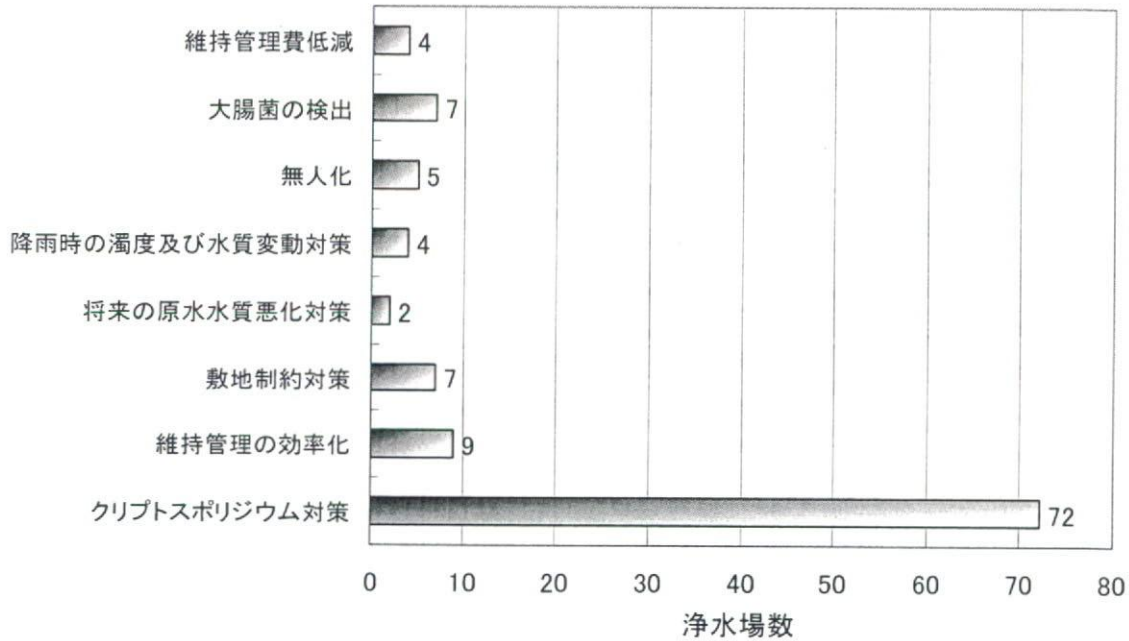


## 2 膜ろ過導入における目的・膜仕様決定理由

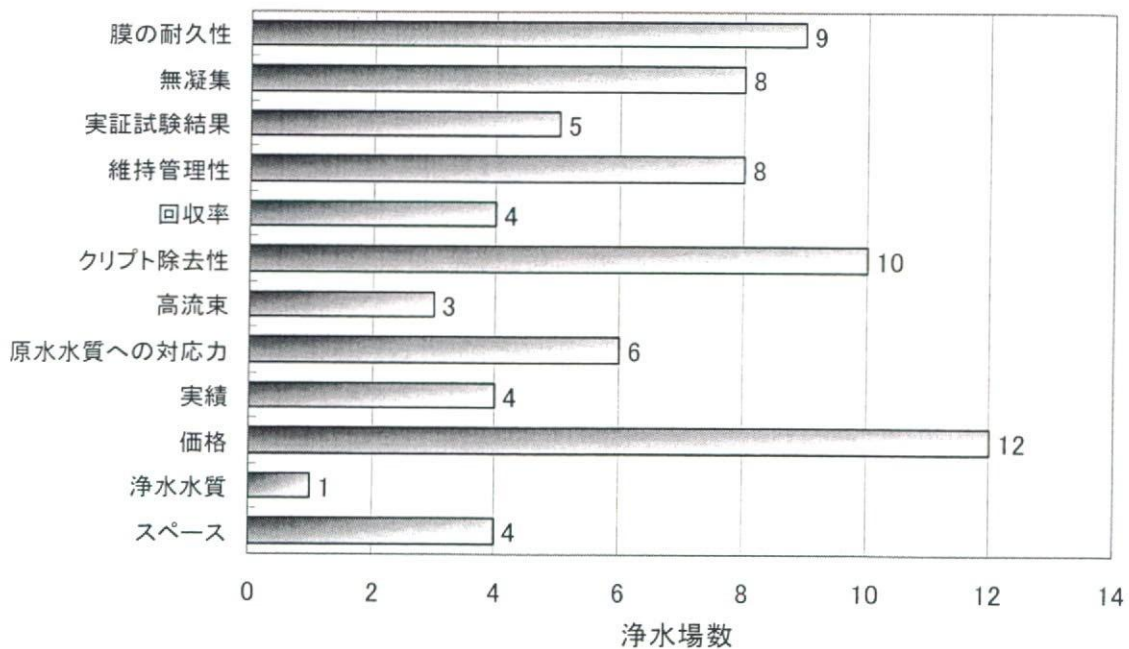
### 2-1 膜ろ過導入目的の分布状況

クリプトスポリジウム対策として膜ろ過を導入した浄水場が最も多く、H8年度に策定された「水道におけるクリプトスポリジウム暫定対策指針」を契機に膜ろ過の導入が進んだものと推察される。



