

#### 4. 平成 16 年度の研究成果

平成 16 年度は研究の最終年度にあたり、得られた成果を「大規模膜ろ過施設導入ガイドライン」、「大規模膜ろ過施設導入技術資料」として取りまとめる作業を行った。これらの成果により、水道事業体への新技術への導入が容易になるものと考えられる。添付資料として、「大規模膜ろ過施設導入技術資料」を添付する。

以下に、各ワーキンググループの研究成果を示す。詳細については添付資料の「大規模膜ろ過施設導入技術資料」を参照されたい。

##### 4-1. 第 1 WG (大規模膜ろ過浄水場における膜ろ過システムの構築)

###### ① WG メンバー内の膜ろ過装置保有メーカーを中心としたケーススタディの実施

本ケーススタディでは、薬品洗浄回数が 1 回/年の場合に比べ、薬品洗浄回数が 3~4 回/年と増加することにより、設備費価格が約 15~20% 低廉化した。これは、薬品洗浄の実施回数を増やせば高い膜ろ過流速での設計が可能となるためであると考えられる。また、給水量規模が増加するにつれて、給水量あたりの設備費単価が若干減少する傾向が認められる。水質条件がより厳しい原水の場合には設備費単価が増加し、供給水①(水質条件については 2-4 参照)の設備費単価に対する供給水②の設備費単価の比率は 1.2~2.0 の範囲となった。

なお、既存の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。

総建設費(設備費+建屋建設費)についても設備費と同様に若干のスケールメリットの傾向が認められた。

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。これは、供給水②の方が、供給水①より低い膜ろ過流速の装置となり、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るためであると考えられる。

装置の系列、系統数については、装置全体の安定運転を考えて、複数系列を各メーカー共に考えている。しかし、各社の考え方には相違が見られ、予備力の考え方や装置構成の考え方に関するガイドラインを作成する必要があると思われるため、「大規模膜ろ過施設導入ガイドライン」を作成している。

##### 4-2. 第 2 WG (大規模膜ろ過浄水場における膜モジュール・膜ユニットの品質管理)

###### ① 効率的な膜モジュール損傷監視システムの構築、膜モジュール損傷発生時の対応策の整備

フィールド実験の結果、原水濁度によらず、漏洩率の実験結果とシミュレーションの値がほぼ一致し、また、複数本膜が損傷した系においても、原水濁度が 1 度程度であれば、シミュレーション結果とほぼ一致した。これ以上の原水濁度の場合には、シミュレーションの補正が必要である。

低濁度(原水濁度 0.1 度)の原水に対しても、微粒子計によって膜モジュールあたり一本の膜損傷を実験的に検知可能であったが、配管等からの微粒子発生も考えられるため、実施設においては濁度計等による間接法と圧力保持試験等による直接法を併用する

ことにするが、今後必要十分な膜損傷検知システムを、更に検討していく必要があると思われる。

#### ② 廃棄膜モジュールのリサイクル方法の検討

4種の使用済み膜モジュールを、産廃処分した場合のサーマルリサイクルにより再利用した場合の平均コストメリットはモジュール単位質量(kg)あたり、18円程度であった。ただし、モジュールの解体費用、運送費は含まれていない。また、リサイクル性を考慮した膜モジュールを設計し再使用した場合は、産廃処分した場合に比べ、約20倍コスト高になった。

現在のところ、産廃処分に比べ、リサイクルはかなり割高の感があるが、今後は産廃処分場の不足や環境影響等の観点からリサイクルへの関心が高まることが予想される。

#### ③ 膜モジュール・膜ユニットの規格化の検討

3種の膜モジュールを同一膜ユニットに適用した場合、モジュール長が異なる場合は空間効率が悪く適用は不可能と思われるが、モジュール長が類似している場合は若干の配管変更で対応できると思われる。

また、e-Water参加の事業者からは、標準化に関し、大多数が肯定的であった。

#### ④ 膜モジュール・ハウジング・配管等からの化学物質(特に微量有機化合物)溶出量の調査・試験方法の確立

膜損傷フィールド実験で用いた膜モジュールの薬品洗浄前後の膜ろ過原水、膜ろ過水、洗浄排水では、いずれも内分泌攪乱化学物質は定量下限値以下で溶出は認められなかった。

### 4-3. 第3WG

#### (大規模膜ろ過浄水場における膜モジュールのオンサイト・オンライン薬品洗浄)

薬品洗浄に関するアンケートに関して、e-Water参加企業からは、有機膜18件、無機膜2件に関して回答を得、膜分離技術振興協会からは、有機膜14件、無機膜2件の回答を得た。その結果、同一膜に関しても、膜分離技術振興協会が推奨している方法と、エンジニアメーカーが実際に実施している薬品洗浄方法に関して、洗浄時間等に違いがあることが確認された。

また、以下の留意点を明らかにした。

- ・ 大規模膜ろ過施設における膜モジュールの薬品洗浄は、維持管理性・作業性・経済性等の面で優位なオンサイト・オンライン方式を原則とする。
- ・ 薬品洗浄時期の集中を避けるため、膜モジュールの閉塞が生じるよりも早めの段階で、計画的かつ定期的に薬品洗浄を実施する。
- ・ オンライン洗浄では安全性を考慮し、水道用薬品もしくは食品添加物として認定を受けた薬品を使用することが望ましい。
- ・ 原水の水質データや以前の薬品洗浄廃液の水質データをもとにファウリングの原因となる物質を推定する。
- ・ 使用薬品、濃度、洗浄時間等の薬品洗浄条件の選定にあたっては、ファウリング物質、ファウリングの進行程度、薬品の特性、膜ろ過設備構成材料の耐薬品性等を十分に考慮する。

5. 持ち込み研究

第1研究グループ委員会持ち込み研究

番号	研究課題	参加企業等	実験研究場所
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)	大阪市柴島浄水場
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)	愛知県豊川浄水場
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	(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、阪神水道企業団	阪神水道企業団 猪名川浄水場
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)	埼玉県大満浄水場
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)	横浜市川井浄水場
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)、	横浜市川井浄水場
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)	横浜市川井浄水場
8	高流速型大容量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)	横浜市川井浄水場
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)	横浜市川井浄水場
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、三井造船(株)、(株)ユアサコーポレーション	横浜市川井浄水場

# 添付資料 1

環境影響低減化浄水技術開発研究 (*e-Water*)

大規模膜ろ過施設導入技術資料

## 要 約

本書は 2002 年から 2005 年にかけて実施された「環境影響低減化浄水技術開発研究 (e-Water)」の第 1 研究グループの研究成果に基づいて、大規模膜ろ過施設の計画・設計・維持管理にあたって検討すべき事項についてまとめたものである。また、膜ろ過施設の導入状況の分析と、水道用膜モジュールおよび膜ろ過設備について概説し、国内・国外における大規模膜ろ過施設の導入事例を紹介している。さらに、最新技術による設計と費用試算のケーススタディの結果を示した。

### 構成

1. 目的
2. 膜ろ過と水道
3. 大規模膜ろ過施設の計画
4. 大規模膜ろ過施設の設計
5. 大規模膜ろ過施設の維持管理
6. 大規模膜ろ過施設の導入事例
7. 大規模膜ろ過施設導入に向けての費用試算

## SUMMARY

This book explains matters which should be examined in planning, designing, and maintenance of a large-scale membrane filtration plant, based on the results of the first research group in the “e-Water project”. We analyzed introduced membrane filtration plants, and outlined membrane modules and units for water purification plants. We also presented examples of large scale membrane filtration plants which have been introduced worldwide. Finally, the results are shown for a case study of design using the latest technologies and trial calculation for costs.

