

小・中学校理科学習における粒子概念育成についての試み

森下浩史、中村悠亮、宮崎洸生（長崎大学教育学部）
市瀬智嗣（諫早市立喜々津中学校）

はじめに

近世の科学技術の進歩は目覚ましく、現在私たちは豊かで便利な生活を享受することができている。科学技術には更なる発展とわれわれの生活への貢献が期待されている。次の世代を担う子供たちへの科学技術育成が重要である。地球環境が取り沙汰されるようになった社会において、理科の必要性を子供たちに伝えることが必要である。子供たちには自然や物や生体を対象とする理科の学習を通して科学的なものの見方や考え方を身に付けると、現代社会に溢れる情報を選択して判断する際の基準となり、目の前の課題への解決法を考え出す力の根源となり得ることを伝えたい。

理科で学習する内容には、実際に触れることができ具体的にイメージしやすいものと、エネルギーのように、触れることができないため抽象的でありイメージしにくいものがある。物質の本質を理解するために必要な概念として「粒子概念」がある。この粒子概念形成により、身の回りの化学的な現象などを科学的に理解し説明することができるようになる。従って、小学校の理科学習の学習目標の一つに「粒子概念」の育成が掲げられているのである。

1. 新学習指導要領における理科学習の系統性

長崎県内の小学校への訪問授業による学習支援や「サイエンスワールド」のイベントなどで、小学生を主な対象に様々な実験を体験させるという科学振興普及活動の中で、塩、砂糖やドライアイスなどの粒子に関わる現象を、子ども達に分かり易く説明することの難しさが多々あった。その理由として①児童がもっている既存の科学的知識が把握できていないこと。②原子・分子の粒子は目で見ることができないこと。即ち、これらの粒子の存在を説明するに当たっては、絵やモデルを使ってイメージさせることが考えられるが、イメージの世界だけの説明で理解できない子にはどの様に説明すれば良いのであろうか。新学習指導要領では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」「地球と宇宙」などの科学の基本的な見方や概念を柱として、子どもたちの発達の段階を踏まえながら、小・中・高等学校を通じた理科の内容の構造化を図っている。学習領域構成は、児童・生徒の学び方の特性を生かして「物質・エネルギー」領域と「生命・地球」領域の2本柱としている。

2. 理科における粒子概念育成分野の学習事項と系統性について

理科新学習指導要領では学習の系統性が重視され、粒子概念の育成分野は「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」の4つの系統をもって小学校から中学校までの学習内容を構成することとしている（表1）。4つの系統のそれぞれのつながり（横のつながり）について、我々が作成した小学校理科の粒子分野の各単元とそこでの学習事項の系統図を図1に示した。

3. 児童の粒子概念に関するアンケート調査および結果1)

子ども達が気体についてどのようなイメージを持っているのかを調べるため、長崎市科学館 2008 年 10 月 18, 19 日に行なわれた「青少年のための科学の祭典」の中で、『液体窒素とドライアイス

表1 小・中学校における粒子概念の区分

	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 3 年			○物と重さ ・形と重さ ・体積と重さ	
小 4 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
小 5 年			○物の溶け方 ・物が水に溶ける量の限度 ・物が水に溶ける量の変化 ・重さの保存	
小 6 年	○燃焼の仕組み ・燃焼の仕組み	○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 ・気体溶解の水溶液 ・金属変化の水溶液	○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 1 年	○物質のすがた ・身の回りの物質と その性質(プラスチックを含む) ・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	○状態変化 ・状態変化と熱 ・物質の融点と沸点
中 2 年	○物質の成り立ち ・物質の分解 ・原子・分子	○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	○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	○化学変化 ・化合 ・酸化と還元 ・化学変化と熱
中 3 年	○水溶液とイオン ・水溶液の電気伝導性 ・原子の成り立ちと イオン ・化学変化と電池 ○エネルギー	○酸・アルカリとイオン ・酸・アルカリ ・中和と塩	○酸・アルカリとイオン ・酸・アルカリ ・中和と塩	

