

理科カリキュラムの連続性に注目した授業研究

渡 邊 重 義 (理科教育講座)

青 井 倫 子 (幼児教育講座)

平 松 義 樹 (教育学部附属教育実践総合センター)

A Study of the lessons for realizing the continuance of science curriculum

Shigeyoshi WATANABE, Tomoko AOI and Yoshiki HIRAMATSU

愛媛大学教育学部紀要

第56巻 抜刷

平成21年10月

理科カリキュラムの連続性に注目した授業研究

(理科教育講座) 渡 邊 重 義
(幼児教育講座) 青 井 倫 子
(教育学部附属教育実践総合センター) 平 松 義 樹

A Study of the lessons for realizing the continuance of science curriculum

Shigeyoshi WATANABE, Tomoko AOI and Yoshiki HIRAMATSU

(平成 21 年 6 月 5 日受理)

I. はじめに

新学習指導要領(2008)では、小・中学校を通じた理科教育内容の一貫性が重視され、小学校および中学校の学習指導要領解説(2008)は、内容の系統性を表にして示すことでカリキュラムの構造化を図っている。構造化の柱は、「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」という科学の基本的な見方や概念である。このような教育内容の構造化は、理科教育の現代化運動が起こった昭和40年代にも行われた。中学校理科指導書(1970)では、中学校理科の内容を「物質概念」「エネルギー概念」を上位概念にして、その下位概念に第1分野では「巨視的な物質概念」「微視的な物質概念」「変換と保存の法則」「力学的エネルギー」など、第2分野では「生命」「進化」「空間」「時間」などを組み合わせ、そこに各単元を位置づけることで内容の構造化を図った。小学校理科では、栗田(1976)が「物質概念」「生物概念」「時間・空間概念」「つりあい(平衡)概念」「量概念」の五つの上位概念を掲げて内容の構造化を試みている。新学習指導要領(2008)における理科教育内容の構造化は、昭和40～50年代に見られた科学の基本概念を軸とした構造化を雛形として、現在の理科教育内容に適合させ、小・中学校の一貫性を導くように修正されたものと見なされる。

カリキュラムの構造化は、その教育課程が目指す目的を実現させるための方策であるが、教育内容の全体像が提示され、柱となる基本概念が示されただけでは、学習者の自然認識力の向上や科学的な概念形成などに結び付かないであろう。学習者が自然の事物・現象と対峙する

授業レベルで、カリキュラムの連続性や学習内容の関連性が意識された学習を行う必要がある。そこで、本研究では、理科カリキュラムの連続性が実現するための授業の要素を明らかにすることを目的として、カリキュラムという観点から保育、生活科・理科の授業実践と中学校理科授業の導入部における課題提示までのプロセスを分析することを試みた。

II. 研究の方法

1. 理科授業実践の記録

カリキュラムの連続性に関わる授業要素を抽出するために、2006年度より「〈人間力〉を育てる幼・小・中連携教育の探究」をテーマにして研究を進めている愛媛大学教育学部附属幼稚園、小学校、中学校の保育、生活科、理科を調査対象にした。各学校園で行われる研究授業などを授業記録の機会として利用し、2007-2008年度に保育:3事例、小学校生活科授業:1事例、小学校理科授業:10事例、中学校理科授業:9事例を観察し、ビデオカメラを用いて記録した(表1)。ビデオ撮影は、保育の場合は自然体験や科学体験に結び付くような幼児の活動を中心に行い、生活科と理科の授業の場合は授業全体の展開がわかるように、教師が主体的に授業を進めているときは教師を中心にした記録を行い、観察や実験場面では児童生徒の活動を中心にした記録を行った。撮影した保育・授業の記録は映像ファイルとして場面に付けて保存し、分析に用いた。

