

表 4-2 運転条件、原水水質と差圧上昇速度

原水種	Run No	膜ろ過流束 [m ³ /m ² ・日]	回収率 [%]	原水水質(平均値)				差圧上昇 速度 [kPa/d]
				濁度 [度]	TOC [mg/L]	アルミニウム [mg/L]	E260 [-]	
原水 1	—	8	97	0.14	0.2	0.02	0.050	0.0
原水 2	Run1	4	90	0.24	0.6	0.52	0.063	0.2
	Run2	5	92					0.0
	Run3	6	94					1.9
	Run4	8	95					4.1
原水 3	条件 1	6	95	0.03	0.3	0.03	0.038	0.2
	条件 2	8	99					0.5

また、膜差圧の上昇した膜に対して硫酸、水酸化ナトリウム、クエン酸による薬品洗浄を行い、回復率 98.1% が得られた。

この高透水性 UF 膜を用いて実設備を設計した場合の試算を表 4-3 に示す。

<試算条件> 処理規模：4,000 m³/日、原水：凝集沈澱急速ろ過水

表 4-3 高透水性 UF 膜と従来膜による 4,000 m³/日設備の試算

項 目	高透水性膜による試算	従来膜による試算
膜ろ過流束 [m ³ /m ² ・d]	6	1.8
モジュール当たり膜面積 [m ²]	100	23
モジュール本数 [本]	8	100
ユニット設置面積 [m ²]	11 (2 ユニット)	21 (4 ユニット)

モジュール本数は従来の 8% 程度となり、ユニットの設置面積もおよそ 50% の縮小となる。モジュール本数、膜面積が削減されることから薬品洗浄に要する薬品量も削減される。モジュール交換費用も大幅な削減が可能であると考えられる。

以上の通水結果から、

- ①越生町膜ろ過原水（凝集沈澱急速ろ過水）において回収率 99%、膜ろ過流束 8 m³/m²・日の条件で 6 ヶ月間安定運転を維持する。
- ②薬品洗浄回復性 99% 以上
- ③処理水濁度 0.05 以下

が得られ、当初の目標を達成した。

.....

研究実施者

栗田工業株式会社

5 外圧中空糸MF膜を用いた 省エネルギー・省スペース型大規模膜ろ過浄水システムの確立

1. 研究目的

中・大規模浄水場に膜ろ過法を適用する場合、小規模浄水場を中心に普及しつつある現在のシステムよりも、より高い回収率、より効率的な運転管理およびオンサイト薬品洗浄方法等の確立が求められている。本研究では、10万 m³/日規模の省エネルギー・省スペース型膜ろ過浄水システムを確立することを目的とした。

2. 研究概要

実験は、平成15年4月から平成17年2月まで横浜市水道局川井浄水場にて、道志川系および道志川系と相模湖系の混合水を原水とし、小型膜試験装置を用いてあらかじめ膜ろ過流束の予備検討を実施した上で、大型の3段膜ろ過システムにて実施した。1段目と2段目の膜ろ過水を浄水とし、3段目膜ろ過水は1段目あるいは2段目の原水へ返送することにより、凝集剤無注入のシステム全体の回収率として99.9%以上を目標とした。全体フローを図5-1に、モジュール仕様を表5-1に、運転方法を表5-2に示す。

3. 結果概要

3.1 1段目膜の実験結果

1段目膜の運転結果を図5-2に示す。原水濁度が平均3.7度、最大88度の道志川系原水に対して、膜ろ過流束 2.5 m³/m²・日以上 の条件で6ヶ月間の安定運転が可能であった。また、クロスフローろ過から全量ろ過に変更した後も膜差圧の安定性に有意差はみられず、全量ろ過で運転が可能と考えられた。

3.2 2段目膜の実験結果

膜ろ過流束 1 m³/m²・日で4ヶ月

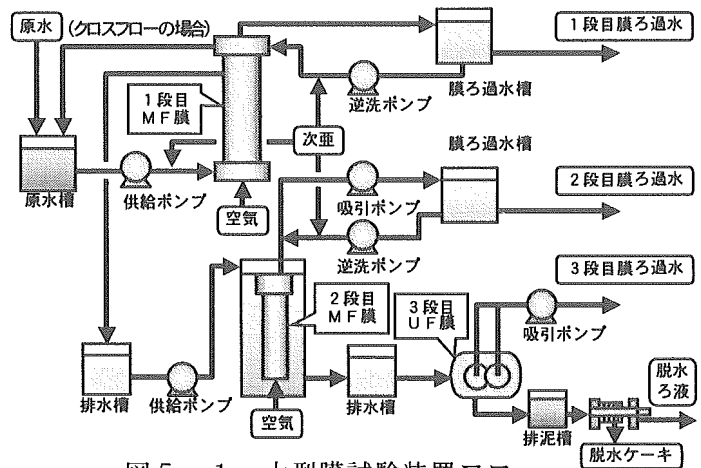


図5-1 大型膜試験装置フロー

表5-1 大型膜試験装置のモジュール仕様

	用途	膜モジュール仕様
1段目	浄水	種類：外圧中空糸MF膜 材質：PVDF 孔径：0.1μm 膜面積：50m ² /本×2本
2段目	浄水 および 排水回収	種類：浸漬型 外圧中空糸MF膜 材質：PVDF 孔径：0.1μm 膜面積：14.7m ² /本×1本 (流束 1.5m ³ /(m ² ・日)のときは 7.4m ² /本×1本)
3段目	排水濃縮	種類：UF膜 材質：ポリスルホン 孔径：分画分子量 750,000 膜面積：0.3m ²

表5-2 運転方法

1段目	ろ過方式	全量ろ過またはクロスフローろ過
	洗浄方法	次亜添加逆洗 +エアスクラビング
2段目	ろ過方式	全量吸引ろ過
	洗浄方法	次亜添加逆洗 +エアスクラビング
3段目	ろ過方式	全量吸引ろ過

