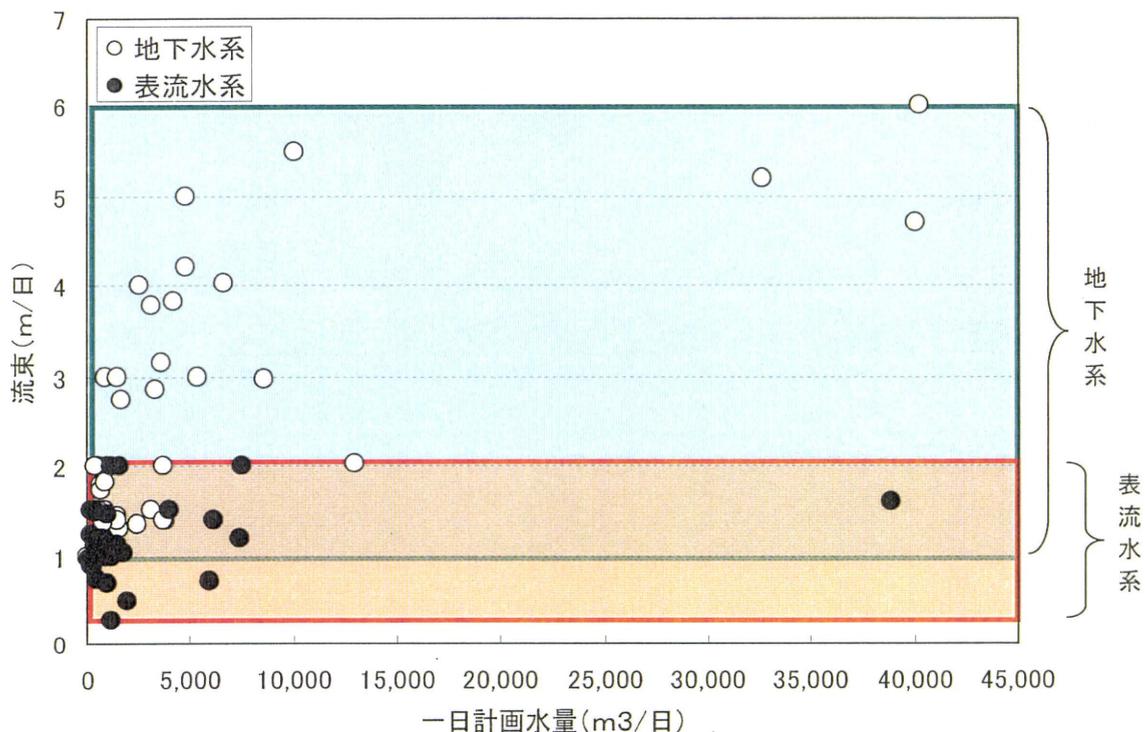


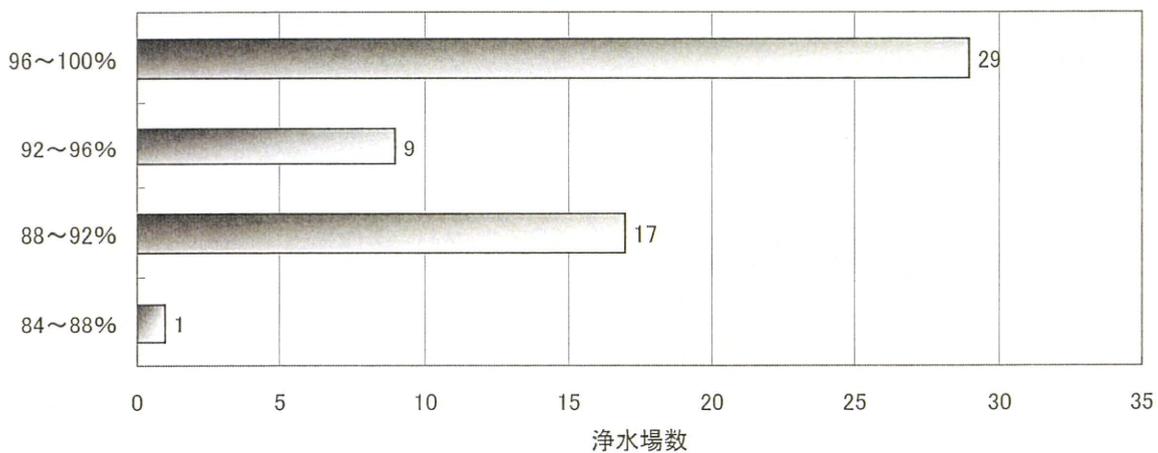
4 膜ろ過運転状況

4-1 水源別にみた水量と膜ろ過流束の関係

地下水系における流束は 1~6m/日、表流水系における流束は 0.27~2m/日の範囲で分布している。



