



Title	COD除去を目的とした下水の高度処理
Author(s)	西村, 孝彦; 五井, 正季; 中川, 創太 他
Description	第5回衛生工学シンポジウム (平成9年11月6日 (木) -7日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 6 水処理 2 . 6-3
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 5, 241-245
Issue Date	1997-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7740
Type	departmental bulletin paper
File Information	5-6-3_p241-245.pdf



6-3 COD除去を目的とした下水の高度処理

西村孝彦、五井正季（川崎市）
○中川創太（荏原総合研究所）
佐久間博司、山田武彦（荏原製作所）

1. はじめに

公共用水環境の保全及び下水処理水のリサイクル促進の為に、より高度な技術の開発を早急に進める必要がある。本研究は、この様な背景より下水二次処理水中のCOD、臭気及び色度を更に処理するプロセスの開発を目的としたものである。

ここでは、 O_3 処理と好気性ろ床を組み合わせたプロセス ($O_3 \rightarrow$ BAF(Biological Aerated Filtration))、及び O_3 処理よりも酸化力の強いAOP法 (Advanced Oxidation Process) と好気性ろ床を組み合わせたプロセス (AOP \rightarrow BAF、BAF \rightarrow AOP) について比較検討した。なお、AOP法には様々な種類が存在するが、ここでは大規模な処理施設に適していると考えられる O_3/H_2O_2 法を採用した。

2. 実験方法

2.1 実験原水

原水には、担体投入型嫌気-無酸素-好気法（以下KMK法ともいう）パイロットプラントによって窒素、りんがそれぞれT-N<10[mg/L]、T-P<0.5[mg/L]と高度に除去されたものを用いた。原水のCOD_{Mn}は5.8~10.8[mg/L]、COD_{Cr}は10.2~31.7[mg/L]、色度は19~25[度]、TON (threshold odor number) は8~22[-]であった。

2.2 実験装置

図1に各処理プロセスのフローシートを示す。また表1に実験装置の概要を示す。ここでは、BAF処理の前段に O_3 処理を行う $O_3 \rightarrow$ BAFプロセス、BAF処理の前段にAOP処理を行うAOP \rightarrow BAFプロセス、及びBAF処理の後段にAOP処理を行うBAF \rightarrow AOPプロセスを検討した。BAF処理におけるろ材は粒径2[mm]の粒状ろ材、充填高さは2[m]とした。AOP処理に使用する H_2O_2 はAOP反応槽流入配管に注入するものとした。

表1 実験装置の概要

BAF	ろ材:粒状ろ材(2mm) ろ材充填高さ:2[m] ろ材充填容積:251[L]
O_3 溶解塔 AOP反応槽	有効容積:139[L] 散気部:セラミックディフューザー

