

**単結晶と同じ機能をもつ  
多結晶配向セラミックス材料**

**長岡技術科学大学**

**准教授 田中諭**

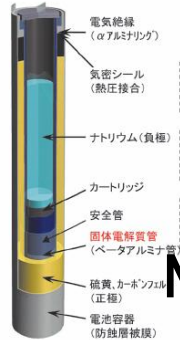
# 研究背景

ファインセラミックス:

エネルギー, 環境, エレクトロニクス, 生体分野などへ広く応用



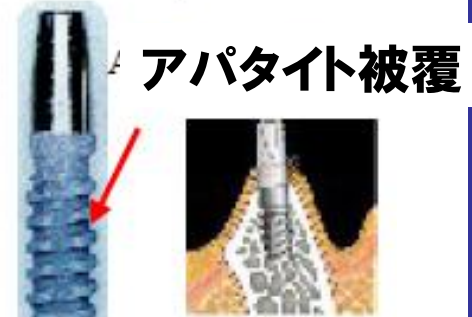
ガスタービン翼



Na-S二次電池  
固体電解質



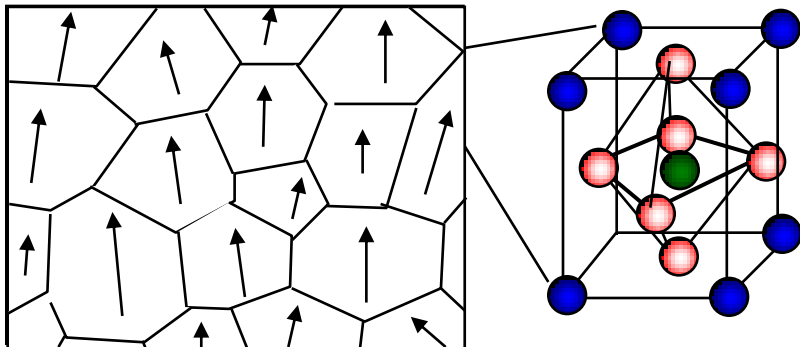
携帯電話  
キャパシタ,  
圧電アクチュエータ



代替骨, 骨充填材,  
人工歯根

## セラミックスの機能特性

原子、結晶構造、結合に由来  
異方性(優れた方向、面): 有



セラミックスの微構造(配向)

