

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 8 日現在

機関番号：11201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350185

研究課題名(和文) 児童・生徒の思考力を育成する教科書とするために 探究活動・実験教材の視点から

研究課題名(英文) For The Better Utilizing of Textbooks on Science to Bring up Thinking-power of Children - From The Point of View Concerning Research-activities -

研究代表者

村上 祐 (Murakami, Tasuku)

岩手大学・教育学部・名誉教授

研究者番号：60006327

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：初等・中等教育における探究活動を、児童・生徒の科学的思考力を育成するものとなっているか等の観点から検証した。ある単元に固有の探究活動による短期的な思考力育成と、いくつかの単元および学年にわたって行うべき長期的育成の2つがあることを見出した。長期的思考力育成の例として、物質に関する性質・事象を「粒子」で考える体系的学習内容とすることが、いくつかの授業実践から有効であることが示された。また、小学校低学年においても、生活に身近な事象についての短期的活動(実験、結果の考察、改良)が、思考力育成に繋がる。

研究成果の概要(英文)：We have inspected the research-activities described in textbooks of the elementary and secondary education for improving the scientific thinking-power of children. We have found the two-types of research-activities, that is, the short-term approach to bring out the thinking-power by the activities peculiar to a certain unit and the long-term approach ranging several learning-units and school-grades. For the latter example, the studies on material should be treated systematically by the concept of particles throughout from the elementary to lower-secondary school. Even in the lower grades of elementary school, the short-term activities concerning daily-livings have effectively brought up children's scientific-power.

研究分野：化学教育，無期・錯体化学

キーワード：科学的思考力 探究活動 教科書点検 粒子概念 既習知識の活用

1. 研究開始当初の背景

(1) 全国学力・学習状況調査から明らかになった課題

2012年度実施された全国学力・学習状況調査により、小・中理科では、観察・実験の結果を整理し考察すること、科学的な言葉や根拠により説明すること、実生活の場面で理科の基礎的・基本的な知識・技能を活用すること、などに課題があるとされた。これらは、学習指導要領改訂(2008年3月告示)の基となった学校教育法で今後の学校教育で求められることとして強調された「基礎的・基本的な知識・技能の習得」、「それらを活用し課題を解決するために必要な思考力・判断力・表現力等の育成」、「主体的に学習する態度の養成」の3点と多くの点で符合している。

これらの課題を解決するためには、単元ごとに基礎的知識・技能を習得し、それを活用した探究的な学習活動により思考力・表現力等を育成するという過程を繰り返しながら、主体的な学習態度の養成へと繋ぐことが必要である。ここで問われるのは、探究活動で行われる実験や観察が、科学的思考力等を育成するのに相応しいものになっているかである。

(2) 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、原子・分子・イオンを中学校の早期に導入すべきこと、「目に見えない小さな粒」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、物質の様々な性質・事象を「なぜそうなるのか」と考えさせることが粒子を基礎とした体系的な理解に繋がり、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

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

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

(3) 科学的思考力を育成するための教材開発を—考案した教材から—

小学校4年「もののかさと温度」で教科書記載の実験は、空気や水の場合と金属の場合で実験方法が全く異なり、比較考察ができない。そこで、空気・水の体積変化に用いられている実験方法を金属にも適用すると、「温度による体積変化順は空気、水、金属となる」と順序立てて思考できることを示した。

小学校4年「水のすがたとゆくえ」では、沸騰で生じた泡の正体を確かめる「シリンジを使った実験」を考案した。加熱をやめるとシリンジが落ちて水蒸気が一瞬のうちに水滴になる瞬間的な変化に驚くとともに、なぜそうなるかを考えさせることで、泡が水蒸気であり状態変化による体積変化も理解できる。

中学校1年「気体の発生と性質」で教科書記載の実験は気体の発生・収集法の技能を体験

するだけで、生徒に考えさせることが少ない。そこで、空気と未知気体の密度の比較から始める「T字管を用いた気体の系統的分析」を考案した。教科書で学習した知識を活用して気体の特定ができ、生徒の思考力向上に繋がる。

小学校の物質学習に関する単元間の繋がりを重視した学習を確実なものとするため、学習した内容を一人ひとりが記入できる学習シート「つぶつぶシート」を考案した。このシートにより、すでに学習した粒子概念を活用できることに加え、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。

2. 研究の目的

2012年度の全国学力・学習状況調査において明らかになった課題およびこれまでの研究成果等を踏まえ、本研究では、理科の教科書に記載されている物質学習に関する探究活動(実験や観察)を、「児童・生徒が持っている基礎的知識を活用するものとなっているか」、「科学的思考力や表現力の育成・向上に資するものとなっているか」などの観点から検証し、これらの観点を重視した授業研究を行うとともに、新しい教材を考案・開発して授業改善に役立てることを目的とする。

また、本研究では、小・中学校の物質学習の各探究活動で取り上げられている実験や観察の結果を、理科の柱の一つとなった「粒子」に基づいて考察することによって、物質のいろいろな性質や事象が関連していることを理解できるような科学的思考力の育成・向上を目指すことも目的の一つである。

