

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 3 日現在

機関番号：17601

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24300271

研究課題名(和文) 未来を生きる探究能力と科学力を備えた市民を育成する科学教育カリキュラムの開発

研究課題名(英文) Development of science education curriculum that brings up the citizens who have the scientific inquiry ability and scientific power for living the future

研究代表者

中山 迅 (NAKAYAMA, Hayashi)

宮崎大学・教育学研究科(研究院)・教授

研究者番号：90237470

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、未来に生きる市民を育成するための理科の教育課程に必要な要素や課題を明らかにしようとした。そのため、「言語」「科学的探究」「学習科学」「科学的リテラシー」といったキーワードを手がかりにして多面的に検討を行った。そのための方法として、欧州や米国の教育課程調査、日本の教科書分析、その他を行った。そして、(1)日本の小中学校教科書が示す探究的学習の現状と課題、(2)科学的探究と科学の本質を教育内容に取り入れるための視点、(3)モデルに関連する能力を評価・育成する方法の重要性の示唆、(4)才能児を伸ばす教育実践への示唆、などを得た。

研究成果の概要(英文)：In this research, we intended to make explicit the factor and some problems of the science curriculum for the citizens who live in the future. We tackled it through various approaches by setting key words as a clue for problem solving, e.g. "language", "scientific inquiry", "learning science" and "scientific literacy". We conducted surveys and investigation of European and American curriculum, analysis of Japanese school science textbooks, and so on. Though that we got suggestions as (1) the present state and problems of current inquiry activity in Japan, (2) some points of view to introduce scientific inquiry and nature of science as contents, (3) suggestions for importance of the method to assess and to bring up modeling ability, (4) suggestions of educational practice to enhance the gifted children, and so on.

研究分野：科学教育

キーワード：理科 カリキュラム 探究スキル コンピテンス 教科書 問い モデリング能力 科学の本質

## 1. 研究開始当初の背景

平成 20 年度告示の学習指導要領の実施が進み、次の学習指導要領に向けての新たな検討をすることが必要な時期にきた。このニーズに対応するため、2011 年 8 月の日本理科教育学会全国大会における課題研究セッションでの研究発表と協議を通して、次のような課題が浮かび上がった。

- (1) 学習指導要領(理科)に「観察、実験の結果を整理し考察する学習活動や、科学的な言葉や概念を使用して考えたり説明したりするなどの学習活動が充実するよう配慮すること。」が明記されたが、このような能力を小中高校で段階的に育成するカリキュラムは未整備である。
- (2) PISA で「科学的な疑問を認識する」ことに関する成績が芳しくなく、科学的な「問題の定義」などを行うことなどについての段階的で具体的なカリキュラムは未整備である。
- (3) 「書くこと」や「話すこと」と比較して、「読むこと」の学習が不足しており、これが一つの原因となって、証拠に基づく科学的な議論(アーギュメント)を行う能力の育成のためのカリキュラムは未整備である。
- (4) 学習指導要領(理科)に、小中を一貫する内容の柱としての、エネルギー、粒子、生命、地球が設定されて、科学的な知識・概念の系統性が打ち出された一方で、「問題の設定」「仮説の設定」「実験計画の作成」「結果の分析」「結果に基づく結論の導出」などといった探究の方法論についての能力を育成する段階的・具体的なカリキュラムは未整備である。
- (5) PISA において、毎回、「科学的な説明と言えるかどうか」「科学に基づいて判断可能か」などに関する問題が出題され、科学の本質についての理解が国際的に求められているにもかかわらず、科学の本質や探究の方法論について、知識・能力・態度を体系的に育成するカリキュラムは未整備である。
- (6) 自然科学の基本である科学的なモデルの創造や活用にかかわる活動としてのアナロジーを考慮したカリキュラムは未整備である。
- (7) TIMSS や PISA 調査の結果で問題視されている「科学の有用性」の認識が低いことを改善するためのカリキュラムは未整備である。
- (8) 女子の物理・化学離れに対応するカリキュラムの検討は手つかずのままである。
- (9) 自然科学分野において個性豊かな才能を發揮する児童・生徒(才能児)の資質を生かす理科カリキュラムは未整備である。
- (10) 東日本大震災で必要性が認識されるようになった、高度な科学技術に関して、市民が科学的な知識や用語を適切に用いて思考する力を、段階的に育成するカリキュラムは十分ではない。
- (11) 学習指導要領において「博物館との連

