

# 幼稚園から高校までを一貫した技術リテラシー教育における 技術概念の内容知と方法知の基準

山崎 貞登\*・市原 靖士\*\*・中原 久志\*\*・渡津 光司\*\*\*・  
森山 潤\*\*\*\*

(令和3年1月19日受付；令和3年4月8日受理)

## 要 旨

本研究の目的は、本邦発の幼稚園から高校までを一貫した技術リテラシー教育における技術概念の内容知と方法知に関する基準（以下、基準）の試案作成と検討である。作成した基準は、「技術の概念」、「技術の役割」、「技術イノベーションと知的財産の創造・活用」、「技術ガバナンスと社会安全」を中核概念として構成し、それぞれについて幼稚園～小学2年、小学3～6年、中学校、高校の段階別に到達目標を示した。作成した基準と国際技術・エンジニアリング教育者学会（ITEEA）のStandards for Technological and Engineering Literacy（STEL）との類似点と差異点を検討した。その結果、両者には類似点が多数見られ、特に、基準及びSTEL共に、STEM教育とSTEAM教育との両方の連携を重視していた。基準の「技術の概念」では、我が国固有の「技術の見方・考え方」を働かせた「ものづくり」概念を重視している点に、特徴が見出された。

## KEY WORDS

技術リテラシー(Technological literacy), 技術概念(Technological concept), 内容知(Knowledge about contents), 方法知(Knowledge about methods), 基準(Standards)

## 1 はじめに

本研究の目的は、「技術の概念」、「技術の役割」、「技術イノベーションと知的財産の創造・活用」、「技術ガバナンスと社会安全」を中核概念とした、本邦発の幼稚園から高校までを一貫した技術リテラシー教育における技術概念の内容知と方法知に関する基準(以下、基準)の試案作成と検討である。本稿の技術は、テクノロジーを意味し、技法・技量・技巧等(テクニク)、技能(スキル)と区別する。

日本産業技術教育学会(1999)<sup>(1)</sup>は、「21世紀の技術教育－技術教育の理念と社会的役割とは何か、そのための教育課程の構造はどうあるべきか－」を公表し、我が国の幼稚園から高校までを一貫した技術教育課程の目的、目標、スコープ(内容の範囲)とシーケンス(各発達段階間の系統性)の枠組みと教育内容を提案した。同学会(2012)<sup>(2)</sup>は、「21世紀の技術教育(改訂)(以下、2012年版)」で、小規模な改訂を公開した。同学会(2014)<sup>(3)</sup>は、2012年版の教育課程のスコープとシーケンスに基づく内容例示として、「同(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－」を公表した。同学会は、技術の進展と時代の急激な変化と要請に対応し、内外の技術教育をはじめとした教育学術研究の最新知見を参考にし、学習者の心身の発達と、不易を尊び、流行と近未来に即応する教育課程の不断の見直しのために、大幅な改定を現在検討中である。本稿の著者らは、技術の対象である「材料と加工」、「生物育成」、「エネルギー変換」、「情報」、「システム」の各技術の中核となる概念、「技術イノベーションと知的財産の創造・活用」、「技術ガバナンスと社会安全」を中心に、幼稚園から高校の学習者を対象とした教育課程のスコープとシーケンスの基準(スタンダード、以下、基準)作成を現在行っているワーキンググループ(WG)メンバーに関わっている。本稿は、2021年1月中旬段階時点の研究成果であり、この後、他のWGの知見との調整等により若干の変更が生じる可能性があることを予めお断りしたい。基準の最終案は、2021年8月下旬に公表される予定である。

本研究のリサーチクエスト(以下、研究課題)として、以下の2点を設定する。

第1の研究課題は、基準と、ITEEA(International Technology and Engineering Educators Association, 国際技術・エンジニアリング教育者学会)(2020)<sup>(4)</sup>のStandards for Technological and Engineering Literacy(技術・エンジニアングリテラシーのための標準、以下、STEL)との類似点と差異点は何かを検討することである。STELにお

る本邦の先行研究として、山崎ら(2021)<sup>6)</sup>がある。

第2の研究課題は、本研究で検討する基準の特徴を、STEM(Science, Technology, Engineering and Mathematics)教育とSTEAM(Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics)教育の観点から比較教育的な検討を行うことである。STELでは、STEM教育の用語は頻出するが、STEAM教育の用語は用いられていない。しかし、STELの第1章では、電気自動車などを事例として、ユーザー視点の立場から、審美的特性などの芸術的観点と共に、人間の特性に配慮した安全性、操作性、快適性等への熟慮が重要であることを述べ、STELは、STEMと共に、アーツ(広義の芸術)とヒューマニティーズ(人文科学)との間に、密接な関係があることを明記している(ITEEA, 2020 : p.5)<sup>4)</sup>。

本研究における技術とエンジニアリング概念は、STELを援用する(表1)。STELの本文では、エンジニアリングを、「科学原理と数学の推論を使用して、制約条件における規準によって定義された必要性を満たすために、技術を最適化すること(ITEEA, 2020 : p.8)<sup>4)</sup>」と解説していた。

「技術リテラシー」、「技術・エンジニアングリテラシー」、「STEMリテラシー」の概念規定を、表2に示す。欧米のエンジニアリング概念と、日本の工学概念とを比較すると、類似性と差異性が見られる(山崎ら, 2016 : pp.204-206)<sup>6)</sup>。我が国の工学教育は、一般に主として高専や大学等の高等教育機関の学習者が対象であり、高等教育機関で実施している。一方、本稿では、山崎らの先行研究<sup>6)</sup>と同様に、高等教育との接続を視野に入れながら、本邦の初等中等教育段階におけるエンジニアリング教育の導入の必要性を論じるために、工学と邦訳せずに、エンジニアリングの表記で用いる。山崎(2020)<sup>7)</sup>は、我が国における技術教育は、エンジニアリング教育を包含していると共に、エンジニアリングとデザイン(設計)方略は、技術、科学、数学、アーツ(広義の芸術)とを架橋する連携学術領域と提案している。そこで、本稿で論じる標準は、技術・エンジニアングリテラシーの両方を含んでいるが、技術・エンジニアングリテラシー教育と表記せずに、論文題目の表記のように技術リテラシー教育と表記する。

