

1. 実証研究結果

1.1 実証研究概要

(1) 実証研究概要

1) 研究名称

最終沈殿池の処理能力向上技術実証研究

2) 実施者

メタウォーター（株）・日本下水道事業団・松本市共同研究体

3) 実施期間

平成 29 年 7 月 21 日～平成 30 年 3 月 30 日 （平成 29 年度 委託研究期間）

平成 30 年 7 月 28 日～平成 31 年 3 月 29 日 （平成 30 年度 委託研究期間）

4) 実施場所

本実証研究を実施した両島浄化センターの概要を表資 1-1 に、流入水質および最終沈殿池仕様などの計画値と実績値を表資 1-2 に示す。表資 1-1 より、両島浄化センターにおける H28 年度の日平均汚水量の実績は、現有処理能力に対してほぼ 100%に達しており、本技術による処理能力増強または処理水質向上の検証を行うのに適した下水処理場であった。また、表資 1-2 に示すとおり、流入汚水の BOD 濃度は年平均で 200mg/L 程度であり、一般的な流入水質であると考えられる。最終沈殿池の水面積負荷については、計画値が $22.6\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{日})$ であるのに対して日最大の実績で $30.9\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{日})$ に達しており、設計指針⁷⁾における範囲を超えて運転している日があった。

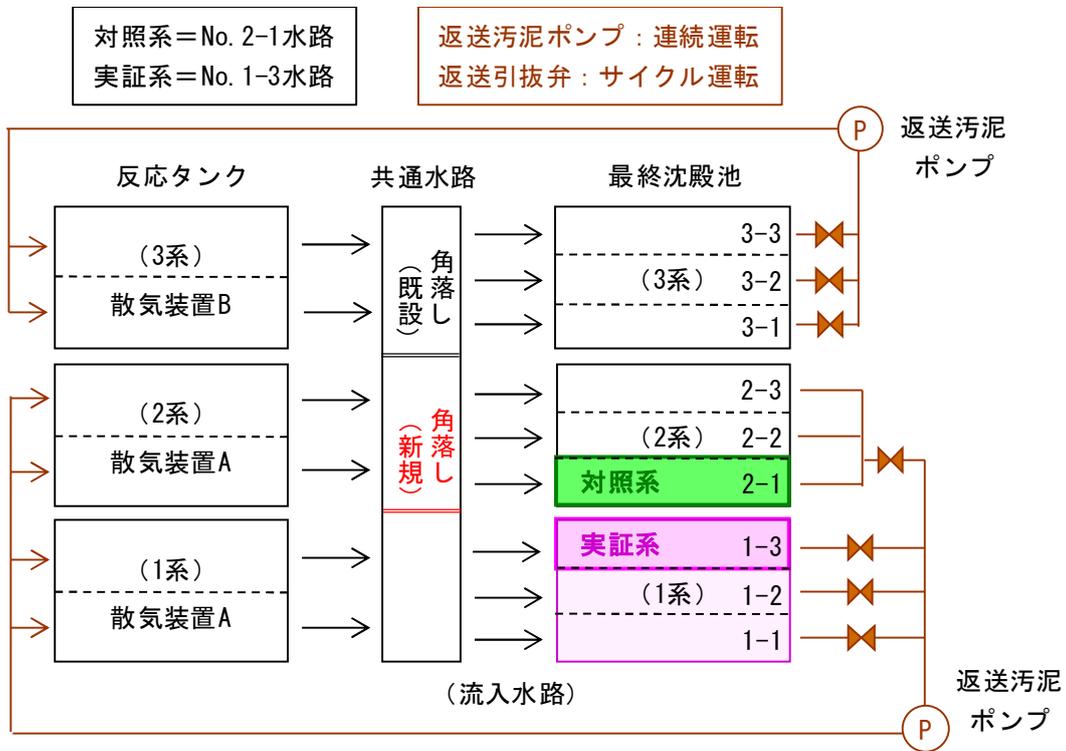
表資 1-1 両島浄化センターの概要

項目	仕様
実証場所	長野県松本市 両島浄化センター
排除方式	分流式
水処理方式	標準活性汚泥法
現有処理能力	32,850m ³ /日
汚水量実績	最大：45,000m ³ /日、平均：32,600m ³ /日 （H28年度実績）

表資 1-2 両島浄化センターの計画設計値および実績値

		計画値および設計値	実績値 (H28年度)
流入水質	BOD	226mg/L	201mg/L (年平均)
放流水質	BOD	15mg/L	4.4mg/L
	SS	20mg/L	5mg/L
反応タンク	BOD-SS負荷	0.24kgBOD/(kgSS・日)	0.28kgBOD/(kgSS・日) (年平均)
	MLSS濃度	1,700mg/L	1,316mg/L (年平均)
最終沈殿池	寸法	5.0mW×32.2mL×3.0mH	同左
	水面積負荷	22.6m³/(m²・日) (計画日最大汚水量ベース)	30.9m³/(m²・日) (実績日最大汚水量ベース)
	池内平均流速	0.17m/分 (計画日最大汚水量ベース)	0.23m/分 (実績日最大汚水量ベース)

次に、両島浄化センターの水処理施設のフローを図資 1-1 に示す。両島浄化センターの水処理施設は 3 系列で構成されており、各系列の最終沈殿池は 3 池で構成される。このうち 1 系と 2 系については、①反応タンクの散気装置の種類が同一であること、②最終沈殿池からの返送汚泥が両系列に分配されることから、汚泥性状が同等であると推定できることを踏まえ、実証研究における対照系および実証系とした。

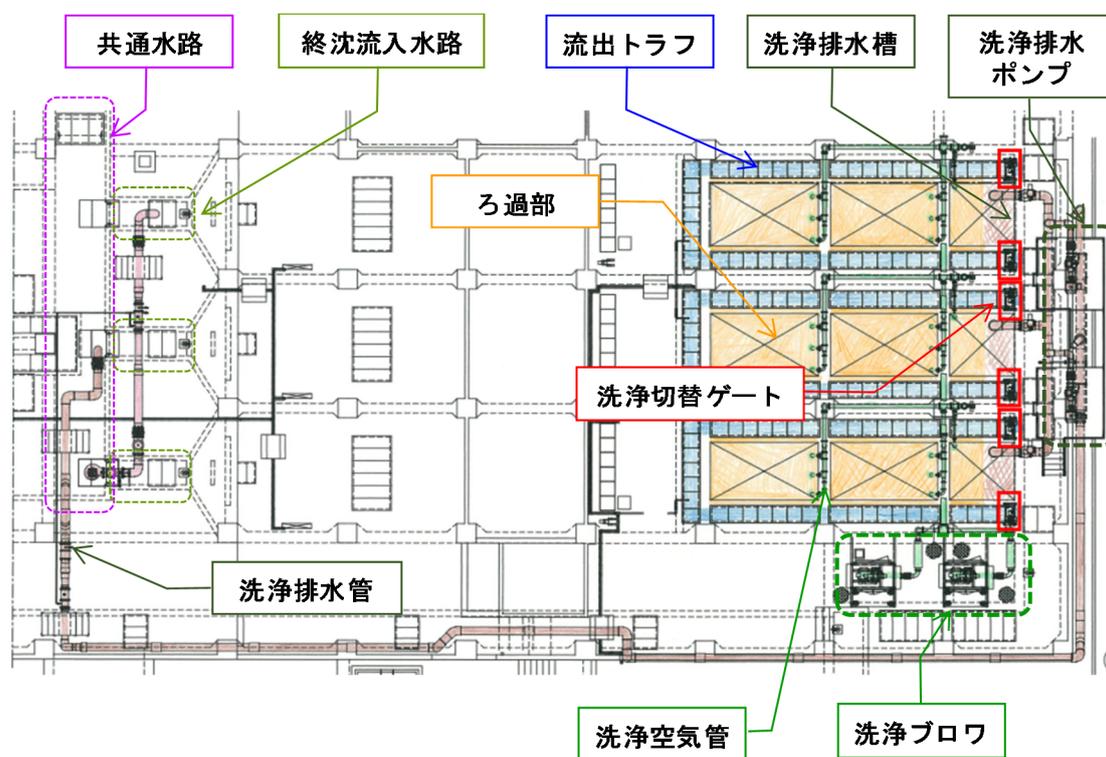


図資 1-1 両島浄化センター水処理施設フロー

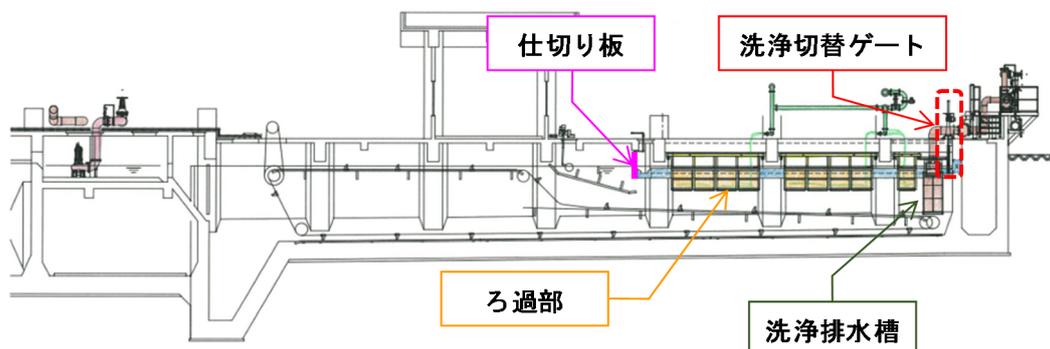
最終沈殿池については、1系および3系は各池が独立しているが、2系は3池共通のクロスコレクターが設置されており、仕様が異なる。また、最終沈殿池各池からの返送汚泥の引き抜きは、返送汚泥ポンプが共通であり、池ごとの引抜きが順番に開閉（サイクリック運転）することで行われる。なお、2系については、先述のとおり3池共通のクロスコレクター方式であることから、3池共通のピットから引き抜かれる。