表1 ビデオによる活動記録を行った保育・授業

記録日	学校種	保育/生活/理科	保育のねらい・活動・単元名
2007.6.1	幼稚園	保育	友達と思いや考えを出し合って楽しく学ぶ
2007.6.8	幼稚園	保育	友達と思いや考えを出し合って楽しく学ぶ
2007.11.15	幼稚園	保育	いっしょにあそぼう／もっとあそぼう（自然とふれあう経験）
2007.11.15	小学校	生活（1年）	あき だいすき！
2008.5.16	小学校	理科（3年）	日なたと日かげ
2008.11.5	小学校	理科（3年）	ものの重さをくらべよう
2009.2.13	小学校	理科（3年）	風とゴムのパワー発見！！
2008.7.10	小学校	理科（4年）	電流のはたらき
2007.7.12	小学校	理科（5年）	発見！電流の不思議
2008.2.21	小学校	理科（5年）	どれだけとけるかな～もののとけかたのなぞ～
2008.5.16	小学校	理科（5年）	種子の発芽と成長
2009.2.13	小学校	理科（5年）	発見！電流の不思議～電磁石のなぞ～
2008.5.16	小学校	理科（6年）	ものの燃え方と空気
2009.2.13	小学校	理科（6年）	作って使って楽しもうー電機エネルギー研究所ー
2008.6.17	中学校	理科（1年）	大地のつくりとその変化
2007.7.13	中学校	理科（2年）	目のつくり（解剖）
2007.11.15	中学校	理科（2年）	物質の成り立ち
2008.7.3	中学校	理科（2年）	動物の生活と種類
2008.11.21	中学校	理科（2年）	化学変化と原子・分子
2007.11.15	中学校	理科（3年）	エネルギー
2008.6.26	中学校	理科（3年）	化学変化とエネルギー
2008.7.3	中学校	理科（3年）	力と運動
2009.2.17	中学校	理科（3年）	体細胞分裂の観察

2. 授業分析の方法

1) 大学教員および幼・小・中学校教員による研究協議

理科カリキュラムの連続性に関わる授業要素を抽出するために、記録した映像ファイルを材料にして、理科教育、幼児教育、教育実践を専門とする3名の大学教員で、2007年11月5日、2008年2月12日、3月13日の3回の話し合いを行った。2008年7月3日には、前述した大学の教員3名、附属学校の教員8名、公立幼稚園の教員1名で、保育・授業の映像ファイルを見ながら、視聴した授業場面を中心にした意見交換を行った。

2) 課題提示までの授業プロセスの分析

理科カリキュラムの連続性を導くうえで、生徒に対する教師の発言、教師と学習者との応答は一つの鍵になることが予想された。そこで、表1に示した中学校理科の授業記録のうち、1年「大地のつくりとその変化」（2008年6月17日）、2年「動物の生活と種類」（2008年7月3日）、3年「力と運動」（2008年7月3日）の3事例について、授業の開始から課題提示までの授業プロトコルを作成し、それをういて理科カリキュラムの連続性に関わる授業要素の抽出を試みた。本報では、「動物の生

活と種類」「力と運動」の2事例の分析結果を報告する。

Ⅲ. 結果および考察

1. 研究協議による保育・授業の分析

理科教育、幼児教育、教育実践を専門とする大学教員による3回の研究協議と、授業を担当した附属小・中学校の教員を交えた研究協議では、授業記録を視聴しながら自由に意見交換を行った。参加者の専門性と立場が異なるので、保育や授業の場面やその背景に関する素朴な疑問が提示されたり、それぞれの立場から丁寧な説明があったり、自分の専門や立場と関連づけてコメントを行ったりするような研究協議になった。その結果、理科カリキュラムと保育・授業の関係について、教師と学習者の関わり合いという観点から次のような考察を深めることができた。

1) 自然体験活動に関するカリキュラムとしての連続性

幼稚園から小学校低・中学年にかけては、身の回りの環境と関わり合う自然体験活動が繰り返行われる。しかし、教員から「生活科と理科での野外観察の違いがよくわからない」「生活科でやっているような自然観察は幼稚園でもやっていることがある」という声がよく聞か

れる。そこで、本研究で記録した幼稚園における色水づくり、石けんの泡遊び、砂場遊びなどと、生活科「あきだいき！」、理科3年「日なたと日かげ」の保育・授業記録を対象にして分析・討論を行った。

視聴した保育の活動では、室内での「ごっこ遊び」「誕生会の出し物練習（ペープサートなど）」、室外での「遊具遊び」「サッカー」などが同時に行われていて、幼児は自分のやりたいことに自由に参加していた。生活科や理科に関連する活動としては、「虫とり」（図1 A）「泥団子づくり」（図1 B）「ウサギとのふれ合い」（図1 C）「砂場遊び」（図1 D）「色水・泡づくり」などがあった。幼稚園におけるそれぞれの活動は、小学校生活科・理科の学習内容とは図2のような関係がある。平成元年より

