

を開発した。ここでは、本機に対する種々の性能試験とその結果について報告する。

# 矩形処理槽用首振り機構付き攪拌機

## On the Oscillating Mixer for Rectangular Anaerobic Treatments Tank

岡本 幸彦 エンジニアリング研究所 船舶・構造研究部 主幹 工博  
 大橋 一聡 水エンジニアリング本部 計画部 統括スタッフ  
 遠藤 淳 水エンジニアリング本部 計画部 グループマネージャー  
 篠原 淳二 水エンジニアリング本部 計画部 統括スタッフ  
 金森 聖一 水エンジニアリング本部 統括スタッフ  
 長藤 雅則 大阪支社 機械プラント部 統括スタッフ

Yukihiko Okamoto, Kazutoshi Ohashi,  
 Jun Endo, Junji Shinohara, Seiichi Kanamori  
 and Masanori Nagafuji

大規模下水処理場における、窒素、りん除去を目的とした矩形嫌気槽用の攪拌機には主に水中攪拌式曝気装置（水中エアレーター）が使用されている。しかしこの曝気攪拌装置は、攪拌のための消費電力が大きい、重量が大きい、さらに設置、点検のための足場を設置する必要があるなどの問題があり、ランニングコストやメンテナンス面からも改善の要望が強い。これらの問題を解決するために、消費電力面で有利である水平な回転軸を持つ水中プロペラ式攪拌機の適用を検討し、これに新たに首振り機能を付加することで、従来機種と比較し低動力で維持管理性の良い矩形処理槽用攪拌機を開発し、その諸性能を確認した。

In large size waste water treatment plants, rectangular tanks are usually adopted for the anaerobic reactor tanks for removing nitrogen and phosphorus. "Airator", the mixer for both aerobic and anaerobic reaction tanks, is usually used as a mixing device. As Airator has heavy weight and needs much electric power for mixing, also needs scaffolding for installations, inspections and maintenances, there are strong demands for improvements from the viewpoint of running costs and maintenances. In order to find a solution for these problems, an application of propeller type mixer, which has the blades with horizontal rotation axis, is investigated and a new propeller type mixer which has oscillating ability like oscillating fan is developed and applied for the anaerobic reaction tanks. This paper deals with various experimental investigations in order to clarify the hydrodynamic characteristics and reaction performances of newly developed oscillating mixer.

に示す。模型水槽は後述するK浄化センター生物反応槽第3槽の1/10縮尺模型である。なお、首振り機構付き水中攪拌機も後述する実設備対応機種の1/10の忠実な縮尺模型である。

### 2.1 食塩水トレーサーによる混合性能確認試験

トレーサーは食塩水を用い、Fig.1に示すとおり流入口にトレーサー注入管を、槽出口に試料採取用のサンプリング管を設けた。食塩濃度は、あらかじめ既知の食塩濃度に対する電気伝導度検定曲線を作成しておき、これを用いて電気伝導度計により計測した。

## 2. 縮小模型を用いた攪拌機の槽内混合性能および最適配置探索実験

矩形槽内における攪拌機の首振りの有無および攪拌機の配置が攪拌性能にどのような影響を及ぼすかを調査するために矩形処理槽および首振り機能を持つ攪拌機の縮小模型を作成して以下の試験を行った。実験に用いた模型水槽、攪拌機をFig.1およびFig.2に、また槽内攪拌機配置をFig.3

