

21st Century Scienceの枠組みを活かしたテキストの開発と評価 － 健康と病気を中心として －

石垣 彩奈 寺田 光宏
桑名市立城南小学校 岐阜聖徳学園大学教育学部

Development and evaluation of a textbook utilizing the 21st century science framework Focusing on health and disease

Sana ISHIGAKI, Mitsuhiro TERADA

キーワード：イギリス Twenty-First Century Science 健康 病気 小学校

I. はじめに

1. 問題の所在

日本では、PISA 2015 における科学的リテラシーが OECD 加盟国中 1 位、読解力、数学的リテラシーを加えた 3 分野において、平均得点が比較可能な調査回以降、最も高いという成果を上げている。その一方、理科を学ぶことに対する、関心・意欲や意義・有用性に対する認識については、国際的にみても、また国語や算数・数学と比較しても肯定的な回答の割合が低いという状況が見受けられる。

また、理科ワーキンググループによる審議の取りまとめには、教材の在り方として、学習の質を高められるように配慮されたものであることが必要であり、児童生徒が問題の発見・開発に向けて主体的・協働的に学習を進めることができたり、児童・生徒の興味・関心等に応じて意欲的に学習を進め、考えを広めたり深めたりしていくことができるよう工夫されたものであることが望まれている、と示されている。そしてその際、いたずらに細かなあるいは高度な知識を身に付けさせ、それを評価するものとはならないよう配慮されたものであること、とある¹⁾。

一方、英国のナショナル・カリキュラムでは、「科学」(Science) は、英語、数学とともに、3 つの中核科目 (Core Subjects) の 1 つに位置づけられ重視されており、時間数の面では、義務教育時全体で、日本の現行学習指導要領下での理科の標準的な授業時間数の 2 倍近くが当てられている試算がある²⁾。英国は日本より、科学教育に重きを置いていることが考えられる。

英国では、科学教育の方向性を示した Beyond 2000³⁾ によって、英国の義務教育段階の科学カリキュラムは、科学的リテラシーの育成を目指すことが示された。Beyond 2000 の背景として、学校で受ける科学教育と、未来を生きる子どもたちに必要なことや興味があることとの間に不釣り合いが生じていること、現在提供されている科学教育の形は、一部の未来の科学者のための教育であり、役に立たないこと、日々の生活の中で、科学的な課題の重要性はますます増加し、個人や社会の興味に基づく科学と科学が引き起こす問題に基づいて関わり合う、十分な知識と理解を持つ民衆が必要とされていることなどが挙げられている。科学教育課程の目的と内容の基本的な見解と考えなしでは、子どもたちが必要としていることと社会が必要としていること両方に不適切なものになっていくと考えられたことが Beyond 2000 のきっかけである。そして、キーステージ 4 においては将来科学者になる・ならないに関係なく、すべての生徒に科学的リテラシーの育成が求められた。そのために、科学的リテラシーを育成するコースと将来科学者になる準備をするコースが区別された。科学的リテラシーの育成のための教授内容としては、純粋自然科学の内容と科学論的内容を位置づけることが示された。

そして、Beyond 2000の考え方を反映した、Twenty First Century Science（以下、21世紀科学）が開発された。笠²⁾は、21世紀科学コースの教材を用いているイギリス、パイロット校の教師が、「科学を勉強してどんな意味があるのかという生徒からの質問は一切消えた」と話していたエピソードを示している。21世紀科学は、生徒から見て自分との関連性が大変分かりやすいことは確かであると思われる。それに加え、日本の教科書と評価制度では、生徒が関心を持つ社会的な文脈に根ざしたトピック設定での学習という観点はあまりに犠牲にされていると述べられている。21世紀科学は、科学を学ぶ生徒が科学の有用性を感じることができる教材であることが考えられる。

2. 研究の目的

21世紀科学の成立過程や枠組みを明らかにする。明らかにした成立過程や枠組みを参考に、児童の理科に対する関心・意欲、意義や有用性を上げる児童用テキストを作成する。また、児童に提示し、評価を行うことによって、有効性を明らかにすることを目的とする。

