

(3) 膜ろ過流束

膜ろ過流束は、採用する膜モジュールの特性、施設の規模、管理体制などを考慮して、経済的かつ安定的な運転が継続できる値とする。

膜ろ過流束は、設備の設計、経済性の評価に大きく影響を与える要素である。膜ろ過流束を高く設定すると、その設備規模や必要設置面積は小さくなるが、一般に膜の薬品洗浄回数が増加するため、薬品洗浄作業に要する労力や、薬品洗浄に使用する薬液の準備とその廃液処分の費用が増大する。また、突発的な水需要の変化や供給水水質の変化に対して追従できない恐れも生じてくる。逆に、膜ろ過流束を低く設定すると設備の運転は安定し、薬品洗浄の回数も減少することができ、薬液の廃液量を減らすことが可能であるが、反面、設備規模は大きくなり、設備の必要設置面積も多くなっていく。また、膜モジュール数も多くなり、膜交換時の費用にも影響していく。

膜ろ過流束の決定については、当センターが実施している水道用装置認定の制度を活用する方法もある。この認定は、各メーカーにより膜ろ過装置がどのような条件下で運転されるかが申請され、記載されており、その内容について当センターが審査、認証しているものである。装置認定制度の詳細に関しては、2.5.3 膜ろ過装置を参照のこと。これを利用することで、同種の水源水質に適した膜ろ過流束を設定し、条件に見合った膜ろ過流束を決定することも可能である。なお、各装置認定の内容については、水道事業体に限り、当センターに問い合わせることができる。

一方、現地実証実験により、適正な膜ろ過流束を決定する方法もある。しかし実験の実施には、多大な費用と労力、時間を要することから、施設計画の着手の段階からその実験の必要性をも含めた検討が必要である。なお、本研究などで実施された実験では、これまでに数多くの研究成果が得られており、この最新の知見についても参考にすることもできる。表4-1は近年、国内で実施された膜ろ過における供給水水質と運転性能などを示したものである。なお、この表の内容については、今後の水道における膜ろ過技術の開発状況に応じ、さらに性能向上する可能性があることにも留意しておく必要がある。

表4-1 各種膜ろ過実験における供給水水質と膜ろ過装置の運転性能

水源種別	膜ろ過供給水 水質測定値			膜種別	膜孔径	膜ろ過流速 ($m^3/m^2 \cdot 日$)	回収率 (%)	薬洗間隔 (日)	備考
	項目	平均	最大						
河川表流水 A (原水直接)	pH	7.5	8.0	6.6	MF	0.25 μm	3.0~5.0	97.6~98.1	30~150
	水温 (°C)	18.3	31.1	6.7	MF	0.1 μm	2.0~3.0	91~94	180
	濁度 (度)	5.6	62	0.46	MF	0.05 μm	2.5	93.3	>300
	TOC (mg/L)	0.9	2.6	0.3	UF	0.01 μm (分画分子量150,000)	3.0	93	170
	マンガン (mg/L)	0.012	0.083	<0.005	MF	0.1 μm	0.7	95	180
	色度 (度)	4.0	40	0	MF	0.1 μm	~4.0	98.6	150
河川表流水 B (凝集沈殿 - オゾン - 活性炭)	pH	7.1	7.4	6.9	MF	0.1 μm	1.14	95	365
	水温 (°C)	17.2	29.3	5.1	MF	0.1 μm	1.14	95	365
	濁度 (度)	1	1.5	0.4	UF	0.01 μm (分画分子量 150,000)	2.7	91	73
	TOC (mg/L)	1	1.4	0.6	UF	0.01 μm (分画分子量 150,000)	2.7	91	73
	鉄 (mg/L)	0.05	0.17	0.005	MF	0.1 μm	3.0	94.1	180
	マンガン (mg/L)	0.005	0.029	0.001	MF	0.1 μm	3.0	94.1	180
	色度 (度)	1.8	14	0.5	MF	0.1 μm	3.0	94.1	180
河川表流水 C (沈殿処理後)	pH	6.9	7.3	6.5	UF	0.01 μm (分画分子量150,000)	3.0~4.0	90~95	300
	水温 (°C)	17.2	26.9	2.7	UF	0.01 μm (分画分子量150,000)	3.0~4.0	90~95	300
	濁度 (度)	0.3	0.9	0.1	MF	0.1 μm	4.0~6.0	95 程度	180
	TOC (mg/L)	1.1	2.1	0.7	MF	0.05 μm	4.0	91~95	>180
	鉄 (mg/L)	0.00	0.02	0.00	UF	0.01 μm (分画分子量150,000)	3.0	92	365
	マンガン (mg/L)	0.008	0.045	0.000	UF	0.01 μm (分画分子量150,000)	3.0	92	365
	色度 (度)	1.5	16.0	0.4	MF	0.1 μm	~6.0	99.1以上	365

注1. 本表は、当センターで掌握する各種の実験における平均的な運転実績値をまとめたものである。
 注2. 本表に記載された数値などは参考であり、必ずしも同様の供給水質にて同様の運転が可能であるとは限らないので注意すること。
 注3. 膜ろ過流速の表記は、内圧式の場合は内面積基準、外圧式の場合は外面積基準として記載。

4. 2. 2 膜モジュール

1. 膜モジュールは、水道用膜モジュール規格に適合する膜を使用するものとする。
2. 膜モジュールの選定は、長期的な製品供給についても考慮する。
3. 膜モジュールの配置は、交換を考慮した構成とする。
4. 膜モジュールは、必要に応じて予備を用意する。

