

## へらしぼり加工を利用した 中学生の塑性加工に対する認識を深める教材の開発

木田健太\*・安田健一\*\*

（2010年11月30日受理）

### Development of teaching material for junior high school student about importance of plastic forming using draw spinning performance

Kenta KIDA\* and Ken-ichi YASUDA\*\*

(Received November 30, 2010)

#### 1. はじめに

##### 1.1 塑性加工技術とは

塑性加工とは金属材料に荷重を加え、永久的に変形が生じる性質を利用した加工法である。主な種類として、2つのロールの回転によって金属材を引き伸ばし板状に成形する圧延加工や、金属材に力を加え金型の形状に加工するプレス加工などが挙げられ、これらは自動車や家電製品などの外体部の製造過程で用いられている。また、金属材をハンマーなどで叩いて目的の形状に加工する鍛造加工などは、古くから武器や工具などの刃物の製造に利用されてきた。人類の歴史上、金属製の道具や武器を使用する者が高い農業生産力を持ち、その土地を統治してきた。そして人々は生活に必要な木工用工具や農具を金属製品として製造し、やがて刀鍛冶と呼ばれる刀匠が人々の生活に密着していった<sup>1)</sup>。現在も日本刀に代表されるように、日本の伝統的な技術として根付いている。またプレス加工に用いられる金型技術は熟練された技能者によって支えられている<sup>2)</sup>。このように、塑性加工技術は現代文明を支えている重要な加工技術のひとつといえる。

##### 1.2 塑性加工技術を教材とした学習活動の意義と課題

学校教育においても、塑性加工法は学習教材として取り扱われてきた。中学校技術・家庭科技術分野（以後、「中学校技術科」とする）の金属加工学習では、薄板金の曲げ加工が取りあげられており、実際に塑性加工を教材とした学習活動もいくつか報告されている。まず河合・加藤ら<sup>3)</sup>は中学校技術科における金属加工教材の変遷について、教科書を項目ごとに調査分析したところ、昭和

---

\*茨城大学大学院教育学研究科（〒310-8512 水戸市文京 2-1-1；Graduate School of Education, Ibaraki University, Mito 310-8512 Japan）

\*\*茨城大学教育学部（〒310-8512 水戸市文京 2-1-1；Faculty of Education, Ibaraki University, Mito 310-8512 Japan）

22年から昭和56年までの期間の中で、常に履修されている加工法のひとつにアルミニウム合金の「折り曲げ」加工を挙げている。また大谷<sup>4)</sup>は、鍛造加工によるナイフづくりを題材とした学習活動を行い、鍛造加工を生徒に体験させることで知的意欲を喚起させることができたと報告している。そして那須、長岡ら<sup>5)</sup>は地域にねざした教材として地場産業の鍛冶業を教材化し、中学校技術科教育への導入を検討している。

塑性加工を教材として取り扱う意義は、製作題材の中で金属材料の弾性、塑性、加工硬化などの諸性質を実験などを交え関連づけながら学習する点にある<sup>6)</sup>。また上記の通り、産業界で多岐にわたり利用されている技術について関心を持ち、活用できる能力を身につけることができると考える。

一方で、平成元年の学習指導要領改訂により、中学校技術科においてそれまで必修であった「金属加工」領域が整理統合され選択履修とされて以降、「金属加工」領域を取り扱っている学校が減少している。谷野<sup>7)</sup>は、平成5年11月現在での大分県内の中学校技術科の指導状況を調査した結果、調査した63校中52校が「金属加工」領域を取り扱っていないことを明らかにしている。その原因として平成元年の学習指導要領改訂では、中学校技術科に新たに「情報基礎」領域が選択履修として設けられ、急速な情報化社会の普及に伴い「情報基礎」を履修させる必要性があったためと推察している。また堀端<sup>8)</sup>は、奈良県内の中学校技術科の教員を対象に金属加工の履修状況を調査した結果、回答した64校のうち、54.7%の学校が履修していないことを明らかにしている。その原因として、「授業時間数の不足」に次いで「学校現場に金属加工を行う加工機械が不足していること」、「教師自身の金属加工に対する知識不足」を挙げている。この現状から、中学生が塑性加工の重要性について十分認識しているとは言い難い状況にあると推察される。

