

イノベーション型学習能力を育むSTEM/STEAM教育からの 小学校国語・社会・理科教科書の教材解釈

山崎 貞登*・大森 康正*・磯部 征尊**

(平成28年2月22日受付；平成28年5月2日受理)

要 旨

本研究では、STEM/STEAM教育の中核となる学習能力を、各校種・各教科等を貫くイノベーション型学習能力と捉える。本研究目的は、現行小学校国語、社会、理科教科書のSTEM/STEAM教育のイノベーション型学力育成に関連する教材について、Wiggins and MacTighe (2005) のカリキュラム・デザイン論を援用し、情報技術 (IT) を含むテクノロジー (技術) とエンジニアリングの重大な観念と思考プロセスの観点からの教材解釈の検討である。研究対象は、同一教科書会社が発行した1998年版及び2008年版小学校学習指導要領に準拠した国語、社会、理科の文部科学省検定済教科書に掲載された教材とした。調査の結果、国語では、4学年と6学年で、技術、テクニク、スキル、ロボット、ITプログラム概念と共に、技術科の文脈性が強い思考プロセスである技術的課題解決との関連付けが可能な教材が見られた。社会の産業学習では、5学年の工業生産で技術学習との関連付けが可能であり、農業生産及び、情報産業と情報化の進展と国民の生活への影響で、前述の技術学習との関連付けが可能な教材として扱われていた。理科では、科学的な原理や法則性を理解するための実験ツール作りやおもちゃ作りは、各学年で掲載されていた。しかし、実験ツールとおもちゃを作る活動には、技術概念・思考プロセスの活用に関連した文言や文脈は見られなかった。理科6学年の「人と環境」で、人は科学技術を発展させることにより便利な生活を可能にさせてきたことを指摘している毛利宇宙飛行士の教科書記述があった。以上の結果から、我が国のSTEM/STEAM教育の概念と思考プロセスの学習能力を育むための、各教科等間が連携した教育課程構造化の具体的改善方策について提案した。

KEY WORDS

STEM/STEAM教育 (Science, Technology, Engineering and Mathematics/ Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics Education), 技術の重大な観念 (Big Idea in Technology), 技術の思考プロセス (Design Process in Technology), 文部科学省検定済小学校教科書 (School Textbooks authorized by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology), イノベーション (Innovation)

1 問題の所在と研究目的

本研究では、STEM/STEAM教育で育む中核の学習能力は、各教科等を貫く「イノベーション」型学習能力と捉える。調査対象教材は、2008年告示の現行小学校学習指導要領に準拠し、文部科学省検定済小学校国語、社会、理科教科書として、STEM/STEAM教育の視座から、Wiggins and MacTighe (2005)⁽¹⁾ のカリキュラム・デザイン論を援用して、教材解釈する。本研究目的は、前述の教科書を、特にテクノロジー (以下、「技術」と表記) とエンジニアリング (表1で概念規定) の「重大な観念 (Big idea)」と「思考プロセス」に焦点化して検討する。各国の21世紀初頭の国・地域等の教育課程基準と学習評価研究に大きな影響を与えたWiggins and MacTigheは、教科等の本質は、重大な観念を「本質的な問い (essential questions)」と「永続的理解 (enduring questions)」で学習することであり、思考・判断・表現等といった高次の思考プロセスを通して学習する重要性を提案している。「本質的な問い」とは、「私たちの人生を通して何度も起こる重要な問い」、「学問における核となる観念と探究に対応している問い」、「複雑な観念、知識、ノウハウを効果的に探究し意味を把握するのを助けるような問い」である。「永続的理解」とは、「文脈に応じて知識やスキルを洗練された方法で柔軟に使いこなす力」である。学習場面における概念の習得と活用には、学習状況と学習の文脈依存性が高いことが、多数の先行研究で知られている。新たな問題 (problem)/課題 (task, project) の解決活動において、習得した概念を活用し、学習プロセスを遂行するために必要な能力を活用し、汎用的な問題 (課題) 解決活動能力として発揮するために、転移可能な (transferable) 概念と学習プロセスとして、当初学習したのとは異なる場面で活用し、新たな価値創造を生み出す重要性を提案している。

本小論の「イノベーション」は、第5期科学技術基本計画⁽²⁾にほぼ従い、科学・技術関連の知的・文化的価値の創

造と、それらの知識を発展させて経済的、社会的・公共的価値の創造に結びつける革新の意味で用いる。政府の産業競争力会議は、2016年1月25日、「成長戦略の進化のための今後の検討方針(案)」⁽³⁾を提示し、初等中等教育段階から、ITを課題解決のために使いこなす力と、プログラミング、ものづくりIoT (Internet of Things) 革命、ロボット革命等に対応できる技術 (IT含む) リテラシーの育成強化を進めるべきと提言している。本稿におけるSTEM教育は、Bybee (2010)⁽⁴⁾にほぼ準じて、「万人のサイエンス (以下、科学)、テクノロジー (以下、技術)、エンジニアリング、数学に関連する科学・技術の理解増進、21世紀の壮大な挑戦を担う全市民の科学・技術リテラシーの普及・向上と共に、特に初等教育段階から中等・高等教育段階の継続的・系統的な教育により、豊かなテクニックとスキルを個々が有する職業人と高度専門職業人育成のための教育及び教育運動」と解釈する。海外におけるSTEM教育運動の系譜は、Banks and Barlex (2014)⁽⁵⁾がまとめていて、大きく二つの契機がある。最初の契機は、1957年の旧ソ連の人工衛星打ち上げによるいわゆる「スプートニク・ショック」がもたらした教育改革運動である。次の契機は、1980年代後半から1990年代初頭に生じた。インターネットの急速な普及に伴うグローバル化・情報化の急激な進行に伴い、国際競争力が一層激化したことに起因する。各国は、経済成長のために、革新的な技術を核としたイノベーションが重要と考えた。加えて、世界的には、国家主導の技術政策が産業競争力を決する重要な鍵と認識され、各国の教育政策競争が激化した。さらに、ITやエンジニアリングをはじめとしたSTEM系グローバル人材の不足により、国家政府が主導し、イノベーションによる新たな価値の創造、イノベーションを適切に舵取るための国民全体の科学・技術リテラシー、テクノロジーアセスメント (技術が及ぼす影響に関する事前評価) 等のガバナンス能力の底上げが叫ばれたことによる。米国では、オバマ米大統領が一般教書演説等で、STEM教育分野における新教員10万人の準備の取組み等を提案し、教員養成モデルのグレードアップと、優秀なSTEM専攻卒業生が教職の道を選択するための支援を行っている。グレート・ブリテン及び北アイルランド連合王国 (以下、「イギリス」と表記) では、2004年に当時の財務省、貿易産業省、教育技能省が、「テクノロジー (以下、『技術』と表記) に関する投資枠組み2004-2014」を発表し、2004年から2014年までのSTEM教育の具体的な目標を設定した⁽⁶⁾。米国・イギリスを中心に勃発した第二次STEM教育運動は、現在では全世界に波及している。

また、本稿におけるSTEAM (TEAMS, STEMAとも呼ばれる) は、Yakman (2008)⁽⁷⁾にほぼ準じ、STEMにArtsを加えた教育である。Artsは、Physical, Fine, Manual, Language & Liberal Arts, Citizenship, STS (Science-Technology-Society) を含意する。STEAM教育は、米国等をはじめ、隣国の韓国において近年急速な普及が見られ、多くの先行研究や実践が報告されている。2012年には、韓国教育省主導による、STEAM教育推進の国家計画が策定された^{(8)・(9)}。韓国教育省は、STEAM教育を「融合人材教育」と呼称する⁽⁹⁾。世界の教育では、グローバル化や技術革新の進展に伴い、コンピテンシーや21世紀型スキル⁽¹⁰⁾と共に、STEM/STEAMにより、学校教育を変化する社会の中で位置づけ、教育課程を俯瞰的な視点で見直し、学校段階間、教科等間の相互連携を一層促進させている。

