

令和 5 年 6 月 28 日現在

機関番号：18001

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K03277

研究課題名（和文）高校新設科目「理数探究」のための高大連携・科学教育支援システムの開発と実践

研究課題名（英文）Development and Practice of High School-University Collaboration and Science Education Support System for "Science and Mathematics Exploration," a New High School Course

研究代表者

福本 晃造（Fukumoto, Kozo）

琉球大学・教育学部・准教授

研究者番号：80549816

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：研究期間全体を通して、インフラとしての産学官連携体制の構築、アプリケーションとしての「化学」を切り口とした探究活動教材開発、生徒や個別プロジェクトの質を保証するための評価手法を開発し、これらをパッケージ化したシステムを開発することができた。各要素は学校規模で実施可能であることを確認しており、本研究の目的はおおむね達成できた。しかし、3つ全ての要素を兼ね備えたパッケージの実証規模は実験レベルにとどまっており、今後も継続研究に取り組む。

研究成果の学術的意義や社会的意義

平成28年12月の中央教育審議会答申において、高等学校に新しい教科「理数」を設け、探究的科目として「理数探究基礎」及び「理数探究」を新設することが明らかにされた。この新科目は初等中等教育で行う探究的な学習の集大成として実施されることになる。我が国における科学教育の推進と理工系人材の育成に大きな貢献をもたらす可能性を秘めているが、これらの科目の実施を各学校が円滑に進めるためのカリキュラムや評価方法、大学等も含めた支援体制を構築することが急務である。本研究では、新科目を効果的に実施するためのカリキュラムや評価方法、大学等も含めた支援体制の構築等について包括的な研究を行い、一つのモデルを開発した。

研究成果の概要（英文）：Throughout the entire research period, we were able to establish an industry-academia-government collaboration system as an infrastructure, develop inquiry activity teaching materials with "chemistry" as the application, develop evaluation methods to guarantee the quality of students and individual projects, and develop a system that packages these elements. We have confirmed that each element can be implemented on a school scale, and the objectives of this study were generally achieved. However, the scale of demonstration of a package that combines all three elements remains at the experimental level, and we will continue to work on this project.

研究分野：科学教育、STEAM教育

キーワード：STEAM教育 理数 探究活動 ICT教育 高大連携 教材開発 教育評価

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、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

文部科学省が、平成 27 年 3 月に発表した「理工系人材育成戦略」では、超高齢化社会に直面する日本の国際競争力維持・向上に努めるために、理工系人材の戦略的育成の必要性が示されている。初等中等教育においても、このことは強く認識されており、平成 28 年 12 月の中央教育審議会答申において、高等学校に新しい教科「理数」を設け、探究的科目として「理数探究基礎」及び「理数探究」を新設することが明らかにされた。これは、「理科」に関する次期学習指導要領のなかで最も大きな改訂内容である。答申では、「探究的な学習は教育課程全体を通じて充実を図るべきものであるが、観察・実験等を重視して学習を行う教科である理科がその中核となつて探究的な学習の充実を図っていくことが重要である。」と述べており、理科において探究的な学習を行うことの重要性を強調している。探究的科目「理数探究基礎」と「理数探究」は、初等中等教育で行う探究的な学習の集大成として実施されることになる。

この新科目は、我が国における科学教育の推進と理工系人材の育成に大きな貢献をもたらす可能性を秘めているが、これらの科目の実施を各学校が円滑に進めるためのカリキュラムや評価方法、大学等も含めた支援体制を構築することが急務である。そのため、本研究では、新科目を効果的に実施するためのカリキュラムや評価方法、大学等も含めた支援体制の構築等について包括的な研究を行うことを構想した。研究開始時点において、既に研究体制は構築されており、琉球大学、神戸高専、沖縄県内の高等学校によるコンソーシアムが組織されている。研究には、協力校の教諭も研究協力者として参加し、取り組んだ。

2. 研究の目的

新教科「理数」の設置に先立って、中央教育審議会の初等中等教育分科会に特別チームが組織され(平成 27~28 年)さまざまな議論が行われた。その結果をまとめた「高等学校の数学・理科にわたる探究的科目の在り方に関する特別チームにおける審議の取りまとめについて(報告)」(中央教育審議会、2016)では、「理数探究」及び「理数探究基礎」の質を高め普及させるための方策として以下の内容が提言されている。

適切な教材や指導事例集の作成(探究の進め方やモデルとなる教材の開発)

新科目の評価方法の確立(探究の過程、議論、報告、発表等における適切な評価)

大学や研究機関等との協力関係の構築(生徒が助言が得られるような環境の整備)

探究活動の成果を校外で発表する機会の構築(研究発表会の開催、顕彰等)

