

## 研究ノート

## バインダー効果を応用した新規ニアネットシェイプ成形の開発

内田貴光\*1

## Development of Near Net Shape Forming by Binder Effect

Takamitsu UCHIDA\*1

Seto Ceramic Research Center\*1

3D プリンターによる新規成形法を開発するために、加熱により成形でき、成形体の湿式加工を可能とするバインダーの探索及び製造法の検討を行った。疎水性バインダーを用いることで、攪拌された水中であってもバインダーの溶出を抑えることが可能となり、かさ密度  $3.65 \text{ g/cm}^3$  の焼結体を得ることができた。顆粒のサイズを小さくすることでニアネットシェイプが得られやすい均一な焼成収縮となり、焼結体のかさ密度が向上することがわかった。本研究で得られた顆粒を用いることで粉末床溶融結合方式による新規セラミックス成形法の適応が期待できる。

## 1. はじめに

3D プリンターによるものづくりは既存の技術では製造できない形状の実現、型を必要としないことで製造コスト削減及び製造リードタイムの短縮等、多くのメリットが期待されている<sup>1)</sup>しかし、研究開発段階であるため多くの課題が残されており、セラミックス材料においては成形や焼成の段階においてブレイクスルーが求められている。特に寸法精度、焼結体のかさ密度が既存の技術と同等の水準に達しなければ実用化に至らない。

本研究では、粉末床溶融結合方式を想定し、レーザー加熱によりバインダーを溶かすことで、セラミックス顆粒同士を接着し、成形を可能とする原料開発を行った。また、使用するバインダーについては、造形後の後加工を湿式で対応するために、疎水性のバインダーを検討した。

## 2. 実験方法

## 2.1 試験体の作製

低ソーダ易焼結アルミナに対して疎水性軟質バインダーまたは疎水性硬質バインダーを所定量を加えて混合し、ふるいに通して造粒した。この顆粒を型に入れて  $120^\circ\text{C}$  で加熱し、成形を行う一次処理、より強固に接着させる二次処理を行い、脱脂、 $1600^\circ\text{C}$  で 1.5 時間保持し焼結体を得た。

## 2.2 成形体の耐水性評価

スターラーで攪拌された水中に成形体を 5 時間放置し、成形体の溶出の有無を調べた。また、走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いて成形体表面の微細構造を観察した。

## 2.3 各製造工程の評価

疎水性バインダーの添加量に対するふるいの開き目の違いにより、脱脂までの工程が実施できるか検討した。

## 2.4 焼結体の評価

2 次処理後の長さ(L)、幅(W)、厚さ(T)に対して、焼成後の寸法を測定し、焼成収縮率を測定した。また、かさ密度、開気孔率は JIS R 1634 ファインセラミックスの焼結体密度・開気孔率の測定方法により行った。

## 3. 試験結果及び考察

## 3.1 成形体の耐水性評価

図 1 に成形体の耐水性試験結果を示す。既存のバインダーは水溶性であるため、どれだけ強く押し固められていても、長時間浸漬することでバインダーが溶け、接着強度がなくなり、微弱な力であっても形状が変化してしまう。一方、疎水性硬質及び軟質バインダーではバインダーが溶出することがなく、形状に変化がないことを確認した。

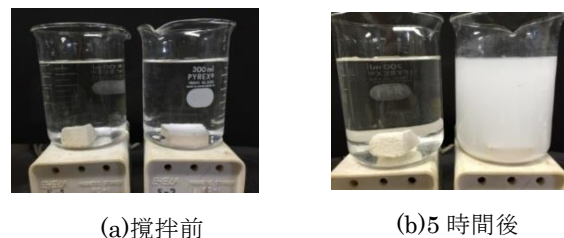
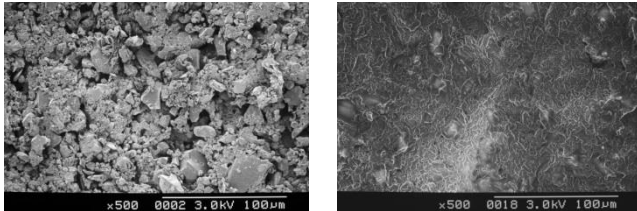


図 1 耐水性試験  
(左：疎水性バインダー 右：既存バインダー)

