

鑄鉄鑄物製作のための高耐熱性RP粉末

戸羽 篤也, 稲野 浩行, 平野 繁樹, 上野 慶典

High Heat-Resistant Powder for 3D-Printing to Make Castings of Cast Iron

Atsuya TOBA, Hiroyuki INANO, Shigeki HIRANO, Keisuke UENO

抄 録

RP技法によって製作した鑄型を使用した迅速鑄造プロセスは、従来の鑄造プロセスに比べて模型や木型を必要とせず、工期の短縮、製作費用の低減などのメリットが期待される。粉末RP装置のメーカーが供給する耐火性粉末は、アルミ合金および銅合金の鑄造用鑄型として使用可能であるが、これらより鑄造温度の高い鑄鉄を鑄込むとガス欠陥が発生する。そこで、粉末RP鑄型の適用範囲を鑄鉄等に拡大するため、RP成形可能で耐熱性の高い新たな粉末材料の開発を試みた。

キーワード：迅速鑄造プロセス，RP（3Dプリント），鑄鉄鑄物

Abstract

Time and cost savings in production are expected in Rapid-Casting Process by using 3D-print molds. The powder, which is supplied by the maker of 3D-Printer, for 3D-Printing is available to make aluminum alloy castings and copper alloy castings. However, gas defects happen when we use 3D-print molds to make iron castings which have higher casting temperature than these. Therefore, we tried to develop a high heat-resistant powder for 3D-print molds which is used to make iron castings.

KEY-WORDS : Rapid Casting Process, 3D-Printing, Castings of Cast Iron

1. はじめに

製造分野における3次元CADシステムの利用の進展に伴い、3次元形状データをものづくりに活用する多様な技法が提案されている。これらのうち、耐火性粉末を成形材料として用いるRP技法で製作した成形体は、そのまま鑄造用鑄型として使用できるので、筆者らはこれを利用した新しい鑄造プロセスの可能性に注目している。

これまでに、粉末成形体で製作した鑄型や中子を使って鑄物を製造するプロセスに関する実験を行い、この技法で製作した鑄型でアルミ合金鑄物および銅合金鑄物の製作が可能であることを確かめた^{1, 2)}しかし、鑄鉄を鑄込む際に大きなブローホール等の欠陥が生じ、健全な鉄鑄物を得ることは難

しい。これは、アルミ合金、銅合金に比較して鑄鉄の鑄込み温度が高いため、粉末成形体の耐熱性に欠陥発生の原因があると推測される。

本研究ではこの原因を明らかにするとともに、鑄鉄鑄物の製作に適用できる耐熱性を高めた成形用粉末を開発し、その性能を検証した。

2. これまでの経過と解決すべき課題

2.1 3Dプリント技法

3次元CADで作成した立体形状データから実立体を成形する技法を広い意味で「RP (=Rapid Prototyping)」と称する。RP技法として様々な方法が提案されており、それら

事業名：一般試験研究

課題名：迅速鑄造プロセスのための高機能粉末RP成形技術の開発

に基づいて実立体を成形する装置等も開発、商品化されている。RP技法に共通する考え方として、立体をZ軸方向に細かく切断し、それらの断面を積み重ねていく「断面積層法」が採用されているものが多く、RP技法が「積層成形法」とも称される所以である。

成形材に微粉末を用いる粉末積層成形法のうち、耐火性を有する無機粉末を水性バインダで固化させるRP技法を「3Dプリント」と呼んでいる。これは、砂などを主体とした耐火性粉末を水平に敷き詰め、この面にインクジェットプリンタのヘッドを用いて水性バインダを吹きつけて断面形状を描き、その後、その上に砂粒に近い厚さでさらに粉末を敷き重ねて逐次断面を描く工程を繰り返すことで立体を成形していくことに由来した命名である。

この技法で製作した成形体は、耐熱性があることに加えて幾分の通気性を有しており、これを鋳造用の鋳型および中子として使用することができる。これを利用した鋳造方法では、従来の鋳造プロセスで不可欠であった模型や木型が不要となるため、型費の節約や製作工期の短縮などにより、特に単品あるいは小ロット製品で大きなコストメリットが期待される。

2.2 3Dプリンタ

本試験で粉末積層RP鋳型および中子の製作には、米国Z社製3Dプリント装置ZPrinter 310型を使用した。同装置の外観を図1に示す。また、同装置の成形プロセスを図2の模式図に示す。

ZPrinter 310型は、最大203mm^W×254mm^H×203mm^Dの成形容量を有しており、装置内に材料供給槽と成形槽との2つの槽を持つ。成形を始める時点では、図2で左側に位置する成形槽の底板（ステージ）が最も高い位置にあり、一方の右側に位置する供給槽のステージはこれより低い位置にある。

