

嫌気・無酸素タンクの粗大気泡による攪拌に関する調査と数値解析 Investigation and Numerical Analysis about Churning with Large Air Bubble of Anaerobic or Anoxic Reactor

○二星幸弘¹⁾，織田剛²⁾，矢野丘³⁾

1) ㈱神鋼環境ソリューション，2) ㈱神戸製鋼所，3) 神戸市

Yukihiro NIBOSHI¹⁾，Tsuyoshi ODA²⁾，Takashi YANO³⁾

1) Kobelco Eco-Solutions Co., Ltd.，2) Kobe Steel, Ltd.，3) Kobe city

Abstract

In case of biological removal of nitrogen and phosphorus about the churning way with large air bubble maintaining anaerobic or anoxic state churning equipment for anaerobic or anoxic reactor we investigated churning and treatment performance at the sewage treatment plant. So we found out validity of the churning way and analyzed the result of the investigation numerically and simulated the state inside of the reactor.

Key Words : biological removal of nitrogen and phosphorus, churning with large air bubble, anaerobic or anoxic reactor, numerical analysis, simulation

1. はじめに

窒素・リンの生物学的除去を実施する場合の、嫌気タンクあるいは無酸素タンクの攪拌装置として粗大気泡攪拌装置を設け、酸素の溶解を抑制して嫌気状態・無酸素状態を維持しながら空気攪拌を行う方法について、その攪拌性能および水処理性能に関する調査を、下水処理場の実池において実施した。

さらに、調査結果に基づく数値解析を行い、反応タンク内の攪拌状況をシミュレートした。

2. 実証設備

調査は三段のステップ流入式多段硝化脱窒法を実施している下水処理場の実池で実施した。Fig.1 にそのフローを示す。反応タンクは18のブロックからなり、図に示すように無酸素タンクと好気タンクに分けられ、前者に粗大気泡攪拌装置を設置している。本設備は第1ステップの内部循環を停止することにより、第1，2ブロックを嫌気タンクとして運用することも可能である。Fig.2 に粗大気泡攪拌装置の外観を、Fig.3 に配置を示す。送気は間欠的に(60分間に1回、6分間連続送気)行った。

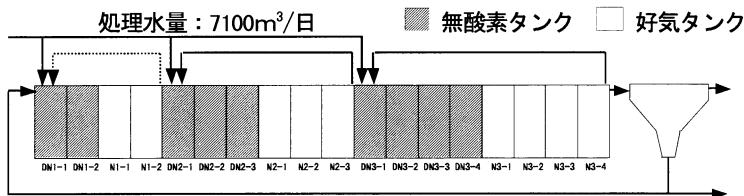


Fig.1 実証池フロー

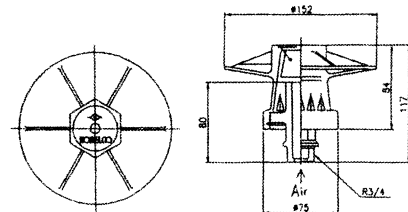


Fig.2 粗大気泡攪拌装置(クランクイフェューサー)

