

【研究論文】

理科授業における対話を通じた科学概念の 社会的構築過程に関する研究

—アプロプリエーションを促すフィードバック機能の分化—

長沼武志(東京学芸大学連合大学院)

森本信也(横浜国立大学)

1. 問題の所在

学校教育法の規定第30条第2項、第49条、第62条では学力について、「生涯にわたり学習する基盤が培われるよう、基礎的な知識及び技能を習得させるとともに、これらを活用して課題を解決するために必要な思考力、判断力、表現力その他の能力をはぐくみ、主体的に学習に取り組む態度を養うことに、特に意を用いなければならない」と定められている(教育基本法, 2007)。すなわち、基礎的、基本的な知識・技能の習得、知識・技能を活用して課題を解決するために必要な思考力・判断力・表現力等、学習意欲が、学力の重要な要素であることが明確に示された。これを踏まえて中央教育審議会による報告書では、思考力・判断力・表現力の育成について、表1に示す通り、具体的な活動例をまとめた(文部科学省, 2008a)。

表1 思考力・判断力・表現力の育成にかかわる具体的な活動

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">①体験から感じ取ったことを表現する。②事実を正確に理解し伝達する。③概念・法則・意図などを解釈し、説明したり活用したりする。④情報を分析・評価し、論述する。⑤課題について、構想を立て実践し、評価・改善する。⑥互いの考えを伝え合い、自らの考えや集団の考えを発展させる。 |
|--|

現行の理科学習指導要領では、子どもの自律性や問題解決能力の育成が求められ、観察、実験の結果を整理し考察する学習活動や、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、探究的な学習活動の充実に向けて改善が求められている(文部科学省, 2008b, 2-6)。つまり、理科教育において、観察、実験の結果を子どもの中で正確に伝え合い共有して、結果とその要因等の関連づけをするのである。この活動は、対話を通し、関係性についての情報を分析・評価しながら、学習集団という社会の中で考えを合意形成することでなされる。対話を通じた科学概念の社会的構築が重要である由縁である。

しかしながら、最近の理科教育にかかわる調査では、こうした点についての課題が明らかにされてきた。例えば、PISA2009調査の結果では、必要な情報を見つけ出し取り出すことは得意だが、それらの関係性を理解して解釈したり、自らの知識や経験と結び付けたりすることがやや苦手であるなど、思考・表現における課題が指摘された(国立教育政策研究所, 2010)。また、平成27年度に実施された全国学力・学習状況調査(理科)では、

観察、実験の結果を整理し考察することについて、実験の結果を示したグラフを基に定量的に捉えて考察すること、予想が一致した場合に得られる結果を見通して観察、実験を構想したり、実験結果を基に自分の考えを改善したりすることに課題があると指摘された（国立教育政策所、2015）。

このように、日本の理科教育において、観察、実験の結果を考察して関係性を理解して解釈したり、結果を見通して観察、実験を構想したり、自分の考えを改善したりしながら、科学概念を構築していくことが課題なのである。そこで、本研究では、今日の課題の解決策として、子どもが主体的・協働的に学ぶ理科授業について、とくに対話を通じた科学概念の社会的構築過程に関して、指導方略の可能性を検証した。

2. 科学概念の社会的構築過程に関する背景の理論

2.1 形式的アセスメントによる科学概念構築

指導方略としての形式的アセスメントは、子どもの発言や描画、記述など、授業における子どものパフォーマンスに対してなされるアセスメントである。形式的アセスメントを実施するにあたり、クライテリア（criteria）を用いて子どもの実態を把握し、フィードバックを行いながら、科学概念構築を促していく。CERI（OECD教育研究改革センター）は、形式的アセスメントについて、「学習のニーズを確認し、教授を適切に合わせていくための、生徒と学力進捗状況と理解の頻繁かつ対話的（インタラクティブ）なアセスメントを指す」と述べた（OECD教育研究改革センター、2008）。また、ウィリアム（William, D.）は、フィードバック情報が形式的に機能するアセスメントに使われなければならない点を指摘した（ウィリアム, D., 2013）。

渡辺らは、プルヌー（Perrenoud, P.）の提案を基に教授過程と学習過程の相互作用を構造化し、形式的アセスメントが科学概念構築に機能していく様態について明らかにした（渡辺、黒田、森本、2013）。具体的には、子どもは、外部情報を自らの認知過程に組み入れる段階で、問題を明確にししながら、問題解決に必要な情報・知識を自覚化した。子ども同士の相互啓発・協働的な活動を通じた自らの学習を調整する段階では、互いの考えを受け、適切に咀嚼することによって、自身の考えを精緻化させた。知識ベースの拡大のための認知過程の調整の段階では、自身のもつ知識を他の状況にも適応させることによって、知識を深化させ、メタ認知の段階では、他者の考えを受け、自身の考えを振り返り表現した。すなわち、形式的アセスメントを軸とした相互作用的な教授過程と学習過程によって、子どもの科学概念構築を支援できることが明らかとなったのである。また、渡辺らは、サドラー（Sadler, R.）とウィリアム（William, D.）の提案を基に、形式的アセスメントに用いられるクライテリアについて、子どもとの対話を通して共有することが求められると指摘し、先決されたクライテリア（目標に準拠した評価規準）を達成するためには、即時的なクライテリア（子どもの考えを構築させるための評価規準）による子どもの実態把握と、フィードバックの積み重ねが必要であることを明らかにした（渡辺、黒田、森本、2015）。具体的には、子どもは、即時的なフィードバックにより、観察、実験結果から必要な情報を判断しながら取り入れ、科学的に思考し、言葉（知識）のみの表現ではなく、自分なりの多様なイメージを用いて、事象を理論的に説明し、先決されたクライテリアに到達したのである。

