



# UV-LIGAと泥しろう鑄込の融合技術 によるSiC-MEMS耐熱素子の開発

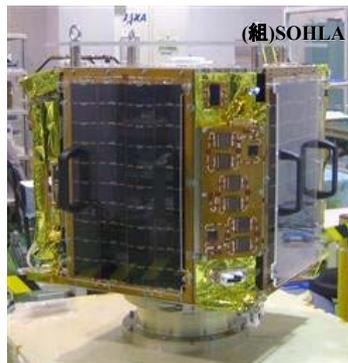
2010年6月15日

兵庫県立大学  
シルバーロイ  
アート科学

生津 資大  
高見 康博  
長谷川 良雄

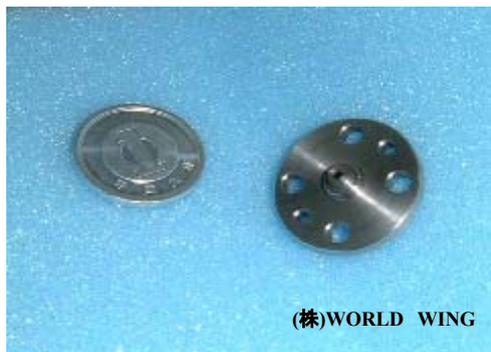
[namazu@eng.u-hyogo.ac.jp](mailto:namazu@eng.u-hyogo.ac.jp)  
<http://www.eng.u-hyogo.ac.jp/mse/mse12/index.html>

# 研究背景



(組)SOHLA

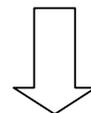
まいど1号  
50Kg 級小型人工衛星



(株)WORLD WING

超小型人工衛星用  
マイクロスラスタノズル

小型・超小型人工衛星の開発



ナノサット, ピコサットの登場

**構成部品, 構成材料の軽量化, 小型化**

## 優れた耐熱性とマイクロ成形性が要求

項目	耐熱性	マイクロ加工	機械強度
Si (MEMS)	×	◎	○
耐熱セラミックス (SiC)	◎	×	◎

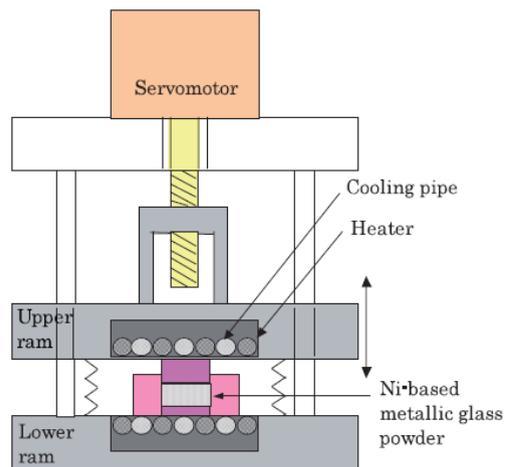
### シリコンカーバイド : SiC

ワイドバンドギャップ, 機械特性, 熱伝導率, 耐熱性に優れる材料. しかし, 作製が困難なためにSiC基板は高価. 加えて, 大口径化が図れず, ポストSiにはなり得ていない

