

STEAM教育と連携した「生物育成の技術」から「生物技術」に再編する教育課程基準の構成原理

山崎 恭平*・山崎 貞登**

(令和3年8月16日受付；令和3年11月9日受理)

要 旨

本研究の目的は、初等中等教育段階における日本発STEAM関連教科を連携させて、2017(平成29)年告示中学校学習指導要領技術科「B生物育成の技術」を「生物技術」に再編し、幼稚園から高校までを一貫した技術教育課程基準の構成原理を提案することである。生物技術の対象内容知のスコープは、「遺伝子操作技術・育種技術・バイオテクノロジー」、「生物環境調節の最適化技術」、「生物成長管理技術」、「生物保護・医療・保健・衛生技術」とし、「作物、草花、樹木を含む栽培植物」、「飼育動物」、「水産生物」、「人間」を対象にした。特に、各学年・校種段階における社会科、理科、体育・保健体育科、家庭科との連携内容を明記した。技術の文脈に依存する生物技術の対象内容知と、技術の文脈に依存する「技術的課題解決のプロセス」の方法知を辿る中で、「技術イノベーションのプロセス」、「技術ガバナンスのプロセス」の二つの方法知が相互に行き交う関係図を提案し、内容知と方法知を一体化したオーセンティック学習にするための技術に関する文脈づくりの重要性を提案した。

KEY WORDS

日本発STEAM教育(STEAM education oriented from Japan), 生物技術の教育課程基準(Curriculum standard for bio-related education), 内容知(Knowing what), 方法知(Knowing how), 技術の文脈依存性(Technological contexts sensitive)

1 はじめに

本研究の目的は、初等中等教育段階における日本発STEAM(Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics)関連教科を連携させて、2017(平成29)年告示中学校学習指導要領技術科「B生物育成の技術」を、「生物技術」に再編し、幼稚園から高校までを一貫した技術教育課程基準の構成原理を提案することである。本稿で用いる「技術」は、テクノロジーを意味し、テクニク(技法、技巧等)やスキル(技能)と峻別する。

日本発STEAM教育⁽¹⁾とは、各教科等の相互の関係性やSDGsに必要な通教科的・汎用的能力、「ティンカリング(試行錯誤)」⁽²⁾といった五感を駆使する「デザイン(設計)プロセス(思考)」などの発想・創造、論理的思考能力を働かせながら、身近な生活と実社会で生じている問題を課題化して解決することで学びの必然性を実感し、「人間力」を基盤とし、「学(サイエンス)」のあるものの探究と、「術(アーツ)」のあるべきものの探求との融合を図る最適解を追求し、学校内外の学びの場の空間軸と、生涯にわたる学びとキャリア発達の時間軸を基軸としながら、学び続ける教育をいう。Design[国際技術・エンジニアリング教育者学会(International Technology and Engineering Education Association, ITEEA, 2020: 152)]^{1), (3)}は、「デザイン(設計)」と邦訳する。本稿における「デザイン(設計)」、「デザイン(設計)プロセス」の概念は、ITEEA(2020)⁽³⁾のSTELの用語集に従う²⁾。日本語のデザインの意味と、異なっていることに留意したい⁽⁴⁾。

アーツとは、技術やリベラルアーツと共に、美術、音楽芸術、身体芸術、ランゲージアーツ等を含む。デザイン(設計)プロセスとは、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である(同: 152)⁽³⁾。

本稿における「生物技術」概念は、西田(1982: p.3)⁽⁵⁾の生物技術論の概念規定に従い、生物を対象とする技術、生物・生命現象を対象とする技術と定義する。西田は、農業技術、バイオテクノロジー、医療技術は、生物技術概念の外延と指摘している。山崎ら(2021)⁽⁶⁾は、ITEEA(2020)⁽³⁾の前幼稚園から第12学年までを一貫した技術・エンジニアングリテラシーのための内容標準(Standards for Technological and Engineering Literacy, STEL)の構造を紹介

した。STELは、コア、コンテキスト、プラクティシズの3枚の八角形の羽から構成されている。コンテキストは、「農業とバイオテクノロジー技術(Agricultural and Biological Technologies)」、「医療と健康関連技術(Medical and Health-Related Technologies)」、「コンピューテーション・自動化・人工知能ロボティクス」、「製造技術」、「運輸・ロジスティクス(物流を含む総合管理と最適化)」、「エネルギー・動力」、「情報・コミュニケーション」、「建設環境」の計八つである。STELは、国際技術教育学会(International Technology Education Association, ITEA)(2000)¹⁾、⁷⁾のSTL(Standards for Technological Literacy)の改定版である。STLは、ITEAにより1994年に発足した「全ての米国人のためのテクノロジー – 技術学習の理論と構造 –」に基づいて作成されている⁸⁾。「技術学習の理論と構造」では、「技術の普遍的性質」として、「知識」、「コンテキスト(文脈)」、「プロセス」の3層構造モデルが提案されている。コンテキストは、「情報システム」、「物理システム」、「生物システム」から構成されている。「生物システム」では、農業、医療、健康、遺伝子操作技術に関連するバイオテクノロジーに関するシステム概念の重要性が指摘されている(p.33)。「技術学習の理論と構造」は、サベージ・ステリー(1990)⁹⁾の「技術教育の概念の枠組み(A CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR TECHNOLOGY EDUCATION)」を参考にして作成されている。バイオテクノロジーの対象と範囲において、農業生産のみならず、医療健康関連技術とすることが明記されている(p.17)。サベージら(1993)¹⁰⁾は、生物技術をシステム概念として位置づける必要性とともに、下位概念として「Human Factors Engineering」、「Health Care Technology」、「Cultivation of Plants and Animal」などに整理分類し、生物技術ガバナンスの重要性を提言している。サベージは、2007年に文部科学省短期外国人招聘教授として、3ヶ月間にわたって第2著者が受け入れ教員となり、上越教育大学をはじめとした講義、講演会と、本邦の技術教育に関する研究を実施した。

2 山崎・山崎(2021)のCOVID-19のワクチン技術開発をテーマにした技術ガバナンスレビュー学習の教材化

山崎・山崎(2021)¹¹⁾は、中学校技術科において、初等中等教育段階における日本発STEAM関連教科を連携させて、海外のCOVID-19のワクチン技術開発をテーマにした技術ガバナンスレビュー学習の教材化について検討した。技術ガバナンスレビュー学習とは、谷田ら¹²⁾と川路ら¹³⁾を援用し、既に普及している既存の技術が開発・創造された過去に遡り、技術が評価、選択等される「技術ガバナンス」から、新たな技術を構想・創造する「技術イノベーション」へと至る経緯を検討する学習をいう。