韓国をはじめ、諸外国における近年の政府主導によるSTEM/STEAM教育政策の推進と実践の盛り上がりに対し、我が国のSTEM/STEAM教育の研究と実践は、遅れている。この理由については、山崎ら (2016) が詳しく論じている⁽¹¹⁾。幾つかの諸要因が考えられるが、その理由の一つは、欧米におけるテクノロジー、テクニック、エンジニアリング (本稿では「工学」と表記しない、理由は続く2節で詳述)、エンジニア、テクニシャン概念と、私たちが日常で使用している技術、工学、工学者、技能者概念との大きな「ずれ」がある。そこで、次節では、本研究で用いるSTEM概念の定義を確認する。

2 STEM教育の各概念

本小論におけるSTEM教育の各概念は、国際技術教育学会ITEA (International Technology Education Association) (現国際技術エンジニアリング教育者学会ITEEA: International Technology and Engineering Educators Association) (2000)⁽¹²⁾に従う (表1)。我が国では、「技術 (テクノロジー)」、「技法・技巧・技量 (テクニック)」、「技能 (スキル)」の区別が曖昧であり、各語彙の関係性が不明瞭である。さらに、我が国では、技術を、テクニックやスキルの意味で用いる場合がかなり多い。科学、科学技術、科学・技術の区別も曖昧で、科学技術イコール理科と解釈している日本人が多い。「テクニック」は、目的とするパフォーマンスを習得し、より習熟するための (専門) 技法・技巧・技量である。「スキル」は、身体動作スキルと認知スキルとで、一連の遂行を一つのまとまりとして組織立て発現する、通常は可視化された一連のパフォーマンスをいう。「テクノロジー」は、生産・創造・発明を実現する活動と、それに関わる素材・材料や方法・操作の知識体系であり、人間の要求と欲求の充足が目的であり、自然界の法則の発見、理論づけ、知識の集積と体系化を目的とする自然科学とは大きな違いがある⁽¹³⁾が、科学と技術は相互に影響し発展し合い、相互不可分の関係である。

欧米の「エンジニアリング」概念と我が国の「工学」概念とは、上野晴樹 (2006: p.5) (図1)⁽¹⁴⁾、大橋 (2005:

表 1. STEM教育の各概念 (出典: ITEA, 2000)⁽¹²⁾

Technology (技術) (ITEA, 2000: p.242)
1. Human innovation in action that involves the generation of knowledge and processes to develop systems that solve problems and extend capabilities. 2. The innovation, change, or modification of the natural environment to satisfy perceived human needs and wants. (p.242).
1. 問題解決と人間の可能性を拡大するシステムを発展させる知識とプロセスの生成を含む, 人間の活動によるイノベーション。2. 認識された人間のニーズと欲求を満たすための, 自然環境に対するイノベーション, 改変, 修正。
Technological Literacy (技術リテラシー) (ITEA, 2000: p.242)
The ability to use, manage, understand, and assess technology.
技術を使用, 管理, 理解, 評価する能力。
Science (科学) (ITEA, 2000: p.241)
The study of the natural world through observation, identification, description, experimental investigation, and theoretical explanations.
観察, 問題の明確化, 記述, 実験に基づく調査, 理論的説明を通じた自然界の研究。
Mathematics (数学) (ITEA, 2000: p.239)
The science of patterns and order and the study of measurement, properties, and the relationships of quantities; using numbers and symbols.
数や記号を用いて行う, 「パターンと規則の科学」と「量の測定・性質・関係についての研究」。
Engineer (エンジニア) (ITEA, 2000: p.238)
A person who is trained in and uses technological and scientific knowledge to solve practical problems.
実際の問題を解決するために, <u>テクノロジーとサイエンスの知識を活用し, 専門職として研鑽する人</u> (下線は筆者挿入)。
Engineering (エンジニアリング) (ITEA, 2000: ITEA, 2000: p.238)
The profession of or work performed by an engineer. Engineering involves the knowledge of the mathematical and natural sciences (biological and physical) gained with judgment and creativity to develop ways to utilize the materials and forces of nature for the benefit of mankind.
<u>エンジニアが従事する専門職または仕事</u> (下線は筆者挿入)。エンジニアリングは, 人類の利益のために, 自然の素材と力を利用するための方法を開発するための判断と創造性を得る際に, 数学と自然科学 (生物的, 物理的) の知識を活用する。
Engineering design (エンジニアリングデザイン) (ITEA, 2000: p.238)
The systematic and creative application of scientific and mathematical principles to practical ends such as the design, manufacture, and operation of efficient and economical structures, machines, processes, and systems.
効率的で経済的な構造, 機械, プロセス, システムのデザイン, 製造, 操作などのような, 実際の最終目標 (practical ends) のための, 科学及び数学原理の体系的で創造的な活用。
Design (デザイン) (ITEA, 2000: p.237)
An iterative decision-making process that produces plans by which resources are converted into products or systems that meet human needs and wants or solve problems.
人間のニーズと欲求あるいは問題解決を目的とし, 資源を製品やシステムに換える際の計画を生み出すための反復的な意思決定プロセス。
Design process (デザインプロセス) (ITEA, 2000: p.237)
A systematic problem-solving strategy, which criteria and constraints, used to develop many possible solutions to solve a problem or satisfy human needs and wants and to winnow (narrow) down the possible solutions to a final choice
人間のニーズと欲求の満足や問題解決のために, 評価規準 (クライテリア) と制約条件を明確化しながら, 対処し得る選択可能な解決アイデア策を複数生み出し, その中から最終的な一つのアイデアを選択するための, 体系的な問題解決方略。

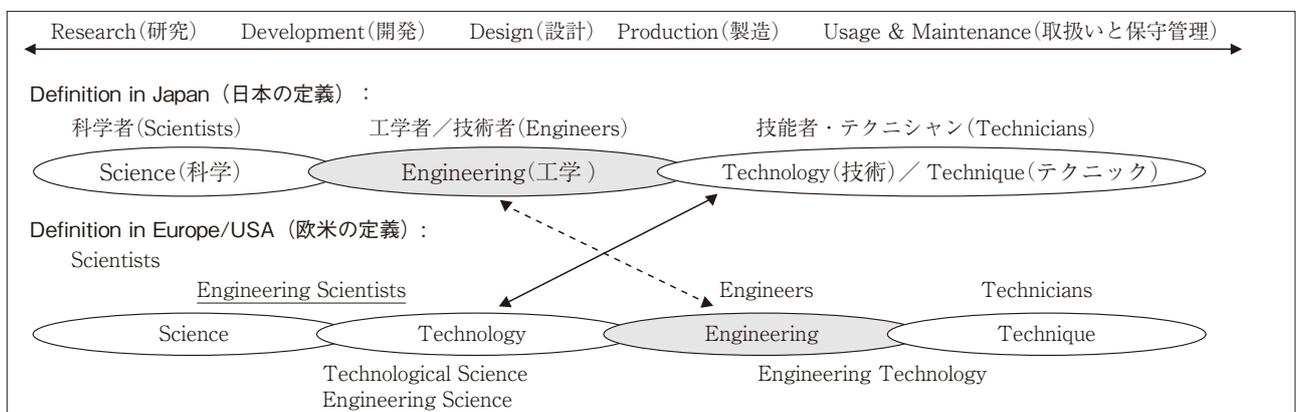


図 1. 欧米と日本の「サイエンス」「テクノロジー」「エンジニアリング」の関係の比較図

[出典: 上野晴樹, 2006: p.5 を基に作成, () の和訳は筆者が挿入]

