

# 樹脂 3D プリンターによる消失模型鑄型の作製と 金属鑄造に関する研究

デジタルものづくり課 氷見清和 住岡淳司 山本貴文 石黒智明\*1

## 1. 緒言

近年、自動車用部品や産業機械用部品などは、部品の薄肉・軽量化、複雑形状化、高精度化のため複雑な形状の作製技術の開発が一層求められている。現在、その開発の中で複雑形状の金属製品を直接に作製することができる金属 3D プリンターが注目されているが、造形できる材料に限られるうえ、粉末材料が高く、またサポートの除去など造形形状にも様々な制限がある。そこで、これらの問題を解決する砂型 3D プリンターも開発されている。従来の砂型での鑄造方法の場合、製品形状が複雑になるほど特殊な中子が必要となり、どうしても解決できない形状になる場合がある。この砂型 3D プリンターは大型製品も鑄造でき、各種類の金属の鑄造ができることから大変注目されている<sup>2)</sup>。しかし、本プリンターは高価なことから、安価な製品試作方法が求められている。

そこで、樹脂を材料とする 3D プリンターで消失模型鑄型を作製することにより、多種類の金属材料を用いて従来方法では困難だった形状を作製することが可能か検討した。製品形状の模型を消失させることで、中子や型割形状を考慮する必要がなくなり、中空形状やアンダーカット形状のある複雑な部品の自由度が大幅に増える。本研究では、樹脂 3D プリンターを用いて、積層造形法による消失模型を試作し、砂や石膏などの耐火材料に模型を埋め込み、消失させてから熔融金属を流し込むインベストメント鑄造法にて鑄造を試みた。

## 2. 実験方法

### 2.1 試験および測定方法

樹脂の材料分析は、赤外分光光度計により結晶構造を分析した。熱による状態変化については、熱分析装置を用いた熱重量分析(TGA)、および PVT 試験機を用いて樹脂材料の体積変化を測定した。

### 2.2 消失模型の作製と鑄造

模型は 3D-CAD で設計し、材料にポリアミド樹脂を用いて 3D プリンター (EOS 社製 FormigaP100) にて作製した。鑄型材料には石膏を用い、模型を埋没させて固化後に電気炉にて最高温度 600°C にまで上昇させて模型

を消失させた。

模型が消失して空洞となった石膏鑄型に、溶解した錫合金を流し込み、冷却後に石膏を崩して鑄造製品を取り出した。

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 材料測定結果

図 1 に、ポリアミド粉末材料の熱重量分析結果を示す。測定の結果、おおよそ 300~400°C の間で最大の分解があり、450°C では分解がほぼ完了していると推測できる。そこで実験では、十分に分解させるため炉の設定温度を 600°C とした。

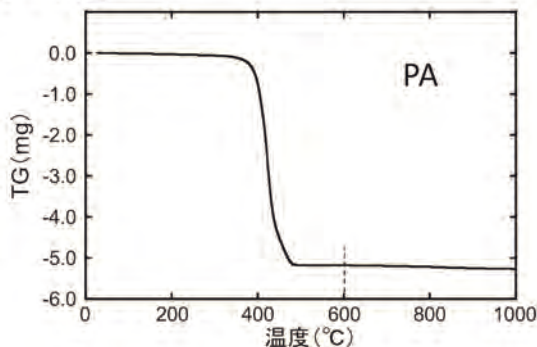


図 1 ポリアミド粉末材料の熱重量分析

造形した消失模型を電気炉で消失する際に、熱膨張し、固化した型を崩してしまうことが考えられることから、加熱による熱膨張を測定した。図 2 に、ポリアミド粉末材料について、応力 100MPa および 200MPa における定圧での温度体積変化を示す。約 100°C 付近でガラス転移が観測され、約 200°C 付近で融点が観測されている。測定の結果、50°C 付近から 300°C までにおける体積膨張は約 10%あることがわかった。