### 2-2 膜仕様決定理由の分布状況

膜仕様を決定する理由としては、価格が最も多く、クリプトスポリジウム除去の確実性、膜の耐久性、維持管理性、無凝集が続く結果となっている。



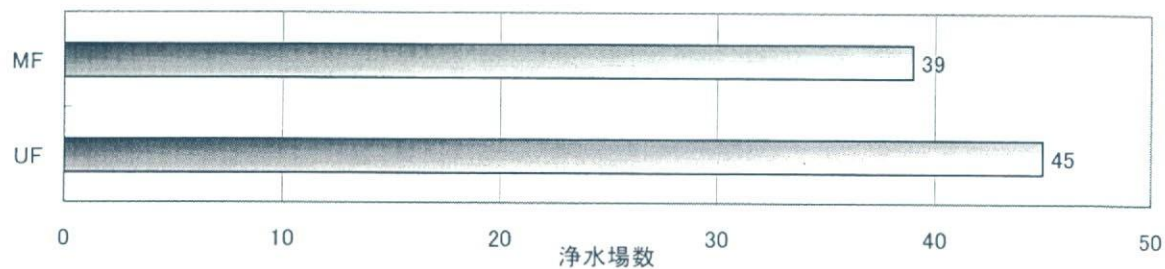
### 3 膜ろ過設備仕様内訳

#### 3-1 水量規模別にみた水源・膜種・材質の内訳

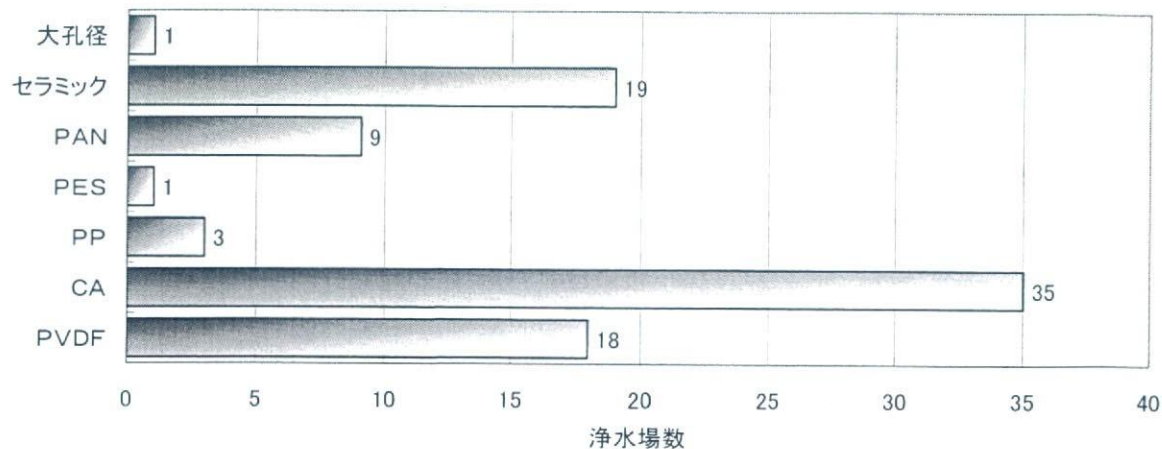
(浄水場数)

水量規模 (m <sup>3</sup> /日)	水源種別						膜種		材質								合計	比率
	浅井戸	伏流水	湧水	深井戸	表流水	ダム放流	M F	U F	P V D F	C A	P P	P E S	P A N	セラ ミ ック	大 孔 径			
10,000～	5	2	0	0	0	1	7	1	4	0	0	0	1	3	0	8	9%	
5,000～10,000	3	0	0	0	4	0	4	3	1	2	0	1	0	3	0	7	8%	
1,000～5,000	16	5	2	1	6	4	16	16	9	13	2	0	2	7	1	34	40%	
～1,000	12	7	0	0	16	2	12	25	4	20	1	0	6	6	0	37	43%	
合計	36	14	2	1	26	7	39	45	18	35	3	1	9	19	1	86	100%	
比率	42%	16%	2%	1%	30%	8%	45%	52%	21%	41%	3%	1%	10%	22%	1%	100%	-	

