

伝統的南部鉄器の自由形状製作研究

長嶋 宏之^{*}、町田 俊一^{*}、池 浩之^{**}

伝統的な製法（通称：焼型製法）で製造される南部鉄瓶は技術的な制限から、回転形状のものが多く、デザインも画一的なものになりがちであった。そこで、新しいニーズに対応したデザインの鉄瓶を製造するため、過去の製法にとらわれない、新しい技術を使った鋳型の製作法を検討した。本研究ではコンピュータによって正確な外形と内形の鋳型原型を作製し、鋳型をおこすことで、鉄瓶（銚子）の試作に成功した。その結果、回転形状製品とほぼ同じ時間（2週間程度）で、形状が正確で肉厚の均一な製品を製作することができた。

キーワード：南部鉄器、鋳型、CAD

Study of Making Free Form for Traditional *Nanbu* Iron Casting

NAGASHIMA Hiroyuki, MACHIDA Toshikazu and IKE Hiroyuki

The *Nanbu* iron kettle which is produced with traditional making method, those of rotary form are many from technical restriction, and, design was tend to become uniform ones. Then, in order to produce the iron kettle of new designs, the method of the making mold which used new ideas where it is not restricted by past making method, was examined. In this study, the iron kettle were succeeded in trial manufacture by making the mold prototype of the accurate shape with the computer. As a result, the almost same time as the traditional making method, it was possible to produce the uniform iron kettle of form being accurate and wall thickness.

key words : *Nanbu* Iron Casting, Molding, CAD

1 緒 言

南部鉄器は江戸時代、南部盛岡藩の庇護育成を起源とし、その重厚かつ繊細な造形の魅力から、現在でも盛岡を代表する特産品である。

盛岡近郊に点在する南部鉄器の工房は、伝統的な惣型製作法によって鋳型を製作しており、これを通称「焼型製法」と呼んでいる（図1）。「焼型製法」という呼称は



図1 伝統的南部鉄器の製作の様子¹⁾

一般的な分類²⁾では別の鋳型製作法を指すが、ここでは南部鉄器業界の呼称に合わせ「焼型製法」と呼ぶ。

この「焼型製法」は、素焼きの型枠（実型）に鋳物砂と粘土水（はじろ）を混入した泥状の真土をつけ、製品の断面形状をした鉄板（木型）を回転させて型を整形し、焼いて乾燥させる鋳型の製法である。

この方法は薄肉で精密な鋳造品が得られる反面、基本形状が回転形に制限され、自由な形状の製作が困難である。これでは製品のデザインが画一的なものになり、昨今の価値観や嗜好の多様化に対応できず、使用者・購買者の拡大を阻害する。

そこで、従来方法にとらわれない簡便な自由形状の鉄器鋳型の製作方法を検討した。

2 方 法

「焼型製法」で回転形状でない鉄器を製作する場合の問題点は、木型が使えず、鋳型製作のほとんどが手作業のため、正確性を要する形状（幾何学形状や対称な形状）を製作することが難しく、作れる数が少ないことである。

* 特産開発デザイン部

** 材料技術部

そこで、正確なプロポーションの鉄瓶が得られる簡便な方法を検討するために、3次元CADシステムの特徴である設計の正確性を用い、かつ、伝統製法にとらわれない方法によって、回転形ではない形状の鉄瓶(銚子)の試作を行った。今回の検討項目は以下の2点である。

1) プロポーションの正確さ

試作品の任意各部分の寸法測定値を設計寸法値と比較し、誤差 $\pm 0.5\text{mm}$ 以内を目指す。

2) 作業工程の複雑さと作業時間

工程の簡便さは作業時間の短縮と考え、原型製作から型ばらしまでの作業時間を、現状の回転形状の鉄瓶並み(約2週間)以下を目指す。

2-1 試作のデザイン

今回は試作に銚子を選択した。銚子は鉄瓶の中でも価格帯が高く、審美性の要求から高度な技法の必要性が多いために、試作に最適と判断した。

胴の形状は上面から見て正8角形を縦方向のみ縮小し、長手方向の頂点の一方を、口と同じ幅の面で切り落とした変形9角形とした。

また、上面が薄い円錐状のため、型の分割線(毛合せ)が直線ではなく、9角形の各辺がアーチを描いている。通常「焼型製法」ではこのような胴の形状を正確に製作するのは至難の業と言える。

