

# 高速ろ過装置(繊維ろ材)

三井造船株

## (1) 技術概要

### (システム概要)

本技術は、図1に示すように繊維ろ材を用いた上向流ろ過であり、流入下水に含まれる夾雑物、SSをろ層で捕捉させて除去する。

雨天時合流改善施設であるが、晴天時に二次処理水のろ過を実施することで施設の有効利用が図れる。

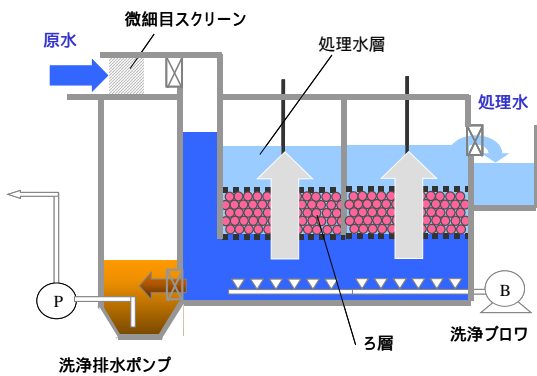


図1 処理フロー

### (ろ材)

ろ材(写真1)は化学繊維を特殊加工しており、ろ材の空隙率が高く(95%以上)、ろ材外部捕捉と内部捕捉が同時進行する。また柔軟性もあり、曝気洗淨時の気泡によって、ろ材表面が叩かれることで捕捉されたSSは容易に剥離され、系外へ排出される。なお、凝集剤は不要である。

ろ材体積から繊維体積を除いた空間率



写真1 ろ材外観

表1 ろ材仕様

形状	球形
寸法	33mm
材質	ポリ塩化ビニリデン
比重	1.7未満

### (原理)

図2に示すように本技術は6mm目幅の微細目スクリーンと繊維ろ材を用いた高速ろ過を組み合わせたシステムであり、夾雑物、SS、BODの除去を可能としている。

終末処理場、ポンプ場において、雨天時に水処理施設が受け入れられない水量となった場合、本設備は運転開始となる。ろ過処理は流入下水を原水として上向流で通水し、最終ろ過水頭に到達すると自動的に洗淨工程となる。

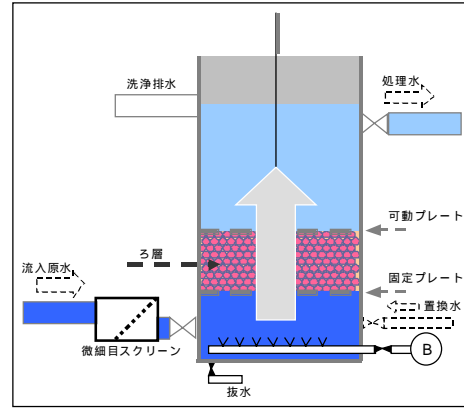


図2 ろ過フロー

### (運転工程)

ろ過は可動プレートでろ層を形成後に開始する。ろ過は上向流で通水し、最終ろ過水頭に達した時点で洗淨を開始する。専用ろ材の洗淨はろ層を形成していたプレートを移動し、ろ材が旋回可能な洗淨空間を確保しながら空気洗淨によってろ材に付着したSSを剥離させ、剥離成分は上部から原水を用いた通水で装置外へ排出する。洗淨終了後、高速ろ過装置内の水を排水し、可動プレートを移動して再びろ層を形成した後、ろ過を開始する。

可動プレートは下部に設置することも可能である。1池当たり25㎡以内のろ過池とし、目安として1池当たり9㎡以上のろ過池では可動プレートを下部、1池当たり9㎡未満のろ過池では可動プレートを上部とする。

表2に洗淨のタイムスケジュールを、図3に装置作動のサイクルを示す。

表2 洗淨タイムスケジュール

	ろ過	巡回洗淨工程	排水工程	ろ過
流入水ポンプ	ON	OFF	ON	ON
流入弁	開	閉	開	開
処理水弁	開	閉	開	開
洗淨排水弁	閉	開	閉	閉
可動プレート	ろ過位置	移動	洗淨位置	移動
空気洗淨弁A	閉	開	閉	開
空気洗淨弁B	閉	開	閉	開
洗淨プロフ	OFF	ON	OFF	OFF
排水弁	閉	開	閉	閉
所要時間 [分]	1.5	8.5	0.5	1.5
	10		5	

