

科学概念構築と「思考力・判断力・表現力」との関連についての考察

森本信也* ・ 齋藤裕一郎** ・ 黒田篤志***

Consideration on relations about constructions of scientific concepts to “the ability to think, to form judgment, and to engage in self-expression”

Morimoto Shinnya , Saito Yuichiro ,Kuroda Atsushi

1. 理科教育の今日的課題

2010年3月、中央教育審議会より「児童生徒の学習評価の在り方」についての方向が示された（中央教育審議会、2010）。このことにより、小・中・高等学校の学習指導要領において重視すべき課題が明確化されたと言える。すなわち、新しい観点別学習状況評価においては、下記に示すように学力要素との明確な対応がなされている。このことを踏まえると新しい教育課程においては、どのような学習に重点が置かれているのかが明らかである。学力要素と観点別学習状況評価と対応関係を見てみよう。

- ・基礎的・基本的な知識・技能の習得→「知識・理解」「技能」
- ・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→「思考・判断・表現」
- ・主体的に学習に取り組む態度→「関心・意欲・態度」

理科授業を構想する上において、これらのことは次の活動への焦点化として捉えることができる。

「知識・理解」は科学概念として学習したことを「言葉」のレベルで理解することを意味する。「技能」は観察、実験の技能だけではなく、観察、実験の過程や結果の適切な整理を含む。「思考・判断・表現」は考察である。観察、実験前の予想や仮説と照合させて、結果を読み取る活動である。「関心・意欲・態度」は児童・生徒が能動的に問題を見いだしたり、結果についてクラスの仲間と議論する活動などが含まれる。このように理科における観点別学習状況評価の内実を捉えると、一つの学習活動がイメージされる。

児童・生徒が主体的に自然事象に問題を見だし、予想や仮説を立てて問題を追究しようとする。そのために、観察、実験は構想され、結果は予想や仮説との関わりにおいて吟味される。また、この過程においては協同的な活動が重視される。いわば、従前の問題解決型の理科授業のさらなる強化である。端的に述べれば、児童一人ひとりの思考力・判断力・表現力の育成とその成果としての科学概念構築、これがこれからの理科教育の主要目標となるのである。これらの目標を実現させるための理科授業の枠組みは、次のように措定することができる（森本信也、2010:63）。

- ① 明確な目的意識のもと、すなわち予想や仮説をもちながら観察、実験を進めることができる。
- ② 自分なりの問題や考えの検証として、観察、実験を捉えることができる。
- ③ 観察、実験結果について、自分なりに情報を整理し、意味を考え、知識として構築していくことができる。考察して、結論を導くことができる。

*理科教育講座 **東京学芸大学大学院連合学校教育学研究科自然系教育講座

***横浜市立桜岡小学校

- ④ 科学概念が構築される一連の学習状況を説明することができる。その上で、習得した科学概念を日常生活や社会で生起する問題解決へ活用できる。

当然のことながら、こうした学習指導の後に子どもに構築されるべき科学概念の質についても検討が必要である。思考力・判断力・表現力の成果として子どもに構築される科学概念は、単純な言語表現というよりも、イメージ、数式、記号等多様にパラフレーズ化されることが求められよう。表1に示すホワイトの論を援用した、科学概念の表現の多様性はその一つの指針として捉えることができよう（森本信也，2009:67）。本稿ではこうした視点から子どもの科学概念の構築を目指す理科教授上の条件について論考する。

表1 「～概念」を構築する際に考えに入れる要素

種類	事例
ストリング	教科書・子ども・教師の言葉（あるいは単語，用語）
命題	教科書・子ども・教師の解釈，子ども間で共有された解釈
知的技能	計算問題の解法，ルールの見出し，表・グラフの作成・解釈
エピソード	観察，実験・日常の経験
イメージ	比喩的表現，モデルの構築
運動技能	観察，実験の遂行，工作，飼育・栽培
認知的方略	六つの要素を必要に応じて活用する

2. 理科授業において科学概念構築を図る要因

理科授業において、科学概念構築を図るためには、1.①～④の理科授業の枠組みを日々の学習活動に組み込んで実践する必要がある。本章では、前章で指定した枠組みと科学概念構築との関連について考察していく。先述したとおり、問題解決型の理科授業をさらに強化していく過程において、協同的な活動が重視されている。①～④の理科授業の枠組みをさらに強固にするには、子ども同士が問題を発見し、それぞれの子どもが、自らの考えを出し合いながら科学概念構築を図っていく学習が重要となる。これは、学習において、さまざまな道具や他者との関わり合いを重視した社会的構成主義の考えに依拠している。また、子どもが科学概念構築を図っているかを知るには、理科授業において、科学概念構築が図られる為の指標をもつ必要がある。そこで、本研究では、Scardamalia,M.の学習支援研究を援用することにした。Scardamalia,M.は、学習者一人ひとりが、意識的に知識を構築していく過程を支援するシステムである Knowledge Forum の研究を行い、知識構築としての学習の重要性を提唱している。これは、知識の理解を最終的な学習の目的とは捉えず、学習共同体全体の知識向上を目指すという考えに基づいている。そこで、Scardamalia,M.は、知識構築を図る授業をつくる決定因子として、表2にある12の側面から説明している(Scardamalia,M. 2002:78-82)。

表2 知識構築を図る授業をつくる決定因子(Scardamalia, M.)

<p>(1) 本物のアイデアと本物の問題の表出 (Real Ideas, Authentic Problems)</p> <p>知識の問題は世界を理解しようとする努力から生まれる。新しく生まれたり取り入れられたアイデアは、触れたり感じたりできる物と同様に実在的なものである。教科書の問題やパズルとは異なり、問題は学習者が本当に興味をもっている問題である。</p>
<p>(2) 改善可能なアイデアの表出 (Improvable Idea)</p> <p>全てのアイデアは改善が可能なものとして扱われる。参加者はアイデアの質や一貫性、実用性の向上に絶えず努める。このような努力を成功させるには、人々が失敗を恐れず無知の暴露や未完成の概念の発表、互いの批評を行える、精神的に安全な場でなければならない。</p>
<p>(3) アイデアの多様性の表出 (Idea Diversity)</p> <p>生物の多様性が生態系の成功に必要な不可欠であるのと同様に、アイデアの多様性は知識構築に必要な不可欠である。アイデアを理解するということは、対照的な立場をとるアイデアを含む、その周囲のアイデアを理解することである。アイデアの多様性は新しいアイデアやさらに改良された形へと発展させる土台をつくる。</p>
<p>(4) アイデアの向上 (Rise Above)</p> <p>創造的な知識構造活動には、更に両立的な理念や高レベルの問題構築を目指すことが必要となる。これには多様性や複雑性、乱雑さに対応することが必要であり、そうすることで新しい知識の統合が可能となる。知識の理解を深めることで、学習者は些細な事や過度の簡略化の枠を超え、発展し続ける。</p>
<p>(5) アイデアの認知を媒介するもの (Epistemic Agency)</p> <p>参加者は自己のアイデアを説明し、他者に頼るのではなく、自ら自己のアイデアと他者のアイデアを関連づけ、相違点を通し知識向上の誘発・維持につなげる。参加者は、通常教師や管理者に委ねられているゴールや動機、評価、長期にわたる計画に取り組む。</p>
<p>(6) 共同体の知識とその構築における集団責任 (Community Knowledge, Collective Responsibility)</p> <p>組織で共有する高い目標への貢献は、個々の功績と同様に評価、表彰される。チームメンバーは、他者に有益なアイデアを提供し、共同体の総合的な知識向上のために責任を共有する。</p>
<p>(7) 知識構築の民主化 (Democratizing Knowledge)</p> <p>すべての参加者は共同体によって実現された知識の向上に誇りをもち、共同体の共有の目標へ貢献する。どの団体でも見られる多様性や分割的相違は、知識の有無や革新者/非革新者間の区別につながらない。参加者は皆、知識改革に参加することができる。</p>
<p>(8) バランスのとれた知識の向上 (Symmetric Knowledge Advancement)</p> <p>専門知識は共同体内外に分配されている。知識向上における対称性は、知識を交換したり、知識を与えたり、これに関わる知識を得たりすることであるという事実から生まれる。</p>
<p>(9) 知識構築の浸透 (Pervasive Knowledge Building)</p> <p>知識の構築は、特定の場合や事項に限定されず、学校内外での精神生活に浸透している。</p>
<p>(10) 信頼できるソースの積極的活用 (Constructive Uses of Authoritative Sources)</p> <p>学問分野を知るといことは、その分野の現在の知識と新しい知識に触れることである。それには、信頼できるソースへ敬意と理解をしめしつつ、それらに対する批判的な姿勢をとることも必要となる。</p>
<p>(11) 知識構築としての談話 (Knowledge Building Discourse)</p> <p>知識構築共同体での会話は知識の共有だけではなく、共同体で話し合うことにより、知識の改良や変換が行われる。知識の向上は共同体内の会話の明確な目標である。</p>
<p>(12) 知識改革のために定常化された評価 (Embedded and Transformative Assessment)</p> <p>評価は知識を向上させる試みの一部である。それは、作業の進行にともない問題の認識に使用され、組織の日々の作業に組み込まれている。共同体は、自分たちの作業結果が外部の評価者の期待を超えるものとなるよう、外部の評価より細かく厳しい共同体内の評価に従事する。</p>