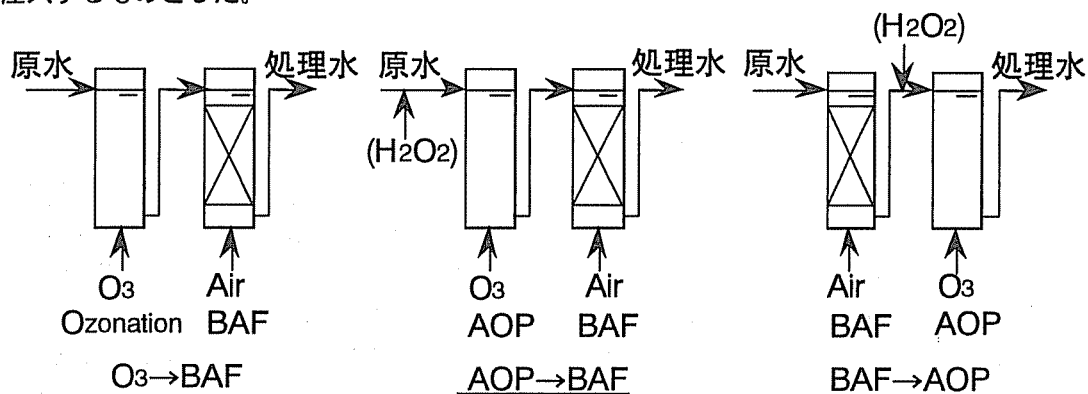


図1 各処理プロセスのフローシート

2.3 実験条件

表2.1、表2.2に実験条件を示す。O₃処理、AOP処理における原水の流量は14.4~15.1[m³/day]、反応時間は13~14[*min*]、O₃ガス流量は6~7[l/*min*]とした。なお、オゾン注入率の制御はオゾンガス濃度を変化させることで行った。また、BAF処理における原水の流量は14.4~16.6[m³/day]、通水速度は114~132[m/day]とした。

表2.1 実験条件 (O₃処理、AOP処理)

原水流量[m ³ /day]	14.4-15.1
反応時間[<i>min</i>]	13-14
O ₃ ガス流量 [L/ <i>min</i>]	6-7
O ₃ 注入率 [mg/L]	2.4-23.9
H ₂ O ₂ 注入率 [mg/L]	0,2.0-2.8

表2.2 実験条件 (BAF処理)

原水流量[m ³ /day]	14.4-16.6
通水速度 [m/day]	114-132
通気量[Nm ³ /hr]	0.8-1.0

3. 実験結果

3.1 COD_{Mn}の処理性能

3.1.1 O₃ → BAF プロセス(連続通水実験)

図2にO₃ → BAF プロセスで処理を行った場合のO₃消費量とCOD_{Mn}除去量の関係を示す。O₃消費量が2~15[mg/L]の範囲では、O₃処理のみによるCOD_{Mn}除去量は1[mg/L]前後であり、殆ど変化がなかった。一方、O₃ → BAF プロセスにおけるCOD_{Mn}除去量はO₃消費量の増加に伴って増加し、O₃消費量が10[mg/L]以上ではCOD_{Mn}除去量が2.5~3.0[mg/L]でほぼ一定となった。O₃消費量の増加に伴ってCOD_{Mn}除去量が増加した理由は、O₃消費量の増加に伴って原水中有機物の生物分解性が向上し、BAF処理によるCOD_{Mn}除去量が増加したためと考えられる。

表3にO₃消費量が12[mg/L]のときのCOD_{Mn}処理結果を示す。原水COD_{Mn}が10[mg/L]に対して処理水COD_{Mn}が7.2[mg/L]となり、O₃処理及びBAF処理によってそれぞれ1.3、1.5[mg/L]除去された。プロセス全体のCOD_{Mn}の除去量は2.8[mg/L]であった。

3.1.2 AOP処理 と BAF処理 を組み合わせたプロセス

(A) AOP処理におけるO₃、H₂O₂注入条件

図3にH₂O₂注入率を0~10[mg/L]の範囲で変化させてAOP処理を行った場合のO₃消費量とD-COD_{Mn}除去量の関係を示す。なお、このときの原水D-COD_{Mn}は平均6.3[mg/L]であった。H₂O₂注入率が0[mg/L] (O₃処理) の条件におけるD-COD_{Mn}除去量は、O₃消費量が5[mg/L]未満の場合では1.2~2.1[mg/L]、O₃消費量が5[mg/L]以上の場合では1.7~2.2[mg/L]の範囲であり、O₃消費量の増加に伴うD-COD_{Mn}除去量の変化は殆どなかった。これに対してH₂O₂注入率を2[mg/L]とした条件では、O₃消費量が5、10[mg/L]のときのD-COD_{Mn}除去量がそれぞれ2.5、3.0[mg/L]以上となり、O₃処理のD-COD_{Mn}除去量を上回った。

