

子どもに科学概念構築を目指す理科授業デザインの現代的課題

森本 信也*・齋藤裕一郎**・黒田 篤志***

Some Issues on the Design of Science Teaching for Construction of the Scientific Concepts in Students

Morimoto Shinnya , Saito Yuichiro , Kuroda Atsushi

1. 理科授業デザインの今日的課題

2009年9月現在、小・中・高等学校の学習指導要領が発表され、理科教育に関しては小・中学校において移行措置が進行中である。すべての教科に関わる課題である「言語活動の充実」を実現すべく、理科教育においては、「考察」並びにこの結果について「科学概念」による記憶とその活用が求められている。これは、当然のことながら学校教育法（第30条第2項、第49条、第62条）に規定された次の三つの学力要素を反映させたものである。

- ・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

この項目から推定される子どもの学習の中心は、「思考力・判断力・表現力」を育成させるための活動の充実である。記憶のみにとどめる知識・技能ではなく、これを自ら見出した課題解決に活用させ、知識・技能を子どもの中で生きて働かせることが求められているのである。ここに学習意欲が深く関与することは論を待たない。理科教育に即して言えば、このことは「考察」と「科学概念」との密接な関わりによる、学習活動の充実である。上述したこうした学習指導に関わる一連の措置は、当然のことながらPISAが指定する「キー・コンピテンシー (key competency)」の具現化であることは言うまでもない(ライチェン・サルガニク, 2007:210-218)。

ところで、こうした位置付けがなされている「思考力・判断力・表現力」の具体的事例として、新学習指導要領の基本的理念となった中央教育審議会答申は次のような活動を提唱している(中央教育審議会, 2008:24-25)。

- 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

①～⑥の活動例を見ると、「思考力・判断力・表現力」が多様であり、かつ階層をもった活動であることが明らかである。①、②のように具体的な体験に基づく活動から考えたことを表現する、③、④のように具体的な体験を言語により抽象化する、⑤、⑥のように①～④の活動を自らの課題解決へ向けて活用する等、活動の充実において多様性と階層性が必須であることが示されているのである。理科授業デザインの中心にこうした課題の実現を据えるとき、そこでは常に子どものこうした例に示されたような学習状況

についての評価と、これに即した指導方法の構想が必須である(森本信也、1999:27-31)。また、それは当然のことながら、小・中・高等学校と段階を追った計画的な指導の中で実現されなければならない。とりわけ、小学校においてはこうした学習指導の基礎作りであり、その成否が中学校や高等学校における学習へ影響を与えることは必至である。そこで本稿では、こうした問題意識の下で、実践的に理科授業をデザインすることによりその解決を図った。

2. 理科授業デザインの理論的展開

2-1. メタファーの機能

改訂された指導要領の中で謳われている「言語活動の充実」を実現すべく、理科教育においては「考察」ならびに「科学概念」の習得と活用を盛り込んだ学習活動が求められる。この科学概念の習得と活用を考えると、ヴィゴツキー(Vygotsky, L.S.)の論を援用できる(Vygotsky, L.S., 2001:317-318)。それは科学概念の高次の特性である概念の自覚性と随意性である。これは科学概念について知っているという自覚と、その自覚の下に概念を意図的・随意的に使用することができるということであり、このことから自覚性と随意性を、科学概念構築の指標として捉えることができる。これを具体的に言えば、脊椎動物に関して哺乳類・鳥類・爬虫類・両生類・魚類の各特徴についての自覚の下、その特徴に基づき脊椎動物を各分類のいずれかに分類することができるということである。このような科学概念の特徴を具体化した学習形態として、問題解決学習が考えられる。

問題解決学習の流れの中で、子どもたちは目の前の事象に対して問題意識を持ち、それを解決するために自らの持つ既有知識を活用して予想・仮説を設定し、その予想・仮説を検証するための観察・実験を計画・実行し、得られた結果の考察を経て、科学概念としての結論を導出することを目指している。この中で、子どもたちは他の子どもや教師との協同の下、より客観的でより良い表現を模索しながら、科学概念の構築を目指していく。このことから子どもたちには、自分たちで考え表現し自覚しながら、その科学的側面を深化させていく学習活動を展開することが期待される。そして、このような学習を子どもたちが推し進めるための学習形態の一つとして、イメージをメタファーとして表現する活動が考えられる。

イメージの表現の一つであるメタファーについて、ペトリエ(Petrie, H.)は2つの機能を提案している(Petrie, H., 1986:442-443)。1つ目は、本人が既に知っている概念またはモデル同士の間においてそれぞれの特徴を比較し、類似性などを見出し、各特徴を関連付けることによって、理解を理にかなったものにするという機能である。これをコンパラティブ・メタファー(comparative metaphor)と呼ぶ。2つ目は、既存の概念と新たに構築を目指す概念との間に、新たな関係性を見出すことによって概念構築を図る、つまり既存の概念から対象となる概念に向けて架け橋をかけることにより、認知構造を拡張していくという機能である。これをインタラクティブ・メタファー(interactive metaphor)と呼ぶ。このインタラクティブ・メタファーは、新たな概念構築を図る際に機能することから、その機能が学習に寄与することが認められる。その例として、2つの概念モデル、原子モデルと太陽系モデルとの間における2つのメタファーの機能の実際を挙げるができる。

太陽系における太陽と各惑星との間における軌道やそれらの位置関係などと、原子モデルのように原子核とその周りを周回している電子の軌道やそれらの位置関係などには、共通して考えることができる要素をいくつか見出すことができる。図1に示すように、大人のような既に太陽系や原子モデルについて知っている者が、これらの諸要素の共通性を認識することにより、両者の理解をより強固なものにすることができるメタファーの機能がコンパラティブ・メタファーである。それとは異なり、子どもよう

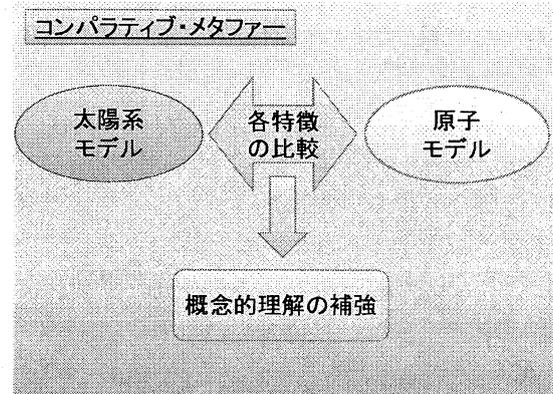


図1. コンパラティブ・メタファーの機能

に太陽系について知ってはいるものの、これから原子モデルについて学習する場合もある。そのような場合図2に示すように、太陽系のモデルを使用しながら原子内部の各粒子間の関係性の構築を図っていく。この場合において、太陽系モデルという既存概念と原子モデルという新たに構築を目指す概念間において、双方向的な振り返りを行いながら、まさにインタラクティブな関係の下に概念構築を図る機能がインタラクティブ・メタファーなのである。つまり、一言にメタファーと述べた時にも、そこには両概念を既存概念として保持している教師に代表されるような大人が用いるのか、それともこれから概念構築を図る子どもが用いるのかということにも、メタファーの機能の違いが如実に現れるのである。上述してきたように、子どもたちは自分たちの考えやイメージをメタファーとして表現することによって、概念構築を目指すのである。そして、こうした側面を踏まえた上で、教師は子どもの表現を捉え価値づけるような、意図的な教授活動が求められるのである。

