

令和 2 年 5 月 21 日現在

機関番号：23901

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2018～2019

課題番号：18H05766・19K20958

研究課題名(和文)科学的探究力を育成するカリキュラムと評価方法に関する研究

研究課題名(英文) Research on curriculum and assessment to foster the ability of doing scientific inquiry

研究代表者

大貫 守 (Onuki, Mamoru)

愛知県立大学・教育福祉学部・講師

研究者番号：00823808

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、理科教育や理数探究において科学的探究力を育む多面的な評価方法を開発することを目的としていた。具体的には、先進国である米国の科学教育の事例を参考に、科学的探究力の内実を知識面や技能面といった多面的な側面から精査し、それらを育み、評価する評価方法の在り方を理論的に整理した。また、本研究では国内で連携している高等学校と共同で、科学的探究力を構成する要素に着目した多面的な評価方法の開発に向けた実践的な共同研究に取り組み、評価基準のスタンダードとしての標準ルーブリックを開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、理科教育や理数探究において科学的探究力を育む多面的な評価方法を開発した。具体的には、国内のスーパーサイエンスハイスクールと共同で、科学的探究力の質を評価するための標準ルーブリックを作成した。また、そのような評価規準(基準)に加えて、科学的探究力を育むための指導方略についても、ルーブリックを介して共有する手立てを考案した。このようなルーブリックを普及することは、高等学校において、科学的探究力を育むカリキュラムや指導を構想する上で具体的な示唆を与えうるものとなるだろう。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to develop a multi-faceted assessments that fosters the ability of doing scientific inquiry in science education and Inquiry-Based Study of Science and Mathematics. Specifically, referring to the case of science education in the United States, I examined the scientific inquiry from various aspects such as knowledge and skills. In addition, I theoretically reviewed the way of assessments to nurture and assess the ability of doing scientific inquiry.

Furthermore, in this research, we collaborated with high schools to engage in practical joint research toward the development of a multifaceted assessments that focuses on the elements that make up scientific inquiry. And we co-developed the standard rubric as a assessment standard which can use in any schools.

研究分野：教育学

キーワード：科学教育 科学的探究 ルーブリック パフォーマンス評価 ポートフォリオ評価

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、研究者個人に帰属されます。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

2010年代から知識基盤型社会において生きる力や21世紀型コンピテンシーなどの教科汎用型のスキルの育成が重視されている。この中で、日本の理科教育では、科学的探究力を育成することが企図されていた。この点について、2018年改訂の高等学校学習指導要領では、理数探究などの探究的な科目が新設されていた。加えて、大学入試改革に向けた議論では、多肢選択問題などの筆記テストで科学的探究力を評価する方法を開発することが喫緊の課題となっていた。

科学的探究力の評価方法については、米国の科学教育を中心に提案がなされ、日本にも紹介されていた。例えば、教室におけるパフォーマンス課題の実践例が紹介されたり(ロドニー・ドラム他(古屋光一他訳)『理科の先生のための新しい評価方法入門』北大路書房、2007年など)、筆記テストで科学的探究力を評価している全米学力調査の取り組みが分析されたりしている(例えば、荒井克弘他『全国学力調査日米比較研究』金子書房、2008年)。しかし一連の研究では、評価を通して測定したい科学的探究力の内実についての検討やそれに向けた指導方法について言及されず、具体的な評価問題や政策的な動向の紹介に留まっていた。結果として、先行研究では科学的探究力を身につけるために子どもたちが達成すべき教育目標と指導方法やカリキュラム編成のあり方、評価方法が切り離された形で紹介されていたことが課題であった。