## 2 各発達段階における到達目標

各発達段階における到達目標を、表3に示す。表3の「幼稚園～小学校2年」段階では、下線部(a)に示したように、「自分の思いや願い」をたいせつにしたものづくりや情報技術を活用した活動に慣れ親しむことを目標にした。

表1 STELの技術とエンジニアリングの概念規定【出典：ITEEA(2020)】

技術(ITEEA, 2020 : 162)
(1)人間がデザイン(設計)した製品, システム, プロセスを通じた, 必要性和欲求を満たすための自然環境の改変
(2) (1)による改変の結果をもたらす道具, 機械, またはシステムに対しての幅広い論及
エンジニアリング(ITEEA, 2020 : 153)
評価規準によって定義された必要性を満たすために, 技術を開発し, 最適化するための科学的原理と数学的推論の使用。
簡潔に述べれば, 制約下のデザイン(設計)プロセス
科学(Science) (ITEEA, 2020 : 159)
観察, 識別, 説明, 実験・調査, 理論的説明による自然界の研究
数学(Mathematics) (ITEEA, 2020 : 157)
数と記号を用いて行う, パターンと規則の科学と, 量の測定・資質・関係についての研究
STEM(ITEEA, 2020:157)
科学, 技術, エンジニアリング, 数学の学術分野とそれらの関連内容, 実践, 活用を, 相互連携化するために使用される用語

表2 STELの各リテラシーの概念規定【出典：ITEEA(2020)】

技術リテラシー(ITEEA, 2020 : 161)
技術・エンジニアリング活動の産物である人間がデザイン(設計)したシステムと人工物を, 理解, 使用, 創造, 評価する能力
エンジニアングリテラシー(ITEEA, 2020 : 153)
技術の人工物及びシステムを創造またはデザイン(設計)するプロセスを理解することに焦点を当てた能力
技術・エンジニアングリテラシー(ITEEA, 2020 : 161)
時間の経過と共に, 一層洗練された方法で人間がデザイン(設計)した環境を理解, 使用, 創造, 評価する能力
STEMリテラシー(ITEEA, 2020 : 157)
科学, 技術, エンジニアリング, 数学の各学術分野を連携し, 相乗効果をもたらす素養。STEMリテラシーは, 個々の分野では提供できない, 分野全体の概念, プロセス, 考え方を統合し, 強化された結果を達成するために適用する方略の, より包括的な理解

「小学校3～6年」段階では、研究課題2に関連して、下線部(b)のように、自分の思いや願い中心から、「ユーザー視点」からの技術活動が求められる。下線部(c)のように、技術の評価、選択、管理・運用力と、改良、応用する力と共に、基本概念の知識や解決方略を身に付けることが設定された。

「中学校」では、下線部(d)のように、技術の見方・考え方を働かせながら、生活や社会における問題を対象として、学習対象範囲がさらに広がる。また、下線部(e)のように、「技術ガバナンス力」、「技術イノベーション力」の概念理解が求められる。

「高校」では、下線部(f)のように、ものづくりの技術と情報通信技術の融合、AIシステムと情報通信ネットワークの融合による自動制御技術の発展の理解が目標になる。さらに、下線部(g)のように、Society5.0の実現に必要な技術の高度化・融合化、新たな産業の創出を牽引する技術リテラシーが目標となる。第1の研究課題に関連し、Society5.0とは、2016年度から2020年度までの5年間を対象として、第5期科学技術基本計画に基づき、我が国の科学技術イノベーション政策の振興が図られる我が国独自の施策であるために、STELには見られない特徴である。

### 3 内容知

#### 3.1 技術の概念

内容知の「技術の概念」を、表4に示す。第1の研究課題に関連し、「ものづくり」は、我が国固有の歴史文化慣習等の文脈に依存した概念であり、他国語でものづくりを正確に表現した訳は、管見の限りないようである。表2の「幼稚園～小学校2年」段階では、下線部(a)に示したように、遊びや学習を通して、ものづくりは、手や道具でものを作ることであることを体験で実感する。

また、コンピュータや車などの製品を技術ということを知る。下線部(b)に示したように、遊びや体験を通して、

表3 各発達段階における到達目標

幼稚園～小学校2年	小学校3～6年	中学校	高校
事故やケガをしないように安全に気をつけて、(a)自分の思いや願いを込めた技術の問題を見つけて、解決に向けた構想・計画・設計ができる。製作・育成・制作を通じた遊びや学習に親しみが持てる。ものづくりの技術や情報技術は、私たちの身近な生活を支えていることに気付く	安全や衛生に留意して、技術と科学や芸術との関連性や、技術の発明・創造・工夫と、(b)ユーザー視点からの技術の重要性が意識できる。目的を明確にした構想・計画・設計と、製作・育成・制作活動ができる。(c)技術の評価、選択、管理・運用力と、新たな発想で改良、応用する力の基盤となる基本概念の知識や解決方略などを身に付ける	安全・防災・減災、倫理観を含むSDGsを支えるSociety5.0の実現に必要な技術リテラシーを身に付ける。(d)技術の見方・考え方を働かせながら、生活や社会における問題を技術によって問題解決できる。構想・計画・設計と、製作・育成・制作等の活動ができる。(e)技術ガバナンス力、技術イノベーション力及び、両力の相互依存性に関する概念や、技術の社会実装に必要な問題解決方略などを身に付ける	(f)ものづくりの技術と情報通信技術の融合とともに、AIシステム(ロボットを含む)と情報通信ネットワークの融合による自動制御技術の発展について理解できる。(g)Society5.0の実現に必要な技術の高度化・システム化、異種産業の複合化・融合化、新たな産業の創出を牽引する技術リテラシーを身に付ける。社会全体で技術イノベーションを最大限に引き出しつつ、技術の社会実装がもたらすリスクを定量的に評価できる。倫理観、防災・減災・安全に配慮して、技術ガバナンスと技術イノベーションに関する概念や解決方略などを身に付ける