12の因子とは、(1)本物のアイデアと本物の問題の表出、(2)改善可能なアイデアの表出、(3)アイデアの多様性の表出、(4)アイデアの向上、(5)アイデアの認知を媒介するもの、(6)共同体の知識と知識への集団責任、(7)知識の民主化、(8)バランスのとれた知識の向上、(9)知識構築の浸透、(10)信頼できるソースの積極的活用、(11)知識構築としての談話、(12)知識改革のために定常化された評価である。これらの知識構築を図る12の因子を理科学習の中で考えると、次のようになる。

(1)の「本物のアイデア」とは、授業において子どもが思考を駆使し、自らの言葉や絵で表出された考えであり、教科書に掲載されている問題やパズルではない。それは、子どもが、観察・実験から得られた事実と、自己の既有知識との対話の結果、得られる考えである。また、「本物の問題」とは、子どもの本物のアイデアから協同的に創出された学習問題のことである。それぞれの子どもが共有できる問題であることが重要である。そして、教師は、そのアイデアや問題を板書や談話を通して、教室全体のものとするのである。すなわち、教師主導による学習や教師が提示する問題ではない。

(2)の「改善可能なアイデア」とは、子どもの創出したアイデアのが、すべて再構築可能な考えという意味である。すなわち、授業が進むにつれ子どもの考えは、友達同士の談話を通して、修正、再構築されていくことになる。そして、最終的には、学級全体の考えとなっていく。このような状況を設定するには、教室が、子どもの安堵感の得られる場であり、子どもの多様な表現が、いつでも修正できる安心感のある環境であることが必須となる。教師は、多くの考えが発表できるような教授行動を起こすことになる。

(3)の「アイデアの多様性」は、子どもの表現の多様性を意味している。子どもは、授業において同じ観察・実験を通じた際に、そこから得られた事実から多様な考えを表出することになる。すなわち、理科学習において、科学概念構築を図る際には、一人ひとりの子どもが提出する多様な考えから教室における談話を通して、より集団内でコンセンサスを得られる概念や法則へと精緻にしていくことになる。その意味で、アイデアの多様性は知識構築を図る上での基礎となる。教師は、アイデアの多様性の中に子どもの科学的な解釈を読み取ることになる。

(4)の「アイデアの向上」は、先述してきたが、理科学習において常に子どもの導出した概念や法則が、さらに高次の概念や法則に発展していくということである。子どもは、自分のもつ考えを常に超越しながら、学習へと取り組むことになる。その際、教師は、子どもの多様な考えを単元や本時の目標へと収束させるコーディネート(coordinate)をすることになる。

(5)の「アイデアの認知を媒介するもの」は、子どもが他者との話し合いを通して自らの考えを他者の考えと関連付けることである。その時、子どもは、目標や動機、評価、学習計画に対する認識を深めることになる。

(6)の「共同体の知識とその構築における集団責任」は、子どもたちが構築した概念や法則を話し合いで使用する際に、彼らに自信をもって使用させ、再構築していくための自覚をもたせることである。自分たちの表現に対する自信は、集団としての責任を含意する。他者との協同において構築した概念や法則は、集団としての責任の基に使用されるからである。

(7)の「知識構築の民主化」は、授業において発表される子どもの考えは、皆、同等の価値をもって評価され、科学概念構築の為に寄与することを意味する。また、授業において重要な考えを創出するために、民主的かつ、協調的に学習を進めるということである。

(8)の「バランスのとれた知識の向上」とは、知識の交換や提供が、知識構築において対称性を生じるということである。理科学習における話し合いにおいて、自己の考えを他者の考えと交換したり、比較したりしながら修正、再構築していくことを意味する。

(9)の「知識構築の浸透」とは、理科学習に限定されることなく、生活のあらゆる場面において知識構築が図られるということの認識である。すなわち、生活場面において、自分達が知識構築を図って

いるという実感，所謂メタ認知が大切であるということである。また，理科学習を進める際に，自らの生活場面に基づいた説明ができるということでもある。

(10)の「信頼できるソースの積極的活用」は，理科学習における，情報の活用である。情報の中には，教師が専門的な知識を与えることや，子どもがインターネットや書籍から知識を得ることが考えられる。それらの情報に関しては，子どもの表現と同様に，協調的な学習の際の一つのアイデアとして，子どもの談話に加えていくことが必要となる。しかし，その情報を絶対的な真理として扱い，教示的に子どもへ与えることは，厳に慎むべきと考えられる。また，子どもの既存の概念や法則は，教室での談話において信頼できる情報として活用されることから，教室内の掲示やポートフォリオなどを，学習履歴として明確にしておく必要もある。

(11)の「知識構築としての談話」とは，知識構築場面においては，子ども同士の協調的な活動の結果として話し合いが行われる。理科学習における談話である。談話の場面として考えられるのは，問題作りの話し合い，予想設定の話し合い，検証方法案出の話し合い，観察・実験結果の話し合い，考察の話し合いなどがあるが，これらの場が考えの修正，再構築の場である必要がある。ゆえに，観察・実験の終了後，結果をまとめたり，発表したりするだけの理科学習は，存在しないことになる。

(12)の「知識改革のために定常化された評価」は，常に個や集団での考えを価値付けていくことである。すなわち，理科学習における問題や予想，仮説，考察，結論の同定を行うことである。また，理科学習において，子どもたちが表出する考えは多様である。しかし，そのいずれにおいても，自信をもって表現されているとは限らない。そこで，ポートフォリオなどの記録や子どもの発言に対して，教師の評価が必要となってくる。教師に価値付けられた考えは，授業において自信をもちながら発表されることになる。そして，集団での談話を通して再評価されることで，新しい概念や法則へと修正，再構築されていくのである。

これらの12の因子と①～④の理科授業の枠組みの関連を一つの授業において捉えるために，第4学年「水の温まり方」の授業において調査した。調査時期は，2009年1月～2月で，調査対象は，横浜市立I小学校第4学年1クラス33名である。本単元「ものの温まり方」の授業実践における，学習活動の流れを表3に示す。分析には，4・5時間目の「水の温まり方」の授業を使用した。

表3 学習活動の流れ

時間	学習内容
1	○なぜ，ストーブで教室が温くなるのだろうか。
2	○教室のストーブで空気の温まり方を調べよう。
3	○線香の煙で空気の温まり方を調べよう。
4・5	○水の温まり方を調べよう。
6・7	○金属の温まり方を調べよう。

分析方法は，授業プロトコルを①～④の理科授業の枠組みに分け，12の因子がどのように授業において表出しているかを調査した。①～④の理科授業の枠組みは，問題解決の過程に沿って措置されている。そこで，実験の前後において，①と②の枠組みと③と④の枠組みの二つの場面に分けて考えることにした。①と②は，主に予想の設定と実験方法の確認の場面である。③と④は，実験結果の共有化と考察の場面である。12の因子を授業プロトコルに当てはめる際に，教師の発話と子どもの発話の双方から最適と思われる箇所に下線を引き，確認できるようにした。分析した結果を表4に示す。

