

## 健康リスク低減のための 新たな浄水プロセスに関する研究【浄水部門】

1. 膜ろ過施設の維持管理の高度化等
  - 1.1 膜プラントメーカー・水道事業者への実態調査結果
2. 浄水プロセスへの紫外線処理の適用
  - 2.1 紫外線照射試験結果
  - 2.2 米国環境保護庁 紫外線消毒ガイダンスマニュアル 第3章（抜粋）
  - 2.3 ドイツガス水道技術科学協会（DBGW）技術規則 実施規則  
w290/2005年2月  
水道の消毒 — 運転上及び必要条件のクライテリア
3. 研究体制

## 基幹水道施設の機能診断及び地震による 管路被害の予測等に関する研究【管路部門】

4. 基幹水道施設の機能診断手法の検討
  - 4.1 浄水施設等機能診断マニュアル（案）
  - 4.2 管路機能診断マニュアル（案）
  - 4.3 ケーススタディ結果及び指摘事項等（抄）
  - 4.4 管路機能診断計算ソフト使用説明書（抄）
5. 地震による管路被害の予測等
  - 5.1 兵庫県南部地震の管路被害データベース作成
6. 研究体制

1. 1 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 水道事業体

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) 水道事業体における対応状況

* 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

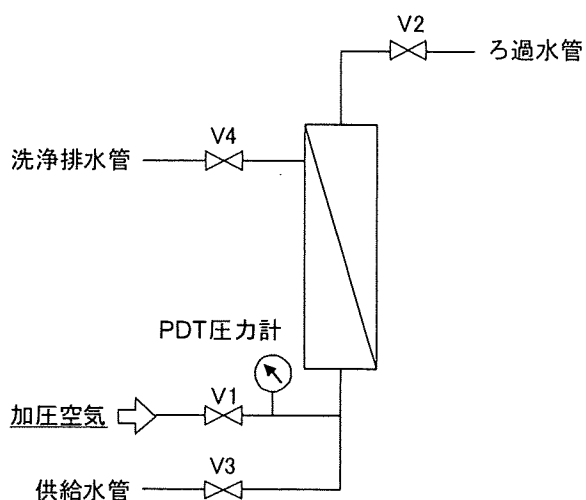
### 1) 直接法の実施方法

#### (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。

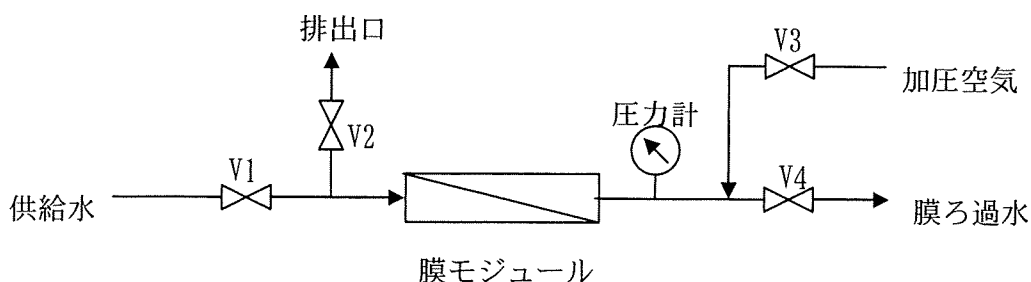
#### ・ 有機膜ケーシング方式

- ①供給水を停止
- ②V3、4を閉止
- ③V2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。
- ②V2を閉から開とする。
- ③V3を閉から開として加圧空気を膜モジュールに供給する。
- ④V2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

- \* 膜損傷の検出感度として、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) 水道事業体における対応状況

##### \* 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、薬品洗浄の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  $\mu\text{m}$  を監視している。0.5~1.0  $\mu\text{m}$  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。

