

## 児童・生徒の科学的記述力を育成するための 学習指導法開発(6)

田代見二\*・阿部直人\*\*・徳永悟\*・小石紀博\*・横倉康浩\*\*・火宮一功\*\*・  
渡木秀明\*\*\*・小林博典\*\*\*・山本智一\*\*\*\*・中山 迅\*\*\*

Development of Science Teaching Methods for Fostering  
Students' Scientific Descriptive Power (6)

Kenji TASHIRO\*, Naoto ABE\*\*, Satoru TOKUNAGA\*, Norihiro KOISHI\*,  
Yasuhiro YOKOKURA\*\*, Ikkou HINOMIYA\*\*,  
Shumei WATAKI\*\*\*, Hironori KOBAYASHI\*\*\*,  
Tomokazu YAMAMOTO\*\*\*\*, Hayashi NAKAYAMA\*\*\*

### 1. はじめに

平成20年に告示された新しい学習指導要領（小学校・中学校）は、理科において先行実施3年目となる。これまでの実践が生かされ、来年度（H24年度）より満を持して、小学校に次いで中学校で新しい学習指導要領が全面実施となる。今回の改訂の大きなポイントとして、言語活動並びに理数教育の充実があげられおり、理科において、観察、実験の結果を整理し考察する学習活動や、科学的な言葉や概念を使用して考えたり、説明したりするなどの学習活動の一層の充実が求められるところである。

本研究では、2006年度（隈元・福松・岡田・中山・山口・小石・兼重，2007）から毎年行ってきた児童生徒の科学的記述力の育成の研究を継続し、宮崎大学教育文化学部附属小学校、附属中学校、教育文化学部、教育学研究科と連携しながら、各発達段階に応じた、科学的記述力を育成するための学習指導法開発を行ってきた。これらの研究成果の一部は、科学的論述力を育成する理科授業の教育実践として報告されている（猿田・中山，2011）。

特に昨年度（兼重・田代・横倉・小石・阿部・火宮・衣笠・小林・山本・中山，2010）からは「根拠を明確にした記述力の育成」「粒子的な見方・考え方の育成」の2つを中心に研究を行った。これは、学習指導要領の理科の改善の基本方針にある「科学的な概念の理解など基礎的・基本的な知識・技能の確実な定着を図る観点から、「エネルギー」、「粒子」、「生命」、「地球」などの科学の基本的な見方や概念を柱として、子どもたちの発達段階を踏まえ、小・中・高等学校を通した理科の内容の構造化を図る方向で改善する。」という趣旨を受け、その先駆けとして「粒子」に対する実践を行い、他へ波及させていくことをねらったものである。図1は、理科の内容構成表の「粒子」に関する部分である。本論文では特に、小学校第4学年「温度と体積の変化」と中学校第1学年「水溶液」で実践した学習指導法に関する知見を報告する。

\* 宮崎大学教育文化学部附属小学校

\*\* 宮崎大学教育文化学部附属中学校

\*\*\* 宮崎大学大学院教育学研究科

\*\*\*\* 宮崎大学教育文化学部

校種	学年	エネルギー				粒子			
		粒子の存在		粒子の結合		粒子の保存性		粒子のもつエネルギー	
小学校	第3学年					物と重さ ・形と重さ ・体積と重さ			
	第4学年	空気と水の性質 ・空気の圧縮 ・水の圧縮					金属、水、空気と温度 ・温度と体積の変化 ・温まり方の違い ・水の三態変化		
	第5学年					物の溶け方 ・水に溶ける量の限界 ・水に溶ける量の変化 ・重さの保存			
	第6学年		燃焼の仕組み ・燃焼の仕組み		水溶液の性質 ・酸性、アルカリ性、中性 ・気体が溶けている水溶液 ・金属を変化させる水溶液				
中学校	第1学年	物質のすがた ・身の回りの物質とその性質 ・気体の発生と性質			水溶液 ・物質の溶解 ・溶解度と再結晶	状態変化 ・状態変化と熱 ・物質の融点と沸点			
	第2学年		物質の成り立ち ・物質の分解 ・原子・分子		化学変化 ・化合 ・酸化と還元 ・化学変化と熱				
					化学変化と物質の質量 ・化学変化と質量の保存 ・質量変化の規則性				
第3学年	エネルギー ・様々なエネルギー ・エネルギー資源	水溶液とイオン ・水溶液の電気伝導性 ・化学変化と電池							
	科学技術の発展 ・科学技術の発展 ・自然環境の保全と科学技術の利用 ・自然環境の保全と科学技術の利用		酸・アルカリとイオン ・酸・アルカリ ・中和と塩						
高等学校		物理基礎		化学基礎					
			化学と人間生活とのかかわり ・人間生活の中の化学 ・化学とその役割						
		物質の構成粒子 ・原子の構造 ・電子配置と周期表	物質と化学結合 ・イオンとイオン結合 ・金属と金属結合 ・分子と共有結合		物質の探究 ・単体・化合物・混合物 ・熱運動と物質の三態				
			物質と化学反応式 ・物質質量 ・化学反応式						
			化学反応式 ・酸・塩基と中和 ・酸化と還元						

