

技術科教育における
生徒の問題発見・課題設定力の育成に向けた
学習指導方法の検討

2021

兵庫教育大学大学院
連合学校教育学研究科
教科教育実践学専攻
(兵庫教育大学)

小倉 光明

学 位 論 文 要 旨

氏 名 小倉 光明

題 目 技術科教育における生徒の問題発見・課題設定力の育成に向けた
学習指導方法の検討

本研究の目的は、中学校技術・家庭科技術分野(以下、技術科)において生徒の問題発見・課題設定力の育成に向けた学習指導方法を提案することである。

本論文は、緒論と結論を含め全7章で構成されている。第1章では、技術科における問題発見・課題設定力の育成に関わる問題解決の概念、問題解決学習の系譜、STEM/STEAM 教育等の動向について整理するとともに、関連する先行研究をレビューした。その結果、①技術科における生徒の工夫・創造力育成に対する教員の意識や困り感の把握(研究課題1)、②問題発見・課題設定力の評価の枠組みの設定と問題発見・課題設定力が高い生徒の特徴の把握(研究課題2)、③問題発見・課題設定力を高める要因の検討とそれに基づく学習指導方法の提案(研究課題3)の3点を研究課題とした。各研究課題について、第2章から第6章において以下のように対処した。

研究課題1に対しては第2章において、生徒の工夫・創造力育成に対する教員の意識と困り感について分析し、実践上の課題を把握した。その結果、技術科の教員は、生徒の工夫・創造力育成に対する授業時間不足と評価の困難さに課題を抱えていることが明らかとなった。また、内容「C エネルギー変換の技術」において特に工夫・創造力育成に対する困り感のあることが示唆された。

研究課題2に対しては、第3章において、問題発見・課題設定力の評価の枠組みについて検討した。その際、第2章で得られた知見に基づき、内容「C エネルギー変換の技術」の(2)イ「技術による問題解決」に焦点を当てることにした。日本産業技術教育学会が主催するエネルギー利用技術作品コンテストの受賞生徒(以下、EC 受賞生徒)と一般公立中学生の問題発見・課題設定の特徴を比較し、両者の違いが表出しやすい評価項目を探索した。その結果、問題発見力に関わる評価項目として「問題のタイプ」、「ユーザ想定」、「問題の範囲」が設定された。また、課題設定力に関わる評価項目として「目標の具体性」、「目標の主題」、「アイ

デアの多面性と具体性」,「発想のスタイル」,「計画の具体性」,「技術的な工夫」,「技術的な解決アプローチ」が設定された。これらの評価項目を用いた比較から,問題発見・課題設定力が高いEC受賞生徒の特徴として,①社会への広い視野を持って理想の状態に着目した探索型の問題発見,②技術的な根拠等を基に発想し,多様なアプローチで具体性のある課題設定の2点が明らかとなった。

研究課題3に対しては,第4～5章において,問題発見・課題設定力を高める要因について検討した上で,第6章において具体的な学習指導方法を提案した。第4章では,基礎的な知識の学習が問題発見・課題設定力に与える影響について検討した。その結果,基礎的な知識の学習によって,課題設定の具体性が高まる効果が認められた。しかし,問題発見の視野は狭く,技術的な工夫や解決のアプローチには偏りが生じる点に課題が見られた。第5章ではさらに,基礎的な知識の学習を経た上で,技術の見方・考え方への気づきを促す学習を設定し,問題発見・課題設定力に与える影響について検討した。その結果,技術の見方・考え方への気づきには,社会に視野を広げてユーザを想定した問題発見,具体性のある課題設定ができる効果が認められた。しかし,見出された問題の広さは,問題発見・課題設定力の高いEC受賞生徒に比べると十分ではなく,課題設定にも多様性は見られなかった。

これらの知見を踏まえ第6章では,基礎的な知識の学習,技術の見方・考え方への気づきを促す学習の後に位置づける新たな学習指導方法を構想した。問題発見・課題設定を,基礎的な知識の学習で獲得した技術的なシーズのニーズ探究への転移と捉え,身近な生活上の問題発見・課題設定(試行フェーズ)から社会的な視野を持った問題発見・課題設定(拡張フェーズ)へと文脈の類似性を維持しつつ問題範囲を広げ,技術の見方・考え方を働かせられる学習過程をデザインした。試行的な実践の結果,問題発見では,「ユーザ想定」において「社会一般の人」を対象とし,「問題の範囲」においても「社会全般」に対する問題発見が高くなり,問題発見の視野の広がりが示唆された。課題設定では,「目標の主題」,「発想のスタイル」,「技術的な工夫」において多様化が確認され,問題発見・課題設定力の高いEC受賞生徒の特徴と,ほぼ同程度の水準を得ることができた。その後,設定された課題に即したプロジェクト型の問題解決活動を継続的に展開したところ,生徒は問題解決学習に意欲的に取り組むとともに,「自ら工夫し創造しようとする態度」の習得感が高くなった。

以上の各章で得られた知見に基づき第7章では,教育実践への示唆として,①問題発見・課題設定力の評価の枠組みをもとに,生徒の問題発見・課題設定力を捉えることの重要性,②問題発見・課題設定力の育成における技術的なシーズの転移に着目し,それを促すための多段階転移活動のモデルを示すとともに,その実践上の可能性について展望した。

目 次

第 1 章 緒論.....	1
1. 研究の目的.....	1
2. 研究の背景.....	1
3. 問題発見・課題設定の概念	3
3.1 経営学における問題と課題の概念	3
3.2 教育における問題・課題の概念.....	5
4. 問題解決学習の系譜と問題発見・課題設定.....	7
4.1 心理学に基づく捉え方	7
4.1.1 心理学における問題解決研究の系譜	7
4.1.2 問題解決における創造性研究.....	7
4.1.3 問題解決と認知心理学における転移研究.....	9
4.2 教育方法学における問題解決的な学習の系譜	9
4.2.1 経験主義における問題解決学習	9
4.2.2 プロジェクト基盤学習.....	10
4.2.3 デザイン思考を取り入れた問題解決的な学習.....	11
5. STEM/STEAM 教育における問題解決の捉え方	12
6. 技術科における問題解決学習と問題発見・課題設定の整理.....	15
6.1 技術科における問題解決学習の系譜.....	15
6.2 技術科に関する問題解決的な学習の先行研究	16
6.2.1 技術科における問題解決学習の捉え	17
6.2.2 技術科における問題解決学習の実践	18
6.2.3 問題解決能力を高めうる教材開発及び授業実践に関する研究	21
6.2.4 教科横断的な問題解決に関する研究	24
7. 問題の所在	25
8. 研究のアプローチと論文の構成.....	26
8.1 研究のアプローチ	26
8.2 論文の構成	27
第 2 章 技術科における工夫・創造力育成に対する教員の意識	29

1. 目的	29
2. 課題の設定	29
3. 研究の方法	30
3.1 調査対象	30
3.2 質問項目	30
3.2.1 調査対象者の教員経験年数を把握する項目	30
3.2.2 題材のタイプを把握する項目	30
3.2.3 工夫・創造力の育成に対する考えを把握する項目	31
3.3 手続き	31
4. 結果と考察	31
4.1 形態素解析による出現語句の抽出	31
4.2 教職経験年数との関連性	31
4.2.1 経験年数に関わらず共通すること	33
4.2.2 ベテラン教員の特徴	34
4.2.3 若手教員の特徴	35
4.3 題材のタイプとの関連性	36
4.3.1 共通課題の題材を設定する教員の特徴	36
4.3.2 選択課題の題材を設定する教員の特徴	38
4.3.3 個別課題の題材を設定する教員の特徴	38
4.3.4 共通課題を改良する題材を設定する教員の特徴	39
5. 考察	39
6. まとめ	40

第3章 生徒の問題発見・課題設定力を評価する枠組みの検討 42

1. 目的	42
2. 研究のアプローチ	42
3. 評価観点の設定	43
3.1 問題発見に対する評価観点の設定	43
3.1.1 問題のタイプ	44
3.1.2 問題の範囲	44
3.1.3 ユーザ想定	44
3.2 課題設定に対する評価観点の設定	45
3.2.1 目標の探索	45
(1) 目標の具体性	45
(2) 目標の主題分類	45

3.2.2	アイデアの生成	46
(1)	アイデアの多面性と具体性	46
(2)	発想のスタイル	46
3.2.3	行動の準備	46
(1)	計画の具体性	46
(2)	技術的な工夫の分類	46
(3)	技術的な解決アプローチの分類	46
4.	調査の方法	47
4.1	対象	47
4.2	手続き	47
5.	結果と考察	48
5.1	問題発見に関わる評価	48
5.1.1	問題のタイプの比較	48
5.1.2	問題の範囲の比較	49
5.1.3	ユーザ想定と比較	49
5.2	課題設定に関わる評価	50
5.2.1	目標の探索	50
(1)	目標の具体性	50
(2)	目標の主題分類	51
5.2.2	アイデアの生成	51
(1)	アイデアの多面性と具体性	51
(2)	発想のスタイル	52
5.2.3	行動の準備	53
(1)	計画の具体性	53
(2)	技術的な工夫の分類	53
(3)	技術的な解決アプローチの分類	53
5.3	考察	55
6.	まとめ	56

第4章 生徒の問題発見・課題設定力の形成に及ぼす基礎的な知識学習の影響 59

1.	目的	59
2.	研究の方法	59
2.1	対象	59
2.2	課題	61
2.3	各設問の回答欄の設定	62

2.3.1	問題発見に関する設問群の回答欄	62
(1)	問題のタイプを評価するための回答欄	62
(2)	ユーザ想定を評価するための回答欄	63
(3)	問題の範囲を評価するための回答欄	63
2.3.2	課題設定に関する設問群の回答欄	63
(1)	目標の具体性と目標の主題を評価するための回答欄	64
(2)	アイデアの多面性と具体性を評価するための回答欄	64
(3)	発想のスタイルを評価するための回答欄	64
(4)	技術的な解決のアプローチを評価するための回答欄	64
(5)	計画の具体性と技術的な工夫を評価するための回答欄	65
2.4	手続きと評価の観点	65
3.	結果と考察	67
3.1	問題発見に対する基礎的な知識の影響	68
3.1.1	ユーザ想定	68
3.1.2	問題の範囲	69
3.1.3	問題のタイプ	70
3.2	課題設定に対する基礎的な知識の影響	70
3.2.1	目標の探索	70
(1)	目標の具体性	70
(2)	目標の主題	71
3.2.2	アイデアの生成	71
(1)	アイデアの多面性と具体性	71
(2)	発想のスタイル	72
3.2.3	行動の準備	72
(1)	計画の具体性	72
(2)	技術的な工夫の分類	73
(3)	解決のアプローチ	73
3.3	考察	76
4.	まとめ	78

第5章 生徒の問題発見・課題設定力の形成に及ぼす技術の見方・考え方の影響.... 80

1.	目的	80
2.	研究の方法	81
2.1	対象	81
2.2	技術の見方・考え方に気づかせる学習活動	82

2.2.1	手動発電 2LED ライトの分解と部品の確認の実践	83
2.2.2	手動発電 2LED ライトの設計に込められた工夫を読み取る活動	84
2.2.3	分解した手動発電 2LED ライトの組立て活動	85
2.3	問題発見・課題設定力を評価するための課題	85
2.4	評価の観点及び手続き	85
3.	結果と考察	87
3.1	技術の見方・考え方に気づかせる学習活動に対する生徒の反応	87
3.2	問題発見に対する技術の見方・考え方の影響	89
3.2.1	ユーザ想定	89
3.2.2	問題の範囲	90
3.2.3	問題のタイプ	90
3.3	課題設定に対する技術の見方・考え方の影響	90
3.3.1	目標の探索	90
(1)	目標の具体性	91
(2)	目標の主題	91
3.3.2	アイデアの生成	92
(1)	アイデアの多面性と具体性	92
(2)	発想のスタイル	93
3.3.3	行動の準備	93
(1)	計画の具体性	93
(2)	技術的な工夫の分類	94
(3)	解決のアプローチ	94
3.4	考察	94
4.	まとめ	97

第 6 章 生徒の問題発見・課題設定力を育成する学習指導の試行的実践

1.	目的	99
2.	実践のデザイン	99
2.1	問題発見・課題設定力の育成を目指した実践のコンセプト	99
2.1.1	シーズ志向の重要性	99
2.1.2	多段階転移体験の重要性	100
2.1.3	技術の見方・考え方の働かせ方	101
2.2	問題発見・課題設定力の育成を目指した実践モデル	102
2.3	具体的な展開計画	104
2.3.1	題材の目標及び展開	104

2.3.2	問題発見・課題設定場面の展開計画	104
(1)	生活場面から問題を見出し、課題を設定する試行フェーズ	105
(2)	社会的な場面から問題を見出し、課題を設定する拡張フェーズ	105
2.3.3	問題発見・課題設定後の問題解決活動	106
3.	実践及び評価の手続き	111
3.1	実践対象	111
3.2	問題発見・課題設定力を把握するための課題	111
3.3	評価の観点及び手続き	111
3.3.1	問題発見・課題設定力の評価の手続き	111
3.3.2	問題発見・課題設定後の質問紙調査	112
4.	結果と考察	114
4.1	多段階シーズ転移型問題発見・課題設定学習の様子	114
4.2	問題発見力に対する多段階シーズ転移型問題発見・課題設定学習の効果	116
4.2.1	ユーザ想定	116
4.2.2	問題の範囲	120
4.2.3	問題のタイプ	120
4.3	課題設定力に対する多段階シーズ転移型問題発見・課題設定学習の効果	121
4.3.1	目標の探索	121
(1)	目標の具体性	121
(2)	目標の主題	121
4.3.2	アイデアの生成	123
(1)	アイデアの多面性と具体性	123
(2)	発想のスタイル	124
4.3.3	行動の準備	124
(1)	計画の具体性	124
(2)	技術的な工夫の分類	127
(3)	解決のアプローチ	127
4.4	問題発見・課題設定後の問題解決的な学習	128
4.4.1	製作の様子	128
4.4.2	問題解決活動後の調査結果	129
4.5	考察	132
5.	まとめ	134
第7章 結論及び今後の課題		135
1.	本研究で得られた知見の整理	135

1.1	技術科における工夫・創造力育成に対する教員の意識.....	135
1.2	生徒の問題発見・課題設定力を評価する枠組みの検討.....	136
1.3	生徒の問題発見・課題設定力の形成に及ぼす基礎的な知識学習の影響.....	136
1.4	生徒の問題発見・課題設定力の形成に及ぼす技術の見方・考え方の影響.....	137
1.5	生徒の問題発見・課題設定力を高める学習指導の試行的実践.....	138
1.6	結論.....	139
2.	教育実践への示唆.....	140
3.	今後の課題.....	143
文 献		146
謝 辞		154
本研究に関する論文等.....		156

第 1 章 緒論

1. 研究の目的

本研究の目的は、中学校技術・家庭科技術分野(以下、技術科)において生徒の問題発見・課題設定力の育成に向けた学習指導方法を提案することである。

2. 研究の背景

本研究の背景には、状況の変化と、それに伴う教育の動向及び、2017 年告示の学習指導要領改定による喫緊の課題の存在がある。

社会は大きな変革期であり、グローバル化や情報化が目まぐるしいスピードで進行している。それに伴って、ロボットや人工知能、ビッグデータ、IoT などが速いスピードで相互に影響し合い、一つの出来事が広範囲かつ複雑に伝播するような予測困難な時代が到来するとされている¹⁾。経済産業省は、「新産業構造ビジョン」において、2030 年に向けて超スマート社会である Society5.0 や様々な繋がりによって新たな付加価値の創出や社会課題を解決する Connected Industries の実現を目指している²⁾。このような時代背景のもと、教育においても変化が求められている。現代のような知識基盤社会では、共通に習った「知識」がそのままの形では社会で使えず、状況に合わせて修正して活用したり、問題解決に必要な知識を検索したり、入手した知識を関連付けてまとめたり、足りない知識を自分で作ったりすることが必要になると言われている³⁾。

OECD の DeSeCo はこのような能力をキーコンピテンシーとして「道具を相互作用的に用いる能力」、「異質な人々からなる集団で相互に関わり合う能力」、「自律的に行動する能力」と定義している。同 OECD の PISA では、キーコンピテンシーをベースとしながら、「これまでに身に付けてきた知識や技能を、実生活の様々な場面で直面する課題にどの程度活用できるかを測る」ことを目的として、その到達度調査を行なっている⁴⁾⁵⁾。PISA には世界 79 カ国(2018 年実施)が参加しており、その考え方や結果は世界の教育改革に大きな影響を及ぼしている⁶⁾。また近年では OECD がラーニングコンパス(学びの羅

針盤)を提唱している。これはウェルビーイングに向けて、子ども達が学校教育に留まらず社会を通じて、自ら進むべき方向性を見出す学習の枠組みである⁷⁾。

このような社会的背景や、教育動向を受け、日本の学校教育においてもコンピテンシーを学習のベースとした21世紀型能力が設定された⁸⁾。これは「思考力」を中核とし、それを支える「基礎力」、その使い方を方向づける「実践力」という3層構造で構成される。中核となる「思考力」には、問題解決・発見・創造力、論理的・批判的思考力、メタ認知・適応的学習力が位置付けられている。この枠組みを基として、「子どもが各教科等において深い学びを達成し、その成果を統合することで、社会で生き抜き、社会自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」とした。これを受け、文部科学省の教育課程企画特別部会での論点整理ではこれからの教育において、育成すべき資質・能力として「問題を発見し、その問題を定義し解決の方向性を決定し、解決方法を探して計画を立て、結果を予測しながら実行し、プロセスを振り返って次の問題発見・解決につなげていくこと」が必要であるとした⁹⁾。

これらを踏まえ、2017年告示の中学校学習指導要領(以下、新CS)の解説技術・家庭科編では、「生活や社会の中から技術に関わる問題を見いだして課題を設定し、解決策を構想し、製作図等に表現し、試作等を通じて具体化し、実践を評価・改善するなど、課題を解決する力を養う。」が技術科の目標として設定された⁹⁾。かねてから問題解決学習を実施してきた技術科であるが、コンピテンシーベースの学習への流れを受け、より一層、問題解決能力の育成が重要視された。従前の学習指導要領では、問題解決が構想・設計から始まっていたのに対して、新CSでは「生活や社会の中から技術に関わる問題を見いだして課題を設定」する力(以下、問題発見・課題設定力)の育成の必要性が新たに明記された点に大きな特徴を見出すことができる。

また同じく新CS解説技術・家庭科編では、技術科の学習過程を、①既存の技術の理解、②課題の設定、③技術に関する科学的な理解に基づいた設計・計画、④課題解決に向けた製作・制作・育成、⑤成果の評価、⑥次の問題の解決の視点の6段階に整理している。このうち問題発見・課題設定力は②に関わる能力である。つまり、この問題発見・課題設定

力はその後の問題解決過程に大きな影響を与える重要な力であると考えられる。しかし、新 CS で新たに盛り込まれた内容であるため、問題発見・課題設定力を育成する学習指導方法を確立することが喫緊の課題となっている。

そこで、第1章では、生徒の問題発見・課題設定力の育成に向けた学習指導方法の検討に向けて、上述したような社会的な背景を踏まえつつ、問題解決の概念について整理し、問題解決学習の系譜、統合的な問題解決学習である STEM/STEAM 教育の動向等を俯瞰した上で、関連する先行研究のレビューを行う。そして、問題発見・課題設定力の育成における問題の所在を明らかにし、本研究で取り組むべき課題とアプローチを策定することとする。

3. 問題発見・課題設定の概念

問題という言葉は、広辞苑によると、①問いかけて答えさせる題、②研究・論議して解決すべき事柄、③争論の材料となる事件、④人々の注目を集めていること、とされている¹⁰⁾。本研究で扱う問題はこのうちの②に相当するものであるが、この定義では捉える意味の範囲が大きく、問題発見・課題設定力の育成を考えたときに、適切であるとは言い難い。そこで、企業や組織が抱える多くの問題を解決することについて古くから研究を行なっている経営学の視点からその定義と、問題解決の具体について検討する。

3.1 経営学における問題と課題の概念

経営学は、企業や組織を管理・運営するための手法を研究する。その際、重要となるのが、経営上で発生した問題を解決していく力や問題を発見し経営をより良くする力を育成することである。

Herbert. A .Simon は問題を解く前の状態の初期状態から問題が解決した目標状態までの空間を問題解決空間とし、この空間内で状況を更新する手続きを操作子として、問題の解決過程を整理した¹¹⁾。その際に「問題解決は目標の決定、現状とあるべき姿との差異(ギャップ)の発見、それらの特定の差異を減少させるのに適当な記憶の中にある、もしくは模

索による、ある道具または過程の適用という形で進行する」とし、問題を「現状とあるべき姿との差異（ギャップ）」と定義した。このように問題を定義し、問題解決を問題発見の段階から検討している点で Simon は後の経営学の研究に大きな影響を与えた。

佐藤は Simon の問題の定義を援用しつつも、現状とあるべき姿の差異を見出しただけでは問題解決を十分に行うことができないとし、問題構造をさらに詳細に分析した¹²⁾。佐藤によれば、現実的な問題解決では制約条件や外乱、既定のプロセスが存在し、その中で問題解決者にできることを行う必要があるとしている。そして、この条件の中で問題解決者にできることを入力と呼び、得られる結果を出力とした。佐藤はこの整理によって問題解決の手段をより詳細に検討し、問題解決の手立てを取りやすくした。また、佐藤は、問題を、すでに発生しており、現状に着目した問題の「発生型」、より高い理想を設定し意識的に作られた問題の「探索型」、未来の危険を予測し準備しておく問題の「設定型」の3つのタイプに分類し、問題解決の糸口を示している。そして、見出した問題に対して、「見いだした差を埋めるためにすべきこと」を課題として定義している。このように佐藤は企業や組織経営での問題解決へ向けて、より具体的に問題解決の構造を整理した。

問題解決において、構造的に問題を把握するという形ではなく、多面的に問題を把握するというアプローチも見られる。経営学で援用される手法として、Tinbergen の4つの問いがある¹³⁾。これは、動物行動学において Tinbergen が動物のある行動について、理解が十分であるとするためには、4つの問いに答える必要があるという主張にはじまる。それは具体的には①至近要因(対象内のどのようなメカニズムでそうなるのか)、②発生要因(対象内に蓄積されたどのような履歴によるものか)、③系統進化要因(対象を越えたどのような歴史的経緯によるものか)、④究極要因(対象を越えたどのような適応的価値があるのか)の4つである。この4つの問いから問題を見つめることで問題に対すアプローチを整理する。

同様に斉藤は Simon の問題の定義をベースとしながら、あるべき姿への多面的な検討が重要であるとしている¹⁴⁾。具体的には①Purpose(目的軸)、②Position (立場軸)、③Perspective (空間軸)、④Period(時間軸)の4つの側面からの検討が必要であるとし、こ

これらの視点から問題を検討することで問題の発見をより明確なものにしようとしている。

経営の現場ではこれらの理論をもとに様々なフレームワークが活用される¹⁵⁾。問題を見つける段階では現状とあるべき姿のギャップを見つめる「As is/To be」や8つの問いを立てて問題を多面的に捉える「6W2H」、問題を整理する段階では「ロジックツリー」、優先順位を決定する段階では「緊急度/重要度マトリクス」や「意思決定マトリクス」等が用いられている。経営学の分野ではその後、市場の分析や解決に向けての発想、戦略立案や業務改善、組織マネジメント等が行われるためさらに多くのフレームワークが活用されている。

また、商品開発的な視点からの問題解決についても検討する必要がある。技術的な商品の開発にはニーズとシーズの概念が多く用いられている。藤田によれば、企業が新たな製品・サービスを開発する際の起点としてニーズ志向とシーズ志向の二つが挙げられるとしている。シーズは企業が保有する独自の技術やノウハウ、アイデアなどであり、ニーズは顧客の要求である。このうち、シーズを中心として開発を行う場合をシーズ志向、ニーズを中心として開発を行う場合をニーズ志向としている¹⁶⁾。岩間はこのニーズとシーズを融合させることが重要であるとし、融合を促進する要因として技術とその進展状況の把握、技術者によるマーケティング、コンセプト創造と技術開発、実物モデルの提示の4つが重要であることを明らかにしている¹⁷⁾。

以上のように、経営学の分野では問題発見・課題設定について多くの研究がなされており、いずれも企業や組織の管理・運営が目的であった。また、製品開発という視点ではニーズとシーズの概念が重要であった。しかし、いずれにおいても企業や組織を管理・運営するための手法として研究されており、思考プロセスや学びという視点からの研究ではない。そのため、経営学での概念を踏まえつつ、教育における問題と課題について検討する必要がある。次項では、教育における問題・課題の概念について整理する。

3.2 教育における問題・課題の概念

問題解決学習は、我が国の教育課程に多く取り入れられているため、問題や課題をどの

ように扱うかが重要となる。文部科学省において、問題と課題についての文章化された明確な定義はなされていない。しかし、問題や課題という単語は多く用いられており、新CSでは総合的な学習の時間の目標を「実社会や実生活の中から問いを見いだし、自分で課題を立て、情報を集め、整理・分析して、まとめ・表現することができるようにする。」としている¹⁸⁾。また、数学では、「事象を数理的に捉え、数学の問題を見いだし、問題を自立的、協働的に解決することができる。」ことが重要であるとし¹⁹⁾、理科では「自然の事物・現象の中に問題を見い出して課題を設定し、予想や仮説を立てたり、観察・実験の条件を考えたりすることで観察・実験を計画する」としている²⁰⁾。さらに、技術科の目標は「生活や社会の中から技術に関わる問題を見い出して課題を設定し、解決策を構想し、製作図等に表現し、試作等を通じて具体化し、実践を評価・改善するなど、課題を解決する力を養う。」としている。これらの記述から、問題と課題についての明確に定義した記述はないものの、問題については「発見」するという意味合いの表現を用い、課題については「設定」するという意味合いの表現を用いていることから、両者を区別して取り扱っていることは明瞭である。この「発見」と「設定」という表現に着目して、問題と課題の定義について考察すると、先に述べた経営学で定義される、「あるべき姿と現状とのギャップ」という問題の定義では、現状とあるべき姿を探索的に考える中でそのギャップへと辿り着くことから、問題は見出される（発見される）ものであると考えられる。また、その「問題を解決するためになすべきこと」として、課題は設定されるべきものであると捉えられる。

吉水は、総合的な学習の時間で問題発見力を育成する授業実践を、社会科教育では、問題発見能力を育成する授業モデルの提案を行なっている。そこではいずれも Simon の問題の概念を援用し、実践研究を行なっている²¹⁾。また、技術・家庭科家庭分野では村田らが、「問題発見」思考ツールの開発及び評価を行っている²²⁾。この研究においても、Simon の問題の定義を援用している。

これらのことから問題と課題は区別して用いる必要があり、それは、学習指導要領で用いられている通り、問題は「発見」し、課題は「設定」する必要がある。また、問題と課

題の定義については、教育の分野においても Simon の考え方である「あるべき姿と現状とのギャップ」という定義が援用されて研究が行われていることが確認できる。また、課題についても Simon の考えを基に佐藤が定義している「問題を解決するためになすべきこと」を用いることが妥当であると考えられる。

4. 問題解決学習の系譜と問題発見・課題設定

経営学における問題解決は、企業や組織の管理・運営が目的であるため、現実的に問題解決が完結できるかどうかの主眼が置かれていた。教育における問題解決学習では思考のプロセスや学習過程が重要であると考えられる。そこで、心理学の側面と、教育方法学における問題解決的な学習の側面から整理する。

4.1 心理学に基づく捉え方

4.1.1 心理学における問題解決研究の系譜

市川は心理学における問題解決の流れを整理している²³⁾。それによれば、現在の問題解決に対する心理学的な研究のきっかけとして 20 世紀初頭の内観法による個人の意識を要素に分解して取り扱う研究を挙げている。その後、外部に現れる行動を研究対象とする行動主義が興隆する。その中で、問題解決の過程は解法探索の過程とみなせることや²⁴⁾、問題の理解や把握が問題解決に極めて重要であることが示された²⁵⁾。発達心理学の分野では Piaget が乳幼児の発達過程を調べ、人間の持つ先天的なイメージ理解能力の存在を示唆した²⁶⁾。また、情報処理的なアプローチによる研究も行われた。安西はコンピュータのシステムと人間を比較することで、思考過程の分析を行なっている²⁷⁾。これらの研究は問題解決の構造やメカニズムの解明につながった。しかし、いずれにおいても、問題発見・課題設定ではなく問題解決過程に焦点が当てられている。

4.1.2 問題解決における創造性研究

問題解決過程の中でも創造性に着目した研究も多くみられる。弓野によれば、Osborn.

A.が提唱した CPS : creative problem solving(創造的問題解決)は、思考の発散と収束を問題解決に活用するプロセスであるとしている。これには、第1相「挑戦の探索」、第2相「アイデアの生成」、第3相「行動の準備」の3相があるとしている。「挑戦の探索」は目標や願いについてデータ収集を伴いながら探索していく段階、「アイデアの生成」は幅広く多様なアイデアを生み出す段階、そして「行動の準備」は解決策を整理し具体的な計画を考えていく段階である²⁸⁾。この3相に分けられた段階的な CPS プロセスは行動を起こす前段階までである課題設定の段階に着目している点に特質がある。

問題解決を段階的に分析した研究として、高橋は、問題解決を「(1)問題設定」「(2)問題把握」「(3)課題設定」「(4)課題解決」「(5)総合評価」「(6)解決行動」の6ステップに整理している。その上で、(1)～(4)のステップでは発想の能力が必要であるとしている²⁹⁾。また、発想には連想力が必要であるとし、連想の仕方によって自由連想、強制連想、類比連想に分類している³⁰⁾。さらに高橋によると、発想には、J.P. Guilford の言う情報収集の段階と情報処理の段階が必要であるとしている³¹⁾。この情報収集と情報処理の関係については、「感覚器官を活用して、見たり、聞いたり、触ったりして、物を認知(cognition)し、それらを脳に記憶(memory)しストックする」こととし、その「記憶などを利用して情報処理活動をする」と説明している。

このような記憶と創造性との関連については、Finke らが提唱した創造的認知アプローチであるジェネプロアモデルにおいても研究されている³²⁾。ジェネプロアモデルでは、創造プロセスは心的なイメージを生成する生成段階と、そのイメージを解釈する探索・解釈段階の二つの段階のインタラクションとして表される。この内、生成段階が問題発見の場面に当てはまると考えられるが、小橋は生成段階で記憶検索、連合、心的合成、心的変形、概念結合、アナロジー転移、カテゴリー還元が行われるとしている³³⁾。

これらの問題解決過程における創造性に関する研究から、問題解決には創造性が重要な役割を担っていること、そして、創造性を働かせるには知識の獲得が重要であり、それは問題発見の場面においても同様であることが確認された。

4.1.3 問題解決と認知心理学における転移研究

認知心理学において、学習した知識を別のことに結びつけて考えることを一般的に転移と呼ぶ。このことから、身につけた知識を生活や社会の事象に当てはめて問題を見いだしたり、課題を設定したりする思考過程は、転移と捉えることができる。

波多野はこの認知心理学における転移について整理している。波多野によれば、転移研究の歴史は古く、Wertheimer は 1945 年に平面幾何における証明手続きの転移について考え、機械的な学習によって得られた知識は転移しないが、意味を理解した学習によって得られた知識は転移しうることを主張したとしている³⁴⁾。その後、Greeno が、学習内容を一般化することによって転移可能とするモデルを提案したとしているが、後の追調査で学習の一般化による転移は難しいことが明らかとなったとしている。

一方で、白水は認知科学教育カリキュラムについて検討しているが、その中で Engle の研究結果から「学習と転移の文脈の類似性を教員が指摘することが転移を促す」とし、その文脈について「今目前で学んでいることが将来や過去の何につながるのかを明示すること」が重要であるとしている³⁵⁾。また、ある事柄に対する多様な理解を、お互いに共有することによって、自身の視点に従ってバリエーションを関連づけて統合しようとすることで、より質の高い転移可能な知識構造を形成することができることを明らかにしている。

また、山内は技能の転移について整理している³⁶⁾。山内によれば、転移には正と負があるとし、ある技能の学習がそれと類似した別の技能の学習に促進的な効果を波及する場合を正の転移、前学習が後学習に妨害的な効果をあたる場合を負の転移としている。このうち、正の転移を起こす際に必要な条件として、課題の類似度が大きな条件であるとしている。類似度は原課題と転移課題との間に、同一の要素がどの程度含まれているかであるとし、類似度が大きい場合は正の転移、類似度が少ない場合は負の転移を起こすことを明らかにしている。

4.2 教育方法学における問題解決的な学習の系譜

4.2.1 経験主義における問題解決学習

教育方法学における問題解決的な学習を提唱した第一人者として、J.Dewey が挙げられる。太田によれば、Dewey の教育観は民主的な市民を育成し、社会の構成員となし、社会を改造していくことであるとしている。その中で、知識と行動の一元化や子どもの自己活動を重んじるとしている³⁷⁾。また、伊藤によれば、Dewey は経験によって生み出される知性こそ、現実のさまざまな問題を解決する力であり、問題の探究を方法的に行う力を身に付けさせる必要があるとしている。そして、問題解決における探究的な科学の方法の習得を教育に持ち込んだところにその特質があるとしている³⁸⁾。さらに、井上はこの知性の活動が Dewey のいうところの反省的思考であるとし、それは「可能的解決の暗示」、「知性的整理」、「指導的観念」、「推論」、「行動による仮説の検証」の5段階から構成されているとしている³⁹⁾。このように民主的な市民の育成に向けた、子どもの自己活動と、反省的思考による問題解決学習に価値を見出したところに Dewey の新規性があり、その後の教育方法学に大きな影響を与えた。

Parkhurst は、Dewey の影響を受け、生徒自らが設計した学習計画をもとに個別に学習を進める教育実践(ドルトン・プラン)を行なった⁴⁰⁾。その中では、生徒が自発的に研究し、相互交流し、協力することができるよう環境が整えられ、各生徒がそれぞれ自分の抱える問題を出し合って話し合いながら学習が進められるシステムを構築した。Washburne は Dewey の「教育された個人とは社会的個人であり、社会とは個人の有機的統一体である」という教育における社会性に共鳴し、子どもの個性と社会性の育成を目的として、集团的・創造的な活動を取り入れた教育実践を行なった^{41,42)}。

Kilpatrick は Dewey の問題解決学習をさらに発展させ、目的設定、計画、実行、評価の4段階から作業単元を構成する、プロジェクトメソッドを確立した。それは生徒自らが自分の持っている目的の達成を目指す「目的的活動」が重要であるとし、教科に縛られず、教科を横断した点にもその特質があると考えられる^{43,44)}。

4.2.2 プロジェクト基盤学習

このプロジェクトメソッドが発展して、現代ではプロジェクト基盤学習(PBL: Project

Based Learning)として広く用いられている。PBL は同じ表現で問題基盤学習(PBL: Problem Based Learning)としても用いられるため、両者を区別するため、前者を PjBL、後者を PbBL と表現することもある（本論文においても以後、この表現を用いる）。胸組はこの PjBL と PbBL の違いについて整理している⁴⁵⁾。PjBL はプロジェクトの完成を通して解答を見出す学習方法で、高次元な思考を可能にするとしている。一方の PbBL は課題を解決することを通して特定の話題について学ぶという、知識とスキルの応用であるとしている。同様に湯浅は PjBL と PbBL について、それぞれの特徴を整理している⁴⁶⁾。それによると、PbBL は医療教育で用いられたことが始まりであり、研修医が診断スキルを獲得できるようデザインされたとしている。その特徴として学びをスタートさせる問題に、現実的で不良構造を持つものが選ばれ、この問題に取り組むためには、新しい知識の獲得や問題を解決する方略を推論することが必要とされるようデザインされている。それに対して PjBL はプロジェクトの成果物が学習目標の大きな割合を占め、知識の適用に主眼が置かれる。また、この PjBL が学習方略として広く普及した要因として認知科学の影響を挙げている。これは認知科学の進展によって、学習が伝達された情報の蓄積ではなく学習者が自ら知識を構築することや、コミュニティの中で学習は行われるということが明らかとなったことで、PjBL が高く評価されるようになったためであるとしている。

これら PjBL や PbBL には手法やねらいは異なる点があるものの、互いに学習者が自分自身の学びの計画を立てながら、協調性を持って学びに取り組み、教師はサポートに回るといふ、学習者を中心とした学びである点で共通している。そのため、これらの実践及び教育理論は個に焦点を当て、自ら目的を立てたり、計画を立てたりし、問題発見・課題設定も含んだ問題解決学習であると認識される。しかし、いずれにおいても、そのシステムや環境、学習段階に重きが置かれており、問題発見・課題設定力を育成するという観点からはあまり語られていない。

4.2.3 デザイン思考を取り入れた問題解決的な学習

近年ではデザイナーの認知過程をモデル化し、社会課題の解決に利用しようとする動き

も出てきている。それは一般的にデザイン思考と呼ばれ、デザイナーがユーザに向かうことで問題解決案を生み出すことから考案されている。具体的には、デザイナー志向の、共感、問題の定義、創造、プロトタイプ、テストのプロセスを辿る問題解決過程である(デザインプロセス)⁴⁷⁾。デザイン思考の分野では、アメリカのシリコンバレーに1991年に創設されたデザイン会社であるIDEOが、その代表的な存在として取り上げられることが多い。IDEOの創設者の一人であるDavid Kelleyはその後、スタンフォード大学でd.schoolを立ち上げ、デザイン思考は現在、世界的に大きな影響を及ぼしている。土田によれば、デザイン思考は、表面的なデザインではなく、企画の段階からデザインを意識すること、様々なプロセスやプロトタイプを試行すること、短期間で結果を出すことにその特徴があるとしている⁴⁸⁾。デザイン思考を取り入れた教育実践は、日本においては高等教育で行われることが多い。例えば川瀬は大学において、デザイン思考を取り入れた実践を行なっている。そこでは、意識的にデザイン思考を行うことで、多様な活動が創出され、体験的に理解が深まることを明らかにしている^{49,50)}。また、倉林も同様に大学において、デザイン思考に基づき問題設定・解決手法の提案能力の育成を行なっている⁵¹⁾。

山内はこのデザイン思考のプロセスの教育への援用について考察を行なっている。それによれば、デザイン思考のプロセスは従来の専門家が論理的に問題解決手法を導き出していることへのアンチテーゼであるとし、専門知なしで問題に挑むところに特徴が見られるとしている⁵²⁾。そして、これはユーザを重視した思考プロセスであり、製品開発において重要な役割を担っているとする。しかし、教育における学習活動で取り扱う問題においては、専門知が必要であり、専門知無しでの問題解決の困難さを指摘している。そのため、初期段階で、専門知を身につけた上で、問題発見からのプロセスに入るダブルループ型問題解決デザインモデルを提案している。

以上、教育方法学における問題解決的な学習の系譜を整理した。これらのことから、教育方法学における問題解決学習の重要性は広く認知されており、PjBLやPbBLをはじめとした多くの実践がなされてきている。しかし、それらは問題解決のプロセスに重きが置かれ、問題発見・課題設定にはあまり着目されていない。一方でデザイン思考は共感や問

題定義など、問題発見・課題設定と言える段階から行われていることが確認できる。また、高等教育機関においてもデザイン思考に基づいた問題解決学習も行われている。しかしその一方で、デザイン思考が専門知無しで問題解決に取り組むプロセスを辿るという背景から、知識量がまだ少ないと思われる初等中等教育での実施に課題が残ると考えられる。

5. STEM/STEAM 教育における問題解決の捉え方

近年、現実社会の課題解決に活きる問題解決能力を育成する教育のあり方として、STEM/STEAM 教育への着目が高まっている。

アメリカでは、技術的素養のスタンダードである STEL(Standards for Technological and Engineering Literacy)が ITEEA によって刊行されている⁵³⁾。この STEL は K-12 において Technology および Engineering 教育を促進することを目的としている。STEL では、Technology, Design 等の用語が多く用いられるが、ここで用いられる用語の概念について森山が整理している。それによれば、Technology は「問題解決と人間の可能性を拡大するシステムを発展させる知識とプロセスの生成を含む、人間活動によるイノベーション」とし、Design は「人間のニーズと欲求への対処、あるいは問題解決を目的とし、資源を製品やシステムに換える際の計画を生み出すための反復的な意思決定プロセス」としている。このように、STEL で用いられている単語が問題解決と密接な意味で用いられていることから、問題解決を重要視していることが確認できる⁵⁴⁾。

また、STEL が重視する Technology と Engineering を含んだ技術教育における問題解決学習として、広く認知されているものに、STEM/STEAM 教育が挙げられる。STEM 教育が展開されるきっかけとなるのは 1957 年のスプートニクショックによる科学技術力の重要性や、産業競争力向上に向けた科学技術系人材育成のニーズの高まりを受けて、西欧諸国で科学技術教育改革運動である第一次 STEM 教育の改革運動が起こったためである⁵⁵⁾。その後 1990 年代終わりから 2000 年代前半にかけて、IT を中心としてハイテクノロジー産業の発展に伴う理工系人材へのニーズの高まりにより、アメリカを中心に第二次 STEM 教育の改革運動が隆盛する⁵⁶⁾。このアメリカの STEM 教育を受けて、日本でも

STEM 教育学会が設立されている。そこでは「現実の課題に対して、S・T・E・M などの個別の領域からではなく、融合させて解決していくという考え方」が大切であるとし⁵⁷⁾、教科を横断して問題解決に取り組むという点に STEM 教育の特徴があるとしている。この STEM 教育の統合の考え方については、胸組が整理している。その中で、Kelly と Knowles の滑車装置の各部品を STEM に見立てて分野相互の関係性と示した滑車モデルを引用している。それによれば、STEM 教育では、Science, Technology, Engineering, Mathematics が「エンジニアリングデザイン」で統合されているとしている⁵⁸⁾。

また、この STEM 教育の流れに呼応して 2006 年には Yakman によって STEAM 教育という STEM に Arts-Liberal が加えられた教育カリキュラムが提唱された⁵⁹⁾。Yakman の提案する STEAM 教育は STEM と統合する Arts が芸術以外の Liberal Arts も含むことに特徴がある。胸組はこの STEAM 教育が文脈的に統合されているのか、内容的に統合されているのかを検討している。文脈的な統合で考えるとその源流は進歩主義教育であり、Dewey の経験主義、Kilpatrick のプロジェクトメソッドからの文脈を引き継いだ結果、教科を統合したプロジェクトベースの問題解決学習として STEAM 教育が成立したと考察している。また、内容統合では既存の STEM に、Arts-Liberal が加わったことで、内容的な統合が行われた見方もできると考察している。いずれにせよ、STEAM 教育は問題解決学習を重視する教科横断的な学習であることが確認できる。

これらのことから、アメリカでは、STEL をはじめとした問題解決学習が重要視された教育施策が行われており、それは社会的な背景から科学技術に重点が置かれたものであった。その中でも STEM 教育は科学技術に重きを置いた教科横断的な問題解決学習であり、その統合の中心にはエンジニアリングプロセスが置かれていた。また、現在は Arts-Liberal も含んだ STEAM 教育が進められているが、STEM 教育と同様に問題解決が重要視されていることが確認できた。

我が国においては、教科横断的な学習として総合的な学習の時間が設置されている。文部科学省の教育課程部会では、STEAM 教育の世界的な動向を受けて、総合的な学習の時間について、これからの社会に向けて幅広い分野で新しい価値を提供できる人材を養成で

