

エアレーション装置の経済比較

Economic Evaluation of Aerator Systems

環境装置事業部 技術部神戸G
高村 義郎
Yoshio Takamura

Aeration equipment should be effective and economical. The mechanics of the aeration, oxygen transport, and oxygen utilization systems must each be considered when selecting equipment.

The SP JET System developed by Shinko-Pfaunder is an economical aeration system that achieves a high dispersion of air in the treated liquid with a low energy consumption.

汚水処理設備の省エネルギー対策の一つに、エアレーション設備に消費される電力量の削減があげられる。

本稿では、当社が開発し販売している省エネルギー型ばっ気装置「SPジェット」を種々のエアレーション装置と比較紹介するとともに、省エネ比較検討例を報告する。

1. ま え が き

近年、オイルショックを契機として電力料金が高騰し、多方面の分野で省エネルギー、省資源の対策が実施されてきている。

汚水処理の分野もその例外ではなく、水処理設備や汚泥処理設備における省エネルギー化が検討実施されている。例えば、公共下水道の各設備における電力構成の調査結果によると、エアレーション設備（散気方式が主流）における消費電力量は、処理場全体の消費電力量の約40%（処理水量が10,000m³/d以下では、約50%を超える）を占めると報告されている。¹⁾

当社は、このエアレーション装置の省エネルギー化に着目し、水深5mの水槽を用いて種々の実験を繰返し、省エネルギー型のエアレーション装置として「SPジェット」を開発し、家庭下水や工場廃水の処理設備に販売提供している。

本稿では、当社の「SPジェット」をはじめとして、種々の散気装置を簡単に説明するとともに、これらの省エネ比較例を紹介する。

2. 各種エアレーション装置

エアレーション装置は、散気式、機械式および併用式に大別される。

いずれの方式を採用するかは、処理場の規模、処理方式、エアレーションタンクの形状、維持管理上の諸条件を考慮して決定するが、通常は操作の簡便さ、故障や騒音の少なさ、自動運転の容易さなどから散気式が多く用いられている。

2.1 散気式エアレーション装置

一般的によく用いられており、次の様に分類される。

2.1.1 粗大気泡型

エアレーションタンクの片側に設置し、旋回流をおこす形式で用いる。発生気泡径が大きいため気液接触効率が悪く、酸素の溶解効率が低い。そのため、プロワーの設備容量が大きくなる。

このタイプに属するものとしては、（第1図参照）

- 1) スパージャー
- 2) ディスクディフューザー
- 3) ノンクログディフューザー
- 4) スタティックエアレーター
- 5) シャーフューザー
- 6) ボックスエアレーター

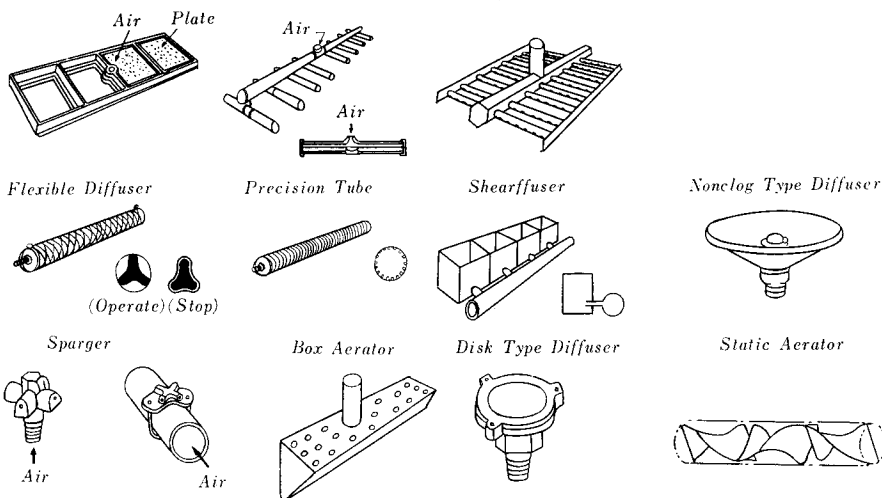
などがある。

2.1.2 微細気泡型

粗大気泡型と同様、エアレーションタンクの片側に設置し、旋回流をおこす形式で用いる。発生する気泡は粗大気泡型に比べて小さく、酸素溶解効率が高いためプロワー容量は小さくできる。発生気泡径を小さくするために散気孔が400μ前後であるため目詰りの対策を考慮する必要がある。このタイプに属するものとしては、（第1図参照）

