

一般社団法人 日本紫外線水処理技術協会

ニュースレター **No.7**

Japan UV Water Treatment Technology Association

JUVA



Newsletter

日本紫外線水処理技術協会

ニュースレター No.7

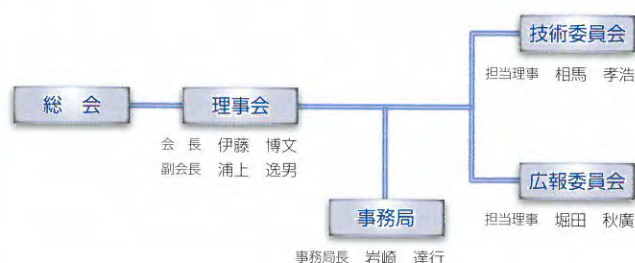
Japan UV Water Treatment Technology Association

JUVA

7

Newsletter

協会組織図



■顧問・役員（平成25年度）

顧問 大垣眞一郎（公益財団法人 水道技術研究センター 理事長）

会長 伊藤 博文（水ing株式会社 副統括）

副会長 浦上 逸男（千代田工販株式会社 部長）

事務局長 岩崎 達行（岩崎電気株式会社 課長）

理事 相馬 孝浩（株式会社東芝 参事）

理事 堀田 秋廣（フナテック株式会社 常務取締役）

理事 神子 直之（立命館大学 教授）

理事 大瀧 雅寛（お茶の水女子大学大学院 教授）

理事 落合 隆（月島機械株式会社 担当部長）

理事 山越 裕司（株式会社日本フォトサイエンス 理事）

監事 谷口 康夫（セン特殊光源株式会社 室長）

もくじ

顧問・役員

●巻頭言

- 01 浄水プロセス改善のための紫外線照射法の適用について
シンエネルギー研究所所長
秋田大学名誉教授
菅原 拓男

●技術資料

- 02 新水道ビジョンにおける紫外線処理への期待
厚生労働省 健康局 水道課長
宇仁菅 伸介
- 03 水道のクリプト対策としての紫外線照射と濁度管理に関するQ&A及び紫外線照射装置の導入状況
公益財団法人 水道技術研究センター
主任研究員
野口 清隆
- 09 クリプトスポリジウムのリスク評価方法と必要な除去率の推定について
お茶の水女子大学
大学院 教授
大瀧 雅寛
- 13 「水銀に関する水俣条約」締結
紫外線ランプ（産業用ランプ）は規制対象外
岩崎電気株式会社
技術本部 研究開発部
光応用研究課 課長
岩崎 達行
- 15 表流水への紫外線処理の適用
株式会社 東芝
水・環境エンジニアリングセンター
水・環境プロセス技術部
相馬 孝浩

- 19 導入事例紹介

●会員紹介

- 21 会員リスト

編集・発行

一般社団法人 日本紫外線水処理技術協会 広報委員会



浄水プロセス改善のための紫外線照射法の適用について

シンエネルギー研究所所長 秋田大学名誉教授 菅原 拓男

近年、遊離塩素に抵抗性を持つクリプトスポリジウムが紫外線によって不活性化することが明らかとなり、紫外線殺菌法が、改めて浄水プロセスの改善方策として注目されている。この新しい動きは、1970年代末から流通系紫外線殺菌法の可能性を指摘してきた私にとって新しい喜びである。

本誌読者には申し上げるまでもないことであるが、流通系紫外線殺菌装置が産業界に注目されるようになったのは1980年代以降である。まず超純水製造プロセスに導入され、その後、純水循環利用プロセス開発のための主要素として急速に応用分野が広がっていった。この経緯から伺われるように、紫外線照射による殺菌は、とくに透過度の高い水に対して有効である。それだけに、この技術を浄水プロセス改善、とくにろ過後の消毒操作として適応させようとする試みは当を得たものと言える。その場合、どんな技術的問題を解決すべきかを考えてみたい。

さて、流系反応場の設計は反応工学分野の大きなテーマの一つであるが、熱エネルギーならぬ光エネルギーを利用する場合はその反応速度と対流及び拡散速度をどう関係付ければ良いだろうか。古い研究であるが、私共が1981年、化学工学英文誌に発表した二つの論文「枯草菌胞子の紫外線照射による不活性化速度」、「低圧水銀灯照射下での流系環状殺菌装置特性」を紹介しながら、そこで得た結果をもとにして今後とも必要な技術的側面の考え方を述べる。

最初の論文では、不活性化（＝殺菌）速度の定式化にあたって、放射線分子生物学分野で用いられている標的論を基礎とし、加えて菌群には少量ながら活性の異なる（耐性の強い）ものが常に存在する、と仮定した。そして、紫外線照射波長分布の影響を詳細に調べ、利用できる紫外線ランプの中では低圧水銀灯（254nm光）が不

活性化に対して最も効率が良いこと、このとき、不活性化速度は誘導期を経た後、みかけ1次反応として扱える、ということを示した。次の論文では、低圧水銀灯が発する254nm光は拡散性の角度分布を有していることに注意すること、また、二重管環状部を層流状に流れる水に乗っている枯草菌胞子が紫外線照射を受けるとき、反応場はいわゆるマクロ流体（macrofluid）の扱いができることを示した。そして、低分子を扱う熱化学反応器としては栓流型と近似できる層流反応器も、反応率（＝殺菌率）99.9%以上を扱わなければならない紫外線殺菌装置においては、装置出口平均殺菌率の予測にあたって層流速度分布の影響を詳細に調べることが必要、ということを示した。

これらをもとに考えると、クリプトスポリジウムを対象とした場合においても、まずはその不活性化に及ぼす照射紫外線波長分布の影響を調べて光源の種類を決めるべきであること、引き続いて、処理水の透過率データをもとに殺菌装置形状・容量と流れ方を決定すべきであるということが指摘できよう。なお、水の透過率が高い場合、光源の配光特性に細心の注意を払い、また流れの短絡路ができないように設計することによって、スケールアップが比較的容易に行えることも、紫外線照射法の有利な点であることを付記する。

最後に、小規模廃水処理の場合であるが、管理型最終処分場における浸出水処理の最終段階に紫外線殺菌法を導入している例を紹介したい。秋田県環境保全センターでは処分場下流のピオトープを守るため、300m³/dayの浸出水を、処理の最終段階で塩素消毒に代えて紫外線殺菌を行うことによって、大腸菌群を下水処理水レベルとして放流している。廃水であれ、透過度が高ければ紫外線照射法が流水消毒に有効という証である。



新水道ビジョンにおける紫外線処理への期待

厚生労働省 健康局 水道課長 宇仁菅 伸介

厚生労働省では、平成16年の水道ビジョン策定から約9年が経過し、人口減少社会の到来や東日本大震災の経験など、水道を取り巻く状況に大きな変化が生じていることから、平成25年3月に新水道ビジョンを策定したところである。

新水道ビジョンにおいては、水道の50年、100年先を見据え、安全、強靱、持続の3つの観点から取り組みの方向性を示している。そのうち、「安全な水の供給は確保されているか」といった観点から、クリプトスポリジウム等の耐塩素性病原生物の対策（以下、クリプト対策という。）の課題を取り上げている。全国の水道施設においては、クリプトスポリジウム等の汚染が懸念される水源を利用しているにもかかわらず、必要な整備が行われていない施設が今なお多く残されている状況であり、毎年度実施している厚生労働省の調査結果でも明らかにされている。

平成24年3月現在における全国の浄水施設（表流水、伏流水、浅井戸又は深井戸を水源とし、全量浄水受水以外の施設）の調査対象施設20,124施設のうち、水道原水のクリプトスポリジウム等による汚染のおそれがある施設（予防対策の必要な施設）は7,120施設となっており、このうち2,413施設は、対策を検討中（いわゆる未対応施設）としており、汚染のおそれありの施設に占める未対応施設の割合は、約33%という状況である。5年前のデータと比較すると、未対応施設の割合が約47%であったので、その割合は減少傾向にある。

また、クリプト対策が未実施の施設は、簡易水道等の小規模な施設によるものが多いため、給水人口ベースでは現在給水人口（約124,817千人）のうち、未対応となっている人口は、約3,662千人であり、未対応人口割合は約2.9%である。この割合は、平成19年度には5.0%であったので、未対応給水人口の割合についても、年々減少傾向にある。

