

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 26 日現在

機関番号：62601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24240101

研究課題名(和文)イノベティブ人材を醸成する「卓越性の科学」の教育課程の開発に関する実証的研究

研究課題名(英文)Research for development of science curriculum for excellence: Toward fostering innovation in Japan

研究代表者

銀島 文(GINSHIMA, Fumi)

国立教育政策研究所・教育課程研究センター基礎研究部・総合研究官

研究者番号：30293327

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,360,000円

研究成果の概要(和文)：卓越性の科学教育に関連して国内外の先進的な事例を調査し、特徴を分析して示唆を得た。また、生命科学や生物学、数学の学習コンテンツを開発し、実践して有効性を検討した。心理学の視座から、卓越性の科学の教育の在り方を議論するとともに、学習コンテンツや学習活動の評価の視点を検討した。結論の概要は以下の通りである。(1) 教育課程の編成の視点として新たな知の創造が位置付く。(2) イノベティブ人材には、創造的な問題解決能力や幅広い専門知識、専門用語の習得が必須である。(3) 学習や日常生活を通じて、研究の文化へ慣れ親しむことが有効であり、これらは潜在的なカリキュラムにも関連するものである。

研究成果の概要(英文)：We conducted some case studies on good practices on science learning in Japan and US, and some researches about trend of science curriculum development in the world, which have a lot of implications for development of science curriculum for excellence in Japan. On the other hand, we developed some learning contents for excellent students related to life science, biology and mathematics, and examined validity of those. From the viewpoint of psychology, we discussed issues for development of science curriculum or learning contents for excellence and assessment method of curriculum or contents.

The followings are brief summary of conclusions: (1) Creation of new knowledge should be included in the curriculum. (2) People who leads innovations have to acquire creative problem-solving competency, wide range of expertise and technical language. (3) Through learning activities and everyday life, learners have to familiarize academic culture which will be related to hidden curriculum.

研究分野：科学教育

キーワード：科学教育カリキュラム 卓越性 教育課程編成理論 学習コンテンツ イノベティブ人材

1. 研究開始当初の背景

(1) 現代社会は複雑化・高度化を進め、文化や価値観が多様化しており、科学技術はこれまでの成果と蓄積の上に独創性豊かな革新的理論や技術を次々と産出してきている。1999年に開催された世界科学会議で「科学と科学的知識の利用に関する世界宣言」が採択されて以降、その理念に沿った取り組みが様々に実施されてきており、“科学のための科学”から“社会のための科学”へと科学のとらえ方も変化してきている。さらには、人類的価値・文化的価値・社会的価値のみならず、経済的価値を創出するイノベーションを基調とした科学技術へと進展を遂げてきている。このような科学技術の進展及び将来展望を見据え、また一方で、科学技術創造立国を標榜するわが国の社会展望に照らして、「新しい知の創造」を可能にする教育、国際競争力豊かな「創造的科学力」育成のための教育、つまり、イノベーションを可能にする人材育成に資する教育のあり方を検討することが急務である。

(2) 伊藤卓(2009)は、「戦後からつい最近まで、先進諸国に追いつけ追い越せのローガンのもとに万人一様のレベルアップを主眼として進められてきたわが国の横並び教育であるが、これに新に For Excellence の視点を取り入れるには多大な労力を注ぐ必要がある」と指摘している。中山和彦・東原義訓(1986)は、「未来の教室」の中で、これまで学校教育において「浮きこぼれ」に対する配慮がなされてこなかった、と指摘しており、泉俊輔(2009)も「浮きこぼれ」の対策の必要性を述べている。

近年、文部科学省が実施するSSH事業や、科学技術振興機構が実施する未来の科学者養成講座など、いわゆる for Excellence の取り組みが進んでいる。それらの取り組みが成果をあげている印象はあるものの、極めて限定的で、特例としての取り組みに過ぎず、イノベーション人材の醸成という視点からのアプローチは不十分である。さらには、いわゆる for Excellence の教材の開発が進み、それらの教材を用いた実践が散見されるものの、実証的なデータ収集は不十分で、分析や評価が十分に行われているとは言い難い。

