

システム思考を取り入れた技術科教育の実践研究 — 「社会を生き抜く力」を育むことを目的とした授業実践—

教職実践基礎領域
浅山 湧一朗

I 主題の設定理由

1 これから求められる能力

現在の技術科教育の課題として、関根(2012)は「身に付けさせるべき能力が具現化できず、適切な指導が行えないまま、不適切な評価方法を用いていることがある。適切な指導と評価を相補的に機能させるためには、生徒の実態把握と目指す能力の具体化のもと、工夫された授業展開が不可欠となる」と述べている。

また、平成 25 年の中央教育審議会教育振興基本計画部会において、教育を行っていく上での「4つの基本的方向性」が示されている。その1つに、生徒の「社会を生き抜く力」の養成が挙げられている。そこには、変化の激しい社会の中で、生徒たちが自立して社会を生き抜いていくために、生徒たちに「個人や社会の多様性を尊重しつつ、幅広い知識・教養と柔軟な思考力に基づいて新しい価値を創造したり、他者と協働したりする能力」や「自身に必要な知識や能力を認識し、身に付け、他者との関わり合いや実生活の中で応用し、実践できるような主体的・能動的な力」を身に付けさせることが求められている。

さらに、技術科教育では、「ものづくりなどの実践的・体験的な学習活動を通して、材料と加工、エネルギー変換、生物育成及び情報に関する基礎的・基本的な知識・技術を習得し、技術と社会や環境のかかわりについて理解を深め、技術を適切に評価し活用する能力と態度を育てる」を目標に掲げ、技術を合理的に、且つ適切に評価し活用する能力と実践的な態度を育むことを図っている。

関根(2012)が課題として述べた身に付けさせるべき能力の具体化として、「社会を生き抜く力」と技術科教育の目標を統合したものが必要であると考えた。「社会を生き抜く力」にある「応用し、実践できるような主体的・能動的な力」と技術科教育の目標の「理解を深め、評価し活用する能力と態度」は一致していると考え、習得した知識や技術を実践的に活用する能力と態度、他者と協働し学びを深めることができる能力を育むことを目標とした教育を行いたいと考えた。

この目標を達成させるためには、「ある物事やある課題について多角的に考え、物事や課題が一連つながりであり、全体と個々が相互作用であることを捉え、物事や課題に対する最適化や問題解決に向けて考える思考法」であるシステム思考を生徒に身に付けさせたいと考えた。システム思考を生徒に身に付けさせることで、課題解決

に向けて多角的に考えることができ、習得した知識や技術を課題解決に活用できると考えたからである。また、活用する際に他者と協働することで学びを深めることができると考えた。さらに、システム思考を生徒に身に付けさせることで、これからの社会を生きていく上で、何かの課題に向き合った際に、生徒が解決策を考え見つけることができるようになるのではないかと考えた。

2 システム思考について



図1 システム思考者の習慣 (熊平, 2010)

システム思考とは、マサチューセッツ工科大学のジェイ・ライト・フォレスト教授によって創案された「時間と共に変わる企業の性質を研究するシステムダイナミックス」という考え方を基に、マサチューセッツ工科大学の上級講師のピーター・ゼンゲが1990年に『THE FIFTH DISCIPLINE』(邦訳『最強組織の法則』)において「学習する組織」を実現するための5つの規律の中の1つとして提唱したものである。それは、「独立した事象に目を奪われずに各要素間の相互依存性、相互関連

性に着目し、全体像とその動きをとらえる」思考法である。2010年には、アメリカで行われたシステム思考の実践に関する研修会で、システム思考の思考法についてそのポイントを抽出した「システム思考者の習慣」(図1)が示された。それ以降、米欧では義務教育段階の児童・生徒が環境問題等の複雑な問題解決に取り組む際の思考スキルとして利用されている。

システム思考者の習慣で挙げられたポイントは全てで13点ある。その13点それぞれについて、アメリカで行われたシステム思考の実践に関する研修会では、以下のような説明がなされている(表1)。

表1 システム思考者の習慣、13点の説明

システム思考者の習慣	思考例
①「ビックピクチャー」を理解しようとする	<ul style="list-style-type: none"> 全体と重要な細部のバランスをどのようにとったらいいか システムを見るとき、どんな時間枠で考えたいか
②システムの中の要素が時間と共に変化し、パターンや傾向になる様子を観察する	<ul style="list-style-type: none"> システムの中でどんな重要な要素が、どのように変化したか 量を表している要素はどれか。それは、どの程度の速さで増えたり、減ったりしているか 時間とともにどんなパターンや傾向が現れるか
③システム構造が行動を生み出すことを認識する	<ul style="list-style-type: none"> 部分はお互いにどのように影響しているか 組織と部分の相互関係はどんな行動を生み出すのか 物事がうまくいかないときに外部を非難するのではなく、内部に原因があることに集中できるのか
④原因と結果の関係はサークルになることを認識する	<ul style="list-style-type: none"> 1つ1つの部分は互いにどのように関係しているのか どこに因果関係やフィードバックのサークルがあるのか
⑤理解を深めるためにものの見方を変えてみる	<ul style="list-style-type: none"> 私は他の見方に対しても柔軟だろうか 異なったものの見方はシステムの理解にどう影響するか 新しいものの見方を学んだら、私は異なった考えを進んで受け入れられるようになるだろうか
⑥仮説を明確にし、検証する	<ul style="list-style-type: none"> 私の過去の経験が理論や仮説の開発にどのように影響を与えているか 私の理論やモデルは対象となるシステムに適しているか 可能なアクションを考えると、私や仲間たちは、『もし〇〇だったら…』という質問をしているか
⑦問題を十分に	<ul style="list-style-type: none"> この問題を考えるのにどれぐらいの時間が必要か

