

# 低融点金属による教材としての鑄造プロセス

八高隆雄\*, 大谷 忠\*\*, 武田 弦\*\*\*

## “Casting Process Using Low Melting Metals for Teaching Materials”

Takao YAKOU\*, Tadashi OHTANI\*\* and Gen TAKEDA\*\*\*

### 概要

金属が溶けて固まることを実験でき、しかも安全であることを目的として、低融点金属3種と半田を用いて、鑄型材には3種類の粘土を用いて鑄造実験を行い、教材としての可能性を検討した。その結果、金属としてはUアロイ70、鑄型材としては石膏粘土を用いた組み合わせが鑄込み時のパターンの転写性等の結果から最も適することがわかった。これらの組み合わせによりピーカー内でお湯の中に金属を融かしてから流し込む手法が鑄造実験の教材として取り扱いやすいという結論を得た。

キーワード：鑄造，低融点金属，半田，粘土，教材

### 1. はじめに

科学技術に関連する教科は、実物あるいは実験を通して学ぶ方がより効果が大きく現れることが多い。中学校において、科学技術の内容を実験や実習を通して学ぶ教科に技術科があり、その中に金属の実用上の性質とその加工法を学ぶ領域がある。この領域では金属の持つ性質として融けることも取り入れられている。金属を利用する場合、製造現場では塑性加工、切削加工、鑄造、研削加工などが中心である。しかし、技術科の教科内で扱われている金属の加工法としては、切削や曲げが中心となっている。金属の持つ性質と加工の関係が最もよく対応しているのは金属が融ける性質を利用した鑄造と塑性変形することを利用した塑性加工であろう。技術科の教科内では塑性加工は手工具による板金加工などを通して取り入れられてきたのに対して、鑄造は装置や安全上の問題から取り入れ難い面があった。

以上のような状況にあっても、鑄造を技術科の教材として取り入れようとする試みは以前からあった。山口<sup>1)</sup> および松浦ら<sup>2)</sup> は比較的融点の低いアルミニウムの鑄造を、又井<sup>3)</sup>

---

\* 横浜国立大学教育学部（技術学教室）

\*\* 東京農工大学大学院連合農学研究科 日本学術振興会特別研究員

\*\*\* 横浜国立大学大学院教育学研究科

および奥野ら<sup>4)</sup>はロストワックス法の利用を試みている。いずれの実践においても男女とも生徒が高い興味を示し意欲的に取り組めることが報告されている<sup>2)</sup>。一方、加瀬ら<sup>5)</sup>は鉛・ビスマス系の低融点金属を用いて、石膏鑄型による安全な鑄造実験を行い中学校一年生にも導入できることを報告しているが工芸的な面が強い。鑄造は指導する教師の予備知識が必要であり<sup>2)</sup>、一般の金属が高温で溶ける時の臨場感、鑄型の転写性、型と製品との間の微妙なズレ等に注意しないと美術の工芸的教材になる恐れがある。

そこで本研究では、技術科の教材としての低融点金属の利用を目的として、低融点金属3種類および半田を用いて、鑄型材には3種類の粘土を用いて、種々の実験を行ったところ、Uアロイ70と石膏粘土の組み合わせが最も教材としてふさわしいことがわかったので、その操作手順と実践結果も含めて報告する。

## 2. 実験方法

鑄造実験には金属として、半田（融点183℃）、Uアロイ124（融点124℃）、Uアロイ100（融点100℃）およびUアロイ70（融点70℃）の4種類を用いた。これに対する鑄型材としては、入手のしやすさから粘土とし、油粘土、紙粘土および石膏粘土の3種類を用いた。ここでUアロイはビスマス、カドミウム、インジウム、鉛、錫からなる平野正左右衛門商店製の合金である。鑄型のパターンの模型は木、金属、プラスチック製のものを用いたが、材質による差は認められなかった。実験では、

- (1) 鑄造教材として最適な金属を選定する。
- (2) Uアロイ70を用いて最適な粘土を選定する。
- (3) 決定した金属と粘土の組み合わせによりふさわしい実験手順を決定する。
- (4) (3) の手法で授業実践する。

