



ガスアトマイズ金属粉末粒子内部の気孔形態の 直接観察と形成過程の解明

東北大学 金属材料研究所・吉年 規治

研究背景

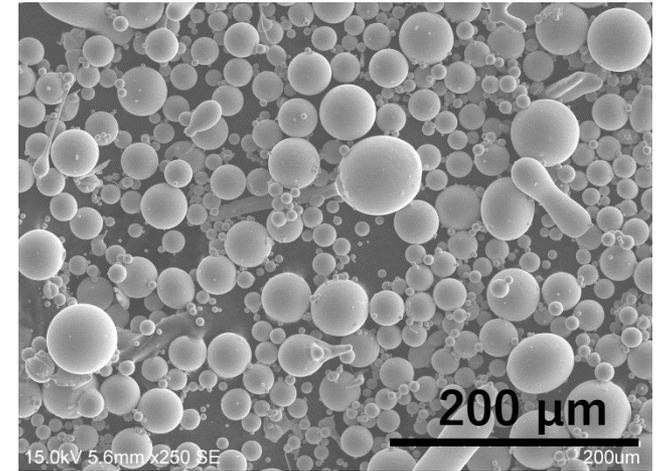
ガスアトマイズの高精度化

- 粒径（粒度分布）コントロール
- 高品位化
（表面清浄性・流動性・球形状・内部気孔）

粉末冶金の新しいトピックス

- **新しい材料**
非晶質軟磁性粉末の圧粉磁心
- **新しいプロセス**
3次元積層造形用粉末（電子ビーム）

ガスアトマイズ粉末のSEM観察像



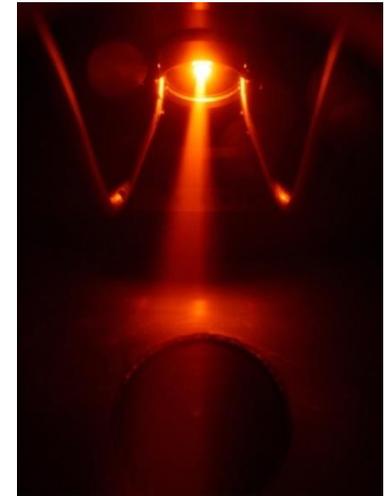
目的

ガスアトマイズ金属（合金）粉末の

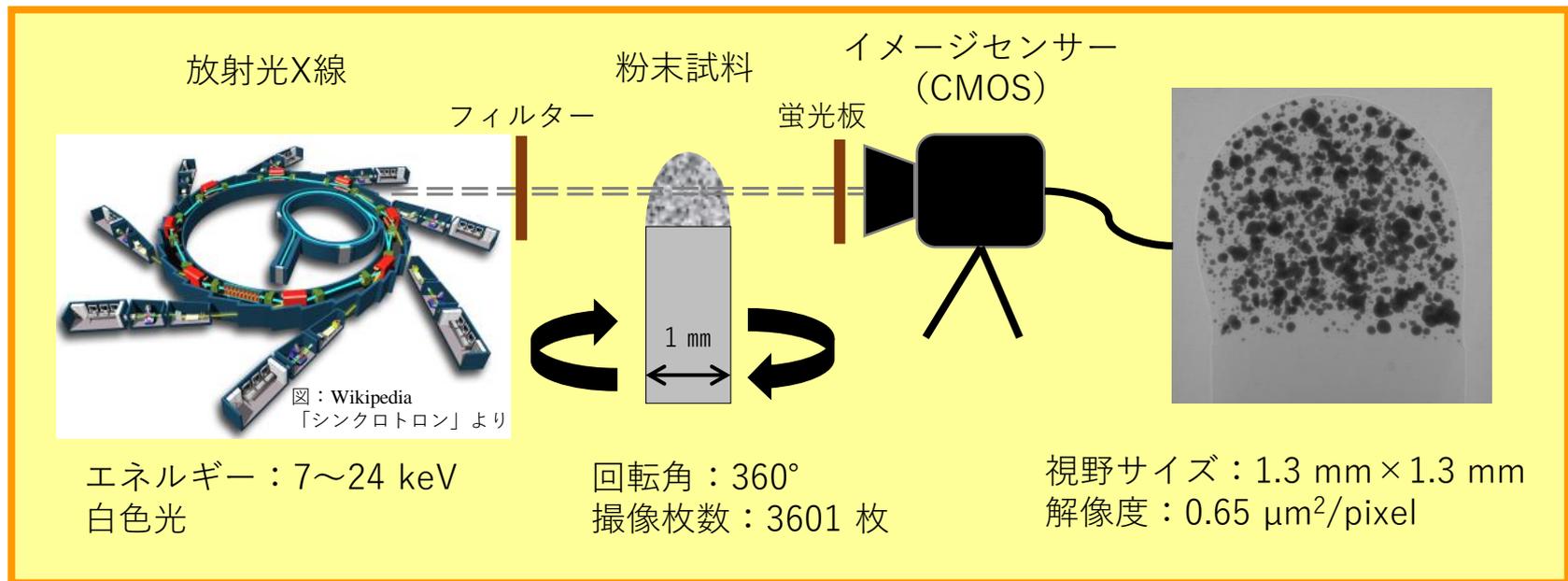
- ①粉末粒子内部の気孔分布の可視化と気孔量の評価を行う。
- ②噴霧ガス圧、ガス種がおよぼす内部気孔量への影響を調査する。

