

(株)竹中土木 技術本部 森嶋 章

1. まえがき

生活排水等の流入により、多くの河川および湖沼の水質悪化が問題となっている。これに対して種々の直接浄化手法が提案、実施されているが、筆者らは汚染源にできるだけ近い河川、すなわち河川流量が小さく、汚濁物質が高濃度である河川水を浄化するほうが投資効率が高いと考え、これに対応できるシステムを考案した。システムの中心となる装置は、有機物除去媒体としてポリアクリルアミドゲル包括固定化担体（球状： $\phi 3 \sim 5 \text{ mm}$ ）を投入した超深層曝気槽である。ここでは、平成5年4月より3ヶ年におよぶ実証実験の結果を報告する。

2. 装置概要

実証実験は、千葉県船橋市内の小河川（晴天時河川流量 $1,000 \sim 1,500 \text{ m}^3/\text{日}$ ）にて実施された。実験システムフローを図-1に示す。曝気槽の外管は $\phi 1 \text{ m}$ 、深さ51m、内管は $\phi 60 \text{ cm}$ 、深さ49mである。

地上のコンプレッサーから外管深部に供給される空気のエアリフト効果により、流入水と固定化担体が地上部タンクと曝気槽深部を循環する。曝気槽深部の高水圧による高酸素溶解性により、微生物の有機物分解能力が飛躍的に高められる特色を有する。曝気槽内で発生した生物フロックは、出口スクリーンを通過した後、砂ろ過機または接触沈殿水路等により除去される。

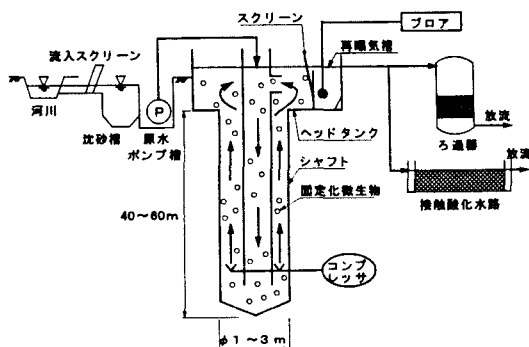


図-1 実験システムフロー

3. 実験方法

当初1年間の基礎的な実験結果を踏まえ、RUN 3では曝気槽滞留時間2.35hr（実接触時間2hr）、RUN 4では同3.4hr（同3hr）で運転した。担体の曝気槽内充填率は両方の期間を通じて15%とした。

曝気槽での発生SSの除去は、基本的には砂ろ過により行ったが、礫間接触水路による方式も一部実施した。これらのSS除去実験は、曝気槽からの流出水の一部を用いて行った。

水質分析のための試料採取は、全て24時間のコンボジットサンプリングにより実施した。

4. 実験結果

4. 1 砂ろ過によるSS除去の場合

RUN 3、RUN 4における河川原水水質および

表-1 実験条件と砂ろ過による処理結果

		RUN 3			RUN 4		
実験期間		94/10/1~95/9/30			95/10/1~96/2/14		
曝気槽 HRT		2.35 hr			3.4 hr		
取水量		576 m^3/day			400 m^3/day		
項目	位置	原水	曝気槽 出口	処理水	原水	曝気槽 出口	処理水
BOD		75.1	66.0	10.1	76.5	47.4	9.1
S-BOD		22.1	4.3	4.2	22.3	3.1	3.6
SS		53.2	62.7	5.1	48.1	43.2	5.6
T-P		2.45	2.27	1.57	2.53	2.44	1.92
T-N		20.6	20.2	18.8	26.0	23.6	24.6
NH ₄ -N		14.7	3.1	2.54	15.8	2.9	3.35
サンプル数		43			19		

※期間平均値 単位： mg/ℓ

砂ろ過を用いた場合の処理結果を表-1に示す。対象となる河川水は晴天時、生活雑排水が大半を占めており、BODは夏期に60mg/l、冬期90mg/l程度に達し、また、冬期の溶解性BODは30mg/l前後となった。

超深層曝気槽出口ではS-BODとNH₄-Nが大きく低下しているのに対し、BOD、SS、T-Pなどは発生SSが存在しているため高い数値を示している。その後、発生SSの除去によりこれらの値が改善されることになる。