表4 「水の温まり方」における科学概念構築

理科授業の枠組み	12の因子	発言者	授業プロトコル
<p>①明確な目的意識のもと、すなわち予想や仮説をもちながら観察、実験を進める</p> <p>②自分なりの問題や考えの検証として、観察、実験を捉える</p>	(1) 本物のアイデアと本物の問題の表出	T1	この間、何を温めたって言えばいいんでしょうかね？はい、C1。
		C1	空気。
		T2	空気だよな。空気を温めると、2回の実験でほぼみなさんの考えてのは何説になりましたか？
		C2	回る
		T3	なっ、回る説だよな！で、この間すごくいい意見をみなさん言ってくれましたね。例えば温度のリレーとかね。ああいう言葉が出るってことは素晴らしいなって先生思いました。で、今日は空気の温まり方ってのは終わったので、今日は次の段階です。ね、これまで一緒にやってきたことと一緒にするので、 <u>空気の次は何をやりますかって言ったら？</u>
		C3	<u>水(1)</u>
		T4	<u>ですね、水をやりましょう。じゃあ水の次にやる？</u>
		C4	鉄
		T5	あっ、鉄か。金属だな？な。じゃあ空気の次は水、水の次は金属ってね、やっていきたいなと思います。で、ちょっとみなさんに最初にですね、予想をしてもらいたいんですけど、水をこの間みたいに温めてみます。どうなると思いますか？みなさんの経験ってのは空気しかありませんが、水と空気の温まり方って同じでしょうか？違うでしょうか？
		C5	違う
T6	違いますか！なんで違うと思います？C6。		
C6	空気の方が早い。		
T7	空気の方が早い。きっと空気の方が早く温まる、かな。速度とかが早い！空気の方が早く温まるんだ。水の方がゆっくり温まるんだらうと思うのね。そういう温まり方の違いがあるんじゃないか。どうでしょうか？空気は何説だった？		
C7	回る		
T8	回る説だったよね。じゃあ水は回る説か？みんなはどう思いますか？ちょーっと考えてみよう。ここあっためます。回るでしょうか？回らないでしょうか？それとも広がり説。広がり説ってのもあったよね？色変えた方がいいかな？ぼよんぼよん。どっちだと思う？はたまた全然違うかな。ちょっと聞くよ？空気と、水のイメージの違いって、みんなどういうふうにしてイメージしてきたんだっけ？どう思う？空気ってこんなだよって言ったときに、みんなはどういうふうにして先生に説明してくれるんですか？これ11月、12月まで勉強してきたことと一緒にすよ。C8は空気の方が早く熱が伝わる、温度が伝わるんじゃないかっていうふうにして考えたんですね。じゃあねC8に聞くけど、それはなんでそう思ったの？		
C8	<u>11月のときに、コーヒーゼリーの(10)</u>		
T9	<u>それは先生覚えてますけど。12月のときにやったときにコーヒーゼリーが空気の方がポーンとこう動いた。ということは空気の方が膨らみやすいんだよな。より大きく膨らむんだよね、ポーンとね。水はちょっとしか膨らみませんでした。(10)空気の方が勢いよく上がるんじゃないか。水はそうじゃないんじゃないかっていう予想がたったのね。温まり方はどっちでしょうか。どう思う？徐々にこうやっていくかな。やってみないとわかんないね。じゃあね、どっちかなって思いながら必ず自分の予想ってのをもっててください。それでは今日の実験のやり方をいいます。ね、この間この中に何を入れましたか？空気だよな。で、今日はこの中に何を入れるかって言ったら？</u>		
C9	水		
T10	水です、オッケー。400まで入れて、同じように温めます。普通に見てるだけで温まり方を確かめていいでしょうか？空気ときは、教室で温度を測りました。その温度を測ったときに1番2番3番4番5番6番の順番にあったまるよっていうね、数字をもとにでも目で見ないとわからないってことだったんです。じゃあ水の時きも、温度測らなくていいですか？測った方がいいよね。でだ、どこ測ればいい		
(10) 信頼できるソースの積極的活用	C8	<u>11月のときに、コーヒーゼリーの(10)</u>	
	T9	<u>それは先生覚えてますけど。12月のときにやったときにコーヒーゼリーが空気の方がポーンとこう動いた。ということは空気の方が膨らみやすいんだよな。より大きく膨らむんだよね、ポーンとね。水はちょっとしか膨らみませんでした。(10)空気の方が勢いよく上がるんじゃないか。水はそうじゃないんじゃないかっていう予想がたったのね。温まり方はどっちでしょうか。どう思う？徐々にこうやっていくかな。やってみないとわかんないね。じゃあね、どっちかなって思いながら必ず自分の予想ってのをもっててください。それでは今日の実験のやり方をいいます。ね、この間この中に何を入れましたか？空気だよな。で、今日はこの中に何を入れるかって言ったら？</u>	

<p>③観察、実験結果について、自分なりに情報を整理し、意味を考え、知識として構築していくことができる、また、考察して、結論を導くことができる</p> <p>④科学概念構築される一連の学習状況を説明することができる、その上で、習得した科学概念を日常生活や社会で生起する問題解決へ活用できる</p>	<p>(3) アイディアの多様性の表出</p>	<p>C10 T11</p>	<p>んだらうか。みんなの予想はどこですか？いちば一熱いところはどこだと思います？はい、C10。 火の一番近い所。 そ、火の一番近い所。これじゃあ、この間でいう1番だよ。だけど、今日1番2番3番4番5番6番って実はできないんです。こんなちっちゃい、危ないですよ。なので、火に近い所、と一番火に遠い所にしましょうか。これでいい？ね。であと徐々にこうやって伝わるってのが、ひょっとしたらこうなのか、こうなのか分からないけど、だけど、水ですから見えないので中に、お味噌持ってきました。このお味噌を使って勉強します。お水入れたら400ml入れたら、先生のところ来てください。先生が火のちょうどあたるところの上のところにとんと置きますから。ね、じゃあみんなはそこに向けてぼこぼこやってください。じゃあこれは？どういう動きするのかっていったらこう動いたら何説？</p>
	<p>(4) アイディアの向上</p>	<p>C11 T12 C12 T13 C13 T14 T15 C14 T16</p>	<p><u>広がり(3)</u> こう動いたら？ 回り説 これやっぱり回り説なのかなってわかるよね。これじゃあ、あとこと、今日は2番かなここ測ってやれば、ね、わかるよな。どっちの方が高いか低いかってのも調べてください。 ある程度離れてて、真横から見れば、熱したところからどういうふうにお味噌が動くかのがよくわかると思います。わかりましたか？ はい。 はい、それでは準備にかかりましょう。 (実験) え～それでは、だいぶ書きあげたと思いますので。はい、それではどうでしたか？ <u>水は空気と温まり方は違いましたか？同じでしたか？広がり説でしたか？回る説でしたか？(4)</u> <u>回る説</u> <u>回る説だな～。どうですか？先生が今かいた矢印は、みんなが書いた矢印とそんなに違ってませんか？どうですか？お味噌はこういうふうに動いた？ちょっとじゃあね、みなさんの考えを聞かせてみてください。水を温めると空気と同じようにやっぱり水は、上に行きました。どうしてでしょうか？別に水は動かなくても、空気が動かなくても熱が伝われば、お部屋が温まったり、お風呂が温まったりするってこともあってもいいはずなんですけど、水も空気と同じように動いてました。これどうして動くんだらうね。はい、C15。</u></p>
		<p>C15 T17 C16 T18 C17 T19 C18 T20 C19 T21 C20 T22</p>	<p><u>私は、広がり説だと思います。(2)</u> <u>えっ！広がり説はもう、ないのよ？今日はみんな回る説っていったよ。(12)</u> けど違う。 <u>でも違う。回ったような気がしたんだよな、先生はな～。(12)</u> だから、温度のときに、空気のとくに、見た目で見えないって。 だから煙でやったよね？煙でやったときにはこうやって 回ったし、それに温度もさ、上がったりがったりしてたからだと思ったんだけど、けど水は、水の中には空気は入れないから水がびっしりなってるから、 あ、水はびっしりつまってる！ <u>空気は入れない状態だから、温度は上がり下がりできないはずだから、だから広がり説だと思う。(7)</u> <u>あ、なるほど、今C19が言ったのは、水はびっしりつまってるから、空気みたいに温度は伝わらないって言ったよね。ということは温度のこと聞かせてもらおうかな。今日は火に近いところを1番、火に遠いところを2番として、温度を測りました。どうですか？みなさん。1番と2番では、温度っていうのは下がりましたか？(6)はい、C20。</u> えっと、1番と2番では6度くらいの差があった。 1より2の方が温度が？</p>