1 について、膜モジュールは、膜分離技術振興協会の行う膜モジュール認定規格（AMST-001、004）に適合した膜を使用することが望ましい。この規格に適合した膜は、水道用資機材に必要な浸出試験にも合格しており、安全性が確保されていると判断できる。なお、同規格に合格していない膜モジュールを採用する場合には、使用者が独自で浸出試験を行う必要がある。これらのモジュールについては、2.4.4 水道用膜モジュール規格を参照のこと。

2 について、膜モジュールの選定には長期的な安定供給についても考慮する必要がある。例えば、使用している膜モジュールが将来的に何らかの理由で生産を中止し、その供給が不可能になることも考えられる。このような事態を防ぐためには、複数のメーカーで互換性を有する規格化（標準化）された膜モジュールを積極的に採用していくこともひとつの方法である。

3 について、膜モジュールには膜種類（MF 膜、UF 膜）のほか、膜の材質、形状や構造など様々な種類のものがある。これらの詳細に関しては、2.4.3 膜モジュールの型式を参照のこと。いずれの膜モジュールの場合でも、膜モジュールを交換し易いように配置して膜ろ過設備を構成する必要がある。また、多数の膜モジュールを取り扱うので、搬入・搬出路の確保およびホイストなどの設備の設置を考慮する必要がある。

4 について、必要に応じて予備の膜モジュールの保管を考慮する必要がある。保管の必要性や本数については、その膜の供給体制を考慮して決定する。また保管は、膜の特性（乾燥、生物劣化など）を十分に考慮した上で行うものとする。例えば、膜によっては凍結させると損傷するものもあるため、これを防ぐことが可能な場所を確保する必要がある。また、膜の保管に際し専用の保管液を使用するものや、内部の保管液の交換を定期的に必要とするものもあるため、採用する膜について十分に把握しておく必要がある。

4. 2. 3 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。

薬品洗浄設備とは、長期間の運転などでファウリングが進行し、物理洗浄では充分にその運転性能が回復できない状態に達したときに実施する薬品洗浄のための設備である。

薬品洗浄設備は、一般に薬液調整槽、薬液槽、薬液供給循環ポンプ、中和槽（廃液受槽）、浄水（膜ろ過水）供給設備およびその他（計測機器類、配管弁類）などから構成される。

薬品洗浄の方式は、洗浄場所により施設内で洗浄を行うオンサイト洗浄と、施設外（工場など）で洗浄を行うオフサイト洗浄に分けられ、薬品洗浄設備はオンサイト洗浄の場合のみ検討する。

大規模膜ろ過施設の場合は、膜モジュール本数が多いため、洗浄実施時期が集中すると浄水処理ならびに給水に支障を来す恐れがあるため、実施時期の平準化を考慮して、適切な設備規模とする。また、大規模膜ろ過施設は小規模の膜ろ過施設に比べ膜モジュール本数が多く系列数が増えるため薬品洗浄の回数が多くなるので、洗浄工程の自動化または半自動化を検討する必要があるが、この点については管理者の作業負荷や経済性などを総合的に判断して決定する。

薬品洗浄では、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、設備設計の際には特に留意する必要がある。

なお、薬品洗浄に関しては、5. 2 薬品洗浄方法を参照のこと。

4. 2. 4 付属設備

1. 付属設備については、個々の装置特性を考慮して適切な仕様とする。
2. オンサイトでの薬品洗浄で通常の浄水処理では使用しない薬品や高濃度の薬液を使用することがあるので、施設に使用する配管類・弁類については使用場所に応じて耐食性・耐薬品性に十分に留意する。

1について、膜ろ過施設に付属する設備は、原水槽、洗浄水槽、薬品注入設備、配管類・弁類などがある。例えば、物理洗浄工程を有する装置であれば、給水を停止することなく洗浄工程に必要な作業水量を常に確保できる洗浄水槽の容量が必要となるなど、装置個々の特性に応じた仕様であることが必要である。

また寒冷地においては、休止時のみならず、運転時についても凍結対策が必要となる。特に滞水部や流速の遅い配管部分については、保温および加温設備を施す。逆圧水物理洗浄や薬品洗浄用の機器は水が常時流れないので、保温して凍結破損を防止する。また、圧力計やサンプリング弁などの取り出し分岐管の滞水部を少なくするように施工する。

2について、施設に使用する配管類・弁類については使用場所に応じて耐食性、耐薬品

性に十分に留意する必要がある。

なお、これらの容量やその他の事項に関しては、水道施設設計指針および水道施設耐震工法指針・解説に準拠するものとするが、各種の設備の特性に合わせた容量に決定することもある。

4. 2. 5 機械・電気設備

1. 膜ろ過設備に使用する機械設備は、安全性、強度、耐久性、耐震性について考慮するだけでなく、交換部品の供給にも注意を払う。
2. 電力への依存度が高くなるため、必要最低限の予備電源を確保するほか、経済性や省エネルギーの観点から電力消費量にも配慮する。

1について、膜ろ過設備ではろ過に必要な圧力を得るためにポンプなどを使用することが多いが、条件によっては主要部がステンレス製といった上質部材を使用した比較的特殊な機器を選定することがある。この場合、交換部品の供給について一般的な機器類より手配日数を要することが多いので、これらの機器に設備運転の大部分を依存する膜ろ過施設においては特に注意を払い、安定した部品供給が確実な製品を選ぶ必要がある。

