

# 認知論的アプローチに基づく動機づけを考慮した理科授業に関する一考察

## —小学校第4学年粒子領域を中心に—

○中尾 駿平<sup>A</sup>, 藺田 直樹<sup>B</sup>, 中山 知穂<sup>C</sup>, 甲斐 初美<sup>A</sup>

○Nakao Shunpei<sup>A</sup>, Sonoda Naoki<sup>B</sup>, Nakayama Chiho<sup>C</sup>, Kai Hatsumi<sup>A</sup>  
福岡教育大学<sup>A</sup>, 上毛町立西吉富小学校<sup>B</sup>, 北九州市立青葉小学校<sup>C</sup>

【キーワード】 認知論的アプローチ, 見通し形成, 小学校理科授業, もののあたたまり方

### 1. はじめに

動機づけ研究において, 認知が動機づけを規定するという立場のことを「認知論的アプローチ」という。Moldenら(2000)は, 人を「意味づける主体」として捉え, 動機づけを「主体による意味づけの問い」として扱うとしている<sup>1)</sup>。ここでの「意味づける主体」とは, どのような行為の背景にも自分自身の認知に基づく意味づけが存在しているということであり, 「主体による意味づけの問い」とは, なぜそのような行為にいたったのかという問い自体が動機づけであることを述べているのである。

このような「認知論的アプローチ」の代表的な理論に「期待×価値理論」がある。鹿毛(2004)は, Atkinsonらの論を基に, 動機づけを「～できそうだ」という「期待」と「～するに値する」という「価値」の積によって捉えようとする理論の総称を「期待×価値理論」としてまとめている<sup>2)</sup>。この理論を, 理科授業に例えると, 児童がある実験の結果によって明らかにされることに価値をもっていたとしても, その実験を行うことで, 求められている結果を得られそうであるという期待をもてない場合は, その実験自体に動機づけられないということが挙げられる。そのため, 理科授業における観察・実験の際は, 児童に見通しをもたせることが重要であると考えられる。藺田(2012)は「見通しが行われているということは, 現在の状況に対する事実認識を行い, その状況が意味することを理解し, 尚且つ, その先のことを想定している<sup>3)</sup>」と述べている。つまり, 見通しをもつということは学習内容に対する期待をもてるということを意味している。さらに, その期待通りに結果を得られれば, 価値も高まり, 相乗的に動機づけが高まっていくと考えられる。

そこで, 本研究では藺田(2012)や甲斐(2013), 中山(2014)らが, 問いの曖昧さや表現方法の不適切性など多くの見通し形成上の課題を指摘している<sup>3)4)</sup>小学校第4学年粒子領域における児童の見通し形成上の課題と解決策を再整理し, それに基づいて授業実践を行うことで, 本領域授業の最適化を図っていきたい。

### 2. 小学校第4学年粒子領域の見通し形成を目指した授業実践調査の実際

#### (1) 調査の目的

児童が十分な見通し形成を行うためには, 理科授業における一連の問題解決過程に一貫性があることが必要不可欠である。また, 一連の問題解決過程の一貫性を左右すると考えられるのは, どのような実験を行えば自分の予想が確かめられるのか, また, どのような結果になれば, 自分の予想が検証されたことになるのかということ認識する場面の設定である。このような過程を児童に意識的に行わせるため, 理科授業における問題解決過程の中に, 見通し形成支援として, 「実験結果の仮定」という場面を明示的に位置づけ, それによる, 児童の見通し形成の影響を明らかにし, 動機づけとの関連について考察した。

#### (2) 調査対象と調査時期

調査は, 福岡県内の公立小学校に所属する第4学年34名の児童を対象とし, 2011年11月下旬から12月中旬まで実施した。

#### (3) 調査の内容及び方法

小学校理科第4学年「もののあたたまり方」単元に関する表1の単元計画に基づき, 予想とその検証のための実験方法が適切となるように, 見通し形成の支援となる「実験結果の仮定」を実験方法の前後いずれかに位置づけた。それ以外は, 通常の問題解決過程としたが, 授業者と分析者相互