クリプト対策未対応の施設は、簡易水道等の小規模な施設で多く、簡易水道が1,576施設（平成23年度末現在）であり、未対応施設全体の65%を占めている。（※）

施設基準については、平成19年3月の「水道施設の技術的基準を定める省令」の改正により、クリプト対策として新たに紫外線処理設備を位置づけている。これに

より、水道事業者又は専用水道設置者による施設対策のバリエーションが広がった。紫外線処理の特長は、ろ過施設を新たに整備することに比べて簡易に対応でき、特に水道水源が比較的清浄である場合には、複雑な処理工程を不要とし、コスト面や維持管理面で優位性が高い。

また、地方公共団体が整備する場合にあっては、国庫補助制度の活用も可能にしたことから、国としてもクリプト対策の推進となる紫外線処理設備の整備に対して継続的に支援しているところである。

紫外線設備の普及については、知見の蓄積により、新規導入実績が徐々に積み重ねられているところである。しかし、そのニーズは小規模な簡易水道事業において多いため、財源と人材の確保が非常に厳しい状況である。また、紫外線設備は、多くの施設で行われる凝集沈殿・ろ過の水処理工程とは異なる処理機構を備えていることから、部品の交換や故障・不具合の対応が適切に行われなければ、設備の継続的運用が困難となる。

新水道ビジョンでは、クリプト対策について、施設整備の必要性に加え、財源や人材、先進技術の開発など、設備導入後の体制も含めた多様な面から、全体のレベルアップを図る必要性を示している。紫外線設備は、平成19年以降に導入された設備の部分的な取り替えや修繕を要する時期に差し掛かっている。今後は、継続的なメンテナンスを考慮した適正運用のため、水道事業者等による適切な管理体制、技術レベルの高度化に加え、民間企業も含め、設備のアフターサービスの充実強化が不可欠となる。また、その面でのコストダウンや機器・部品の調達や適切な保守体制が求められる。さらに、導入先としてのニーズが高い小規模な施設の点在した場所での維持管理において、水道事業の広域的な連携を視野に入れつつ、官民あがての体制づくり、汎用性の高い備用品の普及など、多様なサービスレベルが要求されることとなる。将来も見据え、紫外線設備に関わる人材と技術の充実度を高く維持し、持続的に水の安全に寄与する効果的な水処理技術として、発展することを期待する。

（※）施設数等の数値は、平成19年度及び24年度水道関係担当者会議（厚生労働省）資料から抜粋



水道のクリプト対策としての紫外線照射と濁度管理に関するQ&A及び紫外線照射装置の導入状況

公益財団法人 水道技術研究センター 主任研究員 野口 清隆

1. 水道のクリプト対策としての紫外線照射と

濁度管理に関するQ&A

（「日本水環境学会紫外線を利用した水処理技術研究委員会」作成）

平成25年2月27日にワークショップ「水道のクリプト対策としての紫外線照射と濁度管理について考える」（日本水環境学会紫外線を利用した水処理技術研究委員会／水道技術研究センター共催）が開催された。

水道のクリプト対策としては、厚生労働省の「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針」に、ろ過池出口濁度0.1度以下を維持することが示されているが、現在でも対応が難しいという事業者の存在もあり、その対応策が検討されている。その一つが紫外線の導入であるが地表水以外に限定されていることもあり、完全な対応策とはなっていない。このワークショップは、クリプトの現状、管理の問題点を確認するとともに、濁度管理と紫外線照射の役割に関して議論したものである。

ワークショップ後のアンケートの集計結果によると、水道事業者をはじめとした多くの参加者から、「クリプトスポリジウムや濁度管理について知らない情報が多く、参考になった。」という感想とともに、「このような情報発信が足りないのではないかな。もっと情報を発信して欲しい。」とのご指摘が多く寄せられた。

このため、「日本水環境学会紫外線を利用した水処理技術研究委員会」において、どのような情報発信が最適かを検討した結果、「基本的なことから最新の情報を含めたQ&Aを作成し、できるだけ多くの方々へ情報提供を行うのがよい。」との結論に至った。そこで、日本水環境学会紫外線を利用した水処理技術研究委員会は、「クリプトスポリジウム及び濁度管理に関するQ&A」を取り纏めた。JWRCでは、それを平成25年9月13日付の水道ホットニュース第381-3号に記載して会員に配信している。以下にその内容を掲載する。

<http://www.jwrc-net.or.jp/hotnews/pdf/HotNews381-3.pdf>

No.	質問	回答	引用元
1	クリプトスポリジウム症（ジアルジア）とは、どんな症状ですか？	厚生労働省のホームページには、次のように記載されています。 「クリプトスポリジウム属原虫（ <i>Cryptosporidium</i> spp.）のオーシストを経口摂取することによる感染症で、潜伏期は4～5日ないし10日程度と考えられ、無症状のものから、食欲不振、嘔吐、腹痛、下痢などを呈するものまで様々である。 患者の免疫力が正常であれば、通常は数日間で自然治癒するが、エイズなどの各種の免疫不全状態にある場合は、重篤な感染を起こすことがあり、1日に3～5L、時に10Lをこえる下痢によって死亡することもある。」	厚生労働省H.P. http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/kekaku-kansenshou11/01-05-04.html
2	クリプトスポリジウムをどれくらい飲んだら感染しますか？	「健水発第0330006号」には、次の通り記載されています。 「クリプトスポリジウム1個を経口摂取したときの感染確率は4～16%で、ジアルジア1個では2%と計算されており、いずれも感染力の強い病原体である。」 1,000個なら100%感染、30個なら20%の人が感染したと報告されています ¹⁾ 。	厚生労働省 健水発第0330006号、水道における指標菌及びクリプトスポリジウム等の検査方法について（平成19年3月30日） http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/kikikanrj/dl/ks-0330006.pdf 1) 平田ら「病原性原虫の消毒技術」モダンメディア、52巻、10号、P307～316 2006 http://www.mhlw.go.jp/shingi/2006/08/dl/s0804-4b6betu1.pdf
3	浄水中のクリプトスポリジウム濃度について、基準値は設定されているのですか？	水質基準項目（50項目）、水質管理目標設定項目（27項目128物質）、要検討項目（48項目）のいずれにもクリプトスポリジウム等に関する基準値は設定されていません。 また対策指針においても、浄水中のクリプトスポリジウム濃度は特に設定されていません。 ただし、水道法四条の一では、水道により供給される水の要件として、次の通り記載されています。 「病原生物に汚染され、又は病原生物に汚染されたことを疑わせるような生物若しくは物質を含むものでないこと。」	水道水質基準 http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/kijun/kijunchi.html 水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針 http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/kikikanrj/dl/ks-0330005.pdf?bcsi_scan_824a65e12e0acc21=0&bcsi_scan_filename=ks-0330005.pdf 水道法： http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S32/S32H0177.html

