

No.	会社名	装置の名称	認定登録番号	認定年月日	膜種	内圧/外圧	膜材質 ^{※1}	水回収率(参考) ^{※2}
69	ドリコ(株)	ドリコ外圧式UF膜ろ過装置	第1030号	2002/11/22	UF	外圧	PAN	94%
70	ドリコ(株)	ドリコ内圧式UF膜ろ過装置	第1031号	2002/11/22	UF	内圧	CA	90%以上
71	旭化成(株)他3社	膜分離式浄水システムMF装置	第1032号	2003/01/21	MF	外圧	PVDF	98.5%程度
72	新日本製鐵(株)	新日鉄膜ろ過装置(II)	第1033号	2003/01/21	UF	内圧	CA	95%程度
73	ドリコ(株)	ドリコ外圧式MF膜ろ過装置	第1034号	2003/05/14	MF	外圧	PVDF	98%以上
74	三機工業(株)、JFEエンジニアリング(株)	低圧MF膜ろ過装置	第1035号	2003/07/23	MF	外圧	親水化PS	95%以上
75	(株)神鋼環境ソリューション他5社	大容量膜ろ過装置	第1044号	2004/02/24	UF	内圧	セルロース系	90%程度
76	扶桑建設工業	MF膜ろ過装置FUSV型	第1036号	2003/12/04	MF	外圧	PVDF	90%以上
77	日本碍子(株)他7社	セラミック膜ろ過装置	第1037号	2003/12/04	MF	内圧	セラミック	98%以上
78	日本碍子(株)他7社	セラミック膜ろ過装置	第1037-(1)号	2003/12/04	MF	内圧	セラミック	98%以上
79	㈱住原製作所	UF膜ろ過装置	第1011-(1)号	2003/12/04	UF	内圧	CA	98%
80	ユニチカ(株)	ユニチカ内圧式膜ろ過装置	第1038号	2003/12/04	UF	内圧	CA	90%
81	理水化学(株)	膜ろ過浄水装置III	第1039号	2003/12/04	UF	内圧	CA	92.5%
82	水道機工(株)、東レエンジニアリング(株)	MF膜ろ過装置-1	第1040号	2003/12/04	MF	外圧	PVDF	97.6%
83	(株)クボタ	槽浸漬方式セラミック膜ろ過装置	第002-(1)号	2003/12/04	MF	外圧	セラミック	99%
84	旭化成(株)他22社	膜ろ過式浄水システム	第1041号	2004/02/23	MF	外圧	PVDF	98.80%
85	旭化成(株)	膜ろ過式浄水システム	第1041-(1)号	2004/02/23	MF	外圧	PVDF	90%以上
86	三菱レイヨンエンジニアリング	UF膜ろ過装置	第1042号	2004/02/23	UF	外圧	PAN	94~97%
87	オルガノ(株)	浄水用膜ろ過装置オルファインUHF	第1043号	2004/02/23	UF	内圧	CA	96.70%
88	富士電機システムズ(株)	富士膜ろ過システム	第1045号	2004/02/23	UF	内圧	ポリエーテルスルホン/ポ リビニルピロリドン	90%以上
89	東レ(株) 他10社	PVDF製水道用浄水膜ろ過装置	第1046号	2004/03/26	MF	外圧	PVDF	98.30%
90	北栄建設(株)	浄水用膜ろ過装置 HOME Pure	第1047号	2004/03/26	UF	内圧	CA	81%
91	(株)クボタ	クボタ スパイラル膜ろ過装置	第1048号	2004/03/26	UF	外圧	PVDF	95%
92	前澤工業(株)	外圧式浸漬型膜ろ過装置	第1049号	2004/03/26	MF	外圧	親水性PTFE	98%以上
93	水道機工(株)	膜ろ過装置	第1025-(1)号	2004/11/9	MF	外圧	親水化PS	98%以上
94	(株)清水合金製作所	SGS水処理技術 水道用膜ろ過装置	第1050号	2005/1/11	MF	外圧	PVDF	91.4%
95	栗田工業(株)	クリタ式水道膜ろ過装置 システムVII	第1051号	2005/1/11	UF	外圧	親水化PS	96.7%程度
96	(株)西原ウォーターテック(株)エヌ・ケイ・テックノ	高流量膜ろ過装置	第1052号	2005/3/24	UF	内圧	セルロース系	94~96%
97	富士電機システムズ(株)	富士膜ろ過システム	第1053号	2005/3/24	MF	内圧	ポリエーテルスルホン/ポ リビニルピロリドン	98%
98	東レ(株) 他11社	PVDF製水道用浄水膜ろ過装置	第1054号	2005/3/24	MF	外圧	PVDF	91.7%
99	水道機工(株)	MF膜ろ過装置-2	第1055号	2005/3/24	MF	外圧	PVDF	96.5%

※1 CA:酢酸セルロース、PAN:ポリアクリロニトリル、PE:ポリエチレン、PP:ポリプロピレン、PS:ポリスチレン、PTE:ポリテトラフルオロエチレン、PVDF:ポリフッ化ビニリデン

※2 水回収率は原水水质、前処理(凝集剤添加の有無)などの諸条件により異なるため、参考値として記載する

※3 ベース樹脂ポリエーテルに塩素化ポリエチレンを含ませたもの

参考文献

- 1) 「水道年鑑 (2005 年版)」, p.64, 水道産業新聞社, 2005
- 2) (財)水道技術研究センター 調査結果 (2003 年 6 月)
- 3) 「高効率浄水技術開発研究 (ACT21) 成果報告書」, p.153,
(財)水道技術研究センター, 2002
- 4) 渡辺 義公, 「第 2 回環境影響低減化浄水技術開発研究セミナー」, p.3,
(財)水道技術研究センター, 2004
- 5) (財)水道技術研究センター 調査結果 (2005 年 3 月)
- 6) 膜分離技術振興協会 調査結果 (2004 年 9 月)
- 7) 「高効率浄水技術開発研究 (ACT21) 成果報告書」, p.158,
(財)水道技術研究センター, 2002
- 8) 藤田 賢二編著, 山本和夫ら, 「急速ろ過・生物ろ過・膜ろ過」, p.301,
技報堂出版, 1994
- 9) 膜分離技術振興協会監修, 「浄水膜」, p.21, 技報堂出版, 2003
- 10) 眞柄泰基監修, 「水道水質事典」, p.267, 日本水道新聞社, 2002
- 11) 渡辺 義公, 「膜を用いた浄水システム - 特徴と現状 - 」, p.2~9, 水道協会雑誌,
第 69 巻, 第 9 号, 2000
- 12) 「高効率浄水技術開発研究 (ACT21) 成果報告書」, p.247,
(財)水道技術研究センター, 2002
- 13) 膜分離技術振興協会監修, 「浄水膜」, p.199, 技報堂出版, 2003
- 14) 一伊達ら, 「セラミックス基盤工学研究センター年報 (2002)」, p.17,
セラミックス基盤工学研究センター, 2003
- 15) 膜分離技術振興協会監修, 「浄水膜」, p.199, 技報堂出版, 2003
- 16) 「水道膜ろ過法入門」, p.162, (財)水道技術研究センター
- 17) 膜分離技術振興協会監修, 「浄水膜」, p.186, 技報堂出版, 2003
- 18) 「水道技術支援事業規定集」, p.13, (財)水道技術研究センター, 2002

