

# 歯科医療対応 3D プリンティング用 コバルトクロム合金粉末

## 1. はじめに

生体用金属材料は、高強度、高耐食性であることに加え、良好な生体親和性を有することが要求されており、現状はSUS316L、コバルトクロム合金、チタン合金など既存の構造材料が転用されている<sup>1)</sup>。

この中で、コバルトクロム合金（以下CCM合金）は、コバルト60%、クロム30%、モリブデン5%程度を主成分としており、チタン合金と比較して耐摩耗性に優れていることから、人工関節の摺動部や歯科用材料として広く使用されている<sup>2)</sup>。

特に歯科用材料としては、義歯、ブリッジ、クラウンと言った歯科補綴物（ほてつぶつ：図1参照）に使用されており、従来から型作製、鋳造など多くの工程を経て製造されている。歯科補綴物は複雑な立体構造であり、患者ごとに形状も異なることから、複雑形状に短時間で対応できる3Dプリンティングの優位性が活かせるアプリケーション



図1 歯科補綴物への3D適用事例(パーシャルデンチャー)  
※株式会社アイディエス様ご提供

として世界的に検討され、一部活用され始めている。

国内では、2018年に歯科医療用材料・製品メーカーである株式会社アイディエス（以下「アイディエス」）が、国立研究開発法人 産業技術総合研究所 岡崎上級主任研究員（以下「産総研 岡崎博士」）の協力のもと、3Dプリンティングを活用した歯科補綴物について薬事承認を取得している。これにより、効率的に短納期で歯科補綴物を作製することが可能とはなったものの、3Dプリンティング用粉末は為替変動等の影響を受ける海外材料に頼らざるを得ない状況であった。

このような背景のもと、アイディエスは産総研 岡崎博士のサポートを受け、国産材料として初めて当社CCM合金粉末（Co-28Cr-6Mo）で薬事承認を取得した。国産材料で高品質なCCM合金粉末を安定的に供給することで、歯科医療業界への貢献のみならず、国内3Dプリンティング市場の発展にも寄与できると期待される。

本小特集では、既報にて当社の3Dプリンティング用粉末について全般を紹介しているが、その中でも最近のトピックス（新商品）で、2020年3月にプレスリリースも行ったCCM合金について紹介する。

## 2. CCM合金の粉体特性

当社では、3Dプリンティングを含む次世代アイテムに対応可能なクリーンな工場として、2017年に最新鋭のオートマイズ設備を有する第2粉末工場を建設し稼働をスタートさせている。本アイテムについても、最先端の医療用材料との位置づけで新型オートマイザーの商品としてラインナップされている。

表1に当社で製造したCCM合金粉末の成分分析値を示

表1 当社CCM合金粉末の成分分析例

	主成分			不純物			
	Co	Cr	Mo	Si	Fe	Mn	C
当社製粉末 <sup>※1</sup>	Bal.	28	6	0.7	0.07	0.7	0.11
ASTM-F75規格 <sup>※2</sup>	Bal.	27-30	5-7	<1.0	<0.75	<1.0	<0.35

※1 分析値(一例)

※2 Standard Specification for Cobalt-28 Chromium-6 Molybdenum Alloy Castings and Casting Alloy for Surgical Implants  
(外科インプラント用 コバルト・28 クロミウム・6モリブデン合金鋳物および鋳造合金)

す。当社の粉末材は国際規格（ASTM-F75）に準拠し、かつ不純物は低い水準でコントロールされていることが分かる。

図2に当社で製造したCCM合金粉末の外観形状を示す。当社では、ガスアトマイズ後に球形度をさらに高めるための粉末処理工程を導入しており、粉末搬送時に流動性を阻害しない球形度の高い粉末が得られることを確認している。

図3にCCM合金粉末の粒度分布について、海外製粉末と比較した結果を示す。ガスアトマイズで得られる粉末は、通常数  $\mu\text{m}$  から数100  $\mu\text{m}$  の比較的広い粒度域で正規分布状に得られるため、分級工程での粒度選別により、各種の3Dプリンティング装置に適した粒度を容易に得ることが可能である。本アイテムについては、先行して薬事承認を受けている海外材と同等の粒度分布に調整されており、その中心粒径は20-30  $\mu\text{m}$  となっている。

