

沈澱池流出部における薬品混和性評価とトラフ改良方法の検討

(株)日水コン 木下 親佳

通常の凝集沈澱に加えて、沈澱池処理水に凝集剤をごく少量注入する二段凝集は、突発的な原水濁度上昇への対応や藻類等の微粒子漏出によるろ過水濁度上昇への対応として有効な手段¹⁾である。しかし、既存設備に二段凝集を適用する場合には、沈澱池流出トラフ（以下「トラフ」という。）等、薬品混和を想定していない設備に凝集剤を注入することが多く、速やかな混和が求められる凝集剤の性能が効果的に発揮できているかは不明確である。本研究では、CFD 解析及び実証実験にてトラフ内薬品混和性の評価を行い、トラフ内の流れ場に適した阻流板を設置することで、混和性が改善することがわかった。また、実証実験結果と CFD 解析結果が同様の傾向を示したことから、今後は CFD 解析により様々なシミュレーションを行うことが可能と考える。

Key Words : 薬品混和、解析的手法、凝集沈澱

1. はじめに

通常の凝集沈澱に加えて、沈澱池処理水に凝集剤をごく少量注入する二段凝集は、突発的な原水濁度上昇への対応や藻類等の微粒子漏出によるろ過水濁度上昇への対応として有効な手段¹⁾である。しかし、既存設備に二段凝集を適用する場合には、沈澱池流出トラフ（以下「トラフ」という。）等、薬品混和を想定していない設備に凝集剤を注入することが多く、速やかな混和が求められる凝集剤の性能が効果的に発揮できているかは不明確である。

そこで、本研究ではトラフでの薬品注入について、数値流体力学（以下「CFD」という。）を用いて①薬品混和性の評価を行い、②トラフ内に阻流板を設置し、薬品混和の向上に効果的な形状の検討、③CFD 解析結果の検証のための実験を行った。

2. 解析・実験方法

(1) CFD を用いたトラフ内薬品混和性評価

本研究のトラフの仕様を表-1に示す。

表-1 トラフ仕様

トラフ寸法	6.4mL×0.4mW×0.4mH
流量	3,750m ³ /(日・本)
堰負荷	293m ³ /(m・日)
使用薬品	PAC
注入点位置	下流端から 2.02m
注入率	1.0mg/L

解析は次の手順で行った。①対象のトラフ全域（解析領域 6.4m）の解析モデルに対し水のみを流した解析を行い、トラフ内の流れ場を再現。②薬品の注入点位置直前から流出部まで（解析領域 2.02m）を対象とした解析モデルを作成し、薬品混和を解析。解析条件を表-2 に、解析モデル図を図-1 に示す。

表-2 解析条件

条件	解析内容
CASE1	阻流板なし
CASE2	傾斜型
CASE3	楕型
CASE4	スラッシュ型

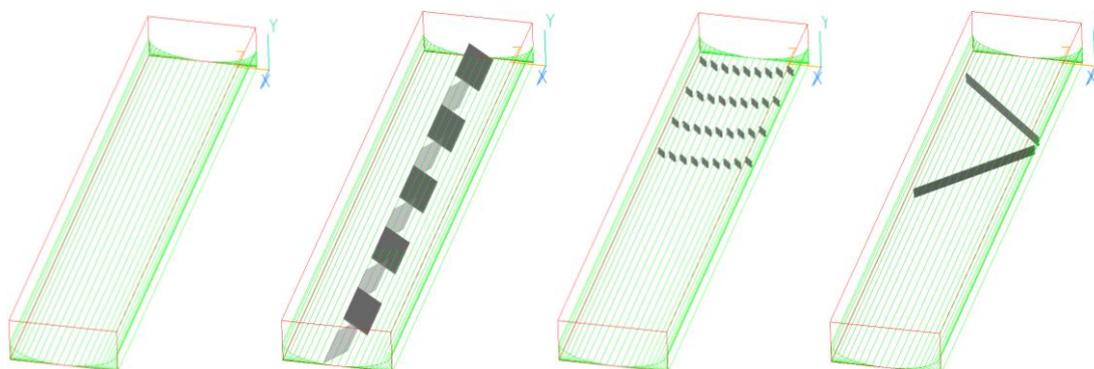


図-1 解析モデル図

薬品混和の解析手法は有限体積法を用い、乱流モデルは k-ε モデル、メッシュ数は全解析条件で 10⁶ オーダーとした。なお、薬品の混和性の評価方法として、式(1)を用いて「トラフ流出部の濃度の分散値」を算出した。なお、分散値は「偏差の二乗の平均」であり、値が小さいほど均一性が高いことを意味する。

