

アークプラズマによる窒化アルミニウム超微粒子の創製



背景

当所では、環境性や防災性の観点から固体の電気絶縁材料を利用した全固体変電所の開発を進めています。この電気絶縁材料の開発に向けて、熱伝導性に優れた窒化アルミニウム(AIN)粒子を有機絶縁材料に高充填することが考えられます。ミクロンオーダーの粒子に100nm以下の超微粒子を添加することによりその実現が期待できますが、超微粒子は高価です。

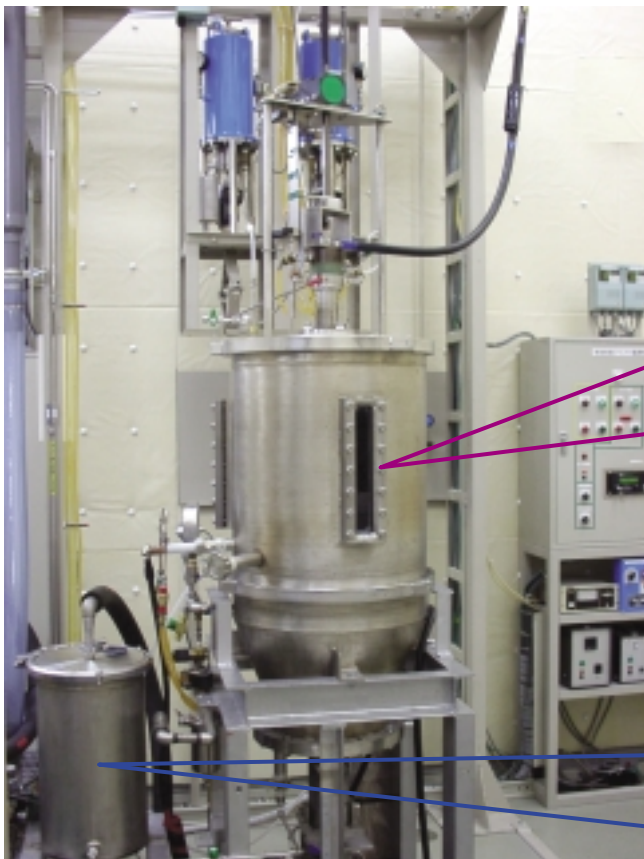
そこで、超微粒子の低コストな大量創製法として、大容量化が容易なアークプラズマを用いた気相からの粒子合成プロセスに着目し、高純度のAIN超微粒子の創製条件、原材料アルミニウム(AI)粒子の大量蒸発が期待できるプラズマへの注入条件について検討しています。

これまでの研究と主な成果

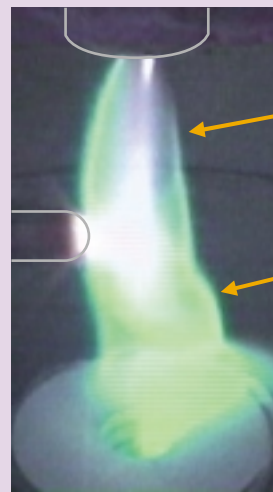
超微粒子合成実験装置(写真1)を使って、アークプラズマにAI粒子(20 μ m)を注入し(写真2)、平均粒径30nmでAIN純度が99%以上の高い超微粒子を創製しました(写真3)。また、数値解析および実験により、原材料AI粒子が大量蒸発するようなプラズマへの注入条件(位置、角度、搬送ガス流量)を明らかにしました。

今後

基礎実験装置を用いて、現在、AIN超微粒子を大量創製する研究、また有機絶縁材料に充填することを考慮して、高分散状態のAIN超微粒子を創生する研究に取り組んでいます。



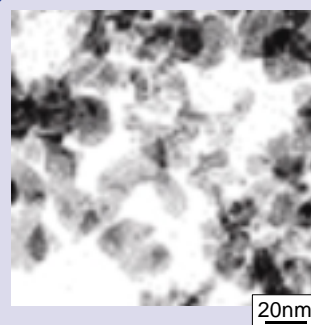
超微粒子合成実験装置(写真1)
最大300mmまでの長いアークプラズマを発生でき、また反応ガス種も変えられるので、各種の超微粒子の創製実験が可能です。



アークプラズマ
AI蒸発

実験状況(写真2)

プラズマ中でAI粒子を蒸発させた後、下流域でアンモニア(NH₃)ガスを吹付けてAIN超微粒子を創製。さらに、この超微粒子をエタノールに通過させることにより99%以上に高純度化。



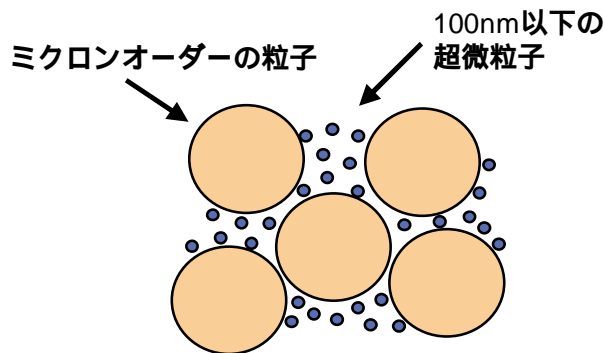
創製した超微粒子(写真3)