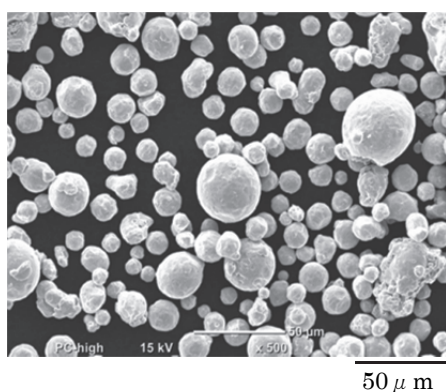


図2 ガスアトマイズ粉末の外観形状

### 3. CCM合金の造形体の特性

図4に当社CCM合金粉末をパウダーベッドタイプの3Dプリンティング装置で造形した場合の断面組織を示す。積層方向に対して平行面で見られる組織（図4左）からは、造形時に100  $\mu\text{m}$  前後の熔融プールが生成していたことが確認できる。一方、積層に対して垂直面（図4右）では、ビームの走査方向に熔融・凝固している様子が分かる組織となっている。いずれにおいても、造形体にポロシティや異物等の欠陥は認められず、ほぼ100%密度の成形体を得られていることが分かる。

表2に3Dプリンティング後の造形体の機械的性質について、当社材と海外材を比較した結果を示す。いずれも海外製粉末を使用した場合と同等の特性が得られており、国際規格（ASTM-F75）を高いレベルで満たしていることが分かる。

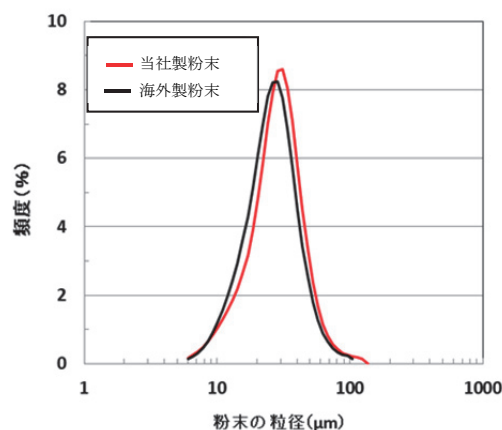


図3 CCM合金粉末の粒度分布

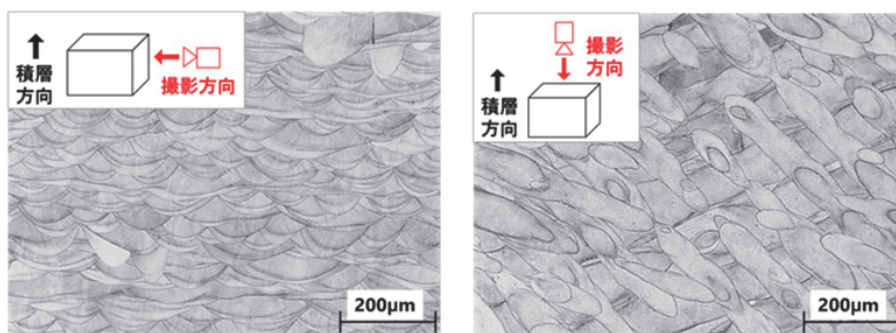


図4 CCM合金造形体の断面組織

表2 3Dプリンティング後の造形体の機械的性質

	硬さ (HRC)	引張強度 (MPa)	0.2%耐力 (MPa)	伸び(%)	疲労強度(MPa) ( $10^7$ cycles)
当社製粉末	44	1190	760	20	500
海外製粉末	35-45	1200±150	800±100	24±4	500
ASTM-F75規格	—	>655	>450	>8	—

## 4. おわりに

国産材料である山陽特殊製鋼のCCM合金粉末を使用した3Dプリンティングで歯科補綴物を作製することが可能となったことで、歯科補綴物の作製時間短縮等による安定・安価な供給や更なる普及が期待できる。

今後は、人工骨・人工関節等の新たな医療用材料への適用を目指すとともに、CCM合金の優れた耐食・耐摩耗性を活かした金型・切削工具等の工業分野への展開も期待したい。

### 参考文献

- 1) 丸山典夫、山本玲子、廣本祥子: NIMS 2006年度物質材料研究アウトLOOK 247-249.
- 2) 大塚雄市、水谷正義: Journal of the Society of Materials Science, Japan, Vol.63, No6, pp.480-486, Jun.2014.