

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 13 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K02918

研究課題名(和文) 伝統的技術を学ぶ金属加工分野の教材開発

研究課題名(英文) Development of educational materials in the field of metalworking for learning traditional techniques

研究代表者

深川 和良 (FUKAGAWA, Kazuyoshi)

鹿児島大学・法文教育学域教育学系・准教授

研究者番号：70452927

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：鹿児島県の伝統的工芸品である刃物を製作題材とした、中学校技術・家庭技術分野における金属加工技術を学ぶ授業開発を行った。まず、鹿児島で鍛冶業が発展してきた経緯を調査し、それを教材化した。次に、授業に適した作業方法を検討した。その際に、授業に導入しやすいよう、学校現場で容易に用いることができる工具あるいは治具や機材を提案している。生徒や教員を対象に考案した授業を実施し、この授業が金属加工の基本的な技術・技能を学ぶことができ伝統的技術への興味・関心を誘起できることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

金属加工技術の基伝統的な技術・技能と関連付けながら学べる授業を比較的短い授業時数で授業に導入しやすい教材として提案することができた。また金属工学的な評価から、製作物の機能は実用に耐えるもので家庭や別途授業内での利用も可能であり、横断的あるいは課外での学びへの展開も期待できる。教員に対する講習会より、教員にとっても興味深い教材であり、技能・技術向上に結び付くなどものづくりやその教育における能力向上に寄与できた。さらに、教員養成課程における実習教材としても導入し、受講生の技術・技能向上が示され有効性が示された。これらの成果は査読付き2本、査読無1本の研究論文などで発表し公表している。

研究成果の概要(英文)：We developed a metalworking lesson in the field of junior high school technology education, using the production of knives as a theme based on the traditional crafts of Kagoshima Prefecture. First, we investigated the history of the development of the blacksmith industry in Kagoshima and developed it into teaching materials. Next, we considered suitable methods for the lesson of junior high school technology education. At that time, we proposed tools, jigs, and equipment that can be easily used in the school field to make it easier to introduce the lesson. We conducted the developed lesson for students and teachers, and found that they were able to learn the basic techniques and skills of metalworking, and it also aroused interest and curiosity in traditional techniques.

研究分野：技術教育

キーワード：金属加工技術 技術科 伝統的技術

1. 研究開始当初の背景

国内のものづくり産業においては人手不足が大きな課題となっており、人材確保、延いては技術力の維持、発展のために国に対し若者のものづくりに対する意識を高める必要性を訴えている。この課題は中・長期的な取り組みが必要であり、技術・家庭科技術分野（以下、技術科）の教育はその最も効果的な手段となり得る。しかしながら、諸外国では初等教育の早期から技術教育を導入し、生産者育成の側面から生産技術を扱う国がほとんどであるが、日本では中学校3年間のみである上、生活技術を扱うことが主体となって久しい。また全国調査によると、技術科の内容「材料と加工に関する技術」では98%を超える中学校において木材加工で終始しておりものづくり教育に偏りが生じている。生活そしてものづくり産業を支える金属を材料としたものづくりは1%未満の中学校でしか行われていない。木材加工だけでは生活用品、工業製品に直結しにくく、ものづくり産業に興味関心を抱くことは難しい。このことから、金属加工の授業を拡充させることは大きな意義がある。

一方で、旧学習指導要領より、我が国に根付いているものづくりの伝統的な技術が重要視されている。しかしながら伝統的な技術は衰退の一途であり、その多くは技術的資料がないため一般にはブラックボックスの状態であり教材化は困難である。実際にもものづくり教育としての実践例はほとんど見受けられず、先行研究例では伝統工芸として木材加工を中心とした物がわずかにあるものの、金属加工を対象とした事例はない。加えて伝統的な技術についても人材不足が深刻な問題であり伝承が途絶える可能性も否定できないため、教材化を検討するなら早急に取り組む必要がある。一方で、これらの関係者も伝統技術に対する若い世代の興味関心を切望しており教材化を歓迎している。以上から、伝統的な技術を題材とした金属加工の教材開発は必要な課題といえる。

