

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 22 日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25750074

研究課題名(和文) 科学的教養育成のための理科の指導方略と評価に関する研究

研究課題名(英文) A Study of Strategy for Teaching and Assessment about Scientific Literacy Growth in Science Education

研究代表者

三好 美織 (MIYOSHI, MIORI)

広島大学・教育学研究科(研究院)・准教授

研究者番号：80423482

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、これからの社会を生きる児童・生徒が、理科教育において身に付けるべき科学的教養の内実と、理科の授業においてそれをいかに育成していくか、具体的な指導方略と習得状況を評価するための方法、評価規準を検討した。理科教育において科学的教養を育成し評価するにあたり、学習内容に則して科学的教養の具体を設定すること、知識、能力、態度などを総合して発揮することのできる文脈の中で、問題解決や探究活動など児童・生徒の実際的活動を通して科学的教養の育成を図ること、などが求められる。今後の課題として、教師の指導能力の向上のため、学習課題や実践事例の収集など、教員の支援体制の構築が必要になると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this research, the author investigated contents of scientific literacy in elementary and secondary school sciences that we need to make good life in the modern world, how to make students learn scientific literacy and evaluate it in the class. As a result, it pointed out the followings; 1. Contents of scientific literacy in school science need to connect with contents of school sciences curricula. 2. To foster students' scientific literacy, it is important to use investigative work with problems in the context of real world which will need to integrate knowledge, competences and attitudes. 3. It will need teacher support system to improve teaching skills.

研究分野：科学教育

キーワード：科学教育 科学的教養 指導方略 評価

1. 研究開始当初の背景

PISA や TIMSS などの国際学力調査等を背景として、世界各国の科学教育において科学的リテラシーの育成を目指す潮流が顕著になっている。科学の授業において学んだ知識やスキルを単に再生することができるだけでなく、学校とは異なる新たな文脈のなかで課題を解決するために、知識やスキルを適切に用いる能力が求められるようになってきている。科学的リテラシーの育成に向けて、科学の授業では、例えば、科学的知識やスキルを日常生活や実社会の文脈に結び付けて学習する活動や、子ども自身が行う実践的な活動を取り入れた問題解決を中心とする学習活動などが展開されるようになってきている。

一方、わが国では、平成 20, 21 年告示の新しい学習指導要領において、基礎的・基本的な知識・技能、思考力・判断力・表現力等、学習意欲を学力の 3 つの要素として、これらを調和的に育むことが求められている。学習指導要録の観点である「思考・判断・表現」の評価では、単に思考・判断したことを記述できるかどうかをみるのではなく、児童・生徒の個々の実態を捉えるために、様々な評価方法を取り入れることが求められている。学力の基本にあたる習得としての「知識・理解」「技能」と、学力の発展にあたる活用としての「思考・判断・表現」を評価する方法として、例えば、真正の評価論を背景とする、パフォーマンス評価が推奨されている。

研究代表者は、これまでにフランスを事例として、科学的教養育成のための科学教育カリキュラムに関する研究を行ってきた。その結果、フランスでは、知識、能力、態度の総体からなる科学的教養の育成を目指す、小学校からリセまで一貫性した科学教育カリキュラムが作成されていること、科学的教養を育成するために、探究の手続きや科学的手続きを取り入れた学習活動を実践することが求められていること、などが明らかとなった。

ところで、近年フランスでは、教育プログラムに対応して、義務教育段階終了時まで児童・生徒が身に付けるべき科学的教養の具体的な評価規準が設定されるとともに、評価方法の検討が進められている。また、科学的教養の育成に向けた、科学に関わる教科の学習活動の質的向上を目指し、国立教育研究所、科学アカデミー、技術アカデミーの協力のもと、小学校では“La main à la pâte (以下、Lamap) ”、コレージュでは“科学・テクノロジー統合教育(以下、EIST)”のプロジェクトが展開されている。これらのプロジェクトでは、具体的な学習プログラムの開発と実践と検討、教員の能力向上のための研修活動の実施、などが行われており、効果的な学習活動を展開していくための支援体制が構築されている。