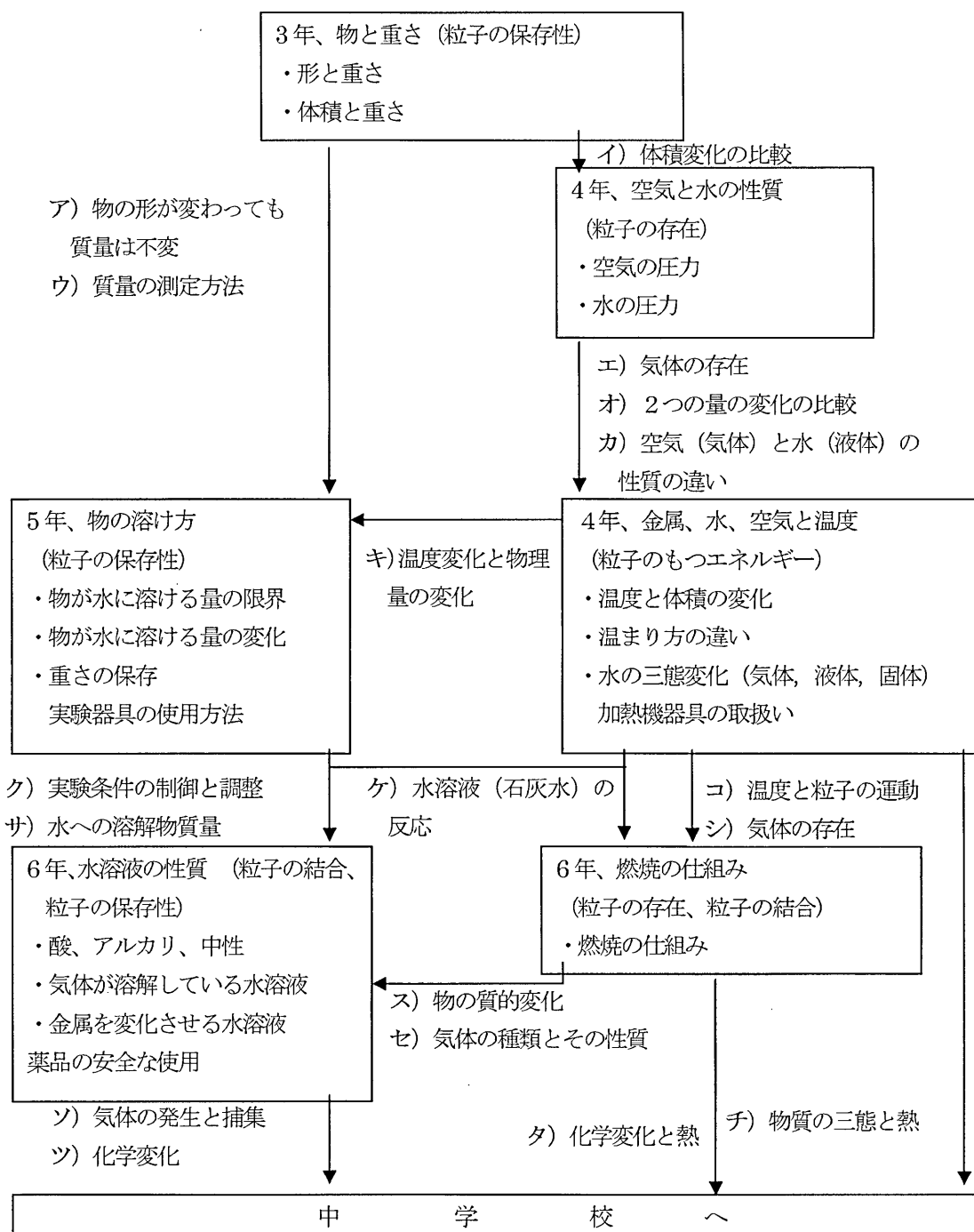


図1. 小学校理科における粒子概念育成分野の系統図および学習事項

の不思議』演習ブースで実験を行なった後に「ドライアイスから発生するに関するアンケート調査」を実施した。その後、ビニール袋がドライアイスの昇華により発生した二酸化炭素により膨らむ事実確認実験を行なって、参加した子供たちの理解の定着を図った。

質問. ビニール袋にドライアイスを入れて、しばらくすると、ビニール袋は膨らみました。どのようにして膨らんだのでしょうか？絵や言葉でそのようすを説明してください。

対象：『液体窒素とドライアイスの不思議』のブースに参加した子ども（幼稚園生～小学6年生）
アンケートの結果：

アンケート結果を集計したところ、内容によって7つのグループに分けることができた。以下に分類内容項目と各グループの人数を表にする。

表1. ドライアイスに関するアンケート結果のグループとその人数

①	気体を丸やツブで表し、分子の考え方をもっている	4人
②	気体を丸やツブで表す	4人
③	もやもやした線で表す	2人
④	ドライアイスが気体(空気, 二酸化炭素)になったため ビニール袋はふくらんだ	7人
⑤	ドライアイスが小さくなり、袋がふくらんだ (袋がふくらむ様子の説明)	17人
⑥	ドライアイスが水になった	1人
⑦	わからない(無回答)	3人

アンケート結果の考察として①実験を体験させて、多様な子供たち自身に実験によって示された現象を説明させることの難しさが分かった。②「二酸化炭素によって袋がふくらんだ」と回答した児童は少なく、また、「どうして膨らんだのか分からない」や「ドライアイスが水になった」と回答した児童が多くいた。実験の方法や提示のし方、説明の仕方に工夫がいることを痛感した。

4. 児童の粒子概念に関するアンケート調査および結果（2）

児童の粒子概念（存在，結合，保存性，エネルギー）を知るために、次の「気体（空気）に関するアンケート調査」を実施した。

対象：長崎市A小学校4年生（21名），5年生（19名），6年生（23名）

実施日：平成20年12月8日，9日

気体（空気）に関するアンケート調査

質問1. 空気の中にある気体の種類で、知っている名前を、すべて○をつけてください。

a酸素 b二酸化炭素 c窒素 d水素 eメタン fヘリウム g水蒸気 hその他
i気体に種類があると知らなかった

質問2. 気体は空気中でどのような形をしていますか？

aはい bいいえ cその他（ ）

質問3. 気体の種類によって重さに違いがあると思いますか？

aはい bいいえ cその他（ ）

質問4. 気体の種類によって大きさや形に違いがあると思いますか？

aはい bいいえ cその他（ ）

質問5. 気体（空気）は水にとかすことができますか？

aはい bいいえ

↓

※ はいと答えた人に質問です。気体（空気）は水の中で、どのような形でとけていると思いますか？その様子を右の図に、絵と言葉で説明してください。

質問6. 気体（空気）は、水蒸気（水）と同じように、冷やすと液体（水のようなもの）になったり、固体（氷のようなもの）になるといいますか？
 a はい b いいえ c その他（ ）

