

自然事象をことばで読み解く力の 育成に関する実践的研究

—話し合いや発表を用いた対話的な理科授業—

研究代表者：鈴木 一成

(東京学芸大学附属竹早中学校教諭)

(東京学芸大学大学院連合学校教育学研究科

博士課程学生)

共同研究者：小野瀬 倫也

(国士舘大学文学部准教授)

堀内 泰

(東京学芸大学附属竹早中学校教諭)

研究成果要約

研究活動概要

中学校の理科において、自然事象をことばでとらえて表現する力を育成することは、PISA2006の調査、特定の課題に関する調査（理科）、中学校学習指導要領など様々な調査からその重要性が指摘されている。その実践のためには話し合いや発表を用いた対話的な理科授業に取り組むことが重要である。

対話的な理科授業は、様々な先行研究からその有効性が示されており、公立小中学校においても十分期待をされている。しかし、話し合いや発表に時間がかかることが実践における障害の1つとなっている。そこで本研究では、対話的な理科授業を3時間で実践できるようにデザインして、国立中学校における授業実践とアンケート調査からその有効性の検証を行った。

成果概要

本研究で明らかになったのは、以下の5つである。

- ①話し合いや発表を用いた対話的な理科授業は3時間程度で実践可能である。3時間の各活動は、1時間目は「実験の目的、使用器具、解釈のポイントの説明」、「実験計画の作成」。2時間目は「実験のポイントと安全管理についての説明」、「実験の実施と結果の記録」。3時間目は「実験結果の解釈」、「全体のまとめと新しい疑問、自己評価」である。
- ②「実験計画の作成」の場面では、話し合いと発表を行うことで、実験に対する見通しが深まり主体的な実験活動を行うことが可能となる。
- ③「実験結果の解釈」の場面では、話し合いと発表を行うことで、多くの意見を比較検討することが可能となり、子どもの考えは精緻化される。
- ④対話的な理科授業において、教師側の活動で重要なのは、「実験の目的、使用器具、解釈のポイントの説明」の場面でわかりやすい説明を行うこと、「実験計画の作成」、「実験結果の解釈」の机間指導と全体発表の場面で子どもに適切な評価を与えることである。
- ⑤時間が不足しやすいのは、個人の「実験計画の作成」と「実験結果の解釈」、「全体のまとめと新しい疑問・自己評価」の場面であり、予習をしやすい環境をつくることや休み時間に理科室を開放して実験報告書を作成できる環境にすること等の配慮が必要である。

成果活用について

本研究は200時間を超える実践的研究の成果である。話し合いや発表を用いた対話的な理科授業を実践することによって、多くの教育現場で科学的概念を育成する授業を行うことが可能であると考えられる。来年度は、さらに多くの学校において本研究の成果を生かして対話的な理科授業を行い、実践研究をより一層深めていく予定である。

今後の研究課題

本研究の今後の課題は以下の2つである。

- ①多くの中学校において対話的な理科授業の実践を行うことにより、話し合いや発表を用いた授業手法を洗練していくこと。
- ②対話的な理科授業において子どもの概念がどのように変換していくのかを、プロトコルを用いて詳細に分析すること。

研究成果論文

1. 自然事象をことばで読み解く重要性

中学校の理科において、自然事象をことばでとらえて表現する力の育成は、様々な調査からその重要性が指摘されている。

OECD（経済協力開発機構）によって行われたPISA2006の調査においては、科学リテラシーの項目で子どもが現象を科学的に説明することができないことや、理科授業において自分の発表をする機会が少ないことが示された¹⁾。また、国立教育政策研究所によって行われた「特定の課題に関する調査（理科）」においては、理科授業の指導の改善点として、観察や実験の結果や示されたデータを考察する際に考察を見直して練り直す機会が必要であるとして、話し合いや発表の必要性が示唆された²⁾。

さらに、これらを踏まえて作成された中学校学習指導要領においては、理科改訂の要点として、「自然の事物・現象に進んでかわり、その中に問題を見だし～（中略）～観察、実験の結果を分析して解釈する能力や、導き出した自らの考えを表現する能力の育成に重点を置く。このことは、言語力の育成という教科横断の改善の視点とも関係している。」と記述されており、自然事象をことばで表現することの重要性が示されている³⁾。

理科授業において自然事象をことばで表現する力を育成するためには、具体的な方略として、子ども同士の話し合いや発表といった対話的な授業方法が有効である。もともとことばで表現する活動は話し合いや発表といった形式の授業において行われており、先行研究においても重要性が指摘されている。

例えば、黒田は自然事象を表現するような言語活動に対して話し合いや発表を用いた対話的な理科授業が有効であることを示している⁴⁾。森本は理科授業における表現活動を、教室内における子ども同士の対話や子どもと教師の対話活動を、学びのネットワークの現れとして説明している⁵⁾。

本研究では自然事象をことばで読み解く力の育成を目的として、日常的に実践可能な「対話的な理科授業」の手法を提案し、中学校における授業実践を通して、その有効性を検証する。

2. 対話的な理科授業の実践事例研究

2.1 対話的な理科授業の定義

本研究で用いている「対話的な理科授業」とは、従来の理科授業で行っている子どもが考えを記述したりまとめたりする内的要因に加えて、話し合いや発表・質疑応答といった

外的要因を積極的に行う理科授業を意味している。図1は、その「対話的な理科授業」をあらわした模式図である。

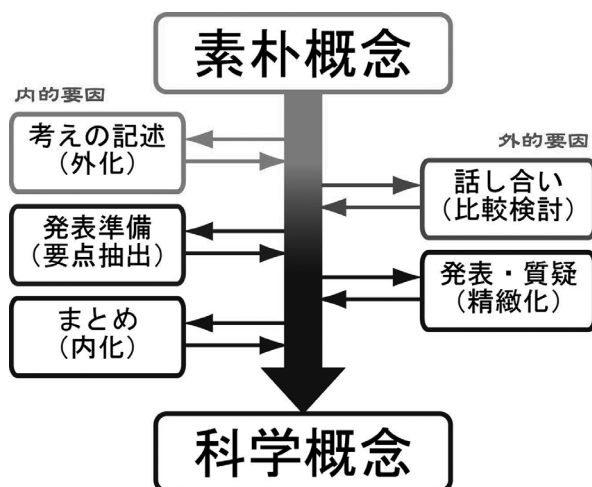


図1 対話的な理科授業の模式図

理科授業で従来の内的要因に加えて外的要因を積極的に活用することにより素朴概念を科学概念へ変化させる。

そもそも、子どもは自然事象を観察した際に、その子どもなりの考え、つまり図1上部に示された素朴概念⁶⁾を用いて自然事象を理解しようとする。この素朴概念は子どもが作り上げた概念であり、世間一般に認知されている概念、つまり科学概念⁷⁾とは異なることが多い。この素朴概念を、矢印の左右にあるような様々な要因を与えることで、科学概念に変容させていくのが理科授業の本来の目的であるといえる。

対話的な活動を考える場合に、この要因は内的要因と外的要因のふたつに分けることができる。

内的要因というのは自分の内面と対話を行うことにより概念変換を行う要因で、従来の理科授業でもよく見られる活動である。例えば、自分の漠然とした考えを記述することによって自分の考え方を再確認すること（外化）、発表の準備を行うことによって要点の抽出を行う、また、学習の結果をまとめることによって再度考え方を整理すること（内化）があげられる。

一方、外的要因は他者との協同的な活動によって概念変換を行う要因である。例えば、話し合って他者の意見と自分の意見を比較することによって自分の考えの妥当性を検討したり、検討した結果を班やクラスの中で発表し質疑応答を行うことによって論理を一層精緻なものにしたりすることがあげられる。