pp.58-59)⁽¹⁵⁾、大橋 (2006)⁽¹⁶⁾、山崎ら (2016)⁽¹¹⁾が詳述したように、同義とはいえない。「エンジニアリング」は、表1に示すように、人類の利益のために、自然の素材と力を利用するための方法を開発するための判断と創造性を得る際に、数学と自然科学(生物的、物理的)の知識を活用する。「エンジニアリング」は、「数学」、「自然科学」のみならず、リベラルアーツ、人文社会科学、医学、農学をはじめ、科学研究費の分科・細目の諸科学と、広範囲に関連している。「サイエンス」、「テクノロジー」、「エンジニアリング」の関係性に関する欧米と日本の差異性についても、先行研究^{(11),(14),(15)}で指摘されている(図1)。欧米では、「Research-Development-Design-Production-Usage & Maintenance」の軸上では、「サイエンス-テクノロジー-エンジニアリング-テクニク」で位置づけられている場合が多い。欧米では、科学、技術、エンジニアリングの関係を、以下のように解釈する場合が多い。人間は、科学研究と技術開発を活用し、専門職(エンジニアリング)に従事するエンジニアが、現実社会や日常生活で人々に利用される装置、システム、情報等をデザイン(設計・製造・処理等を含む)して、人々に利活用されて、装置・システム等がメンテナンスされる。エンジニアは、テクノロジーの光と影、リスクの程度を見極め、社会安全に対する重責を担い、高い倫理観を持ちながら社会的役割を担う。一方、我が国では、サイエンスとテクノロジーとの中間に位置するのが、エンジニアリングである。エンジニアリングは、数学と自然科学(生物学、物理学等)の知識を活用する「学問体系」とであるという解釈が多い。日本では、「基礎から応用へ」、「学問から実践へ」と位置付ける解釈が多く、「サイエンス(サイエンティスト)-エンジニアリング(エンジニア)-テクノロジー(日本では「テクノロジスト」の名称は、ほとんど用いられない)/テクニク(技能者、テクニシャン)」という解釈が多い。また、大橋^{(15),(16)}の指摘に留意したい。我が国の「工学」は、engineeringに関わる学問体系に対応すると解釈されることが多い。対して、欧米のengineeringは、エンジニアに従事する専門職(求められる社会的意義・役割と、専門職能も含意)、仕事そのものを指す場合が多い。engineeringを工学と邦訳したのは、先達の誤訳ではなく、1873年に創立した工学寮をはじめ、主としてスコットランドからのエンジニアリングを当時移入する等、我が国独自の文化・歴史的要因等々の文脈が背景にあるためである。このことについては、大橋⁽¹⁵⁾らの先行研究があるが、本稿とは別の機会に論じる予定である。したがって、欧米のSTEMやSTEAM概念について、我が国で解釈や運用する際には、十分な留意が必要である。

3 STEM教育における各学習プロセスの文脈固有性

「技術デザインプロセス」、「科学プロセス」、「一般的な問題解決プロセス」の類似性と差異性を、表2に示す。表2に示すように、技術のデザインプロセスの「必要性の決定」、「必要性の記述」、「複数のアイデアの生成」、「最終アイデアの決定」では、先ず目的、機能と制約条件等を考慮し、複数のアイデアを生成する。次に、各アイデアを、価値判断のための社会的、環境的、経済的等側面からの技術評価規準に基づき、比較考量(トレードオフ)し、採択する最終アイデアを決定する。最終アイデアは、唯一解ではなく、各種制約条件と価値判断に基づき、最も適切と考えられる解である。したがって、唯一解ではない価値判断規準を伴う技術デザインプロセスと、数学の唯一解や科学の仮説検証・反証を求める思考・判断・表現プロセスとの差異性は、明らかである。

表2. 科学と技術の問題解決プロセスの違い (出典: Layton (1993) p.46のTable 5.1⁽¹⁷⁾を基に、筆者が再構成)

一般的な問題解決プロセス	科学プロセス	技術デザインプロセス
問題の理解	自然現象の思索	必要性の決定
問題の記述	問題の記述	必要性の記述
複数の解決案の思索	複数の仮説の提案	複数のアイデアの生成
解決案の最終選定	仮説の最終選定	最終アイデアの決定
問題解決活動の実施	実験	製作・制作・育成
解決結果の評価	実験結果による仮説の検証または反証	製作(制作・育成)品の評価

米国「次世代の科学スタンダード(Next Generation Science Standards)」⁽¹⁸⁾では、従来の科学教育の学習方法や学習プロセスの鍵語となっていたInquiryから、ScienceとEngineeringが架橋した計8のPractices(p.48)のプロセスが鍵語として用いられている(表3)。特に、Practicesの第1のプロセスでは、「asking questions for Science(科学からの)問いの生成」、「defining problems for engineering(エンジニアリングからの)問題の定義」、Practicesの第2のプロセスでは、「constructing explanations for science(科学からの)説明の構成」、「designing solutions for engineering(エンジニアリングからの)解決策の創造」と、科学教育とエンジニアリング教育の各々の領域固有性・文脈性を明確に提案している。

表3. The Next Generation Science Standardsの科学とエンジニアリングの8つのpractices（「実践的活動」と意識）⁽¹⁸⁾

1. Asking questions (for science) and defining problems (for engineering) (科学からの) 問いの生成と, (エンジニアリングからの) 問題の定義
2. Developing and using models モデルの形成と使用
3. Planning and carrying out investigations 計画と調査の実行
4. Analyzing and interpreting data データの分析と解釈
5. Using mathematics and computational thinking 数学とコンピュータ活用によるアイデア創造思考の使用
6. Constructing explanations (for science) and designing solutions (for engineering) (科学からの) 説明の構成と, (エンジニアリングからの) 解決策の創造
7. Engaging in argument from evidence エビデンス (根拠) に基づくアークギュメント (「論理的・協働的な論議」と意識) の深化
8. Obtaining, evaluating, and communicating information 情報の獲得, 自己・相互 (内省的・振り返り) 評価, コミュニケーション

4 研究対象及び方法

予備調査では、2008年版小学校学習指導要領に基づき、文部科学省検定済教科書を全教科で発行している東京書籍の教科書を対象とした。予備調査による抽出方法は、Wiggins and MacTighe (2005)⁽¹⁾のカリキュラム・デザイン論を援用し、テクノロジーとエンジニアリングに関する重大な観念と思考プロセスに直接的あるいは間接的に関連する文脈と判断された教材を、本調査の対象とした。「重大な観念」は、テクノロジーとエンジニアリングの本質を、「本質的な問い」と「永続的理解」で追究する観念である。「複雑なプロセス」は、汎用的（ジェネリック）な思考・判断・表現等と共に、科学のinquiryプロセスや、技術とエンジニアリングのデザインプロセス等といった各教科固有性の強い「高次の思考プロセス（複雑なプロセス）」とが相乗的に機能する学習プロセスである。前述のテクノロジーとエンジニアリングに関する「本質的な問い」と「複雑なプロセス」に直接的あるいは間接的に関連すると考えた文脈が含まれる教材を探索した。テクノロジーとエンジニアリングに関する「重大な観念」の選定は、日本産業技術教育学会（2012）「21世紀の技術教育（改訂）」⁽¹⁹⁾の「教育目標1：技術教育固有の対象内容」に従った。テクノロジーの文脈性のある複雑なプロセスは、「教育目標2：技術教育固有の方法・プロセス（技術的課題解決力）」を参考にした。

予備調査の結果、テクノロジー、エンジニアリングに関する概念やプロセスと関連して使用されているテクニックとスキルが含まれる語彙や文脈があると判断した、国語、社会、理科の3教科の教科書を、本調査の対象とした。なお、算数では、第6学年「算数の目で見よう（pp.188）」⁽²⁰⁾で、『世界にはこる新幹線 東海道新幹線では、最新の技術』を取り入れてエコ性能を高めています』の表記があった。複数の資料の提示と、例えば『⑧ N700Aが時速220kmで走るとすると、0系の何%の電力で走ることができると考えられますか。』の設問があった。「技術」の用語は用いられていたが、用語の意味等の説明は記載されていなかった。この教材は、算数的活動の「D(4)資料の考察」⁽²¹⁾を主として意図していると判断した。しかし、今後の我が国におけるSTEM/STEAM教育に有益な示唆を提供する教材と考えている。今後の研究課題としたい。また、低・中・高学年の図画工作教科書では、造形表現を目標と内容に包含した教材であり、テクノロジー、エンジニアリング概念とプロセスに関連する教材は見られなかった。本調査では、国語については、1998年版小学校学習指導要領に基づく、文部科学省検定済教科書を調査対象に加えた。本稿では、調査した教科書でルビが振られている表記を、そのままルビ表記にするとフォントが小さく判読困難になるために、全て括弧内のふりがな表記にした。加えて、調査した国語教科書の表記は、全て縦書きであったが、本稿では横書きで表記した。さらに、例えば「コンピュータ」/「コンピューター」等をはじめ、全ての表記は、調査対象教科書の表記に従った。