#### 3-1-1 膜種の分布状況



#### 3-1-2 膜材質の分布状況

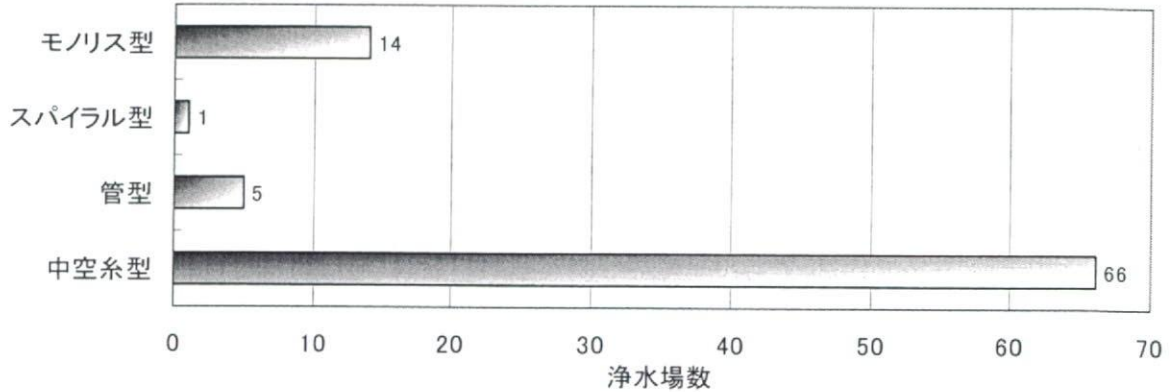


3-2 水量規模別にみたモジュール種類・形式・膜ろ過方式・通水方式・膜駆動方式の内訳

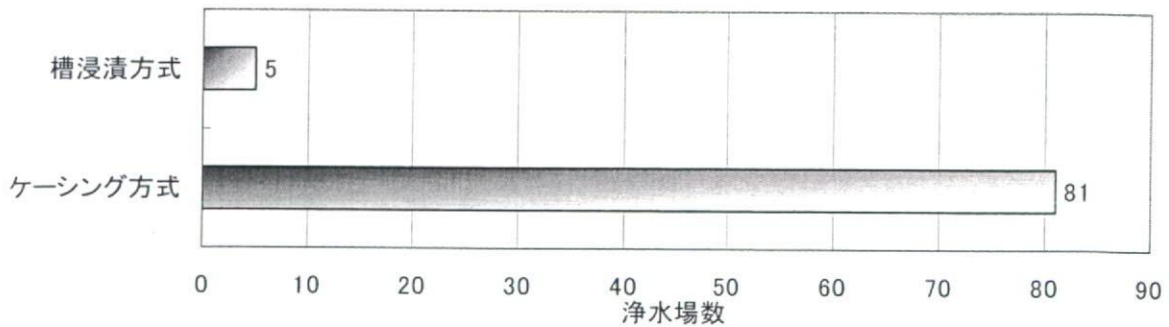
(浄水場数)

水源種別 (m3/日)	モジュール種類				モジュール形式		膜ろ過方式		通水方式		膜駆動方式			合計	比率
	中空系型	管型	スパイラル型	モノリス型	ケーシング方式	槽浸漬方式	クロスフロー	デッドエンド	外圧式	内圧式	ポンプ加圧方式	水圧差利用方式	ポンプ引圧方式		
10,000～	5	0	0	3	8	0	1	7	5	3	8	0	0	8	9%
5,000～10,000	4	2	0	1	5	2	5	2	3	4	5	1	1	7	8%
1,000～5,000	26	1	1	6	33	1	16	18	13	21	33	0	1	34	40%
～1,000	31	2	0	4	35	2	27	10	12	25	34	1	2	37	43%
合計	66	5	1	14	81	5	49	37	33	53	80	2	4	86	100%
比率	77%	6%	1%	16%	94%	6%	57%	43%	38%	62%	93%	2%	5%	100%	-