実験方法

- 合金組成：Fe₇₆Si₉B₁₀P₅, (高周波溶解@Ar)
- 粉末作製：ガスアトマイズ 分級: 0~125 μm
 - 噴霧ガス: 条件① 10 MPa Ar
 - 条件② 10 MPa 3%H₂+Ar
 - 条件③ 1.5 MPa Ar
- X線CT像



あいちシンクロトロン光センター BL8S2

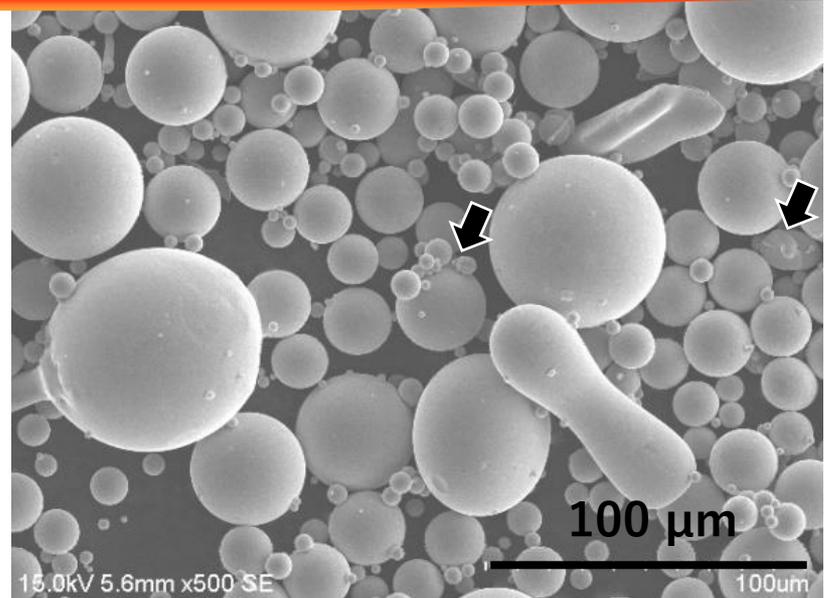
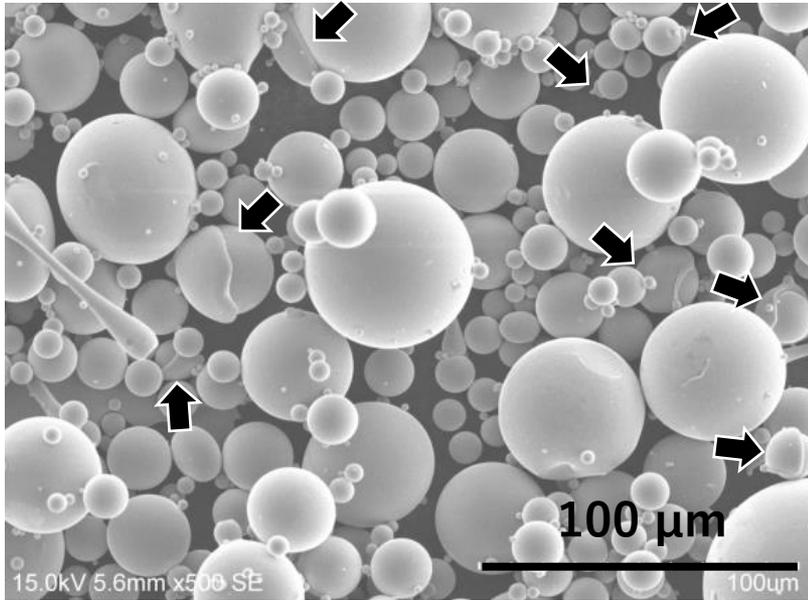