2について、膜ろ過設備はろ過や洗浄をポンプで行うなど動力機器が多く使用されるため、従来施設に比べ電力への依存度が高い。したがって停電に備え、予備電源の確保や自家発電設備の採用を十分に検討する必要がある。受電については2回線以上とし、また、自家発電設備については100%バックアップ可能な容量とすると同施設が大きくなるため、これについては緊急時に必要最低限の容量となるよう考慮する必要がある。自家発電設備の必要最低限の容量とは、膜ろ過設備の補機類を除いた処理施設が、当該施設の平均的な処理水量をまかなうことが可能なものとして解釈することもできる。また、このほか、膜ろ過施設には動力機器などが多く使用されることから積極的な省エネルギー対策を施す必要がある。これには、配電盤への力率改善装置の設置などの方法がある。電動機類にインバータを設置することも有効であるが、発生する高調波の対策に十分に注意する必要がある。

その他の事項については、水道施設設計指針および水道施設耐震工法指針・解説に準拠するものとする。

4. 2. 6 計装設備

膜ろ過施設の運転管理では、各種の計測データが重要であるため、計装機器は維持管理が容易で汎用性・信頼性の高いものを選定する。

膜ろ過施設に使用される計測機器には、従来施設と同様、流量計、圧力計、水位計、濁度計、水温計などがある。

その他の事項に関しては、水道施設設計指針に準拠するものとする。

4. 2. 7 膜損傷検知設備

精密濁度計などを用いて膜ろ過水の水質を常時監視する。濁度など異常値を検知した場合には該当系列の運転を停止し、圧力試験などの直接法を用いて膜モジュールの損傷を確認、特定を行い、補修もしくは膜モジュールの交換を行う。

膜ろ過は、高い除濁性能を有する優れた水処理技術である反面、膜素材の寿命や事故などによる膜損傷の危険を併せ持っているため、常に安心できる水処理性を保つためには、信頼される検知手法（設備）による適切な運転管理が求められる。

膜損傷検知設備に関しては、5.3 膜モジュールの損傷を参照のこと。

5. 大規模膜ろ過施設の維持管理

5. 1 大規模膜ろ過施設の維持管理

5. 1. 1 基本事項

従来法との特徴の差異を十分に認識する。膜ろ過施設の維持管理には、系列数、膜ろ過流束、回収率、および薬品洗浄の考え方を十分に把握する。

膜ろ過施設の維持管理においては、膜ろ過法と従来法（凝集沈澱砂ろ過）との固液分離操作の差異を十分に認識する必要がある。膜ろ過法には、膜モジュールの交換や薬品洗浄など従来法にはない維持管理が必要となるため、これらを実施する際には浄水処理ならびに給水に支障を来たさないよう十分な対策をとる必要がある。浄水水質の維持管理に関しては、膜の損傷などによる浄水水質の悪化が生じることのないよう十分な監視を行うことが必要である。

膜ろ過前段で除濁などの前処理などを行う場合、前処理が適切に行われないと、膜モジュールの薬品洗浄頻度が高まって、維持管理費の増加を招く場合がある。また、膜ろ過の物理洗浄条件（頻度、強度など）などが不適切な場合などにおいても、同様の問題が生じる可能性がある。このように適切な運転管理がなされないと維持管理費の増加のみならず、給水に支障を来たすことも考えられる。

以下に、膜ろ過設備の基本的な設計項目である系列数、膜ろ過流束、回収率と運転管理との関連および薬品洗浄時期の考え方について述べる。

(1) 系列数と運転管理の考え方

4.1.1 施設能力および予備力の考え方に示すように、大規模膜ろ過施設は、膜ろ過系列または膜ろ過装置の一部の機能が何らかの理由で部分的に停止した場合でも通常の給水に支障を来たさないよう、系列数、膜ろ過流束、他の水源の利用などを勘案して施設の構成が設計されている。したがって、施設の運転管理に際しては、この設計思想を熟知しておくことが肝要である。

また、予備能力を確保する方法には、予備系列の設置や、膜ろ過流束の調整など、いくつかの方法があるので、管理する膜ろ過施設がどのような考え方で設計されているかをよく把握しておくことが重要である。

膜モジュールの交換作業や薬品洗浄を行う際に、ある程度の日数を要する場合もあることから、確保すべき浄水量や施設の維持管理体制を考慮して維持管理計画を立てておく必要がある。

(2) 膜ろ過流束と運転管理の考え方

膜ろ過設備の設計、運転管理において、膜ろ過流束は最も重要な因子であり、膜差圧と密接な関連を持っている。設計に際しては、4.2.1 膜ろ過設備に示すように、膜ろ過流束は、採用する膜モジュールの特性、施設の規模、管理体制などを考慮して、経済的かつ安定的

な運転が継続できる値となっている。従って、計画時の膜ろ過流束値を著しく逸脱するような運転を行ってはならない。

通常運転時における膜ろ過流束の設定方法としては、①膜ろ過流束を一定とし、浄水池の水位などにより膜ろ過設備を運転・停止させることで運転時間を調整して必要な浄水量を得る方法、②水需要の変動に応じて膜ろ過流束を変化させて必要な浄水量を得る方法の2通りが考えられるが、一般的には前者の考え方で設計されている場合が多い。

膜モジュールの交換時、あるいは機器の事故時などに系列を停止する場合は、残りの系列の膜ろ過流束を増加させて必要な浄水量を確保する方法もある。この場合には、使用する膜ろ過設備が許容されている膜ろ過流束の範囲内で行う。また、膜差圧が上昇して許容範囲を超えることのないように注意する必要がある。

(3) 回収率と運転管理の考え方

回収率（膜供給水量から洗浄水量を減じた膜ろ過水量との比）は、膜ろ過設備の水量的な処理効率を示す指標である。膜ろ過設備の最適な回収率は、選定した方式によって異なるが、通常、設備を計画、設計した段階である程度決定されている。しかし、運用開始後、原水水質の変動等により、設備の最適な回収率が異なってくることもあるので、常に安定した運転が可能なよう回収率を調整していく必要がある。なお、最適な回収率は、日々の膜差圧の上昇度合いや、想定する膜の薬品洗浄間隔、維持管理体制等を勘案して、事業者ごとに定める必要がある。