### 1.3 本研究の目的

平成20年3月に改訂された中学校学習指導要領解説<sup>9)</sup>において、中学校技術科では「技術が生活の向上や産業の継承と発展に果たしている役割や技術の進展と環境との関係について考えることを通して、現代社会で利用されている技術に関心をもたせること」がねらいとされている。上記の通り、中学校技術科では薄板金の曲げ加工が行われてきたが、現在塑性加工技術の中核をなすのは金属材料が立体的に変形していくプレス加工などである。しかし複雑で大型の設備を要するものが多く学校現場に取り入れるのは困難である。そこで吉井<sup>10)</sup>は、黄銅板を用いた「水さし」の製作の中で、円筒の曲げ加工や絞り加工を行うことができる治具を用意し実践している。また松浦<sup>11)</sup>は、圧縮試験機を用いてしわ押さえなし絞り加工を行い、アルミニウム材を円筒の形状に加工することに成功しているが、中学生を対象とした実践までは至っていない。

そこで中学生を対象とした、塑性加工についての認識を深める教材として、中学校技術科の教科書<sup>12)</sup>に記載されているへらしぼり加工に着目した(図1)。へらしぼり加工とは、塑性加工法のひとつであり、金属円盤を回転させながらへらを押当てて塑性変形させ、徐々に金型に近づけて成形する加工法である。

本研究では、中学校現場にて社会で利用されている塑性加工技術を実践することで、中学生に新鮮さと驚きを与えることをねらいとする。そして現在の中学生の金属加工に対する既存概念の調査を基に、動力源に学校現場に設置されている機械旋盤(図2)を利用したへらしぼり加工器具の製作を通して、塑性加工に対する認識を深めることができる教材の開発を行う。



図1 教科書のへらしぼり加工の図



図2 機械旋盤

## 2. 金属加工に対する既存概念の調査

### 2.1 調査方法

中学校技術科における金属加工教育では、溶融・除去・塑性加工の三大加工法の全てをバランス良く実習に取り込むことが理想とされている<sup>13)</sup>。そこで茨城県内の私立中学校第1・2学年計104名を対象とした、金属加工に対する既存概念を把握するためのアンケート調査を質問紙で行った。アンケートの内容として、ステンレスでできた四角い容器(図3)と円形の容器(図4)をそれぞれ生徒に提示し、これらの製作方法における既存概念を5件法(溶融, 除去, 塑性, その他, 分からない)で調査した。尚, 「金属加工」については1・2学年ともに未履修である。

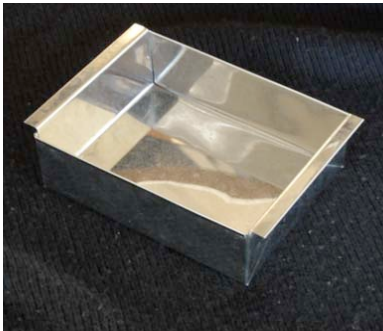


図3 四角い容器



図4 円形の容器

### 2.2 調査結果

調査結果を表1, 表2に示す。人数の下のパーセントは全体に占める割合を表す。表1, 表2から、金属加工に対する既存概念として、「溶かして型に流し込む」といった溶融加工の概念を持っている生徒が半数近くを占めていることが分かった。この結果から溶融加工だけではなく塑性加工に対する知識や理解を深める必要があると考える。

表1 金属加工の既存概念の調査結果① 四角い容器の製造方法について

	2年生	1年生
(1)金属材料を熱で溶かして変形させ、四角い容器の型に流し込む（溶融）	34名(47%)	16名(52%)
(2)一枚の金属の板を何枚かに切断し、それらをつなぎ合わせる。(切削)	12名(16%)	7名(23%)
(3)一枚の金属の板に、四角い型を押し当てる（塑性）	12名(16%)	1名(3%)
(4)その他	1名(1%)	0名(0%)
(5)分からない	14名(19%)	7名(23%)
合計	73名	31名

表2 金属加工の既存概念の調査結果② 円形容器の製造方法について

	2年生	1年生
(1)金属材料を熱で溶かして変形させ、円柱の容器の型に流し込む（溶融）	28名(38%)	18名(58%)
(2)金属の材料を円形になるように少しずつ削る（切削）	5名(7%)	1名(3%)
(3)一枚の金属の板を、円形の型に押し当てて円形に加工する（塑性）	26名(36%)	2名(6%)
(4)その他	0名(0%)	2名(6%)
(5)分からない	14名(19%)	8名(26%)
合計	73名	31名

