

### 5. 1. 5 管理形態

膜ろ過設備の維持管理においては、水量の確保、安定した水質の維持、経済性の確保などに、十分な注意を払う必要がある。

膜ろ過設備は、膜モジュールの交換や薬品洗浄に伴って、一部の系列が運転停止となる場合があるので、そのような場合にも、必要な水量が確保できるよう、十分な対策をとる必要がある。

水質の維持に関しては、膜の損傷による浄水水質の悪化が生じることのないよう、膜の損傷に関して、十分な監視を行うことが要求される。

これらの設備の維持管理は、事業者による直接管理と第三者への委託による管理がある。以下に委託管理の概要について示す。

膜ろ過設備の日常の維持管理は、基本的に容易であるが、計装計器類の保守や膜の薬品洗浄については専門的技術を要求される。

特に、膜の薬品洗浄に関しては、高度な専門的技術が要求されるため、民間企業などに委託を行うことも、合理的な方法となる。

また、水道法の改正により、水道の管理に関する技術上の業務について第三者委託制度の導入が可能となったことから、今後は、膜ろ過設備を含む浄水処理施設全体の管理を第三者委託することも、検討すべき選択肢となる。膜ろ過施設における第三者委託導入の検討手順の一例を図5-2に示す。

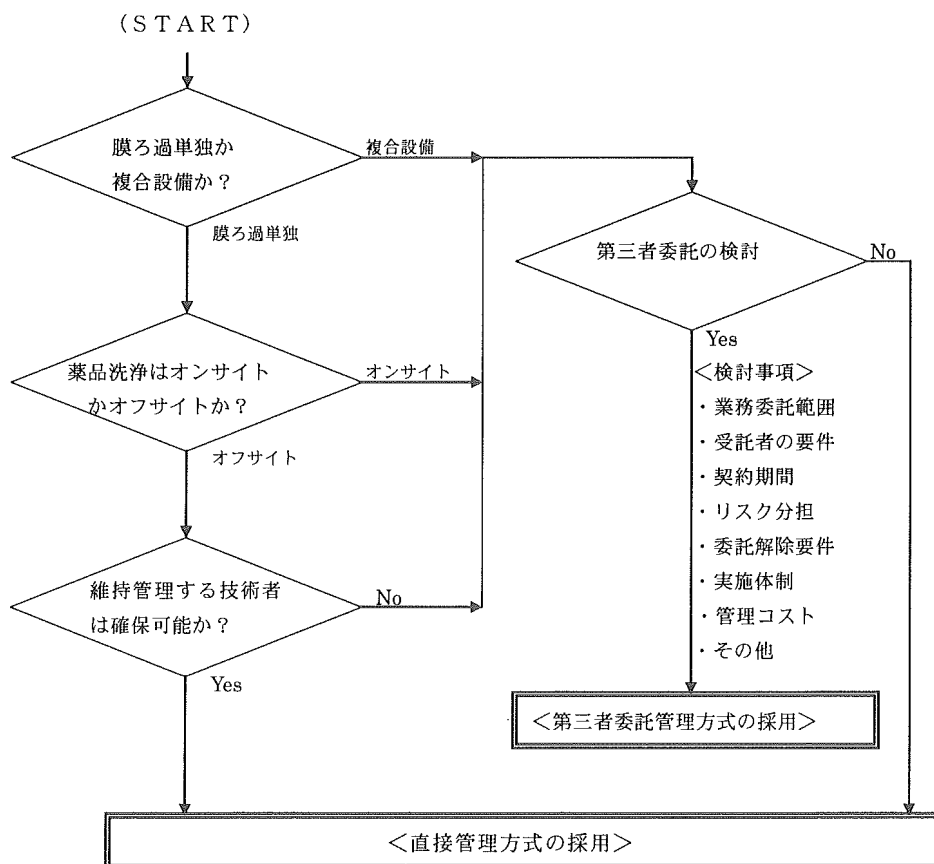


図5-2 膜ろ過施設における第三者委託導入の検討手順（例）

## 5. 2 薬品洗浄方法

### 5. 2. 1 薬品洗浄

薬品洗浄は、物理洗浄では回復できないファウリング物質の除去に対して用いられる。大規模膜ろ過施設の薬品洗浄では、効率化、安全対策、環境負荷について配慮する。

#### (1) 薬品洗浄の目的

膜ろ過流束の低下あるいは膜差圧の上昇をもたらすファウリングには①膜表面にケーキ層、ゲル層、吸着層などの付着層が形成され流路を閉塞する、②膜内部に上記付着層が形成されたり、固形物、空気などが捕捉されファウリングが生ずる、③供給水路やろ過水路が固形物で閉塞するなどがある。洗浄方法には主に一次側膜表面に付着したファウリング物質を逆圧を加えたりエアースクラビングなど物理的な作用で剥離させる物理洗浄と、薬品による化学的な作用で分解、低分子化、可溶化などを行う薬品洗浄がある。薬品洗浄は、物理洗浄では回復できないファウリング物質の除去に対して用いられる。

物理洗浄であっても、膜の二次側からの微生物による汚染を防ぐため、低濃度の次亜塩素酸ナトリウムなどの薬品を物理洗浄水に注入することもあるが、本技術資料では、洗浄の主な作用が物理的であれば物理洗浄であると判断する。

#### (2) 洗浄方法

薬品の選定や洗浄条件の設定にあたっては、膜や接着剤、ケーシングなど膜ろ過設備構成材料の耐薬品性、ファウリング物質の種類、ファウリングの進行程度、水温などを考慮した洗浄効果、さらに薬品の取扱いの容易性、経済性、廃液処理を含め総合的に判断し、決定しなければならない。

小規模膜ろ過施設では、膜モジュールを洗浄工場に持ち帰って洗浄するオフサイト洗浄方式が中心であったが、大規模膜ろ過施設ではオンサイトオンライン洗浄方式が主流になるものと考えられ、安全対策に充分留意し、薬品調整から洗浄、リンスに至るそれぞれの工程の自動化と安全対策が重要である。薬品廃液やリンス廃液は大量に発生する可能性があり、再利用方法を考慮することも必要である。