また、設備の部分的な点検を実施する際、休止させた設備の能力を補うため、膜ろ過設備を一時的に高回収率運転（高ろ過流束運転等）とすることもあるが、このような運転状態を長時間継続すると、膜差圧の上昇が早くなり、早期の膜閉塞を引き起こす可能性もあることから、安易に回収率を増加することには注意が必要である。これらの点検が終了次第、通常の回収率に戻すことを怠らないようにすることが重要である。

(4) 薬品洗浄の考え方

薬品洗浄の時期を判断する指標としては、定流量制御方式の場合、膜差圧が設定値に達した時点とするのが一般的である。設定値は、その設備の運転初期値、膜の種類などによって個別に定められる。設定値を超えて処理を継続することは、薬品洗浄による回復率を低下させる要因となるので避けることが望ましい。

5.2.2 薬品洗浄方式の選定に示すように、大規模膜ろ過施設ではオンサイトオンライン方式が主流になるものと思われ、洗浄作業に際して安全対策、廃液処理など十分に考慮する必要がある。

5. 1. 2 運転管理上の留意点

施設を安全・安定に運転するために膜ろ過装置に係わる項目を監視する。また、非日常的に実施する薬品洗浄および膜交換においても施設の運営に支障を来さないように維持管理計画を立案する。

(1) 膜差圧、水温、膜ろ過水量（流束）、原水濁度、膜ろ過水濁度などの監視

膜差圧、膜ろ過水量（流束）、膜ろ過水濁度については常時監視し、これらの値が正常であるよう留意する必要がある。

膜差圧に関して、膜ろ過流束を高くすると膜面に堆積する汚染物質量は多くなる傾向にあり、また、水温の低下も膜のろ過抵抗を増大させるので、これらのいずれの場合にも、必要な膜差圧は大きくなる。膜差圧は、運転開始当初は緩やかに上昇するが、ファウリングの進行とそれに伴う膜差圧上昇による膜面付着層などの圧密のため急激に上昇することがあるので注意する必要がある。

水温の低下は膜差圧の上昇、もしくは膜ろ過流束の低下を招くので、水温は常に監視することが望ましい。

膜面流速に関して、クロスフローろ過は膜供給水を膜面に沿って水平方向に通過、循環させながら膜ろ過する方式であり、膜面での通過流速が膜面流速である。膜面流速（循環流量）は、膜モジュール型式より異なり、最適値（もしくは上限値）が設定されているため、この設定値で運転、管理を行うことが必要である。

膜ろ過水濁度に関して、何らかの理由により膜が損傷した場合は、膜ろ過水濁度（微粒子数）の上昇などの兆候が現れることがある。これらを検知した場合は速やかに対処することが必要である。

原水水質の変化も膜ろ過設備の運転に大きな影響を与えることがあるので、常時監視することが望ましい。特に高濁度の原水は膜のファウリングを進行させる可能性があるため注意が必要である。また、異物の混入による装置のトラブルなどにも留意する必要がある。

(2) 物理洗浄

物理洗浄は適切な頻度で行い、膜のろ過性能を常に確保するように心がける。また、物理洗浄頻度・水量などの減少に伴う回収率の増加は薬品洗浄頻度の増加を招くため留意することが必要である。

また、膜モジュールによっては、物理洗浄効果を向上させるため、あるいは生物劣化を防止するために物理洗浄水に数 mg/L の次亜塩素酸ナトリウムを注入することもある。この場合、定期的に物理洗浄排水の残留塩素濃度を測定し、適切な物理洗浄が実施されているか否かを確認することが肝要である。この残留塩素を含む物理洗浄排水を還元して放流する施設では、この放流水の残留塩素を定期的に測定することも必要である。

(3) 薬品洗浄

5.2.3 薬品洗浄実施時期の判断の項に示すように大規模膜ろ過施設では、膜モジュール数、

および膜ろ過設備数が多数となるため、給水に支障を来たさないように薬品洗浄実施時期の集中を避ける必要がある。このためには、薬品洗浄実施判断基準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が必要となる。このためには、日常の計測が重要であり、装置稼働状況を常に把握しておくことが肝要である。なお、薬品洗浄作業に関しては、5.2.9 薬品洗浄作業を参照のこと。

(4) 膜モジュールの保管、交換、および廃棄膜モジュールの処理

1) 膜モジュール、膜エレメントの保管

未使用の有機膜モジュールまたはエレメントを保管する場合は、微生物の繁殖防止などの目的のため、指定された保管液を封入（または保管液に浸漬）する。また、有機膜モジュールを膜ろ過設備に装着したまま運転を長時間休止する場合には、微生物の繁殖などによる膜の汚染を防ぐため、次亜塩素酸ナトリウムなどを封入して保管する。次亜塩素酸ナトリウムの場合、長期間の保管に関して、濃度管理が重要である。

未使用の無機膜エレメントを保管する場合は、凍結や乾燥保管および長期保管による化学的・生物学的劣化などはほぼ問題とならないが、落下などの機械的衝撃を受けないよう配慮する。また、無機膜モジュールを膜ろ過設備に装着したまま運転を長時間休止する場合には、微生物の繁殖などによる膜の汚染を防ぐため、乾燥状態とするか、酸またはアルカリ溶液などを封入する。

