



# アーク溶解炉による試料作製

## アーク溶解炉 概要

アーク溶解は不活性雰囲気（通常はAr）にて非消耗型タングステン電極（負極）と冷却銅鑄型（正極）の間で発生させたアークを用い、金属をはじめとした高融点物質を溶解凝固する装置です。るつぼを使用しないことから不純物混入が少なく、ターンオーバーによる均質溶解が可能です。水冷鑄型に起因した柱状組織が発達しやすく、また、溶製材の大型化には限界がありますが、新規探索に有効な装置です。

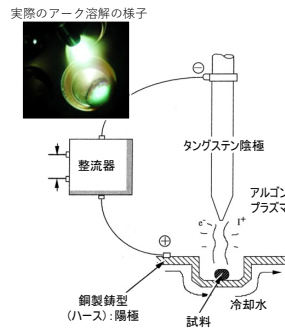


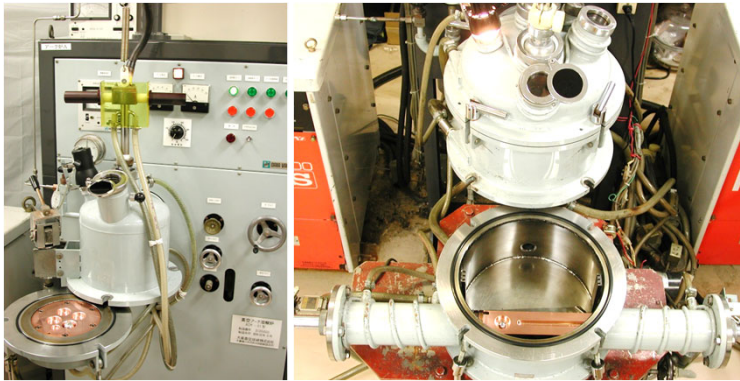
図1 アーク溶解の模式図

表1 各アーク溶解炉(共同利用装置)の仕様

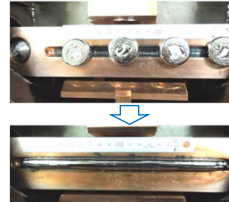
	小型真空アーク溶解装置 (ACM-01)	横型帯域溶融アーク炉 (ACM-S-6)	大型真空アーク溶解装置 (ACM-S14TMP-M)
排気系	RP-DP	RP-DP	RP-TMP
到達圧力	$\times 10^{-4}$ Pa	$\times 10^{-4}$ Pa	$8 \times 10^{-4}$ Pa以下
アーク電源型式 [出力電流範囲] (常用電流値)	TSP 500 [10~500 A] (100~300 A)	ARGO-500S [10~500 A] (100~300 A)	CPMR-1000 [10~1000 A] (100~600 A)
水冷電極	W	W	Ce2%含有-W, W
Cu鑄型寸法 (mm)	・ 円板(ボタン)型 $\phi 20, 30 \times$ 各10 t ・ 棒状型 $\phi 7, 8, 9, 10, 20 \times$ 各90 L	・ 棒状型 $\phi 10 \times 290$ L	・ 円板(ボタン)型 $\phi 30, 40, 50 \times$ 各10 t ・ 角型 $30 \times 50 \times 8$ t ・ 棒状型 $\phi 6, 8 \times$ 各160 L

## 共同利用に供する装置 (表1)

### ■小型真空アーク溶解装置 ■横型帯域溶融アーク炉

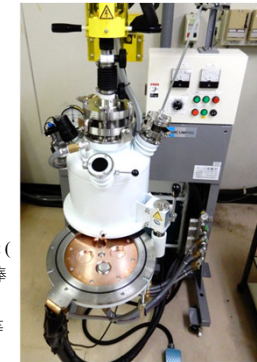


【作製例: Fe-Ni合金】



小型真空アーク溶解装置で作製したボタン状Fe-Ni合金 $\phi 25 \times 10$  mm (上図)を横型帯域溶融アーク炉で棒状 $\phi 10 \times 250$  mmに鑄造(下図)。さらに浮遊帯域溶融(FZ)装置等にて精製や単結晶化が可能。

### ■大型真空アーク溶解装置



【作製例: Zr】 (融点1852°C、密度6.51 g/cm<sup>3</sup>)



実測サイズ  
①  $\phi 51$  mm  $\times$  11 mm  
②  $29$  mm  $\times$   $49$  mm  $\times$  10 mm  
③  $\phi 39$  mm  $\times$  10 mm  
④  $\phi 9$  mm  $\times$  67 mm  
⑤  $\phi 8$  mm  $\times$  138 mm