(8) バランスのとれた知識の向上	C21	1の方がちょっと2のところより高い。
	T23	1の方が2の方より温度は高いんだね。じゃあ、時間を経過すると1番も2番もC19の言葉を借りると、最初の温度からずっと温度が上がらない部分があるよね。2番も1番も。どうだった？はい、C22。
	C22	温度はどんだんどちもあがってたけど、C21さんと同じで1も2も両方とも高くなってたから、温度が上がってたから、温まってないわけじゃないから。(8)
	T24	ああ〜。温度は両方上がってく。はい、じゃあもう一回みなさんに聞きますよ。C19は温度が伝わらないと言いましたが、1番と2番で、ずっと測っていったら、最初の温度より、ちょっと聞きましょうか。ここ最初何度だった？大体。はい、10？
	C23	15
	T25	15ぐらい？2番は？15ぐらい？最初だから15ぐらい？じゃあこれが何℃になったの？最後は。1番は何度ぐらいになったの？
	C24	50。
	T26	50！高いねえ。
	C25	熱いねえ。
	T27	2番は？
	C26	48。
	T28	48。ということは両方上がってるけど、2番の方が低いっていうのはいいよね。1番の方が高いっていうのはね。ということは、ここは上がった温度はこれどうやって48度までこうなったの？ここにあった温度は？温度か？熱は。
	C27	伝わった。(5)
	T29	あ、こっちに伝わった！こんな言葉知ってる？こういうの、こういう漢字知ってる？駅伝の伝。
	C28	あ、駅伝？
	T30	駅伝の伝。伝わる。伝わったっていうのいい？伝わるっていうのいいでしょうか？他の言い方ないか？はい、C29。
	C29	ない。
T31	ない！ない！ここであつたまったのが、徐々にこうやって上に行くんだよね。水は。ここからこっちにいくから、ここの冷たい水が？こうくるの？で、だんだんだんだん回っていくから、1番も2番も温度が？あがるんだよね？じゃあこれ、伝わり説、あ〜こう伝わるっていうことか。回るのは回ってたんだろ？ほとんどの人が回ってたって言うてただろ？ということは、一番最初に言っていた広がり説ではない！ね。回り説。ね、言葉的に広がるってのはわかるよ？こっからこまですーっと広がるんだから。だけどこういう広がり方では？なくて、回りながらという回り説の広がり方って言えばいいのかな？さて空気も？水も？熱の伝わり方、温度の伝わり方っていうのはどう言っているかな？同じって言うていいかな？	
C30	はい。	
T32	ね。はい。わかりました。	
(5) アイディアの認知を媒介するもの		

①～④の枠組みで理科授業を構成していくことで、本授業では、学習指導要領の示す「水は熱せられた部分が移動して全体が温まること。」という目標に対して、水が回りながら温まるという学級固有の言葉において、水の熱伝導概念を構築できたと考えられる(文部科学省,2008:64)。

この科学概念構築の過程を12の因子によって細かく分析していくと、本授業では、(1)～(12)の因子の大部分を利用しながら、学習活動が構成されていることが確認できた。(9)は、調査の範囲を学校外へも広げる必要もあり、本授業の中では表れない因子となった。また、(11)は、授業のすべてが、教師と子どもの談話から成立し、先述したとおり科学概念構築が行われていることから、因子(11)は、本時のすべてにおいて見られると考えた。

表5は、実験前後に見られる因子を表に示したものである。出現順に説明していくと、(1)本物のアイデアと本物の問題の表出は、予想を設定する際、教師が与える問題ではなく子どもの問題となっていることが重要となる。教師が、「空気の次は何をやりますかって言ったら？」と問うと、子ども

が、「水。」と答えていることから、すでに子どもは、本時に何を検証するかが分かっていると考えられる。

表5 12の因子と①～④の理科授業の枠組みの関連

①～④の理科授業の枠組み	12の因子
①明確な目的意識のもと、すなわち予想や仮説をもちながら観察、実験を進める	(1)本物のアイデアと本物の問題の表出 (10)信頼できるソースの積極的活用
②自分なりの問題や考えの検証として、観察、実験を捉える	(3)アイデアの多様性の表出
③観察、実験結果について、自分なりに情報を整理し、意味を考え、知識として構築していくことができる、また、考察して、結論を導くことができる	(4)アイデアの向上 (2)改善可能なアイデアの表出 (12)知識改革のために定常化された評価
④科学概念構築される一連の学習状況を説明することができる、その上で、習得した科学概念を日常生活や社会で生起する問題解決へ活用できる	(7)知識の民主化 (6)共同体の知識と知識への集団責任 (8)バランスのとれた知識の向上 (5)アイデアの認知を媒介するもの

(10)信頼できるソースの積極的活用は、子どもの発話「11月のときに、コーヒーゼリーの」に表れている。これは、空気・水・金属の熱膨張の授業において、空気の熱膨張と水の熱膨張の違いを視覚的に確認する実験で扱ったコーヒーゼリーのことである。ここでは、信頼できるソースとして子どもたちが共有している既有的な経験を活用していると考えられる。

(3)アイデアの多様性の表出は、談話が進むにつれ、当初「回り説」だった学級の予想に新しく「広がり説」が提出されたことで確認できる。

(4)アイデアの向上は、教師が、「水は空気と温まり方は違いましたか？同じでしたか？広がり説でしたか？回る説でしたか？」と発話し、これから始まるであろう話合いの視点を明確にしている。子どもが、「回る説。」と答えると、さらに「回る説だな～。どうですか？先生が今かいた矢印は、みんなが書いた矢印とそんなに違ってませんか？どうですか？お味噌はこういうふうに動いた？ちょっとじゃあね、みなさんの考えを聞かせてみてください。水を温めると空気と同じようにやっぱり水は、上に行きました。どうしてでしょうか？」と、温まり方に話合いの主題が定まるような制約を行っていることが分かる。これは、科学概念構築には、複雑性、乱雑さに対応することが必要となり、そのためには、教師が、それらを与えるのではなく、その複雑さや乱雑さに気付かせる役割を果たすことも大切となる。

(2)改善可能なアイデアの表出は、C15の「私は、広がり説だと思います。」に表れている。ここから始まる一連の対話は、C15が、徐々に学級全体の考えが回り説に固まっていく契機となる発話であり、C15自身も自分の考えを、失敗を恐れず未完成の概念として発表している。

(12)知識改革のために定常化された評価は、学級全体の考えが、実験の結果から「回り説」となった後に、「広がり説」を主張する子どもに対して、教師が、「えっ！広がり説はもう、ないのよ。今日はみんな回る説って言ってたよ。」とか、「でも違う。回ったような気がしたんだよな、先生はな～」と教師自身の評価を加えている。科学概念の構築には、自分たちの実験結果が学級全体の法則や考えになるよう、細かく厳しい学級内での評価をしていくことになる。これは、教師を含めた学級全体で行っていくのである。

(7)知識の民主化は、すべての子どもが学級全体によって実現された知識の向上に誇りをもち、学級全体の目標へ貢献しようとすることである。例えば、C19の「空気は入れない状態だから、温度は上がり下がりできないはずだから、だから広がり説だと思う。」と学級全体の考えが「回り説」に決定した後にもかかわらず、自己の考えを主張しようとする子どもの姿は、学級全体が科学概念を構築していこうとする意志の強さと考えられる。

(6)共同体の知識と知識への集団責任は、先述したC19の考えを、学級全体の考えである「回り説」に変換する際に表出している。教師は、「あ、なるほど、今C19が言ったのは、水はびっしりつまってるから、空気みたいに温度は伝わらないって言ったよね。ということは温度のこと聞かせてもらおうかな。今日は火に近いところを1番、火に遠いところを2番として、温度を測りました。どうですか。みなさん。1番と2番では、温度っていうのは下がりましたか。」と、味噌の動きに合わせて、客観的な数値を使用することによりC19の考えを広げようとしている。そこでは、他者の発話は、C19の概念構築に有益なデータを提供することで、学級全体の概念構築のために責任を共有していることになる。

(8)バランスのとれた知識の向上では、C19の「温度は上がり下がりできないはずだから」という発話に焦点を当て、水は熱せられた部分が移動して全体が温まることに集約していく教師のかかわりが見られる。他者のデータ「1の方がちょっと2のところより高い。」という発話を導き出し、教師は、「1の方が2の方より温度は高いんだね。じゃあ、時間を経過すると1番も2番もC19の言葉を借りると、最初の温度からずっと温度が上がらない部分があるよね。2番も1番も。どうだった？はい、C22。」と、C19の発話の矛盾点を明らかにしている。そこで、再度、C22の「温度はどんどんどっちもあがってたけど、C21さんと同じで1も2も両方とも高くなってたから、温度が上がってたから、温まってないわけじゃないから。」という発話において、水の温度が上がり続けているという事実を導き出した。このように、一人の考えだけで理科学習が進むのではなく、他者の考えを交換したり、共有しながら概念構築を図っていくのである。

