

小・中・高校を一貫した技術・情報教育の教科化に向けた 構成内容と学習到達水準表の提案

山崎 貞登*・山本 利一**・田口 浩継***・安藤 明伸****・
大谷 忠*****・大森 康正*・磯部 征尊*****・上野 朝大*****

(平成28年8月23日受付；平成28年11月21日受理)

要 旨

本稿の目的は、小・中・高校を一貫した技術・情報教科設置に関する今後の検討に資する基礎知見を提起するために、汎用的な資質・能力と共に、「技術教育固有の対象と内容構成（内容知）」と、「技術的課題解決力」とを相乗的に育成する技術・情報教科内容構成及び、学習者の発達段階に沿った学習到達水準表の提案である。主たる提案は、以下の2点である。

- (1) 技術教育固有の対象「生物育成技術」では、鍵概念を「育種」、「土壌肥料・飼養」、「生育管理」、「育成生物保護」とし、鍵プロセスを「技術的課題解決プロセス」として、校種間、他教科等連携を考慮に入れた各教育段階の学習到達水準表を提案した。
- (2) 技術教育固有の対象「情報・システム・制御」における種々の内容構成の内、本稿では鍵概念を「コンピュータシステムとネットワーク利用」、「プログラミング」を検討対象とし、鍵プロセスを「技術的課題解決プロセス」として、校種間、他教科等連携を考慮に入れた各教育段階の学習到達水準表を提案した。

KEY WORDS

小・中・高校を一貫した技術・情報教育 (Technology and Informatics from Elementary to Upper Secondary Schools Coherently), 生物育成技術の鍵概念 (Key Concepts in Bio-nurturing Related Technology), コンピュータシステムとネットワーク利用に関する技術の鍵概念 (Key Concepts in Informatics and Information Technology regarding Computer System and Net Work Utilization), 鍵プロセスとしての技術的課題解決プロセス (Technological Design Process as Key Processes)

1 問題の所在と研究目的

本論の目的は、小学校から高等学校まで一貫した技術・情報教科設置に関する今後の検討に資する基礎知見を提起するために、汎用的な資質・能力と共に、「技術教育固有の対象と内容構成（内容知）」と、「技術的課題解決力」とを相乗的に育成する技術・情報教科内容構成及び、学習者の発達段階に沿った学習到達水準表を提案することである。本研究で用いる「技術教育固有の対象と内容構成（内容知）」と「技術的課題解決力」の定義は、日本産業技術教育学会 (1999)⁽¹⁾、同 (2012)⁽²⁾に従って、小論を展開する。「技術教育固有の対象」は、「材料と加工」、「エネルギー変換」、「情報・システム・制御」、「生物育成」の4つの技術であり、内容構成は、前述の4つの技術にかかわる内容構成と共に、「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」から構成される (同, 2012: p.4)⁽²⁾。「技術的課題解決力」は、外環状に「創造の動機」、「設計・計画」、「製作・制作・育成」、「成果の評価」の4過程からなり、内環状に「各過程の評価と修正」のPDCAサイクルを繰り返しながら、合理的で最適な解を導くための方法と過程（プロセス）で育成される、技術教育固有の課題解決力である。

「教科」の存在を保障する主体については、日本学術会議第1部所属の教科教育関連学会から構成された「教科教育研究連絡委員会（教科教育研連）（当時）」が1970年代～80年代に地道で精力的な研究を積み重ね、1990年に論点整理を発表している。教科教育研連は、教科の存在根拠として、1) 認識対象の違い、2) 認識の方法の違い、3) 学問ないしは科学の知識体系の違い、4) 学習者の活動領域の違いなどを提案し、さらに究明が必要であるとしている (p.83)⁽³⁾。教科教育研連が展開した提言と討議の結果明らかになった課題は、(1) 教科の存在を保障する主体と根拠、(2) 学習者の心身と認知発達、人格形成に視点を置いた教科教育学と教科教育課程研究の必要性、(3) 各科教育学と、教科等を横断する課題、問題解決能力、メタ認知能力、総合的学習との関係であった。

*自然・生活教育学系 **埼玉大学 ***熊本大学 ****宮城教育大学 *****東京学芸大学 *****愛知教育大学
*****CA Tech Kids

一方、認知科学や情報科学をはじめとした学術研究の進歩、1980年代の情報化・グローバル化・知識基盤型社会の萌芽、近年のAIやロボットによる自動化等による職種淘汰や新職種出現の予想、不確実性が高く予測が難しい未来社会の様相により、教科教育研連が展開した提言と討議の結果明らかになった課題を、再度論点整理する必要に迫られている。特に、海外における1980年代からの教科教育研究の動向や潮流と、2014年11月20日の次期学習指導要領改訂に向けた文部科学大臣の諮問の第一として、『教育目標・内容と学習・指導方法、学習評価の在り方を一体として捉えた、新しい時代にふさわしい学習指導要領』⁽⁴⁾とが、密接に関連していると筆者は考えている。近年、国内外では、従来のいわゆる「コンテンツ・ベース」と呼ばれる内容基盤型から、「コンピテンシー・ベース」と呼ばれる資質・能力を基盤とした教育課程の基準に移行している。我が国では、2016年8月1日の教育課程企画特別部会にて、次期学習指導要領に向けたこれまでの審議のまとめ（素案）が公表⁽⁵⁾されたが、資質・能力を基盤とした教育課程の基準に移行する。

特に、1980年代からの海外の教科教育研究では、欧米を中心とした、国内の学力格差と国際比較による学力低下問題が、国家の危機と相まって、国際競争力向上のための国家的教育戦略として議論されて、いわゆる教育スタンダード運動が隆盛する。育成すべき資質・能力-目標-内容-学習評価-専門職能(Continuing Professional Development)を一体化したスタンダードの作成に基づく、イギリス⁽⁶⁾、米国⁽⁷⁾等の教育改革がある。イングランドの技術・情報教育では、村田ら⁽⁸⁾、山崎・磯部⁽⁹⁾、米国では、宮川ら⁽¹⁰⁾、角^{(11)~(14)}、山崎ら⁽¹⁵⁾等の国内先行研究がある。

次期学習指導要領に向けた今回の中教審に対する、文部科学省国立教育政策研究所のプロジェクト研究「教育課程の編成に関する基礎的研究（2009年度～2013年度）の貴重な研究成果が果たしてきた役割は、極めて大きいと筆者らは考えている。特に、2015年度刊行の同所の報告⁽¹⁶⁾によると、近年の国際動向として、「知識基盤型社会」、「グローバル社会」にて、生涯学び続けていく社会と位置付け、その基盤としての資質・能力を育成しようとするOECDのキーコンピテンシーの流れと、デジタル化されたネットワークの中で協調的に問題を解決する社会と捉えて、ICTリテラシーも含めた資質・能力を育成しようとする米国の21世紀型スキルの流れの二つがあることを明らかにしている。換言すると、学校で学んだ知識や技能の定型的な適用だけではなく、問題に直面した時点で集められる情報や知識を入手し、それらを統合して新しい答えを創り出す力の必要性を指摘している。以上から、同報告では、資質・能力育成を目指す教育課程の原理として、「Ⅰ. 教育課程全体の目標として資質・能力目標を明示した上で、Ⅱ. 子供が各教科等において深い学びを達成し、Ⅲ. その成果を統合することで、社会で生き抜き、社会全体をよりよい方向へと変えることができるための資質・能力を身に付けられるように教育課程を構造化する (p.vii)」⁽¹⁶⁾必要性を指摘した。

奈須 (2016)⁽¹⁷⁾らが指摘するように、我が国の学校教育は、長年に渡り、領域固有な知識や技能、学習指導要領の「内容」の習得を最優先課題として、「コンテンツ・ベース」で進められてきた。「コンテンツ・ベース」の教育の構成原理基盤は、「学習の転移」への期待であった。しかし、1970年代までの認知心理学をはじめとした研究成果により、学習の転移の困難性、限定性についての知見が累積されていく。そこで、一生涯にわたる洗練された問題解決の行使に必要なトータルとしての学力育成を課題として位置づけた教育課程の編成、言い換えると、「資質・能力（コンピテンシー）」を基盤とした教育であり、「コンピテンシー・ベース」である（奈須、2016：p.51）。「コンテンツ・ベース」から「コンピテンシー・ベース」への教育の原理転換への留意点として、奈須は3点指摘する。

