

【論文】

工学設計に基づく中学校技術・家庭科（技術分野）の授業に必要な視点

○西ヶ谷浩史¹・紅林秀治²

¹愛知教育大学大学院・静岡大学大学院教育学研究科共同教科開発学専攻

²静岡大学教育学部

要約

学習指導要領の変遷と現行の教科書から、初等中等教育で行われている技術教育は、技能の習得に偏っている傾向にあることを明らかにした。そして、これからの中学校技術・家庭科(技術分野)の教育は、テクニシャンを育成する(技能を習得する)授業よりも、エンジニアを育成する(課題を解決するために新たなものを生み出す力を育てる)工学設計に基づく授業を行うべきであると考えた。そのため、エンジニアとテクニシャンの思考のプロセスを比較し、中学生がものづくりの場面においてどちらの思考形態に近いのかを調べた。その結果、テクニシャン寄りの傾向を示した項目が明らかになり、工学設計に基づく技術科の授業に必要な視点を明らかにした。

キーワード

工学設計, 中学校技術・家庭科(技術分野), エンジニア, テクニシャン

I. はじめに(研究の背景と目的)

近年、第4次産業革命により、業種内での垂直・水平の統合や新規参入が活発化し、業種の壁を越えた企業間競争が行われ、それによってミドルスキル、ハイスキルの仕事が増加し、製造ラインの工具や低付加価値の単純サービスは減少すると予測されている[1]。

経済産業省[1]では、この第4次産業革命への対応として、必要な能力を4つ示している。それが、創造性、問題発見・解決、マネージメント、ヒューマンタッチ・コミュニケーションである。このように、数々の技術革新により仕事内容や産業構造が変化し、それに伴って発生する新しい仕事に対応するために必要な基幹能力が示され、初等中等教育および高等教育においてもこの能力を身に付けることが求められている。

高等教育では、新たな社会のニーズを人材に活かす仕組みの構築やイノベーション創出をはじめとした大学改革などが進められている。初等中等教育で行うものづくり教育でも、「新たな価値を創造したり、今あるものに工夫を加えたりして、社会に変革をもたらすような能力」を育てることを重視すべきである[2]。

初等中等教育としてもものづくり教育を行っている教科は、小学校図画工作と中学校技術・家庭(技術分野・以後技術科とよぶ)である。産業との関わりを持ちながらものづくり教育を行う教科は技術科である。よって本研究では、中学校技術科の授業について検討した。

これからの技術科の授業では、第4次産業革命に対応できる能力を育てるためにも、「課題を見つけたり解決したりする能力」や「新しいものを生み出す力を育てる」ことを重視した授業を展開すべきである。そのために、技術科の授業は、製品開発の過程すなわち工学設計の考え方を基におこなうべきであると考えた。この工学設計を行うのがエンジニアである。したがって、工学設計に必要なエンジニアが備えている思考プロセスを学習に取り入れることが必要である。また、エンジニアが開発した製品を製造するテクニシャンがいる。テクニシャンは、ものづくりの経

験が豊かで優れた技能を有している。このエンジニアとテクニシャンは、国際的に明確に区別されている[3]。そこで、本研究では、企業におけるテクニシャンとエンジニアの求められている能力の違いについて、先行研究をもとに整理した。そして、中学生がもの作りに際して、エンジニア的な考え方や行動をとるのか、それともテクニシャン的な考え方や行動をとるのか明らかにしたいと考え、アンケート調査を行った。そして、テクニシャン寄りの項目を明らかにし、エンジニアに近づけるための視点を検討することとした。本論文では、工学設計を基にした授業を展開するために必要な視点をアンケート調査の結果を基に述べる。

II. エンジニアとテクニシャンの違い

ここでは、エンジニアとテクニシャンの違いについて述べる。一般的に、ものづくりの現場で設計を行うのはエンジニアであり、その設計に基づいてものを作るのがテクニシャンである。このテクニシャンとエンジニアの知識・能力を区別した国際基準[3]をまとめたものが表1である。表1は国際エンジニアリング連合が定めた Professional Competency のプロフィール(知識のタイプ)と難度に応じたエンジニアリング活動の定義(活動、革新性、熟知度)の2つの表を筆者が一つにまとめたものである。

表1 卒業生としての知識・能力と専門職としての知識・能力 (一部抜粋, 筆者編集)

	エンジニア	テクニシャン
活動	複合的な活動	明確に示された活動
知識のタイプ	優れた実践に必要な汎用的な原理に関する高度な知識を理解し応用する。	標準化された活動に組み込まれている知識を応用する。
革新性	エンジニアリングの原理や研究ベースの知識を新奇な方法で創造的に使用することに関わる。	既存の材料、テクニック、工程の修正を要する、又は新しい方法での使用に関わる。

熟知度	原理ベースの取組をすることによって、過去の経験を超えて広げることができる。	汎用されている作業と工程に対する実際的な手順と実務の知識を必要とする。
-----	---------------------------------------	-------------------------------------