クエン酸、シュウ酸などの有機酸が用いられる場合、廃液の化学的酸素要求量（COD）が高いため、オンサイト洗浄の場合には環境負荷低減の観点から有機酸の使用は避け、極力無機酸を使用することが望ましい。

## 5. 2. 2 薬品洗浄方式の選定

大規模膜ろ過施設においては、維持管理性・作業性・経済性などの面で優位なオンサイトオンライン方式を原則とする。

薬品洗浄方式は施設内にて行うオンサイト洗浄と施設外にて行うオフサイト洗浄に分けられる。

大規模膜ろ過施設では、膜モジュールの本数、作業効率などからオンサイト洗浄が主流となるものと考えられる。オンサイト洗浄方式には、オンサイトオンライン方式とオンサイトオフライン方式がある。

### ①オンサイトオンライン方式

膜モジュールを装置から外すことなく、弁の切り換えで薬液を循環させるか、浸漬させる方法である。

### ②オンサイトオフライン方式

現地に薬品洗浄装置を設置して、膜ろ過設備から取り外した膜モジュールをこの薬品洗浄装置にセットして、洗浄する方法である。

表5-7 薬品洗浄方式の比較

	オンサイトオンライン方式	オンサイトオフライン方式
維持管理・作業性	・膜モジュールの取付け取外し不要	・膜モジュールの取付け取外し作業が必要 ・場合によっては予備膜モジュールの保管のスペース確保が必要
	・大幅な自動化が可能	・大幅な自動化が困難
	・洗浄を行っている膜ろ過設備は運転停止となるため、予備系列を持つか、他の膜ろ過設備の処理水量を一時的に増やして対応することが必要	・オンライン方式に比べ洗浄作業時間が増加
	・浄水への薬品混入を確実に防止するための措置が必要	・浄水への薬品混入を確実に防止できる。
使用薬品	・水道用薬品または食品添加物として認められているものを使用することが望ましい。	・水道用薬品以外の使用が可能

洗浄方式は維持管理性、作業性、経済性などについて十分に検討する。大規模膜ろ過施設においては、膜ろ過装置数、膜モジュール本数が多くなるため、維持管理性、作業性、経済性などの面で優位なオンライン方式が望ましいが、使用薬品、地理的条件、設置条件などの制約がある場合は、オンサイトオフライン方式、オフサイト方式の採用も検討する。

### 5. 2. 3 薬品洗浄実施時期の判断

大規模膜ろ過施設(オンサイト洗浄)の場合には、薬品洗浄時期の集中を避けるため、判断基準指標の限界に対して余裕を有する段階での計画的かつ定期的な薬品洗浄を実施する。

#### (1) 実施時期の判断基準指標

薬品洗浄実施時期の判断基準指標には膜差圧と膜ろ過流束の2つがあり、運転制御方式により使い分けられる。

膜差圧を判断基準指標として用いる運転方式は定流量制御方式であり、設定した上限の膜差圧に達した時点で薬品洗浄が必要と判断する。

また、膜ろ過流束を判断基準指標として用いる運転方式は定圧制御方式であり、設定した下限の膜ろ過流束まで低下した時点で薬品洗浄が必要と判断する。

実績のある膜ろ過施設での薬品洗浄事例のアンケート結果では、実施時期は特に定めず膜差圧が上限に達した時点で薬品洗浄を実施する例が多くみられた。事例の多くは小規模膜ろ過施設であることから、判断基準指標が限界に達した時点で薬品洗浄を実施しても対応できていたと考えられる。

しかし、大規模膜ろ過施設は膜モジュール数が多く、オンサイト洗浄が基本であることから、薬品洗浄時期の集中は薬品洗浄設備や廃液処理設備の規模増大に繋がる。これを避けるためには、薬品洗浄時期の平準化がより重要になる。そこで、大規模膜ろ過施設の場合には、判断基準指標の限界に対する余裕を有する段階での計画的かつ定期的な薬品洗浄の実施が望ましい。

#### (2) 実施時期における注意事項

水温が低下すると洗浄効果は低下する傾向があることから、水温の低い時期に実施する場合には、薬液濃度の高濃度化、洗浄時間の延長、加温設備の有無などを検討し、十分な洗浄効果を発揮し、かつ経済性も考慮した洗浄条件を選定する必要がある。

#### 5. 2. 4 主要薬品と除去対象物質

膜表面には様々なファウリング物質が存在しているため、複数の薬品を組み合わせで使用し、効果を発揮するケースが多い。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選定することが望ましい。

表 5-8 に主要な膜洗浄用薬品の特徴と除去対象物質を示す。

ファウリング物質が無機物の場合には酸が洗浄効果を発揮し、有機物の場合にはアルカリや酸化剤が洗浄効果を発揮する。ただし、シリカは無機物に分類されるものの洗浄効果はアルカリの方が酸よりも高い。

薬品の選定に関しオンライン洗浄を前提とする場合には安全性を考慮し、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選定することが望ましい。

なお、膜表面には様々なファウリング物質が存在しているため、酸、アルカリ、酸化剤を組み合わせで使用するケースが多い。酸は有機酸と無機酸の 2 種類に分類されるが、大規模膜ろ過施設の場合、オンサイト洗浄が主流となるため、環境負荷の小さい無機酸の使用が望ましい。