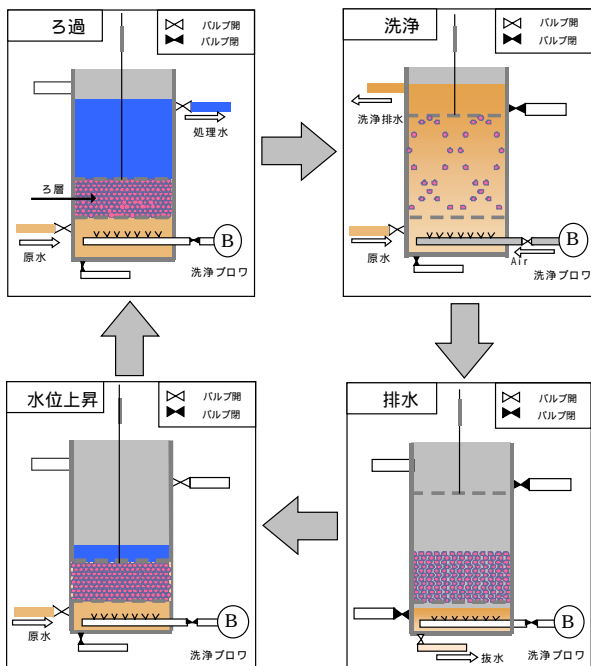


図3 ろ過・洗浄のサイクル

## (2) 開発研究

必要性能と開発目標

(募集要領に記載された開発目標(必要性能))

「合流式下水道改善に関する技術開発 募集要項」に記載された開発目標を表3に示す。

表3 募集要領に記載された開発目標(必要性能)

適用範囲	合流式下水道において、雨天時にポンプ場から排出される下水、または終末処理場における最初沈澱池への流入水。
開発目標(必要性能)	従来技術(雨水沈澱池)の汚濁物質除去性能(BOD除去率30%、SS除去率30%)を超える性能を有する技術であること。

(技術提案者が提示した開発目標)

技術提案者が提示した開発目標を表4に示す。

表4 技術提案者が提示した開発目標

適用範囲	合流式下水道において、雨天時にポンプ場から排出される下水、または終末処理場における最初沈澱池への流入水。
開発目標	前処理として6mm目幅の微細目スクリーン処理を行い、高速ろ過処理を行う場合、最大ろ過速度1,000m/日における目標除去率を以下のように設定 ・SS除去率50%以上、BOD除去率30%以上

## 開発研究方法

(場所・期間・原水・装置)

神奈川県川崎市入江崎水処理センター東系初沈流入水を原水とし、平成15年8月から平成17年1月にかけて実験を実施した。

実証装置外観を写真2に、その仕様を表5に、実験設備フローを図4に示す。



写真2 実証装置全景

表5 実証装置仕様

項目	実験条件	設定可能最大値
ろ過面積	1m <sup>2</sup>	1m <sup>2</sup>
ろ層高さ	0.5m	1.25m
ろ過速度	1,000m/日	2,400 m/日
損失水頭	25kPa	30kPa

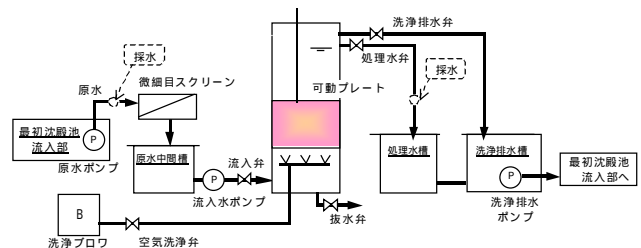


図4 実験設備フロー

(雨天時運転の開始と運転条件)

