

- 1) 薬品洗浄の回数が多くなり、洗浄実施のため、頻繁な運転休止を見込んだ装置構成（予備系列の設置、ろ過流量の余裕確保など）とする必要がある。
- 2) 薬品洗浄を頻繁に実施するための管理体制（施設、人員など）を整える必要がある。
- 3) 薬品洗浄に使用した廃液の処理が大量に発生する。本ケーススタディでは薬品洗浄廃液を中和後、公共水域への放流を想定しているため、薬品洗浄の処分費は発生していないが、これらの廃液を全て産業廃棄物として処分する場合、薬品洗浄回数の増加は、直接維持管理費の増大につながることになる。

これらについては、運転管理体制や環境に与える影響への配慮など、地域特性に応じた総合的な見地から判断する必要がある。

膜ろ過設備は、膜ろ過面積が給水量に比例して増加するため、膜ろ過装置の構成機器なども給水量にほぼ比例して増加する傾向がある。しかし、表7-22では給水量 50,000m<sup>3</sup>/日規模より 100,000m<sup>3</sup>/日規模の施設の方が、給水量当たりの設備単価が若干安価な傾向にあるが、100,000m<sup>3</sup>/日を超える規模の施設の場合にはそれらには大きな違いは認められない結果となった。これは 100,000m<sup>3</sup>/日までの施設規模の場合、設備系列ごとの付帯機器を共有化することにより設備設計の合理化がはかりやすいが、100,000m<sup>3</sup>/日を超える施設規模となると、ポンプなどの付帯機器類も大型化し、これらの共有化が難しくなることからスケールメリットが現れにくくなっているのではないかと推察される。しかし、実際に設備を建設する際には、設計費や建設資材の調達のコストダウンなどが期待されることから、給水量 1 m<sup>3</sup>/日当たりの設備単価も若干減少するのではないかとと思われる。

供給水水質による設備費の差異を比較するために、表7-22で給水量 m<sup>3</sup>/日当たりの設備費単価の中央値をみると、薬品洗浄 1 回/年では、供給水①は日量 50,000m<sup>3</sup>/日で約 6.2 万円、200,000m<sup>3</sup>/日では約 4.9 万円であり、水質条件の悪い供給水②では各々約 6.7 万円、約 5.8 万円となる。供給水①と供給水②では、使用している膜種類が異なるが、本事例研究においては薬品洗浄 1 回/年の場合、供給水①に比べ供給水②の方が、約 1.1~1.2 倍高い単価になる結果が得られた。これは高い水質負荷に対応するため、膜ろ過流速を低く設定することにより、膜ろ過面積を大きくする必要が生じ、それに伴い設備費が増大するためと考えられる。薬品洗浄 3 回~4 回/年の場合も同様の傾向が見受けられる。

なお、第2章の既存膜ろ過設備の設備費（機械+電気）は、給水量 2,000m<sup>3</sup>/日以上 の設備で概ね 20 万円/m<sup>3</sup>となっている。今回の試算と比較すると、供給水①で約 1/3~1/7、供給水②で約 1/2~1/5 の単価となっており、現在研究されている膜ろ過設備が実用化されれば、大幅に設備費が低廉化することが可能となると思われる。

また今後、大規模浄水場への膜ろ過設備の導入が進めば、膜モジュールが大量生産されることによるコストの低廉化が期待されることから、膜ろ過の普及により一層の拍車がかかるとと思われる。

