

高性能・低コストの フェライト磁歪材料

大阪大学 大学院工学研究科
准教授 藤枝 俊

2023年2月2日

自己紹介

略歴:

2004年 東北大学 大学院工学研究科 修了
博士(工学)取得

2009年 東北大学 多元物質科学研究所 助教

2018年 大阪大学 大学院工学研究科 准教授

専門:

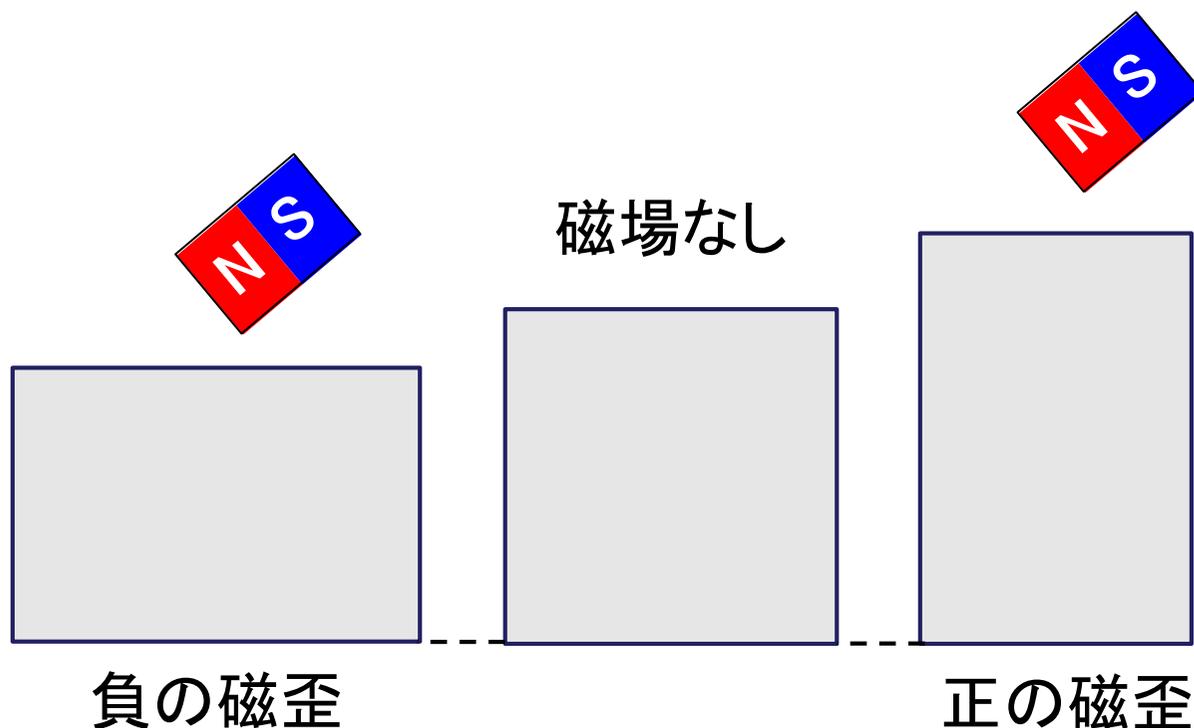
バルクおよび微粒子の磁性・磁性材料・磁気応用

発表内容

1. 材料開発の背景
磁歪材料や従来材料について
2. 新材料の紹介
新材料の特徴や従来材料との比較
3. 用途・課題・期待など

磁歪材料とは

磁場印加により寸法が変化(歪みが発生)



