

関西大学審査学位論文

中学校理科における正確な知識習得を促す  
教授方略の開発

野口 聡

2020年9月

関西大学大学院 総合情報学研究科

## 博士論文要旨

### 中学校理科における正確な知識習得を促す 教授方略の開発

10D7006 野口 聡  
指導教員 黒上 晴夫

本研究の目的は、中学校理科において「知識を正確に習得する」ための教授方略の開発およびその教授方略の効果を高める支援を明らかにすることである。ここで言う知識を正確に習得するとは、「身の回りで起こる現象と理科の用語を関連づけた記述ができる状態」を指す。こうした記述によって、現象が起こる理由を理科の観点から、正確に、また分かりやすく伝える文章を生成することを期待している。

中学校理科では、理科の用語同士または理科の用語と現象とを関連づけて習得させる必要がある。理科は、既習知識を基礎として、新しい学習事項を教授する積み上げ方式の授業が多いとされる。たとえば、「直列回路に流れる電流の大きさは、どの部分で計測しても一定になる」という電流に関する現象を生徒に教えるには、この電流に関する知識だけではなく、その前提として電圧に関する知識を習得させておく必要がある。つまり「電流」や「電圧」といった個別の理科の概念を表す用語（以下、理科の用語）は、相互に関連している。前提とした知識が必要なため、複雑な現象であるほど、必要な理科の用語の数が多く、それを説明するために多くの用語同士を関連づけて習得する必要がある。

しかし、生徒のなかには、理科の用語を覚えて深く考えずに、再生するだけになっているものもいる。そうした生徒は、理科の用語を覚えるだけにとどまり、理科の現象や概念についての知識を十分に習得していない。理科の用語の暗記や深く考えずに再生ことの問題は、生徒の理科嫌いが促される点、知識を活用できない点にある。中学校理科の教育課程の指針となる学習指導要領には、課題に対応するために、論述やレポートに取り組ませることによって、生徒の意見や考えを書かせたり、言わせたりする活動を重視することが明記された。とくに本研究では、人に教える行為によって暗記するという問題の解消ができると考えた。なぜなら人に教える行為は、その相手よりも専門的で、より詳細な知識を獲得していなければできないからである。1章では、中学校理科における用語を暗記することの問題を整理し、その問題の解消のためには人に教える行為という方略が適していることを論じた。

中学校理科の知識習得の課題として、1) 解釈や考察したことを説明できないこと、2) 身の回りで起こる現象に理科の知識を適用できないこと、が挙げられる。こうした理科学力の課題を踏まえ改訂されたのが2010年度版の学習指導要領である。ところが授業では、理科の知識を正確に習得することは難しい。

本研究では、授業の終末において、理科の用語を深く考えずに再生することが、正確な知識習得を阻害する要因になっていると考える。授業の終末では、教師が本時のま

とめとして、現象が起こる仕組みを説明する。もしくは生徒に本時のまとめとして、課題を解決することがある。この際、教師と生徒は理科の用語にたよった説明してしまう。理科の用語は、厳密に定義されているが、いくつかの現象が内包されるものもあるため、どちらか一方ではなく、いくつかの定義ともに再生できる必要がある。用語の意味を深く考えないと、どちらかが欠けたり、用語同士の関係について整理できなかつたりすることが考えられる。また生徒は、学習内容の抽象度が高まるため、現象が起こる仕組みに関連する理科の用語を暗記する方略をとってしまう。用語を暗記するという方略をとった生徒は、身の回りで起こる現象に理科の知識を適用した記述できない。2章では、こうした理科の課題を解決するために、人に教える行為が知識を正確に習得することに寄与する可能性を論じた。

人に教える行為による方略では、生徒が誰に教えるのかが問題になる。たとえば専門家に対して教える場合には、専門用語を多用した説明ができるため、用語を利用するときに検討することがない。一方で、専門的な知識を持たない相手に対して教える場合には、専門用語を多用した説明ができない。そうした説明をしたとき、専門的な知識を持たない相手が理解できないからである。この人に教える行為を中学校理科において実施するとき、本研究では3つの要件を重視した。それは、(1) 1時間の授業内において短時間で実施ができること、(2) 既習内容を活用すること、(3) 一定の知識を持たない相手に教えること、である。そうした観点から、人に教える行為を利用した教育研究をレビューした。そこで着目した方略が、「1時間の終末で行う説明活動」である。ただし、この方略では、生徒が説明する内容を決定づける介入がないため工夫が必要であった。そこで本研究では、中学校理科において正確な知識習得を促す教授方略を開発することにした。3章では、中学校理科の授業内において実践できる教授方略を見出すために、先行研究のレビューをしたうえで、本研究のオリジナルの教授方略(NSメソッド)を提案した。

4章では、本研究の目的を明らかにするために、3つの研究課題を設定した。1つ目の研究課題は、本研究課題において提案する教授方略NSメソッドの評価および修正である。この教授方略が知識習得に与える効果を分析したうえで、教授方略の問題の修正点を見出すことにした。2つ目の研究課題は、修正した教授方略の評価である。研究課題1の問題から修正を加えたものであるが、この方略の実効性を検証した。3つ目の研究課題は、修正した教授方略の効果を高める支援の分析である。教育は、授業の目標、内容、方法、学習者の個人特性といった多くの要因が関連しあって成立している。そのため修正した教授方略の提案だけでは、十分な成果が得られない可能性がある。そこで、教授方略に取り組みせるときの生徒の意識と知識習得の関係を分析することにした。

1つ目の研究課題から、NSメソッドは、知識を正確に習得にとって一定の成果があることが明らかになった。このNSメソッドの工夫は、生徒同士で教え合う場面を設定したこと、生徒の記述した文を教師が読み再検討を促すような発問をしたこと、

である。ただしNSメソッドにおいて、知識習得の効果が見られたのは、教師の発問によって説明問題の質を高めることができた生徒のみにとどまった。生徒の誤った知識を自覚させるために、教師の介入があることが望ましいが、机間巡視をしていれば適切なタイミングで介入できないことも多い。

そこでNSメソッドにおいて、教師の介入ができないとき、知識習得を阻害する2つの要因を明らかにした。それは、1) 問題文に含まれる情報量、2) 曖昧な理解にとどまる生徒同士の説明、である。これらの点に修正を加えたNSメソッドは、利用する課題文をシンプルにし、また生徒には目の前に居ない相手を想定させたいうで説明を検討させるようにした。5章では、NSメソッドの評価をしたうで、2つの知識習得を阻害する要素を修正し、「修正版NSメソッド」を提案した。

2つ目の研究課題では、修正版NSメソッドの評価をすることで、知識習得に有効な方略であることが確認できた。NSメソッドからの修正点は、曖昧な理解同士の生徒の説明を取り辞め、教授対象を想定させることに変更した。そのため教授対象が目の前に居なくても記述の質を保障できるのか、また知識習得を促すことができるのか分析する必要がある。6章では、この分析を行い、生徒に年下の教授対象を想定させることによって、平易な説明を使い、さらに情報を補足する説明を含めた記述をすることが明らかにした。また記述として、平易な説明、情報を補足する説明を使った生徒は、知識習得が促されることが明らかにした。

3つ目の課題では、修正版NSメソッドの効果を高める支援を明らかにできた。修正版NSメソッドの効果の高い生徒は、以下の3つの傾向が見られた。

(1) 意味理解志向学習観の高さと知識・理解、観察・実験の得点の高さは関係がある。また暗記志向学習観の高さと観察・実験の得点の低さ、学校依存志向学習観が高いことと知識・理解、観察・実験、科学的思考の得点の低さは関係がある。

(2) 取り組み方について、振り返り・まとめ、書き方、調べ直しの意識の高さと知識・理解、観察・実験、科学的思考の得点の高さは関係がある。また身の回りの現象の意識の高さと知識・理解、観察・実験の得点の高さは関係がある。

(3) 意味理解志向学習観の高さと取り組みの意識の高さは関係がある。

修正版NSメソッドにおいて、「必要に応じて、説明に具体的な事例やたとえ、図絵を使う」と教示したうで、年下の相手を想定させていた。7章では、修正版NSメソッドの効果を高める支援として、生徒の傾向から自然現象との関連を意識することをルール化すること、書いたことを振り返る時間をとること、を提案した。

8章では、5章から7章の研究課題の結果をもとに、総合考察および課題と展望を論じた。本研究では、中学校理科を対象とした教授方略を明らかにした。

本研究の課題は、1) 理科の調査領域が物理に限定してしまったこと、2) 具体的な実践事例やその際に必要な環境が提案できていないこと、3) 修正版NSメソッドにおいて必要な汎用的な技能に着目していないこと、にある。今後、上述の改善した研究を行う必要がある。

## 目次

1章	はじめに	1
1.1.	問題の所在と解消のための仮説	3
1.1.1.	問題の所在	3
1.1.2.	問題の解消のための仮説	6
1.2.	人に教える活動への着目	7
1.3.	本論文の構成	8
2章	中学校理科教育における知識習得の課題	10
2.1.	中学校理科に関する知識習得	11
2.1.1.	中学校理科における知識習得	12
2.1.2.	知識習得の捉え方	18
2.2.	正確な知識習得の難しさ	21
2.2.1.	一般的な理科の知識習得を阻害する要因	22
2.2.2.	理科の用語に起因する要因	24
2.3.	授業実践の課題	26
2.4.	まとめ	31
3章	人に教える活動による教育の先行研究	32
3.1.	人に教える活動の特徴	33
3.1.1.	人に教える活動の効果と特徴	34
3.1.2.	人に教える活動の精査	40
3.2.1	時間の終末で行う説明活動の問題の検討	42
3.2.1.	1時間の終末で行う説明活動が知識習得に与える影響	43
3.3.	教授方略の仮説	46
3.4.	まとめ	48
4章	研究の目的と方法	50
4.1.	研究の目的	51

4.2. 研究の意義 .....	53
4.3. 研究の方法および仮説 .....	54
4.3.1.研究課題1 N S メソッドの評価および修正 .....	55
4.3.2.研究課題2 修正版 N S メソッドの評価 .....	56
4.3.3.研究課題3 修正版 N S メソッドの効果を高める支援の検討 .....	56
4.4. 4章のまとめ .....	57
5章 N S メソッドの評価と修正 .....	58
5.1. N S メソッドの評価方法 .....	58
5.1.1.実践の概要 .....	59
5.1.2.知識習得の評価 .....	62
5.1.3.評価のための分析の概要 .....	63
5.2. N S メソッドの評価 .....	64
5.2.1.評価問題の得点の差の分析 .....	64
5.2.2.記述内容の質による知識習得の差の分析 .....	65
5.2.3.生徒の本来の能力の差による分析 .....	65
5.3. N S メソッドの課題の検討および修正 .....	66
5.3.1. N S メソッドの修正の問題点の抽出方法 .....	67
5.3.2.修正点の検討手順 .....	69
5.4. N S メソッドによる知識習得の阻害要因 .....	70
5.4.1.問題文に含まれる情報量 .....	70
5.4.2.曖昧な理解にとどまる生徒同士の説明 .....	73
5.5. 修正版 N S メソッドの提案 .....	75
5.6.まとめ .....	76
6章 修正版 N S メソッドの評価 .....	77
6.1.説明を書くことによる知識の習得 .....	77
6.1.1. 平易な表現を使うことによる知識の習得 .....	78
6.1.2. 情報を補足する説明をすることによる知識の習得 .....	78

6.2.研究の方法 .....	80
6.2.1. 実践の概要 .....	80
6.2.2.生徒群の詳細 .....	81
6.2.3.生徒群の等質性 .....	82
6.2.4 記述する課題および質の評価 .....	83
6.2.5 テスト .....	87
6.3. 分析結果と考察 .....	88
6.3.1. 平易な表現・情報を補足する説明を使った割合の分析 .....	88
6.3.2. 理科の知識の習得の分析 .....	92
6.3.3. 生徒群1を想定することによる影響の考察 .....	95
6.4. まとめ .....	96
7章 修正版NSメソッドの効果を高める支援の分析 .....	98
7.1.学習に取り組む意識 .....	98
7.2. 取り組む生徒の意識の分析 .....	99
7.2.1.取り組み方と自己評価の調査 .....	99
7.2.2. 調査データ .....	100
7.3. 取り組み方と知識習得の分析 .....	103
7.3.1. 取り組む生徒の意識の構成要因 .....	104
7.3.2. 学習に対する自己評価に与える影響 .....	106
7.4. 理科の知識習得に与える影響 .....	107
7.4.1.取り組みに対する意識と学習観に関する調査 .....	108
7.4.2.取り組みに対する意識および学習観が知識習得に与える影響....	109
7.5.まとめ .....	113
8章 おわりに .....	115
8.1.本研究の成果 .....	115
8.2.研究の課題 .....	117
8.3.展望 .....	119

参考文献 ..... 120

## 1章 はじめに

本研究課題の目的は、中学校理科を対象として、知識を正確に習得するための教授方略を開発することである。なお本研究課題における「知識を正確に習得」することは、「習得した知識をもとに現象を説明できる状態」を指している。これは中学校理科の学習指導要領の改訂のポイントや社会的要請をもとに、設定したものである。これについては、2章で詳細を述べる。1章では、まず本研究課題に取り組むに至った経緯、また著者がどのような問題意識を持っているのかを述べる。そして最後に、本論文の構成について説明する。

本研究課題では、中学校理科の知識を正確に習得させるための方略として「説明する活動」に着目し、この方略が知識習得に与える影響を明らかにする。この研究を始めるに至った契機は、中学校理科の教師から「生徒に暗記させるだけではない授業」についての相談を受けたことにある。著者は、2010年頃から授業におけるICT活用の工夫によって、生徒の知識習得を促す方法を検討してきた。その一環として、大阪府内の中学校をフィールドとして研究を続けている。そのICT活用の研究中に、「生徒に暗記させるだけではない授業をしたい」という相談を受けたのである。そこから理科教師の授業を観察し、生徒が直面している問題（たとえば、生徒が考えたことを表現できない、自分なりの意見を表出できないなど）を確認し、その問題が起こる原因を解消するために、ICT活用の観点から学習活動の支援を提案した。具体的には、映像提示による授業の効率化によって、生徒が考える時間を増やす工夫や生徒間の情報伝達の工夫などである。

本研究では、「習得した知識を活用する活用型の学力（たとえば安彦2008、浅沼2008、小宮山2014など）」を参考に、知識を正確に習得したことを「身の回りで起こる現象を説明できる状態」とであると仮定した。知識習得を仮定としたのは、理科教師が相談する「生徒に暗記させるだけではない授業にしたい」という目標が具体的ではなかったからである。

生徒が知識を習得したのか、それとも暗記したのかを判断するには、どうすれば良いのか、その捉え方に関して著者と理科教師で議論を重ねた。たとえば、生徒が慣性の法則という理科の用語を知っており、その定義として「運動をしているものは運動をし続けようとする、静止しているものは止まり続けようとする」と答えられても、電車に乗車しているときの加速・減速のときにかかる力の向きを答えられないことがある。この場合、知識を正確に習得できているとは言えない。そのため活用型の学力やその方法を参考に、授業における支援を検討した。

その後、様々な支援を提案したが、生徒に知識を正確に習得させるためには、ICT という道具をどのように利用した授業設計をするのかという視点も重要であるが、どのように生徒に学ばせるのかという視点が重要ではないかと考えるようになっていった。これは ICT によって効率的もしくは効果的な実践をしたとしても、生徒にどのように学ばせるのが伴っていなければ、知識を正確に習得させられないと考えたからである。そうした考えのもと、いくつかの先行研究の教授方略を授業に取り入れた。とくに授業実践を考えると参考にしたのは、小学校理科で実施された田島・茂呂（2006）の説明活動に関する研究である。この研究は、児童が教師役となり、他の児童に対して説明する活動を実践したものである。教師役の児童は、聞き手役の児童に上手く説明できなかった部分を自覚し、その自覚をもとに教科書などの資料をもとに調べることによって、知識習得を促す。田島、茂呂の研究は、小学校理科において、知識習得を促すことに関して、十分な成果が得られたものである。そこで田島、茂呂を参考に中学校理科をデザインしたが、生徒の知識習得を十分に促すことができなかった（野口 2015）。この原因として、生徒の活動中に、教師の介入が十分にできないことがあると考えた。教師の介入ができなかった生徒には、習得していない部分を自覚している様子は見られず、教師の質問を参考にしながら取り組んだ生徒は、習得していない部分を自覚し、教科書やノートをもとに調べていたのである。説明する内容が深められるようにする教師の発問場面を組み込むなどの工夫を加えることが有効な手段になると考えた。

上述の理由から，説明する活動という教授方略に着目し，その方略を利用することで，理科教師の目標とする暗記するだけではない生徒の姿に近づけられると考え，新たな教授方略を開発するという着想に至った．

### 1.1. 問題の所在と解消のための仮説

本節では，中学校理科教育における知識習得に関して，著者が課題と考えることを整理したい．そのうえで課題を解決するための方略について述べる．

#### 1.1.1. 問題の所在

理科では，既習知識をもとにして新規の学習内容を教授するという積み上げ方式の授業が多いとされる（長谷川・エリザベス 2003）．たとえば，電流に関する現象の「直列回路に流れる電流の大きさは，どの部分で計測しても一定になる」という説明をするには，この電流に関する知識だけではなく，その前提として電圧に関する知識を習得できている必要がある．つまり「電流」や「電圧」といった個別の理科の概念を表す用語（以下，理科の用語）は，相互に関連している．前提とした知識が必要なので，複雑な現象であるほど，必要な理科の用語の数が多く，それを説明するために多くの用語同士を関連づけて習得する必要がある．

理科の用語に関して言えば，中学校理科では小学校理科と比べて，生徒が覚えるべき用語数が格段に増える．五嶋（2013）による理科の教科書に掲載される新出の用語数の学年ごとの比較によれば，年間を通して学習する新出用語が，小学校では各学年に 20 個に満たないのに対して，中学校では各学年に 120 個以上の数にもなるという．2013 年度に報告された五嶋の調査時点から，学習事項に大きな変化はないので，生徒が覚えるべき用語の数は同数程度だと考えられる．中学校理科において理科の用語数が増えるのは，小学校までの内容と比べて専門的な内容になっているからである．小宮（2005）によれば，専門分野を学習するには，用

語の利用が必要だという。なぜなら、その分野に詳しい人同士の間では、用語を利用することで説明が容易になるので、スムーズにコミュニケーションが図れるからである。

しかし、生徒のなかには、理科の用語を覚えて深く考えずに、再生するだけになっているものもある。そうした生徒は、理科の用語を覚えるだけにとどまり、理科の現象や概念についての知識（以下、理科の知識）を十分に習得していない（西川 1999）。著者が 2010 年頃から関わっている調査協力校の生徒も、「理科は暗記科目だから太文字や語句を覚えたらテストで点数が採れる」というように話しており、現象が起こる仕組みを論述させる課題を与えると書けない生徒が多数であった。つまり理科の用語を暗記したからといって、理科の知識を十分に習得できていなかったのである。そこから著者は、用語を覚えて深く考えずに記憶する学習を改善すべきだと問題意識を持った。

なぜ理科の用語を暗記したり、深く考えずに再生したりすることが問題なのだろうか。ここではその弊害として、理科嫌いになる点、習得した知識を活用できない点について述べたい。

### **暗記による理科嫌いの助長**

まずは、理科嫌いになる点について説明したい。山根（2001）によれば、暗記をさせてしまうような教育は、子どもから学習することのリアリティを奪い、そして学習意欲、興味や関心、主体性を失わせるという。

中学校理科において理科嫌い、または理科離れが起きているという指摘とともに、問題として取り上げられることがある。たとえば全国学力・学習状況調査（国立教育政策研究所 2012）の結果によれば、中学 3 年生の生徒は小学 6 年生の児童と比べて、理科が嫌いであり、また理科は将来社会に出たときに役に立たない科目だと解答する割合が高いという。具体的には、「理科の勉強は楽しい（小学 6 年生：82%，中学 3 年生：62%）」、「理科の勉強は大切（小学 6 年生：86%，中学 3 年生：69%）」、「理科の授業で学習したことは将来社会に出た時に役に立つ（小学 6 年生：73%，中学 3 年生：53%）」となっている。小学校理科では、ほとんどの児童が理科

に対して高い関心を持っており，楽しかったはずの理科の学習が，中学校理科では関心が低くなり，あまり楽しくない科目になることが明らかになっている．

### 暗記により知識を活用できない

つぎに，習得した知識を活用できない点について説明する．理科の用語を覚えただけで，理科の用語が表す定義や用語間の関連を理解していなければ，身の回りで起こる現象に適用するような，いわゆる知識を活用する問題に正しく答えられない．国立教育政策研究所（2016）は，学習到達度調査（PISA: Programme for International Student Assessment）の結果を分析し，日本の中学生は科学的証拠をもとに結果の解釈やそれをもとに論述する問題に十分に答えられていないことを報告した．学習到達度調査の問題は，知識や技能を実生活のさまざまな場面でどれだけ活用できるかを見るものである（国立教育政策研究所編 2016）．

また全国学力・学習状況調査の結果では，自分や他者の考えを検討して改善すること，知識・技能を活用することについて，規則性などの科学的な知識や概念を身の回りの現象に活用することができないことに課題があることが指摘されている（国立教育政策研究所 2018）．一方で，全国学力・学習状況調査の知識，技能に関する問題では，中学生は高い正答率を示している．これは理科の用語を暗記することで正答できる設問である．したがって，現状の中学校理科の教授方略では，知識を実生活で活用できるまでの知識習得に至っていないと言える．

これらの原因の1つとして，授業展開でいうところの終末において，生徒が理科の用語と現象とを関連づけるような活動をしていないことが挙げられる．この点に関して，全国の理科教師がどのような授業を実施しているのかデータはないが，全国の教育センターや教育委員会が公表している中学校理科の学習指導案を概観すると，掲載されている多くの授業の終末において，理科の用語と現象とを関連づけるような説明を生徒にさせていない（田中・野口 2018a, 田中・野口 2018b）．教師が本時

のまとめとして理科の用語やその定義を板書や口頭でおさえるだけで活用させないので，生徒は理科の用語を暗記したり，深く考えずに再生したりするだけになっていると考える．なお中学校理科においては，どのような授業のまとめが展開されているかについては，2章3節において説明したい．

理科嫌いになる点，習得した知識を活用できない点から，暗記することによる問題を挙げた．次の項では，暗記するという問題を解消するための手立てを提案したい．

### 1.1.2. 問題の解消のための仮説

知識習得に関する問題を解消するために，知識を活用し，自ら課題を設定して探究をするという授業展開が重視されるようになった（たとえば安彦 2008，吉崎 2008 など）．理科であれば，身の回りで起こる現象から問題を見だし，そこから解決すべき課題を設定して科学的に探究する学習活動や学習内容に関連した自然の現象や科学技術などの仕組みを考えたり説明したりする学習活動（国立教育政策研究所 2018）などが提案されている．

中学校理科の教育課程の指針となる学習指導要領には，課題に対応するために，論述やレポートに取り組ませることによって，生徒の意見や考えを書かせたり，言わせたりする活動を重視することが明記された．これは，いわゆる「言語活動」である（たとえば梶田・甲斐 2009，西川 2014）．こうした活動は，現行の学習指導要領（文部科学省 2017）にも継承されており，生徒が考察や推論したことや結論を発表させたり，レポートにまとめさせたりすることで，論述させようとしている．

知識習得に関する問題解消のための方略は，いくつか提案されているが，著者は理科の教師との授業づくりの経験をとおして，「人に教える」という教授方略に着目した．人に教えるという行為は，説明者が意見や考えを書いたり，話したりすることをとおして，被説明者に説明するものである．意見や考えを表出するという点から，言語活動の要素がある

と言える。VEEL (1997)によれば、理科における現象の説明文は、ある現象を同定したうえで、その現象が生起する要因を述べるものになるという。そうした説明を生徒がするとき、理科の用語を暗記しているだけでは、被説明者を説得するような説明をできないだろう。

人に教えるという方略は、習得した知識を活用すること、さらには言語活動の要素を含むので、理科の用語を暗記するという問題の解消につながるかと考える。なお人に教える教授方略の具体的な手順などは、3章で説明したい。つぎの節では、人に教える活動に着目するに至った経緯を述べたうえで、人に教える活動という教授方略が知識習得にとって有効だと考える理由を示す。

## 1.2. 人に教える活動への着目

人に教えるという行為は、被説明者よりも専門的で、より詳細な知識を説明者が獲得していなければできない(比留間・山本 2007)。そのため本研究では、暗記するだけではない知識を習得させるために、人に教える行為という方略が有効だと考えた。とくに理科における人に教える行為では、(1) 1つ1つの理科の用語を平易に説明できるように検討すること、(2) 具体的な事例を検討すること、ということから知識習得が促されると考える。

まず人に教える行為によって、(1) 1つ1つの理科の用語を平易に説明できるように検討するようになると仮説を立てたのは、理科の用語に内包される内容や意味を解説するため、その用語がどのような定義なのか調べることになるからである。たとえば中学校理科で扱う「慣性の法則」という用語には、「動いている物体は、運動を続けようとする」、「止まっている物体は、静止し続けようとする」という定義が教科書に掲載されている。つまり慣性という理科の用語を言えるだけでは不十分であり、またどちらか一方の定義を再生できるだけでも不十分である。ところが、ある現象について理解できていると感じているとき、人はそれを疑わないため、十分に理解していないことが自覚できない(森田 2004)。

人に教える行為では、被説明者に対して詳しく解説する必要があるため、その用語に内包される意味を熟考するようになり、十分に理解していない部分の自覚につながると考える。

つぎに人に教える行為において、(2) 具体的な事例を検討するようになるという仮説を立てたのは、被説明者に分かってもらえるように説明するには、具体的な事例を含めた解説が必要だからである。理科の用語または実験の結果を相手に伝える際に、身近な事例や図絵などの情報を補足する説明を加えた説明になる。もちろん現象が起こる仕組みを解説するとき、身近な事例や図絵などを挙げるだけでは、科学的な説明にならないので、理科の用語の利用もしなければならぬ。したがって、人に分かってもらうための説明を検討することは、理科の用語と現象が起こる仕組みを関連づけて考えることを促す。

さらに、人に教える行為において、上記の(1)、(2)をせずに説明した場合には、被説明者に対して、上手く説明できなかつたり、説得できなかつたりするので、説明した内容の不十分さを説明者は自覚することになる。その自覚をもとに、説明できなかつた部分を、あらためて教科書やノートをもとに調べることによって、人に教える行為に取り組む生徒の知識を深めることになる。

### 1.3. 本論文の構成

本研究の目的は、中学校理科で教えられる知識を正確に習得するための教授方略を開発することである。また教授方略の開発だけではなく、開発した教授方略の効果を高めるための支援を合わせて提案する。本研究の構成をまとめると以下のようなになる(図1)。

第2章では、中学校理科の学習指導要領および学習指導要領解説をもとに、中学校理科において習得すべき知識をまとめ、現状の知識習得の課題を述べる。そしてこの課題を解決する教授方略として、人に教える行為に着目したことを示す。第3章では、理科における人に教える行為に着目した教育研究をまとめ、中学校理科の授業内で実践できる方略を

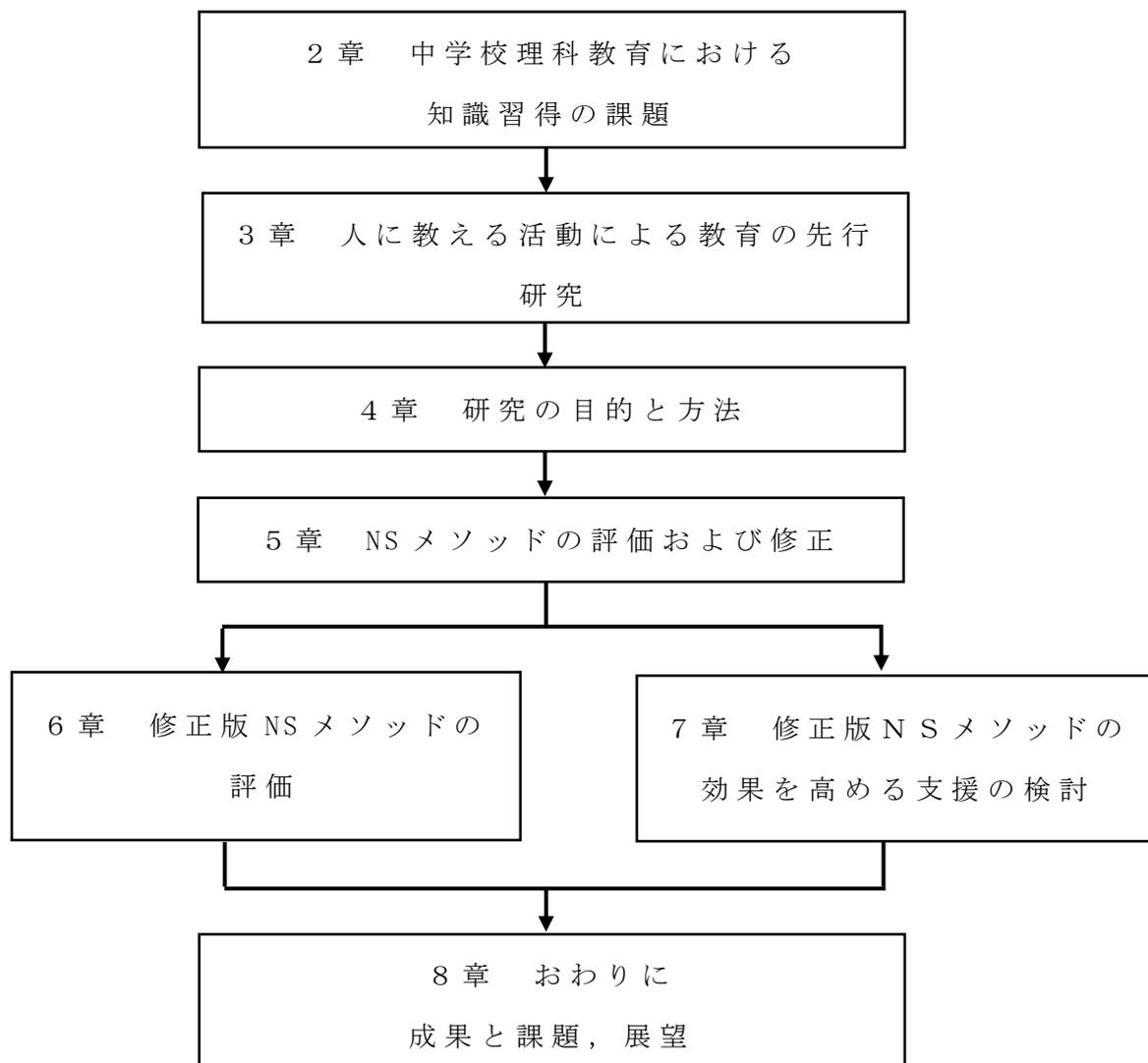


図 1 本論文の構成

検討する。しかし現状では、適当な方略がなかったため、本研究のオリジナルの教授方略（NSメソッド）を提案することを述べる。第4章では、本研究の目的を達成するために、3つの研究課題を述べる。