### Contents

1. Purpose
2. Membrane filtration in water supply
3. Plan
4. Design
5. Maintenance
6. Examples of introduced membrane filtration plants
7. Trial calculation for costs

## はじめに

環境影響低減化浄水技術開発研究（e-Water）は、厚生労働省の厚生労働科学研究費補助金を受けて、大学等研究機関の学識者、水道事業体ならびに民間企業の参加により、平成 14 年度から 16 年度までの 3 年間実施してきた研究開発プロジェクトです。

e-Water と呼ばれるのは、Environmental Ecological Energy saving and Economical Water Purification System の頭文字に由来しています。

新世紀を迎えた今日、我が国の水道は 96% を超える高普及率を達成しています。新世紀は「水の世紀」とも「環境の世紀」ともいわれ、21 世紀における健全な水環境系の構築が叫ばれる中で水道に関する関心が高まっています。省エネルギー型浄水処理システム、発生汚泥の削減、水資源の有効利用は地球温暖化を防止し、健全な水循環の形成を促進させます。また、水源水質の監視に関する研究など水道水質の安全性を確保し、健康へのリスクの軽減を図る研究も大変重要です。

本プロジェクトは、研究課題ごとに 3 つのグループに分かれ、大容量膜ろ過技術の開発、浄水処理トータルシステム開発、水道水源監視に関する研究を行いました。そこでは、神奈川県内広域水道企業団綾瀬浄水場における合同実験や、各研究グループのもとで、全国の水道事業体の協力を得て行われた 26 の持ち込み研究、基盤技術確立を目的とした基礎研究が行われました。

本技術資料は第 1 研究グループ委員会【研究課題：大容量膜ろ過技術の開発に関する研究】の成果の一つであり、大規模膜ろ過施設の計画・設計・維持管理にあたって検討すべき事項について説明しています。また、国内外における導入事例を紹介するとともに、最新技術による設計と費用試算のケーススタディの結果を示しました。本技術資料は大規模膜ろ過施設の導入を検討する際の参考として大いに役立つものと確信しています。本成果をもとに更に技術開発が進み、今後ますます膜ろ過法が普及することを期待するものです。

最後に、本プロジェクトの推進にあたり、ご指導頂きました国包章一調整委員会委員長はじめ学識者の方々、実験フィールドを提供して頂いた水道事業体、御尽力頂いた委員並びに担当者の方々、そしてご指導賜りました厚生労働省の関係各位に厚くお礼申し上げます。

平成 17 年 8 月

財団法人 水道技術研究センター  
理事長 藤原 正弘

# 目 次

1. 目的	1
2. 膜ろ過と水道	2
2.1 水道用膜ろ過の現状	3
2.2 国内のMF膜、UF膜導入状況	4
2.2.1 導入状況分析	4
2.2.2 膜ろ過施設導入事業体の調査結果	6
2.3 海外のMF膜、UF膜導入状況	11
2.3.1 導入状況分析	11
2.4 膜および膜モジュール	14
2.4.1 膜の種類	14
2.4.2 膜ろ過による分離の特徴	17
2.4.3 膜モジュールの形式	24
2.4.4 水道用膜モジュール規格	31
2.4.5 廃棄膜モジュールの有効利用	37
2.5 膜ろ過装置の種類と基本事項	46
2.5.1 膜ろ過方式	46
2.5.2 物理洗浄方式	47
2.5.3 膜ろ過装置	49
3. 大規模膜ろ過施設の計画	54
3.1 施設計画における基本事項	54
3.2 導入検討手順	56
3.2.1 原水水質の検討	58
3.2.2 導入に際しての検討	59
3.3 膜ろ過処理フローの選定	61
3.3.1 膜ろ過処理フローの検討	61
3.3.2 排水処理	64
3.3.3 排水および汚泥処分方法の検討	65
4. 大規模膜ろ過施設の設計	66
4.1 施設設計・施工の基本的な考え方	66
4.1.1 施設能力および予備力の考え方	66
4.1.2 異常時の対策	69
4.1.3 構成機器と環境影響	69
4.1.4 配置計画および建設・施工	70
4.1.5 その他	70
4.2 膜ろ過設備	71
4.2.1 膜ろ過設備	71
4.2.2 膜モジュール	74
4.2.3 薬品洗浄設備	75

4. 2. 4	付属設備	75
4. 2. 5	機械・電気設備	76
4. 2. 6	計装設備	77
4. 2. 7	膜損傷検知設備	77
5.	大規模膜ろ過施設の維持管理	78
5. 1	大規模膜ろ過施設の維持管理	78
5. 1. 1	基本事項	78
5. 1. 2	運転管理上の留意点	80
5. 1. 3	水質管理上の留意点	82
5. 1. 4	施設管理上の留意点	86
5. 1. 5	管理形態	92
5. 2	薬品洗浄方法	93
5. 2. 1	薬品洗浄	93
5. 2. 2	薬品洗浄方式の選定	94
5. 2. 3	薬品洗浄実施時期の判断	95
5. 2. 4	主要薬品と除去対象物質	96
5. 2. 5	薬品洗浄条件の選定	98
5. 2. 6	薬品の取り扱い	100
5. 2. 7	薬品洗浄廃液	101
5. 2. 8	薬品洗浄設備	104
5. 2. 9	薬品洗浄作業	108
5. 3	膜モジュールの損傷	115
5. 3. 1	膜損傷検知システムに関する技術	115
5. 3. 2	国内外の浄水プラントにおける膜損傷監視システム (調査結果)	118
5. 3. 3	膜損傷(切断)試験	121
5. 3. 4	膜ろ過施設における膜損傷検知システム	129
6.	大規模膜ろ過施設の導入事例	133
6. 1	国内の導入事例	133
6. 1. 1	栃木県今市市瀬尾浄水場膜ろ過施設の概要	134
6. 1. 2	東京都羽村市浄水場膜ろ過施設の概要	139
6. 1. 3	埼玉県越生町大満浄水場膜ろ過施設の概要	145
6. 1. 4	福岡県海の中道奈多海水淡水化センター膜ろ過施設の概要	150
6. 1. 5	島根県隠岐の島町上里浄水場膜ろ過施設の概要	156
6. 1. 6	北海道虻田町月浦浄水場膜ろ過施設の概要	161
6. 1. 7	東京都水道局大久野浄水所膜ろ過施設の概要	166
6. 1. 8	長崎県壱岐市勝本ダム浄水場膜ろ過施設の概要	172
6. 2	海外の導入事例	178
6. 2. 1	サンドハースト浄水場膜ろ過施設の概要	179
6. 2. 2	ケルドゲイト浄水場膜ろ過施設の概要	184
6. 2. 3	コリンウッド浄水場膜ろ過施設の概要	189
6. 2. 4	ネルソン浄水場膜ろ過施設の概要	193
6. 2. 5	サンパトリシオ浄水場膜ろ過施設の概要	197