- 1) 散気筒

Porous Diffuser(Plate type) Porous Diffuser(Cylinder Type) Lattice Aerator



第1図 散気装置
Fig. 1 Gas dispersing devices

- 2) 散気板
- 3) エアレーション格子
- 4) サラン巻き散気管

などがある。

2. 1. 3 超微細気泡型

この散気装置は、省エネ型として下水処理分野で最近注目されてきているもので、エアレーションタンクの底部に均等に多数の散気部を配置し、全面ばっ気の形式をとっている。微細気泡型に比べ発生気泡径が小さい(2mm)ことを特長としており、酸素の溶解効率が高いが、散気孔が200 μ 前後と微細構造であるため目詰りの可能性が極めて高い。

2. 2 機械式エアレーション装置

機械式エアレーション装置は次の様に大別される。

2. 2. 1 縦軸式

本方式には固定式とフローティング式のものがあり、固定式には、水中部にドラフトチューブを有するものと無いものがある。最近では、小規模下水処理用として注目されているオキシデーションディッチ法用のエアレーターとしても使用されている。当社のオキシデーションディッチシステム(シグマディッチ)では、縦軸式のシグマエアレーターを使用している。

2. 2. 2 横軸式

本方式はケスナブラシに代表されるもので、改良型のエアレーターはオキシデーションディッチに利用されている。

2. 2. 3 その他

その他としては、タービンスパージャーがある。

2. 3 併用式エアレーション装置

散気式と機械式の併用型で、散気式に比べて送風量を減少することが可能で、トータルエネルギーを小さくすることを目的とする。この方式のものとしては、

- 1) ジェットエアレーション
- 2) 水中エアレーター

などがある。

以上簡単に紹介したもののうち、通常よく用いられる散気式について第1表に比較表を、第1図に形状を示す。

3. SPジェット

3. 1 SPジェットエアレーションシステム

当社が開発したSPジェットは、エアレーション装置としては併用式に属する。

エアレーションシステムは第2図に示す様に、①循環水用ポンプ(渦巻きポンプまたは、水中ポンプを使用し、エアレーションタンク内の混合液を循環するのに用いる)②ブロー③SPジェット④液体用配管と⑤空気用配管の5つから構成される。

3. 2 SPジェットのエアレーション機能

エアレーターの型式をとわずエアレーション機能としては、①必要酸素量の効率的な供給機能と②攪拌混合機能の両者が要求される。

第3図にSPジェットのエアレーション機能の模式図を示す。

3. 2. 1 必要酸素量の供給機能

第1表に示した散気板、散気筒やディスクフューザーに代表される従来型の散気装置では

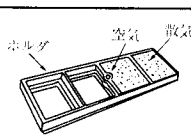
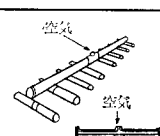
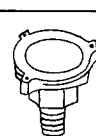
- 1) 散気孔から放出される気泡の上昇力に起因するエアリフト効果による気液接触作用
- 2) エアレーションタンク内の気泡の滞留

といった2つの作用に依存しているが、これに対して、SPジェットのエアレーション方式では、第3図に示したように、

- 1) SPジェットの気液混合室内における激しい気液接触作用(第3図A)
- 2) 気液界面のせん断効果による気泡の微細化(第3図B)
- 3) 気液ノズルから水平方向に噴出するジェット流による周辺液の巻き込み作用と同伴作用に起因する気液界面の更新と気液接触(第3図C)
- 4) 微細気泡(2mm以下)のエアリフト効果による気液接触と微細気泡なるがゆえの気液接触面積の増大とエアレ