研究課題1. NSメソッドの評価および修正

研究課題2. 修正版NSメソッドの評価

研究課題3. 修正版NSメソッドの効果を高める支援

第5章から第7章にかけて、それぞれ研究課題について分析し、その結果を述べる。そして、最後に8章では、本研究の成果と課題、展望についてまとめる。

## 2章 中学校理科教育における知識習得の課題

1章では、本研究を取り組むに至った経緯として、中学校理科の教師と協働して授業づくりを始めたことを述べた。その理科教師の願いは、「生徒に暗記させるだけではない授業にしたい」であった。さらに中学校理科における問題意識として、用語同士を関連づけて習得する必要があるのに、用語を暗記するという方略をとる生徒がいることを述べた。本研究では、理科教師の願いおよび中学校理科の問題から、教授方略として「人に教える活動」に着目していることを述べた。

つぎは、暗記したことを再生するだけではない知識習得がどのような状態を指しているのか、またこの知識習得に対して人に教える活動が寄与するのかを論じる。とくに本研究において目指している暗記させるだけではない授業とは、具体的にどのような知識を習得するものなのか明確にする必要がある。

そこで2章では、2.1節において、中学校理科教育に関わる社会的要請を概観した上で、そうした要請に対応するために改訂された学習指導要領を根拠として理科のなかで習得すべき知識を述べる。その習得すべき知識を手掛かりとして、本研究における「知識を正確に習得すること」の定義を確認する。学習指導要領を習得すべき知識の根拠にするのは、それが教育課程を編成する際の基準になっており、教科の目標や大まかな教育内容が明記されているからである。

つぎに、2.2節では、中学校理科における知識を習得するうえでの課題を説明する。とくに、本研究で目標としている知識を正確に習得することは、通常の授業方法では達成しにくい。そう考える理由を挙げる。本研究では、授業展開の導入、展開、終末のなかでも、終末に着目し、習得しにくい理由を論じる。

最後に、2.3節では、知識を正確に習得するための教授方略を検討する。なお本研究では、教授方略として、「人に教える活動」が適している可能性を示す。

それらを踏まえたうえで、2.4節では本章のまとめを述べる。

## 2.1. 中学校理科に関する知識習得

理科に関する知識習得を論じるうえで、学校の理科教育で学習する知識を対象にするのか、日常生活のなかで自然と身につける理科に関する知識を対象にするのかでは、定義する知識は異なる。

学校の理科教育で学習する知識を対象にする研究では、授業をとおして、習得すべき知識を生徒が身につけられたのかを分析することになる。これは教えること、学ぶことを研究対象にする授業研究や授業実践研究の分野になる（日本教育工学会 2000 p.22）。理科の授業では、身の回りで起こる自然の現象を説明できる、理科的に見て正しい見方や考え方を習得させることを目指している。つまり、ここでいう知識は、授業で習ったことを身の回りで起こる自然の現象と関連づける説明することである。したがって習得すべき知識は、授業で扱う範囲にとどまる。

一方で、日常生活のなかで自然と身につける理科に関する知識を対象にする研究では、概念発達と変化を分析することになる。子どもは、日常生活のなかで、知識の量の増加、選択、または特定の知識をまとまりとして分類したり、関連を整理したりすることで、自然の現象を能動的に理解し、科学的な概念に変化させていく（稲垣・波多野 2005）。こうした、子どもが身の回りで起こる自然の現象の考え方を変化させることを概念変化という（CAREY 1991）。ところが概念変化によって獲得する理科に関する知識は、身の回りで起こる現象から形成されていても科学的には正しくないことがある。いわゆる素朴概念（たとえば山縣 2006）と呼ばれるものである。ここでいう知識は、知っていることを再体制化や再構造化することで、現象を解釈できるようになることである。つまり、どういった概念を形成するのか制限はない。

両者の考え方は異なるものの、いずれにしても授業で習わなければ、知識を正確に習得しにくい点は共通する。稲垣・波多野（2005）によれば、授業をとおして教授しなければ、素朴概念を理科的に見て正しい見方や考え方に換えられないという。人は素朴概念を新しい概念に入れ換

えるのではなく、納得するために別の方法を見つけて解釈しようとするからである (POSNER et.al 1982)。現象を解釈するうえで矛盾があったときでも、自分なりに解釈しようとするため、別の素朴概念を形成してしまうのである。そのため生徒独自の考え方を堅固に続けたり、独自の考え方に合わせて素朴概念を改変したりする (沖野ら 2016, 鈴木 2006 など)。また堀 (1998)によれば、素朴概念は生徒が自らの生活経験や既習内容をもとに形成しているため、理科的に見て正しいとされる知識の習得を妨げることもあるという。

なお本研究では、前提として、中学校理科の教師と協働した授業づくりのなかで、知識を正確に習得する方略の開発を目指している。そのため学校の理科教育で学習する知識を対象としている。素朴概念に関する先行研究にもふれるが、如何に素朴概念が形成されるのかに関する研究ではなく、授業で形成される素朴概念について述べる。以下の項では、授業の指針となる中学校学習指導要領解説理科編 (文部科学省 2017 p.16-20) をもとに、中学校理科においてどのような資質・能力の育成を目指しているのかを概観する。そのうえで本研究における「知識を正確に習得すること」の定義を論じる。

### 2.1.1. 中学校理科における知識習得

中学校理科の授業では、「凸レンズを通った光が集まってスクリーンに像がうつるとき、もとの像とは上下・左右が逆になる」といった理科の知識と、「実像」という理科の用語を対応させて習得させる (野口・村上 2018)。そのうえで理科の知識と身の回りで起こる現象を結び付ける活動が重視されている。そういった授業が実施されているが、中学校理科において、どのような知識を習得させることが期待されているのだろうか。本項では、中学校学習指導要領理科編や学習指導要領の改訂の意図を根拠として、習得させるべき知識を概観し、そこから本研究課題における知識を正確に習得するとはどういった状態なのか定義する。

学習指導要領は、教科教育における指針であり、本研究においても学

学習指導要領に準拠した知識習得を目指すものである。教科教育では、時代の進展やその時代の実状に応じた社会的要請の変化に対応する必要があるため、学習指導要領はおおむね 10 年ごとに改訂されている。言い換えれば、施行されている学習指導要領は、その時代に習得させるべき知識が規定されたものだと言える。なお本研究は、2010 年ごろより取り組み始めたものであるため、平成 20 年度に施行された学習指導要領の知識習得が規準となっている。そして 2020 年現在では、新たに平成 30 年度に施行された学習指導要領があるが、中学校においては移行期間中であるため、まだ実施されていない。ただし、本研究で目指す知識習得は、2021 年度より全面実施になる中学校学習指導要領とも関わりは深いと考える。以下では、平成 10 年版の学習指導要領の改訂意図まで遡り、2010 年版学習指導要領の改訂のポイント、2020 年度版学習指導要領に関わる部分を述べる。

平成 10 年版の学習指導要領のポイントは、ゆとりのなかで生きる力を育むことが重視されたことである（文部科学省 2011）。ここでいう生きる力とは、「いかに社会が変化しようと、自らで課題を見出し、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、行動し、よりよく問題を解決する資質や能力」、「自らを律しつつ、他人とともに協調し、他人を思いやる心や感動する心等、豊かな人間性」、「たくましく生きるための健康や体力」からなるものである。このポイントを実現するために、総合的な学習の時間を設置し、子どもの主体的な活動を尊重しつつ、科目の基礎・基本の確実な定着を目指した。一方で、この当時の教育の問題点として、全国学力・学習状況調査の結果から、基礎的・基本的な知識技能は十分に身につけているが、知識技能を活用する思考や表現は十分に身につけていないことが指摘された。また国際学習到達度調査では、資料をもとに自分なりの考えを述べる成績が悪かったことが報告された（国立教育政策研究所 2004）。こうした社会的な要請を受け、さらに教育基本法や学校教育法の改訂をもとに改訂されたのが、本研究を実施していた当時の平成 20 年度版の学習指導要領である。合田(2008)によれば、社会の変化として知識基盤社会化したことが、平成 20 年度版の学習指導要領の改訂に影響

響に影響したという。

平成 20 年度版の学習指導要領のポイントは、基礎的・基本的な知識および技能の活用を図る学習活動の重視である。学習指導要領には、「各教科等の指導に当たっては、児童生徒の思考力、判断力、表現力等をはぐくむ観点から、基礎的・基本的な知識および技能の活用を図る学習活動を重視する」ことが明記されており、活用型学力の重要性を強調したものになっている。とくに中学校理科の授業では、生徒に育成すべき資質・能力として、(1) 知識および技能、(2) 思考力、判断力、表現力等、(3) 学びに向かう力、が想定されている。そのなかで育成すべき知識として、「自然事象に対する概念や原理・法則の基本的な理解」、「科学的探究についての基本的な理解」というように明記されている。また大高(2018)によれば、中学校理科の学習指導要領は、1) 記述形式には弱く、科学的論述力・説明力が十分とは言えないこと、2) 知識、理解の活用を問う問題に対して十分に正答できず、活用力が十分でないことといった理科学力の課題を踏まえ改訂されたという。記述形式には弱いこと、知識・理解を活用が十分でないことといった理科学力の課題をもとに改訂されているため、自然事象に関する原理や法則が起こる仕組みを論述できる知識を習得させることを目指していると考えられる。なお、ここでいう自然事象は、日常生活や社会との関連の重視から、生徒の身の回りで起こる現象だと言えるだろう。

平成 20 年度版の中学校理科の学習指導要領のポイントは、身の回りで起こる現象に関する科学的な見方や考え方を知るだけでなく、生活や社会との関連を言語化できること、学習内容と身の回りのことと関連づけることを重視したことである。中学校理科の学習指導要領の改訂のポイントには、以下のように示されている。

- ・ 観察・実験の結果を分析し，解釈する学習活動の充実
- ・ 科学的な概念を使用して，考えたり説明したりする学習活動の充実
- ・ 日常生活や社会との関連の重視

文部科学省（2017）平成 29・30 年改訂 学習指導要領，解説等の一部抜粋

自然の事物・現象に関わり，理科の見方・考え方を働かせ，見通しをもって観察，実験を行うことなどを通して，自然の事物・現象を科学的に探究するために必要な資質・能力を次のとおり育成することを目指す。

- （1）自然の事物・現象についての理解を深め，科学的に探究するために必要な観察，実験などに関する基本的な技能を身に付けるようにする。
- （2）観察，実験などを行い，科学的に探究する力を養う。
- （3）自然の事物・現象に進んで関わり，科学的に探究しようとする態度を養う。

文部科学省（2017）【理科編】中学校学習指導要領 p. 23

改訂のポイントとして，「観察・実験の結果を分析し，解釈する活動」や「科学的な概念を使用して，考えたり説明したりする学習活動の充実」があげられている。これらのポイントから中学校理科の授業において，学習した成果を言語化することが求められていると言える。このことは，中央教育審議会の答申（2008）からも確認できる。中央教育審議会の答申には，理科で充実させた言語活動として，的確に理解し，言語的に思考し表現する能力，互いの立場や考えを尊重し伝える能力を育成することが示されている。こうした，言葉で表現する技能は，繰り返し取り組むことで身につけられるものである。さらに改訂のポイントとして，「日常生活や社会との関連の重視」があげられていることから，生活や社

会との関連を言語化できることを目指していることは明らかである。

さらに中学校理科の教育目標を概観すると、生徒の身の回りで起こる現象が、どのような言語化できる知識の習得を目指していることが分かる。教育目標を達成するために、①物質やエネルギーに関する事物・現象と、②生物とそれを取り巻く自然の事物・現象の2つの分野に分けて展開している。2つの分野では、それぞれ次のような育成すべき知識および技能の目標を設定している（文部科学省 2017）。

#### ①物質やエネルギーに関する事物・現象の分野

身近な事象・現象についての観察・実験を通して、光や音の規則性、力の性質についての理解をさせるとともに、これらの事物・現象を日常生活や社会と関連づけて科学的にみる見方や考え方の育成

#### ②生物とそれを取り巻く自然の事物・現象の分野

観察、実験を通して、一定の知識を身に付けさせるとともに、事象や現象を理解させ、認識を深める

それぞれ分野において、学習目標や習得させるべき知識の表記は異なるものの、いずれも言語化できる知識の習得を目指している。

以上のように、学習指導要領を概観すると、中学校理科において習得させるべき知識は、以下の2点が組み合わさったものだと言える。

- 1 身の回りで起こる現象と理科の用語とを関連づけられる。つまり自分の経験だけではなく、理科的な根拠に基づいた考え方ができる。
- 2 1の事柄に関して、理科の見方や考え方をもとに記述できる。

同様に、角屋（2013）によれば、理科における基礎的な知識および技能は、1）自然事象の性質や規則性、2）観察・実験器具の名称やその扱い方、3）科学的な用語など、に相当するものだという。また科学的な

思考力として、習得した知識および技能をもとにして、対象に働きかけることで新たな情報を得て、それを既存の知識と関係づける活動が重要であることを指摘している。この角屋の指摘は、学習指導要領を概観した内容と相違ない。これは、そもそも理科教育の目的が、科学的な知識および方法の獲得にあるからである。科学的な知識を獲得することによって、科学的な見方をすることができるようになること、また教科書に載っているような定型的な練習問題が解けるようになることを目指している。また科学的な方法を獲得することによって、新たな科学的な知識を産み出せるようになることを目指している。

中学校理科の学習指導要領を概観し、また先行研究の指摘をもとに、本研究における「知識習得」は、「身の回りで起こる現象と理科の用語を関連づけた記述ができる状態」と定義することにした。この定義からすれば、理科の用語を覚えて、短答式のテストでは高い点数が採れたとしても、身の回りで起こる現象の生じる要因が説明できなければ、知識を正確に習得できたとは言えない。また現象の解釈ができるが、理科の用語を覚えていない知識習得も不十分である。また本研究では、知識を正確に習得することを目的としているため、理科の用語を習得したうえで、それを利用して現象を説明することを目指している。つまり習得した理科の用語や理科の知識を活用している状態である。

ところで、知識を活用することは明確に定義しにくい。基礎的基本的な知識は、短答式の問題が解決できれば、習得できていると見なせるので、明確に定義できる。しかし習得した知識を活用すると表現したときに、前提として知識習得ができているという要素もあるので、何ををもって活用できたと見なせるのか定義しにくい。そのため活用型の学力という表現はせずに、知識を正確に習得すると表現することにした。

本研究において、知識を正確に習得することが達成された状態は、現象が起こる理由を理科の観点から、正確に、また分かりやすく伝える文章を生成できる状態とする。田近・井上（1984）によれば、国語科の説明文は、もの、ことに関する知識や情報を正確に、分かりやすく伝えようとする文章だという。科目は異なるものの、記述をすることで、現象が

起こる理由を正確に伝えるという点に差はない。(1)正確に,および(2)分かりやすくの観点から,知識習得の状態は以下のように説明できる.

まず,(1)の正確さの観点は,身の回りで起こる現象に対して,理科の知識をもとに不足や誤りなく,文章を生成しているかである.ただし,理科の用語のみを使った説明のみでは,(2)を達成できない.

そして,(2)の分かりやすさの観点は,理科の用語や情報を補足するなど,現象の起こる仕組みに関して,自分なりの言葉で文章を生成しているかである.(1)や(2)の観点を含めた知識習得を,単に暗記しただけなどの知識習得と区別するために,「正確な知識習得」と呼称したい.

なお知識習得という用語に関して,類似した語に「知識獲得」という表現がある.学習した知識を習得し,活用できることを目指すという意味では同意である.しかし,知識獲得という用語は,古くから人工知能や機械学習の分野でも利用されており(たとえば國藤 1988, 太原 2008 など),そうした表現と区別するために,本研究では知識習得と表現することにした.

本項では,正確な知識習得の定義を行い,またそれが具体的にどのような状態を示すことで達成した状態になるのかを述べた.つぎの項では,生徒が正確な知識習得をどのように捉えるのかについて説明する.

### 2.1.2. 知識習得の捉え方

理科の用語を覚えただけでは,その現象がどういった仕組みによって起こるものか説明できない.実際に,「凸レンズ越しに,離れた場所にあるものを見ると,上下・左右が反転して見える現象」について説明するには,凸レンズの性質,結像に関係する焦点や焦点距離,光の屈折といった理科の知識や用語同士を関係づけ,身の回りで起こる現象の何が,その知識や用語を用いて説明すべきことかを見通す必要がある.もちろん,そのためには理科の知識や用語を誤解や不足することなく,習得している必要がある.

ところが生徒のなかには,基本的な知識を測る問題では正答を示すが,

問題解決や日常場面に知識および技能を活用できるかを測る問題では正答できない者もいる。これは生徒が理解することが難しいときに、理論的な説明を暗記しようとするからである(福田・遠西 2015, 田島 2010)。もちろん説明を暗記することで、課題の解決ができるのであれば有効な方法だと言える。しかし田島(2010)によれば、授業中には習得したように振舞っていた生徒が、授業後に概念の質問をすると誤った解答を示すことがあるという。概念を暗記する生徒は、その通りに問われると科学的に見て適切な反応をするが、文脈を変えて問われると適切な解答ができなくなる。生徒は、暗記しているため分かった風に振る舞うが、身の回りで起こる現象を説明するような暗記した文脈と異なるときは適用できない(西川 1999)。実際に、国立教育政策研究所(2015a, 2015b)による全国学力・学習状況調査の報告によれば、1) 事象や現象の名称を解答すること、2) 物質を化学式で表すこと、3) 化学実験による温度や物質の変化を見出すことは十分な正答率であったという。この全国学力・学習状況調査とは、学習状況や学力を把握し、教育課題を明らかにすることを目的とした調査である。この調査報告から、観察や実験から分かることを整理および分析すると調査対象者は、1) 解釈や考察したことを説明することができない、2) 身の回りで起こる事象や現象に理科の知識を適用できないと言える。

上記のような習得の状態になっていないかを判断するには、現象が起こる仕組みを理科の用語と関連づけた記述をさせることが有効だと考える。なぜなら課題解決や日常場面に、習得した知識を活用できない生徒であっても、短答式のようなテストには正答を返すことがあるからである。実際に、事象や現象の名称であれば、理科の用語を覚えれば答えられる。たとえば、「凸レンズ越しに、離れた場所にあるものを見ると、上下・左右が反転して見える現象が起こったときにできる像を何というか？」と聞かれれば、「実像」と解答できれば正答である。

一方で、論述問題であっても、教科書的な説明を記述させるだけでは不十分である。田島(2010)によれば、生徒は教えられたことを一時的に習得したような姿を見せるため、現象の起こる仕組みを表出させたとき

に、教科書的な定義を答えるが、授業の後には自分なりの考えを保持し続けるといふ。したがって、生徒に自分なりの言葉で記述させなければ、正確な知識習得をしているのか、そうではないのかを教師は判断できないのである。

また生徒に記述させることは、正確な知識習得ができていないことの自覚につながる。森田(2004)によれば、生徒の不十分な知識習得は、その知識が使われたり、試されたりする場面が来ない限り改善されないといふ。そのため生徒が、正確に知識を習得できていないことに気づきにくい(西林 1997, 西林 2005)。つまり生徒に記述させることは、正確な知識習得が達成されているのか判断する基準でもあり、また生徒自身に不十分な知識習得の自覚を促す方法だといえる。

本研究では、正確な知識習得ではない状態として、1) 未習得、2) 用語の暗記を暗記することによる習得、3) 正確な知識習得、の3つの状態があると考えた(表 2.1)。なお、この分類は知識習得の順序性を表しているものではなく、あくまでも知識習得の状態である。ときに暗記による習得の状態は、生徒にとっては習得できていると感じる点に問題がある。

表 2.1 知識習得の分類と捉え方

知識習得の分類	現象に対応する理科の用語を答えられる	現象の起こる仕組みに関して、教科書の説明ができる	現象の起こる仕組みに関して、事例を挙げられる。
1) 未習得	×	×	×
2) 暗記による習得	○	○	×
3) 正確な知識習得	○	○	○

まず、知識の習得状態の1) 未習得の状態は、現象に対応する理科の用語を答えられず、またそれらが起こる仕組みについて説明できない状態を指す。この状態の生徒は、理科の用語すら覚えていないため、短答式の問題であっても正答を示すことができず、また現象の起こる理由を説明できない。

つぎに、知識の習得状態の2) 暗記による習得の状態は、現象に対応する理科の用語を答えられるが、それらが起こる仕組みについて説明できない状態を指す。この状態であれば、短答式の問題では正答できるが、現象の起こる理由を説明できない。また教科書に掲載されている事例も含めて暗記していれば、短答式の問題への正答や現象が起こる仕組みの説明ができるが、現象を日常場面に適用するような問題は答えられない。たとえば、全国学力・学習状況調査において、基礎基本的な問題には正答を示すのに、活用する問題には正答できない生徒は、この用語の暗記の状態だと言える。

本項では、正確な知識習得をより具体的に定義した。そして、この正確な知識習得を捉えるためには、短答式の問題に答えさせるだけではなく、身の回りで起こる現象の仕組みと合わせて答えさせなければならないことを説明した。とくに生徒が正確に知識を習得したかは、その知識が使われたり、試されたりする場面が来ない限り自覚できず、教員にも判断できない可能性を示唆した。

## 2.2. 正確な知識習得の難しさ

本節では、正確な知識習得を阻害する要因になる要素を述べたうえで、教授方法を工夫する必要性を説明したい。とくに本研究では、その要素として授業展開でいうところの終末において、生徒が理科の用語と現象とを関連づけるような活動をしていないことにあると考える。2.2.1.では、中学校理科の知識習得を阻害する要因を述べる。そして2.2.2.では、理科の用語の利用に着目し、授業の終末において、理科の用語を深く考えずに再生することが、正確な知識習得を阻害する要因になっているこ

とを論じる。

### 2.2.1. 一般的な理科の知識習得を阻害する要因

#### 1) 理科の特性による影響

中学校理科では、自然の現象に対する概念や原理や法則の理解を無理なく身に付けていくための工夫として、教授内容の系統性に留意した指導が計画されている（文部科学省 2018 p.16-20）。たとえば、力学の分野の中学校1年生で学習する「電流と電圧」、「オームの法則と電気抵抗」は、小学校理科の「電気を通すつなぎかた（中学年）」、「豆電球の明るさやモーターの回り方（中学年）」とつながっている。

教授内容の系統性の留意は、学習内容のなかに、前提となる概念や原理、法則を理解していなければ解釈できないものがあるからである。たとえば、「直列回路に電流を流したとき、その電流の値はどの部分で計測しても一定である。」という原理を理解するには、電流に関する考え方だけでなく、電圧に関する考え方を知らなければ、その仕組みの説明ができない。中学校理科では、直列回路と並列回路における電流の保持性などを学習するときに、水流モデルがすべての教科書に用いられている（内ノ倉 2003）。この水流モデルをもとに考えると、電流の役割は、回路のなかを流れる水である。電圧の役割は、その水を押し出す力を与えるための落差である。落差がなければ水は流れないこと、また閉じた回路のなかでは回路のなかを流れる水の量は減らないことを表すモデルである。こうしたモデルをもとに、電流と電圧の概念を理解できていなければ、「直列回路のなかを流れる電流は、一定である。（学研教育出版 2012）」という定義の説明はできない。したがって、概念には習得する順序がある点が、中学校理科の知識習得の難しさでもある。

#### 2) 素朴概念による影響

理科では、事前に経験や体験したことで得た知識によって、授業で学習した知識習得が阻害される（たとえば堀 1998, 麻柄ら 2006 など）。

こうした誤った知識習得について、さまざまな用語を用いて定義されている。たとえば、前概念、誤概念、ミスコンセプション、素朴概念などが。それにあたる。それらの言葉は、現状の理科において主張される科学理論や概念の説明とは異なる生徒なりの理解を示す現象を表す意味として用いられる（堀 1998）。教育学研究上の価値観などの違いを反映して様々に呼称されるが（工藤 2011）、理科教育の分野では、一般的に、科学的な解釈とは一致しない生徒なりの理解のことを素朴概念と呼ぶことが多い。そのため本研究でも素朴概念と表記したい。

稲垣・波多野（2005）によれば、素朴概念は日常生活のなかで、体型的な教授なしに獲得される概念であり、現代科学で正しいとされる概念に照らすと正しくないが、日常生活のなかでは適用できる考え方だという。たとえば人は経験上、エネルギーは消費するものだという考えを持っているため、その経験をもとに考える生徒は、電球やモーターなどの部分で、「電流のエネルギーが消費される」と考えてしまう。これは、素朴概念のなかでも電流消費説と呼ばれ、授業で教えられたあとも誤った解釈を続けてしまうものの1つとしてあげられる（たとえば OSBORNE and FREYBERG 1985）。

一方で、多賀（2018）によれば、理科の授業によって、生徒に素朴概念を形成してしまう成因があるという。それは、1）教科書の誤解を生む記載、2）教師の指導法による誤解、3）教師の誤解の共有、4）生徒間の会話、である（多賀 2018）。こうした素朴概念が形成しないように、生徒なりの考えとは食い違う事例を教師が提示することで、演繹的に現象を捉え直させる手法なども提案されている（細谷 1970）。細谷（1970）や工藤（2011）は、そうした手法をル・バー対決型ストラテジーの教育実践だといい、仮説実験型授業の発想もその1つだという。具体的には、生徒が予想することと実際の科学概念とが食い違う発問を教師が提示して、その現象を確かめる方略である。このとき生徒は、当然正しいと思っていた答えや予想が、実験などを通して覆るという経験をして、驚くことになる。またル・バー懐柔型ストラテジーの教育実践も提唱されている。ル・バー懐柔型ストラテジーは、ル・バーからの予想と正しいル

ールからの演繹結果とが一致する懐柔型の発問を教師が提示して、徐々に対決型の発問に推移していくストラテジーである（細谷 1970）。この方法には、考えるための判断基準（ルール）を早い段階から提示するという特徴がある。いずれにせよ生徒の素朴概念を科学的に正しいとされる概念に変容するために、新しく概念と出会うタイミングでの方略が提案されていると言える。

本研究では、生徒にどのように学ばせるのかに着目した方略の提案が重要だと考えた。既存の方法は、学習内容の系統性に配慮したうえで、素朴概念を科学的に正しい概念に変容させるための方略であるが、これまでも数多く検討されている（加藤 2007, 堀 1998）。既存の知識習得のアプローチは、素朴概念をくつがえらせる授業設計をすることで知識の習得を目指しており、そうした方略はすでに提唱されている。それでもまだ生徒は、知識を正確に習得できていないため、1) 解釈や考察したことを説明することができず、2) 身の回りで起こる現象に理科の知識を適用できない（国立教育政策研究所 2015a, 2015b）。これは生徒の知識習得に関する不十分な部分が、その知識が使ったり、試したりする場面が来ない限り改善しないからである。したがって、概念に新しく出会うタイミングのアプローチではなく、学習したあとに知識を正確に習得できていないことを自覚させるようなアプローチが必要である。

### 2.2.2. 理科の用語に起因する要因

理科の用語を深く考える機会がないことが、知識を正確に習得することを難しくしている可能性がある。本項では、中学校理科における知識習得を阻害する可能性を2つ述べる。

1つ目は、理科の用語にいくつかの現象が内包されることである（芦葉 1989）。たとえば、中学校理科の教科書や中学校理科の学習用図書には、「慣性の法則」という用語の定義は、以下のように記載されている。

- ・ 一定の速さで動いているものは、運動し続けること

- ・ 止まっている物体は，静止し続けること

(学研教育出版 2012)

厳密には，いずれも動作もしくは静止という運動をし続けるという意味では1つのことを表しているが，教科書や中学校理科の学習用図書には2つの定義が掲載されているので，中学生はそれを習得し，身の回りで起こる現象に適用できなければならない。またどちらか一方ではなく，2つの定義ともに再生できる必要がある。用語の意味を深く考えないと，どちらかが欠けたり，両者の関係について整理できなかつたりすることが考えられる。これは他の教科には見られない特徴である。

