

平成 22 年 5 月 13 日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19500747
 研究課題名（和文）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

研究課題名（英文）A study of science lessons for science curriculum design based on the cooperation with the preschool, the elementary school and the junior high school

研究代表者
 渡邊 重義（WATANABE SHIGEYOSHI）
 熊本大学・教育学部・准教授
 研究者番号：00230962

研究成果の概要（和文）：幼稚園の保育、小・中学校の生活および理科授業を分析した結果、理科カリキュラムの連続性を保障するための授業要素として、自然体験活動などにおける体験の言語化、観察・実験などに関する体験の共有化、学習者の活動や発言に対する教師の応答、観察実験などのスキル、用語と表現方法を抽出した。また、それぞれの要素について、カリキュラム構想、教材研究、授業構想の観点から考察し、教師の具体的な活動に反映させるための方法を提案した。

研究成果の概要（英文）：The analysis of the scientific activities in preschool, the life environmental study lessons and science lessons in elemental school and the science lessons in junior high school showed some factors on science lesson that ensure a succession of science curriculum; 1.The description of experiences in nature. 2.The share of experience on practical works in science lesson. 3.Tsacher's response to learner's activity and remark. 4.Skills on observation and experiment. 5.Terms and expression methods. Then some strategies for reflecting each factor to teacher's pedagogical action concretely are proposed by examination from the viewpoints of curriculum design, teacher's inquiry on teaching contents, and lesson plan.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：科学教育・教科教育

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学 / 科学教育

キーワード：科学教育、カリキュラム、授業分析、幼・小・中、連携

1. 研究開始当初の背景

21世紀を迎え、新しい時代に対応するための学校教育カリキュラムが学習指導要領（小学校・中学校）として2008年（平成20年）に提示された。新学習指導要領における理科カリキュラム改訂の柱の一つが、科学の基本的な見方や概念による小・中学校を通じた内容の一貫性の重視である。1970年代に科学の基本概念を核とする理科教育内容の構造化が学習指導要領の指導書等において図られたが、小・中学校を通じた内容の系統化は今回が初めてである。小・中学校の学習指導要領解説理科編（2008）は小・中学校の理科教育内容の一覧表を示し、科学教育カリキュラムの範囲（スコープ）と系列（シークエンス）についての新たな指針を表した。

日本における科学教育カリキュラムに関する研究には、諸外国のカリキュラムの紹介や日本との比較研究、学習指導要領の改訂に関連した研究、大学における科学教育カリキュラムに関する研究などが多く、科学教育カリキュラムの開発・実践・評価に関する研究は比較的少ない（渡邊・武村、1996）。全米科学教育スタンダード（1996）は、21世紀におけるアメリカの科学教育カリキュラムの指針を示すものであるが、そこにはいわゆる科学の内容スタンダードだけでなく、科学教授スタンダードやアセスメントスタンダードなどが記されている。すなわち、授業構想・実践・評価に関わる内容がカリキュラムに示されていることになる。このような観点は日本の現在の学習指導要領では独立して取上げられていないが、今後、地域や学習者の状況に応じたカリキュラムの開発が必要になってくると、カリキュラムの開発者であり、実践者になる教師にとって必要になってくるであろう。

2. 研究の目的

本研究では、新しい時代の科学教育カリキュラムの構築をねらいとして、(1)カリキュラムが実行される授業場面に注目し、授業における学習者・教材・教師の3要素間の関わり合いの分析、および授業展開の分析を行い、カリキュラムの実効性に関連する要素を抽出する。次に、(2)授業分析の過程において、幼稚園、小学校、中学校の教員と研究代表者・分担者が一緒に議論を行い、一つの授業を異なる学校種の教員が分析することで、学校種を超えた学習内容、学習方法等のつながりについて考察する。

3. 研究の方法

(1) 授業分析のためのデータ収集

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、2007-2009年度に保育：5事例、小学校生活科授業：1事例、小学校理科授業：17事例、中学校理科授業：20事例を観察し、ビデオカメラを用いて記録した。撮影した保育・授業の記録は映像ファイルとして場面に分けて保存し、分析に用いた。

(2) 授業分析

記録した保育・授業を主な題材として、授業実践にみられた目的、方法、内容、評価、学習者の実態、授業方法などを異なる学校段階の教員の立場から議論して、評価し合い、授業レベルでのカリキュラムのつながりを分析した。また、カリキュラムのねらいが実践されるために必要な観点や実効性に結びつく要因を抽出した。このような授業分析を各学校段階で行い、分析結果に見られる類似性や相違性をまとめ、そこからカリキュラムの実効性に関する要因を抽出した。