6. 2. 6	ピッツバーグ浄水場膜ろ過施設の概要	201
6. 2. 7	ピニュー・シュー・セーヌ浄水場膜ろ過施設の概要	205
6. 2. 8	ルアン浄水場膜ろ過施設の概要	209
6. 2. 9	ミネアポリス市・コロンビア高区浄水場膜ろ過施設の概要	214
7.	大規模膜ろ過施設導入に向けての費用試算	218
7. 1	ケーススタディ	218
7. 1. 1	設計条件	218
7. 1. 2	設備計画内容	218
7. 1. 3	費用算出条件	219
7. 1. 4	供給水①のケーススタディ<事例1>	221
7. 1. 5	供給水①のケーススタディ<事例2>	228
7. 1. 6	供給水①のケーススタディ<事例3>	235
7. 1. 7	供給水①のケーススタディ<事例4>	242
7. 1. 8	供給水①のケーススタディ<事例5>	251
7. 1. 9	供給水①のケーススタディ<事例6>	258
7. 1. 10	供給水②のケーススタディ<事例7>	263
7. 1. 11	供給水②のケーススタディ<事例8>	270
7. 1. 12	供給水②のケーススタディ<事例9>	277
7. 1. 13	供給水②のケーススタディ<事例10>	284
7. 2	費用試算	289
7. 2. 1	建設費	289
7. 2. 2	建屋面積	296
7. 2. 3	維持管理費	299
7. 2. 4	委託管理費	301

【添付資料】

第1研究グループ持ち込み研究成果概要	303
--------------------	-----

## 1. 目的と構成

本書は 2002 年から 2005 年にかけて実施された「環境影響低減化浄水技術開発研究 (e-Water)」の第 1 研究グループの研究成果に基づいて、大規模な膜ろ過浄水施設の導入のための技術資料としてまとめたものである。第 1 研究グループの課題は「大容量膜ろ過技術の開発」であり、大規模膜ろ過施設が従来の小規模膜ろ過施設の膜モジュール・膜ユニットの数をただ単に増加しただけではなく、省エネルギー化、省スペース化、低コスト化、環境排出負荷削減といった環境影響低減化の理念の基で、日給水量 100,000m<sup>3</sup> 規模の膜ろ過浄水システムの開発をめざして研究を実施した。

第 1 研究グループには民間企業 30 社、7 水道事業体、5 人の学識経験者が参画した。第 1 研究グループでは 3 つのワーキンググループを設けて、それぞれ、大規模膜ろ過浄水場における膜ろ過システムの構築、膜モジュール・膜ユニットの品質管理、膜モジュールのオンライン・オンサイト薬品洗浄に関する研究を行った。また、民間企業・水道事業体が 10 件の持ち込み研究を行い、膜ろ過装置の高性能化・低コスト化、安定性向上、水回収率向上などの技術開発に取り組んだ。研究プロジェクトの最終段階では最新の技術水準で日給水量 100,000m<sup>3</sup> 前後の大規模膜ろ過浄水施設を設計し、費用を試算するケーススタディを行った。

本書の内容は次のように構成される。第 2 章では、国内・国外の膜ろ過施設の導入状況の分析と、水道用膜モジュールおよび膜ろ過装置について概説した。第 3 章、第 4 章、第 5 章ではそれぞれ、大規模な膜ろ過施設の計画、設計、維持管理にあたって検討すべき事項について説明した。第 6 章では大規模膜ろ過施設の導入事例を紹介し、第 7 章では最新技術水準による大規模膜ろ過浄水施設の設計と費用試算のケーススタディの結果を示した。また、添付資料として、民間企業グループによる持ち込み研究の成果の概要を示した。大規模な膜ろ過浄水施設の導入にあたって本書が大いに役立つことを願う。

第 2 章の既設膜ろ過施設の事業費アンケート調査結果に比べると、第 7 章の大規模膜ろ過浄水施設のケーススタディでは膜ろ過設備建設の低コスト化が著しく進んでいることが一目瞭然である。ACT21(高効率浄水技術開発研究)、e-Water と続いた産官学連携の研究プロジェクトの成果を反映したものであり、たゆまぬ企業努力が実を結んだ結果であろう。同様にして今後の技術開発が進めば、本書の内容は数年ごとに書き換えられていくはずである。むしろ、毎年のごとく内容が改訂されるくらいの膜ろ過浄水技術の進展を期待したいものである。

湯浅晶 (第 1 研究グループ委員長 岐阜大学)

## 2. 膜ろ過と水道

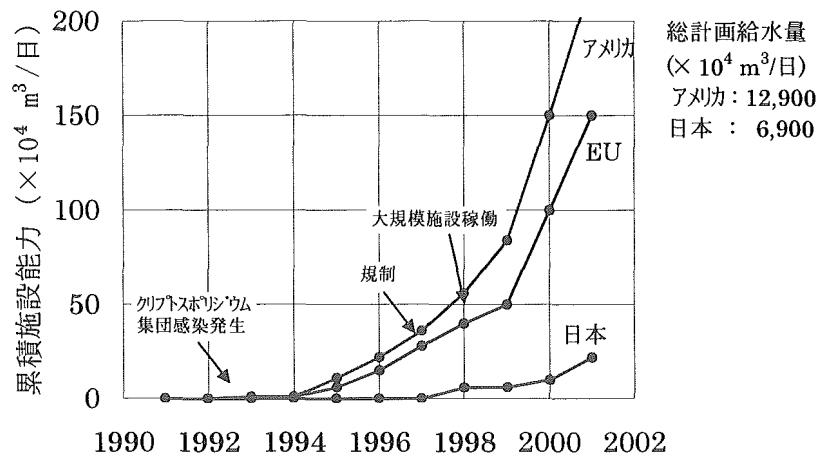
### 2.1 水道用膜ろ過の現状

我が国には簡易水道、専用水道、水道用水供給事業、それに上水道事業までを含めた水道施設数は 17,599 ヶ所ある<sup>1)</sup>。この内、精密ろ過膜 (MF 膜) および限外ろ過膜 (UF 膜) を使った膜ろ過施設は 1993 年度から導入が始まり 2005 年 3 月現在、建設予定を含めると全国で 442 ヶ所、計画施設能力で約 362,000m<sup>3</sup>/日となっている。詳細に関しては、2.2.1 導入状況分析を参照のこと。2002 年 3 月の時点で 291 ヶ所、155,000m<sup>3</sup>/日であった<sup>2)</sup>のに対して、3 年間で 151 ヶ所、約 200,000m<sup>3</sup>/日の増加となっている。1 ヶ所当りの処理量は 2002 年 3 月までで 533m<sup>3</sup>/日に対して、2002 年 4 月から 2005 年 3 月の間では 1 ヶ所当り平均約 1,360m<sup>3</sup>/日と最近の 3 年間で大型の施設が増えていることが分かる。