研究課題1では、ITEA(2000)⁷⁾のSTLの「STL-14医療技術」の「幼稚園から第2学年」、「第3学年から第5学年」、「第6学年から第8学年」、「第9学年から第12学年」のベンチマーク(学習到達目標)を検討し、なぜワクチン技術開発やワクチン接種をSTLに導入しているのか、目標や内容の具体について考究する。STLでは、ウイルスについて「幼稚園から第2学年」から学習していた。免疫は、「第6学年から第8学年」から扱っていた。(遺伝子)組換えは、「第6学年から第8学年」から学習していた。遺伝子は、「第6学年から第8学年」から扱っていた。DNAは、「第6学年から第8学年」から学習していた。「第3学年から第5学年」では、ワクチンは、病気が発症し広まるのを予防するためにデザイン(設計)されることを掲げ、ワクチンや薬のデザイン(設計)が、デザイン(設計)プロセスにどのように関連しているかということについて、インターネット等の調べ学習や、地元薬局への訪問調査の利用を解説していた。

研究課題2では、我が国の教育課程の国家基準である、小学校学習指導要領(平成29年告示)(文部科学省, 2018a)¹⁴⁾、中学校学習指導要領(平成29年告示)(文部科学省, 2018b)¹⁵⁾、高等学校学習指導要領(平成30年告示)(文部科学省, 2019a)¹⁶⁾における各教科(高校は共通教科)と「総合的な学習(高校は探究)の時間」で、ヒト病原性ウイルスワクチン技術開発の評価、選択、管理、運用と、新たな発想に基づく技術イノベーションに関して、どのように扱われているのかを調査する。「ウイルス」は、中学校学習指導要領解説保健体育編(文部科学省, 2018c)¹⁷⁾で学習内容として扱われていたが、技術の文脈表現は、見られなかった¹⁾。「遺伝子」と「DNA」は、中学校理科第2分野内容「(5)生命の連続性(イ)遺伝の規則性と遺伝子⑦遺伝の規則性と遺伝子」において、「遺伝子の本体がDNAであること(文部科学省, 2018d: p.95)」¹⁸⁾で取り扱われていた。中学校の他教科等では、遺伝子とDNAは、扱われていなかった。ワクチンは、高校理科学科「科学と人間生活」(文部科学省, 2019b)¹⁹⁾で扱われていたが、技術の文脈表現は、見られなかった。(遺伝子)組換えとベクターは、高校理科学科生物において、遺伝子を扱う技術について、その原理と有用性の科学的理解と共に、「例えば、制限酵素やベクターを用いた遺伝子組換え技術による医薬品の製造や、増殖技術であるPCR法を用いたDNA解析などについての資料を示し、その原理と有用性を理解させることなどが考えられる(文部科学省, 2019b: p.140)」¹⁹⁾と示され、技術の文脈が明確に盛り込まれていた¹¹⁾。遺伝情報とたんぱく質

(高校理科ではタンパク質と表記)の合成については、高校理科「生物基礎」と「生物」で扱われていた(文部科学省, 2019b)⁽¹⁹⁾が、技術の文脈は見られなかった。mRNAとRNAは、高校理科「生物基礎」と「生物」で扱われていたが、技術の文脈は盛り込まれていなかった^{(11), (19)}。

研究課題3は、日本発STEAM教育の観点から、我が国の中学校技術科において、技術ガバナンスレビュー学習としてのCOVID-19のワクチン技術開発について、「技術イノベーションのプロセス」と、「技術ガバナンスのプロセス」に基づいた技術ガバナンスレビュー学習の教材化について論じる。

3 国内外の教科等におけるCOVID-19をはじめとしたワクチン接種と感染症対策に関する学習の取扱い

前章で述べたように、2017(平成29)年告示中学校学習指導要領では「保健体育」「理科」、2018(平成30)年告示高等学校学習指導要領では理科の科目「科学と人間生活」「生物基礎」「生物」において、技術の文脈はないが関連する内容が扱われていた(山崎・山崎, 2021)⁽¹¹⁾。そこで、国内外の教科等の授業において、COVID-19をはじめとしたワクチン接種と感染症対策に関する取扱いを先行研究から調査した。

長島(2020)⁽²⁰⁾では、ウイルスと免疫機構について必要最小限の知識を身に付けておくことを重要としたうえで、小学校理科におけるウイルスの扱いについて検討し、「生物と環境」の単元中に「生物のスケール」の導入を提案している。加えて、中学校理科としてウイルスや免疫の学習を位置づけたうえで、第3学年の「自然環境の保全と科学技術の利用」の単元で、COVID-19の感染拡大を、Eco-DRR(Ecosystem-based disaster risk reduction)の視点から生物由来の災害として位置づけることを提案した。門脇ら(2021)⁽²¹⁾は、感染拡大防止のための行動変容やその判断の根拠となる知識が重要として、中学校理科カリキュラムの中にウイルス、免疫を位置づけた試案を示している。第1学年では「いろいろな生物とその共通点」で、最も単純なつくりを持つ生物として「ウイルス」を取り扱う。本稿の著者は、「あらゆる生物は遺伝情報の複製と発現が行われる細胞を構成単位とすることを理解し、細胞にかかわる諸形質をもとにして原核生物/真核生物、植物/動物/菌類、単細胞生物/多細胞生物を区別できることを理解する。ウイルスは単独では増殖できないために独立した生物とは考えられていないが、遺伝子をもち宿主細胞に感染して増殖する非細胞性の微小構造体であること(日本学術会議基礎生物学委員会, 2013: p.12)」⁽²²⁾の理解が極めて重要である。中学校第1学年の理科第1分野で学習する必要があると考える。次に、第2学年では「生物の体のつくりと働き」においてヒトの体の調整として、防御機構としての免疫についての学習を行う。ここでは、免疫の学習とともに、ワクチン開発の学習を取り扱っている。第3学年では、「遺伝の規則性と遺伝子」におけるDNAの学習や「生物の種類と多様性と進化」においてウイルスを関連付けて取り扱う。また、ウイルスと共存していくための知恵を身に付ける必要を学ぶため、長島(2020)⁽²⁰⁾で提案されているEco-DRRの視点から「自然環境の保全と科学技術の利用」での位置づけの可能性を述べている。