口は銚子口と呼ばれるオーソドックスな形状に、鍔付きは装飾のないシンプルな形状とした。各部の厚みは 2.7mm とした(図2)。

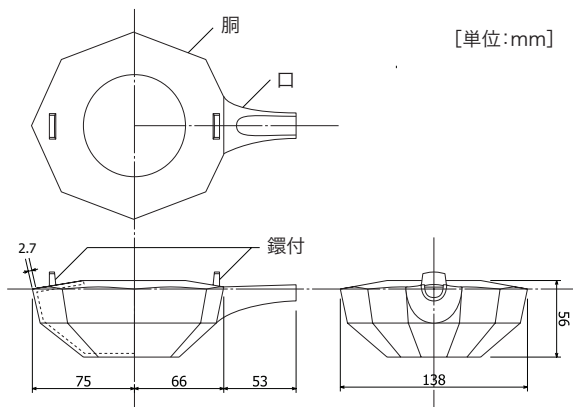


図2 検討試作の2次元図面

2-2 3次元データの製作

2次元図面を元に、鋳型原型の3次元データを作成した。データは銚子の形状、型の分割線等を踏まえ、上型、下型、中子取り用上・下型、口の中子取り用左・右型の計6個を作成した。

使用ソフトは形状データとSTLデータの作成にAlias社製 AutoStudio 9.7、STLデータの編集にMaterialise社製 Magics 8.0を使用した。

2-3 鋳型原型の製作

原型データを使用し光造形装置(シーメット社製 SOUP600IIGS)を用いて鋳型原型を製作した。光造形装置は液状の紫外線硬化性樹脂をレーザー光線で硬化さ

せ、立体を積層造形する装置である。切削式の造形装置に比べ治具などの前準備の必要がなく、複雑な形状でも短時間で成果物を得ることが可能である。

2-4 鋳型の製作

鋳型には外型、中子取り型ともに炭酸ガス硬化鋳型を選択した。炭酸ガスによって鋳物砂を硬化させるこの鋳型製法は、特別な下準備や後処理が不要で、製作時間も早く、鋳肌も工芸鉄器として良好等の利点がある。

2-5 注湯

注湯材料はFC250を使用し、溶解には高周波溶解炉を用いた。注湯温度は $1,450^{\circ}\text{C}\sim 1,470^{\circ}\text{C}$ の間を保った。

2-6 仕上げ

今回は鋳造法の試作であるので、仕上げは簡易的に行うこととし熱処理や塗装は省略した。湯口を切り落とし、セキ、バリなどをグラインダー、ヤスリで仕上げた後にサンドブラスターで表面の汚れを落とした。

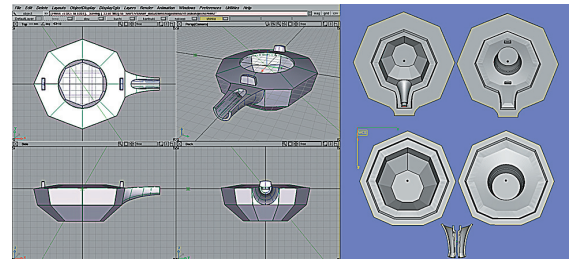
3 結果及び考察

3-1 結果

3-1-1 3次元データ

データ作成は、まず図面通りに銚子の形状データを作成し、次にそれを鏡面反転、それぞれの型の分割線で分け、中子を保持する部分(はばき)と上・下型を合わせる段差(まな)を追加して原型データとした(図3)。

原型データの作製に要した時間はのべ2日間である。



左：面データ、右：原型データ

図3 試作の3次元データ

3-1-2 鋳型原型

光造形装置による鋳型原型の造形に要した時間は22時間0分20秒であった。しかしながら、造形物には光造形装置の原理上、表面に階段状の段差が現れる。そこで、なめらかな鋳肌を得るために積層段差に、パテ埋め、目止め材(自動車塗装用サーフェーサ)の塗装、ペーパー掛け等の下地処理を何度か繰り返した(図4)。よって原型の完成までにのべ3日間が必要であった。

3-1-3 鋳型

鋳物砂には外型、中子ともにムライト質人工砂「セラビーズ60」の650メッシュに水ガラス7%配合したものを十分に混練して使用した。完成した各鋳型(図5)は、一昼夜以上自然乾燥させた後、それぞれの摺り合わせを確認し、注湯直前に型合わせを行った。