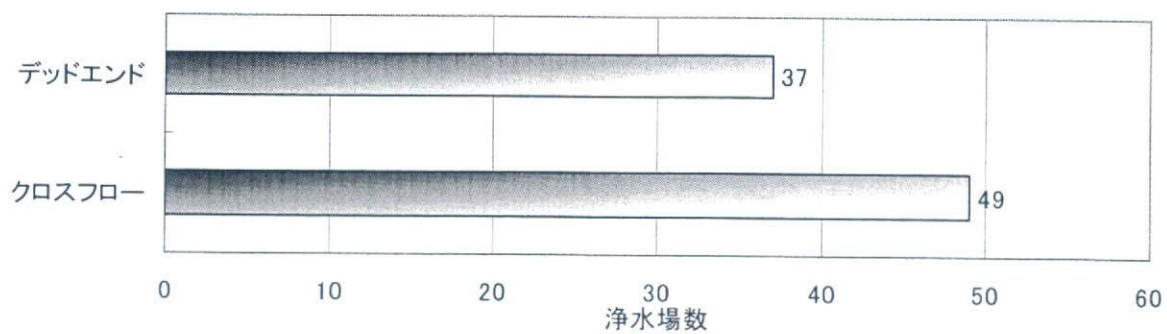
3-2-1 モジュール種類の分布状況



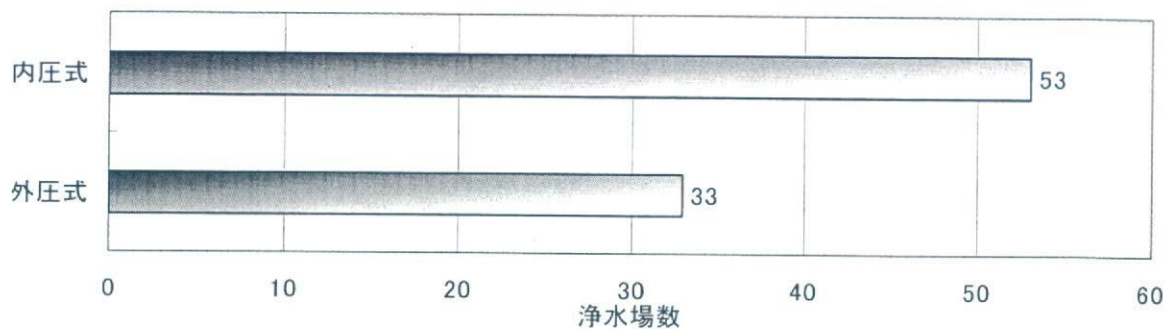
3-2-2 モジュール形式の分布状況



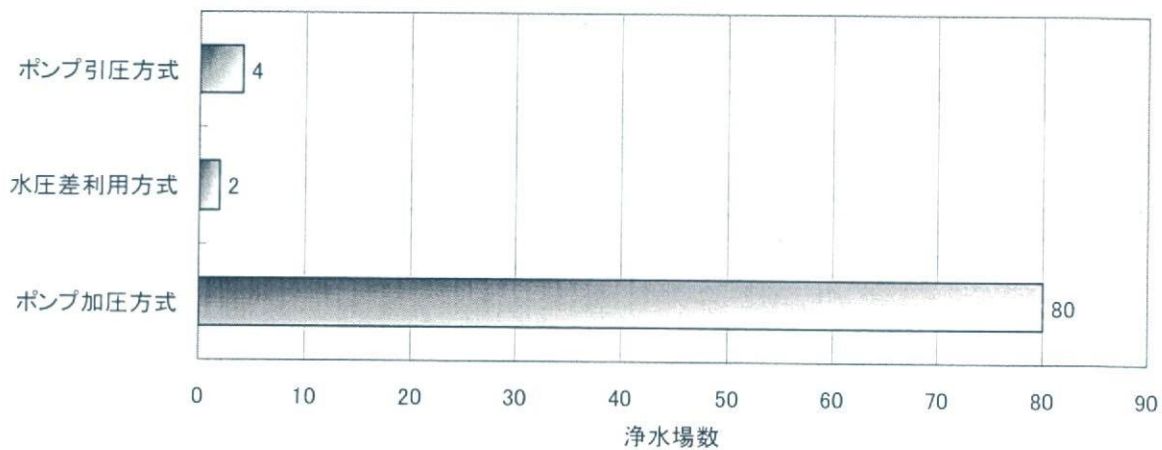
### 3-2-3 膜ろ過方式の分布状況



### 3-2-4 通水方式の分布状況



### 3-2-5 膜駆動方式の分布状況

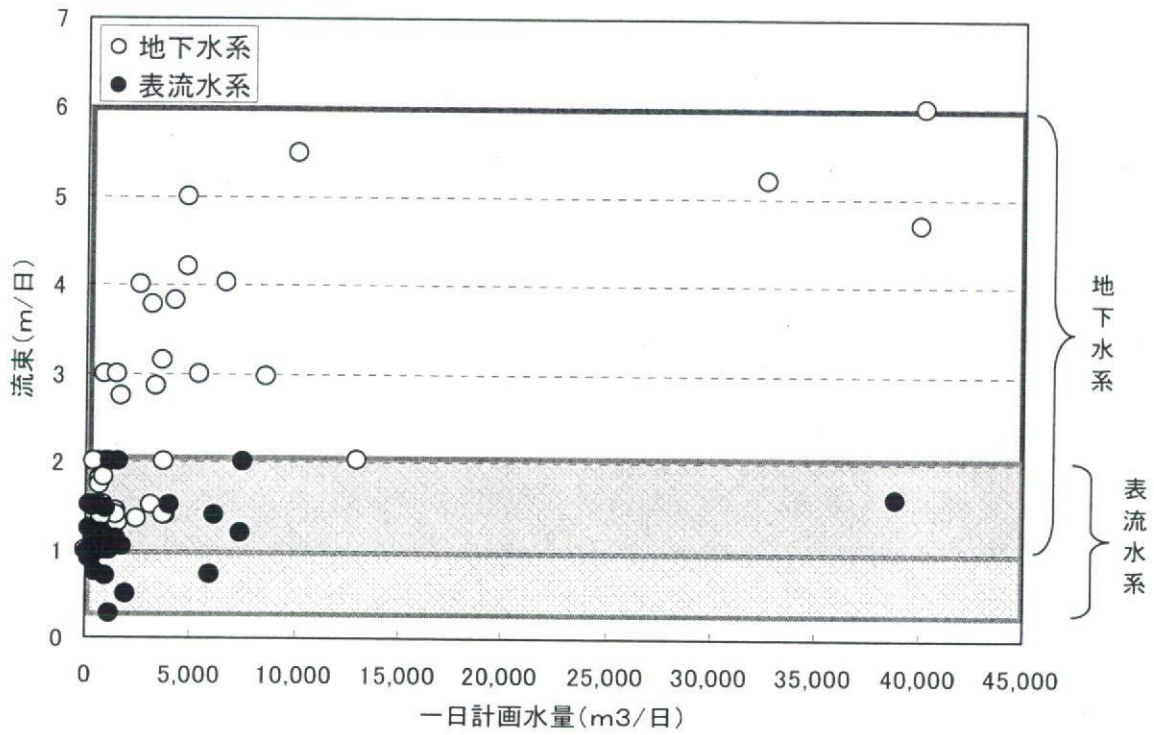




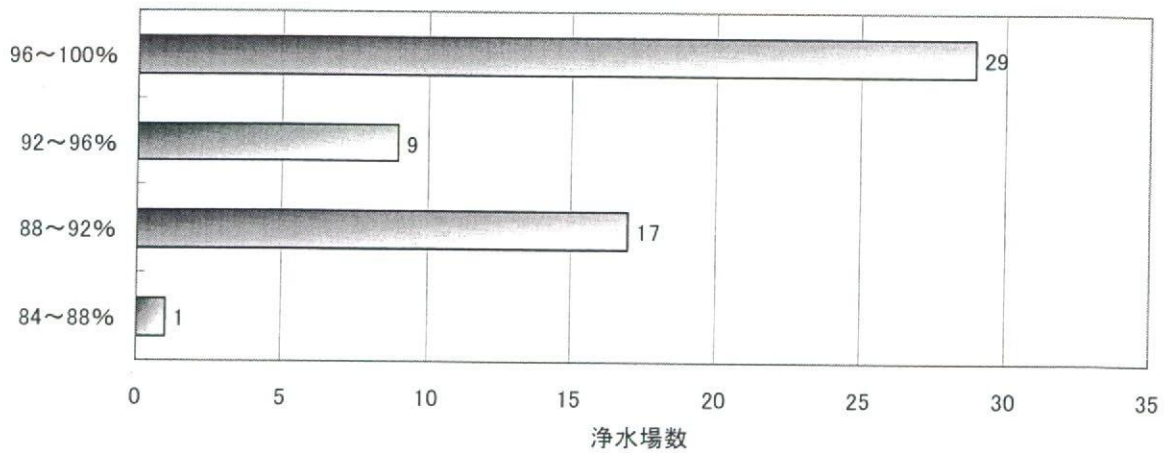
#### 4 膜ろ過運転状況

##### 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



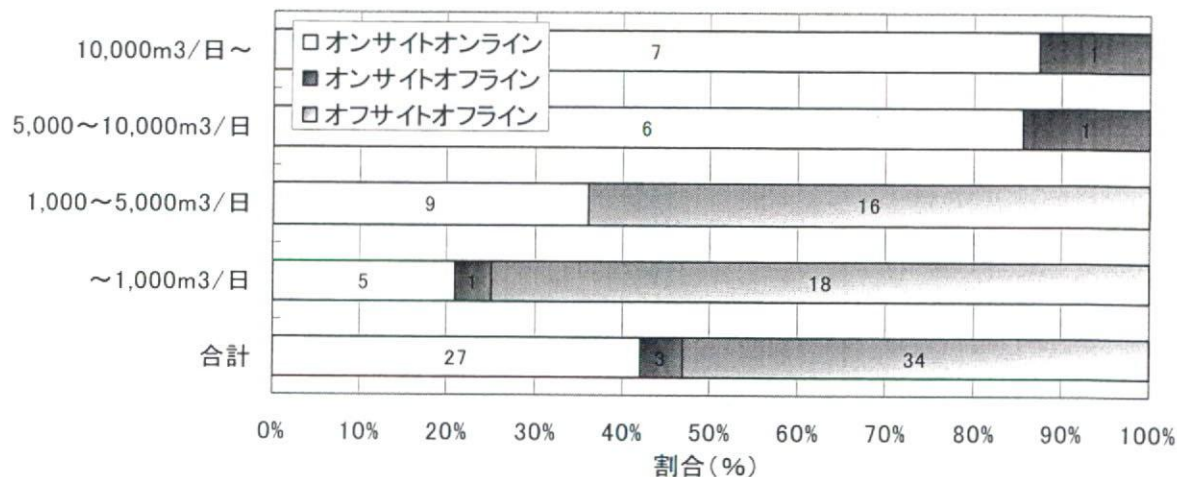