保健体育に関しては、保健教育の内容として以外にも、日々の保健指導の一環として行われていることが分かった。柳谷(2020)⁽²³⁾では、高校における教科等の内容として感染症や感染症予防に関する内容と扱いつつ、保健指導の一環として、最近やウイルスとの違いなどの基本的な知識やその特徴に応じた対応についての学習の実施を報告している。中村・鎌塚(2021)⁽²⁴⁾では、コロナ禍と呼ばれる特別な状況に対して、小学校の単元「心の健康」として「心の発達」「心と体のつながり」「不安や悩みへの対処」を扱った授業を行っている。川口ら(2021)⁽²⁵⁾では、教師がどのようにCOVID-19を授業で扱っていくのかを分析しており、保健体育科では必要性から「健康な生活と疾患の予防」で実施された授業を取り上げている。

山崎・山崎(2021)⁽¹¹⁾の中学校学習指導要領社会科の調査結果では、COVID-19をはじめとしたワクチン接種と感染症対策に関する学習は見い出せなかった。しかし、先述の川口ら(2021)⁽²⁵⁾では、歴史分野の単元のまとめとして「感染症」をテーマとした実践を取り上げている。実践された授業は、感染症の歴史とCOVID-19を関連させることで、歴史的事象から社会構造を捉え直す学習であった。また、國原(2021)⁽²⁶⁾では、社会的・経済的に影響を及ぼすものから、今後への生かし方を考え、行動する力を育成する必要があるとして、初期社会科の学習指導要領や教科書などを参考にCOVID-19の教材化の視点を整理している。取り扱う知識としては、疾病そのものと予防、健康・衛生・厚生などの基本的な理念や基本事項、地域の対応があげられている。また、「社会的距離」を用いて、社会的事象を多面的・多角的に捉え直し、課題解決にアプローチさせるなど、実践的な活動を提案している。

国外の教科等におけるワクチン接種と感染症対策に関わる学習、特に技術・エンジニアリングリテラシーの文脈として、ライト・バルソロメイ(2021)⁽²⁷⁾の事例がある。提案している授業案では、「技術・エンジニアリング教育におけるデザイン」の内容として「医療及び健康に関する技術」「倫理への配慮」「農業および生物学的技術」を扱っている。