これらのことから、形式的アセスメントが、科学概念構築に寄与することは明らかであり、授業で到達したい目標に準拠した先決されたクライテリアの到達には、即時的なクライテリアを生起させてフィードバックを行うことが不可欠なのである。しかしながら、即時的なクライテリアを生起させるための視点については、これまで十分な研究報告は、なされていなかった。

2.2 形式的アセスメントに基づくフィードバック機能の分化

形式的アセスメントを実行するうえにおいて有用な機能となるフィードバックについて、Hattie, J. & Timperley, H は、現在の子どもの理解と望ましい目標との間のギャップを減らすものと述べた（Hattie, J. & Timperley, H., 2007, 169-170）。現状では自力解決ができない課題であっても、教師の適切なフィードバックによ

り課題を達成できることであり、ヴィゴツキー (Vygotsky, L.S.) の指摘する「発達の最近接領域 (ZPD: Zone of Proximal Development)」を見極めて、教師が足場づくりとして適切にフィードバックを行うことにより、子どもの科学概念構築が図られることと同義と解釈できる (ヴィゴツキー, L.S., 2001)。

こうした視点に立ち、Hattie, J. & Timperley, H. は、効果的なフィードバックが、どこへいくのか、どのようにいくのか、次はどこへいくのかといった3つの質問に応じ、図1に示す四つのレベルとして機能することを指摘した (Hattie, J. & Timperley, H., 2007, 170-183)。

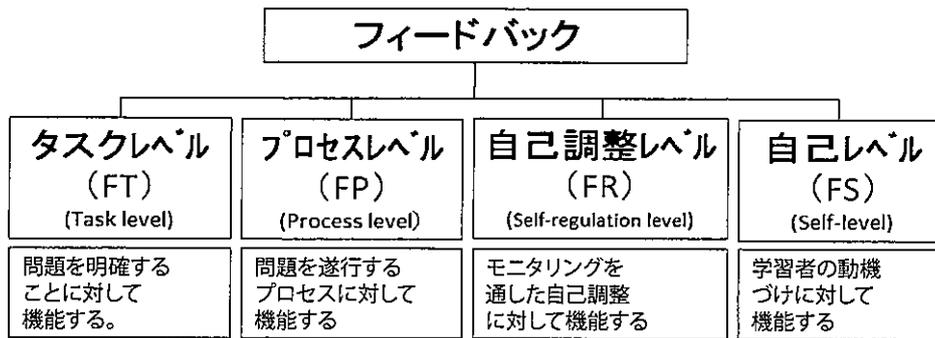


図1 フィードバックが機能する四つのレベル (Hattie & Timperley, 2007)

具体的には、問題を明確にするタスクレベル、問題の遂行を促すプロセスレベル、モニタリングを通じた自己調整を促す自己調整レベル、そして、学習を動機づける自己レベルである。問題を明確にするタスクレベルに対するフィードバックは、学習の目的を意識させることに機能するため、問題を明確にした子どもの主体的な学習が期待できる。プロセスレベルに対するフィードバックは、子どもの考えの関連づけを促し、自己調整レベルのフィードバックは、子ども自身にこれまでの学習のふりかえりを促すため、子どもは、様々な考えの関連づけを行い、その考えをふりかえり、評価・改善していくのである。また、同時に自己レベルのフィードバックによって、学習に対する動機づけを高め、問題解決と新たな問題を見いだすなど、学習に対して意欲的に取り組むようになる。

これらのことから、先決されたクライテリアを達成するための即時的なクライテリアの実施は、図2に示す通り、フィードバックが機能する四つのレベルに対応していると言い換えることができる。例えば、問題が明確になっているかについての視点は、即時的なクライテリアの対象となり、タスクレベルのフィードバックを行う。また、問題解決のプロセスにおいて、考えの関連づけができていないか、即時的なクライテリアの実施によって子どもの実態を把握し、プロセスレベルのフィードバックを行う。さらには、自分の考えをふりかえり、評価・改善しているか、即時的なクライテリアの実施によって形成的アセスメントを行い、自己調整レベルのフィードバックを行う。あるいは、動機づけとして自己レベルのフィードバックを行うことで、子どもは、科学概念の構築が促され、先決されたクライテリアである目標を達成するのである。