理解し結論を急がない	<ul style="list-style-type: none"> 問題がすぐに解決されないときの緊張状態をどう乗り切るか
⑧メンタルモデルが現状や未来に与える影響を考える	<ul style="list-style-type: none"> 現状の信念や態度のままでは望む結果にたどり着けるか 現状の信念や態度は対象分野での我々の努力を妨げはしないか 信念や態度が意思決定に影響を与えるということを他者にも理解背させようとしているか
⑨可能ならこ入れ行動を見極めるため、システム構造を理解する	<ul style="list-style-type: none"> どんな小さな変化が、長く持続する、望む効果を引き起こすか 可能ならこ入れ行動を見つけるためにシステムについて知っていることをどのように使うか 望む結果に近づくために活かせる小さな変化はないか
⑩アクションの結果を短期・長期の両面から考える	<ul style="list-style-type: none"> 長い目で見るが必要でないときでも、長期的な効果を考えているだろうか 長期的に得られる結果のために、短期的な痛みを受け入れられているだろうか
⑪予期せぬ結果がどこから現れるかを探す	<ul style="list-style-type: none"> 提案された行動の考えられる結果は何か それぞれの結果のトレードオフは何か 新しい行動につながるような思いがけない結果は考えられるか
⑫時間の遅れが原因と結果の関係に与える影響を知る	<ul style="list-style-type: none"> システムを変化させると、どのくらい早く望むような結果を手に入れることができるだろうか 時間の遅れが結果に動影響するか 我々が提案している変化はすぐに結果をもたらすか。それとも改善されるまでに少し待たなければならぬか。待つとしたらどのくらいの期間か
⑬結果を点検し必要ならアクションを変える「少しずつゴールに近づく」	<ul style="list-style-type: none"> 進歩を図るのにどんな目安を使用すればいいだろうか 立ち止まって現在の計画の効果を評価したり、必要な行動をとる時間を計画の中に設けたりしているか 変革を考えると、様々なシステム思考ツールを利用しているだろうか

3 システム思考と技術科教育の親和性

システム思考を技術科教育に取り入れる親和性について、内田(2013)は中学校技術科担当教員研修に参加した教員15名にアンケート調査を実施した。その結果、技術科の授業場面における「設計・計画」や「評価・活用」の場面で親和性が高いと答えた教員が多かった。また、技術科教育における「工夫・創造」の観点、すなわち、活用に関する学力の育成に親和性があると答えた教員も多かった。回答者の母数は少ないが、技術科教育とシステム思考には親和性があり、授業場面でも、多くの場面

で活用することができるのではないかと考える。

以上のことから、本研究の主題を「システム思考を取り入れた技術科教育の実践研究」と設定した。

II 先行研究

技術科教育においてシステム思考を取り入れた先行研究はそれほど多くはない。ここでは、2つの先行研究の結果を概観する。

内田(2016)では、中学校での情報に関する単元において、プログラム作成時の思考過程や改善場面に、システム思考ヒントカードを導入した学習指導を試みた。その結果、生徒はプログラミングについて多角的に考えることができるようになったと述べている。

池田(2003)では、大学2・3年生を対象として、地域の街作りに関する問題解決や意思決定をさせる際、学生にシステム思考の考え方を示したところ、学生がシステム思考の必要性や有効性を高く評価したこと及び学生の実践的な思考力や問題解決力が高まったことを報告している。

筆者の研究においても、中学校技術科の授業の中でシステム思考の思考法を取り入れることによって目標の達成に近づくことができると考える。本研究では、授業のどの場面において、どの思考法を取り入れれば、習得した知識や技術を実践的に活用する能力と態度や、他者と協働し学びを深めることができる能力を育むことができるかどうかを考察していきたい。

III、研究構想

システム思考者の習慣のポイントを授業に取り入れるために、創造や製作等の過程をシステムのループと想定した。そして、そのループを目標→課題→仮説→検証→評価の場面に分け、PDCAのサイクルを作った。そして、サイクルの各場面においてシステム思考の思考法を用いる機会を設定し、PDCAのサイクルにより繰り返し思考させていけば、習得した知識や技術を実践的に活用する能力と態度や、他者と協働し学びを深めることができる能力を育むことができると考えた。以下に、本実践におけるPDCAサイクルそれぞれの場面と、関係するシステム思考のポイントの取り入れ方を示す(表2)。

表2 システム思考を取り入れたPDCAサイクル

<p>目標を持つ場面</p> <p>システム思考との関連：図2①、⑧</p> <ul style="list-style-type: none"> ・単元や授業の導入で、単元や授業の目標及び課題を知る。 ・製作を行う授業の場合、教師が目標となる製作品を提示し、正確な製作であるかどうかを判断する項目を明確に示すことで、生徒に全体像を考えさせる。 ・話し合いを行う授業の場合、教師が持続可能な社会を築くためとなるような目標を設定することで、生徒に現在社会で使