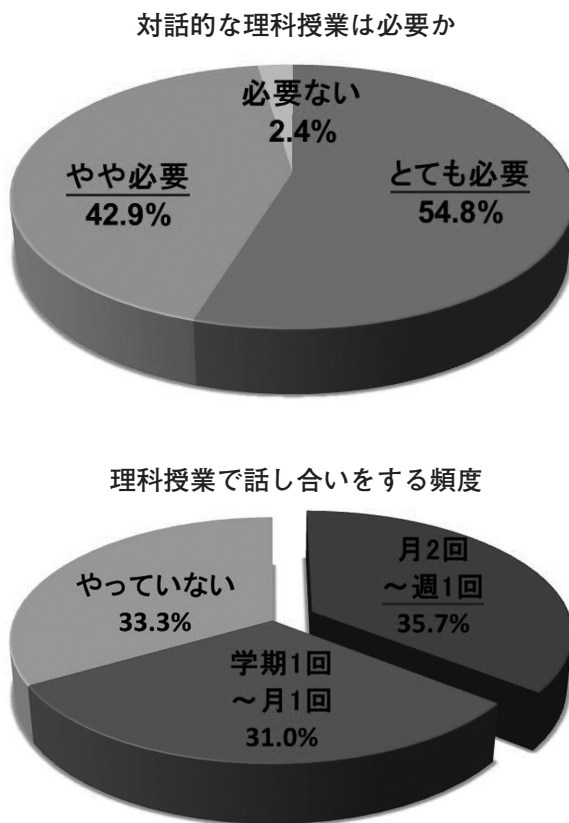
2.2 公立小中学校における対話的な理科授業の現状

小中学校の教育現場で対話的な理科授業をどのようにとらえているかを調べるために、公立小中学校教師を対象にアンケート調査を行った。調査対象は、東京都の公立中学校に勤務する理科教諭と公立小学校に勤務する理科専任教諭、計42名、調査時期は2010年8月、調査方法は質問紙法である。

調査内容としては「(話し合い・発表を用いた) 対話的な理科授業は必要か」と「実際に理科授業で行っている話し合い・発表を行う頻度」、「実践している話し合いの内容」についてである。

図2はこの調査結果を示したものである。図2上部の円グラフは「対話的な理科授業は必要か」という項目に対して、1(全く必要がない)、2(必要がない)、3(やや必要である)、4(とても必要である)の4段階で回答してもらった結果だが、対話的な理科授業が必要であると考えている回答(3やや必要である～4とても必要である)が大多数の97.6%を占めている。これは理科の教育現場において多くの教師が(話し合い・発表を用いた)対話的な理科授業の必要性を感じているという事ができる。

話し合いを大切だと考えている教師は、その理由を「様々な考え方を聞くことより理解を深めることができる(95.2%)」、「話すことで自分の考えをまとめることができる(83.3%)」と述べている(理由はすべて複数回答)。また、発表を重要だと考えている教師は、その理由を「自分の考え方をまとめようとする力が付き興味関心が高まる(28.5%)」、「発表を通して理解を深めることができる(23.8%)」、「プレゼンテーション⁸⁾を通して伝える力を養うことができる(16.6%)」と述べており、様々な観点から対話的な理科授業に高い期待を寄せていることがうか



調査対象：公立小中学校教員42名

図2 理科教員によるアンケート結果

教師は対話的な理科授業の必要性は高いと考えているが実際に対話的な理科授業が実施されている頻度は高くない。

がえる。

一方で、図2下部の円グラフは「話し合いをする頻度はどのくらいか」という項目に対して、1（毎時間）、2（週1回程度）、3（月2回程度）、4（月1回程度）、5（学期1回程度）の5段階で回答してもらった結果だが、ほぼ日常的に対話的な理科授業を行っていると考えられる1～3（毎時間～月2回程度）の割合は合計35.7%程度であった。この話し合いは隣同士の子どもで行う相談や班などのグループの話し合いからクラス全体の討議までのすべてを含んでいるものである。これは対話的な理科授業に対する大きな期待とは反対の結果になっているが、教師はそのもっとも大きな理由を「話し合いや発表は準備に時間がかかる。授業時数が足りなくなる（40.0%）」と述べている。

つまり、公立小中学校の理科においては対話的な理科授業は十分期待されているが、話し合いや発表を行うには相当の時間が必要であるため、授業時間が不足するという懸念から実施されていないと考えることができる。

2.3 対話的な理科授業の実践事例

表1は、今までに実践された話し合いや発表を用いた対話的な理科授業をまとめたものである。調査対象は「理科の教育（日本理科教育学会刊）」2009年4月号～2010年3月号である。この中から話し合いや発表を用いた理科授業の実践事例の抽出と分析を行った。

表1 話し合いや発表を用いた授業実践事例（「理科の教育」2009年4月号～2010年3月号）

話し合いや発表が行われているのは実験の前後であり、各授業実践で成果が報告されている。この話し合いや発表活動を日常の理科授業で実践するのが対話的な理科授業の課題である。

対話・発表の場面	対話・発表のテーマ	校種	事例数	備 考
実 験 前	結果の予想のみ	小	3	予想をノートに記入 [林, 2009]
	実験計画の作成 (結果の予想も含む)	中～高	5	20分でできる実験計画作成 [安川, 2009; 大貫, 2009]
実 験 後	結果の解釈	小～高	10	対話の場面においてホワイトボード等を使用 [田中, 2009; 大井, 2009]
実験前&後	計画の作成 & 結果の解釈	小～中	3	1テーマにつき6～9時間のプロジェクト型授業 [小池, 2009; 三田, 2009]

実践事例において話し合いや発表を行っていたのは、主に観察・実験の前と観察・実験の後の場面であった（以後、観察・実験は単に「実験」と略記する）。

実験の前に行われた話し合いや発表では、小学校では実験結果の予想を行っており、中学校以上では主に実験結果の予想を含めて実験計画の作成を行っていた。林は小学校において実験結果の予想を行う際には、子どもがノートに自分の予想を記入することで、自分

の立場を明確化させて話し合いの土台が作られること、実験の視点が容易に絞れることを示している⁹⁾。安川は中学校以上において実験計画を作成する際には、実験が20分程度で行えるような実験計画を画用紙にまとめ発表することにより、子ども自身が思考を整理するとともに、ことばによる表現力が向上すると示唆している¹⁰⁾。

一方、実験の後に話し合いと発表を行っていたのは小学校～高等学校の各校種であり、いずれも実験結果の解釈を行っていた。特に中学校においては、小集団の考えをホワイトボードやA2、A3の画用紙などにまとめ全体へ発表する形式をとっていることが多いが、実験を行った仲間の考えを聞くことができ自分の考えに自信を持って発表できること、ホワイトボードを見ることで生徒の思考をつかむことができることが田中によって指摘されている¹¹⁾。

実験計画の作成・実験結果の解釈を行う際の話し合いと発表は、様々な側面から理科授業においてとても有益であることが示唆されている。しかし、実践事例において実験の前後両方で話し合いや発表を行っていたのは6～9時間と長い授業時間のプロジェクト型授業のみであった¹²⁾。

学習指導要領に示されている単元内容を理科授業で実践することを想定すると、ひとつの実験に充てることのできる時間は概ね3時間程度である。この程度の時間であれば、2.2で示された公立小中学校の調査で懸念されていた授業時間の不足も払拭できると考えられる。そこで本研究では、対話的な理科授業を3時間程度で実践できるようにデザインすることとした。

3. 対話的な理科授業のデザイン

3.1 対話的な理科授業の概要

図3は、3時間程度で構成される対話的な理科授業の概要をあらわしたものである。1時間目では、子どもは実験計画を作成するために「実験の目的、使用器具、解釈のポイントの説明」を受けた後に「実験計画の作成」を行う。2時間目では、実際に実験を行うために「実験のポイントと安全管理についての説明」を受けた後に「実験の実施と結果の記録」を行う。3時間目では、実験結果の解釈とまとめを行うために「実験結果の解釈」を行った後に「全体のまとめと新しい疑問、自己評価」を行う。この中で、対話的な理科授業の特徴である話し合いや発表を行う場面は、「実験計画の作成」と「実験結果の解釈」のふたつの場面である。以下にそれぞれの要点について述べる。

なお、この3時間という時間設定は実験の前後で話し合いや発表を行う最小限の時間設定であり、学習単元の時間配分や子どもの学習状況によって解釈の時間を30分加えるなど、時間を自由に調整しても良い。

3.2 実験の目的、使用器具、

解釈のポイントの説明

1 時間目は実験計画の作成の前に、教師が「実験の目的、使用器具、解釈のポイントの説明」を行う。これは教師が実験の目的と使用可能な実験器具、解釈してほしいポイントを子どもに説明して、「この実験は何を明らかにすればよいのか」という目的意識を共有してから俯瞰的に実験を見通して計画を立てることをねらいとしている。この説明は1 時間目の冒頭において5～10分程度で行われる。