2つ目は，中学校理科の学習事項が一気に難しくなることである。教えるべき数が増えることもあるが，学習事項の抽象度が上がり，抽象的で文脈に依存しない言葉で説明される。覚えるべき用語数が増え，抽象度が高まるため，中学生は現象が起こる仕組みに関連する理科の用語を暗記する方略をとる傾向がある。用語を暗記するという方略をとった生徒は，身の回りで起こる現象に理科の知識を適用した記述ができない。実際に全国学力・学習状況調査において，基礎基本的な問題には正答するが，活用する問題には正答できない生徒が多いことが報告されている(国立教育政策研究所 2015a, 2015b)。

いずれの理由にしても，用語の意味を正確に習得していないにもかかわらず，現象が起こる仕組みを記述するとき，その用語を使って書けば，具体的な説明を省けるため，容易に説明できてしまう。たとえば，「実像」の説明であれば，「凸レンズ越しに，離れた場所にあるものを見ると，上下・左右が反転して見える現象が起こったときにできる像」とできる。しかし，そうした説明だけでは，どうして像ができるのか分からない。どうして像ができるのかを説明するためには，実像の説明に加えて，凸レンズの性質，像ができる仕組みに関係する焦点や焦点距離，光の屈折などといった関連する理科の知識や用語の説明が必要である。さらに，それらの理科の知識や理科の用語同士を関係づけるには，身の回りで起こる現象の何が，その知識や用語を用いて説明すべきことかを

見通すことが求められる。逆に理科の用語を使って説明すれば、その用語に含まれる具体的な説明を省いてしまうため、関連する知識が使われなくなってしまうのである。

上記のことから、知識習得を阻害する要因として、学習したあとに理科の用語を深く考えさせる機会がないことに着目した。ところで、実際の中学校理科の授業内の終末では、教師が現象についてまとめるだけであったり、生徒が用語を表面的な理解のまま使っているだけになっていたりするのだろうか。つぎの節では、現状の中学校理科の授業方法の実態をもとに課題を論じる。

### 2.3. 授業実践の課題

2.2 では、理科の用語を覚えて深く考えずに、再生するだけになっていることが、知識習得に影響している可能性を示した。実際に中学校理科の授業では、どのような授業方法が主に用いられているのだろうか。本節では、中学校理科の授業における終末の授業方法に着目し、どのような教え方が、知識を正確に習得することを阻害する要因になっているのか検討する。

本研究では、日常的な授業内で実施可能な教授方略の開発を目指している。そのためここでいう授業は、普通の教室のなかで実施する教授形態の一斉学習や小集団などの理科の授業をとおした学びを想定しており、イベント的にしか実施できない実践は対象にしていない。たとえば、1) 地域のフィールド調査、博物館や科学学習センターなどの活動への参加などといった教室外のリソースを利活用する実践、2) 意思決定力や問題解決力を育成することを目指した Science Technology Studies (STS) の実践である。

教室外のリソースを利活用する実践に関しては、すべての単元において実践することが難しいからである。またSTSに関しては、その実践の目的が本研究の意図とずれるからである。内田・鶴岡(2014)によれば、STSは身の回りの現象に関する体験を理科の知識や用語と関連づける

ことだけではなく、意思決定力や問題解決力を育成することを目指す教育実践だという。そのためSTSでは、社会の発展によって生じる社会問題に対して、理科の知識などを活用することで解決しようとする。一方でSTSは、社会科や家庭科といった理科の内容以外の部分を対象に含めるため、理科の知識をもとに議論させる機会が減ってしまう（中島1997）。たとえば、電気エネルギーの発電に関する問題を扱った場合、その発電方法は理科の領域であるが、その電気エネルギーによって各家庭の電力を賄うことができるのかは社会科の領域であったり、節電について検討すれば家庭科の領域になったりする。また他の専門科目の要素が含まれるため、理科専科の教員には実践がしにくい（丹沢ら2003）。

教室外のリソースを利活用する実践、STSの実践の実践を含めずに、中学校理科の実践でどのようなことが行われているのか述べる。中学校理科の授業は、おもに仮説実験授業の方法で展開されている。仮説実験授業は、①教科書やノート、参考資料が一体となった授業書と呼ばれるプリントを学習者に配布し、②実験をするまえに予想や仮説をたて、③予想や仮説を立てた理由を共有し、④予想や仮説を検証するために実験を行なう、という流れで実施される（たとえば板倉1974）。こうした①から④の過程をとおして、科学者としての見方や考え方を育成しながら、理科の知識習得を目指すものである。この授業の流れは、理科授業に根付いており、①から④の流れに沿って教科書が構成されていたり、教師用指導書の授業計画が掲載されていたりする。

仮説実験授業の方法を、実際の授業に当てはめれば、次のような授業実践が考えられる（仮説実験授業研究会2000 p.111-120 参考）。想定する内容は、物理領域の落下運動である（表2.2）。

まず授業の導入において、落下運動の導入として興味関心を引くために、アリストテレスやニュートンの発見について説明する。

つぎの授業の展開①の仮説実験1では、ピンポン球とゴルフボールのそれぞれの大きさは同じ程度だが、質量が2gと50gであり違っていることをおさえたうえで、「1mの高さから同時に落とすときに、どちら

表 2.2 仮説実験授業の略案

時間	教師指示	生徒の活動
導入 5分	本時に関連する研究者2名の発見 ・アリストテレス:おもさが重くなればなるほど落下速度が速くなると考えた ・ニュートン:リンゴの落下を不思議に思ったことによる重力の発見	
展開 ① 15分	仮説実験1: 同じくらいの大サイズのピンポン玉とゴルフボールを高さ1mから同時に落とすと,どちらが先に床につくか. この実験に関して,予想を立てて,その理由を話し合う.	ピンポン玉の質量 2g ゴルフボールの質量 50g  予想 1. ゴルフボールが先につく 2. ピンポン玉が先につく 3. ほとんど同時につく どうして予想のように考えたのか, みんなの考えを出し合う.
	仮説に関する実験 実験結果: 3. ほとんど同時につく  仮説実験1に関するまとめ: 落下速度は重力加速度と関係があり, 質量とは関係がない等の説明	実験結果に関する討論
展開 ② 15分	仮説実験2: 同じくらいの大サイズのピンポン玉とゴルフボールを校舎の屋上から同時に落とすと,どちらが先に床につくか. この実験に関して, 予想を立てて, その理由を話し合う.	ピンポン玉の質量 2g ゴルフボールの質量 50g  予想 1. ゴルフボールが先につく 2. ピンポン玉が先につく 3. ほとんど同時につく どうして予想のように考えたのか, みんなの考えを出し合う.
	仮説に関する実験 実験結果: 1. ゴルフボールが先につく.  仮説実験2に関するまとめ: 落下している時間に空気との摩擦力があることの説明	
終末 5分	自由落下では, 質量に関係なく速度が落ち, 落下するとき空気抵抗があることを再確認する.	予想(仮説)と実験結果との比較検証

が先に床につくか」という問題の予想を生徒に立てさせる。教師は、仮説や予想を立てた理由を小集団もしくは学級で共有させる。その後、仮説や予想を検証するために、問題に関する実験を行い、その結果がどう

して仮説や予想と同じかあるいは違うか、生徒の考えを出させる。同様に、授業の展開②の仮説実験2でも、教師が予想や仮説を立てさせようえで実験をして、仮説や予想を立てた理由を共有させる。

最後に、授業の終末において、自由落下では、質量に関係なく速度が落ち、落下するとき空気抵抗があることを教師がおさえる。実践によって細部は異なるが、授業の導入・展開・終末といった一連の流れや展開において予想や仮説を立てさせる点は共通するだろう。

ところが野口・村上(2018)によれば、通常の授業をするだけでは、理科の知識の誤解や不足が、自覚されないままになってしまうことがあるという。なぜなら授業では、生活のなかで経験したことや印象に残ったこととつなげたり、用語の具体的な意味を精査したりすることが、おろそかになっているからである(田島 2010)。とくに、授業の終末において、現象が起こる仕組みについて説明するとき、理科の用語を深く考えずに使ってまとめるだけになってしまうと、誤って習得した部分が残ったままになる可能性がある。中学校の理科の授業の終末において、(1)どのような方略があるのか整理したうえで、(2)方略による知識習得の影響を概観する。

中学校理科の授業の終末において取り組む方略が、生徒の知識習得に与える影響に関して、田中・野口(2018a, 2018b)の調査が参考になる。彼らの調査は、全国の教育委員会および教育研修センターにおいて、理科の学習指導事例として掲載されていた授業の終末において取り組まれた方略を分類したものである。分析対象は、具体的な1コマの学習指導案が掲載されていたものであり、延べ643コマ分の授業の終末の方略を分類した。その調査の結果、中学校理科における授業の終末は、大別すると4つの系統になることを報告している(表 2.3)。それは、系統1)生徒に説明させる展開、系統2)生徒に問題を解決させる展開、系統3)教師が解説する展開、系統4)生徒に学習の振りを書かせる展開、である。

表 2.3 授業の終末の展開の分類

<p>系統 1 : 生徒に説明させる展開</p> <p>この展開は，発展課題として，生徒の身の回りで起こる現象と理科の知識を関連づけた説明をさせたり，自分なりの言葉で現象を説明させたり，モデルや図を利用して説明させたりする．とくに直近で学んだ理科の知識を利用して，現象が起こる理由を説明させる．</p>
<p>系統 2 : 生徒に問題を解決させる展開</p> <p>この展開は，生徒がその日に学習した知識を利用して問題を解決させる．たとえば，短答形式の確認問題や演習問題の解決である．とくに導入のタイミングで与えた課題について，生徒に解答させる場合が多い．</p>
<p>系統 3 : 教師が解説する展開</p> <p>この展開は，観察や実験したことを生徒が考察した後に，その日に学習した現象の理解を深めるために，教員が映像やシミュレーションを利用して解説を加えるものである．教師が映像やシミュレーションを利用せずに，板書された内容をもとに解説することもある．</p>
<p>系統 4 : 生徒に学習の振り返りを書かせる展開</p> <p>この展開は，その日に学習した内容や実験結果について振り返り，感想や意見を書かせたり，自己評価をつけさせたりといったものである．</p>

田中・野口(2018a)を抜粋し，一部修正

さらに田中・野口(2018b)によれば，系統1の展開をした生徒は，他の系統の展開をした生徒よりも，知識を正確に習得するという．この結果は，習得した知識を使ったり試したりすることで，分かっていない部分を自覚するという西林(1997)や森田(2004)の主張とも合致する．そこで系統1の生徒に説明させる展開を取り入れることで，本研究課題において目標とする知識習得に近づけられると考えた．実際に，田島・森田(2009)は，小学校の理科教育を事例に実証実験を行い，児童の科学

概念の理解が説明活動という教授方略によって促進されることを明らかにしている。この説明活動は、1) 児童に調べさせたことを、2) 教師役として他の児童を相手にモデル図を用いて説明し、3) 十分に説明できなかったことを再び調べ、4) 再度教師役としてモデル図を用いて説明する、という流れで行われた。なお説明活動とは、学んだことを学習者が自分の知識状態や行為について、相手にわかるように説明する学習活動である（森田 2004）。

以上のように、授業のまとめの部分において、理科の用語と、その定義をまとめるだけではなく、身の回りで起こる現象と理科の知識の関連を生徒に説明させることによって、知識を正確に習得することが明らかになった。

#### 2.4. まとめ

2章では、中学校理科の学習指導要領や学習指導要領解説をもとに、「習得すべき知識」を概観した。その知識を正確に習得できたかは、理科の用語とその用語に関連する現象とを合わせて答えさせることで、はじめて確認できることを述べた。

また現象が起こる仕組みを説明するときに、生徒が理科の用語を深く考えずに使ってしまうと、誤って習得した部分が自覚できないので、残ったままになる可能性があることを示した。実際に、生徒に説明させる展開が、知識習得にとって有効であることが示されている（田中・野口 2018b）。つまり正確な知識習得のためには、授業の終末において、教師が用語の定義を確認するだけでなく、生徒が理科の知識と身の回りで起こる現象を関連づけるための活動を取り入れる必要があると考える。具体的には、生徒がその日に学習した理科の知識を利用して、身の回りで起こる現象の仕組みを説明することである。本研究では、こうした授業の展開のことを、誰かに対して説明する方略であるため、「人に教える活動」と呼称する。

### 3章 人に教える活動による教育の先行研究

3章では、中学校理科において、正確な知識習得を促すための教授方略を検討する。とくに本研究では、授業内で高い頻度で実践できる教授方略を提案する。そのためには、中学校理科の特徴を考慮する必要がある。

中学校理科の考慮すべき特徴として、2つ挙げられる。

1つ目の考慮すべき特徴は、授業内において短時間で実施できることである。中学校理科は、小学校までの理科と比べて、扱う学習事項が大幅に増える（五嶋ら 2013）。学習事項が大幅に増えるので、複数の時数を費やすような教授方略の場合、イベント的にしか実施できなくなってしまう。すべての学習事項の知識を正確に習得させることを考慮すると、イベント的にしか実施できない教授方略は避けるべきである。ほとんどの授業内において実施するには、10分や15分程度の短い時間で実施できるような方略が望ましいと考える。

2つ目の考慮すべき特徴は、既習内容を活用することである。中学校理科では、その時間中に学習した新出用語と複数の概念とを関連づけながら現象が起こる仕組みを理解させる必要がある。複数の概念を同時に理解させる必要があるため、生徒が調べ学習をするだけでは、現象が起こる仕組みの理解に至らないことがある。たとえば、直列回路を流れる「電流」の大きさが減らないのは、「電圧」が関係しているが、電圧の概念が未出であれば、この現象を理解することはできない。そのため既習内容を活用することで、知識を正確に習得するような方略が望ましいと考える。

2つの中学校理科の考慮すべき特徴から、授業内において実施するための条件として、(1) 1時間の授業内において短時間で実施ができること、(2) 既習内容を活用することを考えた。この2つの条件から、人に教える活動に関する方略の先行研究や事例を精査したい。

ところで人に教える活動では、生徒が誰に教えるのかが問題になる。たとえば生徒が専門家に対して教える場合には、専門用語を多用した説

明ができるため、専門用語の検討をすることがない。一方で、生徒が専門的な知識を持たない相手に対して教える場合には、専門用語を多用した説明ができない。それは、専門用語を多用した説明をしたとき、その相手が理解できないからである。したがって、生徒が誰を対象に教えるのかによって、説明する詳しさが変わるので、知識習得に影響すると考える。

本章では、人に教える活動に関する方略の先行研究のなかでも教授対象に着目し、そのうえで中学校理科において考慮すべき2つの条件をもとに、授業内において実施可能な要件を探る。

### 3.1. 人に教える活動の特徴

本研究では、人に教える活動によって、理科の知識と日常生活とを関連づけた説明ができるようになることを期待している。この人に教える活動という教授方略の特徴を、人に教えることに失敗した場合、および成功した場合を例に述べる。

人に教えることの失敗とは、説明者が被説明者に上手く説明できないことである。この失敗が起こるのは、説明者になる生徒が、知識を正確に習得していなかったり、上手く言い表す表現に変更できなかったりするからである。人に教えるためには、説明すべき部分を見極め、また説明で利用する理科の用語の意味を詳しく知っていなければならない。ただし失敗の経験をすることで、生徒は理解できていない部分を自覚することになる。KAPUR (2008)によれば、問題解決場面における失敗は、既有知識の活性化、既有知識とのギャップの自覚、正しい解法と比べることによる知識の重要な部分への注目によって、後の学習の質を高めるといえる。つまり人に教える活動に失敗しても、生徒の知識習得が促されるのである。

一方で、人に教えることの成功とは、説明者が被説明者に上手く説明できることである。上手く相手に説明するために、言い表す表現を変更したり、具体的な事例を検討したりするなどといった工夫をする過程で、

生徒の知識習得が促されることになる。したがって生徒は、人に教えることを必ずしも失敗しなければならないというわけではない。

ところで中学校理科では、「体験から感じ取ったことを表現する」、「事実を正確に理解し伝達する」、「概念・法則・意図などを解釈し、説明したり活用したりする」ので（中谷・北村 2010）、理科の用語と現象を結び付ける活動が重視されている。用語と現象を結びつけることを考慮すると、理科の用語に内包される内容や意味を文字のみで表現するのではなく、それに加えて図絵や表などを用いた表現こそが、理科における説明に求められることである。

つぎは、知識を正確に習得するために、人に教える活動に焦点を当てた先行研究を概観する。そのために、まず先行研究の特徴を説明したうえで、中学校理科において人に教える活動を取り入れることの有効性を示す。そのうえで具体的な方略を比較し、中学校理科の授業内で実施可能な方略を検討する。

### 3.1.1. 人に教える活動の効果と特徴

人に教える活動には、（１）自分に向けた場合、（２）相手に向けた場合、の２つのパターンが考えられる。

#### （１）自分に向けた場合

##### CHIによる自己説明

自分に向けて説明する方法は、自己説明（CHI 2000）と呼ばれる。自己説明は、生徒がテキストなどに書かれた新規の情報を読むときに、既習事項との関連や疑問などを声に出しながら解釈していく活動である（CHI 2000, 深谷 2011）。生徒は、とりあえず分かっている言葉を手掛かりに、情報を関連づけ、それを表現する。

自己説明に関する卓越した研究に、伊藤(2009)があげられる。伊藤は、自己説明を中学校理科に適用し、その実効性を検証した。伊藤によれば、自己説明をする生徒には、以下の３つの特徴があるという。

1. 生徒は，どのような内容を伝えるか，どのような順序で伝えるかといった目標を設定し，その目標を達成する計画を立てる．そうした目標は，教師の発問や教示により，具体的に設定される．
2. 生徒は，課題について不明確なことや相手を説得できないことが起こると，その解消もしくは回避のために計画を見直す．
3. 教師の発問や教示をもとに，具体的な目標が設定できなければ，教師の意図とは異なる説明や教科書の記述をそのまま読むような説明になる．

伊藤(2009)の結果の一部引用

自己説明の方法において注意することは，教師の意図と生徒の目標がずれないように目標を設定しなければならない点にある．ところが西川(2014)によれば，教師の机間巡視によって，生徒に的確なアドバイスができることは多くないという．中学校の授業では，40名弱の生徒が，それぞれ自己説明をすることになる．その際，教師の意図と生徒の目標がずれないように，発問や教示によって支援し続けることが難しく，ずれてしまった目標を適当なタイミングで修正することができないのである．

自己説明の方略は，自分の知っている言葉を手がかりとして文を読む方法であるため，短い時間で実施できる．短い時間で実施でき，また既習事項との関連を意識しながら説明するという点では優れている．

### 高垣らによるコンフリクトマップ

理科における自分に向けた説明は，他にも高垣・中島(2004)や高垣ら(2011)の研究がある．これらの研究のなかでは，コンフリクトマップによる思考手順を利用することによって，理科の用語同士の関連を明確にして，知識習得を促そうとしている．全体の大まかな状況を表すと，

まず①すでに習得した知識と矛盾する現象を教師が課題として提示する。つぎに、②その課題の現象を解釈するための先行概念、理科的な知識、裏付ける実験、観察、実際に身の回りで起こるできごとを生徒に関連づけさせる。生徒に既習知識とは、矛盾する現象を与えることで、習得したつもりになっている知識に不十分な部分があることを自覚させる。習得したつもりになっている部分を生徒に自覚させるという点は、自己説明にも含まれる要素である。

CHI や高垣らによる自分に向けた説明の例を取り上げたが、その問題は、相手を想定していない点にあると考える。自分に向けた説明の場合は、あくまでも生徒が自分の知っている言葉を手がかりに説明するものである。理科の用語の関連に終始するため、ともすれば理科の用語を中心とした現象の解釈になりかねない。新井ら（2015）によれば、被説明者は、説明者の話す内容を積極的に分かろうするため、その内容に関する知識を被説明者なりに補完しようするという。そのため新井らは、説明する内容に関する一定の知識を持たない相手に教えることが重要であることを指摘する。

生徒が説明する内容に不足があっても、被説明者が積極的に分かろうとしたとき理解されてしまう可能性がある。結果的に、生徒は曖昧にしか理解していない部分の自覚ができないので、その部分の知識習得がおろそかになる。したがって説明する活動において、一定の知識を持たない相手に向けた説明という視点が必要になる。中学校理科の考慮すべき特徴から、授業内において実施するための2つの条件として、(1) 1時間の授業内のうちの短時間で実施ができること、(2) 既習内容を活用することを示した。それに加えて知識習得のために、3つ目の条件として(3) 一定の知識を持たない相手に向けた説明をすることが必要である。

## (2) 相手に向けた場合

相手に説明することに着目した研究は、数多く実施されており、そう

いった学習を行うことと知識習得の効果についても既に検討されている。MUIS ほか (2016)によれば、相手に説明する効果についての研究は、教授期待の効果 (Learning by Preparing to Teach), 実際の教授による効果 (Learning by (Actually) Teaching), ピア・チュータリングによる効果 (Learning Through Peer Tutoring), コンピュータを媒介とした教授による効果 (Teachable Agents, Such as Computer-Based Agents), の4つに大別できるという。そのなかでも本研究は、相手に向けて説明をするので、教授期待の効果や実際の教授による効果の研究にあたる。

ここでは、ア．教授期待の効果、イ．実際の教授による効果、について述べる。

#### ア．教授期待の効果

教授期待の効果の研究は、相手に教えるために、教える準備をすることが学習者の知識習得にどのような効果があるのかを明らかにしたものである。これに関して、実際に教わる相手が、学習者の目の前に居なくても、知識の習得に有用だということが分かっている。たとえば FIORELLA and MAYER (2013)の研究は、相手に教えるために学習することによって、理解テストの点数が高まることを明らかにした。被験者自身が理解するために学習するよりも、被験者が相手に教えるために学習する方が、テストの得点が有意に高まるのである。ちなみに、相手に教えるための学習中は、教わる相手が目の前に居ない。それでも教わる相手のために、理科の用語を覚えるだけではなく、関連する理科の知識や用語について曖昧にしか理解していない部分をなくそうとする。それが、知識の習得に影響したと考えられる。

ところが教授期待の効果の研究では、教えることを前提とした学習の効果にのみに焦点があたり、教える内容を考慮した検討はなされていない。被説明者、教える内容についてのそれぞれの知見を示した上で、双方を組み合わせることで、知識の習得に有用である理由を述べる。

被説明者を想定させる研究では、GUNEL and MCDERMOTT (2009)の研究が参考になる。彼らは、高校生を対象として、相手に教えるための文を

書かせる実験を行った。その際、学習者には、それぞれ被説明者として、専門的な知識を持つ教師、一定の知識を持つと考えられる保護者、同じ学習をしたことで一定の知識を持つ同級生、知識を持たない年下を想定させた。その結果、教師に教える文を書いた群よりも、年下に教えるために文を書いた群の方が、記述の質が有意に高くなり、さらに知識の習得も有意に高くなった。一方で、年下に教えるために文を書いた群と同級生や保護者に教えるために文を書いた群の間に有意な差は見られなかった。また教師に教えるために文を書いた群と同級生や保護者に教えるために文を書いた群の間にも、有意な差は見られなかった。これらの結果から、説明者が教える内容を検討する際に、専門的な知識を持つ被説明者を想定させても、十分な知識習得に至らないことが示唆される。理科の教科書では、それまでの学習事項をふまえた記述になっているため、理解の前提となっている用語については、改めて説明されていない。ところが、専門知識を持たない被説明者に対する説明では、その用語も含めて説明する必要がある。したがって中学校理科において、専門的な知識を持たない被説明者に教えるのであれば、生徒はそのまま教科書やノートに書かれたことを写すだけではなく、理科の用語に頼らない表現を用いた説明をすることになると考える。この点が、GUNEL and MCDERMOTTの研究でいう、知識を持たない相手に対して教えることが有効な点である。

#### イ. 実際の教授による効果

##### MARTIN や新井らによる人に教えることを通して学ぶ

人に教える学習では、生徒が学習したことを、教室外の生徒やそれ以外の人物を被説明者として、説明することがある。

生徒が学習したことを、教室内の他の生徒に教える事例には、「人に教えることを通して学ぶ:Lernen Durch Lehren (MARTIN 2002)」や「教えることによって学ぶ:Learning by Teaching (たとえば澤田ら 2011)」といったものがある。このような人に教える学習では、教える範囲が指定され、相手に分かってもらえるように教える準備をする(イーバルト

2010). 授業の終末に実践をすることを考えた場合、どのくらいの時間がかかるのか注意する必要がある。

一方で、新井ら(2015)は、工業高等専門学校オープンキャンパスに来校した児童や生徒、その保護者に対して、学生がクリップモーターの仕組みを教える学習を実施した。新井らの実践は、生徒が教室外の人物を被説明者として説明する事例である。その結果、電流と磁界についての理科の知識や用語同士が関係づけられることを明らかにした。新井らによれば、同じ授業を受けた学生同士ではなく、学生以外の人にクリップモーターの仕組みを教えることによって、「電流と磁界について、曖昧に理解している部分をなくさなければならないこと」、「クリップモーターの仕組みが分からない人にも分かるように、相手の理解を見極めた説明をしなければならないこと」を生徒に意識させることができ、それによって習得が促されたという。とくに新井らは、同じ授業を受けた学生同士では、説明した内容に曖昧な部分があっても、説明を聞く学生が積極的に分かろうとして知識を補完してしまうことを指摘している。そのため、オープンキャンパスという場を利用して、学生が専門家として、当該学習項目についての一定の知識を持たない相手に教えさせた。

教室外の人物を被説明者に設定することで、説明者が分かりやすい説明を検討することになると考える。ところが、教室外の人物を利用する実践は、平常時の理科授業内において実施することが難しいという課題が残る。

### 田島による説明活動

田島(2010)の研究では、小学校を対象として、説明活動による理科授業を実施し、説明活動が知識習得にとって有効であることを明らかにした。この説明活動は、森田が提唱する学習方法であり、田島はそのなかの1つの「単元の途中で行う説明活動(森田 2004)」を実施したものである。話し手の児童は教師役、聞き手の児童は児童役という役割になる。他の児童に教えるために、十分に説明を検討し、そのなかで曖昧にしか分かっていない部分を自覚させている。また教師役になる児童がグルー

プで調べたことをもとに説明するため、同じ授業を受けた生徒同士ではなく、児童役の児童も積極的に分かろうとしない。田島の研究では、同じ教室にいる児童同士が教える場面において、内容を知らない人の気持ちになって聞くという条件を設けている。このことによって、児童同士であるにも関わらず、教室外の人に向けて教える効果をもたらしていると考えられる。つまり同じ教室の児童同士であっても、新井ら（2015）の意図する実践が可能なのである。

ところが、田島の説明活動は、自分たちで調べたことを教師役になって、他の児童に教える活動をするため、これを達成するのに時間がかかってしまう。また中学校理科において実施可能な手法として、既習内容に関して説明するとしたが、その条件にも該当しない。中学校の理科の授業において、この説明活動を実施するには、授業内容や授業時数を工夫する必要がある。

本項では、理科を対象とした人に教える活動に関する先行研究を概観した。それらの先行研究の共通する要素として、曖昧にしか分かっていない部分を生徒に自覚させる手立てが含まれていることが確認できた。人に教える活動のなかでも相手に向けた場合は、一定の学習事項について調べ、人に教える準備をするので時間がかかる。情報を調べる時間、まとめる時間がかかるので、短い時間では実施することが難しいため、日常的に授業内で実施することができない。それに加えて、同じ教室の生徒に説明をした場合、相手が積極的に分かろうとするため十分な効果が得られない。それら点から、知識を正確に習得するための方略として参考になるものの、そのまま適用できないので、中学校理科において実施できる活動の精査が必要である。

### 3.1.2. 人に教える活動の精査

本研究では、中学校理科において実施可能な要件として、（1）1時間の授業内において短時間で実施ができること、（2）既習内容を活用する

ことを設定した。また先行研究の指摘を踏まえ、知識習得を促すための要件として、(3)積極的に分かろうとしない相手を設定することが、重要であると考えられる。

表 3.1 は、中学校理科の授業内で実施するという観点から、実施の可能性をまとめたものである。中学校理科における実施可能な条件と照らし合わせたときに、先行研究のなか、中学校理科においてそのまま実施

表 3.1 人に教える活動の整理

	方略	方法	中学校理科で実施するうえでの課題
自分に向けた説明	自己説明	自分の知っている言葉を手がかりとして文を読む。	自分の知っている言葉を手がかりに現象を理解しようとするため、曖昧な知識習得を自覚しないままになってしまう。
相手に向けた説明	LdL	与えられた範囲について調べ、人に教えるための準備をする。そのうえで、人に教える。	時間がかかるため、日常的に実施することが難しい。
	教室外の人に対する	与えられた範囲について調べ、外部の人に教えるための準備をする。そのうえで、外部の人に教える。	時間がかかること、外部の人を利用することから、日常的に実施することが難しい。
	説明活動	学んだことを学習者が自分の知識状態や行為について、相手にわかるように説明する。	時間がかかるため、日常的に実施することが難しい。

可能な方法は見出せなかった。

本研究では，中学校理科において実施可能な3つの要件を考慮して，「1時間の終末で行う説明活動（森田 2004）」に着目した。多様な先行研究があるが，積極的に分かろうとする相手では，理科の用語を深く考えずに使ってしまうため，そうした方略を避ける必要がある。また田島が実施した説明活動では，授業内容や授業時数を工夫する必要がある。

その点，「1時間の終末で行う説明活動」は，（1）1時間の授業内において短時間で実施ができること，（2）既習内容を活用することという要件を満たしている。森田（2004）によれば，1時間の終末で行う説明活動は，はがきの大きさの画用紙を配り，それに図絵など自由に説明を書かせるものだという。ところが1時間の終末で行う説明活動には，（3）積極的に分かろうとしない相手の設定がなかったため，その点を工夫する必要がある。

