

# 小中学校におけるアルミ缶を利用した鋳物作り

## Casting Practices Using Aluminum Can in Elementary and Lower Secondary Schools

荒木 一郎\*・田邊明日香\*\*・大柿 恵太\*\*・谷川 剛志\*\*・宗村 裕子\*\*

Ichiro ARAKI, Asuka TANABE, Keita OKAKI,  
Takeshi YAGAWA and Yuko MUNEMURA

### Abstract

Casting practices in which schoolchildren melt aluminum cans and make aluminum works with plaster mold were performed in “Period for Integrated Study” for fourth grader of elementary school and in elective subjects (industrial arts) at lower secondary school. Above practices needed only usual tools like as a small portable charcoal stove, plaster and oil-clay. As a result, it took 10 school hours in elementary school to make casting works with single mold and 15 school hours in lower secondary school, with double mold.

**Keyword:** Casting, Aluminum Can, Plaster Mold, Oil-Clay Model, Period for Integrated Study

### 1. はじめに

鋳造は金属加工技術の中でもかなりの歴史を有し、今日において重要な技術のひとつである。教育現場においても最近をよく行われるようになってきた<sup>(1)-(6)</sup>。この理由としては、ものづくりにおける達成感や成就感を実感できることや、金属の状態変化のおもしろさ、造形のおもしろさを感じることができるといふ点、また、美術、理科、歴史、環境問題の学習など、教科横断的な学習が期待できるという点で、鋳造は教材として有用性があると考えられる。

本研究では、アルミ缶を素材として利用し、原型には油粘土、鋳型には石こう、溶解炉には木炭コンロ（七輪）など、身近な材料を用いた鋳型作りを行った。また、金属製型枠（フラスコ）を用いることで、より簡単な石こう鋳型作りを可能にした。この方法

によって、中学校の選択技術における実践、小学校の総合的な学習の時間における実践を行い、教材としての鋳物作りの検討をしたので以下報告する。

### 2. アルミ缶の溶解

アルミ缶を溶解する前に、「空焼き」を行う必要がある。これは、アルミ缶表面に塗布された塗料・接着剤などを熱分解する作業である。実際には図1に示すように、木炭コンロ、金属製フードを用いて行った。このとき、缶を焼きすぎると酸化、溶解し金属の回収量が減少するので注意する。また、空焼き時にはガスが発生するので風通しのよい屋外で行い、生徒が吸引しないように注意を要する。

空焼きを終えた缶はるつぼに入る大きさにつぶす。空焼きされた缶は焼鈍されており柔らかいので、容易につぶすことができる（図2参照）。

次にアルミ缶の溶解についても、木炭コンロで行い黒鉛るつぼを使用する。溶解が進行すると、溶湯表面にドロス（dross）と呼ばれるアルミかすが浮

2004.11.30 受理

\*新潟大学教育人間科学部

\*\*新潟大学教育人間科学部学生

遊してくる。ドロスの一般成分としては、アルミナ ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) やマグネシア ( $\text{MgO}$ )、および、窒化アルミニウム ( $\text{AlN}$ ) などが考えられる。鋳湯の際に溶湯の流れが悪くなったり、作品表面が悪化したりする原因となるので、このドロスは丁寧に取り除かなければならない。アルミ缶の溶解による地金の回収率は70%もあるので、アルミ缶を鋳造用素材として十分利用可能であることがわかる。

以上の工程により、アルミ缶から清浄なアルミ溶湯が得られる。これをそのまま鋳型に鋳込んでよいが、インゴット作りを行うことで授業の組み立てが容易になる。また、美しく仕上がったインゴットは児童・生徒の関心を引き、自分の作品作りへの動機付けも期待できる。図3にはインゴットとドロスを示す。

### 3. 石こう鋳型の製作

本研究では、原型には油粘土を使用した。油粘土は児童・生徒にとって幼稚園からの経験があるため取り組みやすい。鋳型には石こうを使用した。石こうは流動性が高く、細部まで忠実に表現できる。

