

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 30 年 5 月 28 日現在

機関番号：17601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K17405

研究課題名(和文) グローバル社会とのグラウンディングを意図した「理科カリキュラムの統合化」の研究

研究課題名(英文) A study on the "Integration of science curriculum" intended for grounding with global society

研究代表者

野添 生 (NOZOE, SUSUMU)

宮崎大学・教育学部・准教授

研究者番号：20751952

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、「カリキュラムの分化と統合」を軸に理論的に検討することを通して、グローバル社会とのグラウンディングを意図した「理科カリキュラムの統合化」について論究していくことを目的とした。  
その結果、わが国への示唆として、コンピテンシーレベルでの「知の統合化」が進展している現代において、科学的知識や技能は単に習得されるものではなく、実社会・実生活の文脈において活用され、さらに実践する (scientific literacy-in-action) までを視野に入れる必要があることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research was to discuss the "integration of science curriculum" intended for grounding with the global society by theoretically examining "specialization and integration of curriculum" as the core.  
As a result, as a suggestion to our country, in the present age where "integration of knowledge" at the competency level is progressing, we need to consider that scientific knowledge and skills are not merely learned but utilized and practiced.

研究分野：理科教育

キーワード：理科カリキュラム 統合化

### 1. 研究開始当初の背景

グローバル化していく社会では、問題を的確に把握し、解決し、イノベーションを起こす人材が求められる。それに呼応する形で、日本および世界各国における教育の目的は、知識の習得よりも汎用的能力の育成が重視されるようになってきている。こうした国内外の教育動向は、リテラシーやコンピテンス（コンピテンシー）などの能力を評価している PISA 調査の参加国・地域が 2000 年の調査開始以降、32 から 65 まで拡大し、さらに、PISA2015 では「協調的問題解決能力」が新しく調査分野に加えられるという展開をみせていることから裏付けられる。

これまで理科カリキュラムを実証的・理論的に検討した研究成果から、学校理科で学習した科学的知識や科学的概念と実社会・実生活での経験とを積極的に結びつけることで、単に知識やスキルを覚えて再生するだけではなく、あらゆる文脈の中で使いこなす力や、自分なりに咀嚼して表現・発信していく力の育成が期待できることが明らかとなった。また、その一方で、汎用的能力（グローバルなリテラシー）がより一層求められる社会においては、未経験の事象に対し、個人の内にいる科学の「智」を統合化し、他者と協調しながら新たな「智」を構築していくことを目指した理科カリキュラムを構成することが必要であることも浮き彫りとなった。しかしながら、物理・化学・生物・地学の専門分化しながら展開していく既存の理科カリキュラムでは、未来の市民が生きていくグローバル社会の現状と乖離している状況にあり、わが国を取り巻くグローバル化の壮烈な力学には立ち向かえないと考えられる。そのため、本研究では、現状の専門分化とは逆の発想である「統合化」という視座から、わが国の理科カリキュラムについて再考し、わが国の理科教育が目指すべき方向性を検討することの必要性を認めるに至った。

本研究は、このような汎用的能力（グローバルなリテラシー）がますます注目されていく中、ナショナルなレベルとしてのわが国の理科カリキュラムはどのように構成されるべきであるのかという問いについて、「グラウンディング」、「統合化」をキーワードとして論究していく研究である。

### 2. 研究の目的

本研究は、物理・化学・生物・地学の専門分化した既存の理科カリキュラムを、未来の市民としての「個人」とグローバル化していく「社会」との関わりの過程という視座から全体を俯瞰した上で捉え直し、「カリキュラムの分化と統合」を軸に再構築することを通して、グローバル社会とのグラウンディングを意図した「理科カリキュラムの統合化」を論究していくことを目的とした。

### 3. 研究の方法

本研究では、比較教育的アプローチと歴史的アプローチの双方の視座から「理科カリキュラムの統合化」について総合的に考察しながら、わが国の理科教育が目指すべき1つの方向性について検討していった。具体的には、「理科カリキュラムの統合化」により、どの程度、汎用的能力（グローバルなリテラシー）が育成されるのか、また、諸外国（主としてイギリス）の科学教育は、グローバル化していく社会に対してどのように対応しており、また、この国の科学カリキュラムはどのように展開されているのかを明らかにすることで、わが国の理科教育が目指すべき1つの方向性について検討した。

### 4. 研究成果

#### (1) イギリスの科学教育における視座

イギリスには、将来の科学者も市民であるという考え方があるため、義務教育段階における科学教育では、すべての児童・生徒が科学的リテラシーの育成を目指すことが求められている。このことは、科学の才能を有する児童・生徒のための教育を否定しているわけではなく、将来の科学者も含めて、すべての児童・生徒が将来の科学的素養を持ち、社会参加をすることを意図している。本研究では、その生涯学習社会を射程に入れた2つの視座について整理した。

