

人工歯科材料向け3D造形用CCMS[®]-W (CoCrMoW合金)粉末

1. はじめに

金属3D造形法（以下、単に3D造形法と記す）は、原料となる粉末やワイヤーを必要な部位にだけ積層していく新たな工法であり Additive Manufacturing (AM) とも呼ばれる。大型の母材から塑性加工や切削加工により小型形状の製品を作る従来工法と異なり、複雑形状の部品をニアネットで作成できるため、各種の後加工を省略、軽減することができる。また、レーザーや電子ビームにより局所的に加熱、熔融された原料が急速に凝固、冷却されるため、焼入や固溶化処理なく焼戻や時効処理により必要な特性が得られる場合もあり、熱処理工程の省略にも寄与できる。このような多くの特長から、近年、航空・宇宙、自動車、エネルギー、生体材料などの広い分野で適用、検討が進んでいる。



図1 歯科医療で用いられる差し歯や義歯床

生体用金属材料には、高強度、高耐食性ととも、高い生体親和性が必要とされ、SUS316L、コバルトクロム合金、チタン合金などが利用されている¹⁾。このなかでコバルトクロム合金は、耐食性に優れる主成分としてCoを約60%、Crを約30%含むとともに、MoやWを添加することで更なる耐食性改善や高強度化が実現されている。本合金はチタン合金より高い耐摩耗性を有する²⁾ことから、人工関節や人工歯科材料として広く用いられている。

金属の人工歯科材料が適用される用途として、義歯、ブリッジ、クラウンなどの歯科補綴物（ほてつぶつ、図1）があり、従来から型取り、型作製、鋳造、研磨など多くの工程を経て製造されてきた。これら歯科補綴物は複雑な立体構造であるとともに、患者ごとに形状が異なる。したがって、3Dスキャンで取得した口腔内形状のデジタルデータから、直接、歯科補綴物が製造できる3D造形法の優位性が活かせるアプリケーションとして世界的に検討され、実用化が進んでいる。

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造形法による歯科補綴物について薬事承認を取得した。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になった。しかしながら、当時において薬事承認を受けた国産の原料粉末がなく、海外粉末を用いざるを得ない状況にあり、為替変動などの影響を受けるリスクがあった。

このような背景から、アイディエスは産総研 岡崎博士のサポートを受け、2019年に国産材料として初めて、当社CoCrMo合金粉末（Co-28Cr-6Mo）で薬事承認を取得し、高品質なCoCrMo合金粉末を国産で安定供給できる体制となった³⁾。さらに、本報では上記のCoCrMo合金粉末と同様に、アイディエスが産総研 岡崎博士の協力を受けて、2例目の薬事承認取得となった当社のCCMS[®]-W（CoCrMoW合金）粉末⁴⁾について紹介する。

表1 CoCrMoW合金粉末の化学成分（mass%）

	Co	Cr	Mo	W	Si	Fe	Mn	Ni	Be	Cd	Pb
CCMS [®] -W	Bal.	24.4	5.1	5.6	1.0	0.08	0.003	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
海外粉末	61.8 ~ 65.8	23.7 ~ 25.7	4.6 ~ 5.6	4.9 ~ 5.9	0.8 ~ 1.2	0.5 以下	0.1 以下	0.1 以下	0.02 以下	0.02 以下	0.02 以下

2. CCMS[®]-W粉末の粉体特性

生体用として用いられる金属材料において、機械的特性や耐食性を満足するための主成分のほか、生体毒性元素となる不純物を制御することは極めて重要である。表1にCCMS[®]-W粉末の化学成分例を示すように、Ni, Be, Cd, Pbなどの不純物元素を低く制御している。

3D造形法による歯科補綴物の多くはパウダーベッド方式の装置により製造される。本方式に用いる原料には30μm前後の粒径を有する粉末が主に使用され、CCMS[®]-W粉末も粒度分布例を表2に示すように約30μmの平均粒径に調整されている。さらに、図2に外観SEM像を示すように、安定したパウダーベッド（粉末床）を形成できる球形状を有していることがわかる。

