

子どもを対象とした教材の開発と実践

Development and practice of the teaching materials for children

石上 洋明

Yomei ISHIGAMI

幼児教育講座

(平成29年10月2日受理)

金属を素材とし、幼児・児童にも体験できる造形教材の研究、開発を行った。より簡単に、鑄金技法に親しむことができ、保育者・指導者にとっても容易に制作指導ができる教材開発に取り組んでいる。金属を素材とした作品は壊れにくく丈夫である反面、その丈夫さゆえの加工のしづらさが、気軽に制作を楽しむことを困難にしていた。この問題を解決するため、家庭用のコンロでも融解可能な錫（すず）を素材とした金属工芸教材を提案する。鑄型には予め Adobe Illustrator でデザインし、レーザー加工機でパターンを彫り込んだシナベニヤを用いることで、制作の簡易化を図ることが出来た。

キーワード：幼児教育, 豊かな体験, 美術・造形表現, 鑄金

1. はじめに

現在、幼児・児童向けの教材では、主にクレヨン、絵の具、紙、粘土などが多く使われている。その他にも、各家庭から持ち込んだペットボトルや牛乳の紙パック、お菓子の箱なども工作の材料として用いられる。工作の際はそれぞれの材料をセロハンテープで留めるなど、子どもそれぞれが工夫して、思い思いの造形活動を楽しんでいる。しかし、それらの作品は子どもが遊んでいるうちに破損し、飾っていても経年劣化でセロハンテープが剥がれ、やがて壊れてしまうものも多い。

子どもたちに直接関わる保育者の長時間労働問題や、それに起因する教材研究に割くことの出来る時間の少なさ、美術・造形に対する苦手意識なども要因となり、従来の教材に頼らざるを得ず、新たな造形素材、教材の提案も進みづらい現状にある。そのような事象を幼児教育におけるひとつの課題として捉え、研究を開始した。

本研究では、金属を新たな素材とし、教材の提案を行う。制作においては、古来より伝わる伝統技法である鑄金技術を、より体験しやすくアレンジした。鑄金は鑄型の製作や、金属の熔解など、伝統工芸特有の「職人の勘」を要する工程も多

く、簡単には体験し難いが、通常見る機会のない融けた金属、熔融した金属の重さ、独特の質感、作品を完成へと導く達成感を味わうことが出来る。それらの体験が、子ども達にとって新たな発見の種となり、その後の学習や人格形成に影響を与えると考えた。

2. 教材について

金属を素材とし、幼児・児童にも体験できる造形教材の開発にあたって、素材、鑄型、制作方法についての3項目に分け、考察、実験を行った。

制作する作品はメダルを設定した。メダルを手にする特別感や、大切なものというイメージ、キラキラと輝く金属の素材感を活かした造形が出来るからである。また、安全面でも幼児・児童が怪我をしないよう、作品は突起物のないものが好ましい。大きさは、ちょうど子どもの手のひらと同じくらいの大きさである、6 cm とした。

2.1 素材について

本教材では素材として入手、取り扱い共に容易な錫を使用した。比較的安価で入手出来、インターネットのショッピングサイト等でも入手可能

である。融点は約 230℃で、家庭用のコンロ等でも熔解出来る。また、柔らかく、カッターナイフなどの一般的な刃物でも加工を施すことが可能である。錫を主材とし、取扱の容易な合金も販売されているが、純錫と比較して高価になるため、教材として使用するには現実的ではない。

○その他の素材

- ・各種低融点合金ⁱ
湯煎で融けるものもあるが、非常に高価。融点が低いものほど高価になる傾向にある。
- ・アルミニウム
融点は約 660℃で、木製鋳型での鋳造が困難である。
- ・鉛
融点は低いですが、安全性に問題がある。子どもを対象とした教材のため、同様に鉛を含む合金も除外した。