成形プロセスは、(1)成形槽のステージを積層厚さ1層分下



図1 粉末積層RP装置の外観 (ZPrinter-310; 米国Z社製)

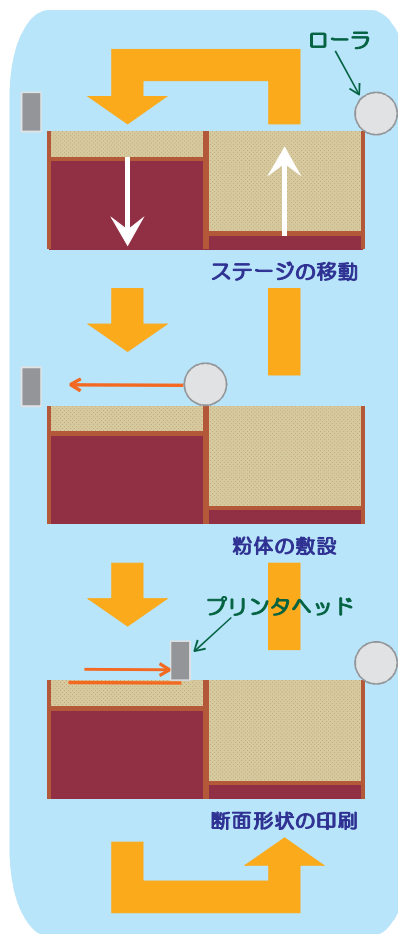


図2 3Dプリントの工程模式図

げ、供給槽のステージを同じく積層厚さ1層分上げて、(2)コーティングローラーを回転させながら、供給槽に蓄えられた粉末材料を成形槽側に移動させて成形槽の最上面に均一厚さに敷き詰める。そして、(3)粉末が敷き詰められた成形槽表面にインクジェットプリンタヘッドをスキャンさせ、所定の断面形状にそって水性バインダを吹き付けて断面を印刷する。その後、(4)供給槽と成形層のステージを積層厚さ1層分だけそれぞれ上下させ、コーティングローラーで成形槽表面に粉末材料を重ねて敷き詰めて次の断面形状を水性バインダで印刷するという、(1)～(4)の一連のプロセスを繰り返して立体を成形する。

ZPrinter 310型は、粉末材料として用途に応じていくつかの種類を用意しており、耐火性を有するものとしては石膏を主成分とするZP102と、耐熱性を高めるためにシリカ系粉末を混合させたZCast501が供給される。本実験では、主にZCast501を用いて試験を行った。

2.3 これまでに得られた知見

これまでに、粉末積層RP鋳型を利用した迅速鋳造プロセスに関する試験によって、ZCast501で製作した成形体の寸法特性、通気性、抗折強度などの評価を行った。その結果、



a) アルミ合金鋳物 (AC4C)



b) 鋳物鋳物 (FCD450)

図3 粉末積層RP鋳型を使用して製作した鋳物の例

寸法精度は3D-CADで指定した寸法に対して0.5mm以内の差異で成形できること、成形体の通気性はあまり良くないことからガス抜けに配慮した鋳込み方案の工夫や鋳型の薄肉化が効果的であること、鋳型および中子は肉厚5mm程度のシェル構造を基本とし、必要に応じて補強のためのリブ構造の配置が有効であることなどを検証した。³⁾

これらの知見をもとに粉末積層RP鋳型・中子を用いて鋳造試験を行ったところ、アルミ合金鋳物と銅合金鋳物では、健全な鋳造品を得ることができ、当プロセスの有効性を確認した。しかしながら、鋳鉄を鋳造した場合は、図3-b)に示すように、ブローホールなどのガス欠陥が生じ、健全な鋳物が得られにくいことがわかった。⁴⁾

この原因の考察に当たり、当初は鋳型に含まれる水分の蒸発や鋳造した金属に含まれるガス等に着目したが、鋳型の予熱でもガス欠陥の発生を抑えることが出来なかったことや、ガス欠陥の外観から相当量のガスが放出されていることが予測されることなどから、熔融金属ではなく鋳型の方から大量のガスが発生しているものと考えられ、最終的には鋳造時の注湯温度の違いに注目し、鋳型の耐熱性の低さが原因ではないかと推定した。

そこで、RP鋳型の耐熱性について検証するとともに、粉末成形可能で高い耐熱性をもつ粉末を得る可能性について調べるための試験を行った。

3. 実験方法

3.1 粉末材料の選定

粉末材料を試作する際に用いた骨材として一般の鋳造工場 で用いられている鋳物用砂の中から粒度構成について商品種類の豊富な珪砂を選び、東北珪砂の7号、8号のほか、珪砂の微粉末(商品名;ファインサンド)を使用した。東北珪砂7号、8号の粒度構成を図4に示す。