II. 研究方法

三つの研究を行った。文献調査では、Beyond 2000をはじめとする論文を収集し、概要や特徴について明らかにした。教科書分析では、21世紀科学を対象に、テキストや写真、図解、モデル図、グラフ、表などの非テキストに分け、第一著者が思うよさについての分類を行った。児童用テキストの作成・評価では、この枠組みに基づき、小学校の生物分野において、児童用テキストを作成し、評価した。

III. 調査結果

1. 文献調査より

磯崎⁴⁾は、イギリスにおける科学教育の目的論の論議を以下のようにまとめている。また科学が有する価値の観点を4つに整理している。(1) 学習者が実践的な意味において科学を学ぶことから利益を得るといふ、実用的・功利的価値。(2) 高度科学社会では経済の国際競争を支えるための科学者や技術者を供給する必要があるとする経済的・国家的価値。(3) 人類が営々として築いてきた文化としての科学を認識し、享受する教養的・文化的価値。(4) 市民として科学の社会問題の議論に参加し、意思決定を行うために必要であるとする、民主的価値。また、「イギリスでは、なぜ科学を学ぶのかということは明確にされている。日本では、理科教育の目的論からすれば、実用的・功利的価値や経済的・国家的価値からの主張に偏しているように思われる。もちろん、このような目的論が否定されるべきではないが、一般教育としての理科教育では、より教養的・文化的価値や民主的価値が強調されるだろう。」と述べている。

21世紀科学は Beyond 2000において明確にされた10の提言に基づいている。

提言1では、5歳から16歳の科学カリキュラムは「科学的リテラシー」を育成する過程として見なされるべきであるとある。Beyond 2000では、科学的リテラシーの定義は明確にされていないが科学的リテラシーを兼ね備えた人を定義している。日常生活における科学と技術のインパクトを理解し正しく評価することができる、健康やダイエット、エネルギーの利用といった科学に関する事柄について、情報を得た（あるいは教育を受けた）人として意思決定ができる、科学についてのメディアレポートを読み、その本質が理解できる、そのようなメディアレポートにおいて含まれるあるいは（しばしば重要なのは）排除された情報を批判的に省察することができる、科学が関連した問題（issues）について、自信を持って他者との議論に参加できる人物が科学的リテラシーを兼ね備えた人としている。

また、Millar⁵⁾は、科学的リテラシーを兼ね備えた人を育成するための、21世紀科学の「柱」として、「科学が説明出来得る事実（Science explanations）：以下 SE」と「科学についての考え（Ideas about science）：以下 IaS」の2つが挙げている。「科学が説明でき得る事実」と「科学についての考え」の内容は表1の通りである。

表1 科学が説明でき得る事実

SE 1	化学物質
SE 2	化学変化
SE 3	物質とその性質
SE 4	生物の相互依存
SE 5	生命の科学的なサイクル
SE 6	生物の基礎的な単位としての細胞
SE 7	生命の保持
SE 8	遺伝の遺伝子理論
SE 9	自然淘汰による進化論
SE 10	細菌病原説
SE 11	エネルギー資源と利用
SE 12	放射
SE 13	放射能
SE 14	地球
SE 15	太陽系
SE 16	宇宙

佐藤ら⁶⁾では、「科学についての考え」について 21世紀科学の詳述書をもとにまとめている。表2はそれを基に作成したものである。「科学についての考え」は、ナショナル・カリキュラムの「科学がどのように機能しているのか」に対応している。学生たちが「科学についての考え」を理解することは、読んだり、聞いたりする科学的な話を批判的に評価するための備えをつくることを保証する。Millar⁵⁾は、科学的知識の消費者として子どもたちを捉えることで、これまで通常、学校の科学教育では教授されてこなかった内容を含めるべきだと主張していた。「科学についての考え」は学校の科学教育では教授されてこなかった内容を表していることが考えられる。また、「科学が説明出来得る事実」と「科学についての考え」を9つのモジュールの中に織り込み、学習者にとって自身との関連がよりわかり