5) 実証設備

実証研究においては、前述のとおり、1系および2系の最終沈殿池を対象として実証運転を行った。このうち、1系最終沈殿池の3池にろ過設備を設置しており、配置図の平面図を図資1-2に、断面図を図資1-3に示す。なお、ろ過設備を設置した3池のうち、特に1-3池を実証系として運転条件などを設定し、対照系である2-1池と処理水質等を比較した。



図資 1-2 実証設備配置図（平面図）



図資 1-3 実証設備配置図（断面図）

6) 実証研究工程

表資 1-3 に、2 か年の実証研究の工程を示す。2017 年度は実証設備の設計、工事および短期間の運転による評価を実施した。2018 年度には、継続評価として各季節 1 か月程度の実証運転を量的向上および質的向上のそれぞれについて実施した。なお、2018 年度の春季に実証設備の改良工事を行ったため、量的向上に関する春季の実証運転開始が 7 月にずれ込んでいる。

表資 1-3 実証研究工程

		2017年度			2018年度			
		7月～9月	10月～12月	1月～3月	4月～6月	7月～9月	10月～12月	1月～3月
設計 ・ 工事	設計	● →			● → 設備改良			
	工事		● →		● → 設備改良			
実証 運転	試 運転		● →					
	質的 向上			● →	● →	● → ● → ● →		
	量的 向上			● →		● → ● → ● →	● →	● →

(2) 実証項目と実証方法

実証研究において実証する項目、目標値および実証方法を表資 1-4 に示す。本技術の目的は、処理能力を増強できる量的向上、または処理水質を向上できる質的向上のいずれかである。このうち、量的向上では、既存の最終沈殿池と同じ処理水質が得られる条件において、処理水量を最大 2 倍（ただし、計画日最大汚水量の 2 倍以下）にできることを目標とした。一方、質的向上については、処理水量が既存の最終沈殿池と同じ条件（ただし、計画日最大汚水量以下）において、処理水質が急速ろ過処理水と同等になることを目標とした。

処理水質の比較では、定期採水として各季節に6回程度のスポット採水を行うとともに、各季節に1回の通日採水（2時間ごとに1検体、合計12検体）を実施した。なお、実証研究では放流水としての水質を比較するため、いずれの試料に対しても採水後に次亜塩素酸ナトリウム溶液を添加するものとし、実施設における平均的な添加率に合わせ、有効塩素濃度として1ppm程度とした。

表資 1-4 実証研究の目標及び実証方法

	実証項目	目標値	実証方法
量的 向上	処理水量	対照系の2倍 (計画日最大 汚水量の2倍 を最大とする)	対照系：従来の運転と同じく、成り行きにて運転 実証系：対照系の2倍、もしくは計画日最大汚水量 の2倍となるように流量を調整 評価期間：各季1か月程度運転、通年データを得る
	処理水質※ ¹	対照系同等 (BOD、SS)	対照系（最終沈殿池流出水）と実証系（ろ過部流出 水）の水質を比較
質的 向上	処理水量	対照系と同等 (計画日最大 汚水量以下)	両系列：従来の運転と同じく、成り行きにて運転 (実証系は必要に応じて堰板で流量調整) 評価期間：各季1か月程度運転、通年データを得る
	処理水質※ ¹	BOD \leq 10mg/L、 かつ対照系より 優れる	対照系（最終沈殿池流出水）と実証系（ろ過部流出 水）の水質を比較
		急速ろ過と同等	対照系処理水を小型砂ろ過装置で処理、実証系（ろ過 部流出水）と比較

※ 放流水を模擬するため、実施設と同程度の次亜塩素酸ナトリウム溶液を処理水に添加

(3) 実証結果概要

実証研究の結果概要を表資 1-5 に示す。量的向上における処理水量は、春季は目標にやや達しなかったものの、それ以外の季節では対照系の2倍での運転を実施した。また、実証系の処理水質については、年平均値として、BOD 濃度および SS 濃度ともに対照系と同等の結果が得られた。次に、質的向上における実証系は、概ね対照系と同程度の処理水量で運転を実施した。実証系の処理水質については、対照系（最終沈殿池流出水）よりも良好、かつ、BOD 濃度として10mg/L以下の結果が得られた。さらに、対照系処理水を小型砂ろ過装置で処理したもの（以下、「砂ろ過処理水」とする。）と比較した場合において、実証系処理水は同等の水質が得られた。

表資 1-5 実証研究の結果概要

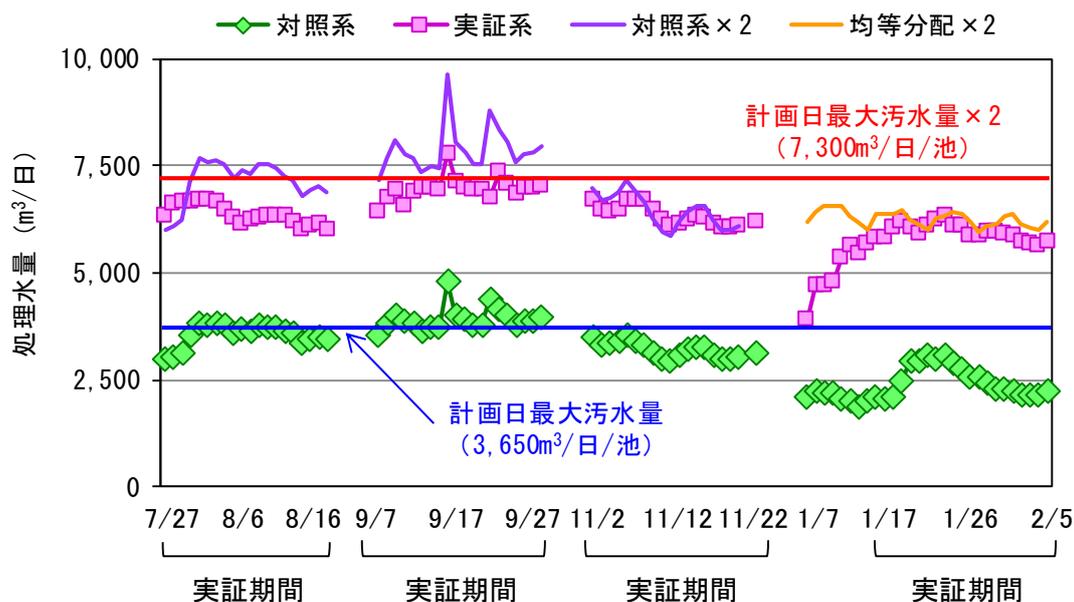
	実証項目	目標値	実証結果									
量的 向上	処理水量	対照系の2倍 (計画日最大 汚水量の2倍 を最大とする)	概ね対照系の2倍で運転 (ただし、春季は対照系の1.8倍程度)									
	処理水質※1	対照系同等 (BOD、SS)	BOD、SSいずれも達成(年平均値として) <table border="1"> <thead> <tr> <th>年平均値</th> <th>対照系</th> <th>実証系</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BOD mg/L</td> <td>5.0</td> <td>5.1</td> </tr> <tr> <td>SS mg/L</td> <td>4.3</td> <td>3.2</td> </tr> </tbody> </table>	年平均値	対照系	実証系	BOD mg/L	5.0	5.1	SS mg/L	4.3	3.2
年平均値	対照系	実証系										
BOD mg/L	5.0	5.1										
SS mg/L	4.3	3.2										
質的 向上	処理水量	対照系と同等 (計画日最大 汚水量以下)	概ね対照系と同等の水量で運転									
	処理水質※1	BOD \leq 10mg/L、 かつ対照系より 優れる	BOD、SSいずれも達成(年平均値として) <table border="1"> <thead> <tr> <th>年平均値</th> <th>対照系</th> <th>実証系</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BOD mg/L</td> <td>4.3</td> <td>2.4</td> </tr> <tr> <td>SS mg/L</td> <td>3.7</td> <td>1.3</td> </tr> </tbody> </table>	年平均値	対照系	実証系	BOD mg/L	4.3	2.4	SS mg/L	3.7	1.3
		年平均値	対照系	実証系								
BOD mg/L	4.3	2.4										
SS mg/L	3.7	1.3										
急速ろ過と同等	BOD、SSいずれも達成(年平均値として) <table border="1"> <thead> <tr> <th>年平均値</th> <th>砂ろ過</th> <th>実証系</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BOD mg/L</td> <td>2.1</td> <td>2.4</td> </tr> <tr> <td>SS mg/L</td> <td>1.4</td> <td>1.3</td> </tr> </tbody> </table>	年平均値	砂ろ過	実証系	BOD mg/L	2.1	2.4	SS mg/L	1.4	1.3		
年平均値	砂ろ過	実証系										
BOD mg/L	2.1	2.4										
SS mg/L	1.4	1.3										

1.2 実証研究結果

1.2.1 量的向上運転

(1) 処理水量

量的向上運転における1日当たりの処理水量の推移を図資1-4に示す。実証場所である両島浄化センターの現有処理能力は $32,850\text{m}^3/\text{日}$ であり、最終沈殿池は9池で構成されることから、1池当たりの計算上の計画日最大汚水量は $3,650\text{m}^3/\text{日}$ となる。量的向上運転では、実証系の処理水量を対照系の2倍にすることを目標としていたが、7月から8月の運転では、目標に対して90%程度の水量での運転となった。続く9月には、対照系の処理水量が計画日最大汚水量を超えたため、実証系の処理水量を計画日最大汚水量の2倍となるように調整し、11月は対照系の2倍量となる運転を行った。1月から2月の冬季には、下水処理場への流入汚水量から想定される処理水量に対して対照系の処理水量が少ない傾向が続いた。このため、実証系の処理水量の設定は、下水処理場への流入汚水量が9池に均等分配されると仮定した上で、その2倍量となるように調整した。