つぎの節では，この1時間の終末で行う説明活動が知識習得にとって有効な手段と言えるのか，また実践に問題があればどういった工夫が必要になるのかを検討する。

### 3.2. 1時間の終末で行う説明活動の問題の検討

本節では，1時間の終末で行う説明活動が，中学校理科における知識習得に効果があるのかを検討する。そのために森田が提案する1時間の終末で行う説明活動を条件付きで実施した事例の結果について述べる。

対象は，中学校2年生の生徒114名である。実践を行なったのは，「電流の性質とその利用」の分野の「電流の性質」の学習である。この分野は，1）電流計や電圧計についての知識や技能，2）直列回路および並列回路での電流，電圧，抵抗の性質についての知識（電流保存概念やオームの法則），3）直列回路および並列回路を組むことができる知識や技能を学習する単元である。

中学校理科で実施するうえで配慮した点は，森田（2004）においては白紙の用紙を配布していたが，本事例ではB5サイズに問題文欄と解答

文欄を設けた用紙を配布した点である．とくに解答文欄には図絵や文字を書きやすいように薄く罫線をつけ，罫線が邪魔にならないようにした．

### 3.2.1. 1時間の終末で行う説明活動が知識習得に与える影響

1時間の終末で行う説明活動が，知識を正確に習得することに寄与するのかを検討するために，電流の性質の学習の前と1単元（15時数）かけて実施した後にテストを行った．具体的に実施したテストは，回路の中での電流計や電圧計の接続についての問題や，電流保存則についての問題である．

#### 単元の開始前のテスト

単元の開始前に行ったテストは，生徒が電流の性質に関してどのような考えを持っているのかに関するテストである（図3-1）．生徒には，どのような考えを持っているのかを書いてもらうために，テストと伝えたうえで実施した．

その結果，生徒の62.5%が一方向非保存説もしくは二方向非保存説を支持していた（一方向非保存説の支持56名，二方向非保存説の支持7名，2つの説が混在した説の支持27名）．そして約29.2%（42名）の生徒が



図 3-1 電流保存則についての調査問題

無回答であった。一方で，単元の開始前に正答を示したのは，8.3%（12名）であった。

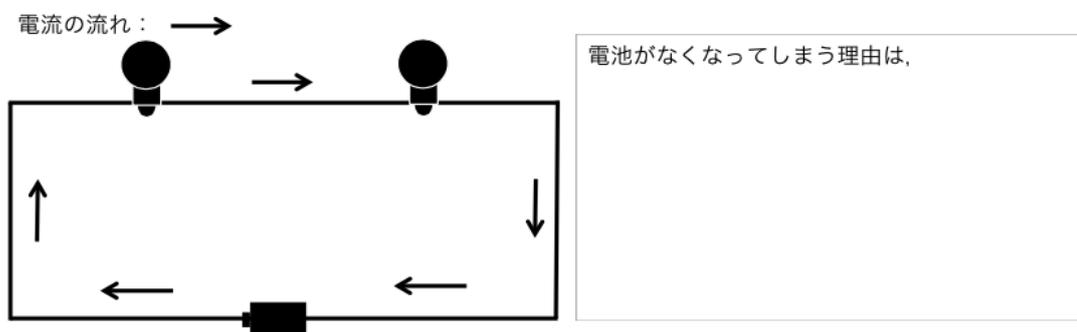
### 単元の終了後のテスト

調査期間の最後に，生徒が電流の性質に関する知識を正確に習得したのかを確認するために，1) 科学概念を日常概念にたとえて答える問題，2) 身の回りで起こる現象について科学概念を用いて説明する問題，を行なった（図 3-2）。具体的に実施した問題は，以下の通りである。

調査問題 1) 科学概念を日常概念にたとえて答える問題では，道路を通る車と，車が通るのを妨げる岩の図について，電流と電圧のメタファーで答えさせた。

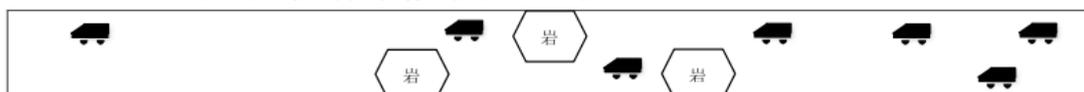
調査問題 2) 身の回りで起こる現象について科学概念を用いて説明する問題では，電流保存概念に基づく電池性能が劣化する仕組みに関する説明について答えさせた。

### 調査問題 1



### 調査問題 2

2. 回路の中で電流の流れにくさを表す「抵抗」の値が大きくなると、電流の値はどのように変わりますか？道を走る車と岩の関係で説明をして下さい。



車は \_\_\_\_\_ を表し、車が通る邪魔をする岩は \_\_\_\_\_ を表している。

車が通るのを邪魔する岩の数（抵抗値）が増えると、

図 3-2 学習者自身の解釈を適用する問題

まず調査問題 1 の結果、81.4%（83 名）の生徒が、電流保存則についての適切な科学概念を示すことができた。一方で、18.6%（誤答 2 名，無回答 17 名）の生徒は、知識の習得に至らなかった。単元開始時には、ほとんどの生徒が誤答であったが、8 割以上の生徒が正答を示した。つぎは、その正答が暗記をしたことで達成されたものなのか、知識を正確に習得したから達成できたのかを分析する必要がある。

調査問題 2 は、正答した生徒 83 名を対象に、身の回りで起こる現象に適用して説明できるかを評価した。その結果、身の回りで起こる現象を関連づけて説明できた生徒は 26.6% のみであった。つまり上記の実践で

は、ほとんどの生徒に対して知識を正確に習得させることができなかった。

### 3.3. 教授方略の仮説

先行研究の課題は、中学校理科において知識を正確に習得するための教授方法が確立されていない点にある。そこで本研究では、「1時間の終末で行う説明活動」に着目し、その方略が知識を正確に習得することに寄与するのかを検証したが、十分な成果は得られなかった。

本研究では、2つの原因によって、生徒の知識習得に十分な成果が得られなかったと考える。

1つ目の原因は、一定の知識を持たない相手に教えていないことである。この点については、積極的に分かろうとしない相手の設定が、重要であることを論じたが、1時間の終末で行う説明活動をそのまま実施した場合、この要素が含まれない。生徒が、被説明者として他の生徒に向けて説明する場面の設定を加える必要がある。その際、被説明者になる生徒は、説明される内容について十分に分かっていない人の気持ちになって聞くというルールが必要である。このルールによって、被説明者が積極的に分かろうすることを緩和できると考える。

2つ目の原因は、教師の介入が十分にできないことである。田島・森田(2009)の研究では、児童が教師役になって説明しているときに、教師や被説明者の児童が質問をしている。その質問に対して、教師役の児童が十分に答えられなければ、児童は知識が不足していることを自覚し、さらに調べてまとめることで知識を習得している。つまり教師や教師役の児童の介入によって、考えさせることを方向づけているのである。しかし3.2.で示した実践では、教師が考えさせることの方角づけをしないままになっていた。この点を工夫することで、生徒の知識習得を促すことができる可能性がある。

これら2つの課題から、生徒が説明文を産出する場面において、生徒が教える場面およびルールの設定、説明する内容の詳しさや範囲を決定

づけるための教師の介入，が不可欠だと考えた．そこで本研究では，生徒が説明する場面および教師が質問するという介入を取り入れることが，知識習得を促すことに有効だという仮説を立てた．もちろん生徒の活動中は，教師が机間巡視をしているため，生徒の状況を的確に捉えられないため，支援のポイントがずれることが懸念される．しかし，特定の問題において説明すべき点は限られるため，その部分が説明できるように支援できれば良いと考える．

課題において，おさせるべき要素を事前に教師が決め，その要素に沿った質問をすることで，生徒の知識習得が促されると考えた．なお，本研究において開発する方略は，発案者“のぐち さとし”のイニシャルをとり，「NSメソッド」と呼称する．NSメソッドは，授業の終末 15 分ほど利用して，その時間に学習した理科の知識や用語を適用して，現象が起こる理由を説明する方法である（図 3-3）．

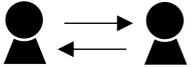
展開	時間	具 体
導入 展開	35-40 分	指導書に沿った授業展開
終末	10-15 分	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>① 教師による 課題の提示</p>  <p>生徒の考えたことを読み再 検討を促す質問をする</p> </div> <div style="text-align: center; width: 20%;">  </div> <div style="text-align: center;"> <p>② 生徒が個別に 課題の解決</p>  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <p>③ 解決した課題を読み合い 不足点の指摘をする</p>  </div> <div style="text-align: center; width: 20%;">  </div> </div>

図 3-3 NSメソッドの流れ

手順は、①教師が生徒に対して課題文の書かれた解答用紙を配布する。次に、②生徒はその課題を解決する。このときから活動の最後まで、教師は机間巡視を行い、生徒の解答をチェックする。そして③解決した課題についてペアもしくは小グループになり、解答を説明して、相手からその解答の不足に関する指摘を受ける。④その不足点の自覚をもとに、②と③の活動を繰り返す。

教師の発問について、「電流の性質とその利用」の分野の「電流の正体」の学習を事例として述べたい。この授業内では、静電気の性質が分かるようになることをめあてとして、静電気の放電現象、クルックス管の実験をとおして電子がマイナス極からプラス極に移動することを学習する。これらの学習事項は、1時間の学習内容として、指導書に沿ったものである。この授業内の終末において、生徒に説明させる活動を行う。雷の仕組みを説明させる問題を設定した場合、以下の発問が考えられる。

生徒が記述する課題：雷の仕組みについての説明

教師の説明する内容の詳しさや範囲を決定づけるための発問：

- ・雲には、どうして静電気が帯電するの？
- ・どうして雷は、雲から地球に向かって出ていくの？

### 3.4.まとめ

本章では、中学校理科の授業内において実施可能な人に教える活動による教授方略を提案した。この際、中学校理科の授業において日常的に実践できること、知識習得の効果を高めることを考慮して、3つの実施可能な要件を設定した。

- (1) 1時間の授業内において短時間で実施ができること
- (2) 既習内容を活用すること
- (3) 積極的に分かろうとしない相手を設定すること

3つの要件を考慮して、田島の説明活動の教授手法を参考に、NSメ

ソッドを考案した。

授業内においてNSメソッドを実施することで、生徒は教える相手に分かってもらえるように、説明する内容を吟味することになる。その活動をとおして生徒は、説明できない部分があれば、そこから曖昧にしか理解していない部分が自覚できる。その部分を教科書やノートをもとに調べ直すことで、曖昧な部分が修正され、生徒の知識習得が促されると考える。

次は、NSメソッドが知識を正確に習得することによって有効な方法だと言える検討する必要がある。それと同時に、この教授方略は、実践上の問題点から工夫を加えただけなので、より実効性を高めるために問題点の修正をする必要がある。また教授方法を提案するだけでは、十分な成果が得られない可能性がある。そこで教授方法の効果を高めるための支援の提案が必要である。

## 4章 研究の目的と方法

3章では、本研究の目標とする知識を正確に習得するための教授方略として、人に教える活動が有効であることを示した。とくに本研究では、田島（2010）による説明活動に着目したが、中学校理科では扱う概念の複雑さや指導事項の多さから、そのまま説明活動の方法を導入することが難しいことを述べた。そのうえで、中学校理科において実践できる方略を開発することが求められることを示した。そして、その手法としてNSメソッドを提案した。

NSメソッドは、授業の終末の15分程度を利用して、以下の手順で実施する（図3-3）。

- （1）教師による課題を配布する。
  - （2）生徒が個別に課題解決する。
  - （3）生徒がペアもしくは小グループになり、教え手、聞き手の役割を設定して解決した課題を検討する。
  - （4）聞き手役の生徒から指摘された部分を加筆修正する。
- （2～4の間）教師は机間巡視を繰り返して、生徒に質問をする。この質問をすることで、その課題において考えなければならないポイントを生徒に意識させる。

NSメソッドを実施するために準備することは、①教師が配布する課題の準備、②課題において生徒に考えさせるポイントを深めるための質問の用意のみである。なお課題文は、その日に学習した理科の知識をもとに、現象が起こる理由を生徒に説明させるものである。

ただし、3章では、中学校理科における知識を正確に習得させるための教授方略として、NSメソッドを提案したまでに留まっている。この教授方略が知識を正確に習得することに影響するのか、またこの教授方略を取り入れた授業の効果を高めるための支援方法が明らかになっていないという課題が残っている。本章では、本研究において取り組む研究

課題を説明したうえで、それを解決するための方法を述べる。

#### 4.1. 研究の目的

本研究の目的は、中学校理科で教える知識を正確に習得するための教授方略を開発することである。ここで言う知識を正確に習得することは、「身の回りで起こる現象と理科の用語を関連づけた記述ができる状態」である。これは、現象が起こる理由を説明するとき、理科の用語について、図絵をもとに解説したり、事例などを併記したりすることである。具体的には、「像が見える仕組み」について、図絵や事例を使わずに説明すれば、「凸レンズを通った光が集まり像になる」となる。しかし、図絵をもとに解説したり、事例を平易に述べたりすることによって、図 4-1 のような説明ができる。

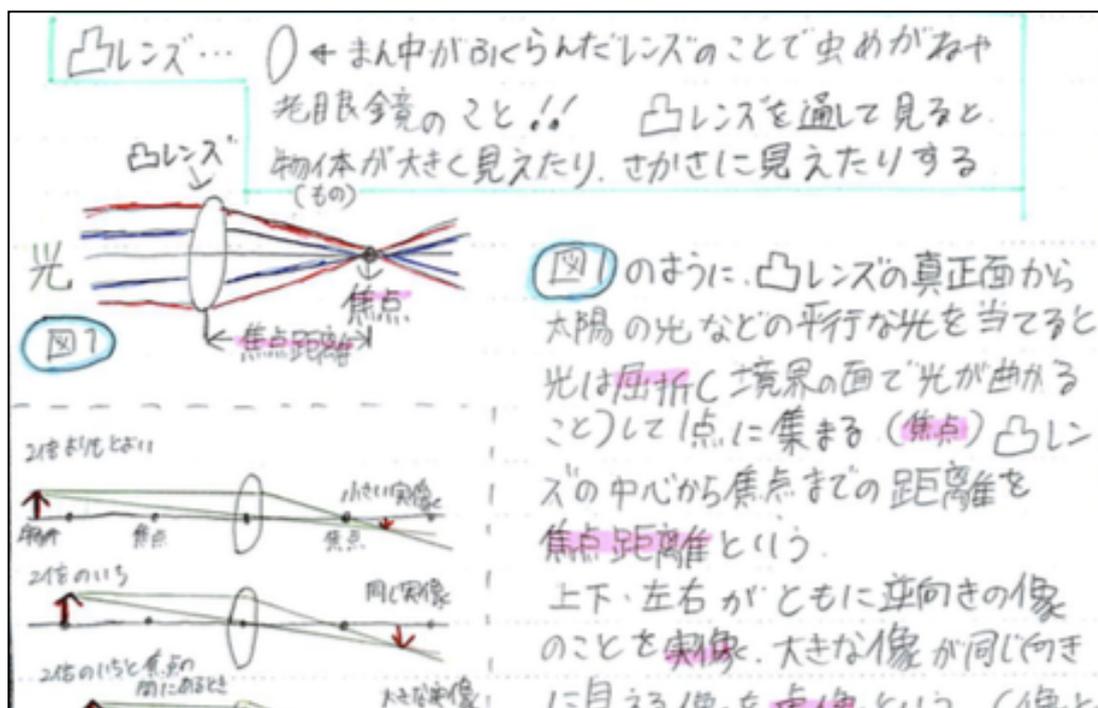


図 4-1 現象に関する説明例

図 4-1 では、像が見える仕組みを説明するために、光の屈折から述べているが、さらにその前提となる凸レンズの概説を加えている。このよ

うに像が見える仕組みに関して、その理由を説明するには、その前提となる現象を同定し、その要因を述べる必要がある。そのため関連する現象が分かっているなければできないのである。このとき説明できない部分があれば、生徒は曖昧にしか理解していない部分を自覚することになり、その部分を調べたり、聞いたりすることで理解できると考える。

本研究の目的を達成するために、3つの研究課題を順次、設定していった。なお課題を解決する方法は、4.3の研究の方法で述べる。

研究課題1. NSメソッドの評価および修正

研究課題2. 修正版NSメソッドの評価

研究課題3. 修正版NSメソッドの効果を高める支援

#### **研究課題1 NSメソッドの評価および修正**

1つ目の研究課題は、NSメソッドの評価および修正である。NSメソッドは提案したものの、その方略が知識習得に与える影響が明らかにされていない。また3.2において示した実践事例から明らかになった問題を修正したのみである。そのため教授方略として、改善の余地があると言える。

そこで研究課題1の目的として、1) NSメソッドが知識を正確に習得することに寄与するのかを明らかにすること、また2) 教授方略の問題の修正点を明らかにすること、を設定した。研究課題1を解決することによって、NSメソッドが知識習得に与える有効性を確認できる。研究課題1の結果については、5章で論じる。NSメソッドについては、後述のように生徒同士の説明の場面の変更や課題文をシンプルにするような修正を行った。この修正を加えたNSメソッドは、修正版NSメソッドと呼称したい。

#### **研究課題2 修正版NSメソッドの評価**

2つ目の研究課題は、修正版NSメソッドの評価である。この方略の実効性を評価することを設定した。

修正したNSメソッドが知識習得にとって有効な方略であれば，教授方略の開発および評価ができたことになる．研究課題2の結果については，6章で論じる．

### 研究課題3 修正版NSメソッドの効果を高める支援

3つ目の研究課題は，修正版NSメソッドの効果を高める支援を明らかにすることを設定した．教育は，授業の目標，内容，方法，学習者の個人特性といった多くの要因が関連しあって成立している．そのため教授方略として，修正版NSメソッドの方法を提案するだけでは，十分な成果が得られない可能性がある．なお授業の目標や内容は，本時の内容に依存することであるため操作しにくいことである．

そこで生徒が修正版NSメソッドに取り組むときにどのようなことを意識しながら取り組んでいるのか，またその意識がどのように知識習得と関係しているのかを明らかにする．これは学習者の個人特性にあたるものである．生徒が修正版NSメソッドに取り組むときの意識が明らかになれば，教員がどういったことに留意しながら，生徒に考えさせれば良いのかが明確になる．研究課題3の結果については，7章で論じる．

## 4.2. 研究の意義

本研究の意義は，知識習得にとって有効な方略の開発ができることにある．とくに本研究の特色は，人に教える活動に工夫を加えるという点である．この人に教えるという教授方略は，MARTINによって1980年代から提案されたものであるが，工夫（一定の知識を持たない相手に対して教える，教員の発問をもとにするなど）を加えることによって，中学校理科の知識習得の効果を高める方略の1つが提案できると考える．

また人に教えるという方略は，小学校や中学校の授業においてすでに根付いており，たとえば子ども同士での教え合い活動といった方法に見られる．これは裏を返せば，小学校や中学校の授業内に，人に教えるという方略が適用しやすいということである．したがって，NSメソッド

は、授業内に取り入れやすい方略の提案という点にも価値がある。

最後にNSメソッドは、中学校の理科を事例として評価するものであるが、その有効性は概念を理解することが求められる学習内容であれば適用できる点に価値があると考えられる。たとえば中学校国語科において、動詞の活用形を学習する時間がある。そこで学習することの1つに、動詞の活用形（「未然形」、「連用形」、「終止形」、「連体形」、「假定形」、「命令形」）が、どういったものか説明できる知識を正確に習得することがある。これは活用形のそれぞれが、どのような意味なのか答えられるだけでなく、文中の動詞がどの活用形なのか判断できることが必要である。つまり用語の意味する内容や具体的な操作をする活動をとおして、知識習得を促す学習場面では、NSメソッドが有効だと考える。

こうした理由から概念を理解することが求められる学習であれば、適用可能だと考える。

#### 4.3. 研究の方法および仮説

本研究では、3つの研究課題を解決する計画を立てた（図4-2）。以下の項では、それぞれ研究課題1から3を達成するための方法について説明する。

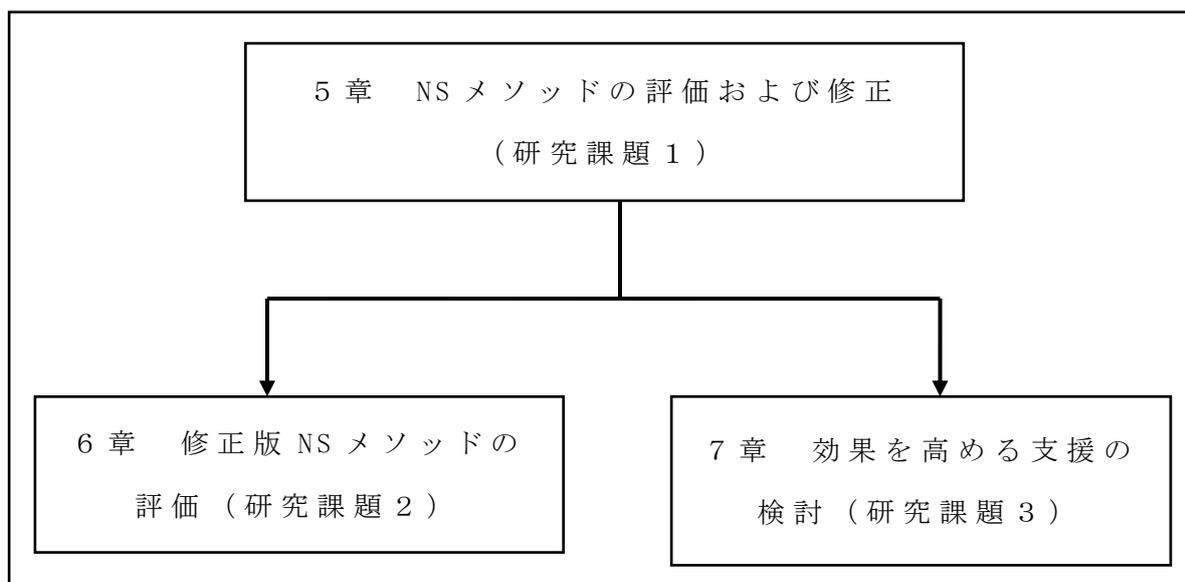


図 4-2 研究計画の概要

#### 4.3.1. 研究課題1 NSメソッドの評価および修正

本研究課題では，森田が提案する説明活動の1つの「1時間の終末に行う説明活動（森田 2004 p.49）」の手法を参考にした．ところが，3.2（本文 p.42）において検証したように，この方略をそのまま中学校理科に導入するだけでは，十分な効果が得られない．これは方略のなかに，生徒の意見を拡張するような支援が含まれていないからだと考えられる．そこで1時間の終末に行う説明活動の途中に，生徒同士で教え合う場面，教師の発問を加えた．これをNSメソッドと呼ぶ．このNSメソッドは，既存の1時間の終末に行う説明活動よりも「理科の知識を正確に習得する」ことに寄与するという仮説を立てた．つぎは，NSメソッドに加えた工夫が，生徒の知識習得に与える影響を明らかにする必要がある．

ところでNSメソッドは，1時間の終末に行う説明活動の課題から工夫を加えたのみであるため，より望ましい工夫はないのかについての検討が十分ではない．たとえば，NSメソッドでは生徒が解答を検討したあとに，ペアもしくは小グループになって，説明者，被説明者の役割を

設定して解決した課題を検討する。その場面では、教師が机間巡視をしながら、どこかのペアもしくは小グループに介入するので、近くに教師が来ていなければ、質問したいことがあっても聞くことができない。このように教師が、適切なタイミングで支援できないとき、生徒の知識習得は阻害される可能性がある。教師が十分に支援できないときを想定して、生徒の知識習得を阻害する要素を明らかにし、それを修正する必要があると考える。

#### 4.3.2. 研究課題2 修正版NSメソッドの評価

研究課題1の結果をもとに、修正版NSメソッドを提案したが、その方略が知識習得に与える影響を評価する必要がある。そこで研究課題2では、中学校理科の授業において、修正版NSメソッドを実施したときの知識習得の評価を行う。

とくに修正版NSメソッドの評価は、加えた工夫が有効に機能しているのかを明らかにする。たとえば、生徒に詳しい説明文を産出させることを期待して、「ペアもしくは小グループの活動」を辞め、「教授対象の想定」を加えたときに、期待した効果が得られ、また知識習得が促されるのかを検討する。なお詳しい仮説や評価方法は6章で述べる。

#### 4.3.3. 研究課題3 修正版NSメソッドの効果を高める支援の検討

研究課題3では、修正版NSメソッドの教育効果を高める支援を提案する。これは教授方法を提案するだけでは、複雑な要因が関連している教育において、十分な成果が得られないからである。修正版NSメソッドは、あくまでも教授方略であるため、それに取り組む生徒がどのような意識を持ちながら取り組むのか、いわゆる個人的な特性が重要である。こうした学習に関わる信念や価値観といった学習観は、学習者特性といい、学力に影響する（日本教育工学会 2000 p.79-80）。

修正版NSメソッドの教育効果を高めるには、1）取り組むときに現

象が起こる仕組みについて意識的に詳しく説明しようとする姿勢であったり，2) 学習内容を他の情報と関連づけて理解しようしたりする学習観が重要だと考える．これは修正版NSメソッドによる指導において，現象が起こる仕組みを詳しく説明すること，それをとおして理科の用語と現象を関連づけることを期待しているからである．

そのために本研究では，修正版NSメソッドにおいて，どのようなことを考えながら取り組む生徒が，自己評価や知識テストの得点が高くなるのかを明らかにする．その結果から，有効な学習者特性を生徒に意識させるような授業の教示やルールを推察する．

#### 4.4. 4章のまとめ

4章では，本研究が中学校理科において実施できる教授方略の提案を目指すことを示した．また本研究目的を達成するための3つの研究課題として，1) NSメソッドの評価および修正点，2) 修正版NSメソッドの評価，3) 修正版NSメソッドの効果を高める支援の検討，に関する分析方法を説明した．

以降の5章から7章では，研究課題1から3を解決するために，具体的に，どのようなデータを収集して，分析するのか述べる．その結果から，教授方略の評価，効果を高めるための支援を明らかにする．

## 5章 NSメソッドの評価と修正

NSメソッドの特徴は、現象が起こる理由を説明するとき、教える相手に分かってもらえるように、内容を吟味することにある。その内容を吟味するときに、習得していない部分が自覚できれば、その自覚をもとに生徒は教科書やノートから分かっていなかった部分を調べることになる。

5章では、NSメソッドの評価および修正について述べる。NSメソッドは、森田の提案する「1時間の終末に行う説明活動」に工夫を加えたものである。その加えた工夫によって、工夫を加える前よりも、知識を正確に習得することに寄与するのかを評価する。さらにNSメソッドの実践上の問題を明らかにし、その部分の修正をする。

以下の節では、(1) NSメソッドが知識習得に与える影響を分析したうえで、(2) 学習者が教師の支援を十分に受けられないときの問題点を明らかにし、その問題点からNSメソッドの修正点を示す。

### 5.1. NSメソッドの評価方法

1時間の終末に行う説明活動には、田島(2010)の説明活動において実施されていた生徒同士が教え合う活動が含まれていない。田島の説明活動に近づけるために、生徒同士が説明し合う場面を加えた。本章では、この工夫を加えた教授方略を「ミニ説明方式」と呼ぶ。

ところで、ミニ説明方式には、生徒に考えさせたい部分に注目させるような支援が含まれない。田島(2010)の説明活動では、教師の発問によって、生徒に考えさせたい部分に焦点をあてていた。また伊藤(2009)によれば、自己説明の方法では、生徒の記述内容を方向づけるための目標設定が重要だという。教師による発問は、説明文を産出する際の目標設定に相当するだろう。そこでミニ説明方式に、生徒の記述に基づいた教師の発問によって記述内容を方向づける工夫を加えた。この工夫を加えた教授方略がNSメソッドである。

本節では， 1) ミニ説明方式， 2) NSメソッドの2種類の教授方略を試行し，知識を正確に習得することに与える影響を明らかにする．以下の節では，2つの教授方法のデザイン，調査対象とした学級について説明する．

### 5.1.1. 実践の概要

NSメソッドが知識を正確に習得することに与える影響の評価の検証は，大阪府内の北河内地域にある公立のA中学校を対象として実施した．調査は，2年生の125名を対象として，2015年8月末から2月にかけて実施された．実施した単元は，電気分野の電流の性質とその利用である．この単元を対象にしたのは，本調査を行なった時期にA中学校の2年生理科で実施されていた単元だからである．授業展開は，表5.1の通りである．

表 5.1 学習活動および調査の流れ

時期		学習内容・実施事項
ミニ説明方式	8月末から9月	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">電流の性質とその利用 第1章</div> ミニ説明方式：1時間の終末に行う説明活動に田島の言うような生徒同士が説明し合う場面を取り入れた教授方略による終末の展開
10～12月末		他単元のため研究対象外
NSメソッド	1月から2月	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">電流の性質とその利用 第2，3章</div> NSメソッド：ミニ説明方式に教師の発問を加えた教授方略による終末の展開