実証実験の運転においては、晴天時は二次処理水のろ過を常に実施し、雨天時は当処理場の簡易放流が開始した時点で雨天時ろ過運転を開始した。

雨天時ろ過はろ過速度1,000m/日または1,500m/日の一定条件で実施した。

開発研究結果

(汚濁物質除去性能としての除去率の定義)

負荷量算出の考え方は、図5によるものとし、1降雨毎の測定時間(最大5時間)における積分値(面積)を負荷量とした。また、各除去率は負荷量から以下の算出式により計算した。

$$\text{除去率} = \left[ 1 - \frac{\text{流出負荷量}}{\text{流入負荷量}} \right] \times 100 (\%)$$

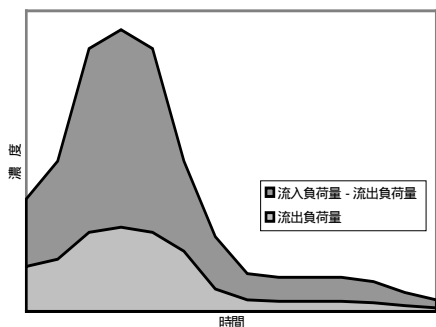


図5 負荷量算出の考え方

(SS 除去性能)

図6に各降雨の時間あたりの流入・流出SS負荷量を示す。除去率は50~70%の範囲を示し、平均除去率60.3%であった。

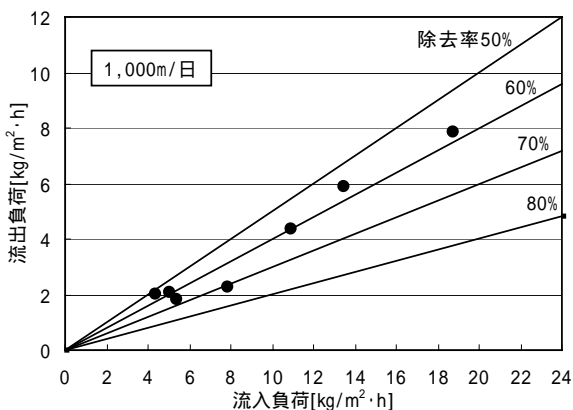


図6 SS 除去性能

(粒径別 SS 除去率)

粒径別 SS 除去率を表6に示す。粒径が小であるほど除去率は低下し、SS 除去性能は原水のSS 粒径分布に影響を受けることが確認された。

表6 粒径別 SS 除去率

粒径 [μm]	~45	45 ~106	106 ~212	212 ~500	500 ~1,000	1,000 ~2,000	2,000 ~
除去率 [%]	42	53	59	80	90	99	100

(BOD 除去性能)

図7に各降雨の時間あたりの流入・流出BOD負荷量を示す。また口径1μmのろ紙でろ過したる液のBODを測定することで、除去率はSSに起因するBOD濃度に依存することも確認された。除去率は30~60%の範囲を示し、平均除去率49.4%であった。

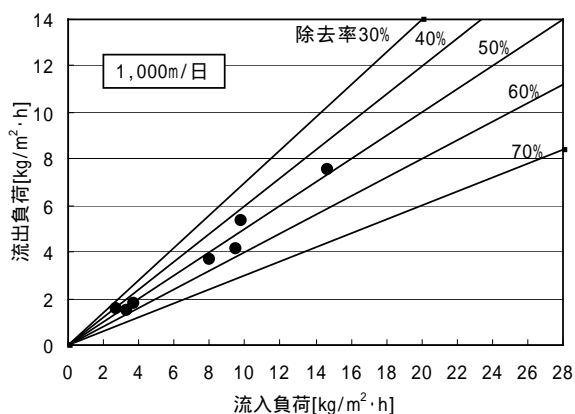


図7 BOD 除去性能

(夾雑物除去)

各RUNで得られた夾雑物濃度を表7に、その夾雑物例を写真3に示した。夾雑物は草木類とオイルボール類が多く、その他ビニール・プラスチック類のように数量は少ないものの大きく目立つ夾雑物もあった。これらの夾雑物は本技術によって除去可能であった。

