

加えて、残留塩素が存在する水の紫外線消毒はより高い酸化還元電位となり、もし、鉄又はマンガがたとえ低レベルでも存在し、適切なクリーニングシステムが正しい場所になれば、スリーブのファウリングを生じることとなる。いくつかの研究によれば、水が高い酸化還元電位を有する時、鉄が第2種最大許容濃度より低いレベルにおいてファウリングが生じることが示されている。塩素消毒の位置を紫外線設備の後に移すことにより、スリーブのファウリングを減少することができる可能性がある。あるいは、（例えば、沈殿池の上流側に過マンガン酸カリウムを加えることによる）鉄及びマンガンの酸化及び除去によって、ファウリングの可能性が低減する。

3.2.2 前段の浄水処理プロセスが紫外線消毒にもたらす効果

紫外線反応槽の上流側の浄水処理プロセスは、紫外線透過率が最大となるように操作することができ、それによって、紫外線装置の設計及び費用を最適化することができる（第3.4.4.1節）。例えば、凝集、フロック形成及び沈殿は溶解性及び粒子状物質を除去し、有機物除去のための凝集の最適化は紫外線設備の費用の低減を可能とする紫外線透過率が増加することとなる。また、上流側の化学物質は第2.5.1.3節及び第3.4.4.1節で述べるように、紫外線消毒の効果に影響を与える可能性がある。

3.3 紫外線設備の可能な箇所の明確化

長期第2次地表水処理強化規則における紫外線線量（表1.4参照）は、ろ過施設におけるろ過後の紫外線消毒の適用及びろ過回避クライテリアに適合するろ過を行わないシステムに対して用いられる。一般に、原水及び沈殿水の粒子による妨害により、在来型の浄水処理施設でのろ過に先立つ紫外線消毒の設置は推奨されない。このようなことから、本節においては、ろ過システムについて、ろ過後の位置についてのみ論ずることとする。

可能性のある位置が確認された後、紫外線設備に対してどの位置が最も可能性があるか確認するために、各位置において、設計クライテリア、水理学、有効性確認問題、及び推定される設置面積を評価しなければならない。これらの評価は、後節で述べられる。

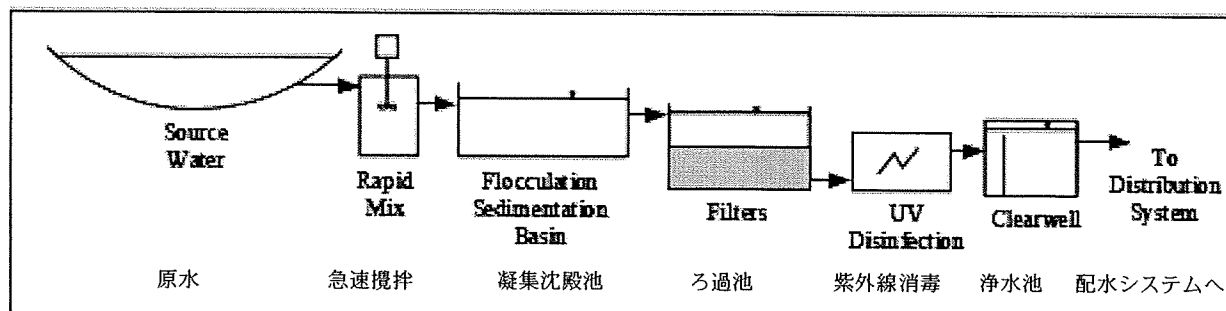
3.3.1 ろ過を行っているシステムにおける設置場所

在来型の浄水処理施設においては、最も一般的な設置場所は、集ろ過水の下流側（浄水池の上流側）、個別ろ過水の配管部分（浄水池の上流側）及び浄水池の下流側である。

3.3.1.1 ろ過流出水の集合水への設置（浄水池の上流側）

ろ過流水の集合水への設置は、図 3.2 に示すように（個別ろ過流水への紫外線消毒の適用とは反対である）個別ろ過からの流出水が集合された後のろ過流水と浄水池の前方への紫外線消毒の適用として定義される。既存浄水処理施設の改造においては、これらの設備は、通常、独立した建物に收容される。

図 3.2 浄水池の上流側の紫外線設備の概要図



このタイプの設計及び設置は、いくつかの利点がある。

- ・紫外線反応槽の操作は、個別ろ過の操作からはほとんど独立しており、設計及び操作に柔軟性を与える。
- ・もし、完全に紫外線設備が故障した場合、浄水池に化学消毒剤を注入することにより、浄水処理施設は消毒を継続することができる（バックアップの化学的消毒は、クリプトスポリジウムの不活化の備えとはなりそうにないことに注意）。
- ・もし、膜ろ過、加圧ろ過又は中間増圧ポンプが用いられていなければ、一般に、サージ及び圧力変動は、この設置位置に配慮はならない。
- ・このタイプの紫外線設備は一般に新しい建物内に建設されることから、紫外線反応槽の望ましい流入口・流出口の水理学的状態の維持については大きな柔軟性がある（第 3.6.2 節）。