#### 4-3 膜種別にみた物理洗浄間隔の内訳

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

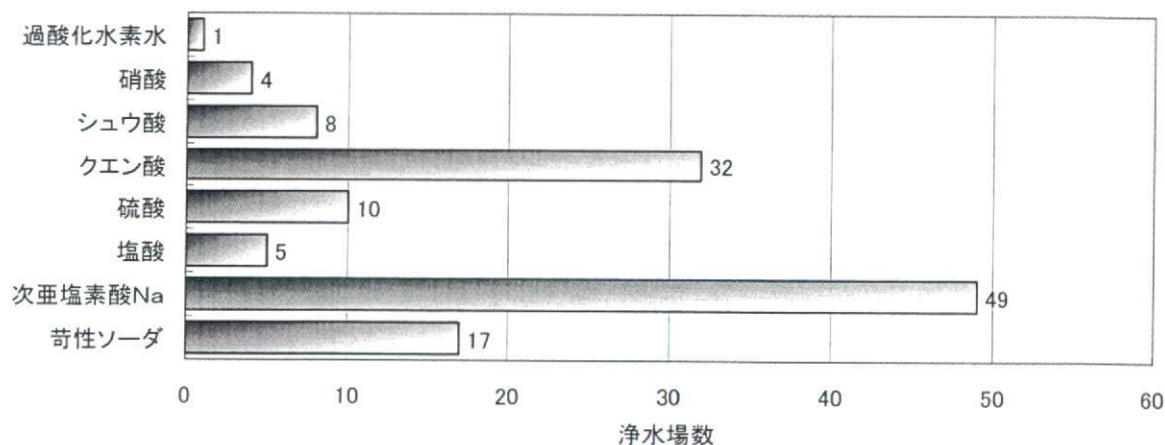
## 5 薬品洗浄状況

### 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。



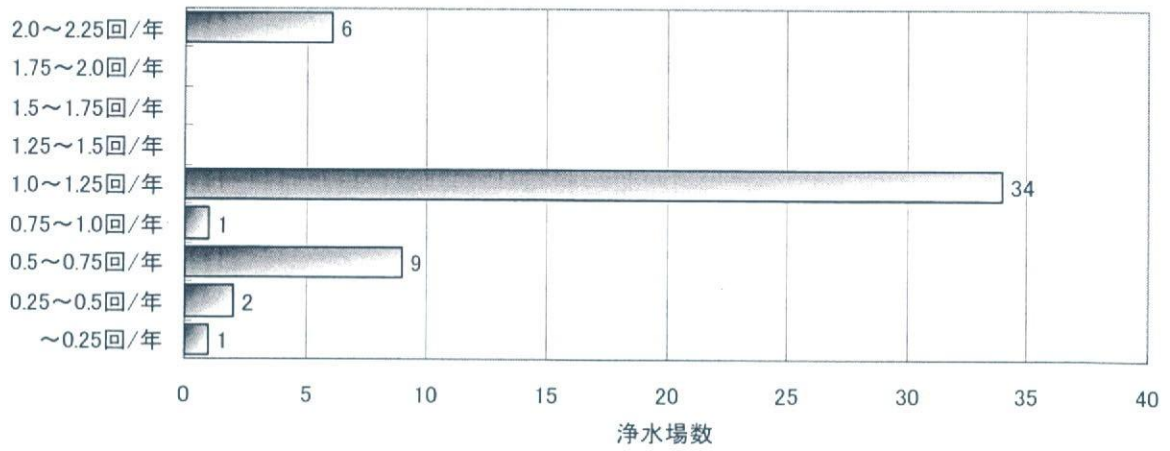
### 5-2 膜材質別にみた薬品洗浄薬液の分布状況



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。

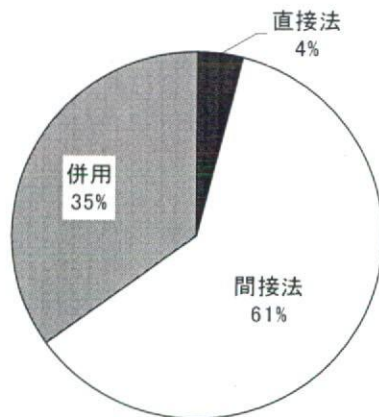




## 6 膜損傷検知状況

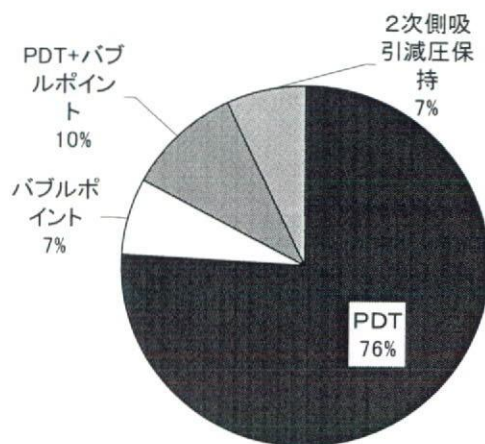
