

# 酸素利用による排水処理の研究 (第1報 予備実験)

土屋 隆夫 備藤 敏次 古井戸 良雄  
中村 正雄\* 星野 芳生\* 長瀬 栄一\*  
野口 広\* 町野 豊\* 住田 裕\*  
小林 泰夫\*

(\* 下水道局落合処理場)

## 1 はじめに

排水処理に酸素を利用する試みは、1949年に Okun に  
よって行なわれたものをはじめとして、何人かの研究者  
によって研究されてきた。都においても、1967年以来、  
河川の悪臭防止に酸素を利用して、嫌氣的になった河川  
を好氣的に変える試みや、濃厚有機性排水の活性汚泥処  
理法に、酸素を利用する研究を行なってきた(公害研究  
所年報第1巻第2部)。その後、河川の悪臭防止に酸素  
を利用する方法は、都で開発した方法によって、1971年  
以降、台東区の間谷堀川において、夏期の悪臭防止対策  
事業として実用化されているが、排水処理に関しては、  
未だ実用化されていない。

一方米国においては、最近連邦政府のバックアップの  
もとに、ユニオンカーバイド社で酸素利用による排水処  
理の実用化研究が1968年以降行なわれ、この方法による  
いくつかの実用化プラントの建設がなされるにいたっ  
た。

ユニオンカーバイド社が、実用化実験の過程におい  
て、空気ばっ気法との比較の結果として報告している酸  
素法の特徴と利点は、およそ次のとおりである。

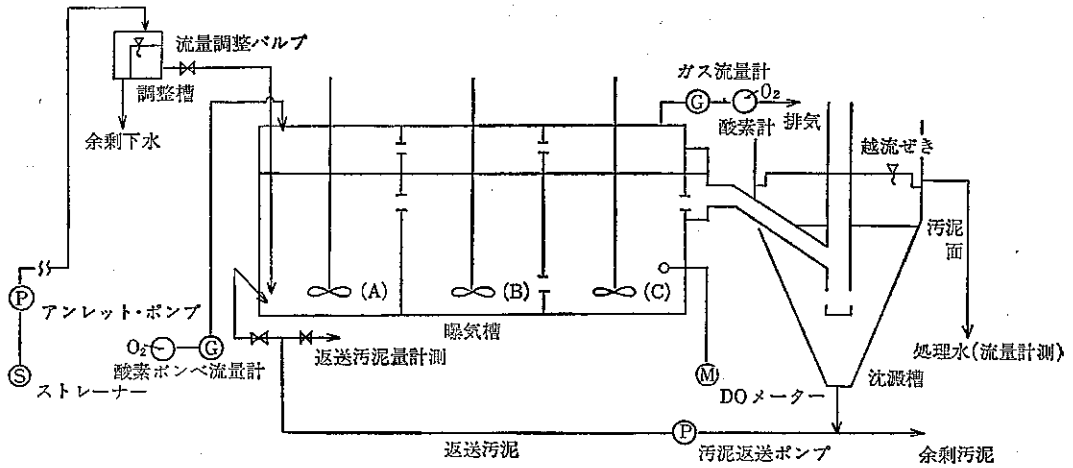
- ① 酸素法の特徴として、ばっ気槽内の MLDO と  
MLSS が高く保たれていることがあげられる。  
(MLDO=6~10mg/ℓ, MLSS=6,000~10,000mg/ℓ  
このことと、以下に述べる酸素法の特徴あるいは利  
点との間に、密接な関係がある。)
- ② BOD 負荷を高くすることができる(BOD 容積  
負荷=2.4~3.2kgBOD/m<sup>3</sup>・日, BOD 汚泥負荷=  
0.4~0.8kgBOD/kgMLVSS・日)。この結果、ばっ  
気時間を従来法よりも短縮することができる。
- ③ 溶存酸素濃度 (MLDO) が高いので、有機物のシ  
ョックロードに対して緩衝能力を有する。

- ④ 純酸素雰囲気中の酸素分圧は、空気中のそれより  
も当然高いので、同一量の酸素を供給するのに要す  
る攪拌ばっ気用動力は、空気の場合の約 $\frac{1}{5}$ でよい。
- ⑤ 汚泥の沈降性がよい。(SVI=30~50 その理由と  
して、MLDO 濃度が高いこと、攪拌剪断作用が小  
さいことがあげられている。)
- ⑥ 余剰汚泥の発生量が小さい。(除去 BOD1kg に対  
する余剰汚泥生成量=0.3~0.45kg)
- ⑦ ばっ気槽は密閉されており、かつ排気ガス量が少  
ないので、悪臭の発生が少ない。