2015年8月末から9月中旬の実践では、指導書に掲載されている授業例を参考に、教科書に沿って、教師が理科の見方や考え方の習得をするための実験や説明を行った。この実践では、ミニ説明方式において、生徒同士が説明し合う活動を実施した。具体的には、理科の知識をもとに、身の回りで起こる現象について説明する問題（以下、説明問題と述べる）を提示し、a) 生徒を2人組に分け、設定された説明問題について、考えたことを説明し合う、b) 説明に対する質疑を行わせる、c) 考えたことを記述させる、という活動を行った。説明の内容を考えるときには、まだその内容を学習していない人にも分かるように説明するように指示した。説明を受ける生徒は、その内容を学習していないつもりで聞く。このとき生徒同士が説明し合うことをとおして、互いに相手の経験と関連させた説明を行う必要が生まれ、そのことによる理解の達成が目指される。したがって本時の学習内容について、どのように理解したのかを他者に説明し、その説明について相手の日常経験知と関連づけた説明ができるかどうかを振り返り、妥当な概念を形成することが期待される。

1月から2月の実践では、先に実施した8月末から9月の実践と同様の手順の指導を行ってから、ミニ説明方式に教師の発問を加えたNSメソッドを行った。すなわちミニ説明方式のc)の最中に教師が机間巡視をしながら、記述されている説明を読み、発問をする。そしてe)発問をもとに問題について再検討する、という流れである。たとえば説明内容の記述が、教科書に掲載されていることのみである場合、学習者の日常経験と関連づけさせるために事例をと取り上げたり、それについての疑問を挙げさせたりして、検討するように生徒に指導した（図5-1）。

理科の知識をもとに，身の回りで起こる現象について説明する問題：雷の仕組みについて説明しよう

（十分に説明し合わずに，生徒 S および生徒 T の記述が始まる）

生徒 S の記述内容【雲が帯電して，電子を出したのが雷．】

生徒 T の記述内容【雲にたまった静電気が一気に流れる現象．】

教師「雲はどうして静電気が帯電するの？なんで雷は，雲から地球に向かって出ていくの？」＜説明内容について再検討させる発問＞

生徒 T 「雲はどうやって帯電するの？」

生徒 S 「摩擦やろ」

生徒 T 「摩擦？」

（中略 前時までの授業内容の帯電について議論する）

生徒 T 「何で（雷は）地球に向かうの？重力？」

生徒 S 「雲がマイナスで，地面がプラスやから，雷が流れる」

（中略 本時の授業内容のクルックス管の実験から，電子がマイナスからプラスに移動することを議論する．）

生徒 T 「雲はどうやって，マイナスとプラスに分かれたの？」

生徒 S 「同じものを摩擦したら帯電する．電子はマイナスからプラスにいくから，地面がプラスで，雲がマイナス．」

生徒 S の記述内容【雲にたまった静電気がふつうは電気が流れない．空気中にいきなり流れる現象．電子の性質で放電時にマイナス極から飛び出す性質があるから，プラス極は地面に行く．雲にたまるのは水があって，反発しあって静電気がたまる．】

生徒 T の記述内容【雲にたまった静電気が空気中に一気に流れる現象．電子の性質で放電時にマイナス極から飛び出す性質があるからプラス極は地面．】

図 5-1 NS メソッドによる記述の変化

図 5-1 の事例では、田島が言うような、教師の発問をきっかけとして、身の回りで起こる現象と理科の知識を関連づけようとする様子が見られる。たとえば T と S は、教師によって雲に静電気が帯電する理由と、雲から地球に向かって放電する理由についての発問を受ける。それが T の S に対する質問を生み、S と説明し合う中からその答えを導き出している。すなわち教師の発問によって、科学概念に対する深い理解が促されたのである。なお教師の発問は、本時のめあてについての理解を深めるために、説明内容の再検討や拡張を促すものである。本研究では、一部の生徒に有効にはたらいた NS メソッドの実践の影響を検証する。一方で、教師が生徒に発問をするには、生徒の理解状態を把握する必要がある。そのため NS メソッドの期間中に、理解状態を記述させるための指導も行った。

#### 5.1.2. 知識習得の評価

生徒の科学概念の理解を捉えるために、ミニ説明方式および NS メソッドの最後に、科学概念を用いて日常現象について説明するテスト（以下、評価問題）を実施した。生徒が評価問題を解答するときには、同じ条件で解答させる必要がある。そのため、どちらも教師による発問をせずに実施した。

評価問題の評価基準は、田島（2008）の研究を参考に、以下のように設定し、教師と著者の両者が相談しながら採点を行った。

- ・ 0 点 未記入もしくは問題について説明していないもの
- ・ 1 点 問題として示したことについて、科学概念も用いて一貫した説明が行えているもの
- ・ 2 点 問題として提示された現象について、科学概念をもとに十分に関連付けた説明がされているもの
- ・ 3 点 説明内容が専門用語に頼ったものではなく、誤概念を持つ小学生や未学習者にも理解させることを想定したもの

### 5.1.3. 評価のための分析の概要

ミニ説明方式およびNSメソッドの最後に実施した評価問題について、以下の3つの分析をする（図5-2）。

仮説1：この分析では、NSメソッドがミニ説明方式よりも知識を習得するという仮説を検証する。そのためにミニ説明方式およびNSメソッドに取り組んだ生徒の評価問題の得点の差を比較する。この分析によって、教師の発問を加えたNSメソッドにおける理科の知識習得に与える影響が明らかになる。

仮説2：この分析では、NSメソッドにおいて記述した説明内容の質

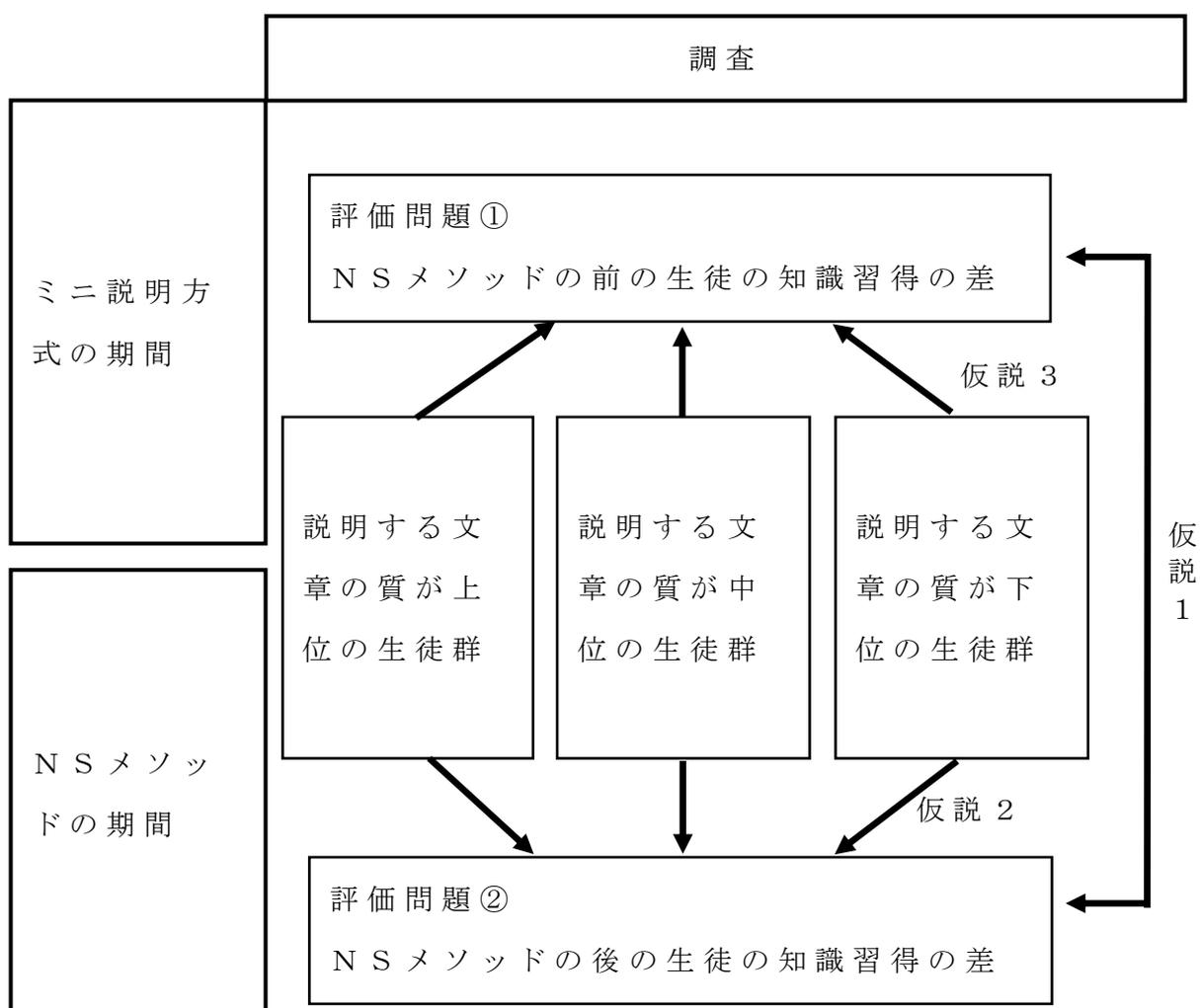


図5-2 分析の概要図

が知識習得に影響するという仮説を検証する。そのためにNSメソッドに取り組んだ生徒が記述した説明内容について評価し、その質と評価問題の得点との関係を比較する。

NSメソッドの期間において、説明を書く活動は5回実施した。この説明内容の質を5.1.2.で示した評価基準で、それぞれ0点から3点で評定する。5回分の0点から3点の評定を加算すると、0点（すべて0点）から15点（すべて3点）の得点が算出できる。この得点をもとに、記述の質による生徒の仕分けをした。合計得点が4点以下は、ほとんどの説明問題に対して未記入であったり、問題に直接関係のないことを記述したりしていることになる。また5点や6点の生徒は、毎回の説明問題に対して、授業で示された科学概念をもとに記述したにとどまる。そこで合計得点の4点以下の生徒を下位群、5点以上であり7点未満の生徒を中位群、7点以上の生徒を上位群とした。

仮説3：この分析では、記述内容の質による差が、生徒本来の能力に影響していないという仮説を検証する。そのためNSメソッドに取り組んだ各生徒群と、ミニ説明方式の評価問題の得点との間で分散分析を行う。これは仮説2では、NSメソッドに取り組むことによる記述内容の質に与える効果が分かるが、その記述内容の質が本来の生徒の能力に起因するのか、教師の発問が誘因になったのかが分からないからである。

## 5.2. NSメソッドの評価

本研究では、ミニ説明方式およびNSメソッドにおける説明問題や評価問題の全てを提出した生徒98名を分析の対象とした。

### 5.2.1. 評価問題の得点の差の分析

まずは、ミニ説明方式（Mean = .52 , SD = .73）とNSメソッド（Mean = .86 , SD = .70）の間の評価問題の得点の平均値の差について、対応のあるt検定を行った。その結果、ミニ説明方式よりもNSメ

ソッドに取り組んだ生徒群の方が，有意に点数が高くなった（ $t = 4.74$ ， $df = 97$ ， $p < .01$ ， $r = .43$ ）。ただし，どちらの実践においても評価問題の得点の平均値は低く，いずれも知識習得が促されていないように見える。しかしながら，ミニ説明方式およびNSメソッドを比較した効果量は，中程度あることから，それぞれの分布の重なりが少ないと解釈できる。つまりNSメソッドにおいても生徒全体の評価問題の平均得点は低いが，ミニ説明方式とNSメソッドの分布が重ならないため，教師の発問による効果があった生徒がいたと解釈できる。

### 5.2.2. 記述内容の質による知識習得の差の分析

次に，NSメソッドにおいて，説明問題の解答に対する記述内容の質の上位群（ $Mean = 1.22$ ， $SD = 0.57$ ， $N = 32$ ），中位群（ $Mean = 0.88$ ， $SD = 0.70$ ， $N = 26$ ），下位群（ $Mean = 0.55$ ， $SD = 0.66$ ， $N = 40$ ）の各群と評価問題の得点の関係を分析するために分散分析を行った。その結果，効果量が小さいが生徒の評価問題の得点に有意な差があった（ $F(2, 95) = 9.57$ ， $p < .001$ ， $\eta^2 = .03$ ）。またTukeyのHSD法（5%水準）による多重比較を行ったところ，上位群と下位群の間に5%水準で有意差があり，説明問題の記述の質が高ければ，評価問題の得点が高くなることが示唆された。

### 5.2.3. 生徒の本来の能力の差による分析

最後に，NSメソッドにおける説明問題の解答に対する記述内容の質の上位群（ $Mean = .66$ ， $SD = .82$ ， $N = 32$ ），中位群（ $Mean = .67$ ， $SD = .81$ ， $N = 26$ ），下位群（ $Mean = .30$ ， $SD = .56$ ， $N = 40$ ）の各群と，ミニ説明方式の評価問題の得点の間で分散分析を行った。その結果，有意差はみられなかった（ $F(2, 95) = 3.01$ ， $p = n.s.$ ， $\eta^2 = .00$ ）。また効果量がないことから，NSメソッドにおいて質の高い説明問題の記述ができた生徒が，そうでない生徒に比べてミニ説明方式の評価問題

で高い得点をとっていたわけではないことがわかる。そしてこれは、教師の発問の効果だと考えられる。

上述した3つ仮説を検証した結果、教師の発問によって説明問題に対する記述内容の質が高まった生徒については、知識習得が促されることが示唆される。

しかし効果が見られたのは、教師の発問によって記述内容の質を高めることができた生徒のみにとどまる。記述内容の質を高められなかった生徒については、知識習得が促されたとは言えない。より多くの生徒に対して、記述内容の質を高めるための教師の介入を検討する必要がある。そこで次の節では、NSメソッドの課題を分析し、教授方略を修正するための提案を行う。

### 5.3. NSメソッドの課題の検討および修正

NSメソッドの課題として、記述の質を高めるための教師の介入をあげた。これはNSメソッドの手法をもちいた学習では、教師が十分に支援できないときがあるからである。

人に教える活動において、教師の支援は、生徒の知識習得にとって重要な要素である。高垣、中島（2004）によれば、教師の問いかけは、児童の知識習得の曖昧さを自覚させ、人に説明させることで、その曖昧さを解消していくという。また田島、茂呂（2006）は、知識習得をした児童がよく利用する発話の種類にはどのようなものがあるのか、さらに教師のどういった支援が知識習得に寄与するのかを示した。

本節では、NSメソッドにおいて教師が十分に支援できない場面に着目し、生徒の知識習得を阻害する要因を明らかにする。その阻害する要因を修正することで、修正版NSメソッドを提案する。

### 5.3.1. NSメソッドの修正の問題点の抽出方法

#### 分析方法

NSメソッドに取り組む生徒の映像および音声データから、取り組みの様子を分析し、知識習得を阻害している要因を分析する。そのために収集するデータは、授業における教師と生徒の映像および音声である。映像、音声は、3台のビデオカメラ（教室全体：1台、生徒の様子：2台）と、補助としてボイスレコーダーを学習者の机に設置する。さらに録画記録で採取できない授業の全体像や授業の流れを文字記録として採取する。

対象は、大阪府内の北河内地域にあるA中学校2年生の3名の生徒である。NSメソッドの手法をもちいた学習において、活動から逸脱しない生徒である。この調査協力者は、著者が、平常時の授業を観察し、理科の成績の上位、中位、下位の生徒を、1名ずつ選んだ。理科の成績を考慮したのは、授業では理科の得意な生徒とそうではない生徒がいるからである。NSメソッドに取り組む成績の上位、中位、下位を対象にすることで、実際の教室の状況の再現ができ、知識習得を阻害する要因の分析ができると考えた。

#### 実践のデザイン

本研究では、NSメソッドを正規の授業時間外に行った特別クラスの事例から知識習得を阻害している要因を検討する。正規の授業時間外に行った特別クラスの学習を分析したが、これは生徒が説明する様子を詳細に記録するためである。実際に、A中学校では、1クラスに40名の生徒が在籍しており、そのなかで生徒のつぶやきや行為を記録することは難しい。正規の授業時間外に行った特別クラスにおいては、1) 生徒との関わり方、2) 介入のタイミングとった制限を設けることで、正規の授業時間の学習と同質のものになるように工夫した。以下では、まず2つの制限について示す。1つ目の制限は、教師と生徒の関わり方についてである。

## 1) 生徒との関わり方

NSメソッドの手法をもちいた学習では、教師が机間巡視をして、生徒に介入することになる。教師は、生徒のところに移動したときに、生徒が表出した文を読み、内容の不備があれば介入する。つまり教師は、生徒が表出する文を読んだり、介入したりすることで、はじめて生徒の考えにふれることになる。そこで生徒との関わり方が、授業と同程度になるように、教師には生徒から離れた場所で待機するという制限を設けた。それによって教師は、机間巡視して介入したときしか、生徒の考えが把握できないようにした。ただし、1つ目の制限だけでは、3人の生徒しか居ないため、教師の介入の回数が多くなってしまう。

## 2) 介入のタイミング

2つ目の制限は、生徒に対する教師の介入のタイミングや質についてである。NSメソッドの手法をもちいた学習では、教師1名で40名程度の生徒を見ることになる。机間巡視をする教師は、同一の生徒にわずかな時間しか介入できない。また教師が介入するとき、生徒がどの部分の理解が曖昧なのか十分に把握する時間がない。そこで生徒への介入のタイミングや質が、授業と同じ程度になるように、一定間隔の時間を空けて介入すること、介入の時間もわずかな時間にすることという制限を設けた。

分析する事例は、「力と運動」の実践である(表 5.2)。なお、この学習内容は、調査協力者が未学習の範囲である。

表 5.2 実践の学習内容

事例 力の作用・反作用の原理

**事例に関わる既習内容：**力のつり合い条件について，2つのバネばかりを互いに引き合う実験から，どちらにも同じ力がかかることを見出し，以下の3つの条件をまとめている．

- 1) 引き合う2つの力の大きさは等しい
- 2) 引き合う2つの向きは反対になる
- 3) 引き合う2つの力は，同一直線上にある

**事例の学習内容：**「力の作用・反作用の原理」について教示し，それを「力のつり合い条件」と対比して相違点を見出した．

**課題：**停止した車 A に時速 80km/h で車 B が衝突したとき，それぞれの車の潰れ具合はどのようになるか．またそれぞれ車の中にマネキンが乗っていたとしたら，どのような向きの力を受けるか．

### 5.3.2. 修正点の検討手順

ケーススタディは，再生刺激法に基づき，映像データを生徒に提示したうえで，適宜，停止しながら，活動中の考える素振りやメモ等により手元が動いている場面において，どのようなことを考えながら取り組んでいたのかインタビューを実施する（図 5-3）．ここから知識習得を阻害する要因を抽出した．

さらに，著者が抽出した知識習得を阻害する要因を教師に提示し，具体的な変更部分を検討した．

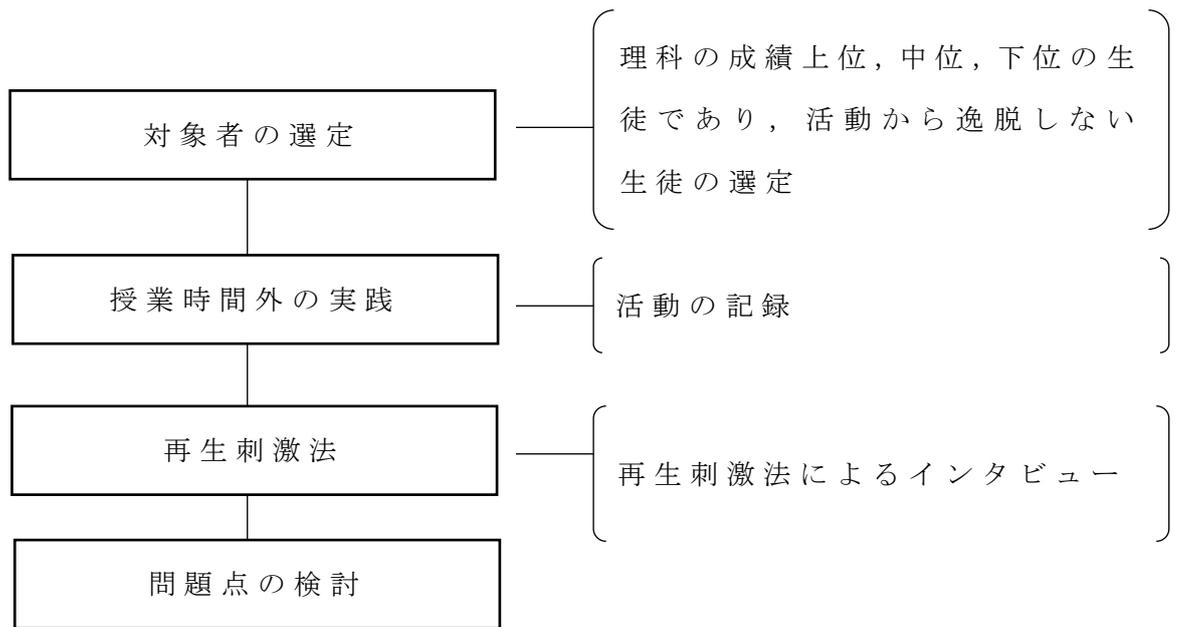


図 5-3 分析の手順とデータ

#### 5.4. NSメソッドによる知識習得の阻害要因

収集したデータから，生徒の知識習得が阻害される2つの要因が抽出された．それは，1) 問題文に含まれる情報量，2) 曖昧な理解同士の生徒の説明，である．以下では，2つの課題について，事例をもとに説明する．

##### 5.4.1. 問題文に含まれる情報量

生徒に与えた課題は，「停止した車 A に時速 80km/h で車 B が衝突したとき，それぞれの車の潰れ具合はどのようになるか．またそれぞれ車の中にマネキンが乗っていたとしたら，どのような向きの力を受けるか．」である．この課題を解決するために，生徒 1 と生徒 2 が中心に話し合っていたが，問題の本質とは異なる部分でつまづいていた（抜粋 1）．

生徒 1 は「これシートベルトつけてる？」と，課題文には書かれていない条件を生徒 2 に質問した．しかし生徒 2 は，笑って聞いているだけ

で返答しなかった。これは問題文に書かれていないため、なぜそのような質問をするのか意図が分からなかったからだと考えられる。疑問を解決できなかった生徒1は、すぐさま教師に、シートベルトの有無を質問した。その質問を受けて教師は、生徒1がどのような意図で質問してきているのか確認しないまま「つけてる。」と答えた。この教師の行為は、生徒への配慮が足りないわけではなく、制約条件を設けていたため、生徒の近くにおらず、生徒の状況が把握できなかったからである。通常の授業時間においても教師は、机間巡視をしているため個々の生徒の状況が把握できないことは起こることである。

その後、生徒1は「えっじゃあ普通に、とんで行かんのじゃないん」と発言した。この「飛んでいかない」の主旨は、シートベルトをつけたらマネキンと車が一体化するため、ぶつかったエネルギーは車のみにかかるものと解釈したのであった。つまり生徒1の発言から、慣性の考え方を無視し、それとは異なった力のはたらきを考え始めていたのである。しかし生徒2は、慣性について十分に分かっていなかったため、生徒1の誤りを指摘しないままになった。そのため生徒1と生徒2は、車と一体化したモノには、慣性の力がはたらかないという誤解をもとに検討を進めることになった。

その後、生徒3の「なんで運転してるのにシートベルトつけてないねん」という指摘を受け、教師は「せやな．じゃあつけとこ．シートベルト．」という変更を加えた．これは課題を検討するうえで、シートベルトをつけているか否かの情報は重要な要素ではないからである．そして変更されたことによって、さらに生徒1と生徒2は誤解を深めていくことになった．

#### 抜粋1 問題文に含まれる情報量

S 1	先生，これシートベルトつけてる？
S 2	(笑って話を聞いている．)
教師	つけてる．
S 2：	つけてるんか．
教師	つけてる
S 1：	(少し考えた後に) えっじゃあ普通に，飛んで行かんのじゃないん？
S 2：	飛んでいく
中略	
S 3：	なんで運転してるのにシートベルトつけてないねん
教師	せやな．じゃあつけとこ．シートベルト．

これは生徒が不要な情報に着目し、結果として誤解が生じた事例である．坂本(1993)によれば、算数の文章問題において、問題文中に過剰な情報が含まれることが誤答の原因になるという．日常経験が過度に含まれる問題文は、教師が考えさせたいポイントを不鮮明にするということである．NSメソッドにおいても、問題文中に過剰な情報が含まれたことで、課題を解決するうえで不可欠な理科の知識の想起を阻害したと考える．この生徒の誤解を教師が介入することで訂正できれば良いが、机間巡視をしているため難しい．そのため生徒に与える問題文を工夫する必要があると言える．たとえば問題文は、「身の回りで起こる現象について理科的に説明しなさい：雷が落ちる仕組みについて理科的に説明しな

さい」という設問ではなく、「科学的な現象の仕組みを説明しなさい：放電現象について説明しなさい」という設問にするという工夫である。それによって、問題の本質とはずれる考察を避けられると考える。

#### 5.4.2. 曖昧な理解にとどまる生徒同士の説明

抜粋2は、曖昧な理解にとどまる生徒同士が現象の起こる理由を検討する場面である。

生徒1は、「シートベルトしてたら、このまま進んで、こう、あのこういきたいとこやねんけど。」や「あのシートベルト自体が車とひっついてるから、なんか、これ」と説明している。これは生徒1が、シートベルトをすることで車とマネキンが一体化するため、慣性の力がはたらかなくなったと解釈しているからである。慣性のはたらきは、モノと独立した内側にのみ、はたらくものと捉えているのである。こうした生徒1の意見について、生徒2は納得し、「ほんまや」と同意をしている。

ただし生徒2は、完全に同意した様子ではなく、「こっちにはたらくんちゃうんじゃない」と疑問を投げかけたり、自身の筆箱とペンを使って、繰り返し、衝突したときに力がどのようにはたらくのか試行している。しかし最終的には、生徒1の考えを受け入れ、慣性のはたらきを無視することになった。

上記のように、十分に慣性に関する概念を理解していない生徒同士の検討は、誤解した考えが修正されないままになってしまうことがある。もちろん生徒の誤った知識を自覚させるために、教師の介入があることが望ましいが、机間巡視をしていれば適切なタイミングで介入できないことも多い。そのため生徒に、曖昧にしか理解していない部分を自覚させる工夫が必要である。たとえば年下を教授対象として想定して、説明を考えることである。GUNEL et al. (2009)は、生徒に教授対象を想定させて、その相手に教えるための文を書かせる実験を行ない、記述の質と知識の習得に教授対象が影響することが明らかになっている。この実験では、生徒に考えを自由に文で表現してもよいという指示をしたうえで、教授対象として、それぞれ、教師、保護者、十分に理解していない同級

#### 抜粋 2 曖昧な理解にとどまる生徒同士の説明例

S 1 :	力受けるのは車だけやん。いえ、シートベルトなしとしたら、やからこう車だけがバンと弾かれて、こう、こうなっちゃうねん。 (生徒 2 に対して、筆箱を車に、ペンを人に見立てて説明する)
S 2 :	ほんまや。シートベルトしてるかしてないかで変わるな。
S 1 :	シートベルトしてたら、このまま進んで、こう、あのこういきたいとこやねんけど。(慣性の法則に沿うはずというジェスチャー)
S 1 :	あのシートベルト自体が車とひっついてるから、なんか、これ
S 2 :	こっちに働くんちゃうんじゃないん？(生徒 2 は筆箱とペンを利用して、衝突する現象を何度も試す)
S 1 :	こう行く？
S 2 :	いや、ちが、いや、ちょ、か。固定されたまま、こう、が、力が、マネキンのな。ここがこっち、こっち向きになる。いやさっきのがこうなるんとしたら、持っていかれるわけやろ？

生，年下を想定させた．この結果，教授対象として年下を想定させた生徒群は，教師を想定させた生徒群よりも有意に記述の質が高くなった（GUNEL et al. 2009）．したがって，生徒に曖昧にしか理解していない部分を自覚させる工夫として，教授対象として年下を想定させることが考えられる．

### 5.5. 修正版NSメソッドの提案

事例をもとに，正確な知識習得を阻害する要因として，1）問題文に含まれる情報量，2）曖昧な理解にとどまる生徒同士の説明，が抽出できた．この点について，課題文をシンプルにすること，生徒同士で説明し合っても修正されないため，教授対象を明確にイメージさせることという教授方略に修正することにした．

課題文をシンプルにすることで，生徒の誤解を減らすことができると考える．ただし，問題文がシンプルになるため，生徒が記述する内容が減ってしまうことが考えられる．詳しく検討することで，曖昧にしか理解していない部分を自覚し，その自覚をもとに教科書を読み直すことになることで知識習得が促されるという本研究の仮説と反することになる．その点に関して，具体的な教授対象を想定させるという工夫が有効である．FIORELLA and MAYER(2013)は，生徒自身が理解するために学習するよりも，人に教えるために学習する方が，正確に知識を習得することを明らかにした．そのとき生徒の目の前に実際の教授対象が居なかったにも関わらず，教える準備は知識の習得に有益であった．さらに，GUNEL et al. (2009)は，生徒に教授対象を想定させて，その相手に教えるための文を書かせる実験を行ない，記述の質と知識の習得に教授対象が与える影響を明らかにした．そこでFIORELLA and MAYER やGUNELの研究を参考に，目の前に居ない相手に説明する方式を取り入れることにした．

生徒が人に教える準備をするとき，目の前に教授対象が居なくても，正確に知識を習得することが示唆される．そこで修正を加えたNSメソッドは，利用する課題文をシンプルにし，また生徒には目の前に居ない

相手を想定させたいうで，説明を検討させるようにする．これを「修正版 NS メソッド」と呼称する．

## 5.6.まとめ

本章では，中学校の理科教育において，生徒の理解状態に基づいた教師の発問を加えた NS メソッドによって，知識を正確に習得することに一定の効果があることを明らかにした．そして NS メソッドにおいて，教師が十分に介入できない事例を対象として，知識習得が阻害される要因を検討した．その結果，以下の2つの要因が確認できた．