### 6-1 膜損傷検知方法の採用状況

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。



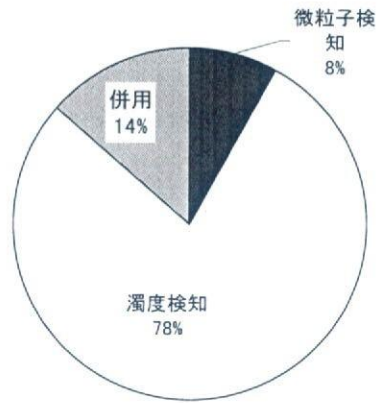
#### 6-2-1 圧力保持試験の実施頻度分布状況

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

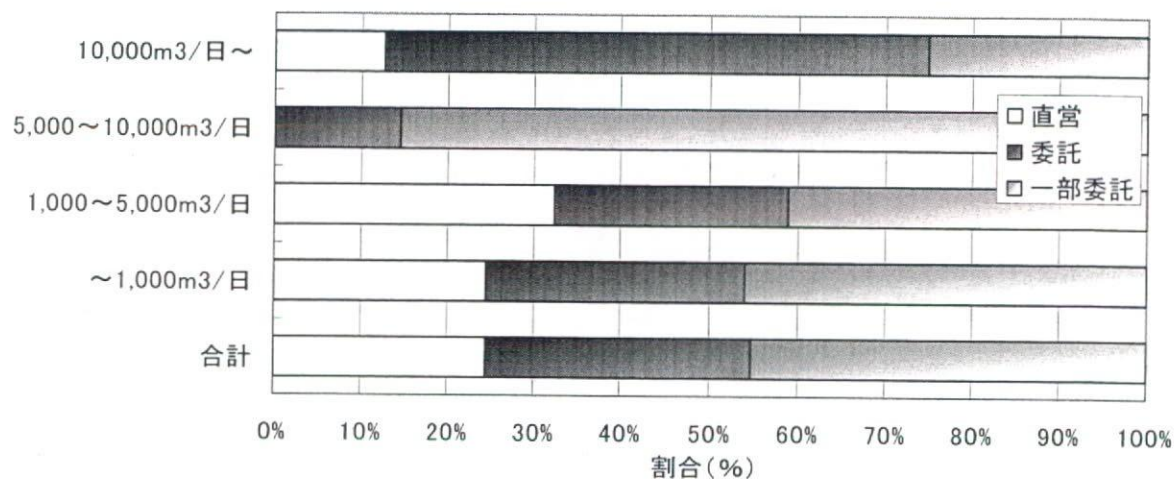
濁度検知方法を採用する浄水場が最も多く、92%の割合となっている。



## 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 $\mu$ 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かとと思われる