4 STEAM教育と連携した幼稚園から高等学校までを一貫した「生物技術」の対象内容知

STEAM教育と連携した幼稚園から高等学校までを一貫した「生物技術」の対象内容知のスコープ(領域・範囲)とシーケンス(発達段階の系統性・適時性)を、表1に示す。

表1 STEAM教育と連携した幼稚園から高等学校までを一貫した「生物技術」の対象内容知

シーケンス スコープ	幼稚園・小学校 低学年 ※身近な生活を支える生物技術の存在と役割の気付き	小学校中学年 ※技術の改良・応用による自然や生物の改変	小学校高学年 ※利便性とリスクの折り合いによる最適解の探求	中学校 ※SDGsからのシステムとしての生物技術概念理解の重視	高等学校 ※Society5.0を実現するための生物技術システムの発展と社会実装の課題
遺伝子 変換技術・ 育種技術・ バイオ テクノロジー	<p>【※栽培植物・飼育動物・水産生物】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・草花・作物・樹木などの栽培植物、飼育動物、水産生物には、多くの種類・品種があること ※小学校学習指導要領(平成29年告示)解説生活科(7)「動物を飼ったり植物を育てたりする活動を行う」について、STEAM教育のTechnology(以下、T)とEngineering(以下、E)の文脈から生活科と連携学習 <p>【人間】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ワクチン接種、創薬の効果と、気をつけなければいけないこと 	<p>【※栽培植物・飼育動物・水産生物】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・野生植物と栽培植物、野生動物と飼育動物、天然の水産生物と、品種改良技術で創出した養殖・増殖等で生育した水産生物の違い ※小学校学習指導要領(平成29年告示)解説理科編第3学年内容B(1)身の回りの生物、第4学年B(2)季節と生物について、STEAM教育のTとEの文脈から理科と連携学習 <p>【人間】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ワクチン技術と、創薬技術の目的と開発過程 ・医療用の人工器具・装置等の技術開発の目的と開発過程 	<p>【※栽培植物・飼育動物・水産生物】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・在来種(固有種)と、交配品種などの品種改良技術品種の利便性とリスク ・外来種が生態系に与えるリスク ※小学校学習指導要領(平成29年告示)解説社会編第5学年「(2)我が国の農業や水産業における食料生産」、同理科編第5学年B(1)植物の発芽、生長、結実、B(2)動物の誕生、第6学年B(1)人の体のつくりと働き、B(2)植物の養分と水の通り道、B(3)生物と環境、同家庭編内容「A家族・家庭生活」、「B衣食住の生活」、「C消費生活・環境」について、STEAM教育のTとEの文脈から社会科理科、家庭科と連携学習 <p>【※人間】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ワクチンの利便性とリスク ・創薬の利便性とリスク ※小学校学習指導要領(平成29年告示)解説体育編第5、6学年のG保健(3)病気の予防、同家庭編内容「A家族・家庭生活」、「B衣食住の生活」、「C消費生活・環境」について、STEAM教育のTとEの文脈から体育科、家庭科と連携学習 	<p>【※栽培植物・飼育動物・水産生物】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・在来種、交配種、バイオテクノロジー(胚等の組織培養、遺伝子組換え、ゲノム編集技術等)品種改良技術の進歩もたらす利便性とリスク ・生物資源の収集・保護と保存技術の役割 ※中学校学習指導要領(平成29年告示)解説理科編第2分野(1)いろいろな生物とその共通点、(3)生物の体のつくりと働き、(5)生命の連続性、(7)自然と人間、同技術・家庭編家庭分野(以下、家庭科)B衣食住の生活について、STEAM教育のTとEの文脈から理科、家庭科と連携学習 <p>【※人間】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ワクチンと創薬開発など、医療バイオテクノロジーの進歩とリスク ※中学校学習指導要領(平成29年告示)解説保健体育編保健分野の(1)現代社会と健康、(2)安全な社会生活、(3)生涯を通じる健康、(4)健康を支える環境づくり、同解説家庭編科目「家庭基礎」及び「家庭総合」について、STEAM教育のTとEの文脈から保健体育科、家庭科と連携学習 	<p>【※栽培植物・飼育動物・水産生物】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・栽培植物・飼育動物・水産生物の遺伝子操作技術による品種改良、遺伝資源の保護とバイオテクノロジーの今後の発展及び、社会実装の課題 ※高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説理科編科目「科学と人間生活」(1)科学技術の発展、(2)人間生活の中の科学、(3)これからの科学と人間生活、同科目「生物基礎」(1)生物の特徴、同科目「生物」(1)生物の進化、(2)生命現象と物質、(3)遺伝情報の発現と発生、同解説家庭編科目「家庭基礎」及び「家庭総合」について、STEAM教育のTとEの文脈から理科、家庭科と連携学習 <p>【※人間】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・病気の原因解明、新ワクチン・新薬開発、生殖医療、再生医療バイオテクノロジーの進歩とリスク ※高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説保健体育編保健分野の(1)現代社会と健康、(2)安全な社会生活、(3)生涯を通じる健康、(4)健康を支える環境づくり、同解説家庭編科目「家庭基礎」及び「家庭総合」について、STEAM教育のTとEの文脈から保健体育科、家庭科と連携学習
生物環境 調節の最 適化技術	<p>【※栽培植物】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・土に触れる原体験 ・先生や保護者らと一緒にの水やり <p>【※飼育動物・水産生物】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・先生、保護者、上級生らと一緒にの餌やり <p>※小学校学習指導要領(平成29年告示)解説生活科(7)「動物を飼ったり植物を育てたりする活動を行う」について、STEAM教育のTとEの文脈から生活科と連携学習</p> <p>【人間】</p> <ul style="list-style-type: none"> 小学校学習指導要領(平成29年告示)解説生 	<p>【栽培植物・飼育動物・水産生物】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自分たちにより、適切な量の水やり、施肥、給餌、温度、湿度、照度などの飼育環境の最適化 ※小学校学習指導要領(平成29年告示)解説理科編第3学年内容B(1)身の回りの生物、第4学年B(2)季節と生物について、STEAM教育のTとEの文脈から理科と連携学習 <p>【※人間】</p> <ul style="list-style-type: none"> ※小学校学習指導要領(平成29年告示)解説社会編第3学年内容(2)「地域に見られる生産や販売の仕事」、 	<p>【※栽培植物】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・生ゴミや落ち葉からのたい肥作り <p>【※飼育動物】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・空気・温度・湿度・光環境の最適化 ・家畜の排せつ物からのたい肥づくり <p>【※水産生物】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水中の酸素、水温や食性などを考慮した栽培・飼育環境の最適化 <p>※小学校学習指導要領(平成29年告示)解説社会編第5学年「(2)我が国の農業や水産業における食料生産」、同理科編第5学年B(1)植物の発芽、生長、結実、B(2)動物の誕生、第6学年B(1)人の体のつくりと働き、B(2)植物の養分と水の通り道、B(3)生物と環境について、</p>	<p>【※栽培植物・飼育動物・水産生物】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・生物の種類と目的に応じて、SDGsの視点と、食料安全保障・防災・減災等の危機管理に果たす視点から、植物栽培・動物飼育・水産生物生産環境技術の最適化 ※中学校学習指導要領(平成29年告示)解説理科編第2分野(1)いろいろな生物とその共通点、(3)生物の体のつくりと働き、(5)生命の連続性、(7)自然と人間について、STEAM教育のTとEの文脈から理科と連携学習 <p>【※人間】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・SDGsの視点からの、健康と福祉向上のための衣食住などの家庭生活環境、及び社会生活環境の技術による最適化 	<p>【※栽培植物・飼育動物・水産生物】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・Society5.0を実現するための生物技術システムの発展と社会実装の課題を踏まえ、SDGsの視点と、食料安全保障・防災・減災等の危機管理に果たす植物栽培・動物飼育・水産生物生産環境の技術による最適化 ※高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説理科編科目「科学と人間生活」(1)科学技術の発展、(2)人間生活の中の科学、(3)これからの科学と人間生活、同科目「生物基礎」(1)生物の特徴、同科目「生物」(1)生物の進化、(2)生命現象と物質、(3)遺伝情報の発現と発生について、STEAM教育のTとEの文脈から理科と連携学習 <p>【※人間】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・Society5.0の実現に向けた、生物技術システム、SDGsの視点からの、健康と福祉向上のための衣食