(2) 総建設費（設備費+建屋建設費）

図7-79, 図7-80に供給水①、図7-81, 図7-82に供給水②の給水量毎の膜ろ過設備の総建設費を示す。

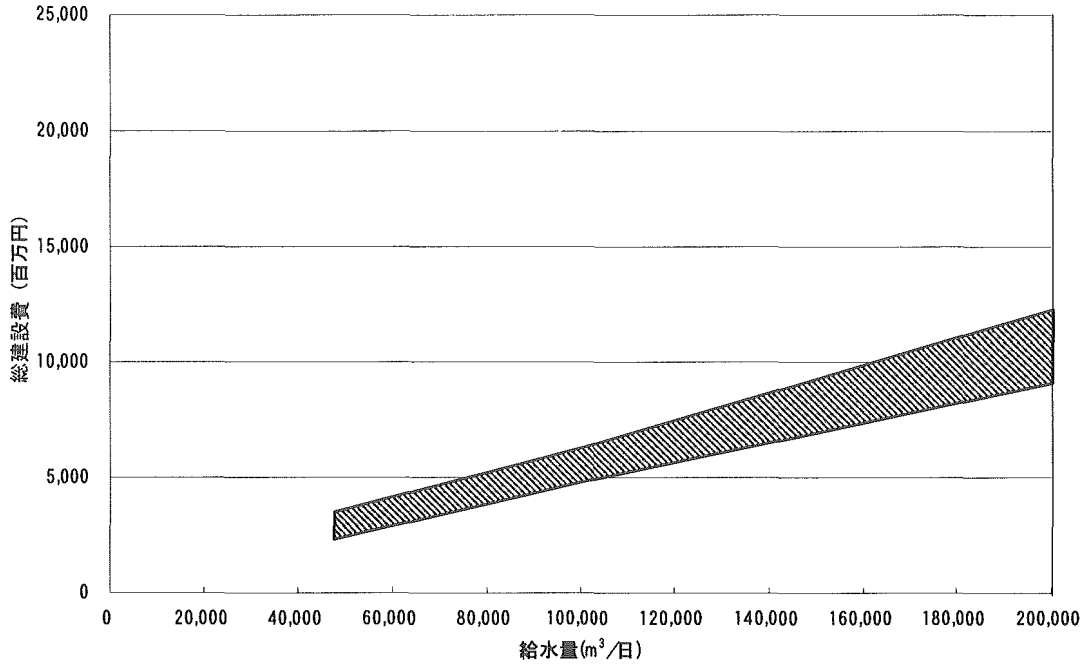


図7-79 膜ろ過設備の総建設費（供給水① 薬品洗浄1回/年）

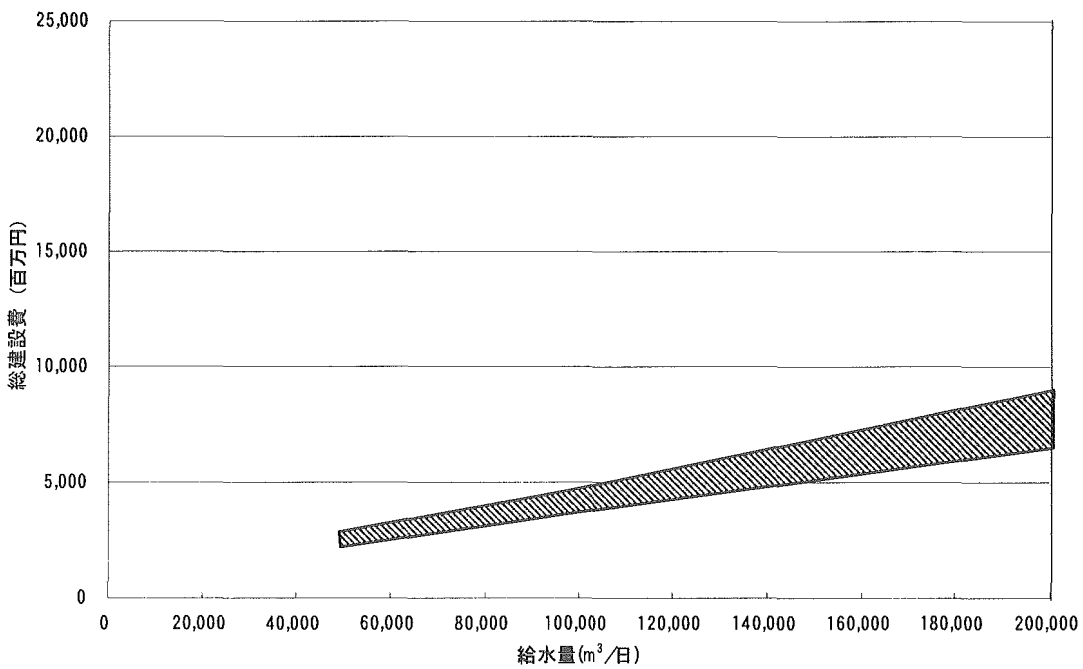


図7-80 膜ろ過設備の総建設費（供給水① 薬品洗浄3~4回/年）

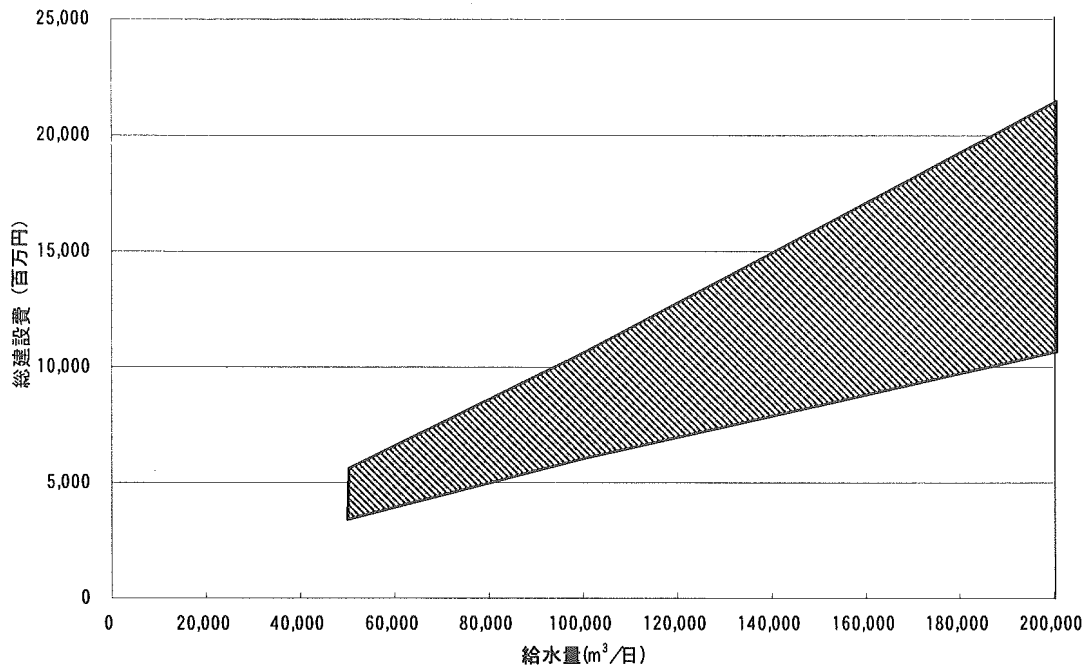


図 7 - 8 1 膜ろ過設備の総建設費 (供給水② 薬品洗浄 1 回/年)

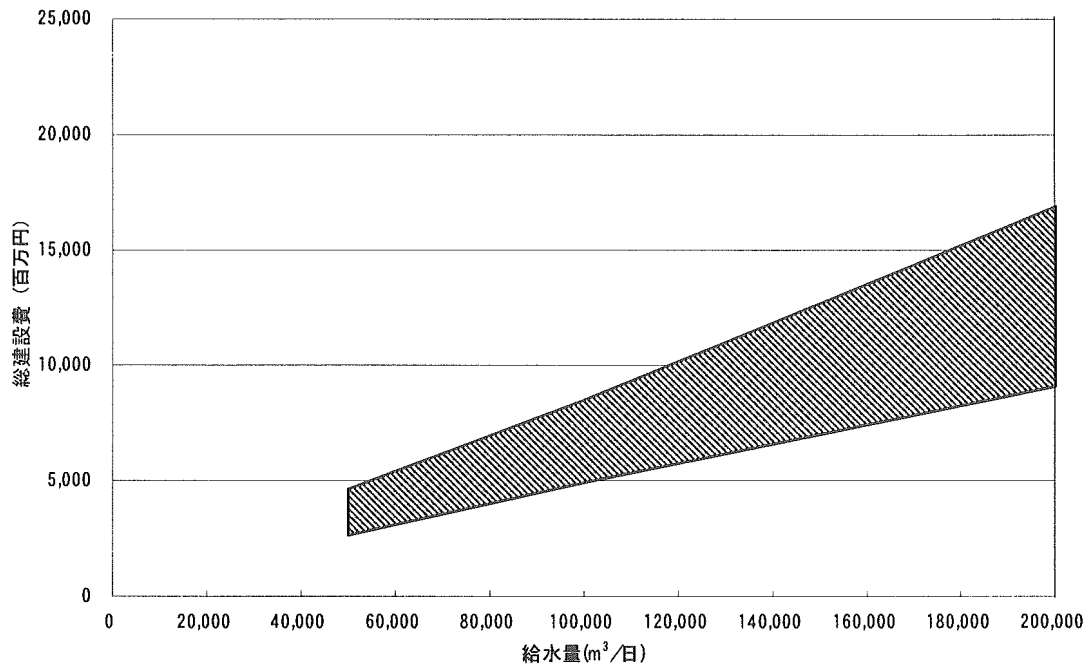


図 7 - 8 2 膜ろ過設備の総建設費 (供給水② 薬品洗浄 3~4 回/年)

給水量  $m^3$ /日当たりの総建設費の単価を算出すると、表7-23のようになる。

表7-23 膜ろ過設備総建設費単価

	薬洗回数	50,000 $m^3$ /日	100,000 $m^3$ /日	200,000 $m^3$ /日
供給水①	1回/年	5.1~7.5	4.7~6.2	4.5~6.1
	3~4回/年	4.6~5.5	3.8~4.5	3.2~4.4
供給水②	1回/年	7.0~11.4	6.1~10.7	5.4~10.7
	3~4回/年	5.4~9.2	4.9~8.4	4.8~8.4

※上記単価はすべて万円/ $m^3$ である。

給水量  $m^3$ /日当たりの総建設費の設備単価を算出すると、供給水①では 50,000 $m^3$ /日で約 4.6~7.5 万円、200,000 $m^3$ /日で 3.2~6.1 万円の範囲にあり、供給水②では 50,000 $m^3$ /日で約 5.4~11.4 万円、200,000 $m^3$ /日で約 4.8~10.7 万円の範囲にある。したがって、総建設費に関しても、給水量 50,000 $m^3$ /日と 200,000 $m^3$ /日では、設備費単価の減少傾向に加え、次項で述べる単位設備面積の減少傾向により、スケールメリットが現れていた結果となっている。

