

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 31 日現在

機関番号：11201

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500840

研究課題名（和文）初歩的粒子概念導入による「なぜそうなるのか」を重視した  
小学校物質学習の構築と実践

研究課題名（英文）Practical Studies of Matter in the Elementary School Attaching  
Importance to “Why Does It Happen?” by Introducing Basic Concept of Particle

研究代表者

村上 祐（MURAKAMI TASUKU）

岩手大学・教育学部・特任教授

研究者番号：60006327

研究成果の概要（和文）：「ものはすべて小さな粒でできている」という「初歩的粒子概念」を導入し、「なぜそうなるのか」を重視した授業は、児童の科学的思考力を育むために有効であった。この授業を、「粒子概念」は異なる単元でも使うことができることに気づかせる「単元間に繋がりのある授業」に発展させた。さらに、「初歩的粒子概念」を習得したのち、異なる単元でそれを活用できる新教材を開発した。研究成果を教育現場に還元するために多くの学会発表を行うとともに、最終年度には公開シンポジウムを開催した。

研究成果の概要（英文）：Many practical lessons which introduce the basic concept of particle, that is, all matter is made of small particles, to the elementary school, and attach importance to “why does it happen?” have been effective to bring up scientific thinking-power of children. We developed a new type of lesson to correlate one unit to another, by using the basic concept of particle. We have made a particle-chart as a new teaching material, which will be able to use throughout the studies of matter in the elementary school. We have reported many research and practical data in some science-educational societies, and held an open symposium at the last of this research.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：粒子概念，小学校理科，科学的思考力

## 1. 研究開始当初の背景

（1）理科教育の柱に位置づけられた「粒子」  
2008年3月告示の学習指導要領においては、その解説に述べられているように、『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、子供たちの発達段階を踏まえ、小・中・高を通じた理科の内容の構造化を図る』こととされた。本研究と関わる物質学習の内容も小・中校を通じて系統的に「粒子」に配置され、「粒子」が理科教育の柱の一つとなった。

## (2) 教科書における「粒子」の取り扱い

「粒子」が理科教育の柱になったにもかかわらず、小学校学習指導要領では「粒子」に全く言及しておらず、各単元の学習内容の記述も前の指導要領とほぼ同じである。このことに対して、文部科学省は、「粒子」を柱にするとしても小学校から「粒子概念」を導入するのではなく、「粒子のメタファー体験や粒子への気づき」を学ぶと説明している。

一方、指導要領解説には「ここでの指導に当たっては、～について説明するために、図や絵を用いて表現することができるようにする。」など、「粒子のイメージ」を「図や絵を用いて表現する」よう指導している。しかし、具体的な「粒子のイメージ」を示してはいない。このため、2011年発行の小学校教科書では、出版社によって「粒子」の取り扱いが大きく異なることとなった。

## (3) これまでの研究成果から

これまでの以下の科研費研究を通して、イオンを含めた粒子の基本概念「物質は原子・分子・イオンという基本的粒子でできている」を中学校教育のできるだけ早期に導入すべきこと、「ものはすべて目に見えない小さな粒でできている」という「初歩的粒子概念」は小学4・5年生にも十分理解されること、さらに、基本的な概念を早期に学習することによって子供たちは物質の様々な性質・事象を体系的に理解できるようになることなどを明らかにした。

- ①中等教育における「イオン学習」の適時性- 中学・高校をつなぐカリキュラムの研究-
- ②中高一貫教育における「物質学習」の系統的段階化と適時性
- ③粒子概念の早期定着をめざす小・中連携教育カリキュラムの実践研究

## 2. 研究の目的

### (1) 小学校の物質学習への「初歩的粒子概念」の導入

小学校の物質学習に関連するすべての単元に「ものはすべて小さな粒でできている」という「初歩的粒子概念」を導入し、小学生の段階で「小さな粒」による物質理解を定着させる。このことにより、中学校のより高度な物質学習・粒子概念学習にスムーズに入っていけるよう備える。

### (2) 「なぜそうなるのか」を重視する学習

これまでの学習指導要領から大まかに言えば、小学校の物質に関する学習においては、日常の身近な現象や体験的な実験を基に、物質に関わる性質・事象を知識として獲得することが主な内容であり、「なぜそうなるのか」については重視してこなかった。しかし、小学生でも「なぜそうなるのか」と考え、納得

するのでなければ、単元で学習した事象をそれぞれ別個の知識として獲得・記憶するのみであり、科学的思考力育成に繋がらない。そこで、「ものはすべて小さな粒でできている」により、単元で取り上げている事象を「なぜそうなるのか」と探求する授業に再構成し、実践する。各単元の事象を「小さな粒」で理解することにより、単元間に繋がりがあること気づかせる。

