

汚泥水槽の攪拌方法に対する 数値計算による検討

Numerical Analysis for Method of Mixing Sludge Tank



技術開発本部
新規プロセス室
村 上 吉 明
Yoshiaki Murakami

汚泥処理においては汚泥の沈降防止性能が要求され、そのための手段として低動力での運転が可能な PABIO MIX が使用されている。本報では発生した汚泥を PABIO MIX をもちいて攪拌する場合と、傾斜パドル翼をもちいて攪拌する方法とで、それぞれ汚泥沈降防止性能と攪拌動力を数値計算によって求めた。攪拌動力の比較により、PABIO MIX がパドル翼と比較して低動力でも運転が可能であることを確認した。

In treatment of sludge, performance to prevent of subsidence is required. PABIO MIX that driving in low power is possible is used as a means for that. In the method to agitate by using the inclination paddle wing in case of the case to stir the generated sludge by using PABIO MIX in this report, the sludge subsidence prevention performance and each stir power was requested by the numerical analysis. It was confirmed to be able to drive PABIO MIX by comparing the stir power even in low power compared with the paddle wing.

Key Words :

数 値 解 析
攪 拌
パビオミックス

Numerical analysis
Mixing
PABIO MIX

まえがき

廃水処理プロセスにおいて、凝集沈殿や砂る過時の逆洗廃液時に発生する濃縮汚泥は拔出しまでの一定期間、濃縮貯留槽で攪拌しながら保持される。そこで、濃縮貯留槽の沈降防止のための攪拌方法として

- ・当社製品である PABIO MIX¹⁾と
- ・45°傾斜パドル翼（上下2段式の各4枚）および
- ・濃縮液拔出しと注入配管からの噴流によるSS成分の攪拌効果

を比較し、沈降抑制性能および運転動力の評価をおこなった。その結果、PABIO MIX の使用により傾斜パドル翼よりも小さな動力で汚泥沈降防止性能がえられることを確認したので、以下に報告する。

1. 検 討

1.1 水槽形状および攪拌翼の選定

SS成分の流動状態の評価は数値計算によっておこなった。使用した計算ソフトウェアは FLUENT 6.2 (FLUENT 社) であった。本検討においては、発生する汚泥の総量を600 m³とした。水槽は表1に示すような水槽とし、攪拌手段は PABIO MIX による攪拌、傾斜パドル翼および噴流による攪拌を検