2.2 鋳型について

鋳型の素材、形状には様々な種類がある。解放鋳型は粘土や、鋳物砂に原型を押し当てただけで制作出来る。複雑な鋳型の分割が必要なく、作品となる部分に直接湯ⁱⁱを注ぎ込むため、湯口や堰（せき）などを必要とせず短時間で作品を完成させることが出来る。しかし、細かい表現を再現するには作品に厚みを持たせなければならず、メダルのような薄い作品を制作するには不向きである。また、使用する地金が多くなる分、材料費も高価になってしまう。以上の理由から、本教材では分割鋳型をアレンジすることとした。分割型は原型や鋳込んだ作品を取り出す際、2 パーツ以上に分け割り出す。伝統工芸や工業鋳物でも、鋳型を何度も再利用する場合はこの方法を採用している。

教育現場での使用を前提とした場合、制作のしやすさに加え、コストの面にも気を配る必要がある。鋳型は鋳金において、最も重要であり、製作には非常に多くの知識と経験を要する。

2.2.1 鋳型の素材

本教材では、安価かつ加工が容易な木材を選定した。木材の着火温度を下回る融点の錫を素材として使用する場合、繰り返し使用することも可能である。中でもシナベニヤは木版画の板材や、DIY の化粧板等として多く流通しており、教材店やホームセンターでも入手可能である。表面は滑らかであり、鋳型として使用した場合、作品の仕上がりも美しい。また、天然の木材を加工した

ものため、無数の穴が空いており、ガス抜けも期待できる。

○その他の鋳型素材

- ・紙
入手が容易で、比較した素材の中で最も安価である。加工も容易で扱いやすい素材ではあるが、湿気を含みやすく、鋳物不良の原因となりやすい。
- ・コルク
繰り返し熱を加えることにより脆くなり、2～3 回程度の使用で破損してしまう。
- ・紙粘土
取り扱い是非常に容易ではあるが、乾燥に時間がかかる。乾燥後は脆いため、細かい細工を施した鋳型や、繰り返しの注湯には向かない。
- ・シリコン
様々な加工が可能であるが、取り扱いにはある程度の知識を要する。今回比較した素材の中では最も高価である。

2.2.2 厚みの考察

鋳物不良を極力排し、美しい作品を制作するには、出来上がる作品の形状、サイズ、厚みのバランスを充分検討する必要がある。外形に対し、厚みが大きすぎると、融けた錫が冷えて固まる際の収縮により、「ヒケ」と言われる不良が起こりやすくなるためである。

厚みを決定するにあたって、2.5 mm、4 mm、5.5 mm の3 種の厚みを持たせた鋳型を用意し、実験を行った。その結果、4 mm の厚さのものが最も良好な結果が得られた。

表 1 鋳物の厚みの実験結果

厚み	実験結果
2.5mm	ヒケは少ないが、曲がりやすい。鋳込み後の二次加工が可能。湯口が狭くなるため、形状などの工夫が必要。
4mm	ヒケは少なめ。曲がりにくく、重厚感もある。外径が小さいものだと見た目のバランスが悪くなる。
5.5mm	ヒケが多く、綺麗な作品を作り出すのが困難。よほど大きな作品でない限り、バランスが悪い。

2.2.3 鋳型のキット化

鋳型製作では、制作する作品の大きさと厚みのバランス、融けた金属の通り道である「湯口」「湯道」「堰」の配置、鋳型に対しての作品のレイアウト方法などの課題がある。本研究では、鋳型製作において課題となる部分を予め作成し、より身近に体験できるようにキット化を試みた。鋳型の形状は、今後の拡張性や教材としての発展性を期待し、(図1)のように、a. 作品の厚み、外形のデザインを切り抜いた枠、b. メダル表裏面のデザインを彫り込んだ板、c. 鋳型を両面から補強する厚い板の5つのレイヤーに分かれた構造を新たに考案した。それぞれの板の四隅にはネジ穴を開け、鋳型パーツの固定と、それぞれの板のずれを防ぐ工夫をしている。デザインを彫り込んだ板を交換することで、様々なパターンのメダルを制作することが可能である。

