SYSTEM INTEGRATION LABORATORY

超音波ナノエマルションデバイスを利用した急冷ナノ粒子生成システム

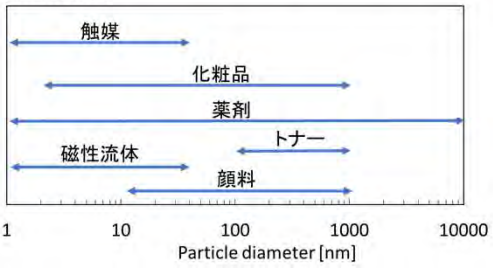
岡山大学 大学院環境生命自然科学研究科 システム構成学研究室

電子材料、医薬品、化粧品など、さまざまな分野で使用されている均一な粒径を持つナノ粒子を生成することを目的として、マイクロリアクター装置内で液滴を急冷し、再結晶現象によりナノ粒子を生成するシステムを構築した。微小な粒子径を得るためには、高い冷却速度を実現する必要がある。微小な液滴を冷却することによって冷却速度を高めるために、超音波振動によりナノ液滴を含むエマルションを生成し、マイクロ流路内で急冷することによって単分散状態のナノ粒子を得ることに成功した。

研究背景と目的

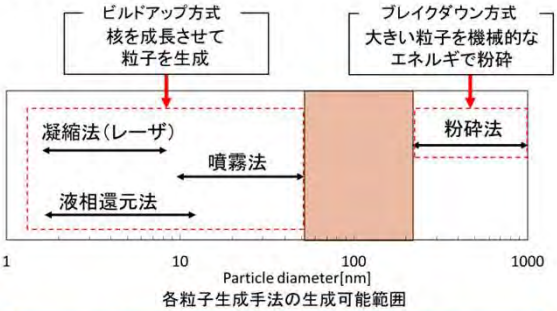
ナノ粒子
10^{-9}m（1nm：ナノメートル）の粒子径を持つ粒子

ナノ粒子の応用先[1]



[1]加藤晴久：「ナノ粒子粒径分布標準物質に関する調査研究」，産総研計量標準報告，No. 6，pp. 185–200, 2007

粒子生成技術



各粒子生成手法の生成可能範囲

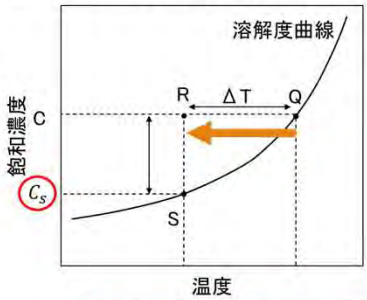
100nm付近のナノ粒子の生成が困難

◆研究目的
ナノ液滴急冷によるより小さいナノ粒子の生成を実現するシステムの構築と評価

粒子生成と微小化の原理

再結晶現象

温度による溶解度の差を利用した粒子生成[2]



初期粒子核径

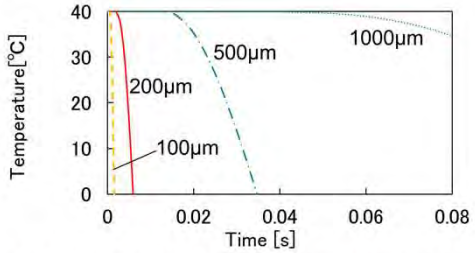
$$r_c = \frac{2\gamma\nu}{RT\ln\left(\frac{C}{C_s}\right)}$$

γ	表面エネルギー
ν	結晶のモル体積
R	気体定数
T	溶液温度
C	溶液濃度
C_s	飽和濃度

冷却速度増加 ➡ 核微小化 ➡ 粒子微小化

溶液急冷によるナノ粒子生成

微小液滴の急冷



液滴径の違いによる冷却時の温度変化[3]

単位体積あたりの比表面積増加 → 冷却速度増加

微小液滴を作ることが重要

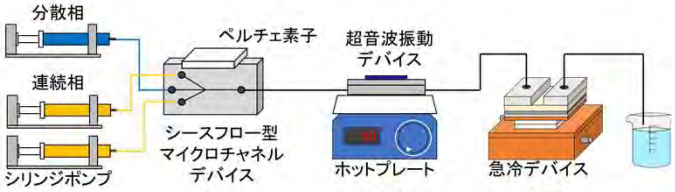
[2] 藤本望夢，神田岳文，阪田祐作，山田嘉昭，妹尾典久，中崎義晃，音山貴史，“2 液 3 相構造のマイクロ流路による微小液滴を用いた ナノ粒子生成システムの試作”，第 35 回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム，No.01pm1-PS-179 (2018).
[3] N. Fujimoto, T. Kanda, M. Katsuta, Y. Sakata, Y. Yamada, N. Seno, Y. Nakazaki, T. Otoyama, “Nanoparticles generation using monodisperse droplets by an ultrasonic transducer”, Electronics and Communication in Japan, Vol.103, Issue 7, pp.49-55 (2020) .

