

# ニューエアー（低圧力損失散気装置）の実設備での運転と省エネルギー効果

## Operation Results of Newair, Low Pressure Loss Diffuser, in Sewage Treatment Plants



三浦雅彦\*  
Masahiko Miura  
(農学博士)



吉田忠広\*\*  
Tadahiro Yoshida



熊野 晋\*\*  
Susumu Kumano

下水処理場の反応タンクでもちいる散気装置として低い圧力損失、高い酸素移動効率の特長を有する樹脂製微細気泡散気装置であるニューエアー（低圧力損失散気装置）をドイツから導入し国内5箇所で稼動中である。

ニューエアーにはディスク型、チューブ型の2型式がある。散気性能の評価は、送風動力あたりの酸素移動効率を示す平均酸素移動動力効率にておこなった。その結果、ディスク型の全面エアレーション式では、標準送風量範囲（5～14 m<sup>3</sup>N/h/個）で平均酸素移動動力効率が3.5～4.2 kgO<sub>2</sub>/kWhであった。チューブ型の旋回流式では、標準送風量範囲（8～14 m<sup>3</sup>N/h/m）で3.1～3.5 kgO<sub>2</sub>/kWhであった。また、両型式とも1年以上の実施設での運転において標準送風量範囲で目詰まり無く運転できることを確認した。さらに、これらの結果をもとにモデルケースでの電力由来のCO<sub>2</sub>排出量を試算し、従来型（散気板・散気筒）にくらべ、約30%のCO<sub>2</sub>削減効果を確認した。

Newair is the diffuser for sewage treatment plants. We introduced it from Germany. At the present day, Newair is operated at the five sewage plants. In this report, we introduce specification and characteristic of Newair. Moreover, we estimate saving energy effect, 30% CO<sub>2</sub> reduction, by Newair using operating data at sewage treatment plants.

### Key Words :

下水処理	Sewage treatment
散気装置	Diffuser
低圧力損失	Low pressure loss
二酸化炭素削減	CO <sub>2</sub> reduction
省エネルギー	Saving energy

### 【セールスポイント】

ニューエアーは、圧力損失が低く、高い酸素移動効率を有している。したがって、必要風量が増加する高度処理においても、既設の送風機を交換することなく散気装置の更新が可能で、更新需要に相応しい省エネルギー型の散気装置である。

## まえがき

活性汚泥法を採用している下水処理場において、反応タンクへの空気吹き込みに要する電力量は処理場全体で消費される電力量の約3～6割を占めるといわれている。この電力量を削減することは、省エネルギー化とともにCO<sub>2</sub>排出量の削減につながり、地球温暖化の観点からも社会的意義が大きい。これまで、散気装置の高効率化には、散気気泡の微小化による酸素移動効率の向上が指向され、超微細気泡の散気装置が実用化されている。<sup>1)</sup> 一方、我々は酸



写真1 ディスク型ニューエアーの外観



写真2 チューブ型ニューエアーの外観

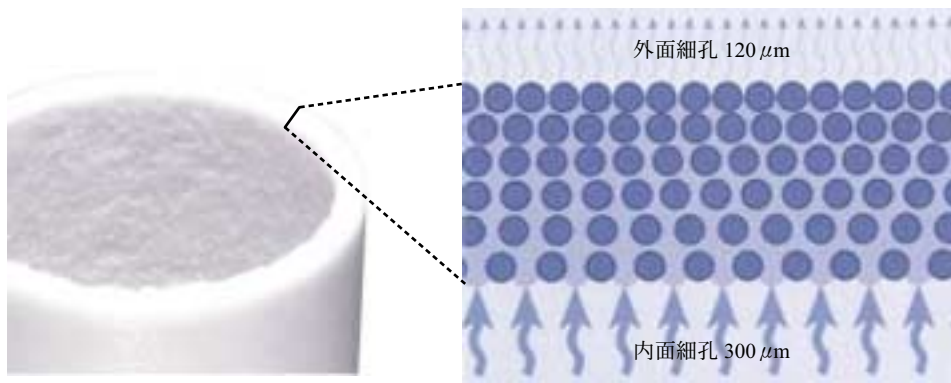


図1 ニューエアー散気部断面の模式図

素移動効率とともに散気動力に大きく影響する因子である通気抵抗の低減に着目し、圧力損失が低く、酸素移動効率が高い散気装置であるニューエアーをドイツから導入し国内での拡販を進めている。