質問1に対するアンケート結果

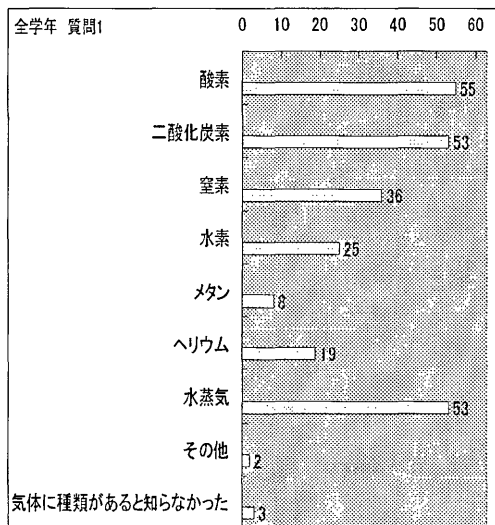


図2. 質問1の回答結果（回答者全員：63名）

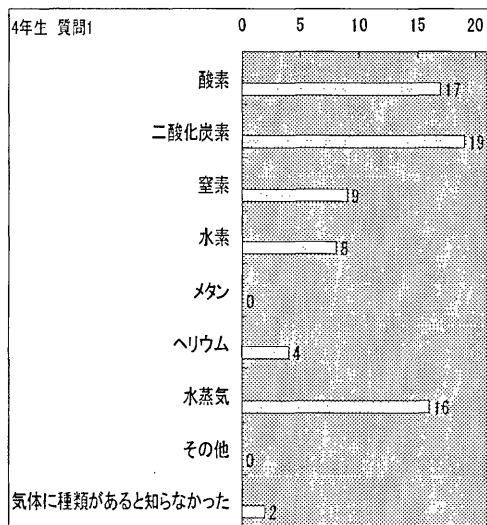


図3. 質問1の回答結果（第4学年：21名）

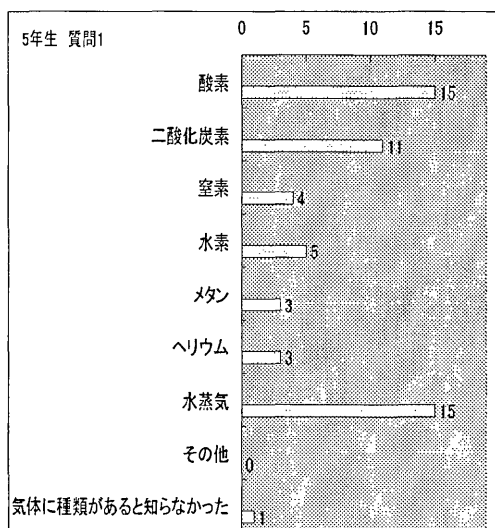


図4. 質問1の回答結果（第5学年：19名）

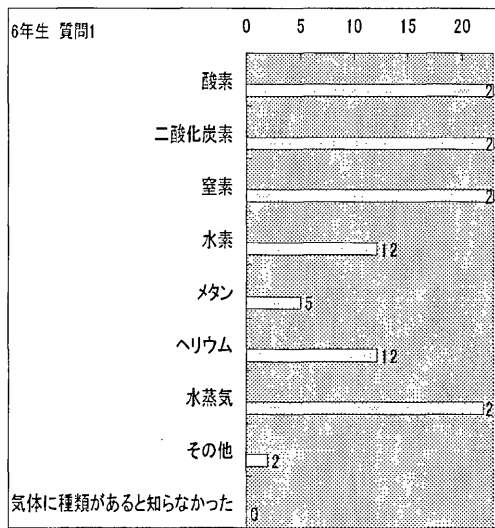


図5. 質問1の回答結果（第6学年：23名）

6年生では23人全員が酸素、二酸化炭素、窒素の3種類の気体を知っていた。これは、6年生で気体の学習を行っていたためだと考えられる。空気中に存在する主な気体について、知識として定着できていることが分かった。このことは空気について、空気の構成物質を判別視認することはできないが、大変身近な存在であるということからしても、子ども達にとっては大変興味を持って知りたがっていることが窺い知れる。

質問5に対するアンケート結果（気体は水に溶かすことができますか?）

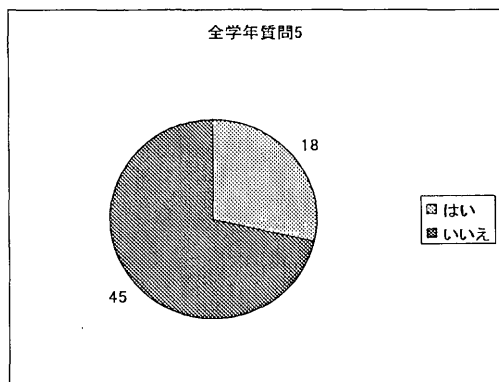


図6. 質問5の回答結果（回答者全員：63名）

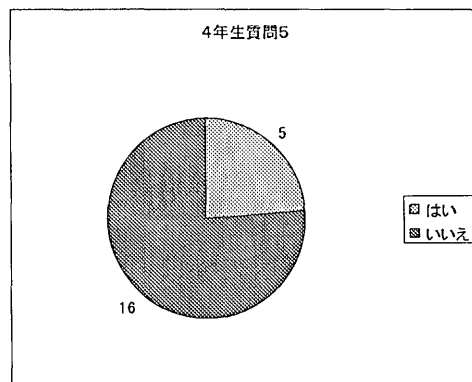


図7. 質問5の回答結果（第4学年：21名）

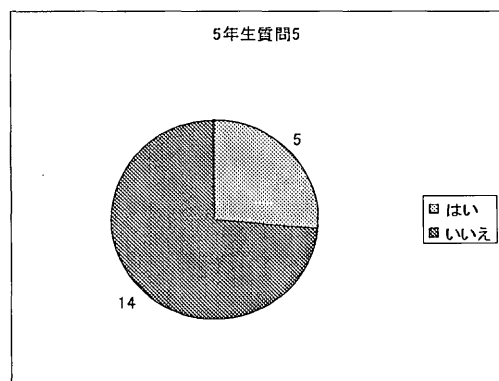


図8. 質問5の回答結果（第5学年：19名）

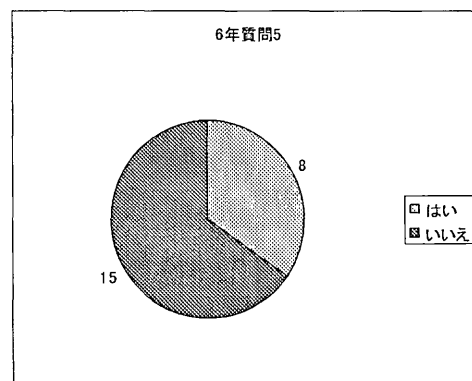


図9. 質問5の回答結果（第6学年：23名）

本アンケート結果（2）の分析

- ・ 気体の名前などの知識面では、学年が上がるほどその量が多くなっていった。
- ・ 気体が粒子で構成されているとする見方については、どの学年もあまり変わらなかった。
- ・ 半分以上の児童は気体を粒子から構成されているとして考えている、しかし、水の中に溶けることはできないと考える児童は多い。低学年になるほどその傾向があるようだ。

理科における粒子（原子・分子）については、中学校において本格的に学んでいくことになる。小学校ではその学習の基礎をつくっていく段階である。そのために粒子概念を児童に身につけさせるために、どのような教材を用い、どのような説明を与えるべきなのか小学校教員は十分に検討しなければならない。さらに、中学校、高校での理科内容もふまえて、系統性をもって児童が学べるように、図1を基礎に上位概念との連結をスムーズなものにしなければならないと考える。

5. 小学校理科「物の溶け方」の系統性とその教材開発研究

小学校理科の粒子概念育成分野の「粒子の存在」については、第6学年の「水溶液の性質」において「気体が水に溶ける」学習の理解から、中学校理科の学習に橋渡しされる。先に述べたアンケート結果では「物が水に溶ける」の学習項目に関して、「気体が水に溶けると」という事象が子供たちにあまり理解されていないと分かった。そこで、「気体が水に溶ける」という現象を視覚化し、児童に理解してもらえ理科教材の開発を幾つか試みた。以下、紹介する。