こうした背景の下、研究代表者は金属加工や伝統的な技術に関する研究に着手してきた。ものづくり教育において重要な備品の整備状況について中学校技術科を対象に行った結果、金属加工分野においては過半数の学校が授業として成立させられない状態であった。また、教員に関しても40代以下は金属加工の授業実践実績がほとんど無いことがわかった。一方、伝統的な技術に関しても、例えば薩摩藩が構築した熔鋸炉について歴史的背景や在来諸技術との関連、その後の日本の製鉄技術史への影響などを調査した。結果、薩摩特有の土着製鉄技術によって成し遂げられたわが国製鉄技術の近代化の先駆をなす挑戦であり、この製鉄技術により作り出された鉄を生産や生活に広く深く活かす技術文化があったことを示した。すなわち種子鉄や加世田鎌・包丁などの鍛冶技術も発展、伝承されており、誇るべき技術であるが、これらも凋落の一途を辿っている。以上を踏まえ、たたら製鉄による製鉄実験を通して教材化への試みや鍛冶業者の協力の下、技術・技能の調査や地域の子供たちへの技術紹介などの活動に取り組んできたが、有効な教材化にはまだ結実していない。

2. 研究の目的

研究代表者らの知見から、現在の技術科において金属を材料としたものづくり教育に関しては、40代以下の教員は経験がほとんどなく、また現状においても取り組んでいないこと、また金属加工の伝統的な技術に関しても優れた伝承や技術の蓄積があるにもかかわらず、授業内での積極的な取り組みは少ないことが予想された。加えて、過去の実践例などは男女別修や授業時数など状況が異なり安易に活用できないものも多い。そこで鹿児島県の伝統的な技術を結び付けた金属加工分野を題材とした材料と加工に関する技術の教材開発を本研究にて取り組む。具体的な目的は、伝統的な鍛冶技術の加工条件の調査、基本的な加工技術の教材化に対する最適化、史学的観点を含めた伝統的な鍛冶技術に関する教材用資料の作成、教員向け講習会の実施そして金属加工の教材開発とする。

3. 研究の方法

伝統的な鍛冶技術の加工条件の調査については、実際に伝統的な工芸品として刃物製作および販売をしている県内企業に、製造工程や加工条件などを工程ごとに写真撮影、動画撮影、サーモビューワーによる加工条件の測定、作業員への聞き取り、そして作業方法の指導を受けることで分析と考察を行う。基本的な加工技術の教材化に対する最適化については、学校現場でも容易に入手や準備ができる機材等を用いることで、授業や製作題材として導入しやすい作業方法、治具や工具類を検討、提案する。その際には、試行を通じた作業員アンケートや作業分析、製作物に関しては金属工学的手法を用いた評価などから考察を行う。伝統的な鍛冶技術に関する教材用資料の作成は、実際に製造販売している企業への聞き取りや文献による調査を踏まえ動画教材の制作も念頭に実施する。これらも試行を通じた評価を行う。また、教師の資質向上と授業への普及を視野に入れて教員向け講習会の教材としても発展させ、アンケート調査や聞き取り調査から、考察した講習会や教材の評価、見直しを行う。

4. 研究成果

(1) 伝統的鍛冶技術の加工条件の調査

鹿児島市内に拠点を構える伝統的工艺品として認可された刃物製造企業の協力を得、その製造工程の調査を行った。

調査時の材料は、刃物鋼を軟鋼で挟んだ三層構造の利器材であり、刃物鋼は白紙 2 号であった。鍛造工程で用いられる加熱はガス炉で炉内温度は 1000 以上、鍛造開始時は 800 以上を保っていたが、終了時には 700 程度までの温度降下も確認できた。鍛造は、ベルトハンマーで鍛錬および成形がなされる。およそ成形が終わると、600 まで加熱されならし打ちにより修正後、型に合わせて包丁の形に切断される。

面取り後、グラインダーによる刃立作業がなされる。刃立後の焼入れには、泥塗りが行われる。これは均質な加熱を目的とし、泥は塗布後に乾燥させてから焼入れ工程に入る。

焼入れは鉛浴によって行われる。刃物の処理温度は付帯計器で 780 とし、数分間浴中に保持される。冷却は、常温よりやや高めの温度の水で行われる。焼戻しは、180 の油中で行われ、20~30 分程度保持される。これにより、包丁として適切な硬度と靱性が付与される。