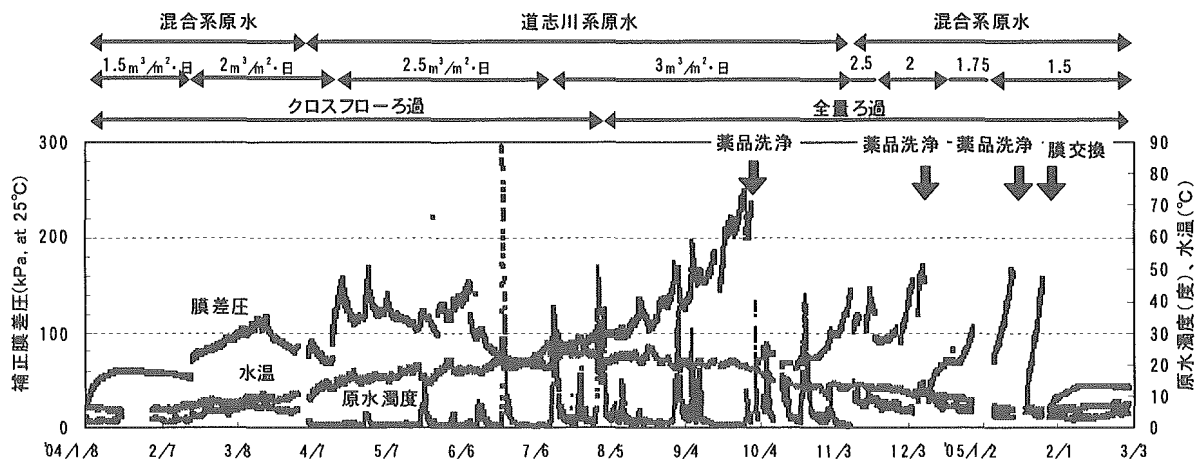


図 5-2 原水水温、原水濁度および膜差圧の経時変化（1 段目）

間運転したが、原水濁度が平均 48 度、最大 882 度であっても膜差圧は上昇することなく安定していた。膜ろ過流束を $1.5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ とした場合では、原水濁度が平均 70 度、最大 465 度であったが膜差圧は平均 $0.1 \text{ kPa}/\text{日}$ の上昇速度で 5 ヶ月間運転が継続でき、膜ろ過流束は $1.5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ で年 2 回程度の薬品洗浄頻度で運転が可能と考えられた。

3. 3 3 段目膜の実験結果

日平均膜ろ過流束 $0.66 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ で濃縮汚泥濃度が $4 \pm 1\%$ になるように適宜汚泥の引抜きを行いながら安定した運転を行い、回転式平膜装置で 2 段目膜排水を 4% まで濃縮が可能なることを確認した。

3. 4 濃縮汚泥の脱水試験結果

いずれの原水の場合でも、無薬注で 4% 程度に濃縮された汚泥は、長時間型加圧脱水方式でケーキ含水率 40~42% 程度まで無薬注で脱水可能なことがわかった。

3. 5 膜ろ過水質

凝集剤注入なしの条件で 1 段目膜ろ過水の水質は良好であり、2 段目膜ろ過水の水質も水道水質基準を満たしており、飲用に供することが十分可能であった。

3 段目の膜ろ過水は、1 段目および 2 段目と比較すると色度や有機物量が高く、1 段目原水へ返送することが望ましいと考えられた。

4. まとめ

実験結果より、3 段膜ろ過システムを構築することによりトータルシステムの回収率を 99.9% 以上とすることができた。道志川系原水に対して、1 段目膜ろ過装置は膜ろ過流束 $2.5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ 、2 段目膜ろ過装置は膜ろ過流束 $1.5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ 、3 段目膜ろ過装置は日平均膜ろ過流束 $0.66 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ で長期の安定運転が可能であり、1 段目及び 2 段目の膜ろ過水水質は飲用への適用が可能なものであった。また効率的な膜破断監視システム、廃棄膜モジュールのリサイクル方法、オンサイト・オンライン薬品洗浄方法を確立することができ、10 万 $\text{m}^3/\text{日}$ のランニングコストは 3 段膜ろ過システム全体で $4.85 \text{ 円}/\text{m}^3$ と試算された。

研究実施者

株式会社石垣、 三機工業株式会社、 JFE エンジニアリング株式会社、
住友重機械工業株式会社、 日立プラント建設株式会社、 扶桑建設工業株式会社

6 内圧モノリスセラミック MF 膜を用いた 省エネルギー・省スペース型大規模膜ろ過浄水システムの確立

1. 実験目的

10 万 m^3 /日規模の浄水場を内圧モノリスセラミック精密ろ過 (MF) 膜で設計するために、下記の数値目標を達成することで、浄水場の省スペース・省エネルギー化を図る。

- ①システム全体の回収率 99.9%以上
- ②膜ろ過流束 $3m^3/m^2 \cdot 日$ 以上
- ③ランニングコスト 5 円/ m^3 程度(除運転員人件費・償却費)
- ④薬品洗浄頻度 2 回/年以下

2. 実験概要

2. 1 実験期間及び場所：2003 年 4 月～2005 年 3 月 横浜市水道局川井浄水場

2. 2 原水：道志川系、相模湖系及び、道志川系と相模湖系の混合系の 3 種類とした。

2. 3 実験装置

実験は、公称孔径 $0.1\mu m$ のセラミック製 MF 膜を用い、内圧全量ろ過で実施した。実験装置は、大型膜試験装置 1 系列と小型膜試験装置 3 系列で構成し、それぞれの膜面積は $15m^2/本 \times 4 本$ 及び、 $0.4m^2/本 \times 6 本$ である。図 6-1 に実験装置処理フローを示す。

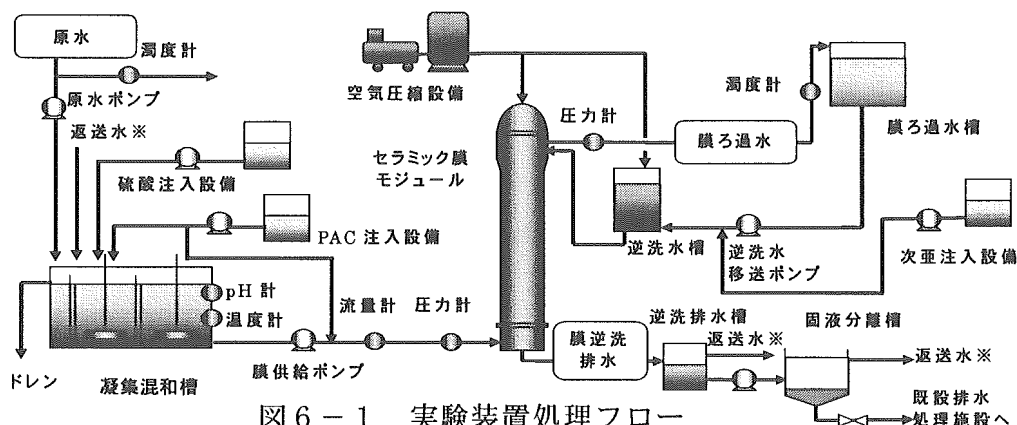


図 6-1 実験装置処理フロー

2. 4 実験内容

- ① 道志川系及び混合系原水に対して長期間、安定運転可能な膜ろ過流束の検討を行った。
- ② ①の条件において、水質改善のための最適凝集条件 (pH・PAC) の把握を実施した。
- ③ 凝集剤のインライン注入方式を小型膜試験装置にて検討を行った。
- ④ 回収率の向上を目指し、物理洗浄排水を固液分離し上澄水を凝集混和槽に返送した。
- ⑤ トータルシステムの安定性・処理性を大型膜試験装置にて検討した。
- ⑥ 相模湖系と道志川原水の処理特性比較を小型膜試験装置にて実施した。
- ⑦ 無薬品洗浄方法として電解水 (酸性水、アルカリ水) を使用し、小型装置で検討した。

3. 実験結果と考察

3. 1 流束の検討

道志川系原水で $2 \sim 5m^3/m^2 \cdot 日$ の流束で検討した結果、流束 $4m^3/m^2 \cdot 日$ ・ろ過時間 3 時間とすることで、安定運転が 3 ヶ月以上可能であった。このときの膜部回収率は約

