

酸素利用による排水処理の研究 (第2報 実用化実験)

古井戸 良雄 川原 浩 井上 互
 菊地 幹夫 備藤 敏次 奥野 長晴*
 萩原 昇* 古畑 義正* 町田 隆彦*
 川上 滋* 田中 登* (* 東京都下水道局)

1 はじめに

当研究所では、有機性排水とくに下水処理の高度化および効率安定化を図るため、活性汚泥処理法への高純度酸素利用について、昭和46年度から東京都下水道局と共同で研究を実施し、前報では昭和46年度に東京都下水道局落合処理場において行った予備実験の結果について報告した。この予備実験において、酸素利用による活性汚泥処理法(以下酸素法と略す)は約2時間の曝気でBOD 5~8 mg/l、約1.6時間の曝気でBOD 8~16 mg/lの良好な処理水質が得られた他、耐ショック性の向上および悪臭発生の減少等、従来の空気曝気による活性汚泥処理法(以下空気法と略す)に比較して極めて有効な処理法であるとの結論を得た。

昭和48年度には、これらの結果を基礎として東京都下水道局小台処理場に設置した計画処理水量 360 m³/a の小型プラントを使用して、各種処理条件の変化に伴う処理効率の変化の検討を主体とした実用化のための実験を行い、次のような結果を得た。

2 実験装置

本研究において使用した小型プラントは、昭和47年度に東京都下水道局小台処理場に設置した図1のごときプラントで、各部分の仕様概要は下記のとおりである。

(1) 計量槽

原水(0.20~0.61 m³/min) および返送汚泥(0.023~0.23 m³/min)を計量した。

(2) 曝気槽

鋼製 1.7 m × 1.7 m × 3.2 m で4槽に区画され、各槽に攪拌機(サブマージドプロペラ、スパージャー付)および酸素ガス循環ブロー(ダイヤフラム式圧縮機 0.14 Nm³/min)を装備した。

(3) 沈澱槽

鋼製 φ4.5 m × 3.5 m で汚泥掻き寄せ機を装備した。

(4) 酸素ガス供給設備

タンク車により搬入された液体酸素を貯蔵タンク(φ1.3 m × 2.45 m, 1 t)に貯蔵し、コールドエバポレーターおよび減圧装置(5 Nm³/hr. 9.9 kg/cm²)により自