きるよう「総合的な学習の時間」や「総合的な探究の時間」，「理数探究」等における問題発見・解決的な学習活動の充実を図る」としている⁶⁰⁾。また，山崎は，SDGsと連動するSociety5.0の実現に向けて，アメリカのSTEAM教育から日本発のSTEAM教育を構築する必要があるとし，そのための論点整理を行なっている。その中で，STEAM教育のS・T・E・A・Mのそれぞれの関係性を再整理している。そこではTechnology, Science, Mathematics, Arts-Liberalの中心に，デザイン思考にEngineeringの考え方を加えたエンジニアリング・デザインプロセス（Engineering&Design Process）を位置づけている⁶¹⁾。

これらのことから，アメリカにおいて進められていた教科横断的な問題解決学習であるSTEM/STEAM教育が日本の教育にも影響を与えており，STEM/STEAM教育の中心にエンジニアリング・デザインプロセスが貫かれていることが確認できた。このエンジニアリング・デザインプロセスは「制約条件とニーズの特定」，「問題の発見」，「解決方法の考案」，「解決方法の選択」，「試作品の製作」，「試作品の評価」，「改善」のループを回ることによって問題を解決する⁶²⁾。これはデザイン思考(デザインプロセス)をベースとし，エンジニアリングの人の願いを実現するために人工物を創造するという概念が組み込まれたものである。そのため，デザインプロセスがそうであるように，エンジニアリング・デザインプロセスにおいても，問題発見・課題設定の概念が盛り込まれていることがわかる。また，問題発見の前段階として，「制約条件とニーズの特定」が置かれていることも確認できた。

次項では，ここまで確認してきた経営学や心理学から見た問題解決の概念や，問題解決学習の系譜，海外の動向を踏まえて，技術科における問題解決学習と問題発見・課題設定についてレビューする。

6. 技術科における問題解決学習と問題発見・課題設定の整理

6.1 技術科における問題解決学習の系譜

技術科の必修化は1958年であり，その成立には科学・技術と産業の国際競争力を高め

るという社会的な背景があった。その中でも、成立段階から、「一般教育としての技術教育は技術習得のための練習を主とするものではなく、それは問題解決のためのプロジェクトとして課せられるのが建前である」とし、問題解決を重視した教科であった⁶³⁾。これは技術科のものづくり学習が20世紀初頭の Kilpatrick のプロジェクトメソッドの理念を背景に持つためである⁶⁴⁾。その後、男子向きから男女共修へと変化したり、1989年には「情報基礎」領域が加わったり、授業数が70時間へと削減されたりと時代とともに変化してきたが、共通して問題解決的な学習を中心に置いた学びを展開してきた。

このような流れの中、2017年告示の新CSでは、技術科の目標を「生活や社会の中から技術に関わる問題を見いだして課題を設定し、解決策を構想し、製作図等に表現し、試作等を通じて具体化し、実践を評価・改善するなど、課題を解決する力を養う。」としている。成立当時より問題解決学習を重視してきた技術科であるが、より一層の充実のため、新CSで新たに問題発見・課題設定の必要性が示された。また、新CSではこの問題発見・課題設定を行う際、技術の見方・考え方を働かせることが必要であるとしている。この技術の見方・考え方は、教科等を学ぶ本質的な意義の中核となるものであり、技術科では「生活や社会における事象を、技術との関わりの視点で捉え、社会からの要求、安全性、環境負荷や経済性などに着目して技術を最適化すること。」としている⁶⁵⁾。

このように技術科における問題解決学習は成立当時からプロジェクトメソッドの理念を背景としつつ、技術の見方・考え方を働かせたプロジェクト基盤型の問題解決学習(PjBL)として、その独自性を確立していることが確認された。また、STEM/STEAM教育において、TとEは技術科教育が担う部分であり、その中心を貫くエンジニアリング・デザインプロセスには問題発見・課題設定力が内包されることから、その育成の重要性も把握できる。しかし、これらは技術科の大きな枠組みでの議論であり、技術科における問題解決の具体的な捉えや、題材開発及び実践を整理する必要がある。次項ではそれらについて整理する。

6.2 技術科に関する問題解決的な学習の先行研究

6.2.1 技術科における問題解決学習の捉え

技術科はものづくりを通したプロジェクト基盤型の問題解決学習(PjBL)を中心とする。そのため、技術科における問題解決学習を考える上で、ものづくりそのものの作業過程を整理する必要がある。岳野は一般的なものづくり過程と、技術科におけるものづくり過程について整理している⁶⁴⁾。岳野によれば、Carl Mitcham が、一般的なものづくりの活動過程を、抽象的な思考段階、具体的な思考段階、手を動かす思考段階、実用と検査の段階の4段階に分析しているとしている⁶⁶⁾。そして技術科におけるものづくり過程は、動機、設計・計画、製作、評価であるとしている⁶⁷⁾これらのことから、ものづくりが生活や社会を豊かにすることを目的としているため、作業過程が製作のみに留まらず、動機から始まり、設計・計画、製作、評価という一連の流れの中で行われることがわかる。

その上で、森山は技術科における問題解決のプロセスを詳細に整理している。それによれば、技術科の問題解決は①問題または目標が目の前にあり、②解決の手段や方法が直接的に与えられていない時に、③手段や方法を発見したり、組み合わせたりすることを通して、④目標に到達しようとするプロセスをたどるとする⁶⁸⁾。そのため、問題解決は常に初期状態、目標、方法で構成される多様な問題空間を持つとし、プロジェクトは方法拡散型課題もしくは目標拡散型課題に整理される。このことから、ものづくり過程と問題解決のプロセスは親和性が高く、技術科において、問題解決学習が進められやすいことが確認できる。さらに森山は生徒がこのようなプロジェクトに取り組む場合に遭遇する可能性がある問題解決のタイプについても検討している。その結果、探究のプロセス、設計のプロセス、トラブルシューティング、プロジェクトマネジメントの4タイプの問題解決が学習活動になるとしている。そして、このうち、探究のプロセスでは身近な技術的な事象に対して興味・関心を抱いたり、疑問や問題を自ら発見したりする力の形成に寄与することを明らかにしている⁶⁹⁾。また、森山は、このような技術科の問題解決において、その授業デザインには「ユーザの視点から客観的に解決すべき問題やニーズを考えさせる」必要があるとし、ユーザ視点の重要性を指摘している⁷⁰⁾。

谷田らは、技術科における問題解決の特徴について検討している⁷¹⁾。それによると、技

術科の問題解決は製品やシステムのデザインに基づく創造指向の問題解決であるとしている。それに対して、理科など他の教科における問題解決は探究指向の問題解決であるとし、その方向性が大きく異なると指摘している。日本産業技術教育学会の「21世紀の技術教育(改訂版)」では、創造指向である技術科の問題解決について「身近な問題から、環境問題に至る様々な問題を技術的視点で設定し、課題化して、一定の制約条件のもとで、ものづくり等を通して最適化を図りつつ解決する」とし、幅広い問題を技術的な活動によって解決することの必要性を示している⁷²⁾。この「21世紀の技術教育(改訂版)」は2021年に改訂され、「次世代の学びを創造する新しい技術教育の枠組み」として提案された。そこでは、技術的な問題発見・解決プロセスのトリプルループモデルを提案している。このモデルは、ニーズ探究、シーズ探究、創造的な解決という3つのループで問題解決を捉えたものである。このうち、問題発見・課題設定に関わるフェーズは、ニーズ探究とシーズ探究の2つのループが関わっている⁷³⁾。

この項では、技術科における問題解決について整理を行った。その結果、技術科はものづくりを伴うという教科の特性上、問題解決との親和性が高く、創造指向の問題解決という独自性の高い問題解決学習が行われていた。また、問題発見の過程は探究のプロセスの一つであることについても確認できた。次項では、その実践について整理する。

6.2.2 技術科における問題解決学習の実践

技術的な問題解決学習の実践に関する先行研究は問題解決能力の育成に関する研究、問題解決のプロセスに関する研究、問題解決学習に関連する要因の研究に分けられる。

問題解決能力の育成に関する研究は以下に整理できる。田口らは設計の過程において、学び方を育てることにより、自ら問題解決能力を高めることができる指導法について検討している。その結果、系統性を意識させながら学習に取り組ませることで意欲が向上すること、生徒の疑問や課題を解決していく方法で授業展開していくことで生徒主体の授業を行うことが可能となること、アイデアスケッチをさせることで学ぶ意欲が高まることを明らかにしている⁷⁴⁾。中島らは技術科の一指導過程を通して、生徒の問題解決能力がどのよ

うに変化していくかを検討している。その結果、問題解決能力は授業の進行に応じて変化していくことを明らかにしている。その上で、小单元ごとに発生する問題の内容とその解決方法の特徴についても分析しているが、その中で、学習した知識と技能を関連付けて製作の構想や計画・準備する授業では、知識に関する問題と技能に関する問題が多く発生することについても明らかにしている⁷⁵⁾。

問題解決のプロセスに関する研究は以下に整理できる。世良らは問題解決的な材料加工学習において、Altshuller の TRIZ の原理をヒントとして与える方略と、設計を具体化するための複数の支援策の中から自分に必要だと思われる支援策を自ら選択させるという方略を通した授業実践を行い、その学習効果について検討している。その結果、設計に向けた構想が広がり、生徒の工夫・創造する力や態度の高まりを示唆している⁷⁶⁾。尾崎らは現職教員 259 名にアンケート調査を行い、生徒の技術的課題解決力と技術的課題の難易度とを適合させる段階案について検討している。その結果、アンケートの回答から 6 クラスタに分類し、問題解決のタキシノミーと組み合わせて段階案を作成している⁷⁷⁾。宮川らはオブジェクト指向イベントドリブン型のプログラミングにおける問題解決過程をプログラム作成能力との関連から明らかにしている。その結果、問題解決過程の構成因子と、プログラム作成能力の高い生徒は、知識が豊富であり、オブジェクトを適切に機能化し、組織的にエラーを探索・修正することができるという特徴があることを明らかにしている⁷⁸⁾。佐田らは問題解決能力育成のために、生徒が問題をどのように解決しているかという思考過程について検討している。その結果、生徒が技術的な課題を解決する場合、その課題に含まれる小さな課題について問題表象し、知識転移しなければならないことを明らかにしている。そして、そのためには、事前にその課題に関係する知識を構造的に強く結び付けておく必要があるとしている⁷⁹⁾。上之園らは技術科教育における生活応用力の育成に効果的な実践形態を、生徒 761 名に対して問題解決経験尺度と生活応用力尺度を用いた質問紙で、教員 7 名に対して、インタビューを行うことで調査を行っている。その結果、題材設定において個別課題重視・共通課題重視、指導意図においてプロセス重視・プロダクト重視の 2 軸で累計化し適切な実践形態について明らかにしている⁸⁰⁾。森山は、問題解決的な学習に

関する実態調査の結果に基づいて、担当教員が用いる支援方略を探索的に把握している。その結果、学習内容の違いによって支援の力点に差異が生じている傾向を明らかにしている⁸¹⁾。同じく森山は、問題解決学習の指導過程が、生徒の学習意欲に及ぼす影響について検討している。その結果、設計・製作・点検という指導過程を設定した場合、学習意欲が製作段階を中心に高まり、点検の場面で減衰することを明らかにしている。また、改良を中心とした場合は学習の最終段階で最も高まることを明らかにしている⁸²⁾。岳野らは、生徒の問題解決過程で、思考活動をイメージの操作活動を捉え、生徒がどのようなイメージを表象し、処理しているかについて認知心理学的な視点から明らかにしている。その結果、イメージには階層があることや、生徒に課す問題によっては知識の豊富さとともに技能の適切な運用も必要であることを明らかにしている⁸³⁾。市原らは技術科における生徒の問題解決に対する熟慮・衝動型認知スタイルとの関連を検討している。その結果、熟慮型の生徒の方が、衝動型の生徒よりも、探究、設計及びトラブルシューティングの問題解決プロセスを適切に使用することができることを明らかにしている⁸⁴⁾。中尾は、生徒が自ら試行錯誤して問題解決する授業において、重要とすべきポイントについて検討している。その結果、生活に近い文脈の教材を用い、十分な試行錯誤の時間を確保すること、そして、問題解決への見通しを立てる段階と問題解決の方法を発想する段階という二段階の設定が重要であることを明らかにしている⁸⁵⁾。

問題解決学習に関連する要因の研究は以下に整理できる。戸荏らは問題解決的な授業を通して育成される創造性が授業内容に関わる学習レディネスとどのような関係にあるかについて検討している。その結果、学習レディネスの上位群、中位群、下位群の3群について、上位群では創造的思考の育成と深く関わることを明らかにしている⁸⁶⁾。中尾らは生徒に問題を与え、それについて考えさせることで、知識や技能がどのように定着するかについて検討している。その結果、少し工夫すれば解決できるような難易度の問題を与え、考えさせることで、様々な発想が生み出され、自分たちで問題解決の方法を考え出し、知識が体系化されやすくなることを明らかにしている⁸⁷⁾。三枝らは知識の学習や実践的な経験が問題解決能力の育成にどのような影響を及ぼすかについて検討している。その結果、実

践的な経験を積んだり、学習から知識を得たりすることによって、発想が豊かになることを明らかにしている⁸⁸⁾。

これらの先行研究から技術科では、問題解決のプロセスや知識・経験などの関連要因などを踏まえ、問題解決能力の育成に向けた研究が数多く行われており、その内容は多岐にわたる。ただし、これらは、いずれにおいても、構想・設計以降の問題解決に焦点を当てた研究といえる。

6.2.3 問題解決能力を高めうる教材開発及び授業実践に関する研究

問題解決能力を高めうる教材開発及び授業実践に関する研究は、教材開発に関する研究、授業実践に関する研究、問題解決の前段階にあたる技術の見方・考え方に気づかせる実践研究に分けられる。

教材開発に関する研究は以下に整理できる。末吉らは学校の災害時避難所機能に着目し、技術科内容「B 生物育成の技術」における問題解決的な題材の開発と実践を行なっている。その結果、生徒が植物に関する科学的知識が身についたと感じたとともに、栽培の計画・評価ができるようになり、農業技術の良いところ悪いところに気づけるようになることを明らかにしている⁸⁹⁾。魚住らは問題解決能力の効果的な育成に向けて、設計プロセスを重視した教材について検討している。その結果、設計プロセスを重視した題材として、福祉分野のように総合的で社会的な課題が適していることを明らかにしている⁹⁰⁾。宮川らはビジュアルプログラミングにおける生徒の問題解決を支援する Web コンテンツを開発し、その効果を検討している。その結果、動的なコンテンツを含むオンライン型の学習資料が、生徒の問題解決を適切に支援することを明らかにしている⁹¹⁾。藤井らは「プログラムと計測・制御」において、計測と制御の考え方に関する問題解決場面を提示しながら科学技術活動を理解する教材を構成しその効果を検討している。その結果、開発への参入意欲の向上は見られなかったものの、技術科に対する意識等に変容が見られたことを明らかにしている⁹²⁾。中島らは自律型ダンスロボット製作を題材とした技術科カリキュラムの改善と教材開発を行っている。そこでは指導カリキュラムを7ステージに分け、ステージを進めな

が問題解決能力を養うように設定している。その実践の結果、豊かな人間性や創造性の育成に加えて、問題解決能力の育成を行うことができたとしている⁹³⁾

授業実践に関する研究は以下に整理できる。堤らはロボットコンテストの作品製作に向けた授業で協働的問題解決の授業を実践している。その結果、課題解決に向けて生徒同士が対話をする、教師が焦点化した声かけを行うこと、司会役を設定してまわりの生徒に意見を出させるように問いかけることが必要であることを明らかにしている⁹⁴⁾。加藤らは医療・介護技術のシステムの問題解決的な内容について、技術ガバナンスレビューを通して、技術イノベーション力を育成する授業実践を行なっている。さらにそこでは製品モデル開発の本質的な目的（ニーズ）と各自がこれまでの学習で身につけた技術力（シーズ）に基づいて医療機器の開発者の立場に立って製品を開発する学習を設定している。その結果、技術の最適化と製品やシステムのアイデアを発想して提案できる力が育成されることを明らかにしている⁹⁵⁾。西崎らは単元を構成する際に、問題を発見しやすいように比較・検討する場面の設定を行ない、授業実践を行なっている。具体的には問題発見の場面を意識しつつ、電気自動車の製作や作物の育成を行なっている。その結果、電気自動車については走行させながら、速度が足りない、様々な道を走行させるにはどの問題を発見し、解決に向けて課題を設定すれば良いかという問題解決活動ができたとしている⁹⁶⁾。箕田らはガイダンスの中で、企業から提供された分解用掃除機を用いて、問題発見・解決に重点を置いたアイデア発想の授業実践を行なっている。具体的には導入ビデオの視聴、アイデアシートの記入、「教室の不便さを解消するためのアイデア」の考案、掃除機の分解、「教室の不便さを解消するためのアイデア」から課題を設定するという流れで構成した。その結果、問題発見・解決に関連したプレゼンの発表を行うことができたことから、問題発見・解決への視点が育成できたことを明らかにしている⁹⁷⁾。

問題解決の前段階にあたる技術の見方・考え方に気づかせる実践研究は以下に整理できる。末吉らは「D 情報の技術」における技術の見方・考え方への気づきを深める題材の開発を行い、授業実践を行なっている。その結果、「お年寄りに役立つロボット」の構想の考案、「お掃除ロボット」の動きから開発者の問題解決を読み取る活動、擬似開発の体験

によって、開発者の立場に立った技術の見方・考え方を深めることができることを明らかにしている⁹⁸⁾。向田は「C エネルギー変換の技術」において、ダイソンエンジニアリングボックスを利用した分解・組立活動を通して設計における問題解決の意図を考えさせる授業の実践を行なっている。その結果、9割以上の学習者が掃除機に組み込まれている技術の最適化について考えることができたことを明らかにしている⁹⁹⁾。萩嶺らは「手動発電 2LED ライト」を題材とした分解・組立て学習において、問題解決の工夫を読み取らせる指導方法の違いによる学習効果について検討している。その結果、事前説明クラスは事後説明クラスに比べて難しいが楽しいという傾向が見られ、事後説明クラスは事前説明クラスに比べて技術の仕組みが理解でき、工夫を読むことができることを明らかにしている¹⁰⁰⁾。

本項では、問題解決能力を高めうる教材開発、授業実践、問題解決の前段階にあたる技術の見方・考え方に気づかせる実践に関する研究について整理した。多くの研究が、設計以降の問題解決過程について焦点を当てた研究であった。中には、西崎らの研究や箕田らの研究にみられるように、問題発見・課題設定に着目した授業実践に関する研究が、わずかであるが行われていることも確認できた。ただし、西崎らの実践研究は問題解決過程の中で実践上の問題を見だし解決するという傾向が強く、新 CS にある生活や社会の中から問題を見だし課題を設定し、その解決を図る授業とは言えないため、本研究で扱う問題・課題との定義に乖離があると考えられる。また、箕田らの実践研究は「教室の不便さを解消するためのアイデア」の考案という場面が設定されており、本研究における問題・課題の概念と同様の研究であると考えられる。しかし、この実践は分解用掃除機の学習効果に焦点が当てられており、問題発見・課題設定の実態把握や、育成プロセスについては言及されておらず、問題発見・課題設定力育成の観点では不十分であると言える。

また、上野らは問題解決過程を「実体験による創造活動」とし、「創造の動機」、「設計と計画」、「製作・制作・育成」、「成果の評価」の4段階の授業実践サイクルを提示している。そして、この考え方に基づいて全国の中学校 38 校に対して調査を行なっている。その結果、設計について十分な能力が身に付いていないことを明らかにしている¹⁰¹⁾。

中でも特に、「イノベーション社会の基盤を築くような、創造的な発信が十分にできていない」としている。このことから、問題解決能力を育成しようとしたときに、工夫・創造する力の不足が問題解決能力の育成の足枷になっていると考えられる。上述の授業実践サイクルのうち、「創造の動機」の段階で、生徒の工夫・創造力育成を見据えた動機付けが必要となる。換言すると、問題発見・課題設定力を育成する指導方法を検討する上で、工夫・創造力の育成上の問題点を踏まえつつ思案する必要があると考えられる。そのため、工夫・創造力育成でどのような点で躓きがあるかを把握することが、問題発見・課題設定力を育成する上で、重要であると考えられる。

6.2.4 教科横断的な問題解決に関する研究

教科横断的な問題解決に関する研究は以下に整理できる。川原田は教科横断的なSTEAM教育を通して、資質・能力を育成する学習方略を、既存の教科とは別に「プログラミング学習」を新設した上で、各教科等間でバランスドカリキュラムを編成し、実践している。その結果、システム思考とデザイン思考を働かせ、エンジニアリング・デザイン方略を活用した問題解決学習が実践できたこと、SDGsのテーマを重視したバランスドカリキュラムが実践できたこと、ティンカリングから導入するプロジェクト学習が重視できたこと、サイエンスとアートを、エンジニアリングとデザイン方略で架橋する最適解の導出を重視することができたことを明らかにしている¹⁰²⁾。木村らはSTEM教育の実践と課題について検討している。その結果、教材開発における産学連携による問いの設計の効果と難しさ、STEM教育の普及体制の整備、STEM教育に関わる人材の発掘・育成と実践に向けた支援について、課題があることを明らかにしている¹⁰³⁾。小島らは低・中程度の統合度のSTEM教育に着目し、公立中学校の教科の時間において、ペーパーブリッジコンテスト、惑星の分類、小学生への教材づくりの授業実践を行い、効果の検証を行なっている。その結果、公立の中学校の様々な学習場面で授業実践が可能であること、興味関心や問題解決に対する自己効力感の向上に効果があることを明らかにしている¹⁰⁴⁾。

これらの先行研究から、教科横断的なプロジェクト基盤型の問題解決学習が実施されて

いることが確認できた。中には小学校へ向けた教材づくりなど、ユーザのニーズから問題を発見して、課題を設定し、問題解決を行う実践も見られた。いずれの研究においても、最終的に成果物を生み出すことで問題解決に向かうことから、技術的な問題解決が中心となっていることが確認できる。このことから、STEM/STEAM 教育の進展のためには、技術科の充実が必要であり、その一助となりうる問題発見・課題設定力の育成が重要であると考えられる。

7. 問題の所在

前項では、問題解決的な学習における問題発見・課題設定の概念と問題解決学習の動向を踏まえて先行研究をレビューした。その結果、問題解決的な学習はその歴史的背景からも技術科の分野で重要視されており、多くの研究がなされていることが確認できた。しかし、一部を除いてほとんどの研究が構想・設計以降に着目した研究であり、問題発見・課題設定に着目した研究はわずかであった。また、問題発見・課題設定に着目した実践研究では、問題・課題の概念的な部分で新 CS の問題・課題との間にずれがあることや、教材の効果に着目した研究のアプローチをとっていることから、問題発見・課題設定の実態把握や、育成プロセスについては言及されていないことが把握できた。

これらのことから技術科における問題発見・課題設定力の育成を行う上で、以下の通り問題を整理することができる。

第一に問題解決的な学習に関する研究が多く行われているにも関わらず、教育現場での問題解決能力の育成が、工夫・創造力の不十分さが足枷となって進んでいないことである。そのため、問題解決的な学習の初期段階にあたる問題発見・課題設定力を育成する指導方法を確立するためには、工夫・創造力の育成上の問題点を把握する必要がある。

第二に問題発見・課題設定の実態が明らかにされていないことである。上述の通り、技術科における問題解決的な学習についての研究は多くなされてきている。しかし、問題解決の起点となる問題発見・課題設定についての研究はほとんどなされていない。現在の問題発見・課題設定の場面は導入的な位置付けになっており、その実態が研究されていない。

その実態を明らかにするため、本章で確認した「現状とあるべき姿のギャップ」という問題の定義と、「問題を解決するためになすべきこと」という課題の定義を用いつつ、問題発見・課題設定力を有する状態ではどのような特徴を示すのかについて明らかにする必要がある。

第三に問題発見・課題設定力の形成要因が明らかでないことである。山内が指摘しているように、例えば研究者が研究活動を行うときには問題発見・課題設定に研究の半分近い時間と手間をかけることが多くあり、その問題発見・課題設定自体にプロセスがあると考えられる。それゆえに、問題発見・課題設定力の育成を考えたときには、どのような要因で問題発見・課題設定力が構成されているのかを明らかにしていく必要があると考えられる。そしてこれらの問題を明らかにできて初めて、問題発見・課題設定を高めうる学習指導方法について検討が可能となると考えられる。

8. 研究のアプローチと論文の構成

8.1 研究のアプローチ

上述した問題を解決するためには以下に示す研究課題に対処することが重要であると考えられる。

問題解決的な学習に関する研究が多く行われているにも関わらず、教育現場での問題解決能力育成が工夫・創造力不足が原因で十分に行われていない。この原因を把握するために、技術科担当教員の工夫・創造力育成に対する意識や、育成上の困り感を把握する必要がある。これが第一の研究課題である。

問題発見・課題設定に着目した研究はほとんどなされていないため、問題発見・課題設定力の実態を明らかにする必要がある。それに向けて、技術科の問題発見・課題設定における問題と課題の定義を基に技術科教育における問題発見・課題設定力を評価する枠組みを構築する必要があると考えられる。これが第二の研究課題である。

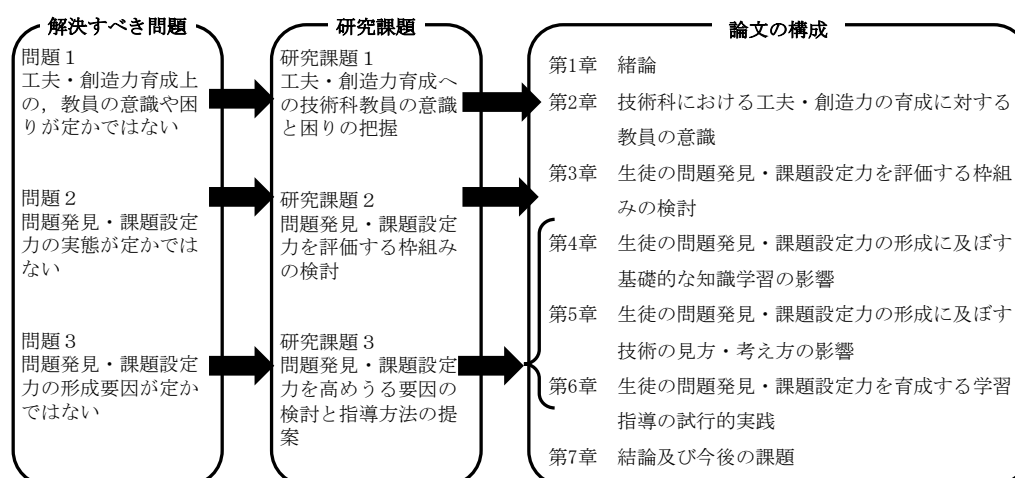
問題解決能力の育成に関する研究や問題解決のプロセスに関する研究は多くなされている。しかし、その知見が、問題発見・課題設定力の育成にそのまま当てはまるかどうか

は定かではない。そのため、問題解決能力の育成において必要とされた要因が、問題発見・課題設定力に対してどのような影響を及ぼすかについて検討する必要がある。その際、第二の研究課題で明らかになった問題発見・課題設定の評価の枠組みの活用が考えられる。新CSにおいて問題発見・課題設定の前段階として示されている基礎的な知識の学習や、技術の見方・考え方の学習が問題発見・課題設定力に及ぼす影響について検討する必要があると考えられる。そして、第一の研究課題及び第二の研究課題から得られた結果をもとに、問題発見・課題設定力を高めうる学習指導方法について検討する必要がある。これらが第三の研究課題である。これらの研究課題を解決していくことで、技術科教育における問題発見・課題設定力育成の一助となる指導方略を確立することができると考えられる。

8.2 論文の構成

上述の研究課題には連続性があり、順序立てて継続的に解決していくことで、技術科における問題発見・課題設定力育成に向けた指導方略を確立することができると考えられる。そこで本研究では、上記の各研究課題に対処し、以下の通り論文を構成する。解決すべき問題、研究課題、及び論文の構成の関係を図I-1に示す。

第1章では、本研究の目的を踏まえ、技術科における問題解決的な学習における問題発見・課題設定の位置づけ、問題解決力能力の育成に関する先行研究の整理を通して問題の



図I-1 解決すべき問題、研究課題、及び論文の構成の関係

所在，研究のアプローチを策定する。第2章では，技術科における工夫・創造力に対する教員の意識及び困り感を分析し，実践上の課題を探索的に把握する。第3章では，技術科内容「C エネルギー変換の技術」における問題発見・課題設定力を評価する枠組みについて検討する。第4～5章では，問題発見・課題設定力を高めうる要因について検討する。第4章では問題発見・課題設定力の育成に対する基礎的な知識学習の影響について検討する。第5章では，問題発見・課題設定力育成に対する見方・考え方に気づかせる学習の影響について検討する。第6章では，第2～5章で得られた知見を基に，生徒の問題発見・課題設定力を育成する学習指導を試行的に実践し，その効果を検証する。第7章では，各章で得られた知見に基づき，技術科教育における生徒の問題発見・課題設定力の育成に向けた学習指導方法の適切な展開を実践的な視点から考察し，今後の課題を展望する。

第2章 技術科における工夫・創造力育成に対する教員の意識

1. 目的

本章の目的は、研究課題1に対処するために、技術科における生徒の工夫・創造力の育成に対する教員の意識を探索的に把握することである。

2. 課題の設定

第1章では問題解決的な学習に関する研究が多く行われているにも関わらず、教育現場での問題解決能力の育成が、工夫・創造力の不十分さが足枷となって進んでいないことから、工夫・創造力の育成上のつまずきを把握することが重要であることについて述べた（研究課題1）。

教員の工夫・創造力育成への意識や困りの探索的な把握には、自由記述回答と、意識や困りが表出する事項について調査を行うことが重要である。

このことについて、森山らは題材としてのロボットコンテストについて教員の意識を調査している¹⁰⁵⁾。その結果、ロボットコンテストを題材として「適切」だと考える担当教員の方が生徒の工夫・創造力を育成することを重視している傾向があったことを明らかにしている。また、上之園らは、技術科での学びを生活に活かす力、応用できる力である生活応用力について、授業の実践形態によって差が生まれることを明らかにしている⁸⁰⁾。そこでは、題材を共通課題と個別課題に分類した上で、実践の重視をプロセス重視とプロダクト重視に分類し、生活応用力への差を比較・検討している。その結果、4群の間には差が確認され、このことから生徒のレディネスに合わせた段階的なカリキュラム構成の必要性を示している。生活応用力が工夫・創造力に内包される能力であることを考えると、教員の工夫・創造力への意識の差が題材設定に表れると可能性があると考えられる。そのため、工夫・創造力育成への意識や困りの差を探索的に把握する際の重要な要因になる可能性がある。

また、工夫・創造力育成の実践経験量によっても差が表れる可能性がある。この実践経

験量は年齢に比例すると考えられる。そのため、技術科教員経験年数による工夫・創造力への意識や困りの違いも同様に、工夫・創造力育成への意識や困りの差を探索的に把握する際の重要な要因になる可能性がある。

これらことから、本章では、技術科担当教員が採用している題材の違いと、技術科教員の経験年数に着目し、工夫・創造力育成への意識や困りの探索的な把握を試みた。

3. 研究の方法

3.1 調査対象

調査は、都道府県の人口分布に比例させ、全国学校要覧から公立中学校 500 校を無作為に抽出し、中学校技術・家庭科技術分野の教員を対象とした。

3.2 質問項目

3.2.1 調査対象者の教員経験年数を把握する項目

基本情報を得るために、調査対象者の技術科教員としての教職年数、性別についての質問項目を設定した。

3.2.2 題材設定のタイプを把握する項目

授業で用いる題材について上之園・森山の先行研究を参考にし、「共通課題の題材」，「共通課題を改良する題材」，「選択課題の題材」，「自由課題の題材」のいずれを多く設定することが多いかについて問う項目を設定し、回答を求めた。具体的には、「先生が準備した設計を用いて、生徒全員が共通した製作品を製作する。」，「先生が準備したひとつの設計を基に、生徒が一部分を自分なりに改良して、製作する。」，「先生がいくつかの設計を用意し、生徒が作りたいものを選択したり、一部改良したりして、製作する。」，「ある条件の範囲で、生徒がそれぞれに自分で自由に設計し、製作する。」の選択肢から一つを選ぶ形式とした。

3.2.3 工夫・創造力の育成に対する考えを把握する項目

工夫・創造力の育成に関して、日頃考えていること、指導上の困難さについて自由記述で回答を求めた。ここで、質問項目を自由記述としたのは、同様の研究目的で実施された先行研究が認められなかったため、文献等を活用した質問項目の設定ができなかったことによる。ここではむしろ、教員が日頃、感じていることや考えていることを自由記述形式で広く回答させ、帰納的にその意識実態を抽出する方法論を採用することにした。

3.3 手続き

収集した教員の自由記述についてテキストマイニングを用いた分析を行った。テキストマイニングツール KHCoderVer.2¹⁰⁶⁾を用いた形態素解析を行い、含まれている名詞、動詞の出現頻度を把握した。その後、出現頻度上位語句に対して、教職年数と題材設定のタイプを外部変数に設定し、共起ネットワークを作成した。

4. 結果と考察

調査の結果、有効回答は92名、有効回答率は30.7%であった。なお、有効回答者の平均経験年数は、16.3年であった。また、90名が男性、2名が女性であった。

選択した題材については共通課題の題材を設定している教員が13名、共通課題を改良する題材を設定している教員が23名、選択課題の題材を設定している教員が29名、自由課題の題材を設定している教員27名であった。

4.1 形態素解析による出現語句の抽出

工夫・創造力の育成に対する考えや困難感に関する自由記述について、形態素解析を行った。その結果、工夫・創造力の育成に対する考えでは名詞168語、動詞55語が抽出された。表Ⅱ-1は名詞の内、出現回数3回以上の抽出語である。同様にして、工夫・創造力の育成に対する困難さでは名詞157語、動詞25語が抽出された。表Ⅱ-2は名詞の内、出現回数3回以上の抽出語である。

表Ⅱ-1 工夫・創造力育成への考えに関する自由記述で使用された名詞(出現回数3以上)

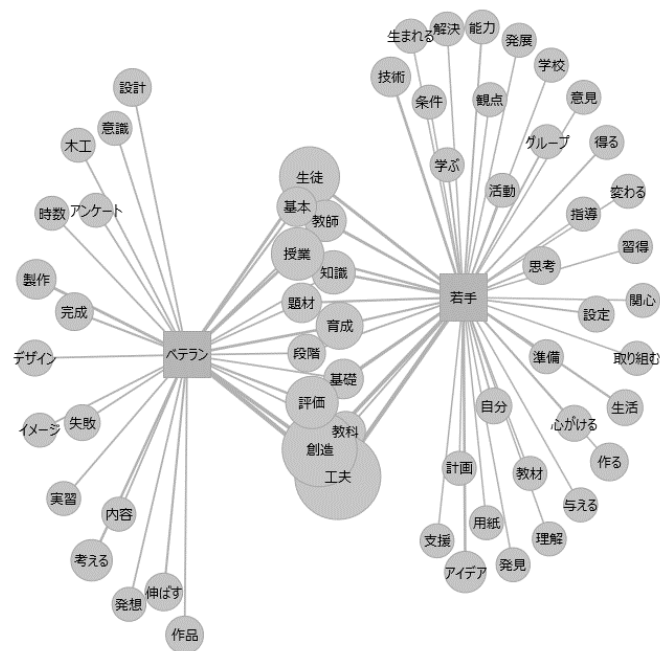
頻出語	出現回数	割合	頻出語	出現回数	割合
工夫	30	33%	学年	4	4%
創造	22	24%	環境	4	4%
評価	20	22%	基本	4	4%
不足	20	22%	作品	4	4%
時数	19	21%	内容	4	4%
生徒	17	18%	設計	4	4%
授業	12	13%	アイデア	3	3%
教材	9	10%	クラス	3	3%
知識	9	10%	観点	3	3%
技術	8	9%	基礎	3	3%
技能	8	9%	教師	3	3%
製作	8	9%	確保	3	3%
育成	6	7%	学習	3	3%
工具	5	5%	作業	3	3%
材料	5	5%	準備	3	3%
経験	5	5%	生活	3	3%
n=92					
割合：出現回数/有効回答数					

表Ⅱ-2 工夫・創造力育成上の困難さに関する自由記述で使用された名詞(出現回数3以上)

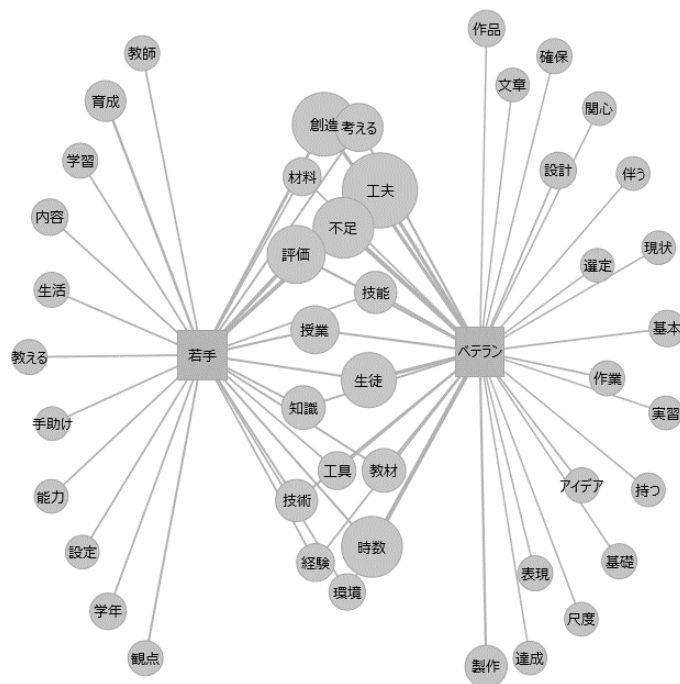
頻出語	出現回数	割合	頻出語	出現回数	割合
工夫	30	33%	製作	5	5%
創造	24	26%	作品	4	4%
生徒	16	17%	段階	4	4%
授業	12	13%	完成	4	4%
評価	12	13%	思考	4	4%
育成	9	10%	設計	4	4%
知識	7	8%	環境	3	3%
アイデア	6	7%	自分	3	3%
教師	6	7%	デザイン	3	3%
基礎	5	5%	失敗	3	3%
基本	5	5%	生活	3	3%
技術	5	5%	設定	3	3%
教科	5	5%	保全	3	3%
題材	5	5%			
n=92					
割合：出現回数/有効回答数					

4.2 教職経験年数との関連性

回答者のうち、教職経験年数16年以上を「ベテラン」、15年以下を「若手」に分け、これを外部変数とした共起ネットワークを作成した。工夫・創造力の育成に対する考えとして回答された自由記述の共起ネットワークを図Ⅱ-1に、困難さとして回答された自由記述の共起ネットワークを図Ⅱ-2に示す。



図Ⅱ-1 工夫・創造力育成に対する考えと教職経験年数との関連性(共起ネットワーク)



図Ⅱ-2 工夫・創造力育成上の困難さと教職経験年数との関連性(共起ネットワーク)

4.2.1 経験年数に関わらず共通すること

図Ⅱ-1において「基礎」、「基本」、「題材」等の中央部分に出現した抽出語は、教職

経験年数に関わらず共有された名詞である。これによると、技術科教員は、教職経験年数に関わらず、基礎・基本をおさえつつ、題材設定の工夫で工夫・創造力を促そうとする意識を有していると考えられる。自由記述では例えば、「基礎・基本の育成と工夫・創造の育成はバランスをとることが大切。50:50になるか、80:20になるか、教師の考え次第だと思う。」(ベテラン)、「基礎・基本となる能力をしっかりと身につけさせてから、発展的な段階に進んでいくというように、スモールステップで授業を進めていくことを心がけている。」(若手)などのコメントが得られた。

これに対して困難さに関する図Ⅱ・2では、教職経験年数によらず、「時数」、「不足」、「評価」などの語句が共有されていた。これらの語句から、工夫・創造力の育成に配当できる授業時数の少なさと評価の難しさが全体として課題になっていることが示唆された。自由記述では例えば、「工夫・創造のためには、基本的・基礎的な技能そして興味・関心が必要不可欠である。しかし、そのために必要となる時数と環境があまりに不足している。」(ベテラン)というコメントや、「技術科のものづくりの実技は設計どおりに、正しい工具の使い方で作成することが大切であるため、デザインの時間や、振り返り等の少ない時数で育成しなければならないことが難しい。」(若手)といったコメントが得られた。

4.2.2 ベテラン教員の特徴

次に、工夫・創造力の育成に対する意識に関するベテラン教員の特徴について検討した。図Ⅱ・1において外部変数「ベテラン」の周囲には「設計」、「製作」、「完成」、「失敗」などの語句が位置づけられた。これらの語句から、ベテラン教員は、設計・製作過程と、完成度の高いものを製作させることを大切にし、その中で工夫・創造力を育成していくための工夫をしているのではないかと考えられる。自由記述では例えば、「途中で失敗するとすぐあきらめてしまったり、ものづくりの時に説明書を読まないですぐ教師に聞きにくる生徒、そのような生徒に実習の中で完成したという満足感や、やればできるという成就感を味あわせたいと思っています。」といったコメントが得られた。また、図Ⅱ・1において「失敗」という語句がベテラン教員側にのみ出現していることから、ベテラン教員は生

徒の失敗も経験として重要であると考えていることが推察できる。自由記述では例えば、
「工夫・創造は失敗が付き物、失敗の中からすばらしい発想が生まれる。基礎・基本を確実に習得することも大切でしょう。」といったコメントが得られた。

これに対して困難さに関する図Ⅱ・2では、ベテラン教員の特徴として「基礎」、「基本」、「製作」などの語句が見られた。これらの語句から、ベテラン教員は、工夫・創造力の育成に対して基礎・基本に重きを置くものの、時数不足を感じていることや、生徒のアイデアを表現する製作力のなさなどに指導上の困難さを感じていることが推察された。自由記述では例えば、「工夫・創造の育成には、基礎・基本の知識、技能が必要不可欠。授業時数減で基礎・基本の力がなかなか身につかないこと。」や「良いアイデアであっても製作するには限界がある。生徒の技能、材料の量などできる限界があり、イメージどおりのものが製作できないことも多い。とてもではないが、生徒の思いにすべて答えられるものではない。」といったコメントが得られた。

4.2.3 若手教員の特徴

同様に、若手教員の特徴について分析した。工夫・創造力に対する考えでは、図Ⅱ・1において外部変数「若手」の周辺には、「生活」、「思考」、「活動」、「意見」、「グループ」などの語句が位置づけられた。これらの語句からは若手教員が工夫・創造力の育成に対して、生活との関わりを重視し、思考・判断・表現力の育成に着目してグループ活動など、学習形態を工夫していることが推察される。自由記述では例えば、「工夫し、創造していく力は、普段の生活など学校外でも培われているもので、学校の教科の授業のみで評価することは難しい。授業の後、家庭でどうしたなどの調査も必要になってくるかなと感じる。」や「思考を深めるために、個、小集団、全体などグループを区別して、言語活動に取り組んでいます。」といったコメントが得られた。

一方、図Ⅱ・2の指導上の困難さについては、「評価」、「観点」、「手助け」などの語句に特徴が見られた。これらの語句から、若手教員が感じている困難さは、工夫・創造力の評価と、できない生徒への手立ての方法であることが推察される。自由記述では例えば、

