

葉山川単独水辺空間整備事業

実施設計調査

1. 調査目的

琵琶湖は、流域面積3,848km²、湖面積674km²、貯水容量275億m³で、淀川の治水、利水両面で最も影響の大きい重要な位置を占めている。しかし、近年の琵琶湖でのアオコ等、藻類の大量発生による水道水のカビ臭問題に見られる様に、京阪神地域全体に影響が出ており、琵琶湖の水質が問題となっている。琵琶湖、特に南湖のプランクトン異常発生を防止することが滋賀県のみでなく京阪神全域での緊急的重要課題となっており、琵琶湖南湖での水質浄化事業を実施することが強く望まれる。

これらの状況を踏まえ、本研究は、水質浄化手法の一つである凝集法に着目し、この浄化手法を琵琶湖流入河川に適用するにあたっての知見を得ることを目的として実施した。凝集法は、排水処理のあらゆる分野に用いられており、微細SS、リン等の除去を目的として適用されている手法である。

本研究では、凝集沈殿法、凝集沈殿ろ過法、凝集ろ過法、についての実験を3ヶ年にわたり実施した。

平成7～8年度では、凝集沈殿法および凝集沈殿ろ過法の実験を実施し、凝集剤注入率と水質浄化効果の関係、その水処理過程で生じる汚泥を再利用する汚泥の返送実験とその効果の持続性等について明らかにした。平成9年度では、凝集ろ過法についての実験を行い、最適水面積負荷実験や凝集剤の最適注入率、水質浄化効果について明らかにした。

また、これらの実験結果から明らかになった水質浄化特性及び運転管理上の問題を整理した。

2. 調査内容

2.1 調査の概要

本研究では、琵琶湖南湖に流入する代表的河川である葉山川の河口部右岸に実験プラントを設置し、同河川水を用いて、以下に示す3種類の凝集法について比較検討した。

- 凝集沈殿法
- 凝集沈殿ろ過法
- 凝集ろ過法

平成7～8年度では凝集沈殿法および凝集沈殿ろ過法を、平成9年度では凝集ろ過法を実施した。主な調査内容を次に示す。

(1) 凝集沈殿法および凝集沈殿ろ過法

- ① PAC注入率と除去率の検討
- ② 汚泥返送率と除去率の検討
- ③ 汚泥返送時のPAC最小注入率の検討
- ④ 汚泥返送効果の持続性・安定性の検討
- ⑤ 流入水質と除去率の検討

(2) 凝集ろ過法

- ① 最適水面積負荷実験の検討
- ② PAC最適注入率評価実験の検討
- ③ 逆洗排水返送実験の検討

なお、本実験に用いた凝集剤はPAC（ポリ塩

化アルミニウム)である。これは、PACが優れた凝集性を示すことと、特に冬場の気温の低下が心配される琵琶湖周辺でも結晶化が起りにくいという理由から選定した。

2.2 実験プラントの概要

実験施設は、凝集沈殿ユニット、急速ろ過ユニット、薬品注入ユニット、排水処理ユニットから構成される。沈殿した汚泥は2基の汚泥掻き寄せ機により集められ、手で引き抜かれる。また、急速ろ過ユニットは、ろ過層をアンスラサイト(200mm)と砂(400mm)の2層としたものであり、ろ過速度200m/日の下降流式である。

凝集沈殿ユニット、急速ろ過ユニットの仕様を表-1~2に示す。

表-1 凝集沈殿ユニット仕様

処 理 内 容		仕 様
概 略 製 品 重 量		100m ³ /日
運 転 重 量		4.5t
混和槽	滞 留 時 間	16.5t
	動 力	2.2分
凝集槽	滞 留 時 間	0.1kW
	動 力	26分
沈殿槽	傾斜版内滞留時間	0.2kW
	傾 斜 版	付き
	掻 寄 機	0.2kW×2台

表-2 急速ろ過ユニット仕様

処 理 量		仕 様
ろ 過 池 (二池)	寸 法mm	100m ³ /日
	ろ 過 面 積m ²	400W×600L×2,100H
洗 浄 水 槽	寸 法mm	0.48 (0.24×2池)
	有 効 貯 水 量m ³	800W×1,600L×1,100H
逆 洗 浄 ポンプ (LV=36m/時)	50Hz	0.896
		0.144m ³ /分×7m
	60Hz	200V3相0.4kW
		0.144m ³ /分×7m
		200V3相0.4kW