表 5 - 8 主要薬品と除去対象物質

種類	薬品名	除去対象物質		特徴	使用濃度例 (wt%)	備考
		有機物	無機物			
無機酸	硫酸		○	<ul style="list-style-type: none"> <li>希釈時に多量の熱を発生する。</li> <li>塩酸よりもカルシウムの溶解度が小さい。</li> </ul>	0.05～5.0	水道用薬品
	塩酸		○	<ul style="list-style-type: none"> <li>揮発性であり、強い腐食性と刺激臭を有する。</li> <li>硫酸よりも塩類の溶解度が大きい。</li> </ul>	0.36～3.65	食品添加物
	硝酸		○	<ul style="list-style-type: none"> <li>塩類の溶解度が大きく、鋼材の腐食性が強い。</li> <li>洗浄廃液には硝酸性窒素が含まれる。</li> </ul>	1.0	—
有機酸	クエン酸		○	<ul style="list-style-type: none"> <li>洗浄廃液の COD が高い。</li> <li>無機酸に比べマンガン除去効果が高い。</li> <li>固体であるため取扱いが容易。</li> </ul>	0.1～3.2	食品添加物
	シュウ酸		○	<ul style="list-style-type: none"> <li>洗浄廃液の COD はクエン酸より低い。</li> <li>無機酸に比べマンガン除去効果が高い。</li> <li>酸化鉄に対する溶解力が極めて高い。</li> </ul>	0.5～2.0	食品添加物
アルカリ	水酸化 ナトリウム	○	※	<ul style="list-style-type: none"> <li>目や皮膚、粘膜を強く刺激する。</li> <li>希釈時に多量の熱を発生する。</li> </ul>	0.04～2.0	水道用薬品
	次亜塩素酸 ナトリウム	○		<ul style="list-style-type: none"> <li>目や皮膚、粘膜を強く刺激する。</li> <li>酸と混合すると猛毒の塩素ガスを発生する。</li> </ul>	0.005～1.0	水道用薬品
その他	界面活性剤	○ (アルカリ系)	○ (酸系)	<ul style="list-style-type: none"> <li>表面張力の低下作用、浸透・湿润作用、乳化作用、分散作用などにより洗浄作用を発揮する。</li> <li>環境中で分解されにくい。</li> </ul>	0.5	—

※シリカには有効

## 5. 2. 5 薬品洗浄条件の選定

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を十分に考慮する。

### (1) 洗浄条件の選定

薬品洗浄ではファウリングの進行程度、使用薬品の種類と濃度、膜材質、洗浄時間、薬液温度などがその洗浄効果に影響を与える。特にファウリング物質の種類とファウリングの進行程度がわかれば、有効な洗浄条件を選定することが容易となる。

洗浄条件の選定は、以下の方法から検討する。

- ①原水の水質データをもとに無機物、有機物の種類や濃度からファウリングの原因となる物質を推定する。
- ②最初に行った薬品洗浄廃液の水質データと原水の水質データから、主なファウリング物質を推定する。

### (2) 使用薬品

一般に、除去対象物質が無機物の場合、硫酸や塩酸などの無機酸やクエン酸やシュウ酸などの有機酸が用いられる。除去対象物質が有機物の場合、アルカリや次亜塩素酸ナトリウムなどの酸化剤が用いられる。

ファウリング物質には無機物や有機物が混在しているため、酸、アルカリ、酸化剤を組み合わせて使用する場合が多い。

無機物の洗浄で、鉄、マンガン酸化物が多い場合は有機酸を用いる場合もあるが、廃液のCODが高いことから、環境影響を考慮して大規模膜ろ過施設におけるオンライン洗浄では極力無機酸を使用する組み合わせを考慮する。

いずれの場合においても、ファウリング物質と薬品の特性を十分に把握し、使用薬品および組み合わせを選定することが重要である。

### (3) 洗浄時間

膜材質、薬品の種類と濃度により膜メーカー推奨値は異なり、有機膜では数十分～十時間程度、無機膜では十数時間とされているが、十分な洗浄効果を得るためにはファウリングの進行程度や薬液温度などを考慮して検討する必要がある。

アンケート回答をもとに、同時洗浄膜面積（100m<sup>2</sup>以下、100～500m<sup>2</sup>以下、500～3,000m<sup>2</sup>以下）ごとに分類した結果、小規模膜ろ過施設における薬品洗浄では、膜モジュールサイズ、自動化の有無、薬品の種類と濃度、使用薬品数、洗浄時期などの間には相関は認められなかったが、同時洗浄膜モジュール本数の増加に伴い洗浄時間が長くなる傾向にあった。

(4) 薬液濃度

薬品の種類と濃度を選定する際には、除去対象物質とともに、膜材質や接着剤、ケーシングなど膜ろ過設備構成材料の耐薬品性に留意する必要がある。

アンケート結果では、同時洗浄膜面積の大小によらず2種類以上の薬品が用いられることが多い。また、オンライン洗浄では無機酸を使用する傾向があり、特に硫酸を使用する例が多い。薬品洗浄実施例における膜材質ごとの使用薬品および濃度を表5-9に示す。

表5-9 薬品洗浄実施例における使用薬品および濃度

膜材質 使用薬品	硫酸	塩酸	硝酸	クエン酸	シュウ酸	水酸化ナトリウム	次亜塩素酸ナトリウム	水酸化ナトリウム + 次亜塩素酸ナトリウム	界面活性剤 + クエン酸
酢酸セルロース	◎ 0.05~ 0.5%			◎ 1.0~ 2.0%			◎ 0.005~ 0.02%		△ 0.5% + 0.5%
ポリアポロレン	◎ 1.0%					◎ 2.0%			
ポリフッ化ビニリデン			△ 1.0%		△ 2.0%			△ 0.1% + 0.4%	
ポリスルホン	◎ 5.0%			◎ 3.2%				◎ 0.1% + 5.0%	
ポリエステル					◎ 0.5%				
ポリエチレン				○ 0.5~ 1.0%		○ 0.5~ 1.0%	○ 0.3~ 1.0%		
ポリアクリロニトリル		◎ 0.365~ 3.65%	△ 1.0%	△ 0.1%	△ 1.0~ 2.0%	◎ 0.04~ 0.4%	◎ 0.03~ 0.1%	△ 0.1% + 0.4%	
セラミック	◎ 0.3%			◎ 1.0%			◎ 0.3%		
備考	水	食	-	食	食	水	水	水	-
凡例 ◎：オンライン洗浄で使用例がある薬品 ○：オンサイトオフライン洗浄で使用例がある薬品 △：オフサイト洗浄で使用例がある薬品 水：水道用薬品 食：食品添加物									