本報では、性能証明のために実施したニューエアーの実設備運転における散気性能評価、圧力損失に影響する目詰まりに関する評価、さらに、それらの結果をもとに試算したCO<sub>2</sub>削減効果について報告する。

## 1. ニューエアーの仕様と特長

### 1.1 形状

ニューエアーは、特殊な細孔構造を持つ、高密度ポリエチレン製の散気装置である。形状は、ディスク型とチューブ型があり、ディスク型を写真1に、チューブ型を写真2に示す。また、両型式の仕様を表1に示す。ディスク型は散気部の直径が240 mmであり、下部に散気配管と接続するコネクターを有している。チューブ型は、散気部の長さが500 mm、750 mmの2種類があり、片側が散気配管と接続できる構造となっている。

### 1.2 特長

ニューエアーの散気部断面の模式図を図1に示す。高密度ポリエチレンを特殊な成形方法により、散気装置内面の細孔を300 μm程度に、散気装置外面を120 μm程度に調整することで、次のような特長を有している。

表1 ニューエアーの概略仕様

型式	ディスク型	チューブ型
散気部寸法	240 mmφ	500 mm, 750 mm長さ, 72 mmφ 直径
標準送風量	5～14 m <sup>3</sup> /h/個	8～14 m <sup>3</sup> /h/m
散気板材質	高密度ポリエチレン	
孔径	外面120 μm, 内面300 μm	

### 1. 2. 1 低い圧力損失

特殊な細孔形状のため、散気装置を通過する際の通気抵抗が小さく、圧力損失は標準送風量条件で約1.5 kPa と非常に低く抑えることができる。

### 1. 2. 2 高い酸素移動効率

外面の細孔が120 μm と非常に小さいため、微細な気泡を発生し、高い酸素移動効率がえられる。

### 1. 2. 3 軽量、高強度

チューブタイプは約700 g (750 mL)、ディスクタイプは約900 g と簡単に持ち運びできる重量である。材質は、高密度ポリエチレン製で、強度も高く、取り扱いが容易で施工性に優れている。

### 1. 2. 4 優れた耐食性、耐久性

高密度ポリエチレン製のため、pH、温度変化など耐食性、耐久性に優れている。

## 2. 実験方法および実験設備

### 2. 1 酸素移動動力効率

酸素移動動力効率 ( $E_p$ ) は散気装置の単位送風動力あたりに溶解供給できる酸素量を示し、式1で定義される。<sup>2)</sup>

$$E_p = \frac{Ea/100 \times Gs \times \rho \times Ow}{Ls} \quad (式1)$$

$Ls$  : 送風動力[kW]

$Ea$  : 酸素移動効率[%]

$Gs$  : 送風量[m<sup>3</sup>/h]

$\rho$  : 空気密度(=1.293[kg/m<sup>3</sup><sub>N</sub>])

$Ow$  : 空気中の酸素含有量(=0.233[O<sub>2</sub>kg/空気 kg])

また、算出のもととなる酸素移動効率は下記の2種類の方法で測定した。

清水での酸素移動効率は、2 m<sup>w</sup> × 2 m<sup>t</sup> × 5 m<sup>d</sup> (有効水深) の実験水槽において測定した(写真3)。ディスク型では、水槽底部に4個を全面配置して発泡面積比を4.5%とし、チューブ型では、500 mm長さのもの2本を旋回流配置し5.7%の発泡面積比とし非常法で測定した。

汚水での酸素移動効率は、実処理場での供給ガスと排出ガスの物質収支から酸素利用率をもとめるオフガス法<sup>3)</sup>により測定した。散気水深の影響は清水実験からもとめた係数で5 m水深に換算した。

ディスク型はM浄化センターで測定した。反応タンクの設備概要を表2に、ニューエアーの配置概略図とオフガス法の測定位置を図2に示す。チューブ型はN浄化センターで測定した。反応タンク設



写真3 清水試験水槽 (2 m<sup>w</sup> × 2 m<sup>t</sup> × 5 m<sup>d</sup>)