(下線部は、「普遍的知識を理解し応用する」をわかりやすい言葉に修正)

表1よりエンジニアは複合的な活動を行い、テクニシャンは明確に示された活動を行うことがわかる。エンジニアが行う複合的な活動とは、原理や知識を創造的に使用することを意味し、テクニシャンが行う明確に示された活動とは、既存の材料やテクニックを使用することである。また、エンジニアの活動は、原理を基にしているので経験を超えて知識を広げることができるが、テクニシャンは、すでに使われている作業や工程を行うための手順と作業の知識を必要とし、経験を超えて知識を広げていけないという違いがある。このように、ものづくりに関わる知識や能力および態度の違いでエンジニアとテクニシャンを区別している。本論文では、表1に示された知識・能力・態度の違いでテクニシャンとエンジニアを区別した。

Ⅲ. 今までの技術教育の問題点

1. 明治から平成までの技術教育

今まで日本で行われてきた技術教育は、きれいに作品を完成させることやそのための道具の使い方など、技能を中心にした学習、すなわちテクニシャン(表1)を育てる教育が行われてきたのではないかと考えた。そこで、技術教育の問題点を明らかにするために、過去の学習指導要領から、その性格及び特徴を概観する。

表2 明治からの技術教育の特徴

時代	学校及び教科	特徴
明治	徒弟学校	職工を育てる
昭和初期	工業学校	現場の指導者を育てる
昭和22年	職業科	実生活に役立つ仕事に関する知識と技能
昭和26年	職業・家庭科	農工商から実務的な課題を設定
昭和33年	技術・家庭科	生産技術と技能の意味を持つ技術が創設
昭和44年	技術・家庭科	教育内容の現代化、知識と技能が充実
昭和52年	技術・家庭科	ゆとり教育、製作を通して理解し、使用する能力を養う
平成元年	技術・家庭科	授業時数の減少、内容の削減、心豊かな人間の育成、生活に必要な知識と技術の習得、知ることができること
平成10年	技術・家庭科	基礎基本、生きる力の育成、基礎的な知識と技術の習得、役割の理解と活用
平成20年	技術・家庭科	生きる力、基礎的基本的な知識・技能の習得、思考力・判断力・表現力
平成29年	技術・家庭科	資質・能力の育成、主体的・対話的で深い学び、生活と技術の基礎的な理解と技能を身に付ける、課題を解決する力を養う

表2は、明治から平成29年までの技術教育の特徴を年代ごと学習指導要領でまとめたものである。

大河内ら[4]のまとめでは、明治から昭和初期にかけて、卒業後働くための実業的内容の教育がされていた。戦後から昭和22年の学習指導要領では職業指導、昭和26年の学習指導では家庭科との融合の観点から実生活に役立つという教科の性格づけが行われた。昭和33年では、男子向き女子向きという性別履修が明らかになり、平成元年まで続いた。この年の学習指導要領の「技術」の用語は、生産技術と技能の二つの意味で用いられた。昭和44年では、教育内容の現代化が行われ、知識と技能が充実された。昭和52年の改訂では、70時間もの大幅な授業時数の削減が行われ、製作を通して理解するという目標から製作品の完

成に力が注がれる結果となった。平成元年からは、共学履修となり、第1学年35時間、第2学年で35時間を共学、第3学年105時間を別学としたため、技術系列をすべて履修したとしても175時間と減少している。技術科発足当時の時間数と比較すると55.6%減である。さらに、平成10年改訂では、技術分野を2領域「技術とものづくり」「情報とコンピュータ」にまとめられ、授業時数では、昭和33年改訂の3分の1に削減された。したがって、「ものづくり」の結果ばかりに眼が向けられ、教育上の過程で獲得する様々な人間の能力を無視したものとなったと大河内らは述べている[4]。

平成20年改訂では、選択教科としての技術・家庭科が廃止され、それぞれ4つの内容に整理された。また、思考力、判断力、表現力という学力が定められ、評価の観点として、関心意欲、創意工夫、技能、知識理解の4つが示された。平成29年改訂では、目標の中に技術の見方・考え方を働かせる、課題を解決する力を養うなど、生活を工夫し創造する資質・能力を育成することが明記された。

過去の学習指導要領の内容を見ていくと、その時代に応じて様々な性格付けがされていることがわかる。明治から昭和26年までの技術教育は、実務的な性格が強かった。昭和33年技術・家庭科の発足から、平成10年までは、知識・技能の習得が中心となった。さらに、平成20年からは、知識・技能の習得に思考力、判断力、表現力が加わり、バランスがとられた。このような技術科の性格から、技術に関わる知識・技能の習得を軸に行われてきたといえる。

平成29年改訂学習指導要領では、目標の中にある資質・能力の一つとして、課題を解決する力を養う[5]ことが示されたが、これまでの学習指導要領から知識・技能の習得に偏っていたことが明らかとなった。以上のことから、表1の革新性、熟知度で示された既存の材料やテクニックの使用、実務的な手順と知識の獲得が中心となっていたことからテクニシャンを育成することを中心に内容が編成されテクニシャンの能力を育成する学習が行われてきたことがわかった。したがって、テクニシャンを育成する教育から新たなもの生み出す能力を育成するためのエンジニアの能力を育成することが必要だと考えた。