2) 膜の交換

膜の寿命は原水水質、使用条件などによって異なるが3年以上が一応の目安である。セラミック膜は有機膜よりも膜自身の寿命は長い傾向にあるが、膜モジュールを構成しているシール部材などの経年劣化による損傷は起こりうるので保守点検・交換作業などが必要である。膜モジュールの交換に際しては、膜モジュールの保管液を抜き取り、充分水洗いしてから膜ろ過設備に装置する。

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、全体を一時に交換するのではなく、設備稼働後、数年後から毎年均等になるように計画的に交換することも有効である。

3) 廃棄膜モジュールの処理

交換後の使用済みの廃棄膜モジュールは、現在、産業廃棄物として処理され、メーカー引取りによる産業廃棄物処理を行っている場合が多い。

産業廃棄物処理以外のリサイクル方法も検討されている。この場合、素材によって処理方法は異なるが、膜、ケーシング（膜支持体）、接着剤・その他に分けて処理することが考えられている。リサイクルの方法としては、一度使用したものを再利用する材料リサイクル、化学処理を行い原料に戻して再利用する化学原料リサイクル、燃焼して熱源として使うエネルギー回収がある。詳細については、2.4.5 廃棄膜モジュールの有効利用の項を参照のこと。

(5) 膜交換後の運転開始時の留意事項

新品膜モジュールに交換後、運転を開始する場合、輸送・保管用の保管液が多少残存していることが考えられるため、運転開始前に十分な洗浄を行うことが必要となる。

なお、機械設備工事などのため配管内に残留している油分は、膜ろ過に悪影響を及ぼすばかりか、膜ろ過水の水質悪化にもつながるので、あらかじめ十分に洗浄することが必要である。

5. 1. 3 水質管理上の留意点

施設を安定・安全に運転するために、原水、膜ろ過水の水質、物理洗浄に係わる水質、薬品洗浄に係わる水質に十分に留意する。

水道における水質管理とは、基本的には給水栓における水道水を、常に衛生的に安全かつ清浄な状態を保ち、利用上に支障がないようにすることである。そのために水源をできるだけ清浄に保ち、浄水施設によって適切な浄水処理を行い、さらに、配水管や給水装置の中で水道水が汚染されることのないように管理しなければならない。

従って、水道における水質管理は、1) 水源の水質管理、2) 浄水処理工程の水質管理、3) 送・配水の水質管理、4) 給水の水質管理に分類される。

ここでは、大規模膜ろ過施設を主とした 2) 浄水処理工程の水質管理について、浄水場としての水質管理項目の留意点を示す。

(1) 浄水処理工程水質管理項目

①濁度または微粒子数（膜ろ過水）

膜ろ過設備において、原水水質の変化、特に高濁度原水（膜供給水）の流入は膜のファウリングを進行させ、予想外の膜差圧の上昇、もしくは膜ろ過流束の低下を招く。そのため、膜ろ過設備の管理において、連続的に濁度を計測、記録することは非常に重要である。

また、何らかの理由により膜が損傷した場合やシール不良が発生した場合は、膜ろ過水の濁度および微粒子数が上昇し、処理水質の悪化を招く恐れがある。そのため、膜ろ過水の濁度または粒子数を連続的に測定および記録することは、膜ろ過設備の状態を管理する上で重要である。

②残留塩素（物理洗浄排水）

膜モジュールの特性によっては、物理洗浄効果の向上、および生物劣化を防止するために物理洗浄水に数 mg/L の次亜塩素酸ナトリウムを注入する場合がある。採用した膜モジュールがこの方式である場合、その効果の確認に定期的に物理洗浄排水の残留塩素を測定することが必要である。膜材質が酢酸セルロースの場合、生物劣化の防止を目的に注入しているため、物理洗浄排水に残留塩素が検出されないと膜の劣化（膜損傷）が生じる可能性があるため注意を要する。

③pH、残留塩素、電気伝導率など（薬品洗浄終了時のリンス水）

大規模膜ろ過施設の薬品洗浄をオンサイトオンライン方式で実施する場合、薬品洗浄の終了を確認するために、リンス水の pH、残留塩素、電気伝導率などを測定する。詳細は、5.2.9 薬品洗浄作業を参照のこと。

④pH、残留塩素、電気伝導率、COD、SS など（薬品洗浄廃液）

薬品洗浄廃液の処理、処分には、1) 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処理を行い、河川放流する。2) 下水道の受け入れ基準に適合するように処理を行い、下水道放流する。3) 産業廃棄物処分する。などがある。

この中で 1)、2) の場合に、膜ろ過施設内の中和槽などの貯槽で中和処理などを行い、pH、残留塩素、電気伝導率、COD、SS などを測定し基準に適合したことを確認の後、放流する必要がある。

(2) 浄水場としての水質管理項目

水道水そのものに対しては、浄水方法が膜ろ過であっても、水道法第4条厚生労働省令101号（平成16年4月1日施行）で定める水質基準項目50項目全ての水質検査を行わなければならない。これは水質基準が浄水方法に関係なく、あくまで供給される水（水道水）に対して適用されることになっているからである。

供給される水（水道水）に対する水質検査の頻度は、水道法施行規則第15条第1項で表5-1のように定められている。

原水については通知（平成15年10月10日 健水発第1010001号）で1年間に1回は全項目検査することとされている。水道水の安全を確保するためには、原水の状態を必ず把握しておく必要がある。また、アンモニア態窒素は残留塩素濃度低下の原因となる。このため検査項目には含まれていないが、浄水方法を緩速ろ過から更新した場合、または新規設備の場合などにおいては、アンモニア態窒素の定期的な検査による季節変動の把握が必要である。

