、以下に示す「理科における対話の弁証法的側面を構成する4つのフェーズ」を措定した（以下、「4つのフェーズ」と表す）。以下に、本研究における「4つのフェーズ」の定義についてそれぞれ述べる。

まず、弁証法の構成要素について、本研究では、前項の指摘を踏まえて、それぞれ、正：児童自身の考えの表出、反：他者との関わりを契機とした自らの不完全性や矛盾の自覚、止揚：前提を拡張・発展させるような視点の確認、合：より高次の概念や真実・真理の創造、のように定義した。これらを連関性のある問題解決過程に援用すべく、それぞれのフェーズごとに次のような状況を想定した。

正：児童自身の考えの表出のフェーズでは、例えば、「予想・仮説の設定」の過程では、当初の予想や直観的な類推等が表出したり、「考察」の過程では、自分の観察・実験の結果を主な根拠とした思い込みや考えが生み出されたりする状況になることを想定した。

反：他者との関わりを契機とした自らの不完全性や矛盾の自覚のフェーズでは、例えば、「予想・仮説の設定」の過程では、当初の予想に反する意見やできごとに出会ったり、「考察」の過程では、それまでの観察・実験の方法に対して不完全性を自覚したりして、それまでの前提を拡張・発展させる用意がなされる状況になることを想定した。

止揚：前提を拡張・発展させるような視点の確認のフェーズでは、例えば、「予想・仮説の設定」の過程では、新たな視点を得て自他の考えを互いに見直したり、「考察」の過程では、再び「方法の立案」の過程に戻って次の観察・実験の方法を提案したりして、前提を拡張・発展させる状況になることを想定した。

合：より高次の概念や真実・真理の創造のフェーズでは、例えば、「予想・仮説の設定」の過程では、新しい視点から次の予想・仮説を形成したり、「考察」の過程では、互いの合意を得たり、新しい真実・真理を発見して科学的な概念を形成したりする状況になることを想定した。

以上、前項の指摘を踏まえて定義した「理科における対話の弁証法的側面を構成する4つのフェーズ」を表1-1に示す。

表 1-1 理科における対話の弁証法的側面を構成する 4 つのフェーズ

対話の弁証法的側面を構成する 4 つのフェーズ	主な発話	理科の問題解決過程で想定される状況
正： 児童自身の考えの表出	主に独話的な発話	当初の予想や直観的な類推，自分の経験や観察・実験の結果等を主な根拠とした思い込みや考え等が生み出される状況。
反： 他者との関わりを契機とした自らの不完全性や矛盾の自覚	主に相互的な発話	当初の予想や考えに反する意見やできごとに出会い，不完全性を自覚し，前提を拡張・発展させる用意がなされる状況。
止揚： 前提を拡張・発展させるような視点の確認	主に相互的な発話	新たな視点を発見し，協働と往還によって見直しを図り，次の局面を開拓して，前提を拡張・発展させる状況。
合： より高次の概念や真実・真理の創造	主に相互的な発話	新たな問いの把握や予想・仮説の形成をしたり，互いの合意を得たり，新しい真実・真理を発見して科学的な概念を形成したりする状況。

金子（1976），寺下（2016），富山大学教育学部附属小学校（1979），鶴殿（2018）を参考に筆者作成

第3項 各フェーズの発話タイプ

分析に先立って、関連性がみられる授業事例における「4つのフェーズ」の発現と推移を分析するために、主な発話プロトコルを作成する。その際、比較的对話的な学びの場となる「予想・仮説の設定」、および、「考察」の両過程で想定される発話を類型化した。なぜなら、「予想・仮説の設定」、および、「考察」の過程は、各過程のなかでも対話によって児童の考えが表出されたり、変容したりすることが顕著に起きる過程であると考えられるからである。以下に具体的な手順について述べる。

まず、VTR 1台と記録者 2名による一斉授業の全体記録から、主な発話を抽出してプロトコルを作成した。その際、繰り返しや言い直し、口ごもり、やや冗長な説明等、発話の主旨や授業の流れ等に影響しない発話については省いてスクリーニングした。これらの発話プロトコルをもとに「4つのフェーズ」に基づいて以下のように類型化した。

正：児童自身の考えの表出のフェーズでは、児童らは、当初の予想や考えとその根拠という関係で発話するであろうという想定した。それに基づき、当初の予想や考えの前提となっている既習事項や経験、あるいは観察・実験等の当初の条件を「独立命題」とし、その条件に従属した説明を「従属命題」とした。そして、このような「独立命題」+「従属命題」の発話を「発話タイプ A」とした。

反：他者との関わりを契機とした自らの不完全性や矛盾の自覚のフェーズでは、児童らは、当初の予想や考えに反するできごとに出会って考えを見直し、新たな問題や解決方法について発話するであろうと想定した。それに基づき、児童自らの発想や再定義によって新たに提案されたり、拡張されたりした条件を「新たな拡張命題」とし、その新たな条件に従属した説明を「新たな従属命題」とした。そして、このような「新たな拡張命題」+「新たな従属命題」の発話を「発話タイプ B」とした。とりわけ、それまで独話的に主張していた発話が、相互的な発話になる契機となった最初の発話を B1 とする。

止揚：前提を拡張・発展させるような視点の確認のフェーズでは、児童らは、B1 の発話を受けて、それをさらに拡張するように新たな問題や解決方法について相互的に発話するであろうと想定した。従って、このフェーズでみられる発話は、同じく「新たな拡張命題」+「新たな従属命題」の「発話タイプ B」と考えられる。ただし、上記の B1 の発話と区別し、それに続いて拡張されていく発話を Bn としてする。

合：より高次の概念や真実・真理の創造のフェーズでは、児童らは、次の「方法の立案」

や「問題の把握」の過程等に向けて見通しをもった発話をするであろうと想定した。それに基づき、次の活動に向けた検証可能な提案を「目的命題」とし、これを「発話タイプ C」とした。

例えば、発話例 1「空気くんは苦しいんだけどもうちょっとで飛ぶから、飛んだらまた楽になる。」の場合、「(空気くんは) 飛んだら」/ また楽になる」と分節化した。そして、「飛んだら」は、発話者の考えの前提となる条件、つまり「独立命題」であり、「また楽になる」は、その条件下において発話者が説明した「従属命題」と解釈した。従って、発話例 1 は、「独立命題」+「従属命題」の発話タイプ A と判断した。

発話例 2「『限界はどこだろうか?』、だから飛ぶ飛ばないじゃなくて。一回でも半分より下になったってことは、限界は半分より下になっちゃうよ。」の場合、「(そもそも) 飛ぶ飛ばないではなくて / 一回でも下になったのなら限界は下(ではないか)」と分節化した。そして、「飛ぶ飛ばないではなくて」は、児童自らが、そもそもの問題に立ち返って新たに再定義した条件、つまり「新たな拡張命題」であり、「一回でも下になったのなら限界は下」は、その新たな条件下において発話者が説明した「新たな従属命題」と解釈した。従って、発話例 2 は、「新たな拡張命題」+「新たな従属命題」の発話タイプ B と判断した（相互的な発話になる契機となった最初の発話であるため B1）。

発話例 3「『もう一回確かめたいカード』だね。」の場合、「(ぼくは) / 確かめたい」と分節化した。これを、次の「方法の立案」の過程に向けて検証可能な提案を行った「目的命題」と解釈し、発話タイプ C と判断した。

以上の手順によって作成した「理科における対話の弁証法的側面を構成する 4 つのフェーズの発話タイプ」を表 1-2 に示す。なお、発話の類型化と判断に際しては、理科教育を専門とする研究者 3 名と実践者 1 名で行った。

表 1-2 理科における対話の弁証法的側面を構成する4つのフェーズの発話タイプ

理科における対話の弁証法的側面を構成する4つのフェーズ	発話タイプ		具体的な発話の例
フェーズ1 正： 児童自身の考えの表出	発話タイプA	「独立命題」 ・前提となる命題 ・既習事項や経験等	～のときは ～してみたら
		「従属命題」 ・根拠となる事実の説明 ・イメージ等を伴う説明等	～だった, である ～な感じだ, みたいだ ～ではないか
フェーズ2 反： 他者との関わりを契機とした自らの不完全性や矛盾の自覚	発話タイプB	B1 「新たな拡張命題」 ・新たな発想や再定義 ・新たな提案等	～ではなくて もし～だとすると そもそも～だ 言われてみると確かに～
		B1 「新たな従属命題」 ・根拠となる事実の説明 ・イメージ等を伴う説明等	～だった, である ～な感じだ, みたいだ ～ではないか
(相互的な発話になる契機となった最初の発話は B1)			
フェーズ3 止揚： 前提を拡張・発展させるような視点の確認	発話タイプB	Bn 「新たな拡張命題」 ・新たな発想や再定義 ・新たな提案等	～ではなくて もし～だとすると そもそも～だ 言われてみると確かに～
		Bn 「新たな従属命題」 ・根拠となる事実の説明 ・イメージ等を伴う説明等	～だった, である ～な感じだ, みたいだ ～ではないか
(B1 に続いて拡張されていく発話を Bn として区別)			
フェーズ4 合： より高次の概念や真実・真理の創造	発話タイプC	「目的命題」 ・次の活動に向けた見通し ・検証可能な提案等	～を確かめてみたい ～こんな実験をしよう

第2節 発話プロトコルにみられる対話の弁証法的側面

第1項 サンプリング事例の選定：第4学年「とじこめた空気」

連関性がみられる授業事例において、第1節、第2項で示した「4つのフェーズ」の発現と推移について分析するために、その対象として、2005年5月～6月に、A小学校第4学年2組の児童39名を対象に一斉の授業形態で行われた、単元「とじこめた空気」^{註1-1}のうち、6/7時をサンプリング事例として選定した。本授業事例では、問題解決過程の「予想・仮説の設定」からそれ以前の「問題の把握」の過程、ならびに、「考察」からそれ以前の「観察・実験」の過程へ関連した状況が同じ一単位時間内でみられた。

具体的には、前半約0～13分間の時間帯においては、空気の縮む限界の位置について多様な予想や仮説を出し合う児童らが、そもそも限界の位置がいくつも存在することに疑念を抱いて当初の問題に立ち戻る様子がみられた。つまり、この時間帯は、問題解決の「予想・仮説の設定」からそれ以前の「問題の把握」の過程へ関連した場面だといえる(以下、「授業事例1-1」と)。また、後半約27～39分間の時間帯においては、児童らが、ビーチボールに予想以上の空気が入った結果について多様に考察し合ううちに、異なる種類のポンプや形の変わるボールを用いた実験の方法に着目して見直していく様子がみられた。つまり、この時間帯は、問題解決の「考察」からそれ以前の「方法の立案」の過程へ関連した場面だといえる(以下、「授業事例1-2」と)。これらのことから、サンプリング事例としてふさわしいと判断した。

発話プロトコルの作成については、VTR1台と記録者2名による授業の全体記録から主な発話を抽出した。その際、繰り返しや言い直し、やや冗長な説明等、発話の主旨や授業の流れ等に影響しない発話については省いてスクリーニングした。

本単元「とじこめた空気」の全体進行をまとめると表1-3のようになる。本単元は、児童らが、「圧縮した空気によってペットボトルをできるだけ遠くに飛ばすこと」を主たる活動として実施された。本時に至るまでの児童らの学習の経緯は、おおよそ以下のようなものであった。まず、児童らは、容器にポンプで空気を送るとペットボトルがロケットのように飛び出す事象に興味を引かれた(1/7時)。児童らが、ペットボトルをできるだけ遠くに飛ばそうと試行錯誤をする中でよく飛ぶ理由について考え始め(1/7～2/7時)、「移動する空気説」や「縮む空気説」等の各説をもち始めた(3/7時)。互いの考えの異同に

触れた児童らは、押す方向と飛び出す方向を調べる新たな解決方法や、空気が縮んで元に戻ろうとするといった独自のイメージをつくりだし (4/7時)、やがて「空気を『限界』まで押し縮めよう」とさらに活動をし始めた (5/7時)。

表 1-3 単元「とじこめた空気」の全体進行（全7時間）

時	主な学習活動や学習課題
1・2	ペットボトルロケットを飛ばそう。
3・4	空気は縮んだのか？それとも移動したのか？
5	ペットボトルロケットをもっと遠くに飛ばそう。
6（本時）	空気はどこまで縮められるのだろうか？
7	反対に空気は伸びることもあるの？水だったらどうなるの？

第2項 「予想・仮説の設定」からそれ以前の「問題の把握」の過程へ関連した場面

「4つのフェーズ」の発現と推移を具体的に分析するにあたっては、授業事例1-1の「予想・仮説の設定」からそれ以前の「問題の把握」の過程へ関連した場面、および、授業事例1-2の「考察」からそれ以前の「観察・実験」の過程へ関連した場面とに分けて分析した。表1-4に授業事例1-1における主な発話プロトコルとその類型化の実例を示す。

表1-4のプロトコル1「空気砲だったらそうなった」～プロトコル7「空気くんは苦しいんだけど」までの発話では、空気が縮む限界の位置について、自分の観察・実験や先行経験等から得た様々な情報をもとに直観的な類推をしている。これらには、既習事項や経験、観察・実験等、当初の考えの前提となる条件である「独立命題」と、それに伴う説明としての「従属命題」という関係で発話している状況がみられる。従って、これらの発話は、発話タイプAに該当する。

次のプロトコル8「飛ぶ飛ばないじゃなくて」の発話では、児童が、そもそもの問題について立ち戻ろうとしているのがわかる。つまり、児童自らによる新たな発想や再定義によって拡張された条件「新たな拡張命題」と、それに対する説明としての「新たな従属命題」という関係で発話している状況がみられる。従って、この発話は、最初に自立的に立ち止まった発話タイプB1に該当する。

続くプロトコル11「空気もれをしている可能性はあるし」の発話では、プロトコル8を受けて、自らも空気もれの可能性について言及していく状況がみられる。つまり、B1の発話を受けて、それをさらに拡張するように発話している状況である。従って、これらの発話は、発話タイプBnに該当する。

その直後に、プロトコル12「もう一回確かめたい」、プロトコル13「うん、実験しよう」という発話が続く。これは、次の活動に向けて見通しをもった状況であるといえる。従って、これらの発話は、発話タイプCに該当する。

表 1-4 授業事例 1-1 における主な発話プロトコルとその類型化

No.	主な発話プロトコル	類型化
T1	限界は半分くらいまでかなと思う人？（約 23 名）	
T2	ぐ～っと下まで行くと思う人？（約 15 名）	
1	a 児：空気砲だったらそうだった。	A
2	b 児：半分より上の上。そこで限界だったもん。	A
T3	「限界」っていっぱいあるのかなあ。	
3	c 児：空気砲でやってみたらたまには半分より上とか下にいったけど半分の方がよく飛ぶことが多かった。	A
4	d 児：半分より上とか下だったらあまりよく飛ばなくて…	A
T4	そのとき空気くんはどうだった？	
5	d 児：半分より上は、ちょっと苦しい…	A
6	c 児：半分だったら空気くんは苦しくて、半分より上とか下だったら、もうちょっとで苦しくなるぞっていう合図。	A
7	e 児：空気くんは苦しいんだけどもうちょっとで飛ぶから、飛んだらまた楽になる。	A
T5	f 児さんは反対？	
8	f 児：「限界はどこだろうか？」だから、飛ぶ飛ばないじゃなくて。一回でも半分より下になったってことは、限界は半分より下になっちゃうよ。	B1
T6	f 児さんはどこが限界だと思っているの？	
9	f 児：私の場合は半分くらいまでしかいかなかったから、半分。	Bn
T7	そのとき空気くんはどんな感じなの？	
10	f 児：もうだめ～って感じ。限界だから「もうだめ」がたくさんいるかもしれない。100 個くらい。すごいたくさん。	A
11	g 児：半分より上に行く場合も下にいく場合もあるんだったら、限界はそのときによって変わると思う。いつでも半分でなくて。半分より上だったら、まずもれてるってことはあり得ないし、半分より下だったら、空気もれをしている可能性はあるし。	Bn
12	h 児：「もう一回確かめたいカード」だね。	C
13	i 児：うん、実験しよう！もう一回確かめたい！確かめたい！	C
T8	ここらへん、ちょっとあやしいね。	
	（各自、空気もれを確かめる実験へ）	

T は教師の発話

第3項 「考察」からそれ以前の「観察・実験」の過程へ関連した場面

授業事例1-2では、「考察」からそれ以前の「観察・実験」の過程へ関連する状況がみられた。表1-5に、授業事例1-2における主な発話プロトコルとその類型化の実例を示す。

表1-5のプロトコル14「私は今の実験からみて」～16「ぼくも一緒に、縮むということは」までの発話では、児童らは、ビーチボールが膨らんで割れたという経験や事実に基づいた考えを表出している。これらには、観察・実験の結果に基づいた考えの前提としての「独立命題」、および、それに伴う説明としての「従属命題」という関係で発話している状況がみられる。従って、これらの発話は、発話タイプAに該当する。

次のプロトコル17「別のポンプでやったから（略）わかんない。納得いかない」の発話では、他者の意見を傾聴しているうちに、前提だったはずの条件が拡張していることに気付いて立ち止まっているのがわかる。つまり、児童自らによる新たな発想や再定義によって拡張された条件「新たな拡張命題」と、それに対する説明としての「新たな従属命題」という関係で発話している状況である。従って、この発話は、最初に自立的に立ち止まった発話タイプB1に該当する。

続くプロトコル18「ビーチボールの方が膨らんだ」の発話では、B1の発話を受けてさらに新たな観点に目を向け始めていく状況がみられる。同様に、プロトコル19「きちんとした証拠がない」とビーチボールの方が膨らんだ可能性を説明するの発話や、プロトコル20「m 見くんと一緒に、限界まできていたら膨らまない」と最初のボールの大きさを確認しようとする発話、プロトコル21「あった物が縮んでなくなるってことは聞いたことがない」、プロトコル22「そっちがでかくなってる」などと指摘する発話では、B1の発想や再定義等によって拡張された条件下で考えを見直していく状況がみられる。従って、これらの発話は、発話タイプBnに該当する。

その直後に、プロトコル23「こっち（ビーチボール）は大きさが変わっちゃう」の発話が見られ、形が変わらない場合ではどうなるか、と次の活動に向けて見通しをもったことがわかる。従って、この発話は、発話タイプCに該当する。