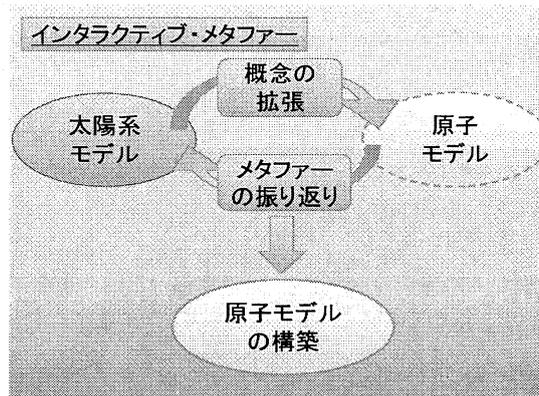


図2. インタラクティブ・メタファーの機能

また、子どもたちは自分たちの考えやイメージをメタファーとして表現することによって、そこに目的意識や問題意識を見出し、観察・実験を計画・実行し、考察や結論に至ることができる、つまり、メタファーと構築を目指す科学概念の間での振り返りを行うことによって、科学概念構築を目指すことができると考えられる。すなわち、メタファーのインタラクティブ・メタファーとしての機能を科学概念構築過程においてみることによって、概念の自覚性と随意性の実現の指標として機能すると考えることができる。

2-2. イメージのデュアルコードアプローチ

上述してきたようにメタファーは、子どもが事象に対して抱いたイメージを表現したものと考えられる。子どもたちはこのように、自分たちの持つイメージや考えをメタファーとして考え表現する活動によって、自らの考えをクラスで発表し、議論を重ね科学概念構築を目指すと考えられる。そこでこのような学習に寄与するイメージについて、ペイビオ (Paivio, A.) は、以下の提案をしている (Paivio, A., 1986; 163)。それは人が認知過程において、言語システムと非言語システムと呼ばれる2つの認知システムを持ち、その中でイメージが言語システム内における言語的コード (命題表現) と非言語システム内における非言語的コード (描画表現) と呼ばれる、2つの記憶コードによって記憶されているということである。そしてこの両システムがメタファーへの表現活動を含む思考活動に協力的に従事するという考えである。すなわちイメージが言語的コードと非言語的コードという2つの記憶コードによって記憶され、思考活動においてそれらをもとにした2つの表現形式によって、自らの考えを表現するという考えであり、これはデュアルコードアプローチ (dual code approach, 二重符号化理論) と呼ばれる。そしてこれを理科授業場面において考えれば次のようになる。

子どもたちは目の前の問題に対してそれぞれが持つ予想や仮説、または、観察・実験から得られた結果についての考えやイメージをまとめ、表現し、クラス内での話し合いにおいてお互いの考えを話したり聞きあったりしていくであろう。このような活動の中で、自分たちの持つ考えやイメージについて自覚し、それらを比較させることによって、それらの科学的側面を深め合いながら、より客観的でよ

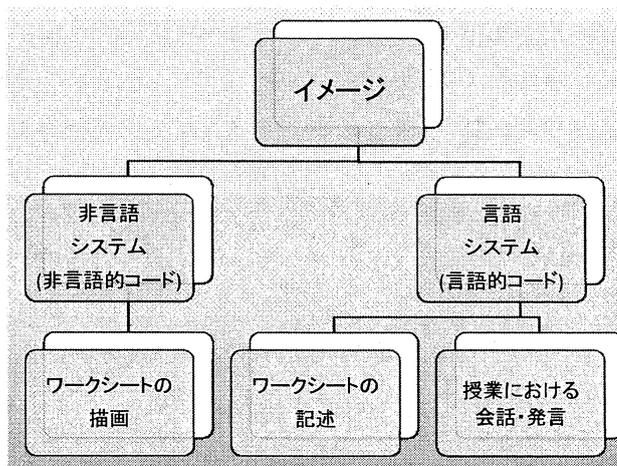


図3. イメージのデュアルコードアプローチ

り良い表現を形成していく。そしてこのような学習活動を行うことによって、問題意識を焦点化させ、また、科学的側面を自覚し活用しながら学習を進めていくであろう。このような自分たちの考えを整理し互いに伝えあう学習活動の中で、子どもたちは直感的なイメージをワークシートなどの学習プリントに、絵やキャラクター、時には波線や→(矢印)などを用いて表そうとする。このような描画表現を非言語的コードとして考えられる。また一方で、それらを友達に伝えようとする時に、その描画表現における特徴や、その表現の中での様々な要素の挙動を擬音語や擬態語などを含む言葉や命題などを用いて説明するであろう。そのような命題表現を言語的コードとして考えられる。つまり、子どもたちの学習は図3に示すように、このようなデュアルコードに基づいた思考・表現によって成立していると考えられることができる。

そしてこのような特徴を持つイメージをその根幹として持つメタファーが、デュアルコードアプローチという側面を伴いながら、子どもにおける科学概念構築にいかにかに寄与しているかを明らかにする。

2-3. ナラティブ・アプローチ

「言語活動」の充実を図るためには、先述したように子どものイメージを大切にしたい表現活動を重視した学習形態が必要となってくる。そして、その表現活動を引き出す教授形態も必要になってくるであろう。すなわち、授業において、子どものイメージが表現活動を通して設定されている目標へと徐々に精緻化されていく学習活動と、それらをコーディネートする教授活動の相補的な関係を作っていくことで、子どもに対して、1章にも挙げた思考力・判断力・表現力を育成する授業を構築することができると考えられる。

理科授業において子どもの表現活動に着目し、その変容を捉えようとするとき、そこには明確な視点が必要である。多くの事例が示すように、子どもは授業において表現するとき、明確な概念や理論に基づくことはなく、先述したようにメタファー表現や直感的な表現を用いることが多い。そこで、授業においては、教師の表現に対する意味付け・価値付けにより、徐々に科学的な概念へと更新を図っていくことが求められるのである。子どもは、問題解決的な学習の過程において、様々な表現を自己の記録として残していくと考えられる。そこで、教師は、それらの表現を全体の中で、対話を通して学級共有の見方や考え方とする教授行動をとることになる。

このような子どもと教師の教授・学習の様態を捉え、子どもに科学概念構築を図らせる教授論的な視点として、本研究では、ナラティブ・アプローチ(narrative approach)を用いることとした。ナラティブ・アプローチは、関係性、社会的文脈のなかでの構成という立場での必然的な帰結としてナラティブを重視している。ナラティブとは、文字通り「物語」であり、ナラティブ・アプローチとは、子どもの綴る「物語」から、その時点における思考の様態を探ろうとする方法である。ナラティブな理科授業を構想していくには、授業という状況において、子どもと教師において綴られる物語、すなわち、共に織り込むものとしての文脈の成立が重要となる。それは、常に教室内において対話を通して物語として表出する。こうして綴られる物語が、理科授業において、科学概念の構築に対して効果的に機能しているか、否かを問う視点として、本研究では、Palincsar,S.の理論を用いることとした。教師が、対話的な理科授業において科学概念の構築を図る教授行動を、Palincsar,S.の考えを基に修正したものが表1である。理科授業において、教師はその単元や授業における目標をもちながら授業を進めている。しかし、常に教師の意図した目標を達成する方向へと学級での対話が進むわけではない。教師は、対話が効果的に進むように、授業のコーディネートを行うことになるのである。表1の六つの教授行動は、そのために教師が意図的に行う教授行動である。

教師は、自らが意図した授業の目標に子どもの思考を向けさせるために、子どもの表現の中から、特に大事と思われるところに子どもの注意を向けたり、強調したりして、教師の意図する学習の流れに近付いていく発話を目立たせる(marking)行動をとっている。また、子どもが曖昧なまま表現しようとしていることを解釈して言い換えたり、子どもの考えを学級へと印象付けるために、子どもの発話を繰り返したりと、復唱する(revoicing)行動を多くとっている。これらは、授業に参加する教師と子どもとの間で、表現を共有化していく為に必要な教授行動と考えられる。教師が意図した本時目標から対話の中心が離れていく場

合には、子どもに考えたり説明したりさせたいところに、話題の中心をもどすこと (turning back) を行う。教師は、授業目標を考えながら、常に子どもの発話内容や記録された表現との関わりあいを考えながら、教室内での対話の軌道修正を行うのである。

表1 対話的な授業における教授行動 (Palincsar, S. 2003)