KEIRIN 競輪の補助

この資料は、競輪の補助により作成しました。
https://jka-cycle.jp

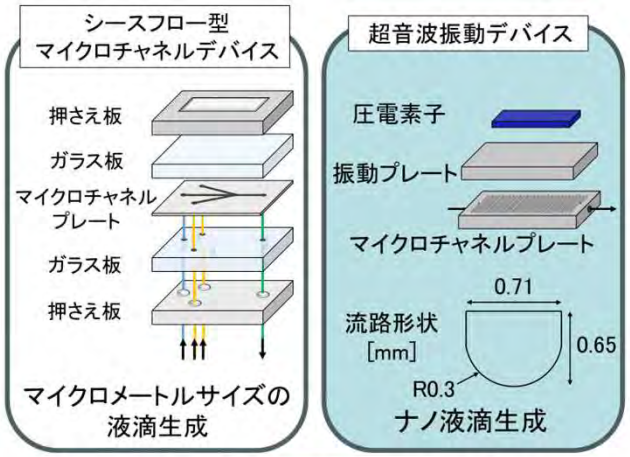
流量と液滴径の関係

ナノ粒子生成システム概要



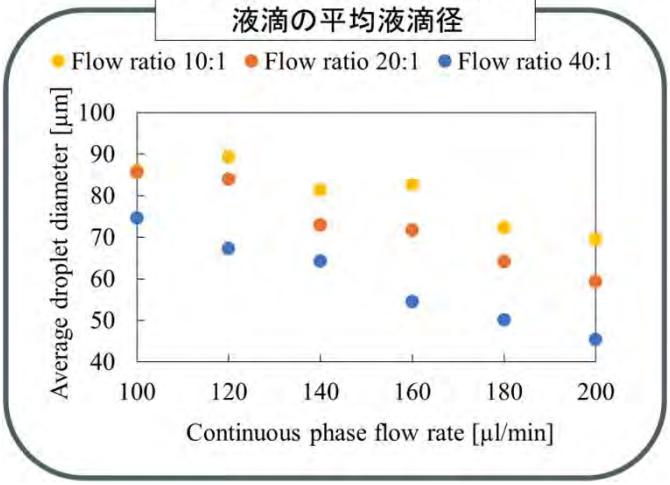
マイクロ流路内でナノ液滴を急冷

分散相：ミョウバン水溶液 + 凝集防止剤
連続相：シリコーンオイル(動粘度2 mm^2/s) + 界面活性剤

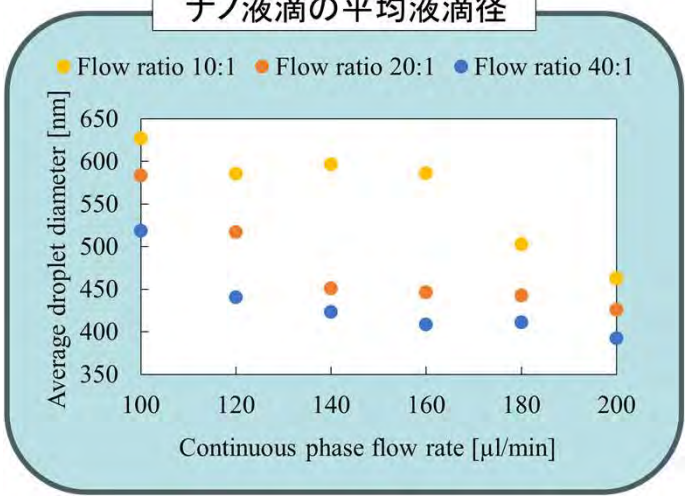


連続相流量と流量比が増加により
ナノ液滴が微小化

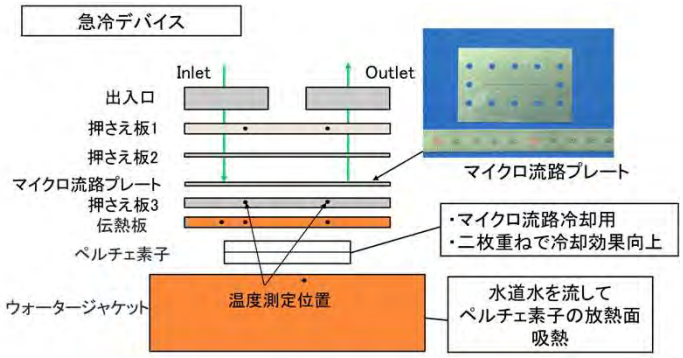
マイクロメートルサイズの液滴の平均液滴径



ナノ液滴の平均液滴径

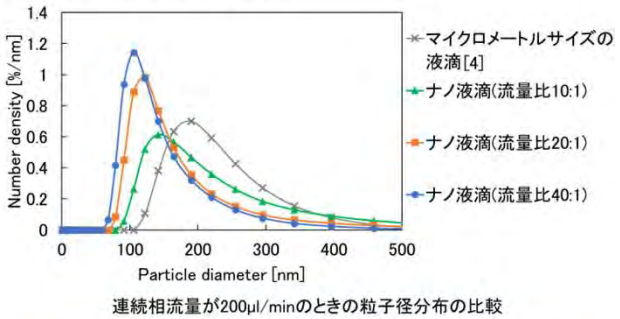


ナノ粒子生成実験



ナノ液滴急冷によるナノ粒子生成

粒子生成実験の結果



連続相流量が200μl/minのときの粒子径分布の比較

ナノ液滴の急冷により小さい粒子が多く生成

マイクロメートルサイズの液滴の急冷時[4]に比べてより径の小さいナノ粒子の生成に成功

[4] 岡本幸樹・河本尚樹・神田岳文・藤本望夢・脇元修一・山口大介・阪田祐作・妹尾典久・中崎義晃・音山貴文:「ナノ粒子生成を目的とするマイクロ流路を用いた液滴急冷デバイスの検討」, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2023, No.2A2-F11 (2023)

まとめ

- 再結晶現象を用いたナノ粒子生成において冷却速度を向上させるためにナノ液滴を生成して適用した。
- ナノ液滴を急冷することにより、マイクロメートルレベルの液滴の急冷時よりも微小な径をもつナノ粒子の生成に成功した。

連絡先

〒700-8530 岡山市北区津島中3-1-1 岡山大学大学院環境生命自然科学研究科 システム構成学研究室
TEL/FAX:086-251-8105 URL:http://www.act.sys.okayama-u.ac.jp