No.	質問	回答	引用元
4	クリプトスポリジウム等の基準値が設定されない理由は何か？	「水質基準の見直し等について(答申)」では、次の通り記載しています。 「なお、水質基準とすることについては、仮に米国環境保護庁(USEPA)で用いている微生物許容感染リスクの考え方(1年間に1人の人が感染する確率10^{-6}以下)を採用したとしても、極めて多量(15m³)の試料水を用いて検出されないことを確認することが求められること。また、クリプトスポリジウム等の検出方法に未だ問題点が残っていることから、現実的ではない。」 また、「「水質基準の見直し等について(案)」に対する意見及びその回答」では、次の通り回答しています。 「本報告案にもあるとおり、クリプトスポリジウムの検出方法等に種々の課題が残っており、水質基準とすることは適当ではないと考えます。なお、水道法においては、水質基準を規定する第4条において病原微生物は含まれないこととしており、包括的に見れば、クリプトスポリジウムもこの規定に含まれていると考えられます。」	水質基準の見直し等について(答申)、厚生科学審議会(平成15年4月28日、) http://www.mhlw.go.jp/shingi/2003/04/s0428-7.html →資料3 水質基準の見直し等について http://www.mhlw.go.jp/shingi/2003/04/s0428-7.html →V. クリプトスポリジウム等の耐塩素性病原微生物対策(P.37) http://www.mhlw.go.jp/shingi/2003/04/dl/s0428-4g.pdf 「水質基準の見直し等について(案)」に対する意見及びその回答、水質管理専門委員会(平成15年4月21日、) http://www.mhlw.go.jp/shingi/2003/04/s0428-7d.html
5	クリプトスポリジウム等の検査方法や検査頻度はどのように定められているのですか？	「健水発第0330006号」には、捕捉・凝縮・分離・精製及び検出の検査方法が示されており、次の通り記載しています。 「また、クリプトスポリジウム等が水道原水中に存在する場合には、紫外線処理を行っても、クリプトスポリジウム等は浄水にも存在することとなるが、紫外線処理が適切に行われている場合には、ヒトに対する感染性はなく、指針に基づく運転管理を確実に実施することにより、浄水の安全性を確保すべきこと」 「健水発第0330005号」には、以下のように示されています。 レベル4及びレベル3における原水等の検査は、水質検査計画等に基づき、適切な頻度で原水のクリプトスポリジウム等及び指標菌の検査を実施すること。ただし、クリプトスポリジウム等の除去又は不活化のために必要な施設を整備中の期間においては、原水のクリプトスポリジウム等を3ヶ月1回以上、指標菌を月1回以上検査すること。浄水を毎日1回20L採水し、ポリタンクに注入した水または採水した水から得られるサンプルを14日間保存することが望ましい。	厚生労働省 健水発第0330006号、水道における指標菌及びクリプトスポリジウム等の検査方法について、平成19年3月30日 http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/kikikanr/i/dl/ks-0330006.pdf 厚生労働省 健水発第0330005号、水道水中のクリプトスポリジウム等対策の実施について http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/kikikanr/i/dl/ks-0330005.pdf
6	原水中のクリプト濃度を直接分析する代わりに、別の水質項目でモニタリングする方法はないのですか？	全国の調査地点における濁度との相関は低いが、クリプトによる汚染の可能性を判断する指標として指定されている嫌気性芽胞菌とは、ある程度の相関が確認されたと報告されています¹⁾。	1) 浅見真理「第4回新水道ビジョン策定検討会(平成24年5月11日)、資料-3安全な水の確保(水道水質管理の現状と課題)」 http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r9852000002b8qy-att/2r9852000002b8wd.pdf
7	クリプト対策として紫外線処理が認められているのはどういう場合ですか？	「対策指針」では、以下のように記載されています。 水道原水に係るクリプトスポリジウム等による汚染のおそれの程度を4つに分類し、各分類に対応した施設整備、原水等の検査、運転管理、施設整備中の管理等の措置を示しています。 汚染の恐れのない順にレベル1からレベル4となっており、レベル3に該当する施設に対してろ過池等による適切なろ過(出口濁度0.1度以下)の実施または紫外線処理が求められています。 レベル3に該当するのは地表水以外の水を水道の原水としており、当該原水から指標菌が検出されたことがある施設です。 なお、対策指針の内容は「水道水の技術的基準を定める省令」にも反映されています。	水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針 http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/kikikanr/i/dl/ks-0330005.pdf?bcsi_scan_824a65e12e0acc21=0&bcsi_scan_filename=ks-0330005.pdf 水道施設の技術的基準を定める省令第5条第1項第8号 http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H12/H12F03601000015.html
8	表流水原水に対してはどのような処理が求められているのですか？	「対策指針」では、以下のように記載されています。 地表水を水道の原水としている場合、当該原水から指標菌が検出されたことがない施設はレベル2に分類され、3ヶ月に1回以上、原水の指標菌の検査を実施することを求めています。 当該原水から指標菌が検出されたことがある施設がレベル4に分類され、ろ過池等による適切なろ過(出口濁度0.1度以下)の実施を求めています。 なお、レベル4において適切なろ過を実施したうえで、更なる安全性の確保のために紫外線処理を行うことは、クリプトスポリジウム等対策として排除されることはありません。	水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針 http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/kikikanr/i/dl/ks-0330005.pdf?bcsi_scan_824a65e12e0acc21=0&bcsi_scan_filename=ks-0330005.pdf 全国水道関係者担当者会議資料(平成22年3月5日)資料P.144 7.水道水質管理について (2)統合的アプローチによる水道水質の向上 ウ.耐塩素性病原性生物対策の推進 http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/tantousya/2009/dl/h21_07.pdf
9	対策指針で、紫外線処理でレベル4への対策が認められないのはなぜですか？	厚生労働省のパブリックコメントでは、以下の通り、記載されています。 「クリプトスポリジウム等による汚染のおそれの大きさの判断のしかたや、汚染のおそれの大きさに応じた対策などについて検討するための定量的なデータや知見が十分に得られていない」 さらに「健水発第0330006号」の第2留意事項「2.定量的な汚染リスクに関する知見の収集について」では、以下のように記載されています。 「クリプトスポリジウム等及び指標菌に関しては、水道原水におけるクリプトスポリジウム等による汚染のおそれの程度に関する定量的な知見が必ずしも十分でないことから、今回示した指標菌及びクリプトスポリジウム等の検査方法により、汚染リスクに関する定量的なデータの集積に努めるべきであること。また、当省においては、これらの知見を踏まえ、今後、定量的な汚染リスクに基づく予防対策等について検討を進めることとしている。」	厚生労働省パブリックコメント、「水道施設の技術的基準を定める省令」の一部改正等に関する意見募集の結果について、No.12(平成19年4月6日) 厚生労働省 健水発第0330006号、水道における指標菌及びクリプトスポリジウム等の検査方法について、平成19年3月30日 http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/kikikanr/i/dl/ks-0330006.pdf

No.	質問	回答	引用元
10	全国の浄水場で、どの程度対策が進んでいるのですか？	厚生労働省の調査では、以下のように記載されています。 調査対象（調査に回答した施設、全量浄水受を除く）20,124施設のうち、87%にあたる17,554施設で水道原水のクリプトスポリジウム等による汚染のおそれの判断が完了しています。このうち対策施設の必要なレベル3（3,069カ所）およびレベル4（4,051カ所）での対応完了率は、それぞれ42%（1,298カ所）、84%（3,409カ所）となっています。 （平成24年3月末現在）	平成24年度全国水道関係担当者会議 資料8-5（P159） http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/tantousya/2012/dl/02-805.pdf
11	ろ過水濁度が0.1度以下と決まっているのには、どういう意味があるのですか？	暫定対策指針質疑回答集では、0.1度以下という数値の根拠として、以下の通り記載されています。 「米国水道協会白書及び過去にクリプトスポリジウム禍に見舞われた経験があるミルウォーキー市において、公衆衛生上のリスクの観点から目標とすべきとされている数値等を参考とした。なお、我が国のろ過方式による浄水処理を行っている浄水場においては、適正な管理のもとでろ過池出口の水の濁度を常に0.1度以下に維持することは、技術的に可能なレベルと考えられる。」	水道におけるクリプトスポリジウム暫定対策指針等に関する質疑回答集、厚生労働省（平成14年2月） http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/jouhou/suisitu/c3.html
12	ろ過水濁度が0.1度を上回ってしまうことがあるのでしょうか？	公益財団法人 水道技術研究センターが実施したアンケート調査では、以下のよう に記載されています。 「自主管理値を設定した上で、濁度管理を行っている191ヶ所の事業体の内、約18%に相当する34ヶ所で0.1度超過を経験したことがある。」管理値超過の主要な原因として、凝集剤注入制御が困難、施設的能力不足、無人のため監視不十分等が挙げられています。	高島渉、植木茂、神子直之、大瀧雅寛、安藤茂、藤原正弘：中小規模水道事業体のろ過池管理の現状と紫外線処理適用の検討、水道協会雑誌、933、2-7（2012）
13	ろ過と紫外線処理の、クリプトスポリジウムに対する作用の違いを教えてください。	水道施設設計指針では、以下のように記載されています。 急速ろ過の場合、第一に凝集剤添加によりフロックが作られます。クリプト等はここのフロック内に包含されると共に、外表面に吸着されます。その後、沈殿池では重力沈降作用、ろ過池ではふるい分け作用と吸着作用によりフロックが分離され、それに伴いクリプト等も分離除去されます。 一方、紫外線処理の場合、DNAなどの遺伝子に直接損傷を与える不活化作用により、クリプト等の感染性を失わせています。	水道施設設計指針（2012年版） 日本水道協会
14	アメリカなどの海外ではどんな対策をしていますか？	WHOは、参考許容値（Reference Level of Acceptable Risk、単位はDALYs）に基づき、浄水処理レベルの達成目標を 10^{-6} DALYとすることを提案 ¹⁾ しており、クリプトスポリジウム症のDALYを 1.5×10^{-3} として、適切な浄水処理の実施が必要としています。 一方、米国環境保護庁（USEPA）では、「飲料水の微生物許容感染リスク（1年間に1人の人が感染する確率 10^{-4} 以下）」を達成することを目指し、通常のろ過処理と、追加ろ過処理（膜ろ過）または、不活化処理（二酸化塩素処理、オゾン処理、紫外線処理など）を組み合わせたマルチバリアによる対策を推奨しています ²⁾ 。 なお、飲料水によるクリプトスポリジウムの感染リスク（1年間に1人の人が感染する確率）を 10^{-4} 以下とするためには、常時30m ³ の浄水のなかにクリプトスポリジウムが検出されないことを確認する必要があると試算されています ³⁾ 。	1) WHO Guidelines for drinking-water quality - 4th. (2011) http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241548151_eng.pdf 2) USEPA, "The Long Term 2 Enhanced Surface Water Treatment Rule (LT2ESWTR) Implementation Guidance", 2007. http://www.epa.gov/safewater/disinfection/lt2/pdfs/guide_lt2_stateimplementation.pdf 3) 水道におけるクリプトスポリジウム暫定対策指針等に関する質疑回答集（平成14年2月） http://www.mhlw.go.jp/shingi/2002/09/dl/s0904-4e7.pdf
15	一般的に、水道原水（表流水）にはどの程度クリプトスポリジウムがいますか？	国内の水道水源におけるクリプトスポリジウムの検出率は47%（14/30カ所）で検出濃度は2～440 oocysts/10L との報告事例があります。尚、検出率には明確な地域差はなく国内広範囲の水道水源が汚染されている状況にあります。	岸田他、水道水源における原虫汚染の全国実態調査、日本水環境学会年会講演集（2012年3月）
16	表流水中のクリプトスポリジウムは、すべてが人への感染性を有しているのですか？	すべてのクリプトスポリジウムがヒトに感染性を有しているわけではありません。検出された7種類の遺伝子型のうち、3種類のクリプトスポリジウムにヒトへの感染性が認められたとの報告事例があります。	岸田他、水道水源における原虫汚染の全国実態調査、日本水環境学会年会講演集（2012年3月）
17	多いところでは水道原水（表流水）にどの程度クリプトスポリジウムがいますか？	最大3,700個/10L 検出された報告事例があります。養豚施設からの排水が流出している箇所では多く検出される傾向があります。	秋葉道宏他「公共用水域の人畜由来汚染による健康影響リスクの解明と制御に関する研究」環境保全研究成果集（CD-ROM）（2009）
18	どういう状況で表流水中のクリプト濃度が高くなるのですか？	水温が低い場合、あるいは降雨量が増大した場合にクリプトスポリジウムの陽性率が増加する傾向があります。 水温低下により検出率が增大する原因としては、①畜舎廃水等の処理性悪化、②河川中の生物活性が低下することによりクリプトスポリジウムの生残性が上昇することが推測されます。 降雨量の増大の場合は、①河川中の汚泥に堆積しているクリプトスポリジウムの流出、②畜舎等の排水処理施設からのオーバーフローなどが原因であると推測されます。	荒川水系におけるクリプトスポリジウムの調査（東京都水道局 中東寛和他）第62回全国水道研究発表会（平成23年5月）