生物環境調節の最適化技術	<p>活編(1)「学校生活に関わる活動を行う」、(2)「家庭生活に関わる活動を行う」、(3)「地域に関わる活動を行う」、(4)「公共物や公共施設を利用する活動を行う」について、STEAM教育のTとEの文脈から生活科と連携学習</p>	<p>(3)「地域の安全を守る働き」、第4学年内容(5)「県内の特色ある地域の様子」、同理科編第3学年内容B(1)身の回りの生物、第4学年B(2)季節と生物について、STEAM教育のTとEの文脈から社会科及び理科と連携学習</p>	<p>STEAM教育のTとEの文脈から社会科及び理科と連携学習</p> <p>【※人間】 ※小学校学習指導要領(平成29年告示)解説社会編第5学年内容(2)「我が国の農業や水産業における食料生産」、(5)「我が国の国土の自然環境と国民生活との関連」、同理科編第5学年B(1)植物の発芽、生長、結実、B(2)動物の誕生、第6学年B(1)人の体のつくりと働き、B(2)植物の養分と水の通り道、B(3)生物と環境、同家庭編内容「A家族・家庭生活」、「B衣食住の生活」、「C消費生活・環境」について、STEAM教育のTとEの文脈から社会科、理科及び家庭科と連携学習</p>	<p>※中学校学習指導要領(平成29年告示)解説社会編A私たちと現代社会、D私たちと国際社会の課題、同保健体育編保健分野の(1)健康な生活疾病の予防、(3)傷害の防止、(4)健康と環境、同技術・家庭編家庭科B衣食住の生活について、STEAM教育のTとEの文脈から保健体育科及び家庭科と連携学習</p>	<p>住などの家庭生活環境、及び社会生活環境の技術による最適化</p> <p>※高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説社会編科目「公共」、C持続可能な社会づくりの主体となる私たち、理科編科目「科学と人間生活」(1)科学技術の発展、(2)人間生活の中の科学、(3)これからの科学と人間生活、同科目「生物基礎」(1)生物の特徴、同科目「生物」(1)生物の進化、(2)生命現象と物質、(3)遺伝情報の発現と発生、同解説保健体育編保健分野の(1)現代社会と健康、(2)安全な社会生活、(3)生涯を通じる健康、(4)健康を支える環境づくり、同解説家庭編科目「家庭基礎」内容「B衣食住の生活の自立と設計」、同科目「家庭総合」内容「B衣食住の生活の科学と文化」について、STEAM教育のTとEの文脈から社会科、理科、家庭科と連携学習</p>
生物成長管理の最適化技術	<p>【※栽培植物・飼育動物・水産生物】 ・先生、保護者、上級生らと一緒に、植物の生長段階(種まき、苗の植え付け、生育管理、収穫など)、飼育動物・水産生物の種類に応じて、健全な成長段階に必要な管理</p> <p>※小学校学習指導要領(平成29年告示)解説生活科(7)「動物を飼ったり植物を育てたりする活動を行う」について、STEAM教育のTとEの文脈から生活科と連携学習</p> <p>【人間】 ・防災や減災を含む、けがや事故の発生を防ぐための安全技術の重要性の気付き ・病気予防などを抑えるワクチン、病気を治したりする薬などの医療・保健・衛生技術の気付き</p>	<p>【※栽培植物・飼育動物・水産生物】 ・自分たちにより、植物の生長段階(種まき、苗の植え付け、生育管理、収穫など)、飼育動物・水産生物の種類に応じて、健全な成長段階に必要な管理技術</p> <p>※小学校学習指導要領(平成29年告示)解説理科編第3学年内容B(1)身の回りの生物、第4学年B(2)季節と生物について、STEAM教育のTとEの文脈から理科と連携学習</p> <p>【人間】 ・防災や減災を含む、けがや事故の発生を防ぐための安全技術の基礎の習得 ・ワクチン技術と、創薬技術の目的と開発過程 ・医療用の人工器具・装置等の技術開発の目的と開発過程</p>	<p>【※栽培植物・飼育動物・水産生物】 ・生物の健康維持に必要な管理技術の最適化の視点からの、栽培植物、飼育動物・水産生物の各種類と目的に応じて、健全な成長段階に必要な管理技術の最適化</p> <p>※小学校学習指導要領(平成29年告示)解説社会編第5学年「(2)我が国の農業や水産業における食料生産」、同理科編第5学年B(1)植物の発芽、生長、結実、B(2)動物の誕生、第6学年B(1)人の体のつくりと働き、B(2)植物の養分と水の通り道、B(3)生物と環境について、STEAM教育のTとEの文脈から社会科及び理科と連携学習</p> <p>【※人間】 ・防災や減災を含む、けがや事故の発生を防ぐための安全技術の活用 ・ワクチンの利便性とリスク ・創薬の利便性とリスク ・技術的な進歩は、医療装置の創造、体の特定部分の治療や人工物の取り替え、移動のための提供を可能にしたこと ・多くの医療器具と装置などの技術システムは、健康に関する手がかりの提供に役立ち、安全な環境の提供のためにデザインされてきたこと</p> <p>※小学校学習指導要領(平成29年告示)解説体育編第5、6学年のG保健(2)けがの防止、(3)病気の予防について、STEAM教育のTとEの文脈から体育科と連携学習</p>	<p>【※栽培植物・飼育動物・水産生物】 ・SDGsの視点と、生物の健康維持に必要な管理技術の最適化の視点からの、栽培植物、飼育動物・水産生物の各種類と目的に応じて、健全な成長段階に必要な管理技術の最適化</p> <p>※中学校学習指導要領(平成29年告示)解説理科編第2分野(1)いろいろな生物とその共通点、(3)生物の体のつくりと働き、(5)生命の連続性、(7)自然と人間について、STEAM教育のTとEの文脈から理科と連携学習</p> <p>【※人間】 ・SDGsの視点からの防災や減災を含む、けがや事故の発生を防ぐための安全技術の活用 ・医療・保健・衛生技術の進歩と改良は、医療・保健・衛生を改善するために使われていること ・免疫接種のためのワクチン開発技術や、創薬開発技術と利用には、十分な量のワクチンや創薬が製造される環境を支援する専門的技術、インフラと、そのための技術イノベーションと技術ガバナンスが必要であること</p> <p>※中学校学習指導要領(平成29年告示)解説保健体育編保健分野の(1)健康な生活疾病の予防、(3)傷害の防止、(4)健康と環境、同技術・家庭編家庭科B衣食住の生活について、STEAM教育のTとEの文脈から保健体育科、家庭科と連携学習</p>	<p>【※栽培植物・飼育動物・水産生物】 ・Society5.0を実現するための生物技術システムの発展と社会実装の課題を踏まえ、SDGsの視点と、食料安全保障・防災・減災等の危機管理に果たす植物栽培・動物飼育・水産生物の各種類と目的に応じて、健全な成長段階に必要な管理技術の最適化</p> <p>※高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説理科編科目「科学と人間生活」(1)科学技術の発展、(2)人間生活の中の科学、(3)これからの科学と人間生活、同科目「生物基礎」(1)生物の特徴、同科目「生物」(1)生物の進化、(2)生命現象と物質、(3)遺伝情報の発現と発生について、STEAM教育のTとEの文脈から理科と連携学習</p> <p>【人間】 ・AIやIoTなどの技術の進化に対応し、防災や減災を含む、けがや事故の発生を防ぐための安全技術の活用と不断の見直し ・医療技術は、予防とリハビリテーション、ワクチンと薬、内科的処置と外科的処置、遺伝子工学、そして健康を守り維持するためのシステム技術を含むこと ・遠隔医療には、医学、遠距離通信、仮想的存在、コンピュータ工学、情報学、人工知能、ロボティクス、材料工学、そして知覚心理学を含む多くの分野における技術的進歩が反映されていること</p> <p>※高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説社会編科目「公共」、同解説理科編科目「科学と人間生活」(1)科学技術の発展、(2)人間生活の中の科学、(3)これからの科学と人間生活、同科目「生物基礎」(1)生物の特徴、同科目「生物」(1)生物の進化、(2)生命現象と物質、(3)遺伝情報の発現と発生、同解説保健体育編保健分野の(1)現代社会と健康、(2)安全な社会生活、(3)生涯を通じる健康、(4)健康を支える環境づくり、同解説家庭編科目「家庭基礎」及び「家庭総合」、同解説情報編科目「情報I」、「情報II」について、STEAM教育のTとEの文脈から保健体育科、家庭科、情報科と連携学習</p>