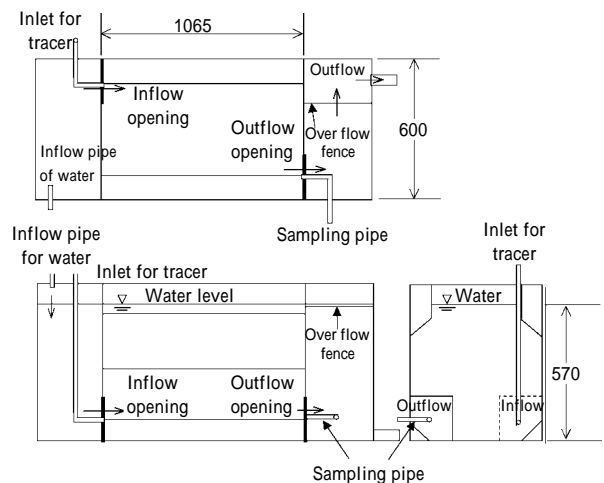


Fig.1 1/10 scaled model of rectangular tank

槽内への流入量は、槽の滞留時間が実規模と同等となるように実規模の 1/1000 とし 3.0 l/min とした。また、サンプリングは理論滞留時間の約3倍の時間まで実施し、サンプリング間隔は約10分に1回とした。なお、実験はFig.3に示す攪拌機配置すべてについて実施した。

攪拌機の運転条件については攪拌機回転数を852rpm、首振り速度を 3.0deg/s とした。

実験結果の評価は、

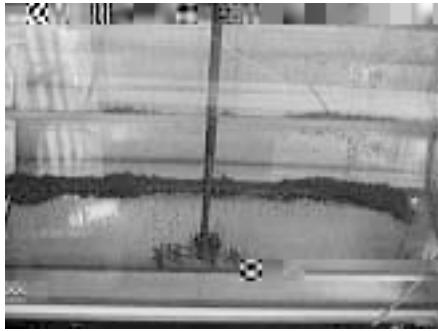


Photo 2 Result of wipe out experiments with oscillation

### 3. 実規模における水負荷試験

前述の縮小模型実験をふまえて、実規模の矩形生物反応槽に首振り機構付き水中プロペラ式攪拌機を適用した場合の混合性能および槽内の流動状況を把握するために、K 浄化センターの矩形処理槽第 1 槽を借用して実験を実施した。

試験に用いた水槽寸法と攪拌機仕様を Fig.5 および Fig.6 に示す。なお槽容量は約 300m<sup>3</sup>、流入量は 3.0m<sup>3</sup>/min であり滞留時間は約 100 分である。

ここで、攪拌機の動力選定は、対応する従来機種（水中エアレーター）の選定基準（8 ~ 10W/m<sup>3</sup>）の半分程度を狙い、1.5KW(約 5W/m<sup>3</sup>)とした。

攪拌機の配置は槽の構造上の制約から槽長さ方向の中央に配置することができなかつたため、Fig.5 中に示す位置に配置した。

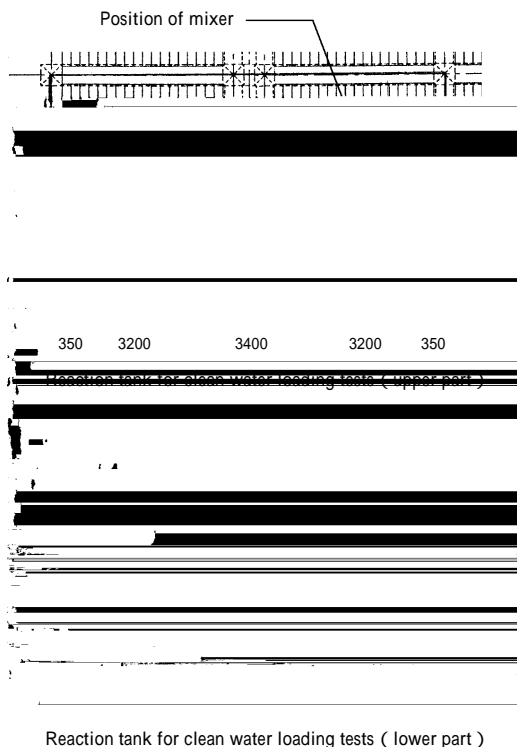


Fig.5 Reaction tank for clean water loading tests (K-waste water treatment center)



Specifications of mixer

Motor output	: 1.5Kw
Blade angle	: 4.0deg.
Number of blades	: 3
Revolution of mixer	: 852rpm
Force	: 340N
Angular velocity of oscillation	: 3.0deg./s