2. 学習指導要領での設計に関わる内容

エンジニアは製品開発を行う。つまり、アイディアから設計図を構想する能力が必要である。その構想段階を技術分野では、設計としている。したがって、過去の技術分野の学習指導要領の内容を調べ設計がどのように扱われてきたのかを、国立教育政策研究所・学習指導要領データベース[6]をもとに学習内容を整理し、先行研究も含め考察する。

昭和22年の職業科では、工業に関わる初歩的な技術の養成の意味で計画を立て設計図を描き材料や道具を準備し製作し評価と探求までを学ばせることが示されている。そして、木工では目的に適した構造や形を理解したり、製図を描いたり、製図を読んだり、工程表を作ったりする技術の習得が学習指導法として示されている。

昭和26年の職業・家庭科では、教育内容を4つ(仕事、技能、技術に関する知識・理解、家庭生活・職業生活についての社会的、経済的な知識・理解)の項目に整理している。その中の仕事の項目の中に大項目の製図が位置している。この製図の中に中項目として、製図と設計が区分されている。このことから、設計の中でも製図の技能に重点が置かれている。したがって、戦後の職業科、職業・家庭科では、工業化の時代の要請からテクニシャン的な職業人を早期に育成する意図が強い。

昭和33年度の学習指導要領では、初めて技術・家庭科

という教科が設置され、目標の中に設計・製作が学習経験の例として示され、表現・創造の能力、ものごとを合理的に処理する態度の育成が明記されている。設計・製図は、木材加工、金属加工、機械と並列に示されている。設計・製図の学習内容は、製図に関する内容が記述されている。また、考案設計の能力を高めることが記述されている点に特徴がある。木田[7]は、技術科の発足にあたりいくつかの学習指導要領が改訂されていく中で、考案設計が重視されたことに着目している。そして木田[7]は、技術科発足以前の学習指導要領では、学校における生産活動を製作品にのみ重点がおかれ、生産過程における創意や合理性が軽視されてきたことを指摘し、これからの科学技術時代に生きる者として計画性・合理性・創造的能力の育成こそ技術革新の礎になると述べている。そこでは考案設計を目的の決定から目的に応じた計画・設計・製図までの段階としている。現在では使われなくなった考案設計が重視された点が昭和33年度学習指導要領の特徴である。

昭和44年度技術・家庭科の学習指導要領では、生活に必要な技術の習得と生活を明るく豊かにするための工夫・創造の能力と実践的な態度を養うことを目標としているために、製図に関する技術を習得させたのち、木材加工、金属加工で設計と製作を通して学習させる流れとなっている。特に、木製品と金属製品の設計の内容には、構想模型による表示ができるようにと指導内容が示されている。川崎ら[8]は、金属加工領域を例示し、学習内容を分割すべきではなく系統性を重視すべきであると述べている。その中で、製作学習を「材料の理解をする→加工法の理解をする→設計をする→製作をする→製品の評価をする→反省をする」のように設計を色々なことを学習した後に配置するように例示している。さらに、「丈夫な構造の模型をつくり強度を比べる」学習要素と展開例を示している。このような構想段階で模型を製作する例をあげており、構想模型による表示とは違った模型の使い方を例示している。

昭和52年度技術・家庭科の学習指導要領では、A木材加工、B金属加工ともに木製品の設計、金属製品の設計が示されている。ただし、木材加工1と2、金属加工1と2のそれぞれの内容で、製図に関する内容が重複しないように内容の取扱いが示されている。内容1では、主に製図に関する知識と技能の習得、内容2については、製図の内容以外には部材や構造の強さを増すための材料の使用法を考えるように、設計を手段として利用する内容になっている。昭和44年度の学習指導要領で示されていた「構想模型」は、C機械の内容の中に「機構模型、動く模型の設計と製作」に枠組みを変えて書かれている。

平成元年度技術・家庭科学習指導要領は、昭和52年度の学習指導要領と設計に関する内容は、大きく変化していない。

これまの学習指導要領では、まず製図を学習した後に機能と構造を考える内容が示されていたが、平成10年度の学習指導要領では、使用目的や使用条件に即した製作品の機能と構造を考えることが設計についての指導事項の一つ目として示された。さらに、従来の「設計と製作を通して」という表現は、「エネルギーの変換を利用した設計・製作」に変化した。

平成21年度技術・家庭科の学習指導要領では、平成10年度の学習指導要領の「設計・製作」及び「設計・制作」の言葉が、内容の細分化に伴い拡大された形となった。また、目標も工夫・創造する能力と実践的態度となり、言葉の使い方として、設計と製作をセットで扱うように変化している。

