

技術・ものづくり教材開発のための PBL 教育モデルの提案

三重大・教育 ○松本金矢, 三重大・教育開発機構 守山紗弥加

1. はじめに

日本における製造業の衰退や情報化社会の進展とともにモノとヒトとの関係が大きく変化しており、それに伴って技術教育の担うべき役割も移り変わっている。学習指導要領¹⁾の技術分野の目標が「工夫し創造する能力と実践的な態度を養う」から「技術を適切に評価し活用する能力と態度を育てる」に改正された。消費者として技術を評価・活用する能力の育成を重視するようになってきたためであると考えられる。このような、時代とともに変化する技術教育のニーズに対応した、新たな教材が求められている。また、現行の学習指導要領における技術分野の必修内容（A材料と加工、Bエネルギー変換、C生物育成、D情報）と教員免許法における必修科目（木材加工、金属加工、機械、電気、栽培、情報とコンピュータ）との間に不整合があり、教員養成学部において履修する教科専門科目が、現場での実践内容と必ずしも一致していないという問題がある。したがって、学校現場で実践される授業内容に合致する教材も必要とされている。

このような背景から、技術科の教員には教材を開発する力量も求められてきている。しかし教員養成段階では、教科専門科目において知識・技能など「何を教えるか」と、教科教育科目において教授法や教材の活用など「どう教えるか」について、つまり教材研究については学ぶが、自ら教材を開発するための力量を形成する機会は少ない。また、少子化による学校規模の縮小や、技術の授業時数が極端に少ない状況により、技術担当教員を複数配置することが困難な学校が多く、教員間での教科指導に関する研修の機会が得られにくい。さらに、全国の教員養成大学に教職大学院が設置されたことで、教科内容に関わる研究を指導する従来の大学院（教育学研究科）が縮小され、教科専門の力量を磨く機会も減っている。

このような状況から、本研究では教員養成学部・大学院において、教材開発に関する力量を養

成することを目的とする実践的な PBL (Project Based Learning) 教育モデルを提案し、試行的に実践した授業を通してその効果を検討することを目的としている。

2. 教材開発 PBL 教育モデル

大学教員と学生・院生が協働的に教材開発プロジェクトを実施する、PBL 教育モデルを提案する。このモデルは、科学研究費による研究「デマンドサイドのニーズに即した教科領域を超えた教材開発と評価方法の研究」²⁾において開発された学生・院生と大学教員が現場のニーズに合わせた教育研究を協働で行う PBL 教育モデルを発展させたものである³⁻⁶⁾。

具体的には、教員養成の授業において、教員がチューターとなり教材開発プロジェクトを推進する。単元内容に関わるキーワード等を受講者に挙げさせ、KJ法によりそれらを分類する。分類された項目から、教材として相応しいテーマを抽出し、マインドマップ等を用いた演繹的手法により、題材を決定する。次に、教材を設計するために必要となる構成要素である教育内容（教育目的、教育目標等）や教科内容（構造、材料、加工法、工具等）を検討し、関連する先行研究を調査する。試作を通して教材を評価するとともに、改善点などを明らかにする。（図1）

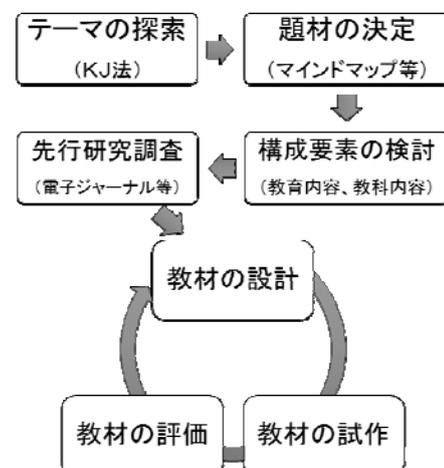


図1 教材開発プロジェクトの流れ

3. 教材開発プロジェクトの実践

3.1 実践概要

2016年2月8～14日に愛知教育大学大学院において、集中講義「金属加工技術特論」（受講者：愛知教育大学大学院生4名）を実施した。本授業では、金属加工を対象とした新たな教材開発を目的として、提案するPBL教育モデルを取り入れ実践した。シラバスは表1に示す通りである。実際の授業時数には若干の変更があり、また金属加工教材の例として、アルミ板の冷間鍛造による皿の製作も含まれていた。最後に、受講者に授業全体の感想を記述してもらった。

表1 「金属加工技術特論」シラバス

1. 導入（オリエンテーション）
2. テーマの探索（KJ法）
3. 題材の決定（討論）
4. 教材の構成要素の検討
5. 先行研究調査（電子ジャーナルの活用）
6. 教材の設計1（振動の基礎理論）
7. 教材の設計2（材料特性の同定実験）
8. 教材の設計3（音響解析の基礎）
9. 教材の設計4（音響解析）
10. 教材の設計5（構造設計）
11. 教材の試作1（部品加工）
12. 教材の試作2（組立）
13. 教材の試作3（音響測定）
14. 教材の評価
15. まとめ