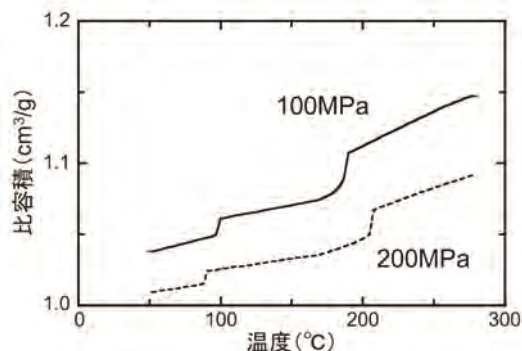


図 2 ポリアミド粉末材料の定圧温度変化

\*1 現 企画管理部

### 3.2 鑄造試験結果

図3に(a)3Dプリンターで作製した消失模型の外観、(b)模型を消失後に中空となった鑄型に熔融金属を流し込み取り出した鑄造製品の外観、(c)鑄造製品の表面の拡大観察を示す。実験の結果、樹脂模型は完全に消失しており、また空洞部分に細部まで湯が流れていることがわかる。図4には、それぞれの裏側部分の外観を示す。

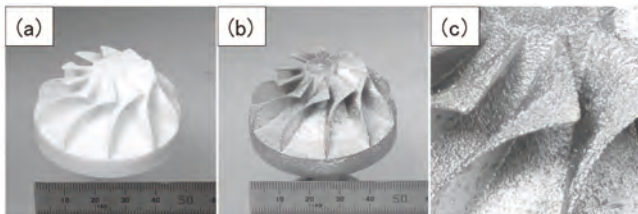


図3 (a)消失模型, (b)鑄造製品, (c)鑄造製品の拡大

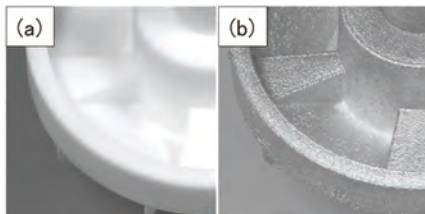


図4 (a)消失模型（裏側）, (b)鑄造製品（裏側）

3Dプリンターでは、製品だけでなく「湯口」「堰」「押し湯」なども中空で作製することにより、鑄造欠陥となる残渣が低減でき、熱膨張による鑄型が破損する問題も解決できる。また、図5に大型製品の中空消失模型の例を示すように、強度補強のために、内部に梁を設けることで、強度不足も解決できると考えられる。更には、中空

にした樹脂模型を極薄いシェル構造にすることにより、模型を埋め込んだままの石膏型に直接高温の熔融金属を流し込み、その溶湯熱により模型を分解して気化消失させることによって模型を溶湯で置換して製品を作製するフルモールド法が可能となると期待できる。

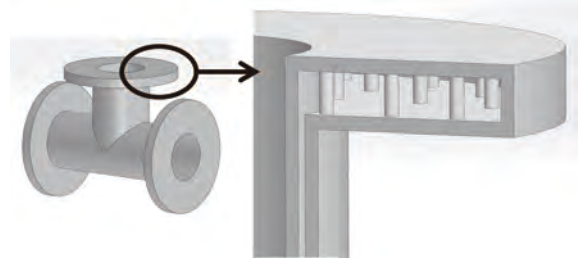


図5 大型製品の中空消失模型の例

### 4. 結言

本研究では、樹脂3Dプリンターを用いて、積層造形法による消失模型を試作し、インベストメント鑄造法にて鑄造を試みた。実験の結果、樹脂模型は完全に消失しており、鑄造製品は細部まで鑄造することが確認できた。

今後は、ひげ巣等の欠陥や湯流れなど鑄造方案も鑄造解析シミュレーション等を用いて、3Dプリンターによる消失模型の有用性を検討していく。

### 参考文献

- 1) 永田, 滝沢ら:若い研究者を育てる会, **30** (2017) pp. 14-20
- 2) 岡根利光ら: 鑄造工学, **90**(2018) pp.265-327

キーワード : 3Dプリンター、積層造形、消失模型、鑄造

## Research on Fabrication of Sacrificial Patterns by 3D Printer and Metal Casting

Digital Manufacturing Section; Kiyokazu HIMI, Junji SUMIOKA, Takafumi YAMAMOTO  
and Tomoaki ISHIKURO\*<sup>1</sup>

In this study, the basic characteristics of sacrificial patterns fabricated by 3D printer were investigated. The polyamide powder material decomposes completely at about 450 °C. Polyamide material has about 10% volume expansion from around 50 to 300 °C. We tried to cast by investment casting method. As a result of the experiment, the model completely disappeared, and metal was flowing to details in the cavity. We will further study the usefulness of the sacrificial patterns fabricated by 3D printer using casting simulation.