3. 大規模膜ろ過施設計画

3. 1 施設計画における基本事項

膜ろ過法には、その優れた特長もさることながら、従来法とは異なる留意点がいくつか存在する。膜ろ過法を浄水処理方式として採用する場合は、得られる浄水の水質のみならず、施設運転の安定性、設備費・維持管理費などのコスト、維持管理体制、洗浄排水や廃液の処分法など、これらを充分考慮した施設計画を行う必要がある。

大規模膜ろ過施設の計画においては、以下の項目に留意する。

1. 膜ろ過方式の採用に当たっては、従来法との特徴の差異を十分に認識する。
2. 原水水質に応じ、特に溶解性物質が含まれる場合には、他のプロセスを組み合わせたフローの検討する。
3. 薬品洗浄について十分に検討する。
4. 排水処理について十分に検討する。

1について、膜ろ過方式の採用に当たっては、従来法である急速ろ過方式や緩速ろ過方式など砂ろ過による固液分離操作との基本的な差異を十分に認識する必要がある。

従来方式と比較した場合、MF膜やUF膜を用いた膜ろ過方式には以下に示す特長がある。

- ・懸濁物質、塩素耐性原虫類、細菌類に対して高い除去効果があり、原水水質の変動に対しても安定した良好な浄水水質が得られる。
- ・装置がユニット化でき、コンパクトな設備となる。
- ・設備は自動化が図られ、運転管理が容易となり、省力化が可能である。
- ・凝集剤が不要か、あるいは少なくて済む。
- ・土木工事の割合が少なく建設工期の短縮が可能である。
- ・既設浄水施設との組み合わせや既設の土木、建築設備を転用することで建設費の低減が可能である。

一方、膜ろ過方式には、以下に示す従来方式と異なる点があり、これらに関して考慮する必要がある。

- ・膜のファウリングを回復するための薬品洗浄が必要となる。詳細については、5.2 薬品洗浄方法を参照のこと。
- ・経年劣化などによる膜の寿命により、膜モジュールの交換を必要とする。
- ・何らかの理由による膜破損や膜損傷に備え、これらを検知する設備を考慮する必要がある。詳細については5.3 膜モジュールの損傷を参照のこと。
- ・物理洗浄（逆洗）を15分～数時間に一回程度行うため、この排水処理に配慮する必要がある。
- ・膜の種類によっては、膜供給水濁度の許容値の上限に違いがあるため、留意する必要がある。

2について、小規模浄水場では地下水などの比較的清澄な水源である場合が多いのに対して、大規模浄水場では表流水などの比較的濁質などを多く含む水源であることが多くなると予想される。

この場合、原水中に膜ろ過で確実に除去できる濁度（懸濁物質）、細菌類、塩素耐性原虫類など以外に、膜ろ過では除去できない溶解性物質、すなわち農薬などの有機物質やアンモニア態窒素、マンガンなどの無機物質が含まれていることがあり、膜ろ過に他の除去プロセスを付加する必要がある。また、従来法である凝集沈澱、砂ろ過で除去されていた、すなわち凝集の効果により除去されていた成分（ヒ素など）は、膜ろ過（MF膜、UF膜）単独では除去できないこともあり、除去対象物質が何であるかを十分に検討し処理方法を選択することが必要である。

従って、溶解性物質が含まれている原水を膜ろ過の対象とする場合には、膜ろ過に溶解性物質を除去するプロセスを付加する必要がある。なお、膜ろ過を採用することで付加するプロセス（オゾン、粉末活性炭など）が従来法に比較して、より効果的、経済的に組み込める可能性がある。詳細については、3.3 膜ろ過処理フローの検討を参照のこと。

3について、膜ろ過は膜面などに付着した物質を薬品で除去する薬品洗浄を定期的実施する必要がある。大規模膜ろ過施設では、膜モジュールおよび膜ろ過設備の数が多数となるため、薬品洗浄方式の選定、薬品廃液の処理など維持管理性、作業性、経済性をも含めた十分な検討が必要である。また、これらの排水基準は地方自治体によって上乘せ基準が制定されている場合もあるため、必ず関係自治体に確認する必要がある。詳細については、5.2 薬品洗浄を参照のこと。

4について、施設能力が10,000m³/日以上浄水場の沈澱設備およびろ過設備は、水質汚濁防止法で特定施設に指定され、これらの施設を設置する特定事業所（浄水場）からの排水には水質汚濁防止法上の排水基準が適用される。また、地域によっては条例により、施設能力10,000m³/日より小規模な施設に対しても排水規制がなされている場合や水質汚濁防止法より厳しい排水基準が適用されている場合があるので、注意が必要である。

このように、大規模膜ろ過施設では、上記の法的規制あるいは排水による環境への負荷の低減が必要なことから、排水処理施設を設ける必要がある。詳細については、3.3.2 排水処理を参照のこと。

3. 2 導入検討手順

浄水処理方式の選定に当っては、原水水質の現況と将来について把握し、水質基準を満足できる浄水処理方法の検討が必要となる。

大規模の浄水施設へ膜ろ過の導入を検討する際には、凝集、沈澱、砂ろ過などの従来の処理法と膜ろ過法の違いを把握し、検討を進めることが重要である。すなわち、膜ろ過には従来法には無い膜の薬品洗浄や膜の交換といった維持管理が必要であり、この面からの検討も重要である。

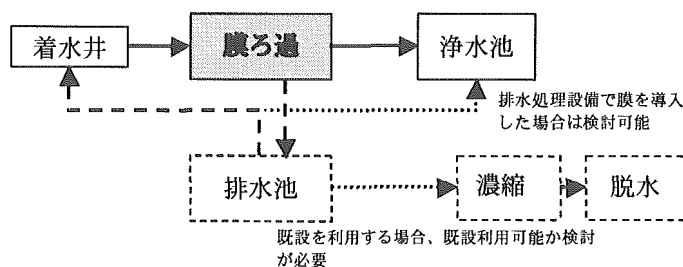
大規模の浄水施設へ膜ろ過を導入する場合には以下のケースが考えられる。

(図3-1)

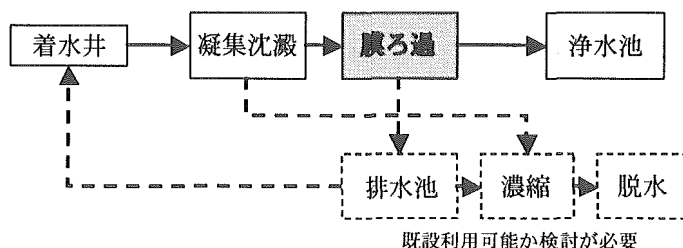
- ① 新設の場合
- ② 既設の全体更新の場合
- ③ 既設の部分更新の場合

①, ② 新設、既設全体を膜ろ過に更新する場合

膜ろ過物理洗浄排水を処理する排水処理設備が必要となる。既設の全体更新の場合、排水処理から排出する排泥を既設の濃縮・脱水設備で処理できるか検討する必要がある。また排水処理で膜ろ過を適用した場合は、処理水を浄水として回収することもできる。