5 結果及び考察

5.1 国語教科書

5.1.1 第4学年「四 わたしたちの生活とロボットについて考えよう ロボット研究者・小林宏さんに聞く わたしの「ゆめのロボット」(pp.101-112)」⁽²²⁾

本教材は、小林氏に対するインタビュー記事であった。最初に、ロボットとは何かに対する問いに対する答えは一つではないことと、現実にあるロボットは、形や働きも様々であるが、「人の役に立つ機械」であることが述べられていた（p.103）。この文脈は、ロボットとは何かについての「重大な観念（Wiggins and MacTighe, 2005）⁽¹⁾」に直接的に関連する文脈と判断した。次に、小林氏は、人間の動きを手助けし、人間が身に付けて使う、「着るロボッ

ト」を作る研究を進めていることが述べられていた (p.103) (文献(19)の教育目標1「発明・知的財産とイノベーション」)。その動機として、小林氏は、少しでも多くの人の役に立つ機械を作りたいと思って研究した結果であったことが記述されていた (p.103)。この記述は、文献(19)の教育目標2の「創造の動機」と解釈する。「着るロボット」は、身に付けるために、人間との距離はほとんどなくなるが、各人の身体に合わせた調整と、安全が最優先であること (文献(19)の教育目標1「社会安全と技術ガバナンス」)、そのために、問題に挑戦していかないと新しいものは生まれないことが述べられていた (pp.104-105) (文献(19)の教育目標1「発明・知的財産とイノベーション」)。なお、本教材では、技術、エンジニアリング、エンジニアの単語は見られなかった。

5.1.2 第6学年「八 将来の夢や生き方について考えよう プロフェッショナルたち 板金職人, 国村(くにむら)次郎(じろう)の仕事」⁽²³⁾

本教材は、山口県下松市の新幹線先頭車両の関連部品とリアモーターカー実験車両の超ジュラルミン素材の内出しの専門テクニックを有する職人、国村次郎氏の仕事の内容を紹介していた。同教科書では、国村氏が考えるプロフェッショナルは、『自分でつかんだ技術は、にげない。わざをみがきあげてこそ職人です。他人と比べてどうこうではなく、向き合うのは自分の技量に対してです。職人の道は長く険しいですが、わざは、みがけば必ず応えてくれます。わざは裏切らない、そう思っています。(p.198)』と紹介していた。国村氏は、試行錯誤を続ける中で、厚さ0.8mmの超ジュラルミンを曲面形状にする打ち出し技法を編み出した。国村氏のいう技術は、技法・技量・技巧といった「テクニック」を意味する。テクニックによりスキルが一層習熟されていく。いわゆる専門職人技である。技術立国を標榜する我が国の強みは、テクノロジーの知識体系と共に、テクニックの修練により習熟されていくスキルがもたらす技術製品・システムの不断の創造である。本教材で使用されている「技術」の意味についての解説はなかった。そこで、児童が、テクノロジー、テクニック、スキルの関係性を理解できる表記の工夫が必要と思われる。本教材では、エンジニアリング、エンジニアの単語は見られなかった。

さらに、同教科書では、「プロフェッショナルとして挙げられた人たちの生き方から、自分の将来の夢や生き方について考えよう。(p.203)」で、児童に「複数の情報を活用する」ことで、文章のどのような点からそう考えたのかという理由をあわせて、自分の考えをメモやノートにまとめる学習課題を掲載していた (p.203)。PISA読解力の「情報へのアクセス・取り出し」、「統合・解釈」、「熟考・評価」力を育成する重要な教材といえる。

5.1.3 第6学年「読書の部屋 未来に生かす自然のエネルギー 牛山 泉 文 (pp.236-241) ⁽²³⁾

本教材は、計9つの単元(教材)に続き、「読書の部屋」で掲載されている教材であった。本教材の作者の牛山は、我が国における風力発電技術開発を先導する研究者の一人である。『二十世紀には、さまざまな技術がめざましく発展(はってん)して、私(わたし)たちの生活は便利になりました。しかし、その一方で、世界のいろいろなところで戦争や紛争(ふんそう)がくり返され、多くの尊(とうと)い命がぎせいになりました。また、「大量生産・大量消費・大量廃棄(はいき)」の仕組みのもとで、資源とエネルギーが浪費(ろうひ)され、地球の環境(かんきょう)が汚染(おせん)されました。(p.236)』は、文献(19)の教育目標1「発明・知的財産とイノベーション」と「社会安全と技術ガバナンス」に強く関連する文脈が含まれていると解釈される。続く、『このままでは、人類は近い将来(しょうらい)、この地球上で生き続けていくことができなくなってしまうのではないかという認識(にんしき)を持つ人が多くなりました。そうした人々の中から、「持続可能な社会」という考え方が生まれてきました。これは、一人一人が世界と将来の世代との関係を考えながら行動し、環境の保全・経済(けいざい)の開発・社会の発展をバランスよく、長期間にわたって進めていこうとするものです。(p.236)』は、2008年告示中学校学習指導要領技術・家庭科の技術分野の最終目標である、「技術と社会や環境とのかかわりについて理解を深め、技術を適切に評価し活用する能力と態度を育てる(文部科学省, 2008b: p.98)⁽²⁴⁾」の文脈と関連していると解釈する。なお、本教材では、技術の意味について本文と解説を含めて、説明文章はなかった。また、本教材では、エンジニアリング、エンジニアの単語は見られなかった。

5.1.4 1998年版小学校学習指導要領準拠 文部科学省検定済国語教科書 第6学年 「四 いろいろな資料をもとに考えよう 人間とロボット 雀部(さきべ)晶(あきら) (pp.62-68) ⁽²⁵⁾

2015年8月の中央教育審議会教育課程企画特別部会論点整理では、次期学習指導要領改訂に向けた技術・家庭科技術分野の内容等の見直しで、「技術と社会・環境との関わりを理解や、プログラミングと情報セキュリティ等を含めた情報活用能力の育成等について、更なる充実が求められるところである。(pp.40-41)⁽²⁶⁾」が指摘された。現行2008年版小学校学習指導要領準拠国語教科書では、プログラムを用いた計測・制御とロボット技術に関する教材は、

残念ながら見られなかった。しかし、前回1998年版国語教科書では、第6学年下「単元②『ロボットもの知り情報誌』を作ろう」で、ロボットに関する教材が掲載されていたので、教材解釈する。同教材では、『ロボットとは、いっばん的に作業を自動的に行う機械のことをいいます。しかし、自動的とはいっても、それは、人間があらかじめ作業の手順ややり方について、ロボットの頭脳であるコンピューターに指示しておいたものなのです。その指示のことを、「プログラム」といいます。ロボットは、人間のあたえるプログラムのとおり動き、それ以外のことはしないのです。(改行)プログラムを作る際に、忘れてはならないことがあります。それは、ロボットが人間に危害を加えないようにするという指示をあたえておくことです。以前、作業員がたまたまロボットのそばに立っていたところ、後ろからとつぜんロボットのうでが回転してきて、頭に当たり大けがをしたことがありました。このような事故を防ぐには、危険地域に人間が入っている場合、警告したり、ロボットが自分の動きを停止したりするようなプログラムが必要なのです。(pp.66-67)』と、記述していた。文献(19)の教育目標1「情報・システム・制御技術」のプログラムによる計測・制御、ロボットとシステム構成、「発明・知的財産とイノベーション」、「社会安全と技術ガバナンス」と強く関連している文脈と解釈できる。また、本教材では、技術、エンジニアリング、エンジニアの単語は見られなかった。