2. 研究の目的

研究代表者はこれまで、科学的探究の指導に関して国内外の状況を幅広く視野に入れ、研究を重ねてきた。例えば、研究代表者は米国の科学教育における科学的探究力の指導方法について歴史的な研究を行う一方で(大貫守「J.S.クレイチェックの科学教育論に関する検討」『教育方法学研究』vol.41、2016年、pp.37-48および大貫守「アメリカ合衆国における科学教育カリキュラムに関する研究 科学的探究から科学的実践への展開に着目して」京都大学大学院教育学研究科博士論文、2020年1月23日(授与機関:京都大学)など)、旧来の筆記テストでは評価できないような科学的探究力の内実を評価する方法について、日本の高等学校と共同で研究開発を進めている。特に後者について、生徒の科学的探究力の長期的な伸びをルーブリックで捉えることは、科学的探究力の評価の有効な方法とされており、それを踏まえて、ルーブリックを軸として長期的に科学的探究の質を評価し、指導に活かす方策について検討してきた(大貫守「高等学校での課題研究ルーブリック作成の取り組み」『思考力・判断力・表現力育成のための長期的ルーブリックの開発 最終成果報告書』(研究代表:田中耕治)2016年、pp.71-83)。

本研究は、以上の研究蓄積の延長上に位置づくものであり、国内外の研究成果に学びつつ理論的な研究を深めるとともに、教育現場のニーズに寄り添いながら研究開発を行うことを目的としていた。具体的には、(1)科学的探究力の内実を精査することで、子どもたちが到達すべき教育目標の具体を明らかにすること、(2)この目標への到達を評価するために筆記テストを含む多面的な評価の在り方を吟味すること、そして(3)科学的探究力の育成に向け、共同研究を通して科学的探究を中核に据えたカリキュラムや指導方法を開発することが目的であった。これらを明らかにすることを通して、教育目標と指導方法と評価方法が接続した科学的探究論の育成に向けた枠組みを構築し、実践に役立てていくことを企図していた。

3. 研究の方法

2で記した目的に向けて、以下の3点から研究を行った。

(1) 米国における科学的探究力の育成に関する理論やそれにもとづく実践に着目し、科学的探究力の内実指導や評価の方法を実践分析や文献調査により明らかにした。特に、評価方法については、教室レベルで実践されているパフォーマンス評価などの質的な評価と全米学力調査(NAEP)などの筆記による量的な評価の2種類の方法に焦点を合わせて、その内実について文献をもとに検討した。

(2) 日本の高等学校において科学的探究力の育成を目指し、実践研究に取り組んでいる学校において文献調査や現地調査を行い、そこでの成果と課題を明らかにした。具体的には、長年にわたり、科学的探究の指導に取り組んできたスーパーサイエンスハイスクールの中でも、近畿地方の拠点校である石川県立金沢泉丘高等学校・福井県立藤島高等学校・滋賀県立膳所高等学校・京都市立堀川高等学校・奈良県立奈良高等学校・大阪府立天王寺高等学校・兵庫県立神戸高等学校・三重県立津高等学校とともに研究会を主宰し、各校の実践についてヒアリングし、分析することで共通に保障すべき教育目標と評価規準(基準)の内実について検討した。

(3) 共同研究校である富山県立富山中部高等学校において、授業の参与観察を行った。そのような参与観察や(1)・(2)で得られた研究成果をもとに、具体的な評価規準(基準)の開発を行った。

4. 研究成果

これらの研究の結果として、次の(1)から(3)の研究成果が得られた。

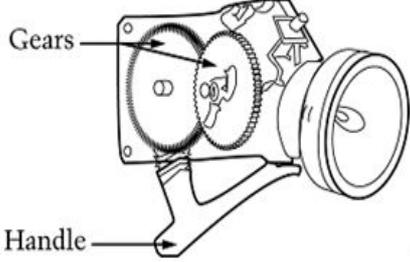
(1) 米国における大規模な学力調査である全米学力調査(NAEP)の評価方法の開発のフレームワークに即して、どのように科学的探究の評価が行われているのか検討した。その結果、NAEPにおいて、科学的探究の評価は、科学者の営みを反映するという理念の下で描かれた科学の実践(science practice)の理論に立脚して、社会的側面までを含めた科学者の行為とそこに含まれ

る認知過程を詳らかにし、実際に知識やスキルを使って何ができるのかということを使えるレベルで問うものであった（客観テストを用いた評価問題については資料1を参照）。これは、従来、米国において積年の課題であった知識と切り離された形で探究の行為を質的に評価することとは異なる切り口の評価方法を提案するものであった。