\*1 瀬戸窯業技術センター セラミックス技術室

図2に成形体表面のSEM写真を示す。既存の成形体には隙間があり、バインダーの添加量が5wt%未満であることから、水が内部に侵入しやすい構造になっている。一方、疎水性硬質及び軟質バインダーを用いた成形体は添加量が20~30wt%と多く、原料をバインダーで覆っていることが確認でき、空隙がなく内部に水が侵入しにくい構造であることが観察された。



(a)既存バインダー

(b)疎水性バインダー

図2 成形体表面の微細構造観察

### 3.2 各製造工程の評価

表1、2に軟質バインダーと硬質バインダーにおける添加量及びふるいの目開きに対する造粒、一次処理及び脱脂後の保形の可否を示す。軟質バインダーは添加量の増加につれて粘着性が増し、粉碎することができないため0.3mm以下に造粒することが困難となった。添加量を20wt%まで減らすことで造粒できるようにはなるが、接着強度がなくなるため、一次処理による成形ができなかった。現状では、より小さい顆粒を得るために粗いふるいを通した後、所望する目開きのふるいで分級するこ

表1 軟質バインダーにおける成形の可否

添加量 (wt%)	ふるい目開き (mm)	造粒	一次処理	脱脂
40	0.84	○	○	○
40	0.30	×	○	○
30	0.30	×	—	—
20	0.30	○	×	—

表2 硬質バインダーにおける成形の可否

添加量 (wt%)	ふるい目開き (mm)	造粒	一次処理	脱脂
30	1.19	○	○	×
30	0.30	○	○	○
30	0.15	×	—	—
20	0.30	○	○	○
20	0.15	○	○	○
10	0.15	○	×	—

表3 各種バインダー及び添加量による焼結体の評価

	添加量 (wt%)	ふるい目開き (mm)	焼成収縮率			かさ密度 (g/cm <sup>3</sup> )	開気孔率 (%)
			L(%)	W(%)	T(%)		
軟質バインダー	40	0.84	18.1	16.0	55.9	2.26	40.6
	40	0.30	20.7	23.2	11.3	2.78	27.8
硬質バインダー	20	0.30	18.2	19.7	19.5	3.49	9.0
	20	0.15	19.9	19.8	19.8	3.65	5.5

とで得られるが、細かい顆粒になるほど歩留まりが悪く、効率的ではない。硬質バインダーは添加量が30wt%であっても顆粒を粉碎できるほどの硬さがあるため、目開き0.15mmに通すことができ、添加量が20wt%であっても脱脂まで保形することができた。目開き1.19mmを通った顆粒となると、粗すぎるため、脱脂し、バインダーがなくなると、保形できなくなった。添加量が10wt%となると接着強度が足らず、一次処理による成形ができなくなった。

### 3.3 焼結体の評価

表3にバインダーの種類、添加量及びふるいの目開きに対する焼成収縮率、かさ密度及び開気孔率を示す。本原料は既存の製造法により、かさ密度が3.95 g/cm<sup>3</sup>、開気孔率0.9%とすることができる。軟質バインダーは顆粒のサイズが大きいため、空隙が多く、不均一な密度分布となり、焼成収縮が同様ではなく、既存の製造法と比べ著しく低いかさ密度となった。硬質バインダーは顆粒のサイズを小さくすることで空隙を抑え、均一な焼成収縮が可能となり、かさ密度を向上することができた。ただし、既存の製造法による顆粒よりサイズが大きく、バインダーの添加量が多いこともあり、開気孔を有する焼結体となった。

## 4. 結び

本研究の結果をまとめると、以下のとおりである。

- (1) 疎水性硬質バインダーを用いて造粒することで、加熱だけで成形できるようになり、均一に焼成収縮し、かさ密度3.65 g/cm<sup>3</sup>の焼結体を得ることができた。
- (2) 本研究で得られた成形体は水中で水溶性バインダーより溶出を抑えることができ、形状に変化がないことが確認できた。
- (3) 顆粒のサイズを小さくすることでニアネットシェイプが得られやすい均一な焼成収縮となり、かさ密度が向上することがわかった。

## 文献

- 1) 株式会社矢野経済研究所：平成25年度製造基盤技術実態等調査（ファインセラミックス産業技術戦略策定基盤調査）報告書，68(2014)