携」が明記されたが、科学者と市民の間でのサイエンスコミュニケーションを実現する段階的で具体的なカリキュラムは未整備である。

- (12) 国際的な通用性を重視し、コンピテンシーの育成を志向するカリキュラムの検討は端緒に付いたばかりである。
- (13) 次の時代に対応するコンピテンシーの評価にもとづくカリキュラム改革の視点で現時点では明確ではない。
- (14) 思考力や表現力の育成が重視されるようになったが、それに対応する方法論として、メタ認知能力を伸ばしたり、概念変化を支援したりするような「学習科学」の知見を生かしたカリキュラムの検討は緒に付いたばかりである。

## 2. 研究の目的

(1) 科学における言語の役割、(2) 科学的な探究の能力育成、(3) 市民の科学的リテラシーレベルの総合的な向上、などの観点から「学習科学」的な知見を生かしたカリキュラムの構成要素や具体的な課題を明らかにする。

## 3. 研究の方法

日本の教科書における「問い」を中心とする探究過程や諸外国のカリキュラムの調査・分析、PISA 型探究力、幼児期から育成する探究力、科学的探究の本質、科学的思考についての調査・分析、才能児の能力を伸ばす科学教育、女子の能力開花、博物館における市民育成についての調査・分析、科学的モデルの学習や教育的介入についての調査・分析を行う。

## 4. 研究成果

グループに分かれた研究によって、次のような成果が得られた。

- (1) 小・中学校の理科教科書に書かれている「問い」の分析を行い、中学校に関して探究過程の前半部分と後半部分で似たような問いが設定される、観察や実験よりも後の部分では、得られた事実によって可能になる一層具体的な問いが設定される、自然の仕組みや規則性を明らかにするための問いと、得られた科学的知識を用いて自然事象を説明するための問いがあり、探究の場面によって使い分けられる、などの傾向が明らかになった。方法場面での問いが少ないという課題も明確になり、小学校についても同様の分析を行い、小学校では「方法」場面の問いは第 5 学年で多く設定される、などの傾向が明らかになり、今後の教育課程における「問い」のあり方についての課題が示された。
- (2) 科学的探究能力を育成するカリキュラムを開発するため知見を得るため、次の 2 点に取り組んだ。まず、日本の児童・生徒の科学的探究能力についての認識を調査

した。そして、米国の理科カリキュラムにおける Nature of Science の内容構成を明らかにした。

- (3) 今後の理科カリキュラムに求められる「モデリング能力の育成」について研究を進めた。第一に「モデル」の取り扱いに注目し、日本とアメリカの教科書比較を行った。その結果、例えばアメリカの教科書の特徴として「モデルとは何か」「なぜ、モデルを用いるのか」といった科学におけるメタ的な理解を促す解説等が見られた。こうした知見をもとに、日本の大学生を対象に「小学校理科のモデル実験・モデル図」に対する認識調査を行った。その結果、過去の理科学習においてモデルを活用した経験が豊富ではない実態が明らかとなった。今後のカリキュラム作成に向けて、義務教育段階の子どもモデルに関連する能力を評価し、育成する方法を具体化する必要性が示唆された。
- (4) 日本の理科教育における探究能力育成の指針を得るために、海外に知見を求めた。まず、フィンランドの学習指導要領に当たる、National Core Curriculum から、初等中等教育前半までを翻訳し、探究に関する記載事項を教科書とともに分析した。また日本のセンター試験に当たり、秋春二回実施される大学入学資格試験 (Matriculation Examination) の「生物」について 2010 年から 2015 年まで翻訳し、問題中にどれだけ探究の内容が求められているのを AAAS が示した基準に従ってカテゴリー分けしながら分析した。同時に探究の学習指導の実態について、現地調査も行った。
- (5) IEA の TIMSS2011 の結果から、日本の理科の成績は小学校で大幅に伸びたことが明らかとなった。カリキュラム評価の観点から分析を行い、意図されたカリキュラムとして全国学力・学習状況調査が実施され、学習指導要領とともに達成すべき学力の具体像が示されたことも成績の伸びの要因のひとつとして考えられる。また、学校間の学力格差は依然として小さく、成績上位国と異なる状況であることも分かった。最新の TIMSS2011 データの二次分析から義務教育段階における我が国の学力の学校間格差は非常に小さく、1990 年代以降、その傾向は一貫して継続していることが明らかとなった。
- (6) 生物教育の在り方について検討するために、米国における Science Literacy Maps や Next Generation Science Standards を参照しながら、日本の学校教育における生物教育の特徴を明らかにした。また、教員養成課程における課題について、アンケート調査、インタビュー等を含め、多面的に検討し、特に幼少期の科学的な探究能力の育成を支える教員を養成する過程での課題についてまとめた。

