

# 高速ろ過法の実用化研究

## 1. 研究目的

標準活性汚泥法の最初沈殿池の機能は、沈殿可能な浮遊物（SS）を除去して二次処理の負荷を軽減すること、合流式下水道にあっては、雨天時における簡易処理施設としての役割を担うことにある。

東京都では、流入下水の水質は、大規模飲食店の急増や生活様式の向上などから、浮遊物に起因するBOD濃度が上昇しており、過去20年間のデータより、単位水量当たりのエアレーション動力や汚泥発生量の増加が明らかになっている。このため処理コストの増大や汚泥処分地の確保などの問題が一層大きなものとなっている。

また、流入下水の浮遊物に起因するBOD濃度の上昇は、雨天時の簡易放流水質の悪化といった問題の原因の一つにもなっている。

この一方で、近年、全国的に閉鎖性水域の富栄養化現象が問題となってきているが、都市化の進んだ大都市の既存の処理施設では、敷地的にも処理能力的にもリンや窒素の除去といった高度処理への対応が困難な状況である。

こうした状況の中、高速ろ過法は最初沈殿池の代替技術として、高効率の固液分離による省面積、省エネルギー、汚泥の発生量の削減及び簡易放流水の水質向上（合流改善）を目的に東京都において開発が進められた技術である。

東京都及び財団法人下水道新技術推進機構は、本高速ろ過法に関して、平成5年度に新技術活用モデ

ル事業の実用化研究として共同研究を実施した。

本報告は、高速ろ過法について実証プラントで運転実験を実施した結果について報告するものである。

## 2. 研究内容

### 2.1 実用化研究の対象技術

高速ろ過法は、従来の最初沈殿池と異なり、流入下水を上向流式ろ過池に通水し、SSを浮遊性ろ材（比重0.9）に捕捉させて除去する技術である。

充填材には口径が大きく、空隙率の高い（空隙率約90%）中空円筒格子状のものをろ材として使用している。このようなろ材を使用しているため、一般に高度処理として使用されている珪砂やアンストラサイト（空隙率約50%・粒径1～3mm）の場合と異なり空隙率が高いためSS濃度が高い流入下水でも砂ろ過のような表層ろ過にならず、充填したろ材のほぼ全層でのSSの捕捉が可能である。

また、流入下水にカチオン系ポリマを注入することによって、ろ過速度1,000m/日における処理が可能である。

ろ材の洗浄は、旋回流式の空気洗浄を約5分間行なった後、汚泥を引抜く。逆洗排水は、沈砂池にもどされる。汚泥引抜き時は全面曝気を行い、SS分のろ材への再付着を防止する。この工程を2回繰り返す。また、洗浄用水は流入下水を用いる。図-1に高速ろ過法のろ過及び逆洗工程を示す。

本法は、このような特徴を有し、最初沈殿池の代

替技術として、雨天時放流水の負荷削減等を目的として今後の活用が期待される技術である。

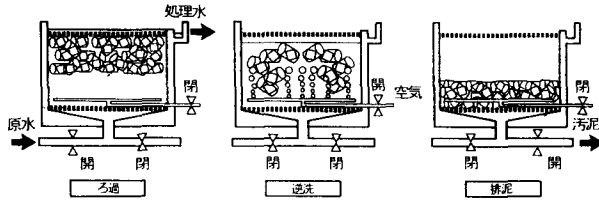


図-1 ろ過及び逆洗工程

2.2 実証プラントの概要

高速ろ過法の実証プラントは、寸法 1 mW × 2 mL × 4 mH、ろ過面積 2 m<sup>2</sup>、ろ材充填高さ 2 m、処理能力 2,000 m<sup>3</sup>/日、芝浦水処理センター・東系列に設置した。