生物保護・ 医療・保健・衛生 技術	【栽培植物・飼育動物・水産生物】 ・生育が良好な栽培植物・飼育動物・水産生物と、生育が良くない生物への気付き ※小学校学習指導要領(平成29年告示)解説生活科(7)「動物を飼ったり植物を育てたりする活動を行う」について、STEAM教育のTとEの文脈から生活科と連携学習 【人間】 スコープ「生物成長管理の最適化技術」と同じ	【※栽培植物】 ・病気の標徴や虫害痕の発見など、栽培植物の健康状態の観察 【※飼育動物・水産生物】 ・飼育動物・水産生物の種類に応じた予防衛生 ※小学校学習指導要領(平成29年告示)解説理科編第3学年内容B(1)身の回りの生物、第4学年B(2)季節と生物について、STEAM教育のTとEの文脈から理科と連携学習 【人間】 スコープ「生物成長管理の最適化技術」と同じ	【※栽培植物】 ・木酢液・竹酢液など、自然素材を用いた病虫害の予防 【飼育動物・水産生物】 ・飼育動物・水産生物の種類に応じた予防衛生技術と防除技術の最適化 ※小学校学習指導要領(平成29年告示)解説社会編第5学年「(2)我が国の農業や水産業における食料生産」、同理科編第5学年B(1)植物の発芽、生長、結実、B(2)動物の誕生、第6学年B(1)人の体のつくりと働き、B(2)植物の養分と水の通り道、B(3)生物と環境について、STEAM教育のTとEの文脈から理科と連携学習 【※人間】 スコープ「生物成長管理の最適化技術」と同じ	【栽培植物】 ・コンパニオンプラントの活用など、生態系システムやSDGsの視点を取り入れた、病虫害の予防と防除 【飼育動物・水産生物】 ・持続可能な農林水産業やSDGsの視点を取り入れ、飼育動物・水産生物の種類に応じた、予防衛生技術と防除技術の最適化 ※中学校学習指導要領(平成29年告示)解説理科編第II分野(1)いろいろな生物とその共通点、(3)生物の体のつくりと働き、(5)生命の連続性、(7)自然と人間について、STEAM教育のTとEの文脈から理科と連携学習 【※人間】 スコープ「生物成長管理の最適化技術」と同じ	【栽培植物・飼育動物・水産生物】 ・Society5.0を実現するための生物技術システムの発展と社会実装の課題を踏まえ、SDGsの視点と、食料安全保障・防災・減災等の危機管理に果たす植物栽培・動物飼育・水産生物の各種類と目的に応じて、健全な成長段階に必要な予防衛生技術と、防除技術の最適化 ※高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説理科編科目「科学と人間生活」(1)科学技術の発展、(2)人間生活の中の科学、(3)これからの科学と人間生活、同科目「生物基礎」(1)生物の特徴、同科目「生物」(1)生物の進化、(2)生命現象と物質、(3)遺伝情報の発現と発生について、STEAM教育のTとEの文脈から理科と連携学習
-------------------------	---	--	---	---	---

従来の先行研究では、栽培植物、飼育動物、水産生物の全てを包含したスコープとシーケンスを示す教育課程基準表は、管見の限りない。表1の「栽培植物」は、山崎・横田(1990)⁽²⁸⁾が示したように、作物と草花のみならず、技術(エンジニアリングを含む)の文脈づくりにより、樹木や森林生産を対象内容にしている。四つのスコープは、「栽培植物」、「飼育動物」、「水産生物」、「人間」の計四つの属性を対象内容知としている。

山崎・山崎(2021)⁽¹¹⁾の先行研究結果では、高等学校理科の一部の指導項目のみ、技術の文脈が見られた。一方、表1に示したように、生物技術の対象内容知を、幼稚園から高等学校まで一貫した技術教育課程基準に導入すると、小学校生活科(文部科学省, 2018e)⁽²⁹⁾、同社会科(文部科学省, 2018f)⁽³⁰⁾、同体育科(文部科学省, 2018g)⁽³¹⁾、同家庭科(文部科学省, 2018h)⁽³²⁾、中学校社会科(文部科学省, 2018i)⁽³³⁾、同理科(文部科学省, 2018d)⁽¹⁸⁾、同保健体育科(文部科学省, 2018c)⁽¹⁷⁾、同技術・家庭科家庭分野(文部科学省, 2018j)⁽³⁴⁾、高等学校公民科公共(文部科学省, 2019c)⁽³⁵⁾、同保健体育科(文部科学省, 2019d)⁽³⁶⁾、同家庭科(文部科学省, 2019e)⁽³⁷⁾、同情報科(文部科学省, 2019f)⁽³⁸⁾とのSTEAM教育連携により、オーセンティック学習が可能となる。

5 STEAM教育と連携した幼稚園から高等学校までを一貫した「生物技術」の対象内容知と技術の「方法知」の関係

STEAM教育と連携した幼稚園から高等学校までを一貫した「生物技術」の対象内容知と技術の「方法知」の関係を、図1に示す。

図1に示した、「技術的課題解決のプロセス」、「技術イノベーションのプロセス」、「技術ガバナンスのプロセス」の三つの方法知は、山崎ら(2021)⁽⁴⁾が示した、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方法知であり、内容知と方法知が一体化することで、オーセンティック学習が可能になる。