表7 各RUN 夾雑物濃度

	原水 [mg/L]	処理水 [mg/L]
RUN4	10.8	0.0
RUN5	8.0	0.0
RUN6	3.7	0.0
RUN7	2.1	0.0
RUN8	3.6	0.0
RUN9	1.6	0.0
RUN10	6.7	0.0



写真3 夾雑物例

(SS 捕捉量とろ過損失水頭)

本装置ではろ過開始から最終ろ過水頭を記録した時

点でろ過停止とした。降雨実験において原水 SS 濃度 150mg/L 以下、150～300mg/L、300mg/L 以上の各条件で求めた SS 捕捉量とろ過損失水頭の関係を図 8 に示す。図 8 から表 8 の近似式 ( $f$ : SS 捕捉量  $p$ : ろ過損失水頭) が得られ、流入水質が高いほど捕捉量が増す結果となっている。

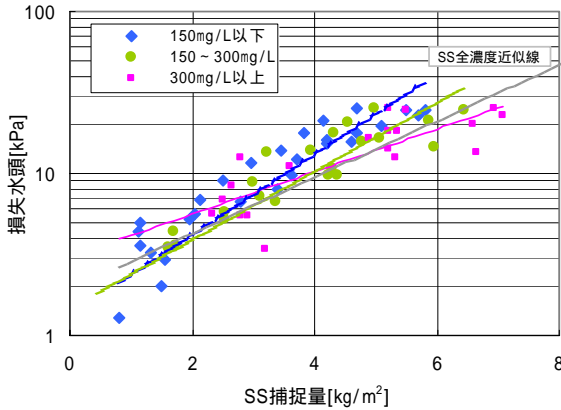


図 8 SS 捕捉量とろ過損失水頭の関係

表 8 SS 捕捉量とろ過損失水頭の近似式

条件	ろ過速度	1000m/日
	最終ろ過水頭	25kPa
導式		$p$ : ろ過損失水頭 [kPa] $f$ : SS 捕捉量 [kg/m <sup>2</sup> ]
SS 濃度	150mg/L 以下	$f = 1.750 \cdot \ln(p / 1.3367)$ $R^2 = 0.8083$
	150～300mg/L	$f = 2.033 \cdot \ln(p / 1.4704)$ $R^2 = 0.7312$
	300mg/L 以上	$f = 3.925 \cdot \ln(p / 3.0677)$ $R^2 = 0.6664$
	全濃度	$f = 2.720 \cdot \ln(p / 2.1518)$ $R^2 = 0.5818$

(ろ過水回収比)

以上の結果から図 9、表 9 に示すように水収支を定義した。また、原水に対するろ過水の回収率 (%) をろ過水回収比と定義した。(値が大きいほど洗浄排水量割合が小)

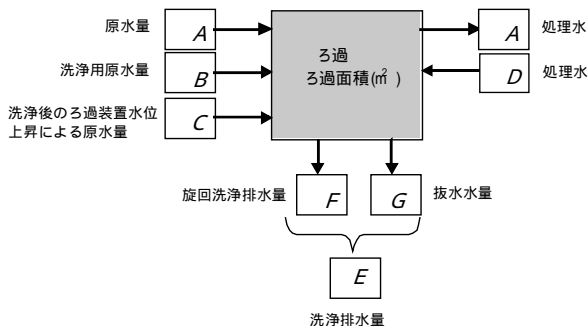


図 9 ろ過装置への水の流入・流出

表 9 水収支

		ろ過中	洗浄中	洗浄後のろ過装置水位上昇	合計
時間(h)		$T_1$	$T_2$	$T_3$	
流入	流入原水量 (m <sup>3</sup> )	A	B	C	A + B + C
	洗浄用処理水量 (m <sup>3</sup> )	-	D	-	D = 0
流出	洗浄排水量 (m <sup>3</sup> )	-	E = F + G	-	E = F + G
	処理水量 (m <sup>3</sup> )	A	-	-	A