優位な方向の結晶配向

セラミックス本来の特性を発現

# 新技術の基となる技術

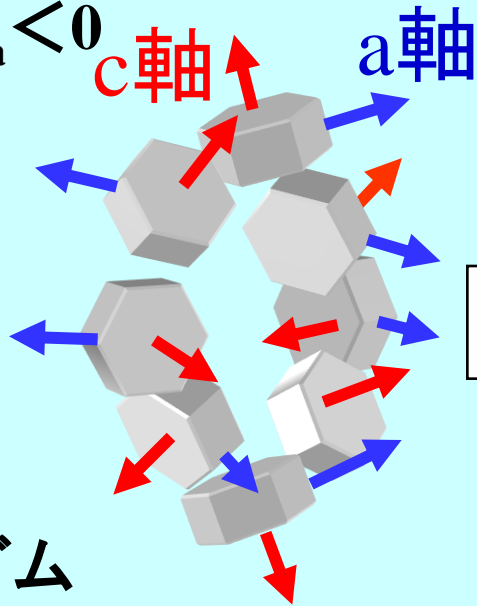
通常“磁石につかない物質”を対象

高磁場により、結晶の僅かな磁化率の異方性を利用

$$\chi_c < \chi_a < 0$$

c軸 a軸

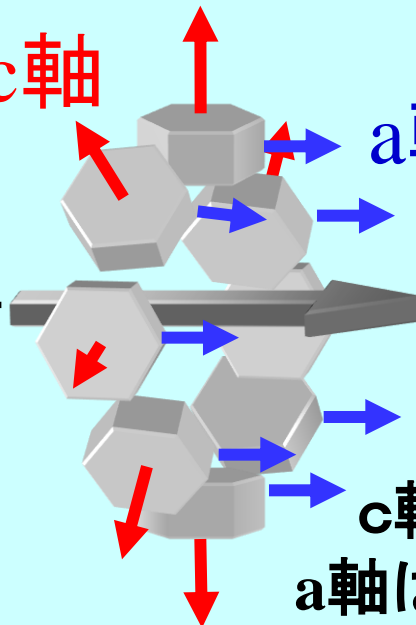
ランダム



磁場  
10T

c軸 a軸

c軸が磁場に垂直  
a軸は磁場方向に配向

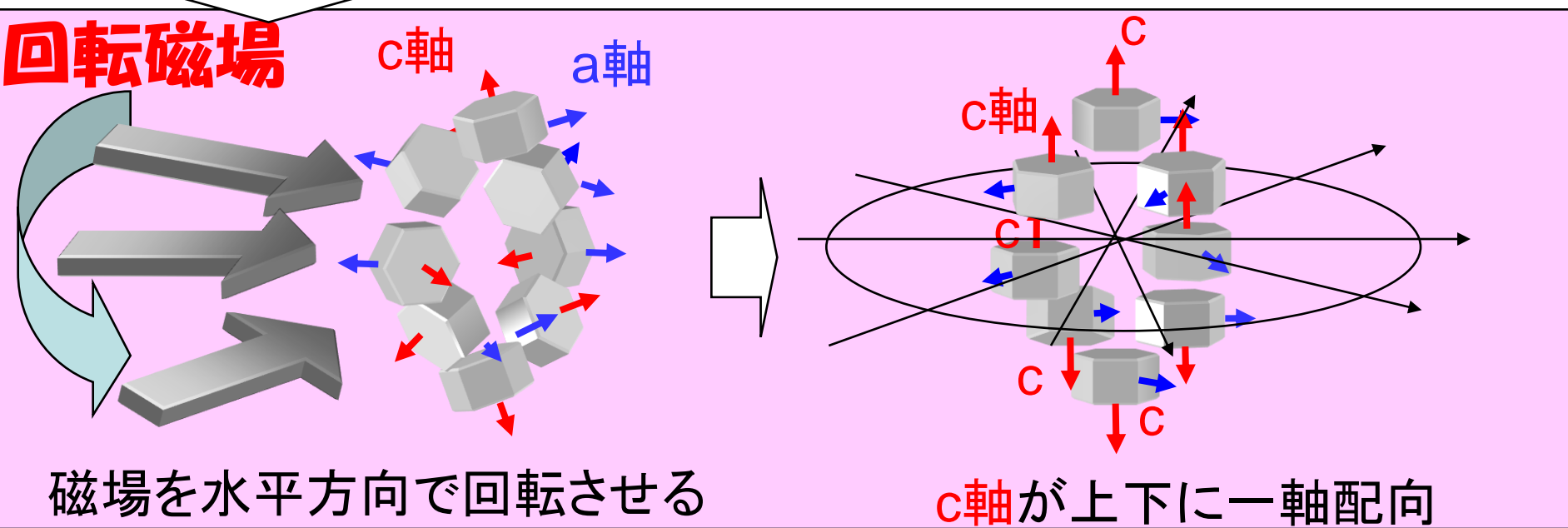
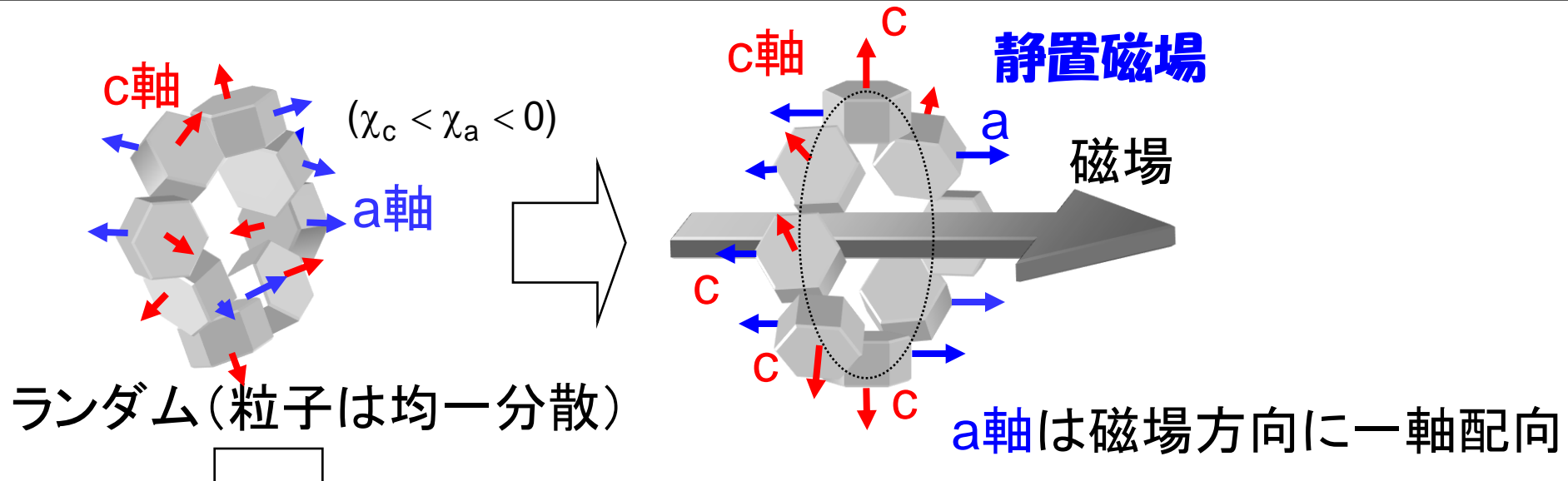