5-1. 「物の溶け方」の視覚化—フェノールフタレインを用いた場合—

「物が水に溶ける」ということを視覚化するために、酸・アルカリの指示薬であるフェノールフタレインの水溶液を用いた。酸性の溶液にフェノールフタレイン水溶液を加え、ナトリウム（固体）や塩基性溶液を加えると、水溶液の色が赤紫色に変色する。この様子を観察させ、児童には「（塩基性）物が水に溶ける」ということを考えさせたい（紙面の都合で、詳細は省略）。アンモニアの気体についても上と同じ方法でフェノールフタレインの色が変わり広がっていく様子から、塩基性の固体や液体が水に溶けた様子と対比させながら、アンモニアの気体が水に溶けることを理解させたい。

5-2. 実験の方法・結果

操作（1）蒸留水 300ml をビーカーにとり、これにフェノールフタレイン指示薬 1ml を加えた。

操作（2）三角フラスコに 5mol アンモニア水溶液を入れ、アンモニア水溶液を温めた。

操作（3）気化したアンモニアを、ゴム管やロートを通して（1）のビーカーに導いた（写真1）。

操作（4）アンモニアがビーカー内の蒸留水に溶けると、指示薬と反応し表面から赤紫色に変色していく。この様子と変色の拡がりを観察させた。（写真2、3、4）

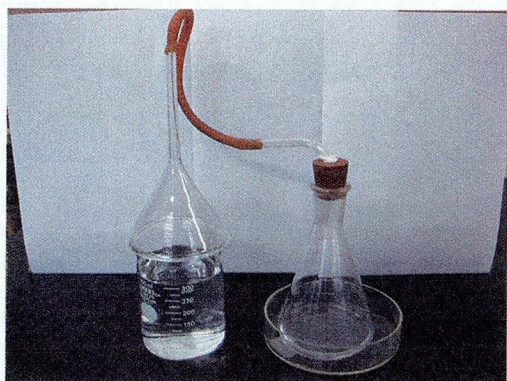


写真1

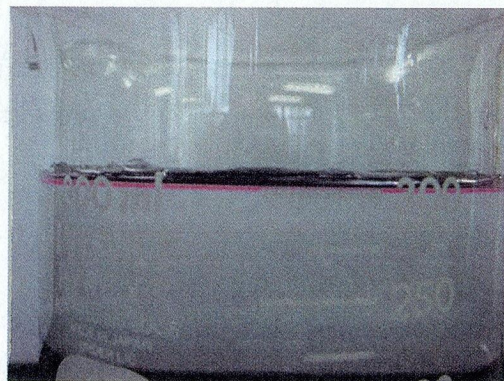


写真2

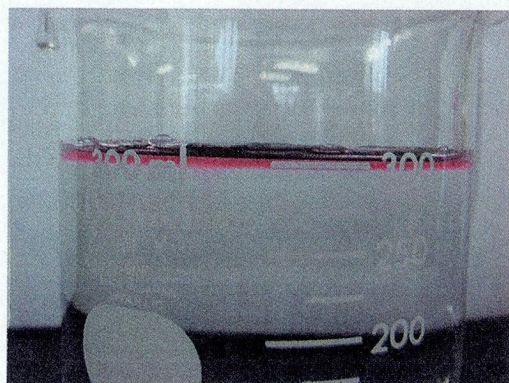


写真3

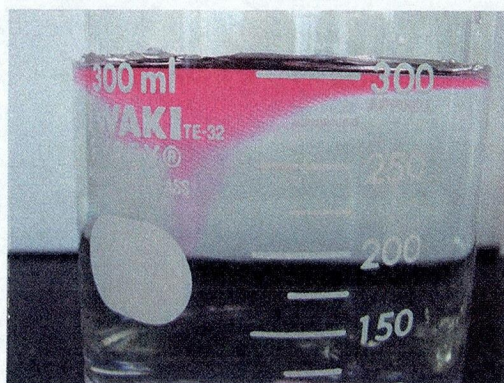


写真4

5-3. 考察と反省

- ・ 指示薬の変色によって、アンモニアの粒子が水溶液の中で広がっていく様子が確認できる。このことから「物質は粒子の集まりである」という基礎概念を通して「気体も粒子の集まりである」という概念を導き出せる。
- ・ 5 mol のアンモニア水を用いたこともあって、アンモニアの刺激臭があった。実験の際には、

十分換気には注意を払わなければならない。

- ・ ビーカー中の蒸留水に溶けたアンモニアは水面近傍に留まることから、溶解の様子をドラスティックに観察させるには、溶液を攪拌子で静かに攪拌するなどの工夫が要る。

6. 中学校理科における粒子概念の位置づけ

中学校学習指導要領の理科の第1分野における内容には、「化学変化についての観察、実験を通して、化合、分解などにおける物質の変化やその量的な関係について理解させるとともに、これらの事象を原子・分子のモデルと関連付けてみる見方や考え方を養う。」とあり、科学的な事物・現象を理解するために、「粒子概念」は欠かせない概念である。中学校において化学現象を理解するために必要な粒子概念ではあるが、生徒にとっては苦手意識の高いものであり、粒子概念育成に関する学習の指導法の検討が俟たれている。このためには、化学現象と粒子概念の関連を深める場面を設定することで、生徒が粒子概念を形成できるように授業の構成を工夫するとともに、目に見えず抽象的でイメージしにくい粒子の学習の理解に役立てるために、生徒にとって実感の持てる粒子のモデル化を工夫することが必要である。

6-1. 粒子を実感させる授業の考察—長崎市立小島中学校での授業実践を通して

平成20年12月5日に、長崎市立K中学校2年4組において、原子・分子について授業実践を行った。本授業では、物に対する微視的な見方（粒子概念）を育成するとともに、原子・分子の存在を身近に感じてもらうことを目的とした。

本授業の流れは、①原子、分子とはどのようなものかを原子・分子モデルを用いておさらいし、②水とエタノールの混合実験で粒子に固有の大きさがあることを実感させる。③ドライアイスを用いた実験や、④液体窒素を使った実験（酸素の凝集など）を行い、普段気体として目に見えないものを視覚的に捉えさせる。であった。表2に授業TP案を示した。

粒子概念を形成させるための授業の構想として、粒子概念の形成をはかるため、生徒の思考の流れに沿うように教材を配置しながら、目に見えない原子・分子を視覚化し、具体的にイメージできるようにするため、原子・分子をモデル化する場面を設定した。