- (7) 科学に接する初期としての幼年期の科学教育の現代的意義と教育可能性について、過去の理科教育関連研究のレビューを行い問題点を整理すると共に、諸外国の関連動向を踏まえて独自に幼年児向け科学教育プログラムを開発し、愛媛大学にて実践を行った。さらに、過去 100 年余りのノーベル科学賞受賞者について分析を行い、21 世紀型の科学研究スタイルの特徴を明らかにすると共に、才能教育をキーワードとして、20 世紀型の画一的な探究学習を超えた、探究学習の深化・拡充と個性化について検討を行い、小学校から高校等学校まで試行的なプログラムを実施した。

以上のような多面的な研究から、日本の理科カリキュラムの課題が一層明らかになった。次の学習指導要領に求められるものとして、国立教育政策研究所から提唱されている「21 世紀型能力」を一層具体的なレベルで考えるとき、今回の我々の研究からは、科学の本質について理解して実行する力、探究の方法について考えて実行する力、物事をモデル的に思考・表現する力などの重要性が示唆された。また、そのような力を育成するカリキュラムを問いの系列として検討したとき、問題解決や探究の「方法」に関する問いの整備が十分でないこと、モデリング能力の育成方法が確立していないこと、女子の特性に添った教育介入が充実しているとは言えないことなどが一層浮き彫りになった。

今後、現実的なカリキュラムを構成するためには、個人レベル、地域レベル、地球レベルで、災害、環境、健康、資源、エネルギー、科学技術と人間といった、多様な文脈の中に教育内容を位置づけなければならないが、今回の研究では、そのような意味でのカリキュラムの検討までは至っていない。

今回の成果を踏まえて、問いのあり方や文脈に注目しつつ、望ましい理科の教育課程に向けての研究をさらに進めることが必要であろう。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 50 件)

中山 迅・猿田祐嗣, 小学校理科教科書における「問い」の現状と理科授業への示唆, 理科教育学研究, 査読有, 56(1), 2015 (掲載決定済)

田代見二・金丸靖臣・徳永悟・中嶋康尋・矢野義人・山本智一・野添生・中山迅, 児童・生徒の観察・実験技能を高める理科の学習指導に関する実践的研究(3), 宮崎大学教育文化学部附属教育協働開発センター研究紀要, 22, 57-65, 2015.

大貫麻美・中城満・三宅志穂, 教職志望学生が保持する「科学」概念に関する基礎的研究, 帝京平成大学児童学科研究論集, No. 5, 71-81, 2015.

大貫麻美, 平成 20 年・21 年版学習指導

要領に則った生物教育の特徴と課題に関する一考察, 帝京平成大学児童学科研究論集, No. 5, 163-169, 2015.