東京都のような過密都市において、下水処理場や清掃  
工場のような都市施設を建設する際に遭遇する問題に、  
用地の取得難があげられる。このことは、根本的には都  
市内にほとんど空地がないことに起因するが、同時に、  
従来からこの種の施設が、周囲の地域住民に好かれな  
かったことも一因としてあげられよう。その理由の一端  
に、この種の施設が、悪臭の発生や道路輸送などの面  
で、周囲の住民に迷惑を及ぼしたことがあげられる。

酸素ばっ気法による上記の特徴あるいは利点の中に、  
ばっ気時間が短縮できること(処理場用地のスペースが  
節約できる)、余剰汚泥生成量が少ないこと(汚泥の処  
理あるいは搬出処分量が少なくなる)、悪臭の発生が少  
ないことがあげられているが、これが事実であるとする  
ならば、処理場建設上の問題点を緩和するのに有利な方  
法と考えられる。そこで、この方法を東京の下水処理に  
適用することができるかどうか、東京の下水に適用した  
場合にも、米国におけると同様な利点が得られるかどう  
かを検討する目的で、本研究を行なった。この報告は、  
このうち昭和46年度に下水道局落合処理場内で行なった  
予備実験の結果をまとめたものである。実験は公害研究  
所と下水道局の共同実験の形で進められた。

図1 実験装置概略図



なお、予備実験の結果を参考にして、昭和47年度以降半実用化規模のプラント実験に着手している。

## 2 実験装置

予備実験に使用した実験装置の略図は、図1に示すとおりである。

主要部分の仕様は次のとおりである。

### (1) ばっ気槽

寸法：幅645mm×長さ2,000mm×高さ1,015mm、長さ方向に3区画に槽を分けるように隔壁を設けた。

有効容積：1m<sup>3</sup>（3区画合計）

材質：塩化ビニール板（側壁は透明，他はグレー）

攪拌装置：動力は無段変速モーター（200V，200W，0～250rpm）回転翼上下2枚付。

### (2) 沈澱槽

形状：逆円錐型，スチール製，内面ラッカー塗装。

水面積：1.76m<sup>2</sup>（直径1.5m，円形）

越流堰長さ：4.7m

有効容量：1m<sup>3</sup>

### (3) 使用酸素

6m<sup>3</sup> 入りポンプを用いた。使用酸素量および排気量は、品川製作所製流量計で積算計測した。

### (4) 計測装置

水温，pH，ばっ気槽第3区画室のMLDO，排気ガスの酸素濃度等を自記計測した。

## 3 実験期間および方法

### (1) 実験期間：昭和47年1月17日～3月25日

（装置実運転，データ測定期間）

### (2) 実験方法

ア 原水は落合処理場の初沈下水をポンプで連続送水して用いた。

イ 余剰汚泥の引き抜きは1日1回とし，その量と濃度を測定した。

ウ ばっ気時間は当初2時間（返送汚泥量を考慮しない流入汚水量のみで考えた時間）で実験を開始し，順次時間を短縮していった。

エ 測定項目は次のとおりであった。

#### （ア） 毎日行なう項目

流入水と処理水の pH，COD，SS，透視度測定，ばっ気槽混合液の30分 SV 値，MLDO，MLSS の測定，返送汚泥の SS および DO 測定，処理水量，使用酸素量等の測定

#### （イ） 適宜行なう項目

流入水と処理水の BOD，総窒素，NH<sub>4</sub>-N，NO<sub>3</sub>-N，NO<sub>2</sub>-N，有機性窒素，ABS，大腸菌群数，リン酸イオン，ばっ気槽混合液の沈降性，生物相，酸素吸収速度，MLVSS

