

2023 年度年次報告書

複雑な流動・輸送現象の解明・予測・制御に向けた新しい流体科学

2022 年度採択研究代表者

山本 卓也

大阪公立大学 大学院工学研究科
准教授

ソノケモフルイデイクス論による化学流体場の予測

研究成果の概要

液体中に超音波を照射した際には音響キャビテーションが発生し、それに伴い化学反応が発生するが、超音波の出力や超音波の周波数を変化させると急激に反応速度が変化する。この液体中に超音波を照射した際に発生する複雑な化学、流体現象を理解し、化学反応と流体場を同時に制御するため、超音波化学流体現象を数値モデル化し、超音波処理時の反応速度を予測し、統合的に化学流体現象を制御する方法論を導き出すことを目的に研究を行った。

本年度は主に物質移動に着目したシミュレーション、超音波化学反応に関する実験を行った。物質移動に着目したシミュレーションでは、単一気泡における超音波周波数 20 kHz での物質移動特性の調査、超音波周波数を 20-160 kHz に変更した場合の物質移動特性と気泡の形状不安定性の調査、複数気泡存在する条件下における物質移動特性の調査と一般法則の導出を行った。また、超音波化学反応場の実験では、反応速度に及ぼす超音波出力、周波数の影響を調査した上で、その反応速度が大きく変化する条件でのルミノール反応を利用した反応領域可視化実験、ガス濃度の変化速度の計測、PIV 計測による流速の計測、気泡運動の直接観察を行った。

シミュレーション結果からは 20 kHz の超音波では音圧振幅が増加するにつれ area 効果と shell 効果と呼ばれる現象によって気泡運動が激しくなるにつれ物質移動が低下する。一方、周波数を増加させると、気泡膨張時に形成した濃度分布が履歴として残り、物質移動を向上させる hysteresis 効果と気泡圧縮時の物質移動の効果が顕著になることから、物質移動が向上することがわかった。また、集団気泡の条件では第二 Bjerknes 力によって気泡が並進運動することで物質移動が向上し、投影面積比によって現象を整理できることを示した。実験結果によると、急速に反応速度が停止した条件の付近では脱ガス速度も大幅に低下し、さらに、反応が停止した後に流体速度が大幅に向上する結果が得られた。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Yamamoto, T. Mass transfer of chemical specie in acoustic cavitation bubble, *Chemical Engineering Science*, 287 (2024) 119739.