98%である。この結果を基に、大型装置にて薬品洗浄頻度 2 回/年以下を目標とした実証実験を行った。

3. 2 前処理 (pH 調整) の検討

前処理として原水 pH を 6.5 に調整すると、ろ過水中のアルミニウム、色度、有機物量の改善が見られた。また、膜差圧上昇率が低くなり、膜閉塞を抑制する効果があった。

3. 3 凝集剤注入方法の検討

凝集剤の注入をインライン注入方式で行うと、凝集混和方式に比べて高い差圧上昇を示した。そこで、注入点から膜までの到達時間を変更することで、差圧上昇を抑制し、凝集混和方式に近い処理特性が得られた。

3. 4 物理洗浄排水の返送

物理洗浄排水は、沈降時間 10 分で汚泥界面が 10%程度となるため、沈降分離した上澄水を膜供給部へ返送し、回収率を向上させた。システム全体の回収率は 99.9%となり、目標達成が可能となった。なお、上澄水濁度は原水濁度と同程度であり、返送による膜差圧上昇は軽微であった。

3. 5 大型膜試験装置によるトータルシステムとしての安定性・処理性の検討

凝集混和方式であった 2004 年 5 月から 11 月までは、膜差圧上昇が緩やかで 6 ヶ月間薬品洗浄をせずに、安定運転が可能であると推定された。2004 年 11 月よりインライン方式に変更するろ過工程中の膜差圧の上昇幅が高くなったが、物理洗浄後のろ過工程初期の膜差圧は十分に回復した。この時の薬洗頻度は 5 ヶ月に 1 回程度と推定された。

3. 6 相模湖系と道志川系の処理性比較

道志川系原水 (平成 15 年) と相模湖系原水 (平成 16 年) を同一運転条件による処理特性比較実験を行った。相模湖系は道志川系に比べて、色度、濁度、有機物量が高かったが、膜差圧上昇に大きな違いを示すことなく、同等な膜ろ過水質を得ることができた。

3. 7 薬品洗浄の検討

大型膜試験装置は、次亜塩素酸ナトリウムおよびクエン酸による薬品洗浄を 2 回行った。薬品洗浄による回復率は初期純水透過流束の 95%以上を示し、十分な回復であった。無薬品洗浄として、電解水を用いて洗浄を行ったが、回復率 7%と低い結果であった。

3. 8 ケーススタディ

処理水量 10 万 m³/日規模の膜ろ過施設のケーススタディを実施し、以下の結果を得た。

項目	概要
膜本数・面積	1,200 本、28,800m ² (24m ² /本×100 本/ユニット×3 ユニット/系列×4 系列)
回収率	99.9% (システム全体)
構成施設	前処理設備、膜ろ過設備、薬品注入設備、排水処理設備、薬品洗浄設備
敷地広さ	42m×26m (1,092m ²)
ランニングコスト	2.50 円/m ³ (動力費、薬品費、薬品洗浄費、膜交換費)

研究実施者

オルガノ株式会社

JFE エンジニアリング株式会社

日本ガイシ株式会社

日立プラント建設株式会社

前澤工業株式会社

7 浸漬膜を用いた大容量膜ろ過システムの開発

1. 実験目的

膜ろ過技術の中小規模浄水場への導入が進む中、大規模浄水場への適用も検討され実用化されつつある。本研究では、大規模浄水場向けに設計・開発された高集積浸漬型中空系 MF 膜ユニットを用いて、これらの課題を解決すべく実証実験を行った。

2. 実験の概要

2.1 実験期間

2003年7月～2005年3月

2.2 実験場所

横浜市水道局川井浄水場

2.3 実験装置

今回実験に使用した膜モジュール及び実験の概要を表7-1に、フローシートを図7-1に示す。

原水は、0.5mm ストレーナを通過させ前塩素および凝集剤(PAC)のライン注入を行った後に、浄水ろ過膜の浸漬槽に供給した。凝集剤の注入は混合系原水の運転時のみ行った。ろ過水の一部を逆洗水として、塩素を添加せずに浄水ろ過膜の逆圧洗浄に用いた。

2.4 原水

4月から10月の夏期は道志川水系を原水とし、11月から3月の冬期は道志川と相模湖の混合水である。表7-2に主な原水水質を示す。

3. 実験結果

3.1 浄水ろ過膜

道志川系を原水とした運転結果を図7-2に示す。PAC を注入せず膜透過流束 $0.7\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{日}$ 以下での安定した運転が可能であった。一方、混合系での運転結果を図7-3に示す。道志川系よりもファウリングが進行しやすく、相模湖からの有機物が原因と推察される。PAC 注入を行い膜透過流束を $0.6\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{日}$ にすることで概ね安定した運転ができた。

表7-1 膜ろ過ユニット仕様

		浄水ろ過膜	回収ろ過膜
ユニット仕様	膜種類	中空系 MF 膜 (公称孔径 $0.1\mu\text{m}$)	
	膜ろ過方式	吸引ろ過方式	
	材質	親水化ポリエチレン	
	公称膜面積	680m^2	34m^2
	装置の外形寸法	$1200\text{L}\times 400\text{W}\times 2375\text{H}$	$1200\text{L}\times 175\text{W}\times 175\text{H}$
運転条件	膜透過流束	$0.5\sim 0.8\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{日}$	$0.3\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{日}$
	回収率	$88\sim 95\%$	$98\sim 99\%$
洗浄条件	洗浄方法	エアスプレーンク・逆流洗浄併用	エアスプレーンク単独またはエアスプレーンク・逆流洗浄併用
	洗浄間隔	30分～60分に1回	30分に1回
	排水方法	洗浄数回に1回全量排水	洗浄毎に少量排水

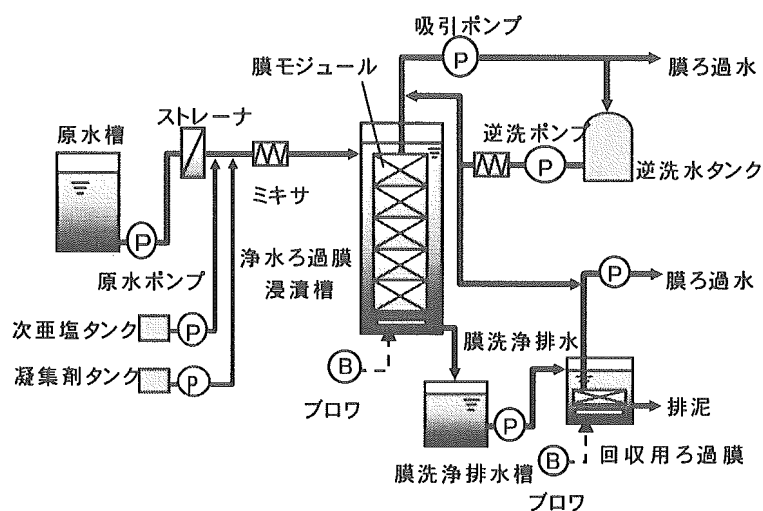


図7-1 フローシート

またオンラインによる薬品洗浄を行い、水温 7℃の条件で透水性能の回復率は 85%であった。

3. 2 回収ろ過膜

回収用ろ過膜での実験結果を図 7-4 に示す。原水が混合系（PAC 注入あり）の時の浄水ろ過膜洗浄排水を利用し、流入濁度は 22~239 度である。回収率は 98~99% で安定した運転が継続でき、システム全体で 99.9%以上の回収率を達成した。また逆圧洗浄を行わずエアスクラッピングのみの洗浄でも 40 日間安定した運転ができた。