# 研究背景と目的

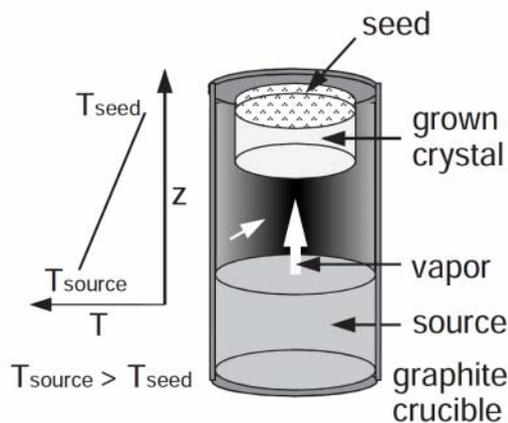
## SiCの製法

### 粉末焼結法



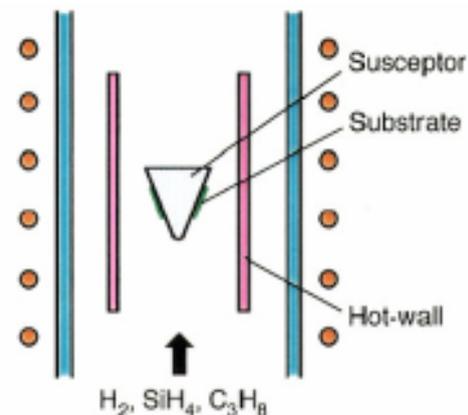
- 一般的な技術
- ×ボイドが多数生成
- ×2000~3000℃の加熱
- ×成形が困難

### 昇華法



- 厚さ2mmの単結晶を作製可能
- ×4Hor6H-SiCで六方晶
- ×2000~3000℃の加熱
- ×成形が困難

### エピタキシャル成長 CVD法



- 優れた結晶性
- 低欠陥含有率
- ×低製膜速度
- ×成形が困難

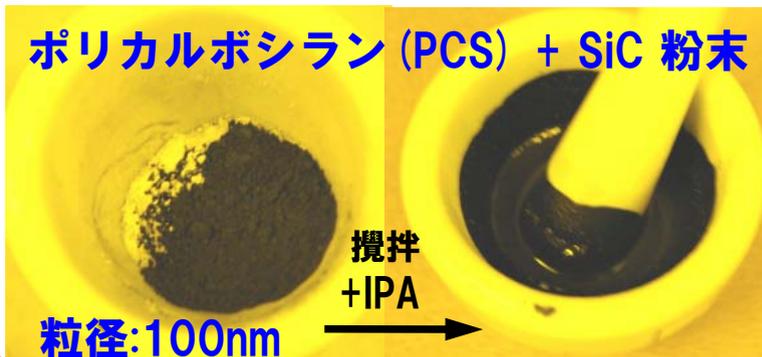
## 目的

UV-LIGAと泥しょう鑄込の融合技術によるSiC-MEMS耐熱素子の創製

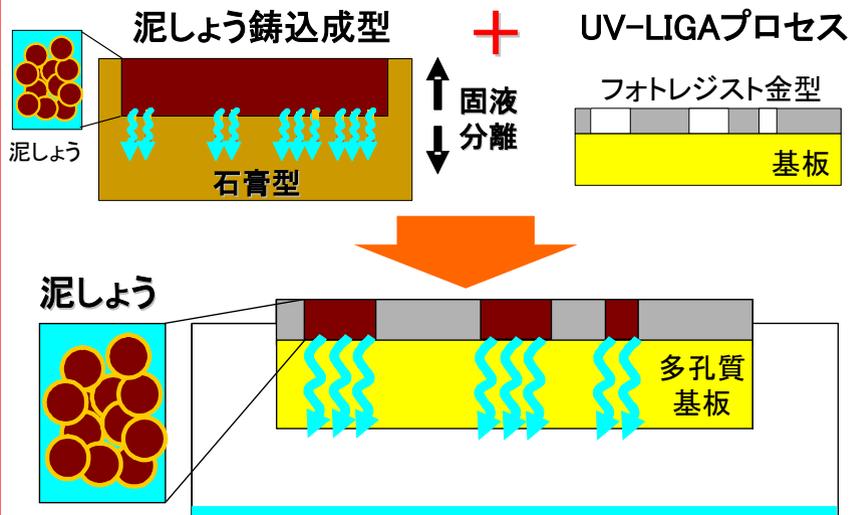
# SiC-MEMS作製プロセス

## 1. スラリー作製

ポリカルボシラン (PCS) + SiC 粉末



## 2. $\mu$ 泥しよう鑄込成型



- スラリー (SiCナノパウダー + PCS溶液)
- 多孔質基板 (WC, PE)
- UV-LIGAプロセス (厚膜フォトレジストSU8)