図1 実験プラント概略図

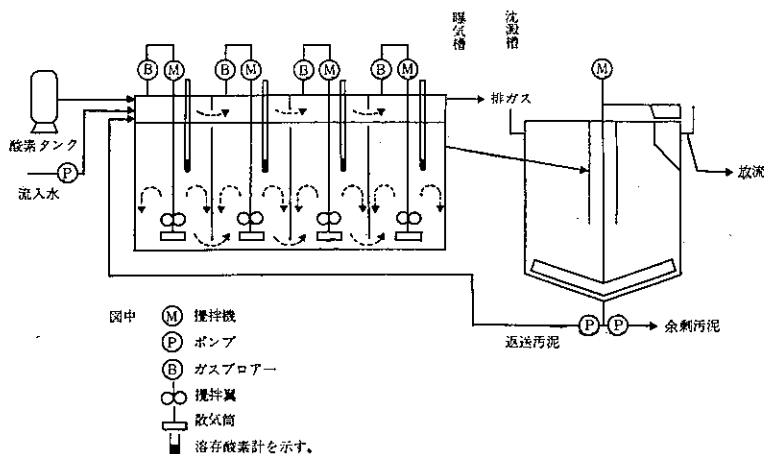


表1 実験結果

項目	実験区分												
	(I)		(II)		(III)		(IV)		(V)		(VI)		
	酸素法	空気法	酸素法	空気法	酸素法	空気法	酸素法	空気法	酸素法	空気法	酸素法	空気法	
	S48%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
実験期間													
流入水量 (m ³ /d)	360	480×10 ³	360	462×10 ³	480	449×10 ³	480	451×10 ³	480	406×10 ³	360	410×10 ³	
流入水温 (°C)	22~29												
曝気時間	流入水 (hr.)	2.0	2.9	2.0	3.1	1.5	3.2	1.5	3.2	1.5	3.5	2.0	
	総量 (hr.)	1.3~1.5	2.4	1.6~1.8	2.5	1.1~1.2	2.7	1.2~1.4	2.6	1.0~1.1	2.8	1.7	
曝気槽	MLSS(mg/l)	5,300	2,700	3,800	2,200	4,200	2,300	3,600	2,300	4,000	3,300	5,100	
	MLVSS(%)	64	66	64	66	69	69	67	70	80	70	75	
	Kr(O ₂ mg/hr-g)	7.0	21	7.7	19	10	14	8.6	11	9.1	13	8.2	
	SVI	60	85	58	84	93	121	67	125	160	115	130	
返送汚泥	MLSS(mg/l)	17,200	11,800	31,900	7,800	14,900	7,600	22,800	7,900	15,000	13,200	26,400	
	MLVSS(%)	65	69	67	66	72	68	69	70	81	70	75	
汚泥返送率 (%)	30~50												
汚泥含 (a)	3.4												
BOD負荷	kg-BOD/kg-MLSS	0.27	0.42	0.32	0.41	0.36	0.43	0.42	0.42	0.68	0.47	0.39	
	kg-BOD/kg-MLVSS	0.43	0.63	0.50	0.63	0.52	0.63	0.63	0.60	0.85	0.75	0.52	
水面積負荷 (m ³ /m ² /a)	24												
pH	流入水	6.8											
	処理水	7.4											
透視度	流入水 (cm)	6.8											
	処理水 (cm)	7.0											
SS	流入水 (mg/l)	131	205	118	127	155	199	149	168	167	185	229	
	処理水 (mg/l)	23	22	24	12	19	29	17	32	22	28	38	
	除去率 (%)	82	89	80	91	88	85	89	81	87	85	83	
COD	流入水 (mg/l)	92	93	86	95	85	90	83	93	115	110	125	
	処理水 (mg/l)	27	21	29	27	26	24	29	25	35	33	41	
	除去率 (%)	71	77	66	72	69	73	65	73	70	70	68	
BOD	流入水 (mg/l)	121	133	101	98	94	135	94	119	168	190	164	
	処理水 (mg/l)	9	12	10	11	8	11	15	12	19	17	24	
	除去率 (%)	93	91	90	89	92	92	84	90	89	91	85	

表1 (つづき)

項目	実験区分						(I)		(II)		(III)		(IV)		(V)		(VI)	
	酸素法	空気法	酸素法	空気法	酸素法	空気法	酸素法	空気法	酸素法	空気法	酸素法	空気法	酸素法	空気法	酸素法	空気法	酸素法	空気法
TOC	流入水 (mg/l)										86		83		107		114	
	濾過後 (mg/l)										43		26		24		32	
	除去率 (%)										50		69		78		72	
	処理水 (mg/l)										25		24		25		34	
処理結果	除去率 (%)										71		71		77		71	
	濾過後 (mg/l)										19		14		17		20	
	除去率 (%)										78		83		84		82	
	流入水 (mg/l)										221		208		300		304	
TOD	濾過後 (mg/l)										130		118		139		136	
	除去率 (%)										41		43		54		55	
	処理水 (mg/l)										95		103		133		143	
	除去率 (%)										57		50		56		53	
酸素消費量	濾過後 (mg/l)										87		86		124		109	
	除去率 (%)										61		59		59		64	
	総量 (m ³ /a)										43		33		35		35	
	流入水100m ³ 当り (m ³ /m ³)										0.09		0.07		0.08		0.10	
汚泥発生量	除去BOD当り (kgO ₂ /kg・BOD)										1.37		1.17		0.67		1.02	
	総量 (m ³ /a)										4.7		6.1		8.3		4.9	
	流入水100m ³ 当り (m ³ /100m ³)										0.97		1.28		1.72		1.37	
	除去SS当り (kg/kg・SS)										0.71		0.97		1.2		0.72	
除去BOD当り (kg・SS/kg・BOD)										1.1		1.6		1.2		0.98		

表中 酸素法は酸素利用による活性汚泥処理空気法は小台処理場における実施プラント処理の結果を示す。

動定圧供給を行った。

(5) 計装設備

各装置の稼働安定化と変動防止および経済的かつ安全な運転管理を図るため、自動計測および自動制御を行った。その主なるものはシーケンス利用による酸素ガス供給量の自動調整、曝気槽溶存酸素量の自動測定（ガルバニ電池浸漬型）、曝気ガス酸素濃度の自動測定、曝気槽可燃性ガス濃度の自動測定と同ガス高濃度警報等であった。

3 実験期間および実験方法

(1) 実験期間

昭和48年7月4日～昭和49年3月29日（実運転および分析等実施期間）

(2) 実験方法

- イ. 試料原水は東京都下水道局小台処理場第1沈澱池流出渠より流出水を取水し、原水計量槽へ導入した。
- ロ. 処理条件は、曝気時間 1.5～2.0hr., 曝気槽溶存酸素量 6～8 mg/ℓ, 曝気槽MLSS3, 600～6, 400mg/ℓ, BOD-MLSS 負荷0.3～0.4kg・BOD/kg・MLSS等に設定した。
- ハ. 余剰汚泥の引抜きは、沈澱槽の汚泥深が1mとなるよう随時行った。
- ニ. 日常試験の試料水は、午前9時より2時間毎の自動採水による24時間混合試料とした。
- ホ. 試料汚泥は午前9時に採泥した。