③-1 急速砂ろ過を膜ろ過に更新する場合



③-2 急速砂ろ過の後段に膜ろ過を設置する場合

既存の排水池に余裕がある場合は、そのまま使用するか、あるいは水質によっては、直接着水井に返送することも可能である。

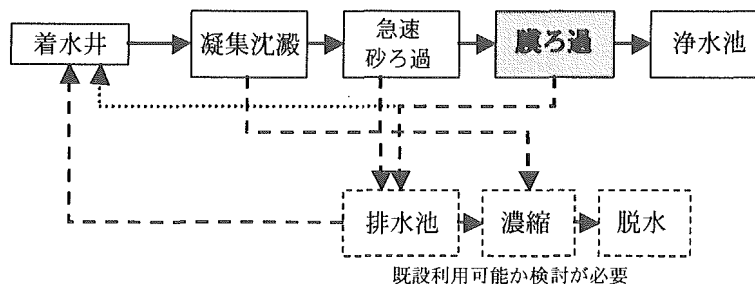


図3-1 膜ろ過施設の導入例

部分的な更新や既存の施設を運用しながら施設全体を更新する場合には、既存施設の評価(浄水処理フロー、水質など)を適切に行い、膜ろ過導入の際に検討すべき事項を整理、抽出することが重要である。また、その際には、既存施設の老朽化の度合いや、維持管理費についての検討および施設の更新や更新後の省力化によるコストメリットについての検討が必要となる。

以下に膜ろ過導入検討フローを図3-2に示す。

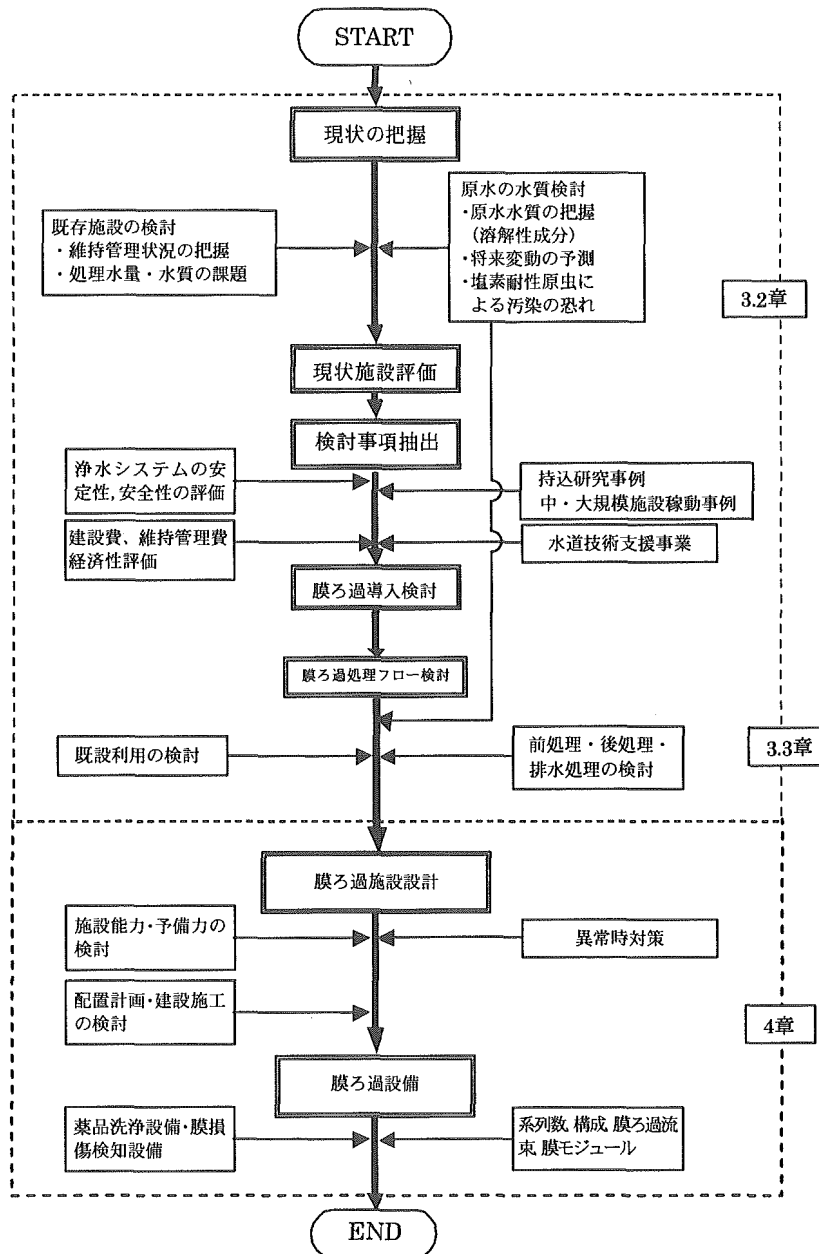


図3-2 膜ろ過導入検討フロー

3. 2. 1 原水水質の検討

膜ろ過施設で処理する原水水質については、下記の項目について検討する。

1. 原水水質の性状（塩素耐性原虫類および膜ろ過単独では除去できない溶解性物質などの有無）について把握する。
2. 原水（および既設の場合は浄水）の各水質項目について、過去3年間程度の月変動(平均・最大・最小)を把握することが望ましい。また必要に応じて日変動も把握する。
3. 将来的な水質変化が予測される場合は、その対応について考慮する。

1について、良質な原水を安定して取水することが基本となるが、水源の種別により水質に特徴があるため注意を要する。例えば河川表流水は降雨などによる原水濁度が急激に上昇することがあり、また、湖沼水・貯水池水は藻類などの影響による異臭味や pH 変動があり、浄水処理において凝集剤の注入量を増加させるなどの対応が必要となる。一方、地下水は濁度は低いが、鉄、マンガンなどの溶解性物質を含む場合が多い。

塩素耐性原虫類はクリプトスポリジウムおよびジアルジアに代表され、特にクリプトスポリジウムはオーシストと呼ばれる状態で環境中に存在し、塩素に対して極めて強い耐性がある。

クリプトスポリジウムおよびジアルジアの除去率は従来法（直接ろ過法、凝集沈澱・砂ろ過）で $1\sim 3\log^{1)}$ の除去（除去指数 (log) については、2.4.2 膜ろ過による分離の特徴を参照のこと。）であるのに対し、膜ろ過では $5\sim 7\log^{1)}$ の除去である。塩素耐性原虫類による汚染の恐れがある場合は、膜ろ過設備を導入することで水道水の安全性が大きく向上する。

2について、原水水質の変動は、膜ろ過法を導入する場合も従来法の浄水場と同様に把握する必要がある。降雨などに起因する場合、年によってばらつきがあり、年間の水質変動を把握するだけでは不十分である。したがって、原水および浄水（既設設備がある場合）の水道法が定める水質項目について、過去3年間程度の月変動値(平均・最大・最小)を把握することが望ましい。新設時などで測定データが入手できない場合は、適宜測定をする必要がある。