## 7. 2. 2 建屋面積

建屋面積の試算は、膜ろ過設備を設置する建屋の建設面積を示したものである。また試算結果は、各設計事例により算出した面積を図中に記載し、その範囲を示したものとする。

以下の図7-83, 図7-84に供給水①、図7-85, 図7-86に供給水②の膜ろ過設備の単位日給水量あたりの建屋面積を示す。

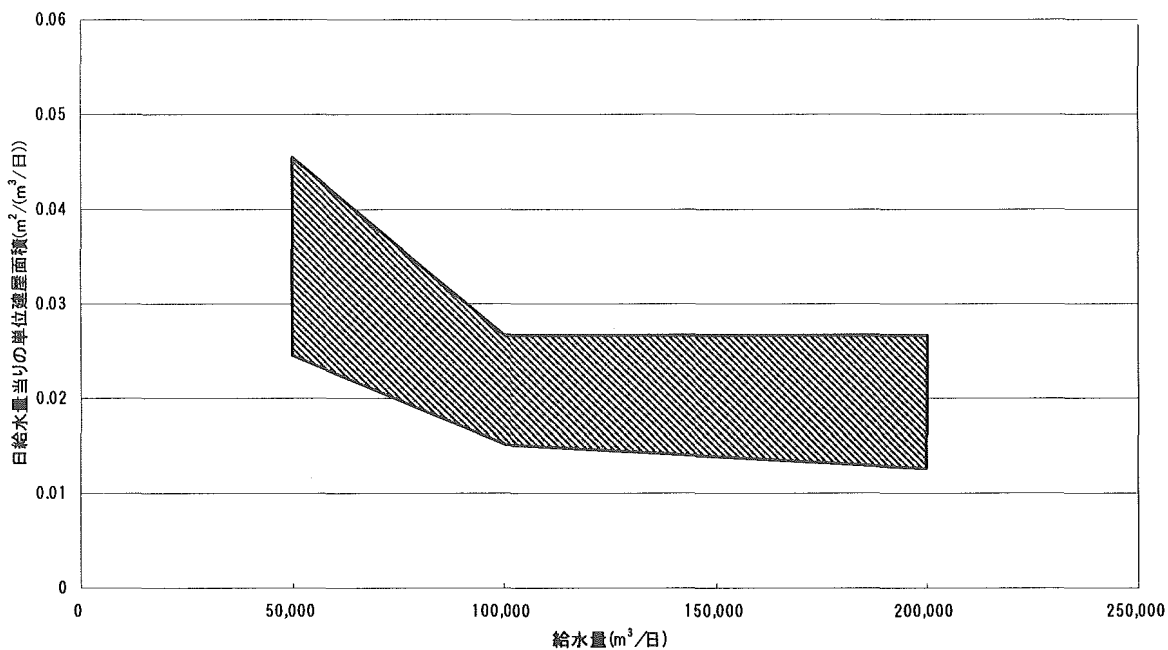


図7-83 膜ろ過設備の単位建屋面積（供給水① 薬品洗浄1回/年）

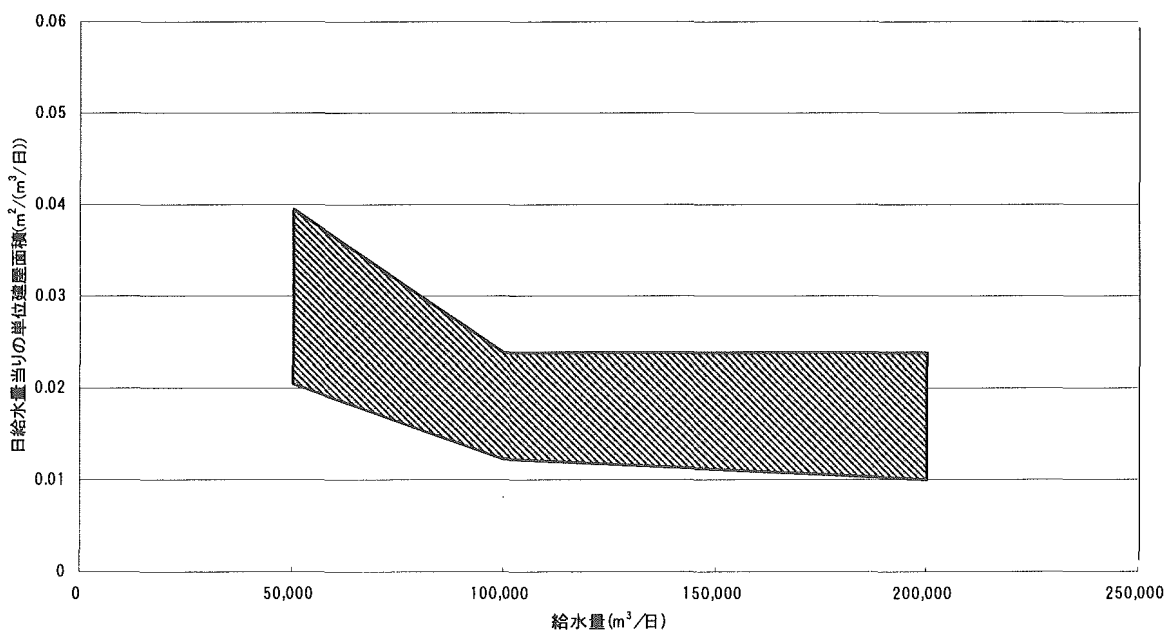


図7-84 膜ろ過設備の単位建屋面積（供給水① 薬品洗浄3~4回/年）

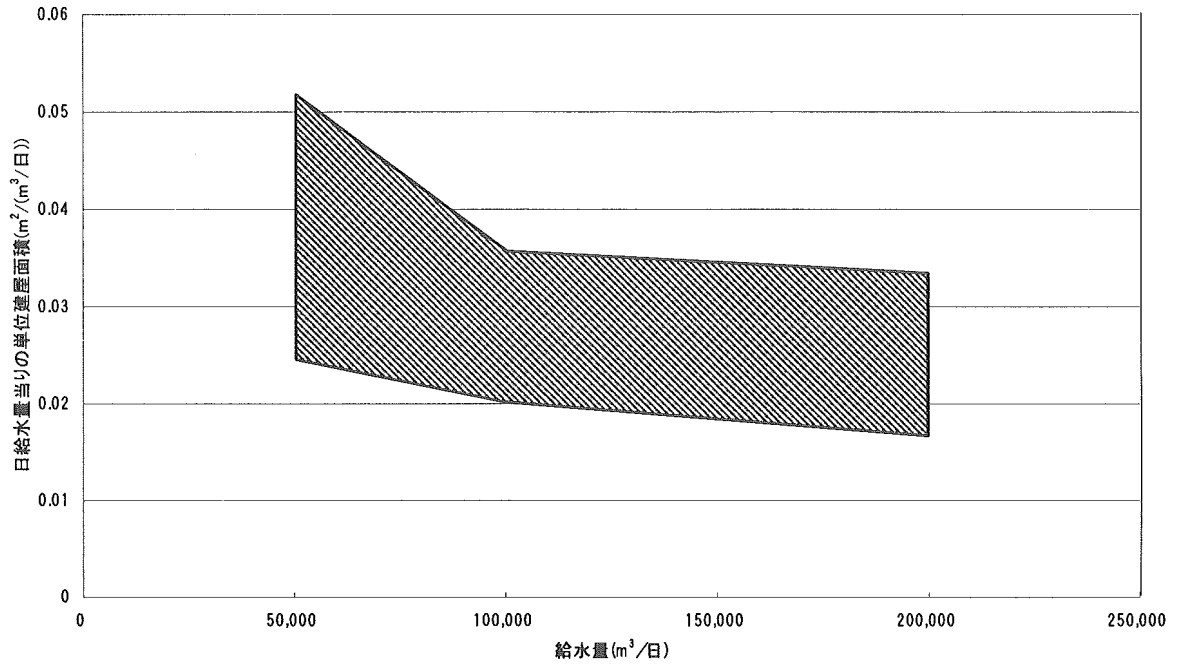


図7-85 膜ろ過設備の単位建屋面積（供給水② 薬品洗浄1回/年）

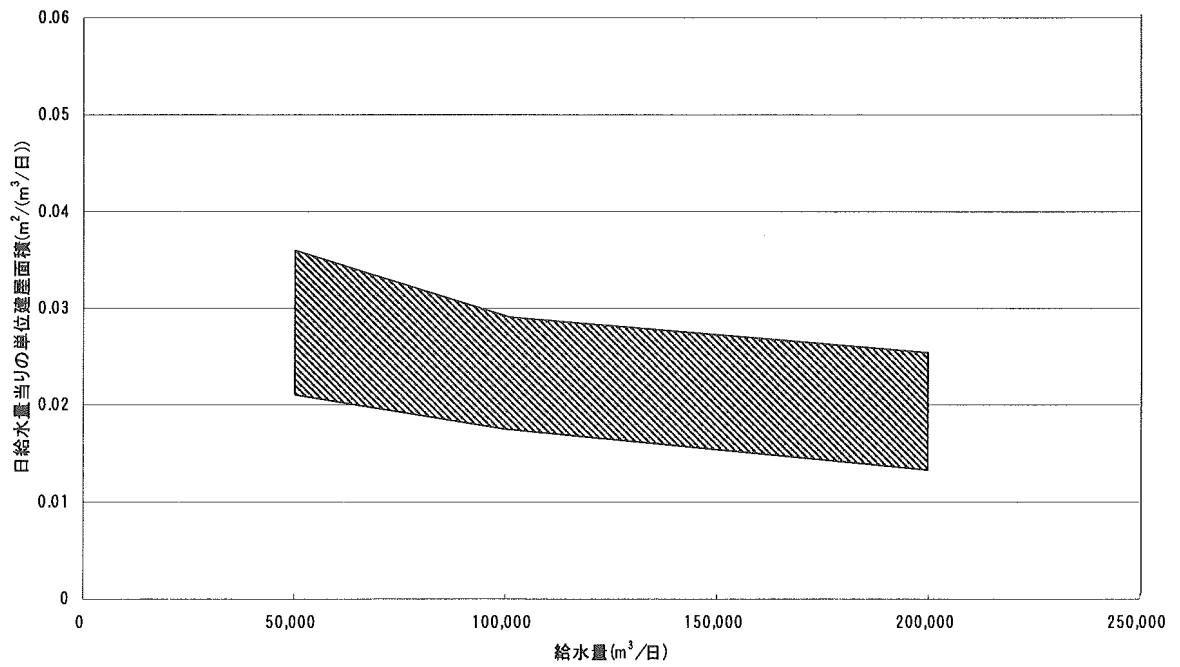


図7-86 膜ろ過設備の単位建屋面積（供給水② 薬品洗浄3~4回/年）

給水量  $m^3$ /日当たりの膜ろ過設備単位面積を数値で表すと、下記の表のようになる。供給水①、②とも、 $50,000m^3$ /日から  $100,000m^3$ /日規模まででは日給水量当たりの単位設備面積は減少する傾向にあるが、 $100,000m^3$ /日から  $200,000m^3$ /日規模までは、ほぼ横這いとなる傾向を示している。

表 7 - 2 4 膜ろ過設備単位面積

	薬洗回数	$50,000m^3$ /日	$100,000m^3$ /日	$200,000m^3$ /日
供給水①	1回/年	0.025~0.046	0.015~0.027	0.013~0.027
	3~4回/年	0.020~0.039	0.015~0.024	0.013~0.024
供給水②	1回/年	0.025~0.052	0.020~0.036	0.017~0.034
	3~4回/年	0.021~0.036	0.017~0.029	0.014~0.025

※上記の値はすべて  $m^2 / (m^3/日)$  である。

この結果は、既存の膜ろ過設備の技術水準（第2章）が  $2,000m^3$ /日規模の施設で、給水量  $1 m^3$ あたりの単位設備面積で約  $0.1\sim 0.3m^2$ 程度であることからみても、大規模膜ろ過施設ではスケールメリットが現れていることがわかる。なお、これには膜ろ過流束の向上も寄与していると思われる。

また、 $100,000m^3$ /日を超える設備になると、給水量が増大しても単位面積はほぼ同じであった。これは、現状の設備の構成ではこれ以上の規模でスケールメリットが出にくいということを表している。しかし、膜ろ過の技術革新は日進月歩であり、 $100,000m^3$ /日を超える規模の膜ろ過施設が実際に多く建設されるようになればさらにこれらに適応した技術開発が進み、この数値は大きく変わっていくものと思われる。

