

返流水処理への促進酸化法の適用（その4）

-溶解性 COD を中心とした有機物除去効果-

水再生水質課 ○ 宮下 茂昭 田邊 孝二

1. はじめに

汚泥返流水処理施設の処理水は、難分解性 COD 成分を高濃度に含有している。そこで、上記処理水に促進酸化法（AOP 法：Advanced Oxidation Process）を適用し難分解性 COD 成分を除去することで、返送先処理場の処理の安定化を図るとともに、さらに公共用水域に直接放流可能な処理水質が得られるかこれまで3年間にわたり検証してきた。今年度は昨年度に引き続き、室内規模の連続流実験装置を使用し、秋期から冬期にかけて三期に分けて O_3 - H_2O_2 処理における H_2O_2/O_3 の最適添加率及び H_2O_2 の添加位置を変えた処理実験等の追加実験を実施した。その結果、一定の知見が得られたのでここに報告する。

2. 実験概要

2-1. 処理目標

東京湾への放流基準である 20 mg/l 以下を安定して達成するために、目標水質を 15 mg/l 以下に設定した。

2-2. 実験対象水と調査時期及び調査回数

北部第二処理場の返流水処理施設（S 系列）処理水の砂ろ過水を No.5A ろ紙でろ過したものを実験原水とした。また、今年度は秋期から冬期にかけて一期（11/11~20）・二期（12/2~12/11）・三期（2/4~2/9）の計3回実施した。

2-3. 実験条件と実験プロセス

各実験（一期実験、二期実験、三期実験）の条件とプロセスを表-1に示す。

表-1. 実験条件と実験プロセス

調査時期	プロセス No	実験条件とプロセス	H_2O_2/O_3 添加比	AOP 法 総 HRT (分)
一期	B1	オゾン(総 80.0mg/l)-UV254nm(総 5.6Wh)+活性汚泥処理 反応槽は3箇所使用	-	25.8
	C1	オゾン(総 87.5mg/l)- H_2O_2 (総 4.7mg/l)+活性汚泥処理	0.05	49.8
	C2	オゾン(総 82.3mg/l)- H_2O_2 (総 8.7mg/l)+活性汚泥処理	0.10	47.4
	C3	オゾン(総 87.5mg/l)- H_2O_2 (総 28.2mg/l)+活性汚泥処理	0.30	48.6
	D1	オゾン(総 84.7mg/l)-UV254nm(総 12.0Wh)+活性汚泥処理 O3-UV 一括処理	-	46.8
	D2	オゾン(総 87.3mg/l)-UV254nm(総 11.1Wh)+活性汚泥処理 O3-UV 分離処理	-	50.4
二期	E1	オゾン(総 78.1mg/l)- H_2O_2 (総 8.3mg/l)+活性汚泥処理 H_2O_2 前段注入	0.10	47.4
	E2	オゾン(総 76.7mg/l)- H_2O_2 (総 8.3mg/l)+活性汚泥処理 H_2O_2 後段注入	0.10	47.4
三期	B2	オゾン(総 80.4mg/l)-UV254nm(総 6.8Wh)+活性汚泥処理	-	25.8
	C4	オゾン(総 85.6mg/l)- H_2O_2 (総 8.6mg/l)+活性汚泥処理	0.05	47.4
	C5	オゾン(総 88.0mg/l)- H_2O_2 (総 18.3mg/l)+活性汚泥処理	0.10	47.4
	C6	オゾン(総 91.1mg/l)- H_2O_2 (総 27.2mg/l)+活性汚泥処理	0.30	46.2

