

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 7 月 7 日現在

機関番号：11201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00957

研究課題名（和文）自然のしくみを理解する喜びと確かな物質観を育てる小・中学校の物質学習

研究課題名（英文）Material learning at elementary and junior high schools to foster the joy of understanding the mechanisms of nature and the solid view of materials

研究代表者

菊地 洋一（KIKUCHI, Yoichi）

岩手大学・教育学部・教授

研究者番号：50241493

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、小・中学校における物質学習の内容の構造化を行い、学習のつながりや位置づけを学習者に意識づけしながら確かな物質観と科学的思考力の育成を図る物質学習の構想をまとめた。その中でそのポイントとなる学習場面を取り上げ、授業開発を行った。また学校現場で問題視されている学習場面の改善にも取り組み解決法の提案を行った。さらにメタ認知的支援の手法や評価法の開発にも取り組んだ。物質学習の内容の特徴を生かした本研究の提案は、これからの深い学びの実現につながる基礎的研究として大きな意義を持つと考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在、コンピテンシー・ベースの教育への移行が模索されているが、確かな理解を含めた豊かな教育の実現のためにはコンテンツとの融合が大きな課題となる。本研究は小中学校の物質学習分野について、物質学習の内容の構造化を行い、その特徴を生かした系統的学習構想を構築するものである。その成果は、コンピテンシー育成とコンテンツの融合を模索する上での基礎的研究として大きな意義をもつ。今後、新たな教育の視点からさらに研究を深めることが期待される。

研究成果の概要（英文）： In this study the material learning at elementary and junior high schools has been structured and designed so that learners become aware of the linkage and the positioning of the contents and acquire the solid view of materials and scientific thinking skills. The practical class was developed for the key concepts. And, the issues which had been regarded as problems at school were tackled for the improvement, and the solution method was proposed. Furthermore, we developed the method of metacognitive support and evaluation.

The proposal of this study, which makes use of the characteristics of the content of material learning, is quite important as a basic research to realize deep learning.

研究分野：理科教育，分析化学

キーワード：物質学習 小学校 中学校 粒子概念 系統的学習 科学的思考力

1. 研究開始当初の背景

(1) 平成20年改訂版学習指導要領理科では、基礎的・基本的な知識・技能の確実な定着を図る観点から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・高校を通じた理科の内容の構造化を図ることが意図された。物質学習では「粒子」が柱となるキーワードとして示された。これを受け、物質学習において粒子概念にかかわる授業の研究が多く行われた。

物質学習の内容は、粒子概念の活用ができれば科学的思考力育成や系統的学習がやりやすいという特徴を持っている。しかしこれまでに粒子概念の活用を、系統的内容のつながりに効果的に生かすことを強く意識づけた実践的な研究は多くなかった。教育現場で提案される研究授業においても、小学校で粒子を導入しても扱った粒子概念が他の場面では活用できないような内容となっている場合が多いなど、系統的学習には生かされていない。また我々が実施した中学生・高校生の調査では、小学校で扱う基本的な事象について粒子概念を用いて科学的に説明できない実態や、物質の三態を初歩的粒子概念(原子・分子・イオンの区別をしない粒の段階)で表現することはある程度できて、それぞれの粒が原子・分子・イオンのどれであるかは理解していない実態、などが明らかになっていた。すなわち、物質学習において粒子概念の活用や学習内容を結びつけた理解には課題が多い状況であった。

(2) 我々の研究グループは、物質学習の特徴を生かした学習を具体的に構築するための研究を行っており、前述の調査研究に加え、特に小学校段階について系統的学習に向けた検討を行ってきた。小学校段階に粒子概念を導入するか否かについては従前からの論点であるが、そこに、統一した考えに基づくまとまった成果を示すことは重要な知見になる。そこで小学校段階に粒子概念を導入し、さらに粒子概念を系統的に活用することは可能なのかなどについて、全体的な構想と具体的な授業実践の両面で検討してきた。

本研究の申請に当たっては、さらに小学校段階における物質学習の在り方を深めるとともに、物質学習構想を小学校とのつながりも考えながら中学校段階に展開することを考えた。

2. 研究の目的

子どもが主体的・協働的な学びを通して科学的思考力を高めるためには、考える基になる知識・概念の活用が重要である。さらに学習内容のつながりを理解した時、より深く確かな学びが得られる。物質学習では粒子概念の活用がこれらのカギとなる。本研究では、小・中学校の物質学習について、系統的に粒子概念を活用し物質学習の特徴を生かした学習の全体構想を検討する。この構想に基づいて具体的な授業や教材を開発し、実践的な研究を行う。以上より、根拠を持って科学的思考を重ねながら学習のつながりを感じるにより、自然のしくみを理解する喜びと確かな物質観を育成する物質学習構想を提案することを本研究の目的とした。