しかしながら、調査においては、NAEPは大規模な評価であるがゆえに限界を抱えていることも明らかになった。具体的には、NAEPでは科学的探究を通して育まれる「自らで問いを設定し、それに向けて計画した実験を行う力や、知性の習慣、持続的に探究を行ったり、協働的に研究を遂行したりする力」を問うことが難しいことが1つの課題として挙げられている。他方で、これらの力については教室レベルでの評価を充実させていくことで問うことができるものであることも指摘されており、教室レベルの評価などとどのように接続していくことが望ましいのかということについては、今後、検討を要する（詳細については、大貫守「アメリカにおける科学的探究力の評価に関する検討」『愛知県立大学教育福祉学部論集』2020年 vol.68、pp.13-26）。加えて、科学的探究力を評価するために、同様の客観テストの問題を日本において作成する際のモデルの開発についても今後の課題として残されている。

(2)(1)と並行して、各学校のレベルで科学的探究力を育み、評価する方法について検討を行った。特に、近畿地方の拠点校である石川県立金沢泉丘高等学校・福井県立藤島高等学校・滋賀県立膳所高等学校・京都市立堀川高等学校・奈良県立奈良高等学校・大阪府立天王寺高等学校・兵庫県立神戸高等学校・三重県立津高等学校と探究型学力高大接続研究会と呼ばれる研究会を組織し、課題研究における具体的な生徒の姿や成果物としての論文を検討し、学校の枠を超えて評価基準として利用することができる標準ルーブリックの開発を共同で行った（詳細については、西岡加名恵・大貫守「スーパーサイエンスハイスクール8校の連携による『標準ルーブリック開発』の取り組み」京都大学大学院教育学研究科教育方法学講座『教育方法の探究』2020年 vol.23、pp.1-12）。この標準ルーブリックは、単に評価基準表として評価の道具として用いられるだけでなく、学校間で共通に見られる代表的な生徒のつまずきと指導方略をルーブリックに内包させている。それにより、探究的な学習の指導を行う際に、広い有効性を有する道具として機能し、現場で活用されていくことが考えられる（実際に開発されたルーブリックについては資料2を参照）（大貫守「総合的な探究の時間におけるルーブリックの開発と活用 探究型学力高大接続研究会の取り組みに着目して」『生涯発達研究』2020年 vol.12、pp.105-111）。

資料1.NAEPの物理科学における調査問題の例
 （大貫守「アメリカにおける科学的探究力の評価に関する検討」
 『愛知県立大学教育福祉学部論集』2020年 vol.68、p.20より引用）

実践	問いの例	実践	問いの例
科学の原理の特定	どんな原子が水の分子を構成しているか。 A.1個の水素と1個の酸素 B.1個の水素と2個の酸素 C.2個の水素と1個の酸素 D.2個の水素と2個の酸素 （2011年に実施）	工学に関する設計の使用	下記の懐中電灯には電池がない。ハンドルを握って離すことによって操作される。懐中電灯の本体の内側には歯車（Gears）があり、それを以下に示している。  どの順番で書かれたものが、光を生み出すために懐中電灯の中で行われるエネルギー変換を最もよく特定しているか。 A. 運動 電気 光 B. 運動 化学 光 C. 化学 運動 光 D. 化学 電気 光 （2009年に実施）
科学の原理の使用	[周期表が与えられている] 上記の周期表の中で[各元素の]位置にもとづいて、どの元素がアルゴン（Ar）と最も類似した科学的な特性を持っているか、予想しなさい。 A. 塩素（Cl） B. ヘリウム（He） C. 窒素（N） D. 亜鉛（Zn） （2011年に実施）		
科学的探究の使用	授業で次の2つの演示実験を観察した。まず、蒸気へと変わる水を、次に木片が燃えて、煙を出す様子を観察した。生徒は両方の演示実験は化学変化の例であるに違いないと結論づけた。なぜなら、それぞれの実験で気体が生成されたからである。この生徒の結論は正しいだろうか。両方の演示実験に言及しながら、あなたの回答を説明しなさい。（2009年に実施）		