2-4. 実験装置及び実験条件

図-1にフローシート1、図-2にフローシート2、表-2に各装置の仕様、表-3に実験方法を示す。

図-1. 実験装置フローシート1

図-2. 実験装置フローシート2

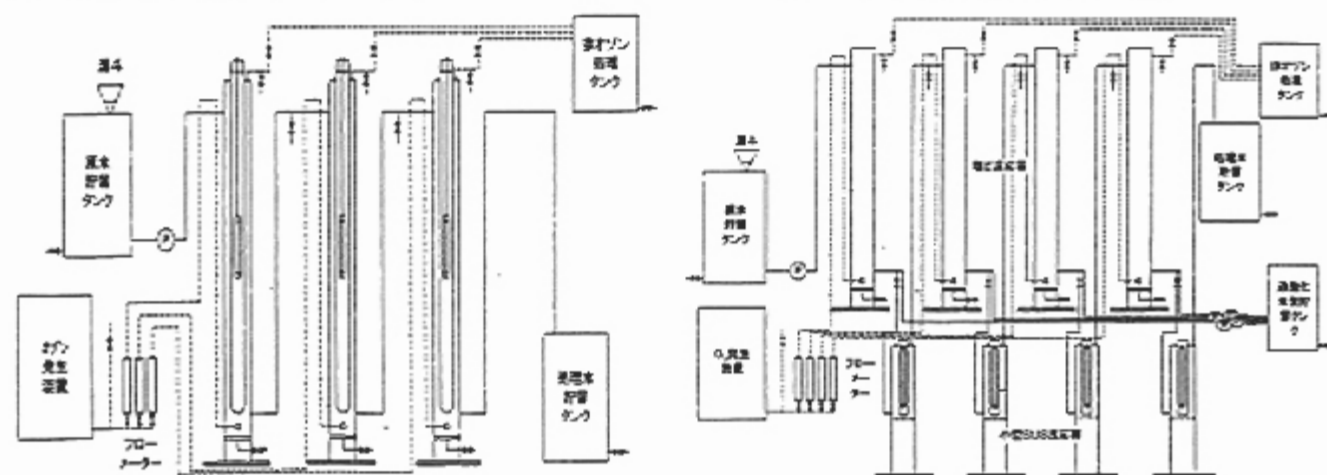


表-2. 実験装置の仕様

実験装置	仕様	
オゾンナイザー	三菱オゾンナイザー OS-4N型 : オゾン発生量 : 0 ~ 8g/hr(酸素を1ℓへ)	
紫外線照射装置 (UVランプ)	株式会社フタバ工業製 AY1 : 主波長 254nm、ランプ電力 16W φ15×L360×発光長276mm、安定器 BX-1	
反応筒	B1、B2、D1	二重円筒形(大型 SUS 筒) : 外筒 : SUS304 製 100 φ×H1800 内筒 : 石英製 40 φ×H1800、UVランプ設置
	D2	二重円筒形(小型 SUS 筒) : 外筒 : SUS304 製 100 φ×H1000 内筒 : 石英製 40 φ×H500、UVランプ設置
筒	C1-C6、D2、E1、E2	円筒形 : 透明塩ビ製 100 φ×H1800

表-3. 実験方法

AOP法	オゾンナイザーや紫外線ランプの安定性を確保した後、実験を開始した。 オゾンナイザー : 酸素を60分以上通気し、オゾン発生運転を約1時間行う。 紫外線ランプ : 3時間以上行う。
オゾン注入方法	総添加量を4分割で均等量注入した。
H ₂ O ₂ 添加方法	総添加量を4分割で均等量注入した。
pH調整	pH値を約7.5に調整後、実験を開始した。
実験試料採水方法	各期の実験とも始めに試料を全量採水し、各条件とも同一試料を使用した。
分析試料の前処理方法	残留オゾン対策 : 30分間曝気攪拌、残留H ₂ O ₂ 対策 : 二酸化マンガンを50mg/l以上添加し60分間急速攪拌、全試料とも攪拌後1μmのGF/Bろ紙でろ過した。
活性汚泥処理法	AOP法による各実験終了時の処理水を(反応筒1-4)と中部下水A系返送汚泥とを混合し、20℃恒温室にて6時間曝気処理を行った。 MLSS濃度 : 一期実験-B1、C1、C2、C3 : 2,460mg/l、D1、D2 : 2,270mg/l、二期実験 : 2,080mg/l、三期実験 : 1,620mg/l。

2-5. 分析方法

オゾン濃度(発生・残留・排気)は酸素滴定法により、TOCは島津社 TOC-500にて測定した。紫外線透過強度はフタバ工業製紫外線強度計 UVR-400(GL)により、pHはオゾンナイザーのpH計にて測定した。