鋳型は合計3組制作し、1組の製作時間は約1~2時間程度であった。



左上：外型原型、左下：口中子取り型、右上：中子取り型

図4 完成した鋳型原型



左上：上型、左下：下型、右上：中子、右下：上型

図5 完成した鋳型

1) 外型の製作

破損防止のため裏側から油土のバックアップを行った原型を定盤上に配置し、型枠を合わせ、離形材をふり、砂を込めた。硬化には型の表裏にそれぞれ7～10分程まんべんなく炭酸ガスを散布した。

硬化後、鋳肌面に湯流れと鋳肌表面の向上のため、エタノールで溶いたジルコン系塗型材を塗布し乾燥させた。

2) 中子の製作

胴の中子製作は、中子取り用の上型、下型にそれぞれ砂を込め、両型を合わせて型込めした。その後、そつと上型をはずし炭酸ガスを散布して、ある程度硬化したあと、下型をはずしもう一度炭酸ガスを散布した。

また口の中子の製作は、離型材を散布した口の中子取り型左右それぞれに砂を込め、左右を擦り合わせて押さえながら口の中子を製作した。次に炭酸ガスを1分程度、型の上から散布し、さらに型からはずしてもう一度炭酸ガスを散布した。

両中子共に、外型同様、塗型材を塗布し乾燥させた。

3-1-4 試作完成品

注湯は合計で3回行った。一回の注湯毎に一組の型を使用し、穴等の不良部分の発生具合を確認、鋳型の改良を行った。その結果、3回目の注湯で、視認上の不良については現状鉄器製品と変わらないレベルの試作品（図6）を得ることができた。



図6 完成品

以下に起きた不良と改良の結果を述べる。

1) 型の分割線

型合わせを行った時、上型と下型が分割線面で接しない状態であった。これは上型と下型の位置合わせの段差（まな）が途中でぶつかっていたためであった。型合わせ時の原型の誤差を考え、データ作成時に段差に余裕として0.5mmの隙間を持たせてはおいだが、原型のサーフェイサの塗膜厚や鋳型の塗型材の厚みで合わなくなった。

型合わせ時に下型の段差の外側を削って、上型のまなが取まるように段差の角度を浅くし、パーティングラインの面で合うように型の修正加工を行った。

2) 口

一回目の注湯時に口の下面部に大きな穴が生じた。注湯時に口の中子が浮力で浮いたためと思われる。

そこで口の中子に針金（芯金）を入れ、中子と接する部分で針金の先を飛び出させた。また中子にも針金が入る穴を空け、注湯時に針金が引っかかり口の中子が浮かないよう改良を行った。

3) 型持ち

「焼型製法」では注湯時に中子が浮力で浮かないよう、底の部分に型持ちといわれる鉄片を2～3枚配置する。その部分で穴が生じた。型持ちの固定のためには通常、粘土（真土）を使用する。この真土に含まれる水分が注湯時に蒸発し、ガスとなって欠陥を引き起こしたと思われる。真土をよく乾燥させ使用したところ穴は見られなくなった。

4) 中子

2回目の注湯時に胴の半分近くに「割れ」が入った。注湯後の鋳鉄の冷却収縮時に何らかの原因で「割れ」が入り、多角形を構成している辺の部分に沿って割れたと思われる。

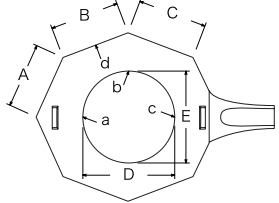
そこで内側からの応力に鉄瓶が耐えられるように中子の角を丸く削り落とした。また、中子の強度が高く、収縮する鋳鉄が耐えられなかった可能性もあり、中子製作時に砂をあまり込め過ぎないように注意し、また鋳物砂の節約と軽量化も兼ね、中心部を空洞化した。

3-2 考察

3-2-1 プロポーションの正確性

設計寸法と完成品の寸法との差を検証すべく、任意の各部位、厚みについて4箇所、外形寸法について5箇所の任意の各部位について計測を行った。その結果、計測した各部厚み、外形寸法の7箇所は目標の $\pm 0.5\text{mm}$ 以内に収まった。ただし輪口の直径D、Eについては1.2mm(中心からの半径としても0.6mm)収縮している(表1)。直交するD、Eの収縮差が同値ということから均等に収縮し、大きなプロポーションの崩れはないと考えるが、鋳物の収縮率(鋳鉄は8/1000程度)等も考慮し、原因を追求する必要性はある。