## 2-2-3 膜交換直後の運転開始時における留意事項

### 1) 膜プラントメーカーにおける対応状況

#### \* 操作上の留意点

- ・ 配管内、モジュール内のエア抜きを行った後、確認のため3～8時間以上の定格流量50～60%で運転を行う。
- ・ 膜ろ過設備建設時であれば、膜ろ過流束を低下させた慣らし運転を数日行う。
- ・ 膜ろ過水を捨てながら膜ろ過水濁度を計測し、膜ろ過水濁度が0.001度未満になってから通常運用を開始する。
- ・ 膜モジュールを取付けた後、液漏れがないことをエアバブルチェックにより確認している。

#### \* 封入液の取り扱い

- ・ PVDF膜の場合、膜メーカーから出荷された新品の膜モジュールは保存液に腐食性の強い塩化カルシウム30%溶液が封入されていることから、保存液のリンスを十分に行う必要がある。
- ・ 封入液が次亜塩素酸ナトリウム溶液の場合は、配管内とモジュール内のエア抜きを行った後、30分以上、定格流量で捨水運転を行う。
- ・ 封入液が重亜硫酸ナトリウム溶液の場合は、配管内とモジュール内のエア抜きを行った後、臭いが感じなくなるまで、おおよそ3時間程度、定格流量で捨水運転を行う。

### 2) 水道事業体における対応状況

#### \* 東京都

膜ろ過水を捨てながら膜ろ過水濁度を計測し、膜ろ過水濁度が0.001度未満になってから通常運転を開始する。

#### \* 神奈川県

- ・ 実負荷運転を実施し、膜モジュールと既設接続部から液漏れがないこと、また、交換後の膜間差圧、膜ろ過水濁度等に問題がないことを確認する。
- ・ 配管と膜モジュール内のエア抜きを行う。
- ・ 膜ろ過水を排水しながら、保存溶液の残留がないように十分リンスする。

## 2-3 薬品洗浄

### 2-3-1 処理規模（浄水量範囲）に応じた薬品洗浄方法について

<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

- ・ 特に、水量でオンサイト洗浄、オフサイト洗浄を決定していない。水量が 5,000 m<sup>3</sup>/日以下でも、地域性（離島等）を考慮してオンサイト洗浄を採用することもある。
- ・ 薬品洗浄方法を目安として、『浄水量 ≤ 5000 m<sup>3</sup>/日』の場合はオフサイトオフライン洗浄、『5000 m<sup>3</sup>/日 < 浄水量』の場合は、オンサイトオンライン洗浄と考えている。但し、各施設の条件により変わる場合がある。
- ・ 処理規模ではなく、膜モジュール本数を目安とするが、最終的な決定は客先と協議の上、決定する。
- ・ ユニット数や現地条件により判断しているが、オンサイト洗浄は 5000 m<sup>3</sup>/日程度を目安としている。
- ・ 有機膜ケーシング方式にはオンサイトオフライン洗浄とオフサイトオフライン洗浄とがある。

\* 有機膜槽浸漬方式-----オンサイトオンライン洗浄

\* 無機膜ケーシング方式-----オンサイトオンライン洗浄

\* 無機膜槽浸漬方式-----オンサイトオンライン洗浄

## 2-3-2 薬品洗浄をオンサイトオンラインで行う場合の留意点

### <膜プラントメーカーにおける対応状況>

- \* 膜モジュールからの薬液の浄水系への漏洩防止策
  - ・ 膜モジュールへの原水供給及び膜ろ過水ラインに手動バルブを2つ設置して、薬液の漏洩を防止する。
  - ・ 原水流入、ろ過水流出、逆洗水流入、流出側に薬液ラインとの隔離用手動弁を設け、薬品洗浄時に確実に閉となっていることを確認する。
  - ・ 薬品洗浄・リンス後、膜ろ過ユニット内に薬品が残留していないことを確認する。
  - ・ 薬品洗浄時に関わらないバルブが設定された状態になっていることを薬品洗浄工程移行へのインターロックとする。
  - ・ 薬品洗浄配管の切り離しを行う。
- \* 薬品洗浄ユニット関連
  - ・ 薬液投入の際の安全対策を行う。
  - ・ 薬液タンクは、次亜塩素酸ナトリウムと塩酸やクエン酸等の酸の薬液が混合しないように防液堤を設ける。
  - ・ 次亜タンクは、屋外への排気を行う。
  - ・ 配管内の液溜まりが最小限となるようにする。
  - ・ 薬品洗浄の回復状況の確認ができるようにする。
- \* 薬品の取り扱い
  - ・ 膜の耐薬品性を考慮した薬品濃度の調整を行う。
  - ・ 安全性を考慮した廃液処分方法とする。
  - ・ 薬品の取扱いに注意する。