第1表 散気装置比較表

Table 1 Comparison of gas dispersing devices

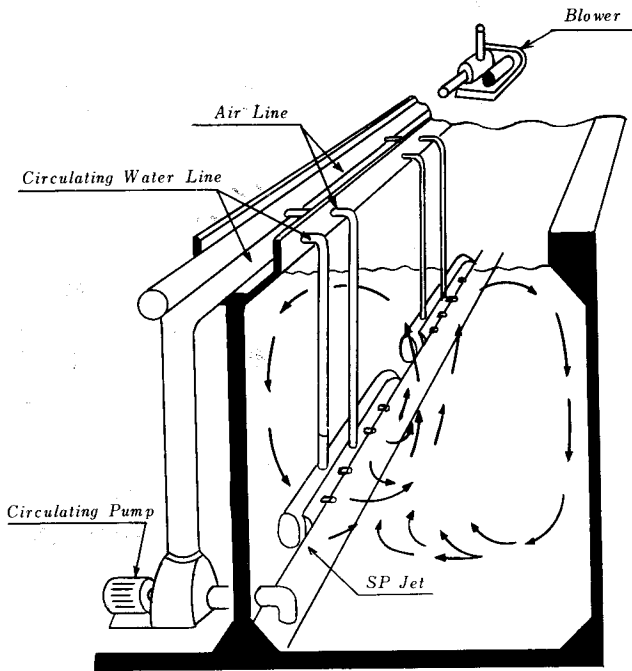
名称	散気板	散気筒	ディスクフューザー
概略図			
形状・寸法 mm	300W×300L×30 t	外径 内径 75φ×50φ×500L	円形ディスク
材質	多孔質(合成樹脂又はセラミック)	同 左	非多孔質(铸铁又は塩ビ製)
標準通気量	(80ℓ/min~100ℓ/min)個	(120ℓ/min~150ℓ/min)個	(200ℓ/min~400ℓ/min)個
酸素溶解効率 (水深1m 20°C 大気圧)	気泡径が細かく散気板全面より通気が均一で酸素溶解効率が高い。 4.5% (100ℓ/min)	円形のため散気筒上部からの通気密度が高くなるため、溶解効率は散気板に比べ同様かやや劣る。 4.5% (100ℓ/min)	気泡が大きいため、左記の二者に比べて酸素溶解が劣る。 2% (200ℓ/min)
通気抵抗	160~230mmAq (100ℓ/min時)	240mmAq (150ℓ/min時)	約120mmAq
最大口径	400 μ	450 μ	—
取付位置	エアレーションタンクの底面より500~1,000mm上げた位置に取り付ける。	エアレーションタンクの底面より500~1,000mm上げた位置に取り付ける。	同 左
詰り	空気中の塵埃・油分・汚水中の浮遊物質等によるつまりがあり、年間50mmAq程度の通気抵抗が増加する。そのために送風機吸込側にはフィルターを設ける。	同 左	左記の二者に比べればほとんど無し、フィルターは設けなくてよい。

ーションタンク内の長期滞留 (第3図D)

という4つの作用に依存している。この様に従来の散気方式とは、1)~3)の点で異なっており、4)についても微細気泡(2mm以下)の点で異なっている。

3. 2. 2 攪拌混合機能

従来の散気方式では、散気部から発生する気泡のエア-



第2図 SPジェットエアレーションシステム
Fig. 2 SP Jet aeration system

リフト効果に起因する旋回流のみ依存しているが、SPジェットエアレーション方式では、

- 1) 循環水ポンプに起因するジェット流による攪拌混合作用 (第3図E)
- 2) 発生気泡のエアリフト効果による攪拌混合作用 (第3図F)

の2つに依存しており、1)の点で異なっている。

この1)の作用は、ジェット流の流速が槽内周辺液の流速に比べて速いために周辺液を巻き込み、同伴する効果から生じるものであり本エアレーション方式の特長の1つといえる。

4. 各種散気装置の省エネ比較

2, 3項で通常よく用いる散気式エアレーション装置と、当社が開発したSPジェットについて簡単に説明した。

エアレーション装置を決定する際には、対象とする汚水のBOD濃度やエアレーションタンクのMLSS濃度や、汚水中のNH₃-Nの濃度等を考慮する必要がある。

ところが、対象汚水の種類は、下水、し尿、産業廃水とさまざまであり、各汚水によりBOD濃度や、MLSS濃度が異なるため特定の汚水性状を想定してエアレーション装置を比較することは容易ではない。

しかしながら、エアレーション装置を決定する場合、汚水を処理する上で要求される酸素量を基本とすることは共通している。そこで、特定の汚水性状を想定せずに、必要とする酸素量を1,000 kg-O₂/日と仮定して各種の散気装置を比較した結果を第2表に示す。

第2表の比較に用いた散気装置は、①SPジェット②全面ばっ気(超微細気泡型ディフューザー)③微細気泡型ディフューザー(円筒型旋回流方式)④粗大気泡型ディフューザー(ノンクログ型旋回流方式)と⑤粗大気泡型(スタティックエアレーターの一種)の5種類である。

4. 1 設備動力

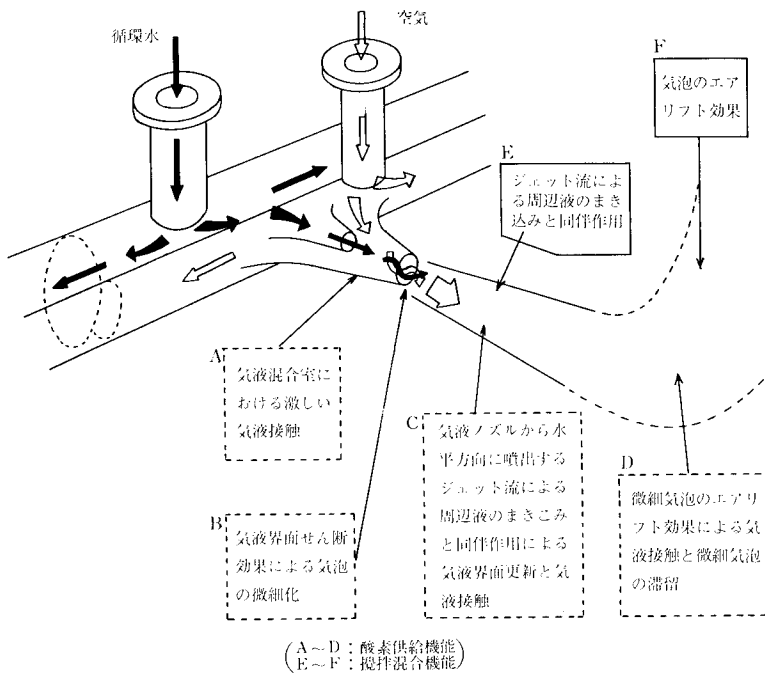
第2表に示す様に設備動力を比べた場合、SPジェットが33 kWと最小であり、全面ばっ気、微細気泡型、スタティックエアレーター、粗大気泡型の順に高くなる。