図資 1-4 量的向上運転における処理水量の推移

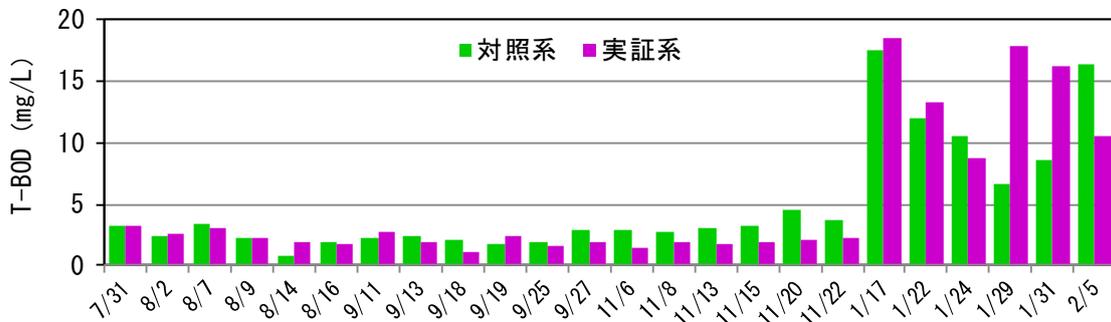
(2) 定期採水の結果

定期採水における対照系および実証系処理水の T-BOD 濃度、ATU-BOD 濃度および SS 濃度の分析結果を図資 1-5、図資 1-6 および図資 1-7 にそれぞれ示す。また、各季節および年間の平均値を表資 1-6 に示す。

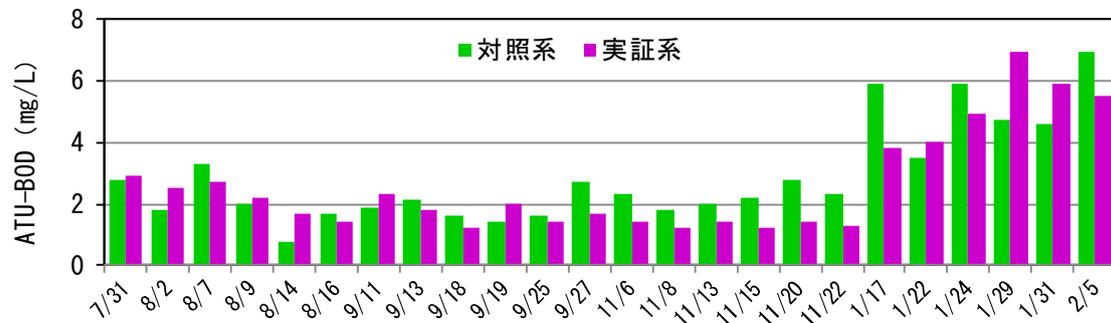
T-BOD 濃度および ATU-BOD 濃度に関しては、対照系および実証系ともに秋季までは 2mg/L 程度あり、良好な水質であった。しかしながら、冬季の T-BOD 濃度の平均値は対照系で 12mg/L 程度、実証系で 14mg/L 程度と高い濃度であった。一方、硝化を抑制した ATU-BOD (C-BOD) 濃度は両系列

とも 5mg/L 程度であった。この結果より、冬季は採水した試料への次亜塩素酸ナトリウム溶液の添加が不十分であり、硝化に起因する N-BOD の影響が強く現れたと推測される。実際に、両島浄化センターの実施設においては、N-BOD の影響が表れる冬季には次亜塩素酸ナトリウム溶液の添加率を増加させており、放流水の T-BOD 濃度は冬季においても 5mg/L 程度であった。なお、実証研究における年間を通じての平均値は、T-BOD 濃度は対照系が 5.0mg/L、実証系が 5.1mg/L であり、ATU-BOD 濃度は対照系が 2.9mg/L、実証系が 2.6mg/L であり、実証系は対照系と同等の処理水質が得られた。

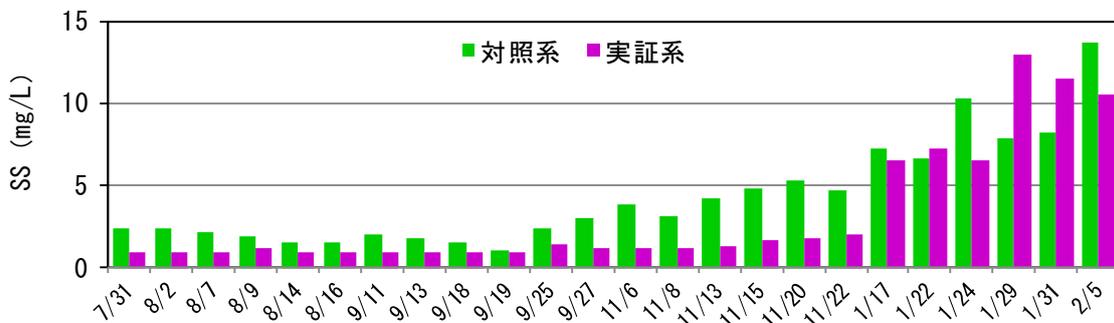
また、SS 濃度についても、BOD 濃度と同じく、冬季に処理水質が悪化する傾向が見られた。しかしながら、各季節および年間を通じて対照系と実証系はほぼ同等の水質が得られており、年間平均の SS 濃度として、対照系が 4.3mg/L、実証系が 3.2mg/L であった。



図資 1-5 T-BOD 濃度の比較 (量的向上)



図資 1-6 ATU-BOD 濃度の比較 (量的向上)



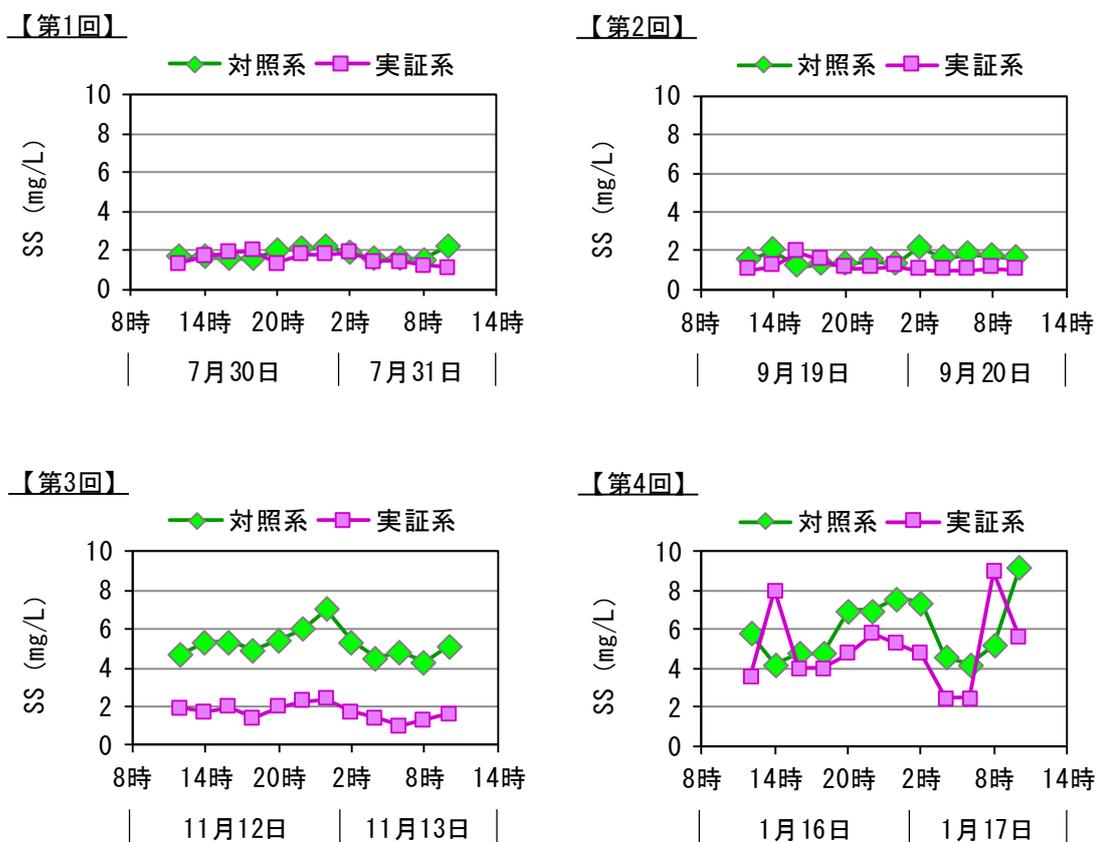
図資 1-7 SS 濃度の比較 (量的向上)

表資 1-6 量的向上運転における平均処理水質

項目	対象	年間平均	7/31~ 8/16	9/11~ 9/27	11/6~ 11/22	1/17~ 2/5
T-BOD (mg/L)	対照系	5.0	2.4	2.2	3.4	11.9
	実証系	5.1	2.5	2.0	1.9	14.1
ATU-BOD (mg/L)	対照系	2.9	2.1	1.9	2.2	5.3
	実証系	2.6	2.2	1.7	1.3	5.2
SS (mg/L)	対照系	4.3	2.0	2.0	4.3	9.0
	実証系	3.2	1.0	1.1	1.6	9.2

(3) 通日採水の結果

実証研究において、季節ごとに実施した通日試験の結果（SS 濃度の変化）を図資 1-8 に示す。定期採水の結果と同じく、冬季に SS 濃度が高くなり、また、ばらつきが大きくなる傾向が見られたが、実証系は対照系と同等の挙動を示した。



図資 1-8 通日試験における SS 濃度の変化 (量的向上)

(4) 汚泥性状

最終沈殿池に流入する活性汚泥の性状に関し、量的向上の実証期間での分析結果（定期採水に合わせて採取・測定）を表資 1-7 に示す。水温が低下する冬季には、反応タンクでの処理性能を確保するため、両系ともに反応タンクの MLSS 濃度は高い状況であった。また、汚泥の沈降性は冬季において悪化する傾向が見られ、SVI として 200mL/g 程度であった。しかしながら、いずれの期間においても、対照系と実証系での汚泥性状に差は見られず、ほぼ同等の性状であった。

