

補助事業番号 2019M-155

補助事業名 2019年度 鉛直平行平板流路内気泡の非定常後流の解明 補助事業

補助事業者名 神戸大学大学院工学研究科機械工学専攻混相流工学研究室 栗本遼

1 研究の概要

水処理技術のひとつである膜分離活性汚泥法における曝気による膜洗浄の効率化のため、膜間を模擬した平行平板流路内を上昇する単一の気泡運動の把握を目的として研究を実施した。横幅1000 mm, 高さ1500 mm, 平板間隔を5-15 mmに変更できる実験装置を製作し、平板に対して垂直な方向から気泡速度や気泡形状のデータを取得した。膜洗浄効率化のためには気泡周囲の流動や流路の奥行き方向における気泡形状や重要であるが、実験による取得は流路の狭さから困難なため、数値計算を利用することとした。数値計算の妥当性確認のため、実験から得られた単一気泡の上昇速度および平板に対して垂直な方向の気泡形状を数値計算結果と比較し、良好な一致を得た。そこで、気泡径や平板間距離が気泡上昇速度・気泡形状・せん断応力分布・定常および非定常な気泡周囲流動に及ぼす影響を平板および奥行き方向から数値計算結果を基に議論した。

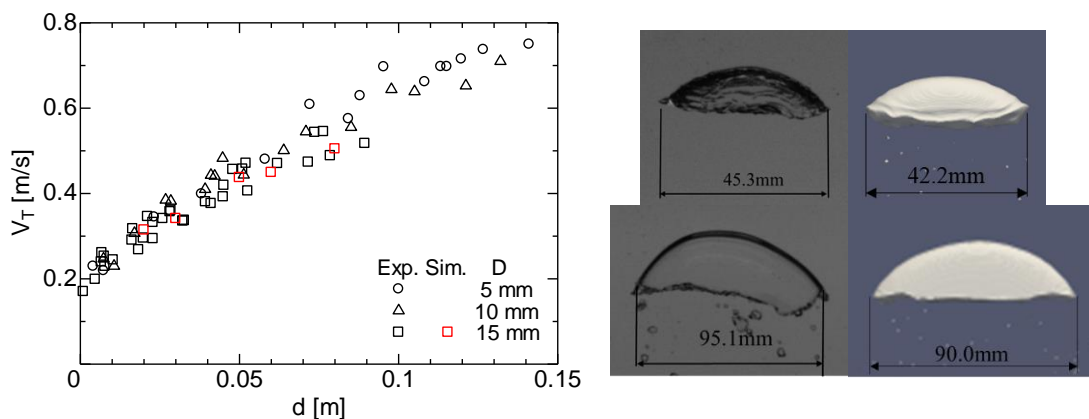
2 研究の目的と背景

SDGsの一つである水処理問題を解決する技術として、膜分離活性汚泥法が着目されている。膜分離活性汚泥法では多孔膜を通して固形物と浄水とを分離することにより、省スペースで清浄度の高い浄水を得られるといった特徴を持つ。一方、継続運転に伴う固形物の膜目詰まりが発生することによる透過性能低下という欠点を有しており、これを防ぐために曝気により発生する気泡により膜を洗浄する手法が利用されている。しかしながら、曝気による電力消費は高いランニングコストの要因となっており、曝気による効率的な膜洗浄に関する研究が世界的に実施されている。これらの研究では、曝気強度、膜間距離、曝気方法などが膜面のせん断応力分布や膜間流動に及ぼす影響などが調べてられている。これらの研究から、膜洗浄には膜間を満たすほどの大きな気泡が有効であることがわかってきた。しかしながら、これらの研究では多数の気泡が存在する気泡流を対象としており、気泡により生じるせん断応力分布や気泡下部に生じる後流といった気泡による洗浄を司る因子と気泡径の詳細な関係については明確になっていない。そこで本研究では、これまでの研究よりもよりシンプルな単一の気泡を対象として、気泡による洗浄を司る因子と気泡径との関係を明らかにすることを目的とした。つまり、膜間を模擬した平行平板流路内を上昇する単一の気泡について、気泡径や平板間距離が気泡上昇速度・気泡形状・せん断応力分布・定常および非定常な気泡周囲流動に及ぼす影響を明らかにする。

3 研究内容 (<http://cont4.mech.usp.ac.jp/study/bbtfp.html>)

(1) 平板流路内を上昇する気泡の上昇速度および気泡形状の取得

図1(a)に実験と数値計算で得られた気泡上昇速度 V_T と気泡径 d との関係の比較, 図1(b)に実験と数値計算で得られた気泡形状の比較を示す. 数値計算で得られた結果は終端速度および形状ともに良好に一致している. つまり, 本研究で用いた数値計算手法は, 平板流路内を上昇する気泡運動を良好に予測できるため, 数値計算により得られる結果は実現象と同様であると言える.



