

N-5 都市における汚濁河川の浄化に適した新技術の開発

建設省 中村 太喜
(財)河川環境管理財団 涌井 仁
パシフィックコンサルタンツ(株) 片桐 義一
(株)クボタ 品部 和宏 ○橋本 勝利

1. はじめに

近年の水環境に対する関心の高まりとともに、公共用水域の水質保全に対して様々な努力が行われ、環境基準達成率は河川・湖沼・海域の全体で73.7%(平成8年度)となっている。しかし、特に都市内の中小河川や湖沼等の閉鎖性水域では依然として達成率が低く、重点的な対応が求められている。

一方、これまでの行政では下水道の普及とともに河川浄化施設の設置が検討され、既に実施された事業箇所は200ヶ所を越えている。浄化手法は礫間酸化法を中心とする浸漬型接触酸化法が全体の約8割を占めているが、これらの従来法では大きな用地が必要であるため、人口過密で用地上の制約の多い都市部では浄化施設の設置が困難とされてきた。

そこで、都市内汚濁河川の浄化に適した新技術として、従来法と同程度の浄化効果を前提に、所要コストが安価でかつ省スペースな技術を開発目標とし、代表的な都市型汚濁河川である綾瀬川で実験を行った。

2. 実験方法

2.1 浄化方式：浄化方式は、①維持管理が容易、②省スペース、③汚泥処理の組み込みが可能、等の特長を有し既に下水処理分野で設計手法の確立している生物膜ろ過法を採用した。河川水への適用にあたって、高濁時に対しても閉塞せずに安定した浄化効果が得られるように、生物膜ろ過槽の構造を浮上ろ材を用いた上向流方式とした。図-1に生物膜ろ過槽の構造を示す。

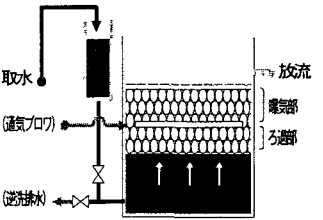


図-1 浮上ろ材を用いた生物膜ろ過槽

また、様々なニーズや目的に対応可能とするために以下の3方式について実験した。

A方式：生物膜ろ過
B方式：生物膜ろ過＋上向流式ろ過
C方式：高速ろ過

実験は、従来法である曝気付礫間接触酸化法と同一の汚濁河川水を原水とする比較実験とした。

2.2 実験施設及び運転条件：図-2に

実験施設のフローシート、表-1に主な仕様を示す。実験施設は曝気付接触酸化法によるS浄化施設内に設置し、平成8年度より実験を開始した。汚濁河川水をポンプ井から曝気付礫間酸化槽と生物膜ろ過槽、高速ろ過槽に分配した。生物膜ろ過槽からの流出水はさらに上向流式ろ過槽へ流入し、仕

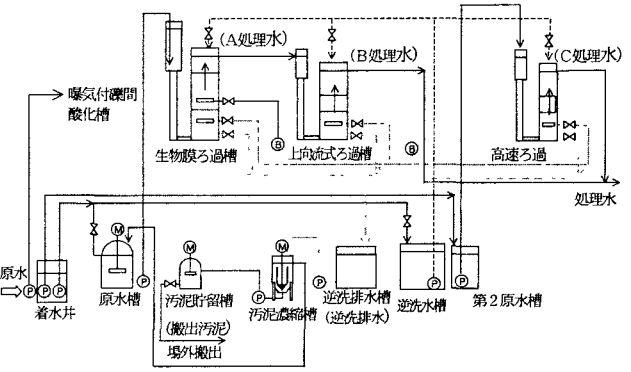


図-2 実験施設フローシート

上げのろ過の後に放流するものとした。逆洗排水はすべて逆洗排水槽に排出した。濃縮槽では、沈降分離した汚泥のみ引き抜き、上澄水は生物膜ろ過槽の流入側へ返送した。

表－２に運転条件を示す。Ａ及びＢ方式は、通水速度（＝処理水量／ろ床面積）を $125\sim 240\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{日}$ とし、年間を通じた浄化効果について調査した。水温が上昇して河川水量も増加する夏期には冬期の２倍水量の浄化を行った。Ｃ方式は通水速度を $800\sim 1200\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{日}$ とし、期間を区切って調査した。