(5)アイデアの認知を媒介するものでは、1番で上がった温度が、2番での温度上昇に、いかにかわったかということの説明する場面に表れている。C27の「伝わった。」という言葉が、「広がり説」と「回り説」の媒介となり、科学概念の変換に役立つこととなった。

以上をまとめると、教師は、水の熱伝導概念を構築するために、①～④の枠組みで理科授業を構成していくことで、Scardamalia,M.の言う知識構築を図る授業をつくる決定因子を使用しながら、学習を進めていることが確認できた。換言すれば、理科授業を構成していく際に、従来の問題解決型の学習を強化する上で、協調的な学習を念頭に、Scardamalia,M.の言う知識構築を図る授業をつくる決定因子を学習の視点とすれば、科学概念構築を図ることができると考えられる。

3. 子どもの学習に見られるアプロプリエーションに関する理論的背景

子どもたちは、理科授業において様々な自然事象に対峙する中で、自分なりに考えやイメージをめぐらし、それらを修正・更新していくことによって、科学概念の構築を目指している。こうした子どもの科学概念構築プロセスには、例えば食塩が水に溶けていく様子を電車へと人が乗り込んでいく様子に喩えたり、食塩や水を丸い粒へと置き換えて思考をするといったメタファーの活用が見られる。そして、そうした子ども独自の考え方が、クラスにおける協同的な知識構築を目指した話し合いである談話において共有され、ネットワークを介して伝播していくのである。つまり、子どもの学習活動には、日常生活やこれまでに学習してきた既習事項、さらにはそのときの学習活動における友達の提案した考えなどの、多種多様な学習のリソースを見て取ることができるのである。子どもたちは、科学概念を構築するにあたり、ありとあらゆるところに情報のネットワークを張り巡らし、自分の思考に適合し、また、新たな考えの起点となるような情報を取捨選択していくのである。こうした活動は、ヴィゴツキー (Vygotsky, L.S.) らの論考によって説明がなされる。

すなわち、人の発達を社会文化的な関わりから捉えようとしていたヴィゴツキーは、注意や記憶、思考、そして概念形成といった高次精神機能の獲得について、次のような提案をしている。「あらゆ

る高次精神機能は子どもの発達において二回あらわれます。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、二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ます。ことばの発達の事例は、この点の問題全体にたいする枠組みとなります。ことばは、はじめは子どもとまわりの人間とのあいだのコミュニケーションの手段として発生します。その後、内言に転化するようになってはじめて、それは子ども自身の思考の基本的方法となり、子どもの内的精神機能となります」（ヴィゴツキー、2003:21-22）。この提案の骨子はこうである。他者との話し合いや協同的な活動への参加を通じた関わり合いが高次精神機能の獲得の起点となり、その後、個人的に独力でそうした高次精神機能に基づいた思考活動を行うことによって、自分のものとして高次精神機能を内化していくことができる。こうした精神間機能から精神内機能への思考の内化は、まさに「子どもの社会的集団的活動形式から個人的機能への移行現象の一つ」であり、協同的な活動を介在して生起する、自覚的かつ随意的な思考活動として捉えられる（ヴィゴツキー、2001:383）。そして、こうした内化は、記憶や思考、概念形成といった高次精神機能に関わる提案であることから、そこで扱われる言葉やその意味といった概念をも対象とすると考えられる。すなわち、ヴィゴツキーによるこうした提案は、内化に関わる高次精神機能ならびに概念といった認知や思考の媒介物が、新たな思考の文脈に依拠して再構築され得るというものであると考えられる。

こうしたヴィゴツキーの内化に関する提案を受けて、ワーチ（Wertsch, J.V.）は、内化の持つ意味合いを考慮し、内化を「習得（mastery）」と「専有（appropriation：以後アプロプリエーションと記述する）」という二つの概念へと峻別することを提案している（ワーチ、J.V., 2002）。ここでワーチが提案するアプロプリエーションについての考えは、次の言明において明らかとされる。すなわちワーチは、「「専有する」や「専有」という用語を、他者に属する何かあるものを取り入れ、それを自分のものとする過程」として提案しているのである。これはアプロプリエーションと対比される概念として提案される習得と対照すると明瞭である。「「習得」と言うとき、私は媒介手段をすらすらと使用するための「方法を知る（knowing how）」こと」、ならびに「内化が不足している、あるいは不完全にしか内化されていない」状態として提案されていることを見れば、その提案の真意を窺い知ることができる（ワーチ、J.V., 2002:55-56）。つまり、ワーチは内化概念をアプロプリエーションと習得という二つの概念へと峻別する際に、アプロプリエーションを「多くの事例では、習得のより高次なレベルが専有と明確に関係していることは注目に値する」として、他者に存在するものを完全に自らのものとする活動として、習得との明確な違いを伴わせて提案しているのである（ワーチ、J.V., 2002:59）。

こうしたワーチに見られるアプロプリエーションは、まさにバフチン（Bakhtin, M.M.）による言葉の獲得に関する提案に見られる、アプロプリエーションの規定と同義であると捉えることができる。それは、「言語の中の言葉は、なかば他者の言葉である。それが〈自分の〉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とを住ませ、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。この収奪の瞬間まで、言葉は中性的で非人格的な言語の中に存在しているのではなく、（なぜなら話者は、言葉を辞書の中から選び出すわけではないのだから！）、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、自己のものとしなければならないものなのだ。（中略）そこにはあまねく他者の志向が住みついている。言語を支配すること、それを自己の志向とアクセントに服従させること、それは困難かつ複雑な過程である」という提案である（バフチン、M.M., 1979:66-67）。すなわち、他者に由来する新たな言葉や概念をアプロプリエーションしたということは、そうした言葉や概念を自らが持つ既存の知識や概念体系との照合によって自分なりに咀嚼や解釈を通して、自らの意図の下、自覚的・随意的にその概念を活用することが可能な水準において構築することを意味するのである。

こうしたアプロプリエーションに関わる論考に関して、ロゴフ (Rogoff, B.) や、レイヴとウェンガー (Lave, J., Wenger, E.) は、アプロプリエーションが社会的共同体への参加を通じた学習活動において見られるという提案をする。ロゴフは、子どもが共有された活動に参加する中で、他者から相互作用的に新たな考えや活動をアプロプリエーションしているという、「参加型アプロプリエーション (participatory appropriation)」という考えを示している (Rogoff, B., 1993:138-150)。この参加型アプロプリエーションは、社会的共同体が有する活動への参加という、社会文化的な文脈における相互作用的な活動、すなわち、学習者の学習状況や認知状況を見取りながら、それに対する足場作りを通じた学習活動として捉えられるものである。

レイヴとウェンガーによるアプロプリエーションに関わる提案は、例えば徒弟が仕立て屋などの実践共同体へと徒弟として入り、一人前の職人になる工程が例に挙げられる。仕立て屋という実践共同体が持つ、一つの衣服を仕立てるといった各作業へと、徒弟がその実践者として正統的に作業に参加し、技能を身につけていく活動の中に用意されている。徒弟は熟練者たちが行うそれらの作業が、各段階、そして全体としていかなる意味合いを持ち、構造化されているかということ、正統的な参加でありながらもあまり責任を負わされない、周辺的な参加を通して学習していく。正統的周辺参加論と呼ばれる考えである (レイヴ, J., ウェンガー, E., 1993:1-12)。こうしたアプロプリエーションに関する提案は、初心者である学習者や徒弟が、エキスパートから教えられたり、社会的ヒエラルキーへの参加を通して学習していくといった、教授論的な流れの中で生じ得るという考えである。

しかしながら、そもそもアプロプリエーションは、子どもたち自らが個人的に周囲の環境に働き掛けたり、協同的に知識を構築する中で生じる、子どもたち同士の相互交流や相互作用的な活動などにも見られる。すなわち、協同的な活動の中における意図的で随意的な活動としてのアプロプリエーションの提案である。なぜなら、本来的なアプロプリエーションの規定とは、バフチンやワーチに見られるような、ヴィゴツキーが科学概念の高次の特性として措定する、概念の自覚性と随意性の顕れとして活動であるからである。そして、こうした諸論考を参考にすることによって、アプロプリエーションが、科学概念構築という目的に沿って、情報を意図的に収集し、そうした情報を自覚的かつ随意的に使用する活動として捉えることができることを考える。

