

小学校における粒子概念の形成について（1）

ードラゴンフルーツを用いた染色実験を通してー

錦 織 寿 [鹿児島大学教育学系（理科教育）]

瀬 戸 房 子 [鹿児島大学教育学系（家庭教育）]

土 田 理 [鹿児島大学教育学系（理科教育）]

Formation of the particle model of matter in elementary school (1):

Dyeing experiment using pericarp of dragon fruit

NISHIKORI Hisashi, SETO Fusako and TSUCHIDA Satoshi

キーワード：粒子概念、小学校、理科、染色実験、ドラゴンフルーツ

1. はじめに

平成29年度に告示された小学校学習指導要領理科編において、「理科の見方・考え方」は学習目標を達成するための手段として規定されるとともに、学習を通して豊かで確かなものにするものとされた。科学に関する基本的な概念の一層の定着を図るために指導要領の改定が行われたが、小学校理科の「粒子」領域においては、自然の事物・現象について理解を図るためには正確な粒子概念の形成が求められる。第4学年の「空気と水の性質」、「金属、水、空気と温度」における温まり方の違い、第5学年の「物の溶け方」においては、目視できない粒子をいかに認識できるかが現象の正確な理解に結びつくと考えられる。特に「物の溶け方」では溶けているものの均一性が中学校第1学年から移行してきたため、その重要性は一層大きくなったと言える。また、中学校理科の第1分野「粒子」領域では、学習指導要領において学習内容を粒子のモデルと関連づけて取り扱うことが求められており、分野における小中の接続という観点からも粒子概念の形成のための一層の工夫が求められている。

2. 目的

近年、当研究室では熱帯地方特有の植物であり鹿児島県でも南方の島嶼部で一般的に栽培されているドラゴンフルーツ（レッドピタヤ）の皮部分を利用して、繊維類の染色法の開発を行ってきた。その結果、染色後の耐久性に課題は残るものの、安全な試薬を用いることで羊毛布（ウール）および絹布（シルク）を赤紫色または黄色に染めることができた。染色の過程は皮部分からの色素の抽出と繊維類への染色で構成されており、染色の条件として温度管理とある程度の時間が必要ではあるが、色素の移動であるこれらの過程は目で追うことが可能であり、粒子モデルを用いて表現することで粒子概念の形成に寄与できるのではないかと考えた。ただ、「染色」という実験操作は小学校

理科の学習内容には含まれていない。そこで染色条件として弱酸性の溶液を用いることに注目し、小学校第6学年の水溶液の性質の単元で扱う「酸性・アルカリ性・中性」の学習後に応用教材として用いることができるのではないかと検討を行った。また、鹿兒島県（主に南方の島嶼部）の植物を利用することで、地域特有の環境および植生への理解が深まることを期待した。

3. 方法

鹿兒島大学教育学部附属小学校において、理科部の教諭の協力のもと第6学年4クラスと複式学級（5・6学年）1クラスを対象に授業を行った。実験日程は染色時間の条件より二日間とした。

（授業日程の関係から、クラスにより授業日の間隔は異なる二日間となった。）

授業期間：平成30年2月26日～3月9日

授業対象：附属小学校第6学年4クラス、複式学級（5・6学年）の6年生

【一日目】実験の背景として、鹿兒島県におけるドラゴンフルーツの植生について説明した後、簡単に水溶液の性質について復習してから染色実験の説明を行い、4名を1組の班として実験を行なった。主な実験手順を以下に示す。

①冷凍保存してあるドラゴンフルーツの皮をミキサーで粉碎して破片状になったものを用意し、各班が50gずつ電子天秤で量りとった後、蒸留水を200mL加えて5分間かき混ぜた。

②蒸留水を加えてかき混ぜたものは非常に粘性が高いため、三角コーナー用のネットを用いて手絞り濾過を行い、色素の抽出溶液を得た。

③二つのビーカーに得られた色素の溶液を50mLずつとり、一方にはアスコルビン酸（ビタミンC）を溶かした弱酸性の水溶液10mLを加え、もう一方には蒸留水（中性）10mLを加えてよくかき混ぜた。

