

# 児童の質量保存の法則の定着についての研究 ～実体的物質観への移行に着目して～

Establishing the Law of Conservation of Mass in Children  
～Focusing on the Transition to a Substantial View of Matter～

菅井 翼  
Sugai Tsubasa

大妻女子大学大学院 人間文化研究科 保育・教育学専攻 修士課程

キーワード：人間，生活，文化，質量保存の法則，粒子概念

Key words : Human, Life, Culture, Establishing the Law of Conservation of Mass, Substantial View of Matter

## 1. 研究目的

国立教育政策研究所(2006)は、小学校5年生を対象に実施した「特定の課題に関する調査」の結果から、「質量保存の考え方が十分に定着していない」という考察をしている。また、村上(2010)は中学2年生に対してアンケート調査を行った結果、「原子・分子」の学習を行った後、簡単な質量保存の法則についての質問にも、多くの中学生が誤答したと述べている。この結果から、現状の理科学習では、質量保存の法則が十分に定着していないことが示唆される。

村上ら(2005)は、質量保存の法則の定着が困難であることの要因について、直接観察することのできない「粒子概念」の定着は生徒にとって容易ではなく、「物質は全て原子でできており、それが固有の質量を持つこと」また「化学変化において、反応に関わる全ての物質の質量の和は、反応の前後で変化しないこと」は、実感として理解・認識されることは簡単ではないと述べている。これに対し、高橋ら(2011)は、「物質は小さな粒でできている」という基礎的粒子概念を指導された中学校2年生は、その概念を使って思考することで、質量保存の法則の概念定着に効果があったと報告している。さらに、高橋ら(2007)は、小学校4年生の単元「もののかさと力」「もののかさと温度」の指導を、基礎的粒子概念を導入して、指導したところ、粒をもとにして考えると分かりやすいという肯定的な答えが8割以上あったと述べている。これは、「物質は小さな粒でできている」という初歩的粒子概念が有効であることを示している。

また菊池ら(2008)は、粒子概念が理解されれば、質量保存の法則を一般化して説明できると述

べている。質量保存の学習に対する課題として、(1)粒子概念を扱わずに原子・分子を導入していること、(2)粒子概念の導入が遅く、化学変化の場面でしか学習していないため、マクロとミクロの視点の相互理解を測る機会がほとんどないこと、(3)粒子概念の導入が遅すぎるため、学習機会のタイミングを失い、小学校から高校を通して抜け落ちてしまっていると述べている。これらの指摘は、粒子概念の理解が、質量保存の法則と密接に関わっていることを示している。さらに、森(1976)は、物質を捉える際に働かせる物質観について、4段階に分類した。中でも実体的物質観は粒子観が形成され、物質保存概念が獲得されるとした。森は5・6歳の子どもに、固体を粉末にするなどの実験を演示し、インタビュー調査を行ったところ、児童の物質観を実体的物質観に到達することができたと報告している。

以上のことから、小学校段階で基礎的粒子概念につながる活動を、化学変化以外の場面で導入することで、質量保存の法則の定着の促進につながるのではないかと考えた。そこで本研究では、小学3年生「ものの重さ」の学習で粒子への気づきを実感できる授業を実施し、児童の質量保存の法則の定着にどのような影響があるのかを明らかにすることを目的とする。

## 2. 研究実施内容

### ○粒子への気づきを実感できる授業の実施

菊池(2011)は、全ては粒子でできていることを事前に教えた上で物質学習に取り組むことで、質量保存の法則の定着に一定程度の効果があると述べている。Smith&Wiser(2013)は、「全ては粒子でできている」という概念を、児童自ら形成で

きるように、対象物を格子状に分解させることを繰り返しても、物質は消滅しないこと、その分解物の格子線を重ね合わせることで、元の物体になることを、思想的に行えることの重要性を指摘している。また、川崎・中山(2018)は、Smith&Wither(2013)の知見を援用し、3年生「ものの重さ」の「ものは、形が変わっても重さは変わらない」を学ぶ段階において、同じ個数のレゴブロックを、違う形に積み重ねると、重さは変わるのだろうか」という学習を取り入れている。これにより、児童は物質に対する微視的な構成モデルへと発展させることができると述べている。

そこで本研究では、小学校3年生「ものの重さ」において、「形が変わっても重さは変わらない」ことを学ぶことに加え、「細かくしても重さは変わらない」ことを学ぶ学習内容を導入した。本実践では砂岩を粉々にした。一定程度の重さがあり、児童の手でも簡単に砕くことができ、砕いた後の粒子もかなり細かい。どこまで粉々にしても、砕かれた砂がこぼれない限り、重さは変わらないことを実感できれば、より、物に対する粒の視点が、児童の中で構成されるのではないかと考えた。