そこで、これらの事例を分析することで、児童・生徒の科学的リテラシーの育成に向けた、わが国の理科教育改善のための新たな知

見を得ることができるとの考えに至った。

2. 研究の目的

本研究は、上述の背景を踏まえ、知識基盤社会化やグローバル化が進展し、科学技術が急速に発展するこれからの社会を生きる児童・生徒が、理科教育において身に付けるべき科学的教養の具体を、学習内容に則して整理した上で、学校における理科教育において科学的教養をいかに育成していくか、その指導方略と、科学的教養の習得状況を評価するための方法及び評価規準の開発を目指すことを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、まず、科学教育を取り巻く今日の世界的動向を整理した。次に、義務教育段階においてすべての児童・生徒が科学的教養を習得することを目指す科学教育カリキュラムが展開されている、フランスの科学教育を事例として取り上げ、各学校段階における科学に関わる教科の学習内容と習得が期待される科学的教養の内実、及びそれを育成するための指導方略の具体、評価方法と評価規準に関する事例を分析した。あわせて、義務教育段階における科学教育に関わる特徴的なプロジェクトである、Lamap 及び EIST の取組みについて検討した。これらの結果をもとに、小学校から高等学校までの理科教育における、科学的教養育成に向けた指導方略の特徴をまとめるとともに、児童・生徒の科学的教養の習得状況を評価する方法と評価規準を検討した。本研究では、文献調査による理論的研究と、実態調査による実証的研究を行い、精確な実態把握に基づく研究を遂行するよう努めた。

4. 研究成果

(1) 科学教育を取り巻く世界的動向

世界では、コンピテンシーに基づく教育改革が潮流となっており、各国においてコンピテンシー指向のカリキュラムが開発されている。改革の流れとして、OECD のキー・コンピテンシーと 21 世紀型スキルの 2 つがあり、両者の流れを汲む国に、例えば、オーストラリアやシンガポールなどがあるとされる。日本では両者の流れを踏まえて教育改革が推進されると考えられることから、これらの国における科学教育の現状について分析を行った。

オーストラリアでは、各学習領域をまたがって必要とされる知識、スキル、行動及び態度を示した、7 項目からなる「General Capabilities」が提示され、各教科等の学習内容と関連付けられている。科学の学習内容には、「科学そのもの」に加えて「科学について」の側面が含まれ、学習者の特性を踏まえたスパイラルなカリキュラム構成となっている。General Capabilities と科学教育の関係について、例えば化学分野では、リテラ

シー、批判的・創造的思考力、ニューメラシーの育成が特に期待されている。つまり、事象を表す語の意味理解、情報処理の側面が重視されていることが窺える。一方、シンガポールでは、「21世紀型コンピテンシー」の育成を目指し、各教科の教育活動が展開されている。科学教育では、自然の事象を科学的な視点から捉える、科学的な見方を育てるカリキュラムとなっている。義務教育段階における科学の学習内容が、多様性、循環、システム、エネルギー、相互作用といった、科学的な見方に関わるキーワードのもとに編成されている点が特徴的である。

コンピテンシーを指向する科学教育カリキュラムの編成では、教科を越えて育成が目指される能力と教科の学習内容とを関連付けて具体化すること、学際的な学習内容について検討すること、などが求められるだろう。また、理科の学習内容として「科学について」の側面を含むこと、科学の各領域を超えて共通する科学的な見方をもとにした学習内容の構成について検討すること、なども必要であると考えられる。

ところで、我が国では、教育課程の改善やグローバル人材の育成に向けた教育の充実のための一つの方策として、国際バカロレア（以下、IB）の教育プログラムに注目が集まっている。その教育理念や手法を踏まえると、今後の理科教育課程の一つの方向性として、育成すべき学習者像の具体化及びその実現に向けた教育課程の設計、実社会や他の学習と結びつけて知を構成することを可能とするような学習の文脈の検討、学習成果を用いて個人やグループで取り組む探究活動や課題研究を取り入れていくこと、などの必要性が指摘できるであろう。