第1は、洗練された問題解決には、一定の領域固有知識、コンテンツが必要である。奈須によると、「コンピテンシー・ベース」では、文化遺産なり生活や社会現実の各領域で生成・蓄積された価値あるコンテンツの指導を下地に、それらを駆使して質の高い問題解決ができる学習者を育て上げる教育であると指摘する（p.52）。

第2は、「コンテキスト（文脈）」概念の重視である。学習指導、授業研究では、コンテキストを教材と学習者をどのように遭遇させ、関係性を構築するか、授業者の意図や授業技法（テクニック）によって生み出される文脈の在り方次第で、学習者の意欲から、問いの深さ、さらには習得される内容の質や量、育成される資質・能力まで大きく異なること、授業作りは一面において、コンテキストづくりと奈須は指摘する。イギリスや米国など、近年の技術・情報教育は、「オーセンティック学習」と「オーセンティックな評価」が重視されている^{(9)・(15)}が、奈須は、オーセンティック学習によるコンテキスト生成を唱えている。

第3は、個々の事例や知識を統合・包括する概念的な理解や、その教科ならではの認識なり表現の方法論など、教科の本質、教科の「見方・考え方」の重視である（p.53）。奈須は、理科の実験や観察学習の現状を例示して、「直列と並列」、「光の反射と屈折」の学習において、多くの学習者は具体的、特殊的、個別的な事象とのかかわりでのみ、その実験なり観察の工夫の理解にとどまり、新たな対象や場面について科学的な方法論を自力で発動しにくい状況があると指摘している（p.53）。

洗練された問題（課題）探究解決では、思考プロセスと、一定の領域固有知識の活用の両輪が必要である（Wiggins

and MacTighe, 2005)⁽¹⁸⁾。米国数学教師協会 (the National Council of Teachers of Mathematics, NCTM) から1989年に出された『学校数学のためのカリキュラムと評価のスタンダード』⁽¹⁹⁾のカリキュラム・スタンダードでは、スタンダード「1 問題解決としての数学」、「2 コミュニケーションとしての数学」、「3 推論としての数学」、「4 数学的なつながり」といった、いわゆる数学的問題解決プロセススタンダードと共に、「5 見積」から「14 数学的構造」までのいわゆる認識スタンダードを提案している。全米科学教育スタンダード⁽²⁰⁾のコンテンツ・スタンダードでは、「科学における統合概念とプロセス」、「探究 (inquiry) としての科学」、「物理化学」、「生命科学」、「宇宙及び地球科学」、「科学と技術」、「個人的、社会的観点から見た科学」、「科学の歴史と本質」の8観点から構成されていて、科学的統合概念と科学的問題解決プロセスを重視している。国際技術教育学協会 (当時はInternational Technology Education Association, ITEAで、現国際技術・エンジニアリング教育者学協会: International Technology and Engineering Educators Association, ITEEA) の「技術リテラシーのためのスタンダード 技術学習の内容スタンダード」⁽⁴⁰⁾においても、認識 (cognitive) と「プロセス」の二つのタイプのスタンダードから構成されていて、「技術デザインプロセス」を重視している。各教科の全米スタンダードは、各教科等共に、コンテンツ・スタンダードと共に、例えば「技術」では、「学習評価 (Student Assessment)」、「専門職能発達 (Professional Development)」、「プログラム (Program)」の各スタンダードから構成されている⁽²¹⁾。

前述してきた認知科学研究の進展は、ショーマンのPCK (Pedagogical Content Knowledge, PCK)⁽²²⁾に代表される授業研究のパラダイム転換を余儀なくさせた。佐藤⁽²³⁾は、ショーマンのPCKの翻訳は難しいと前置きした上で、「授業と学びを想定して翻案された教科内容の知識」と提示している。以下、佐藤の論文により、PCKと教科教育研究との関連について論点を整理する。氏は、ショーマンは、従前の行動科学の授業研究では、「教科内容 (content)」、「教師と学習者の認識 (cognition)」、「授業と学習の文脈 (context)」の三つのCが欠落していたために、PCKは、三つのCの回復を実現する概念と指摘している。PCK概念の提示により、教師の知識研究に関する研究が進展する。さらに、PCK概念により、カリキュラム研究-授業研究-教師教育研究との接合を可能にした。佐藤は、教科教育研究のPCKを、「オーセンティック学習」において検証する必要性と共に、「オーセンティック学習」の「著者性 (authorship)」と、対象 (テキスト、資料) の「対称性 (objectivity)」の重要性を指摘している。佐藤の一連の指摘は、難解であり、高度のレトリックと文脈が埋め込まれた論文であるが、育成すべき資質・能力の中での特に言語能力の重要な役割、アクティブ・ラーニング、カリキュラム・マネジメントの重要性と密接に関連していると、筆者は考えている。

以上から、本稿では、小学校から高等学校まで一貫した技術・情報教育の教科設置の検討に資する基礎知見を得るために、汎用的な資質・能力と共に、「技術教育固有の対象と内容構成 (内容知)」^{(1),(2)}の技術・情報教育の鍵概念と、「技術的課題解決力」^{(1),(2)}の鍵プロセスとを相乗的に育成する技術・情報教科内容構成及び、学習者の発達段階に沿った学習到達水準表を提案する。本小論では、「技術教育固有の対象と内容構成 (内容知)」の内、「生物育成技術」と「情報・システム・制御技術」を検討対象とする。

2 「生物育成 (作物の栽培) 技術」

日本産業技術教育学会 (1999)⁽¹⁾、同 (2012)⁽²⁾が提案した「生物育成技術 (特に作物の栽培)」に関わる「技術教育固有の対象と内容構成」と「技術的課題解決力」の提案の経緯と今日までの先行研究については、磯部・山崎 (2013)⁽²⁴⁾、山崎^{(25),(26)}が詳しく論じている。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 -」⁽²⁷⁾は、同 (2012)⁽²⁾が示した「技術教育固有の対象と内容構成」をさらに精選・発展させ、技術的な課題の解決を実現するために必要となる「内容」を定め、内容構成を整理する新たな枠組みとして大項目と小項目を構成した。

大谷ら (2015)⁽²⁸⁾は、日本産業技術教育学会 (2014)⁽²⁷⁾の内容構成の大項目及び小項目に関して、日本学術会議、学術団体 (学会)、科学研究費助成事業、学術書を用いた検討を行った。さらに、大谷らは、日本技術者認定機構 (JABEE)、大学授業シラバス、既存の学習指導要領解説書、文部科学省検定済教科書等を用いて検討を行った。大谷らの先行研究では、日本産業技術教育学会 (2014)⁽²⁷⁾に示した4つの対象 (「材料と加工技術の基礎」、「エネルギー変換技術の基礎」、「情報・システム・制御技術の基礎」、「生物育成技術の基礎」)の計4つの「大項目」と、各内容構成の「小項目」の中間項目として、新たに「中項目」を提案した。中項目は、日本産業技術教育学会 (1999)⁽¹⁾、同 (2012)⁽²⁾を参考に、「科学的な原理・法則に基づいた知識概念」、「技術の理論的側面 (技術的に体系付けられた理論) に基づいた知識概念」、「実際の生産目的に関わる知識概念」に分類して提案した。