表5-1 水道法第4条に基づく水質基準項目および検査回数、検査省略可否など

番号	項目名	検査回数	検査回数の減	省略の可否
1	一般細菌	おおむね1ヶ月に1回以上	不可	不可
2	大腸菌			
3	カドミウム及びその化合物	おおむね3ヶ月に1回以上	注2	注4
4	水銀及びその化合物			
5	セレン及びその化合物			
6	鉛及びその化合物			
7	ヒ素及びその化合物			
8	六価クロム化合物			
9	シアン化物イオン及び塩化シアン			
10	硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素			
11	フッ素及びその化合物			
12	ホウ素及びその化合物		注2	注4 (海水を原水とする場合不可)
13	四塩化炭素			
14	1,4-ジオキサン			
15	1,1-ジクロロエチレン			
16	シス-1,2-ジクロロエチレン			
17	ジクロロメタン			
18	テトラクロロエチレン			
19	トリクロロエチレン			
20	ベンゼン	不可	不可	
21	クロロ酢酸			
22	クロロホルム			
23	ジクロロ酢酸			
24	ジブロモクロロメタン			
25	臭素酸			
26	総トリハロメタン			
27	トリクロロ酢酸			
28	ブロモジクロロメタン			
29	ブロモホルム			
30	ホルムアルデヒド	注2	注5	
31	亜鉛及びその化合物			
32	アルミニウム及びその化合物			
33	鉄及びその化合物			
34	銅及びその化合物			
35	ナトリウム及びその化合物			
36	マンガン及びその化合物	注4		
37	塩化物イオン		注3	不可
38	カルシウム、マグネシウム等(硬度)	おおむね3ヶ月に1回以上	注2	注4
39	蒸発残留物			
40	陰イオン界面活性剤	おおむね1ヶ月に1回以上	不可	注7
41	ジェオスミン			
42	2-メチルイソボルネオール			
43	非イオン界面活性剤			
44	フェノール類			
45	有機物(TOC)※	おおむね1ヶ月に1回以上	注3	不可
46	pH値			
47	味			
48	臭気			
49	色度			
50	濁度			

注 1	左記の項目を産出する藻類の発生が少なく、検査を行う必要がないことが明らかであると認められる期間を除く。
注 2	水源に水または汚染物質を排出する施設の設置の状況などから、原水の水質が大きく変わるおそれが少ないと認められる場合（過去3年間に水源の種別、取水地点又は浄水方法を変更した場合を除く。）であって、過去3年間における当該事項についての検査結果が、基準値の5分の1以下であるときは、概ね1年に1回以上と、過去3年間における当該事項についての検査結果が、基準値の10分の1以下であるときは、概ね3年に1回以上とすることができる。
注 4	当該事項についての過去の検査結果が基準値の2分の1を超えたことがなく、かつ、原水ならびに水源およびその周辺の状況を勘案し、検査を行う必要がないことが明らかであると認められる場合、省略可。
注 5	当該事項についての過去の検査結果が基準値の2分の1を超えたことがなく、かつ、原水ならびに水源およびその周辺の状況並びに薬品などおよび資機材などの使用状況を勘案し、検査を行う必要がないことが明らかであると認められる場合、省略可。
注 6	当該事項についての過去の検査結果が基準値の2分の1を超えたことがなく、かつ、原水ならびに水源およびその周辺の状況（地下水を水源とする場合は、近傍の地域における地下水の状況を含む。）を勘案し、検査を行う必要がないことが明らかであると認められる場合、省略可。
注 7	当該事項についての過去の検査結果が基準値の2分の1を超えたことがなく、かつ、原水ならびに水源およびその周辺の状況（湖沼等の停滞水源を水源とする場合は、当該基準項目を産出する藻類の発生状況を含む。）を勘案し、検査を行う必要がないことが明らかであると認められる場合、省略可。

5. 1. 4 施設管理上の留意点

膜ろ過設備や補機類の状態を巡視または点検し、故障や不具合が発生した部分に対して修理を行うとともに、薬品の補充や計器類の保全、校正などの作業を実施して、設備を常に運転可能な状態に維持する。

(1) 点検と整備

巡視・点検は、各施設、設備ごとにあらかじめ定めた点検項目に従って、基準値あるいは目標値と測定値とを比較していくチェックリスト方式により進めることが望ましい。この場合、対象となる施設の重要性、使用頻度、特性などによって巡視、点検の間隔を定め、定例的作業として規則正しく点検するのが効果的である。

巡回・点検で発見された故障あるいは不具合については、さらに詳細に点検し、その状態および原因を確認し、適切な方法で修理または補強することによって整備を行う。また、主要機器の部品交換や計装機器の検出部洗浄・校正などは、ある一定の間隔を定めて予防的に整備を行って行く必要がある。これは、予防保全と呼ばれ、重要な設備について事前に整備を行うことで設備の信頼性と安全性を確保し、確実な運転を維持するために行うものである。

しかし、適切な頻度で適切な処置をしなければ、故障や不具合の発生を完全に防止することは難しい。したがって、故障や不具合の状態、数量、水質などの運転状況を日常・定期点検によって常に把握し、蓄積されたデータの解析および評価を行うことによって、適切な維持管理計画を立てていくことが必要である。そのためには、点検、整備内容の正確な記録を日常的に取っていく必要がある。

こうした手法によって、予防保全の適正な間隔および項目を決定することができ、また整備に必要な材料や部品などの種類、数量を事前に計画することが可能となる。計画に従いあらかじめ備蓄しておくとともに、緊急時には、直ちに調達ができるようにしておく必要がある。