## 4 実験結果

### (1) 水質について

実験結果のうち，とくにばっ気時間を変えて24時間連

表 1 混合試料の精密分析結果

項 目		流入水	処理水	現 場 処理水	流入水	処理水	現 場 上澄水	流入水	処理水	現 場 上澄水	流入水	処理水	現 場 上澄水
採 水 月 日		2/16~17			3/12~13			3/14~15			3/22~23		
採 水 方 法		Comp			Comp			Comp			Comp		
処理条件	曝 気 時 間	hr	2.0	3.8	1.8	4.0	1.3	3.9	1.2	4.3			
	供給酸素量	m <sup>3</sup> /day	1.61		1.9		2.6		2.76				
	排 気 量	m <sup>3</sup> /day	0.18		0.76		0.007		0.99				
	BOD 負荷量	kgBOD/kgMLSS0.	0.13	0.23	0.20	0.30	0.27		0.38				
	同 上	kgBOD/m <sup>3</sup> day	0.93	0.56	1.2	0.58	1.64		1.87				
	MLSS	mg/ℓ	6979		6177		5998		4956				
	30分SV	%	784		70		693		56.7				
	SVI	cc/g	112		113		112		114				
	MLDO A	mg/ℓ	6.3		27		1.2		2.2				
同 上 B	mg/ℓ	5.8		41		1.8		3.5					
同 上 C	mg/ℓ	7.5		3.9		1.0		45					
処理水質	水 温	13.3°C	13.0	12.3	16.5		15	13	17	16			
	透 視 度	8.5cm	8.0	15	7	95	23	5.5	75	50	6	46	31
	pH 値	7.3mg/ℓ	6.8	72	7.3	6.9	7.5		7.1	7.1	7.3		
	蒸 発 残 留 物	mg/ℓ	280		377	272	314	398	254	259	372	270	292
	強 熱 減 量	mg/ℓ	61		145	43	73	145	44	52	131	58	66
	浮 遊 物	73mg/ℓ	4	22	75	10	44	84	5	11	94	9	14
	COD	85mg/ℓ	9	24	70	11.5	23	80	12.5	17.7	75	13.8	17.5
	BOD	79mg/ℓ	9	20	78	7.5	16.3	96	7.0	8.6	80	11	11.1
	総 窒 素	21.0mg/ℓ	16.1	16.1	23.8	17.5	21.0	28.0	16.8	18.2	75.2	16.8	17.5
	アンモニア性窒素	9.8mg/ℓ	10.2	12.4	14.3	14.0	14.7	12.6	13.1	12.9	13.3	12.2	13.0
	亜硝酸性窒素	mg/ℓ											
	硝酸性窒素	mg/ℓ											
	有機性窒素	11.2mg/ℓ	5.9	3.7	9.5	3.5	6.3	15.4	3.7	5.3	11.9	4.6	4.5
	ABS	3.8mg/ℓ	0.5	0.9	5.0	0.6	1.6	5.6	1.7	1.8	4.9	1.7	1.3
大腸菌群	mg/ℓ									46000	17000	5400	
リン酸イオン	mg/ℓ						5.4	4.8	3.8	5.0	3.0	4.0	
備 考		日中にDOが低下し、一時水質が悪化した。											

統試料採取をしたものについて、処理条件と水質の関係を示すと表1のとおりである。なお表1において、現場処理水とあるのは、同一時点に同一条件で採取した落合処理場の処理水である。また、現場上澄水とあるのは、上記落合処理場の処理水を、静置して浮遊物を沈降させた後の上澄水である。これらは酸素ばっ気法との比較のために参考のために測定したものであるが、とくに現場上澄水を測定した意味は、酸素ばっ気の実験装置の沈て

ん槽の水面積負荷および越流負荷が、現場のそれよりも小さいことを考慮して、現場の処理水中の浮遊物をさらに静置分離したものである。

表1の結果および本実験の全期間を通じて観測された事項は次のように要約される。

ア 2時間ばっ気条件下では、活性汚泥の馴化はかなり速やかに行なわれるようである。透視度とCODの測定値から推定する限りでは、2~3日で馴化するもの

と考えられる。また2時間ばっ気の期間中、装置の運転の都合やトラブルで運転を停止しても、運転再開後比較的早い時期に機能が回復することが知れた。このことから、2時間ばっ気ではかなり安定した処理水質が期待できると考えられる。実験期間中処理水のCODは10~15mg/l、BODは4~12mg/l、透視度は60cm以上であり、たまにCOD、BODがやや高いことがあるが、これは避けることのできる運転上のトラブルによることが多い。運転が適切であれば、COD10mg/l、BOD5~8mg/l程度の水質が期待できよう。

pH値は空気法の処理水に比べて低い。これは活性汚泥の呼吸で発生した炭酸ガスが処理水中に溶解していることによると考えられる。ちなみに、ばっ気槽から流出する混合液は、当初微気泡によりスカムを浮上する性質があり、また処理水を放置しておくと、pHが中性に戻ることが認められている。

イ ばっ気時間を1.6時間程度に短縮すると、透視度は40~70cmにおち、CODもやや増加する。BODは8~16mg/lに達し、空気法の標準活性汚泥法に近い状況になる。なおこの条件でも、トラブル発生時の水質の回復は速く、かなり悪化してもおよそ1日で元に戻るようである。

ウ ばっ気時間を1.3時間にした場合、透視度が次第に悪化し、CODも上昇する。またトラブル発生時の回復も悪くなり、空気法に似た状態を示す。

(2) 余剰汚泥生成量について

余剰汚泥生成量を、ばっ気時間2時間の条件で測定した結果は、表2に示すとおりである。

ユニオンカーバイド社のデータでは、除去BOD1kg当たり、0.3~0.45kgの余剰汚泥が生成するとされているが、表2の結果では、除去BOD1kg当たり、約1kgの余剰汚泥が生成している。

なお本実験では、ユニオンカーバイド社の条件(MLDO6~10mg/l)と異なり、MLDOが空気法に近い条件であったため、この点についてはさらに、MLDOを高めた状態で測定する必要があると考える。

