

# メンブレンパネル式散気装置 (深槽への適用)に関する研究

## 1. 背景と目的

反応タンクにおける消費電力は、下水処理場全体の消費電力の30～60%程度を占めるとされており、そのほとんどがエアレーション用の送風機による消費である。そのため効率の良い散気装置を導入することは、送気量削減に伴う消費電力量の削減ができるだけでなく、温室効果ガスの排出抑制につながり地球温暖化防止に寄与することができる。

本機構では平成14年度から15年度にかけて、「メンブレンパネル式散気装置に関する共同研究」を行い、本技術に関する技術マニュアルの作成を行った。しかし、深槽エアレーション方式については、実施での運転事例が少ないことから、技術マニュアルの適用範囲外としていた。その後、本散気装置の深槽反応タンクにおける運転事例が増えてきたことから、本研究では、深槽反応タンクにおける酸素移動効率の設計値の決定、および深槽エアレーションタンクにおける導入効果の検証、設計条件の設定を行うことにより、平成15年度に作成した技術マニュアルに深槽反応タンクへの適用内容を追加し、技術マニュアルの改訂を行うことを目的とした。

## 2. 研究体制

本研究は、(財)下水道新技術推進機構と(株)荏原製作所、(株)クボタ、三機工業(株)、JFEエンジニアリング(株)、神鋼環境ソリューション(株)、

水道機工(株)、住友重機械工業(株)、(株)タクマ、月島機械(株)、日本ガイシ(株)、日立プラント建設(株)、前澤工業(株)との12社の共同で実施した。

## 3. 研究期間

研究は、平成15年6月～平成17年3月までの約1カ年で実施した。

## 4. 研究内容

メンブレンパネル式散気装置(以下MPD)を深槽エアレーションタンクに設置した場合において、以下の項目について研究を実施した。

- (1) 深槽エアレーション方式における酸素移動効率設計値の決定  
実験槽等における清水での酸素移動効率測定値および実槽における汚水運転中の酸素移動効率測定値から、深槽エアレーション方式における酸素移動効率の設計値を決定した。
- (2) 導入効果の検討  
深槽エアレーション方式に導入した際の効果について(1)で決定した設計値をもとにモデル設計によりMPDを深槽エアレーションタンクに導入した場合の効果について検討を行った。

## 5. 構造・形状・特徴

### 5.1 構造, 形状, 外観

本研究において, MPD を特殊ポリウレタン膜を使用, 形状は矩形, 通気口がある構造と定義し, 対象散気装置を「A型(細長型)」「P型(幅広型)」とした。構造図を図-1に, 寸法, 材質を表-1に, 外観写真を図-2にそれぞれ示す。

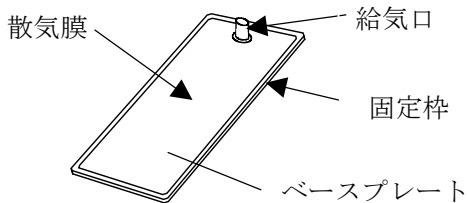


図-1 メンブレンパネル式散気装置構造図

表-1 メンブレンパネル式散気装置寸法・材質

	A型(細長型)	P型(幅広型)
寸法	150mm× 2,000~4,000mm	1,200mm×3,600mm 1,200mm×1,900mm 500mm×3,600mm
膜	特殊ポリウレタン	特殊ポリウレタン
ベースプレート	ステンレス製	合成樹脂
固定枠	ステンレス製	ステンレス製

(A型)



(P型)



図-2 メンブレンパネル式散気装置写真

### 5.2 特徴

#### 5.2.1 酸素移動効率が高い

本散気装置の気泡径は, 発生直後において平均約1mmであり, 従来の散気装置の気泡に比べ小さいことから, 気液接触面積が大きくなる等の効果により酸素移動効率が高い。停止時及び散気時の散気膜の状態を図-3に示す。