次に石こう鋳型の製作方法について、お猪口などの中空作品を例に述べる (図4参照)。油粘土原型をプレートの上に固定し、鋳型枠で囲む。石こうが漏れないよう鋳型枠を油粘土で目張りし、石こうを流し込む (図4-a)。硬化時間は30分程度である。1段目の石こうが硬化したら、鋳型から油粘土をきれいに引き出す。割り箸の先端を削って柔らかくしたものを使用すると引き出しやすい (図4-b)。厚みとなる分の油粘土を貼り付け、湯口とあがりを取り付ける。2段目との型合わせのためのだぼ穴を2か所彫る (図4-c)。離型剤として防錆スプレーを吹きつけ、2段目の石こうを流し込む (図4-d)。石こうを壊さないよう静かに上下型を分離し、油粘

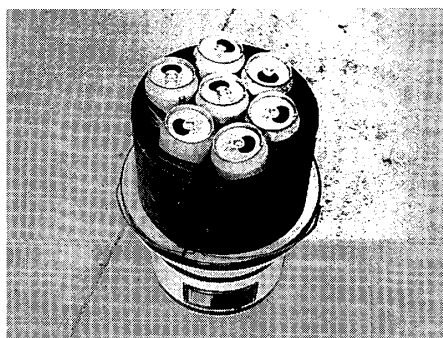


図1 木炭コンロによるアルミ缶の空焼き

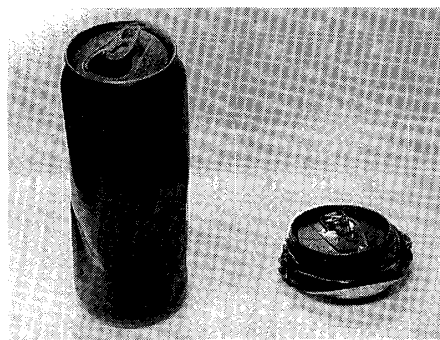


図2 空焼きされたアルミ缶



図3 インゴット (左) とドロス (右)

土をかき出す (図4-e)。上型と下型を合わせて固定したら鋳型の完成である (図4-f)。

石こうを鋳型に用いる場合、乾燥をきちんと行う必要がある。石こう鋳型に水分が残っていると、作品表面の悪化を招くばかりか、水蒸気爆発を起こす危険すらある。自然乾燥は常温で1週間程度おくと十分である。しかし結晶水までは除去できないので、その後加熱乾燥 (強制乾燥) を行う。315℃で1hr加熱すると、完全に水分を除去することができる<sup>(6)</sup>。

### 4. 鋳型の製作方法の改良

前報<sup>(6)</sup>では、作品の周りを油粘土の壁で囲み、そのすき間に補強のための針金を加えてから石こうを流し込んでいた。しかし、この方法で実際に中学生に鋳型作りをさせてみたところ、油粘土の型枠作りや針金の加工に非常に多くの時間を要し、難しい方法であることがわかった。

そこで本研究では、金属製の型枠 (フラスコ) を使用することにした。これにより、油粘土で型枠を作るという作業がなくなり、また、フラスコ自体が補強の役割をするため、針金による補強も必要なく