3.2 実践内容

まず、受講者に対して、教材開発プロジェクトについて説明し、金属に関する新たな教材を開発することを伝えた。次に、テーマを探索するために、金属に関連するキーワードを挙げさせ、付箋に記入してKJ法による分類を行った。結果を図2に示す。

キーワードとして多く挙げられたものは、物理特性（熱伝導、磁性、導体等）や機械特性（弾性、展延性、疲労等）、加工法（鋳造、熱処理、切削等）、部品・製品（車体、工具、調理用具等）であった。これらを分類する過程における討論では、においや音など人間との関係を示すキーワードが少ない

ことが話題となった。ものづくりや技術教育を学ぶ者同士が議論する中で、モノとヒトとの関係が重視されていないのは、これまでの教育や教材にこのような視点が欠落しているためではないかとの意見が出された。

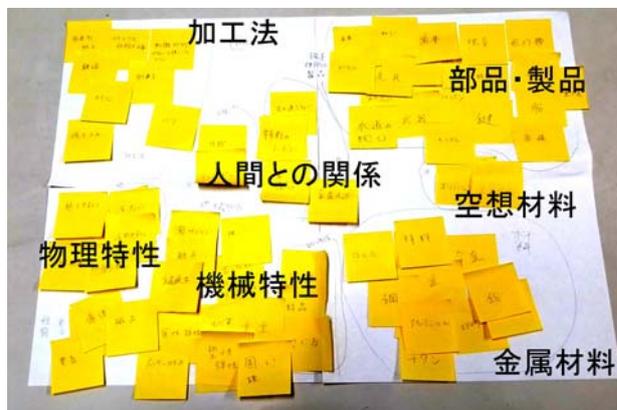


図2 KJ法によるテーマの探索

これを受けて、人間の五感に直接的に働きかけるような教材を開発することとし、題材を「風鈴の製作」に決定した。時間的な制約から、チューターである教員が、「風鈴の製作」に必要な教材の構成要素を列挙し、情報を共有するために三重大大学の教員研究グループで管理するmoodleサーバーにフォーラム「メタルプロジェクト」を立ち上げた。また、愛知教育大学図書館が提供している電子ジャーナルを活用し、関連する先行研究を分担して調査した。「音階」や「楽器」、「和音」、「音の心理的作用」などのキーワードを基に論文を検索し、moodle上で共有できるようにした。

次に、金属パイプ（アルミニウム、真鍮）を3本用いた「和音を奏でる風鈴」を教員が提示し、パイプの形状と固有振動との関係について連続体力学の講義を行い、有限要素法固有値解析ソフトによる解析実習を行った。ノートパソコンにFFT分析ソフトをインストールし、各自が適当な長さに切断したパイプの加振実験を行い、その発する音の周波数分析からパイプの固有振動数を求め、連続体力学による一様断面はりの曲げ振動の固有値から各パイプのヤング率を同定した。

それぞれが選択したパイプ材料のヤング率を基に、有限要素法固有値解析ソフトを用いて、奏で

たい和音の3つの周波数を発するパイプの構造設計(長さおよび支持位置の決定)を行った。(図3)

最後に、設計値よりも少し長めにパイプを切断した後、FFTにより音程を確認しながらパイプ長を調整し(図4)、支持点の穴開け加工および土台と舌を木材で製作し組み立てた。(図5)



図3 アルミパイプの1次曲げ振動モード



図4 パイプ長の調整と穴開け加工



図5 風鈴の組立

3.3 受講者の記述の解釈

第15回まとめでは、学生に授業全体の感想を求めた。以下、学生の記述を授業者がどのように受け止めたか、提案するPBL教育モデルの有効性を中心に検討する。

教材開発の重要性に関わる記述については、「教師となった際に、教材開発というのをどうすればよいかとても心配していました。今まででも多くの先生から色々と教わってはいましたが、それはあくまでも例であり、時代が変われば結果として子ども達も変わり、これまでの常識や方法が通用しないなんてこともきっとある」

「大学院に進学し、教材研究や授業について考える機会が多くなったが、『金属』を取り入れた授業についてしっかりと考えてはいなかったように思う。正確には、考えようとしても『難しいのではないか』や『どういったことをやるとよいか分からない』と思い、手が出せなかった」

ある与えられた対象教材を授業デザインするために行う教材研究ではなく、変化に富むこれからの時代において自ら教材を創り出すことの必要性について以前より意識を持っていたところに「開発」の具体的な経験や実感が伴うこととなったのであろう。