<p>われている技術の評価を行わせ、今後の活用について考えさせる。</p>
<p>課題を持つ場面</p> <p>システム思考との関連：図2⑤、⑧、⑩、⑬</p> <ul style="list-style-type: none"> ・教師が目標となる製作品の提示や発問し、生徒に課題を考えさせる。 ・生徒に、自分の目標や課題、制作品に対する評価を他者と話し合わせることで、課題をより明確にさせる。 ・製作を行う授業の場合、正確な製作となるための具体的なポイントについて、どうすれば達成できるかを考えさせることで課題を持たせる。その際、正確な製作ではなければ、製品を長期間利用していく際に問題が発生することを教えることで、知識や技術を活用する態度を養わせる。 ・話し合いを行う授業の場合、技術の評価するための着目点として「社会」「環境」「経済」の3点を生徒に示し、現在社会で利用されている技術や持続可能な社会を築くために必要と考えられる事柄を考えさせことで課題を持たせる。
<p>仮説を立てる場面</p> <p>システム思考との関連：図2⑤、⑥、⑦、⑨、⑩、⑪</p> <ul style="list-style-type: none"> ・課題解決に向けて、生徒に、それまでに習得した知識や技術を活用させるとともに、他者と話し合いを行わせることで仮説を立てさせる。 ・話し合いの授業の場合、教師が短期的な視点である現代社会の問題以外にも長期的な未来の社会のことも考えるよう指示した後に、仮説を立てるように促す。 ・生徒が仮説を思いつかず、問題解決に向けて焦ることでの外的な仮説を立てることの無いようにするために、必要な知識を再度与えたり、製作品を示したりしながら、教師が適切な指導を行う。
<p>検証を行う場面</p> <p>システム思考との関連：図2⑤、⑥、⑧、⑨</p> <ul style="list-style-type: none"> ・作品製作、課題解決、目標達成に向けて仮説検証を行わせる。 ・製作の授業の場合、考えた工夫(=仮説)を実際に製作に用いさせる。また、他者と製作の仕方を見せ合わせ、自分と他者との違いについて見つけるように促す。 ・製作中に予期できないようなことが発生した場合、教師がそのことを学級全体に伝えることで、再発防止をするための工夫(=仮説)について考えさせる。 ・話し合いの授業の場合、技術と「社会」や「環境」との関わりについて考えている場合はおおよそ生徒たちの考えだけでは検証できないと考えるため、実際に社会全体で取り組まれていることなどを教師が提示する。生徒は提示された内容を比較することで、仮説について検証を行う。
<p>評価を行う場面</p> <p>システム思考との関連：図2③、④、⑤</p>

- ・検証の結果について考察させ、評価をさせる。
- ・製作の授業の場合、こういった知識や技術が正確な製作につながったかを考えさせる。
- ・話し合いの授業の場合、一つ一つの要素が互いにどのように関係しているのか、また、どのような因果関係があるのかを考えさせる。

IV、教師力向上実習 I における実践

1 実践概要

- ・対象学級：愛知県立A中学校第2学年
- ・単元名「エネルギー変換技術に関する技術」
- ・本時のテーマ

「今の日本は、どのような比率で火力発電や水力発電、原子力発電などを用いていったらよいだろうか。理想の発電方法の比率を考えよう」

教師力向上実習 I では、研究構想を基に話し合いの実践を行った。補助教材の中にあつた「原子力発電はコストが低く、二酸化炭素が出ない。ならば、原子力発電が優れた発電方法なのか」という問いからという本時のテーマを発問として投げかけた。

期待する生徒の姿は、現在利用されている発電方法の技術について評価し、持続可能な社会を築くために必要な技術を検討する姿である。この授業を通して、それまでに習得した知識や技術を活用し、多角的に考え、技術について評価し、活用しようとする能力と態度を育もうと考えた。

2 実践内容

教師力向上実習 I の実践では次のような指導過程で授業を行った。

表3 本時の指導過程

	生徒の活動
導入	1、目標を持つ ・発問から本時の目標を知る
展開	2、課題を持つ ・これまでに習得した知識を基に発電方法それぞれのメリットやデメリットを考える ・現在の社会が抱えるエネルギー消費過多の問題を知る ・持続可能な社会を築くために必要なものを考える 3、四人班で、仮説を立てる ・これまでに習得した知識を基に発電方法それぞれのメリット・デメリットを踏まえ、日本の国の特徴に合わせた発電比率について考える ・現在のエネルギー消費量過多の問題解決方法について考える ・長期的な視点を持って、持続可能な社会を築くための発電

	比率について考える 4、検証・評価を行う ・他の班の意見と自分たちの班の意見を比較する ・教師から提示された資料と自分の班の意見を比較する ・自分たちの班の意見が持続可能な社会を築くために適しているか話し合い、再考する
まとめ	5、まとめ ・現在社会で利用されている技術や、持続可能な社会を築くために必要なことについて班で話し合う

3 各場面における手立て

(1) 目標を持つ場面での手立て

生徒に本時の学習課題として、「今の日本は、どのような比率で火力発電や水力発電、原子力発電などを用いていったらよいだろうか。理想の発電方法の比率を考えよう」という発問を設定した。この発問は、持続可能な社会を築くために必要となる技術について評価を考えさせることになると考えた。

(2) 課題を持つ場面での手立て

生徒が課題を持つ場面で、これまでの授業で学んでいない、現在の社会が抱えているエネルギー消費の過多の問題や持続可能な社会を築いていくための課題、現在利用されている発電方法の比率に理由があることを示すことにした。これらの問題や課題は、「社会」「環境」「経済」の3点に関わることであり、それらを独立したものとして扱わせるのではなく、相互に関連していると考えさせ、課題を持たせようとした。

(3) 仮説を立てる場面での手立て

課題について多角的に考えさせるために、4人で1つの班を作らせ、班で仮説を立てさせることとした。また、長期的な視点から持続可能な社会を築くような理想的な発電方法の比率について考えるように、改めて促すこととした。

日本の国土という環境の特徴を配慮せずに仮説を立てている班には、国別の発電方法の比率が書かれた掲示物を示し、国ごとの違いに着目するように促すこととした。またバイオエタノールなどの次世代のエネルギーについて仮説を立てている班には、次世代エネルギーのメリットやデメリットを教師が提示し、的外れな仮説を立てないように指導することとした。