(3) 活性汚泥の生物相

活性汚泥の生物相について調査した結果は、表3に示すとおりである。生物の種類は活性生物が優占し、その他の生物は現われてもきわめて少ない。活性生物の間の

表2 汚泥発生量(ばっ気時間2時間)

(昭和47年2月3日~同年3月1日)

月日	MLSS (mg/l)	余剰汚泥 (mg/l)	汚泥引抜き量 (kg)	備考	
2 3				実験開始時の汚泥量 8,297kg	
4	5,715	10,488	0.562		
5	6,183	10,089	1.048		
6		11,001			
7	5,150	9,138	2.965		
8	5,204	8,822	0.918		
9	5,592	9,877	0.992		
10	5,513	10,422	2.123		
11					
12	6,116	10,892	2.221		
13					
14	6,680	10,962	1.141		
15	8,515		0.054		
16	6,545	9,962	1.576		
17	7,153		0.137		
18					
19		11,106	1.111		
20					
21	7,828	10,451	1.094		
22	7,327		0.045		
23	7,638		0.046		
24	7,860	11,069	1.155		
25	7,397		0.045		
26					
27					
28	8,396	11,459	1.197		
29	6,925		0.049		実験終了時の汚泥量 12,528kg
3 1					
合計			18.477		
平均	6,758	10,410			

期間中の汚泥発生量 22,708kg, 同平均 0.841kg/day

期間中の汚泥引抜き量平均 80.8g/day

期間中の流入下水水量平均 11.7m<sup>3</sup>/day, 同浮遊物濃度 75mg/l

期間中の流出下水浮遊物濃度 5mg/l 除去浮遊物量 0.823kg/day

期間中の浮遊物収支は発生汚泥浮遊物/除去浮遊物で 1.02

期間中の流入下水BOD値平均 80mg/l

期間中の流出下水BOD値平均 7mg/l, 除去BOD量 0.855kg/day

期間中のBOD収支は発生汚泥浮遊物/除去BODで 0.98

表3 酸素法と空気法による生物相

(混合液 1 ml 当たり菌数)

	空気法	酸素法	空気法	酸素法	酸素法	酸素法	酸素法	空気法	酸素法	空気法	空気法	酸素法	
測定月日	1/18	1/18	1/21	1/22	2/4	2/9	2/15	2/16	3/5	3/8	3/16	3/16	
採水箇所	2 D	C	5 D	C	C	C	C	2 D	C	1 D	5 D	C	
曝気時間	4hr	2	4	2	2	2	2	4	16	4	4	13	
汚泥量	15	94	15	90	89	82	94	175	70	12	14	68	
Aspidisca	7680	92000	4640	24160	3200	5800	480	80	5800	0	40	1800	
Vorticella	2180	19000	2160	1040	8500	56000	19000	2840	25000	920	3760	11500	
Epistylis	80	0	440	7920	960	15000	3700	120	15000	0	400	9600	
Carchesium	360	3500	0	0	960	0	320	1400	1900	200	80	7000	
Amoeba	0	0	0	0	0	0	480	0	0	0	0	0	
Litonotus	240	0	80	0	0	0	0	80	0	40	0	0	
Tokpphyrya	40	160	0	0	321	960	320	0	640	0	0	320	
その他	0		Euglena 40	0	arcella 160	0	0	chilodonclla 80	不明80			線画 160	
備 考	フロック性良好、糸状物極く少ない。	生物は活発に動いている。フロックは細かく分解している。			生物量極度に減少している。	フロックが細かい。				生物不活発、溶存酸素不足のため。フロック性が悪い。	生物相良好。	フロック状態普通。	生物活発、フロックは分散。

増減も、現場の汚泥と似ている。またばっ気時間を短縮しても、生物相にはとくに変化はなかった。これはばっ気槽における DO レベル、栄養レベルが、空気法と大差なかったことによると思われる。今後 DO レベルを上昇させたとき、どのように生物相が変化するかを見ることは、興味がある。

(4) 排気ガス量

反応式のうえからすれば、炭水化物の場合、O<sub>2</sub> ガス供給量と CO<sub>2</sub> ガス発生量は等しくなるはずで、したがって供給ガス量と排気ガス量はほぼ等しくなるものと考

えられる。しかし実際には、CO<sub>2</sub> ガスがばっ気混合液に吸収されることもあって、排気ガス量は供給ガス量よりも小さいようである。攪拌装置回転軸部分のメカニカルシール部分からの気体の漏洩もあり、正確に排気ガス量をとらえることはできなかったが、供給ガス量が処理水量の約10%程度にすぎないことから考えても、空気法の場合に比較して、排気ガス量は非常に少ないことになり、周囲に対する悪臭発生の要素もそれだけ小さくなるものと考えられる。