※e-Water 第1研究グループ第3ワーキンググループ実施のアンケート結果による。



## 5. 2. 6 薬品の取り扱い

薬品の使用にあたっては、その特性を事前に十分に把握し、特に安全面に注意して、関連する法令に準じて取り扱う。

### (1) 使用方法

薬品洗浄に使用する薬品は、酸、アルカリ、酸化剤である。予想されるファウリング物質に適した薬品の選定、濃度、使用量に注意すべきである。薬品の使用にあたっては、その特性を事前に十分に把握しておく必要がある。薬品の受け入れ、貯蔵から洗浄までの取扱いは漏洩に注意し、原則として保護具（ゴム長靴、ゴム手袋、保護眼鏡など）を着用する。保管に際しては、湿気などによる変質防止、安全対策、盗難防止などに留意する。

### (2) 法規制

薬品洗浄に使用する薬品に関連する法令としては、下記のようなものがあげられる。薬品洗浄で使用する薬品は多種であり、濃度幅も大きいことから、原薬品・薬液・洗浄廃液については、その特性を十分に把握し、関連する法令に準じて取り扱い、注意を払う。

- 1) 毒物および劇物取締法
- 2) 労働安全衛生法
- 3) 消防法
- 4) 水質汚濁防止法
- 5) 廃棄物の処理および清掃に関する法律
- 6) 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）
- 7) 特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律
- 8) その他地方公共団体の条例

### (3) 薬液の調整方法

薬品洗浄に使用する薬液は、薬品洗浄時に調整するので薬品の搬入から薬液調整槽までの作業性や安全対策について注意する必要がある。

薬液調整で注意する点は、希釈による発熱、飛散、発泡、ガス化などが挙げられ、混合方法には十分に注意する必要がある。

### (4) 薬液水質

薬液の調整後、所定の薬液水質の確認を行う。薬液水質の確認項目には、pH 値などがあげられる。

## 5. 2. 7 薬品洗浄廃液

薬品洗浄廃液の処理・処分に関しては、廃液の性状などについて十分に考慮する。

### (1) 薬品洗浄廃液の区分

薬品洗浄廃液は薬品廃液とリンス廃液に分類される。薬品洗浄は薬品による洗浄工程と膜ろ過水などの清澄水で設備内に残留している薬品を押し出すリンス工程がある。薬品による洗浄で発生したのが薬品廃液であり、リンスで発生したのがリンス廃液である。薬品廃液とリンス廃液の特徴は表5-10の通りである。

表5-10 薬品廃液とリンス廃液の特徴

廃液の種類	廃液の特徴
薬品廃液	・未反応の薬品があるため、薬品の濃度が高い。 ・膜のファウリング物質を多量に含んでいる。
リンス廃液	・薬品廃液よりも薬品の濃度が低い。 ・薬品廃液よりも多量に発生する。

### (2) 薬品洗浄廃液水質

薬品洗浄で使用する薬品は、酸、アルカリ、酸化剤、界面活性剤に大きく分類される。さらに酸は無機酸と有機酸に分類される。

無機酸は鉄、マンガン、アルミニウム、シリカなどの金属・硬度成分の除去を目的としている。有機酸は還元能力を有しているため、3価の鉄およびマンガンをも2価のイオンとすることで除去可能としており、無機酸以上に洗浄効果が高い。しかし、薬品単価が高く、CODも高いため廃液処理に考慮が必要である。

各薬品を使用した場合の一般的な廃液性状は表5-11の通りである。

表5-11 使用薬品と廃液性状

使用薬品	廃液性状
無機酸	pHが低い。鉄・マンガン・アルミニウム・シリカなどを含有する。
有機酸	pHが低い。CODが高い。鉄・マンガン・アルミニウム・シリカなどを含有する。
アルカリ	pHが高い。フミン質などの有機成分およびシリカなどを含有する。
酸化剤	酸化作用がある。フミン質などの有機成分を含有する。
界面活性剤	CODが高い。薬品の種類により無機・有機成分を含有し、発泡する。

(3) 薬品洗浄廃液処理・処分方法

薬品洗浄廃液処理・処分に関しては、廃液の性状などについて充分に考慮する必要がある。

廃液の種類と処理・処分例を大きく分類すると、表5-12のようになる。

表5-12 廃液の種類と処理・処分方法(例)

廃液の種類	処理・処分方法
無機酸・アルカリ	中和処理、産業廃棄物処理
有機酸	中和処理、COD低減処理(生物処理など)、産業廃棄物処理
酸化剤	還元処理、産業廃棄物処理
界面活性剤	産業廃棄物処理

具体的な処理として、下記の方法がある。

- ①pH調整や脱塩素処理を行い、水質汚濁防止法や条例に基づく排水基準に適合するように、オンラインで測定出来るpH・残留塩素などを制御項目として処理を行い、河川・海洋などの公共用水域に放流する。(中和処理、還元処理、COD・BOD低減処理)

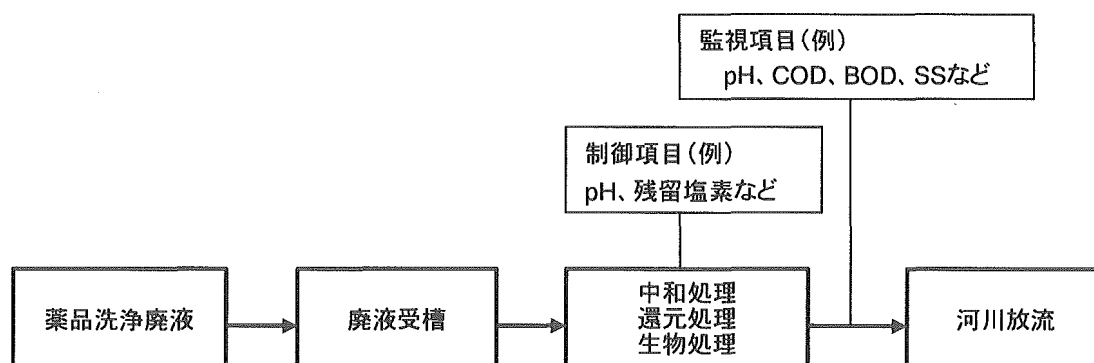


図5-2 河川放流の場合のブロックフロー

②下水道放流が認められている場合は、下水道の受け入れ基準に適合するように、オンラインで測定出来る pH・残留塩素などを制御項目として処理を行い、下水道に放流する。(中和処理、還元処理、BOD 低減処理)