3. 3 ろ過水の水質

浄水ろ過膜と回収用ろ過膜のどちらにおいても、膜ろ過水の水質は水道水質基準を満たす良好な結果となった(表 7-2)。

4. まとめ

- (1)表流水を原水として高集積型浸漬膜の実証実験を行い、安定した運転結果を得た。
- (2)回収ろ過膜を利用することで、回収率 99.9~99.95%のシステムを確率した。
- (3)現地オンライン薬品洗浄を行い、良好な透水性能の回復率を得た。

謝辞

本研究に多大なご協力を頂いた横浜市水道局川井浄水場の皆様に深く感謝致します。

研究実施者

株式会社荏原製作所 月島機械株式会社
三菱レイヨン株式会社 三菱レイヨン・エンジニアリング株式会社

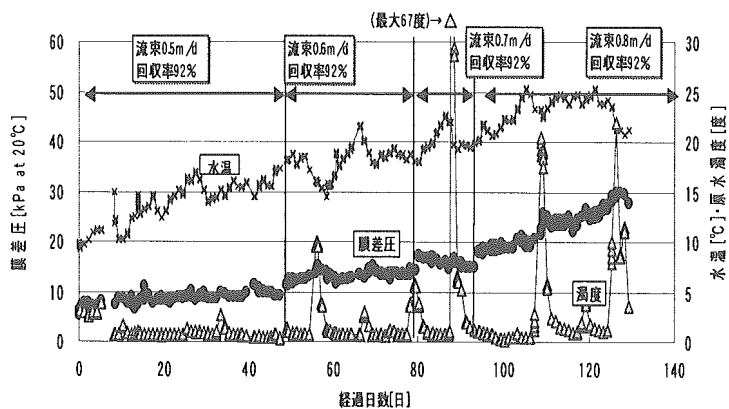


図 7-2 浄水ろ過膜の運転 (道志川系,PAC 注入なし)

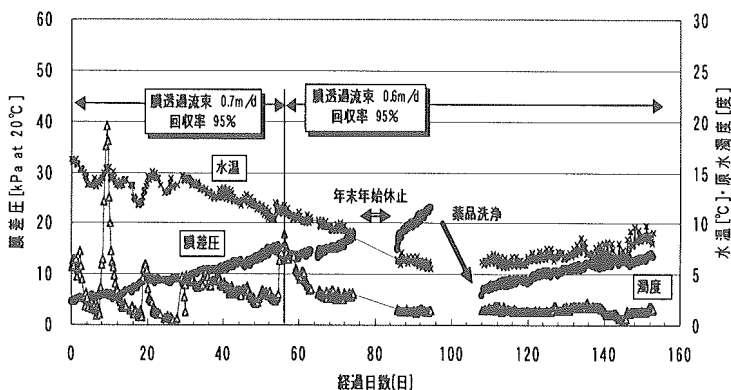


図 7-3 浄水ろ過膜の運転 (混合系,PAC5.15mg/L)

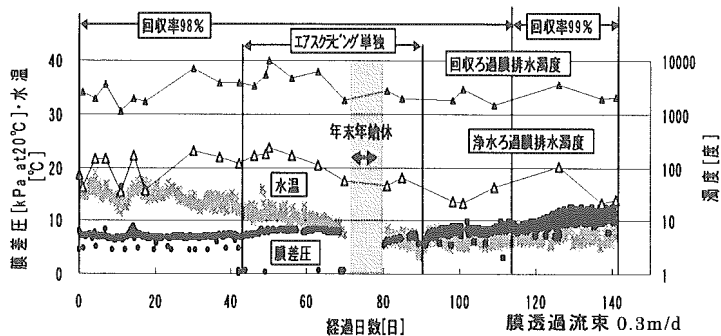


図 7-4 回収ろ過膜の運転 (混合系原水時)

表 7-2 主な原水及び膜ろ過水水質

水質項目	原水		膜ろ過水		
	混合系	道志川系	浄水膜	回収膜	
濁度	度	4.3	3.7	<0.05	<0.05
濁度(最大)	度	67	25	-	-
色度	度	6	6	<1	<1
pH	-	7.7	7.6	7.6	7.7
総 Al	mg/L	0.28	0.21	0.04	0.04
総 Fe	mg/L	0.15	0.15	<0.01	<0.01
総 Mn	mg/L	0.019	0.011	<0.005	<0.005
KMnO ₄ 消費量	mg/L	2.7	2.5	1.3	1.8

注) 実験期間中測定した平均値

8 高流束型大容量 UF 膜を用いた省エネルギー・省スペースを考慮した大規模膜ろ過システムの確立

1. 実験目的

膜ろ過設備を 10 万 m³/日規模の大規模浄水場にも広く普及させることを目的に、次の 4 項目を主目的とする実証研究を実施した。

- (1)膜ろ過装置の高性能化・低コスト化
- (2)高回収率の膜ろ過浄水システムの構築(システム回収率 99%以上)
- (3)膜損傷監視システムの構築
- (4)大規模膜ろ過システムの評価と提案(ケーススタディー)

2. 実験概要

2. 1 実験期間：2003 年 5 月～2005 年 2 月
2. 2 実験場所：横浜市水道局川井浄水場
2. 3 原水：道志川系表流水または道志川及び相模湖系混合水
2. 4 実験装置

実験装置は、従来品より高純水透過性能の中空系を用いた膜面積 120m²の新規大容量 UF 膜による大型実験機(1 段目膜ろ過装置)と 1 段目膜ろ過装置の物理洗浄排水をさらに膜処理する小型実験機(2 段目膜ろ過装置)で構成される。1 段目膜ろ過装置の前処理は夾雑物除去のためのストレーナー(目開き：200μm)のみであり、凝集剤は使用しなかった。ろ過方式は、省エネルギーを考慮して、全量ろ過方式とした。2 段目膜ろ過装置についても前処理無・全量ろ過方式にて実験を行った。実験装置フローを図 8-1 に、大容量 UF 膜の仕様を表 8-1 に示す。

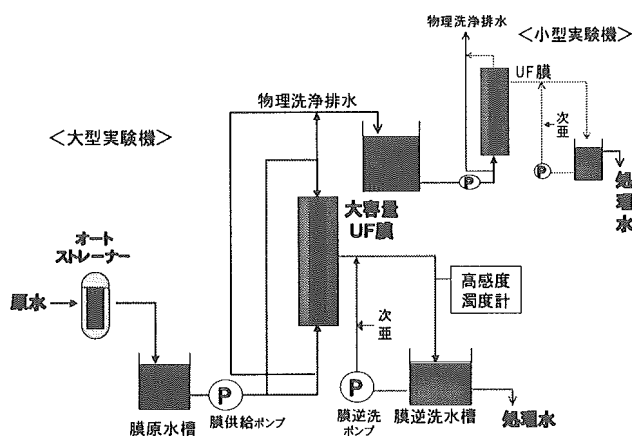


図 8-1 実験装置フロー

表 8-1 新規大容量 UF 膜仕様

膜材質	酢酸セルロース
分画分子量	150,000
膜形状	内圧型中空糸
膜収納方式	ケーシング収納方式
モジュール寸法	φ452mm×L1110mm
有効膜面積	120m ² /モジュール
中空糸純水透過性能	従来品の約 1.5 倍