一般には、散気部から発生する気泡径が小さい程酸素吸収効率が高くなり必要酸素量の供給が効率よく行なえる。

第2表で比較した種々の散気装置の発生気泡径を比べるとSPジェットや全面ばっ気で2 mm前後、微細気泡型から粗大気泡型の順に大きくなる。すなわち、設備動力の大小は気泡径の大小と関連していることになる。

4. 2 軸動力

軸動力については第2表に示す様に、設備動力と同一傾向がみられ、SPジェットや全面ばっ気が小さい値となる。この両者を比べてみると、SPジェットは約26~28 kW、全面ばっ気は約28 kWとなり、運転条件によればSPジェットの方がより小さい軸動力で済む。



第3図 SPジェットのエアレーション機能
Fig. 3 Function of SP Jet aerator

第2表 散気装置の比較データ

Table 2 Comparative data of gas dispersing devices

Item	Type	Jet aerater		Fine bubble diffuser (total floor coverage)	Fine bubble diffuser (single side aeration)	Coarse bubble diffuser (single side aeration)	Coarse bubble aerator
	Device	SP Jet aerator		Porous disk or Porous plate	Porous diffuser (Cylinder type)	Disk type diffuser	Static aerator
Oxygen requirement (kg-O ₂ /D)		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Water depth (m)		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Diffuser depth (m)		4.6	4.6	4.8	4.5	4.5	4.8
DO in aeration tank (mg/l)		2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Water temperature (°C)		20	20	20	20	20	20
Oxygen absorption at 20°C (%)		27.5	23	20	10	6.0	8.5
Operating condition (gas volume/circulating water volume)		1.5	3.0	—	—	—	—
Spec.	Blower	13.1 m ³ /min ×0.5 kg/cm ² ×18.5 kW	15.7 m ³ /min ×0.5 kg/cm ² ×22 kW	20.2 m ³ /min ×0.6 kg/cm ² ×37 kW	40.6 m ³ /min ×0.5 kg/cm ² ×55 kW	63.6 m ³ /min ×0.55 kg/cm ² ×110 kW	44.8 m ³ /min ×0.55 kg/cm ² ×75 kW
	Circulating pump	8.7 m ³ /min ×7 m×15 kW	5.2 m ³ /min ×7 m×11 kW	—	—	—	—
Installation power (kW)		33.5	33	37	55	110	75
Motor shaft power (kW)		28.5	26.3	27.8	47.8	81.3	57.3
Oxygenation efficiency (kWh/kg-O ₂)		0.68	0.63	0.67	1.15	1.95	1.38

4.3 単位動力

各種散気装置の省エネ比較を、必要酸素量1kg当りの動力量(kWh/kg-O₂)に換算したものを第2表に示す。

SPジェットは0.63~0.68 kWh/kg-O₂であり、微細気泡型に比べて約40~45%、粗大気泡型に比べるとそれ以上の省エネ化が可能である。

一方、全面ばっ気は0.67 kWh/kg-O₂であり、SPジェットとほぼ同程度であるが、散気孔が200μ前後と小さく目詰りの可能性があることや、エアレーションタンクの底部に固定するため散気部の交換時に槽内を空にする必要があるなど維持管理面での問題がある。

この様な維持管理の面を考慮するとSPジェットの方が優れていると考える。

5. むすび

エアレーションタンク設備の中心となる各種の散気装置や、当社のSPジェットの概要を説明するとともに、これらの省エネルギー比較結果を紹介した。

簡単な説明ではあるが、SPジェットの省エネ性を理解いただけたものとする。

次の機会には、本誌の紙面を借りて実装置の運転データを紹介したい。

【参考文献】

- 1) 日本下水道協会「下水道施設の省資源、省エネルギー化に関する調査報告書」1983年1月
- 2) 下水道施設設計指針と解説 社団法人日本下水道協会編