表1: 「ものあたたまり方」における単元計画

主な学習活動	
第一次	金属 ① 湯に入った金属のスプーンの端をあたたためて、学習問題を立てる。 ② ろうを塗った金属棒を水平、傾斜にして端を熱した時のろうの融ける様子を調べ、金属は熱した所から伝わってあたたまることを捉えさせる。 ③ ろうをぬった金属板の端を熱した時のろうの融ける様子を調べ、金属は、熱したところから順に伝わってあたたまることを捉えさせる。
第二次	水 ④ 水の入った試験管の底を40秒くらい熱し、その後20秒待って、試験管を触った時の水のあたたまり方について調べ、水面のほうがあたかいかを捉えさせる。 ⑤ サーモインクを用いて、水がどのようにしてあたたまっていくかを調べ、水はあたためられた水が上に移動することで、上から下にあたたまるということを捉えさせる。 ⑥ 冷たい水のゆくえんについて調べ、あたたかい水は上に移動し、冷たい水は下に移動することで、水全体があたたまっていくことを捉えさせる。
第三次	空気 ⑦ 暖房のついた教室の気温を調べ、水と同じように、あたたかい空気は上に移動し、冷たい空気は下に移動し、空気のあたたまり方を調べる。 ⑧ ビーカーの中に、線香の煙を入れて、ビーカーの底を熱した時の煙の動きの様子を調べ、前時と関係づけて、空気は水と同じように、あたたかい空気は上に移動し、冷たい空気は下に移動することで、全体があたたまることを捉えさせる。

で、相談する必要があったため、前時の学習の終盤に、次時の学習における予想までを行わせるような授業形態をとった。

この調査における分析は、本単元を中心である表1の主な学習活動⑤について行うものとした。具体的には、表1の学習活動②、③である、金属のあたたまり方における一連の問題解決場面において、予想と実験方法の整合性を認識したり、実験結果を想定したりするなど、自発的に見通しが立てられた児童をX児とし、見通しを立てられなかった児童をY児とし、主な学習活動⑤におけるX児とY児の見通し形成について比較することによって、見通し形成の要因や支援についての考察を行なうこととした。分析方法としては、主な学習活動⑤における学習プリントの記述についての比較を中心とし、「実験結果の仮定」が見通し形成にどのような影響を与えているのかを明らかにした。Y児に対しては、分析者が見通し形成の支援を行

い、その際の会話のやり取りの記録からも分析を行った。

(4) 調査の結果と考察

1) 抽出児に対する考察

表2は、主な学習活動⑤におけるX児とY児の学習プリントの記述を比較したものである。また、表3は、「実験結果の仮定」の場面における、Y児と分析者との会話のやり取りである。

まず、Y児は、「実験結果の仮定」を自ら考えることには難色を示していたが、具体的にあたたまる場所について指し示させることによって、考察の場面では、予想と実験結果を結び付けることができている。X児は、「実験結果の仮定」に対して、自ら考えることができているが、他者の予想に対する「実験結果の仮定」については、想定することができなかつた。このことから、第4学年では、他者の予想を制御することは難しいと考えられるため、教師がクラス全員の予想を教室全体で合意させておく必要がある。

実験結果の整理の場面では、X児は、「上の方しかあたたまらなくて、下の方はあたたまらなかった」という考察の場面につながる見通しの芽生えになるような記述が見られた。Y児は、金属のあたたまり方をベースに考えており、上に広がったという記述が見られた。考察の場面では、「実験結果の仮定」を取り入れ、合意を取ることで、Y児も、自分の予想と関係づけた記述が見られ、苦手であった考察も一人で進めていた。このように、考察の場面の抽出児を比較しても見通し形成にあまり差が見られなかつた。このことから、実