(2) フランスの科学教育に関する事例分析

フランスの科学教育を取り巻く現状

フランスでは、2000年代に入り、EUやOECDなどの動向を背景としつつ、義務教育段階のすべての児童・生徒に共通基礎のコンピテンスを習得させることを目指し、教育プログラムの改訂、教育方法と評価方法の開発が行われてきた。2005年教育基本法（通称、フィヨン法）に基づき、「共通基礎知識技能」として、フランス語の習得、一つの現代外国語の実践、数学主要原理の知識と科学的テクノロジー的教養の習得、日常的に用いられるICTの習得、人文的教養、社会的市民的能力、自律と自発性、の7つ項目が示され、それぞれに知識、能力、態度の3つの観点からその内実が具体化された。コンピテンスの育成に向けた指導上の留意点として、コンピテンスは分野を横断して多様な状況の中で育成が目指されるものであること、具体的場面、現実生活で遭遇するような状況において習得や評価が行われること、複雑な課題や状況を設定することで、様々な知識やスキル、能力、態度が統合されるようにすること、などを挙げるができる。

2013年7月には、新たな学校基本計画法（通称、ペイヨン法）が成立し、この法律に基づく教育改革が現在進行している。「共通基礎知識技能」の見直しにより、新たに5項目からなる「共通基礎知識技能教養（Socle commun de connaissances, de compétences et de culture）」が示された。その具体は、思考しコミュニケーションするための言語、学習するための方法とツール、人格と市民の育成、自然のシステムと技術のシステム、世界の表象と人間活動、の5つの領域である。新しい共通基礎では、義務教育段階に共通する学校文化の構築が企図され、生徒自身の開花、社会性の発展、教育における成功、社会への市民としての参画などが目指されている。共通基礎の習得に向け、共通基礎と教科が連動し、教科の教育プログラムには習得すべき共通基礎が具体的に提示されている。小学校とコレッジの9年間を3つに区分した学習期（基礎学習期、連結期、深化期）ごとに習得が期待されるコンピテンスが示されており、その内容は、漸次深化するよう構成されている。

小学校における科学教育

小学校では、科学・テクノロジー教育の推進に向け、Lamapプロジェクトが1996年から展開され、教育プログラムの作成と実施に影響を及ぼしている。プロジェクトで重視されているのは、児童に、科学的精神、世界の理解、表現の能力を伸長させることを可能にするために、探究的な学習活動を実施することである。教科「科学とテクノロジー」では、その教授方法として、児童自身による身の回りの事象の観察や実験の実施、探究の過程における意見や結果の共有、議論による知識の構成、児童自身のことばによる実験ノートの記述などが求められている。学習活動を効果的に実施していくために、科学者の協力、教授方法の体験機会の提供、ホームページによる教材や活動案の提供や実施上の問題点の解決など、教師を包括的に支援するための仕組みが作られている。

公立小学校における授業観察から、探究的で体験的な学習活動を実施するなかで、児童自身が体験したり考えたりしたことを口述したり、実験ノートに記述したりするなどの表現活動が行われており、言語に関する能力の育成に重点が置かれている様子が窺えた。

コレッジにおける科学教育

コレッジの科学教育では、義務教育において生徒が習得すべき「共通基礎」の育成が図られている。このうち、特に「科学的テクノロジー的教養」のコンピテンスの概要は、以下の通りである。

科学的手続きを実施する、問題を解決する：有益な情報の探査、抜粋、整理／実現、操作、測定、計算、指示の適用／実施、論証、実験的テクノロジー的手続きの実践、証明／手続き、結果の提示、適切な言葉による伝達