「教師として、子ども達に何を伝えるべきなのか、また、その伝え方として教材開発がとても重要であると理解することができた」という記述には、教師自身の学びや探究の成果としての教材こそ、子どもと共有すべき本物の(学習)材であり、技術教育を通して伝えようとするメッセージを込め、ねらいや本質に気づかせることのできるものを自ら「開発」という営みの必要性が見てとれる。

協働開発における手法・方法論の有効性の実感につながっていることも述べられている。

「人と話しあう時はしばしば、意見がまとまらず答えが出ないことがあります。しかしKJ法は自分の意見を付箋に出し切った後に意見を交換し、まとめていくので議論も方向づけられます。また他の視点に立った意見も一目で分かるので自分自身の知見も広げられました。」

同じく意見共有の手法に対しては、対象となる題材群に関する自身の認識を自覚する体験と位置

づけている記述も見られた。

「物事を広い視点で見て考えることができるものだ。自分は金属について知識的な面にしか目を向けることができていなかった。しかし、KJ 法を行うことで周りから、加工法や金属への感覚、製品ではなく、部品としての金属など、様々な金属へのイメージを得ることができた。改めて自分は視野が狭かったのだと認識した。」

これは、受講生同士の意見共有を通して自他の知識レベル、イメージレベル、対象との関わりの深浅や幅などを確認する契機となったことを表している。それにより、協働開発することの意義や、「学び手」「研究的実践家」「教材の創出者」としての教師には、多様な知識や鍛錬が必要であることを再認識することにつながっているのではないかと推察する。

対象教材への関心や専門領域における学びの相対化・総合化という側面にも着目したい。

「風鈴は、音として人間の五感に作用するもので、自分達の金属へのイメージにも少なかった、金属への感覚を認識できるようになるためのものである。風鈴を作るにあたり、音色による感じ方の違いや、金属の筒の長さや振動数の関係などの研究も行った。」

「1つの教材を生み出すためにも、多くの研究が必要であることがわかった。」

これらの記述からは、今回のプロジェクトの各工程を通して、これまで自分たちが教科専門の知として学んできたことを選定題材を中心として布置し直すことで、授業において子どもたちが学ぶことを具体化して学習活動をデザインする、という体験になっていることがうかがえる。そのために教師に必要な教科専門の知が自覚される局面につながっていると考えられる。

技術教育の意義についての記述も見られた。

「ものづくりにおいて『材料』は不可欠な存在であり、知識は与えられても、子ども自身がそれに触れ、体感しないことには子どもの中には芽生えさせることはできないのではないかと思った」

「『材料加工』という領域で学習を行うのであれば、より子どもの感性にふれることのできる教材、授業展開が必要であり、子どもに感じ考えさせるよ

うな『もの』を作れるとよいと思った。」

実践的・体験的な学習活動を通した学びに特色がある技術教育では、教師自らにそのことの意味や意義が身体的なレベルで実感されていることが非常に重要である。今回の教材開発プロジェクトにおいても学生たちが自ら製作する中での困難さや特有の感覚が、技術教育の意義を再認識させることにつながったものと思われる。

4. おわりに

教材開発に関する力量を養成することを目的とする実践的な PBL 教育モデルを提案し、試行的授業を実践した。受講した学生の記述から、教材開発力養成の必要性がうかがわれ、提案した PBL 教育モデルが、教科専門の知識の重要性の再認識を促すことや、学びの総合化、技術教育の意義について再考する契機を与えることが示された。

- 1) 中学校学習指導要領、第 8 節技術・家庭 [技術分野]、2 内容 A、(2010)
- 2) 科学研究費補助金基盤研究(B)、2008 年度～2010 年度、「デマンドサイドのニーズに即した教科領域を超えた教材開発と評価方法の研究」研究代表者：松本金矢
- 3) 技術教育のための総合的な材料加工教材の提案、松本金矢・古市裕太・中西康雅、三重大学教育実践総合センター紀要、Vol.33、pp.45-50、(2013)
- 4) ものとひととの関係を考える ―修理・リサイクルの実践を通して―、松本金矢・川村涼・高森裕貴・守山紗弥加、大学教育研究―三重大学授業研究交流誌一、Vol.21、pp.29-33、(2013)
- 5) 最適設計を利用した手作り打楽器の開発、松本金矢・甲谷俊紘・端崎裕太郎・根津知佳子・中西康雅、日本産業技術教育学会誌、Vol.57、pp.251-258、(2015)
- 6) 教科書にみられる算数・数学と社会生活との関連性に関する研究、松本金矢・左右田睦月・守山紗弥加、三重大学教育学部研究紀要、Vol.67、pp.353-358、(2016)