前の理科カリキュラムでは、小学校低学年理科において「色水遊び」「ものの溶け方」「土と石」などの学習があり、原体験的な遊びの活動が理科に結び付いていた。しかし、生活科が設置されてからは、小学校において「色水遊び」などの科学的な学習が低学年のカリキュラムから無くなった。生活科の活動事例として、低学年理科で扱われていた活動が取り上げられることもあるが、生活科の枠組みで実施されるため、理科とのつながりが意識されない場合も多いであろう。幼稚園や生活科で「色水遊び」が扱われないときは、高学年の「水溶液の性質」の学習において、遊びを通じた先行経験がない状況を想定して酸・アルカリの学習を行うことになる。



図1 幼稚園で観察された自然体験活動。A：虫とり，B：泥団子づくり，C：ウサギとのふれ合い，D：砂場遊び。

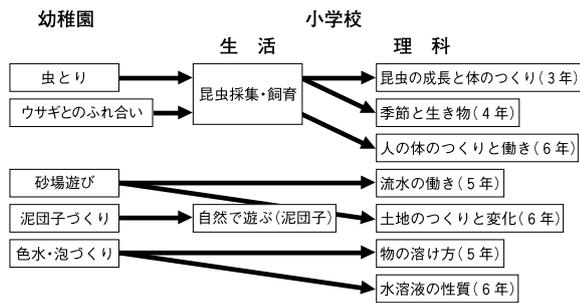


図2 幼稚園で観察された活動と小学校生活科・理科との関係

生活科「あきだいき！」と理科3年「日なたと日かげ」の授業では、主に発表の場面に注目してビデオ記録の視聴を行った。「あきだいき！」で視聴した授業は、野外で採集してきた植物などを用いてつくったものや、それで遊んだ経験についての発表が主な活動であり、発表する児童は黒板の前で自分のつくったものを見せたり、実際に使ったりしながら説明を行った。「日なたと日かげ」では、野外で気温や水温の測定をしたあとで、その結果を発表した。視聴した2事例とも発表の場面では、教師が①授業全体の進行を行う、②児童に発表を促す、③児童に対して発表内容を深めるような質問をする、④児童が発表した内容をクラス全体に広げるような補足を行うなどの活動が見られた。研究協議では、言語レベルでの違いはあるが、「あきだいき！」で行っている自然の事物を用いたものづくりは幼稚園で行っていることと大差がないのではないかと指摘があった。

視聴した3事例をもとにして協議を行った結果、自然体験活動を含む保育・授業プロセスにおいて、学習者の「体験の言語化」が理科カリキュラムの連続性に関わる要素の一つとして導かれた。幼児教育を専門とする教員からは、幼稚園では、幼児が遊びなどを通して自然と関わっているときに教員が声かけなどを行って体験の言語化を図ること、幼児は言語の発達が十分ではないので身体的な表現で説明することもあること、言語化が優先されるので、言語化された体験の内容が科学的かどうかはあまり重視されない傾向があることなどが指摘された。また、ビデオ記録の映像や保育の観察経験から、幼稚園における自然体験はその場に立ち会った数名の幼児同士や幼児と教員の間で共有化されることが多いこともわかった。図1Dの砂場遊びの例から幼稚園での自然体験と理科の自然体験との連続性を考えると、幼児は「砂を

掘る」「掘ったところに水を入れる」という行為に夢中になっているのであり、教師も小学校における理科の学習を意識してはいない。しかし、「水を入れたところの砂はどうなったの」「もっと水をたくさん入れたらどうなるかな」など、幼児に適した言葉で教師が支援をすれば、幼児は水が砂を崩していく様子や浸み込んでいく様子に着目するかも知れないし、侵食作用を意味するような幼児なりの言葉を見つけるかも知れない。保育の活動は理科のための学習ではないが、教師の一言で幼稚園での自然体験が、小学校の科学的な自然体験につながる原体験になる可能性がある。