表 1-5 授業事例 1-2 における主な発話のプロトコルとその類型化

No.	主な発話プロトコル	類型化
(代表の児童を指名して, 演示実験が始まる。)		
全体	あと 3 回はできる。いけ～ 159,160……うわあ限界を越した！193, 194 あっ割れた。	A
T9	今, 記録は何回？193 回。	
14	j 児：私は今の実験からみて, 空気は縮められれば縮められるほど小さくなるから, 縮むのをやめるわけじゃないけど, 今度は押し返して逃げようとする力が働いて, と思う。	A
15	k 児：空気が縮んだんだと思うんだけど, バネみたいな感じでバネもギュッてもってたらだんだん押し返してくるから, それと一緒に。	A
16	l 児：ぼくも一緒に, 縮むということは押し返す力も混ざっているんだから, 空気を 124 回とか 170 回とかは縮んでいて, 190 回くらいからは押し返す力がすごい。だから割れた。	A
T10	m 児さんは何か反対だな。	
17	m 児：たぶん私とか Hi さんは 150 とか 160 で割れたから, それはそのポンプじゃなくて別のポンプでやったから, もしかするとそっちのほうがたくさん入るかもしれないし, だからわかんない。納得いかないというか。	B1
18	n 児：ビーチボールが膨らんだだけ。	Bn
T11	ビーチボールが膨らんでるじゃないかと。	
19	n 児：ほんのちょっとだけ縮んだかもしれないけど, きちんとした証拠がない。	Bn
T12	証拠にならんと。	
20	o 児：n 児くんと一緒に, 限界までできていたら膨らまない。最初の 50 回の大きさのまま。	Bn
T13	ああ大きさが変わってはだめだよ。	
21	p 児：あった物が縮んでなくなるってことは聞いたことがないし, 50 回からどんどんビーチボールが膨らんでいっているんじゃないかな。	Bn
T14	こっちも大きくなっているもんね。	
22	p 児：そっちがでかくなってるから大丈夫なだけ。	Bn
T15	大きさが変わったらだめだということだね。(巨大な硬い筒を提示する。)	
全体	あ, わかった！できそう！	C
23	q 児：こっち (ビーチボール) は大きさが変わっちゃう。こっち (筒) は大きさが変わらない。	C
	(巨大な筒を用いた演示実験の後, 各自, 固い容器を用いた実験へ)	

T は教師の発話

第3節 「4つのフェーズ」の発現と推移

第1項 「4つのフェーズ」の発現

以下では、授業事例 1-1、および、授業事例 1-2 における主な発話プロトコルの分析結果をもとに、「4つのフェーズ」が発現しているか否かについて考察する。

まず、授業事例 1-1 において、表 1-4 のプロトコル 1「空気砲だったらそうだった」～プロトコル 7「空気くんは苦しいんだけど」までは、発話タイプ A が続いた。とりわけ、プロトコル 3「空気砲でやってみたら」、プロトコル 6「半分だったら」などのように、児童らは、過去の既習経験や生活経験をもとにした多様な意見を自由に主張し合っているのがわかる。これらは当初の予想や、直観的な類推、自分の観察・実験の結果を主な根拠とした考え等が生み出す独話的な要素の強い発話だといえる。従って、理科における対話の弁証法的側面の正：児童自身の考えの表出、に相当する状況が発現しているといえる。

次のプロトコル 8「飛ぶ飛ばないじゃなくて」の発話タイプ B1 では、そもそもの問題について自立的に立ち止まっているのがわかる。この時の児童らは、当初の予想や考えに反するできごとと出会って不完全性を自覚した状況にあったと考えられる。従って、理科における対話の弁証法的側面の反：他者との関わりを契機とした自らの不完全性や矛盾の自覚、に相当する状況が発現しているといえる。

また、その後のプロトコル 11「いつでも半分でなくて」、「空気もれをしている可能性はあるし」の発話タイプ Bn では、前者の発話を受ける形で、解決すべき問題を見直すことに言及しているのがわかる。この時、それまで比較的独話的だった発話が、より相互性のある発話になるとともに、その発話には、再現性や客観性を求めるような科学的で協働的な論理の往還がみられる。従って、理科における対話の弁証法的側面の止揚：前提を拡張・発展させるような視点の確認、に相当する状況が発現しているといえる。

そして、プロトコル 12「もう一回確かめたい」や、プロトコル 13「うん、実験しよう」の発話タイプ C によって、空気もれをしていたのかそうでないのかと次の問いを把握し、新しい真実・真理を発見しようとする状況が学級全体に創り出されていった。従って、ここでは理科における対話の弁証法的側面の合：より高次の概念や真実・真理の創造、に相当する状況が発現しているといえる。

一方、授業事例 1-2 において、表 1-5 のプロトコル 14～16 までは、ビーチボールが膨らん

で割れるまでに実際に観察したことごとを主な根拠としたり、空気を擬人化したりして、自分の考えを率直に語る発話タイプ A が続いた。これらは、過去の既習経験や生活経験をもとに主張する独話的な要素の強い発話だといえる。従って、理科における対話の弁証法的側面の正：児童自身の考えの表出、に相当する状況が発現しているといえる。

次のプロトコル 17「別のポンプでやったから（略）わかんない。納得いかない」の発話タイプ B1 では、それまでの観察・実験の仕方を自立的に見直していることがわかる。この時の児童らは、当初の予想や考えに反するできごとと出会って不完全性を自覚した状況にあったと考えられる。従って、理科における対話の弁証法的側面の反：他者との関わりを契機とした自らの不完全性や矛盾の自覚、に相当する状況が発現しているといえる。

また、その後のプロトコル 18「ビーチボールの方が膨らんだ」という可能性を指摘する発話や、プロトコル 19「きちんとした証拠がない」という発話、プロトコル 21「あった物が縮んでなくなるってことは聞いたことがない」の発話などの発話タイプ Bn では、それまでの直観的な類推を発展させ、次第に実証性を求める論理的で、科学的な推論の往還となっていく様子がわかる。このとき、比較的独話的だった発話が、より相互性のある発話へと変容していることもわかる。従って、理科における対話の弁証法的側面の止揚：前提を拡張・発展させるような視点の確認、に相当する状況が発現しているといえる。

そして、プロトコル 23「こっち（ビーチボール）は大きさが変わっちゃう」の発話タイプ C によって、次の「観察・実験」への明確な視点と見通しが生まれる状況が創り出されていった。従って、理科における対話の弁証法的側面の合：より高次の概念や真実・真理の創造、に相当する状況が発現しているといえる。

以上から、授業事例 1-1、および、授業事例 1-2 のいずれにおいても、「4つのフェーズ」が発現していることが明らかになった……結果 1。

第2項 「4つのフェーズ」の推移

以下では、連関性がみられる授業事例 1-1、および、授業事例 1-2 における主な発話プロトコルの分析結果をもとに、「4つのフェーズ」がどのように推移しているかについて考察する。そのために、まず、両過程でみられた発話を、タイプ別に時系列で整理した。授業事例 1-1 における「4つのフェーズ」の推移を図 1-1 に、授業事例 1-2 における「4つのフェーズ」の推移を図 1-2 に示す。

いずれの場面にも共通していることとして、発話タイプ A から発話タイプ B1 が発話されるまでには、その前提として、同じ発話タイプ A が連続する時間帯があることがわかる（図 1-1、図 1-2 のア）。発話タイプ A が連続している状況は、児童相互の関わりが比較的薄い独話的な発話の羅列といえ、一見して、「4つのフェーズ」の推移が停滞しているように見える。しかし、その状況の後に、発話タイプ B1 や Bn が発現し、「4つのフェーズ」が推移することから、発話タイプ A が連続する時間帯は、「4つのフェーズ」が推移するための前段階となっている可能性がある。そのため、実際の授業の最中では注視すべき場面だといえる。なお、発話タイプ A が連続する状況となる背景には、例えば、表 1-4 のプロトコル 1~7 のように自由に考えを発信できる学級の仲間たちが存在することが推察され、それが自分や仲間の発話の機会を増やしていった可能性があることが示唆された。

また、「4つのフェーズ」が推移する際には、局面を打開する発話タイプ B1 のような発話が契機となっていることがわかる（図 1-1、図 1-2 のイ）。さらに、発話タイプ B1 が発現してから比較的早い時間帯に、それを受容的に拡張・発展させる同じ発話タイプ Bn が連続して存在することがわかる。このことから、「4つのフェーズ」が推移するか否かは、複数の発話タイプ B の発現に左右される可能性があることが示唆された（図 1-1、図 1-2 のウ）。なお、発話タイプ B が連続する状況となる背景には、例えば、表 1-5 のプロトコル 17~22 のように、自分の不完全性を自覚し謙虚に考えを見直そうとする児童らの構えがあることが推察された。

以上から、授業事例 1-1 の「予想・仮説の設定」からそれ以前の「問題の把握」の過程へ関連した場面、および、授業事例 1-2 の「考察」からそれ以前の「観察・実験」の過程へ関連した場面のいずれにおいても、「理科における対話の弁証法的側面の 4つのフェーズ」はフェーズ 1 からフェーズ 4 へと推移していることが明らかになった。また、「4つフェーズ」

の推移には、発話タイプ A が連続する時間帯があることや、その局面を打開する発話タイプ B の発現が関わっていることが明らかになった……含意 1。

(時間) 約0分

約13分

理科における対話の弁証法的側面	発話タイプ	プロトコルNo.					
		ア			見		
正： 児童自身の考えの表出	A	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 a児 b児 c児 d児 d児 c児 e児				10 f児	
反： 他者との関わりを契機とした自らの不完全性や矛盾の自覚	B	B1		イ 8 f児			
止揚： 前提を拡張・発展させるような視点の確認		Bn			ウ 9 f児	11 g児	
合： より高次の概念や真実・真理の創造	C					12, 13 h児 i児	

図 1-1 授業事例 1-1 でみられた「理科における対話の弁証法的側面を構成する4つのフェーズ」の推移

(時間) 約 22 分

約 39 分

理科における対話の弁証法的側面	発話タイプ		プロトコル No.		
			ア		見
正： 児童自身の 考えの表出	A		14 , 15 , 16 j児 k児 l児		
反： 他者との関 わりを契機 とした自ら の不完全性 や矛盾の自 覚	B	B1	イ 17 m児		
止揚： 前提を拡 張・発展さ せるような 視点の確認		Bn		ウ 18 , 19 , 20 , 21 , 22 n児 n児 o児 p児 p児	
合： より高次の 概念や真 実・真理の 創造	C				23 q児

図 1-2 授業事例 1-2 でみられた「理科における対話の弁証法的側面を構成する 4つのフェーズ」の推移

第4節 第1章のまとめ

第1章の目的は、連関性のある問題解決過程における対話の実態をとらえる視点について明らかにすることであった。そして、その対話の実態について、「理科における対話の弁証法的側面を構成する4つフェーズ」を用いて分析した。

その結果、連関性がみられる小学校第4学年「とじこめた空気」の授業事例において、「4つフェーズ」が発現することをとらえた。具体的には、正：児童自身の考えの表出、反：他者との関わりを契機とした自らの不完全性や矛盾の自覚、止揚：前提を拡張・発展させるような視点の確認、合：より高次の概念や真実・真理の創造、の4つのフェーズが、授業事例1-1の「予想・仮説の設定」からそれ以前の「問題の把握」の過程へ連関する場面、および、授業事例1-2の「考察」からそれ以前の「観察・実験」の過程へ連関する場面で、いずれも発現することが明らかになった……結果1。

また、「4つフェーズ」の推移には、発話タイプAが連続する時間帯があることや、局面を打開する発話タイプBが発現が関わっていることなど、共通した様態で推移することが明らかになった……含意1。発話タイプAが連続して停滞する時間帯は、「4つフェーズ」が進展するための前段階となっている可能性が示唆された。

結果1と含意1から、「理科における対話の弁証法的側面の4つのフェーズ」とその発現、およびその推移が、連関性のある問題解決過程における対話の実態をとらえる視点とその含意といえる。

なお、本章の結果では、連関性のある問題解決過程における対話の実態には、一部の優れた児童の発話のみでなく、その前提として、自由に考えを発信できる学級の仲間たちの存在や（例えば、表1-4のプロトコル1～7）、多様で異なる発話に触れて自分の不完全性を自覚し謙虚に考えを見直そうとする構え（例えば、表1-5のプロトコル17～22）があるということが推察された。ただし、検証対象とした授業事例が少ないため、この点については、対象事例を増やしてさらに検証することが、今後の課題として残された。

第2章

連関性のある問題解決過程における思考進行の状況

第2章 連関性のある問題解決過程における思考進行の状況

第2章では、まず、連関性のある問題解決過程における児童の思考進行の状況は、過程ごとに明らかになっている分節的な思考進行ではなく、一連の思考進行として現れる可能性があることを指摘する。そのうえで、連関性がみられる授業事例の発話プロトコルを取り上げて、そこに上記のような思考進行が発現しているか否か、もし発現しているとすればそれはどのような順序で推移し、そこにどのような特徴がみられるのかについて分析する。その結果をもとに、連関性のある問題解決過程における思考進行の状況をとらえる視点について明らかにする。

第1節 思考進行の状況の分析方法

第1項 文脈的にみた思考進行の状況を分析する視点

序章において、連関性のある問題解決過程を明らかにするには、そもそも、学習者である児童の一連の思考進行の状況を把握することが重要であることを指摘した。その場合の思考進行の状況は、これまで問題解決の過程ごとに分節的にとらえられてきた思考進行だけでなく、それらを文脈的につなぐ一連の思考進行としてみる必要があることを述べた。

この点について、連関性のある問題解決過程について述べている角屋ら（2005, p.92）は、「問題解決の過程では、結果の考察の場面だけではなく、あらゆる場面で、自分の考えなどを見直し・振り返ることを繰り返している」と指摘する。この指摘からは、問題解決のどの過程においても、児童らには、その時点での自分の考えを見直し、振り返るような思考がみられることが推察される。

実際、第1章で、連関性がみられる授業事例では、「予想・仮説の設定」からそれ以前の「問題の把握」の過程へ関連した場面、および、「考察」からそれ以前の「観察・実験」の過程への関連した場面のいずれにおいても、「理科における対話の弁証法的側面を構成する4つのフェーズ」が、共通した様態で発現し、推移することが確認された。この結果を踏まえるならば、「予想・仮説の設定」からそれ以前の「問題の把握」の過程へ関連した場面では、「予想・仮説の設定」の過程に関わる思考進行はもとより、「考察」の過程に関わる思考進行の一部、または、全部が現れていた可能性があると考えられる。同様に、「考察」

からそれ以前の「観察・実験」の過程へ関連した場面では、「考察」の過程に関わる思考進行はもとより、「予想・仮説の設定」の過程に関わる思考進行の一部、または、全部が現れていた可能性があると考えられる。

そこで、まず、自分の考えを見直し、振り返る思考進行に関する先行研究を概観すると、中込・加藤（2019）の獲得した知識を俯瞰する行為に着目した研究事例がある。獲得した知識を俯瞰する行為とは、「学習共同体の中で学習者個人が持つ知識や考え方の多様性を包含しながら体系化を目指す思考」（中込ら, 2019, p.211）である。中込ら（2019）はこれを、観察・実験後における個人の記述やグループワークへの記述、学習者に対するインタビューをもとに分析した。その結果、思考①自分の知識構造の確認、思考②関連付ける対象の把握、思考③観点・規準を用いた比較、思考④共通性や一般的特性の見だし、思考⑤原理の理解、の段階があることを示した。また、中込ら（2019）は、学習者は、思考①→思考②→思考③→思考①を螺旋的に繰り返す「思考のループ」を経て、徐々に知識の抽象度を高めながら思考④、思考⑤に至ることを明らかにした。この時、思考③から思考④への移行が容易になされない理由として、「関連付ける対象を適切に把握できない場合、十分な抽象度を保持できない」ことを挙げている。仮に「関係付ける対象が内容や領域を超えて」関係性を見いだすような活動になった場合でも、「学習者のみで行うことが困難な場合が多い」と指摘する。さらに、思考③から思考④に至る場合は、その際に、「メタ認知的モニタリング」や「メタ認知的コントロール」が行われるとする。そのことが、「新たな考え方に対する観点・規準の獲得」に繋がり「これまでとは異なる思考の道筋」をたどって思考④へと到達するとしている。このような思考進行の状況は、関連性がみられる授業事例においては、現時点の過程における自分の考えを見直し、振り返る場面でみられるものと考えられる。

次に、小学校理科における一般的な問題解決過程の、主に「問題の把握」の過程や、「予想・仮説の設定」の過程でみられる思考進行に関する先行研究を概観すると、中村・松浦（2018）の「仮説設定における思考過程とその合理性」に関する研究事例がある。この研究は、理科学習における仮説設定の際の状況について、大学生、および、大学院生を対象に面接調査を行って検討したものである。その結果、被験者は共通して、「問題状況の理解→目的・方向性の確認/変数の同定→因果関係の認識→仮説の表現」の順を辿ることが確認されている。また、吉田・川崎（2019）は、「科学的探究における疑問から問いへ変換する際の思考の順序性」について、大学生、および、大学院生を対象に発話思考法を用いた調

査を行っている。その結果、「問題状況の確認→既有知識の想起→要因の検討→仮説の形成→問いの設定」という順序で進行していることを確かめた。また、これらを、前述の中村ら（2018）の思考過程と比較し、「疑問から問いへ変換する際と仮説形成の際の思考過程には多少の差異はあるものの、その思考内容および順序性自体はほぼ同質であることから（思考内容および順序性は）一般的な問題解決過程の『問題の把握』の過程、および、『予想・仮説の設定』の過程に対応して整理される」（吉田ら, 2019, p.191）（（ ）は筆者）としている。このような思考進行の状況は、連関性がみられる授業事例においては、現時点の過程から、次にいずれかの過程へ向かおうとする場面でみられるものと考えられる。

以上のように、先行研究において分節的に明らかにされてきた思考進行を援用して、連関性のある問題解決過程における思考進行の状況を分析していく。援用したこれらの先行研究は、個人・グループワークでの記述や、大学生・大学院生を対象とした調査によって解明されたものであり、小学生を対象とした一斉授業による授業事例で検証することが未解決の課題として残されてはいるものの、一部、「考察」から次の「問題の把握」の過程へ連関する状況や、「問題の把握」から「予想・仮説の設定」の過程へ連関する状況をとらえていることが記録から示唆された。このことから、連関性のある問題解決過程における思考進行の状況を分析する観点としては参考となるものといえる。

そこで以下では、これらの先行研究を踏まえて、連関性のある問題解決過程における思考進行の状況を分析する視点を措定する。そして、連関性がみられる授業事例において、それらの思考進行の状況に相当する発話プロトコルがみられるか否かを分析する^{註2-1}。

第2項 問題解決過程を往還する11の思考進行の状況

連関性のある問題解決過程における思考進行の状況をとらえる視点について明らかにするために、以下に示す「問題解決過程を往還する11の思考進行の状況」を措定した（以下、「11の思考進行」と表す）。以下に、その作成にかかる具体的な手順について述べる。

まず、前項の先行研究を踏まえて、文脈的にみた思考進行について、本研究では、それぞれ、思考①自分の知識構造の確認・自覚、思考②関連付ける対象の把握、思考③-1 学習者独自の観点・規準を用いた比較、思考③-2 新たな観点・規準を用いた比較、思考④共通性や一般的特性の見だし、思考⑤原理・原則の理解、思考⑥問題状況の確認、思考⑦既有知識の想起、思考⑧要因の検討、思考⑨仮説の構想、思考⑩問いの見だし、思考⑪実験方法の考案、とした（以下、「思考②」のように表す）。そして、思考①から思考⑤を、「獲得した知識を俯瞰する行為に関わる思考進行」と整理し、思考⑥から思考⑪を「問いや仮説の設定に関わる思考進行」と整理した。