5.2 社会教科書

5.2.1 第5学年の「単元②わたしたちの生活と食料生産」⁽²⁷⁾

第5学年の「単元②わたしたちの生活と食料生産」⁽²⁷⁾の「小単元②米づくりのさかな地域(ちいき)ー山形(やまがた)県庄内(しょうない)平野ー」において、『また収穫が終わった11月ごろには、県内外の農家や農業試験場などをたずねて、新しい技術や取り組みについて学んでいます。(p.83)』の記述が見られた。技術の用語説明はなかった。新しい技術は、文献(19)の教育目標1「生物育成に関する技術」と解釈する。コラム『ことば 品種改良 いろいろな品種のよいところを集めて、新しい品種をつくり出すことです。その土地や気候に合わせて、おいしく育てやすい作物をつくっています。(p.85)』は、文献(19)の教育目標1「生物育成に関する技術」の育種技術と、「発明・知的財産とイノベーション」、「社会安全と技術ガバナンス」と強く関連している文脈と解釈できる。なお、「米づくりのさかな地域ー山形県庄内平野ー」単元全体(pp.74-91)は、稲作技術が紹介されているが、前述以外の文章等では、技術の表現がなかった。本研究の予備調査の結果から、児童の多くは、技術の観念についての既有学習経験がほとんどないと推察される。したがって、授業者の適切な教材解釈と支援がないと、児童が生物育成に関する技術と、社会・環境との関わりで理解する文脈で学習するのは、容易ではないと考えられる。また、本教材では、エンジニアリング、エンジニアの単語は見られなかった。

5.2.2 第5学年の「単元③わたしたちの生活と工業生産」⁽²⁸⁾

第5学年の「単元③わたしたちの生活と工業生産」⁽²⁸⁾の「小単元②自動車をつくる工業」では、「自動車会社の徳田さんの話」として、ブラジルでの現地生産について、『現地の人が日本の技術(ぎじゅつ)を学べるように、いつも日本の技術者と連絡(れんらく)をとり、よりよい品質(ひんしつ)の自動車を生産し、その国の産業が発展(はってん)できるようにしています。(p.21)』の記述が見られた。前文の「技術」は、テクノロジーの文脈を強く含意すると解釈する。また、p.21では、海外で生産を始めた理由の一つとして、部品も現地生産することで、それぞれの国に住む人にこたえる自動車を、より早く届けるためであることと、ニーズの語句説明のコラムでは、『人が何かをしたいと思うことで、自動車の場合、乗りやすい、人を多く乗せたいなど、さまざまです。(p.21)』と説明されていた。ニーズは、文献(19)の教育目標2：技術的課題解決力の「創造の動機」の鍵語である。さらに、「自動車会社の児玉さんの話」として、『わたしたちの会社では、雨や雪の日でもすべらないようにして、事故を起りにくくする技術(ぎじゅつ)や、自動車のしょうとつ実験をして、安全に乗ることのできる車を開発しています。

(p.23)』の文脈は、文献(19)の教育目標1「発明・知的財産と技術イノベーション」、「社会安全と技術ガバナンス」と強く関連していると解釈する。また、「組み立て工場の川上さんの話(p.13)」では、『ロボットや機械などを使って、すばやくたくさん自動車をつくっています。安全に作業をやすくするためのくふうを重ね、会社に提案したりもしています。』といった文が紹介されていた。

「くらしを支(ささ)える製鉄(せいてつ)業」の「先進的な技術(ぎじゅつ)で復興(ふっこう)を支(し)えん(p.29)」では、製鉄会社のグループで、先進的な技術を生かして、廃棄物の処理施設、津波を防ぐ防波堤、鉄鋼スラグを活用した海岸堤防の復旧等、被災地における安心・安全なまちづくりが紹介されていた。この「技術」の文脈は、文献(19)の教育目標1：「発明・知的財産と技術イノベーション」、「社会安全と技術ガバナンス」と強く関連していると解釈する。

一方、「昔から伝わる工業生産」として福井県鯖江市の眼鏡製造では、「めがね協会の坂野さんの話」として、1905（明治38）年に『大阪（おおさか）からめがね職人（職人しょくにん）をつれてきて、めがねをつくる技術（ぎじゅつ）を伝えました。（p.40）』と解説していた。コラム「伝統を生かした北陸の工業」では、高岡銅器が紹介されていて、『工程（こうてい）ごとに分業化されており、すぐれた技術を受けついできた専門（せんもん）の職人（しょくにん）がさまざまな銅製品をつくっています。（p.41）』の解説がされていた。さらに、石川県の輪島塗が紹介されていて、『手工業で行われるしっくづくりは分業化されていて、専門技術をもった職人の手で多くの製品がつくられています。（p.41）』と解説していた。このコラムの「昔から伝わる工業生産」の「技術」は、高度のテクノロジーを活用するための、習熟した専門技法・技巧・技量（テクニク）と、いわゆる「職人技」といわれる職人による遂行パフォーマンス（スキル）が強く含意していると解釈する。続く、「高い技術（ぎじゅつ）をほこる工場が集まる大田（おおた）区（pp.42-43）」においては、『国内外で評価されている「オンリーワン」の技術にほこりをもっています。（p.43）』をはじめ、計9個の「技術」の表記が見られた。これら9個の技術は、テクノロジーよりもテクニクとスキルを強く含意すると解釈できる。pp.46-47では、『これまでの学習をふり返り、中小工場や運輸の働きについてカルタにまとめましょう。（p.46）』で、一連の学習のまとめと、児童のカルタ作品例が紹介されていた。pp.46-47で用いられている技術も、テクノロジーよりもテクニクとスキルを強く含意すると解釈できる。

なお、同教科書では、「技術」と、テクノロジー、テクニク、スキルの意味や関係性に関する説明はなかった。また、エンジニアリング、エンジニアの単語は見られなかった。

5.2.3 第5学年の「単元④情報（じょうほう）化した社会とわたしたちの生活」⁽²⁸⁾

第5学年の「単元④情報（じょうほう）化した社会とわたしたちの生活」⁽²⁸⁾は、「小単元①情報産業とわたしたちの暮らし」、「小単元②社会を変える情報」、「小単元③情報を生かすわたしたち」の計3つの小単元から構成されていた。同単元で、「技術」、「情報技術」、「情報通信技術」の用語が用いられていたのは、「ひろげる 社会を変える情報（じょうほう）-福祉（ふくし）と情報化（pp.88-89）」の「岩手県立大学の小川先生の話」において、『わたしたちのつとめている大学では、県や社会福祉協議会と協力して、情報通信技術（ぎじゅつ）を活用したお年寄りの見守りシステムを開発しています。（p.88）』の1箇所のみであった。この理由として、松原（2014：pp.12-13）⁽²⁹⁾らが指摘するように、我が国の情報教育では、「情報教育=コンピュータ教育」、パソコンの使い方、ソフトの利用法の学習といった誤解、コンピュータ教育の導入時点に、例えば一定の時間内でのキーボードタイピングの習熟といった技能教育に偏重した教育実践例が、少なからずあったことに起因している。このことから、我が国の情報教育やいわゆる情報に関する教育では、「技術」と「技能」の用語の使用を避ける傾向が続いてきた。小学校では、情報教科がなく、2008年告示小学校学習指導要領解説総則編⁽³⁰⁾「第3章教育課程の編成及び実施」の「●9 情報教育の充実、コンピュータ等や教材・教具の活用」において、初等中等教育段階の系統性の観点から、小学校段階の情報教育の学習範囲と学習到達目標の適時性・系統性を示す図表や文章が見られない。

そこで、文献（19）の教育目標1「情報・システム・制御技術」と「各発達段階における普通教育としての技術教育内容の例示」⁽³¹⁾をはじめ、関連先行研究と対比して、調査対象教科書の情報技術に関する重大な観念とプロセスを検討した。その結果、松原（2014）⁽²⁹⁾の「情報学教育のコア・フレームワーク」と、磯部・山崎（2013）の「幼稚園から高等学校までを一貫した技術教育課程基準」⁽³²⁾との関連箇所が見つかった。調査対象教科書の「小単元①情報産業とわたしたちの暮らし」の「情報（じょうほう）を上手に生かす（p.68）」では、例えば『テレビ放送では、地上デジタル放送になって、いっそう便利になりました。…（中略）…テレビとインターネットをつなぎ、双方向で発信することもできます。（p.68）』をはじめとした「放送局の働きや放送局が伝える情報の生かし方」と、「病院の中の情報ネットワーク（pp.76-85）」は、文献（29）の「問題解決」、「情報技術概観」、「コンピュータ」、「ソフトウェア」、「ネットワーク」、「メディア」及び、文献（32）の教育目標1「情報・システム・制御技術」の「ネットワーク利用」、教育目標2-2の「技術評価」と間接的な関連があると解釈する。