の4段階で進めた。

## 3. 安全を重視した鑄造実験のあり方

生徒への安全を最優先に考え、しかも金属が融けて流れ固まるプロセスをできるだけリアルに体験できるためには、(1) 融点が低い方がよい。(2) しかし、水銀のように常温で液体では困る。すなわち常温では固体であること。(3) 金属特有の色と光沢面を有すること。(4) 金属としてのある程度の重さがあることが要求される。

このように考えると、半田、低融点金属が候補に上がる。低融点金属はUアロイと言われ、Uアロイ45（融点45℃）、Uアロイ70（融点70℃）、Uアロイ100（融点100℃）、Uアロイ124（融点124℃）がある。この内でUアロイ45は価格が高いため今回の実験からは除外した。一方半田は鉛と錫の合金で組成により融点が183℃～316℃まで変化するが今回用いたものは183℃のものであった。以上の金属はいずれもガスコンロやアルコールランプの炎で融かすことができるため、供試金属とした。

一方、鑄型材は、鑄物砂では砂の水分量の管理と砂の入手が面倒であり、小物の鑄造では製品の面が粗い。また金属では製作が大変であるため、短時間で生徒の考えたパターンを実現することは困難である。そこで本実験では入手しやすい粘土を利用することにした。粘土には紙、油、石膏の3種類を用いた。

#### 4. 安全な鋳造条件の決定

##### 4. 1 鋳造金属の検討

安全な鋳造用金属として最も適している材料を決定するため、半田、Uアロイ124、Uアロイ100、Uアロイ70の4種類の金属を用いて鋳込実験を行った。予備実験の結果（および4.2からもわかるように）から、石膏粘土が最もパターンの転写性が良いことがわかったので、鋳型材には石膏粘土を用いた。図1に示す方法で、ブロック上に固めた石膏粘土に型を押し込み、パターン内にステンレス製の柄付小型ボールで融かした金属を流し込んだ。図2および図3はこの時の鋳込み後の鋳型と作品の例である。図2では微細部分の転写性を、図3では平面度を調べることを目的とした。その結果、転写性ではUアロイ70が最も優れ次にUアロイ100と半田で、Uアロイ124は最も悪かった。一方平面度は視覚的には、Uアロイ70>半田>Uアロイ100>Uアロイ124の順であり、さらに中心線平均あらさRaはUアロイ70 ( $Ra=2.2\mu m$ ) < 半田 ( $Ra=5.0\mu m$ ) < Uアロイ100 ( $Ra=7.2\mu m$ ) < Uアロイ124 ( $Ra=9.0\mu m$ ) の順であった。しかし、表面の光沢は半田が最も優れていた。以上の結果からUアロイ70が最も転写性および平面度が良いことがわかった。さらにUアロイ70は融点も低いことから、安全性の面からも最も適していることがわかる。

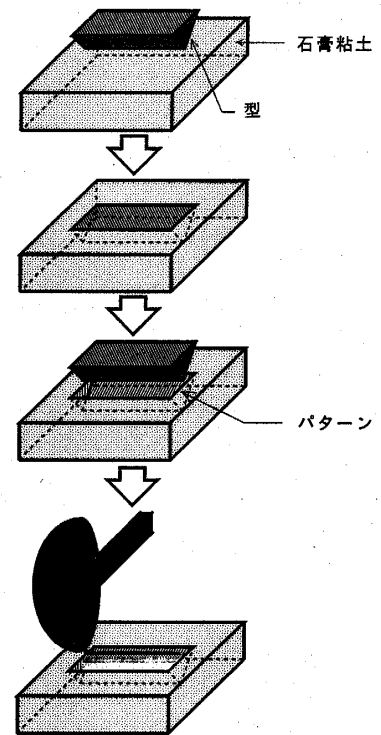


図1 鋳込実験プロセス

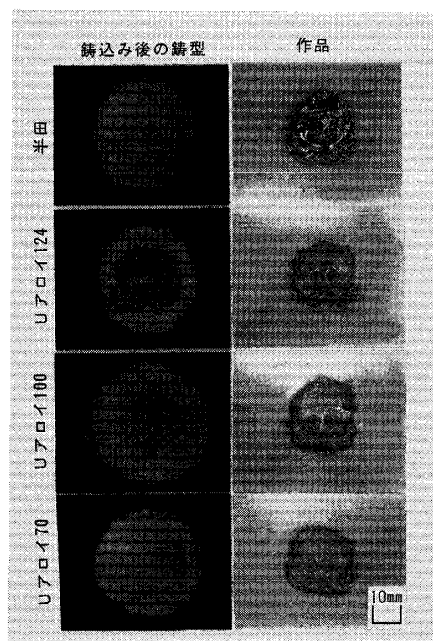


図2 鋳込み後の鋳型と作品例 (1)