図1 「粒子」を柱にした小・中・高等学校を通じた内容構成  
(高等学校学習指導要領解説理科編より)

II. 宮崎大学教育文化学部附属中学校の実践事例

1. 「粒子」概念形成のための粒子モデルを活用した説明活動について  
 ～小学校・中学校・高等学校の内容の構造化と根拠を明確にした記述力の育成～  
 (1) 「粒子」を柱にした内容構成への取組について

中学校第1学年の「水溶液の性質」は、学習指導要領解説理科編の内容構成表によれば、図1のとおり、粒子の保存性に関する内容である。小・中・高等学校の流れでは、小学校第5学年の「物の溶け方」を受け、第2学年の「化学変化」、「化学変化と物質の質量」につなげ、第3学年の「酸・アルカリとイオン」、高等学校の化学基礎「物質の探究」につなげていくねらいがある。

小学校では、物が水に溶けても、水と物とを合わせた重さは変わらないこと、物が水に溶ける量には限度があり、物が水に溶ける量は水の温度や量、溶ける物によって違うこと、そして、この性質を利用して溶けている物を取り出すことができることについて学習している。

中学校第1学年では、物質の溶解と、溶解度と再結晶についての学習を行う。物質の溶解については、物質が水に溶ける様子の観察、実験を行い、水溶液においては溶質が均一に分散していることを粒子のモデルと関連付けて理解させることがねらいである。また、溶解度と再結晶については、水溶液の温度を下げたり水溶液から水を蒸発させたりする実験を通して、水溶液から溶質を取り出せることを見いださせ、溶解度と関連付けて理解させるとともに、再結晶は純粋な物質を取り出す方法の一つであることを理解させることがねらいである。

【小学校5年生】(改訂前)

【中学校1年生】(移行期間)

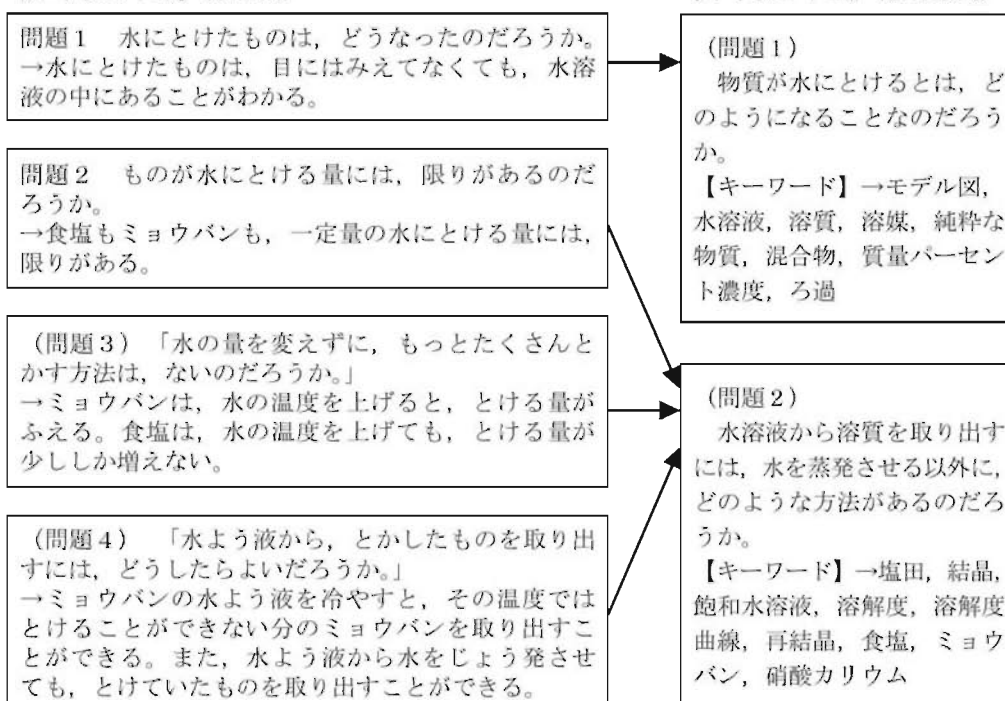


図2 生徒が使用した小学校と中学校の教科書記述内容の比較図

図2は、生徒が使用した小学校5年生の教科書「わくわく理科5下」（啓林館）と中学校1年生の教科書「新しい科学1上」（東京書籍）における、記述内容の比較である。小学校5年生のものは、問いと教科書に見られる結論を記載した。問題3・4は問題とは記述されていないため、括弧書きとした。中学校1年生のものは、問いとその前後に記載されていて学習内容にかかわるものを【キーワード】として記載した。