表2 科学についての考え (IaS) の理解内容

佐藤ら⁶⁾ 参考

IaS 1	データとその限界	データは科学的探究の出発点であり、科学的説明を検証する手段であること。また、データは完全には信用できないこと。
IaS 2	相関性と原因	相関があることが必ずしも因果関係を示さない。因果関係を示すためには、要因と結果を結びつけるメカニズムが必要であること。
IaS 3	説明を展開する	データと説明を区別すること、科学的説明がデータから自動的に表れることなく、創造的な思考を伴うこと。科学的説明は過去についての現象や、未来についての予言を可能にすること科学的説明に基づいた予言とデータを比較することでその説明が検証されること。
IaS 4	科学的コミュニティ	科学者によって発見された科学的説明は、科学的知識として受け入れられる前に科学的コミュニティによって検証されること、検証する際に行われる査読のプロセス。同じデータであっても、科学者の個人的な背景、経験、興味によって異なった結論を導く可能性があること。
IaS 5	リスク	行動方針を決めるときには、リスクと利益の両方を考慮しなければならないこと、常にリスクを減らして、利益とのバランスを取ること。リスクがどの程度起こるのか、起こった場合の結果についても考慮しなければならないこと。市民のリスクの捉え方は、馴染みがないこと、見えないこと、長期にわたることに対してのリスクを過大に評価する傾向があること。
IaS 6	科学と技術に関する意思決定を行う	科学的知識の応用には、科学では答えることのできない価値を伴った倫理的問題が生じるが、そのような問題には人々の意見が一致しないことがあること。人間の活動が思いがけないインパクトを環境に与えるかもしれないこと。科学的知識の応用が関連した問題に足して意思決定をするためには、利益とコストを比較する必要があること。

2. 教科書分析より

次に教科書分析の結果が表3である。

分析では、非テキスト（写真、図解、モデル図、グラフ、表）とテキスト（本文等）に分けた。分類の結果、病気、予防、環境、地域、衣、食事、住居、災害、技術、宇宙、地球、歴史、事象、倫理、表現に分けられた。分類した項目をさらに大きな項目、健康、生活、歴史、事象、倫理、表現に分けた。テキストの数について、大きな項目の中で、健康116、生活53、歴史113で、健康の数が一番多い。健康の中では、41の病気、生活の中では46の技術、歴史の中では52の地球が多い。非テキストの中では、健康が27、生活が37、歴史が15であった。松浦¹⁰⁾では、「科学とテクノロジーのフロンティア」、「環境の質」、「健康と病気」、「災害」、「天然資源」という五つの領域を設定し、「理科の教育課程に文脈を設定する」としたら、どのような文脈がよいか」という趣旨の問いで日本理科教育学会の会員を対象に調査を行っている。提示した多くの文脈に対して肯定的にとらえているという結果が出ている。教科書分析の結果と合わせて、今回は、「健康と病気」を中心とした児童用テキストを作成することとした。

表3 教科書分析

	健康	生活	歴史	事象	倫理	表現
非テキスト	27	37	15	0	4	1
テキスト	116	53	113	46	12	7
計	143	90	128	46	16	8

IV. 児童用テキストの作成と評価

児童用テキストの作成には、21世紀科学、日本の小学校で用いられている教科書（大日本図書、啓林館、東京書籍、教育出版、信州教育出版社）を参考にした。教科書の基本的な構成は、タイトル、課題、本文、非テキスト、まとめである。21世紀科学を参考に何を学ぶのか明確にする、振り返ることができ