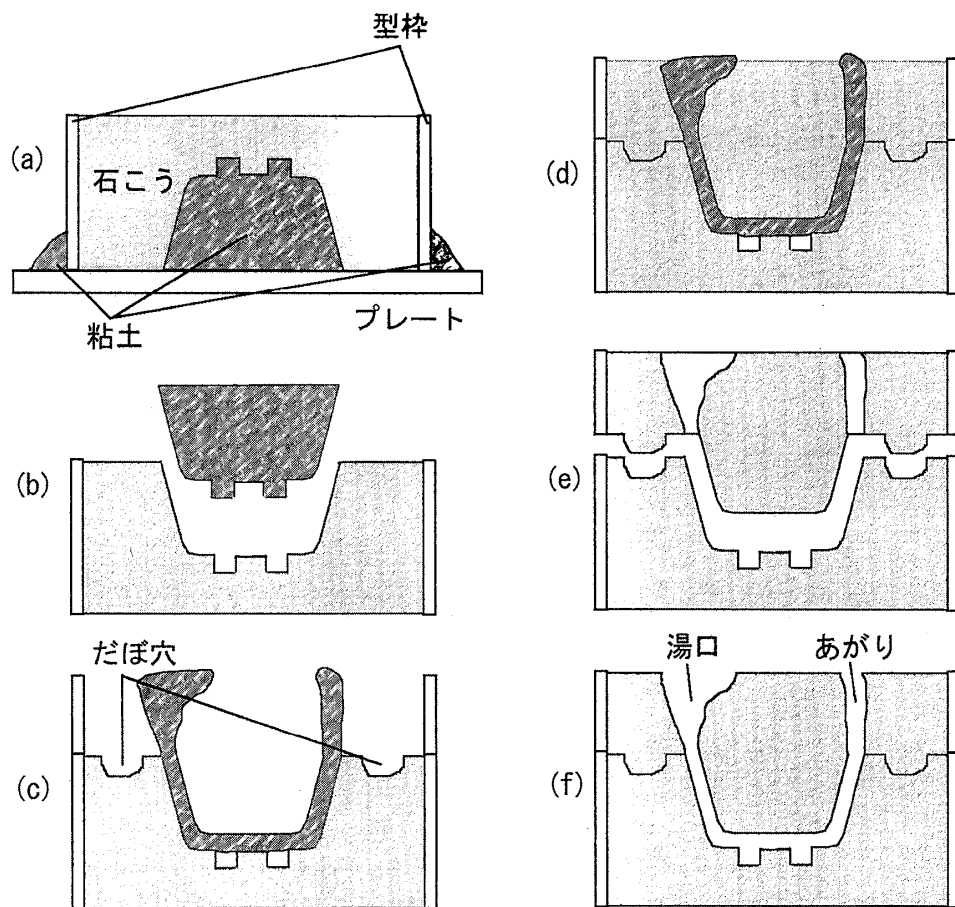


図4 石こう鋳型の製作過程（2段鋳型の場合）

- |                                 |                 |
|---------------------------------|-----------------|
| (a) 1 段目石こう流し込み                 | (d) 2 段目石こう流し込み |
| (b) 粘土原型の取り出し                   | (e) 粘土の取り出し     |
| (c) 肉厚部、湯口および上がり用粘土の取り付け、だぼ穴の形成 | (f) 鋳型の完成       |

なった（図5参照）。

2段鋳型においては、上型と下型を固定する必要がある。上下型の固定方法については、これまでは針金を石こう鋳型に巻きつけて固定していた。フラスコを採用した当初も、金具を用いて針金で固定し

ていた。しかし、この方法では針金の加工に慣れるまで時間がかかり、中学生にとって難しい作業であると思われた。そこでさらに容易な方法として、ねじによる固定方法を採用することとした。この場合、フラスコの外側にねじ止めのための部品を図6に示