また、表5-2に示すように設備異常が発生した場合、迅速に原因を究明し適切な対応策を行う必要がある。そのような事態を日常から想定し、異常時対応について予め整理しておくことも必要である。詳細に関しては、当センター刊行の「膜ろ過浄水施設維持管理マニュアル」を参照のこと。

表5-2 膜ろ過設備の異常対応（例）

異常現象	原因	対応策
膜差圧の急激な上昇	・ 圧力センサーの異常	①圧力センサーの点検・補修
	・ 高濁度原水による膜のファウリング	①適切な前処理の実施 ②高濁度原水の流入停止
	・ 物理洗浄頻度が不適	①物理洗浄頻度の短縮
	・ 薬品注入不良（※1）	①薬品注入設備の点検・補修
膜差圧の急激な低下	・ 圧力センサーの異常	①圧力センサーの点検・補修
	・ 膜モジュールの異常（※2）	①膜モジュールの点検 (膜の補修、交換、シール材の交換)
膜ろ過水濁度の急激な上昇	・ 膜ろ過水濁度計の異常	①膜ろ過水濁度計の点検・補修
	・ 膜モジュールの異常（※2）	①膜モジュールの点検 (膜の補修、交換、シール材の交換)
膜ろ過流束の急激な増大	・ 膜ろ過水流量計の異常 ・ 膜ろ過水流量調節機構の異常	①膜ろ過水流量計の点検・補修 ②膜ろ過水流量調節機構の動作確認および補修
膜ろ過流束もしくは膜差圧が不安定	・ 膜ろ過水への空気の巻き込み(浸漬式の場合)	①空気抜き弁の動作確認および補修

※1 膜ろ過設備によって異なるが、例としては、前塩素注入、凝集剤注入、物理洗浄水塩素注入などがある。

※2 膜モジュール異常には、膜そのものの損傷の他、シール材劣化などによる膜以外のモジュール構成部分が破損している可能性もある。

（2）計装設備の保守

膜ろ過設備における計装設備は、原水、膜ろ過水の性状や運転状況を把握するための各種センサー、自動制御を行う自動弁、遠隔で運転管理を行う監視、警報、記録装置、伝送システムなどにより構成される。

膜ろ過設備は自動運転を前提としているので、計装設備の正常な機能維持は、安定給水のために必要不可欠な要件である。

計装設備の保守は、定期点検や巡視点検などの予防保守と修理や復旧処理などの事後保守に分けられる。適正な維持管理を保持することが困難な場合などには、その対応能力を備えた民間に委託することも考えられる。

(3) 計装機器の保守¹⁾

膜ろ過設備には、流量計、圧力計、各種水質計器など種々の計装機器が使用されている。これらの機器については、すでに水道維持管理指針により、保守上の留意事項、保守点検要領が記載されているので、参照のこと。

ここでは特に、膜ろ過設備に使用される特徴的かつ重要な機器である精密濁度計および微粒子計について示す。

1) 精密濁度計

精密濁度計には、透過光・散乱光比較方式やレーザ散乱光方式など種々の方式がある。これらは要求される測定精度や使用目的により使い分けられる。保守においては、各々の原理や特徴をよく理解した上で行う必要がある。

①透過光・散乱光比較方式濁度計

原理的には積分球式と同じであり、相関をとりやすく、維持管理において高い信頼性を得ることができる。測定粒子の色、形状、屈折率に影響されにくく、1~5 μm の懸濁成分を感度よく測定可能であり、クリプトスポリジウム暫定対策指針に定められているの0.1度以下の測定に適している。

ただし、色度やセルの汚れに影響を受けやすい。

a. 保守上の留意事項

- ・セルガラスおよび液槽内は、異物の付着を抑える構造になっているが、汚れが問題となった場合は定期的に清掃する必要がある。その際、セルガラスを傷つけないよう充分注意する。
- ・少なくとも1年に1回の校正が必要である。校正はカオリン濁度標準液または混和ポリスチレン標準液(PSL)にて行う。

b. 保守点検要領

標準的な保守点検要領の例を表5-3に示す。

表5-3 透過光・散乱光比較方式濁度計の保守点検要領(例)

	点検項目	頻度	方法
日常点検	試料水の水量・水圧・点検、配管の水漏れ点検、セルガラスの点検・清掃、液槽内の点検・清掃、脱泡槽内の点検・清掃、乾燥剤の点検・交換、ランプ点検・交換	1週間~1ヶ月	点検 交換
定期点検	ゼロ・スパン校正、ゼロフィルターの交換、ヒューズの交換	3ヶ月~1年	交換

②レーザ散乱光方式濁度計

極微小成分(0.1 μm 相当)の測定に有利な測定原理である。感度が良く数値上0.0001度まで測定が可能であるが、測定粒子の色、形状、屈折率に影響される場合もある。ただし、膜損傷検知には有効である。

a. 保守上の留意事項

- ・測定セル内は、異物の付着を抑える構造になっているが、汚れが問題となった場合は、洗浄ブラシにて清掃する。その際、セルを傷つけないように充分注意する。
- ・少なくとも1年に1回の校正が必要である。校正はカオリン濁度標準液または混和ポリスチレン標準液（PSL）にて行う。

b. 保守点検要領

標準的な保守点検要領の例を表5-4に示す。

表5-4 レーザ散乱光方式濁度計の保守点検要領（例）

	点検項目	頻度	方法
日常点検	試料水の水量・水圧・点検、配管の水漏れ点検、測定セル内の点検・清掃、乾燥剤の点検・交換	1ヶ月～3ヶ月	点検 交換
定期点検	ゼロ・スパン校正、レーザ光源の交換、ヒューズの交換、バックアップ用電池交換	3ヶ月～1年	点検 交換