3. 実験結果

3. 1 大容量 UF 膜(1 段目膜ろ過装置)運転性能 (対道志川系表流水)

平成15年度の大容量UF膜の補正膜間差圧の推移を図 8-2 に、原水濁度及び水温の推移を図 8-3 に示す。大容量UF膜は、原水濁度上昇時に一時的に差圧が上昇しても、濁度の低下とともに回復する傾向を繰り返し、5ヶ月以上薬品洗浄を行わずに運転が実施できた。薬品洗浄実施後の膜を用いた平成16年度も同様であった。この結果から大容

量UF膜は、従来UF膜以上の運転性能を有し、大型化と高流束化による省スペース化・低コスト化に寄与すると判断できた。また、全量ろ過方式での安定運転性も高いものと考えられた。

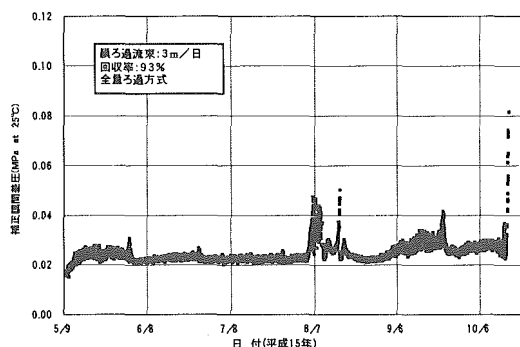


図 8-2 補正膜間差圧の推移

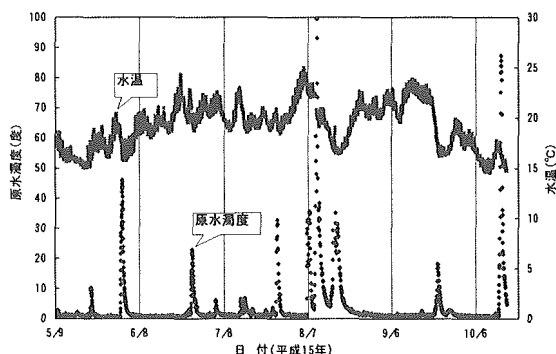


図 8-3 原水濁度及び水温の推移

3. 2 「2 段階膜ろ過装置」運転性能 (対道志川系表流水)

大容量UF膜の物理洗浄排水を膜供給水として運転を実施した2段階UF膜の補正膜間差圧及び膜供給水濁度の推移を図8-4に示す。1サイクルでの差圧変動は大きくなるが、逆洗により初期差圧まで回復する傾向を繰り返し、約6ヶ月間安定運転を継続することができた。以上より、道志川系表流水に対し、回収率99.3%の2段階ろ過システムが適用可能であることが確認できた。

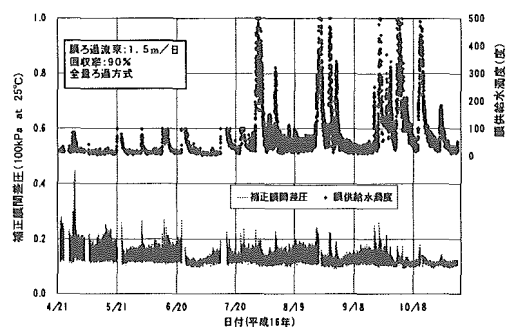


図 8-4 2 段階 UF 膜運転結果

3. 3 空気加圧式膜損傷監視システム

膜損傷監視の強化を目的に、空気拡散を利用した膜損傷検知方法を大容量UF膜を用いて検討した。その結果、膜モジュール単位では感度よく検知できることが確認できた。中空糸1本の損傷の有無により、流出水量に数十倍程度の差が見られたことから、膜ろ過ユニット単位での実施も可能と考えられた。

3. 4 大規模膜ろ過システムの評価と提案 (ケーススタディー)

本実験結果をもとに、処理量 10 万 m³/日の浄水場に大容量 UF 膜による膜ろ過施設を建設した場合のケーススタディーを実施した。その結果、従来 UF 膜で建設した場合に比べ、運転コスト(動力費、膜交換費、薬品洗浄費)約 40%減(5 円/m³以下)、設置スペース約 26%減となった。

研究実施者

オルガノ株式会社 新日本製鐵株式会社 ダイセン・メンブレン・システムズ株式会社
前澤工業株式会社 三菱重工業株式会社 ワセダ技研株式会社

9 大規模膜ろ過浄水場を想定した高効率・低環境負荷型膜ろ過システムの開発

1. 実験目的

大規模浄水場への膜ろ過法の適用に際して課題となる、膜ろ過システムの簡素化、浄水回収率の向上について、大容量膜モジュールを採用した2段膜ろ過システムの実証実験を行い、安定運転条件の確立、高浄水回収率の実現、オンサイト薬品洗浄手法や膜破断検知手法の確立について検討を行う。

2. 実験概要

2. 1 実験期間；2003年7月～2005年2月

2. 2 実験場所；横浜市水道局川井浄水場内

2. 3 原水；浄水場原水である道志川系、および道志川系・相模湖混合系を原水とした。

2. 4 実験装置

実験フローを図9-1に示す。原水に凝集剤をライン注入した後、1段目膜によって膜ろ過をする。1段目膜の物理洗浄排水を、2段目膜である浸漬膜によって膜ろ過をし、浸漬槽内で高濃度に濃縮された原水からさらに浄水を得る。1段目膜ろ過（加圧型膜モジュール）と2段目膜ろ過（浸漬型膜モジュール）から構成される2段膜ろ過システムによって、高い浄水回収率を達成できる。表9-1に実験に用いた膜モジュール仕様を示す。

膜素材として優れた耐薬品性、高強度、高耐久性を有するPVDFを選定した。

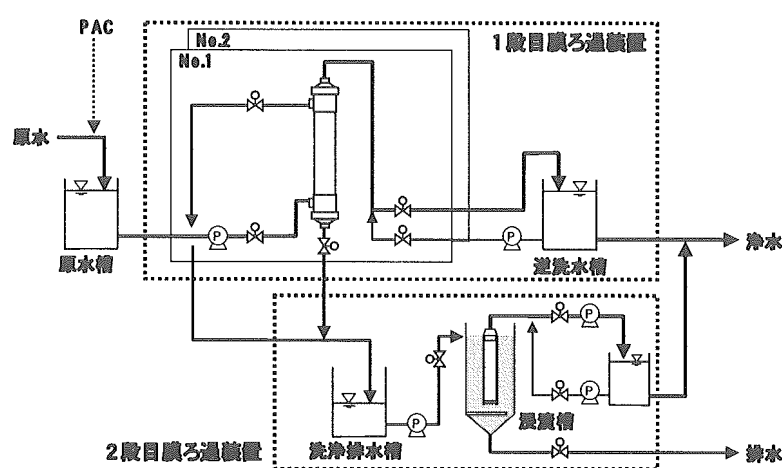


図9-1 実験フロー

表9-1 膜モジュール仕様

	1段目膜ろ過装置	2段目膜ろ過装置
膜モジュール	加圧型膜モジュール	浸漬型膜モジュール
膜素材・形状	PVDF(ホ°リフ化ビ°ニレ°)中空系MF膜	
公称孔径	0.05μm	0.05μm
モジュール外寸(膜面積)	φ216×2,160mm(72m ²)	φ100×1,000mm(7m ²)
ケーシング材質	塩化ビニル or ステンレス	—