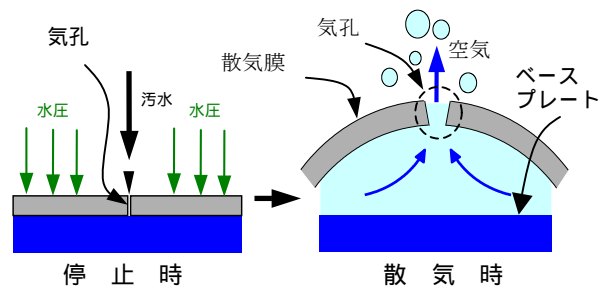


図-3 停止時・散気時の散気膜の状態

## 6. 深槽エアレーション式

有効水深が10m程度の反応タンクにおけるエアレーション方式。槽中央に流れ方向に平行に導流板を設置し, 導流板片側の水深4~5m程度の位置に散気装置を設置する。散気装置からのエアレーションにより旋回流をおこし, 酸素の溶解, 混合液攪拌を行う。深槽反応タンクの断面概要を図-4に示す。

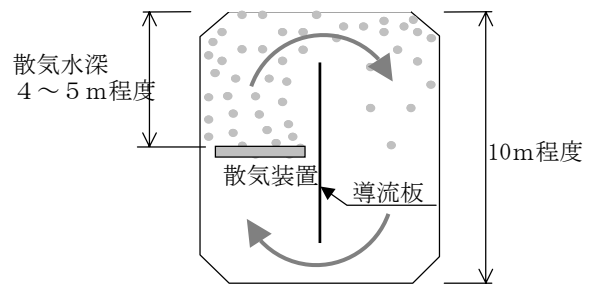


図-4 深槽エアレーション式

## 7. 研究内容

### 7.1 深槽エアレーション方式における酸素移動効率設計値

深槽エアレーション方式における酸素移動効率は, 既存の測定データより槽幅に影響を受ける傾向にあることが分かった(酸素移動効率は槽幅が8m付近を境に狭い場合では相対的に低い値を示していた)。そこで, 設計値は槽幅の条件を考慮し, 清水での測定データと汚水運転中の測定データから決定することとした。

#### 7.1.1 酸素移動効率測定値(清水での測定値)

清水での酸素移動効率の測定は非常法により行った。槽幅の広い槽(8m以上)での測定結果を図

- 5に、狭い槽（8 m未満）の測定結果を図 - 6に示す。この結果から、幅の狭い槽での酸素移動効率を24%に、幅の広い槽の酸素移動効率測定値を27%に設定した。

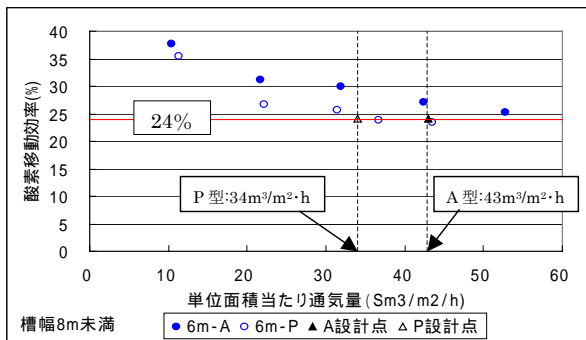


図 - 5 酸素移動効率測定結果  
(清水・槽幅 8 m未満)

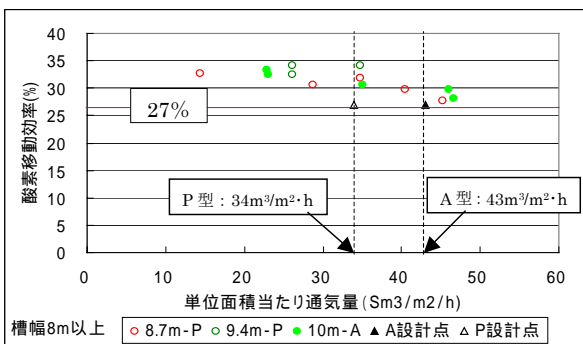


図 - 6 酸素移動効率測定結果  
(清水・槽幅 8 m以上)