ここからは、使用する物質は、小学校でも中学校でも食塩とミョウバンで共通しており、中学校で硝酸カリウムが溶解度のところで追加されただけである。また、水溶液の定義や質量パーセント濃度、飽和（水溶液）、溶解度（曲線）についても、概念としては、小学校で既に学習している内容である。また、モデル図であるが、学習指導要領改訂前の教科書では、ほとんど扱われていないが、改訂後の教科書では扱われている。

そこで、中学校では、小学校の概念の再構築はもちろんであるが、粒子のモデルと関連付けて思考し表現していく力を育成していくことが必要ではないかと考える。また、附属小学校では共同研究の一環として、「物の溶け方」や「空気と水の性質」、「金属、水、空気と温度」などにおいて、粒子モデルを使って表現する活動を行っているため、小学校から連絡進学を行う4分の3に当たる生徒が既習事項を生かしていける環境にある。そこで、中学校1年生の「水溶液の性質」では、すべての問題解決的な学習の中に、粒子モデルを使って表現する活動を取り入れる実践を行った。

## (2) 中学校1年生「水溶液の性質」における実践例

ここでは、中学校1年生の「水溶液の性質」において、学習問題に対して、生徒がどのような粒子モデルを書いたのか、1学級（40名）のノートの記述例を示していきたい。

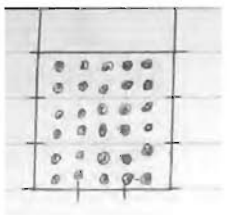
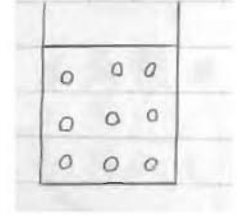
学習問題1 食塩が水に溶けている状態について、粒子モデルを使って表すにはどうすればよいか。	
	
【共通理解項目】 1 溶けて見えなくなったつぶ（粒子）を白い丸（○）で表す。 2 ○の数は、学習問題ごとにあらかじめ決めて（共通理解して）おく。 例…9個（均一に書けるようにする。）	

図3 小さい丸、多い数で表したものと、共通理解後のノート記述例

表1 ノート記述の分類

粒子の大きさ	粒子の数	
	多い	少ない
大きい丸	0	10
小さい丸	4	5
点	8	3
非常に細かい点	8	0

それ以外2（不均一等） \*白丸は20, 黒丸および点は18

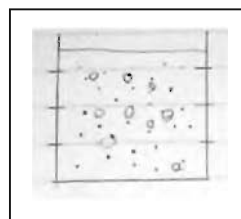


図4 それ以外の例

学習問題1では、生徒の水溶液に対する均一性についての既習事項がある程度きちんと形成されていることがわかった。対象の学級にはなかったが、他の学級では、食塩の結晶の形を書いた生徒などもみられたが、全体的には、小さな粒が均一に広がっているイメージでとらえていた。

学習問題2

食塩が水に溶け残っている状態について、粒子モデルを使って表すにはどうすればよいか。

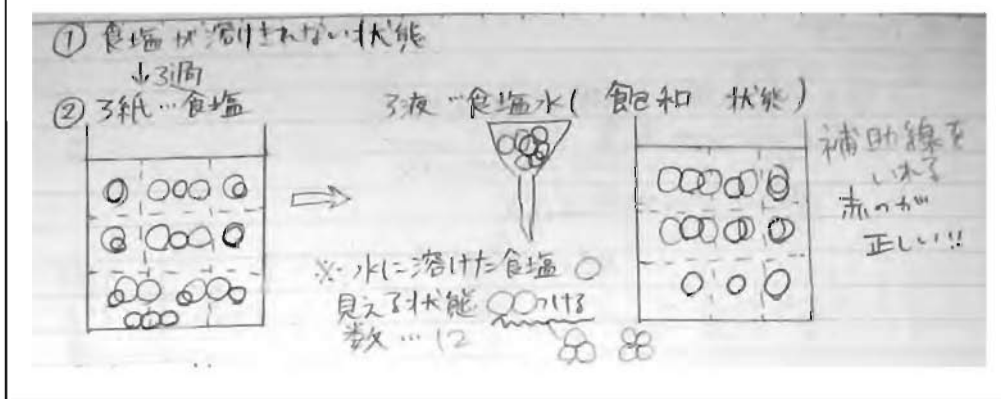


図5 鉛筆書きで記入し、共通理解後、赤で訂正を入れたノート記述例

【共通理解項目】

- 1 目に見える状態のつぶ(粒子)は、つけて書く。(2個以上であればよい)
- 2 均一な状態がわかるように補助線を入れる。

学習問題2では、①食塩が溶けきれない状態、②ろ過し、ろ紙に残ったものと、ろ液の状態を粒子モデルで表現させた。途中生徒たちが修正を加えている場合もあるので、正確な分類はできないが、誤概念としては、図5のように、溶けていないつぶ(粒子)と溶けている粒子をあわせて、均一に分布しているものや、ろ液の下の部分につぶ(粒子)の分布がみられないものがあった。また、これに近いものとして図6のような例もみられた。