なお、設備建設費用を低減するため、むやみに設備設置面積を小さくして計画しても、維持管理上の実用性を損なうばかりか、設備の美観を損ねることがあるので注意が必要である。また、大規模膜ろ過施設は、水道施設としての注目度が非常に高く、公共性の面からも重要な施設である。これらには実用性のみならず、周辺環境との調和や付近住民に対し「清潔で安全な水道」をイメージしてもらえよう施設づくりに留意する必要がある。

### 7. 2. 3 維持管理費

維持管理費の試算は、各設計事例により算出した金額を集計し、その範囲を表中に示したものとする。

以下の表7-25に供給水①、表7-26に供給水②の膜ろ過設備の維持管理費を示す。

表7-25 膜ろ過設備の維持管理費（供給水①）

給水量 規模	50,000m <sup>3</sup> /日		100,000m <sup>3</sup> /日		200,000m <sup>3</sup> /日	
	1回/年	3~4 回/年	1回/年	3~4 回/年	1回/年	3~4 回/年
動力費	0.62~1.77	0.62~2.07	0.61~1.77	0.61~2.09	0.61~1.77	0.61~2.09
薬品費	0.00~0.44	0.00~0.44	0.00~0.44	0.03~0.44	0.00~0.44	0.00~0.44
薬品 洗浄費	0.03~0.15	0.09~0.43	0.03~0.12	0.09~0.32	0.03~0.12	0.09~0.32
膜交換費	0.78~4.11	0.39~2.05	0.66~4.03	0.39~2.01	0.66~3.95	0.39~1.97
合計	1.54~5.64	1.22~3.61	1.53~5.51	1.20~3.52	1.53~5.41	1.20~3.46

※上記金額は、全て円/m<sup>3</sup>である

表7-26 膜ろ過設備の維持管理費（供給水②）

給水量 規模	50,000m <sup>3</sup> /日		100,000m <sup>3</sup> /日		200,000m <sup>3</sup> /日	
	1回/年	3~4 回/年	1回/年	3~4 回/年	1回/年	3~4 回/年
動力費	0.66~1.50	0.61~1.50	0.66~1.50	0.61~1.50	0.66~1.50	0.61~1.50
薬品費	0.02~1.10	0.02~1.10	0.02~1.10	0.02~1.10	0.02~1.10	0.02~1.10
薬品 洗浄費	0.06~0.23	0.11~0.44	0.03~0.23	0.09~0.44	0.03~0.23	0.09~0.46
膜交換費	0.96~9.10	0.73~6.07	0.95~9.10	0.72~6.07	0.95~9.10	0.72~6.07
合計	2.67~10.12	2.13~7.17	2.68~10.12	2.19~7.17	2.68~10.12	2.30~7.17