## 2-4 膜の保管方法

### ＜膜プラントメーカーにおける対応状況＞

- \* 原則として、浄水場では膜の保管はしない。予備膜は協力工場で薬液槽浸漬することにし、出荷前に水洗する。
- \* 膜モジュールには保存液が充填されており、保存液の入替・処分・リンスを行う必要があるため、原則として現地では膜モジュールを保管せず、当社に予備膜モジュールを保管して、薬品洗浄時には予備膜モジュールを迅速に出荷できる体制を整えている。
- \* 湿潤状態を保ち、高温・凍結に留意する。
- \* CA 膜は 1 % 重亜硫酸ナトリウム溶液をモジュール内に封入して、凍結しない室温で保管する。なお、1 年～1.5 年に一度、封入液の入れ替えを行う。
- \* PVDF 膜は次亜塩素酸ナトリウム溶液を封入することにより無菌状態として保管する。封入期間は原則 1 年とする。
- \* PTFE 膜は凍結しない室温において中空糸膜が損傷を受けないように養生し、乾燥状態で保管する。
- \* 無機膜は乾燥状態で保管する。

## 2-5 寒冷地での凍結対策

### ＜膜プラントメーカーにおける対応状況＞

- \* 屋内設置が基本であり、ヒーター等により室内温度を下げないように配慮する。
- \* 膜ろ過装置停止中に、膜ろ過装置内温度が 2℃ 以下になった場合、強制ろ過を開始する。
- \* 原則として室内暖房設備により、凍結対策を行う。膜ろ過装置休止中に室内温度が所定の温度以下となった場合、所定の時間毎に物理洗浄を実施する。
- \* 設定水温以下になった場合や長時間停止する場合には強制運転を行う。

## 2-6 結露対策

### ＜膜プラントメーカーにおける対応状況＞

- \* 膜ろ過室（棟）の換気を行う。
- \* ユニットの基礎廻りに結露水を排水可能な排水溝を設ける。必要に応じてユニット基礎内にも排水溝を設ける。
- \* 連絡配管は必要箇所には防露工を施すが、原則として室内除湿器により、結露対策を行う。
- \* 建屋内空調による湿度調整を行う。
- \* 機器類基礎上および基礎廻りに水切り勾配を設ける。
- \* 管理動線上の配管には防露処理を行う。
- \* ユニット廻りには、結露水の排水溝を設ける。

## 2-7 落雷による施設の停電及び通信設備の故障対策

### <膜プラントメーカーにおける対応状況>

- \* 建屋には避雷針を設置し、膜ろ過設備については電源側アレスタ、接地用アレスタを設置する。
- \* 必要に応じて計測器電源ケーブルの両端、信号ケーブルの両端にアレスタを設置する。
- \* 通信回線は、専用回線で信号取り合いを行う場合には電話回線用アレスタを設置する。
- \* 瞬時停電に対する自動復帰のため、無停電電源装置 (UPS) や自家発電機を設ける。
- \* 一時側電源よりサージが進入した際のトランス二次側の機器保護として耐雷トランスを設置する。