また、湖沼水、貯水池水において、藻類の光合成による pH 変動など、水質が日周期変動する場合もあるので、水質の時間変動を把握することが望ましい。

3について、原水水質については、現況とともに将来についても把握する必要がある。将来水質を把握する方法は、既存データが蓄積されている場合には経年的な変動傾向から予測する方法（トレンドによる方法）、流域の汚濁源の将来動向から予測する方法(汚濁原単位による方法)などがある。

3. 2. 2 導入に際しての検討

膜ろ過施設導入の可否を判断するにあたっては、従来法と膜ろ過法を導入した場合の比較を行い、下記の項目を総合的に判断して検討する。

1. 浄水システムの安定性、安全性の評価
2. 建設費、維持管理費を含めた経済性
3. 更新工事における浄水能力の確保

1 について、浄水システムの安全性を水道事業者などが評価する方法としては、①事業体内部に検討委員会を立ち上げる、②外部委託を行なう、などがある。

外部委託の手法の一つとして、当センターが実施している水道用浄水施設導入支援事業が挙げられる。下記にその内容を示す

(水道用浄水施設導入支援事業)²⁾

水道事業者などが設置しようとする浄水施設（膜ろ過以外の施設も含む）についての公正・中立・適正な調査、評価を行うことにより、浄水装置の円滑かつ適切な設置および維持管理の確保を目的として、また浄水システムへの円滑かつ適切な導入を目的に実施しているものである。

1995年4月から当センターの前身である(社)水道浄水プロセス協会が開始し、1998年7月、厚生省から当事業の活用については水道事業者などの任意とする旨の通知が行われた。(厚生省衛生第55号参照)

(1) 評価対象施設

水道事業者、水道用水供給事業者、専用水道の設置者などが現に設置を計画している下記の浄水施設を対象としている。

- 1) 水道用膜ろ過施設（精密ろ過法または限外ろ過法による）
- 2) 水道用ナノろ過施設および水道用逆浸透施設
- 3) 水道用浄水施設（上記以外の浄水施設）

(2) 評価方法

浄水装置の設置に係る基本的事項、前処理設備、該当浄水装置、運転制御、洗浄機能など、付属設備、機械・電気設備、計装設備、排水処理、維持管理などの項目について評価を行うものである。

水道事業者から依頼を受け実施した水道用浄水施設導入支援事業は、既に制度発足以来、膜ろ過施設で129件126施設が評価を受けている。(2005年3月現在)

2 について、建設費には、機械設備の他、土木建築設備、電気制御設備を含む。また膜ろ過設備の維持管理費には、膜交換に係わる費用（膜の購入および廃棄を含む）、薬品洗浄に係わる費用、電気代、薬品費、維持管理に必要な人件費などを含む。

膜の交換費は、膜ろ過設備の維持管理費で大きな割合を占める項目であり、膜モジュールの交換を一度に全量行うと多額の費用が発生するため、年度予算を平均化し、毎年均等になるように計画的に交換することは重要である。

膜ろ過設備の長所の一つは維持管理の容易さと省力化にある。経済性の評価には、必要な人件費を含めた維持管理費を比較することで、膜の長所を評価することができる。

膜ろ過設備はコンパクトで設置面積が小さいため、大規模であっても設備全体を建屋内に設置することが多い。このため、入退場の制限や、カメラなどによる遠隔監視などが容易となり、リスク管理（テロ対策など）の面では従来法より安全性が格段に向上するという長所がある。

3について、従来法の施設を膜ろ過施設へ更新する際、場合によっては既存設備を運用した状態で更新工事を行う必要が生じる。特に、大規模施設を更新する場合には、このようなケースが多いと考えられるため、計画立案に際しては、更新期間中も安定した浄水処理性能の確保が可能なよう配慮し、既存施設の維持管理に支障を来さないよう施工計画、施工方法を検討する必要がある。

こうした施工計画において、膜ろ過設備であれば、ユニット化することによる建設工期の短縮や、省スペース化などの長所を生かすことができる。

3. 3 膜ろ過処理フローの選定

3. 3. 1 膜ろ過処理フローの検討

膜ろ過処理フローの選定には、膜ろ過の処理性能のみならず、敷地面積条件、維持管理性、経済性、環境影響負荷などを総合的に検討する。また、原水水質に応じて、水質基準を満足するため、あるいは膜ろ過設備の安定・安全な運転を目的として適切な前処理・後処理を膜ろ過処理フローに付加する。

膜ろ過設備は基本的に不溶解性物質除去を目的として設置される。しかし実際には原水中に溶解性物質を含む場合が多く、そのような場合は他のプロセスと組み合わせることが必要である。

原水中の溶解性物質には多様な物質があるが、大別すると、溶解性無機物（溶解性鉄・マンガンなど）と溶解性有機物（異臭味、農薬、トリハロメタン前駆物質など）に分けられる。従って膜ろ過施設の除去対象物質は下記の3通りに大別される。

- 1) 懸濁物質のみ（膜ろ過設備）
- 2) 懸濁物質+溶解性の無機物（膜ろ過+前処理・後処理設備）
- 3) 懸濁物質+溶解性の有機物(+溶解性の無機物)(膜ろ過+前処理・後処理設備)

現在、我が国で導入されている膜ろ過技術は多数あるが、それぞれの膜種類および膜型式によって異なる特長を有している。最適な処理フローを検討するためには、膜ろ過設備に応じて全体のシステムを検討していくことが必要となる。

それぞれの除去対象物質と、用いられる処理フローの一般例は浄水技術ガイドライン³⁾に記されているので、参照のこと。

以下に、膜ろ過処理フローに付加される前処理、後処理の概要を示す。

① 前処理用ろ過処理

降雨時など膜供給水の高濁度時の最大負荷を軽減する目的のほか、常時膜への濁度負荷を軽減し、膜ろ過設備をより効率的に運転する目的のためにも用いられる。原水水質の変動範囲と、膜ろ過設備へ供給する水質を考慮して選定する。主に、粗ろ過、繊維ろ過、および移動床ろ過などの方式があげられるが、性能を満足するものであれば他の方式を採用してもよい。

② 凝集処理および凝集沈澱処理

凝集剤によってマイクロフロックを形成し、微細懸濁物質をフロック化することで、膜の細孔にこれらが侵入することを防止し、膜のファウリングを抑制するものである。また凝集処理を行った場合、膜ろ過では除去できない低分子の有機物をある程度除去する効果も期待できる。

凝集フロックは膜ろ過で固液分離するため、フロックを成長させる必要がなく、また凝集操作は攪拌が十分に行われる条件であれば機械攪拌の他、静止型混合器でも行うことができ、経済的となる。

ただし、凝集処理は、膜の材質や膜の構造などによっては適用できない場合もあ

るため、膜の特性を充分考慮する必要がある。また、凝集剤の種類、注入率、pH、攪拌条件などについても膜の特性を考慮しなければならない。

凝集沈澱処理を行う場合は、フロックが膜へ流入しないため、膜の材質や構造にはよらず適用することができ、また膜への負荷は凝集処理よりも軽減される。従来方式からの更新の場合は、既設の沈澱池を利用することで膜ろ過設備を効率的に運転することができる。