2.3 葉山川の水質

平成9年度調査での葉山川の原水水質を示す。

表-3 葉山川原水水質

水質項目	SS (mg/l)	T-P (mg/l)	濁 度
最 小	1.6	0.082	6
最 大	76.0	0.763	136

3. 調査結果

凝集沈殿法、凝集沈殿ろ過法、及び凝集ろ過法の水処理過程のフローを以下に示す。

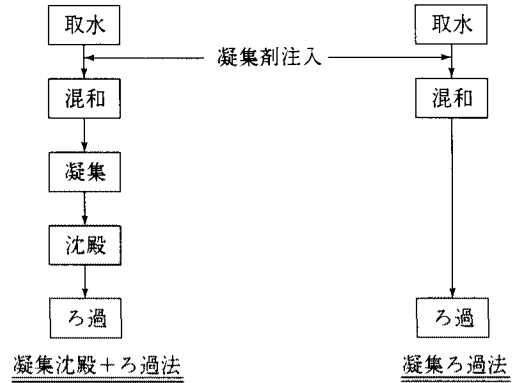


図-1 水処理過程の比較

3.1 凝集沈殿法および凝集沈殿ろ過法

(1) PAC注入率と除去率の検討

PAC注入率と除去率の関係を図-2~3に示す。PAC注入率は、室内予備実験結果を参考に20~60ml/m³とすることとした。

同図よりPAC注入率を大きくすれば除去率が高くなり、注入率を60ml/m³とした場合では、凝集沈殿後で約80%(処理水質:T-P0.05mg/l)、また砂ろ過後で約95%の除去率を得ており、高い水質浄化効果が確認された。

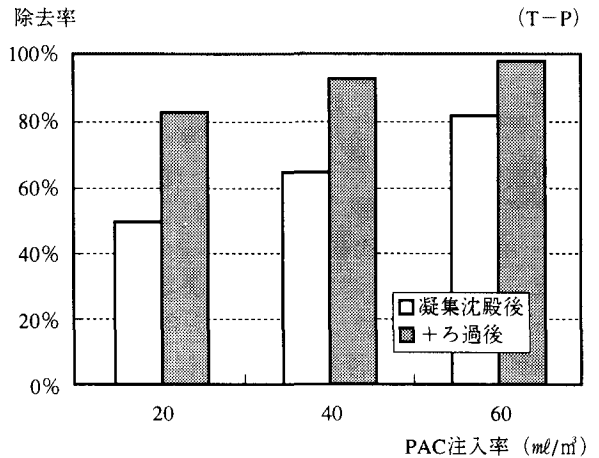


図-2 PAC注入率とT-P除去率

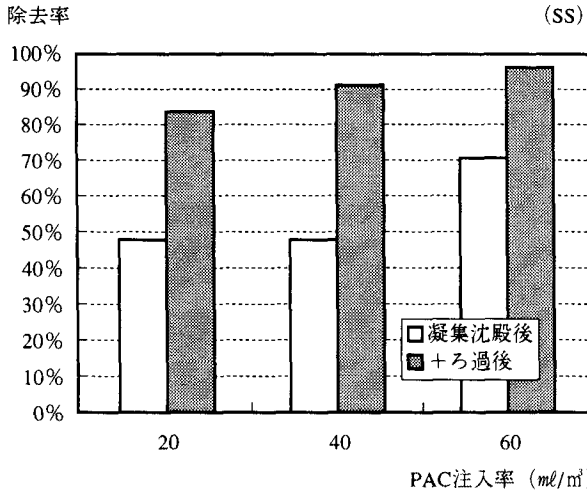


図-3 PAC注入率とSS除去率

(2) 汚泥返送率と除去率の検討

次に示す観点から、凝集沈殿法による水質浄化過程で生じる汚泥を混和槽に返送する実験を行なった。

- 汚泥中に存在する未反応の凝集剤を再利用し、凝集剤の注入量を減らす
- 返送した汚泥がフロックの核となり、フロック生成の促進となる

なお、実験条件は、以下のとおりである。

PAC注入率：20ml/m³

汚泥返送率：0～500SSg/m³

(流入水量の体積比率0～5%)

実験結果を図-4に示す。同図に示すように、汚泥返送率が1%の時に、最も良い除去率が得られ、汚泥返送の効果が確認された。これはPAC注入率60ml/m³と同等の高い除去率であった。