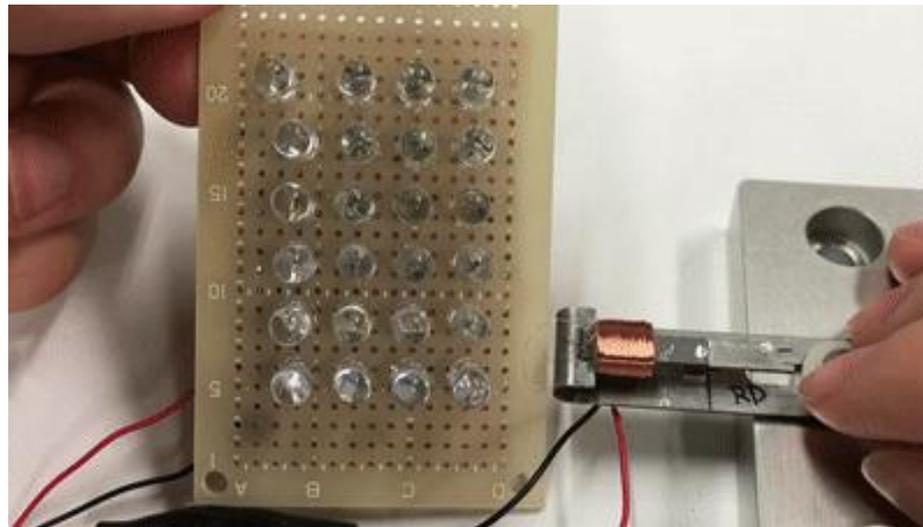
FeとNiの飽和磁歪 λ_s

物質	λ_s (ppm) ¹⁾
Fe	-7
Ni	-34

1) R. C. O'Handley, Modern Magnetic Materials (2000).

磁歪材料の用途

振動子、アクチュエータ、センサが主な応用技術
振動発電エナジーハーベスティングなど新しい
応用技術の開発が活発化



磁歪材料を用いた振動発電

従来材料

Terfenol-DとGalfenolが主な従来(市販)材料

Terfenol-DとGalfenolの特性・特徴¹⁾

材料	物質	歪み量 (ppm)	結晶配向 制御	後処理
Terfenol-D	Tb-Dy-Fe化合物	800-1200	あり	---
Galfenol	Fe-Ga合金	200-250	あり	応力熱処理

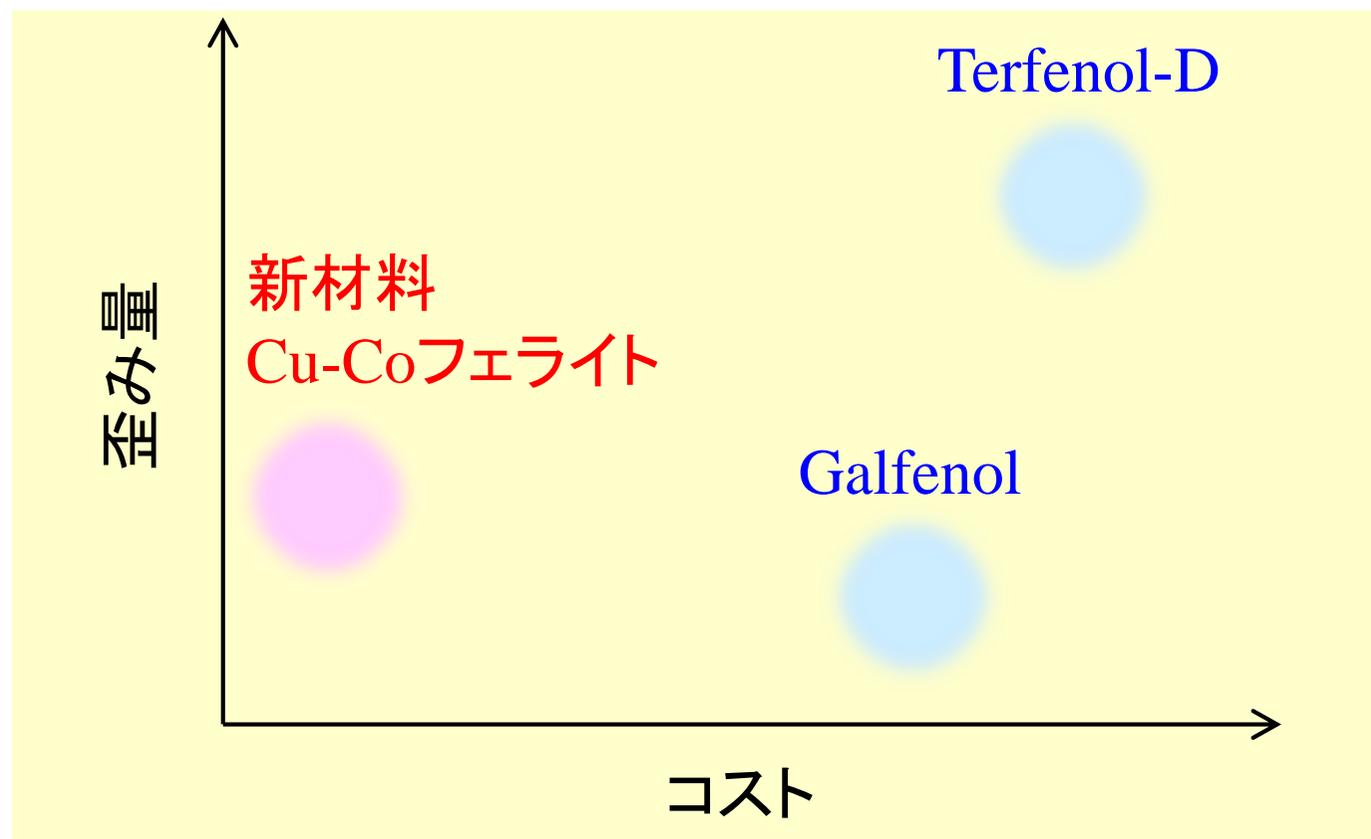
1) Tdvibホームページ (<http://tdvib.com/>).