1) 日常経験が過度に含まれる課題文の場合には，本質的ではない部分に注意が向くこと

2) 曖昧な理解にとどまる生徒同士の説明だけでは，誤解が指摘されないため知識習得には至らないこと

そこで NS メソッドの修正として，課題文をシンプルにすること，そして説明する内容を分かっていない相手を想定させるといった工夫を加えることにした．

## 6章 修正版NSメソッドの評価

5章では、NSメソッドにおいて、課題文をシンプルにすることに加え、実際に教授対象が居なくても良いという可能性を示唆した。教授対象が居ない場合の人に教える活動の研究として、GUNEL et al. (2009)があげられる。GUNEL et al. では、教授対象として、年下、保護者、同級生を生徒に想定させても、知識習得に有意な差がなかったことが報告されている。つまり単に、年下を教授対象に設定するだけでは十分な成果が得られないということである。

本研究では、その要因として、生徒に自由に文で表現させたことに問題があったと考える。なぜなら、相手に分かりやすいように書くとき、詳しく書きすぎると分かりにくくなるため、簡素な表現をしてしまう可能性があるからである。そのため、実効性を高めるために、説明するときの条件をつけるような介入が必要である。ところが、GUNEL et al. (2009)は、説明するときのどのような条件を付与することが有益なのか提案していない。

そこで本章では、中学校の理科の内容を対象とし、知識の習得を目的として、生徒に説明の文章を書かせる際にどのような介入が有効か、その内容や提示の仕方について検討する。どのような教授対象を想定した生徒が正確に知識を習得するのかについて分析、考察する。

### 6.1. 説明を書くことによる知識の習得

生徒が文を書くとき、何を、どのように表現するかを考えることになるため、自分の理解の不足に気がついたり、これまで意識していないことを発見したりすることがある(小沢 2009)。本研究では、とくに「平易な表現」や「情報を補足する説明」を使って書くことにより、生徒が正確な知識を習得することに影響すると仮定した。

### 6.1.1. 平易な表現を使うことによる知識の習得

分かりやすい表現を使うことは、1つ1つの理科の用語に関する意味を考えることを促すので、知識の習得に寄与する。GUNEL et al. (2009)によれば、生徒がまだ概念を理解していない相手にも、分かってもらえるような表現に言いかえたことが、知識を習得することに影響したという。ここでいう「分かてもらえるような表現」とは、理科の用語のみで説明するのではなく、理科の用語と現象を結びつけた説明に置き換えたり、併記したりすることである。本研究では、こうした置き換えや併記を「平易な表現」と呼ぶ。たとえば、「光の屈折」という理科の用語で書いた場合、年下の相手は、当該単元を学習していないから分からない。分かてもらうためには、「光が透明なモノから別の透明なモノへ進むとき、そのさかい目で、光が折れ曲がることである。(ただし境界面に対して、垂直な場合には直進する.)」という平易な表現を使う必要がある。

教える内容について詳しい知識を持たない相手を教授対象として想定することで、平易な表現を使うことになる。岸(2007)によれば、説明者は、被説明者が必要とする情報を分かりやすく伝えようとするという。これを生徒が説明を検討することに置き換えて考えると、生徒が相手に教える文を書くとき、教える内容に関する知識を持たない相手を想定すれば、平易な表現におきかえて書くということである。

### 6.1.2. 情報を補足する説明をすることによる知識の習得

生徒が現象の起こる仕組みを説明するとき、情報を付け加えた文を書くことで、正確に知識を習得する可能性がある。なぜなら、付け加える情報は、その部分をより分かりやすくするために、かみ砕いたり、視点を変えたりして表現することになるため、曖昧にしか理解していない部分があれば、調べ直すことになるからである。この「現象が起こる仕組みについて説明した文に、詳細な情報を付け加えること」を本研究では、「情報を補足する説明」と呼ぶ。具体的には、具体例や図絵などを用い

て説明することを指す。

平易な表現と情報を補足する説明は、性質が異なる。前者は、十分に分かってない相手にも分かるように、理科の用語と現象を結びつけた説明に置き換えたり、併記したりすることである。後者は、すでに書いた部分をより分かりやすく表現するために、詳細な情報（具体例や図絵など）を補足するものである。

ところが、生徒が相手に教える文を書くとき、教える内容に関する知識を持たない相手を想定しても、情報を補足する説明をしない可能性がある。邑本(1998)によれば、生徒が要約した文を書くとき、情報を補足するような説明を書かなくなるという。それは、6年生ごろから、伝える相手にとって意味の重なる情報を省くようになるからである(有馬1985)。したがって、そうした情報を生徒に書かせるには、あえて書くように指示をしなければならない。一方で、生徒の書く文のすべてに、情報を補足する説明を付け加えると、課題の主旨とずれたことを書いてしまうことになるため、説明すべきことを見極める必要がある。そこで本研究では、「必要に応じて、説明に具体的な事例やたとえ、図絵を使うこと」という条件（以下、記述の条件）を設定した。

こうした記述の条件があるとき、情報を補足する説明を付け加えることに関して、教授対象として年下を想定させることが有効だと考える。伊藤・垣花(2016)によれば、統計分析の手法について教えるとき、教授対象が理解していないと想定しながら説明した学生は、数式やデータを示したうえで、その式やデータの意味を説明したり、それらの説明を繰り返したりする発話が増えたという。つまり、理解していない相手にも分かってもらうために、平易に表現するだけではなく、必要に応じて情報を補足しようとするのである。もちろん、教授対象が理解していないと想定することは、年下を意識しなくてもできる。しかし、年下の相手は、当該の範囲をまだ学習していないので、詳しい知識を持っていないことが容易に想定できる。したがって、教授対象として年下を想定すれば、説明すべき点を見極め、おのずと情報を補足する説明を書こうとする可能性が高い。

本研究では、生徒に記述の条件を教示して、詳しい知識を持たない相手に教えるための文を書かせた。なお生徒に想定させた教授対象は、①1年下の人、②同年の分かっていない人、③1年上の人、④自分自身である。生徒は、知識を持たない相手を想定しているため、平易な表現を使って文を書くことになる。また、記述の条件を教示しているため、教授対象のなかでも年下を想定した生徒は、他の人を想定した生徒よりも情報を補足する説明を使って書くことになる可能性がある。そして、平易に表現して、情報を補足する説明を書いた生徒は、そうではない生徒よりも正確に知識を習得すると考えた。したがって、本研究では、「生徒が教授対象として年下を想定すれば、情報を補足する説明をするようになり、さらに正確に知識を習得する」という仮説を立てた。そこで、(1)教授対象を想定させることで、平易な表現を使うのか、(2)情報を補足する説明を書いた生徒は、どの教授対象を想定した群に多いのか、(3)冗長性の高い文を書いた群は、書かなかった群よりも正確に知識を習得するのか、の3点に注目して、生徒の記述の質やテストを分析した結果について、報告する。ただし、これらの分析では、どのような要因が影響したのかは分からない。そこで、(1)(2)(3)が達成された生徒群に対して、インタビューを行い、その理由をもとに考察する。なお、生徒群の設定は、6.2.2.で説明する。

## 6.2. 研究の方法

本節では、本研究課題において対象とした実践の概要、採取したデータについて説明する。

### 6.2.1. 実践の概要

本研究の対象は、大阪府内の北河内地域の公立中学校1年生の理科「光の反射と屈折」の授業を受けた4クラスの生徒157名である。この単元は、11月から実践がはじまった。授業は、1名の教師が担当しており、

クラス間に，指導の方法や学習事項の差はない．この4クラスをそれぞれ生徒群とした．

授業の内容は，対象校が使用する啓林館の教科書の指導事項から大きく外れないように実施した．授業は，教科書に沿った座学や実験を行ったのち，最後の15分ほどを使って，その時間に学習した理科の知識や用語を利用して，現象の起こる仕組みについて説明する課題を与え，解答させるという流れで行なった．なお，生徒が課題に取り組むときは，曖昧にしか理解していない部分を調べ直せるように，適宜，教科書やノートを見ても良いことを伝えている．

### 6.2.2. 生徒群の詳細

本研究では，記述の条件を教示したとき，生徒が教授対象として年下を想定すれば，正確に知識を習得するという仮説を立てた．そこで，年下と年齢の近い相手を教授対象として設定した．それは，①1年下の人，②同年の分かっていない人，③1年上の人，④自分自身である．そして生徒群ごとに，①から④の教授対象を想定させた．

生徒群1には，生徒よりも1年下の人に向けて，現象の起こる理由を書くよう指示した．具体的には，小学校6年生の児童が読んで，分かってもらえるように書くことを求めた．1年下の相手は，当該の理科の学習をしていないため，全く知識を持っていない．

生徒群2には，生徒と同年のまだ十分に分かっていない生徒に向けて，現象の起こる理由を書くよう指示した．同年の生徒ではあるが，十分に理解していない生徒と説明した．具体的には，分からない部分がある人が読んで，分かってもらえるように書くことを求めた．まだ十分に分かっていない同年の相手は，理解していないものの当該の学習をしているため，一定の知識を持つ相手である．

生徒群3には，生徒よりも1年上の人に向けて，現象の起こる理由を書くよう指示した．具体的には，中学校2年生の生徒が読んで，分かってもらえるように書くことを求めた．1年上の相手は，すでに当該の学

習を終えているが、教師ほど専門的な知識は持たない。

生徒群4は、自分自身が、あとで見直したときに、現象の起こる仕組みが分かるように書くよう指示した。自分自身に向けて説明する場合は、生徒がイメージする自己像によって、知識の水準が一意的に定まらない。

なお、調査が終わったあとは、すべての生徒群に対して、もっとも有効であった教示をしている。また、生徒の知識習得の差をなくすために模範解答を配布したうえで復習をしている。これらの対応をすることで、生徒の学習の機会が失われないようにデザインした。

### 6.2.3. 生徒群の等質性

本研究では、記述の条件を教示して、教授対象を想定させた生徒群間の知識の習得の差を明らかにする。そのためには、前提として、生徒群間の知識の習得状況が等質である必要がある。

生徒群間の知識の習得状況の等質性を検証するために、12月初旬に実施した定期考査の科学的思考に関する問題の偏差値を比較する。この定期考査は、後述する6.3の介入をした調査データを採取する以前に行ったものである。定期考査の科学的思考を問う問題は、解答を書き、その理由を説明するものである。出題の割合は、「身の回りの物質」から20点分、「光の反射と屈折」からは8点分が出題されており、ほとんどが他単元の設問である。しかし、理科の用語を覚えてだけでは、得点が得られない問題であるため、生徒群間の能力の検証に適していると考えた。なお、事前と事後で同じテストを実施しなかったのは、そのテストを実施することで、生徒が理解できていない部分を認知し、その後の記述の質やテストの得点に影響する可能性があったためである。

生徒群間の定期考査の科学的思考に関する問題の偏差値の差を分析するために、Leveneの等分散の検定をした。その結果、有意確立は.564であり、等分散性が仮定できるため、一元配置分散分析が可能である（表6.6）。なお、偏差値に変換する前の定期考査における科学的知識の得点の分散においても同様に、等分散である（ $p=.564$  , n. s.）。したがって、

偏差値に換算しても等分散性は変わらなかった。

一元配置分散分析をした結果，4つの生徒群間において，有意な差はなかった ( $F(3, 127)=1.52, n. s.$ )。つまり，教授対象を想定させる前の生徒群間の知識の習得状況は，等質であったと言える。

#### 6.2.4 記述する課題および質の評価

12月末において，生徒に記述の条件を示したうえで，教授対象を想定させて，課題を解答させた。教授対象を想定させる指示は異なるが，与えた課題文は同じものである。具体的には，「(1)凸レンズを使うと，なぜ像をつくることができるのか」，「(2)課題は，どの程度努力して記述したか。とても努力できた，から，努力できなかった，の4段階の自己評価」である。

生徒の解答は，平易な表現を使っているか，情報を補足する説明を使っているか，の2つの評価基準をもとに評価する。評価基準は，著者が平易な表現，情報を補足する説明を評価できるように作成した。

平易な表現を評価する基準は，「課題として提示された現象について，部分的に，理科の用語と現象を結びつけた説明に置き換えるもしくは併記している」である。また情報を補足する説明を評価する基準は，「課題で提示された現象を説明するために，現象が起こる仕組みに関する詳細な情報（具体例や図絵など）を付け加えて説明をしている」である。この2つの基準を合わせたものが，表6.1の基準である。なお，表6.1の基準には，誤答や分かりにくい表現に関する評価項目は含まれていない。それは，本研究では，生徒の文の書き方に着目した研究であるため，部分的に誤った説明や分かりにくい表現であっても，1つ1つの理科の用語の具体的な説明を調べることで，知識習得が促されると考えたからである。また，本研究の場合は，生徒が課題に取り組むときに，適宜，教科書やノートを参照するように指示している。そのため，現象の説明について，理科的にみて表現に問題があっても，意味を間違えているものはいないと考えたからである。ただし，課題について，回答せずに，他の

表 6.1 記述内容の評価基準

		平易な表現	
		使用 A	未使用 a
情報を補足する説明	B	【A B】 課題として提示された現象について、部分的に、理科の用語と現象を結びつけた説明に置き換えるもしくは併記しているものであり、その書いたことに対して、詳細な情報（具体例や図絵など）を付け加えて説明をしている。	【a B】 現象が起こる仕組みに関する詳細な情報（具体例や図絵など）を付け加えて説明をしているが、ほとんど理科の用語のみで説明している。
	b	【A b】 課題として提示された現象について、部分的に、理科の用語と現象を結びつけた説明に置き換えるもしくは併記しているが、詳細な情報（具体例や図絵など）を付け加えていない。	【a b】 課題として提示された現象について、ほとんど理科の用語のみで説明しており、詳細な情報（具体例や図絵など）を付け加えていない。

現象について説明している場合は、課題についての「平易な説明」、「情報を補足する説明」を使っていないと判断した。

採点は、著者および教師が2つの評価基準について、それぞれ二段階評定で採点した。著者および教師の評定の一致度は  $\kappa = .72$  であり、実質的に一致しているという  $\kappa$  係数が確認された。また、一致しなかった部分に関しては、記述内容を確認し、著者および教師が相談して採点した。

なお、生徒の解答は、どちらも達成できている場合（A B）、どちらか一方のみ達成できている場合（A b もしくは a B）、どちらも達成できていない場合（a b）の4つのパターンがある。図 6-1-1、図 6-1-2、図 6-1-3 は、生徒が解答した典型的な例である。

凸レンズ... ( ) ← まん中が膨らんだ「レンズ」のことで虫めがねや老眼眼鏡のこと!! 凸レンズを通して見ると、物体が大きく見えたり、小さく見えたりする (もの)

図1

図1のまうに、凸レンズの真正面から太陽の光などの平行な光を当てると光は屈折し境界の面で光が曲がること)して1点に集まる(焦点)凸レンズの中心から焦点までの距離を焦点距離という。

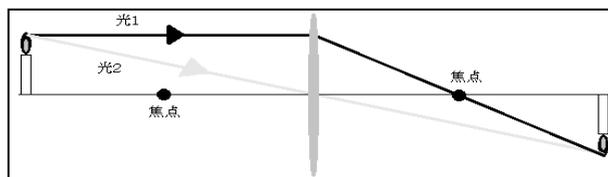
上下、左右がともに逆向きの像のことを実像。大きな像が同じ向きに見える像を虚像という (像と)

B : 説明について、詳細な情報として、具体例、図絵を入れている。

A : 像ができる仕組みについて、理科の用語だけではなく、理科の用語と現象を結びつけた説明を書いている。

例 : 実像についての説明

図のように、中央が膨らんだレンズ(凸レンズ)の上部をとおる光1は、レンズが曲がっているため空気の境目で折れ曲がる(屈折)。また、凸レンズにまっすぐはいる光2は、直進する。これら2つの光が1点に集まって、実像ができる。



このとき、□で囲んだ部分が平易な説明(A)にあたり、図で説明している部分が情報の補足(B)にあたる。

図 6-1-1 典型的な説明例の部分的な抜粋(1)

Case 2 平易な表現でかつ冗長ではない説明 A b

凸レンズの真正面から、太陽の光などの平行な光を当てるとは、屈折して1点に集まる。この点を凸レンズの焦点といふ。凸レンズの中心から焦点までの距離を焦点距離という。焦点は凸レンズの両側にあり、焦点距離は同じです。また凸レンズの

b : 具体例や図絵といった詳細な情報が書かれていない。

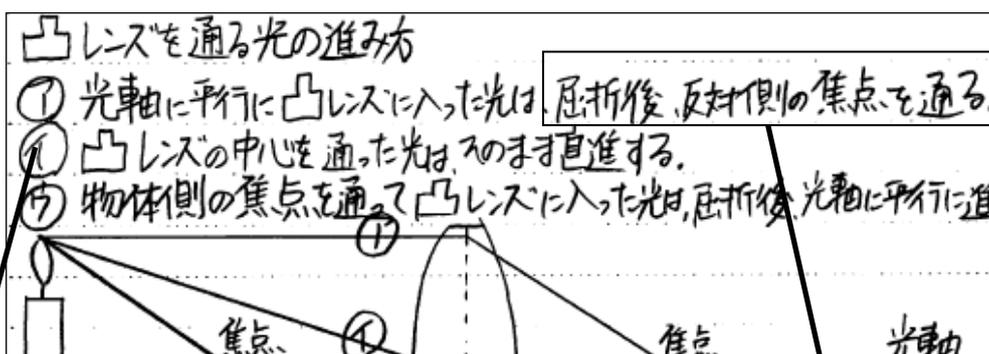
A : 焦点について、現象と結びつけた説明を書いている。

例：実像についての説明

中央が膨らんだレンズ（凸レンズ）の上部をとおる光は、レンズが曲がっているため空気の境目で折れ曲がる（屈折）。また、凸レンズにまっすぐはいる光は、直進する。これら2つの光が1点に集まって、実像ができる。

図 6-1-2 典型的な説明例の部分的な抜粋（2）

Case 3 平易ではない表現でかつ情報を補足する説明 a B



B : ア, イ, ウの説明について図絵を入れている。

a : 焦点について、理科の用語のみで書いている。

例 : 実像についての説明

図 (Case1 の例に挿入した図) のように、凸レンズの上部を通った光が屈折する。また、凸レンズにまっすぐに入った光は、直進する。光が 1 点に集まって、実像ができる。

図 6-1-3 典型的な説明例の部分的な抜粋 (3)

### 6.2.5 テスト

教授対象を想定させたあとの生徒の知識の習得状況を検証するために、1 月のはじめの授業においてテストを行った。このテストは、12 月末に生徒に解答させた課題の範囲から出題した。なお、このテストは、すべての生徒に伝えずに、未告知の状態で開催した。問題は、意味を記述させるものである。具体的には、以下の 5 つの問題である。なお問題は、2 つの要素が含まれているため、各 2 点で採点した。このテストの最大得点は 10 点である。なお ( ) 内は、生徒には示していない評価の要素である。

1. 凸レンズの特徴と凸レンズの仕組みを利用しているものを答えなさい。(凸レンズの特徴, 凸レンズの仕組みを利用するもの)
2. 凸レンズの厚みを細いものから、太いものに変えたとき、どのような変化が起こるかを答えなさい。(レンズの厚みが細いときの状態, レンズの厚みが太いときの状態)

3. レンズを通してできる「実像」の意味や特徴を答えなさい。(実像の意味, 実像の特徴)
4. レンズを通してできる「虚像」の意味や特徴を答えなさい。(虚像の意味, 虚像の特徴)
5. 凸レンズからスクリーンまでの光がどのように進むかを作図しなさい。(光源からレンズまでの作図, レンズからスクリーンまでの作図)

### 6.3. 分析結果と考察

本研究では,すべてのデータを提出した生徒 129 名(1 年下の人:30 名, 同年の人:30 名, 1 年上の人:34 名, 自分自身:35 名)を分析の対象者とした。これらの生徒の記述に関して,平易な表現および情報を補足する説明の観点で評価した。

以下では,平易な表現および情報を補足する説明を使った生徒数の割合の差,生徒群ごとの知識の習得の差について,報告する。なお,6.3.2.理科の知識の習得の分析では,定期考査における科学的思考の得点,テストの得点の偏差値を利用する。これは,前者が 28 点満点であり,後者が 10 点満点だからである。そのため,標準化した得点として偏差値を用いた。なお,本研究では,定期考査における科学的思考の得点とテストの得点を直接比較するものではない。

#### 6.3.1. 平易な表現・情報を補足する説明を使った割合の分析

まず,教授対象を想定して,その相手に教える文を書いた生徒の使った表現の割合を報告する。

表 6.2.1 は,生徒群ごとに,平易な表現および情報を補足する説明を使った生徒の人数を表している。たとえば,生徒群 1 において,平易な表現を使ったのは 28 名であり,使わなかったのは 2 名だったことが分かる。

### 平易な表現の利用

まず，平易な表現を使った生徒の人数の差について調査した．生徒群ごとに，平易な表現を使って解答した生徒の割合を二項検定により比較した(表 6.2.1)．

表 6.2.1 平易な表現の利用者の数

生徒群	平易な表現 (人)		二項検定
	使用 A	未使用 a	
1 年下の想定	28	2	**
2 同級の想定	22	10	*
3 上級の想定	23	10	*
4 自分の想定	19	16	n. s.
合計	92	38	

n. s. : 非有意, \*:  $p < .05$ , \*\*:  $p < .01$

その結果，平易な表現を使って課題に解答した生徒の数は，生徒群 1 は 1 % 水準，生徒群 2 および生徒群 3 は 5 % 水準で，有意に多いことが明らかになった．

ところが，生徒群 4 は，平易な表現を使って課題に解答した生徒とそうではない生徒の人数に，有意な差はなかった．つまり，教授対象として，自分ではない他者を想定することで，平易な表現を使って，課題に解答する人数が多くなることが示唆される．一方で，生徒自身に向けて説明を考えると，すでに分かりきっている理科の用語の定義を書かなかったため，平易な表現にならなかったと考えられる．

### 情報を補足する説明の利用

つぎに，情報を補足する説明を使った生徒の人数の差について調査した．生徒群ごとに，情報を補足する説明を使って解答した生徒の割合を二項検定で比較した(表 6.2.2)．

その結果，生徒群 1 は，情報を補足する説明を利用した生徒数が，利

用しなかった生徒数よりも 1%水準において、有意に多かった。ところが、生徒群 2 および生徒群 4 は、情報を補足する説明を利用しなかった生徒数の方が、5%水準において有意に多かった。一方で、生徒群 3 は有意な差はなかった。

表 6.2.2 情報を補足する説明の利用

情報を補足する説明 (人)			
生徒群	使用 B	未使用 b	二項検定
1 1年下の想定	25	5	**
2 同級の想定	8	24	**
3 1年上の想定	15	18	n. s.
4 自分の想定	9	26	**
合計	57	73	

n. s.: 非有意, \*:  $p < .05$ , \*\*:  $p < .01$

6.3.1 節の結果から、教授対象として 1 年下の相手、同年の相手、1 年上の相手といった他者を想定することで、課題を解答するときに、平易な表現を使う生徒が多くなることが明らかになった。ところが、教授対象として自分自身を想定した場合は、平易な表現を使わなかった。さらに、教授対象として 1 年下の相手を想定することで、課題を解答するときに、情報を補足する説明を使う生徒が、他の生徒群よりも多いことが明らかになった。

そこで生徒群ごとに、平易な表現と情報を補足する説明を合わせて書いた人数の相違を分析する。なお、本研究では、a B などのデータの度数に小さい値が含まれること、生徒群ごとの書き方という一変量のデータを対象としていることから、イエーツの連続性の補正 ( $\chi^2$  (Yates の補正)) を行ない、ライアンの方法を用いて分析した(表 6.3)。表 6.3 の A B の書き方をした度数は、54 であり、これは平易な表現、情報を補足する説明を使った人数を表している。さらに表 6.3 には、テストの偏差値

表 6.3 生徒群ごとの書き方の相違とテストの偏差値

書き方	生徒群 1		生徒群 2		生徒群 3		生徒群 4		度数合計	$\chi^2$ (Yates の補正)
	人数	偏差値	人数	偏差値	人数	偏差値	人数	偏差値		
A B 度数	25	57.64	8	54.39	12	50.98	9	55.78	54	**
A b 度数	3	53.92	14	53.92	11	45.64	10	44.62	38	**
a B 度数	0	—	0	—	3	49.58	0	—	3	**
a b 度数	2	49.27	10	48.96	7	46.75	16	42.76	35	**
人数の合計	30		32		33		35		130	

\*\* :  $p < .01$

を併記している．たとえば，生徒群 1 のなかで，A B の書き方をした生徒の偏差値は 57.64 である．なお平易な表現を使わずに，情報を補足する説明を使った生徒は，1 年上の人を教授対象とした群に 3 名のみで，他の生徒群にはいなかった．そのため，a B を合わせて書いた人数以外において，有意な差がみられた．これは，通常，繰り返し説明をするときには，相手により詳しく伝えるために，平易な表現を用いるが，1 年上の相手に教えるときには，相手にとっては既習内容であるため，繰り返しの説明においても理科の用語をもとに説明を加えたからだと考えられる．以下では，a B を合わせて書いた割合の差を説明する．

A B の書き方をした生徒の人数は，1 % 水準で有意な差があった ( $\chi^2$  (Yates の補正) = 26.76,  $p < .01$ )．そこで，どの生徒群間に差があったのかを明らかにするために，ライアンの多重比較をした．その結果，生徒群 1 は，その他の生徒群よりも 1 % 水準で多かった．さらに，生徒群 2 は，生徒群 4 より 10% 水準で有意傾向が見られた．

つぎに，A b の書き方をした生徒の人数は，1 % 水準で有意な差があった ( $\chi^2$  (Yates の補正)=38.60,  $p<.01$ )。ライアンの多重比較の結果，生徒群生徒群 2 と生徒群 3 は，生徒群 1 よりも 10% 水準で多くなる有意傾向が見られた。

つぎに，a B の書き方をした生徒の人数は，1 % 水準で有意な差があった ( $\chi^2$  (Yates の補正)= 90.52,  $p<.01$ )。ライアンの多重比較の結果，生徒群 3 は，他の生徒よりも 5 % 水準で有意に多かった。

最後に，a b の書き方をした生徒の人数は，1 % 水準で有意な差があった ( $\chi^2$  (Yates の補正)= 43.80,  $p<.01$ )。ライアンの多重比較の結果，生徒群 1 は生徒群 3 よりも 10% 水準で少なくなる有意傾向が見られた。さらに，生徒群 1 は生徒群 4 よりも 5 % 水準で有意に少なかった。

これらの結果から，生徒が教授対象として年下を想定すれば，平易な表現と情報を補足する説明を合わせた書き方をすることが示唆される。

### 6. 3. 2. 理科の知識の習得の分析

つぎに，教授対象を想定して教える文を書いた生徒の知識の習得を報告する。6.3.1 節で示したように，教授対象を想定させる前に実施した定期考査において，生徒群間の偏差値に有意な差はなかった。しかし，生徒群 1 と生徒群 4 間には，6 ポイントの差があったため，本来の生徒の能力を共変量として取り除いて，生徒群を独立変数，テストの偏差値を従属変数とした共分散分析で検討する。

#### 平易な表現による知識の習得の比較

平易な表現を使った生徒と使わなかった生徒のテストの偏差値について，生徒の本来の能力を除いた推定平均値と比較したところ ( $F(1, 124)=8.73, p=0.00, \eta^2=.045$ ) で，有意に差があった (表 6.4)。ただし，効果量は，小から中程度の大きさであった。その後，ボンフェローニの比較で，平易な表現を使った生徒は，使わなかった生徒よりも偏差値が 1 % 水準で有意に高いことが明らかになった。したがって，平易に表現

するほど，テストの偏差値が高いことが示唆される．

表 6.5 書き方とテストの偏差値

書 き 方	N	定期考査における 科学的思考の偏差値		テストの 偏差値		共変量で推定された テストの偏差値	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
A B	54	52.66	9.32	55.37	8.19	53.97	1.07
A b	38	48.01	8.78	46.45	8.75	47.21	1.26
a B	3	52.41	10.72	49.58	17.28	48.30	4.46
a b	35	46.92	9.72	44.76	10.00	46.16	1.30
B	57	52.66	9.40	55.00	8.11	53.00	1.04
b	73	47.48	10.16	45.63	9.36	46.71	.91

#### 情報を補足する説明による知識の習得の比較

情報を補足する説明を使った生徒と使わなかった生徒のテストの偏差値について，生徒の本来の能力を除いた推定平均値と比較したところ ( $F(1,124)=24.54, p=0.00, \eta^2=.12$ ) で，有意に高く，効果量は，大程度の大きさであった (表 6.4)．その後，ボンフェローニの比較で，情報を補足する説明を使った生徒は，使わなかった生徒よりも 1% 水準で有意に偏差値が高いことが明らかになった．したがって，情報を補足する説明をするほど，テストの偏差値が高いことが示唆される．

さらに，平易な表現と情報を補足する説明のどちらも使った生徒群間の知識の習得を分析した (表 6.5)．共分散分析をした結果，書き方によって，知識習得に差があることが明らかになった ( $F(1,124)=8.79, p=0.00, \eta^2=.13$ )．効果量は，大程度である．どこに差があるのかを明らかにするために，ボンフェローニの比較を行った．その結果，A B の記述をした生徒は，情報を補足する説明をしなかった生徒 (Ab・ab) よりも 1% 水準で有意に偏差値が高かった．一方で，平易な表現はしなかったが情報を補足する説明した生徒 (a B) とは，偏差値に有意な差はなかった．