### 3. へらしぼり加工教材

#### 3.1 へらしぼり加工器具の製作

動力源に学校現場に設置されている機械旋盤を利用したへらしぼり加工器具を開発した。そのへらしぼり加工器具として、押し当てて成形するへらと金型の製作を行った。製作したへらと金型を図5、図6に示す。へらは軟鋼の丸棒材を使用しフライス盤を用いて製作を行った。へらのローラ部は直径29.2mmの市販品の戸車を加工した。金型は丸棒材に溶接した直径32.8mmの軟鋼材を直径30mm、長さ55.2mmの砲弾型に加工した。



図5 製作したへら



図6 製作した金型

### 3.2 加工実験

製作したへらしぼり加工器具を用いて、旋盤を動力源としたへらしぼり加工実験を行った。試験片には、本大学の技術専修の講義で使用している亜鉛メッキ銅板と軟質な材質である銅板、アルミ材を使用し、それぞれφ 100, 60 mmの円形に切断した。材料の径については、金型の外周を考慮し設定した。尚、亜鉛メッキ銅板と銅板には、それぞれ通常の材質に加え材料をバーナーで炙り、空冷し簡易焼鈍を施したのも合わせて使用した。以下に一例として銅板の通常の材質のもの(図7)と焼鈍を施したもの(図8)をそれぞれ示す。

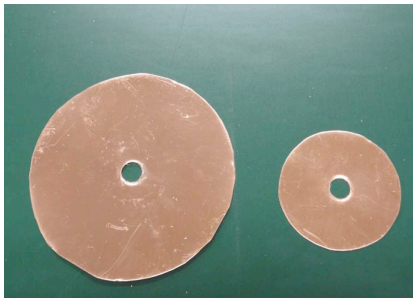


図7 通常の材質の銅板



図8 焼鈍を施した銅板

加工方法として上記の材料を、製作した金型にネジで固定し、金型を旋盤のチャックに噛ませて旋盤を回転させ、へらを材料に押し当てて加工を行った。実験は、各材料につきそれぞれ3回行った。(図9)

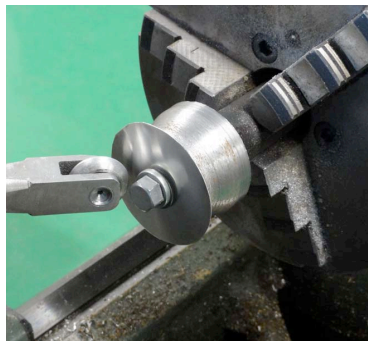


図9 加工の様子

加工実験の結果を表3に示す。教材として活用することを考慮し、加工に要する力・時間、仕上がりの表面の手触りで判断した。表中の◎は球形に加工可能であり、表面がきれいに仕上がったもの、○は球形に加工可能であるもの、△は一部加工可能であるもの、×は加工不可であることを表している。加工が不可能な状態とは、加工後にシワが出来てしまったり、加工途中で材料がちぎれてしまうといった場合を指す。(図11, 図12参照。)

表3 加工実験の結果

材質	板厚	焼鈍	直径	
			φ 100	φ 60
亜鉛メッキ鋼板	0.5	無	△ (図.10)	—
		有	△	◎ (図.13)
銅板	0.3	無	× (図.11)	○
		有	△	◎ (図.14)
アルミ合金 (2000 番台)	0.3	無	× (図.12)	○
純アルミ (A1050P)	0.3	無	×	◎ (図.15)



図 10 亜鉛メッキ鋼板の失敗例



図 11 銅板の失敗



図 12 アルミ合金の失敗例

加工実験の結果をまとめると次のようになる。

- ・ 板厚 0.5 mm の加工は大きな力と長い時間を要する。
- ・ φ 100 の材料の加工は困難である。
- ・ 焼鈍を施した方が加工が容易であり，仕上がりの表面がきれいになる。
- ・ 今回使用した材料の中では φ 60 の純アルミ材が加工に要する力がいちばん少ない。(図 15)



図 13 焼鈍した亜鉛メッキ鋼板



図 14 焼鈍した銅板



図 15 純アルミ材

#### 4. へらしぼり加工工場の訪問見学

加工器具や，加工方法についての詳細な情報を十分に得ることができなかつたため，へらしぼり加工を専門としている工場を訪問した。そしてそこから得られた知見をまとめたものを以下に示す。