荒木ら (2015)⁽²⁹⁾は、「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 -」⁽²⁷⁾

を基盤とし、生物育成に該当する大項目、中項目、小項目の枠組みを検討した。資料には、作物の栽培に関連のある農学分野及び生物学分野の科学研究費助成事業細目表（11分科38細目）、学術団体のセッション（9学会206セッション）、用語事典の総合索引（3冊延べ127語）を用い、学術分野で使用されている用語の類型化を行った。さらに、日本技術者認定機構（JABEE）に認定された大学の教育カリキュラム（3大学）、農業高等学校「農業と環境」の教科書（2社索引から855語）、農業高等学校学習指導要領、中学校技術分野の教科書（3社索引から159語）、中学校学習指導要領解説技術・家庭編の記載を用い、索引や本文中に記載される語句のまとまりを引用し、教育分野で指導される項目に着目して用語を抽出した。「作物の栽培」の関連用語を抽出して類型化した結果、「A一次生産」、「B二次生産」、「C計画・評価」、「D消費・利用」に区別することができた。また、「A一次生産」は、「A-1生物」、「A-2環境」、「A-3生物管理」、「A-4品質・収量」に分類できた。「A-1生物」はさらに、「分類・育種」、「構造・機能」、「生理・生態」、「成長」に細分された。「A-2環境」は「気象要素」、「土壌・水要素」、「外的生物要素」、「生物生産システム」から構成されることが示された。「A-3生物管理」は、「全期」、「前期」、「中期」、「後期」に分類した。「C計画・評価」は、計画・評価を直接表す「C-1計画・評価」と、安全性や環境保全などの計画・評価の観点となる「C-2社会・自然とのかかわり」に区分した。荒木らの研究成果と、磯部・山崎、山崎との内容構成の枠組みを検討すると、山崎の「生物育種技術」が荒木らの「A-1生物」、「生物育成計画」が「C計画・評価」、「土壌肥料技術」が特に「A-2環境」の「土壌・水要素」、「生物育成管理技術」が「A-3生物管理」と「A-4品質・収量」、「育成生物保護技術」が特に「A-2環境」の「外的生物要素」にほぼ対応し、両研究成果はほぼ対応していると考えられた。そこで、本稿では、荒木ら（2015）⁽²⁹⁾を参考にしながら、磯部・山崎（2013）⁽²⁴⁾、山崎^{(25)・(26)}の内容構成に大きな変更はしないことを基本とした。また、「鍵プロセス」の「技術的課題解決プロセス」では、上野耕史ら（2015）⁽³⁰⁾と、山崎・磯部（2016）⁽³¹⁾の先行研究知見を考慮しながら再構成した。

さらに、白崎・山本（2009）⁽³²⁾と、山崎ら（2016）⁽³³⁾の先行研究を援用し、小・中・高校種間、他教科間との連携に配慮した⁽³⁴⁾。例えば、小学校社会科第5学年(2)農業の品種改良、理科と技術教育の「育種技術」、「土壌肥料技術」、「生物育成管理技術」、「育成作物保護技術」概念との連携、小学校家庭科の照度学習、小・中・高校理科の光合成に関する学習と技術科教育の連携等である。また、文部科学省（2013：p.10）⁽³⁵⁾は、「言語活動の充実に関する指導事例集【小学校版】」で、小学校中学年からの「科学」用語の活用と概念化の重要性を強く指摘している。前文の「科学」とは、サイエンスとテクノロジーを共に包含していると、筆者は考えている。そこで、「同【小学校版】」と共に、「同【中学校版】（p.10）」⁽³⁶⁾、「同【高等学校版】（pp.10-11）」⁽³⁷⁾で示された言語活動の各教育段階別の重点指導事項を考慮した。

幼稚園から高等学校までを一貫した「生物育成に関する技術（特に作物栽培と小学校段階での飼育）」の「鍵概念（対象内容）」と「鍵プロセス（技術的課題解決プロセス）」の教育段階ごとの学習到達水準表を、表1に示す。

表1 幼稚園から高等学校までを一貫した「生物育成に関する技術（特に作物栽培と小学校段階での飼育）」の「鍵概念（対象内容）」と「鍵プロセス（技術的課題解決プロセス）」の教育段階ごとの学習到達水準表

	鍵概念				技術的課題解決プロセス			
	育種	土壌肥料・飼養	生育管理	育成生物保護	創造の動機	設計・計画	育成	成果の評価
幼稚園	・日常生活で見かける種類の野菜、草花栽培、動物飼育	・土に触れる遊び ・先生や保護者と一緒に、えさやり	・先生や保護者と一緒に、苗の植え付け、水やり	・葉や茎に集まる虫の発見と観察	・対象と具体的にふれあいながら、栽培に自己の思いや願いを持つこと	・自己の願いをふくらませるためのイメージと活動の見通し	・五感を通して、栽培植物、土などの対象に働きかけ	・収穫や観賞の喜びの表現 ・生命尊重への気づき
小 低 学 年	・「食べる」、「遊ぶ」、「観賞」などの目的の明確化	・適切な施肥や給餌	・安全と衛生に気をつけた生育管理、種まき、苗の植え付け、水やり	・観察を通じた虫の食害、病徴の発見と観察	・自己の願いや要求を持った栽培	・イメージ、言語を用いた簡単な育成計画作成	・対象とのふれあいによる自己の思いや願いの深め合い ・絵日記による観察記録	・収穫祭、発表会、自他の生命尊重への気づき ・振り返り活動の重要性の気づき
小 中 学 年	・人とのかわりから見た、野生動物植物と、栽培飼育動物の特徴の違い	・生ゴミや落ち葉からのたい肥作り	・安全と衛生に配慮した生育管理、種まき、植え付け、草取り、支柱立て、道具の手入れ	・木酢液などの自然素材散布など、簡単な虫害、病害予防	・話し合いや情報収集で、栽培・飼育の目的の明確化	・栽培・飼育ごよみに対応した構想・計画表の作成	・育成の計画的な実施 ・活動記録の作成 ・活動を創意工夫する重要性	・簡単な科学・技術用語を用いた表現 ・判断と根拠、目的に対する結果（収穫量等）と原因の関係を明確にした発表と意見交換

表1 (続き) 幼稚園から高等学校までを一貫した「生物育成に関する技術(特に作物栽培と小学校段階での飼育)」の「鍵概念(対象内容)」と「鍵プロセス(技術的課題解決プロセス)」の教育段階ごとの学習到達水準表

小 高学年	・目的に応じた、作物や飼育動物の種類や品種の選択	・栽培植物や飼育動物の種類に応じた、適切な土作りと施肥、給餌	・摘芽、摘芯、株分け、挿し木などの栽培技術の活用、 ・生育環境の管理・衛生環境の保持	・身近な素材を用いた、防風・防寒シート、防鳥ネットなどを活用した生物保護	・自己と他者を思いやる動機をともなう課題設定	・これまでの栽培・飼育経験を活かした構想・計画作成 ・生育記録の作成の工夫	・「創意・工夫」ともなう育成活動の展開	・飼育動物の出荷等を体験することによる自他の生命尊重 ・健康・食糧・人口・環境・エネルギー問題と関連させた成果の評価
中学校	・持続可能な循環型社会の視点から、地域の環境条件や育種技術の進歩を考慮し、栽培する作物の種類や品種の適切な選択と活用	・環境保全や持続可能な循環型社会の推進に留意しながら、作物の生育に適した土作り ・肥料の性質を理解し、安全と環境に配慮しながら、適切な施肥・活用	・環境保全に配慮しながら、栽培技術を適切に活用し、 育成管理 ・食糧安全保障・防災・減災・危機管理に果たす農業、生物育成に関する技術の役割と管理・運用	・安全と環境に配慮した、病虫害の防除	・産業技術の視野を大切にしたい課題設定 ・技術評価や環境影響評価との関連を図る課題の設定 ・技術の発達史を考慮した技術的活動の構成	・既有体験による見通しを持った栽培計画の構成と環境保全に配慮した工夫 ・技術的課題解決活動の段取りと組織化 ・定量と共に定性的な施肥計画、病虫害の予防と防除計画	・科学的論理と思考活動を伴い、創意・工夫を中核にした育成活動 ・生活や社会を支える視点からの育成活動 ・理科・社会科・家庭分野、他教科等との関連を図る育成活動	・言語活動の一層の充実を図るための学習の振り返りと発表・表現・交流・学び合い活動 ・社会的・環境的・経済的側面等からの技術評価を重視し、生活や社会に繋がる学習の振り返り
高校	・光補償点、光環境制御の最適化技術と育種技術の評価と活用 ・植物工場等、育成環境の最適化技術と育種技術の評価・活用	・土壌肥料や土壌根圏有用微生物利用に関する技術が、社会、環境、経済等に与える影響を考慮し、生物の育成環境の最適化のための技術評価・活用	・生物の育成管理技術が、社会、環境、経済等に与える影響を考慮した生物育成管理 ・育成環境と育成管理の最適化技術の評価 ・食糧安全保障・防災・減災・危機管理に果たす農業・生物育成に関する技術の役割と管理・運用	・持続可能な循環型社会、生物多様性等の環境保全の最適化を図る、システム的な生物保護技術の工夫・改良・創造(イノベーション)と、技術評価・協働管理・運用・応用(ガバナンス)	・生活と社会を支える産業技術の視座を中核にし、技術イノベーションと技術ガバナンスからの問題の明確化と、課題設定・探究	・バイオテクノロジーと環境制御(制約条件・限界要因も考慮して)的視点からの構想・計画 ・技術イノベーションと技術ガバナンスからの構想・計画・探究	・生活と社会を支える産業技術の視座を中核にし、技術イノベーションと技術ガバナンスからの生物育成技術活動	・生物育成に関する技術と生命倫理 ・農業従事者の著しい減少・超高齢化問題と、農業関連技術のイノベーション・ガバナンス ・言語活動の一層の充実を図るための学習の振り返りと発表・表現・交流・学び合い活動、社会的・環境的・経済的側面等からの技術評価を重視し、生活や社会に繋がる学習の振り返り