### 生徒群間の知識の習得の比較

テストの偏差値について、生徒の本来の能力を除いた推定平均値と比較したところ、 $F(1, 124) = 5.32$ ,  $p = 0.00$ ,  $\eta^2 = .080$  で、有意に高く、また効果量は中から大程度の大きさであった(表 6.6)。その後、ボンフェローニの比較で、生徒群 1 は、生徒群よりも 5% 水準で、生徒群 3 および 4 よりも 1% 水準で、有意に偏差値が高い結果が得られた。またその他の生徒群間に、有意な差は見られなかった。

これらをまとめると次のとおりである。人に教える説明を書くとき、記述の条件を教示したうえで、教授対象として、「1 年下の人に分かるように教えること」を指示した場合、その他の生徒群よりも、理科の知識や用語を正確に習得する。つまり本研究の条件下で実施すれば、年下の相手を想定させることで、知識の理解を促すことが示唆される。

以上のことから、1 年下の人に教えることを想定させる指示をすると、最も平易な表現や情報を補足する説明を含めた文を書くようになり、理科の知識の習得に寄与することが示唆される。そこで生徒群 1 に属する生徒に対して、説明するときどのようなことを意識していたかについてインタビューを行い、書き方や知識の習得の理由を考察する。

表 6.6 生徒群間のテストの偏差値

生徒群	N	定期考査における科学的思考の偏差値		テストの偏差値		共変量で推定されたテストの偏差値	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
1 1 年下の人	30	53.39	8.92	56.71	7.74	54.84	1.49
2 同年の人	32	50.20	10.35	48.81	11.37	49.04	1.42
3 1 年上の人	33	49.22	9.35	47.63	8.23	47.93	1.38
4 自分自身	35	47.69	10.74	46.64	10.22	47.74	1.36

### 6. 3. 3. 生徒群 1 を想定することによる影響の考察

生徒群 1 は，生徒よりも 1 年下の人に向けて，現象の起こる理由を書くよう指示した群である．この生徒群 1 の 12 名の生徒に，半構造化インタビューによって，記述の意図を確認した．この 12 名は，教授対象を想定するように指示をしたときの課題において，「とても努力できた」，「努力できた」と自己評価した生徒である．なお「」内は，主な生徒の発言であり，（ ）内は著者の補足，【 】内は生徒の動作である．

生徒群 1 の生徒が，課題の解答において，平易な表現や情報を補足する説明を使った理由は，理科の用語や現象に関する理科の知識を書いただけでは，1 年下の人に分かってもらえないからである．具体的には，「小学生に（分かるように）やって思って，これ（理科の用語）だけじゃあ，分からんって思って，まず光の進み方から勉強しなあかんから，光の進み方も書いた．」，「ここ【光の進み方の図絵，書かれた説明を指さす】が，分からへんかったら，ここ【凸レンズに光が入って屈折する現象を説明する図絵を指さす】が分からへんから．」と述べる．これは，教授対象である年下の方は，光の屈折と反射の単元を学習していないため，光がどのように屈折するのか，どのように像ができるのか，などといった前提となる現象が起こる理由の説明をする必要があったからである．

一方で，12 名のうち 11 名の生徒は，1 年下の人に教えることを指示されなければ，詳しく書かないという．その理由は，同年の人や年上の人および自分自身は，理科の知識や用語について「習って知っているし」，「みんな分かる」からである．実際，その他の生徒群の記述には，光源から出た光が凸レンズで屈折する絵を書いただけのもの，理科の用語と意味のみが書かれたもの，が散見された．なお，残りの 1 名の生徒は，誰であっても詳しく説明するため，理科の用語だけでは説明しないと述べた．

理科の知識の習得をした理由は，現象を説明するために，1 つずつの理科の用語を教科書やノートをもとに，調べ直したからである．とくに生徒は，1 年下の人にも分かってもらえるように，教科書やノートを調

べ直したと言う。そして、分かってもらえるように、詳しく現象が起こる仕組みを書こうとした。実際に、生徒は、「(教科書やノートを見ないと)全部書かれへん。覚えているけど、あやふややから」、「細かい意味とか説明できない」と言う。しかし1年下の人に教えるためであれば、「大体分かっているから」、「図の中に言葉(理科の用語)を書く」とどまると述べる。したがって、生徒が1年下の人に向けた説明をしなければ、平易な表現や情報を補足する説明を省略するため、曖昧にしか理解していない部分を自覚できずに、用語の意味を調べ直すことにならないことが示唆される。

#### 6. 4. まとめ

本研究では、生徒に教授対象を想定させて、「凸レンズを使うと、なぜ像をつくることができるのか」を説明する課題に解答させた。具体的に、生徒が想定した教授対象は、①1年下の人、②同年の分かっていない人、③1年上の人、④自分自身である。また、生徒が課題に解答するときには、「必要に応じて、説明に具体的な事例やたとえ、図絵を使うこと」という記述の条件を教示した。この記述の指示は、情報を補足する説明をすることを期待したものである。

その結果として、以下のことが分かった。

- (1) 教授対象として、1年下の相手、同年の相手、1年上の相手を想定させることで、平易な表現を使った記述をする。
- (2) 教授対象として、1年下の相手を想定させることで、情報を補足する説明を使った記述をする。
- (3) 平易な表現、情報を補足する説明を使う人数の多かった1年下の相手を想定した生徒群は、他の群よりも正確に知識を習得する。

これらの結果から、記述の条件を教示して、生徒が教授対象として1年下を想定すれば、他の対象を想定するよりも知識を正確に習得することに効果が見られた。また、インタビューから、生徒は教授対象として、

1年下の相手に向けた説明をしないときは、説明を省略するため、十分に説明を書かない可能性があることが分かった。つまり、生徒に教授対象を想定させないで、「理科の用語をわかりやすい表現に置き換えて説明する」という指示のみでは、十分に説明を書かないことが考えられる。

## 7章 修正版NSメソッドの効果をもつめる支援の分析

6章では、修正版NSメソッドにおいて、「必要に応じて、説明に具体的な事例やたとえ、図絵を使う」という教示と、生徒に年下の相手を想定させたことで、生徒が記述する文章に「平易な表現」や「情報を補足する説明」が増え、そうした記述をした生徒の知識習得が促されたことを明らかにした。ただし生徒のなかには、それらの記述ができなかったため、知識習得が促せない者もいた。平易な表現や情報を補足する説明を含めないのは、人に教えることに取り組む生徒の意識が低い場合に起こる。詳しく教えなくても相手は分かってくれるだろうと考えた場合、生徒は平易な表現や情報を補足する説明をしなくなるだろう。また修正版NSメソッドという教授方略を使ううえでも効果をもつめるための支援を提案することは重要である。そのため次に、修正版NSメソッドの知識習得の効果をもつめるための支援の検討をする。

7章では、修正版NSメソッドの効果をもつめる支援を検討する。具体的には、修正版NSメソッドにおける生徒の取り組む姿勢や学習に対する考え方が、1) 学習に対する自己評価に与える影響、2) 知識習得に与える影響を分析する。これらの点が明らかになることによって、取り組む際のより良い意識が明らかになる。

### 7.1. 学習に取り組む意識

本章では、大別して2つの調査を行う。1つ目の調査は、修正版NSメソッドに取り組む生徒の意識を同定することである。そしてその意識が生徒の学習に対する自己評価に与える影響を分析する。2つ目の調査は、修正版NSメソッドに取り組む生徒の意識および理科学習に対する考え方が知識習得に与える影響を分析する。

学習に取り組む生徒の意識は、知識理解や興味・関心といった学習に対する自己評価に影響する(南・大浦 2015, 小山・溝上 2017)。たとえば人に教える活動に取り組む生徒の意識として、「理科の知識と身の回り

で起こる現象とを関連づける」ということが想定できる。これを意識して取り組む生徒は、知識習得だけではなく、科学的思考や興味・関心といった学習に対する自己評価が高まる可能性がある。また、こうした学習に対する自己評価は、生徒の学習状況を把握するためにも重要である。

また知識習得に与える影響を考えると、活動に取り組む生徒の意識だけではなく、理科学習に対する考え方が影響することも考えられる。篠ヶ谷（2008）によれば、先行学習として教科書を読ませるとき、学習内容を他の情報と結びつけて理解しようとする意味理解志向学習観の生徒は、知識習得の効果が高いという。つまり理科学習に対する考え方も知識習得に影響していると言える。

そこで修正版NSメソッドにおける知識習得の効果を高める支援の検討として、取り組む生徒の意識、学習に対する考え方の点から、知識習得に与える影響を分析する。

## 7.2. 取り組む生徒の意識の分析

本節では、修正版NSメソッドに取り組む生徒の意識を同定する。生徒がどのような取り組み方をしているのかを明らかにしなければ、それに対する知識習得の影響を見ることができない。

以下の項では、取り組み方が学習に対する自己評価に与える影響を明らかにするための実践の概要、採取したデータについて述べる。

### 7.2.1. 取り組み方と自己評価の調査

本調査の対象者は、大阪府内の公立中学校2年生の理科の授業を受けた生徒である。理科の授業は、対象校が使用する教科書の指導事項から大きく外れないように実施された。対象校では、修正版NSメソッドによる実践を生徒が1年生のときから続けている。そのため、生徒は、修正版NSメソッドの取り組みに十分に慣れており、また生徒なりの取り組みに対する意識が芽生えていると考える。そのため調査対象者として、適

している。

調査時期は、電流の性質「静電気と電流」の単元がはじまった2018年1月中旬である。対象とした時期において、生徒が取り組んだ課題は、「2つのストローとティッシュをこすり、静電気を発生させた。ストローとティッシュを近づけたとき、ストロー同士を近づけたとき、どのようになるか、小学生にも理由が分かるように説明しなさい。」などである。

### 7.2.2. 調査データ

#### 取り組む生徒の意識に関する調査

修正版NSメソッドに取り組む生徒の意識の構成要因を明らかにするために、質問紙調査を行う。質問紙は、単元のはじまる前の1月初旬に実施した。

修正版NSメソッドにおいて、生徒は学習内容を振り返りながら、相手に分かってもらえるように、説明すべきことを見極めて、説明文を書く。そこで、取り組む生徒の意識の構成要因を抽出するために、教師と議論して、学習内容の振り返りに関する項目（1-1から1-10）、書き方に関する項目（2-1から2-10）を設定した（表7.1）。それぞれ5件法（とてもそう思う～まったくそう思わない）で回答させ、1から5を5段階で得点化する。

表 7.1 生徒の意識の構成要因を明らかにする調査項目

設問	質 問
振り返り	1-1 人に教えることで、その日に勉強したことの振り返る。
	1-2 人に教えることで、少し前に、勉強した内容の振り返る。
	1-3 人に教えることで、1つ1つの理科の言葉の関連が分かるようになる。
	1-4 人に教えることで、その日の勉強した内容を自分なりにまとめる。
	1-5 人に教えることで、理科の言葉を覚えることができる。
	1-6 人に教えることで、自分が分かっていない部分に気づくことができる。
	1-7 人に教えることで、自分が分かっていない部分を解決することができる。
	1-8 人に教えることで、身の回りで起こる現象との関連が分かるようになる。
	1-9 人に教えることで、自然現象が起こる理由を知ることができる。
	1-10 人に教えることで、その日に勉強したことを詳しく理解することができる。
書き方	2-1 人に教えるときには、他の関連することも含めて書くようにしている。
	2-2 人に教えるときには、年下の人が見ても分かってもらえるように、書き方を工夫する。
	2-3 人に教えるときには、あまり難しい言葉を使わないようにしている。
	2-4 人に教えるときには、用語だけではなく、意味も書くようにしている。
	2-5 人に教えるときには、できるだけ詳しく書くようにしている。
	2-6 人に教えるときには、図絵や表などを書くようにしている。
	2-7 人に教えるときには、説明だけではなく、たとえや言い換えといった補足の情報を書くようにしている。
	2-8 人に教えるときには、分からなかった部分は、調べ直して書くようにしている。
	2-9 人に教えるときには、うまく書けなかった部分は、教科書やノートで調べ直して、書くようにしている。
	2-10 人に教えるときには、うまく説明できなかった部分は、先生や友達に聞いて書くようにしている。

## 学習に対する自己評価に関する調査

学習に対する自己評価は，単元が終わったあとに，修正版NSメソッドをしたによって理科学習の4観点がどの程度，達成できたのか回答させた．質問項目数は，興味・関心：2問，知識理解：3問，科学的思考：4問，実験観察：2問である（表 7.2）．

質問項目の内容は，指導書の「静電気と電流」および教師の意見を参考に設定した．それぞれ5件法（とてもそう思う～まったくそう思わない）で回答させ，質問項目の1から5を5段階で得点化した．なお，「静電気と電流」の単元には，いくつかの目標がある．そのため質問項目は，4観点ごとに，それぞれ複数の設問を設定した．そして，4観点ごとに平均を算出することで，調査時期に実施した単元に関する学習に対する自己評価の得点が得られると考えた．

表 7.2 理科学習の 4 観点に対する自己評価

観点	質問項目	Mean	SD	Mean	SD
興味・ 関心	1. 静電気や放電現象のしくみについて、興味がわいた。	3.17	1.29	2.99	1.17
	2. 静電気や放電現象について、自分で調べたくなった。	2.81	1.19		
知識 理解	3. 静電気や放電現象を理解できた。	3.62	1.06	3.55	1.01
	4. 電子の性質を理解できた。	3.59	1.07		
	5. 陰極線の性質を理解できた。	3.44	1.15		
科学的 思考	6. ものを触るときに、静電気が起こらないように工夫を考えるようになった。	2.85	1.24	2.85	1.10
	7. 身の回りのなかで、静電気の仕組みを利用してものを考えるようになった。	2.76	1.25		
	8. 雷が落ちる理由を考えるようになった。	2.95	1.26		
	9. 電子の移動によって、なぜ電球が光るかを考えるようになった。	2.84	1.22		
観察 実験	10. ストローをティッシュでこする実験の操作がわかる。	3.96	1.03	3.55	1.00
	11. 回転羽根車入りクルックス管の実験の操作がわかる。	3.14	1.31		

生徒に配布した設問 1 から 11 の文頭には、「人に教えることで、」が書かれている。

### 7.3. 取り組み方と知識習得の分析

本調査では、すべての質問紙を、欠損値を含まずに回収できた 108 名を分析対象とした。なお、学期途中で転入してきた生徒は、分析対象か

ら除いた。

### 7.3.1. 取り組む生徒の意識の構成要因

修正版NSメソッドに取り組む生徒の意識の構成要因を明らかにするために、因子分析を行なう。

まず、表 7.1 の質問紙に対して、因子数を決めるために、主因子法による因子分析を行った。固有値 1 以上を基準として、4 因子解を採用した。つぎに、同項目に対して、因子数を 4 として、因子分析（主因子法、プロマックス回転）を行った。共通性が基準値以下の項目はなかったが、複数の因子に対して因子負荷量の高い 1 項目（1-10 その日に勉強したことを詳しく理解することができる。）を削除し、再び、因子分析（主因子法、プロマックス回転）を行った。

分析の結果、抽出された 4 因子を表 7.3 に示す。4 因子の累積寄与率は、58.23%である。

第 1 因子は、人に教えることで、「図絵や表などを書く」、また人に教えることで、「勉強した内容の振り返りになる」や「まとめることになる」、「理科の言葉を覚えることができる」、といった 6 つの質問項目が含まれる。そこで、「振り返り・まとめ」の意識に関する因子であると解釈した。

第 2 因子は、人に教える文を書くときに、「身の回りで起こる現象が分かるようになる」や「現象との関連」といった 5 つの質問項目が含まれる。そこで、「自然現象との関連」の意識に関する因子であると解釈した。

第 3 因子は、人に教えるときに、「たどえや言い換えといった補足の情報を書く」や「年下の人が見ても分かってもらえるように、書く」、さらに「用語だけではなく、意味も書く」といった 5 つの質問項目が含まれる。そこで、「書き方の工夫」の意識に関する因子であると解釈した。

第 4 因子は、人に教える文を書くときに、「上手く書けない部分は、調べ直して書く」や「できるだけ詳しく書く」などの 3 つの質問項目が含まれる。そこで、「調べ直し」の意識に関する因子であると解釈した。

表 7.3 生徒の取り組みに対する意識

質 問 項 目	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4
1-1 その日に勉強したことの振り返りになる。	.797	.095	.081	-.113
1-4 その日の勉強した内容を自分なりにまとめられる。	.737	-.028	.126	-.026
1-2 少し前に，勉強した内容の振り返りになる。	.724	.181	.062	-.082
2-6 図絵や表などを書くようにしている。	.654	-.334	.099	.240
1-5 理科の言葉を覚えることができる。	.638	.210	-.294	.287
1-3 1つ1つの理科の言葉の関連が分かるようになる。	.520	.307	.030	-.082
1-6 自分が分かっていない部分に気づくことができる。	.011	.783	.270	-.187
1-8 身の回りで起こる現象との関連が分かるようになる。	.035	.671	-.158	.347
1-7 自分が分かっていない部分を解決することができる。	.267	.644	-.037	-.023
1-9 自然現象が起こる理由を知ることができる。	-.133	.638	.067	.286
2-10 うまく説明できなかった部分は，先生や友だちに聞いて書くようにしている。	-.168	.388	.319	.346
2-7 説明だけではなく，たとえや言い換えといった補足の情報を書くようにしている。	-.036	-.007	.582	.311
2-3 あまり難しい言葉を使わないようにしている。	-.022	.231	.567	-.128
2-2 年下の人が見ても分かってもらえるように，書き方を工夫する。	.340	-.048	.563	.003
2-1 他の関連することも含めて書くようにしている。	.127	.147	.472	.137
2-4 用語だけではなく，意味も書くようにしている。	.119	-.195	.403	.389
2-9 うまく書けなかった部分は，教科書やノートで調べ直して，書くようにしている。	.048	.145	-.028	.669
2-8 分からなかった部分は，調べ直して書くようにしている。	-.094	.156	.080	.642
2-5 できるだけ詳しく書くようにしている。	.186	-.019	.229	.436

生徒に配布した設問 1-1 から 10 の文頭には，「人に教えることで，」，設問 2-1 から 10 の文頭には，「人に教えるときには，」が書かれている。

### 7.3.2. 学習に対する自己評価に与える影響

学習に対する自己評価の平均値は、興味・関心が 2.99, 知識理解が 3.55, 科学的思考が 2.85, 観察実験が 3.55 である。興味・関心, 科学的思考の平均値は、やや低い。一方で、知識理解, 観察実験の平均値は、高い水準ではないものの、対象とした実践によって、おおむね学習の目標が達成できたと感じていたと考える。

取り組む生徒の意識の構成要因が学習に対する自己評価に与える影響を分析するために、学習に対する自己評価の平均値を従属変数として、各因子の因子得点を独立変数とした重回帰分析を行なった(表 7.4)。なお、自由度調整済み決定係数は、.21 から .38 である。理科の授業において、学習に対する自己評価に影響することは、授業の導入場面では、生徒がどのように現象と出会うのか、展開場面では、生徒が現象をどのように観察, 実験するのか、などといった様々な要素が考えられる。本調査は、修正版 NS メソッドに限定したものであるが、学習に対する自己評価の 21% から 38% 程度が説明できているため、一定の有効性があると考える。以下では、重回帰分析の結果を報告する。

「振り返り・まとめ方」には、興味・関心, 知識理解, 観察実験の自己評価に影響することが示唆された。人に教える活動において、生徒が、

表 7.4 4 因子が学習に対する自己評価に与える影響

説明変数	興味・関心	知識理解	科学的思考	観察実験
	SE $\beta$	SE $\beta$	SE $\beta$	SE $\beta$
振り返り・まとめ	.230 <sup>+</sup>	.480 <sup>**</sup>	.035	.404 <sup>**</sup>
自然現象との関連	.418 <sup>**</sup>	.021	.402 <sup>**</sup>	.005
書き方の工夫	.060	.249 <sup>*</sup>	.110	.048
調べ直し	.111	.134	.065	.144
R <sup>2</sup>	.38	.21	.22	.23

\*\* : 1%, \* : 5%, + : 10%

振り返り・まとめ方を意識すれば，理科の用語の意味を正確に理解していなかった部分に気づくことになる．また，正確に理解できたことが，学習内容についての興味・関心につながったと考える．そのため，この因子が知識理解や観察実験，興味・関心の自己評価に影響を与えたと考える．一方で，科学的思考の自己評価には影響しなかった．

「自然現象との関連」には，興味・関心，科学的思考の自己評価に影響を及ぼすことが示唆された．修正版NSメソッドにおいて，生徒が，自然現象との関連を意識すれば，学習した理科の用語と身の回りで起こる現象との関連を見出すことになる．そのため，この因子が興味・関心や科学的思考の自己評価に影響を及ぼしたと考える．

「書き方の工夫」には，知識理解の自己評価に影響を与えることが示唆された．これは，理科の用語について，相手に分かってもらえるように説明をするために，用語について詳しく説明をすることで，理科の用語の意味を見直すことになったからだと考える．

一方で，「調べ直し」は，自己評価には影響しなかった．これは，生徒が曖昧にしか理解していない部分について，単に教科書やノートを参照するだけでは，自己評価に影響しないからだと考える．そのため，まとめることや自然現象との関連を明らかにするといった目的のために，調べ直さなければ，自己評価に影響しないことが示唆される．

#### 7.4. 理科の知識習得に与える影響

本節では，修正版NSメソッドに取り組む生徒の意識および学習に対する意識が知識習得に与える影響を明らかにする．

本調査の対象者は，大阪府内の公立中学校1年生の理科の授業を受けた生徒である．調査時期は，物質のエネルギー「力による現象」の単元がはじまった10月から12月にかけてである．

この期間に，学習観に関するデータ，取り組む生徒の意識に関するデータ，知識テストの3つのデータを集めた．学習観に関するデータ，取り組む生徒の意識に関するデータは，調査時期の最後にアンケートを実

施した。アンケートは、理科の成績には影響しないことを説明したうえで、生徒には素直に回答するように伝えて実施した。また知識テストは、成績に影響することを伝えたいので、調査期間内で進んだところを範囲として実施した。

#### 7.4.1. 取り組みに対する意識と学習観に関する調査

##### 質問紙調査について

修正版NSメソッドに取り組む生徒の意識および理科学習に関する考え方の質問紙調査について述べる。

まず取り組む生徒の意識は、表7.3の修正版NSメソッドに取り組む生徒の意識の構成要因を利用した。このアンケートは、取り組む意識として、振り返り・まとめに関する項目、自然現象との関連に関する項目、書き方の工夫に関する項目、調べ直しに関する項目という4観点が設定されており、19項目で構成されたものである。生徒にアンケートに回答させる際には、人に教える活動に取り組んでいるときに、どの程度意識しながら取り組んでいるのかについて、自由に回答してもらった。それぞれ5件法（とてもそう思う～まったくそう思わない）で回答させ、1から5を5段階で得点化した。

つぎに理科学習に関する考え方の調査には、鈴木（2013）のアンケートを利用した。このアンケートは、34項目からなり、意味理解志向に関する項目、義務的に関する項目、暗記再生志向に関する項目、学校依存的に関する項目、の4因子から構成されている。意味理解志向学習観は「学習内容を他の情報を結びつけて理解しようとする志向」であり、義務的学習観は「学習はしなければならないという志向」、暗記再生志向学習観は「答えの理由が分からなくても問題のやり方を覚えればよいという志向」、学校依存的学習観は「学校や教師によって学習が成立するという志向」である。生徒に学習観のアンケートを回答させる際には、「学習全般ではなく、理科の学習をするときの考え方」ということを十分に教示したうえで実施した。それぞれ5件法（まったくそう思わない～と

でもそう思う) で回答させ, 1 から 5 を 5 段階で得点化して, 因子ごとに平均を算出する.

### 知識テストについて

知識テストの問題は, 市販の問題集(小林(2019)など)を参考に, 1) 自然事象についての知識・理解, 2) 観察・実験の技能, 3) 科学的な思考・表現, の設問を作成した. 問題集のなかにどういった知識技能を問う設問なのか指定されているため, 知識テストにそのまま利用した.

具体的に, 知識・理解を問う設問は, 「物体に力を加えるとき, 力はたらく点を何というか.」という出題がされており, 理科の用語について短答式で解答するものである. 観察・実験の技能を問う設問は, 「手がかべを  $2N$  の力でおしている力を作用点分かるように図中に矢印を使って表しなさい.」という問題であり, 力の大きさや向きの作図をするものである. また科学的な思考・表現を問う設問は「体重計の上に片方の足だけで立つと, 体重計にはたらく力の大きさはどうなるか.」という出題されており, 観察や実験の結果をもとに考察し, 規則性を解答するものになっている.

知識テストは 50 分間実施し, それぞれ自然事象についての知識・理解に関する得点を 38 点, 観察・実験の技能に関する得点を 12 点, 科学的な思考・表現に関する得点を 50 点である. 採点は市販の問題集の解答をもとにつけた.

#### 7.4.2. 取り組みに対する意識および学習観が知識習得に与える影響

この調査では, すべての質問紙に対して欠損値を含まずに回答した 107 名を分析対象とした(表 7.4).

生徒全体の学習観の傾向として, 暗記再生志向学習観は 2.77 ポイントであり, 学校依存的学習観は 2.95 ポイントであり, 他の学習観よりもやや低い傾向にある. この低さは特別なものではなく, 鈴木の研究においても同じようにこれらの学習観が低い傾向にある. また他の学習観の傾

向は、同程度のポイントである。取り組み方の項目は、平均が 3.48～3.76 ポイントの間であり、生徒全体としてはやや意識しながら取り組んでいたことが分かる。

学習観と取り組み方の相関から、生徒の特性が説明できていると考えられる。たとえば意味理解志向的学習観と取り組み方のすべての項目に関して、中程度の正の相関が認められる ( $.40 < r < .70$ )。意味理解志向学習観の生徒は、人に教える活動においても学習内容を他の情報を結びつけて理解しようとする傾向にある。一方で、暗記再生志向学習観には、振り返りまとめ ( $r = -.24$ ) に弱い負の相関が認められる。

以下の節では、学習観、取り組み方とテストの得点の関係を述べる。

表 7.4 知識テストの得点と意識の構成要因の関係

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 意味理解志向	-											
2 義務的	.21*	-										
3 暗記再生志向	-.08	.04	-									
4 学校依存的	.15	.16	.24*	-								
5 振り返り ・まとめ	.53**	.15	-.24*	-.17	-							
6 身の回りの現象	.54**	.14	-.11	-.19*	.76**	-						
7 書き方の工夫	.40**	.22*	-.07	-.06	.70**	.68**	-					
8 調べ直し	.46**	.10	-.02	-.02	.60**	.61**	.71**	-				
9 知識・理解	.23*	-.01	-.17	-.22*	.43**	.24*	.30**	.30**	-			
10 観察・実験	.20*	-.04	-.24*	-.22*	.39**	.33**	.38**	.42**	.81**	-		
11 科学的思考	.13	-.03	-.10	-.20*	.34**	.14	.28**	.24*	.80**	.69**	-	
12 テスト合計	.20*	-.02	-.19	-.23*	.42**	.26**	.35**	.35**	.95**	.90**	.91**	-
<i>Mean</i>	3.85	3.81	2.77	2.95	3.76	3.59	3.48	3.48	22.65	22.41	16.86	61.93
<i>SD</i>	.62	.83	.59	.75	.89	.84	.81	1.08	8.62	7.67	8.49	22.74

:n.s., \*: $p < .05$ , \*\*: $p < .01$

## 理科の学習観と知識テストの関係

意味理解志向学習観と知識テストの区分ごとの相関係数を求めたところ、知識理解 ( $r = .23$ )、観察実験 ( $r = .20$ ) にそれぞれ弱い正の相関が認められた ( $.20 < r < .40$ )。また意味理解志向学習観においても弱い正の相関が認められた ( $.20 < r < .40$ )。ただし科学的思考 ( $r = .13$ ) には、相関関係が認められなかった。意味理解志向学習観は、学習内容を他の情報と結びつけて理解しようとする志向であるため、知識理解や観察実験を問う問題の正答と関係しているが、観察や実験の結果をもとに考察する科学的思考との関係はほとんど認められなかったと考えられる。

つぎに義務的学習観と知識テストの区分ごとの相関係数は、すべてにほとんど相関関係が認められなかった ( $.00 < r < -.20$ )。義務的学習観は、学習はしなければならないという考え方であるが、身の回りで起こる現象を解釈する理科の知識習得には適さないことが示唆される。

また暗記再生志向学習観と知識テストの区分ごとの相関係数は、観察実験 ( $r = -.24$ ) に弱い負の相関が認められた。観察実験を問う問題は、力の向きや大きさを作図する設問であるため、暗記しているだけでは正答できなかったことが示唆される。

最後に、学校依存的学習観と知識テストの区分ごとの相関係数は、すべてに相関関係が認められなかった ( $.00 < r < -.20$ )。学校や教師に教えてもらうという考えであるため、家庭学習をしないため知識テストの得点との相関が認められなかったと考えられる。

## 取り組みに対する意識と知識テストの関係

振り返り・まとめを意識した取り組み方と知識テストの相関係数は、知識・理解 ( $r = .43$ ) に中程度の正の相関が認められた ( $.40 < r < .70$ )。また観察・実験 ( $r = .39$ )、科学的思考 ( $r = .34$ ) に弱い正の相関が認められた ( $.20 < r < .40$ )。振り返り・まとめの意識の高さと知識テストの得点の高さに関係があると言える。

つぎに身の回りの現象を意識した取り組み方と知識テストの相関係数

は、知識・理解 ( $r = .24$ ), 観察・実験 ( $r = .33$ ) に、弱い正の相関が認められた ( $.20 < r < .40$ )。ただし科学的思考とは、無相関であった。科学的思考の設問は、観察や実験の結果をもとに考察するものであり、身の回りの現象の解釈を問う出題はなかったため相関が認められなかったと考える。

書き方の工夫を意識した取り組み方と知識テストの相関係数は、すべての知識テストに正の弱い相関が認められた ( $.20 < r < .40$ )。野口、村上(2018)によれば、平易に説明することや情報を補足して説明することによって知識習得が促される要因になるという。本研究においても、書き方の工夫を意識することによって、知識テストの得点に影響することが確認できた。

最後に、調べ直しを意識しながら取り組むことと知識テストの区分ごとの相関係数は、観察・実験 ( $r = .42$ ) に中程度の正の相関が認められた ( $.40 < r < .70$ )。また知識・理解 ( $r = .30$ )、科学的思考 ( $r = .24$ ) に弱い正の相関が認められた ( $.20 < r < .40$ )。観察実験を問う問題は、力の向きや大きさを作図する設問であるため、家庭学習において復習がしにくい。授業において分からない部分があれば、調べ直すようにしなければ、十全に習得しにくいと考える。そのため調べ直しと観察・実験の設問に相関が認められたと考える。また知識・理解や科学的思考の設問にも同様のことが言え、調べ直すという取り組み方を意識していた生徒の知識テストの得点に影響したことが示唆される。

## 7.5. まとめ

本章の結果、「振り返り・まとめ方」を意識した取り組み方は、興味・関心、知識理解、知識理解、観察実験に、「自然現象との関連」を意識した取り組み方は、興味・関心、科学的思考に、「書き方の工夫」を意識した取り組み方は、知識理解に影響することが示唆された。つまり修正版NSメソッドにおいて、取り組む生徒の意識は、学習に対する自己評価に影響する。たとえば、修正版NSメソッドにおいて、生徒に「振り返

り・まとめ方」,「書き方の工夫」を意識させれば,学習に対する自己評価に影響することが示唆される.修正版NSメソッドにおいて,「必要に応じて,説明に具体的な事例やたとえ,図絵を使う」と教示したうえで,年下の相手を想定させていたが,それに加えて,修正版NSメソッドの効果を高める支援として,生徒の傾向から自然現象との関連を意識することをルール化すること,書いたことを振り返る時間をとること,を提案したい.