表1 水槽のサイズ

攪拌方法	水槽直径 (mm)	水槽深さ (mm)	水槽容量 (m ³)
噴流のみ PABIO MIX 傾斜パドル翼	9 300	8 840	600



図1 PABIO MIX の模式図

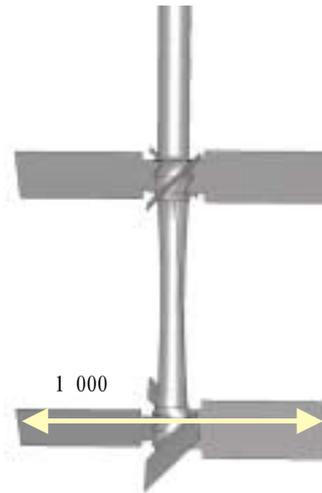


図2 傾斜パドル翼の模式図

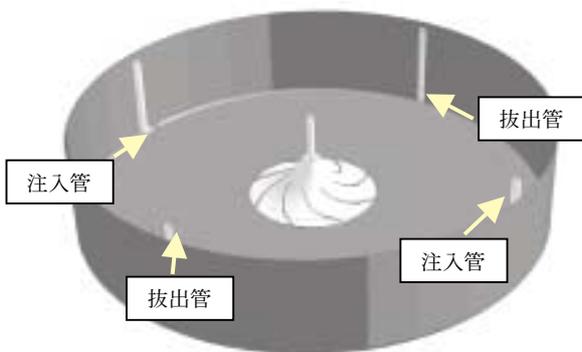


図3 PABIO MIX を使用した水槽モデルの底部

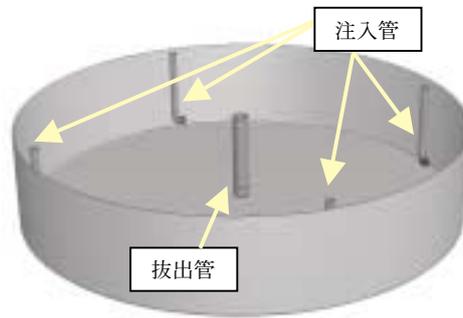


図4 配管での攪拌を検討した水槽モデルの底部

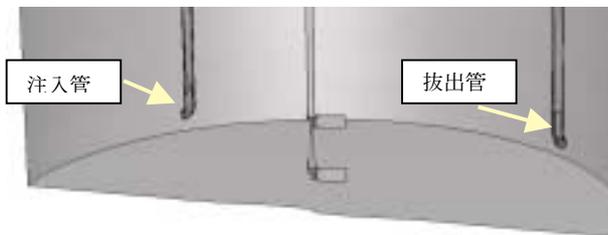


図5 傾斜パドル翼を使用した水槽モデルの底部

討した。それぞれを選定した理由は以下のとおりである。

PABIO MIX は汚泥の混合および攪拌における当社の標準機であり、低動力による底部流速の確保が可能である。そこで、比較の対象として45°傾斜パドル翼による攪拌もあわせて検討した。傾斜翼としたことで下向きの軸流速を生成し、底部流速の確保を試みた。また、注入管からの噴流のみでの底部流速の確保が可能かどうかについてもあわせて検討した。PABIO MIX および傾斜パドル翼の模式図を図1, 2, 検討対象とした水槽および攪拌翼全体の模式図を図3～5に示す。傾斜パドル翼を使用した計

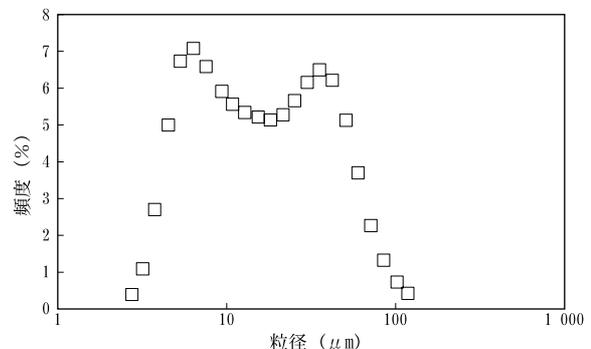


図6 SS成分の粒度分布

算では周期境界モデルを使用して、攪拌翼の軸を回転軸とした2回回転対称（攪拌翼の軸を回転軸として180°回転したものが回転前と同じになる。）となっている。計算は水槽の半分の領域に対しておこなった。噴流による攪拌方式としては配管を150 Aの配管とし、ポンプ流量条件に基づき、配管1本あたりの流量の上限を5 m³/minと定めた。

図6に本検討において使用したSS成分の粒度分布を示す。最大粒径は約100 μmであり、100 μmの粒子が沈降しなければ汚泥の沈降は防止可能と判断

した。SS成分としては塩化鉄(Ⅲ)を想定し、物性条件は表2の値とした。

1.2 攪拌性能の検討

攪拌性能の評価は、底部流速による沈降防止条件の評価と、粒子軌跡による槽内の攪拌状況の評価との双方でおこなった。SS成分の沈降防止条件は、一般に底部流速を0.1 m/s以上確保することといわれる。²⁾そこで、検討の進め方としては、以下のようにおこなった。

表2 SS成分の物性値

密度 (kg/m ³)	2 900 (塩化鉄(Ⅲ)の密度)
粒径 (μm)	100

- (1) 流動状況のおおよその把握を目的として、約30秒間の非定常計算をおこなう。
- (2) (1)の流れ状態において、攪拌装置のトルクおよび角速度から攪拌動力を求める。
- (3) (1)でできた流れにおいて、底部流速が0.1 m/s以上となっていることが確認できた場合、さらに注入管から表2に示した物性値を有する粒子を流入させ、水槽内で沈降しないか確認する。各装置の運転条件を表3に示す。

2. 結果

2.1 水槽形状および攪拌翼の選定

各水槽における底部流速の速度コンターを図7～11に示す。攪拌翼近傍や噴出口近傍で色が付いてい

表3 装置運転条件

攪拌方法	水槽直径 (mm)	液面高さ (mm)	攪拌翼回点速度 (rpm)	液拔出し, 注入流量 (m ³ /min)
噴流のみ	9 300	8 840	—	10
PABIO MIX			20/30	5
傾斜パドル翼			37/50	5