また、砂粒どうしを固定化するバインダには、3Dプリンタで成形可能であることを考慮し、水性バインダを加えて固化する石膏やセメントなど無機系の材料を選定して試験を行った。

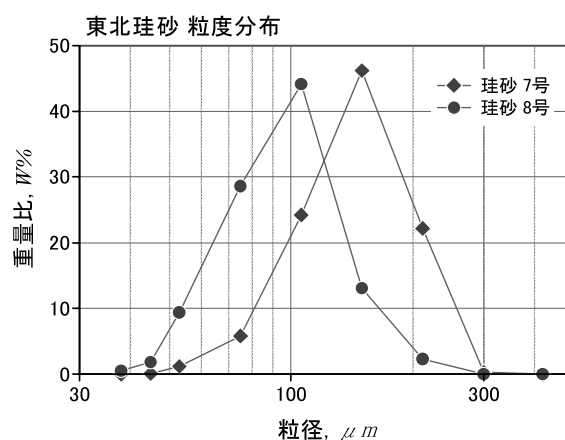


図4 鋳骨材に用いた東北珪砂の粒度分布

3.2 粒度分析試験

粉末材料の粒度構成は、図5に示す粒度分析装置(日機装(株)製 MICROTRAC HRA 9320-X100)を使用して計測した。同装置はレーザー光の回折および散乱を利用して粉体素材の粒度分布を0.02~700μmの測定範囲で測定する。



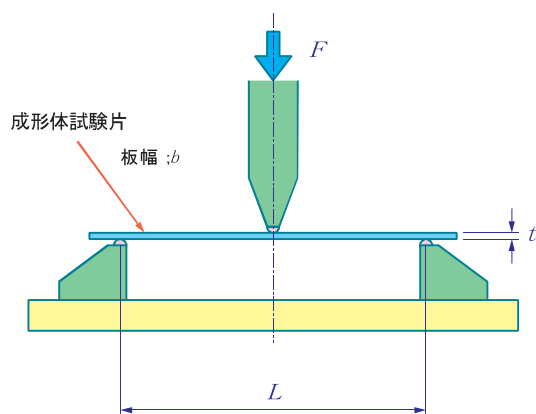
図5 粒度分布計測装置 (Microtrac HRA 9320-X100)

3.3 熱分析試験

試作粉末材料の熱分析試験には、図6に示す示差熱熱重量同時測定装置(SII製 EXSTAR TG/DTA 6300)を使用した。この装置は、材料を常温から1,200℃程度まで昇温させ



図6 熱分析装置 (SII EXSTAR TG/DTA 6300)



a) 抗折試験の模式図



b) 抗折強度試験機の外観
(AikohEngineering 社製 RX-20/2257)

図7 試料の強度評価法 (3点曲げ)

る過程における熱量の出入りと重量の増減を同時に計測し、熱特性を把握するものである。測定は、試料重量50mg、昇温速度10°C/minで行った。

3.4 成形体の強度試験

試作粉末に水性バインダを吹きつけて固化させた試料の強度は、板状に成形あるいは加工した試験片を用い、図7-a)の模式図に示すような3点曲げ試験法に準じて計測した抗折強度で評価した。抗折荷重は、図7-b)の写真に示すロードセル式荷重計を専用の負荷装置に取り付け、一定の加圧変位速度で負荷を加え、試験片が切断したときに計測した最大荷重から曲げ応力に換算した値を抗折強度とした。

3点曲げのスパンLは60mmとし、試験片の寸法は概ね70mm×16mmとした。荷重を加える前にノギスを用いて試験片の幅bと厚さtを計測し、試験で計測された最大荷重Fから以下の計算式で抗折力の値を求めた。

$$\sigma_B = \frac{M}{Z} = \frac{3FL}{2bt^2} \text{ [N/mm}^2\text{またはMPa]}$$

4. 実験結果および考察

4.1 現行粉末材料の分析

3Dプリンタ装置メーカー(米国Z社)が供給する鋳造用粉末材料(ZCast501)の耐熱性について検証するため、粒度分布計測と熱分析を行った。

ZCast501の粒度計測の結果を図8に示す。粒径200 μ m付近にピークをもち、粒径100 μ m以下の微粉を多く含む粒度構成であり、粒径60 μ m付近にも小さなピークが認められた。同社が供給する粉末材料で石膏を主成分とするRP成型用粉末(ZP102)も粒径60 μ m付近にピークをもつ粒度分布となっており、ZCast501にはZP102の成分が幾分混合されている可能性が高い。

