

## 〈特集〉

## 浜松市城西浄化センターにおける MBR の初期運転管理

猿田晴広<sup>1)</sup>, 石山明<sup>2)</sup><sup>1)</sup>浜松市 上下水道部 下水道工事課  
(〒430-0906 浜松市中区住吉5-13-1 E-mail: gesuiken@city.hamamatsu.shizuoka.jp)<sup>2)</sup>株式会社神鋼環境ソリューション 商品市場・技術開発センター  
(〒651-2241 神戸市西区室谷1-1-4 E-mail: a.ishiyama@kobelco-eco.co.jp)

## 概要

浜松市城西浄化センターに、ポリフッ化ビニリデン (PVDF) 製の中空糸膜を用いた膜分離活性汚泥法 (MBR) を導入した。平成20年度より運転を立ち上げ、これまで良好な運転を維持している。今後の MBR の普及を見据えると、初期運転管理は施設の円滑な立ち上げのために非常に重要な知見である。本報では、当センターで実施した MBR の立ち上げ方法を紹介し、運転状況および処理水質について報告する。

キーワード：膜分離活性汚泥法，浸漬型中空糸膜，ポリフッ化ビニリデン，初期運転  
原稿受付 2010.12.28

EICA: 15(4) 57-60

## 1. はじめに

天竜川支流の水窪川（一級河川）は豊かな清流に恵まれ、夏には釣り人やヤマメのつかみ取りで賑わっている。浜松市では、これら清流の水質保全を目的に平成16年より城西処理区の下水道整備を進めてきた。そして、平成20年2月に城西浄化センター（Fig. 1）が完成し、同年3月から供用開始している。当センターの処理方式は省スペースで高度処理が可能な MBR を採用しており、運転の立ち上げ時からこれまで、良好な運転状況、処理水質を維持している。これまで MBR の実施における初期運転データについて報告された例は少ないが、今後の MBR の普及を見据えると、初期運転に関する知見は重要であると考えられる。本報では、当センターにおける MBR 運転の立ち上げと初期運転、運転状況、処理水質について報告する。



Fig. 1 Shironishi Sewage Treatment Center

## 2. 施設概要

## 2.1 計画概要

処理面積：73.5 ha（処理人口 3,200 人）  
 処理能力：1,375 m<sup>3</sup>/日  
 最低水温：8℃  
 水質：BOD 180 mg/L(流入)/3.0 mg/L(放流)  
 SS 140 mg/L(流入)/1.0 mg/L(放流)  
 T-N 35 mg/L(流入)/10 mg/L(放流)

## 2.2 処理フロー

当センターの概略フローを Fig. 2 に、施設概要を Table 1 に示す。目幅 1 mm の微細目スクリーンで分流水流入下水の夾雑物が除去された後、流量調整槽を経て反応槽に流入する。反応槽は 2 系列から構成され、処理方式は循環式硝化脱窒法である。好気槽には浸漬型中空糸膜が設置されており、膜ろ過ポンプで処理水を得る。大腸菌等が確実に分離されるため塩素消毒をしていない。散気装置は膜面を洗浄するための散気装置と酸素を供給するための補助散気装置から構成される。余剰汚泥は好気槽より直接脱水される。また、膜がファウリングした際にインライン洗浄 (CIP=clean-in-place) を行うための薬品槽が設けられている。