表2 CoCrMoW合金粉末の粒度分布(μm)

	D10	D50	D90
CCMS [®] -W	13.9	27.3	45.5
海外粉末	15.3	26.4	43.2

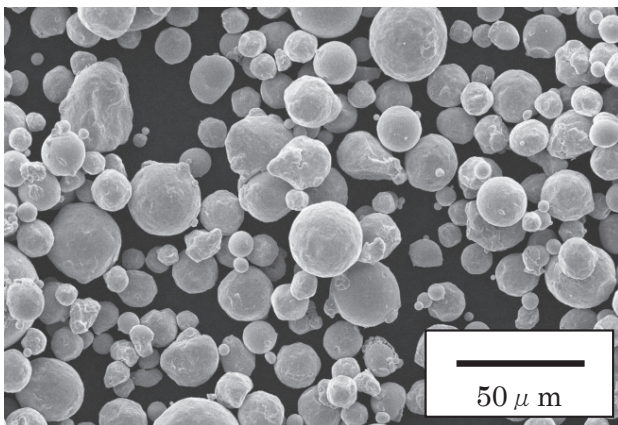


図2 CCMS[®]-W粉末の外観SEM像

3. CCMS[®]-W粉末を用いた3D造形体の諸特性

CCMS[®]-W粉末をレーザー式パウダーベッド方式の3D造形装置で製造した造形体の機械的特性を表3に示す。歯科メタルセラミック修復用非貴金属材料の規格であるJIS T 6121(タイプ5)における耐力、伸びおよびヤング率の下限を超えていることがわかる。また、剥離・クラック発生強さおよび耐食性ともJIS T 6121の基準を満足している。このように、CCMS[®]-W粉末を用いた本造形体は人工歯科材料として利用可能な機械的特性および耐食性を有している。

4. おわりに

主に義歯床に用いられるCoCrMo合金に続き、セラミックスのコーティング性に優れ、差し歯などに多く用いられるCoCrMoW合金についても、3D造形の原料として国産である当社粉末で薬事承認が取得されたことは、歯科医療のスピードアップや工程省略(図3)および為替変動のリスク回避など、多くのメリットに寄与できる。また、近年、各種の歯科補綴物を作製する歯科技工士の高齢化が進み、将来的な人手不足が社会問題として懸念されるなか⁵⁾、3D造形による歯科補綴物の製造には技工士の負担軽減効果も期待される。



図3 従来の鋳造法と3D造形法との工程の違い

表3 CCMS[®]-W粉末を用いた3D造形体の諸特性

	0.2% 耐力 (MPa)	引張強さ (MPa)	伸び (%)	ヤング率 (GPa)	剥離・クラック発生強さ (MPa)
CCMS [®] -W造形体の例	590	1100	17	215	45.5
JIS T 6121 上下限 (タイプ5)	500 以上	—	2 以上	150 以上	25 以上

	密度 (Mg/m ³)	耐食性 (μg/cm ² /week)	熱膨張係数 (ppm/K)
CCMS [®] -W造形体の例	8.6	0.62	14.7
JIS T 6121 上下限 (タイプ5)	—	200 以下	—

参考文献

- 1) 丸山典夫, 山本玲子, 廣本祥子: 2006 年度物質材料研究アウトルック, 247-249.
- 2) 大塚雄市, 水谷正義: 材料, 63 (2014) 6, 480-486.
- 3) 山陽特殊製鋼技報, 27 (2020) 1, 47-49.
- 4) 山陽特殊製鋼 News Release (<https://www.sanyo-steel.co.jp/system/upload/news/20220425.pdf>), 歯科医療向け人工歯用 3D プリンター粉末 (コバルト合金) を実用化
- 5) 間瀬俊明, 藤原稔久: 精密工学会誌, 81 (2015) 3, 225-229.