このタイプの設備の主な不利な点は、

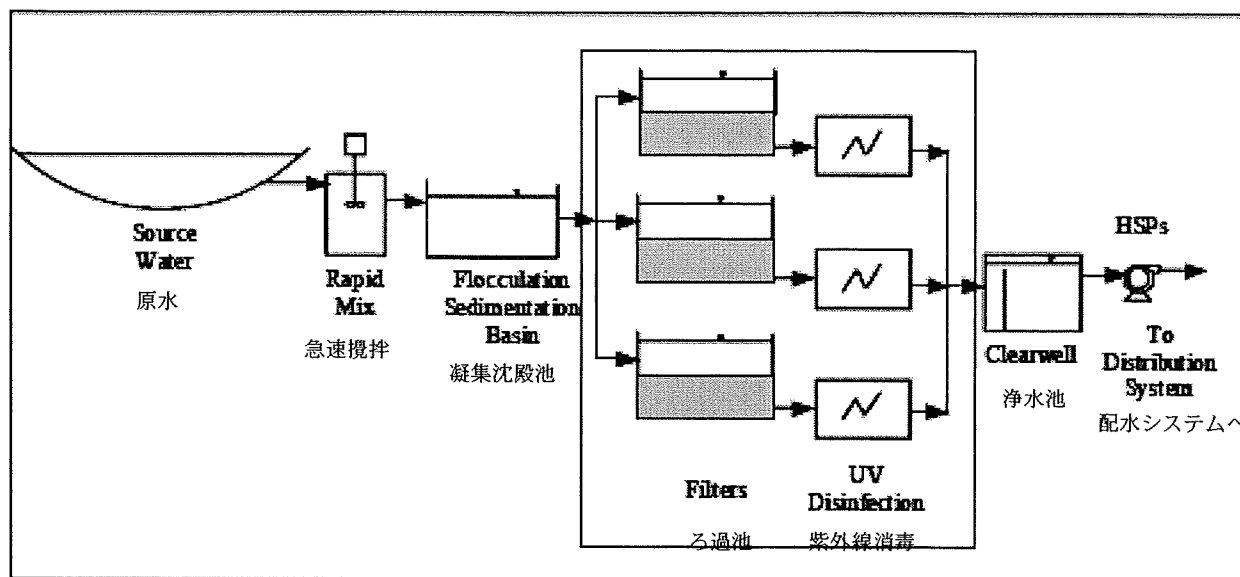
- ・追加の建物と空間が必要となるであろう。
- ・管及び管継手は別の方法による設備構成よりも損失水頭が大きくなるであろうことから、中間増圧ポンプを必要とすることとなる。

3.3.1.2 個別ろ過池流出水の配管への設置

個別ろ過池流出水の配管への設置は、各ろ過池流出水の配管への紫外線反応槽の設置として定義される。

このタイプの設備は、一般に既存のろ過池ギャラリー内に配置される。

図 3.3 個別ろ過池流出水の配管への設置の概念図



このタイプの設置の主な利点は、

- ・ 建物の新設が不要であり、建設費が低減することとなる。
- ・ 追加の損失水頭は紫外線反応槽(最も必要なバルブ及び付属物は既にろ過池ギャラリーに存在する。)によるものだけであり、紫外線設備の水理学的な影響は少ない。
- ・ もし、紫外線反応槽が故障すれば、浄水池に化学消毒剤を注入することにより、浄水処理施設は消毒を継続することができる(バックアップの化学的消毒は、クリプトスポリジウムの不活化の備えとはなりそうにないことに注意)。

しかし、この設置位置にはいくつかの不利な点がある。

- ・ ろ過池ギャラリーの多くは、既存の流出水配管に紫外線反応槽を収容するための十分なスペースを有していない。
- ・ 制御パネル及び電気装置のために、ろ過池ギャラリー又は近傍に十分なスペースを必要とする。
- ・ 既存の装置へのアクセスは紫外線反応槽によって妨げられる可能性があり、維持管理のための紫外線反応槽構成機器へのアクセスは、ろ過池集合水の位置に比べて、より制限されたものとなろう。
- ・ ろ過池ギャラリーの環境条件(例えば、湿気)は、紫外線反応槽、関連制御パネル及び電気装置の設置に対して適切ではないであろう。この状態は、加温、換気及び空調(HVAC)システムの改善を必要することとなる。

- ・既存の配管は独特の流入・流出状態となっているであろうことから、紫外線反応槽の認証においての制約となろう（第3.6.2節）。
- ・もし、紫外線反応槽が加圧ろ過又は膜ろ過の下流側に直接設置されるならば、ウォーターハンマーがランプスリーブに被害を与えることから、調査を行う必要がある。