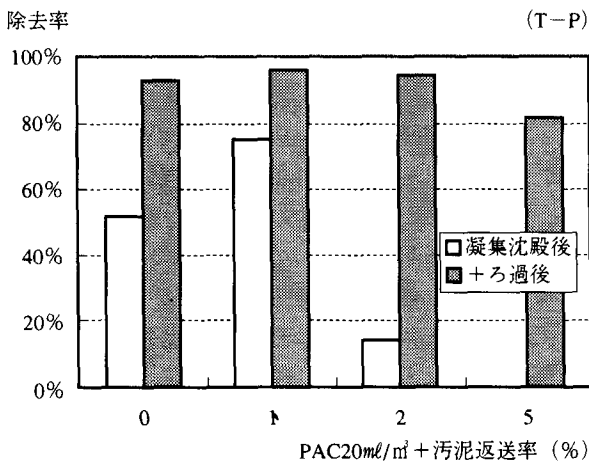


図-4 汚泥の返送率とT-P除去率

(3) 汚泥返送時のPAC必要最小注入率の検討

ここまでの実験結果から、PAC注入率が20ml/m³、汚泥返送率1%で、PAC注入率60ml/m³と同等の水質浄化効果が得られることが確認できた。

さらに、汚泥返送時のPAC注入率を20ml/m³よりも少なくし、凝集剤注入率の低減の可能性を検討した。

室内予備実験結果を図-5に、実験プラントでの結果を図-6に示す。室内予備実験結果より、PAC注入率を20ml/m³よりも小さくした場合には効果が下がることが示された。また、実験プラントの結果からも同様なことが確認できた。これらから、汚泥返送時のPAC注入率20ml/m³が必要最小注入率であることが確認された。

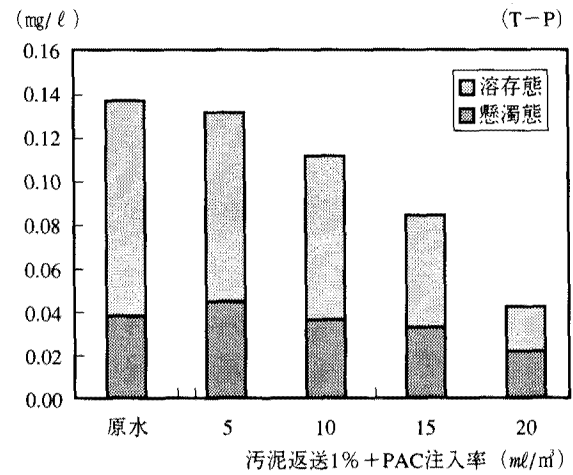


図-5 PAC必要最小注入率実験 (室内実験)

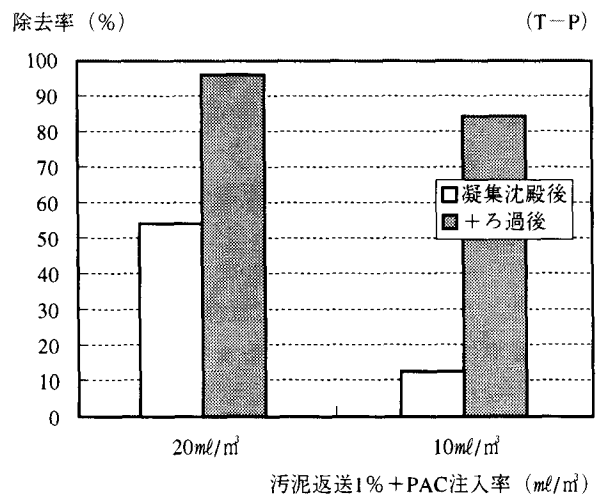


図-6 PAC必要最小注入率実験 (現地実験)