２．３ 汚泥の処理処分：曝気排泥により処理水中に排出する方式も可能であったが、本実験では別途回収する方式とした。浄化の過程でろ層に捕捉された濁質はろ抗（損失水頭）を検知する自動逆洗により逆洗排水槽へ排出し、重力濃縮槽で減量後、汚泥貯留槽からバキューム搬出した。

３．実験結果

３．１ 生物膜ろ過の浄化効果：図－３に平成９年度のＢＯＤの経日変化、図－４に同年の $\text{NH}_4\text{-N}$ の経日変化を示す。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の高い河川水では、硝化菌による N-BOD が無視できない。冬季には１月初めに水温が 3.8°C まで低下し、浄化性能の低下が見られるが、Ａ方式（生物膜ろ過）では原水 BOD 年間平均値 $7.9\text{mg}/\ell$ に対し、浄化後 BOD 年間平均値 $2.6\text{mg}/\ell$ であった。

さらに後段に仕上げのろ過を加えたＢ方式（生物膜ろ過＋上向流式ろ過）では、浄化後 BOD 年間平均値 $1.2\text{mg}/\ell$ で年間を通じ浄化後 BOD $3\text{mg}/\ell$ 以下の高い浄化効果が得られた。

３．２ 従来法との比較：表－３に浄化後水質の比較（１）を示す。Ａ方式（生物膜ろ過）と曝気付礫間酸化について、同一原水に対して同程度の浄化後水質が得られた。

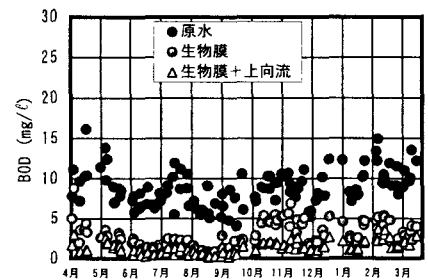
３．３ 高速ろ過との比較：表－４に浄化後水質の比較（２）を示す。曝気せずに物理的なろ過を行うＣ方式（高速ろ過）は溶解性汚濁物質を除去できないため、特に原水に D-BOD や $\text{NH}_4\text{-N}$ などの溶解性汚濁成分の比較的多い時期にはＡ方式（生物膜ろ過）に比べて浄化効果が劣っていた。しかし、約１０倍の通水速度で運転可能なため、設置スペース当り削減可能な汚濁負荷量は十分大きいものと判断される。

表－１ 主な仕様

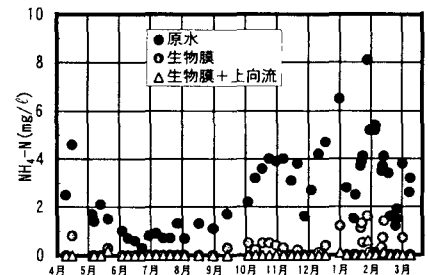
項目	生物膜ろ過槽	上向流ろ過槽	高速ろ過槽	曝気付礫間酸化槽
通水方式	上向流			横流
ろ過面積(m^2)	1.2	1.2	0.096	---
ろ層高(m)	3.0	1.0	1.0	---
ろ材	浮上ろ材 $\phi 3.6\text{mm}$ 球形 空隙率36%			礫 $\phi 100\sim 150\text{mm}$ 空隙率40%
酸素溶解効率(%)	10程度	---	---	3程度

表－２ 運転条件

項目	生物膜ろ過槽	上向流ろ過槽	高速ろ過槽	曝気付礫間酸化槽
通水速度($\text{m}^3/\text{日}$)	125～240	同左	800～1200	---
実滞留時間(h)	0.11～0.21	(0.07以下)	(0.01以下)	2.0
通気量	流入水量の0.3～0.8倍	---	---	流入水量の1.5倍
逆洗設定	損失水頭2mで自動逆洗	損失水頭1mで自動逆洗	損失水頭2.5mで自動逆洗	---



図－３ BODの経日変化



図－４ $\text{NH}_4\text{-N}$ の経日変化

表－３ 浄化後水質の比較（１）

項目	原水	生物膜ろ過	曝気付礫間酸化
$\text{BOD}(\text{mg}/\ell)$	7.9	2.6	2.3
$\text{SS}(\text{mg}/\ell)$	28.6	2.3	5.1

表－４ 浄化後水質の比較（２）

項目	原水	生物膜ろ過	高速ろ過
$\text{BOD}(\text{mg}/\ell)$	7.5	1.6	3.5
$\text{SS}(\text{mg}/\ell)$	29.9	2.3	8.6