(3) 授業モデル・単元モデル / 授業・学習スタンダード作成のための分析

授業分析によって抽出された要因をもとにして、カリキュラムの実効性を高めるための授業・学習スタンダード、授業モデル・単元モデルおよび科学教育カリキュラムの指針などを導くことを試みた。

4. 研究成果

(1) 保育および生活・理科授業の分析

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し行われる。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、砂遊びなどと、生活科「あきだいすき!」、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。

その結果、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。

理科だけでなく、小・中学校の様々の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。「あきだすき！」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。

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。

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「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「動物と生活」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。

「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なる教具を用いて、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。「電流の不思議」の授業からは、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も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3「電気の通り道」や小4「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6「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。

「動物と生活」では、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、「動物と生活」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たり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い合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、実物の提示や演示の伴った発表は有効ではないかと考えられる。

以上の分析結果より、a) 自然体験活動などにおける体験の言語化、b) 観察・実験などに関する体験の共有化、c) 学習者の活動や発言に対する教師の応答、d) 観察実験などのスキル、e) 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。

(2) カリキュラムの連続性を導く理科の授業要素

自然体験活動における体験の言語化

言語活動の視点から、自然体験活動における教師 - 子ども - 自然の相互作用をみると、幼稚園では、子どもは体験しながら見たこと感じたことを言葉にする傾向があり、その場に居合わせた子どもの間で体験が共有される。言語の発達には個人差があり、体験を言葉でうまく表現できない子どもいる。したがって、幼稚園の教員は、まず体験を言語化することを促すことが多い。小学校生活では、グループ内で発表したり、クラス全体に対して発表したりするような言語表現の機会が多くなる。つまり、他者を意識した体験の言語化が求められる。学習者間で共通の体験がない場合もあるので、教員は子どもの表現を補ったり、複数の子どもの表現を集約したりすることで、個人が言語化した体験をクラスの他者へと伝えるような支援を行う必要が出てくる。小学校理科では、生活に比べると自然体験の対象が絞られ、活動は観察中心になり、言語化に関しては子どもが互いの気づきや考えをやり取りする話し合いの機会が増える。したがって、教師には、児童間の交流活動を見越したうえで記述などの記録を伴う言語化の活動を取り入れたり、児童間の伝え合いがうまく行われるような場をコーディネートしたりするような役割が求められる。以上のことから、自然体験活動が単なる繰り返しではなく、発達段階に応じた積み重ねになるためには、保育・学習活動における体験の言語化の段階を重視した実践が鍵になると考えられる。

観察・実験などに関する体験の共有化

理科の学習プロセスでは、観察・実験前の仮説や予想の設定場面、観察・実験の活動中、観察・実験後の結果のまとめや考察の場面などにおいて、学習者間の話し合いが見られる。このような学習者間の交流活動は、授業実践において繰り返し行われるため、カリキュラムの連続性を意識付ける場面としてうまく活用できる可能性がある。

グループ実験の場合、同じグループに属する数名の学習者が観察・実験を通して共通の体験をする。しかし、学習者によって先行経

験、既有的知識、見方や考え方が同じではないので、体験の捉え方に違い生じることもある。また、観察・実験を通して得た情報、その解釈、結果と考察の表現も個人によって異なるであろう。このような個による違いを基本として交流活動が行われるならば、体験の共有化において個人の体験のすり合わせが行われ、協同的な学びが生まれる。つまり、学習者個人の体験とそれに関する思考を尊重することが、共有化の鍵になる。

協同的な学習が注目されるようになり、理科の授業実践においても学習者の表現方法に関する工夫が多くみられるようになった。渡邊(2009)が分析した中学校理科授業におけるローテーション方式の話し合いでは、学習者と学習者が伝え合う頻度が高くなり、交換し合う情報量は多くなるが、学習内容の連続性に関連した発言が注目されるかどうかは学習者次第である。したがって、普段から教師がカリキュラムの連続性に関連した学習者の発言を意図的に強調したり、机間指導のときに助言したりする必要が生じる。発表方法の工夫として、実験器具等の提示や操作を伴った発表が小・中学校の理科学習で見られることもある。実験器具等の利用は、言語による説明の不十分さを補うだけでなく、説明の言語が示す具体物や現象を明らかにし、他者の体験をより具象的に受け取ることを可能にする。そこで、実験教具等を利用した発表において、過去の学習を想起させるような教具を併せて準備しておけば、学習内容の関連づけを導けるであろう。

