

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 2 日現在

機関番号：11501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24730746

研究課題名(和文)理科カリキュラムにおける科学論的内容の適時性に関する研究

研究課題名(英文) Research on timeliness of teaching and learning of the Nature of Science in science curriculum

研究代表者

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究プロジェクトの目的は、日本の理科教育に対応した科学論的内容に関する教授・学習の適時性を実証的に解明することである。研究目的を達成するため、まず、これまでのNature of Scienceに関する研究動向、次に、米国の理科カリキュラムである次世代科学スタンダードにおけるNature of Scienceの内容構成の特質、さらに、理科教育におけるNature of Scienceの教授アプローチの特質を解明した。その上で、科学論的内容を導入したカリキュラムモデルを提案した。

研究成果の概要(英文)：The project obtains new interpretations and findings about timeliness of teaching and learning programs of the Nature of Science in Japanese science education. This project probes the followings:(1)The research trends about the nature of science in Science Education.(2) The Characteristics of Content Constructions about "Nature of Science" in Next Generation Science Standards.(3) The Characteristics of Teaching approach about "Nature of Science" in Science Education.

研究分野：理科教育学

キーワード：理科教育 Nature of Science 科学論的内容 適時性

### 1. 研究開始当初の背景

現在の社会は、科学や技術の成果によって成り立っているとさえいえる。日本の児童・生徒は、現代社会を支えているといってもよい科学や技術についてどのように理解しているのだろうか。科学の持つ多様な側面は、科学について言及する営みであるメタサイエンス、つまり、科学論の成果によって明らかにされてきたものである。こうした科学論の内容は、“about Science”や、“Nature of Science”（以後、NOS）と呼ばれ、すでに多くの国のカリキュラムでその内容が導入されている。そもそも、この科学論の内容を理解することとは、たとえば、「科学は、実証的なデータに基づいている」という科学の実証性や、「観察や実験とは何か?」「なぜ、科学や理科で観察や実験を行うのか」といった科学的探究のスキルについて理解することである。近年の国際学力調査の結果から、日本の生徒は科学的知識などの理解度については高い数値を示しているが科学論の内容というべきNOSについての理解が不十分であると指摘できる。こうした問題状況に対する解決策の一つとして、日本の理科カリキュラムにNOSの内容を導入し、生徒たちに、こうした内容を直接的に教授することを挙げることができる。というのも、現在、欧米の国々の多くは、実際に、NOSを内容として導入した理科カリキュラムが開発され、導入しているからである。このような国際的動向に鑑みると、日本も同様、理科カリキュラムにNOSの内容を導入し、日本の生徒に教授することが有効であると考えられる。理科カリキュラムにNOAの内容を導入するにあたり、検討すべき事項の一つに、NOSの内容の教授・学習の適時性がある。本研究では、この教授・学習の適時性に着目して研究を進めていくこととした。

### 2. 研究の目的

本研究プロジェクトの目的は、日本の理科教育に対応した科学論の内容に関する教授・学習の適時性を実証的に解明することである。研究目的を達成するため、まず、これまでのNature of Scienceに関する研究動向、次に、米国の理科カリキュラムである次世代科学スタンダードにおけるNature of Scienceの内容構成の特質、さらに、理科教育におけるNature of Scienceの教授アプローチの特質を解明する。その上で、科学論の内容を導入したカリキュラムモデルを提案したい。

### 3. 研究の方法

- (1) 米国、英国等の科学論的内容の教授・学習に関する基本的枠組み（カリキュラム・教材・実践方法）を解明するため、米国・英国等の理科教育に関する文献調査を行う。
- (2) 米国における科学論的内容に関する実

際の理科授業の分析、具体的には、米国理科教育における教材（理科教科書、実験器具、インターネット教材）の分析を行う。  
(3) これまでに得た知見を総合的に検討した上で、日本の理科教育に対応し、NOSを導入した理科カリキュラムに関して展望する。

### 4. 研究成果

#### (1) 理科教育における探究スキルに関する研究動向

日本の理科教育学における探究スキルに関する研究動向を探り、その特質を解明した。日本の理科教育学における研究動向を明らかにするため、理科教育学会学会誌『理科教育学研究』の掲載論文からその研究動向を明らかにすることとした。本研究は、近年の研究動向に着目したため、研究対象を41巻1号（2000年）から52巻3号（2011年）までとした。その結果、『理科教育学研究』に掲載された約370編の論文を以下のカテゴリーに基づき抽出・分類した。この分類カテゴリーは、これまでの先行研究に基づき発表者作成したものである。