表4 技術の概念

幼稚園～小学校2年	小学校3～6年	中学校	高校
(a)ものづくり(手や道具でものを作ること)、技術(コンピュータ、車などの製品)、技術を活用した遊びや学習における(b)技能(知って、理解して、操作・動作等ができる技能)、(c)システム(多要素の組み合わせで一体化して役割を果たす)を知ること	(d)ものづくりの技術、情報技術、技術(テクノロジー)－科学(サイエンス)－芸術(アーツ)の関連、(e)技術(テクノロジー)－技法・技量・専門職技巧(テクニク)－技能(スキル)の日常使用のあいまいさへの気付きと、文脈を意識した言語活用を理解すること。システム技術(多要素が一体となり、役割を果たす技術)を理解すること	ものづくりの技術、情報技術、システム技術(製品は相互に影響し合う多要素から構成)、(f)技術－エンジニアリング－エンジニア・技術者・技能者の各概念の理解と相互依存性、(g)デザイン(設計)(計画、設計、社会実装)、システム思考とデザイン(設計)プロセス(方略)(トレードオフ、最適化等)、計測・制御、デジタル化、知財の理解	(h)システム技術(要素の全体構成が機能を果たす)とシステム思考、(i)STEM, STEAM、(j)エンジニアリングデザイン思考と問題解決方略、計算論的思考(モデリング、ヒューリスティック推論、再帰的思考、創造思考)、(k)AI、自動化(IoT、ロボティクス等)、デジタルファブリケーション、(l)技術・工学の学際化・複合化の理解

技能とは知ってわかるだけではなく、操作・動作等がわかることであることを体験により実感する。下線部(c)に示したように、遊びや体験を通して、システムの用語を知る。システムとシステム思考の概念規定はSTELに従い、表5に示す。

「小学校3～6年」段階では、下線部(d)に示したように、ものづくりの技術と情報の技術の用語を言語活動で活用することができる。下線部(e)で示したように、第1の研究課題に関連して、STELではテクノロジー、テクニク、スキルの概念が区別されている一方、日本語では、技術(テクノロジー)、技法・技量・技巧等(テクニク)、技能(スキル)の区別が不明瞭であることを知る<sup>(6)</sup>。日本語では、スポーツ技術、演奏技術、絵画技術、彫刻技術、調理技術、裁縫技術、書写技術、指導技術といったように、本来はテクニクを意味する技巧を用いなければいけない文脈において、技術が使用されていることを知る。技術、技法・技量・技巧、技能を区別して言語活用することを身に付ける。

「中学校」段階では、下線部(f)に示したように、技術、エンジニアリング、エンジニア、技術者(テクノロジスト)、技能者(テクニシャン)の各概念と相互依存性について理解する。第1の研究課題に関連し、我が国では、技術とエンジニアリングの各概念と関係性や、エンジニア、テクノロジスト、テクニシャンの各概念と相互の関係性は、不明瞭である<sup>(6)</sup>。そこで、技術者の定義は、ITEEA(2020:p.162)<sup>(4)</sup>に従い、特に技術分野のエキスパートとする。下線部(g)に示したデザイン(設計)、デザイン(設計)プロセス(方略)、エンジニアリングデザイン(設計)概念は、ITEEA(2020)<sup>(4)</sup>に従い、表6に示す。本稿では、デザイン(設計)を「デザイン(設計)」と表記する。

「高校」段階では、下線部(h)に示したシステム技術を理解する。下線部(i)に示したように、STEM教育とSTEAM教育の概念を理解する。下線部(j)で示したように、エンジニアリングデザイン(設計)思考と計算論的思考を理解する。下線部(k)に示したように、AI、自動化(IoT、ロボティクス等)、デジタルファブリケーションを理解する。下線部(l)では、技術・工学の学際化・複合化を理解する。

### 3. 2 技術の役割

内容知「技術の役割」を、表7に示す。表7の「幼稚園～小学校2年」段階では、研究課題2に関連して、下線部(a)に示したように、遊びや学習を通して、技術は私たち人間の生活や社会に欠かすことができないことに気付く。

表5 「システム」、「システム思考」の概念規定【出典：ITEEA(2020)<sup>(4)</sup>】

システム(ITEEA, 2020:161)
目標を達成するために全体として一緒に機能する、相互作用する、相互に関連する、または相互に依存する構成要素のまとまり
システム思考(ITEEA, 2020:152)
(1) 問題の全体を、その各部分または構成要素とは異なるものとして全体を見る技巧。システム思考は、システムに影響を与える、影響を受ける、システムに影響を与えるすべての変数を、その社会的および技術的特性の両方を含めて検討する傾向がある。(2) すべての技術には、相互接続された構成要素が含まれており、これらの技術は、それらが動作する環境と相互作用するという特徴の理解。また、入力、プロセス、出力、及びフィードバックで構成されるシステムモデルの理解も含む

表6 STELの「デザイン(設計)」、「デザイン(設計)プロセス」、「エンジニアリングデザイン(設計)」の概念規定【出典：ITEEA(2020)<sup>(4)</sup>】