※上記金額は、全て円/m<sup>3</sup>である

維持管理費については、供給水①では約1.2~5.6円/m<sup>3</sup>、供給水②では約2.1~10.1円/m<sup>3</sup>の範囲となっており、水質負荷の高い方が維持管理費も高くなっている。これらについて考察すると、以下の通りである。



- 1) 供給水②の方が、供給水①より低い膜ろ過流束の装置となり、使用する膜モジュール数が増加するため、維持管理費の中で約3～9割を占める膜交換費が高くなっている。
- 2) 薬品洗浄の回数が多いほど、維持管理費は減少する傾向にある。これは、薬品洗浄の回数を増やすことができ薬品洗浄に係わる費用は増加するが、膜モジュール数を減らせるため、膜交換費の低減が図れるためである。
- 3) 薬品洗浄回数を多くした場合、薬品洗浄時の維持管理性や廃液処分の費用、環境への配慮などについて充分検討する必要がある。

また以下に、個々の算出項目について考察を加える。

#### ①動力費

動力費は、給水量の大小にかかわらず、ほぼ一定の値を示している。これは施設規模により動力容量が決定されるためと考えられ、供給水ポンプ、逆洗ポンプなどの容量が施設規模にほぼ比例することによるものと考えられる。なお、維持管理費全体に占める動力費の割合は、膜交換費に次いで2番目に大きい。

#### ②薬品費

薬品費は、給水量、洗浄間隔にかかわらずほぼ一定の値を示している。これは、浄水処理用の薬品の注入量が、給水量に比例しているからと思われる。

#### ③薬品洗浄費

薬品洗浄費は、給水量にかかわらずほぼ一定の値を示している。また、薬品洗浄間隔が年1回に比べ、年3～4回の場合では約3倍の費用を要している。また、供給水①に比べ供給水②の方が約1.1～2倍の費用を要している。これは供給水②の方が供給水①より水質が悪いため、高い膜ろ過流束が設定できず、膜モジュール本数が増えているためである。

#### ④膜交換費

膜交換費は、給水量に応じて若干安価になる傾向がある。膜交換費は、膜そのものの価格と交換作業人件費からなり、これはほぼ交換本数に比例する。しかし、大規模膜ろ過設備になれば、この交換作業の効率的な運用が図れるほか、膜モジュールの購買領域でのメリットが現れ、若干安価になっているものと考えられる。また、同一給水量における、供給水①に対する供給水②の膜交換費の比率は、およそ1.2～3.1倍となっている。この理由については、薬品洗浄費と同様である。

#### 7. 2. 4 委託管理費

膜ろ過設備の委託管理費試算例を以下に示す。人員は前述の通り2名とする。

##### <算出条件詳細>

- 1) 年間勤務日数（平日） … 242 日
- 2) 直接人件費単価 … 25,100 円/人・日  
※ 平成 16 年度社会資本整備事業調整費（調査の部）予算要求用標準単価表による、業務委託料技術者日当の技師（C）の単価（国土交通省国土計画局整備課）。  
※ 技師（C）の定義：上司の包括的指導のもとに一般的な定型業務を担当する。また上司の指導のもとに高度な定型業務を担当する。
- 3) 諸経費 … 直接人件費の 20%
- 4) 技術経費 … 直接人件費と諸経費の合計金額の 20%

$$\begin{aligned}\text{年間委託管理費} &= (\text{年間勤務日数} \times \text{直接人件費単価} \times \text{人員数} \times \text{諸経費}) \times \text{技術経費} \\ &= (242 \text{ 日} \times 25,100 \text{ 円/人} \cdot \text{日} \times 2 \text{ 人} \times 1.2) \times 1.2 \\ &= \underline{1,749 \text{ 万円}}\end{aligned}$$

上記の試算結果は、巡回監視、点検を主体とした平日に中のみの作業人員の配置を想定したものであり、土日・休日の勤務や管理監督者の配置、設備のメンテナンス、薬品洗浄の実施などについては含まれていない。

また、このような管理形態については、水道事業体の諸事情や選定した膜ろ過設備の方式によっても大きく異なるため、実際に膜ろ過設備の委託管理を実施する場合、これらの事情を勘案して外部委託する範囲を明確にし、適切な管理形態を決定していく必要がある。

## おわりに

本文中にも記されているが、除去機構から判断すると、急速砂ろ過における懸濁物粒子の除去が「確率的」であるのに対して、膜ろ過では原則として「確定的」に除去がなされると考えることができる。

昨今の食品製造分野と同様に、今後は、水道分野でもより厳密なリスク管理と衛生管理が求められるようになっていく。この点、膜ろ過がもつ上記の特徴はきわめて有利であり、望まれる技術ということが出来る。およそ200年前に始まった緩速ろ過、およそ100年前に開発された急速ろ過に次ぐ技術として、膜ろ過法は今後大きな役割を担っているといえよう。

しかしながら、これまでの普及経過をみると、ともすれば効率性、コスト、維持管理性、敷地面積ばかりが検討対象や関心事となり、いままで確保されてきたわが国の水道水の安全を、膜ろ過の導入によって、今後いかに確保していくのかについては、慎重に配慮されているとはいえない状況である。特に、施設規模が大きくなれば、その水道原水は地下水・伏流水などの清浄な原水ばかりではなく、河川水・湖沼水などさまざまな種類の表流水も対象となることが考えられる。

膜ろ過法の技術的発展と同時に、膜ろ過処理水の飲料水としての安全性に関する検討も行いつつ、この浄水処理法が健全に発展していくことを望むものである。

伊藤禎彦（第1研究グループ副委員長，京都大学）

# 添付資料

## 添付資料

### 第1 研究グループ持ち込み研究成果概要

#### 持ち込み研究リスト

番号	研究課題名	研究実施者	頁
1	大規模浄水場部分更新型セラミック膜ろ過システムの開発研究	日本ガイシ(株)	304
2	大容量セラミック膜ユニット及びシステム開発研究	日本ガイシ(株)	306
3	高度浄水処理施設における急速ろ過池代替としての膜ろ過システムの構築	阪神水道企業団、(株)クボタ、JFEエンジニアリング(株)、(株)神鋼環境ソリューション	308
4	省エネルギー、省スペースを考慮した高透水性大容量UF膜による膜ろ過システムの確立	栗田工業(株)	310
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	(株)石垣、三機工業(株)、JFEエンジニアリング(株)、住友重機械工業(株)、日立プラント建設(株)、扶桑建設工業(株)	312
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	オルガノ(株)、JFEエンジニアリング(株)、日本ガイシ(株)、日立プラント建設(株)、前澤工業(株)	314
7	浸漬膜を用いた大容量膜ろ過システムの開発	(株)荏原製作所、月島機械(株)、三菱レイヨン(株)、三菱レイヨン・エンジニアリング(株)	316
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	オルガノ(株)、新日本製鐵(株)、ダケンメンブレン・システムズ(株)、前澤工業(株)、三菱重工業(株)、ワセダ技研(株)	318
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	水道機工(株)、東レ(株)	320
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	(株)荏原製作所、(株)ジ-エス・アソシエーション、三井造船(株)	322

# 1 大規模浄水場部分更新対応型セラミック膜ろ過システムの開発研究

## 1. 実験目的

本研究は、セラミック膜ろ過技術と既設浄水施設を組み合わせたハイブリッド化技術である既設浄水設備利用型高度浄水膜処理システムの構築し、非アルミ系凝集剤（鉄系）のセラミック膜への適用性を検討することを目的とする。

