



Title	縦軸エアレーターを用いたOD法による小規模下水処理
Author(s)	佐藤, 進; 師井, 隆行; 深川, 和幸
Description	第2回衛生工学シンポジウム (平成6年11月10日 (木) -11日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 5 水処理 . 5-4
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 2, 196-200
Issue Date	1994-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7611
Type	departmental bulletin paper
File Information	2-5-4_p196-200.pdf



5 - 4

縦軸エアレーターを用いたOD法による小規模下水処理

○佐藤 進、師井隆行、深川和幸 (住友重機械工業)

1. はじめに

日本においては1981年に建設省が「オキシデーションディッチ法に用いる機械ばっ気装置の開発」と題して、従来の曝気装置に代わる効率的な曝気装置の技術評価を行なって以来、着実にオキシデーションディッチ(OD)法の下水への適用が進み、現在は小規模下水処理の代表的な技術となっている。こうした状況のもとで縦軸エアレーターを用いたOD法は、高い処理性能と容易な運転管理性から注目を集めている。今回は本法についての開発の経過、曝気攪拌性能、及び実設備での処理性能について報告する。

2. 縦軸エアレーターのODへの開発経過

OD法は1950年代にオランダにおいてその原型が考案され、その後改良を重ねてヨーロッパを中心に普及した活性汚泥処理法である。ODの開発当初の機械式曝気装置はケスナーブラシであり、槽底部の混合攪拌が不十分のために、水深を大きくとれないこと、酸素溶解効率が低いため設置台数が多いこと、また軸受の破損等の問題を有していた。このため従来の曝気装置に代わる改良型の曝気装置の開発が進められた。こうした状況下でオランダのE社は当時既に活性汚泥の曝気装置として使用されていた縦軸型の表面曝気装置(エアレーター)の改善改良を重ね、写真-1に示す現状の縦軸エアレーターを考案した。縦軸エアレーターは単位動力当たりのOD内攪拌効果が高く、かつ酸素溶解効率も大きいこと⁽¹⁾に加えて、構造がシンプルであり、堅牢で大型化もでき、大規模ODにも十分適用可能であることが明らかとなった。こうした開発経過を踏まえて1968年に第1号の縦軸エアレーターをODへの適用し、以来オランダ、西ドイツ等のヨーロッパを中心に、下水処理への縦軸エアレーターによるODの適用が図られ、この過程で更にOD形状や縦軸エアレーターの運転手法が確立されてきた。

当社ではこの縦軸エアレーターを用いたOD法を1978年に技術導入し、下水、農業集落排水等への適用を重ねてきた。この中で当社独自に溶存酸素(DO)濃度レベルを運転指標として縦軸エアレーター回転数の自動制御(PID制御)を行った脱窒運転、及びODに直接凝集剤を添加して脱リン処理を行う同時凝

