

# 下水処理施設向け散気装置用ゴム製メンブレンの開発

## Development of Rubber Membrane Instruments for Air Diffusers in Sewage Treatment Plants

ダイセン・メンブレン・システムズ株式会社  
パールコン営業部

機器部品事業部  
技術開発部

機器部品事業部  
技術開発部

機器部品事業部  
技術開発部

機器部品事業部  
技術開発部

// 笹嶋 邦彦

// 石井 修次

// 細川 敦

// 東 吉夫

// 小畑 博美

■ K. Sasajima

■ S. Ishii

■ A. Hosokawa

■ Y. Azuma

■ H. Obata

下水処理施設の役割は、生活排水や工業排水などの汚水を浄化することにより水質を保全することにある。浄化方法は、主に微生物による汚染物質の分解・吸着作用を利用した活性汚泥法が用いられている。所定の水処理能力を得るためには処理水中の微生物の活動を活性化させる必要があり、それには気泡状の空気（酸素）を処理水中に送りこむエアレーション方式が採用されている。

この工程に要する電力は処理施設の消費電力の大半を占めており、そのほとんどが送風用プロアによる消費である。したがって、消費電力低減すなわち下水処理コスト低減のためにはエアレーションの省エネ化が重要であり、それは効率的に酸素を供給できる散気装置（気泡状の空気を水中に放出する装置）の開発にほかならない。

ダイセン・メンブレン・システムズ 株式会社と当社は、従来から普及している多孔質樹脂製散気板（ペレット状の樹脂と接着剤を焼き固めて作られる、板状の散気装置用部品）からの置き換えを可能とし、散気装置の主要性能である酸素移動効率（供給空気量に対して水に溶解する酸素量の割合）が多孔質樹脂製散気板よりも高い散気装置用ゴム製メンブレンを開発した。

【キーワード】 散気装置, 曝気装置, メンブレン, 下水処理, 排水処理

A role of a sewage treatment is to keep the water in good condition by purifying filthy water such as domestic or industrial liquid wastes. As the main method of purification, the activated sludge method that decomposes and absorbs pollutant by microbes is used. To activate microbes, aeration by sending air bubbles into the processing water is necessary. Electricity needed for aeration takes up most of the total electricity consumption for the treatment, and the most electricity consuming is the blower. Therefore, development of an air diffuser with improved oxygen transfer efficiency is an important factor for reducing electricity consumption.

We developed rubber membrane instruments for air diffusers that have higher oxygen transfer efficiency than porous resin panel diffusers by joint development with DAICEN MEMBRANE-SYSTEMS LTD.

【Key words】 Diffuser, Aeration, Membrane, Sewage, Water Treatment

### 1 まえがき

下水処理施設において、処理水中の窒素化合物や炭素化合物を除去する際、微生物による分解・吸着作用を利用した活性汚泥法が用いられている。処理水中の微生物の活動を活発にするには、微生物に酸素を供給する必要があり、この手段として反応タンク（図 1）の底面に設置された散気装置から気泡状の空気を処理水中に供給する方法が採用されている。

この工程に要する電力は、処理施設の総消費電力の 30～60%を占めており、そのほとんどは送風用プロアによる消費である。したがって、電力消費低減すなわち下水処理コスト低減のためには、より効率的に酸素を供給できる散気装置の開発が必須である。

国内の処理施設では、多孔質樹脂製（または多孔質セラミック製）散気装置が広く普及しているが、近年散気

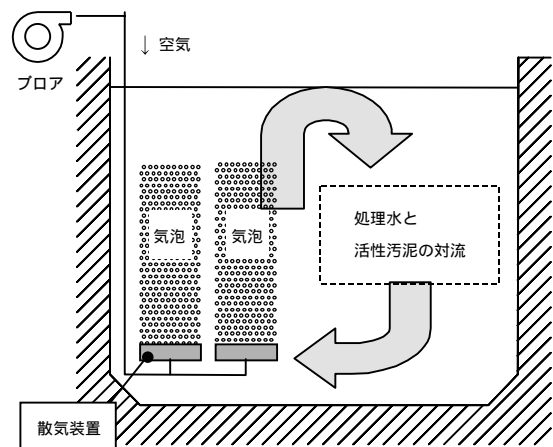


図 1 反応タンク  
Reactive tank

効率の高いメンブレン型散気装置への置き換えが進んでいる。しかし、既存のメンブレン型散気装置は既設の部品が流用できないため多大な初期コストを要する。

ダイセン・メンブレン・システムズ(株)と当社は、ブローア・散気板ホルダ等の既設部品が流用でき、多孔質樹脂製散気板との部品交換のみで散気性能の向上が可能であるメンブレン型散気装置 (PMD-P300 R) を共同開発し、販売を開始した。