粒径が20~30nm程度、AIN純度が99%以上の超微粒子を創製。

材料名	有機材料	無機材料		
	エポキシ	SiO ₂	Al ₂ O ₃	AlN
熱伝導率 [W/m/K]	0.2	1~5	5~10	100~200

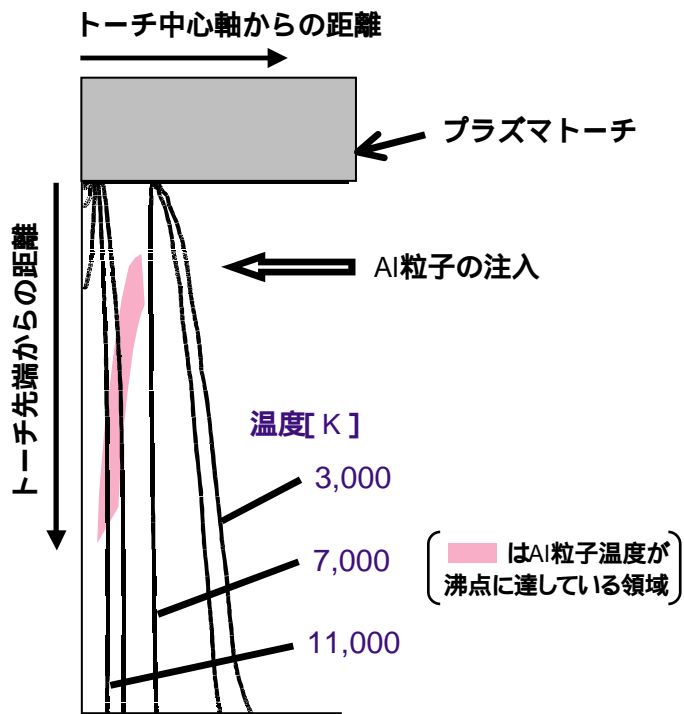
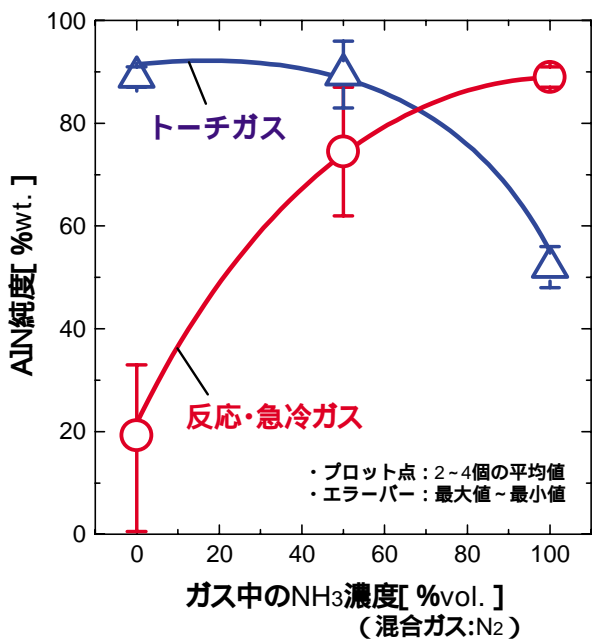
電気絶縁材料の熱伝導率

現在、放熱性が必要とされる電力機器の固体絶縁材料としては、エポキシにSiO₂(シリカ)やAl₂O₃(アルミナ)の微粒子が充填されたものが使用されています。当所が開発を進めている全固体変電所で使用される機器は、大容量であるため、固体絶縁材料にはさらに高い放熱性が要求されます。このため、エポキシ充填材料として、AlNを用いる研究を進めています。



粒子高充填のイメージ図

熱伝導率を高くするには、大きい粒子と小さい粒子をブレンドして、エポキシへの粒子の充填率を高める必要があります。市販のAlN粒子は数μm(ミクロン)であり、これよりも小さい100nm以下の超微粒子を用いる必要があります。



高純度のAlN超微粒子の創製条件

化学反応平衡計算を行うとともに、プラズマを発生させる「トーチガス」、プラズマ下流部でAl蒸気に吹付ける「反応・急冷ガス」のガス種を変化させた実験を行いました。その結果、トーチガスとしてN₂(窒素) 反応・急冷ガスとしてNH₃(アンモニア)を利用することにより、AlN純度90%の高い超微粒子を創製できました(残りの10%は未反応のAl)。

また、この得られた超微粒子をAlと反応するエタノールに通わせることにより、未反応Alを除去でき、AlN純度を99%以上に高くできました。(特願2003-170928)

選定条件におけるAl粒子の蒸発挙動の数値解析結果

数値解析によりプラズマ内の温度分布や流速分布などを計算しプラズマ中のAl粒子の蒸発挙動を求め、その蒸発挙動および注入位置の温度の観点から、注入位置、注入角度、搬送ガス流量を選定しました。

また、この選定条件でAl粒子注入実験を行った結果、Al蒸発領域が数値解析結果とほぼ一致し、計算結果の妥当性が確認できました。