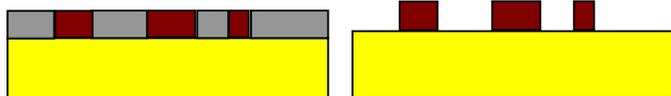
## 3. 焼成

1000°C, N<sub>2</sub>雰囲気, 1h

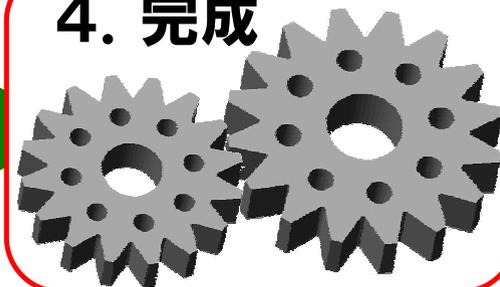
SU8 モールド除去

焼成前

焼成後



## 4. 完成

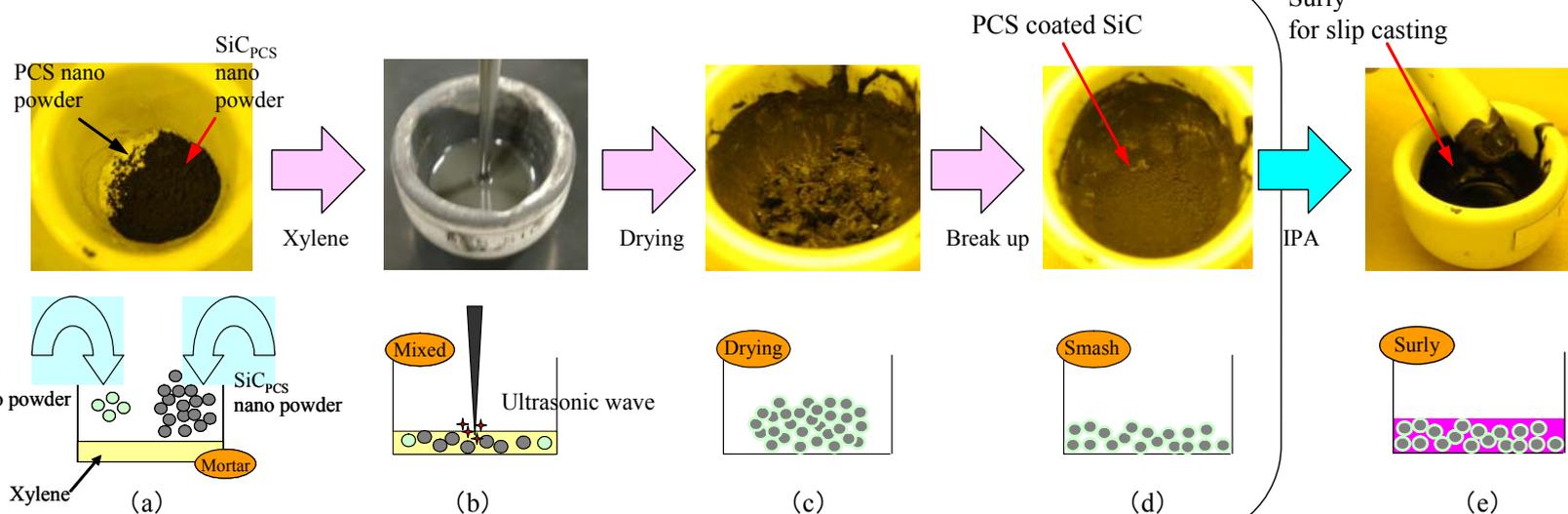


# スラリー作製

## スラリー（SiCナノパウダー+PCS溶液）

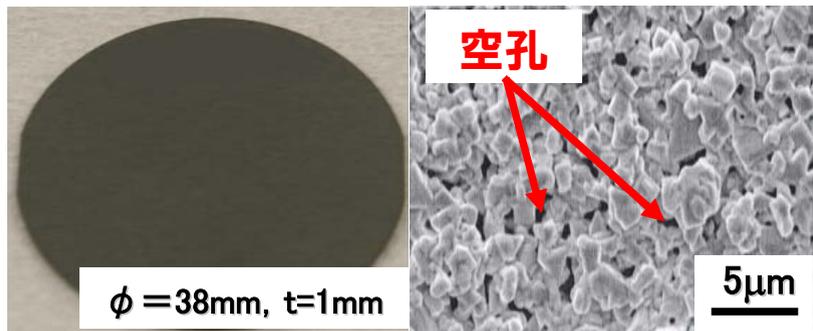
Fabrication of surly for slip casting

Fabrication of PCS coated SiC

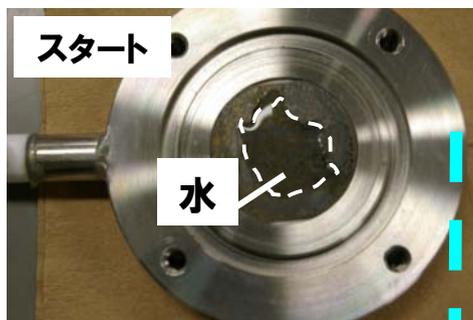


1. SiCナノパウダーとPCSパウダーをキシレンに入れる
2. 攪拌, 乾燥