デザイン(設計)(ITEEA, 2020:152)
人間の必要性、欲求を満たしたり、問題解決したりするために、資源を製品またはシステムに変換する計画を作成する、反復的な意思決定プロセス
デザイン(設計)プロセス(ITEEA, 2020:152)
問題または必要性に対する可能な解決策を開発するために、可能な解決策を一つの最終的な選択肢に絞り込むために定義された価値規準と制約の使用に依存するための、体系的な問題解決方略
エンジニアリングデザイン(設計)(ITEEA, 2020:153)
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(設計)、製造、運用などの実用的な目的への、科学的及び数学的原理の体系的かつ創造的な活用
技術デザイン(設計)(ITEEA, 2020:161)
製品やプロセスを開発したり、問題を解決したりするためのデザイン(設計)プロセス、特にエンジニアリングデザイン(設計)の活用。技術デザイン(設計)は、エンジニアリングデザイン(設計)を含む広い用語であるが、工業デザイン(設計)、グラフィックデザイン(設計)、ユーザーエクスペリエンスデザイン(設計、ユーザー中心の設計)、建築デザイン(設計)及び、その他のデザイン(設計)分野を包含する場合がある

表7 技術の役割

幼稚園～小学校2年	小学校3～6年	中学校	高等学校
自分の思いや願いを満たすために、ものづくりや簡単なプログラミングなどの(a)遊びや活動を通して、ものづくりの技術と情報技術について知ること。技術は私たちの生活や社会を支えている、技術が不可欠であることを知る	仲間や家族など他人の願いを考慮したものづくりや、プログラミングなどの情報技術の活用を通して、技術が生活や社会を支えていることを理解すること。(b)技術は利便性とリスクの両面があり、SDGsの視点から技術を評価し、適切な選択と管理・運用力、新たな発想に基づき改良力、応用力と、技術の社会的役割と探求の重要性を理解すること	技術の発展による利便性に関する以下の事項を理解すること【社会や生活環境の向上や基盤整備への貢献。安全性と安定的な供給体制を支えていること。ネットワーク化や自動化の促進などの社会的役割を果たすこと。利便性と共に、(c)資源・エネルギーの浪費や環境の破壊、モラルの低下などのリスクを伴うこと。技術が社会や環境に与える役割と相互作用や相互影響】	(d)高度化するものづくりと情報技術、システム技術の発展に対して、「主体性」を発揮した責任ある技術活用力の必要性を理解すること。AI、IoTなどの技術の発展が、グローバル社会における環境保全やエネルギーの有効活用への貢献を理解すること。ユニバーサルデザイン、メカトロニクス、組込技術、耐震技術、先端バイオテクノロジーなどの(e)技術革新を牽引・管理・運用する際に必要な、技術倫理を理解すること

「小学校3～6年」段階では、下線部(b)に示したように、技術は人間の利便性と共に、人間、社会、環境へのリスクの両面があり、SDGsの視点から技術を評価し、適切な選択と管理・運用力、新たな発想に基づき改良、応用する力と、技術の社会的役割の重要性の気付きと探求力を育む。

「中学校」段階では、下線部(c)に示したように、資源・エネルギーの浪費や環境の破壊、モラルの低下などのリスクを伴うことへの理解、技術が社会や環境に与える役割と相互作用や相互影響について理解する。

「高校」段階では、下線部(d)に示したように、AI、IoTなどの技術の高度化、情報技術の発展に民主主義社会を支える主権者として、「主体性」を発揮した責任ある技術活用力の必要性について理解する。下線部(e)に示したように、技術革新を牽引・管理・運用する際に必要な、技術倫理について理解する。

山崎ら(2021)<sup>(5)</sup>は、STELの基本構造として、「技術・エンジニアリングの中核となる学術領域(Core Disciplinary Standards, 以下、コア)」、「技術・エンジニアリングのプラクティシズ(Technology and Engineering Practices, 以下、プラクティシズ)」、「技術・エンジニアリングのコンテクスツ(Technology and Engineering Contexts, 以下、コンテクスツ)」の三つが構成主体(オーガナイザー)であることを明らかにした。研究課題1に関連して、内容知「社会との関わり」は、コアの「STEL-4 技術が及ぼす影響」と「STEL-5 社会が技術の発達に及ぼす影響」と密接に関連し、スコープは、教育段階が進行するにつれて、学習者を中心として、自分から身近な生活や社会と同心円状に拡大していく。ITEA(2000)<sup>(6)</sup>のStandards for Technological Literacy(STL)では、計20のストランド(内容標準のスコープ)と、計288のベンチマークを示していたが、STELでは計144と厳選した上に、ベンチマークは、コアの8スコープしか示さず、プラクティシズとコンテクスツでは、ベンチマークを示していない(p. iv)<sup>(4)</sup>。

### 3.3 技術イノベーションと知的財産の創造・活用

本稿における技術イノベーションは、STELを援用し、「既存の技術製品、システム、または何かを行う方法の改善(p.155)<sup>(4)</sup>」と概念規定する。内容知のスコープ「技術イノベーションと知的財産の創造・活用」を、表8に示す。

表8の【技術イノベーション】では、「幼稚園～小学校2年」において、自分の思いや願いを込めたアイデア創案のためのティンカリング、「小学校3～6年」において、技術の発明による新たな知的・文化的価値の創造への興味、「中学校」において技術イノベーションの概念の理解、「高校」において、取り巻く状況を判断した上で、科学的な根拠に基づき、社会実装で技術が与える影響を踏まえた創造的解決の理解へと、学習対象範囲の拡大と、教育内容の高度化を図る。【知的財産の創造・活用】では、「幼稚園～小学校2年」において、身の回りや友達を主たる対象とし、「小学校3～6年」において、社会的役割への関心、「中学校」において、社会実装された技術に込められた工夫や創造性への理解、「高校」において、技術ガバナンスと一体化した知的財産の創造と活用について理解する。

課題1に関連して、STELでは、コアの「STEL-1 技術・エンジニアリングの性質と特徴」の「小学校3～6年」から「高校」までで、イノベーションの内容が扱われている。

### 3.4 技術ガバナンスと社会安全

内容知「技術ガバナンスと社会安全」を、表9に示す。「幼稚園～小学校2年」では、事故やケガをしないような安全な活動に親しむ。「小学校3～6年」では、技術リスクを評価し、事故や障害を防ぐためには、リスク管理が必