# 超伝導マグネット



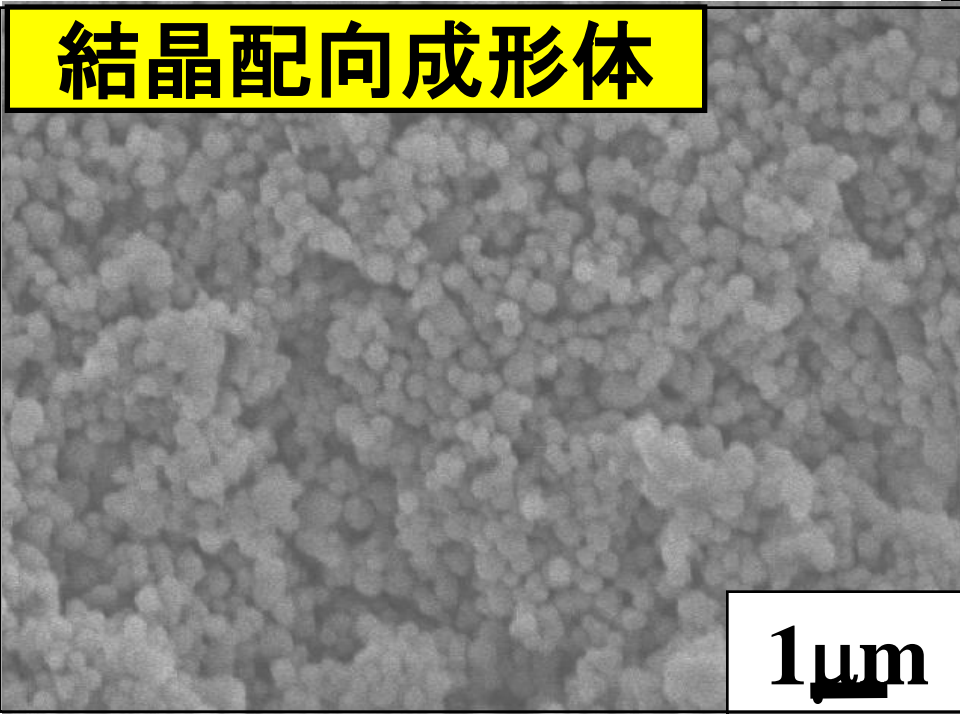
東芝製 最大10テスラ ボア径100mm 於 当研究室

# 新技術の基となる研究成果

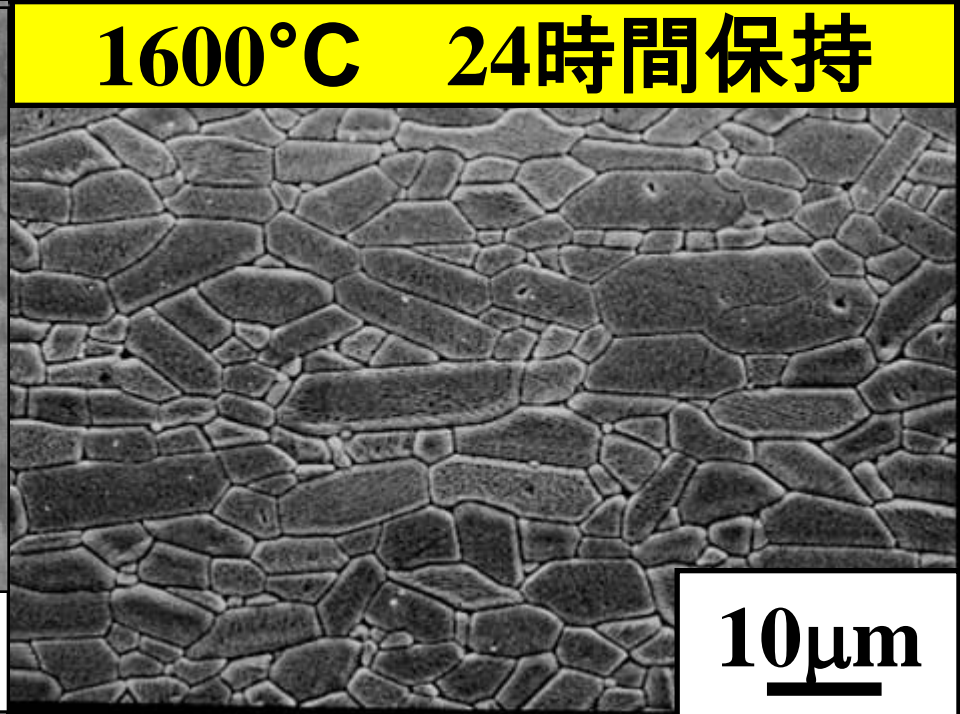


# 新技術の基となる研究成果

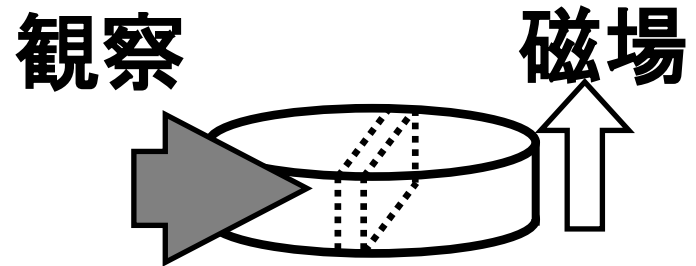
結晶配向成形体



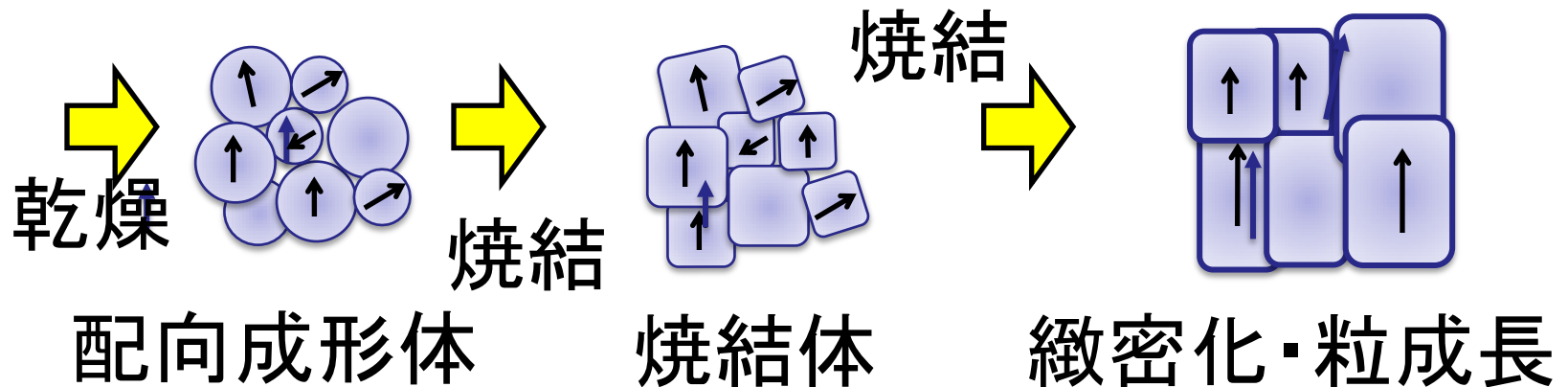
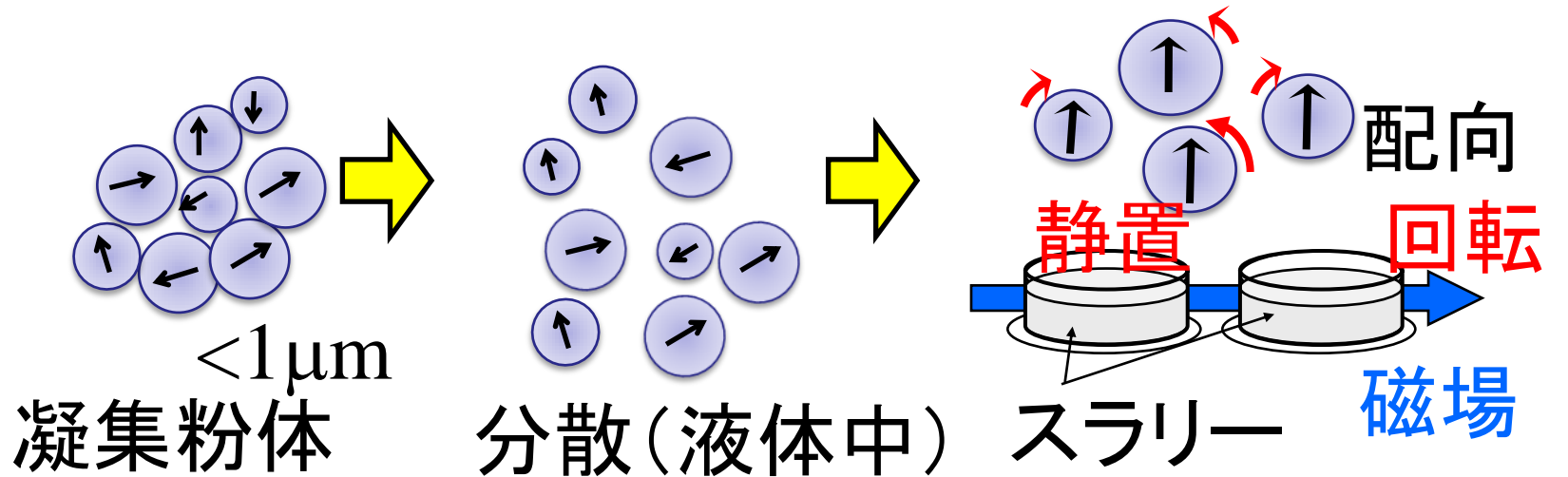
1600°C 24時間保持