例えば、内容A材料と加工では、製作品の設計・製作についての指導事項として、機能と構造、製作図をかく、部

品加工と組立て及び仕上げができることの3つが示されているため、どの部分が設計に相当しているのか明らかになっていない。ただし、内容の重点として、設計する際には、自分の考えを整理し、実際の製作を行う前に課題を明らかにし、よりよいアイデアを生み出せるように製作図を適切に用いることとなっている。

平成29年度技術・家庭科の学習指導要領[5]では、技術分野の目標に「構想し設計を製作図等に表現し、試作等を通じて具体化し」と明記されており、内容についても同様に書かれている。

表3は、これらの設計に関わる学習の歴史の変遷をまとめたものである。昭和の学習指導要領では、設計、製図は実務的な知識、技能を身につけるために行われてきており、細かい内容まで網羅していた。平成になり、設計、製図の技術の習得から工夫・創造する能力との連動性に重点が置かれるようになってきた。平成29年の学習指導要領では、製作に必要な図を描くこと、設計を具体化することが示されている。しかし、この設計がどのような活動を示しているのかは明らかではない。

過去の学習指導要領では、設計に関わる内容が製図の実務的な知識・技能の習得から、構想図・製作図を描く技能の習得へと変化し、製作するための構想段階での設計という扱いになっていた。これは、表1の熟知度の項目にある「汎用されている作業と工程に対する実際的な手順と実務の知識を必要とする。」に含まれる内容であるため、テクニシャンを育てる教育であることがわかった。

これからの技術科では、新しいものを生み出す製品開発の過程を軸におくことを考えると、設計が構想図や製作図

表3 設計に関わる学習の歴史の変遷

時代	学校及び教科名 キーワード	設計に関する特徴
明治～ 昭和初期	徒弟学校 工業学校 ・職工の育成	製図、工程表、読図の技能修得
昭和22年 昭和26年	職業科 職業・家庭科 ・職業人の早期育成	広い仕事分野における設計、製図の技能修得
昭和33年 昭和52年	技術・家庭科 ・男子向き(工学) ・女子向き(家庭)	設計・製図の技術の習得
平成元年 平成10年	技術・家庭科 ・授業時数の削減	構想表示の方法を知り、構想図、製作図を描く
平成21年	技術・家庭科 ・技術の評価、活用	機能と構造を考える、選択する、構想表示の方法を知る、設計の技能重視
平成29年	技術・家庭科 ・技術の見方、考え方	設計を製作図等に表現し、試作等で具体化

を描く技能を中心とした学習になっていることが問題であると考えられる。

3. 教科書における設計の取扱い

次に、技術科の教科書では設計をどのように扱っているか教科書会社ごとの比較を行った。

東京書籍[9]は「製作品の構想→構想の具体化→構想のまとめ(修正)→製作に必要な図の作成」、教育図書[10]は「問題を発見する→必要な機能を検討する→アイデアを考える→アイデアシートをつくる→構想図をかく→模型のための図をかく→模型をつくる→問題点を見つける→組立て図をかく」、開隆堂[11]は「目的→製作品の決定→構想する(構想しながら図に表す)→設計のまとめ」である。

このように、三社とも設計の捉え方が異なっていることがわかった。

実際の授業では、構想図(設計図)を描いても製作しながら修正されることが多く初期段階で描かれた図とかけ離れたものを作りあげてしまうことが多い。それは、学習者はものづくりを体系的に学ぶ初めての経験であることから当然のことである。一方、企業などのものづくりでは、ニーズにあった製品を開発し試作品を作る過程と開発した製品を大量生産する過程がある。三社の教科書の設計の過程で共通している内容は、各段階が一方通行であり最終的には製作品を完成させることにある。つまり、図から製作品を作る技能が重視されている。しかし、新たな製品を開発する思考過程を育成する目的のためには、企業における製品開発の過程を重視すべきである。それは、クライアントの要求やニーズに対してどんな機能が必要なのか、その機能を満たすための仕様はどうするかなど、様々な条件を考え自らの力で試行錯誤する実践的な学習になるのである。そのために、製品開発を行うエンジニアが有している能力を明らかにしていく。

4. 初等中等教育で行う設計

今まで述べたように、設計についての解釈が曖昧であるために、製図が設計だという間違った認識であったり、設計を言語活動の一部として扱ったりしている。また、設計の目的を見通しを持たせるためや段取りをつけさせるためなどとしていた。そこで、初等中等教育の段階で行う設計とはどのような内容が適しているのかを明らかにしていく。まず、設計は工業製品を生産することを想定し工学設計とする。工業製品は、人の役に立つ目的を持った技術の集合体であり、ある目的を達成するための最適解であるといえる。技術科は、技術の視点から最適解を導き出す方法を学ぶことを目的としているからである。

Dixonは、工学設計を行う設計者の仕事を図1に示している[12]。工学的設計を中心に横(自然科学的ライン)に自然科学から生産技術まで、縦(社会科学的・人文的ライン)に政治学から芸術までの各分野の関係性を整理した。そして、Dixon(1962年)[13]は、「工学的設計とは、与えられた問題(仕様)をいろいろな制約条件の下で最適に満足するように、機器の全体、システムあるいはプロセスの具体的構造を作りあげることである。」と定義している。