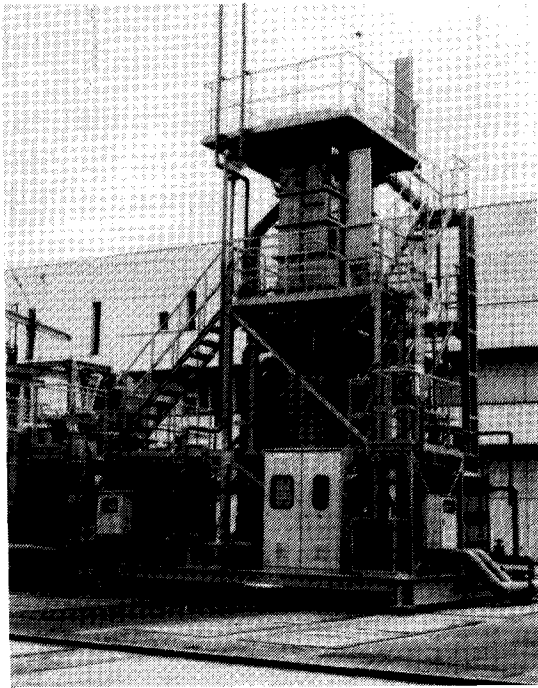


図-2 高速ろ過法の実証プラント

2.3 運転条件

以下に示す運転条件にて実証実験を行い、処理性能の確認を行った。

- ① 最適ろ材の検討  
主にろ材材質（ポリエチレン，ポリプロピレン）の比較を行う。
- ② ポリマの種類と注入量の検討  
ろ過速度；1,000m/日  
ポリマ注入量；1～4 mg/ℓ
- ③ ろ過速度の検討  
a) 晴天時運転

ろ過速度；150～500m/日  
ポリマ注入量；無薬注  
芝浦水処理センターの平均的な変動パターンで流量変動運転

b) 雨天時運転

ろ過速度；500～1,500m/日  
ポリマ注入量；1.7～2 mg/ℓ

④ SS捕捉量

ろ過速度；200～1,000m/日  
ポリマ注入量；無薬注～2 mg/ℓ

⑤ ろ層高さ

ろ過速度；300m/日  
ポリマ注入量；無薬注

3. 研究結果と考察

3.1 最適ろ材の選定

高速ろ過法のろ材は、内部突起のある比重：0.9 空隙率：約90%の中空円筒格子状のものが適している。

材質については、比重0.9程度のプラスチックより選定するとポリエチレンとポリプロピレンの2種類に絞られたが、各々の物性比較を行った結果比重が小さく機械的性質の圧縮、曲げ強さが高いポリプロピレン製のものが高速ろ過のろ材として最適であると判断された。

3.2 ポリマの種類と注入量

ポリマの種類は流入下水中のマイナスに荷電したSSをフロック化させるため、カチオン系を選定する。

ろ過速度1,000m/日の定量運転条件で、注入量1～4 mg/ℓの範囲で注入実験を行い最適な注入量を確認した。その結果を図-3に示す。

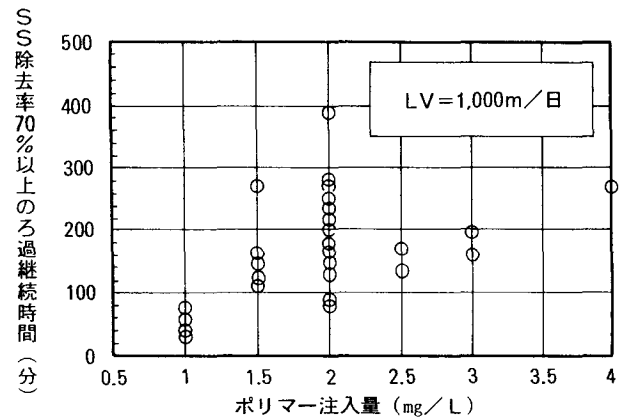


図-3 ポリマ注入量とSS除去率70%以上のろ過継続時間の関係

この図では、データのばらつきはあるものの注入量を多くすればフロック強度が増すことによりろ過継続時間は長くなる傾向がみられる。ポリマ注入量が1.5~2 mg/lの範囲であれば平均して3 mg/lと同程度のろ過継続時間が得られていることや経済性を考慮するとポリマ注入量は1.5~2 mg/lの範囲が実用的であると考えられる。