No.	質問	回答	引用元
19	ろ過で、どの程度クリプトが除去できるのですか？	急速ろ過法によるクリトスポリジウム除去率について、国内外の調査事例でおおむね2.5～3 logの除去率が報告されています ^{1), 2)} 。これらの報告例を受けて、WHOでは2.5log、USEPAでは3.0logの除去率を示しています ^{3), 4)} 。	1) 平田他、「クリトスポリジウムと水処理」用水と廃水、Vol.44 No.4 pp.304-312 (2002) 2) A Review of Cryptosporidium removal by granular media filtration, Emelko et al, J. AWWA, No.97, Vol. 12 (2005) pp.101-115 3) Risk Assessment of Cryptosporidium in Drinking Water (2009) p.43 (http://whqlibdoc.who.int/hq/2009/WHO_HSE_WSH_09.04_eng.pdf) 4) LT2ESWTR Implementation Guidance p.77 Table 3-. Suggested cryptosporidium removal credit towards LT2ESWTR requirements for well-run water treatment plants
20	どういった状況で、ろ過でのクリプト除去率が低下する可能性があるのですか？	①ろ過開始直後 一般的な挙動として、洗浄後ろ過開始直後にはろ過水濁度が0.1度以上に上昇する現象が見られます。 捨水、スローダウン、スロースタートなどの対策が有効であり、対策指針の中でも留意事項として記載されています。 ②逆洗排水の再利用 ろ過池洗浄排水を原水へ返送する場合には、ろ過池で捕捉されたクリトスポリジウムが浄水施設内で循環する可能性があります。 この対策として「対策指針」では、排水池等に濁質の低減機能を持たせることを推奨しています。 排水に対する紫外線処理も有効です。(公財)水道技術研究センターの調査結果では、平成24年度末現在、水道の排水プロセス向け紫外線処理設備として、8件の納入実績があります。 ③操作条件 凝集剤注入率、凝集pH等の操作因子が不適切であったり、原水水質の変化が急激で対応が間に合わなかった場合には、凝集不良となり、クリプト除去率が低下する恐れがあります。 ④ろ過の終盤 ろ過の終盤でブレークスルー(濁度の上昇)が見られる時間帯にはクリトスポリジウムの除去率が下がる傾向があります。ろ過水濁度がわずかに上昇した時点(<0.15 ntu)でも、クリトスポリジウムの除去率が低下する例も報告されています。	水道におけるクリトスポリジウム等対策指針 http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/kikikanri/dl/ks-0330005.pdf?bcsi_scan_824a65e12e0acc21=0&bcsi_scan_filename=ks-0330005.pdf Water Treatment and Pathogen Control Process Deiciency in Achieving Safe Drinking Water, M. W. LeChavallier et al, IWA Publishing (2004) 水道におけるクリトスポリジウム等対策指針 http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/kikikanri/dl/ks-0330005.pdf?bcsi_scan_824a65e12e0acc21=0&bcsi_scan_filename=ks-0330005.pdf 「我が国の水道における紫外線処理設備の導入状況(全国計、平成24年度末現在)」、JWRC 水道ホットニュース 第369-2号、水道技術研究センター(2013) Risk Assessment of Cryptosporidium in Drinking Water (2009) p.43 (http://whqlibdoc.who.int/hq/2009/WHO_HSE_WSH_09.04_eng.pdf) A Review of Cryptosporidium removal by granular media filtration, Emelko et al, J. AWWA, No.97, Vol. 12 pp.101-115 (2005) 高島他、「中小規模水道事業体のろ過池管理の現状と紫外線処理適用の検討」、水道協会雑誌, Vol.81, No.6, pp.2-7 A Review of Cryptosporidium removal by granular media filtration, Emelko et al, J. AWWA, No.97, Vol. 12 pp.101-115 (2005)
21	表流水原水に対してろ過(急速ろ過)を適切に行っている場合、浄水中には最大どの程度のクリトスポリジウムが残る可能性があるのでしょうか？	一般に急速ろ過によるクリトスポリジウム除去率は、2.5～3.0logとされています。例えば、原水10L中に1個のクリトスポリジウムが検出された場合には、 $1.0 \times 10^{-3} \sim 3.16 \times 10^{-3}$ 個/10L残る可能性があります。これを、換算すると3個/30m ³ となりUSEPAの目標 ¹⁾ を超過することになりますが、我が国の目標クリトスポリジウム濃度として提案 ²⁾ されたことがある1個/m ³ 以下はクリアするレベルになります。但し、降雨や水温により100個/10Lを超過する場合があることや、突発的な糞便汚染の発生により3,000個/10Lを越えた事例 ³⁾ も報告されており、急速ろ過による対策だけでは浄水の目標クリプト濃度の達成が困難な状況にあります。	1) 水道におけるクリトスポリジウム暫定対策指針等に関する質疑回答集(平成14年2月) http://www.mhlw.go.jp/shingi/2002/09/dl/s0904-4e7.pdf 2) 平田強他, 原虫基準の検討結果, 第4回日本水環境学会シンポジウム, 181-182 (2001) 3) 中東他, 利根川・荒川水系におけるクリトスポリジウムの調査, 水道協会雑誌 第81巻 第10号, 22-27, 2012
22	実際に、水道水からクリプトが検出されることがあるのですか？	平成25年2月末現在で26件の事例が公表されています。	平成24年度全国水道関係担当者会議資料、(表-4) http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/tantousya/2012/dl/02-805.pdf