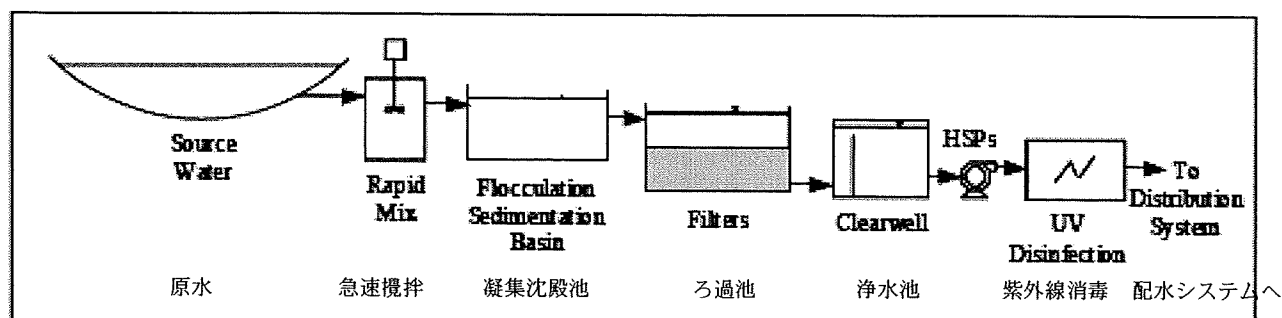
加えて、個別ろ過池流出水の配管への設置は、以下に述べるように、浄水処理施設の操作を複雑にし、操作上の柔軟性を制限することとなろう。

- ・ろ過池の数が紫外線反応槽の数を支配することから、一般に、ろ過池集合水への設置に比べると、本選択肢は必要とする紫外線反応槽の数を増加させる。反応槽が増えるほど、維持管理費用が増加することとなろう。
- ・紫外線反応槽の損失水頭は、ろ過池及び浄水池の操作に影響を与えるであろう。
- ・紫外線反応槽及びろ過池の操作は、密接に関係している。もし、一つの反応槽又は一つのろ過池がオフラインとなれば、他のプロセスも操作ができなくなるであろう。
- ・紫外線反応槽がオフラインとなった場合、対応するろ過池も、仕様外運転を最少とするためにオフラインとしなければならない。
- ・ろ過池逆洗サイクルは、紫外線反応槽の操作を複雑にすることとなる。
 - －いくつかのランプは滞留した水においてエネルギーを与えるべきではないことから、逆洗の間にエネルギーを与えられたままのランプは冷却水を必要とするであろう。設計者は、スタートアップの間、紫外線反応槽が冷却水を必要とするかどうか決定するために紫外線製造業者に相談すべきである。
 - －もし、紫外線反応槽が逆洗の間にオフラインであり、水がランプのウォームアップの間に処理されるのであれば、紫外線反応槽は有効値を外れて操作されることとなろう。もし、配管の構成が許せば、ろ過～排水の期間において紫外線反応槽にエネルギーを与え、ウォームアップの期間に反応槽を通過してろ過～排水を通すことは、ランプを冷却し、仕様外の水の量を減らすこととなる。

3.3.1.3 浄水池後段への紫外線消毒の設置

浄水処理施設は、図 3.4 に示すように、紫外線設備を浄水池の下流側で、高圧送水ポンプ(HSPs)の上流側又は下流側のいずれの位置にも設置することが可能である。多くの浄水処理施設においては、高圧送水ポンプは浄水池から水を直接汲み上げているが、それは高圧送水ポンプの上流側に紫外線設備を設置するための適切な配管の場所及び有効性を制限している。高圧送水ポンプの下流側への設置は、紫外線設備の配置上、より広範な場所及び柔軟性を提供できる。

図 3.4 浄水池後段への紫外線設備の概要図



このタイプの設置方法の大きな利点は、ろ過池と浄水池の間で紫外線装置を設置する余裕を持つための空間又は利用可能な水頭が十分でない場合であっても、紫外線反応槽の設置が可能であることである。しかし、これらの選択肢は大きな不利な点を有している。

- ・流速は需要の変化により密接に関連していることから、浄水池の下流側に位置する紫外線設備流速のより大きな変動を経験することとなる。

流速の変動を調節するためには、紫外線反応槽のサイズ又は紫外線反応槽の数を増大させることが必要となる。

- ・高圧送水ポンプの近傍、それに伴って起こる高圧という理由から、浄水池の後段への設置はウォーターハンマーにより陥りやすく、ウォーターハンマーはランプスリーブ及びランプに被害を与えることとなる。
- ・ランプ破損が生じた場合、浄水池後段への設置は低速収集エリア (a low-velocity collection area) での破損に起因する水銀及び石英を包含する能力に欠けることとなる (配水システムの構成に依存する)。
- ・高圧送水ポンプの後段への設置では、水は配水システム水圧の下に置かれる。紫外線反応槽の覆いは、高圧に適合するために補強が必要となり、紫外線反応槽の費用を増大させることとなる。
- ・高圧送水ポンプの後段の紫外線設備は、配水システムへの吐出水圧を減少させることとなる。そして、浄水池と高圧送水ポンプの間に位置する紫外線設備は、ポンプが利用可能な吸い込み揚程を減少させることとなる。結果として、高圧送水ポンプが紫外線設備の水理学的なニーズに対応するために改良されなければ、吐出水圧及び稼働効率はこれらの二つの位置に影響を受けることとなる。
- ・紫外線消毒が遊離又は総残留塩素を有する水に適用される場合、残留濃度の減少が生じる可能性があり、それは、浄水池における塩素注入量を増加させ、又は紫外線設備の下流側に塩素処理地点を移動させることが必要となる。