Fig.6 Oscillating mixer for clean water loading tests

#### 3.1 攪拌性能試験

槽内の混合性能を調べるために、塩化リチウム水溶液を用いてトレーサー試験を実施した。塩化リチウムはリチウム初期濃度が 5.0mg/l になる量の水溶液を作り流入管位置からパルス投入し、滞留時間の 3 倍の 300 分間を 15 分おきに試料サンプリングを行った。流入水は Fig.5 中に示す位置まで配管し、下向きパイプから水面へ落下させた。また、採水は流入位置と対角の底部位置にある流出口中央部に配置した試料採取用配管からポンプで行うこととした。サンプリングした試料は蛍光光度計を用いてリチウム濃度を求めた。分析結果は前述の方法で濃度および時間を無次元化してトレーサー流出曲線を求めた。実験を行った攪拌機の作動状態は Table 2 に示すとおりである。

実規模トレーサー試験の結果を、それぞれ Fig.7 に示す。同図から得られた流出曲線は理論完全混合曲線とほぼ一致し、良好な攪拌が行われていることが確認できた。

#### 3.2 流速測定

槽内の流動状況、特に汚泥沈積防止に影響の大きな槽底部流速分布の平均値および首振り時の時系列データについて計測を実施した。流速計測は、三次元の流速分布が同時計測できる電磁流速計（アレック電子製 ACM300）を用いて計測した。計測点を Fig.8 に示す。

Table 2 Testing conditions of tracer tests using LiCl<sub>2</sub>

	Rpm	Inflow rate (m <sup>3</sup> /min)	Oscillation	Range of oscillation angle (deg.)	Angular oscillation velocity (deg./sec)
Condition-1	0	3.0	No	0	-
Condition-2	852	3.0	No	90 fixed	0
Condition-3	852	3.0	Yes	180	3.0

槽底部の流速計測は攪拌機的首振りが1往復する時間について、 $x$ ,  $y$ ,  $z$ 各方向の速度成分  $V_x$ ,  $V_y$ ,  $V_z$ の時系列を採取し、これらから求めた合成速度ベクトル  $V$ の時系列データの平均値、最大値および最小値を各計測点について求めた。

計測は、槽上部スラブの開口から流速計を先端に取り付けた長いアルミ製の竿を水中に挿入して行った。計測条件は

#### 4.1 槽底部の流速分布計測

Fig.12

アル(案)<sup>2)</sup>によれば「通常、嫌気槽のORPは、 $-200 \sim -300\text{mV}$ 程度に維持する。」番 嬰

MLSS値(2200 ~ 2500mg/l)であり攪拌機による活性汚泥の攪拌は、非常に効率良くかつ十分行われているものと考えられる。

なお、点 No.9, No.10 の底部には2500mg/l 以上の MLSS 値がやや高い点があるが、この部分は返送汚泥の流入口の近くであるためと考えられる。

#### 4.4 嫌気槽水質分析

##### (1) 酸化還元電位の計測

Fig.12のNo.2, No.5およびNo.8の水深方向中間部の3個所の酸化還元電位(以下、ORPと略記する)を計測した。これらの計測結果を Table 4 に示す。槽流入部側のNo.8のORPは $-170\text{mV}$ であるが、中央部および流出部は約 $-200\text{mV}$ となっている。嫌気・無酸素・好気法運転マニユ

同表より、流入部、中央部、流出部の各部においてりん酸態りん ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) の差違はほとんどなかった。また、別の日に再度採水し計測した結果を Table 6 に示した。いずれもスポットサンプリングデータであるが、両日に渡って安定したりんの放出が行われている。

構付き水中攪拌機を適用し、実負荷運転中の槽内の水質分析を行ったところ、同槽内では十分なりんの放出が行われていた。よって、首振り機構付き水中攪拌機は、生物学的りん除去法の嫌気槽攪拌機として十分適用が可能であるこ