No.	質問	回答	引用元
23	表流水を原水とする浄水場において、クリプトスポリジウム対策を強化するには、どのような方法がありますか？	①濁度管理の徹底 USEPAは、ろ過水の濁度管理を徹底することで3.0logから最大4.0logまで除去率を高められるとしています。ただし、この濁度管理の徹底は、「対策指針」の範囲（ろ過水出口濁度が常時0.1度以下）に含まれていると解釈できます。 ②消毒剤の追加 オゾン処理や紫外線処理により、CT値や照射量に応じた不活化効果が得られます。3logの不活化効果を得るために、オゾン処理では12～30mg・min/L（10～20℃）、紫外線処理では9 mJ/cm²が必要とされています。コスト、スペース、副生成物生成、維持管理等を考慮すると、紫外線処理が有利です。 ③膜ろ過 一般に5～7 log程度の除去率が得られるとされています。対策指針では「ろ過等」に含まれ、砂ろ過と同じ位置づけになります。	USEPA: LT2ESWTR Implementation Guidance p.77, Table 3-6. Microbial Toolbox: Options, Log Credits, and Summary of Design/Implementation Criteria http://www.epa.gov/ogwdw/disinfection/lt2/pdfs/guide_lt2_st ateimplementation.pdf 参考: JWRC Hot News No.125-2 進化する米国の浄水処理 一長期第2次地表水処理強化規則実施ガイダンスから（その4） Table 3-. Suggested cryptosporidium removal credit towards LT2ESWTR requirements for well-run water treatment plants Risk Assessment of Cryptosporidium in Drinking Water (2009) p.43 http://whqlibdoc.who.int/hq/2009/WHO_HSE_WSH_09.04_eng.pdf 水道技術研究センター、浄水技術ガイドライン2010、(2010) 対策指針: http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/kikikanr i/dl/ks-0330005.pdf?bcsi_scan_824a65e12e0acc21=0&bcsi_scan_file name=ks-0330005.pdf
24	ろ過と紫外線処理を組み合わせることについて、海外ではどのように考えているのですか？	米国環境保護庁（USEPA）は、2006年1月5日「長期第2次地表水処理強化規則（LT2ESWTR: The Long Term 2 Enhanced Surface Water Treatment Rule）」を官報で公示し、2007年8月に、「長期第2次地表水処理強化規則実施ガイダンス（LT2ESWTRI）^{1)～5)}」を発行しており、このなかで、公衆の感染リスク（1年間に1人の人が感染する確率）を10⁻⁴（＝1万人・1年当たりにつき1人未満）に減らすことを目標に、水道システムに要求される浄水レベルとして、ろ過を行っている水道システムに対しては、原水中のクリプト濃度（Bin分類）によって必要な浄水処理レベルを備えることを要求しています。それによれば、原水中のクリプト濃度が0.075（oocyst/L）以上1.0（oocyst/L）未満（Bin2）では4.0log、1.0（oocyst/L）以上3.0（oocyst/L）未満（Bin3）では5.0log、3.0（oocyst/L）以上（Bin4）では5.5logのクリプト除去・不活化処理を要求しています。急速ろ過システムのクリプト除去効果は2.5log～3.0logであるため、少なくとも1.0log～3.0logの追加処理が必要になり、追加処理⁶⁾には、膜ろ過、オゾン処理、紫外線処理がありますが、コストが最も低い紫外線処理が多く採用されています。	1) http://yosemite.epa.gov/water/owrcatalog.nsf/065ca07e299b464685256ce50075c11a/8598976ac641a9c48525734400694867!OpenDocument 2) http://www.jwrc-net.or.jp/hotnews/pdf/HotNews122-2.pdf 3) http://www.jwrc-net.or.jp/hotnews/pdf/HotNews123-2.pdf 4) http://www.jwrc-net.or.jp/hotnews/pdf/HotNews124-2.pdf 5) http://www.jwrc-net.or.jp/hotnews/pdf/HotNews125-2.pdf 6) http://drinkingwater.vt.gov/dwrules/pdf/40cfr.pdf
25	表流水原水に対し紫外線処理でクリプトスポリジウム対策をとる場合、濁度は影響しますか？	健康リスク低減のための新たな浄水プロセス及び管路更新手法の開発に関する研究（厚生労働科学研究費補助金 総合研究報告書平成23年5月）では、以下の報告がされています。 「濁度が5 度程度以下又は水道水質基準である2 度を満たしていれば、水中の微生物に紫外線が到達し、耐塩素性生物の不活化に効果的に適用できると考えられる。浄水プロセスにおいて紫外線処理は最終段階で適用されるため、通常の除濁処理が良好に行われている場合においては、その水源種別を問わず良好に紫外線照射の効果が得られるものと考えられる。」としています。	藤原他、健康リスク低減のための新たな浄水プロセス及び管路更新手法の開発に関する研究 平成20年度～22年度 総合研究報告書、厚生労働科学研究費補助金 健康安全・危機管理対策総合研究事業（平成23年5月） http://www.jwrc-net.or.jp/chousa-kenkyuu/sougo-hokokusyo.pdf

2. 紫外線照射装置 JWRC 基準の認定状況

水道技術研究センターでは、紫外線照射装置が求められる一定水準以上の性能及び品質を具体的に判断する基準として、「紫外線照射装置 JWRC 技術審査基準」を制定し、平成 20 年 4 月より適合認定業務を行っている。

平成 25 年 8 月末現在、低圧紫外線ランプ照射装置の認定状況は、認定者数 17 企業、認定数 67 件、認定装置の型式数 143 型式となっている。また、低圧ランプの認定装置を処理水量別で見ると、1,000m³/日未満が 29 型式、1,000m³/日以上～10,000m³/日未満が 80 型式、10,000m³/日以上が 34 型式である。

中圧紫外線ランプ照射装置については、認定者数 6 企業、認定数 16 件、認定装置の型式数 27 型式となって

いる。処理水量別では、5,000m³/日未満が 2 型式、5,000m³/日以上～50,000m³/日未満が 20 型式、50,000m³/日以上が 5 型式である。（図 1）

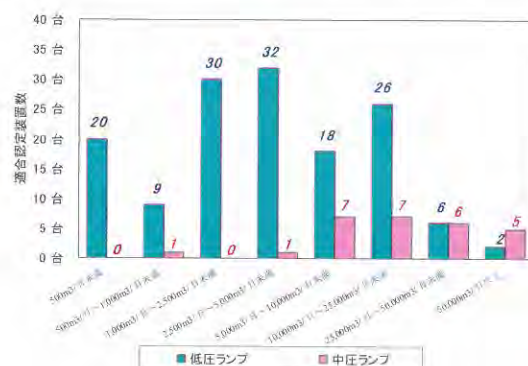


図 1 紫外線照射装置の認定状況（処理水量別）
（平成 25 年 8 月末現在）

3. 紫外線照射装置の導入状況

水道技術研究センターでは、日本紫外線水処理技術協会（JUVA）の会員企業の協力を得て、我が国の水道における紫外線照射装置の導入状況について調査を実施している。

平成 25 年 3 月末現在の調査結果を図 2、図 3 に示す。なお、この集計結果は契約済段階及び工事中の装置を含んでいる。

図 2 は紫外線照射装置の累積導入件数、累積計画処理水量を示したものである。浄水プロセスへの適用においては、累積導入件数は 224 件、累積計画処理水量は約 820,000 m^3 /日となっている。膜ろ過洗浄排水等の排水プロセスへの適用においては、累積導入件数は 8 件、累積計画処理水量は約 48,200 m^3 /日で、平成 19 年度以降、ほぼ横ばいとなっている。

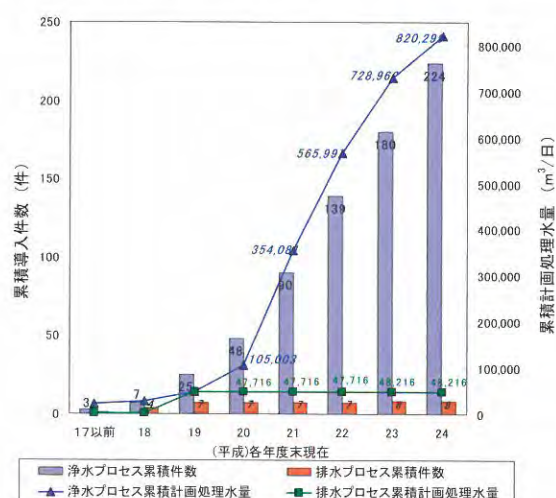


図 2 紫外線照射装置の導入状況
(平成 25 年 3 月末現在)

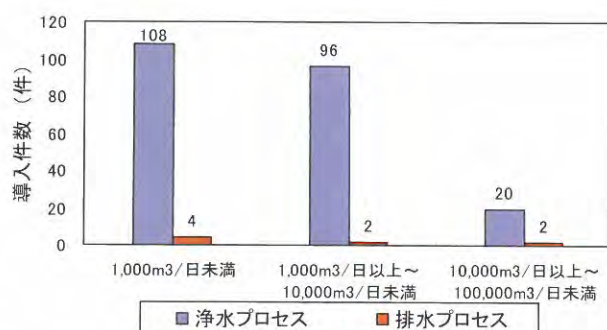


図 3 紫外線照射装置の導入状況（処理水量別）
(平成 25 年 3 月末現在)