3 「情報・システム・制御技術」

技術・情報教科の教科目標・内容・教材構成の在り方については、技術・情報教育に対する新たな社会的要請、技術科を取り巻く環境の変化、最新の学問成果等を勘案し、不易と流行を不断に見直していく必要がある。海外の普通教育としての技術教育を鳥瞰すると、1960年代までは、主に中等前期教育段階の男子生徒を学習対象者とし、教育課程の国等基準として導入・実施する国々等が多かった。しかし、1970年代になると、男女共修化と共に、小学校から中等後期教育段階を一貫した技術教育課程基準として導入・実施する国々等が急増した^{(38),(39)}。近年の国内外の初等中等教育段階の情報教育においては、久野ら(2015)⁽⁴⁰⁾が、米国、イングランド、イスラエル、ニュージーランド、ロシア、フランス、スウェーデン、エストニアを調査対象として報告し、2013年頃から、従来のコンピュータの使い方を習得する教育から、初等中等教育段階を一貫したプログラミングを通したComputational Thinking(以下、CT)育成や、コンピュータサイエンス(以下、CS)が導入されていると指摘した。さらに、イングランドやエストニア等では、ナショナルカリキュラム(以下、NC)の改訂により、小学校段階から中等後期段階を全学習者対象とした教科「コンピューティング」等を導入し、プログラミング教育やCS教育を導入していることを報告した。著者は、英米のCT概念について、先行研究⁽⁴¹⁾で検討し、報告した。CT概念は、Wing(2006)⁽⁴²⁾[邦訳：中島(2015)⁽⁴³⁾]が提案した。Wingは、CTを、「問題解決のために、コンピューティングの基礎概念を活用した、システムのデザインと人間の振る舞いの理解に関するアプローチ」と解説した。さらに、CTの重要性として、(1)CTは概念化であり、

プログラミングがすべてではない、(2) CTはコンピュータ科学者だけではなく、万人に必要な問題解決の手順を掌る思考法であり、(3) CTは人間の創造性、知性、潜在的可能性を拡張すると指摘した。イングランドのNC教科「コンピューティング」のCTと、米国CSTA (Computer Science Teachers Association) のK (幼稚園) - 12学年のためのCSS (Computer Science Standards) のCT概念の解釈的検討については、筆者等の先行研究⁽⁴¹⁾をはじめ、幾つかの先行研究がある。

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-」⁽²⁷⁾の大項目「情報・システム・制御技術の基礎」の中項目は、「情報に関するデジタル化、計算化に関する知識」、「情報のシステム・コンテンツに関する知識」、「情報のモラル・活用の知識」である。大谷ら (2015)⁽²⁸⁾と同研究グループの安藤ら (2015)⁽⁴⁴⁾は、中学校技術分野を中心に、情報技術に関する概念及びキーワードをアナロジーアプローチによって構造的類似点を抽出した。同研究におけるナレッジベースは、JABEE、21世紀の科学技術リテラシー像報告書、情報関係諸学会、出版・書籍、学習指導要領である。その結果、同報告においては、22のキーワードが挙げられ、それらは、「情報科学」、「情報工学」、「情報システム」、「情報コンテンツ」、「情報モラル」、「情報活用」の6つの概念に分類できたことを報告した。一方、文部科学省の有識者会議の「情報化の進展に対応した初等中等教育における情報教育の推移等に関する調査研究協力者会議」の第一次報告 (1997)⁽⁴⁵⁾では、情報教育の目標を①情報活用の実践力、②情報の科学的な理解、③情報社会に参画する態度の三つの観点で整理した。同報告⁽⁴⁵⁾は、我が国の初等中等教育段階の情報教育の推進に大きな役割と貢献を果たしてきた。松原 (2014: p.57)⁽⁴⁶⁾は、学校教育課程における一貫した情報学の学修を「情報学修」と呼んでいる。松原の提唱した「情報学修」では、③情報社会に参画する態度を情報学 α (情報社会、情報安全、情報人権等)、②情報の科学的な理解を情報学 β (情報技術、情報処理、情報システム等)、①情報活用の実践力を情報学 γ (総合力、情報活用能力と位置づけ、情報学 α と β の融合の上に成立するもの)と定義している。

文部科学省の「小学校段階における論理的思考力や創造性、問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議」は、2016年6月16日に「小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について (議論の取りまとめ)」⁽⁴⁷⁾を公表した。同有識者会議では、2020年度からの小学校段階におけるプログラミング教育必修化について、新学習指導要領総則に位置づけ、算数、理科、音楽、図工、総合的な学習の時間、特別活動等といった教科等で実施事例について同総則で解説するが、どの教科等や学年で実施するかは、各学校のカリキュラム・マネジメントに委ねることを提言した。さらに、プログラミング教育とは、児童に、コンピュータに意図した処理を行うよう指示することができるということを体験させながら、発達の段階に即して、【知識・技能】、【思考力・判断力・表現力等】、【学びに向かう力・人間性等】の3側面からの資質・能力の育成を提案した。【思考力・判断力・表現力等】では、「プログラミング的思考 (自分が意図する一連の活動を実現するために、どのような動きの組合せが必要であり、一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組合せたらいいのか、記号の組合せをどのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか、といったことを論理的に考えていく力) (p.6)」の育成を提言した。同「議論の取りまとめ」では、「プログラミング的思考」の定義に関して、『いわゆる「コンピューテーショナル・シンキング」の考え方を踏まえつつ、プログラミングと論理的思考との関係を整理しながら提言された定義である。(p.6)』ことが明記された。「プログラミング的思考」の定義については、『第18回教育課程企画特別部会 (2016 (平成28) 年7月11日) における主な御意見』⁽⁵⁾に示されたように、『…(前略)…気になるのが「プログラミング的思考」が何を指しているのか。…後略… (p.2)』の意見があり、エビデンスに基づく妥当性、信頼性と共に、国民全体にわかりやすく理解しやすい、明瞭な定義にするための協働的検討が必要と考える。

さらに、「次期学習指導要領に向けたこれまでの審議のまとめ (素案)」の中学校技術分野では、『…(前略)…なお、急速な発達を遂げている情報の技術に関しては、小学校におけるプログラミング教育の成果を生かし、発展させるという視点から、従前からの計測・制御に加えて、動的コンテンツに関するプログラミングや、ネットワークやデータを活用して処理するプログラミングも題材として扱うことが考えられる。その際、情報セキュリティ等についても充実する。(p.115)』⁽⁵⁾ことが明記された。

以上の一連の経緯を踏まえ、本稿では、鍵概念を「コンピュータシステム」と「プログラミング」について取り上げ、他の内容構成については、今後の課題としたい。また、「鍵プロセス」の「技術的課題解決プロセス」では、上野耕史ら (2015)⁽³⁰⁾と、山崎・磯部 (2016)⁽³¹⁾の先行研究知見を考慮しながら再構成した。さらに、本稿「2 生物育成技術」と同様に、文部科学省の「言語活動の充実に関する指導事例集【小学校版】(p.10)」⁽³⁵⁾と共に、「同【中学校版】(p.10)」⁽³⁶⁾、「同【高等学校版】(pp.10-11)」⁽³⁷⁾で示された、言語活動の各教育段階別の重点指導事項を考慮した。

幼稚園から高等学校までを一貫した「情報に関する技術」の鍵概念と「技術的課題解決プロセス」の教育段階別学

習到達水準表を、表2に示す。表2は、磯部・山崎(2013)⁽²⁴⁾、大森ら(2016)⁽⁴¹⁾、磯部・上野朝大(2016)⁽⁴⁸⁾の先行研究を基に、加除修正し再構成した。