表2 ディスク型 性能評価実施の反応タンク設備仕様 (M浄化センター)

処理方式	3段ステップ流入式	
散気方式	全面エアレーション式	
測定箇所	第3ステップ好気槽	
第3ステップ反応タンク形状	幅7m × 長(13.7+20.9)m × 水深4.5m, ハンチあり	
第3ステップ反応タンク容量	1 020 m <sup>3</sup>	
三 一 一 仕 様	形 式	ディスク型
	数 量	240個(96個+144個)
	発泡面積比	4.5%
散気水深	4.05 m	

備概要を表3に、ニューエアーの配置概略図とオフガス法の測定位置を図3に示す。

### 2. 2 圧力損失の測定

清水での圧力損失は0.6 m<sup>w</sup> × 1.0 m<sup>t</sup> × 0.5 m<sup>d</sup> (有効水深) の水槽にニューエアーの発泡面を100 mm水深に設置し測定した。ディスク型では、標準送風量の5~14 m<sup>3</sup>/h/個で、チューブ型では同じく8~14 m<sup>3</sup>/h/mで散気したときの圧力損失を測定した。

実設備における汚水運転の圧力損失は、ライザー管に設置した圧力計で2~3回/月の頻度で測定した。

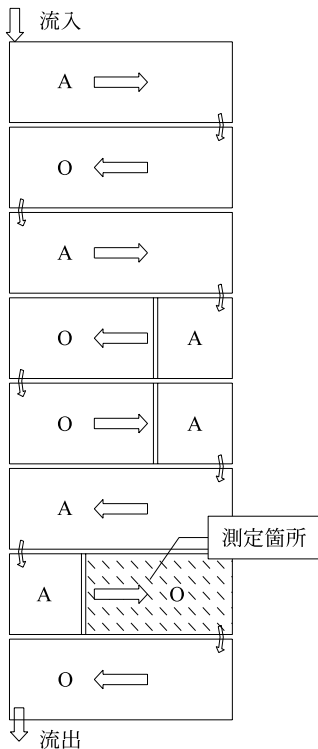


図2 ディスク型ニューエアーの測定箇所と配置写真 (M 浄化センター)

表3 チューブ型実設備運転の反応タンク設備仕様 (N 浄化センター)

処 理 方 式	標準活性汚泥法	
散 気 方 式	旋回流式	
タ ン ク 形 状	幅8m×長6m×水深5.0m×7区画、ハンチあり	
散 気 水 深	4.4 m	
タ ン ク 容 量	1 680 m <sup>3</sup>	
ニ ュ ー エ ア ー 仕 様	形 式	チューブ型(L500 mm)
	散 気 寸 法	φ 72 mm×500 mm
	散 気 面 積	0.113 m <sup>2</sup> /本
	数 量	154本(=22本×7区画)
	発泡面積比	5.2 %

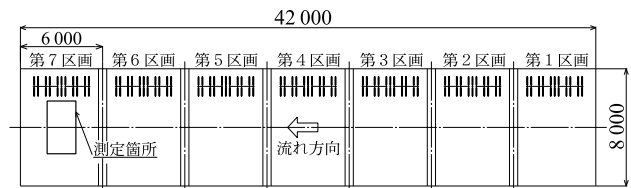


図3 チューブ型ニューエアーの測定箇所と配置写真 (N 浄化センター)

### 2.3 攪拌能力

攪拌能力は3次元電磁流速計をもちいて流速を測定し、各測定点につき3分間の平均合成流速を求めた。

### 2.4 CO<sub>2</sub>削減効果の評価

実規模のモデル設計において、ニューエアーの酸素移動効率、圧力損失をもとにした送風機の消費電

力を試算し、年間CO<sub>2</sub>発生量に換算した。これを、従来型のセラミック散気板<sup>2,4)</sup>の試算結果と比較した。

## 3. 結果および考察

### 3.1 酸素移動動力効率

図4にディスク型の全面配置の酸素移動動力効率の結果を示す。標準送風量の酸素移動動力効率は低

風量条件で上昇する傾向があり3.5~4.2 kgO<sub>2</sub>/kWhであった。汚水の結果を○のシンボルで示す。清水の測定からえられた性能曲線と整合した。