様々な科学の領域の知識を利用できる：宇宙と地球 / 物質 / 生物 / エネルギー / 技術物

環境と持続可能な開発：環境と持続可能な開発に係る問題を理解するための知識の活用

「科学的テクノロジー的教養」の育成に向けて、授業実践では、「状況問題」や「複雑な課題」が取り入れられている。例えば、第4学年「物理・化学」の「重さと質量」の学習活動において、「手続き、結果の提示、適切な言葉による伝達」の育成と評価を視野に、課題「物理学研究所が主催するコンクールに向け、重さと質量に関わる実験の方法を考える。自分のアイデアを提案するために手順書を作成する。」といった課題が提示されていた。生徒自身も提示された項目について、学習活動に対する自己評価を行い、評価活動に参画していた。

コレージュにおいて、「科学的テクノロジー的教養」の習得状況は、「物理・化学」、「生命・地球科学」、「テクノロジー」の3つの教科における評価をもとに認定される。学習活動ごとに設定された小項目について、おおよそ4つのレベル(例えば、A：十分満足、B：どちらかといえば満足、C：部分的に満足、D：不十分)で判定され、これらの判定結果を総括し、コンピテンスの項目全体の習得状況が判断される。

コレージュにおける新たな動向：科学・テクノロジー統合教育(EIST)

コレージュでは、2006年より、第1、第2学年を対象として、新しい教科EISTの試行的実践が行われてきた。前期中等教育段階では、伝統的に3つの教科「物理・化学」「生命・地球科学」「テクノロジー」が実施されてきたが、これらの教科を基盤として1つの教科に統合したものがEISTである。EISTは、小学校の教科「科学とテクノロジー」との継続性を持たせ、コレージュにおける学習への移行を容易にすることを可能にしている。3つの教科を統合することで、探究の手続きを実施する時間を確保するとともに、共通基礎の「科学的テクノロジー的教養」の習得に向け、3つの教科の一貫性のある指導を行うことが可能となる。教員側には、専門外の内容を教えるための準備が必要となることから、教員同士の協議が行われている。さらに、教師自身が専門としている教科の視点とともに、科学とテクノロジーに関する統合的な視点を獲得していくことが求められる。EISTは、小学校のLamapプロジェクトの思想を受け継ぐものである。

公立学校における授業観察では、例えば、生徒が学習した内容を記憶に留めおくための配慮として、ジュール・ヴェルヌ『80日間世界一周』をモチーフに、その中で旅行者が遭遇する出来事として学習内容を配置し、学習活動が展開されていた。生徒一人ひとりが実験計画を立て、それに沿って実際に実施し、

結果をまとめる中で、学習内容の理解を図っていた。授業は少人数で行われ、生徒一人一人への指導が行き届いていた。また、3時間連続の授業により、生徒にじっくりと考え活動させることが可能となっていた。ワークシートは、課題に対する予想、実験のプロセスや結果を、生徒自身の言葉や図、表で記述できるよう工夫されていた。一方で、担当する教員による指導内容の差異が見受けられた。

EISTの試行に対する評価として、生徒について、科学に対する嗜好を刺激し興味が維持されていること、科学的教養が豊かになること、学習時間の確保により科学的推論に関する行動に積極的効果がみられること、環境問題への関心が高まること、などが明らかとなっている。また、学力や態度について、既存の教科に基づく教育を受けた生徒と同等の結果が示されている。担当する教員については、学際的活動や教師グループによる活動を重視していること、生徒によるグループ活動やプロジェクト活動を大切にすること、生徒の学習様式に着目すること、などの報告がみられる。

リセにおける科学教育

後期中等教育段階のリセでは、知識や能力の獲得とともに、科学的コンピテンスの開発が目指されている。例えば、教科「物理・化学」の学習を通して習得が期待される科学的コンピテンスの具体を以下に示す。