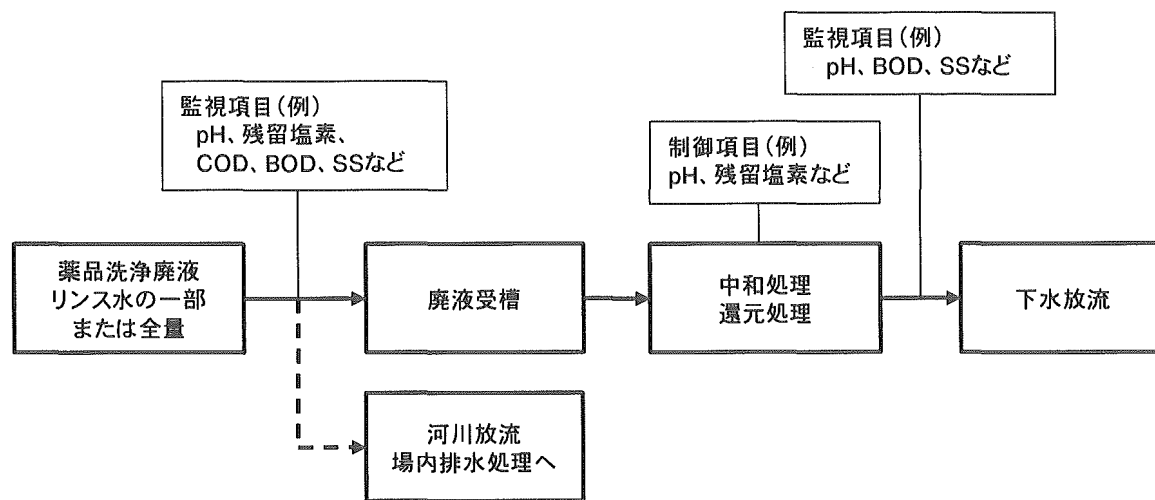


図 5-3 下水道放流の場合のブロックフロー

③産業廃棄物処理業者に委託して適切に処理する。

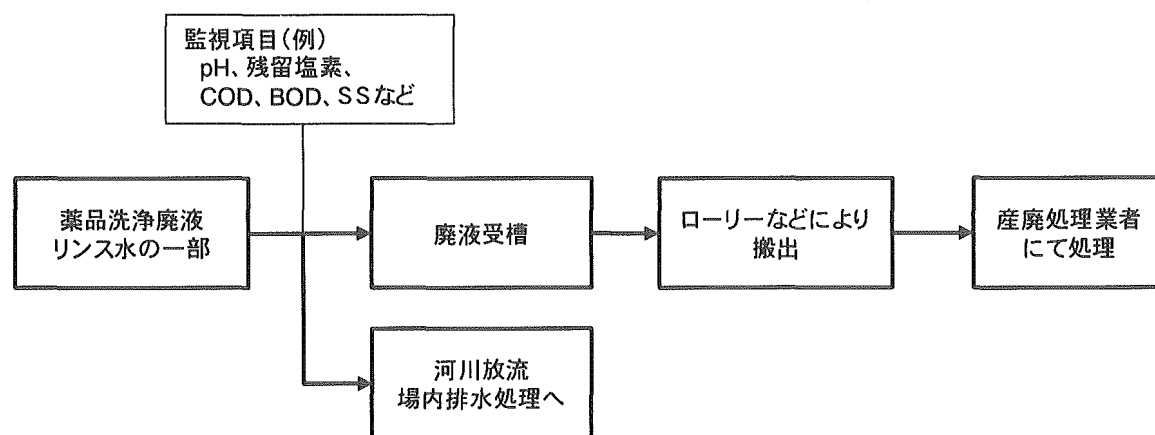


図 5-4 産業廃棄処理の場合のブロックフロー

#### (4) 薬液再利用方法

薬品洗浄を行う膜系列が複数存在する場合は、1 系列洗浄ごとに新しい洗浄薬品を調製する方法もあるが、薬品費の低減のために薬液を再利用する方法もある。再利用回数は、薬液性状を確認しながら決める。

## 5. 2. 8 薬品洗浄設備

薬品洗浄設備を構成する機器の仕様や容量は、膜ろ過設備構成、使用薬品とその量、膜種類、膜モジュールの型式、洗浄頻度などにより決定する。

### (1) 洗浄設備の構成

オンライン薬品洗浄設備は、①薬液調整槽、②薬液槽、③薬液供給循環ポンプ、④中和槽（廃液受槽）、⑤浄水（膜ろ過水）供給設備、⑥その他（計測機器類、配管弁類など）で構成される。これらの仕様は、使用する薬品とその量、膜材質、膜モジュール型式、膜ろ過設備の構成などにより決定する。また、洗浄実施単位の膜ろ過設備数が多い場合は、複数の薬品洗浄装置を設けることも考慮する。