焼結による  
配向構造発達



# 新技術の基となる研究成果

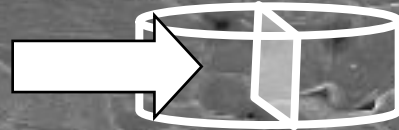


**磁場配向プロセス(成形配向+焼結配向)**

# 新技術の基となる研究成果 酸化亜鉛

↑ C-axis

(a)



⊗ C-axis

(b)

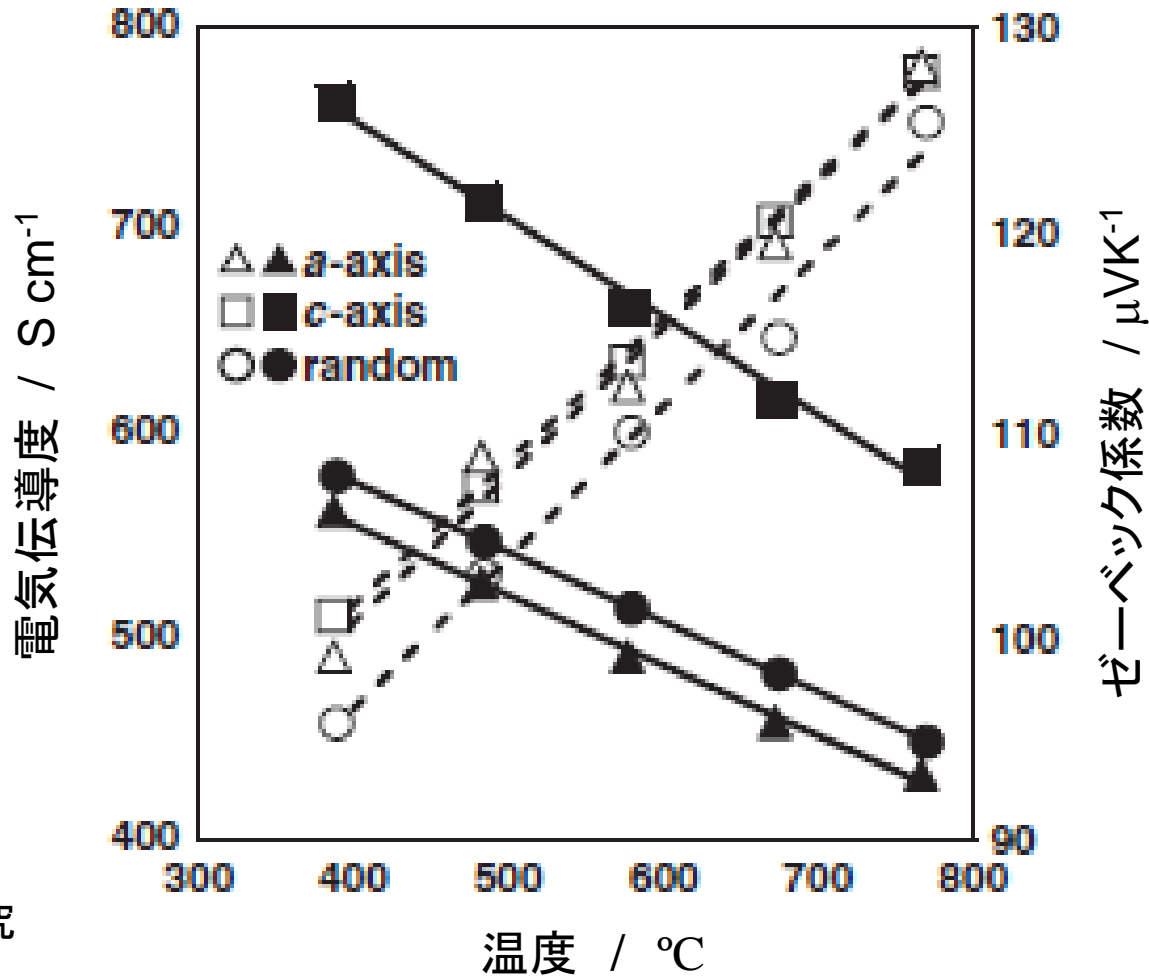


30μm

c軸配向酸化亜鉛



# 新技術の基となる研究成果 AI添加酸化亜鉛



産総研との共同研究

Al添加ZnOの電気伝導率

# 新技術の基となる研究成果 圧電アクチュエータ

圧電セラミックス  
Pb (Zr,Ti) O<sub>3</sub>系材料  
「鉛」が主原料