図5にチューブ型の巡回流式の酸素移動動力効率の結果を示す。同様に標準送風量の酸素移動動力効率は低風量条件で上昇する傾向があり3.1~3.5 kgO<sub>2</sub>/kWhであった。汚水の結果を○のシンボルで示す。清水の測定からえられた性能曲線と整合した。

### 3.2 清水での圧力損失

ディスク型では6 m<sup>3</sup>/h/個で散気時に126 mmAqであった。チューブ型では10 m<sup>3</sup>/h/個で散気時に124 mmAqであった。

### 3.3 実処理場での送風圧力の推移

ディスク型の送風圧力はM浄化センターにおいて2007年10月~2008年10月までの13ヶ月間測定した。測定期間の送風量は5~6 m<sup>3</sup>/h/個で標準送風量(5~14 m<sup>3</sup>/h/m)の範囲内であった。また、送風圧力は横這いであり上昇する傾向は認められなかった(図6)。

チューブ型の送風圧力はN浄化センターにおいて2006年8月~2008年9月までの25ヶ月間測定した。

測定期間の送風量は10~12 m<sup>3</sup>/h/m程度で標準送風量(8~14 m<sup>3</sup>/h/m)の範囲内であった。また、送風圧力は横這いであり上昇する傾向は認められなかった(図7)。

### 3.4 攪拌能力

実処理場におけるディスク型、チューブ型の反応タンク底部流速(10 cm水深)と、そのときの曝気風量を表4, 5に示す。ともに汚泥が沈降しない目安とされる底部流速10 cm/secを大きく上回る流速であることを確認した。

### 3.5 CO<sub>2</sub>削減効果

処理水量10 000 m<sup>3</sup>/d, 散気水深5.0 m, 循環式硝化脱窒法をモデルケースとして、年間のCO<sub>2</sub>発生量を試算し、従来のセラミック散気板, 散気筒をもちいたケースと比較した。両型式のニューエアーとも、従来のセラミック散気板, 散気筒ケースと比較して約30%のCO<sub>2</sub>削減効果となった(図8, 9)。