熱処理後は、歪み取り、砥石による刃立、そして仕上げ工程となる。

以上の工程は、別途、実際に指導を受けながら作業を行い、体験的に習得する機会を得た。

(2) 基本的な加工技術の教材化に対する最適化および材料と加工に関する技術の教材開発

伝統的工艺品である刃物製造工程の調査から、技術科における金属加工技術の適した工程および作業方法について検討した。

まず、全体的な工程として材料取り・切断、鍛造、刃立、熱処理、研ぎの工程に整理し簡略化した。

材料取り・切断は、弓のこを用いた切断工程であり、万力で材料を固定する。万力を保有していない場合は、作業台に C 型クランプを代用する。材料は、白紙 2 号をサンドイッチした三層構造の利器材を用いた。推奨される熱処理条件は焼入れ温度が 760~800 の水焼入れ、焼き戻し温度は 180~220 である。寸法は、鍛造時の作業時間を考慮し利器材の規格寸法中最も薄い厚さ 2.6mm を採用した。

鍛造は、金工用途の片手ハンマー（ボールピンハンマー）と金床により叩きおよその刃物形状に成形する。刃物鋼は炭素が 1%以上と非常に硬くもろい上、積層状の構造から割れやき裂の発生が懸念されることから、十分な加熱が加工上必要である。また、熱処理時の加熱にも用いることも考慮し、1000 以上の温度で容易に保持できるような炉を検討した。その結果、道路工事に用いられる U 型側溝（U 字溝）を炉とし、また効率的な送風を得るため送風管も併用することとした。送風管は学校現場でも容易に製作できるように、高速切断機、ハンドグラインダーあるいは弓のこでスリットを設ける設計とした。送風は電動ブロワーを採用した。燃料は木炭を利用している。これにより、一つの炉に対し 4 人が十分に安全に作業ができる。なお、作業において、厚みを確認するためのスリットを設けたアングル材で確認する。このアングル材は、2 ミリ幅と 1.5mm 幅のスリットを有し、峰部の厚みは 2mm、刃先部の厚みは 1.5mm を基準としてスリットへの挿入の可否で容易に確認できる治具であり、後工程のやすり掛けにおける工程具としても用いられるように製作されている。なお、刃先側面は刃立の際に、やすり掛けの負担が大きくならないよう、なるべく打痕が残らない平滑な面に仕上げるのが重要である。作業時間がかかる場合は、切断やすり掛けによる成形で補完する。

刃立は、金工やすりを用いた刃先成形工程となる。刃物は水平に固定する必要があるため、鍛造で用いたアングル材を万力で固定し、そのアングル材上に刃物を固定する。アングル材にはねじ切りがされ、M6 のボルトで刃物を固定する。刃立の前に、全体の形状をやすり掛けで整える。この場合は、先のアングル材の治具は用いる必要はない。刃先形状は凹凸がないように整える必要がある。刃立は刃先に角度を設けることと、刃先側面を平滑にすることが目的となる。ここでは、生徒たちが見通しをもって作業できるように、刃先から 10mm の範囲で三角形の断面になるように成形することを指導する。

熱処理は、鍛造時に用いた炉を同じものを利用する。まず、砥の粉を滑らかに筆で塗布できる程度の適量の水と混ぜ、刃物に塗布する。中子を除いた全体に塗布する。塗布後の刃物は、炉の近傍において、炉壁からの放熱で乾燥させる。電動ファンの風量が回転数に比例するならば、概算で電動ファンによる送風風量 0.25m³/min で 2 分程度の加熱によりおよそ焼入れ温度に達する。水による急冷の前には、目視で赤熱状態を確認した上で、水冷を行う。水冷は、10 秒程度、刃物を水中でかき混ぜながら行う。水冷後は、水分をウェス等でふき取り、目視や触手確認で水分の有無を確認する。焼戻しは、家庭用調理器具である電気フライヤーを用い、食用油を 180 まで加熱し、刃物を油中で 20 分間保持することで行った。

研ぎの工程は、荒砥、中研ぎ、仕上げ研ぎとして、それぞれ #120、#240、#800 の砥石を用いた。両刃なので、表面と裏面の両面を研ぐ。刃物は峰の向きに力を入れて研ぎ、刃先に返りが確認出来たら、裏面を同様に買えりが確認できるまで研ぐ。研ぎ終われば、切れ味の確認として、コピー用紙を包丁で切断する。