3.3.2 ろ過を行っていないシステムにおける設置箇所

ろ過を行っていないシステムにおいては、紫外線設備は配水池（storage reservoir）の前段又は後段のいずれにも位置することができる。配水池が覆蓋されていれば、紫外線消毒設備はいずれの位置にも設置することができる。しかし、配水池が覆蓋されていなければ、公共水道システムは長期第2次地表水処理強化規則の覆蓋のない貯水池に対する要求事項に従わなければならないし、そのような場合、必要な浄水処理が行われるように配水池の放流側に紫外線消毒設備を設置しなければならない。ろ過を行っていないシステムのほとんどは、重力により配水システムに流出しているが、もし、設備が高圧ポンプの近くに位置していれば、ウォーターハンマーが依然として懸念される。この設置位置は浄水池下流側への設置と同様であり、このことから、第3.3.1.3節で述べられている項目はこの位置にも適用される。

ろ過池の後段への適用に比べ、ろ過を行っていない紫外線反応槽への適用に対する流入水には多くの夾雑物が存在しうる。十分な勢いを持って紫外線反応槽に入ってくる夾雑物は、ランプ及びスリーブの破損を引き起こすことが可能である。被害を引き起こす可能性のある異物の質量及び寸法は設置場所に固有であり、紫外線反応槽の構成（例えば、反応槽の向きが水平か垂直か）及び反応槽を通過する水の速度に依存する。夾雑物への対処方法は第4.5.1節で述べられており、ランプ破損についての追加情報は附属書Eに示されている。

3.3.3 地下水システムにおける設置箇所

紫外線消毒の地下水への適用に関しては、紫外線設備は各井戸又は集中設備のいずれにも設置することができる。井戸ポンプ又はその近傍に設置するとすれば、第3.3.1.3節で述べた水理学的及びウォーターハンマーの考慮が同様に適用される。工学的費用分析により、鉄、マンガン又は硫化物のような他の浄水処理のニーズと同じく、集中又は水源での紫外線消毒処理の比較を行うことができる。

3.3.4 覆蓋のない配水池における設置箇所

(訳注) 日本では例がないため、省略。

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

ドイツガス水道技術科学協会 (DVGW)

技術規則

実施規則 w290 / 2005 年 2 月

水道水の消毒 — 運転上及び必要条件のクライテリア

(出典) http://www.dvgw.de/fileadmin/dvgw/angebote/regelwerk/pdf/w290_en.pdf

警告

この英語版は、オリジナルの独語版の非公式の翻訳である。しかし、オリジナルの独語版は、DVGW とその技術的組織だけが著作権を持っている。DVGW は、ありうる誤訳のためにいつでもこのバージョンを修正する権利を保有する。

誰でも、DVGW システムの規則を使用することは自由である。ユーザーは、個々のケースでの DVGW システムの規則の適正使用に対して責任を有する。

序文

この実施規則は、DVGW 技術委員会「水処理方法」のプロジェクトグループ「消毒」によって編集された。水道水政令 2001 (TrinkwV 2001) の規則、特に第 7 条第 4 節と密接な関係がある。

DVGW は、実施規則の適用による経験を伝えることを、読者に望む。

0 序論

この実施規則は、消毒によって衛生的に、そして、微生物学的に申し分のない飲料水（人が消費する水）の供給を容易にする前提条件と必要条件を記述する。そのうえ、実施規則は、適切な消毒方法の選定に関する詳細を提供する。適用範囲と可能な消毒方法の使用について記述されている。また、運転とモニタリングの原則が提示されている。より広範囲な要求として、おそらく、病院やその他の免疫不全患者が治療される施設で使用される水の品質に関する要求がある。この実施規則には、これらの更なる要求そして必要な予防措置は含まれていない。これらは、病院衛生規則の範囲内で規制される。

1 範囲

この実施規則は、水道水として消費者に配水されることを目的とする水の消毒に適用する。この実施規則の重要点は、水道における消毒に関するものである。配水ネットワークでの、国内のフィールドでの水道水の消毒に適用する。DVGW の 指示告示 (Instruction Bulletins) 及び実施規則として、塩素 (W203)、二酸化塩素 (W224)、オゾン (W225) の使用に関するもの、消毒剤の注

入設備に関するもの(W623, W624, W625)、紫外線消毒設備に関するもの(W293,W294)、同様に、浄水処理から水道水配水におけるトリハロメタン生成物の測定、減少又は回避に関するもの(W295, W296)、があるので注意しなければならない。

この実施規則は、給水システム及びシステム構成部分の消毒には適用しない。この点については、DVGW 実施規則 W291 に参照箇所が示されている。災害及び他の緊急事態については考慮していない（この件については DVGW Guideline W 1050 を参照）。

2 引用規格

以下の引用規格は仕様書を含んでおり、本テキストで確認するためには、手元に DVGW システムの規則をおいておくことが不可欠である。古い規格の場合、本書ではその後の修正・改訂は適用しない。DVGW システムの規則の該当部分のユーザーは、以下の規格文書の最新版を適用するように確認をお願いする。日付がない引用については、引用規格の最新版を適用する。