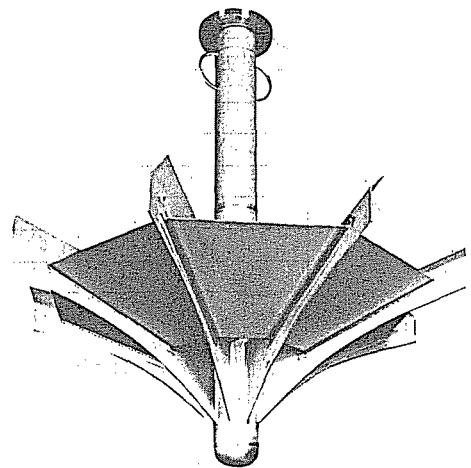


写真-1 インペラーの形状

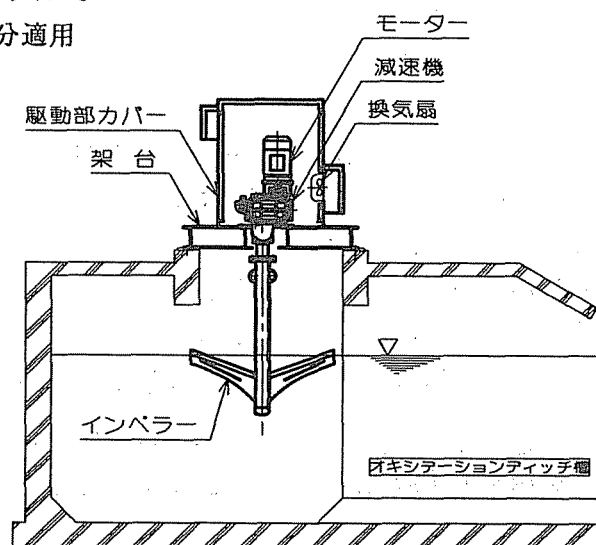


図-1 縦軸エアレーターの構造及び取付位置

集運転を実施し、ODによる高度処理技術の蓄積に努めてきた。

3. 縦軸エアレーターによるODの基本構成

縦軸エアレーターは図-1に示すように駆動部とインペラから構成されている。駆動部は基本的にモーターと減速機からなり、駆動部によって生じる回転動力を直接インペラの軸と連動させてODの水面下に設置されているインペラを回転させる構造となっている。インペラは8枚の攪拌羽根と中央に通水口を持つコーン状板が一体となった構造である。このインペラの回転によってインペラの通水口から底部の混合液を揚水するポンプ作用により、上下の攪拌を伴った螺旋流が発生する。同時に曝気された混合液は空気に接触し、空気中の酸素が十分に溶解する。このように縦軸エアレーターによりOD内混合液が効率よく攪拌混合され、かつ曝気される機構となっている。また縦軸エアレーターの設置場所として図-1に示すようにODの端部（180度屈曲部）とした。OD槽内の流れにおいてエネルギー損失の最も大きい部分は水路部ではなくODの屈曲部であるため、整流壁を設けることである程度対処できるが、ここに縦軸エアレーターを設置することで、曝気と共に槽内の流れをスムーズにリターンさせ、循環流を維持させることができる。ここでOD槽内に生じる流れのパターンを図-2の(a)、(b)、(c)に示した。

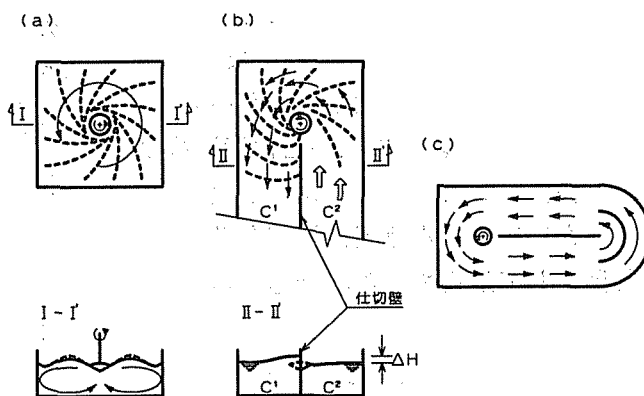


図-2 縦軸エアレーターによる揚水作用と流れパターン

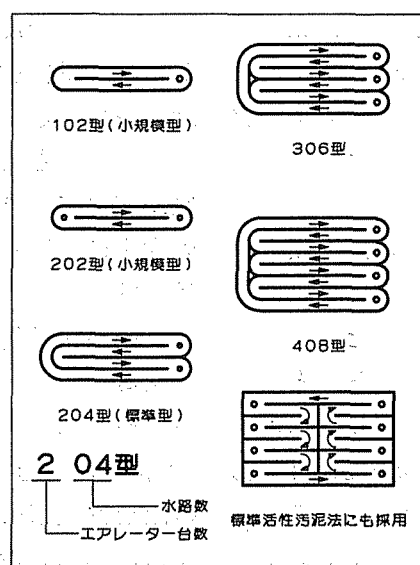


図-3 OD形状と縦軸エアレーターの設置位置

(a)正方形槽内に縦軸エアレーターを設置した条件での混合状況である。流れは螺旋流であり、かつ上下の攪拌を伴っている。

(b)更に長方形槽の内側中央部に両端が開放の仕切り壁を設置すると、曝気部の上下の螺旋流は仕切り壁により堰止められるため、堰止められた水は水路に押し出される。この時に縦軸エアレーターの上流と下流に動水勾配が生じ、槽内の循環流を生み出す根拠となる。

(c)縦軸エアレーターの反対側の端部に半円形の整流壁を設けることで、エネルギー損失を少なくしスムーズに反対側の水路にその水量を引き込むことができる。こうして曝気部で生じた上下の螺旋流がそのまま水路に導き出されることで水路内の流れは螺旋流となり、水路底部の混合液を掻き上げながら流れることとなる。

このように縦軸エアレーターを用いたODでは、一方における増圧と他方における引圧によって、槽内の全水路断面にわたって一様な螺旋流が生じる流れ機構となる⁽²⁾。

OD形状は計画場所の地形や流入下水量の負荷上昇計画に応じて図-3の形状のいずれかを選定することが出来る。日本では下水道流量が10,000m³/日以下の小規模下水処理においては、通常1池当たり2台の縦軸エアレーターを設置する204型、及び202型の採用が多い。一方流量の大