4-2 回収率の分布状況



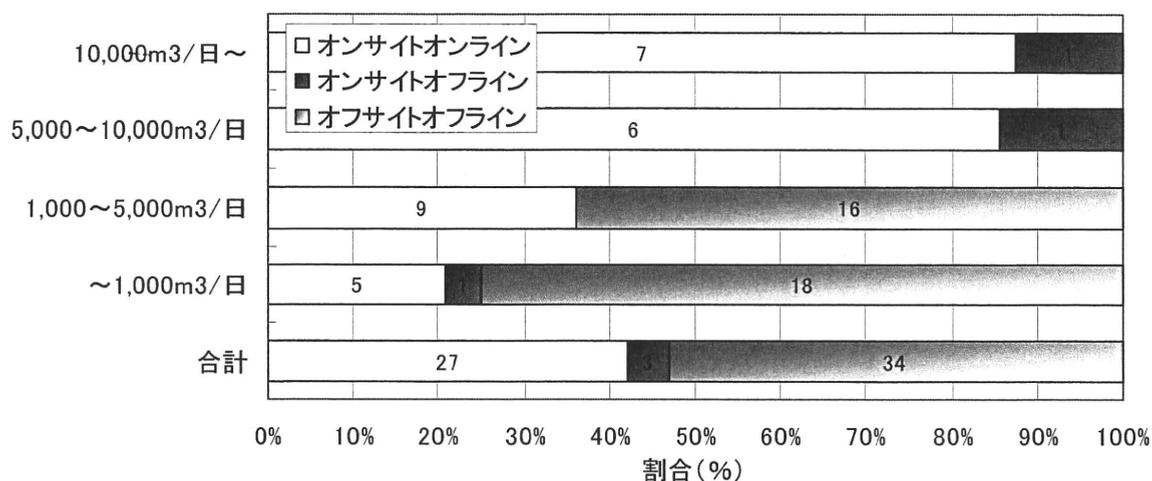
4-3 膜種別にみた物理洗浄間隔の内訳

膜材質	物理洗浄間隔(分)
PVDF	30～90
CA	30～90
PP	60
PES	60
PAN	30～150
セラミック(モノリス型)	360～1440
セラミック(管型)	60
大孔径膜	40