なお、これらの工程は自宅や授業内でも見通しあるいは振り返りができるように動画教材を制作し、タブレット等の ICT 端末で視聴できるようにした。

また発展的内容として、鍛接の教材化について検討した。鍛接は日本古来の鍛冶技術の一つで

ある。日本では、刃物に求められる機能を有する鋼は入手しづらいため積層構造のクラッド材の構造を持たせた材料を成形する方法が発展してきた。現在は、鍛接から製造する刃物も少なく、利器材を用いる製造への移行も進んでいる。そこで、この日本古来の技術を学校現場で実践可能な方法を検討した。作業に伴う道具や器具類は、鍛造を同じものを用いる。材料は、地鉄としてホームセンター等で入手可能な軟鋼材を、また鋼として技術科の授業で用いられた弓のこの鋸刃を採用した。この鋸刃は工具鋼で作られているため焼入れも可能で刃物としての機能を有し、加えて入手のしやすさと刃こぼれ等で廃棄する鋸刃でも利用できることから導入しやすい点が優れている。鍛接方法は、鍛接剤として硼砂とホウ酸そして鉄粉を用いた。鍛接は、地鉄を鍛接温度まで加熱して鍛接剤を接合面に塗布後、鋼を重ね打撃を与えることになるが、鍛接剤が鍛接温度では液状になるため、よほど正確に打撃を与えないと打撃毎に鋼がずれてしまう。そこで、技量に乏しい生徒を考慮し地鉄の形状を丸棒とし、断面から軸方向に切れ目を設け、そこに鋼を挟む方法を考案した。これにより、鍛接時の鋼のずれをほぼ防ぐことができる。接合状態は、硬さ試験から地鉄側への炭素の拡散も確認でき、マクロ試験から空隙は存在するものの、刃立作業が可能であることから刃物製作として十分に耐えるものと考えられる。

(3) 伝統的鍛冶技術に関する教材用資料の作成

まず、伝統的鍛冶技術に関して、資料や関係者への聞き取り調査を行った。伝統的工芸品の定義は「主として日常生活のように供されるもの」「その製造過程の主要部分が手工業的」「伝統的な技術又は技法により製造されるもの」「伝統的に使用されてきた原材料が主たる原材料として用いられ、製造されるもの」「一定の地域において少なくない数の物がその製造を行い、またはその製造に従事しているもの。」以上の5つの項目をすべて満たし、伝統的工芸品産業の振興に関する法律に基づく経済産業大臣の指定を受けた工芸品のことを差す。鹿児島県では本場大島紬、川辺仏壇、薩摩焼の3つが国から指定を受けている。一方、県指定の伝統的工芸品は各県によって要件は異なるが、県内で生まれ受け継がれてきた伝統工芸品のことをいう。鹿児島県では34品目もの工芸品が県の指定を受け、昔ながらの技術・技法で大切に作られている。鹿児島では集成館事業を行う以前にも各地方砂鉄製が行われていた。鹿児島大学の木本邦彦教授によると、火山活動により阿多カルデラができ、その火砕流堆積物に砂鉄が豊富に含まれており、南薩地方の海岸で砂鉄が豊富に採れた。特に現在の穎娃、開門、指宿、喜入の海岸線で採取できた。また伊佐市の菱刈金山や鹿児島市の錫山などの鉱山が豊富であり、現在でも薩摩錫器や加世田包丁・加世田鎌などの伝統的工芸品が地域に根付いている。一方、鹿児島における鍛冶業の発展における人材的要因は、薩摩藩は武士の数を減らさなかったことにある。全人口の4分の1を武士が占めていたが、他の藩のように本城にすべての武士を置くことができなかつたため外城制度という独自の軍事・行政を行う仕組みを作り上げて、鹿児島城下の他に113の外城(郷)を設け、そこに武士を置き行政を行った。しかし、多くの武士は地方の農民同様、厳しい生活を送っていた。そこで加世田地方の武士たちが行ったのが鍛冶業である。もともと薩摩地方の南部では砂鉄が豊富に採れ、製鉄が行われていたため、容易に行うことができた。鎌や包丁、加世田釘(家屋や造船に用いられた角頭の釘)を製作し、それらは藩内や琉球まで広がった。加世田包丁、加世田鎌の特徴としては武骨で分厚く刃こぼれしないように作られていた。そのような製品となったのは火山灰に覆われた土地を開墾する上で都合の良い形状としたためである。その特徴は現在の製品でも継承されており県内の漁業、農業においてその製品は重宝されている。