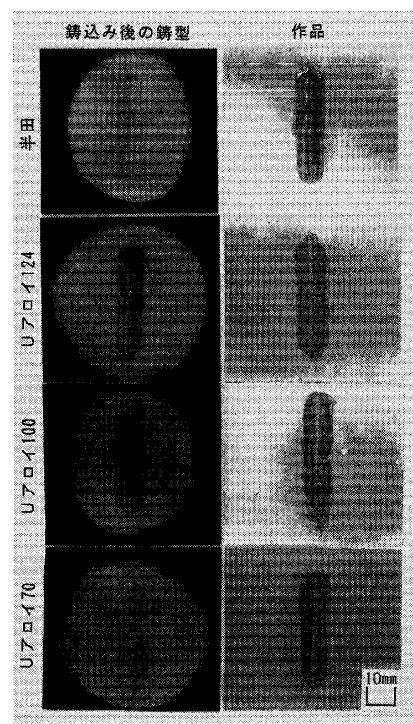


図3 鋳込み後の鋳型と作品例 (2)

## 4. 2 鑄造型の検討

4.1の結果にもとづき, Uアロイ 70との組み合わせで, 鑄型材として最も適する粘土を紙, 石膏, 油の3種類で検討した。図4がその結果である。3種類のうちでは石膏粘土>油粘土>紙粘土の順に, 鑄込み後のパターンの形状およびその転写性に優れていることがわかった。なお, この時の中心線平均あらさRaは石膏粘土 ( $Ra=2.0\mu m$ ) <油粘土 ( $Ra=4.0\mu m$ ) <紙粘土 ( $Ra=5.8\mu m$ ) の順であった。以上, 4.1および4.2から, 安全な実験条件として, 金属にはUアロイ 70を用い, 鑄型材には石膏粘土を用いることが最も良いことがわかった。

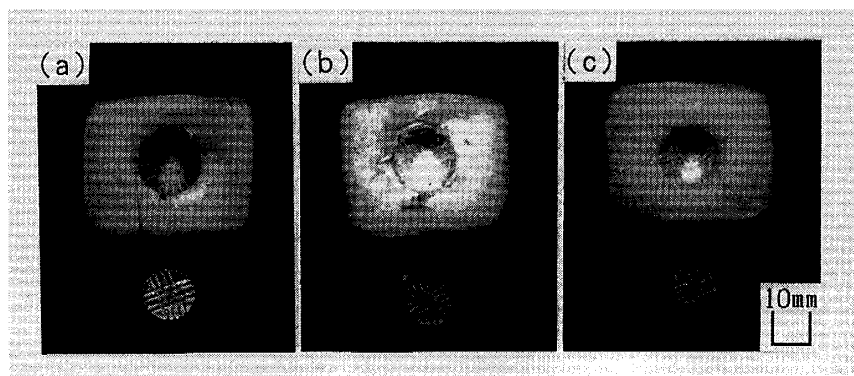


図4 鑄込み後の鑄型粘土材, (a) 油粘土, (b) 紙粘土, (c) 石膏粘土

## 4. 3 安全な鑄造プロセス

Uアロイ 70と石膏粘土の組み合わせにより安全で清潔にしかもかたづけも容易にできる鑄造実験を行うため, 数種類の試行錯誤の検討の末, 図5のようなプロセスが比較的よいことがわかった。このプロセスでは, ビーカーを用い, ビーカー内に金属を入れ (図6 (a)), 次にここにお湯を注ぐと金属は安全に融けビーカーの底に沈む (図6 (b))。この状態で図5 (2) の鍋の中に水を張り, ガスバーナーで加熱し再びビーカー中の温度を上げる。図5 (1) のように水から加熱してもよい。ある温度になったら図5 (3) のように上部の水を除く。この時図5 (4) のように水を少し残した方がよい (図6 (c))。次に図5 (5) に従って鑄型に流し込む。すると最初に水が型に流れ込み, 型の表面をなめらかにし, ついで金属が水を外へ追い出して底から埋めてくる (図5 (6))。図7はこのような鑄込み時の写真である。