資料2 .科学的探究力を評価するルーブリックと指導方略

観点(上段) 本質的な問い (下段)	課題の設定	
	研究の意義づけ 研究の意義とはなにか?	課題の具体化 よい研究課題とはなにか?
基準(上段) 徴候(下段)	子どもたちの到達点を判断する主な評価資料: 対応	
	5 基準 課題研究の質が特別優れているレベル	各観点の評価基準
徴候	自分の研究課題の学術的・社会的価値、既存の前提を問う問いを設定している	適切な評価が可能な目標や、環境的な制約の中で実行可能で検証可能
	○自分の研究課題が社会や学問の進展に寄与するものであることを口頭または文章において説明できる ○研究課題に関連する先行研究との違いが明確にされている	○取りうる手段を踏まえ、実際に評価可能や目標や検証可能な仮説が立てられている ○身近な物・実験材料などに注目し、検証可能な課題を設定した ○先行研究がわかる場合、それと比較できている
指導方略	・「大きな目標のうち、今回の研究ではどこまでできたの?」と問う	・検証方法について、身近なものを使うように助言をした
4 基準 課題研究の質が十分に満足できるレベル	自分の研究課題の学術的・社会的価値に触れて問いの意義を説明している	評価が可能な目標や検証可能な問いや仮説を立てている

尚、本標準ルーブリック及び標準ルーブリックづくりのプロセスについては、全国の高等学校を対象としたシンポジウムや研修を主催し、その折に触れ、学校現場に向けて提供・発信した結果、全国のスーパーサイエンスハイスクールを中心に幅広く普及している。更に、大学教育研究フォーラムなど高等教育機関の研究会において発表することで、大学にも広がりを見せている。特に、この取り組みについては、文部科学省が2019年に実施したSSHの今後の方向性に関わる有識者会議において、高大接続の新たな形を示すものとして一定程度、評価されている(詳細日では、文部科学省『スーパーサイエンスハイスクール(SSH)支援事業の今後の方向性等に関する有識者会議 報告書』(2018年9月発行)(https://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2018/09/26/1409229_01.pdf 2020.2.12 確認)を参照。)

(3) 研究の最終年度に共同研究校である富山県立富山中部高等学校とともに、(2)で得られた研究成果に立脚して同校で使用されているルーブリックの改訂を行った。具体的には、ルーブリックに含まれる基準と徴候の記述の様式と内容の見直しを行った(実際に改訂されたルーブリックについては表3を参照)。これにより、学校において科学的探究力をより妥当性と信頼性を担保した形で評価するための有効な道具となるルーブリックが開発された。

しかしながら、ここで改訂されたルーブリックについては、研究開発の期間が長引き、実際に改訂されたルーブリックを用いての学校現場での効果検証については十分に行われていない。これについては、今後、同校で改訂版ルーブリックを用いて指導を行い、長期的な生徒の成長にどれほど寄与するものであるのか、効果検証していく必要があるだろう。加えて、同校において、標準ルーブリックから個々の学校のルーブリックにローカライズしていくプロセスや方策についても詳らかにしていくことで、一般の公立学校を含めて幅広い学校に標準ルーブリックを普及させることができるようになると考えられる。これについても、今後の課題として残されている。

資料3 .富山県立富山中部高等学校の探究活動全体のルーブリック(同校提供・一部抜粋)