本研究では鋳型の a. 及び b. の製作において、

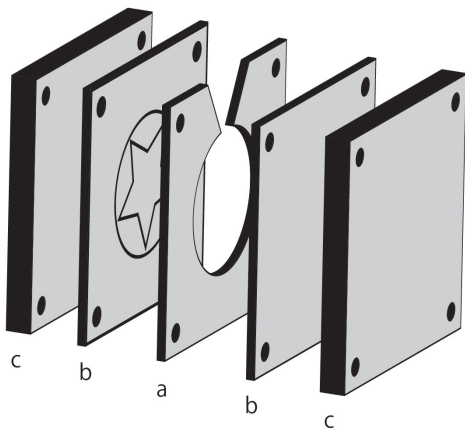


図1 鋳型の構造

デジタルファブリケーションⁱⁱⁱ技術を用いた。予め Adobe Illustrator でメダルの表面と裏面のパターンをデザインし、レーザー加工機を用いて彫刻、切り出しを行った。最大の利点として、四隅のネジ穴や、レイアウトなど、Illustrator データ上のテンプレートを用いる事により、手作業では困難な水準の高精度な加工が可能となる。また、作成したデータやテンプレートを配布することによって、教材の共有が容易になる。

レーザー加工には Trotec Speedy 300 を使用した。Illustrator で設定したカラー、線のポイント数から、それぞれ彫刻、カットを判別するため、一般的なプリンターでの印刷とほぼ同様の手順で、簡単に加工を終えることが出来た。