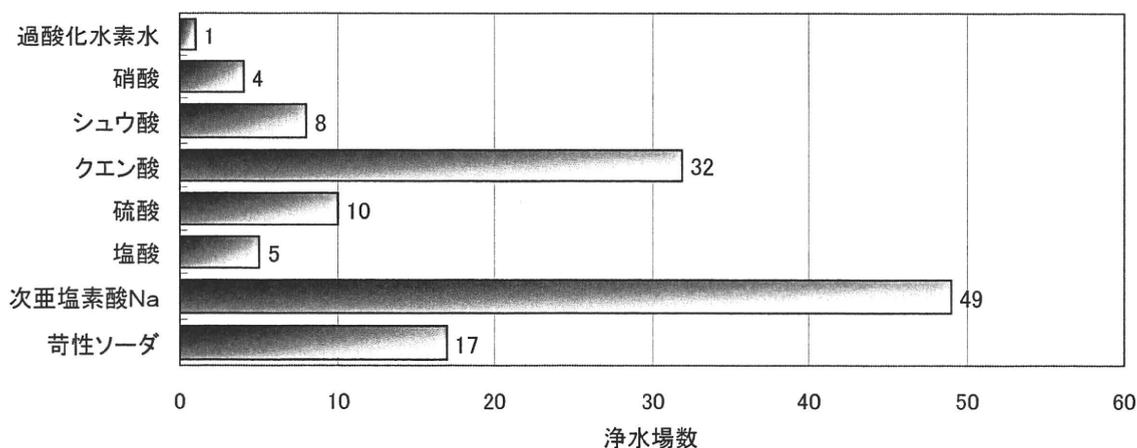
5 薬品洗浄状況

5-1 水量別にみた薬品洗浄方法の分布状況

水量が少ない場合には、オフサイトオフライン洗浄を採用する浄水場が多いが、水量が多くなるに従い、オンサイトオンライン洗浄が主流となっている。



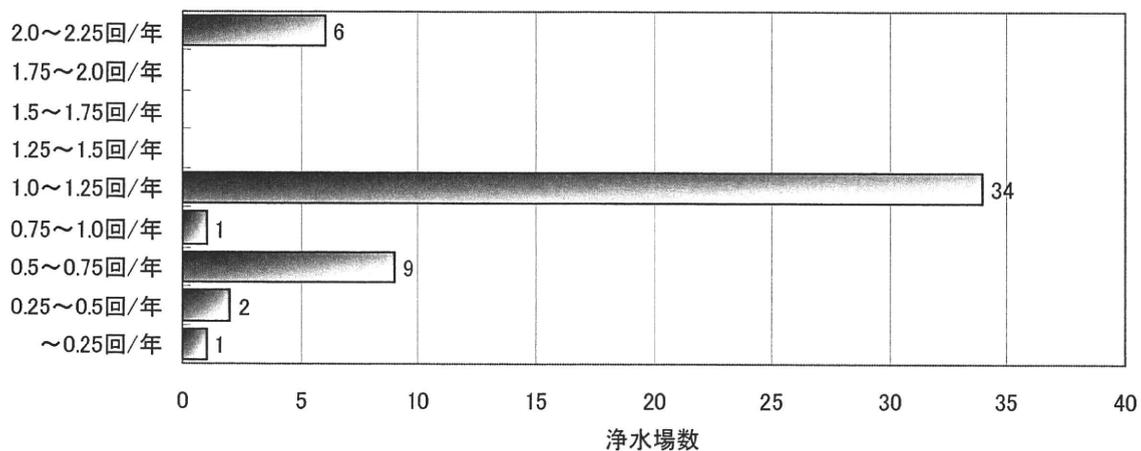
5-2 膜材質別にみた薬品洗浄薬液の分布状況



膜材質	苛性ソーダ	次亜塩素酸Na	塩酸	硫酸	クエン酸	シュウ酸	硝酸	過酸化水素水
PVDF	○	○	○	○	○	○	○	○
CA		○			○	○		
PP	○			○	○			
PES	○	○				○		
PAN	○	○	○		○	○	○	
セラミック(モノリス型)		○			○			
セラミック(管型)	○	○		○				

5-3 薬品洗浄周期の分布状況

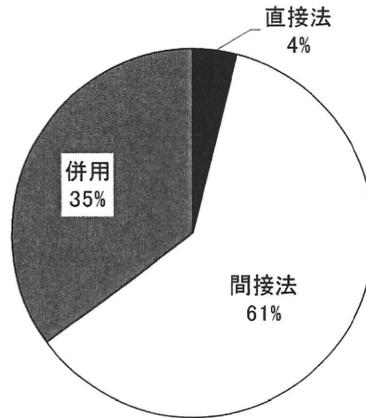
薬品洗浄周期は年間 1 回程度が最も多い。これは、膜ろ過施設を設計する際に、薬品洗浄作業の負荷を考慮して薬品洗浄が年間 1 回程度となるように流束等を設計しているためと推察される。



6 膜損傷検知状況

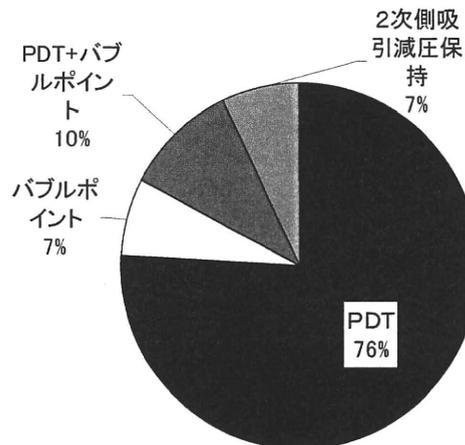
6-1 膜損傷検知方法の採用状況

間接法単独で行っている浄水場が 61%であり、直接法単独の 4%、間接法と直接法併用の 35%と比べると多くなる傾向が現れている。



6-2 直接法の採用状況

圧力保持試験（PDT:86%、2次側吸引減圧保持：7%）が最も多く採用されている。



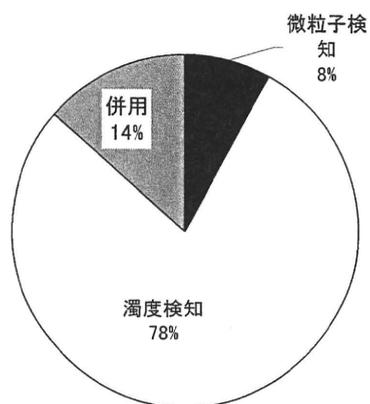
6-2-1 圧力保持試験の実施頻度分布状況

圧力保持試験を 24 時間以内に行っている浄水場は 46%に留まっている。

頻度(周期)	浄水場数	比率
10時間	1	5%
12時間	1	5%
24時間	8	36%
7日	4	18%
14日	1	5%
6ヶ月	2	9%
12ヶ月	4	18%
2年	1	5%
合計	22	100%