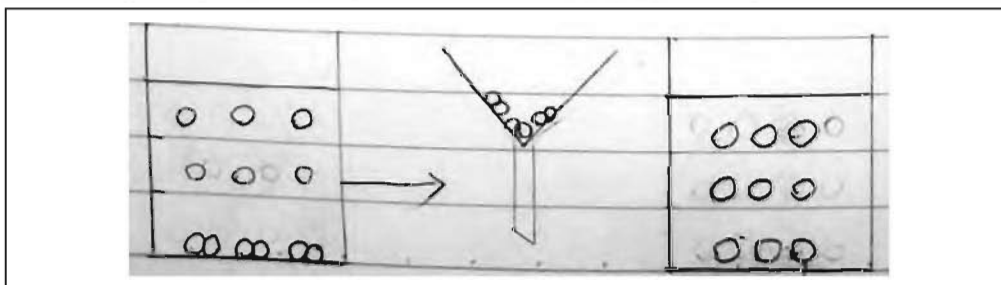


図6 溶け残りの状態が、溶けている粒子が均一でない(下の部分が空白)例ノート記述例

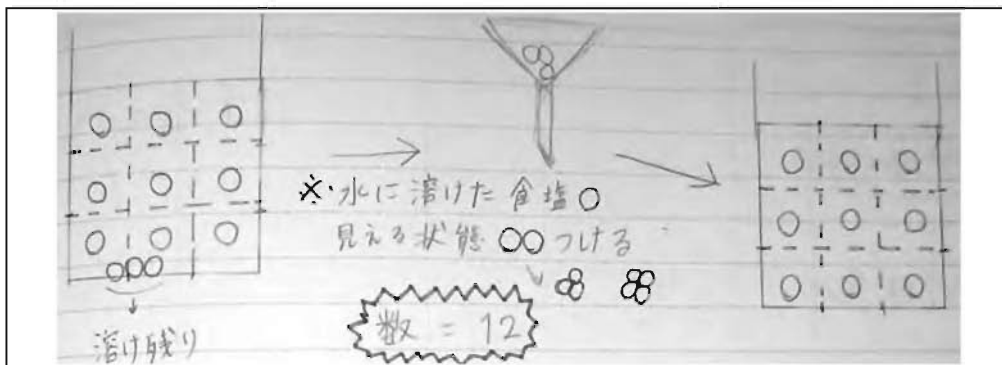


図7 共通理解後のノート記述例

## 学習問題3

食塩水から食塩をとり出すために、水を蒸発させた。この現象を粒子モデルを使って表すにはどうすればよいか。

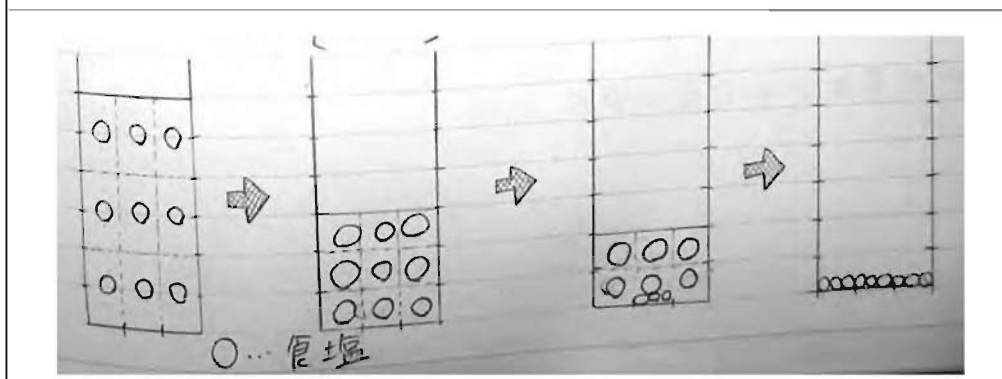


図8 4段階のノート記述例

学習問題3では、はじめに4つの段階の枠とはじめが飽和していない状態であることから記述をさせた。実験結果から最後の段階はほとんど、正しく表現できていたが、2番目の段階と3番目の段階が困難であったため、全体で2番目が飽和状態であることを確認して、そのあとから食塩が出てきた様子を表現するように指導した。ここでの誤概念の多くは、析出したつぶ（粒子）の上やまわりに補助線を引くケースがみられた。