(3) 元来、教育課程は、変化する時代の要請を多面的に考慮して構築される必要がある。一つには、当該の教育課程のもとで学習した児童・生徒が、将来遭遇する実生活の問題に、より良く対処できるようにするためである。また一つには、当該の教育課程のもとで学習した児童・生徒が、未来の社会を創造する担い手になっていくからである。わが国では、文部科学省が学習指導要領を作成し、前述のような観点から約10年ごとに改訂されている。全国の学校では学習指導要領に準拠した指導を実施しており、そのような状況からは、独自の教育課程の開発や学術分野としての教育課程編成学の成熟の機会を見い

だしにくい。しかしながら、変化する時代の要請に真に対応した教育課程を構築するためには、いわゆる経験則に則った作業過程を経るだけでは到底心許なく、学術分野としての教育課程編成学が成熟していることが肝要である。

市川惇信(2008)が「科学が進化する5つの条件」の中で指摘するように、我が国の「イベント羅列」型の教育課程や教科書では、個別知識の累積に終始し、知識の体系的獲得を成し得ない。つまり、イノベーションを可能にする人材育成にとって重要な「事象の探究」や「本質を見抜く力」、「不確実性の認識」、「新たな価値の創出」などは、偶然の産物としてしか、それらの能力の育成を望めない。この考えは、木村捨雄(2010)の主張とも合致するものである。

SSH事業の特色の一つは、教育課程の編成や実施を独自に行えることである。この意味では、科学の教育課程の開発に関する先進的な取り組みが散見されるが、効果の検証が十分になされておらず、得られる知見を基に理論構築へと高める必要がある。また、例えばイギリスのヨーク大学の科学教育グループが開発したソルターズ・カリキュラムや、オズボーンらが編纂した教科書アドバンス・フィジックスなどの先進的な事例から得られる示唆を明確にする必要がある。

2. 研究の目的

(1) 本研究の目的は、イノベティブ人材を醸成する「卓越性の科学」の教育課程を開発することである。科学技術の将来展望を見据え、また、科学技術創造立国を標榜するわが国の社会展望に照らして、「新しい知の創造」のための科学教育を可能にするため、「卓越性の科学」の教育に焦点化して教育課程編成理論の構築を目指す。

(2) 科学の知的レベルの高い子どもに対応したカリキュラムの開発研究に関連して、創出される研究課題群及び研究成果は、万人のための科学の教育課程に対しても多大な示唆を含む。つまり、従来の for All の教育から発想を転換し、新たな視座に対応した for Excellence の教育を議論対象とすること、その新しい教育を実現するための新機軸の教育課程編成理論を構築すること、及び卓越



図1 for All の教育への研究成果の還元

性を究明することは、for All の教育に対しても研究成果を還元できる (図 1)。

したがって、本研究は、科学の教育の全体的な質向上に貢献する可能性を有しており、人材育成に係わるボトムアップに寄与する。

### 3. 研究の方法

本研究は、科学者、科学教育学者、心理学者の協働作業により研究を遂行し、次の3つのフェーズで構成する。

(1) 国内のスーパーサイエンスハイスクールなどの先進的な取り組みを調査対象として科学教育のコンテンツを収集・評価する。また、諸外国の教育課程や教科書を分析し、得られる示唆を明確にする。

(2) 「卓越性の科学」の教育のための学習コンテンツを開発し、そのコンテンツを用いたケーススタディーを計画・実施して有効性について検討する。

(3) 国内外の先進事例の分析、及び学習コンテンツの開発・検討を基に、「卓越性の科学」の教育課程編成理論を検討する。

具体的には、数理班、理科班、心理班の3つの作業グループを組織して研究を進める。

### 4. 研究成果

(1) 卓越性の科学の教育課程編成に関わって、カリキュラム研究の視座からは、知の新しい在り方としての行為における科学的リテラシーの考え方や、何をどのように教えるのか、ということに関連する新しい科学観や知識観などが、構成原理の基盤をなすとの知見を得た。また、これまでに既に構築された社会に位置付く知のみでなく、未経験の事象に対して個人内の知を統合し、新たな知を構築していくことを意図したカリキュラムの構成の重要性が指摘された。