3. 研究の方法

(1) 本研究は、大学教員と小・中学校の教員を中心とする研究チームを形成して遂行した。それぞれの専門・立場も化学、理科教育、教育心理学、学校教員、教育行政職と多様であり、理論と実践の融合を意図した。また岩手と東京の対照的な地域で授業実践を行い、できるだけ普遍的成果をまとめることを目指した。

はじめに研究チームを招集し、研究の背景、研究目的の確認、さらに目的を達成するための課題の具体的な内容と実施の段取りを決めた。その後、年に数回程度の全体会合を持って、それぞれの研究課題の具体的な内容や実施結果を持ちより協議した。その間、具体的な内容について担当メンバー毎に交流し研究を進めるとともに、メンバー全体への進捗状況報告・意見交換などの情報交換を随時電子メールで行った。

(2) 本研究を具体的に進める上での個別課題を次のように設定した。小中学校における物質学習の問題点の整理、諸外国における物質学習の調査、粒子概念を骨組みとした物質学習の内容の構造化と系統的学習の全体構想の検討、メタ認知的支援の方法と評価の検討、物質学習の特徴を生かした授業開発と授業実践・評価である。これらの課題について研究チームの役割分担にそって研究を進めるとともに、それぞれの課題の成果を互いに組み入れながら研究全体を推進し、物質学習の全体構想を検討した。

4. 研究成果

(1) 本研究を通して、小・中学校における物質学習の内容の構造化を行い、学習のつながりや位置づけを学習者に意識づけしながら確かな物質観と科学的思考力の育成を図る物質学習の構想をまとめた。その中でそのポイントとなる授業場面を取り上げ、授業開発を行った。また学校現場で問題視されている学習場面の改善にも取り組み解決法の提案を行った。さらにメタ認知的支援の手法や評価法の開発にも取り組んだ。物質学習の内容の特徴を生かした本研究の提案は、これからの深い学びの実現につながる基礎的研究として大きな意義を持つと考えられる。代表的な個別の成果を以下に記述する。

(2) 小学校の物質学習については、これまでの研究において全体構想を考えてきている。その継続として粒子概念の活用を促す学習シート「つぶつぶシート」を用いた授業実践を行い、粒子概念を系統的に活用する有効性について確認した。

さらに確かな理解や科学的思考力の育成を図る観点から、現在、理科教育現場で問題がある場面を取り上げ授業改善に向けての教材研究に取り組んだ。4年「もののあたたまり方」における水の動きは、適切な教材や指導をめぐって活発な研究や議論が行われている内容であるが、我々の実験法により現場における混乱の收拾に向けた知見を出すことができた。また4年「ものの体積と温度」では、根拠を持って科学的思考を重ねながら確かな物質観を育成する新教材の提案を行った。

(3) 中学1年は、「溶液学習」など小学校からのつながりを意識した内容が組み込まれている。その後「物質の三態と状態変化」において初歩的粒子概念を導入する単元構成の場合が多いが、本研究の構想では「物質の三態と状態変化」を「溶液学習」前に持つこととした。その上で小学校からのつながりを意識した「溶液学習」の実践研究を行った。さらに、教育現場において水溶液の基本となる溶液の均一性の理解が不十分であるとの調査結果を受けて、粒子概念の活用とコロイド溶液の導入を組み込んだ新たな授業を開発した。授業実践を行い、良好な結果を得た。この取り組みは、溶液の均一性についての確かな理解とともに中学校段階にコロイド溶液を積極的に取り入れる新たな提案としても重要な意義を持つ。さらにメタ認知的支援を取り入れながら生徒が実験計画から授業を主体的に進める授業提案を行った。

(4) 中学2年は、中学1年で扱った初歩的粒子概念から原子・分子概念へ、基本となる粒子概念が深化する段階である。我々の構想では「化学変化と原子・分子」単元の前半で初歩的粒子概念と原子・分子概念の関係を強く意識づけする授業を開発し盛り込んでいる。ここでは立体粒子モデルの活用が効果的であることを示した。さらに、単元後半の定比例の法則の学習場面では、原子の質量比を再現した立体原子モデルを開発し、それを用いた授業開発と実践を行った。生徒が立体原子モデルを用いて操作的に思考する活動を取り入れることにより、原子・分子の概念、単体と化合物、原子量と物質の質量などの関係についてつながりを持って理解し、学習を深めることができることを示した。基本となる粒子を単純なモデルで表現し、操作的に思考活動に取り入れることができるのも物質学習の特徴である。この際、立体モデルによるモデル実験と実際の実験をすり合わせる活動は大変効果的な学習となることを見出した。

