

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 5 月 28 日現在

機関番号：13103

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2018～2019

課題番号：18H05784・19K20976

研究課題名（和文）因果関係の見方・考え方を働かせて自然事象を捉えさせる小学校理科指導法の開発

研究課題名（英文）Development of Elementary School Science Teaching Method that Uses Natural Viewpoints and Ideas to Capture Natural Phenomena

研究代表者

山田 貴之（YAMADA, TAKAYUKI）

上越教育大学・大学院学校教育研究科・講師

研究者番号：90824277

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,100,000円

研究成果の概要（和文）：近年、知識基盤社会の進展に伴い、断片化された知識や技能ではなく、汎用的な資質・能力の育成が世界的な潮流となっており、我が国の新学習指導要領においても問題解決の能力の育成がより一層求められるようになった。そこで本研究では、世界的な教育改革の動向を踏まえた新学習指導要領で求められる資質・能力を育成するために、理科教科書に掲載されている全ての観察・実験等に焦点を当て、小学校理科で目指す資質・能力や見方・考え方を育成するための指導法を開発し、小学校理科授業の改善・充実を図っていくための授業モデルを提言した。加えて、小学生を対象とした研究から得られた成果については中学生にも拡張して一般化を図った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我が国の児童生徒は仮説を設定し実験に取り組むことや、自然事象を原因と結果の因果関係で捉えることに課題がある。こうした背景を踏まえ、小中学校学習指導要領解説理科編（文部科学省、2018）では、理科が目指す問題解決の過程について、校種に関わらず同じ展開で行うことが示された。理科の学習が始まる小学校第3学年から自然事象を因果関係で捉え、児童自ら仮説を設定することを初発とした一連の問題解決の学習を繰り返すことで、児童生徒の問題解決の力が育成されていくという様相は想像に難くない。本研究で開発された指導法は、小中学校の全ての観察・実験等への適用の適否を検討しており汎用性が高いと考えられる。

研究成果の概要（英文）：In recent years, with the progress of knowledge-based society, the development of general-purpose qualities and abilities rather than fragmented knowledge and skills has become a global trend, and the ability to solve problems even in the new course of study in Japan. There is a growing demand for the training of. Therefore, this study focuses on all observations and experiments published in science textbooks in order to develop the qualities and abilities required in the new curriculum based on the trend of global educational reform, and focuses on all observations and experiments. We developed a teaching method to develop the qualities and abilities, viewpoints and ways of thinking that are aimed at in science, and proposed a lesson model for improving and enhancing elementary school science lessons. In addition, the results obtained from the research targeting elementary school students were extended to middle school students for generalization.

研究分野：理科教育学

キーワード：因果関係 仮説設定 見方・考え方 理科教科書

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

現代社会に見られるグローバル化や知識基盤社会の進展に伴って、これらの社会を生き抜くための資質・能力が子どもたちに必要となっている。こうした国際社会の動向を受けて、OECDは「コンピテンシーの定義と選択(DeSeCo)」プロジェクトにおいて、キー・コンピテンシーを定義した。諸外国ではコンピテンシーに基づいた教育改革が進められており、我が国でも「自立した人間として、他者と協働しながら価値の創造に挑み、未来を切り開いていく力を身に付けることが必要だ」として(文部科学省, 2014)、「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた新学習指導要領が示された(文部科学省, 2018)。このことから、児童自らが問題を見だし解決するという問題解決の能力を育成する指導がより一層重視されたといえる。我が国における問題解決の能力は、昭和22年に発行された学習指導要領理科編試案(文部省, 1947)から小学校学習指導要領(平成29年告示)解説理科編(文部科学省, 2018)まで続く小学校理科の中核を成すものである。このような問題解決的な学習を行うための条件について角屋, 林, 石井(2009)は、子ども自身が問題に対して自分の予想や仮説をもつことが必要だとしている。仮説について山口(2014)は、説明仮説と作業仮説の2種類があることを指摘し、前者はある事象を説明するための仮説であり実証可能か否かは問わないもの、後者は変数を用いる仮説であり実証可能なものとしている。このように、変化する事象について条件を変えて検証を行う実験では、児童に因果関係の見方・考え方を働かせながら作業仮説を設定させることが重要であると考えられる。

本研究の中核となる問題解決や仮説設定の能力の育成については、これまでもいくつかの研究が行われているが、「何を知っているか」から、知識を活用して「何ができるのか」へと教育の在り方を転換した新学習指導要領で求められている資質・能力を育成するための指導法は報告されておらず、喫緊の課題であるといえる。そして、こうした状況を申請者は深刻な問題であると捉えている。なぜなら、知識や技能を単に教え込むことに偏りがちな教育から「生きる力」を育成する教育へと転換を図った学習指導要領(文部科学省, 1998)において、学習指導要領が全面実施されて4年が経過したにも関わらず、子どもの主体性や興味・関心を重視する余り、教師が子どもに対して必要かつ適切な指導を実施せず、教育的な効果が十分上がっていない事例が多数報告されたからである(文部科学省, 2006)。このような問題に鑑み、本研究では新学習指導要領に準拠した理科教科書に掲載されている全ての観察・実験等に焦点を当て、小学校理科で目指す資質・能力や見方・考え方を育成するための指導法を開発し、新学習指導要領が全面実施となる平成32年度までに、小学校理科授業の改善・充実を図っていくための授業モデルを提言することを目指す。また、因果関係の見方・考え方を働かせながら作業仮説を設定させるという視点は、国内の理科教育に関する学術論文において、申請者らの研究以外に見当たらないことが挙げられる。加えて、平成32年度より使用される理科教科書主要5社に掲載されている全ての観察・実験等を対象に、因果関係の有無と児童の発達段階の観点から開発した指導法の適用の適否を検討することは、小学校において理科授業を担当する教師の授業設計・実施に大きく貢献することが期待できる。