これら膜ろ過施設は、その大部分が膜ろ過と消毒の組合せであり、膜分離技術は除濁を目的として使われている。膜ろ過設備は膜の特長である「ふるい分け」による固液分離であるため、クリプトスポリジウムなどの塩素耐性原虫類による感染症対策に対しては有効な手段であるが、汚染の進んだ水道原水の場合、臭気成分や有害な有機化合物などは膜ろ過のみの単位操作で除去することが難しい。このため、1991 年から行われた「膜利用型新浄水技術開発研究 (MAC21) 3 ヶ年間」に引き続き、高度浄水処理技術の確立を目指して、1994 年度から「膜利用型新高度浄水技術開発研究 (高度処理 MAC21) 3 ヶ年間」、その後の「高効率浄水技術開発研究 (ACT21) 5 ヶ年間」、および 2002 年度から 3 年間の「環境影響低減化浄水技術開発研究 (e-Water)」で、膜を利用した高度浄水処理法の開発研究が多数行われた<sup>3)</sup>。

一方、海外における膜ろ過施設は、設備の維持管理の容易さもさることながら、前処理としての凝集剤注入量の削減、消毒副生成物前駆物質の低減化、さらには 1993 年にアメリカ ウィスコンシン州ミルウォーキー市で起こった世界最大のクリプトスポリジウム集団感染事件を契機にして、この除去を主目的に発展してきた。

世界の浄水用膜ろ過施設は 1980 年代に最初に導入され、現在では、160,000 m<sup>3</sup>/日の施設がイギリスで稼動するまでになっている。イギリスではサッチャー政権時の 1989 年に、全国 10 区域の水道公社すべてが民営化され、これを契機に膜ろ過施設が急速に普及しはじめた。使用されている膜は MF 膜または UF 膜で、濁質の除去、塩素耐性原虫類除去と運転の効率化を主目的としている。フランスでは 1999 年 11 月に、当時の Generale des Eaux 社グループが河川水の消毒副生成物および溶存有機炭素の除去を主目的に建設したナノろ過膜 (NF 膜) を使用する 140,000m<sup>3</sup>/日の大規模高度浄水処理施設が稼動した。浄水施設への MF 膜、UF 膜の導入は、最初の導入から現在まで、世界中で日量 5,660,000m<sup>3</sup> (日本を除く) である。



- 1993年 ミルウォーキー市で400,000人が腸管系感染 (少なくとも50人死亡)
- 1996年 埼玉県越生町で8,000人が感染(日本)
- 1998年 表流水処理規制強化

図2-1 膜ろ過施設（中空糸膜）の累計施設能力の推移

図2-1は、現在、主に使用されている中空糸膜を用いた膜ろ過施設の施設能力に関する1990年以降の累積値である<sup>4)</sup>。アメリカでは、先のミルウォーキー市での集団感染を契機に施設能力が増加しているように、膜ろ過の導入に対して塩素耐性原虫類に対する“Two Hygienic Barriers”のコンセプトが推進力となっている。ノルウェーにおいても、水道に“Two Hygienic Barriers”のコンセプトを導入している。一方、EUでは、“おいしい”水道水を造水するための塩素消毒の中止（オランダ）や塩素添加量の削減（フランス）が推進力である。韓国ではソウル市と韓国水資源公社（KOWACO）が膜ろ過パイロット実験をおこなってきた。最新の情報では、ソウル市は高度処理で対応し、膜ろ過については、さらに検討を進めるとのこと、KOWACOは15,000m<sup>3</sup>/日の膜ろ過浄水場の建設を予定している。韓国では、環境省のプロジェクト（Eco Star Project：膜を用いた水処理；浄水、下水処理、再利用処理）に年間10億円を7年間にわたり投資し、中・大型膜分離高度浄水処理システムの開発・実用化などの研究テーマが設定された。今後、それぞれの国でそれぞれの事情に応じた膜ろ過施設の導入が推進されるであろう。

## 2. 2 国内のMF膜、UF膜導入状況

### 2. 2. 1 導入状況分析

#### (1) 施設能力の推移

現在までの日本国内における膜ろ過施設の1993年の初導入以来の実績の推移を図2-2に示す(注)。

2005年3月現在での膜ろ過設備の累積実績件数は、MF膜とUF膜の合計で442件、施設能力は約362,000m<sup>3</sup>/日となっている。大規模な膜ろ過施設としては、1996年6月に水道水由来の塩素耐性原虫類クリプトスポリジウムの集団感染事故が発生した越生町(埼玉県)の大満浄水場で、4,000m<sup>3</sup>/日の膜ろ過施設が1998年5月に稼働を開始した。その後、今市市の瀬尾浄水場(栃木県)で9,000m<sup>3</sup>/日の膜ろ過施設が2001年5月より稼働、2004年3月からは羽村市浄水場(東京都)において27,500m<sup>3</sup>/日の施設が稼働している。さらに、2006年4月には越前市(2005年3月現在は武生市。2005年10月1日、今立町と合併)の王子保浄水場(仮称)(福井県)において38,900m<sup>3</sup>/日の施設が稼働予定である。

また、2006年度以降、50,000m<sup>3</sup>/日～100,000m<sup>3</sup>/日規模の膜ろ過施設の建設も計画されており、今後、日本においても大規模膜ろ過施設が増加していくものと推測される。