（以下、省略）

3 用語

3.1 消毒

病原体（細菌、ウイルス及び寄生虫）及び不特定の（非病原性の）微生物の殺傷又は不活化。

注：細菌胞子は、消毒では殺傷されない。

3.2 病原体の殺傷

不可逆的に細菌及び寄生虫に損傷を与え、増殖機能を奪い、感染症及び病気をもはや引き起こすことができない。

3.3 病原体の不活化

不可逆的に、ウイルスに損傷を与え、ウイルスは感染性を失う。

3.4 消毒剤

消毒のために使用される化学物質及び物理的な作用（紫外線照射、熱）。

3.5 消毒能力

特定の期間にわたる、又は特定の供給区域での消毒剤濃度の保持。

4 消毒の必要性和目的

病原体は水で伝播される。一方、糞便によって伝播される病原体もある。これらの中には、細菌性病原体（コレラ、チフス及びサルモネラ腸炎菌）、ウイルス性病原体（jaundice、poliomyelitis）

及び寄生虫性病原体（amoeba、cryptosporidia、giardia）が含まれる。他方、どこにでもいる（ubiquitous facultative）病原微生物もある。これらの病原体としては、例えば緑膿菌とレジオネラが挙げられる。

Yersinia enterocolitica 及び *Campylobacter jejuni* を除いて、人と動物から排泄される糞便によって伝播される病原体は、水道水の領域では増えないが、数ヶ月間環境中で生存できる。対照的に、環境中では低濃度の通性（不偏性）寄生虫性病原体は、特定の条件下で、水道水中において感染できる濃度（infection-relevant concentrations）まで増殖することができる。

水道水は、人の健康に及ぼす被害について懸念を引き起こす濃度で病原体を含むことはないであろう（水道水政令 2001(TrinkwV)を参照）。それは、不特定の微生物において、低濃度でなければならぬ。水道水の衛生的・微生物学的な安全性は、水質汚染規制、水処理、および信頼できる配水ネットワーク操作によって保証されなければならない。水の消毒は水処理の中で重要な役割を果たしている。

原則として、以下が適用される：未処理水は、水による病原体の伝播のリスクをできるだけ低く抑えるために、家庭及び農業の排水からの糞便の汚染に対して、できる限り保護されなければならない。

衛生的・微生物学的な観点から、保護された井戸（well-protected）や粒状の土質で（in a granular soil）ろ過された帯水層の井戸の水は、処理及び消毒を行わないで水道水として供給できる。一般的なルールとして、微生物に汚染された水は、消毒を含む粒子除去に関する処理を必要とする。当該施設の消毒が十分であるかどうか、個々のケースで確認されなければならない(5.2 を参照)。

消毒剤の残留量だけでは、配水システムで微生物学的に申し分のない水道水質を維持することはできない。そのためには、以下のことが必要である。

- ・計画、建設、操作、モニタリング、システムの補修の間において、最新技術が実行されること。
- ・送水と配水池の間で水と接触する材料は、水質に影響を与えないこと。
- ・水中の栄養物（the water's nutrient content）が非常に低く、コロニー数が増加しないこと。

配水ネットワークにおいて消毒剤の使用によってのみ制御できる汚染が、建設及び補修工事、顧客システムからの影響、又は災害時の結果として起こる場合には、配水システムでの水の消毒が必要となるであろう。

公共水道水供給ネットワークの操作について言えば、同様のことが家庭の設備に適用される。技

術規則、特にドイツ連邦規格第 1988 (DIN 1988) が、システムの計画、建設及び操作において遵守されていれば、水道水の消毒（第一次消毒）又は以降の消毒（第二次消毒）は必要ではない。家庭の設備においてレジオネラの繁殖が健康に重大なレベルとなることを防止することに関しては、DVGW 実施規則 W551 に参照箇所がある。

5 信頼できる消毒のための前提条件

5.1 一般事項

消毒による微生物の殺傷又は不活化は、微生物の耐性、消毒剤の種類、化学消毒剤の濃度と保持時間、紫外線消毒を使用するときは照射量で決定される。消毒剤の効果は水質によって弱められることがありうる。

原則として、消毒剤が直接微生物に作用することができる場合にだけ、効果的な微生物の殺傷又は不活化が可能である。しかし、感染した糞便から排出される病原体は、集合体と粘液（塊）に留まっている。これは、病原体を環境影響による損傷、特に乾燥から保護している。こうして、それらは、長期間増殖できる状態で残っていて、排水から地表水、地下水、及び未処理水を通じて、水道水に達することができる。また、粘液状の物質は消毒剤の効果に対して病原体を保護する。集合体の表面にある病原体だけは殺すことができる。集合体の内部の病原体は、無傷のまま残っていて、再び感染を引き起こすことができる。消毒剤濃度の増加、接触時間の延長でさえ、集合体内部の病原体を殺すに必要な信頼性は得られない。

熱による消毒(沸騰)は、消毒効果のこの制限がない。内部の粒子によって、化学消毒剤と紫外線照射から保護される病原体さえ、沸騰の間に確実に殺される。したがって、他の方法では処理できない特別な場合では、水道水の沸騰によって、水の衛生的・微生物学的な安全性を確実にすることができる。