6-3 間接法の採用状況

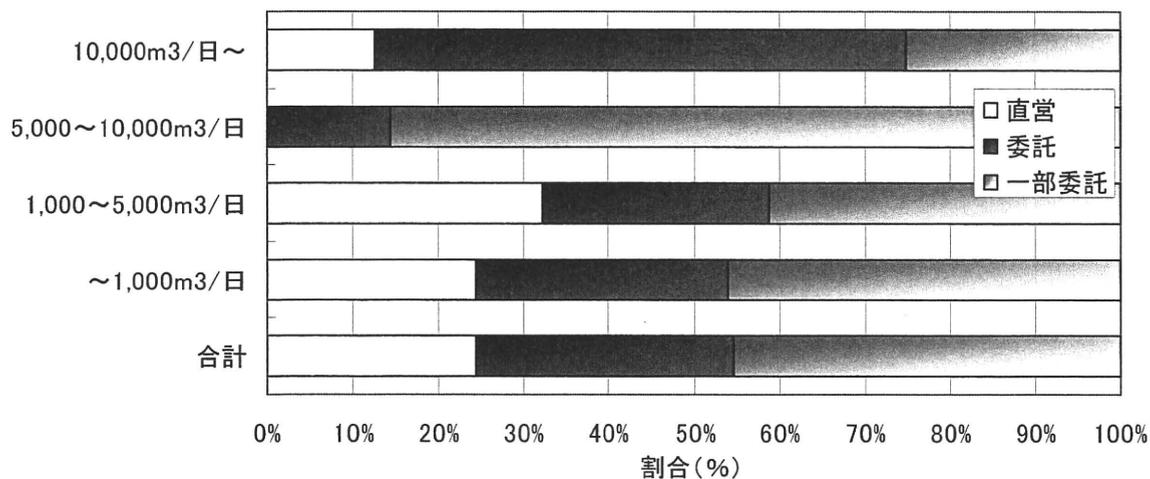
濁度検知方法を採用する浄水場が最も多く、92%の割合となっている。



7 運営状況

7-1 水量別にみた運営状況

水量規模が増えるに従って委託する割合が増加している。



7-2 委託業務実施項目

・ 水質管理

- * 水質検査

・ 運転管理

- * 薬品の補給

・ 日常点検

- * 電気盤類、水質計器。ポンプ、弁類、工業計器、自家発等の巡回点検
- * テレメータによる遠方監視

・ 定期点検

- * 薬品洗浄
- * 膜交換
- * 膜ろ過ユニット、構造物、薬注設備、水質計器、計装設備、オートストレーナ（エレメント洗浄）、空気圧縮機（フィルタ交換、ベルト調整）、原水流量計（点検、清掃）、残塩計（点検、清掃、消耗品取替え）

・ 精密点検

- * 施設異常の緊急対応

8 維持管理における諸課題について

アンケートの中から、維持管理における留意事項、不具合点、要求事項に関するものについて以下に記載する。特に、「膜ろ過浄水施設維持管理マニュアル」の中に記載されていないと思われる項目及び内容該当するものについては波線にて示す。

8-1 保管した膜、膜交換後の運転開始時における留意事項

- ・ 膜破断警報の発報に注意する
- ・ 配管内、モジュール内のエア抜き、8時間以上の定格流量60%でのならし運転
- ・ 運転開始時はモジュール内をよく水洗浄した後に、ろ過を開始すること。
- ・ モジュール内保存液のドレンを確実に行う
- ・ 汚れや傷がないか点検
- ・ モジュール内の塩化カルシウム30%を含む水溶液の取り扱い。洗浄装置内部の洗浄
- ・ 膜劣化防止のために充填している薬液を洗浄等にて排出し、慣らし運転後、膜モジュール毎に性能確認を行い、保管前後の品質に差異がないことを留意する
- ・ 数回洗浄した後のろ過水の濁度計にて監視
- ・ モジュールの殺菌、次亜塩素酸ナトリウムによる膜洗浄
- ・ PDTによる漏れ検査

8-2 運転に影響を与える原水水質因子の監視と対応

- ・ 濁度、PH、水温、残塩、電導率、色度、TOC、油分：自動水質計器により常時監視
- ・ 原水濁度が45度を超えると取水停止し、35度未満になると取水を再開
- ・ 原水濁度10度以上でろ過停止（停止・運転は切替が出来る）
- ・ 設定原水濁度以上でクロスフロー運転へ切替。逆洗間隔の短縮
- ・ 高濁度時の対応として粗ろ過装置の設置
- ・ 原水濁度粒子の除去（マイクロストレーナー200 μ m）

8-3 寒冷地での対策

- ・ 水温が0℃に近い為、流束等考慮して設計
- ・ モジュールおよび装置をビニールシートでカバーし、内部をヒーター加熱
- ・ 膜モジュール内の凍結防止のため、膜ろ過装置休止中に室内温度が5℃以下となった場合は、2時間毎に物理洗浄を実施する
- ・ 指定水温3℃以下になると循環運転により凍結防止を図る
- ・ 凍結防止のため各系列にヒーターを設置
- ・ 膜設備一時停止時の凍結防止運転実施
- ・ 場内全館暖房