設備の使用頻度・自動化の範囲などによっては、予備機も考慮する。

薬品によっては混合すると有毒ガスなどを発生するものもあるので、この場合は薬液ごとに貯槽や配管を設けて、混合を防止する。

### (2) 設計上の留意点

薬品洗浄設備は、通常の浄水処理では使用しない薬品を使用することや、高濃度薬液を使用することもあるので、設計する際には以下の点について十分に留意する必要がある。

- 1) 原薬品は液体もしくは固体であるため、これらを所定濃度に調整するために必要な希釈水（浄水または膜ろ過水）を受け入れられる配管を必要な箇所に設置する。
- 2) 洗浄廃液水質を確認することにより、主たるファウリング物質の推定や洗浄薬液ごとの洗浄効果（何が除去されているか）の把握できるので、洗浄廃液が採水できる箇所にサンプリング弁を設置する。
- 3) 薬液が貯槽内に多量に残留すると、次回の薬品洗浄に悪影響を及ぼす可能性もあるため、貯槽内の薬液はほぼ全量引き抜ける構造にする。
- 4) 薬液を所定濃度に調整する時や洗浄廃液を中和・還元など実施する時は、十分な攪拌ができるよう攪拌方法に留意する。攪拌方法には、①攪拌機によるもの、②ポンプによる循環攪拌などがある。
- 5) 薬液の調整方法としては、①薬液槽内に直接原薬品を投入し調整する、②薬液調整槽にて所定濃度薬液を調整し、ポンプなどにて薬液槽に送水する、③薬液調整槽にて高濃度薬液を調整し、ポンプなどにて薬液槽に送水後、薬液槽内で最終濃度調整を行うなどの方法がある。使用する薬品の受け入れ形態、取り扱い性、安全性などを考慮して、調整方法を決定する。
- 6) 薬品洗浄方法は、①薬液を膜ろ過装置にポンプなどにより圧送し、貯槽を介して循環させる方法、②薬液を膜ろ過装置に送った後、一定期間浸漬保持する方法などがある。洗浄方法については、使用薬品、膜材質、膜モジュール型式、膜ろ過設備構成などによって異なるので、洗浄方法を加味した洗浄設備とするよう留意する。
- 7) 薬液を膜ろ過装置から排出する方法としては、①水圧送による押し出し、②空気圧

送による押し出し、③自然流下による排出などの方法があるが、これも使用する膜種類、膜モジュール型式、膜ろ過設備構成、設備配置などを考慮して、最適な方法を採用する。

- 8) 中和・還元作業は貯槽（薬液槽・中和槽）において実施できるようにする。中和・還元剤などは薬液の調整方法と同様な方法で投入、調整、混合が行えるようにする。

さらに、より効率的に洗浄および作業が実施できるよう以下の点について留意すること。

- 9) 浄水設備と薬品洗浄設備との共通配管部分を極力短くするように考慮する。  
また薬品洗浄設備の単独配管もできるだけ短いほうが望ましい。
- 10) 薬液のリンス作業が容易にかつ少ない水量で実施できるよう薬品洗浄設備配管を弁などで仕切り、ブロック化することが望ましい。
- 11) 薬液のリンス作業が容易にかつ少ない水量で実施できるよう膜ろ過装置への薬液注入点および薬液排出点を、できるだけ膜ろ過装置近傍に設けることが望ましい。リンス水（浄水、膜ろ過水）流入、流出点についても同様である。

### (3) 施工上の留意点

薬品洗浄設備を施工する場合は、以下の点について留意する。

- 1) 配管の液漏れ確認は確実に実施する。液漏れ確認は、原則として浄水（膜ろ過水）を用いて実施する。特に、配管の継手部・接合部については厳重に確認する。
- 2) 配管はできるだけ滞水部ができないように施工する。必要に応じて、ドレン弁・空気抜き弁などを設置することも考慮する。

### (4) 材料選定・作業環境

薬品洗浄設備の材料選定・作業環境については、使用する薬品の種類、濃度などを考慮し、以下の点について留意する。

- 1) オンライン洗浄で使用する薬品は、無機酸（硫酸、塩酸）、有機酸（クエン酸、シュウ酸）、アルカリ（水酸化ナトリウム）、酸化剤（次亜塩素酸ナトリウム）などに大別できる。これらの薬品種類と使用濃度により、薬液槽、ポンプ類、配管弁類などの接液部については、耐薬品性について十分に考慮する。
- 2) 使用する薬液は、薬品種類・濃度により凍結温度が異なってくる。薬液使用条件、設備の設置条件・使用頻度などについて考慮し、必要に応じて、凍結防止対策を施す。
- 3) 使用する薬品によっては、薬液希釈調整、薬液循環、廃液処理などの工程において、発熱、発泡、ガス化などを伴うものもあるので、耐熱構造、発泡分の余裕確保、密閉構造、排気対策などについて留意する。
- 4) 薬液や洗浄廃液の漏洩対策として、薬品洗浄設備の耐圧性・耐震性についても、十分に検討する。

- 5) 薬品の使用量など必要に応じて原薬品の貯蔵が必要となる場合がある。この場合は、原薬品の変質防止、安全対策、盗難防止などを考慮して、適切な場所に、必要な容量の貯蔵室を設けることも考慮する。
- 6) 薬液を圧送するポンプなどは、薬液槽内の薬液が漏洩しても接液、水没しないように、薬液槽にはできるだけ防液堤を設け、ポンプ類はその防液堤外もしくはそれより上部に設置する。

#### (5) 安全対策

薬品洗浄では、通常の浄水処理では使用しない薬品や使用している薬品でも通常より濃度の高い薬液を使用する場合がほとんどであるため、以下の点に留意して安全対策を施す。

- 1) 薬品洗浄時、異常時や維持管理時に作業、保守点検が容易であるように、配置を考慮し、動線を確保する。
- 2) 防液堤、漏水検知器設置、回転機器類の配置など、ある程度液漏れしても問題とならないよう対策を施す。液漏れした場合でも、被害を最小限にするような対策を考慮する。(洗眼器、シャワーの設置など)
- 3) 予期せぬ停電、機器故障などに備え、インターロックなどによる、誤動作防止、自動停止、警報発令などの措置を考慮する。

#### (6) 水質の確認

オンライン洗浄では、①洗浄剤成分が膜ろ過装置内から排除されたことの水質確認、②排出される洗浄廃液（リンス水も含む）を場外放流する場合の水質確認など、水質安全対策について万全を期する必要がある。水質確認には、①対象水を採水して、ポータブル計器により水質確認を行う方法（手分析）と、②オンラインにて自動で採水から水質確認まで行う方法（自動分析）とがある。採用にあたっては、確実性、計器の精度、信頼性などより十分に検討し決定する。