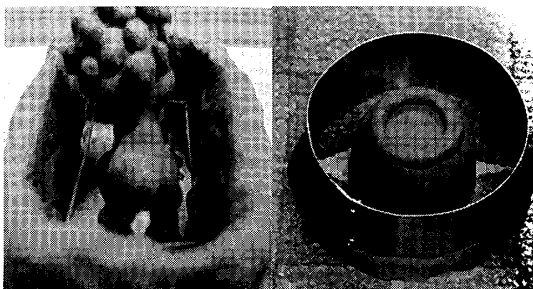


図5 改良前（左）と改良後（右）

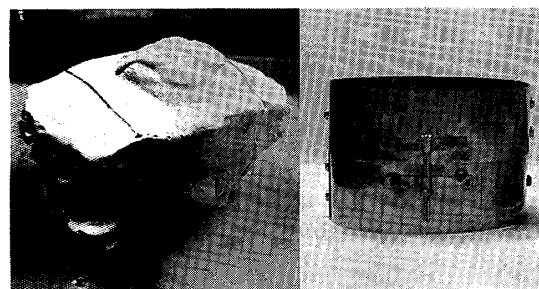


図6 針金による固定（左）とねじによる固定（右）

すように取付けた。

## 5. 石こうの乾燥特性及び油粘土の熱分解特性

通常、鑄造には鑄造用石こうを用いるが、学校などの教材としては、普通石こう（型取り用石こう）が用いられているのでこれらの乾燥特性の違いを調べた。まず、普通石こう、鑄造用石こう、2種類について試験片を作り、自然乾燥を20℃で1日行った。その後、電気炉の中に入れ、50℃/hの速度で昇温させて重量の変化を調べた。その結果を図7に示す。これによれば150℃の加熱によっていずれの石こうも大幅な重量減が見られるがその量は普通石こうのほうが20%程度と非常に大きいことがわかる。鑄造用石こうには耐火物の粉末が50%位混入されているため、見かけ上の重量減少が少なくなったものと思われる。さらに加熱した場合、いずれも350℃以上になると変化がなくなる。つまり、無水石こうとなることが示された。普通石こうは460℃でひびの発生が見られた。加熱に弱いように思われる。しかし、後述の小学校での実践ではこの普通石こうを用いたのであるが、鑄型としては問題なく利用することができた。アルミの融点は670℃位であるので、この程度であれば普通石こうでも使用可能であることが示されたことになる。

原型に油粘土を使用するがこれも硬質、軟質のものが存在する。石こう鑄型表面に油粘土の一部が残ることがあるのでそれらの熱分解特性を調べておく必要がある。軟質、硬質2種類の油粘土を電気炉の中に入れ、50℃/hで加熱し、重量変化を調べた。その結果を図8に示す。これによれば、硬質、軟質の粘土も加熱温度が高くなるにつれて重量減がみら

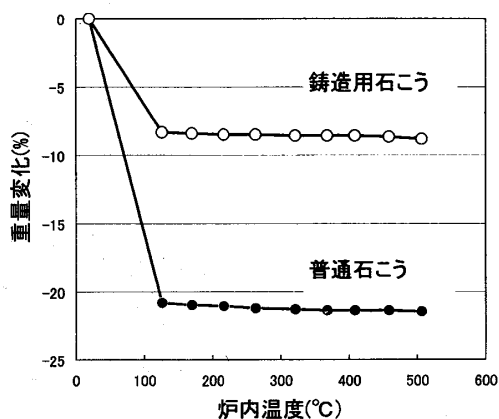


図7 石こうの強制乾燥による重量変化

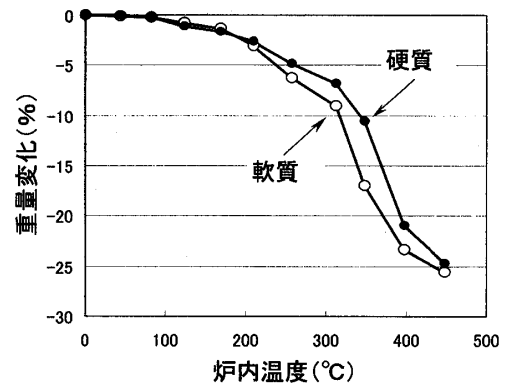


図8 油粘土の温度上昇による重量変化

れるが、軟質の方が低い温度で低下が始まることがわかった。この重量減少は、油粘土の蒸発、熱分解が起こるためであるが、軟質のものは分解温度が低いからと思われた。この結果からは、硬質軟質いずれの場合も、油粘土の除去が完全でない場合、鑄込み時に急激な油のガス化が起こる可能性がある。しかし、鑄型の加熱温度を450℃と高くすれば影響を最小限に抑えることができる。成形性、石こうからの分離性からみると、硬質の油粘土が原型製作に向いていると思われた。

## 6. 中学校における実践

本題材の教育実践を、新潟市立赤塚中学校選択技術の授業にて行った。活動を行った生徒は、3年生男子10名、女子5名の計15名である。表1に本実践の授業内容（全15時間）を示す。1回の授業は50分であるが、短縮授業（45分）も含まれる。授業に即して、具体的内容を以下に述べる。

まず構想図をもとにして油粘土での原型作りを行った（図9）。今回は図4に示すように基本的に2段鑄型で作る作品とした。アルミ缶の空焼きにおいて

表1 授業内容（全15時間）

活 動 内 容	時間数
油粘土原型作り	3 時間
石こう鑄型作り	5 時間
アルミ缶の空焼き	1 時間
インゴット作り	1 時間
鑄込み	3 時間
仕上げ	2 時間