3. IPAで泥しょう化

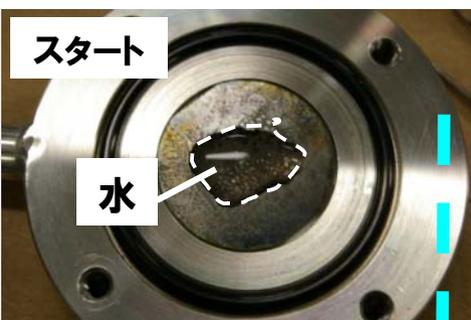
# 多孔質基板の選定



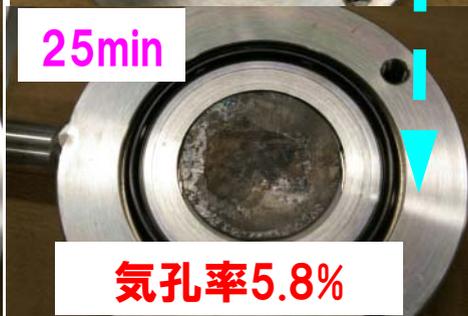
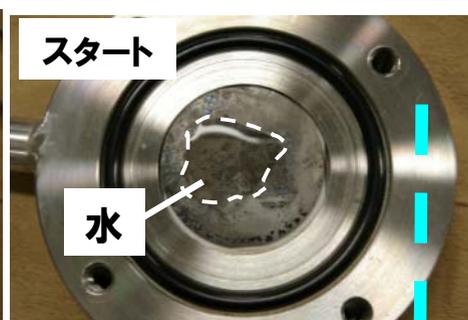
- 粒径1 $\mu\text{m}$ 以下のWC・Coパウダーの焼結体
- 3種類とも吸水性あり
- 粗目基板 鑄込み時間の短縮



WC plate A (粗目)



WC plate B (中目)



WC plate C (細目)

# 多孔質基板上へのUV-LIGAプロセス

固定リソグラフィー条件

ラミネート; 250 $\mu$ m PEB; 55 $^{\circ}$ C, 現像時間; 適(1時間)

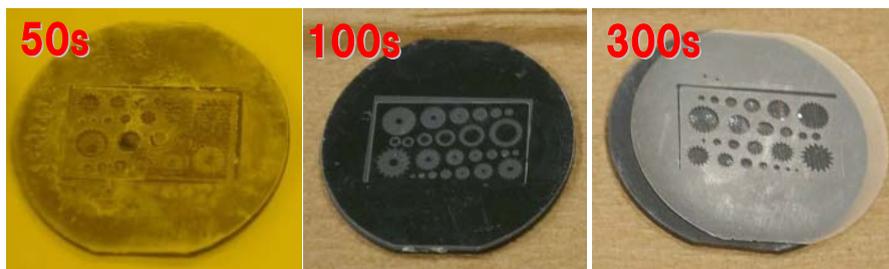


Fixed Exposure time (100s)