表1 各部寸法比較表



各部寸法	A	B	C	D	E
図面値	53.4	56.7	56.7	75.0	75.0
計測値	52.6	56.4	56.5	73.8	73.8

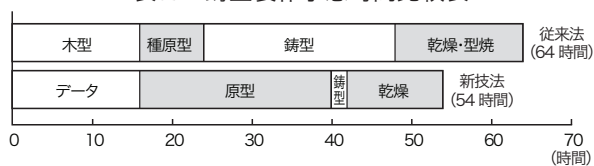
各部厚み(図面値2.7)	
a	3.2
b	2.9
c	3.0
d	2.7

<各単位mm>

3-2-2 作業時間

原データ作成から約3週間、実質作業時間約12日間で、形状が正確で肉厚の均一な製品を試作することができた。ただし、鋳型の改良を考えなければ、ほぼ従来法と変わらない時間、約2週間弱で完成品を得ることができると考える(表2)。特に従来法では困難な削り出しによる中子の製作も、中子取り型の製作が可能な今回の技法は時間的短縮を図れる。

表2 鋳型製作予想時間比較表



3-2-3 課題

1) 原型の製作

3次元CADによる原型の設計は、CAD等になじみの低い鉄器業界では導入が困難と思われる。しかし、工芸品鋳物は、工業用鋳物程の高精度は必要なく、簡単な技能と低価格な3Dモデリングソフトウェアで対応できると考える。

原型製作には特殊な装置を使用したが生産設備の装置貸付制度を利用すれば6万円前後(岩手県の場合)で製作できる。伝統的南部鉄器の商品開発コストとしては高価であるが、原型が一つあれば型の量産が可能となり、鉄瓶一つあたりのコストはそれほど高価ではない。また、低価格の造形装置でも製作可能である。

2) 鋳型の製作

今回使用した炭酸ガス硬化鋳型は、機械鋳物では一般的な鋳型製法であり、危険な化学物質等も使用せず、材料も安価で、取り扱いに技能を要するものでもない。しかし、伝統的な製法を守り続けている南部鉄器工房が炭酸ガス硬化鋳型の技術を取り入れるかは課題となるだろう。

また、「焼型製法」は1つの型で複数個製品が製作できるが、炭酸ガス硬化鋳型は1つの型で1製品しか製作できない。ただし、これには時間的、経済的コストに関する利点の検証が必要で、鋳型の製作時間が圧倒的に短いガス型の利点は大きいと予想する。

また、中子に関しては手法はほぼ伝統的「焼型製法」と同様で、「焼型製法」で使用している鋳物砂を利用できる可能性もある。

3) 試作完成品

完成品の不良とはいえない多少の湯じわやヒケ、ピンホールは方案を含めた鋳型の改良の必要がある。この課題は現在の伝統的南部鉄器業界が日々抱えている問題であるが、材質や注湯条件等の様々な要因が関係する溶解法の課題でもあるので今回はあまり言及しない。

4 結 言

今回の試作により、3次元CADシステムによる設計の正確性と伝統製法にとらわれない方法で、以下のような結果を得ることができた。

- 1) 試作品の各部分の寸法測定値を設計寸法値と比較し、各部厚みと外形寸法5箇所中、3箇所誤差 $\pm 0.5\text{mm}$ 以内を達成できた。
- 2) データ作成から原型・試作品製作まで実質作業時間約12日間(約2週間弱)を達成できた。

現状でこの技術を生産品へ応用するには、鋳型製法の改良、原型の製作、割り型への応用、コスト等、まだ課題も多い。しかしながら、この技法を使用すれば、今回のような幾何学形状や3次元自由曲面のつながった形状など、鉄器のデザインが広がる可能性は高く、伝統的な南部鉄器に新しい形の商品が誕生する可能性が期待でき、新しい使用者、購買層を獲得できると考える。

文 献

- 1) 南部鉄器協同組合編：南部鉄器 その美と技，1990.3.30，岩手県南部鉄器協同組合連合会
- 2) 鋳物データブック，株式会社岡本，<http://www.nbk-okamoto.co.jp/data/d000.htm>
- 3) 造形技術教本編集部会編：鋳型技術シリーズ2 鋳型の生産技術，1995.1.20，(財)素形材センター
- 4) 堀江皓：伝統的工芸品シリーズ 南部鉄器，2000.6.30，理工学社