4. 理科学習に見られるアプロプリエーション

4. 1 アプロプリエーションの調査時期

2009年1月

4. 2 調査対象

横浜市立I小学校4年生1クラス31名

4. 3 調査単元

小学校4年「ものの温まり方」

4. 4 調査方法

授業のビデオ記録による談話の分析と、授業の中で作成された子どものワークシートの記述分析を行った。

4. 5 学習の流れ

分析対象とした、単元「ものの温まり方」の学習の流れを表6に示す。本単元では、空気、水、金属を温めることによって、それぞれ空気と水は温められた部分が移動し、順次新たな部分が加熱点へと供給されることによって全体が温まっていく様子を、捉えることを目的とされている。また、金属は温められた部分から順にその周囲が温められていく様子を捉えることを目的とされている。分析対

象とした授業は、この内容が空気、水、金属という順番によって進められた。

前時までの空気の温まり方に関する授業において、子どもたちはストーブによって温められた空気の動きを、イメージを活用することにより予想しながら学習を進めていった。子どもたちから提案された考えは、図1に示すように日常経験から得られた知識を取り込み活用しながら、ストーブを始点として温められた空気がグルグルと回るようにして動いていくという回る説と、図2に示すようなストーブを中心にして熱がどんどん広がっていくといった広がり説という考え方へと収斂していった。こうした考えを基にしながら子どもたちは、教室におけるストーブを使った空気の温まり方を調べる実験を計画・実行し、得られた結果について考察し、回る説を検証することに成功した。また、こうした考察における協同的な話し合いを通して、回る説のイメージを、「温かい空気と冷たい空気がバトンタッチやリレーをしている」というように、回る説において熱概念や対流概念の萌芽を読み取ることができるまでに深化させていった。本時は、こうした前時までの学習の続きとして行われた、水の温まり方に関する授業である。

表6 学習の流れ

時数	学習内容	習得を目指す科学概念
1校時	「なぜストーブで教室が温くなるのか」 コミットメントの段階1：問題の設定～予想・仮説の設定	・空気は熱せられた部分が上方に移動して全体が温まる
2校時	「空気の温まり方を調べよう」 コミットメントの段階2：観察・実験～考察 【実験1】ストーブを使った空気の温まり方を調べる実験	
3校時	「空気の温まり方を調べよう」 コミットメントの段階2, 3：観察・実験～結論 【実験2】線香の煙を使った空気の温まり方を調べる実験	
4校時	「水の温まり方を調べよう」 コミットメントの段階1, 2, 3：問題の設定～結論 【実験3】味噌を使った水の温まり方を調べる実験	・水は熱せられた部分が上方に移動して全体が温まる
5校時	「金属の温まり方を調べよう」 コミットメントの段階1, 2, 3：予想・仮説の設定～結論 【実験4】2種類の形状の金属板を使った金属の温まり方を調べる実験	・金属は熱せられた部分から順に温まる

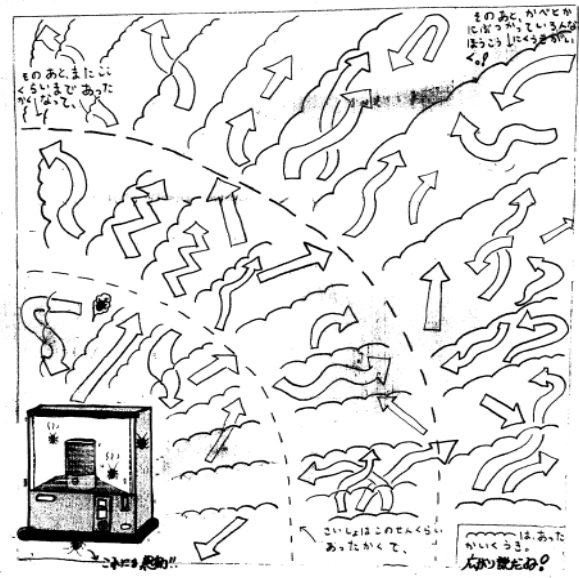
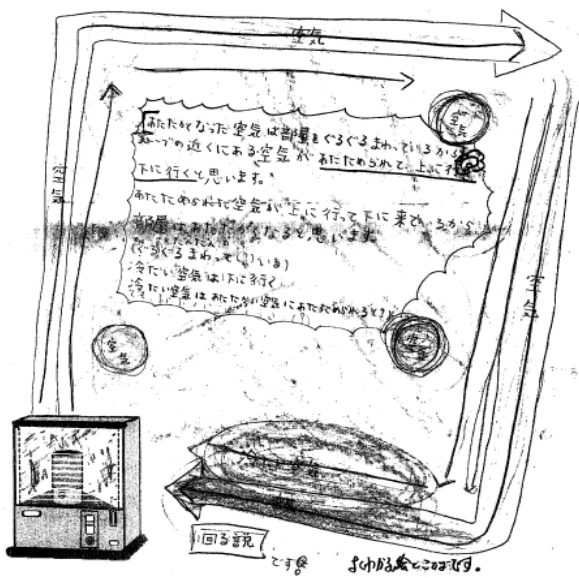


図1 子どもの空気の温まり方に関するワークシート表現 ～回る説～ 図2 子どもの空気の温まり方に関するワークシート表現 ～広がり説～

4. 6 授業実践に見るアプロプリエーションの調査結果

分析対象としたプロトコルの抜粋を、表7として記載する。

表7 授業プロトコル抜粋

発言者	プロトコル
T1	この間、何を温めたって言えばいいんでしょうかね？はい、C1。
C1	空気。
T2	空気だよな。空気を温めると、2回の実験でほぼみなさんの考えてのは何説になりましたか？
C2	回る
T3	なっ、回る説だよな！で、この間すごくいい意見をみなさん言ってくれましたね。例えば温度のリレーとかね。ああいう言葉が出るってことは素晴らしいなって先生思いました。で、今日は空気の温まり方ってのは終わったので、今日は次の段階ですね、これまで一緒にやってきたことと一緒にですので、空気の次は何をやりますかって言ったら？
C3	水
T4	ですね、水をやりましょう。じゃあ水の次にやる？
C4	鉄
T5	あっ、鉄か。金属だな？な。じゃあ空気の次は水、水の次は金属ってね、やっていきたいなと思います。で、ちょっとみなさんに最初にですね、予想してもらいたいですけど、水をこの間みたいに温めてみます。どうなると思いますか？みなさんの経験ってのは空気しかありませんが、水と空気の温まり方って同じでしょうか？違うでしょうか？
C5	違いますか！なんで違うと思います？C6。
T6	空気の方が早い。
C6	空気の方が早い。きっと空気の方が早く温まる、かな。速度とかが早い！空気の方が早く温まるんだ。水の方がゆっくり
T7	温まるんだろうと思うのね。そういう温まり方の違いがあるんじゃないか。どうでしょうか？空気は何説だった？
C7	回る
T8	回る説だったよね。じゃあ水は回る説か？みんなはどう思いますか？ちょっと考えてみよう。ここあつためます。回るといっていいですか？回らないでしょうか？それとも広がり説。広がり説ってのもあつたよね？色変えた方がいいかな？ぼよんぼよん。どっちだと思う？はたまた全然違うかな。ちょっと聞くよ？空気と、水のイメージの違いって、みんなどういふふうにしてイメージしてきたんだっけ？どう思う？空気ってこんなんだよって言ったときに、みんなはどういふふうにして先生に説明してくれるんですか？これ11月、12月まで勉強してきたことと一緒にですよ。C8は空気の方が早く熱が伝わる、温度が伝わるんじゃないかっていふふうにして考えたんですね。じゃあねC8に聞くけど、それはなんでそう思ったの？
C8	11月のときに、コーヒーゼリーの
T9	それは先生覚えてますけど。12月のときにやったときにコーヒーゼリーが空気の方がポーンとこう動いた。ということは空気の方が膨らみやすいんだよね。より大きく膨らむんだよね、ポーンとね。水はちょっとしか膨らみませんでした。空気の方が勢いよく上がるんじゃないか。水はそうじゃないんじゃないかっていう予想がたつたのね。温まり方はどっちでしょうか。どう思う？徐々にこうやっていくかな。やってみないとわかんないね。じゃあね、どっちなかって思いながら必ず自分の予想ってのを持って下さい。それでは今日の実験のやり方をいいます。ね、この間この中に何を投入しましたか？空気だよな。で、今日はこの中に何を投入するかって言ったら？
C9	水
T10	水です、オッケー。400まで入れて、同じように温めます。普通に見てるだけで温まり方を確かめていいでしょうか？空気のとときは、教室で温度を測りました。その温度を測ったときに1番2番3番4番5番6番の順番にあつたまるよっていうね、数字をもとにでも目で見ないとわからないっていうことだったんです。じゃあ水のとときも、温度測らなくていいですか？測った方がいいよね。でだ、どこ測ればいいんだろうか。みんなの予想はどこですか？いちばん熱いところはどこだと思います？はい、C10。
C10	火の一番近い所。
T11	そ、火の一番近い所。これじゃあ、この間でいう1番だよな。だけど、今日1番2番3番4番5番6番って実はできないんです。こんなちっちゃい、危ないですよ。なので、火に近い所、と一番火に近い所にしましょうか。これでいい？ね。であと徐々にこうやって伝わるってのが、ひょっとしたらこうなのか、こうなのか分からないけど、だけど、水ですから見えないので中に、お味噌持ってきました。このお味噌を使ってお勉強します。お水入れたら400ml入れたら、先生のところ来てください。先生が火のちょうどあたるところの上のところにと置きますから。ね、じゃあみんなはそこに向けてぼこぼこやってください。じゃあこれは？どういう動きするのかっていってこう動いたら何説？
C11	広がり
T12	こう動いたら？
C12	回り説
T13	これやっぱり回り説なのかなってわかるよね。これじゃあ、あとこと、今日は2番かなここ測ってやれば、ね、わかるよな。どっちの方が高いか低いかってのも調べてください。
C13	ある程度離れて、真横から見ていれば、熱したところからどういふふうにお味噌が動くかってのがよくわかると思います。
T14	わかりましたか？
C14	はい。
T15	はい、それでは準備にかかりましょう。
C15	(実験)
T16	え～それでは、だいが書きあげたと思いますので。はい、それではどうでしたか？水は空気と温まり方は違いましたか？同じでしたか？広がり説でしたか？回る説でしたか？
C16	回る説