図9 油粘土原型作り

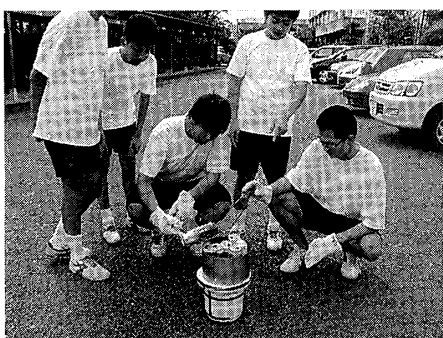


図10 アルミ缶の空焼き

は、3つの七輪を用意し、3グループに分かれて屋外で作業を行った。1回50分の授業で122缶を空焼きをすることができた（図10参照）。インゴット作りにおいては、アルミ缶の溶解は、缶をふたの上ののせて予熱する者、余熱された缶をるつぼの中に入れる者、缶をアルミナ製の棒で押し込み溶解する者の3人1組で行い、数缶溶解するごとに交代しながら、全員がすべての作業を経験できるようにした。空焼きよりも強い火力で行ったため、はじめのうちは緊張した様子であったが、徐々に効率よく溶かすことができるようになった。図11に溶解作業の様子を示す。これは技術室内で行ったものである。

鋳型の強制乾燥は、時間の制約から授業以外の時間に行ってもらった。鋳込みは時間の関係で教師側で行ったが、生徒自身で鋳込みを行うことも可能である。

金鋸を用いて作品の湯口、上がり方を切断し、鉄工やすり、サンドペーパーでバリを取り除いた。生徒たちにとって金鋸の使用は初めてであったためややぎこちない手つきであった（図12参照）。今回は生徒の要望を重視し、作品には特にテーマを設けずに進めたが、例えば「中空作品を作る」「自分の顔の



図11 アルミ缶の溶解



図12 湯口・あがりの切り離し

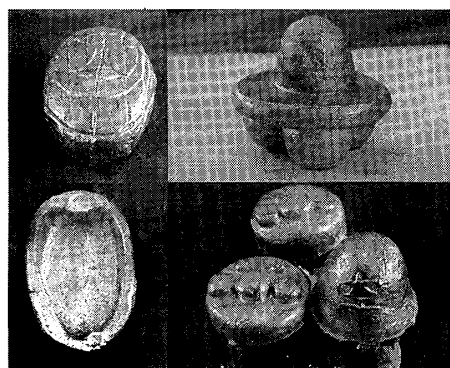


図13 生徒の作品例

お面を作る」など、ある程度テーマを設けたほうが生徒の作品のアイデアも出やすく、授業を進める上で有利であると思われる。図13に出来上がった生徒の作品例を示す。

## 7. 小学校における実践

小学校の総合的な学習の時間における実践を、新潟市立木山小学校にて行った。実践校は、新潟市内にある1学年1学級の小規模校である。対象としたのは、小学4年生で、1学級29人ある。9月から10月にかけて、総合的な学習の時間に「アルミ缶から世界に一つだけの作品を作ろう」という題材名でアルミ缶を使った鋳物作りを行った。本実践では、作業の効率や学習活動を考慮し、表2のように2時間続きの授業を5回行った。

第1回目の授業では、作品作りへの興味を高めたり、アルミ缶からどのような作品ができるのかイメージしたりできるように作品例を20点ほど示した。また、今後の学習活動が把握できるように、図14のようなイラスト入りの工程表を用意した。毎回の授業においてもどこまで進んだかを児童自身が確認できるようにした。

小学校では、一段鋳型で作品作りを行った。これ

表2 授業内容 (全10時間)

回	内 容	時間
1	アルミ缶の空焼き	2時間
2	原形作り	2時間
3	インゴット作り	2時間
4	鋳込み	2時間
5	仕上げ・紹介カード記入	2時間

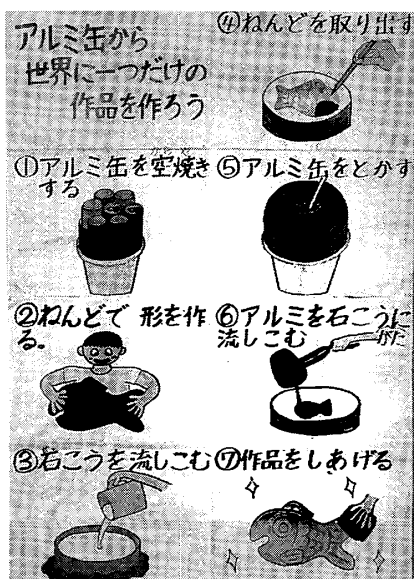


図14 イラスト入り工程表

は、図4(a)(b)に相当する方法であり簡単に鋳型作りができる。

図15には、アルミ缶を空焼きしている児童の様子を示す。缶をひっくり返す者、新しい缶を入れる者、空焼きされた缶を出す者、というように役割を決めて自主的に行っていた。