理科だけでなく、小・中学校の様々な教科の授業を研究対象としている大学教員からは、「体験の共有化」という観点が指摘された。生活科では、幼稚園での保育の活動と類似する自然体験活動が行われる場合がある。しかし、「体験の共有化」という観点でみると、自然体験の前後にグループやクラス全体で意図的に共有化を促されるため、児童は共有化を意識して自然体験を行うのではないかと考えられる。また、体験そのものを共有していない相手に対して、自分の体験を言葉や絵で伝えることが多くなり、言葉を伝える相手も教員中心から他の学習者へと変わってくる。「あきだいき！」の事例では、言語化がまだ十分とは言えない1年生の発達段階を考慮して、説明に実物を用いたり、それを使用してみる活動を取り入れたり、教師がつくるときの過程を児童に質問するような工夫がみられた。理科における自然体験では、生活科以上に「体験の共有化」が意識された授業が計画され、科学的な知識理解、科学的な思考力の育成という目標に合わせて焦点化した活動が行われていた。共有化の方法に注目すると、「日なたと日かげ」の学習では、気温や水温を測定するという共通の操作が行われ、温度の数値が共有化の鍵になっていた。「温度計を使って、いろいろな場所の気温や水温を計る」という目的と自然とかかわり合う行為が児童に共通しているので、野外に出てからの活動では、児童がどの場所でどのように測定するかを話していたり、他者の方法を真似てみたり、測定値が同じかどうかを比べあったりするような関わり合いが見られた。これらの活動は、室内に戻ってから行う体験の共有化において伏線となる学習場面であり、言語による説明を裏付けるための交流になっている。

以上のことより、自然体験活動に関するカリキュラムの連続性は、自然体験の対象や活動の内容が同様に見える場合でも、保育、生活科、理科における体験の言語化の方法および内容や、学習者—学習者、教師—学習者間の関わり合い方の違いに着目すると活動の差異が明らかになり、体験と体験のつながりや学習としての深化が図れることが示唆された。

2) 児童・生徒の表現・交流活動とカリキュラムの連続性

小学校理科5年「発見！電流の不思議」、中学校1年「大地のつくりとその変化」、中学校2年「動物の生活と種類」の授業事例では、表現活動および交流活動の場面において理科カリキュラムに関連した授業要素を抽出することができた。

新学習指導要領（2008）における理科カリキュラムでは、前述したように「エネルギー」が内容の系統性の柱の一つになっている。「エネルギー」に関連した内容として、電気・磁気が中学校1年生を除くすべての学年に配置され、一貫性が意識されやすい教材配列になっている（図3）。「電流の働き」で取り上げる電磁石は、平成10年版の学習指導要領では6年に配置されていた内容で、平成20年版では連続性を保障するために5年で学習するように変更された。電磁石の学習は、小学校3年で扱った電気と磁石が別のものでなく、関連した自然現象であることを理解することが目的になっており、電磁気的な見方の萌芽につながる重要な位置づけにある。附属小学校では、理科カリキュラムの移行に先行して、2007年度において小学校5年で電磁石に関する内容を取り上げていた。授業分析を行った「発見！電流の不思議」の第1時では、導線に電流を流したときに方位磁針が反応するという現象から、導線が磁石になったのかどうかを確かめる学習を始めた。児童はマグチップという砂鉄の代わりにする教具を用いて、電流を流した導線にくっつくかどうかを個別実験で確かめ、グループで話し合いながら導線が磁石になったかどうかを検証した。

授業中の児童の発言などに注目すると、導線が磁石になったかどうかを確かめる方法を教師が質問したときに「黒板にくっつける」「他の磁石をくっつけ合う」「砂鉄をつける」という回答があり、マグチップで実験した