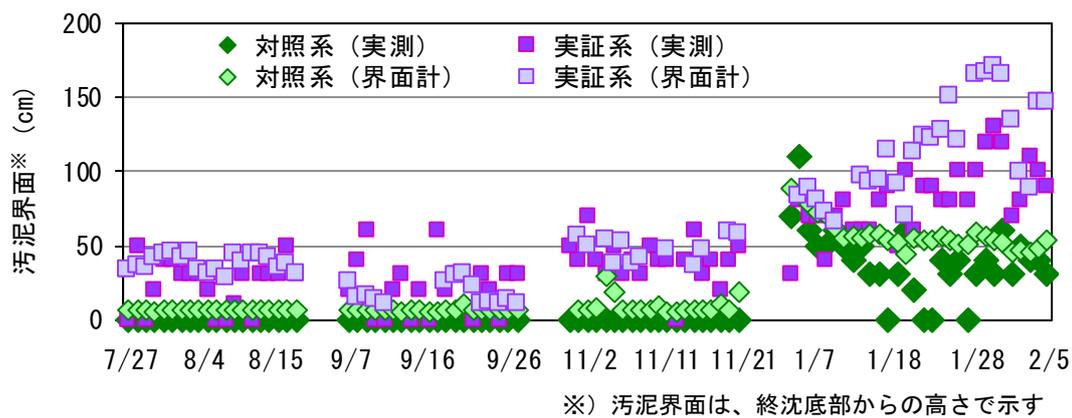
表資 1-7 量的向上運転における反応タンク汚泥性状（期間平均値）

		7/31~ 8/16	9/11~ 9/27	11/6~ 11/22	1/17~ 2/5
対照系	MLSS濃度 (mg/L)	960	971	1,058	1,504
	VSS比 (%)	88.0	87.4	88.2	86.4
	SVI (mL/g)	135	116	147	198
実証系	MLSS濃度 (mg/L)	990	990	1,068	1,470
	VSS比 (%)	86.3	87.5	87.8	86.7
	SVI (mL/g)	130	115	149	194

(5) 汚泥界面

量的向上運転の実証系は、最終沈殿池に流入する水量が大幅に増加するため、汚泥界面への影響が大きくなると推測された。このため、流出トラフの上流端付近において、既存の維持管理と同様に汚泥界面を実測するとともに、汚泥界面計を用いて汚泥界面からの固形物の巻き上がり状況を測定した。これらの測定結果を図資 1-9 に示す。秋季までの汚泥界面は、図資 1-9 に示すとおり対照系でほとんど存在していない一方、実証系では概ね最終沈殿池の下部床面から 50cm 程度の高さにまで上昇していた。しかし、汚泥界面計の測定結果から判断すると、汚泥界面からの巻き上がりはほとんど起こっておらず、(2) 項で示したように処理水質の悪化は生じなかった。

続いて、冬季には反応タンクの MLSS 濃度が 1,500mg/L 程度にまで増加し、SVI が 200mL/g 程度にまで上昇している影響もあり、対照系の汚泥界面は 50cm 程度にまで上昇したが、汚泥界面からの巻き上がりはほとんど起こっていなかった。一方、実証系では汚泥性状変化の影響が大きく現れ、汚泥界面が 100cm 程度にまで上昇した。さらに、汚泥界面計による測定結果から判断すると、汚泥界面からの巻き上がりが起こっており、最大で 170cm 程度まで SS 濃度が高い状態であったと推定された。この時の処理水 SS 濃度は、図資 1-7 に示すとおり、やや高い結果が得られており、汚泥界面の変化が影響したものと考えられた。

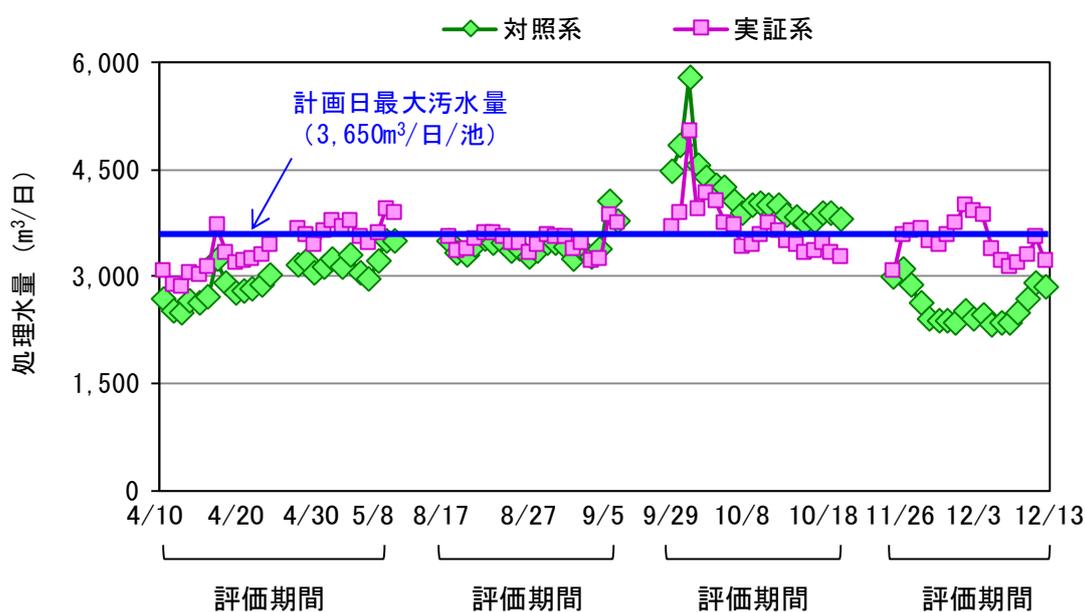


図資 1-9 汚泥界面の実測値および界面計指示値の変化 (量的向上)

1.2.2 質的向上運転

(1) 処理水量

質的向上運転における処理水量の推移を図資 1-10 に示す。質的向上運転では、実証系の処理水量が対照系と同程度となる条件で運転することを目標としており、4 月および 8 月において目標を達成した。続く 10 月の運転では、対照系の処理水量が計画日最大汚水量を大幅に超えたため、実証系の処理水量が計画日最大汚水量程度となるように調整した。続き 12 月の運転では、量的向上運転と同じく対照系の処理水量が想定よりも少なくなったため、実証系の処理水量が計画日最大汚水量程度となるように調整した。



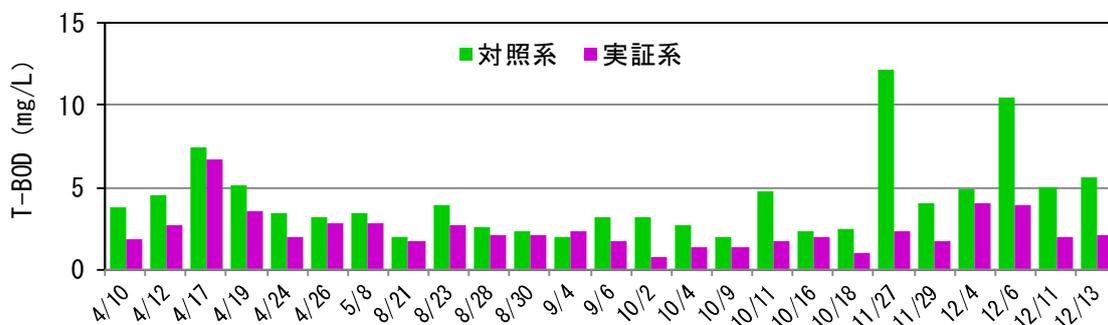
図資 1-10 質的向上運転における処理水量の推移

(2) 定期採水の結果

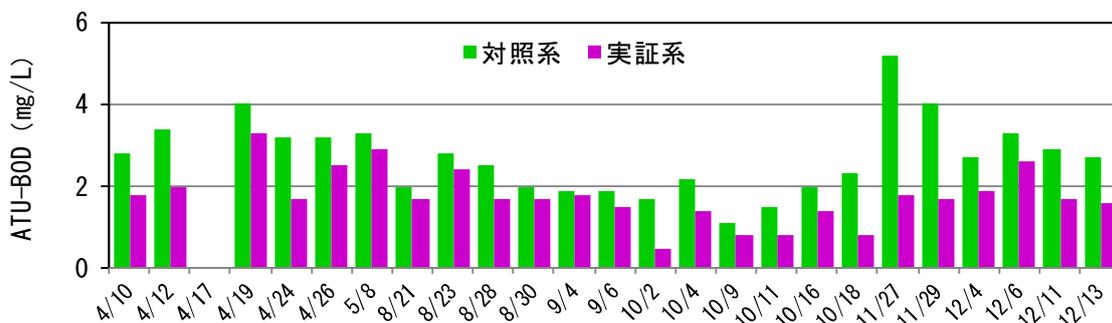
定期採水における T-BOD 濃度、ATU-BOD 濃度および SS 濃度の実証系処理水と対照系処理水の比較結果を図資 1-11、図資 1-12 および図資 1-13 に示す。また、実証系処理水と砂ろ過処理水の各濃度の比較結果を図資 1-14、図資 1-15 および図資 1-16 にそれぞれ示す。さらに、各季節および年間の平均値を表資 1-8 に示す。

対照系処理水と実証系処理水を比較した場合、T-BOD 濃度および ATU-BOD 濃度ともに冬季の対照系で高くなる影響を受け、年間平均の T-BOD 濃度として対照系で 4.3mg/L、実証系で 2.4mg/L、ATU-BOD 濃度として対照系で 2.7mg/L、実証系で 1.8mg/L であった。また、SS 濃度については年間を通じて実証系処理水の方が良好な水質であり、年間平均として対照系で 3.7mg/L、実証系で 1.3mg/L であった。

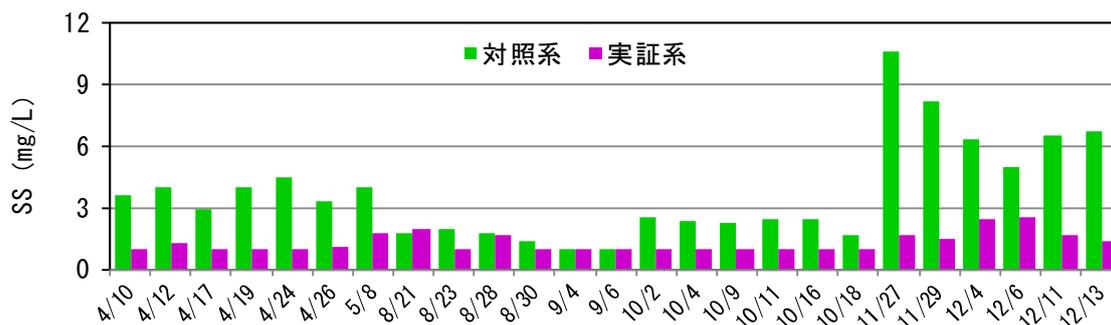
次いで、対照系処理水をさらに砂ろ過することで得られる水（砂ろ過処理水）と実証系処理水を比較すると、図資 1-12 から図資 1-14 および表資 1-8 に示すとおり、両者はほぼ同等の水質であった。