粒子概念をイメージできる観察・実験の工夫として、目に見えない微視的な世界の出来事を、モデルと重ね合わせて考える場面を設定することで、原子・分子についての粒子概念の形成に役立つようにした。液体には隙間がないように見えるが、粒で成り立っていることを実感できるようにしたいと考えた。そこで、水とエタノールの混合による体積変化と、大豆とゴマの混合による体積変化を重ね合わせて、微視的な粒としての見方ができるきっかけとした。

表2 小島中学校授業TP案

題材名	身の回りの原子・分子を体験しよう
本時の目標	・粒子に関する実験の観察を通して、科学的な現象についての興味・関心を持つ。 ・粒子概念の有用性を理解し、われわれの生活に関わっていることに対し微視的なものの見方や考え方を持つ。
対象学年	中学2年生
使用教科書	東京書籍 新編 新しい科学 1分野下

過程	生徒の活動	教師の支援	使用する教材
導入	身の回りの原子、分子を体験しよう		
	原子分子とはどのようなものかを想起し、発表する。	既習の事項である「原子・分子」とはどういったものかを確認する。	
	ワークシートに自分の考えを記入する。	原子と分子の違いを明確にするために、粒子モデルを提示し区別するとともに、分子には形があることや、原子ごとに大きさに違いがあることを確認する。	・原子モデル(水素、炭素、酸素、窒素の4種類)
	実験の結果を受けて、どうして100m lより少なくなるかについての予想を立てる。	50m lの水、50m lのエタノール同士を混合すると何m lになるかそれぞれ質問する。その後、50m lの水とエタノールを混合するとどうなるか予想させる。 同量の水とエタノールを完全に混合させ、なぜこのような結果になったか予想させる。	・水とエタノール(正確に50m l測りとしたもの) ・200m lメスシリンダー
展開	粒の隙間に大きさの違う粒が入り込む様子を観察し、同様に原子や分子の大きさにも違いがあることを確認する。	全員を前に集め、同体積(50m l)測りとした大豆と黒ゴマの例を提示し、体積減少の説明を行う。	・大豆、黒ゴマ ・200m lメスシリンダー
	ドライアイスに触れ、普段目に見えない二酸化炭素を触覚的に実感する。また、ドライアイスにピンセット(金属)をあてることで、振動や音を体験する。このことから、ピンセットが触れている面でドライアイスが昇華す	ドライアイスを提示し、生徒にドライアイスを持って重さを確認してもらおう。それからピンセットを配布し、ドライアイスにあてがうことで金属の熱の伝わりやすさやドライアイスの昇華性を体験させる。 安全のためにドライアイスは軍手をはめた手で触るよう指導する。	・ドライアイス ・軍手 ・新聞紙 ・ピンセット
		ドライアイスを粉々にし、次第に小さくなってやがて消えてしまうことから、気体に	

<p>終末</p>	<p>ることを確認する。</p> <p>ドライアイスの粉末のうごめきを観察し、次第に粒が小さくなることから物質（ドライアイス）の粒子性を確認する。</p> <p>液体窒素の性質を、観察を通して確認し、酸素の状態変化を観察し、状態変化には体積変化が伴うことを確認する。</p> <p>本時の学習について振り返る。</p>	<p>なることに着目させる。</p> <p>水を入れたビーカーの中にドライアイスを入れて発生する白煙の観察を行い、水蒸気（水）の粒子性を実感させる。その際油においても同様の実験を行い、油では白煙が発生しないことを確認する。</p> <p>液体窒素を提示し、常温で沸騰する様子や机の上にこぼした液体窒素の観察を通して、液体窒素の低温を理解する。</p> <p>ポリ袋に酸素を入れ、液体窒素中に入れて状態変化の観察を行う。</p> <p>本時の学習の振り返りを行い、以下の点について確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・物質は原子まで分割することができる。 ・原子や分子には大きさが決まっており、それぞれ大きさは違う。 ・目に見えない気体でも、状態変化させることで観察できる。つまり気体も粒子で存在している。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ビーカー ・水 ・油 <ul style="list-style-type: none"> ・液体窒素 ・酸素ボンベ ・ポリ袋
-----------	---	--	--

6-2. 実験(1)：水 50ml とエタノール 50ml を足すと何 ml になるか。

授業における実験に取り掛かる前に、「水 50ml とエタノール 50ml を足すと何 ml になるか。」という発問をし、「100ml より多くなる」、「100ml」、「100ml より少なくなる」の三択でワークシートに記入させた。

生徒の考えを、分子同士が合体した(合体説)、エタノールが水に溶けた(溶解説)、化学反応して気体が発生した(気体発生説)、

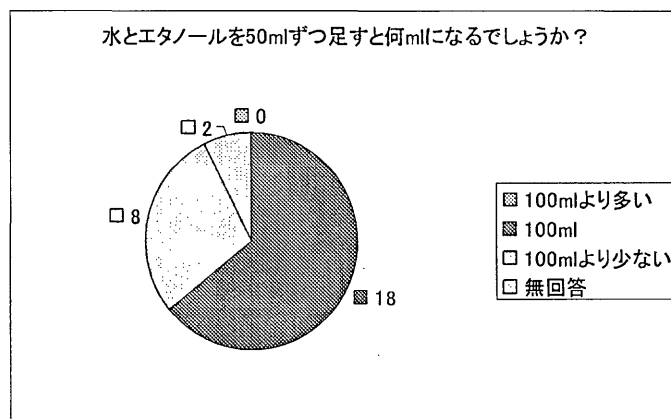


図 10 体積調査に関する発問に対する回答 (28名)

化学反応して原子が結びついた(結合説)、分子が分解した(分解説)、分子が分子に入ろうとする(潜入説)の大きく6つの説に分類した。下のグラフにその結果を示す(図 11, 図 12)。

図 11, 図 12 の二つのグラフから、どちらのグループも合体説、溶解説を考えている生徒がいること、100ml ちょうどと答えたグループのみ気体発生説、結合説といった考えを持つ生徒がいること、100ml より少ないと答えたグループのみ、分解説、潜入説といった考えを持つ生徒がいることも分かった。100ml より少ないと答えたグループは、原子、分子を粒子というミクロな考えを

用いて考察しているのに対し、100ml ちょうどと答えたグループは、体積の減少を不思議に思い実験に興味を持つ生徒が多く見られたが、現象を説明する考えの根拠がないため、考察が困難な状況であったことが考えられる。

