

令和元年6月13日現在

機関番号：32639

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01033

研究課題名(和文)小中高一貫型探究物理カリキュラムの開発

研究課題名(英文)Development of a consistent K-12 curriculum in physics inquiry

研究代表者

石井 恭子 (ISHII, Kyoko)

玉川大学・教育学部・教授

研究者番号：50467130

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、児童・生徒が主体となって科学的探究を行う授業の実現に向けて、大学と地域の小・中・高等学校理科教員の協働実践研究コミュニティによるカリキュラム開発を行うものである。

学校種を超えた定期的な研究会を継続し、児童・生徒の躓きの交流、授業実践のための教材研究、授業研究、概念理解を深めるカリキュラムや教育課程の検討を行った。

その結果、小中一貫した授業と共通教材の開発と実践、学校種や教科間でのギャップを架橋する授業プランの蓄積、概念理解の評価問題の検討、児童・生徒・学生の直感的で断片的な知識要素の検討やそれを生かした授業プランの検討を進めることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、小中高一貫した概念理解を学校種や教科を超えて検討し、カリキュラムを開発する継続的なプロジェクトであることに学術的意義がある。このプロジェクトを推進するには、小・中・高等学校の教員と大学教員および学生、行政の連携が不可欠であり、自分の意思で研究会に参加し、対等な関係で互いから学び合う姿勢を持つことが実践コミュニティとして必要である。

大学における理論研究と学校現場での実践研究を融合させ、実践と省察を繰り返しながらカリキュラムを開発するのは時間がかかることであるが、多くの学校で活用できるカリキュラムの開発が可能となれば社会的な意義が認められる。

研究成果の概要(英文)：This research is on curriculum development conducted by a professional learning community of science teachers in the university, regional elementary schools, junior high schools, and high schools to bring about the realization of students' scientific inquiry. The community members regularly and continuously gathered together to share knowledge and discuss many topics such as the students' learning and difficulty in acquiring scientific concepts, new ideas for teaching materials, and lesson plans.

As a result, we developed lesson plans and practiced them, including a common lesson plan with the same materials for elementary and middle schools that bridges the gap between schools and between subjects. We also examined the assessment problems of conceptual understanding and the students' reactions and knowledge as they faced phenomena such as a hand-cranked electric generator.

研究分野：科学教育

キーワード：探究 Active Learning カリキュラム 実践コミュニティ p-prims 架橋

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

高度情報化とグローバル化の社会にあつて、科学教育における科学的探究力の育成は万国共通の課題である。日本においても、関心意欲の喚起や問題解決能力・探究力の育成がうたわれながらも、現実には知識定着に留まっているという問題が長年指摘されている。日本では、約10年ごとに学習指導要領が改訂され、学校ではそれに準拠した授業が求められる。さらに、小学校・中学校・高等学校の連続性があまり考慮されることなく、改訂のたびに学習内容が削減されたり違う学年に配置されたりしており、児童・生徒の学びの連続性については、各学校や教師の授業構成や授業方法に任されているのが現状である。

これに対して米国においては、物理学の領域の一つとして物理教育研究(Physics Education Research)が位置づけられ、概念理解研究に基づき、実践に裏付けられた (Research-based and research-validated) カリキュラムの開発や評価方法の研究が進められている。これらの成果は、Physics Suite (E. F. Redish, 2003) 邦訳『科学をどう教えるか』(日本物理教育学会, 2012) として日本にも紹介され、多くの大学や高等学校の物理教員によって、その成果を踏まえたカリキュラム研究や実践研究が進められている。ただ、実践研究が行われるのは私立学校や附属学校などが多く、小中高を通じた概念理解に踏み込む研究もあまり見られない。

本研究に先立ち、「Active Learning 型物理探究プログラム開発のシステム開発」(科研費基盤研究 25350241)において、日本に紹介されている物理教育研究の源流である Physics by Inquiry (McDermott, 1996)の開発プロセスを検討した結果、研究・開発・実践において、大学と教師との継続的で互恵的な協働研究組織の構築が重要であることが明らかとなった。具体的には、概念理解を深めるカリキュラム開発には、学校の外で作られたものを学校現場で使うという方法ではなく、学校現場での実践と大学における開発や分析の研究が協働で行われ、実践と省察・分析を繰り返される必要があるということである。本研究組織の中核である福井 Active Learning 研究会も、学生と教員、大学研究者と学校教員という異なる立場の対等な協働関係、教育学と物理学という異なる学問的基盤を持つ研究者同士の協働が可能なコミュニティであり、カリキュラム開発や授業改革が実現できる土壌がある。こうした組織の根底には、省察の実践者 (Schon, 1984) 実践コミュニティ (Wenger, 2002) といった理論枠組みが共有されている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、教育現場での実践を踏まえ、小中高大一貫した概念理解を目指したカリキュラム開発を行い、幅広い実践と普及を目指すことである。そのために、小・中・高・大教員の継続的な協働実践研究、授業研究と理論研究の双方向からカリキュラム開発に取り組む。