雨天時標準越流水の SS 濃度 180mg/L を用いて洗浄

排水量比(=洗浄排水量/原水量)、ろ過水回収比(有効処理水量/原水量)、有効ろ過速度(有効処理水量/ろ過面積/洗浄時間を含めたるろ過 1 サイクル時間)の各値を算出して実験平均値と比較し(表 10)、計算値と実試験は近い値となることが確認された。

「合流式下水道の改善対策に関する調査報告書」平成 14 年 3 月国土交通省発行

表 10 洗浄排水量比、ろ過水回収比、有効ろ過速度

項目	単位	実験平均値	計算値
設計ろ過速度	m/日	1,000	1,000
洗浄排水量比	%	9.9	10.2
ろ過水回収比	%	87.3	89.8
有効ろ過速度	m/日	803	795
SS 除去率	%	60.3	63.6
BOD 除去率	%	49.4	

技術評価

募集要領記載の開発目標と技術提案者が提示した開発目標、および各評価結果を表 11、表 12 に示す。

表 11 募集要項に記載された

開発目標(必要性能)と結果

適用範囲	合流式下水道において、雨天時にポンプ場から排出される下水、または終末処理場における最初沈澱池への流入水。
開発目標(必要性能)	従来技術(雨水沈澱池)の汚濁物質除去性能(BOD 除去率 30%、SS 除去率 30%)を超える性能を有する技術であること。
評価結果	BOD 除去率 30%以上、SS 除去率 30%以上となり、必要性能を有すると認められる。

表 12 技術提案者が提示した開発目標と結果

適用範囲	合流式下水道において、雨天時にポンプ場から排出される下水、または終末処理場における最初沈澱池への流入水。
開発目標	前処理として 6mm 目幅の微細目スクリーン処理を行い、高速ろ過処理を行う場合、最大ろ過速度 1,000m/日における目標除去率を以下のように設定 ・SS 除去率 50%以上、BOD 除去率 30%以上
評価結果	前処理として 6mm 目幅の微細目スクリーン処理を行い、ろ過速度 1,000m/日(有効ろ過速度 795m/日)において SS 除去率は開発目標を達成した。BOD 除去率は開発目標を達成した。

“有効ろ過速度”とは、洗浄排水を除いた処理水量を、ろ過面積と洗浄時間も含めた総処理時間で割った値。

### (3) 評価技術の適用方法と特徴

#### プロセスフロー

本技術を適用する際の水量を考慮したプロセスフローを図 10 に示す。

##### ・ポンプ場に適用する場合：

雨水ポンプをろ過用揚水ポンプとして利用する例を示す。

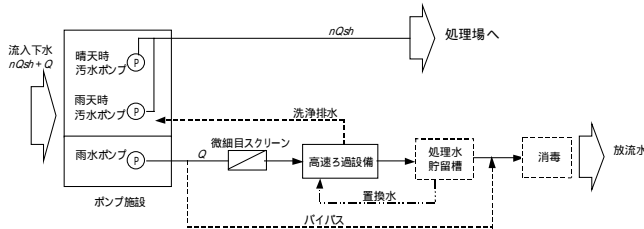
##### ・終末処理場に適用する場合：

雨天時ポンプを揚水ポンプとして利用する例を示す。余裕がある場合は雨水ポンプからも取水出来るよう検討することも考えられる。

ただし計画水量を超える場合はバイパスで直接放流できるような計画が必要である。

注)  $Qsd$ : 計画 1 日最大汚水量 ( $m^3$ /日)  
 $Qsh$ : 計画時間最大汚水量 ( $m^3$ /日)  
 $nQsh$ : 雨天時計画汚水量 ( $m^3$ /日)