凝集処理、凝集沈澱処理ともに、凝集剤には、ポリ塩化アルミニウム（PAC）を用いる例が多いが、浄水用に用いられる凝集剤であれば他の凝集剤でもよい。ただしアルミ系の凝集剤を低濁度原水（膜供給水）に使用する場合は、過剰注入によるアルミニウムの膜ろ過水への流出について充分留意しなければならない。

③ オゾン処理

オゾンを利用して水中の無機物の酸化、有機物の酸化および殺菌、ウイルスなどの殺菌、不活性化を行うプロセスである。オゾンは、塩素などの他の酸化剤に比べて強い酸化力を持ち、異臭味および色度の除去、消毒副生成物前駆物質の低減を目的として行われる。

膜ろ過設備の場合、オゾン耐性を有する膜を利用することで、膜ろ過設備の前段にオゾン処理を設置することができる。この場合ケーシング型であればオゾン漏洩の危険性がなく、またオゾンの酸化力で膜面のファウリング抑制を期待することもできる。

④ 活性炭処理

活性炭処理は活性炭の吸着作用を利用して、異臭味、色度、有機物など通常の膜ろ過では除去できない物質を除去するプロセスである。活性炭吸着とは、水中の溶解性成分を活性炭表面に吸着し、水中から除去する操作であり、膜ろ過処理、凝集処理、生物処理で除去できない低分子（分子量 1,500 程度以下）の除去に有効である。特に異臭味、色度の低分子成分、消毒副生成物などの微量有機物成分、界面活性剤などの化学物質の除去に幅広く用いることができる。活性炭吸着処理プロセスには大別して、粉末活性炭処理と粒状活性炭処理の2つの方式がある。

1) 粉末活性炭処理

粒径が数十 μm 未満と細かい粉末状の活性炭を、着水井などに投入し、水中の溶解性物質を吸着させ、その後凝集沈澱処理や膜ろ過によって、粉末炭を吸着された不純物とともに除去する方法である。活性炭は基本的に再利用することができないが、設備費が比較的安価となるため、年間の限られた期間での異臭味対策、また突発的な水質事故対策として用いられることが多い。膜ろ過と併用した場合、確実に粉末活性炭を除去することができるため安全性が高いが、膜モジュールの型式によっては流路閉塞を起こす可能性がある。また槽浸漬式の場合は、浸漬槽を反応槽として利用することで省スペース化を図ることができる。

2) 粒状活性炭処理

粒状活性炭は、粒径が 0.5~2mm 程度の粒状の活性炭を層状にし、砂ろ過池と同様に水を通して吸着を行う方法である。設備費は粉末活性炭処理に対して比較

的高いが、安定的に処理することが可能で、通年で溶解性成分を除去する必要がある場合に用いられることが多い。通水とともに吸着能が低下した活性炭は、再生することで再び使用することができる。

活性炭層に残留塩素がなく、溶存酸素の存在するような微生物が繁殖しやすい条件を与えた場合、活性炭による物理的吸着作用のほか、微生物による有機物酸化が行われる。このような処理は生物活性炭処理と呼ばれ、活性炭の再生までの期間が長くなり、また生物処理の効果をある程度期待することができる。

⑤ 除鉄・除マンガン処理

MF膜、UF膜においては、溶解性の鉄、マンガンを除去することはできないため、前処理もしくは後処理で鉄、マンガンを除去する必要がある。また、鉄、マンガンの値が水道水質基準を満たす場合でも、溶解性鉄、マンガンが原因で発色し、色度が水道水質基準を超える場合があるため留意しなければならない。

一般的に、鉄、マンガンなどの無機物は、ファウリング物質となり、膜のファウリングを進行させるため、膜ろ過設備を安定的に運転するためにも膜供給水の鉄、マンガン濃度は低い方が好ましい。この場合除鉄・除マンガン処理を膜ろ過の前処理として行う必要がある。また、膜ろ過水を物理洗浄水として利用する場合、膜ろ過水中の鉄、マンガンが物理洗浄水に添加した塩素によって不溶化し、膜の二次側を汚染する場合もあるので注意が必要である。

除鉄、除マンガン処理には、マンガン接触酸化処理が一般的である。塩素によるマンガン酸化反応は極めて遅いが、水中の溶解性マンガンをマンガン酸化物に接触させると触媒作用により酸化反応が容易に起こる。マンガン砂ろ過方式はこの原理を応用したものでマンガン酸化物としてマンガン砂を利用し、砂表面にマンガンイオンを酸化付着させて除去するプロセスである。前塩素注入が必須なため膜種類によっては、残留塩素に対する膜の耐性を考慮する必要がある。

⑥ 生物処理

生物処理は、アンモニア態窒素、溶解性マンガン、有機物などを生物酸化し除去するプロセスである。生物処理の方式としては、微生物を繁殖させた担体に原水を接触させることにより行う生物接触ろ過方式、浸漬ろ床方式などの方法がある。

生物処理は、微生物の生物化学反応であるため、原水の水温、pH、溶存酸素濃度などの影響を受ける。特に水温の低い冬期には処理能力が低下する場合があり、低水温時の原水水質、処理性能について把握しておく必要がある。

膜ろ過設備と組み合わせた場合には、膜ろ過設備の前段に設置することで、膜に対する負荷を軽減し、ファウリングを抑制することが可能になる。また槽浸漬式の膜ろ過設備では、生物処理を浸漬槽内で行うことができる方式もある。

3. 3. 2 排水処理

1. 浄水施設全体の回収率向上を図るため、必要に応じて排水処理設備を検討する。
2. 既設設備の更新の場合は、既設排水処理設備を利用することを検討する。
3. 排水処理に膜ろ過設備を設置し、その処理水を浄水として回収する場合は、浄水水質について十分に検討する。

1 について、膜ろ過施設内の排水の回収は、貴重な水資源の有効利用を行い、浄水施設回収率の向上を行うために重要である。排水の性状は、原水（膜供給水）の水質や膜ろ過処理フロー、凝集剤の使用有無などにより多種多様となるため、それらに応じた適切な排水処理を行う必要がある。大規模膜ろ過施設から排出される主な排水は、以下の通りである。

- ・膜ろ過設備の物理洗浄排水
- ・前・後処理設備からの排水
- ・濃縮槽の上澄水
- ・汚泥脱水ろ液

また、主に膜ろ過設備から物理洗浄で排出される排水は、以下の処理方法を適用することが考えられる。

① そのまま放流する。

（放流先の排水基準に適合していなければならない。3.3.3 参照のこと）

② そのまま着水井へ返送する。（膜ろ過の前処理除濁を行っている場合に可能）

③ 沈降分離を行い、上澄水を着水井に返送する。

④ 膜ろ過処理（2段処理）を行い、膜ろ過水を着水井に返送するかもしくは浄水として回収する。

なお、③、④の場合は、別途濃縮設備を設ける必要がある。

2 について、膜ろ過設備を既設施設の更新で導入する場合、排水処理装置についても、既設排水処理設備を利用することで更新設備の建設費を削減することができる。ただし、施設の水理的、構造的な検討と、排水の性状についての検討の両側面を行う必要がある。特に汚泥の濃縮性、脱水性については、凝集剤の有無によって大きく異なるため注意を要する。