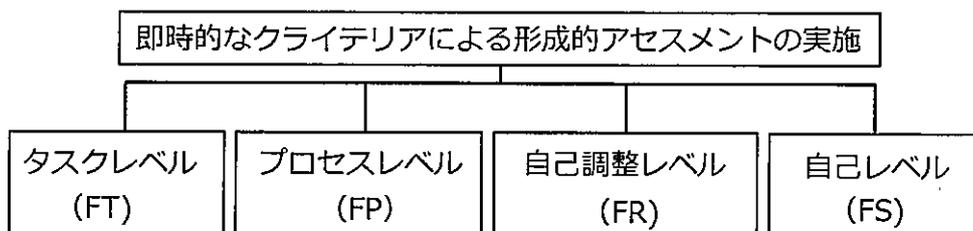


図2 四つのレベルを意識した即時的なクライテリアの実施による形成的アセスメント

2.3 対話によるアプロプリエーションの効果

ヴィゴツキーは、高次精神機能の発達過程について、「最初は集団的活動・社会的活動として、すなわち精神間機能として、2回目には個人的活動として、子どもの思考内部の方法として、精神内機能としてあらわれる。(中略)今は、子どもにとってまわりの人たちとの相互関係、友達との協同の中のみ可能であることが、発達の内的過程が進むにつれて、のちには子ども自身の内的財産となる一連の内的発達過程を子どもに生ぜしめ、覚醒させ、運動させる」と、指摘し、教授・学習のあらゆる過程が、これら一連の過程を子どもに生ぜしめる発達の源水であると述べた(ヴィゴツキー, 2003)。理科の授業で考えるならば、教師は、発達の最近接領域を見極めて、子どもに問題解決に対する他者との協働を促す。結果として、高次精神機能として科学概念の構築が精神間機能としてあらわれ、やがて精神内機能として子ども自身にあらわれるのである。すなわち、科学概念の社会的構築である。

このように、科学概念が他者との関係性の中で、社会的に構築されることを考えるに当たり、アプロプリエーション (appropriation) は、有益である。バフチン (Bakhtin, M.M.) は、アプロプリエーションの概念について、「言葉の中の言葉は、なかば他者の言葉である。それが言葉となるのは、話者がその言葉の中に自分の志向とアクセントを住ませ、言葉を支配し、言葉を自己の意味と表現の志向性に吸収した時である。この収奪(借用・アプロプリエーション)の瞬間まで、言葉は中性的で非人格的な言葉の中に存在しているのではなく、他者の唇の上に、他者のコンテクストの中に、他者の志向に奉仕して存在している。つまり言葉は必然的にそこから獲得して、自己のものにしなければならない」と、述べた(バフチン, 1979)。このバフチンの収奪の概念を基に、ワーチ (Wertsch, J.V.) は、アプロプリエーションについて、「発話するということは、他者の言葉の専有 (appropriation) や少なくともその一部を自分のものにする過程が、本質的に含まなければならない」と、指摘した(ワーチ, 1998)。

また、Rogoff, B. は、アプロプリエーションについて、子どもが目標を達成するために、子ども自身の既習に基づいて、新しい状況をどのように解決すべきか、感情や非言語的、言葉によるコミュニケーションを通して、個人として、しばしば他者の中で、そして、常に社会文化的活動の中で生じ、子ども自身が、社会・文化的文脈を調整したり理解したりすることを通して個人的に変化していくことを含んでいると述べた (Rogoff, B., 1993)。これを佐藤は「参加による借用」という言葉で説明している(佐藤, 1999)。つまり、科学概念の社会的構築プロセスでは、子どもは、学習集団に所属し、その集団に参加する中で、他者との協働によって考えを発展させ、集団としての合意形成を遂行していく。そして、教師や仲間などの他者の言葉をアプロプリエーションしながら、科学概念の社会的構築を図るのである。

斎藤らは、子どもの問題解決における談話を分析し、学習の成立の指標として子どもの共有・合意されたアプロプリエーションを観察する中で、教師が子どもの発言を価値づけ、談話を発展させ科学概念構築を促進させようとしていることを明らかにした(斎藤, 黒田, 森本, 2010)。教師の形成的アセスメントによるフィードバックが、子ども同士が他者の考えをアプロプリエーションしながら集団としての合意を目指す科学概念の社会的構築を促すことに有効に機能するのである。さらに、渡辺らは、対話的構築主義アプローチと、そこから発展が可能である相互アプロプリエーションの視点から分析を行い、協同的な科学概念の構築過程において、教師が子どもに発達の最近接領域を具体的に示しながら、対話を進めていることを明らかにした(渡辺・黒田, 2013)。つまり、教師は、指導方略として、先決されたクライテリアの到達に向けて、発達の最近接領域を見極めた即時的なクライテリアによって子どもの実態を把握し、形成的アセスメントを実施する。具体的には、タスクレベルやプロセスレベル、自己調整レベル、自己レベルの対する発達の最近接領域を具体的にフィードバックし、子どもは、アプロプリエーションしながら、集団としての合意を見だし、科学概念を構築すると考えられる。

3. 本研究の目的

本研究では、これまでの論考を踏まえて、今日の課題の解決策としての、子どもが主体的・協働的に学ぶ理科授業として、対話を通じた科学概念の社会的構築過程に関して、指導方略の可能性を検証する。科学概念の社会的構築過程を分析するにあたり、対話によるアプロプリエーションに注目し、その際、指導方略としての教師の形成的アセスメントによるフィードバック機能の効果について検証を図るものとする。特に、即時的なクライテリアとして、四つのレベルに着目し、形成的アセスメントに基づくフィードバックが、対話によるアプロプリエーションをどのように促し、科学概念の社会的構築に寄与するかを検証した。