PEB時間が長い



剥離が減少

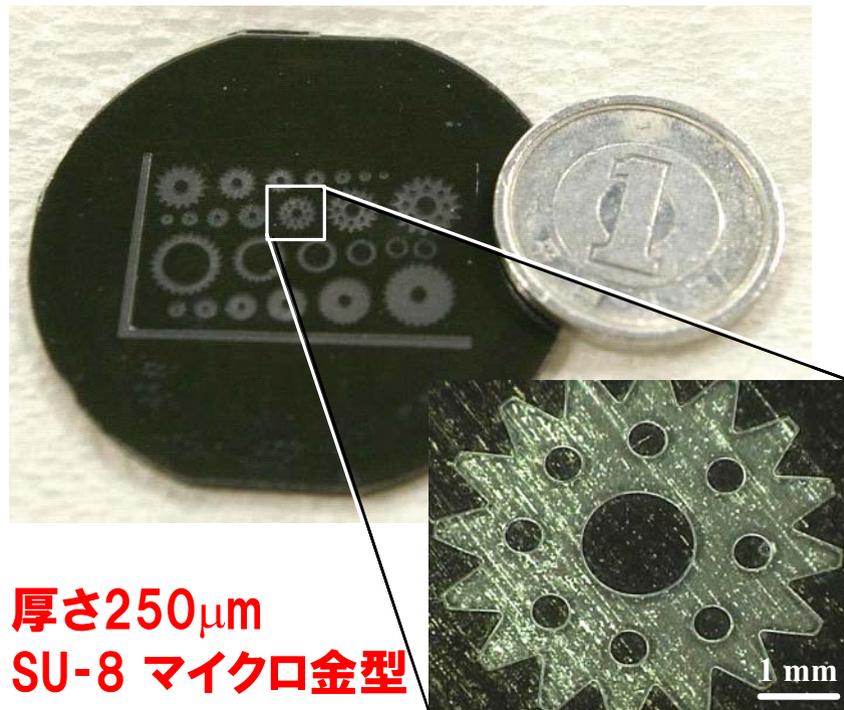


Fixed PEB time (12h)

露光 過多  
露光 過少



剥離が顕著



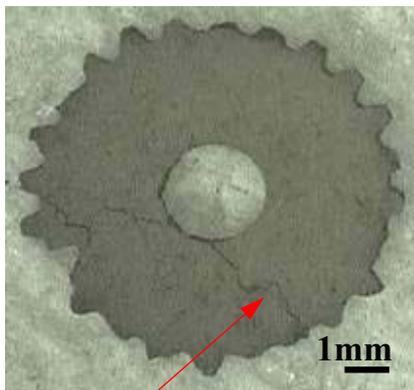
厚さ250 $\mu$ m  
SU-8 マイクロ金型

露光条件, PEB条件を変化させることで,  
SU-8マイクロ金型の作製が可能.

**最適リソグラフィー条件**  
**露光時間 100s, PEB (55 $^{\circ}$ C, 12h)**

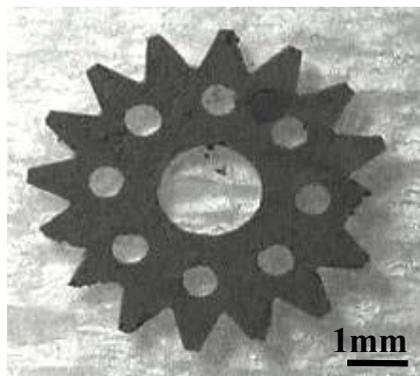
# SiC-MEMS作製結果の一例

WC plate A (粗目)

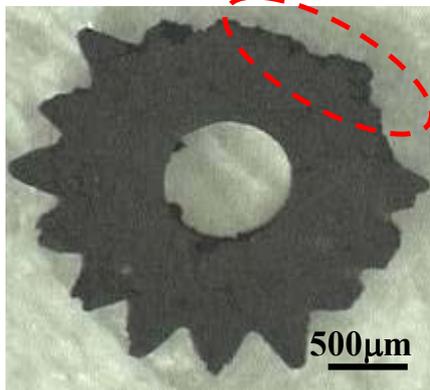


**クラック**

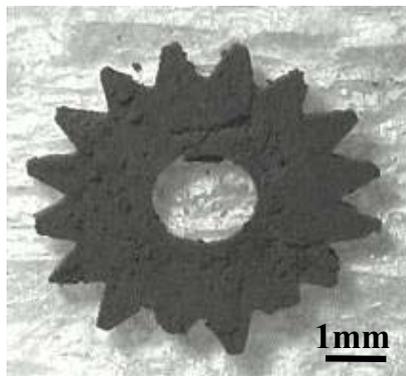
WC plate B (中目)