実験の目的をわかりやすく具体的に説明することは、子どもが「この実験は何を明らかにすればよいのか」という目的をしっかりと理解して見通しを立てることを可能にする¹³⁾。

教師はこうした子どもの活動を援助するために、学習指導要領や学校ごとのカリキュラムから実験の目的を的確に見出し、子どもの現状を踏まえたうえで、実験の目的を明確かつ具体的に示すことが必要となる。

さらに、解釈のポイントを説明することにより、子どもは実験の目的を達成するためには具体的に何が必要かということを理解して、実験の視点を焦点化することが可能となる。

また、実験の使用器具を説明することにより、子どもは実験計画を作成する際のヒントを得ることになる。子どもは使用可能な器具を教師と一緒に確認することによって、どのような実験方法が可能であるかを考える機会を持ち、実験方法を具体的に記述することができる。さらに、こうした活動を繰り返すことによって実験器具に対する理解を深めていけば、器具や試料を自分で用意することによって、教科書などに記載されている以外の様々な実験を行うことも可能となる。

対話的な理科授業のデザイン

1 時間目：実験計画の作成

- ・実験の目的、使用器具、解釈のポイントの説明
- ・実験計画の作成
 - ① 個人で実験計画の作成
 - ② 班の中で実験計画を発表して質疑応答
 - ③ クラス全体へホワイトボードを使って発表

2 時間目：実験・結果の記録

- ・実験のポイントと安全管理についての説明
- ・実験の実施と結果の記録

3 時間目：実験結果の解釈とまとめ

- ・実験結果の解釈
 - ① 個人で結果の解釈を作成
 - ② 班の中で結果の解釈を発表して質疑応答
 - ③ クラス全体へホワイトボードを使って発表
- ・全体のまとめと新しい疑問、自己評価

図3 対話的な理科授業のデザイン

対話的な理科授業は3 時間程度で行われる。話し合いや発表は「実験計画の作成」と「実験結果の解釈」のふたつの場面でされる。

3.3 実験計画の作成

安川の先行研究¹⁴⁾においては、実験計画を班などのグループでまとめて発表することにより、子どもは思考を整理することができるとともに表現力が向上することが示されている。そこで、対話的な理科授業においては、「実験計画の作成」と「実験結果の解釈」のふたつの場面で、話し合いや発表を行うことにした。この活動は図4に示したように、「個人の活動→班での話し合い・発表と質疑応答→クラス全体への発表および質疑応答」のように進行する。この話し合いと発表は30～40分程度で行われ、それぞれの手順には次のようなねらいがある。



図4 対話的な理科授業における話し合いと発表

個人で計画を作成した後に班で発表と質疑応答を行い、まとめた内容をクラス全体へ発表する。

最初に子どもは個人で実験計画を作成するが、これは子どもの持っている考え方、つまり素朴概念をしっかりと形にすることを意味している。これは、子どもがそれまで持っていた漠然とした考えを、実験報告書などに記述することにより引き出して、話し合いをするための考えの基盤を作成するために必要な活動である。この活動に対して「個人活動が苦手な子どもは計画を作成することが難しい」という指摘があるが、これは子どもが実験の目的などを理解していないことを教師と子ども自身が認識する重要な機会であり、教師の援助によって子どもの実験に対する見通しは深まることが期待される。また、「実験の目的、使用器具、解釈のポイントの説明」を工夫することによってこうした子どもを援助することも期待される。

このようにして、子ども自身がしっかりと実験計画に向き合うことにより、今まで説明された「この実験は何を明らかにすればよいのか」という実験の目的は子どもの中に定着することになり、実験を俯瞰的に眺めて活動を見通すことができるようになる。

次に、子どもは班の中で自分の実験計画を発表して質疑応答を行っていく。これは子ども自身が実験計画の流れが合理的で、実験によって目的を達成できるかを考えられる機会となる。さらに、班の仲間から実験計画の発表を聞くことにより様々な考え方に触れるこ

とが可能となり、子どもは自分や仲間の計画がどのくらい実現可能で実験の目的を達成しやすいかを比較・検討することができる。

最後に、クラス全体へホワイトボードなどの機器を使って発表する際には、班の考えをひとつにまとめて発表する必要があるため、班の発表を踏まえたうえで、どの実験計画がもっとも実現可能で目的を達成できるかを比較・検討して、さらに実験計画の要点を絞り込む活動を行うことになる。これは実験計画を漠然とした考えから精緻化する過程と考えることができる。さらに班の意見をまとめたものをクラス全体へ発表する活動を通して、子どもたちは他の班の様々な実験計画と比較することが可能になり、最後に教師によってそれぞれの計画の価値付けを行うことによって、子どもたちと教師の実験計画が完成する。この計画は教科書に近い場合もあれば、非常に多彩な場合もあるが、どれも子どもの素朴な考えを精緻化していった結果であり、子どもは実験目的や実験の流れを十分認識してから実験に取り組むことができる。

3.4 実験のポイントと安全管理についての説明

2時間目において実験を実施する前に、教師は子どもの実験計画を基にした実験計画の例を提示して「実験のポイントと安全管理についての説明」をする。この説明は5～15分程度で行われる。

このように教師が子どもの計画を基にした実験計画を用いて実験のポイントと安全を管理することは、以下のふたつの点において重要である。

第一には、実験結果を議論しやすいように整理することができる点である。子どもは話し合いや発表を通してそれぞれ熟考した実験計画を作成するが、その視点は班ごとに微妙に異なっているため、教師は視点を整理することが必要である。たとえば光の反射の実験においては、目に見える接線から角度を測定するのが自然であるという子どものコミットメントから光線の角度（e.g. 入射角、反射角）を接線方向からとる場合と、定義通りに法線方向からとる場合が存在するが、クラス全体で角度について議論する際には接線方向、法線方向のどちらから角度を測定するかを統一しておくことにより、結果の比較が容易となり本質的な話し合いが期待できる。

第二には、子どもが実験を行う際に安全性を確保できる点である。教師は子どもが予想できない事故や危険な行動を予測することができるため、教師が危険なポイントをしっかりと子どもに明示することによって、子どもは実験計画の危険な部分を確認したうえで安心して実験に臨むことができる。

これは対話的な理科授業を実践した子どもの「先生が危ないことははっきり言ってくれるので、安心して実験計画を立てることができる」という感想にもあらわれている。

3.5 実験の実施と結果の記録

教師が実験のポイントと安全管理の説明をした後、子どもは「実験の実施と結果の記録」に取り組む。実験は実験器具の準備や片づけを含めて30～40分程度で行われる。

これまで、「実験の目的、使用器具、解釈のポイントの説明」、「実験計画の作成」、「実験のポイントと安全管理についての説明」という活動を行っているため、子どもは実験に対する見通しを持っており、主体的に実験に取り組むことができる。さらに、実験は、単に実験結果の記録だけではなく、実験に使用する器具の準備や片付け、安全管理や時間管理など多岐にわたる活動が求められるため、それらの活動を段取り良く行うために必要なメタ認知的技能の成長も期待される。

3.6 実験結果の解釈

3時間目の「実験結果の解釈」の場面では、1時間目の「実験計画の作成」の場面と同様に、個人の活動→班での話し合い・発表と質疑応答→クラス全体への発表および質疑応答という活動を通して実験結果の解釈を深めていく。この話し合いと発表は30～40分程度で行われる。

結果の解釈でこのような話し合いと発表を行うのは、次のようなねらいがある。

まず、個人で実験結果を確認して解釈を考えることは、実験計画を作成する段階で子どもが予想した結果と観測された実験結果を子どもが比較して、それまで、子ども自身が考えていた概念の整合性が検討されることを意味している。そして、実験結果を文章やモデルを用いて実験報告書に記述する活動を通して、子ども自身は自然事象をどのように解釈して理解したのかを明確にすることができる。

この後、子どもは班の中で自分の解釈を発表・質疑応答を通してまとめ、班の解釈をホワイトボードにまとめてクラス全体へ発表するが、「実験計画の作成」の場面と同様に、発表に際して自分の解釈の要点を明確にすることによって、子ども自身が自分の解釈の要点を明らかにして考えを精緻化していくことがねらいである。

また、実験結果という目に見える事実があるために、実験計画の作成をする場面に比べて多彩な解釈があらわれることが予想される¹⁵⁾。子どもはこのような多彩な解釈に触れることによって、自然事象に対する様々な解釈の比較・検討を行うことが可能となり、子どもの概念を再構築する契機となることが期待される。

