

## プラズマによる微粒子合成法の現状と課題

### Present Situations and Problems of Plasma Processing for Nanoparticle Synthesis

○渡辺 隆行 (九大工)

○Takayuki Watanabe (Kyushu Univ.)

E-mail: watanabe@chem-eng.kyushu-u.ac.jp

ナノ粒子はナノテクノロジーを支える基盤材料であることから、特に、その合成、評価・解析技術の開発に大きな関心と注目が集まっている。ナノ粒子は優れた新規な特性を発現させるだけでなく、これまで知られていたバルクの特性を大幅に向上させ、新素材としての応用範囲を拡大することができる。現在のナノ粒子合成に関する研究を新しい工業素材の創出へとつなげるには、高機能性を有するナノ粒子を高速かつ安価に製造する手法の開発が必要である。プラズマを用いるナノ粒子の製造法は、一段のプロセスで、安価でかつ大量にナノ粒子を製造できるという長所を有する。熱プラズマを用いるナノ粒子の合成方法が産業界に広く使われるためには、熱プラズマにおけるナノ粒子の生成機構の解明と、より制御されたプロセッシングの開発が必要である。

現状の熱プラズマによるナノ粒子合成は、要求される粒径や物性を持つナノ粒子を正確かつ大量に生産するにはまだ至っていない。プラズマ中でのナノ粒子の合成過程は Fig. 1 に示すように、均一核生成・不均一凝縮・粒子間凝集がミリ秒オーダーで同時に起こるので、その制御が困難であることが理由である。ナノ粒子の形状や組成を制御するには、その生成プロセスを解明することが必要であるが、高温の熱プラズマ流の中で、短時間で完了してしまう蒸発過程や粒子成長過程を直接計測することは困難である。制御パラメータも多く、実験を繰り返して行うためには高いコストを要することになる。そのためにプロセス全体に対する物理モデルを導入し、数値解析を用いた理論的アプローチが非常に有効な手段となる。分子動力学に基づいた数値計算も行われているが、現在のコンピュータ性能の限界からナノ粒子群全体の成長を取り扱うことは実質的に不可能である。そこで、ナノ粒子群は粒径と組成の両方を変数にもつ関数として定義できると考えるエアロゾル学に基づく理論的および数値的なアプローチが提案されている。

一方、熱プラズマ発生システムの開発も重要である。熱プラズマを発生する方法として、直流放電、交流放電、高周波放電が用いられてきた。従来の熱プラズマ発生システムに加え、最近ではパルス変調や任意波形変調を用いた高周波放電、12 相交流放電(Fig. 2)を用いた熱プラズマ発生システムが開発されており、プロセッシングの要求に応えるための熱プラズマ発生システムの研究が盛んである。また、従来はブラックボックスとして扱われてきた電極現象を *in situ* で観測する技術も開発されており、電極の変動現象や消耗機構の解明が進んでいる。

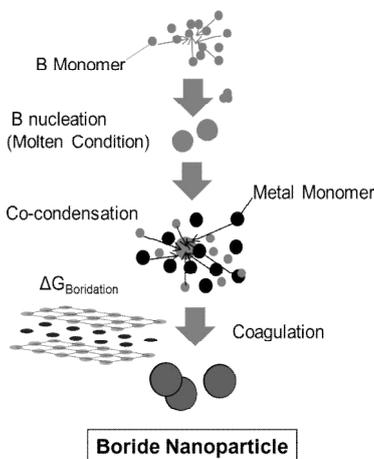


Fig. 1 Formation mechanism of boride nanoparticle.



Fig. 2 Multi-phase AC arc for nanoparticle synthesis