表2 幼稚園から高等学校までを一貫した「情報・システム・制御に関する技術」の鍵概念と「技術的課題解決プロセス」の教育段階別学習到達水準表

鍵概念と教材例		技術的課題解決プロセス				
コンピュータシステムとネットワーク利用	プログラミング	創造の動機	設計・計画	制作	成果の評価	
幼稚園	<ul style="list-style-type: none"> ・ 遊具としての情報技術の活用への親しみ、ごく簡単なプログラミング的体験と親しみ ・ コンピュータやProgrammable Toyの起動・終了 ・ 先生と一緒に、コンピュータやインターネットを使った遊び 	<ul style="list-style-type: none"> ・ Programmable Toy等との遊びで、自分が実現したい動作に対しての、思いや願いを持つこと 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 情報技術の活用による遊びで、自分の思いや願いをふくらませるための手順についての、イメージと見通しの萌芽 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 決められた時間や決まりを守って、コンピュータやネットワークを遊具とした遊び ・ 先生や友達と一緒に、遊びを豊かにするための、動作内容の試行・工夫 ・ 先生や友達と一緒に、遊びを豊かにするため、活動の簡単な手順の確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 遊具としての情報技術機器の活用への親しみ ・ 情報技術を活用して、事前に思い浮かべた動きと、実際の動きを比べ、その違いへの気づき 	
小低学年	<ul style="list-style-type: none"> ・ コンピュータシステムやネットワークの活用に対する関心の萌芽 ・ 自分の思いや願いの実現や、調べるために、先生と一緒に、インターネットサイトなどの閲覧 ・ 自分のやりたい目的に見合うソフトウェアの選択と使用 	<ul style="list-style-type: none"> ・ Programmable Toy(Bee Bot等の遊具型のもの、ライトポットなどのソフトウェア型のもの)を用いた、自分が意図した動きを実現するための表現 ・ マウスを用いた、文字の入力や簡単な作図 ・ ごく簡単なコンテンツのプログラミングによる、自分の意図した動きの表現 ・ 自分の実現したい動作を多様にするために、教材用ロボットを活用し、モータ回転時間や速さなどを変える易しいプログラムの作成、ロボットの動きの変更 	<ul style="list-style-type: none"> ・ Programmable Toy等を用い、自分の意図する一連の動作を実現させたいという思いや願いを持つこと 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 目的に応じた、ソフトウェアの選択と活用 ・ 必要に応じてブラウザ等のソフトウェアを起動し、学習に用いるインターネットサイトなどへの閲覧 ・ 動かしたい対象や意図する一連の動きについての口頭発表と説明 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 自分が意図する動作を実現するための活動手順を知り、一連の手順を意識した制作活動 ・ 班やグループによる、協力した制作活動 ・ コンピュータシステム、ネットワークの活用、情報コンテンツ制作への関心の萌芽 	<ul style="list-style-type: none"> ・ コンピュータシステム、ネットワークの活用、ごく簡単なプログラミングに対する親しみと好奇心の萌芽 ・ 事前に思い浮かべた動きと、実際の動きを比べ、その違いへの気づきと修正、言語活動充実(主語と述語、比較の観点、判断と理由、時系列等)のための発表と意見交換 ・ ルールやマナーを守った、情報技術機器、教材用ロボットの適切な使用、学習の振り返り、改善
小中学年	<ul style="list-style-type: none"> ・ コンピュータシステムやネットワークの活用に対する親しみの深まり ・ データの適切な保存または、格納、再生 ・ 検索エンジンなどを用いた、必要な情報収集 ・ 収集した情報の適切性に関する易しい評価 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 学習用プログラミングソフト(Scratchなど)を用いて、与えられたテーマに対して、自分が意図する一連の活動を実現するための、コンテンツのプログラミングと表現 ・ マウスを用いた作図や、キーボードからの文字入力による簡単な情報コンテンツや作品の構想・制作 ・ コンテンツや計測制御のためのプログラミングと、他者への分かりやすい伝達と表現 ・ 教材用ロボットを使って、目的とする動作課題を達成するためのプログラミングと、易しい動きから、より複雑な動きを目的とした課題の遂行 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 自分が作りたいコンテンツや作品について、その内容や制作目的、ねらいについて、他者への伝達と表現 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 目的に応じたソフトウェアの選択と、適切な使用 ・ 制作に必要な情報を、インターネットによる収集 ・ 制作したいコンテンツに関する見通しを持つための構想 ・ 自分が意図する活動を実現するための、発想やアイデアに対する関心の萌芽 ・ 動かしたい対象や動きについての、図示による説明 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 制作に対して、自分の力で粘り強く最後まで成し遂げる努力と試行錯誤 ・ 必要に応じて、他者に助言を求め、協同的な学び合い ・ コンテンツや教材用ロボットを完成させるために、活動の手順、見通し、実行、評価・改善を重視した活動 ・ 実現したいコンテンツやロボット動作、構想・計画、実行、改善を繰り返すによる試行錯誤 	<ul style="list-style-type: none"> ・ コンピュータシステム・ネットワークの活用や、簡単なプログラミングに対する親しみと好奇心の深まり ・ アイデア創造・工夫の達成感についての発表と意見交換、言語活動充実(判断と根拠、条件、簡単な科学・技術用語や概念等の使用)のための発表と意見交換 ・ 自分の情報と他者の情報を大切に、情報を許可なく流出しないようにすること ・ 他者の作品を尊重し、その良さを見付ける評価 ・ 構想・計画・制作工程について、当初の見通しと、実際の成果の照合、改善点の検討 ・ 制作過程で、意図しない動きをしたプログラムについて、その原因を探究し、次の制作に活かすこと