3.7 全体のまとめと新しい疑問、自己評価

「実験結果の解釈」でホワイトボードを用いてクラスへの発表が終わった後、教師は子どもの解釈へ講評を行う。そして、子どもは発表と講評を踏まえて「全体のまとめと新し

い疑問、自己評価」を行う。

「全体のまとめ」を行うことは、ここまでの対話的な理科授業を通して学習した内容を、実験報告書などのポートフォリオへことばを用いて記述することにより、考え方を整理して内化していくことを意味する。ここで、子どもの中に内化したものは、最初に子どもが持っていた素朴概念が実験や話し合い・発表といった対話的な活動など様々な要因で変化していき、再構築された科学概念であると考えられる。

「全体のまとめ」を行う際に重要なのは、教師が「全体のまとめ」の前に子どもの解釈へ価値付けを行い、考え方の良い部分や科学的に認められる部分を評価しておくことである。このように教師が自然事象に対する解釈を評価することによって、子どもは自分の持った考え方に正しいという自信をもって自然事象に対する解釈をまとめることが期待される。

「全体のまとめ」の後には、子どもは実験を通して芽生えた「新しい疑問」を実験報告書へ記述する。「新しい疑問」を考えるということは、理科室内での実験という限定的な自然事象と一般的な身の周りの出来事をつなぐことになり、様々な科学的な考え方を一般的な考え方として定着させることをねらいとしている。

最後に、「自己評価」を行うことによって、子どもは実験に対する自分の活動を振り返ることができ、実験に対する自分の方略がどうであったのかを客観的に見ることができる。さらに、この「自己評価」を授業の後に教師がもう一度評価することによって、子どもは自分の評価と教師の評価を比較して評価の視点を養うことができる。そして、このように自分自身を振り返り実験全体を俯瞰的に考える機会はメタ認知的技能を成長させることにつながる¹⁶⁾。

「全体のまとめと新しい疑問、自己評価」を記述するのは3時間目の最後5～10分程度で行われる。

4. 対話的な理科授業の実践

4.1 授業実践の目的

4章は対話的な理科授業の授業実践の成果と考察である。本研究では授業実践を通して、対話的な理科授業の実践が3時間という時間構成で可能であるか、また、子どもの素朴概念が話し合いや発表という対話的な活動を通して科学概念へと変換するかについて検証する。

4.2 実践時期・実践対象・実践単元

実践時期は2010年5～6月、国立大学附属中学校1年生1クラス40名にて授業実践を

行った。単元は中学校1年の「葉・茎のしくみと働き」である。

4.3 調査方法

対話的な理科授業が3時間で実践できているかどうかの検証は、対話的な理科授業の6項目、すなわち、1時間目の「実験の目的、使用器具、解釈のポイントの説明」、「実験計画の作成」、2時間目の「実験のポイントと安全管理についての説明」、「実験の実施と結果の記録」、3時間目の「実験結果の解釈」、「全体のまとめと新しい疑問、自己評価」のそれぞれの活動がどのくらいの時間であったかを調査することによって行う。

また、素朴概念が科学概念に変容しているかどうかを調査するために、話し合いや発表を行う「実験計画の作成」、「実験結果の解釈」の活動において、子どもの実験報告書にどのような記述が行われたのかについて分析する。さらにホワイトボードなど仲間による発表が子どもの概念にどのような変化を与えたかについても分析を行う。

4.4 実践に使用した実験報告書のフォーマット

図5は、佐藤らの理科学習ガイド¹⁷⁾を基にして作成した、対話的な理科授業で使用した実験報告書である。実験報告書はA3用紙に印刷してあり、子どもはこの実験報告書をふたつ折りにしてA4のファイルに挟みポートフォリオとして保存する。子どもが実験報告書に記録する内容は大きく分けると4つになり、先ほどの対話的な理科授業のデザインで述べた6項目と対応している。(A)は「実験の目的、使用器具、解釈のポイントの説明」であり、子どもは教師の説明によって実験の目的を共有化する。(B)は「実験計画の作成」「実験のポイントと安全管理についての説明」であり、個人の実験計画を班内での話し合いや発表、クラス内での話し合いや発表の内容と実験のポイントについて記入する。(C)は「実験結果の記録」であり、実験の結果をスケッチや表などのデータとして記録する。(D)は「実験結果の解釈」、「全体のまとめと新しい疑問、自己評価」であり、個人の解釈と班内での話し合いや発表、クラス全体での話し合いや発表を記入する。

(B)「実験計画の作成」と(D)「実験結果の解釈」の話し合いや発表の場面において、実験報告書は左列に個人の意見、中央列には話し合いの内容、右列には全体発表を踏まえたまとめの内容を記述するようにデザインされており、実験報告書を左から右へ見ていくことによって、個人からクラス全体への意見の変化がわかるようになっている。このように(B)「実験計画の作成」と(D)「実験結果の解釈」を左列から右列へと記入していき、最後に「全体のまとめと新しい疑問、自己評価」の記録が多くなることから、子どもは各項目をギリシャ文字のζ（ゼータ）を描くような順序で記入していくことになる。

テーマ(目的) 茎と葉を観察しよう 茎(根)の維管束を観察 葉の葉脈・気孔を観察 条件 植物の茎・葉は各自準備(茎の種類は用意される) 顕微鏡(光学・ルーペ)・カメラ、食紅は使用可		H22年5月24日 1年組番 名前
私の実験計画 / 結果の解釈	他の人の意見 / 結果	実際の実験計画 / まとめ
私の実験計画 1. 用意した植物を食紅につける (B) 2. 茎→輪切りにしたもの 開いたものを2つを用意 3. スクッチする 赤いところは水の通り道なので、そこを主に観察する 4. 顕微鏡(光学・ルーペ)で観察する 器具 ビーカー、カメラ、顕微鏡(光学・ルーペ) 予想 茎は赤い円のように見えるが、 つぶのようになっているから丸は見られ れると思う。開くと筋状になっていると思 う。 葉は葉脈に赤い水が流れていると思う 茎断面図 葉	土ごの植物を持ってきて、ここ(理科室)で、いっ ぱー、ルーペ、顕微鏡、根の断面図を 観察する 茎を輪切りにして食紅につける 結果 「アスパラ(茎) 触ると、水が少しづつ ルーペで、 円をかくように赤 がいている。 真ん中は、あまり赤く なっていない。 顕微鏡 小さな円がいくつも 見える。周りがうす く緑に見える。 真ん中は、白っぽい。 左右に赤い筋がある	方法 * 事前に全体を観察 1. 茎をうすく切った()で観察。 2. 葉の表面を0.1mm程度すくはれて 観察(裏がオアシス) (根は切ったあとに下で顕微鏡で、 根をうすく切った観察) (茎を切った 水が流れている) 器具 顕微鏡(光学・ルーペ)等 アスパラ、新聞紙、茎、葉 ビニール、(ビニール) まとめ 根から吸収した養分と水を通管を道管と 他、人の意見を聞いての新解釈 の気孔には緑の粒があった。 葉緑体 葉に当たった日光は、無駄にせず、光合成 するため。 真ん中は、あまり赤くならなかった理由。 (班の意見より、真ん中にも道管があったことが 分かった。 真ん中は、吸い上げる力が弱いから。 茎の外側の方が、水分が多くあり、外側に 多くの水があるから。 生きていく上で、成長をしやすくする ための工夫がたくさんあることが 分かった。 大事が部分を守る。 養分を全体に回しやすくする。 外側に水、養分を回す。 栄養を作りやすくする。 新しい疑問 道管と篩管は分かれているのか。 自己評価 計画 B 解釈 A
解釈 ○食紅の通り道から、水の通り道を考えた。 円をかくように、赤い点があった。 →円をかくように、道管がある 全体に、うすく赤い色がついた。 ○アスパラの茎が、小さな円のようになっている 水や養分、空気が、通れるように ○真ん中には道管があまり見られなかった。 真ん中は、他ののはたらしをする細胞がある →例、成長を促すもの...? ○茎の小さな円が、緑色に見える 葉緑体がある!? ○気孔の形 閉じると完全、空気を止めるから。 →気孔は、やわらかく、形が変化する ○気孔が裏側に見えた。 表には葉緑体があり、裏の方には 入パースがながれているから	(C) 葉 気孔 結構黒い、ぽい 根がないのに、茎に水が通っていた →上から吸いあげているから。 茎は水を通して、体を支えていることが 分かった。 つぶがあった (緑色) 気体の出入り たくさん、維管束 →大量の水を出し入れするため。 気孔の裏に、水でふさがれて、形が 変化するのを見た。 (D)	まとめ 根から吸収した養分と水を通管を道管と 他、人の意見を聞いての新解釈 の気孔には緑の粒があった。 葉緑体 葉に当たった日光は、無駄にせず、光合成 するため。 真ん中は、あまり赤くならなかった理由。 (班の意見より、真ん中にも道管があったことが 分かった。 真ん中は、吸い上げる力が弱いから。 茎の外側の方が、水分が多くあり、外側に 多くの水があるから。 生きていく上で、成長をしやすくする ための工夫がたくさんあることが 分かった。 大事が部分を守る。 養分を全体に回しやすくする。 外側に水、養分を回す。 栄養を作りやすくする。 新しい疑問 道管と篩管は分かれているのか。 自己評価 計画 B 解釈 A

