

# 理工系

## 階層的な不均一構造をもつ誘電体 —巨大圧電応答の解明に向けて—

大阪府立大学 大学院工学研究科 教授  
森 茂生



### 【研究の背景】

圧電材料とは機械的エネルギーと電氣的エネルギーを相互変換する素子であり、アクチュエータ、超音波モータやセンサーなどに広く用いられています。現在、圧電材料としては、リラクサー誘電体 $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$  (PMN) や多重相境界領域 (MPB) をもつ $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$  (PZT) や $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ - $\text{PbTiO}_3$  (PMN-PT) をはじめとする鉛系強誘電体が用いられています。しかしながら、環境問題への取り組みのため、鉛を含まない非鉛系圧電材料の開発が望まれています。そこで私たちは、非鉛系圧電材料の開発指針を得るために、巨大圧電応答を示す鉛系強誘電体における階層的な不均一構造に着目し、巨大圧電応答のメカニズム解明に向けて研究を行っています。

### 【研究の成果】

現在私たちは、ナノメートルスケールでの階層的な不均一構造を可視化するために、透過型電子顕微鏡 (TEM) を用いています。まず、PMNにおける微細構造解析を行い、リラクサー誘電体が本質的にナノサイズの強誘電体であり、極性ナノ分域 (PNR) と呼ばれるナノスケールでのドメイン構造の形成が、大きな誘電応答の起因であることを明らかにしました。(図1; Phys. Rev. Lett. 103, 207601 1-4 (2009))。また、PMN-PTについても、ナノスケールでの微細構造解析を行い、図2に示すようなナノスケールの階層的なドメイン構造が形成されていることを見出しまし

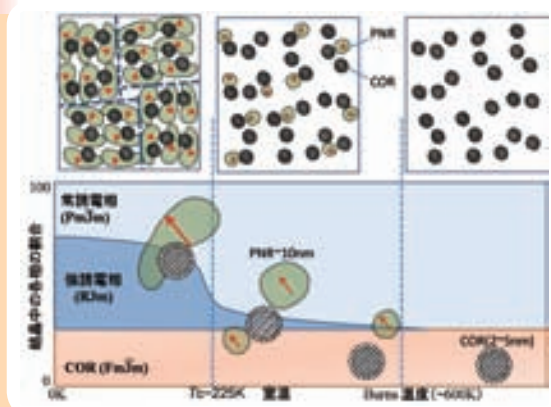
た。このような階層的なナノスケールでのドメイン構造は、電場などの外場に対して敏感に応答することから、PMN-PTなどの圧電材料において巨大圧電応答の起因であると考えられます。また、鉄を含む希土類酸化物 ( $\text{LuFe}_2\text{O}_4$ ) において、室温で鉄の3d電子の空間的な密度変調を伴う電子相関に起因した新しいタイプの強誘電体であることが明らかにし、電子相関に起因する強誘電性の発現機構の提案を行いました。(Nature 436, 1136-1138 (2005))

### 【今後の展望】

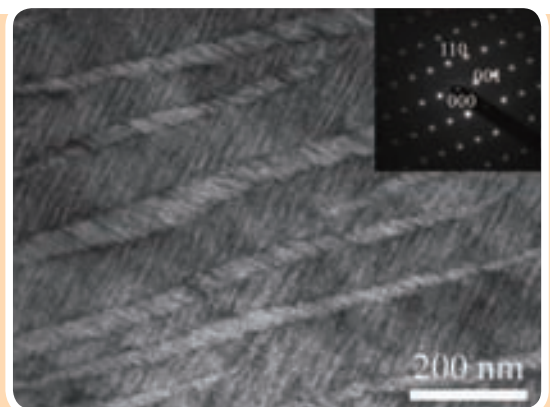
今後は、電子顕微鏡を用いた微細構造解析技術やその場観察技術と群論的手法に基づいた理論的考察を基軸にして、誘電性、磁性および電気伝導性を示す機能性材料の物性発現のメカニズムに関する基礎的研究を行い、新しい機能性酸化物の物性開拓に取り組んでいきます。

### 【関連する科研費】

平成16-18年度 基盤研究(B)「酸化物誘電体における電気磁気多重極子の相関現象」  
平成19-23年度 特定領域研究 計画研究「フラストレーションとリラクサー」(研究分担者)  
研究代表者: 大和田 謙二 (日本原子力研究開発機構)  
平成20-22年度 基盤研究(B)「磁気・誘電リラクサーの創製と機能開拓」



▲図1 リラクサー誘電体PMNの構造変化の模式図



▲図2 PMN-32%PTにおける単斜晶相での階層的なドメイン構造