表2 (続き) 幼稚園から高等学校までを一貫した「情報・システム・制御に関する技術」の鍵概念と「技術的課題解決プロセス」の教育段階別学習到達水準表

小 高 学 年	<ul style="list-style-type: none"> ・コンピュータシステムやネットワークを活用した問題発見・解決に対する興味・伸長 ・データの適切な保存と格納・再生 ・収集した情報の適切さについての検討と判断 ・ネットワーク上のルールやエチケット・特性を理解し、電子メールやWebページによる情報発信・収集 	<ul style="list-style-type: none"> ・問題解決のために、学習用プログラミングソフト(Scratch等)を用いて、自分と他者(ユーザー)視点の両方を考慮したテーマ設定と、処理手順と組合せを意識した、意図する一連の動作の表現 ・問題解決のために、コンピュータを活用して、図・表・画像などが入った簡単な作品の構想・制作と、相手に分かりやすい伝達・表現 ・教材用ロボットを使って、目的の課題を児童が主体的に設定することと、4~5人の班の構成による、仲間と協力した簡単なロボットの製作、制御プログラムの作成・工夫による課題解決 	<ul style="list-style-type: none"> ・問題解決のために、自分が意図する思いや願いと共に、園児や低学年児童等の他者(ユーザー)視点で、作りたいコンテンツや作品を構想し、企画書としてまとめること 	<ul style="list-style-type: none"> ・問題解決のために、他者(ユーザー)視点で、自分が制作するコンテンツや作品について、作品の内容(動きや見た目等)や制作目的、制作・処理手順・工程について資料にまとめ、説明すること ・目的に応じたソフトウェアの選択と適切な使用 ・制作に際し、必要な情報に関するネットワークを通じた複数の収集 ・決められた時間的制限の中で、成果が出るよう、手順(工程と段取り)計画を立てること 	<ul style="list-style-type: none"> ・問題解決に必要なこと、不足している情報を収集することができること ・必要に応じて他者に積極的に助言を与えることができること ・制作経験を基に、立案した手順・工程に基づいて、活動し、評価・改善をしていくこと ・制作品について他者に説明し、工夫点についての意見を聞き、互いの情報を共有し、より良い制作に活かすことができること 	<ul style="list-style-type: none"> ・コンピュータシステム・ネットワークの活用や、簡単なプログラミングによるアイデア形成、工夫・創造への親しみと好奇心の深まり ・アイデア創造・工夫の達成感についての発表と意見交換、言語活動充実(演繹法や帰納法などの論理的表現、規則性や決まりなどを用いた表現、科学・技術用語や概念等の使用)のための発表と意見交換 ・完成した作品を必要に応じてネットワークに公開(アップロード)すること ・作品の公開に際し、公開する情報の適切性について慎重に検討することと、自分の情報と他者の情報を大切にし、情報を許可なく流出させないようにすること ・他者(第三者を含む)の作品を尊重した相互評価と学び合い ・活動記録をとりつつ、発表を通じた自己評価と相互評価
中 学 校	<ul style="list-style-type: none"> ・コンピュータシステムとネットワークシステムなどの情報技術が、生活や社会を支え発展させている役割 ・ハードウェア、ソフトウェアの種類とシステム ・文字や音、画像など質の異なった情報の、デジタル化による統合的な扱いの利点 ・静止画や動画のコンピュータへの取り込みと加工・編集 ・コンピュータの主要構成要素(入力・記憶・制御・演算・出力)についてのそれぞれの役割 ・著作権や情報モラルに留意し、電子メールやWebページを適切に活用して、必要な情報の取捨選択と収集 ・コンピュータシステムやネットワークを利用した技術の最適化、技術の適切な評価・管理・運用、改良・応用 	<ul style="list-style-type: none"> ・コンピュータや情報技術の活用と、情報コンテンツのプログラミングが、生活や社会を支え発展させている役割 ・コンピュータを活用し、順次・条件分岐・反復といった、情報処理の手順を考えた、情報コンテンツのプログラミング ・計測・制御システムの構成と働きを知ると共に、目的とする技術課題を解決するために、順次・条件分岐・反復といった、情報処理の手順を考えたプログラミング ・コンピュータや情報技術を活用したプログラミングによる技術の最適化、技術の適切な評価・管理・運用、改良・応用 	<ul style="list-style-type: none"> ・技術の問題発見・解決プロセスを意識した課題設定と、情報コンテンツ、制作品品に関連する必要条件と制約を明確にした取り組み ・技術の問題の明確化、課題設定から活動のまとめ・提案までの手順・工程の、図表等による表現 	<ul style="list-style-type: none"> ・自分が作りたい情報コンテンツ・作品の・アイデア、構想・計画表等による表現 ・自ら提案する情報コンテンツや作品の、具体的な工夫・改良点の説明・表現 ・使用する素材、安全、費用など、トレード・オフした結果を活かした構想・計画 ・構想・計画段階における情報処理の手順の視覚的表現 	<ul style="list-style-type: none"> ・生活や社会を支え発展させるという視点から、情報技術の活用、情報コンテンツのプログラミング、情報コンテンツを創造するための実践・評価・改善 ・小学生の時やこれまでの作品作りの経験を基に、創造・工夫を取り入れた手順・工程も基づく活動実践 ・活動や作品の工夫点や改善点について、意見を出し合い、共有した情報を基に、学び合いによる新たな方策の見いだし 	<ul style="list-style-type: none"> ・生活や社会を支え発展させるコンピュータシステム・ネットワークの活用や、基礎的なプログラミングによるアイデア形成力、工夫・創造力、情報化社会への参画力 ・生活や社会を支えるエンジニアや情報技術産業のキャリアへの関心 ・アイデア形成、創造・工夫の達成感についての発表と意見交換、言語活動充実(演繹法、帰納・類推法などの論理的表現、規則性や決まりなどを用いた表現、科学・技術用語や概念等の文脈)のための発表と意見交換 ・制作した作品の他者への発信と、その効果に関する自己評価及び、相互評価 ・発明・工夫及び、情報は、自他の権利があることを知り、学習活動や日常生活で、それらの権利を尊重して活用すること ・知的財産権制度の目的及び、役割に関する理解と表現

表2 (続き) 幼稚園から高等学校までを一貫した「情報・システム・制御に関する技術」の鍵概念と「技術的課題解決プロセス」の教育段階別学習到達水準表

高校	<ul style="list-style-type: none"> 情報のデジタル化の優位性に関する説明 コンピュータを利用した、二つの画像の合成や、画像、音、動画を含む情報コンテンツの編集と表現 コンピュータ内での情報処理の仕組みに関する説明と理解 情報通信ネットワークを安全に利用するために、ユーザーの立場からの情報セキュリティの確保 情報社会の進展と情報技術との関係の歴史的理解・説明、AI等の情報技術、IoT関連情報技術に関する適切な評価・管理・運用、改良・応用 	<ul style="list-style-type: none"> 中学校までのプログラミング経験の実態等を考慮し、タイル型及び／または、テキスト型プログラミング言語により、問題をシステムとして構造化した問題解決 分類や検索などのアルゴリズム(処理手順)の活用、それらのアルゴリズムの比較・検討・評価 問題解決の処理を自動化するアルゴリズムの構想、計算量や計算可能性の概念と、アルゴリズムの実用性の判断 モデル化とシミュレーションの概念、問題解決に必要なモデルの構築とシミュレーションの実行・評価 	<ul style="list-style-type: none"> 課題探究学習プロセスを活用し、問題の発見・解決に、ブレインストーミングなどの創出技法や多様な調査技法を取り入れながら、情報技術とプログラミングを活用した課題の遂行、コンテンツや制作品に関連する必要条件と制約を明確にした、課題への取り組み 課題設定から活動のまとめ・提案までの手順・工程を、図表で表現し、自己評価・他者評価による、手順や工程の改善 	<ul style="list-style-type: none"> 課題探究プロセスによる、情報技術とプログラミングを活用した課題の遂行とコンテンツ・制作品に関連する必要条件と制約を満たす工夫点の明確化 機能や構造などを要素・要因に分解し、要素間の構造の明確化 事象のモデル化とシミュレーションの概念理解と表現、問題解決に必要なモデルの構築とシミュレーションの実行、モデルの評価 	<ul style="list-style-type: none"> 課題探究プロセスと、持続的発展が可能な社会を支えるという視点から、情報技術とプログラミングの活用と、情報コンテンツを創造するための実践・評価・改善 製作段階の途中で中間評価・発表会の実施、寄せられた意見を基に、設計や手順・工程の変更や、新たな方策の導入 	<ul style="list-style-type: none"> 課題探究のプロセスと成果報告書の作成、発表会の実施し、情報技術の活用と情報コンテンツのプログラミングによる課題探究学習過程を、生涯学習で活用する方法の提案 制作した情報コンテンツ作品の他者への表現・伝達、その効果に関する的確な自己評価と相互評価 Webページで得た情報に関する信頼性・信憑性の観点からの評価 生活や社会を支えるエンジニアや情報技術産業のキャリア・就業への関心とガイダンス これまでの学習の振り返りによる学習の総合化と、生涯にわたる情報社会への公正な参画
----	---	---	---	---	---	--

4 総合考察及び今後の課題

本小論では、小学校から高等学校まで一貫した技術・情報教育の教科設置の検討に資する基礎知見を得るために、汎用的な資質・能力と共に、「技術教育固有の対象と内容構成(内容知)」^{(1),(2)}の内、「生物育成技術」と「情報・システム・制御技術」を検討対象とし、「技術的課題解決力」^{(1),(2)}とを相乗的に育成する技術・情報教科内容構成及び、学習者の発達段階に沿った学習到達水準表を提案した。今後、「材料と加工技術」、「エネルギー変換技術」を対象にした学習到達水準表の提案の必要性と、今後の課題を3点に集約して論じたい。

第1点は、小・中学校一貫・連携教育の推進と、小学校の特に高学年の専科指導による教科担任の充実である(p.68)⁽⁵⁾。文部科学省は、2016年度から小・中一貫教育が制度化されたことに伴い、2016年3月22日付で関係省令を改正した⁽⁴⁹⁾。山本ら⁽⁵⁰⁾の報告から見られるように、小学校図画工作、音楽、家庭、理科は、専科指導の一層の充実が求められている。英語の教科化と、各教科等におけるプログラミング教育や情報技術を手段として活用した問題発見・解決学習の導入により、中学校専科教員による小学校高学年での指導・支援体制の確立が喫緊と課題になっている。中教審教育課程部会総則・評価特別部会等においても、小学校の特に高学年において、英語をはじめとした教科担任制による教科指導推進を論議している。少子化による学校統廃合、いじめや不登校などが増えるいわゆる「中1ギャップ」の軽減に向けて、9年型義務教育学校、「併設型」、「連携型」小中一貫教育が推進されている。そのため、小学校では、技術・情報教育が教科として未設置であり、技術・情報教育に関わる実践的指導力と専門職能発達システムの構築が大きな課題となっている。一方、教育職員免許法(教免法)第16条の5第1項では、小学校での教授範囲として、『中学校又は高等学校の教諭の免許状を有する者は、第三条第一項から第三項までの規定にかかわらず、それぞれその免許状に係る教科に相当する教科その他教科に関する事項で文部科学省令で定めるものの教授又は実習を担当する小学校の主幹教諭、指導教諭、教諭若しくは講師又は特別支援学校の小学部の主幹教諭、指導教諭、教諭若しくは講師となることができる。』と定めている。しかし、中学校技術免許状の所有者は、小学校で教授できる教科等の関連付けがされていない。

