

令和 5 年 6 月 1 日現在

機関番号：11201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K03222

研究課題名（和文）教育内容の特徴を生かして深い学びを実現する小・中学校の物質学習

研究課題名（英文）Material learning in elementary and junior high schools to realize deep learning by utilizing the characteristics of educational content

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・中学校の物質学習について、その内容論的考察に基づき、深い学びの実現に向けた物質学習の全体構想と授業の開発を行った。物質学習の系統性や内容的な特徴を生かす形で「深い学び」を意図した授業の代表的なパターンを整理し、さらにそこに当てはまる具体的な授業を開発した。それぞれの授業を行う上での留意点や授業の利点を明らかにした。本研究の提案は、これからの深い学びの実現に向けて物質学習の具体的なモデルとなる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在、学校教育における授業の在り方が大きく変わろうとしている。教育現場には具体的な授業改善の指針として「主体的・対話的で深い学び」が提示されている。この教育の転換に向けて様々な研究や取り組みが始まっているが、まだ手探りの状態である。

本研究は小中学校理科の物質学習を取り上げ、学習内容の俯瞰的視座から深い学びの実現に向けた実践的な研究を行った。その結果、物質学習の学習内容の特徴を生かした系統的な学習構想と代表的な深い学びの授業を開発した。これらは教育現場において、これからの物質学習の具体的なモデルとして重要な意義をもつものと考えられる。

研究成果の概要（英文）： In this study, based on a consideration of the content theory of material learning in elementary and junior high schools, we developed an overall concept of material learning and classes for realizing deep learning. We have organized representative patterns of classes that intend "deep learning" by taking advantage of the systematics and content characteristics of material learning, and developed specific classes that apply to these patterns. We identified the points to be considered in conducting each class and the advantages of each class. The proposal of this study is a concrete model of material learning for the realization of deep learning in the future.

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 理科 深い学び 粒子概念 系統的学習

## 1. 研究開始当初の背景

(1)知識基盤社会という複雑な社会に生き、その社会を担う子ども達に、どのような教育をするべきか？この問題に対し、これまでも「生きる力」の概念が提唱され知識基盤社会への対応が示されてきたが、今回の学習指導要領は「コンテンツ・ベースからコンピテンシー・ベースへ」の転換を中心に据え、教育の目的・質・深さについてこれまでとは一線を画すともいえる踏み込んだ指針を示した。この具体的な実現のための授業改善の指針として「主体的・対話的で深い学び」が提示された。現在、この教育の転換に向けて様々な研究や取り組みが始まっているが、現実的な課題は多く、多方面からの盛んな研究成果が期待されている。

(2)本研究は小中学校理科の物質学習を取り上げる。これからの教育の具体を構築する上で、コンピテンシーとコンテンツの効果的な融合が重要なポイントとなる。そのためには教科・領域の特徴や本質を見極め、それを生かした資質・能力の育成を念頭に「深い学び」の実現に向けた具体的な検討が必要になる。そこで本研究では小中学校における物質学習について、教育内容の俯瞰的視座から「深い学び」の実現に向けた実践的な研究を行うことを考えた。

## 2. 研究の目的

本研究は小中学校における物質学習について、教育内容の俯瞰的視座から「深い学び」の実現に向けた実践的な研究を行う。物質学習の内容は、粒子概念の活用ができれば一貫性が強く、系統的学習や科学的思考力育成に組みやすいという大きな特徴がある。他の理科の領域に比べても全体的内容構造が単純であり、学習のつながりを明示しやすい。また、問題解決や探究活動を学習者主体で行う際、実験が重要な要素になるが、その実験を計画したり実際に実施することがやりやすい分野でもある。「深い学び」の実現に向けて、この内容構造や特徴を生かしながら、学習内容に適した授業を適切に配置することが望まれる。

そこで本研究では小中学校の物質学習の内容論的考察に基づき、物質学習の特徴を生かしながら、「深い学び」を意図した授業として、どの場面でのどのような授業を実施するのが効果的であるかを考える。ポイントとなる場面での具体的な授業を開発し授業実践を行う。このような物質学習の全体構想と授業実践・評価の往還により、最終的な全体構想とその具体としての授業や教材等を提案することを目的とした。