## 3. 研究の方法

### (1) 小学校における粒子導入教育の先行研究および海外の実態調査

小学校の物質学習に粒子概念を導入した実践は、我々のこれまでの科研費研究を含め数多く行われてきた。これらの先行研究における粒子概念の導入場面や、用いた粒子イメージを調査して、それぞれ類型化し、本研究に活用する。また、本研究を国際的通用性の観点から検証するため、諸外国の初等教育における粒子概念教育を調査する。

### (2) 「初歩的粒子概念」を導入し、「なぜそうなるのか」を重視した授業実践

小学校の「粒子」に位置づけられているすべての単元に、「初歩的粒子概念」を導入して、「なぜそうなるのか」を重視した学習内容に再構築する。それぞれの単元の学習内容を「なぜそうなるのか」を重視した授業指導案にまとめ、その内容に相応しい教材を開発するとともに、授業実践によって検証・改善する。

### (3) 中学校における科学的思考力育成のための授業実践

小学校段階で初歩的粒子概念を学習済みであるという前提に立った中学校の物質学習のあり方や科学的思考力の向上、さらには小中高校を通しての粒子概念の系統的学習の課題についても検討する。

## 4. 研究成果

### (1) 「なぜそうなるのか」を重視した授業による科学的思考力育成

小学校における粒子概念の導入についての内外の実態調査は、海外数カ国の教科書および国内のいくつかの調査報告書並びに学会報告等により実施した。これにより、小学校の物質学習に、「ものはすべて小さな粒でできている」という「初歩的粒子概念」を導入する授業は、子どもたちに十分理解させることができることがわかった。そこで、「初歩的粒子概念」を小学校の物質学習に導入する授業実践をいくつか行った。「初歩的粒子概念」は、「なぜそうなるのか」という科学的思考力を育むために有効であり、小学生に十分理解される概念であることが改めて確認で

きた。さらに、このような粒子概念を、学習指導要領が強調する「実感を持った理解」に導くため、いくつかの教材開発を行った。

### (2) 単元間の繋がりを意識した授業

新しい形式として、「初歩的粒子概念」を導入して学習した単元後の単元で、学習した粒子概念を活用するような、「粒子概念導入により単元同士のつながりを重視した授業」を策定し、実践した。具体的には、小学校4年「水の状態変化」で初歩的な粒子概念を学習し、その知識を使って5年「溶解現象」を理解するという学年間の繋がりのある授業を実践した。このような繋がりのある授業では、児童の理解度が深まることを確認した。

一方、小学校と中学校の連携を意識した実践研究も行った。小学校段階で初歩的粒子概念を学習済みであるという前提に立った中学校の物質学習のあり方や、小中高校を通しての粒子概念の系統的育成についても検討した。小学校段階では、粒子の運動やエネルギーをどう扱うかが大きな課題として浮かび上がった。

### (3) 新教材の開発と授業改善

小中学校における物質学習を、既習知識の活用により考えさせ理解させるようにし、児童・生徒の思考力等を高めるようにするために、いくつかの教材開発を行った。

①小学校4年「もののかさと温度」では、金属の体積変化が水よりも小さいことを確認できる「金属球を用いた教材」(図1)。教科書に掲載されている「金属球と金属環」の実験だけでは子どもたちを惑わせていたが、本教材により、温度による体積変化の大きさを論理的に考えることが可能となった。



図1 鉄球を使用



図2 シリンジを使用

②小学校4年「水のすがたとゆくえ」では、沸騰した泡の正体を確かめるための「シリンジを使った実験」(図2)。この実験では、加熱をやめると水蒸気が一瞬のうちに水滴になることから、水の沸騰で生じる泡が水蒸気であることを容易に確かめることができた。また、体積も瞬間的に変化することから、水の状態変化と体積の関係を明白に示すことができ、いくつかの研究授業で使用した。

③中学校1年「気体の発生と性質」では、既習の知識を活用して生徒に考えさせる「T字管を用いた未知気体の系統的分析」。教科書に掲載されている実験だけでは、生徒に考えさせる内容に乏しく、単に気体の発生や収集法の技能を体験するだけになりがちである。本教材を導入することにより、既習知識を活用して探究できる場面を加えることができた。

### (4) 「初歩的粒子概念」の習得と活用のための学習シート

単元間の繋がりを重視した学習を確実にものとするため、学習した粒子概念の内容を一枚の学習シートに記入できるようにした。この学習シートには、授業で学習した粒子の内容を追加記入できる。この学習シートを用いることにより、すでに学習した粒子概念を活用でき、さらに新しく学習した内容を書き込めるので粒子概念理解の深化を一枚のシートで確認できる。児童の粒子に関する理解が深まったことから、理科授業における「習得と活用」の繰り返しが重要であることも確認できた。

### (5) 公開シンポジウム開催等、研究成果の教育への還元

①研究成果の一部(図1を用いた実験)を取り入れて岩手大学教育学部小学校教員養成コースの必修科目の改善が行われた。  
②日本理科教育学会第62回全国大会(2012年8月)では、千葉大学山下修一准教授とともに課題研究「理科教育の柱「粒子概念」を生かす小中学校における系統的学習」を企画・実施した。  
③本研究の最終的時期(2013年3月)には、公開シンポジウム「理科の柱「粒子」を生かす学習とは?」を岩手大学で開催した(参加者約50名)。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計3件)

①藤崎聡美, 村上祐, 他3名, 小学校教員養成の「教科に関する科目(理科)」の充実を

目指した試み，査読なし，岩手大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要第11巻，2012，29-40.