④pH試験紙を用いて二つのビーカーの液性を確認した。当初は、小学校理科の内容で扱うリトマス試験紙を用いることを計画していたが、ドラゴンフルーツの抽出液は鮮やかな赤紫色をしており、試験紙の変化を確認することが難しかったため、BTB溶液と同じ色の変化を示す万能pH試験紙を用いて確認を行なった。（通常クラスにおいては2種類の水溶液を用いたが、複式学級の授業では6年生の人数も少なく実験時間に余裕があったため、塩酸を用いた強酸性の水溶液と水酸化ナトリウム水溶液を用いたアルカリ性の水溶液の検討も行った。）

⑤羊毛布（ウール）を3cm×3cmにカットしたものを配布し、それぞれの溶液に完全に浸した後、ビーカーをラップで覆って静置した。

【二日目】学級によって経過日数が異なるが、理科部の教諭の指導のもと染色実験の二日目の実験と、染色実験の過程を粒子モデルを用いて表現するためのワークシートの記入を行なった後、実験についてのアンケートを記入した。

⑥それぞれのビーカーから羊毛布（ウール）を取り出し、水道水でよく洗った後、自然乾燥させた。その際、染色前と染色後の羊毛布（ウール）と溶液の様子をよく観察させた。（比較したものをノートに記入させることが望ましい。）

⑦染色に用いたそれぞれの溶液によって羊毛布（ウール）の染色状況と色素溶液の様子を比較しながら、ワークシートに赤紫色の色素を粒（粒子）として表して実験経過を表現させた。

⑧ドラゴンフルーツとアスコルビン酸（ビタミンC）を用いた染色実験についてのアンケートを記入した。



図1 染色実験：ドラゴンフルーツの秤量



図2 染色実験：溶液の手絞り濾過

染色実験の結果を考察するためのワークシートとして図3に示すものを用いた。抽出の過程は「色の成分の取り出し」として、また染色過程は「布の染色（色つけ）」として扱った。ドラゴンフルーツの皮に含まれる色素を丸い粒（赤色）として表し、実験の様子を観察結果から皮に含まれる色素成分の移動がどのように表現できるか記入させた。実験の経過により皮部分と水の部分の色合いを粒の数で表すことができるかが評価の対象であるが、さらに中学校第2学年の「原子の性質」の概念に含まれる“粒子一つ一つの質量や大きさは変化しない”の粒の大きさについてと、“粒子はなくなったり、新しくできたりはしない”を表す粒の数についても注目した。

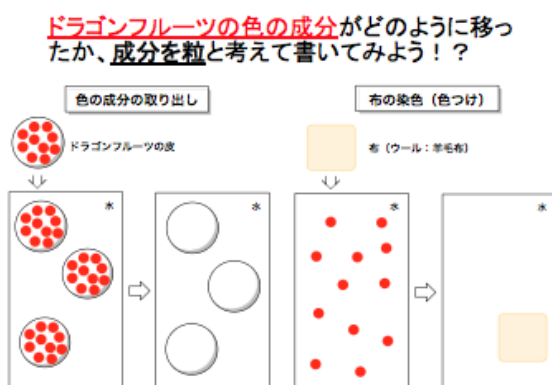


図3 粒子モデルで表す染色実験
(ワークシート)

授業の最後に行ったアンケートでは、ドラゴンフルーツを用いた染色実験が理科教材として適当であるかを判断するため、実験で用いた材料や試薬についての興味・関心や実験の難易度について、次のような質問項目を設けた。

設問1：ドラゴンフルーツを見たことがありますか？

(「ある」と答えた人は、どこで見ましたか。また皮や実の色はどうだったか書いてください。)

設問2：ビタミンC (アスコルビン酸) を知っていましたか？

(「ある」と答えた人は、どこで(なにで)知りましたか。書いてください。)