(4) 汚泥返送効果の持続性・安定性の検討

汚泥返送効果の持続性・安定性を確認するための実験を実施した。図-7に示す実験結果から、汚泥返送効果の持続性、安定性は10日間程度の実験期間を通じて確認できた。

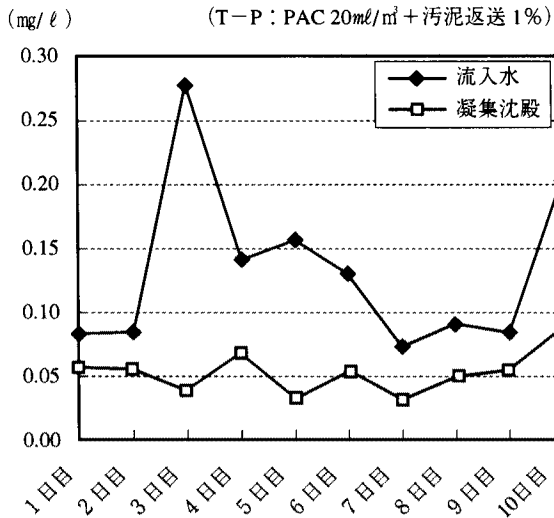


図-7 汚泥返送安定性確認実験

(5) 凝集沈殿法および凝集沈殿ろ過法の総括

凝集沈殿法および凝集沈殿ろ過法の最適な運転条件を水質浄化効果の観点からまとめると以下のとおりである。

- PAC注入率60ml/m³
凝集沈殿後：T-P80%除去
凝集沈殿ろ過後：T-P90~100%除去
- PAC注入率20ml/m³+汚泥返送1%
※ 汚泥返送1%は、100SSg/m³に相当
凝集沈殿後：T-P50~80%除去
凝集沈殿ろ過後：T-P90~100%除去

なお、平成7~8年度の実験結果を通じて、濁度、SS等の流入水質が低い(SS：約10mg/l以下程度)場合では、凝集沈殿による除去効果が低下することが確認された。低濁度時には、流入水中に凝集作用により生成するフロックの核となる物質が少ないため、良好なフロック生成が不十分であったものと考えられる。

3.2 凝集ろ過法

凝集ろ過法は、低濁度時の流入水質に対応できる

浄化法である。同法は、生成したフロックをそのまま過するという原理から、沈降に十分なフロック径の形成を必要としないため、薬品注入量が凝集沈殿法よりも少なくよいという利点が挙げられる。

(1) 水質浄化特性

凝集ろ過実験は、室内予備実験によりPAC注入率を5~40ml/m³に変化させた実験結果を参考に以下の実験条件で行なった。

流入水量：15, 30, 60, 100m³/日

PAC注入率：10, 20, 40ml/m³

各実験条件毎の除去率を平均した結果を図-8に示す。同図より、T-Pについてどの実験条件でも約90%の除去率が確認された。また、SSについても同様の結果であった。

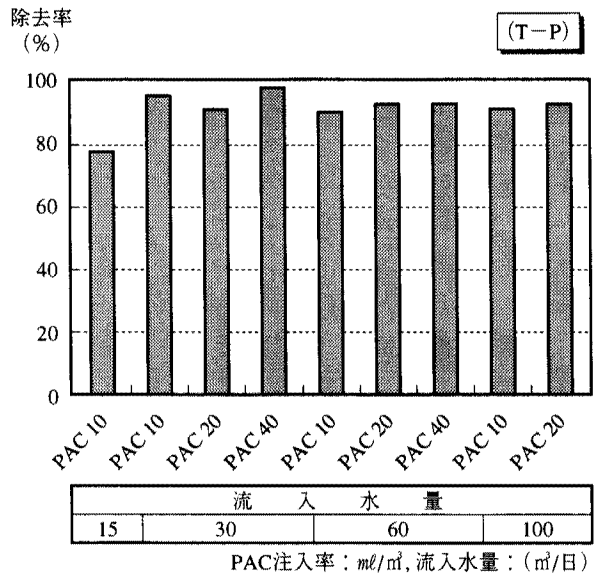


図-8 各実験条件毎の除去率

(2) ろ過継続時間の把握

凝集ろ過法では、最適運転条件を決定する要因として、ろ過継続時間、実稼働率、実処理流量が挙げられる。各実験条件毎のろ過継続時間をまとめ、図-9に示す。同図より、流入水質に係わらず、流入水量が小さくPAC注入率が10ml/m³の運転条件がろ過継続時間が長くなるのが分かる。PAC注入率を40ml/m³と高くした場合、ろ過継続時間が短くなる傾向が示されているが、これは、フロックの粒径が大きくなり、ろ過槽の表層部分でSSが目詰まりを起こしてしまうのではないかと推定される。