図5 対話的な理科授業で使用する実験報告書 (A3用紙)

実験報告書は、(A)実験の目的、(B)実験計画の作成、(C)実験結果の記録、(D)実験結果の解釈と全体のまとめと新しい疑問、自己評価の4項目に分かれており、子どもは(ゼータ)を描く順に記入する。

4.5 実験の目的、使用器具、解釈のポイントの説明

図5最上部(A)には、“テーマ（目的）”に実験の目的、“条件”には使用器具と解釈のポイントが記入されている。

この実験の目的は「茎と葉を観察しよう（維管束と気孔の観察）」である。これは学習指導要領と子どもの発達段階を誘導して作成された竹早地区小中理科連携カリキュラム¹⁸⁾の「植物の体のつくりと働き」の評価の視点を基にして作成された。

本実験の目的は、茎と根の観察を行うことにより植物の維管束と気孔の働きを理解して、これらのはたらきによって水が吸収されていく過程を学習することである。具体的には、植物の茎（根）の観察では維管束のスケッチ、葉の気孔の観察では気孔のスケッチを行い、それぞれの構造とそのはたらきを考える。さらに、この授業では「光合成に必要な水が植物内でどのように輸送されているのかを調べるために茎と葉を観察する」と説明して、実験の目的のひとつが水の輸送であることの共有化を行った。

使用器具としては、アスパラガスの茎を1本（維管束が見やすいように食紅を吸収させておく）、細部を観察するために顕微鏡等、カミソリ等の刃物と茎を切るためのピスを準備しておくことを説明した。さらに、アスパラガス以外の植物を実験したい子どもは各自で植物を準備しておき事前に理科室に用意した食紅につけておくこと、顕微鏡は状況によって通常の光学顕微鏡の他に双眼実体顕微鏡やルーペもあるので使用してよいことも説明した。さらに、解釈のポイントとして、実験の結果では維管束と気孔を大きくスケッチすること、維管束と気孔がどのような働きをするか考えることを伝え、実験の方向性を共有化した。こうした説明を顕微鏡などの実物を交えて行うことで、子どもは実験のイメージを膨らませているようであった。

「実験の目的、使用器具、解釈のポイントの説明」に要した時間は、1時間目の最初の10分弱程度であった。

4.6 実験計画の作成

図6は図5の(B)「実験計画の作成」部分を拡大したものである。

図6左列の“私の実験計画”は、子ども自身が作成した個人の実験計画である。実験計画は実験方法・実験器具・結果の予想の3点からなっており、実験の目的を達成するように教科書や資料集などを参考にして実行可能な計画を作成する。

本実践においては、子どもは植物の茎と葉を食紅で着色して、茎は輪切りにしたものと同開いた（縦に切った）ものを用意してそれぞれ維管束のスケッチを行い、葉は葉脈を輪切りにして葉脈のスケッチを行うとともに、表面を薄く切って気孔のスケッチを行う実験計画を作成していた。この計画は実験の目的を十分満足させる内容であり、使用器具、解釈

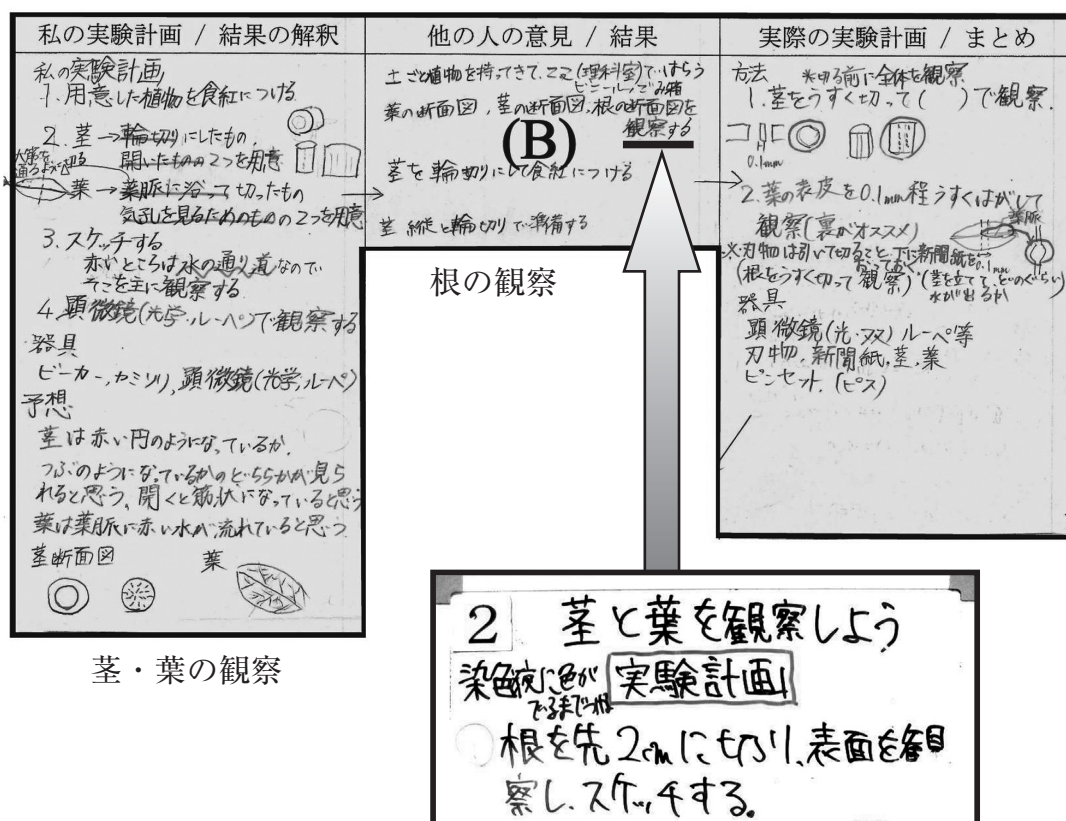


図6 実験計画と発表されたホワイトボード

図5の(B)「実験計画の作成」部分の拡大図。左列は子ども自身による“私の実験計画”、中央列は班の仲間や他班によるホワイトボードによる発表を記録した“他の人の意見”、右列は教師の注意を加えた“実際の実験計画”である。左から右に行くにしたがってホワイトボードの発表内容を取り入れて実験に対する見通しが深くなっていくことがうかがえる。

のポイントも反映されていることから、「実験の目的、使用器具、解釈のポイントの説明」が個人の実験計画を作成する際のヒントになっていることがうかがえる。

図6中央列の“他の人の意見”は、班の仲間の発表や他の班のクラス全体への発表した内容を記録したものである。これは発表内容をすべて記録するのではなく、参考になった発表内容のみを記録することにした。本実践では、班のメンバー4名がそれぞれ自分の実験計画を班の仲間に発表して、班員からの質問に答えることによって班での話し合いを行い、班の中で発表と質疑応答の後、班で発表された中で良い考え方や実験計画をホワイトボードへまとめて、クラス全体へ発表を行った。

クラス全体へ発表する時間は各班1分程度と短いため、ホワイトボードで発表する際には文章ではなく図表をメインに用いて見やすくすること、黒・赤・青のホワイトボードマーカーを効果的に使用して、大事な部分を強調することを指導した。また、発表が終