#### How Science Works (HSW)

HSW（科学がどのように作用するか）は、科学的探究をさらに追究したものであり、「説明・議論・決定」と、「実践的な探究スキル」の2つの要素、さらにそれらが細分化された複数の要素に分類されると定義されている(DfE, 2009)。Williams(2011)は、HSWよりも現実に近いモデルとして、‘How Scientists Work’を紹介しており、「議論・論証」「科学史や科学哲学」「実験や探究活動」という3つの要素が、固定的ではなく流動的に作用すると提言している。Wellington and Ireson (2012)は、HSWに関する一連の議論の重要な視点として、real science と school science の対立関係の複雑さが強調された点を指摘している。HSWは、実際の科学者が行う探究のプロセスやスキルを糸口として、科学者の役割や科学の本質といった「市民が諸問題を解決するための科学的素養」に力点を置いており、能力・スキルの要素が強い。

#### Socio-Scientific Issues (SSI)

SSIとは、学校理科で一般的に扱われる単なる「科学に関連した問題」ではなく、「社会学の要素も包括した、科学や技術に関わる（論争の余地のある）諸問題」のことである。科学的知識そのものだけではなく、先端科学の内容から科学の政治・経済・倫理的側面など多岐にわたっている。実際に、子どもたちが学校以外で科学に触れる機会や場面、あるいは市民が科学について考える機会は、新聞やテレビ、インターネットといったマスメディアを通じた場合が多く、そこでは、現在進

行している（未解決の）科学的諸問題が扱われている。つまり、SSI はどちらかといえば現代社会を意識したものが多く、「市民が社会に関わり、参画するための科学的素養」に力点を置いており、シティズンシップの要素が強い。

#### (2) National Curriculum (NC) 科学の分析・検討

NC 科学では、育成すべき資質・能力として「科学的知識と概念理解 (Scientific knowledge and conceptual understanding)」「科学の本質、プロセス、方法 (The nature, processes and methods of science)」「(科学的な) 会話で必要となる言葉 (Spoken language)」の3つが明示されている。

「科学的知識と概念理解」は、学習プログラムにおいて、その配列が記載されており、次の KS に着実に進級するためにも、不安定で表面上の理解ではなく、知識や概念の確実な理解が強く求められている。また、専門用語の正しい使用や数学的知識の応用、科学の社会的・経済的影響についても言及されている。「科学の本質、プロセス、方法」は、KS1 から KS4 の各段階における「科学的取組 (Working scientifically)」で示されている。学習プログラムは「科学的取組」といわゆる「生物・化学・物理の教科内容 (Subject content)」の大きく2つに区分されるが、これらは常に関連付けながら学習していくことが求められている。つまり、教師は科学的探究の重要部分に焦点を当てながら、生物、化学、物理の内容に組み込む形で教えることが求められており、そのような学習活動を通して、児童・生徒は、関連する科学的問題を解決するための様々なアプローチの仕方を学ぶ。この「科学的取組」は、生徒たちが実験計画などの高度な議論に従事できるよう、KS が上がるにつれてより一層充実したものになることが期待されている。特に KS3 からは具体的な項目が挙げられており、KS3 では「科学的態度」「実験スキルや調査」「分析や評価」「測定」といった項目が示されており、KS4 では「科学的思考を発展させること」「実験スキルや方策」「分析や評価」「語彙、単位、記号、命名法」といった項目が示されている。

「(科学的な) 会話で必要となる言葉」は、NC 全体を通じた生徒の認知的・社会的・言語的な発達の中での重要性が示されている。科学において、生徒が聞いたり話したりする言語の質や多様性は、科学用語の語彙を増やし、科学的概念を明確に表現するための重要な要素となることが明記されている。教師は生徒が自分の考えを他者に明確に表現できるようになり、議論を行うことで生徒自身の誤概念を探り修正しながら確実な基礎を構築していけるように支援することが求められている。