なお、先行研究においては、思考③については、「形式的であり、十分に機能していない」場合と、「新たな考え方に対する観点・規準の獲得に繋がる」（中込ら、2019, p.211）場合があると指摘されている。特に前者については、「自らの考えを基軸として行う思考要素」であり、「十分な抽象度を保持できない」とされている。このことから、思考③観点・規準を用いた比較については、さらに、思考③-1 学習者独自の観点・規準を用いた比較、思考③-2 新たな観点・規準を用いた比較、の2つに分ける必要があると考えた。また、思考①自分の知識構造の確認、および、思考⑤原理の理解については、本研究の対象事例が小学校理科であることを勘案し、思考①自分の知識構造の確認・自覚、および、思考⑤原理・原則の理解とした。また、吉田ら（2019, p191）の研究においては、「実験方法の考案」に関わる思考は、出現率が低かったとして検証対象から除外されている。ただ、連関性のある問題解決過程における思考進行の状況を分析するという本研究の目的上、必要な思考進行の一つであると判断し、これを思考⑪に位置付けた。

これらを連関性のある問題解決過程に援用すべく、それぞれの思考進行ごとに次のような状況を想定した。

思考①自分の知識構造の確認・自覚：過去の経験や情報をもとに類推したり、「電流は巨大化して」のように電気を擬人化したりして、自分の知識を確信・自覚する。

思考②関連付ける対象の把握：「乾電池が2個のときは明るさが2倍になる」のように、

乾電池の数や豆電球の明るさ等を関連付ける。

思考③-1 学習者独自の観点・規準を用いた比較：「2 倍説」, 「巨大説」などのように, 独自の観点・基準で他と差別化する。

思考③-2 新たな観点・規準を用いた比較：「 $A > B$ 」, 「 $A = C$ 」などのように, 新たな比較検討の基準を用いて差別化する。

思考④共通性や一般的特性の見だし：「何度か試してみた結果～になった」, 「やっぱり～だ」などのように, 観察・実験の結果等に基づいて共通性や一般性を見いだす。

思考⑤原理・原則の理解：「電気が集められる上限がある」, 「導線の中で電気は満タンになっている」などのように, 電流の原理・原則に触れる。

思考⑥問題状況の確認：「そう思う」, 「そう思わない」, 「わからない」などのように, 互いの問題状況や自分の立場を確認する。

思考⑦既有知識の想起：「～のときと同じではないか」, 「方位磁針を使ったらどうか」などのように, 自分の視点をもって過去の経験や知識を想起する。

思考⑧要因の検討：「電気を使った後だから」, 「電気が来たから」などのように, 理由や要因を検討する。

思考⑨仮説の構想：もし～だとしたら」, 「～かもしれない」などのように, 予想や仮説を設定する。

思考⑩問いの見だし：「確かめよう」, 「調べたい」などのように, 解決すべき次の問題を把握し, 見通しをもつ。

思考⑪実験方法の考案：「～をしたらわかる」, 「～使ったらいい」などのように, 具体的で検証可能な観察・実験の方法を立案する。

以上, 中込ら (2019) の, 獲得した知識を俯瞰する行為に関わる思考過程の先行研究, ならびに, 中村ら (2018), 吉田ら (2019) の, 問いや仮説の設定に関わる思考過程の先行研究を援用して, 「問題解決過程を往還する 11 の思考進行の状況」を措定した。これを表 2-1 に示す。なお, 思考③-2 と思考⑦のように, 「獲得した知識を俯瞰する行為に関わる思考進行」と「問いや仮説の設定に関わる思考進行」には重なる部分があることが推察される。また, 「各思考は, 直線的な順序だけではなく (略) 環状重複を含むものであること」(吉田ら, 2019, p.191) (() は筆者) といった指摘がある。そこで, 発話プロトコルの分析にあたっては, 1 人の児童の発話に対して複数の思考が該当する場合があることも想定する。関連性がみられる授業事例において, 「11 の思考進行」に相当する発話プロト

コルがみられるか否かについての分析と判断に際しては，理科教育を専門とする研究者 3 名と実践者 1 名で行った。表 2-1 に，各思考進行に対応する発話例をそれぞれ示した。

表 2-1 問題解決過程を往還する 11 の思考進行の状況

11 の思考進行の状況		児童らの発話の例
獲得した知識を俯瞰する行為に関わる思考進行	思考①自分の知識構造の確認・自覚	過去の経験や情報をもとに類推したり、「電流は巨大化して」、「3つが5つになって」のように電気を擬人化したりして、自分の知識を確認・自覚しながら自由に表現した発話。
	思考②関連付ける対象の把握	「乾電池が 2 個のときは明るさが 2 倍になる」のように、乾電池の数や豆電球の明るさ等を関連付けた発話。
	思考③-1 学習者独自の観点・規準を用いた比較 メタ認知モニタリング	「2 倍説」、「巨大説」などのように、独自の観点・基準で他と差別化して説明した発話。
	思考③-2 新たな観点・規準を用いた比較 メタ認知モニタリング メタ認知コントロール	「 $A > B$ 」、「 $A = C$ 」などのように、新たな比較検討の基準である $A \cdot B \cdot C$ を用いて差別化して説明した発話。
	思考④共通性や一般的特性の見だし メタ認知コントロール	「何度か試してみた結果～になった」、「やっぱり～だ」などのように、自分の実験結果等に基づいて見だした共通性や一般性を表現した発話。
	思考⑤原理・原則の理解	「電気が集められる上限がある」、「導線の中で電気は満タンになっている」などのように、電流の原理・原則に触れるような発話。
問いや仮説の設定に関わる思考進行	思考⑥問題状況の確認	「そう思う」、「そう思わない」、「わからない」などのように、互いの問題状況や自分の立場を確認した発話。
	思考⑦既有知識の想起	「～のときと同じではないか」、「方位磁針を使ったらどうか」などのように、自分の視点をもって過去の経験や知識を想起した発話。
	思考⑧要因の検討	「電気を使った後だから」、「電気が来たから」などのように、理由や要因に触れた発話。
	思考⑨仮説の構想	「もし～だとしたら」、「～かもしれない」などのように、予想や仮説に関する発話。
	思考⑩問いの見だし	「確かめよう」、「調べたい」などのように、解決すべき次の問題に対して見通しをもった発話。
	思考⑪実験方法の考案	「～をしたらわかる」、「～使ったらいい」などのように、具体的で検証可能な観察・実験の方法を立案した発話。

中村・松浦 (2018), 吉田・川崎 (2019), 中込・加藤 (2019) を参考に筆者作成

第2節 発話プロトコルにみられる思考進行の状況

第1項 サンプリング事例の選定：第4学年「電気のはたらき」

関連性がみられる授業事例において、第1節、第2項で示した「11の思考進行」の発現や順序性、および、その特徴について分析するために、その対象として、2012年5月～6月にA小学校第4学年1組の児童40名を対象に一斉授業の形態で行われた、単元「電気のはたらき」^{註2-2}のうち、5/9時をサンプリング事例として選定した(以下、「授業事例2-1」と表す)。本授業事例では、問題解決過程の「考察」から次の「問題の把握」の過程を経て、「方法の立案」や「観察・実験」の過程へ向かい、再び「考察」の過程へ関連した状況が同じ一単位時間内でみられた。

具体的には、児童らは、まず前時(4/9時)にまでに行われた観察・実験(その1)とその結果を踏まえて、豆電球が明るく点灯する直列回路での電流の流れ方について多様に考察した。そして、回路の各地点によって電流は変化するのではないかという問題を把握し、それぞれの予想を出し合った。さらに、電流の大きさを回路内の地点ごとに測定する方法を提案した。その後、実際に各地点の電流の大きさを測定し、再びその結果について互いに考察した。つまり、この授業事例は、問題解決の「考察」、「問題の把握」、「予想・仮説の設定」、「方法の立案」、「観察・実験」、「考察」へ次々と関連していった授業事例だといえる。これらのことから、サンプリング事例としてふさわしいと判断した。

発話プロトコルの作成については、VTR1台と記録者1名による授業の全体記録から主な発話を抽出した。その際、繰り返しや言い直し、やや冗長な説明等、発話の主旨や授業の流れ等に影響しない発話については省いてスクリーニングした。

本単元の目標を図2-1に、全体進行を表2-2に、本時の展開を図2-2に示す。本単元の第一次では、児童らは、光電池を用いて豆電球を点灯させたり、モーターを回したりして電流の大きさによる現象の違いを実感した(1/9時～2/9時)。続く第二次では、授業者は、班ごとに大型の回路模型と乾電池2個を児童らに配付した。児童らは、まず第3学年での既習事項を想起しながら乾電池1個を用いて豆電球を点灯させた。すると児童らは、すかさず2個目の乾電池を使ってより明るく点灯するようなつなぎ方を様々に変えながら観察・実験(その1)に取り組んだ(3/9時)。直列回路を作ることに成功した児童らは、観察・実験(その1)とその結果を踏まえて、直列回路の電流の流れ方について多様なイ

メージや解釈を作った（4／9時）。授業事例 2-1（5／9時）は，児童らが，それぞれの電流のイメージや解釈について考察し合う場面から始まった。

- ・電気の働きについて興味・関心をもって追究することができる。
(関心・意欲・態度)
- ・回路を流れる電流の向きや強さと、乾電池のつなぎ方、豆電球の明るさ、モーターの回り方などとを関係付けることができる。(思考・表現)
- ・観察・実験したり、結果を考察したりする際に、簡易検流計や光電池、回路図記号などを正しく用いることができる。(技能)
- ・電流の強さによる電気の働きの変化について理解することができる。(知識・理解)

図 2-1 単元「電気のはたらき」の目標

(「平成 20 年告示学習指導要領解説理科編」に基づいて作成)

表2-2 単元「電気のはたらき」の全体進行 (全9時間)

次	主な学習活動
第一次	光電池で豆電球やモーターを働かせよう。(2時)
第二次	直列つなぎで豆電球を働かせよう。(3時 本時は3/3時)
第三次	並列つなぎで豆電球を働かせよう。(2時)
第四次	乾電池や光電池を働かせて道具を作ろう。(2時)

本時 (5/9時) のねらい

- 電流は回路に入ってきた量と同じだけ出て行くという概念を形成することができる。
- 回路の中の複数地点の電流を，方位磁針や簡易検流計を正しく用いて，意欲的，主体的に測定したり，比べたりすることができる。

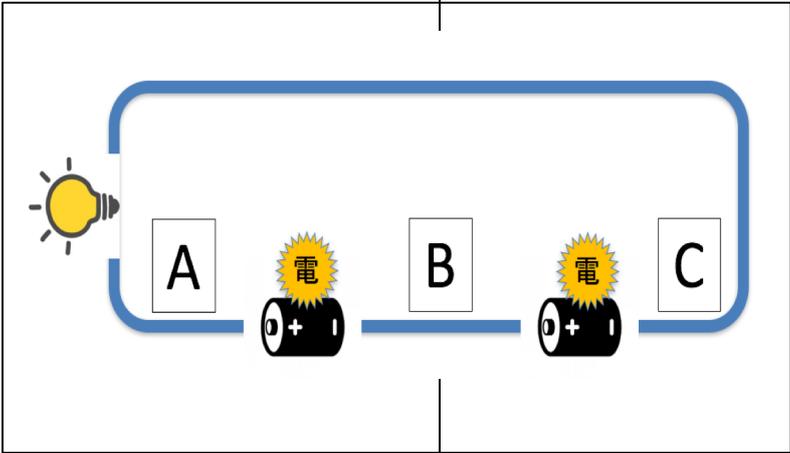
学習活動	指導上の留意点	評価等
場面 1. 直列つなぎの回路の中で電流の強さはどうなっているのだろうか。 参照：表 2-3		
<ul style="list-style-type: none"> ・2倍になって回っているよ。 ・豆電球で使われ，戻ると減るよ。 	○電流のイメージを自由に表現できるようにして比較する。	・考えを表現し，比較することができる。
場面 2, 場面 3. 乾電池の入り口と出口は電流の大きさは違うの？ 参照：表 2-4, 2-5		
		<ul style="list-style-type: none"> ・新たな視点や見通しをもつことができる。 ・学ぶ意欲をもつことができる。
<ul style="list-style-type: none"> ・Aが一番大きいのではないかな。 ・B=Cだと思うよ。 ・いろんな場所で電流を測ろう。 	○A, B, C 地点という視点に立ち止まり，新たな疑問を膨らませる。	
観察・実験 回路中の複数地点で電流の大きさを測定する。 参照：表 2-6		
<ul style="list-style-type: none"> ・乾電池 1 個の時より，豆電球の明るさは約 2 倍になった。 ・回路では電流の大きさは同じだ。 	○方位磁針や検流計等，実験道具を整えておく。	・正しく測定することができる。
場面 4. 実験の結果について話し合う。 参照：表 2-7		
<ul style="list-style-type: none"> ・直列回路のいろんな場所で電流を測るとどこも同じだった。 ・だったら並列回路はどんなのかな？ 	○新たな問いが導かれるように，互いの結果の異同を比較し，明らかになったこと，そうでないことを導くことができるようにする。	・新たな概念や次の課題をもつことができる。

図2-2 授業事例2-1 (5/9時) の展開

第2項 場面1：「考察」の過程

実際の授業場面で「11の思考進行」が発現しているか否か、もし発現しているとすれば、それはどのような順序で推移し、どのような特徴がみられるのかについて分析するにあたっては、授業事例2-1を、問題解決の各過程の進行状況に応じて以下の4つの場面に分けて分析した。場面1は、前時までに行われた観察・実験（その1）の結果に関する「考察」の過程、場面2は、「考察」から次の「問題の把握」の過程へ関連した場面、場面3は、「問題の把握」から「予想・仮説の設定」や「方法の立案」の過程へ関連した場面、場面4は、「観察・実験（その2）」から再び「考察」の過程へ関連した場面である。表2-3に、場面1における主な発話プロトコル、および、「11の思考進行」の番号を示す。

表2-3のプロトコル1～9では、電気を「電気くん」と呼んで擬人化したり、大きくて勢いのあるものは力もあるといった素朴概念や生活経験等を想起したりしながら多様な説明をしている様子がわかる。従って、これらの発話は、思考①自分の知識構造の確認・自覚、に該当する。

また、プロトコル2～5, 8, 9では、「電気がたし算されて大きい力で豆電球がすごく明るく光る」などのように、豆電球の明るさと「電気くん」の数や大きさを結びつけて発話している。従って、これらの発話は、思考②関連付ける対象の把握、に該当する。

さらに、プロトコル1, 2, 7～9では、「押し説」や「2倍説」のように自他の考えを特徴付けながら互いに比べ合っていることがわかる。従って、これらの発話は、思考③-1学習者独自の観点・規準を用いた比較、に該当する。

これらのことから、場面1では、主に、思考①自分の知識構造の確認・自覚、思考②関連付ける対象の把握、思考③-1学習者独自の観点・規準を用いた比較、の思考進行が発現していると判断できる。

表 2-3 場面 1 における主な発話プロトコルと思考進行の状況

No.	主な発話プロトコル	11の思考進行
1	<押す説> a児：(2個の乾電池から) <u>電流が一気に押すような感じになってる</u> <u>①。「押す説」③-1。いっぱい押して、固まってビューン①。</u>	① ③-1 ①
2	<2倍説> b児：例えば、 <u>電気くんが5個だとしたら①，乾電池が2個の時はその</u> <u>2倍になるということだから，2倍明るくなる②。「2倍説」③-1。</u>	① ② ③-1
3	c児：ちょっと似ているんですけど， <u>2個目の電気と合わせてどんどん</u> <u>大きくなっていく①。(黒板に出て) 最初はこのくらいの小ささ</u> <u>で，2個目の電気が2つに足し算されて大きくなって，その大きい力</u> <u>で豆電球がすごく明るく光ると思う②。</u> 巨大化して。	① ②
4	d児：光がついて， <u>全部使ったら②</u> ちょっと電気を送るまでに時間がかかっ てチカチカするから①， <u>3つ使われて2つ余って，その2つ</u> <u>が次の光に使われる②。</u>	② ① ②
5	e児：残りの2つがまた回ってきて使われるから②， <u>最初の巨大化の</u> <u>より少し大きくなって使われる①。</u>	② ①
6	d児：で， <u>また5つになるわけだから，3つもらって5つになって</u> <u>それが回る①。</u>	①
T1	どこでもらうの？	
7	<巨大・使われ・循環説> d児： <u>そこで(Cで) 3つの時と合わさって最初の5つ分になっ</u> <u>て，の繰り返し①。巨大，使われ，循環③-1。</u>	① ③-1
8	<増えた説> f児：私は「 <u>増えた説</u> 」③-1。 <u>電池が増える①ことで電気も増えて</u> <u>明るくなる②。</u>	③-1 ① ②
9	<出る説> g児：私は「 <u>出る説</u> 」③-1。 <u>電気くんが乾電池と乾電池の間で，ス</u> <u>イッチみたいに戸が開いてドカーンと前に進んでいって①，明かりが</u> <u>つく②。</u>	③-1 ① ②

T は教師の発話

表中の丸数字は「11の思考進行」を表す(例えば，②は，思考②関連付ける対象の把握)。

第3項 場面2：「考察」から次の「問題の把握」の過程へ関連した場面

場面2は、「考察」から次の「問題の把握」の過程へと関連した場面である。表2-4に、場面2における主な発話プロトコル、および、「11の思考進行」の番号を示す。

まず、表2-4のT2「ということは一番強いのはどこ？」によって論点が整理された。そのことで、プロトコル10～16では、「 $B>A>C$ 」の立場、「 $A>B>C$ 」の立場、「Aは不明だが $B=C$ 」だとする立場が表出して葛藤する様子がみられた。従って、これらの発話は、思考③-2 新たな観点・規準を用いた比較、に該当する。

また、プロトコル14、16では、「おかしい」、「わからない」などと児童ら自身が不明なことを自覚していく様子がわかる。従って、これらの発話は、⑥問題状況の確認、に該当する。

さらに、プロトコル13、16では、それぞれの主張について、「電気が来ている」、「電池が合わさる」という理由を付け加えて言及していった。従って、これらの発話は、思考⑧ 要因の検討、に該当する。