図 3 は紫外線照射装置の導入件数を計画処理水量別に示したものである。浄水プロセスへの適用では、1,000 m^3 /日未満は 108 件、1,000 m^3 /日以上～10,000 m^3 /日未満は 96 件であり、小規模浄水施設への導入が中心となっている。また、排水処理プロセスへの適用では、1,000 m^3 /日未満は 4 件、1,000 m^3 /日以上～10,000 m^3 /日未満は 2 件である。

（参考）地表水を対象とした米国 Los Angeles Aqueduct Filtration Plant の紫外線処理設備

ロサンゼルス市では、約 227 万 m^3 /日の紫外線消毒設備を建設中。2014 年 4 月頃、本格稼働予定。ニューヨーク市に次いで米国で第 2 位の規模。なお、下の写真上部の池は、覆蓋のない配水池である。（一部を Shade Ball でカバーしている。）



（撮影）2013 年 8 月 17 日、センター専務理事・安藤茂



クリプトスポリジウムリスク評価方法と 必要な除去率の推定について

お茶の水女子大学 大学院 教授 大瀧 雅寛

1. はじめに

水の消毒処理の目的は、水中の病原微生物の濃度を安全なレベルまで下げることである。理想的には病原微生物濃度をゼロにすることが望ましいが、現実的には不可能であり、安全であろうと考えられる濃度レベルまで下げることになる。消毒処理装置に求められる性能は、このレベルをどの位に設定するかによって決まる。では安全なレベルとはどうやって決められるのであろう。ここではその考え方の基本となるリスク評価（risk assessment）について説明し、その適用例として浄水処理にて必要となるクリプトスポリジウム除去率を推定してみた。

2. リスク評価の手順

リスク評価は元々化学物質の危険性について評価するために開発された手法であるが、この方法を病原微生物の危険性評価へ適用し、基準の策定や消毒装置の要求性能に使われている。この手順は次のようになる。

- ① 問題とすべき病原微生物を定める。
(例、クリプトスポリジウム、ロタウイルス etc.)
- ② それらは、どれだけ摂取すれば感染するか。
(用量－反応評価)
- ③ それらの水中での存在濃度および人への摂取個数の推定。(暴露評価)
- ④ 感染する確率の算定。(リスク算定)
- ⑤ 安全と考えられる感染確率へ下げするための対策の検討(リスクマネジメント)

上記の①について考えてみれば、我が国で用いられる紫外線消毒は耐塩素性病原微生物であり、ほぼ、クリプトスポリジウムを念頭に置けばよいことになる。それでは、このクリプトスポリジウムを前提にして、②～⑤の手順を行っていくことにする。

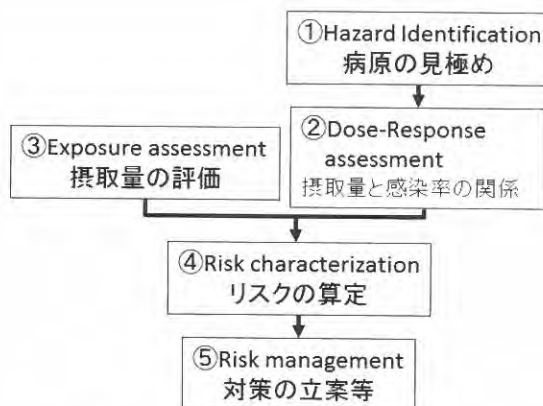


図1 病原微生物のリスク評価の手順

3. 用量－反応評価

米国並びに日本でも甚大な被害をもたらしたクリプトスポリジウムは、それから疫学的な研究データが集積したこともあり、特に米国ではヒトを対象とした感染実験を実施するなど比較的信頼性の高い解析がなされてきた。そのため摂取量と感染確率の関係は比較的良く把握されている¹⁾。クリプトスポリジウムの摂取量（用量）と感染確率の関係は次式（1）の指数型モデルで示されている。この関係をその他の病原微生物も併せて図2に示した。

$$\text{感染確率} = 1 - \exp(-0.00419 \times \text{摂取量}) \quad \dots (1)$$

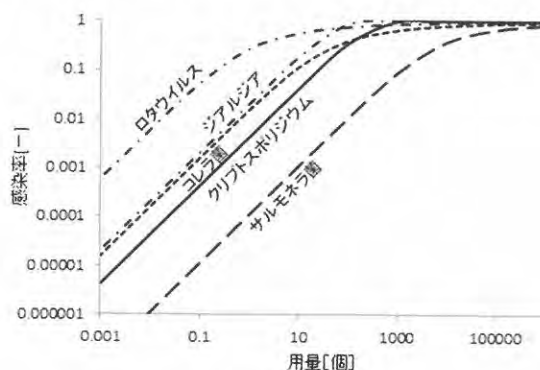


図2 各病原微生物の用量と感染確率の関係

これから見ると同じ用量（摂取量）であったとしても感染率を比較すると、クリプトスポリジウムはサルモネラ菌よりも高いが、ジアルジアやコレラ菌よりも低いことになっている。ロタウイルスはかなり感染率が高いことがわかる。

4. 暴露評価ならびにリスク計算

ここでは水道を介したクリプトスポリジウムの摂取を考える。そのためには原水中の濃度、浄水処理工程での除去率、各消毒処理での減少率が必要なデータとなる。これらデータを基に、水道水中のクリプトスポリジウム濃度が推定される。さらに水道水の飲料量を合わせれば、ヒトに摂取されるクリプトスポリジウムの個数（摂取量）が推定できる。まずは非常に単純なモデルで考えてみよう。

例えば原水中のクリプトスポリジウム濃度が 1 個/L であるとする。浄水処理工程として一般的な凝集沈殿＋急速ろ過だと 99～99.9 %（＝ 2～3 log）の除去率が想定される²⁾ ので、平均値として 99.68 %（＝ 2.5 log）としてみる。消毒処理として一般的な塩素ではほとんど減少しない。従って水道水中の濃度は原水濃度に 2.5 log の除去率を考えると、0.0032 個/L（10000L に 32 個）となる。

人体に必要な水分量をすべて水道水から摂取すると想定して、リスク評価においては 2L/日 が一般的に使われる。従ってクリプトスポリジウムの一日あたりの摂取量は 0.0063 個/日 となる。この値を上記の式（1）を用いて計算すると一日の感染確率は 0.0000265 となる。米国 EPA によれば、一般的な許容レベルは年間の感染確率が 0.0001 未満（ 10^{-4} 未満）とされている。一日の感染確率が毎日続とした場合の年間の感染確率は、次式（2）にて計算される。

$$\text{年間確率} = 1 - (1 - \text{一日確率})^{365} \quad \dots (2)$$

この式で計算すると年間感染確率は 0.0096（＝ 10^{-2} ）で、許容できるレベルより 100 倍高いレベルとなってしまう。この結果から、浄水工程（消毒処理含む）における除去率を上げる対策が必要という判断が導かれる。

では、どの程度の対策が必要かを考えてみる。式（2）を使うと、年間確率を 10^{-4} とすれば、許容できる一日あたりの感染確率は 0.000000273（＝ 2.7×10^{-7} ）と算定される。次に、これに相当する許容濃度は式（1）から 0.0000654（＝ 6.54×10^{-5} ）個となる。とすれば原水中のクリプトスポリジウム濃度が 1 個/L であれば除去率は 99.997 %（＝ 4.5 log）となる。この様に考えて、原水中のクリプトスポリジウム濃度とそれに対応する必要な除去率の関係が導かれる。これを示したのが図 3 である。

原水中の濃度が高くなると、それに応じて浄水場での必要な除去率を高くしていかなければならないことがわかる。

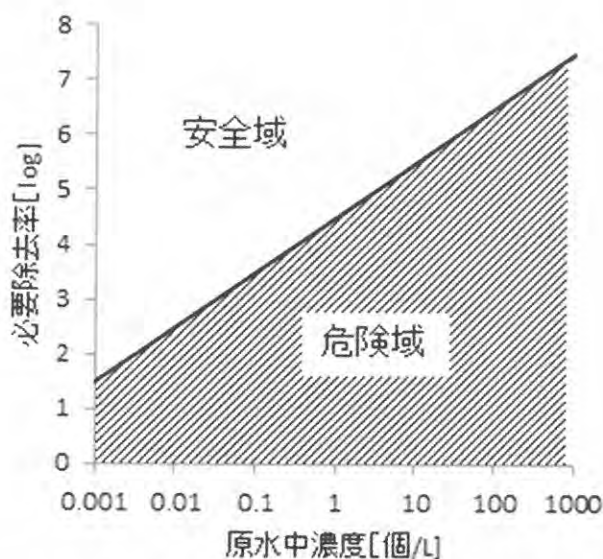


図 3 原水中濃度と必要な浄水除去率との関係

既報によれば、原水中のクリプトスポリジウム濃度の最大検出値として 17 個/L が報告されている³⁾。この値から図 3 で判断すると、必要な浄水処理（消毒処理含む）の除去率は 5.7 log となる。濁度管理の徹底化によって凝集沈殿＋急速ろ過の除去率を上げることは可能であろうが、必要な除去率には不足することになるだろう。