4. フィードバックが機能する四つのレベルを意識した授業実践の分析

4.1 時期

2015年1月上旬から下旬

4.2 対象と単元

県内小学校第6学年「水溶液の性質」

4.3 指導計画

分析対象とした授業の単元構想を表2に示す。対象とした授業は、第6時の「なぜ、濃い塩酸は、鉄を溶かす力が強いのか」を考察する場面である。ここでは、「粒子の結合」や「粒子の保存性」にかかわる内容を学習し、水溶液の性質について推論する能力を育てるとともに、水溶液の性質や働きについて見方や考え方をもつことが目標とされている(文部科学省, 2008b, 57-58)。この目標である水溶液中の塩酸や鉄の粒子の存在を推論すること、その際、粒子の結合や保存性をイメージで捉えることが先決のクライテリアである。

表2 単元構想

第1, 2時	リトマス紙を使って水溶液の性質を調べる。
第3時	PH試験紙を使って水溶液の性質を調べる。
第4, 5時	鉄やアルミニウムを塩酸と水酸化ナトリウムに溶かす。
第6時	なぜ、濃い塩酸は、鉄を溶かす力が強いのかを考える。
第7時	塩酸に溶けた鉄が、鉄とは違うものになったことを調べる。
第8時	学習をまとめる。

4.4 授業の分析方法

分析対象とした授業において、形成的アセスメントに基づくフィードバックが機能する四つのレベルを視点に教師によるフィードバックを分類した。また、授業中の子どもの発話や描画表現について、対話によるアプロプリエーションを視点に分析を行った。

4.5 結果

4.5.1 学習課題を共有する場面の結果

表3に、本研究で分析の対象とした授業の学習課題を共有する場面の教師と子どもの発話を示す。この場面は、「なぜ、濃い塩酸は、鉄を溶かす力が強いのか」について考察した授業の導入場面である。プロトコルにおいて、

教師の発言を T、子どもの発言を C で表した。

表3 学習課題を共有する場面のプロトコル

C1	濃い塩酸は、ほとんどの鉄が溶けて、薄い塩酸は、濃い塩酸よりも溶けなかった。	
T1	溶けるはやさは、どうでした？	
C2	溶けるはやさは、濃い塩酸の方がはやくて、薄い塩酸はおそかった。	
T2	ここから、考察になるのかな。何について、考察するのかな。←	タスクレベル 考察する問題を明確にするためのフィードバック。
C3	なぜ、濃い塩酸は、薄い塩酸よりもはやく鉄が溶けたのか。	
T3	どうですか？	
C4	問題提起が、濃い塩酸は薄い塩酸よりも鉄を溶かす力が強いのかだから、はやく溶けるのは、聞いていないから、なぜ、濃い塩酸は、薄い塩酸よりも、多くの鉄が溶けたのかがいいと思う。	タスクレベル 問題提起と関係づけ発言を価値づけたフィードバック。
C5	多く溶けてないよ。	
T4	溶けた量は多かったね。	
C6	入れた量は、変わらないじゃん。	
C7	なぜ、濃い塩酸は、薄い塩酸よりも溶かす力が強いのか。	プロセスレベル ものの溶け方の学習を活用しながら、問題解決をするように促すフィードバック。
C8	いいと思います。	
T5	なるほど。問題提起を意識して、考察するんだね。← さて、なぜ濃い塩酸は、薄い塩酸より溶かす力が強いのかを、考えていきます。← 考えていく時、5年生で勉強したことを使ってください。←	

授業の導入時に、C1が塩酸の濃さの違いによる、鉄の溶け方の観察、実験の結果を発表した。これを踏まえて、T2は、問題を把握しているかを視点とした即時的なクライテリアの実施による形成的アセスメントに基づき、「何について考察するの」と、タスクレベルのフィードバックを行った。C3は、「濃い塩酸の方がはやく鉄が溶けたのか」、C4は、量に注目して、「なぜ多くの鉄が溶けたのか」と、提案した。この2つの提案に対してC7は、それぞれの意見を考慮して、「なぜ、濃い塩酸は、溶かす力が強いのか」と、新たに考察することを提案した。この提案に、C3やC4を含むクラスの子どもは、「いいと思います」と同意を示し、「なぜ、濃い塩酸は、薄い塩酸よりも溶かす力が強いのか」について、考察することを集団としての合意形成とした。T5は、「なるほど。問題提起を意識して、考察するんだね」と、C7の表現を価値づけるタスクレベルのフィードバックを行い、改めて問題を明確にした。同時に、第5学年で学習した物の溶け方の学習を想起しながら考察することを促し、問題解決のプロセスに対する見通しがもてるように、プロセスレベルに対するフィードバックも行った。このように、教師のタスクレベルに対するフィードバックによって、子どもは問題を明確にするために、他者の考えをアプロプリエーションしながら自らの考えを変容させて、集団としての合意形成を図った。

4.5.2 概念・法則・意図などを解釈する場面の結果

表4に概念・法則・意図などを解釈する場面で話し合った、教師と子どもの発話を示す。また、図3、図4、図5、図6、図7は、この場面で子どもが説明に使用した描画を示す。

C9は、図3を提示しながら、水に溶けている塩酸を人にたとえて塩（えん）さんと名付け、濃い塩酸には、塩さんが溶けており、鉄をほとんど食べて、水に溶ける他の物質に変えると、説明した。続けて、C10は、薄い塩酸は、量が少ないから、くっつけない鉄がそのまま残ると付け足した。T7は、C9もC10も、問題が明確であると把握し、プロセスレベルの即時的なクライテリアを実施して形成的アセスメントを行った。そして、子どもが塩酸の濃さと溶かす力を関係付けていることを把握し、発言を価値づけるプロセスレベルのフィードバックを行った。その後C12も、塩さんの量に注目して、溶かす力の違いを説明した。この段階でT8は、子どもが塩酸の濃さと溶かす力を関係付けたことを把握した。そして、鉄が溶けて見えなくなることを考察したC13に対して発言を促す自己レベルのフィードバックを行った。