また、単元の流れは基本的に教科書と同じように進め、「形を変えても重さは変わらない」ことを学んだ後に本実践を行った。二重にしたチャック付きビニール袋に砂岩を入れ重さを測り、麵棒で砕く。砕いた後の重さを測り、砕く前との重さを比較する流れで実験を行った。

### ○実践授業の効果測定

本実践の効果を検証するため、東京都内の小学校3年生に実践授業を行い、事前と事後に、同じ質問紙で質量保存について、調査を行った。調査の対象にできたのは47名である。

#### ・調査問題

食塩を水に混ぜました。食塩は見えなくなりました。塩はビーカーからなくなったのでしょうか。ビーカーの中では、塩はどのようにになっているのでしょうか。図に書ける人は、図に書きましょう。

#### ・調査結果

(実践授業前) 塩はビーカーの中に

	ある	ない	わからない
人数	35人	11人	1人

(実践授業後) 塩はビーカーに

	ある	ない	わからない
人数	43人	3人	1人

授業実施前後で、「塩はビーカーにある」と答えた児童は35人(74.5%)から43人(91.5%)へと増加した。カイ二乗検定の結果、この変化は統計的に有意な差が確認された。 $(\chi^2 = 5.39, df = 1, p = 0.020)$

このことから、本実践により、物は細かくしても重さは変わらず、消滅しないことを理解することで、水に塩が溶けても存在しているという認識を強化できたものであると考えられる。この結果は、森(1976)の実体的物質観に到達したという先行研究や、菊池(2008)の「全ては粒でできている」という概念を導入することにより、質量保存の法則の理解を促進するという知見を支持している。

#### ・図の分析

「溶けている」という現象を、どのように図に表現しているのかを、分析した。

まず、授業実施前の調査で、見えなくなった食塩はビーカーの中に「ある」と答えた児童の中で、ビーカーの中の様子を粒で表した対象の人数は25人(64.1%)。食塩はあるけど、何も書いていない人数が14人。「ない」「わからない」と答えた児童は、13人。13人中12人は、溶けた食塩の様子を書いていなかった。

授業後の調査結果では、「ある」と答えた児童のうち、見えなくなった食塩を粒で表現した対象の人数は34人(73.9%)。食塩はあるけど、何も書いていない人数は12人。「ない」「わからない」と答えた児童は、10人だった。

授業前後で「ビーカーの中に溶けた塩の様子を粒で表現した」児童は、64.1%(25人)から73.9%(34人)に増加した。カイ二乗検定の結果、この変化は統計的に有意な差は確認されなかった。 $(\chi^2 = 0.550, df = 1, p = 0.080, ns)$

このことから児童は、本実践だけでは見えない

現象を粒で捉えることはできない可能性が示唆される。これは菊池(2008)が指摘する質量保存の法則の課題、「粒子概念を導入することが遅いため、児童の概念形成が十分に進まないこと」に関連していると考えられる。粒子概念を形成するきっかけがあったとしても、直ちに見えない現象に適応するのは難しい可能性が示唆される。物を細かくすることで、物は細かい粒子でできていることは理解できた可能性はあるが、それが、不可視な現象にまで適応できているのかどうかは、この質問紙では明らかにすることができなかった。これは、4年生の理科学習で出会う、水や空気などの不可視な現象に出会う前に行った調査であるため、十分に概念を深める前に調査をしたからではないかと考える。全ては粒子でできているという粒子概念の一部を形成し、さまざまな場面で見聞きし、使い、深め、転移させることで、粒子概念を不可視な現象に使えるようになるのではないかと考える。

### 3. まとめと今後の課題

本研究では、小学3年生「ものの重さ」の学習で粒子への気づきを実感できる授業を実施し、児童の質量保存の法則の定着にどのような影響があるのかを明らかにすることを目的とした。

物を細かくする学習を行うことで、児童の「物が水に溶けても存在している」という実体的物質観が有意に変化した。しかし、目で見えない現象を粒で表す児童は、有意に増加しなかった。つまり、本実践では、児童が「粒で表現する」ための基盤を築いた可能性があるものの、それを不可視な現象に適応するには、さらなる経験が必要ではないかと考える。今後、「不可視な現象」を捉える際、児童はどのように粒子概念を形成し、転移させていくのかを調査する必要がある。

今後の課題として、「全ては粒子でできている」という概念を3年生で形成した児童は、4年生の物質学習で不可視な現象を扱う際に、どのように概念を発展させ、深め、転移させていくのかを明らかにする必要がある。また、本研究で行った質問紙の回答に変化が見られるかどうかを追跡することで、粒子概念の形成と定着について詳細に分析できると考えられる。

### 付記

本研究は大妻女子大学人間生活文化研究所の令和6年度大学院生研究助成(B)(DB2419)「児童の質量保存の法則の定着についての研究～実体的物質観への移行に着目して～」を受けたものである。