- ✓ Terfenol-Dは大きな歪み量を示す
- ✓ Galfenolは機械特性に優れる

高性能・低コストの磁歪材料の開発が課題

新材料Cu-Coフェライト

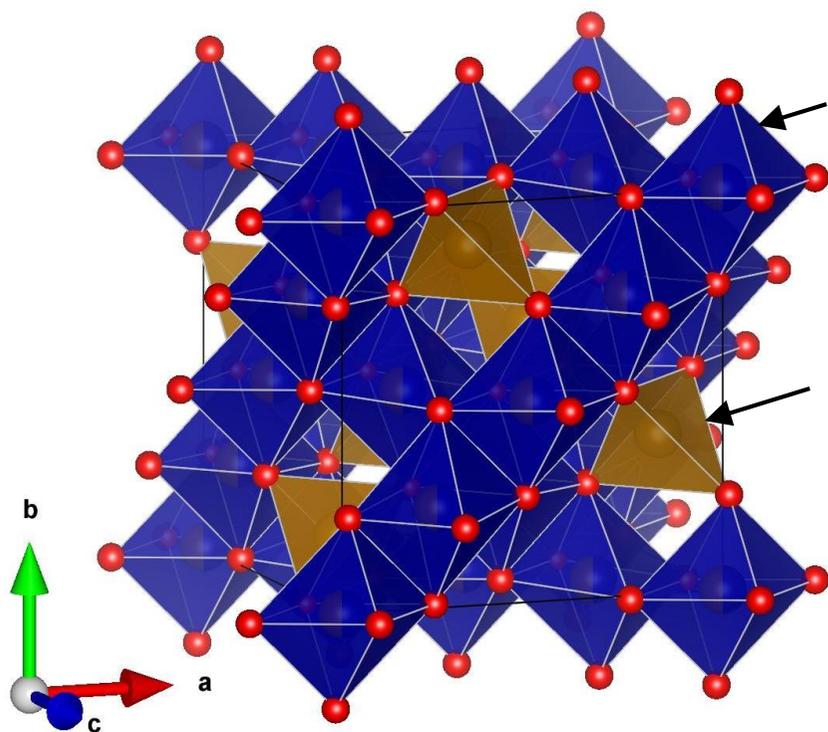
高性能・低コストの磁歪材料を開発



コストと歪み量の関係の概念図

Coフェライトとは

立方晶スピネル構造 CoFe_2O_4



八面体サイト
 Co^{2+} Fe^{3+}

四面体サイト
 Fe^{3+}

✓ 3価のFeと2価のCoの
酸化物

✓ マグネタイト(Fe_3O_4)と
同じ結晶構造

Coフェライトの結晶構造

Coフェライトの磁歪特性

種々の物質の100方向の磁歪定数 λ_{100} 、111方向の磁歪定数 λ_{111} と飽和磁歪 λ_s

物質	λ_{100} ($\times 10^{-6}$)	λ_{111} ($\times 10^{-6}$)	λ_s ($\times 10^{-6}$)
$\text{Co}_{0.8}\text{Fe}_{2.2}\text{O}_4$ ¹⁾	-590	120	-164
Fe_3O_4 ¹⁾	-19	81	41
$\text{Tb}_{0.7}\text{Dy}_{0.3}\text{Fe}_2$ ²⁾ (Terfenol-D)	----	1620	----
$\text{Fe}_{0.82}\text{Ga}_{0.18}$ ³⁾ (Galfenol)	263	28	121