学習者の活動・発言に対する教師の応答

渡邊ら(2009)は、中学校2年「刺激と反応」の授業プロトコルを調査して、教師が課題に関する生徒の予想を中学校1年「音の世界」の学習に結び付ける発言を抽出した。この事例の優れている点は、結果的には妥当でない予想を消極的に取り扱うのではなく、その予想の根拠となった知識が「音」の学習に由来することを積極的に評価していることである。この事例が示すもう一つの重要なポイントは、生徒の発言に対して教師が臨機応変に対応し、その結果、理科カリキュラムの内容構成の表(文部科学省 2008)では示されていない分野を越えた内容間のつながりを導いたことである。

前述した体験の言語化や共有化においても、学習者の発言を受けたあとの教師の応答は重要になる。理科カリキュラムの連続性を学習者に意識させるための方策には、教師による発問や教材の提示として学習指導案に記載可能な場合もあるが、学習者の発言を受けて教師がそれを教育内容のつながりへと結び付けるような応答は事前に計画することが容易でない。臨機応変な対応には、理科

カリキュラムに関する知識や学習者の発言を評価する技術に関する教師の高い力量が要求される。したがって、この観点から理科カリキュラムの実効性を高めるためには、教師が授業実践の経験を重ねて熟練するのを待つだけでなく、理科カリキュラムに焦点を当てた教員養成および教員研修の改善と推進が必要になるであろう。

観察・実験などのスキル

観察・実験を通じた理科学習では、観察・実験から得られる結果や考察が学習内容の関連づけに係るだけでなく、教材・教具や観察・実験中の身体的な操作が媒介となって、内容間の結び付きが生じることもある。教材・教具では、磁石、温度計、顕微鏡、石灰水、ヨウ素液などが理科カリキュラムの中で繰り返し用いられるので内容を結び付ける媒介物になる。例えば、ヨウ素液の使用は、小学校理科の「発芽と成長」「光合成」「だ液によるデンプンの分解」を結び付け、さらに中学校理科の「光合成」「だ液によるデンプンの分解」「分解者の働き」につながる。試薬を用いた検出方法としてヨウ素デンプン反応が認識されれば、石灰水、ベネジクト液、硝酸銀水溶液などを用いた実験と関連づけることもできる。

森川(1973)は、各学習内容に含まれるプロセス・スキルの観点から生物教育内容の整理を行っている。プロセス・スキルは理科の学習活動と直接結び付くものであり、理科カリキュラムの連続性を保障する授業実践を行うためには、教育内容の系統的なつながりと、それらの学習に含まれるプロセス・スキルによるつながりを融合させるような構造化が求められる。

用語と表現方法

理科の授業実践事例の分析から、特に物理領域において、事象を表す用語や表現が教育内容の関連づけにおいてポイントになることがわかった。例えば、中学校3年「力と運動」の授業では、「ボールに加えた力は、はたらき続けているだろうか」という課題が掲げられた。それに対する生徒の反応をみると、「力がはたらき続ける」という部分の解釈において混乱していたようで、「力が加わり続けている」という意味と「最初に加えた力の影響が続いている」という意味の解釈があったようである。このような解釈が生まれる原因の一つとして、渡邊ら(2009)は「力」に関する教科書の表現が小学校と中学校で異なっていることを指摘した。「力」の学習における用語・表現の問題は、中学校1年「浮力」の学習においても確認することができた。ばねばかりを使った浮力の実験において、生徒は観察された結果を「浮く」「沈む」とい

う表現で示し、「重い」「軽い」という表現でその理由を説明した。すでに重力に関する学習を終えていたが、「力」と言う言葉を使った説明は出にくかったようである。このような実践例を踏まえると、物理領域の内容の連続性を導くためには、授業中に用いられる用語・表現のレベルで内容を吟味して整理する必要があることがわかった。

(3) 総括と課題

理科カリキュラムの連続性に影響を及ぼすと考えられる5つの授業要素について、カリキュラム研究、教材研究、授業構想等の観点から考察し、教師の具体的な活動に反映させる方法について検討した結果、言語化の段階を意識した授業展開、体験の共有化における教師の役割と教具の利用、教師の応答力を向上させるための教員養成・教員研修の方策、各教育内容で用いられている用語と表現の整理の必要性を見出すことができた。

本研究で分析した授業実践の多くが、近年の教育課題である学習者間の交流活動や表現活動を重視していたため、教師・学習者・教材、あるいは学習者・学習者の相互作用に関連した授業要素が、カリキュラムの連続性に影響を及ぼすものとして抽出される傾向にあった。理科カリキュラムの連続性を保障する授業要素は、授業の導入における前時の振り返りや学習課題の導出の場面、あるいは授業の最後の学習内容のまとめ・応用の場面などを詳しく分析すればさらに抽出可能であろう。そこで、今後は学習段階や授業スタイルの異なる授業実践の分析事例を増やし、理科カリキュラムの連続性に関連した授業要素を抽出し、さらにそれらの要素の整理・分析を行って、教師のカリキュラム構想、教材研究、授業構想に生かせるような指針と方策を提示することを試みたい。