以上の3つの資質・能力を整理すると、NC 科学において、児童・生徒は「科学の本質、プロセス、方法」が組み込まれた「科学的知

識と概念理解」を習得し、科学の学習活動全体において「(科学的な) 会話で必要となる言葉」を育成するとまとめることができる。

#### (3) イギリスの科学教育の実際

イギリスの学校を実際に訪問し、実際に行われている授業の視察・調査を行った。これらの授業事例の分析結果を基に、イギリスの前期中等科学教育の実際について詳述する。

##### 授業事例1

サステナビリティの重要性を理解させるための講義形式の授業で、プラスチックの事例を通して生徒たちが主体的に学習に取り組めるようにデザインされている。具体的には、生徒全員がミニホワイトボードに自分の考えを書き込み、教室内で他者と意見を交流することや、プラスチックが持続可能でない理由を説明させること、学習した知識を活用して、プラスチックの利用をより持続可能にするための新しい解決策やアイデアを考え出させるといった（実験・観察を伴わない）アクティブ・ラーニングを取り入れた授業を展開している。教師が準備したレッスン・プランでは、終末段階の学習活動（プラスチックの利用をより持続可能にするための新しい解決策やアイデアを考え出す活動）を「Demonstrate Understanding」と記載しており、科学を学習すること (Learning Science) にとどまらず、科学を実践すること (Doing Science) までを視野に入れながら授業が展開されている。

##### 授業事例2

教師が設定する評価基準を学習者が自ら設定することにより、自ずと学習活動が主体的になり、また学習者同士で相互評価を行うことにより、学習活動が必然的に対話的なものとなるように授業が展開されている。物理領域の「光」の学習であるが、目の構造に関する内容も多く扱われており、このことは他社のテキストでも同様である。（ちなみに、わが国では目の構造は生物領域である。）このことは、何のための科学的知識なのかという根本的な考え方の違いを意味している。つまり、わが国では「光」は物理現象をより深く理解するための教養としての科学的知識であるのに対して、イギリスで「光」はあくまでも「見る」ことを理解するための実利的な科学的知識なのである。このように、イギリスでは全ての児童・生徒にとって将来利用可能な知的資産としての科学的素養の育成を高く意識している。

#### (4) イギリスの科学教育の特徴

イギリスでは、より高度な内容を理解するためだけに科学的知識を学ぶのではなく、科学で学習した知識を活用して未来に向けた新しい解決策やアイデアを考え出すこと、また、将来の生活をより良くするためにも科学的知識を学ぶといった考え方が科学授業の基盤にある。さらに、彼らにとっての「学び」

とは、単に「個人として知る」というプロセスではなく、「学習者同士で対話しながら協働的な相互作用を通して自らの理解を広げ深める」というプロセスである。Wellington and Ireson (2012) は、子どもたちが体験的な活動の中でお互いに話し合う協働的な相互作用による学習が、現在のイギリスの科学教育において正統的なアプローチになっていることを指摘している。実際に観察した授業では、実に多くの時間を「practical work」に当てており、これらの「practical work」は教師からの一方的な指示によって「活動させる」のではなく、生徒が問題意識をもって主体的に学習に向き合えるよう工夫がなされていた。つまり、全ての児童・生徒が将来の科学的素養を持ち、社会参加をするというイギリスに伝統的に存在する科学教育の基本的な考え方に加え、協働的な相互作用を通して自らの理解を広げ深めるとイギリスの「学び」の文化が素地となり、実社会・実生活に関連した学習や、主体的・対話的な学習活動が科学の授業に自然に包摂されていることが特筆すべき点であり、今後のわが国における理科授業の在り方や学習活動に示唆を与えると考える。

#### (5) わが国への示唆

##### 「活用型授業」の活用

「活用型授業」という用語が、学校教育の現場で使われ始めて数年が経過した。この活用型理科授業では、学習したことを実社会・実生活の場面で応用したり、身のまわりの事象に適用する力の育成が図られるよう、科学の読み物等なるべく多様な場面を設定することが求められる。また、生徒が、将来、社会的・職業的に自立し、社会の中で自分の役割を果たしながら生きていく力の育成が図られるよう、理科の学習が生活や社会、及び職業と深く関わっていることを提示し、科学者の生き方についてもふれながら、キャリア教育にも繋げていくことが求められている。

Millar(2014)は、科学の項目を教授するときには学習者に親しみやすい考えや文脈から始め、それらを積み上げるように学習を展開すべきであると主張する。具体的には、エネルギーの学習を例に挙げ、個人的・社会的文脈において非常に重要な問題や選択を含む場合があることを考慮すると、日常的な話題のエネルギーに関する生徒の理解を改善し、より幅広いものへとすると同時に、エネルギーの科学的概念の理解に繋がるよう支援し、エネルギーの側面から事象やプロセスについての明晰な分析が正しく理解できるようになることが必然的に含まれると述べている。つまり、個人的・社会的双方における多くの重要な選択や決定を行うという行為までを活用と捉え、その手立てを考える必要も生じてくるという考え方である。

また、Hodson(2014)は、科学を学習すること(Learning Science)、科学について学習す

ること(Learning about Science)、科学を实践すること(Doing Science)を例に挙げ、それぞれの目標を達成するためには、それぞれに異なるアプローチが必要であり、授業で同時に多様な目標を盛り込むのではなく、むしろ区別しながら、教師は教授法や学習法の選択に注意を払うべきであると述べている。つまり、活用型理科授業の手立ては、従来の理科授業の手立てと区別して考える必要があると考えられる。