2) 微粒子計

微粒子計は、膜ろ過設備の膜ろ過水の微粒子個数濃度を連続的に測定する計器である。粒子径別の粒子数を測定することができ、その粒子径と数量の関係により、様々な判断を可能とする。遮断光方式の採用により、散乱光方式の精密濁度計と比べ生物粒子などによる屈折率の影響を受けにくい。

a. 保守上の留意事項

- ・試料水の水量・水圧や配管の水漏れなどを点検する。フローセル、流量計の洗浄や交換時は、レンズをぶつけて割らないように注意するとともに、レーザ光を直視または反射した光を見ないようにも注意する必要がある。

b. 保守点検要領

標準的な保守点検要領の例を表5-5に示す。

表5-5 微粒子計の保守点検要領（例）

	点検項目	頻度	方法
日常点検	試料水の水量・水圧・点検、配管の水漏れ点検、乾燥剤の点検・交換、ベースライン異常	1週間～1ヶ月	点検 交換
定期点検	脱泡槽の洗浄、ストレーナの洗浄	6ヶ月～4年	洗浄
	テフロンチューブの交換、濁度校正・合わせ込み、レーザダイオードの交換		測定 交換

(4) 監視・警報・記録装置の保守

監視・警報・記録装置は、浄水場全体を対象に中央管理室内に設置される場合が多く、規模により専用の大型計算機システムから、パーソナルコンピュータまで、形態としては多岐に渡る。

a. 保守上の留意事項

- ・ 計算機システムは、多くの電子部品で構成されるため、日頃から塵埃や周囲温度などに留意し良好な設置環境を整える必要がる。
- ・ バッテリー、コンデンサ、ヒューズやランプなど有寿命部品については、予め交換周期を設定し定期的に交換するなど、十分な予防保全を行う必要がある。

b. 保守点検要領

標準的な保守点検要領の例を表5-6に示す。

表5-6 監視・警報・記録装置の保守点検要領(例)

	点検項目	頻度	方法
日常点検	破損、塵埃、フィルターの状態、ファンの状態、周囲温度	毎日～3ヶ月	目視
定期点検	基板の状態、盤内温度	6ヶ月～1年	測定
	フィルター交換、CRT交換、ディスクのオーバーホール、ヒューズ交換、バッテリー交換	6ヶ月～数年	交換

監視・警報・記録装置の保守は、装置自体の構造や機能が複雑であることから、基本的にメーカーなどに依存することになる。

汎用機器が多く採用される今日においては、OSのバージョンアップへの対応やセキュリティ管理なども含めた総合的な保守が必要となる。

(5) 膜ろ過設備の遠隔保守

膜ろ過設備は自動制御が前提とされていること、従来の処理方式に比べ維持管理が容易である事から、公衆回線を利用した遠隔監視および遠隔保守が有効である。

図5-1に遠隔監視および遠隔保守の概念図を示す。

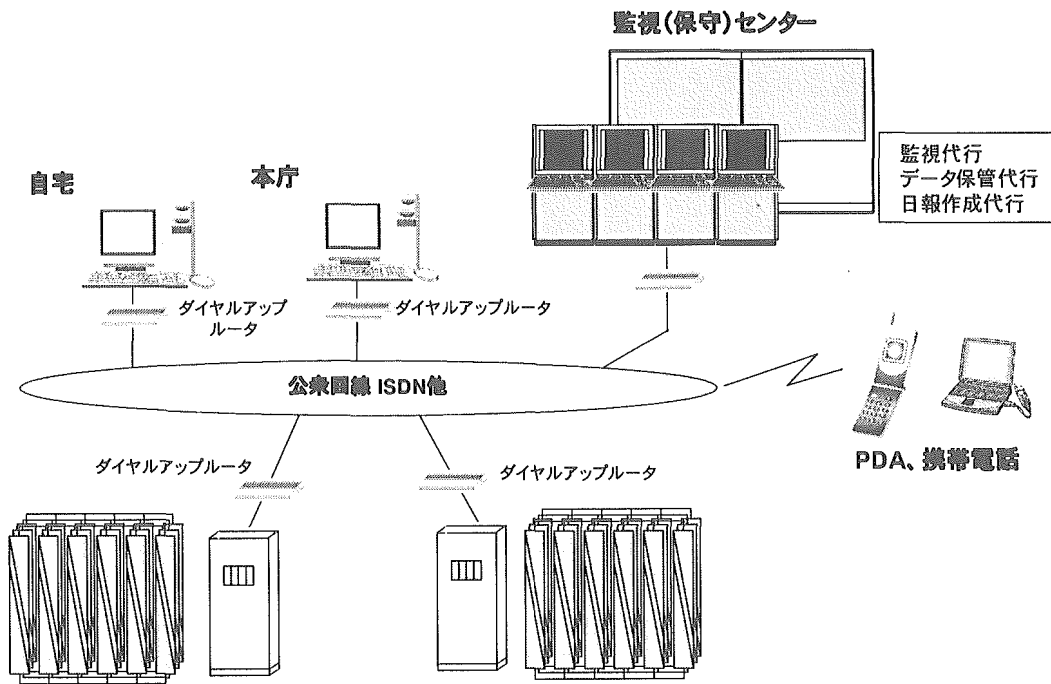


図 5 - 1 遠隔監視および遠隔保守の概念図

遠隔の監視（保守）装置では、運転状況を確認すると同時に、運転管理データを長期に渡り収集保存する。

データ解析することにより、膜の劣化状況や劣化傾向を把握する。最適運転に向けた洗浄頻度の設定やトラブル発生時の適切な対応など、運転管理や維持管理における支援情報を提供する。