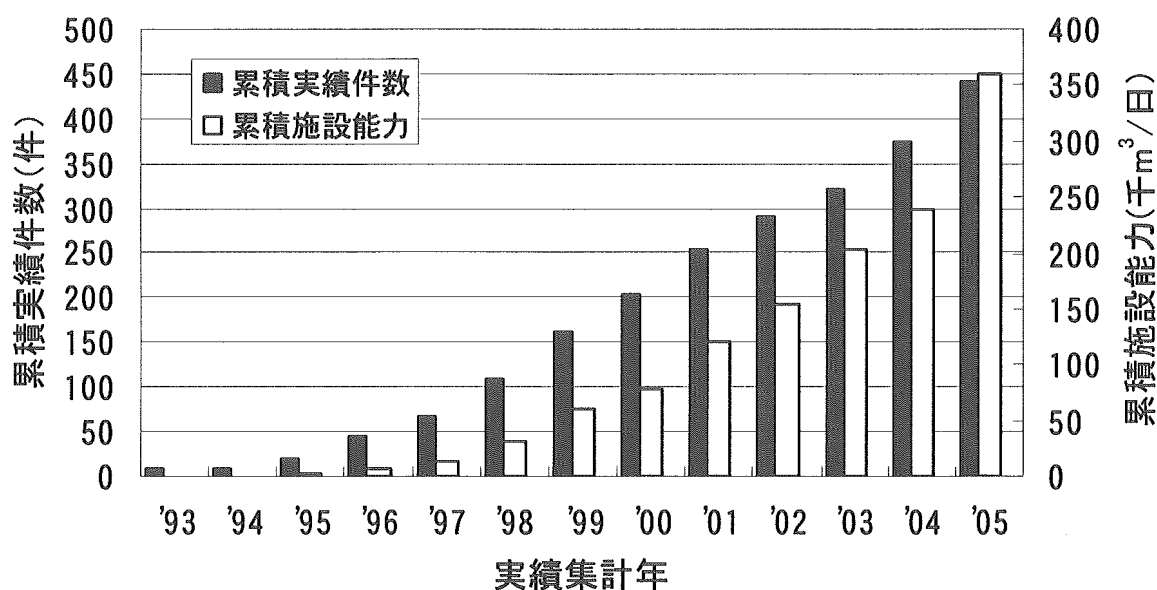


図2-2 日本国内の膜ろ過施設導入実績推移<sup>5)</sup>

(注) 数値は、各年3月の集計時において建設予定および建設中のものを含む。図2-3～図2-5についても同様とする。

(2) 施設能力別実績

施設能力規模毎の実績件数と累積施設能力の関係を図2-3に示す。

現状では、国内の膜ろ過施設の大部分（件数割合にして約67%）は施設能力500m<sup>3</sup>/日以下の小規模施設である。5,001m<sup>3</sup>/日以上規模の膜ろ過施設は11件で、累積施設能力は134,000m<sup>3</sup>/日（全体の約37%）となっている。

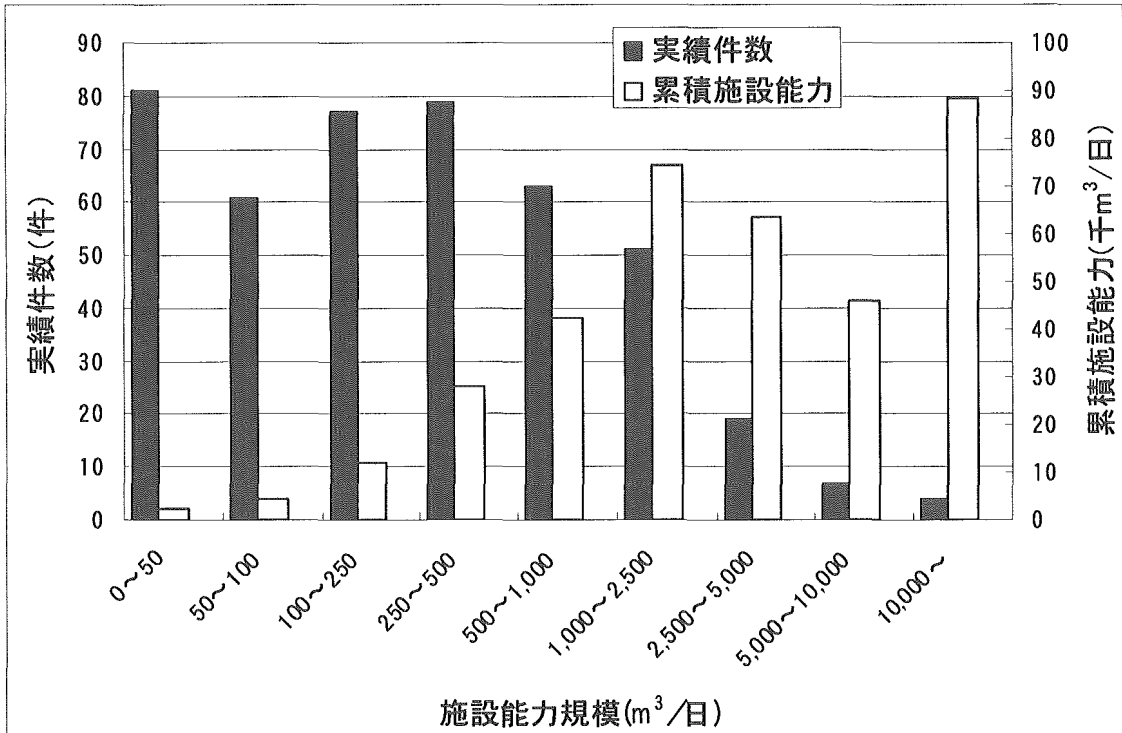


図2-3 日本国内の施設能力別実績<sup>5)</sup>

(3) 水源別実績件数

水源別の膜ろ過施設導入実績件数を図2-4に示す。

表流水が260件（累積施設能力169,000m<sup>3</sup>/日）と全体の58%を占め、ついで地下水が83件（累積施設能力98,000m<sup>3</sup>/日）となっている。

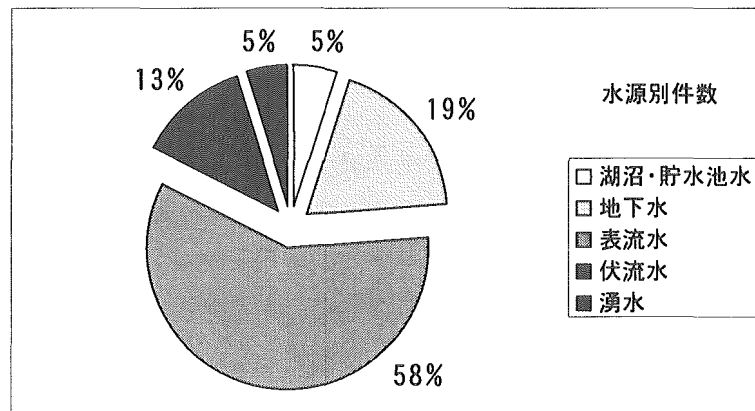


図2-4 日本国内の水源別実績<sup>5)</sup>

#### (4) 膜種別 (MF 膜、UF 膜) 実績件数

膜種別 (MF 膜、UF 膜) の実績件数を図 2-5 に示す。

膜の種類別では、UF 膜ろ過施設が 269 件 (累積施設能力 174,000m<sup>3</sup>/日)、MF 膜ろ過施設が 173 件 (累積施設能力 188,000m<sup>3</sup>/日) となっている。