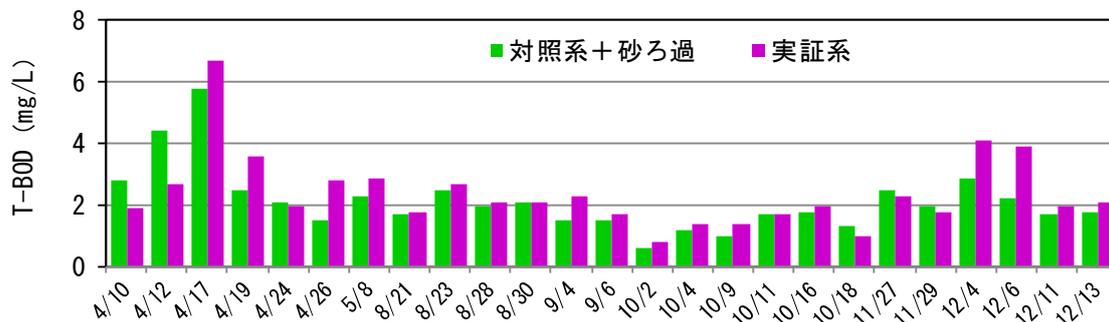
図資 1-11 T-BOD 濃度の対照系との比較 (質的向上)



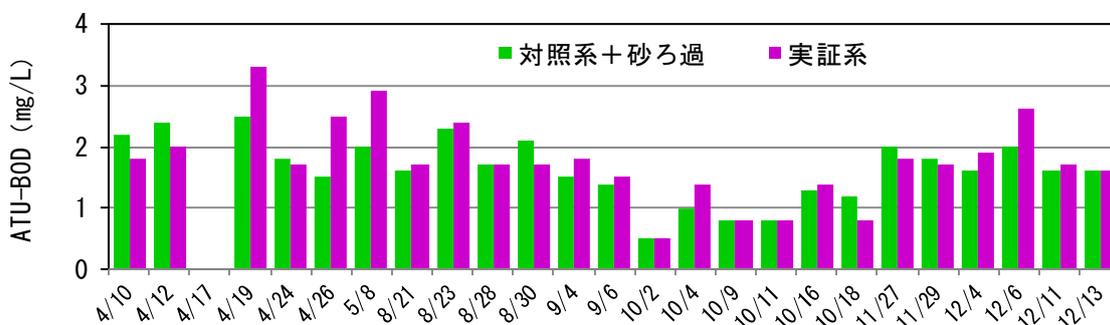
図資 1-12 ATU-BOD 濃度の対照系との比較 (質的向上)



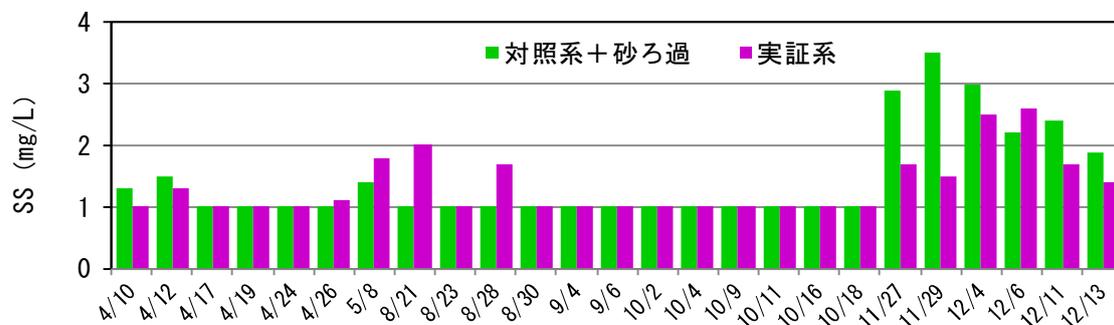
図資 1-13 SS 濃度の対照系との比較 (質的向上)



図資 1-14 T-BOD 濃度の砂ろ過処理水との比較 (質的向上)



図資 1-15 ATU-BOD 濃度の砂ろ過処理水との比較 (質的向上)



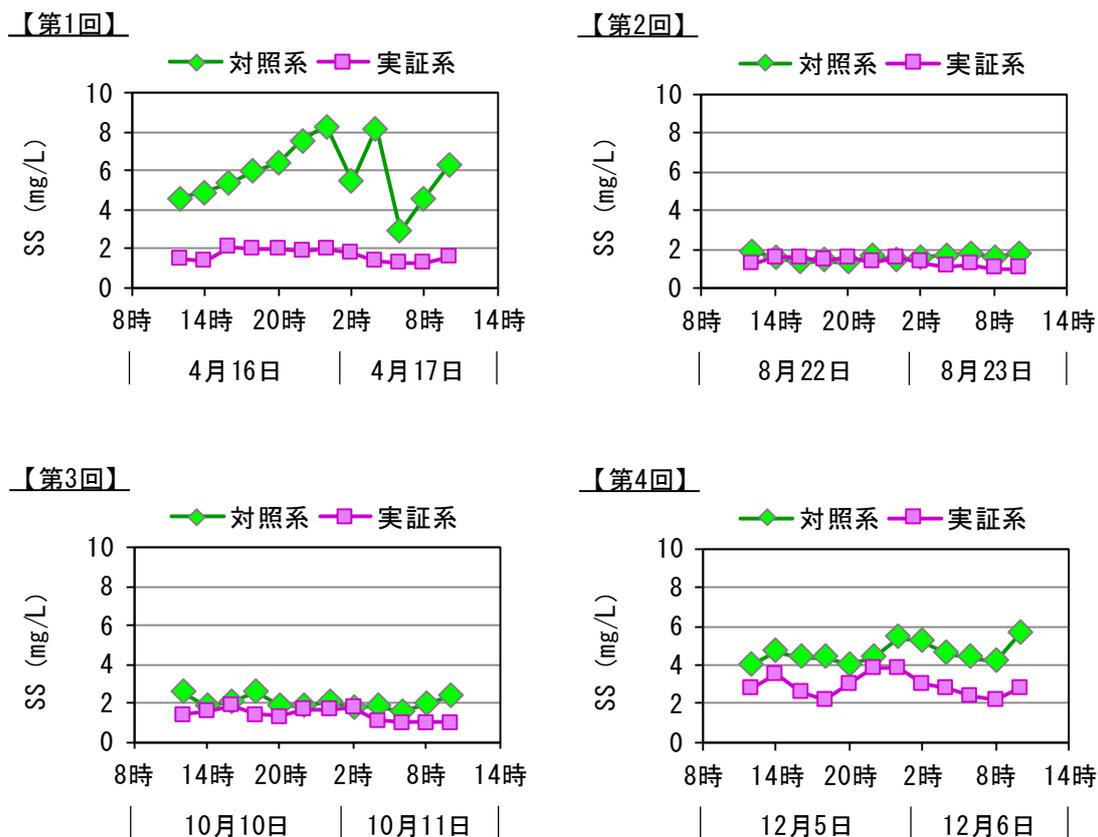
図資 1-16 SS 濃度の砂ろ過処理水との比較 (質的向上)

表資 1-8 質的向上運転における平均処理水質

	項目	対象	年間平均	4/10~ 5/8	8/21~ 9/6	10/2~ 10/18	11/27~ 12/13
処理水質 の比較	T-BOD (mg/L)	対照系	4.3	4.5	2.7	2.9	7.1
		実証系	2.4	3.2	2.1	1.4	2.7
	ATU-BOD (mg/L)	対照系	2.7	3.3	2.2	1.8	3.5
		実証系	1.8	2.4	1.8	1.0	1.9
	SS (mg/L)	対照系	3.7	3.8	1.5	2.3	7.2
		実証系	1.3	1.2	1.3	1.0	1.9
砂ろ過 との比較	T-BOD (mg/L)	対照系	2.1	3.1	1.9	1.3	2.2
		実証系	2.4	3.2	2.1	1.4	2.7
	ATU-BOD (mg/L)	対照系	1.6	2.1	1.8	0.9	1.8
		実証系	1.8	2.4	1.8	1.0	1.9
	SS (mg/L)	対照系	1.4	1.2	1.0	1.0	2.7
		実証系	1.3	1.2	1.3	1.0	1.9

(3) 通日採水の結果

実証研究において、季節ごとに実施した通日試験の結果 (SS 濃度の変化) を図資 1-17 に示す。対照系処理水と実証系処理水を比較すると、対照系処理水は季節によっては 1 日の間での変動が見られる一方、実証系では変動が抑えられており、安定した処理水質が得られた。



図資 1-17 通日試験における SS 濃度の変化（質的向上）

（4）汚泥性状

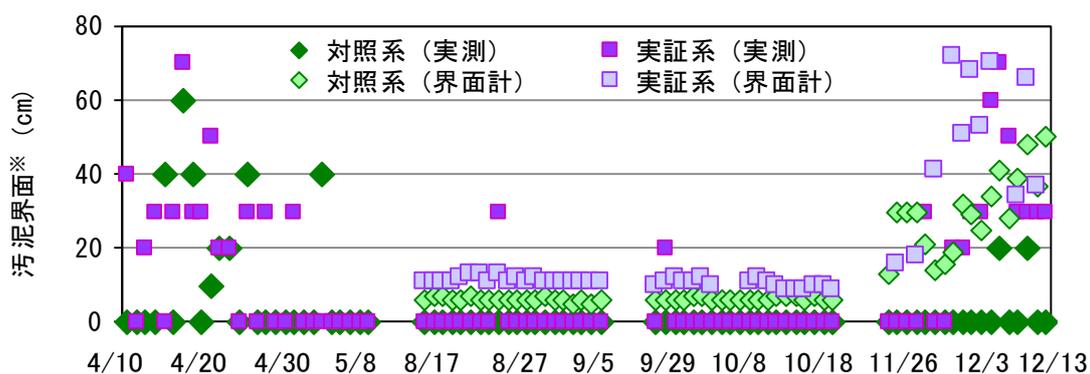
最終沈殿池に流入する活性汚泥の性状に関し、質的向上の実証期間での分析結果（定期採水に合わせて採取・測定）を表資 1-9 に示す。いずれの期間においても、対照系と実証系での汚泥性状に大きな差は見られず、ほぼ同等の性状であった。冬季については、表資 1-7 に示した量的向上運転での結果と異なり、反応タンク MLSS 濃度はほかの季節との差は小さかったが、SVI は 170mL/g 程度にまで上昇しており、ほかの季節と比較してやや沈降性が劣る汚泥であった。