3 について、従来設備では、ろ過池の洗浄排水を着水井へ返送し、浄水施設回収率を向上させることが一般的である。同様に、膜ろ過設備の物理洗浄排水を固液分離し、上澄水を再利用することは、施設全体の回収率向上に有効である。

このような場合、排水処理に膜ろ過法を導入することもできる。膜ろ過水の安全性が確保できれば、着水井への返送ではなく、浄水として回収することも可能である。しかし、適用にあたっては水質の評価と膜損傷時などのリスクを十分に検討する必要がある。特に、クリプトスポリジウムなど塩素耐性原虫類の系内濃縮については十分な検討が必

要である。

膜ろ過においては、上述した排水の他に薬品洗浄に伴う廃液が生じるが、薬品洗浄廃液の詳細については、5.2.7 薬品洗浄廃液を参照のこと。

3. 3. 3 排水および汚泥処分方法の検討

1. 河川などに放流する場合は、排水の水質が放流先の排水基準を満足するものとする。
2. 汚泥濃縮、脱水を行う場合は、汚泥の濃縮性、脱水性について十分に検討し、また発生土の有効利用についても検討する。

1について、膜ろ過施設は 10,000m³/日以上浄水能力を持つ場合、水質汚濁防止法上の特定施設に該当するため、膜ろ過施設からの排水は、水質汚濁防止法第 12 条に定める排水基準を満足しなくてはならない。放流先が下水道である場合にも同様に下水道法および地方公共団体の下水道条例（下水排出基準）に定める排水基準が適用される。また、これらの排水基準に地方自治体などによって上乘せ基準が制定されている場合もあるため注意を要する。

2について、最終的に発生する発生土は、廃棄物の処理及び清掃に関する法律に従い、産業廃棄物として適正に処分するか、あるいは適切な形でリサイクルすることも可能である。最終処分場の確保が困難になりつつあること、処分費用の高騰、環境影響低減化の観点から、発生土はリサイクルされる例が増えている。乾燥殺菌や他の資材と混合された上で、農業・園芸用土、建設資材（埋め戻し用再生土など）、セメント材料、窯業製品、グラウンド用資材などに有効利用される例が多くあり、膜ろ過設備を導入した場合にも同様に有効利用を検討していく必要がある。

汚泥処分方法のフローの一例を以下に示す。

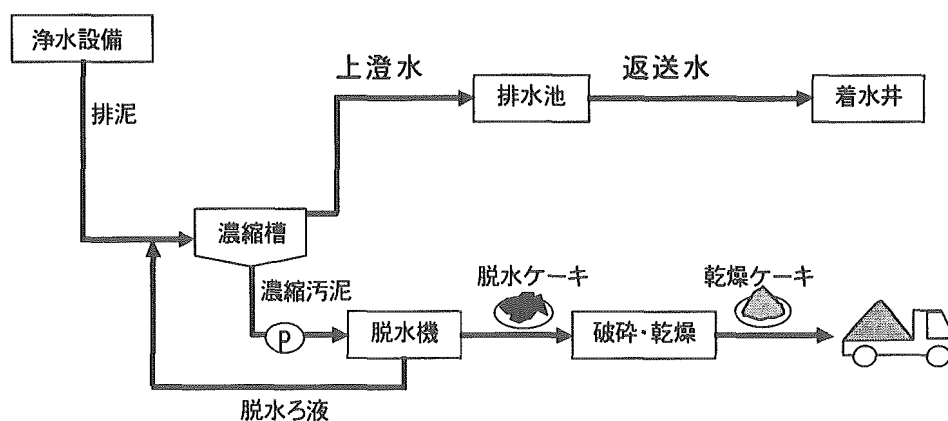


図 3-3 汚泥処分方法のフロー（例）

参考文献

- 1) 「浄水技術ガイドライン」, p.25, (財)水道技術研究センター, 2000
- 2) 「水道技術支援事業規定集」, p.1, (財)水道技術研究センター, 2000
- 3) 「浄水技術ガイドライン」, p.18, (財)水道技術研究センター, 2000

4. 大規模膜ろ過施設の設計

4. 1 施設設計・施工の基本的考え方

これまで国内の膜ろ過施設は、中・小規模の水道を中心に普及しており、水源は主に地下水、伏流水、小規模河川などであった。しかし、大規模浄水場への膜ろ過法の適用を想定した場合、水源は水質条件のより複雑な河川表流水などに依存するケースが多くなると考えられる。このような場合、膜ろ過施設は多様な原水水質に対応する必要があり懸濁物質や細菌類、塩素耐性原虫類のほか、鉄、マンガンなどの金属成分や溶解性物質などに対しても適切な浄水処理が可能なフローを選定する必要がある。

また、水質変動に伴って膜が突発的なファウリングや水質悪化を引き起こすことも考えられるが、大規模膜ろ過施設の場合、急激な膜のファウリングの発生は安定給水の面で大きな支障となる。これらの事態を回避するため、前処理設備の設置や従来の浄水プロセスとの併用などを考慮するほか、施設の予備能力を充分確保するなど、リスク管理を考慮した施設計画を行う必要がある。

4. 1. 1 施設能力および予備力の考え方

大規模膜ろ過施設における施設能力は、次の事項を勘案して決定するものとする。

1. 計画浄水量は、計画1日最大給水量を基準とし、これに作業用水などを見込んで決定する。
2. 施設は、計画浄水量を適正に処理できる能力および予備力を有する。
3. 施設は、改良・更新時あるいは災害時・事故時においても極力、処理能力を維持可能なものとする。
4. 膜ろ過設備の一部の機能が停止した場合でも通常の給水に影響を及ぼさないよう、系列数、膜ろ過流束、他の水源の利用などを勘案して施設構成を決定する。

1について、膜ろ過施設における作業用水は、一般に膜モジュールの物理洗浄用水がもっとも多く使用され、その他では場内の各種設備に使用する用水などがある。なお、大規模膜ろ過施設で膜モジュールのオンサイト薬品洗浄を行う場合、薬液の希釈、循環に使用する用水が必要となるが、これらについては非日常的に発生するものであり、施設計画の作業用水としては含まないものとする。作業用水は施設全体として、計画1日最大給水量の10%程度を見込むのが一般的であるが、近年、膜ろ過の技術水準の向上はめざましいものがあり、これらの動向と経済性を勘案し、それぞれの水道事業体の事情に即した量とする必要がある。

MF膜、UF膜における膜モジュールの物理洗浄用水量は、物理洗浄の強度や頻度、膜の閉塞状況、膜ろ過流束にも影響される。一般に、物理洗浄用水量を多くすると回収率は低下するが、膜ろ過施設の運転の安定度は増すことが多い。また、物理洗浄用水量を少なくすると回収率は向上するが、膜の運転の安定度は低下しやすい。なお、

これらの洗浄排水を原水に返送したり、物理洗浄排水をさらに多段で膜ろ過することにより、そのろ過水を得ることで施設全体の回収率を高めることが可能となる。しかし、膜分離された排水中の濁質などは濃度がさらに高まるため、その処分には注意が必要である。