「評価の基準と観点別評価について難しい。」や「配慮が必要な生徒への手助け，「なにをしたらいいいのか」と発言を減らす事。」といったコメントが得られた。

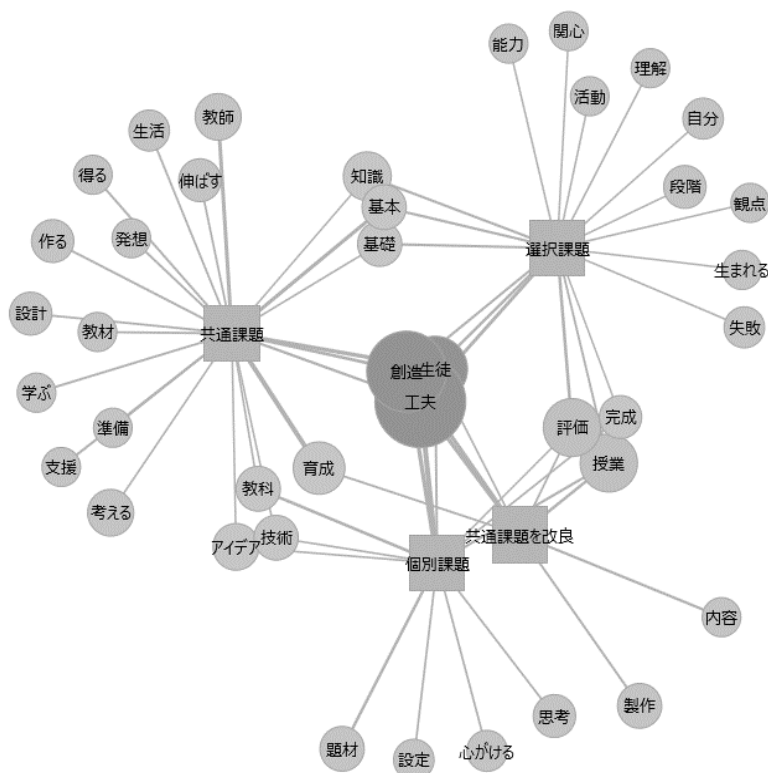
4.3 題材設定のタイプとの関連性

次に，題材の設定のタイプの違いを外部変数として共起ネットワークを作成した。工夫・創造力育成に対する考えに関する共起ネットワークを図Ⅱ-3に，困難さに関する共起ネットワークを図Ⅱ-4に示す。

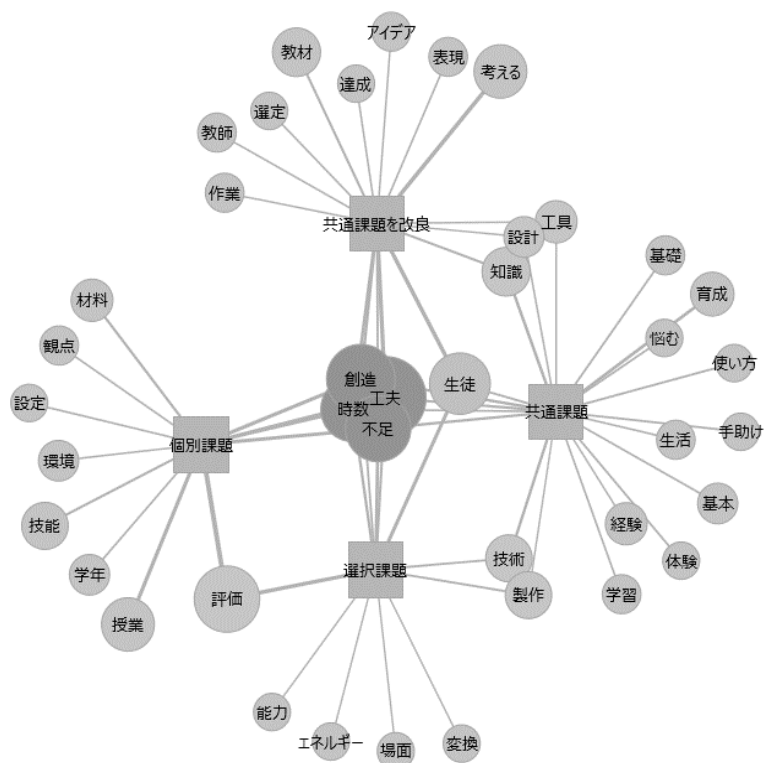
4.3.1 共通課題の題材を設定する教員の特徴

図Ⅱ-3より，共通課題の題材を設定する教員の特徴は，「設計」，「発想」などの語句であった。また，「基礎」，「基本」などの語句が選択課題の題材を設定する教員と共有されていた。しかし，選択されている題材が共通課題であること勘案すると，題材の中で生徒に十分に発想させたり設計させたりしているとは考えにくい。自由記述では例えば，「やはり工夫・創造の分野では，オリジナリティを求める教材が必要であると感じる。例えば木材一枚板用意し，これで本棚を作ってみようという課題は，それに十分相当するはずだが，1から学ぼうとする子どもたちも多いので，ある程度の支援が大切であると感じる。」や「0からの設計は困難なものがあります。」といったコメントが得られた。これらのコメントからは，共通課題を題材として設定する教員は，設計，発想の育成を重視しているが，同時に困難さも感じ，授業では共通課題を使用しているのではないかと考えられる。

一方，図Ⅱ-4の指導上の困難さについては，「基礎」，「基本」，などの語句に特徴が見られた。これらの語句から，共通課題を設定する教員が感じている困難さは，基礎・基本を重視することから，時数不足を感じていることが推察される。自由記述では例えば，「技術科のものづくりの実技は設計どおりに，正しい工具の使い方で作成することが大切であるため，デザインの時間や，振り返り等の少ない時間で育成しなければならないことが難しい。」といったコメントが得られた。



図Ⅱ-3 工夫・創造力育成に対する考えと題材設定タイプとの関連性(共起ネットワーク)



図Ⅱ-4 工夫・創造力育成上の困難さと題材設定タイプとの関連性(共起ネットワーク)

4.3.2 選択課題の題材を設定する教員の特徴

図Ⅱ-3より選択課題の題材を設定する教員は、共通課題の題材を設定する教員と「基礎」、「基本」などの語句を共有しているものの、「関心」などの語句に特徴が見られた。このことから、選択課題の題材を設定する教員は、基礎・基本の重視と生徒の関心の重視を両立しようとしているのではないかと考えられる。自由記述では例えば、「易から難へ。加工方法を製作を通しておこなっている。そうした日々の活動の積み重ねがものづくりの興味関心を高め、技量をあげていくことにつながっていると思う。」や「技術・家庭科の評価の観点として、「知識・理解」が高まれば、「関心・意欲」が増し、「工夫・創造」へつながると考えています。その思考の流れをスムーズにしてくれる題材の選定を日頃考えています。」といったコメントが得られた。

一方、図Ⅱ-4の指導上の困難さについては、「エネルギー」、「変換」、「評価」などの語句に特徴が見られた。これらの語句から、エネルギー変換に関する技術の課題における工夫・創造力の評価を難しく感じているということが推察される。自由記述では例えば、「エネルギー変換においてはできた作品が統一になることが多いので作品から工夫・創造を評価するのが難しい。」や「エネルギー変換に関する技術の設計場面での工夫・創造の評価が難しい」といったコメントが得られた。

4.3.3 個別課題の題材を設定する教員の特徴

図Ⅱ-3より個別課題の題材を設定する教員は、「題材」、「設定」、「アイデア」などの語句に特徴が見られた。これらの語句から、個別課題の題材を設定する教員は、生徒が自分で考え、アイデアにより膨らみを持たせることができる題材について工夫しているのではないかと考えられる。自由記述では例えば、「作品の完成度だけでなく、目的や条件を満たすためのアイデアを評価するようにしています。作品例などを多く提示して、生徒がアイデアをふくらませやすいようにしています。今後は設計の段階でグループ等で自分たちの設計について意見を出し合ったり、アドバイスし合う場面をつくりたいと考えてい

ます。」や「工夫・創造力をゆさぶったり、効果的に伸ばしたりする発問や題材構成について自分の力を伸ばしたいといつも思っています。」といった回答が得られた。

一方、図Ⅱ-4の指導上の困難さについては、「環境」、「観点」、「評価」などの語句に特徴が見られた。これらの語句から、個別課題を設定するがゆえに評価に難しさを感じ、必要となる環境と時数の不足を感じているということが推察される。自由記述では例えば、「評価の基準と観点別評価について難しさを感じる。」や「「工夫・創造」のためには、「基本的・基礎的な技能」そして「興味・関心」が必要不可欠であると思います。しかし、そのために必要となる時間と環境があまりに不足していると感じます。」といったコメントが得られた。

4.3.4 共通課題を改良する題材を設定する教員の特徴

図Ⅱ-4より、共通課題を改良する題材を設定している教員が感じている指導上の困難さについては、「考える」、「表現」、などの語句に特徴が見られた。これらの語句から、共通課題を改良する題材を設定する教員が感じている困難さは、子どもたちの表現する力や考える力の育成について時数不足を感じているということが推察される。自由記述では例えば、「アイデアを表現する表現力(作図や文章力)のなさに困難さを感じる」や「実際に作業する時間を多くとりたいが、なかなかそうはいかない。基本的なことがらを時間のことを考えると講義形式になり、生徒の考える力をのばしていないように思える。」といったコメントが得られた。

5. 考察

以上の結果から、全体の傾向として、技術科の教員が、生徒の工夫・創造力を育成するために、授業時数不足を感じながらも限られた時間の中で工夫を凝らして尽力している姿が明らかとなった。

しかし、題材設定のタイプと工夫・創造力育成との間には、教員の意識によって差異が認められた。共通課題、選択課題を設定する教員は、工夫・創造力育成を発展的な内容で

あると捉え、知識、技能ともに基礎・基本をおさえて初めて工夫・創造力を活かした学びができると認識している傾向が示唆された。このような考え方の場合、十分な授業時数が確保できなければ、発展的な内容である工夫・創造力育成を十分に取り扱えなくなる危険性がある。

これに対して、自由度の高い個別課題や共通課題を改良する課題を設定する教員は、基礎・基本を重視しつつも、話し合い活動やアイデアを発想する活動等によって、工夫・創造力を高めさせることができると認識している傾向が示唆された。しかし、特に個別課題においては、評価の難しさが実践上の課題として浮かび上がっていた。

このように、技術科における工夫・創造力育成には、授業時数の不足と評価の難しさという実践上の課題に対処しうる学習指導方法の改善が必要であると考えられる。

6. まとめ

第2章では、題材のタイプと技術科教員経験年数に着目し、技術科における生徒の工夫・創造力の育成に対する教員の意識を探索的に把握した。その結果、本章で実施した調査及び分析方法の条件下において以下の知見が得られた。

- (1)技術科の教員経験年数に関わらず、工夫・創造力の育成には基礎・基本が重要であると認識している傾向が示唆された。また、時数不足と評価の難しさを感じていることが明らかとなった。
 - (2)共通課題、選択課題を設定する教員は、工夫・創造力育成を発展的な内容であると捉え、知識、技能ともに基礎・基本をおさえて初めて工夫・創造力を活かした学びができると認識している傾向が示唆された。また、選択課題を設定する教員はエネルギー変換の技術における評価の難しさを感じていることが明らかとなった。
 - (3)自由度の高い個別課題を設定する教員は、基礎・基本を重視しつつも、話し合い活動やアイデアを発想する活動等によって、工夫・創造力を高めさせることができると認識している傾向が示唆された。また、評価の難しさを感じていることが明らかとなった。
- これらの知見をもとに、問題発見・課題設定力を育成する指導方法について検討する必

要がある。工夫・創造力の育成では、自由度の高い個別課題の設定が重要であると考えられる。それは換言すると、プロジェクト型の問題解決学習であり、プロジェクトの設定段階が、問題発見・課題設定力を働かせる場面であると考えられる。そのため、問題発見・課題設定力の育成する指導方法を検討する際、プロジェクト型の問題解決学習を想定しつつ、検討する必要があると考えられる。加えて、問題発見・課題設定は発散的なアイデアを創出する思考を含むものであり、本章で述べた工夫・創造力との類似点が多いと推測される。そのため、本章での結果を踏まえると、評価について曖昧なまま問題発見・課題設定を生徒に実施させると、教員の負担が大きくなってしまい、教育現場への浸透が困難になってしまう可能性がある。そのため、問題発見・課題設定力を評価する枠組みについて検討する必要がある。

次章以降では、第1章で示した研究課題2を解決すべく問題発見・課題設定力の育成に向けた指導方略の検討を進める。第3章では、これらの知見に基づき、問題発見・課題設定力を評価する枠組みを検討する。なお、本章において、内容「C エネルギー変換の技術」における工夫・創造力の育成に困難さを感じている教員が多いことも確認された。そのため、内容「C エネルギー変換の技術」に焦点を当て、以降の研究を進めることとする。

第3章 生徒の問題発見・課題設定力を評価する枠組みの検討

1. 目的

第2章では、工夫・創造力の育成に対する教員の意識と困りについて探索的に検討した。その結果、授業時数の不足と評価の難しさに育成上のつまずきがあることが確認された。この知見や、第1章で整理した研究の背景から、問題解決能力の育成上の足枷となっている工夫・創造力の育成を見通したプロジェクト型問題解決ベースの問題発見・課題設定力育成の指導方法を検討することが重要であり、問題発見・課題設定の場面では発散的なアイデアの発信が必要な思考を含むため、評価の枠組みを設定することが重要であるという指針を得た。また、内容「C エネルギー変換の技術」の実践では、従来から組み立てキット的な製作題材が多く、問題発見・課題設定に始まる探究的な学習の実施が難しいという実践課題が指摘された。

そこで、第1章で確認した「現状とあるべき姿のギャップ」という問題の定義と、「問題を解決するためになすべきこと」という課題の定義を用いつつ、問題発見・課題設定力の評価の枠組みを検討することとした。

2. 研究のアプローチ

評価の枠組みの設定は、内容「C エネルギー変換の技術」に焦点を当て、生徒の問題発見・課題設定力を評価するための枠組みについて検討することとした。その方法として、①問題発見・課題設定力の枠組みや視点について述べた文献に即して評価観点の原案を作成し、②専門家が問題発見・課題設定力が高いと評価した生徒の事例と一般的な生徒の事例とを①で作成した観点で評価し、③両者の違いから問題発見・課題設定力の評価の枠組みを提案することとした。②で取り上げる事例としては、日本産業技術教育学会主催のエネルギー利用技術作品コンテストの受賞作品(以下、エネコン作品)を利用することとした。同コンテストの審査基準は、①作品自体の独創性やその製作過程での工夫・創造、②製作の動機や使用目的の明確さ、③身の回りのエネルギーの利用、④論理的で分かりやすい説

明、⑤作品の操作上の安全性である。これらの審査基準で特に優秀な作品に対して各賞が授与される。また、審査は技術教育の研究者などの専門家によって行われている。したがってエネコン作品は、高いレベルで技術による問題解決を行っており、問題発見・課題設定力も優れていると審査員によって判断されたものである。しかし、上記以外の審査基準は明示されておらず、審査員が受賞作品のどのような特徴を捉えて高く評価したかについては定かではない。したがって、エネコン作品の持つ特徴を問題発見・課題設定力の観点から把握することができれば、専門家が中学生に期待する問題発見・課題設定力の枠組みを捉えることができるのではないかと考えられる。

これに対して、一般的な公立中学校の生徒の場合、エネコン作品に比べて適切に問題発見・課題設定ができているとは考えにくい。

本章では、このような両者の比較を通して、問題発見・課題設定力の形成状況を把握するための評価の枠組みを提案することとした。

3. 評価観点の設定

3.1 問題発見に対する評価観点の設定

第1章で整理した通り、佐藤は問題には、すでに発生しており、現状に着目した問題である「発生型」、より高い理想を設定し意識的に作られた問題である「探索型」、未来の危険を予測し準備しておく問題である「設定型」の3つのタイプがあると述べている¹²⁾。一方、谷田らは、技術科における問題解決を製品やシステムのデザインに基づく創造指向の問題解決であるとし、理科など他の教科における探究指向の問題解決とは大きく方向性が異なると指摘している⁷¹⁾。創造指向である技術科の問題解決について日本産業技術教育学会の「21世紀の技術教育(改訂版)」では、「身近な問題から、環境問題に至る様々な問題を技術的視点で設定し、課題化して、一定の制約条件のもとで、ものづくり等を通して最適化を図りつつ解決する」としており、問題は生活場面から広く社会的なものまで取り扱うこととしている⁷²⁾。また、森山は、技術イノベーション力育成についてその達成に向けた授業デザインには「ユーザの視点から客観的に解決すべき問題やニーズを考えさせる」

必要があるとし、ユーザ視点の重要性を指摘している⁷⁰⁾。

これらのことから、技術科における問題発見の場面では、問題のタイプと範囲を把握し、どのようなユーザを対象とした問題かを整理することが重要であると考えられる。これらのことを踏まえて、問題発見に対する評価観点を以下のように設定した。

3.1.1 問題のタイプ

佐藤による問題のタイプに基づき、すでに発生しており現状に着目した問題を「発生型」、より高い理想を設定し意識的に作られた問題を「探索型」、未来の危険を予測し準備しておく問題を「設定型」とした(択一)。

3.1.2 問題の範囲

「21世紀の技術教育(改訂版)」の「身近な問題から、環境問題に至る様々な問題」を扱うという指摘に基づき、問題が自分や家族の家庭での生活場面に限定されている場合は「家庭生活」、問題が学校での生活場面に限定されている場合は「学校生活」、問題が地域コミュニティの生活場面に関連している場合は「地域生活」、問題が影響する範囲が広く社会全般に関連している場合は「社会全般」とした(択一)。

3.1.3 ユーザ想定

森山のユーザ視点の重要性に関する指摘に基づき、解決すべき問題を抱えている対象者について評価項目を設定した。自分自身は「自分」、親、兄弟、祖父母等は「家族」、友人は「友人」、学校内に従事する教員、職員は「学校の教職員」、身体的な不自由、被災者等、特定の状況を有する社会一般の人は「特定の状況を有する社会一般の人」、特に状況を考慮しない社会一般の人や不特定多数の人は「社会一般の人」とするカテゴリを設定した。なお、ユーザ想定は、例えば、「自分」を含めつつ「友人」も想定する場合など一つに限らない場合がある。そのため、評価では、当てはまるすべてを重複可とした。

3.2 課題設定に対する評価観点の設定

問題発見に続く課題設定は、設計の前段階に位置づけられる過程である。そのため、設計への見通しを持った課題を設定する必要がある、技術の仕組みや原理・法則を踏まえた工夫・創造力を発揮することが求められる。新CS解説では、調査の実施、現状の改善、新しい発想等を踏まえた課題設定が必要であるとしている。このような課題設定の方法には、Osborn.A.が提唱したCPS: creative problem solving(創造的問題解決)の概念の援用が考えられる。弓野によれば、Osborn.A.のCPSのプロセスには、第1相「挑戦の探索」、第2相「アイデアの生成」、第3相「行動の準備」の3相があるとしている²⁸⁾。「挑戦の探索」は目標や願いについてデータ収集を伴いながら探索していく段階である。「アイデアの生成」は幅広く多様なアイデアを生み出す段階、そして「行動の準備」は解決策を整理し具体的な計画を考えていく段階である。このうち、第2相では、アイデアの発想力が重要な役割を果たす。このことについて高橋は、アイデアの発想力の基本を連想力とし、連想の仕方によって自由連想、強制連想、類比連想に分類している³⁰⁾。また、第3相では、第2相で発想したアイデアを具体化するための根拠となる知識・技能との関連性が重要である。新CSにおいても、既存の技術の仕組みや原理・法則、見方・考え方を働かせた問題発見・課題設定を求めている。

これらの考え方を踏まえて、課題設定に対する評価観点を以下のように設定した。

3.2.1 目標の探索

(1)目標の具体性

第1相「挑戦の探索」に対応して、目標の探索について評価項目を設定した。技術的な課題設定における目標は、具体性のある使用目的・使用条件へと換言される。そこで、使用目的・使用条件が明確で具体的に考えられていれば3点、使用目的・使用条件が明確ではあるが、抽象的であれば2点、使用目的・使用条件が明確でなければ1点、考えられていなければ0点とした。

(2)目標の主題分類

設定された課題が想定する防災や環境対策などの主題は、事例や回答から帰納的に分類した。

3.2.2 アイデアの生成

(1)アイデアの多面性と具体性

問題を解決するためには幅広く、多様なアイデアを考え出すことが必要である。そこで、目標達成へ向けて多面的で具体的なアイデアが考えられていれば3点、目標達成へ向けてアイデアが考えられているが抽象的であれば2点、目標達成するには非現実的であれば1点、考えられていなければ0点と評価した。

(2)発想のスタイル

高橋による自由連想、強制連想、類比連想というアイデアの発想法を技術的な問題解決に当てはめ、思いつくままに発想しているものを「自由連想」、技術の仕組み、原理・法則を根拠にして連想しているものを「技術的根拠連想」、既存の製品を分析し、その仕組みを基にして連想しているものを「既存製品類比連想」とした(択一)。

3.2.3 行動の準備

(1)計画の具体性

計画の具体性について、どれだけ製作に向けて計画的に考えられているかを評価した。実現可能で製作に向けて具体的な計画が考えられていれば3点、計画は概ね考えられているものの実際に製作するには具体性が乏しい場合に2点、非現実的であれば1点、製作に向けた計画が何も考えられていなければ0点とした。

(2)技術的な工夫の分類

課題設定に際して発想された技術的な工夫を帰納的に分類した。

(3)技術的な解決アプローチの分類

上記に分類された仕組みをどのような意図で活用しようとしているのか(例えば、自動化や知覚化など)を、技術的な解決アプローチとして帰納的に分類した。

4. 調査の方法

4.1 対象

評価の対象は、専門家が問題発見・課題設定力が高いと評価した生徒の事例として、2015～2017年のエネルギー利用技術作品コンテストにおける中学生受賞作品43作品の製作品説明用紙の記述内容とした。受賞者の内訳は、中学1年7名(男子5名、女子2名)、2年12名(男子6名、女子6名)、3年9名(男子8名、女子1名)、及び技術部などの15団体であった。これらの受賞者は、実際に「作品をつくる」ことを前提としたモチベーションの高い中学生と考えられる。

一般的な公立中学校の事例を得るために、K県公立中学校2年生男子84名、女子95名、計179名に対して問題発見・課題設定調査を実施した。調査の段階で生徒は、旧CS内容「B エネルギー変換に関する技術」においてエネルギー変換効率や発電方式、電源の種類と送電・配電、電気エネルギーの利用、電気機器の安全な使用について学習済みであった。しかし、新CSにある「エネルギー変換の技術による問題解決」は履修していなかった。また、調査では、「この調査は成績には関係ないので、のびのびと創造的に自由に考えてください」と伝え、提出は自由とした。計179名の調査対象者のうち、提出されたものの回答に空欄が多かったり、提出が著しく遅かったり、未提出であったりした者を除き、男子30名、女子46名、計76名の回答を分析対象とした(以下、公立中学生)。これらの生徒は、実際に「作品をつくる」ことは想定されないものの、課題に対してモチベーションの高い中学生と考えられる。

4.2 手続き

エネコン作品に対しては、43作品の製作品説明用紙の記述内容を評価した。エネコン製作品説明用紙には、①「作品に利用したエネルギー」(風力、太陽光、電力、バイオ、その他のエネルギーから選択、「」内は製作品説明用紙上での表現と同じ。以下、同様)、②「製作の動機や使用目的(アイデアを思いついたきっかけや理由など:いつ、どこで、どのよう

に、など)」、③「作品を製作する上で参考になったもの(本やインターネットの情報など)」、④「作品をつくる動機(きっかけ)や目的を解決するために工夫や創造をしたところ(アイデアの詳しい説明)」、⑤「作品を動かすための操作の手順や効果(使い方、遊び方、何ができるようにになったか、などの説明)」、⑥作品の写真の6項目が設定されている。このうち、問題発見・課題設定力に関わる項目として、①、②、④、⑤、⑥を分析の対象とした。評価は、経験年数5年の技術科教員1名と、技術科教育を専門とする大学教員1名の計2名で協議しながら実施した。評価は、2週間程度のインターバルを挟んで計3回行い、最終的な評価結果を確定した。

公立中学生に対しては、エネコン製作品説明用紙の項目に基づいて、上記の①、②、④、⑤を用いた。⑥については、作品の写真の代わりに構想をイラストで描かせるようにした。技術科の授業時間内に20分程度で実施した。生徒には、調査用紙を配布した上で、自分なりに発想して回答するよう指示した。また、教科書は参考として見てもよいこととした。しかし、回答は個人で行うこととし、他の生徒とは相談しないように指示した。

5. 結果と考察

5.1 問題発見に関わる評価

5.1.1 問題のタイプの比較

「問題のタイプ」について集計した(表Ⅲ-1)。その結果、公立中学生では、例えば「夏の晴れている日の部活でチームのために走り回るキャプテンを救うソーラータイマー」のよ

表Ⅲ-1 問題のタイプによる比較

問題のタイプ		公立中学生 n = 76	エネコン作品 n = 43
発生型	頻度	52	19
	割合	68.4%	44.2%
	残差	2.59**	-2.59**
探索型	頻度	21	21
	割合	27.6%	48.8%
	残差	-2.33*	2.33*
設定型	頻度	3	3
	割合	3.9%	7.0%
	残差	-0.73	0.73
$\chi^2_{(2)} = 6.67$		* $p < .05$	** $p < .01$

うに「発生型」の問題を見いだした生徒の比率が68.4%と最も多かった。これに対し、エネコン作品では、例えば、「室外機から出る排水を再利用して室外機を冷却するためのミストシャワーに変換するものの製作」のように「探索型」の問題を見いだした生徒の比率が48.8%と最も多かった。これらの比率について、 χ^2 検定を行ったところ、エネコン作品の方が、公立中学生の回答よりも探索型の問題が有意に多かった。

5.1.2 問題の範囲の比較

「問題の範囲」について集計した。その結果、エネコン作品では、例えば「災害の被災地において非常時に無電源でスピーカーを鳴らし大人数で聴けるゲルマニウムラジオの製作」のように「社会全般」に影響する問題の比率が48.8%と最も多かった。これに対し、公立中学生では、例えば「家の洗濯物を入れる機械の製作」のように、「家庭生活」の問題が44.7%と最も多かった。これらの比率について、 χ^2 検定を行ったところ両者の間に有意な差が認められた(表Ⅲ-2)。

表Ⅲ-2 問題の範囲による比較

問題の範囲		公立中学生 n = 76	エネコン作品 n = 43
家庭生活	頻度	34	11
	割合	44.7%	25.6%
	残差	2.07*	-2.07*
学校生活	頻度	18	6
	割合	23.7%	14.0%
	残差	1.27	-1.27
地域生活	頻度	9	5
	割合	11.8%	11.6%
	残差	0.03	-0.03
社会全般	頻度	15	21
	割合	19.7%	48.8%
	残差	-3.32**	3.32**
$\chi^2_{(3)} = 11.64$		* $p < .05$	** $p < .01$

5.1.3 ユーザ想定と比較

「ユーザ想定」について集計した。その結果、公立中学生では、例えば「自分が朝が苦手であることを解決するために風が出て大きな音が鳴る目覚まし時計の製作」のように「自分」を対象とした問題の比率が69.7%と高かった。エネコン作品でも同様に、「自分」の

比率が51.2%と他のユーザ想定よりも高かった。しかし、エネコン作品では、例えば「水田を想定したアルキメデスのポンプを利用したソーラー給水システム」のように、「社会一般の人」を対象とする問題が32.6%となり、 χ^2 検定の結果、両者に有意な差が認められた(表Ⅲ-3)。

以上の結果から、問題発見に関わる評価では、エネコン作品の方が公立中学生よりも「自分」に加えて「社会一般の人」をユーザに想定した「探索型」の問題を見いだしている傾向が示唆された。

表Ⅲ-3 ユーザ想定による比較

ユーザ想定		公立中学生 n = 76	エネコン作品 n = 43	独立性の検定
自分	頻度	53	22	$\chi^2_{(1)} = 4.07^*$
	割合	69.7%	51.2%	
	残差	2.02*	-2.02*	
家族	頻度	17	10	$\chi^2_{(1)} = 0.01$
	割合	22.4%	23.3%	
	残差	0.18	-0.18	
友人	頻度	13	11	$\chi^2_{(1)} = 1.23$
	割合	17.1%	25.6%	
	残差	-1.11	1.11	
学校の教職員	頻度	1	2	$\chi^2_{(1)} = 1.18$
	割合	1.3%	4.7%	
	残差	-1.11	1.11	
特定の状況を有する社会一般の人	頻度	6	5	$\chi^2_{(1)} = 0.44$
	割合	7.9%	11.6%	
	残差	-0.68	0.68	
社会一般の人	頻度	10	14	$\chi^2_{(1)} = 6.42^*$
	割合	13.2%	32.6%	
	残差	-2.53*	2.53*	

* $p < .05$

5.2 課題設定に関わる評価

5.2.1 目標の探索

(1)目標の具体性

「目標の具体性」について集計した。その結果、エネコン作品では、例えば「夜によく散歩をしている人を見かけます。真っ暗なので自動車の人からは見えにくく歩いている人

に接触してしまいそうになります。そこで対向車や後ろからくる車に障害物など分かりやすくするために光るステッキを考えました。太陽光発電で充電できるので、エコにもなります。」のように、使用目的・使用条件を具体的に考えられているものが多く、平均値は 2.74(SD:0.44)となった。これに対し、公立中学生は、例えば「楽をして掃除をするために、動くモップを考えました。」のように、自身の具体的な生活状況等を深く考慮せず使用目的・使用条件を考えているものが多く、平均値は 2.42(SD:0.62)と有意に低くなった($t_{(110)}=3.31, p<.01$)。

(2)目標の主題分類

目標の主題を帰納的に分類した。その結果、「コンデンサーを用いて雷の距離を把握する電気回路」といった「防災・減災」，「自動車等に自分の位置を光で知らせるステッキ」といった「安全」，「壊れたシャワーヘッドを利用したエコ発電機」といった「環境対策」，「暗い時に時計を光らせる時計用ライト」といった「生活利便性」の4つに分類された。分類別に頻度を集計した(表Ⅲ-4)。その結果、エネコン作品の「環境対策」，公立中学生の「生活利便性」の頻度がそれぞれ有意に多かった。これは、問題発見の評価結果で見られたように、エネコン作品はより広い視野で問題を捉えているためではないかと考えられる。

5.2.2 アイデアの生成

(1)アイデアの多面性と具体性

「アイデアの多面性と具体性」について集計を行った。その結果、エネコン作品では、例えば「学校で濡れた靴下を簡単に素早く乾かすことができれば多くの人が助かるだろう」と考え「靴下専用乾燥機」の具体的な機能や構造を考案したものなどが見られ、平均値は 2.91(SD:0.29)となった。それに対して、公立中学生は例えば「外や暗くなってもバドミントンがしたい」と考え「光るシャトル」を考案したが、その機能や構造を具体的には考えられていないものが見られ、平均値は 2.03(SD:0.67)と、有意に低くなった($t_{(111)}=9.87, p<.01$)。

表Ⅲ-4 目標の主題による分類

目標の主題		公立中学生 n = 76	エネコン作品 n = 43
防災・減災	頻度	4	5
	割合	5.3%	11.6%
	残差	-1.26	1.26
安全	頻度	2	3
	割合	2.6%	7.0%
	残差	-1.13	1.13
環境対策	頻度	5	11
	割合	6.6%	25.6%
	残差	-2.92**	2.92**
生活利便性	頻度	65	24
	割合	85.5%	55.8%
	残差	3.59**	-3.59**
$\chi^2_{(3)} = 12.97$ * $p < .05$ ** $p < .01$			

(2)発想のスタイル

「発想のスタイル」について集計した(表Ⅲ-5)。その結果、公立中学生は、例えば「塾の宿題で同じ言葉を何回も書いてきなさいと言われたときに使う自動文字書きペン」のようにアイデアを自由に連想する自由連想の比率が94.7%と最も多かった。これに対し、エネコン作品では、自由連想が58.1%と同様に多いものの、例えば、カンキューレという既存の製品をヒントに考えた「缶飲料急冷機」のように既存製品類比連想が30.2%、「サーボモータの特徴を生かしてパネル表示する貯金箱を作る」といった技術的根拠連想が11.6%となり、これらの比率が有意に多くなった。

表Ⅲ-5 発想のスタイルによる比較

発想のスタイル		公立中学生 n = 76	エネコン作品 n = 43
自由連想	頻度	72	25
	割合	94.7%	58.1%
	残差	4.94**	-4.94**
技術的根拠連想	頻度	1	5
	割合	1.3%	11.6%
	残差	-2.47*	2.47*
既存製品類比連想	頻度	3	13
	割合	3.9%	30.2%
	残差	-4.04**	4.04**
$\chi^2_{(2)} = 24.14$ * $p < .05$ ** $p < .01$			

5.2.3 行動の準備

(1)計画の具体性

「計画の具体性」について集計を行った。その結果エネコン作品では、例えば「海からの潮風を受け続けると植物の成長に問題があると感じました。また、種が発芽しないこともあったり、やっと発芽して苗まで育てても虫に葉が食べられたりすることも少なくありません。そこで、天候や潮風、虫などに影響されず、スイッチで誰にでも種から発芽させ苗を育てることができる装置を作ろうと思いました。」と考え、その製作に必要なLEDやセンサ等についても考えられているものが多数見られた。その平均値は 2.95(SD:0.21)であった。これに対し、公立中校生は、例えば「トイレの電気がもったいないので、風力発電の電気を考えました」とし、アイデアを考案しているが、それに用いるライトや、部品等については言及できていないものが多数あった。その平均値は 1.58(SD:0.64)となり、有意に低くなった($t_{(100)}=17.17, p<.01$)。

(2)技術的な工夫の分類

想定された技術の仕組みを帰納的に分類した。その結果、技術的な工夫は大別して「材料・筐体」，「電気」，「機械」，「制御」の4カテゴリに分類された。そこで、これらのカテゴリ内でさらに帰納的な分類を進めた。例えば、「材料・筐体」カテゴリでは「アクリル板では割れてしまうのでクリアファイルのPP材を利用した」などを「材料選択の工夫」と分類していった。その結果、表Ⅲ-6に示す計12カテゴリに分類された。これらの各分類について頻度を集計した。その結果、公立中学生では「実装・機能追加の工夫」の頻度が有意に多いのに対し、エネコン作品では「筐体の構造や形状の工夫」，「回路の工夫」，「負荷やアクチュエータなどの電氣的な作業部の工夫」，「機構の工夫」の頻度が有意に多かった。

(3)技術的な解決アプローチの分類

生徒の技術的な解決アプローチを帰納的に分類した。例えば、「センサ等を用いて自動的に植物育成環境を整える」などを「自動化」に分類した。その結果、表Ⅲ-7に示す計10カテゴリに分類された。これらの分類別に頻度を集計した。その結果、両者ともに、「環

表Ⅲ-6 技術の仕組みによる分類

技術の仕組み		公立中学生 n = 76	エネコン作品 n = 43	独立性の検定
材料・筐体	材料の選択の工夫	頻度 2	2	$\chi^2_{(1)} = 0.33$
		割合 2.6%	4.7%	
		残差 -0.59	0.59	
	材料の加工方法の工夫	頻度 0	1	Fisher 直接確率検定 $p = 0.36$
		割合 0.0%	2.3%	
		残差		
	筐体の構造や形状の工夫	頻度 10	14	$\chi^2_{(1)} = 6.42$
		割合 13.2%	32.6%	
		残差 -2.53*	2.53*	
	実装・機能追加の工夫	頻度 29	3	$\chi^2_{(1)} = 13.58$
		割合 38.2%	7.0%	
		残差 3.69**	-3.69**	
電気	回路の工夫 (回路やスイッチの工夫)	頻度 2	14	$\chi^2_{(1)} = 21.13$
		割合 2.6%	32.6%	
		残差 -4.60**	4.60**	
	電源の工夫	頻度 40	18	$\chi^2_{(1)} = 1.28$
		割合 52.6%	41.9%	
		残差 1.13	-1.13	
	負荷やアクチュエータなどの電氣的な作業部の工夫	頻度 2	5	$\chi^2_{(1)} = 3.84$
		割合 2.6%	11.6%	
		残差 -2.00*	2.00*	
	機構の工夫	頻度 3	8	$\chi^2_{(1)} = 6.75$
		割合 3.9%	18.6%	
		残差 -2.65**	2.65**	
機械	力学的な動力の工夫	頻度 1	0	Fisher 直接確率検定 $p = 0.63$
		割合 1.3%	0.0%	
		残差		
	力学的な作業部の工夫	頻度 1	3	$\chi^2_{(1)} = 2.60$
		割合 1.3%	7.0%	
		残差 -1.65	1.65	
制御	センサの工夫	頻度 2	4	$\chi^2_{(1)} = 2.43$
		割合 2.6%	9.3%	
		残差 -1.60	1.60	
	プログラミングの工夫	頻度 11	6	$\chi^2_{(1)} = 0.01$
		割合 14.5%	14.0%	
		残差 0.08	-0.08	

* $p < .05$ ** $p < .01$

境負荷低減化」，「自動化」，「知覚化」が多かった。「高速化」と「大型化」については，頻度は少ないものの，エネコン作品の方が公立中学生よりも有意に多かった。

なお，前述した目標の主題分類では，「環境対策」の頻度はエネコン作品で 25.6%，公立中学生 6.6%であった。これに対して解決のアプローチの「環境負荷低減化」の頻度は，それぞれ 46.5%，53.9%と極めて多く，ずれが生じている。これは，「環境対策」を目標とせず，別の目標下での付加価値の付与という観点で「環境負荷低減化」を採用している

ケースがあったためである。以上の結果から、行動の準備においては、エネコン作品の方が公立中学生に比べて、技術的な工夫や解決のアプローチに多様性が認められるとともに、課題の解決に向けた具体的な計画を考えられていることが示された。

表Ⅲ-7 技術的な解決アプローチのよる分類

技術的な解決アプローチ		公立中学生 n = 76	エネコン作品 n = 43	独立性の検定
自動化	頻度	17	16	$\chi^2_{(1)} = 3.02$
	割合	22.4%	37.2%	
	残差	-1.74	1.74	
大型化	頻度	0	3	Fisher 直接確率検定 $p = 0.045^*$
	割合	0.0%	7.0%	
小型化	頻度	3	0	Fisher 直接確率検定 $p = 0.26$
	割合	3.9%	0.0%	
変形化	頻度	3	0	Fisher 直接確率検定 $p = 0.26$
	割合	3.9%	0.0%	
多機能化	頻度	4	3	$\chi^2_{(1)} = 0.14$
	割合	5.3%	7.0%	
	残差	-0.38	0.38	
遠隔化	頻度	3	3	$\chi^2_{(1)} = 0.51$
	割合	3.9%	7.0%	
	残差	-0.73	0.73	
環境負荷低減化	頻度	41	20	$\chi^2_{(1)} = 0.61$
	割合	53.9%	46.5%	
	残差	0.78	-0.78	
3R 化	頻度	1	3	$\chi^2_{(1)} = 2.60$
	割合	1.3%	7.0%	
	残差	-1.65	1.65	
高速化	頻度	4	7	$\chi^2_{(1)} = 3.80^*$
	割合	5.3%	16.3%	
	残差	-1.99*	1.99*	
知覚化	頻度	24	10	$\chi^2_{(1)} = 0.93$
	割合	31.6%	23.3%	
	残差	0.97	-0.97	

* $p < .05$

5.3 考察

以上の結果より、問題発見力の評価では、①エネコン作品は、見いだした問題の範囲、ユーザ想定、問題のタイプのいずれにおいても、公立中学生よりも広がりがあり、②社会に対する問題意識が深いことの2点に特徴が見られた。また、課題設定力の評価では、エ

エネコン作品は公立中学生よりも、①環境との関わりに着目し、具体的な使用目的・使用条件を明確にした目標を設定していること、②アイデアを考える際は、技術的な根拠や既製品の仕組み等をヒントに発想していること、③技術的な工夫や解決のアプローチに多様性が認められるとともに、④課題の解決に向けた具体的な計画が考えられていることの4点に特徴が見られた。

前述した通り、これらの特徴は、応募された作品の中から技術教育の専門家である審査員が受賞作品を選び出す際の、暗黙の規準を顕在化したものと考えることができる。技術教育の振興を目的とするエネコンにおいて審査員が応募作品に求めたこれらの規準は、技術科の授業においても教師が生徒に期待する問題発見・課題設定力の特徴として援用することができるのではないかと考えられる。このような観点から、エネコン作品の特徴に基づいて内容「C エネルギー変換の技術」における問題発見・課題設定力の評価の枠組みを表Ⅲ-8に整理した。

表Ⅲ-8より、問題発見力では、社会的な視野を持って多様なユーザを想定した探索型の問題を見いだす力を評価することが考えられる。また、課題設定力では、目標の探索やアイデアの生成、行動の準備における多様性と具体性にその形成状況を評価することが考えられる。逆に言えば、自分の生活の中にある発生型の問題を見いだすものの、設定した課題に多様性や具体性が見られず、抽象的で限定的なアイデア(例えば、環境負荷低減化を図るために電源を工夫するなど)にとどまっている場合は、問題発見・課題設定力が十分に形成されていないと評価することができよう。

しかし、本研究では、評価に利用可能な観点のみを枠組みとして示したため、これらの観点をを用いた評価の実践的な妥当性の検証には今後の検討が必要である。

6. まとめ

第3章では、エネコン作品と公立中学生との比較を通して、技術科内容「C エネルギー変換の技術」における問題発見・課題設定力を評価する枠組みを検討した。その結果、本調査の条件下で以下の知見が得られた。

表Ⅲ-8 内容「C エネルギー変換の技術」における問題発見・課題設定力の評価の枠組み

種類	評価の枠組み	問題発見・課題設定力が形成されていない状態 (公立中学生の特徴より)	問題発見・課題設定力が形成された状態 (エネコン作品の特徴より)
問題発見力	問題のタイプ	現状に着目した問題(発生型)	理想に着目した問題(探索型)
	問題の範囲	家庭生活の中からの問題発見	社会的な視野を持った問題発見
	ユーザ想定	「自分」のみ	「自分」及び「社会一般の人」
	目標の具体性	使用目的・使用条件が抽象的	具体的な使用状況等を考慮した具体的な使用目的・使用条件
課題設定力	目標の主題分類	「生活利便性」が大半	「環境対策」「生活利便性」「防災・減災」など多様
	アイデアの多面性と具体性	製作品の機能や構造等のアイデアが抽象的	製作品の機能や構造等のアイデアが具体的
	発想のスタイル	自由連想	自由連想, 技術的根拠連想, 既存製品類比連想
	計画の具体性	製作に必要な部品の考案なし	製作に必要な具体的な部品の考案あり
行動の準備	技術的な工夫の分類	「電源の変更」や「実装・機能追加の工夫」が大半	「筐体の構造や形状の工夫」, 「回路の工夫」, 「負荷やアクチュエータなどの電気的な作業部の工夫」, 「機構の工夫」など多様
	技術的な解決アプローチの分類	「環境負荷低減化」, 「知覚化」, 「自動化」が大半	「環境負荷低減化」, 「自動化」, 「知覚化」, 「高速化」, 「大型化」など多様

- (1)問題発見の評価の枠組みとして「問題のタイプ」，「問題の範囲」などの3観点，課題設定の評価の枠組みとして「目標の探索」，「アイデアの生成」，「行動の準備」など7観点を提案することができた。
- (2)問題発見力が高い生徒の特徴として，見いだした問題の範囲，ユーザ想定，問題のタイプのいずれにおいても，公立中学生よりも広がりがあり，社会に対する問題意識が深いことが明らかとなった。
- (3)課題設定力が高い生徒の特徴として，設定した課題が具体的であり，環境との関わりへ着目し，技術的な根拠や既製品の仕組み等を基に発想しつつ，技術的な工夫や解決のアプローチが多様であることが明らかとなった。

