



英国の紫外線処理に関する報告書（2）

3. 公共水道における紫外線処理

(1) はじめに

公共水道における紫外線処理に関する情報は、イングランド及びウェールズの 22 水道会社に対する質問状による調査によって収集された。質問状は、施設の詳細、主な機能、上流側及び下流側の処理、そして、関連する消毒副生成物の生成（又は分解）を含む、既存及び計画中の紫外線処理施設の主な特徴を把握できるように構成された。本調査は、2007年に水研究センター（WRc: Water Research Centre）によって行われた過去の調査に基づいている。

質問状に対しては、紫外線処理を用いていないと報告した 6 水道会社からの回答を含む 16 水道会社（回答率：73%）から回答が得られた。

残りの 6 水道会社からは質問状及びその後の問い合わせに対する回答がなかったが、うち 1 社からは約 45 の紫外線ユニット（全て地下水を対象）を有しているとの確認が取れた。

(2) 結果

調査の結果は表 3.1 及び表 3.2 に要約されている。質問状に対する回答は、附属書 B に示されている。水道会社及び浄水場の詳細は、全て匿名にしている。

(訳注：表 3.1 及び表 3.2 並びに附属書 B は省略)

(3) 結論

質問状による調査の結果、16 水道会社（該当なしの 6 社を含む。）の回答から、紫外線施設（既設及び計画中）の総数は 89 施設であり、紫外線処理能力は合計 1,492 千 m^3 /日であることが確認された。紫外線処理能力は、紫外線を利用している 10 水道会社の生産能力の約 23%（生産能力の 3~100%）であり、全 16 水道会社の生産能力の約 17%となっている。

全般的な消毒に用いられる紫外線照射量は、一般に約 40 mJ/cm^2 である。促進酸化処理に用いられる紫外線照射量は、一般に約 500~600 mJ/cm^2 である。

紫外線処理は、ほとんどがクリプトスポリジウムリスクがある場合や全般的な消毒のために使用されており、促進酸化処理における使用はかなり少ない。

紫外線は、地下水を原水とする小規模な場所において最も広範に使用されているが、一方で、より多くの水量が、低地の地表水を原水とするより少数かつ規模の大きな紫外線施設において処理されて

いる。高地の水源を対象とした紫外線の適用はほとんどない。

4. 化学成分及び消毒副生成物に関する紫外線照射量及び/又は予備酸化の影響

(1) はじめに

化学成分及び消毒副生成物の生成に関する紫外線照射量及び/又は予備酸化の影響を評価するため、少数の浄水場の運転及びモニタリングデータの分析が行われた。文献調査から確認されたリスク要因及び以下を考慮に入れて、公共水道の調査から適切な浄水場が選定された。

- ・原水水質（特に高濃度の臭化物を含有する地下水及び地表水を含む。）
- ・異なる紫外線光源（低圧ランプ、中圧ランプ、低圧高出力ランプ）及び浄水処理系列における位置
- ・上流側及び下流側の浄水処理（消毒副生成物の生成に最も大きな影響を与える可能性のある予備酸化（例えば、前塩素処理））

紫外線照射量の変化の影響を評価するため、以下を含むデータが利用可能な浄水場が選定された。

- ・紫外線の設置場所の前及び後の浄水処理系列
- ・紫外線がオン及びオフされる箇所の浄水処理系列
- ・紫外線照射量が増えている箇所（例えば、微量汚染物質を除去するための促進酸化処理の設置を考慮した低照射量から高照射量への変化）の浄水処理系列
- ・紫外線有り及び紫外線無しが並行した処理系列

利用可能な消毒副生成物のデータはほとんどがトリハロメタンに関するものである一方、浄水場選定に当たっては以下の特徴も考慮した。

- ・より精密なモニタリングプログラムは紫外線の実施と関連がみられている。（例えば、サンプリングの回数、ハロ酢酸及び臭化物などのその他の消毒副生成物のサンプリングなど）
- ・紫外線吸光度及び/又は色度のデータ（塩素要求量の代替測定値）が紫外線の前後で利用可能である。
- ・塩素注入量/要求量のデータが利用可能である。
- ・高い頻度の総トリハロメタン及び各トリハロメタンのデータが利用可能である。

(2) 選定された浄水場及び結果

設置されている紫外線施設を詳しく調べるとともに運転データを収集するため、また、消毒副生成物の生成について解明するため、5つの浄水場を訪問した。現地訪問の報告書全文を附属書Cに、また、所見の要約を以下に示す。

①A2 浄水場

A2 浄水場（設計能力 165 千 m^3 /日）は、中程度の色度で時折高濁度となる高アルカリ度の人工水路の水を1日当たり約 100~110 千 m^3 浄水処理している。