5.2 取水と浄水処理の間における消毒

地表水、湧水及び地下水の信頼できる消毒のための前提条件は、濁度と微粒子がほとんど存在しないことである。

地下を経由せずに水道水取水のために地表水を使用する場合、常に消毒の前に、DVGW 実施規則 W213-1 に記載されている濁質及び微粒子の除去が必要である。微粒子分離ステージの流出水における濁度値の範囲は 0.1~0.2FNU を目標とし、可能であればその値より低く抑えるべきである。連邦政府環境庁の通知「地表水から水道水へのプロセスにおける寄生虫の殺傷に関する必要条件」に明確に指示されている。(連邦政府健康官報 12/97 において交布) [UBA 1997]

対応する浄水場のためのモニタリング概念は、2001 年に公表された寄生虫による水道水汚染の

回避に関する連邦政府環境庁の勧告 [UBA 2001] で提案されている。この勧告によると、大腸菌と大腸菌群は、特別なケースでのみ、低濃度で消毒前の水に存在するだけである。

湧水及び地下水を用いる場合、消毒の前に、濁質と微粒子の除去がどの程度必要かは、汚染の程度に依存する。UBA の勧告 [UBA 2001] で指定される微生物学的な負荷を超えていないなら、そして、濁度の範囲が明らかに水道水政令で指定される基準値 1.0 FNU を下回っているなら、濁質の処理、微粒子の除去は、一般には、必要としない。他の方法では、流域の全体的な状況の評価に基づいて決定されなければならない。

微生物学的な試験結果と濁質及び微粒子の測定結果から総合的な評価を導き出さなくてはならない。微生物学的な試験は、長期間（少なくとも 1 年間）、短い間隔（少なくとも 1 週間に 1 回）で実行されなければならない、そして好ましくない天気の影響を考慮しなければならない。流域は地下水学的な観点から評価されることとなる。；流入経路と汚染源は記録されなければならない。

原則として、未処理水の微生物汚染が大きいほど、また汚染状況が発生する頻度が多いほど、消毒の前処理の必要性は大きくなる。飲料水 100ml 中に 10 以上の大腸菌又は 100 の大腸菌群の検出は、高いレベルの汚染であることを示している。

濁質及び微粒子除去の必要性とは別に、個々の消毒剤又は消毒方法の適用可能性と限界から、消毒に先立つ水の前処理に関する更なる必要条件が生じることがある（セクション 6 を参照）。例えば、消毒剤又は紫外線照射によって反応する物質は、消毒剤の消費又は紫外線照射の吸収による障害や消毒副生成物の基準超過を引き起こすような濃度では存在しないであろう。

5.3 配水ネットワークにおける水道水の消毒

水道水中の残留消毒剤は、外部からの汚染の場合（例えば、配管破損や逆吸入の場合）、健康被害に対して保護しない。給水システムはむしろこのような汚染が起きないように操作されなければならない。給水ネットワークの汚染が起こったら、DVGW 実施規則 W291 に従い、関係する給水セクションは清掃、消毒されなければならない。

衛生的・微生物学的な問題が、関係するシステム部分のフラッシング又は消毒によって取り除かなければ、配水ネットワーク又はネットワーク部分において水道水の消毒が実施されなければならない（DVGW 実施規則 W291 を参照）。

配水ネットワークにおける水道水の消毒は、塩素、次亜塩素酸又は二酸化塩素の使用によるみ達成できる。水道水政令 2001 第 11 条による処理物質と消毒方法のリストで指定された要件は遵守されなければならない。ネットワーク又はネットワークの一部の中に水処理後の消毒を確保でき

る濃度で遊離塩素又は二酸化塩素が検出されれば、水道水政令第 5 (4) 条によれば、一般に、このケースのために必要とされる十分な消毒能力を確保することができる。(第 7 節を参照)

配水ネットワークで消毒を適用する場合、通常の操作の間に残留消毒剤のない水が配水されているパイプラインで消毒を開始する場合には、かなりの量の塩素又は二酸化塩素が、パイプ表面で消費されることを考慮しなければならない。この影響により、より長い操作期間の後ほど、消毒剤添加量が多いにも関わらず、遊離塩素又は二酸化塩素はわずかに検出されるだけである。その上、ネットワーク中での消毒副生成物の形成につながることに留意しなければならない。このことは添加量を制限することとなる。閾値を超えていれば、規制の免除 (exemptions) が必要となる。トリハロメタン又は亜塩素酸の形成は別として、生分解性物質 (biodegradable substances) も形成される。これは、消毒剤が消費されたネットワークの末端区間でコロニー数の増加につながるようになる。この影響を防ぐ又は制限するために、ネットワークの消毒は、関係するパイプラインの区画が消毒能力を維持するために必要とする最少量で行わなければならない。

