

氏名	藤本 望夢		
授与した学位	博士		
専攻分野の名称	工学		
学位授与番号	博甲第	6403号	
学位授与の日付	2021年 3月 25日		
学位授与の要件	自然科学研究科	産業創成工学専攻	
(学位規則第4条第1項該当)			
学位論文の題目	ナノ粒子生成を目的としたマイクロ流体デバイスを用いた液滴生成・急冷フローシステムに関する研究		
論文審査委員	教授 神田 岳文	教授 平田 健太郎	教授 五福 明夫
学位論文内容の要旨			
<p>微小粒径を持つナノ粒子は、バルク材料とは異なる物性や比表面積が大きいといった特徴から、様々な産業分野で利用されている。従来のバッチプロセスに替わるナノ製造の手法として、連続プロセスによる高品質なナノ粒子の生成は産業的に重要な課題である。</p> <p>本研究では、粒径の揃ったナノ粒子を連続したプロセスで生成・回収が可能なシステムの実現を目的とする。再結晶現象を利用した溶液の冷却により溶解度に差を生じる冷却晶析では、溶液の急冷により微小粒子が生成され、均一な粒子を得るために溶液内部の温度分布の均一な冷却が求められる。</p> <p>ナノ粒子の生成から回収までを連続したプロセスで実現するため、微小液滴を急冷するマイクロ流体デバイスを用いた液滴生成・急冷フローシステムを提案する。このシステムは2つのマイクロ流体デバイスから構成され、液滴生成デバイスで連続相中に液滴生成を行い、冷却デバイスにより液滴を急冷した後、生成した粒子の回収を行う。</p> <p>はじめに、超音波振動子と微小孔板を用いて生成した液滴を液体窒素により急冷するシステムを用いた粒子生成実験と拡散方程式および個数収支式を用いたモデルに基づく数値計算から、ナノ粒子生成に必要な冷却速度を算出し、デバイス設計を行った。</p> <p>続いて、液滴生成デバイスと急冷デバイスの試作・評価を行った。液滴生成デバイスでは熱伝導率の小さな連続相中に液滴生成を行い、液滴の温度が維持されることを実験的に示した。冷却デバイスは金属製のマイクロ流路プレートと冷却素子のペルチェ素子を積層した構造であり、急冷時の冷却温度の変更を実現した。</p> <p>試作したマイクロ流体デバイスを用いたナノ粒子生成実験を行った結果、生成される粒子の粒径が溶液濃度、液滴生成デバイスによる液滴径、冷却デバイスにおける冷却温度に依存することを確認した。また、粒子が析出する遅れ時間を考慮した急冷マイクロ流路の形状の改良により、粒子は微小化し、収率は向上した。</p> <p>以上の通り、本研究では微小液滴の生成と急冷によるナノ粒子生成手法を提案し、試作したマイクロ流体デバイスを用いることによって連続したプロセスでのナノ粒子製造が可能であることを示した。</p>			

論文審査結果の要旨

本研究は、粒径の揃ったナノ粒子を連続したプロセスで生成・回収が可能なシステムの実現を目的としている。ナノ粒子の生成から回収までを連続したプロセスで実現するため、再結晶現象を利用した冷却晶析に基づく、微小液滴を急冷するマイクロ流体デバイスを用いた液滴生成・急冷フローシステムを提案した。

はじめに、急冷による微小粒子生成の原理に基づいた超音波振動子と微小孔板を用いて生成した液滴を液体窒素により急冷するシステムの試作、拡散方程式および個数収支式を用いたモデルから、デバイス設計のためにナノ粒子生成に必要な冷却速度を算出した。

続いて、液滴生成デバイスと急冷デバイスの試作・評価を行った。液滴生成デバイスでは熱伝導率の小さな連続相中に液滴生成を行い、液滴の温度が維持されることを実験的に示した。金属製マイクロ流路プレートと冷却素子を積層した冷却デバイスでは、急冷時の冷却温度の変更を実現した。

試作したデバイスを用いたナノ粒子生成実験を行った結果、生成される粒子の粒径が溶液濃度、液滴生成デバイスによる液滴径、冷却デバイスにおける冷却温度に依存することを確認した。また、粒子が析出する遅れ時間を考慮した流路の形状の改良により、粒子は微小化し、収率は向上した。

以上の通り、本研究では微小液滴の生成と急冷によるナノ粒子生成手法を提案し、試作したマイクロ流体デバイスを用いることによって連続したプロセスでのナノ粒子製造が可能であることを示した。

本学位審査委員会は、学位論文の内容ならびに参考論文等を総合的に評価し、博士（工学）の学位に値するものと判断する。