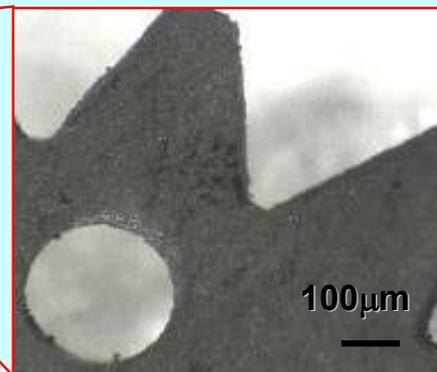
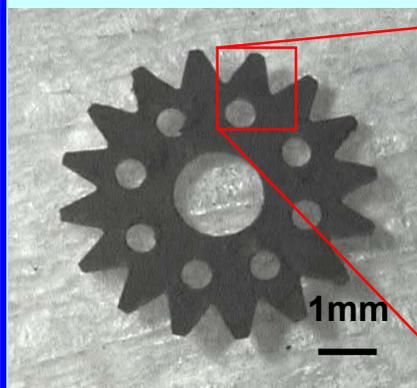
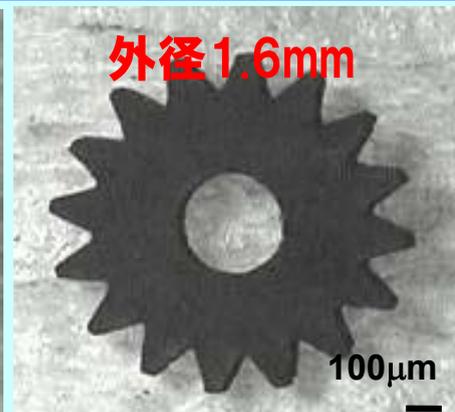
**歯先の欠損**