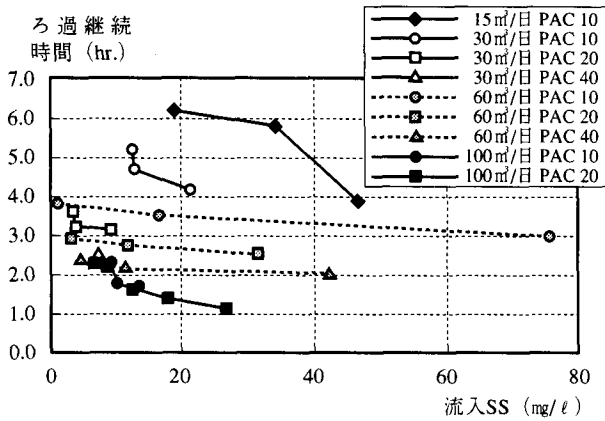


図-9 各運転条件におけるろ過継続時間

実験プラントの処理流量と、ろ過継続時間をもとに実験プラントの実稼働率と実処理水量及び一日あたりのリン削減量を算出したものを表-4～5に示す。実処理水量と実稼働率は、次式の計算による。

$$\text{実処理水量 (m}^3\text{/日)} = \text{流入水量 (m}^3\text{/日)} - 24 \text{ (hr.)} / \text{ろ過継続時間 (hr.)} \times 0.8 \text{ (※1)} \times 2 \text{ (※2)}$$

- ※1：逆洗一回あたり使用する水量 (m³)
- ※2：ろ過槽の数

$$\text{実稼働率} = \text{実処理水量 (m}^3\text{/日)} / \text{流入水量 (m}^3\text{/日)}$$

表-4 実稼働率

流入水量 (m ³ /日)	10ml/m ³		20ml/m ³		40ml/m ³	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
15	0.59	0.34				
30	0.75	0.70	0.64	0.59	0.49	0.44
60	0.83	0.79	0.78	0.74	0.73	0.68
100	0.83	0.77	0.76	0.68		

※ MAX: 実験プラントろ過継続時間最大値での算出
 ※ MIN: 実験プラントろ過継続時間最小値での算出

表-5 実処理水量と一日あたりのリン削減量

流入水量 (m ³ /日)	10ml/m ³		20ml/m ³		40ml/m ³	
	水量	リン	水量	リン	水量	リン
15	8.8	1.3				
30	22.6	3.3	19.3	2.8	14.6	2.1
60	49.9	7.2	46.8	6.7	44.0	6.3
100	83.3	12.0	76.0	10.9		

※ 実処理水量と一日あたりの削減負荷量はろ過継続時間の最大のもので算出
 ※ 一日あたりのリン削減量は、実験期間中のリン流入水質の平均値0.16と除去率90%により算出
 ※ 表中の単位……水量：m³/日、リン：(g/日)

同表より、ろ過継続時間の長いPAC注入率 10ml/m³のケース及び流入水量が60～100m³/日のケースが効率のよいことが分かる。また、流入水量が100m³/日のケースで実処理水量及び一日あたりのリン削減負荷量が最も多かった。

(3) 実験プラント運転上の問題

流入水量が100m³/日の運転条件では、逆洗回数が多いため、2つのろ過槽が同時に逆洗となることがあった。逆洗時には、水処理過程は停止するため、このような同時逆洗の時には取水ポンプを止めなければならなかった。

(4) 逆洗排水の返送実験

逆洗排水の返送による浄化効率の向上を確認するための実験を行った。返送実験の運転条件は、これまでの各実験条件での最適条件で実施した。最適運転条件は、水質浄化効果、効率的で安定した実験プラントの運転状況をもとに決定した。

- 流入水量：60m³/日
- PAC注入率：10ml/m³
- 返送率：10SSg/m³

また、返送率は凝集沈殿（+ろ過）での汚泥返送実験を参考に選定した

この実験条件で実施した結果を、逆洗排水を返送しない場合の条件である流入水量60m³/日、PAC注入率10ml/m³のケースと比較した。図-10に水質分析結果を、表-6にろ過継続時間を示している。これらから、逆洗排水の返送により浄化効果の向上が望めないことが示された。これは、凝集ろ過法の性質上、SS成分の過負荷が原因であると思われる。