3. 研究の方法

研究目的を達成するために次のような4課題を設定して、研究グループで分担担当した。

(1) 教科書記載の探究活動等を思考力育成の観点から見直す

小・中学校の理科教科書(5出版社)の特に物質学習に関連する探究活動(実験・観察)を、児童・生徒の思考力・表現力育成に資するものとなっているかどうかの観点から検証する。たとえば、探究内容や結論等に科学的に疑問なところはないか、実験技能の体験的な学習だけになっていないか、児童・生徒が持っている基礎知識を活用するものとなっているか等の観点が考えられる。

(2) 諸外国における探究活動等の調査

外国で使用している教科書や実際の授業等を、特に探究活動の内容や用いている教材等の観点から調査することにより、日本との違いや日本での授業に活用できるかどうかを検討する。在独の海外協力研究者は、特にドイツにおける教育制度(学校種等)と粒子概念導入時期や内容について調査する。

(3) 思考力育成のための授業実践

「子どもたちが持っている基礎的知識を活用するものとなっているか」、「子どもたち

の科学的思考力や表現力の育成・向上に資するものとなっているか」の観点を重視した授業研究を行う。また、科学的思考力や表現力の育成・向上のために新しい教材を考案・開発して授業改善に役立てる

(4) 「粒子」で考える体系的物質学習

小・中・高校の理科学習の柱の一つとなった「粒子」で物質学習を系統的に学習することが重要であり、子どもたちの理解が深まる。この観点から複数の単元間、あるいは学年間のつながりを意識した授業を構築する。

4. 研究成果

(1) 教科書記載の探究活動等を思考力育成の観点から見直す

小中学校の教科書記載の探究活動を、児童生徒の思考力をどのように育てられるかの観点から検討した。その結果、ある単元に固有の知的確かな活用・思考力の育成(短期型)と、いくつかの単元や学年を越えた知の活用・思考力を育てる長期型育成の2つの要素があることを見いだした。短期型の例として、中学校2学年の「熱分解」「参加還元」を、長期型の例として、小学校における「気体・液体・固体」の学習内容を取り上げ、思考力育成につなぐ提言を行った。

また、中学校に復活した「浮力」をよく理解するために、水溶性物質の溶解による浮力の変化を取り上げ、溶解しても質量はなくなるという質量保存と合わせて考察させる教材を開発した。現在のところ、理科教員養成における教材開発教育の一環として取り入れている。

(2) 諸外国における探究活動等の調査

日本の小学校では、物質が別の物質になる化学変化を学習するのは6年の燃焼・水溶液に限られている。しかし、日常生活で経験する化学変化は数多くある。そこで、アメリカの教科書を調査してみたところ、化学変化の例として、燃焼、錆、料理、腐敗などを扱っており、日常生活の「なぜ?」から科学的思考力を育む内容となっていた。その他、エネルギーに関する教育内容も調査し、我が国の教育に適用できるか検討した。

早い段階で進路選択が行われるドイツの学校種による粒子概念教育の取り扱いの違いについて、主として教科書で調査した。職業教育では、社会生活との関連を密接に図りながら比較的早い学年から粒子概念を学習し、その後繰り返し定着させる。高等教育準備では物質学習を粒子概念を中心とした構成として、定着させていることがわかった。

(3) 思考力育成のための授業実践

小学校低学年や中学校の生物分野における科学的思考力育成を志向した授業実践も含め、多くの研究実践を行った。

欧米諸国では5歳児から科学教育を始めており、日本でも低学年の生活科で身の回りの現象から考えさせる授業を取り入れられな

いか検討した。その一例として、「霜柱づくり」の実験を行い、結果から考察し改良するという活動を通して子どもたちの思考力を育成することができた。

中学校生物分野では、日向と日陰の光合成のデータ(酸素濃度)から、光合成と呼吸のバランスや光合成に影響する要因等について思考を促すことができた。また、植物における分解酵素や遺伝に関する学習等、身近な教材を取り上げ、生徒に考えさせる授業を実践することができた。

(4) 「粒子」で考える体系的物質学習

小学校段階の粒子に関わる4年の「水と水蒸気」で初歩的粒子概念を導入し、獲得した知識を5年の「ものの溶け方」で活用する授業を行った。異なる学習内容を通して粒子概念の学習を積み上げていくことが、体系的物質学習には重要であると結論づけた。また、2012年に考案した「つぶつぶシート」を使用した単元間のつながりを重視した授業も複数行い、その有効性を確認した。

中学生の水溶液の均一性に関する理解が不十分であることから、まず状態変化で粒子概念を導入し、その知識を物質が溶けた水溶液の学習で活用した。分子模型も利用した結果、均一性の理解が定着した。