取得：情報の探査 / 情報の抜粋 / 情報の整理 / 課題の明確化

分析：仮説の設定 / 戦略の精緻化 / モデルの提案 / 実験手順と器具の選択、考案、妥当性の検討 / 現象の規模の評価

実現：手順の実施 / 戦略の実現 / 器具の適切な使用 / 安全の決まりの実施 / グラフの作成

認証：観察、測定の利用 / 情報の利用 / 批判的検討 / 情報、仮説の確認 / 実験結果とモデルの照合 / 手続きやモデルの改善

コミュニケーション：活動の提示 / 適切な科学用語の使用 / 根拠としての図やグラフの利用

主体性：一人ないしグループの活動 / 決定 / 的確な支援の要請

科学的コンピテンスの内容は、問題解決の一連のプロセスの中で生徒に発揮することが期待されるものとなっており、コレージュの内容からさらに深化している。このような科学的コンピテンスの習得状況は、実技試験で評価され、バカロレア試験の得点に組み込まれている。

授業の実際には、学習内容や学習課題に対応して科学的コンピテンスが検討されており、本時で育成すべき具体として生徒に学習プリント等により提示されていた。例えば、第3学年「物理・化学」の「音響」の実習では、実験の手続きや考察記述欄に先立って、科学的コンピテンスに関わる記述、「実現：

適切なソフトを用い音について学ぶ。音波を分析する」「分析：振動数，振幅，音の高さ，音色の決定にデータを用いる。実験方法を提案する」が配置されていた。また，活動それぞれに，コンピテンスがどのように対応しているかが示されていた。実習を通して習得すべきコンピテンスの具体を生徒自身に意識させながら学習活動が展開されている様子が窺えた。

(3)まとめ

事例分析から，科学的教養育成に向けた指導方略の特徴として，学習内容に則して科学的教養の具体を設定すること，教師，生徒ともにその内容を把握した上で学習活動を展開すること，問題解決や探究活動など生徒の実際の活動を通して科学的教養の育成を図ること，などを指摘できる。科学的教養の具体は，一方で評価規準であり，各学習活動で育成すべき項目の総括により，科学的教養の習得状況が判断される。学習活動や評価にあっては「状況問題」や「複雑な課題」などのような，生徒が知識，能力，態度を総合して発揮することのできる文脈の設定が重要になる。教師の課題作成や指導の能力の向上に向けて，学習課題や実践事例の収集など，教員の支援体制の構築が今後必要になると考えられる。

5．主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

- 1.三好美織，フランス前期中等教育段階における「科学テクノロジー統合教育」に関する考察，学校教育実践学研究，22，査読無，2016，pp.149-154
- 2.三好美織，グローバル化する社会に生きる人材を育てる理科教育課程，理科の教育，741，査読無，2014，pp.46-49

〔学会発表〕(計 7 件)

- 1.三好美織，コンピテンスに基づく科学教育カリキュラムの編成に関する一考察 - 化学分野を中心として，中国四国教育学会第 67 回大会，2015 年 11 月 15 日，岡山大学(岡山市)
- 2.三好美織，フランスの新しい共通基礎と科学教育プログラムの構成，日本理科教育学会第 65 回全国大会，2015 年 8 月 2 日，京都教育大学(京都市)
- 3.三好美織，フランス中等科学教育におけるコンピテンスとその評価に関する一考察，第 63 回日本理科教育学会中国支部大会，2014 年 12 月 6 日，山口大学(山口市)
- 4.三好美織，フランス中等科学教育の変容にみる学力問題，日仏教育学会 2014 年度研究大会，2014 年 11 月 29 日，大阪大学(吹田市)
- 5.三好美織，新たな理科教育課程への期待，日本理科教育学会第 64 回全国大会，2014 年 8 月 24 日，愛媛大学(松山市)
- 6.三好美織，フランスの前期中等教育段階における「科学・テクノロジー統合教育」の特

色，中国四国教育学会第 65 回大会，2013 年 11 月 2 日，高知工科大学(香美市)

7.三好美織，フランスの初等科学教育における“La main à la pâte”の特色 - 言語に関する能力の育成に焦点を挙げて - ，日本理科教育学会第 63 回全国大会，2013 年 8 月 11 日，北海道大学(札幌市)

6．研究組織

(1)研究代表者

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