

オゾン添加による処理機能障害 の改善技術の実用化研究

1. 研究目的

近年になって、下水処理場において土壌細菌の一種である放線菌が原因と考えられるエアレーションタンクでの異常発泡と最終沈殿池でのスカムの発生による固液分離障害が大きな問題となっている。

川崎市等々力環境センターにおいても昭和57年11月の供用開始以降、流入水量の増加に伴い、スカムの異常発生が起り、処理機能障害を引き起こしている。

こうした問題点を解決する方法として有効な手段であったエアレーションタンクへのオゾンの添加については、平成2年度より、川崎市においてベンチスケール、パイロットプラントにより調査・研究されてきた技術である。

川崎市と財団法人 下水道新技術推進機構は、平成5年度より新技術活用モデル事業として、オゾン添加による処理機能の改善技術の実用化にむけて共同研究を実施し、最適設計条件の検討及び最適運転条件の把握を行っている。

本報告書は平成5年度に実施した実験で得られた結果を報告するものである。

2. 研究内容

2.1 実用化研究の対象技術の概要

本技術は、下水処理場において、放線菌の増殖に起因するスカムの発生によって引き起こされる最終

沈殿池における固液分離障害や曝気槽におけるMLSS濃度の低下等の処理機能障害を解決するため、オゾンを曝気槽や返送汚泥に添加して、放線菌の増殖及びスカムの発生を抑制する技術である。

2.2 研究項目

川崎市等々力環境センターにおいて、ベンチスケールプラント（密閉3段、容量15.6ℓ）、パイロットプラント（密閉3段、容量1.5㎡）を設置し、また、現在稼働中の実施設を用い、以下の研究項目に対する実験を行い実用化に向けた検討を行った。

2.2.1 処理機能障害改善効果の検討

実施設及びパイロットプラントを用いてオゾンの連続添加実験を実施し、オゾン添加によるスカム発生抑制効果及び放線菌抑制効果の検討を行った。

また、オゾン添加による汚泥の沈降性改善効果及び余剰汚泥生成量についての実験を実施した。

2.2.2 最適運転条件の検討

実施設及びパイロットプラントを用いてオゾンの連続添加実験を実施し、オゾン添加の処理水質に与える影響を調査した。

また、実施設により安全性を考慮した運転条件について検討した。

2.2.3 最適設計手法の検討

ベンチスケールプラント及びパイロットプラントを用いて、オゾン添加場所の検討及び間欠添加実験を実施した。

また、効率的なオゾン溶解方法の検討を最適な散

気管選定試験を行った後、実施した。

3. 研究結果

3.1 処理機能改善効果の検討

3.1.1 スカム及び放線菌抑制効果の検討

実施設における実験結果を図-1, パイロットプラントにおける実験結果を図-2に示す。

実施設においては、実験区におけるオゾン添加量は原水あたり1.3~1.4mg/ℓであったが、図-1に示すように対照区と比較して、実験区におけるスカム発生量は少なかった。また、パイロットプラントにおいては、オゾンを原水あたり3mg/ℓ添加したが、実験区においてはスカムが抑制された。