2について、計画浄水量は、給水人口などの将来構想に基づいた計画1日最大給水量を基準とする。その浄水能力には、施設の部分的な改修、機器故障、膜モジュールの薬品洗浄、膜モジュールの交換などでも対応しうる予備力を備えるものとする。特に、膜ろ過施設では膜モジュールの薬品洗浄や膜モジュールの交換といった特有の作業が必要なため、計画の推進にあたってはこれらを十分に考慮する必要がある。

3について、大規模膜ろ過施設は、処理系列数が複数になることが考えられるが、これらについては各系列の独立性を高め、膜の薬品洗浄や機器の保守管理、および故障発生に備える必要がある。

4について、膜ろ過系列の一部の機能が部分的に停止した場合は、予備力によって浄水量を確保するものとする。なお、施設の予備力については、当該水道事業体の水需要予測をもとに、予備系列または予備膜モジュールの配備や膜ろ過流束の調整などにより確保するものとするが、これらについてどのような方式が最適かは水道事業体個々の事情（水需要、経済性など）を十分に検討する必要がある。以下に、予備力の考え方について例を示す。

①常時、水質や水需要が安定している場合

施設に完全予備の系列または装置を設け、その一部が停止してもその予備系列または装置稼働することにより、必要給水量を確保可能なものとする。(図4-1参照)

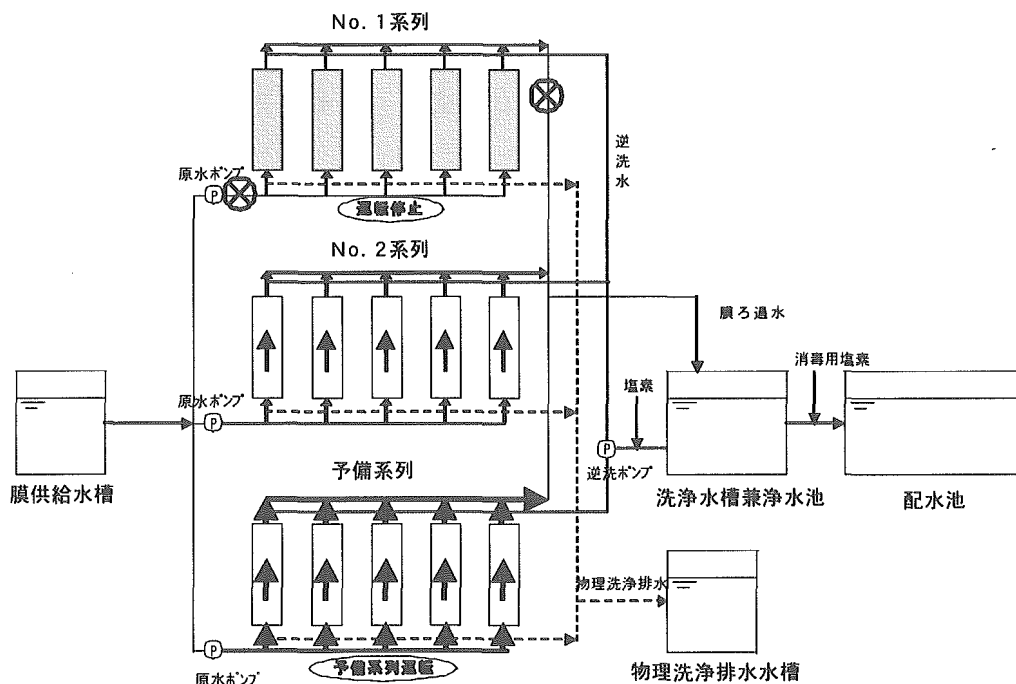


図4-1 予備系列を設けたフロー

②平均給水量と最大給水量の差が比較的大きい場合

施設の機器点検や薬品洗浄は、使用給水量が少ない時期、時間帯を選んで施設点検を実施するものとし、予備系列または装置を設けないものとする。また、何らかの理由により、1系列を維持管理のため休止している際に予測を上回る給水需要が発生した場合は、他の系列の水量を一時的に増量し対応することも考慮した構成とする。(図4-2参照)

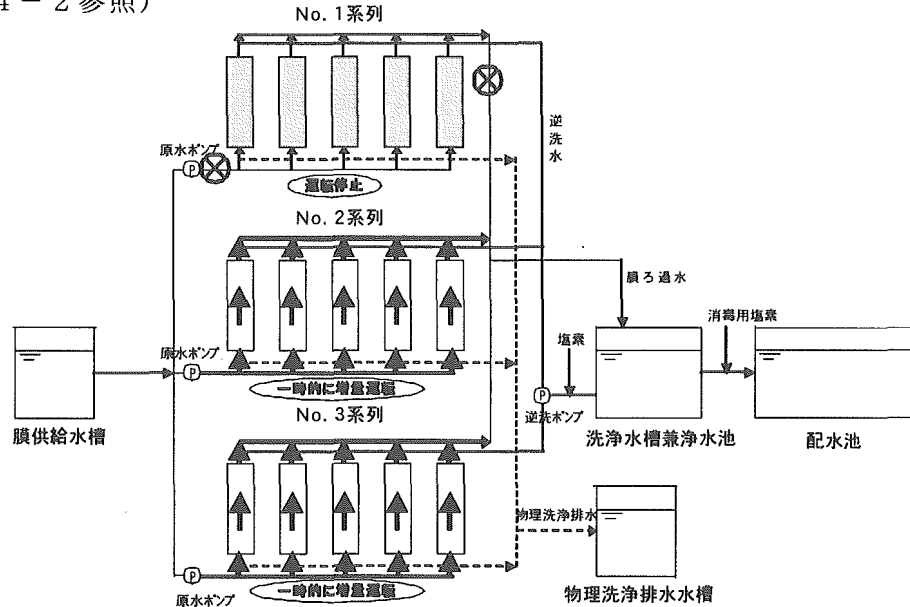


図4-2 増量運転時のフロー

③年に数回（数日）程度、極端な原水水質の悪化が発生する場合

施設に予備力を持たせず、施設の処理水量を減じて運転を行い、膜ろ過運転の安定を確保する。なお、この方法を採用するにあたっては、水質悪化時の原水の処理性確認、配水池の貯水容量の余裕や他の配水管網からのバックアップができることを確認しておく必要がある。(図4-3参照)