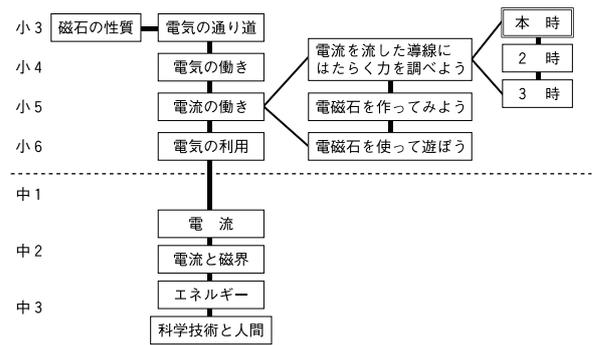


図3 電流に関連した理科教育内容の系統性と本時の位置づけ

結果の考察においては「磁石と比べるとあまりマグチップがくっついていないので、弱い磁石になっている」という発表があるなど、小学校3年の磁石の学習を思い出したような発言があった。本時の展開では観察されなかったが、このような児童の発言にみられる磁石との比較を教師が強調したり、児童間の交流によって深めたりすることができる、カリキュラムの連続性に関する意識がクラス全体に広がるのではないかと考えられる。既習内容の調べ方や考え方を応用することを繰り返し行えば、内容の関連づけだけでなく、科学的な思考力の向上につながるであろう。「発見！電流の不思議」の授業からは、児童の発言に対する対応だけでなく、カリキュラムの連続性に関連した授業要素として観察実験のスキルを抽出することができた。視聴した授業は個別実験であったため、児童一人ひとりの回路をつくるスキルが重要になっていた。簡単な操作であるが、電池と導線のつなぎ方、プラスとマイナスの極の確認、導線（エナメル線）の取り扱い方は、操作的な失敗がなく検証実験を行ううえで重要である。これらのスキルは、小学校3年「電気の通り道」や小学校4年「電気の働き」における回路づくりにおいて身に付くものであり、次に学習する電磁石の作成や小学校6年「電気の利用」における電気による発熱実験へと発展するうえで、それぞれの実験を中心とした学習を成立させるための基礎になる。回路づくりという身体的な操作が、学習内容の関連付けの鍵となる可能性もあるであろう。

中学校1年「大地のつくりとその変化」は、小学校5年「流水の働き」、6年「土地のつくりと変化」からつながる内容である。しかし、小学校理科と中学校理科の違いがあるため、中学校の教師が小学校の理科カリキュ

ラムを把握していないと有効な関連づけが行なわれにくい。中学校理科教師からは、「小学校でどのような理科学習が行われているのかわからないので、一から教えるつもりで学習を進める」という声も聞かれる。

本時の導入では、教師が愛媛県の山から採集してきた火山灰の実物を提示し、火山や火成岩の発展学習として、「愛媛県各地で見られる火山灰は、どんな火山から噴出したのか」という学習課題を提示した。そして、そのあとの観察の見通しを見出すために、生徒に火山の形を決めるマグマの性質や粘り気と鉱物の種類の関係などを質問して、前時までの学習を振り返った。また、火山灰を分析するときの手掛かりとして、火山ガラスに関する説明を行った。火山灰の観察では、生徒は愛媛県内の数ヶ所で採集した火山灰を用いて有色鉱物と無色鉱物の割合や火山ガラスの形状を調べ、火山灰の特徴をまとめるとともに採集場所を推察した。ここまでの観察と結果のまとめはグループで協力して行っていた。結果の発表は、各グループの生徒が発表者と聞き側に分かれて、聞き側の生徒は他のグループの発表を聞きに回るというローテーション方式で実施した。この発表方法では、生徒全員が発表する経験をもち、しかも複数のグループに対応するために同じ説明を繰り返すことになった。

この授業展開を分析した結果、理科カリキュラムの連続性に関連した授業要素として、①「火山灰」という観察材料や火山による地層の成り方についての理解、②火山灰の空間的な移動や地層の成り方に関する時間経過を踏まえた考察、③データを分析し、既習内容を応用して解釈する能力、④ローテーション方式による実験結果の発表と交流を抽出することができた。①については、本時の中心的な活動が火山灰の観察であるため、小学校で火山灰を観察した経験の有無、水の働きとは異なる地層形成に関する理解の程度などが具体的に関係する。②に関しては、本時の観察結果から火山灰が産出された火山を推察するうえで重要であり、噴出した火山灰が風で広がっていくことへの理解や、堆積したあとの時間経過を考察する能力が必要になる。③の観点は②と重なる部分もあるが、本時で行っている有色鉱物と無色鉱物の組成割合の分析のように、観察結果から数値データを得て、それを既習内容に照らし合わせて考察する活動は、小学校の理科学習では比較的少ない。小学校理科の「生命」「地

球」に関する内容では、植物の成長記録や気温の変化の観察において測定した数値をグラフ化する活動が行われるが、そのデータを解釈するために既習内容を振り返って考察することは稀である。したがって、本時で行うデータ分析と解釈は、小学校理科から一段階進んだ科学的な技能として位置づける必要がある。④は、前述した体験の共有化に関する活動であり、ローテーション方式の発表では、観点が絞られた中での意見の交換が繰り返される。そこで、他の学習者との関わり合いの密度が濃くなり、表現と応答のプロセスにおいて過去の学習経験が想起されたり、解釈において活用されたりする可能性が高まるのではないかと考えられる。