#### 《ポンプ場設置例》



#### 《終末処理場設置例》

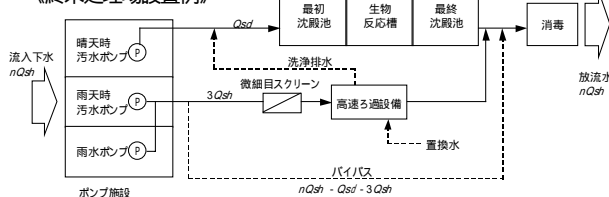


図 10 高速ろ過装置プロセスフロー

### システムフロー

システムフローを図 11 に示す。本技術は、原水ポンプで揚水された水を流入設備、高速ろ過設備、洗浄排水設備から構成された高速ろ過施設にて、自然流下で処理する。

雨天時、原水はスクリーン槽にて 6mm 以上の夾雑物を除去し、分配槽にて複数系列の高速ろ過池へ分配される。洗浄時の洗浄排水は下部からの通水で装置外へ排出後、送水する。初沈改造の場合には、汚泥ホッパ部分を洗浄排水槽とすれば、貯留容量を有効に確保することが可能となる。

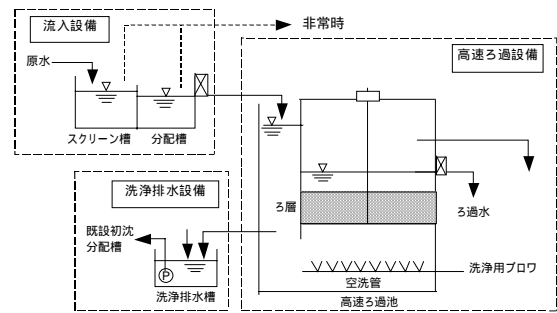


図 11 システムフロー

### ろ過池高さ

ろ層下部とろ層(洗浄空間含)、処理水層の層厚は合わせて 2.5m を要し、底部に堆積した沈降物を速やかに除去できるように底部は 1/100 程度の傾斜をつける。したがって、少なくとも 2.5m 程度以上の有効水深が必要となる。

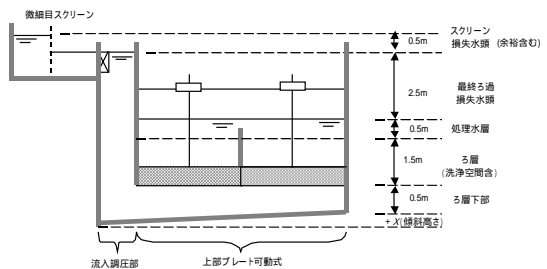


図 12 ろ過池高さ

### 高いろ過速度で省スペース化

ろ過速度 1,000m/日と高速で運転するため、省スペースとなる。またろ過池は複数系列とし、1 系列毎の洗浄を実施するため、高いろ過速度が維持できる。

### 雨天時の作業が容易

薬液が不要であること、ろ過速度は自然流下で定まることから、雨天時に特に作業を必要としない。ただ

し雨天時後の通常洗浄実施の有無は人の判断とする。  
表 13 に雨天時の作業と装置の動きを示す。

表 13 雨天時の作業

	人的な 運転管理	(参考) 装置の動き
雨降始め	なし	・揚水ポンプ起動 = ろ過開始
降雨時	なし	・流入変動追従型の運転 (原水流入量の変動 = ろ過速度変動) ・高速ろ過池は所定圧損 もしくは時間制御で順次自動洗浄
降雨 増大時	なし	・所定量以上は、 分配槽より直接放流
降雨 終了	なし	・揚水ポンプ停止 = ろ過停止
降雨後 (晴天時)	通常洗浄の 実施 (適宜判断)	・洗浄水に原水を 使用した通常洗浄

### 既存最初沈殿池の活用

本技術は、図 13 に示すように既設初沈内部にろ層を設置し、原水を自然流下させてろ過を行うことも可能である。既存の躯体を利用することで最初沈殿池への設置が可能であり、新たな設置スペースが不要となる。