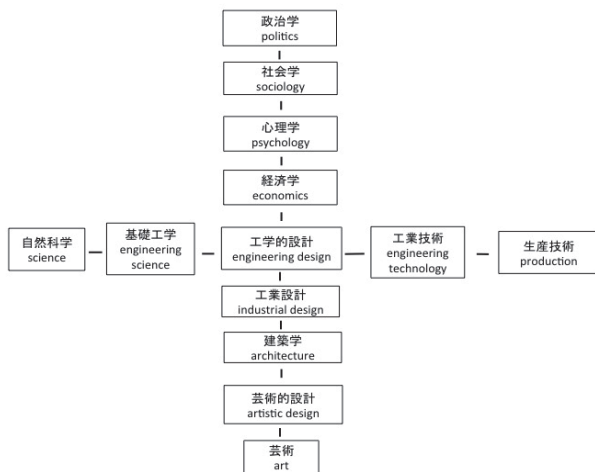


図1 工学設計の活動

また、日本技術者認定機構(JABEE)によると、工学設計をエンジニアリングデザインと表現し次のように定義している。「エンジニアリングデザインとは、数学、基礎科学、

エンジニアリングサイエンス、および人文科学などの学習成果を集約し、経済的、環境的、社会的、倫理的、健康と安全、製造可能性、持続可能性などの現実的な条件の範囲内で、ニーズに合ったシステム、エレメント(コンポーネント)、方法を開発する創造的で、たびたび反復的で、オープンエンドなプロセスである」。

このことから、教育に工学設計を適用するときの活動とは、「問題を解決するために学習者が学習した成果を活用し、様々な制約条件の中で課題にあったシステムおよび具体物を作り上げること」であるとした。

既存の設計図やマニュアルをもとにものを作る授業、すなわちテクニシャンが行う作業では、製作に必要な知識と技能の習得が重視され、エンジニアが行う工学設計を中心にした授業では、課題を解決するための製品開発の過程を重視することになる。そのため、今までの知識や技能の習得だけでなく、その他にどのような知識や技能および、能力が習得されるべきなのか検討していかなければならない。

IV. エンジニアとテクニシャンの思考のプロセスの違い

過去の設計学習の変遷から、製図や製作物を完成させるための技能を重視していたことがわかった。これらの学習は、テクニシャンの教育と同じで、技能を中心とした感覚的な学びであった。そこで、今までの学びにエンジニアリングの手法を取り入れることで、ものづくりの学習が技能に偏ることなく理論化され、ものづくりの技術や考えが伝わりやすくなるはずである。そして、自ら課題を解決するための技術の使い方や考え方がわかるようになる考えた。そこで、林ら[14]がまとめたエンジニアとテクニシャンの思考プロセスの比較(表4)をもとに、子どもの思考の傾向を調べた。表4は、林らが著書[14]の中でエンジニアとテクニシャンのプロセスを「思考、方法、知識・知恵、技術・基準、技術革新性、生産性」の6つの項目で分類し、それぞれの項目に対して、エンジニアのプロセスとテクニシャンのプロセスの特徴を示したものである。

ものを作る時に、エンジニアは、目的や要求に応じて、材料や加工方法、構造などを検討するために、様々な実験や試験を行いデータ化し、知識や知恵を蓄積させていく。また、そこから得られたデータや方法などの知識や知恵は、文章や図面などの具体的な形に残し、誰でもその知識や知恵、方法を共有し、利用できるようにしている。また、新しい製品を開発することが重要であり、常に改善や改良が加えられる。そして、新しい製品は需要に応じて生産が必要であるため、量産の方法も検討されていく。量産するためには、再び製品を改良したりする。

その一方でテクニシャンは、目的や要求に応じて、自ら

表4 エンジニアとのテクニシャンの思考のプロセス (表中の番号は筆者が追加)

項目	エンジニア	テクニシャン
思考	11 科学的 21 論理的	12 経験的 22 伝統的
方法	31 実験的 34 データ重視	32 個別対応 35 見栄え重視
知識・知恵	41 文書に残す 44 図面・仕様書	42 身体で覚える 45 身体に貯える
技術・基準	51 マニュアル化 54 基準の公開	52 身体の中にある 55 閉鎖的
技術革新性	61 柔軟 64 発展的 67 多様な枠組み	62 硬い 65 維持・伝承 68 固定した枠組み
生産性	71 大量生産	72 数量に限定

の経験や既存の知識や技能を活用し対応していく。また、技術を伝授するには、弟子が師匠の知識や知恵、技術を見様見真似で習得していく方法で行う。それらの知識や知恵、技術は次の世代にそのまま伝承されていくことが使命とされている。製品の多くは、テクニシャンが一人で製作するため数に限りがある。