T15	回る説だな～。どうですか？先生が今書いた矢印は、みんなが書いた矢印とそんなに違ってませんか？どうですか？お味
C14	噌はこういうふうに動いた？ちょっとじゃあね、みなさんの考えを聞かせてみてください。水を温めると空気と同じよう
T16	にやっぱり水は、上に行きました。どうしてでしょうか？別に水は動かなくても、空気が動かなくても熱が伝われば、
	お部屋が温まったり、お風呂が温まったりするってこともあってもいいはずなんですけど、水も空気と同じように動い
	ました。これどうして動くんだろうね。はい、C15。
	私は、広がり説だと思います。
	えっ！広がり説はもう、ないのよ？今日はみんな回る説っていったよ？
	けど違う。
C15	でも違う。回ったような気がしたんだよな、先生はな～。
T17	だから、温度のときに、空気のとくに、見た目で見えないって。
C16	だから煙でやったよね？煙でやったときにはこうやって
T18	回ったし、それに温度もさ、上がったりが下がりたからだと思ったんだけど、けど水は、水の中には空気は入れな
C17	いから水がびっしりなってるから、
T19	あ、水はびっしりつまってる！
C18	空気は入れない状態だから、温度は上がり下がりできないはずだから、だから広がり説だと思う。
	あ、なるほど、今 C19 が言ったのは、水はびっしりつまってるから、空気みたいに温度は伝わらないって言ったよね。
T20	ということは温度のこと聞かせてもらおうかな。今日は火に近いところを1番、火に遠いところを2番として、温度を測
C19	りました。どうですか？みなさん。1番と2番では、温度っていうのは下がりましたか？はい、C20。
T21	えっと、1番と2番では6度くらいの差があった。
	1より2の方が温度が？
	1の方がちょっと2のところより高い。
C20	1の方が2の方より温度は高いんだね。じゃあ、時間を経過すると1番も2番も C19 の言葉を借りると、最初の温度か
T22	らずっと温度が上がらない部分があるよね。2番も1番も。どうだった？はい、C22。
C21	温度はどんどんどっちもあがってたけど、C20さんと同じで1も2も両方も高くなってたから、温度が上がってたから、
T23	温まってないわけじゃないから。
	ああ～。温度は両方上がって。はい、じゃあもう一回みなさんに聞きますよ。C19は温度が伝わらないと言いましたが、
C22	1番と2番で、ずっと測っていったら、最初の温度より、ちょっと聞きましょうか。ここ最初何度だった？大体。はい、
	10？
T24	15
	15ぐらい？2番は？15ぐらい？最初だから15ぐらい？じゃあこれが何℃になったの？最後は。1番は何度ぐらいに
	なったの？
C23	50。
T25	50！高いねえ。
	熱いねえ。
C24	2番は？
T26	48。
C25	48。ということは両方上がってるけど、2番の方が低いっていうのはいいよね。1番の方が高いっていうのはね。とい
T27	うことは、ここは上がった温度はこれどうやって48度までこうなったの？ここにあって温度は？温度か？熱は。
C26	伝わった。
T28	あ、こっちに伝わった！こんな言葉知ってる？こういうのこういう漢字知ってる？駅伝の伝。
	あ、駅伝？
	駅伝の伝。伝わる。伝わったっていうのでもいい？伝わるっていうのでもいいでしょうか？他の言い方ないか？はい、C29。
C27	ない。
T29	ない！ない！ここであってまったのが、徐々にこうやって上に行くんだよね。水は。ここからこっちにいくから、この
C28	冷たい水が？こうくるの？で、だんだんだんだん回っていくから、1番も2番も温度が？あがるんだよね？じゃあこれ、
T30	伝わり説、あ～こう伝わるってことか。回るのは回ってたんだろ？ほとんどの人が回ってたって言ってただろ？とい
	うことは、一番最初に言っていた広がり説ではない！ね。回り説。ね、言葉的に広がるってのはわかるよ？こっからここ
C29	までずーっと広がるんだから。だけどこういう広がり方では？なくて、回りながらという回り説の広がりが方って言えばい
T31	いのか？さて空気も？水も？熱の伝わり方、温度の伝わり方っていうのはどう言っていいたか？同じって言っていいた
	かな？
C30	はい。
T32	ね。はい。わかりました。

5. 理科授業におけるアプロプリエーションの実態

5. 1 予想・仮説の設定に見られるアプロプリエーションに関わる活動

前時までの授業において、子どもたちは自らの考えやイメージを出し合い共有しながら、協同的な話し合いにおいて回る説と広がり説へと収斂していき、観察・実験とそこから得られた結果に対する考察によって、回る説の検証に成功した。

そこで本時の開始時に教師は、T5「水と空気の温まり方って同じでしょうか？違うでしょうか？」、また、T8「回るでしょうか？回らないでしょうか？それとも広がり説。」という前時までの授業内容

の振り返りを促進させる発問をしている。このことにより、これまでの学習において構築してきた考えやイメージが子どもたちに想起され、「水の温まり方」についての疑問の焦点化と、回る説と広がり説の新たな文脈における適応可能性として、さらにはアプロプリエーション化への示唆となっていたのである。その後教師によって、味噌を使って温められた水の動きを視覚化させ確かめる実験が提案された。この実験結果の予想場面では教師主導の下、T11からC12までのやりとりで見られるように、クラスで共有化されている回る説と広がり説から予想される水の動きが、教師との対話の中で子どもたちの中で、具体的な場面と照合されている。これは前の学習において、子どもたちが回る説と広がり説に対するアプロプリエーションがなされた証左として評価できるものと考えられる。つまり、こうした子どもの学習活動は、それらの考えを自覚的・随意的に扱いながら、新たな「水」という対象にも対応させながら活用している姿として捉えることができるのである。

子どもたちが行った実験は図4に見られるように、水を張ったビーカーの隅に味噌を落とし入れ、そこを加熱し、味噌の動きによって水の動きを可視化させるとともに、①と②の二か所で5分おきに温度を測定するというものであった。表8は実験結果の表である。