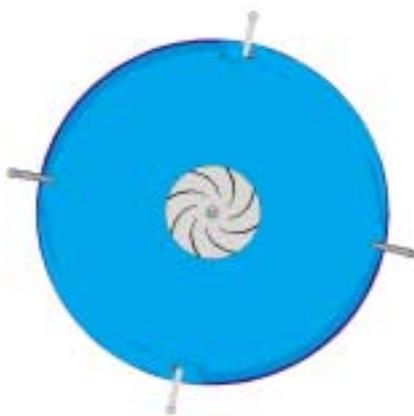


図7 PABIO MIX を回転 (20 rpm)

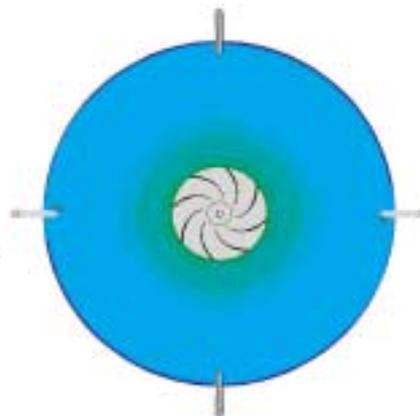


図8 PABIO MIX を回転 (30 rpm)

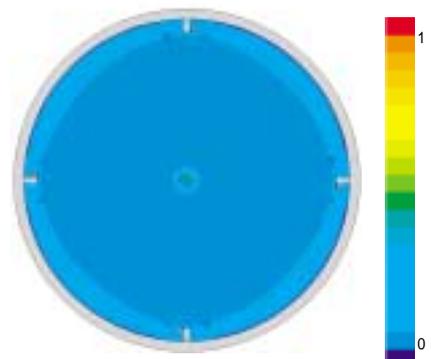


図9 配管のみで攪拌

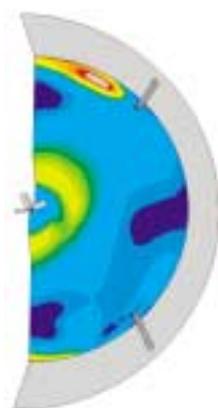
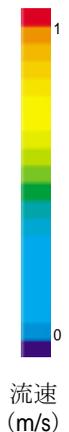


図10 傾斜パドル翼 (37 rpm)

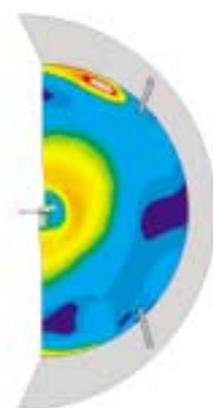


図11 傾斜パドル翼 (50 rpm)

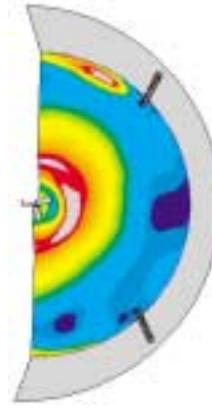


図12 傾斜パドル翼 (65 rpm)

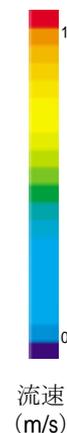




図13 PABIO MIX を回転 (20 rpm)

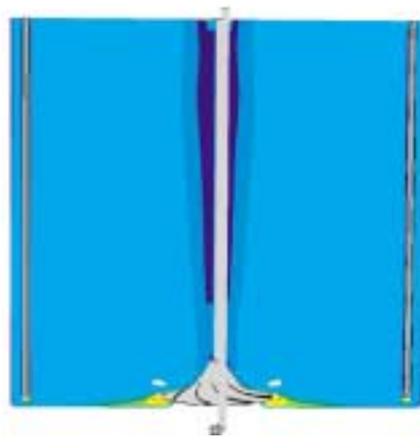


図14 PABIO MIX を回転 (30 rpm)