これらの知見から，生徒の問題発見・課題設定力を評価する枠組みとその実態が示された。以降では本章で示された問題発見・課題設定力の枠組みを用いて，第1章で示した研究課題3を解決すべく，問題発見・課題設定力を高めうる要因について検討を進める。第4章では，「C エネルギー変換の技術」における基礎的な知識の学習が問題発見・課題設定力に与える影響について検討する。

第4章 生徒の問題発見・課題設定力の形成に及ぼす基礎的な知識学習の影響

1. 目的

第3章では、生徒の問題発見・課題設定力を評価する枠組みについて検討し、問題発見・課題設定力が高い生徒の特徴を把握した。次に第4章では、第3章で検討した評価の枠組みを用いつつ、第1章で示した研究課題1に対処するために、生徒の問題発見・課題設定力を高めうる要因について検討する。

第1章において、基礎的な知識の有無が問題解決能力に影響を及ぼす先行研究を整理した。それらの先行研究から、技術科における基礎的な知識が問題解決能力の育成に重要な役割を果たしていると示唆される。しかし、いずれの先行研究も新CS以前の技術科における問題解決学習について検討したものであり、構想・設計以降の問題解決活動が研究対象となっている。そのため、問題発見・課題設定力と基礎的な知識との関連については十分な検討は行われていないのが現状である。

そこで本章では、研究課題3に対処するために、生徒の問題発見・課題設定力の形成に及ぼす基礎的な知識学習の影響を、内容「C エネルギー変換の技術」に焦点を当てて検討することとした。

2. 研究の方法

2.1 対象

K 県公立中学校の2年生 102 名を対象に基礎的な知識の学習の有無が問題発見・課題設定力に与える影響についての調査を行った。未回答の生徒 3 名を除き、有効回答は 99 名であった(有効回答率 97.1%)。このうち、内容「C エネルギー変換の技術」について学習していない生徒(以下、未習群)31 名、同内容の教科書に掲載されている知識(以下、基礎的な知識)を既習済みの生徒(以下、知識学習群)68 名の 2 群を設定した。「エネルギー変換の技術」の指導計画を表Ⅳ-1 に整理して示す。知識学習群は基礎的な知識として T 社の検定

済み教科書（以下、教科書）を基に「エネルギー変換・エネルギー変換効率」「様々な発電方式」「オームの法則と電力の計算」「交流と直流，送電・配電」「電気エネルギーを利用する仕組みと電気用図記号」「光エネルギーへの変換」「熱・運動・音エネルギー・情報への変換」「電気の安全な使用」「機械の運動を伝える仕組み」について学習した(表1中，第1～12時)¹⁰⁷⁾

表IV-1 基礎的な知識の学習内容と指導計画

時	目標	学習内容	主な学習指導方法(教材)	主な学習活動
第1時	エネルギーについて理解する	エネルギー変換・エネルギー変換効率	講義・演習(教科書，ワークシート・モータ演示教具・エンジン演示教具)	座学，話し合い，観察
第2時	発電方式について理解する	様々な発電方式	講義・演習(教科書，デジタル教科書，ワークシート・手回し発電機，自転車用ダイナモ)	座学，話し合い，観察
第3時	電気の基礎を理解する	オームの法則と電力の計算	講義・演習(教科書，ワークシート，電子レンジ)	座学，話し合い，観察
第4時	電気の種類について理解する	交流と直流，送電・配電	講義・演習(教科書，ワークシート，テーブルタップ，乾電池)	座学，話し合い，観察
第5～6時	電気エネルギーを利用する仕組みを理解する。	電気エネルギーを利用する仕組みと電気用図記号	講義・演習(教科書，デジタル教科書，ワークシート，回路実習教材)	座学，話し合い，実習
第7時	電気エネルギーを光エネルギーに変換する仕組みを理解する	光エネルギーへの変換	講義・演習・演示実験(教科書，デジタル教科書，ワークシート，白熱電球・蛍光灯・LED，発光演示教具)	座学，話し合い，観察
第8時	電気エネルギーを熱・運動・音エネルギー・情報へ変換する仕組みを理解する	熱・運動・音エネルギー・情報への変換	講義・演習(教科書，デジタル教科書，ワークシート，電子レンジ，モータ演示教具，スピーカ)	座学，話し合い，観察
第9～10時	電気による事故の原因を知り，安全委使用する方法を理解する	電気の安全な使用	講義・演習(教科書，デジタル教科書，ワークシート，テーブルタップ)	座学，話し合い，観察
第11～12時	運動を伝える仕組みを理解する	機械の運動を伝える仕組み	講義・演習(教科書，デジタル教科書，ワークシート，自転車，転がり軸受，手回しドリル，エンジン演示教具)	座学，話し合い，観察
第13～15時	手動発電機の分解を通して設計者の工夫を読み取ろう	手動発電機の分解・分析・組立	講義・実習(教科書，デジタル教科書，ワークシート，手動発電機)	座学・話し合い・活動
第16～19時	エネルギー変換の技術で問題を解決しよう	エネルギー変換の技術による問題解決	講義・実習(教科書，ワークシート，電池，ブザー，モータ，LED)	話し合い，活動
第20時	エネルギー変換の技術を未来に生かそう	振り返り，エネルギー変換の技術の評価と活用	講義・演習(教科書，デジタル教科書，ワークシート)	座学，話し合い

2.2 課題

未習群，知識学習群に対して課題「生活や社会の中から問題を見つけてエネルギー変換の技術によって解決するアイデアを考えよう」を与えた。この課題は，問題発見に関する設問群と課題設定に関する設問群で構成した。問題発見に関する設問群は，「①問題発見」，「②この問題を解決したいと思った動機・きっかけ」の2設問で構成した。課題設定に関する設問群は，「③この問題を解決する方法をいくつか考えてみよう」，「④この問題を解決するための製品のアイデア」，「⑤アイデア」，「⑥どんな方法で問題を解決しようとしているか」，「⑦作り方や必要な部品など，問題を解決するための計画」の7設問で構成した。実際に使用した調査票を図IV-1に示す。

エネルギー変換 問題解決課題			
■「生活や社会の中から問題を見つけてエネルギー変換の技術によって解決するアイデアを考えよう」			
①問題発見			
採用 したもの に○	■理想の状態 (○○だったら良いのに) (○○があたりまえなのに) (このままだと○○になるの で今のうちに○○しておき たい)	■現状 (まだそんなものはない) (でも今はこんな状態) (今は何も問題ないけど)	■対象 (※当てはまるものすべてに○) 自分・家族・友 達・学校の教職 員・社会一般の 人・その他()
			■問題の範囲 (※当てはまるもの一つに○) 家庭生活 学校生活 地域生活 社会全般
			・自分・家族・友 達・学校の教職 員・社会一般の 人・その他()
			・家庭生活 ・学校生活 ・地域生活 ・社会全般
			・自分・家族・友 達・学校の教職 員・社会一般の 人・その他()
			・家庭生活 ・学校生活 ・地域生活 ・社会全般
			・自分・家族・友 達・学校の教職 員・社会一般の 人・その他()
			・家庭生活 ・学校生活 ・地域生活 ・社会全般
②この問題を解決したいと思った動機・きっかけ (○をつけた問題を選んだ理由)			
③この問題を解決する方法をいくつか考えてみよう。(4つ考えてから1つを選択しよう)			
Aプラン	Bプラン		
Cプラン	Dプラン		
④この問題を解決するための製品のアイデア ※具体的に ・使用目的: ・使用条件:			
⑤アイデア			
イラスト		製品の特徴や使い方	
		■製品で工夫したところ	
		■アイデアを考えた方法※あてはまるものに○ ・ゼロから自由に考えた ・身の回りにある製品をヒントに考えた ・技術の仕組みに関する知識を基に考えた	
⑥どんな方法で問題を解決しようとしているか※当てはまるものすべてに○ ・自動化 (製品が自動的に動くことで解決) ・大型化 (製品を従来より大きくすることで解決) ・小型化 (製品を従来より小さくすることで解決) ・変形化 (従来の製品の形を変えることで解決) ・多機能化 (ひとつの製品にさまざまな機能をつけることで解決) ・遠隔化 (製品を遠隔操作ができるようにすることで解決) ・省エネルギー (製品に自然に優しい再生可能エネルギーを活用することで解決) ・3R化 (製品から出る廃棄物の量を減らすなどリサイクル、リユース、リデュースによって解決) ・高速化 (製品の動作速度を速くすることで解決) ・知覚化 (利用者に音や光で何かを伝えることで解決) ・その他()			
⑦作り方や必要な部品など，問題を解決するための計画 ※具体的に			

図IV-1 調査票

課題に取り組ませる際、未習群には教科書 pp.92～94 を基に、生活や社会のエネルギー変換を行う機器、人類のエネルギーの利用、エネルギー資源、エネルギー利用の中心を担う電気、といった内容を通して、エネルギー変換の技術のイメージや概念を捉えさせてから取り組ませた。また、知識学習群は、表1中第1～12時の学習を行った後、未習群と同様に教科書の同ページを使用して再度、エネルギー変換の技術のイメージや概念を捉えさせてから課題に取り組ませた。これによって、少なくとも生徒は、教科書 pp.92～94 に示されたエネルギー変換の技術のイメージや概念を捉えた上で課題に回答したと予想される。なお、この基礎的な知識の学習の後、「技術による問題解決」では、「自分たちの生活を豊かにする電気製品を考えよう」というテーマで、電気回路のモデルを設計・製作する題材を設定しているが、課題に取り組ませる段階ではこのことを知らせず、実際に設計・製作するという文脈を与えない状態で考えさせた。これは、あらかじめ設計・製作する文脈を与えることで、実際に作れそうなものにイメージが偏ってしまうことを避けるためである。

2.3 各設問の回答欄の設定

2.3.1 問題発見に関する設問群の回答欄

設問①では、「理想の状態と現状」についての自由記述による回答欄と、「ユーザ想定」、「問題の範囲」についての選択による回答欄を設定した。また、設問②は「この問題を解決したいと思った動機・きっかけ」について自由記述による回答欄を設定した。これら設問①②の回答欄は、以下のように「問題のタイプ」「ユーザ想定」「問題の範囲」の3観点で評価するためのものである。

(1)問題のタイプを評価するための回答欄

「問題のタイプ」について第3章と同様に、現状に着目した問題を「発生型」、理想に着目した問題を「探索型」、これから起こりうることを想定した問題を「設定型」とした。そこで本調査では、設問①の回答欄の上部に、「発生型」を「〇〇があたりまえなのに—でも今はこんな状態」、 「探索型」を「〇〇だったら良いのに—まだそんなものはない」、

「設定型」を「このままだと〇〇になるので今のうちに〇〇しておきたい—今は何も問題ないけど」と平易な表現で例示し、この表現を参考に回答を記入させた。回答は自由記述とし、最大4つの問題を発見できるようにした。問題発見後は、自ら1つを選択し、その問題について課題設定へと向かわせることとした。また、設問②「この問題を解決したいと思った動機・きっかけ」は、設問①の回答と合わせて、生徒が理想の状態と現状のどちらに着目して問題を発見したかを把握するために、自由記述によって記入させた。

(2) ユーザ想定を評価するための回答欄

設問①において「ユーザ想定」を把握するために、選択肢による回答欄を設定した。具体的には「自分」「家族」「友人」「学校の教職員」「社会一般の人」「その他」とし、回答は当てはまるものすべてに丸をつける複数回答とした。なお「その他」については追加でその対象を記入させた。

(3) 問題の範囲を評価するための回答欄

設問①において「問題の範囲」を把握するために、選択肢による回答欄を設定した。具体的には「家庭生活」，「学校生活」，「地域生活」，「社会全般」の4カテゴリとし、回答は当てはまるもの1つに丸をつける択一回答とした。

2.3.2 課題設定に関する設問群の回答欄

設問③は「この問題を解決する方法をいくつか考えてみよう」を、課題設定への手立てとして、自由記述による回答欄を設定した。設問④では、「使用目的・使用条件」についての自由記述による回答欄を設定した。設問⑤では「イラスト」，「製品の特徴や使い方」についての自由記述による回答欄と、「アイデアを考えた方法」についての選択による回答欄を設定した。設問⑥では「どんな方法で問題を解決しようとしているか」についての選択による回答欄を設定した。設問⑦では「作り方や必要な部品など、問題を解決するための計画」についての自由記述による回答欄を設定した。これら設問③～⑦の回答欄は以下のように「目標の具体性」「目標の主題」「アイデアの多面性と具体性」「発想のスタイル」「計画の具体性」「技術的な工夫」「技術的な解決のアプローチ」の7観点で評価

するためのものである。

(1)目標の具体性と目標の主題を評価するための回答欄

設問④において「目標の具体性」と「防災・減災」，「安全」，「環境対策」，「生活利便性」の4カテゴリからなる「目標の分類」を把握するために，自由記述による回答欄を設定した。

(2)アイデアの多面性と具体性を評価するための回答欄

設問⑤において，「アイデアの多面性と具体性」を把握するために自由記述による回答欄を設定した。「イラスト」については製品の部品位置や構造，形状等が分かるように記入するように指示した。また，「製品で工夫したところ」に関しては，その製品の工夫点について自由記述によって記入させた。また，設問③はアイデアの多面性の評価の参考とするため自由記述による回答欄を設定した。

(3)発想のスタイルを評価するための回答欄

設問⑤において「発想のスタイル」を把握するために，選択肢による回答欄を設定した。第3章⁸⁾では，高橋⁹⁾の「自由連想」「強制連想」「類比連想」の発想のスタイルを基に，「自由連想」「技術的根拠連想」「既存製品類比連想」の項目を設定している。そこで，それぞれを「ゼロから自由に考えた」「身の回りにある製品をヒントに考えた」「技術の仕組みに関する知識を基に考えた」と平易に表現し，回答は当てはまるもの1つに丸をつけさせる択一回答とした。

(4)技術的な解決のアプローチを評価するための回答欄

設問⑥において，「技術的なアプローチ」を把握するために，選択肢による回答欄を設定した。具体的には「自動化（製品が自動的に働くことで解決）」「大型化（製品を従来よりも大きくすることで解決）」「小型化（製品を従来よりも小さくすることで解決）」「変形化（従来の製品の形を変えることで解決）」「多機能化（ひとつの製品にさまざまな機能をつけることで解決）」「遠隔化（製品を遠隔操作ができるようにすることで解決）」「省エネ化（製品に自然に優しい再生可能エネルギーを活用することで解決）」「3R化（製品から出る廃棄物の量を減らすなどリサイクル，リユース，リデュースによって解決）」

「高速化（製品の動作速度を速くすることで解決）」「知覚化（利用者に音や光で何かを伝えることで解決）」「その他」の11項目とした。回答は当てはまるものすべてに丸をつける複数回答とし、「その他」については自由記述で解決方法を記入させた。

(5)計画の具体性と技術的な工夫を評価するための回答欄

設問⑦において「計画の具体性」と「技術的な工夫」を把握するために自由記述による回答欄を設定した。設問⑦で立てた計画や設問⑤のアイデアの内、想定された技術の仕組みを分類した。大別して「材料・筐体」、「電気」、「機械」、「制御」の4カテゴリとし、それぞれに「材料選択の工夫」「回路選択の工夫」などの小分類を設定し、計14カテゴリとした。

2.4 手続きと評価の観点

調査の実施の際には課題の回答内容が成績に関与しないことを伝え、自分の考えや発想を素直に記述するように指示した。課題には50分を配当し、資料として教科書の閲覧を許可した。また、回答の際には話し合いを可とせず、個人で回答させた。長時間の回答となるため、問題発見についての設問の回答方法の説明を行った後、回答の進捗状況を確認しながら、20分程度たったところで、課題設定についての設問の回答方法の説明を行った。

調査後、得られた回答を以下のように集計した。まず、「問題のタイプ」では、すでに発生しており現状に着目した問題を「発生型」、より高い理想を設定し意識的に作られた問題を「探索型」、未来の危険を予測し準備しておく問題を「設定型」に回答を分類し頻度を集計した。「ユーザ想定」は生徒が選択した「自分」、「家族」、「友人」、「学校の教職員」、「社会一般の人」、「その他」の頻度を集計した。「問題の範囲」は生徒が選択した「家庭生活」、「学校生活」、「地域生活」、「社会全般」の頻度を集計した。

「目標の主題」は、回答を防災減災のために目標を設定していれば「防災・減災」、安全性を高めるためであれば「安全」、環境への負荷を減らすことを目標としていれば「環境対策」、生活を便利にすることを目標としていれば「生活利便性」に分類し頻度を集計した。「発想のスタイル」は生徒が選択した「自由連想」、「既存製品類比連想」、「技術

的根拠連想」の頻度を集計した。「技術的な工夫」は、「材料の選択」や「回路の工夫」といった14カテゴリで分類し、頻度を集計した。「解決のアプローチ」は生徒が選択した「自動化」や「大型化」といった10カテゴリの頻度を集計した。

上記の各項目のうち、生徒が選択肢から選択して回答する「ユーザ想定」「問題の範囲」「発想のスタイル」「解決のアプローチ」については、その回答頻度を集計した。「問題のタイプ」「目標の主題」「技術的な工夫」など生徒が自由記述で回答する項目については、技術科教職経験年数が6年と8年の技術科教員2名で協議しながら分類を行った。分類は、2週間程度のインターバルを挟んで計3回行い、最終的な分類結果を確定した。

こうして集計した各頻度について χ^2 検定を用いて群間で比較し、両者の特徴の違いについて検討した。

「目標の具体性」については、使用目的・使用条件が明確で具体的に考えられていれば3点、使用目的・使用条件が明確ではあるが、抽象的であれば2点、使用目的・使用条件が明確でなければ1点、考えられていなければ0点とした。この評価基準と回答例を表IV-2に示す。

表IV-2 目標の具体性の評価基準と回答例

目標の具体性		
点数	評価基準	回答例
3点	使用目的・使用条件が明確で具体的に考えられている	外国の人たちがもう一度行きたいと思ってもらうように、言語の壁をなくしてストレスをなくし、道中も安全に目的地まで行けるようにするため、外国人が多い観光地で使用する。
2点	使用目的・使用条件が明確ではあるが、抽象的である。	楽に移動するため、外で使用する。
1点	使用目的・使用条件が明確でない。	使用目的・使用条件のいずれか一方が空欄。
0点	考えられていない。	使用目的・使用条件の両方が空欄。

また、「アイデアの具体性と多面性」については、目標達成へ向けて多面的で具体的なアイデアが考えられていれば3点、目標達成へ向けてアイデアが考えられているが抽象的であれば2点、目標達成するには非現実的であれば1点、考えられていなければ0点とした。この評価基準と回答例を表IV-3に示す。

表IV-3 アイデアの多面性と具体性の評価基準と回答例

アイデアの多面性と具体性		
点数	評価基準	回答例
3点	目標達成へ向けて多面的で具体的なアイデアが考えられている。	ベッドの足が高速で伸び縮みして、寝ている人に振動がくる。目覚めたらリモコンでいったん振動を止めて、ベッドからでて主電源を押さないと止まらない。リモコンで止まっているのは2秒ぐらい。また、人が落ちないようにベッドに柵を付けた。
2点	目標達成へ向けてアイデアが考えられているが抽象的である。	足に黒いものを巻いて、足が疲れたら熱を出して疲れを取ってくれる。
1点	目標達成するには非現実的である。	バレーボールを強く打つために腕にモータを付ける。
0点	考えられていない。	アイデアの回答欄が空欄。

そして、「計画の具体性」については、実現可能で製作に向けて具体的な計画が考えられていれば3点、計画は概ね考えられているものの実際に製作するには具体性が乏しい場合に2点、非現実的であれば1点、製作に向けた計画が何も考えられていなければ0点とした。この評価基準と回答例を表IV-4に示す。

これらの項目については得点の平均値を算出し、t検定による群間比較を行った。

表IV-4 計画の具体性の評価基準と回答例

計画の具体性		
点数	評価基準	回答例
3点	実現可能で製作に向けて具体的な計画が考えられている。	スピーカとモニターとインターネット環境が必要。製作には1~3年ほどかかるかもしれない。それは人に合うかを試してみたり、ユニバーサルデザインなども考えてみたりして、たくさんの人が使いやすいようにするため。
2点	計画は概ね考えられているものの実際に製作するには具体性が乏しい。	もともとのエスカレーターを理解し、エスカレーターを設置する。必要な部品はわからないが、モータはいると思う。
1点	非現実的である。	CO ₂ を利用して回るモータが必要。
0点	製作に向けた計画が何も考えられていない。	計画やその他必要な部品等の記述が空欄。

3. 結果と考察

得られた回答のうち、問題発見と課題設定において提案する製品やシステムに電気、機械の要素が入っているかを評価し、エネルギー変換の技術の範疇で全員が回答していたことを確認した。

3.1 問題発見に対する基礎的な知識の影響

3.1.1 ユーザ想定

「ユーザ想定」について集計した(表IV-5)。その結果,「社会一般の人」を想定している問題が 45.16%となり,知識学習群(8.82%)よりも高かった($\chi^2_{(1)}=17.44, p<.01$)。未習群で「社会一般の人」を想定している回答例として,例えば「このままだと地球温暖化がすすみ,人が住みづらくなるので化石燃料に頼らなくてもよくしたい」(当該回答が得られた生徒の中から選定した,以下同様。)が見られた。

それに対して,知識学習群では,例えば,「塾とか帰る時に,夜遅くて暗くて怖いから明るくしたい」のように「自分」を想定している問題が 86.76%となり,未習群(67.74%)よりも高かった($\chi^2_{(1)}=14.66, p<.01$)。これらのことから,知識が未習の状態では視野を広くユーザを想定して問題を発見しようとしているのに対して,知識を学習した状態では,自分をユーザに想定する傾向が強くなることが明らかとなった。これは,知識学習群では,学習した基礎的な知識を自分の生活と結びつけることによって,今まで自分が感じていた疑問や不便さを認識できるようになったためではないかと考えられる。

表IV-5 基礎的な知識がユーザ想定に与える影響

ユーザ想定		未習群 n=31	知識学習群 n=68	独立性の検定
自分	頻度	21	59	$\chi^2_{(1)}=14.66^{**}$
	割合	67.74%	86.76%	
	残差	-3.90**	3.90**	
家族	頻度	10	15	$\chi^2_{(1)}=1.17$
	割合	32.26%	22.06%	
	残差	1.08	-1.08	
友人	頻度	10	19	$\chi^2_{(1)}=0.19$
	割合	32.26%	27.94%	
	残差	0.44	-0.44	
学校の教職員	頻度	6	7	$\chi^2_{(1)}=1.45$
	割合	19.35%	10.29%	
	残差	1.24	-1.24	
社会一般の人	頻度	14	6	$\chi^2_{(1)}=17.44^{**}$
	割合	45.16%	8.82%	
	残差	4.18**	-4.18**	
その他	頻度	1	1	$\chi^2_{(1)}=0.31$
	割合	3.23%	1.47%	
	残差	0.58	-0.58	

** $p<.01$

3.1.2 問題の範囲

「問題の範囲」について集計した(表IV-6)。その結果、未習群では、例えば「再生可能エネルギーが支えている分はまだまだ少ない。」といった「社会全般」を想定している問題が48.39%となり、知識学習群(17.65%)よりも有意に高かった。それに対して、知識学習群では、例えば、「部活で使うスパイクのピン替えがめんどくさい。」のように「学校生活」を想定している問題が36.76%となり、未習群(19.35%)よりも高かった。これらのことから、未習群では広い範囲から問題を見いだしているのに対して、知識学習群では見いだす問題の範囲が狭まることが明らかとなった。これは、知識学習群では知識と結びつけて考えることが可能となっているため、課題設定まで見通した上で問題を見いだすこととなり、よりイメージが持ちやすい身の回りから問題を見いだしたと考えられる。前述した例では、「部活で使うスパイクのピン替えがめんどくさい。」という問題はおそらく普段から感じていたものと考えられる。しかし、基礎的な知識を学習することで、この問題をエネルギー変換の技術に関する問題解決の範疇で捉えなおすことができたと解釈することができる。

表IV-6 基礎的な知識が問題の範囲に与える影響

問題の範囲		未習群 n=31	知識学習群 n=68
家庭生活	頻度	9	30
	割合	29.03%	44.12%
	残差	-1.42	1.42
学校生活	頻度	6	25
	割合	19.35%	36.76%
	残差	-1.73†	1.73†
地域生活	頻度	1	1
	割合	3.23%	1.47%
	残差	0.58	-0.58
社会全般	頻度	15	12
	割合	48.39%	17.65%
	残差	3.18**	-3.18**

$$\chi^2_{(3)} = 10.60, p < .05$$

$$\dagger p < .10 \quad ** p < .01$$

3.1.3 問題のタイプ

「問題のタイプ」について集計した(表IV-7)。その結果、未習群、知識学習群ともに「すぐに寝られない。」といった「発生型」の問題発見がそれぞれ 64.52%, 73.53%となり、それに続いて「翻訳機はあるが案内はできない。」といった「探索型」,「このままだと地球温暖化がすすみ、人が住みづらくなるので今のうちに化石燃料に頼らなくてもよいように」といった設定型の問題発見が続いた。これらの頻度について両者の間に有意な差は認められなかった。

表IV-7 基礎的な知識が問題のタイプに与える影響

問題のタイプ		未習群 n=31	知識学習群 n=68
発生型	頻度	20	50
	割合	64.52%	73.53%
	残差	-0.91	0.91
探索型	頻度	8	17
	割合	25.81%	25.00%
	残差	0.09	-0.09
設定型	頻度	3	1
	割合	9.68%	1.47%
	残差	1.92	-1.92

$$\chi^2_{(2)}=3.47 \text{ n.s.}$$

3.2 課題設定に対する基礎的な知識の影響

3.2.1 目標の探索

(1) 目標の具体性

「目標の具体性」について集計した。その結果、未習群では例えば「外国に行くため、体につける空飛ぶ装置」など抽象的な使用目的・使用条件を設定しており、その平均値が 1.59(S.D.:0.71) であった。それに対して、知識学習群では例えば「どの部屋の電気もボタンを押すだけでつけたり消したりする装置で、主にリビングに置いておき、たまに自分の部屋で使う。両手がふさがってしまっしまいそうなときに、あらかじめこの製品で電気をつけておいたり、消し忘れてしまった電気をわざわざその部屋に行くことなく消したりする。」のように使用目的・使用条件を明確に設定し、その内容を具体的に考えられているものが多く、その平均値は 2.38(S.D.:0.67) となり、未習群よりも有意に高くなった。

($t_{97}=5.33, p<.01$)。これらのことから、基礎的な知識の学習によって課題設定の際の目標設定が、より具体的で明確なものになることが明らかとなった。これは、学習した基礎的な知識によって、漠然と捉えられていた目標が、より具体的な部分まで考えることができるようになったためと考えられる。

(2) 目標の主題

「目標の主題」について集計した(表IV-8)。その結果、未習群、知識学習群ともに、「移動するときに歩かず移動できる装置」、「雨が降った後のグラウンド整備を、簡単にできる装置」などのように「生活利便性」を目標とする課題設定を行っている傾向が見られた。しかし、これらの頻度については、両者の間に有意な差はみられなかった。

表IV-8 基礎的な知識が目標の主題に与える影響

目標の主題		未習群 n=31	知識学習群 n=68
防災・減災	頻度	1	1
	割合	3.23%	1.47%
	残差	0.58	-0.58
安全	頻度	1	3
	割合	3.23%	4.41%
	残差	-0.28	0.28
環境対策	頻度	5	2
	割合	16.13%	2.94%
	残差	2.37	-2.37
生活利便性	頻度	24	62
	割合	77.42%	91.18%
	残差	-1.88	1.88

$\chi^2_{(3)}=5.59$ n.s.

3.2.2 アイデアの生成

(1) アイデアの多面性と具体性

「アイデアの多面性と具体性」について集計した。その結果、未習群では例えば「1つの自動車で空を飛ぶことができ、地面を走ることができて、海のうえで走ることができるようにしました。」など目標達成へ向けて実現をイメージした、練られたアイデアが発想できておらず、その平均値が1.41(S.D.:0.80)であった。それに対して、知識学習群では例えば「朝起きられるように左右から音が鳴り、振動し、枕の下に入れて枕が動くようにする装置」のように目標の達成に向けて具体的に考えられているものが多く、その平均値は

2.19(S.D.:0.80)となり、未習群よりも有意に高くなった ($t_{97}=4.55, p<.01$)。これらのことから、基礎的な知識を学習した状態では、課題設定の際のアイデアの生成が、より具体的・多面的に考えられることが明らかとなった。

(2) 発想のスタイル

「発想のスタイル」について集計した(表IV-9)。その結果、未習群、知識学習群ともに例えば「授業をみんなが真面目に受けられるように、机に取り付けられるライト」といった自由連想(未習群 48.39%, 知識学習群 41.18%)や「勉強しない人を無理やり勉強させるために、設定時間以上に勉強すればシャー芯がもらえたり、電気が流れるシャーペン」といった既存製品類比連想(未習群 48.39%, 知識学習群 55.88%)が多く、「地球の自転に合わせた発電装置」といった技術的根拠連想(未習群 3.23%, 知識学習群 2.94%)が僅かにみられた。しかし、これらの頻度に両者の間に有意な差は認められなかった。

表IV-9 基礎的な知識が発想のスタイルに与える影響

発想のスタイル		未習群 n=31	知識学習群 n=68
自由連想	頻度	15	28
	割合	48.39%	41.18%
	残差	0.67	-0.67
既存製品 類比連想	頻度	15	38
	割合	48.39%	55.88%
	残差	-0.69	0.69
技術的 根拠連想	頻度	1	2
	割合	3.23%	2.94%
	残差	0.08	-0.08

$$\chi^2_{(2)}=0.48 \text{ n.s.}$$

3.2.3 行動の準備

(1) 計画の具体性

「計画の具体性」について集計した。その結果、未習群では例えば「人の気持ちを知るための帽子で、帽子と電子機器を数点用意」など実際に製作するには具体性が乏しく、その平均値が 0.94(S.D.:0.80)であった。それに対して、知識学習群では「部品としてライト（明るさが段階で分かれているもの）と、センサ（サーモグラフィ）と、ライトを自転車につける取っ手。計画として3日程度。センサなどは専門のところに行かないとないと思うから、下準備からしっかりと売っている店や値段などをよく調べておく」のように製作に向けて具体的な計画を考えられているものが多く、その平均値は 1.76(S.D.:0.85)となり、

未習群よりも有意に高くなった($t_{97}=4.58, p<.01$)。これらのことから、基礎的な知識が学習された状態では、課題設定の際の計画の具体性が、より具体的に考えられることが明らかとなった。これは、基礎的な知識の学習によって、実際に製作することを前提とした計画が立てられるようになるためではないかと考えられる。

(2) 技術的な工夫の分類

「技術的な工夫の分類」について集計した(表IV-10)。その結果、知識学習群では例えば「黒板消しを自動化するために、モータを付ける」のような「電気」における「実装・機能追加の工夫」によって課題を設定している回答例が25.00%となり、未習群(0.00%)よりも有意に高かった($p=0.001, p<.01$)。また、例えば「洗濯物の重さや繊維をスキャンする」のような「センサの工夫」によって課題を設定している回答例が14.71%となり、未習群(3.23%)よりも高く、有意傾向がみられた($\chi^2_{(1)}=3.44, p<.10$)。これらのことから、基礎的な知識を獲得した状態では、既存の製品に新たに電氣的な機能を追加することによって問題の解決を図るアプローチを発想しやすいことが示唆された。これは基礎的な知識の獲得によって、機能の追加による解決方法をイメージしやすくなるためではないかと考えられる。一方、センサについては知識学習群の生徒は学習を行っていない。そのため、センサに対する認識に群間の差があるとは考えにくく、いずれも「何かを感知する装置」といった生活上でのイメージでとどまっているものと考えられる。それにも関わらず未習群と知識学習群間の差に有意傾向が見られた。これは、エネルギー変換の技術に関する基礎的な知識を学習することで、生活の中にあるエネルギー変換の技術を活用した製品に着目することができるようになり、そのような身近な製品のほとんどにセンサが使用されているため、両者のイメージが結びつきやすくなったのではないかと考えられる。

(3) 解決のアプローチ

「解決のアプローチ」について集計した(表IV-11)。その結果、未習群では、例えば、「他府県でも短時間で移動できる製品」のように「高速化」によって課題を設定している回答例が29.03%となり、知識学習群(11.76%)よりも高かった($\chi^2_{(1)}=4.46, p<.05$)。それに対して、知識学習群では、例えば、「パッと起きられる目覚まし時計」で「押すだけでなくリズムをプログラミングしておくことで頭を使い起きやすくなるようにした。また、時計がどこにあるかが分かるように見た目をかわいくして、LEDライトを設置した。」のように

表IV-10 基礎的な知識が技術的な工夫に与える影響

技術的な工夫		未習群 n=31	知識学習群 n=68	独立性の検定
材料・ 筐体	材料の選択の工夫	頻度 2	5	$\chi^2_{(1)}=0.027$
		割合 6.45%	7.35%	
		残差 -0.16	0.16	
	材料の加工方法の工夫	頻度 0	0	
		割合 0.00%	0.00%	
	筐体の構造や形状の工夫	頻度 10	28	$\chi^2_{(1)}=0.72$
		割合 32.26%	41.18%	
		残差 -0.85	0.85	
	実装・機能追加の工夫	頻度 1	6	$\chi^2_{(1)}=1.16$
		割合 3.23%	8.82%	
		残差 -1.01	1.01	
電気	回路の工夫 (回路やスイッチの工夫)	頻度 2	5	$\chi^2_{(1)}=0.027$
		割合 6.45%	7.35%	
		残差 -0.16	0.16	
	電源の工夫	頻度 4	3	$\chi^2_{(1)}=2.15$
		割合 12.90%	4.41%	
		残差 1.53	-1.53	
	負荷やアクチュエータなどの電気的な作業部の工夫	頻度 9	17	$\chi^2_{(1)}=0.18$
		割合 29.03%	25.00%	
		残差 0.42	-0.42	
	実装・機能追加の工夫	頻度 0	17	Fisher直接確率検定 $p=0.001^{**}$
		割合 0.00%	25.00%	
機械	機構の工夫	頻度 1	2	$\chi^2_{(1)}=0.01$
		割合 3.23%	2.94%	
		残差 0.08	-0.08	
	力学的な動力の工夫	頻度 0	2	Fisher直接確率検定 $p=1.00$
		割合 0.00%	2.94%	
		割合 0.00%	0.04%	
	力学的な作業部の工夫	頻度 3	4	$\chi^2_{(1)}=0.44$
		割合 9.68%	5.88%	
		残差 0.68	-0.68	
	実装・機能追加の工夫	頻度 0	0	
		割合 0.00%	0.00%	
制御	センサの工夫	頻度 1	10	$\chi^2_{(1)}=3.44^{\dagger}$
		割合 3.23%	14.71%	
		残差 -1.69 [†]	1.69 [†]	
	プログラミングの工夫	頻度 9	24	$\chi^2_{(1)}=0.38$
		割合 29.03%	35.29%	
		残差 -0.61	0.61	

[†] $p<.10$ $^{**}p<.01$

表IV-11 基礎的な知識が解決のアプローチに与える影響

解決のアプローチ		未習群 n=31	知識学習群 n=68	独立性の検定
自動化	頻度	18	34	$\chi^2_{(1)}=0.56$
	割合	58.06%	50.00%	
	残差	0.75	-0.75	
大型化	頻度	3	5	$\chi^2_{(1)}=0.15$
	割合	9.68%	7.35%	
	残差	0.39	-0.39	
小型化	頻度	3	17	$\chi^2_{(1)}=3.10^\dagger$
	割合	9.68%	25.00%	
	残差	-1.76 [†]	1.76 [†]	
変形化	頻度	2	12	$\chi^2_{(1)}=2.48$
	割合	6.45%	17.65%	
	残差	-1.48	1.48	
多機能化	頻度	12	41	$\chi^2_{(1)}=3.99^*$
	割合	38.71%	60.29%	
	残差	-2.00 [*]	2.00 [*]	
遠隔化	頻度	2	13	$\chi^2_{(1)}=3.03$
	割合	6.45%	19.12%	
	残差	-1.63	1.63	
環境負荷低減化	頻度	4	6	$\chi^2_{(1)}=0.38$
	割合	12.90%	8.82%	
	残差	0.62	-0.62	
3R化	頻度	0	3	Fisher直接確率検定 $p=0.55$
	割合	0.00%	4.41%	
高速化	頻度	9	8	$\chi^2_{(1)}=4.46^*$
	割合	29.03%	11.76%	
	残差	2.11 [*]	-2.11 [*]	
知覚化	頻度	6	19	$\chi^2_{(1)}=0.83$
	割合	19.35%	27.94%	
	残差	-0.91	0.91	

[†] $p<.10$ * $p<.05$

「多機能化」によって課題を設定している回答例が 60.29%となり、未習群(38.71%)よりも高かった($\chi^2_{(1)}=3.99, p<.05$)。これらのことから、未習の段階では「高速化」による解決のアプローチを取るのに対して、知識の学習によって、「多機能化」による解決のアプローチを取る傾向が強まることが明らかとなった。これは、未習の段階ではエネルギー変換による具体的な解決方法をイメージすることが難しいため、「早く移動する」等の安易な課題設定に留まってしまうためであると考えられる。また、基礎的な知識の学習後は具体的な解決方法をイメージしやすくなるものの、技術的な工夫の分類と同様に、基礎的な知識を活用した多様な機能を既存の製品に付加したため、多機能化等の課題設定となったの

ではないかと考えられる。

3.3 考察

以上の結果より、基礎的な知識が問題発見力へ与える影響について、次のようにまとめることができる。未習群では、「社会一般の人」をユーザに想定した「社会全般」の発生型の問題を見いだしていたのに対して、知識学習群では、「自分」をユーザに想定した「家庭生活」や「学校生活」の発生型の問題を見いだしていた。これらより、基礎的な知識が未習の段階では、大きく捉えた漠然とした広い問題を見いだしやすいが、基礎的な知識の学習によって問題をエネルギー変換の技術に関する知識と結びつけて考えることが可能となるため、よりイメージが持ちやすい身の回りの問題を見つけ出しやすくなると推察される。

次に、課題設定力へ与える影響については次のようにまとめることができる。未習群では「目標の探索」「アイデアの生成」「行動の準備」のいずれにおいても具体的に考えることができず、抽象的な課題設定となっていたのに対して、知識学習群ではより具体的に課題を設定することができていた。しかし、技術的な工夫や解決のアプローチとして「実装・機能追加の工夫」や「センサの工夫」、「多機能化」に偏りが見られた。これらより、基礎的な知識が未習の段階では、知識を活用した課題の設定ができないため、抽象的な課題設定となるが、基礎的な知識を学習した段階では、製品に機能を追加する等の偏りがあるものの、知識を活用してより具体的に課題設定ができるようになると推察される。

第3章で示したエネコン受賞生徒では、探索型の社会に着目した広い視野を持つ特徴が見られた。しかし、本研究の調査では、知識の学習を済ませた知識学習群は「自分」「家庭」「学校」などに逆に視点が狭まる傾向があり、エネコン受賞生徒とは異なる傾向を示した。一方で課題設定の段階では、未習群よりも知識学習群の方が具体的な課題を設定できるようになった。このような問題発見の視野の広さと課題設定の具体性に差異が生じた原因としては次の2点が考えられる。

第一に、本実践の授業で用いた教材が原因で生徒の視野が狭まった可能性である。本研

究の授業では、教科書の内容に即して実践を行なった。教科書には、生徒の理解を促すために、技術の仕組みを身近に感じさせる工夫として、家庭生活で使用する製品やシステムの例が多く取り上げられている（自動車、ガスコンロ、扇風機、部屋の照明、アイロン、電気ストーブ、電磁調理器、電子レンジ、エアコン等）。箱田らによれば、Dunker(1945)は、ある対象の機能について特定の考えを持っていると、対象の別の機能を用いることが抑制されるという機能的固着が生じることを指摘している¹⁰⁸⁾。また、Luchins(1942)は、人が過去の経験に基づいた特定のやり方で反応する傾向を心的構えとし、経験の内容によっては問題解決を抑制するバイアスとして作用することを指摘している¹⁰⁹⁾。これらのことを考慮すると、本実践では、身近な例を取り上げている教科書を中心とした学習を通して、生徒の意識がそれらの身近な例に固着し、その結果として問題発見の視野が狭まった可能性があると考えられる。

第二に、知識獲得のレベルと転移に関わる認知心理学な特性の影響である。第1章で述べた通り、問題発見・課題設定は、知識学習で獲得した知識を働かせて問題を見だし課題を設定するという点で、転移の一つと捉えることができる。E.D. Gagne (1989)によれば、転移を行うためには知識と知識が結びつきあい構造的に関連を持つ状態が必要であるとし、このことを体制化と呼んでいる¹¹⁰⁾。そして、体制化を行う準備段階として、領域固有の知識を学習する必要があるとしている。領域固有の知識を持ち合わせていない場合は、今までの一般的な知識や経験で問題解決に取り組むことになる。Gagne はこれを一般的な問題解決方略の類推による推論と呼んでいる。この観点から考察を行うと、本研究における知識学習群は、Gagne のいう領域固有の知識を学習した直後の段階であると解釈できる。そのため、知識学習群は、領域固有の知識は獲得したものの、知識を十分に体制化する状態にまでは至っておらず、高度な転移を行うことができなかったのではないかと考えられる。結果として、上述した1つ目の可能性で指摘した通り、教科書で扱われている身近な例に意識が向き、近視眼的な問題発見に留まったのではないかと考えられる。しかし、課題設定については、領域固有の知識を獲得しているため、具体的な課題を設定することができたのではないかと考えられる。一方、未習群は、領域固有の知識を持ち合わせておら

ず、今までに様々な教科等で身につけてきた一般的な知識や経験を用いて問題発見を行うこととなる。そのため、問題と聞いて連想するもの（環境問題やエネルギー問題等）に意識が向いて問題発見の視野は広がるものの、課題設定では領域固有の知識を持ち合わせていないため抽象的な課題の設定に留まったのではないかと考えられる。これに対してエネコン受賞生徒は、領域固有の知識を獲得している上に、自主的な技術的活動の経験や学習を通して、知識の体制化がなされているため、より高度な転移を行うことができ、社会的な広い問題を見出した上で、より具体的な課題を設定することができていたのではないかと考えられる。そのような高度な転移が、エネコン受賞生徒に見られる解決アプローチの多様性にも繋がっている可能性がある。

これらのことから、基礎的な知識の学習は、転移に向けた準備段階として不可欠な要素であるということが再確認できる。しかし、基礎的な知識の学習だけでは、エネコン受賞生徒のような高度な転移にまでは至らない可能性が指摘できる。

新CSでは、指導項目(1)アで、技術の原理・法則、仕組みを学習した後、(1)イで問題解決に込められた工夫の読み取りを通して技術の見方・考え方に気づかせる学習が位置づけられている。このような技術の見方・考え方に気づかせる学習が、知識の体制化に果たす役割を検討することが今後、極めて重要な研究課題になると考えられる。

4. まとめ

第4章では、生徒の問題発見・課題設定力の形成に及ぼす基礎的な知識学習の影響について検討した。その結果、本実践の条件下で、以下の知見が得られた。

- (1)基礎的な知識の問題発見力への影響として、未習群では、「社会一般の人」をユーザに想定した「社会全般」の発生型の問題を見いだしていたのに対して、知識学習群では、「自分」をユーザに想定した「家庭生活」や「学校生活」の発生型の問題を見出すことが明らかとなった。
- (2)基礎的な知識が課題設定力へ与える影響として、未習群では「目標の探索」「アイデアの生成」「行動の準備」のいずれにおいても具体的に考えることができず、抽象的な