表8 技術イノベーションと知的財産の創造・活用

幼稚園～小学校2年	小学校3～6年	中学校	高校
<p>【技術イノベーション】自分の思いや願いを込めたアイデア創案のために、試行錯誤（ティンカリング）、粘り強い集中と没頭的重要性を知ること</p> <p>【知的財産の創造・活用】著作物や身の回りのアイデア、友達作品とアイデアの尊重のたいせつさを知ること</p>	<p>【技術イノベーション】技術の発明による新たな知的・文化的価値の創造の重要性を理解すること。より最適な技術の探求の重要性を理解すること</p> <p>【知的財産の創造・活用】知的財産権の目的と社会的役割を理解すること。知的財産権を意識した創造活動や知的財産権を尊重する重要性を理解すること</p>	<p>【技術イノベーション】技術イノベーションとは、「工学（エンジニアリング）や農学といった技術に関わる学術の進展、及びその成果として生み出された人工物システムによって、社会的・経済的・公共的価値を改善、新たに創造すること」という概念を理解すること。技術による課題解決に必要な一連の問題解決方略を理解すること</p> <p>【知的財産の創造・活用】社会実装された技術に込められた工夫や創造性、知的財産のすばらしさ、普及の経緯、保護・活用を理解すること</p>	<p>【技術イノベーション】生産性や効率のみの優先ではなく、取り巻く状況を判断した上で、科学的な根拠に基づき、社会実装で技術が与える影響を踏まえた創造的解決方略を理解すること</p> <p>【知的財産の創造・活用】法令遵守、情報セキュリティ、倫理やモラルなどの技術ガバナンスと一体化した知的財産の創造と活用の重要性を理解すること</p>

要であることに気付く。「中学校」では、技術ガバナンス力の概念を理解する。研究課題2に関連して、「高校」では、技術ガバナンスにおける行政、研究開発機関・企業から発信される情報へのアクセス・取り出し、統合・解釈、熟考・評価し、民主主義社会を支える主権者として、「主体性」を自覚化して意思決定する技術リテラシーを身に付ける。したがって、STELのSTEMリテラシー(p.160)だけではなく、文理融合したSTEAMリテラシーを身に付ける。

## 4 方法知

### 4.1 技術的課題解決のプロセス

方法知「技術的課題のプロセス」を、表10に示す。日本産業技術教育学会(1999, 2012)<sup>(1)(2)</sup>の教育目標2の技術的課題解決力を踏襲しているが、最初の段階では【既存技術の評価と問題の把握】とした。

### 4.2 技術イノベーションのプロセス

内容知「技術イノベーションのプロセス」を、表11に示す。

最初の段階の【価値の発見】では、既存技術の理解から自ら問題を発見し、自ら課題を設定して、SDGsを支えるSociety5.0実現のために、新たな価値を創造するプロセスを重視した。「幼稚園～小学校2年」では、学習者中心である自分の願い・思いの欲求の実現から、同心円状に学習対象を身近な生活から社会へと拡大し、「中学校」では、技術の見方・考え方を働かせた問題発見と課題設定力としている。「高校」では、技術の高度化・システム化・異種産業の複合化への対応を求める。

【価値創出の枠組みづくり（フレーミング）】において、「幼稚園～小学校2年」では、手順・工程・見通しの大切さへの気付き、「小学校3～6年」では、目的、機能と構造、制約条件、簡単なモデルの試作、知財への配慮を設定

表9 技術ガバナンスと社会安全

幼稚園～小学校2年	小学校3～6年	中学校	高校
<p>事故やケガをしないように安全に気をつけること。自分の思いや願いを込めた技術の問題を見つけること。解決に向けた構想・計画・設計、製作・育成・制作を通じた遊びや学習に親しむこと</p>	<p>技術に関わるリスクを評価し、事故や傷害を防ぐためにリスクの管理が必要なことに気付くこと。技術を評価、選択し、安全な社会実装と管理・運用力。行政、企業・研究開発機関、市民など、異なる利害関係を持つ人たちが協働して、技術を評価し、適切な選択と管理・運用の重要性に気付くこと</p>	<p>技術ガバナンス力とは、技術のもたらす便益とリスクやダメージについて、立場の違いや利害関係を有する人たちがお互いに協働し、技術に関わる問題解決のための討議に主体的に参画し、技術倫理を重視しながら、根拠を明確にした自分の意見の表明、意見交換や論議と、協働的な意思決定に必要な力であることへの理解</p>	<p>技術ガバナンスにおいて、行政、研究開発機関、開発企業等から発信される技術の利便性とリスク情報の統合・解釈力、熟考・評価力を身に付けること。技術倫理及びエンジニア・技術者の使命と責任を重視し、協働できる市民に求められる技術リテラシーの重要性への理解。AIネットワーク化の情報セキュリティ、情報通信ネットワーク、不透明化等に対する技術ガバナンスの必要性の理解</p>