①目立たせる (marking)	子どもによる考えの表現において、特に大事と思われるところに子どもの注意を向けたり、強調したりする
②もどす (turning back)	子どもに考えたり説明したりさせたいところに、もどしていく
③復唱する (revoicing)	子どもが表現しようとしていることを解釈して言い換えたり、もう一度子どもの表現を繰り返したりして言う
④表現させる (modeling)	子どもに考えを声に出させて言わせたり、考えをうまくまとめられないところを言わせたりする
⑤付け加える (annotating)	教師がテキストにはない考えを述べたり、適切と思われる情報を付け加えたりする
⑥まとめる (recapping)	子どもの考えの表現を要約する

また、授業において、対話の中に入れず黙って見ている傍観者を増やさないために、彼らに考えを声に出させて言わせたり、考えをうまくまとめられないところを言わせたりする表現する (modeling) 場を多く採り入れていく。子どもの中には、記録用紙などに自分の思考表現を記録していても、発表として対話の中に参加することに躊躇する者も存在する。教師は、その時間の目標に進むべく子どもの表現を机間巡視で把握しておき、対話の中に引き込むことを行っていくのである。このことにより、発言力のある子どもが活躍する授業から、学級全体での対話的な授業へと授業の質を転換させることも図っていくのである。

さらに、子どもの中からは、表出されえない科学的な言語や法則に関しては、教師がテキストにはない考えを述べたり、適切と思われる情報を付け加え (annotating) たりすることで、より科学的な学習へと近付けることも必要となる。また、授業の中で、分散している子どもの考えの表現を要約することで、一つの考えとして明確にしたり、学習の終末に見つけ出した法則や理論としてまとめたりする (recapping) ことで、対話的な学習を通して、科学的概念の構築を図っていくのである。

本研究の分析においては、授業における発話プロトコルのうち、教師による教授行動についての発話を Palincsar, S. の六つの教授行動のいずれに当てはまるかを確認した。そして、予想に対する根拠を設定する場面と実験結果の考察場面という子どもの思考が多く表出する場面において、教師の教授行動についての分析を行うこととした。

2-4. 子どもが構築するメタファーを中心にした授業実践

2-4-1. 授業時期

2008年11月

2-4-2. 授業対象

横浜市立I小学校4年生1クラス33名

2-4-3. 実践授業

単元「閉じ込めた水と空気」から「水」に関する授業2時間分

2-4-4. 授業の記録方法

実践された授業のビデオ記録からプロトコルを作成し、授業における発話分析と、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。

2-4-5. 学習の流れ

本単元の学習は以下の表2に示されるような学習計画の下、8時間完了で行われた。ここで子どもたちは1~4時間目の授業において、自分なりに空気についてのイメージを考え表現する活動を基盤として、予想を立て、それに基づいた実感的な実験を行い、その実験結果についての考察を行いながら、空気の特徴についての学習を行った。そして前時までの学習で構築された知識を、6~7時間目の授業において同様に水について当てはめ、考え学習を行い、最終時8時間目では、空気と水との

特徴の違いを自分なりに言葉や絵を用いて表現するに至った。

表2 学習の流れ

時間	学習内容
1	<p>○空気はつかまえられるのだろうか、予想をたてよう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・空気は見えないけど、何か入れるものがあれば、閉じ込めることができるという考えを学級全体の考えとしてつくっていく。 ・空気をつかまえるための方法を考える。 ・口から空気を吹き込む。 ・ビニル袋に空気を集める。 ・コップの空気をビニル袋に集める。 ・風船に空気を入れる。
2	<p>○前時で考えた方法に基づいて実験をしよう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・つかまえた空気について、自分なりにイメージしたことを絵と言葉で表現する。 ・第3学年の豆電球や磁石でも見えない電気や磁力について絵や言葉で表現してきたことを想起する。
3	<p>○友達の表現を見てみよう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ビニル袋の中の空気のイメージについてまとめる。 ・弾性・はずむ・おしかえす・ちぢむなどの子どもなりの表現を大切しながら学級全体で共有できる空気のイメージとしてまとめていく。また、空気の図として説明しやすいものは何かも話し合う。 ・柔らかいビニル袋に入れたので、縮んだ感じがしたのかを確認しながら、次時の問題作りを行う。
4	<p>○空気は本当に押し縮まるのか調べよう。硬い入れ物にすると、空気は縮められるかもしれない。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・硬い入れ物である空気でっぼうを使った実験により、空気が縮まるかを検証する。 ・「ビニル袋は、柔らかかったけど、注射器は筒が硬いから空気は縮まらないと思うよ。」などの子どもの予想を確認し、実験を行うようにする。 ・筒の中にある空気の様子をイメージしよう。 ・閉じ込められた空気について、自分なりにイメージしたことを絵と言葉で表現する。 ・縮まった空気が、押し返すことを体感する。
5	<p>○空気を押し縮める実験から分かったこと考えたことを発表しよう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・絵と言葉で表された子どもの表現が発表しやすい場を設定する。 ・実験で得られた結果を発表し合う。 ・本時のまとめをし、学級全体の空気のイメージをつくり上げる。 ・空気は押し縮まると、押し返す力がある。隙間のようなものがあるのではないか。
6	<p>○水も押し縮まるのか自分の予想を発表しよう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・空気でっぼうを使った実験により、水が縮まるかを検証する実験であること知る。 ・筒の中にある水の様子をイメージしよう。 ・縮まった空気が、押し返すことを体感する。 ・「水鉄砲は、押し縮められて飛んでいるみたいだよ。だから、水も縮まると思う。」「水風船は、ふわふわしているよ。だから、水もちぢまると思うよ。」「ペットボトルにはいった水は硬いから、縮まらないと思う。」などの子どもの発言を取り上げながら、実験の見通しを立てていく。
7	<p>○水を押し縮める実験から分かったこと考えたことを発表しよう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実験で得られた結果を発表し合う。 ・本時のまとめをする。 ・空気は縮まるが、水は縮まらない。水には、隙間がないからだ。
8	<p>○空気と水の性質について調べよう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・子どもから出てきた言葉、「ちぢむ・押し返す・隙間」を大切に、空気と水の比較で今までの学習をまとめていくようにする。

3. 授業実践の結果

発話分析に用いた授業のプロトコルの抜粋を、表3に記載する。

表3. 授業プロトコル抜粋

発言者	プロトコル
T1	この間、何をこの間はやりましたか？空気でっぼうをやりましたね。で空気を？
C1	押し
T2	そう、押しんだよね。じゃあ空気っていうのは、大きめに今日はちょっと書こうかな。
C2	く〜う〜き
T3	例えば、押し返す力がある。どうですか？これみなさん、反論、異論はありませんか？
C3	ない。
T4	ないね。押し返す力があります。それとか、こういうことばもありました。空気は、これどうですか？ちぢまるは。長さ、縮まってる。