- ・ 配管は保温筒&電熱ヒーターを設置
- ・ 低水温時に薬品洗浄を避けるように薬品洗浄を実施する

8-4 膜ろ過装置全般に対する諸課題

1) 膜ろ過装置に対する不具合点

- ・ 瞬間停電時等において、高感度濁度計がエラーを起こし、膜ろ過装置の故障が発生する。(高感度濁度計を清掃することにより、復帰)
- ・ 原水が高濁度時運転停止 (100 度以上)
- ・ 機械設備が多く維持管理に負担増
- ・ 水温低下によりろ過抵抗が高くなる
- ・ 省スペース化が逆に維持管理性・作業性を悪くしている
- ・ 原水濁度が低いため、膜破損のときにろ過水濁度に反映されるか不安

2) 膜ろ過装置に対する要求事項

- ・ 膜破損検知方法の明確化
- ・ 膜破損時の早期発見方法

8-5 膜交換に対する諸課題

1) 膜交換の判断基準

- ・ メーカーの機能保証期間及び薬品洗浄後の回復状況
- ・ 膜モジュールの分解検査を実施した結果、劣化の進行が確認された。また、ろ過水濁度の異常を検知したため、交換の判断をした。
- ・ 伸度が製造時の 50%となる時期
- ・ 定期的実施している PDT 及びバブルポイント試験において、経過年数を増すごとに損傷の増加が確認された。今後もさらに損傷が発生すると予想されたことや、損傷によるリスクも大きいと判断したことから、交換を判断した。
- ・ 標準寿命を約 7 年程度と設定しているが、膜破損が検知された場合、もしくは薬品洗浄後にろ過性能が回復しない場合に交換する。
- ・ 設定された薬品洗浄間隔を保つことができなくなった場合
- ・ 運転開始経過 5 年後より、1 本/年膜メーカーへ点検 (透過水性能、リーク検査、バーストテスト) を委託し、膜の劣化状態を確認し判断している。
- ・ 無条件で年 1 回実施
- ・ 回収率が 70%を下回るとき
- ・ 膜損傷検知 (膜ろ過水濁度 0.05 度以上) で交換
- ・ 膜差圧 (80 kPa) と膜ろ過水濁度 (0.1 度)

2) 膜交換に対する不具合点

- ・ 事故の予防保全を目的とした交換の基準が明確でないため、独自の将来予測により交換を判断している。そのため、客観的な交換の判断が出来ない。
- ・ 膜交換時系列別に交換するが、その時 8 時間以上のならし運転が必要であるため能力不足となる。
- ・ 交換時の膜モジュール内水充填や保管時の膜モジュール内水入替えにスペースが必要なたため、施設内にこういった作業を行う場所や給排水設備が必要である。
- ・ 膜モジュールの汎用性

3) 膜交換に対する要求事項

- ・ 膜モジュールの状態を客観的に評価する基準を明確にする
- ・ 膜モジュールの予防保全を目的とした交換の基準を明確にする
- ・ 洗浄に伴う交換スパンが短いため、ユニットとして作業台を常設することが有効である。

8-6 薬品洗浄に対する諸課題

1) 薬品洗浄に対する不具合点

- ・ 1 回の委託金額が高額のため年 1 度の洗浄しか行えない。また委託業者が地元にないため対応に日がかかる
- ・ 輸送時凍結の恐れがあるため、5 月、11 月の決まった月に 2 回/年薬品洗浄を行うのだが、この問題がなければもう少し洗浄間隔を広げられるのではないと思われる

2) 薬品洗浄に対する要求事項

- ・ 新品時データの 90%以上の回復
- ・ 洗浄できる業者が近県にあってほしい
- ・ 簡易に
- ・ 産廃処理にかかるコスト削減が必要
- ・ 薬品洗浄効果の確認方法
- ・ 汎用性

8-7 施設全般に対する諸課題

1) 施設全般に対するトラブル事例

- ・ システム初期故障
- ・ コンプレッサー初期故障
- ・ 不十分な結露対策

- ・ 弁開閉故障（シールの詰まりによる）
- ・ 想定よりも原水中の微粒子や有機物濃度が高かったことによるファウリングの発生
- ・ 膜破断警報の発報
- ・ 薬品注入設備の故障による残留塩素の低下
- ・ 水質計測機器の故障（サンプリングポンプの故障等）
- ・ 膜ろ過ユニット循環ポンプ故障による処理停止
- ・ インバータ故障による膜供給水ポンプの停止
- ・ 落雷による施設の停電及び通信設備の故障
- ・ 原水濁度が 10 度以上になり、ろ過装置が停止になった
- ・ 電動バルブ及び圧力計の不具合
- ・ 測定機器の誤作動があった
- ・ 台風、ゲリラ豪雨による増水で井戸に河川水が流入した際、差圧上昇が発生した。
- ・ 膜破損検知器故障警報発生：現地確認するも原因は特定できていない