表1. 探究スキルに関する研究の分類結果

分類カテゴリー	論文数 (編)
探究スキル育成の意義、目的・目標論	4
探究スキル育成のための学習指導	5
探究スキルと認知活動の関連	6
探究スキルの実態調査、評価	3

調査の結果から、これまで日本の理科教育において伝統的に強調されて探究スキルに関する研究では、探究スキル育成のための学習指導に関する研究、実験活動と児童・生徒の認知との関連性に関する研究が数多く行われてきた。しかしその一方で、諸外国の探究スキルに関する研究で行われているような、「探究スキルについての理解」に関する研究、つまり、科学についての理解や、NOSに関する研究や「探究スキルの評価」に関する研究が比較的理科教育学会の論文として掲載されていなかったことが明らかになった。

#### (2) 米国の次世代科学スタンダードにおけるNOSの特質

アメリカの次期科学教育スタンダードにおけるNOSに関する特質を解明するため、近年のNOSの研究動向を踏まえたうえで、2013年4月に公表された次期科学教育スタンダードの草稿と1996年に発行された全米科学教育スタンダードのNOSに関する部分を比較した。その結果、1996年に発行された全米科学教育スタンダードと比較した結果、米国の科学教育の動向、近年のNOSに関する研究動向を踏まえ、次期科学教育スタンダードにおける変更点や強調点は次のようになった。

### 学年段階の変更

1 つ目は、学年段階の変更である。これまでの 3 段階から、K から第 2 学年、第 3 学年から第 5 学年、ミドルスクール、高校の 4 段階に変更した。こうした学年段階ごとの配列に関する研究は、これまでも NOS の内容を系統化するための研究として行われてきている。例えば、Abd-El-Khalick (2012) は、NOS の 4 つの内容を初等段階、中等段階、教員養成段階の 3 段階に分けて、一般的で単純な内容から具体的で複雑な内容へと配列することを提案している。

### NOS の意味内容の系統化

2 つ目は、NOS の内容の系統化を図ったことである。現在のスタンダードとは異なり、NOS の 8 つの意味内容を主要テーマとして抽出した。そして、それらのテーマをフレームワークで強調された 2 つのグループごとに (実践 : Practices と横断概念 : Crosscutting Concepts) に分けることで内容配列の系統性を確保した。

### 科学史の活用

3 つ目は、NOS の内容を科学史と関連させることを強調している点である。現スタンダードから引き続き、科学史の理解が NOS の理解に役立つという考えのもと、NOS の内容を教授するための具体的な手立ての一つとして科学史の活用を示した。例えば、「コペルニクス革命」や「ニュートン力学」など 8 つの事例史である。これらの事例史は、過去の著名な科学者の活動を含むものであった。

### (3) 理科教育における NOS の教授アプローチの特質

日本の児童・生徒に NOS を教授するための基礎的な知見を得るため、これまで NOS の内容を教授することを目的としていた理科カリキュラムやモジュール教材、教授実践を対象にそれらの教授アプローチの特質を解明する。その結果、これまでの NOS の教授アプローチの変遷と明示的・内省的アプローチの特質を解明した。

### NOS の教授アプローチの変遷

NOS や科学的探究についての内容を教授・学習するための理科カリキュラムやモジュール教材はこれまで数多く開発されてきた。まず、PSSC をはじめとする学問中心カリキュラムや AAAS の開発した SAPA (Science A Process Approach) のような探究カリキュラムが挙げられる。これらのカリキュラムは、実際の科学者の活動に基づき、理科カリキュラムの教材や学習活動が構成されており、その一部として NOS が導入されている。これらの教授アプローチは一般的に探究アプローチと呼ばれ、児童・生徒に科学的探究を実施させることで、科学のプロセススキルの習得とともに、NOS の理解を

目指している。実際、これらの理科カリキュラムは目的の一つであった科学者養成といった点で一定の成果を上げたものの、児童・生徒の NOS の理解というような点では十分な効果を得ることができなかつたと報告されている。

次に、HPP や HOSC といった理科カリキュラムで導入された歴史的アプローチがある。このアプローチは、科学史を導入することで NOS の理解を図るものである。歴史的アプローチは、科学の人間性の理解に寄与したものの、これまでの学習と比べ生徒は科学史を学習しなければならず教師や生徒の負担が増すというデメリットがある。

そのほか、科学と社会の関連性を活用した社会的アプローチが存在する。このアプローチは STS 教育の中で取り上げられたアプローチであり、科学に関連した社会事象を事例として取り上げる。