(2) 心理学的視座に基づく議論からは、仲間同士の相互作用に着目することの有効性が指摘された。例えば、学習者と教師、学習者とその仲間など、他者との社会的相互作用を重視した教授デザインにより、卓越性の科学の教育の実現可能性を追求できると考えられる。グループによる協同学習がどのような効果を生み出すのかに関する考察の中で、学習者のやる気を高める TARGET 構造という概念枠組みを導入した結果、科学的思考の「気づき」を促す効果も確認された。

スーパーサイエンスハイスクール理数科の高校1年生を対象とした介入授業を実施した結果、協働的な学びが創造的な問題解決力の育成に有効であるという結論が得られた。また、問題解決に必要な思考方略と知識の活用力という点で、協働的な学びが上位群よりもむしろ下位群・中位群に有効であることも示唆された。

また、科学的活動の生活文脈化の期待を学習者にも伝えることの重要性、アクティブに取り組んでいく姿が卓越性の科学教育のありべき姿の一つであるとの指摘もなされた。

更に、卓越した科学教育における評価の手法として、これまでの学校教育における学力を問うのではなく、本物の学力・能力とは何か、その査定・評価を行うオーセンティック評価の考え方が提案された。

(3) 現代の医療、農業、工業などの様々な分野を支える重要な学問領域である現代生命科学を対象として、スーパーサイエンスハイスクールにおける理科学科横断講義の実践の成果を検討した。広い基礎知識と高い専門的知識とを兼ね備え、独創性を有した、世界と競争可能かつ研究をリードする優秀な研究者の育成を理念とした試みである。スーパーサイエンスハイスクールと大学との連携の在り方として、大学の研究の紹介や前倒し教育が多い印象であるが、そうした取組が、専門家としてキャリアを積み上げる際の独創性を生み出す原動力になり得るのか不明瞭な部分もある。優秀な研究者には、知識どうしの繋がりや関連性の理解が重要であり、化学や物理の言葉で現象や原理を理解することが必須であり、そうした教育を高校段階でどう実現させるのかを議論する必要がある。

更に、生物分野の学習を対象として、学習コンテンツの開発と検討を行った。現在の生物教育では、器官系や階層性の学習が軽視されており、それゆえ学習項目や用語の断片化が生じている。器官系や階層性を理解することは生物学の基本であり、かつ独自に考える力、ロジカルシンキングの基盤をなすものである。本研究では、個体生物学の学習マトリックスを構成し、それを補完する学習コンテンツを作成するとともに、実験学習キットを開発し、その特徴や有効性を検証した。

(4) 日本科学教育学会主催のシンポジウム (テーマ: イノベティブ人材育成を実現する科学教育) において、本研究の成果を知見として提出した。銀島 (2015) の発表内容は下記の通りである。

- ・イノベティブ人材育成を実現する科学教育を検討する上で、2つの論点、すなわち、学術研究、教育・学習が設定できる。

- ・イノベーションを生み出す学術研究の在り方として、人文・社会科学と自然科学の協働、実社会とともにイノベーションに取り組むこと、知が社会にもたらしうる功罪を想定すること、これら3要件が考えられる。

