

公益財団法人 立松財団 御中

様式 2021A1,A2,B

2026 年 3 月 26 日

所属:名古屋大学

氏名:山本 徹也



## 2024 年度 助成

研究 **終了** 報告書

※ゴシック文字で記入下さい。

|              |  |
|--------------|--|
| 研究テーマ        | ナノ粒子を合成する充填層リアクターの開発   |
| 研究の結果        | <p>機能性材料として優れた性質を持つ高分子ナノ粒子の合成には界面活性剤を用いており、環境負荷が高い。溶液の流動を抑制し、衝突頻度低下を目的としてマイクロオーダーのガラスビーズ(GB)を充填させた反応器を用いて界面活性剤フリーで高分子ナノ粒子を調製した。GB サイズを小さくし溶媒と壁面の相互作用の影響が大きくなることで溶媒の流動性がさらに低下し、ナノ粒子が得られが収率が低下した。これは光重合のために照射している紫外線(UV)をGB が阻害している影響が大きくなったためだと考えられる。本研究ではUV が阻害される影響の少ない 150-250 <math>\mu\text{m}</math> の GB 表面を凹凸加工し GB 表面の物理的変化が収率や粒子径に与える影響を調査した。また充填層反応器を X 線 CT スキャンによってモデル化し、CFD 解析を行い充填層反応器内の流動と調製した粒子の平均径と収率との関連性について考察した。</p> <p>無加工でサイズが 150-250 <math>\mu\text{m}</math> の GB 並びにボールミルと紙やすりを用いて凹凸をつけた GB の 2 種類を用意した。6 mL のスクリュウ管瓶に 64 mM のスチレン、各 GB 充填層、2 mM の KPS 水溶液を下から順に投入した。反応器を暗室に移し UV ライトを照射し光重合を行った。その際、反応器下部を 40 <math>^{\circ}\text{C}</math> で加熱し、熱勾配による流動を生じさせた。SEM による合成した粒子の観察結果に基づいて平均粒子径を測定し熱重量分析を用いて収率を測定した。</p> <p>CFD 解析では GB を X 線 CT によりスキャンしたものに、無加工の GB の画像をさらに画像加工で表面をなめらかにした 3 種類用意した。それらを 150 <math>\mu\text{m}</math> <math>\times</math> 150 <math>\mu\text{m}</math> <math>\times</math> 100 <math>\mu\text{m}</math> の三次元空間でモデル化した。簡易化のために一方向への流れの状態と仮定して連続の式と Navier-Stokes 方程式を直接数値シミュレーションで解き平均流速を算出した。また原料モノマーと仮定した 1 nm の粒子を用いて、解析領域の入口から出口に到達した粒子の移動に要した時間を滞留時間とした。</p> <p>平均粒子径は凹凸加工の有無によらずナノサイズの粒子が得られた。また収率については凹凸加工があると 66.6%、無加工の場合は 47.7%となった。これらのことから、GB の凹凸加工により収率が向上することを実験的に明らかにした。</p> <p>モデル化した GB 充填層反応器の内部の流動について、GB 表面に凹凸があると低流速域の範囲が拡大していることが分かった。凹凸加工により流速は低下し、原料の滞留時間は増加する。これらの解析結果は凹凸加工により GB の表面積が増加し、表面に接する溶液分子数が増加し反応器内の流動が束縛されると考えられる。</p> <p>実験結果と解析結果より、150-250 <math>\mu\text{m}</math> の GB に凹凸加工を施すことで原料の滞留時間が増加し、また光重合に必要な UV が充填層反応器内に十分に照射されたことによって、収率が向上した。また凹凸加工によって平均流速が減少し、粒子同士の衝突頻度が低下することで、ナノサイズの粒子が合成されたと考えられる。</p> |
| 研究発表<br>(実績) | <p>伊藤陽祐、石神徹、碩 渉夢、神田英輝、山本徹也 化学工学会第 55 回秋季大会<br/>「ガラスビーズ充填した反応器内の流動の解析・評価」</p> <p>伊藤陽祐、石神徹、碩 渉夢、神田英輝、山本徹也 化学工学会八戸大会 2025<br/>「ナノ粒子を調製するための CFD 解析を用いた充填層反応器の設計」</p> <p>伊藤陽祐、石神徹、山本徹也 「ナノ粒子を合成するための流動解析を用いた充填層反応器内部構造の設計」粉体工学会誌, in press (2026)</p>  |

提出期限：研究期間終了後、すみやかに助成金の「必要経費使途明細書」「領収書」と合わせて提出下さい。  
年度をまたぐ場合は毎年3月末日までに、途中経過をご記入の上、報告願います。