**歯車形状向上**



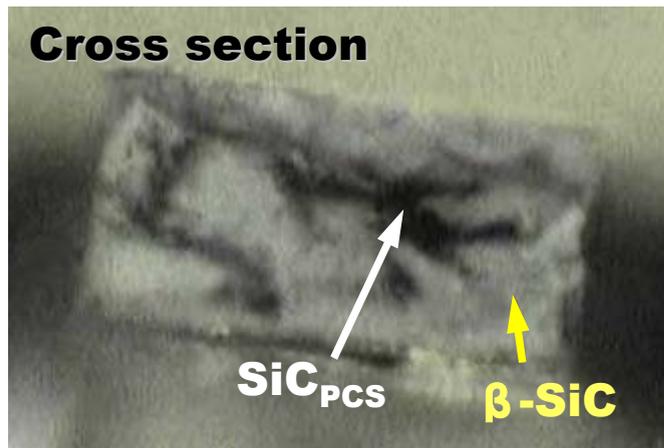
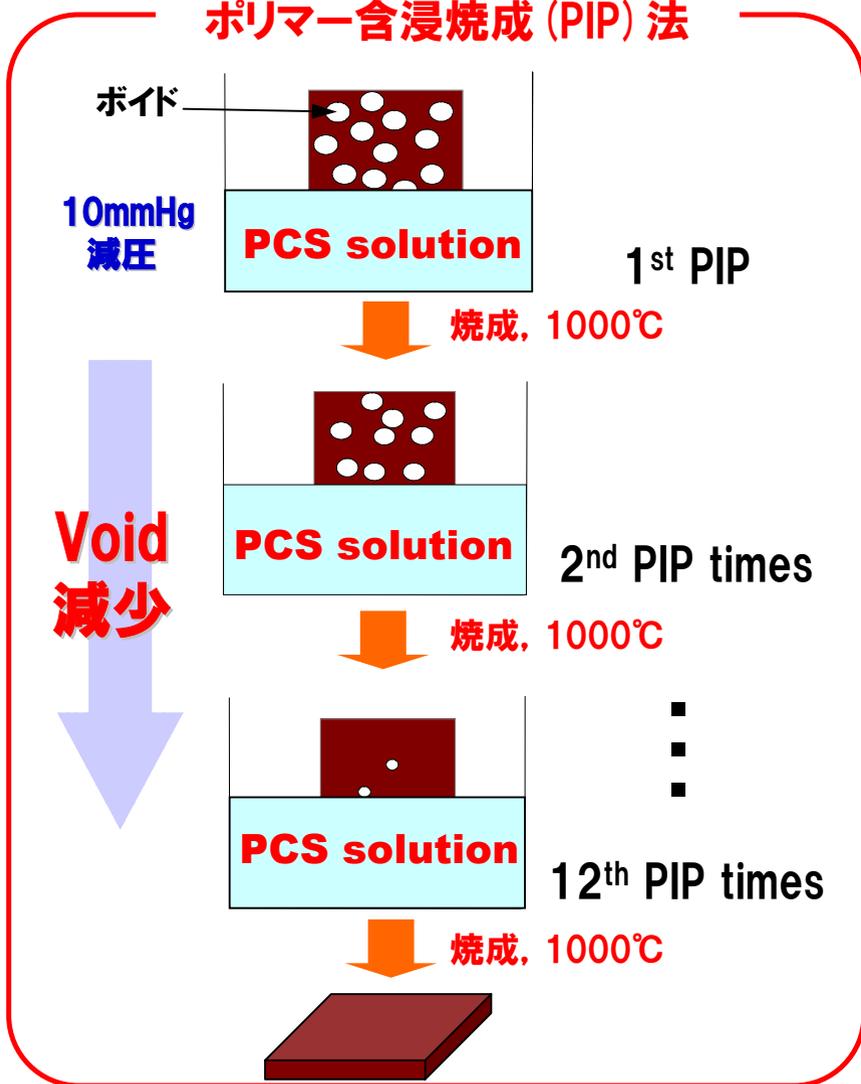
WC plate C (細目)



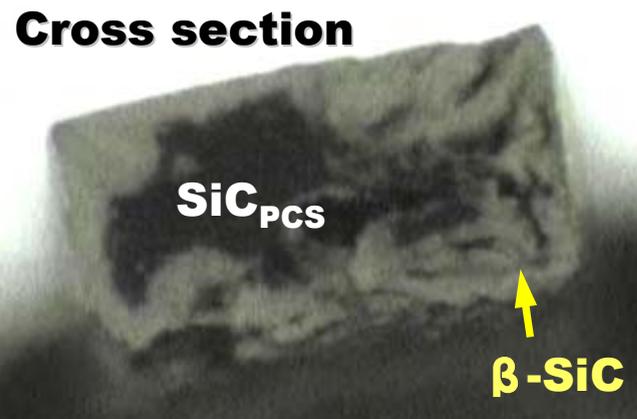
**マイクロ歯車完成**

# ポリマー含浸焼成法

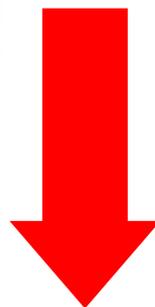
## ポリマー含浸焼成 (PIP) 法



PIP3回



PIP12回



密度  
増加

## 今後の課題

### ・ 鑄込みの最適化

WC基板の目の粗さと鑄込みとの関係を再度調査  
加減圧条件と成型体の出来との関係

### ・ 気孔率の更なる減少

PIP回数と気孔率・機械特性との関係を調査（これまで最大12回のPIP）

### ・ 高温焼成によるSiC化

1500°Cでの高温焼成（ $\beta$ -SiCに近づける）  
焼成温度と組成，結晶性，機械特性との関係を調査

### ・ 昇温環境での機械特性評価技術

室温～800°C程度でヤング率や破壊強度を定量計測可能な技術の開発

### ・ 高温動作可能なMEMSの開発

高温雰囲気で作動するMEMSデバイスのデモンストレーション

## 研究体制

