

令和5年度 経常研究報告書

1. テーマ名：

レーザ粉末床溶融結合法（L - PBF）による水アトマイズ SUS316L 粉末の造形に関する研究

2. 担当者所属・氏名：

技術企画部 平山明宏

3. 達成目標（自主宣言）：

金属 AM においては、真球度の高い粉末が製造できるガスアトマイズ法（Gas Atomized : GA）によって製造された金属粉末が一般的に使用されているが、製造コストが高いという課題があり、金属 AM の普及の障壁となっている。

他の製粉法の一つである水アトマイズ法の場合、ガスアトマイズ法と比べて、製造コストは大幅に削減できるものの、粉末形状が異形状となるため流動性が要求される金属 AM 技術には不向きとされてきた。本研究では、水アトマイズ粉末のなかでも、エプソンアトミックス株式会社が金属粉末射出成形（Metal Injection Molding : MIM）用途として製造している粉末に着目した。本粉末は、従来の水アトマイズ粉末と比べて、ガスアトマイズ粉末に匹敵する真球度が得られており、金属 AM 技術への適用の可能性が十分に期待できる。今回の検証では、球状水アトマイズ SUS316L 粉末の造形を試み、ガスアトマイズ粉末と比較実験を行うことで、球状水アトマイズ SUS316L 粉末の造形性を評価した。

〔目標〕

- ①造形体の密度とレーザによる投入エネルギー密度の関係について調査を行い、高密度体が得られるエネルギー密度領域の違いについて調査する。
- ②機械的性質（引張強度、硬さ）や各種特性（表面粗さ、残留応力など）の違いについて比較検証する。
- ③上記の特性の違いの要因について、水アトマイズ法およびガスアトマイズ法で製粉された粉末特性の何が起因しているのか等、明らかとする。

4. 目標に対する成果：

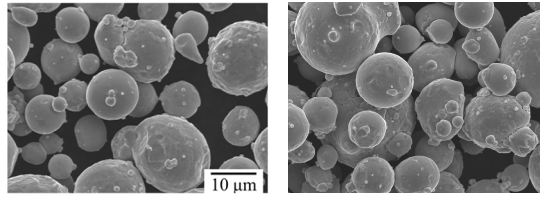
PBF 方式の金属 3D プリンタ（ProX200, 3D systems 社製）を用いて、球状水アトマイズ粉末（エプソンアトミックス株式会社製）とガスアトマイズ粉末（3DSytems 社純正品）の造形を行った。表 1 に使用した両粉末の粒度分布、酸素含有量を示す。球状 WA 粉末と GA 粉末の酸素含有量はそれぞれ 3,400 ppm と 754

表 1 粉末特性

	粒度分布			酸素濃度 (ppm)
	D10 (μ m)	D50 (μ m)	D90 (μ m)	
球状 WA powder	3.3	8.4	22.2	3,400
GA powder	9.8	20.5	44.5	754

ppm であり同程度であった。また、球状 WA 粉末の形状は GA 粉末とよく似た真球度が得られていることがわかる (図 1 参照)。

球状 WA 粉末および GA 粉末において、造形条件の重要なパラメータであるエネルギー密度と相対密度の関係について調査した結果を図 2 に示す。両粉末ともエネルギー密度が増加するに伴い相対密度



(a)球状 WA 粉末

(b)GA 粉末

図 1 粉末の SEM 観察画像

は上昇し、約 70 J/mm^3 以上となると相対密度 98 %付近で飽和していく様子がわかる。また、図 2 中には、矢印で示す(i) 19.8 J/mm^3 、(ii) 36.2 J/mm^3 、(iii) 76.2 J/mm^3 、(iv) 118.5 J/mm^3 の各エネルギー密度で造形した試料の粉末積層方向に対して垂直な方向から断面観察した光学顕微鏡写真を示している。両粉末においてエネルギー密度が低い場合は、欠陥が多く見られ、エネルギー密度が高い場合は、欠陥が少なくなっており、相対密度の傾向と一致していることがわかる。次に、造形体のマイクロビッカース硬さおよび引張強度の機械的性質について評価した結果を図 3 に示す。硬さについては、粉末の製造方法によらず、ほぼ同様の傾向を示している。一方、引張強度については、やや水アトマイズ粉末の方が低い傾向となっているものの、塑性加工材¹⁾の引張強度実 593 MPa よりも高い強度が得られており、実用強度的には問題ないレベルであった。