次に、ZCast501の熱分析試験の結果を図9に示す。TG(重量の増減)の変化については、180°C付近と240°C付近で

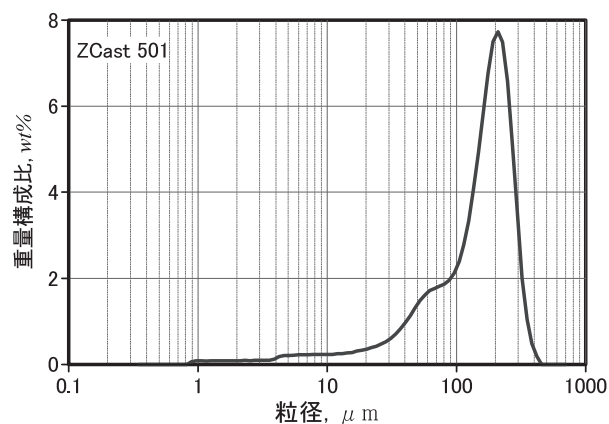


図8 粉末RP材料ZCast501の粒度構成

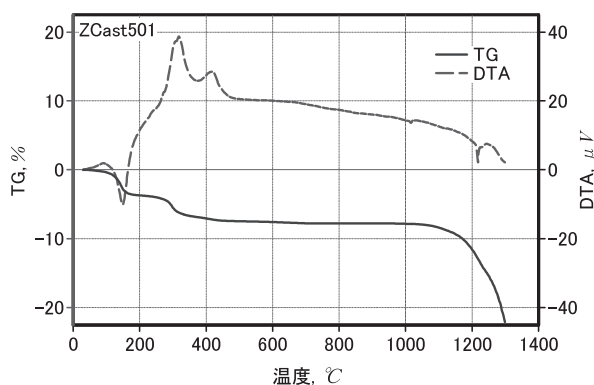
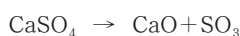


図9 粉末RP材料ZCast501の熱分析結果

重量減が認められ、さらに1,100°C以上で大きな重量減が確認された。180°C付近の重量減に伴って吸熱反応が認められ、ここでは結晶水の放出が起こっていると考えられる。また、240°C付近での重量減に伴って比較的大きな発熱反応が認められ、ここでは何らかの燃焼が起こっているものと推測される。

さらに、1,100°C以上になると急激に重量が減少しているが、石膏はこれと似た挙動を示すことが知られており、先の粒度構成での考察から粉末材料ZCast501の粘結材として石膏が混合されている可能性が高いことを考えると、この温度では石膏が熱分解し、



という化学変化が起きているものと考えられる。すなわち、ZCast501の耐熱性に強く影響を及ぼすメカニズムは、粉末材料に含まれる石膏の成分が1,200°C付近で熱分解し、そのときに発生するガスによって鋳造品の健全性が損なわれるという現象を引き起こしていることに由来するものである。

この熱分析試験で最終的な重量減量がどの程度の割合になるか確定しないが、概ね15~20%程度の減量が予測されることから、粉末材料に混入されているバインダとしての石膏の量は15%以上と仮定し、どの程度のガスが発生するかを見積もった。

3Dプリンタは水性バインダを吹付けて粉末材料を固化させるので、成形直後の材料は石膏の2水和物 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) となっており、その物質量は1モル当り約172.2gである。粉末材料ZCast501に含まれる石膏の重量比を15%と仮定すると、粉末成形材料1g中に含まれる石膏の物質量は、

$$\begin{aligned} w_p &= 0.15/172.2 \\ &= 8.71 \times 10^{-4} \text{ mol/g} \end{aligned}$$

と計算される。この材料から発生するガスは主に水蒸気 (H_2O ; 物質量18g/mol) と三酸化硫黄 (SO_3 ; 物質量80g/mol) であると想定すると、まず予熱段階の200°Cまでに1.5分子量分の水蒸気が放出され、その後、1,200°Cまでに0.5分子量分の水蒸気と1分子量分の三酸化硫黄がガスとなって放出される。ボイル=シャルルの法則およびアボガドロの法則により、

$$PV = nRT$$

P: 気圧, V: 気体の体積, n: 気体の物質量,

T: 絶対温度

R: 気体定数 ($= 8.20574 \times 10^{-2} [\text{atm} \cdot \text{l}/\text{K} \cdot \text{mol}]$)

の関係式が成り立つので、1気圧の下では、

(1) 予熱段階の水蒸気量

$$V_{\text{Al}} \approx 1.5 \times 18 \times 8.7 \times 8.2 \times 10^{-6} \times 473 = 0.91 [\text{l}]$$