2.3 メダル制作

メダル制作の流れは大まかに、錫の熔解、鋳型の組立、注湯、型ばらし、仕上げの5つの工程で

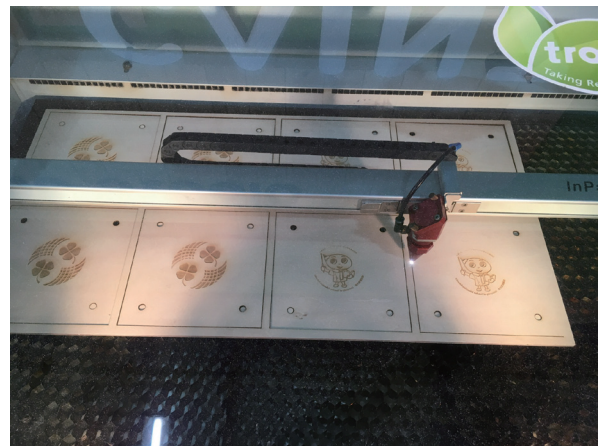


写真1 レーザー加工の様子



写真2 鋳型キット



写真3 鋳型をセットした様子



写真4 注湯

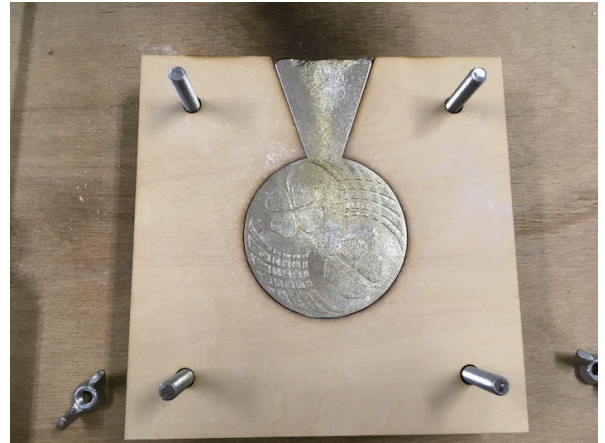


写真5 型ばらし



写真6 仕上げ



写真7 仕上げ用作業台

表2 制作工程と使用する道具の一覧

	作業概要	使用する道具類
錫の熔解	錫のインゴットを入れたステンレスビーカーを電熱調理器の上に乗せて熱する。	電熱調理器, ステンレスビーカー, 錫インゴット, 軍手
鋳型の組み立て	外枠→メダル表面デザイン板→メダル外形枠板→メダル裏面デザイン板→外枠の順に乗せ, 組み立てる。金属と触れる部分にうっすらと粉末の紙粘土を塗すと作品が鋳型に固着するのを, ある程度抑えることができる。	鋳型キット, 紙粘土, 筆
注湯	錫が融けたことを確認し, お玉で掬い, 注意深く鋳型に流し込む	ステンレス製お玉, 革手袋, 軍手, 鋳込み用台
型ばらし	注湯後5分程度経過したことを確認し, 火傷に注意しながら型を分解する。取り出したメダルを, 水を張ったボウルに入れ, 粗熱をとる。	ステンレスボウル, 雑巾
仕上げ	メダルの湯道をニッパーで切り落とし, ヤスリ, サンドペーパーで綺麗に側面を整える。	ヤスリ, ニッパー, サンドペーパー, 軍手

進める。

錫の熔解にはステンレス製のピーカーを用い、熱源には電気コンロを使用した。いずれもホームセンター等でも入手可能である。

鑄型の組み立ては5枚の板を順序、向きに注意しながら組み合わせ、ネジで固定する。

注湯時には若干のコツが必要である。極力、融点である232℃に近い温度で鑄込んだ方が作品の仕上がりが良いためである。温度が高すぎる場合、最も熱の逃げにくい中央部にヒケが生じ、美しくない。また、表面に酸化膜がまだらに発生する原因ともなる。

湯の温度を判断する目安として、注湯の際に掬った錫が側壁で固まり始める状態が、適温の約232℃となる。注湯は焦らずゆっくりと行う。湯口から地金が溢れて来るまでは、途中でこぼれても途切れさせずに注ぎ続ける。鑄型の表面は冷めていても不具合が出るが、熱くなりすぎていても鑄物不良の原因となるため、2～3回程度の連続使用が限界である。

○作品制作についての資料

- ・メダル重量
円形作品の場合
半径×半径×3.14×厚さ×地金の比重
今回の場合、直径6cm 厚さ4mm
 $3 \times 3 \times 3.14 \times 0.4 \times 7 = 79.128$ 約80g
- ・インゴット1本に対しての制作可能数
メダル：直径6cm, 厚さ4mm 重量80g
インゴット1本, 約1,200g
作品数：約12個
※酸化し、目減りする分と削り落として再生困難な地金が1割程度発生すると見込む。

○準備物

- ・電熱調理器
- ・ステンレスピーカー
- ・ステンレス製お玉
- ・ステンレスボウル
- ・ヤスリ
- ・ニッパー
- ・サンドペーパー
- ・鑄型キット
- ・紙粘土（粉末）
- ・筆
- ・軍手（幼児用サイズ～一般サイズ）
- ・革手袋
- ・雑巾
- ・錫インゴット

3. 実践

本教材の実践の場として、平成29年7月29日、福岡県糟屋郡久山町の公共施設「レスポアール久山」で開催された、「第5回ちびっこフェスタ」において、メダル制作ワークショップを行った。ちびっこフェスタは夏休み期間中に、幼児・児童のステージ発表や親子で楽しめるワークショップなどのイベントを通じて、創作・文化体験の機会を提供するものである。会場となったレスポアール久山は、文化交流センター、図書館、約400名収容可能なホール備えた複合公共施設である。

ブースが設置されたのは屋内のホールであり、特に火の元や、融けた錫、仕上げの際の削りカスによる床などの汚損に気を配る必要がある。今後、幼稚園等での実践も視野に入れているため、屋内でも安全に作業できるよう、作業台を作成した。作業台は錫の熔解と鑄込みを行うものと、ヤスリの削りカスを受ける、仕上げ用の作業台を作成した。鑄込み用の作業台は熱が直接台の下に伝わりにくいよう下駄状の足を付け、3cmほど宙に浮かせている。また、こぼれた錫が作業台から流れ出さないよう、周囲に枠を付けている。仕上げ用の作業台は削りカスが散らばらないよう、鑄込み用作業台同様枠を付け、握力の弱い子どもでも安全にヤスリがけが出来るよう、メダルを挟み込んで固定できるような工夫を施した。