表資 1-9 質的向上運転における反応タンク汚泥性状（期間平均値）

		4/10~ 5/8	8/21~ 9/6	10/2~ 10/18	11/27~ 12/13
対照系	MLSS濃度 (mg/L)	1,370	970	1,117	1,117
	VSS比 (%)	84.6	85.7	88.7	87.3
	SVI (mL/g)	135	133	109	173
実証系	MLSS濃度 (mg/L)	1,363	1,004	1,131	1,263
	VSS比 (%)	85.1	86.3	89.4	86.2
	SVI (mL/g)	134	130	108	164

(5) 汚泥界面

量的向上運転と同様、越流トラフの上流端付近において、既存の維持管理と同じ汚泥界面の実測、および汚泥界面計を用いた汚泥界面からの固形物の巻き上がり状況の観察を行った。これらの結果を図資 1-18 に示す。質的向上運転では、最終沈殿池に流入する水量は対照系と実証系ではほとんど差がないため、多少のばらつきはあるものの汚泥界面に差は見られなかった。



※) 汚泥界面は、終沈底部からの高さで示す

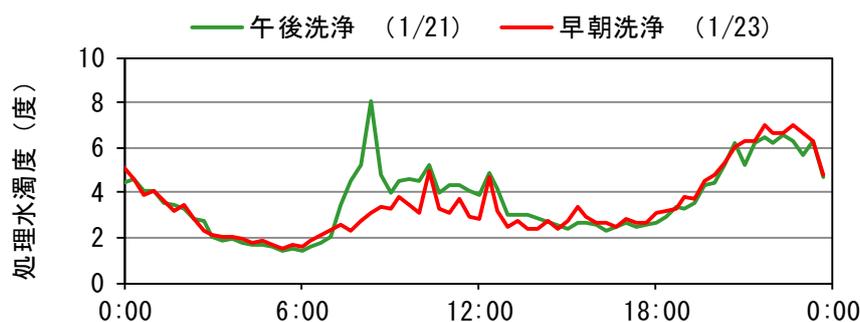
図資 1-18 汚泥界面の実測値および界面計指示値の変化（質的向上）

1.2.3 適切な運転条件

本技術では、ろ過部洗浄の実施タイミング、各工程（空洗工程もしくはリンス工程）の時間、あるいは洗浄排水ポンプの流量など、適切な運転条件を目指した調整を行う。このうち、実証研究の量的向上運転において、洗浄運転の実施タイミングについて調整および考察を行ったので以下に記す。なお、実証研究の質的向上においては、洗浄において特に問題が見られなかったため、特段の調整を行っていない。

（1）洗浄のタイミング

ろ過部の洗浄は、本編の 88 ページに示したとおり、あらかじめ設定した洗浄時刻に達した場合、もしくはろ抗が上限値に達した場合に自動で開始される。実証研究では、1 日 1 回、午後 2 時に洗浄を開始するように設定したが、冬季を除いて特に問題は見られなかった。しかしながら、冬季には図資 1-19 の緑色の線で示すように、処理水濁度が午前 8 時頃に大幅に上昇する傾向が見られた。同時刻は、下水処理場への流入汚水量が急激に増加する時刻であり、かつ、前日の洗浄運転から時間が経っているため、ろ過部に捕捉された固形物量が多い時刻である。これらの状況を踏まえると、ろ過部に捕捉された固形物が急激な流量の増加によってろ過部から流れ出し、処理水の濁度を上昇させたと推測された。そこで、流入水量が増加する前である午前 6 時にろ過部の洗浄を実施したところ、図資 1-19 の赤色の線で示すように、処理水濁度の急激な上昇が見られなくなった。このように、ろ過部における固形物の捕捉状況あるいは、下水処理場への流入水量の変化を踏まえて、適切なタイミングで洗浄を行うことにより、処理水質の改善を図れる可能性が示唆された。

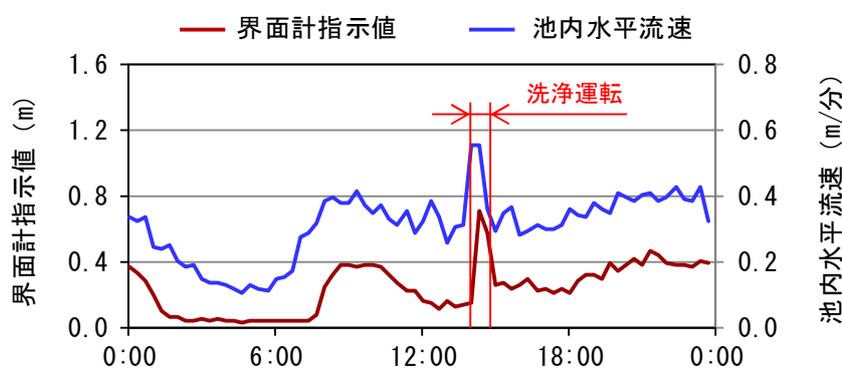


図資 1-19 洗浄のタイミングと処理水濁度への影響 (例)

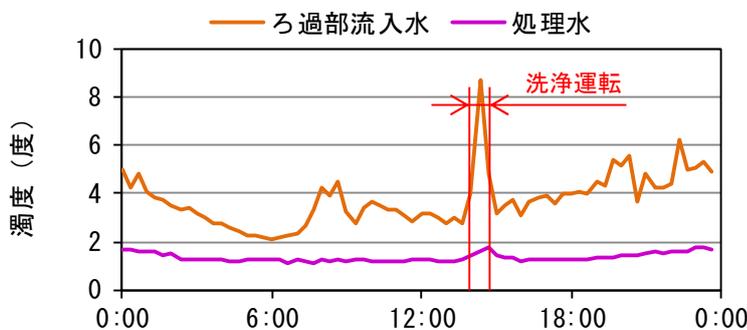
（2）自池の洗浄による影響

ろ過部の洗浄において、洗浄排水ポンプの流量は洗浄排水槽の水位によって制御されるが、実証研究の量的向上運転においては、計画時間最大汚水量の 2 倍程度に相当する流量に達することがあった。洗浄排水ポンプの流量が多くなると、洗浄運転を行っている最終沈殿池の池内流速が速くなることから、汚泥界面への影響が懸念された。

そこで、一例として、量的向上運転を行っている日の汚泥界面指示値および最終沈殿池の池内水平流速の変化を図資 1-20 に、ろ過部流入水および処理水の濁度の連続測定結果を図資 1-21 にそれぞれ示す。同日のろ過部洗浄は午後 2 時に実施しており、図資 1-20 に示すとおり、洗浄開始直後に池内の水平流速が急激に上昇している。同時に、汚泥界面指示値が急激に上昇しており、流速が増加したことによる汚泥界面からの巻き上がりが発生したと考えられ、図資 1-21 に示すとおり、同時刻にろ過部流入水濁度の増加として現れている。なお、図資 1-21 に示すとおり、同時刻の処理水濁度はわずかな増加に留まっているが、条件によってはさらに高くなる可能性がある。このような場合は、「(1) 洗浄のタイミング」に記した洗浄のタイミングの調整、もしくは洗浄排水流量の上限値を調整することによって抑制できると考えられる。



図資 1-20 界面計指示値と池内水平流速の変化

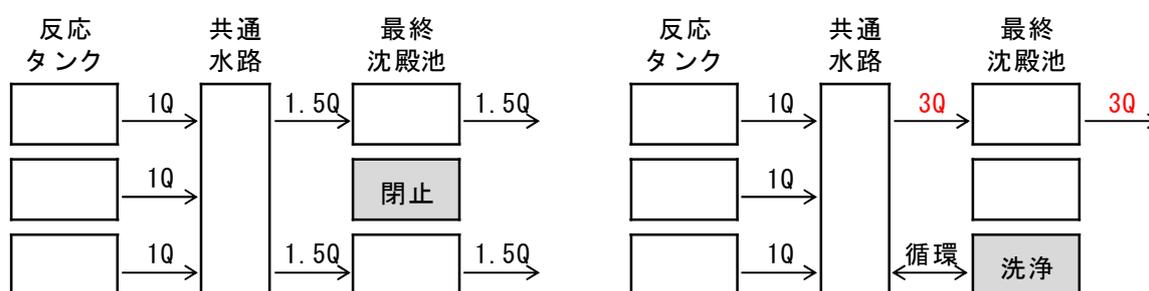


図資 1-21 ろ過部流入水濁度および処理水濁度の変化

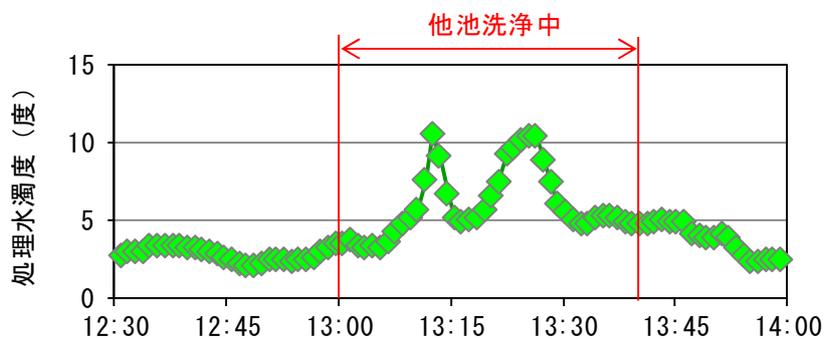
(3) 他池の洗浄による影響

本編の 75 ページに示したとおり、洗浄運転を行っている池からは処理水が流出しないため、ろ過運転を継続している池からの処理水量が通常よりも増加する。2018 年度の実証研究では、図資 1-22 に示すように、1 系 3 池の最終沈殿池のうち 1 池を閉止し、既存の最終沈殿池と比較して 1.5 倍量となる量的向上運転を行った。この際、一つの池を洗浄運転すると、反応タンクからの流入は残る一つの池で処理するため、処理水量が既存の 3 倍に増加した (図資 1-22 の右の図)。