第2点は、高大接続システム改革会議最終報告案で提言された改革の推進に向けた技術・情報教育の一層の充実である。中央教育審議会は、「高大接続システム改革会議(以下、『システム改革会議』)」の最終報告⁽⁵¹⁾を公表した。本報告案の第1の重要点は、「高等学校基礎学力テスト(仮称)」の活用を含め、各学校が教育目標を実現するために教育課程を編成、実施、評価、改善していく「カリキュラム・マネジメント」を確立し、学校における「PDCAサイク

ル」の構築を求めていることである。前述テストと「大学入学希望者学力評価テスト（仮称）」では、技術・情報教育で重視されてきた論理的思考力・判断力・表現力と、自ら問題を発見・課題化し、制約条件と価値判断規準を考慮しながら最適解を見いだしていく学習能力を測定・判定する。こうした高次の学力は、○×のドメイン準拠評価法だけではなく、幼稚園からの高等学校までを一貫した長期スパンによる学習評価システムを構築する必要がある。さらに、アクティブ・ラーニングの視点からの「学習・指導方法の改善」と教員の養成・採用・研修の改善などを通じた「教員の指導力の向上」の教育改革推進を提起している。本報告案の第2の重要点は、「高等学校基礎学力テスト（仮称）」と「大学入学希望者学力評価テスト（仮称）」は、国、数、英を先行実施し、社、理、情報教科の導入が検討されている点である。また、多様な学習成果を測定するツールを充実する観点から、農業、工業、商業等の検定試験の活用促進や各種民間検定の普及促進等、義務教育段階の学習内容を含めた高校生の基礎学力の確実な習得の徹底を指摘している点である。

第3点は、指導者の確保と中学校校区等の地域単位を基盤とした、複数の小・中学校が連携した教員研修、小・中学校相互間の授業参加、専科指導システムの構築である。さらに、質の高いプログラミング教育の実施や指導体制の確保には、社会との連携・協働、官民連携のコンソーシアム等を通じた体制整備が不可欠である^{(5)・(47)}。技術・情報教科教員の養成・確保と、外部人材の活用支援等の方策により、専門性の一層の重視と、教員専門職発達支援システムの構築が不可欠である。

欧米では、1980年代から育成すべき能力を基盤とした教科内容・学習評価・教員専門職発達・プログラムの各スタンダードの連携化と共に、高等教育の質保証とラーニング・アウトカムを重視した教育階梯別学習到達水準表が重視されるようになった。前述の情勢を受け、特に、情報教科の高等学校基礎学力テスト導入検討に向けて、小・中・高等学校の技術・情報教科の教科内容構成、教育階梯別学習到達水準に基づく学習指導と評価の一体化とアクティブ・ラーニングによる実践的指導力の向上に関する研究が、喫緊の課題である。

欧米の教科教育研究では、「カリキュラム研究」と「学習評価研究」が盛んである一方、我が国の教科教育研究において、学習指導要領に関わる基礎研究、比較教育研究、学習評価を専門とする研究者、実践者の数が今日急減し、後継者不足が深刻である。幾多の要因が考えられるが、こうした研究は、領域固有の専門性と、広範性・領域横断性のテーマ探究の両立が求められる。専門性と広範性の二律相反性と共に実践性が求められるために、査読審査が通りにくいといったジレンマを有する。そのため、若手研究者が敬遠しがちである。欧米の「カリキュラム研究」と「学習評価研究」では、学協会組織の支援や、査読付きジャーナルにおいて特集号を組むことが多い。関連学会組織の研究テーマとして推進し、若手・中堅研究者の育成を積極的に支援する必要がある。

5. まとめ

小論の目的は、小学校から高等学校まで一貫した技術・情報教育における、今後の教科設置に関する検討に関する若干の基礎知見を提起するために、汎用的な資質・能力と共に、「技術教育固有の対象と内容構成（内容知）」と、「技術的課題解決力」とを相乗的に育成する技術・情報教科内容構成及び、学習者の発達段階に沿った学習到達水準表の提案である。主たる提案は、以下の2点である

- (1) 技術教育固有の対象「生物育成技術」では、鍵概念を「育種」、「土壌肥料・飼養」、「生育管理」、「育成生物保護」とし、鍵プロセスを「技術的課題解決プロセス」として、校種間、他教科等連携を考慮に入れた各教育段階の学習到達水準表を提案した。
- (2) 技術教育固有の対象「情報・システム・制御」の内容構成の内、本稿では鍵概念を「コンピュータシステムとネットワーク利用」、「プログラミング」とし、鍵プロセスを「技術的課題解決プロセス」として、校種間、他教科等連携を考慮に入れた各教育段階の学習到達水準表を提案した。

謝辞

本研究は、JSPS科研費（基盤研究C代表：山崎貞登，課題番号25350240）の助成を受けた。

引用文献

- (1) 日本産業技術教育学会（1999）21世紀の技術教育－技術教育の理念と社会的役割は何か そのための教育課程の構造はどうあるべきか－，日本産業技術教育学会誌，第41巻，第3号別冊，pp.1-10.
- (2) 日本産業技術教育学会（2012）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.1-9.