ただし上記の計算はかなり単純化した推論となっていることに注意しなければならない。すなわちこれは平均的な値で考えている場合である。例えば①仮定したクリプトスポリジウム濃度が一年間ずっと続く。②水道水を生水で 2 L 毎日飲む。という前提を仮定した場合である。そうしたことを考えると、毎日 17 個/L が検出されるこ

とや、水道水を2L 毎日生水で飲むということは、現状と合わせるとかなり無理がある仮定といえる。

そこで次のような方法で現状に即した評価方法を行うことが提案されている。

5. モンテカルロシミュレーション

原水中のクリプトスポリジウム濃度の変動や、水道水の飲料量のばらつきなどを加味して摂取量を推定する方法の一つがモンテカルロシミュレーションである。乱数（全く偶発的に0~1間の値を決定する）を使うことにより、ある日のあるヒトのクリプト摂取量を確率的に計算する方法である。これを1000~10000回繰り返すということは、ある日、あるヒトの摂取量を1000~10000回コンピューター上にてシミュレートすることになる。この結果から、例えば10000回中9500回の計算で摂取量が10個未満と推定されたとすれば、95%の確率で、摂取量は10個未満であると推定されることになる。別の見方をすれば、10個以上になる確率は5%（20分の1の確率）なので、まあそういうことは起こらないであろうと推定することができる。

それでは、現時点での収集できるデータを基に、クリプトスポリジウムの摂取量およびリスク評価について、モンテカルロシミュレーションを行ってみよう。

既報³⁾には、全国でのべ120カ所での水道原水中のクリプトスポリジウムの検出率および検出濃度が示されている。それによると検出率は27%であり、検出された濃度は0.5~17個/Lとなっている。この調査では原水の採水量が2Lであるため、0.5個/L未満の濃度が不検出と判断されている。そこで、不検出の場合でも0.5個/L未満の濃度で存在すると仮定し、かつクリプトスポリジウム濃度は対数正規分布であると仮定して、平均0.04個/L、標準偏差1.17（対数値として）の分布を持つと仮定した。図4に、仮定したクリプトスポリジウム濃度分布を示した。

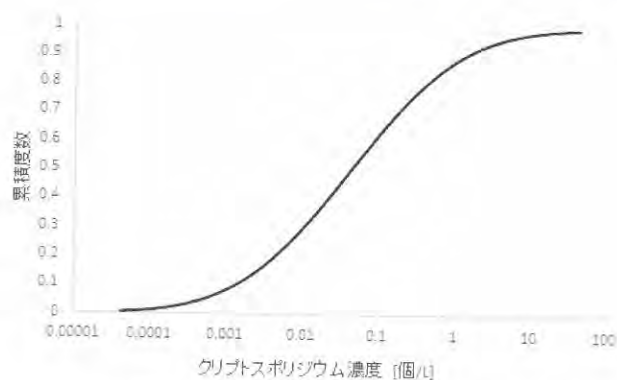


図4 仮定したクリプトスポリジウム濃度分布

次に水道からの飲用水量について検討した。400人を対象としたアンケート調査結果を示した既報⁴⁾から水道水の飲料量は対数正規分布（平均191mL、標準偏差0.54（対数値として））が仮定できることが報告されている。この分布を図5に示した。

この2つの分布に従って確率的にある日のクリプト濃度とあるヒトの摂取飲料が決定され则认为。クリプトの一日の許容摂取個数は、前述の計算から0.0000654（ $= 6.54 \times 10^{-5}$ ）個であることがわかっている。以上の数値を併せて考えると、ある日、ある人に安全なリスクレベルの水を供給するために必要な浄水場でのクリプトスポリジウムの除去率がシミュレートできる。

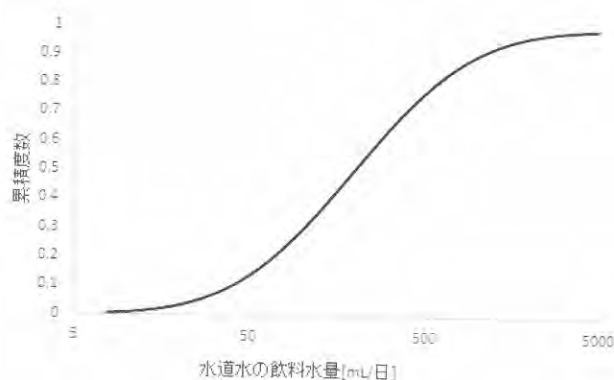


図5 仮定した一日の水道水飲料量分布

以上の条件にて10000回のモンテカルロシミュレーションを実行した。その結果を図6に示す。

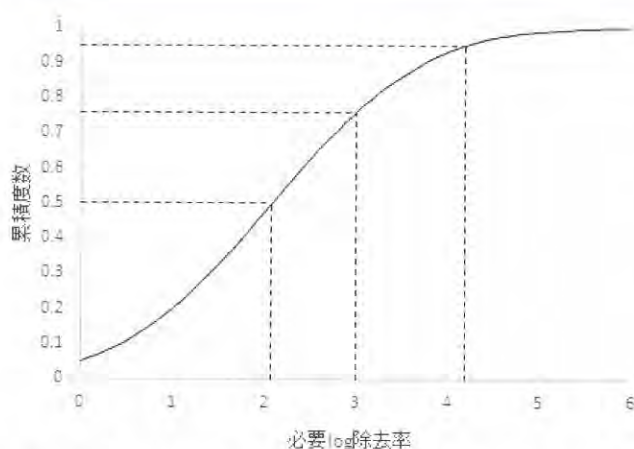


図6 必要なクリプトスポリジウム除去率のモンテカルロシミュレーション結果（10000回試行）

この図は 10000 回試行した結果から、累積度数の示す確率で、どの位の浄水除去率（対数値）が必要なのかを示すものである。0.5（＝50%）の確率で浄水除去率は 2 log 程度（＝99%程度）が必要となると推定されることがわかる。これは言い方を変えると 99%の除去率で運転管理していれば 50%の確率でしか安全性を担保できないという推定になるということである。当然、これでは安全管理としては不十分であろう。

では 3 log（＝99.9%）除去率ではどうかというと、この運転管理では、安全性が担保できる確率は 76%。すなわち 24%（ほぼ 1/4 程度）の確率で担保できない事態が予想される。凝集沈殿＋急速ろ過での除去率が 3 log とすると 24%の確率で、安全性が担保できないという推定となる。

一般的には全体の 95%をカバーする推定値を採用する。そうすれば安全性を担保できない可能性は 5%のみ（20 分の 1 の確率）となる。この推定値は図に示されるように 4.2 log（＝99.994%）の除去率となる。この除去率を管理目標とするためには、クリプトスポリジウムを除去するための付加的な処理が必要であると結論することができる。

6. まとめ

リスク評価の手法を用いることによって、ある条件でのリスク（危険性）が推定されるだけでなく、必要となる対策レベルについても推定することができる。今回、

実際の報告データを基にして行った単純なモデルによるリスク評価の結果では、許容レベルに必要な浄水除去率は凝集沈殿＋急速ろ過法では対応できないことが推定された。さらにクリプト存在濃度とヒトの水道飲料量を分布に従うとして、確率的にリスクを計算するモンテカルロシミュレーションを実行した結果でも、無視できない確率で凝集沈殿＋急速ろ過法では対応できない状況となることが推定された。

ただし今回用いたクリプト存在濃度のデータは、一つの原水について重点的に経時変化を追ったものではなく全国平均的な変動、ばらつきをまとめた形で反映したものである。ある原水についての経時的なばらつきを示すデータが揃えば、よりその場に合った信頼性の高い推定が可能となると考えられる。