3. 実験結果

図9-2に1段目膜ろ過の実験結果を示す。膜ろ過流束2.5 m³/m²・日において5ヶ月以上の期間、薬品洗浄なしに安定した運転が可能であった。また、このときの回収率は93.3%であった。

図9-3に2段目膜ろ過の実験結果を示す。膜ろ過流束 $0.5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ 、回収率 98.6%以上において6ヶ月以上の期間、薬品洗浄なしで安定した運転が可能であった。また、99.4%の回収率での運転が可能であることを確認した。

これらの実験結果から2段膜ろ過システムの浄水回収率は99.9%を達成できることを確認した。

表9-2に各工程における水質分析結果を示す。1段目膜ろ過水と2段目膜ろ過水を混合して得られる浄水水質は、実験期間中における平均的な回収率をもとに、1段目膜ろ過水質、2段目膜ろ過水質から算出した。2段膜ろ過システムから得られる膜ろ過水は水道水質基準を十分に満足した。

4. まとめ

本実験結果から、加圧型膜モジュールによる1段目膜ろ過と、浸漬型膜モジュールによる2段目膜ろ過からなる2段膜ろ過システムにおいて、運転リスク分散の観点から、1段目膜ろ過の回収率を95%未満にして、2段目膜ろ過の回収率を98%強程度でろ過流束をやや低めに設定すると、原水水質の変動に対する安定した運転マージンの確保をとれたうえで、99.9%といった高浄水回収率を達成できる2段膜ろ過システムの運転が可能となることを確認した。また、このような高浄水回収率においても良好なろ過水質を得られることを確認した。

2段膜ろ過システムを採用することにより大規模浄水場においても膜ろ過施設の効率化・簡素化を図ることが可能であると考えます。

最後に、本実験を実施するにあたり、多大なるご協力をいただいた横浜市水道局および水道技術研究センターの関係者各位に謝意を表す。

.....

研究実施者

水道機工株式会社

東レ株式会社

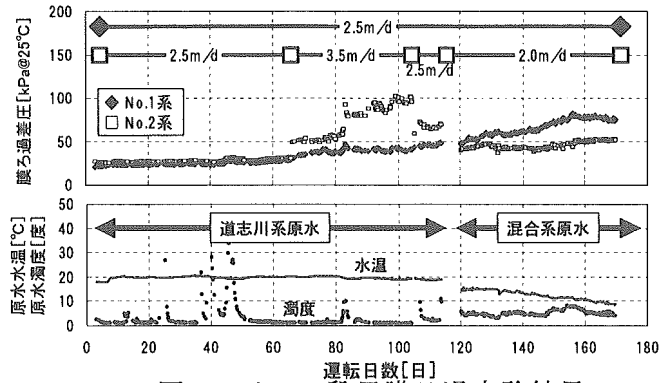


図9-2 1段目膜ろ過実験結果

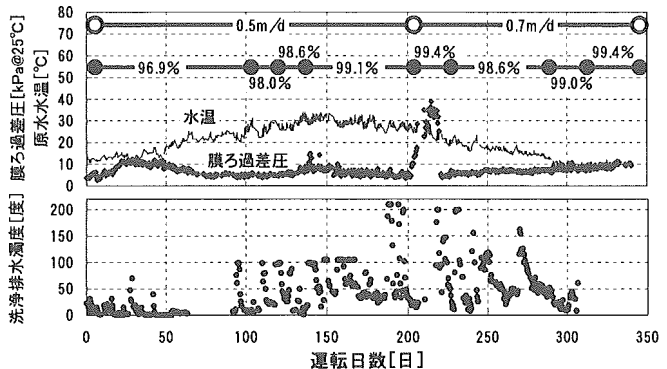


図9-3 2段目膜ろ過実験結果

表9-2 水質分析結果

	原水	1段目膜ろ過水	洗浄排水	2段目膜ろ過水	浄水 (計算値)
濁度 [度]	5.7	<0.1	73.9	<0.1	<0.1
色度 [度]	5	<1	50	<1	<1
E260 [50mm]	0.093	0.032	0.100	0.066	0.034
TOC [mg/L]	0.78	0.62	6.54	1.06	0.65
有機物等 [mg/L]	2.3	1.6	23.1	2.3	1.6
鉄 [mg/L]	0.24	<0.03	4.13	<0.03	<0.03
マンガン [mg/L]	0.016	<0.005	0.204	<0.005	<0.005

10 管状 MF 膜モジュールを用いた大容量膜ろ過装置の開発

1. 実験目的

膜ろ過装置の大規模浄水場への適応性を検証するため、管状 MF 膜モジュールを用いた 1 段階目膜における高流速化、高回収率化および長期運転化のための運転条件検討や、2 段階の膜ろ過システムによるトータル浄水回収率の向上を目指した検討等を行う。

2. 実験概要

- 2. 1 実験期間：2003 年 6 月～2005 年 2 月
- 2. 2 実験場所：横浜市水道局川井浄水場
- 2. 3 原水：道志川表流水及び道志川/相模湖系混合水
- 2. 4 実験装置および実験方法

(1) 膜ろ過試験装置および処理フロー

膜ろ過試験は、膜ろ過条件を検討するための小型膜ろ過試験装置と、実証実験を行うための大型膜ろ過試験装置とを並行して行った。図 10-1 および写真 10-1 に、それぞれ大型膜ろ過試験装置のフローおよび外観を示す。原水は前処理を行ったあと 1 段階目大型管状 MF 膜モジュールに供給されてろ過される。逆洗時には、エアレーションを併用している。逆洗時に生じた逆洗排水については、一旦逆洗排水受槽に供給された後、2 段階目浸漬型膜モジュールでろ過され、原水槽へ戻すことにより、トータルの浄水回収率向上を図っている。前処理として、前塩素(次亜塩素酸ナトリウム)、凝集剤(PAC)の注入を実施した。なお、小型膜ろ過試験の実験フローは、大型膜ろ過試験の 1 段階目膜ろ過までのフローと基本的に同様のシステムである。