薬品洗浄時において、よく使用される薬品とその水質管理に使用される監視項目の一例を以下に示す。

表 5 - 13 使用薬品別水質監視項目の一例

使用薬品	監視項目
無機酸	pH値、電気伝導率
有機酸	pH値、COD、電気伝導率
アルカリ	pH値、電気伝導率
次亜塩素酸ナトリウム	残留塩素、ORP

その他必要に応じて、濁度、色度などを監視項目とすることもある。

水質測定計器は、専用に設置することも、膜ろ過設備の計器と併用することも可能であるが、どちらの場合においても、使用する薬品の物性やリンス効果を確認することなどを

考慮して、計器の測定範囲、精度などに留意して決定する。

#### (7) 洗浄時の膜の保護

薬品洗浄操作を誤ると、膜の劣化や膜モジュールの破損が生じたりする可能性がある。洗浄時の膜の保護について、以下の点に留意する必要がある。

- 1) 薬品洗浄開始時はファウリングのため、薬液通水時の膜差圧が高くなっている。膜によって耐圧（耐膜差圧）が決まっているので、必要以上に供給圧や膜差圧を高くし、膜モジュール破損などの事故を起こさないような対策を施す。
- 2) 薬液は洗浄効果を上げる場合に加温することもあるが、膜によって耐熱温度が決まっており、必要以上に液温を上げると膜劣化が生じることもあるため、十分に注意する。さらに、使用薬品によっては薬液調整（溶解）時に発熱したり、循環洗浄では循環時間が長くなると液温が高くなることもあるので、自動計測や警報設定などにより十分な対策を施す必要がある。

#### (8) 異常時対応

十分な安全対策を施したにもかかわらず、異常、事故などが発生した場合は、被害を最小限にするように、下記項目について設備対応を十分に留意する。

##### 1) 水質異常（浄水および放流水）

膜ろ過水に水質異常が生じた場合、直ちに膜ろ過設備を停止できるようにする。また、立ち上げは手動により行うこととする。

洗浄廃液放流水に水質異常が生じた場合も、直ちに放流を停止できるようにし、立ち上げは手動により行うこととする。

##### 2) 薬品洗浄設備異常

設備異常時は、インターロック、警報などで対応し、設備が停止することを原則とする。制御不良で設備が停止しない場合も想定して、1操作で設備が全停止する非常停止機能を持たせることが望ましい。

##### 3) 液漏れ

洗浄実施時に液漏れが確認された場合は、薬品洗浄を中止し液漏れを修復してから再開できるシステムとする。

液漏れした薬液は、適切に処理、処分を行えるように対策を施す。また、液漏れ箇所に残薬液処理も適切に実施できるように考慮する。

##### 4) 停電

停電時においては、薬液、リンス水、洗浄廃液などが浄水、系外などに液漏れしないような状態で停止する対策を施す。停電復帰時は、自動復帰しないことを原則とする。



## 5. 2. 9 薬品洗浄作業

薬品洗浄作業手順は、作業者の安全性、薬品の浄水への混入防止、洗浄効果の確認、効率化などに留意して決定し、確実な遂行のために必要な体制を構築する。

### (1) 洗浄工程

大規模膜ろ過施設の場合、オンライン洗浄が主流と考えられ、薬品調整から洗浄、リンスに至るそれぞれの工程の自動化と安全対策が重要である。また、薬品洗浄廃液が多量に発生することから、薬品洗浄廃液処理設備も同一施設に設置される。

膜モジュールの型式により洗浄工程の細部は異なるが、一般的には次の工程に大別できる。

- ①準備工程
- ②薬品洗浄工程
- ③リンス工程
- ④立上工程
- ⑤廃液処理工程

#### 1) 準備工程

準備工程は、洗浄設備の点検、洗浄薬品の調整、膜モジュール、ケーシング（浸漬膜では膜浸漬槽）の水による洗浄などの作業から成る。

洗浄設備は、薬液調整槽、薬液槽などの貯槽類、ポンプ、給排水設備およびその付属機器などから構成される。薬液を調整する前に、各機器の動作、液漏れの有無、各貯槽や配管内の残留薬液の有無などを確認し、異常があれば修理、抜液、洗浄などを行う。

膜ろ過設備は、対象系列の運転を停止し、膜ろ過設備の逆圧洗浄やエアースクラビングなど物理洗浄によって十分に水洗する。

水による洗浄後は弁の切替などの操作により、薬品洗浄工程のラインに切替える。洗浄薬品や洗浄廃液が浄水ラインに混入しないことを確認する。

#### 2) 薬品洗浄工程

薬品洗浄工程は、膜モジュールの型式、膜ろ過設備の構成などにより異なり、薬液を循環させる方法や、薬液を循環させたのち一定時間浸漬する方法などがある。所定の時間洗浄を行い、終了後薬液を排出する。

#### 3) リンス工程

薬液の抜液後、薬品洗浄廃液が系内に残留することが無いよう清澄水により十分に水洗する。

#### 4) 立上工程

洗浄効果および処理水の水質確認後、運転を再開する。

#### 5) 廃液処理工程

洗浄廃液には除去されたファウリング物質が含まれているので、廃液の性状などを

充分考慮して処理する。

## (2) 作業の安全性

薬品洗浄では、通常の浄水処理では使用しない薬品や、使用している薬品でも通常より高い濃度で使用する場合はほとんどであるため、以下の点に留意する必要がある。

- 1) 作業前には洗浄設備の動作確認を実施する。
- 2) 飛散対策は充分に行われているか、適正な保護具（保護眼鏡・ゴム手袋・ゴム長靴など）を使用しているかなど、作業者の安全確認を実施する。
- 3) 人的被害を及ぼす可能性があるガス化対策は、毎回確認し安全性を強化する。
- 4) 作業員に薬品性状や特性についての教育を実施する。
- 5) 緊急時マニュアルなどを作業現場に掲示する。

## (3) リンス方法およびリンス効果の確認方法

### 1) リンス方法

薬品洗浄の最後には清澄水によるリンスを充分行なわなければならない。リンスに要する時間や水の量は、膜モジュールの構造や大きさ、膜ろ過設備の膜モジュール本数などによって異なる。

薬液のリンス方法の基本的手順は薬液排出→リンス→リンス水排出で容易かつ少ない水量で操作できるようにリンス前に極力浄水設備内の残存薬液を引き抜いておくことが有効で、その後、清澄水による洗浄および空気洗浄を行ないリンス水の押し出し排出を図る。

### 2) リンス効果の確認方法

リンス効果の確認は、洗浄薬品が膜ろ過設備内から完全に除かれたことを確認するために、無機酸、アルカリの場合 pH 値、電気伝導率などの水質確認を行うことである。pH 値がリンスに用いた元の浄水と同程度となり、かつ、一旦リンスを中止し 5 分間程度経過後、再度リンスを行ない pH 値を測定し変化がなければ終了と判断してもよい。