このように、エンジニアとテクニシャンの思考のプロセスを比較してみると、今までの技術科のものづくり学習での学び方の中に、テクニシャンのプロセスに近いものがあるのではないかと考え、それを確認するためにアンケート調査を行った。

V. アンケート調査

1. アンケート調査の内容

アンケート調査は、ものづくりの課題を設定し、表4の番号の項目に対して想定されるプロセス(表4の番号と対応)を質問した。回答は五件法(1.強く思う, 2.思う, 3.どちらともいえない, 4.思わない, 5.まったく思わない)とした。回答は、1に近いほうが肯定的、5に近いほうが否定的とした。

アンケートでは、以下のような場面において各項目の質問を回答するようにした。

回答者が想定する場面

「雑誌やコミック、文庫本などが増えてきたので、机の上に置くための本立てを作るとしたら、次の各質問に対してどれが一番近いですか」。

各項目の質問内容を表5に示す。調査の対象は静岡県内の公立A中学校1年95名、2年92名、3年110名、平成28年10月にアンケートを実施した。1年生は、情報に関する技術の中で、簡単なプログラミングを学習しているが材料と加工に関する技術を学習していない。2年生は、材料と加工に関する技術を学習しており設計のプロセスを体験している、エネルギー変換に関する技術を学習している段階である。3年生は、材料と加工に関する技術、エネルギー変換に関する技術を学習している段階である。3学年ともに、本立てを作る授業は行っていない。

2. アンケート結果

この質問に対しての6つの項目でまとめた結果を表6に示す(表中では、エンジニアのプロセスをEDPテクニシャンのプロセスをTECと表記する)。

アンケート結果から各項目の平均を算出し有意水準5%(両側検定)でt検定を行った。その結果、「科学的と経験的」、「論理的と伝統的」、「実験的と個別対応」、「データ重視と見栄え重視」、「図面・仕様書と身体に貯える」、「柔軟と硬い」、「発展的と維持・伝承」、「多様な枠組みと固定した枠組み」の8つの項目で有意差が認められた。なお、質問項目の信頼性の検討のためにクロンバックのα係数を算出したところ0.73の内部一貫性が認められた。

表5 各項目における質問内容

11	机の寸法や本の大きさ、重さ、種類などをあらかじめ調べてから形を考える。
12	本の寸法などあらかじめ調べないで、自分の経験をもとに形を考える。
21	どのような構造にしたらくさん収納できるかあらかじめ考えてから作る。
22	図書館にある本立てや家にある本立ての形を参考にして作る。
31	最初に段ボールなどで模型を作ってから材料の寸法を決める。

32	自分の机のスペースと本の種類や数に合わせて材料の寸法を決める。
34	材料の強さや性質を調べてから、材料の寸法を決める。
35	本が全部収納できなくても、見た目が良ければ良いと考える。
41	道具の使い方の説明などは必ずメモを取りながら覚える。
42	道具の使い方は聞くよりも、まず自分で使って覚える。
44	本立てが完成した後、作り方を書いて残しておくことが大切である。
45	道具の使い方は、体で覚えていくことが大切であり、紙に書いて残しておく必要がない。
51	材料を使用する上での注意点や作り方の手順がわかる説明書が重要である。
52	ものづくりの経験をもとに材料を使用する上での注意点や作り方がわかっていることが重要である。
54	作り方や材料の性質や強度などの情報は、文書に残しみんなに知らせることが大切である。
55	作り方や材料の性質や強度などの情報は、みんなに知らせる必要はない。
61	必要に応じて作業の途中でも形や材料などを検討し直して作ることが大切である。
62	一度作り始めたら、計画通り作り、変更しない方がいい。
64	作った後、親や友人に頼まれたら同じものを何度も作りたい。
65	その場に合わせた作るものの形を変えたり、材料を変えたりすることは大切である。
67	今まで習ってきた技術を大事にして、その技術を利用して作ることが大切である。
68	生活経験を大事にして、その経験をもとに作ることが大切である。
71	できるだけたくさん作れるように部品や作り方を考える
72	興味を持った人に使ってもらえるように作る。

(1:強く思う 2:思う 3:どちらともいえない 4:思わない
5:全く思わない)

表6 思考 n=297 (有意差があるものは*)

項目	小項目	平均	SD	t(296)	P値	検定結果
思考	EDP 11 科学的	2	0.96	-17.722	2.1E-48	*
	TEC 12 経験的	3.6	0.99			
	EDP 21 論理的	1.9	0.92	-4.9667	1.1524E-06	*
	TEC 22 伝統的	2.2	0.96			
方法	EDP 31 実験的	3.5	1.16	20.8180	6.47098E-60	*
	TEC 32 個別対応	2	0.91			
	EDP 34 データ重視	2.7	1.06	-9.2424	4.88598E-18	*
	TEC 35 見栄え重視	3.6	1.07			
知識・知恵	EDP 41 文書に残す	2.8	1.04	-0.3010	0.763588187	
	TEC 42 身体で覚える	2.9	1.15			
	EDP 44 図面仕様書	2.5	1.10	-7.5926	4.12392E-13	*
	TEC 45 身体に	3.3	1.02			