中学校2年「動物の生活と種類」でも、ヒトの反応をいろいろな方法で確かめた結果をローテーション方式で発表していた。「大地のつくりとその変化」では分析結果を提示しながらの発表であったが、「動物の生活と種類」ではヒトの反応の調べ方がグループによって違っていたので、実験結果だけでなく方法についての説明もあった。そのときに、方法を文字や言葉で説明するのではなく、実験を実演しながら説明する方法が多くのグループで用いられていた。言葉を用いて観察・実験の方法と結果を適切に伝えられることは、最終的に到達したい目標になる。説明能力は、自然認識の状況を評価する規準の一つになるし、説明を考えることが学習になる。その一方で、自然認識のプロセスにおいては、実際の事象を提示しながら説明する方が、言葉による説明が不十分でわかりにくいことや、うまく伝えられないことを補って共通認識を得ることができる。前述した生活科の「あきだいすき！」の事例では、言語能力がまだ不十分な小学校低学年において実物を用いた発表が用いられていることを示したが、小学校中学年から高学年、さらに中学校と言語能力が発達しても、科学的な用語・表現、日常的な用語・表現、児童・生徒に特徴的な用語・表現をすり合わせるうえで、実物の提示や演示を伴った発表は有効ではないかと考えられる。したがって、理科カリキュラムにおいては、実験の再現などを用いた具象的な説明と、言語による具体的あるいは一般化する説明との組み合わせを発達段階に合わせて工夫することが、カリキュラムの実効性に影響するのではないかと考えられる。

2. 課題提示までの授業プロセスの分析

理科カリキュラムの連続性に関する授業要素を詳細に分析するために、授業の始まりから課題提示までのプロセスのプロトコルを作成し、教師の発言、学習者の発言、教師の応答などを調べた。

中学校2年「動物の生活と種類－行動のしくみ」では、生徒の予想に対応する教師の発言のなかにカリキュラムの連続性を生徒に意識化させるような工夫がみられた。本単元は、小学校3年で学習する昆虫の体のつくり・成長・生活や、6年で学習する人の体のつくりと働きから発展した位置づけにある。しかし、本時で扱っている「刺激と反応」に関する内容は、現行の小学校理科においては発展教材として感覚器官（瞳の反応）が扱われることがある程度である。

授業の始まりから課題設定までの授業プロトコルを図4に示す。本時は、陸上の短距離走におけるフライングを取り上げたビデオの視聴から始まり、陸上のルールブックに記載されている「スタートの合図から0.100秒未満に反応すると失格」という内容に着目し、教師はその理由を生徒に考えさせた。ここまでの内容は、前時の最後に触れていたようで、教師は生徒たちが2通りの考えをもっていることを確認した。生徒の一人にその考えを説明するように促したところ、「コースごとに音の聞こえるタイミングが違うから…」という発言があった。この予想に対して、教師は全選手の後方にスピーカーがあって、同時に音が聞こえるようになっているシステムがあることを説明し、正解である可能性を柔らかく否定した。しかし、教師はこの発言を否定することから始めず、「1年生のときに学習したことがみなさんの頭の中にあったということですよ。音は伝わる。音は近いところは早く伝わる」という発言で応答していた。「音」は中学校1年で学習する内容であり、しかも第1分野の内容であるため、科学の基本概念を柱とした学習内容の系統化では第2分野の「刺激と反応」との結び付きは示されていない。しかし、「刺激と反応」の学習においては、感覚器官が受容する刺激は、光、音、圧力、化学物質などであり、刺激の性質が感覚器官の構造や反応のしくみの理解に関係する。この事例は、科学的な概念の形成などを柱としたカリキュラムの構造化では示されていない内容のつながりが、教師の応答によって生まれる可能性

を示している。教師主導で説明するのではなく、生徒の発言を生かしている方法は生徒の主体的な学びを導くうえで効果的ではないと考えられるが、理科カリキュラムに関する教師の深い知見と学習者の発言に適切に対応しようとする教師の構えが必要になるであろう。

中学校3年「力と運動」の授業では、「ボールに加えた力は、はたらき続けるだろうか」という課題のもと、生徒が部活動で行っているバレーボールのトスなどのモーションプリント（連続静止画像）を用いて運動の解析を行った。授業の導入は、教師がテニスボールを使って生徒とキャッチボールをする活動から始まり、教師はボールの運動に注目させて、「ボールが動いたのはなぜでしょう」「ボールに加えた力は、手から離れた後、はたらき続けているだろうか」という問いを生徒に投げかけた。教師は、挙手によって生徒に予想させたが、生徒は躊躇しながら手を挙げた。生徒の予想は、「はたらき続けている」「はたらき続けていない」の2つの意見に分かれた。教師は生徒の予想を確かめたあと、実験方法の説明に移った。実験は、生徒達の部活動に見られる物体の運動を対象にしてデータを分析するものであったため、教材に対する生徒の興味・関心は高く、熱心にデータ分析とその結果の話し合いを行った。しかし、授業を担当した教師の事後評価によると、「はたらき続ける」という導入部の課題における表現が生徒を混乱させたようで、生徒による結果の解釈の伝え合いがうまくいかなかったグループもあったようである。