## 2 散気装置の現状

先述のとおり、処理水への酸素供給には従来から多孔質樹脂製(または多孔質セラミック製)散気装置が広く用いられており、なかでも板形状である散気板とよばれるタイプが最も普及している(図2)。散気板タイプは気泡が大きく、さらに発生箇所が偏るため、得られる酸素移動効率に限界がある。加えて、常時開いている穴への汚水侵入や汚泥の固着により目詰まりが生じ、長期間使用するにつれ、通気抵抗(空気が散気装置を通過する際に生じる圧力損失)が上昇するというデメリットも知られている。

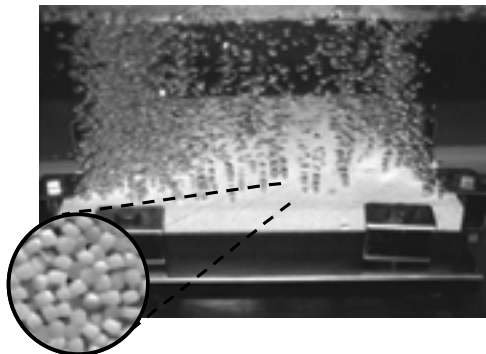


図2 多孔質樹脂製散気装置(散気板タイプ)  
Porous resin panel diffuser

これら従来品のデメリットを解決するため、'90年代後半から、メンブレン型散気装置の開発・導入が進められてきた。メンブレン型散気装置とは、ゴムなどの弾性体膜にスリット状もしくはピンホール状の穴を設けた散気装置である。空気供給により膜部を伸長させ開いた穴から気泡状の空気を処理水中に放出する。気泡は、樹脂製散気装置よりも微小となり、処理水に接する比表面積が大きいことから酸素移動効率が向上する。空気供給停止時には、メンブレンの収縮する性質を利用し穴が閉じることにより、汚水の逆流を防止することができる(図3)。

この結果、目詰まりが発生することなく、長期間使用しても通気抵抗は上昇しないという特長がある。

一方、既存品はホルダなど周辺部品の流用ができないことに加え、通気抵抗が樹脂製散気板より高い(2~4倍)ため、ブローアの流用も困難という問題も併せもつ。

したがって、メンブレン型散気装置への置き換える際の設定投資金額は膨大なものとなってしまう。

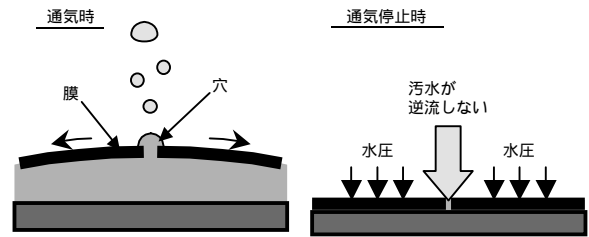


図3 通気時および通気停止時のメンブレンの状態  
State of the membrane

## 3 散気装置の開発

### 3.1 開発コンセプト

先述の諸問題を解決すべく、下記コンセプトで開発を進めた。

- (1) 下水処理能力の効率化ならびに省エネルギー化(酸素移動効率の向上)
- (2) メンブレン型散気装置に置き換える際の初期コスト低減(既存設備の流用)
- (3) 処理費用削減に繋がるランニングコストの低減…長寿命化

### 3.2 開発内容

#### 3.2.1 設計面

##### (1) 弾性体膜

下水浄化能力は、微生物に対する酸素供給量に左右される。酸素供給量は酸素移動効率で表され、それが高いほど微生物の分解作用が活性化するため、ブローア送風量を低減できる。したがって、処理能力の効率化には酸素移動効率の向上が重要特性と位置付けられる。

酸素移動効率は、気泡が微細な程向上することが判明しており、膜表面からの微細かつ均一な気泡の供給が課題であったが、我々は空気供給時における伸びの均等性はある程度の膜厚を保持することで確保できるという知見を得た。

ところで、この均等な伸びはメンブレンを加圧することで得られるものであるが、空気を供給するブローア側から見れば大きな抵抗である。従来の通気抵抗の小さい多孔質樹脂品用に設置された既設ブローアは、膜厚の大きいメンブレンを伸ばす能力を有していないため、当該ブローア流用を考慮すると通気抵抗を多孔質樹脂品と同等に設定する必要がある。しかしながら、これは薄膜化を意味しており、上記酸素移動効率向上と相反する関係にある。