表4 児童用テキストの内容構成

ページ	日本の教科書		作成した児童用テキスト	
	学年	単元	説明の物語	IaS
1	第5学年	植物の発芽, 成長, 結実	・花粉症	IaS 3 説明を展開する
2	第5学年	植物の発芽, 成長, 結実	・花粉症	IaS 3 説明を展開する
3	第5学年	植物の発芽, 成長, 結実	・いちご栽培 ・すき間植物	IaS 3 説明を展開する
4	第5学年 第6学年	植物の発芽, 成長, 結実 植物の養分と水の通り道	・大木	IaS 2 相関性と原因
5	第5学年 第6学年	植物の発芽, 成長, 結実 植物の養分と水の通り道 生物の環境	・日光 ・バイオエタノール	IaS 2 相関性と原因 IaS 5 リスク
6	第3学年	身の回りの生物	・とんぼの体のづくり	IaS 2 相関性と原因
7	第3学年	動物の誕生	・サケの誕生	IaS 2 相関性と原因
8	第5学年	動物の誕生	・ヒトの誕生	IaS 2 相関性と原因
9	第4学年	人の体のづくりと運動	・タコの体のづくり	IaS 2 相関性と原因
10	第4学年	人の体のづくりと運動	・骨粗鬆症 ・ヘビの体のづくり	IaS 5 リスク

11	第6学年	人の体のつくりと運動	・スキューバダイビング ・たばこ	IaS1 データとその限界 IaS2 相関性と原因
12	第6学年	人の体のつくりと運動	・長距離走 ・AED	IaS5 リスク IaS6 科学と技術に関する決定を行う
13	第6学年	人の体のつくりと運動	・食べ物	IaS2 相関性と原因
14	第6学年	生物と環境	・レッドリスト	IaS5 リスク IaS6 科学と技術に関する決定を行う

るようにタイトルをつけた。課題は、21世紀科学と日本の教科書（大日本図書、啓林館、東京書籍、学校図書、教育出版、信州教育出版社）を参考に、このページで何を学んでいるのか明確にするためにとり入れた。本文には、提言4にあるように説明の物語を用いた。説明の物語では、笠²⁾を主に参考にし、「市民にとっての問題」と「科学が答えに役立つ問い」とを入れた。理科ワーキンググループによる審議の取りまとめに、理科における教育イメージとして、観察・実験の結果を整理し考察する学習活動を充実する、また、日常生活や他教科との関連を図る、とある。今回は「健康と病気」に着目したことから、保健体育と関連する内容を一部取り入れた。教科書分析の結果から、写真、図解、モデル図、グラフ、等の非テキストをいれた。

表4は児童用テキストの内容構成についてまとめたものである。小学校学習指導要領理科編、日本の教科書（大日本図書、啓林館、東京書籍、教育出版、信州教育出版社）を参考に作成し、再構成した。

V. 調査

1. 調査対象実践・調査期間

岐阜県内私立小学校第6学年64人を対象として、作成した児童用テキストを読む前と読んだ後の質問紙によるプレテスト（平成29年12月22日）・ポストテスト（平成30年1月10日）で調査を行った。

2. 調査の結果

認知面の結果は、表5の通りである。回答

した53人中、児童用テキストをあまり読んでいない（4件法で2）と答えた児童が6人いたため、児童用テキストの効果で上昇したと言い切れない。そのため、あまり読んでいないと答えた6人を除く47人で分析を行ったところ、増加した児童が29人、変化なしの児童が11人、減少した児童が7人で61.7%の児童の正答数が増加した。以上のことより、児童用テキストが児童の正答数の増加に影響を与えた可能性がある。

理科の学習に関するアンケート

評価は4、3、2、1の4段階で答えてください。
4：そう思う　3：まあそう思う　2：あまり思わない　1：全くそう思わない
よく当てはまる　少し当てはまる　あまり当てはまらない　全く当てはまらない

1. 学校で使っている理科の教科書について当てはまる番号に○をつけてください。

(1) 自分の知りたいことが書いてあります。…………… 4 3 2 1
(2) 何について学んでいるのかわかりません。…………… 4 3 2 1
(3) 物語のようになっています。…………… 4 3 2 1
(4) 別の単元でもつながりがあるように感じます。…………… 4 3 2 1
(5) 実物や実物に近い写真や絵、図などがついています。…………… 4 3 2 1
(6) 読むと理科に対する理解が深まります。…………… 4 3 2 1
(7) 読むと理科に対して興味が出てきます。…………… 4 3 2 1
(8) 読むと自分の意見を持つことができます。…………… 4 3 2 1
(9) 読むと驚くような内容が書いてあることがあります。…………… 4 3 2 1
(10) 読むと楽しい気持ちになります。…………… 4 3 2 1