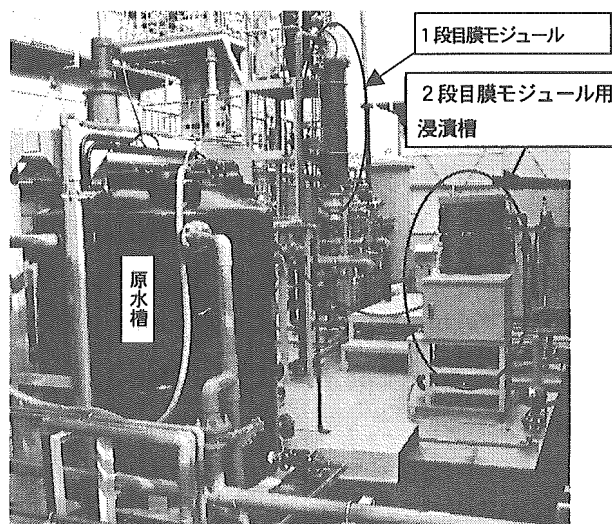
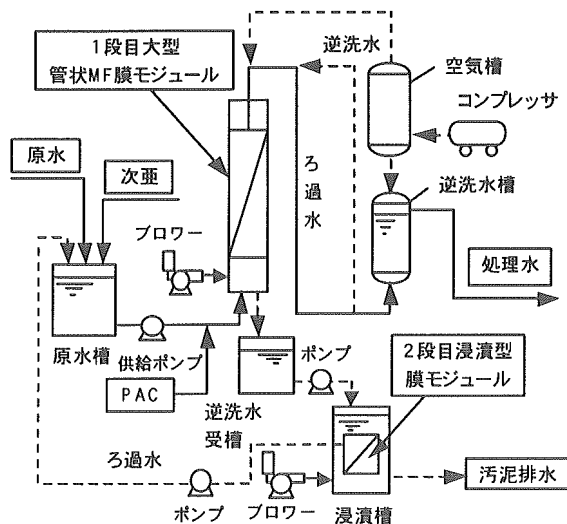


図 10-1 大型膜ろ過試験装置処理フロー 写真 10-1 大型膜ろ過試験装置外観

(2) 膜モジュールの仕様

表 10-1 に大型膜ろ過試験装置で用いた膜モジュールの仕様を示す。1 段階目膜には管状 MF 膜を使用し、逆洗時にエアレーションを併用している。一方、2 段階目膜ろ過装置は、槽浸漬方式の平膜で、逆洗は行わずエアレーションのみの洗浄方式となっている。

表10-1 膜モジュールの仕様

	1段目膜仕様	2段目膜仕様
膜種類 (ろ過方式)	管状MF膜 (加圧ろ過(内圧式))	平膜(MF膜) (吸引ろ過)
材質	ポリエステル樹脂-塩素化ポリエチレン	
公称孔径	0.25 μ m	
管径	ϕ 3mm	—
膜面積	50m ² /モジュール	2m ² /モジュール (1モジュール= 0.1m ² /エレメント×20)
使用モジュール数	1本	1モジュール
モジュール寸法	ϕ 318×1500mm	W264×D325×H801mm
膜ろ過流速	3~10m ³ /m ² ·d	0.1~1m ³ /m ² ·d
ろ過能力	最大500m ³ /d	最大1m ³ /d
収納方式	ケーシング	槽浸漬方式
膜洗浄方式	逆洗とエアレーショ の併用	エアレーション洗浄 (逆洗なし)

3. 実験結果

3.1 小型試験装置による実験結果

小型試験装置(膜面積 1 m²)により、膜ろ過流速 3m³/m²・日、ろ過時間 3 時間にて運転した結果を図10-2に示す。実験期間中に原水濁度がたびたび上昇したにもかかわらず、膜間差圧にはほとんど影響がなく、薬品洗浄なしで約 5.5 ヶ月運転することができた。

3.2 大型試験装置による実験結果

大型管状 MF 膜モジュール (管径 ϕ 3mm、膜面積 50 m²)による実験の結果を図10-3~図10-4に示す。ろ過流速 2~3 m³/m²・日で実験を実施し薬品洗浄なしで約 3 ヶ月運転することができた。20 度を超える原水濁度の急上昇もたびたび見られたが、膜間差圧への影響は少なかった。また図10-4では膜ろ過流速 3 m³/m²・日で 5kPa/月程度の差圧上昇であった。

浄水回収率は、膜ろ過流速 3 m³/m²・日では約 98%であった。また処理水 1m³当りの消費電力量は膜ろ過流速 3 m³/m²・日の場合で約 0.05kWh であった。

2 段目膜浸漬膜モジュールは平均膜ろ過流速 0.5 m³/m²・日で 143 日間薬品洗浄なしで運転を行った。その間浸漬槽上部での SS 濃度は平均 29,100mg/L、浸漬槽下部の SS 濃度は平均 33,300mg/L であり、2 段目の浄水回収率は 99.1%であった。

1 段目の回収率 97.9% (膜ろ過流速 3 m³/m²・日の時)、2 段目の回収率 99.1%の時、トータル浄水回収率は 99.98%になることが確認できた。またオンラインでの膜破断検出は全期間中異常なかった。

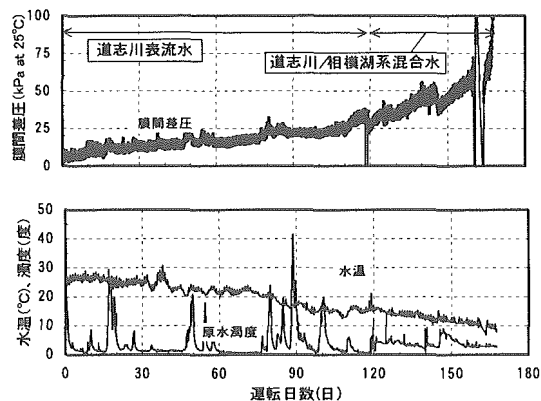


図10-2 小型試験装置による試験結果

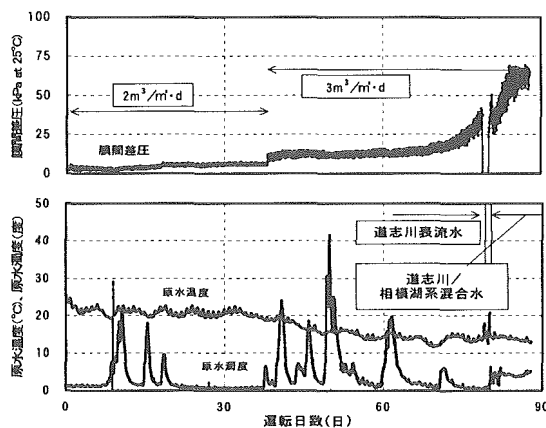


図10-3 大型試験装置による試験結果 1

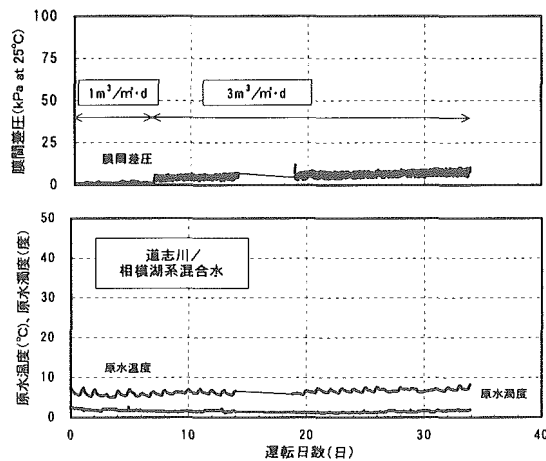


図10-4 大型試験装置による試験結果

研究実施者

株式会社荏原製作所 株式会社ジーエス・ユアサ コーポレーション 三井造船株式会社

添付資料 2

第1研究グループ委員会名簿

(2005年3月現在)

