

ナノ粒子分散ナトリウムによる高速炉の安全性向上に関する研究

(21) ナノ流体製造技術開発 (その2)

Study on safety enhancement of the fast reactor by using nanoparticle suspension

(21) Development of Nanoparticle Fabrication technology (No.2)

*福永 浩一¹, 永井 正彦¹, 北村 剛¹, 荒 邦章², 斉藤 淳一², 永井 桂一²

¹三菱重工, ²原子力機構

ナノ粒子のナトリウム中への分散性向上を目的に、ナノ粒子サイズの制御、ナノ粒子形状制御による凝集状態の制御、ナノ粒子表面への金属修飾によるナトリウムと粒子との界面に着目したナノ粒子製造技術の開発を行った。

キーワード: ナノ粒子 1, ナトリウム 2, ナノ流体 3, 製造技術 4, 分散 5

1. 緒言

ナノ粒子がナトリウム中で高い化学的活性度抑制効果を発現するには、粒子表面が清浄且つ粒子径が小さい必要があるが、微粒化によって表面積も大きくなるため凝集力が増加し分散が困難となる。加えてナトリウムは一般的な分散媒と比較し表面張力が大きく、また化学的活性が高いため一般的な分散剤等を用いた手法が適用できない。

そこで報告者らはナノ粒子製造技術として、湿式法などと比較して清浄な粒子が得られる気相蒸発法を用い、ナノ粒子凝集状態および表面状態に着目した、粒子サイズおよび粒子形状制御による凝集状態の改善およびナノ粒子界面への金属修飾処理技術を開発した。

2. 実験

2-1. ナノ粒子サイズ制御技術の開発

ナノ粒子サイズは粒子の凝集状態に大きく影響を及ぼす。そこで気相蒸発法におけるナノ粒子生成メカニズムに着目し^[1]、ナノ粒子核生成時の金属蒸気分圧と金属蒸気冷却速度による、ナノ粒子径制御技術を開発した。図 2.1 に金属蒸気分圧と TEM 観察結果より求めた生成粒子径の関係を示す。図のとおり金属蒸気分圧を制御することにより粒子径を制御可能となった。

2-2. ナノ粒子形状制御技術の開発

ナノ粒子の大きな比表面積を有効に活用するには、粒子が単一球で分散している状態が好ましい。しかしながら、数十ナノメートル以下のナノ粒子は凝集力が大きく製造以降の取り扱い過程で強固な二次、三次凝集体を形成してしまう。そこで立体障害による凝集防止効果を狙った鎖状粒子の実現に取り組んだ。具体的には、ナノ粒子製造時の核生成・成長段階に着目し、キャリアガスの流動状態にて成長中の核同士を衝突頻度を制御することで粒子を鎖状に成長させた。図 2.2 に試作した鎖状粒子の TEM 画像を示す。流動状態を能動的に変化させることで、複数の形状の粒子が製造できることを確認した。

2-3. ナノ粒子表面への金属修飾技術の開発

今回対象としているチタンはナトリウムとの原子間相互作用を持つものの、ナノサイズであるため濡れ性が悪く、分散が困難である。そこで、チタン表面にナトリウムに速やかに溶解する銀を被覆させることでナトリウムとナノ粒子との界面の改善を狙った粒子の製造技術を開発した。具体的にはチタンに銀を数 wt% 加えた原料を用い、蒸気分圧および融点の差に着目した製造技術を検討し、試作した粒子を TEM 観察したところ、微粒物質が表面に付着した数十ナノメートルの粒子を得ることができた。また得られた粒子の ICP 分析により、実際に銀が約 10wt% 確認されたことから、目的どおり粒子表面に銀を修飾することができたと考えられる。

3. 結論

ナノ粒子分散ナトリウムの製造技術として、金属蒸気分圧制御によるナノ粒子サイズの制御、ナノ粒子核生成時のキャリアガス流動状態制御によるナノ粒子形状制御および金属蒸気分圧と金属融点差を利用したナノ粒子表面への銀修飾技術にて、粒子の凝集状態およびナトリウムと形成される界面に着目したナノ粒子の製造技術を開発した。今後、試作した各種ナノ粒子のナトリウム中への分散試験を実施し、分散性向上効果を確認する。

本研究は、特別会計に関する法律（エネルギー対策特別会計）に基づく文部科学省からの受託事業として、日本原子力研究開発機構が実施した平成 26 年度「ナノ粒子分散ナトリウムによる高速炉の安全性向上技術の開発」の成果です。

参考文献

[1] 福永浩一、永井正彦、荒邦章、斉藤淳一、気相蒸発法を用いたシングルナノサイズ金属微粒子製造技術の開発、化学工学会 第 46 回秋季大会

*Koichi Fukunaga¹, Masahiko Nagai¹, Tsuyoshi Kitamura¹, Kuniaki Ara², Jun-ichi Saito² and Keiichi Nagai²

¹MHI, ²JAEA.

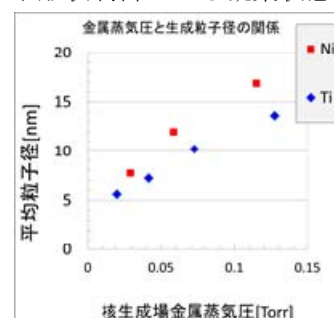


図 2.1 金属蒸気分圧と平均粒子径の関係

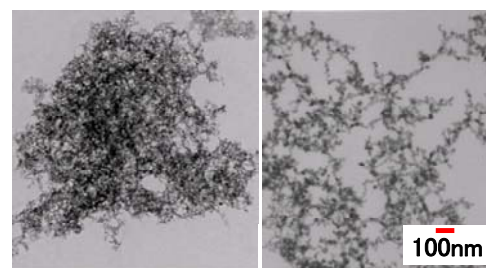


図 2.2 凝集粒子と鎖状粒子の TEM 観察写真