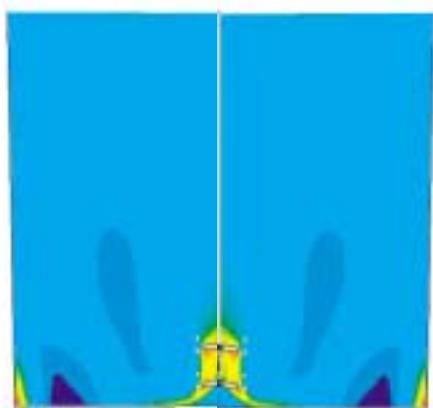
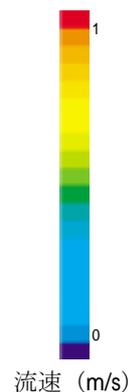


図15 傾斜パドル翼を回転 (37 rpm)

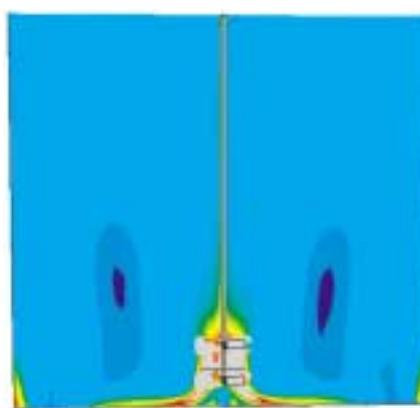


図16 傾斜パドル翼を回転 (65 rpm)



ない領域は流速が 1 m/s 以上である。なお、底部流速は水槽の底から 3 cm の高さで評価した。

PABIO MIX を使用した場合、回転速度が 20 rpm でも底部流速は目標値を上回った。一方、配管のみでおこなった場合、水槽の外周部および吸い込み口近傍のみ流速が大きく、それ以外の場所は流速が 0.1 m/s 未満となった。また、傾斜パドル翼を使用した場合でも、攪拌翼やノズル付近では底部流は目標値以上となったが、その間の領域において底部流速が 0.1 m/s 未満となった。

原因として、PABIO MIX を使用した場合、水槽底部において主に回転方向の流れを生成するため、底部流速が確保されやすい。一方、注入管および抜出管のみで底部流速確保を試みた場合、流れが回転方向成分しか持たず、抜出管と注入管との中間領域における広い範囲で底部流速が 0.1 m/s 未満となった。また、傾斜パドル翼を使用した場合、流れはパドル翼から主に下向きの流れとなり、水槽底部に衝突した流れは動径方向へ吐出された。そのため、回

転方向の流速をほとんど持たなかった。そのため、回転速度を 65 rpm まで上昇させても底部流速が 0.1 m/s 未満となる領域が発生した。

2.2 沈降防止条件の検討

上述した PABIO MIX により攪拌した水槽に対し、液の注入口から粒子を流入させた。計算後における攪拌装置の軸を通過する断面の流速コンターを図13～16、粒径 100 μm の粒子を流入させた場合における 100 秒間の粒子軌跡を図17、18に示す。

PABIO MIX の速度コンターを見ると、流速の大きな領域が水槽底部に集中している。一方、傾斜パドル翼を使用した場合、水槽上部まで流速が上昇している。これは、傾斜パドル翼の場合は攪拌翼上部から液を吸い込み、攪拌翼下部へ液を吐出するため、上下方向の流速が大きいためと考えられる。このことから底部流速の確保を目的とした場合、PABIO MIX の使用が有効であると考えられる。

液面高さが最大値まで上昇した場合、PABIO MIX を使用すれば 20 rpm でも、底部流速は 0.1 m/s

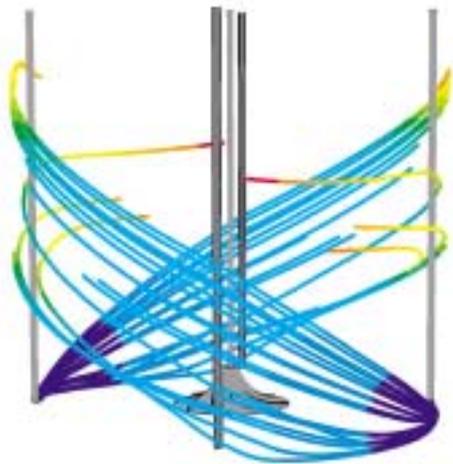


図17 PABIO MIX を回転 (20 rpm)