## 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、理論と実践の融合ができる体制である。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。

(2)はじめに研究メンバーの全体会合を開き、研究の趣旨、計画、担当等の協議を行う予定であったが、新型コロナウイルス感染症の影響で全体的な対面での協議は避け、全体会は書面とオンライン会議で協議しながら研究を進めた。具体的な内容については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等で行いながら進めた。

本研究では、物質学習の全体的な総論だけではなく、できるだけ具体的な授業開発に力を入れた。授業を行う共同研究者とは、研究代表者が個別に対面で協議しながら研究を進めた。その成果について研究メンバーで議論し、成果や課題を確かめた。

最終年度は、新型コロナウイルス感染症の状況も少し落ち着いて来たことから研究メンバーの全体会合を開き、研究成果と課題について議論し、総括した。

#### 4. 研究成果

(1)本研究では、小・中学校の物質学習について内容論的考察に基づき、深い学びの実現に向けた学習内容や代表的な授業パターンについて検討した。その成果を次のようにまとめた。

「深い学び」を意図する代表的な授業パターンを分類し、次のように整理した。物質学習において(a)～(g)に当てはめやすい具体的な学習内容や授業場面を考察した。(ただし、(a)～(g)の要素は完全に独立したものではない。観点の異なるものが並んでいるので、1つの授業に複数の要素が盛り込まれている場合がある。)

＜教育内容から「深い学び」の実現を意図する代表的な授業パターン＞

- (a)カギとなる概念を柱にした系統的学習構想と授業（長期的）
- (b)複数単元の知識・技能を活用して考える課題に取り組む授業（中・長期的）
- (c)単元、章レベルでの総合的な課題に取り組む授業（短期的）
- (d)探究の過程を重視した場面設定と生徒主体の授業
- (e)日常的・応用的な事象を解釈することに挑戦する授業
- (f)現行では扱っていないが物質の理解にとって重要な内容を取り入れた授業
- (g)他分野との融合的な内容に取り組む授業

ここで(a)は、物質学習を貫く長期的な視点である。物質学習の内容構造として、柱となるのはやはり粒子概念である。物質はすべて粒できていて、その粒の振る舞いが物質の種々の現象のもとになる。したがって、粒子概念が物質学習の全体を貫いているとともに、科学的思考のもとにもなっている。種々の学習を積み上げていく中で学習者がこのことを感じる事ができれば、物質について俯瞰的に理解することができる。この具体的な方策を検討した。小学校段階については前研究から進めている「つぶつぶシート」プロジェクトがある。中学校では、初歩的な粒子概念から原子・分子概念に粒子概念を深化させながら学習を進めるが、その過程で「質量」をサブ柱として活用することを着想し、その構想についてまとめた。現在の学習では、初歩的な粒子概念から原子・分子概念への変換や、物質の種々の現象の関係について学習者が理解しにくい場合がある。「質量」をサブ柱として活用する構想は、これらのことを改善して物質学習の全体像を見えやすくする効果が期待できるため、大変有効な提案になる。

(2)上記の(d)の代表的例として、小学校段階において児童自らが問題解決のための実験計画を立案する授業に取り組んだ。実験計画を立案するためには問題を把握し、その解決の手段と結果について見通しをもって考える必要があるため、この場面設定は児童が主体的に授業に取り組みながら学習内容を深く理解する授業方略となる。具体例として小学校6年「水溶液の性質」単元の最終場面で、これまでの既習内容を活用して正体不明の水溶液が何であるかを明らかにする授業に取り組んだ。この授業を行うに当たり、単元の初めから、児童が実験方法に関与する機会を少しずつ増やしていくように単元計画を工夫した。この授業は、これまでに学習した知識、実験、考え方等を総合して本時に取り組むため、上記の(b, c)でもある。