教員研修の実施(新科目を指導する教員に、必要な指導方法等を修得させる)

このように、この科目の効果的な実施のためには、新たなテキストやカリキュラム、評価方法、大学等が学校を支援する高大連携システム等に関する研究が必要であるが、特に、高大連携した支援システムについては、実施が容易ではないため、実証研究が進んでいない。そのため、本研究は、県教委、高等学校、大学が協力体制を構築して、新科目に対応した高大連携支援システムの開発を行う。さらに、研究協力校での実践研究を通してその効果を検証し、有効性が確認された手法・成果等を多くの学校に発信することを目的に実施した。

3. 研究の方法

本研究では、新設科目「理数探究基礎」「理数探究」の質を高め、普及させるための方策として提言された上記 ~ の項目を実現するための教材開発および授業実践研究を行い、高大連携・科学教育支援システムの開発と実践、有効性の検証を行った。

(1) 探究の進め方やモデルとなる教材の開発

新科目の支援策 「適切な教材や指導事例集の作成」の実現のために、「理数探究基礎」において使用する探究の進め方やモデルとなる教材の開発を行う。探究の基礎を学ぶ段階では、探究の進め方に関する基礎的な知識・技能の習得、挑戦することについての意義の理解や主体的に取り組む態度等の育成が重要である。

そのため、研究者の研究に対する姿勢や考え方、発想法、テーマにたどり着いた経緯、新たな知見を得るまでの研究過程、新たな知見の成果(世の中に与えた影響等)などの紹介を通して、探究の進め方に関する基本的な知識・技能、研究倫理等について理解できる教材を開発し、研究協力校で効果の検証を実施した。教材の開発にあたっては、高等専門学校で策定されている「モデルコアカリキュラム」を参考にした。開発した教材は、研究協力校で実施されている学校設定科目「課題研究」で実際に活用した。教材の有効性については、教材を使用した学年とそれ以前の学年での課題研究の成果物や活動プロセスの差違について詳細に調査を行い、結果を比較検討することによって検証を行った。

(2) 新科目の評価方法の確立

新科目の支援策 「新科目の評価方法の確立」への対応として、探究の過程、議論、報告、発表等における適切な評価方法についてさまざまな角度から研究する。評価の機能的観点から、診断的評価、形成的評価、総括的評価に対応する各種の評価方法を実施し、その効果等について検討する。例えば、課題研究への取り組み状況の評価を考えた場合、研究成果のみを重視するので

はなく、探究活動における生徒の認知過程の変化を解析する必要があるが、一例として、「一枚ポートフォリオ評価」(堀、2013)や質的テキスト分析法等のさまざまな解析方法を使用して、探究活動の適切な評価方法について検証した。担当者は、これまでも小・中学生を対象とした科学教育プログラムを実施し、児童・生徒の研究概念の発達や教育評価の比較等について研究しており、過去の知見を活かして調査研究に取り組んだ。

(3) 協力関係・成果発表機会・教員研修の実現

新科目の支援策「大学や研究機関等との協力関係の構築」、支援策「探究活動の成果を校外で発表する機会の構築」および支援策「教員研修の実施」を実現するために、琉球大学と沖縄県教育委員会が共催して「沖縄科学技術教育シンポジウム」を開催する。これは、沖縄県教育委員会と琉球大学が協力して、国内外の研究教育機関、教育行政・高等学校がコンソーシアムを構築し、生徒の「課題研究発表会」・「実験教室」・「研究者との交流会」、科学クラブ等の指導教諭を交えた「意見交換会」・「教員研修会」等を実施する取り組みである。

課題研究や科学部の研究成果などについて、高校生、大学生、高校教諭、研究者が自由に意見交換できる場を提供することによって、研究内容の進め方やまとめ方、新たな研究のヒントなどの、多面的な情報交換が可能になる。本研究実施にあたっては、この取り組みをさらに充実させ、生徒、教員、研究者などの交流や地域への情報発信の核として位置づけ、各学校の探究活動を支援するための地域連携体制として機能させた。また、活動を通して得られたデータを解析して、学校への協力・支援体制についての問題点を把握し解決策を提案するなど、新科目に対応した高大連携・科学教育支援システムとしての有効性検証を行った。