3.1 ワークショップ概要

実際のワークショップの概要、流れは次に示すとおりである。今後の研究や本教材の評価のため、ワークショップに参加した子どもを対象に、アンケート調査を行った。

ワークショップ開催にあたって、事前に学生ボランティアを集め、ガイダンスを行った。ガイダンスでは企画の概要を説明し、当日のおおまかな流れの確認を行った。また、学生にはワークショップの導入として、子どもたちの興味をひく手遊びや、メダル制作に繋がる新聞紙シアターのストーリーを構成してもらった。

ワークショップ参加者：のべ48名

スタッフ：9名

筆者（鑄込み、技術的な説明を担当）

学生8名（鑄型製作、仕上げ、受付、型ばらし、記録）

この教材のハイライトである鑄込み作業の際

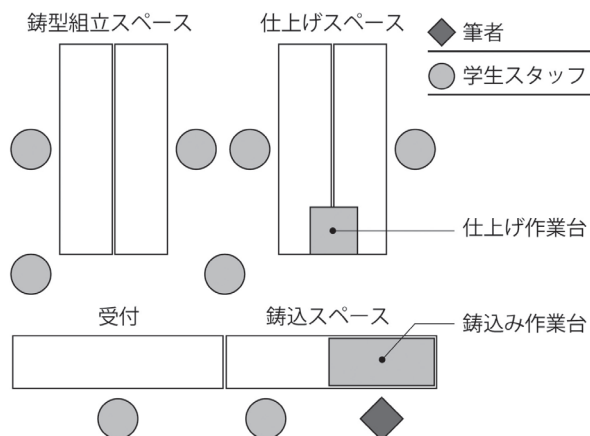


図2 ブースの配置図

は、子どもを補助し、自分で鑄込みを体験できるようにした。鑄込みの体験では、融けた錫の重さを子ども達がステンレスのお玉を通して体感出来た。子どもによっては、予想外の重さに戸惑いや、熱さに対するの恐怖もあったようだが、日頃体験出来ない感覚に楽しさを感じてくれている様子が多く見られた。次の行程の仕上げでは、多少の難しさを感じながらも、一生懸命硬い金属を削り、光り輝く作品を作り出すことが出来、達成感を感じてくれたようだ。

ワークショップを通しての子どもの様子として、イベント参加受付終了後もブースに残り、作業の手伝いを申し出る子や、自身の制作終了後もブース周囲で鑄込みの見学をする子どももいた。また、少しブースから離れた場所では、制作したメダルをコマのように廻して遊ぶ様子が見られた。その他にも、個体-液体の変化を知っている子どもがおり、学校等で学習した知識との繋がりを気づき、嬉しそうに話しかけてくれたことが非常に心に残っている。丁度小学生の児童たちにとっては夏休みの始めの頃ということもあり、夏休みの自由研究のテーマにしようと、鑄造の仕組みなどを細かく親子で確認し、作業工程の写真を撮影する姿もあった。学生スタッフに対して、メダルを自分自身で考えたデザインで作りたいとの感想を伝えてくれた参加者もあり、子ども達が、好奇心や探究心、創作意欲を持ってワークショップ臨んでくれたことを感じる事が出来た。

3.2 アンケートについて

教材評価のためのアンケートとして、次の内容

表3 ワークショップの流れ

	活動内容	所要時間
① 導入 (学生によるステージ発表)	・手遊び ・新聞紙シアター	30分 (全体)
② 鑄型製作	・鑄型製作の説明 ・デザイン選び ・鑄型の組み立て	5分 (個別)
③ 鑄込み	・鑄込みの説明 ・錫の重さの確認 ・注湯	5分 (個別)
④ 仕上げ	・型ばらし ・湯道切り ・ヤスリがけ	15分 (個別)

でアンケートを実施した。

参加者 48 名中 31 名回答，回収率 64.6%

質問1：メダルづくりはたのしかったですか？

	回答数	割合
たのしかった	31	100.0%
すこしたのしかった	0	0.0%
あまりたのしくなかった	0	0.0%
たのしくなかった	0	0.0%
合計	31	100.0%