放線菌数については、オゾン添加量の少なかった実施設では実験区と対照区で放線菌数の相違は明確

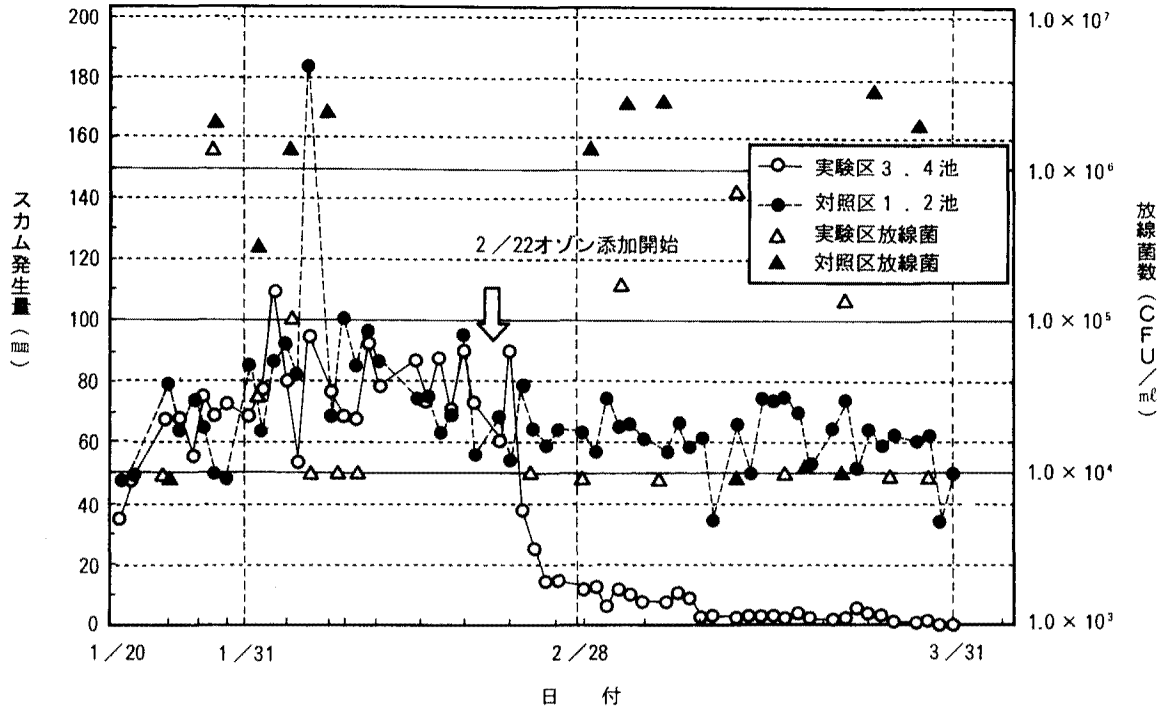


図-1 実施設スカム発生量経日変化

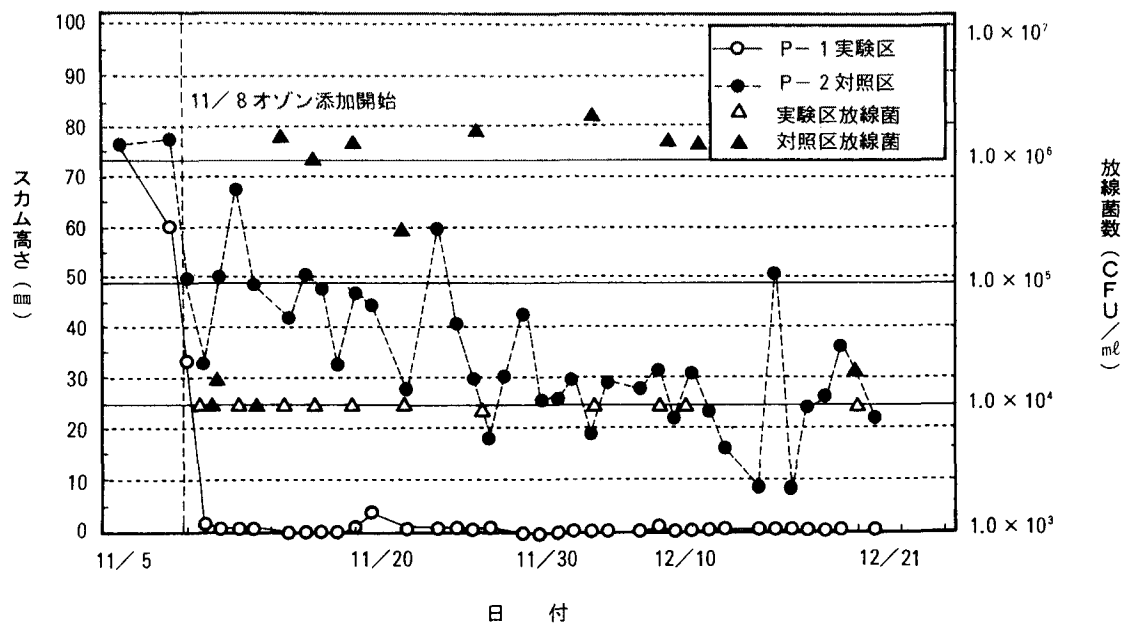


図-2 パイロットプラントスカム発生量経日変化 (オゾン添加量 3 mg/ℓ)

ではなかったが、パイロットプラントにおいて、オゾン $3\text{ mg}/\ell$ 添加した実験で、実験区では放線菌の増殖が抑制されていることが確認された。