## 2. 実験概要

2.1 実験期間：2003年5月～2005年2月末

2.2 実験場所：大阪市水道局工務部 柴島浄水場

2.3 原水

研究に供した原水は、浄水場工水系着水井より取水した、淀川表流水（以下原水）と工水系凝集沈澱後水（以下沈澱後水）の2種類を用いた。

2.4 実験装置

セラミック膜により、①沈澱後水対象時では急速ろ過代替、②原水対象時では凝集・フロック形成・沈澱及び急速ろ過を代替

する。この実験フローを図1-1、実験装置の一例を写真1-1に示す。

2.5 実験方法

膜エレメントの仕様を表1-2に示す。

実験は、原水及び沈澱後水を直接、もしくは、原水に対しオゾン処理

を施した後、膜ろ過性を評価した。なお、水質分析は上水試験方法に準じた。

前処理として PAC または塩鉄による凝集操作（機械攪拌及びラインミキシング方式を実験条件に応じて適用）を行い、凝集水をセラミック膜で全量ろ過して、所定ろ過継続時間毎に逆流洗浄と加圧空気による物理洗浄を実施し、長期的な膜ろ過差圧の推移を評価した。また、薬品洗浄を実施し、透水能の回復性についても評価した。

表1-1 供試原水（月2回採水、平均値）

分析項目	試料名	原水	沈澱後水
		(H15.5~H17.1)	(H15.5~10 H17.2)
pH	—	7.4	7.5
濁度	度	11.9	0.7
色度(見掛け)	度	6.4(46)	1.5(3.9)
KMnO <sub>4</sub> 消費量	mg/L	6.1	3.2
T-Fe	mg/L	0.65	0.1
T-Mn	mg/L	0.044	0.026
T-Al	mg/L	0.63	0.17
TOC	mg/L	4.5	3.6
E260	5cmセル	0.208	0.097
Mアルカリ度	mgCaCO <sub>3</sub> /L	33.4	29.1
一般細菌	個/mL	32×10 <sup>3</sup>	49×10

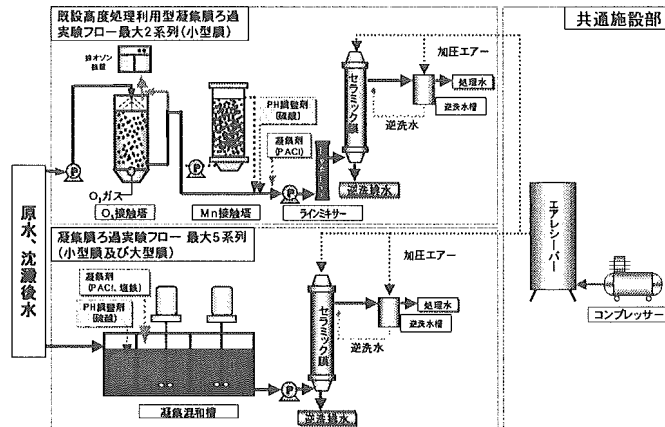


図1-1 実験フロー

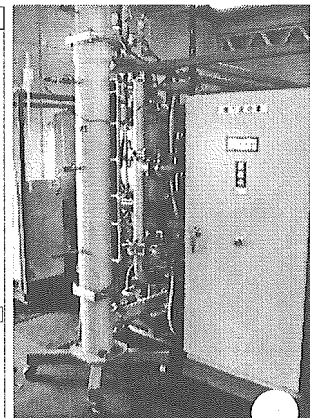


写真1-1 大型膜試験機

表1-2 セラミック膜仕様

材質	セラミック
公称孔径	0.1μm
形式	内圧式モノリス型
形状	小型: φ30mm×L1000mm 大型: φ180mm×L1500mm
膜ろ過セル内径	φ2.5mm
膜面積	小型:0.4m <sup>2</sup> /エレメント 大型:24m <sup>2</sup> /エレメント

### 3. 実験結果及び考察

#### 3.1.1 既存浄水施設を利用した高流束浄水膜処理システムの構築

部分更新に対応した膜ろ過対象水（沈澱後水及び原水）に対して、それぞれ膜ろ過性能を検討、その後、同時に膜ろ過性、膜ろ過水質、薬品洗浄回復性等について評価した。

- ①膜ろ過（ファウリング）性は、原水適用の方が差圧上昇は低い傾向にあった。また、膜ろ過水質は沈澱後水対象時、原水対象時ともに同等であった。
- ②膜差圧上昇を抑制する凝集剤量は、原水対象時の方が、沈澱後水対象時（凝集沈澱池＋凝集膜ろ過）よりも少ない注入量で安定した膜ろ過を行うことができた。
- ③薬品洗浄は、膜エレメントをクエン酸水溶液、次亜塩素酸ナトリウム水溶液の順に浸漬させれば、洗浄後の補正流束を初期状態まで回復できることを確認した。

#### 3.1.2 既設高度処理設備利用型浄水セラ膜システムの構築

既設浄水設備では凝集沈澱池が老朽化を迎えていることが多いと考えられる。

そこで本項では、既設高度処理設備とセラミック膜ろ過の複合システムを構築するため、原水を膜ろ過対象水とし、オゾン処理を施した前オゾン凝集膜ろ過について検討し、膜ろ過流束  $5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$  で膜ろ過性、膜ろ過水質などを評価した。

- ①前オゾン処理により、凝集剤注入率を削減でき、安定した膜ろ過を行うことができた。また、その膜ろ過水質は、既設の中オゾン急速ろ過池処理水と同等であった。
- ② $1.0 \text{ mg/L}$  以下の低い前オゾン注入率で膜ろ過を安定的に行えることが確認できた。
- ③前オゾン凝集セラミック膜ろ過は、原水濁度  $500$  度に上昇した場合でも、膜ろ過性・膜ろ過水質とも大きな影響を受けないことが判った。
- ④薬品洗浄及び薬品添加逆洗後においても、膜ろ過性が悪化することなく、洗浄前と同様な安定した膜ろ過が継続できることを確認した。

#### 3.2 鉄系凝集剤セラ膜への適用検討

鉄系凝集剤をセラ膜に適用するため、ジャーテストによる予備試験と、セラミック膜ろ過試験を行い、国内及び海外製塩鉄の膜ろ過性、膜ろ過水質の比較を実施した。

- ①膜ろ過水質は、同じ凝集剤注入率で比較すると、PAC に比べて良好で、低注入率において高い有機物除去性を示した。しかし、マンガンが膜ろ過水中に検出された。
- ②鉄系凝集剤のセラミック膜適用は、一般的な膜ろ過流束  $2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$  程度で可能であった。しかし、更なる高流束域で膜ろ過性の安定化を得るためには、鉄系凝集剤に適した凝集手法の確立が望ましいことが判った。

### 4. まとめ

本研究により、高度処理を有する大規模高度浄水場において、膜ろ過施設による部分的更新が可能であることが判った。

**謝辞** 最後に本研究の実施にあたり、多大なご協力を頂きました大阪市水道局と柴島浄水場・技術調査担当の方々に対し、感謝の意を表します。

.....  
研究実施者

日本ガイシ株式会社

## 2 大容量セラミック膜ユニットおよびシステム開発研究

### 1. 実験目的

大規模浄水場への適用に際し、更なる膜モジュールの大型化や高流束化が望まれており、従来膜に比べ約1.6倍(24m<sup>2</sup>)の膜面積を持つ大容量セラミック膜エレメントを開発した。