質問2：メダルづくりはむずかしかったですか？

	回答数	割合
かんたんだった	7	22.6%
ふつう	9	29.0%
すこしむずかしかった	13	41.9%
むずかしかった	2	6.5%
合計	31	100.0%

質問3：またメダルづくりをやりたいとおもいますか？

	回答数	割合
やりたい	29	93.5%
すこしやりたい	2	6.5%
あまりやりたくない	0	0.0%
やりたくない	0	0.0%
合計	31	100.0%

質問4：むずかしかったこと、わかりにくかったことがあればおしえてください

・スズを入れる時熱くてちょっとこわかった。(8

歳)

- ・スズを入れる時に重くてこぼれそうだった。(8歳)
- ・めだるをけずるところ。(9歳)
- ・やすりで削るのが少し大変だった。(8歳)
- ・けずるところがむずかしかった。(8歳)
- ・切ってもらったあとにけずったことがむずかしかったです。(10歳)
- ・けずるのがむずかしかったです。(10歳)
- ・メダルをけずるところ(9歳)
- ・なんで、てつをとかすの？(6歳)

質問5：かんそうをかいてください

- ・じぶんでえをえらんだりできたのでうれしかったです。むずかしかったけどたのしかったです。(9歳)
- ・スズを入れるときもんに思ったことをおにいさんに伝えたら、いろいろ答えてくれたのでべんきょうになりました。(8歳)
- ・たのしかったです。(5歳)
- ・メダルを作るときどうやってつくるかわからなかったけど、すずをえきたいにしてこたいにもどしてけずったりいらぬいぶぶんをきってつくったからかんたんだった。(8歳)
- ・さいしょはかんたんだったけど、最後は、けずるのが少しむずかしかったです。なので、またメダルづくりをやってみたいです。(11歳)
- ・ぎん色が金色になってよかったです。
- ・いっぱいまったけどすごきれいなめだるがなくてよかったです。(9歳)
- ・けずるときけずりかたがわからなかったけどおしえてもらえてうれしかったです。(8歳)
- ・むずかしかったりたいへんなこともあったけど、楽しかった。(8歳)
- ・かんたんだった。(7歳)
- ・すごくはやくめだるができたのでびっくりしました。楽しかったです。(10歳)
- ・メダルを作るのが楽しかったから、またやりたい。(9歳)
- ・きれいにメダルが作れてよかったです。(11歳)
- ・たのしかったです。(7歳)
- ・きれいなメダルができて、うれしいです。(6歳)
- ・つくりかたがかんたんだったしたのしかったです。(9歳)
- ・とても楽しかった。(10歳)
- ・楽しかった(8歳)

4. 実践を通しての考察

実践を通し、教材について大きく3点の問題が明らかになった。

①人員配置に関する問題点

学生によるステージ発表の直後から、ワークショップの参加希望者が殺到し、子どもたちを待たせてしまう結果となった。また、指導や制作補助にあたるスタッフ数が9名と、通常の教育現場では現実的ではないため、展開に工夫が必要である。

②創造性に関する問題

ワークショップで使用した鋳型キットは、予めパターンを彫り込んだ板を選択し、メダルのデザインを決定する。ワークショップ等の時間が限られ、様々な年齢層の参加者がいる場合、合理的に制作を進めることが出来る。しかし、パターンのデザインや制作に直接関わることができないため、子どもの創作意欲を引き出せない。

③素材選択に関する問題

鋳型の素材であるシナベニヤが、長時間の使用で問題が発生した。コストの安さや、加工性の高さ、肌理の細かさなどの利点から採用したが、欠点として、長時間かつ複数回の鋳込みによってヤニ状のものが表面に滲み出し、鋳離れの悪さや製品表面の欠点に繋がっていた。これは、木材に含まれる天然樹脂、もしくは合板の層を接着する際の接着剤かと思われる。