## 2. 1 紫外線照射試驗結果



## 1. 目的

紫外線照射による副生成物生成の有無を確認することを目的とする。

## 2. 試験内容

### (1) 試験条件

試験条件は表1に示した。試験水組成は2条件とし、条件1はトリハロメタン（以下、THMと略すことがある）、臭素酸および塩素酸の生成、条件2は臭素酸および塩素酸の生成を確認するために設定した。紫外線照射は低圧および中圧の2種類のランプを用い、それぞれ50、100、200、500 mJ/cm<sup>2</sup>照射した。なお、照射方式は試験水循環式である。

表1 試験条件

項目	条件
試験方法	循環照射式
紫外線ランプ	低圧、中圧
照射量	0、50、100、200、500 mJ/cm <sup>2</sup>
照射温度	20℃
試験水	条件1： 残留塩素：1 mg/L、臭化物イオン：0.5 mg/L、 TOC：3 mg/L、pH：7.0 条件2： 残留塩素：1 mg/L、臭化物イオン：0.5 mg/L、 TOC：0 mg/L、pH：7.0

精製水に各物質を添加して調整した。

## (2) 水質分析項目

紫外線照射前、照射後の試料について表 2 に示す水質項目を分析した。なお、分析方法は水道試験法に準拠した。トリハロメタン、臭素酸、塩素酸の分析試料は照射終了後直ちに残留塩素を消去してから分析に供した。

表 2 水質分析項目

水質項目	条件 1	条件 2
総トリハロメタン	○	—
クロロホルム	○	—
ブロモジクロロメタン	○	—
ジブロモクロロメタン	○	—
ブロモホルム	○	—
臭素酸	○	○
塩素酸	○	○
残留塩素	○	○
TOC	○	○

## 3. 試験方法

### (1) 試薬

臭化カリウムは和光純薬 試薬特級を用いた。タンニン酸は和光純薬 化学用を使用した。次亜塩素酸ナトリウムは水道用（有効塩素濃度：14 %）を精製水で希釈して用いた。その他の試薬も試薬特級を使用した。

### (2) 試験水の調製

試験水の組成を表 3 に示す。条件 1 の TOC 成分はタンニン酸により調整した。なお、TOC を 3.0 mg/L にするためのタンニン酸濃度は 5.5 mg/L である。試験水は次亜塩素酸ナトリウム以外のすべての試薬を添加した後、0.01 M 硫酸で pH を調整してから定容した。塩素添加の 30 分後に紫外線照射を開始した。

表 3 試験水の組成

組成		条件 1	条件 2	備考
炭酸水素ナトリウム	mM	2.0	2.0	
タンニン酸	mg/L	5.5	—	TOC: 3.0mg/L (条件 1 のみ)
臭化カリウム	mg/L	0.75	0.75	臭化物イオン: 0.5 mg/L
塩素注入率	mg/L	13.5	1.0	残留塩素: 1 mg/L
pH	—	7.0±0.2	7.0±0.2	0.01 M 硫酸で調整

### (3) 塩素注入率の決定

塩素注入率を決定するため、各試験水に所定量の次亜塩素酸ナトリウム希釈液を添加し、20℃で攪拌した。30 分、60 分後の遊離残留塩素を表 4 に示す。塩素添加 30 分後の遊離残留塩素が 1 mg/L になる塩素注入率は条件 1 で 13.5 mg/L、条件 2 で 1.0 mg/L である。

なお、次亜塩素酸ナトリウム希釈液の遊離残留塩素はヨウ素滴定で、試験水の遊離残留塩素は DPD 法で測定した。

表 4 塩素注入率の決定

塩素 注入率 (mg/L)	条件 1		塩素 注入率 (mg/L)	条件 2	
	残留塩素濃度 (mg/L)			残留塩素濃度 (mg/L)	
	30 分後	60 分後		30 分後	60 分後
13.0	0.3	0.0	1.0	1.0	0.9
13.5	0.9	0.4	1.1	1.1	1.1
14.0	1.1	0.7	-	-	-
14.5	1.5	1.1	-	-	-
15.0	2.0	1.6	-	-	-

