

## 超音波三次元可視化法用トレーサーの開発

電子部 上園 剛, 尾前 宏  
素材開発部 袖山 研一

### 1. はじめに

当センターでは、平成11年から14年まで、宇宙開発事業団（NASDA）と「超音波三次元可視化法用トレーサーの開発」のテーマで共同研究を行ってきた。これは平成9年からNASDAで行っている、「マランゴニ対流現象モデル化研究」の一翼を担う研究である。このNASDAの研究は、金属・半導体などの結晶成長に影響を与えるマランゴニ対流（表面張力差対流）を体系的に解明する研究である。この研究の中で、不透明な溶融金属中に中空のトレーサーを投入し、そのトレーサーの動きを超音波で追跡することで、擬似的に溶融金属の対流現象を可視化するシステムを構築することになり（図1）、その素材にシラスバルーンが選定された。

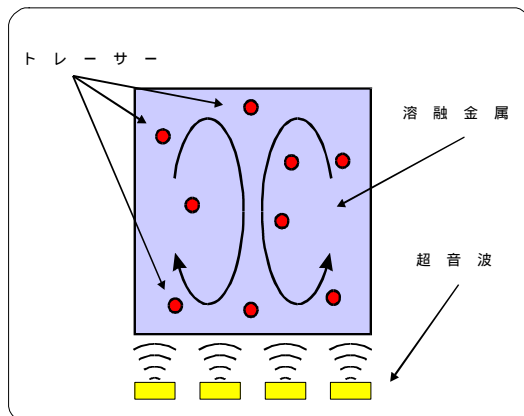


図1 可視化システムのイメージ図

### 2. トレーサーの仕様

トレーサーの仕様は、主に下の3つである。

- ・対流現象を阻害しないために微小な球体であること
- ・超音波を反射するために中空であること
- ・耐熱性があること（溶融金属：スズ）

具体的には、シラスバルーンを核にして、これにニッケルメッキを施し、更に鉄メッキを施して完成する（図2）。当センターでは、真球状のニッケルメッキシラスバルーンの製造を担当した。

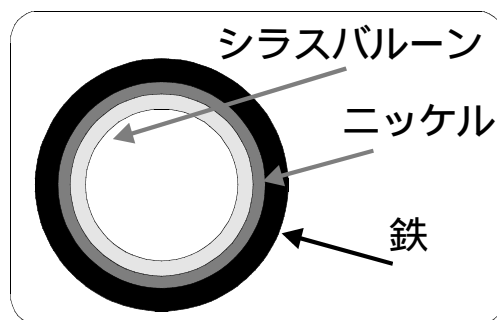


図2 トレーサーのイメージ図

### 3. トレーサー開発

#### 3.1 1mmメッキバルーン

最初の取り掛かりは、直径1mmシラスバルーンへのニッケルメッキであった。メッキ液の成分、設定pH、温度条件など様々なパラメーターを変えながら、試行錯誤した結果、軽量の微粒子であるシラスバルーンに、均一なニッケルメッキを施すことに成功し（図3）、引き続き共同研究を継続することとなった。

#### 3.2 0.1mmメッキバルーン

次に取りかかったのが、直径0.1mm程度のシラスバルーンへのニッケルメッキである。粒子径が小さいためか、1mmバルーンに比べて、真球度が悪く、またメッキの表面も凹凸

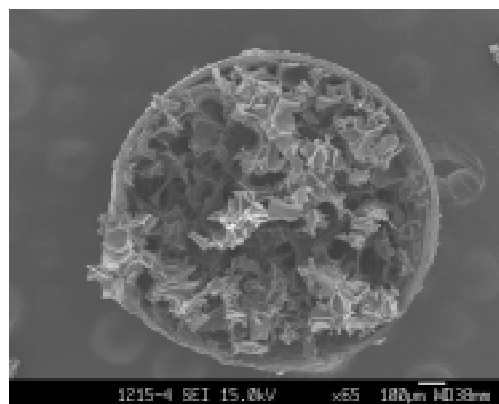


図3 1mmメッキバルーン断面写真

が激しい事が浮き彫りになった(図4)。材料となるシラスバルーンの選別、表面が滑らかになるメッキ方法など様々な検討を行ったが、根本的な解決には繋がらなかった。

### 3.3 MMB発現

シラスバルーンが、シラスを加熱発泡して製造することから、メッキバルーンも加熱により成形できるかもしれないと考え、縦型電気加熱炉にて加熱を試みた。その結果、表面が滑らかで、真球度の高い、中空のMMBを製造することに成功した(図5, 6)。真球度と表面粗さの比較を表1に示す。目標とする粒子径、膜厚にコントロールして製造したトレーサー用MMBはNASDAから高い評価を受けた。