調査対象教科書では、「ひろげる 社会を変える情報（じょうほう）（pp.86-91）」として、「-教育と情報化-（pp.86-87）」、「-福祉（ふくし）と情報化-（pp.88-89）」、「-防災（ぼうさい）と情報化-（pp.90-91）」を教材として掲載しているが、STEM/STEAM教育に直接関わる重要な教材である。これらの教材の重大な観念とプロセスの本質を理解するには、道具の操作技能の習得と習熟に終始する情報教育ではなく、情報の本質を学習する情報学教育が必要である（松原，2014：pp.8-10）⁽²⁹⁾。小学校教員養成科目における情報学関連開設授業科目の充実が不可欠といえる。

5.3 理科教科書

小学校3学年理科教科書⁽³³⁾「風やゴムで動かそう」では、「1 風のはたらき」の「活動」で『風で動く車をつくりましょう。(p.96)』、「2 ゴムのはたらき」の「活動」で、『ゴムで動く車をつくりましょう。』の記述があったが、技術概念・思考プロセスの活用に直接関連する文言等は見られなかった。「つくってあそぼう」の「1 おもちゃをつくろう (pp.129-132)」においても、技術概念・思考プロセスの活用に直接関連する文言等は見られなかった。

小学校4学年理科教科書⁽³⁴⁾「電気自動車をつくろう」では、『これまでに学習したことを活用して、かん電池や光電池(こうでんち)などで動く電気自動車をつくりましょう。(p.50)』の本文記述は見られたが、技術概念・思考プロセスの活用に直接関連する文言等はなかった。「とじこめた空気と水」の「活動」では、『空気でてっぼうをつくって、玉を飛ばしましょう。(p.90)』の本文記述が見られたが、技術概念・思考プロセスの活用に直接関連する文言等はなかった。

小学校5学年理科教科書⁽³⁵⁾「理科のひろば トマトの実をたくさん実らせるために (p.39)」では、『トマトのさばいばいには、日光と肥料が大切です。…(中略)…また、すべてのトマトに日光が当たるように、高さや間かくを、人の手で調節しています。さらに、あたえる肥料についても、回数やこさなどを、そのときの天気に合わせて、コンピュータで管理し、トマトに最も適した量をあたえるようにしています。…(中略)…そして、1つの種子から育ったトマトから、約10か月の間に、およそ200個(こ)の実をしょうかくすることができます。…(後略)…』の記述が見られた。技術の言葉は見られなかったが、収穫を良質かつ収量を増加するための栽培技術と栽培環境の要因である光、肥料との関係と、栽培管理技術の説明の文脈と解釈される。「電磁石を利用した物 (pp.136-139)」の本文で、『電磁石(でんじしゃく)について学んだことを活用して、電磁石を利用した物をつくりましょう。(p.136)』と、「鉄拾い機」、「ゆらゆらちよう」、「モーター」、「鉄心のないモーター」づくりが紹介されていたが、技術概念・思考プロセスの活用に直接関連する用語と文脈はなかった。「ふりこのおもちゃ (p.150)」の本文では、『ふりこの長さが変わると、ふりこの1往復する時間が変わります。このことを利用したおもちゃをつくりましょう。』の記述が見られたが、技術概念・思考プロセスの活用に直接関連する文言と文脈はなかった。

小学校6学年理科教科書⁽³⁶⁾「6学年『生き物のくらしと環境』の『生活に広げよう』(pp.68-69)」では、「二酸化炭素を有効に利用してトマトをつくっています」のコラムが掲載されていた。技術の言葉は見られなかったが、収穫を良質かつ収量を増加するための栽培技術と、栽培環境の要因である二酸化炭素、温度との関係と、栽培管理技術の説明の文脈と解釈される。「てこのはたらき」の「てこやてんびんを利用した『はかり』をつくろう (p.125)」では、技術概念・思考プロセスの活用に直接関連する用語と文脈はなかった。「電気とわたしたちのくらし」の「実験1 手回し発電機で電気をつくろう (p.151)」と、「理科のひろば 回す動きで電気をつくる (p.152)」では、技術概念・思考プロセスの活用に直接関連する用語と文脈はなかった。「実験2 コンデンサーに電気をためて使おう (p.153)」では、技術概念・思考プロセスの活用に直接関連する用語と文脈はなかった。「電気を利用した物をつくろう (pp.161)」では、「手回し発電機のロープウェー」、「発光ダイオードの家」、「電気自動車」のおもちゃづくりのイラストと写真が掲載されていたが、技術概念・思考プロセスの活用に直接関連する用語と文脈はなかった。「生活に広げよう『電気を効率よく使う照明を開発しています』…照明の開発をしている棚橋(たなはし)さんに聞きました。(p.160)」では、効率良く電気を使うための発光ダイオードを使った照明の開発についての紹介文が掲載されていた。技術概念・思考プロセスの活用に直接関連する用語と文脈は見られなかったものの、技術開発のプロセスの一端がうかがえる記述といえる。「人と環境」の冒頭の見開き頁(pp.166-167)では、『宇宙船からさつえいした地球 北海道が見える。』と共に、宇宙飛行士毛利衛氏の『…前略…宇宙から見ると人の活動のようすと環境へのえいきょうがよくわかります。人は科学技術を発展(はってん)させることにより便利な生活を可能にしました。しかし、同時に自然やほかの生き物とのつながりが少なくなりました。…後略…』と、技術の光と影についての記述が見られた。

本稿の表1と表2に示したように、科学と技術は各々の特徴を有するが、イノベーション創出のためには、相互不可分かつ共進化の関係である。したがって、観察・実験等といったアクティブ・ラーニングを通して、科学と技術の各々の特徴を対比させながら、各々の相互不可分性と共進性を実感的に理解させ、日常生活や社会との関連をはかる科学教材が理科で必要であると考えられる。

6 総合考察及び結論

本調査の結果、小学校段階におけるイノベーション型学習能力を育むSTEM/STEAM教育を推進するためには、以下の3点の問題点があることがわかった。

第1点は、STEM/STEAMの技術（ITを含む）とエンジニアリングに関する用語や概念の内包・外延と学習プロセスについて、教材として扱われていないことである。文部科学省（2011）『言語活動の充実に関する指導事例集～思考力、判断力、表現力等の育成に向けて～【小学校版】』⁽³⁷⁾では、言語活動を充実させるための児童の発達の段階に応じた指導と事例を紹介し、中学年段階では、『科学用語や概念を用いて表現する（p.10）』事例を紹介している。本調査対象の教科書では、科学と技術に関係を踏まえながら、技術（ITを含む）、エンジニアリングの概念の内包と外延について、技術・エンジニアリング学習プロセスやアクティブ・ラーニングを通して学習する教材は見られなかった。また、「テクノロジー」、「テクニク」、「スキル」が区別されないまま、「技術」の言葉が使用されていた。児童は、「高度テクノロジー」と、「職人技」との関係について、アクティブ・ラーニングを通して実感的に理解できるか、実態を調査することが残された課題である。我が国のイノベーション創出には、テクノロジーの高度化による「ものづくりIoT革命」、「ロボット革命」が必要である。そして、テクニシャンがテクノロジーを適切に活用するテクニクが、我が国からの創発による技術創造立国を支えてきた根幹であり、我が国の強みでもある。今後も、専門職人によるテクニクの一層の洗練が不可欠であることは、いうまでもない。国民の大多数は、「工学」概念について、大学等の高等教育機関における専門学問分野の一つとして認識していると考えられる。コンピュータやロボットがそのままカタカナ表記されているように、筆者は、我が国創発のSTEM/STEAM教育の振興には、サイエンス、サイエンティスト、テクノロジー、テクニク、スキル、エンジニアリング、エンジニアをカタカナで表記することも一案かと考えている。特に、エンジニアリングを「工学」として表記し使用すると、小・中学校段階における教育目標・内容として、教育適時的か否かの国民の疑問に対し、国民各層からのコンセンサスを得ることが難しいという意見も多い。21世紀中葉を担う児童に、エンジニア（ITシステムエンジニアを含む）への畏敬の念と共に、同専門職への志と気概に満ちたキャリア発達力の醸成は、我が国のイノベーション技術創造とエンジニアリングの社会的意義・役割と、ガバナンスによる国民が総参画した法令遵守システムの構築に欠かせない。エンジニアリングは、科学的意識的適用や応用が先に在りきではなく、大橋（2005: p.86）⁽¹⁵⁾等が述べているように、人工物・システムの信頼性と安全性を通じて、健康と生命を守るのが創造の動機であり、徹頭徹尾した最優先事項である。