また知識習得に与える影響に関して,以下のことがわかった.

- (1) 意味理解志向学習観の高さと知識・理解,観察・実験の得点の高さには関係がある.また暗記志向学習観の高さと観察・実験の得点の低さ,学校依存志向学習観が高いことと知識・理解,観察・実験,科学的思考の得点の低さには関係がある.
- (2) 取り組み方について,振り返り・まとめ,書き方,調べ直しの意識の高さと知識・理解,観察・実験,科学的思考の得点の高さには関係がある.また身の回りの現象の意識の高さと知識・理解,観察・実験の得点の高さには関係がある.
- (3) 意味理解志向学習観の高さと取り組みの意識の高さには関係がある.

この結果から,修正版NSメソッドにおいて,生徒の特性が知識テストの得点に与える影響が明らかになったと考える.意味理解志向学習観の高さと取り組みの意識の高さに関係があるため,生徒の学習観を考慮せずに,取り組み方の意識のみを教示しても十分な成果が得られない可能性が示唆された.

## 8章 おわりに

ここまでに，中学校理科において知識を正確に習得するための教授方略を開発することを目的として，3つの研究課題の解決をしてきた．

研究課題1 NSメソッドの評価および修正

研究課題2 修正版NSメソッドの評価

研究課題3 修正版NSメソッドの効果を高める支援の分析

本章では，本研究の成果，課題，今後の展望を述べる．

### 8.1. 本研究の成果

本研究では，知識を正確に習得するための教授方略として，修正版NSメソッドの開発ができた．この教授方略のポイントは，生徒に1年下の相手を想定させたうえで，「必要に応じて，説明に具体的な事例やたとえ，図絵を使う」という教示をすることである．これは教授対象として，1年下の相手を想定させることで，情報を補足する説明を使った記述をするようになり，知識を正確に習得するからである．

さらに，その修正版NSメソッドの効果を高める支援として，実践をとおして知識を正確に習得した生徒が，どのようなことを意識しながら説明に取り組んだのか，また理科学習に対するどのような考えをしているのかを明らかにした．

本研究の価値は，授業内で実施できる教授方略を具体的に提案したこと，そしてその支援を提案できたことにある．修正版NSメソッドを実践に取り入れ，実践をする際に効果を高める支援を意識することで，生徒に知識を正確に習得させることができる．これまで理科を対象に，様々な教授方略の提案がされているが，それらの方法は，知識習得にとって十分な成果があるものの，限られた条件でしか実施できないため，すべての単元で実施できなかった．一方で，修正版NSメソッドの方法は，生徒に教授対象として年下の相手を想定させ，説明に図絵を用いることという教示したうえで，十分にそれらのことが意識させて，現象の起こ

る仕組みに説明を書かせるのみである。授業の終末の10分から15分程度で実施できるため、授業内に取り入れやすい。

さらに修正版NSメソッドに取り組む生徒は、説明文を産出する際に、4つのことを意識している。それは、「振り返り・まとめ」、「自然現象との関連」、「書き方の工夫」、「調べ直し」である。このなかの「振り返り・まとめ方」、「書き方の工夫」を意識しながら取り組む生徒は、知識を正確に習得した。そこで修正版NSメソッドにおいて、「必要に応じて、説明に具体的な事例やたとえ、図絵を使う」と教示したうえで、年下の相手を想定させたが、それに加えて、自然現象との関連を意識することをルール化したり、書いたことを振り返る時間をとったりすることで、より取り組む意識をはたらかせられる可能性がある。また、4つの意識が強いほど、知識テストの点数が高いことが明らかにすることができた。そこから教師は、4つの意識を生徒に持たせるための支援をすれば良いことが分かる。

以上の研究の成果を活かすために、以下の手順で授業内に教授方略を導入する方法が提案できる。

### < 準備 >

#### 1. 既習知識，本時に学習する知識を確認する

修正版NSメソッドでは、科学的な現象の仕組みを説明する課題文を設定する。このとき設定する課題は、本時までの知識を利用すれば解決できるものを設定しなければならない。そのため既習知識，本時にどのような知識を習得させるのかを整理する必要がある。

#### 2. 課題文，教師の発問を設定する

課題において生徒に書かせたい内容，事例として挙げさせたい事例を決める必要がある。これは生徒に記述させたい内容を想定することで、記述内容を決定づける教師の発問の準備ができるからである。

たとえば、3.3.において示した雷の仕組みについての説明する課

題であれば、「マイナスの電子がプラスに移動すること」、「溜まった静電気が一気に放電すること」を書かせたい場合、それらの記述を生徒にさせるために、「どうして雷は、雲から地球に向かって出ていくの?」といった発問を設定しておくということである。

### <実践>

#### 3. 取り組む意識を高める教示をする

修正版NSメソッドにおいて、生徒の取り組む意識の高さは、知識を正確に習得することに影響する。「振り返り・まとめ」、「自然現象との関連」、「書き方の工夫」、「調べ直し」という4つの取り組む意識を十分に持たせられるように、十分に教示をする必要がある。

そのための手立てが、年下の相手を想定した説明である。当該の範囲を学習していない相手にも分かるような説明文の産出をすることで、4つの取り組む意識が育まれると考える。

## 8.2. 研究の課題

本研究は、中学校理科における知識を正確に習得するための教授方略の開発し、その教授方略の教育効果を高めるための支援を提案した。ここからは本研究の課題として3つのことを述べる。

1つ目の課題は、本研究の調査が、物理領域のみである点である。調査協力校では、すべての単元において修正版NSメソッドによる授業を実施している。しかし調査データをとって、分析した領域が物理領域に偏ってしまった。物理領域の単元で、アンケート調査やテストを行なったが、これが他の単元においても同様のことが起こるのか明らかではない点に課題が残る。とくに物理領域では、生徒の身の回りで起こる現象に関する科学的な見方や考え方を学習するが、化学領域であれば目に見えない現象や身近ではない事例を扱うことがある。そうした物理領域以外の単元を対象とした分析ができていない。そのため引き続き、学習の範囲を変えた検証が期待される。

2つ目の課題は、修正版NSメソッドの方略を提案したが、具体的な実践事例やその際に必要な環境が提案できていない点である。理科であれば、仮説実験授業が多くの教師によって取り組まれている。その長年の蓄積によって、多くの授業書や指導上の留意点といった知見が共有されている（たとえば仮説実験授業研究会編 仮説実験授業研究のシリーズなど）。ところが、修正版NSメソッドに取り組む教師は、調査協力者の理科教諭1名である。そのため本研究の成果は、修正版NSメソッドの教授方略の影響もあるが、実践を行った教師の力量による影響が考えられる。たとえば教師は発問をするために机間巡視をするが、その際、どの生徒から声をかけるのか、また声をかけるタイミングを配慮している。吉崎（1997）によれば、授業内の机間巡視は学級全体の子どもの思考や理解状態の把握、つまりいてる子どもの個別指導の役割があるという。本研究では、教授方略および支援を提案したものの、研究には現れない教師の意思決定が成果として示せていない。教師の行動を示し、授業書のような形で蓄積することで、教授方略としての了解性を高められると考える。

3つ目の課題は、修正版NSメソッドにおいて必要な汎用的な技能に着目していない点にある。修正版NSメソッドでは、年下にも分かるように平易な表現を使うこと、事例や図絵などを使いながら情報を補足する。そのため取り組む生徒は、前提として、課題文を読み取り、そのうえで図絵を用いた説明文を産出するための技能が不可欠である。本研究では、調査協力者の教員による日々の授業実践のなかで、この技能を育んでいたと考える。こうした教育実践上の工夫を具体化し、教授方略を取り入れるうえでの留意点として示すことで、より修正版NSメソッドの実効性を高められると考える。修正版NSメソッドにおいて、どのような汎用的な技能が必要なのか、またそれを育むために授業内では、どのような工夫をすれば良いか明らかにする研究が必要である。

今後、上述の改善した研究を行う必要がある。

### 8.3. 展望

今後は、中学校理科に限定せずに、他教科、他校種において修正版NSメソッドによる教育実践を実践する必要がある。それは他の科目であっても、用語を覚えてしまうだけで、その用語に含まれる意味を習得していないことは起こるからである。そのため他の教科や校種において実践し、知識を正確に習得することに寄与するのか実効性を確認したい。たとえば国語科であれば、「動詞の活用形（未然形、連用形、終止形、連体形、假定形、命令形）とその用法」の学習がある。修正版NSメソッドの方略を利用することで、動詞の活用系に関する知識を正確に習得させることができると考える。実際に、富田・野口(2019)は、国語科の動詞の活用形の領域を対象に、修正版NSメソッドの実践を行い、生徒の活用形の理解が深まることが示唆されている。また同時に、中学校理科において実施できる教授方略として提案したが、教科や校種が変われば、方略を再検討する必要があると考える。まずは他教科の用語を学習する単元を対象とした考察を深めたい。こうした他の科目にも修正版NSメソッドを適用し、実効性を検証すること、また教科に合わせたさらなる改良を加えることを継続して研究する必要がある。

また生徒の特性に応じた知識習得に着目し、質的な研究アプローチで知識を正確に習得できたのかを評価する必要がある。本研究では、量的な研究アプローチで知識を正確に習得できたのかを評価した。授業を受けた生徒が用いた教授方略によって知識を正確に習得できたのかを評価するために重要な手続きであった。ところが生徒のなかには、平易な表現、情報を補足する説明をしていないにも関わらず、知識を正確に習得している生徒もいる。そうした生徒は、論述して考えるよりも、絵や式にして考えること得意とする可能性がある。そのため今後は、生徒の特性を考慮した知識習得の分析が必要だと考える。

これらの考察を加えていくことで、修正版NSメソッドの実効性を高めることができるだろう。

## 参考文献

- 安彦忠彦（編）（2008）「活用力」を育てる授業の考え方と実践．図書文化．
- 愛知物理サークル，岐阜物理サークル（2002）いきいき物理わくわく実験〈1〉，日本評論社．
- 合田哲雄（2008）「新学習指導要領における知識・技能の活用を図る学習活動の重視」，pp.10-16，安彦忠彦（編）『「活用力」を育てる授業の考え方と実践』，図書文化．
- 青木多寿子（1999）『理科の授業過程の理解』，pp.101-120，多鹿秀継（編）認知心理学からみた授業過程の理解．北大路書房
- 新井浩志，山本秀和，脇田和樹，伊藤晴雄（2015）学生にプレゼンテーションを課すことによる理解度向上の取り組み，工学教育，63（4）：4-9
- 有馬道久（1985）冗長情報の抑制に関する伝達技能の発達．教育心理学研究，33（2）：56-60
- 浅沼茂（編）「活用型」学習をどうすすめるか：表現力・思考力と知識活用能力をどう伸ばすか，教育開発研究所．
- 芦葉浪久（1989）科学概念の類型と概念構造，日本教育情報学会学会誌，4（4）：3-27
- BAKTIN, M. M (1986) Speech genres and other late essays 新谷敬三郎，伊藤一郎，佐々木寛 訳(1988)ことば対話テキスト，新時代社．
- CAREY, S (1991) Knowledge acquisition: enrichment or conceptual change?, 459-487, Susan Carey and Rochel Gelman, The epigenesis of mind: Essays on biology and cognition, Psychology Press.
- CHI, M. T. H. (2000) Self-Explaining Expository Texts: The Dual Processes of Generation Inferences and Repairing Mental Models. In R Glaser (Ed.), Advances in

- interactional psychology: Educational design and cognitive science. vol.5:161-238
- CLEMENT, J. (1982) Students' preconceptions in introductory mechanics, American Journal of Physics(50): 66-71.
- FIORELLA, L. and MAYER, R.E. (2013) The relative benefits of learning by teaching and teaching expectancy. The relative benefits of learning by teaching and teaching expectancy. Contemporary Educational Psychology, 38: 281-288
- 深谷達史 (2011) 学習内容の説明が文章表象とモニタリングに及ぼす影響, 心理学評論 54(2): 179-196
- 福田恒康, 遠西 昭寿(2015)粒子概念による物質の三態変化の指導:一経験と理論を統合するコンセプトマップの「ラベル展開」手法の提案一. 理科教育学研究, 56(2):203-211
- 学研教育出版 (2012) 中学理科用語をひとつひとつわかりやすく. 学研教育出版.
- GUNEL, M., HAND, B. and MCDERMOTT, M.A. (2009). Writing for different audiences: Effects on high-school students' conceptual understanding of biology. Learning and Instruction, 19:354-367.
- 長谷川正, エリザベス, E.N (2003) 留学生の基礎的な理科用語の理解度と学習支援方策. 留学生教育, 8: 141-152
- 邑本俊亮(1998)要約文章の多様性: 要約産出方略と要略文章の良さについての検討. 教育心理学研究, 40(2):93-103
- 比留間太白, 山本博樹 (2007) 説明の心理学—説明社会への理論・実践的アプローチ. ナカニシヤ出版.
- 堀哲夫(1998)問題解決能力を育てる理科授業のストラテジー: 素朴概念をふまえて. 明治図書.
- 細谷純 (1970) 「問題解決」, pp.207-236, 東洋 (編) 『講座 心理学 8 思考と言語』, 東京大学出版会.

- イーバルト ラルフ(2010)人間性を重視した外国語教育:ドイツ語学習者の全人格発達を促進する教育方法について,語学教育部ジャーナル 6 : 85-100
- 稲垣佳世子,波多野誼余夫(2005)子どもの概念発達と変化:素朴生物学をめぐって. 共立出版.
- 井上尚美,田近洵一,根本正義編著(1984)『国語科の評価研究』. 教育出版.
- 板倉聖宣(1974)仮説実験授業:〈ばねと力〉によるその具体化,仮説社.
- 伊藤貴昭(2009)学習介入としての言語化の効果:目標達成モデルの提案. 教育心理学研究, 57: 237-251
- 伊藤貴昭,垣花真一郎(2016)説明行為における聞き手の理解状況に対する推論と説明内容の関係. 読書科学, 58(1): 17-28
- 五嶋理,黒澤かな子,齋藤義彦,牛来拓二,阿部光男,千葉雅弘(2013)生徒が観察,実験に目的意識をもって取り組む理科授業:小学校との接続を意図した事象提示と働き掛けを通して.宮城県総合教育センター,長期研修成果一覧([http://www.educ.pref.miyagi.jp/longres/H25\\_S/s/rika-02.pdf](http://www.educ.pref.miyagi.jp/longres/H25_S/s/rika-02.pdf))(最終確認 2020年5月29日)
- 梶田叡一,甲斐睦朗(2009)「言語力」を育てる授業づくり 中学校. 図書文化.
- KAPUR, M(2008)Productive failure., Cognition and Instruction , 26: 379-424
- 仮説実験授業研究会(編)(2000)仮説実験授業研究9 第Ⅲ期 授業書〈落下運動の世界〉 人口伝承の謎・中世の貿易, 仮説社.
- 加藤尚裕(2007)空気の膨張に関する「考えの対立」を取り入れた事例研究:小学校第4学年「空気とかさ」の事例を通して,日本教科教育学会, 30(1): 19-28

岸学（2007）『産出と理解のプロセス』，比留間太白，山本博樹（編）  
説明の心理学：説明社会への理論・実践的アプローチ，ナカ  
ニシヤ出版．

国立教育政策研究所（2004）生きるための知識と技能<2>：OECD 生  
徒の学習到達度調査（PISA）2003 年調査国際結果報告書  
（OECD 生徒の学習到達度調査（PISA）-調査国際結果報告書-  
（2003 年）），ぎょうせい．

国立教育政策研究所（2012）「平成 24 年度 全国学力・学習状況調  
査 報 告 書 ・ 集 計 結 果 」 に つ い て ，  
<https://www.nier.go.jp/12chousakekkahoukoku/index.htm>  
（最終確認 2020 年 5 月 29 日）

国立教育政策研究所（2015a）平成 27 年度全国学力・学習状況調査調  
査 結 果 の ポ イ ン ト ．  
[http://www.nier.go.jp/15chousakekkahoukoku/highlights.p  
df](http://www.nier.go.jp/15chousakekkahoukoku/highlights.pdf)（最終確認 2020 年 5 月 29 日）

国立教育政策研究所（2015b）理科の学習指導の改善・充実に向けた調  
査 分 析 に つ い て 【 中 学 校 】 ．  
<https://www.nier.go.jp/science-rpt/pdf/junior.pdf>（最  
終確認 2020 年 5 月 29 日）

国立教育政策研究所（2016）OECD 生徒の学習到達度調査：2015 年調査国  
際 結 果 の 要 約 ．  
[https://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/2015/03\\_resul  
t.pdf](https://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/2015/03_result.pdf)（最終確認 2020 年 5 月 29 日）

国立教育政策研究所編（2016）生きるための知識と技能 6：OECD 生徒  
の学習到達度調査（PISA）2015 年調査国際結果報告書．明石  
書店

国立教育政策研究所（2018）平成 30 年度 全国学力・学習状況調査 報  
告 書 【 中 学 校 / 理 科 】 ．  
[https://www.nier.go.jp/18chousakekkahoukoku/report/da  
ta/18msci.pdf](https://www.nier.go.jp/18chousakekkahoukoku/report/data/18msci.pdf)（最終確認 2020 年 5 月 29 日）

- 小宮千鶴子 (2005) 理工系留学生のための物理の専門語：高校教科書の索引調査に基づく選定．講座日本語教育，41：18-40
- 小宮山博仁 (2014) 「活用型学力」を育てる本，ぎょうせい．
- 小山理子，溝上慎一 (2017) 講義型授業とアクティブラーニング型授業への取り組み方が学習成果に及ぼす影響：短期大学性の調査結果から．名古屋高等教育研究，17：101-121
- 工藤与志文 (2011) 学習者のもつ「素朴概念」と概念変化をうながす教授方略：ル・バーと組みかえ型ストラテジー，心理学評論，54(3)：312-327
- 國藤進 (1988) 知識獲得と学習研究の新しい流れ，人工知能学会誌，3(6)，741-747
- 倉信充人，塚田真也，栢野彰秀 (2015) 自作「水流モデル」による中学校理科「電流」単元の授業実践．教育臨床総合研究 14：141-155
- 麻柄圭一 (2001) 「落下スピード」と「重力の大きさ」に関する学習者の誤った関連づけとその修正．千葉大学教育実践研究，8：27-37．
- 麻柄啓一，進藤聡彦，工藤与志文，立木徹，植松公威，伏見陽児 (2006) 学習者の誤った知識をどう修正するか：ル・バー修正ストラテジーの研究，東北大学出版．
- MARTIN, J. P. (2002) “Weltverbesserungskompetenz” als Lernziel?, Pädagogisches Handeln: Wissenschaft und Praxis im Dialog 6(1): 71-76
- 益田裕也・森本信也 (2000) 子どものコミュニケーション活動に見るメタファーとしての科学概念理解の深まり：中学生の分解概念理解を事例として．理科教育学研究，41(2)：21-29．
- 南俊朗，大浦洋子 (2015) 学びの姿勢が学習成果に与える影響の探究：自己・授業評価アンケートからの受講態度モデル化の試み．九州情報大学研究論集，17：87-98

- 文部科学省（2011）学習指導要領のポイント，  
[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/youryou/1304385.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/1304385.htm)（最終確認 2020 年 5 月 29 日）
- 文部科学省（2017）中学校学習指導要領 理科編
- 文部科学省（2018）中学校学習指導要領解説理科
- 森田和良（2004）「わかったつもり」に自ら気づく科学的な説明活動．  
学事出版．
- MUIS, K.R, CYNTHIA, Psaradellis, C. ,LEO, I.D and LAJOIE, S.P.  
(2016) Learning by Preparing to Teach: Fostering Self-Regulatory processes and Achievement During Complex Mathematics Problem Solving. *Journal of Educational Psychology*, 108(4): 474-492
- 長沼祥太（2015）理科離れの動向に関する一考察—実態および原因に焦点を当てて—．*科学教育研究*，39(2)：114-123
- 中島秀人（1997）「現代社会における科学技術：S T S 教育はなぜ必要か」，pp.11-27，野上智行，栗丘誠司（編）『S T S 教育：理論と方法』，明治図書．
- 中野亮治，岩崎信（2004）素朴概念研究の収集 その1．*教育情報学研究*，2：143-149．
- 中谷陽子，北村好史（2010）教育課程の研究．白鷗大学教育学部論集，4(2):393-407
- 日本教育工学会編（2000）教育工学辞典，吉崎静夫『授業研究の分野』．pp.22，実教出版．
- 日本教育工学会編（2000）教育工学辞典，三ノ宮真智子『学習者特性』．pp.79-80，実教出版．
- 西林克彦（1997）「わかる」のしくみ：「わかったつもり」からの脱出，新曜社．
- 西林克彦（2005）わかったつもり：読解力につかない本当の原因，光文社新書．

西川純 (1999) なぜ、理科は難しいと言われるのか?: 教師が教えていると  
思っているものと学習者が本当に学んでいるものの認  
知的研究. 東洋館出版社.

西川純 (2014) 理科だからできる本当の「言語活動」, 東洋館出版.

野口聡 (2015) 中学校の理科教育に合わせてデザインした説明活動の概  
念理解を深める効果の検討(1). 日本教育工学会研究報告  
集, JSET15-1:417-423

野口聡 (2016) 中学校の理科教育における教師の発問を取り入れたミ  
ニ説明方式による科学概念理解の効果. 日本教育工学会,  
39(Suppl.):121-124

野口聡, 村上正行 (2018) 平易な表現・情報の補足を用いた説明が中学  
理科の知識の習得に与える効果. 日本教育工学会論文誌,  
42(2):155-165

沖野信一, 山岡武邦, 松本伸示 (2016) 科学的概念の形成をめざした理  
科授業開発: 作用・反作用の法則に関する指導法に焦点化し  
て. 理科教育学研究, 57(2):103-114

大高泉 (2018) これからの中学校理科授業のイメージづくり, 大日本  
図書.

OSBORNE, R. J. and FREYBERG, P. (1985). Learning in science: The  
implications of children's science. Auckland, New  
Zealand: Heinemann. (森本信也・堀哲雄 (訳) (1988). 子  
ども達はいかに科学理論を構成するか: 理科の学習論, 東洋  
館出版社).

太原育夫 (2008) 新 人工知能の基礎知識, 近代科学社.

小沢一仁 (2009) 大学の授業において自己理解を目指す文章を書くこと.  
東京工芸大学工学部紀要, 32(2):9-19

POSNER, G. J., STRIKE, K. A., HEWSON, P. W., & GERTZOG, W. A.  
(1982) Accommodation of a scientific conception :  
Toward a theory of conceptual change, Science  
Education, 66: 211-227

- 佐伯胖, 藤田英典, 佐藤学 (1995) シリーズ学びと文化 3 科学する文化, 村山功『科学はいかにして学ばれるか』, p.1-33, 東京大学出版.
- 坂本美紀 (1993)「算数文章題の解決過程における誤りの研究」, 発達心理学研究, 4 (2) : pp.117-125
- 澤田石礼秀, 山本景子, 倉本到, 辻野嘉宏, 水口充 (2011) 人に教える行為により階層構造を持つ問題の解法を学ぶための個人学習システム. 情報処理学会研究報告 : 1-8
- SOLOMON, J. (1983) Learning about energy: how pupils think in two domains, *European Journal of Science Education*, 5(1):49-59
- 角屋重樹 (2013) なぜ, 理科を教えるのか: 理科教育がわかる教科書. 文溪堂.
- 鈴木真理子 (2006) 科学領域における共同学習に関する研究, 風間書房.
- 田近洵一, 井上尚美 (1984) 国語教育指導用語辞典, 教育出版.
- 多賀優 (2018) School-Made Misconception の成因と獲得後の変化: 凸レンズの授業で獲得したミスコンセプションの年代別調査から, 龍谷教職ジャーナル, 6 : 113-125
- 田島充士・茂呂雄二 (2006) 科学的概念と日常経験知間の矛盾を解消するための対話を通じた概念理解の検討. 教育心理学研究, 54 (1) : 12-24
- 田島充士 (2008) 再声化介入が概念理解の達成を促進する効果: バフチン理論の視点から. 教育心理学研究 56(3):318-329
- 田島充士, 森田和良 (2009) 説明活動が概念理解の促進に及ぼす影響: バフチン理論の「対話」の観点から. 教育心理学研究 (57): 478-490
- 田島充士 (2010) 「分かったつもり」のしくみを探る: バフチンおよびヴィゴツキー理論の観点から. ナカニシヤ出版.

- 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, 52(2) : 472-484
- 高垣マユミ, 田爪宏二, 中谷素之, 伊藤崇達, 小林洋一郎, 三島一洋 (2011)コンフリクトマップを用いた教授方略が認知的側面と動機づけ的側面に及ぼす影響:中学校地理の事例を通して. 教育心理学研究 59(1) : 111-122
- 高垣マユミ (2013)ピアを介した概念変化のプロセス, pp.139-155, 中谷素之・伊藤崇達(編)ピア・ラーニング:学びあいの心理学, 金子書房.
- 高橋金三郎, 細谷純(1990)極地方式入門, 国土社.
- 田中雄也, 野口聡 (2018a)説明する学習活動が生徒の知識習得に与える影響, 日本理科教育学会近畿支部発表要旨集 : 65
- 田中雄也, 野口聡 (2018b)中学校理科教育における授業のまとめ方の分類, 日本理科教育学会第68回発表論文集 : 473
- 「たのしい授業」編集委員会 編(2010)仮説実験授業をはじめよう, 仮説社.
- 丹沢哲郎, 熊野善介, 土田理, 片平克弘, 今村哲史, 長洲南海男(2003)日本人の科学観・技術観の特徴に関する研究, 理科教育学研究, 44(1) : 1-12
- 富田幸子, 野口聡(2019)グループ学習が日本語文法の習熟度及び満足度に与える影響. 日本教育工学会論文誌, 43(Suppl.):85-88
- 中央教育審議会(2008)幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について(答申) : p.53, [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/\\_icsFiles/afieldfile/2009/05/12/1216828\\_1.pdf](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/_icsFiles/afieldfile/2009/05/12/1216828_1.pdf)  
(最終確認 2020年5月29日)
- 内田隆, 鶴岡義彦(2014)日本におけるSTS教育研究・実践の傾向と課題, 千葉大学教育学部研究紀要, 62 : 31-49

- 内ノ倉真吾 (2003) 理科授業におけるモデルとモデリング：中学校理科  
電気単元を事例にして．日本科学教育学会研究会研究報告，  
vol.22(3)：17-20
- VEEL, R. (1997) Learning How to Mean-Scientifically Speaking:  
Apprenticeship into Scientific Discourse in the  
Secondary School, Christie, F. and J. R. Martin (著)  
Genre and Institutions: Social Processes in the  
Workplace and School. : 161-195
- 山縣宏美 (2006) 科学的概念と素朴概念の統合に影響する知識の教授  
の効果の検討：中学生の電気の概念の獲得プロセス．京都  
大学大学院教育学研究科紀要 (52)：360-372
- 山根耕平 (2001) 総合的学習の研究：その思想と展望．ナカニシヤ出  
版．
- 吉崎静夫 (1997) デザイナーとしての教師，アクターとしての教師，  
金子書房．
- 吉崎静夫 (2008) 事例から学ぶ活用型学力が育つ授業デザイン．ぎょ  
うせい．