## 3. MBR 運転の立ち上げと初期運転条件

## 3.1 種汚泥の選定、投入方法

一般的に新設の MBR では、近隣の下水処理場から

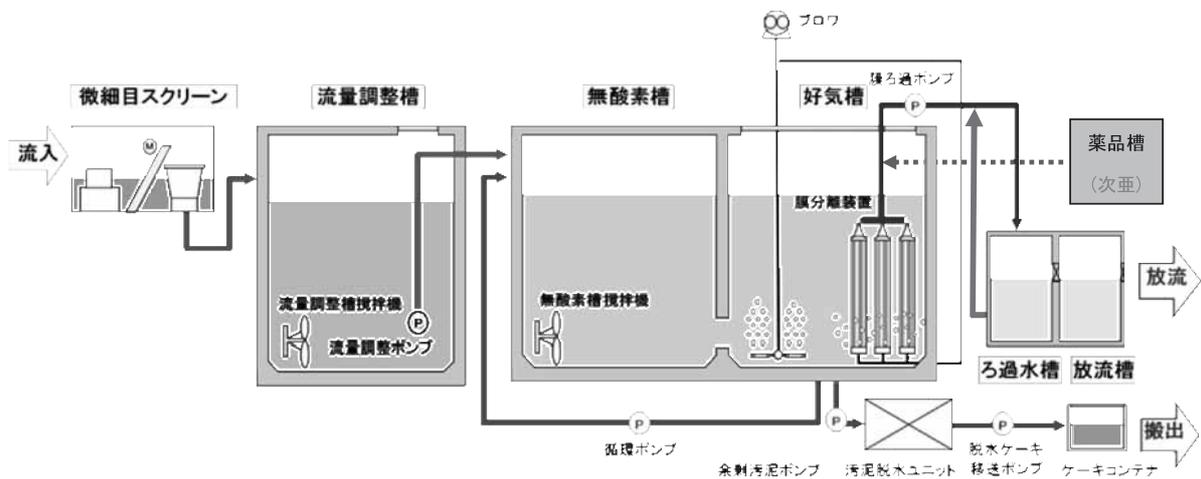


Fig. 2 Process flow diagram of MBR

Table 1 Specific details of MBR

施設名		主仕様	
反応槽	無酸素槽	4.0 mW×5.7 mL× 有効水深 4.0 m×2 系列	
	好気槽	4.0 mW×5.7 mL× 有効水深 4.0 m×2 系列	
膜分離装置	膜モジュール	形式	浸漬型中空糸膜モジュール (円筒形)
		サイズ	φ0.15 m× 有効膜長 2.0 m
		膜面積	25 m <sup>2</sup>
		公称孔径	0.1 μm
	膜モジュール数	12 本/ユニット	
	膜ユニット数	5 ユニット ×2 系列	
汚泥処理施設	汚泥脱水機	多重板型スクリュープレス 7 kgDS/時/本 ×2 本	

高濃度の種汚泥を少量輸送の方が望ましいと言われるが、投入する汚泥には、ろ過性が良くフレッシュな状態であることも求められる。そこで、当センターの立ち上げにあたっては、近隣処理場の MLSS、ろ紙ろ過量を測定し性状を確認してから種汚泥を選定することとした。その結果、Table 2 に示すように、ろ紙ろ過量が最も大きい値を示した浦川浄化センターの返送汚泥を種汚泥とした。また投入にあたっては、汚泥性状の変質を防ぐためバキューム車による種汚泥の採取・移送・投入を約 5 時間で速やかに完了した。なお、反応槽への投入にあたっては、夾雑物を除去するため、投入位置を微細目スクリーンの手前とした。

Table 2 Properties of original sludge

種汚泥候補	MLSS (mg/L)	ろ紙ろ過量 (mL/5分)
佐久間浄化センター 返送汚泥	5,800	31
佐久間浄化センター 濃縮汚泥	14,400	29
浦川浄化センター 返送汚泥	7,500	39

【備考】各汚泥の MLSS 濃度を 5,000 mg/L 程度に希釈・調整してから、水温 26℃でろ紙ろ過量を測定した。ろ紙ろ過量とはろ過性の指標であり、試料 50 mL を 5 C ろ紙で 5 分間自然ろ過した水量で表す。

### 3.2 立ち上げ時の MLSS

低負荷運転、高負荷運転は活性汚泥のろ過性や処理水質に影響する可能性があるため、立ち上げ時における MLSS 設定は重要である。供用開始後、流量調整槽に流入する水質、水量を調査し、過去の知見<sup>1)</sup>より BOD-SS 負荷が 0.05 kgBOD/kgSS/日となるよう、MLSS を約 1,000 mg/L に設定した。

### 3.3 MBR の初期運転

MBR の初期運転条件を Table 3 に示す。立ち上げ時期には回分式運転、次いで昼間のみの連続運転を行い、水量の増加に伴って連続運転へと移行した。膜分離装置の起動に連動して散気装置、循環ポンプを起動させ、膜ろ過ポンプは定流量制御とし、膜の閉塞を防止するため 10 分毎に 1 分間の逆洗を行った。なお、期間 3 までの間は、補助散気装置の作動、余剰汚泥の引抜、膜の薬品洗浄は行わなかった。

反応槽 MLSS が 10,000 mg/L に達した期間 4 より、汚泥脱水機を運転するまでの暫定処置として、活性汚泥の自己消化を促進するため補助散気装置を作動させ、平均月 2 回の頻度で少量の余剰汚泥をバキューム車で引き抜いた。余剰汚泥量が増加してきた期間 5 より、

**Table 3** Operating conditions of MBR during primary stage

項目	期間1	期間2	期間3	期間4	期間5
期間	H20/5/16~6/12	6/13~7/8	7/9~H21/3/2	H21/3/3~7/13	7/14~
運転経過日数	0~28日	29~54日	55~291日	292~424日	425日~
処理水量/系列	30m <sup>3</sup> /日以下	30~50 m <sup>3</sup> /日	50 m <sup>3</sup> /日以上	100 m <sup>3</sup> /日以上	120~300 m <sup>3</sup> /日
運転方法	回分式運転 (週2日)	連続運転 (週2日, 昼間)	連続運転 <sup>*1</sup>		
設定フラックス <sup>*2</sup>	0.26~0.46 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /日	0.26 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /日 (0.2 m <sup>3</sup> /時/m <sup>2</sup> 膜)			
散気装置	5.0 m <sup>3</sup> /分/系列				
補助散気装置	停止			3.5~5.0 m <sup>3</sup> /分/系列 <sup>*3</sup>	
汚泥脱水機	運転せず <sup>†</sup>				週2日程度運転