### 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縮減が必要
- ・ 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



### 3. 1 紫外線処理設備維持管理状況 調査結果



## 1. 概要

維持管理マニュアルを作成するための情報収集を目的として、当センターで把握している紫外線処理設備導入済みの19件の施設の内、13件に対しアンケート調査を実施した。

## 2. 調査結果

表1は浄水プロセスに適用している施設(8件)、表2は排水プロセスに適用している施設(5件)に対するアンケートの回答をまとめたものである。

浄水プロセスに適用している施設では、地表水以外の水を紫外線処理の対象水(以下、「対象水」という。)とする施設が7件、地表水(ろ過水)を対象水とする施設が1件であった。排水プロセスに適用している施設では、膜ろ過洗浄排水を対象水とする施設が3件、濃縮槽等の上澄水を対象とする施設が2件であった。また、紫外線照射装置は全て管路型、ランプは低圧紫外線ランプであった。

### (1) 対象水の水質について

水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針では、紫外線処理設備の要件として、対象水の水質を、濁度2度以下、色度5度以下、253.7nm付近の紫外線透過率75%を超えること(もしくは紫外線吸光度が0.125abs/10mm未満であること)、としている。また望ましい水質として、ランプスリーブへのスケール付着の問題から、硬度140mg/L以下、鉄分0.1mg/L以下、マンガン0.05mg/L以下としている。以上のことから、これらの水質項目を調査対象とした。

表3～表8は、浄水プロセスに適用している施設での対象水の水質についてのアンケート回答を集計したものである。

表3 濁度(平均)

範囲	件数
0.1度未満	6
0.1～1度未満	2
1度以上	0

表4 色度(平均)

範囲	件数
0.5度未満	5
0.5～1度未満	3
1度以上	0

表5 紫外線吸光度(平均)

範囲	件数
0.01未満	2
回答無し	6

表6 硬度(平均)

範囲	件数
50mg/L未満	3
50～100mg/L未満	4
100～140mg/L未満	1
140mg/L以上	0

表7 鉄(平均)

範囲	件数
0.03mg/L未満	4
0.03～0.1mg/L未満	3
0.1mg/以上	0
回答無し	1

表8 マンガン(平均)

範囲	件数
0.005mg/L未満	5
0.005～0.01mg/L未満	3
0.01mg/L以上	0

浄水プロセスに適用している施設では、濁度、色度については全ての施設が対策指針の要件の50%以下であり、清澄な水質であるといえる。紫外線吸光度については回答無しが多く、定期的に測定されていないようである。硬度、鉄、マンガンについても全ての施設で対策指針の望ましいとされる値以下となっている。また、不具合点や運転上の注意点についてのアンケート回答にランプスリーブへのスケール付着は挙げられておらず、現状では問題となっていないようである。ただし運用後間もない施設が多く、今後も注意は必要である。

なお、排水プロセスへ適用している施設では、ほぼ全ての水質項目について「回答無し」であった。その理由としては、これらの水質は定期的には測定されていない施設が多いと思われる。

## (2) 維持管理について

表9～表13は、維持管理についてのアンケート回答を集計したものである。

表9 日常点検頻度 (件)

区分	浄水プロセス	排水プロセス
1回/日以上	2	2
1回/週	4	2
2回/月	2	0
回答無し	0	1

表10 日常点検人数 (件)

区分	浄水プロセス	排水プロセス
1人	4	4
2人	3	0
回答無し	1	1

表11 装置内清掃頻度 (件)

区分	浄水プロセス	排水プロセス
1～2回/年	5	2
4回/年	1	0
12回/年	1	0
回答無し	1	3

表12 ランプ寿命 (件)

区分	浄水プロセス	排水プロセス
1年	6	2
1～2年	1	2
回答無し	1	1

表13 ランプスリーブ寿命 (件)

区分	浄水プロセス	排水プロセス
3年	4	0
5年	1	4
10年	1	0
回答無し	2	1

日常点検は1回/週から1回/日程度、1人から2人で実施している施設が多く、内容は、漏れや異常な振動が無いかな等の目視点検、紫外線強度計等の計器の確認等を点検表に基づいて実施している。装置内点検清掃は年に1～2回実施している施設が多い。また、ランプ寿命は1～2年程度、ランプスリーブの寿命は3～5年程度を予定している施設が多い。

## (3) 不具合事例、運転上の注意点等

設備の不具合や運転上の注意点について、自由記入形式でアンケートを実施した。設計面での不具合事例として次の回答が得られた。



- ・ ランプスリーブ内が結露し、紫外線照射強度が不足した。対策として、建屋内へのエアコン設置、スリーブ内へのエアパージを実施した。
- ・ 小さい錆の塊が自動洗浄装置の駆動装置に噛み込み、動作不良が発生した。対策として入口側配管にストレーナを設置した。