これらのことから、場面2では、主に、思考③-2 新たな観点・規準を用いた比較、思考⑥問題状況の確認、思考⑧要因の検討、の思考進行が発現していると判断できる。

表 2-4 場面 2 における主な発話プロトコルと思考進行の状況

No.	主な発話プロトコル	11の思考進行
T2	ということは一番強いのはどこ？	
10	g児： <u>B>A>Cの順③-2。</u>	③-2
11	h児： <u>回復した直前のところ (B) かな③-2。</u>	③-2
12	i児： <u>いや、もうちょっと前でないかな③-2。</u>	③-2
13	j児： <u>ここ (A) が一番 (A>B>C) ③-2。理由は、この電池 (C) が1つだとしたら、この電池 (B) はまだ電気が来ていないから5つで、ここ (A) なら電気が来ているから⑧10個になる。</u>	③-2 ⑧
14	k児： <u>Aはわからないけど⑥、ずっとBとCは同じだと思う (B=C) ③-2。</u>	⑥ ③-2
15	l児：同じじゃない！反対！	③-2
16	m児： <u>J児君と同じ③-2。AとBが一緒はおかしい⑥。2個の時だったら、ここ (BとC) で電池が合わさるから⑧、ここ (A) で電流がいっぱいになる (A>B>C) ③-2。</u>	③-2 ⑥ ⑧ ③-2

Tは教師の発話

表中の丸数字は「11の思考進行」を表す（例えば、⑥は、思考⑥問題状況の確認）。

第4項 場面3：「問題の把握」から「予想・仮説の設定」や「方法の立案」の過程 へ関連した場面

場面3は、「問題の把握」から「予想・仮説の設定」や「方法の立案」の過程へ関連した場面である。表2-5に、場面3における主な発話プロトコル、および、「11の思考進行」の番号を示す。

まず、表2-5のプロトコル17とT3の働きかけによって、「(回路の中の電流の大きさには)1段階、2段階はあるのだろうか」という問いが設定された。この問いは、その後のプロトコル22, 24, 25, 31で繰り返し確認されながら互いに共有されていった。従って、これらの発話は、思考⑩問いの見いだし、に該当する。

次の、プロトコル18, 19, 20, 23では、児童らは、上記の問いに対して「ある」、「ない」、「微妙」というそれぞれの立場が表明した。従って、これらの発話は、思考⑥問題状況の確認、に該当する。

また、プロトコル22では、この問題状況に対して、「電気の速さ」に関する知識をもちだして考えようとした発話が見られる。従って、この発話は、思考⑦既有知識の想起、に該当する。

さらに、プロトコル17, 22, 24では、「電気を使った後だから」、「2個に増えた時は2倍になるってことだから」などのように原因について考えている様子がわかる。従って、これらの発話は、思考⑧要因の検討、に該当する。

続くプロトコル22, 24, 30, 31では、「～かもしれない」、「～になるはずだ」などと結果に対する見通しをもった発話が見られる。従って、これらの発話は、思考⑨仮説の構想、に該当する。

そして、プロトコル26～30, 32では、児童らは、既習事項を想起して「電気の聴診器(方位磁針)」による検証可能な実験方法を提案するに至った。従って、これらの発話は、思考⑦既有知識の想起や、思考⑪実験方法の考案、に該当する。

これらのことから、場面3では、主に、思考⑦既有知識の想起、思考⑧要因の検討、思考⑨仮説の構想、思考⑩問いの見いだし、思考⑪実験方法の考案、の思考進行が発現していると判断できる。

その後、児童らは、観察・実験(その2)に臨んだ。表2-6に、観察・実験(その2)におけるグループトークの一部を示す。ここで例示したグループの児童らは、回路中の複数

の地点で電流を測定する実験を行った。このグループの児童らは、既存の経験から方位磁針を用いる方法で調べていたが、途中から、より正確に調べる必要性を感じ、検流計を用いて調べていった。その結果、回路のどこで計測しても電流の大きさは同じだという結果を得ていった。

表 2-5 場面 3 における主な発話プロトコルと思考進行の状況

No.	主な発話プロトコル	11 の思考進行
17	o 児 : <u>C はやっぱり電気を使った後だから⑧, 一番少なくて③-2, 次に B は 1 つ分の乾電池の電気の量をもったからまだ 1 段階。A に行ったら 2 段階で完成品みたいな⑩。</u>	③-2 ⑧ ⑩
T3	ちょっと聞いてみようか。この直列回路の中に, 1 段階, 2 段階のようなものがあって電気の流れる大きさが違うのではないかという人? いや同じではないかという人?	
18	<u>ある (37人) / ない (1人)</u> <u>わからない (2人) (微妙だなあ。) ⑥</u>	⑥
19	p 児 : <u>37 人の方はぼくは違うと思ってる⑥。</u>	⑥
20	f 児 : <u>同じところもあって違うところもある⑥。 B が違って A と C が同じ③-2。</u>	⑥ ③-2
21	q 児 : <u>え~, A と C が同じ? そんなだったらさあ…⑥</u>	⑥
22	o 児 : <u>ぼくは, A>B>C だと思うけど, A=C というのもわかる気がする。電気の速さはほとんど同じ⑦だと思うから, 一瞬電気はプラスされるけど, 2 段階にする電池は⑩電気を送り込んだ瞬間にこっちに来た⑧としたら違いはないのかもしれない⑨。</u>	⑦ ⑧ ⑨ ⑩
23	r 児 : <u>そうかぼくも微妙…⑥</u>	⑥
24	b 児 : <u>私は 1 段階, 2 段階はあると思うんだけど⑩, 1 段階, 2 段階があるんだったらチカチカするはず⑨。例えば 5 個だとしたら 2 個に増えた時は 2 倍になるってことだから⑧。</u>	⑧ ⑨ ⑩
T4	1 段階, 2 段階があるんだったらチカチカするはず。でもしていない。事実に戻るって大事だね。	
25	s 児 : <u>確かめてみないと。実験しないとわかんない⑩。</u>	⑩
26	t 児 : <u>でもどうやって調べる?</u>	⑪
27	u 児 : <u>そうだ途中でハサミで切る?</u>	⑪
28	v 児 : <u>電気の聴診器 (方位磁針) ⑦, ⑪?</u>	⑦ ⑪
29	w 児 : (方位磁針は) 向きしかわかんない。速さはわかんない。検流計は?	⑦ ⑪
30	b 児 : <u>1 段階と 2 段階の間に方位磁針⑦を置いたらいい⑪。(黒板に出て) B と A と C のところにおいたとして, ここが 1 目盛で, ここが 2 目盛で, ここが 3 目盛になったら, 1 段階と 2 段階があることになって。全部同じで 2 目盛りだったとしたら, 1 段階と 2 段階はないということがわかる⑨。だから, 方位磁針⑦を所々に置いたらわかる⑪。</u>	⑦ ⑪ ⑨
31	o 児 : <u>ぼくは A を調べたい⑩。でも電気の速さはわからない⑨。</u>	⑩ ⑨
32	x 児 : <u>動きでならわかるかも⑦, ⑪。</u>	⑦ ⑪

T は教師の発話

表中の丸数字は「11の思考進行」を表す (例えば, ⑦は, 思考⑦既有知識の想起)。

表 2-6 観察・実験（その 2）におけるグループトーク（抜粋）

発話	グループトークの記述（抜粋）
C 1	本当に 1 段階と 2 段階があるのかな？
C 2	乾電池の間に方位磁針を置いて調べてみよう。
C 3	あれ？だいたい同じだね。おかしいことに、やっぱりほとんど同じだね。
C 4	どこにおいても方位磁針の針の振れは同じだ。
C 5	先生，微妙です。ちょっと違うような…
T	これが「電気の聴診器」（方位磁針）の限界かもしれません。 ここに，本格的な「電流計」があります。使ってみたい人はいますか？
C 6	（ほしい！）
C 7	先生，それほしい，使いたい！

（C1～C7 は児童の発話，T は教師の発話）

第5項 場面4：「観察・実験」から再び「考察」の過程へ関連した場面

場面4は、観察・実験（その2）を終えた児童らが、回路に流れ込む電流の和と流れ出す電流の和は等しいというキルヒホッフの法則や、エネルギーの保存と変換に関わる概念に触れるような考察をしていった場面である。表2-7に、場面4における主な発話プロトコル、および、「11の思考進行」の番号を示す。

まず、表2-7のプロトコル33, 35, 37 では、電流はどこで測ってもほしい同じだったなどと実験結果からわかったことについて発話した。従って、これらの発話は、思考④共通性や一般的特性の見だし、に該当する。

この時、プロトコル34, 35, のように、直列回路内の各地点の電流の大きさが等しくなる理由を説明しようと、自分の知識を俯瞰して見直している様子がわかる。従って、これらの発話は、思考①自分の知識構造の確認・自覚、に該当する。

また、プロトコル35「電気は集められる上限がある」や、プロトコル36「Bで満タンになって、そのままAにも行く」では、電流の大きさは導線の断面を通過する電気量であるという本質的なイメージに近づく発話が見られる。従って、これらの発話は、思考⑤原理・原則の理解、に該当する。

そして、プロトコル37では、電流の大きさを乾電池の数や明るさと再び結びつけて再び説明を試みようとしている。従って、この発話は、思考②関連付ける対象の把握、に該当する。

これらのことから、場面4では、主に、思考④共通性や一般的特性の見だし、思考⑤原理・原則の理解、思考①自分の知識構造の確認・自覚、思考②関連付ける対象の把握、の思考進行が発現していると判断できる。

以上、児童らが表現した複数の解釈を、次時の問題として板書に位置付け、オープンエンドで授業を終えた。

表2-7 場面4における主な発話プロトコルと思考進行の状況

No.	主な発話プロトコル	11の思考進行
33	y児：電流はどこで測ってもだいたい同じだった④。	④
34	z児：1回だけ言いたい！どうして同じになるのかわかる①。	①
35	o児： <u>A=B④。何で同じかという、自分の考えだけど①、Cは自分の使った後だから少なくなるんだけど、Bで電気は集められる上限があって、ここで最高までためられてもういらなくなって、ここ(A)まで行く⑤。</u>	④ ① ⑤
T 5	いつも満タンな状態なのね。	
36	o児： <u>Cは普通に少なくて、Bで満タンになって、そのままAにも行く⑤。</u>	⑤
37	b児： <u>私がやったら、A=B=C④。でもそしたら乾電池2個でも同じってこと。そうすると明るさはどうなのって感じ②。私の考えでは、Bのところでは2つに分かれて、プラス方向と、反対のマイナス方向にも電流が出てくるのかもしれない⑨。</u>	④ ② ⑨

T は教師の発話

表中の丸数字は「11の思考進行」を表す（例えば、⑨は、思考⑨仮説の構想）。

第3節 「11の思考進行」の発現と順序性およびその特徴

第1項 「11の思考進行」の発現と順序性

以下、授業事例2-1における主な発話プロトコル全37事例を分析の視点ごとに整理し、表2-8に示す。これに基づいて「11の思考進行」の発現とその順序性について考察する。

まず、プロトコル1から35までに、「11の思考進行」の全てが発現していることが確認できた。授業事例2-1において思考⑤が2つしか発現しなかったのは、本単元の最終段階で至るもの、あるいは、本単元の学習内容を超えたものであるからであると考えられる。また、思考⑪について吉田ら（2019, p.191）は、その「出現率が比較的低かったことから、思考の順序性に含めるべきかどうかについて今後の課題」としていたが、今回の分析では、プロトコル26～30、32にみられるように、思考⑪が複数回発現していることが実践的に確かめられた……結果2。

また、「11の思考進行」の順序は、思考①、思考②、思考③-1、思考③-2、思考⑥、思考⑦、思考⑧、思考⑨、思考⑩、思考⑪の順で推移し、観察・実験（その1）の時間帯を挟んだ授業終盤で、思考④、思考⑤に至る、というものであった。そして、その後再び、思考①、思考②へと戻る様子がみられた（プロトコル33～37）。すなわち、一旦は「獲得した知識を俯瞰する行為に関わる思考進行」（思考①、思考②、思考③-1、思考③-2）が発現するが、途中、「問いや仮説の設定に関わる思考進行」（思考⑥、思考⑦、思考⑧、思考⑨、思考⑩、思考⑪）が発現するようになり、再び、「獲得した知識を俯瞰する行為に関わる思考進行」（思考④、思考⑤、思考①、思考②）がみられた。このように、「獲得した知識を俯瞰する行為に関わる思考進行」の一部に、「問いや仮説の設定に関わる思考進行」が入れ子構造のように位置付くことが示唆された。なお、この間には、例えば、プロトコル13、14のように、一部環状重複をすることも含まれた……含意2。

第2項 「11の思考進行」にみられる特徴

前項において「11の思考進行」の発現とその順序性が確認された。その順序性は、あらかじめ作成した思考進行の番号順とは異なったため、「11の思考進行」にみられる特徴について考察するに先立って、まず、表2-8を思考進行の順序に沿って改めて並べ替えた。これを表2-9に示す。

まず、児童らの思考は、大局的には、プロトコル1～34までのように、思考①、思考②、思考③-1、思考③-2、思考⑥、思考⑦、思考⑧、思考⑨、思考⑩、思考⑪、思考④、思考⑤の順序で進行した。この時、問題解決の各過程は、「考察」から次の「問題の把握」の過程へ関連し、さらに、「予想・仮説の設定」から「方法の立案」の過程へ関連していた。その後、児童らの思考は、プロトコル35～37のように、再び思考①、思考②のサイクルへと繋がっていった（表2-9の破線矢印）。

一方、その詳細をみるならば、児童らの思考進行の状況は、停滞と進展を繰り返していたことがわかる。具体的には、プロトコル1～9までは思考①、思考②、思考③-1の「思考のループ」がみられる。また、この時、問題解決の過程もほぼ「考察」の過程で停滞した状況であった。それが、プロトコル10で「③-2新たな観点・規準を用いた比較」に関わる思考に進行することによって、プロトコル32までに、思考進行は、思考⑥、思考⑦、思考⑧、思考⑨、思考⑩、思考⑪へと進行した。（表2-9の実線矢印）。とりわけ、思考③-2新たな観点・規準を用いた比較をする場面（例えば、プロトコル10～16）や、思考⑪実験方法の考案をする場面（例えば、プロトコル26～32）では、児童らが、他者と相互に関わりながら対話する様子が確認できた。このことは、連関性のある問題解決過程に関わる角屋（2019, p.69）の、「互いに自分の見通しを確認したり修正したりして、絶えず、他者とかかわりながら、他者と共に科学的により妥当な知を構築」する、とした論考を裏付けるものとなった。

以上のように、連関性がみられる授業事例において、「11の思考進行」は、時には、全体として一見停滞したように見える場合があったり、児童らの対話によって再び進展したりすることが確かめられた。これからのことから、「11の思考進行」には、環状や重複、停滞や進展を伴いながら進行するという特徴があることが明らかになった……含意2。

第4節 第2章のまとめ

第2章の目的は、連関性のある問題解決過程における思考進行の状況をとらえる視点について明らかにすることであった。そして、その児童らの思考進行の状況について、「問題解決過程を往還する11の思考進行の状況」を用いて分析した。

その結果、連関性がみられる第4学年「電気のはたらき」の授業事例において、「11の思考進行」が発現することをとらえた。具体的には、思考①自分の知識構造の確認・自覚、思考②関連付ける対象の把握、思考③-1学習者独自の観点・規準を用いた比較、思考③-2新たな観点・規準を用いた比較、思考⑥問題状況の確認、思考⑦既有知識の想起、思考⑧要因の検討、思考⑨仮説の構想、思考⑩問いの見いだし、思考⑪実験方法の考案、思考④共通性や一般的特性の見いだし、思考⑤原理・原則の理解、であった……結果2。

また、「11の思考進行」の順序は、思考①、思考②、思考③-1、思考③-2、思考⑥、思考⑦、思考⑧、思考⑨、思考⑩、思考⑪の順で推移し、観察・実験（その1）の時間帯を挟んだ授業終盤で、思考④、思考⑤を経ながら、再び、思考①、思考②へと螺旋的に進行するというものであった……含意2。このことから、連関性がみられる授業事例では、「獲得した知識を俯瞰する行為に関わる思考進行」の一部に、「問いや仮説の設定に関わる思考進行」が入れ子構造のようになって位置付くことが示唆された。

さらに、中込ら（2019）が指摘する思考①、思考②、思考③-1による「思考のループ」（9）は、本授業事例では、全発話数（37）のおよそ4分の1で確認でき、先行研究の結果と矛盾しない。また、「11の思考進行」には、一部環状重複が含まれており、これは中村ら（2018）の指摘とも一致する。これらのことから「11の思考進行」には、環状や重複、停滞や進展が伴うといった特徴があることが明らかになった……含意2。

結果2と含意2から、「問題解決過程を往還する11の思考進行の状況」の発現とその順序性、および、その特徴は、連関性のある問題解決過程における思考進行の状況をとらえる視点といえる。

なお、本章の結果では、児童らの思考進行の状況には、教材の特徴の影響や、教師の発話にみられる教授方略による影響を直接的、あるいは、間接的に受けていた可能性があることが推察された。例えば、表2-5のプロトコル30「第1段階と第2段階の間に方位磁針を置いたらいい」などにみられる思考⑦、思考⑨、思考⑪の思考進行には、それまで向き合ってきた教材の特徴を柔軟に活かしながら次の活動に向かおうとする様子がみられた。ま

た、表2-4のT2「ということは一番強いのはどこ？」という教師の発話によって論点が整理された。このことで、プロトコル10～16のように、児童らの思考進行は、思考③-2新たな観点・規準を用いた比較、に至っていることが推察された。これらの点を踏まえて、児童らの思考進行の状況を、教材の特徴の影響や教師の教授方略との関係から、さらに検証することが、今後の課題として残された。

第3章

連関性のある問題解決過程における教材の特徴

第3章 連関性のある問題解決過程における教材の特徴

第3章では、まず、連関性のある問題解決過程における教材には、問題解決過程の状況に応じた特徴がみられる可能性があることを指摘する。そのうえで、連関性がみられる授業事例で用いられた教材を取り上げて、そこに、上記のような特徴がみられるか否か、みられるとすれば、その特徴はどのような機能を果たしているのかについて分析する。その結果をもとに、連関性のある問題解決過程における教材の特徴をとらえる視点について明らかにする。

第1節 教材の特徴の分析方法

第1項 教材の特徴を分析する視点

序章において、連関性のある問題解決過程における教材は、単に、科学の原理・原則や概念を獲得するために投入される教材ではなく、問題解決過程の状況に応じた教材であることを指摘した。その場合の教材とは、「教師と子どもの協働参加の仕方が変化し、それに付随して教材も発展していく」（小野沢, 2016）といったことがその特徴となることを述べた。

実際、第2章で、連関性がみられる授業事例では、表 2-5 のプロトコル 30「方位磁針を所々に置いたらいい」のように、児童らが、自らの教材を見直して、次の観察・実験の方法を立案していた。この時、児童らが扱っていた回路型の教材には、回路の複数地点に着脱可能な端子があったり、回路中の各所に方位磁針を置くためのスペースが設けられるようになっていたりした。このように、連関性がみられる授業事例で用いられた教材には、問題解決過程の状況に応じた特徴が顕在化すると考えられる。