## 学習問題4

温度を変化させ（あげたとき）食塩やミョウバンを飽和状態までとこしたとき、この現象を粒子モデルを使って表すにはどうすればよいか。

学習問題4に対する表現の例を大別して図9～12に示す。

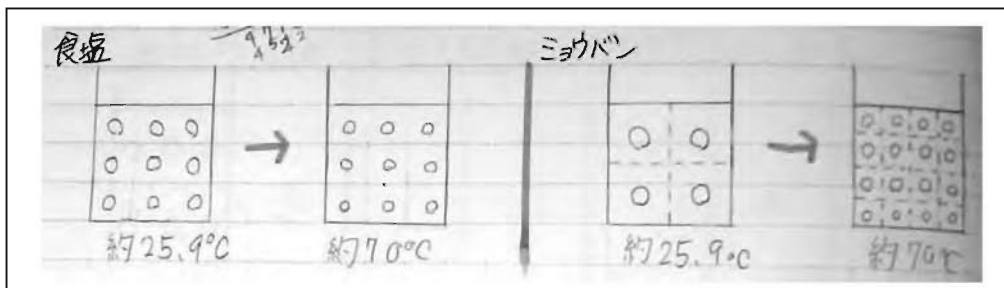


図9 ミョウバンでは溶ける質量が約4倍になったことを表現した例

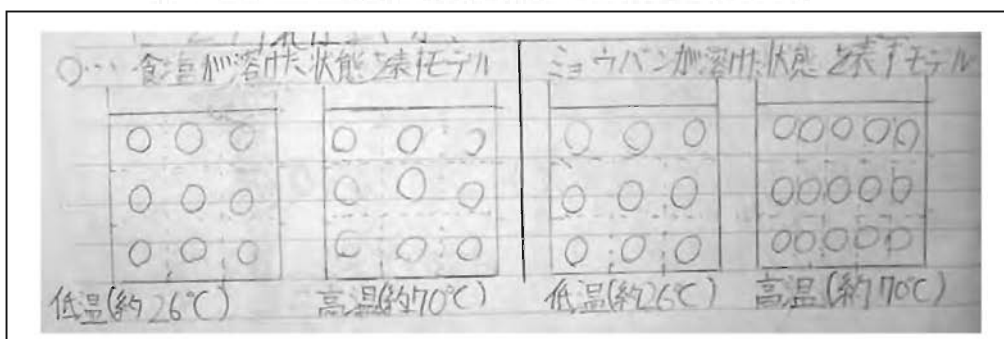


図10 ミョウバンでは溶ける質量が増えたことを表現した例

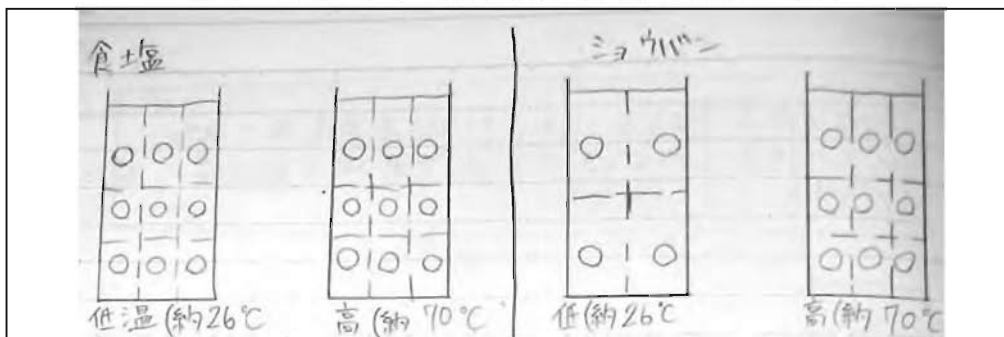


図11 低温ではミョウバンの方が溶ける質量が少なかったことを表現した例



図12 ミョウバンでは1ボックスに複数入ることを表現した例

大部分の生徒が、食塩では溶ける量があまり変化せず、ミョウバンで変化した実験結果から、ミョウバンの高温のみをつぶ(粒子)を多数書いていたが、数名はミョウバンにおいてもつぶ(粒子)の数が変わらないモデルを書いていた。

粒子数を増やす表現の場合、図9のように、実験結果をうまく反映させて表現したものが数名いた。図10が最も多い例で、高温になったときを増やした例である。図11は、低温に溶ける食塩の量より、ミョウバンの量が少なかったことを表現した例で数名見られた。図の12は、補助線で囲まれた空間(授業ではこれを1ボックスと呼んだ。)に4つ入れた例でその他にも2つ入れた例も見られた。

これらの個人で考えられたものを、班で協議し、全体で協議するためホワイトボードに貼ったものが図13である。補足をすると、第1学年の授業においては、班で話し合われた結果は、このように分類して全体に提示した後、質問・意見・共通点・相違点を協議し学習問題の回答に迫るようにしている。