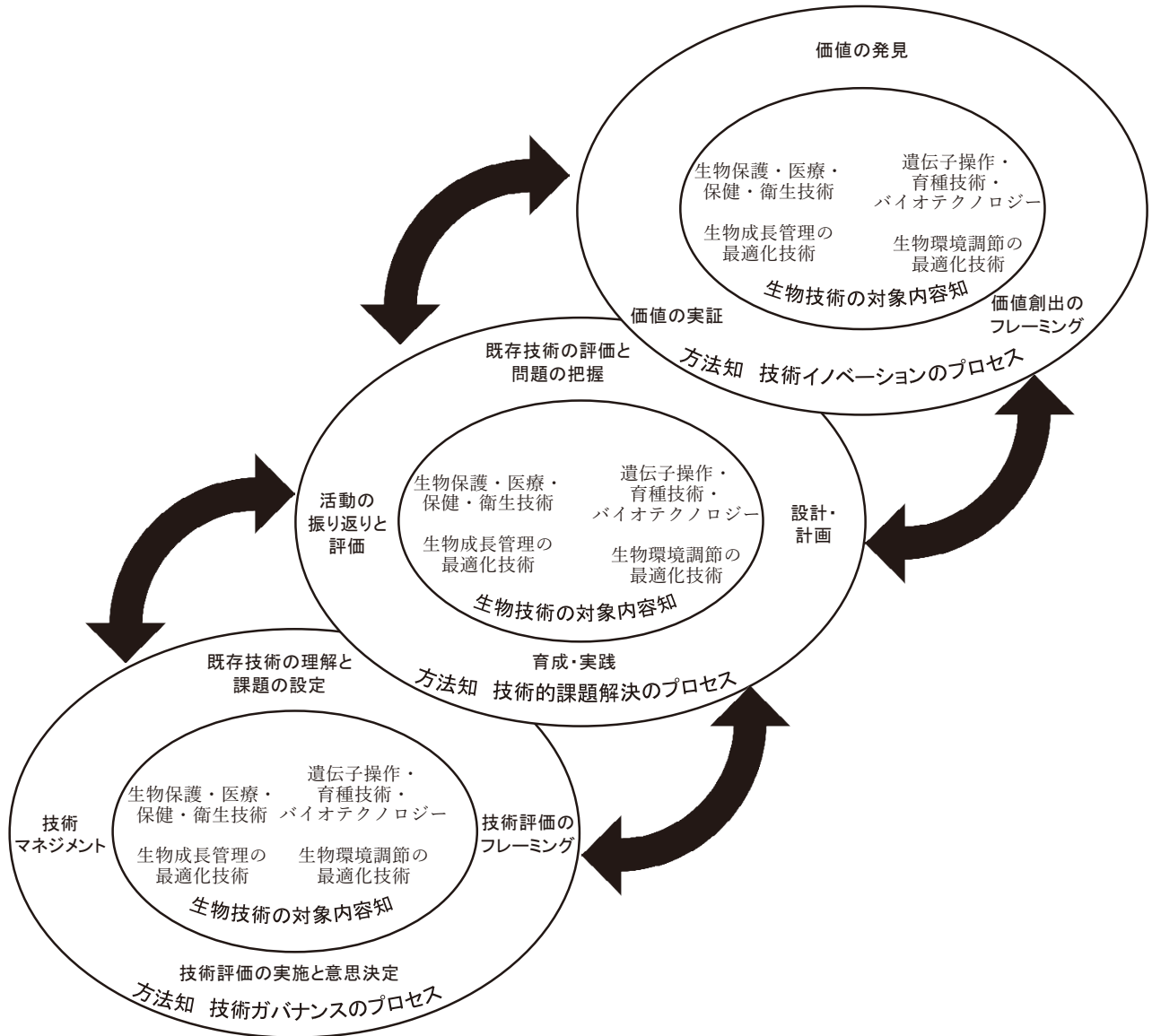


図1 幼稚園から高等学校までを一貫した「生物技術」の対象内容知と三つの方法知の関係構造

6 おわりに

本研究の目的は、初等中等教育段階における日本発STEAM関連教科を連携させて、2017(平成29)年告示中学校学習指導要領技術科「B生物育成の技術」を「生物技術」に再編し、幼稚園から高校までを一貫した技術教育課程基準の構成原理の提案である。生物技術の対象内容知の範囲は、「遺伝子操作技術・育種技術・バイオテクノロジー」、「生物環境調節の最適化技術」、「生物成長管理技術」、「生物保護・医療・保健・衛生技術」とし、「作物、草花、樹木を含む栽培植物」、「飼育動物」、「水産生物」、「人間」を対象内容にした。特に、各学年・校種段階における社会科、理科、体育・保健体育科、家庭科との連携内容を明記した。技術の文脈に依存する「生物技術の対象内容知」と、技術の文脈に依存する「技術的課題解決のプロセス」の方法知を辿る中で、「技術イノベーションのプロセス」、「技術ガバナンスのプロセス」の二つの方法知が相互に行き交う関係図を提案し、内容知と方法知を一体化したオーセンティック学習にするための技術に関する文脈づくりの重要性を提案した。

今後、各校種・各学年段階において、提案した技術教育課程基準に基づく実践と検証が課題である。

注

- 1) ITEAとITEEAの沿革，組織の目的等については，次のWeb pageを参照されたい。<http://www.iteea.org/>
 2) 本稿における「デザイン(設計)」，「デザイン(設計)プロセス」の概念は，ITEEA(2020)のSTEL [引用文献の(3)]の用語集に従った。引用文献の(6)において，邦訳を表に掲載した。