ヘ. TOC, TODの分析においては、試料水をグラスファイバー製濾紙（東洋濾紙GB100）により吸引濾過しその濾液をもあわせて分析を行った。

ト. 汚泥の沈降性試験は直径30cm, 深さ130cmのカラムを使用して行った。

4 実験結果

(1) 処理条件およびその結果を表1に示す。

- イ. 実験(I)において、酸素法は空気法に比較して曝気時間約%, 負荷約%, 各除去率はほぼ同様で透視度約%。
- ロ. 実験(II)において、酸素法は空気法に比較して曝気時間約%, 負荷約%, 各除去率はほぼ同様で透視度約%。
- ハ. 実験(III)において、酸素法は空気法に比較して曝気時間約%, 負荷約%, 各除去率および透視度はほぼ同様。
- ニ. 実験(IV)において、酸素法は空気法に比較して曝気時間約%, 負荷および各除去率はほぼ同様で透視度約%。
- ホ. 実験(V)において、酸素法は空気法に比較して曝気時間約%, 負荷約%, 各除去率および透視度はほぼ同様。
- ヘ. 実験(VI)において、酸素法は空気法に比較して曝気時間約%, 負荷約%, 各除去率および透視度は若干向上。

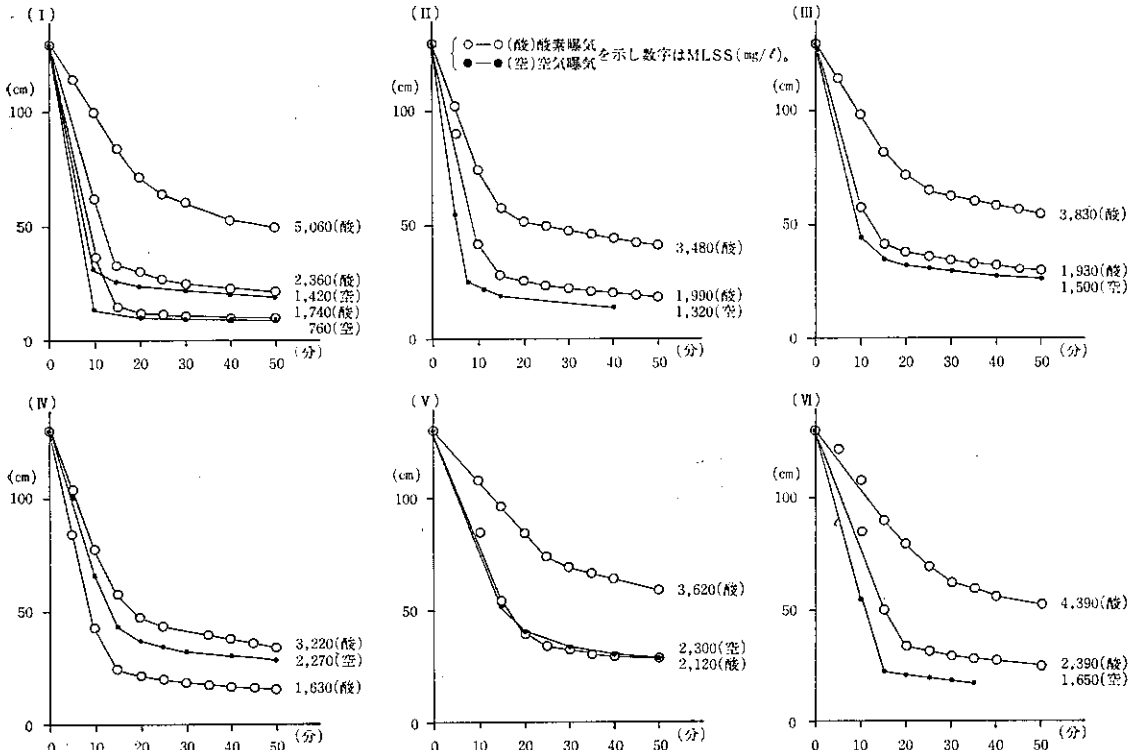
表2 窒素成分および磷酸イオン

月/日		% ₁₉	% ₄₄	% ₅	% ₂₁	% ₂₃	% ₂₄	% ₂₇	% ₃₀	% ₁₀	% ₁₉
アンモニア性窒素	流入水 (mg/l)	19				16					16
	処理水 (mg/l)	18				13					18
	除去率 (%)	5				19					—
総 窒 素	流入水 (mg/l)	34				25				34	34
	処理水 (mg/l)	23				20				25	26
	除去率 (%)	32				20				26	24
磷酸イオン	流入水 (mg/l)		8.3	8.3	12		14	14	13		
	処理水 (mg/l)		5.2	5.2	7.5		6.5	6.0	5.6		
	除去率 (%)		37	37	37		54	57	57		