きいヨーロッパの下水処理においては306型、408型等が採用される。また縦軸エアレーターの酸素供給効率がいため、図-3に示したように標準活性汚泥法の曝気装置として使用されたり、負荷変動の大きい工場排水処理に運転台数の自動制御として適用される場合もある。

4. 曝気、及び混合攪拌性能

縦軸エアレーターの酸素供給性能と混合攪拌性能について、「建設省の建設技術評価(1983)」の実験結果を一例として図-4、5に示した。図-4より明かなように酸素供給量は動力投入密度とほぼ比例関係にある。この特性は縦軸エアレーターのモーター動力を変えることで、すなわち回転速度を変えることで広範囲に酸素供給量の調整が容易にでき⁽³⁾、また動力投入密度の大小にさほど関係なく、酸素供給効率は $2.3\text{kgO}_2/\text{軸KW}\cdot\text{h}\cdot\text{台}$ 以上と高く、効率の良い酸素供給が可能であることがうかがえる。

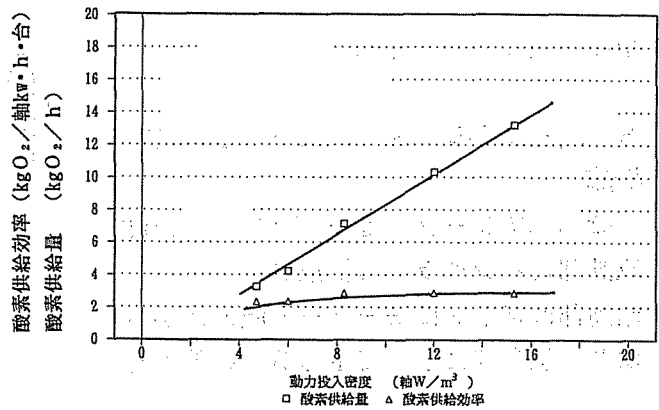


図-4 縦軸エアレーターによる酸素供給性能

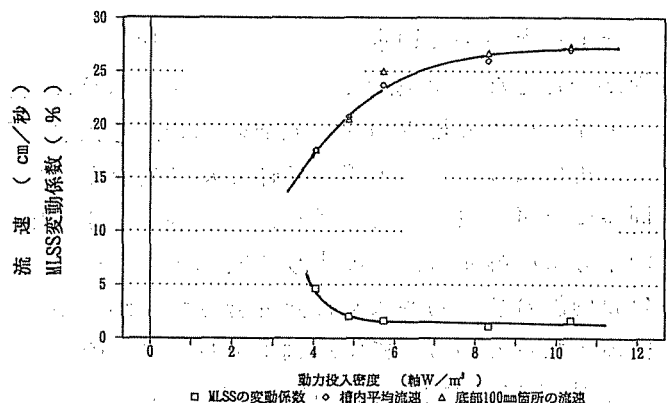


図-5 縦軸エアレーターによる混合攪拌性能

OD槽内の混合攪拌性能については図-5のように動力投入密度が大きくなる

のに伴って、槽内の流速は次第に大きくなるが、 $8\text{軸W}/\text{m}^3$ 以上では $27\text{cm}/\text{秒}$ 以上ではほぼ平衡となった。また実験時の最小動力投入密度においても、槽内流速は $17\text{cm}/\text{秒}$ であり、活性汚泥の浮遊限界速度である $10\text{cm}/\text{秒}$ ⁽⁴⁾を十分上回っていた。槽内の平均流速とOD底部の流速に大差はなく、縦軸エアレーターによって流速が槽底部まで確保できることが確認された。MLSSのばらつきを示す変動係数(標準偏差/平均値 $\times 100$)は動力投入密度: $5.0\text{軸W}/\text{m}^3$ 以上では 2.0% 以下と、MLSSの混合状態は十分であった。また動力投入密度を $4.0\text{軸W}/\text{m}^3$ 程度に下げた場合では変動係数が 4.6% に増加し、MLSS濃度にばらつきを生じつつあることがうかがえる。但し、建設省の技術評定では汚泥濃度の変動係数の目標を 10% 以内としており、この程度のMLSSの濃度変動は許容範囲とみられる。

以上の曝気混合性能結果から縦軸エアレーターはOD槽内の混合攪拌性能を損なうことなく、酸素供給量を調整できる機能を有していることが明かである。

5. 実設備における運転性能

縦軸エアレーターを用いたODによる下水処理において、運転手法の異なる2処理場の運転実績を例として示した。2下水処理場の運転条件と処理性能を表-1に示した。

X下水処理場は脱窒運転を積極的に行うために、D0レベルにより縦軸エアレーターの回転数自動制御(PID制御)を行った。これによりOD水路の一部にD0ゼロ領域を確保し、脱窒を積極的に進行させた。この結果処理水T-N濃度は $1.2\text{mg}/\text{L}$ 、除去率: 95.9% と高率の脱窒性能が得