表2: 抽出児の学習プリントの比較

授業場面	X児	Y児
予想	 ・上の方からだんだん温まると思う。 ・熱している所より一番熱している所から温まると思う。 (前の実験で、上から温まったから、熱した所から一番熱しているところから温まったから。)	 ・上から温まる。 (前やってそうだったから。)
実験方法の理解	・サーモインクの色の変化。	・サーモインクの色の変化。だんだんピンク色に変わる。
実験結果の仮定	 ・熱すると熱した所から、上の方で温まった。 ・もやもやとあがっていった。 ・上の方しか温まらなくて、下の方は温まらなかった。	 ・最初は上に行って、上まで広がる。
考察	・予想と同じで、熱は上に行くと水面に溶けていった。水は熱した所から消えたので、溶かせるわけではないことがわかった。水のあたたまり方は熱せられて温かくなった部分が上に移動して温まる。だから上から温まったように感じた。 ・水は上から温まる。熱した所から温まらない。火を消すと温かい水が熱した所から消えたので、溶かせるわけではないことがわかった。水のあたたまり方は熱せられて温かくなった部分が上に移動して温まる。だから上から温まったように感じた。	・予想と同じで、温かい水は上で広がる。 ・予想と同じで、水は温まった水が火に近い所から上に移動する。上で広がる。金銀とは違う。水は上に行って広がるけど、金属の板は火に当たったらすぐに広がる。
次時へのつながり	・全体が温まるのか調べるために、冷たい水は動くのか学習する。	・冷たい水は動くのかについて調べる。

表3: Y児との会話のやり取り

「実験結果の仮定」におけるY児との会話のやり取り(Oは分析者)
O: 今、この水は冷たい? あたかいか?
Y: 冷たい。
O: 冷たいよね。じゃ、今からアルコールランプであたためたらどうなるかな。
Y: 熱くなるけど、ピンクになる。
O: 熱することで、ピンクになるんよ。水は、最初青色なんよ。
Y: うん。
O: で、とんどん...
Y: ピンクになる。
O: じゃ、実験方法の視点のところにピンクになるって書いて、じゃ、どんな感じで、青色がピンクに変わると思う?
Y: うーん。
O: ぐるーって(一周)しく?
Y: いやそれはない。うーん。何も言えない。わからない。
O: じゃ一番最初に、ピンクになるところはどこだと思う?
Y: 一番、最初?
O: うん。
Y: 下? こころへん。
O: 下? じゃ、ピンクになる所に色を塗ってみて。
O: じゃ、その次にピンクになる所はどこ?
Y: 上。
O: 上ね。じゃ、それを表してみて。
O: この真ん中はどうなるん?
Y: ピンクになる。
O: じゃ、それを表してみて。
O: 最後はどうなるん?
Y: 全体
O: 全体がピンクになるってこと?
Y: うん。

験を行う前に、予想と実験結果との間に合意を取ること、見通しが、確かなものになると考えられる。また、今回、自分の予想に対しての「実験結果の仮定」のみ記述したが、クラス全体の予想に対しての「実験結果の仮定」を教師が整理し、それらを児童に把握させることにより、実験結果が、自分の予想と違った場合も、根拠を挙げながら、他人の予想が正しいことを考察していくことができる可能性がある。

## 2) 全体からの考察

「実験結果の仮定」の時間を設けることで、主な学習活動③、⑦の金属や空気のあたたまり方に関する考察の場面において、予想と関連づけるような説明を行うことのできる児童が多くなり、見通し形成の質が高まっていったと考えられる。

一方、主な学習活動⑤の水のあたたまり方でも、「実験結果の仮定」を明示的に、位置づけることで、児童の見通し形成が高まると考えたが、実験結果の整理の場面では、サーモインクが、上に移動している状況については把握しているものの、それが水の動きを表していることを踏まえながら結果を正しく説明することはできていなかった。これは、多くの児童の予想が金属のあたたまり方をベースにしており、クラス全体でサーモインクの色の変化が水の動きであることを前提にして、「実験結果の仮定」についての合意をとることができなかつたためであると考えられる。