C4	縮まるか。
C5	縮まるっていうか、
C6	縮まるっていうか？
T5	隙間がなくなる。
C7	あ、隙間ね。はあはあはあ。なんとなく、縮まってるってのか、隙間が、小さくなってるのか。だけど、元のかさと、
T6	圧した時のかさは？
C8	違う。
T7	違うよな。これだけのものがこれだけに、縮まる。っていうことばもひょっとしたら、あるのかもしれない。で、そのあと、結局こうだよな。空気は縮まったり、もしくは隙間があるっていう人は、ないって人もいたよな。縮まった後、圧す、押し返す、でしょ？これにみなさんの中で異論のある人いませんか？どうですか？え〜っていう人いない？ここだけか？この間、ちょっとみんなと話し合ったときに、隙間があるよっていう人が半分弱、ないよって人は、また半分強って感じだったよな。で、これはどうだ？空気は粒。ま、粒で描くと描きやすいつてのはあったな。じゃあ今日は、何をやるっていったらいい。みんなと先生と一緒に、なにやろうって言ったんだっけ？
C9	水。
T8	そうだなあ。じゃあなんで水になったの？
C10	覚えてる。
T9	覚えてる？それがちょっと頭に入っていないとやっても意味がないからね。じゃあちょっと聞いてみましょう。じゃあC11。
C11	空気は縮まったけど、水は縮まるかどうかを調べたい。
T10	あ、なるほど。空気は縮まりましたが、じゃあ水はどうなんだろうってことだよな。だけど、なんとなく、この間の話の流れでは、ちょっと違ったような気がしたな。C12はどうだ？
C12	隙間があるかどうか。
T11	そうだよな。水っていうのは、隙間の、みんなはどういうイメージもってるんだっけ？あるないどっち？
C13	ある。
T12	水は隙間がない、どういうふうに言ったらいい？ないもの？
C14	物が合体したもの。
C15	物体。
T13	物体？
C16	液体。
T14	液体、難しいことば知ってるねえ。隙間がないっていうイメージでみんなは捉えてるわけでしょ？じゃあどうですか？水っていうのは、ちょっと最初の考えな？今から描いてもらうけど、この間みたいに空気みたいに縮まるだろうかと、縮まらないだろうかと。みんなはどう思う？こっちは隙間がある、隙間があるかもしれない。だけど縮まったんでしょ？こっちは隙間がない物質、液体だって。じゃあこっちは縮まるのかな？こっちはないのかな？縮まら、ないのかな？
C17	縮まる？
T15	あ、C17は縮まると思う。縮まる人もいると。うん、じゃあ縮まらないって人いる？水は縮まらないだろうって人。C18はどうだったっけ？この間何かいってたよな？
C18	だから、水は縮まっちゃったら、数が減っちゃうってことだから、
T16	なるほど。数減っちゃうんだって、縮まっちゃうと。
C19	水は、
T17	水は縮まらない。はい、C20は？
C20	でも、なくならないで、また、戻って、戻ってきたりする。
T18	なくならないで戻ってること？かさが増えるってこと？じゃあ増えちゃうじゃん。
C21	増えちゃう。
T19	圧すと増えちゃう！
C22	圧したら、戻る。
T20	圧したら戻る。空気は、空気は、圧すとぼーんと押し返すでしょ？ね、一番最初のことばを思い返すと、みんな面白いこといっぱい言ってたよな。なんとかみたいとか言ってたじゃん。そういうような水って、イメージある？圧したら縮まってぼーんっていく？
C23	いかない。
T21	いかないと思う。まあまあじゃあね、とりあえず、いいですか？今日はNo.5の紙、ね今日はそこまでやるから。今みんなが言ったようなことを書いてきました。水は空気みたいに押し縮められるだろうか？なんとなく隙間はもうないよって、ね、隙間はないよっていうのは、だいたいみんなにイメージは確定してるような気がするんですが、じゃあその、イメージを最初ね、圧す前の水のイメージをまず描いてください。それプラス右のところにちょっと枠を作ってきましたから、この枠の中に自分の考えを、予想ですよ、押し縮まるか、空気のように押し縮まると思う人はこう書く。押し縮まらないと思う人は、絵で描いてもいいし、ことばで表わしてもいいです。いっぱい描ければいっぱい描いてもらってもいいし。 (自分の考えをワークシートに記述)
T22	はい、それでは今みなさんが書いてもらったので、何人かに聞いてみたいと思います。私は縮まる縮まらないって言うてから、その理由って言うて読んでもらおうと、すごく聞いている人に分かりやすいので、そう読んでください。じゃあ私の意見発表したいって人、いませんか？
C24	はい。
T23	じゃあC25からいきましょう。どうぞ。
C25	僕は縮まらないと思います。
T24	うん、C25は縮まらないと思う。
C26	理由は、圧してもほんの少しの隙間があって、水は形がどんなにも、どんなにでも変化できるから、その隙間から細くなった形の水が漏れだして最後にはなくなってしまう。
T25	水は形が変化するから、例えば隙間があってもそっちの方にびゅっと入ってしまうと。
C27	手だって漏れちゃう。
T26	そう、手だって持ったら漏れちゃう。えっと、大体おんなじ人が多いですね。たまにはさ、よし、ちょっとみんなの前で意見いってこうって人はいてもいいよな。

C28	適当にあてちゃえ。
T27	本当はそれでもいいんだけどね。あのね、あってる間違ってるってないんだよ、理科ってね。あ、間違ってるっていうことがわかったって、すごいいいことなんだよね、理科ってのはね。だからどんどん言うてみてください。じゃあC29。
C29	僕は水は縮まらないと思う。
T28	あ、水は縮まらない。はい、なんで？
C30	空気みたいに押し返す力はない。
T29	空気みたいに押し返す力はない。ね、押し返す力はないと思うから。はい、C31。
C31	僕は水は縮まると思います。
T30	あ、縮まると思う。はい、理由は？
C32	理由は、水の中に少し、水1滴の中にこんぐらい少し空気が入ってて、
T31	あ、少し空気が入ってる！なるほどねえ。
C33	縮まって、真ん中に入って、空気があって、縮まる。少し縮まると思う。
T32	なるほど。はい、C34。
C34	絵で描いて、わかったんですけど、
T33	絵で描いてみてわかった。はい。
C35	水は縮まらないと思います。なんでかって言うと、水って、もしかしたらぐるぐる回ってて、はじっこの方が、下にこんこんって行って、もうちょっとはじっこはこんこんって行って、で、真ん中にあるのが、どっちかにいこうとして、だから、波になってぶつかり合うから縮まらないと思う。
T34	波になってぶつかりあう。あの、下の方からはまあ、C36、C36、下の方から圧す力と上の方から圧す力と真ん中の方からも圧す力があるって、ということは、水の中に全部圧す力があるってこと？
C36	(うなづく)
T35	だから、いくら上の方圧しても、それで、それが邪魔になって、縮まらないっていう考えなのね。はい。じゃあC37。
C37	僕は水は縮まらないと思います。
T36	うん、縮まらない。
C38	なぜかという、水を入れ物とかに入れて、水のところには泡みたいなものがないからです。
T37	泡がないからね。
C39	その泡とは、隙間のことだと思います。
T38	なるほどね。
C40	その隙間がないから縮められないと思います。
T39	なるほどね。C40は、空気には隙間があって、って考えだったもんね。で、水には隙間がないから縮まないと考えてる人です。はい、C41。
C41	水は縮まらないと思います。理由は、水をまんばんに入れるには木の板を隙間がないように入れたものみたいな、私はイメージで、その木の板を圧したって縮まらないから、私は縮まれないと思います。
T40	なるほどねえ。木の板をこう積み重ねたみたいなものだ。ほら、見てごらん？こうやってこう書いてる。同じ塗りつぶすでもちょっと意味が、ぼーっとぬってるのはちよっと違う。木の板を積み重ねたように、水はなってる。はい、それではね、こう縮まれないっていう人の意見が多いと思うんです。で、今から実験のやり方をいいます。えっと、ちょっとこれ借りますよ？借りられた人はごめんなさいよ？誰でしょうか？
C42	だれ？
C43	だめ！
T41	C43。ごめん。C43の借ります。今日使うのは、この間のセットと一緒にです。空気でつぼうの玉は出しません。転がってっちゃうとなくなってしまうのでね。いいですか？まず、さきつぼうのこの、水でつぼうみたいなのをちゃんと閉めとかないと水は？
C44	こぼれる。
T42	そうだねえ。で、申し訳ないんですけども、流しの方まで行って、上の所までしっかり入れてきます。そして、くっところやあって、これ以上やっちゃうと、これ実験もう、流し場で終わっちゃうよね。ここまで終わって、まわり水がころころこって漏れないようにい持ってきてください。中に空気が入って？
C45	いけない。
T43	そうだよ、もし縮まらなくても、縮まっても空気だとか水だとか、わから？
C46	ない。
T44	ないよね。そこまで終わったら、静かに持ってきてください。ね、で、みんな揃ったらやりましょう。で、やったら、次先生ね、6番って紙を持ってきましたので、よし、じゃあやり終わった実験の結果、書いてやろうってのは6番の紙に書いてください。ね、その時、いいですか？一つみなさんに言います。最初描いた今日、今描いたイメージと変わって全然構いません。結構です。今の意見聞いて、あっこの人の意見ちょっと取ってやろうかなでも全然構わないからね。そういうのをどんどん使って、より水のイメージってのを、このクラスのイメージを作っててもらえればいいと思います。いいですか？
C47	はい。 (実験中)
C48	すげえ！先生溢れてる。
C49	先生すごい漏れてる！
C50	無理だよ、これ。
C51	水は？
T45	どうですか？
C52	硬い！ (プリント記述)
T46	いいですか？No.6のところ。それではちょっとみなさんに聞きましょう。今日は何がわかりましたか？何がわかりましたか？
C53	はい！
T47	今日しゃべってない人。C54。
C54	えっと、空気と水は違って、
T48	空気と水は違うことがわかった。どう違うんですか？