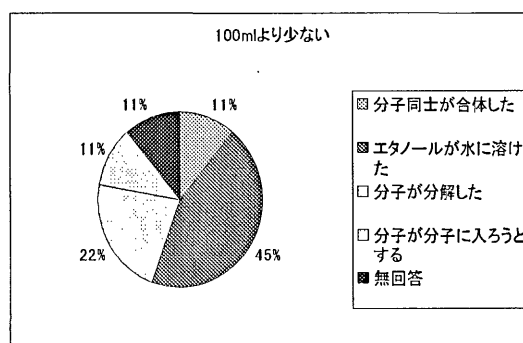
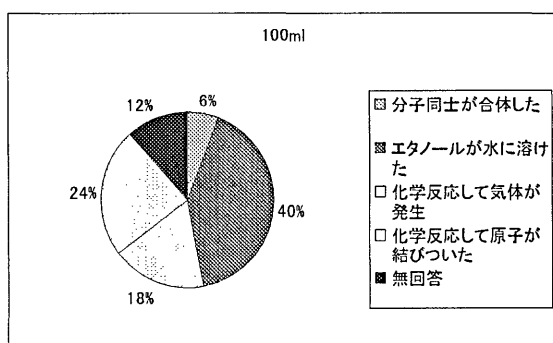


図2 混合実験における体積変化についての生徒の予想 100ml ちょうどと答えたグループの回答

図3 混合実験における体積変化についての生徒の予想 100ml より少ないと答えたグループの回答

6-3. 実験(1): 根拠と結果の明確化

—水とエタノールの混合実験により、総計よりも体積が減少することの説明—

大豆 50ml とゴマ 50ml を用いて確認した。これらは粒の大きさが違い、色が違うため粒の違いが判別しやすいこと、どちらも身近で粒としてとらえやすいため、粒子概念を視覚的に理解しやすい。水とエタノールと同様に、大豆とゴマも 50ml ずつ測り取り、200ml のメスシリンダーに入れて混合させ、体積を測定することにより体積減少を確認させた。

6-4. 実験(2): ドライアイスを用いた実験

ドライアイスを用いた実験では、まずドライアイスのブロックを提示し、ドライアイスは二酸化炭素という気体でできていることを確認した後に、ハンマーで砕いて小さくしたドライアイスを各班に配布し観察を行なわせた。



写真5 ドライアイスの粒のうごめきダンスの観察

粉末状にしたドライアイスを机の上に落とし、その粒がどのような変化を見せるかを観察させた。ここでは、机の熱によりドライアイスの粒が昇華するため、うごめきながら小さくなっていく様子が観察される。最初に提示したブロック状の物体から、小さくなって目に見えなくなるまでのドライアイスの様子を観察することで、ドライアイスが二酸化炭素の分子が集まってできていることを生徒にイメージさせることができる。また、この観察は分子の運動性や気体の圧力の説明にも繋がる。

6-5. 実験(3): 液体窒素を用いた実験

液体窒素を用いた実験を演習実験という形で行う。液体窒素の -196°C という低温を利用した気

体の凝集（状態変化）の観察を行い、普段目に見えない気体分子を視覚化することで、気体の分子を粒子としてとらえさせることをねらいとした。

実験としては、液体窒素が常温でも沸騰する様子を見せることで、液体窒素の冷たさを視覚的に理解させた上で、状態変化の学習を行った。普段気体として身の回りにあるものの視認できない窒素や酸素の分子が低温で凝集され、液体として観察できるようになるという説明を行いながら、微視的な視点を持って観察できるように心がけさせる。

6-6. 本実践授業に対する質問の結果と分析

授業で用いたワークシートに掲載した質問3の結果をグラフにし（図13）、その分析と今後の課題を示す。

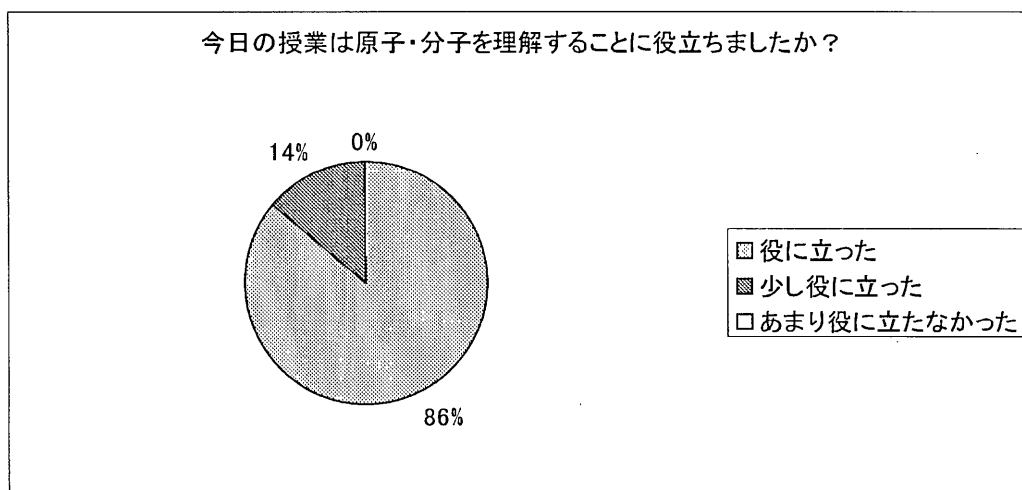


図13 本実践授業についての問3のアンケート結果

本実践授業について多くの生徒が役に立ったと回答した。液体窒素やドライアイスといった教材が、生徒に興味・関心を持たせやすかったことも関係していると思われる。感想にも、「面白かった」（7人）、「楽しかった」（10人）、「理科が好きになった」（4人）、「いつも触れないものがあってよかった」（9人）、「また受けたい」（3人）と肯定的な意見が多かった。

6-7. 2年生全員（5クラス）を対象とした「粒子概念」アンケート調査結果とその分析

小島中学校での授業実践実施の後、2年生全員（5クラス）に粒子に関するアンケート調査を行った。このアンケートは、現在原子・分子の学習を終えたばかりの中学2年生が①身の回りの現象やこれまで学習してきた内容に対して、どれだけ微視的な視点や粒子概念を用いて考えているかについての調査と、②授業を行ったクラスとその他のクラスの思考の差異を対比することの目的で行った。