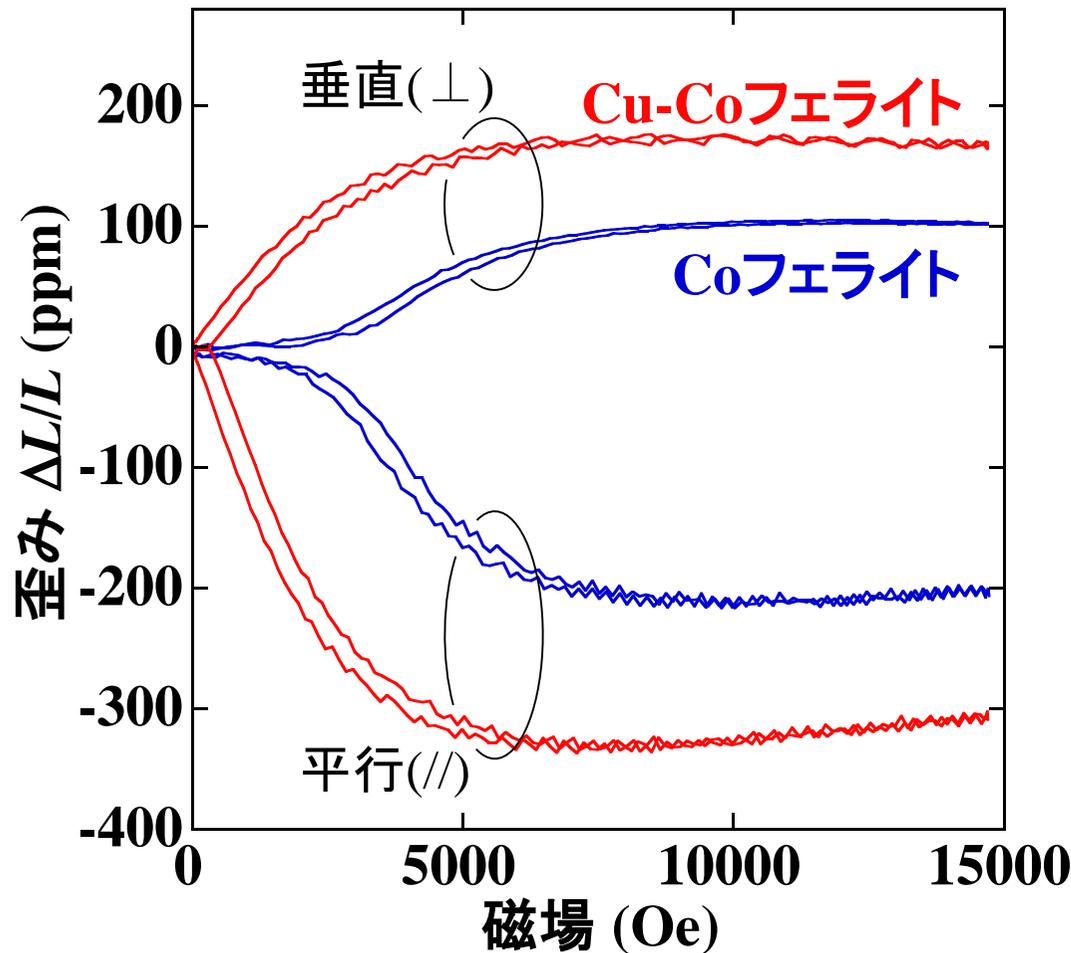
1) R. M. Bozorth et al., Phys. Rev. 99 (1955) 1788.

2) A. E. Clark, Hand book of Magnetic Materials vol.1 (1980).

3) A. E Clark et al., IEEE Trans. Magn. 36 (2000) 3238.