そこで、連関性がみられる授業事例において用いられた教材の特徴を詳細に分析するために、その分析の視点を以下の手順で作成した。

まず、問題解決過程の状況に応じた教材に関する先行研究として、教材を構成する複数の領域の分析や、教材の役割の変化に関する事例がいくつかみられるものの、連関性のある問題解決過程における教材という文脈から明示的に分析したものはみられないようであった^{註 3-1}。そこで、連関性のある問題解決過程の重要性を示唆した以下の指摘を参考にし

た。

角屋・林・石井（2005, p.15）は、児童らの問題解決過程について、「子どもが自分が発想した予想や立案した観察・実験の方法などを振り返り、それらを見直し、再検討すること」が重要であると指摘している。また、文部科学省（2011, p. 15）の「小学校理科の観察、実験の手引き」では、「児童が見いだした問題に対して、予想や仮説をもち、それに基づいて観察、実験などの検証の計画や方法を考えること」、「ここでもつ『見通し』は、教師が提示したものでも指示したものでもなく、まさに児童自らが発想したものである」と指摘する。

これらの指摘からは、連関性のある問題解決過程では、まず、児童自らが予想をもつ場面や、児童自らが観察・実験の方法等を発想する場面が重要であることがわかる。そのような場面における教材には、児童らが、容易な操作で直観的に扱うことができるような安全で単純なつくり、といった特徴がみられるものと考えられる。

また、連関性のある問題解決過程では、児童らが、自分の予想や観察・実験の方法を振り返り、見直し、再検討するような場面が重要であることがわかる。そのような場面における教材には、児童らに自らの考えを振り返らせるような多様な事象を提示する、といった特徴がみられるものと考えられる。

さらに、連関性のある問題解決過程では、教師が提示や指示をするのではなく、児童らが、新たに観察・実験などの計画や方法を立案したり、それを実行したりすることができる場面が重要であると推察される。そのような場面における教材には、児童らが考えた観察・実験の方法を具現化したり、必要に応じて条件や視点を変えて試行したりすることができる、といった特徴がみられると考えられる。

これらを踏まえて、以下では、連関性のある問題解決過程における教材の特徴を分析する視点を指定する。そして、連関性がみられる授業事例で用いられた教材を取り上げて、そこに、上記のような特徴が顕在化するか否かについて分析していく。

第2項 問題解決過程の状況に応じた教材の3つの特徴

連関性のある問題解決過程における教材の特徴をとらえる視点について明らかにするために、以下に示す「問題解決過程の状況に応じた教材の3つの特徴」を措定した（以下、「教材の3つの特徴」と記す）。以下に、その3つの特徴について述べる。

まず、前項の指摘を踏まえて、連関性のある問題解決過程における教材の特徴として、児童からのアクセスを容易にする単純性（以下、「特徴 X」と記す）、相反するような複数の考えを想起させる多様性（以下、「特徴 Y」と記す）、問題意識に応じて変形できる柔軟性（以下、「特徴 Z」と記す）、を規定した。これらを、連関性のある問題解決過程に援用すべく、それぞれの特徴ごとに次のような状況を想定した。

児童からのアクセスを容易にする単純性（特徴 X）

児童らは、安全で単純なつくりの教材を容易に操作することを通して、教材が示した事実や事象等から、問題を把握したり、これまでの経験や既習事項を想起したりして、自分の考えを率直に表現することができるようになると考えた。従って、教材には、安全で単純なつくりや、押す、引く、入れる等、操作が容易で直感的であることなどが求められる。このような教材の特徴のことを、児童からのアクセスを容易にする単純性（特徴 X）とした。

相反するような複数の考えを想起させる多様性（特徴 Y）

児童らは、多様な事実や事象等を示す教材を通して、互いの予想や仮説、観察・実験の方法等の異同に気付くようになると考えた。従って、教材には、児童らの多様な考えや立場が生じるような事実や事象等を示すことが求められる。このような教材の特徴のことを、相反するような複数の考えを想起させる多様性（特徴 Y）とした。

問題意識に応じて変形できる柔軟性（特徴 Z）

児童らは、実際の教材を柔軟に変形させたり、必要に応じて条件や視点を変えたりすることを通して、新たに検証可能な方法を立案したり、実際に自分が立案した方法で観察・実験を行ったりすることができるようになると考えた。従って、教材には、児童らの発想や問題意識等を反映させ、それらを具体的に実現させることが求められる。このような教材の特徴のことを、問題意識に応じて変形できる柔軟性（特徴 Z）とした。

なお、授業事例においてとらえられる教材の特徴は、上記のような3つの特徴に明確に分類できるとは限らない。複数の特徴が同時にみられる場合等については、表 3-1 の例を

基準に、主な役割を果たしていると思われる方、あるいは、その両方を採用した。これらの分類に際しては、理科教育を専門とする研究者 3 名と実践者 1 名で行った。

表 3-1 問題解決過程の状況に応じた教材の3つの特徴

教材の特徴	児童らの教材との関わり方の例
<p>特徴 X : 児童からのアクセスを容易にする単純性</p>	<p>児童らが、安全で単純なつくりの教材を容易に操作することを通して、教材が示した事実や事象等から、問題を把握したり、これまでの経験や既習事項を想起したりして、自分の考えを率直に表現する。</p>
<p>特徴 Y : 相反するような複数の考えを想起させる多様性</p>	<p>児童らが、教材が示した多様な事実や事象等に触れることを通して、互いの予想や仮説や観察・実験の方法等の異同に気付く。</p>
<p>特徴 Z : 問題意識に応じて変形できる柔軟性</p>	<p>児童らが、これまでの教材を変形させたり、条件や視点を変えたりすることを通して、新たに検証可能な方法を立案したり、実際に立案した方法で観察・実験を行ったりする。</p>

第2節 関連性がみられる授業事例における教材の特徴

第1項 サンプル事例の選定：第4学年「水の温まり方・冷え方」

関連性がみられる授業事例において、第1節、第2項で示した「教材の3つの特徴」について分析するために、その対象として、2005年1～2月にA小学校第4学年2組の児童40名を対象に一斉授業の形態で行われた、単元「水の温まり方・冷え方」^{註3-2}のうち、2/4時（以下、「授業事例3-1」と表す）、および、3/4時（以下、「授業事例3-2」と表す）をサンプル事例として選定した。本授業事例のうち、授業事例3-1では、「考察」から2回目の「観察・実験」の過程へ関連した状況がみられた。また、授業事例3-2では、「考察」から3回目の「観察・実験」の過程へ関連した状況がみられた。

具体的には、授業事例3-1においては、児童らは、まず、「マイ電熱線」を使って容器の水を温めたが水の上部しか温まらなかった結果について考察した。そして、児童らは、電熱線の位置を変えて再度「観察・実験」を行った。この間には、「全部温めたい」、「電熱線を下にしてみれば」、「いっぺんに温まるかもね」のように、次の「問題の把握」、「方法の立案」、「予想・仮説の設定」の過程に関わる発話がみられた。つまり、この授業事例は、問題解決の「考察」から次の「問題の把握」、「予想・仮説の設定」、「方法の立案」の過程を経て、2回目の「観察・実験」の過程へ関連した授業事例だといえる。

また、授業事例3-2においては、児童らは、まず、2回目の観察・実験の結果について互いの考察を主張し合った。そして、水はどのように動いているのか、という新たな着眼点を見だし、3回目の「観察・実験」に取り組んだ。この間には、「電熱線の下は冷たいまんまかもしれない」、「真ん中を温めてみれば」のように次の予想や実験方法に関わる発話がみられた。つまり、この授業事例は、「考察」から次の「問題の把握」、「予想・仮説の設定」、「方法の立案」の過程を経て、3回目の「観察・実験」の過程へ関連した授業事例だといえる。これらのことから、サンプル事例としてふさわしいと判断した。

発話プロトコルの作成については、VTR1台と記録者1名による授業の全体記録から主な発話を抽出した。その際、繰り返しや言い直し、やや冗長な説明等、発話の主旨や授業の流れ等に影響しない発話については省いてスクリーニングした。また、一斉授業中の発話以外にも、観察・実験中の発話や、観察・実験後のノートの記述等の一部も分析対象とした。

なお、本単元「水の温まり方・冷え方」の全体進行をまとめると表3-2のようになる。

本単元は「もの（水，空気，金属）の温まり方・冷え方」（主な内容：「水や空気は熱せられた部分が移動して全体が温まるが，金属は熱せられた部分から順に温まること」）における，「水の温まり方」に関する小単元として実施された。一般的に，水の温まり方を明らかにする過程には大きく 2 種類の実験方法がある。1 つは，アルコールランプ等を用いて容器の下端を外部から温める実験方法（以下，「外部熱源方式」と表す）。もう 1 つは，電熱線等を用いて容器の内部から温める実験方法（以下，「内部熱源方式」と表す）である。本授業事例では，後者の「内部熱源方式」による自作教材が使用された。本教材の詳細については，第 2 節，第 2 項で詳述する。

表3-2 単元「水の温まり方・冷え方」の全体進行（全4時間）

時	主な学習課題や学習活動，予想される児童の発話等 <想定される不完全性や矛盾の自覚>	発現が想定される 教材の特徴
1	マイ電熱線の水を温めることができるだろうか。 ・小さくて暖められない。 ・熱そうだからできそうだ。 ・試してみたい。 (1回目の実験)	特徴X 特徴Y
2	授業事例3-1 容器の水は温まったのだろうか。 ・水は温まったよ。 ・でも，容器の下は温まっていないよ。 <不完全性や矛盾の自覚1> ・容器の水は温まったといえるの？ ・電熱線の位置を下げて試してみたい。 (2回目の実験) ・やっぱり容器の上から温まるのだね。	特徴Y 特徴Z
3	授業事例3-2 電熱線の位置が下にある時は，どんなことが起きているのだろうか。 ・熱が上に行ってたまる。 ・たまった熱がまた降りる。 ・水がそんなに動くとは思えないよ。 <不完全性や矛盾の自覚2> ・容器の水は本当に動いているの？ ・水の動きを確かめたい。 ・容器の中に物を入れて確かめたい。 (3回目の実験) ・やっぱり温まった水が動いているのだね。	特徴X 特徴Y 特徴Z
4	電熱線の位置を変えたり，他の液体にしたりするとどうなるだろうか。 ・どんな場合でも上から温まるよ。 ・他の液体や空気はどうか。 (4回目の実験) ・やっぱり，他の液体でも上から温まったね。 ・それなら，空気はどうか。	特徴X 特徴Y 特徴Z

第2項 使用された教材「可動式内部熱源対流観察器」

本単元「水の温まり方・冷え方」では、以下のような教材が用いられた。第2節、第1項でも述べたように、水の温まり方を明らかにする過程には大きく「外部熱源方式」と「内部熱源方式」の2種類の実験方法がある。水の温まり方については、多くの教科書では、「外部熱源方式」での実験を扱っており、「内部熱源方式」は、調査対象中には一例もなかった（ただし、空気の対流については、「内部熱源方式」が3社みられた）。多くの教科書が「外部熱源方式」を採用する背景には、水の動きが観察しやすいことや、実験が簡易であること等、児童にとってのわかりやすさや、授業者にとっての説明のしやすさといった面でメリットがあると考えられる。ただ、「外部熱源方式」の場合、図3-1に示すような、容器内部の中央部や上部にある水を直接温めた場合の水の温まり方はどうなるのか、といった子どもらしい疑問や発想を生かした実験を行うことは難しいというデメリットもある。

そこで、本単元では、可動式の電熱線を用いた水の対流観察器（以下、「可動式内部熱源対流観察器」）が用いられた。それを、図3-2に示す。また、主な仕様を図3-3に示す。

本教材には、太めの導線2本の先に約2cm幅でカットした「マイ電熱線」が、ゴム栓に取り付けられている。「マイ電熱線」を装着する容器には牛乳瓶を用いる。牛乳瓶は、比較的丈夫で安全であり、上昇流を示す浮遊物の視認性がよい。また、短時間で水温の変化がみられ、児童が両手で包み込んで水温を体感することができる。さらに、温度変化をみるには、サーモテープ、示温インク等複数の手段を用いることが可能である。

対流観察器については、市販のものがいくつかあるが、本教材の特色としては、「マイ電熱線」として児童一人一人に配布可能な点、容器に装着された電熱線は可動式で深度を変えながら水の温まり方や上昇流の生じ方を確認できる点、容器を手のひらサイズの瓶にしたことで体感性を高めた点等が挙げられる。

なお、「対流」の指導については、その事象の複雑さから、先行研究において様々な問題点が指摘されている。例えば、寺田・中嶋（2012）は、「一般に『対流』を上昇流と下降流のセットでイメージし、（略）日常経験と対流のイメージを無理なく整合性がとれるように整理する指導が必要である」（（ ）は筆者）と指摘する。本教材は、そのような指導上の問題の解消を目論んだものではなく、むしろ、子どもらしい疑問や発想を生かした多様な観察・実験を実現できるように工夫したものといえる^{註3-3}。

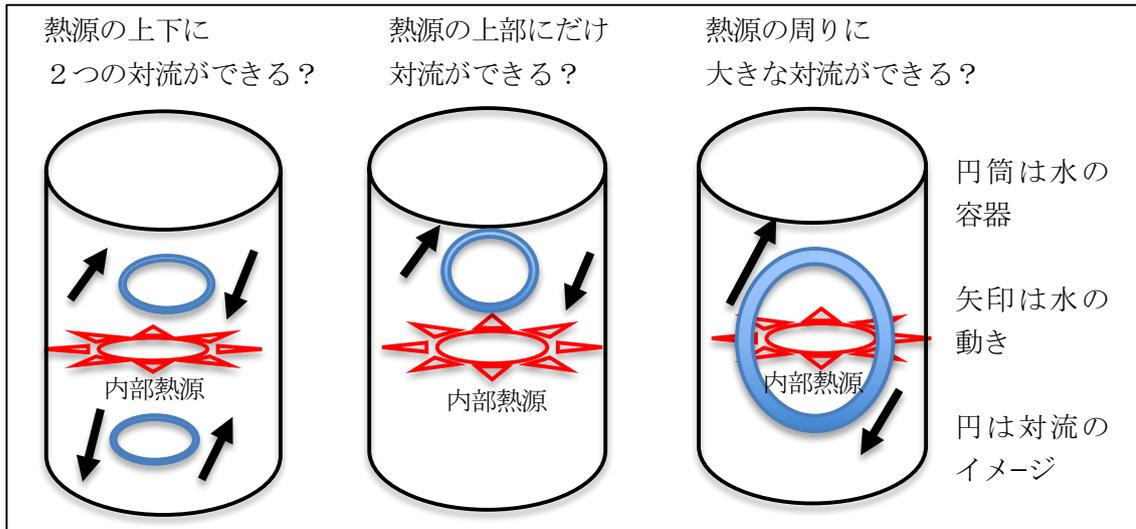


図 3-1 「内部熱源方式」での児童の対流イメージ (例)

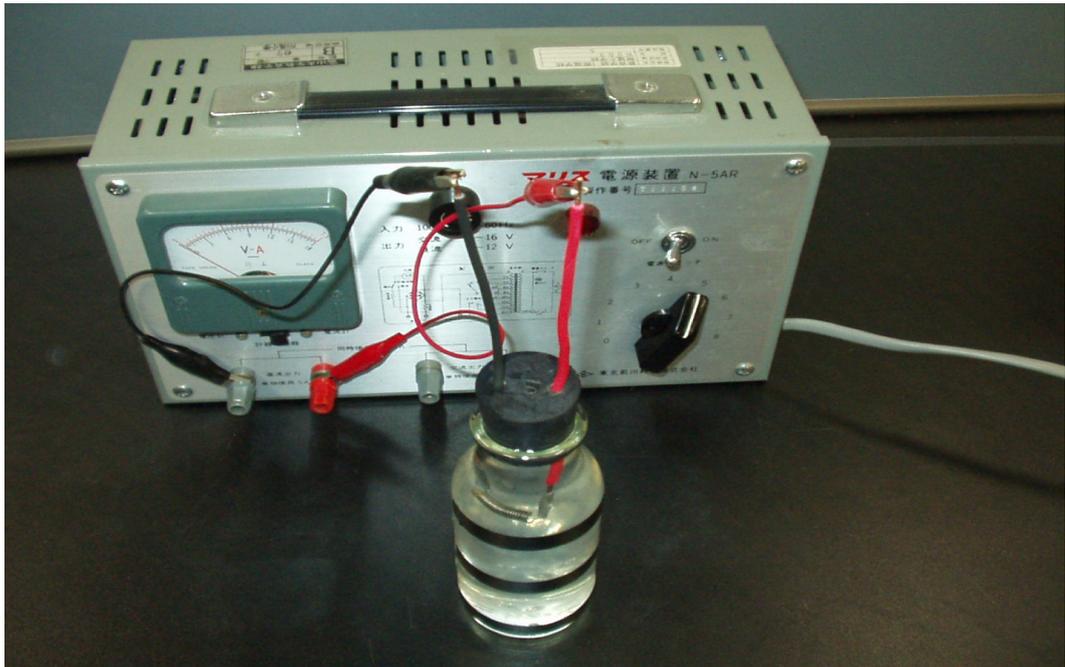


図 3-2 可動式内部熱源対流観察器



図 3-3 マイ電熱線

電熱器用のコイル状ニクロム線（導体外径 Φ 約 0.4mm）を加工する。

- ・ 300W タイプで約 2cm（直線長約 45cm）でカット
- ・ 200W タイプで約 2cm（直線長約 55cm）でカット
- ・ 電源 6～9V の間で予備実験をして決める。

ニクロム線 2 種の抵抗率 $1.12 \pm 0.05 \mu\Omega \cdot m$ 註3-4

導線は太くて単線のものを使用する。（細くて撚糸のものは熱をもつので不向き）

- ・ 材質銅線（導体外径 Φ 約 1.6～1.8mm）
- ・ 長さ約 18cm

マイ電熱線の発熱量の見積もり約 1928.6cal（300w タイプ/9v/5 分間/抵抗値約 3Ω の場合）

容器容量約 250mm 高さ約 15cm ガラス製（牛乳瓶）

第3項 授業事例3-1において連関性がみられた場面

まず、授業事例3-1における教材の特徴について分析する。本授業事例は、「考察」から次の「問題の把握」、「予想・仮説の設定」、「方法の立案」の過程を経て、2回目の「観察・実験」の過程へ連関した授業事例である。この場面における主な発話プロトコルを表3-3に示す。

児童らは、これまでの観察・実験において、瓶の中に棒状のサーモテープを縦方向に入れ、その色の変化したことを観察していた。表3-3のプロトコル1「電熱線の周りが熱かった」、プロトコル2「サーモテープの上の方しか赤くならなかった」の発話では、児童らは、電熱線から出る泡の様子や、サーモテープの色が変化したという観察事実を基に、自分の考えを主張している様子がわかる。この状況は、1回目の観察・実験から確実に結果を得て、自分の考えを率直に表現している「考察」の過程の状況だといえる。この時、瓶の中にサーモテープを入れる、マイ電熱線が装着されたゴム栓を取り付ける、電気を通す、水温の変化を目で確認する、水温の変化を手で体感する等、安全で扱いやすい単純なつくりの教材によって、児童らは、教材が示した事実や事象等から自分の考えをもち、それを率直に表現したと考えられる。従って、この場面でみられた教材の特徴は、児童からのアクセスを容易にする単純性（特徴X）に該当する。