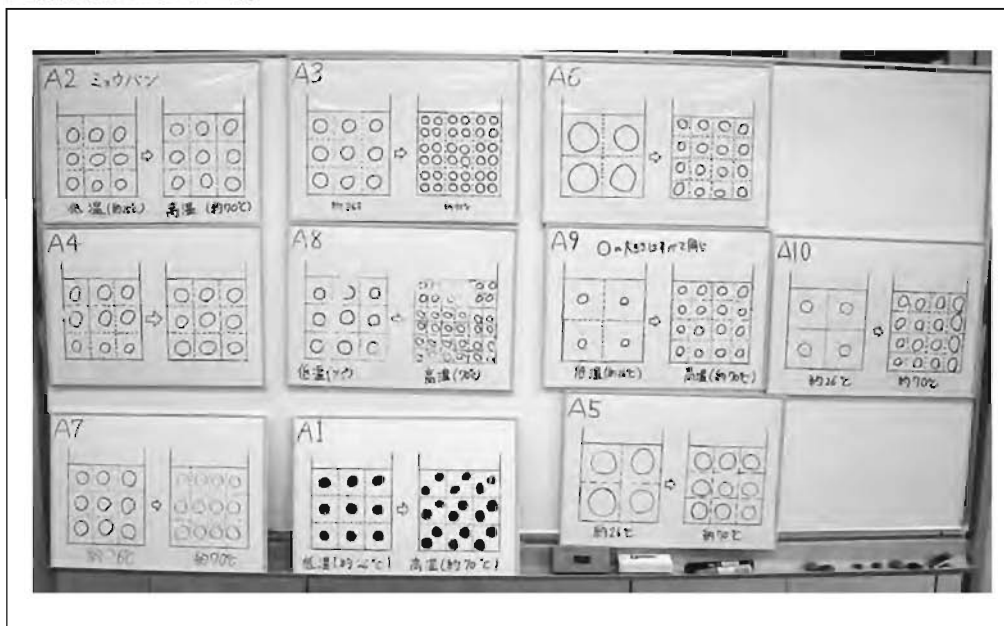


図13 班で話し合われたものを分類して提示したもの

全体の協議では、粒子の大きさや1ボックスに複数の粒子が入れるのか、実験値をモデル図にどう反映させるのが話題となり、次の点を共通理解項目とした。

【共通理解項目】

- 1 粒子の大きさはすべて同じものとする。(質量が増えたことは比例して数を増やす。)
- 2 1ボックスを1つの粒子が存在する範囲として、粒子がふえれば、ボックスを増やす。
- 3 ボックスが増えることは、溶解度が大きくなることである。



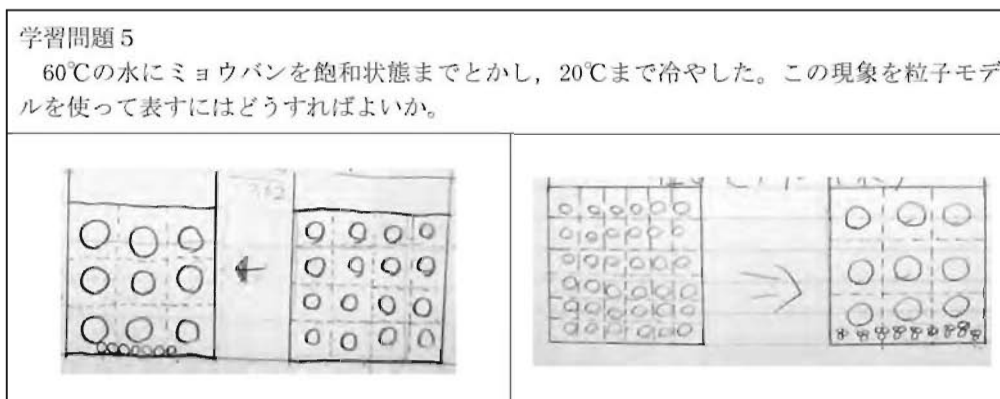


図14 生徒の解答例

最後に単元の確認として、語句や質量パーセント濃度を計算する演習の中に、学習問題5を設定した。学習問題4の逆パターンであるが、粒子数が合わないなどのつまずきも見られ、個別指導で対応した。

このような活動を通して、現象を粒子モデルで表すという思考力・表現力はある程度育ってきたと考える。今後も同じ粒子の内容だけでなく、飽和水蒸気量や湿度の概念形成にも今回の粒子モデルとその存在範囲をボックスで表す表現方法は有効にはたらくと考えられるので、継続した研究を進めていきたい。

### III. 宮崎大学教育文化学部附属小学校の実践事例

#### 1. 根拠を明確にした記述力の育成

##### (1) 問題意識を明確にもたせるための指導の工夫

理科学習において、問題意識を明確にもつことは、問題に対する追究の方法を自分で考え出し、見通しをもって学習を展開することにつながる。特に、視覚的に捉えにくい事象については、自分の考えを描画で表出させた。