この条件において、ろ過運転を継続した池での処理水濁度の推移を図資 1-23 に示す。2 池でのろ過運転を行っている間は、図資 1-23 に示すとおり処理水濁度は 3 度程度で安定していた。しかしながら、他池での洗浄運転を開始して数分後、処理水濁度は急激に増加して 10 度を超え、洗浄が終了するまで高い傾向が見られた。これは、「(1) 洗浄のタイミング」に記したとおり、ろ過部から固形物が流出したこと、および「(2) 自池の洗浄による影響」に記した汚泥界面から固形物が巻き上がったことの複合的な影響と考えられる。これらの影響を軽減するためには、流量の変化を低く抑えることが重要であり、例えば下水処理場への流入量が少ない深夜から早朝にかけて洗浄を行うことが有効である。



図資 1-22 洗浄運転中の流量バランス (2018 年度実施例)



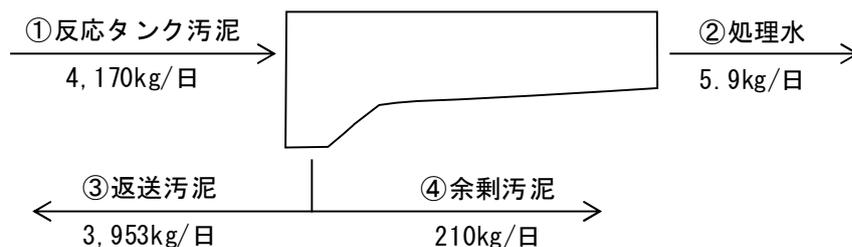
図資 1-23 他池洗浄中の処理水濁度への影響

1.2.4 その他の考察

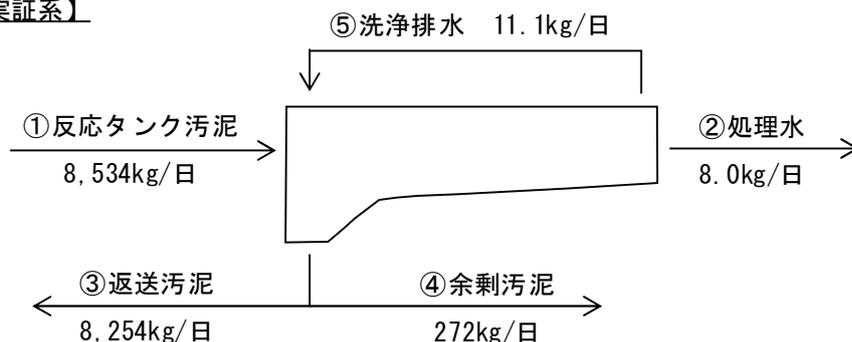
(1) 固形物収支

最終沈殿池における固形物収支の計算結果の一例として、量的向上運転における9月の結果を図資1-24に、量的向上および質的向上の計算結果一覧を表資1-10および表資1-11にそれぞれ示す。対照系においては、反応タンクから1日に4,170kgの固形物が流入し、処理水として5.9kg/日の固形物が流出している。一方、量的向上運転として対照系のおおそ2倍の水量を処理している実証系では、反応タンクから8,534kgの固形物が流入し、8.0kgの固形物が処理水として流出している。実証系では1日に1回、ろ過部の洗浄運転を行っており、洗浄排水として11.1kgの固形物がろ過部から洗い出され、再び最終沈殿池に流入している。なお、反応タンクから流入する固形物量に対する洗浄排水中の固形物量の比である洗浄排水寄与率は、表資1-10および表資1-11に示すとおり、量的向上および質的向上ともに概ね0.4%程度であり、洗浄排水の影響は限定的であった。

【対照系】



【実証系】



図資 1-24 量的向上運転における固形物収支計算例 (2018年9月)

表資 1-10 量的向上運転における固形物収支

		7/30	9/19	11/12	1/30	
実証系	反応タンクMLSS濃度 (mg/L)	900	991	1,040	1,640	
	固形物量 (kg/日)	①反応タンク汚泥	7,800	8,534	7,935	12,444
		②処理水	10.5	8.0	11.3	39.9
		③返送汚泥	7,499	8,254	7,500	11,990
		④余剰汚泥	340	272	424	414
		⑤洗浄排水	16.5	11.1	28.3	49.9
洗浄排水寄与率※ (%)	0.21	0.13	0.36	0.40		
対照系	反応タンクMLSS濃度 (mg/L)	867	946	1,030	1,520	
	固形物量 (kg/日)	①反応タンク汚泥	3,996	4,170	3,821	4,449
		②処理水	7.2	5.9	17.0	14.9
		③返送汚泥	3,855	3,953	3,605	4,233
		④余剰汚泥	134	210	199	202

※) 洗浄排水寄与率 = 洗浄排水固形物量 / 反応タンク固形物量 × 100

表資 1-11 質的向上運転における固形物収支

		4/16	8/22	10/10	12/5	
実証系	反応タンクMLSS濃度 (mg/L)	1,510	1,010	1,130	1,350	
	固形物量 (kg/日)	①反応タンク汚泥	6,530	4,944	6,003	6,769
		②処理水	5.3	4.7	5.3	11.3
		③返送汚泥	6,116	4,567	5,729	6,590
		④余剰汚泥	408	372	268	168
		⑤洗浄排水	17.5	10.8	8.9	19.8
洗浄排水寄与率※ (%)	0.27	0.22	0.15	0.30		
対照系	反応タンクMLSS濃度 (mg/L)	1,500	1,010	1,030	1,280	
	固形物量 (kg/日)	①反応タンク汚泥	5,052	4,132	4,856	3,791
		②処理水	16.7	5.4	8.3	11.0
		③返送汚泥	4,811	3,946	4,631	3,605
		④余剰汚泥	224	181	216	175

※) 洗浄排水寄与率 = 洗浄排水固形物量 / 反応タンク固形物量 × 100

(2) 洗浄排水の影響

ろ過部に捕捉される固形物は、最終沈殿池において沈殿分離しない難沈降性の固形物である。このため、洗浄排水として最終沈殿池に戻しても沈殿せず、沈降性の悪い固形物が最終沈殿池内に蓄積することが懸念された。そこで、量的向上および質的向上のそれぞれにおいて洗浄排水の沈降性を測定し、反応タンク汚泥と比較した。あわせて、沈降性を確認した後の上澄水中のSS濃度を分析することにより、難沈降性成分について考察した。

量的向上および質的向上において、定期採水に合わせて測定した結果の平均値を表資 1-12 および表資 1-13 にそれぞれ示す。また、反応タンクおよび洗浄排水それぞれに含まれる難沈降性成分の存在比率について、年間の平均値を図資 1-25 に示す。表資 1-12 および表資 1-13 に示すとおり、反応タンク汚泥と洗浄排水のSVIを比較すると、多少の差はあるもののほぼ同等の測定結果であり、沈降性に差はないと判断された。これは、ろ過部に捕捉された難沈降性の固形物がろ過部において凝集し、反応タンク汚泥と同等の沈降性を有するようになったものと推定される。この結果、洗浄排水として最終沈殿池の上流に返流される固形物は、反応タンク汚泥と同様に最終沈殿池において沈殿分離すると考えられる。

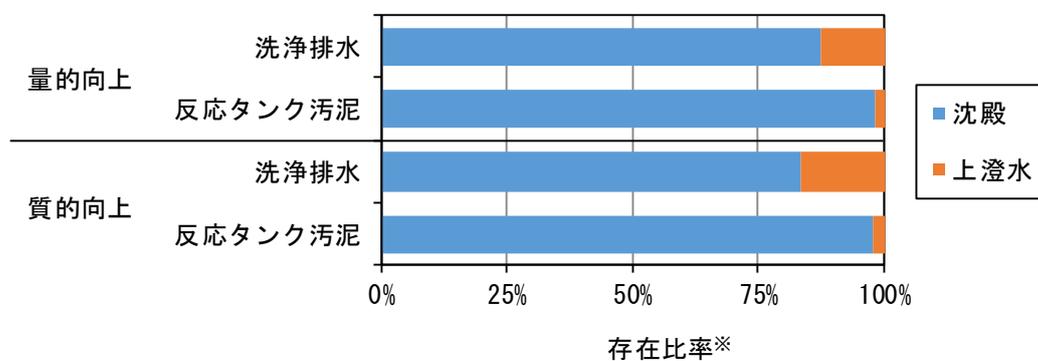
一方、難沈降性成分の存在比率については、図資 1-23 に示すとおりであり、反応タンク汚泥に含まれる難沈降性成分が2%程度であるのに対し、洗浄排水には20%程度含まれていた。これより、洗浄排水に含まれる固形物の大半は最終沈殿池において沈殿分離するものの、一部の難沈降性成分は沈殿せず、再びろ過部に捕捉されるか、処理水として流出すると考えられた。ただし、実証研究を通じて洗浄排水中の難沈降性成分が増加する傾向は観察されていないことから、最終沈殿池に沈降性の悪い汚泥が蓄積することはないと判断された。

表資 1-12 量的向上運転における沈降性測定結果（期間平均値）

		7/31~ 8/16	9/11~ 9/27	11/6~ 11/22	1/17~ 2/5
反応タンク 汚泥	MLSS濃度 (mg/L)	1,035	1,026	1,066	1,410
	SVI (mL/g)	135	124	151	191
	上澄水SS濃度 (mg/L)	20	13	24	32
洗浄排水	SS濃度 (mg/L)	396	439	679	967
	SVI (mL/g)	143	128	130	187
	上澄水SS濃度 (mg/L)	64	40	101	88