設問3：染色実験は難しかったですか？

(難しかった点、簡単だった点について書いてください。)

設問4：染色実験は楽しかったですか？

(楽しかった点、楽しくなかった点について書いてください。)

設問5：この実験でビタミンC (アスコルビン酸) の役割はなんだと思いますか？ 自由に書いてください。

設問6：他にやってみたい実験(果物や布、加えるものの組み合わせ)はありますか？ 書いて下さい。

設問7：不思議に思ったことや感想を書いてください。

4. 結果

ドラゴンフルーツの皮を用いた染色実験の染色結果は、全ての班で予定していた染色結果が得られ、クラスによる授業間の日数の差も問題とはならなかった。まず初めに、本実験が理科教材として児童に受け入れられていたかをアンケート結果より以下に示す。

設問1と設問2の結果を図4に示す。ドラゴンフルーツの食材としての認知度は、鹿児島市内では奄美大島などの島嶼部に比べれば低いが、家庭で見かけることもあれば市内のレストラン・スーパー等で見かけたという児童が多数を占めた。給食でも提供されたと話す児童がいる一方で、本実験によって初めてドラゴンフルーツを認識したとする児童数も意外と多く、地域教材としての価値はあったと考えられる。

設問2では、ビタミンC (アスコルビン酸) についての認知度も設問1と同程度あったが、「知っていた(ある)」と回答した児童の記述欄には家庭科の授業で学習したともあり、ビタミンCの性質の学習において意義はあったと考えられる。

設問3の回答は、図5に示すように学級によって大きな差が見られた。A組とB組では約6割の児童が少し難しいと回答しており、理由として

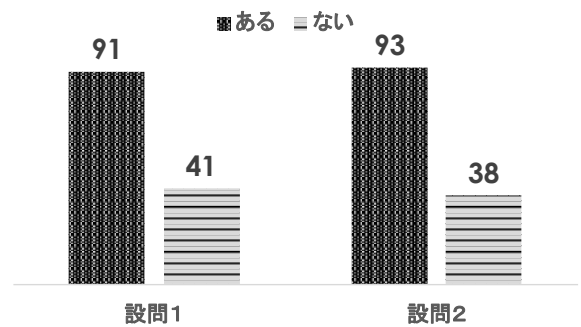


図4 アンケート結果(設問1、設問2)

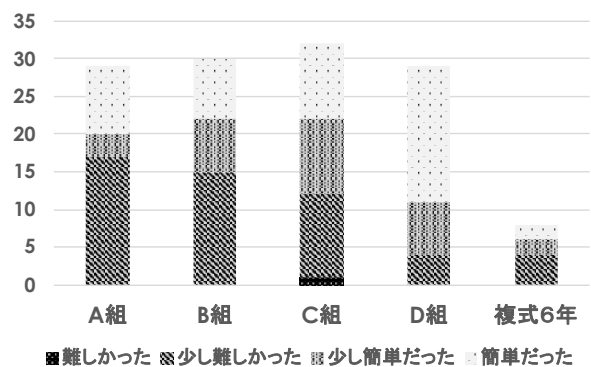


図5 アンケート結果：設問3

- ・作業がたくさんあった
- ・覚える手順が長かった
- ・順番がよくわからなくなった

など、普段の授業で行う実験操作と比べて一度に行う作業が多かったことから起因すると考えられる理由が挙げられていた。一方で、C組とD組では「簡単だった」と「少し簡単だった」と回答した児童が多かった。特にD組では9割近くの児童が実験操作を容易に感じており、A組とB組と比較して興味深い結果となっている。理由として

- ・作業そのものは単純だった
- ・いつもと変わらなかった
- ・混ぜて計っての繰り返しだった
- ・説明が分かり易かった
- ・しばってつけるだけ、簡単でとても楽しかった

などが挙げられており、実験手順の説明の際にこれまでの授業で行ってきた実験操作を想起できていると、手順が長くなっても難しく感じることなく実験できていると考えられた。この点については、授業のビデオを分析してより良い説明方法を検討したい。