わったホワイトボードは黒板に掲示しておき（図4右「クラス全体へ発表」の後ろの黒板部分参照）、他の班の意見を自由に見られるように取り計らった。すべての班の発表が終わった後には、教師は、子どもの考え方を整理するために、各班によって発表された実験計画の良い部分、実行可能な計画を評価することにより、子どもの発表への価値付けを行った。

図6中央列の最下段はホワイトボードを用いた発表である。この発表では「根の先2cmを切り、（その）表面を観察し、スケッチする」という実験計画を提案しており、子どもはこの発表を受けて「根の断面図を観察する」という意見を図6中央列下線部に記述している。これは、それまでの実験計画にはなかった「根の断面の観察」という視点を入れることにより、茎や葉と根がすべて水の通り道であると意識することが可能となり、実験に対する見通しが一層深まったと考えることができる。

「実験計画の作成」で要した時間は、個人の実験計画が15分、班での話し合い・発表と質疑応答10分、クラス全体への発表および質疑応答が15分であり、合計で40分であった。ここまでの活動で1時間目が終了した。

さらに、いくつかの単元で対話的な理科授業を実践した結果、実験計画を作成するのに苦労をしていた子どもがおり、実験計画の作成に15分以上必要とする場面も存在した。子どもの年度末のアンケートにおいても「実験計画の作成は予習をしておくとうわかりやすい」と工夫をする必要があることが示唆されていた。これは、子どもが個人の実験計画をスムーズに作成できるようにするためには、「実験の目的、使用器具、解釈のポイントの説明」の場面でなるべく具体例をあげることによって子どもへヒントを与えたり、発表の際に机間指導を行うことにより実験計画の作成で悩んでいる子どもへ助言を与えたり、実験の前に実験内容を予告しておき予習できる環境にしたりするなどの教師の援助が必要とされていると考えることができる。

また、子どもは対話的な理科授業に慣れていくにしたがって、班の仲間の個人の実験計画が終わった段階で、時間にかかわらず話し合いや発表とホワイトボードの作成に取り掛かっていた。これは、個人の実験計画の作成を15分、ホワイトボードを作成するまでの時間10分と分けるのではなく、時間を流動的に活用するために両者をまとめて25分の時間枠と考えられることを示している。

4.7 実験のポイントと安全管理について説明

図6右列“実際の実験計画”は、それまでの子どもの発表をすべて取り入れた上で、教師が作成した実験計画である。実践では、この実験計画を黒板に記述することにより「実験のポイントと安全管理についての説明」を行った。この説明に要した時間は2時間目の

最初の10分程度であった。

“実際の実験計画”での実験のポイントは、茎を縦に切ったものと輪切りに切った断面の維管束を観察すること、葉の裏側を薄く剥がして表面の気孔を観察することである。維管束や気孔の働きを議論する際には、観察したスケッチを基にすることが重要と判断したからである。

これ以外の葉脈の断面図の観察や根の断面図の観察は、資料を作ることが技術的に難しく時間がかかりそうだと教師が判断したので、茎の維管束と葉の気孔の観察が終わった班のみ挑戦できる追加の実験とした。実験方法の詳細な部分については危険のない限り、細部を変更しても良いことにした。例えば、図6右列の上から2行目「茎をうすく切って（ ）で観察」では、観察に使用するのは光学顕微鏡・双眼実体顕微鏡・ルーペのどれでも良いため器具名をあえて明示していないことにした。

“実際の実験計画”での安全管理はカッターやカミソリなどの刃物を使う部分である。刃物で葉や茎を切りにくい場合は刃を押し付けずにスライドさせて切ること、切った後に刃が動く範囲に自分の指など置かないことをしっかり指導した。

実践で「実験のポイントと安全管理についての説明」を行ったのは2時間目の最初であったため、実験計画を作成した前の授業とは時間が開いており、子どもは説明を聞きながら実験方法を見ながら、前時の内容を振り返っているようであった。

4.8 実験の実施と結果の記録

「実験のポイントと安全管理についての説明」が終わった後に子どもは実験を開始した。実験は授業終了の5分前までに片付けができることがルールとなっており、それまでは各班で実験計画を基にして自由に実験を行って良いことにしている。実験器具は原則として教卓の上や理科室内に置いてあるが、これ以外の実験器具が使いたい場合、子どもは教師に使用したい器具を申し出て借りることもできる。

子どもは自分の使う茎を食紅につけておいたり、気孔の観察のために自分の家から持ってきた葉を準備していたり、双眼実体顕微鏡と光学顕微鏡をそれぞれ準備するなど、実験の見通しを持ち準備を進めていた。

実践の中では、維管束の断面や気孔を観察するためにつくった切片が厚かったために、なかなか顕微鏡で観察できない場面や、葉の表裏を確かめずに切片をつくり気孔をなかなか観察できない場面が見受けられたが、子どもは「維管束と気孔を観察する」という目的をしっかりと共有化しており、教科書で観察する場所を再度チェックしたり、班の仲間に聞いたり、教師に実験の手順を確認したりして課題を解決していた。

図7は、図5の(C)「実験の結果」部分の拡大図である。図7の上部にある“維管束の

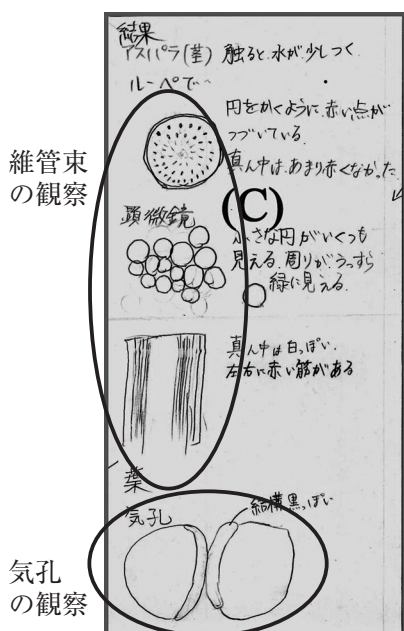


図7 実験結果の記録

図5の(C)「実験の結果」部分の拡大図。茎の維管束など観察箇所が明確になっている。

観察”では、茎を輪切りにした断面、縦に切った断面がそれぞれスケッチされている。さらに、維管束は全体のスケッチだけではなく、赤くなった細部を観測しようと細胞もスケッチしているのに注目できる。これは「実験計画の作成」の場面で、「茎は（食紅を吸収した部分は）赤い円になっているか、つぶのようになっているかのどちらかが見られると思う（図6左列の下から4～5行目）」と結果を予想して焦点を当てていた成果であり、水の通り道である赤い部分の形状がどのようなになっているかという課題意識があったために、細胞の詳細なスケッチを行ったと考えられる。つまり、端的に言えば、子どもが実験計画の作成をすることにより実験の視点が深まったのである。

一方で、図の下部にある「気孔の観察」では、子どもは気孔をスケッチしているものの教科書に記されているような気孔のスケッチにはなっていない。

これは、この後の「実験結果の解釈」の場面で話し合いや発表を通して修正することが期待される。

「実験の実施と実験結果の記録」に要した時間は40分程度であり、ここで2時間目は終了した。実験が早めに終わった班は、余った時間を利用して「実験結果の解釈」をこの時間の中で行っていた。

4.9 実験結果の解釈

図8は、図5の(D)「実験結果の解釈」「全体のまとめと新しい疑問、自己評価」を拡大したものである。

図8左列の“解釈”は、個人の「実験結果の解釈」である。維管束に関しては円をかくように赤い点（道管）があるのは「全体に（水を）行きわたりやすくするため」、茎の小さな円（道管の細胞）があるのは「水や養分や空気が通りやすくなるため」と解釈しており、学習していない細胞内の葉緑体の解釈と植物の中心に維管束がない理由についても解釈を行っている。また、気孔に関しては、気孔の形が開閉できそうなのは「閉じると完全に空気を出さないため」、気孔が裏側にあるのは、「表には葉緑体などがあり、裏の方にはスペースがなかったため」と解釈した。子どもが実験計画で予想をする際には、維管

ホワイトボード①



図8 結果の解釈と発表されたホワイトボード

図5の実験報告書(D)部分の拡大図。左は子ども自身による“実験結果の解釈”、中央は班の仲間や他班によるホワイトボードによる発表(上部)を記録した“他の人の意見”、右はそれらを参考にした最終的な“まとめ”、“自己評価”である。左から右に行くに従って他の班がホワイトボードで発表した意見を取り入れ、解釈が精緻化していることがうかがえる。