技術基準	EDP 51 マニュアル化	2	0.98	1.83073	0.068145451	
	TEC 52 身体の中にある	1.9	0.79			
	EDP 54 基準の公開	3	1.00	-0.3288	0.742510964	
	TEC 55 閉鎖的	3.1	1.01			
技術革新性	EDP 61 柔軟	2.3	0.89	-12.210	4.81159E-28	*
	TEC 62 硬い	3.4	0.95			
	EDP 64 発展的	2.3	1.01	-8.3342	2.96108E-15	*
	TEC 65 維持 伝承	2.9	1.12			
	EDP 67 多様な 枠組み	2.1	0.82	5.55705	6.12081E-08	*
	TEC 68 固定した 枠組み	1.8	0.76			
生産性	EDP 71 大量生産	2.5	0.95	-0.8024	0.422922852	
	TEC 72 数量に 限定	2.5	1.00			

これらのアンケート結果から、エンジニア寄りの傾向を示した項目は、「思考の科学的」、「思考の論理的」、「方法のデータ重視」、「知識・知恵の図面・仕様書」、「技術革新性の柔軟」、「技術革新性の発展的」、の6つであった。一方、テクニシャンよりの傾向を示した項目は、「方法の個別対応」、「技術革新性の固定した枠組み」の2つであった。

VI. 考察

技術科の学習指導要領の変遷を調べると、技術教育が設立された当初、働くための実業的な教育がされていたことがわかった。その流れは、昭和52年の改定まで続いた。そして、この年から大幅な時間数の削減が行われたために、製作品を完成させることが重要視され、技能中心の教育は現在まで変わることがなかった。しかし、グローバル化や技術革新などにより社会の変化に対応すべき人材の育成が求められ、平成29年学習指導要領では新たな能力・資質に目がむけられるようになった。本研究では、今までの技術教育は、技能者（テクニシャン）を育てることが中心の教育であり、新しい時代に対応できる能力として、新しいものを生み出す力や課題をみつけたり解決したりする力を身に付けるべきだと考えた。それは、企業のものづくりにおけるエンジニアに必要とされる能力である。このエンジニアが製品開発を行う過程が工学設計であるため、過去の学習指導要領から工学設計に関する内容を調べた。技術科では、この工学設計に相当する項目がないため、設計に関する内容を調べると、主に製図に関わる知識や技能が中心だったことが明らかとなった。これは、職業に就くための実務的な製図に関する技能の習得から始まり、時間数の削減と学習内容の精選から製図が残ったと考えられる。また、三社の教科書を比較すると設計の流れは異なり、そ

れぞれ、設計の概念が異なることがわかった。また、その内容も構想図を描くことが設計の中心になっていることが明らかとなった。そこで、企業のものづくりで技能を重視するテクニシャンと製品開発を担うエンジニアに着目することとした。

エンジニアリングデザインのプロセスを林ら[14]の分類（表4）をもとに、子どものプロセスの傾向を調べた結果、テクニシャンよりの傾向を示した項目、「方法の個別対応」、「技術革新性の固定した枠組み」の2つを見つけることができた。

「方法の個別対応」については、ものづくりの方法に関する項目である。子どものものづくりの方法は、試作品をあらかじめ作ってから製作するよりも、その場に合わせた直接作り始めようとする傾向にあるためこのような結果になったと考えられる。

「技術革新性の固定した枠組み」の項目では、学習した技術を活用するよりも、生活経験を生かすことを大事に考えている傾向があることがわかる。これは、子どもたちが、生活経験を基に考えたり行動したりしていることが多いからだと考えられる。

「方法の個別対応」、「技術革新性の固定した枠組み」のそれぞれの思考プロセスは、テクニシャンの思考方法に近いことがわかった。特に、テクニシャンの中でも職人は、徒弟と呼ばれる伝統的な教育方法によって育てられている。それは、師匠の技術を見様見真似で覚えていくもの（モデリング[15]）であり、繰り返し身体で覚えていくものである。また、長い修業の中で多くの経験をし、学んでいく。このようなテクニシャンの教育は、伝統的な技術の伝承には必要であるが、初等中等教育の中で行われるものづくり教育としては適さない。

「方法の個別対応」に関しては、ものづくりの経験が豊富であれば、その場で目的に適した材料を選択したり、構造や作業手順を考えたりし、ものを製作することができるが、ものづくりの経験が乏しい子どもにとっては、模型を作り材料や寸法、構造などを考えたりすることは必要である。

「技術革新性の固定した枠組み」では、技術を活用するよりも経験を重視する傾向があることを示しているが、少ないものづくりの経験から考えることは難しいと予測される。そのためこのような結果になったと考えられる。

これらの結果から、テクニシャン寄りの傾向を示した2つの項目「方法の個別対応」、「技術革新性の固定した枠組み」について、これらをエンジニア寄りに近づけるための授業を考案していくことが、工学設計を基にした技術科の授業になると考えられる。