鈴木 誠, フィンランドの大学入学資格試験「生物」における基礎的分析, 大学入試研究ジャーナル, 査読有, 26, 2015

隅田学・河野極・彦田順也・黒崎良一・高橋寛明・大橋淳史・林秀則・向平和, 愛媛大学附属高等学校との連携による英国特別科学研修プログラムの試行, 大学教育実践ジャーナル, 査読有, 3, 53-59, 2015.

隅田学・和田敬行・坂本定生・今林義勝・石田靖弘・大橋淳史, 21世紀型探究・発見学習」による理科授業の開発(I)-小学5年「ものの溶け方」での試行-, 日本科学教育学会研究会研究報告, 29(6), 19-21, 2015.

中山 迅・猿田祐嗣・森 智裕・渡邊俊和, 科学的探究の教育における望ましい「問い」のあり方-日本の中学校理科教科書における「問い」の出現場面と種類-, 理科教育学研究, 査読有, 55(1), 47-57, 2014.

中山迅, 会員が方向づける日本科学教育学会の研究, 科学教育研究, 招待, 38(3), p. 167, 2014.

兒玉光弘・中山 迅・猿田祐嗣, TIMSS 論述式課題の回答にみられる質量保存概念の問題点, 日本科学教育学会研究会研究報告, 29(1), 53-58, 2014

中山 迅, 21世紀によりよく生きていくために必要な資質・能力を育てる方法-教科学習の問い直し(一般論と理科)-, 指導と評価, 60(8), pp. 35-37, 2014.

三宅志穂・中山 迅, 才能児にふさわしい学力を発揮させる教育プログラムと教材の特色 - 英国 SLCL の提供する教員研修を事例として -, 理科教育学研究, 査読有, 55(1), 1-10, 2014.

稲田結美, 理科学習におけるジェンダー問題克服のためのカリキュラム, 理科の教育, 62(2), 38-39, 2013.

小野瀬倫也, 実践知を生かすカリキュラム創出の視点, 理科の教育, 62, No.727, 46-47, 2013

三好美織, なぜ理科を学ぶのか-理科教育の目的を考える-, 理科の教育, 62(2), 36-37, 2013.

中山 迅, 技術教育の強みは何か?, 日本産業技術教育学会誌, 招待, 55(4), pp. 323-330, 2013.

山谷洋樹, 鈴木 誠, 生命観に関する中学校2年生と高等学校1年生の比較分析, 科学教育研究, 査読有, 36(3), 273-282, 2012.

山谷洋樹, 鈴木 誠, 理科教育における生命観の男女差と地域差に関する研究, 理科教育学研究, 査読有, 53(2), 1-10, 2012.

三宅志穂, 理科における「日常生活」, 「地域社会」, 「自然観環境」への期待と関心の実状はどうなっているのか, 理科の教育,

62(2), 28-29, 2012.

[学会発表](計 45 件)

大橋淳史・隅田学・縄村俊邦・林 秀則, 科学イノベーション挑戦講座による自立的な学び, 平成 26 年度日本科学教育学会研究会(香川大学), 2015 年 5 月 9 日.

隅田学・和田敬行・坂本定生・今林義勝・石田靖弘・大橋淳史, 「21世紀型探究・発見学習」による理科授業の開発( ) - 小学5年「ものの溶け方」での試行 -, 平成 26 年度日本科学教育学会研究会(香川大学), 2015 年 5 月 9 日.

小野瀬倫也, 教授学習過程の可視可による理科授業構成支援の取り組み, 横浜国立大学教育学会(横浜国立大学), 2015 年 3 月

大貫麻美, 米国 NGSS に見る「生物」領域に関する概念構築過程(2) ~ 中学・高等学校における横断的概念の構築について ~, 日本生物教育学会第 98 回全国大会(愛媛大学), 2015 年 1 月 10 日 ~ 11 日.

大貫麻美, 米国 NGSS に見る「生物」領域に関する概念構築過程(1) ~ kindergarden から小学5年生での横断的概念の構築について ~, 日本理科教育学会第 53 回関東支部大会(群馬大学), 2014 年 12 月 6 日.