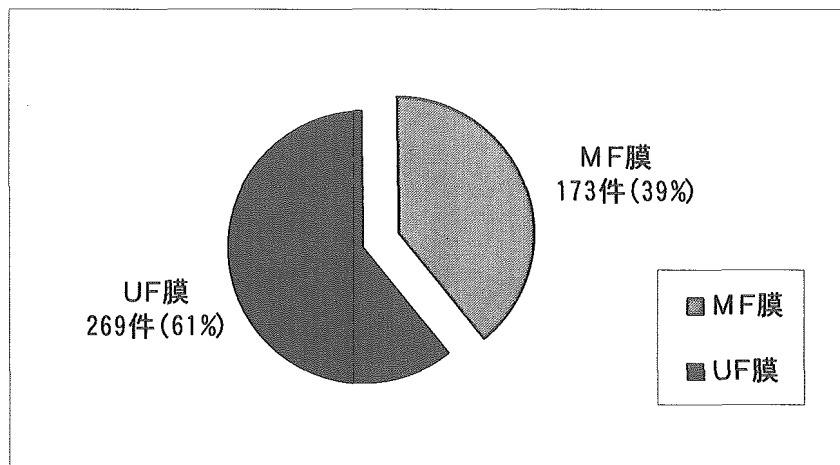


図 2-5 日本国内の膜種類別実績<sup>5)</sup>

### 2. 2. 2 膜ろ過施設導入事業者の調査結果

水道における膜ろ過施設の一層の技術的発展に貢献することを目的として、既に膜ろ過施設を導入した水道事業者に対して、以下のようなアンケート調査を実施した。

#### (1) 調査項目

当センターでは 2004 年 8 月に、「膜ろ過施設実態調査アンケート」を行い、施設諸元などの基本的な事項や実際に施設を稼動して得られた維持管理面の課題などを重点的に調査した。

#### (2) 調査対象

調査は給水量 500m<sup>3</sup>/日以上 の 113 ヶ所 の水道事業者を対象とし、47 件の回答を得た。

#### (3) 調査結果

##### 1) 総事業費

膜ろ過施設の総事業費(機械設備+電気・計装設備+土木・建築設備+その他)の集計結果を図 2-6, 図 2-7, 図 2-8 に示す。(この総事業費には用地取得費は含まない。)

なお、上記の総事業費は、前処理設備、後処理設備を含めている。(既設施設に膜ろ過設備を追加した場合は、膜ろ過設備のみのコストである。)

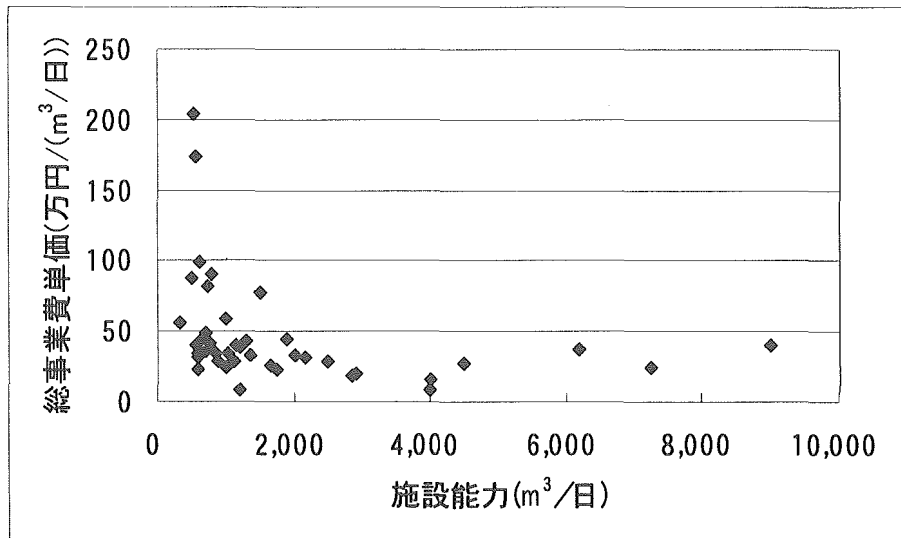


図2-6 膜ろ過導入に伴う施設能力当りの総事業費単価(0~10,000m³/日)

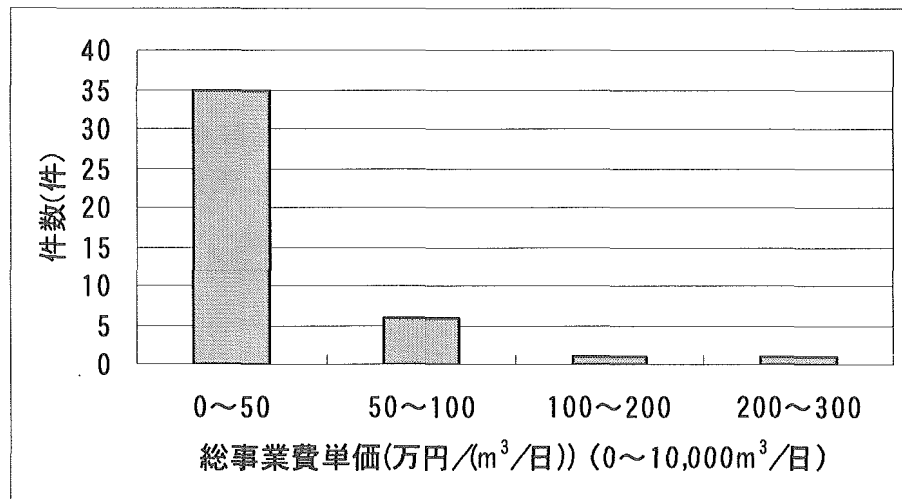


図2-7 膜ろ過導入に伴う施設能力当りの総事業費単価(0~10,000m³/日)

図2-6, 図2-7より、膜ろ過施設導入に伴う費用は、当該施設を取り巻く環境(水質、水量、維持管理体制、土地の空き状況)などにより異なり、一概には言えないが本アンケート結果によると、80%程度の施設が、50万円/m³-施設能力で建設されていることが分かる。膜ろ過施設の給水量当りの(機械+電気)設備費と給水量規模との関係を図2-8に示す。これより、給水量が増加するのに伴い、(機械+電気)設備費の単価が減少していき、2,000m³/日以上 of 施設能力の浄水場においては、20万円/m³-施設能力程度のコストで建設されていることが分かる。