表10 技術的課題解決のプロセス

幼稚園～小学校2年	小学校3～6年	中学校	高校
<p>【既存技術の評価と問題の把握】自分の思い・願いを込めた欲求を実現する課題を設定すること</p> <p>【計画・設計】手順・工程・見通しの大切さに気付くこと</p> <p>【製作・育成・制作】ものづくりやプログラミングなどの情報技術の活用の楽しさに慣れ親しむこと</p> <p>【活動の振り返りと評価】言葉や絵などを使った表現で、活動を振り返ること</p>	<p>【既存技術の評価と問題の把握】生活や社会からの問題発見と、ユーザー視点の重視性を理解すること</p> <p>【計画・設計】目的、機能と構造、制約条件、簡単なモデルの試作、知財を配慮する重要性を理解すること</p> <p>【製作・育成・制作】安全性や耐久性、試作の工夫、改良を重視、仲間との協働・協力の重要性を理解すること</p> <p>【活動の振り返りと評価】自らの創造・工夫と、社会実装された技術の工夫とをつなげる振り返り記録の作成と発表、自己・相互評価ができること</p>	<p>【既存技術の評価と問題の把握】技術の見方・考え方を働かせた問題発見、情報共有、課題を設定できること</p> <p>【計画・設計】左記に加え、デジタル機器の活用によるモデリング、モデル試作、試験、改良、工夫ができること</p> <p>【製作・育成・制作】社会実装された技術製品等の問題解決の工夫を意識した製作等ができること</p> <p>【活動の振り返りと評価】技術イノベーション、技術ガバナンス、知財の創造、保護、活用等を意識した振り返り記録を作成すること</p>	<p>【既存技術の評価と問題の把握】技術の高度化・システム化・異種産業の複合化に対応して、課題を設定できること</p> <p>【計画・設計】左記に加え、エンジニアリングデザインや、デジタルファブリケーションを活用した計画・設計ができること</p> <p>【製作・育成・制作】新たな付加価値を伴う創造的な製品、育成物、システム開発ができること</p> <p>【活動の振り返りと評価】イノベーションを牽引する技術者、市民、行政の役割と責任、知財創造活用等を意識した振り返り記録を作成すること</p>

している。「中学校」では、デジタル機器の活用によるモデリング、モデル試作等をスコープとしている。「高校」では、デジタルファブリケーション活用による設計を設定している。

【価値の実証】において、「幼稚園～小学校2年」では、ものづくりやプログラミングの楽しさへの慣れ親しむこと、「小学校3～6年」では、安全性や耐久性、試作と改良の工夫など、「中学校」では、社会実装された技術製品等の問題解決の工夫を意識した製作等、「高校」では、新たな付加価値を伴う創造的な製品等と、発達段階に応じて、高度化している。「幼稚園～小学校2年」では、言葉や絵などを使って表現による活動の振り返り、「小学校3～6年」では、自らの創意・工夫と、社会実装された技術の工夫をつなげる発表と相互振り返り、「中学校」では、技術イノベーションと技術ガバナンスを一体化させた振り返り、「高校」では、イノベーションを牽引する技術者、市民、行政の役割と責任を意識した振り返りを求めている。

研究課題1と2に関連して、STELでは、八つのコア共に、イノベーションのプロセスを重視しているが、特に、「STEL-3 知識・技術・プラクティシズの結合」、「STEL-7 技術・エンジニアリング教育におけるデザイン(設計)」、「STEL-8 技術的製品・システムの活用・保守・評価」では、技術・エンジニアリングデザイン(設計)方略、個別的事実的知識・技能のみならず、現実の文脈を重視した学習状況における概念的知識と技術課題解決方略の理解

表11 技術イノベーションのプロセス

幼稚園～小学校2年	小学校3～6年	中学校	高校
<p>【価値の発見】自分の欲求を満たすために、製作・育成・制作に対する自分の思いや願いを持つこと</p> <p>【価値創出の枠組みづくり(フレーミング)】自分の欲求を実現させるために、計画・設計の大切さに気付くこと</p> <p>【価値の実証】言葉や絵などを使った表現と振り返りを通して、自分の欲求を満たしたかを評価し、価値を表現すること</p>	<p>【価値の発見】ユーザー視点や他者視点から生活や社会における問題を発見し、ものづくりや情報技術を活用した制作による新たな価値の創造を目的とした課題を設定すること</p> <p>【価値創出の枠組みづくり(フレーミング)】ブレインストーミング法などの思考法により、ユーザー視点からのものづくりや情報技術を活用した制作の計画・設計ができること</p> <p>【価値の実証】ポートフォリオなどの制作・発表を通して、ユーザー視点からの価値の創造ができたかを振り返ること</p>	<p>【価値の発見】SDGsを支えるSociety5.0を実現するための新たな価値の創造の視点から、課題を設定すること</p> <p>【価値創出の枠組みづくり(フレーミング)】ブレインストーミング、トレードオフ、デザインプロセスなどの思考法を活用しながら、計画・設計できること</p> <p>【価値の実証】企業・研究開発機関、ユーザー、流通・販売業者、行政などの多様な立場から、新たな価値の創造プロセスを評価すること</p>	<p>【価値の発見】AIやIoTをはじめとした技術と、多様な異分野との複合化・融合化により生まれる、新たな価値の創造を生み出すための課題を設定できること</p> <p>【価値創出の枠組みづくり(フレーミング)】ウォーターフォール法(要件定義-計画・設計-実装-テスト-運用といった各工程を分割進行させるプロジェクト)やアジャイル開発法(各機能単位で、企画-設計-実装-テスト-運用を絶え間なく反復させるプロセスを導入したプロジェクト)の各々の特徴を生かしながら、各種デザインプロセス思考法を導入し、新たな価値創造のフレーミングをすること</p> <p>【価値の実証】イノベーションを牽引する技術者、市民、行政の役割と責任、知財創造活用等を意識し、価値の発見、価値創出のフレーミング、価値実証の価値創造プロセスでの活動の成果を俯瞰的に振り返ること</p>

と、重大な観点の永続的理解<sup>(9)</sup>を求めている(p. iv)<sup>(4)</sup>。

#### 4.3 技術ガバナンスのプロセス

方法知「技術ガバナンスのプロセス」を、表12に示す。

【既存技術の理解と課題の設定】は、方法知【技術イノベーションのプロセス】と同じプロセスにした。「幼稚園～小学校2年」では、技術活動でのケガや事故の危険予知と防止対策、「小学校3～6年」では、社会実装された技術の利便性とリスクの存在に気付くこと、「中学校」では、技術と社会や環境との相互影響関係の理解、「高校」では、技術開発機関・企業、行政機関、市民の社会的使命、役割、責任と技術倫理の意識化を設定した。