## 4. ま と め

ニューエアーの散気性能評価, 実処理設備での運転結果, およびモデルケースでのCO<sub>2</sub>排出量の試算から以下の結果をえた。

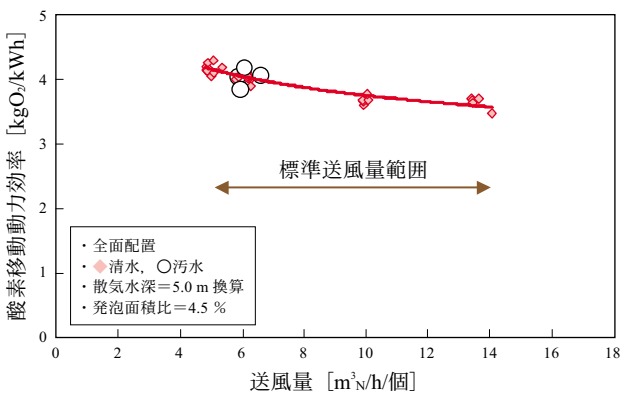


図4 ディスク型送風量と酸素移動動力効率の関係

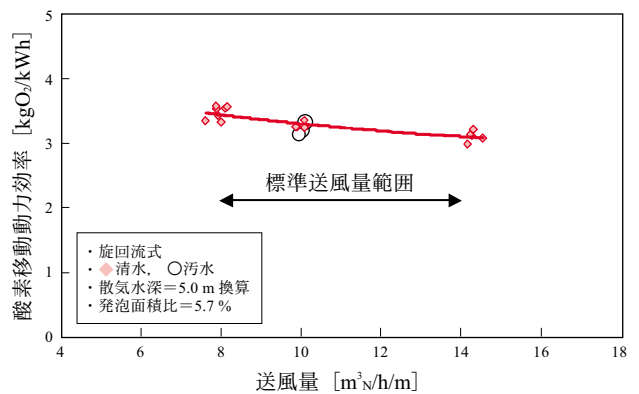


図5 チューブ型の送風量と酸素移動動力効率の関係

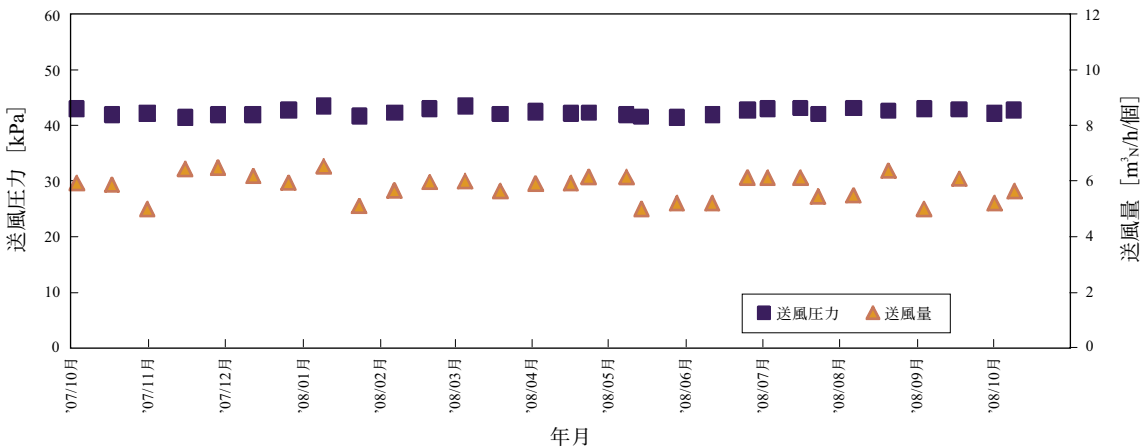


図6 ディスク型の送風圧力と送風量 (M浄化センター)

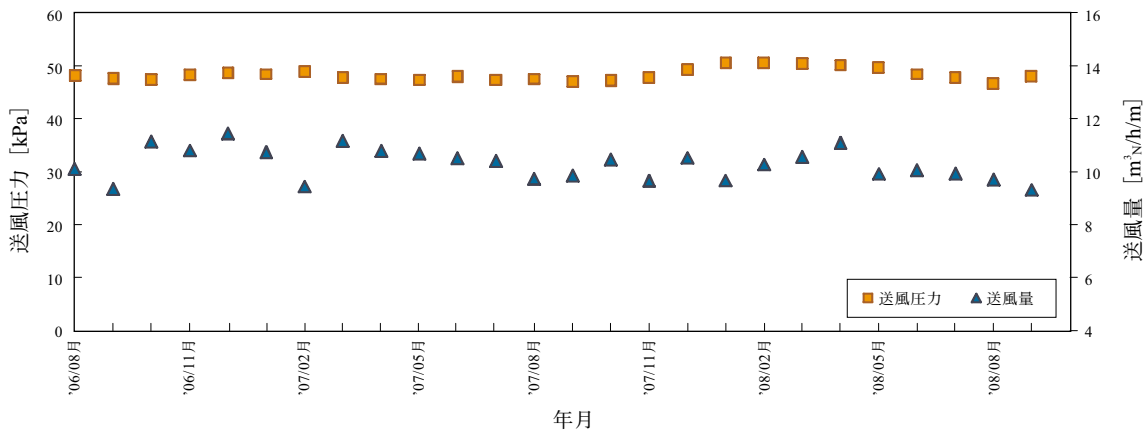


図7 チューブ型の送風圧力と送風量 (N 浄化センター)

表4 ディスク型ニューエアーの底部流速

測定	総合流速 (cm/sec)		送風量 (m³/h/個)
	範囲	平均	
測定1	29.6~45.1	35.9	5.8
測定2	20.7~27.4	24.7	5.5

表5 チューブ型ニューエアーの底部流速

測定	総合流速 (cm/sec)		送風量 (m³/h/m)
	範囲	平均	
測定1	52.3~68.7	60.9	10.2
測定2	49.9~63.8	57.4	9.8