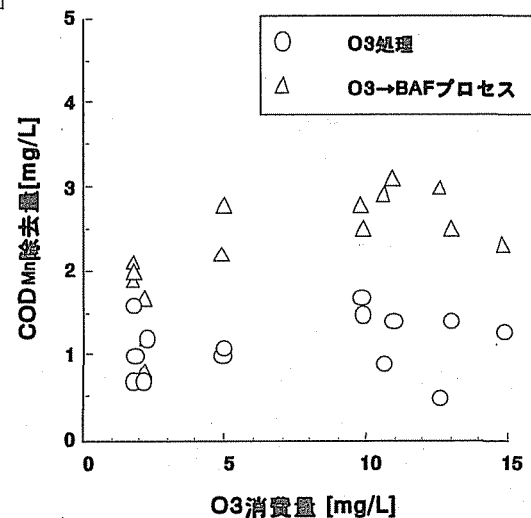


図2 COD_{Mn}除去量とO₃消費量の関係 (O₃→BAFプロセス)

表3 COD_{Mn}処理結果

O ₃ 消費量	[mg/L]	11.8
原水のCOD _{Mn}	[mg/L]	10.0
処理水のCOD _{Mn}	[mg/L]	7.2
O ₃ 処理によるCOD _{Mn} 除去量	[mg/L]	1.3
BAF処理によるCOD _{Mn} 除去量	[mg/L]	1.5
COD _{Mn} 除去量の合計	[mg/L]	2.8

以上より、AOP処理はO₃処理に比べてD-COD_{Mn}処理性能が高く、AOP処理で生じたとされる・OHと有機物との反応はO₃と有機物との反応よりD-COD_{Mn}の処理に有効と考えられる。

また、H₂O₂注入率が2[mg/L]以上、O₃消費量が10[mg/L]以上の条件においてはD-COD_{Mn}除去量はあまり増加しない結果であった。これは・OH発生量が多いものの残存する有機物がより難分解性であった為、或いは他の因子による有機物分解の障害があった為と考えられる。

以上よりAOP処理における条件は、O₃消費量が10[mg/L]、H₂O₂添加量が2[mg/L]が妥当であった。

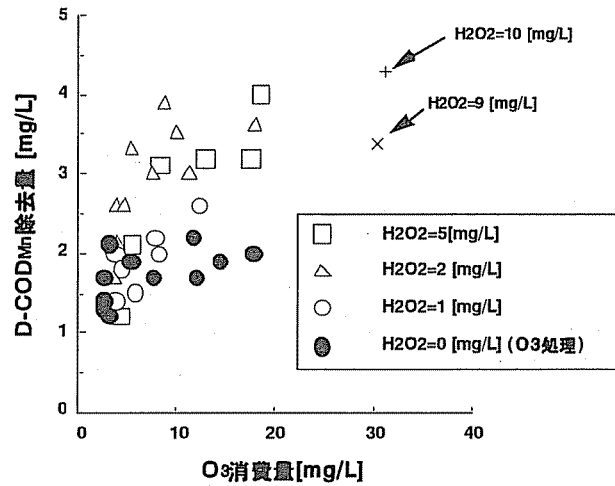


図3 D-COD_{Mn}除去量とO₃消費量の関係(AOP)

(B) 連続通水実験

AOP → BAFプロセス及びBAF → AOPプロセスで連続通水実験を行った場合のCOD_{Mn}処理結果を表4に示す。これよりAOP → BAFプロセスにおけるCOD_{Mn}除去量は3.8[mg/L] (AOP処理で2.5 [mg/L]、BAF処理で1.3 [mg/L])、BAF → AOPプロセスにおけるCOD_{Mn}除去量は3.4[mg/L] (AOP処理で2.4 [mg/L] BAF処理で1.0 [mg/L])であり、差はわずかであった。これより、両プロセスのCOD_{Mn}処理性能はほぼ同等と判断される。

表4 COD_{Mn}処理結果

	AOP→BAF	BAF→AOP
O ₃ 消費量 [mg/L]	15.9	13.6
H ₂ O ₂ 注入率 [mg/L]	2.0	2.5
原水のCOD _{Mn} [mg/L]	7.9	7.6
処理水のCOD _{Mn} [mg/L]	4.1	4.2
O ₃ 処理によるCOD _{Mn} 除去量 [mg/L]	2.5	2.4
BAF処理によるCOD _{Mn} 除去量 [mg/L]	1.3	1.0
COD _{Mn} 除去量の合計 [mg/L]	3.8	3.4