本来ならば、前時における水の入った試験管をあたためると上からあたたまるという実験結果から、流体のあたたまり方に対するイメージを捉えさせ、それを踏まえた上で、本時におけるビーカーの中の水のあたたまり方を予想させることによって、あたためられた水が上の方に移動することを実験により確かめていくということを想定した単元計画となっている。しかし、前時の時点で、金属のあたたまり方である熱伝導の考え方をベースに予想していた児童は、「試験管の時は、上からあたたまったが、ビーカーの時は、金属と同じように熱した所からあたたまる」といった一貫性のない予想を行っていた。また、変化の様子を区切って予想することができなかつた児童は、「熱がとぶ、あたたまる道ができる」というように、水の動きを前提にした予想は行えなかつたのである。

その結果、実験結果の整理の場面では、あたためられた水が上に移動したと捉えている児童は少

数であり、依然として、上向きに熱が伝わったと考えている児童が多く存在した。このような児童に対して、教師は、「火を止めた時に、ピンク色が消えたことにより、あたたまる道ができるわけではない」といった説明を行った。これにより、児童の約6割にあたる児童が、「あたためられた水は上に移動することにより、水は上からあたたまる」という科学的な説明をすることができていた。しかし、それでも、児童の約4割にあたる児童は「水が上に移動している」ということについて、捉えることができなかった。このように、単元構成自体の問題も大きく関わっていると考えられる。

## 3. 小学校第4学年粒子領域に関する見通し形成上の課題と解決策

上述の調査から、「実験結果の仮定」を明示的に位置づけることで、ある程度、児童の見通し形成を促進することができたことがわかる。しかし、より児童に見通しをもたせるためには、「実験結果の仮定」について、クラスの全員と合意が取れなければならないと考えられる。そのための手立てとして、より見通しをもたせやすくなるための学習の順序や実験方法、教師の適切な発問を考察していく必要があることが分かった。そこで、見通し形成上の課題を再整理し解決策を検討していく。

### (1) 粒子領域全体における見通し形成上の課題と解決策

小学校第4学年の粒子領域では、「空気と水の性質」、「ものの温度と体積」、「もののあたたまり方」、「水のすがた」の4つの単元を学習することになっている。これらの単元全体に関わる課題として、甲斐(2013)は、単元の配置が異なることで、前提とすべき学習内容が変わり、児童にもたせる見通しも変わることを指摘している。例えば、「ものの温度と体積」単元の学習よりも先に、「もののあたたまり方」単元の学習が位置づけられている場合は、水の対流を温度による体積膨張と密度の関係に基づき、あたためられて温度が高くなった部分の水とそれ以外の温度の低い水の相対的な密度差による動きが対流であるということを説明していくことはできない。そのため、「もののあたたまり方」単元の学習よりも先に、「ものの温度と体積」単元の学習を行っておくことが望ましい。ただし、小学校段階の理科においては、密度を扱わないため、対流をこのレベルで理解させることは不可能である。そこで、小学校段階においては、体積が

大きくなると浮くというイメージをもとにしか対流を説明できないのではないかと考える。つまり、「ものの温度と体積」単元において、空気の体積膨張を調べる実験をパウチパックで行う際、空気をあたためると、空気の体積が大きくなり浮いてくるという体験をさせておくことで、「もののあたたまり方」単元の学習における対流の説明に援用できるのではないかと考える。このように、単元間のつながりを考え、現象について可能な範囲で、論理的な説明ができるような学習の流れを考える必要がある。