物理の力学的な分野では用語や表現が学習者の理解に影響することがあり、本時の課題で使われた「力がはたらき続ける」という表現は、生徒にとって具体的な事象に結び付けてイメージするのが難しいものであったと考えられる。教科書における力学に関する用語・表現に目を向けると、小学校4年「もののかさと力」では、空気でぼうなどを用いたときに「押しちぢめられた空気の押しかえす力」という表現で「力」が登場する。小学校5年「てこのはたらき」では、「てこをかたむけるはたらき」「力を加える位置」「おもりがぼうをかたむけるはたらき」という表現で「力」「はたらき」という用語が登場している。つまり、小学校では、力を加える主体である人や重りが主語になっている。それに対して中学校では、「力がはたらき続けるとき」「物体に重力がはたら

●昨日の学習の続きであることを伝える。

陸上競技のフライングに関するVTRの視聴
ピストルの音から0.1秒以内に反応すればフライング

T：この顔、何かある。非常に悔しそう。ノートに貼った新聞記事を見てください。

T：その新聞記事を見てみると、0.1秒以内に反応したらフライングになるんだ、ということがわかる。でも、本当かな、ということで陸上のルールブックを調べてみました。

OHCで陸上のルールブックを提示

T：不正スタートということで、反応時間が1000分の100秒未満の場合、ルール上は未満なんですね。新聞や番組では以下って言ってたけれども、正確には未満、1000分の100秒未満、0.100秒未満に反応するとフライングになるよ、ということです。

T：ピンとこない人もいるかと思うので、確認します。

反応の流れを示す語句と矢印を黒板に掲示

T：よーい、バン。(バンの前の矢印を指しながら)ここで動いたら?○○君?

S：フライング。

T：そう、フライングだよ。ここで動いたらフライング。

T：(バンのあとのラインを貼りながら)じゃあ、バンと鳴った後のここだったら大丈夫かと言うと、そうじゃないということがわかったんだよね。実はこうなんだと…。(フライングを示す黄色いラインに貼りかえる)

T：ここが0.10秒ですね。よーい、と、ここで動いても当然フライングだけれども、バンと鳴った後、0.10秒以内に動いたら、これもフライングですよ、ということがわかった。でもなぜなのか?でも、なぜこんなルールになっているのかということ昨日考えたら、このクラスでは2つの意見が出てきたよね。1つは…。○○さん。

S：コースごとに音の聞こえるタイミングが違うから。

T：…違うから、じゃないかと。だから、1年生のときに学習したことがみなさんの頭の中にあっただけのことですよ。音は伝わる。音も近いところは早く伝わる。遠くに離れば離れるほど遅く伝わるから、だから、そのことを考えているんじゃないかと。これは陸上部の顧問の先生に聞いてみると、それは大丈夫ですよ、ということだったです。バーンと、ここで(ピストルの部分で)鳴っているのではなくて、実際は並んでいる後ろにスピーカーがあって、押すと同時にここでバンと鳴っているから、ほとんど同時に聞こえるよ、ということがわかったわけです。もう1つあったよね。もう1つは何?○○君。

S：人は音が聞こえて、0.1秒以内に反応できないから、…。

T：そうになっているんじゃないかと。じゃあ、本当にそうなのかな。それを調べてみようというのが今日です。昨日みなさんがこんな方法で調べられるのじゃないか、あんな方法で調べられるのじゃないかと、いろいろとアイデアを出してくれました。ビデオで撮っておいて、ストップウォッチもこう一緒に映しておいて、あとで超スロー再生をすると、ストップウォッチの文字は動いている、今までの経験からすると音声は「ウォーン…」と聞こえるやろうけれども、それはさておき、先生がつくっているものもあるから、それで今日はやってみましょう。実験プリントを出してください。実験課題を書きますので、自分たちが今日使う実験装置を前に取りに来てください。

●課題を板書する。

ヒトは0.10秒より短い時間で反応することはできないのか?