- ・ 材料についてはアルミ材やステンレス材など軟質のものがよい。
- ・ 皿状の形状に成型加工するのがよい。小中学生が見学を訪れた際，ステンレス材を皿状に加工する作業を体験させているとのこと。実際に著者もその加工を体験させていただいた。(図 16)

- ・ 加工の際、力を入れすぎない。著者が加工を行ったもの（図13～15参照）を提示すると、力が入りすぎているとの指摘があった。
- ・ 材料の中央部から端へ、端から中央部とへらをゆっくり動かしながら加工する。この操作を何度も繰り返す。中央部から端へへらを動かす場合は、へらをわきに締め体重をしっかりとかけて加工していく。端から中央部へへらを動かす場合は、へらを少し浮かすように加工する。
- ・ アルミ材を加工する場合は木製のへらでもよい。

この訪問から、材料や加工法についての正しい知識や助言を得ることができた。尚、ステンレス材を用いた皿状の成形加工については、小中学生が体験学習として行っていることから、今後皿状の金型を製作し、加工実験を行うことで教材として検討したいと考える（図17）。



図16 加工体験の様子



図17 著者が製作したステンレス製の皿

## 5. 授業構想

調査した生徒の実態を踏まえ、茨城県内の私立中学校にて、へらしぼり加工の動作映像を交えた授業を実践する予定である。尚、動作映像は図9に示すへらしぼり加工を実際に著者が行っている映像である。実施予定の私立中学校に機械旋盤が設置されていないため、著者が実演しているへらしぼり加工の動作映像を用いることとした。授業の構想を図18に示す。

### 5.1 授業の概要

- ・ 対象学年：第1学年
- ・ 時間数：1時間
- ・ 場所：普通教室
- ・ 学習目標：金属材料の特徴とそれに適した加工方法について理解する。

### 5.2 授業の展開

- ① 導入の段階では、身の回りの製品が金属材料によって造られた製品が多く存在することに気付かせたい。また青銅器や鉄器について触れ、歴史的な背景からも金属材料が現代の社会を支えている中心的な材料であることを知らせることで、生徒に学習課題をつかませるようにする。
- ② 展開の段階では、まず生徒に金属の性質について簡単な実験や観察を交えて学習させる。針金やアルミ材を折り曲げる操作から折り曲げた箇所を観察させることで、金属材料の性質について視覚的に理解させる。次に加工法について金属材料の性質と関連付けて知らせる。鋳造、切断、折り曲げといった基本的な加工法について提示し、応用としてプレス加工などの複雑な形状の加工方法について知らせる。この場面で応用として、著者が実演しているへらしぼり

り加工の動作映像を見せる。この映像によって、生徒の塑性加工に対する興味関心を高めるとともに、教科書を照らし合わせながら、高度な技能と経験を持った職人の方によって日本の社会が支えられていることを知らせたい。

- ③ ワークシートに授業の振り返りと感想を記入させる。

## 6. おわりに

中学生の金属加工に対する既存概念を調査した結果、塑性加工に対する認識を深める必要性が明らかとなり、中学生の塑性加工に対する認識を深める教材としてへらしぼり加工に着目した。そして機械旋盤の動力源を利用したへらしぼり加工器具を開発し、それらを用いた加工実験から各種材料を半球形状に加工することができた。また、へらしぼり加工実験映像を用いた授業を構想した。今後授業実践を通じた検証を行うとともに、生徒自身がへらしぼり加工を体験して作品製作ができるような教材開発へと繋げたい。

## 参考文献

- 1) 特田昌則：金属の科学，ナツメ社，p.22（2005）
- 2) 唐津一：日本のものづくりは世界一，PHP 研究所，p.44（2006）
- 3) 河合康則，加藤新太郎，長岡邦夫：中学校技術・家庭科における教育内容に関する研究（第2報）—教科書分析による金属加工教材の変換について—，山形大学紀要（教育科学），p.141，第9巻，第2号（1987）
- 4) 大谷良光：ナイフづくりに感動する子どもたち，金属 vol.68，No.8（1998）
- 5) 那須稔雄，長岡邦夫，成田堅悦：地域にねざした技術科教材の研究，山形大学紀要（教育科学），p.153，第9巻，第2号（1987）
- 6) 松浦正史：技術科における教材開発の方法と実践，風間書房，p.193（2000）
- 7) 谷野勝敏：大分県における中学校技術科の指導状況調査，大分大学教育学部研究紀要，p.309-316（1994）
- 8) 堀端真彦：中学校技術・家庭科教育での金属加工教育，塑性と加工，第42巻，第482号，(2001)
- 9) 文部科学省：中学校学習指導要領解説 技術・家庭編，p.16(2008)
- 10) 吉井清範：水さしの製作，技術科教育実践講座 第4巻 金属加工，p.46（1990）
- 11) 前掲6) p191-200
- 12) ㈱東京書籍：新編 新しい技術・家庭科 技術分野，p.77(2005)
- 13) 日本産業技術教育学会技術教育分科会：新 技術科教育総論，p .131(2009)