2) 施設全般に対する要求事項

- ・ 故障個所を自動で切離す
- ・ 他の施設のケーススタディの充実
- ・ 設備停止時における配水運用に対処（断水の回避）
- ・ トラブルが発生した際における納入業者の迅速な対応
- ・ シーケンサーなど特殊機械は処理施設毎に違うため、一時復旧できても受注生産となり、完全復旧までに不測の時間を要する
- ・ 試運転の充実
- ・ トラブルシューティングの作成

以上

1. 4 膜プラントメーカー・水道事業者への
実態調査結果

膜プラントメーカー・水道事業者への実態調査結果

1 調査対象

1-1 膜プラントメーカー

旭化成ケミカルズ(株)、オルガノ(株)、(株)クボタ、(株)神鋼環境ソリューション、水道機工(株)、前澤工業(株)、メタウォーター(株)から回答をいただいた。

1-2 水道事業者

東京都、神奈川県から回答をいただいた。

2 調査結果

2-1 膜損傷検知

2-1-1 検知方法

1) 膜プラントメーカーにおける対応状況

* 有機膜ケーシング方式	直接法・間接法-----	4社8方式
* //	間接法-----	1社1方式
* 有機膜槽浸漬方式	間接法-----	1社1方式
* 無機膜ケーシング方式	間接法(異常時には直接法実施)-----	1社1方式
* 無機膜槽浸漬方式	間接法-----	1社1方式

2) 水道事業者における対応状況

* 東京都		
・ 有機膜ケーシング方式	直接法・間接法-----	4箇所
・ 無機膜ケーシング方式	間接法(異常時には直接法実施)-----	3箇所
* 神奈川県		
・ 有機膜ケーシング方式	直接法・間接法-----	8箇所

2-1-2 直接法

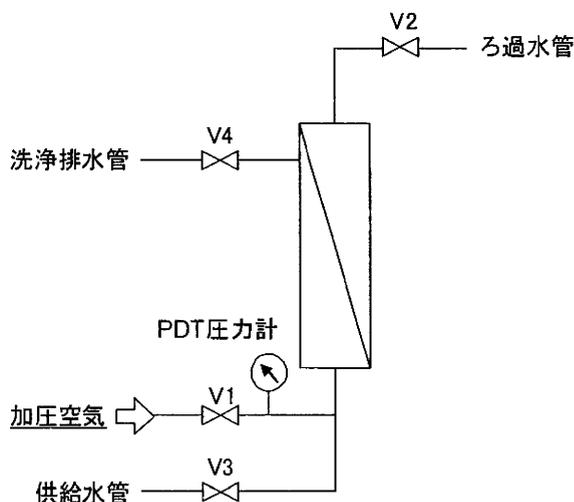
1) 直接法の実施方法

(1) 膜プラントメーカーにおける対応状況

- * 直接法を実施している膜プラントメーカーの多くは、圧力保持試験を採用している。採用されている試験方法の一例を以下に示す。

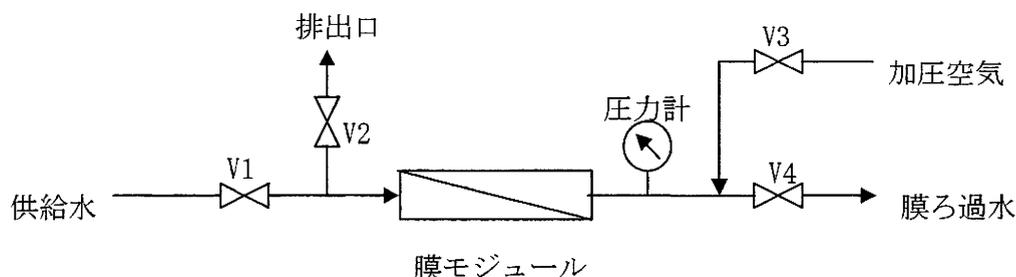
- ・ 有機膜ケーシング方式

- ① 供給水を停止
- ② V3、4 を閉止
- ③ V2 開放状態で V1 より膜 1 次側に加圧空気を供給
- ④ 圧力が規定値に達した時点で、V1 を閉止
- ⑤ 膜モジュールを密閉とした状態で圧力計の圧力低下を監視



- ・ 無機膜ケーシング方式

- ① 供給水を停止し、V1 と V4 を開から閉とする。
- ② V2 を閉から開とする。
- ③ V3 を閉から開として加圧空気を膜モジュールに供給する。
- ④ V2 から排出される水量を計測し、ゼロとなった時点で V3 を開から閉とする。
- ⑤ この状態で所定の時間、圧力計の減衰速度を測定する。



- * 膜プラントメーカーの中には、真空減衰試験を採用する場合もある。当該試験は、膜一次側の水抜きを行った後、膜二次側を真空ポンプや吸引ポンプ等で吸引減圧し、その吸引減圧状態を測定することにより膜の損傷を検知する。本法は圧力保持試験に比べて短時間で確実に検知が可能という特徴がある。
- * 膜プラントメーカーの中には、拡散空気流量試験を推奨している場合もある。