第2点は、小学校社会第5学年における農林水産業、工業、情報産業の目標と内容の扱いである。2008年小学校学習指導要領社会の第5学年目標の(2)は、「我が国の産業の様子、産業と国民生活との関連について理解できるようにし、我が国の産業の発展や社会の情報化の進展に関心をもつようにする。（p.36）」⁽³⁸⁾である。シティズンシップ教育の一層の充実のために、STEAM教育のイノベーション型学習能力と技術ガバナンス学習能力の視点を盛り込むことを提案したい。幼稚園から高等学校までを一貫した技術教育におけるイノベーション型学習能力とガバナンス学習能力の各発達段階の学習範囲と学習到達目標は、磯部・山崎（2013）⁽³²⁾が提案している。民主主義社会を支える全国民のイノベーションによる新たな価値の創造と、国民参画型の協働ガバナンスによる、イノベーションの適切な舵取りが必要である。

第3点は、小学校理科の「ものづくり」の目標と内容についての課題である。この課題は、山崎ら（2016）⁽¹¹⁾が詳しく論じている。本調査対象の理科教科書では、技術思考プロセスの活用に関連する用語と文脈はなかった。第6学年理科教科書で、毛利衛宇宙飛行士による、技術の光と影についての記述が見られた。しかし、科学と技術との関係性を踏まえた科学・技術の重大な観念や概念の内包と外延に関する記述は、見られなかった。「ものづくり」の語彙は、通常、「社会の利便性向上を目的とし、人間生活、自然環境への影響に配慮して、もの（形のある物体と形のない対象も含む）を発想・設計・製作（制作・育成を含む）・利用・廃棄・回収・再利用する一連の過程と活動」⁽¹³⁾を意味する。2008年告示小学校学習指導要領理科編では、「ものづくりは、科学的な原理や法則について実感を伴った理解を促すものとして効果的であり、学習内容と日常生活や社会との関連を図る上でも有効である。」⁽³⁹⁾と明記されている。同書では、小学校第3学年で3種類以上、第4、5、6学年では各2つ以上のものづくりをすることを定めていて、例示もされている⁽³⁹⁾。

本研究の結論として、調査対象教科書では、STEM/STEAMの技術（ITを含む）とエンジニアリングの用語や概念の内包・外延と学習プロセスについて、教材として扱われていないことが明らかになった。最後に、改善を図るべく残された検討課題について述べる。

第1点は、STEM/STEAMの技術（ITを含む）とエンジニアリングに関する用語や概念の内包・外延と学習プロセスの解説を、教科等間連携の強化のために、小学校学習指導要領解説の総則編に明記することである。具体的には、本稿の表1、2、3を示すことである。また、図1に示したように、我が国の技術・工学概念と、欧米のテクノロジー・エンジニアリング概念の相違点について、学習指導要領の総則編に明記することで、小学校教員を含め、国民全体の共通理解を図り、国民に開かれた教育課程を推進する必要がある。

第2点は、小学校の特に高学年からの教科担任制の導入である。現在でも、小学校理科、音楽、図工、外国語活動

等で教科担任制を導入している学校が多い。特に高度科学・技術・情報化社会が今後も一層進むために、STEM/STEAM教育は、教員の専門職能発達と継続的研修体制の条件整備が必要で、実践的指導力を有する教科担任による指導が望ましい。STEAM教育は、科学、技術（IT、プログラミングを含む）、エンジニアリング、アーツ（シティズンシップを含む）。山崎ら（2016）⁽¹¹⁾が詳細に論じたように、少子化の急激な進行により、施設一体型の小・中学校が今後一層増加することと、各教員同士の授業担当時数のバランスを保つための、各教科等時数のバランスの適正化と、各教科等の専門職能発達が一層求められよう。

第3点は、STEM/STEAM教育からの小学校図画工作の「工作」の位置づけである。本研究では、予備調査段階で、STEM/STEAM教育の技術、エンジニアリングの重大な観念とプロセスに関連した語彙・文脈を見い出すことができなかった。一方、STEAM教育の視座からのアーツの社会的役割や意義は、きわめて大きく、グローバル化や情報化社会が一層進み、不確かさが増大する今後において、アーツ教育の役割は一層重要となる。Yakman（2008）⁽⁷⁾らが提案する、STEAM教育に果たすArtsの役割を踏まえ、Artsは、Physical, Fine, Manual, Language & Liberal Arts, Citizenship, STS（Science-Technology-Society）を含意することを考慮に入れた、図画工作教育の一層の充実が必要と考える。

謝 辞

本研究における教科書引用については、一般社団法人教学図書協会による、『論文が主であり教科書についての説明等が従であるとした場合は、著作権法第32条1項が適用されるので、たとえ教科書本文の一部を利用されても、「正当な範囲内で行われるものであれば」引用して利用することができる。』という判断に基づき、掲載した。本研究は、2013～2016年度兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科共同研究プロジェクト「システムの思考に基づいたイノベーション力の育成を図る技術・情報教育体系に関する研究」（チームリーダー：森山 潤兵庫教育大学大学院教授）と、2013～2015年度JSPS科研費25350240の助成を受けている。本研究を遂行する際に、広島大学大学院学校教育学研究科磯崎哲夫教授（理科教育学）からは、STEAM教育に関連する貴重な資料の提供と有益な助言をいただいたので、謝意を表する。

引用・参考文献

- (1) Wiggins, G. and MacTighe, J. (2005) *Understanding by Design Expanded 2nd Edition*, Person Education Inc., ISBN 0-13-195084-3, 西岡加名恵（訳）(2012) 理解をもたらすカリキュラム設計 - 「逆向き設計」の理論と方法 -, 日本標準.
- (2) 内閣府（2015）第5期科学技術基本計画, 平成28年1月22日閣議決定.
<http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index5.html>
- (3) 内閣府産業競争力会議（2016）同第25回配付資料「成長戦略の進化のための今後の検討方針（案）」2016年1月25日
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/skkkaigi/dai25/siryu.html>
- (4) Bybee, R. (2010) "What Is STEM Education?", *Science*, vol.329, Issue.5995, p.996.
- (5) Banks, F and Barlex, D.: *Teaching STEM in the Secondary School - Helping teachers meet the Challenge -*, Routledge (2014)
- (6) HM Treasury (2004) "Science & Innovation Investment Framework 2004-2014".
http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+/http://www.hm-treasury.gov.uk/spending_sr04_science.htm
- (7) Yakman, G. (2008) STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education, *Proceedings of the 2008 PATT (Pupils' Attitude Towards Technology) -20 International Design and Technology Education Conference - TEL- AVIV, ISRAEL*, pp.1-28. http://www.steamedu.com/2008_PATT_Publication.pdf
- (8) Yakman, G. and Lee, H. (2012) Exploring the Exemplary STEAM Education in the U.S. as a Practical Educational Framework for Korea, *J Korea Assoc. Sci. Edu. Vol.32, No.6*, pp.1072-1086.
http://www.academia.edu/7801783/Exploring_the_Exemplary_STEAM_Education_in_the_US_as_a_Practical_Educational_Framework_for_Korea_INTRODUCTION
- (9) Song, J. (2016) 韓国における2015年版ナショナル科学カリキュラムと学校における評価 創意・融合を探し求めて, 平成27年度広島大学研究力強化事業 学習システム研究促進研究センター (RIDLS) 講演シリーズNo.13, pp.12-27.
- (10) 松尾知明（2015）「21世紀型スキルとは何かーコンピテンシーに基づく教育改革の国際比較」, 明石書店.
- (11) 山崎貞登・磯部征尊・大谷 忠（2016）「防災・エネルギー・リスク評価リテラシー育成の科学・技術連携カリキュラムの開発」, pp.5-28, 山崎貞登（研究代表者）：『防災・エネルギー・リスク評価リテラシー育成の科学・技術連携カリキュラムの開発』, 平成25年度～27年度科学研究費補助金（基盤研究（C））第3年次研究成果報告書（課題番号25350240）.
<http://kaken15.tech.juen.ac.jp/>
- (12) ITEA (Internal Technology Education Association) (2000) *Standards for Technological Literacy - Content for the Study of Technology -*, ITEA: Reston, VA, USA, 248p., 国際技術教育学会著・宮川秀俊・桜井 宏・都築千絵編訳（2002）『国際競争力を高めるアメリカの教育戦略 技術教育からの改革』, 教育開発研究所, 302p.