(5) 研究成果の教育への還元

2011年から岩手大学教育学部小学校教員養成コース科目に研究成果の一部(固体の体積変化が小さいを確かめる実験)を取り入れており、それが継続された。

開発した教材(T字管を用いた気体の定性分析および水溶性物質の溶解による浮力の変化と質量保存)を、岩手大学教育学部理科教育コースの学生実験に取り入れた。

上記およびの教材を日本理科教育学会第63回全国大会(2013年8月、北海道大学)でワークショップとして実演紹介した。

本研究の2,3年目の期末(2015年3月7日、2016年1月30日)に、岩手大学教育学部との共催、岩手県教育委員会等の後援で、科学的思考力育成に関する公開シンポジウムを岩手大学で開催した(参加者はそれぞれ約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2件)

菊地洋一,高室敬,尾崎尚子,黄川田泰幸,村上祐,小学校における系統的物質学習の実践的研究-粒子概念を「状態変化」で導入し「溶解」で活用する授業-,査読あり,理科教育学研究 第54巻,2014,335-344. 10.11639/SJST.13008

菊地洋一,平澤傑,井上祥史,武井隆明,村上祐,デジタルカメラとウェルプレートを用いた連続変化法のスモールスケール実

験，査読なし，岩手大学教育学部附属教育実践センター研究紀要，12 巻，2013，73-78.

〔学会発表〕(計 22 件)

加茂川恵司，教科書を場として児童の思考力をどのように育てるか-気体，液体を多角的につなぐ記述と身近な素材の検討-，日本科学教育学会第 39 回年会，2015.8.22，山形大学(山形県)

増田伸江，小学校低学年における科学的思考力育成～「霜柱づくり」の実験より～，日本理科教育学会第 65 回全国大会，2015.8.2，京都教育大学(京都府)

高橋治，「初歩的粒子概念」の導入を中心としたドイツの校種別教科書比較，日本理科教育学会第 65 回全国大会，2015.8.1，京都教育大学(京都府)

村上祐，水溶性物質の溶解による浮力の変化と質量保存-理科教員養成における教材開発教育の一環として-，日本理科教育学会第 65 回全国大会，2015.8.1，京都教育大学(京都府)

尾崎尚子，粒子概念を活用した「小学校 4 年 物のあたままり方」の授業実践，日本理科教育学会第 65 回全国大会，2015.8.1，京都教育大学(京都府)

加茂川恵司，中学校教科書実験を場として生徒の思考力をどのように育てるか-2 学年「熱分解」「酸化還元」における小さな探究の検討-，日本科学教育学会第 38 回年会，2014.9.13，埼玉大学(埼玉県)

園部幸枝，生物分野における思考力育成に向けた授業実践-植物における分解酵素を教材として-，日本理科教育学会第 64 回全国大会，2014.8.24，愛媛大学(愛媛県)

佐藤明子，アメリカの小学校の教科書に見る化学変化-日常の現象についての科学的思考の醸成-，日本理科教育学会第 64 回全国大会，2014.8.23，愛媛大学(愛媛県)

尾崎尚子，空気と水の加圧による体積変化(小学校 4 年)を「つぶつぶシート」を活用して考える授業実践，日本理科教育学会第 63 回全国大会，2013.8.11，北海道大学(北海道)

増田伸江，初歩的粒子概念形成における「つぶつぶシート」の活用 その 2-小学校 4 年「自然の中の水」の実践-，日本理科教育学会第 63 回全国大会，2013.8.11，北海道大学(北海道)

園部幸枝，思考力育成を目指した光合成学習-高橋式酸素センサを用いた日向と日陰の酸素濃度測定-，日本理科教育学会第 63 回全国大会，2013.8.11，北海道大学(北海道)

藤崎聡美，小学 4 年「ものの体積と温度」における「固体の体積変化が小さい」を確かめる教材，日本理科教育学会第 63 回全国大会，2013.8.11，北海道大学(北海道)

坂本有希，中学 1 年における T 字管を用い

た気体の定性的分析，日本理科教育学会第 63 回全国大会，2013.8.11，北海道大学(北海道)

加茂川恵司，柔らかな知の形成を図る探究課題の模索-中学校教科書の巻末にある探究活動の記述に着目して-，日本理科教育学会第 63 回全国大会，2013.8.11，北海道大学(北海道)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

村上 祐 (MURAKAMI TASUKU)
岩手大学・教育学部・名誉教授
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)
お茶の水女子大学・理系女性教育開発共同機構・教授 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)
盛岡市立巻堀中学校・副校長

園部 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)
岩手県野田村教育委員会・指導主事

近藤 尚樹 (KONNDO NAOKI)
岩手県山田町立山田南小学校・校長

小原 大祐 (OBARA DAISUKE)
遠野市立遠野北小学校・教諭

尾崎 尚子 (OZAKI NAOKO)
岩手大学教育学部附属小学校・教諭

佐々木真 (SASAKI SHIN)
つがる市立稲垣小学校・校長

佐藤瑞希 (SATO MIZUKI)
宮城県利府町立利府中学校・教諭

熊谷明宏 (KUMAGAI AKIHIRO)
岩手県立総合教育センター・指導主事

平澤 傑 (HIRASAWA SUGURU)
一関市立藤沢中学校・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・名誉教授
研究者番号：40113873