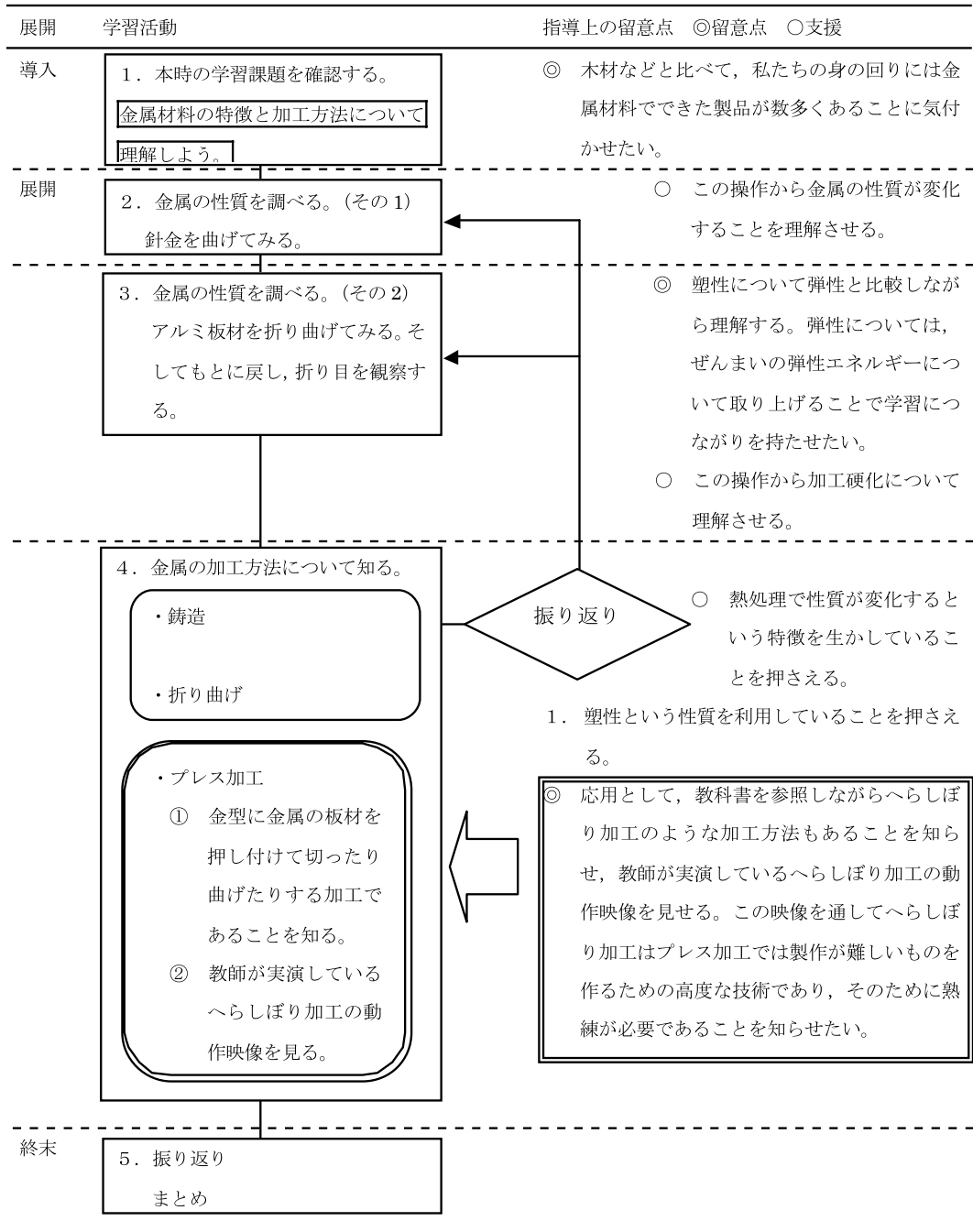


図 18 授業の構想図