課題設定となっていたのに対して、知識学習群ではより具体的に課題を設定することが明らかとなった。

- (3)基礎的な知識を学習した生徒は、課題設定において、技術的な工夫が「実装・機能追加の工夫」に、解決のアプローチが「センサの工夫」や「多機能化」に偏ることが明らかとなった。

これらの知見から、生徒の問題発見・課題設定力の形成に及ぼす基礎的な知識学習の影響が明らかにされた。本章の結果より、基礎的な知識のみでは十分に問題発見・課題設定力を高めうることができないと考えられる。次章においても、第1章で示した研究課題3を解決すべく、問題発見・課題設定力を高めうる要因について検討を進める。第5章では、「C エネルギー変換の技術」における技術の見方・考え方が問題発見・課題設定力に与える影響について検討する。

第5章 生徒の問題発見・課題設定力の形成に及ぼす技術の見方・考え方の影響

1. 目的

第4章では、生徒の問題発見・課題設定力の形成に及ぼす基礎的な知識の影響について検討した。その結果、基礎的な知識を学習した生徒は、問題発見の際、「自分」をユーザに想定し、「家庭生活」や「学校生活」の中から現状に着目して既に発生している問題を見いだす特徴が見られた。また、課題設定の際には、目標やアイデア、計画について具体的に思索することができていた。しかし、技術的な工夫や解決のアプローチに偏りが見られた。

一方、第3章で示した問題発見・課題設定力が高い生徒は、社会への広い視野を持って理想の状態に着目した探索型の問題を発見するという特徴があり、課題設定の場面では、技術的な根拠や既製品の仕組み等を基に発想し、目標やアイデア、行動の準備を具体的に思索しつつ、アプローチに多様性があることが確認された。

これらのことから、基礎的な知識のみでは、生徒の問題発見・課題設定力を十分に高めることは難しく、新たな要因の検討が必要である。

新CSでは基礎的な知識の学習後、生徒に技術の見方・考え方に気づかせ、それを問題発見・解決活動に働かせることが重要であると指摘している。技術科における技術の見方・考え方とは、「生活や社会における事象を、技術との関わりの視点で捉え、社会からの要求、安全性、環境負荷や経済性などに着目して技術を最適化すること」と定義されている。内容「C エネルギー変換の技術」では、この概念を具体化し、「生活や社会における事象を、エネルギー変換の技術との関わりの視点で捉え、社会からの要求、生産から使用・廃棄までの安全性、出力、変換の効率、環境への負荷や省エネルギー、経済性などに着目し、電気、運動、熱及び流体の特性等にも配慮し、エネルギーを変換、伝達する方法等を最適化することなどが考えられる」と例示している。このような技術の見方・考え方に気づかせる学習活動として「問題解決の工夫について考える活動」を挙げており、具体的には「生活で使用する簡単な製品を観察、分解、組立てしたりすること」などを例示している。

この新CSで示された内容から、新CSでは基礎的な知識を学習し、技術の見方・考え方に気づいた後、問題発見・課題設定を行うことが想定されている。そのため、技術の見方・考え方が問題発見・課題設定力にどのような影響を及ぼすのかを検討する必要があると考えられる。

そこで本章では、研究課題3に対処するために、生徒の問題発見・課題設定力の形成に及ぼす技術の見方・考え方の影響を、内容「C エネルギー変換の技術」に焦点を当てて検討することとした。

2. 研究の方法

2.1 対象

K県公立中学校2年生140名を対象に実践及び調査を行った。このうち、内容「C エネルギー変換の技術」の基礎的な知識を学習した生徒68名(以下、対照群)と基礎的な知識の学習後、技術の見方・考え方に気づかせる学習活動を実施した生徒71名(以下、実験群)の2群を設定した。実験群、対照群ともに、第4章と同様に、「エネルギー変換の技術」の基礎的な知識について学習を行った。基礎的な知識として検定済み教科書を基に「エネルギー変換・エネルギー変換効率」「様々な発電方式」「オームの法則と電力の計算」「交流と直流、送電・配電」「電気エネルギーを利用する仕組みと電気用図記号」「光エネルギーへの変換」「熱・運動・音エネルギー・情報への変換」「電気の安全な使用」「機械の運動を伝える仕組み」について学習した。実験群については基礎的な知識を学習した後、技術の見方・考え方に気づかせるための学習活動を行った。

実験群と対照群は、同じ中学校の同じ学年の生徒であり、技術科の授業を一人の教員が同内容で実施している上に、実践以前には、エネルギー変換の技術の見方・考え方に關わる指導や問題発見・課題設定に関する指導は行っていないことから、学習状況に顕著な差はないとみなし分析を進めた。また、生徒の見方・考え方の獲得状況や問題発見・課題設定力の状況の調査については、実践前後で複数回行うと、その課題自体が教育・訓練的な機能を持ってしまう可能性があるため、実践前の段階での、見方・考え方、問題発見・課

題設定力の評価は実施せずに、実施後についてのみ調査を進めた。

2.2 技術の見方・考え方に気づかせる学習活動

実験群における技術の見方・考え方に気づかせる学習活動は、萩嶺らの先行研究に基づいて実施した¹⁰⁰⁾。

具体的には、100円で販売されている手動発電2LEDライトの分解、分析、組立て活動

表V-1 開発者が製品の設計に込めた意図を読み取る活動

学習内容	時間
手動発電2LEDライトの分解と部品の確認	1時間目
手動発電2LEDライトの開発者の設計に込められた工夫の読み取り	2,3時間目
手動発電2LEDライトの組立て	4時間目

B3-4	エネルギー変換に関する技術
目標	発電機の分解を通して開発者の工夫を読み取ることができる

手動発電機を分解する

1. 紙で箱を作る
2. 写真と下の表の部品名が確認できたら□にチェックを入れて、無くならないように紙箱に入れる
※次回組み立てるので絶対に無くさないように！

技術の要素や構成	電気回路や力学的な機構の部品名
照明	□1 平凸レンズ □2 リフレクター(反射器) □3 照明カバー
電気回路	□4 高輝度LED □5 固定抵抗器(15Ω) □6 コイル(エナメル線) □7 リード線 □8 磁石 □9 ボタン電池 □10 切換スイッチ
構造・機構	□11 ラチェット機構※ □12 プラスチック歯車 □13 ばね □14 発電グリップ □15 発電グリップストッパー
外装、その他	□16 スケルトンカバー □17 ねじ(4本) □18 ホールドバンド

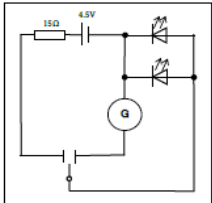
※ラチェット機構(爪車(つめぐるま))
歯車と歯止め(爪)を組み合わせて動作方向を一方に制限するためのもの

()月()日() 2年()組()番 名前()

図V-1 部品確認ワークシート

を行った。萩嶺らは、分解の手順だけを指導し、分解後に問題解決の工夫点を生徒自ら見いだす指導を行うことによって技術の仕組みが理解でき、技術に込められた工夫を読み取ることができることを明らかにしている。そこで、表V-1の指導計画に基づき、開発者が製品の設計に込めた工夫を読み取る活動を実施した。ワークシートは萩嶺らの研究で用いられたものを参考に作成した。作成したワークシートを図V-1、V-2に示す。

B3-4 エネルギー変換に関する技術		
目標 発電機の分解を通して開発者の工夫を読み取ることができる		
技術に込められた問題解決の工夫を読み取る		
技術との関わり・視点	参考となる部品	エネルギー変換の技術に関わる問題を解決している工夫
出力、変換の効率	・平凸レンズ ・リフレクター ・高輝度LED など	○平凸レンズの使用の工夫 ○高輝度LEDの使用の工夫
電気の特性・原理	・固定抵抗器(15Ω) ・コイル(エナメル線) ・リード線 ・磁石 ・ボタン電池 ・切替スイッチ など	○回路の固定抵抗器の使用の工夫 ○電磁誘導による発電の工夫 ○2個のLEDを発光させるための電気回路の工夫 ○電池と発電の両方が使える回路の工夫
環境への負荷 省エネルギー	・ラチェット機構 ・プラスチックワッシャ ・プラスチック歯車 ・シャフト ・ばね ・発電グリップ ・発電グリップストッパー など	○発電システムの仕組みの工夫 ○発電グリップの負荷に対する強度の工夫
材料・構造		
使用時の安全性	・スケルトンカバー ・ホールドバンド ・ねじ など	○安全に使用できる工夫
経済性		○値段に対する効果や性能の工夫



■分解作業を通して感じたこと、考えたことを書こう。(関・意・態)

()月()日() 2年()組()番 名前()

図V-2 工夫読み取りワークシート

2.2.1 手動発電 2LED ライトの分解と部品の確認の実践

1 時間目の「手動発電 2LED ライトの分解と部品の確認」では、図V-1のワークシー

トと、2人に1つの手動発電2LEDライトを配布し、分解方法を指示しながら、活動を行わせた。具体的な分解手順を表V-2に整理した。分解活動の際、図V-1のワークシートを見ながら部品を確認させた。その際、機構等の説明は行わず、分解のみの説明を行ったが、ラチェット機構については、教科書に記載がないため、その名称と簡単な説明を行った。

表V-2 手動発電2LEDライトの分解と部品の確認手順

手順1	照明部のカバーを外す。レンズ、リフレクターを外す。リフレクター裏側のネジを外し、ボタン電池を取り外す。
手順2	本体カバーを固定しているネジを外す。
手順3	発電グリップと本体カバーの間に挟まるバネが飛ばないように本体カバーを外す。
手順4	発電グリップストッパー、内蔵電池点灯スイッチを取り外す。
手順5	歯車、ラチェット機構、発電グリップの順に取り外す。

2.2.2 手動発電2LEDライトの設計に込められた工夫を読み取る活動

2・3時間目では「手動発電2LEDライトの設計に込められた工夫の読み取り」を行った。2時間目では、分解を行ったペアごとに分解した部品を観察しながら、どのような工夫がなされているかを考えさせた。その際、思考の視点を持たせるために図V-2のワークシートを配布し記入させながら考えさせた。工夫の読み取りには今までの知識を活用しながら観察することが必要となるため、教科書や、教科書に準拠して作成したワークシートを振り返ることを指示した。

3時間目では、2時間目で作成したワークシートを活用し、今までの学習内容と繋げながら、工夫を読み取ることができるよう説明を行った。その際、ペアで考えたり、生徒に発表させたりするなど、協働的に設計の工夫に気づけるように配慮した。

2.2.3 分解した手動発電2LEDライトの組立て活動

4時間目では「手動発電2LEDライトの組立て」を行った。具体的な組立て手順を表V-3に整理した。組立て後は、製品が動作するかチェックし、動作しない場合はその原因を確認させた。授業終了後に、「分解を通して感じたこと、考えたこと」を宿題にして記入

させた。

表V-3 手動発電 2LED ライトの組立て手順

手順1	発電グリップのバネを本体カバーにつける。バネに発電グリップを引っ掛けながら、本体カバー内にセットする。
手順2	本体カバーにラチェット機構、ギヤの順に取り付ける。次に発電グリップストッパー、内蔵電池点灯スイッチをつける。
手順3	部品がずれないように確認しながら反対側の本体カバーを被せ、ネジで留める。
手順4	導線が細いので切れないように注意しながら、リフレクターの裏側にある電池ボックスにボタン電池を入れて両端のネジを留める。レンズ、リフレクターをライト部分のカバーに入れて、本体に被せる。

2.3 問題発見・課題設定力を把握するための課題

対照群及び上記実践後の実験群に対して課題「生活や社会の中から問題を見つけてエネルギー変換の技術によって解決するアイデアを考えよう」を与えた。

課題は、第4章と同様に問題発見に関する設問群と課題設定に関する設問群で構成した。問題発見に関する設問群は、「①問題発見」、「②この問題を解決したいと思った動機・きっかけ」の2設問で構成した。課題設定に関する設問群は、「③この問題を解決する方法をいくつか考えてみよう」、「④この問題を解決するための製品のアイデア」、「⑤アイデア」、「⑥どんな方法で問題を解決しようとしているか」、「⑦作り方や必要な部品など、問題を解決するための計画」の7設問で構成した。調査票は第4章の図IV-1と同様のものを用いた。

2.4 評価の観点及び手続き

調査の実施の際には課題の回答内容が成績に関与しないことを伝え、自分の考えや発想を素直に記述するように指示した。課題には50分を配当し、資料として教科書の閲覧を許可した。また、回答の際には話し合いを可とせず、個人で回答させた。長時間の回答となるため、問題発見についての設問の回答方法の説明を行った後、回答の進捗状況を確認しながら、20分程度のところで、課題設定についての設問の回答方法の説明を行った。

調査後、得られた回答を以下のように評価した。まず、「問題のタイプ」は、設問①と設問②で評価し、すでに発生しており現状に着目した問題を「発生型」、より高い理想を

設定し意識的に作られた問題を「探索型」、未来の危険を予測し準備しておく問題を「設定型」に回答を分類し頻度を集計した。「ユーザ想定」は設問①で評価し、「自分」，「家族」，「友人」，「学校の教職員」，「社会一般の人」，「その他」の選択肢のうち、選んでいるものの頻度を集計した。「問題の範囲」も設問①で評価し、「家庭生活」，「学校生活」，「地域生活」，「社会全般」の選択肢のうち、選んでいるものの頻度を集計した。「目標の主題」は設問④で評価し、回答を防災減災のために目標を設定していれば「防災・減災」，安全性を高めるためであれば「安全」，環境への負荷を減らすことを目標としていけば「環境対策」，生活を便利にすることを目標としていけば「生活利便性」に分類し頻度を集計した。「発想のスタイル」は設問⑤で評価し、生徒が選択した「自由連想」，「既存製品類比連想」，「技術的根拠連想」の頻度を集計した¹¹⁾。「技術的な工夫」は、設問⑤と設問⑦で評価し、「材料の選択」や「回路の工夫」といった14カテゴリで分類し、頻度を集計した。「技術的なアプローチ」は設問⑥で評価し、生徒が選択した「自動化」や「大型化」といった10カテゴリの頻度を集計した。

上記の各項目のうち、生徒が選択肢から選択して回答する「ユーザ想定」「問題の範囲」「発想のスタイル」「解決のアプローチ」については、その回答頻度を集計した。「問題のタイプ」「目標の主題」「技術的な工夫」など生徒が自由記述で回答する項目については、技術科教職経験年数が6年と8年の技術科教員2名で協議しながら分類を行った。分類は、2週間程度のインターバルを挟んで計3回行い、最終的な分類結果を確定した。こうして集計した各頻度について χ^2 検定を用いて群間で比較し、両者の特徴の違いについて検討した。

「目標の具体性」は、設問④で評価し、使用目的・使用条件が明確で具体的に考えられていけば3点、使用目的・使用条件が明確ではあるが、抽象的であれば2点、使用目的・使用条件が明確でなければ1点、考えられていなければ0点とした。また、「アイデアの具体性と多面性」については、設問③と設問⑤で評価し、目標達成へ向けて多面的で具体的なアイデアが考えられていけば3点、目標達成へ向けてアイデアが考えられているが抽象的であれば2点、目標達成するには非現実的であれば1点、考えられていなければ0点

とした。そして、「計画の具体性」については、設問⑦で評価し、実現可能で製作に向けて具体的な計画が考えられていれば3点、計画は概ね考えられているものの実際に製作するには具体性が乏しい場合に2点、非現実的であれば1点、製作に向けた計画が何も考えられていなければ0点とした。これらの項目については得点の平均値を算出し、t検定による群間比較を行った。

なお、実験群における技術の見方・考え方に気づかせる学習活動では、ワークシートの回収時期が新型コロナウイルス感染症問題によって全国の小中学校が休校となった時期と重なったため、最終的に回収できたのが36名分であった。そのため、本章では回収できた36名分を分析の対象とした。

3 結果と考察

3.1 技術の見方・考え方に気づかせる学習活動に対する生徒の反応

回収された36名分のワークシートについて、技術の見方・考え方に気づけているかの分析を行なった。本研究では、新CSの技術の見方・考え方に即して、ワークシートの記述に対して「社会からの要求」、「安全性」、「環境負荷」、「経済性」のいずれかの視点から最適化について気づけているかを評価した。例えば「分解作業を通し、部品の1つ1つの工夫が製品としての使いやすさにつながっているのだと感じました。例えば、2個のLEDを発光させるための電気回路で、並列つなぎを使う点で、並列つなぎ単体で見るとただ光らせるための回路になりますが、これを製品全体で見たとき並列つなぎを用いると直列よりも光が強くなるという、発電機としての使いやすさにつながっていると思います。」という記述から、「社会からの要求」について「電氣的な内容」から最適化に気づけていると判断した。同様に、「環境負荷」、「安全性」、「経済性」の面から製品の最適化に気づけているかを分析した。生徒の気づきの内容を、表V-4に整理する。

表V-4から、「電氣的な内容」に着目して「社会からの要求」の最適化に気づいた割合が高い結果となった。中でも、消費エネルギーを少なくするためにLEDを選択していることや、2つのLEDをできるだけ明るくするために並列で繋ぎ合わせていること等に気

づいている生徒が多くみられた。「経済性」の最適化については、機構を工夫して効率的に発電していることや、電気回路のコスト削減の工夫に気づいている生徒が多くみられた。加えて、プラスチックと金属の選択といった「材料選択」に着目した「コスト削減」についての記述についても多くみられた。生徒は一人ひとりがそれぞれに数多くの気づきを記述した。そのため、一人の生徒の記述にも、電氣的、機械的、材料・加工的な内容に関する気づきが織り交ざっていた。そこで、材料・加工に関する気づきのみを記述していた生徒が存在しないかを確認した上で、電氣的、機械的な内容に着目した気づきを記述している生徒をエネルギー変換の技術の見方・考え方に気づけていた生徒とした。こうしてワークシートを分類した結果、36 名の内、33 名(全体の 86.8%)がエネルギー変換の技術の見方・考え方に気づけていたと判断された。しかし、このうち 1 名が問題発見・課題設定力の調査票に回答の不備(複数の未回答項目)があった。そこで、この生徒を除外した 32 名を技術の見方・考え方に気づけている生徒とみなし、問題発見・課題設定力の回答を、対照群と比較した。以下、実験群はこの 32 名を指すものとする。

表V-4 技術の見方・考え方の気づきの分類

見方・考え方の視点	技術との関連	件数 (重複可)	割合
社会からの要求	電氣的な内容	20	60.61%
	機械的な内容	12	36.36%
	材料・加工的な内容	6	18.18%
安全性	電氣的な内容	3	9.09%
	機械的な内容	0	0.00%
	材料・加工的な内容	3	9.09%
環境負荷	電氣的な内容	6	18.18%
	機械的な内容	1	3.03%
	材料・加工的な内容	0	0.00%
経済性	電氣的な内容	9	27.27%
	機械的な内容	6	18.18%
	材料・加工的な内容	17	51.52%
n=33			

3.2 問題発見に対する技術の見方・考え方の影響

3.2.1 ユーザ想定

「ユーザ想定」について集計した(表V-5)。その結果、実験群、対照群ともに「朝すぐに起きられるようなものがあって欲しい」といった自分を想定した問題発見がそれぞれ81.25%, 86.76%となり、割合として最も多かった。一方、「街でゴミを捨てたいと思ったらすぐに捨てられる」といった社会一般の人を想定した問題については対照群8.82%, 実験群25.00%となり、実験群が有意に高かった($\chi^2_{(1)}=4.42, p<.05$)。この結果より、技術の見方・考え方に気づいている生徒では、ユーザ想定が社会一般の人に広がることが明らかとなった。これは、本実践の題材である手動発電2LEDライトの構造や形状について考える過程で、社会一般の人を対象とした商品化への考察が深まったためではないかと考えら

表V-5 技術の見方・考え方がユーザ想定に与える影響

ユーザ想定		対照群 n=68	実験群 n=32	独立性の検定
自分	頻度	59	26	$\chi^2_{(1)}=0.50$
	割合	86.76%	81.25%	
	残差	0.72	-0.72	
家族	頻度	15	6	$\chi^2_{(1)}=0.14$
	割合	22.06%	18.75%	
	残差	0.38	-0.38	
友人	頻度	19	7	$\chi^2_{(1)}=0.42$
	割合	27.94%	21.88%	
	残差	0.65	-0.65	
学校の教職員	頻度	7	3	$\chi^2_{(1)}=0.02$
	割合	10.29%	9.38%	
	残差	0.14	-0.14	
社会一般の人	頻度	6	8	$\chi^2_{(1)}=4.42^*$
	割合	8.82%	25.00%	
	残差	-2.17*	2.17*	
その他	頻度	1	1	$\chi^2_{(1)}=0.28$
	割合	1.47%	3.13%	
	残差	-0.55	0.55	

* $p<.05$

れる。

3.2.2 問題の範囲

「問題の範囲」について集計した(表V-6)。その結果、実験群、対照群ともに家庭生活、学校生活の範囲を想定した問題発見の頻度が高く、それに続いて社会全般、地域生活を想定した問題発見を行っていた。これらの頻度について群間に有意な差は認められなかった。

表V-6 技術の見方・考え方が問題の範囲に与える影響

問題の範囲		対照群 n=68	実験群 n=32
家庭生活	頻度	30	14
	割合	44.12%	43.75%
	残差	0.03	-0.03
学校生活	頻度	25	8
	割合	36.76%	25.00%
	残差	1.17	-1.17
地域生活	頻度	1	2
	割合	1.47%	6.25%
	残差	-1.31	1.31
社会全般	頻度	12	8
	割合	17.65%	25.00%
	残差	-0.86	0.86

$\chi^2_{(3)}=3.04$ n.s.

3.2.3 問題のタイプ

「問題のタイプ」について集計した(表V-7)。その結果、実験群、対照群ともに発生型の問題発見が最も多かった。それに続いて探索型、設定型の問題発見を行っていた。しかし、これらの頻度については群間に有意な差は認められなかった。

3.3 課題設定に対する技術の見方・考え方の影響

3.3.1 目標の探索

表V-7 技術の見方・考え方が問題のタイプに与える影響

問題のタイプ		対照群 n=68	実験群 n=32
発生型	頻度	50	19
	割合	73.53%	59.38%
	残差	1.43	-1.43
探索型	頻度	17	12
	割合	25.00%	37.50%
	残差	-1.29	1.29
設定型	頻度	1	1
	割合	1.47%	3.13%
	残差	-0.55	0.55

$$\chi^2_{(2)}=2.05 \text{ } n.s.$$

(1) 目標の具体性

「目標の具体性」について集計した。その結果、対照群では例えば「部活の倉庫に電気をつけて、冬場でも明るい倉庫にする」など具体的な使用目的・使用条件を設定している生徒も多くいるが「時間を止める」など非現実的な使用目的・使用条件を設定している生徒も多く見られ、その平均値が 2.38(S.D.:0.67)であった。それに対して、実験群では例えば「ストーブをつけて暖かい部屋でこたつに入って暖まっている時に、違う寒い部屋に行かなくても自動でカーテンを閉められる」のように使用目的・使用条件を明確に設定し、その内容を具体的に考えられているものが多く、その平均値は 2.69(S.D.:0.64)となり、対照群よりも有意に高くなった($t_{(99)}=2.15, p<.05$)。

第4章では、基礎的な知識を学習したことによって目標の具体性は一定高まることが示されている。これに加えて本研究では、技術の見方・考え方への気づきによってさらに具体的に明確なものになることが明らかとなった。本実践の題材である手動発電 2LED ライトが、実際に販売されている製品であり、コンセプトやターゲットが明確であったため、目標を明確にすることの重要性に気づけたことによって、目標の具体性が向上したのではないかと考えられる。

(2) 目標の主題

「目標の主題」について集計を行った。その結果、実験群では防災・減災を目標の主題に設定している生徒が見られなかった。そのため、防災・減災と安全の項目を統合した上で集計を行った(表V-8)。その結果、実験群、対照群ともに、生活利便性を目標とする課題

設定を行っている割合が最も高かった。しかし、これらの頻度については、群間に有意な差はみられなかった。

表V-8 技術の見方・考え方が目標の主題に与える影響

目標の主題		対照群 n=68	実験群 n=32
防災・減災, 安全	頻度	4	1
	割合	5.88%	3.13%
	残差	0.59	-0.59
環境対策	頻度	2	1
	割合	2.94%	3.13%
	残差	-0.05	0.05
生活利便性	頻度	62	30
	割合	91.18%	93.75%
	残差	-0.44	0.44

$\chi^2_{(2)}=0.38$ n.s.

3.3.2 アイデアの生成

(1) アイデアの多面性と具体性

「アイデアの多面性と具体性」について集計した。その結果、対照群では例えば「ベッドの脚が高速で伸び縮みして寝ている人に振動がくる。目覚めたらリモコンで一旦振動を止めてベッドから出て主電源を押さないと止まらない。」など目標達成へ向けて練られたアイデアを発想している生徒が多く見られたが、「頭に眠くなる波を送る」のような抽象的なアイデアを発想している生徒も見られ、その平均値が2.19(S.D.:0.80)であった。これに対して実験群では、例えば「計算問題がついた目覚ましで、枕元などベッドの近くの少しのスペースでも使えるように薄く小さな画面で、枕元なので落ちないようにペンと画面を繋ぎ、対象が小学生なので明るい音楽が流れるようにした。難易度は調節できるようにし、問題を解くまで音が止まらない」のように目標の達成に向けて具体的に考えられているものが見られ、その平均値は2.63(S.D.:0.61)となり、対照群よりも有意に高くなった ($t_{99}=2.73, p<.01$)。

第4章では、基礎的な知識の学習によってアイデアの多面性と具体性は一定高まることが示されている。これに加えて本章では、技術の見方・考え方への気づきによって、課題

設定の際のアイデアの生成がさらに具体的・多面的に考えられることが明らかとなった。これは、手動発電 2LED ライトから、1つの製品の中に様々なアイデアと多様な視点があることに気づけたことで、よりアイデアを多面的・具体的に考えられるようになったのではないかと考えられる。

(2) 発想のスタイル

「発想のスタイル」について集計した(表V-9)。その結果、実験群、対照群ともに既存製品類比連想の割合が最も高くなった。それに続いて、自由連想、技術的根拠連想の順となった。しかし、これらの頻度に群間に有意な差は認められなかった。

表V-9 技術の見方・考え方が発想のスタイルに与える影響

発想のスタイル		対照群 n=68	実験群 n=32
自由連想	頻度	28	9
	割合	41.18%	28.13%
	残差	1.26	-1.26
既存製品 類比連想	頻度	38	22
	割合	55.88%	68.75%
	残差	-1.23	1.23
技術的 根拠連想	頻度	2	1
	割合	2.94%	3.13%
	残差	-0.05	0.05

$$\chi^2_{(2)} = 1.64 \text{ n.s.}$$

3.3.3 行動の準備

(1) 計画の具体性

「計画の具体性」について集計した。その結果、対照群では一部に実際に製作することをイメージした計画の記述もあったが、空欄で考えられていないものも多く、その平均値が 1.76(S.D.:0.85)となった。それに対して、実験群では「黒板消しクリーナの吸引をチョークの置いている位置に繋げるために、粉受けをプラスチックに変え、複数の穴を開ける。(中略) また、スイッチを3カ所につける」のように製作に向けて具体的な計画を考えられているものが見られ、その平均値は 2.38(S.D.:0.75)となり、対照群よりも有意に高くな

った($t_{99}=3.48, p<.01$)。このことから、技術の見方・考え方に気づいた状態では、課題設定の際に、より具体的に計画を考えられるようになることが明らかとなった。これは、分解、分析、組立て活動を体験することで、製作のプロセスや製作に必要な部品等がイメージできるようになったため、より計画を考えやすくなったのではないかと考えられる。

(2) 技術的な工夫の分類

「技術的な工夫の分類」について集計した(表V-10)。その結果、実験群では例えば「全自動義手の製作に向けて、頑丈で軽くするためにアルミを使い、爪はプラスチックにし、人工皮膚は3mm程度のシリコンを用いる」のような「材料の選択の工夫」によって課題を設定している回答が21.88%となり、対照群(7.35%)よりも有意に高くなった($\chi^2_{(1)}=4.04, p<.05$)。また、実験群では課題設定の際、例えば「コードでは邪魔なので充電タイプにする」のように、「電源の工夫」を行なっている回答例が18.75%となり、対照群(4.41%)よりも有意に高かった($\chi^2_{(1)}=5.03, p<.05$)。このように、実験群において「材料の選択の工夫」と「電源の工夫」が高くなったのは、分解、分析、組立て活動の際、100円均一の製品である手動発電2LEDライトが、安価にするため材料を工夫しているという点と、もしものために手回し発電と乾電池という2つの電源で稼働させることが可能な設計となっている点に気づけていた生徒が多かったことから、意識が向きやすくなったためではないかと考えられる。

(3) 解決のアプローチ

「解決のアプローチ」について集計した(表V-11)。その結果、実験群、対照群ともに自動化と多機能化の割合が高くなった。しかし、それぞれの頻度については、群間に有意な差はみられなかった。

3.4 考察

以上の結果より、技術の見方・考え方が問題発見・課題設定力に与える影響について以下のように考察できる。

まず、問題発見については実験群において、「社会一般の人」をユーザに想定した問題を見いだしている生徒の割合が多いことから、問題発見の視野の広がりがみられた。これは、技術の見方・考え方に気づかせる学習活動で用いた手動発電2LEDライトに様々な

表V-10 技術の見方・考え方が技術的な工夫に与える影響

技術的な工夫			対照群 n=68	実験群 n=32	独立性の検定
材料・ 筐体	材料の選択の工夫	頻度	5	7	$\chi^2_{(1)}=4.04^*$
		割合	7.35%	21.88%	
		残差	-2.08	2.08	
	材料の加工方法の工夫	頻度	0	0	
		割合	0.00%	0.00%	
	筐体の構造や 形状の工夫	頻度	28	14	$\chi^2_{(1)}=0.06$
		割合	41.18%	43.75%	
		残差	-0.24	0.24	
電気	実装・機能追加の工夫	頻度	6	6	$\chi^2(1)=1.91$
		割合	8.82%	18.75%	
		残差	-1.42	1.42	
	回路の工夫 (回路やスイッチの工夫)	頻度	5	5	$\chi^2(1)=1.56$
		割合	7.35%	15.63%	
		残差	-1.29	1.29	
	電源の工夫	頻度	3	6	$\chi^2(1)=5.03^*$
		割合	4.41%	18.75%	
		残差	-2.34*	2.34*	
	負荷やアクチュエータなどの 電気的な作業部の工夫	頻度	17	7	$\chi^2(1)=0.12$
		割合	25.00%	21.88%	
		残差	0.34	-0.34	
	実装・機能追加の工夫	頻度	17	12	$\chi^2(1)=1.65$
		割合	25.00%	37.50%	
		残差	-1.29	1.29	
機械	機構の工夫	頻度	2	4	$\chi^2(1)=3.23$
		割合	2.94%	12.50%	
		残差	-1.88	1.88	
	力学的な動力の工夫	頻度	2	0	Fisher直接確率検定 $p=0.46$
		割合	2.94%	0.00%	
	力学的な作業部の工夫	頻度	4	1	$\chi^2(1)=0.38$
		割合	5.88%	3.13%	
		残差	0.59	-0.59	
	実装・機能追加の工夫	頻度	0	0	
		割合	0.00%	0.00%	
制御	センサの工夫	頻度	10	6	$\chi^2(1)=0.27$
		割合	14.71%	18.75%	
		残差	-0.51	0.51	
	プログラミングの工夫	頻度	24	9	$\chi^2(1)=0.51$
		割合	35.29%	28.13%	
		残差	0.71	-0.71	

* $p<.05$

表V-11 技術の見方・考え方が解決のアプローチに与える影響

解決のアプローチ		対照群 n=68	実験群 n=32	独立性の検定
自動化	頻度	34	21	$\chi^2_{(1)}=2.15$
	割合	50.00%	65.63%	
	残差	-1.47	1.47	
大型化	頻度	5	3	$\chi^2_{(1)}=0.12$
	割合	7.35%	9.38%	
	残差	-0.35	0.35	
小型化	頻度	17	5	$\chi^2_{(1)}=1.12$
	割合	25.00%	15.63%	
	残差	1.06	-1.06	
変形化	頻度	12	9	$\chi^2_{(1)}=1.44$
	割合	17.65%	28.13%	
	残差	-1.20	1.20	
多機能化	頻度	41	20	$\chi^2_{(1)}=0.05$
	割合	60.29%	62.50%	
	残差	-0.21	0.21	
遠隔化	頻度	13	7	$\chi^2_{(1)}=0.10$
	割合	19.12%	21.88%	
	残差	-0.32	0.32	
環境負荷低減化	頻度	6	1	$\chi^2_{(1)}=1.24$
	割合	8.82%	3.13%	
	残差	1.04	-1.04	
3R化	頻度	3	1	$\chi^2_{(1)}=0.10$
	割合	4.41%	3.13%	
	残差	0.31	-0.31	
高速化	頻度	8	3	$\chi^2_{(1)}=0.13$
	割合	11.76%	9.38%	
	残差	0.36	-0.36	
知覚化	頻度	19	9	$\chi^2_{(1)}=0.00$
	割合	27.94%	28.13%	
	残差	-0.02	0.02	

工夫がなされていることに気づくことができ、自分以外のユーザ視点に立った設計が重要であるということを生徒が学習していたためであると考えられる。第3章で示した問題発見・課題設定力が高い生徒の特徴は、探索型で社会一般の人や社会全般に影響するような広い問題を見いだす特徴が見られた。本章では、ユーザ想定において社会一般の人から問題を見いだす傾向が見られたことから問題発見力に向上が見られたと考えられる。しかし、問題の範囲や問題のタイプについては向上が見られなかったため、更なる手立ての検討が必要であると考えられる。

課題設定については、実験群の方が課題設定の具体性及び多面性が向上した。これは、技術の見方・考え方に気づかせるために実際に市販されている手動発電 2LED ライトの分解、分析、組立て活動を行なったことで、目標を明確にすることの重要性や、多様な視点とアイデアの必要性に気づき、製作のプロセスや製作に必要な部品等がイメージできるようになったためであると考えられる。また、技術的な工夫では「材料の選択の工夫」と「電源の工夫」の割合が高くなった。これは、技術の見方・考え方に気づかせる学習活動で生徒が感じたことが、課題設定時の技術的な工夫にも影響したためと考えられる。逆に言えば、用いる教材の特徴に連動して技術的な工夫に影響が及ぶ可能性があると考えられる。そのため、技術の見方・考え方に気づかせる学習活動で取り上げる製品は、その後続く問題発見・解決活動を見据え、工夫のアプローチに同型性のあるものを選定することが重要であると考えられる。また、目標の主題や発想のスタイル、解決のアプローチに多様性が見られなかった点については更なる手立てが必要である。

これらのことから、第5章で検討した技術の見方・考え方だけでは、問題発見・課題設定力を十分に高めることができなかった。これは、知識転移の側面から問題発見・課題設定について考察すると、見方・考え方に気づかせる学習のみでは、基礎的な知識を十分に体制化することができなかったと捉えることができる。そのため、今後は、さらなる知識の体制化への手立てが必要であると考えられる。

4. まとめ

第5章では、生徒の問題発見・課題設定力の形成に及ぼす技術の見方・考え方の影響について検討した。その結果、本実践の条件下で、以下の知見が得られた。

- (1) 技術の見方・考え方の問題発見力への影響として、「社会一般の人」をユーザに想定した問題を見いだしている生徒の割合が多いことから、問題発見の視野の広がりがあることが明らかとなった。しかし、問題の範囲や問題のタイプについては基礎的な知識を学習した生徒との差が認められず、視野の広がりが確認されなかった。
- (2) 技術の見方・考え方の課題設定力への影響として、課題設定の具体性及び多面性が、基

礎的な知識を学習した段階から向上した。しかし、目標の主題、発想のスタイルについては、差が認められなかった。

(3)課題設定における、技術的な工夫では「材料の選択の工夫」と「電源の工夫」の割合が高くなった。これは、技術の見方・考え方に気づかせる学習活動で生徒が感じたことが、課題設定時の技術的な工夫に影響を及ぼすことが示唆された。

これらの知見から、生徒の問題発見・課題設定力の形成に及ぼす技術の見方・考え方の影響が明らかにされた。本章の結果より、新CSで求められている基礎的な知識と技術の見方・考え方のみでは十分に問題発見・課題設定力を高めうることができないと考えられる。第1章で示した研究課題3を解決すべく、問題発見・課題設定力を高めうる学習指導方法について検討する必要がある。第6章では、生徒の問題発見・課題設定力を育成する学習指導の試行的実践を、これまで得られた知見から構築し検討する。

第6章 生徒の問題発見・課題設定力を高める学習指導の試行的実践

1. 目的

第6章の目的は問題発見・課題設定力を高める学習指導方法について実践的に検討することである。

第5章では、生徒の問題発見・課題設定力の形成に及ぼす技術の見方・考え方の影響について検討した。その結果、技術の見方・考え方に気づけている生徒は、問題発見の際、「社会一般の人」をユーザに想定した問題を見いだす特徴が見られた。また、課題設定の際には、基礎的な知識を学習した段階から、さらに具体的に課題の設定ができることが確認された。しかし、第3章で示した問題発見・課題設定力の高い生徒が、社会的な広い視野で、探索的な問題を見だし、技術的な根拠や既製品の仕組み等を基に発想し、具体的で多様な課題を設定しているのに対して、第5章の条件下では、問題の範囲に広がりがなく、発生型の問題である上に、課題設定では目標の主題や発想のスタイル、技術の工夫、解決のアプローチ等で多様性が見られず、十分に問題発見・課題設定力を高められているとは言えなかった。これらのことから、新CSにおいて記されている学習過程、すなわち基礎的な知識の学習と技術の見方・考え方に気づかせた後、問題発見・課題設定を行うという学習の流れだけでは、問題発見・課題設定力を育成することは難しいと考えられる。

本章では、この問題の解決に資する新たな実践のデザインを提案することを試みる。

2. 実践のデザイン

2.1 問題発見・課題設定力の育成を目指した実践のコンセプト

2.1.1 シーズ志向の重要性

第1章で述べたとおり、日本産業技術教育学会は「次世代の学びを創造する新しい技術教育の枠組み」において、技術的な問題発見・解決プロセスのトリプルループモデルを提案している。このうち、シーズ探究ループとニーズ探究ループのダブルループが問題発見・課題設定の場面に相当する。このニーズとシーズについて、岩間はニーズとシーズを融合させる

ことが重要であるとし、藤田はニーズ志向とシーズ志向の2タイプがあることを指摘していた。シーズやニーズは企業が製品開発を行う上で用いる概念であるが、学校教育における問題発見・課題設定力の育成においても、その考え方を援用することが可能であると考えられる。そのため、シーズとニーズはマーケティングで用いられる用語でありつつも、本章ではシーズを「転移可能な学習した知識」、ニーズを「願いや要求」と定義し、問題発見・課題設定力育成に向けた学校教育における意味合いで用いることとする。この定義に基づいた問題発見・課題設定を行うとき、ニーズとシーズのマッチングを行う学習が大切であると考えられる。その際、学習が時系列に展開されることを考慮すると、ニーズとシーズとを対等な関係性の中でマッチングさせるのは難しい。そのため、ニーズからシーズを探究するニーズ志向、シーズからニーズを探究するシーズ志向のいずれかに中心を置いて学習を行う必要性が生じる。

山内は、第1章で述べたとおり、教育や学習は専門知を身につけた上で問題に挑むことが重要であることを指摘していた。また、第4章、第5章において、技術科の授業で習得した知識が、課題設定の具体性と多面性の向上にも影響していることが明らかとなった。これらのことから、技術科における問題発見・課題設定力の育成を考えたとき、シーズを中心としたシーズ志向の学習指導が有効ではないかと考えられる。

2.1.2 多段階転移体験の重要性

第4章で述べたとおり Gagne によると、転移を行うためには知識と知識が結びつきあい構造的に関連を持つ状態が必要であった。そのため、問題発見・課題設定力が第4章、第5章の条件下で高められなかった原因として、知識の体制化ができておらず、転移可能な状態にまで高められていなかったと推察される。これは言い換えれば、知識の体制化を促す手立てによって、問題発見・課題設定力を育成できる可能性があるかと推察される。

第1章で述べたとおり、白水は、今の学習が何につながるのかという文脈の類似性が転移を行う上で重要であるとし、さらに、ある事柄に対する多様な理解を、お互いに共有することによって、より質の高い転移可能な知識構造を形成することができることを明らかにして

いた。また、知識の体制化によって、転移可能な知識構造を形成することを一般的にスキーマと表現するが、このスキーマについて、認知科学学会の認知科学辞典では、「スキーマ理論は、人間が外界からの情報の単なる受け手ではなく、選択的に情報を取り込み、これを主体的に組織化し、学習を行なっていく存在である」としている¹¹⁾。

これら知識の体制化を促す条件を踏まえた上で、問題発見・課題設定力の育成には次の2つの態様が考えられる。第一の段階は、生徒が技術科の授業で身に付けた知識や見方・考え方を自ら働かせて問題発見・課題設定を行うことで知識の体制化を図る転移活動である(試行フェーズ)。これは、第5章で検討した学習過程に相当する。ここでは、知識を活用して生活や社会をよりよくするという文脈のもと、これまでの知識を自分たちで振り返りながら考え選択し、実生活と結びつける(転移させる)ことによって、知識を体制化する。そして、体制化することができた知識をシーズ(転移可能な知識)として、自分自身で把握できるようにする。

第二の段階は、試行フェーズでの「転移体験」で得た体制化された知識を、問題の範囲の広さや課題設定の多様性に繋がるように転移を拡張するものである(拡張フェーズ)。したがって、第二の転移では第一の転移よりも、より難易度の高い、問題空間の広いテーマの設定が求められる。そのため、第一の転移で獲得したシーズを互いに持ち寄り、共有することによって、より質の高い知識の体制化を図る。その中で、第一の転移と同様に、知識を活用して生活や社会をよりよくするという文脈のもと、第一の転移で構造化された知識をシーズとして意識化した上で問題を発見し、課題設定することで、多様なアプローチから解決方法を構想できるようになるのではないかと考えられる。

第1章で述べたとおり、転移の可能性を高めるためには、転移元のベース課題と転移先のターゲット課題の類似度が重要である。これは、上記の試行フェーズの体験を拡張フェーズに高める際にも留意する必要がある。すなわち、試行フェーズの学習過程と拡張フェーズの学習過程との間に、類似性を担保する必要がある。