(2) 熱分解段階の水蒸気量

$$V_{\text{Al}} \approx 0.5 \times 18 \times 8.7 \times 8.2 \times 10^{-6} \times 1,473 = 0.95 [\text{l}]$$

(3) 熱分解段階の三酸化硫黄

$$V_{\text{SO}} \approx 1.0 \times 80 \times 8.7 \times 8.2 \times 10^{-6} \times 1,473 = 8.41 [\text{l}]$$

と計算され、硫黄酸化物の熱分解だけでも大気圧下で8リットル以上のガスが放出されることになる。3Dプリンタで成形された鋳型は通気性が良くないため、よほどガス抜けの良い鋳造方案を採用しない限り、熱分解等で放出されたガスによる欠陥は避けがたいことが容易に推測される。

従って、3Dプリント成形に用いる粉末材料の耐熱性を改善するためには、1,200°C以上の高温域で熱分解ガスなどが放出されないような物質を選定して配合する必要がある。

4.2 粘結材料の選定と混入量の決定

3Dプリント技法においては、水性バインダを吹付けて断面形状を積層する手法を原則としているので、水分を含んで固化するメカニズムを有するバインダを選定しなければならない。世の中で知られている物質の中で、この固化メカニズムを有するものとしてセメントが考えられるが、一般のポルタメントセメントは水分を含ませてから24時間程度の時間を置かなければ強度が現出されないとされている。しかし、セメント材料の配合を工夫して短時間で強度を現出するセメントも開発されており、そうした速硬性を有するセメント材料(商品名; スーパージェットセメント/小野田ケミコ(株)製)をバインダとして利用できるかを試験することにした。

試験は、骨材に東北硅砂8号を選定し、これにセメントの配合比率を変えた粉末をいくつか用意して容器に入れ、表面を平らにならした上から霧状の水を一定厚さに浸み込むまで吹きかけてしばらく放置した後、表面の固化した層から板状試験片を切り出してその抗折強度を計測した。

試験結果を図10に示す。セメントの混合比が増加するにつれて抗折強度が高くなる傾向が認められる。この傾向はセメントの混合比が30%以下、および60%以上の場合に顕著であるが、30~60%の範囲ではセメントの混合比の増加に対して抗折強度は大きくは増加しないことがわかった。

骨材とした東北硅砂に比べてジェットセメントの方が高価であるから、材料コストを考慮するとセメントの混合比は小さい方が望ましい。したがって、粉末材料を開発するに当たって粘結材として混合させるセメントの量は30%程度が適当であると判断した。

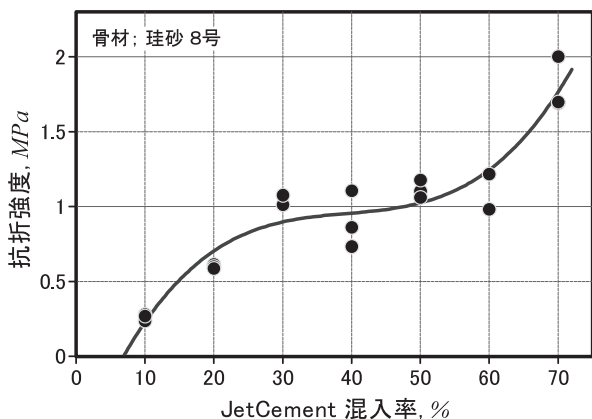


図10 セメントの混合量と抗折強度

4.3 骨材粒度構成

3Dプリント装置で製作した成形体の強度は、バインダの混入量だけでなく、骨材の粒度構成の影響を受けることが予測される。そこで、骨材に東北珪砂7号、8号、および珪砂微粉（商品名；ファインサンド）を適宜配合し、粒度構成の異なる試料について前項と同様の方法で試験片を製作し、それらの抗折強度を計測した。

東北珪砂7号、東北珪砂8号は図11-a)に示すように、それぞれ粒径210 μ m、65 μ m付近にピークを持つ粒径のそろった粒度構成であり、ファインサンドは30 μ m付近にピークがあるもののそれより粒径の細かな微粉を多く含む粒度構成を有している。また、バインダとして混合させたスーパージェットセメントは粒径30 μ m以下の微粉からなる粒度構成を有している。