表4 概念・法則・意図などを解釈する場面のプロトコル

C9	いいですか？（図3を提示して）塩（えん）さんが鉄を食べると、水に溶ける他の物質に変わると考えます。濃い塩酸には、塩さんがたくさん溶けていて、鉄を食べて、ほとんどが鉄を食べて他の物質に変えるので、外から見えなくなります。	プロセスレベル 塩酸の濃さと溶かす力の関係付けを促すフィードバック
C10	（図4を提示して）薄い塩酸は、塩さんが溶けている量が少ないので、鉄が全部くっついて他のものになるのではなく、変わる物質もあれば、鉄のままのものもあるので、	自己レベル たとえを価値づけ、学習に対する動機づけを高めるフィードバック
T6	溶け残りも説明したのね。	
C11	外から見える形で鉄として残っています。	
T7	塩さんの数が違うのですね。	
C12	（図5を提示して）同じ考えで、薄い塩酸の方には、塩酸が少なく、濃い塩酸の方には、薄い塩酸と比べて塩酸が多くて、濃い塩酸にある塩酸の量で全部溶けるとすると、薄い塩酸の方が濃い塩酸より塩酸の数が少ないから、鉄が溶け残ると思いました。	プロセスレベル *バラバラになる考えを価値づけるため、プロセスレベルのフィードバックとしても機能する。
T8	それをたとえた班がありました。	
C13	（図6を提示して）鉄を学校とたとえて、学校が3000個のブロックできていると考えて、	
T9	鉄って塊でしょう。溶けるとバラバラになるイメージができていますのですよ。	
C14	ブロックを宇宙人が壊していくと考えて、濃度が	プロセスレベル 溶かされた鉄は、バラバラになって見えなくなることに焦点化するフィードバック
T10	いい言葉だね、濃度。	
C15	濃い塩酸だと30で薄いと10で、だいたい3倍で、宇宙人の人数が30対10になりました。1人あたりの壊すブロックの数は同じなのでその壊すパワーを10と考えると、1つあたり300個のブロックを壊せると考えて、薄い塩酸は、10体しかないで、10×10で100ブロックしか壊せない。	

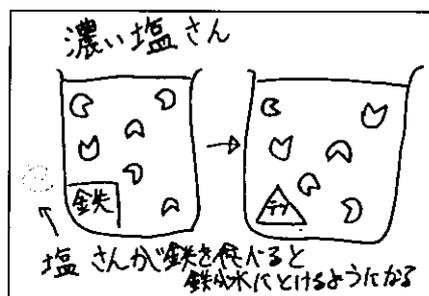


図3 濃い塩酸のイメージ

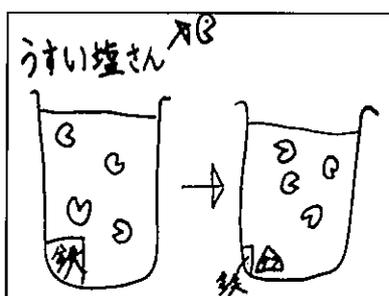


図4 薄い塩酸のイメージ

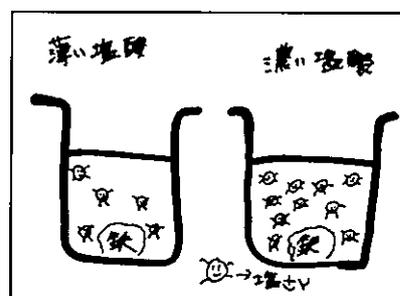


図5 濃さを比較したイメージ

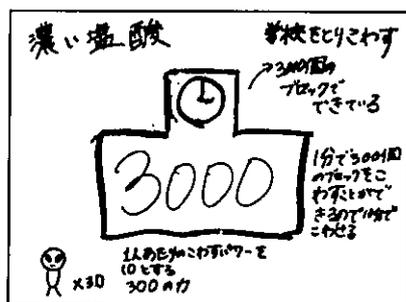


図6 濃い塩酸の説明のイメージ

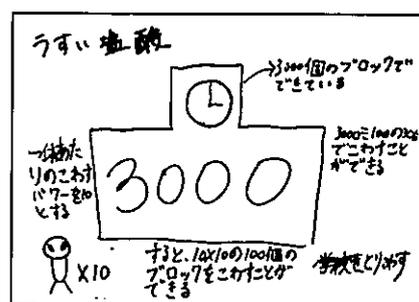


図7 薄い塩酸の説明のイメージ

C13は、図6と図7を提示しながら、鉄を学校にたとえ、3000個のブロックできていると発言した。T9は、C13が、溶けた鉄は細かくなって見えなくなったと理解していることを把握し、「バラバラになるってイメージができていますね。」と、鉄が細かくなって見えなくなることに焦点化するプロセスレベルのフィードバックを行った。C14は、塩酸を宇宙人にたとえ、鉄である学校を壊すパワーに違いがあり、バラバラになるから鉄が水に溶けると説明した。