3. 研究の方法

研究組織として、福井県内の小中高大理科教員で組織する福井 Active Learning 研究会を中心に、福井大学大学院生(理科教育)や福井県教育研究所、小学校教育研究会理科部会、中学校教育研究会理科部会との協働研究組織を活用した。研究会においては、児童生徒の実態や授業実践、教材研究など多様な話題が議論され、その中から調査研究や実践研究、カリキュラム開発が進められた。また、概念研究や調査研究は、主に福井大学理科教育教室を中心に行い、授業研究は、福井県における小学校教育研究会理科部会や中学校教育研究会、また福井県内の小学校・中学校・高等学校の校内研究会や若手教育研究会と連携して行われた。福井における共同研究と並行して、東京においても実践研究会を発足し、中高の教員との実践研究を行った。

研究の構造としては、調査・開発・実践という3つの柱をたて、それぞれの成果を共有し関連させながら進めた。調査研究においては、国内外の一貫カリキュラムや先進事例の検討、児童生徒の概念研究を行った。これらは開発に生かされるとともに、実践において児童生徒の実態をさらに調査しており、この3つの柱は分断されることなく相互に関わっている。

4. 研究成果

(1) 大学と地域学校との協働実践研究会の継続

福井大学、県教育研究所、小学校教育研究会理科部会、中学校教育研究会理科部会などとの連携により、福井県内の小中高協働実践研究コミュニティによる福井 Active Learning 研究会を年間3~6回開催し、授業研究や教材研究を継続的に行った。教師の教えと児童生徒の学び、学年間や教科間の学習内容におけるギャップ、理解が不十分なままに進級し、上の学年で困難に直面する児童生徒の実態など、学校教育において未解決な問題を研究会での議論や授業研究等を通して共有することができた。この研究会は、大学と学校現場をつなぐ場であり、以下(2)から(5)に述べる研究を進める上で重要であった。特に授業研究においては、授業者と参観者が対等な立場で議論できること、また継続的に協働で振り返る同僚性があることが、児童生徒の躓きやギャップを顕在化したり、授業研究を継続的な研究とすることを可能にしていた(論文 学会発表²³)。参加している教員の多くが、授業研究を積極的にを行い、自らの実践を省察し、年齢や経験、立場を超えて敬意を持って学び合う姿勢が実践コミュニティとしての本研究会の特徴であることが明らかとなった(学会発表 ¹⁶24)。特に、2013年から継続した研究会であるため、発足当時の大学院生の多くが、福井県内の小学校・中学校・高等学校の理科教員となり、大学における研究の姿勢と成果を踏まえた実践研究が可能になってきた。

(2) 児童・生徒が共通して困難を感じる概念とカリキュラム開発のための基礎研究

中学校や高等学校での躰きや概念形成における実態を精査し、小学校における実体験、また数学や言語などの基本的な理解が中学校以降の物理学習にとって重要であることが共有された。米国で開発された概念理解を目指すプログラムと学習指導要領の構造や理念を比較することで一貫カリキュラム開発の視点を導くことができた(学会発表)。特に、中学校理科の幾何光学の領域において、主な学習内容である反射や屈折を理解する上で重要な基本的概念である光の直進や、直線で書き表すモデルについて深く学ぶ機会は小学校にも中学校にもないこと、これに対して、海外の探究カリキュラムや過去の学習指導要領、教科書などを検討し、カリキュラム開発の基本的な課題を明らかにした(論文)。

また、多くの誤概念研究が蓄積されている電気回路や電流概念について、国際的に活用されている評価方法と学生インタビュー調査を用いて電流消費に関して「弱まる電流」という新たな誤概念を明らかにし、それを用いることによる評価方法の改善を提案した(学会発表②③)。