授業実践の結果、児童が自ら主体的に問題解決を達成することによって、児童は大きな達成感をえる授業となった。この授業を行うに当たり単元計画をしっかりと組んで臨むことが大変有効であった。本授業と同様に、個別の基礎学習を行った後に総合的な探究活動として定性分析を行う場面は、(b, c, d)の典型的な場面として中学1年の気体や固体の学習などで行うことができるが、さらに小学校でも十分な単元計画を組めば活用できることを示すことができた。

(3)上記の(2)に記述した定性分析に取り組むのは(b, c, d)の典型的な場面設定となるが、これとは異なり、単元や章の冒頭に生徒が主体的に探究活動を行う授業パターンについても具体的な授業開発を行った。ここでは中学3年の電池学習を取り上げた。その冒頭において教師が「生物電池」を提示し、生徒が反証するために探究活動を行う授業を構想し実践した(ガルバーニとボルタ論争の再現)。この内容は、探究のための実験要素が比較的明確なことから生徒主体の活動が作りやすく、電池学習の冒頭での探究学習を可能にしている。本授業によって生徒は電池に対する興味関心が高まり、また自分たちで電池を構成する要素を明確にすることができた。本授業を電池学習の冒頭に行うことにより、その後の電池学習の内容について視点と見通しを得る大変有効な授業になったと評価できる。

(4)応用的な事象について課題を設定し問題解決を図る授業(上記 e)の例として、中学校2年において身近な素材である知育菓子(ねるねるねるね)の謎に迫る授業(化学反応の授業)の開発を行った。

日常生活にある応用的な素材は、生徒の興味関心を引くものであるが、中学校では学習しない物質も登場することが多いため授業で扱うには工夫が必要である。ここではクエン酸が出てくるが、原子モデルをタブレット上で操作しながら「ねるねるねるね」の現象を化学反応で解釈する授業にチャレンジした。

身近な素材を対象としたことから生徒は強い関心を持って授業に取り組んだが、原子モデルを使って操作的に考えることに苦戦する生徒も出てきた。しかしタブレット上での原子モデル操作は、思考の様子が共有され対話的に教え合う活動が行いやすく、苦戦する生徒の理解を深めるのにも有効であった。また、このような授業では教師がどのように適切なヒントを用意するかが重要であった。

粒子モデル・原子モデルを如何に使いこなすかは、物質学習全体のテーマである。本授業では原子モデルを操作的に使いながら思考錯誤してやや複雑な化合物を扱った。原子数の多い複雑な化合物を扱ったことにより、化学反応の前後においては原子の結びつき(結合)が変化するが、原子の総数は同じであることを強く意識化することができた。ほどよいチャレンジは化学反応の要点について理解を深めることができることを示した。

(5) 人類が明確にした化合物は、現在、約二億種類ほどであるが、その大部分が有機化合物である。日常生活と物質のかかわりを考えると、我が国の義務教育段階での有機物の取り扱いはあまりにも軽すぎる。そこで、上記の(f)として中学校での「有機物」の学習について取り上げた。現行のカリキュラムの中で少しずつ有機物にふれていく内容を検討した。その中で代表的な官能基を持つ具体的な有機物を分子モデルで紹介していくことも加えたい。これは分子の概念を育てることもである。また、生活に関連する有機物に関わる実験について教材研究を行い、適したものを明らかにした。これらの内容について、学校現場での活用はまだ実施していないので、今後実践を行いながら改善を加え、提案していきたい。

(6) 生徒が学習の振り返り活動に用いる発表ツール(フリップリフレクション:FR 法)を開発し実践した。FR 法は授業の振り返り場面でフリップを補助資料として、生徒一人一人が自分の学びを他者に説明するという活動である。生徒は授業内容について自分の理解を確認し、相手にわかりやすく話すことの訓練になる。また、内容や表現についてアドバイスをもらえる機会になる。FR 法は短時間で実施可能であり、対話的な学びを行いながら振り返りを充実させることが可能であった。「深い学び」の授業が生徒のものとなっているかを確認するツールとしても有効なものである。