設問4は図6に示すようにほぼ全員の児童が楽しかったと回答しており、実験操作の長さや単純さから楽しくなかったと回答する児童が一定数いるのではないかとの予想は杞憂であった。回答理由としては

- ・色を取り出す作業が楽しかった
- ・pH試験紙の色が変わるところが楽しい
- ・変化が明確でわかりやすい
- ・どうなるか想像してワクワクした
- ・教科書にのっていない実験であった
- ・科学者になった気分

などがあげられた。「少し楽しかった」と回答した児童からは、実験が難しかったとの意見が出された。今後、説明方法の改善を行うことで対応したい。

ワークシートを用いた実験の振り返りについては様々なモデルが提示された。まず、最も正確に実験で見られた現象を表したワークシートである図7を示して、実験の状況を説明したい。まず、ミキサーで粉々にされたドラゴンフルーツの皮の破片を蒸留水に入れてかき混ぜると、皮から色素が溶け出して容器内の水全体に拡散し、赤紫色の水溶液ができる。手絞り濾過において、ネット内に残ったドラゴンフ

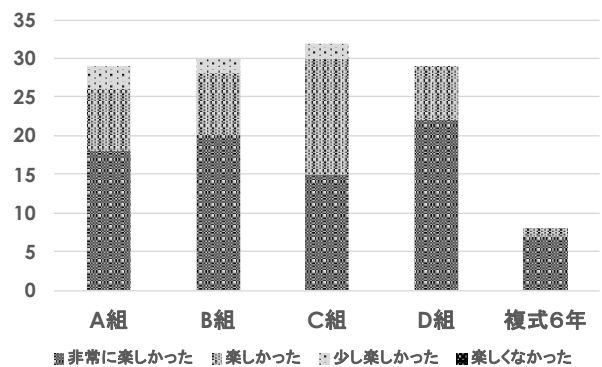


図6 アンケート結果：設問4

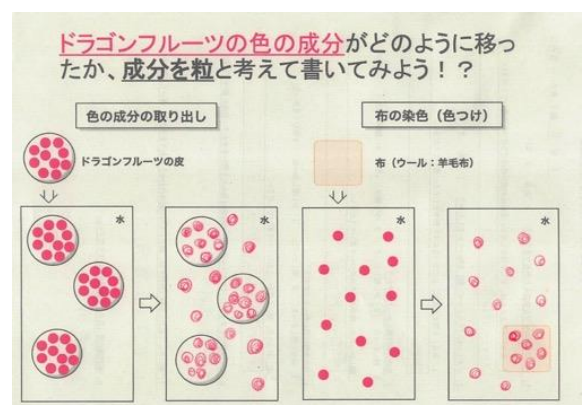


図7 粒子モデル図：児童Aの回答

ルーツの皮の残渣は、完全に白くなって色落ちしているわけではなく、赤紫色が少し残っている状態である。図7の児童Aの左側の図は、水全体に色素の赤い粒があり、皮の塊を示す大きな丸の中にも赤い粒が残っており、さらに赤い粒の数も等しく理想のモデル図と言える。羊毛布（ウール）への染色過程を表す右側の図については、赤紫色の色素を表す赤色の粒が全体に広がった水溶液の色の濃さが少し薄くなり、布（ウール）の中に水よりも高い密度で色素の粒が描かれていることが望ましく、図7では粒の数が若干異なるものの正確に実験状況を表すことができていた。

しかしながら、図7の児童の様に実験の状況を正確に表現できていたのは全児童130名のなかで21名と圧倒的に少数であった。多くの児童はドラゴンフルーツの色が残っているにも関わらず全ての色素の粒を水の中へ移動させていたり、染色実験では全ての色素の粒を水から布（ウール）へ移動させている例が目立った。図8に示す児童Bの例はその代表例ではあるが、右側の図については粒の数が同じであり粒子概念の基礎的な部分は身につけていると考えられる。図9に示す児童Cの例では、色素の抽出の際に赤紫色の溶液が得られているにも関わらず、手絞り濾過の時のネットに残ったドラゴンフルーツの皮に意識が集中したため水溶液には注意が向かず、このような図になったと考えられる。その他に、何も記入できていない児童が7名いた。