2.1.3 技術の見方・考え方の働かせ方

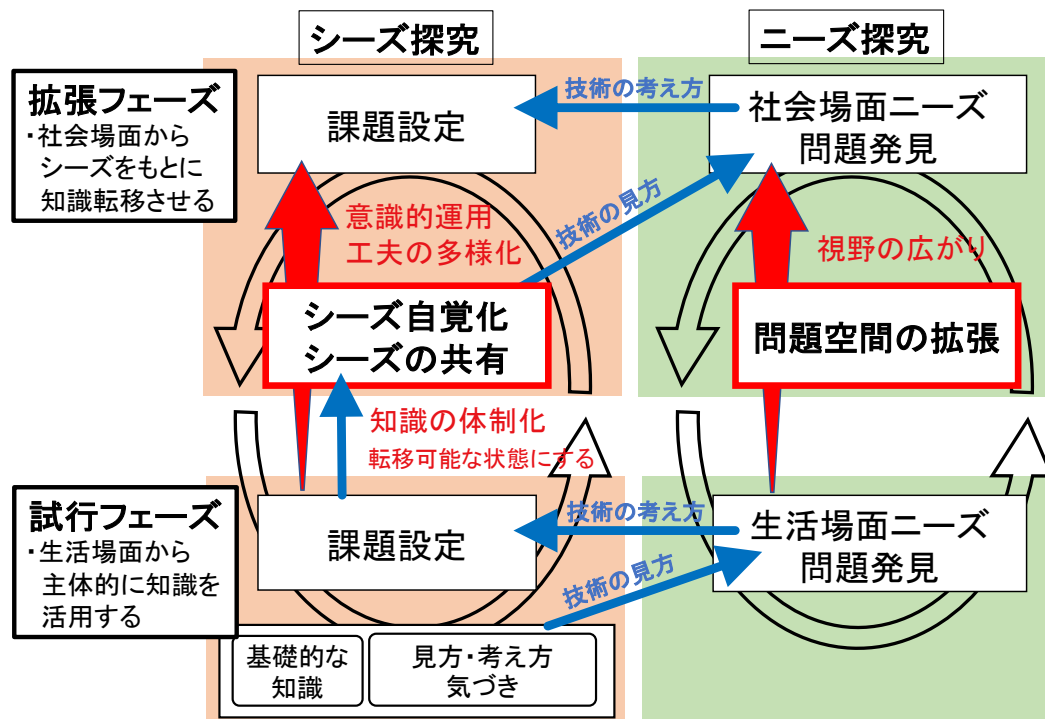
技術の見方・考え方について新CSでは「生活や社会における事象を、技術との関わりの視点で捉え、社会からの要求、安全性、環境負荷や経済性などに着目して技術を最適化すること」としている。このうち、「生活や社会における事象を、技術との関わりの視点で捉え」ることを技術の見方、「技術を最適化すること」を技術の考え方と整理することができる。シーズ志向に基づく学習過程では、技術の見方を働かせることによって問題を発見することができると考えられる。一方で課題化する際には、最適化の思考を働かせる必要があるため、技術の考え方を働かせる必要がある。前述した通り、転移にはその学習過程に類似性が必要である。そのため、知識を活用して生活や社会をよりよくするという文脈の類似性ととも、「見方を働かせて問題発見し、考え方を働かせて課題設定する」という構造に類似性を持たせることが考えられる。この中で、問題のテーマ設定を広げることで、問題発見・課題設定力を育成することができると考えられる。

2.2 問題発見・課題設定力の育成を目指した実践モデル

これらのコンセプトを統合してモデル化したものを図VI-1に示す。図VI-1より、この実践モデルは、問題発見・課題設定の学習を、i 基礎的な知識や見方・考え方を身近な生活の問題発見・課題設定に働かせる試行フェーズ、ii 試行フェーズで体制化させた知識をより難易度の高い社会の問題発見・課題設定に転移させる拡張フェーズの2層で構想した。

図VI-1中の試行フェーズについて、これまで学習してきた基礎的な知識を活用し、技術の見方を働かせて生活の中から問題を発見し、技術の考え方を働かせて課題を設定する。この試行フェーズでは、生活や社会をよりよくするという文脈のもと主体的に知識を活用することによって知識の体制化を促す。

次に図VI-1中の拡張フェーズについて、試行フェーズで活用した体制化された知識を転移可能なシーズとして整理し、自身のシーズを自覚する。その後、グループで各自のシーズを持ち寄って共有し、シーズ表にまとめる。これによって、課題設定の多様化への手立てとするとともに、より質の高い知識の体制化を図る。拡張フェーズではより広い問題空間である、社会的なニーズの中から技術の見方を働かせて問題を発見し、技術の考え方を働かせて



図VI-1 シーズ志向の多段階転移学習実践デザイン

課題を設定する。

この一連の学習過程では、これまで学習してきた知識を体制化することによって、シーズと認識し、共有することによってより質の高いシーズへと高めることから、シーズの探究を行なっているといえる。また、生活場面のニーズから問題を発見したのち、社会的な場面のニーズから問題を発見することから、ニーズ探究を行なっているといえる。このシーズ探究とニーズ探究は、類似度の高い問題発見・課題設定を繰り返し行なっていることから、ループ的に捉えることができる。また、シーズを起点とするシーズ志向である。これらを踏まえて、シーズとニーズの関係性をダブルループと両者を架橋する2つのフェーズで整理した。

以上を踏まえて、本章では、一連の問題発見・課題設定力を育成する学習指導方略を多段階シーズ転移型問題発見・課題設定学習(Multi-Phase Learning for Problem Identifying and Task Setting through Transfer Technological Seeds)と呼ぶこととする(以下、MP学習と表記する)。

2.3 具体的な展開計画

2.3.1 題材の目標及び展開

題材「エネルギー変換の技術で問題を解決しよう」を設定した。実施内容を表VI-1 に整理する。表VI-1 より、「基礎的な知識の学習」を第1時～12時、「技術の見方・考え方に気づかせる学習」を第13時～15時、「エネルギー変換の技術で問題を解決しよう」を第16時～24時、「エネルギー変換の技術を未来に生かそう」を第25時で設定した。このうち、問題発見・課題設定場面は、「エネルギー変換の技術で問題を解決しよう」の最初3時間で実施した。

表VI-1 題材「エネルギー変換の技術で問題を解決しよう」の実施内容

時	目標	学習内容
第1時	エネルギーについて理解する	エネルギー変換・エネルギー変換効率
第2時	発電方式について理解する	様々な発電方式
第3時	電気の基礎を理解する	オームの法則と電力の計算
第4時	電気の種類について理解する	交流と直流、送電・配電
第5～6時	電気エネルギーを利用する仕組みを理解する。	電気エネルギーを利用する仕組みと電気用図記号
第7時	電気エネルギーを光エネルギーに変換する仕組みを理解する	光エネルギーへの変換
第8時	電気エネルギーを熱・運動・音エネルギー・情報へ変換する仕組みを理解する	熱・運動・音エネルギー・情報への変換
第9～10時	電気による事故の原因を知り、安全委使用方法を理解する	電気の安全な使用
第11～12時	運動を伝える仕組みを理解する	機械の運動を伝える仕組み
第13～15時	手動発電機の分解を通して設計者の工夫を読み取る	手動発電機の分解・分析・組立
第16～24時	エネルギー変換の技術によって問題を解決する	MP学習 問題解決活動
第25時	エネルギー変換の技術を未来に生かす	振り返り、エネルギー変換の技術の評価と活用

2.3.2 問題発見・課題設定場面の展開計画

時間は3単位時間で行うことを想定した（表VI-2）。具体的には生活場面から問題を見出し、課題を設定し（1時間）、シーズの自覚化とシーズ表の作成を行う（1時間）ことで、より質の高い体制化と課題設定の多様化を図ることとした。その後の拡張フェーズでは、問題の範囲は社会的な場面へと広がっているものの、試行フェーズと文脈と見方・考え方の構造の類似度が高い、学習活動（1時間）を設定することとし、多段階転移活動を行うことで問

題発見・課題設定力の育成を図った。

表VI-2 MP 学習活動と問題解決活動

学習内容		時間
MP 学習	生活の中から問題発見・課題設定する（試行フェーズ）	1 時間
	自分自身のシーズを知覚し，班でシーズ表の作成（拡張フェーズ）	1 時間
	Unicef の Web ページ SDGsClub から社会の問題を発見し課題設定する（拡張フェーズ）	1 時間
問題解決活動	拡張フェーズで見出した問題と設定した課題のまとめ活動	1 時間
	メンバーの役割分担，設計活動	1 時間
	各役割に分かれて，製作活動	3 時間
	グループ発表	1 時間

(1) 生活場面から問題を見出し，課題を設定する試行フェーズ

試行フェーズでは，これまで身につけてきた基礎的な知識と見方・考え方を働かせて問題発見・課題設定を行う。試行フェーズの目的は，これまで学習してきた知識を，比較的容易な環境下で小さく転移させることである。

第3章の結果から，基礎的な知識の学習のみを行なった生徒は，生活場面から問題を見出す割合が高い。これは言い換えると，生活場面からの問題発見は，社会場面からの問題発見に比べ，難易度が低いと考えることができる。そこで，試行フェーズでは生活の中に範囲を限定することで，知識の活用を行いやすいようにした。試行フェーズで用いたワークシートを図VI-2（試行フェーズでは設問①～③を使用）に示す。

(2) 社会的な場面から問題を見出し，課題を設定する拡張フェーズ

拡張フェーズは，自分自身が活用できた知識を客観的に自覚し，シーズとして整理した後，類似度の高い環境下で社会的な広い問題へ大きく転移させることを目的としている。

学習した知識の中で，どの知識が体制化された転移させやすい知識（シーズ）であるかを識別することは容易ではない。そこで，拡張フェーズでは，最初に試行フェーズで発見した問題と，設定した課題について，自分自身がどのような知識を用いたかを整理することで，客観的に自分のシーズを把握する活動を行う。

具体的には、見出した問題と設定した課題について、自分自身が「やりたいこと」に対してどのような「電氣的な変換する部分」（例えば動きであればモータ、光であればLED、熱であれば発熱体、音であればブザーなど）を使用したか、また「機械的な変換する部分」（例えば、速さの調整であればギアボックス、動きの工夫であればリンク機構やカム機構、風を送るであれば羽根など）を使用したかを、線でつなぎ視覚的に自身のシーズを識別できる設問を設定した（図VI-2中、設問④）。

その後、グループで個人のシーズを持ち寄り、グループメンバーのシーズをまとめたシーズ表の作成を行う。ここでは、「名前」、「目的」、「シーズ（電気、機械）」、「工夫ポイント」をそれぞれ記入し、お互いのシーズを共有する。実際に使用したワークシートを図VI-3に示す。

次に、シーズ化された知識を意識的に活用して2回目の問題発見・課題設定を行う。問題発見は、視野の広角化を図るため、社会的な場面から行う。具体的にはUnicefのWebサイトSDGsClubから社会的なニーズに着目させ問題発見・課題設定を行うこととした。その際、課題設定の多様化を図るため、グループでまとめたシーズ表をもとに問題を見出し課題を設定する。また、社会的な場面からの問題発見・課題設定は難易度が高く、転移に困難さを感じる生徒がいると予想されるため、WebサイトSDGs Club内で紹介されていた、視覚障害がある人のために音声認識プログラミングアプリケーションを開発した中高生の事例を紹介することとした。拡張フェーズで使用したワークシートを図VI-4に示す。

2.3.3 問題発見・課題設定後の問題解決活動

問題発見・課題設定後は、問題解決課題としてグループで「SDGsから見出した問題を解決する製品を作ろう」を与えることとした。制作時間、予算等を考慮して、問題を解決するモデルの作成を目標とした。時間は6時間とした（表VI-2）。準備物は、エネルギー変換の部分として、「モータ」、「LED（白）」、「LED（赤）」、「ブザー」、「トグルスイッチ」、「ギアボックス」、「リンク機構」、「カム機構」、「プロペラ」、「タイヤ」、「電池ボックス」、「ワニ口クリップ」、「プッシュスイッチ」、「バネ類」とした。筐体関係としては、「スチレンブロック」、「プラスチックダンボール」とした。接合については「グルーガン」、「テープ類」とした。これらを制約条件とし、各グループで製作を行う上で必要なものを取捨選択する形をとるこ

エネルギー変換の技術 問題解決課題（個人）						
<p>今まで、エネルギーとは何かや、電気の利用、機械の利用などについて学習してきました。また、前回は手動発電機の分解を通して、設計者の工夫を読み取る学習を行ってきました。これからは、今まで学習してきたことを活かしつつ、実際に製作する製作品を考えていきます。</p> <p>今回は家の中から問題を見つけて、その問題を解決する製品を考えてみましょう。</p> <p>ただし、エネルギー源は電池に限定することとします。</p> <p>※問③と問④は両方を同時に考えながら書き込んでいきましょう。</p> <p>■「家の中から問題を見つけてエネルギー変換の技術によって解決するアイデアを考えよう」</p>						
<p>① 家の中から問題を見よう</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> <p>■理想の状態</p> <p>(○○だったらいいのに)</p> <p>(○○があたりまえなのに)</p> <p>(このままだと○○になるので 今のうちに○○しておきたい)</p> </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> <p>■現状</p> <p>(まだそんなものはない)</p> <p>(でも今はこんな状態)</p> <p>(今は何も懸念ないけど)</p> </td> </tr> <tr> <td style="height: 100px;"></td> <td style="height: 100px;"></td> </tr> </table>			<p>■理想の状態</p> <p>(○○だったらいいのに)</p> <p>(○○があたりまえなのに)</p> <p>(このままだと○○になるので 今のうちに○○しておきたい)</p>	<p>■現状</p> <p>(まだそんなものはない)</p> <p>(でも今はこんな状態)</p> <p>(今は何も懸念ないけど)</p>		
<p>■理想の状態</p> <p>(○○だったらいいのに)</p> <p>(○○があたりまえなのに)</p> <p>(このままだと○○になるので 今のうちに○○しておきたい)</p>	<p>■現状</p> <p>(まだそんなものはない)</p> <p>(でも今はこんな状態)</p> <p>(今は何も懸念ないけど)</p>					
<p>② 見つけた問題を解決するための製品の使用目的・使用条件を考えよう</p> <p>・使用目的：</p> <p>・使用条件：</p>						
<p>③ 見つけた問題を解決するための製品を考えよう</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">イラスト</p> </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">製品の特徴や使い方</p> <p>■製品で工夫したところ</p> <p>・電気利用の工夫</p> <p>・動きの工夫</p> </td> </tr> <tr> <td style="height: 150px;"></td> <td style="height: 150px;"></td> </tr> </table>			<p style="text-align: center;">イラスト</p>	<p style="text-align: center;">製品の特徴や使い方</p> <p>■製品で工夫したところ</p> <p>・電気利用の工夫</p> <p>・動きの工夫</p>		
<p style="text-align: center;">イラスト</p>	<p style="text-align: center;">製品の特徴や使い方</p> <p>■製品で工夫したところ</p> <p>・電気利用の工夫</p> <p>・動きの工夫</p>					
<p>④ 「やりたいこと」から線を引っ張って使う技術を整理しよう。※教科書 pp. 92～123 や授業プリントを見ても構いません。</p> <p>1. 「やりたいこと」に丸を付ける</p> <p>2. 必要な「変換する部分」に線を引っ張る</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">変換する部分 (電気)</p> <p style="text-align: center;">動き (モータ)</p> <p style="text-align: center;">光 (LED)</p> <p style="text-align: center;">熱 (発熱体)</p> <p style="text-align: center;">音 (ブザー)</p> <p style="text-align: center;">その他</p> <p style="text-align: center;">()</p> </td> <td style="width: 33%; padding: 5px;"> <p style="text-align: center; border: 1px solid black; font-weight: bold;">やりたいこと</p> <p style="text-align: center;">照らす</p> <p style="text-align: center;">知らせる</p> <p style="text-align: center;">運める</p> <p style="text-align: center;">風を送る</p> <p style="text-align: center;">動く</p> <p style="text-align: center;">その他</p> <p style="text-align: center;">()</p> </td> <td style="width: 33%; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">変換する部分 (機械)</p> <p style="text-align: center;">ギアボックス (速さの調節)</p> <p style="text-align: center;">リンク (動きの工夫)</p> <p style="text-align: center;">カム (動きの工夫)</p> <p style="text-align: center;">羽根 (風を送る)</p> <p style="text-align: center;">その他</p> <p style="text-align: center;">()</p> </td> </tr> </table>			<p style="text-align: center;">変換する部分 (電気)</p> <p style="text-align: center;">動き (モータ)</p> <p style="text-align: center;">光 (LED)</p> <p style="text-align: center;">熱 (発熱体)</p> <p style="text-align: center;">音 (ブザー)</p> <p style="text-align: center;">その他</p> <p style="text-align: center;">()</p>	<p style="text-align: center; border: 1px solid black; font-weight: bold;">やりたいこと</p> <p style="text-align: center;">照らす</p> <p style="text-align: center;">知らせる</p> <p style="text-align: center;">運める</p> <p style="text-align: center;">風を送る</p> <p style="text-align: center;">動く</p> <p style="text-align: center;">その他</p> <p style="text-align: center;">()</p>	<p style="text-align: center;">変換する部分 (機械)</p> <p style="text-align: center;">ギアボックス (速さの調節)</p> <p style="text-align: center;">リンク (動きの工夫)</p> <p style="text-align: center;">カム (動きの工夫)</p> <p style="text-align: center;">羽根 (風を送る)</p> <p style="text-align: center;">その他</p> <p style="text-align: center;">()</p>	
<p style="text-align: center;">変換する部分 (電気)</p> <p style="text-align: center;">動き (モータ)</p> <p style="text-align: center;">光 (LED)</p> <p style="text-align: center;">熱 (発熱体)</p> <p style="text-align: center;">音 (ブザー)</p> <p style="text-align: center;">その他</p> <p style="text-align: center;">()</p>	<p style="text-align: center; border: 1px solid black; font-weight: bold;">やりたいこと</p> <p style="text-align: center;">照らす</p> <p style="text-align: center;">知らせる</p> <p style="text-align: center;">運める</p> <p style="text-align: center;">風を送る</p> <p style="text-align: center;">動く</p> <p style="text-align: center;">その他</p> <p style="text-align: center;">()</p>	<p style="text-align: center;">変換する部分 (機械)</p> <p style="text-align: center;">ギアボックス (速さの調節)</p> <p style="text-align: center;">リンク (動きの工夫)</p> <p style="text-align: center;">カム (動きの工夫)</p> <p style="text-align: center;">羽根 (風を送る)</p> <p style="text-align: center;">その他</p> <p style="text-align: center;">()</p>				
<p>() 月 () 日 () 2 年 () 組 () 番 名前 ()</p>						

図VI-2 部品確認ワークシート

エネルギー変換の技術 問題解決課題（グループ）

～自分たちのシーズ（Seeds）はこれだ！！～

今回は、家の中から問題を見つけて、エネルギー変換の技術を利用して、問題を解決する製品を考えました。

おそらく学習前（去年の6月ごろ）の皆さんでは考えることのできない製品のアイデアがまとまったはずです。それは、今までの勉強が身につけている証拠です。さらに、その中でも、自分の製品に利用しようとした「変換する部分」（例えばモータやLEDなど）は、自分にとってもよく吸収できている知識や技能です。これをシーズ：Seeds（自分が持っている特別な技術やアイデアのこと）といいます。言い換えるとシーズはあなたが持つとても有効な強みです。このシーズを使って新たな問題を解決していきましょう。

■班でシーズをまとめよう

シーズは多い方が強みが増えて、よりよい問題解決ができるようになるかもしれません。

そこで、班でみんなのシーズをまとめて、整理し、問題を見つけたり、解決方法を考えたりするのに役立てましょう。

■シーズ表 （ ）班

名前	目的	シーズ		
		電気	機械	工夫ポイント
(例) 嵯峨 太郎	アロマなど、 香りを広げる	モータ スイッチ 直列回路	羽根 ギヤボックス	回転するスピードを変える ことで、香りを届かせたい距離を調整できる。
①				
②				
③				
④				
⑤				

() 月 () 日 () 2年 () 組 () 番 名前 ()

図VI-3 部品確認ワークシート

SDG s から問題を見つけて、解決する方法を考えよう。

SDG s とは…

誰ひとり取り残され
ることなく、人類が安
定してこの地球で暮
らし続けることがで
きるように、世界のさ
まざまな問題を整理
し、解決に向けて具
体的な目標を示したも
の

■SDG s から、自分たちのシーズを基に問題を見つけて、解決する方法を考えよう。

(例) ダイアナさんの場合 (unicef : SDG s club の Web サイトより)

シーズ	コンピュータの知識		
問題発見	理想の状態	現状	
	視覚障害がある人にプログラミングができるようになって欲しい	今はそんなものはない	
関連する SDG s	4	9	10
解決する方法	音声認識でプログラミングができるアプリを開発する		

・あなたのシーズを基に問題を見つけて、解決する方法を考えよう

シーズ <small>※期のシーズ表から好きなものを選ぶ</small>			
問題発見	理想の状態	現状	
関連する SDG s			
解決する方法	イラスト	製品の特徴や使い方	

() 月 () 日 () 2 年 () 組 () 番 名前 ()

図VI-4 部品確認ワークシート

ととした。

第1時では拡張フェーズで見出した問題と設定した課題を6人グループで持ち寄り、一つにまとめる活動を行う。

第2時では、見出した問題と設定した課題について、制約条件を確認しながら、製作物設計、メンバーの役割分担を行う。役割によって、回路の設計、筐体の設計、部品の調整に分かれる。設計時に使用したワークシートを図VI-5に示す。

第3～5時では、各役割に分かれて、製作を行う。

第6時ではグループごとに発表会を行う。内容は見出した問題と設定した課題、使用方法、電気回路の工夫、筐体の工夫等の製作物について発表することとした。

SDGsから見出した問題を解決する製品を作ろう

SDGsから問題を見出し、その解決策を個人で考えてきました。
これからは班で協力して、SDGsから見出した問題を解決する製品を作っていきます。

手順

- ①解決すべき問題を明らかにする ※個人でSDGsから見出した問題を持ち寄り、1つに決める(まとめる)
- ②用意されている材料や部品をもとに製作物の構想を考える
【制約条件】

- ・電源は電池であること
- ・エネルギー変換の技術によって問題を解決する製作品であること
- ・用意されている材料や部品をもとに設計をこなすこと

- ③班メンバーの担当を決める(リーダー、回路設計、筐体・構造設計、部品整備)
- ④班員ごとに作業を進める

班員名

役割	仕事内容	メンバー
リーダー	全体指揮・報告書作成	
回路設計	使用する回路を設計し制作する	
筐体・構造設計	製作物の形や、構造を設計し、製作する	
部品整備	使用する部品を製作したり、調整を行ったりする	

必要な材料

・ステンシルプリント(200×100×50mm)	・トグルスイッチ(各組2つまで使用可能)
・プラスティックダンボール(各組2枚(500×350×3mm))	・ギアボックス
・モータ	・リンク機構(プラスティックボードを切離して製作する)
・発光(LED 白)	・カム機構
・発熱体(LED 赤)	・プロペラ
・ブザー	・タイヤ

解決すべき問題

問題の状況	現状

使用目的・使用条件

使用目的	
使用条件	

製作物の構想

イラストで構想図を描いてみよう

電気回路の設計

筐体・構造の設計

ステンシルプリント板/パターン	ステンシルプリント板/パターン	ステンシルプリント板/パターン

必要な部品と整備

必要な部品	部品リスト	備考
○	モータ	導線の位置を取る
○	LED(白)	電流の向きを確認
○	LED(赤)	電流の向きを確認
○	ブザー	導線の位置を取る
○	トグルスイッチ	導線の位置を取る
○	ギアボックス	土台に取り付ける
○	リンク機構	プラスティックボードを用いて製作する
○	カム機構	製作する
○	プロペラ	大と小の二種類あり
○	タイヤ	タイヤセットを用いて製作する
○	電池ボックス	導線の位置を取る
○	ユニロクリップ	各班10本まで

2年()組()番()班 名前()

図VI-5 設計時に使用したワークシート

3 実践及び評価の手続き

3.1 実践対象

内容「C エネルギー変換の技術」未習の生徒(以下、未習群)、基礎的な知識を学習した生徒(以下、知識学習群)、基礎的な知識を学習した後に技術の見方・考え方に気づかせる学習を行なった生徒(以下、見方・考え方群)、MP 学習を実践した生徒(以下、MP 学習群)を設定した。K 県公立中学校 2 年生の未習群 33 名、知識学習群 32 名、見方・考え方群 27 名、MP 学習群 52 名を対象とした。

3.2 問題発見・課題設定力を把握するための課題

未習群、知識学習群、見方・考え方群、MP 学習群に対して第 4、5 章で使用した課題「生活や社会の中から問題を見つけてエネルギー変換の技術によって解決するアイデアを考えよう」を与えた。

課題は、第 4 章及び第 5 章と同様に問題発見に関する設問群と課題設定に関する設問群で構成した。問題発見に関する設問群は、「①問題発見」(以下、設問①以下同様)、「②この問題を解決したいと思った動機・きっかけ」の 2 設問で構成した。課題設定に関する設問群は、「③この問題を解決する方法をいくつか考えてみよう」、「④この問題を解決するための製品のアイデア」、「⑤アイデア」、「⑥どんな方法で問題を解決しようとしているか」、「⑦作り方や必要な部品など、問題を解決するための計画」の 7 設問で構成した。調査票は第 4 章の図 IV-1 と同様のものを用いた。

3.3 評価の観点及び手続き

実践の評価は、問題発見・課題設定の課題、並びに問題解決活動後の質問紙調査によって実施した。

3.3.1 問題発見・課題設定力の評価の手続き

課題には 45 分を配当し、資料として教科書の閲覧を許可した。第 4 章、第 5 章においては 50 分を配当したが、本章実践時は新型コロナウイルス感染症の影響で授業時間が短縮さ

れており、45 分を配当することとなった。回答時には、内容の説明に加えて課題の回答内容が成績に関与しないことを伝え、自分の考えや発想を素直に記述するように指示した。また、回答の際には話し合いを可とせず、個人で回答させた。長時間の回答となるため、問題発見についての設問の回答方法の説明を行った後、回答の進捗状況を確認しながら、20 分程度のところで、課題設定についての設問の回答方法の説明を行った。

調査後、第3章で設定した評価の枠組みに沿って評価を行なった。問題発見に関する項目は「ユーザ想定」、「問題の範囲」、「問題のタイプ」とした。また、課題設定に関する項目は「目標の具体性」、「目標の主題」、「アイデアの具体性と多面性」、「発想のスタイル」、「技術的な工夫」、「解決のアプローチについて評価を行なった。各評価項目と、各設問での評価の方法は第4章、第5章と同様とした。その内、「問題のタイプ」「目標の主題」「技術的な工夫」など生徒が自由記述で回答する項目については、技術科教職経験年数が6年と8年の技術科教員2名で協議しながら分類を行った。こうして集計した各頻度について χ^2 検定もしくは Fisher の直接確率検定を用いて群間で比較し、両者の特徴の違いについて検討した。その後、 χ^2 検定においては残差分析を行い、群ごとの比較を行なった。また、Fisher の直接確率検定を行なった項目については、検定後 Holm 法による多重比較を行い、群間の差の比較を行なった。

「目標の具体性」、「アイデアの具体性と多面性」、「計画の具体性」についても、第4章、第5章と同様に0～3の点数化による評価を行なった。その際、正規性や等分散性について確認し、本章においては Kruskal-Wallis 検定後、Mann-Whitney の U 検定による多重比較を行うこととした。

3.3.2 問題解決活動後の質問紙調査

問題解決的な学習終了後、MP 学習実施生徒を対象に質問紙調査を実施した。質問項目は「基礎的な知識の学習についての項目」、「手動発電機の分解についての項目」、「SDGs の問題を解決する製品の製作についての項目」、「エネルギー変換の技術の授業全体についての項目」、「エネルギー変換の技術の授業への感想についての項目」の5要素で構成し、

令和2年度 2年生 技術科授業自己評価		評価	コメント
<p>図1 あなたは、エネルギー変換の技術によるSDGsの問題解決学習でどのような力が身に付いたと思いますか。下の項目に当てはまるものに5段階で答えてください。</p> <p>1. 基礎的な知識の学習についての項目</p> <p>① エネルギー変換の基礎的な知識（エネルギーとは、発電、直流交流、電気回路、エネルギーの変換、電気的安全性使用、運動を伝える仕組み、リンク装置、カム機構など）が身に付いた</p> <p>② エネルギー変換の技術の基礎的な知識の学習について建設的に取り組むことができた</p> <p>2. 手動発電機、分解についての項目</p> <p>③ 手動発電機の分解を通して設計者の工夫を読み取ることができた</p> <p>④ 手動発電機に込められた最適化（制約条件の中で一番良い答えを考えること）に気づくことができた</p> <p>⑤ 手動発電機の分解に対して建設的に取り組むことができた</p> <p>⑥ 手動発電機の分解を通して、身の回りの問題を技術によって解決したいと思うことができた</p> <p>3. SDGsの問題を解決する製品の製作についての項目</p> <p>⑦ エネルギー変換の技術の授業を通して自分なりに生活と社会のつながりを見つけたことができた</p> <p>⑧ エネルギー変換の技術の授業を通して見つけた問題から課題（問題の解決のためにすべきこと）を考えることができた</p> <p>⑨ SDGsの問題を解決する製品の構想を自分なりに考えることができた</p> <p>⑩ SDGsの問題を解決する製品を自分なりに設計することができた</p> <p>⑪ SDGsの問題を解決する製品を自分なりに製作の過程で評価し、改善や修正することができた</p> <p>⑫ SDGsの問題を解決する製品の製作に建設的に取り組むことができた</p> <p>⑬ SDGsの問題を解決する製品の製作を通してエネルギー変換の技術の理解を深めることができた</p> <p>⑭ 作品の形や機能、構造、回路、部品調整等々を考えたとき、いくつかのアイデアの良さ悪しについて考えた。</p> <p>⑮ 作品の形や機能、構造、回路、部品調整等々を考えたとき、試作品（原型、モデル）を作ってみた。</p> <p>⑯ 実習（作業や実験など）でつまづいたとき、自分で考えた解決方法を試してみた。</p> <p>⑰ 作品の形や機能、構造、回路、部品調整等々について、グループで話し合いアイデアを出し合った。</p>			
<p>4. エネルギー変換の技術の授業全体についての項目</p> <p>⑱ エネルギー変換の技術をこれから工夫し創造しようとする態度が身に付いた</p> <p>⑲ エネルギー変換の技術による問題解決に意欲的に取り組めた</p>		<p>5-4-3-2-1</p> <p>5-4-3-2-1</p>	<p>5-4-3-2-1</p> <p>5-4-3-2-1</p>
<p>図2 あなたは、エネルギー変換の技術の授業に対してどのような感想を持ちましたか。下の項目に当てはまるものに4段階で答えてください。</p> <p>① エネルギー変換の技術の授業はおもしろかったですか</p> <p>② エネルギー変換の技術の授業はわかりやすかったですか</p> <p>③ エネルギー変換の技術の授業内容が自分に身に付いたと思いますか</p> <p>④ エネルギー変換の技術の授業内容はあなたにとって役立つものでしたか</p> <p>⑤ エネルギー変換の技術の授業は内容に興味を持って取り組むことができた</p> <p>⑥ エネルギー変換の技術の授業の難易度は適切であった</p> <p>⑦ エネルギー変換の技術の授業には全体的に満足であった</p> <p>■ エネルギー変換の技術の授業の感想を書いてください</p>			
		<p>4-3-2-1</p> <p>4-3-2-1</p> <p>4-3-2-1</p> <p>4-3-2-1</p> <p>4-3-2-1</p> <p>4-3-2-1</p> <p>4-3-2-1</p>	<p>4-3-2-1</p> <p>4-3-2-1</p> <p>4-3-2-1</p> <p>4-3-2-1</p> <p>4-3-2-1</p> <p>4-3-2-1</p> <p>4-3-2-1</p>
		<p>2年（ ）組（ ）番 名前（ ）</p>	

図VI-6 問題解決活動後に用いた質問紙

計27設問とした。実際に用いた質問紙を図VI-6に示す。「基礎的な知識の学習についての項目」,「手動発電機の分解についての項目」,「SDGsの問題を解決する製品の製作についての項目」,「エネルギー変換の技術の授業全体についての項目」については5件法で回答欄を設定し,「エネルギー変換の技術の授業への感想についての項目」については4件法と自由記述で回答欄を設定した。

調査後,「基礎的な知識の学習についての項目」,「手動発電機の分解についての項目」,「SDGsの問題を解決する製品の製作についての項目」,「エネルギー変換の技術の授業全体についての項目」について,5~1の正規分布に対する適合度検定を行った。また,「エネルギー変換の技術の授業への感想についての項目」については4~3を肯定,2~1を否定とし,Fisherの直接確率検定を行なった。

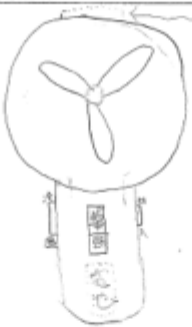
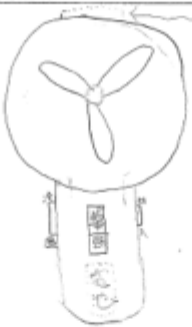
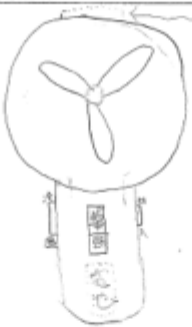
4. 結果と考察

4.1 多段階シーズ転移型問題発見・課題設定学習の様子

第1時では,家庭生活の中から問題発見・課題設定を行った。この段階では,教科書や授業で用いたワークシートを振り返りながら,問題発見・課題設定する様子が確認できた。意識的に知識を活用しているような様子はなく,思うまま,感じるままに取り組んでいた。生徒のワークシート例を図VI-7(設問①~③)に示す。

第2時では,シーズやニーズについて説明を行い,その重要性をおさえた後,各自の発見した問題や設定した課題を振り返り,基礎的な知識や見方・考え方との関連性を考えさせた。その結果,生徒は,「自分の切れるカード」を自覚し,それらをシーズとして整理していた(図VI-7中,設問④)。次に,各生徒が自覚したシーズを班で整理し,「班のシーズ表」を作成した。この活動では,班員のシーズを共有することで,自分だけでなく,班員と協力すれば解決できる範囲が広がることを意識させた。活動の様子を図VI-8,生徒のワークシート例を図VI-9に示す。

第3時では,社会全体のニーズとしてUnicefのSDGsClubを紹介した。その上で,第2時で作成した「班のシーズ表」を参照しながら,SDGsClubのニーズに応じた社会的な問題

エネルギー変換の技術 問題解決課題（個人）							
<p>今まで、エネルギーとは何かや、電気の利用、機械の利用などについて学習してきました。また、前回は手動発電機の分解を通して、設計者の工夫を読み取る学習を行ってきました。これからは、今まで学習してきたことを活かしつつ、実際に製作する製作品を考えていきます。</p> <p>今日は家の中から問題を見つけて、その問題を解決する製品を考えてみましょう。</p> <p>ただし、エネルギー源は電池に限定することとします。</p> <p>※問題③と問題④は両方を同時に考えながら書き込んでいきましょう。</p> <p>■「家の中から問題を見つけてエネルギー変換の技術によって解決するアイデアを考えよう」</p>							
<p>① 家の中から問題を見よう</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; padding: 5px;">■理想の状態</th> <th style="width: 50%; padding: 5px;">■現状</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;"> (OOだったら良いのに) (OOがあたりまえなのに) (このままだとOOになるので今のうちにOOしておきたい) </td> <td style="padding: 5px;"> (まだそんなものはない) (でも今はこんな状態) (今は何も問題ないけど) </td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> 扇風機が冷たい風と温かい風。 内方送れたら良い </td> <td style="padding: 5px;"> 冷たい風だけ </td> </tr> </tbody> </table>		■理想の状態	■現状	(OOだったら良いのに) (OOがあたりまえなのに) (このままだとOOになるので今のうちにOOしておきたい)	(まだそんなものはない) (でも今はこんな状態) (今は何も問題ないけど)	扇風機が冷たい風と温かい風。 内方送れたら良い	冷たい風だけ
■理想の状態	■現状						
(OOだったら良いのに) (OOがあたりまえなのに) (このままだとOOになるので今のうちにOOしておきたい)	(まだそんなものはない) (でも今はこんな状態) (今は何も問題ないけど)						
扇風機が冷たい風と温かい風。 内方送れたら良い	冷たい風だけ						
<p>② 見つけた問題を解決するための製品の使用目的・使用条件を考えよう</p> <p>・使用目的： 寒いときに温かい風を送る、暑いときに冷たい風を送る </p> <p>・使用条件： 外 </p>							
<p>③ 見つけた問題を解決するための製品を考えよう</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; padding: 5px;">イラスト</th> <th style="width: 50%; padding: 5px;">製品の特徴や使い方</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px; text-align: center;">  </td> <td style="padding: 5px;"> <p>■製品で工夫したところ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・電気利用の工夫 温めるスイッチと 扇風機をつけるスイッチ 2つつける。 ・動きの工夫 電池でも太陽電池でもつくった箇所でも 白くするようにする。 </td> </tr> </tbody> </table>		イラスト	製品の特徴や使い方		<p>■製品で工夫したところ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・電気利用の工夫 温めるスイッチと 扇風機をつけるスイッチ 2つつける。 ・動きの工夫 電池でも太陽電池でもつくった箇所でも 白くするようにする。 		
イラスト	製品の特徴や使い方						
	<p>■製品で工夫したところ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・電気利用の工夫 温めるスイッチと 扇風機をつけるスイッチ 2つつける。 ・動きの工夫 電池でも太陽電池でもつくった箇所でも 白くするようにする。 						
<p>④ 「やりたいこと」から線を引き張って使う技術を整理しよう。※教科書 pp. 92～123 や提案プリントを見ても構いません。</p> <p>1. 「やりたいこと」に丸を付ける</p> <p>2. 必要な「変換する部分」に線を引っ張る</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%; padding: 5px;">変換する部分 (電気)</th> <th style="width: 34%; padding: 5px;">やりたいこと</th> <th style="width: 33%; padding: 5px;">変換する部分 (機械)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px; vertical-align: top;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">動き (モーター)</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">光 (LED)</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">熱 (発熱体)</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">音 (ブザー)</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">その他</div> </td> <td style="padding: 5px; vertical-align: top; text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">照らす</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">知らせる</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">温める</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">風を送る</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">動く</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">その他</div> </td> <td style="padding: 5px; vertical-align: top;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">ギアボックス (速さの調節)</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">リンク (動きの工夫)</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">カム (動きの工夫)</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">羽根 (風を送る)</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">その他</div> </td> </tr> </tbody> </table>		変換する部分 (電気)	やりたいこと	変換する部分 (機械)	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">動き (モーター)</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">光 (LED)</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">熱 (発熱体)</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">音 (ブザー)</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">その他</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">照らす</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">知らせる</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">温める</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">風を送る</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">動く</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">その他</div>	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">ギアボックス (速さの調節)</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">リンク (動きの工夫)</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">カム (動きの工夫)</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">羽根 (風を送る)</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">その他</div>
変換する部分 (電気)	やりたいこと	変換する部分 (機械)					
<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">動き (モーター)</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">光 (LED)</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">熱 (発熱体)</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">音 (ブザー)</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">その他</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">照らす</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">知らせる</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">温める</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">風を送る</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">動く</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">その他</div>	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">ギアボックス (速さの調節)</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">リンク (動きの工夫)</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">カム (動きの工夫)</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">羽根 (風を送る)</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">その他</div>					

図VI-7 第1時及び第2時生徒ワークシート例



図VI-8 第2時生徒の活動の様子

発見・課題設定に取り組んだ。その結果、自分のシーズを意識的に活用し、問題発見・課題設定する様子が見られた。例えば「乱獲による水産資源減少を食い止めたい」というニーズに対して、「電気回路やスイッチ、バネによる機構の工夫」をシーズに、「捕獲量警告トロ箱」という課題を設定する生徒などが見られた。生徒のワークシート例を図VI-10に示す。

第4時以降は、第3時に設定した課題について班で話し合い、その中から一つを選択してモデルを試作する活動に取り組んだ。

4.2 問題発見力に対する多段階シーズ転移型問題発見・課題設定学習の効果

4.2.1 ユーザ想定

「自分」「家族」「友人」「学校の教職員」「社会一般の人」のそれぞれの項目について、未習群、知識学習群、見方・考え方群、MP学習群の群間で χ^2 検定を行った。その結果、表VI-3より、「自分」と「社会全般」を対象とした問題発見に1%水準で有意差が確認された。残差分析から、MP学習群では「自分」を対象とした問題発見が有意に少なく(1%水準)、「社会全般」を対象とした「道路によって空き缶やペットボトル、ゴミが落ちているから、道路がいつも綺麗だったらいいのに」といった問題発見が有意に多い(1%水準)ことが確認さ

エネルギー変換の技術 問題解決課題（グループ）
 ～自分たちのシーズ（Seeds）はこれだ！！～

前回は、家の中から問題を見つけて、エネルギー変換の技術を利用して、問題を解決する製品を考えました。
 おそらく学習前（去年の6月ごろ）の皆さんでは考えることのできない製品のアイデアがまとまったはずです。それは、今までの勉強が身についている証拠です。さらに、その中でも、自分の製品に利用しようとした「変換する部分」（例えばモータやLEDなど）は、自分にとってもよく吸収できている知識や技能です。これをシーズ：Seeds（自分が持っている特別な技術やアイデアのこと）といいます。言い換えるとシーズはあなたが持つとても有効な強みです。このシーズを使って新たな問題を解決していきましょう。

■班でシーズをまとめよう

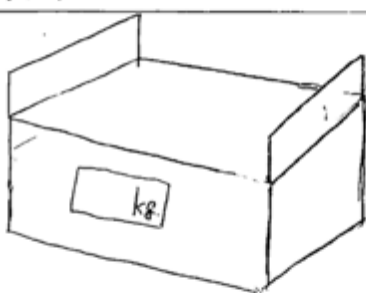
シーズは多い方が強みが増えて、よりよい問題解決ができるようになるかもしれません。
 そこで、班でみんなのシーズをまとめて、整理し、問題を見つたり、解決方法を考えたりするのに役立てましょう。

■シーズ表 （ ） 班

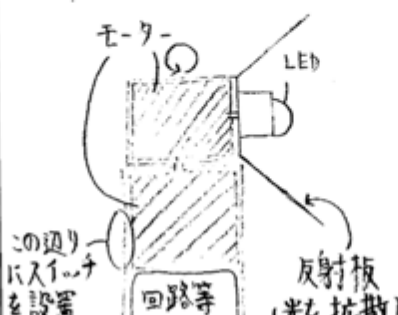
名前	目的	シーズ		
		電気	機械	工夫ポイント
(例) 嵯峨 太郎	アロマなど、 香りを広げる	モータ スイッチ 直列回路	羽根（プロペラ） ギアボックス	回転するスピードを変える ことで、香りを届かせたい距離を調整できる。
①	そうじ	モーター	ギアボックス 羽根	プロペラでゴミを 吸い上げる。
②	自動で準備 をしてくれる	センサー モーター	カム リンク タイヤ スプロケット	回転運動の速度 伝達比0.67 上下運動
③	今やる事を 知らせる	モータ LED アンプ	ギアボックス タイヤ	走る速度の速さを 可能。音光、重た で知らせる。
④	めざまし放送に かか	スイッチ LED アンプ		スマホとつながり 時間や音楽を簡単に 設定できる。
⑤	ねむけをなくす	音光	カム	LEDを使うことで 光が強くまぶし くなる。
⑥	時間を知らせる。	音（ブザー）		設定した時間に 音がなる。
⑦				

図VI-9 第2時生徒ワークシート例

・あなたのシーズを基に問題を見つけて、解決する方法を考えよう

シーズ ※選のシーズ表から好きなものを選んで、組み合わせたりしよう。	音(ブザー)	
問題発見	理想の状態	現状
	魚のとりすぎを防ぐ。	魚のとりすぎにより、水産資源が減少している。
関連するSDGs	14	
解決する方法	イラスト	製品の特徴や使い方
		<ul style="list-style-type: none"> 魚をのせて重さを量り、一定の量以上の魚をのせると、ブザーが鳴る。 重さが表示される。

・あなたのシーズを基に問題を見つけて、解決する方法を考えよう

シーズ ※選のシーズ表から好きなものを選んで、組み合わせたりしよう。	LED、モーター ^{※2} 、ギアボックス	
問題発見	理想の状態	現状
	電気(明かり)がない村などに、光や電気を供給したい。(明かりのある生活にしたい。)	エネルギー変換効率が追いつかない。範囲が広すぎる。 今はそんなものはない。
関連するSDGs	4, 7, 9,	
解決する方法	イラスト	製品の特徴や使い方
		<p>モーターを2つ使い、反射板の回転、LEDを含めた部分の回転を可能にした。(反射板は、一周の中で若干角度を変え、光が様々な方向へ広がるようにする。もしモーターが1個しか使えないなら、下の方のモーターは無くてもよい。)</p> <p>スイッチで、どちらか一方、又は両方同時に回転させることが可能。</p>

図VI-10 第3時生徒ワークシート例

表VI-3 ユーザ想定へのMP学習実践の効果

ユーザ想定	未習群 n=33	知識学習群 n=32	見方・考え方群 n=27	MP学習群 n=52	独立性の検定	効果量 Cramer's V
自分	頻度 23	29	22	29	$\chi^2_{(3)}=13.44^{**}$	0.31
	割合 69.70%	90.63%	81.48%	55.8%		
	残差 -0.26	2.71 ^{**}	1.27	-3.15 ^{**}		
家族	頻度 9	10	5	12	$\chi^2_{(3)}=0.69$	0.10
	割合 27.27%	31.25%	18.52%	23.1%		
	残差 0.34	0.93	-0.86	-0.40		
友人	頻度 9	8	11	10	$\chi^2_{(3)}=4.28$	0.17
	割合 27.27%	25.00%	40.74%	19.2%		
	残差 0.13	-0.20	1.87	-1.47		
学校の教職員	頻度 7	5	7	7	$\chi^2_{(3)}=2.22$	0.12
	割合 21.21%	15.63%	25.93%	13.5%		
	残差 0.54	-0.41	1.18	-1.08		
社会一般の人	頻度 16	10	7	28	$\chi^2_{(3)}=7.92^*$	0.24
	割合 48.48%	31.25%	25.93%	53.8%		
	残差 0.81	-1.44	-1.92 [†]	2.10 [*]		
その他	頻度 2	1	0	6	Fisher直接確率検定 p=0.23	
	割合 6.06%	3.13%	0.00%	11.5%		

* $p<0.05$ ** $p<0.01$

れた。このことから、MP 学習によって問題発見の視野が広がり、社会一般の人を対象とした問題を見出すことができるようになったと考えられる。

4.2.2 問題の範囲

「問題の範囲」について集計し、 χ^2 検定を行った。その結果、表VI-4 より、「家庭生活」、「学校生活」、「地域生活」、「社会全般」について各群間で有意差が確認された($\chi^2_{(9)} = 32.12$, $p < .01$)。その後の残差分析から、MP 学習群は「学校生活」の範囲の問題発見が見方・考え方群よりも有意に少なく(1%水準)、「社会全般」の範囲で、例えば「絶滅危惧種が増えているので減らしたい」といった問題発見が、知識学習群と見方・考え方群よりも有意に多い(5%水準)結果となった。このことから、「ユーザ想定」と同様に、MP 学習によって問題発見の視野が広がり、社会的な問題を見出すことができるようになったと考えられる。

表VI-4 問題の範囲への MP 学習実践の効果

問題の範囲		未習群 n=33	知識学習群 n=32	見方・考え方群 n=27	MP学習群 n=52
家庭生活	頻度	7	17	9	15
	割合	21.21%	53.13%	33.33%	28.85%
	残差	-1.68	2.69**	0.00	-0.86
学校生活	頻度	4	7	11	3
	割合	12.12%	21.88%	40.74%	5.77%
	残差	-0.91	0.76	3.56**	-2.76**
地域生活	頻度	2	1	2	6
	割合	6.06%	3.13%	7.41%	11.54%
	残差	-0.39*	-1.09	-0.05	1.32
社会全般	頻度	20	7	5	28
	割合	60.61%	21.88%	18.52%	53.85%
	残差	2.51*	-2.58*	-2.71**	2.23*

$\chi^2_{(9)} = 32.12$, $p < .01$

** $p < .01$ * $p < .05$ Cramer's V = 0.27

4.2.3 問題のタイプ

「問題のタイプ」について集計した(表VI-5)。その結果、いずれの群も発生型の問題発見が最も多かった。それに続いて探索型、設定型の問題発見を行っていた。しかし、これらの頻度については群間に有意な差は認められなかった。

4.3 課題設定力に対する多段階シーズ転移型問題発見・課題設定学習の効果

4.3.1 目標の探索

(1) 目標の具体性

表VI-5 問題のタイプへのMP学習実践の効果

問題のタイプ		未習群 n=33	知識学習群 n=32	見方・考え方群 n=27	MP学習群 n=52
発生型	頻度	20	25	15	28
	割合	60.61%	78.13%	55.56%	53.85%
	残差	20.17	19.56	16.50	31.78
探索型	頻度	10	5	11	19
	割合	30.30%	15.63%	40.74%	36.54%
	残差	10.31	10.00	8.44	16.25
設定型	頻度	3	2	1	5
	割合	9.09%	6.25%	3.70%	9.62%
	残差	2.52	2.44	2.06	3.97

 $\chi^2_{(6)}=6.84$ n.s.