### 3. まとめ

紫外線処理設備を浄水プロセスへ適用している施設（8件）、排水プロセスへ適用している施設（5件）に対しアンケート調査を実施した結果、次のことがわかった。

- ・ 紫外線処理設備の維持管理は、日常点検は1回/週から1回/日程度、1人から2人で実施されており、漏れや異常な振動が無いか等の目視点検、紫外線強度計等の計器の確認等を点検表に基づいて実施している。装置内点検清掃は年に1～2回実施している施設が多い。
- ・ ランプ寿命は1～2年程度、ランプスリーブの寿命は3～5年程度を予定している施設が多い。
- ・ 設計面での不具合事例として、ランプスリーブ内の結露による紫外線照射強度不足、装置内への異物混入による自動洗浄装置の動作不良が挙げられており、設計時に注意が必要である。
- ・ ランプスリーブへのスケール付着については現状では問題となっていない。ただし運用後間もない施設が多く、今後も注意が必要である。

表1 アンケート回答（浄水プロセスに適用している施設）

No	1	2	3	4	5	6	7	8
基本事項	水源種類	湧水	深井戸、浅井戸	湧水	湧水	表流水	地下水	伏流水、浅井戸
	施設能力 (m <sup>3</sup> /日)	15,000	6,500	10,200	29	2,306	240	18,500
	平均浄水量 (m <sup>3</sup> /日)	16,700	5,368	5,217	—	1,412	187	9,767
	ろ過方式	塩素消毒のみ 巡回監視	塩素消毒のみ 巡回監視	塩素消毒のみ 巡回監視	塩素消毒のみ 巡回監視	急速ろ過 巡回監視	塩素消毒のみ 巡回監視	塩素消毒のみ 巡回監視
	職員人数	直営	直営	直営	直営	直営	直営	委託
	運営方法	非地表水 低圧	非地表水 低圧	非地表水 低圧	非地表水 低圧	地表水(ろ過水) 低圧	非地表水 低圧	非地表水 低圧
	紫外線処理の対象水	管路型	管路型	管路型	管路型	管路型	管路型	管路型
	ランプの種類	1	1	2	2	1	1	1
	形式	20,000	4,320	11,000	29	110	2,906	240
	台数	20,000	6,400	5,500	50	177	—	290
紫外線処理設備の諸元	計画一日最大処理水量 (m <sup>3</sup> /日)	塩素消毒前	塩素消毒前	塩素消毒前	塩素消毒前	塩素消毒前	塩素消毒前	塩素消毒前
	1台当たりの最大処理水量 (m <sup>3</sup> /日)	平成15年11月	平成19年3月	平成20年8月	平成20年3月	平成19年5月	平成17年3月	平成20年3月
	設置位置	平成16年4月	平成19年4月	平成20年8月	平成20年6月	平成19年11月	平成17年3月	平成20年4月
	建設年月	濁度(平均)	0.1	0.05未満	0.05未満	0.3	0.1未満	0.1未満
	通水年月	濁度(最大)	0.7	0.05未満	0.05未満	0.7	0.1未満	0.1未満
	濁度(平均)	色度(平均)	0.5未満	0.5未満	0.5未満	0.5	0.5未満	0.5未満
	濁度(最大)	色度(最大)	1.2	0.5未満	0.5未満	3.3	1未満	0.5未満
	UV吸光度(平均)	UV吸光度(平均)	0.004	—	—	—	—	—
	UV吸光度(最大)	UV吸光度(最大)	0.007	—	—	—	—	0.003
	硬度(平均)	硬度(平均)	131	80	61	62	23	49
対象水の水質	硬度(最大)	134	83	70	—	29	49	69
	鉄(平均)	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.03	0.05	—	—
	鉄(最大)	0.01未満	0.01未満	0.01未満	—	0.11	—	0.03未満
	マンガン(平均)	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.005	0.005	0.005	0.005
	マンガン(最大)	0.001未満	0.001未満	0.001未満	—	0.005	0.005	0.005
	マンガン(最大)	0.001未満	0.001未満	0.001未満	—	0.005	0.005	0.005
	日常点検頻度	1回/週	1回/週	1回/週	2回/月	0.5回/週	1回/日?	1回/週
	日常点検人数	2人	2人	2人	1人	—	1人	1人
	装置内清掃点検頻度	1回/年	2回/年	2回/年	1回/年	1回/年	—	12回/年
	強度計校正頻度	1回/年	2~3回/年	2~3回/年	1回/年	1回/年	—	1回/年
維持管理について	ランプ交換頻度	1年	1年	1年	1年	16000hr	—	8760hr
	紫外線強度計交換頻度	5年	3年	3年	3年	—	—	10年
	安定器交換頻度	1年	—	—	—	—	—	3~5年
	維持管理マニュアルの有無	3年	5年	5年	5年	—	—	10年
	メーカーマニュアル	メーカーマニュアル	メーカーマニュアル	メーカーマニュアル	メーカーマニュアル	無し	メーカーマニュアル	メーカーマニュアル