我々は、FEM解析(図4)ならびに実験から膜厚、スリット穴(寸法、配置位置、配置数量)の最適化を図り両者を成立させることができた。

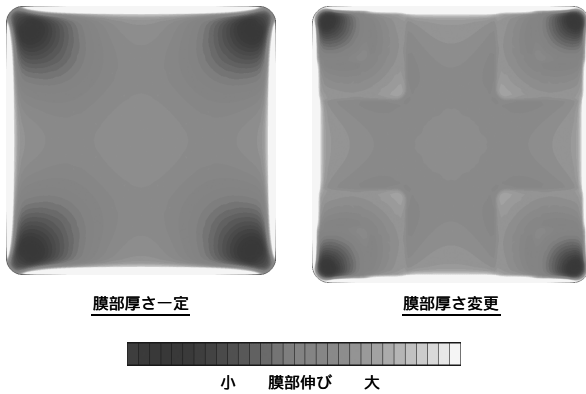


図 4 膜部伸びに関する FEM 解析  
FEM analysis of membrane elongation

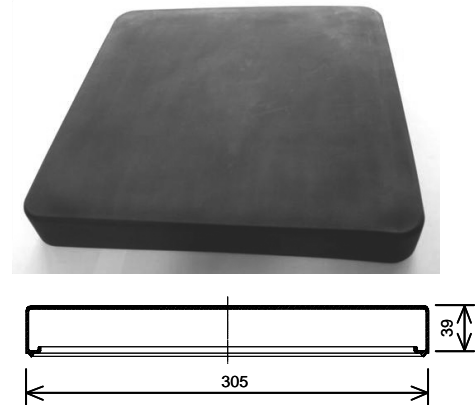


図 6-1 PMD-P300 R 用メンブレン  
Membrane for PMD-P300 R

(2) 故障モード

下水処理施設は長期に亘り安定した処理を継続することが要求される。

我々は既設設備の流用を図るばかりでなく、散気装置の使用環境から故障モードを抽出し、それらの対策を設計に盛り込んだ。その結果、メンブレンは膜機能とシール機能を併せ持つ一体形状となり、ランニングでの信頼性も向上させることができた。

3.2.2 材料面

長期に亘り安定した特性が維持できるように、物性変化の少ない特殊 EPDM 材料を採用した。下水処理水に対する浸漬試験結果から、同材料は長期間使用を十分満足するものと判断される。(図 5)

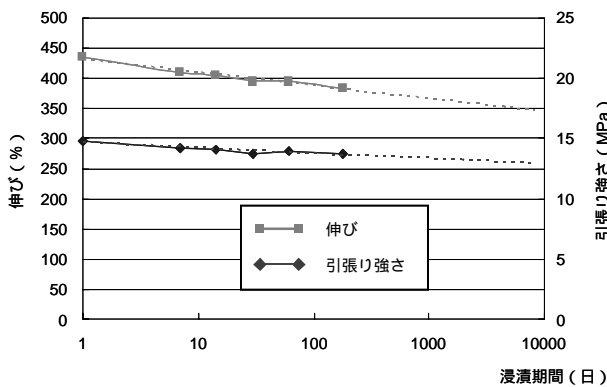


図 5 浸漬試験結果  
Result of the dip examination

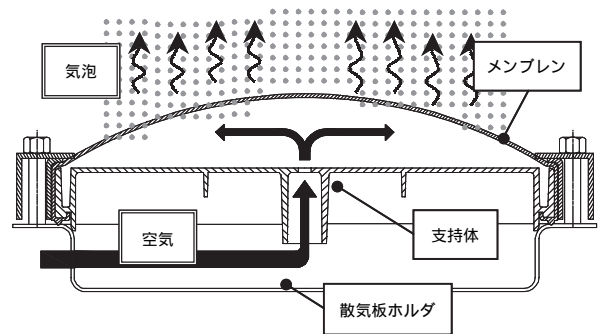


図 6-2 散気装置 PMD-P300 R  
Air Diffuser PMD-P300 R

また、従来の樹脂製散気板ホルダが流用可能であることが図 7 から明確である。

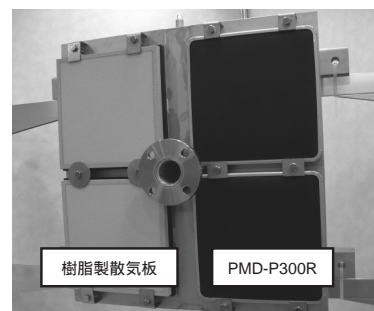


図 7 ホルダ装着状態  
Placed in a diffuser holder

4 装置および性能

4.1 メンブレン形状および散気装置構成

散気装置 PMD-P300 R 用メンブレンの形状および散気装置構成を図 6-1、6-2 に示す。樹脂製散気板 (図 2) と比較した場合、PMD-P300 R はほぼ全面から微細気泡が発生しており、高い酸素移動効率を達成した。