Cramer's V = 0.15

「目標の具体性」について集計した。その結果、各群の平均値と標準偏差は、未習群 1.91(S.D.:0.68), 知識学習群 2.34(S.D.:0.65), 見方・考え方群 2.70(S.D.:0.47), MP 学習群 2.83(S.D.:0.43)であった。これらについて Kruskal-Wallis 検定を行ったところ、有意差が確認された ($\chi^2_{(3)}=44.03$, $p<.01$)。

さらに、MP 学習群と各群間について、Mann-Whitney の U 検定を行ったところ、MP 学習群と未習群間 ($U=265.50$, $r=0.66$, $p<.01$), MP 学習群と知識獲得群間 ($U=489.00$, $r=0.43$, $p<.01$) において有意差が確認された。このことから、MP 学習によって、例えば「エネルギー問題を解決し、発展途上国でも設置できるような安価な水力発電。雨が降った日に水が流れる力を利用する」といったように、具体的な目標が設定できることが確認された。しかし、見方・考え方群との間に差はなかった。第5章の結果より、目標の具体性は見方・考え方に気づかせる学習によっても高められている。そのため、MP 学習群ではさらなる向上が見られなかったと考えられる。

(2) 目標の主題

「目標の主題」について集計し、Fisher の直接確率検定を行った。その結果、表VI-6 より「防災・減災」、「安全」、「環境対策」、「生活利便性」について各群間で有意差が確認され

表VI-6 目標の主題へのMP学習実践の効果

目標の主題	未習群		知識学習群		見方・考え方群		MP学習群		多重比較 (Holm)	
	頻度	割合	頻度	割合	頻度	割合	頻度	割合	群間比較	調整後P値
防災・減災	0	0.00%	1	3.13%	1	3.70%	5	9.62%	未習群 vs DL学習群	0.0075
									知識学習群 vs DL学習群	0.0158
安全	0	0.00%	1	3.13%	1	3.70%	9	17.31%		0.045
										0.079
環境対策	8	24.24%	2	6.25%	2	7.41%	10	19.23%		
生活利便性	25	75.76%	28	87.50%	23	85.19%	28	53.85%		
Fisherの直接確率検定 $p=0.0045$										
Cramer's V=0.41										

た($p = 0.00$)。その後、群間で Holm 法による多重比較を行った結果、未習群と MP 学習群間($p = 0.01$, $p < .01$)、知識学習群と MP 学習群間($p = 0.02$, $p < .05$)で有意差が確認された。各項目における各群の割合を確認すると、未習群では「防災・減災」0.00%、「安全」0.00%、「環境対策」24.24%、「生活利便性」75.76%で「防災減災」、「安全」が著しく低く、知識学習群では「防災減災」3.13%、「安全」3.13%、「環境対策」6.25%、「生活利便性」87.50%と「生活利便性」に偏りがあるに対して、MP 学習群では、例えば「コロナ禍で手を洗ったり消毒したりすることがとても大切」とし、自動の消毒台が必要といった「防災・減災」を目標とした課題設定が 9.62%、「煙による体への影響を減らす」ための煙排出機といった「安全」を目標とした課題設定が 17.31%、「二酸化炭素の排出量を減らす」ための太陽光で動く扇風機といった「環境対策」を目標とした課題設定が 19.23%、「エアコンの風が部屋全体に行きわたらせ部屋をすぐに暖かくする」ためのサーキュレーターといった「生活利便性」を目標とした課題設定が 53.85%となり、各項目に分かれていることが確認できる。このことから、MP 学習によって社会的な多様な問題について取り組んだことによって、課題設定の多様化が進んだと考えられる。

4.3.2 アイデアの生成

(1) アイデアの多面性と具体性

「アイデアの多面性と具体性」について集計した。その結果、各群の平均値と標準偏差は、未習群 1.51(S.D.:0.76)、知識学習群 1.97(S.D.:0.82)、見方・考え方群 2.41(S.D.:0.69)、MP 学習群 2.62(S.D.:0.57)であった。これらについて Kruskal-Wallis 検定を行ったところ、有意差が確認された ($\chi^2_{(3)} = 39.20$, $p < .01$)。

さらに、MP 学習群と各群間について、Mann-Whitney の U 検定を行ったところ、MP 学習群と未習群間 ($U = 258.00$, $r = 0.63$, $p < .01$)、MP 学習群と知識獲得群間 ($U = 471.00$, $r = 0.40$, $p < .01$) において有意差が確認された。MP 学習を行った生徒は例えば、登校時は両手が塞がっていることと、消毒液がなくなっても気づかないという問題に対して、手をかざしたら自動で噴霧したり、言葉によって反応させたり、ペダルで踏むことで噴霧したりと方法を考えたのち、「元々あるペダルを踏むとアルコールが出るものに、なくなりかけてきたら重さで判断できるようにし、赤いランプをつけて知らせてくれる機能を追加しました。」といった具体的・多面的にアイデアを考えられていた。このように具体的・多面的にアイデアを考えることができていたものの、見方・考え方群との間に差は見られなかった。

これは、第5章の結果より、アイデアの多面性と具体性は見方・考え方に気づかせる学習によって十分に高められているため、MP 学習群ではさらなる向上が見られなかったと考えられる。

(2) 発想のスタイル

「発想のスタイル」について集計し、Fisher の直接確率検定を行った。その結果、表VI-7より、「自由連想」、「既存製品類比連想」、「技術的根拠連想」について各群間で有意差が確認された($p=0.02$)。その後、その後、群間で Holm 法による多重比較を行った結果、未習群と MP 学習群間($p=0.02, p<.05$)で有意差が確認された。各項目における各群の割合を確認すると、未習群では「自由連想」45.45%、「既存製品類比連想」54.55%、「技術的根拠連想」0.00%であった。MP 学習群では「自由連想」19.23%、「既存製品類比連想」63.46%、「技術的根拠連想」17.31%となり、「技術的根拠連想」が高いことが確認できる。このことから、基礎的な知識学習後に MP 学習を行うことによって、技術的な根拠をもとに課題設定を行う生徒が増えたと考えられる。

4.3.3 行動の準備

(1) 計画の具体性

「計画の具体性」について集計した。その結果、各群の平均値と標準偏差は、未習群 1.15(S.D.:0.62)、知識学習群 1.63(S.D.:0.91)、見方・考え方群 2.11(S.D.:0.75)、MP 学習群 2.52(S.D.:0.83)であった。これらについて Kruskal-Wallis 検定を行ったところ、有意差が確認された ($\chi^2_{(3)} = 47.35, p < .01$)。

さらに、MP 学習群と各群間について、Mann-Whitney の U 検定を行ったところ、MP 学習群と未習群間 ($U = 210.00, r = 0.68, p < .01$)、MP 学習群と知識獲得群間 ($U = 406.50, r = 0.47, p < .01$)、MP 学習群と見方・考え方群間 ($U = 475.50, r = 0.30, p < .01$)において有意差が確認された。このことから、MP 学習によって、例えば「平凸レンズ、スイッチ、単三電池、導線、プラスチック、LED ライトが必要で、寸法をはかり、設計し、材料を集め、試作品を制作後、試運転をして完成」といったように、具体的な計画を立てることができていた。知識学習、見方・考え方への気づきを経ても計画の具体性については十分に高められていなかった。しかし、今回の MP 学習によって計画の具体性が高まることが確認された。これは、シーズを明確化することによって、より具体的に製作品の計画をイメージすることができるようになったためであると考えられる。

表VI-7 発想スタイルへのMP学習実践の効果

発想のスタイル	未習群 n=33		知識学習群 n=32		見方・考え方群 n=27		MP学習群 n=52		多重比較 (Holm)	
	頻度	割合	頻度	割合	頻度	割合	頻度	割合	群間比較	調整後P値
自由連想	15	45.45%	10	31.25%	9	33.33%	10	19.23%	未習群 vs 知識学習群	0.0143
									未習群 vs DL学習群	0.0031
既存製品 類比連想	18	54.55%	15	46.88%	16	59.26%	33	63.46%		0.0715
										0.0186
技術的 根拠連想	0	0.00%	7	21.88%	2	7.41%	9	17.31%		

Fisherの直接確率検定 $p = 0.0198$ Cramer's $V=0.31$

表VI-8 技術的な工夫へのMP学習実践の効果

技術的な工夫	未習群 n=33	知識学習群 n=32	見方・考え方群 n=27	MP学習群 n=52	効果量 Cramer's V	多重比較 (Holm) 群間比較	調整後 p 値
材料の選択の工夫	頻度 18.18% 割合 -0.93 残差	3 9.38% -2.23*	9 33.33% 1.21	17 32.69% 1.76†	0.23	n.s.	
材料の加工方法の工夫	頻度 0.00% 割合 0	0 0.00% 0	1 3.70% 0.68	1 1.92% -0.43	0.12	Fisher直接確率検定 p=0.67	
材料・筐体	頻度 11 33.33% 割合 0.74 残差	8 25.00% -0.47	9 33.33% -1.54	17 32.69% 0.90	0.07	$\chi^2_{(3)}=7.73$	
筐体の構造や 形状の工夫	頻度 2 6.06% 割合 0.36 残差	1 3.13% -0.52	2 7.41% 0.68	2 3.85% -0.43	0.08	$\chi^2_{(3)}=0.81$	
実装・機能追加の工夫	頻度 0 0.00% 割合 0	8 25.00% 0	8 29.63% 0.68	28 53.85% -0.43	0.44	Fisher直接確率検定 p=0.00	未習群 vs 知識学習群 0.01 未習群 vs 見方・考え方群 0.00 未習群 vs シーズ・ニーズ探究群 0.00 知識学習群 vs シーズ・ニーズ探究群 0.04
回路の工夫 (回路やスイッチの工夫)	頻度 6 18.18% 割合 -2.10*	8 25.00% -1.13	6 22.22% -1.36	28 53.85% 3.93**	0.33	$\chi^2_{(3)}=15.76$ **	
電源の工夫	頻度 5 15.15% 割合 -2.02*	5 15.63% -1.91†	3 11.11% -2.29*	29 55.77% 5.28**	0.44	$\chi^2_{(3)}=28.05$ **	
負荷やアクチュエータなど の電気的な作業部の工夫	頻度 9 27.27% 割合 -0.37 残差	9 28.13% -0.24	12 44.44% 1.84	13 25.00% -0.96	0.16	$\chi^2_{(3)}=3.48$	
実装・機能追加の工夫	頻度 0 0.00% 割合 0	3 9.38% 0	1 3.70% 0	14 26.92% 0	0.34	Fisher直接確率検定 p=0.00	未習群 vs シーズ・ニーズ探究群 0.00 見方・考え方群 vs シーズ・ニーズ探究群 0.07
機構の工夫	頻度 0 0.00% 割合 0	0 0.00% 0	2 7.41% 0	3 5.77% 0	0.17	Fisher直接確率検定 p=0.24	
力学的な動力の工夫	頻度 0 0.00% 割合 0	0 0.00% 0	2 7.41% 0	3 5.77% 0	0.17	Fisher直接確率検定 p=0.22	
力学的な作業部の工夫	頻度 3 9.09% 割合 0.77 残差	2 6.25% 0.00	3 11.11% 1.16	1 1.92% -1.61	0.15	$\chi^2_{(3)}=3.20$	
実装・機能追加の工夫	頻度 2 6.06% 割合 -1.86 残差	7 21.88% 0.89	3 11.11% -0.86	12 23.08% 1.55	0.19	$\chi^2_{(3)}=5.44$	
センサの工夫	頻度 6 18.18% 割合 0.81 残差	6 18.75% 0.90	6 22.22% 1.39	2 3.85% -2.62	0.22	$\chi^2_{(3)}=7.09$ †	n.s.
制御	頻度 6 18.18% 割合 0.81 残差	6 18.75% 0.90	6 22.22% 1.39	2 3.85% -2.62	0.22	$\chi^2_{(3)}=7.09$ †	n.s.

† $p < 10^{-1}$ ** $p < 0.01$

(2) 技術的な工夫の分類

「技術的な工夫」について集計した（表VI-8）。その後、「材料・加工」に関する工夫、「電気」に関する工夫、「機械」に関する工夫、「情報」に関する工夫のそれぞれの項目について、未習群、知識学習群、見方・考え方群、MP 学習群の群間で χ^2 検定（項目に 0 がある場合は Fisher の直接確率計算法）を行った。その結果、表VI-8 より、「電気」に関する工夫のうち、「回路やスイッチの工夫」、「電源の工夫」、「負荷やアクチュエータの工夫」について 1% 水準で有意差が確認された。また、「機械」に関する工夫のうち、「機構の工夫」について 1% 水準で有意差が確認された。残差分析から、MP 学習群では、例えば「並列回路にして電池でも発電しながらでも使えるようにする。」といった「回路やスイッチの工夫」や、「地球環境のために太陽光パネルがついた扇風機」といった「電源の工夫」、「電磁調理器と同じ原理で熱を作り水を沸騰させる。その際、磁石は強いもので、コイルの巻き数も多くする」といった「負荷やアクチュエータの工夫」、「プーリーとベルトを使い、少しの力で大きく強い力を生み出し耕作を楽にする」といった「機構の工夫」による課題設定が有意に多い(1%水準)ことが確認された。このことから、シーズ探究活動で整理したシーズに関連して、技術的な工夫が高まっており、MP 学習によって、多様な技術的な工夫による課題設定が確認された。これは、班ごとのシーズ表を作成したことによって、多様な視点で問題を探索し、課題化することができたのではないかと考えられる。

(3) 解決のアプローチ

「解決のアプローチ」について集計した。その後、「自動化」、「大型化」、「小型化」、「変形化」、「多機能化」、「遠隔化」、「環境負荷低減化」、「3R 化」、「高速化」、「知覚化」について、未習群、知識学習群、見方・考え方群、MP 学習群の群間で χ^2 検定（項目に 0 がある場合は Fisher の直接確率計算法）を行った。その結果、表VI-9 より、MP 学習群では「環境負荷低減化」について 5% 水準で有意差が確認された。残差分析から、MP 学習群では例えば「誰でも電気が使えるようにボールベアリングとラチェット機構を用いて効率をあげた水力発電」といった「環境負荷低減」による課題設定が有意に多い(5%水準)ことが確認された。これは、ニーズの探究活動において、SDGs を対象としたため、再生可能エネルギーを活用する「環境負荷低減化」による解決のアプローチが増えたと考えられる。

表VI-9 解決のアプローチへのMP学習実践の効果

解決のアプローチ		未習群 n=33	知識学習群 n=32	見方・考え方群 n=27	MP学習群 n=52	独立性の 検定	効果量 Cramer's V
自動化	頻度	18	21	15	26	$\chi^2_{(3)}=1.98$	V = 0.12
	割合	54.55%	65.63%	55.56%	50.00%		
	残差	-0.13	1.30	0.00	-1.01		
大型化	頻度	2	2	2	6	$\chi^2_{(3)}=1.13$	V = 0.09
	割合	6.06%	6.25%	7.41%	11.54%		
	残差	-0.53	-0.48	-0.19	1.04		
小型化	頻度	6	6	9	12	$\chi^2_{(3)}=2.40$	V = 0.13
	割合	18.18%	18.75%	33.33%	23.08%		
	残差	-0.74	-0.64	1.43	0.03		
変形化	頻度	5	8	11	7	$\chi^2_{(3)}=8.93^*$	V = 0.25
	割合	15.15%	25.00%	40.74%	13.46%		
	残差	-1.02	0.54	2.69**	-1.77†		
多機能化	頻度	18	17	16	18	$\chi^2_{(3)}=6.01$	V = 0.20
	割合	54.55%	53.13%	59.26%	34.62%		
	残差	0.87	0.67	1.31	-2.40		
遠隔化	頻度	4	3	6	5	$\chi^2_{(3)}=3.01$	V = 0.15
	割合	12.12%	9.38%	22.22%	9.62%		
	残差	-0.07	-0.61	1.69	-0.78		
環境負荷低減化	頻度	7	3	5	19	$\chi^2_{(3)}=8.91^*$	V = 0.25
	割合	21.21%	9.38%	18.52%	36.54%		
	残差	-0.37	-2.15*	-0.69	2.75**		
3R化	頻度	5	1	1	1	$\chi^2_{(3)}=7.64$ †	V = 0.23
	割合	15.15%	3.13%	3.70%	1.92%		
	残差	2.74**	-0.68	-0.47	-1.43		
高速化	頻度	5	6	3	5	$\chi^2_{(3)}=1.66$	V = 0.11
	割合	15.15%	18.75%	11.11%	9.62%		
	残差	0.38	1.05	-0.35	-0.95		
知覚化	頻度	6	10	8	9	$\chi^2_{(3)}=3.29$	V = 0.15
	割合	18.18%	31.25%	29.63%	17.31%		
	残差	-0.74	1.27	0.92	-1.20		

† $p < .10$ * $p < .05$

4.4 問題発見・課題設定後の問題解決的な学習

4.4.1 製作の様子

問題発見・課題設定後は、問題解決課題としてグループで「SDGs から見出した問題を解決する製品を作ろう」に取り組んだ。1 時間目の「拡張フェーズで見出した問題と設定した課題のまとめ活動」ではグループで、自分達の問題発見・課題設定を紹介し合い、議論を重ねながら製作物を決定していた。2 時間目の「役割分担、設計活動」では、各部門に分かれて設計活動を行った。その際、材料を触りながら具体的に思案していた。また、筐体設計、

回路設計、部品調整、の全てが自由課題であるため、頻繁に役割間でコミュニケーションをとっている様子が確認できた。筐体についてはグループによって、用意した材料の内、スチレンブロックをベースと製作したり、プラスチックダンボールをベースとしたりと様々であった。3～5 時間目の製作活動では、意欲的に作業を進めていた。回路については、一度シミュレーション教具を用いて動作を確認し、製作に取り掛かる様子が見られた。時間削減のため、電気回路はワニ口クリップで繋ぎ合わせるようにした。その際、ショート回路とならないように十分に注意させた。自由度が高いため、様々な工夫を凝らした作品が見られた。完成度は、各グループのリーダーが製作品の報告書を作成した。その実際の例を図VI-11、図VI-12 に示す。6 時間目の発表会では、グループごとに発表を行った。

4.4.2 問題解決活動後の調査結果

調査対象 52 名中 2 名の回答に不備があったため除外し、50 名を最終的な調査対象とした（有効回答率 96.15%）。回答及び分析結果を表VI-10 に整理する。

表VI-7 から、全ての項目において 1%水準で有意に肯定的な回答が得られた。また、生徒は問題解決学習に意欲的に取り組むとともに、「自ら工夫し創造しようとする態度」の習得感が高くなった。自由記述では「私はこれまでに身の回りにある様々な製品が使う人が便利に利用できるようにするための工夫から作られていることを考えたことがなかったのでこの授業を通して製作者はすごいと感じた。実際に自分でも SDGs について考え一つの問題を解決するためにエネルギー変換の技術を使った製品のモデルを作ることができて面白かった。班で協力して活動できたのもよかった。またその中で少しでも使いやすく人の役に立つように工夫できたのでうまくいった時はとても嬉しかった。」や、「エネルギー変換の授業をして 世界が抱えている問題を兼ねて考えたり SDGs について実際に調べたりして楽しく授業受けることができました。SDGs の問題を少しでも解決するために自分たちにできる事はたくさんあって、サンプルの製品を作るときに自分たちにできることを形にすることができて面白かったです。少しでも世界の問題が減るためにできる事は、これからもやっていきたいと言う考えに結びつけて考えることができました。」、「世界中の問題からどのよ

SDGsから見出した問題を解決する製品 報告書

課題名
2年(2)組(6)班

役割	仕事内容	メンバー
リーダー	全体指揮・報告書作成	
回路設計	使用する回路を設計し製作する	
筐体・構造設計	製作物の形や、構造を設計し、製作する	
部品整備	使用する部品を製作したり、調整を行ったりする	

解決すべき問題

理想の状態	現状
目が見えない人でも、耳が聞こえない人でも会話ができる。	今は、そのようにできていない。

使用目的・使用条件

使用目的	目が見えない、聴きえない人が目と耳とを繋ぐ。
使用条件	ホームレスを減らす。など持つ。

製作品品についての説明

製作品品の使用手法や工夫点についての説明を書こう。

写真

- 目が見えない人へ、手話をする時は、片方の手の指を、内側にし、上唇がある方、2cm、手を出して、音が通る。
- 聴きえない人へ、手話をする時は、片方の手の指を、外側にし、舌の裏に、舌を押し、音が通る。
- 片方の手の指を、内側にし、舌の裏に、舌を押し、音が通る。
- 片方の手の指を、外側にし、舌の裏に、舌を押し、音が通る。


工夫

- 目が見えない人へ、手話をする時は、片方の手の指を、内側にし、上唇がある方、2cm、手を出して、音が通る。
- 聴きえない人へ、手話をする時は、片方の手の指を、外側にし、舌の裏に、舌を押し、音が通る。
- 片方の手の指を、内側にし、舌の裏に、舌を押し、音が通る。
- 片方の手の指を、外側にし、舌の裏に、舌を押し、音が通る。

SDGs: ① 貧困の撲滅


製作品品(写真)

完成した製作品品の写真を貼ろう。



使用時のイメージ

実際に使用する状態にまでなった製品のイラストを描こう。



図VI-11 製品の報告書例 1

SDGsから見出した問題を解決する製品 報告書

課題名
2年(4)組(2)班

役割	仕事内容	メンバー
リーダー	全体指揮・報告書作成	
回路設計	使用する回路を設計し製作する	
筐体・構造設計	製作物の形や、構造を設計し、製作する	
部品整備	使用する部品を製作したり、調整を行ったりする	

解決すべき問題

理想の状態	現状
魚を育てるのに、水が汚れるのを防ぐ。	今は、そのようにできていない。

使用目的・使用条件

使用目的	魚を育てるのに、水が汚れるのを防ぐ。
使用条件	魚の飼育。

製作品品についての説明

製作品品の使用手法や工夫点についての説明を書こう。

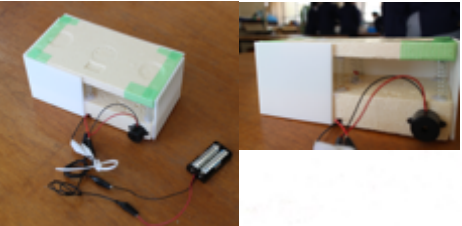
- ・ 魚を育てるのに、水が汚れるのを防ぐ。
- ・ 魚が食べ残した餌を、水が汚れるのを防ぐ。
- ・ 魚が食べ残した餌を、水が汚れるのを防ぐ。
- ・ 魚が食べ残した餌を、水が汚れるのを防ぐ。

工夫

- ・ 魚が食べ残した餌を、水が汚れるのを防ぐ。
- ・ 魚が食べ残した餌を、水が汚れるのを防ぐ。
- ・ 魚が食べ残した餌を、水が汚れるのを防ぐ。
- ・ 魚が食べ残した餌を、水が汚れるのを防ぐ。

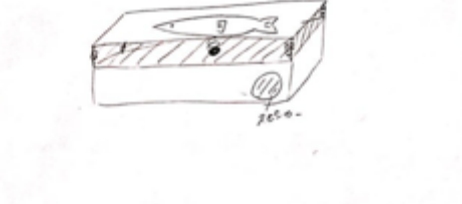
製作品品(写真)

完成した製作品品の写真を貼ろう。



使用時のイメージ

実際に使用する状態にまでなった製品のイラストを描こう。



図VI-12 製品の報告書例 2

表VI-10 問題解決的な学習後の質問紙調査結果

	質問項目	度数					平均	標準偏差	正規性検定		正規分布 適合度検定			
		5	4	3	2	1			p 値	p 値				
基礎的な知識の学 習についての項目	①エネルギー変換の技術の基礎的な知識（エネルギーとは、発電、直流交 流、電気回路、エネルギーの変換、電気の安全な使用、運動を伝える仕組 み、リンク装置、カム機構など）が身についた	13	21	16	0	0	3.94	0.77	0.26	$\chi^2_{(4)}=48.51^{**}$				
	②エネルギー変換の技術の基礎的な知識の学習について意欲的に取り組む ことができた	23	17	10	0	0	4.26	0.78	0.41	$\chi^2_{(4)}=130.50^{**}$				
	③手動発電機の分解を通して設計者の工夫を読み取ることができた	13	25	12	0	0	4.02	0.71	0.36	$\chi^2_{(4)}=57.95^{**}$				
手動発電機の分解 についての項目	④手動発電機に込められた最適化（制約条件の中で一番良い答えを考える こと）に気づくことができた	14	20	12	4	0	3.88	0.92	0.83	$\chi^2_{(4)}=48.25^{**}$				
	⑤手動発電機の分解に対して意欲的に取り組むことができた	24	19	6	1	0	4.32	0.77	0.26	$\chi^2_{(4)}=146.63^{**}$				
	⑥手動発電機の分解を通して、身の回りの問題を技術によって解決したい と思うことができた	14	23	12	1	0	4.00	0.78	0.51	$\chi^2_{(4)}=57.75^{**}$				
SDGsの問題を解 決する製品の製作 についての項目	⑦エネルギー変換の技術の授業を通して自分なりに生活と社会の中から問 題を見つけることができた	16	24	10	0	0	4.12	0.72	0.46	$\chi^2_{(4)}=76.41^{**}$				
	⑧エネルギー変換の技術の授業を通して見つけた問題から課題（問題の解 決のためにすべきこと）を考えることができた	16	24	10	0	0	4.12	0.72	0.46	$\chi^2_{(4)}=76.41^{**}$				
	⑨SDGsの問題を解決する製品の構想を自分なりに考えることができた	20	17	13	0	0	4.14	0.81	0.18	$\chi^2_{(4)}=97.26^{**}$				
	⑩SDGsの問題を解決する製品を自分なりに設計することができた	18	18	13	1	0	4.06	0.84	0.11	$\chi^2_{(4)}=78.55^{**}$				
	⑪SDGsの問題を解決する製品を自分なりに製作の過程で評価し、改善や 修正することができた	15	20	12	3	0	3.94	0.89	0.69	$\chi^2_{(4)}=55.95^{**}$				
	⑫SDGsの問題を解決する製品の製作に意欲的に取り組むことができた	25	13	12	0	0	4.26	0.83	0.36	$\chi^2_{(4)}=150.23^{**}$				
	⑬SDGsの問題を解決する製品の製作を通してエネルギー変換の技術の理 解を深めることができた	19	21	10	0	0	4.18	0.75	0.21	$\chi^2_{(4)}=95.16^{**}$				
	⑭作品の形や機能、構造、回路、部品調整等を考えるとき、いくつかのア イディアの良し悪しについて考えた。	15	23	10	2	0	4.02	0.82	0.72	$\chi^2_{(4)}=63.97^{**}$				
	⑮作品の形や機能、構造、回路、部品調整等を考えるとき、試作品（模 型、モデル）を作ってみた。	17	14	11	6	2	3.76	1.17	0.88	$\chi^2_{(4)}=59.42^{**}$				
	⑯実習（作業や実験など）でつまづいたとき、自分で考えた解決方法を試 してみた。	16	15	11	8	0	3.78	1.07	0.50	$\chi^2_{(4)}=53.60^{**}$				
	⑰作品の形や機能、構造、回路、部品調整等について、グループで話し合 いアイデアを出し合った。	26	13	10	1	0	4.28	0.86	0.48	$\chi^2_{(4)}=162.57^{**}$				
	⑱エネルギー変換の技術をこれから工夫し創造しようとする態度が身につ いた	21	18	9	2	0	4.16	0.87	0.45	$\chi^2_{(4)}=107.60^{**}$				
	エネルギー変換の技術の授業全体に ついての項目	⑨エネルギー変換の技術による問題解決に意欲的に取り組めた	23	18	9	0	0	4.28	0.76	0.35	$\chi^2_{(4)}=132.41^{**}$			
		質問項目	度数					平均	標準偏差	肯定		否定 度数	割合	割合
4			3	2	1	0	度数			割合				
エネルギー変換の 技術の授業全体に ついての項目	①エネルギー変換の技術の授業はおもしろかったですか	41	9	0	0	0	3.82	0.39	50	100%	0	0%	0.00	
	②エネルギー変換の技術の授業はわかりやすかったですか	40	8	2	0	0	3.76	0.52	48	96%	2	4%	0.00	
	③エネルギー変換の技術の授業内容が自身に身についたと思いますか	32	17	0	1	3.60	0.61	49	98%	1	2%	0.00		
	④エネルギー変換の技術の授業内容はあなたにとって役立つものでしたか	38	9	3	0	3.70	0.58	47	94%	3	6%	0.00		
	⑤エネルギー変換の技術の授業内容は興味を持って取り組むことができ た	34	13	2	1	3.60	0.67	47	94%	3	6%	0.00		
	⑥エネルギー変換の技術の授業の難易度は適切であった	21	25	3	1	3.32	0.68	46	92%	4	8%	0.00		
	⑦エネルギー変換の技術の授業には全体的に満足であった	39	10	1	0	3.76	0.48	49	98%	1	2%	0.00		

n=50

うな製品が生活を便利にしてくれるかを考えながら作ることができました。エネルギー変換の技術が人々を助けることにつながり、今まで学んだ学習をしっかりと生かすこともできました。自分なりにエネルギーの活用や仕組みを考えて協力しながら製品を作れてよかったです。」といった回答が見られ、知識をシーズ化し、社会的な問題に転移させることで、学習の価値を感じている様子が確認できた。

4.5 考察

以上の結果より、MP 学習による問題発見・課題設定力への効果について図VI-13に整理した。図VI-13より、以下のように考察できる。

まず、問題発見についてはMP 学習群において、「社会一般の人」をユーザに想定した問題と、「社会全般」を問題の範囲として問題を見出している生徒の割合が多いことから、本章におけるシーズ志向のMP 学習の実践によって、問題発見の視野が広がったことが明らかとなった。これは、漠然とした知識を体制化し、シーズ化したことによって、難易度の高い社会的なニーズから問題を見出すことができるようになったと考えられる。また、第2章で示した問題発見・課題設定力が高い生徒の特徴のうち、問題のタイプは探索的な問題であった。本章の結果では有意差は見られなかったが、MP 学習群の探索型の割合が、未習群、知識学習群、見方・考え方群に比べて高いことから、一定の効果があつたと考えられる。これらのことから、本実践によって、問題発見力を高めることができたと考えられる。

課題設定については、課題を設定する際の技術の工夫の多様化が確認できた。これは、シーズ志向MP 学習の実践における、シーズ表の作成と、それをもとにした問題発見・課題設定を行なったことで、より質の高い知識の体制化ができた上に、自分だけのシーズの枠組みを超えて問題を見出すことができたためであると考えられる。また、目標の主題についてもMP 学習群において多様化が確認できた。これは視野が狭く生活の範囲で問題を見出している状況では、「生活利便性」を目標とする割合が高くなってしまいが、社会的な問題を見出すと、「防災・減災」、「環境対策」、「安全」等の多様な目標を設定する必要があるため、目標の主題の多様化が確認できたと考えられる。また、発想のスタイルにおいては、MP 学習群は他群と同様に「既存製品類比連想」が一番多く行われていた。しかし、未習群

に対して有意差が見られ、自由連想が少なくなり、技術的根拠連想が高まっていた。このことから、何かの知識や情報をもとに発想するスタイルになっており、シーズ志向に沿った学びができていたと考えられる。解決のアプローチについては MP 学習群が「環境負荷低減化」について有意に高いことが明らかとなった。SDGs から問題を見出す探究ループを辿ったことで、世界的な環境問題に見方が向き、問題を見出しやすくなったのではないかと考えられる。

また、図VI-13 の問題解決学習後の質問紙調査結果から、全ての項目について肯定的な回答が得られ、自由記述から学習への価値を感じている様子が確認できた。これは、知識を活用して生活や社会をよりよくするという学習の文脈のもと、知識をシーズ化し、社会的な問題に転移させることで、知識を学習する意味や、エネルギー変換の技術の学習への価値を感じることができたのではないかと考えられる。

以上のことから、MP 学習によって、問題発見・課題設定力を高めることができたと考え

項目名			未習群	知識学習群	見方・考え方群	MP学習群
問題発見	ユーザ想定	自分		▲		▼
		社会一般の人				△
	問題の範囲	家庭生活		▲		
		学校生活			▲	▼
		社会全般	△	▽	▽	△
実践結果	問題のタイプ			n.s.		
	目標の探索	▼	▼	n.s	▲	
	アイデアの生成	▼	▼	n.s	▲	
	行動の準備	▼	▼	▼	▲	
	目標の主題	▽			△	
課題設定	発想のスタイル	▽			△	
	技術的な工夫	回路の工夫	▼	▽		▲
		電源の工夫	▼			▲
		負荷やアクチュエータの工夫	▽		▽	▲
		機構の工夫	▼			▲
解決のアプローチ	変形化			▲		
	環境負荷低減化		▽		▲	
	3R化		▲			

▲有意に多い (p<.01) ▼有意に少ない (p<.01) △有意に多い (p<.05) ▽有意に少ない (p<.05)

■質問紙の5項目

- ・基礎的な知識の学習についての項目
- ・手動発電機の分解についての項目
- ・SDGsの問題を解決する製品の製作についての項目
- ・エネルギー変換の技術の授業全体についての項目
- ・エネルギー変換の技術の授業への感想についての項目

→いずれにおいても肯定的な回答が、1%水準で有意に高い。
意欲的に取り組み、自ら工夫し創造しようとする態度の習得感が高い

■自由記述例

「SDGsの問題を少しでも解決するために自分たちにできる事はたくさんある」
「少しでも世界の問題が減るためにできる事は、これからもやっていきたいという考えとなった」
「エネルギー変換の技術が人々を助けることにつながり、今まで学んだ学習をしっかりと生かすことができた」
→知識をシーズ化し、社会的な問題に転移させることで、学習の価値を感じることができている

図VI-13 第6章結果の整理

られる。一方で、SDGsからの問題発見・課題設定の取り組みによる直接的な影響がある場面も散見された。このことから、MP学習に用いる問題発見の題材が、生徒の問題発見・課題設定力に影響を与えられられる。そのため、その後の問題解決活動を見据えた題材を設定することが、重要であると考えられる。

5. まとめ

第6章では、問題発見・課題設定力を高めるMP学習を試行的に実践し、その効果を検討した。その結果、本実践における条件の下、以下のことが明らかになった。

- (1)問題発見については、「社会一般の人」をユーザに想定した問題と、「社会一般」を問題の範囲として問題を見出している生徒の割合が多いことから、MP学習の実践によって、問題発見の視野が広がったことが明らかとなった。
- (2)課題設定については、課題を設定する際に、「回路やスイッチの工夫」、「電源の工夫」、「負荷やアクチュエータの工夫」、「機構の工夫」について工夫している生徒が多く、技術の工夫の多様化することが明らかとなった。
- (3)課題設定の目標の主題についても、「防災・減災」、「安全」、「環境対策」の割合が高くなり、多様化することが明らかとなった。また、発想のスタイルにおいては、「自由連想」が少なくなり、「技術的根拠連想」が高まっていたことから、何かの知識や情報をもとに発想するスタイルになっており、シーズ志向に沿った学びの効果が示唆された。
- (4)生徒は本章での実践に対して肯定的な意見を持っており、エネルギー変換の技術の学習に価値を感じることができていた。また、生徒は問題解決学習に意欲的に取り組むとともに、「自ら工夫し創造しようとする態度」の習得感が高くなった。

第7章では、第1章から本章までの結果を整理し、結論と課題を整理する。

第7章 結論及び今後の課題

1. 本研究で得られた知見の整理

本研究の目的は、技術科における生徒の問題発見・課題設定力の育成に向けた学習指導方法を提案することであった。この目的に対し、第1章では問題発見・課題設定力育成の課題を展望し、研究のアプローチを決定した。そして、第2章では、第1章で決定した研究のアプローチに基づき、問題解決に必要な工夫・創造力に対する教員の意識と困りについて分析し、実践上の課題を探索的に把握した。第3章では、第2章で得られた知見に基づいて問題発見・課題設定力の評価の枠組みについて検討した。第4、5章では、第3章の問題発見・課題設定力の評価の枠組みに基づいて、問題発見・課題設定力を高めうる要因について検討した。第6章では、第3、4、5章で得られた知見に基づき、問題発見・課題設定力の育成に向けて、多段階シーズ転移型問題発見・課題設定学習を導入した指導方法を実践し効果を検証した。第2章以下、各章で得られた知見を以下に整理する。

1.1 技術科における工夫・創造力育成に対する教員の意識

第2章では、題材のタイプと技術科教員経験年数に着目し、技術科における生徒の工夫・創造力の育成に対する教員の意識を探索的に把握した。その結果、実施した調査及び分析方法の条件下において以下の知見が得られた。

- (1)技術科の教員経験年数に関わらず、工夫・創造力の育成には基礎・基本が重要であると認識している傾向が示唆された。また、時数不足と評価の難しさを感じていることが明らかとなった。
- (2)共通課題、選択課題を設定する教員は、工夫・創造力育成を発展的な内容であると捉え、知識、技能ともに基礎・基本をおさえて初めて工夫・創造力を活かした学びができると認識している傾向が示唆された。また、選択課題を設定する教員はエネルギー変換の技術における評価の難しさを感じていることが明らかとなった。

- (3)自由度の高い個別課題を設定する教員は、基礎・基本を重視しつつも、話し合い活動やアイデアを発想する活動等によって、工夫・創造力を高めさせることができると認識している傾向が示唆された。また、評価の難しさを感じていることが明らかとなった。
- これらの知見をもとに、問題発見・課題設定力を育成する指導方法について検討したところ、問題発見・課題設定に関する評価の枠組みの設定の重要性が示された。

1.2 生徒の問題発見・課題設定力を評価する枠組みの検討

第3章では、エネコン作品と公立中学生との比較を通して、技術科内容「C エネルギー変換の技術」における問題発見・課題設定力を評価する枠組みを検討した。その結果、本調査の条件下で以下の知見が得られた。

- (1)問題発見の評価の枠組みとして「問題のタイプ」，「問題の範囲」などの3観点，課題設定の評価の枠組みとして「目標の探索」，「アイデアの生成」，「行動の準備」など7観点を提案することができた。
- (2)問題発見力が高い生徒の特徴として，見いだした問題の範囲，ユーザ想定，問題のタイプのいずれにおいても，公立中学生よりも広がりがあり，社会に対する問題意識が深いことが明らかとなった。
- (3)課題設定力が高い生徒の特徴として，設定した課題が具体的であり，環境との関わりに着目し，技術的な根拠や既製品の仕組み等を基に発想しつつ，技術的な工夫や解決のアプローチが多様であることが明らかとなった。

これらの知見から，生徒の問題発見・課題設定力を評価する枠組みとその実態が示された。問題発見・課題設定力を育成するための指導方法検討するためには，問題発見・課題設定力を高めうる要因について検討する必要性が示された。