空焼きだけでなく、すべての活動においてどの児童も積極的に取り組んでいた。それは、全10時間の授業後に行ったアンケート結果に表われている。おもしろいと感じた活動には、空焼き、缶つぶしをはじめ、原型作りやインゴット作りなど多くの活動が挙げられた。理由には「粘土で遊び感覚で作れた」「アルミが固まっていく様子がおもしろい」などがあり、子どもたちが楽しみながら活動に取り組んでいたことが分かる。また、難しいと感じた活動は、「石こうを壊さないようにするのが大変だった」や「細かいところはどうしても粘土を取りきれなかった」などの理由から、ほとんどの児童が粘土の取り出しを選んでいった。最後の感想では、「アルミ缶からこんなすてきなものが作れるとは思わなかった」という驚きの声が多く、興味・関心を引き起こすことができたと思われる。

図16は、子どもたちの作った作品例を示す。原型に加工しやすい油粘土を使用したために個性あふれる様々な形の作品が完成した。原型の細かい部分も



図15 空焼きの様子

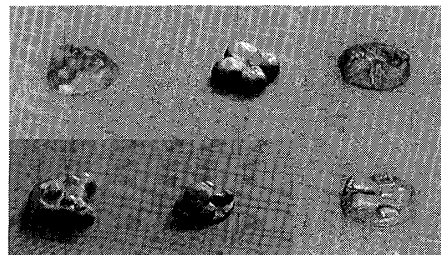


図16 児童の作品例

しっかりと表されている。また、表面は、とてもなめらかで輝きを帯びている。このように一段鋳型でも十分にバラエティに富んだ作品を作ることができるのである。

なお、本実践に参加した4年生は1学期に社会科でゴミ問題を学習する。夏休みに地域で空き缶拾いをする。9月にアルミ缶から作品作りをする（本実践）。10月に結果を発表するなど、社会科、環境学習、もの作り、発表活動など総合的な学習の時間に取り組む内容として適していると思われた。

## 8. まとめ

本研究では、石こう鋳型を用いた鋳物作りを教育現場で容易に行えるようにするため教材開発を行った。すなわち、金属製の型枠の使用、ねじを使用した鋳型の固定方法などの改良を加えた。

そして、その教材内容、授業計画に基づいて、中学校では選択技術の時間に3年生を対象として、小学校では総合的な学習の時間に4年生を対象にして鋳物作りの実践を行った。

その結果、小学校では、通常規模の児童数において、5回（全10時間）の授業で鋳物作りができることがわかった。特に、社会科、環境学習、もの作り、発表活動などが含まれ、小学4年生以上を対象とす

る教材としてふさわしいことがわかった。中学校では、全15時間で、中空の作品、立体的で複雑な形の作品作りを行うことができた。

## 9. 謝辞

本研究において授業実践を行うにあたり、ご協力いただいた新潟市立木山小学校の白井先生、及び新潟市立赤塚中学校の長先生をはじめ、両校の児童、生徒の皆さんに感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 尾高, 吉田, 山名, 淀川: 岐阜大学教育学部研究報告, 21(1997), P63-80.
- 2) 山本, 牧野: 日本産業技術教育学会誌, 40(2), (1998), P87-93.
- 3) 中村, 畑: 日本産業技術教育学会東海支部発表予稿集, (1999), P1.
- 4) 中村, 畑: 日本産業技術教育学会東海支部発表予稿集, (2001), P61.
- 5) 中村, 畑, 宮坂: 静岡大学教育学部研究報告, 34(2003), P199-208.
- 6) 荒木, 保坂: 日本産業技術教育学会第16回北陸支部大会講演論文集, (2003), P25.