(4) 検証・評価を行う場面の手立て

本時の実践で問いかけた発問には正答がなく、検証を行うには実際に細かな数値を出す等をしなければ検証は難しい。その検証を授業内で行うことはできないうと考えていた。そこで、まず他の班の意見と自分の班の意見を比較させることで、自分たちの班の意見が持

持続可能な社会を築くために適しているかどうかを検証させることとした。

最後に、実際の例の1つとして、現在の社会の考え方や、社会で取り組まれている活動、発展している技術を紹介した。新しく得た知識を基に、班で立てた仮説が現在社会で取り組まれている活動や技術に沿っているか、課題解決・目標達成に向けた仮説となっているか検証させ、評価させることとした。

4 結果・考察及び課題

(1) 目標を持つ場面

教師が発問を投げかけてすぐに、生徒がそれぞれの発電方法が安全か危険か、コストが安いか高いか、環境にやさしいかどうかといった感想を述べ始めた。この姿から、生徒が発問から本時のテーマについて多角的に考える必要性を感じているように思われた。

教師力向上実習Ⅱにおいても現在の技術について多角的に考えて行く発問を設定すると良いと思われる。

(2) 課題を持つ場面

「社会」「環境」「経済」の3点に関わる問題や課題を提示したことにより、それぞれの発電方法のメリットやデメリットを考えながら、生徒は理想の発電方法の比率を考えようとしていた。ある生徒は、安全な発電方法を採用したいが、コストが高いのが問題であるため、コストの安い、原子力発電をどの程度組み込めばよいかというように考えていた。生徒の中には、原子力発電は、コストは安い危険であるため、他にコストが安く安全な発電方法はないかを考えようとするものもいた。これらの姿から、生徒は本時のテーマを考える際に、これまでに身に付けた知識に基づいて、答えを見つけ出そうとしていたことが分かった。

課題を持つ場面では生徒全員が課題を持つことが出来るようになっているようだった。

教師力向上実習Ⅱでも生徒が、テーマに迫るための新たな知識を与えたり、多角的に考えさせる視点を示したりし、それらを相互に関連させながら考えさせると良いと思われる。

(3) 仮説を立てる場面

環境のことに配慮し太陽光を用いた発電方法を多く用いたほうがよいと考えていた生徒が、班での話し合いを通して、日本の土地が狭いことや日照時間が時期によって変化することに気付き、自分の意見を変えていた。班での話し合い活動は生徒に新しい考えを見つけさせたり、異なった考えを進んで受け入れさせたりし、技術と社会や環境のかかわりについて理解を深めるための良い手立てであると改めて確認することができた。

なかなか仮説を立てることができなかった班に対して、掲示物の注目すべき点を再度示したことで、生徒は海外

で原子力発電が低い国があることに気付き、日本との違いを考え、日本の経済状況やエネルギー消費量に着目するようになった。

教師力向上実習Ⅱにおいても仮説を立てる場面では、他者との話し合い活動を設定すること、また適宜必要に応じて新たな知識や技術を提示することを行っていくと良いと考える。

(4) 検証・評価を行う場面

全ての班に自分たちが立てた仮説を発表した。発表した仮説を教師が板書にまとめた。板書を基に班で再度自分たちの仮説について検証させた。他の班の特徴と自分の班の特徴について検証させようとしたが、十分に時間がなく検証をさせることはできなかった。遊行時間の都合から実際の例の一つとして、トヨタが実際に行っている水素を行っている技術やバイオ燃料のエネルギー変換効率について、教師が紹介した。社会しかし、新しく得た知識を用いて、自分の班の意見が持続可能な社会を築くために適しているか検証をさせたり、評価をさせたりすることはできなかった。

5 教師力向上実習Ⅰでの成果と反省

教師力向上実習Ⅰでは、一時間の授業内でシステム思考を取り入れたPDCAサイクルの授業実践を行った。しかし、一時間の授業で行うには内容が多すぎ、生徒に十分な検証を行わせることができなかった。

目標を持つ場面から仮説を立てる場面までの手立ては有効であったと考えるため、教師力向上実習Ⅱにおいても、考察したような手立てを取り入れていきたい。また、単元構想を綿密に立てることで、検証や評価をさせる時間を十分に確保し、その手立ての有効性についても改めて検証していきたい。

V 教師力向上実習Ⅱにおける実践

1 実践概要

- ・対象学級：愛知県立A中学校第2学年
- ・単元名「エネルギー変換技術に関する技術」
- ・題材「キューブダイナモの製作」

教師力向上実習Ⅱでは、ダイナモ発電機を搭載したラジオ（キューブダイナモ）の製作を行った。キューブダイナモの製作を通して、正確にはんだ付けや製作を行う技術、道具の正しい使い方、製品の保守点検と事故防止について、それぞれ学ぶことができる。また、電子機器で使われている電気回路について理解し、電子機器のエネルギー変換技術について、実際にダイナモ発電機を用いてエネルギー変換を行い、製作品を動かすことで、学ぶことができる。

2 実践内容

教師力向上実習Ⅱの授業実践では、正確に製作を行う

ことを目標とした。そして、そのために、システム思考者の習慣のポイントを取り入れたPDCAサイクルを授業に組み込み、単元を構想した(図2)。また、はんだ付けを行う過程を3つの製作過程に分け、PDCAサイクルを3回行うことで、システム思考者の習慣のポイントをより用いた思考をさせていけると考えた。