3.1.3 COD_{Mn}処理性能の比較

図4に各プロセスで処理を行った場合のCOD_{Mn}処理結果を示す。これより、各プロセスのCOD_{Mn}除去率は、O₃ → BAFプロセスで28% (O₃処理で13%、BAF処理で15%)、AOP → BAFプロセスで48% (AOP処理で32%、BAF処理で16%)、BAF → AOPプロセスで45% (AOP処理で32%、BAF処理で13%)となり、AOP → BAFプロセス及びBAF → AOPプロセスがO₃ → BAFプロセスより17~20%高かった。これは、各処理プロセスのBAFによるCOD_{Mn}除去率が13~15[%]と殆ど差が無いのに対して、O₃処理とAOP処理のCOD_{Mn}除去率がそれぞれ13%、32%と両者に19%の差があったためである。以上より、COD_{Mn}の処理にはO₃処理よりもAOP処理を利用したプロセスが有効と考えられる。

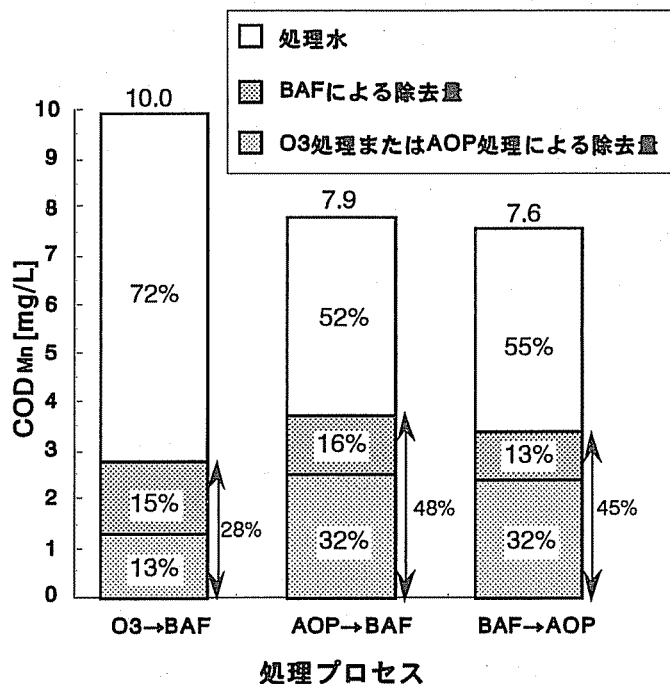


図4 各プロセスのCOD_{Mn}処理性能

3.2 AOP処理を利用したプロセスの色度、臭気及び細菌の処理性能

3.2.1 色度及び臭気処理性能

図5にBAF→AOPプロセス及びAOP→BAFプロセスで処理を行った場合の色度処理結果を示す。また、図6に臭気 (TON) 処理結果を示す。これより、BAF→AOPプロセスの色度、TONはそれぞれ1.5 [度]、2.0 [-]、AOP→BAFプロセスの色度、TONはそれぞれ2.6 [度]、5.2 [-]となり、色度、TON共にBAF→AOPプロセスの処理性能が高かった。これは、AOP→BAFプロセスのBAF処理で色度、TONがやや増加したためであり、原因は、BAFのろ材中の生物に由来する色度、臭気が増加したためと考えられる。これより、色度及び臭気の処理にはBAF→AOPプロセスが有効と考えられる。