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \dots \dots \text{式(1)}$$

s²:分散値、n:メッシュの総数、x_i:各メッシュの濃度[ppm]、 \bar{x} :全体の平均濃度[ppm]

(2) 実証実験

CFD で求めた解析結果の妥当性を確認するため、実証実験を行った。実験トラフの仕様を表-3 に、実験条件を表-4 に、実験フローを図-2 に示す。

表-3 実験トラフ仕様

トラフ寸法	4.0mL×0.20mW×0.3mH
流量	518.4m ³ /日
使用薬品	PAC+食用色素(以下、食紅)
注入点位置	下流端から 0.7m
注入率	120mg/L

表-4 実験条件

条件	実験内容
RUN1	阻流板なし
RUN2	傾斜型
RUN3	楕型
RUN4	スラッシュ型

トラフに注入する薬品は、混和状況を目視で確認するために、PAC と食紅を混合させたものとし、水と薬品が完全混合した場合にも着色確認ができるように注入率は 120mg/L とした。

薬品混和性の定量評価は次の手順で行った。①トラフ全幅を 5 分割した採水容器を用いて、トラフ流出部にて採水 (図-2)。②サンプルの吸光度を測定し、検量線より濃度を求め、式(1)を用いて「トラフ流出部の分散値」を算出。

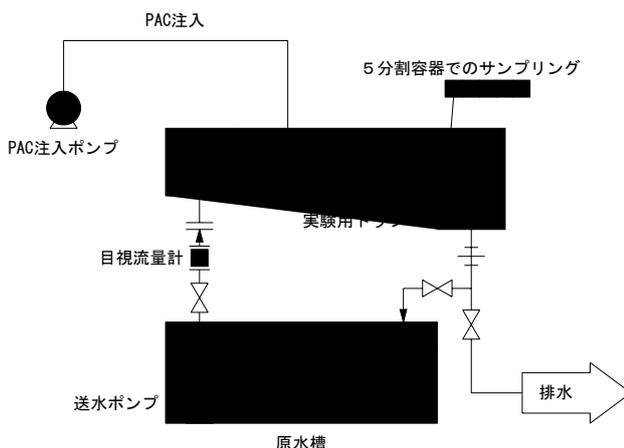


図-2 実験フロー

これを 3 回繰り返して分散値の平均を求めた。なお、分光光度計は(株)島津製作所製 UVmini-1240 を使用した。

3. 解析・実験結果と考察

(1) CFD を用いたトラフ内薬品混和性評価

解析・実験結果ごとの分散値を図-3 に示す。分散値はCASE1 と CASE2 が大きい値を示し、次いでCASE3、そしてCASE4 がもっとも小さい値となった。

CASE1 の速度ベクトルを図-4 に、CASE1 と CASE4 の流出部での濃度コンターを図-5 (寒色：濃度が低い、暖色：濃度が高い) に示す。図-4 について、トラフ流入水はトラフ側壁のオリフィスからトラフ内水位まで落水するため、トラフ幅方向の流れ場は左右逆向きの旋回流を形成した。それに伴い中央では左右の水の行き来を分断する流れが確認できた。このため、薬品注入点を中心から偏芯すると、薬品はトラフ左側のみで広がった (図-5 上)。このことから、トラフ内の薬品混和性を向上させるためには、薬品を左から右に誘導する流れを形成させることが有効と考え、形状の異なる阻流板を設置して解析を行った。

CASE2 は薬品を誘導する効果はほとんどなく、旋回流成分を弱めてしまったため、CASE1 よりも薬品の広がり悪くなった。CASE3 と CASE4 は薬品を左から右に誘導する流れを形成でき、特にCASE4 の流出部の薬品濃度は概ね均一となった (図-5 下、図-6)。