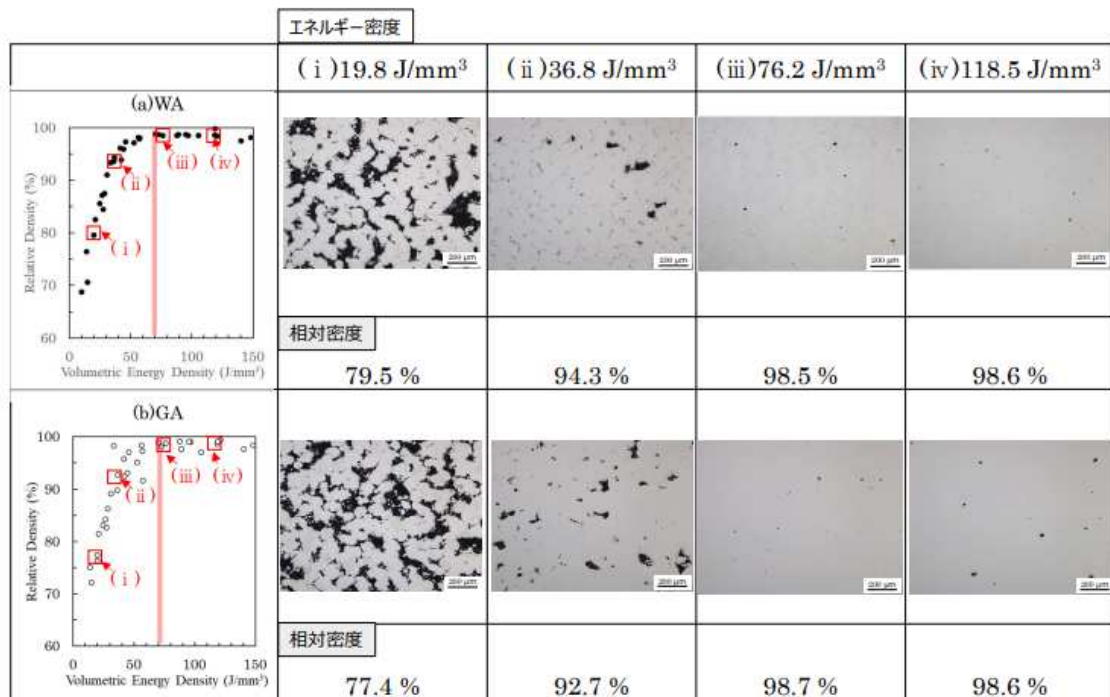


図 2 造形体の相対密度とエネルギー密度の関係及び断面観察結果

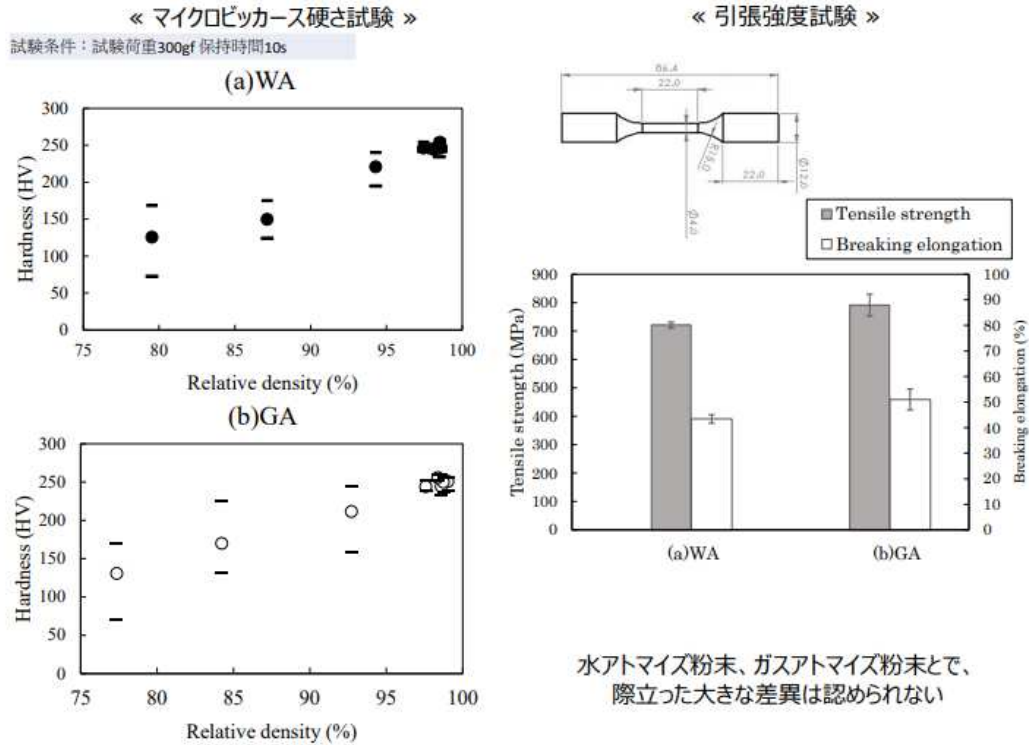


図3 機械的性質の評価結果

4. 4. まとめ

本研究では、SUS316Lにおける球状水アトマイズ粉末とガスアトマイズ粉末の造形性及びその機械的性質等の特性について比較検証した。その結果、従来、造形が困難とされていた水アトマイズ粉末においても、真球度の高い粉末を用いることで、ガスアトマイズ粉末とほぼ同等の特性を有する造形体が得られることが明らかとなった。金属造形技術の普及の妨げとなっている、金属材料粉末のコストを大幅に削減することが可能となるため、引き続き諸特性（熱処理の影響、組織観察等）について研究を進めていく。

(参考文献)

- 1) 秋野一輝ら, SUS316L ステンレス鋼積層造形材の強度と組織, 日本金属学会誌 第 80 巻 第 12 号(2016)772-777