Coフェライトは磁歪材料として高いポテンシャル

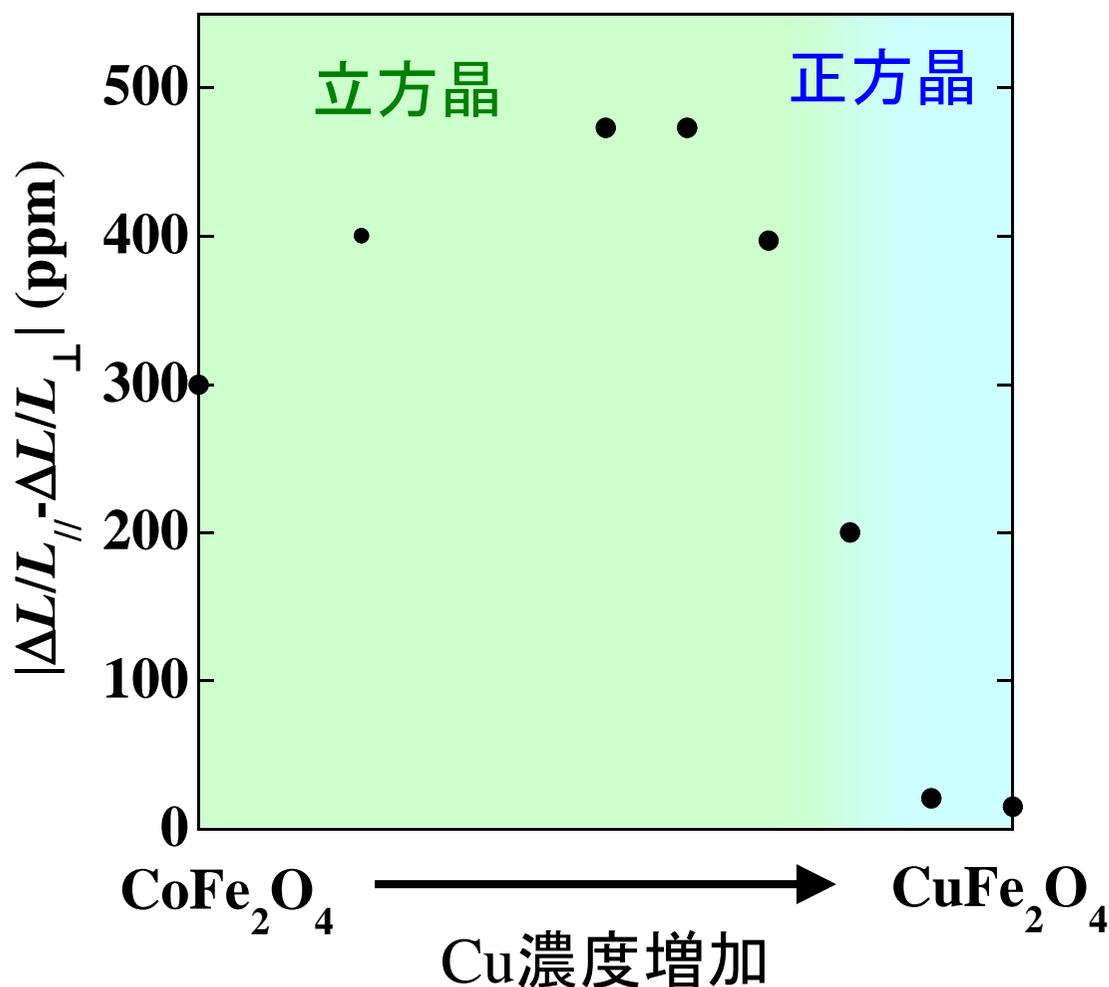
Cu-Coフェライトの磁歪特性



Cu添加で磁歪特性
向上

- ✓ 負の磁歪
- ✓ 歪み量の向上
- ✓ 歪みの磁場感受率向上

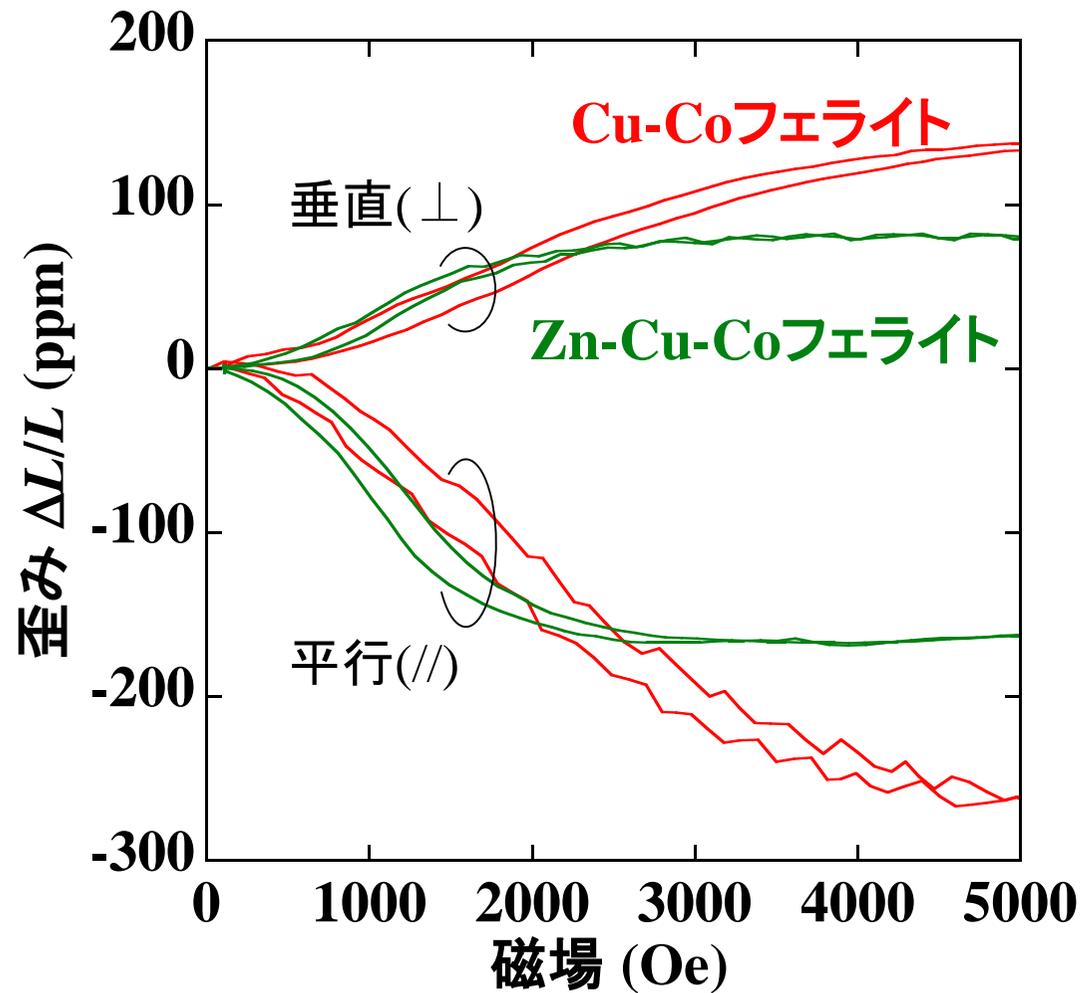
Cu濃度と磁歪特性の関係



最適濃度で約50%の
歪み量増大

- ✓ Cu低濃度では立方晶
- ✓ Cu高濃度では正方晶
- ✓ 立方晶で大きな歪み量

Zn添加による特性向上



Zn添加で低印加
磁場での特性向上

- ✓ 歪み量の最大値は減少
- ✓ 歪みの磁場感受率向上

新材料と従来材料の比較

Cu-Coフェライト、Terfenol-DとGalfenolの特性・特徴の比較

材料		歪み量 (ppm)	物質	結晶配向 制御	後処理
Cu-Coフェライト (新材料)	○	320 ($ \Delta L/L_{//} $) 470 ($ \Delta L/L_{//} - \Delta L/L_{\perp} $)	酸化物	なし	なし
Terfenol-D	◎	800-1200	金属	あり	---
Galfenol	△	200-250	金属	あり	応力熱処理

- ✓ 希土類元素なし、結晶配向制御・後処理なしで、Galfenolを凌駕する歪み量
- ✓ 負の磁歪を示すことや酸化物であることも特徴

新材料のまとめ

- **高性能**