5. アンケート結果からの考察

実践の際に実施したアンケートをもとに、教材の難易度を考察した。アンケートの「質問2：メダルづくりはむずかしかったですか？」に対する回答を年齢別に抽出した。なお、回答「かんたんだった」「ふつう」は「易しい」にまとめ、「すしむずかしかった」「むずかしかった」は「難しい」にまとめた。結果に多少のばらつきはあるものの、7歳から「易しい」の回答が多くなる。また、記述形式の質問に着目すると、難しいと感じる理由の多くは仕上げの際のものであり、鋳込みの際に難しさを感じるとの回答は少数であった。

アンケートの結果、特に7歳以上からは「易しい」と感じる率が高まっており、安全面への配慮を十分行うことによって、他の造形教材同様に気軽に楽しむことが可能であり、幼児・児童の活動

表4 「質問2：メダルづくりはむずかしかつたですか？」の年齢別抽出

	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳	9歳	10歳	11歳	その他	合計
総数	1	3	1	5	8	6	3	3	1	31
易しい	0	1	0	4	3	4	1	2	1	16
難しい	1	2	1	1	5	2	2	1	0	15

として取り入れ可能であることが明らかとなった。しかし、「易しい」という回答が多くなるということは、同時に創作意欲を満たすには物足りなさを感じる要因ともなり得ることを示している。より、教材としての質を高める為に、年齢や発達段階、個々の表現技能に応じた鋳型製作方法の見直しが必要となった。

6. おわりに ～教材の今後の発展～

本研究では、鋳金をより簡単に体験できる教材の研究、開発を行った。金属が様々な状態に姿を変える様子や、素材感、メダルを完成させる達成感、制作過程を楽しむことができ、子ども達の反応も比較的に良かったように思える。しかし、今回作成した鋳型キットでは、デザインなどの創作活動を楽しむことは難しく、高い年齢になるにつれて、よりオリジナリティーの高い作品制作へと興味が移行することに対応できていない。

今後の計画として、鋳型をパーツごとに入れ替

えることの出来るメリットを活かし、作品の外形を自ら切り抜いたり、レリーフ面のデザインを制作したりと、多くの年齢層の子ども達の創作意欲や好奇心を満たし、遊ぶもの、飾るものを自分自身で創り出す喜びを感じることでできる教材への発展を検討する。今後も、生涯にわたって継続的に表現活動を楽しむことの出来る教材の研究を続けてゆきたい。

謝辞

本研究では福岡教育大学教育学部 教授 宮田洋平氏、九州産業大学芸術学部 助手 堤亮一氏、久山町文化交流センター（レスポアール久山）センター長兼図書館長 太田隆晴氏、管理主任 永田翔氏、管理事務 竹下直美氏、福岡教育大学教育教員養成課程幼児教育選修 有留百合香氏、安藤穂乃夏氏、坂本恵氏、芝彩奈氏、谷本健太郎氏、徳増希氏、友重楓子氏、西田友紀奈氏、渡邊未知子氏にご協力をいただいた。ここに謝意を表す。

参考文献

- 鹿取 一男 (1983) 「美術鋳物の手法」 アグネ
 伊豆 裕一 (2016) 「デジタルファブリケーションの活用によるデザイン教育」 静岡文化芸術大学研究紀要 Vol.17 2016 p183-p188.
 総務省 「平成 28 年版情報通信白書 デジタルファブリケーション」 平成 28 年 7 月 29 日 公表 <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/html/nc141330.html>

註

ⁱ 販売の際は多くの低融点合金は個別の合金名を持たず、それぞれの融点を表す型番が与えられているのみであるため、まとめて表記した。

ⁱⁱ 加熱によって金属が融けたもの。

ⁱⁱⁱ 「デジタルファブリケーションとは、デジタルデータをもとに創造物を制作する技術のことである。3D スキャナーや 3D CAD などの測定機械により、自分のアイデアや個人の身体データ等をデジタルデータ化した上で、そのようなデジタルデータを 3D プリンターやレーザーカッターなどのデジタル工作機械で読み込んで造形する。」(総務省 online: nc141330.html)