VII. まとめ

学習指導要領の変遷や教科書から、初等中等教育で行われてきた技術教育は、技能の習得に偏っていることがわかった。それは、テクニシャンを育てる教育であり、これからはエンジニアを育てる教育を初等中等教育でも重視すべきである。そこで、どのような視点で授業を行うべきかを調べるために、中学生のものづくりの場面において、エンジニアとテクニシャンの思考プロセスで比較し、エンジニア寄りの傾向を示した項目6つが明らかとなった。

テクニシャン寄りの傾向を示した2つの項目「方法の個別対応」、「技術革新性の固定した枠組み」について、これらの視点からエンジニア寄りに近づけるための授業として次の方法が考えられる。

「方法の個別対応」に関しては、直接製作に入ると材料を無駄にしたり、完成のイメージを持たずに製作したりするために最適解を見つけることができずに目的の機能を

果たすことができないものを製作してしまう。したがって、本製作の前に模型を作り、完成品のイメージを持たせ多様な視点から事前に検討させることが必要である。

「技術革新性の固定した枠組み」に関しては、経験よりも学習した技術を活用する場面を授業過程に取り入れる。例えば、一つの内容で複数の題材を用いて段階的に技術の難易度を上げ、必然的に活用が生まれてくる題材構成にする。

以上の方法を用いることで、技能に偏ることなく、工学設計に基づく技術科の授業を行うことができると考えている。

VIII. 参考文献

- [1] 経済産業省, 第4次産業革命への対応の方向性, http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/shin_san_gyokouzou/pdf/005_04_02.pdf, p11, (閲覧日 2017年12月28日)
- [2] S.J クライン, :イノベーション・スタイル 日米の社会技術システムの変換の相違, アグネ承風社, pp20-36, (1992)
- [3] 一般社団法人技術者認定機構 (JABEE), IEA 国際エンジニアリング連合, 卒業生としての知識・能力と専門職としての知識・能力 (Graduate Attributes and Professional Competency Profiles)], pp9-18, https://jabee.org/doc/GA&PC_J_Translation.pdf (閲覧日 2018年6月10日)
- [4] 国立教育政策研究所, 技術科教育のカリキュラムの改善に関する研究 ―歴史的変遷と国際比較―, 「教科等の構成と開発に関する調査研究」研究成果報告書 (6), pp5-11, (2001)
- [5] 文部科学省, 中学校学習指導要領解説, 技術・家庭編, http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2017/12/27/1387018_9.pdf, (2018) (閲覧日 2017年12月28日)
- [6] 国立教育政策研究所, 学習指導要領データベース,

<https://www.nier.go.jp/guideline/>, (閲覧日 2017年12月28日)

- [7] 木田幸吉, 「考案設計 (木工) の指導と考察」, 研究紀要, 金沢大学教育学部附属中学校, 昭和37年度, 第9号, pp33-38, (1963)
- [8] 川崎晴通・四辻征雄, 広瀬正美, 「中学校における技術科教育について (2)」, 長崎大学教育学部教育科学研究報告, 17, pp79-85, (1970)
- [9] 加藤幸一, 永野和男 他: 新しい技術・家庭 技術分野, 東京書籍株式会社, pp47-49, (2017)
- [10] 佐竹隆顕, 市川道和: 技術・家庭 技術分野, 教育図書株式会社, p51, (2017)
- [11] 安東茂樹, 間田泰弘: 技術・家庭 技術分野, 開隆堂出版株式会社, p32, (2017)
- [12] 北郷薫: 設計工学基礎, 丸善株式会社, p17, (1972)
- [13] 川面恵司, 須賀雅夫: 創造的工学設計の方法 新しいモノ創りの原理, 養賢堂, p13, (2003)
- [14] 林和伸, 佐藤昭規, 中屋敷進, 川上昌浩, 明石尚之: エンジニアリングデザイン入門, 理工図書, p3-5, (2013)
- [15] 森 敏明, 秋田喜代美: 教育委心理学キーワード, 有斐閣双書, P147, (2006)

【連絡先 西ヶ谷浩史 hnishigaya@gmail.com】

The Perspective of a Technology Class Based on Engineering Design

Hirofumi Nishigaya¹ and Shuji Kurebayashi²

¹Cooperative Doctoral Course in Subject Development in the Graduate School of Education,
Aichi University of Education & Shizuoka University

²Faculty of Education, Shizuoka University

ABSTRACT

An investigation of the history of the course of study and textbooks reveals that the goal of general technology education in junior high school is skills development. It is further proposed that technology education in the future should guide students in the learning of engineering design (the ability to produce something to resolve a problem) rather than the development of technical skills. Therefore, we compared the thinking processes of an engineer with those of a technician and investigated which thinking processes were more similar to those of junior high school students. As a result, we found that students used three types of technical thinking processes: one-to-one interaction, the body as the standard for technology, and inflexibility of innovation. This reveals the necessary perspective of technology education based on engineering design.

Keywords Engineering design, Technology Education, Engineer, Technician