新しい何かを始めるのではなく、現在実践されている「活用型授業」の枠や解釈を拡張しながら、従前とは異なるアプローチ(例えばアーギュメンテーションやディベートなど)により、理科授業を展開していくことが、より現実的な手段と考える。また、その「活用型授業」のカリキュラム上の配置は、教育課程上の前半ではなく、なるべく後半に配置することを基本とし、さらには、よりシティズンシップの要素が強いものほど、後の教育段階に配置すれば良いことが本研究の結果から明らかとなった。

新学習指導要領を踏まえた学びに向けて

新学習指導要領では、主体的・対話的な学びの過程を通して深い学びを実現することが求められている。理科では、これまでも観察・実験といった体験的な学習活動が行われてきた。しかしながら、それらの活動を理由に、これまでも主体的・対話的な学びを十分に行ってきたとは言いがたい。観察や実験は、ただ行えば良いというものではなく、児童・生徒に目的意識を明確にもたせ、他者と協力しながら実験方法やデータの解釈について議論を行ってこそ、初めて主体的・対話的な学びとなり得る。また、理科という「深い学び」を考える上では、その深さには違いがあることにも考慮したい。それは、自然の事象・現象に関する知識・技能を単に習得しているというレベル、理科で習得した知識・技能について、その意味や理由なども含めて理解しているというレベル、理科で習得した知識・技能を実社会・実生活の文脈において活用し、実践するというレベルと多層的である。新学習指導要領で求められる「社会に開かれた教育課程」の実現を目指すには、より深いレベルの理科の「学び」が必要となることが示唆された。

また、新学習指導要領における小・中学校の理科の目標では、現行の「科学的な見方や考え方を養う」から「理科の見方・考え方を働かせて」へと改訂された。この各教科における見方・考え方は、学習の中で働くだけでなく、大人になって生活していくに当たっても重要な役割を果たすものであり、学校の学びと社会を架橋する深い学びの鍵として位置付けられている(初等中等教育局教育課程課教育課程企画室, 2017)。わが国の文脈に沿った展開としては、理科の見方・考え方の対象を物理・化学・生物・地学といった自然科学そのものの領域に加え、将来の市民育成

という観点も包摂した「科学についての知識」まで範囲を広げることが方策の一つとして考えられることが示唆された。また、コンピテンシーレベルでの「知の統合化」が進展している現代において、科学的知識や技能は単に習得されるものではなく、実社会・実生活の文脈において活用され、さらに実践する（scientific literacy-in-action）までが求められている。例えば、このような科学的リテラシー育成をも射程に入れた SSI を取り入れた教授方略は、新しい学習指導要領で示された深い学びの具現化に繋がるアプローチの1つとして、その可能性が期待されることも明らかとなった。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計7件)

郡司泰祥、野添生、中山迅、中林健一、  
大学入試化学における記述式問題の評価  
に関する研究 -イギリスの GCE・A レベル  
資格試験の分析を通して-、科学教育研究、  
査読有、Vol. 41、No. 3、2017、pp.315-324、  
<https://doi.org/10.14935/jssej.41.315>

野添生、磯崎哲夫、イギリスの教育課程  
と理科の学習活動の特色、理科の教育、  
査読無、Vol. 65、No. 771、2016、pp.11-16、  
<http://www.toyokan.co.jp/book/b250397.html>

野添生、これからの理科授業を考える上  
で大切なこと -英国の初等科学教育から  
導き出される新しい理科の「学び」-、学  
校教育、査読無、No.1189、2016、pp.14-21

〔学会発表〕(計10件)

野添生、イギリスの科学教育が志向する  
学びの様相、日本理科教育学会第67回全  
国大会、2017

野添生、阪東菜央、樋口洋仁、磯崎哲夫、  
“ Socio-scientific Issues ” を取り入れ  
た教授方略に関する理論的検討、日本理  
科教育学会第67回全国大会、2017

野添生、天野秀樹、理科と数学の教科間  
連携を図った中学校における授業実践研  
究(1) -「密度」をテーマとした相関カリ  
キュラムの検証(理科編)を中心として-、  
日本科学教育学会第41回年会、2017

Susumu NOZOE、Tetsuo ISOZAKI、A  
comparative study of science teachers'  
beliefs on lessons between Japan and  
England、EASE2016TOKYO The fifth  
International Conference of  
East-Asian Association for Science  
Education、2016

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  
-、日本科学教育学会第39回年会、2015

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

野添 生 (NOZOE, Susumu)

宮崎大学・教育学部・准教授

研究者番号：20751952