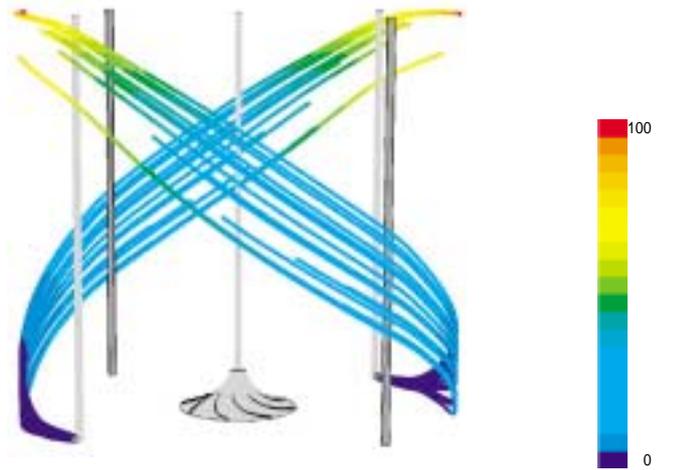


図18 PABIO MIX を回転 (30 rpm)

経過時間 (s)

以上確保可能である。注入管および抽出管はバツフルとしても機能するため、注入口から流入させた粒子は水槽上部まで到達しており、沈降防止性能ならびに攪拌能力も備えていると考えられる。

2.3 攪拌動力の比較

図19にPABIO MIXおよび傾斜パドル翼を使用した場合における攪拌動力を示す。傾斜パドル翼と比較してPABIO MIXが低い動力でも十分に運転可能であることがわかる。

また、攪拌動力は回転数の変化による動力数の変化を無視すれば、回転速度の3乗に比例する。³⁾ 今回の計算によりえられた動力についても、回転速度の3乗にほぼ比例し、PABIO MIXでは3.0乗、傾斜パドル翼では3.2乗に比例した。

むすび

濃縮貯留槽においてPABIO MIXと傾斜パドル翼を使用した場合についてそれぞれ数値計算によってその性能を確認した。結果、PABIO MIX使用により600 m³のタンクに対しても底部流速の確保が可能であり、かつ傾斜パドル翼を使用した場合と比較して、底部流速確保に必要な動力が低いことを確認した。さらに攪拌動力の比較により、PABIO MIXが底部流速確保において非常に効果的な手段であることを確認した。

今後、さらに水・汚泥処理プロセスにおける内部状況の把握や極端条件での使用に対しても数値計算

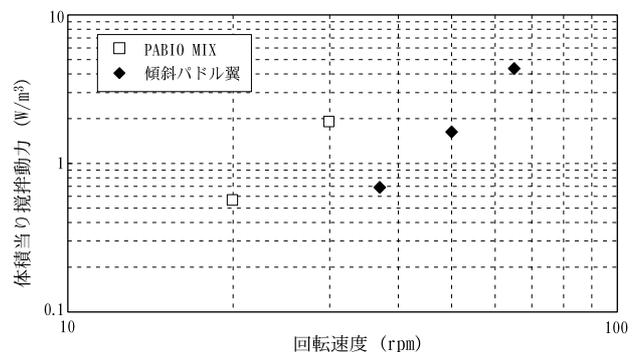
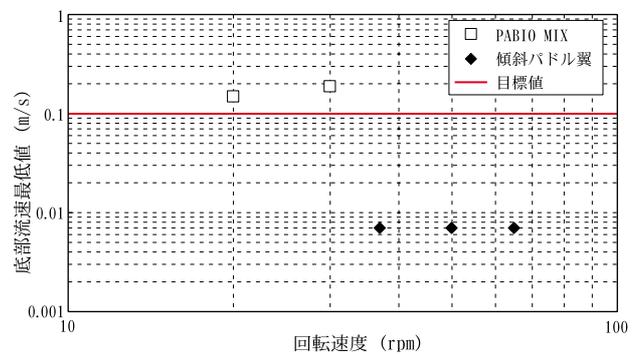


図19 攪拌動力の比較 (上: 底部流速の最小値, 下: 単位体積に対する攪拌動力)

をツールとして有効に活用していきたい。

[参考文献]

- 1) 水口護：双曲面形攪拌機 PABIO MIX の紹介
- 2) 日本下水道協会：下水道施設計画・設計指針と解説
- 3) 化学工学会：化学工学便覧