### 3.3 ろ過速度

#### ① 晴天時運転

晴天時運転として、無薬注、一定流量条件での実験と芝浦水処理センターの平均的な時間変動パターンでの実験を行い、ろ過性能とろ過速度の関係についての検討を行った。

晴天時流量変動運転結果を図-4に、晴天時定量運転結果を図-5に示す。また、ろ過速度400m/日以下、無薬注条件での原水SS濃度と処理水SS濃度の関係を図-6に示す。

図-5に示すように、無薬注の一定流量運転でろ過速度400m/日の場合、ろ過開始初期はSS除去率60%以上が得られるが、7時間以降SS除去率は極端に悪くなる傾向にある。

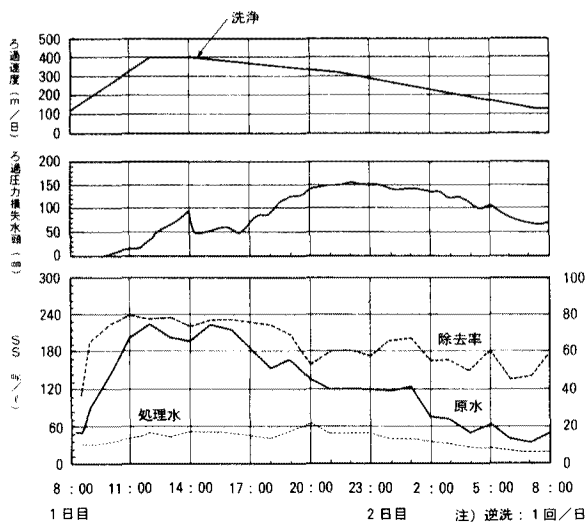


図-4 晴天時流量変動運転結果（無薬注）

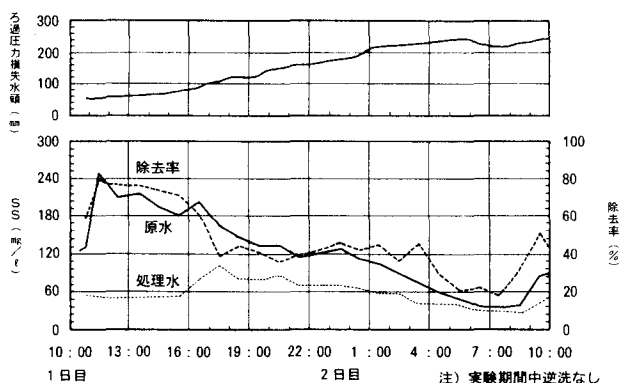


図-5 晴天時定量運転結果（ろ過速度400m/日、無薬注）

一方、流量変動運転では、図-4及び図-6に見られるように最大ろ過速度が400m/日であればSS除去率はほぼ60%以上となっている。

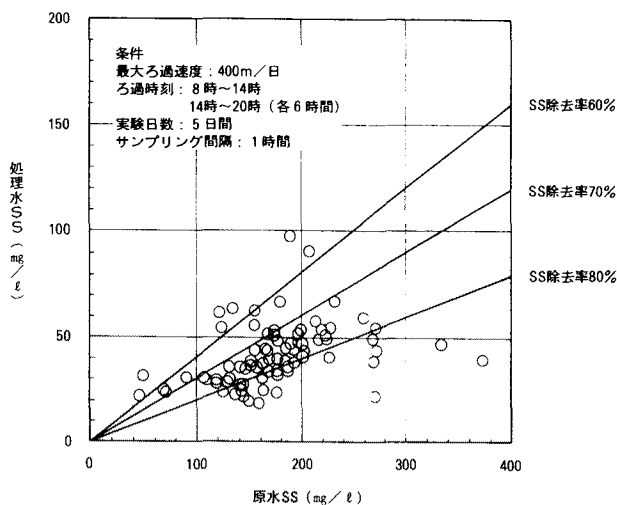


図-6 原水SS濃度と処理水SS濃度の関係  