表8 実験結果

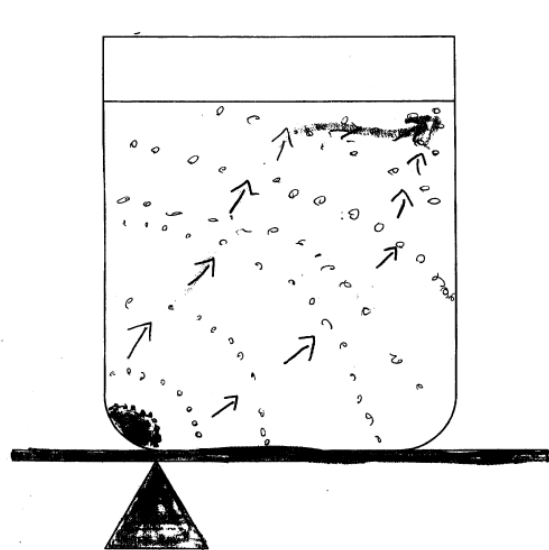
番号	初め	5分後	10分後	15分後
①	15°C	26°C	38°C	61°C
②	15°C	26°C	36°C	46°C

5. 2 考察における子どものアプロプリエーション

考察においてC15～C19の発言を行った子どもは図3に示すような広がり説を支持していたが、クラス全体では主に図4に見られるような、回る説が支持されていた。広がり説を主張した子どもは、熱が加熱点を中心とした同心円状に広がるという広がり説をアプロプリエーションし、水の温まり方についての説明が可能であると考えていた。それは、これまでの「温度変化とかさの変化」の学習において、空気は体積変化をしたけれども、水は空気とは異なり押し縮めることができなかったこと、また、水の中に空気が入り込んでいないことを背景とした、水は空気とは異なりC18「水がびっしりなってる」やC19「温度は上がり下がりできないはずだから」という考えのように、水の動きに自由度がなく水と空気の実験結果が異なったことに起因している。こうした背景があるものの、この子どものワークシート表記である図3を見ると、他の子どもの実験結果とは異なる水の動きが描かれていることがわかる。こうしたことから、この子どもは広がり説と回る説を適切にアプロプリエーションすることができず、また、新たな文脈においてそれらのイメージや命題と、今回の実験結果というエピソードなどを複合的に処理する認知的方略をうまく機能させることができなかった結果として考えられる。

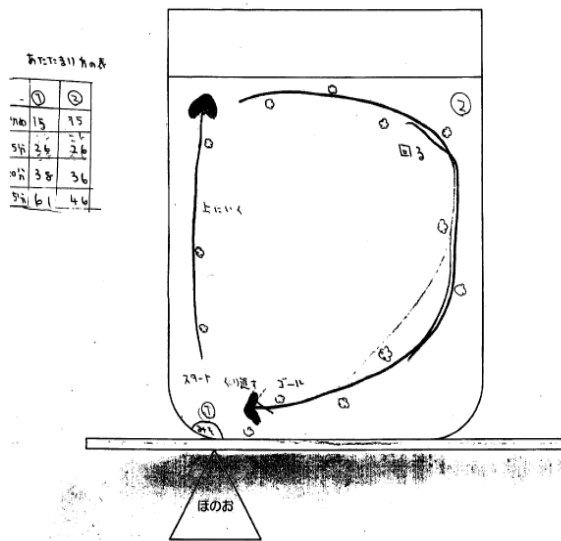
それに対し、図4のワークシートに見られるような描画を描いた子どもたちは、回る説に関する情報を適切にアプロプリエーションし、味噌の動きから水の温まり方を的確に捉えられていることが、図4からも読み取ることができる。それは図4に見られる5分おきの温度の観測点①と②の結果をまとめた表と、水の動きの描画との照合にも表れている。加熱点をスタートとし、途中の水の動きを矢印で辿り、再びゴールである加熱点へのループ構造の描画である。この描画は、前時「空気の温まり方」の考察において、子どもたちが回る説に関わる話し合いにおいて共有してきた、「バトンタッチ」や「リレー」というイメージにその根源を辿ることができるのである。子どもたちはこのように、水の動きと温度変化を関連させて考察することができていたと読み取れる。つまり、こうしたイメージ

や命題，エピソードや実験結果を表にするとといった知的方法などを適切に扱うことができた，すなわち認知的方略をうまく機能させることができたということからも，アプロプリエーションが適切になされたということを読み取ることができよう。



こいしは回る言葉がなくて広がり説かな〜と思ってたけど、
 既に水のべしをくたを水には空気が入って広がりの
 水はおもたれんをとおおじて、水は空気とほるからうら
 広がり説かな〜とおもいました。あともう1つ理由が有りまほ
 りとおもてでも、それは、外から入るのでみてお
 おんじ"かた"んたんぬ"らる"オ"ホ"からひろがり

図3 子どものワークシート記述
 ～広がり説による説明～



わねたこと、予想広がり説→回転する空気
 ①と②の温度は上、下いけれど、①のはおおに近いか、下い温度だた。
 時間かたはどまかから、②がはのおおに近かた、Dの字に回っている。
 考えたこと、空気と同じ、ほのおおから上い、てふつたて標にい
 きた下い、て、そのて、それより、それ水がどんどん、あたま、
 いく、①温度が②より低かた、②、下た、上い、て、みかた、(お)

図4 子どものワークシート記述
 ～回る説による説明～

そして結論において、T28とC27のやりとりに見られるように、熱概念が子どもたちに受け入れられ、温められた水が順次移動していくことにより、熱がビーカー内の水全体へと伝わっていくという考えが共有化されていった。

6. まとめ

6.1 科学概念構築を図る要因について

本研究では、理科授業において科学概念構築を図る決定因子についての議論を行ってきた。今回、分析対象とした理科授業では、授業者自身が、Scardamalia, M.の言う知識構築を図る授業をつくる決定因子についての知識をもっていなかった。仮定ではあるが、授業者が、12の決定因子を教授論的な視点として、意図して授業を行っていたとしたら、本分析授業は、もっと違った子どもの発話が見られていたに違いない。学校現場において、子どもの既有的認識、子ども同士の学び合いなどの言葉は、頻繁に語られるものの、その教授論的視点にまで言及した実践は、そう多くはない。しかし、12の因子は、IT学習が研究対象であったとしても、理科授業に対して、多くの示唆を含んでいることが確認できた。

12 の決定因子は、科学概念構築を図るために重要な要因として働くことのみならず、本研究のように、授業分析の視点としても有効に働くことが確認できた。今後、さらに教師自身の教授行動と関連付けた授業研究へと目を向けたい。

6. 2 科学概念構築に関わるアプロプリエーションについて

教師は協同的な話し合いを生起させ、子どもにアプロプリエーションの可能性を示唆させることによって、これまでの既習事項と本時の学習の連携を図り、子どもの学びのストーリーの構築を行っていることがわかった。そうした教師の足場作りを受け、子どもたちは、他者の提案する考えやイメージ、日常経験から得られた知識などをアプロプリエートするのである。そして、こうしたアプロプリエーションを基にしながら、実験を適切に行うといった運動技能、観察・実験などのエピソードと、その結果を表にまとめたり解釈したりするといった知的技能などを、必要に応じて認知的方略として複合的に機能させることにより問題解決を目指す子どもの学習状況が見られた。以上のことから、アプロプリエーションが既習事項や日常経験を基にして、ホワイトによる記憶要素を活用し、子どもにおける自覚的で随意的な一貫した科学概念構築として結実させたことを、明らかにすることができた。

(註)

- ・中央教育審議会 2010 『児童生徒の学習評価の在り方（報告）』
- ・森本信也 2009 「理科教育における言語活動の特徴と指導の視点」日本教育方法学会編『言語の力を育てる教育方法』所収，図書文化
- ・Scardamalia, M. “Collective Cognitive Responsibility for the Advancement of Knowledge”. In B. Smith (Ed.), *Liberal Education in a Knowledge Society*, 2002., Chicago: Open Court.
- ・文部科学省 2008 『小学校学習指導要領解説 理科編』
- ・L.S. ヴィゴツキー（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
- ・L.S. ヴィゴツキー（柴田義松訳） 2001 『思考と言語』，新読書社
- ・J.V. ワーチ（佐藤公治ら訳） 2002 『行為としての心』，北大路書房
- ・M.M. バフチン（伊東一郎訳） 1979 『小説の言葉』，新時代社
- ・Rogoff, B. 1993 ‘Children’s Guided Participation and Participatory Appropriation in Sociocultural Activity.’ In Wozniak, R.H., Fischer, K.H.(Eds.), “*Development in Context. –Acting and Thinking in Specific Environments–*”, Lawrence Erlbaum Associates
- ・J.レイヴ・E.ウエンガー（佐伯胖訳） 1993 『状況に埋め込まれた学習 正統的周辺参加』，産業図書