(5) 「化学結合」は、粒子概念とともに物質を理解する上での根本的鍵概念の一つである。現在、我国の義務教育段階では「化学結合」を学習していないが、この概念を導入し活用することができれば、物質の現象の理解につながりや深まりが期待できる。そこで本研究では「化学結合」の取り扱いについて国際比較を行うとともに、我国での導入の仕方について検討した。さらに中学2年の化学変化で「化学結合」を取り入れる授業実践を行ったところ、対象生徒は翌年の中学3年のイオン学習で「化学結合」概念を活用しながら理解を深めた。この取り組みは今後の物質学習の内容を深める可能性を示す重要な事例研究となる。

また中学3年では、イオン学習において既習事項の活用を促す総合課題を設置する授業提案や、メタ認知的支援を取り入れながら生徒が実験計画から授業を主体的に進める授業提案を行った。これらの取り組みは今後の深い学びの実現に向けた事例研究としても大きな意義がある。

(6) 本研究の成果は、随時、多くの学会発表や学校現場の授業公開で公表し、同学者の議論を経ながら進めてきた。論文はまだ多くないが今後発表を行い広く公表する。本研究の最終時期(2020年2月)には、公開シンポジウムを岩手大学で開催し、研究成果を教育現場へ還元するとともに当該分野の新たな方向性を示した。