（最大ろ過速度400m/日、無薬注）

#### ② 雨天時運転

ろ過速度1,000m/日（定量運転）、ポリマ注入量2 mg/l、逆洗間隔3時間の場合の運転結果を図-7に示し、原水SS濃度と処理水SS濃度の関係を図-8に示す。

この図にみられるように、この運転条件でSS除去率70%程度が得られていることがわかる。

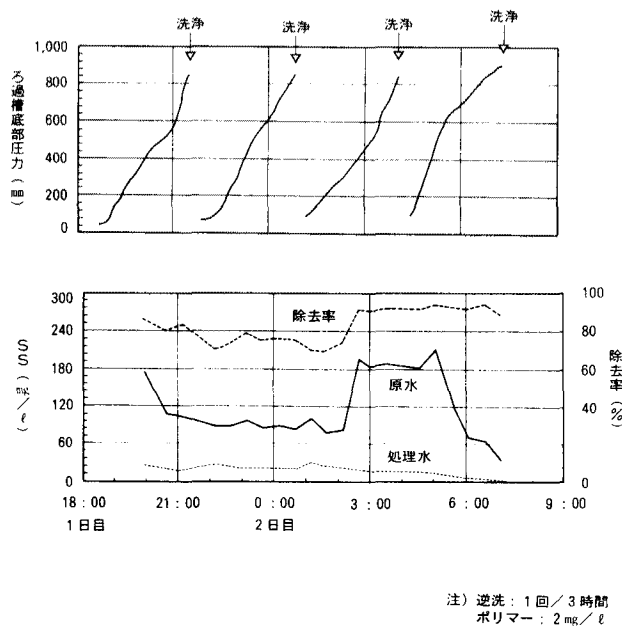


図-7 雨天時定量運転結果  
（ろ過速度1,000m/日 薬注）

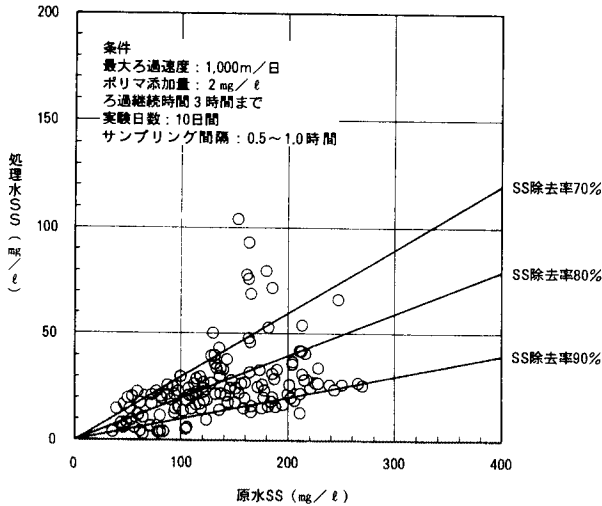


図-8 原水SS濃度と処理水SS濃度の関係  
(最大ろ過速度1,000m/日 ポリマ2 mg/L)

### 3.4 ろ材のSS捕捉量

無薬注の運転におけるろ材のSS捕捉量はろ過速度によって変わる。ろ過速度とSS捕捉量の関係を図-9に示す。このようにろ過速度が大きくなるとろ材のSS捕捉量は小さくなる傾向にある。

ろ過速度1,000m/日でポリマ注入運転を行う場合ろ材のSS捕捉量は図-10に示すようにポリマ注入量によって異なるが、実用的なポリマ注入量の範囲である1.5~2 mg/lにおけるデータを平均すると10kg/ろ材<sup>m</sup>程度となる。