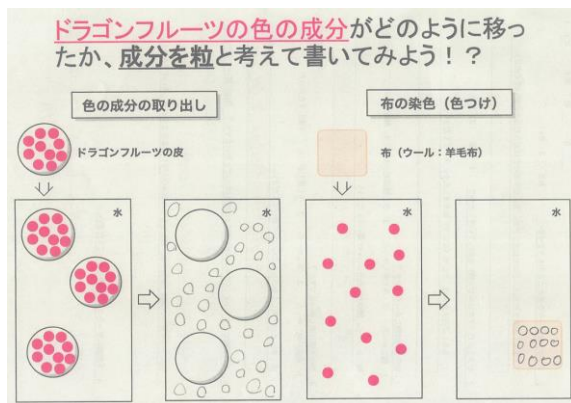


図8 粒子モデル図：児童Bの回答

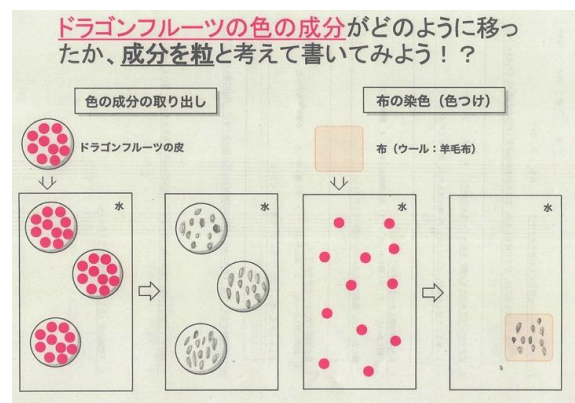


図9 粒子モデル図：児童Cの回答

5. 考察

本授業を通して、大多数の児童がドラゴンフルーツと赤紫色の水溶液の色の成分について、ワークシートの左上に例示されているドラゴンフルーツの皮を表す粒の塊を参考にして、色素の粒が移動していることで抽出と染色がある程度表現できていることが分かった。小学校第4学年で学習する「空気と水の性質」に関わる基本的な概念の柱の一つ「粒子の存在」については、教科目標を達成するための手段としての「理科の見方・考え方」として修得できていると考えられる。一方で、第5学年で学習する「物の溶け方」に関わる基本的な概念の柱である「粒子の保存性」については、児童ごとに修得状況が大きく異なる印象を受けた。中学校第2学年の「物質のすがた」で初めて原子・分子に触れ、第3学年の「水溶液とイオン」で原子の成り立ちとイオンを学習することから、小学校の段階では厳密な粒子の保存性については公式に取り扱うことはない。そのため、「理科の見方・考え方」としての粒子モデルの導入として、自由に記述することにより肉眼で確認できない現

象を、仮想の粒子モデルを用いて説明することに慣れることが重視されていると思われる。ただ、あまりに幅広い記述内容をそのまま容認してしまうと、中学校で目にする厳密な「粒子の保存性」を学習する際に不応を起すことが懸念される。本授業で用いたワークシートは、図3の様に完全な自由記述ではなく、粒の塊としてドラゴンフルーツの皮の粉末（破片）が示してある。この様な例示により粒子モデルの扱い方に慣れていくことで、正確な粒子概念の形成につながるのではないかと考えている。