- ②小原大祐，村上祐，他3名，水の沸騰時に発生する「泡」の正体を捉えさせる教材開発，査読なし，初等理科教育，45巻(4)，2011，68-71. <http://nisshori.com>
- ③藤崎聡美，村上祐，「金属の体積変化は水よりも小さい」を確かめる教材を用いた授業，査読なし，初等理科教育，44巻(6)，2010，66-69. <http://nisshori.com>

〔学会発表〕(計23件)

- ①村上祐，中1「気体の発生と性質」におけるT字管を用いた系統的定性分析-科学的思考力育成のために-，化学教育研究協議会東北大会，2012.9.16，秋田大学(秋田県)
- ②増田伸江，村上祐，他2名，初歩的粒子概念形成における「つぶつぶシート」の活用，日本理科教育学会第62回全国大会，2012.8.12，鹿児島大学(鹿児島県)
- ③高室敬，村上祐，他3名，小学校で粒子概念を活用するための学習シートに関する研究，日本理科教育学会第62回全国大会，2012.8.11，鹿児島大学(鹿児島県)
- ④坂本有希，菊地洋一，村上祐，中学1年生における粒子概念の理解に関する研究，日本理科教育学会第62回全国大会，2012.8.11，鹿児島大学(鹿児島県)
- ⑤加茂川恵司，村上祐，他3名，小中高等学校を見渡す粒子概念の系統的な育成への課題と提案，日本理科教育学会第61回全国大会，2011.8.21，島根大学(島根県)
- ⑥菊地洋一，村上祐，他4名，小学校における粒子概念の活用 -「状態変化」で導入し「溶解」で活用する授業実践-，日本理科教育学会第61回全国大会，2011.8.20，島根大学(島根県)
- ⑦藪部幸枝，村上祐，他4名，熱と運動に着目した粒子概念形成-電流から「物質のミクロな状態」を考える-，日本理科教育学会第61回全国大会，2011.8.20，島根大学(島根県)
- ⑧村上祐，他3名，教科書を児童・生徒の思考力を育成するものとするために，日本科学教育学会第34回年会，2010.9.12，広島大学(広島県)
- ⑨菊地洋一，村上祐，他2名，小学校における粒子概念の導入(その1 授業構想の背景)，日本理科教育学会第60回全国大会，2010.8.7，山梨大学(山梨県)
- ⑩尾崎尚子，村上祐，他3名，小学校における粒子概念の導入(その2 「水のすがたとゆくえ」における授業実践)，日本理科教育学会第60回全国大会，2010.8.7，山梨大学(山梨県)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

村上 祐 (MURAKAMI TASUKU)  
岩手大学・教育学部・特任教授  
研究者番号：60006327

### (2) 研究分担者

武井 隆明 (TAKEI TAKAAKI)  
岩手大学・教育学部・教授  
研究者番号：10109150

### (3) 連携研究者

菊地 洋一 (KIKUCHI YOUICHI)  
岩手大学・教育学部・教授  
研究者番号：50241493

### (4) 研究協力者

佐藤 明子 (SATO AKIKO)  
科学技術振興機構・理数学習支援センター・主任アナリスト  
研究者番号：40345418

加茂川 恵司 (KAMOGAWA KEIJI)  
元文部科学省・教科書調査官  
研究者番号：40150057

高橋 治 (TAKAHASHI OSAMU)  
北上市立北上北中学校・副校長

藪部 幸枝 (SONOBE YUKIE)  
お茶の水女子大学附属中学校・教諭

増田 伸江 (MASUDA NOBUE)  
お茶の水女子大学附属小学校・教諭

坂本 有希 (SAKAMOTO YUUKI)  
岩手大学教育学部附属中学校・教諭

近藤 尚樹 (KONNDO NAOKI)  
北上市立鬼柳小学校・副校長

小原 大祐 (OBARA DAISUKE)  
北上市立飯豊小学校・教諭

尾崎 尚子 (OZAKI NAOKO)  
岩手大学教育学部附属小学校・教諭

黄川田 泰幸 (KIKAWADA YASUYUKI)  
岩手大学教育学部附属小学校・教諭

高室 敬 (TAKAMURO TAKASHI)  
岩手大学教育学部附属小学校・教諭

藤崎 聡美 (FUJISAKI SATOMI)  
岩手大学・技術部・専門職員

研究者番号：80271831

吉村 泰樹 (YOSHIMURA YASUKI)  
岩手大学・人文社会科学部・教授

研究者番号：40113873