(2) 水道事業体における対応状況

* 東京都

- ・ A浄水所は、膜一次側からの空気量を測定する拡散空気流量試験を用いている。加圧空気の供給ラインに流量計を設置し、その流量変化により膜損傷を検出する。
- ・ A浄水所以外は、圧力保持試験を採用している。

* 神奈川県

- ・ a 浄水場、b 浄水場、c 浄水場は、バブルポイント試験を採用している。
- ・ g 浄水場、h 浄水場は、真空減衰試験を採用している。
- ・ d 浄水場、e 浄水場、f 浄水場は、圧力保持試験とバブルポイント試験を併用している。

2) 直接法の膜損傷検出感度

(1) 膜プラントメーカーにおける対応状況

- * 膜損傷の検知感度として、圧力減衰速度から理論上クリプトスポリジウム除去率 5log を保証する値を設定している。
- * 膜モジュールの耐圧と、100 kPa 以下では圧力減衰が僅かであることから、圧力保持試験の使用圧力は約 100 kPa としている。
- * 上記 2 社を除く他メーカーは、社内規定により設定している。

(2) 水道事業体における対応状況

* 東京都

- ・ H 浄水場は、圧力保持試験の使用圧力を約 100 kPa に設定。圧力減衰速度が 10 分間に 6 kPa 以上減衰した場合に、膜損傷としている。
- ・ B 浄水所、C 浄水所、F 浄水所は、150 kPa を検出感度としている。150 kPa はメーカーからの推奨値である。

* 神奈川県

- ・ CA 膜を採用している浄水場は、メーカーからの推奨値を基にして、供給空気圧を 100 kPa に設定している。
- ・ PAN 膜を採用している浄水場は、直接法実施時における膜へのダメージを抑えるため 50 kPa で実施している。
- ・ 真空減衰試験を採用している g 浄水場、h 浄水場は、240 秒保持後の圧力が検査開始圧力と比べて 20 kPa 以上上昇した場合に膜損傷としている。

3) 直接法の実施間隔

(1) 膜プラントメーカーにおける対応状況

- * 海外基準に準拠して1日1回行う。
- * 間接法により異常が認められたときに行う。
- * 上記を除く他のメーカーは、浄水場の運転状況により決定するとしている。

(2) 水道事業者における対応状況

* 東京都

H浄水場は、浄水系ユニット6台と回収系ユニット2台を1日かけて行っている。圧力保持試験の所要時間は、全工程が30分、そのうち圧力保持時間は10分である。

* 神奈川県

b浄水場、c浄水場は、薬品洗浄に際にメーカーが工場に持ち帰ったときに併せて実施するようにしている。

g浄水場、h浄水場は、真空減衰試験を行っている。真空減衰試験は、試験時に膜が水に湿潤した状態ではなくなるため、膜への負担が大きい。当初は1日に1回試験を行っていたが、膜寿命を5年から10年に延命したいことから試験頻度を1週間に1回に変更している。

2-1-3 間接法

1) 間接法の実施方法

(1) 膜プラントメーカーにおける対応状況

- * 有機膜ケーシング方式 濁度検知・微粒子検知-----2社5方式
- * // 濁度検知-----3社4方式
- * 有機膜槽浸漬方式 濁度検知-----1社1方式
- * 無機膜ケーシング方式 濁度検知-----1社1方式
- * 無機膜槽浸漬方式 濁度検知-----1社1方式

(2) 水道事業体における対応状況

- * 東京都
 - ・ 有機膜ケーシング方式 濁度検知-----4箇所
 - ・ 無機膜ケーシング方式 濁度検知-----3箇所
- * 神奈川県
 - ・ 有機膜ケーシング方式 濁度検知・微粒子検知-----6箇所
 - ・ // 濁度検知-----2箇所

運営当初は濁度検知のみで膜損傷を監視していたが、濁度異常はほとんど発生しない状況であった。しかしながら、直接法で完全性試験を行ったところ膜損傷が発見された。また、膜損傷の補修前後において微粒子の挙動に変化があったことから、『原水濁度が低い場合、濁度検知は困難ではないか』、『この場合微粒子検知が有効ではないか』という仮説をたて、微粒子計を5施設に設置することとした。

2) 間接法の膜損傷検出感度

(1) 膜プラントメーカーにおける対応状況

- * 社内実験により、膜が損傷する場合には膜ろ過水濁度が0.05度を超えると加速度的に損傷が進行することを検証したことから、膜損傷検出感度（濁度）を0.05度としている。
- * 「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針」において、ろ過池出口濁度を0.1度以下に維持することとされていることから、膜損傷検出感度を0.1度としている。
- * 濁度計の精度を考慮して膜損傷検出感度を0.01度程度としている。
- * 上記を除く他のメーカーは、現場の状況に応じて調整を行っている。