【備考】<sup>\*1</sup> 無酸素槽水位に連動して膜分離装置を起動させた。  
<sup>\*2</sup> 流入水量, 処理時間に応じてフラックスを設定した。膜分離装置作動時のフラックスを1日当たりに換算して表した。  
<sup>\*3</sup> 1日当たりの稼働率を75~100%で運転した。

週2日程度の頻度で汚泥脱水機を運転した。また, 期間5においては, 3,000 mg/L 次亜塩素酸ソーダ (以下, 次亜) による膜のインライン洗浄を実施した。なお, 試験的に1%シュウ酸によるインライン洗浄も実施した。薬品注入量は単位膜面積当たり 2 L/m<sup>2</sup> とした。

### 4. 運転状況

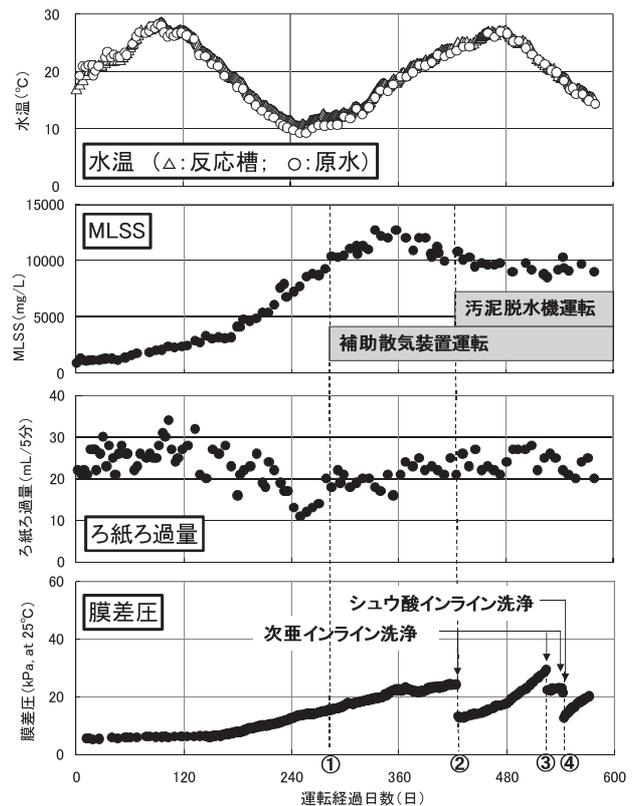
水温, MLSS, ろ紙ろ過量, 膜差圧について, 運転開始時からの推移を Fig. 3 に示す。

反応槽の水温については, 平成20年5月16日の立ち上げ時は 17.0℃であった。高水温期を経て, 最低水温は平成21年1月18~21日, 27日の 10.4℃であり, このとき流入下水の水温は 9.4℃であった。

MLSS については, 立ち上げ時は 940 mg/L, その後順調に汚泥が馴養され, 平成21年2月24日時点で 10,000 mg/L まで到達した。汚泥脱水機を運転していない期間4 (Fig. 3, ①~②の期間) では 10,000~12,000 mg/L 程度に, 汚泥脱水機を運転した期間5 (Fig. 3, ②以降) では概ね 10,000 mg/L を超えないように, それぞれ MLSS を維持した。期間5における汚泥発生量は1系列あたり平均 15.1kgDS/日であった。流入 SS 量に対する汚泥発生率は平均で 60.7%であったが, 特に期間4では 48.8%であった。これは暫定的に汚泥の自己消化を促進させた効果があったものと考えられる。なお, 期間4における A-SRT は平均 74 日であった。

活性汚泥のろ紙ろ過量については管理下限値目標を 10 mL/5 分<sup>1)</sup>としている。立ち上げ時は約 20 mL/5 分であったが, 水温の低下とともに徐々に低下し, 前述した最低水温日には 11~12 mL/5 分となった。その後, 水温の上昇とともに回復し, 平成21年2月中旬には 18~20 mL/5 分となった。汚泥の自己消化を促進した期間4においても, ろ過性の悪化はみとめられず, 年間を通じて概ね良好であった。

膜分離装置の膜差圧については, 立ち上げ時から平成20年10月中旬までは 5 kPa 程度でほぼ一定であっ



**Fig. 3** Changes of water temperature, MLSS, sludge permeability and TMP (trans-membrane pressure) in MBR during primary stage