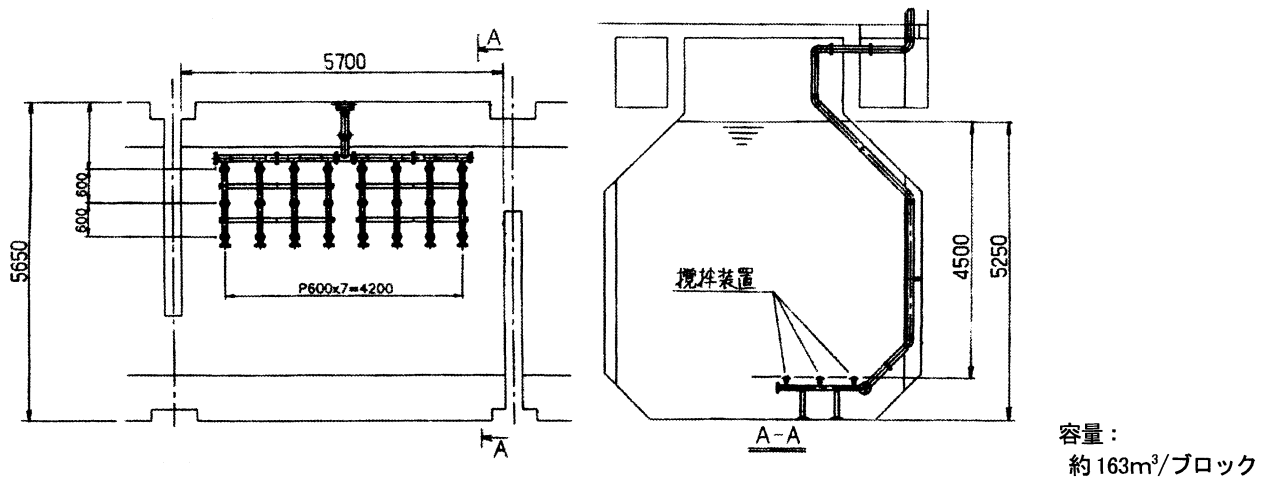


Fig.3 粗大気泡攪拌装置の配置

3. 調査方法

(1) 攪拌性能

Tab.1 に実験条件を示す。条件 A, B では対象ブロック内各所の流速を、条件 C では対象ブロック内各所の流速・MLSS 濃度を、3次元電磁流速計・透過光式 MLSS 濃度計を用いて測定した。Fig.4 に測定ポイントを示す。

(2) 処理性能

Tab.2 に実験条件および測定項目を示す。

Tab.1 攪拌性能調査に関する実験条件

	条件		
	負荷	反応タンク内液	粗大気泡攪拌装置(クラウンディフューザ)設置数
A	無負荷	清水	24個/ブロック
B			8個/ブロック
C	実下水	活性汚泥混合液	24個/ブロック

水平方向のポイント	鉛直方向のポイント(水深m)			
	上部	中部	底部	
A	①0.25 ②0.50	③2.65	最底部(5.25m)の MLSS のみ	
B	①0.25 ②0.50	③2.65	④4.75	
C	①0.25 ②0.50	③2.65	④4.75	
D	①0.25 ②0.50	③2.65	④4.75	

専用のセンサー固定具を4組製作し、A~D各ポイントごとに同時進行で、送気中および停止後の経時的な変化を測定した。また、Aの底部はMLSSのみ濃度計センサを最底部に垂らして測定した。

Tab.2 処理性能調査に関する実験条件と測定項目

	条件	調査項目
		内部循環比 (第1,2,3段 %)
A	50,100,150	NH ₄ -N および NO _x -N
B	0,100,150	PO ₄ -P

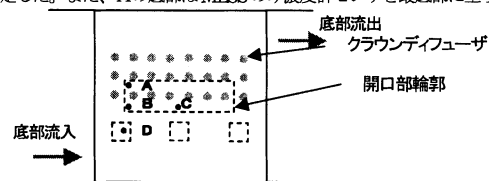


Fig.4 攪拌性能調査に関する項目測定ポイント

4. 調査結果

(1) 攪拌性能

条件 A の場合、風量約 30 m³/h (単位容積当たり風量 0.0035 m³/m³/min) 以上で、汚泥沈降防止に必要とされる底部流速 10cm/s 以上を確保できた。これは条件 C においても同様の数値であった。また、条件 A と条件 B では、後者の方が底部流速が小さい傾向があった。

Fig.5に水深別のMLSS濃度の経時変化を示す。

⑤(槽底部)を除いて、送気停止時もほぼ2000~3000mg/Lの範囲にあり、また、⑤においても約4000mg/Lであり、汚泥が堆積しているほどではない。したがって6分送気、54分送気停止のサイクルで、MLSS濃度が均一な状態を維持できることを確認した。送気停止時間帯の最終時刻においてもMLSS濃度が均一であることから、送気停止時間はさらに延長することも可能であると考えられる。

(2) 処理性能

Fig.6に反応タンク内のNH₄-NおよびNO_x-Nの挙動を示す。粗大気泡攪拌ブロックでNO_x-Nが除去されており、無酸素タンクとして機能していることを確認した。