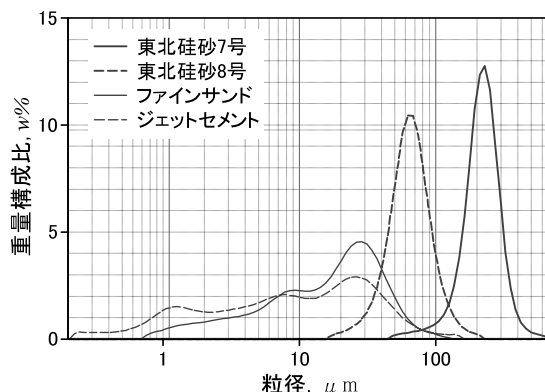
これらの粉末素材を表1に示すように粘結材となるスーパージェットセメントを重量比で30%配合し、残りの70%を東北珪砂7号、東北珪砂8号、ファインサンドを配合して8種類の粉末試料を作成した。表1の粒度指数は粉末の粒度構成を表す指標の一つで、この数値が大きいくほど粒径の微細な粉末成分を多く含んでいることを示している。図11-b)に試料粉末(1)~(8)の粒度構成を示す。

これらの試料を用いて板状試験片を製作し、それらの抗折強度を計測した。試験の結果を図12に示す。計測された抗折強度はバラツキが大きく、強い相関性を認めるには至らないが、計測結果を概観すると粒度指数の小さい試料、すなわち微粉の少ない粉末試料で製作した試験片ほど安定して高い抗折強度が得られる傾向が見られる。この結果について考察すると、主に微粉で構成されるバインダ（スーパージェットセメント）が全ての粉末試料に約30%含まれているが、粒径の大きな粗粒成分が多く含まれると、粗粒どうしが接触する間にできる空隙に微粉が入り込んでこれを埋めることが出来るため、高い密度で充填されることから、これが強度の増大に影響するのではないかと推測できる。

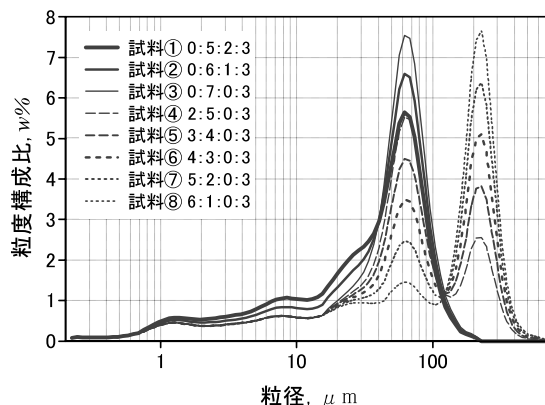
そこで、試料粉末を容器に充填した場合のかさ密度を計測

表1 粉末試料の配合

試料番号	配合比率 [割]			Jセメント	粒度指数 [Fn]
	東北珪砂				
	7号	8号	F.S.		
試料(1)	—	5	2	3	453.0
試料(2)	—	6	1	3	425.0
試料(3)	—	7	—	3	397.0
試料(4)	2	5	—	3	353.6
試料(5)	3	4	—	3	332.0
試料(6)	4	3	—	3	310.3
試料(7)	5	2	—	3	288.6
試料(8)	6	1	—	3	266.9



a) 粉末素材の粒度構成



b) 粉末試料の粒度構成

図11 粉末素材の粒度構成

し、粒度指数との相関を調べた。その結果、図13に示すように粒度指数とかさ密度との間には比較的強い相関関係が認められ、予測した通りに粒度指数が小さく、粗粒を含む量が多いほどかさ密度が大きくなる傾向が認められた。

この結果をもとに、かさ密度と抗折強度との関係に整理しなおすと、図14に示すようにかさ密度が大きくなるほど抗折強度が高くなる傾向が認められ、かさ密度を1.2~1.3に調整することで効果的に強度を現出させる可能性が高い。図13から、かさ密度が1.2に相当する粒度指数は320程度であり、製作した粉末試料の中で試料(5)あるいは試料(6)の配合で強度的に優位性があることがわかった。