次亜塩素酸ナトリウムの場合は、残留塩素、ORP などで評価する。

有機酸の場合は、水質監視項目としては pH 値、COD、電気伝導率が挙げられる。pH 値、電気伝導率は有機物を直接測定しているわけではないため、これらが通常であれば有機酸が確実に除去できたとは言い難いが、一番簡易な方法であり、オンラインでは適した方法であると考えられる。COD の測定が一番確実であるが、通常の試験法に準じると測定に時間がかかるので、現実的ではない。しかし、簡易な測定方法（パックテスト、約 5 分）で、比較的精度良く測定できるので、これを採用することも考えられる。

#### (4) 洗浄効果の確認方法

洗浄効果は、初期透水性と薬品洗浄後の透水性を比較することで確認する。

確認指標としては、補正膜ろ過流束（注 1）や補正膜差圧（注 2）があり、薬品洗浄後の透水性能もしくは補正膜差圧がどれだけ初期値に近づいたか判定することで洗浄効果を確認する。この初期値に対する洗浄後の比率を回復率といい、回復率の評価基準は膜種類により異なる。

一般に、膜モジュールの初期透水性能は、膜供給メーカーが純水などを用いて出荷前に実施しているが、大規模膜ろ過施設において純水を使用することは経済性などから困難である。そこで、大規模膜ろ過施設では、新品膜取り付け時に膜ろ過水を使用して膜ろ過設備ごとに透水性能もしくは補正膜差圧を測定し、その値を初期値とすることが望ましい。なお、原水が清澄である場合には、初期値の測定に原水を使用することも可能である。

（注 1）「補正膜ろ過流束」とは、一定圧力下での膜ろ過流束を同一水温に換算した値。

（注 2）「補正膜差圧」とは、一定膜ろ過流束下での膜差圧を同一水温に換算した値。

#### (5) 薬品廃液の再利用方法

維持管理の低コスト化を図るために、薬品廃液を再び薬液として再利用することは有効な手段の一つと言える。薬品廃液の再利用の判断は、廃液性状を確認し、汚染具合が小さければ薬品を補充して再利用することができる。しかし、度重なる再利用は廃液性状悪化による洗浄効果の低下をもたらすので、利用回数には限界がある。再利用回数を増やすために、廃液中の SS 成分をろ過装置などで低減してから再利用することも考えられる。

#### (6) 薬品廃液の処理・処分

薬品廃液は、一般に、未反応の薬品が高濃度で残存するとともに、除去した膜のファウリング物質を多量に含有している。この廃液はそのまま放流することができない性状であるため、関連する法令に従い、適正に処理・処分を行う必要がある。

選定した処理・処分方法に従い、作業手順を決定するが、以下の点に留意する必要がある。

##### 1) 排水基準、下水道受け入れ基準に適合するよう処理後、放流する場合

薬品廃液の処理としては以下の方法があげられる。これらは廃液性状を十分に検討した上で、適正な処理方法を選択する。

- ①薬品廃液単独処理(中和・還元・生物処理など)
- ②物理洗浄排水、前処理設備排水などと混合して処理（凝集沈澱処理など）
- ③薬品廃液単独処理後、物理洗浄排水・前処理設備排水などと混合して処理(上記の組み合わせ)

中和・還元などの処理に使用する薬品が、水道用薬品・食品添加物であるなど、安全性が確認できる場合以外は、これらの浄水設備への混入防止のため、薬液槽内での処理を避け、廃液受槽などに移送してから実施することが望ましい。

中和・還元処理を行う場合は中和剤・還元剤の過剰注入が避けられるよう、以下のような対応を取ることが望ましい。

- ・適宜 pH 値を確認しながら中和剤・還元剤を少量ずつ注入する。
- ・処理前に一定量採取して中和・還元滴定を行い、その結果をもとに注入量を決定する。

## 2) 産業廃棄物処分の場合

産業廃棄物処分を行う場合は、以下の点に留意する。

- ①引き取り時まで廃液貯槽内にて適正に保管する。
- ②引き取り(移送)時の漏液などに注意する。
- ③引き取り後の処分が適正に行われることを産業廃棄物管理票（マニフェスト）などにより確認する。

## (7) リンス廃液の処理・処分

リンス廃液は、膜ろ過設備内に残留する薬液を膜ろ過水など清澄水を用いて押し出す際に生じる廃液であり、薬品廃液よりも濃度は薄くなるが、多量に発生する。濃度が薄くなるとはいえ、そのまま放流することができない性状となる場合が多く、薬品廃液と同様、関連する法令に従い、適正に処理・処分を行う必要がある。リンス水量を低減させるためには、前述したようにリンス操作前に極力膜ろ過設備内の残存薬液(薬品廃液)を引き抜いておくことが有効である。

処理・処分作業手順の決定に際しても、薬品廃液の処理・処分と同様の点に留意する必要がある。

## (8) 自動化

薬品洗浄工程は膜モジュールの型式により細部は異なるが、一般的には①準備工程、②洗浄工程、③リンス工程、④立ち上げ工程、⑤廃液処理工程に大別できる。

薬品洗浄の自動化の範囲は、各工程をブロック化して考え、洗浄頻度、洗浄に必要な作業員数、自動化に必要な設備費などを総合的に判断し、各工程に応じて全自動・半自動・手動の選択をする必要がある。

特に、膜ろ過水の水質に大きく影響するリンス効果の確認については、自動化するのか、人が最終判定をするのかは十分な検討が必要である。

薬品洗浄設備の自動化の検討にあたっては、予期せぬ停電、機器故障などに備え、インターロックなどによる、誤動作防止、自動停止、警報発令などの措置を考慮すると共に、必要に応じて自動計測装置および制御室などへの遠隔監視設備を設置する必要がある。

### 1) 準備工程

大規模膜ろ過施設では洗浄頻度が多く、洗浄薬品調整量も多くなることから原薬品・希釈水などの計量、調製は自動化することを考慮する。

洗浄薬品調整の自動化にあたっては、以下の点に留意する。

#### ①温度対策