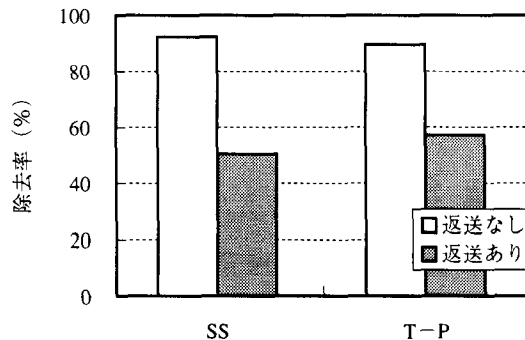


図-10 水質浄化効果の比較

表-6 ろ過継続時間の比較

	ろ過継続時間 (hr)
返送なし	3.8~3.0
返送あり	2.4~1.6

(5) 凝集ろ過法の総括

凝集ろ過法は、本実験条件を通じてSS、T-Pともに約90%という高い水質浄化効果が得られ、流入水量100m³/日以上、PAC注入率10ml/m³以下での運転可能性が示唆された。本実験プラントの最適運転条件の決定にあたっては、さらに、ろ過継続時間（運転効率等）と運転管理上の問題の2点を考慮し、以下のとおりとした。

● 凝集ろ過法による実験プラント運転条件

PAC注入率：10ml/m³
 流入水量：60~100m³/日

4. まとめ

4.1 凝集法を用いた水質浄化実験の総括

平成7年度~9年度の3ヶ年にわたり実施してきた凝集法の実験結果を表-7に取りまとめて示す。各浄化手法の最適と考えられる条件での水質除去率、発生汚泥量等についてまとめた。

- ・ 凝集沈殿（+ろ過法）は、汚泥返送を行うことにより、水質除去率を低下させずにPAC注入率を減少させることができた。
- ・ 凝集沈殿法は、フロックの核となる濁質がある程度存在した方が除去効果が優れていた。これに対して凝集ろ過法は比較的低濁度時に適した方法であった。また、凝集沈殿ろ過法は広範囲の流入水質レベルに対応できた。
- ・ 水質除去効果は、葉山川程度の流入水質（比較的低濁度：流入SS50mg/l以下）の場合、凝集ろ過法および凝集沈殿ろ過法がT-P除去率90%程度以上で優れていた。
- ・ 凝集剤由来の汚泥発生量が最も少ないのは凝集ろ過法であった。凝集沈殿法および凝集沈殿ろ過法で汚泥返送しない場合が、最も発生量が多かったが汚泥返送を行えば、1/3程度に減少した。

表-7 凝集法による水質浄化実験結果一覧表

浄化手法	実験条件	水質除去率 (%)		発生汚泥量 乾重：g/日	特 徴
		SS	T-P		
凝集沈殿法	流入水量100m ³ /日 PAC注入率60ml/m ³	70	80	2,696 (1,296)	・凝集剤注入率が高いため、凝集剤からの発生汚泥量が多い。 ・SS濃度が比較的高い流入水質（約20mg/l以上）に適している。
	流入水量100m ³ /日 PAC注入率20ml/m ³ +返送汚泥100SSg/m ³	40~70	50~80	1,832 (432)	・返送汚泥管理（汚泥の腐敗化およびリンの再溶出防止）を適切に行う必要がある。 ・SS濃度が比較的高い流入水質に適している。
凝集沈殿ろ過法	流入水量100m ³ /日 PAC注入率60ml/m ³	90~100	90~100	3,296 (1,296)	・安定した高い浄化能力を持つが、凝集沈殿法の問題に加え、維持管理項目が増える。 ・凝集沈殿法に比べ広範囲の流入水質レベルに対応可能である。
	流入水量100m ³ /日 PAC注入率20ml/m ³ +返送汚泥100SSg/m ³	80~100	90~100	2,432 (432)	
凝集ろ過法	流入水量100m ³ /日 PAC注入率10ml/m ³	90	90	2,016 (216)	・流入水量の10%以上発生する逆洗排水処理について検討が必要。 ・SS濃度が比較的低い水質（50mg/l以下）に適している。 ・凝集剤由来の汚泥発生量が少ない。

※ 発生汚泥量のうち、()内は凝集剤由来の発生量。流入SS由来の発生量は流入SSを20mg/lとして算出

●この調査に関する問い合わせは 研究第一部長 山根 昭
 研究第一部主任研究員 横川 佳重
 研究第一部研究員 山口 英
 研究第一部研究員 王尾 和寿