①のボタンインゴットは重量は最大約115 gが溶製可能

## アーク溶解 実験例紹介 (図2, 3)

### 溶製材の特徴

- ① 主に、純金属ならびに合金の溶製が可能です。
- ② 酸化物等の非金属化合物の溶製も物質によって可能です(図2)。
- ③ 高融点金属の溶解に威力を発揮します。
- ④ アーク溶解で作製する合金は、一般的には溶融-急冷-凝固により多結晶ですが、横型帯域溶融アーク炉は水平方向に伸長したハースを5~60 mm/hの速度で自動送りすることで、粗大結晶や単結晶の溶製が可能です。

### アーク溶解を試みる際に考慮すること

- ① 物質の融点  
→ 当アーク溶解装置ではW (融点: 3410°C)でも溶解可能。
- ② 銅との濡れ性  
→ 銅と濡れ性が高い素材の溶製材は鑄型に濡れ拡がり易くなります。
- ③ 蒸気圧  
→ 蒸気圧の高い元素は蒸発し易く目的値からずれる場合があります。
- ④ 凝固欠陥  
→ 偏析、引け巣等の欠陥が発生します。

### 過去に溶解実績のある試料

- ・ 以下の金属を含む各種合金 (融点が高い順)  
W(3410°C), Re(3180°C), Ta(2996°C), Mo(2617°C), Nb(2468°C), Ir(2410°C), Ru(2310°C), Hf(2230°C), Rh(1996°C), V(1887°C), Cr(1860°C), Zr(1852°C), Pt(1772°C), Ti(1660°C), Pd(1552°C), Sc(1541°C), Fe(1535°C), Y(1523°C), Co(1495°C), Ni(1453°C), Mn(1244°C), Cu(1083°C), Au(1064°C), Al(660°C), Sn(232°C), Ga(28°C), 他 lanthanoid
- ・ ポライド, ポロカーバイド系  
RE<sub>3</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1-n</sub>, RE-M-B-C, REMB<sub>4</sub> (RE = rare earth)
- ・ 酸化物  
REAlO<sub>3</sub>, REGaO<sub>3</sub> ...など

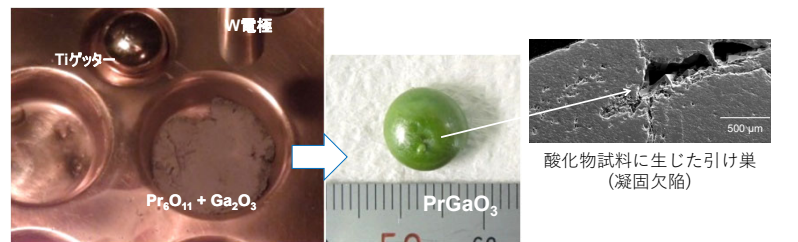


図2 【実験例1】酸化物多結晶PrGaO<sub>3</sub>

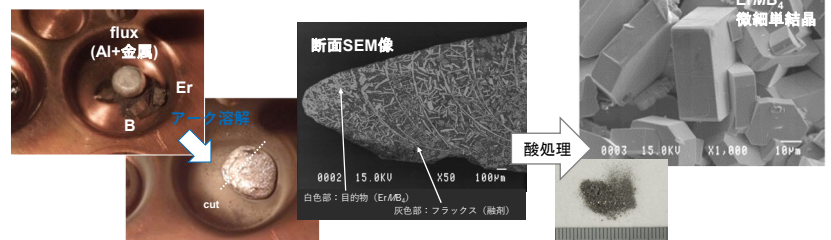


図3 【実験例2】フラックス介在型アーク溶融反応法<sup>[1]</sup>による微細単結晶ErMB<sub>4</sub> (M = Al-Cr-Fe) (出典: 国土館大学理工学部紀要, 11 (2017) 49. 本内容は上記論文の研究過程で得られた成果の一部を著者の許可を得て再構成したものです)

### [1]フラックス介在型アーク溶融反応法

アーク溶解炉中で目的物の構成元素(溶質)をフラックス(融剤)に溶かし込んだ後、冷却して目的物を析出させる方法です。同法における徐冷工程がアーク溶解炉を用いることで、急冷( $\sim 10^3$  °C/sec)効果を付与できるため、結晶核発生から成長停止に至るまでの時間が極端に短くなり、微細な単結晶が得られます。一回の実験に時間のかかるフラックス法の予備実験としても有用です。