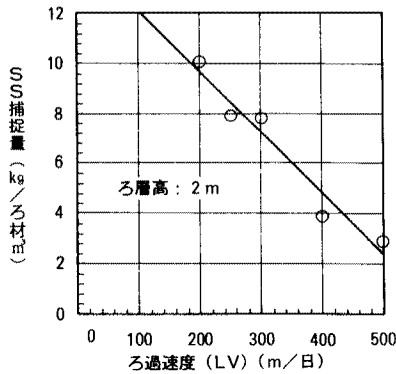


図-9 ろ過速度とSS捕捉量の関係 (SS除去率60%以上)

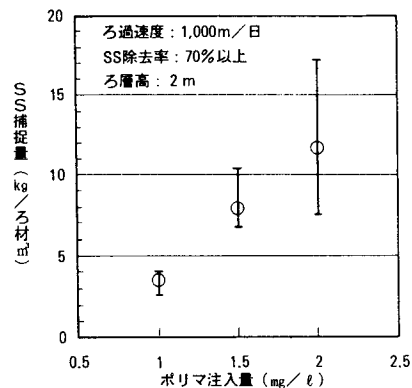


図-10 SS捕捉量とポリマ注入率の関係

### 3.5 ろ層高さ

φ150mmの実験装置で、ろ過速度300m/日、ポリマ無薬注の条件における実験では、ろ層高さとしてSS除去率60%以上の場合のSS捕捉量の関係は図-11に示すとおり、ろ材のSS捕捉量はろ層高さ1.0m<1.5m<2.5m<2.0mの順であった。このことから、ろ層の最適高さは2mと考えられる。

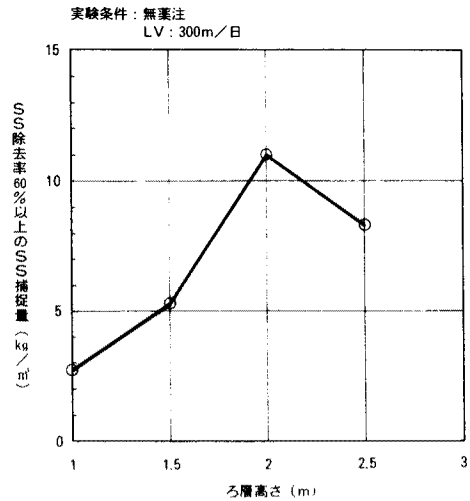


図-11 ろ層高さとしてSS除去率60%以上の場合のSS捕捉量の関係

### 3.6 BODの除去について

図-12に晴天時無薬注運転及び雨天時薬注運転におけるSS除去率60%以上の場合のBOD除去率と溶解性BOD/BOD比との関係を示す。BOD除去率は当然、溶解性BOD/BOD比が低いほど高くなるが、晴天時運転においてはBOD除去率30~40%、雨天時においてはBOD除去率50~70%の範囲にあった。

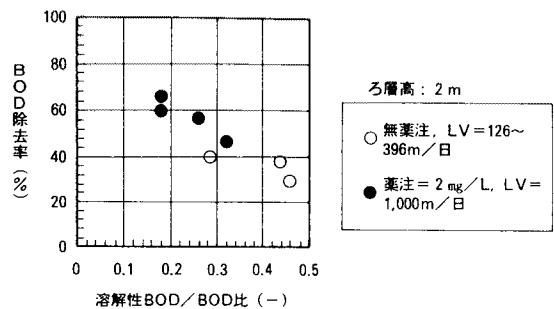


図-12 SS除去率60%以上の場合の溶解性BOD/BOD比とBOD除去率の関係

### 3.7 逆洗汚泥の脱水性

逆洗汚泥の脱水性について、脱水試験を行った。脱水試験は、ベルトプレス試験機を用いて行き最初沈殿池引抜き汚泥(余剰汚泥を含まない)と脱水性を比較した。

その結果、本法の逆洗濃縮汚泥の脱水性は、最初沈殿池引抜き汚泥に比較して良好であった。

### 3.8 設置面積

従来の最初沈殿池と高速ろ過法の設置面積について、合流式下水道の処理場において、「下水道施設設計指針と解説：1984年版（社団法人日本下水道協会）」（以下「指針」と呼ぶ）に基づき、以下に示す条件でケーススタディを行い高速ろ過法の省面積性について検討した。