6 消毒方法と消毒剤

水道水政令によって許可された化学薬品と方法だけが、浄水処理における消毒のために使用される。これらは、許可された処理物質と消毒方法のリストによって、運転状態 (注入量、残留物) とともに、連邦政府保健省による連邦政府健康官報 (Federal Health Gazette) で公表されている。現在、水道水の消毒のために許可されている消毒剤は、塩素、次亜塩素酸ナトリウム、次亜塩素酸カルシウム、二酸化塩素及びオゾンである。許可されている消毒方法は、紫外線照射 (240nm – 290 nm)、塩素ガスの注入、次亜塩素酸ナトリウム及びカルシウム溶液の薬注、現場電解生成塩素の注入、現場生成二酸化塩素の注入、現場生成オゾン及びオゾン溶液の注入である。

レジオネラの汚染を防ぐために、水温 60°C を超える熱処理が行われる。

パイプライン及びその他の供給システムの消毒のために多用されている過マンガン酸カリウムと過酸化水素は、水道水消毒としては認められていない。

衛生的な微生物学的な安全がその他の方法で保証できない場合には、煮沸が非常事態への当座の解決策となる。

水道水消毒のために認められている全ての方法は、それぞれの使用条件が確認されていれば、細菌及びウイルスの殺傷又は不活化に関して十分に効果的である。効果の重要な違いは、寄生虫の殺傷に関してである。塩素と二酸化塩素は、認められている最大注入量では実質的に効果がない。オゾン処理又は紫外線照射は、一般に、寄生虫を殺傷に至らしめることができる。

具体的なケースに適切な消毒方法の選定を決定する必須のクライテリアは、それぞれの方法の適用範囲及び適用制限、消毒剤と有機物又は溶解性の無機物と反応の結果生成される消毒副生成物である。

個々の消毒方法のための適用条件の概要を表1に示す。より詳細な情報は DVGW 実施規則と指定される指示告示 (Instruction Bulletins) で収集できる。

塩素を含む消毒剤 (塩素、次亜塩素酸及び二酸化塩素) の使用は、水中での消毒効果を長い時間維持するという事実によって特徴づけられる。それは、消毒剤の量と水中での消費の様子で確認される。

これらの方法の使用に当たっての重要な制限は、副生成物の生成に由来する。それは溶解性有機物の種類と濃度又は水中の臭化物の量によって決まる。塩素と次亜塩素酸塩を使用する際には、さらに、pH 値の増加によって消毒効果が減少することに留意しなければならない。わずかなアンモニウム濃度でさえ、クロラミンの形成によって臭気障害につながり、また、塩素要求量を増加することとなる。

表 1 - 消毒剤の使用及び消毒方法に対して遵守されるべき適用範囲及び境界条件

| 消毒剤/消毒方法 | 適用範囲 | 許容注入量 | 処理後の最大濃度 | 副生成物 | DVGW 実施規則又は指示告示 |
|-----------------|--|---|--|--------------------------------|------------------------------|
| 塩素及び塩素化合物 | pH<8.0 ⁵ アンモニア <0.1mg/L ⁴ DOC2.5mg/L 以下 ² | 1.2mg/L Cl ₂ (6.0 mg/L Cl ₂) ¹ | 最大 0.3mg/L Cl ₂ 最小 0.1mg/L Cl ₂ (最大 0.6mg/L Cl ₂) ¹ | THM、その他の 塩素化合有機物 生物分解性物質 | W203 W295 W296 W623 |
| 二酸化塩素 | pH 全ての範囲 DOC2.5mg/L 以下 ² | 0.4mg/L ClO ₂ | 最大 0.2mg/L ClO ₂ 最小 0.05mg/L ClO ₂ | 塩素 生物分解性物質 | W224 W624 |
| オゾン | pH 全ての範囲 処理の最終段階でないこと | 10mg/L O ₃ | 0.05mg/L O ₃ | 臭素酸 生物分解性物質 の生成を促進 | W225 W625 |
| 紫外線照射 | 認可による (試験証明書) 生物学的に安定した水 | - | - | - | W293 W294 |
| 煮沸 ³ | 応急時の方法 | - | - | - | |

1 消毒が他の方法で確保できないならば、又は消毒が一時的にアンモニウムによって損なわれるの

であれば、差し支えない。

- 2 トリハロメタン又は亜塩素酸塩の基準のためのガイド値
- 3 沸湯
- 4 臭気による問題が生じる可能性によるガイド値
- 5 pH8.0 以上では十分な消毒効果が得られているかどうか、確認しなければならない。

オゾン処理の使用に関して、オゾン処理は生分解性物質の生成を促進することから、最終処理ステージとして用いることができない。一般に、生物学的なろ過処理ステージ (biologically operating filtering stage) を下流側に設置する必要がある。消毒される水の臭化物が増加する場合には、臭素酸の生成によりオゾンの使用が制限されることがある。

化学消毒剤と比較すると、紫外線照射の大きな長所は、実質的に副生成物を生成しない消毒方法であるということである。消毒完了後、残留消毒効果を維持することができないため、適用の必須要件は、消毒される水が生物学的に安定している (biologically stable) ことである。紫外線照射設備はそれぞれの水質に応じて設計されなければならない。