表資 1-13 質的向上運転における沈降性測定結果（期間平均値）

		4/10~ 5/8	8/21~ 9/6	10/2~ 10/18	11/27~ 12/13
反応タンク 汚泥	MLSS濃度 (mg/L)	1,420	1,110	1,240	1,240
	SVI (mL/g)	131	131	108	167
	上澄水SS濃度 (mg/L)	31	20	17	32
洗浄排水	SS濃度 (mg/L)	606	238	257	546
	SVI (mL/g)	128	136	147	131
	上澄水SS濃度 (mg/L)	78	54	47	132



※) 存在比率 = 上澄水固形物量 / 全体固形物量 × 100

図資 1-25 難沈降性成分の存在比率比較（年間平均）

1.3 実証設備における課題と対策

実証研究を実施する中で、実証設備に係るいくつかの課題が見つかり、それに対する対策をとってきた。本節では、以下に示す3点について説明する。

1.3.1 ろ過部カセット上部スクリーンでの藻の増殖

ろ過部カセットは、その上部スクリーンが水面から 10cm 程度の位置に設置されるため、上部スクリーンには日光がとどき、藻が生育する可能性がある。特に、実証場所である両島浄化センターの最終沈殿池は屋外にあることから、藻の生育を抑制するために、あらかじめ遮光処置を施すことが必要と考えられた。このため、**図資 1-26** の左図に示すように、最終沈殿池の開口部をすべて覆うように遮光ネット（遮光率 90～95%）を設置し、実証研究を実施した。しかしながら、**図資 1-26** の中央に示す上部スクリーンは、運転開始から 6 か月後には、**図資 1-26** の右図のように全面が藻で覆われるまでになった。

遮光ネットは日光の大部分を遮蔽することができるものの、完全な遮光は困難であり、またネットと土木躯体の間などから光が入り込む余地がある。このため、上部スクリーンでの藻の付着および生育を完全に防ぐことは不可能であると考えられる。上部スクリーンに藻が増殖し続けた場合、景観を損ねるほかに、悪臭が発生する可能性がある。このため、実証実験においては数か月から半年に 1 回程度、上部スクリーンに付着した藻を洗い落とすことにより、悪臭が発生することはなかった。なお、上部スクリーンの清掃は市販の高圧洗浄機を用いて実施することができ、ろ過部の洗浄（40 分間）に合わせて 2 人の人員で実施した。

なお、実証設備では遮光ネットを用いて日光を防ぐこととしたが、遮光ネットに替えて開口部に合成木材の蓋を設置する、藻が付着しにくい銅板を上部スクリーンに用いるなど、導入する最終沈殿池の状況ならびに維持管理性を踏まえ、総合的に対策を検討することが望ましい。

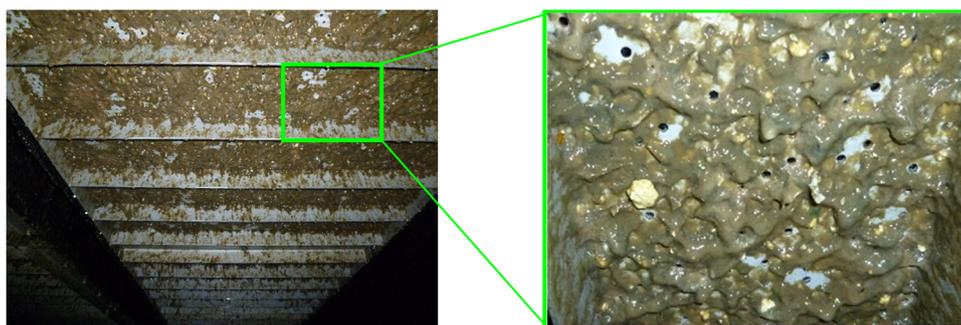


図資 1-26 ろ過部カセットでの藻の付着および生育状況

（左：遮光ネット設置状況、中央：運転開始時の上部スクリーン、右：6 か月後）

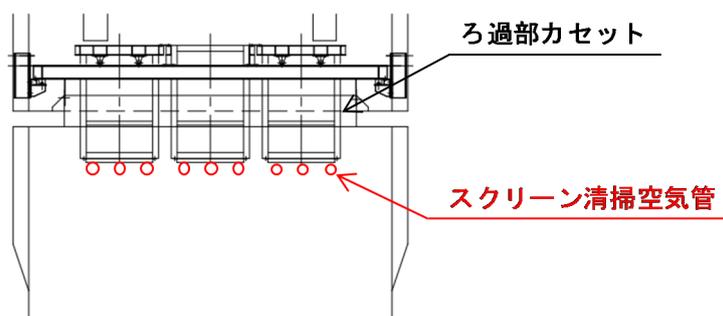
1.3.2 ろ過部カセット底部スクリーンへの汚泥の付着

実証研究において、運転開始から6か月程度経過した時点でろ過部カセットの状況を確認したところ、**図資 1-27** に示すとおり、ろ過部カセットの底部スクリーン一面に汚泥が付着していることを確認した。汚泥の付着が継続すると底部スクリーンの開口を徐々に閉塞させていくため、ろ過部の通水抵抗が増加し、最終沈殿池の上流側水位が上昇してくことが課題となった。

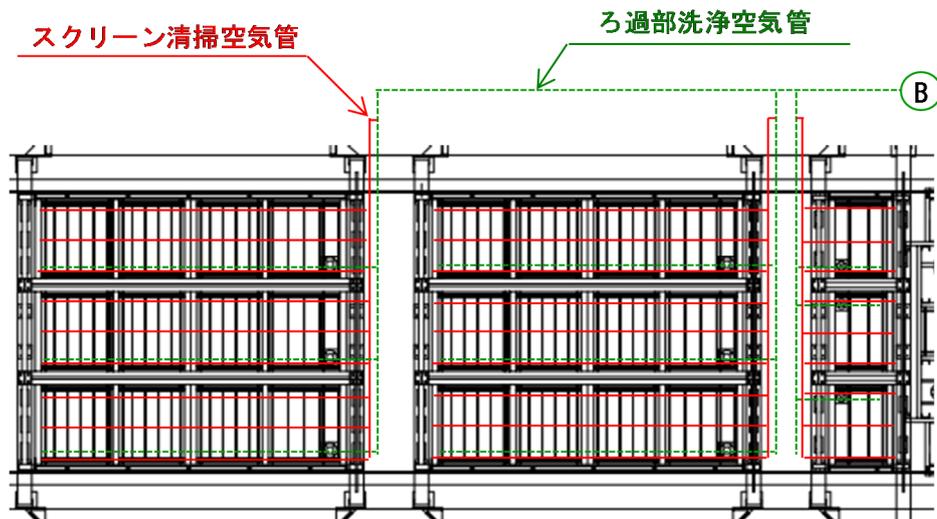


図資 1-27 底部スクリーンへの汚泥付着状況

上記の課題を受け、底部スクリーンに付着する汚泥を洗い流す方法を検討し、**図資 1-28** および**図資 1-29** に示すスクリーン清掃空気配管を設置した。スクリーン清掃空気管には、一定間隔で空気穴が設けられており、1分程度、空気を吹き出すことで底部スクリーンに付着した汚泥を洗い落とすことができる。また、スクリーン清掃空気管をろ過部洗浄空気管と接続させることにより、ろ過部の洗浄に合わせて底部スクリーンの清掃を行うことができる。



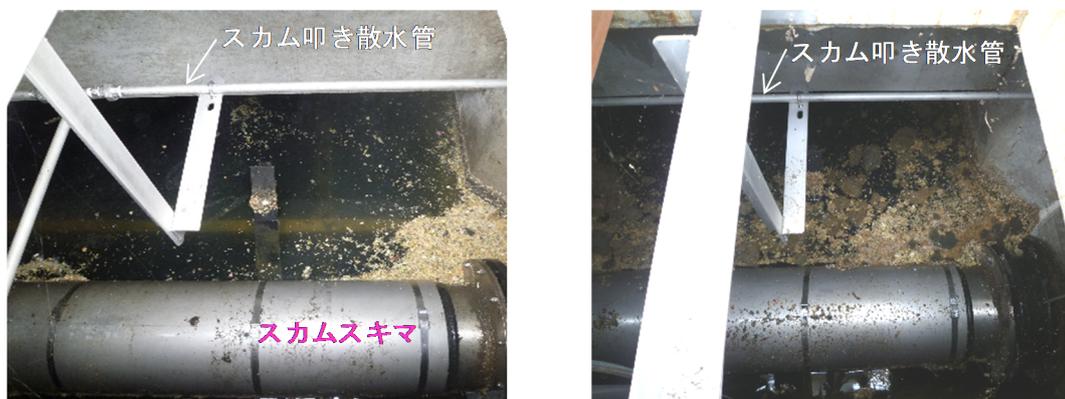
図資 1-28 スクリーン清掃空気管設置イメージ（断面図）



図資 1-29 スクリーン清掃空気管設置イメージ（平面図）

1.3.3 スカムスキマ閉止によるスカムの蓄積

本技術を導入した場合、ろ過部でのろ抗の影響を受けるため、既存の最終沈殿池よりも水位変動が大きくなる。実証研究を行った両島浄化センターでは、パイプ式のスカムスキマを使用しているが、実証研究の実験条件によっては水没する可能性があったため、実証研究の開始に先立って、実証系のスカムスキマを閉止する処置を行った。これにより、実証系ではスカムを取り除く方法がなくなるため、スカム叩き用の散水管から散水し、表面のスカムを破砕することとした。図資 1-30 に示すとおり、水面に散水することによって所定の効果を得ることができたものの、完全に取り除くことはできず、また、図資 1-27 に示すように、底部スクリーンの閉塞を助長する懸念が生じた。そこで、本技術を導入する際にもスカムを最終沈殿池の外に排出できるよう、既存のスカムスキマを改造する、もしくは異なる機能を有するスカムスキマに置き換えるなどの対策が必要と考えられる。



図資 1-30 散水によるスカム叩きの効果（左：散水時、右：1週間散水停止）