

平成 22 年 5 月 28 日現在

研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2007～2009  
 課題番号：19500715  
 研究課題名（和文） 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  
 研究課題名（英文） Practical Studies on the Cooperative Curriculum in Elementary  
 and Lower Secondary Schools for the Early Fixation of the Particle Concept

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

研究成果の概要（和文）： 初等・中等教育における物質学習の充実のために、粒子概念をどのように取り入れるかを種々の観点から調査・研究した。小学生から大学生までの粒子概念の理解度、海外における粒子教育のあり方、および小学校における実践研究の結果から、小学校では「物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学習・理解しておくことが、より高度な粒子概念学習のために重要である。また、中学校では、粒子の熱運動および相互作用で三態変化・溶解現象を理解すべきである。

研究成果の概要（英文）： For the better understanding of matter in the elementary and secondary education, how to introduce the particle concept to this stage of education has been investigated from many points of view. From the results of questionnaire on the particle concept, descriptions of particles in textbooks of some foreign countries, and practical studies in elementary schools, it has been concluded that the study and understanding of the “basic” particle concept, that is, all matter is made of small particles, is important in order to link smoothly to the higher grade of concept. In the lower secondary school, the state-change and dissolving of matter should be treated by the thermal-motion and interaction of particles.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2008 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学 科学教育

キーワード：粒子概念，小学校理科，物質学習カリキュラム，外国教科書

## 1. 研究開始当初の背景

## (1) 粒子概念と中学生のつまずき

小学校および中学校における理科・化学分野の主な目的は、「物質概念」の基礎をつくることである。これまでの学習指導要領によ

れば、小学校では、日常の現象や体験的な実験をもとに物質に関わる性質・現象を知識として獲得していくこと、一方、中学校では、物質の様々な性質を原子・分子・イオンの粒子概念で理解することが目標となっている。

しかし、各種調査によれば、粒子概念が中学生にあまり定着していないことが明らかになっている（例えば、文部科学省・国立教育政策研究所による特定課題調査、2006年1・2月実施）。

### （2）学習意欲の低下

物質を構成している粒子を理解できなければ、物質学習の基盤を欠くことになり、「理科離れ」さらには「勉強離れ」の大きな要因にも繋がる。理科・自然科学は基礎・基本からの積み上げ学習が特に重要な学問である。基礎が理解できなければその上位のことがさらに分からなくなり、学習意欲も削がれていく（PISA2006によれば、日本の15歳段階の生徒について、科学的能力は維持しつつも、科学的関心・意欲の点では参加国中最下位という結果になった）。一方で、理科ほど「生徒が自主的に学習内容に関わっていく、あるいは関わっていくことができる」教科はない。この理科の特殊性を十分発揮できるようなカリキュラム・教材の開発・改善を進めて、学ぶ意欲を引き出していく必要がある。

### （3）これまでの研究成果から

次の科研費特定領域研究「新世紀型理数系教育」（2003～2006年度）を通して、イオンを含めた粒子概念（物質は原子・分子・イオンでできている）を中学校教育のできるだけ早期に導入すること、そのことによって生徒は物質の様々な性質・現象を体系的に理解でき、それが「理科学習の面白さ」に繋がって学習意欲を向上させることなどを明らかにした。

- ・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-
- ・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

## 2. 研究の目的

中学校およびそれに引き続く高校での物質学習を充実させるためには、その基礎となる小学校高学年における学習内容についても吟味・検証する必要がある。特に、小学校の物質学習を単なる「性質・現象の知識を獲得する」だけで終わらせるのではなく、物質の性質・現象を初歩的粒子概念（物質は非常に小さな粒でできている）によって理解しておくことが、中学校におけるより高度の粒子概念の定着に重要である。このことが中学生の「理科離れ」を防ぐ方策のひとつと考えられる。

本研究の目的は、次の2つである。

①学習指導要領改訂で、「粒子」が小・中理科教育の柱の一つとして位置づけられたことを踏まえ、「小学校における物質学習に、初期粒子概念をどう取り入れるか」、「小学校への初期粒子概念導入によって、中学校初年度