C55	水は、何だっけ？水は圧しても圧せなくて、
T49	圧せなかった。
C56	水は硬い。
T50	なるほどね。
C57	空気は軽いつていうか、柔らかい。
T51	空気は柔らかい。空気は柔らかい。
C58	付け足し。付け足し。
T52	付け足しの先行きましょう。C59、付け足しどうぞ。
C59	C57のに付け足すことなんですけど、C57が言ったように、水は硬いんだけど空気は柔らかいって言ってただけど、水が硬いのはもしかしたらなんだけど、水の中で閉じ込めるとぐって、水が戦争してるみたいに
T53	水が戦争してるみたい
C60	水が戦ってるように、真ん中っていうか、一つ一つにこうギュッとなって、真ん中の所で戦ってるっていうか
T54	なるほどね、真ん中のとこでかたまってるのね、なるほど。
C61	それで圧す時に、その邪魔をできないっていうか、押ししたときにやってる状態だから、硬くてできない。
T55	なるほどね。じゃあ水の中で戦ってて、今矢印でいうと、戦ってるような矢印を描いてるんです、C60。ね、みんなの中に矢印描いてる人いっぱいいました。他に、水は今日の結果として、どうだったかっていうのをC61に聞いてみましょうか。
C62	水は硬いんじゃないかと、水には隙間がないから、空気は柔らかいんじゃないかと、柔らかいのは空気じゃなくて、隙間が柔らかい。
T56	あ、隙間があるないで説明してる。C62は空気は隙間はあるけど、水には隙間がないと。だから、縮まったんですか？縮まらなかったんですか？水は？
C63	水は縮まらないけど。
T57	あ、縮まらない。じゃあもう一個いこう、これ。押し返すってのはあった？水には。
C64	ない。
C65	ない。
T58	ない、ということは、どこが違うんだろうな？
C66	水は押し返せない。
T59	水は押し返さない。
C67	隙間がない。
T60	隙間がないから押し返さない。おいおい、じゃあさ、ちょっとC67座って？この間、このクラスの中の約半分、よりちょっと多いくらいの人には隙間がないって言ってたんだよ？空気は隙間がないけど、押し縮まって縮まって、押し返す力があつたんだよね？その人が言うには、どっちなんだろう？水は見た目には隙間がないから、隙間がないから、今C61が言ってるのは、隙間がないから縮まらないし押し返さないって言ってるんだよ。この間、いい？この間、空気は隙間がないから、空気は、隙間がないって人はどういうふうに変わった？変わってない？どうだった？今日の結果みてどうなの？水は、縮ま、らない。隙間が、こっちはないんだよね。押し返さないんだよね。縮まらないんだよね。あれ？だけどいいいや、空気は、どうして空気って縮まるんだろ？じゃあ。
C68	隙間があるから。
T61	空気は隙間があるから。
C69	柔らかいから？
T62	あれ？C70、空気には隙間がない派じゃなかった？どう思う？今日の結果見て。水は確かに、隙間ないってのが、見た目にもわかるから縮まらないってのがわかるけど、その辺どう整理しよう？はい、C70。
C70	えっと、水は縮まらない、縮まらないから、隙間もないし、
T63	水が縮まらないのは隙間がないから縮まらないのではないか。はい。
C71	ただ、私は空気は、空気には隙間はない派だから、私の空想、なんか想像の中では、空気は重なって入っちゃう。
T64	あ、重なって入っちゃう。空気は重なって入っちゃうから、これだけあるものがこれだけになると思う。
C72	想像の中では。
T65	想像の中では、イメージだよ。はい、C73は？
C73	えっと、空気と水は、空気と水もほんとは縮まらないけど、空気が縮まるのはその隙間が縮まって、水は隙間がないから水はなんにも縮まらないと思います。
T66	じゃあちょっとC73のとこ聞くんね。空気君、ま、空気君っていう言い方先生まずいかもしれないんですけど、空気の、例えば10個あるとするね。みんなが使ってる、ちょっと貸して見て、この中に、この中に空気の丸が10個あるとするよ？その10個がずっとこうやってやってくと、空気の場合はどこまでいかなどどこまでいかな、あつ硬い硬いつて時に、この10個は5個になるの？
C74	5個にはなってない。
T67	5個になってないんだよね？ということは、空気自体が、どうなってるんだろ？はい、C75。
C75	空気は縮まってる。
T68	縮まってるんだと。その縮まる理由っていうのは、ひよっとしたらC73の言うみたいに、隙間かもしれないよね？C70が言うみたいに、重なってるのかもしれないよね。でもそれを確かめるのは、この実験では？
C76	できない。
T69	できないよな？だからそれは結論出さなくていいんじゃないか？と先生は思う。だけど、空気は縮まる。水は縮まらない。これはみんなの実験でわかり？
C77	ます。
C78	ます。
T70	はい、わかりました。隙間がある、ないは？わかりましたか？
C79	わかりません。
T71	そうだな。これはもうみんなのイメージだよな。ひよっとしたら、こういうこと専門にやってる先生に聞けば、すぐ答えを教えてくれるかもしれないし、みんなが難しい本よんだらその説明が書いてあるかもしれない。ひよっとしたらそれを隙間って言うてるかもしれないし、C70みたいに重なりって言うてるかもしれない。ただし、今のところ隙間っていうのは、このクラスの
C80	イメージ
T72	イメージとして持ってていいものかもしれないね。それは先生が保証してあげましょう。

4. 考察

4-1. メタファーが寄与する概念構築ならびに概念の自覚性と随意性

4-1-1. 問題の設定場面

前時までの空気の学習において、空気を「圧す」という経験から、その力に対して空気が「押し返す力」を持つ、また、「(空気は) 縮む」ということを子どもに意識化させてきた。子どもたちはこれらの事象に関するイメージを、「『隙間』がある・ない」という言葉に内包させて表現することによって、空気の体積変化や「押し返す力」に関する問題を解決しようと試みてきた。初発のインタラクティブ・メタファーである。そして本時において、「隙間」という言葉が持つイメージを水にも適用し、水も体積変化をするか、また、「押し返す力」をもつかということに問題点が焦点化してきた。

4-1-2. 予想・仮説の設定場面

子どもたちは空気の実験を振り返りながら、水を圧したら縮むか縮まないか、縮んだとしたら空気のように押し返してくるか押し返してこないかという予想を行った。そこでは縮むという考えと縮まないという両方の考えが子どもから挙げられた。縮まないという考えの中には、直感的にC30「空気みたいに押し返す力はない」という考えや、C35「波になってぶつかり合うから縮まらない」という考え、また、C41「木の板を隙間がないように入れたもの」のようなイメージを理由として挙げている表現が見られた。そしてこれらのイメージはワークシートにおける描画表現にも表れている。