3. 1. 2 汚泥沈降性及び余剰汚泥生成量

実施設オゾン添加実験における活性汚泥SVI、初期沈降速度、MLSS濃度、返送汚泥濃度、MLVSS/MLSSを表-1に示す。

各項目とも実験区と対照区の間には有意差は見られず、オゾン添加による汚泥沈降性の改善効果は明確には見られなかった。

表-1 実施設実験の汚泥性状の比較

項目	オゾン添加前 (H6/1/19 ~2/13)		オゾン添加後 (H6/2/22 ~3/31)	
	実験区 (3池)	対照区 (2池)	実験区 (3池)	対照区 (2池)
SVI (ml/g)	126	165	121	128
初期沈降速度 (cm/h)	200	184	231	192
MLSS濃度 (mg/ℓ)	2,360	2,280	2,440	2,340
返送汚泥濃度 (mg/ℓ)	10,040	10,140	10,240	9,950
MLVSS/ MLSS (%)	85.9	86.0	85.1	85.2

注) オゾン添加後、汚泥調整期間 (H6/2/22~2/27まで) までのデータは除外した。

パイロットプラント実験における余剰汚泥量を表-2に示す。この結果からオゾン添加実験区の方が余剰汚泥が少ない傾向が見られた。

表-2 余剰汚泥生成量の比較

	RUN-2		RUN-3	
	実験区	対照区	実験区	対照区
余剰汚泥生成量 ($\text{kg}/\text{日}$)	0.89	1.60	1.29	1.77
除去BOD当たりの余剰汚泥生成量 (kg/kg 除去BOD・日)	0.43	0.74	0.51	0.74

3. 2 最適運転条件の検討

3. 2. 1 オゾン添加の処理水質に与える影響

パイロットプラント実験における処理水質の平均値を表-3に示す。いずれの項目に関しても実験区と対照区に有意差は見られない。また、実施設による実験では処理水サンプルのSS濃度が高かったため、溶解性BODで比較したが、パイロットプラントと同様に実験区と対照区で処理水質の差は見られなかった。

表-3 パイロット実験処理水質の比較

項目	RUN-2 (H5/11/5 ~12/24)		RUN-3 (H6/2/2 ~3/16)	
	P1系 実験区	P2系 対照区	P1系 実験区	P2系 対照区
T-BOD (mg/ℓ)	15.1	14.0	25.2	24.4
S-BOD (mg/ℓ)	3.8	3.9	4.4	5.0
T-COD (mg/ℓ)	14.4	15.8	13.5	14.8
S-COD (mg/ℓ)	11.9	13.0	12.1	13.0
SS (mg/ℓ)	4.8	5.6	4.5	6.1

注) 各RUN実験区は、実験初期の汚泥調整期間データを除外した。(除外期間: RUN-2=11/5~11/10, RUN-3=2/2~2/7) また、RUN-3ではオゾン添加を停止した期間(3/7~3/16)のデータも除外した。

3. 2. 2 安全性を考慮した運転条件の検討

オゾンは強力な酸化力を持ち、一定濃度以上のオゾンガスを吸入すると人体に影響が生ずる。現時点では、法的に規制された濃度の基準はないが、日本産業衛生学会許容濃度委員会により、通常の作業において8時間平均濃度として0.1ppmとされている。

実施設における運転実験の結果を表-4に示す。この結果から、第1段及び第2段ともに、回転数がH(高速)運転の方が気相部オゾン濃度が低いことが確認できる。したがって、曝気装置はできるだけ高速運転とする方が望ましい。

また、流入水量と気相部オゾン濃度には反比例の関係が見られ、水量変動の幅を小さくする様な運転を行うことが望ましい。

3. 3 最適設計手法の検討

3. 3. 1 オゾン添加場所の検討

ベンチスケールプラントを使用して、返送汚泥にオゾンを $1\sim 3\text{ mg}/\ell$ (原水当たり)添加する実験を実施した結果を図-3に示す。

この図より、返送汚泥にオゾンを添加する場合でも、曝気槽へオゾンを添加する場合と同様にスカムの抑制効果を得ることが確認された。

また、処理水質については、実験区と対照区での差は見られなかった。

3. 3. 2 経済的オゾン添加方法の検討

パイロットプラントにおいてオゾンの間欠添加実験を実施した。実験結果を図-4に示し、また、オゾンの添加量は原水あたり $3\text{ mg}/\ell$ としオゾン添加サイクルを以下に示す。

表-4 実施設オゾン添加試験運転時データ (1/6系エアタン)

