

ゴム製散気管がつくる微細バブルの  
画像解析を手がかりとして……



# ゴム製散気管の 「曝気性能」は 実は低い



---

## はじめに

散気管の性能は、「酸素溶解効率」だけで決まるものなのでしょうか？

タイトルにある「**曝気性能**」とは、酸素溶解効率だけで散気管の性能を評価判定してはならない、  
という意味合いの用語です。

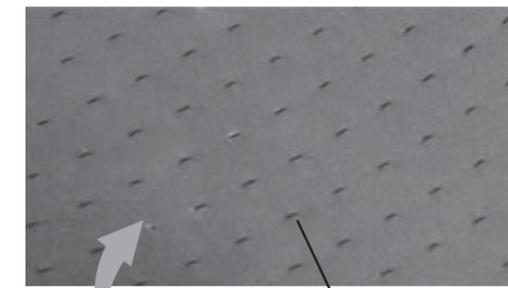
世界中に普及しているゴム製散気管の酸素溶解効率は、一般に思われているレベルよりずっと低い  
のが実態です。

さらに、攪拌力が弱くて堆積ヘドロが生じやすいとか、必ず目詰りを起こすなど、  
世界で評価が定まっている欠点ももっています。

散気管は排水で使うものなのに、キレイな水で採った高効率のデータばかりをPRするのはナンセンスです。  
またその誇大広告によって、日本の社会経済がこうむっている損失も大きい。

世界と同じように、**ゴム製散気管のプラス面も、マイナス面も、正当に論じるのが健全なあり方です。**

1-1 どちらの散気管が、100ミクロンサイズの微細バブルをリッチにつくれるでしょう？



ゴム製  
円盤状散気管

ゴム製のシートに、  
数100μmほどのミシン目状の  
穴がたくさん空いている

大口径の1個だけの穴から  
エアーを吐出して、  
2種の特種構造物で砕く



OHRエアレーター  
AE-50N型

1-2 比較実験の画像解析です ※全く同一条件での比較テストです  
●タンクサイズ：φ1.0m×水深1.7m ●供給エアー量：200ℓ/min ●運転時間：60秒



当社の八王子デモルームで、タンク2基を使った同時比較運転を  
ご覧に入れます！ ぜひ、その目でお確かめください！

2-1 なぜ、ゴム製散気管は少ないのか？ なぜ、OHRエアレーターは多いのか？

その理由は、バブルをつくるメカニズムそのものにあります。  
ゴム製散気管には、供給エアーを激しく砕く作用はありません。  
対してOHRエアレーターは、2種の特種構造体によって、供給エアーと水とを激しく砕き、  
強制的に微細バブル群をつくります。

2-2 ゴム製散気管のメカニズム

粒がそろった、ミリ単位のバブル群を生成する。  
〔※そして、ミリ単位のバブルが生まれる瞬間の“破片”として、  
数百ミクロンサイズのちぎれたバブルも付随的に出来る。〕

流体をミキシングする機能はなく、  
酸素が水に溶けるかどうかは、自然任せ。

空いている穴は数百ミクロンだが、  
吐出されるバブルは数ミリサイズに大きくなる。



2-3 OHRエアレーターのメカニズム

激しい攪拌流を生み出す粗大バブル群と、100ミクロンほどの微細バブル群と、両極端を同時につくる。



### 3-1 微細バブルが多い／少ないということと、酸素溶解効率が高い／低いということは、どのように関係するのか？

微細バブルが多いから酸素溶解効率が高い、少ないから効率が低い、といえるのでしょうか？  
 そう単純にいうことができないところが、曝気の世界の奥深さです。  
 ただ確かなことは、数ミリサイズのバブル群とは別に、もっと格段に小さなマイクロサイズのバブルの世界があって、それ抜きに曝気の効率を語ることはできないということです。

ここで、事例2つをご紹介します。  
 「ゴム製散気管のPRには、大きな隠し事がある」というリアルな例です。

### 3-2 事例2つのご紹介／ゴム製散気管とOHRエアレーターとの実地比較

#### 事例A 某製紙工場のケース

2倍も高効率であるはずのゴム製散気管より、OHRは3割も少ないエア一量で済んだ

(某製紙工場排水／排水量：12,000m<sup>3</sup>/日 BOD値：IN 400mg/ℓ ▶ OUT 10mg/ℓ BOD負荷総量：4,680kg-BOD/日)

E社の散気管の酸素溶解効率は、OHRエアレーターの2倍超であるため、必要空気量はOHRの1/2以下となるはずである。  
 しかし、必要空気量の計算結果は、OHRの方が3割も少ないエア一量で済む、というものであった。