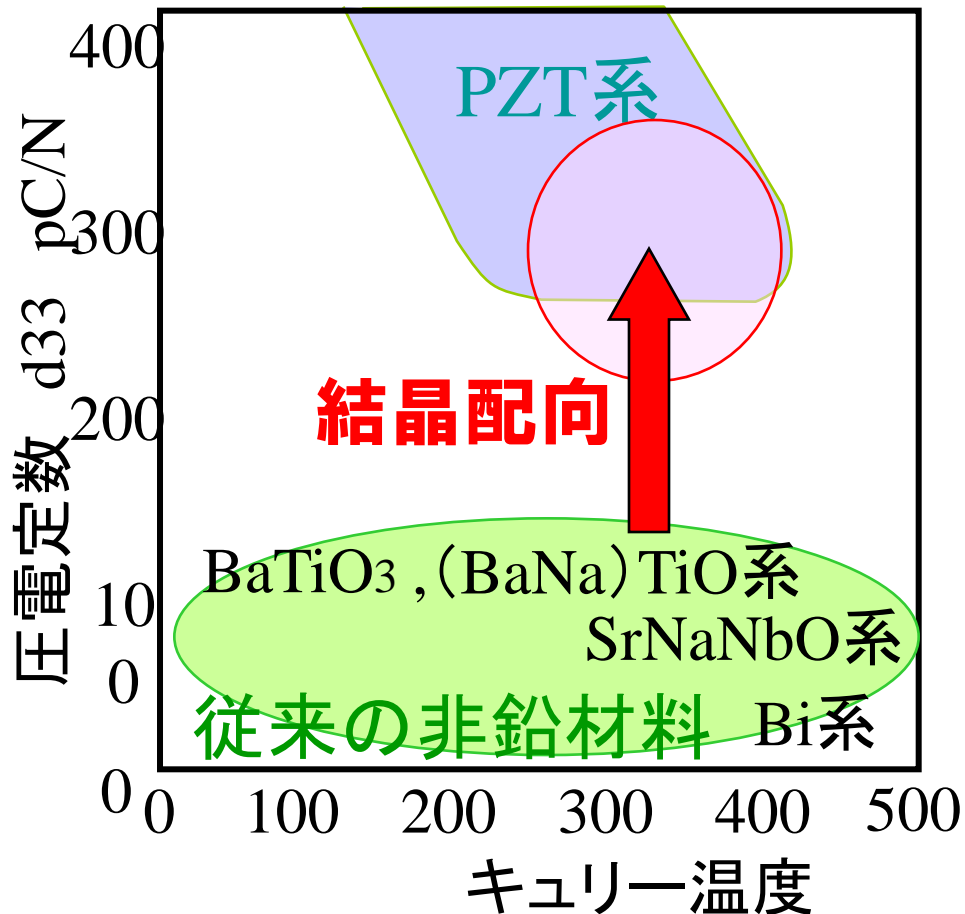
非鉛化課題

特性では...

非鉛系 < PZT系



結晶配向, 積層化

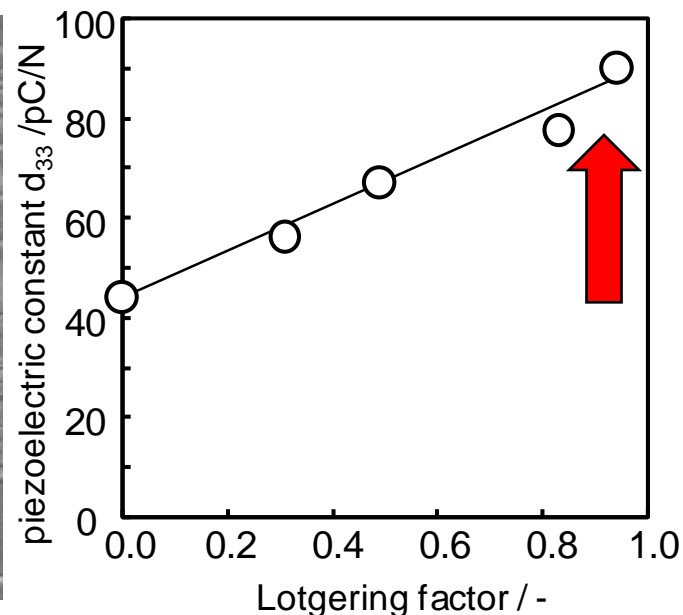
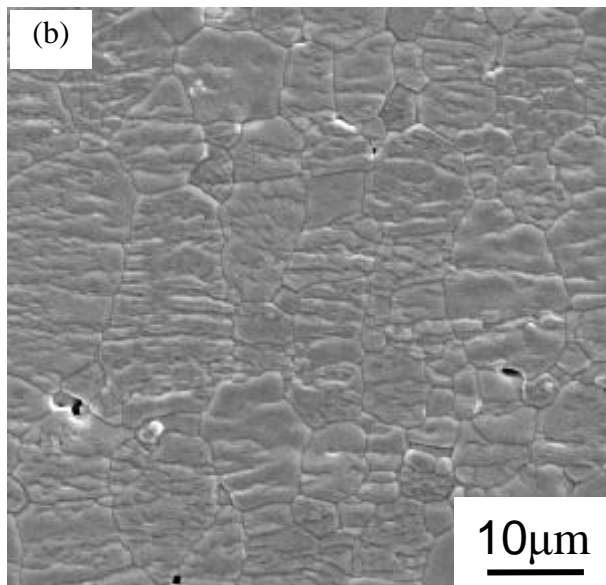
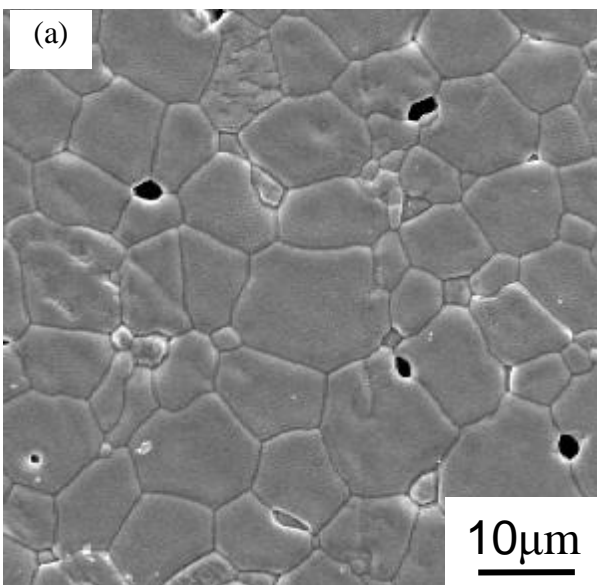


圧電体材料の特性とキュリー点

# 新技術の基となる研究成果 圧電アクチュエータ

## $\text{Sr}_2\text{NaNb}_5\text{O}_{15}$

- 重金属なし & 化学的安定物質
- $c$ 軸に圧電性を発現
- 耐熱性  $=300^\circ\text{C}$ , 圧電定数  $d_{33}$  **45** pC/N