第4学年単元「ものの温度と体積」では、確かめる前の考えにおいて、ガラスびんの中の温められた空気の様子を描画により粒子的に表現させた。図15は、あたためられた空気が上昇するという考えを持った子どもの描画である。気球や湯気をイメージして、空気の粒が下から押し上げられて上に行き、ビンの口の石けん膜を膨らますことを描いている。図16は、あたためられた空気が膨張するという考えを持った子どもの描画である。ビンの中の空気の粒がそれぞれ膨らみ、窮屈になって石けん膜を押し上げることを描いている。いずれも、言葉とイメージをつなげながら自分の立場を明確にし、問題意識をもって追究していこうとする姿が見られた。

図17は、自分の考えと友達のを比べながら説明する子どもの様子である。黒板に並べられた描画を指し示しながら、ビンの中の粒子がどのようになっているのかを説明している。描画で可視化したものを板書に整理して、自分の考えと友達のを比べながら話し合わせることで、問題意識をより明確にもつことができた。

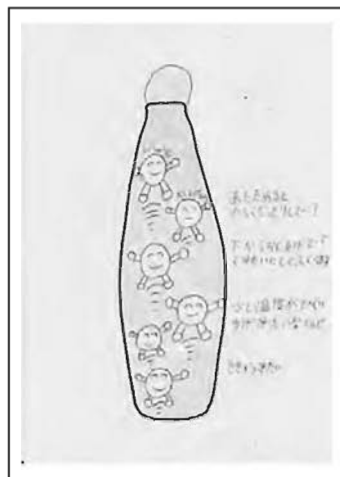


図15 あたためられた空気が  
上昇するという考えの  
描画

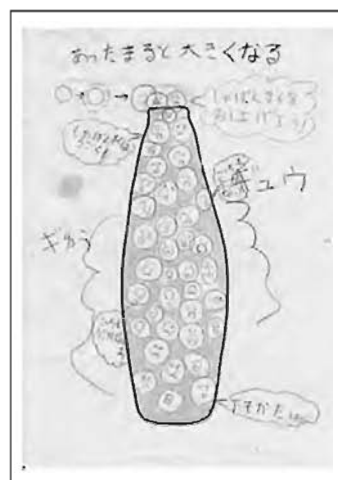


図16 あたためられた空気が  
膨張するという考えの  
描画



図17 自分の考えと友達の考えを比べながら説明する子ども

## (2) 結果の予測を明確にするための指導の工夫

学習問題に対する予想にもとづいて「こうすれば、こうなるはずだ!」という観察・実験の結果の予測を明確にすることは、見通しをもって観察・実験に取り組むことになり、子ども一人一人の主体的な追究活動が図られると考える。

そこで、第4学年単元「ものの温度と体積」では、結果の予測をする際、板書の中に「？」マークを使って結果の見取り方について話し合わせた。図18は「？」に注目して説明する子どもの様子であり、図19は、ピンの口の方向を変えたとき、石けん膜が膨らむのかどうかについて、着目できるように支援した板書である。このことで、特に何を結果として表出し、そのための追究方法が何であるかといった視点を明確にすることができた。



図18 「？」に注目して、結果の予測を説明する子ども

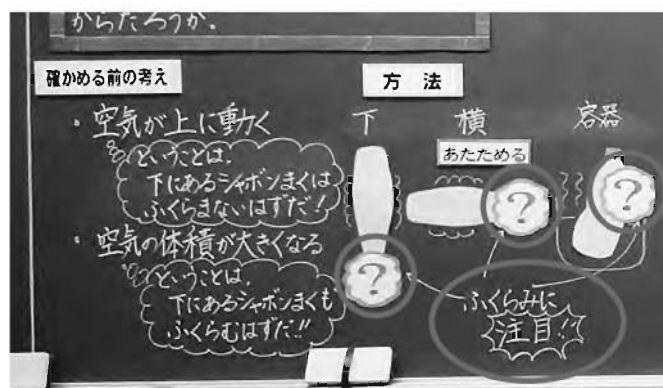


図19 「？」に注目した観察・実験の視点を表した板書

このような手立てにより、第4学年単元「ものの温度と体積」では、空気を温めたときの空気の変化に対する予想をもとにして、観察・実験の際の視点を明確にすることができた。

## 2. 科学的な説明活動における、表出方法の工夫

学習をふりかえる段階において、学習した事象と同様の原理・原則にもとづく新たな事象を提示し、科学的な概念を使用した説明活動を位置付けた。そうすることで、自然事象の性質や働き、規則性などが、自分たちの生活の中で利用されたり役立てられたりしていることに気付く、理科を学ぶことの意義や有用性を実感できるようになる。