#### (4) 紫外線照射装置

紫外線照射装置の主な仕様を表5に、低圧照射装置の概要を図1に、中圧照射装置の概要を図2に示す。また、低圧ランプによる紫外線照射の状況を写真1に、中圧ランプによる紫外線照射の状況を写真2に示す。紫外線照射は「紫外線照射が水道水質に与える影響に係る調査のための JWRC 被照射液調製方法（（財）水道技術研究センター）」に準拠して実施した。

照射装置の紫外線強度は事前の換算紫外線照射量（RED）試験により求めた。詳細は次項に記す。なお、紫外線ランプは30分以上点灯して安定した後に照射試験を開始した。また、試験中の試験水は遮光し、恒温水槽に浸漬して水温を20℃に保持した。

表5 照射試験の仕様

仕様	低圧紫外線水銀ランプ	中圧紫外線水銀ランプ
ランプ	50 W、発光長 425 mm	2,200 W、発光長 220 mm
照射管	合成石英製、内径 22 mm×長さ 350 mm×1本 ランプと照射管の距離 30 mm	合成石英製、内径 22 mm×長さ 200 mm×1本 ランプと照射管の距離 650 mm
紫外線強度	約 5.1 mW/cm <sup>2</sup>	約 11.8 mW/cm <sup>2</sup>
試験水の容量	10.0 L	10.0 L
循環水量	6.7 L/min	6.7 L/min

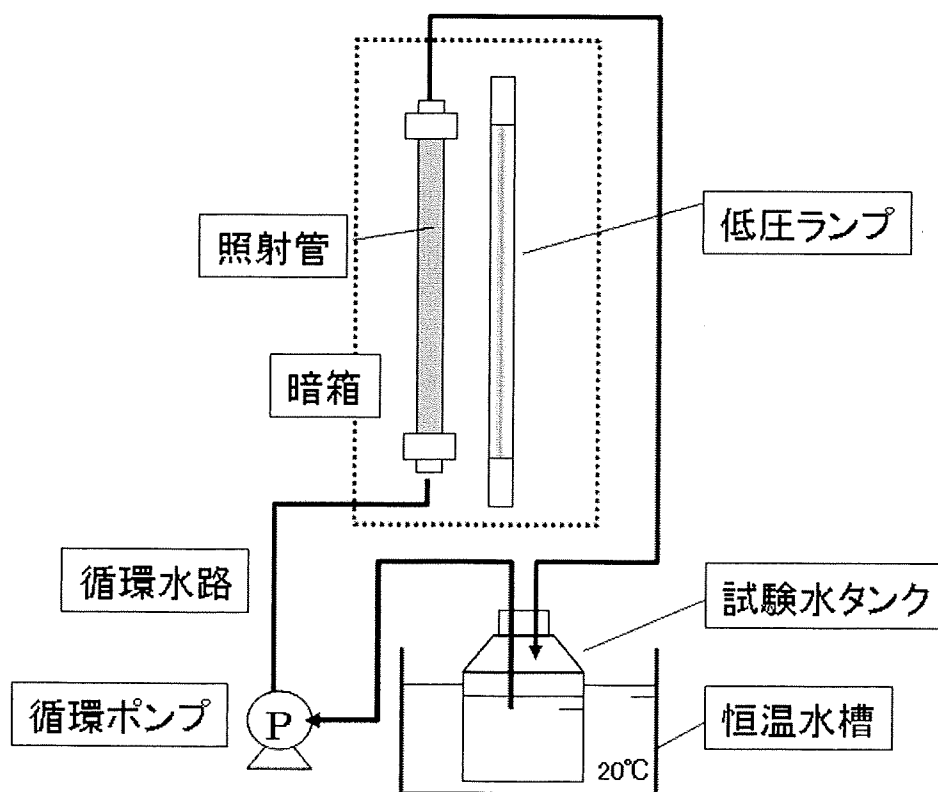


図1 低圧照射装置の概要