### NOS の明示的・内省的アプローチの特徴

これまでの教授アプローチを総括した上で、新しい NOS 教授アプローチとして Abd-El-Khalick らが開発・実践した明示的・内省的アプローチ (Explicit and Reflective approach) がある。このアプローチの特徴は、これまでのアプローチが想定していたような、学習者の NOS の理解を教授・学習の副次的効果や副産として期待するのではなく、それ自体を中心的教授目的として位置づけている点である。このアプローチの特質は次の 3 点である。「目的の明示」、「科学的実践の対象化」、「学者者同士の議論」である。学習者に目的として NOS の理解を明示すること、歴史上の科学者ではなく現在でも活動している科学者や他の学習者の科学的実践を対象化し教材とすること、学習者同士の議論による学習内容の共有化すること、である。この教授アプローチは総じて児童・生徒の NOS の理解促進に高い効果を示している。

### (4) 日本の理科教育に対応した NOS を導入したカリキュラム開発にむけての展望

米国の理科カリキュラムにおける科学的探究と NOS の特質を解明するため、米国において幼稚園から中等教育段階までを規定した理科カリキュラムである、全米科学教育スタンダード、米国のプロジェクト 2061 のアトラス、さらには次世代科学教育スタンダード (以後、NGSS と略記) を分析とした。分析の結果、全米科学教育スタンダードでは、科学的探究を「探究としての科学」領域の「科学的探究を行うための能力」と「科学的探究についての理解」の中で取り扱っている。また、NOS を「科学の歴史と本質」の「人間の一つの営為としての科学」の中で取り扱っている。アトラスでは、NOS の章が存在し、その章は A「科学的世界観」、B「科学的探究」、C「科学的営為」の 3 領域によって構成されている。なお、B「科学的探究」は、

「探究における証拠と推論」, 「科学的探究活動」 「科学理論」 「科学における偏見の回避」の4分野, C「科学的営為」は「科学的共同体」, 「科学と社会」の2分野がある。NGSSでは, NOSの内容を8つのカテゴリー, 「科学的探究方法の多様性」, 「科学知識の実証性」, 「科学知識の可変性」, 「科学的なモデル・法則・メカニズム・理論が自然現象を説明すること」, 「知る方法としての科学」, 「科学知識が自然の秩序と調和を推測すること」, 「人間の一つの営為としての科学」, 「科学が物質界および自然界の問いを取り扱うこと」に分けて取り扱っている。上記の3つの理科カリキュラムは「科学知識の実証性」や「人間の一つの営為としての科学」という概念を柱とした内容配列が行われていた。日本の理科教育においても, 科学の内容知識の系統的教授に用いた「エネルギー」や「粒子」の概念と同様に, 科学的探究やNOSの系統的教授のために, たとえば, 「科学知識の実証性」や「人間の一つの営為としての科学」など概念を用いて初等教育からの系統的な内容配列を検討していくことが必要なのである。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計5件)

鈴木宏昭、米国の理科教科書における“Nature of Science”の教授展開 - 「観察と推論の相違」の内容に着目して -、理科教育学研究、第56巻第2号、2015年、印刷中。

鈴木宏昭、理科教育の“Nature of Science”教授における社会的アプローチの特質 - 英国のSATIS16 - 19を事例として -、教材学研究、第26巻、2015年、41 - 48頁。  
鈴木宏昭・小林和雄・廣直哉、理科教育における新内容の授業実践にむけて - Nature of Scienceの内容を事例として -、理科の教育、第732巻、2013年、40 - 43頁。

鈴木宏昭、小学校理科における「観察」指導の特質 - “Nature of Science”の観点による『理科の教育』の分析 -、日本科学教育学会研究会報告、第27巻、2013年、27-30頁。

鈴木宏昭、イギリスの理科教育における“Nature of Science”の教材、教材学研究、第24巻、2013年、219 - 226頁。

[学会発表](計4件)

鈴木宏昭、理科教育における“Nature of Science”の教授アプローチの特質 - 明示的・内省的アプローチに着目して -、日本理科教育学会東北支部大会、2014年11月8日、秋田大学。

鈴木宏昭、アメリカの次期科学教育スタンダードにおける“Nature of Science”の特質、

日本理科教育学会、2013年8月10日、北海道大学。

鈴木宏昭、教科教育における学校と地域施設の連携、教育実践学会、2012年11月18日、常盤大学。

鈴木宏昭、日本の理科教育学における探究スキルに関する研究動向の特質、日本理科教育学会、2012年8月12日、鹿児島大学。

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

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