	PRしている酸素溶解効率 (水深 5.5m 時)	実際に客先に提出された、必要空気量
E社のゴム製散気管	30.0%	117.6m <sup>3</sup> /min
OHRエアレーター	13.7%	84.7m <sup>3</sup> /min

PRしている酸素溶解効率はE社製散気管と比べてOHRは1/2未満  
 OHRが3割も少ないエア一量で済む計算結果となった

客先に提出した必要空気量の計算式

- OHR社：4,680kg-BOD / 日 ÷ 0.28 ÷ 24 ÷ 60 ÷ 0.137 (=酸素溶解効率:13.7%) = 84.7m<sup>3</sup>-air/min
- E社散気管の代理店：4,680kg-BOD / 日 ÷ ..... ÷ 24 ÷ 60 ÷ 0.3 (=酸素溶解効率:30.0%) × 1/2 = 117.6m<sup>3</sup>-air/min

“安全係数”と称して、最後に1/2を掛けている

#### 事例B 某もやし製造工場のケース

ゴム製散気管が低効率であったため、DOが上がらず処理状態不良に陥った

(L工場排水／もやし製造排水 BOD:3,000mg/ℓ MLSS:12,000~13,000mg/ℓ 水深:4.0m)

M社のゴム製散気管を取付けたが、DO値(=溶存酸素濃度)が上がらず処理状態不良のため、  
 OHRエアレーターに交換したところ大改善が見られた。

M社の散気管は非常に高い酸素溶解効率をPRしているが、

実際の排水処理現場ではOHRエアレーターの1/2未満の効率にとどまった。

(OHRエアレーターの実際のDO値：1.8~2.0mg/ℓ に比べ、M社品の実際のDO値：0.6~0.8mg/ℓ は1/2未満)

	PRしている酸素溶解効率 (水深 4.0m 時)	L工場曝気槽内の、実際のDO値
M社のゴム製散気管	16.0%	0.6~0.8 mg/ℓ
OHRエアレーター	7.5%	1.8~2.0 mg/ℓ

PRしている酸素溶解効率はM社製散気管と比べてOHRは1/2未満  
 実際の排水では、OHRが2倍超の高効率を示した

### 3-3 なぜ、事例A, Bのような事が現実にかかるのか？

#### キレイな水で採った高効率データばかりPRされている

事例AもBも、要は、PRしている効率と、実際の効率とが大きく食い違うではないか、ということです。  
 しかし冷静に分析すれば、食い違いが大きいのが当たり前だと納得がいきます。

食い違いが大きい理由は、散気管は排水で使うものなのに、キレイな水で採った高効率のデータばかりをPRしているからです。

「キレイな水では高い効率が出るが、実際の排水では低下するんです」とありのままに言えばよいのに、ということです。

世界全体として見れば、そのように説明されているし、そうでなければオカシイ、と受け止められています。

#### キレイな水に比べ、実排水では1/4とか1/3とか、大幅に低下する

キレイな水で採った酸素溶解効率が、実際の排水ではどれほど低下するか、これを「アルファ値」といいます。  
 排水にはさまざまな物質が含まれているので、酸素が溶け込みにくくなり、キレイな水に比べ1/5とか、1/4とか、1/3とか、かなり大幅に効率は低下します。その効率低下がどれほどなのかを表すのが、アルファ値です。

左ページの実例Bでは、ほぼ1/5(=20%)にまで、大幅に低下したわけです。

某製紙工場の排水におけるE社散気管のアルファ値は、**0.5**である。(=効率は半分になる)

アルファ値のことを、安全係数と称している

L工場の排水におけるM社散気管のアルファ値は、**約0.2**である。

OHRエアレーターのアルファ値を1.0とした場合、M社の散気管はPR値の1/5近くまで、ガクンと低下した

### 3-4 多孔質散気管の【アルファ値】はいくらか？

(1) シンガポールの下水道当局の見解：**0.23~0.68** (シンガポールの下水にたいし)

(2) アメリカの環境保護庁(EPA/United States Environmental Protection Agency)のレポートに出てくる一例：平均**0.4**

(ニュージャージー州の某下水処理場での例。多孔質散気管のアルファ値が、平日の高負荷時に平均で0.4であったと出ている)

(3) OHR社の見解：約**0.2~0.5** (=清水での効率に比べ、実排水では約20~50%へとダウンする)

(注) アルファ値は、産業排水(BOD数百mg/L~数千mg/L~数万mg/L)では0.2とか0.25とか、かなり低くなるケースがあるが、下水処理場では低負荷(BOD200~350mg/Lほど)なので、それほど低くはならないようである。(シンガポール下水道当局の0.23という値は、世界一厳しい値かも知れない)