における物質学習をどう展開できるか」など、小・中連携カリキュラムを構築するとともに、小学校および中学校での教育実践等で検証する。

②小・中連携カリキュラム構築の基礎データとするために、「物質を構成している小さな粒について児童・生徒がどの程度理解しているか」、「海外では粒子概念をどのように導入しているか」、などを調査する。

## 3. 研究の方法

### （1）児童・生徒の粒子概念の認識調査

「物質は小さな粒でできている」という「粒子概念」と表裏の関係にある「粒と粒の間のすき間」および「粒の（熱）運動」に焦点を当てて、それらの理解度を調査するアンケートを実施した。対象は主として岩手県内の小学5、6年生、中学1、2、3年生、高校1、2年生、および大学3年生である。大学生は、教育学部小学校教員養成コースと、理系の教育学部理科所属生と工学部応用化学学科所属生も調査した。

### （2）海外における粒子概念教育の調査

粒子概念を日本の初等教育に無理なく導入するため、および粒子概念導入により期待できる学習効果を探るため、諸外国（アメリカ、イギリス、ドイツ、イタリア）の教科書における粒子概念の取り扱いを調査した。

### （3）小学校における粒子概念導入の試み

粒子概念の導入方法の異なる2通りの実践を行い、小学校の段階で初歩的粒子概念がどう受け入れられ、それによって物質に関する理解が進むかどうか検討した。

①初歩的粒子概念を予め児童に教えてから、それをもとに事象について考えさせ・理解させる、②いろいろな事象の観察・考察をもとに、児童の方からイメージを引き出し、粒子概念へ繋げる。

### （4）中学校における粒子概念教育のあり方

新学習指導要領では、中学校の「溶解」と「三態変化」に粒子概念が導入される。その移行措置が始まったことに伴って発行された教科書の補助資料を材料として、中学校段階における粒子概念教育の問題点を検討した。また、中学校で粒子概念の教育を経験した高校生について、粒子概念の定着を確かめた。

### （5）小・中学校理科のための教材開発

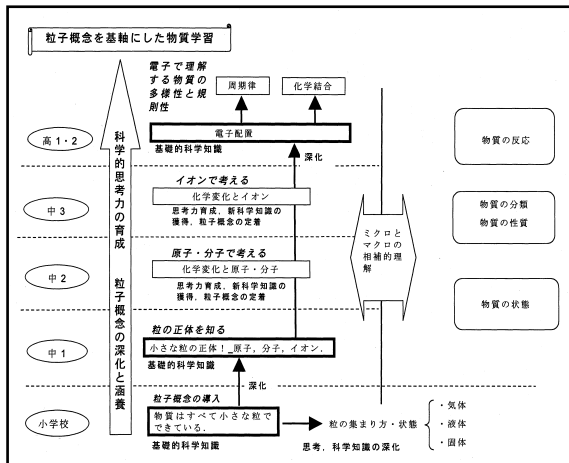
小学校・中学校における物質に関わる教育を効果的に進めるための教材を開発し、粒子概念の理解および定着等の効果を実践によって確かめた。

## 4. 研究成果

（1）粒子概念を基軸とした小・中学校の物質学習カリキュラム構想

粒子は、物質を構成する根本要素であるので、学習の系統性を考えれば、小・中学校に

においても粒子概念の早期導入が望ましい。具体的には、次図のように、小学校の段階で「物質は小さな粒でできている」という「初歩的粒子概念」でいろいろな事象を理解する。中学校では、その小さな粒は「原子・分子・イオン」という基本粒子であることを知るとともに、物質の三態変化および化学変化を理解する。高校段階では、原子の電子構造で物質を理解する。