このように、教師は、即時的なクライテリアを実施した形成的アセスメントにより、プロセスレベルや自己レベルへのフィードバックを行った。子どもは、塩酸の濃度と溶かす力を関係付けながら、濃い塩酸と薄い塩酸の溶かす力の違いを理解した。また、溶かされた鉄は、バラバラになって見えなくなっていく様子も理解した。つまり、対話を通して他者の考えをアプロプリエーションしながら、科学概念の社会的構築として合意形成を図ったのである。

4.5.3 課題について評価・改善する場面の結果

表5に課題について評価・改善する場面で話し合った、教師と子どもの発話を示す。また、図8、図9は、この場面で子どもが説明に使用した描画を示す。

表5 課題について評価・改善する場面のプロトコル

T11	いじわるを言います。バラバラになるだけだったら、砂鉄みたいなものが底に沈むはず。でも、底には溜まっていなかったでしょう。	自己調整レベル バラバラになっただけならば沈殿してしまうことに触れながら、自らの考えの評価・修正を促すフィードバック。
C16	確かに。	
T12	次のステップのモデルができるはず。くっついたらって、話をしていましたね。	自己レベル 大切だからと考えを価値づけ、学習に対する動機づけを高めるフィードバック。 * 考えの評価・修正にも影響を及ぼす点で、自己調整レベルのフィードバックとしても機能する。
C17	(図8を提示して) 塩酸というのは、塩素と水素が溶けていて、その中に鉄が入ると、鉄と塩素が結びついて、他の物質に変わって、余った水素が残っちゃったから出てきて、鉄と塩素が結びついたら、水に溶ける。	
T13	ちょっとまって。大切だから、ゆっくり言って。	
C18	鉄と塩素はどこにいったのかなって考えたんですけど、鉄と塩素が結びついて、他の物質に変わることによって、水に溶ける性質が変わって、見えなくなったんだと考えました。	
C19	(図9を提示して) 濃い塩酸と薄い塩酸では、なんで溶かす力が強いのを考えたんですけど、濃い塩酸では、スチールウールを入れると塩素と鉄が結びついて、違う物質に変わって、だから、溶かしている時に、鉄を塩酸に溶かした時に、空気が出ていて、それを水素だと考えました。スチールウールを入れていない時は、水に溶けている塩素と水素のコンビがあって、新しく鉄っていう人がきて、塩素さんが鉄のことを好きになって、一緒にくっついちゃったから、水素は居場所がなくなって出ていって考えて、その時に塩化水素が溶けている量が少ないと、結びつけない人が出てきて、さっきも言ったようにちょっと溶け残っているのがあってそれは結びつかなかったコンビだと考えました。	

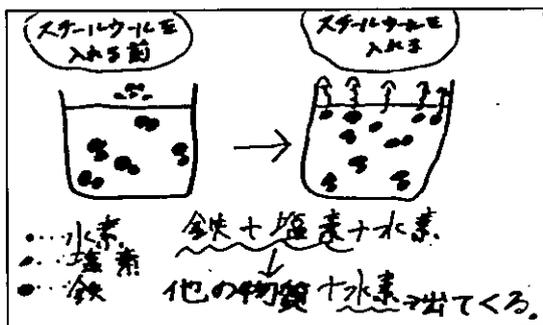


図8 他の物質になる説明のイメージ1

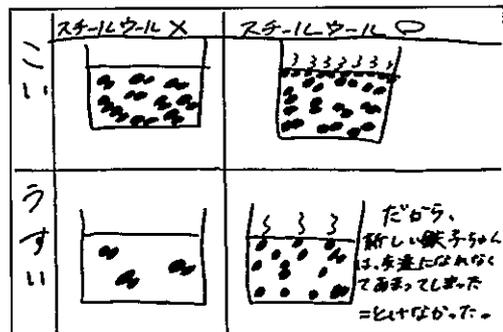


図9 他の物質になる説明のイメージ2

T12は、「次のステップのモデルができる」と、考えをふりかえり、評価・改善を図る自己調整レベルに対するフィードバックを行った。すると、C17は、図8を提示しながら、「鉄と塩素が結びついたから、水に溶ける」と説明した。T13は、「大切だから」と、動機づけとしての自己レベルのフィードバックを行うと共に、鉄がバラバラになっただけでなく、結びついて水に溶ける物質に変わるという考えを価値づける自己調整レベルの

フィードバックを行った。C19は、鉄と塩素がくっついて水に溶ける性質に変わって見えなくなったと説明した。C20は、スチールウールを入れていない時は、塩素と水素のコンビがあり、鉄という人が来て、塩さんとくっついたと、粒子の結合を説明した。さらに、塩酸に溶けている塩化水素が少ないと、鉄は結びつくことができないから溶け残ると付け足した。この後、塩酸に溶けた鉄は、他の物質に変化しているかを確認する観察、実験に取り組み、塩酸に溶けた鉄が、鉄ではない他の物質になったことを確認し、合意形成をした。

このように、この学習場面で教師は、自分の考えをふりかえり評価・改善を図ることを視点とした即時的なクライテリアの実施による形成的アセスメントを行った。そして、子どもの実態を把握し、自己調整レベルや自己レベルのフィードバックを行った。その結果、子どもは、学習への動機づけを高め、自らの考えをふりかえり評価・改善しながら、鉄と塩素がくっつく考えや水に溶ける性質に変わるという考えをアプロプリエーションし、集団の合意形成を図ったのである。