原水は処理に先立って貯水され、ゼブラ貝の増殖を防ぐため、4月から9月までの間、塩素が投与される。貯水タンクはトリハロメタン除去のため、曝気される。更なる処理として、前オゾン、凝集（ポリ塩化アルミニウムによる）、沈澱、急速粒状ろ過（RGF：rapid granular filtration）、オゾン処理、粒状活性炭、中圧紫外線（一般的な照射量は 60~120 mJ/cm^2 ）、リン酸塩投与及び最後

の塩素消毒である。

消毒副生成物の生成を減らすため、予防策が講じられている。臭素酸の生成を減らすためにオゾン処理の前段階で硫酸を注入することが可能である。中圧紫外線ランプは臭素酸の生成を減らすためにスリーブがつけられている。現場での電解塩素発生（OSEGC : on-site electrolytic generation of chlorine）では低臭化物塩を使用しており、次亜塩素酸塩の貯蔵は4日以内である。

浄水のトリハロメタンは季節的な変化を示しており、夏が最大濃度—多分、原水の溶存有機炭素、水温及び前塩素処理によって影響される—である。全般に、2012年の紫外線施設の設置以来、トリハロメタン濃度（30 $\mu\text{g/l}$ 未満）は減少しているが、これは紫外線処理の影響というよりも塩素使用量の減少を反映している可能性がある。臭素酸の濃度（最大8 $\mu\text{g/l}$ ）は紫外線処理というよりもオゾン処理によるものであろうし、紫外線処理の後の亜硝酸塩のレベルは常に低いか不検出であった。

②A5浄水場

A5浄水場（設計能力12千 $\text{m}^3/\text{日}$ ）は、高いアルカリ度で、鉄分の多い地下水を1日当たり約4千 m^3 浄水処理している。原水の有機物濃度は低い（平均TOC濃度は0.5 mg/l ）。2013年以前、浄水処理として、前塩素処理（鉄分の沈澱のため）、接触槽、急速粒状ろ過、低圧紫外線、塩素処理及びリン酸塩投与が取り入れられた。12千 $\text{m}^3/\text{日}$ での設計紫外線照射量は48 mJ/cm^2 であるが、浄水量が少ない時には通常100 mJ/cm^2 を超えている。

2013年以前、100 $\mu\text{g/l}$ を超える臭化物を含む前塩素処理の水に対する高い照射量での紫外線処理の結果として、臭素酸の生成が問題であった。小規模での試験では、紫外線処理後の水（原水の臭化物は154 $\mu\text{g/l}$ 、前塩素注入量は2 mg/l ）における臭素酸の濃度は最大で26 mg/l が示された。急速粒状ろ過水の臭素酸は17 $\mu\text{g/l}$ であり、上澄水への日光によって生成された。臭素酸の生成への懸念から、前塩素処理は2013年に中止された。

トリハロメタンの生成は低い（浄水における一般的なトリハロメタン類は8 $\mu\text{g/l}$ 未満）。

③B1浄水場

B1浄水場（設計能力12千 $\text{m}^3/\text{日}$ ）は、低地にある貯水池の低色度の水を1日当たり約8千 m^3 浄水処理している。流域は農業中心であり、貯水池の栄養塩レベルは夏季に高い藻類レベルを引き起こすのに十分である。浄水処理は、pH調整、凝集（硫酸第二鉄）、高分子凝集剤（LT22S）を助剤とした沈澱、pH調整/塩素処理（マンガン除去のため）、加圧ろ過、過酸化水素/低圧紫外線処理（農薬の除去、一般的な紫外線照射量は400 mJ/cm^2 ）、粒状活性炭、塩素処理/脱塩素処理が取り入れられている。

原水のTOCは夏季/秋季が最大の8 mg/l であり、季節的な変化をみせている。浄水のトリハロメタン類は同様に季節的な変化を示し、最大で55 $\mu\text{g/l}$ である。これは、浄水処理された水のTOC（年間を通じて比較的に一定している。）よりも、おそらく水温に関係している。トリハロメタン類は、配水において最大で75～85 $\mu\text{g/l}$ に増加した。

トリハロメタンのデータの顕著な特徴は、過酸化水素/紫外線の後の浄水における臭素系トリハロメタン類の割合が非常に高いことである。ろ過水及び過酸化水素/紫外線の実施の前の浄水では、トリクロロメタンが総トリハロメタンの中で高い割合となっている。データによって、過酸化水素/紫外線が臭素系類の生成を高めていると示唆される一方、データの質（運転及びサンプルの種類の違い）からこのことを言い切ることはできない。