### 2. 研究の目的

近年、知識基盤社会の進展に伴い、断片化された知識や技能ではなく、汎用的な資質・能力の育成が世界的な潮流となっており、我が国の新学習指導要領においても問題解決の能力の育成がより一層求められるようになった。そこで本研究では、世界的な教育改革の動向を踏まえた新学習指導要領で求められる資質・能力を育成するために、理科教科書に掲載されている全ての観察・実験等に焦点を当て、小学校理科で目指す資質・能力や見方・考え方を育成するための指導

法を開発し、小学校理科授業の改善・充実を図っていくための授業モデルを提言することを目的とする。

### 3．研究の方法

(1) 児童の仮説設定能力を育成するための指導法の開発では、児童に因果関係がある自然事象から従属変数の変化の仕方と独立変数の変化のさせ方を捉えさせ、それらに関係付けることで、因果関係の見方・考え方を働かせながら作業仮説を設定させるワークシートを考案する。

(2) 開発した指導法が児童の仮説設定能力に及ぼす効果について、具体的な授業実践および調査問題を用いて検証する。児童の仮説設定能力に及ぼす効果の検証については、作業仮説を設定する際に必要となる従属変数の変化の仕方を考える能力、独立変数の変化のさせ方考える能力および因果関係を認識する能力に関する調査問題と、仮説設定能力に関する調査問題をそれぞれ実施し、授業前後における得点の変化を統計的に検証する。

(3) 開発した指導法の小中学校理科教科書に掲載されている全ての観察・実験等への適用の適否を検討する。

(4) 上記の(1),(2)における小学生を対象とした研究から得られた成果については中学生にも拡張して一般化を図ったり、このような理科授業を実践できる教員の養成に向けて初等教員養成課程学生を対象とした意識調査を行ったりする。

### 4．研究成果

(1) 因果関係の構成要素を明示したワークシートの考案に基づき、仮説と考察の記述力を育成する指導法を開発し、その効果を実証的に検証した。具体的には、A県内の公立小学校第6学年2学級計63人を対象に授業および調査を実施した。因果関係の構成要素が明示されたワークシートを用いて仮説と考察を記述させる1学級31人を実験群、記述欄のみが示されたワークシートを用いる1学級32人を統制群とし、授業実践を行った。調査問題およびワークシートの「ふり返り」を分析した結果、開発した指導法は、仮説の記述場面において「独立変数(何を)」、「独立変数の変化のさせ方(どうすると)」、「従属変数(何が)」、「従属変数の仕方(どうなる)」といった4要素を、考察の記述場面において「独立変数(何を)」、「独立変数の変化のさせ方(どうしたら)」、「従属変数(何が)」、「従属変数の仕方(どうなった)」といった4要素を、それぞれ意識しながら記述する能力の育成に効果があることが明らかとなった。

(2) 小学校理科における考察の構成要素を明示したワークシートの考案に基づき、因果関係を踏まえた仮説と実験結果を関係付けて考察させる指導法の効果について検討した。具体的には、第6学年「てこの規則性」において、“The Four Question Strategy”(4QS)に基づいて仮説を設定し、因果関係を踏まえた仮説と実験結果を関係付けて考察させる1学級28人を実験群、4QSに基づいた仮説設定のみを行う1学級28人を統制群とし、授業実践およびワークシートの記述内容の分析を行った。その結果、開発した指導法は、科学的な言葉を使用した結論の記述、「おもりの重さと支点からの距離」の2変数の関係の定式化に基づく根拠の記述および仮説の真偽の検討に関する記述という、3つの要素が入った考察の記述能力の育成に効果があることが明らかとなった。この結果を踏まえ、実験結果を整理し、考察する学習活動の充実を図るためには、児童自身に因果関係を踏まえた仮説を設定させるとともに、教師が考察の構成要素を明示し、それを用いて具体的な記述の仕方を指導するべきであるという示唆を得た。

(3) X社の小中学校理科教科書に掲載されている全ての観察・実験等について、2QSの適用の適否を検討するとともに、適用の仕方を具体的に示した。具体的には、2QSの適用に関する判断

基準を設定し、理科教科書に掲載されている全ての観察・実験等について検討した。その結果、全ての観察・実験等について、「2QS が適した実験」、「4QS が適した実験」、「仮説なし」という3つのカテゴリーに集約することができた。これらの知見は、理科の見方・考え方を働かせ、自然事象から因果関係を見いだして仮説を設定させる理科授業を構想する際の基礎資料となることが期待される。