2. 学校で使っている教科書の印象について、思うことを何でも書いてください。

1. 植物について次の各問いに答えてください。
分からない場合はNと答えてください。

(1) 花粉症の原因となる花粉が風に運ばれるのは、何のためでしょうか。そのわけを書いてください。
(2) ど根性大根（アスファルトなどのすき間に生えている大根）はどのような条件がそろったときに生えるのでしょうか。その条件を書いてください。
(3) 高い木でも、木のてっぺんまで根から水を吸い上げることができるのは、どのようなしくみでしょうか。そのしくみを書いてください。

(1)	
(2)	
(3)	

2. クワガタムシのオスの「体のつくり」と「足のつき方」を下から見た（足側から見た）絵を右の枠に書いてください。
分からない場合はNと答えてください。

3. 動物について（①）～（⑤）にも当てはまると思う語句を書いてください。分からない場合はNと答えてください。

(1) 人間の赤ちゃんはへそのおと（①）がつながっています。これは、お母さんの血液から赤ちゃんが成長するのに必要な酸素と栄養を吸収する役割を持っています。
(2) うでをのばしたとき、（②）の筋肉はちぢみます。
(3) スキューバダイビングで使うタンクには、（③）という気体が一番多くふくまれています。
(4) 長距離走を走っているとき、胸がどきどきするのは、（④）の酸素をたくさん取り込むために体の中にある（④）の（⑤）という動きが増えるからです。

質問は以上です。ご協力ありがとうございました。

図2 調査問題 Beyond 2000³⁾ 参考

表5 プレテスト・ポストテスト変化（認知面）

	人数 (N=47)
増加	29 人
変化なし	11 人
減少	7 人

非認知面の結果は、表6の通りである。学校で使っている教科書についてのイメージと、児童用テキストについてのイメージでは、どれだけの違いを感じたかを考察するために教科書のイメージとテキストのイメージの差を考察した。

表6 学校で使用している教科書と児童用テキストの比較（非認知面）

問	教科書のイメージ	テキストの	差
(1)自分の知りたいことが書いてあります。	3.0	3.3	0.3
(2)何について学んでいるのか分かります。	3.8	3.3	-0.5
(3)物語のようになっています。	2.5	2.9	0.4
(9)読むと驚くような内容が書いてあります。	2.7	3.4	0.7
(10)読むと楽しい気持ちになります。	2.8	3.2	0.4

問1の差は0.3であった。記述では、「発展的」、「詳しく」、「教科書には書いていないような」、「豆知識」、「知らない」、「身近なこと」、「他では分からない」、「細かい」、「難しい」などの意見があった。このことから、学校で使っている教科書には載っていない内容が児童用テキストにあったため、児童用テキストの数値が大きくなったことが考えられる。しかし、「細かい」、「難しい」等の記述から、児童用テキストが第六学年の児童にとって、細かく高度な知識、または内容を拡張しすぎてしまった可能性がある。

問2の差は-0.5であり、教科書の方が学んでいることが明確であるという結果が出た。学校で使っている教科書についての記述より、「自分が知っている」、「簡単」、「結果などもまとめてある」、「基礎的」、「問題や確かめ等」、「復習しやすい」、「結果が短くまとめられている」、「基本」、「復習するページ」という意見があった。このことから、学校の教科書は、児童用テキストより、学ぶべきポイントが簡潔にまとまっており、端的であることが考えられる。児童用テキストの課題、まとめ、本文の文章を見直し、学ぶべきポイントを明確にする必要がある。21世紀科学を参考にキーワードを入れる等の改善を行う必要がある。

問3の差は0.4であり、児童用テキストの方がやや物語のようになっているという結果が出た。児童用テキストについての記述の結果から、「結末までが同じページにのっている」、「実験が少なくなっている」、「教科書には書いていない」、「知りたいことが書いてある」、「ずっと読んでいられる」などから、児童用テキストが学校で使っている教科書以外の他の読み物として児童が認識した可能性が考えられる。学校で使っている教科書について「実験の流れがひとまとまりになっている」という記述があったことから、教科書が実験を行う際の参考にされていることが考えられた。