以上の調査内容を基に、生徒が技術そのものに興味・関心を抱くように授業用資料の作成をした。鹿児島県における伝統的工芸品の認知度は生徒、教員とも低かったが本資料を用いた授業を通して、鹿児島における技術の発展を認知し、興味・関心が誘起されることが期待できた。

(4) 授業および教員向け講習会の実施

開発した製作題材を刃物とした授業は、金属加工技術の基本的な技能・技術を内包しており効率的で効果的な教材と言える。また、地域の伝統的で実用的な技術を扱っていることから、技術やものづくりだけでなく、地域の歴史や伝統・文化あるいは環境なども興味・関心を抱くことができる優れた教材でもある。開発した教材の有効性を検証するため、コロナ禍を鑑み、三密の回避や換気施設の優れた工業科での実践を実施した。工業科においては、直近の10年程度で実習内容に大きな変革がありその内容が極力絞られ、機械科においては切削加工と溶接を除き削減されている傾向にある。そのため、それ以外の機械加工実習に関わる授業はもとより、施設・設備は整備されず久しく取り扱われていない。そのため、今回提案した技術科を対象とした教材は、工業科でも導入しやすく取り扱いやすい。実践の結果、生徒の技能向上や伝統的技術への興味・関心の誘起が確認できた。また現職教員、管理職の意見として、工業科の実習授業として十分活用できる内容であること、さらに新任教員の研修にも導入できるなど高い評価が得られた。

一方、教員が教材により授業をする能力を有することが必須となるが、実態はおおよそ50歳以下の教員は特に金属加工分野に関する授業の経験がほとんどないことがわかっている。そこで、本教材の有効性の周知および技能・技術の向上をねらい教員免許状更新講習にて本教材を用いた講習を実施した。結果、インタビューから現職教員にとっても興味深い教材であることがわかったが、技能面については教員に対しても向上するための機会が必要であることも示唆された。

また、これらをベースに大学の教員養成課程における金属加工技術を学ぶ実習教材とし、授業をしている。受講生からはアンケートを通して、金属加工の基本的な技能が学べる教材として評価をされていることがわかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 満永純乃介, 寺原大士郎, 深川和良	4. 巻 29
2. 論文標題 工業高校における伝統的技術と関連付けた刃物製作の授業の検討	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本産業技術教育学会九州支部論文集	6. 最初と最後の頁 51-57
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 満永純乃助, 竹之内大輝, 深川和良	4. 巻 28
2. 論文標題 中学校技術科における伝統的技術について学ぶことができる授業の検討 刃物の製作についてー	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本産業技術教育学会九州支部論文集	6. 最初と最後の頁 37-42
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 深川 和良, 満永 純乃介, 伊豫谷 拓実	4. 巻 74
2. 論文標題 中学校技術科における熱処理方法の検討	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 鹿児島大学教育学部研究紀要. 教育科学編	6. 最初と最後の頁 221-229
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 満永純乃介, 竹之内大輝, 深川和良
2. 発表標題 中学校技術科の刃物製作における熱処理工程の評価
3. 学会等名 日本産業技術教育学会 第64回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 満永純乃介、伊豫谷拓実、深川和良
2. 発表標題 刃物製作の教材化における熱処理法の検討
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第34回九州支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 満永純乃介、深川和良、寺原大士郎
2. 発表標題 工業高校における刃物製作を通じた金属加工の授業の検討
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第34回九州支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 満永純乃助、竹之内大輝、深川和良
2. 発表標題 中学校技術科において伝統的技術について学ぶ授業の検討 刃物の製作に注目してー
3. 学会等名 日本産業技術教育学会九州支部
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 深川和良、満永純乃介
2. 発表標題 刃物製作を通じた教員免許状更新講習
3. 学会等名 日本産業技術教育学会九州支部
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------