られた。その他の水質も処理水BOD濃度：2.0mg/ℓ、COD_{Mn}：4.3mg/ℓ、SS：3mg/ℓ以下と安定した良好な処理水質が得られた。

Y下水処理場は同処理水が水道水源に排出されるために小規模ながら窒素、リンの高度処理を行う必要があり、ODの回分方式による確実な脱窒処理とポリ塩化アルミニウム(PAC)を直接ODに添加する同時凝集法を用いた脱リン処理を行った。Al添加濃度は流入下水当量あたり7.1g/m³、Al/Pモル比は0.91であった。脱窒性能は平均処理水T-N濃度：4.2mg/ℓ、除去率：93.1%であり、脱リン性能は平均処理水T-P濃度：0.24mg/ℓ、除去率：97.3%と共に高率の結果であった。その他の水質も処理水BOD濃度：2.0mg/ℓ、COD_{Mn}：7.1mg/ℓ、SS：2mg/ℓと充分満足の行く性能が得られた⁽⁵⁾。

尚、維持管理については、X処理場は週2回の巡回管理であり、Y処理場では電話回線を利用した無人運転を実施している⁽⁶⁾。このように縦軸エアレーターによるODの簡便な運転性が、下水処理場における容易な維持管理の根拠となっている。

以上のように要求される処理水質に応じて、縦軸エアレーターの運転方式を選択することで、通常のBOD、COD_{Mn}、SSの安定した除去に限らず、窒素、リンの高度処理も容易に可能である。

表 1 O D下水処理場における運転性能

運 転 条 件	X下水処理場			Y下水処理場		
	OD容量 (m ³)	1,620			425	
データ採取期間	'92年9月～'93年8月			'83年6月～'84年5月		
流入下水量(m ³ /日)	1,010			83		
MLSS濃度 (mg/ℓ)	4,290			4,710		
BOD-VOL負荷 (kgBOD/m ³ ・日)	0.087			0.039 (0.058)*		
BOD-SS負荷 (kgBOD/kgSS・日)	0.020			0.008 (0.013)*		
処 理 能 力	流入水	処理水	除去率 (%)	流入水	処理水	除去率 (%)
PH (-)	6.9	6.7	(-)	7.2	7.1	(-)
BOD (mg/ℓ)	140	2.0	98.6	200	2	99.0
COD _{Mn} (")	74	4.3	94.2	110	7.1	93.5
SS (")	115	3	97.4	180	2	98.9
T-N (")	29.0	1.2	95.9	60.7	4.2	93.1
T-P (")	3.1	0.7	77.4	8.9	0.24	97.3
備 考 : *印の () の値は、メタノール添加分を含む。						

6. まとめ

縦軸エアレーターを用いたODは酸素供給性能が2.3kgO₂/軸kw・h・台以上と高く、効率の良い酸素供給が可能であり、また縦軸エアレーター回転数を下げても、動力投入密度が5.0軸W/m³以上では、OD内の混合攪拌が十分に保たれる。これらの性能を生かした小規模下水での処理性能は通常のBOD、COD_{Mn}、SSの安定した処理が出来、必要に応じて縦軸エアレーターの回転数をDO値で自動制御することで高度の脱窒処理と、また凝集剤を直接ODに添加する同時凝集法により、脱リン処理を行うことが出来る。以上のように縦軸エアレーターを用いたOD法では、運転手法により二次処理のみならず、窒素、リンの高度処理も可能であるとみられる。

参考文献

- (1)元村勝公 「オキシレーションディッチ法による下水処理と実際」環境創造 VOL13、N01 (1983)
- (2)関沢一夫、元村勝公、出納正彬「縦軸エアレータディッチ方式の装置特性について」第17回下水道研究発表会 (1980)
- (3)関沢一夫、井上忠典、佐藤進 「縦軸機械ばっ気機を用いたオキシレーションディッチ方式の装置特性について」第20回下水道研究発表会 (1983)
- (4)星隈保夫 「曝気ローターの機種と特性」用水と廃水 VOL126、N01 (1984)
- (5)佐藤進 「同時凝集法併用による回分式オキシレーションディッチ法」住友重機械技報 VOL38、N0113 (1990)
- (6)元村勝公、関沢一夫、佐藤進 「同時凝集法併用による回分式オキシレーションディッチによる脱窒、脱リン処理」 第28回下水道研究発表会 (1991)