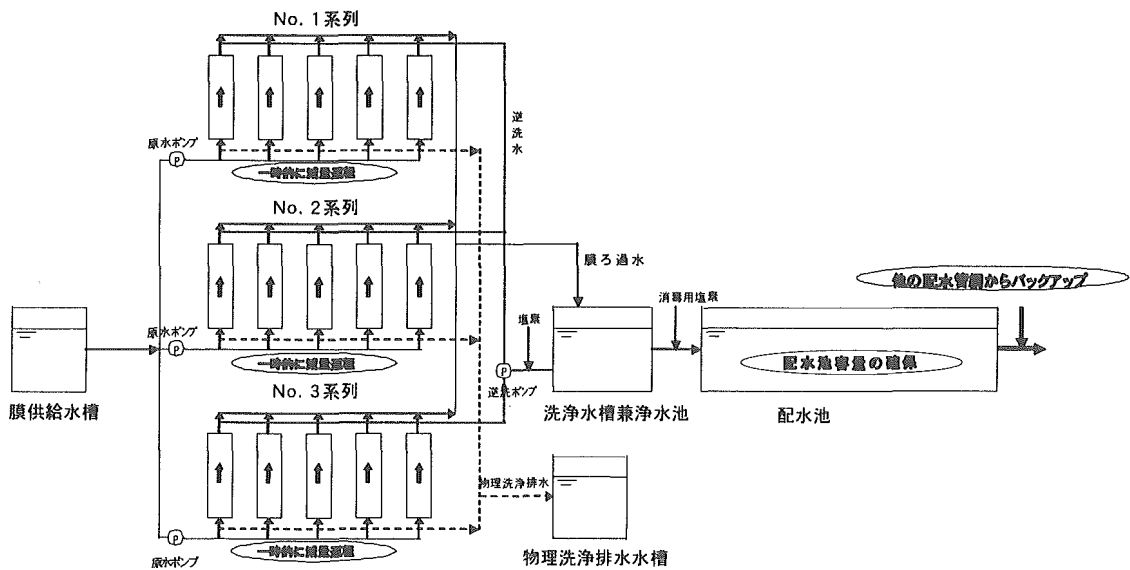


図4-3 他水源からバックアップが期待できるフロー

4. 1. 2 異常時の対策

原水水質の異常（膜供給水の急激な水質変動、油などの混入）への対策を検討する。

膜ろ過法に用いられる膜モジュールには多くの種類があるが、膜モジュールの特性により膜供給水水質変動の許容幅には大きな差がある。例えば、降雨などの影響により膜供給水濁度が急激に上昇し、膜モジュールへの供給許容最大値を超過した場合には、膜モジュールの流路閉塞やファウリングにより膜差圧上昇が発生し、膜ろ過流束が低下することがある。このような場合、膜ろ過性能の回復には予定外の薬品洗浄の実施が必要となり、維持管理計画に大きな変更が生ずる。

これらの事態を回避するためには、あらかじめ一定時間の膜供給水の取水停止が可能なよう十分な配水池容量を確保するか、膜供給水の水質悪化時においては、膜ろ過流束を低下させる運転を可能にするなどの対策が必要となる。

なお、給水量の低下などを避けるために膜供給水質の変動を緩和する前処理設備の設置も有効な手段ではあるが、過大な前処理設備を設置することは、建設費および維持管理費の増大につながることから、前処理設備の選定には十分な検討を必要とする。

また、原水水質事故として原水に油が混入した場合、従来法と同様に膜ろ過設備でも基本的に油は除去できない。このような場合、膜モジュールが汚染され、場合によっては膜の薬品洗浄や膜交換が必要となる。また、膜ろ過設備以外の浄水設備への影響も著しい。このため、取水施設にオイルフェンスなどの設置を検討しておくことも必要である。

4. 1. 3 構成機器と環境影響

大規模膜ろ過施設は、その建設、運転に起因する廃棄物や騒音などの影響、消費エネルギーなどに配慮した計画とする。

大規模膜ろ過施設では、省エネルギー・省スペースを考慮した設計を心がけ、環境影響の低減を計るとともに、施設の建設から運転までに生じるエネルギーに考慮した設計を行う。

環境対策としては、騒音、振動、排水など、周辺環境へ悪影響がないように配慮する。特にポンプの騒音・振動は、ポンプ特性、流量制御弁および施設用地の地盤条件に影響を受けることが多いので、十分な対策を講じることが重要である。また、使用する資機材は、水道法上の浸出試験に合格したものを使用する必要がある。

4. 1. 4 配置計画および建設・施工

膜ろ過施設の導入に際し（特に更新の場合）各設備間の水理的、構造的関係および施設全体の維持管理について十分に配慮する。

膜ろ過施設の導入は、新設の場合と既存施設への付加（更新）の場合とに大別される。新設の場合には、用地取得を含めて施設全体の配置は当初から計画的に行われるので、各設備間の水理的、構造的な関係や施設全体の維持管理についても配慮した効率的な施設として整備することができる。

一方、既存施設へ膜ろ過設備を付加する場合（特に大規模施設の場合）用地面、水理面など種々の制約のもとで実施することになるので注意が必要である。例えば、各設備間の連絡管や水路、揚水ポンプの新設などが必要となるが、各工程間を相互に支障なく、全体として確実な処理効果が得られるようにする。また、維持管理面からも既存の施設を含めて全体が一元的に管理し得るような合理的な計画であることが必要であり、操作面からも作業性、安全性、環境影響を考慮した施設とする。また、膜ろ過装置の構成機器の配置は、用地の面積と形状に制約されるが、原水の流入方向、送水方向、近接道路の位置、騒音、振動などの環境影響も含めて総合的に検討することが望ましい。

4. 1. 5 その他

欧州の膜ろ過施設は、機能と合わせてプロダクトデザインの考えから建物の形状や色彩、施設の配置などに美的な工夫が施されている。今後日本の浄水施設もこれまでの機能重視の設計から、水道の利用者に対して「安全でおいしい水」を彷彿させる周辺環境と調和した設計が望まれる。

4. 2 膜ろ過設備

4. 2. 1 膜ろ過設備

(1) 処理系列

膜ろ過設備の処理系列の構成は、建設する施設の規模、膜交換頻度、薬品洗浄頻度、維持管理体制、設備の停止などを考慮して総合的に決定する。

処理系列の構成の決定は、物理洗浄設備、薬品洗浄設備、薬品洗浄廃液およびリンス廃水処理の設備容量を決定するのに極めて重要な要素となり、システム全体として十分に検討し決定していく必要がある。一般に、膜ろ過設備はこれらを勘案し、複数の系列として計画することが必要である。

例えば、設備の系列数を減らすと制御機器数が少なくなるため建設費は低減できるが、系列の一部が停止した際には処理水量の確保に及ぼす影響が大きくなる。逆に、設備の系列数を増やせば運転の安定性は増すが、建設費は一般に増大する。

また、膜ろ過流束を高く設定すれば設備は小さくなるため建設費を低減できるが、膜供給水の水質変動に対し急激な膜差圧の上昇を引き起こすリスクが高くなるほか、薬品洗浄の回数が増加し、維持管理上の作業負荷や廃液処分のコストが増加することがある。逆に、膜ろ過流束を低く設定すると、装置運転の安定度合いが増し、薬品洗浄回数の低減が図れるが、建設費は増大する。

これらについては、経済性や設備の維持管理体制も加味して総合的に判断する必要がある。

(2) 膜ろ過設備構成

膜ろ過設備の構成を決定するには、系列あたり必要な共通設備としての洗浄設備や薬品洗浄設備の規模を比較検討し、付帯設備の動力や運転時間などから、過大な付帯設備にならないような系列数を選定する。

膜ろ過設備の物理洗浄や薬品洗浄は、膜ろ過系列または膜モジュール数本～数十本単位で行われ、それに必要な物理洗浄設備、薬品洗浄設備などは、その大きさに決定される。処理系列あたりの膜ろ過設備数を多くすると、洗浄設備などの容量を小さくすることはできるが、装置に付帯する計装設備が増え、システムが複雑になる。逆に、設備数を少なくすると設備は簡略されるが、洗浄設備などの付帯機器容量が大きくなり、1設備当りの処理水量が多いと付帯設備が過大になることもある。