なおOHR社の業務対象は日本国内では産業排水のみであり、「アルファ値：約0.2~0.5」という見解は産業排水だけを対象としている。

4. さらに散気管の総合力＝「曝気性能」で判定すると、ゴム製散気管の性能はもっと見劣りします。

散気管の判定基準4つ

散気管の役割は、多面的です。次の4つです。

<p>1 微生物群に 酸素を供給</p> <p>微生物群へ、 酸素を供給する</p>	<p>2 槽内全域を 好気環境に キープ</p> <p>デッドゾーン(死領域) を作らない</p>	<p>3 微生物群と 汚濁物質との 濃密な接触</p> <p>微生物群と汚濁有機物の きめ細かな接触があつて こそ、分解作用を受ける</p>	<p>4 目詰りなし・ 長期の耐久性</p> <p>24時間365日休みなく 稼働し続ける散気管は、 ノーメンテが重要</p>
--	---	--	---

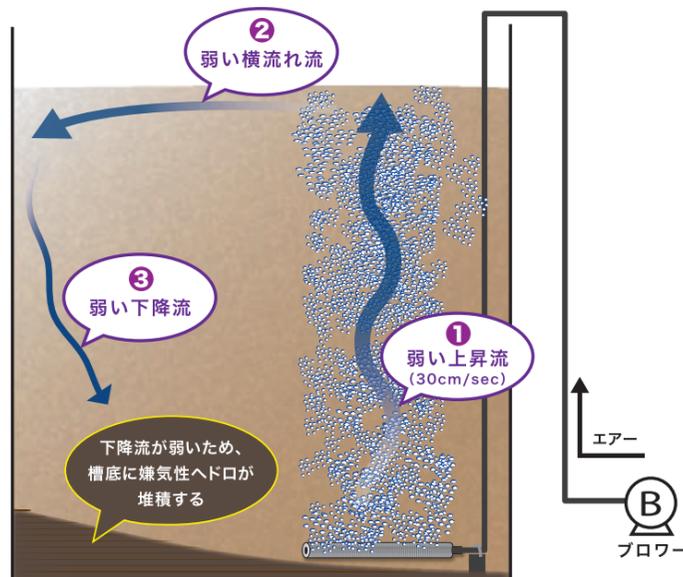
上記の役割の4つのうち、【微生物に酸素を供給する能力】ばかりに関心が奪われますが、他の3つを軽視すると失敗します。

特に【槽内全域を好気環境にキープ】出来なければデッドゾーンが生まれ、堆積物が生じて嫌酸化し、せっかく供給した酸素がムダに消費されてしまうので、いわば穴が空いたバケツに水を注ぎ続けるようなものです。



ゴム製散気管はデッドゾーンが出来やすい

ゴム製散気管が生成するミリ単位バブル群は、水中での上昇力が弱く、槽内を攪拌する力が劣る。したがってどうしても、デッドゾーンが出来やすい。これは、世界的な評価です。