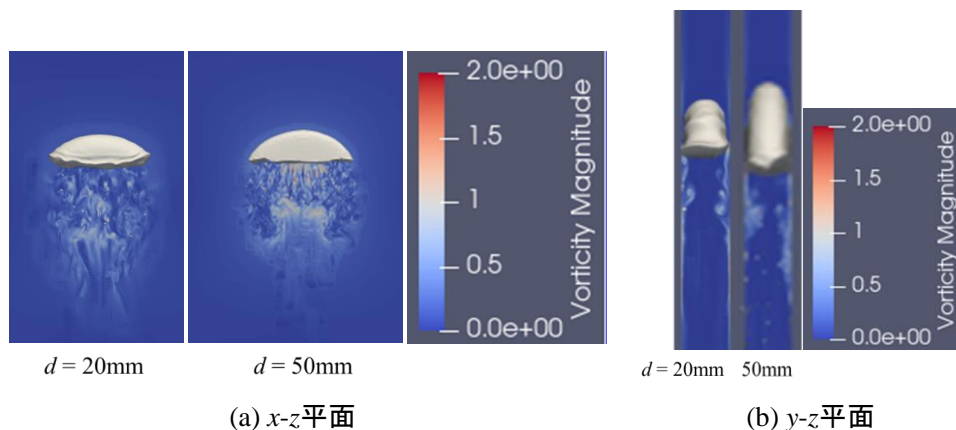
(a) 気泡上昇速度の比較

(b) 気泡形状の比較

図1 実験結果と数値計算結果の比較

(2) 平板流路内を上昇する気泡の周囲流動の把握

膜洗浄に重要な知見の一例として, 図2(a)に x - z 平面における気泡周囲の渦度分布, 図2(b)に y - z 平面における気泡周囲の渦度分布を示す. 図2(a)より, 気泡径 d の違いにより, 気泡後流の変化(左:非対称性が強い, 右:若干の対称性)が生じている. 図2(b)より, 気泡は完全に流路を占めているわけではなく, 気泡と壁面との間に薄い液体の層が生じている. この液体の層は気泡後端において最も薄くなり, そこから渦が主として発生している. また, 気泡の後端部分から生じる渦度は, 気泡の十分下部まで消散せず存在している.



$d = 20$ mm

$d = 50$ mm

(a) x - z 平面

$d = 20$ mm 50mm

(b) y - z 平面

図2 気泡周囲の渦度分布

4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

SDGsの一つである水処理問題を解決する技術として着目されている膜分離活性汚泥法のランニングコスト低下には、曝気による膜洗浄効率化が必要不可欠である。膜洗浄に最適な気泡径・気泡発生頻度・気泡分散性が明らかでありかつ、それらを制御できれば、効率的な膜洗浄が可能となる。よって、本研究は膜洗浄に最適な気泡径の把握に関する研究であり、効率的な膜洗浄のための基礎となる研究である。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本研究代表者はこれまで実験および数値計算を用いて混相流に関する研究を実施してきた。本補助事業は、実験および数値計算による平行平板流路を上昇する気泡の周囲流動把握が目的であることから、これまでの混相流に関する研究歴を基礎としている。そして、本補助事業は低コストな水処理技術の確立に必要な効率的な膜洗浄手法を確立するための基礎的研究であり、新たな研究領域に挑戦するものである。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- (1) 大林良貴, 栗本遼, 南川久人, 安田孝宏. 狭平行平板間を上昇する気泡の運動に関する研究. 日本機械学会関西支部第95期定時総会講演会講演論文集, 2020.

7 補助事業に係る成果物

- (1) 補助事業により作成したもの
6.に記載した論文
- (2) (1)以外で当事業において作成したもの
該当なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 神戸大学

(コウベダイガク)

住 所: 〒657-8501

神戸市灘区六甲台町1-1

担 当 者 助教 栗本 遼 (クリモト リョウ)

担 当 部 署: 大学院工学研究科機械工学専攻混相流工学研究室 (ダイガクインコウガクケンキュウカキカイコウガクセンコウコンソウリュウコウガクケンキュウシツ)

E - m a i l: kurimoto@mech.kobe-u.ac.jp

U R L: <http://cont4.mech.usp.ac.jp/> (旧所属)

<http://www.lab.kobe-u.ac.jp/eng-mfd/> (現所属)