$\text{Sr}_2\text{NaNb}_5\text{O}_{15}$ の圧電定数向上

# 新技術の基となる研究成果 圧電アクチュエータ

## Sr<sub>2</sub>NaNb<sub>5</sub>O<sub>15</sub>系物質

Ca添加

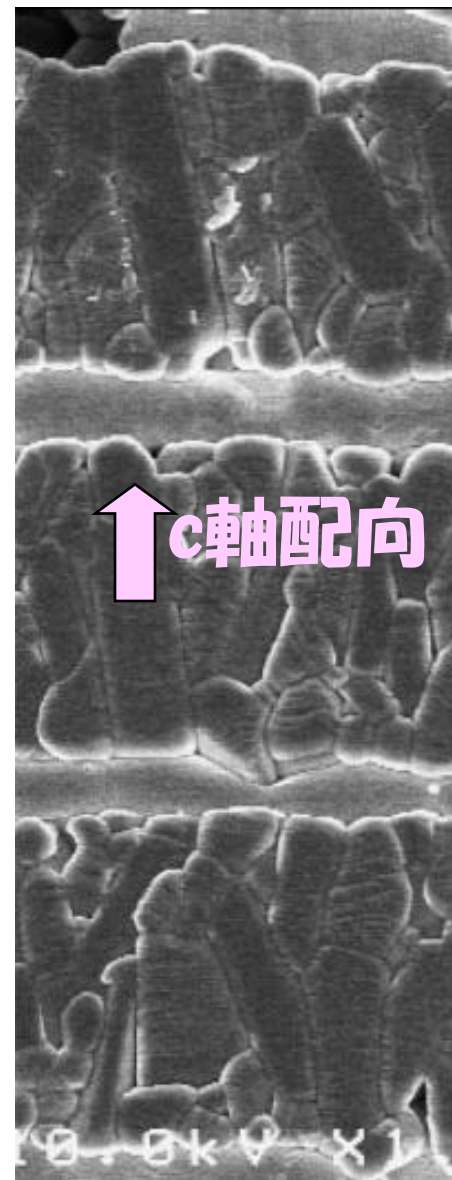
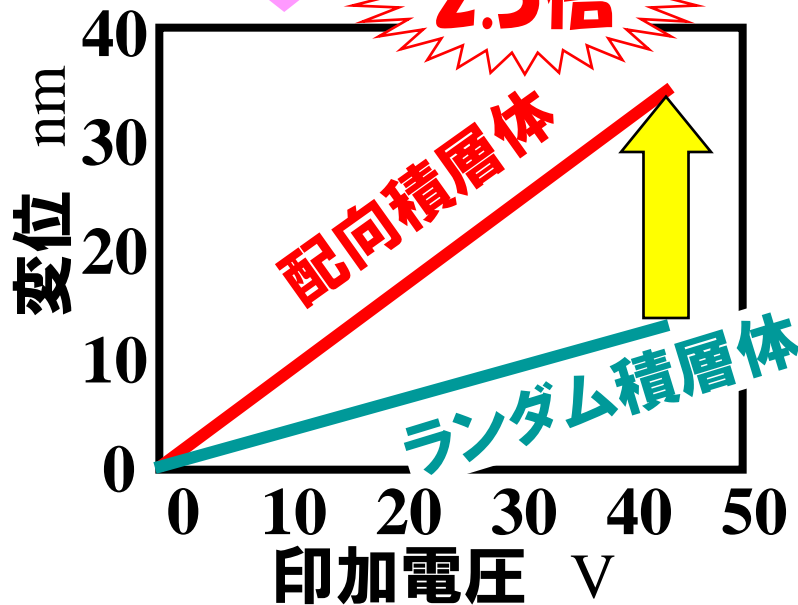
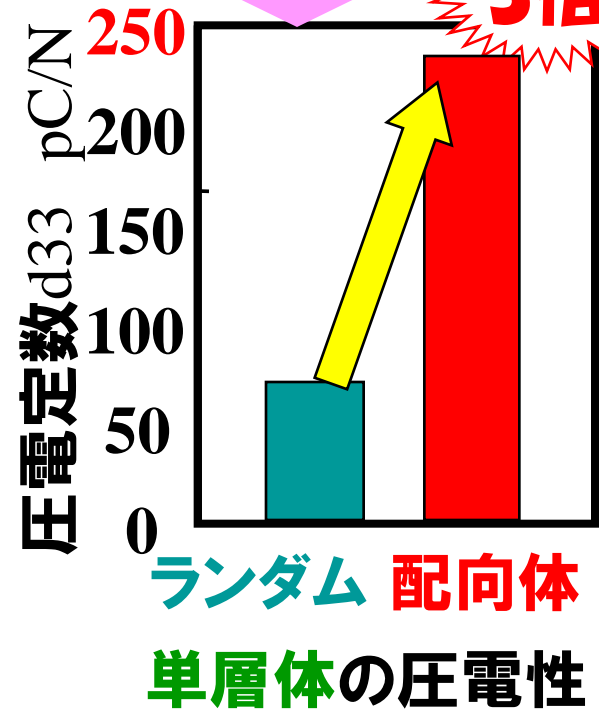
3倍

積層化

2.5倍

20μm

c軸配向

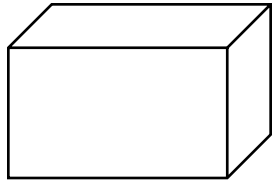


(企業との共同研究成果)