下水処理場でゴム製散気管のコストメリットが出やすいのは当然

下水処理場でゴム製散気管を使ってコストメリットが出やすいのは、当然といってよい。

下水は BOD 濃度がごく薄く、それに比例して微生物濃度もごく薄いので、目詰りは進行のテンポが遅く、デッドゾーンも軽微で済む。

したがって、酸素溶解効率の高さが比較的に際立ち、省エネメリットが出やすいからです。

日本の下水道の場合：



産業排水では急に欠点が目立ってくる

しかし産業排水は、下水処理場とは比較にならない悪条件です。

アルファ値の低下が大きくなるし、デッドゾーンはごく当たり前出来る。目詰りの進行のテンポも早い。

下水処理場では目立たなかった欠点が、産業排水では急に目立ってきます。

ズバリ言って、**ゴム製散気管は産業排水向きではない。**

そして高負荷で悪条件になればなるほど、大きく見劣りします。

ゴム製散気管は、エア-吐出口を微細にしてエア-を細分化し、ミリ単位のバブル群をつくる、という技術思想です。

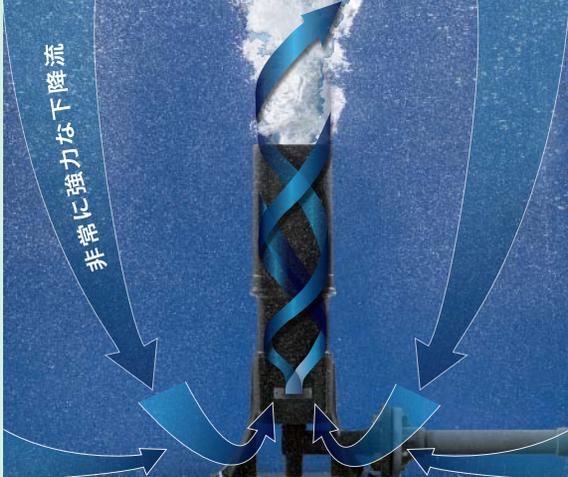
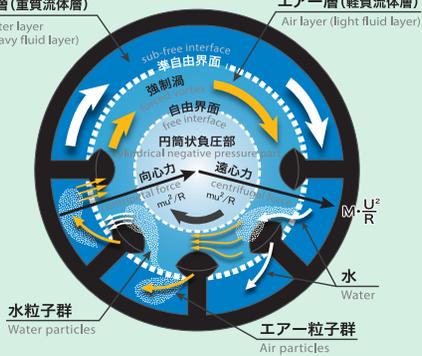
そしてそんな考え方でバブルをつくるからこそ、**アルファ値は低下するわけだし、目詰りするわけであるし、デッドゾーンが出来るわけです。**

全ては、その技術思想が作り出した技術的限界であるわけです。

産業排水の場合：



# OHRエアレーターと、ゴム製散気管との比較一覧表

	OHRエアレーター	ゴム製散気管 (ポラスディフューザー)
技術思想	流体力学的作用によって、 <b>エアと汚泥水とを強力にミキシング</b> して、酸素を汚泥水中に強制的に溶け込ませる	たくさんの微細な穴からエアを吐き出し、 <b>接触面積を増やして</b> 、酸素を汚泥水中に溶かす
基本構造・メカニズム	 <p>大口径の1個のエア吐出口からエアを吐き出したあとで、2種の特種構造体により微細ミキシングする</p>	 <p>数百<math>\mu\text{m}</math>ほどの小さな穴から、数ミリサイズのエアを吐出。</p>
気-液のミキシング	<p>剥離現象によって液体も気体も微細化し、それらを遠心力・向心力によって互いに激しく衝突させる</p>  <p>水層(重質流体層) / Water layer (heavy fluid layer) エア層(軽質流体層) / Air layer (light fluid layer) 自由界面 / free interface 円筒状負圧部 / cylindrical negative pressure 向心力 / radial force 遠心力 / centrifugal force 水粒子群 / Water particles エア粒子群 / Air particles</p>	<p>エアと排水とをミキシングする機能はなく、酸素が排水中へ溶けるかどうかは<b>自然任せ</b></p>
アルファ値	<p>ほぼ <b>1.0</b> (強力なミキシング作用により、強制的に酸素を溶け込ませるため)</p>	<p><b>0.2~0.5 ほど</b> (汚泥濃度の濃い排水ほど、著しく低下する)</p>
目詰り	<p><b>原理的に、目詰りは起こり得ない。</b> 15年経っても新品時の性能をキープする。</p>	<p><b>必ず目詰りする。</b> 従って、酸素溶解効率の低下は更に進む。</p>
必要本数と、攪拌受持面積	<p>必要本数が、従来型散気管の<b>1/10</b>ほどで済む (1本あたりの攪拌受持面積・吹込み空気量が大きいため)</p>	<p><b>必要本数が多い</b> (攪拌受持面積が0.5~1.0<math>\text{m}^2</math>と小さく、吹込み空気量も少ないため)</p>
高濃度汚泥	<p><b>MLSS: 50,000~60,000<math>\text{mg}/\ell</math> で 間欠運転しても、目詰り無しの実績あり</b></p>	<p>高濃度のMLSSの下では、<b>目詰り進行、アルファ値の低下が著しい</b></p>
アンカー止め・水抜きが必要か	<p><b>水抜き・槽底へのアンカー止めは、一切不要!</b> (激しい噴き上がりの反作用で、本体が槽底へ押しつけられるため)</p>	<p><b>水抜き・槽底へのアンカー止めが必要</b> (目詰りした散気管の洗浄時や交換時も、水抜きが必要)</p>

▶ 資料請求・お問合せは、お気軽にお電話ください。

**OHR** 開発・製造・販売  
株式会社 **OHR** 流体力学研究所  
Original Hydrodynamic Reaction Technology OHR LABORATORY CORPORATION

〒358-0054 埼玉県入間市野田536-1  
TEL: 04-2932-5466 FAX: 04-2932-5605  
デモルーム: 〒192-0075 東京都八王子市南新町6-1

ウェブサイト <http://www.ohr-labo.com> 電話番号 04-2932-5466