- (13) 日本産業技術教育学会 (2013) 「新たな価値と未来を創造する技術教育の理解と推進」
<http://www.jste.jp/main/data/leaflet.pdf>
- (14) 上野晴樹 (2006) 「まえがき」, pp.4-5, 社団法人日本工学アカデミー エンジニアリングと社会 (E&P) 作業部会報告 : 『エンジニアリングと社会的責任 - エンジニアと社会との相互理解の促進のために - (所収)』
http://www.eaj.or.jp/whatseaj/engineering_shakai.pdf
- (15) 大橋秀雄 (2005) 『これからの技術者 - 世界に羽ばたくプロを目指して -』 オーム社.
- (16) 大橋秀雄 (2006) 「工学とEngineering」 pp.6-12, 社団法人日本工学アカデミー エンジニアリングと社会 (E&P) 作業部会報告 : 『エンジニアリングと社会的責任 - エンジニアと社会との相互理解の促進のために - (所収)』
http://www.eaj.or.jp/whatseaj/engineering_shakai.pdf
- (17) Layton, D. (1993) Technology's Challenge to Science Education, Open University Press, ISBN0-335-09959-9.
- (18) NGSS Lead States : Next Generation Science Standards For States, By States, Volume 2, Appendixes, the National Academies Press (2013) ISBN-10: 0-309-27227-0
- (19) 日本産業技術教育学会 : 21世紀の技術教育 (改訂), 日本産業技術教育学会誌, Vol.54, No.4 (別冊), pp.1-8. (2012)
<http://www.jste.jp/main/data/21te-n.pdf>
- (20) 藤井齊亮ほか41名 (2015) 文部科学省検定済小学校教科書 2 東書 算数631 「新編 新しい算数 6」, 東京書籍.
- (21) 文部科学省 (2008a) 「小学校学習指導要領解説 算数編」, 東洋館出版社.
- (22) 小森 茂ほか37名 (2015a) 文部科学省検定済小学校教科書 2 東書 国語432 「新編 新しい国語 四下」, 東京書籍.
- (23) 小森 茂ほか37名 (2015b) 文部科学省検定済小学校教科書 2 東書 国語631 「新編 新しい国語 六」, 東京書籍.
- (24) 文部科学省 (2008b) 「中学校学習指導要領」, 東山書房.
- (25) 角野栄子・倉持保男・西本鶏介・本堂 寛ほか34名 (2002) 文部科学省検定済教科書 2 東書 国語604 「新訂 新しい国語 六下」, 東京書籍.
- (26) 中央教育審議会教育課程企画特別部会 (2015) 論点整理.
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/053/sonota/1361117.htm
- (27) 北 俊夫・小原友行・吉田伸之ほか38名 (2015a) 文部科学省検定済小学校教科書 2 東書531 「新編 新しい社会 5上」, 東京書籍.
- (28) 同上 (2015b) 文部科学省検定済小学校教科書 2 東書532 「新編 新しい社会 5下」, 東京書籍.
- (29) 松原伸一 (2014) 「ソーシャルメディア社会の教育 マルチコミュニティにおける情報教育の新科学化」, 開隆堂出版.
- (30) 文部科学省 (2008c) 「小学校学習指導要領解説 総則編」, 東洋館出版社.
- (31) 日本産業技術教育学会 (2014) 21世紀の技術教育 (改訂) - 各発達段階における普通教育としての技術教育内容の例示 -
<http://www.jste.jp/main/data/21te-nex.pdf>
- (32) 磯部征尊・山崎貞登 (2013) 幼稚園から高等学校までを一貫した技術教育課程基準, 上越教育大学研究紀要, 第32巻, pp.332-344.
https://juen.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=6310&item_no=1&page_id=13&block_id=30
- (33) 毛利 衛・黒田玲子ほか32名 (2015a) 文部科学省検定済小学校教科書 2 東書 理科331 「新編 新しい理科 3」, 東京書籍.
- (34) 同上 (2015b) 文部科学省検定済小学校教科書 2 東書 理科431 「新しい理科 4」, 東京書籍.
- (35) 同上 (2015c) 文部科学省検定済小学校教科書 2 東書 理科531 「新しい理科 5」, 東京書籍.
- (36) 同上 (2015d) 文部科学省検定済小学校教科書 2 東書 理科631 「新しい理科 6」, 東京書籍.
- (37) 文部科学省 (2011) 「言語活動の充実に関する指導事例集～思考力, 判断力, 表現力等の育成に向けて～【小学校版】」, 教育出版.
- (38) 文部科学省 (2008d) 「小学校学習指導要領」, 東京書籍.
- (39) 文部科学省 (2008e) 「小学校学習指導要領解説 理科編」 大日本図書.
- ※本小論におけるインターネット情報の最終アクセス日は, 2016年2月16日

The Interpretation of Elementary School Textbooks as Authorized Teaching Matters from the Viewpoint of STEM/STEAM Education

Sadato YAMAZAKI* · Yasumasa OOMORI* · Masataka ISOBE**

ABSTRACT

This study argues that innovative learning competency at each school stage and regarding each subject should nurture core competency in STEM/STEAM education. The purpose of this study is to interpret elementary school textbooks as teaching matters in Japanese language, social studies, and school science, as referred to in the current national curriculum standards, from the viewpoint of making pupils develop innovative learning competency in STEM/STEAM education. The research quotes the curriculum design rationale suggested by Wiggins and MacTighe (2005), and focuses on big ideas and design thinking processes in technology, including information technology and engineering. In addition, this study interprets teaching matters in school textbooks as authorized by the Ministry of Education, Cultures, Sports, Science and Technology in Japanese language, social studies, and school science. These textbooks are published by the same publishing company, and are referred to in the national curriculum standards in the 1998 and the 2008 revisions, respectively. As this study shows, some teaching matters are related to vocabularies in the series on technology, techniques, skills, robotics, IT programming, and technological design processes to develop possible interpretations of Japanese-language subject matters for 4th- and 6th-grade pupils. Some teaching materials were related to technology in the teaching matters units of "production in agriculture," "industry," and "IT, especially in terms of the development of information-orientedness and its influence on the living standards of nations." Some teaching matters were related to experimental tools and toys to make pupils understand the scientific principles and rules in each grade. However, there was little scope for teaching applications about the concepts and design processes of technology. In the "human and their environments" learning unit, the school science school textbook for 6th-grade pupils features a description of the astronaut Mr. Mori Mamoru, who points out that it has been possible to make life more convenient through the development of science and technology. Above all, in order to make pupils develop concepts and design thought processes related to technology and engineering as core learning competency in STEM/STEAM education, this study suggests detailed strategies to improve curricular structures to enrich the relation between each subject and education activity.