他者との協働については安全性を考慮し、2人のペアで活動することにした。その他に、生徒が考えを記入できるワークシートを用意し、生徒に自分の考えをもたせるとともに、正確な製作を行うための課題と工夫の関係性に気付くことができるようにした。

本実践を通して期待する生徒の姿は、はんだ付けを正確に行うために、習得した知識や技術を活用しつつ、他者との協働を行いながら、実生活の中で応用し、実践する姿である。

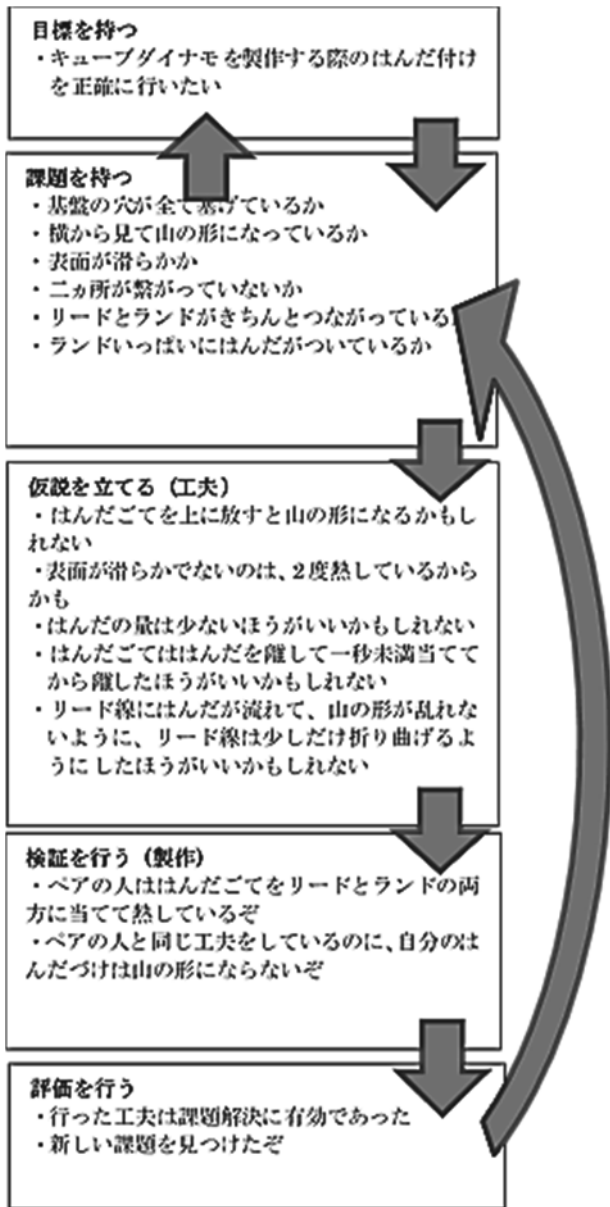


図2 教師力向上実習Ⅱにおける製作過程の構想

3 各場面における手立て

(1) 目標を持つ場面の手立て

生徒に本実践における目標として、「正確なはんだ付けを行う」を設定した。この目標は、正確なはんだ付けを行えるようになるために、目標に向けての工夫を多角的に考え、実践していく必要がある。

生徒に目標の全体像を考えさせるために、正確に製作されている製作品を教師が提示し、正確な製作と判断する具体的な項目を示すことにした。

(2) 課題を持つ場面の手立て

生徒が目標に向けて、課題の具体的な項目を考えられるように、目標を持つ場面で示した正確な製作と判断する具体的な項目をチェックポイントとして、ワークシートにして生徒に示すことにした(図3)。

評価を行う場面を終えた際に、自分の課題や評価を、ワークシートを見ながら、ペアで話し合わせることで、新たな課題を持たせるきっかけとした。

キューブダイナモの長期間の使用という長期的な視点を持って製作を行うことで、正確な製作を行うことができることを教えた。そうすることで、決められた時間内で雑に完成させようとする短期的な視点だけでなく、焦らず正確に完成させようとする長期的な視点を持つように促すことにした。

Oチェック	
チェックポイント	○or×
基盤の穴が全て塞がっているか。	
横から見て山の形になっているか。	
表面が滑らかか。	
ニカ所が繋がっていないか。	
リードとランドがきちんとつながっているか。	
ランドいっぱいにはんだがついているか。	

図3 正確な製作と判断するチェックポイント

(3) 仮説を立てる場面の手立て

それまでに習得した知識や技術を活用し、正確に製作を行うための工夫が考えられるように、ワークシートに、行った工夫、結果、今後の工夫を書くことができる欄を設けることにした(図4)。

的外れな仮説を立てて、雑な製作しないように、はんだ付けの基本的な動作を改めて確認させたり、正確にはんだ付けを行えている製作品やチェックポイントを改めて示したりすることにした。

行った工夫	どうなった	次に行いたいこと

図4 工夫や結果を書くワークシート

(4) 検証を行う場面の手立て

生徒が考えた工夫を検証することができるように、ワークシート(図4)に工夫を記入させながら製作を行わせるように教師が促すことにした。

ペアでお互いのはんだ付けの製作動作を見合わせるようにした。そうすることで、他者と自分の動きの違いに気付かせるように促すことにした。

予期できないことが起こった際は、起こったことを教師が把握し、学級で共有できるようにした。そうすることで、再度それが起こらないように気を付けさせた。また、新たに予期できないことが起こらないように、危険なこと等を防ぐことについて考えさせ、検証させた。