7 消毒設備の設計、運転及びモニタリング

紫外線消毒を用いる場合は消毒剤の十分な濃度と接触時間又は十分な照射が保証されるよう、消毒設備が設計、運転されなければならない。

7.1 化学消毒設備

塩素を使用する時には、20～30 分の接触時間の後で、少なくとも 0.1mg/L の遊離残留塩素が検出されなければならない。二酸化塩素を使用する時には、15～20 分後に、少なくとも 0.05mg/L の二酸化塩素が検出されなければならない。水が微生物的に不安定又は長い輸送時間の間にコロニー数が増加する傾向を示す場合には、塩素又は二酸化塩素はより高い残留濃度とする必要がある。このような状況では、処理を改善する可能性を確認しなければならない。

消毒のためにオゾンを使用する場合には、細菌、ウイルスの殺傷のために、10 分間の接触時間後の残留オゾン濃度 0.4mg/L で十分である。

化学消毒設備は、全ての流量に対して、適切な接触時間後に必要とする消毒剤濃度が保持されるように設計されなければならない。また、一時的な注入量の増加を考慮して設計されなければならない。そのうえ、消毒設備の一つが故障した場合でも、適切な消毒を確実に確保しなければならない (例えば、予備や可搬式設備)。

必要な消毒剤注入量は、水の消費状況によって決まる。DVGW 実施規則 W295 に記述されてい

るように、個々のケースの必要な消毒剤注入量は、消費テストによって決定することができる。これらのテストでは、副生成物生成について同時に記録されなければならない。消毒剤消費量は、基本的に溶解性有機物の濃度によって、塩素消毒の場合にはアンモニアの濃度によって決定される。温度と同様に、鉄、マンガンも影響を与える。

化学消毒剤を使用する時、添加した消毒剤の量と処理水中の消毒剤の濃度はモニタリングし、文書化しなければならない（水道水政令を参照）。消毒剤のモニタリング地点は、必要な反応時間が保証されるように設定されなければならない。

7.2 紫外線照射設備

紫外線照射設備は、少なくとも $400\text{J}/\text{m}^2$ の十分な紫外線照射量を保証しなければならない。これは、DVGW 実施規則 W294 に従い、設備の生物線量試験により確認されること、そして証明書（水道水政令 2001 第 11 条に示されている処理物質と消毒方法のリストを参照）の提出により示されることとなる。設備は、それぞれの水及びそれぞれの流量によって設計されなければならない（DVGW 実施規則 W294-1 を参照）。モニタリングは、センサー計測値の連続記録によって行われる。

参考文献

（省略）

3. 研究体制

厚生労働科学研究費補助金による
「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」

膜処理ワーキンググループ名簿

(平成 22 年 3 月現在)

| | | |
|-------|-------|-------------------|
| 研究代表者 | 藤原 正弘 | (水道技術研究センター) |
| 研究分担者 | 安藤 茂 | (水道技術研究センター) |
| | 鈴木 泰博 | (水道技術研究センター) |
| | 松山 秀人 | (神戸大学) |
| | 木村 克輝 | (北海道大学) |
| 研究協力者 | 石橋 良信 | (東北学院大学) |
| | 伊藤 雅喜 | (国立保健医療科学院) |
| | 菅野 隆 | (神奈川県企業庁) |
| | 木下 雅行 | (東京都) |
| | 大槻 訓宏 | (福知山市) |
| | 土山 幸雄 | (三次市) |
| | 小川 高史 | (旭化成ケミカルズ株式会社) |
| | 白土 雅孝 | (オルガノ株式会社) |
| | 堤 行彦 | (株式会社クボタ) |
| | 西尾 弘伸 | (株式会社神鋼環境ソリューション) |
| | 惣名 史一 | (水道機工株式会社) |
| | 環 省二郎 | (株式会社東芝) |
| | 森川 則三 | (株式会社西原環境テクノロジー) |
| | 武本 剛 | (株式会社日立製作所) |
| | 川口 昌己 | (前澤工業株式会社) |
| | 青木 伸浩 | (メタウォーター株式会社) |
| | 高嶋 渉 | (水道技術研究センター) |
| | 勝山 信春 | (水道技術研究センター) |
| | 岡野 茂 | (水道技術研究センター) |
| | 稲田 吉一 | (水道技術研究センター) |
| | 渡部 英 | (水道技術研究センター) |

紫外線処理ワーキンググループ名簿

(平成 22 年 3 月現在)

| | | |
|-------|--------------|----------------|
| 研究代表者 | 藤原 正弘 | (水道技術研究センター) |
| 研究分担者 | 安藤 茂 | (水道技術研究センター) |
| | 鈴木 泰博 | (水道技術研究センター) |
| | 神子 直之 | (立命館大学) |
| | 大瀧 雅寛 | (お茶の水女子大学) |
| 研究協力者 | 浅見 真理 | (国立保健医療科学院) |
| | 川崎 勇次 | (八戸圏域水道企業団) |
| | 小林 紀人 | (神奈川県企業庁) |
| | 藤岡 一人 | (熊本市水道局) |
| | 岩崎 達行 | (日本紫外線水処理技術協会) |
| | 山越 裕司 | (日本紫外線水処理技術協会) |
| | 高嶋 渉 | (水道技術研究センター) |
| | 三井 康弘 | (水道技術研究センター) |
| 原 敬一 | (水道技術研究センター) | |

4. 1 浄水施設等機能診断マニュアル（案）