表3 曝気槽汚泥の生物相

実験区分		予備実験	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)
実験期間		昭和46年		$\frac{8}{23} \sim \frac{9}{6}$	$\frac{9}{18} \sim \frac{10}{5}$	$\frac{10}{20} \sim \frac{11}{10}$	$\frac{12}{19} \sim \frac{14}{24}$	$\frac{3}{7} \sim \frac{3}{29}$
根足虫類	Amoeba	96		480	240	150	230	180
	Arcera	32		650	120			
	Naegleria			360	470			
動物性鞭毛虫類	Oikomonas			360	780	2,000	490	0
	Bodo				700	1,200		
	Paranema							
繊毛虫類	Aspidesca	25,000		6,200	1,400	2,700	2,300	4,800
	Carchesium	960		900	4,700	6,000	4,700	9,600
	Chilodonella							
	Litonotus	16		1,800	1,400	810	560	3,200
	Paramecium				360	360	540	0
	Vorticella	21,000		0	850	1,900	3,300	2,400
	Epistylis	5,500		1,400	3,600	670	600	77
	Tokophrya	350						
輪虫類				360	140	120	0	0
吸管虫類					50	60	0	0

図2 曝気槽汚泥の生物相



ト. TOC, TODの除去率は、濾過でTOC50~80%, TOD40~55%, 処理でTOC70~80%, TOD50~60%, 処理後の濾過でTOC75~85% TOD60~65%.

チ. 酸素消費量は、流入水量当り7~12%, 除去BOD当り65~145%で実験(IV)(V)(VI)において小さい.

リ. 汚泥発生量は、流入水量当り0.65~1.75%, 除去BOD当り60~160%で実験(I)(II)(III)において小さい.

(2) 窒素成分および磷酸イオンの分析結果を表2に示す.

除去率は、総窒素20~32%, 磷酸イオン37~57%.

(3) 曝気槽汚泥の生物相検鏡結果を表3に示す.

生物相は、空気法に比較して若干固着性生物が多い以外ほぼ同様.

(4) 曝気槽汚泥の沈降性試験結果を図2に示す.

沈降性は、空気法に比較して実験(I)で良好な以外ほぼ同様.

(5) 排気量は、流入水量当り空気法3~4 m³/m³, 酸素法4~5 m³/360m³で約1/300.

5 考 察

酸素法において、曝気1.5時間で空気法とほぼ同様の処理水質BOD8~15mg/lが、曝2.0時間で良好な処理水質BOD9~10mg/lが得られた。しかし透視度は極めて小さく空気法の約1/3ほどとなっている。これは処理水に微細な懸濁物質が多量にみられ、BODが比較的小さいことにより強度の攪拌あるいは沈澱槽の構造が主なる原因であったと考えられる。また冬期の実験において、流入水質の悪化に伴い処理水質が悪化するが、空気法に比較して大きく悪化することより酸素法は水温低下による影響を強く受けると考えられる。

TOC, TODは流入水の濾過により50%以上が除去され、処理水の濾過による除去部分が小さいことより、TOC, TODのかなりの部分がSSにあると考えられる。またBOD除去率が90%以上にもかかわらずTOC除去率は80%以下、TOD除去率は65%以下でありその差は極めて大きい。

酸素消費量は流入水量当り約10%となり、その曝量は空気法に比較して極めて小さく排気量も約1/300で、処理場管理費の約1/3を占めるブロー電気費の節約および騒音・悪臭の防止に極めて有効となる。また酸素注水量を増加させると汚泥発生量が減少するが、その発生量は約1%と空気法とほぼ同様である。

窒素成分および磷酸イオンの除去率は小さく、空気法とほぼ同様である。

曝気槽汚泥の生物相、沈降性も大きな変化はみられず、処理構造は空気法と同様であると考えられる。

6 結 論

酸素法により良好な処理効率および処理水質を得るためには、曝気2.0時間以上、負荷0.4kg・BOD/kg・MLSS以下での運転が要求され、沈澱槽の構造より曝気槽MLSS6,000mg/l以上は困難であると考えられる。騒音・悪臭の防止には極めて有効であるが、当初考えられたような処理時間および汚泥発生量の大幅な減少は困難である。TOC, TOD成分の除去率はCOD, BOD成分の除去率に比較して小さいが、この点については今後も検討が必要である。

酸素法は空気法の改良であり、酸素供給力の増加による処理の高率化であると考えられる。今後は同一装置を使用しての相互比較および攪拌効果、沈澱槽の構造等に検討を加え、都市部での下水処理プラントとして実用化を図るとともに、酸素供給力の大きなることを利用して高濃度有機性排水への適当を検討していく予定である。