4. 研究成果

(1) 探究の進め方やモデルとなる教材の開発

高等学校「理数探究基礎」「理数探究」科目でのモデルを作り上げることがを目的に、協力校での学校設定科目「課題研究」を活用した高等学校生徒の学習指導を行った。個々の生徒が取り組む課題によって、必要となる学習内容や水準は大きく異なり、高等学校の学習内容だけでは十分に対応できない。そこで高等専門学校「コアモデルカリキュラム」での教材も活用し、生徒の自主学習を促すことで「課題研究」に必要とされる個別学習を実現し、科学研究活動に取り組みせることに成功した。特に化学分野では、その成果を国際誌にて発表する高い水準の活動事例を報告することができた。また、企業と連携した研究に取り組むことで、新たな産学共同指導モデルを作ることにも成功している。これらの活動は探究活動として一定の成果をあげるだけでなく、高校生の進学希望大学や進路希望分野、将来就業を希望する職業に影響を与えることも明らかにしており、キャリア教育としての効果も見出すことができた。

(2) 新科目の評価方法の確立

新科目「理数探究基礎」「理数探究」では、科目の性格上、筆記試験等による評価を行うことは困難であり、診断的評価、形成的評価、総括的評価に対応する各種の評価方法を実施した。本研究開始時期では、「一枚ポートフォリオ評価(OPPA)」を軸に有効性評価を行った。各授業や探究活動の前後でOPPAを行ったところ、生徒の伸長を一定の割合で補足できることが明らかとなった。当初は紙媒体への直接記入のみで取り組んでいたが、2020年度後半より電子化することにも取り組んだ。電子化によって補足割合は減少するものの、生徒の伸長を確認することができた。一方で、OPPAは文章データを評価する性格上、生徒の文章力に大きく左右されることも明らかとなった。これを解決する方法として、動画を活用した評価を試みたが、OPPAよりも精度が低く、作業時間増加、動画編集能力の影響を強く受けることから学校での活用には向かないことが明らかとなった。また従来は、各授業や毎回の探究活動の前後でOPPAを行い、その評価を統合することで総合評価を行っていた。時間効率的な運用を意識し、生徒が作成する「研究計画書」のOPPAによって生徒能力の総括的評価に挑戦した。精度は低下するものの、学校での運用を踏まえると期待できるレベルにあることが明らかとなった。

(3) 協力関係・成果発表機会・教員研修の実現

本研究では対面を前提とした取り組みを計画していたが、COVID-19の影響を受け、オンラインを活用した取り組みの実施と効果検証を行った。琉球大学と沖縄県教育委員会が主催する「沖縄科学技術教育シンポジウム」をオンラインで開催し、児童・生徒の研究成果発表や交流、情報発信の場を提供した。児童・生徒活動を軸に沿えることで、地域連携体制として機能し、地域課題を議論、解決に向けた取り組みを始める場として活用できることを明らかにした。また、企業と連携した研究活動の成果発信の場として利用することで、企業の社会活動としてアピールすることもできた。これはリソースの少ない中小企業の新たな社会参画の方法として捉えることができ、持続可能な産学官連携体制として期待できることを明らかにした。

研究期間全体を通して、インフラとしての産学官連携体制の構築、アプリケーションとしての「化学」を切り口とした探究活動教材開発、生徒や個別プロジェクトの質を保証するための評価手法を開発し、これらをパッケージ化したシステムを開発することができた。各要素は学校規模で実施可能であることを確認しており、本研究の目的はおおむね達成できた。しかし、3つ全ての要素を兼ね備えたパッケージの実証規模は実験レベルにとどまっており、今後も継続研究に取り組む。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 宮国 泰史、福本 晃造、杉尾 幸司	4. 巻 46
2. 論文標題 中学1年生の理数分野への興味・関心に関する男女の意識差における学校間比較 科学教育におけるジェンダー問題解決のための地域・学校間の特徴の理解	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 科学教育研究	6. 最初と最後の頁 81~90
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14935/jssej.46.81	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 宮國泰史, 福本晃造, 杉尾幸司, 前野昌弘, 山城康一, 濱田栄作, 古川雅英	4. 巻 99
2. 論文標題 非対面で実施した科学教育プログラムの効果と問題点	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 琉球大学教育学部紀要	6. 最初と最後の頁 161-171
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 福本晃造	4. 巻 23
2. 論文標題 2019年度JST次世代人材育成3事業の取り組み：女子中高生の理系進路選択支援プログラム、ジュニアドクター育成塾、グローバルサイエンスキャンパス	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 琉球大学大学教育センター報	6. 最初と最後の頁 111-117
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 宮國泰史, 東江あやか, 福本晃造, 杉尾幸司	4. 巻 98
2. 論文標題 「問われる立場」から「問う立場」への変化を促す授業づくり-科学教育における「質問づくり」を取り入れたオンライン授業-	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 琉球大学教育学部紀要	6. 最初と最後の頁 47-58
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 宮國泰史, 福本晃造, 杉尾幸司	4. 巻 98
2. 論文標題 eラーニングシステムの活用頻度と学習者の地理的距離との関係	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 琉球大学教育学部紀要	6. 最初と最後の頁 211-219
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 宮國泰史, 前野昌弘, 福本晃造, 杉尾幸司	4. 巻 97
2. 論文標題 小中学生における天体の大きさおよび空間認識の変化を促す授業実践	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 琉球大学教育学部紀要	6. 最初と最後の頁 91-98
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 Ryan Noboru Rutherford, Shinji Ura, Tak-Hang Chan, Kozo Fukumoto, Takanori Nishioka, Andrea Renzetti	4. 巻 76
2. 論文標題 Dibenzoate esters of cis tetralin 2,3 diol as analogs of (-) epigallocatechin gallate: synthesis and crystal structure of anticancer drug candidates	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Acta Crystallographica Section C	6. 最初と最後の頁 1085-1095
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1107/S2053229620014916	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 該当する