4.5.4 単元のふりかえり

単元学習の終了時に、なぜ、濃い塩酸の方が薄い塩酸よりも鉄を溶かす力が強いのか、なぜ、鉄を溶かした塩酸を熱すると、茶色い物質が残るのかについて、ふりかえる場面を設けた。

なぜ、濃い塩酸に入れた鉄がはやくとけたのか。

濃いということは、水の割合が少ない。つまり、塩酸そのものに濃いということ。そのため、物を溶かす力（性質）が強いから、鉄を早く溶かす。

△溶かす力
□=鉄

弱

強

なぜ、加熱すると、鉄ではないいろいろなものが残ったのか。

溶かされて、別の物になつて思う。鉄は溶かされたのではなく、変化したと思う。

△溶かす力
□=鉄

△別の物

図10 C9のふりかえり

なぜ、濃い塩酸に入れた鉄がはやくとけたのか。

塩酸を鉄をこわす強い力がある。

例は、ビーカーに同じ量のはい菌がまきついている。これに濃い塩酸では5の水をいれる。すると水ははい菌を2つまきつことになり、薄い塩酸では10の水をいれる水が1つまきつことになり。

そして鉄をいれ鉄は水が2つまきつたとして、濃い塩酸は4のはい菌、薄い塩酸は2のはい菌、鉄は2つまきつたはい菌の数に比例してかす力があるため、濃い塩酸の方が速くとけたと考えた。

なぜ、加熱すると、鉄ではないいろいろなものが残ったのか。

こまめに塩酸をばい菌としたか、鉄は溶かす力がある。鉄がとける際に、塩酸が鉄と結びつき、角質になる。そのためとけると、鉄のドロドロとした液体は、さうものになり、その液体がとけて別の物になつたものだから。

↓

①には△を△にかえりかある

△ (茶色い物体)

図11 C15のふりかえり

図 10 に示すとおり、C9 は、ふりかえりに粒子の結合についての記述をした。また、結合をイメージで描いた。この他に、溶けた鉄は、水溶液の中に残っており、別のものになったと記述した。また、図 11 に示すとおり、C15 は、塩酸を鉄をこわすばい菌として、濃さの違いと溶かす力の関係を記述した。また、鉄が別の物質に変わったことを数式で記述した。

表 6 は、単元のふりかえりをまとめたものである。この学習を通して、鉄が塩酸と結びつくといった粒子の結合について、36 名 (92%)、粒子の保存性については、33 名 (85%) が記述した。ふりかえりに粒子のイメージを描いていた子どもは、32 名 (82%) だった。

表 6 単元のふりかえりの分析 (N=39)

粒子の結合	塩酸に溶けた鉄が鉄ではないものに変化する	36 名 (92%)
粒子の保存性	塩酸に溶けた鉄が存在する	33 名 (85%)
粒子のイメージ	粒子をイメージで捉える	32 名 (82%)

以上の分析から、先決のクライテリアとしての粒子の結合、保存性について、イメージを利用しながら捉えるなどの科学概念構築について、おおむね図られたことが明らかとなった。

4.6. 考察

子どもが主体的・協働的に学ぶ理科授業として、対話を通じた科学概念の社会的構築過程に関して、教師のフィードバックが、対話によるアプロプリエーションを促し、子どもの科学概念の社会的構築に寄与したかについて分析する。

学習課題を共有する場面で教師は、問題を把握しているかを視点とした即時的なクライテリアを実施して、タスクレベルに対して形成的アセスメントを行った。

教師は、「何について、考察するのか」と、問題を明確にするためのフィードバックや、「なるほど。問題提起を意識して、考察するんだね」と、子どもの表現を価値づける自己レベルやタスクレベルのフィードバックを行った。その結果、子どもは学習問題を明確にして、集団の考えとして学習問題を共有するに至った。つまり、教師の自己レベルやタスクレベルに対するフィードバックは、タスクレベルに対するアプロプリエーションの判断基準として機能し、子どもは、学習問題を共有化したのである。

概念・法則・意図などを解釈する場面で教師は、プロセスレベルを視点とした即時的なクライテリアを実施し、形成的アセスメントを行った。

教師は、形成的アセスメントによって子どもの実態を把握し、塩酸の濃さと溶かす力の関係付けや鉄がバラバラになって見えなくなることを価値づけるプロセスレベルのフィードバックや、たとえを用いた子どもの考え取り上げ、学習に対する動機づけをする自己レベルのフィードバックを行った。その結果、他の子どもは、濃度と塩さんの数や、塩さんの数とバラバラになる鉄のイメージに対して集団としての考えを合意形成した。

このように、教師の自己レベルやプロセスレベルに対するフィードバックが、プロセスレベルに対するアプロプリエーションの判断基準として機能し、結果として科学概念の社会的構築を促したのである。

評価・改善する場面で教師は、自己調整レベルに対して、これまでの学習をふりかえり、自らの考えを自己調整しながら改善を図っているかを視点とした即時的なクライテリアを実施して、形成的アセスメントを行った。

教師は、子どもに自らの考えをふりかえり、新たなモデルづくりを促すため、鉄と塩素が結びついて水に溶ける物質になる考えに焦点化したり、「大切だから」など、発言を価値づけたりしながら、学習に対する動機づ