ゼミ番号	研究テーマ	H NO. 氏名			評価者
評価の基準	目標到達度	1年生			2年生
	基準と徴候	高校1年時に達成が望まれるレベル 探究活動の質において、大層な改善を必要とするレベル 探究の手順がわからず、探究活動を進められない 教員が多くの支援を行って初めて探究活動を行える	高校1年終了時に到達が望まれるレベル 探究活動の質において、やや改善を必要とするレベル 探究の手順の概輪を認識し、探究活動を行っている 教員の支援で、探究活動を行える	高校2年時に到達が望まれるレベル(目標) 探究活動の質において、満足できるレベル 探究の手順を理解し、探究活動を行っている 教員の支援で、自ら考えて探究活動を行える	探究活動終了時に到達が望まれるレベル 探究活動の質において、十分に満足できるレベル 探究の手順や一連の流れを理解し、探究活動を行っている 教員の支援で、自ら省察して探究活動を行える
観点 \ レベル	1	2	3	4	5
課題発見力 仮説設定力	I 課題と仮説の設定 研究の意義を見出せず、問いを出せない 問題意識が乏しく、課題・仮説を立てられない 思いつきや表面的な発想から課題を設定している	研究に意義とした意義づけができ、問いを立てられる 偶然とした発想から、課題を設定している 課題が絞りきれず、仮説が曖昧なままである	研究の意義を認識して、問いや仮説を明確に設定している 発想や着眼点が良く、課題意識につながっている 解決する課題が明確である 課題に対する仮説を適切に表現している	研究の学術的・社会的価値を認識して、実行可能な問いや仮説を立てている 発想や着眼点が良く、学術的・社会的な課題意識を持っている 課題や仮説を的確に表現している 実行可能な課題や仮説を設定している	既存の枠組みを問い、実行・検証可能な問いや仮説を立てている 発想や着眼点が優れており、学術的・社会的な課題意識を持っている 先行研究を踏まえて、課題の意義や妥当性をとらえている 検証可能な課題や仮説を設定している

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5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 1件）

1. 著者名 大貴守	4. 巻 21
2. 論文標題 ジョセフ・シュワブの科学的探究論に関する検討ーその前史に着目してー	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 教育方法の探究	6. 最初と最後の頁 pp.13-20
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14989/235503	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 大貴守	4. 巻 41(1)
2. 論文標題 ロバート・カーブラスの科学教育論に関する検討ーSCISの取り組みに着目してー	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本教科教育学会誌	6. 最初と最後の頁 pp.95-105
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 大貴守	4. 巻 68
2. 論文標題 アメリカにおける科学的探究力の評価に関する検討 - 『2009年のNAEPのための科学の枠組み』に焦点を合わせて -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 愛知県立大学教育福祉学部論集	6. 最初と最後の頁 pp.13-26
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 大貴守	4. 巻 12
2. 論文標題 総合的な探究の時間におけるルーブリックの開発と活用 探究型学力高大接続研究会の取り組みに着目して	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 生涯発達研究	6. 最初と最後の頁 pp.105-111
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 西岡加名恵・大貫守	4. 巻 23
2. 論文標題 スーパーサイエンスハイスクール8校の連携による『標準ルーブリック開発』の取り組み	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 教育方法の探究	6. 最初と最後の頁 pp.1-12
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2件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 大貫守
2. 発表標題 高等学校における標準ルーブリックの開発プロセスと今後の展望
3. 学会等名 探究型学力 高大接続シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 飯澤功・大貫守・西岡加名恵
2. 発表標題 SSH8校連携による『標準ルーブリック』開発の試み
3. 学会等名 大学教育研究フォーラム
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 大貫守	4. 発行年 2019年
2. 出版社 日本標準	5. 総ページ数 246
3. 書名 石井英真・西岡加名恵・田中耕治編 『小学校新指導要録 改訂のポイント』 (「理科 - 資質・能力を育むカリキュラムと授業の改善に向けた評価のあり方」)	

1. 著者名 大貫守	4. 発行年 2020年
2. 出版社 ぎょうせい	5. 総ページ数 155
3. 書名 田中耕治編『評価と授業をつなぐ手法と実践』（「評価の観点を活かす単元設計」）	

1. 著者名 大貫守	4. 発行年 2018年
2. 出版社 明治図書	5. 総ページ数 173
3. 書名 西岡加名恵・石井英真編『Q&Aでよくわかる！見方・考え方を育てるパフォーマンス評価』（「『総合的な学習（探究）の時間』とパフォーマンス評価」を担当）	

1. 著者名 大貫守	4. 発行年 2019年
2. 出版社 日本標準	5. 総ページ数 150
3. 書名 西岡加名恵・石井英真編『教科の「深い学び」を実現するパフォーマンス評価』（第4章「理科」を担当）	

〔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
---------------------------	-----------------------	----