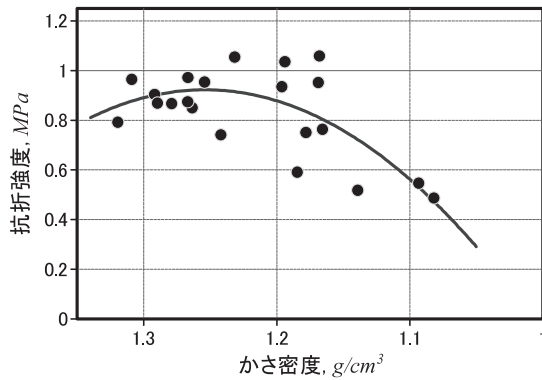


図12 試料材料の抗折強度計測結果

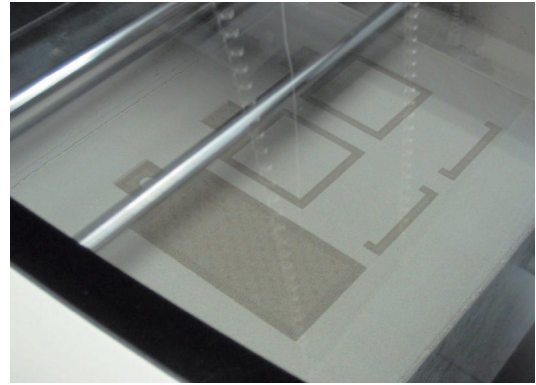


図15 試作粉末JSilica343による積層成形試験

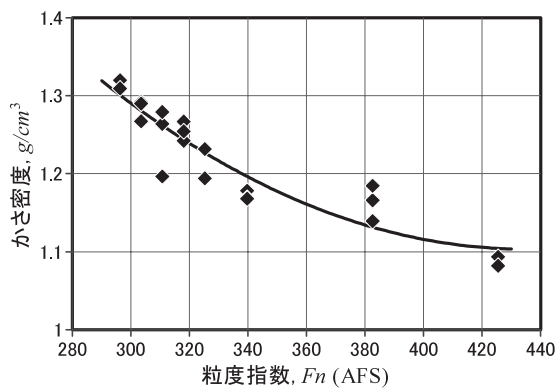


図13 粒度指数とかさ密度の関係

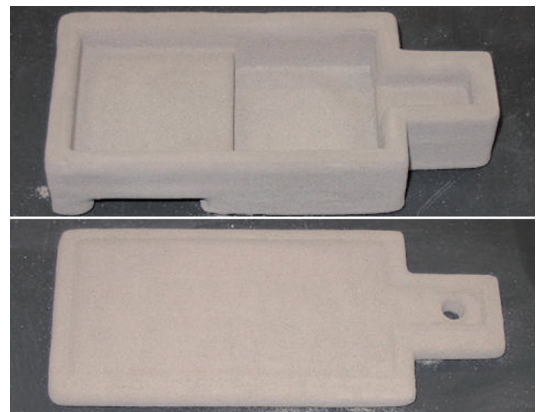


図16 3Dプリント技法で成形した試験用鋳型

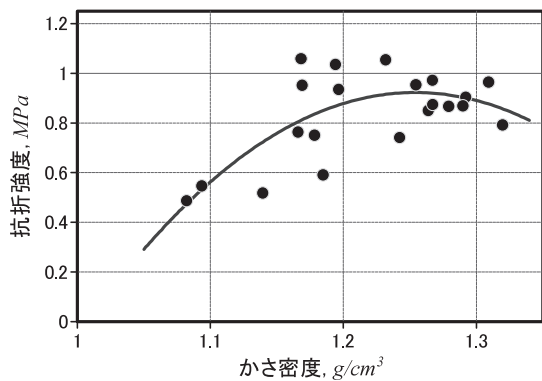


図14 試料のかさ密度と抗折強度

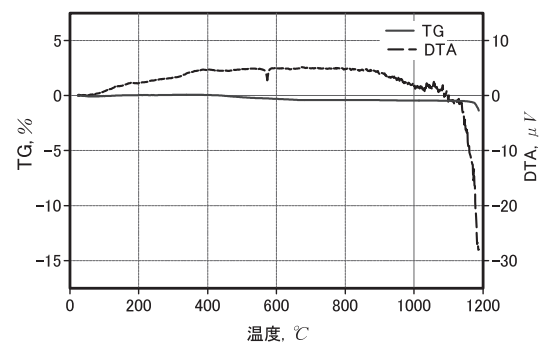


図17 試作粉末JSilica343の熱分析結果

4.4 成形性試験

予備試験において、試作粉末に霧状の水を含浸させて放置した場合に試験の製作が可能であることを確認したが、開発しようとする粉末材料は3Dプリンタでインクヘッドから吹きつけられる水性バインダで固化し、しかも短時間で一定の強度を現出しなければ3次元形状の成形体を得ることができない。

そこで、予備試験で得た知見にもとづいて東北硅砂7号を3部、同8号を4部にジェットセメント3部を配合した試作粉末材料（以下「JSilica343」と称する）を用いて3Dプリンタによる積層成形試験を行った。

試作粉末は、3Dプリンタ（ZPrinter 310）で成形槽に均一に敷き詰めることができ、図15の写真に示すように、その表面にインクジェットプリントヘッドから吹きつける水性バインダで断面形状を印刷した後、0.1mm程度の厚さで積層することが可能であることを確認した。図16に試作した積層成形による鋳造試験用鋳型の写真を示す。成形体は強度を安定させるために積層成形が終了した後そのまま成形槽に約1時間放置してから丁寧に取り出した。