## 4.2 散気性能

### 4.2.1 酸素移動効率

PMD-P300 Rと樹脂製散気板の酸素移動効率を図8に示す。下水処理施設で通常用いられる通気量条件(20～100 L/min/枚)下において、PMD-P300 Rの酸素移動効率は散気板のそれより15%以上向上している。反応タンク中の下水に対する溶解酸素量は、通気量と酸素移動効率の積に比例することから、散気板1枚当たりの標準的な通気量を100 L/minとすると、PMD-P300 Rに置き換えた場合、70 L/minまで通気量低減が可能であることがわかる。

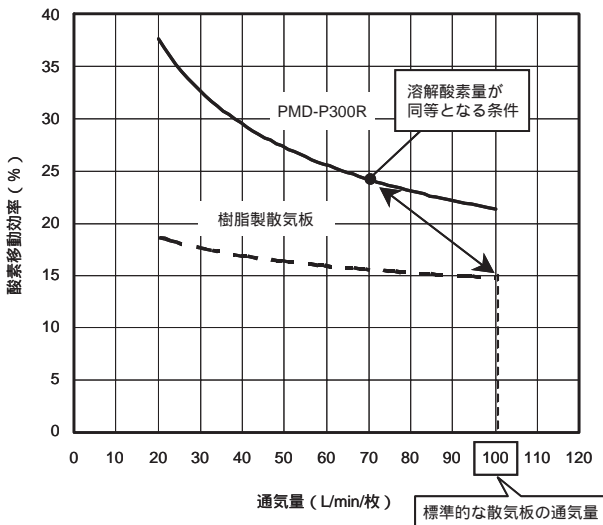


図8 酸素移動効率  
Oxygen transfer efficiency

### 4.2.2 通気抵抗

PMD-P300 Rと樹脂製散気板のプロア必要圧力を表1に示す。散気板と比較して、製品単体での初期湿式通気抵抗はわずかに高いが、経年劣化(目詰まり)による圧力損失増加分の加算が不要であり、加えて、送風量低減により配管内の圧力損失が小さくなる。したがって、散気板からPMD-P300 Rへの置き換え時にプロア更新などの既存設備変更は不要であると判断される。

表1 プロア必要圧力  
Necessary pressure for the blower

必要圧力	樹脂製散気板	PMD-P300 R
①初期湿式 通気抵抗 (kPa)	2	3
②経年劣化による圧損 (kPa)	3～8	0
③散気水深 (kPa)	50	50
④配管圧力損失 (kPa)	5	$5 \times (70/100)^2 \approx 3$
プロア必要圧力 ①～④合計 (kPa)	60～65	56

## 5 実施例

国内A浄化センターでの使用結果を図9に示す。

2005年9月に1ラインを樹脂製散気板からPMD-P300 Rに置き換えた結果、散気板を継続使用している他ラインに比べて約30%送風量が低減した状態で推移している。また、交換以降現在まで約2年が経過しているが、圧力上昇や性能低下等異常は発生していないことから、さらなる長寿命が期待される。

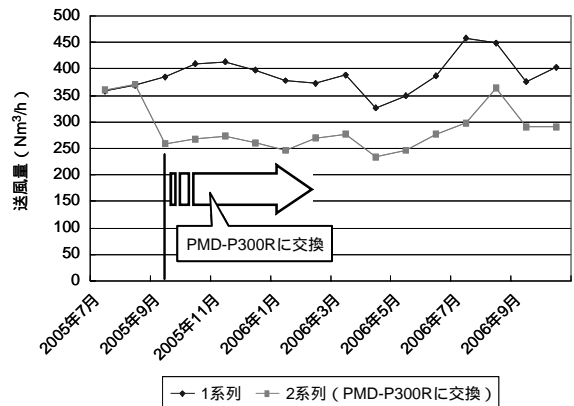


図9 A浄化センター送風量変化  
Quantity of ventilation change

## 6 まとめ

下水処理施設の省エネ化を低コストにて実現するため、初期コスト低減(=既存設備の流用)およびランニングコスト低減(=散気性能向上、長寿命化)をコンセプトとしたPMD-P300 Rを開発、上市した。

今後は本開発で得られた知見をもとに、さらなる高効率品の開発および個別の処理施設に対応したカスタム品の開発を進めていく所存である。

## 7 むすび

我々の生活に必要な不可欠な水資源は、下水道の普及により大幅な改善がなされ環境と調和した循環型社会が成り立っているが、一方では維持管理に要するエネルギー消費も膨大なものとなっている。

省エネルギーや排出ガス削減など環境負荷低減が求められる現在の状況下において、ダイセン・メンブレン・システムズ(株)と当社は、下水処理施設の省エネ化を低コストにて実現したPMD-P300 Rを共同開発し、このたび販売を開始した。

PMD-P300 Rは公共下水処理施設を皮切りに、工場・畜産など民間排水処理施設にも適用されることにより環境負荷低減が大いに期待される。