大型化したエレメントの基本性能を検証/実証すると共に、最大膜モジュールを実証検証し大規模浄水場での膜ろ過設備のベースとなる大容量膜ユニットを確立することを目的とする。また、高流束化することによる敷地面積や設備費の削減を目指し、物理逆洗を効果的にするCEB (Chemical Enhanced Backwash) の適用を検証・実証することも実施する。

### 2. 実験概要

2. 1 実験期間及び場所：2003年4月～2005年3月 愛知県企業庁豊川浄水場

2. 2 原水：駒場池（調整池）放流水

2. 3 実験装置

実験は、公称孔径0.1μm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、小型試験装置4系列、中型試験装置2系列、大型試験装置1系列で構成される。エレメントはφ30(0.43m<sup>2</sup>/本)、φ180従来膜(15m<sup>2</sup>/本)、φ180大容量膜(24m<sup>2</sup>/本)である。図2-1に実験装置処理フローを示す。写真2-1に大容量膜と従来膜の写真を示す。写真2-2、写真2-3に試験装置写真を示す。

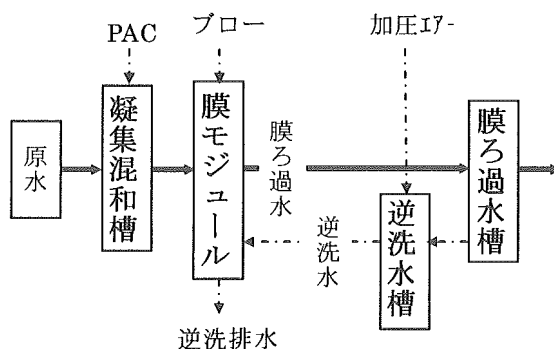


図2-1 実験フロー

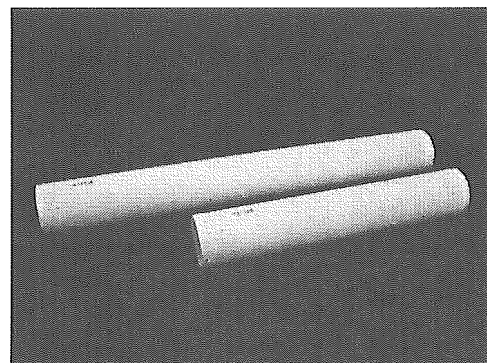


写真2-1 膜エレメント写真

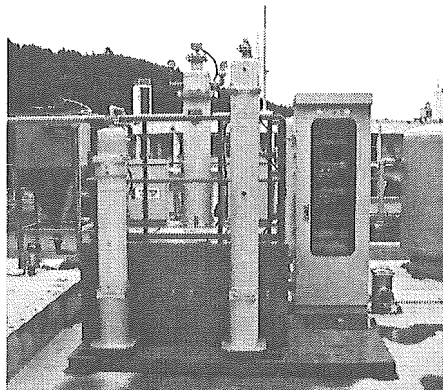


写真2-2 中型試験装置写真

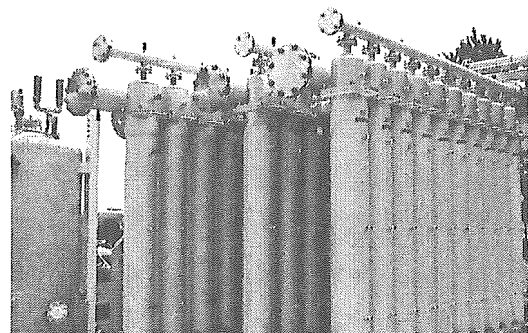


写真2-3 大型試験装置写真



## 2. 4 実験内容

- ① 大容量膜エレメント構造検証：スリット構造の検証
- ② 従来膜との性能比較評価：ろ過性評価
- ③ 最大膜モジュールにおける物理逆洗状況の検証
- ④ 大容量膜ユニット検証および実証ろ過運転
- ⑤ CEB 適用による高流束化の検証/実証

## 3. 実験結果と考察

- ・ 大規模浄水場への膜ろ過装置の適用を目指し、大容量膜エレメントの基礎性能評価および大容量膜ろ過ユニットの開発を行った。
- ・ 大容量膜エレメントのスリット長を最適化し、長尺化しても従来膜エレメントと同等の逆洗後の回復性能を確認した。
- ・ 最適化された大容量膜エレメントを用いたろ過試験では、従来膜エレメントと同等の性能を有することがわかった。
- ・ 大容量膜エレメントを装着した最大膜モジュールを用いて、逆洗時の圧力挙動を評価し、モジュール内での圧力分布はほぼ同等であった。
- ・ 大容量膜ろ過ユニットを検討し、従来ユニットに比べ、設置面積当たりの膜面積が約2倍に向上出来ることを確認した。
- ・ 高流束化の検討として、酸を用いた CEB 方法の検討を行った。本実験で使用した原水の場合、膜ろ過流束  $5.0\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{日}$  以上の運転において、6ヶ月間の長期にわたって安定運転が可能であることが確認された。
- ・ CEB の適用頻度は、本実験で使用した原水および運転条件で、1回/日でも十分な効果が確認できた。

## 謝辞

最後に本研究の実施にあたり、多大なご協力を頂きました愛知県企業庁水道部殿、豊川浄水場殿の方々に対し、感謝の意を表します。

.....  
研究実施者

日本ガイシ株式会社

### 3 高度浄水処理施設における急速ろ過池代替としての膜ろ過システムの構築

#### 1. 実験目的

阪神水道企業団では、凝集/沈澱/オゾン/活性炭/再凝集/急速ろ過を主たるプロセスとする猪名川浄水場Ⅰ、Ⅱ系施設（各 297,500m<sup>3</sup>/日）の急速ろ過の更新技術として、膜ろ過システムの導入可能性を検討している。そこで、更新に際しての前提となる尼崎浄水場の高速ろ過技術を比較対照として、(1)処理水質、(2)単位施設面積あたり処理水量、(3)洗浄水量（回収率）並びに維持管理性、(4)コストを評価することを目的とした。

#### 2. 実験概要

2. 1 実験期間：2003年2月～2005年2月

2. 2 実験場所：阪神水道企業団猪名川浄水場 高度浄水処理実証プラント内

2. 3 原水：凝集/沈澱/オゾン/活性炭/再凝集/急速ろ過の高度浄水処理フローにおける活性炭処理水へ次亜塩素酸ナトリウムを添加したブレイクポイント塩素処理水（遊離塩素 0.8mg/L）を膜ろ過原水とした。

#### 2. 4 実験装置

小規模実験装置（ケーシング収納型中空糸膜・スパイラル膜）と、実モジュールを用いたパイロットプラント（ケーシング収納型中空糸膜・スパイラル膜、槽浸漬型中空糸膜）にて実験を行った。装置の仕様と実験条件を表3-1に示す。

表3-1 実験装置仕様、実験条件

膜形状	ケーシング収納型				槽浸漬型
	中空糸膜		スパイラル膜		中空糸膜
実験装置	パイロット	小規模	パイロット	小規模	パイロット
膜種類	MF膜		UF膜		MF膜
分離径	0.1μm		分画分子量 150,000		0.1μm
全有効膜面積	50m <sup>2</sup>	7m <sup>2</sup>	72m <sup>2</sup>	6.5m <sup>2</sup>	101.2m <sup>2</sup>
膜材質	PVDF（ポリフッ化ビニリデン）				
回収率	95%	95%	91%	91%	87～96%