子どもたちのもつ圧す前の水のイメージには図4のような表現が見られた。それは本当は水が粒からできていると考えているが、水には隙間がないというイメージを表すために、空気でっぽうの中を黒く塗りつぶしている絵を描き、その説明を加えたものであった。他には図5に見られるような、言語表現では空気をスポンジのように自由に縮むものに例えたり、C41の発言にも見られるように水を木の板をギュウギュウに隙間なく入れた物に例えたりすることによって空気と水の特徴を表し、それを描画表現において反映させたものであった。

このようにスポンジや木の板の特徴や、日常生活の中で培ってきたイメージを用いて、空気や水の特徴と対比させながら相互的にお互いの特徴に関係性を見出し、理解していこうという活動に、概念の自覚性と随意性ならびにインタラクティブ・メタファーの機能を読み取ることができる。

また、図6に示す子どもの「みずは、まんたんにいれ、おすとかたくなり、おすところにすきまはない

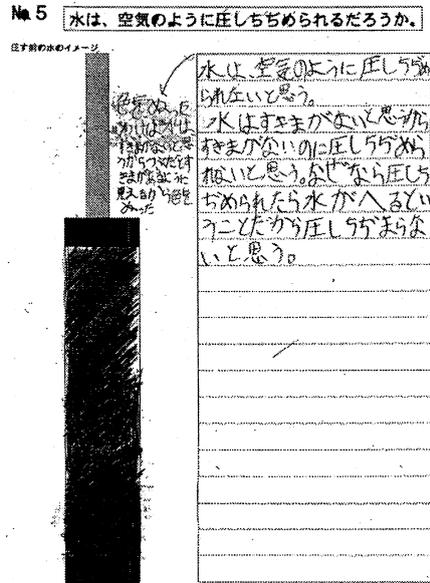


図4 予想段階の子どもの表現1

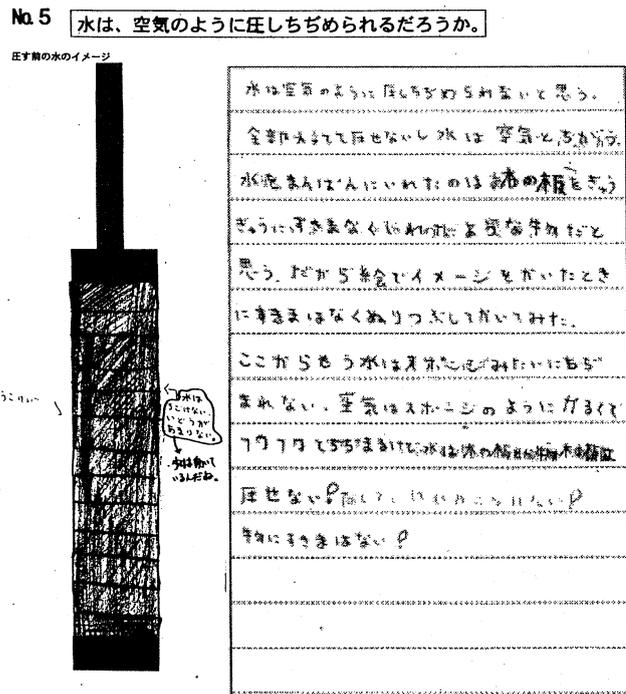


図5 予想段階の子どもの表現2

4-3. ナラティブ・アプローチにおける教師の教授行動

4-3-1. 予想に対する根拠を設定する場面

本分析の対象となる授業は、表2の学習の流れの6・7時間目である。6時間目は、「水は縮まるのだろうか」に対する予想とその根拠を話し合う時間と実験、7時間目は、実験の続きと結果の考察を発表する時間である。この2時間は、「押し返す」「縮まる」「隙間」という共通の言語を用いながら学習が進んでいることが確認できる。これらの言語は、「粒」と同様、4・5時間目に空気の特徴として子どもたちが創りあげた学級固有の言語である。また、授業構成自体も調べる対象が空気から水に変更されただけであるので、子ども自身、イメージのしやすい授業となっている。

A児は、水が縮まらない理由を、筒の中にある小さな隙間に求めている。小さな隙間に対して水は、「どんなにでも変化できる」(C26)という可塑性をもつ物質であることを理由に説明を行っている。教師は、A児の発話を受け、まずA児の発話を復唱し、「縮まらないと思う」(T24)と確認している。ここでの教師の復唱は、子どもに対して安堵感を与え、次の発話を導く働きをしている。そして、先の子どもの考えを「水は形が変化するから、例えば隙間があってもそっちにびゅっと入ってしまうと」(T25)と復唱することで、A児の発話の整理と、全体への確認を行っている。

B児は、水が縮まらない理由を、前時での学習を生かし、「空気みたいに押し返す力はない」(C30)と説明している。教師は、ここで空気と水との比較においても「押し返す力」での比較を行う意図をもって、B児の発話を復唱(T29)している。

C児は、現象を的確に観察している。空気の気泡が実験器具であるシリンダーの内側に僅かに付着していることを発見(C32)し、その空気が「真ん中にいて、空気があって、縮まる。少し縮まると思う」(C33)と説明している。この発話に対しても、教師は、C児の考えを否定することなく、「なるほど」(T32)と復唱している。予想時における教師の受容的な態度の表れと考えられる。

D児に対して、初めて教師が付け加える教授行動を行っている。D児の発話が、「水って、もしかしたらぐるぐる回って、はじっこの方が、下にこんこんって行って、もうちょっとはじっこはこんこんって行って、で、真ん中にあるのが、どっちかにいこうとして、だから、波になってぶつかり合うから縮まらないと思う」(C35)という、擬態語を伴う曖昧な表現の中に、学級に広めたいイメージを見出した結果である。それを教師は、「波になってぶつかりあう。あの、下の方からはまあ、Dさん、Dさん、下の方から圧す力と上の方から圧す力と真ん中の方からも圧す力があって、ということは、水の中に全部圧す力があるってこと」(T34)と水の中にある圧す力として付け加えている。また、「だから、いくら上の方を圧しても、それで、それが邪魔になって、縮まらないっていう考えなのね」(T35)と付け加えながら、子どもの考えを広げようとしている。

E児は、C児の「水の中の空気」を受け、「なぜかという、水を入れ物とかに入れて、水のところには泡みたいなものがないから」(C36)と説明し、その泡の正体を「隙間」と結論付けている教師は、それらの発話を復唱し、「水には隙間がないから縮まらないと考えている」(T39)と隙間と水の縮まり方を関連付けている。

F児は、空気の学習の際に「空気には隙間はない」という考えをもっていた子どもである。そして、水に関しても「水をまんばんに入れるには木の板を隙間がないように入れたものみたいな、私はイメージで、その木の板を圧したって縮まらないから、私は縮まらないと思います」(C40)と隙間がないことと説明している。教師は、水の密なることを強調し、学級に広めるために、「なるほどねえ。木の板をこう積み重ねたみたいなものだ。 (中略) 同じ塗りつぶすでもちょっと意味が、ば一つとぬってるのはちょっと違う。木の板を積み重ねたように、水はなってる」(T40)と復唱している。

予想に対する根拠を設定する場面において、教師は、子どもの発話を復唱することが多いことが確認できた。先述したが、教師は、復唱するという教授行動を行うことによって、子どもに対して発話への安堵感を与えたり、価値付けたり、強調したりという効果を得ようとしている。子どもの予想は、「水は縮む」