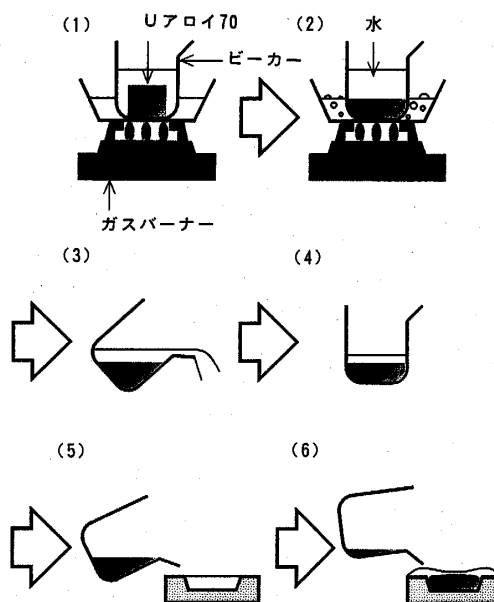


図5 Uアロイ 70と石膏粘土の  
組み合わせによる鑄造プロセス

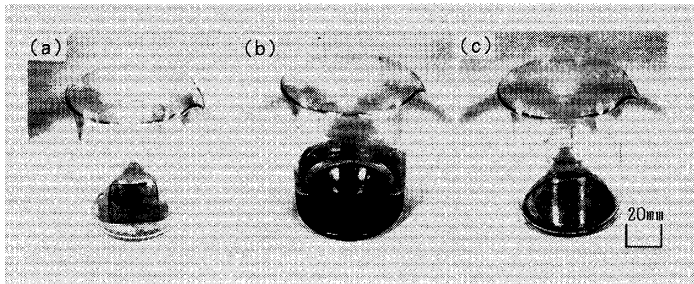


図6 Uアロイ70の溶解プロセス

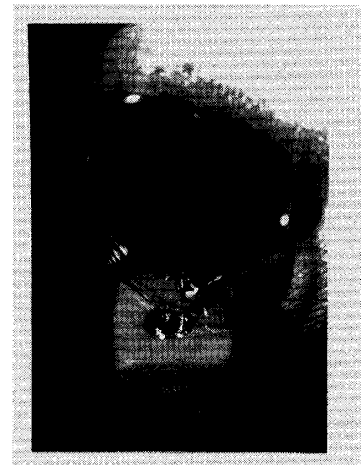


図7 鑄込み時の様子

## 5. 鑄造実験の実践

中学校の技術科の教師8人および技術科の学生8人に協力してもらい、教材としての可能性を実践を通して調べた。図8はその時の作品例である。実験はすべてUアロイ70と石膏粘土の組み合わせで、図5のプロセスで鑄込んだ。また、鑄型としては木や金属の型を粘土に押し込むばかりでなく、図9に示すような、平らに延ばした粘土の上に厚紙を折りそれを粘土に差し込み、その中にUアロイ70を流し込む手法も採用した。