また、プロトコル2「下の方も赤くしてみたい」、プロトコル3「もっと確かめて、全部温めたい」の発話のように、まだ水が温まったとまではいえないと、その不十分さを指摘する児童もいたことがわかる。この状況は、当初の予想と異なる結果について考察した児童らが、「もっと温めたい」、という次の問題意識を明確にするなど、「考察」から「問題の把握」の過程へ連関した状況だったといえる。この時、上部だけが赤くなったのは、近くにあった電熱線のせいなのか、もっと長い時間温めれば容器の水全体が温かくなったのかといった、複数の考えを想起させる教材によって、児童らは、それまでの観察・実験の方法に不完全性や矛盾を自覚することができたと考えられる。従って、この場面でみられた教材の特徴は、相反するような複数の考えを想起させる多様性（特徴Y）に該当する。

次のプロトコル4「電熱線を下にしてみれば？」の発話では、どうしたら容器全体の水が温められるだろうかと考え始めている様子がわかる。そして、プロトコル5「それでも上が赤くなれば熱が上に行くってこと」の発話では、その考えがより精緻化された。さらにプロトコル6「それに電熱線を真ん中にしたら全体がいつぺんに温まるかも」の発話で、

プロトコル 4 の発想をさらに拡張させた実験方法と結果の見通しが提示された。その後、プロトコル 7「全体が一緒に？」の発話と、T1「次は電熱線の位置を変えた実験を試みるのだね」の発話に加わることによって、児童らは、電熱線を容器の下部に移動させて水を温める 2 回目の観察・実験に取り組んでいった。この状況は、次の観察・実験の方法を立案したり、結果を予想したりするなど、「問題の把握」の過程から「予想・仮説の設定」や「方法の立案」の過程へ関連し、さらに、「観察・実験」の過程へ関連した状況だったといえる。この時、可動式の電熱線によって水を加熱する位置を柔軟に移動できたり、小型の電熱線によって水を加熱する場所をピンポイントで調節できたりする教材によって、児童らは、新たに検証可能な観察・実験の方法を立案したり、結果への見通しをもったりして、自らの不完全性や矛盾を解消しようとすることができたと考えられる。従って、この場面でみられた教材の特徴は、問題意識に応じて変形できる柔軟性（特徴 Z）に該当する。

実際、表 3-4 に示した、2 回目の観察・実験後のノートの記述（抜粋）には、記述 1「上の方から温まる」や、記述 2「上も下も同じだと思った」、記述 3「さわると全体が温かったけど、サーモテープは上の方から赤くなった」の記述がみられる。このことから、児童らは、実際に、観察・実験を通して、自らの不完全性や矛盾を解消したことがわかる。

表 3-3 授業事例 3-1 における主な発話プロトコルと教材の特徴

No.	主な発話プロトコル	教材の特徴
	1 回目の実験「電熱線が上部にある時の水の温まり方」に取り組む。	
1	(1 回目の実験後) d 児：電熱線の周りが熱かった。その証拠に、サーモテープは上の方だけ赤かった。	特徴 X
2	e 児：サーモテープが上の方しか赤くならなかったから、下の方でも赤くしてみたい。	特徴 X 特徴 Y
3	f 児：もっと確かめて、全部温めたい。	特徴 Y
4	g 児：それじゃ電熱線を下にしてみれば？	特徴 Z
5	h 児：それでも上が赤くなれば熱が上に行くってことだし。	特徴 Z
6	i 児：それに電熱線を真ん中にしたら全体がいっぺんに温まるかもね。	特徴 Z
7	j 児：え？全体が一緒に？	特徴 Y 特徴 Z
T1	それでは、次は電熱線の位置を変えた実験を試してみるのだね。	

T は教師の発話

表 3-4 2 回目の観察・実験後のノートの記述 (抜粋)

No.	ノートの記述 (抜粋)
記述 1	ぼくは上の方から温まると思う。でも全体というのも間違えではないと思う。温度の差は 2℃しかなかった。
記述 2	上も下も同じだと思った。電熱線が下にあっても、あわが上にあがっていくから。
記述 3	さわると全体が温かかったけど、サーモテープは上の方から赤くなっていた。

第4項 授業事例3-2において連関性がみられた場面

次に、授業事例3-2における教材の特徴について分析する。本授業事例は、2回目の実験結果の「考察」から次の「問題の把握」、「予想・仮説の設定」、「方法の立案」の過程を経て、3回目の「観察・実験」の過程へ関連した授業事例である。

第3項で示した2回目の観察・実験後のノートの記述を整理すると、電熱線が容器の下部にある場合の水の温まり方に対する児童らの考えは、大きく3つの立場にわかれた。すなわち、表3-4の記述1「上の方から温まる」のように上の方から温まると考える立場(22名)、記述2「上も下も同じだと思った」のように全体が同時に温まると考える立場(15名)、記述3「さわると全体が温かかったけど、サーモテープは上の方から赤くなった」のように曖昧で決められないという立場であった(3名)。同じような実験をして、同じような事象を観察していても、水の温まり方に対する当初の考えは、簡単には更新されない様子が見える。そこで、授業者は、児童らの考えの異同について話し合う場を設けた。この場面における主な発話プロトコルを表3-5に示す。

表3-5のプロトコル8「ぼくは、上から温まると思う」や、プロトコル9「サーモテープが上から赤くなるのを見た」の発話では、自分の考えを率直に主張する様子が見える。この状況は、2回目の観察・実験から得られた結果を率直に表現するなど、「考察」の過程の状況だといえる。2回目の観察・実験からは、教材からサーモテープが赤くなる客観的事実や、容器全体を直接手で包み込んだ時の感覚が得られていた。この時、サーモテープを簡単に取り付けることができる教材や、外部熱源方式では不可能だった容器を直接接触して安全に確かめることができる教材によって、児童らは、観察・実験の結果に基づいて考察したことを率直に表現することができたと考えられる。従って、この場面でみられた教材の特徴は、児童からのアクセスを容易にする単純性(特徴X)に該当する。

また、プロトコル9「サーモテープが上から赤くなるのを見た」、プロトコル10「温まった水が上に行く」では、プロトコル9の発話に関わりながら、温まる水の様子にまで言及して賛同している。一方、プロトコル11「上から温まるのが普通だけど、実験したときは全体がお湯に近かった」では、プロトコル9、10に一定の理解を示しつつも、全体が温まった事実との矛盾を指摘している様子が見える。次のプロトコル13「(水は)上から温まると思うけど、熱は下にも下りるのではないかな」の発話では、水が温まる順番よりも水の動きに着目する必要性が指摘された。これを境に、それまで問題となっていた水が温ま

る順番は、次第に、水の動き方へと焦点化されていった。この意見は、プロトコル14「冷めたらまた下に」や、プロトコル18「どこへも行けなくなったら下の方へ行く」の発話で統合されたり、さらに詳細な説明が加えられたりした。一方、プロトコル16「反対。熱は上に上がってそこで止まっているのではないか」と批判的な発話が現れると、プロトコル17「やっぱり、上の方で熱が待機していて上から温まると思う」と自分の立場を変えて賛同する発話もみられた。とりわけ、プロトコル18「また下がってきたら、水はそれ以上温まっていかない」の発話は、熱が下に降りてくるという説の矛盾を指摘したものといえる。同様に、プロトコル19「教科書に書いてあるよ」、プロトコル20「あれ？」の発話は、教科書の情報を持ち出して白熱し始めた事態の収束を図ろうとしたが、途中で自己内矛盾に気付いて立ち止まってしまっている。プロトコル21では、教科書の実験（外部熱源方式）と今の実験（内部熱源方式）との違いを比較して、「僕が本当に下から触ってみたら、すごく冷たかった」、「教科書に書いてあるのとは違うことが起きていると思う」と、以前の観察・実験をもとに精緻化して主張した。この状況は、互いの考察の異同に気付いて立ち止まり、水が温まる順番から水の動き方という新たな観点から問題をとらえ直し、それぞれの予想や仮説について表現するなど、「考察」から「問題の把握」の過程へ関連し、さらに、「予想・仮説の設定」の過程へ関連した状況だったといえる。この時、容器上部の水だけに着目した考えや、ビーカーを温めるような教科書の方法では気付かないと思われる、容器最下部の水にも着目した考えなど、複数の考えを想起させる教材によって、児童らは、自らの不完全性や矛盾を自覚し、予想や仮説を修正したと考えられる。従って、この場面で見られた教材の特徴は、相反するような複数の考えを想起させる多様性（特徴Y）に該当する。

授業終盤のプロトコル22から26では、互いの予想や立場を表明するつぶやきや批判的な発話が続く。そして、プロトコル27「真ん中から温めてみれば」や、プロトコル28「もう一回実験してみないと」の発話では、電熱線を真ん中に移動させるという次の観察・実験を立案する様子がわかる。その後、児童らは、電熱線を任意の位置に移動させたり、容器の中にコショウやインクを入れたりするなど、水の動き方に焦点を絞った3回目の観察・実験を行った。観察・実験中の発話記録からは、表3-5のプロトコル29「あ！上に行ってる」、プロトコル30「コショウが下から上がってる」、プロトコル31「中のコショウが回り出したよ、いきなり」のように、児童らの観察の視点が、温まる順番から水の動き方に移行して発話している様子がわかる。この状況は、新たな方法を立案したり、その結果に

ついて見通しをもったりするなど、「予想・仮説の設定」から「方法の立案」の過程へ関連し、さらに、「観察・実験」の過程へ関連した状況だったといえる。この時、可動式の電熱線によって水を加熱する位置を任意に調節することができたり、容器に浮遊物を入れるなどして観察する観点を変えることができたりする教材によって、児童らは、新たに検証可能な観察・実験の方法を立案したり、実際に観察・実験を行ったりして、自らの不完全性や矛盾を解消することができたと考えられる。従って、この場面でみられた教材の特徴は、問題意識に応じて変形できる柔軟性（特徴 Z）に該当する。

実際、表 3-6 に示した観察・実験後のノートの記述（抜粋）には、記述 4「急激に上昇し」、記述 5「下の方が温かくなって、それが回って行って」のような記述がみられる。このことから、児童らは、温まった水が上昇しそれを繰り返して全体が温まるという対流の概念を更新するなど、自らの不完全性や矛盾を解消したことがわかる。

表 3-5 授業事例 3-2 における主な発話プロトコルと教材の特徴

No.	主な発話プロトコル	教材の特徴
8	k 児：ぼくは上から温まると思う。	特徴 X
T2	何か証拠でもありますか？	
9	k 児：サーモテープが上から赤くなるのを見た。	特徴 X
10	l 児：ぼくも同じ。下で温まって、温まった水が上に行く。ここらへんまで。	特徴 X
11	m 児：上から温まるのが普通だけど、実験したときは全体がお湯に近かった。だから、上に行くまでに全体が温かくなっていくのではないかな。	特徴 X 特徴 Y
12	つぶやき：(う～ん、そうかなあ…)	特徴 X 特徴 Y
13	o 児：やっぱり上から温まると思うけど、熱は下にも下りるのではないかな。	特徴 Y
T3	下にまた下りてくるの？	
14	m 児：うん、上に行って、冷めたらまた下に下りると思う。	特徴 Y
15	o 児：熱が生まれて上でたまって、どこへもいけなくなったら下の方へいく。	特徴 Y
16	m 児：反対。熱は上に上がってそこで止まっているのではないかな。	特徴 Y
17	p 児：ぼくは全体が温まると思っていたけど、やっぱり、上の方で熱が待機していて上から温まると思う。	特徴 Y
18	m 児：どんどん上にいって、上でたまると思う。また下がってきたら、水はそれ以上温まっていけないことになる。	特徴 Y
19	q 児：教科書に書いてあるよ「温められた水が上にいって、上の冷たい水が下に…だから全体が温まる…」あれ？	特徴 Y
T4	上から？下から？全体？	
20	q 児：あれ？	特徴 Y
21	r 児：教科書に「全体が温まる」って書いてあるのは、アルコールランプを使って下から温めた場合の話。もしかしたら、電熱線の下は冷たいまんまかもしれない。ぼくが本当に下から触ってみたら、すごく冷たかった。教科書に書いてあるのとは違うことが起きていると思う。	特徴 Y
22	つぶやき：(そうかもしれない…)	特徴 Z
23	つぶやき：(反対！反対！)	特徴 Z

24	つぶやき：(最終的には全体が…)	特徴 Z
25	つぶやき：(下から温まって、それが上に行って…)	特徴 Z
26	k 児：そんなに (水は) 動かないから…	特徴 Z
27	p 児：真ん中から温めてみれば…	特徴 Z
28	m 児：もう一回実験してみないと！	特徴 Z
29	つぶやき：(あ！上に行ってる！上に行ってる！)	特徴 Z
30	つぶやき：(コショウが下から上がってる！)	特徴 Z
31	つぶやき：(中のコショウが回り出したよ、いきなり。)	特徴 Z

T は教師の発話

表 3-6 3 回目の観察・実験後のノートの記述 (抜粋)

No.	ノートの記述 (抜粋)
記述 4	わかったことは、水は一旦下で温まって急激に上昇し、上から温まるということ。
記述 5	最初は下から温かくなると思っていた。実験してみたら、下の方が温かくなって、それが回って行って上の方も温かくなって、全体が温かくなっていった上が 41℃で、下が 31℃だった。
記述 6	やっぱり最終的には上の方が温かかった。

第3節 「教材の3つの特徴」の発現とその機能

第1項 「教材の3つの特徴」の発現

以下では、関連性がみられる授業事例3-1、および、授業事例3-2の2つの授業事例においてみられた「教材の3つの特徴」について考察する。

まず、教材の特徴Xは、授業事例3-1では、表3-3のプロトコル1, 2に示した発話の中でみられた。また、授業事例3-2では、表3-5のプロトコル8, 9, 10, 11, 12に示した発話の中で、教材の特徴Xがみられた。このように教材の特徴Xは、対象とした2つの授業事例のいずれにおいても確認することができた。

次に、教材の特徴Yは、授業事例3-1では、表3-3のプロトコル2, 3, 7に示した発話の中でみられた。また、授業事例3-2では、表3-5のプロトコル11~21に示した発話の中で、教材の特徴Yがみられた。このように教材の特徴Yは、対象とした2つの授業事例のいずれにおいても確認することができた。

さらに、教材の特徴Zは、授業事例3-1では、表3-3のプロトコル4, 5, 6, 7に示した発話の中でみられた。また、授業事例3-2では、表3-5のプロトコル22~31に示した発話の中で、教材の特徴Zがみられた。このように教材の特徴Zは、対象とした2つの授業事例のいずれにおいても確認することができた。

以上のように、「問題解決過程の状況に応じた教材の3つの特徴」は、関連性がみられる2つの授業事例のいずれにおいても確認することができた……結果3。

なお、表3-3のプロトコル1, 2や、表3-5のプロトコル8, 9のように、主に教材の特徴Xがみられたのは、児童らが自分の考えを率直に表現する「考察」の過程の状況の場面であった。また、表3-3のプロトコル2, 3, 7や、表3-5のプロトコル11~21のように、主に教材の特徴Yがみられたのは、児童らが、互いの考察の異同に気付いて、新たな観点から問題をとらえ直す「問題の把握」や「予想・仮説の設定」の過程へ関連した状況の場面であった。さらに、表3-3のプロトコル4, 5, 6, 7や、表3-5のプロトコル22~31のように、主に教材の特徴Zがみられたのは、児童らが、新たな検証可能な観察・実験の方法を立案したり、その結果について見通しをもったりする「方法の立案」や「観察・実験」の過程へ関連した状況の場面であった。

このことから、教材の特徴X, 特徴Y, 特徴Zの発現と、問題解決の各過程との間には、

なんらかの関係があるのではないかと推察された。しかしながら、例えば、同じ「考察」の過程の中でも、特徴 X や特徴 Y がみられる場合があったり、同じ特徴 Z が、「予想・仮説の設定」の過程や「方法の立案」の過程で見られる場合があったりした。従って、「教材の3つの特徴」と、問題解決の特定の過程との明確な対応関係については認められなかった。

第2項 「教材の3つの特徴」の機能

以下では、連関性がみられる授業事例3-1、および、授業事例3-2の2つの授業事例においてみられた「教材の3つの特徴」が、児童らの問題解決の過程においてどのように機能しているのかについて考察する。

まず、教材の特徴Yは、授業事例3-1のプロトコル2, 3, 7(表3-3)、および、授業事例3-2のプロトコル11~21(表3-5)でみられた。この場面では、児童らは、教材が示した事実や事象等から、互いの予想や仮説の異同に気付いて、自らの不完全性や矛盾を自覚した。従って、教材の特徴Yは、対象とした2つの授業事例のいずれにおいても、児童らの不完全性や矛盾を自覚させるように機能していることが推察される。

また、教材の特徴Zは、授業事例3-1のプロトコル4~7(表3-3)、および、授業事例3-2のプロトコル22~31(表3-5)でみられた。この場面では、児童らは、これまでの教材を変形させたり、条件や視点を変えたりして、自らの不完全性や矛盾を解消した。従って、教材の特徴Zは、対象とした2つの授業事例のいずれにおいても、児童らの不完全性や矛盾を解消させるように機能していることが推察される。

なお、教材の特徴Xは、いずれもそれらの前段階でみられた。具体的には、この特徴Xは、授業事例3-1のプロトコル1~2(表3-3)、および、授業事例3-2のプロトコル8~12(表3-5)でみられた。これらの発話では、教材が示した事実や事象等から児童らが自分の考えをもち、それを率直に表現していることから、児童らの不完全性や矛盾を自覚させる前段階の発話として解釈できる。この考えに基づくならば、この特徴は、児童らの不完全性や矛盾の自覚・解消の過程においては、児童らの不完全性や矛盾を自覚させる準備に機能していることが推察される。

以上から、「教材の3つの特徴」は、児童らの不完全性や矛盾の生成・解消の過程に関わって、それぞれ以下のように機能していることが明らかになった……含意3。

- ・特徴X：児童からのアクセスを容易にする単純性は、児童らの不完全性や矛盾を自覚させる準備に機能する。
- ・特徴Y：相反するような複数の考えを想起させる多様性は、児童らの不完全性や矛盾を自覚させるように機能する。
- ・特徴Z：問題意識に応じて変形できる柔軟性は、児童らの不完全性や矛盾を解消させるように機能する。

第4節 第3章のまとめ

第3章の目的は、連関性のある問題解決過程における教材の特徴をとらえる視点について明らかにすることであった。そして、その教材の特徴について、「問題解決過程の状況に応じた教材の3つの特徴」を用いて分析した。