粉末SEM観察



10 MPa_3% H_2 +Ar ▶

▼10 MPa_Ar

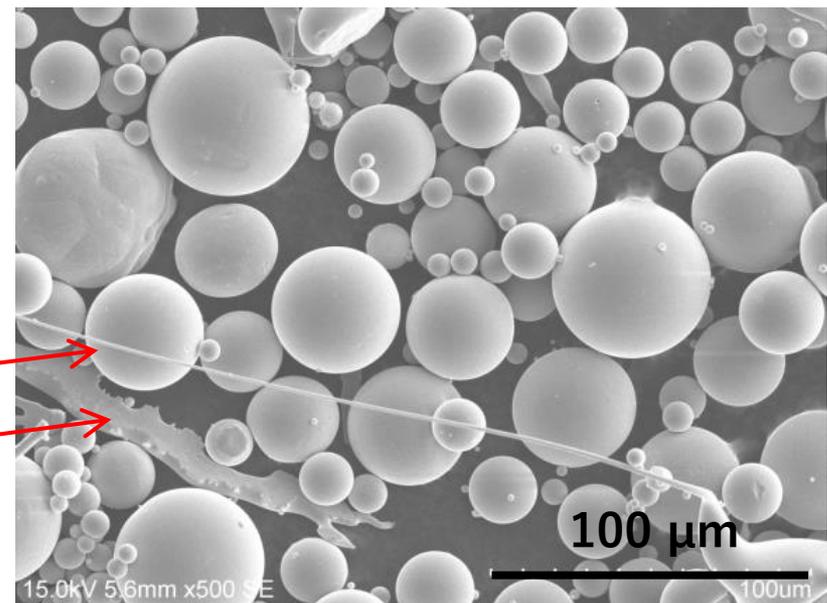


↑ 液滴が他の粒子に覆いかぶさった形状

糸引き状

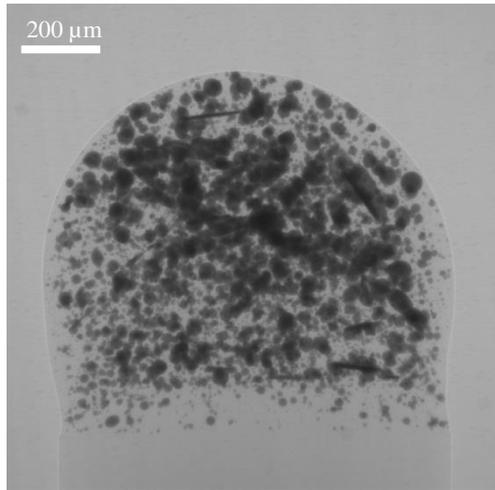
未粉碎ストリーム

1.5 MPa_Arガス ▶

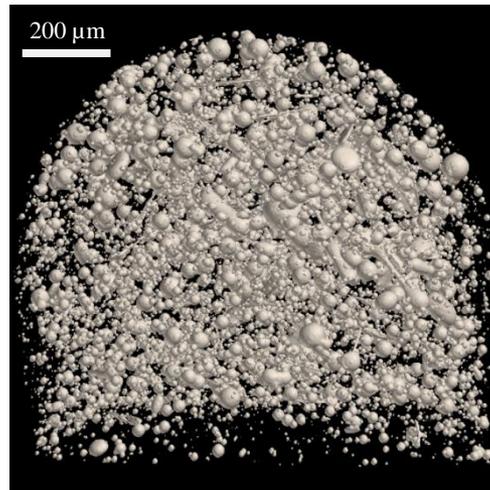


シンクロトロン光X線CTによる内部観察

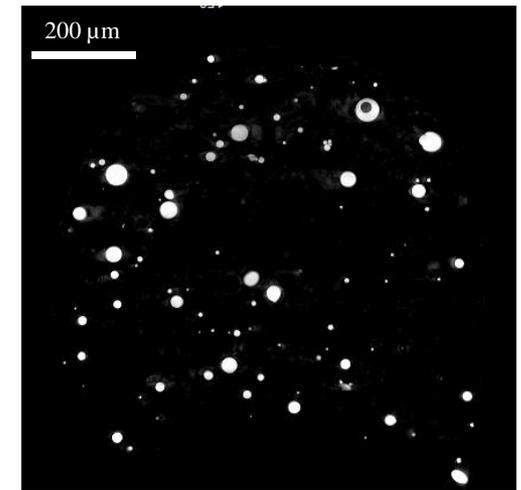
X線透過像(例)