(3) 学校間および教科間のギャップとブリッジカリキュラムの開発

授業における生徒の躰きの分析から、中学校・高等学校における科学概念の理解に不可欠な量概念や関係概念について、小学校算数における学習との乖離があることが明らかになった。例えば、速度、濃度、密度といった単位について、その量の意味を深く考えずに試験対策として計算方法だけ暗記する姿は中学校・高等学校・大学まで続いている。これらの量は、理科においては m/s や g/cm^3 といった表記で扱われ、小学校5年生算数において単位あたり量として学習しているが、量の概念としては深く扱われず、さらに「/」の記号については、中学校理科では当たり前に使っているのに対して、算数・数学、小学校理科のどこでも直接指導されていないことも議論された。こうしたギャップに対して、小中高の教員と生徒が共に検討することによって、上級の学年・学校で、既習であることを前提に授業を進めるのではなく、生徒がこれまで学んできたことを生かし、連続して新たな学びに移行できるよう架橋する授業デザイン(ブリッジカリキュラム)の必要性が明らかになった。学年や教科の中で閉じている見えない課題が、教科や学校種を超えた授業研究や児童生徒の学習状況の交流によって明らかとなり、授業を改革する上で協働研究の意義が感じられるだけでなく、あらたなカリキュラムが開発された。(論文 学会発表)

(4) 概念理解を目指す探究的な物理授業プランの開発

力学の領域において、物理の定性的な概念を問う問題を提示して生徒同士の議論を促すチュートリアル的手法を用いた高等学校の授業プランを開発し、改良を加えながら2年間実践した(論文)。

電気領域において、小・中学校共通に実践可能な教材として、電流とエネルギー変換を学ぶモデルハウス(エネルギーハウス)を開発した。家に見立てた一枚のボードに、洗濯機や湯沸かし器などのモデルとしてモーターや電球、LEDなどを取り付け、銅線を使って並列回路が見えるようにしたものである。電源として手回し発電機をつなぎ、まわす時の手応えでエネルギー消費を考える仕組みとなっているため、小学校と中学校の両方での活用が可能である。教材や授業プランを検討し、改善しながら2中学校と4小学校において実践が重ねられた(論文

学会発表④)。この教材を用いた授業における授業研究や実践報告から、手回し発電機の手応えに対する概念変容の研究が始まり、以下(5)p-prims論研究の端緒となった。

(5) p-prims論の研究

児童・生徒の概念理解と科学的概念の獲得の研究において、これまで注目されてきたのは誤概念であり、学習者が持っている強く一貫した誤概念をいかに科学的概念に変容させるかが科学教育における関心の中心であった。これに対して、推論する場面に応じて、目の前の現象を直感的に解釈する感覚的で断片的な知識要素に着目したのが、p-prims(phenomenological primitives:断片知識)論研究である。本研究でも、授業における児童・生徒の記録や発話、また大学生に対するインタビュー調査などを分析することでp-primと考えられるものを検討したり、授業で活用するあり方を検討した(学会発表)。その結果、手回し発電機に関する研究(論文 学会発表)、溶解におけるp-primの研究(学会発表)、授業における対話を分析したp-primの研究(学会発表)など、いくつかのprimを明らかにしている。p-primという共通の視点・指標を得ることによって、授業中の児童・生徒のつづやきの理解を深めることに寄与できるのではないかと期待している。

[参考文献]

E. F. Redish, Teaching Physics with the Physics Suite, Willy, 2003

日本物理教育学会, 科学をどう教えるか, 丸善出版, 2012

L. C. McDermott, P. S. Shaffer and the Physics Education Group at the University of Washington, Physics by Inquiry, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1996

Schön, The Reflective Practitioner, Basic Books, 1984

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計7件)

- 加藤太一, アクティブラーニングを通じた力学概念の形成-Tutorials in Introductory Physics の手法を用いた実践-, 北信越理科教育研究会第 58 回福井大会研究紀要, 2018, pp.44-47
- 佐々木庸介, 授業研究で授業力を向上させる中学校理科教員, 物理教育, 66(2), 2018, pp.132-135 doi:10.20653/pesj.66.2_132
- 山本修平, 小林和雄, 山田吉英, 手回し発電機の手応えを考察する場面での p プリムズ, 福井大学教育実践研究, 査読有, 42 巻, 2018, pp.71-77
<http://hdl.handle.net/10098/10454>
- 寺井澄人, 自然に親しみ、体験を通して科学の有用性を実感する理科教育-主体的な学びを生む教材・単元構成の工夫-, 福井県小学校研究会理科部会誌, 2017, pp.23-33
- 石井恭子, 小・中学校における幾何光学のカリキュラム構造の歴史的検討と展望, 物理教育, 査読有, 64(3), 2016, pp.171-178
doi:10.20653/pesj.64.3_171
- 佐々木庸介, 私の工夫・私の実践: 学習の系統性を考慮し物理量概念形成を目指した中学「密度」の指導, 物理教育, 査読有, 64(2), 2016, pp.105-108
doi:10.20653/pesj.64.2_105
- 南部隆幸, 電流をより身近に学ぶための教材の開発: モデルハウスを使った実践, エネルギー環境教育研究, 査読有, 10(2), 2016, pp.77-79