積層体(10層)の圧電性

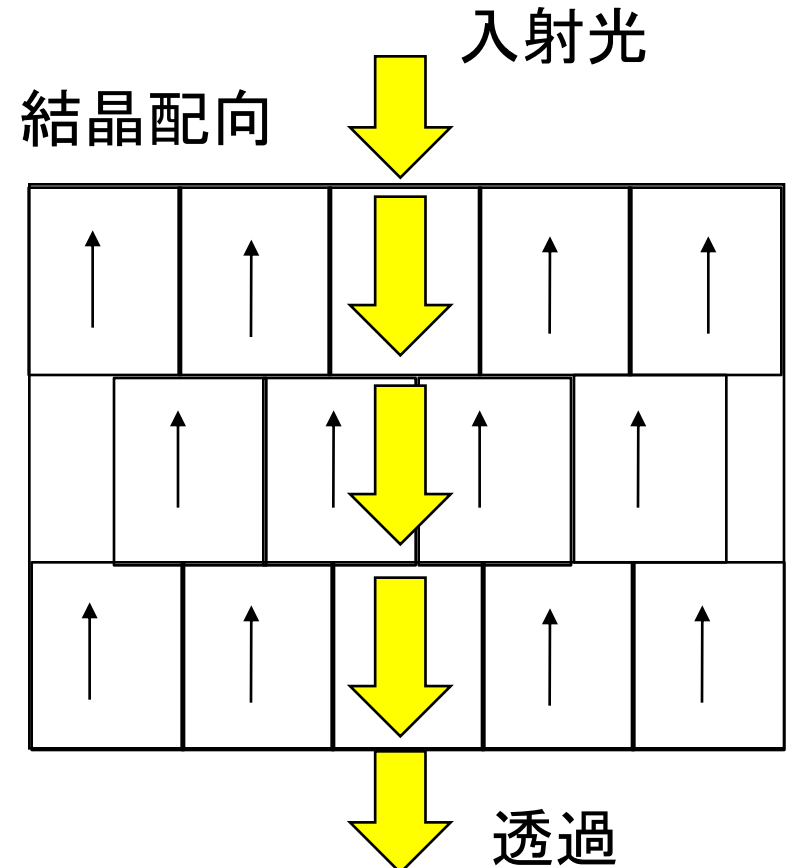
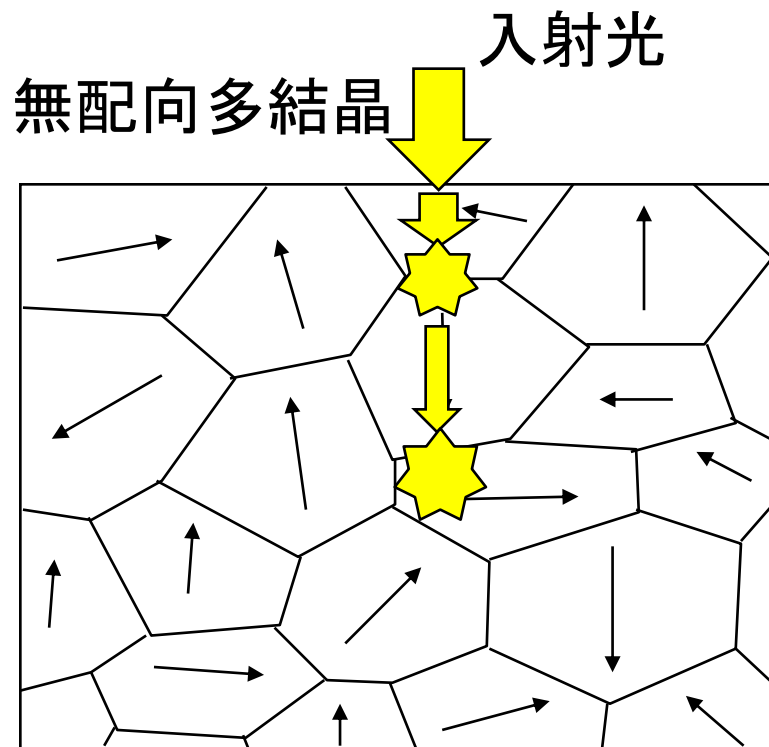
積層配向体