(7) 物質学習の全体的なカリキュラムの中で、上記のような授業がどのように位置づけるのか、それぞれの内容とともに考察した。学習に深く関与したり、事象を深く思考して理解を深めたり、広い領域を俯瞰的に理解したりその中に適切に個々の事象を位置付けて理解したり、これからの生活に生かせる学習ができたり、など深い学びにもいろいろな観点がある。その実現に向けたカリキュラム構想と授業構想をどのようにして構築するのが良いか、このことについて対象となる学習領域の内容の特徴を生かすことが重要であり、物質学習領域についてその具体化の試みを行った。本研究の内容は、これからの深い学びの実現に向けた基礎的研究として大きな意義を持つと考えている。授業実践等の検証が不足しているものもあるので、さらに内容の評価を加えながら、今後も学会や教育現場に発信していく予定である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 1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, 斉藤 友哉, 久坂 哲也, 佐々木 聡也, 菊池 永	4. 巻 62
2. 論文標題 コロナを効果的に用いる中学校の溶液の学習	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 理科教育学研究	6. 最初と最後の頁 247-259
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11639/sjst.20073	査読の有無 有
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 加茂川恵司, 菊地洋一	4. 巻 34
2. 論文標題 小学校理科「水の温まり方と水の動きの問題」	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本科学教育学会研究会研究報告	6. 最初と最後の頁 9-14
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 村上祐, 菊地洋一, 武井隆明	4. 巻 1
2. 論文標題 水溶性物質の溶解による浮力の変化と質量保存 - 深い学びのための異単元をつなぐ教材開発の一例として -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 岩手大学教育学部附属教育実践・学校安全学開発センター研究紀要	6. 最初と最後の頁 185-194
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 増田伸江, 久坂哲也, 菊地洋一	4. 巻 3
2. 論文標題 主体的に学習に取り組む態度を育てる実験計画案の授業実践 小学校第6学年「水溶液の性質」を題材として	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 岩手大学教育学部附属教育実践・学校安全学研究開発センター研究紀要	6. 最初と最後の頁 109-120
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 坂本有希, 長坂雄斗, 佐々木聡也, 山内洋子, 菊地洋一	4. 巻 3
2. 論文標題 表現力育成のための発表ツールの開発と中学校理科における実践	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 岩手大学教育学部附属教育実践・学校安全学研究開発センター研究紀要	6. 最初と最後の頁 89-100
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 -

〔学会発表〕 計6件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 加茂川恵司, 菊地洋一
2. 発表標題 中学校理科における有機物と分子の深い学び - 粒子概念からの構築 (2)
3. 学会等名 日本科学教育学会第45回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐々木聡也, 平澤 傑, 小原翔太, 菊地洋一, 久坂哲也
2. 発表標題 「反証」を取り入れた科学的探究の授業
3. 学会等名 日本理科教育学会第71回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 増田伸江, 田中千尋, 草野健, 久坂哲也, 菊地洋一
2. 発表標題 粒子概念獲得のための対話を重視した理科授業 小学校4年生の実践から
3. 学会等名 日本理科教育学会第71回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加茂川恵司、菊地洋一
2. 発表標題 中学校理科における有機物と分子の深い学び - 粒子概念からの構築 -
3. 学会等名 日本科学教育学会第44回年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐々木聡也，菊地洋一，久坂哲也，平澤 傑
2. 発表標題 生徒が生徒に探究課題をつくる授業 - 中学1年「白い粉の特定」の授業実践
3. 学会等名 日本理科教育学会第59回東北支部大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加茂川恵司，菊地洋一
2. 発表標題 中学校理科における有機物と分子の深い学び - 粒子概念からの構築 (3)
3. 学会等名 日本科学教育学会第46回年会
4. 発表年 2022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)	

## 6. 研究組織（つづき）

	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	増田 伸江  (MASUDA Nobue)		
研究協力者	園部 幸枝  (SONOBE Yukie)		
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	小原 翔太  (OBARA Shota)		

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	山内 洋子  (YAMAUCHI Yoko)		
研究協力者	村上 祐  (MURAKAMI Tasuku)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関