

AIN球状ナノ構造複合粒子の全固体変圧器用絶縁材料への適用

背景

我が国の重要科学技術分野の4本柱の一つに「ナノテクノロジー・材料」が挙げられている*¹。当所においてもナノ粒子単体、球状のミクロン粒子の表面にナノ粒子を付着させた複合粒子（以下、複合粒子と呼ぶ）の創製技術の開発に取り組んできた*²。一方、当所では環境性や防災性に優れた全固体変圧器の絶縁材料として、熱伝導率が高い窒化アルミニウム（AIN）粒子を充填した高熱伝導エポキシ樹脂を提案している*³。

目的

AIN複合粒子を充填したエポキシ樹脂の全固体変圧器用絶縁材料への適用性を明らかにするために、その熱伝導率および交流絶縁破壊強度を評価する。

主な成果

AIN純度が高く、円形度の高い*⁴複合粒子をエポキシ樹脂に充填し、その熱伝導率および交流絶縁破壊強度をそれぞれ常温で計測し、以下の結果を得た。

1. 複合粒子を充填したエポキシ樹脂

複合粒子をエポキシ樹脂に充填した結果、ミクロン粒子どうしの間にナノ粒子が分散している様子が観察された（図1）。これにより、エポキシ樹脂に40vol.%まで充填でき、同形状を持つ市販の球状粒子に比べて高充填を実現できた。

2. 全固体変圧器用絶縁材料への適用性

全固体変圧器用絶縁材料に必要とされる高温での熱伝導率と交流絶縁破壊強度の計算結果（図2の実線）に、常温における熱伝導率および交流絶縁破壊強度から推定した高温での値を併せて示す。複合粒子充填材料および参照用に実施した破碎粒子充填材料は全固体変圧器設計可能領域に含まれており、さらに破碎粒子充填材料に比べて複合粒子充填材料は高い設計裕度を確保できることを明らかにした*⁵。

以上より、複合粒子を充填したエポキシ樹脂は、全固体変圧器を実現するための有望な絶縁材料であることを明らかにした。

今後の展開

複合粒子を充填したエポキシ樹脂の成型性を向上するための粒子条件を明らかにする。

主担当者 電力技術研究所 高エネルギー領域 上席研究員 岩田 幹正

関連報告書 「全固体変圧器の要素技術の開発（その4）」電力中央研究所報告：H05008（2006年3月）

*1：第2期科学技術基本計画（2001年3月閣議決定）、第3期科学技術基本計画（2006年3月閣議決定）

*2：電力中央研究所報告：W02012（2003年7月）、W02022（2003年4月）、W03031（2004年7月）

*3：電力中央研究所報告：W01024（2002年4月）、W02024（2003年4月）

*4：熱伝導率を高くするためにAIN純度が99%以上と高く、絶縁破壊強度を高くするためにミクロン粒子の円形度が0.9程度と高い複合粒子を創製した。（プラズマ中の原材料の滞留時間：2.5ms、反応・急冷ガス流量：20L/min）

*5：「絶縁材用樹脂組成物およびその製造方法」、特願2006-81378号

4. 電力流通／流通設備の次世代技術の開発

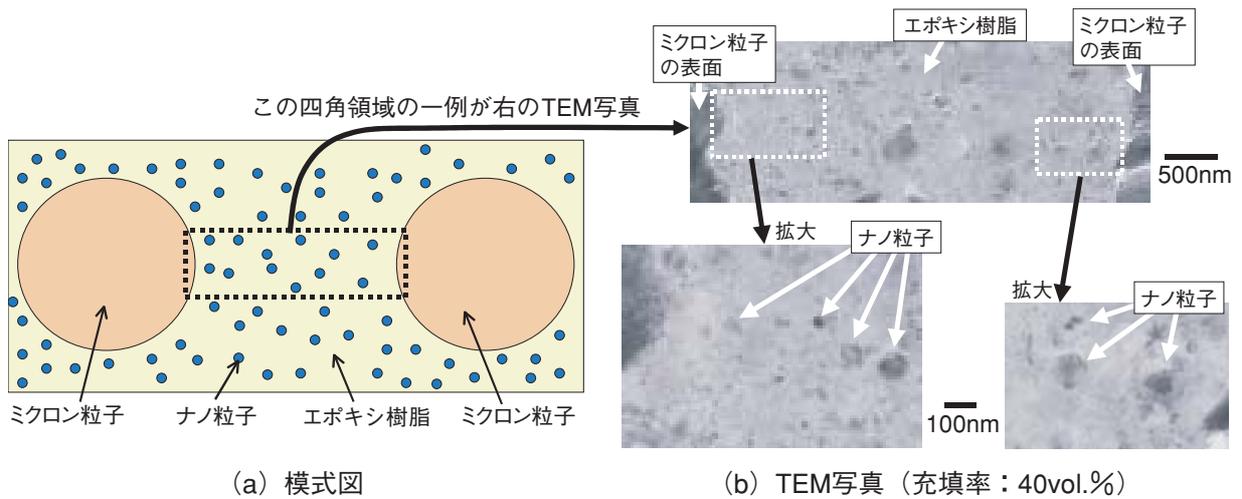
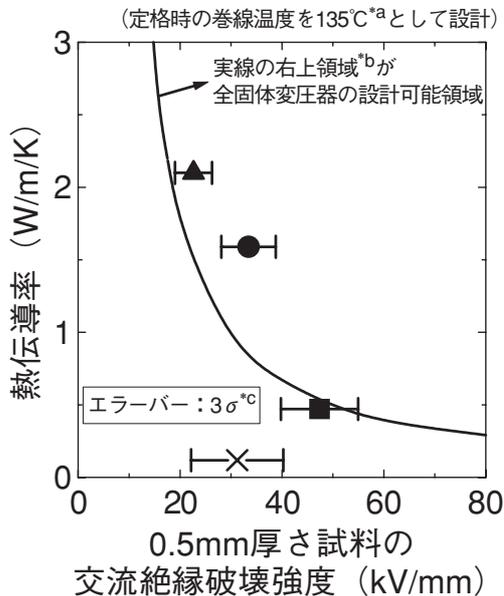


図1 複合粒子を充填したエポキシ樹脂の模式図およびTEM写真

エポキシ樹脂の中の複合粒子（ミクロン粒子の表面にナノ粒子が付着した粒子）は、ミクロン粒子とナノ粒子に分離・分散した。



プロット点 (×、▲、■、●) は135℃における推定値

		エポキシ樹脂への充填粒子		注
		種類	充填率 (vol.%)	
×	無(エポキシ単体)		0	*d
▲	破碎粒子(市販品)		42.5	
■	球状粒子(市販品)		35	*c
●	複合粒子		40	*c

注^a：耐熱クラスFの巻線平均温度

*b：275/66kV、300MVAの全固体変圧器を設計できる領域の計算結果（電力中央研究所報告W02024）

*c：破碎粒子を充填したエポキシ樹脂の交流絶縁破壊強度の温度依存性を基にして、常温における値から推定した値

*d：電力中央研究所報告W02024のデータ

図2 全固体変圧器用絶縁材料に必要とされる熱伝導率と交流絶縁破壊強度の関係

複合粒子を充填したエポキシ樹脂は、熱伝導率と交流絶縁破壊強度の良いバランスを実現できるため、全固体変圧器の設計裕度を高くできる有望な材料である。