## (2) 小学生から大学生までの粒子概念の理解度と問題点

研究の方法(2)の「粒と粒のすき間」および「粒の運動」に関するアンケート調査の結果、中学2年「原子・分子」の学習後でも中

いないことがわかった。基本粒子の理解が不十分であるので、簡単な「質量保存則」にも多くの中学生が誤答している。これは、液体と気体の状態をきちんと区別できていないことにも現れている。この状況を改善するためにも、上記「粒子を軸としたカリキュラム」を実施すべきである。また、高校「化学II」で学習する「粒は熱運動している」は、高校生と大学生(小学校コース)にほとんど定着していない。小学校コースといえども、卒業後小学校教師となって粒子を柱とする理科も担当することを考えれば、憂慮すべき現状である。

## (3) 小学校理科に粒子概念導入の可能性

### ①研究の方法(3)①の実践から

小学4年の「物のかさと力・温度」および「物の姿とゆくえ」の学習において、「物質は小さな粒でできている」、「粒の大きさは変わらない」という初歩的粒子概念を教師の方から与え、それら事象を「粒」で考えさせる授業を行った。子供たちの感想では、「難しいけれど、よくわかった」が大半を占めた。特に、後者の実践では、水・水蒸気のイメージを各班に与えた「ホワイトボードと小マグネット30個」を用いて表させたところ、「水は

小さな粒が集まっているから見える」、「水蒸気は粒がばらばらになっているので、見えない」ことを理解できた。

### ②研究の方法(3)②の実践から

小学4年「物の暖まり方」、5年「物の溶け方」、6年「水溶液の性質」の授業を行い、「4年生くらいから抽象的な思考力が育ち、粒による説明ができる」、「粒子概念を導入する学年は4年生か5年生」、「小学校で初歩的粒子概念を学習した子供たちが、中学校における粒子概念にスムーズに接続できるか追跡調査が必要」と結論した。

### (4) 中学校における粒子教育の実践

#### ①中学2年におけるイオン導入段階

水溶液に関する同じ内容の授業を、電気伝導性とイオンを原子・分子のすぐ後に導入して進めるクラスと、イオンを原子・分子と離して導入するクラスに分けて実践した。

#### ②中学1年「溶解」における粒子教育

「砂糖が水に溶けるとき、見えない粒となって全体に広がる」、「広がった砂糖の粒が、しばらく放置しても変わらない」を考える授業を、それぞれクラス別に行い、粒子概念の定着性を調べた。前者の、溶解を動的な現象で学習する方が高い定着率となった。

#### ③中学3年エネルギー分野における粒子教育

原子・分子を学習済みの中学3年生を対象に、気体・液体・固体の各状態における熱による変化を、粒子概念を用いて考えさせる授業を行った。それぞれの現象を、熱による分子運動の違いで理解できた。

### (5) 諸外国の粒子概念教育と小・中学校における粒子概念学習のあり方

「物質の三態と状態変化」および「溶解現象と溶液」について、教科書を調査した4ヶ国では、小学校の段階で(国によって、多少学年および内容に差はあるが)次のように、粒子モデルで学習している。物質の三態は、粒子の位置・集合状態、および粒子の動きの違いによって説明している。状態変化や熱膨張については、熱エネルギーによる粒子の運動をも考慮している。一方、溶液は粒子の大きさ、粒子の位置・集合状態で説明し、溶解現象については、粒子の運動を考慮に入れて説明している。

このような諸外国の事例から、日本においても小学校段階から粒子概念を学習することが望まれる。また、中学校の補助資料では、「溶解現象」を溶質の粒が拡散するとして説明しているが、溶媒の水を粒として扱っていないことがわかった。砂糖の水への溶解を粒と粒の運動で示しているドイツ5年生の内容に比べても、科学的思考力を育成するものにはなっておらず、改善すべきである。

### (6) 小・中学校理科のための新教材

①小学4年「物のかさと温度」において、「金属が温度に対するかさの変化が最も小さい」

を容易に実験で確かめられる教材を開発し、発表した。

②小学校4年「水のゆくえ」において、「水の沸騰で出てくる泡の正体」を目の当たりにすることでできる教材を開発し、発表した。

③中学1年「気体」において、T字管を用いる気体の系統的定性分析の方法を提案した。

#### 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7件)

① 村上 祐，小・中理科における望ましい粒子概念教育の提言－国の調査結果の背景および独自調査の分析から－，査読有り，岩手大学教育学部研究年報，第69巻，2010，73-87.