問9の差は0.7であった。児童用テキストの方が読むと驚くような内容が書いてあるという結果であった。児童用テキストについての記述の結果より、「普通の教科書とは違った視点、観点」、「教科書にはないこと」、「自分の知らない内容」、「あまり見たことのない写真」、などがあった。末廣⁸⁾より、「説明の物語」の提示が、「やったことのない」科学をわからせる一つのアプローチであり、これは科学に

接する疑似体験をさせるができたことが考えられる。また、児童にとって知らない内容や初めて見る非テキストが児童の驚くという感情につながったと考えられる。

問10の差は0.4であり、児童用テキストの方が読むと楽しい気持ちになると考えられる。児童用テキストの記述の結果から、「ずっと読んでいられる」、「おもしろい」、「読むと理科のことが好きになれる」、等の記述や、写真についての肯定的な記述から、知らないことを知ることが楽しいという感情を児童が感じていたことが考えられる。

VI. まとめ

今回の研究では、Beyond 2000をはじめとする文献を参考に児童用テキストを作成した。調査では、「説明の物語」や非テキストを用いたことで、児童のニーズにあったテキストを作成することができた可能性がある。また、児童の理科に対する興味関心や楽しさ、驚きなどの意欲を掻き立てるテキストを作成できた可能性もある。児童用テキストの有効性が確認できたが、さらに改善が必要であることも明らかになった。特に、学校の教科書に比べて、学ぶべきことが明確になっていないことが挙げられる。21世紀科学や日本の理科の教科書を参考に、改善する必要がある。

VII. おわりに

21世紀科学の枠組みを活かした児童用テキストは児童の理科に対する興味関心や楽しさ、驚きなどの意欲を掻き立てた可能性がある。結果を基に、今後は21世紀科学の枠組みを活かしたさらに児童の興味関心に基づく児童用テキストの作成を行っていく。

引用文献

- 1) 文部科学省 (2016) : 理科ワーキンググループにおける審議の取りまとめ, 1-20. www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo_3/060/sonota/_icsFiles/afieldfile/2016/09/12/1376994.pdf (2017年10月確認)
- 2) 笠潤平 (2006) : 科学的リテラシーを目指す英国の義務教育の改革, 物理教育, 54 (1), 19-27.
- 3) Millar, R and Osborn, J.. (eds) (1998) : Beyond 2000 Retrieved from https://www.york.ac.uk/media/educationalstudies/images/curriculumprojects/c_21/Beyond_2000.pdf (2017年10月確認)
- 4) 磯崎哲夫 (2005) : 誰のための科学教育か? -イギリスの科学教育の目的論からの示唆-, 理科の教育, 54, 230-232.
- 5) Millar, R.. (2006) : Twenty First Century Science: Insights from the Design and Implementation of a Scientific Literacy Approach in School Science, International Journal of Science Education, 28 (11), 1499-1521.
- 6) 佐藤将大・鶴岡義彦・藤田剛志 (2016) : 英国義務教育最終段階の科学コース「21世紀科学」における科学的論的内容の取扱い, 千葉大学教育学部研究紀要, 64, 133-141.
- 7) 文部科学省 (2017) : 「小学校学習指導要領解説理科編」, 東洋館出版社, 東京, 1-176.
- 8) 末廣祥二 (2013) : 科学的リテラシー教育のひとつの試み (1) -科学的リテラシーとは-, 大阪樟蔭女子大学研究紀要, 3, 231-242.
- 9) 末廣祥二 (2014) : 科学的リテラシー教育のひとつの試み (2) -実験結果と考察-, 大阪樟蔭女子大学研究紀要, 4, 217-228.
- 10) 松浦拓也 (2016) : [次期学習指導要領に向けた会員向け調査の結果について] 理科における学びの文脈と育成すべき資質・能力-日本理科教育学会の会員を対象とした調査結果から-, 理科の教育, 65, 17-20.