その結果、連関性がみられる小学校第4学年「水の温まり方・冷え方」の2つの授業事例のいずれにおいても、「教材の3つの特徴」がみられることが明らかになった。具体的には、児童らが、教材が示した事実や事象等から、問題を把握したり、これまでの経験や既習事項を想起したりして、自分の考えを率直に表現する場面では、特徴X：児童からのアクセスを容易にする単純性、が顕在化した……結果3。また、児童らが、教材が示した多様な事実や事象等に触れることを通して、互いの予想や仮説や観察・実験の方法等の異同に気付く場面では、特徴Y：相反するような複数の考えを想起させる多様性、が顕在化した……結果3。さらに、児童らが、これまでの教材を変形させたり、条件や観点を変えたりすることを通して、新たに検証可能な方法を立案したり、実際に観察・実験を行ったりする場面では、特徴Z：問題意識に応じて変形できる柔軟性、が顕在化した……結果3。

これら「教材の3つの特徴」が、児童らの問題解決の過程においてどのように機能しているのか、については、教材の特徴Xは、児童らの不完全性や矛盾を自覚させる準備に機能し、教材の特徴Yは、児童らの不完全性や矛盾を自覚させるように機能し、教材の特徴Zは、児童らの不完全性や矛盾を解消させるように機能していることが明らかになった……含意3。

結果3と含意3から、「問題解決過程の状況に応じた教材の3つの特徴」は、連関性のある問題解決過程における教材の特徴をとらえる視点といえる。

なお、本章の結果では、同じ「考察」の過程の中でも、特徴Xや特徴Yがみられたり、同じ特徴Zが、「予想・仮説の設定」や「方法の立案」の過程でみられたりした。このことから、「教材の3つの特徴」は、問題解決過程の状況に応じた特徴ではあるものの、特定の過程と、教材の特定の特徴との明確な対応関係は認められなかった。これは、「考察」の過程において児童らが見直す視点が、「問題の把握」の過程に向けられているのか、あるいは、「方法の立案」の過程なのかなどによって異なるためではないかと考えられる。同様に、例えば、特徴Zによって発想された新たな視点が、そもそもの「問題の把握」の過程に向けられているのか、あるいは、次の観察・実験の「方法の立案」の過程に向けられている

のかなどによって異なるためではないかと考えられる。これらの点については、対象事例を増やして検証することが、今後の課題として残された。

終章

結論および研究の成果と課題

終章 結論および研究の成果と課題

第1節 結論

本研究では、小学校理科における連関性のある問題解決過程を分析的に明らかにしてきた。

第1章では、連関性のある問題解決過程における対話の実態をとらえる視点について明らかにした。

連関性のある問題解決過程では、自らの不完全性を自覚しながら真実・真理は何かを問い返すといった、対話の弁証法的側面が機能していると考えられる。そこで、「正・反・止揚・合」という弁証法の構成要素を援用して「理科における対話の弁証法的側面を構成する4つのフェーズ」を措定した（正：児童自身の考えの表出，反：他者との関わりを契機とした自らの不完全性や矛盾の自覚，止揚：前提を拡張・発展させるような視点の確認，および合：より高次の概念や真実・真理の創造）。次に、これら4つのフェーズを用いて、連関性がみられる小学校第4学年理科「とじこめた空気」の授業事例を分析し、各フェーズに相当する発話プロトコルがみられるか否かを検証した。

児童の発話をタイプ別に分類して実態をとらえた結果、連関性がみられる授業事例では、正・反・止揚・合の発話タイプが、授業の進行に伴って発現することが明らかとなった。また、「4つのフェーズ」の推移には、フェーズ1に相当する発話タイプAが連続する時間帯があることや、その局面を打開される場合には、フェーズ2、フェーズ3に相当する発話タイプBの発現が関わっていることが明らかになった。

第2章では、連関性のある問題解決過程における思考進行の状況をとらえる視点について明らかにした。

連関性のある問題解決過程では、現時点の過程における自分の考えを見直し、振り返る思考進行や、次にいずれかの過程に向かうための新たな視点を導くような往還的な思考進行が顕在化すると考えられる。そこで、まず、中込・加藤（2019）、中村・松浦（2018）、吉田・川崎（2019）の先行研究を援用し、「問題解決過程を往還する11の思考進行の状況」を措定した。この視点をもとに、連関性がみられる小学校第4学年理科「電気のはたらき」の授業事例において、それらに相当する発話プロトコルがみられるか否かを検証した。

その結果、連関性がみられる授業事例では、上記の「11の思考進行」の発現が確認され

た。また、その順序は、思考①自分の知識構造の確認・自覚、思考②関連付ける対象の把握、思考③-1 学習者独自の観点・規準を用いた比較、思考③-2 新たな観点・規準を用いた比較、思考⑥問題状況の確認、思考⑦既有知識の想起、思考⑧要因の検討、思考⑨仮説の構想、思考⑩問いの見だし、思考⑪実験方法の考案、思考④共通性や一般的特性の見だし、思考⑤原理・原則の理解、というものであった。すなわち、一旦は「獲得した知識を俯瞰する行為に関わる思考進行」（思考①、思考②、思考③-1、思考③-2）が発現するが、途中、「問いや仮説の設定に関わる思考進行」（思考⑥、思考⑦、思考⑧、思考⑨、思考⑩、思考⑪）が発現するようになり、再び、「獲得した知識を俯瞰する行為に関わる思考進行」（思考④、思考⑤、思考①、思考②）がみられるということが示唆された。さらに、「11の思考進行」には、思考①、思考②、思考③-1による「思考のループ」など、環状や重複、停滞や進展が伴うといった特徴があることが明らかになった。

第3章では、連関性のある問題解決過程における教材の特徴をとらえる視点について分析した。

まず、「問題解決過程の状況に応じた教材の3つの特徴」という視点を措定して、これを分析に用いた。3つの特徴とは、児童からのアクセスを容易にする単純性（特徴X）、相反するような複数の考えを想起させる多様性（特徴Y）、問題意識に応じて変形できる柔軟性（特徴Z）、である。これに基づいて、連関性がみられる小学校第4学年理科「水の温まり方・冷え方」の単元で用いた教材「可動式内部熱源対流観察器」について分析した。

その結果、連関性がみられる授業事例において用いられた教材には、上記の3つの特徴が顕在化し、特徴Xは児童らの不完全性や矛盾を自覚させる準備に、特徴Yは児童らの不完全性や矛盾を自覚させるように、特徴Zは児童らの不完全性や矛盾を解消させるように、それぞれ機能していることが明らかになった。

以上の結論を踏まえて、小学校理科における連関性のある問題解決過程に関して整理しておく。具体的には、第1章、第2章、第3章において分析対象とした授業事例は、いずれも、連関性がみられる授業事例であったことから、第1章で明らかにした「4つのフェーズ」と第2章で明らかにした「11の思考進行」との関係、および、第1章で明らかにした「4つのフェーズ」と第3章で明らかにした「教材の3つの特徴」との関係をそれぞれ整理した。これを、表終-1、表終-2に示しておく。

表 終-1 「理科における対話の弁証法的側面を構成する4つのフェーズ」と
「問題解決過程を往還する11の思考進行の状況」との関係

対話の弁証法的側面を構成する4つのフェーズ	11の思考進行		具体的な様相
フェーズ1: 正 児童自身の考えの 表出	獲得した 知識を俯瞰する行 為に関わ る思考進 行	①自分の知識構造の確 認・自覚 ②関連付ける対象の把握 ③-1 学習者独自の観点・ 規準を用いた比較 メタ認知モニタリング	豆電球がより明るくなった事実に対し て、素朴概念を発揮したり、過去の経 験等と似た部分と関連づけたりして、 独自の観点・基準から推論する様相。 (表 2-3 主にプロトコル1~9)
フェーズ2: 反 他者との関わりを 契機とした自らの 不完全性や矛盾の 自覚		③-2 新たな観点・規準を 用いた比較 メタ認知モニタリング メタ認知コントロール ⑥問題状況の確認	当初抱いていた説や考えに対し、A地 点、B地点、C地点のどこが一番強い 電流なのだろうかという新たな比較の 観点・規準を獲得し、A、B、C地点の 電流の大きさが新たな問題状況として 確認される様相。 (表 2-4 主にプロトコル10~16))
フェーズ3: 止揚 前提を拡張・発展 させるような視点 の確認	問いや仮 説の設定 に関わる 思考進行	⑦既有知識の想起 ⑧要因の検討 ⑨仮説の構想 ⑩問いの見いだし ⑪実験方法の考案	A地点、B地点、C地点の電流の大き さという新たな観点・規準から現象や 要因について比較する中で、「第1段 階、第2段階はあるのか」という問い や仮説を導いたり、新たな実験方法を 立案したり、結果を見通したりして推 論する様相。 (表 2-5 主にプロトコル17~32)
フェーズ4: 合 より高次の概念や 真実・真理の創造	(観察・実験)		見通しや必要感をもって観察・実験を 行い、回路のどこで測っても電流の大き さは等しいという結果を得ていく様 相。 (表 2-6 発話記録 C1~C7)
	獲得した 知識を俯瞰する行 為に関わ る思考進 行	④共通性や一般的特性の 見出し ⑤原理・原則の理解 ①自分の知識構造の確 認・自覚 ②関連付ける対象の把握	回路のどこで測っても電流の大きさは 等しいという結果や事実について、そ の理由を説明したり、推論したりしな がら、回路に流れ込む電流の和と流れ 出す電流の和は等しいというキルヒホ ッフの法則に触れる概念や、エネルギ ーの保存と変換に関わる概念を徐々に 獲得していく様相。 (表2-7 主にプロトコル33~37)

表 終-2 「理科における対話の弁証法的側面を構成する4つのフェーズ」と
「問題解決過程の状況に応じた教材の3つの特徴」との関係

対話の弁証法的側面を構成する4つのフェーズ	教材の3つの特徴		具体的な様相
	教材の特徴	児童らの不完全性や矛盾の自覚・解消に関わる機能	
フェーズ1：正 児童自身の考えの表出	特徴X： 児童からのアクセスを容易にする単純性	児童らが、自らの不完全性や矛盾を自覚させる準備に機能する。	児童らが、安全で単純なつくりの教材を容易に操作することを通して、教材が示した事実や事象等から、問題を把握したり、これまでの経験や既習事項を想起したりして、自分の考えを率直に表現する。
フェーズ2：反 他者との関わりを契機とした自らの不完全性や矛盾の自覚	特徴Y： 相反するような複数の考えを想起させる多様性	児童らが、自らの不完全性や矛盾を自覚させるように機能する。	児童らが、教材が示した多様な事実や事象等に触れることを通して、互いの予想や仮説、観察・実験の方法等の異同に気付く。
フェーズ3：止揚 前提を拡張・発展させるような視点の確認	特徴Z： 問題意識に応じて変形できる柔軟性	児童らが、自らの不完全性や矛盾を解消させるように機能する。	児童らが、これまでの教材を変形させたり、条件や観点を変えたりすることを通して、新たに検証可能な方法を立案したり、実際に立案した方法で観察・実験を行ったりする。
フェーズ4：合 より高次の概念や真実・真理の創造			

第2節 研究の成果

本研究の目的は、小学校理科における連関性のある問題解決過程を分析的に明らかにすることであった。この目的を達成するために、次の3つの具体的目標を設定して検証してきた。

- (1) 連関性のある問題解決過程における対話の実態をとらえる視点を明らかにする。
- (2) 連関性のある問題解決過程における思考進行の状況をとらえる視点を明らかにする。
- (3) 連関性のある問題解決過程における教材の特徴をとらえる視点を明らかにする。

以上により、小学校理科における連関性のある問題解決過程を分析的に明らかにするという目的に対して、連関性がみられる授業事例の分析を通して、各章の結果1～3と含意1～3を整理すると以下ようになる。

- (1) 連関性のある問題解決過程における対話の実態をとらえる視点として、「理科における対話の弁証法的側面を構成する4つのフェーズ」が発現し、推移すること。
- (2) 連関性のある問題解決過程における児童らの思考進行をとらえる視点として、「問題解決過程を往還する11の思考進行の状況」が、おおよその順序性に従って発現すること。
- (3) 連関性のある問題解決過程における教材の特徴をとらえる視点として、「問題解決過程の状況に応じた教材の3つの特徴」が顕在化し、それぞれ、児童らの不完全性や矛盾を自覚・解消させる過程に機能すること。

なお、上記の結論を得る過程で、特に、含意1～3から、小学校理科における連関性のある問題解決過程として、さらに、以下の2点が示唆された。

- (1) 連関性のある問題解決過程には、環状や重複、停滞や進展が伴うこと。
- (2) 連関性のある問題解決過程には、児童らの不完全性や矛盾の自覚・解消のプロセスがみられること。

最後に、本研究の特徴として、以下の2点を挙げる。

- (1) 小学校理科における連関性のある問題解決過程に関して、対話の実態、思考進行の状況、教材の特徴、の3つの側面から分析的にとらえたことを明らかにしたこと。
- (2) 連関性がみられる授業事例について、対話の実態をとらえる視点、思考進行の状況をとらえる視点、教材の特徴をとらえる視点を、それぞれ創出したこと。

第3節 残された課題

最後に、残された課題を述べる。

本研究で分析対象とした授業事例は、一部の学年・領域・単元に限られているため、今後は、さらに対象を広げて検証していく必要があることが課題である。本研究では、連関性がみられる授業事例として、第4学年の物理単元に絞るとともに、連関する各過程については、できるだけ多様な過程が関わる授業事例をサンプリングして比較検討してきた。

今後は、例えば、同領域・他学年における単元や、同一学年・他領域における単元で追加検証を行うなど、今回サンプリングできなかった授業事例においても同様のことがいえるか否かを分析することが課題である。そのことに取り組むことで、児童らの発達の段階、および、領域ごとの共通性や特異性が見いだされる可能性がある。

第4節 今後の展望

今回、小学校理科における問題解決過程を分析的に明らかにするために用いた「理科における対話の弁証法的側面を構成する4つのフェーズ」、「問題解決過程を往還する11の思考進行の状況」、「問題解決過程の状況に応じた教材の3つの特徴」は、授業事例を複眼的に分析する際の新たな観察ポイントとして活用できる可能性がある。今後は、これらに加えて、さらに、教授方略の側面からの分析の視点を追加することで、連関性のある問題解決過程を、より多角的なデータに基づいて精緻化することができるようになると考えられる。これらを用いることで、連関性のある問題解決過程を実現できるような授業展開モデルを作成することができるのではないかと考える。

問題解決の各過程をただ形式的に歩みがちになる、という理科教育の長年の課題を克服することに貢献できるよう、具体的な検証を重ねてさらに発展させることを、今後の展望としたい。

註釈

註 序-1 一般的な小学校理科における問題解決の各過程について

小学校理科における問題解決過程、および、その各過程については、研究者によって様々な段階が示されている。その詳細や変遷については、松山（2017）で詳細に述べられている。例えば、文部科学省(2018)「小学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説理科編」（p.17）では、「児童が自然の事物・現象に親しむ中で興味・関心をもち、そこから問題を見だし、予想や仮説を基に観察、実験などを行い、結果を整理し、その結果を基に結論を導き出すといった問題解決の過程の中で、問題解決の力が育成される。」とされている。これらに記された問題解決過程を概観すると、その過程は細部では多少異なるものの大筋ではほぼ同じだといえる。本論においては、一般的な小学校理科における問題解決の各過程を、「問題の把握」、「予想・仮説の設定」、「方法の立案」、「観察・実験」、「結果」、「考察」としてし、全体をまとめて「問題解決過程」とすることとした。この過程、またはその一部が、時には直線的に、時には螺旋的な道筋をたどりながら繰り返されて問題解決が連続するものと考えられている（例えば、丸本・赤松（1992）『発想を育てる理科の授業（第 3 学年）』）。

註 序-2 「協働」について

「きょうどう」の漢字については、「共同学習」や「協同学習」など、様々なが存在する。詳細は、北田（2015）で整理・説明されている。

その他、例えば、文部科学省（2018, pp.25-26.）『小学校学習指導要領（平成 29 年告示）』（東洋館出版社）は、「家庭や地域社会との連携および協働」と用いたり、「障害のある幼児児童生徒との交流および共同学習の機会」と用いたりしている。本論では、「異なる個性をもつ他者同士が互いに学び合う」という意味合いにおいて「協働」を用いる。ただし、引用部分についてはその限りではない。

註 序-3 コンフリクトを生成する教材に着目した先行研究（例）

例えば、高垣ら（2008）は、先行概念から科学概念へと変容する過程において認知的葛藤の生成と解消の場を意図的に設けた「コンフリクトマップ」を用いて、高校物理「波の性質」の学習でその効果の検証を試み、当該教授方略が生徒たちの波の先行概念の変化を

促す手掛かりとして機能することを示した。また、清水・實川（2014）は、「コンフリクトマップ」を小学校第5学年理科「振り子の運動」の学習に適用することの有効性を調べ、児童の概念変容において有効であることを確かめた。松田・溝邊（2015）は、小学校教師にとって、「コンフリクトマップ」の作成体験が授業構成や教材研究に役立つと受け止められると報告している。

さらに、この「コンフリクトマップ」を発展させた先行研究として、例えば、福嶋・片平（2004）は、児童らの科学概念形成を目指したメタ認知的な記録用紙として「コンフリクトドキュメント」の開発を行った。加藤・本澤（2006）は、小学校第5学年理科「おもりの動き」において「コンフリクトシート」を開発し、自分の考えの確信度を評定させることで概念的葛藤を誘発し、素朴概念の修正につなげる事例を紹介した。

註 序-4 素朴概念を科学的な概念へと変容を促す方略について

高垣ら（2007, p.427）は、先行研究の動向を踏まえて、教師を含む学習者間の「相互教授の教授方略」と、それが行き詰まったときの「概念変容の教授方略」の2つに大別している。

例えば、高垣・中島（2004, p.472, p.482）は、小学校第4学年「力の作用・反作用」における一斉形態の協同学習場面における児童らの発話についてTDの発話分析を行った結果、「表象的トランザクション」から「操作的トランザクション」の対話が生成されるには、「アナロジー」と「可視化」という具体的事象の理解を深めるような道具立てが重要であると指摘している。

また、高垣・田原（2005, p.553, p.561）は、小学校第4学年「電流のはたらき」において、児童らの議論の展開過程に伴って発話や相互交渉がどのように変容していくのかを詳細に分析した結果、効果がみられた過程では、3DCGの動画を道具立てとして用いることが思考のガイダンスとして有効であったと述べている。

同様に、高垣（2006）は、小学校第4学年「水の三態」において、素朴概念を科学的な概念へと変容を促すには、自分自身の言葉で表現した「自己生成アナロジーモデル」に加えて、「動画モデル」の道具立てを用いることが有効であることを確かめた。

さらに、高垣・田爪（2008）は、概念変容のプロセスをマクロ・マイクロな観点から統合的に分析し、小学校第4学年「水の状態変化」の授業において概念の外延を拡張する演示実験を行うことが、やはり思考のガイダンスの役割を果たすとした。そして、小学校第