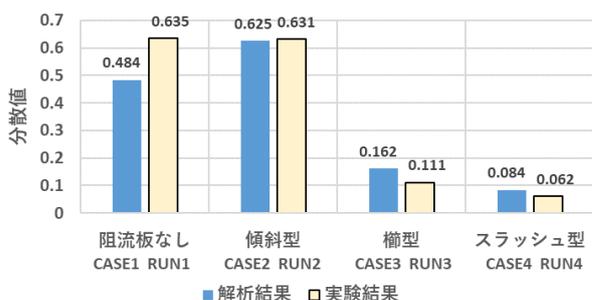


図-3 解析・実験結果の分散値比較

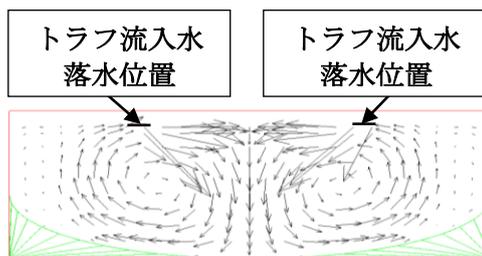


図-4 CASE1 速度ベクトル

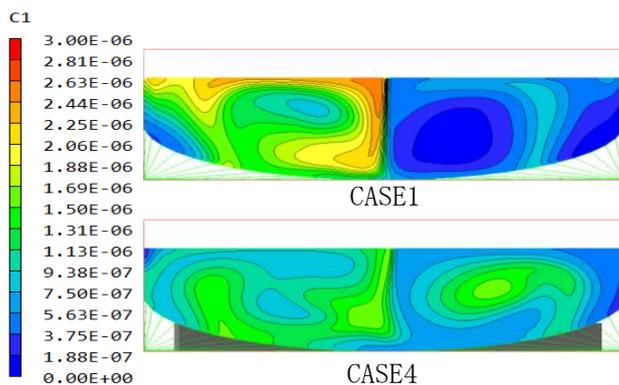


図-5 流出部の濃度コンター

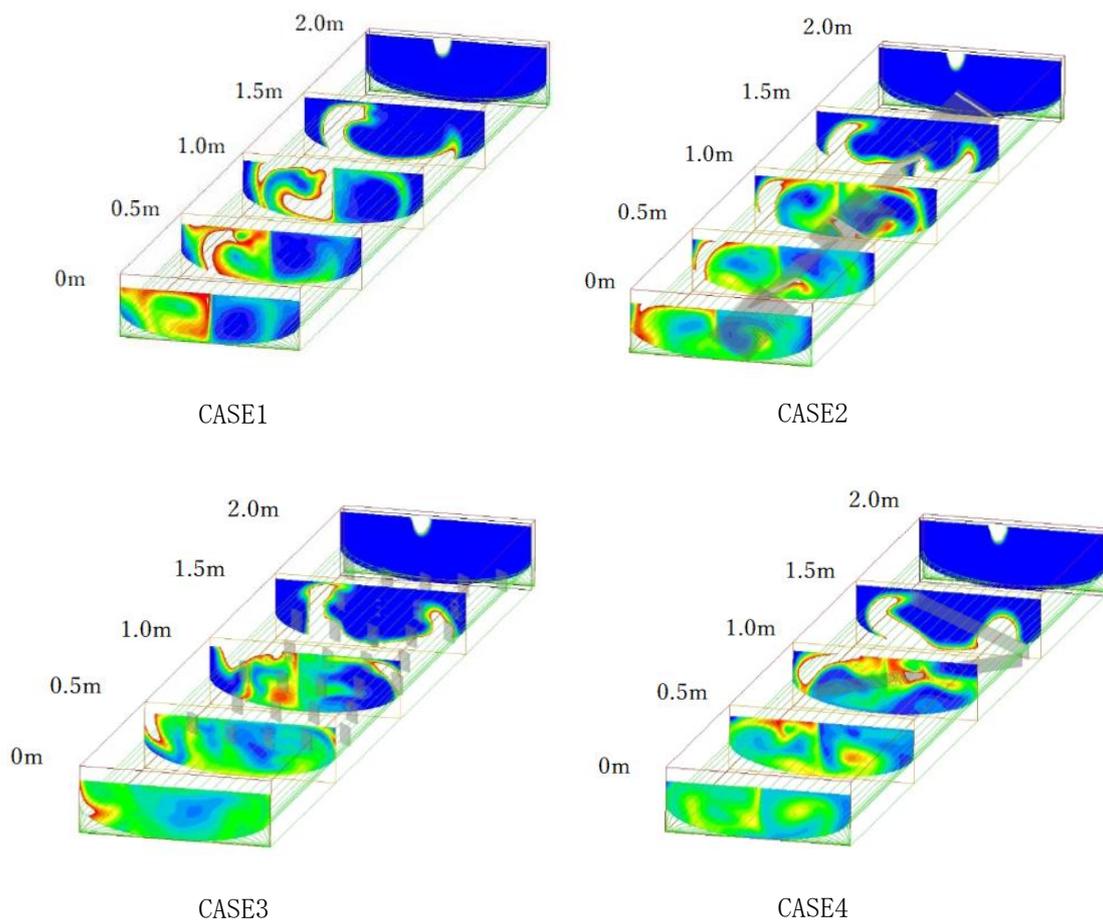


図-6 トラフ内の濃度コンター

(2) 実証実験

図-3 及び図-7 の実験結果より、阻流板なし (RUN1) に比べてスラッシュ型阻流板 (RUN4) は分散値が大幅に減少した。加えてすべての実験条件で分散値は CFD による解析結果と同様の傾向を示した。