引用文献

- (1) 川原田康文・松田孝・磯部征尊・上野朝大・大森康正・山崎貞登：Society5.0に必要な資質・能力を育成する小学校段階におけるSTEAM/STREAM教科の教育課程の参照基準，上越教育大学研究紀要，第39巻，第2号，pp.539-553 (2020)
 (2) Wilkinson, K. and Petrich (著)，金井哲夫(訳)：『ティンカリングをはじめよう アート，サイエンス，テクノロジーの交差点で作って遊ぶ』，オライリー・ジャパン (2015)
 (3) ITEEA: Standards for Technological and Engineering Literacy -The Role of Technology and Engineering in STEM Education, Author (2020)
 (4) 山崎貞登・市原靖士・中原久志・渡津光司・森山潤：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，上越教育大学研究紀要，第41巻，第1号，pp.225-234 (2021)
 (5) 西田周作：生物技術論，文理閣 (1982)
 (6) 山崎貞登・磯部征尊・大森康正・岡島佑介：国際技術エンジニアリング教育者学会の前幼稚園から第12学年を対象とした技術・エンジニアリングリテラシーのための内容標準改定におけるSTEM教育連携強化の影響，科学教育研究，第45巻，第2号，pp.128-141 (2021)
 (7) ITEA: Standards for Technological Literacy -Content for the Study of Technology, Author (2000)，宮川英俊，桜井宏(編著)：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 (2002)
<https://www.iteea.org/> (2021年8月11日最終閲覧)
 (8) ITEA: Technology for All American, A Rationale and Structure for the Study of Technology, ITEA (1994)
 (9) Directed and Edited by: Savage, E. and Sterry, L., A CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR TECHNOLOGY EDUCATION, ITEA (1990)
 (10) Savage, N. E., Rossner, G. A. and Finke D. G: Bio-Related Technology, Delmar Publishers Inc. (1993) ISBN 0-8273-5108-9
 (11) 山崎恭平・山崎貞登：STEAM教育と連携したCOVID-19ワクチン開発の技術ガバナンスレビュー学習，上越教育大学研究紀要，第41巻，第1号，pp.215-224 (2021)
 (12) 谷田親彦・森山潤・上野耕史：技術科における「技術ガバナンスレビュー学習」の提案-数学科，理科，社会科の見方・考え方を教科横断的に働かせて-，pp.5-16，『国立教育政策研究所科学研究費助成事業シンポジウム 今後の日本を支える技術教育の在り方-教科横断的な視点からの検討-第1回技術ガバナンス教育の新たな視点』要項集(所収)，pp.5-16 (2019)
 (13) 川路智治・谷田親彦・森山潤・上野耕史：技術科における「技術ガバナンスレビュー学習」の授業開発と実践評価，科学教育研究，第44巻，第1号，pp.1-13 (2020)
 (14) 文部科学省：小学校学習指導要領(平成29年告示)，東洋館出版社 (2018a)
 (15) 文部科学省：中学校学習指導要領(平成29年告示)，東山書房 (2018b)
 (16) 文部科学省：高等学校学習指導要領(平成30年告示)，東山書房 (2019a)
 (17) 文部科学省：中学校学習指導要領(平成29年告示)学習指導要領解説 保健体育編，東山書房 (2018c)
 (18) 文部科学省：中学校学習指導要領(平成29年告示)学習指導要領解説 理科編，学校図書 (2018d)
 (19) 文部科学省：高等学校学習指導要領(平成30年告示)学習指導要領解説 理科編 理数編，実教出版 (2019b)
 (20) 長島康雄：新型コロナウイルス感染拡大をふまえた小学校・中学校理科カリキュラムへの「免疫」の位置づけに関する検討，日本科学教育学会第44回年会論文集，pp.281-284 (2020)
 (21) 門脇駿・攝待尚子・長島康雄：Withコロナ時代の義務教育段階における理科カリキュラムに関する研究 免疫・ウイルス(生体防御)を扱う中学校学習指導案の開発，仙台市科学館研究報告，第30号，pp.30-36 (2021)
 (22) 日本学術会議基礎生物学委員会・統合生物学委員会合同生物学分野の参照基準検討分科会：報告 大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準 生物学分野 (2013)
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-h131009.pdf> (2021年8月16日最終閲覧)
 (23) 柳谷貴子：新型コロナウイルス感染症に対する養護教諭の保健体育-特に高校生を対象にして-，日本健康相談活動学会誌，第15巻，pp.129-133 (2020)
 (24) 中村安里・鎌塚優子：中学校の保健授業に関する実態調査を活かした小学校での保健教育の試み，静岡大学教育実践総合センター紀要，第31巻，pp.351-358 (2021)
 (25) 川口広美・大坂遊・金鐘成・他3名：教師はどのようにCOVID-19を授業化するか-社会科と保健体育科の2人の教師を事例として，広島大学大学院人間社会科学部附属教育実践総合センター紀要「学校教育実践学研究」，第27巻，pp.49-56 (2021)

- (26) 國原幸一朗：中学校社会科における新型コロナウイルス感染症の教材化－昭和22年度学習指導要領(Ⅱ)の単元6を手がかりに－，名古屋学院論集 社会科学篇，第57巻，第4号，pp.115-138 (2021)
- (27) Wright, A. G. and Bartholomew, R. S. What it takes to create a vaccine and biomedical engineering, *Technology and Engineering Teacher*, No.80, Vol.7, pp.20-22 (2021)
- (28) 山崎貞登・横田正信：中学校技術・家庭科『栽培』領域から『生物資源生産』領域への改善に関する一試案，日本産業技術教育学会誌，第31巻，第4号，pp.231-236 (1990)
- (29) 文部科学省：小学校学習指導要領(平成29年告示)学習指導要領解説 生活編，東洋館出版社 (2018e)
- (30) 文部科学省：小学校学習指導要領(平成29年告示)学習指導要領解説 社会編，日本文教出版 (2018f)
- (31) 文部科学省：小学校学習指導要領(平成29年告示)学習指導要領解説 体育編，東洋館出版社 (2018g)
- (32) 文部科学省：小学校学習指導要領(平成29年告示)学習指導要領解説 家庭編，東洋館出版社 (2018h)
- (33) 文部科学省：中学校学習指導要領(平成29年告示)学習指導要領解説 社会編，東洋館出版社 (2018i)
- (34) 文部科学省：中学校学習指導要領(平成29年告示)学習指導要領解説 技術・家庭編，開隆堂 (2018j)
- (35) 文部科学省：高等学校学習指導要領(平成30年告示)学習指導要領解説 公民編，東京書籍 (2019c)
- (36) 文部科学省：高等学校学習指導要領(平成30年告示)学習指導要領解説 保健体育編 体育編，東山書房 (2019d)
- (37) 文部科学省：高等学校学習指導要領(平成30年告示)学習指導要領解説 家庭編，教育図書 (2019e)
- (38) 文部科学省：高等学校学習指導要領(平成30年告示)学習指導要領解説 情報編，開隆堂 (2019f)

The constituent principles of curriculum standards to reorganize domain contexts from bio-nurturing technology to bio-related technology in collaboration with STEAM Education

Kyohei YAMAZAKI* · Sadato YAMAZAKI**

ABSTRACT

This study aimed to establish principles for the construction of a consistent technology curriculum standard from kindergarten through upper secondary school. To do so, it proposed reorganizing the technology subject labeled bio-nurturing technology in the 2017 revised syllabus for lower secondary schooling into bio-related technology by linking Japan-oriented Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics (STEAM) related subjects in the elementary and secondary education levels. The scope of content knowledge for bio-related technology encompassed genetic engineering, breeding, and biotechnology, the optimization of the regulation of the biological environment, the optimization of the management of biological growth, and biological protection, medical, health, and sanitation technologies. The objects of the study were cultivated plants, including crops, flowers, and trees, farm animals, aquatic organisms, and humans. The content of course collaborations between the social studies, sciences, physical and health education, and home economics study was particularly specified for each grade level and school type. This paper proposes a model of the relationship between three knowledge processes: technological innovation, governance, and problem-solving. These first two knowledge processes of technological innovation and governance are interrelated in the subject of biotechnology. The process of technological problem-solving depends on the context of the technology. In this way, this study postulated the significance of the contextualization of technology to construct an authentic learning series that integrates the understanding of both contents and methods.