1. 著者名 Andrea Renzetti, Jonathan W. Betts, Kozo Fukumoto, Ryan Noboru Rutherford	4. 巻 11
2. 論文標題 Antibacterial green tea catechins from a molecular perspective: mechanisms of action and structure-activity relationships	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Food & Function	6. 最初と最後の頁 9370-9396
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0fo02054k	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 該当する

1. 著者名 佐藤洋俊	4. 巻 33
2. 論文標題 オンラインホームルームと教養化学のオンデマンド授業の実施	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 総合情報センター広報	6. 最初と最後の頁 10-12
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 -

〔学会発表〕 計14件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 佐藤 洋俊, 福本 晃造, 大塩 愛子
2. 発表標題 思考力と表現力の向上を目指した高専化学でのICT機器の活用
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会 (2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 喜納 彩, 仲松 日菜子, 大見謝 光, Andrea Renzetti, 福本 晃造, 安里 英治
2. 発表標題 鉄錯体によるE S (E = C, Si) 結合切断反応
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会 (2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 泉水仁, 中川鉄水, 福本晃造, 吉本隆光, 浅田祥司, 大塩愛子, 小城宣啓, 米倉勲, 木之下幸一郎
2. 発表標題 沖縄における除湿機排水の水質・水量調査とその有効活用
3. 学会等名 日本設計工学会関西支部令和四年度研究発表講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 福本晃造, 宮國泰史, 佐藤洋俊, 杉尾幸司
2. 発表標題 Advanced science education system for science talented with case study research
3. 学会等名 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 喜納彩, 友利優斗, 安里英二, アンドレアレンゼッティ, 福本晃造
2. 発表標題 Iron-catalyzed selective C-S bond cleavage reaction in thioethers
3. 学会等名 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤洋俊, 福本晃造, 大塩愛子
2. 発表標題 Effective application of ICT devices with chemical experiments in laboratory and the cloud at College of Technology
3. 学会等名 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮國泰史, 福本晃造, 杉尾幸司, 前野昌弘, 山城康一, 濱田栄作, 古川雅英
2. 発表標題 非対面形式科学教育プログラムの効果と生徒の活動性
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 宮國泰史, 福本晃造, 杉尾幸司, 古川雅英
2. 発表標題 中学校1年生における数学, 理科に対する意識の男女差とその特徴
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 喜納彩, 友利祐斗, Renzetti Andrea, 福本晃造, 安里英治
2. 発表標題 鉄錯体を用いたチオエーテルの触媒的C-S結合切断反応
3. 学会等名 日本化学会春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福本晃造
2. 発表標題 コロナ禍におけるオンライン物理授業と受講生の適応
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木之下幸一郎, 米倉勲, 福本晃造, 中川鉄水, 浅田祥司, 吉本隆光, 新川百合子
2. 発表標題 紫外線装置を用いた海水等浄化の有効利用について
3. 学会等名 日本設計工学会関西支部令和元年度研究発表講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 泉水 仁, 座安 那奈, 中川 鉄水, 福本 晃造
2. 発表標題 高温多湿地域における除湿水の有効活用を目指した水量調査
3. 学会等名 総合技術研究会 2021 東北大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 城間吉貴, 北條優, 福本晃造, レンゼッティ・アンドレア, 宮國泰史, 古川雅英, 杉尾幸司
2. 発表標題 「琉大カガク院」における受講生の評価とその伸長
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 泉水 仁, 座安 那奈, 洲鎌 未空, 中川 鉄水, 福本 晃造
2. 発表標題 空調排水の活用を目指した水質・水量調査と琉大カガク院の活動紹介
3. 学会等名 実験・実習技術研究会2020
4. 発表年 2020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	杉尾 幸司 (Sugio Koji) (20433089)	琉球大学・教育学研究科・教授 (18001)	

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 分 担 者	佐藤 洋俊 (Sato Hirotoshi) (10342528)	神戸市立工業高等専門学校・その他部局等・教授 (54502)	

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