鈴木宏昭, 米国の次世代科学スタンダードにおける“Nature of Science”の内容構成 科学的・工学的な実践及び領域横断的な概念との関連に着目して, 日本科学教育学会平成 26 年度第 2 回研究会(山形大学), 2014 年 11 月 30 日.

兒玉光弘・中山 迅・猿田祐嗣, TIMSS 論述式課題の回答にみられる質量保存概念の問題点, 平成 26 年度第 1 回日本科学教育学会研究会(福岡教育大学), 2014 年 11 月 18 日

齋藤恵・稲田結美, 教員養成課程学生モデルに関連する能力の実態, 日本理科教育学会北陸支部大会(仁愛大学), 2014 年 11 月 15 日.

大貫麻美, 小学校教諭志望の文系学生を対象とした理科教育 ~ 誤答理由の考察を導入した事例研究 ~, 日本教師教育学会第 24 回研究大会(玉川大学), 2014 年 9 月 27 日 ~ 28 日.

隅田学, 才能ある児童生徒をグローバルに育む科学教育を目指して, 日本科学教育学会第 38 回年会(埼玉大学), 2014 年 9 月 15 日.

猿田祐嗣, TIMSS 調査データからみた学力格差の変化, 日本科学教育学会第 38 回年会(埼玉大学), 2014 年 9 月 13 日.

鈴木 誠, 才能ある児童生徒をグローバルに育む科学教育を目指して, 日本科学教育学会課年会(埼玉大学), 2014 年 9 月

中山 迅(オーガナイザー), シンポジウム「教育課程の新しい視点」, 日本理科教育学会第 64 回全国大会(愛媛大学), 2014 年 8 月 24 日

隅田学・河野極・彦田順也・黒崎良一・高橋寛明・大橋淳史・林秀則・向平和, 世界基準でサイエンスを共に学ぶ高校生・教員リーダーの育成(1) - 愛媛大学教育学部と附属高等学校の理科及び英語教育の連携 -, 日本理科教育学会第 64 回全国大会(愛媛大学), 2014 年 8 月 24 日.

中山迅・猿田祐嗣, 「問い」から考える理科カリキュラム, 日本理科教育学会第 64 回全国大会(愛媛大学), 2014 年 8 月 23 日

鈴木宏昭, 理科教育における科学的探究と “Nature of Science” 教授の系統化 - 米国の理科カリキュラムに着目して -, 日本理科教育学会第 64 回全国大会(愛媛大学), 2014 年 8 月 23 日.

別府和則・隅田学, 農業活動の教育効果に関する研究(2) - 高校農業科での栽培活動に利用可能な観察・評価シートの開発, 日本理科教育学会第 64 回全国大会(愛媛大学), 2014 年 8 月 23 日.

大貫麻美, 幼年期の子どもがもつ科学的思考の萌芽に関する事例研究 - 事例: 保育園における「光とかげ」に関する活動を通して -, 日本理科教育学会第 64 回全国大会(愛媛大学), 2014 年 8 月 23 日 ~ 24 日.

稲田結美・齋藤恵・内ノ倉真吾・小野瀬倫也, モデルに関連する能力の育成から考える理科カリキュラム 「霧の発生」のモデル実験に対する大学生の認識調査, 日本理科教育学会第 64 回全国大会(愛媛大学), 2014 年 8 月 23 日.

内ノ倉真吾, 資質・能力の観点からの理科カリキュラムの開発に向けて - 教育課程編成の枠組みをめぐる動向に着目して -, 日本理科教育学会第 64 回全国大会(愛媛大学), 2014 年 8 月 23 日.

②①Shiho Miyake & Hayashi Nakayama, How did the world trend of sustainable development affect Japanese science education research, Proceedings of The 45th Annual ASERA Conference of the Australasian Science Education Research Association, ,Merbourn, Australia, July 1st - Jly 4th, 2014.

②②鈴木 誠, フィンランドの大学入学資格試験「生物」における基礎的研究, 全国大学入学者選抜研究連絡協議会(岩手)2014 年 5 月

②③大橋淳史・隅田学・林秀則・縄村俊邦, 科学技術振興機構次世代科学者育成プログラムメニューB 採択事業「科学イノベーション挑戦講座」の実践と評価, 日本科学教育学会研究会(香川大学), 2014 年 5 月 10 日.