現在、コンピテンシー・ベースの教育への移行が模索されているが、確かな理解を含めた豊かな教育の実現のためにはコンテンツとの融合が大きな課題となる。本研究の成果は、その融合の実現に向けた基礎的研究として大きな意義を持ち、新たな教育の視点からさらに研究を深めることが今後期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 菊地洋一・尾崎尚子	4. 巻 18
2. 論文標題 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「空気と水の圧縮性」で活用する授業	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 岩手大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要	6. 最初と最後の頁 31 - 40
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 久坂哲也, 及川宏輝, 會津響平, 平澤傑, 佐々木聡也, 菊地洋一, 名越利幸	4. 巻 6
2. 論文標題 中学校理科・数学科におけるアクティブ・ラーニングの開発と評価（理科編） - メタ認知的支援を組み込んだ授業設計 -	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 教育実践研究論文集	6. 最初と最後の頁 117-124
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 菊地洋一・武井隆明, 黄川田健, 高室敬, 菅原純也, 小室孝典, 平澤傑, 佐々木聡也, 尾崎尚子, 坂本有希	4. 巻 5
2. 論文標題 粒子概念を柱とした小中学校の物質学習	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 教育実践研究論文集	6. 最初と最後の頁 44 - 49
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 久坂哲也, 平澤傑, 名越利幸, 菊地洋一, 小室孝典, 佐々木聡也	4. 巻 5
2. 論文標題 中学校理科・数学科におけるアクティブ・ラーニングの開発と評価（理科編） - 考察場面におけるメタ認知的支援を組み込んだ授業実践 -	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 教育実践研究論文集	6. 最初と最後の頁 30 - 35
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 村上祐・菊地洋一・武井隆明	4. 巻 19
2. 論文標題 材料の異なる固体の簡便な熱膨張実験法 -小学4年「ものの」体積と温度」における「深い学び」に関連して-	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 岩手大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要	6. 最初と最後の頁 89-96
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15113/00014946	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 久坂哲也・平澤傑・佐々木聡也・菊地洋一・名越利幸	4. 巻 7
2. 論文標題 「主体的に学習に取り組む態度」の評価指標の開発: 中学校理科における具現化と実践を通して	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 教育実践研究論文集	6. 最初と最後の頁 7-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15113/00014979	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計22件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 佐々木, 坂本, 菊地
2. 発表標題 中学2年における擬人メタファーを用いた化学結合の学習
3. 学会等名 日本理科教育学会 第68回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 會津, 平澤, 新沼, 久坂, 菊地
2. 発表標題 粒子モデル実験により「確かな理解」を図る中学校2年「定比例の法則」の学習
3. 学会等名 日本理科教育学会 第68回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 増田，園部，佐藤，菊地
2. 発表標題 構成主義に基づく小学校理科授業の研究 - 小学校4年生「もののあたたまり方」の実践を通して -
3. 学会等名 日本理科教育学会 第68回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤，高橋，増田，田中，草野，園部，武井，村上，菊地
2. 発表標題 小学校の「もののあたたまり方」の学習 海外の科学教育を参考に
3. 学会等名 日本理科教育学会 第68回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村上，武井，菊地
2. 発表標題 根拠をもって比較できる小学4年「ものの体積と温度」 - 新学習指導要領における改訂に関連して -
3. 学会等名 日本理科教育学会 第68回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 武井，加茂川，佐藤，村上，菊地
2. 発表標題 改めて理科教育史から今日の理科教育（主に初等教育）を眺める
3. 学会等名 日本理科教育学会 第68回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 清野, 久坂
2. 発表標題 理科の問題解決場面におけるメタ認知に対するオンライン評価の理論的検討
3. 学会等名 日本理科教育学会 第68回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 平澤, 久坂
2. 発表標題 科学的探究における促進要因と阻害要因のメタ認知的知識獲得による効果の検討
3. 学会等名 日本理科教育学会 第68回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 加茂川, 菊地
2. 発表標題 注入観察法による水の温まり方の学習
3. 学会等名 日本科学教育学会第42回年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 久坂, 平澤
2. 発表標題 メタ認知的支援を組み込んだ中学校理科授業の実践と評価: 協働的問題解決における学業的援助要請の影響に着目して
3. 学会等名 日本教育心理学会第60回総会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 菊地洋一, 岸美瑞保, 尾崎尚子, 黄川田健
2. 発表標題 粒子モデルを用いた「小学校6年 物の燃え方と空気」の授業実践
3. 学会等名 日本理科教育学会 第67回全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 坂本有希, 山内洋子, 久坂哲也, 菊地洋一
2. 発表標題 科学的な概念の形成を図る学習評価 コンセプトマップの要素を取り入れたOPPAの取組を通して
3. 学会等名 日本理科教育学会 第67回全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 加茂川恵司, 菊地洋一
2. 発表標題 視覚と呼称から入るイオン概念の段階的育成モデル
3. 学会等名 日本科学教育学会 第41回年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 會津響平, 平澤傑, 久坂哲也, 菊地洋一
2. 発表標題 粒子モデルを用いて「確かな理解」を図る物質学習 中学校2年「定比例の法則」における実践
3. 学会等名 日本理科教育学会 第56回東北支部大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 久坂哲也, 菊地洋一, 小室孝典, 佐々木聡也, 平澤傑, 名越利幸
2. 発表標題 中学生の理科学習に対する学習動機の基礎的考察 - 学年差と自己効力感・メタ認知方略に与える影響 -
3. 学会等名 日本理科教育学会 第56回東北支部大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 菊地・斉藤・久坂・佐々木・新沼・菊池
2. 発表標題 COVIDを効果的に活用する中学1年「溶液学習」
3. 学会等名 日本理科教育学会 第69回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山内・菊地・久坂・平澤・坂本
2. 発表標題 中和概念の理解を深める授業
3. 学会等名 日本理科教育学会 第69回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 増田・園部・佐藤・菊地
2. 発表標題 子どもの意欲を喚起し, 主体的に学べる理科授業
3. 学会等名 日本理科教育学会 第69回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤・高橋・増田・園部・武井・菊地
2. 発表標題 中学での化学結合の学習 海外の事例を参考に
3. 学会等名 日本理科教育学会 第69回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加茂川・菊地
2. 発表標題 注入観察法を用いた水の温まり方の再考察
3. 学会等名 日本理科教育学会 第69回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久坂・平澤・佐々木・菊地
2. 発表標題 理科学習版グリット尺度の試作
3. 学会等名 日本科学教育学会第43回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久坂・平澤
2. 発表標題 理科授業における実験計画スキル育成の試み: プロダクションルールとしてのメタ認知的知識の教示効果
3. 学会等名 日本教育心理学会第61回総会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	久坂 哲也 (HISASAKA Tetsuya) (00779944)	岩手大学・教育学部・准教授 (11201)	
研究 協力者	佐藤 明子 (SATO Akiko)		
研究 協力者	加茂川 恵司 (KAMOGAWA Keiji)		
研究 協力者	村上 祐 (MURAKAMI Tasuku)		
研究 協力者	武井 隆明 (TAKEI Takaaki)		
研究 協力者	増田 伸江 (MASUDA Nobue)		
研究 協力者	蘭部 幸枝 (SONOBE Yukie)		

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	坂本 有希 (SAKAMOTO Yuuki)		
研究協力者	平澤 傑 (HIRASAWA Suguru)		
研究協力者	佐々木 聡也 (SASAKI Souya)		
研究協力者	山内 洋子 (YAMAUCHI Yoko)		
研究協力者	會津 響平 (AIZU Kyohei)		
研究協力者	高橋 治 (TAKAHASHI Osamu)		
研究協力者	新沼 泰起 (NIINUMA Yasuki)		
研究協力者	菊池 永 (KIKUCHI Hisashi)		

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 協力 者	尾崎 尚子 (OZAKI Naoko)		