#### 2. 5 実験方法

パイロットプラントを主として用いて、処理水質、および膜ろ過流束ごとの膜差圧の挙動などを中心に実験調査を進めた。次に、得られた実験結果をもとに、施設配置や維持管理、およびコストに関するケーススタディを行った。

### 3. 結果と考察

#### 3. 1 処理水質

濁度、色度、金属類、有機物質に関して、既存のろ過とほぼ同じ水質が得られた。また、微粒子数（≥2μm）は、高速ろ過処理水の目標値が 10 個/mL 以下であるのに対し 1 個/mL 程度で推移した。さらに、高速ろ過とは異なり通水開始直後に大きな流出も見られなかった。すなわち、処理水質は高速ろ過と比べ同等以上であると判断された。

#### 3. 2 膜差圧の挙動

膜ろ過流束は、小規模実験の結果などをもとに、ケーシング収納型膜では 3.0m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/日、槽浸漬型膜では 1.5m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/日を基本とした。例として槽浸漬型中空糸膜の

補正膜差圧の経日変化を図3-1に示す。他の膜装置も同様に膜ろ過流束と膜差圧の挙動との関係を把握した。

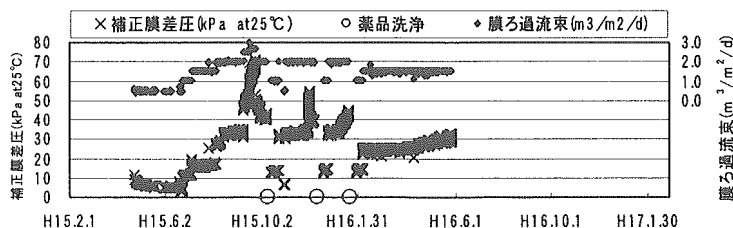


図3-1 補正膜差圧の挙動（槽浸漬型中空糸膜）

### 3. 3 ケーススタディ

#### 3. 3. 1 条件設定

処理水量を 300,000m<sup>3</sup>/日として、50m×60m の範囲内に付帯設備も含む施設を設置することなどを条件とした。この条件下では、単位施設面積あたり処理水量は 100m<sup>3</sup>/日/m<sup>2</sup>となる。これは尼崎浄水場高速ろ過池の 90.6 m<sup>3</sup>/日/m<sup>2</sup>を上回る。

#### 3. 3. 2 結果

施設配置：例として槽浸漬型中空糸膜の平面図を図3-2に示す。いずれの膜装置も膜ろ過流束を実験で基本とした値とすることで設定範囲内に設置可能であった。すなわち、高速ろ過を上回る省スペース化が可能である。

維持管理：維持管理面で大きな割合を占める薬品洗浄の実施間隔は、定期的な洗浄を想定すると、施設全体で 8~23 日程度と推定された。これは洗浄を自動化することで実施可能である。また、物理洗浄排水を他系列の砂ろ過原水の一部として再利用することとして、回収率の向上を直接の目標から除外した。

コスト：イニシャル、ランニングともに膜種間に大差はないが、高効率化された高速ろ過施設に比べ高くなる結果となった。

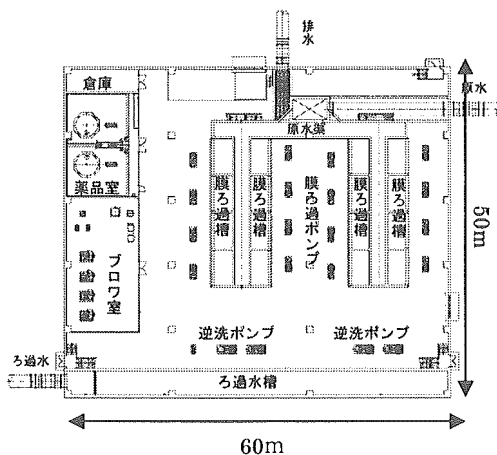


図3-2 膜ろ過施設平面図（槽浸漬型中空糸膜）

## 4. まとめ

高速ろ過を比較対照として膜ろ過システムの導入可能性を検討した。その結果、(1)処理水質は同等以上である、(2)単位施設面積あたり処理水量は尼崎浄水場高速ろ過池を上回る、(3)回収率の向上を直接の目標から除外することとし、また予想される薬品洗浄頻度は実施可能範囲内であることから、技術的に膜ろ過は導入可能であると判断された。一方で(4)イニシャル、ランニングコストともに高速ろ過と隔たりがあると評価された。

膜ろ過施設導入にあたっては、コストとメリットの両面を総合的に判断する必要があるが、今後は発想を転換して、他の固液分離技術との併用により、コストやファウリングなど膜ろ過技術に係る諸問題の解消を目指すこととした。

研究実施者

阪神水道企業団、株式会社神鋼環境ソリューション、株式会社クボタ、JFE エンジニアリング株式会社

## 4 省エネルギー、省スペースを考慮した 高透水性大容量 UF 膜による膜ろ過システムの確立

### 1. 実験目的

高透水性大容量 UF 膜を用いた膜ろ過システムの長期通水性能を確認し、従来施設と比較した環境影響低減化効果（省エネ、省資源化）を評価すること。

### 2. 実験概要

2. 1 実験期間：2003 年 8 月～2005 年 3 月
2. 2 実験場所：埼玉県入間郡越生町大字大満 110 大満浄水場
2. 3 原水

浄水場の各処理工程から 3 種類の原水を取水し、膜ろ過試験に用いた。浄水場概略フローと取水位置を図 4-1 に示す。

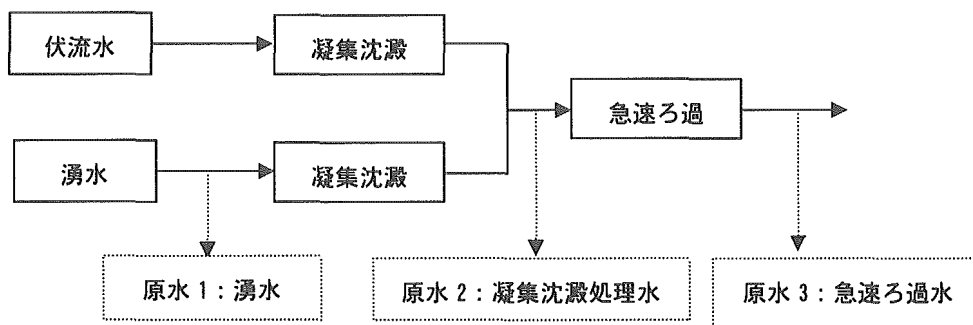


図 4-1 浄水場処理工程と試験原水取水位置

### 2. 4 実験装置

表 4-1 に示す新たに開発した高透水性 UF 膜を用いて全量ろ過方式での連続通水実験を行った。

### 2. 5 実験方法

それぞれの原水について膜ろ過流速、回収率を変えた連続通水を行い、水質分析するとともに膜差圧の上昇速度を測定した。

表 4-1 膜モジュールの仕様

膜	膜メーカー	株式会社クラレ
	膜の種類	中空糸型限外ろ過膜
	分画分子量	150,000
モジュール	材質	親水化ポリスルホン
	モジュール収納方式	ケーシング収納式
	膜面積	100、37、0.25m <sup>2</sup> の 3 種
	有効長	1,800mm
	通水方法	内圧式全量ろ過

### 3. 実験結果

3 種類の原水に対する通水試験結果を表 4-2 にまとめた。