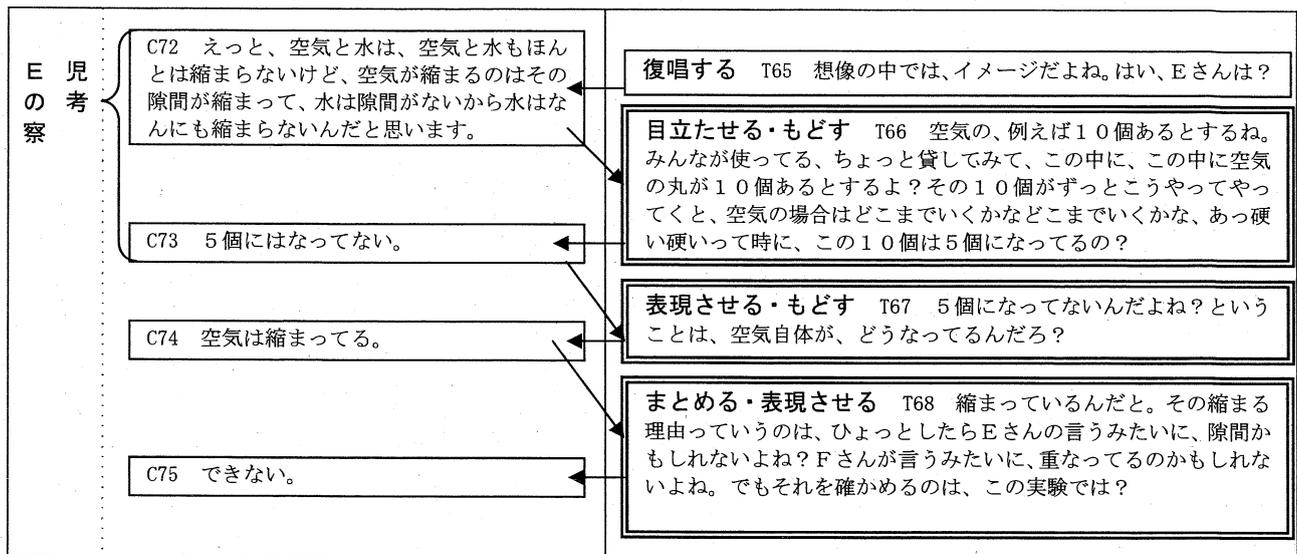
か「縮まない」かの二つに集約されるが、その根拠は多岐に及ぶ。その根拠のすべてが実験によって検証できるわけではないが、実験を行う際に、二者択一の予想をもちながら学習を進めるよりも、自己の根拠に基づいた実験を、教師が保障しながら進める方が、子どもの学習意欲も高まると考えられる。復唱するという教授行動には、子どもの情意面での安定や学習課題の明確化などの働きがあると確認できた。

表4 予想に対する根拠を設定する場面の対話

	子どもの発話	教師の教授行動
A 児の根拠	C25 僕は縮まらないと思います。	表現させる T22 <u>じゃあ私の意見発表したいって人、いませんか？</u>
	C26 理由は、 <u>圧してもほんの少しの隙間があって、水は形がどんなにも、どんなにも変化できるから、その隙間から細くなった形の水が漏れだして最後にはなくなってしまふ。</u>	復唱する T24 <u>うん、A君は縮まらないと思う。</u>
	C27 手だつて漏れちゃう。	復唱する T25 <u>水は形が変化するから、例えば隙間があつてもそっちの方にびゅつと入つてしまふと。</u>
B 児の根拠	C29 僕は縮まらないと思います。	復唱する T28 <u>あ、水は縮まらない。はい、なんで？</u>
	C30 空気みたいに押し返す力はない。	復唱する T29 <u>空気みたいに押し返す力はない。</u>
C 児の根拠	C31 僕は水は縮まると 생각합니다。	復唱する T31 <u>あ、少し空気が入つてる！なるほどねえ。</u>
	C32 理由は、 <u>水の中に少し、水1滴の中にこんぐらい少し空気が入つて、</u>	
D 児の根拠	C33 縮まって、真ん中に入つて、空気があつて、縮まる。少し縮まると 思う。	復唱する T32 <u>なるほど。はい、Dさん。</u>
	C34 絵で描いて、わかつたんですけど、	復唱する T33 <u>絵で描いてみてわかつた。</u>
	C35 水は縮まらないと思います。水つて、もしかしたらぐるぐる回つて、はじっこの方が、下にこんこんつていって、もうちょっとはじっこはこんこんつていって、で、真ん中にあるのが、どっちかにいこうとして、だから、波になつてぶつかり合うから縮まらないと思う。	付け加える T34 <u>波になつてぶつかりあう。あの、下の方からはまあ、Dさん、Dさん、下の方から圧す力と上の方から圧す力と真ん中の方からも圧す力があつて、ということは、水の中に全部圧す力があるつてこと？</u>
E 児の根拠	C36 (うなづく)	付け加える T35 <u>だから、いくら上の方圧しても、それで、それが邪魔になつて、縮まらないつていう考えなのね。</u>
	C37 僕は水は縮まらないと思います。	復唱する T36 <u>うん、縮まらない。</u>
	C38 なぜかというと、 <u>水を入れ物とかに入れて、水のところには泡みたいなのがないからです。</u>	復唱する T37 <u>泡がないからね。</u>
F 児の根拠	C39 その泡とは、 <u>隙間のことだと思ひます。</u>	復唱する T39 <u>なるほどね。Eさんは、空気には隙間があつて、つて考えだつたもんね。で、水には隙間がないから縮まないと考えてる人です。はい、Fさん。</u>
	C40 水は縮まらないと思います。理由は、 <u>水をまんばんに入れるには木の板を隙間がないように入れたものみたいな、私はイメージで、その木の板を圧したつて縮まらないから、私は縮まらないと思ひます。</u>	復唱する T40 <u>なるほどねえ。木の板をこう積み重ねたみたいなもんだつて。(中略)同じ塗りつぶすでもちよつと意味が、ばつとぬつてるのはちよつと違う。木の板を積み重ねたように、水はなつてる。</u>

表5 実験結果の考察場面での対話

		子どもの発話	教師の教授行動
Gの察	児考	C53 えっと、空気と水は違って、	表現させる T46 今日は何がわかりましたか？
		C54 水は、何だっけ？水は圧しても圧せなくて、	復唱する T48 空気と水は違うことがわかった。どう違うんですか？
		C55・56水は硬い。空気は軽いついていうか、柔らかい。	復唱する T49 圧せなかった。
Dの察	児考	C58 Gさんののに付け足すことなんですけど、Gさんが言ったように、水は硬いんだけど空気は柔らかいって言ってたんだけど、水が硬いのはもしかしたらなんだけど、水の中で閉じ込めるとぐって、水が戦争してるみたいに	復唱する T51 空気は柔らかい。空気は柔らかい。 復唱する T53 水が戦争してるみたい
		C59 水が戦ってるように、真ん中っていうか、一つ一つにこうギュッとなって、真ん中の所で戦ってるっていうか空気みたいに押し返す力はない。	復唱する T54 なるほどね、真ん中のとこでかたまってるのね、なるほど。
		C60 それで圧す時に、その邪魔をできないっていうか、押ししたときにやってる状態だから、硬くてできない。	付け加える T55 なるほどね。じゃあ水の中で戦ってて、今矢印でいうと、戦ってるような矢印を描いてるんです。
		C61 水は硬いんじゃないくて、水には隙間がないから、空気は柔らかいんじゃないくて、柔らかいのは空気じゃなくて、隙間が柔らかい。	目立たせる・もどす T56 あ、隙間があるないで説明してる。Eさんは空気は隙間はあるけど、水には隙間がないと。だから、縮まったんですか？縮まらなかったんですか？水は？
Eの察	児考	C62 水は縮まらないけど。	復唱する・もどす T57 あ、縮まらない。じゃあもう一個いこう、これ。押し返すってのはあった？水には。
		C63他 ない。ない。(数人)	もどす T58 ない、ということは、どこが違うんだろうな？
		C65 水は押し返さない。	復唱する T59 水は押し返さない。
		C66 隙間がない。	目立たせる・もどす T60 隙間がないから押し返さない。(中略)このクラスの中の約半分、よりちょっと多いくらいの方は隙間がないって言ってたんだよ？(中略)この間、空気は隙間がないから、空気は、隙間がないって人はどういうふうに変った？(中略)どうして空気って縮まるんだろ？
		C67 隙間があるから。	復唱する T61 空気は隙間があるから。
		C68 柔らかいから？	
		Fの察	児考
C70 だけど、私は空気は、空気に隙間はない派だから、私の空想、なんか想像の中では、空気は重なって入っちゃう。	復唱する T63 水が縮まらないのは隙間がないから縮まらないのではないかな。はい。		
C71 想像の中では。	復唱する T64 あ、重なって入っちゃう。空気は重なって入っちゃうから、これだけあるものがこれだけになると思う。		