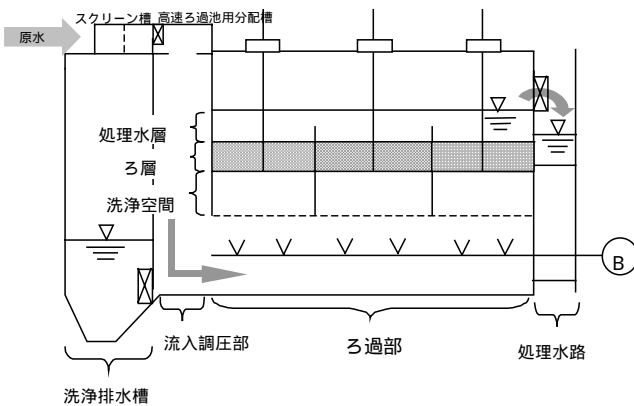


図 13 初沈 1 池から高速ろ過池 1 系列に改造した例

### (4) 開発研究：評価対象外項目（参考）

簡易放流水の高度化技術についても実証実験を実施した。

#### (プロセス概要)

終末処理場において、雨天時の最初沈殿池越流水を原水とした簡易処理水のろ過実験を実施した。実験条件は表 14 に示す通りで、前処理設備は設置せず原水の直接ろ過とした。

表 14 実証装置仕様

項目	実験条件	設定可能最大値
ろ過面積	1m <sup>2</sup>	1m <sup>2</sup>
ろ層高さ	1.0m	1.25m
ろ過速度	2,000m/日	2,400 m/日
損失水頭	30kPa	30kPa

### (SS 除去性能)

SS 除去性能を図 14 に示す。除去率は 50～80%の範囲内にあり、平均除去率は 60.9%であった。

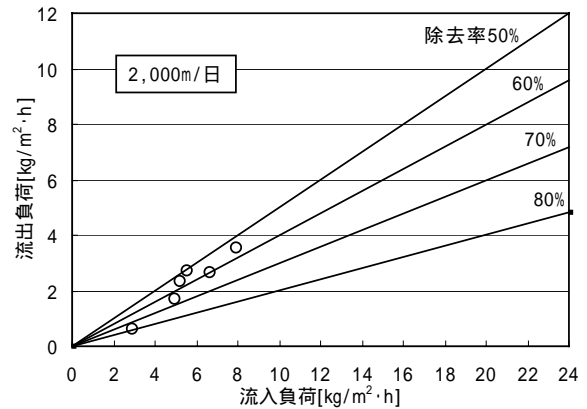


図 14 SS 除去性能

### (BOD 除去性能)

BOD 除去性能を図 15 に示す。除去率は 30～70%の範囲内にあり、平均除去率は 52.1%であった。簡易処理代替技術と同様に、BOD 除去率は SS 起因の BOD 濃度に依存する。

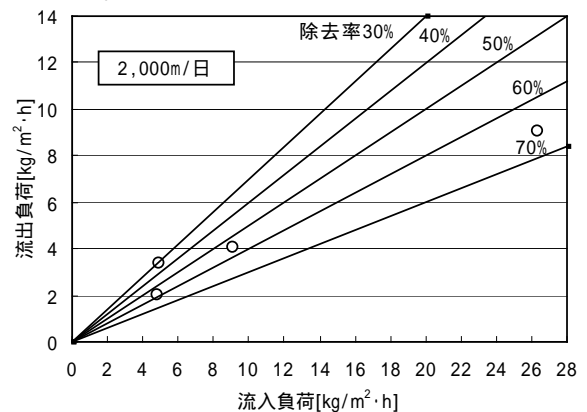


図 15 BOD 除去性能

### (水収支)

以上の実証試験結果から洗浄排水量比、ろ過水回収比、有効ろ過速度を算出し、表 15 に示した。

表 15 洗浄排水量比、ろ過水回収比、有効ろ過速度

項目	単位	簡易放流水の高度化 (実験平均値)
設計ろ過速度	m/日	2,000
洗浄排水量比	%	9.2
ろ過水回収比	%	90.8
有効ろ過速度	m/日	1,802
SS 除去率	%	60.9
BOD 除去率	%	52.1

このプロジェクトに関するお問い合わせは

研究第一部長	堀江 信之
研究第一部総括主任研究員	加畑 雅宏
研究第一部主任研究員	伊藤 昭彦
研究第一部研究員	橋本 久尚