T：教師

S：生徒

図4 中学校理科「動物の生活と種類—行動のしくみ」の導入部の授業プロトコル

き続けるために」など「力」が主語になった表現に変わっている。このような表現方法の違いをどの程度教師が意識しているかは不明であるが、特に物理領域では、観察・実験に関する体験の共有化のための交流活動において、意思の疎通が保障されるためには用語・表現を大切に扱う必要がある。その中でも発問における教師の表現方法は、観察実験結果の視点や表現にも影響を与えると考えられるため、カリキュラムの実践において注意しなければいけないポイントの一つになるであろう。

IV. おわりに

理科カリキュラムの連続性という観点で保育、生活科・理科の授業実践を分析した結果、①自然体験活動などにおける体験の言語化、②観察・実験などに関する体験の共有化、③学習者の活動や発言に対する教師の応答、④観察実験などのスキル、⑤用語と表現方法が理科カリキュラムにおける連続性を保障する授業の要素として抽出された。

体験の共有化は、用語や表現方法と関連した要素であり、科学的な用語や科学的な表現で共有化が行われるのが望ましい。しかし、幼稚園や生活科において言語化が導かれる段階においては、科学的な用語・表現よりも自由に表現することが優先されるであろう。幼児から小学校低学年の段階では、「豊かな表現」「個性的な表現」が承認され、日常生活で用いている用語や表現の影響も大きい。そのような用語・表現で交流を行う段階から、理科の学習において科学的な用語・表現を用いる段階に移るためには、「的確な表現」ということが教師の評価あるいは学習者間の相互評価によって重視されるとよい。学習者自身が表現した言葉が科学的な用語と一致していない場合でも、観察した結果などを的確に表現できていた場合は、科学的な用語・表現に発展するプロセスとして大切にしたい。そのような表現は、科学的な用語・表現よりも体験の共有化において学習者間の共感を導き、効果的に機能するかも知れない。したがって、教師および学習者の用語・表現に注目した授業分析をさらに深めて、様々な授業内容において的確な表現の収集を行えば、授業レベルで理科カリキュラムの連続性を保障する具体的な方策を提示することができるようになるであろう。

昭和50年代に提示された理科カリキュラムの構造化

では、認識の発達段階に即した適当な学年に教科内容を配列し、学習先行経験を踏まえながら、基本的科学概念の認識を順次に深めようとするスパイラル型のカリキュラム構成が有名である（森 1990）。当時に比べて理科の学習時数が減少した現在のカリキュラムでは、きれいなスパイラルを描くような内容の配列は不可能であり、新しいタイプの構造化が求められている。渡邊（2006）は、理科教育内容の構造化の一案として学習の文脈づくりと知識の有機的な結び付き（ネットワーク化）を図ることを提唱し、単元レベルでの構造化の例を提示した。本研究で行った授業分析は、関連性を重視した理科カリキュラムが実効力をもつことを目指すものであるが、一方で教育内容の観点から理科カリキュラムの構造化を図り、もう一方で授業レベルから理科カリキュラムを見直すアプローチをとることが重要ではないかと考えられる。本研究は、理科カリキュラムを教育実践から検証した第一歩であり、今後は分析事例を増やすことによって、抽出された授業要素に見られる共通点とカリキュラム構想に反映する方法を明らかにしていきたい。

謝 辞

本研究は、下記の愛媛大学教育学部附属幼稚園、小学校、中学校の先生方の保育・授業実践を分析対象にした。ここに感謝の意を表する。

附属幼稚園：坂田知津江、榊鏡大 附属小学校：影浦由美子、山田仙人、出山利明、大森尚慶 附属中学校：菊地博明、山口峰松、小池達士、辻井修

付 記

本研究は、文部科学省科学研究費補助金・平成19-21年度基盤研究（C）「幼・小・中の連携で導く科学教育カリキュラム構築のための授業実践研究」（研究代表者：渡邊重義）の助成を受けて行った。

文 献

- 栗田一良（1976）理科の内容精選の視点, 現代教育科学, 227, 66-72.
 文部省（1970）中学校指導書理科編, 大日本図書, 225-226.
 文部科学省（2008）小学校学習指導要領, 東京書籍,

61-71.

文部科学省（2008）中学校学習指導要領，東山書房，
57-71.

文部科学省（2008）小学校学習指導要領解説理科編，
大日本図書，14-17.

文部科学省（2008）中学校学習指導要領解説理科編，
大日本図書，12-15.

森一夫（1990）初等理科の教授構成，寺川智祐編，理
科教育学，福村出版，59-71.

渡邊重義（2006）学習指導要領から創造的な理科教育
課程の構築へ，理科の教育，55（11），15-18.