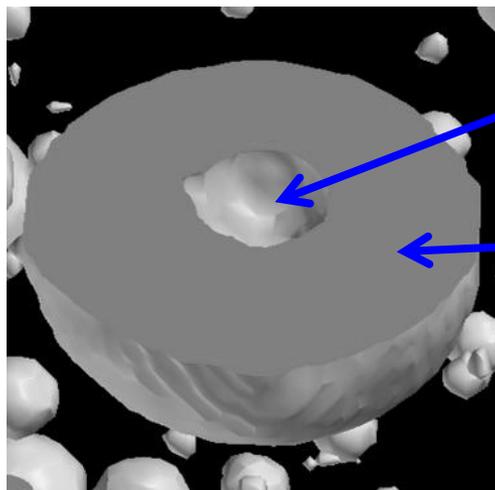
3次元再構成モデル(例)



断面像(例)



内部気孔の抽出(例)



気孔の体積

↓
球相当径

粉末の体積

↓
球相当径

得られる情報

- ・ 気孔を有する粉末体積 (径)
- ・ 気孔体積 (径)
- ・ 粉末総体積

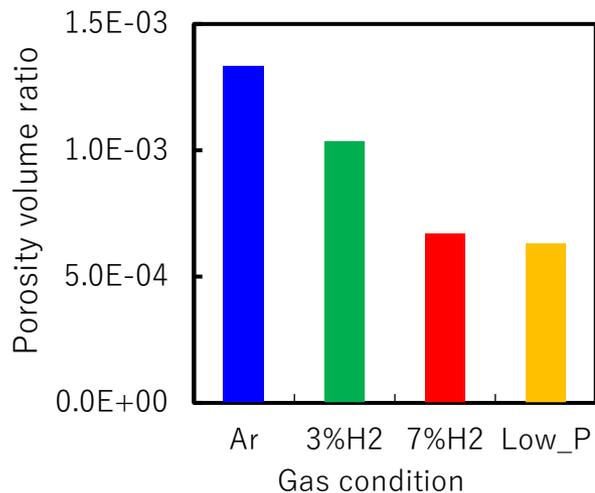
粉末内の気孔量の評価結果

Fe₇₆Si₉B₁₀P₅

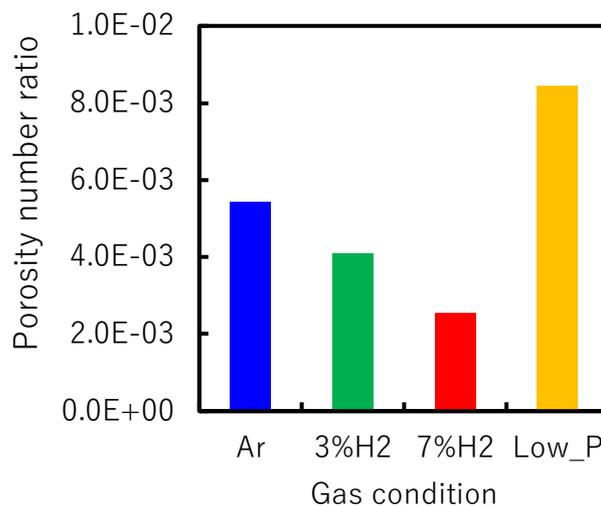
(over 6.5 micron)

Condition	Powder Particle		Pore		Porosity		
	Number	Volume	Number	Volume	Number per unit volume	Volume ratio	Number ratio
	-	m ³	-	m ³	m ⁻³	-	-
Ar	12551	7.59E-11	68	1.01E-13	8.96E+11	1.33E-03	5.42E-03
3%H ₂	13869	7.83E-11	57	8.09E-14	7.28E+11	1.03E-03	4.11E-03
7%H ₂	11854	4.88E-11	30	3.26E-14	6.15E+11	6.67E-04	2.53E-03
Low_P Ar	7690	8.79E-11	65	5.51E-14	7.39E+11	6.27E-04	8.45E-03