- ・科学を理解する科学教育から科学を創る科学教育への転換の必要性がある。

- ・イノベーションの基盤として学術研究が位置付き、その学術研究を実現するための教育・学習の在り方へ論点を設定することが可能である。

- ・教育・学習に関連して、国内外の先進校の事例検討より、真正な探究の場、視野や価値を知る場、知識・技能を学ぶ場が重要な要件として挙げることができる。

- ・教育課程におけるあそびの存在や、研究の文化が暗黙的に意識化されること、潜在的な

カリキュラムが機能していること、など、定式化しにくい条件が存在することも指摘できる。

・学習内容に関する論点設定や、フォーマルな教育、インフォーマルな教育といった論点設定も可能である。

更に、磯崎 (2015) からは、イノベティブ人材を育成するカリキュラム構成原理について、歴史的視点、諸外国の動向、日本における実践例などを分析し、目的・目標論、内容論、方法論、文脈論などについて検討した結果、**Science for All** の呪縛を超越すべきこと、能力目標に基づき、内容、文脈、方法のバランスを考慮したカリキュラムを構成する必要があることが指摘された。

#### <引用文献>

- ・伊藤卓、これからの科学教育と創造的科学技術人材育成、日本科学教育学会年会論文集、2J2-H1、pp.59-60、2009
- ・中山和彦・東原義訓、未来の教室、1986
- ・泉俊輔、NPO 法人数理の翼の取り組みについて、『科学技術イノベーションを支える卓越した才能を見出し、開花させるために(理科教育支援検討タスクフォース才能教育分科会 中間まとめ)』、p. 52. 2009
- ・市川惇信、科学が進化する5つの条件、岩波書店、2008
- ・木村捨雄、卓越性の科学教育の推進と課題：教育、知識の体系化の再構築：“科学がわかる教育”から“科学を創る教育”へ、日本科学教育学会年会論文集 34、2010

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計9件)

中山玄三、協働的な学びによる問題解決力の育成：教養教育での大学1年生を対象とした事例研究、日本教科教育学会誌、査読有、38(3)、2015、pp.63-75.

[学会発表] (計51件)

- (1) GINSHIMA Fumi & HINO Keiko, Contribution of assessment to the process of curriculum design: An experience in Japan. 13th International Congress on Mathematical Education, University of Hamburg, Germany, 2016
- (2) 銀島文、イノベティブ人材育成を実現する科学教育、日本科学教育学会年会論文集 39 巻、p.1-2、2015
- (3) 磯崎哲夫、イノベティブ人材を育成するカリキュラム研究序説—Science for All の呪縛を超えて—、日本科学教育学会年会論文集 39 巻、p.3-6、2015
- (4) 吉岡亮衛、卓越性科学教育の教育課程研究(7)—基盤カリキュラム構想(4)—、日本科学教育学会年会、2015年8月23日、山形大学
- (5) 木村捨雄、文脈ベースの多面的知識体系化による卓越性の科学教育課程：記述—推測—計画の科学の発展をつらぬく不確実性統計教育カリキュラム、日本科学教育学会年会、2015年8月23日、山形大学
- (6) 野添生、磯崎哲夫、藤浪圭悟、イギリス科学教育の展開に基づく理科教育課程の理論的・実践的検討—How Science Works と Socio-Scientific Issues に着目して—、日本科学教育学会年会、2015年8月23日、山形大学
- (7) 遠藤優介、大高泉、ドイツのアビトゥーア試験にみる科学のコンピテンシーとその評価—卓越性の科学教育を視野に入れて—、日本科学教育学会年会、2015年8月23日、山形大学
- (8) 寺田光宏、ドイツ Chemie im Kontext プロジェクトに関する研究—全体像に注目して—、日本科学教育学会年会、2015年8月23日、山形大学
- (9) 田中俊也、高垣マユミ、卓越した科学的能力とはどんな能力か、日本科学教育学会年会、2015年8月23日、山形大学
- (10) 吉村成弘、桑田昌宏、スーパーサイエンスハイスクールにおける理科科目横断講義の実践と10年間の成果、日本科学教育学会年会、2015年8月23日、山形大学
- (11) 羽曾部正豪、吉村成弘、個体生物学の新たな学習マトリックスとその関連学習コンテンツ(高校生物の学習内容構成論の構造化に向けて)、日本科学教育学会年会、2015年8月23日、山形大学
- (12) 中川優子、羽曾部正豪、高校生物における「はじめの一步の細胞培養実験」：その方法と効果、日本科学教育学会年会、2015年8月23日、山形大学
- (13) 野瀬重人、鳩貝太郎、スーパーサイエンスハイスクール(SSH)における中学校併設高等学校の効果的な取組について、日本科学教育学会年会、2015年8月23日、山形大学
- (14) 中山玄三、協働的な学びによる創造的な問題解決力の育成—SSH 理数科での高校1年生を対象にした介入授業の事例—、日本科学教育学会年会、2015年8月23日、山形大学
- (15) 飯島康之、作図ツール GC/html5 を使った観察・暫定的な結果を活用した授業実践、日本科学教育学会年会、2015年8月23日、山形大学
- (16) 銀島文、日野圭子、卓越性の科学の教育課程構築に向けて：我が国の理数教育先進校の事例の考察、日本科学教育学会年会、2015年8月23日、山形大学
- (17) 銀島文、日野圭子、卓越性の科学の教育課程構築に向けて：アメリカ理数教育先進校の事例の考察、日本科学教育学会年会、2014年9月13日、埼玉大学