【技術評価の枠組みづくり（フレーミング）】において、「幼稚園～小学校2年」では、危険や事故を防ぐための技術の種々の工夫、「小学校3～6年」では、技術による複数のアイデアの利便性とリスクの比較検討と、トレードオフの基本概念を扱っている。本稿におけるトレードオフの概念は、STELを援用し、あるものを別のものと交換すること、特に、ある利便性や優位性を、別のものに置き換えることは、より望ましいと見なされること(p.162)<sup>(4)</sup>の規定を用いる。「中学校」では、中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 技術・家庭編に準じて、「社会からの要求、安全性、環境負荷、経済性等の観点からの比較考量」をスコープとした。「高校」では、STEAMの見方・考え方を働かせながら、社会実装上の便益・リスクと主権者の「主体性」を尊重した意思決定を設定した。

【技術評価の実施と意思決定】において、「幼稚園～小学校2年」では、事故防止意識と適切な素材や道具等の活用、「小学校3～6年」では、複数の技術アイデアから根拠に基づき最適解を導いた意思決定、「中学校」では、技術の見方・考え方を働かせながら、社会実装の利便性・リスクの評価と主権者の主体性を尊重した最適解の意思決定、「高校」では、STEAMの見方・考え方を働かせながら、社会実装上の便益・リスクと主権者の「主体性」を尊重した意思決定を設定した。

【技術マネジメント】において、「幼稚園～小学校2年」では、危険や他者への迷惑行為の有無の振り返りと、次への安全意識の向上、「小学校3～6年」では、自分の導いた最適解の説明と、自己アイデアについての他者との相互練り上げ、「中学校」では、技術に対して公正かつ真摯な技術倫理の醸成、「高校」では、複数の利害関係者の役割演技と模擬コンセンサス会議の実施をスコープとした。

研究課題1と2に関連して、STELではガバナンスの用語は観られないが、ガバナンスに関連する概念を扱っている。STELのコアでは、「STEL-1 技術エンジニアリングの性質・特徴」、「STEL-2 知識・技術・プラクティシズの結合」、「STEL-3 技術に及ぼす影響」、「STEL-4 社会が技術の発達に及ぼす影響」、「STEL-5 技術の歴史」、「STEL-6 技術・エンジニアリングのデザイン(設計)」、「STEL-8 技術的な製品・システムの活用・保守・評価」の全てで、技術ガバナンスと密接に関連している。また、プラクティシズにおいても、「Technological and Engineering Practices(TEP)-1 システム思考」、「TEP-2 創造性」、「TEP-3 製(制)作・実行」、「TEP-4 批判的思

表12 技術ガバナンスのプロセス

幼稚園～小学校2年	小学校3～6年	中学校	高校
<p>【既存技術の理解と課題の設定】技術活動でのケガや事故の危険予知と防止対策ができること</p> <p>【技術評価の枠組みづくり（フレーミング）】危険や事故を防ぐために、様々な工夫された技術を比較検討すること</p> <p>【技術評価の実施と意思決定】事故防止意識と適切な素材や道具等を選択し活用すること</p> <p>【技術マネジメント】危険や迷惑行為の有無の振り返りと、次の活動への安全意識を向上させること</p>	<p>【既存技術の理解と課題の設定】社会実装された既存技術の利便性とリスクについて調査し、ガバナンスの課題を設定すること</p> <p>【技術評価の枠組みづくり（フレーミング）】技術による複数の解決アイデアの利便性とリスクについて、比較検討すること</p> <p>【技術評価の実施と意思決定】複数の技術アイデアから最適解を導くための根拠に基づく意思決定ができること</p> <p>【技術マネジメント】自分が選択した最適解の利点と問題点を説明し、意見交換による、自己アイデアの相互練り上げができること</p>	<p>【既存技術の理解と課題の設定】既存の技術と、社会、環境との相互に影響しあう関係と、技術の利便性とリスクについて調査し、ガバナンスの課題を設定すること</p> <p>【技術評価の枠組みづくり（フレーミング）】社会からの要求、安全性、環境負荷、経済性等の観点を設定し、価値規準に基づき、トレードオフ（比較考量）すること</p> <p>【技術評価の実施と意思決定】技術の見方・考え方を働かせ、社会実装の便益・リスクと主権者の「主体性」を尊重した、技術の最適解の意思決定ができること</p> <p>【技術マネジメント】技術に対して公正かつ真摯に向き合える技術倫理を身に付けること</p>	<p>【既存技術の理解と課題の設定】技術開発機関・企業・生産者、行政機関、市民、流通業者等の各々の立場と利害関係や、社会的使命・役割・責任と技術倫理を考慮に入れながら、ガバナンスの課題を設定すること</p> <p>【技術評価の枠組みづくり（フレーミング）】SDGsへの対応、社会や産業の発展、社会実装上の利便性とリスクの比較考量ができること</p> <p>【技術評価の実施と意思決定】STEAMの見方・考え方を働かせながら、社会実装上の利便性やリスクについて、SDGsを支えるSociety5.0を牽引する主権者としての「主体性」を尊重した意思決定ができること</p> <p>【技術マネジメント】複数の利害関係者の役割演技と、模擬コンセンサス会議ができること</p>



考」, 「TEP-5 最適化」, 「TEP-6 協働」, 「TEP-7 コミュニケーション」, 「TEP-8 倫理的配慮」の全てで, ガバナンスに関連する概念を扱っていた。

特に, 「TEP-4 批判的思考」, 「TEP-5 最適化」, 「TEP-6 協働」, 「TEP-7 コミュニケーション」, 「TEP-8 倫理的配慮」は, 自然科学のみならず, 人文科学の学術分野や言語活動の基盤となる力である。

## 5 おわりに

本研究の目的は, 「技術の概念」, 「技術の役割」, 「技術イノベーションと知的財産の創造・活用」, 「技術ガバナンスと社会安全」を中核概念とした, 本邦発の幼稚園から高校までを一貫した技術リテラシー教育における技術概念の内容知と方法知に関する基準(以下, 基準)の試案作成と検討であった。