図20は、学習した事象と同様の原理・原則にもとづく新たな事象の提示として、へこんだピンポン玉をお湯につけたものを提示した様子である。ピンポン玉がもとに戻る現象を見て、子ども達は、図21に示すように、ノートに説明を書き込んでいった。さらに、図22のように、クラスの友達への説明を行う中で、板書に提示したピンポン玉の中に空気の粒を書き込み、それらが膨張することでピンポン玉の形が戻ることを表現しようとしていた。



図20 学習した事象と同様の原理・原則にもとづく新たな事象の提示（へこんだピンポン玉をお湯につけたもの）

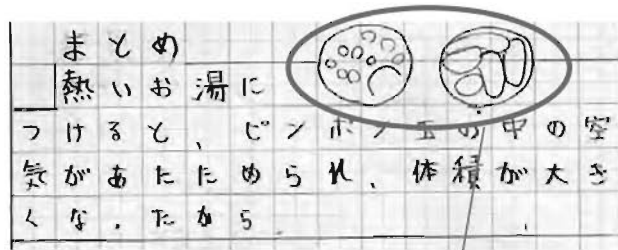


図21 子どものノート



空気はあためると体積が大きくなるのだから、ピンポン玉のへこんだ部分もとの形にもどります。図にかくと…

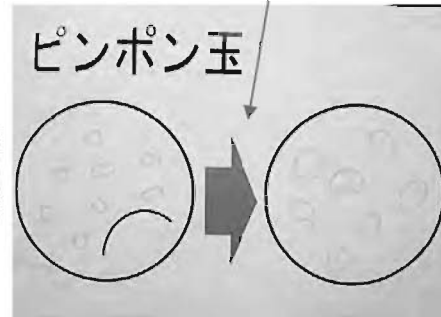


図22 子どもの説明の様子と粒子的な表現

第4学年「ものの温度と体積」では、子どもが新たな事象に対して、空気の温度変化と体積変化とを関係付けながら科学的な概念を使用して説明する姿が見られた。さらに、説明する際、空気の体積変化を粒子的に表現することで、学んだ知識・技能が身に付いていることを実感し、身に付いた知識・技能をもとに自分たちの日常を見直す態度がみられた。

#### IV. おわりに

昨年度に引き続き、宮崎大学教育文化学部附属小学校、附属中学校、教育文化学部、教育学研究科と連携しながら、各発達段階に応じた、科学的記述力を育成するための学習指導法開発を行ってきた。本年度も「根拠を明確にした記述力の育成」「粒子的な見方・考え方の育成」の2つを中心に継続研究を行い、確実に成果を挙げてきている。

小学校では学習で学んだ知識・理解が自分の身の回りの日常に役立てられたり、生かされたりしていることをさらに認識することができ、その仕組みや規則性について自分の解釈を加えて説明ができる子どもの姿がより多く見られるようになった。さらに、粒子に着目した描画によって互いの考えを伝え合いながら、科学的な見方・考え方に高めることができた。

また、中学校では言語活動の充実を根底とし、現象を粒子モデルで表すことで思考力・表現力を図ってきた。これらの小・中学校の取り組みからわかるように、理科学習の不易な部分と

して、自分の考えを絵と文章でしっかりと表現する手法やノート指導の充実等が明らかとなった。その充実を図ることが子どもの科学的記述力を育成するのに有効であることも、今年度の研究で実証されたといえる。

今後もさらに、本研究の充実・深化を図っていくとともに、子どもが「調べたい」といった自ら問題意識をもって学習をスタートし、「わかった」と納得できる理科授業の構築を中心とした研究をしていく必要がある。

#### 附記

本研究の一部は、平成23年度宮崎大学教育文化学部・学部附属共同研究補助金 及び、科学研究費補助金(研究代表者: 中山 迅, 課題番号: 20300260) の支援を受けている。

#### 引用文献

文部科学省 (2008a) 『小学校学習指導要領解説理科編』

文部科学省 (2008b) 『中学校学習指導要領解説理科編』

文部科学省 (2009) 『高等学校学習指導要領解説理科編』

隈元修一・福松東一・岡田能直・中山迅・山口悦司・小石紀博・兼重幸弘 (2007) 「児童生徒の科学的記述力を育成するための学習指導法開発」『宮崎大学教育文化学部附属教育実践総合センター研究紀要』第15号, pp.67-73.

兼重幸弘・田代見二・横倉康浩・小石紀博・阿部直人・火宮一功・衣笠高広・小林博典・山本智一・中山迅 (2010) 「児童・生徒の科学的記述力を育成するための学習指導法開発(5)」『宮崎大学教育文化学部附属教育実践総合センター研究紀要』第19号, pp.63-72.

猿田祐嗣・中山迅 編著 (2011) 『思考と表現を一体化させる理科授業-自らの言葉で問いを設定して結論を導く子どもを育てる-』東洋館出版社