5 学年「ものの溶け方」において、「相互教授」と「概念変容教授」を関連付けた学習環境を整えて実践した結果、表層的でない真の概念理解が達成されたと結論付けている。

これらの先行研究からは、対話的な理科授業を具現化するには、具体的事象と思考を媒介する道具立て、すなわち、「アナロジー」、「可視化」、「映像や演示実験」等による教材を用いた介入が重要な役割を果たしていることが明らかにされている。

註 1-1 単元「とじこめた空気」について

本事例は、2005 年 5～6 月に、A 小学校第 4 学年 2 組（児童数 39 名）にて実施されたものである。実践の分析は、澤柿（2017）の継続研究である。実践事例に取り上げた記録の一部は重複している。また、授業実践の様子の一部は、澤柿（2012a）、および、澤柿（2012b）で紹介されている。

註 2-1 小学生の思考進行を分析する手段として、授業中の発話プロトコルを用いる 妥当性

プロトコル分析は、「課題遂行中に参加者／被験者から引き出された思考過程を（略）質的に研究する諸技法」（『心理学辞典』、2004、p.630）の一つである。このプロトコル分析は、『発話思考法』ともよばれる。問題解決中に被験者に考えていることを発話させることによって得られる言語データを分析するものである。

その際、頭に浮かんだことをすべて外言化させる「発話思考法」は、書く活動と話す活動を同時に行うため被験者にとっての負担が大きいとされる（『最新心理学大事典』、2013、p.234、p.714）。また、「事後報告には信頼性がないことが知られている」ため、「問題解決中の発話を分析することに注意すべきである」とされる。

以上から、小学生の理科学習における思考を分析する手段については、ノートの記述分析、インタビュー等様々考えられるが、授業中に考えたり、発話したりした内容について、改めて児童らに記述させたり、インタビューしたりすることには、負担感や信頼性の観点から配慮が必要となると考えられる。また、授業中の発話には、児童らが考えたことが比較的率直に外化していると考えられ、改めて記述したり、インタビューしたりして得られるデータと比べて、著しく劣るとは考えにくい。以上から、本研究では、小学生の思考進行を分析する手段として授業中の発話プロトコルを用いた。なお、中村・松浦（2018）は、大学生・大学院生を対象とした面接調査の結果得られた発話プロトコルの分析から思考過程を

推定している。

註 2-2 単元「電気のはたらき」について

本事例は、2012年5～6月に、A小学校第4学年1組（児童数40名）にて実施されたものである。授業実践の様子の一部は、澤柿（2012c）、および、澤柿（2013a）において紹介されている。

註 3-1：教材を構成する複数の領域の分析や教材の役割の変化に関する研究事例

細矢（2016）は、既存の2種類の自己調整学習教材を対象にして、教材を構成する領域について検討した。その結果、自己調整学習教材の領域には、(1) 方略・知識（目標に到達するための行動や思考）、(2) 認知（目標への接近の程度に応じた方略の見直し）、(3) 動機付け（目標と結果の解釈による自らの探究活動の喚起）という3点の領域、あるいは、

(1) 認知（情報と既知の関連付け）、(2) 動機づけと情緒（行動を引き起こし制御する感情）、(3) 行動（目標達成のための行動）、(4) 文脈（目標達成のための環境）という4点の領域があるとした。細矢（2016, p.34）は、これらの各領域を教授の指針とし、それを学習状況に応じて教材に反映させることで、学習者は、自分自身で動機付けの仕方を学習したり、教材と学習方法を一体のものにとらえたりすることができるようになる」と説明する。ここからは、自己調整的な学習における教材には、問題解決の各過程の状況に即した教授の指針を示すといった役割があることが示唆される。

この教材の役割に関して、高木（2010）は、接続期（教育実習時、および、採用後2年程度）における教師の成長に応じた教材の役割の変化について調査している。その結果、教材の役割を、(1) 時間短縮や効率を上げる役割、(2) 授業の重点・要点を示す役割、(3) 学習内容を抽象化・象徴化・モデル化する役割、(4) 学習目標の達成を支援する役割、(5) 学習目標の達成に直接働きかける役割の5つに分類した。そして、教材は、教師が授業を進めるために役立つものから、児童生徒が自ら学習を進めるための支援となるものへと役割が変わると指摘した。これらの5つの役割について、高木（2010, p.119）は、「教材が児童生徒に果たす機能や求める思考の深さを分類できる枠組み」の側面もあるとしていることから、理科の問題解決過程においても、細矢(2016)が示した、教材が示す教授の指針と同様の役割を果たしていると考えられる。

註 3-2：単元「水の温まり方・冷え方」について

本事例は、2005年1～2月に、A小学校第4学年2組（児童数40名）にて実施されたものである。授業実践の様子の一部は、澤柿（2013b）において紹介されている。

註 3-3 「対流」の指導について

水の温まり方の示し方については、様々な議論がある。例えば、野口・藤森（2014, p.109, p.113）は、「金属、水および空気の温まり方をどのように示すべきかについての具体は何も述べられていない」と指摘する。そして、モデル図で表す際は、温められた水の動きのみを暖色系の矢印とし、周りの水の動きを表す寒色系の矢印は着色しないか、しないことが適切であるとする。また、相場・柘原（2008）、および、寺田・中嶋（2012）は、対流に対する誤概念について中学生、および、教員を対象に調査し、ビーカー内の水は回転するように全体が温まるというイメージを保持することを明らかにしている。このように、ものの温まり方の表し方については慎重に判断すべきであると指摘されている。現在、『学習指導要領解説理科編』（文部科学省, 2018, p.49）では、「水や空気は熱せられた部分が移動して全体が温まること。」とされている。これらを踏まえて、図 3-1 では、児童の対流に対する多様なイメージが想定されることを示すため、誤概念も含めて例示した。

註 3-4 ニクロム線 2 種の抵抗率について

電熱線として用いるニクロム線の基本データについては、以下を参照した。

<http://www.twire.co.jp/Alloy3.html>, (閲覧日 2019.12.18)

引用・参考文献一覧

- 相場博明・終原礼士（2008）「小学校4年『水のあたたまり方』における誤概念と『サーモインク』教材を利用した実践研究」日本理科教育学会全国大会発表論文集, p.265.
- Alexander, R. (2005) Culture, Dialoged and Learning:Notes on an Emerging Pedagogy. *Education Culture and Cognition : intervening for growth*, 6.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994) Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23, 5-12.
- Dimant, R. J., & Bearison, D. J. (1991) Development of formal reasoning during successive peer interactions. *Developmental Psychology*, 27, 277-284.
- 藤永保監修（2013）『最新心理学大事典』, p.714, p.234
- 藤永保・仲真紀子監修（2004）『心理学辞典』, p.630
- 細矢智寛（2016）の「自己調整学習教材の構造と内容-ゴールドらとピンリッチらの教材分析を中心に-」『教材学研究』第27巻, pp.27-36.
- 後藤大二郎・和田一郎（2019）「協働学習における対話を通じた理科授業デザイン-小学校第3学年『光の性質』の実践を事例として-」『理科教育学研究』Vol60, No.1, pp27-38.
- Howe, C., Tolmie, A., Greer, K., & Mackenzie, M. (1995) Peer collaboration and conceptual growth in physics : Task influences on children's understanding of heating and cooling. *Cognition and Instruction*, 13, 483-503.
- 福嶋正悟・片平克弘（2004）「理科授業におけるメタ認知ツールとしてのコンフリクトドキュメント」『日本科学教育学会年会論文集』Vol.28, pp.403-404.
- 角屋重樹（2013）『なぜ、理科を教えるのか』 p.55, 文溪堂.
- 角屋重樹（2019）『改訂版 なぜ、理科を教えるのか』 p.69, 文溪堂.
- 角屋重樹・林四郎・石井雅幸（2005）『小学校理科の学ばせ方・教え方事典』 p.92, 教育出版.
- 角屋・林・石井（2005）, 前掲書, p.15
- 角屋重樹・稲田結美（2020）「研究論文を書くということ」『日本体育大学大学院教育学研究科紀要』第3巻, 第2号, pp.227-234.
- 角屋重樹・山根悠平・西内舞・雲財寛・稲田結美（2018）「思考力・判断力・表現力の育成を目指した学習指導法の開発」『日本体育大学大学院教育学研究科紀要』第1巻, 第1・

- 2 合併号, pp.151-160.
- 金子晴勇 (1976) 『対話的思考』 p.5, p.34, p.35, p.46, p.80, p.82, 創文社
- 加藤尚裕・本澤智己 (2006) 「理科授業におけるメタ認知ツールとしてのコンフリクトシートの利用」『日本理科教育学会全国大会要項』 Vol.56, p.270
- 北田佳子 (2015) 「なぜ、今『協同的な学び』が必要とされているのかー『知識経済』の限界を乗り越える力を育むためにー」『学校教育研究』 30 巻, pp.23-37.
- 小林寛子 (2007) 「協働的発見活動における『仮説評価スキーマ』教示の効果」『教育心理学研究』 Vol.55, pp.48-59.
- 小暮建宏・小倉康 (2018) 「単元の導入で自由な試行活動を行うことが問題発見・設定する力の育成に及ぼす効果」『理科教育学研究』 Vol.59, No.1, pp.49-57.
- 黒田篤志・森本信也 (2011) 「談話としての理科授業を通じた科学概念構築に関する研究」『理科教育学研究』 Vol.51, No.3, pp.85-99.
- 丸本喜一・赤松弥男 (1992) 『発想を育てる理科の授業 (第3学年)』 pp.1-199, 初教出版.
- 松田雅代・溝邊和成 (2015) 「小学校理科授業設計のためのコンフリクトマップの活用」『日本科学教育学会研究会研究報告』 Vol.29, No.8, pp.17-20.
- 松山友之 (2017) 「小学校理科における問題解決の過程に関する一考察」『富山国際大学子ども育成学部紀要』 第8巻, pp.115-124.
- 文部科学省 (2011) 『小学校理科の観察, 実験の手引き』 p.15,
https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2012/01/12/1304649_1_1.pdf (閲覧日, 2020.12.11)
- 文部科学省 (2018) 『小学校学習指導要領 (平成29年告示) 解説理科編』 pp.12-19, 東洋館出版社.
- 文部科学省 (2018) , 前掲書, p.17
- 文部科学省 (2018) , 前掲書, pp.25-26.
- 文部科学省 (2008) , 前掲書, pp.36-37.
- 文部科学省 (2018) , 前掲書, p.49
- 文部科学省 (2018) , 前掲書, pp.76-80.
- 文部科学省 (2018) , 前掲書, p.95
- 文部科学省 (2019) 'Overview of the Ministry of Education, Culture, Sports, Science

and Technology', <http://www.mext.go.jp/en/about/pablication/index.htm>.

(閲覧日, 2019.7.23)

森本信也・滝口亮子・八嶋真理子 (1999) 『『対話』としての学習を志向した理科授業の事例的研究-小学校6年『燃焼』を通して-』『理科教育学研究』 Vol.40, No. 1, pp.45-56.

中込泰規・加藤圭司 (2019) 「獲得した知識を俯瞰する行為に着目した学習者の科学概念構築に関わる思考プロセスについて」『日本科学教育学会研究会研究報告』 Vol.34, No.3, pp.207-212.

中込・加藤 (2019) , 前掲書, p.211

中村大輝・松浦拓也 (2018) 「仮説設定における思考過程とその合理性に関する基礎的研究」『理科教育学研究』 Vol.58, No.3, pp.279-292.

中村大輝・松浦拓也 (2019) 「理科における条件制御能力に影響を及ぼす要因についての一考察」『理科教育学研究』 Vol.60, No.2, pp.385-395.

「ニクロム線 2 種の抵抗率」 <http://www.twire.co.jp/Alloy3.html>, (閲覧日, 2019.12.18)

野口祐未・藤森義孝(2014)「小学校理科における科学用語の取り扱いに関する分析-ものの温まり方を中心として-」日本科学教育学会研究会研究報告, Vol.29, No.1, pp.109-114.

小野沢美明子 (2016) 『『個が生きる授業』における『コンフリクト』の意義-生活科『いきものとなかよし』を通して-』『教材学研究』 27 卷, pp.47-58.

阪本秀典・石井雅幸・雲財寛・稲田結美・角屋重樹 (2020) 「理科の問題解決過程の連関性に関する小学校教師の指導の実態」『日本教科教育学会誌』 第 43 卷, 第 1 号, pp.13-19.

阪本・石井・雲財・稲田・角屋 (2020) , 前掲書, p.13

阪本秀典 (2019) 「理科の問題解決過程における連関性の指導に関する研究-小学校の教師を対象として-」日本体育大学大学院教育学研究科博士論文, pp.13-19.

澤柿教淳 (2012a) 「とじこめた空気と水」『初等理科教育』 Vol.46, No.6, pp.52-54, 農文協.

澤柿教淳 (2012b) 「とじこめた空気と水 (続)」『初等理科教育』 Vol.46, No.7, pp.52-54, 農文協.

澤柿教淳 (2012c) 「電気のはたらき」『初等理科教育』 Vol.46, No.12, pp.52-54, 農文協.

澤柿教淳 (2013a) 「続・電気のはたらき」『初等理科教育』 Vol.47, No.1, pp.52-54, 農文協.

澤柿教淳 (2013b) 「ものの温まり方」『初等理科教育』 Vol.47, No.3, pp.52-54, 農文協.

- 澤柿教淳 (2017) 「45 分間の授業において問題解決が形骸化する実態の分析-「言語表現」, 「思考の様相」, 「科学的な探究能力」の視点から-」『松本大学地域総合研究』, 第 18 号, pp.85-99.
- 清水誠・實川和宏 (2014) 「コンフリクトマップを用いた教授方略が概念変容に及ぼす効果-振り子の運動の学習を事例として-」『理科教育学研究』 Vol.55, No.1, pp.37-46.
- 高垣マユミ (2006) 「『水のすがたとゆくえ』の発話事例の解釈的分析-小集団の議論を通じた概念変化の様相-」『科学教育研究』 Vol.30, No.1, pp.27-36.
- 高垣マユミ・中島朋紀 (2004) 「理科授業の協同学習における発話事例の解釈的分析」『教育心理学研究』 Vol.52, pp.472-484.
- 高垣マユミ・中島朋紀 (2004) , 前掲書, p.472, p.482
- 高垣マユミ・田原裕登志 (2005) 「相互教授が小学生の電流概念の変容に及ぼす効果とそのプロセス」『教育心理学研究』 Vol. 53, pp.551-564.
- 高垣・田原 (2005) , 前掲書, p.553, p.561
- 高垣・田原 (2005) , 前掲書, p.559
- 高垣マユミ・田爪宏二 (2008) 「マクロ・マイクロな観点からの統合的な授業分析の手法-理科授業における概念変化プロセスの把握-」『日本科学教育学会誌』 第 30 巻, 第 4 号, pp.69- 77.
- 高垣・田爪 (2008) , 前掲書, p.73
- 高垣・田爪 (2008) , 前掲書, pp.69-77.
- 高垣マユミ・田爪宏二・降旗節夫・櫻井修 (2008) 「コンフリクトマップを用いた教授方略の効果とそのプロセス」『教育心理学研究』 Vol.56, pp.93-103.
- 高垣マユミ・田爪宏二・松瀬歩 (2007) 「相互教授と概念変容教授を関連づけた学習環境の設定による概念変化の促進-溶解時の質量保存の事例的検討-」『教育心理学研究』 Vol.55, pp.426-437.
- 高垣マユミ・田爪宏二・清水誠 (2006) 「理科授業の議論過程におけるトランザクティブディスカッションの生成を促す教師の介入方略」『教授学習心理学研究』 第 2 巻, 第 1 号, pp.23-33.
- 高垣・田爪・清水 (2006) , 前掲書, p.32
- 高木幸子 (2010) 「教材の役割変容からとらえる授業実践力の向上-教育実習生から教師への成長-」『教材学研究』 第 21 巻, pp.111-120.

- 寺田光宏・中嶋健二 (2012) 「小学校 4 年生理科『水のあたたまり方』の指導の現状と改善」日本科学教育学会研究会研究報告, Vol.27, No.5, pp.97-102.
- 寺下明 (2016) 「教育原理としての『対話』について」『東北福祉大学教職研究』. pp.35-43.
- 富山大学教育学部附属小学校 (1979) 『対話的思考による学習』 pp.15-30, 明治図書.
- 鵜殿篤 (2018) 「『対話的な学び』の教育原理的考察-ソクラテスの実践を参考に考える-」『東京家政大学研究紀要』第 58 集 (1), pp.15-23.
- 鵜殿 (2018), 前掲書, pp.20-21.
- 雲財寛・松浦拓也 (2014) 「中学生の科学的推論にテキスト形式が及ぼす影響」『日本科学教育学会誌』第 37 卷, 第 2 号, pp.61-70.
- 山口悦司・稲垣成哲・舟生日出男・疋田直子 (2002) 「再構成型コンセプトマップ作成ソフトウェアに関する実践的研究: 小学校の授業における利用価値の検討」『理科教育学研究』 Vol.43, No. 2, pp.15-28.
- 吉田美穂・川崎弘作 (2019) 「科学的探究における疑問から問いへ変換する際の思考の順序性の解明に関する研究」『理科教育学研究』 Vol.60, No.1, pp.185-194.
- 吉田・川崎 (2019), 前掲書, p.191
- 湯澤正通・山本泰昌 (2002) 「理科と数学の関連づけ方の異なる授業が中学生の学習に及ぼす効果」『教育心理学研究』 Vol.50, pp.377-387.

謝辞

本論文の作成にあたっては、実に多くの先生方の多大なるご指導を賜ることができた。この場を借りて、感謝の意を述べさせていただく。

まず、主任指導教員である角屋重樹教授、副主任指導教員である稲田結美教授、池野範男教授、そして雲財寛助教に感謝申し上げます。先生方には、本研究の実施の機会を与えていただいた。そして、その遂行にあたっては、研究の進め方はもとより、歴史的な背景や最新の情報等を踏まえながら、終始、細部にわたってご指導・ご助言をいただいた。ここに深く感謝申し上げます。

また、同専攻ゼミの阪本秀典先生には、本論を作成する過程において、繰り返し検討し、議論を深めて下さった。感謝申し上げます。同じく、同専攻ゼミの方々には、毎回のゼミにおいて多くのご支援やご協力をいただいた。この場を借りて御礼を申し上げます。

そして、第1章、第2章、第3章において授業実践事例として取り上げさせていただいた小学校、および、同校の諸先生方、当時の児童の方々には、ここに記して感謝の意を表す。

この間、社会人大学院生として研究環境を支えて下さった松本大学教育学部の同僚のみなさまには、折に触れて相談にのっていただいたり、温かいお言葉掛けをいただいたりしながら常に見守って下さった。感謝申し上げます。

最後に、研究生生活を支え、適切なアドバイスで励まし続けてくれた家族に改めて感謝する。

2020年12月17日

澤柿 教淳