けに働きかけるとともに、自分の考えをふりかえり、評価・改善を促す自己調整レベルや自己レベルのフィードバックを行った。子どもは、自らの考えを評価・改善して、鉄を塩素が結びつく考えや他の物質に変わる考えをアプロプリエーションした。その結果として、集団としての合意形成が図られた。

このように、教師の自己調整レベルに対するフィードバックが、自らの考えをふりかえるきっかけとなり、自己調整レベルに対するアプロプリエーションの判断基準として機能し、科学概念の社会的構築を促したのである。

5. 本研究のまとめ

小学校6年「水溶液の性質」の授業を対象として、形成的アセスメントに基づくフィードバックが機能する四つのレベルを視点に、教師のフィードバックを分類し、それらが、対話による子どものアプロプリエーションにいかに関与し、科学概念の社会的構築に寄与するかについて分析した。その結果、指導方略としてのフィードバックが、子どもの科学概念の社会的構築を促すことが明らかとなった。

学習課題を共有する場面では、タスクレベルに対する問題を把握しているかを視点とした形成的アセスメントとフィードバックにより、学習問題に対する集団の合意形成を促すことが明らかとなった。また、概念・法則・意図などを解釈する場面では、プロセスレベルを視点とした形成的アセスメントの実施とフィードバックが、結果とその要因の関係付けに対するアプロプリエーションを促し、科学概念の社会的構築を図ることが明らかとなった。さらに、評価・改善する場面では、自己調整レベルを視点とした形成的アセスメントの実施とフィードバックが、自らの考えをふりかえりや、評価・改善についてのアプロプリエーションを促し、科学概念の社会的構築を図ることが明らかとなった。

これらのことから、指導方略として教師の四つのレベルに対するフィードバックは、子どもにアプロプリエーションすべき考えの判断基準を与え、問題を明確にしたり、関係付けを促したり、評価・改善を図ったりすることに機能し、結果として、子どもの主体的・協働的な学習を具現化し、科学概念の社会的構築を促すことが明らかとなった。

しかしながら、科学概念の社会的構築によるアプロプリエーションの内実をより詳細に分析するためには、個人を特定したプロトコルや個々のノート記録などをもとに、科学概念の変容を分析する必要があり、アプロプリエーションを促すフィードバック機能については、今後も授業実践を通して、検証する必要がある。

引用・参考文献

- バフチン, M.M. (伊東一郎訳) (1979) 『小説の言葉』, 新時代社, pp.66-68.
- 学校教育方第30条第2項, 第49条, 第62条 (2007)
- Hattie, J. and Timperley, H. (2007) "The Power of feedback", EDUCATIONAL ASSESSMENT AND EVALUATION, Current Issues in Formative Assessment, Teaching and Learning, Vol. IV.
- 国立教育政策研究所 (2010) 「学力向上に関するこれまでの施策と PISA2009 の結果」 Retrieved from <https://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/index.html> (2010年12月)
- 国立教育政策研究所 (2015) 「全国学力・学習状況調査の結果について (概要)」 Retrieved from <http://www.nier.go.jp/15chousakekkahoukoku/index.html> (2015年8月)
- 文部科学省 (2008a) 「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」
- 文部科学省 (2008b) 「小学校学習指導要領解説理科編」, 大日本図書
- OECD 教育革新センター編著 (有本昌弘監訳) (2008) 『形成的アセスメントと学力 人格形成のための対話型学習をめざして』 明石書店, 26.
- Rogoff, B. (1993) : Children's guided participation and participatory appropriation in sociocultural activity, In

Development in context : Acting and thinking in specific environment , R.H.Wozniak, K.W.Fisher (Eds.), Lawrence Erlbaum Associates, 121-153.

齋藤 裕一郎, 黒田篤志, 森本信也 (2010) 「科学概念構築を促す談話におけるコミットメントの分析: 小学校第4学年「ものの温まり方」の授業分析を事例にして」『理科教育学研究』, 第51巻, 第2号, 29-39.

佐藤公治 (1999) 「対話の中の学びと成長」, 金子書房, 37-42.

ヴィゴツキー, L.S. (柴田義松訳) (2001) 『思考と言語』新読書社, 297-304.

ヴィゴツキー, L.S. (土井捷三, 神谷栄司訳) (2003) 『発達の最近接領域の理論—教授・学習過程における子どもの発達』三学出版, 21-25.

渡辺理文, 黒田篤志, 森本信也 (2013) 「子どもの科学概念構築を促す「形成的アセスメント」の機能に関する研究」『日本教科教育学会誌』, 第36巻, 第3号, 13-26.

渡辺理文, 黒田篤志 (2013) 「科学概念構築過程における相互アプロプリエーションの機能の分析」『臨床教科教育学会誌』, 第12巻, 第2号, 139-154.

渡辺理文, 黒田篤志, 森本信也 (2015) 「形成的アセスメントにおけるフィードバック機能に関する研究」『横浜国立大学教育学会研究論集 - 第2号 -』横浜国立大学教育学会, 第2号, 17-27

ウィリアム, D. (有本昌弘訳) (2013) 「形成的アセスメント: 効果的な学習環境における役割」『学習の本質 研究の活用から実践へ』明石書店, 160-168.

ワーチ, J.V. (佐藤公治ら訳) (2002) 『行為としての心』, 北大路書房, 59-64.