(5) 評価を行う場面の手立て

生徒に、仮説に対する検証結果がどうであるか、合理的に、且つ適切に判断させた。そのために、図3のチェックポイントを用いて、ペアで判断し合わせた。また、検証結果やチェックポイントを用いて、生徒に自分と他者の製品を比較させ、正確な製作が行えたかどうか評価を行わせた。生徒がチェックポイントについての評価や、その評価を基にした次の製作で行う工夫を考えさせ、書かせる欄を、図3のチェックポイントの横に加えることにした(図5)。そして、評価を行った結果を生徒がまとめることができるように、自由記入欄を図5の下に加えることにした(図6)。

Oチェック	
チェックポイント	○/× 原因・対策(工夫)
基盤の穴が全て塞がっているか。	
横から見て山の形になっているか。	
表面が滑らかか。	
二か所が繋がっていないか。	
リードとランドがきちんとつながっているか。	
ランドいっぱいにはんだがついているか。	

図5 チェックポイント考察欄

○今日の反省(はんだ付けをしていて気になったこと)と次回の目標、注意したいこと

図6 自由記入欄

4 結果と考察及び課題

(1) 目標を持つ場面での手立て

全ての生徒が正確にはんだ付けを行おうと考えようとしていた。具体的な項目(チェックポイント)を示した後にはんだ付けの仕方について、手本を教師が示した際に、手本の製品をチェックポイントに当てはめて、正確に製作を行っているか観察する生徒がいた。生徒が全体像に注目して、正確にはんだ付けを行うという目標について考えることができているようだった。

(2) 課題を持つ場面での手立て

初めてはんだ付けを行った後に書いたワークシートの自由記入欄には、ほぼ全員がチェックポイントの課題が達成できたかどうかについて書いていた。しかし、なかには、チェックポイントにはないが、手本の製品と違い、自分がはんだ付けしたはんだの表面の輝きが所々違うことに気づき、次の課題に設定した生徒もいた(図7)。このことから、目標に向けての具体的な項目を示すことが、課題を意識した製作をさせることとなった。また、目標となる製作品を示すことが、生徒に新しい課題を見つけさせるきっかけになることが分かった。

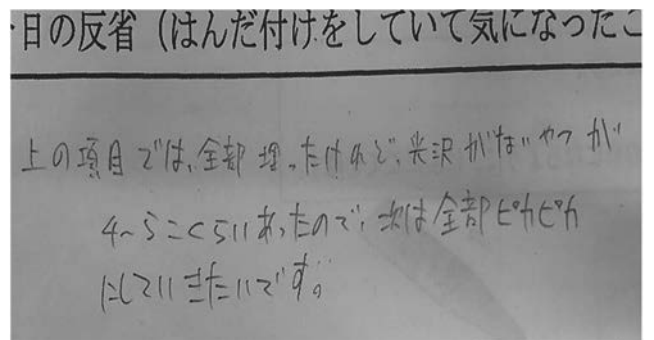


図7 新しい課題を見つけた生徒の記述

しかし、今回のワークシートでチェックポイントを具体的な項目として示し、図5のようにチェックポイントのみ解決できたかどうかを判断させる欄と考察欄を設けたことが、新しく課題を見つけるための障害になったように思われた。ある生徒は、そのような欄があっても新しく課題を見つけることはできたが、チェックポイントを強く意識してしまい、チェックポイント以外は課題ではないと考えた生徒もいたようであった。多角的に目標

について考え、課題を多く見つけさせ、取り組ませたいと考えていたので、新しく課題を書き込む欄をワークシートに設けるべきであった。

キューブダイナモの長期間の使用という長期的な視点を持って製作を行うことを促したことで、チェックポイント『二カ所が繋がっていないか』を意識しながら、長期的な使用という視点で課題について考え、製作を行っている生徒がいた(図8)。こうしたから、長期的な視点を持つように促すことは、より丁寧な製作をさせることになることが分かった。

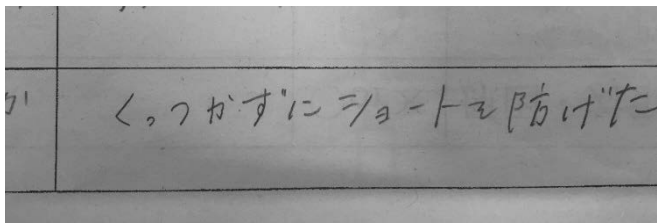


図8 長期的な使用を意識した生徒の記述

(3) 仮説を立てる場面での手立て

あるペアは、ペアの一人がはんだ付けを行う際、部品が基盤から浮いてしまうので、リード線を折り曲げて、部品を密着させることにした。しかし、そうするとはんだが山の形にならないことに気付いた。もう片方の生徒は、部品が浮かないように消しゴムで押さえつけて製作を行っていた。しかし、はんだごとによって消しゴムが焦げてしまった。2人はそれぞれの工夫について話し合い、ラジオペンチを用いて部品が浮かないように押さえながらはんだ付けを行う工夫を考えた。この姿から、それぞれが部品が基盤から浮いてしまうという同じ課題を持ちながらも、違った仮説を立てていた者同士が、他者と協働することで柔軟な思考をすることができ、新しい仮説を立てることができると分かった。

はんだ付けの手順が心配な生徒が、手順が書かれた資料を見て、自分なりの工夫を考えていた。また、なかなか工夫を考えられなかった生徒が、同じ班で正確に製作が行うことが出来ている生徒の工夫を教えもらう姿を確認することができた(図9、図10)。これらのことから、仮説を立てる際に、手順のような基礎的・基本的な知識及び技術を再提示したり、他者との協働させるように促したりすることが、新しい工夫や仮説を考えさせることに対して効果的であることが分かった。