RUN 3における処理水BODは目標の平均10mg/lをわずかに越え、特に冬期の原水水質悪化時期には10mg/lを上回ることが多く見られた。このため、RUN 4にて処理時間を延長させたところ、冬期間においても平均10mg/l以下となった。

BOD、S-BOD、NH₄-Nの原水・処理水の経時変化を図-2、3、4に示す。S-BODは原水の大きな変動に対して処理水の値が安定しており、原水と処理水の間にはBODのような強い相関はなかった。NH₄-Nの硝化率は冬期の低水温時に大きく低下することが多く見られ、全体的にも変動が大きかった。これを良好に安定させるためには、曝気槽滞留時間をもう少し延長させる必要があるものと考えられる。

図-5には処理水SSと処理水BODの関係を示す。これより、処理水中のSS増加に伴って処理水BODが上昇することが分かる。処理水SSの増加原因としては、河川原水の水質が事前の予測を大きく越えたことにより、砂ろ過機への負荷が大きくなったためと考えられる。

4. 1 礫間接触水路によるSS除去の場合

図-5に示されるように、本実験対象のような汚濁濃度の高い河川水を安定して浄化するには、発生SSを十分に補足する必要である。これに対し、2段階のSS除去なども考えられるが、ここでは、河川水浄化で広く実施されている接触酸化法が流入SSを良好に除去できることに着目し、礫間接触水路を用いた補助的な実験を砂ろ過による実験と並行して行った。

この時の実験条件を表-2に示す。夏期実験では、発生SSが礫間接触水路の流入部に近い部分で集中的に捕捉され、礫間の目づまりにより著しい水位上昇が生じた。これにより流入水が水槽より溢れだしたため、止むを得ず実験を1ヵ月で停止した。冬期実験では、

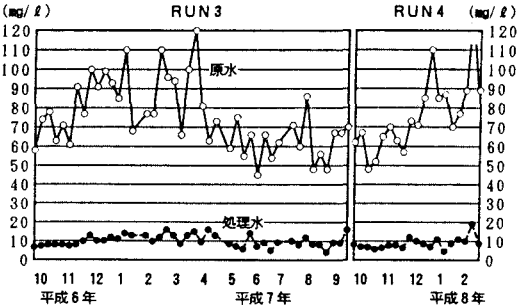


図-2 BOD（砂ろ過）の経時変化

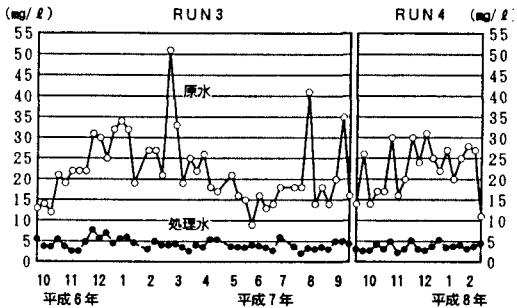


図-3 S-BOD（砂ろ過）の経時変化

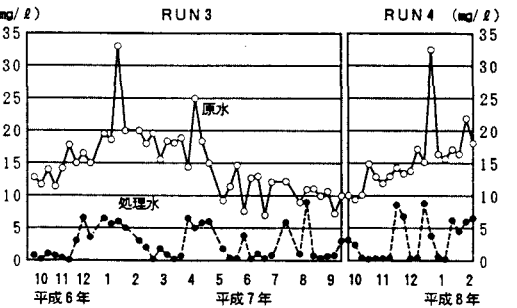


図-4 NH₄-N（砂ろ過）の経時変化

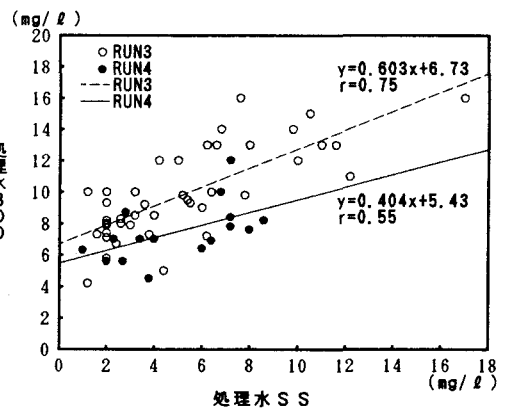


図-5 処理水のSSとBOD（砂ろ過）の関係

この対策として礫間接触水路の流入口から延長4m部分の礫を撤去し、簡易沈殿池とし、全体実験終了までの1ヵ月強を実施したものである。

表-3に礫間接触水路による実験結果を示す。また、図-6に礫間接触水路によるBODの経時変化を示す。礫間接触水路ではBOD除去率が95%程度に達し、発生SSの除去割合により浄化レベルに差が生じることが明らかになった。