束の構造は円状に分布するという大きな視点のみで捉えられていたが、実験を行うことによって、維管束の分布に加えて茎の細胞という細部や維管束を含めた茎全体の構造にまで注目できたことがわかる。

図8中央列は、班の仲間の発表や他の班の発表を記録した“他の人の意見”である。図8の最上段と最下段のホワイトボードの記述は、それぞれ他の班がクラス全体へ発表したものであり、この発表を参考にしたことで子どもの考え方は変化したと考えられる。

最上段のホワイトボード①の班は、気孔は葉緑体を含む2つの孔辺細胞が向き合っている形状であると発表した。気孔の形状に関する発表はクラスの10班中9班が同様の発表をしていたため、子どもは発表された気孔の形状と自分のスケッチした気孔の形状と比較して、孔辺細胞と葉緑体の記述を加えていた。最下段のホワイトボード②の班は、気孔が裏にある理由を「雨などが降った時に気孔がふさがらないようにするため」、維管束が大量にある理由を「植物は大量に水を出し入れする必要があるため」と結論付けた。子どもは発表された意見を参考にして、気孔が裏にある理由と維管束が多い理由の記述を加えていた。

このふたつの発表を聞いて子どもの考え方が変化したことから、子どもは、話し合いや発表といった対話的な活動、特に他の班のホワイトボードによる発表を通して、維管束と気孔についての解釈を精緻化していったと考えることができる。

「実験結果の解釈」「全体のまとめと新しい疑問、自己評価」に要した時間は、結果の解釈を班で話し合い・発表を行いホワイトボードにまとめるまでの時間が20分、クラス全体への発表および質疑応答が15分、そして最後に教師が講評を行ったのが5分であり、合計40分であった。

4.10 全体のまとめと新しい疑問、自己評価

図8右列“まとめ”は、班やクラス全体の話し合いや発表を含めたすべての意見を比較・検討した最終的な「全体のまとめ」である。子どもは「実験結果の解釈」の話し合いや発表を行った後に、この部分を記入していた。

図8右列の3行目には“他の人の意見を聞いての新解釈”が記されており、他の班によって発表された気孔と維管束についての解釈が再度まとめられている。そして、右列中段には「生きていく上で、成長をしやすくするための工夫が、たくさんあることが分かった。(気孔を葉の裏に配置することにより) 大事な部分を守る。(維管束を全体に大量に配置することにより) 養分を植物全体に回しやすくする。効率よく水、養分を回す。(葉緑体を多くの場所に配置して) 栄養を作りやすくする」と結論付けていた。

これは、子どもが話し合いや発表で述べられた様々な意見を比較・検討して、最終的に

子どもの中にひとつの形でまとめたということができる。つまり、子どもは対話的な活動を通して概念変換を行った結果を子どもの中に内化したということである。

図8右列下段の“新しい疑問”は、実験を通して率直に疑問を持ったこと、あるいは身近な現象との関連性の記述である。本実践では、子どもは実験を振り返り「道管と師管がなぜ分かれているのか」という疑問を記述していた。これは子ども自身が実験を通して維管束の分布や役割については理解を深めたが、維管束を水の通り道として考えているため、道管と師管の違いが不明瞭であることを示している。なお、道管と師管の役割については次回以降の授業で「植物の体のつくり」についてまとめていく予定なので、道管と師管についての理解が一層深まることが期待される。

図8右列最下段の“自己評価”では、“計画”（実験計画の作成）と“解釈”（実験結果の解釈）というふたつの観点で、子どもに自分の活動をA（良い）～C（悪い）の3段階で評価させた。

本実践においては、子どもは“計画”をB評価、“解釈”をA評価としていた。教師が評価の理由を聞いたところ、実験計画の作成は、基本的な活動はしていたが計画にオリジナリティがなく教科書と似てしまったこと、実験の手際が悪く何度も葉を観察できなかったことからB評価としたこと、解釈は多くの意見を取り入れて満足いく解釈が記述できたことからA評価としたことを説明した。

この評価は、教師によって“計画”（実験計画の作成）と“解釈”（実験結果の解釈）のふたつの観点でもう一度行われる。

本実践においては、実験計画の作成について「実験の目的から結果まで実験報告書を項目通りに記述できたか」「実験結果の予想と結果がしっかり記述できたか」という視点で評価を行った。今回は、実験報告書に実験の目的から結果まで項目通りの記述を行っており、結果では維管束と気孔のスケッチに精力的に取り組んでいたことから、実験計画の作成はA評価とした。なお、実験計画ではオリジナリティがないと考えている子どもが少なくないが、対話的な理科授業を何度か行った感触としては、実験計画をすべてゼロから作成するのはかなり難しいようである。

また、実験結果の解釈について「実験の解釈から自己評価まで実験報告書を項目通りに記述できたか」「解釈が指定されたポイントを押さえて記述できたか」という視点で評価を行った。今回は、実験報告書に解釈から自己評価まで項目通りの記述が行っており、維管束と気孔のはたらきについて考察したことが十分にまとめられていたので、実験結果の解釈もA評価とした。

このように子どもは、“計画”（実験計画の作成）と“解釈”（実験結果の解釈）のふたつの観点で自己評価を行うことにより、実験全体を振り返っていたと考えられる。また、

自己評価の理由を記述することが重要であると感じたことから、この後の対話的な理科授業では自己評価の欄にその理由を記述させることにした。

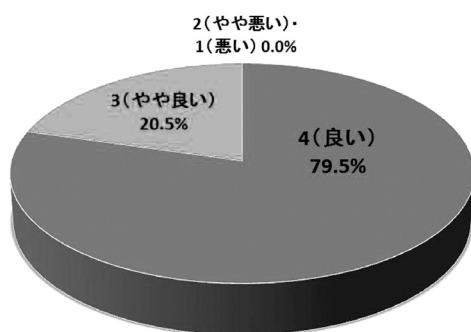
「全体のまとめと新しい疑問、自己評価」は授業時間の最後の5分を使って記述したが、一部の子どもは発表の意見をたくさん書いてまとめたいと考えているため、時間が足りていなかった。これは子どもが対話的な理科授業に慣れていないと考えることもできる一方で、休み時間に理科室を開放したり、次の授業の最初の数分をまとめの時間としたりして、実験報告書に記述する時間を確保する配慮も必要であることを示している。

5. 対話的な理科授業についてのアンケート調査

5.1 子どものアンケート調査結果

対話的な理科授業を受けた子どもがどのような感想を持ったのかを調べるために、対話

Q. 実験計画と解釈で話し合いや発表を行う
理科授業はいかがでしたか？



[有効回答数39名]

対話的な理科授業の長所（抜粋）

- ・自分たちで計画や予想をするので実験手順の意味がわかり実験をしやすい (53.8%)
- ・自分たちで実験結果を解釈することによって実験の意味を深く理解できる (41.0%)
- ・友達の意見を聞くことができる (28.2%)

対話的な理科授業の短所（抜粋）

- ・計画・解釈の時間が少ない (46.2%)

図9 子どものアンケート結果

対話的な理科授業を受けた子どもの感想と、授業で感じた長所短所（複数回答）の抜粋。

子どもは対話的な活動を肯定しており、同時に計画・解釈の時間が短いと感じている。

的な理科授業を1年間経験した子どもを対象にアンケート調査を実施した。調査対象は国立大学附属中学校1学年1学級39名。調査時期はすべての授業が終了した3月中旬、調査方法は質問紙法である。

図9はその調査結果である。グラフは「実験計画と解釈で話し合いや発表を行う（対話的な）理科授業はいかがでしたか？」という問いに対して、1（悪い）、2（やや悪い）、3（やや良い）、4（良い）の4段階で回答した結果である。グラフの下枠内は、子どもが感じた対話的な理科授業の長所と短所を示している。なお、長所と短所は複数回答として、回答が5名（12.8%）以上の主な意見のみを抜粋した。