昨年度に行なった授業では、日程の関係もありワークシートの記入については「粒の数は変えないで書こう」等の規則に関わる指示を行っていなかった。また、作業内容が多く実験中に観察した内容をノートに記述する余裕があまりなかったため、モデル図を書いて授業内容を振り返る際に正確な状況の再現が難しかったのかもしれない。幸いにも染色実験についての印象は、ほぼ全ての児童が楽しかったと回答していたことから、実験操作とワークシートを記入する際の基本概念の振り返りについて工夫を行うことで、実験内容に大幅な変更を加えることなく、より正確な粒子モデルを用いた実験の振り返りが可能になると期待している。

6. おわりに

ドラゴンフルーツの皮を用いた染色実験の理科教材としての検討は、鹿児島大学教育学部附属小学校の理科部と協力して2年間で検証する計画であり、今年度の2月にも実施する予定である。ドラゴンフルーツと弱酸性を示すビタミンC（アスコルビン酸）を教材として扱うことは、鹿児島県特有の気候と植生を知るとともに、身近な物質がいろいろな使われ方をしていることを体験するという点からも有用性は高いと思われる。児童の中には、ドラゴンフルーツの説明を行う前に、教卓に準備されたミキサーで粉々にされた赤紫色のドラゴンフルーツの皮（冷凍保存したもの）の破片を見ただけで、これはドラゴンフルーツではないかと尋ねてくるものもあり、日常生活でも目にする鮮やかな色の物質に興味を喚起されている様子であった。

粒子モデルに代表される「肉眼でその存在を確認できないもの」を図や記号を用いた仮想モデルにより理解することは、理科の粒子領域のみでなく幅広い分野に応用可能であり、また必要とされる能力である。一方で、仮想モデルの構築や記号の活用が苦手な児童にとっては、理科や数学などの理系教科に対する苦手意識を芽生えさせてしまう可能性も高い。今後も、興味を喚起できる身近な物質を使った実験と粒子モデルを組み合わせ、正確な粒子概念の獲得にむけた検討を行なっていきたい。

7. 附記

本論文は、平成29年度（第2回）日本理科教育学会九州支部大会（平成30年5月26日、J:COMホルトホール大分）において発表した内容を加筆・修正したものである。

8. 謝辞

本研究の授業を実施するにあたり、快く引き受けて頂きました鹿児島大学教育学部附属小学校理科の先生方に深く感謝申し上げます。また、本研究で使用したドラゴンフルーツ（レッドピタヤ）の皮は藤絹織物株式会社に提供して頂きました。記して深く感謝申し上げます。

9. 参考文献

- 文部科学省 (2017) 小学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説 理科編, 株式会社東洋館出版社
- 文部科学省 (2017) 中学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説 理科編, 学校図書株式会社
- 山口晃弘 (2017) 「粒子」に関わる様々な「見方・考え方」について. 理科の教育, No.784, Vol.66, (11), pp.13-16
- 坂本有希 (2017) 粒子概念を思考ツールとして活用することと資質・能力の育成. 理科の教育, No.784, Vol.66, (11), pp.29-31
- 露木和男 (2017) 子どもにとっての「地域教材」の意味. 理科の教育, No.774, Vol.66, (01), pp.12-15
- 錦織寿, 田中健一, 佛淵のぞみ, 瀬戸房子 (2013) ドラゴンフルーツを用いた羊毛布の染色についての研究. 鹿児島大学教育学部研究紀要 (自然科学編), No.64, pp.17-23
- 錦織寿, 中馬裕香, 中野聖子, 瀬戸房子 (2014) ドラゴンフルーツの果皮を用いた絹布 (シルク) の染色. 鹿児島大学教育学部研究紀要 (自然科学編), No.65, pp.1-8
- 錦織寿, 川端結花, 瀬口公美, 瀬戸房子 (2015) ドラゴンフルーツを用いた絹布の染色 (2) 温度効果と時間変化. 鹿児島大学教育学部研究紀要 (自然科学編), No.66, pp.41-50
- 錦織寿, 瀬口公美, 瀬戸房子 (2017) ドラゴンフルーツを用いた絹布の染色 (3) 添加剤の影響について. 鹿児島大学教育学部研究紀要 (自然科学編), No.68, pp.13-22