た。その後, 膜差圧は概ね一定の上昇速度で推移した。処理水量の増加とともに膜差圧が増加してきたため, 活性汚泥のろ過性が問題ないことを確認したうえで, 運転開始から 424 日経過後に第1回目の次亜インライン洗浄を実施した (Fig. 3, ②)。過去の知見<sup>2)</sup>からみて, 洗浄後の膜差圧は概ね妥当な数値であると評価した。運転開始当時の膜差圧まで低下しなかったのは MLSS の違いによるものと考えられる。その後, 第2, 第3回目の次亜インライン洗浄では膜差圧の回復が十分とはいえず, 無機物によるファウリングがやや進行してきたと判断して酸洗浄法を検討し, 簡易な方法としてシュウ酸によるインライン洗浄を試行した (Fig.

3. ④)。洗浄後の膜差圧は第1回目の次亜インライン洗浄と同等となったため概ね良好な回復をみせたといえる。

インライン洗浄後の処置については、次亜の場合、膜分離装置を作動させるがバイパス運転により膜ろ過水を池排水槽を経て調整槽に戻した。膜ろ過水の残留塩素を指標とし、30分経過後に3 mg/L、60分経過後に1 mg/L未満となったため、バイパス運転は1時間程度必要であると判断した。シュウ酸の場合は、溶解した無機物が膜面で再スケール化を防止するため、膜ろ過をせずに曝気と循環を行った。Fig. 4に示すように好気槽 pH を指標とし、150分経過時点で pH が 6.5 を上回った後に通常運転を開始した。

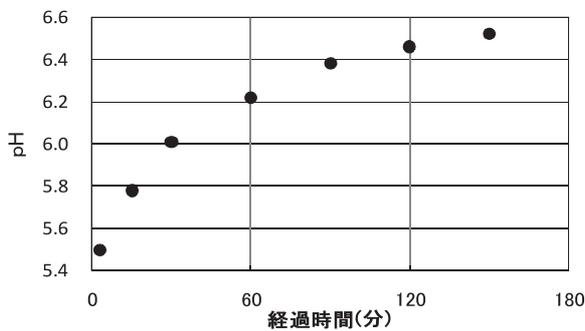


Fig. 4 Change of pH in oxalic tank after membrane was cleaned by oxalic acid with CIP (clean-in-place) method

## 5. 処理水質

SS, BOD, T-N の推移を Fig. 5 に示す。処理水の SS はすべて 1 mg/L 未満, BOD は概ね 2 mg/L 未満, T-N は概ね 10 mg/L 未満であった。汚泥の自己消化を促進した期間 4 (Fig. 5, ①~②) においても、次亜インライン洗浄直後においても、処理水質にほとんど変化を与えることなく良好な水質を維持することができた。シュウ酸インライン洗浄直後においては、BOD がやや上昇したものの計画値の範囲内であった。

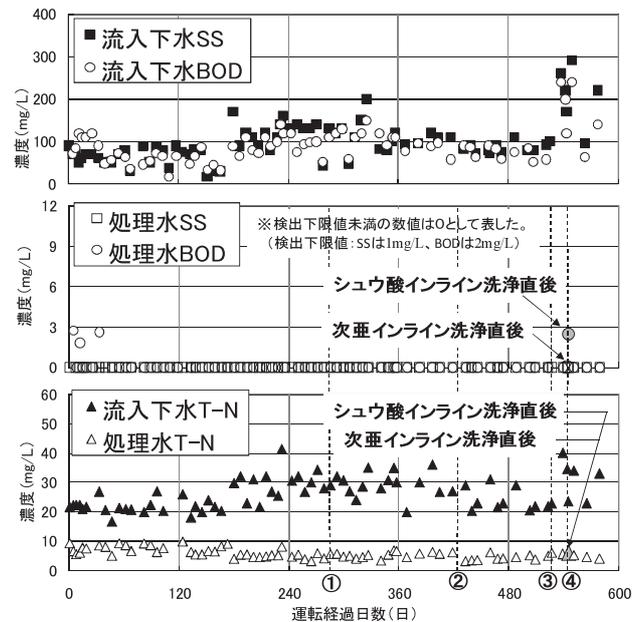


Fig. 5 Changes of water quality in MBR during primary stage

## 6. おわりに

既報も含め、これまで当センターの MBR 運転を立ち上げ、良好な運転状況、処理水質を維持しながら初期運転データを取得してきた。今後も引き続き安定運転のための知見を深めていく予定である。

## 謝辞

日本下水道事業団様から運転に関するご指導を頂き、データ取得にあたっては(株)西原テクノサービス様にご協力頂きました。ここに感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 猿田ほか：第46回下水道研究発表会講演集, pp.314-316 (2009)
- 2) 山本和夫監修：MBR(膜分離活性汚泥法)による水活用技術, サイエンス & テクノロジー, pp.97-111 (2010)