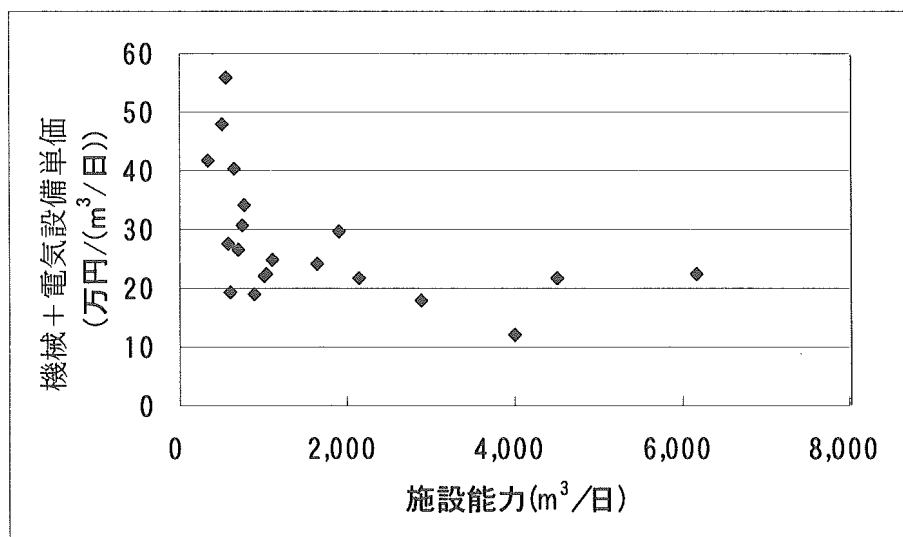


図2-8 膜ろ過導入に伴う施設能力当りの（機械+電気）設備単価

## 2) 維持管理費

膜ろ過設備の総事業費(薬品費+電力費+薬品洗浄費+膜交換費)の集計結果を図2-9, 図2-10に示す。なお、薬品洗浄頻度、交換頻度については、アンケート時に明確に決まっていなかった所が多いこともあり、ある範囲(例:半年~1年など)区分により分類を行った。そのため、薬品洗浄費、膜交換費を算出するに当たり、頻度はその平均値を用いて計算を行なった。

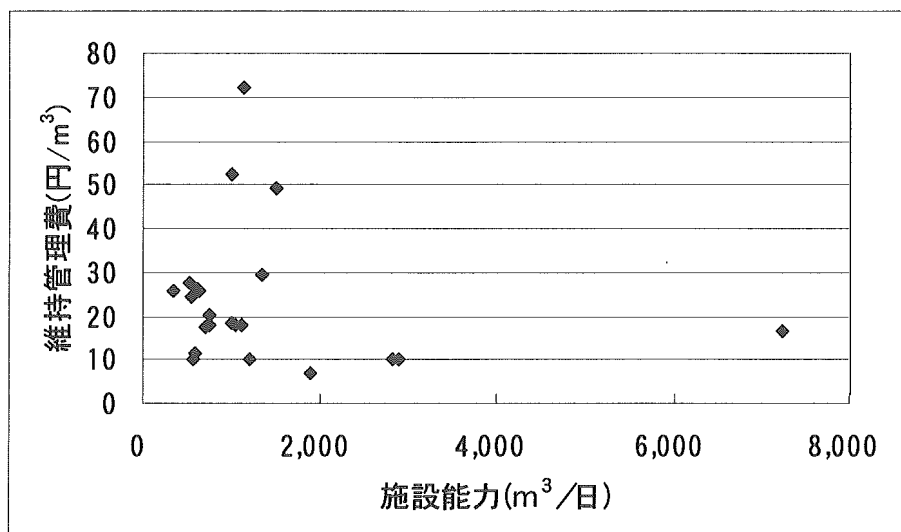


図2-9 膜ろ過設備維持管理に伴う維持管理費単価

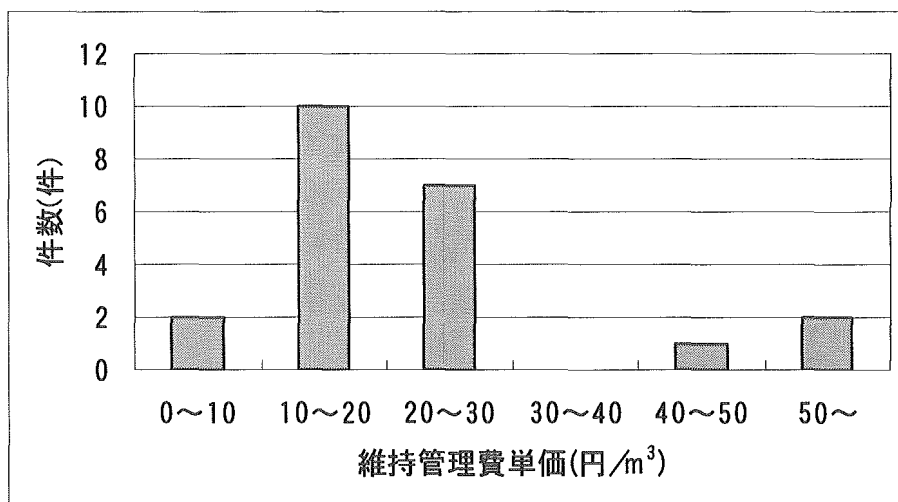


図2-10 維持管理費単価（件数別）

図2-9に示すように、維持管理費に関しては、施設能力による明確な差は確認されない。また、図2-10より、本アンケート回答結果の80%程度の施設において維持管理費が30円/m³以下であることが分かる。維持管理費の内訳を表2-1に示す。

表2-1 維持管理費内訳

費目	維持管理費単価(円/m³)
電力費	0.40 ~ 16.0
薬品費	0.03 ~ 2.68
薬品洗浄費	0.73 ~ 20.0
膜交換費	1.93 ~ 52.0

表2-1より、膜の維持管理費の中で、薬品洗浄費および膜交換費が大半を占めていることがわかる。水道経営において、薬品洗浄費や膜交換費は、計画的に年度予算化しておくことが肝要である。薬品洗浄費と膜交換費にバラツキがあるが、これはアンケートの回答に人件費を含んでいるものと含まないものがあるためである。