第1の研究課題では, 基準とSTELとの類似点と差異点は何かを検討した。類似点が多数見られたが, 基準の「技術の科学的側面と技術と技術のしくみ」で, 我が国の技術教育の特徴が見出された。(1)我が国固有の「ものづくり」概念, (2)我が国における技術-科学-芸術の関係性, 技術-技法・技量・技巧-技能, 及び技術とエンジニアリング概念の不明瞭さと, 各概念の関係性について学校教育では扱っていないこと, (3)技術-エンジニアリング, 技術者-エンジニア-テクニシャンの各概念の不明瞭さと, 各概念の関係性について学校教育では扱っていないこと, (4)基準では, 技術ガバナンスを到達目標, 内容知, 方法知でスコープとシーケンスで重視し, STELではガバナンスの用語は見られないが, 各々計8の技術・エンジニアリングの教科内横断的コア領域, 同プラクティズで技術を評価, 選択, 管理・運用するリテラシー育成を重視していた。

第2の研究課題では, STELでは, STEAM教育の用語は用いられなかったが, 第1章で, STELは, アーツ(芸術)とヒューマニティズ(人文科学)と密接に関係していることが明記されていた。さらに, 基準及びSTEL共に, STEMとSTEAM教育との両方の連携を重視していた。

今後の課題の第1点は, 基準とSTELについて, STEAM教育との連携の詳細な検討である。STEM教育が政府主導のガバメント的なトップダウン型教育改革が多いのに対し, STEAM教育は, 草の根的かつ産官民のネットワーク形成と, ガバナンス重視のボトムアップ型教育改革運動のために, STEAM教育は, その定義を含めて実践が多種多様であることに留意する必要がある<sup>7)</sup>。

今後の課題の第2点は, 日本産業技術教育学会が, 本稿の技術概念と共に現在改定作業を進めている「材料と加工」「生物育成」, 「エネルギー変換」, 「システム」の各技術と, STELとの関連についての詳細な検討である。

## 謝辞

本論文を作成するにあたり, 日本産業技術教育学会副会長山本利一埼玉大学教育学部教授の許可をいただいた。基準のスコープとシーケンス作成途上において, 同学会の会員の皆様からは, 案の不備等に対するご指摘と共に, 有益な助言と示唆に富む意見を数多くいただき, 改善を重ねてきたので, 謝意を表する。

## 引用文献

- (1) 日本産業技術教育学会：21世紀の技術教育－技術教育の理念と社会的役割とは何か そのための教育課程の構造とはどうあるべきか－, 日本産業技術教育学会誌, 第41巻, 3号別冊, pp.1-10 (1999)
- (2) 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, 第54巻, 第4号別冊, pp.1-8 (2012)
- (3) 日本産業技術教育学会：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, 日本産業技術教育学会誌, 第56巻, 第3号別冊, pp.1-2 (2014)
- (4) ITEEA: Standards for Technological and Engineering Literacy –The Role of Technology and Engineering in STEM Education, Authors (2020)
- (5) 山崎貞登・岡島佑介・大森康正・磯部征尊：国際技術・エンジニアリング教育者学会(ITEEA)のPreKから第12学年のための2020年改定リテラシー標準(STEL)のベンチマーク, 上越教育大学研究紀要, 第40巻, 第2号, pp.641-651 (2021)
- (6) 山崎貞登・大森康正・磯部征尊：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, 上越教育大学研究紀要, 第36巻, 第1号, pp.203-214 (2016)
- (7) 山崎貞登：STEM, STEAM, エンジニアリング教育概念の比較教育からの論点整理, 日本産業技術教育学会誌, 第62巻, 第3号, pp.197-207 (2020)
- (8) ITEA (2000): Standards for Technological Literacy –Content for the Study of Technology, Authors, 宮川英俊, 桜井宏(編著)(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。
- (9) Wiggins, Grant & McTighe, Jay: Understanding by Design Expand 2nd Edition, Pearson (2006), 西岡加名恵(訳)：『理解をもたすカリキュラム設計－逆引き設計の理論と方法』, 日本標準 (2012)

# Standards for Knowledge about Contents and Knowledge about Methods of Technological Concepts for Technological Literacy Education from Pre-K to Grade 12

Sadato YAMAZAKI\*, Yasushi ICHIHARA\*\*, Hisashi NAKAHARA\*\*,  
Koji WATATSU\*\*\* and Jun MORIYAMA\*\*\*\*

## ABSTRACT

This research aims to investigate content and knowledge standards (hereinafter referred to as the Japan standards) on methods of technological concepts in technological literacy education from Pre-Kindergarten to upper secondary school as well as develop a draft of these standards. This study adopts the following core concepts: “scientific aspects of technology and the mechanism of technology,” “relationship of technology with society,” “technological innovation and creation and utilization of intellectual property,” and “technological governance and social safety.” For its first research subject, this study examined the similarities and differences between the Japan standards and the Standards for Technological and Engineering Literacy (STEL) of the International Society of Technology and Engineering Educators (ITEEA). Although many similarities were found between the two, the characteristics of Japan’s technology education were found in “scientific aspects of technology and the mechanism of technology.” Both the Japan standards and the STEL emphasize a collaboration between STEM and STEAM education. However, a feature was found under “scientific aspects of technology and the mechanism of technology” that emphasizes the concept of monozukuri, which refers to Japan’s unique “way of viewing and thinking about technology.” Meanwhile, for its second research subject, this study mentioned that the STEL and “arts and humanities” are closely related although the STEL does not use the term “STEAM education.” Both the Japan standards and STEL promote STEAM education.

---

\* Natural and Living Science \*\* Oita University \*\*\* Tokyo Gakugei University International Secondary School  
\*\*\*\* Hyogo University of Education