1.3 生徒の問題発見・課題設定力の形成に及ぼす基礎的な知識学習の影響

第4章では，生徒の問題発見・課題設定力の形成に及ぼす基礎的な知識学習の影響について検討した。その結果，本実践の条件下で，以下の知見が得られた。

- (1)基礎的な知識の問題発見力への影響として、未習群では、「社会一般の人」をユーザに想定した「社会全般」の発生型の問題を見いだしていたのに対して、知識学習群では、「自分」をユーザに想定した「家庭生活」や「学校生活」の発生型の問題を見出すことが明らかとなった。
 - (2)基礎的な知識が課題設定力へ与える影響として、未習群では「目標の探索」「アイデアの生成」「行動の準備」のいずれにおいても具体的に考えることができず、抽象的な課題設定となっていたのに対して、知識学習群ではより具体的に課題を設定することが明らかとなった。
 - (3)基礎的な知識を学習した生徒は、課題設定において、目標の主題が「生活利便性」に、技術的な工夫が「実装・機能追加の工夫」に、解決のアプローチが「センサの工夫」や「多機能化」に偏ることが明らかとなった。
- これらの知見から、基礎的な知識が問題発見・課題設定力に及ぼす効果とその限界を示すことができた。

1.4 生徒の問題発見・課題設定力の形成に及ぼす技術の見方・考え方の影響

第5章では、生徒の問題発見・課題設定力の形成に及ぼす技術の見方・考え方の影響について検討した。その結果、本実践の条件下で、以下の知見が得られた。

- (1)技術の見方・考え方の問題発見力への影響として、「社会一般の人」をユーザに想定した問題を見いだしている生徒の割合が多いことから、問題発見の視野に広がりがあることが明らかとなった。しかし、問題の範囲や問題のタイプについては基礎的な知識を学習した生徒との差が認められず、視野の広がりが確認されなかった。
- (2) 技術の見方・考え方の課題設定力への影響として、課題設定の具体性及び多面性が、基礎的な知識を学習した段階から向上した。しかし、目標の主題、発想のスタイルについては、差が認められなかった。

(3)課題設定における、技術的な工夫では「材料の選択の工夫」と「電源の工夫」の割合が高くなった。このことから、技術の見方・考え方に気づかせる学習活動で生徒が感じたことが、課題設定時の技術的な工夫に影響を及ぼすことが示唆された。

これらの知見から、技術の見方・考え方が問題発見・課題設定力に及ぼす効果とその限界を示すことができた。

1.5 生徒の問題発見・課題設定力を高める学習指導の試行的実践

第6章では、問題発見・課題設定力を高める多段階シーズ転移型問題発見・課題設定学習を試行的に実践し、その効果を検討した。その結果、本実践における条件下で、以下のことが明らかになった。

(1)問題発見については、「社会一般の人」をユーザに想定した問題と、「社会一般」を問題の範囲として問題を見出している生徒の割合が多いことから、多段階シーズ転移型問題発見・課題設定学習実践によって、問題発見の視野が広がったことが明らかとなった。

(2)課題設定については、課題を設定する際に、「回路やスイッチの工夫」、「電源の工夫」、「負荷やアクチュエータの工夫」、「機構の工夫」について工夫している生徒が多く、技術の工夫が多様化することが明らかとなった。

(3)課題設定の目標の主題についても、「防災・減災」、「安全」、「環境対策」の割合が高くなり、多様化することが明らかとなった。また、発想のスタイルにおいては、「自由連想」が少なくなり、「技術的根拠連想」が高まっていたことから、何かの知識や情報をもとに発想するスタイルになっており、シーズ志向に沿った学びの効果が示唆された。

(4)生徒は本章での実践に対して肯定的な意見を持っており、エネルギー変換の技術の学習に価値を感じることができていた。また、生徒は問題解決学習に意欲的に取り組むとともに、「自ら工夫し創造しようとする態度」の習得感が高かった。

これらの結果から、多段階シーズ転移型問題発見・課題設定学習による問題発見・課題設定力育成の可能性が示唆された。

1.6 結論

以上のように、本研究の条件下において得られた知見より、以下を本研究の結論とする。

問題発見・課題設定力を評価する項目は、問題発見力に関わるものとして「問題のタイプ」，「ユーザ想定」，「問題の範囲」の3項目の妥当性が明らかとなった。課題設定力については「目標の具体性」，「目標の主題」，「アイデアの多面性と具体性」，「発想のスタイル」，「計画の具体性」，「技術的な工夫」，「技術的な解決アプローチ」の7項目の妥当性が明らかとなった。また、問題発見力が高い生徒は、社会への広い視野を持って理想の状態に着目した探索型の問題を発見するという特徴があり、課題設定力が高い生徒は、技術的な根拠や既製品の仕組み等を基に発想し、目標やアイデア、行動の準備を具体的に思索しつつ、目標の主題や技術の工夫に多様性があることが明らかとなった。

問題発見・課題設定力について、基礎的な知識の学習によって、課題設定の具体性が高まるものの、技術の工夫に偏りがあり、問題発見の視野が狭まることが明らかとなった。また、技術の見方・考え方によって、ユーザ想定の見方が広がること、課題設定の更なる具体性の向上が見られることが明らかとなった。しかし、見いだす問題の範囲は狭く、課題設定の多様化は見られなかった。これらの結果から、基礎的な知識と技術の見方・考え方への気づきのみでは、問題発見・課題設定力を十分に育成することが難しいことが明らかとなった。

問題発見・課題設定力の育成では、知識の転移が大きな役割を担っていると捉え、学習指導方法を検討することが重要である。その際、企業の製品開発の場面で用いられる、シーズとニーズの概念で問題発見・課題設定を捉えるとともに、転移可能な知識をシーズ、願いや要求をニーズとして整理し、シーズ志向の実践デザインを構築することが重要である。第6章においては多段階シーズ転移型問題発見・課題設定学習として具体化し、実践したところ問題発見の視野が広がり、課題設定が多様化したことで、問題発見・課題設定力の向上を確認することができた。

以上のことを本研究の結論とする。

2. 教育実践への示唆

本節では、本研究で得られた知見及び結論に基づく教育実践への示唆として、次の2点について考察する。

第一に問題発見・課題設定力の評価の枠組みをもとに、生徒の問題発見・課題設定力を捉えることの重要性である。問題発見・課題設定はこれからの予測困難な時代において重要な能力である上に、問題解決学習の前段階にあたるため、重要な役割を担う能力である。それにも関わらず、問題発見・課題設定に関する研究は未だ多く行われていないのが現状である。そのため、学校現場では実態を把握しづらく、手探りで学習指導方法が検討されている場合が多い。第1章で述べたとおり、問題解決能力の育成の足枷となっているのが設計の場面における工夫・創造する力の不足である。その原因として、第2章で現場教員が評価に困りを抱えていることを明らかにした。そのため、2017年の学習指導要領に新たに明記された問題発見・課題設定力について、その実態を把握する上で参考となる評価の枠組みを示すことが重要である。第3章において、検討した問題発見・課題設定力の評価の枠組みは問題発見・課題設定力の実態を把握する上で妥当である可能性が示唆された。これは今後の教育現場での実践を構築する上で重要であるといえる。評価の枠組みを用いて、実践を構築することで効率的な現場実践の検討が期待できる。

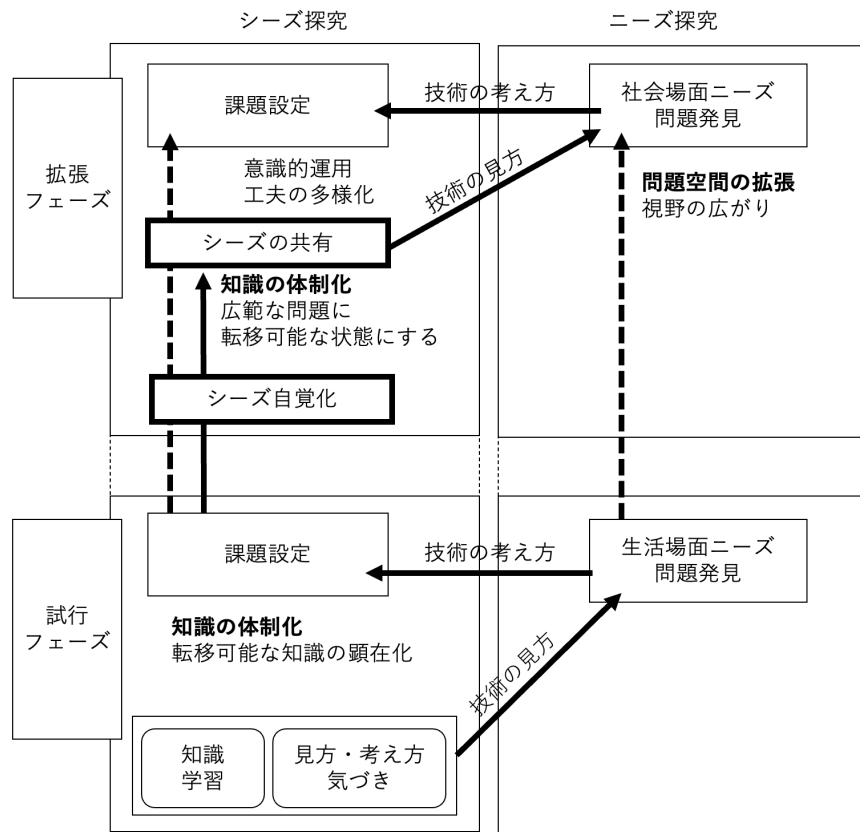
第二に知識の転移に着目した問題発見・課題設定力の育成の手立ての必要性である。第4章、第5章において基礎的な知識と技術の見方・考え方のみでは、十分に問題発見・課題設定力を育成することができないことが明らかとなった（表Ⅶ-1）。これは、新CSにおいて記されている学習過程、すなわち基礎的な知識の学習と技術の見方・考え方に気づかせた後、問題発見・課題設定を行うという学習の流れだけでは、問題発見・課題設定力を育成することは難しいと考えられる。そのため、新たな手立てが必要である。上述したとおり、問題発見・課題設定力の育成ではシーズ・ニーズの概念のもと、知識の転移に着目し、転移を促すための多段階転移活動を取り入れることが肝要である。それらにもとづいた多段階シーズ転移型問題発見・課題設定学習を図Ⅶ-1に整理した。

第7章 結論及び今後の課題

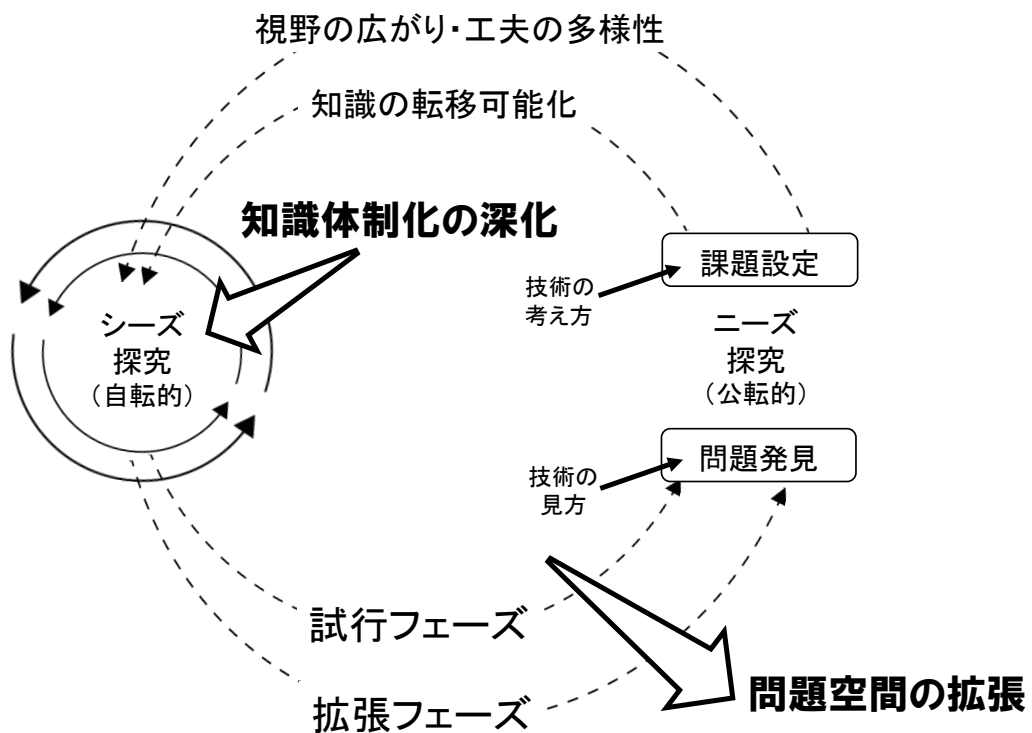
表VII-1 問題発見・課題設定力と各要因及び実践の影響

第3章 問題発見・課題設定力の構成要素	学習前	第4章 基礎的な知識の影響	第5章 技術の見方・考え方の影響	第6章 多段階シーズ転移型問題発見・課題設定学習の効果	第3章 エネコン受賞作品 (問題発見・課題設定力が高い生徒の特徴)
ユーザ想定	社会一般の人	自分	社会一般の人	社会一般の人	社会一般の人
問題の範囲	社会全般	学校生活	家庭生活等	社会全般	社会全般
問題のタイプ	発生型	発生型	発生型	発生型	探索型
目標の探索	1.59(S.D. 0.71)	2.38(S.D. 0.67)	2.69(S.D. 0.64)	2.83(0.43)	2.74(0.44)
目標の主題	生活利便性	生活利便性	生活利便性	環境対策, 安全, 生活利便性	環境対策
アイデアの生成	1.41(S.D. 0.80)	2.19(S.D. 0.80)	2.63(S.D. 0.61)	2.62(0.57)	2.91(0.29)
発想のスタイル	自由連想・既存製品類比連想	自由連想・既存製品類比連想	自由連想・既存製品類比連想	既存製品類比連想・技術的根拠連想	技術的根拠連想・既存製品類比連想
行動の準備	0.94(S.D. 0.80)	1.76(S.D. 0.85)	2.38(S.D. 0.75)	2.52(0.83)	2.95(0.21)
技術的な工夫	筐体の構造や形状の工夫	電気の実装機能追加の工夫	材料選択の工夫 電源の工夫	回路の工夫, 電源の工夫, 負荷やアクチュエータの工夫, 機構の工夫	筐体の構造や形状の工夫・回路の工夫・機構の工夫
解決のアプローチ	高速化	多機能化	多機能化	環境負荷低減化	高速化・大型化

図VII-1 より、試行フェーズにおいて、生活場面という比較的難易度の低い問題空間において技術の見方・考え方を働かせて問題発見・課題設定を行うことで、知識の体制化を促す。次に、拡張フェーズにおいて、転移可能な知識をシーズとして自覚し、互いに共有することでより質の高い体制化を促す。その後、社会場面という大きな問題空間において、技術の見方・考え方を働かせて問題発見・課題設定を行うことで、問題発見の視野の広がり、課題設定の多様化を促し、問題発見・課題設定力を育成する。第6章において、実践を行った結果、表VI-1にあるように、問題発見・課題設定力育成への一定の効果が認められた。この多段階転移活動をループ的に捉え、一般化した問題発見・課題設定育成モデルを図VII-2に示す。図VII-2にあるように、シーズの探究を中心とし、ニーズを知識転移の対象として問題発見・課題設定力を育成する構造に整理される。このシーズとニーズのループの大きさと深さの関係性は発達段階によって、調整することが重要であると考えられる。例えば、1年次段階では小さな範囲から問題発見・課題設定し、2年次、3年次段階と発達段階が上がるにつれて、ループの大きさを広げたり、シーズ探究を深めたりすることとで、3年間をかけて問題発見・課題設定力を育成することが重要であると考えられる。



図VII-1 問題発見・課題設定力育成に向けた多段階シーズ転移型問題発見・課題設定学習



図VII-2 シーズ志向のダブルループによる問題発見・課題設定力育成モデル

3. 今後の課題

本研究には次のような課題が残されている。

第一に、問題発見・課題設定力の評価の枠組みの限定性である。第3章において、問題発見・課題設定力が高いと考えられる生徒として、日本産業技術教育学会のエネルギー利用技術作品コンテスト受賞者を対象とし、一般的な公立中学生と比較を行うことで、問題発見・課題設定力の評価の枠組みを設定した。その際、コンテスト受賞生徒の評価を行う際に、応募用紙に対して評価を行った。それにより、応募用紙から読み取ることができる内容についてのみ、評価の枠組みとして設定する必要があったため、それ以外の要素について評価の枠組みとして設定ができていない。そのため、新たな研究手法による、より広範な観点による問題発見・課題設定力の評価の枠組みを検討する必要があると考えられる。

加えて、内容「C エネルギー変換の技術」ではエネルギー利用技術作品コンテストが実施されていたため、評価の枠組みを設定することができたが、他の内容でも同様の比較ができるようなものが必ずしも存在するわけではない。その点についても、本研究における実践上の課題である。

第二に、限定性である。本論文での研究は技術科の内容「C エネルギー変換の技術」に限定されている。問題発見・課題設定力育成の必要性は高いが、本論文では、内容「C エネルギー変換の技術」での効果しか検証することができなかった。技術科の内容によって、求められる専門知の広さや難易度も変わるため、他の内容での実践が必要であると考えられる。さらに技術教育はより広範にわたるため、技術科での実践に留まらず技術教育での実践及び検証が必要であると考えられる。また、実践はいずれも2年次を対象としており、多段階転移活動の発達段階に応じた実践ができていない。上述した通り、発達段階に応じて、シーズの深さやニーズの広さを調節する必要がある。これらについても、本研究における実践上の課題である。また、第2章において、現場教員は工夫・創造力への評価の難しさと時数の少なさに大きな困難感を感じていた。第3章において、問題発見・課題設定力の評価の枠組みを設定したものの、論文全体を通して、時数不足に対する課題に対処す

することはできなかった。今後より効率的に問題発見・課題設定力を育成する指導方法を構築する必要があると考えられる。

第三に、問題発見・課題設定力が問題解決活動時の問題解決力に、どのように影響を及ぼしているかが明らかになっていない点である。これについて明らかにするためには、問題発見・課題設定力は問題解決力の一部であるため、問題解決的な学習を構成する要因との関連性を考慮する必要があると考えられる。これには多様な要因が想定されるが、例えば、設計やトラブルシューティング、修正・改良等の場面に特化した問題解決能力の構成要素や、場面によらない自己調整力、意思決定力、レジリエンスのようなパーソナリティ要因、また、協働学習、教材、題材等の学習環境の等との関連が想定される。これらの関連についての検討が必要であると考えられる。

第四に、問題発見・課題設定力が工夫・創造力にどのような影響を及ぼすかを実証的に明らかにできていない点である。第6章での質問紙項目「エネルギー変換の技術をこれから工夫し創造しようとする態度が身についた」において1%水準で有意に肯定的な意見が得られたことから、問題発見・課題設定力が工夫・創造力への態度を高める効果を確認することができた。しかし、工夫・創造力そのものへの影響については実証的に明らかにできていない。そのため、問題発見・課題設定力の育成によって、工夫・創造力そのものにどのような影響を与えるかについて検討する必要があると考えられる。

第五に、問題解決能力の中から問題発見・課題設定力のみに着目して研究を行うことに限界がある点である。本研究では、問題発見・課題設定の枠組みを設定し、それに基づいて問題発見・課題設定に着目した研究を行なった。しかし、問題発見・課題設定力を育成する際には、後に続く設計活動や制約条件等も考慮しながら、問題発見・課題設定を行うと考えられる。そのため、問題解決学習全体への影響を考慮した上での新たな研究手法の検討が必要であると考えられる。

第六に、教員の支援の必要性について明らかにできていない点である。本論文では、教員主導で基礎的な知識の学習、見方・考え方に気づく学習、MP学習を行なったのち、生徒自身によって問題発見・課題設定するプロジェクト型の問題解決学習を基盤にして研究

を進めてきた。この学習環境では、生徒主体であるが故に、生徒が適切に問題発見・課題設定を行うことができず、後に続く問題解決学習の効果を十分に発揮できない可能性がある。そのため、教員が適切に支援し、全ての生徒が問題発見・課題設定できる状態にする必要がある。しかし、この適切な支援方法については、本研究では検討することができていないため、研究を行う必要があると考えられる。

最後に本研究で得られた知見に対する追試を含め、これらについてはいずれも今後の課題とする。

文 献

- 1) 文部科学省：教育課程企画特別部会 論点整理
https://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2015/12/11/1361110.pdf
- 2) 経済産業省：新産業構造ビジョン(2017) ,
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/shinsangyo_kozo/pdf/017_05_00.pdf
- 3) 国立教育政策研究所：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,
https://www.nier.go.jp/05_kenkyu_seika/pdf_seika/h25/2_1_allb.pdf
- 4) 松下佳代：新しい能力による教育の変容，日本労働研究雑誌，No.614，pp.39-49 (2011)
- 5) OECD：PISA, <https://www.oecd.org/pisa/>
- 6) 国立教育政策研究所：OECD 生徒の学習到達度調査(PISA)～2018 年調査国際結果の要約～，https://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/2018/03_result.pdf
- 7) OECD：ラーニングコンパス（学びの羅針盤）2030,
https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/learning-compass-2030/OECD_LEARNING_COMPASS_2030_Concept_note_Japanese.pdf
- 8) 文部科学省：育成すべき資質・能力を踏まえた教育目標・内容と評価のあり方に関する検討会，
https://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2014/07/22/1346335_02.pdf
- 9) 文部科学省：中学校学習指導要領(平成 29 年告示)解説技術・家庭編，開隆堂出版，p.23 (2017)
- 10) 新村出：広辞苑第六版電子版(2016)
- 11) ハーバート.A.サイモン：意思決定の科学，産業能率大学出版部，pp.95-96(1979)
- 12) 佐藤允一：問題解決入門，ダイヤモンド社，pp.56-95(2003)
- 13) Tinbergen Niko：On Aims and Methods of Ethology, Zeitschrift fur Tierpsychologie, 20, pp.410-433(1963)
- 14) 斉藤嘉則：問題発見プロフェッショナル，ダイヤモンド社，pp.95-108(2001)
- 15) 小野義直・株式会社アンド：ビジネスフレームワーク図鑑，翔泳社，pp.17-38(2018)

- 16) 藤田和樹・赤坂文弥・木見田康治・根本裕太郎・栗田雄介・下村芳樹：製造業の事業展開を支援するニーズとシーズのマッチング手法，精密工学会秋季大会，公益社団法人精密工学会，pp.229-230(2012)
- 17) 岩間仁・近藤正幸：製品開発におけるニーズとシーズの融合，年次学術大会講演要旨集，研究・技術計画学会，第 18 巻，pp.441-444(2003)
- 18) 文部科学省：中学校学習指導要領(平成 29 年告示)解説 総合的な学習の時間，
https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387018_012.pdf
- 19) 文部科学省：算数・数学ワーキンググループにおける審議の取りまとめについて（報告），教育課程部会 算数・数学ワーキンググループ，
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/073/sonota/__icsFiles/afieldfile/2016/09/12/1376993.pdf
- 20) 国立教育政策研究所：全国学力・学習状況調査の調査結果を踏まえた学習指導の改善・充実に向けた説明会中学校理科
https://www.nier.go.jp/kaihatsu/setsumeikai/30setsumeikai/18emsci_01.pdf
- 21) 吉水裕也：問題発見能力を育成する中学校社会科地理授業の設計，社会科研究，第 57 号，pp.61-70 (2002)
- 22) 村田晋太郎・永田智子：中学校家庭分野における「問題発見」思考ツールの開発及び評価，兵庫教育大学学校教育学研究，第 30 巻，pp.55-61 (2017)
- 23) 市川伸一：認知心理学 4 思考：東京大学出版会，pp.108-109(1996)
- 24) Duncker.K. : On problem solving, Psychological Monographs, Vol.58, No.270, pp.1-112(1945)
- 25) Wertheimer.M. : Productive thinking., Harper&Row(1945)
- 26) Piaget.J 滝沢滝彦：思考の心理学，みすず書房(1968)
- 27) 安西祐一郎：問題解決の心理学，中公新書，pp.207-235(1985)
- 28) 弓野憲一：創造的問題解決，北大路書房，pp.60-78 (2006)
- 29) 高橋誠：発想と企画の心理学，朝倉書店，pp.2-4(2013)
- 30) 高橋誠：発想と企画の心理学，朝倉書店，pp.73-83 (2013)
- 31) Guilford,J.P.・Scott G Isaksen : Frontiers of creativity research Beyond Basics, Bearly Ltd(1987)
- 32) 石井成郎：一般の人に対する「創造性の教育」，日本心理学会，心理学ワールド，第 63 巻，pp.13-16(2013)
- 33) 小橋康章・市川伸一：認知心理学 4 思考，東京大学出版会，pp.193-194(1996)
- 34) 波多野誼余夫：認知心理学講座 4 学習と発達，東京大学出版会，pp.80-84(1982)

- 35) 白水始：認知科学と学習科学における知識の転移(<特集>知識の転移)，人工知能学会誌，第 27 巻，第 4 号，pp.347-358(2012)
- 36) 山内光哉・春木豊：学習心理学 行動と認知，サイエンス社，pp.118-125(2001)
- 37) 太田健児：J.デューイと問題解決型学習再考，尚絅学院大学，pp.36-38
- 38) 伊藤信隆：教育課程論，健帛社，p.38(1983)
- 39) 井上弘：授業過程の改造，明治図書，p.42(1970)
- 40) 宮本健市郎：ドルトンプランの成立過程とヘレンパーカストの思想形成，日本の教育史学，第 42 巻，pp.132-148(1999)
- 41) 宮野尚：1920 年代のウィネトカ・プランにおける実践研究の態勢—デューイ思想の影響に注目して—，カリキュラム研究，第 28 巻，pp.15-27(2019)
- 42) 宮野尚：ウィネトカ・プラン成立期における活動領域の意義—教師の力量形成のための構想—，日本の教育史学，第 61 巻，pp.45-56(2018)
- 43) 高田喜久司：プロジェクト法，学校教育研究所年報，第 43 巻，pp.62-71(1999)
- 44) 佐藤隆之：キルパトリック教育思想の研究—アメリカにおけるプロジェクト・メソッド論の形成と展開—，教育哲学研究，第 92 巻，pp.117-124(2005)
- 45) 胸組虎胤：STEM 教育と STEAM 教育—歴史，定義，学問分野統合—，鳴門教育大学研究紀要，第 34 巻，pp.58-72(2019)
- 46) 湯浅且敏・大島純・大島律子：PBL デザインの特徴とその効果の検討，静岡大学情報学研究，第 16 巻，pp.15-22(2011)
- 47) スタンフォード大学 ハッソ・プラットナー・デザイン研究所：デザイン思考 5 つのステップ，<http://www.nara-wu.ac.jp/core/img/pdf/DesignThinking5steps.pdf>
- 48) 土田知也：デザイン思考の誕生とその背景について，長岡造形大学研究紀要，第 17 巻，pp.69-77(2019)
- 49) 川瀬真弓：デザイン思考教育実践：学習研究の試み(1) デザイン思考序論の授業設計ならびに授業活動における思考活動の意識化と語彙形成の変容，岐阜大学教育推進・学生支援機構年報，第 4 号(2018)
- 50) 川瀬真弓：デザイン思考教育実践：デザイン思考教育実践：学習研究の試み(2) ビジネスゲームのプロセス分析による授業活動に対する理解深化の追跡，岐阜大学教育推進・学生支援機構年報，第 4 号(2018)
- 51) 倉林大輔：東京工業大学 CBEC におけるデザイン思考教育への取り組み，工学教育，第 65 巻，第 1 号，pp.71-74(2017)
- 52) 山内祐平：学習環境のイノベーション，東京大学出版会，pp.213-217(2020)
- 53) ITEEA : Standards for Technological and Engineering Literacy，<https://www.iteea.org/stel.aspx>

- 54) 森山潤・菊池章・山崎貞登：イノベーション力を育成する技術・情報教育の展望，ジァース教育社，p.116 (2016)
- 55) Banks.F.・Barlex.D.: Teaching STEM in the Secondary School, Routledge (2014)
- 56) 山崎貞登，岡島佑介，東原貴志，大森康正，黎子椰，磯部征尊，山崎恭平：STEM/STEAM 教育からの小・中・高等学校を一貫した技術 ガバナンス力と技術イノベーション力の学習到達水準系統表の改善，上越教育大学研究紀要，第 39 巻，第 1 号，pp.195-206(2019)
- 57) 日本 STEM 教育学会：日本 STEM 教育学会とは，<https://www.j-stem.jp/about/>
- 58) Kelley.T.R. and Knowles.J.G. : A conceptual framework for integrated STEM education, International Journal of STEM Education, Vol.3,No,11(2016)
- 59) Yakman, G. : STEAM Integrated Education: an overview of creating a model of integrative education, Pupils attitudes toward technology. 2006 Annual Proceedings, Netherlands(2006)
- 60) 令和元年 9 月 4 日教育課程部会：S T E A M教育について，
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/004/siryo/_icsFiles/afeldfile/2019/09/11/1420968_5.pdf
- 61) 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)
- 62) UNIVERSITY OF COLORADO BOULDER : ENGINEERING DESIGN PROCESS,
https://www.teachengineering.org/PDF/edp/TE_EDPTeacherMaterials_8.5x11.pdf
- 63) 鈴木寿雄：技術科教育の 40 年，職業と技術の教育学，第 15 巻，pp.1-14(2002)
- 64) 岳野公人：ものづくり学習における生徒の問題解決能力育成に関わる諸課題，金沢大学教育学部紀要教育科学編，第 53 巻，pp.107-116
- 65) 上野耕史:中学校学習指導要領技術・家庭科技術分野の改訂のポイント，独立行政法人教職員支援機構，
https://www.nits.go.jp/materials/youryou/files/020_001.pdf
- 66) Carl Mitcham : Thinking Through Technology, The University of Chicago Press,p.220(1994)
- 67) 日本産業技術教育学会・技術教育分科会：技術科教育概論，九州大学出版会，p.127(2018)

- 68) 森山潤：中学生の Logo プログラミングにおける課題の拡散性と思考過程との関連，教育システム情報学会誌，第 54 巻，第 1 号，pp.11-20(2020)
- 69) J.Moriyama, M.satou,C.T.King：Problem Solving Abilities Produced in Project based Technology Education, The Journal of Technology Studies , 28-2, pp.154-158(2002)
- 70) 森山潤・菊池章・山崎貞登：イノベーション力育成を図る中学校技術科の授業デザイン，ジアース教育社，p.35 (2016)
- 71) 谷田親彦・大谷忠・磯部征尊：「創造」指向の問題解決と STEM の枠組み，日本科学教育学会年会論文集，第 42 号，pp.25-26 (2018)
- 72) 日本産業技術教育学会：21 世紀の技術教育(改訂版) (2012)，
<http://www.jste.jp/main/data/21te-n.pdf>
- 73) 日本産業技術教育学会：「次世代の学びを創造する新しい技術教育の枠組み」，
https://www.jste.jp/main/data/New_Fw2021.pdf
- 74) 田口浩継・荻嶺直孝：技術科教育における問題解決能力の育成，熊本大学教育実践研究，第 16 巻，pp.113-118(1999)
- 75) 中島康博・宮川秀俊・山本誠二：技術科教育における問題解決能力の育成に関する研究-「技術とものづくり」の授業実践より，愛知教育大学教育実践総合センタ-紀要，第 13 巻，pp.187-194(2010)
- 76) 世良啓太・東田薫・黒田昌克・森山潤：技術科内容 A.「材料と加工に関する技術」において生徒の工夫・創造を支援する設計学習，奈良教育大学次世代教員養成センター研究紀要 4，pp.77-83(2018)
- 77) 尾崎誠・渡邊茂一・行天健・中村祐治：技術的課題解決力と技術的課題の難易度とを適合させる段階案の作成，日本産業技術教育学会誌，第 58 巻，第 1 号，pp.11-20 (2016)
- 78) 宮川洋一・森山潤・松浦正史：オブジェクト指向イベントドリブン型のプログラミングにおける問題解決過程の構造分析 -プログラム作成能力との関連に焦点を当てて，教育情報研究，第 22 巻，第 2 号，pp.3-11(2006)
- 79) 佐田和幸・松浦正史：技術的な課題における問題解決の過程に関する研究，日本教科教育学会誌，第 16 巻，第 3 号，pp.109-116(1993)
- 80) 上之園哲也・森山潤：技術科教育における生活応用力の育成に効果的な実践形態の検討，日本教科教育学会誌，第 35 巻，第 2 号(2012)
- 81) 森山潤・佐藤祐輔・宮川洋一・西正明：技術科教育における問題解決的な学習における教師の支援方略の枠組み～実態調査に基づく尺度項目の作成～，信州大学教育学部紀要，第 116 巻，pp.59-69(2005)

- 82) 森山潤・桐田襄一・喜田憲恵：技術科教育における課題解決学習の指導過程が生徒の学習意欲に及ぼす影響，日本産業技術教育学会，第40巻，第3号，pp.155-162(1998)
- 83) 岳野公人・松浦正史：加工学習の問題解決過程におけるイメージと行為に関する研究，日本産業技術教育学会誌，第40巻，第1号，pp.1-7(1998)
- 84) 市原靖士・島田和典・宮川洋一：中学校技術科における生徒の問題解決に対する熟慮・衝動型認知スタイルの影響，日本産業技術教育学会九州支部論文集，第18巻，pp.53-58(2010)
- 85) 中尾尊洋：複数教科の実践から見える「やりくり」授業の工夫，鳥取大学附属中学校研究紀要，第52巻，pp.1-12(2021)
- 86) 戸荏祥崇・石原進司・宮川秀俊：技術科教育における学習レディネスと創造性の育成についての一考察，日本産業技術教育学会誌，第53巻，第4号，pp.223-230(2011)
- 87) 中尾尊洋・土井康作：中学校技術科教育における工夫的アプローチが知識・技能に及ぼす効果，鳥取大学地域学部紀要「地域学論集」，第12巻，第2号，pp.157-176(2015)
- 88) 三枝浩・石川智博・加藤幸一：技術科教育における問題解決能力の育成について，群馬大学教育実践研究，第27巻，pp.145-162(2010)
- 89) 末吉克行・森山潤：学校の災害時避難所機能に着目した技術科内容「B生物育成の技術」における問題解決的な題材の開発と実践，兵庫教育大学学校教育学研究，第32巻，pp.153-159(2019)
- 90) 魚住明生・佐伯謙介：技術科教育における問題解決能力を育成する教材に関する研究，教材学研究，第18巻，pp.77-84(2007)
- 91) 宮川洋一・森山潤・松浦正史：ビジュアルプログラミングの学習を支援するWebコンテンツの開発，学校教育学研究，第19巻，pp.87-96(2009)
- 92) 藤井務・益子典文：中学校技術科における科学技術活動の理解を促進する教材の設計と開発，日本科学教育学会研究会研究報告，第20巻，第5号，pp.1-6(2006)
- 93) 中島進・土肥俊郎・野村泰朗・大久保俊幸：豊かな人間性と創造力を養うものづくり教育に関する研究，埼玉大学紀要教育学部，第56巻，第1号，pp.1-17(2007)
- 94) 堤健人・鈴木悦子・松前良昌・藤井朋子・天野秀樹：協同的問題解決授業を実現する手立てについての事例研究，広島大学附属東雲中学校研究紀要，第48集，pp.47-52

- 95) 加藤佳昭・宮川洋一・上野耕史・森山潤：医療・介護技術のシステムを題材に技術ガバナンスレビューを通して技術イノベーション力を育成する中学校技術科の授業モデルの開発と実践，日本産業技術教育学会誌，第 63 巻，第 2 号，pp.239-248(2021)
- 96) 西崎康晴・安井徹人・日吉康幸：技術の見方・考え方を働かせ，見通しを持って問題解決に取り組む生徒の育成—問題発見をする力を育てる単元構成の工夫—，岡山大学教育学部附属中学校，第 55 巻，pp.97-106 (2020)
- 97) 箕田大輔・野澤重徳・神山典子・能美奈央・村松浩幸：企業とのコラボレーションによる問題発見・解決に重点を置いたアイデア発想授業の試み，信州大学教育学部研究論集，第 9 巻，pp.217-225(2016)
- 98) 末吉克行・森山潤：「技術の見方・考え方」への気づきを深める技術科内容「D 情報の技術」の授業開発，兵庫教育大学学校教育学研究，第 31 巻，pp.153-159(2018)
- 99) 向田識弘：設計に込められた意図を身近な製品から読み取る分解・組立学習の提案，中等教育研究紀要，第 64 巻，pp.103-111(2018)
- 100) 萩嶺直孝・世良啓太・森山潤：エネルギー変換の技術を用いた製品の分解・組立活動によって設計の工夫を読み取らせる学習指導方法に関する実践的検討，日本産業技術教育学会九州支部論文集，第 25 巻，pp.125-131(2017)
- 101) 上野耕史他：技術ガバナンス力調査とカリキュラムの検討，科学研究費補助金(基盤研究(B)) 研究成果報告書課題番号 23300294 (2015)
- 102) 川原田康文・磯部征尊・上野朝大・大森康正・山崎貞登：STEAM 教育とエンジニアリング・デザイン教育を重視した小・中学校を一貫したプログラミング学習，上越教育大学研究紀要，第 40 巻，第 1 号，pp.307-316(2020)
- 103) 木村優里・原口るみ・大谷忠：エンジニアリングを基軸とした STEM 教育の実践と普及，日本科学教育学会第 43 回年会論文集(2019)
- 104) 小島一生・谷塚光典・村松浩幸：中学校の各教科の時間における低・中統合度 STEM の試み，日本科学教育学会研究会研究報告，第 35 巻，第 5 号，pp.27-32(2021)
- 105) 森山潤・井澤俊公・宮川洋一・山本利一・松浦正史：技術科教育における題材としてのロボットコンテストに対する担当教員の意識，日本教科教育学会誌，第 30 巻，第 1 号，pp. 59-67 (2007)
- 106) 樋口耕一：KHCoder2.x リファレンスマニュアル(2014)
- 107) 田口浩継・他 64 名：新編新しい技術・家庭 技術分野未来を創 technology，東京書籍，pp.92-123(2015)

- 108) 箱田裕司ら：認知心理学，有斐閣，pp.249-251(2010)
- 109) Luchins.A.S.：Mechanization in problem solving.The effect of Einstellung.
Psychological Monographs, 54, No.248(1942)
- 110) E.D.ガニエ：学習指導と認知心理学，パーソナルメディア，pp.194-217(1989)
- 111) 日本認知科学会:認知科学辞典，東京共立出版，pp.438-439 (2002)

謝 辞

本論文の執筆及び研究の遂行にあたり 多くの方々からご指導，ご支援を賜りました。

特に，主指導教員の兵庫教育大学教授 森山 潤先生には 2018 年に博士課程研究生として入学したときから論文の遂行に至るまで長きに渡り，日々懇切丁寧なご指導を賜りました。初めて研究室に訪問させていただいた際，森山先生の用いられる言葉や表現が理解できず，自身の見識の浅さを痛感したことを覚えております。そのような何もわかっていない私に，研究に対する姿勢から，教育に関する知見，研究手法，学会発表，論文執筆に至るまで，基礎・基本から懇切丁寧にご教授いただきました。また，平日の夜遅い時間や休日にもかかわらず，時間を割いて研究指導をしてくださいました。研究指導は，時に深夜にまで及ぶこともありました。そのような状況でも熱く教育について語り，ご指導，ご鞭撻いただいた時間は，私にとって人生観が変わるほどの大きな経験となりました。教育の未来へ希望を持ち，行動されている森山先生のようになることが私の目標です。これまでのご指導に心より深謝申し上げます。

また，滋賀大学教授 岳野公人先生，並びに兵庫教育大学准教授 掛川淳一先生には副指導教員として，大変貴重で的確なご指導をいただきました。岳野先生には，技術科教育の枠組みを超えた広い視点のご助言をいただき，中学校教員の経験の範囲で考えてしまう私の狭い視野を広げるきっかけとなりました。また，掛川先生には研究の本質を再考するご助言をいただき，より深く本研究の内容について検討することができました。深く感謝申し上げます。

候補認定試験と論文審査委員をお引き受けいただいた兵庫教育大学教授 小山英樹先生には専門的な視点からのご意見や，本研究に対する発展的なご指導を賜りました。また，論文審査委員をお引き受けいただいた，兵庫教育大学教授 森廣浩一郎先生，兵庫教育大学教授 永田智子先生には多面的な視点から，本研究に対する貴重なご助言をいただきました。心より御礼申し上げます。

修士の学位をいただきました広島大学大学院の恩師であります田島俊造先生には学生時代から現在に至るまで折に触れて研究の進捗状況や、体調面のお気遣いをいただきました。先生との教育に関する議論や工学的な知見からのご指導が、私にとって大きな学びになったとともに、ものづくり教育について真剣に考えるきっかけとなりました。広島大学での経験、そして先生方や同級生、先輩や後輩との出会いのおかげで、この道に進むことができました。心より感謝申し上げます。

京都市立嵯峨中学校長の小滝俊則先生には、教員としての全ての基礎を教えていただき、先生の高い専門性に憧れて教科指導に力を注ぐようになりました。学校業務が立て込む中、大学院への進学をお認めいただいたこと、ご支援いただいたことを心より感謝申し上げます。本研究の知見が学校現場に少しでも寄与できれば幸いです。

信州大学教育学部教授 村松浩幸先生、佐藤運海先生、川久保英樹先生には、初年度の私を全面的にフォローしてくださり、様々なご配慮をいただきました。皆様の温かいご支援のおかげで本論文をまとめることができました。また、村松浩幸先生には、本研究の結論につながる大変貴重なご助言をいただきました。皆様方に心より感謝申し上げます。

本研究をまとめるにあたり 兵庫教育大学森山研究室の皆さまにはたくさんのご協力をいただきました。特に鳥取大学附属中学校 中尾尊洋先生には学会発表の折に触れてご意見をいただき、研究の発展に繋げることができました。多くのことを学ばせていただき私を導いてくださいました。本当にありがとうございました。

最後に、いつも研究に対して理解を示し、支えてくれた妻、気にかけてくれた両親や親族、かけがえのない友人達、すべての皆様に心からの謝意を記し、謝辞といたします。

2022 年 1 月 4 日

小倉 光明

本研究に関する論文等

第1章

小倉光明・森山潤：中学校技術科における問題発見・課題設定力の育成に向けた研究課題の展望，兵庫教育大学学校教育学研究（兵庫教育大学），第34巻，pp.343-356(2021)

第2章

森山潤・小倉光明・東田薫・世良啓太・黒田昌克：技術・家庭科技術分野における生徒の工夫・創造力を育成する学習指導に対する教員の意識 -自由記述調査に基づく探索的検討-，兵庫教育大学学校教育学研究（兵庫教育大学），第31巻,pp.17-22(2018)

第3章

小倉光明・森山潤：中学校技術・家庭科技術分野内容「C.エネルギー変換の技術」における問題発見・課題設定力を評価する枠組みの検討，日本産業技術教育学会誌（日本産業技術教育学会），第62巻，第3号，pp.229-237(2020)

第4章

小倉光明・森山潤：中学校技術科内容「C エネルギー変換の技術」における基礎的な知識の学習が問題発見・課題設定力に与える影響，日本産業技術教育学会誌（日本産業技術教育学会），第63巻，第4号，pp.457-468(2021)

第5章

小倉光明・森山潤：中学校技術科内容「C エネルギー変換の技術」における技術の見方・考え方が問題発見・課題設定力に与える影響，日本産業技術教育学会誌（日本産業技術教育学会），第64巻，第1号，pp.31-41(2022)

第6章

小倉光明・森山潤：中学校技術科内容「C エネルギー変換の技術」における問題発見・課題設定力を高める学習指導方法の検討，日本産業技術教育学会技術教育分科会技術科教育の研究（日本産業技術教育学会），第26巻(掲載予定)