②④隅田学・ヒワティグ・エイプリル, 幼年児によるインターバルカメラを用いた発芽の継続観察, 日本科学教育学会研究会(香川大学), 2014 年 5 月 10 日.

②⑤猿田祐嗣, 自然科学分野における才能教育の動向と可能性(3) - シンガポールにおける学力格差と才能教育プログラム(GEP)

について -, 日本科学教育学会第 37 回年会(三重大学), 2013 年 9 月 7 日.

②⑥ Hayashi Nakayama, Yuji Saruta, Tomohiro1 Mori & Toshikazu Watanabe, Differences in types of questioning terms by inquiry stage in the science textbooks of lower secondary school in Japan, The 44th Annual Conference of the Australasian Science Education Research Association, July 2nd - July 5th 2013.

②⑦Shiho Miyake & Hayashi Nakayama, Recent Trends on Collaboration between Schools and Local Societies in Japanese School Science Education, The 44th Annual Conference of the Australasian Science Education Research Association, July 2nd - July 5th 2013.

②⑧猿田祐嗣, 理科における学力を考える - TIMSS 調査データからみた学力格差 -, 日本理科教育学会第 62 回全国大会(鹿児島大学), 2012 年 8 月 12 日

[図書](計 6 件)

Sumida, M., Gifted education in science, In R. Gunstone (Ed.). Encyclopedia of Science Education, 444-447, Springer, 2015.

Sumida, M., Japan: Young female teachers in kindergartens and nursery schools, In J. Georgeson & V. Campbell-Barr (Eds.). International Perspectives on Early Years Workforce Development, 83-94, Critical Publishing Ltd, 2015.

Sumida, M., & Ohashi, A., Chemistry education for gifted learners, In J. Garcia-Martinez & T. Serrano (Eds.). Chemistry education: Best practices, opportunities and trends, 469-487, Wiley-VCH, 2015.

鈴木 誠, フィンランドの教科書 生物編, 化学同人, 2014.

Sumida, M., Japanese early childhood education: Its view of nature and implications for the teaching of science, In J. Georgeson, & J. Payler (Eds.). International perspectives on early childhood education and care, 243-256, Open University Press, 2013

隅田学, 才能教育 - 児童生徒の多様なニーズに応じる理科教育の新展開 -, 日本理科教育学会編, 今こそ理科の学力を問う, 144-149, 東洋館出版社, 2012.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中山 迅 (NAKAYAMA HAYASHI)

宮崎大学・大学院教育学研究科・教授

研究者番号: 90237470

(2) 研究分担者

鈴木 誠 (SUZUKI MAKOTO)

北海道大学・高等教育推進機構・教授  
研究者番号：60322856

猿田 祐嗣 (SARUTA YUJI)  
國學院大學・人間開発学部・教授  
研究者番号：70178820

隅田 学 (SUMIDA MANABU)  
愛媛大学・教育学部・教授  
研究者番号：50315347

内ノ倉 真吾 (UCHINOKURA SHINGO)  
鹿児島大学・教育学部・准教授  
研究者番号：70512531

稲田 結美 (INAGA UMI)  
上越教育大学・大学院学校教育研究科・講師  
研究者番号：30585633

三好 美織 (MIYOSHI MIORI)  
広島大学・大学院教育学研究科・准教授  
研究者番号：80423482

大貫 麻美 (OHNUKI ASAMI)  
帝京平成大学・現代ライフ学部・准教授  
研究者番号：40531166

三宅 志穂 (MIYAKE SHIHO)  
神戸女学院大学・人間科学部・准教授  
研究者番号：80432813

小野瀬 倫也 (ONOSE RINYA)  
国土館大学・文学部・准教授  
研究者番号：00609761

鈴木 宏昭 (SUZUKI HIROAKI)  
山形大学・地域教育文化学部・講師  
研究者番号：90581843