

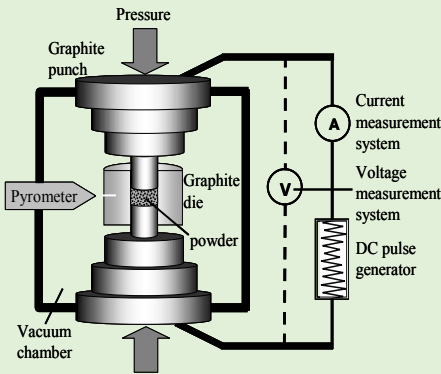
# パルス通電焼結による材料研究とその教育的効果

南口誠(長岡技大), 武田雅敏(長岡技大), 青柳成俊(長岡高専), 小出学(長岡高専), 五十嵐幸徳(鶴岡高専), 奥本良博(阿南高専), 川上雄士(久留米高専)

## 緒言

### パルス通電焼結とは?

通常、導電性の型に粉末等を入れて単軸加圧しながらパルス通電することで加圧焼結を行う方法。放電プラズマ焼結(SPS)やプラズマ支援焼結(PAS)、電場支援焼結法(FAST)などとも呼ばれている。数分で1000°C以上という急速な昇温が可能である。焼結時間を短くできるのが大きな特徴である。短時間焼結により、粒成長や反応を抑制しながら焼結が可能になる場合もある。



黒鉛製焼結型

この他、超硬合金製やSiC製、ステンレス鋼製が利用されることもある

### 材料適用例

- ・金属: ステンレス鋼, 銅・銅合金, 超硬合金, マグネシウム合金, ニッケル合金, アルミニウム合金, チタン合金など
- ・金属間化合物:  $Zr_5Si_3$ ,  $FeSi_2$ ,  $Mg_2Si$ ,  $MnSi_{1.73}$ ,  $MgB_2$ ,  $NiAl$ ,  $Fe_2VAl$ ,  $Ti_3SiC_2$ ,  $Ti_3AlC_2$ など
- ・セラミックス:  $Al_2O_3$ , ムライト,  $CrN$ ,  $TiN$ ,  $TiC$ ,  $Si_3N_4$ ,  $SiC$ , シリケートガラスなど
- ・無機物:  $Fe_3O_4$ ,  $FeO$ ,  $FeS$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $FeCr_2O_4$ など
- ・複合材料: Ni分散 $Al_2O_3$ , SiC分散 $Al_2O_3$ , サーメットなど

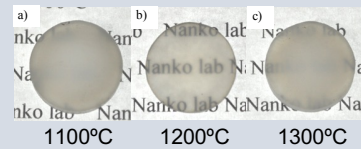
### 長岡技大・南口研所有のPECS装置 SinterLand社製LABOX-1550i75S

- + 最大圧縮力: 150 kN (ACサーボモーター駆動)
- + 最大ストローク: 150 mm
- + 試料ステージ直径: 150 mm
- + パワーユニット:
  - DCパルスインバーター型: 5000 A, 32 kHz
  - DCサイリスタ型: 7500 A, 300 Hz
- + 真空度:
  - 6 Pa (ロータリーポンプ使用時)
  - $6 \times 10^{-3}$  Pa (拡散ポンプ使用時)

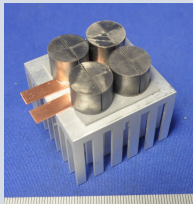


## 材料研究の例

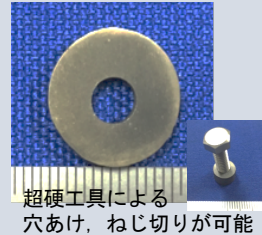
### 新素材の焼結固化 透光性アルミナ



### 熱電素子 $n-Mg_2Si/p-MnSi_{1.73}$

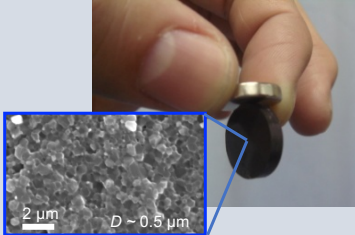


### $Ti_3SiC_2$ (MAX相セラミックス)



超硬工具による  
穴あけ, ねじ切りが可能

### Ni粒子分散 $Al_2O_3$ ナノコンポジット



### プロセスの研究開発

PECSにおける電流効果  
2段階PECSの検討(透光性セラミックス)  
PECSによる反応焼結(金属間化合物)

発泡金属の新しい製造方法  
PECSによるシンターハードニング  
異種金属からなる積層材  
など

## 教育応用の例

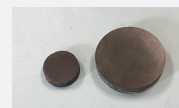
### 研究体験のツールとして

- ・宝石・パワーストーン作り  
透光性Cr添加 $Al_2O_3$ やマグネタイトの焼結  
←焼結自体は比較的短時間でできるが、  
材料によっては研磨が長時間に及ぶ

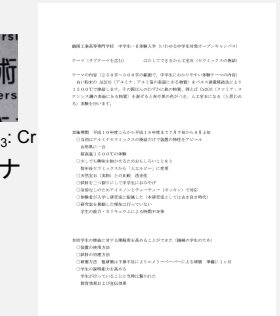


透光性 $Al_2O_3$  透光性 $Al_2O_3:Cr$

### 各種透光性アルミナ



マグネタイト



鶴岡高専・中学生一日体験入学  
「果たしてできるか人工宝石  
(セラミックスの焼結)」

## 教育的効果

一般論として、以下の効果がある

- ・ **処理時間が短い** → 様々な条件・組成の試料を作製しやすい(大量生産は大変!)  
授業の合間でも試料作りができる  
思い浮かんだアイデアを試しやすい  
1~2日間のイベントなら教育イベントにも使える
- ・ **操作方法が簡単** → 学生間での操作方法の教え合いが容易にできる  
実験への心理的ハードルが低い
- ・ **適用範囲が広い** → 様々な材料に適用できるので、テーマ変更も容易にできる  
異分野研究者間での共同利用がやりやすい

### 地域産業と高専、公設試の情報交換の場を作りませんか?

パルス通電焼結法について、その活用法や実験方法、トラブル解決などの議論や相談を気軽にできる情報交換の場を作ろうと考えています。  
ご関心・興味のある方は

長岡技術科学大学・南口 誠  
Email: nanko@mech.nagaokaut.ac.jp

までご連絡ください。