成形体は、素手で持ち上げたり砂を払い落としたりする操作を行っても破損することない程度の強度を有しており、試作粉末が3Dプリンタで成形可能であることを確認した。

4.5 耐熱性試験（熱分析試験）

試作粉末の成形性が確認されたところで、これに鋳鉄を鋳込んでも耐えるだけの耐熱性があるか否かを確認する必要がある。耐熱性の評価については、粉末試料の熱分析試験を行い、1,200℃以上で熱分解ガス等がどの程度放出されるかを計測して検討することとした。

図17に試作粉末JSilica343の熱分析結果を示す。この分析結果から、1,200℃付近の高温域までほとんど重量減がなく、発熱、吸熱の反応も大きくないことがわかる。このことは、常温から高温域までほぼ安定した材質を保持していることを示しており、特に1,200℃以上でも重量減が数%で、熱分解ガスが発生が少なく、鋳型として極めて高い耐熱性を有していることを示している。

このことにより、新しい粉末の開発に当たって当初の目標とした3Dプリンタで成形可能で、鋳鉄溶湯を鋳込んだ場合に有害なガスが放出されない高耐熱性の材料を開発するという目標は達成された。

4.6 鋳造試験

3Dプリント技法で製作した積層粉末鋳型の高温域における熱分解ガスの抑制効果と強度の保持を確認するため、試作した試験用鋳型を用いて鋳鉄溶湯による鋳造試験を行った。

鋳造試験は、普通鋳鉄（FC250相当品）を目標に銑鉄と鋼材を主原料として成分調整し、高周波誘導炉（80kW/3kHz）で溶解して試作した粉末積層成形鋳型に鋳込んで行った。

積層成形鋳型にはその内面に塗型を施し、型合わせ、シール処理を行った後、金枠の中に設置して生型砂でバックアップを行った。その後、高さ150mm程度の湯口と上がりを受け、約1,400℃に昇温した溶湯を湯汲みに受けてから、概ね1,350℃で鋳型内に鋳鉄溶湯を鋳込み、約30分間放置してから型ばらしを行い、製作した鋳物の外観観察を行った。試作した鋳鉄鋳物の外観を図18に示す。鋳物表面にはブローホール等のガス欠陥は見られず、ほぼ健全な鋳物を得た。

ただし、鋳物表面には鋳型の割れによると思われるしわが見られた。この原因として、急加熱による鋳型の内面と外側とで温度差が生じ、これに伴って熱膨張量に差が生じて鋳型の割れにつながったのではないかと推測している。これについては、今後、成形体の熱膨張係数を調べるなどの試験を行って、さらに原因の特定と対策を検討していきたい。

また、鋳型製作に関して試作粉末による成形体の寸法精度に関しては課題を残している。これは、3Dプリント成形時に吹付けられた水性バインダが砂粒間隙に浸透・膨潤し、結果として指定した寸法より大きくなる傾向があるためと推測している。今後は粉末に添加する材料を選定し、その効果を検証する試験を重ね、改善を進めたい。

5. まとめ

3Dプリント技法による粉末積層RP鋳型を用いた迅速鋳造プロセスの適用材料拡大およびその実用化を図ることを目的とし、3Dプリンタ装置メーカーが供給する耐熱性の低い粉末材料に替わる、3Dプリント成形可能で耐熱性の高いRP成形用粉末材料を開発するための試験を行った。

鋳造用鋳型を作るために一般に用いられている珪砂にバインダとして速硬性を有するセメントを所定量だけ配合した試験用粉末を作製し、3Dプリント技法による成形性を検証するとともに、熱分析および鋳鉄溶湯による鋳造試験により試作粉末の耐熱性を確認した。

高温度域での鋳型強度や成形時の寸法精度等に課題はあるものの、3Dプリンタでの成形性と十分な耐熱性を有するRP粉末を開発することができた。今後は粉末骨材の選定や添加剤の配合などにより粉末材料の改善を図り、これらの解決のための検討を継続して進めていく予定である。



図18 試験用鋳型で鋳造した鋳鉄鋳物の外観

引用文献

- 1) 戸羽篤也：RP技術を利用した鋳物製造プロセス，日本鋳造工学会北海道支部会報，No.132，(2006.6)
- 2) 戸羽篤也・安田星季・和田晴司・清水一道・桃野正・津村治・沖野美佐男：粉末RP成形体を利用した鋳物づくり，日本鋳造工学会第149回全国講演大会講演概要集，(2006.10)
- 3) 戸羽篤也・安田星季・岩越睦郎：迅速型成形技術を利用した鋳物製造プロセス，北海道立工業試験場報告，No.305，(2006.8)
- 4) 戸羽篤也・安田星季・和田晴司：粉末積層成形鋳型による鋳物製造プロセス，RP産業協会第31回ラビッドプロトタイプングシンポジウム講演概要集，(2007.7)