- 問1. 物質はどこまで分割することができますか。図などを使ってもかまいませんので、自分なりの表現で説明してください。
- 問2. 水銀（液体）を固体にすることができますか。自分の考えに○をつけ、理由も書いてください。
- 問3. 水 90ml と砂糖 10ml を正確に測りました。この二つを混ぜ合わせて、まったく溶け残りが無い（完全に溶けた）とすると合計はいくらになると予想されますか。自分の考えに○を付け、理由も書いてください。（水は蒸発しないものとします。）

問1. 物質はどこまで分割することができますか。図などを使ってもかまいませんので、自分なりの表現で説明してください。

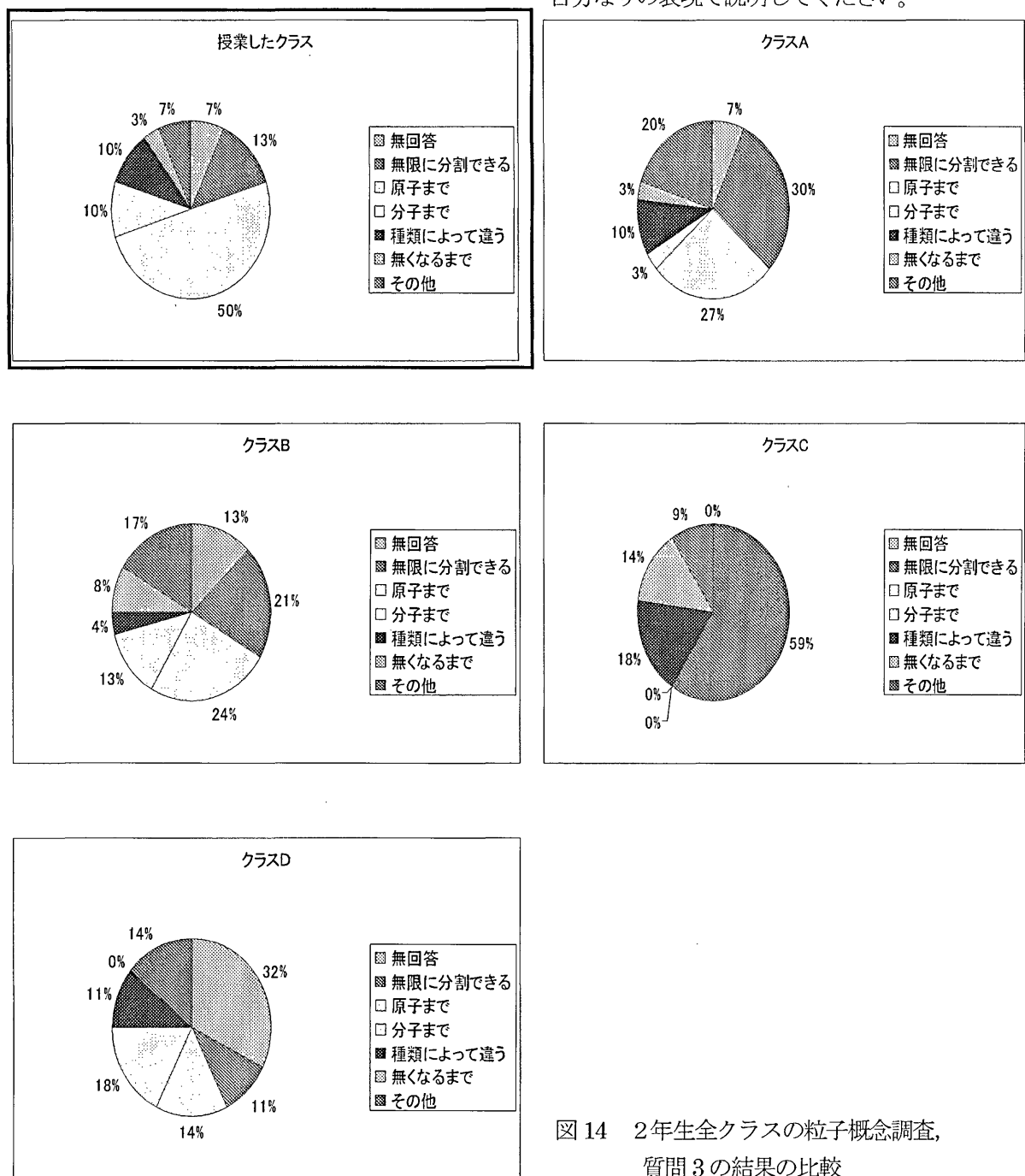


図14 2年生全クラスの粒子概念調査、質問3の結果の比較

問1のアンケート結果から、溶質の溶解について以下の事柄が示された。

- ◎より微視的な視点を持っている生徒ほど粒子モデルを用いた説明をする傾向があること。
 - ◎粒子モデルを用いて説明する生徒が多いクラスほど原子と分子が区別できる傾向があること。
 - ◎原子や分子について学習をしても、「物質は無限に分割できる」と考える生徒がいること。
- 従って、授業において物質の粒子性について実感できる手立てを考察し、具体的事象を示していくことが科学的思考力を養う上で必要であると考えた。

問3. 水 90ml と砂糖 10ml を正確に測りました。この二つを混ぜ合わせて、まったく溶け残りが無い（完全に溶けた）とすると合計はいくらになると予想されますか。自分の考えに○を付け、理由も書いてください。（水は蒸発しないものとします。）