〔学会発表〕(計24件)

- 井川悠司, 小林和雄, 山田吉英, p-prims を用いた仮説実験授業記録の分析, 日本物理学会第 74 回年次大会, 2019
- 井川悠司, 山田吉英, 小林和雄, p-prims 論による対話分析と、新 p-prim の提案 - 仮説実験授業の実践記録に見られる対話分析を中心として, 日本理科教育学会北陸支部大会, 2018
- 西袋歩, 小林和雄, 山田吉英, 溶解時の質量保存における p-prims Taber の化学分野における p-prims に着目して, 日本理科教育学会北陸支部大会, 2018
- 山本修平, 山田吉英, 小林和雄, 概念変容研究における p-prims 活用の検討 個人の概念変容のプロセスに着目して, 日本理科教育学会北陸支部大会, 2018
- Kyoko Ishii, The professional learning community to improve the teaching and learning, EASE (International Conference of East-Asian Association for Science Education), 2018
- 石井恭子, 堀由紀子, 協働研究によるブリッジカリキュラム『修理マニュアルを作ろう』の開発と実践, 日本理科教育学会第 68 回全国大会, 2018
- 山本修平, 山田吉英, 小林和雄, 概念変容研究における p-prims 活用の検討 - 手回し発電機の手応えを文脈として -, 日本物理教育学会年会第 35 回, 2018
- 山田吉英, 小林和雄, 山本修平, 井川悠司, p-prims の活用事例 手回し発電機の手応えについての実践と研究を文脈として, 日本物理教育学会年会第 35 回, 2018
- 山田吉英, 現象論的プリミティブについての検討, 日本物理学会 2018 年秋季大会, 2018
- Yoshihide Yamada, p-prims Activation Through Turning Hand-cranked Generator, AAPT Winter Meeting, 2018
- Kyoko Ishii, Yoshihide Yamada, Contribution of Professional Learning Community Applying Pbl to Lesson Reform, AAPT Winter Meeting, 2018
- 山田吉英, 物理教育研究における学習理論の役割, 日本物理学会第 73 回年次大会, 2017
- 山田吉英, 日本における PER の展望-Hammer1996Am.J.Phys.論文からの示唆-, 第 6 回物理教育調査プロジェクト全体会議(研究討論会), 2017
- 井川悠司, 山田吉英, 小林和雄, 学習者が使用するアナロジーから見える p-prims, 日本理科教育学会北陸支部大会, 2017
- 西袋歩, 山田吉英, 小林和雄, 小学校理科「物のとけ方」における p-prims, 日本理科教育学会北陸支部大会, 2017
- 山田吉英, ある物理教育者による省察-PER カリキュラムの実践による専門性開発の一人称記述-, 日本物理学会 2017 年秋季大会, 2017
- 石井恭子, 山田吉英, PER カリキュラムを踏まえたブリッジカリキュラムの開発, 日本科学教育学会第 41 回年会, 2017
- 山本修平, 小林和雄, 山田吉英, 手回し発電機の手応えと電力における p プリムズ, 物理教育研究大会第 34 回研究大会, 2017
- 山本修平, 小林和雄, 山田吉英, 石井恭子, 手回し発電機の手応えに関する誤概念の研究-力学的な抵抗と電気抵抗の混同の調査-, 日本理科教育学会第 67 回全国大会, 2017
- 石井恭子, 探究カリキュラムに見るカリキュラム構造と理念, 日本理科教育学会第 67 回全国大会, 2017
- ②1 山田吉英, 西行大志, 多肢選択式テストの開発に関する一考察 II-電流消費と電流の弱まり

- 誤概念について-, 日本物理学会第 72 回年次大会, 2017
- ②山田吉英, 西行大志, 多肢選択式テストの開発に関する一考察 - 電気回路における電流消費誤概念を例として -, 日本物理学会 2016 年秋季大会, 2016
- ③Kyoko Ishii, How the gap between students' understanding of science concepts and teachers' idea is appeared and treated in lesson study, The World Association of Lesson Studies(WALS), 2016
- ④Kyoko Ishii, Yoshihide Yamada, Cultivating a Professional Learning Community via Lesson Study Culture, 2nd World Conference on Physics Education(WCPE), 2016

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 山田 吉英

ローマ字氏名: (YAMADA, yoshihide)

所属研究機関名: 福井大学

部局名: 学術研究院教育・人文科学系部門(教員養成)

職名: 准教授

研究者番号(8桁): 30588570

(2) 研究協力者

研究協力者氏名: 佐々木 庸介

ローマ字氏名: (SASAKI, yosuke)

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。