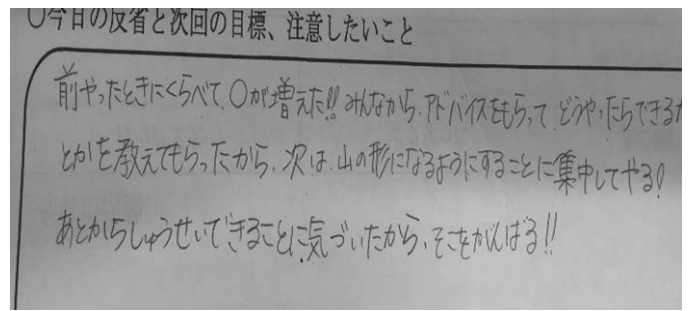


図9 他者から新しい考え方を得た生徒の記述

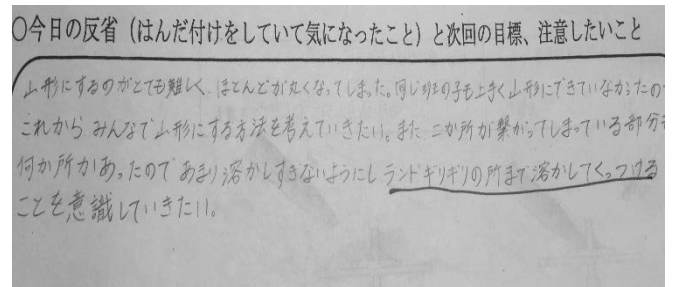


図10 他者から学ぼうとする姿勢を持つ生徒の記述

(4) 検証を行う場面での手立て

ある生徒は、一回目のはんだ付けでは、はんだを山の形にすることができなかったが、ペアの人が山の形になっている点に気付き、はんだごとを上に持ち上げるように離す工夫を教えてもらった(図11)。二回目のはんだ付けでその工夫を行ったところ、所々ではんだを山の形にすることができた。そこで、できたところとできなかったところの違いを考え、はんだの量に着目した(図12)。そして、三回目では全てのはんだを山の形にすることができたとしてワークシートに記入していた。この姿から、生徒に考えた仮説を検証させながら、行った工夫や検証結果についてまとめさせたことと、ペアの人と製作動作を見合わせることで違いを見つけさせることの組み合わせが、新たな仮説につながり、新たな課題を見つけさせ、正確な製作をさせることにつながったと考える。

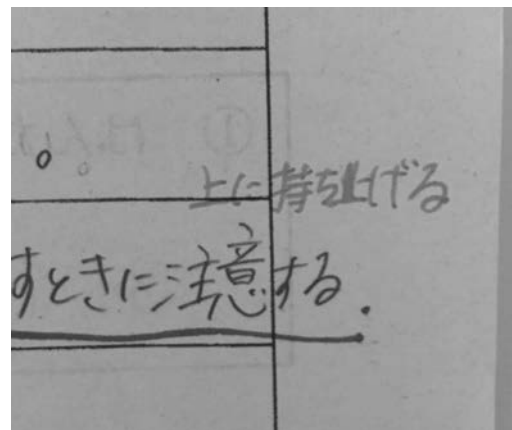


図11 他者から教えてもらった工夫の記述

どうなった	次に行いたいこと
山形になれたものと山形にならなかったものがある。	山形にならなかったのは、ほかと溶かしきからたと思うので、人だの量を調整したい。
まわりの材料に色を塗りたい。	これから続行したい。

図 12 新しい課題を自分で見つけた記述

(5) 評価を行う場面での手立て

これまでに見てきたように、チェックポイントを用いてペアで評価をし合わせることで、課題や仮説の検証の際に、合理的、且つ適切に製作状況を判断させることができたと考える。

また、ペアで製作品を見せ合いながら、評価をし合ったことで、チェックポイントに示されていなかった新たな課題を持ったり、新たな仮説や工夫を見つけ出した生徒もいた。そのような課題等は考察欄や自由記入欄に書かれていたことから、課題に対する問題解決に対して考えたことを記録する欄を用意することは良かったと考える。

5 教師力向上実習Ⅱでの成果と反省

教師力向上実習Ⅱでは、キューブダイナモの製作という過程の中で、システム思考を取り入れた。

それぞれの場面で取り入れた、システム思考をさせるための手立ては、そのすべてが有効であったと考える。チェックポイントの評価の○印が徐々に増えていった生徒は、行った工夫や結果、次の製作で行う工夫が具体的に書かれていたが、評価の○印が増えいかなかった生徒はワークシートの記述がほぼ無かった。より多くの生徒について、評価の○印を増やしていくためには、教師がワークシートへの朱書きを行い、生徒に具体的な課題を設定させたり、工夫を考えさせたりしていくことが今後、行っていくには必要であろう。

教師力向上実習Ⅰでは検証を行えなかった、検証を行う場面から評価を行う場面について、実際に製作を行わせることで検証させ、製作品自体を観察させることで、仮説が課題解決・目標達成のために向けたものになっていたかどうかを評価させることは、生徒の様子から有効であったと考える。本実践では安全性を考慮してペアで検証と評価を行ったが、ペアであっても新しい課題や仮説、工夫を見つけることができていたが、より多い人数で検証や評価を行えば、より多角的に、製作過程や製作品を見合うことになり、課題や仮説をさらに見つけ出すことができるようになるかもしれない。

本実践ではキューブダイナモの製作に必要な技術のみについてシステム思考を行ってきた。その結果、キュー

ブダイナモの製作を正確に行うことができた生徒が多かった。今後、実際に社会で使われているエネルギー変換技術に関する様々な技術を評価するために、システム思考を用いることで、持続可能な社会を築くために必要なアイデアを適切に評価し、活用する態度と能力を育てることができるのではないかと考える。