また、薬品を着色したことで、RUN1 では CFD 同様、薬品が左右いずれかに偏ることを目視確認できた (写真-1 左)。一方、RUN4 では阻流板によって、薬品を左から右に誘導する流れが目視確認でき流出部の着色濃淡は概ね均一となった (写真-1 右)。このことから阻流板の設置によって薬品の混和性が改善することを確認できたと考えている。



写真-1 実証実験 薬品混和状況 (左 : RUN1、右 : RUN4)

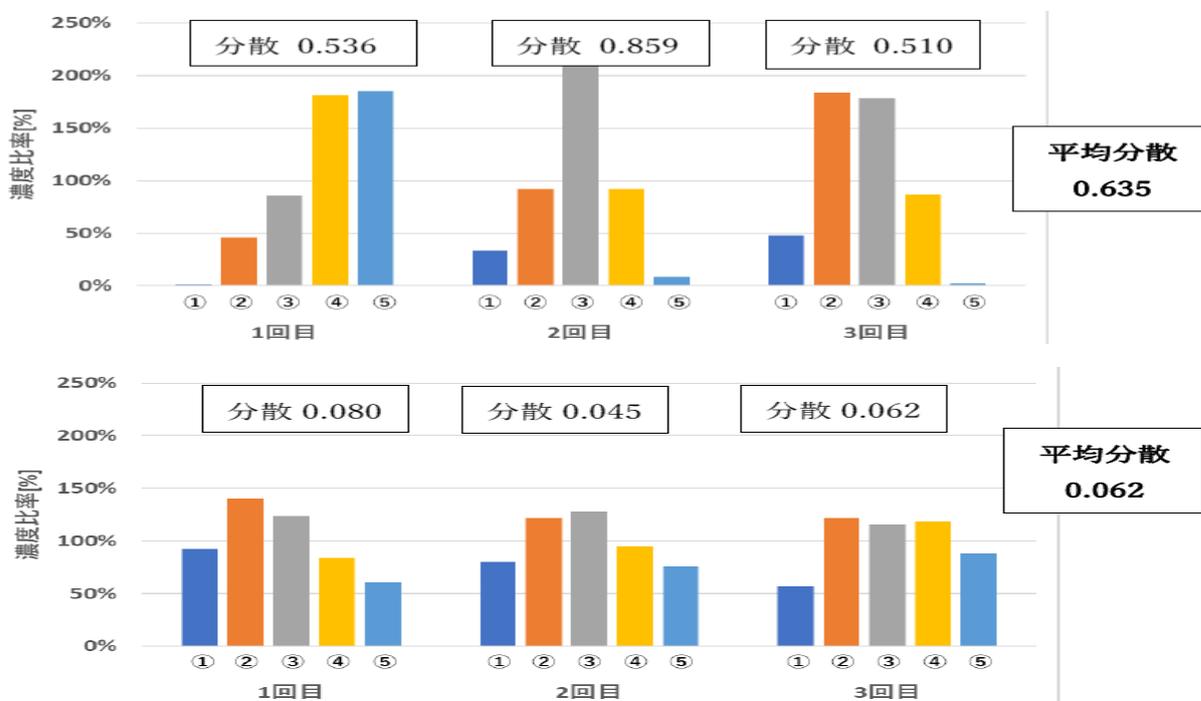


図-7 実証実験 流出部濃度分布 (上 : RUN1、下 : RUN4)

※トラフ流出部を 5 分割 (①~⑤) し濃度比率をグラフ化

4. まとめ

CFD 解析及び実証実験にてトラフ内薬品混和性の評価を行い、阻流板を設置することで、混和性が改善することがわかった。加えて、トラフ内の流れ場に適した阻流板形状とすることが重要であることがわかった。また、実証実験結果と CFD 解析結果が同様の傾向を示したことから、今後は CFD 解析により様々なシミュレーションを行うことが可能と考える。

ただし、薬品混和性を改善することが凝集効果に与える影響は未確認であるため、今後はフィールドで通水試験を行い、阻流板の設置の有無による凝集効果への影響を確認する予定である。

【参考文献】

- 1) 水道技術研究センター：「高濁度原水への対応の手引き」， pp. 63-66， (2014)