Fig.7に、第1ステップの内部循環を停止することにより、第1,2ブロックを嫌気タンクとして運用した場合の、反応タンク内のPO₄-Pの挙動を示す。第1,2ブロックでPO₄-Pが放出されており、嫌気タンクとして機能していることを確認した。

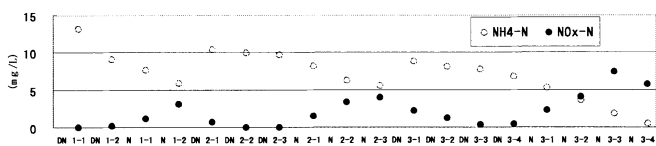


Fig.6 反応タンク内のNH₄-NおよびNO_x-Nの挙動

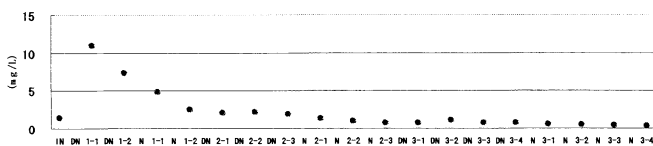


Fig.7 反応タンク内のPO₄-Pの挙動

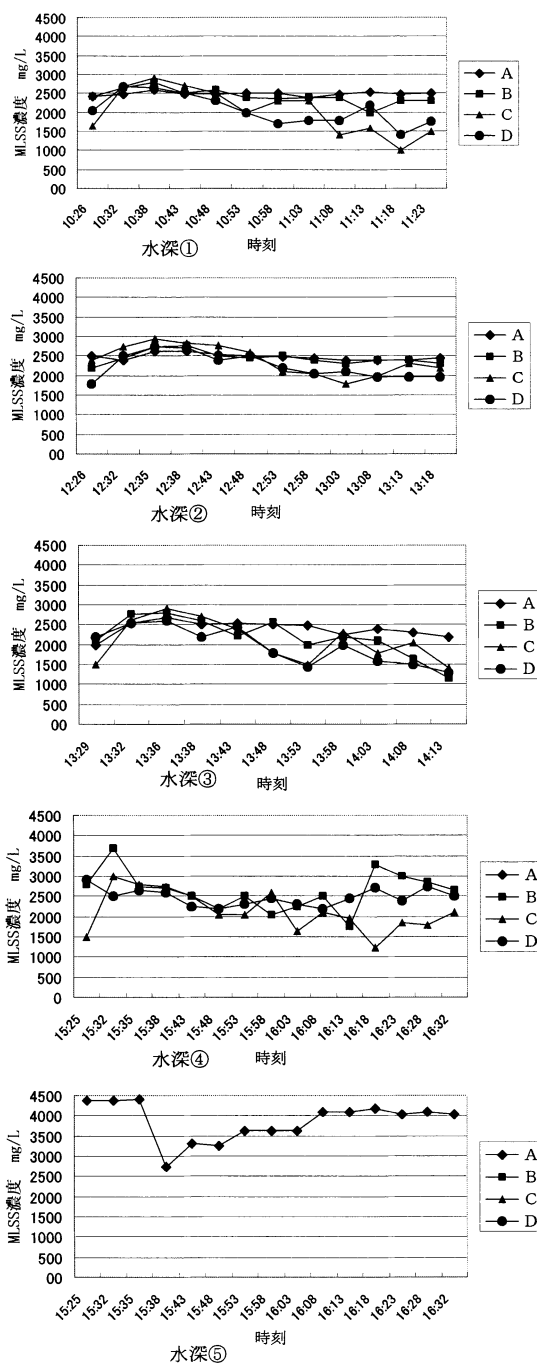


Fig.5 送気量 30[m³/h]でのMLSS濃度結果

5. 数値解析

(1) 数値解析手法と汚泥の沈降分離モデル

Tab.1の条件Cにおける粗大気泡空気攪拌状態を数値解析により再現する。数値解析では、Navier-Stokes方程式を解くことにより流体の運動を求める。粗大気泡は球形Lagrangian粒子を仮定する。汚泥の沈降には、沈降性状を表現するため