(4) 上記の(3)で明らかにした「2QS が適した実験」を対象に、因果関係がある自然事象から従属変数と独立変数を同定させ、それらを関係付けることで問題を見だし、目的意識をもって実験を行い、課題を解決できるような理科授業を実践した。具体的には、中学校第2学年「飽和水蒸気量と湿度」で用いられる曲線グラフと棒グラフの両方が組み合わさった複合グラフの理解を深めるためのモデル教材の開発し、授業を行った。その結果、モデル教材を用いた複合グラフの学習に肯定的な回答が多く見られた。また、第3学年「化学変化と電池」を事例として、電池の基本的な仕組みを理解させるためにマイクロスケール化ダニエル電池を開発し、授業を行った。その結果、授業前後の調査問題において電池の仕組みに関する科学的な知識の理解度の上昇が認められた。

(5) 平成24年度全国学力学習状況調査【中学校】報告書(文部科学省,2012)において、数学と理科のいずれも「2つの数量の関係」の理解に課題があることが指摘された。一方で、平成29年告示の中学校学習指導要領(文部科学省,2018)では、教科に固有の「見方・考え方」を働かせた深い学びの実現や教科等横断的な学習の充実が求められるようになった。このような教育の現代的な課題に応える数学や理科の授業を行うためには、2つの教科に共通する「見方・考え方」を明確にしておく必要があると考えた。そこで、まず中央教育審議会の理科ワーキンググループで例示された「理科の見方・考え方」を上位として、その下位に探究の過程や学習内容に応じて、自在に「見方・考え方」を働かせて学習に取り組みさせる指導を可能にするために、より細かな視点や考え方を設定し、「理科の見方・考え方」を二層構造で示した。次に、それらの中から2つの数量の関係に関わる「見方・考え方」を抽出した後、それらと片桐重男(2004)が提案する「数学的な考え方」との整合性を検討し、数学と理科が共有できる「見方・考え方」として「関数的な見方・考え方」を設定した。さらに、中学校理科の密度、質量パーセント濃度、フックの法則、オームの法則等の学習は、数学と共有する「関数的な見方・考え方」を働かせて取り組みさせることで教科等横断的な学習として行えることや、高等学校数学の微分や物理の力学の学習においても、「関数的な見方・考え方」を働かせられることを論述した。

(6) 上記の(1)～(5)で述べたような理科授業を実践できる教員の養成に向けて、初等教員養成課程学生を対象に、「理科に対する興味」、「学習行動」および「主体的・対話的で深い学び」といった諸要素に関する意識調査を行った。その結果、「理科に対する興味」(思考活性化型、驚き発見型)が、「媒介要因」(批判的思考、学習行動)を経由し、「主体的・対話的で深い学び」(深い学び、対話的な学び、主体的な学び)に直接的、間接的な影響を及ぼしていることが明らかとなった。これは、理科授業において、教師が驚きと発見のある事象や、思考を活性化させる事象の提示を工夫することで、学習者の興味が喚起されるとともに、「批判的思考」と「学習行動」が向上し、結果的に「主体的・対話的で深い学び」の実現につながることを示唆するものである。これらの知見は、「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業の工夫や指導法などを充実させていく必要があるという学習指導要領の方向性と一致し、理科授業において「主体的・対話的で深い学び」を成立させるためには、「理科に対する興味」を喚起するとともに、「批判的思考」と「学習行動」の向上を促す指導の可能性を裏付ける根拠と示唆を得ることができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 山田貴之	4. 巻 18(2)
2. 論文標題 因果関係を踏まえた仮説と実験結果を関係付けて考察させる指導法とその効果-小学校理科における考察の構成要素を明示したワークシートの考案に基づいて-	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 臨床教科教育学会誌	6. 最初と最後の頁 67-74
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 有
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 山田貴之, 斎藤紗織, 五十嵐敦志, 大谷昌弘, 小林辰至	4. 巻 39(1)
2. 論文標題 中学校理科教科書に掲載されている観察・実験等への“ The Two Question Strategy(2QS) ” 適用の適否に関する研究 - 仮説設定ワークシート“ The Two Question Strategy(2QS) ” の考え方に基づいて -	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 上越教育大学研究紀要	6. 最初と最後の頁 207-216
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 山田貴之, 稲田佳彦, 岡崎正和, 小林辰至	4. 巻 39(2)
2. 論文標題 「関数的な見方・考え方」を働かせた理科授業の改善に関する一考察 - 数学と理科の教科等横断的な視点から -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 上越教育大学研究紀要	6. 最初と最後の頁 555-575
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 山田貴之, 松本隆行	4. 巻 60(3)
2. 論文標題 理科に対する興味が主体的・対話的で深い学びに及ぼす影響 - 初等教員養成課程学生を対象として -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 理科教育学研究	6. 最初と最後の頁 663-673
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11639/sjst.19051	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 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

上越教育大学 研究者データベース  
<http://staff.juen.ac.jp/profile/ja.aad7e9f4e93c779660392a0d922b9077.html>

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
--	---------------------------	-----------------------	----