2014年における臭素酸の濃度は粒状活性炭の流入側で最大3.1 $\mu\text{g/l}$ が測定され、浄水では1 $\mu\text{g/l}$ に

減少した。

④B2浄水場

B2浄水場は、低アルカリ度で、高色度の貯水池の水を1日当たり約13千 m^3 浄水処理している。浄水処理は、pH調整、凝集（ポリ塩化アルミニウム）、高分子凝集剤（LT22S）を助剤とした沈澱、pH調整/塩素処理（マンガン除去のため）、急速粒状ろ過、塩素処理が取り入れられている。紫外線は、全般的な消毒を目的として設計照射量40 mJ/cm^2 で2014年に設置された

紫外線の設置前後の消毒副生成物の生成の比較によると、トリハロメタン類は紫外線設置以降、増加していないことが示唆されている。2014年に1回だけ行ったハロ酢酸の測定値（55 $\mu\text{g}/\text{l}$ ）は紫外線設置前の値よりも高かったが、臭素酸は低いまま（1.9～3.3 $\mu\text{g}/\text{l}$ ）であり、亜硝酸は検出されなかった。

⑤D2浄水場

D2浄水場（設計能力7.4千 $\text{m}^3/\text{日}$ ）は、3つの鑿井を水源とする地下水を1日当たり約2.3～6.9千 m^3 浄水処理している。鑿井3の水（最大流量3千 $\text{m}^3/\text{日}$ ）は農薬を含んでおり、高い照射量の低圧の紫外線で処理されている。紫外線で処理された水は、鑿井4及び5（合計最大流量6.2千 $\text{m}^3/\text{日}$ ）からの水と混合される。混合水の一定割合は、塩素処理に先立って再度混合される前に、硝酸塩を除去するためにイオン交換によって処理される。

紫外線処理の実施以降、配水におけるトリハロメタン濃度は低い状態（<20 $\mu\text{g}/\text{l}$ ）であり、また、浄水の亜硝酸塩濃度は、（紫外線処理によって生成された亜硝酸塩はおそらく塩素によって除去されているであろうが、）不検出となっている。現地での当初のパイロット試験では、原水の高い硝酸塩によって、中圧紫外線による亜硝酸塩生成の可能性の問題が強調された。

臭素酸のデータは入手できていないが、原水における臭化物濃度は非常に低く、臭素酸生成の可能性は無視することができるであろう。

（3）結論

5つの浄水場の運転及びモニタリングデータは、紫外線照射量及び/又は予備酸化の影響を評価するために分析が行われた。全般に、利用可能なデータは限られたものであったため、消毒副生成物に対する影響に関する結論はわずかしか出すことができない。

A2浄水場、A5浄水場（歴史的に）及びB2浄水場は全て、紫外線処理に先立って塩素が注入されていた。飲料水水質基準（10 $\mu\text{g}/\text{l}$ ）を超過する臭素酸がA5浄水場で検出されているが、これは、100 $\mu\text{g}/\text{l}$ を超える臭化物を含む前塩素処理された水に対して、100 mJ/cm^2 を超える紫外線で処理したことによるものである。高い紫外線照射量は、設計流量よりも少ない流量での運転から生じたものであった。B2浄水場では、1回だけ行ったハロ酢酸の測定値（55 $\mu\text{g}/\text{l}$ ）は、2014年の紫外線の設置の前に検出された値を超過した。

B1 浄水場及び D2 浄水場は、ともに高い照射量の紫外線が組み込まれていた。臭素化トリハロメタンの生成を高める可能性が B1 浄水場（紫外線照射量 400 mJ/cm^2 ）で認められたが、消毒副生成物の生成に対する重大な影響は観察されなかった。

配信先変更のご連絡等について

「JWRC水道ホットニュース」配信先の変更・追加・停止、その他ご意見、ご要望等がございましたら、会員様名、担当者様名、所属名、連絡先電話番号をご記入の上、下記までEメールにてご連絡をお願いいたします。

〒105-0001 東京都港区虎ノ門2-8-1 虎ノ門電気ビル2F (公財) 水道技術研究センター ホットニュース担当

E-MAIL : jwrchot@jwrc-net.or.jp

TEL 03-3597-0214 FAX 03-3597-0215

また、ご連絡いただいた個人情報は、当センターからのお知らせの配信業務以外には一切使用いたしません。

水道ホットニュースのバックナンバーについて

水道ホットニュースのバックナンバー（第58号以降）は、下記アドレスでご覧になれます。

バックナンバー一覧 <http://www.jwrc-net.or.jp/hotnews/hotnews-h27.html>

国・地域別の水道情報 http://www.jwrc-net.or.jp/aswin/projects-activities/country_area.html

耐震化関連の情報 <http://suido-taishin.jp/hotnews.html>

水道ホットニュースの引用・転載について

水道ホットニュースの引用・転載等を希望される方は、上記ホットニュース担当までご連絡をお願いいたします。

なお、個別の企業・商品・技術等の広告にはご利用いただけません。