【文献】

- 森川久雄(1973)理科教育要論、東洋館出版、118
- 文部科学省(2008)小学校学習指導要領、東京書籍
- 文部科学省(2008)中学校学習指導要領、東山書房
- 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
- 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
- 渡邊重義(2009)理科カリキュラムの連続性に注目した授業実践研究3 - 学習者の表現活動と理科カリキュラム -、日本科学教育学会年会論文集、33、409-410
- 渡邊重義、青井倫子、平松義樹(2009)理科カリキュラムの連続性に注目した授業研究、愛媛大学教育学部紀要、56、181-190

渡邊重義、武村重和(1996)「科学教育研究」における科学教育カリキュラムの研究、日本科学教育学会 20 周年記念論文集、139-147

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計9件)

青井倫子、理科カリキュラムの連続性を導く授業要素からの保育実践検討、愛媛大学教育実践総合センター紀要、査読無、28巻、2010、印刷中

渡邊重義、理科カリキュラムの連続性に注目した授業実践研究4 - つながりを通じた理科の授業要素、日本科学教育学会研究会研究報告、査読無、24(2)、2009、17 - 22

渡邊重義、青井倫子、平松義樹、理科カリキュラムの連続性に注目した授業研究、愛媛大学教育学部紀要、査読無、56巻、2009、181 - 190

渡邊重義、理科カリキュラムの連続性に注目した授業実践研究3 - 学習者の表現活動と理科カリキュラム、日本科学教育学会年会論文集、査読無、33巻、2009、409 - 410

澤田晃、渡邊重義、中学校理科授業の記録映像を用いたエピソード分析、日本理科教育学会四国支部大会会報、査読無、26巻、2008、13 - 14

渡邊重義、理科カリキュラムの連続性に注目した授業実践研究2 - 教師の発問と応答 - 、日本理科教育学会四国支部大会会報、査読無、26巻、2008、19 - 20

渡邊重義、理科カリキュラムの連続性に注目した授業実践研究、日本理科教育学会全国大会発表論文集、査読無、6巻、2008、189

渡邊重義、理科をマネジメントするプラン・ドゥー・シー 体験活動をマネジメントする重点、楽しい理科授業、査読無、39(12)、2007、18 - 19

渡邊重義、教育学部の学生はどんな自然体験をしてきたか?、日本科学教育学会年会論文集、査読無、31巻、2007、421 - 422

[学会発表](計7件)

渡邊重義、理科カリキュラムの連続性に注目した授業実践研究4 - つながりを通じた理科の授業要素、平成21年度日本科学教育学会九州・沖縄支部会・第2回研究会、2009年11月28日、鹿児島大学

渡邊重義、理科カリキュラムの連続性に注目した授業実践研究3 - 学習者の表現活

動と理科カリキュラム、日本科学教育学会第33回年会、2009年8月26日、同志社大学

渡邊重義、理科カリキュラムの連続性に注目した授業実践研究2 - 教師の発問と応答 - 、平成20年度日本理科教育学会四国支部大会、2008年12月6日、香川大学

澤田晃、渡邊重義、中学校理科授業の記録映像を用いたエピソード分析、平成20年度日本理科教育学会四国支部大会、2008年12月6日、香川大学

平松義樹、「授業力」を育成・成長させるための関係諸機関との連携、日本社会科教育学会第58回全国大会、2008年10月11日、滋賀大学

渡邊重義、理科カリキュラムの連続性に注目した授業実践研究、日本理科教育学会第58回全国大会、2008年9月14日、福井大学

渡邊重義、教育学部の学生はどんな自然体験をしてきたか?、日本科学教育学会第31回年会、2007年8月19日、北海道大学

[図書](計1件)

小田豊、青井倫子編著、北大路書房、(新保育ライブラリ)幼児教育の方法、2009、1 - 22

6. 研究組織

(1)研究代表者

渡邊重義(WATABABE SHIGEYOSHI)
熊本大学・教育学部・准教授
研究者番号: 00230962

(2)研究分担者

平松義樹(HIRAMATSU YOSHIKI)
愛媛大学・教育学部・教授
研究者番号: 00335879
青井倫子(AOI TOMOKO)
愛媛大学・教育学部・准教授
研究者番号: 90253046

(3)連携研究者

なし