3. 実験結果と考察

表-4. 原水の性状

3-1. AOP法による処理結果

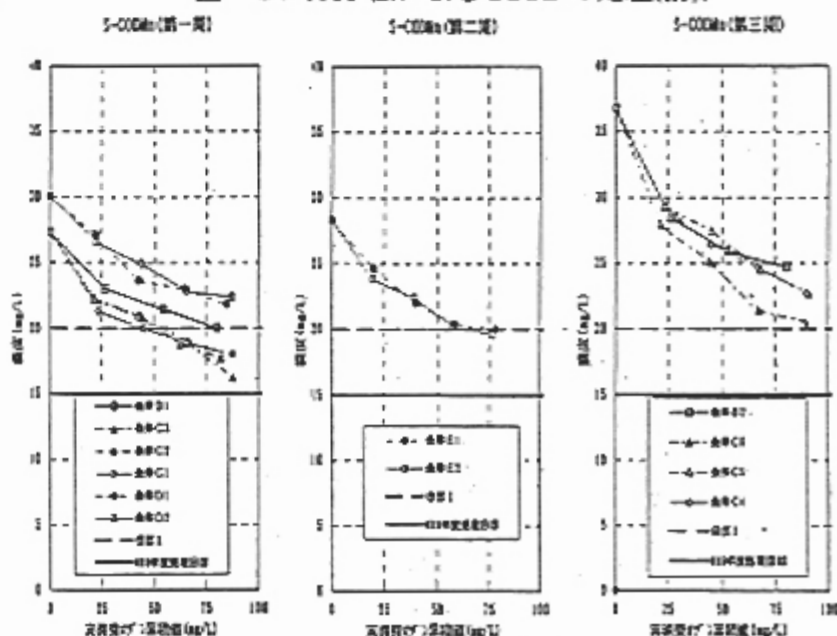
表-4に各期の原水の性状を示す。各期毎の有機物濃度はSCODで見ると、一期の前半では27mg/l、後半では30mg/lであった。二期では28mg/l、三期では30を大きく越え37mg/lであった。図-3にAOP法によるSCODの処理結果を示す。各期とも、左より原水、1-4筒の順での各筒処理水の値を示す。

実験の種類	一期実験						二期実験		三期実験				
	アセスNo.	B1	C1	C2	C3	D1	D2	E前	E後	B2	C4	C5	C6
採水日		H15.11.11				H15.11.18		H15.12.2		H16.1.30			
S-COD		27	27	27	27	30	30	28	28	37	37	37	37
S-BOD		1.7	1.7	1.7	1.7	5.8	5.8	5.0	5.0	20	20	20	20
S-TOC		20	21	21	20	25	26	27	26	28	28	28	28
NO _x -N		54	55	55	53	47	47	55	56	52	52	52	52
NO ₃ -N		0.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3

図-3. AOP法によるSCODの処理結果

1) 一期実験結果

一期前半においてはAOP法の内、O₃-UV処理(B1)を除きO₃-H₂O₂処理(C1~C3)が20mg/l以下を達成していたが、今年度目標の15mg/l以下は未達成であった。またH₂O₂/O₃添加比によりSCOD除去結果に差が見られ、4筒目では0.05<0.10<0.30の順番であり、添加比の高い方が除去効果が良好であった。さらに、O₃-UV処理(B1)とO₃-H₂O₂処理(C1~C3)とを比較すると3筒目までのSCODの除去効果はいずれもO₃-H₂O₂処理の方が優れており、O₃-H₂O₂処理の4筒目との比較ではさらに差が大きくなっていた。一期後半のO₃-UV処理(D1、D2)では原水濃度が30mg/lを大きく越えていたため、20mg/l以下も未達成であった。また後半の結果より、O₃-UV一括処理



(D1)と分離処理(D2)において差は見られなかった。

2) 二期実験結果

二期においては $O_3-H_2O_2$ 処理において O_3 注入の前後に H_2O_2 を添加してSCODの除去性能を比較した。その結果は、 H_2O_2 の注入位置により処理性能には差が見られなかったと同時に、4筒目でようやく $20mg/l$ 以下を達成していた。

3) 三期実験結果

原水のSCOD濃度が $37mg/l$ と高いため、全ての条件でSCODが $20mg/l$ を越えていた。 $O_3-H_2O_2$ 処理では H_2O_2/O_3 添加比の高い0.31が最も処理がよく、後の2条件(0.05と0.10)では差が見られなかった。また、 O_3-UV 処理(B2)と $O_3-H_2O_2$ 処理(C4~C6)とを比較すると、3筒目まではB2とC4及びC5とはSCODの除去効果に差が見られなかったが、C4及びC5の4筒目との比較では劣っていた。また、 H_2O_2/O_3 添加比の高いC6(0.31)との比較では1筒目より処理性能が劣っていた。