- (18) 銀島文、日野圭子、科学の教育課程構築に向けて：学習者に求められる数学の卓越性とは、平成 24 年度第 3 回日本科学教育学会研究会、2013 年 4 月 13 日、筑波大学
- (19) 銀島文、科学の教育課程の構築に向けてー卓越性の視点設定ー、平成 23 年度第 5 回日本科学教育学会研究会、2012 年 4 月 7 日、筑波大学

〔その他〕(計 1 件)

銀島文、「国際調査から見える科学教育」、「理系女性教育開発協共同機構第 2 回シンポジウム」、招待講演、2016

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

銀島 文 (GINSHIMA Fumi)  
国立教育政策研究所・教育課程研究センター・総合研究官  
研究者番号：30293327

### (2)研究分担者

飯島 康之 (IIJIMA Yasuyuki)  
愛知教育大学・教育学部・教授  
研究者番号：30202815

磯崎 哲夫 (ISOZAKI Tetsuo)  
広島大学・教育学研究科・教授  
研究者番号：90243534

高垣 マユミ (TAKAGAKI Mayumi)  
津田塾大学・国際関係学科・教授  
研究者番号：50350567  
※2014(H26)年 9 月まで連携研究者

田中 俊也 (TANAKA Toshiya)  
関西大学・文学部・教授  
研究者番号：40171780

寺田 光宏 (TERADA Mitsuhiro)  
岐阜聖徳学園大学・教育学部・教授  
研究者番号：40514641

中山 玄三 (NAKAYAMA Genzo)  
熊本大学・教育学部・教授  
研究者番号：40211437

根上 生也 (NEGAMI Seiya)  
横浜国立大学・環境情報研究科・教授  
研究者番号：40164652

野瀬 重人 (NOSE Shigeto)  
岡山理科大学・理学部・特任教授  
研究者番号：30309538  
※ 2015(H27)年 4 月より連携研究者

羽曾部 正豪 (HASOBE Masahide)  
東京海洋大学・海洋科学部・准教授  
研究者番号：10218464

日野 圭子 (HINO Keiko)  
宇都宮大学・教育学部・教授  
研究者番号：70272143

吉岡 亮衛 (YOSHIOKA Ryohei)  
国立教育政策研究所・研究企画開発部教育研究情報推進室・総括研究官  
研究者番号：40200951

### (3)連携研究者

青山 和裕 (AOYAMA Kazuhiro)  
愛知教育大学・教育学部・准教授  
研究者番号：10400657

木村 捨雄 (KIMURA Suteo)  
鳴門教育大学・名誉教授  
研究者番号：90000059

鳩貝 太郎 (HATOGAI Taro)  
首都大学東京・客員教授  
研究者番号：10280512

吉村 成弘 (YOSHIMURA Shigehiro)  
京都大学・生命科学研究科・准教授  
研究者番号：10400657