VI 研究のまとめ

関根(2012)に述べられていた「身に付けさせるべき能力が具現化できないこと」、「適切な指導が行えないまま、不適切な評価方法を用いていること」という問題点について、本研究では、システム思考を組み込んだ授業や単元を設定することで、ある程度解決することができたのではないかと考える。身に付けさせる能力を具現化させるためには、教師がシステム思考者の習慣の中の「ビッグピクチャーを理解しようとする」と「理解を深めるためにももの見方を変えてみる」と行うとよいのではないだろうか。教師自身が物事や課題の全体像と部分をバランスよく捉え、多角的にみることで生徒に身に付けさせるべき能力を具体的に設定することができるようになる。そして、身に付けさせる能力が具体化できれば、指導の方法や評価の観点を明確にすることができる。と考える。

「4つの基本的方向性」の一つである「社会を生き抜く力」の養成についても同様に、システム思考を組み込んだ授業や単元を設定することで、本研究では、「個人や社会の多様性を尊重したり」、「実生活の中で応用したり」することはできなかったが、エネルギー変換技術に関しては、それまでに学んできた知識や技術を柔軟に用いて、目標に対して新しい課題や仮説、工夫を見つける姿を観察することができた。また、キューブダイナモの製作において、他者と協働することで、製作に関して自分に必要な知識や能力を理解し、それを身に付け、実際に活用できるような主体的な態度を身に付けさせることができたのではないかと考える。

本研究では、習得した知識や技術を、実践的に活用する能力と態度、他者と協働する態度という目標に向けて、二つの授業実践を行ってきた。そして、目標達成に対するPDCAサイクルを組み、そのサイクルの中でシステム思考の思考法を生徒に用いさせることで、その目的はある程度達成された。と考える。また、授業内に対する活動の目標・課題を持たせる際には、ビッグピクチャーを理解しようとするシステム思考者の習慣が特に有効であったと考える。仮説を立て検証をさせる際には、理解を深めるためにももの見方を変えてみる習慣が特に有効であったと考える。評価を行わせる際には、原因と結果の関係はサークルになることを認識する習慣が特に有効であったと考える。その他の習慣も様々な場面において、生徒たちの活動を助けたと考える。

今回については、わずか2つの実践ではあるが、内田

(2013)に述べられているように、システム思考と技術科教育の親和性は高いのではないかと考える。次は、情報に関する技術の単元、生物育成に関する技術の単元、材料加工に関する技術の単元それぞれにおいても、同様のシステム思考を取り入れた授業実践が有効であるか検証していきたい。

Ⅶ 今後の実践に向けて

本研究では、システム思考を技術科教育の中で活用する方法について検証してきたが、実際に中学校に勤務した際に、道徳や行事活動ではどのように活用できるか考えていきたい。例えば、道徳では、登場人物の心情把握を行う際、登場人物のビックピクチャーを把握したり、違った考え方もつ他者とディスカッションを行ったりする場面でシステム思考を活用することができるであろうと考える。学校行事においては、例えば、最後の発表の場面をビックピクチャーとして捉えることで、全体像の個々の役割を明確に把握することができるようになる。そして、準備を確実に行うことができるようになるのではないかと考える。

学校事情により、システム思考を用いて思考をさせる対象が制限されることがあるかもしれない。しかし、システム思考者の習慣を子どもに身に付けさせることで、集団を成長させることができるのではないかと考える。また、子どもたちが未来の世界で活躍できるようにこの思考を身に付けさせていきたい。

参考文献

- ・中央教育審議会教育振興基本計画部会 (2013) 「第2期教育振興計画について(答申)」
- ・池田誠 (2003) 「システム思考(問題系解決と意思決定のための図解を用いた論理的思考)の教育に関する実証的考察」 東洋大学学術情報『国際地域学研究』第6号, 59-76
- ・熊平美香 (2010) 「学習する組織の5つのディスクリン」, [online] <http://www.a-kumahira.com/the-fifth-discipline/> (参照 2017-2-9)
- ・関根文太郎 (2012) 「技術科教育における指導と評価の一体化: ガイダンスの適切な指導と評価方法の提案」 京都教育大学『京都教育大学紀要』, 37-46
- ・Senge, P. M. (2006). *The fifth discipline: The art and practice of the learning organization*. Crown Pub.
- ・内田有亮 (2013) 「技術科教育における、思考力・判断力・表現力等の育成のためのシステム思考の導入について」 日本産業技術教育学会九州支部『日本産業技術教育学会九州支部論文集』 21, 15-22

- ・内田有亮 (2016) 「計測・制御学習におけるシステム思考ヒントカードの導入について」 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』21, 17-24
- ・Waters Foundation (2006) *Habits of a Systems Thinker*, [online] <http://www.watersfoundation.org/web/mod2/downloads/habits.pdf> (参照 2017-2-9)

付記

連携協力校の校長先生、教頭先生、教務主任の先生をはじめ、すべての教職員の皆様にお忙しい中、一年半にわたる学校サポーター、二回の実習にご理解、ご協力をいただき、温かく見守ってくださったことを心から感謝申し上げます。

最後になりましたが、本大学院での授業ならびに、学校サポーター活動、教師力向上実習Ⅰ・Ⅱ、修了報告書の作成において、継続的にご指導くださった愛知教育大学大学院 松井 孝彦先生、教師力向上実習Ⅲにおいてご指導くださった杉浦宏幸先生、多様なフィールドワークにおいてご指導くださった川北稔先生をはじめ、温かくご指導、ご助言してくださった教職大学院の全ての先生方に心から感謝申し上げます。ありがとうございました。