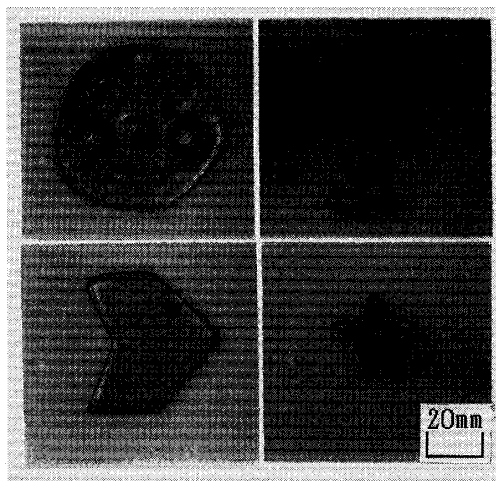


図8 Uアロイ70による作品例

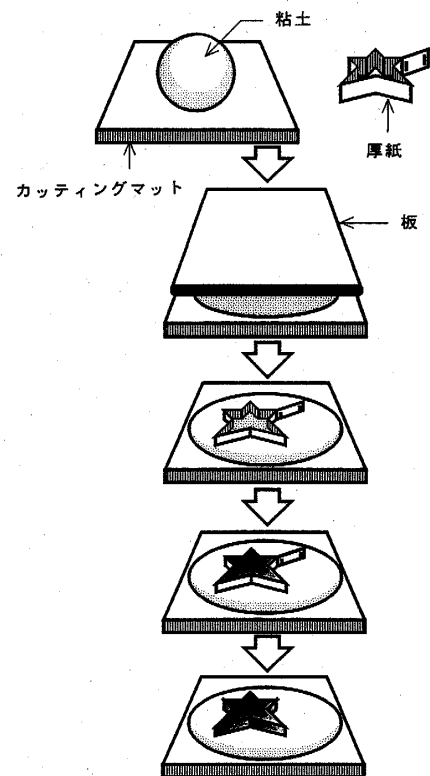


図9 厚紙による鑄造

表1は実践後の感想の一例である。おおむね教材として利用できそうであることがわかる。

表1 実践後の感想

- 
- ・創造的な部分があり，現行の理科や美術の内容に加えてもよい。
  - ・手軽で取り扱いやすい．安全であり金属が融けることを味わえる点が優れている。
  - ・融けやすいが，固まるとドリルややすりがけができ，金属が2つの側面を持っていることのイメージ化に役立つ。
  - ・考えた図面どおりの作品ができない点がおもしろくもあり問題点でもある。
  - ・実験がUアロイと水で清潔感があり，女子に対しても受け入れられやすいのではないか。
  - ・100℃のお湯で融けるのは感激である。
  - ・1時間ででき，3Kのイメージがしないので良い．新しい感じのインパクト性はある。
  - ・金属加工は削る，切るが中心であり，金属の性質を考える部分に入れることができる。
  - ・市販でこの金属を用いた教材があったが，硬質ゴムでデザインをして切り取り，スチール缶で融かすタイプであった．3Kのイメージとデザインが強調されてどちらかと言って美術の教材であったが，今回の実験は技術科として取り上げやすい。
- 

ところで，低融点金属を用いることによって実験の安全性は増す。しかし，アルミニウムや鉄の場合に比べて融点が高いため生徒の多くが金属が簡単に融けることや融けている金属に触れても常に安全であると思込まぬ様，教師の十分な指導が必要である。工芸的な実験にしないためには，教師は現実の鑄造を体験した上でこの様な実験に臨むような心構えが必要であろう。

## 6. まとめ

金属が融けて固まることを実験でき，しかも安全であることを目的として，半田および3種の低融点金属と粘土鑄型の組み合わせで鑄造実験を行い，教材としての可能性を検討したところ，Uアロイ70と石膏粘土の鑄型を用い，ビーカー内でお湯の中に金属を融かしてから流し込む手法が教材として取り扱いやすいという結論を得た。

## 参考文献

- 1) 山口礼郎：中学校教材としてのアルミニウム鑄造方法，日本産業技術教育学会誌，第19巻，第2号，pp.7-10 (1977) ．
- 2) 松浦正史，神野弘良：中学校技術科における鑄造学習の展開，日本産業技術教育学

- 会誌，第34巻，第4号，pp.253-259（1992）．
- 3) 又井徳生：加工学習のための圧縮鑄造の研究，日本産業技術教育学会誌，第24巻，第2号，pp.139-145（1982）．
  - 4) 奥野信一，牧野亮哉，仙城律：中学校技術科におけるロストワックス法による鑄造学習，日本産業技術教育学会第38回全国大会（広島）講演要旨集，1995年7月，P.47
  - 5) 加瀬幸男，助川政之：中学校技術科における鑄造学習の導入の試み（I），日本産業技術教育学会誌，第26巻，第3号，pp.127-134（1984）．