# 新技術の基となる研究成果 結晶配向透明体



**立方晶以外！**

屈折率が各方向で異なる



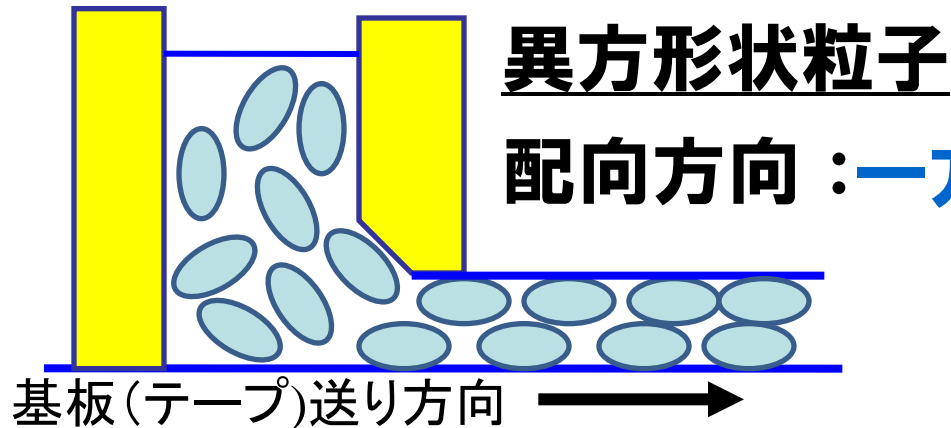
光学利用(光アイソレータ、光電効果)が可能

# 従来技術とその問題点

## 粒子配向製造技術

ドクターブレード成形法

容易



焼結しても密度 低

配向方向 ≠ 特性発現

従来法ではダメ

## 単結晶製造技術 高性能

引上げ法 etc

高温、長時間

生産性 低

# 磁場を用いた材料設計技術の特長、従来との比較

## 特徴

高磁場：微弱な磁気異方性物質を利用 広い対象物質  
立方晶以外全て有効

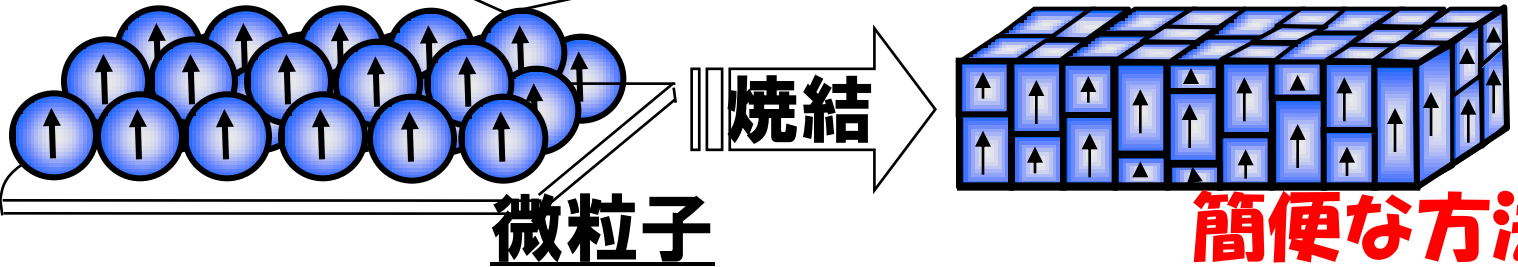
非接触：球状微粒子の配向 従来プロセスが使用可能！

自由度の高い微構造設計，低コスト

高磁場成形法

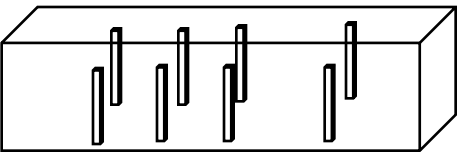
配向方向に選択性

緻密化

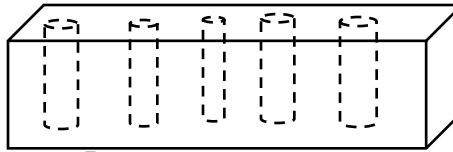


他分野への応用が可能

ファイラー



気孔



# 想定される用途

---

対象：結晶，ファイラー，繊維etc

## ※期待される特性とその応用範囲

熱伝導性：結晶、ファイラーによる熱伝導	放熱基板
電気伝導性：電子伝導の異方性	熱電材料
イオン伝導性：層状構造	電池固体電解質
透明体：屈折率異方性	光学デバイス
ガス透過性：微小気孔配列	フィルタ
吸着性：結晶表面の異方性利用	触媒



# 想定される業界

---

## 電子デバイス産業

強誘電体、圧電体、放熱性基板、フィルム

## 電池産業

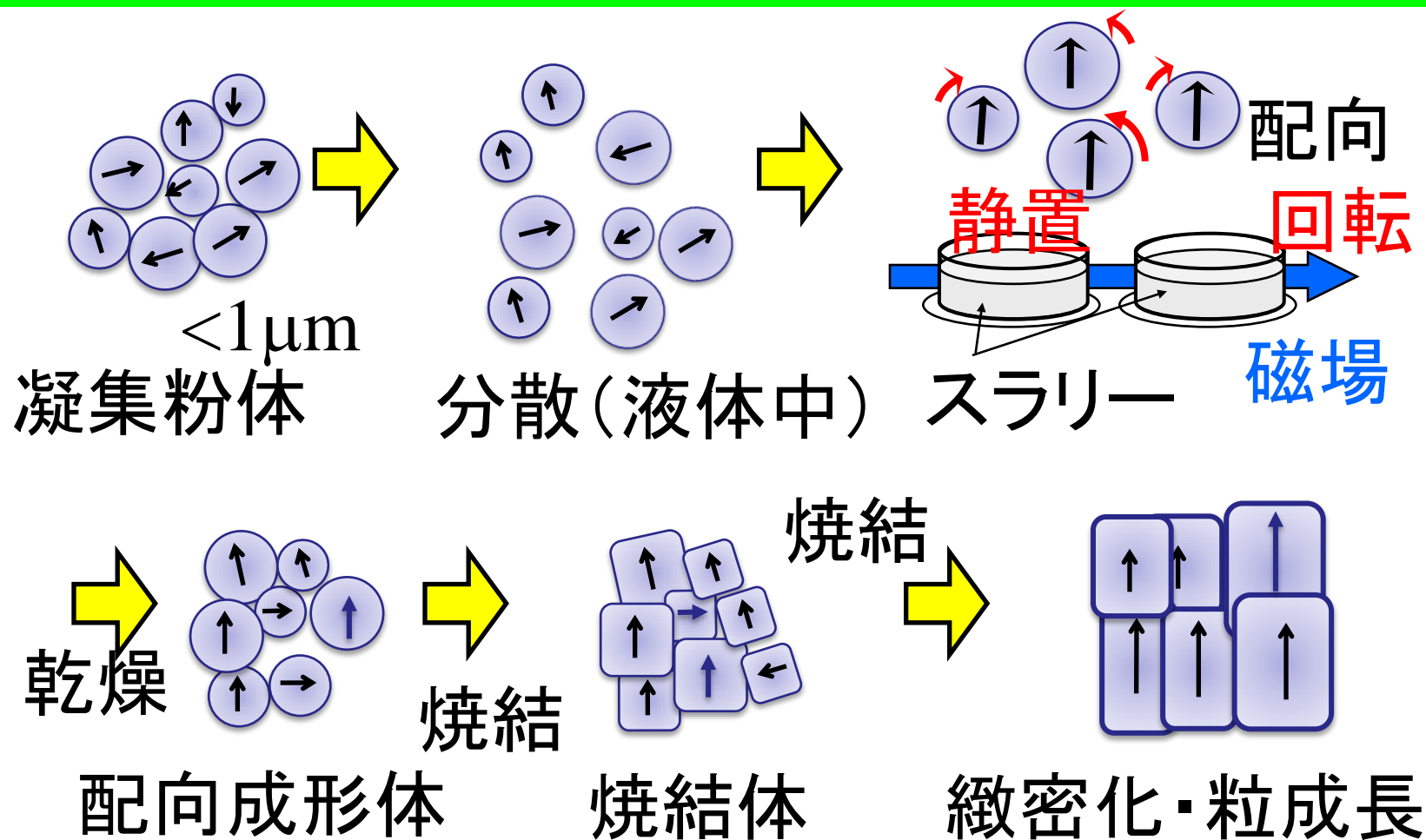
固体電解質

研究所レベルでの高性能化、効率化

## 市場規模

例) 圧電アクチュエータ関連 (1兆円<)

# 現在の課題



生産性	低磁場化プロセス化
高性能化	微粒子分散＋焼結技術

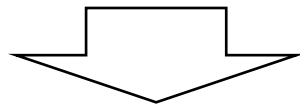
# 企業への期待

---

配向技術の用途拡大  
共同開発研究展開をお願いします！

生産性向上に関する取組継続中

スラリー粒子分散向上： 5テスラ 成形時配向 50%可  
焼結による高配向化： 成形時配向度20% → 焼結時90%



成形＋焼結による低磁場高配向化は可能

# 本技術に関する知的財産権

- ① 発明の名称 : 精密配向多結晶六方晶酸化亜鉛焼結体の製造方法
- 出願番号 : 特許4378535
- 出願人 : 長岡技術科学大学
- 発明者 : 田中諭, 植松敬三, 加藤善二 他
- ② ・ 発明の名称 : セラミックス凝集体の粉碎方法及びセラミックス凝集体の粉碎装置
- ・ 出願番号 : 特願2007-30355
- ・ 出願人 : 長岡技術科学大学
- ・ 発明者 : 田中諭, 植松敬三, 加藤善二, 富田祐輔