5. 考 察

5. 1 高度浄化のための機能

BODが30~40mg/lを越えるような汚濁の激しい河川水を10mg/l以下あるいは5mg/l以下に浄化するためには以下の機能が求められる。

- ① 溶解性BODの強力な分解力
- ② 流入SSおよび発生SSの十分な補足
- ③ アンモニア性窒素の硝化

レベルの高い目標値を妥当な処理時間内で達成させるためには、強い有機物分解力と発生SSの十分な除去性能を有することが必要となる。

処理水のS-BODを構成する要素は、処理水中に存在する難分解性の有機物の分解と $\text{NH}_4\text{-N}$ の硝化に消費される溶存酸素と考えられる。従って、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の硝化は完了しておくことが必要とされるが、本実験では処理水に残留する $\text{NH}_4\text{-N}$ の多少に関わらずS-BODは安定していた。

5. 2 システム上の特長

河川水浄化施設に求められる特長として、省スペース化が挙げられる。これを実現するため、本実験ではSS除去法として砂ろ過を用いた。しかし、河川原水が高濃度である場合、日常的に逆洗浄による汚泥の排出が行われ、これを長期的に貯留する施設を設けるのであれば、省スペースの意味が薄れてくる。

一方、接触水路を用いる方法は、施設設置スペースがやや大きくなるものの、SSの補足と汚泥貯留という機能を容易に実現することができる。このため、超深層曝気法と接触水路の組み合わせは、高度浄化を目指した場合、互いの特色を発揮することにより十分な目標達成の可能性を示唆している。

今回の実験では礫間接触水路を用いたが、SS貯留量の増大による機能の低下を考慮すると、空隙率の大きい接触材の使用もしくは接触材と礫との併用などが考えられる。

6. おわりに

BODが50~100mg/lというような高汚濁河川水を、適切な処理時間で5mg/l以下に浄化することが可能となった。本システムでは、前段の有機物酸化処理を直径1~3m程度のごく小さなスペースで対処している。また、接触水路内でのSS貯留による汚泥処分の対応については、礫間接触法などを初めとする設計手法が参考になるものと思われる。

表-2 礫間接触水路による実験条件

	夏期実験	冬期実験
期 間	'95 8/11~9/1	'96 1/26~3/12
実験シリーズ	RUN 3	RUN 4
水路形状	幅 50cm × 水深 50cm × 長さ 18m	
礫 形 状	φ 70 ~ 150mm	
通 水 量	0.2 ℓ/sec	0.3 ℓ/sec
沈殿時間	—	50 分
礫間接触時間	2.5 時間	1.34 時間

表-3 礫間接触水路による実験結果

	夏期実験			冬期実験		
採水位置	原水	曝気槽出口	処理水	原水	曝気槽出口	処理水
BOD	59.5	59.5	3.9	81.0	70.8	4.5
S-BOD	21.8	4.5	—	25.7	3.2	2.8
SS	41.3	48.0	0.9	45.8	50.5	1.6
サンプル数	4			11		

※期間平均値 単位: mg/l

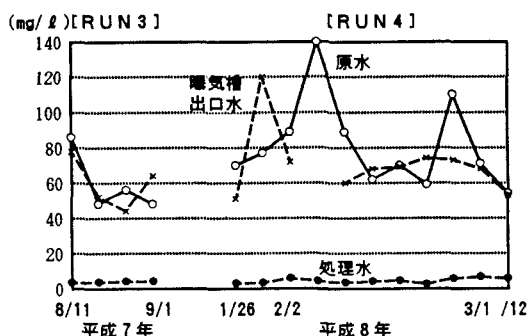


図-6 BOD (礫間接触水路) の経時変化