環境影響低減化浄水技術開発研究 (e-Water) 第1研究グループ委員会名簿

委員長	湯浅 晶	岐阜大学 流域圏科学研究センター 教授
副委員長	伊藤 禎彦	京都大学大学院 都市社会工学専攻 教授
委員	滝沢 智	東京大学大学院 工学系研究科 助教授
委員	石橋 良信	東北学院大学 工学部 教授
委員	福士 憲一	八戸工業大学 工学部 環境建設工学科 教授
委員	橋本 美和	大阪市水道局 工務部 柴島浄水場 副場長
委員	林 信吾	大阪府水道部 庭窪浄水場 水質課長
委員	渡部 茂樹	神奈川県企業庁水道局 計画課 技幹
委員	鈴木 勉	神戸市水道局 技術部 浄水課 浄水係長
委員	齋藤 昇	東京都水道局 玉川浄水管理事務所 技術課 課長補佐 浄水施設係長
委員	小林 健一	阪神水道企業団 建設部 計画課長
委員	遠藤 尚志	横浜市水道局 中部配水管理所 所長
委員	檜出 敏次	(株)石垣
委員	後藤 頼信	(株)ウエルシィ
委員	鹿島田 浩二	(株)荏原製作所
委員	神林 常雄	オルガノ(株)
委員	山本 丈	(株)クボタ
委員	中山 卓	栗田工業(株)
委員	杉村 誠司	(株)栗本鐵工所
委員	正岡 喜則	三機工業(株)
委員	岡田 悟	(株)ジーエス・ユアサコーポレーション
委員	土屋 博嗣	JFEエンジニアリング(株)
委員	西尾 弘伸	(株)神鋼環境ソリューション
委員	柴田 良樹	新日本製鐵(株)
委員	古屋 弘幸	水道機工(株)
委員	村田 圭三	住友重機械工業(株)
委員	阿瀬 智暢	ダイセン・メンブレン・システムズ(株)
委員	迎 崇博	月島機械(株)
委員	松家 伸行	東レ(株)
委員	田中 宏樹	(株)西原環境テクノロジー
委員	岩坪 学	(株)日水コン
委員	青木 伸浩	日本ガイシ(株)
委員	本杉 恵二	日本上下水道設計(株)
委員	山田 雄司	日立プラント建設(株)

委員	中村 康宏	扶桑建設工業（株）
委員	馬郡 浩	前澤工業（株）
委員	斉藤 政宏	三井造船（株）
委員	川口 洋一	三菱重工業（株）
委員	小林 真澄	三菱レイヨン・エンジニアリング（株）
委員	岡田 実	三菱レイヨン・エンジニアリング（株）
委員	中村 陽一	理水化学（株）
委員	本間 勝也	ワセダ技研（株）

前委員（役職は在任時）

大谷 長武	神奈川県企業庁水道局 寒川浄水場 技師
大内 禎	神奈川県企業庁水道局 谷ヶ原浄水場 浄水課 主査
金谷 富士雄	大阪市水道局 柴島浄水場 副場長
西川 肇	神戸市水道局 技術部 計画課 構造係長
渡邊 義治	（株）石垣
松溪 直樹	栗田工業（株）
峯岸 寅太郎	JFEエンジニアリング（株）
鈴木 信太郎	月島機械（株）
北沢 照啓	日立プラント建設（株）
山本 志野歩	前澤工業（株）
下 如林	三菱レイヨン（株）
北田 利行	ワセダ技研（株）

大規模膜ろ過施設導入技術資料執筆者

鈴木 勉	神戸市水道局 技術部 浄水課浄水係長
小林 健一	阪神水道企業団 建設部 計画課長
濱野 利夫	福岡地区水道企業団 海水淡水化施設 開発準備室 室長
廣瀬 久雄	横浜市水道局 設備課長
樫出 敏次	（株）石垣
渡邊 義治	（株）石垣
後藤 頼信	（株）ウエルシィ
三浦 邦夫	ヴェオリア・ウォーター・システムズ・ジャパン（株）
鹿島田 浩二	（株）荏原製作所
貝谷 吉英	（株）荏原製作所
神林 常雄	オルガノ（株）
小出 博幸	オルガノ（株）
横田 治雄	オルガノ（株）
山本 丈	（株）クボタ

中山 卓	栗田工業（株）
松溪 直樹	栗田工業（株）
杉村 誠司	（株）栗本鐵工所
正岡 喜則	三機工業（株）
岡田 悟	（株）ジーエス・ユアサコーポレーション
土屋 博嗣	J F Eエンジニアリング（株）
西尾 弘伸	（株）神鋼環境ソリューション
柴田 良樹	新日本製鐵（株）
古屋 弘幸	水道機工（株）
村田 圭三	住友重機械工業（株）
阿瀬 智暢	ダイセン・メンブレン・システムズ（株）
鈴木 信太郎	月島機械（株）
アラン ビーナス	デグレモン日本駐在事務所
松家 伸行	東レ（株）
田中 宏樹	（株）西原環境テクノロジー
岩坪 学	（株）日水コン
青木 伸浩	日本ガイシ（株）
本杉 恵二	日本上下水道設計（株）
糸川 博然	日本ノリット（株）
山田 雄司	日立プラント建設（株）
広瀬 洋一	扶桑建設工業（株）
馬郡 浩	前澤工業（株）
山岡 幸之助	前澤工業（株）
斉藤 政宏	三井造船（株）
川口 洋一	三菱重工業（株）
小林 真澄	三菱レイヨン・エンジニアリング（株）
岡田 実	三菱レイヨン・エンジニアリング（株）
中村 陽一	理水化学（株）
本間 勝也	ワセダ技研（株）

事務局

谷口 元	（財）水道技術研究センター	常務理事
清塚 雅彦	（財）水道技術研究センター	浄水技術部長
西川 佳弘	（財）水道技術研究センター	研究員

前事務局（役職は在任時）

林 秀樹	（財）水道技術研究センター	浄水技術部長
田中 明広	（財）水道技術研究センター	研究員

平成16年度 厚生労働科学研究費補助金による
健康科学総合研究事業

環境影響低減化浄水技術開発研究

(*e-Water*)

第2研究グループ

報告書

平成17年3月

財団法人 水道技術研究センター

目 次

- I 第1部会（合同実験WG）
- II 第2部会（評価手法WG）
- III 第3部会（UV消毒WG）
- IV 第4部会（機能改善・改造事例調査WG）
- V 第5部会（上下水道排水一体化処理WG）
- VI 委員会委員名簿

I 第1部会（合同実験WG）