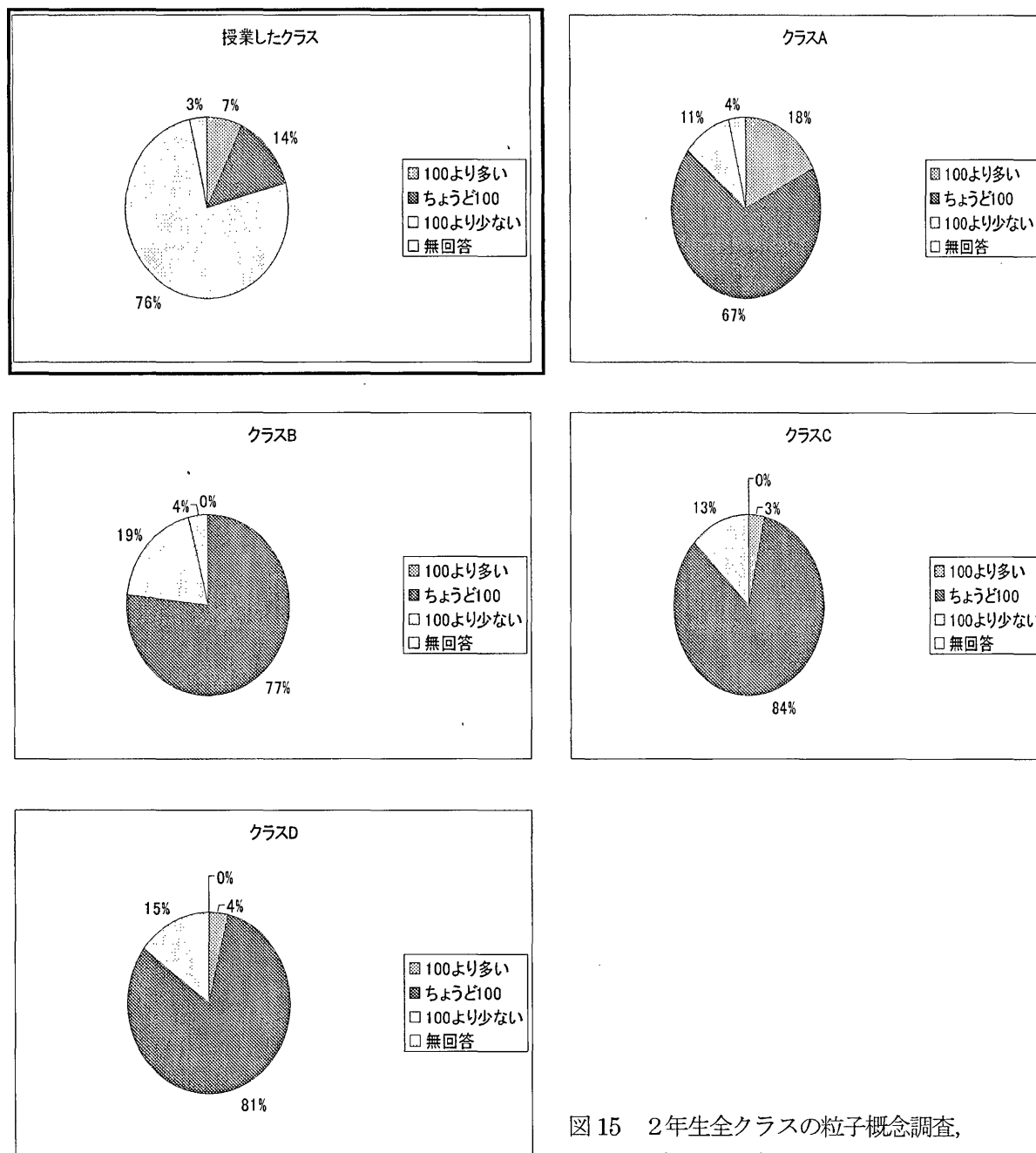


図15 2年生全クラスの粒子概念調査、質問1の結果の比較

「粒子概念モデル化形成」の実践授業を行ったクラスでは、問3のアンケート結果を総括すると、砂糖と水の混合実験における体積変化について、

◎授業を行ったクラスのみ「100ml より少ない」と答える生徒の割合が非常に高かったこと。

◎授業をしたクラスでは粒子モデルを用いて説明することができていたこと。が分かる。

他のクラスと比較して、粒子モデルを用いて説明ができており、粒子概念を用いて思考できてい

る。結論として、抽象的概念の形成において、我々が今回提示した視覚化実験や粒子モデル形成のための授業実践で活用した教材実験の有効性が示されたと考える

おわりに

粒子概念における形成の過程で重要なことは、単なる知識の習得だけではなく、科学的思考力を育むことにある。小学校から中学校、高校にかけての発達段階において、生徒たちが粒子概念を学ぶにあたって、次の思考手順を用いて粒子概念を習得していく。

- ①観察可能な現象という巨視的思考
- ②分子、原子、イオンなどの微視的思考
- ③化学式、元素記号という記号的・論理的思考

上記の①、②の領域である巨視的思考と微視的思考は本来表裏一体であり、科学的思考力を育む際には、両方のバランスが重要であると考えられる。そのため、一概に「粒子概念」といっても単に積み上げ式ではなく、段階的に相互にバランスを取り合いながら教えていかなければその習得は難しい。その学習段階としては「物質は粒子が集合して形成されているという段階」から順に、「原子、分子、イオンなどの構成粒子を用いて考える段階」、「化学結合や化学反応のメカニズムを考えたときの基本概念としての構成粒子に着目するという段階」と考えている。段階的に粒子概念を構築していくことで、単に知識の習得にとどまらず、粒子概念の有用性を認識し、科学的思考を養うことができると思われる。

子供たちが物質の説明をするために、粒子に着目することで物質の世界が広がり深まることは言うまでもない。中学校では、新しくイオンの学習から原子の構造が学習内容に含まれることになった。このような、身の回りの事象に対して粒子概念を用いて理解することに有用性を見出すことが、これからの理科教育に求められると考える。

本研究において、目に見えない事象を視覚化（モデル化）し教材の配置を工夫することで、既習の事項とのつながりを見出すことが粒子概念を形成するにあたり有効なことがわかった。そこで今後は今回用いた教材以外にも更なる教材の検討、開発を行うとともに、生徒の実態にも踏み込んで、単元の構成やより有効な教材の開発を検討していきたい。

参考文献

- 1) 小学校理科学習指導要領解説 理科編 文部省 東洋館出版社 平成 11 年
- 2) 文部科学省 小学校理科新学習指導要領
- 3) 新学習指導要領の指導事例集中中学校理科 山極隆、江田稔編 明治図書出版(株)
- 4) 小学校学習指導要領解説理科編・中学校学習指導要領解説理科編 大日本図書 平成 20 年
- 5) 新中学校理科の授業 左巻健男編 民衆社 1992 年 6 月
- 6) 理科の教育 日本理科学会 平成 20 年 10 月 15 日発行
- 7) 理科教室 9 科学教育研究協議会編 国土社刊
- 8) 理科教室 10 科学教育研究協議会編 国土社刊
- 9) 中学校理科の観察・実験 第 1 分野上巻・下巻 学校理科研究会編 みずうみ書房
- 10) 新編新しい科学 1 分野上・下 東京書籍
- 11) 新編新しい科学 2 分野上・下 東京書籍