### 3) 建屋面積

膜ろ過設備の建屋面積の集計結果を図2-11, 図2-12に示す。

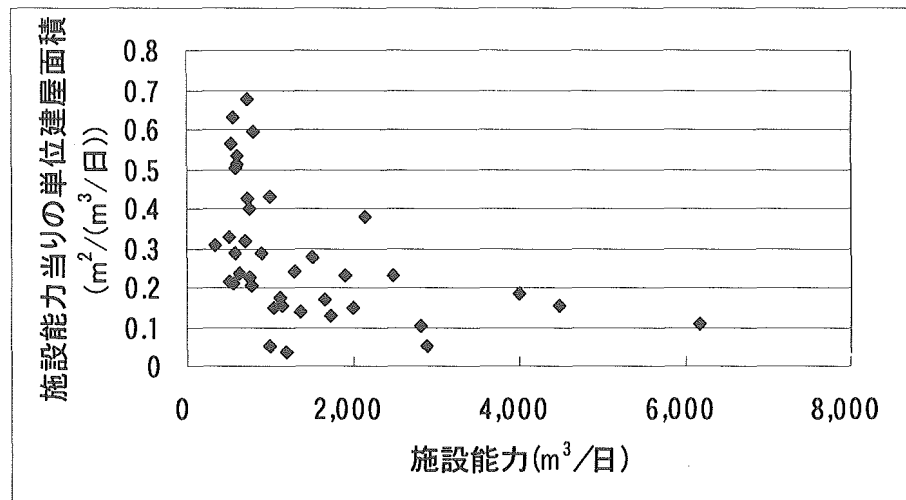


図2-11 施設能力当りの膜ろ過施設単位建屋面積

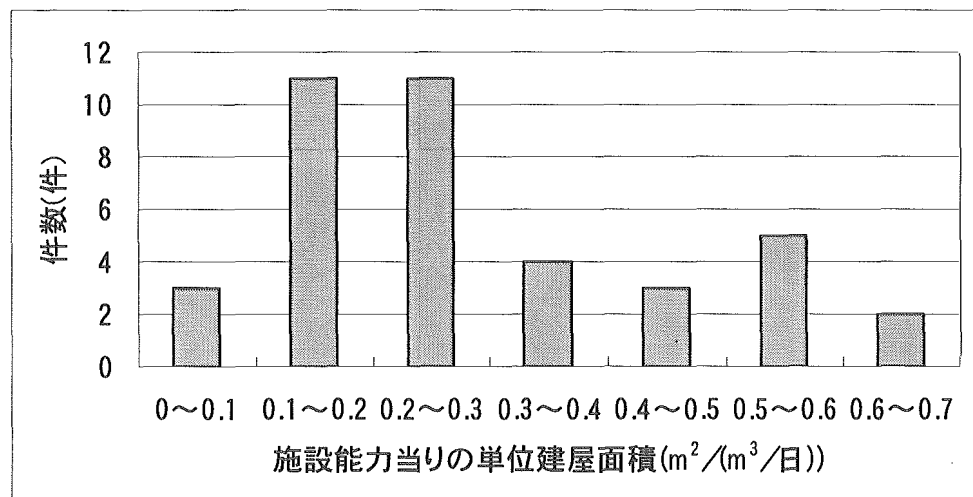


図2-12 施設能力当りの単位建屋面積 (件数別)

図2-11より、施設能力が増加するのに伴い、単位建屋面積が減少してくことがわかる。これは、スケールメリットによるものと思われる。

図2-12より、本アンケート回答結果の70%程度の施設の単位建屋面積は、0.1~0.3m²/(m³/日)であることがわかる。

## 2. 3 海外のMF膜、UF膜導入状況

### 2. 3. 1 導入状況分析

#### (1) 施設能力の推移

世界における膜ろ過施設の導入実績(日本を除く。1,000m<sup>3</sup>/日以上 of 施設についての2004年9月調査、2004年度納入予定を含む。)の推移を図2-13に示す。

浄水施設へのMF膜、UF膜の導入は1980年代に最初に導入されてから、2004年の計画まで含めると、5,600,000m<sup>3</sup>/日まで増加している。顕著な増加を始めるのは、1997年からであり、これは1993年に起きたアメリカ ウィスコンシン州ミルウォーキー市での世界最大のクリプトスポリジウム集団感染を契機にしている。

その後、塩素耐性原虫類の問題が世界的に認識されるようになって、膜ろ過設備数は急速に拡大してきた。

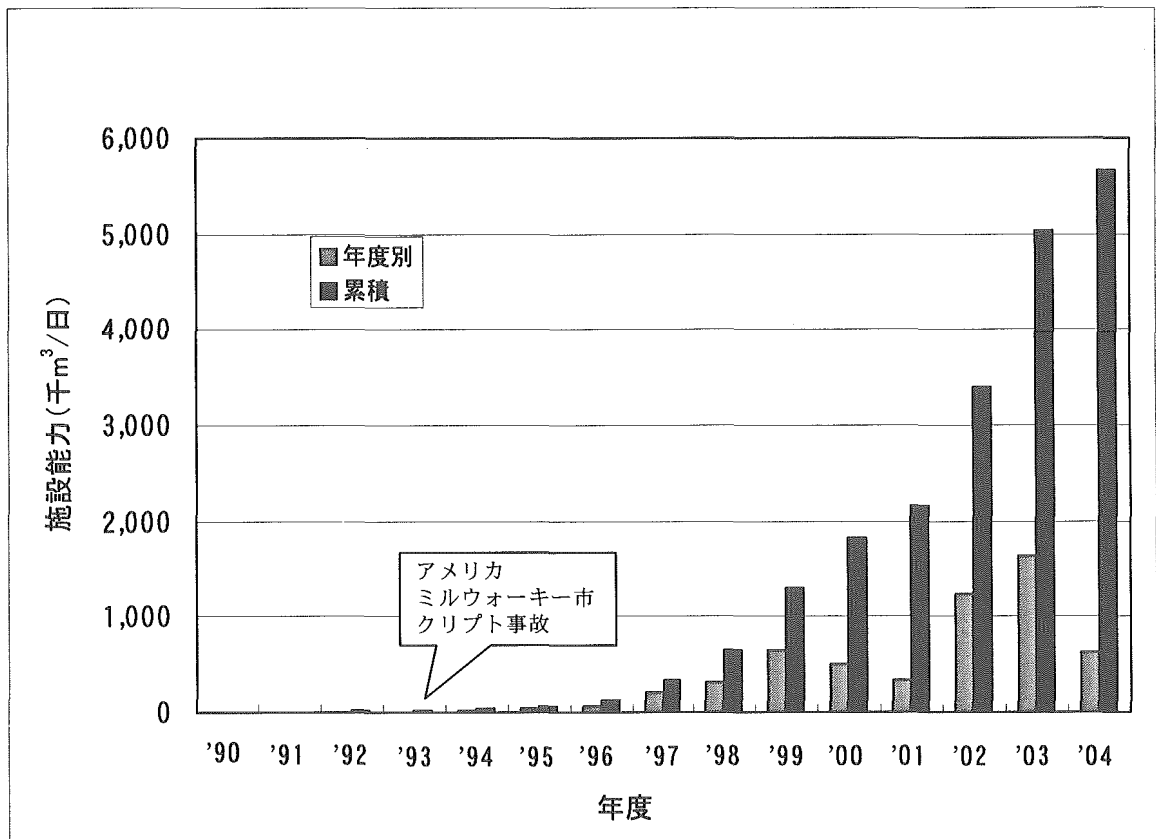


図2-13 世界における膜ろ過施設導入実績推移<sup>6)</sup>