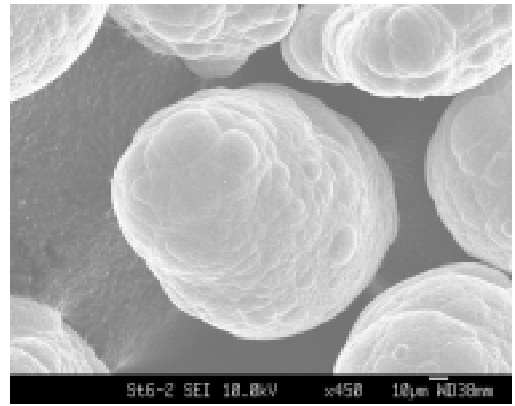


図4 0.1mmメッキバルーン表面写真

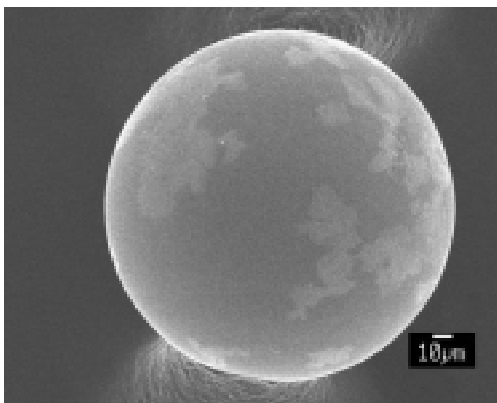


図5 0.1mm MMB全景写真

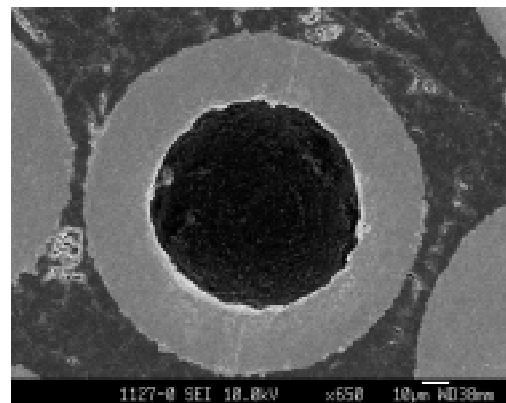


図6 0.1mm MMB断面写真

表1 加熱処理による形状改善

	粒子径	真球度(*1)	表面粗さ(*2)
加熱前	117 μm	18.2 μm	0.6 μm
加熱後	126 μm	1.01 μm	0.07 μm

\*1: 画像処理による真円度測定 \*2: 表面構造解析顕微鏡による測定

## 4. おわりに

本共同研究にて開発されたMMBを用いての研究が、平成15年から本格的に始まっており、本年度中には流体现象解明の一報が報告される予定である。

### 【マランゴニ対流】

マランゴニ対流とは、例えば身近な例では、浴室の浴槽水面などの表面でも起こっている。浴槽の右側を加熱すると、右側では暖められた水の表面張力が弱まる。これにより、表面張力の弱い方から強い方(左側)へ(暖かい方から冷たい方へ)水の流れることができる。この対流をマランゴニ対流という。現実には熱対流などの他の力が支配的であるため、確認は難しい。この対流は、様々な場面で結晶成長を阻害する要因とされており、解明されることで、例えば半導体の製造における単結晶シリコンインゴットの大口径化などに寄与する。

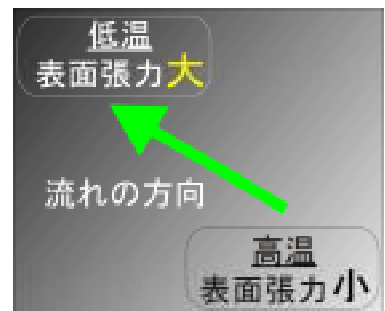


図7 マランゴニ対流モデル図