に、SV30 に対応する沈降パラメーターを組み込んだ Manninen²⁾の沈殿モデルを開発した。汚泥沈降性を表す SV30 を与えれば、汚泥沈降分離を含む流れの数値解析が可能になる。

(2) 数値解析結果

実池での調査に基づき Tab.3 に示す条件で1サイクル(60分)の数値解析を実施した。Fig.3 の計測点 A, B, D を通る流入方向に垂直な断面での送気停止 30 分後と、送気開始後 5 分後の流速ベクトルと MLSS 濃度分布を Fig.8 に示す。送気停止 30 分後に最大 MLSS 濃度が 3600mg/L になっており、Fig.5 に示す計測結果と同じ傾向である。Fig.9 に水深①における流速時刻歴を、Fig.10 に MLSS 濃度時刻歴を示す。水深の浅い水深①においても MLSS 濃度は高濃度に保たれており、かつ送気開始 5 分後にはほぼ同一濃度に収束しているの、60 分サイクルで送気時間 5 分程度というのは適切な時間であると考えられる。

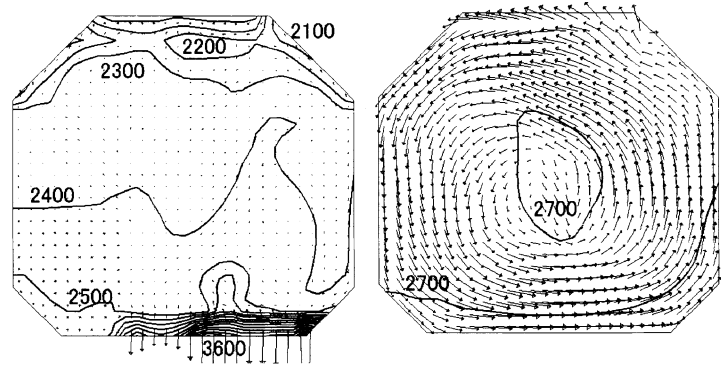


Fig.8 数値解析による MLSS 濃度と流速ベクトル (左：送気停止 30 分後、右：送気開始 5 後)

Tab.3 計算条件

(1) 送気量	30m ³ /h
(2) 送気サイクル	5 分送気 55 分停止
(3) MLSS	2000mg/L
(4) SV30	50%
(5) 槽通過流量	740m ³ /h

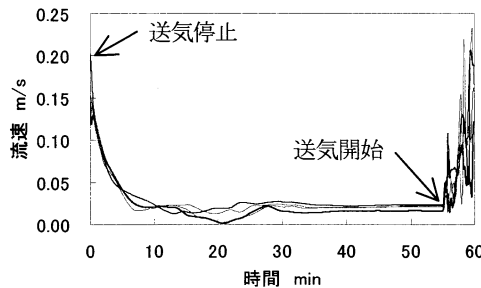


Fig.9 水深①での流速時刻歴

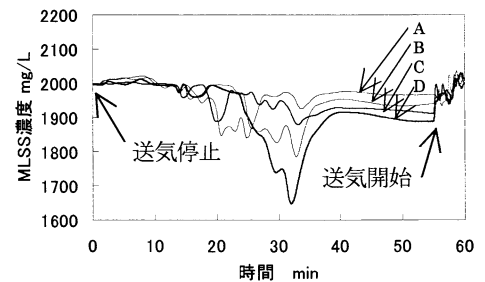


Fig.10 水深①での MLSS 濃度の時刻歴

6. まとめ

下水処理場の実池の嫌気タンク・無酸素タンクにおいて、粗大気泡攪拌装置による間欠空気攪拌を実施し、その攪拌性能および水処理性能について調査した結果、有効な攪拌方式であることを確認した。

さらに、調査結果に基づき汚泥の沈降分離モデルを作成し、反応タンク内の攪拌をシミュレートした。

今後は粗大気泡攪拌の適用によるコスト低減効果・省エネ効果についてまとめていく予定である。

参考文献：1) 平田・田中・一宮，第 35 回下水道研究発表会講演集，p528 (1998)

2) M. Manninen, et al., VTT publications 288, Technical Research Centre of Finland, 1996