また、 H_2O_2/O_3 添加比の高いC6(0.31)との比較では1筒目より処理性能が劣っていた。

3-2. AOP法+活性汚泥法による処理結果

図-4にAOP法+活性汚泥法によるSCODの処理結果を示す。図-3と同様、各期とも左より原水、1~4筒の順での各筒処理水の値を示す。

1) 一期実験結果

一期前半においては、 $O_3-H_2O_2$ 処理のC1を除き、その他のAOP処理(B1、C2、C3)においては1筒目より今期目標のSCOD $15mg/l$ 以下を達成していた。C1は2筒目より今期目標を達成していた。 $O_3-H_2O_2$ 処理における H_2O_2/O_3 添加比によるSCOD除去効果は、AOP処理結果を受けて添加比の高い方が除去効果は良好であった。 O_3-UV 処理(B1)と $O_3-H_2O_2$ 処理(C1、C2、C3)を比較すると、B1とC1とは同レベルであったが、 H_2O_2/O_3 添加比の高いC2及びC3はB1より処理は良好であった。一期後半における O_3-UV 処理は2条件(D1、D2)とも3筒目より今期目標のSCOD $15mg/l$ 以下を達成していた。3筒目以降ではAOP処理結果とは異なり、 O_3-UV 一括処理の方が O_3-UV 分離処理よりSCOD値が低下していた。

2) 二期実験結果

$O_3-H_2O_2$ 処理の2条件(E1、E2)とも2筒目以降で今期の目標であるSCOD $15mg/l$ 以下を達成していた。またAOP処理の結果を受けて、2条件におけるSCODの除去効果に差は見られなかった。

3) 三期実験結果

O_3-UV 処理(B2)と $O_3-H_2O_2$ 処理のうち H_2O_2/O_3 添加比が一番低い0.05(C4)はSCOD $20mg/l$ 以下を達成していたが、今期目標は未達成であった。 $O_3-H_2O_2$ 処理の他の2条件、 H_2O_2/O_3 添加比が0.10(C5)では4筒目で、 H_2O_2/O_3 添加比が0.31(C6)では3筒目で今期目標のSCOD $15mg/l$ 以下を達成していた。 $O_3-H_2O_2$ 処理における H_2O_2/O_3 添加比によるSCOD除去効果はAOP処理結果と異なり、2筒目以降で明らかに添加比の高い方が処理が良好であった。また、 O_3-UV 処理(B2)と $O_3-H_2O_2$ 処理(C4、C5、C6)との比較では $O_3-H_2O_2$ 処理の方がSCODの除去効果がかなり良好であった。

4. まとめ

(1) AOP処理法

- $O_3-H_2O_2$ 処理において、SCOD除去効果は H_2O_2/O_3 添加比の高い順(0.3>0.1>0.05)に高かった。
- UV照射コートを抑えた場合の O_3-UV 処理(3筒使用)実験を行い $O_3-H_2O_2$ 処理と比較したが、SCOD除去効果は $O_3-H_2O_2$ 処理の方が良好であった。
- O_3-UV 処理での一括条件と分割条件の比較実験及び $O_3-H_2O_2$ 処理での H_2O_2 添加位置を変えた前条件と後条件の比較実験はいずれの結果も差異が見られなかった。

(2) AOP法+活性汚泥処理法

- AOP法と活性汚泥法を組み合わせることでAOP単独の場合より維持管理費を比較的安価に抑えつつ返流水処理水のSCOD濃度を、原水濃度が $30mg/l$ 以下の場合には今期目標の $15mg/l$ 以下に、原水濃度が $30mg/l$ 以上でも $20mg/l$ 以下にすることが可能であることが分かった。
- これまでの全ての実験結果(平成12年~15年度の調査結果)を併せ考察すると、 $O_3-H_2O_2$ 法+生物処理法によるSCOD除去量という視点から見た場合、原水の性状により処理の優劣に多少の変動は見込まれるものの、 H_2O_2/O_3 添加比で0.05~0.4の範囲であれば「処理費用当たりのSCOD除去量」はほぼ均等な値が得られるものと推察される。
- これまでの全ての実験結果(平成12年~15年度の調査結果)の結論として、AOP法と活性汚泥法を組み合わせることで、技術的に公共用水域に直接放流可能な処理水質が得られることが実証された。

図-4. AOP法+活性汚泥法によるSCODの処理結果