4-3-2. 実験結果の考察場面

実験結果の確認において、G児は、「水は圧しても圧せなくて」「水は硬い」(C54・55・56)と発話している。教師は、G児の「空気は軽いつていうか、柔らかい」(C56)を取り上げて、対話の本筋を空気と水の比較において、進めようと考えている。しかし、G児の付け足しの意見として、D児の「水が戦争しているみたい」(C58)というメタファー表現を、復唱する(T53)ことにより学級全体に投げかけることになった。このようなD児固有の考えは、次の発話「水が戦ってるように、真ん中つていうか、一つ一つにこうギュッてなって、真ん中の所で戦ってるつていうか空気みたいに押し返す力はない」(C59)という、空気との比較において水の特性を表す発話を引き出すことになった。

この表の場合、復唱する教授行動が、次の発話を引き出す役割を果たしていることは歴然で、授業のリズムも作り出していることが分かる。さらにD児は説明を加え、「それで圧す時に、その邪魔をできないつていうか、圧したときにやってる状態だから、硬くてできない。」(C60)と水の特性に戻る発話をしている。そこで、教師は、机間巡視で確認していたD児の描画表現である矢印について、全体の場において付け加える(T55)教授行動をとっている。教師は、D児のメタファー表現を認めつつも、学級全体で共有できる水の特性へと、D児の発話に価値付けを行ったと考えられる。

G児、D児の発話を受け、E児が、「水は硬いんじゃないくて、水には隙間がないから、空気は柔らかいんじゃないくて、柔らかいのは空気じゃなくて、隙間が柔らかい。」(C61)と、水と空気の違いを隙間概念を用いて説明を試みた。教師は、「隙間」を目立たせる一方、E児が触れなかった「縮まる」に考えをもどす(T56)こともしている。教師は、空気の学習において学級の言語となった「縮まる」「隙間」「押し返す」を媒介にした空気と水の物性の概念構築を図ろうとしていることが見てとれる。それは、次の「あ、縮まらない。じゃあもう一個いこう、これ。押し返すつてのはあった？水には」(T57)という直接的な教授行動にも表れている。子どもの側から発話として出現しない概念については、教師が提出することで、総合的な物性概念構築を図ろうとした結果である。さらに、「ない、ということは、どこが違うんだろうな」(T58)と、話合いの中心をもどすことにより、子どもの「水は押し返せない」(C65)「隙間がない」(C66)という発話を引き出している。

教師は、空気には隙間がないと主張していた児童に対して、「このクラスの中の約半分、よりちょっと多いくらいの人には隙間がないつて言ってたんだよ？(中略)この間、空気は隙間がないから、空気は、隙間がないつて人はどういうふうに変った？(中略)どうして空気つて縮まるんだろ」(T60)と論点を目立たせる教授行動を行っている。本時の水の圧縮実験を試みた後に、再度、空気の隙間概念を考えることで、空気と水の隙間についての考えを広げようという問いかけである。特に、空気には隙間がないと考えるF児

を取り上げることで、学習の整理を行おうとしている。「今日の結果見て。水は確かに、隙間ないってのが、見た目にもわかるから縮まらないってのがわかるけど、その辺どう整理しよう」(T62)とF児に投げかけている。F児は、「えっと、水は縮まらない、縮まらないから、隙間もないし」(C69)と水の物性を確認した上で、空気について「だけど、私は空気は、空気に隙間はない派だから、私の空想、なんか想像の中では、空気は重なって入っちゃう」(C70)と自論を展開することになった。

最後に、教師はE児に指名し、「えっと、空気と水は、空気と水もほんとは縮まらないけど、空気が縮まるのはその隙間が縮まって、水は隙間がないから水はなんにも縮まらないんだと思います」(C72)と、先の発話より精緻な説明を引き出すことに成功している。

5. まとめ

5-1. 概念構築に寄与するメタファーの機能

子どもたちは、隙間やかたい・やわらかいといったイメージを持つことによって、空気と水のもつ体積変化の違いや押し返す力の違いなどの概念を構築することができた。これらのイメージがインタラクティブ・メタファーとしての機能によって、学習活動を媒介としながら構築を目指す概念との間のインタラクティブな関係により変容を続け、概念構築に寄与した結果となった。また、自分たちの考えやイメージを表現する際に、描画表現と命題表現によるデュアルコードアプローチを用いることは、「絵で描いて、わかったんですけど」という表現に顕れたように、自分たちの保持する概念や直感的な考えについての自覚を誘起し、その考えの意図的・随意的な使用につながったのである。すなわち、上記のような特徴を持つインタラクティブ・メタファーとしての機能は、子どもたちに概念についての自覚を促し、それと両輪のように概念やイメージについての意図的・随意的な使用をも促すということから、概念の自覚性と随意性を促進させることも明らかとなった。

5-2. 概念構築に寄与する教師の教授行動

子どもたちには、自らの論を自由に話せる場が必要である。それは、友だちや教師などの他者から妨害を受けないで安心して話せる場である。その場を、教師と子どもの対話の中でつくっていくのは、教師の復唱行動が、子どもに安堵感を与えているためと考えられる。そのような安心した雰囲気授業場面では、例えば、D児の「水が戦争しているみたい」などの子ども固有のメタファーが表現できる場が保証されていると言えよう。時に、子どもは曖昧な表現に自身もてず、発話を躊躇してしまうことがあるかもしれない。その表現に対して、教師が「復唱」したり、「付け加え」たり、「目立たせ」たりする行動をとることにより、子どもは自分の論に対して自信をもち発話することになるのである。より予想段階において、教師の復唱行動が多いのは、問題解決的な学習の初期段階において、子どもに対して安心感を与えるとともに、実験に対して明確な見通しを学級全体でもちたい為と考えられる。また、結果の考察段階において、復唱行動が減り、「付け加え」たり、「目立たせ」たりする行動が増えていく傾向があるのは、教師が本時の目標へと対話を近付けていく意図的な行動と考えられる。それらは、空気の学習で共有された概念となった「押し返す」「縮まる」「隙間」という言語を用いながら、水の物性概念を空気と比較しながら構築していく意図があった為と考えられる。

子ども一人ひとりに実験器具を与え、話合いの場を設定しただけでは、子どもの問題解決は図られないことは明らかで、今回の授業に見られるように、教師の意図的な教授行動が重要であることは明白である。すなわち、ブルーナーやウッズの言う足場づくりとしての教授行動がなされることによって、子どもの概念構築が効率よく進むことが、再確認できた。

(註)

- ・ドミニク・S・ライチェン、ローラ・H・サルガニク 2007 『キー・コンピテンシー』 (立田慶裕監訳)
明石書店
- ・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』
- ・森本信也 1999 『子どもの学びにそくした理科授業のデザイン』 東洋館出版社
- ・L.S. ヴィゴツキー 2001 『思考と言語』 (柴田義松訳) 新読書社
- ・Petric, H. G. 1986 『Metaphor and Learning. 』 (METOPHOR AND THOUGHT) (Andrew Ortony ed.,)
Published by the Press Syndicate of the University of Cambridge
- ・Paivio, A. 『Psychological Processes in the Comprehension of Metaphor. 』 (METOPHOR AND THOUGHT)
(Andrew Ortony ed.,) Published by the Press Syndicate of the University of Cambridge
- ・Palincsar, S. 2003 『Collaborative Approaches to Comprehension Instruction』 (*rethinking reading comprehension*)
Published by the Guilford Press