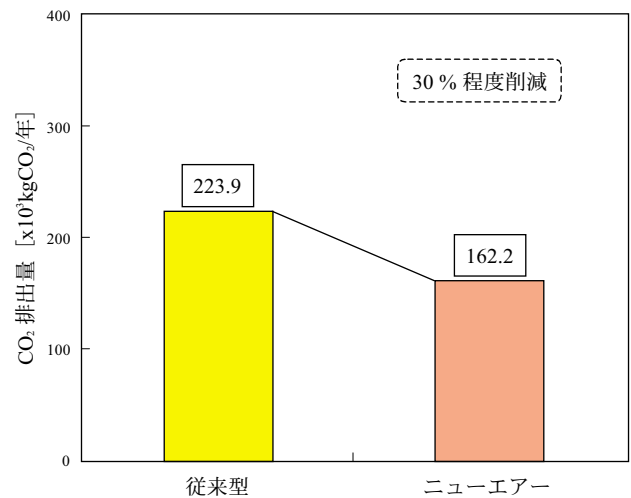


図8 ディスク型、全面エアレーションのモデル設計によるCO₂発生量の比較

- ① ディスク型、全面エアレーションの清水および汚水での酸素移動効率と圧力損失の測定結果から、標準送風量範囲の酸素移動動力効率が3.5~4.2 kg O₂/kWhであった。
- ② チューブ型、旋回流式の清水および汚水での酸素移動効率と圧力損失の測定結果から、標準送風量範囲の酸素移動動力効率が3.1~3.5 kgO₂/kWhであった。
- ③ 両型式のニューエアーとも実処理場の運転において汚泥沈降防止攪拌に必要な10 cm/sec以上の底部流速を確認した。
- ④ 両型式のニューエアーの実処理場における1年間以上の運転において、送風圧力に著しい上昇がないことを確認した。
- ⑤ 両型式のニューエアーの酸素移動効率と圧力損失の測定結果から、モデルケースでの年間CO₂排出量を試算したところ、従来のセラミック散気板、散気筒にくらべ約30%のCO₂削減効果があることを確認した。

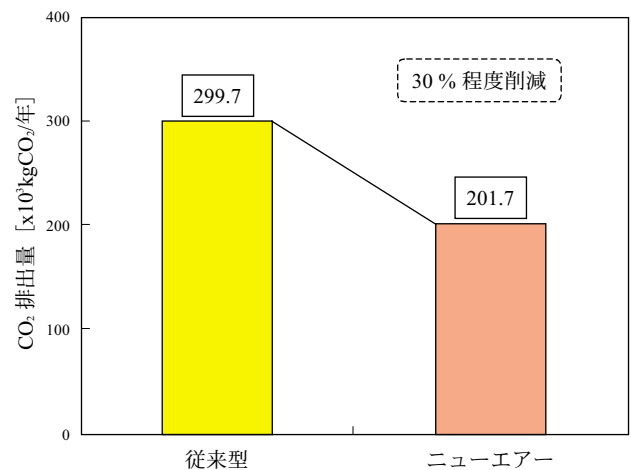


図9 チューブ型、旋回流式のモデル設計によるCO₂発生量の比較

なお、2009年3月に、以上の項目に関して下水道新技術推進機構の建設技術審査証明(下水道技術)を取得した。

## む す び

ニューエアーは、国内5箇所の下水処理場で稼動中であり、本報での検討結果よりその省エネルギー性を明らかにすることができた。

下水処理施設は、施設の老朽化や処理水の高度処理化のため、更新、改築が進められている。ニューエアーは、圧力損失が低く、高い酸素移動効率を有していることから、必要風量が増加する高度処理においても、既設の送風機を交換することなく、散気装置の更新が可能である。今後も更新需要を中心に、さらに多くの下水処理場で利用されることを期待したい。

最後に、多大なご協力を頂きました関係各位、業務遂行にご支援頂きました神鋼テクノ(株)小畑聡氏に深く感謝の意を表します。

### [参考文献]

- 1) 伊藤ほか 第39回下水道研究発表会論文集(2002), p.698-700
- 2) 下水道施設設計・設計指針と解説 後編(2001), p.311
- 3) 久保田ほか, 旋回流式エアレーションタンク内散気性能指標の実測, 下水道協会誌, 17, p.31-42 (1980)
- 4) メンブレン式散気装置 技術マニュアル, (財)下水道新技術推進機構 (2004年), p.37