### 7.1.2 酸素移動効率の測定値（汚水での測定値）

汚水中の酸素移動効率の測定はオフガス法により行った。オフガス法は反応タンク運転中に曝気した空気と混合液通過後の空気の物質収支より酸素移動効率を算出する測定方法である。そのため反応タンクの運転状況により測定値にバラツキが生じるため、測定値は平均値での評価とした。

図 - 7に、MPDの標準通気量における酸素移動効率の測定結果を（清水、汚水運転中）槽幅別に整理した結果を示す。7.1.1で設定した槽幅に対するそれぞれの設定値を、汚水運転中の測定結果がほぼ満たしていることが確認できた。また、清水での測定結果および槽幅別に設定した設計値から、槽幅8 m以上と8 m未満で設計値を分けることとした。

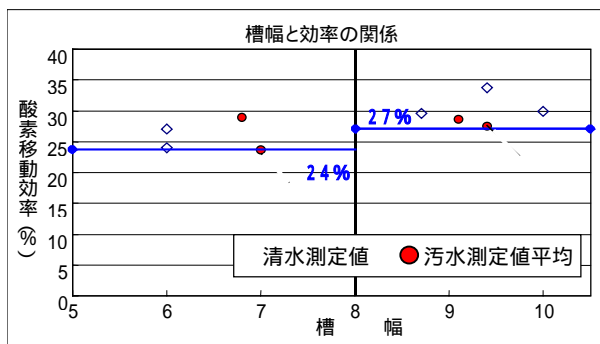


図 - 7 槽幅に対する酸素移動効率測定結果

### 7.1.3 酸素移動効率設計値

清水、汚水での酸素移動効率測定結果及び槽幅との関係から、酸素移動効率の設計値を表 - 2のように決定した。

表 - 2 酸素移動効率の設計値  
(深槽、散気水深 5 m)

	槽幅 8 m未満	槽幅 8 m以上
酸素移動効率	24%	27%

散気水深が基準の5.0 mと異なる場合は、全面エアレーション方式、旋回流方式同様、以下の式により設計値を補正することとした。

$$\eta_{Xm} [\%] = \eta_{5.0m} - 6.0 \times (5.0 - X)$$

$\eta_{Xm}$  : 散気水深 X mでの酸素移動効率 (%)

$\eta_{5.0m}$  : 散気水深 5 mでの酸素移動効率 (%)

## 7.2 導入効果

### 7.2.1 モデル設計による導入効果

前項にて決定した酸素移動効率の設計値をもとに、モデルケースを設定し、表 - 3、4の条件で導入効果を試算した。比較対象は、散気板と水中攪拌機とした。

モデル1（新設）：1送風系列にMPDが全て設置される場合。送風用ブロワの吐出圧がMPDの圧力損失に合わせ設定されるため、理想的な散気水深（5 m程度）に設置される

モデル2（既設更新）：送風用ブロワの吐出圧が既設散気装置にあわせて設定されているため、MPDの散気水深を調整して設置される。

表 - 3 試算条件 (反応タンクに関する条件)

項目	単位	値
処理水量 (日最大)	m <sup>3</sup> / (日・池)	27,000
反応タンク数	池	8
槽形状 (W×L×H)	m	10×80×10
有効容量	m <sup>3</sup> / 池	8,000
運転方法	標準活性汚泥法 (硝化)	

表 - 4 試算条件  
(散気装置, プロワに関する条件)

項目	単位	値	
酸素移動効率	散気筒, 散気板*	%	17
	水中攪拌機	%	21
プロワ断熱効率	%	65	
電力料単価	円 / kWh	12	
二酸化炭素排出係数	kgCO <sub>2</sub> / kWh	0.378	

モデルケース 1, 2 の試算結果を表 - 5, 6 に示す。両ケースとも, プロワ動力で散気板と比較して約 3 割, 水中攪拌機吐比較して約 4 割強の削減効果が試算された。