- (3) 降旗勝信 (1990) シンポジウム 教科教育学の成立条件をめぐって 6 討論のまとめ, pp.79-83, 東洋・蛭谷米司・佐島群巳:『教科教育学の成立条件-人間形成に果たす教科の役割- (所収)』, 東洋館出版.
- (4) 中央教育審議会 (2014) 初等中等教育における教育課程の基準等の在り方について (諮問).
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1353440.htm
- (5) 中央教育審議会教育課程部会教育課程企画特別部会 (2016) 2016年 8月 1日 配付資料.
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/053/siryu/1375316.htm
- (6) 吉田多美子 (2005) イギリス教育改革の変遷-ナショナルカリキュラムを中心に-, レファレンス, 2005.11. pp.99-112. http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/287276/www.ndl.go.jp/jp/data/publication/refer/200511_658/065805.pdf
- (7) 石井英真 (2011) 『現代アメリカにおける学力形成論の展開』 東信堂.
- (8) 村田昭治 (監修)・木村 誠・山崎貞登 (編著) (1995) 『イギリスにおける教育改革と技術教育のカリキュラム - ナショナル・カリキュラム - 設計・技術, 情報技術』, 開隆堂.
- (9) 山崎貞登・磯部征尊 (2016a) 「第3章 イギリスにおける技術・情報教育の動向」, pp.79-114, 森山 潤・菊地 章・山崎貞登 (編著), 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 (P) 研究グループ (著) (2016) 『イノベーション力を育成する技術・情報教育の展望 (所収)』, ジアース教育新社.
- (10) International Technology Education Association (2000) *Standards for Technological Literacy*, ITEA: Reston, VA. ISBN: 1-887101-02-0. 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.
- (11) 角 和博 (2016a) 「4.1 アメリカの社会情勢と科学技術教育の経緯 (pp.116-123)」, 前掲(9)所収.
- (12) 角 和博 (2016b) 「4.2 技術教育とSTEM教育 (pp.124-131)」, 前掲(9)所収.
- (13) 角 和博 (2016c) 「4.3 技術教育とエンジニアリング教育 (pp.127-131)」, 前掲(9)所収.
- (14) 角 和博 (2016d) 「4.5 アメリカにおける情報教育の動向 (pp.146-150)」, 前掲(9)所収.
- (15) 山崎貞登・市村尚史・磯部征尊 (2016) 「4.4 I³教材 (pp.132-145)」, 前掲(9)所収.
- (16) 勝野頼彦 (2014) 教育課程の編成に関する基礎的研究 報告書7 資質や能力の包括的育成に向けた教育課程の基準の原理, 平成25年度 プロジェクト研究調査研究報告書.
https://www.nier.go.jp/05_kenkyu_seika/pdf_seika/h25/2_1_allb.pdf
- (17) 奈須正裕 (2016) コンピテンシー, コンテンツ, コンテキスト, 指導と評価, 第62巻, 6月号, pp.51-53.
- (18) 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.
- (19) The National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) (1989) *The NCTM Commission on Standards for School Mathematics*, Reston VA: The Council. 能田信彦・清水静海・吉川成夫 (監修) (1997) 『21世紀への学校数学の創造 米NCTMによる「学校数学におけるカリキュラムと評価のスタンダード」』, 筑波出版会. ISBN4-924753-28-9 C3037.
- (20) National Research Council (1995) *National Science Education Standards*, National Academy Press, Washington D.C., ISBN 0-309-05326-9, 長洲南海男 (監修), 熊野善介・丹沢哲朗他 (訳) (2001) 『全米科学教育スタンダード - アメリカ科学教育の未来を展望する』, 梓出版社. ISBN4-87262-611-7 C3037
- (21) International Technology Education Association (2003) *Advancing Excellence in Technological Literacy: Student Assessment, Professional Development, and Program Standards*, ITEA: Reston, VA. ISBN: 1-887101-03-9. 国際技術教育学会 (著), 宮川秀俊 (編訳) (2011) 『続・国際競争力を高めるアメリカの教育戦略』, 日本産業技術教育学会国際関係委員会. ISBN978-4-9901927-4-7.
- (22) Lee, S. Shulman (1987) "Knowledge and Teaching Foundation of the New Reform", *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- (23) 佐藤 学 (2016) 教科教育研究への期待と提言, 日本教科教育学会誌, 38(4), pp.85-87.
- (24) 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.331-344.
- (25) 山崎貞登 (2016a) 「6.2 農学・環境科学からの教育内容・教材構成の視点」, pp.224-235. 前掲(9)所収.
- (26) 山崎貞登 (2016b) 生物育成に関する技術の教科専門科目と技術科教育を架橋する教科内容学の構成原理, 上越教育大学研究紀要, 第35巻, pp.257-267.
- (27) 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 -, 日本産業技術教育学会.
- (28) 大谷 忠・入江 隆・中西康雅・荒木祐二・安藤明伸・谷田親彦・上野耕史 (2015) 教育課程の構造化に対応した技術科の内容論的検討, 日本産業技術教育学会第21回技術教育分科会・発表会 (福岡) 講演要旨集, pp.9-10.
- (29) 荒木祐二・飯島恵理・大谷 忠・谷田親彦・安藤明伸・入江 隆・上野耕史・中西康雅・東原貴志・山崎 淳・久保田豊和 (2016) 中学校技術科の生物育成教育における生物生産の基礎概念に関する分析, 技術科教育の研究, 21, pp.1-9.
- (30) 上野耕史・大谷 忠, 谷田親彦・藤木 卓・藤本 登・藤井道彦・森山 潤・川島芳昭・古川 稔 (2015) 技術ガバナ

ンス能力調査とカリキュラムの検討, 国立教育政策研究所科学研究費助成事業シンポジウム 「ガバナンス能力」等の技術に関する能力の現状を踏まえた今後の技術教育のゆくえ 第3回「今後の日本を支える技術教育の在り方」発表要項集, pp.5-8.

- (31) 山崎貞登・磯部征尊 (2016b) 「7.1 技術イノベーションと技術ガバナンス」, pp.276-281, 前掲(9)所収.
- (32) 白崎 清・山本利一 (2009) 小学校の学習内容と中学校技術・家庭科技術分野との関連, 埼玉大学紀要 教育学部, 38(2), pp.115-122.
- (33) 山崎貞登・大森康正・磯部征尊 (2016) 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, 36(1), pp.205-217. (印刷中, 2016年9月刊行予定)
- (34) 堂坂英隆 (2016) STEM教育からの技術分野の菜類LED照射栽培の教材化試験, 2015年度上越教育大学大学院学校教育研究科修士論文 (未刊行) .
- (35) 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.
- (36) 文部科学省 (2012) 『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～【中学校版】』, 教育出版.
- (37) 文部科学省 (2014) 『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～【高等学校版】』, 教育出版.
- (38) 日本産業技術教育学会技術教育分科会 (編集) (2009) 「比較教育編」, pp.174-224, 『新 技術科教育総論 (所収)』, ブラザー印刷.
- (39) 森山 潤・菊地 章・山崎貞登 (編著), 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 (P) 研究グループ (著) (2016) 『イノベーション力を育成する技術・情報教育の展望』, ジアース教育新社.
- (40) 久野 靖・和田 勉・中山泰一 (2015) 初等中等段階を通じた情報教育の必要性和カリキュラム体系の提案, 情報処理学会論文誌 教育とコンピュータ, 第1巻, 第3号, pp.48-61.
- (41) 大森康正・磯部征尊・山崎貞登 (2016) STEM教育とComputational Thinking重視の小・中・高等学校を一貫した情報技術教育の基準に関する日イギリス比較研究, 上越教育大学研究紀要, 第35巻, pp.269-283.
- (42) Wing, M.J. (2006) Computational Thinking, Communications of the ACM, Vol.49, No.3, pp.33-35.
- (43) 中島秀之 (2015) 計算論的思考, 情報処理, 第56巻, 第6号, pp.584-587.
- (44) 安藤明伸・荒木祐二・入江 隆・上野耕史・大谷 忠・中西康雅・谷田親彦 (2015) 情報に関する教育課程の既存内容を再構成する試み, 第33回日本産業技術教育学会東北支部大会講演論文集, pp.5-6.
- (45) 情報化の進展に対応した初等中等教育における情報教育の推移等に関する調査研究協力者会議 (第一次報告) (1997) 体系的な情報教育の実施に向けて (平成9年10月3日).
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/002/toushin/971001.htm
- (46) 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.
- (47) 小学校段階における論理的思考力や創造性, 問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議 (2016) 小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について (議論の取りまとめ).
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/
- (48) 磯部征尊・上野朝大 (2016) 就学前 (幼稚園) 段階と初等教育段階におけるプログラミング教育の在り方に関する基礎的研究, 教職キャリアセンター紀要, 第1巻, pp.117-124.
- (49) 学校教育法等の一部を改正する法律 (2016) http://www.mext.go.jp/b_menu/houan/kakutei/detail/1359105.htm
- (50) 山本利一・難波孝史・山崎貞登・田口浩継・安藤明伸・大谷 忠・磯部征尊 (2016) 小・中を一貫した技術・情報教育の実態と課題, 日本産業技術教育学会第59回全国大会 (京都) 講演要旨集, p.140.
- (51) 高大接続システム改革会議 (2016) 最終報告.
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shougai/033/toushin/1369233.htm

※インターネット情報の最終アクセス日は, 2016年8月7日

The Proposition of Composition and Learning Attainment Targets Standards from Elementary to Upper Secondary Schools: Introduction Technology and Informatics Including IT Education as Coherent Subjects

Sadato YAMAZAKI*, Toshikazu YAMAMOTO**, Hirotugu TAGUCHI***,
Akinobu ANDOH****, Tadashi OHTANI*****, Yasumasa OOMORI*,
Masataka ISOBE***** and Tomohiro UENO*****

ABSTRACT

The purpose of this study was to propose the proposition of a coherent and integrated technology and informatics subject as an independent subject from elementary to upper secondary school. In order to promote strong cross relations between technology and informatics education, other subjects, and non-subjects/educational activities through kindergarten, compulsory and upper secondary schools, the subject comprised the construction of contents and learning attainment targets adapted to the learner's cognitive and physical development stages to bring "the target to which technology and informatics education is peculiar and the composition of contents (concept of contents)" as well as "the technological design problem solved capabilities." The intent was to allow pupils to develop multiple as well as generic key competencies and key skills.

The following conclusion were drawn:

- (1) The learning attainment targets' rubric tables of each educational stage combine key concepts of each technology as concerns: "breeding", "ground fertilizer and livestock feeding", "crop and livestock growing management," "defending against sickness or invasion for nurturing things," and key processes such as the "technological design problem solved process."
- (2) The learning attainment targets' rubric tables for each educational stage combine between key concepts of each technology relating to "computer system and network utilization" and "programming" and, key processes such as the "technological design problem solved process."

* Natural and Living Science ** Saitama University *** Kumamoto University **** Miyagi University of Education
***** Tokyo Gakugei University ***** Aichi University of Education ***** CA Tech Kids, Inc.