## (2) 「もののあたたまり方」単元における見通し形成上の課題と解決策

この単元の大きな課題として挙げられるのは、「あたたまり方」という言葉がどのスパンを指しているのかが、明確に示されていないことである。甲斐(2013)は、水の「あたたまり方」という場合、「対流」における部分的にあたためられた水の動きという過程と、その繰り返しによって「上から順にあたたまる」というピーカー全体の水のあたたまり方の結果の2つのスパンでの捉え方が混在していると述べている<sup>4)</sup>。部分的にあたためられた水の動きは、あたため始めた瞬間から始まり、数秒以内に最上部の水面に到達するという時間的スパンであり、そこで火を止めればあたためた水はそこにとどまる。一方、部分的にあたためられた水の動きが連続的に生じた場合、ピーカー全体の水が上から順にあたたまるには、数分以上の時間的スパンが必要である。したがって、甲斐(2013)は、水のあたたまり方について考えようというような曖昧な発問をした場合、児童は、両者のスパンを意識しないままに結果を表現してしまうため、真に理解しているかどうかの評価ができないとしている<sup>4)</sup>。また、甲斐(2013)は、科学的に正しいと多くの教師に信じられている図1のくま手モデルのように、2つのスパンを混在させて、水のあたたまり方を一連の矢印で表現することは、不適切であると主張している。

さらに、河野(2009)は、水のあたたまり方を観察させるために、おたくずや高分子吸収材のような素材を水に入れ、水の対流を観察しても、科学的な概念を構築できないことを主張している<sup>6)</sup>。

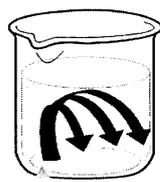


図1: くま手モデル

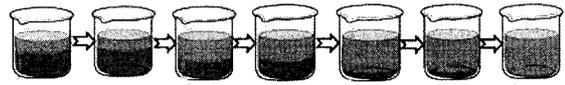


図2: 水のあたたまり方の表現方法

これらを踏まえ、図2に示すようにサーモインクを用いた実験を行い、時系列的にあたたまり方を表現させるようにすることが必要であると考え。サーモインクを用いることで、水のあたたまり方の過程である短いスパンの水の動きや、上から順にあたたまるという長いスパンの全体的なあたたまり方を可視化することができるので、2つのスパンを意識することができると考えられる。さらに、連続的にあたため続けるのではなく、途中で数回、火を止める操作を行うことで、部分的にあたためられた水は、必ず上部にとどまることを示すことができ、より2つのスパンの違いを意識することが可能であると考え。

## 4. おわりに

上述したように、小学校第4学年の粒子領域の学習には児童の見通し形成上の課題が山積している。したがって、児童に科学的な概念や見通し形成を行わせるために、①明示的に「実験結果の過程」を位置けること、②見通しが立てやすくなるための学習順序や手立て、③水や空気の対流概念形成の3点に留意しながら授業を考案し実践していくことで、「もののあたたまり方」単元における見通し形成について更に検討していきたい。また、小学校第4学年において、どこまで論理的な思考で現象を捉えることができるのかについても検証していきたい。

## 引用・参考文献

- 1) Daniel C. Molden & Carol S. Dweck(2000): Meaning and Motivation, In Carol Sansone & Judith M. Harackiewicz (ed.), *Intrinsic and extrinsic motivation: the search for optimal motivation and performance*, Academic Press, pp.131-159.
- 2) 鹿毛雅治(2004): 『動機づけ研究』へのいざない, 『動機づけ研究の最前線(上淵寿 編者)』, 北大路書房, pp.6-9.
- 3) 藪田直樹(2012), 『理科学習における見通し形成と学習意欲の関連に関する研究-小学校第4学年「もののあたたまり方」を中心に-』, 福岡教育大学理科教育教室卒業論文.
- 4) 甲斐初美(2013): 「言語活動を重視した理科授業」, 『福岡教育大学研究開発プロジェクト 現代的な教育課題に応じる共同研究の推進 国語・社会・算数・理科・生活総合・外国語活動における言語活動の充実(福岡教育大学研究開発プロジェクト 編者)』, 国立大学法人福岡教育大学, pp.98-101, pp.106-108.
- 5) 中山知穂(2014), 『小学校理科の粒子領域における学習内容の構造化に関する基礎的研究』, 福岡教育大学理科教育教室卒業論文.
- 6) 河野将和(2009), 『水の対流に関する教材についての基礎的研究』, 福岡教育大学理科教育教室卒業論文.

## 謝辞

本調査における授業実践者である北九州市立熊西小学校(当時)の安元博美先生に深く感謝申し上げます。