3. 4 汚泥性状：表－5に搬出汚泥の性状(平成9年度平均値)を示す。汚泥処理は一括して行ったが、高速ろ過槽からの逆洗排水は他に比べ相対的に少ないため、実質上B方式(生物膜ろ過＋上向流式ろ過)の汚泥性状と判断される。濃縮槽はタイマーによる自動運転とし、投入汚泥量を調節して固形物負荷60kg/m²日以下、滞留時間12時間以上に設定した。引抜頻度は逆洗頻度に応じて2～3日に1回とした。

原水のSS濃度29mg/ℓのとき、バキューム搬出された汚泥量(m³)は浄化水量の約0.01%であった。逆洗排水を重力濃縮することにより、発生汚泥を容易に濃縮・減量化し、回収できることが確認できた。

3. 5 経済性の検討：実験結果をもとに、一定の原水水質に対する各方式の浄化効果を求めた。図－5に浄化効果の比較を示す。さらに浄化効果に対する設計条件(通水速度、通気倍率、等)から実際の浄化施設を想定した設計計算を行い、経済性について検討した。

図－6にランニングコストを示す。浄化水量当りのランニングコストは、3方式とも従来法より安価であった。生物膜ろ過は従来法に比べ酸素溶解効率が高いため、曝気に要する電気代を節約できる。また、図－7に除去汚濁量(BOD負荷量)当りのランニングコストを示す。除去汚濁量当りのランニングコストは3方式ともほぼ同程度であり、従来法の約2/3であった。

3. 6 設置スペースの検討：異なる浄化方式の比較では滞留時間が設置スペースの判断材料として十分ではないことから、実際の浄化施設を想定した配置計画図を作成し、用地面積を算出した。

B方式(生物膜ろ過＋上向流式ろ過)は従来法の1/7程度、A方式(生物膜ろ過)は1/8程度、C方式(高速ろ過)は1/20程度であった。

4. まとめ

本実験で開発された新技術は、用地制約上これまで困難であった都市型汚濁河川の水質浄化に対し有効と判断される。浄化目的や対象河川の水量、水質に応じて浄化方式を選択することで経済性を含めた適切な計画・設計が可能である。

(1) A方式(生物膜ろ過)では、従来法と同程度の浄化効果が認められた。ランニングコストでは従来法よりも安価であり、設置スペースは約1/8程度ですむものと判断される。

(2) B方式(生物膜ろ過＋上向流式ろ過)では、年間を通じ浄化後BOD 3mg/ℓ以下の従来法より高い浄化効果が得られた。ランニングコストでは従来法よりも安価であり、設置スペースは約1/7程度ですむものと判断される。

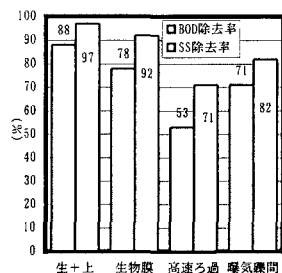
(3) C方式(高速ろ過)では、低コストの浄化が従来法の約1/20程度の設置スペースで可能と判断される。ただし、懸濁性汚濁の浄化に限られるため、原水水質など設計条件を十分に検討する必要がある。

(4) 除去汚濁量当りのランニングコストは、3方式とも従来法より優れているものと認められる。

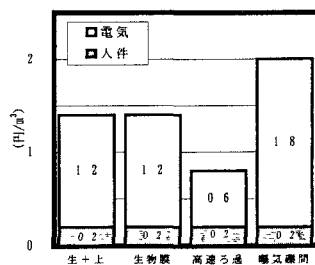
(5) 重力濃縮により容易に汚泥処分量を節約できることが確認された。本実験では濃縮槽、汚泥貯留槽を設置したが、維持管理性から汚泥は下水道で処分するほうが容易と考えられる。

表－5 搬出汚泥の性状

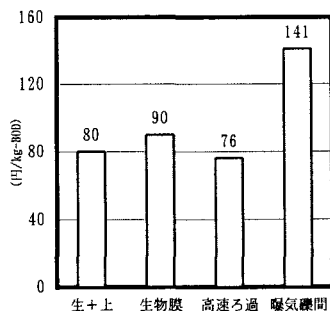
項目	原水	逆洗排水	搬出汚泥
SS	29mg/ℓ	1,600mg/ℓ	150,000mg/ℓ
VSS	33%	35%	30%



図－5 浄化効果の比較



図－6 ランニングコスト



図－7 除去汚濁量当りのランニングコスト