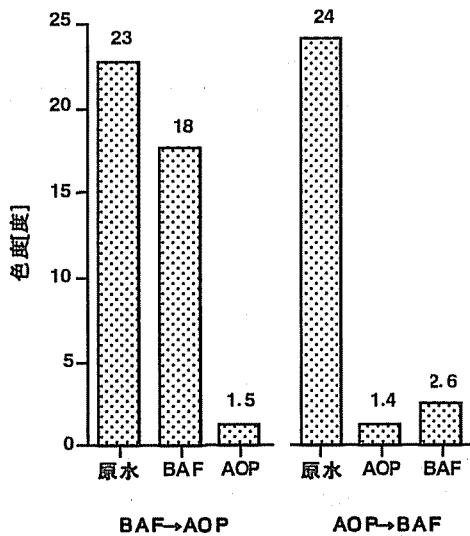


図5 色度処理結果

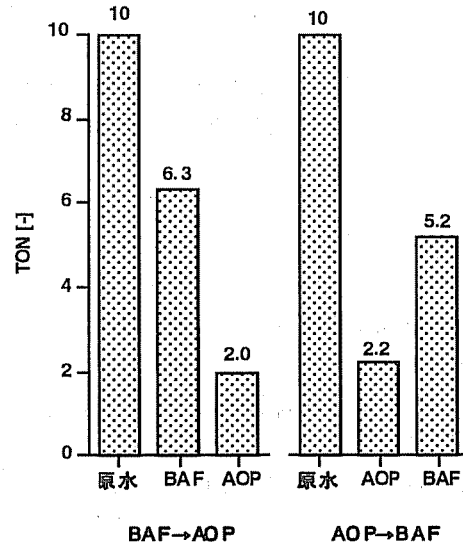


図6 TON処理結果

3.2.2 大腸菌、一般細菌の処理性能

表5にBAF→AOPプロセス及びAOP→BAFプロセスで処理を行った場合の大腸菌、一般細菌の処理結果を示す。BAF→AOPプロセスの大腸菌、一般細菌はそれぞれ0.3 [個/mL]未満、33 [個/mL]、AOP→BAFプロセスの大腸菌、一般細菌はそれぞれ1.1 [個/mL]、105,000 [個/mL]となり、処理水中の大腸菌、一般細菌は共にBAF→AOPプロセスが少なかった。AOP→BAFプロセスで大腸菌、一般細菌数が多かった原因は、AOP処理で細菌の殆どが死滅するものの、後段のBAF処理においてろ材中の生物が流出したためと考えられる。これより、大腸菌、一般細菌の処理においてもBAF→AOPプロセスが適していると考えられる。

表5 大腸菌、一般細菌の処理結果

	AOP→BAF		BAF→AOP		
	大腸菌 [個/mL]	一般細菌 [個/mL]	大腸菌 [個/mL]	一般細菌 [個/mL]	
原水	12,000	51,800	原水	22,000	320,000
AOP 処理水	<0.3	30	BAF 処理水	17,500	170,000
BAF 処理水	1.1	105,000	AOP 処理水	<0.3	33

4. まとめ

下水処理水中のCODを更に処理することを目的に $O_3 \rightarrow$ BAFプロセス、BAF \rightarrow AOPプロセス、AOP \rightarrow BAFプロセスを検討した結果、以下のような知見が得られた。

- (1) COD_{Mn} 除去率は $O_3 \rightarrow$ BAFプロセスで28%、BAF \rightarrow AOPプロセスで45%、AOP \rightarrow BAFプロセスで48%であり COD_{Mn} の処理性能はAOP処理を含むプロセスが高かった。
- (2) AOP処理を利用したAOP \rightarrow BAFプロセス及びBAF \rightarrow AOPプロセスの色度、TONは、BAF \rightarrow AOPプロセスでそれぞれ1.5 [度]、2.0[-]、AOP \rightarrow BAFプロセスでそれぞれ2.6 [度]、5.2[-]であり、色度処理性能、臭気処理性能共にBAF \rightarrow AOPプロセスが優れていた。
- (3) AOP処理を利用したAOP \rightarrow BAFプロセス及びBAF \rightarrow AOPプロセスの大腸菌、一般細菌は、BAF \rightarrow AOPプロセスでそれぞれ0.3 [個/mL]未満、33 [個/mL]、AOP \rightarrow BAFプロセスでそれぞれ1.1 [個/mL]、105,000 [個/mL]であり、大腸菌、一般細菌の処理においてもBAF \rightarrow AOPプロセスが優れていた。

以上より、CODの処理にはAOP処理を利用したプロセスが適しており、特に下水処理水のリサイクルプロセスとしてはBAF \rightarrow AOPプロセスが適しているものと考えられる。