② 菊地洋一，西井栄幸，武井隆明，村上祐，中学校の早い段階に「原子，分子，イオン」の概念を導入するための実践的研究，査読有り，岩手大学教育学部研究年報，第69巻，2010，45-58.

③ 富田小夜，高橋 治，村上 祐，中学校理科における「水」の発展的学習－水の特異性・重要性を伝える教材開発と実践研究－，査読有り，岩手大学教育学部研究年報，第68巻，2009，53-64

④ 武井隆明，新妻成哉，村上 祐，散乱光を利用した偏光の概念の理解と光学活性物質の認識，査読有り，化学と教育，Vol. 56，2008，406-407.

⑤ 菊地洋一，武井隆明，三田正巳，高橋治，村上 祐，粒子概念の位置づけと物質学習カリキュラム，査読有り，理科教育学研究，Vol149, No1, 2008, 35-51.

[学会発表] (計16件)

① 村上 祐，他4名，小学校理科における粒子概念の導入－なぜ水蒸気は目に見えないのか？－，日本科学教育学会年会，2009. 8. 26，同志社女子大学（京都府）

② 佐藤明子，村上 祐，他4名，海外の教科書に見る粒子概念の学習，日本理科教育学会第59回全国大会，2009. 8. 19，宮城教育大学（宮城県）

③ 増田伸江，村上 祐，他4名，小学校における初歩的粒子概念形成の試み－4年「変身する水を調べよう」の実践を通して－，日本理科教育学会第59回全国大会，2009. 8. 19，宮城教育大学（宮城県）

④ 高橋 治，村上 祐，他3名，中学校理科における粒子概念の導入のあり方，日本理科教育学会第59回全国大会，2009. 8. 18，宮城教育大学（宮城県）

⑤ 村上 祐，新学習指導要領における粒子性，第32回教師のための化学教育講座，

2009. 8. 4，弘前大学（青森県）

⑥ 菌部幸枝，村上 祐，他4名，原子・分子・イオンの授業実践と粒子概念の定着性，日本理科教育学会第58回全国大会，2008. 9. 15，福井大学（福井県）

⑦ 村上 祐，他3名，児童・生徒の粒子概念の認識に関する調査研究－「すきま」と「運動」はどのように認識されているか－，日本科学教育学会年会，2008. 8. 24，岡山理科大学（岡山県）

⑧ 菊地洋一，武井隆明，藤崎聡美，村上祐，粒子概念を基軸にした物質学習カリキュラム，日本理科教育学会第57回全国大会，2007. 8. 4，愛知教育大学（愛知県）

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

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

##### (2) 研究分担者

なし

##### (3) 連携分担者

武井 隆明 (TAKEI TAKAAKI)  
岩手大学・教育学部・教授  
研究者番号：10109150  
(H19:研究分担 H20～H21:連携研究者)

塚野 弘明 (TSUKANO HIROAKI)  
岩手大学・教育学部・教授  
研究者番号：90231430  
(H19:研究分担 H20～H21:連携研究者)

佐藤 明子 (SATO AKIKO)  
お茶の水女子大学・人間文化創成科学研究科・研究員  
研究者番号：40345418  
(H19:研究分担 H20～H21:連携研究者)

##### ※研究協力者

菊地 洋一 (KIKUCHI YOUICHI)  
岩手大学・教育学部・教授  
高橋 治 (TAKAHASHI OSAMU)  
盛岡市立黒石野中学校・教諭  
菌部 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・教頭  
小原大祐 (OBARA DAISUKE)  
北上市立飯豊小学校・教諭  
尾崎尚子 (OZAKI NAOKO)  
盛岡市立緑が丘小学校・教諭

橋戸孝行 (HASHIDO TAKAYUKI)  
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

---