(2) 水道事業体における対応状況

* 東京都

膜損傷検出感度は 0.05 度程度としている。

* 神奈川県

- ・ろ過池出口濁度を 0.1 度以下に維持することから、膜損傷検出感度は 0.1 度としている。
- ・微粒子カウンターは数レベルのサイズを測定しているが、特に 0.5~1.0 μm を監視している。0.5~1.0 μm を選んだ理由は、予防保全の観点に基づき、微粒子カウンターで検知できる一番小さいサイズを監視し、初期の異常を検知して対応を開始したいという考えから。

3) 間接法の実施間隔

(1) 膜プラントメーカーにおける対応状況

常時監視

(2) 水道事業体における対応状況

* 東京都

- ・常時監視
- ・濁度 0.05 度を検知し、その 10 分後においても 0.05 度もしくはそれ以上であれば膜損傷とみなしている。
- ・間接法において異常が検知された場合には、該当するユニットの運転を停止する。
- ・H浄水場においては、濁度 0.05 度を検知し、その 10 分後においても 0.05 度、もしくは、それ以上であれば膜損傷とみなす。その場合、運転を停止してエアリーク試験により膜損傷部分の特定を行う。直接法においても膜損傷が検知された場合には、間接法と同様にエアリーク試験により膜損傷部分の特定を行う。エアリーク試験は、膜モジュール上部のヘッダー管を外した後、一次側からエアを 100 kPa で供給する。膜損傷時には、損傷した膜から霧状にエアを噴出する。その噴出箇所から、損傷膜を特定することができる。損傷膜は、ポッティング部分の膜端面にピンを打ち込むことにより補修を行う。

* 神奈川県

- ・常時監視し、異常が検知された場合には、直接法を実施することとしている。
- ・損傷膜は、ポッティング部分の膜端面にピンを打ち込むことにより補修を行う。補修には、ピン打ち以外にも該当部分を削った後、樹脂を注入し UV を用いて硬化させる方法もある。

2-2 膜交換

2-2-1 膜交換の目安

1) 膜プラントメーカーにおける対応状況

- * 膜導入時に計画した薬品洗浄間隔を保つことができなくなった場合に膜交換を行う。
- * 薬品洗浄後の回復率が 90 %未満となった場合、客先と相談する。
- * 膜損傷が全中空糸膜本数の 5 %以上確認された場合、客先と相談する。
- * 必要に応じて膜モジュールを解体し、中空糸の伸度の測定を行い、社内規格により膜交換を推奨する場合もある。

2) 水道事業体における対応状況

- * 東京都
薬品洗浄の回復状況で判断する。
- * 神奈川県
 - ・ 薬品洗浄による回復率が低くなった場合を交換の目安とする。
 - ・ 中空糸の伸度が、PAN 膜の場合には 130 %から 115 %になったとき、CA 膜の場合には 130 %から 110 %になったときを交換の目安とする。
 - ・ メーカーからの推奨値に基づき、膜損傷している膜本数が全中空糸膜本数の 1 %以上になった場合を膜交換の目安としている。1%としたのは、膜が 1 %損傷しているのであれば膜以外の箇所にも不具合が潜在化しているとの考えから。ただし、試しに膜損傷が 1 %以上生じている膜モジュールにおいて、膜交換を行わず運転を継続しているものもあるが、膜差圧の上昇に対する変化は見受けられない。このことから、1 %が適切なものであるかは不明である。

2-2-2 膜交換時期の予測方法

1) 膜プラントメーカーにおける対応状況

- * 圧力保持試験における圧力減衰速度の経月(年)変化から膜交換時期を予測する。
- * 透過水性能、直接法によるリーク検査の結果により膜交換時期を予測する。その結果により必要に応じてバーストテスト、中空糸の強伸度の測定を実施して膜の劣化状態を予測する場合もある。
- * 薬品洗浄間隔と膜差圧上昇状況を考慮し、膜交換時期を予測する。
- * 薬品洗浄の回復性の動向を調査し、膜交換時期を判断する。
- * 膜損傷数の動向を調査し、膜交換時期を判断する。

2) 水道事業体における対応状況

* 東京都

膜損傷はポッティング部分における膜切れによるものが多い。膜損傷数が多くなってきたときには膜交換を実施したほうがいいと思われる。

* 神奈川県

- ・ 薬品洗浄後の膜間差圧の上昇傾向と、伸度の傾向によって予測している。薬品洗浄後の膜間差圧の上昇傾向は、薬品洗浄後の膜間差圧が、新膜の膜間差圧と比較して 120 % 未満であるかを確認している。
- ・ a 浄水場においては、3 年前後に膜損傷が発生することから、3 年より前倒しで膜交換を実施している。
- ・ 伸度測定は、膜を分解する必要があるため、伸度測定した膜モジュールは廃棄することとなる。そのため伸度測定はできるだけ避けたい。対策として、直接法において膜損傷本数を測定し、その本数の増加傾向を監視している。