⇒ Galfenolを凌駕する歪み量

⇒ さらなる特性向上の可能性あり

- **低コストが期待**

⇒ 原料コスト・製造コストの両面で優位性

- **その他の特徴**

⇒ 負の磁歪、酸化物

想定される用途

- 既存応用技術の高性能化・低コスト化に向けた従来材料の代替
- 磁歪材料のコストが障害となっている応用技術
- 負の磁歪を示すことや酸化物であることなど新材料の特徴を活用した新たな応用技術

実用化に向けた課題

- 応用技術の明確化
⇒ 振動発電エナジーハーベスティングへの応用の可能性は検討中
- 特性向上および特性制御の基盤となる、磁歪の発現機構の解明
- 製造プロセスの最適化

企業への期待

本新材料の社会実装の可能性の検討・検証へのご協力をお願いします。

- ✓ 磁歪材料を応用している(していた)企業との材料特性に関する意見交換や実装試験
- ✓ 磁性材料や酸化物材料を製造している(していた)企業との製造プロセスに関する意見交換や材料試作

応用・製造実績がなくても、ご相談を歓迎します。

本材料に関する知的財産権

- 発明の名称 : 磁歪材料及びそれを含む素子
- 出願番号 : 特願2022-052449
- 出願人 : 大阪大学
- 発明者 : 藤枝 俊、中川 貴、久松美佑

お問い合わせ先

大阪大学

共創機構 イノベーション戦略部門 知的財産室

T E L 06-6879-4861

e-mail tenjikai@uic.Osaka-u.ac.jp