#### ① 比較条件

##### a) 比較対象汚水量

1日最大汚水量：100,000 m<sup>3</sup>/日

時間最大汚水量：150,000 m<sup>3</sup>/日

（1日最大汚水量の1.5倍）

雨天時における：450,000 m<sup>3</sup>/日

時間最大汚水量（時間最大汚水量の3倍）

##### b) 最初沈殿池

水面積負荷：50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>・日

（晴天時：「指針」の最大値）

180 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>・日（雨天時）\*

\*雨天時の水面積負荷は東京都芝浦水処理センターの実績値であり、この水面積負荷より、雨天時の必要面積を検討する。ただし、雨天時における最初沈殿池と高速ろ過法の除去率の差は考慮しない。

##### c) 高速ろ過法

ろ過速度：400 m/日（晴天時）

1,000 m/日（雨天時）

#### ② 必要面積

##### a) 最初沈殿池

100,000 m<sup>3</sup>/日 / 50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>・日

= 2,000 m<sup>2</sup>（晴天時）

450,000 m<sup>3</sup>/日 / 180 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>・日

= 2,500 m<sup>2</sup>（雨天時）

##### b) 高速ろ過法

150,000 m<sup>3</sup>/日 / 400 m/日

= 375 m<sup>2</sup>（晴天時）

450,000 m<sup>3</sup>/日 / 1,000 m/日

= 450 m<sup>2</sup>（雨天時）

#### ③ 比較

##### a) 晴天時

最初沈殿池，2,000 m<sup>2</sup>：高速

ろ過法，375 m<sup>2</sup> = 5.3 : 1.0

##### b) 雨天時

最初沈殿池，2,500 m<sup>2</sup>：高速

ろ過法，450 m<sup>2</sup> = 5.6 : 1.0

以上の比較検討結果より、高速ろ過法の省面積性について確認された。

## 4. 結論

高速ろ過法の処理性能の実験及び検討の結果、以下の点が明らかになった。

- ① 高速ろ過法のろ材は、内部突起のある比重0.9程度、空隙率約90%の中空円筒格子状でポリプロピレン製のものが最適であると判断された。
- ② 晴天時運転の実験から、無薬注で最大ろ過速度400m/日の場合、SS除去率60%程度が得られる。
- ③ 雨天時運転の実験から、ろ過速度1,000m/日、ポリマ注入量1.5~2.0mg/ℓ、逆洗間隔3時間の条件でSS除去率70%程度が得られる。
- ④ SS捕捉量は晴天時無薬注運転条件ではろ過速度に左右される。また、雨天時ろ過速度1,000m/日の薬注運転条件では10kg/ろ材m<sup>2</sup>程度であった。
- ⑤ 高速ろ過池のろ層高さは2mが最適である。
- ⑥ BOD除去率は晴天時運転で30~40%雨天時運転においては50~70%程度であった。
- ⑦ 高速ろ過法の逆洗濃縮汚泥の脱水性は、既設最初沈殿池引抜き汚泥（余剰汚泥含まず）よりも良好であった。
- ⑧ 最初沈殿池と高速ろ過法の設置面積の比較を行った結果、高速ろ過法の必要面積は従来の最初沈殿池と比べ、大幅に減少することがわかった。

#### ● この研究に関する問い合わせは

研究第一部長

佐藤 和明

技術部技術課長

村上 孝雄

研究第一部研究員

森 正治

研究第一部研究員

高木 克也