項目		H 6 / 2 / 23	2 / 26	3 / 2
処理水量 (m^3 /時)	データ範囲	236 ~ 647	225 ~ 666	205 ~ 695
	平均値	509	522	503
供給酸素量 (Nm^3 /時)	データ範囲	30.1 ~ 48.5	42.7 ~ 57.1	42.8 ~ 63.8
	平均値	43.3	51.9	54.2
1段気相オゾン濃度 (ppm)	データ範囲	67 ~ 200	29 ~ 74	30 ~ 74
	平均値	148	47	52
2段気相オゾン濃度 (ppm)	データ範囲	2.2 ~ 11.6	6.9 ~ 12.6	0.9 ~ 2.4
	平均値	6.0	9.4	1.8
オゾン注入率 (mg/l)	データ範囲	1.0 ~ 2.8	1.0 ~ 2.9	0.9 ~ 3.2
	平均値	1.4	1.4	1.5
曝気機回転数モード		L-L-L (3池)	H-L-L (4池)	H-H-L (4池)

注) 曝気機回転数モードのLは低速, Hは高速を示す。(1段目-2段目-3段目の順)

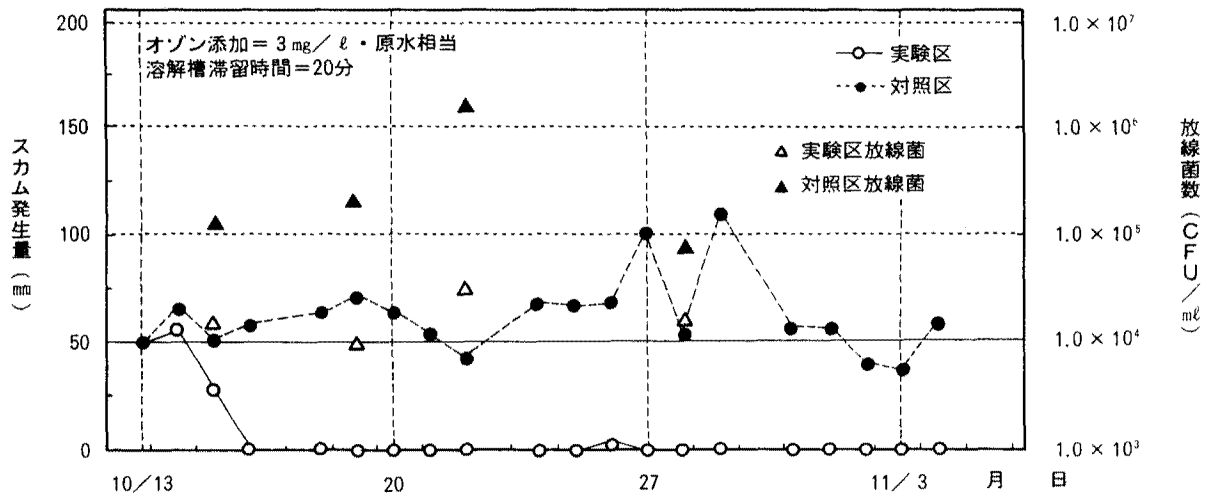


図-3 ベンチスケール実験におけるスカム発生量経日変化(返送汚泥添加)