表 - 5 モデルケース 1 (新設) での検討結果

項目	単位	MPD	散気板	水中攪拌機
エアレーション方式	—	深槽式	深槽式	—
散気水深	m	5.0	5.0	5.0
酸素供給量	kgO <sub>2</sub> / d	8,817	8,817	8,817
酸素移動効率	%	27	17	21
必要空気量	m <sup>3</sup> / min	81	129	107
散気密度	m <sup>3</sup> / (m <sup>2</sup> ・h)	6.1	—	—
プロワ動力* <sup>2</sup>	kW	114	169	207
電力料金	千円 / 年	11,980	17,750	21,750
設備費* <sup>3</sup>	—	100	110	122
年間費用* <sup>3</sup> * <sup>4</sup>	—	100	125	145
CO <sub>2</sub> 排出量	tCO <sub>2</sub> / 年	377	559	685

(1 池 (27,000m<sup>3</sup> / d) あたりの値)

表 - 6 モデルケース 2 (既設更新) での  
検討結果 (好気タンク部比較)

項目	単位	MPD	散気板	水中攪拌機
エアレーション方式	—	旋回流式	旋回流式	—
散気水深	m	4.5	5.0	5.0
酸素供給量	kgO <sub>2</sub> / d	8,844* <sup>1</sup>	8,817	8,817
酸素移動効率	%	24	17	21
必要空気量	m <sup>3</sup> / min	92	129	107
散気密度	m <sup>3</sup> / (m <sup>2</sup> ・h)	6.9	—	—
プロワ動力* <sup>2</sup>	kW	120	169	207
電力料金	千円 / 年	12,600	17,750	21,750
設備費* <sup>3</sup>	—	100	96	117
年間費用* <sup>3</sup> * <sup>4</sup>	—	100	117	143
CO <sub>2</sub> 排出量	tCO <sub>2</sub> / 年	398	559	685

(1 池 (27,000m<sup>3</sup> / d) あたりの値)

※1 同一の必要酸素量 (AOR) を設定しているが, 散気装置ごとに散気水深が異なるために酸素供給量 (SOR) が異なる。

※2 水中攪拌機の動力は, プロワと攪拌動力の合計。

※3 MPD を100とした場合の指数。

※4 年間費用 = 機器費 / 10年 + 電力料金。

## 8. 技術マニュアル構成

今回改訂した項目を※で示す。

### 第 1 章 総 則

#### 第 1 節 基本事項

#### ※第 2 節 用語の定義

### 第 2 章 構造と特徴

#### 第 1 節 構造・形状

#### 第 2 節 特徴

#### ※第 3 節 装置の適用

#### ※第 4 節 導入効果

### 第 3 章 設 計

#### ※第 1 節 散気装置の設計手法

#### 第 2 節 圧損上昇予防装置

#### 第 3 節 関連機器に関する留意事項

### 第 4 章 施 工

#### 第 1 節 施工手順

#### ※第 2 節 試運転

### 第 5 章 維持管理

#### 第 1 節 圧損上昇予防操作

#### 第 2 節 保守点検

#### 第 3 節 長期休止時の保管方法

### 資 料 編

#### 1 酸素移動と散気装置

#### ※2 メンブレンパネル式散気装置の導入効果

#### 3 特徴を生かした適用方法

#### ※4 モデル設計

- ※5 標準仕様書・特記仕様書・見積依頼仕様書
- 6 仕様および標準図
- ※7 納入実績
- 8 問い合わせ先

算を行った結果、全面エアレーション、旋回流式同様、メンブレンパネル式散気装置の既存散気装置に対する優位性が確認できた。

今回の研究成果を平成15年度に発刊した「メンブレンパネル式散気装置技術マニュアル」に追記し発刊することで、MPD のさらなる普及と発展に役立たれることを願う次第である。

## 9. まとめ

今回研究において、MPD を深槽反応タンクに使用した場合の酸素移動効率を決定し、導入効果の試

---

### この研究に関するお問い合わせは

研究第二部長	高橋 隆一
研究第二部総括主任研究員	桐原 隆
研究第二部主任研究員	土屋 玄
研究第二部研究員	中村 浩