子どもは対話的な理科授業に対して79.5%が4（良い）、20.5%が3（やや良い）と回答しており、すべての子どもが対話的な理科授業を肯定的

にとらえていることが明らかとなった。

さらに、子どもは対話的な理科授業の長所として、「自分たちで計画や予想をするので実験手順の意味がわかり実験をしやすい (53.8%)」「自分たちで実験結果を解釈することによって実験の意味を深く理解できる (41.0%)」「友達の意見を聞くことができる (28.2%)」をあげていた。これは、話し合いや発表を行って実験計画を作成するために子どもが見通しを持って実験を行えていること、話し合いや発表を行うことで解釈が精緻化していること、そして話し合いでたくさんの意見を参考にできることを長所として感じていることを示している。

他にも長所の少数意見としては「実験手順がわかりやすい (10.3%)」「実験がやりやすく楽しい (7.7%)」等があった。

一方、子どもは対話的な理科授業の短所として、「計画・解釈の時間が少ない (46.2%)」をあげていた。

この理由としては、個人の実験計画や個人の解釈の作成に時間がかかること、全体のまとめや新しい疑問、自己評価の場面の時間が少ないことがあげられていた。これらを改善するためには、「実験の目的、使用器具、解釈のポイントの説明」の際には具体例を使ってわかりやすくすること、子どもの活動状況によって次回の予告をして予習をしやすい環境をつくること、休み時間に理科室を開放して実験報告書を作成できるようにすることなどの配慮が必要である。

他に短所の少数意見としては「実験計画を考えるのが難しく、教科書通りの計画になってしまう (10.3%)」「自分で考えなくてはいけないので大変 (7.7%)」等があった。また「最初は大変だったけど、徐々に実験が余裕をもってできるようになってきた」のように、対話的な理科授業は慣れるにしたがって有効に時間がつかえるという意見もあった。

5.2 教育実習生のアンケート調査結果

対話的な理科授業を行った教師がどのような感想を持ったかを調べるために、対話的な理科授業を行った教育実習生2名を対象にアンケート調査を面接法で実施した。実習生は対話的な理科授業は今回が初めての試みであり、授業の実践時期は2010年9月で実践単元は「力のはたらき」の6時間である。

教育実習生に対話的な理科授業の感想を聞いたところ、対話的な理科授業は3時間程度で十分に実践可能であると回答した。さらに、対話的な理科授業を行った上での効果として、子どもが実験の見通しを持って主体的に実験に取り組んでいること、話し合いや発表の活動を通して自然事象を深く追求していることをあげていた。これは授業実践で見た子どもの姿と同じである。

また、教育実習生は対話的な理科授業で指導する際の重要なポイントとして、実験の目的を明確にすること、子どもが発表した内容への価値付けをすることをあげていた。

実験の目的を共有化する場面では焦点を絞って説明をすることが望ましいが、実験の焦点化が不十分であったり活動内容を具体的に示せなかったりすると、子どもが実験計画をしっかりと作成することができないと答えていた。子どものアンケートの記述にも「教育実習生の授業では実験計画を作るのが難しかった」という記述があったことから、教師が子どもたちに説明する場面がとても重要であることを示している。

子どもの発表した内容を価値付けするのは、班での話し合いや発表をしている時と、ホワイトボードを使ってクラスへ発表をした時のふたつの場面である。班での話し合いや発表をしている時には、教師が机間指導の際に子どもの考え方を評価することによって、話し合いは一層活発になること、ホワイトボードで発表した時に子どもの考えを適切に評価することによって、子どもたちは様々な意見をまとめられることは授業の中で感じたが、それぞれの場面でどのように助言をすればよいか悩んでしまいがちな評価をすることができなかったと答えていた。

つまり、対話的な理科授業における教師の活動として重要なのは、「実験の目的、使用器具、解釈のポイントの説明」の場面では焦点を絞って具体的な内容で説明すること、「実験計画の作成」、「実験結果の解釈」の場面では机間指導や全体発表の際に適切な評価を与えることである。

6. まとめ

本研究では、自然事象をことばで読み解くために日常的に実践できる対話的な理科授業を提案したが、実践を通した検証結果とアンケート調査の結果から、以下の5つのことが明らかになった

- ①話し合いや発表を用いた対話的な理科授業は3時間程度で実践可能である。
3時間の各活動は、1時間目は「実験の目的、使用器具、解釈のポイントの説明」、「実験計画の作成」。2時間目は「実験のポイントと安全管理について説明」、「実験の実施と結果の記録」。3時間目は「実験結果の解釈」、「全体のまとめと新しい疑問、自己評価」である。
- ②「実験計画の作成」の場面では、話し合いと発表を行うことで、実験に対する見通しが深まり主体的な実験活動を行うことが可能となる。
- ③「実験結果の解釈」の場面では、話し合いと発表を行うことで、多くの意見を比較検討することが可能となり、子どもの考えは精緻化される。
- ④対話的な理科授業において、教師の活動で重要なのは、「実験の目的、使用器具、解

「積のポイントの説明」の場面でわかりやすい説明を行うこと、「実験計画の作成」、「実験結果の解釈」の机間指導と全体発表の場で子どもに適切な評価を与えることである。

- ⑤時間が不足しやすいのは、個人の「実験計画の作成」と「結果の解釈」、「全体のまとめと新しい疑問、自己評価」の場面であり、予習をしやすい環境をつくることや休み時間に理科室を開放して実験報告書を作成できる環境にすること等の配慮が必要である。

【謝辞】

本研究を遂行するにあたり、横浜国立大学の森本信也教授および研究室の皆様、東京学芸大学附属竹早中学校の先生方、および、竹早地区理科部の皆様には多大なご協力をいただきました。また、本研究は公益財団法人博報児童教育振興会「児童教育実践についての研究助成」を受けてまとめることができました。ここに謹んで感謝の意を申し上げます。

【参考資料】

- 1) 清水誠&中道貞子「中学校教育課程講座 理科」, pp.4-5, 2009, ぎょうせい
- 2) 国立教育政策研究所「特定の課題に関する調査（理科）」, pp.121-122, 2005
- 3) 前掲 1, p.13
- 4) 黒田篤志&森本信也「対話的な理科授業を通した子どもの科学概念構築に関する教授論的研究」,「理科教育学研究」vol.51, No.1, pp.51-62, 2010
- 5) 森本信也「子どもの学びにそくした理科授業のデザイン」, p.23, 1999, 東洋館出版社
- 6) 武村重和&秋山幹雄「理科重要用語 300 の基礎知識」, p.164, 2000, 明治図書
- 7) 前掲 6, p.29
- 8) プレゼンテーションについては次の文献が詳しい。
G. Zelazny et al.「マッキンゼー流プレゼンテーションの技術」, 2004, 東洋経済新報社
- 9) 林雄二「問題解決過程の充実を図る表現活動の工夫—理科ノートの効果的な活用を通して—」,「理科の教育」6月号, pp.28-30, 2009, 東洋館出版社
- 10) 安川礼子「話し合い活動を取り入れた授業実践例—話し合いで観察・実験への意欲を高める—」,「理科の教育」11月号, pp.36-38, 2009, 東洋館出版社
- 11) 田中利典「自分の考えをつくり, 深める学習活動の工夫—自己表現力を磨くための情報交流版を用いた小集団交流—」,「理科の教育」6月号, pp.37-39, 2009, 東洋館出版社

- 12) 小池達士「グラフを読み取る力の育成を意図したポスターセッション」,「理科の教育」8月号, pp.32-34, 2009, 東洋館出版社
- 13) 目的を明示する必要を示した実践例としては次の文献がある。
森本信也編著「考え・表現する子どもを育む理科授業」, pp.32-35, 2007, 東洋館出版社
- 14) 前掲10
- 15) 実験結果の解釈が多彩な例としては次の文献が詳しい。
森藤義孝 & 森本信也「中学生における粒子観の形成過程に関する分析―特にミニ理論を手がかりにして―」,「日本理科教育学会研究紀要」vol.33, No.1, pp.1-13, 1992
- 16) 評価における価値づけに関しては次の文献が詳しい。
前掲5, pp.146-149
- 17) 佐藤寛之 & 小野瀬倫也「理科学習場面における認識論的 Vee 地図の有用性の検証に関する研究」,「理科教育学研究」vol.51, No.2, pp.41-51, 2010
- 18) 東京学芸大学附属竹早幼稚園・小学校・中学校, 平成21年度「主体性を育む幼・小・中連携の教育」,「東京学芸大学附属竹早幼稚園・小学校・中学校研究紀要」, pp.158-165, 2010