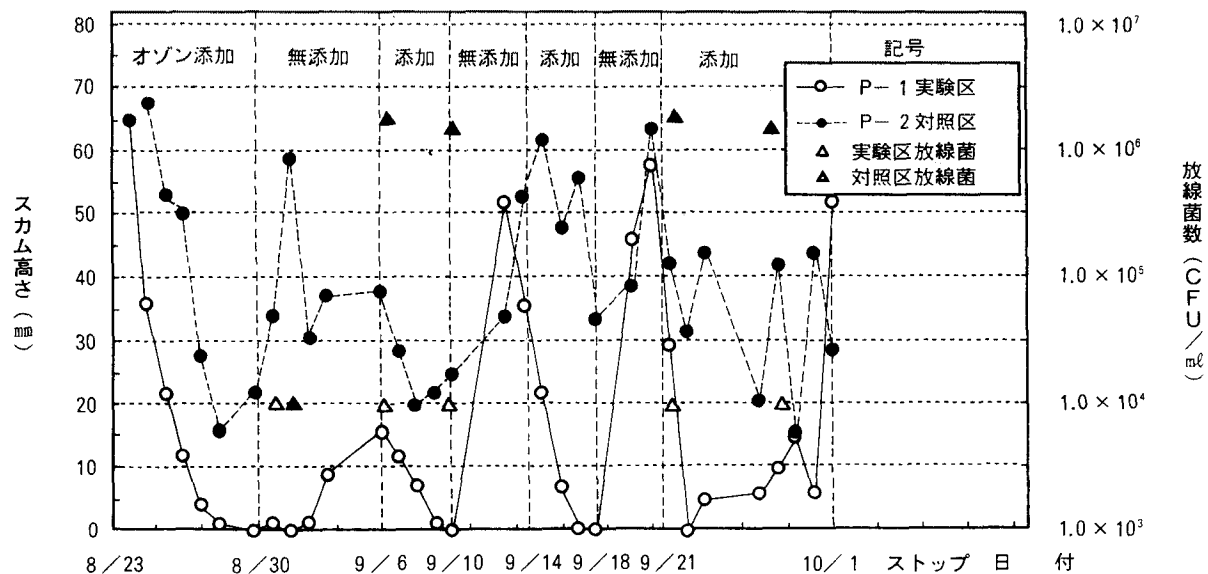


図-4 パイロットプラントにおける間欠添加実験のスカム発生量経日変化

8日間添加－7日間停止－4日間添加－4日間停止－
4日間添加－3日間停止－10日間添加

* オゾンの添加の開始と停止はスカム発生量で判断した。

この結果から、オゾン添加停止後の効果の持続は3～7日間である。

3.3.3 効率的オゾン溶解方法の検討

効率的にオゾンを溶解することは、経済性のみならず安全を確保するためにも重要な課題である。

φ 100×4,500H, 有効容積=35.3ℓの反応塔を使用し、再利用水で散気管の選定試験を行った。

この結果より、セラミック製、気孔径50μmの散気管が最適であることがわかった。

この散気管を用いてパイロットプラントにてオゾン添加実験を行った結果、以下の点が明らかになった。

- ① 同一添加率の場合には、供給オゾンガス濃度が低い程、排オゾン濃度が低い。
- ② 概ねオゾン添加開始後3～7時間程度で排オゾン濃度が急激に上昇する。
- ③ 反応塔内循環流が下降流の場合、最も排オゾン濃度が低い。

4. まとめと今後の予定

4.1 研究のまとめ

本年度の研究の結果、以下の点が明らかになった。

4.1.1 処理機能改善効果の検討

- ① 実施設でエアレーションタンクへのオゾン連続添加実験の結果、対照区と比べスカム発生は抑制された。このときのオゾン添加量は平均して原水あたり1.4mg/ℓであった。
- ② パイロットプラントによるオゾン添加実験では原水あたり3mg/ℓのオゾン添加量でスカム及び放線菌の抑制効果が確認された。
- ③ 実施設及びパイロットプラント実験ともオゾン添加による汚泥沈降性改善効果は確認できなかった。
- ④ パイロットプラントにより余剰汚泥生成量の

検討を行った結果、オゾン添加により余剰汚泥生成量は減少する傾向が見られた。

4.1.2 最適運転条件の検討

- ① 実施設及びパイロットプラント実験ともにオゾン添加による処理水質への影響は見られなかった。
- ② 実施設での実験結果から気相部オゾン濃度を低くするには、流入水量の変動の幅を小さくすること、また、曝気装置は高速運転で行うことが望ましい。

4.1.3 最適設計手法の検討

- ① ベンチスケールプラント実験において返送汚泥にオゾンを3mg/ℓ及び1mg/ℓ添加した結果、スカム及び放線菌抑制効果はエアレーションタンクへ添加する場合と同等であった。
- ② パイロットプラントでオゾンの間欠添加実験を行った結果、オゾン添加停止後のスカム抑制効果の持続は3～7日間であった。
- ③ 散気管の選定試験の結果、セラミック製、気孔径φ 50μmのものが最適である。
- ④ パイロットプラントを用いた効率的なオゾン溶解方法の検討の結果、同一添加率の場合には供給オゾンガス濃度が低い程、排オゾン濃度が低く、また、反応塔内循環流が下向流の場合、最も排オゾン濃度が低い傾向が見られた。

4.2 今後の予定

本年度は、ベンチスケールプラント及びパイロットプラントで主な実験を行った。

今後は本年度の研究結果をふまえ、主に実施設を用いた実験を行い、引き続き処理機能障害改善効果の検討、最適運転条件の検討及び最適設計手法の検討を行う予定である。

今後、検討が必要な課題は以下の通りである。

- ① オゾン溶解方法の検討
- ② 安全対策の検討
- ③ スカム、放線菌抑制メカニズムの検討
- ④ オゾン添加場所と添加方法の検討

● この研究に関する問い合わせは

研究第一部長	佐藤 和明
技術部技術課長	村上 孝雄
研究第一部研究員	森 正治
研究第一部研究員	高木 克也