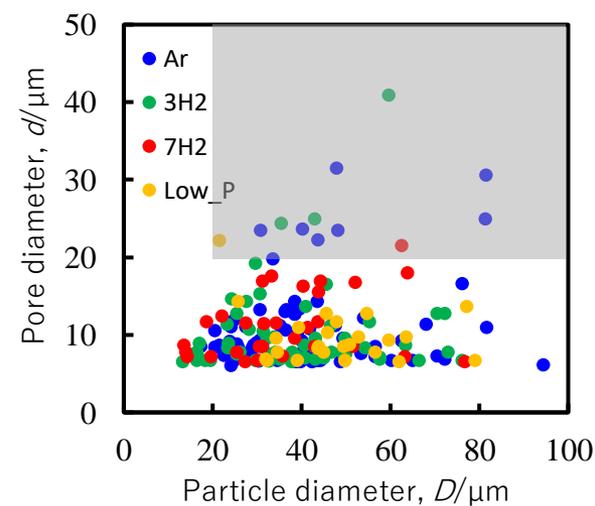
気孔の体積割合



気孔の数割合 (含有確率)



気孔と粒径の分布

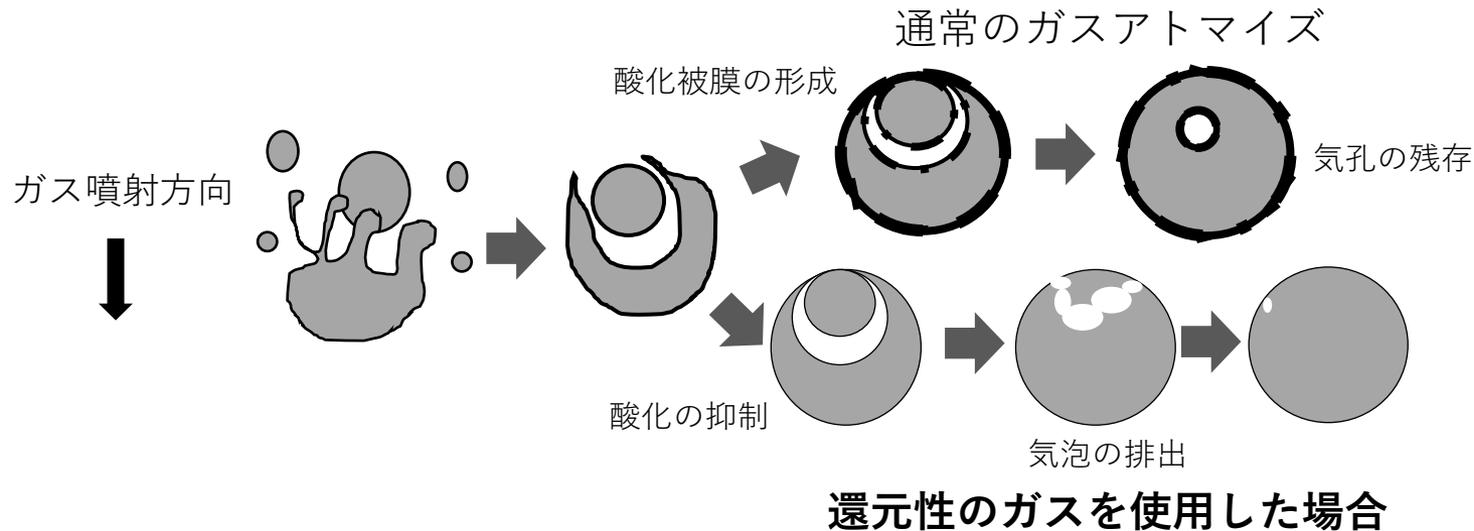


気孔低減のメカニズム

粒子内ポアの発生原因

- ① 冷却中の溶解ガスの吐き出し
- ② 超（亜）音速ガス噴霧に起因したキャビテーションによる気孔の形成
- ③ 凝固に伴う引け巣の形成（開気孔であることが多い）
- ④ **液滴の粉碎・再結合時のガスの巻き込み**

ガスアトマイズ時のガス巻き込み（吐出し）の模式図



- ✓ 短時間で効率よく気泡を吐出した可能性がある

結言

シンクロトロン光X線CTによるガスアトマイズ粉末内の気孔の観察を行った結果

- 粉末内に含まれる気孔の数および体積を可視化することに成功した。
- 噴射ガスに低濃度（3～7 vol.%）水素を混合することで、粉末内部の気孔が低減できることが確認された。これは、急冷時の溶湯表面の酸化が抑制されるため、粉末同士の再結合時に巻き込みガスの吐き出しが速やかに完了するためと推察された。

謝辞

本研究は、科学技術交流財団あいちシンクロトロン光センター成果公開無償利用事業(課題番号 2020P0104)として行われました。関係する方々へ感謝申し上げます。