参考文献

- 1) C.N.Haas et al. (1999) Quantitative microbial risk assessment, John Wiley & Sons, inc.
- 2) 猪又明子ら (2006) 全国データによる浄水場原水・浄水の原虫汚染状況と感染リスク評価の試み、東京都健康安全研究センター 研究年報、57、pp.313-318
- 3) 岸田直裕ら (2013) 我が国における水道原水中の水系感染症ウイルスおよび原虫の存在実態と指標微生物の有効性、水道協会雑誌、82 (10) , pp. 2-10
- 4) 矢野一好、保坂三継、田中愛、大瀧雅寛他 (2000) 飲料水について－アンケート調査の結果から－、第 3 回日本水環境学会シンポジウム講演集

「水銀に関する水俣条約」締結 紫外線ランプ（産業用ランプ）は規制対象外

岩崎電気株式会社 技術本部 研究開発部 光応用研究課 課長 岩崎 達行

水処理に使われている紫外線光源は、水銀ランプがほとんどである。水銀ランプは発光管の中に水銀を封入し、電極（エミッター）から放出される電子が水銀原子に衝突したとき紫外線を発光する。この発光原理は蛍光灯と同じであり、水銀と言う固有の物質が持つ特性を利用して作られているのが、紫外線ランプと呼ばれる低圧水銀ランプや中圧（高圧）水銀ランプである。

紫外線ランプに使用されている水銀は金属水銀であるため、消化管からほとんど吸収されずに排出されるので、万一誤って飲み込んでも大量でなければ危険はない。しかし、メチル水銀（有機水銀の一種）は水俣病に代表されるように人への毒性が強く、消化管から容易に吸収され、中枢神経系に障害が生じると共に、生物に蓄積されやすいため、食物連鎖により野生生物へも影響が起こる。

そのため、2001年に国連環境計画（UNEP）により国際的な水銀管理に関する活動が始まり、2002年に世界水銀アセスメントとして人への影響や汚染実態をまとめた報告書が公表された。その後も「Technical Background Report to the Global Atmospheric Mercury Assessment」（2008）や「Global Mercury Assessment」（2013）が公表されるとともに、2009年2月の第25回UNEP管理委員会にて条約の制定に関する合意がなされた。その合意のもと、2010年から政府間交渉委員会（INC：主催 UNEP）が開催され、昨年1月のジュネーブでのINC5において、条文案の合意、条約の名称「水銀に関する水俣条約」の決定および条約の採択・署名のための外交会議の場所と日程が正式に発表された。そして、昨年10月に熊本市と水俣市でUNEPの外交会議が開催され、水銀を使った製品の製造を規制する「水銀に関する水俣条約」が採択された。この条約により水銀に関する規制が2020年から実施されることとなった。この条約の中の規制対象として水銀添加製品

が第4条及び付属書Aに記載されている。一般社団法人日本照明工業会がまとめたランプに関する規制内容を表1に記載する。これに記載された製品は2020年以降、製造、輸出、輸入が原則禁止となった。つまり、この条約は一般照明用のランプに対する規制であり、

紫外線ランプなどの特殊用途ランプは規制対象外である。

また、この条約は批准手続を終えた国が50カ国に達するとその90日後に発効され、2016年の発効を目指し、各国による批准手続が進められるというものである。

世界の水銀需要量は3,798トン（2005年）であるが、そのほとんどが金採掘のための使用や化学工業における触媒としての用途であり、ランプに使用されている水銀量は総需要量の4%でしかない。また、その中で多くを占めるのは一般照明用の高圧水銀ランプであり、産業用の紫外線ランプに使用している水銀量はその他の使用目的に比べたら微々たる量である。ランプに使用している水銀は金属水銀であり毒性の強い有機水銀ではないため、自然環境中へ放出された場合でも、大気や土壌などの自然環境中では主に無機水銀の形で存在している。但し、海や湖沼中に生息する微生物の働きでメチル水銀へと変化し、食物連鎖により魚介類へ蓄積されるため、使用しないで済むのであればそれに越した事はない。

この条約を契機に、水銀の有害性が認知されることは良い事であるが、微量の水銀が入った化粧品や石鹸又はクリームは対象外であったり、歯科治療用アマルガムも全面的に禁止とはなっていない。つまり、適切な代替製品がない場合、量的に少なければ今後も使用できる品目があることも事実である。

紫外線ランプを水の消毒として使用した場合、病原性微生物の有害性と水銀の有害性とのトレードオフの関係となるが、当協会会員企業は、紫外線照射装置を安全に

表1 ランプに関する規制内容

- (1) Compact fluorescent lamps (CFLs) for general lighting purposes that are ≤ 30 watts with a mercury content exceeding 5 mg per lamp burner
30W以下の一般照明用コンパクト蛍光ランプ（CFL）で、水銀封入量が5mgを超えるもの
* コンパクト蛍光ランプには電球形蛍光ランプも含まれます。
- (2) Linear fluorescent lamps (LFLs) for general lighting purposes:
 - (a) Triband phosphor ≤ 60 watts with a mercury content exceeding 5 mg per lamp;
 - (b) Halophosphate phosphor ≤ 40 watts with a mercury content exceeding 10 mg per lamp
 一般照明用直管蛍光ランプ（LFL）で、
 - (a) 60W未満の3波長蛍光体を使用したもので、水銀封入量が5 mgを超えるもの
 - (b) 40W以下のカルシウムハロ蛍光体を使用したもので、水銀封入量が10mgを超えるもの
- (3) High pressure mercury vapour lamps (HPMV) for general lighting purposes
一般照明用の高圧水銀ランプ（HPMV）
* メタルハイドランプや高圧ナトリウムランプなどは含みません。
- (4) Mercury in cold cathode fluorescent lamps and external electrode fluorescent lamps (CCFL and EEFL) for electronic displays:
 - (a) short length (≤ 500 mm) with mercury content exceeding 3.5mg per lamp
 - (b) medium length (> 500 mm and $\leq 1\,500$ mm) with mercury content exceeding 5 mg per lamp
 - (c) long length ($> 1\,500$ mm) with mercury content exceeding 13 mg per lamp
 電子ディスプレイ用冷陰極蛍光ランプ（CCFL及びEEFL）で、
 - (a) 長さが500mm以下の小サイズのもので、水銀封入量が3.5mgを超えるもの
 - (b) 長さが500mmを超え1,500mm以下の中サイズのもので、水銀封入量が5mgを超えるもの
 - (c) 長さが1,500を超える大サイズのもので、水銀封入量が13mgを超えるもの

使用できるための商品作りしており、紫外線ランプを適正に使用している限りは水銀がランプの外へ漏洩することとはほとんどない。しかし、今後も二重三重の安全を考慮した装置設計を心掛ける必要がある。また、水銀フリー光源についても研究が進められており、それほど遠くない将来には、水銀フリー光源を使用した紫外線照射装置が登場するかもしれないが、現状の紫外線ランプは安価で信頼性の高い光源である。現在これ以上のコストパフォーマンスのある光源はないため、これからも安心して「紫外線ランプ」を使用していただきたい。

参考資料：

・ UNEP, Technical Background Report to the Global Atmospheric Mercury Assessment, 2008

・ 環境省 HP

<http://www.env.go.jp/chemi/tmms/convention.html>

・ 経済産業省 HP より会議文書

[http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/conventionText/Minamata % 20 Convention% 20on% 20Mercury_e.pdf](http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/conventionText/Minamata%20Convention%20on%20Mercury_e.pdf)

・ (一社) 日本照明工業会 HP

http://www.jlma.or.jp/information/20130125UNEP_Suigin.pdf

・ 東京都健康安全研究センターHP

<http://www.tokyo-eiken.go.jp/assets/issue/health/18/2-1.html>

<http://www.tokyo-eiken.go.jp/assets/issue/health/18/2-3.html>

表流水への紫外線処理の適用

株式会社 東芝 水・環境エンジニアリングセンター
水・環境プロセス技術部

相馬 孝浩

1. はじめに

日本における表流水以外の水源では、2007年に「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針」¹⁾の発効により、紫外線処理の適用が認められた効果もあり、レベル3（原水での指標菌検出、原水は表流水以外）でクリプトスポリジウム（以下、クリプトとする）対策が必要な3,069施設の内、1,298施設（42%）²⁾が整備されてきた。

一方、レベル4（原水での指標菌検出、原水は表流水）では、ろ過設備出口濁度を0.1度以下に維持することとしているが、特に中小事業体で人員不足等により維持管理が難しいといった実態がある。また、クリプト汚染の状況によっては、通常処理での対応が不十分な場合がある。

WHOは、参考許容値（Reference Level of Acceptable Risk、単位はDALYs）に基づき、浄水処理レベルの達成目標を 10^{-6} DALYsとすることを提案しており、クリプトスポリジウム症のDALYsを 1.5×10^{-3} として適切な浄水処理の実施が必要としている³⁾。これを受けて米国では、環境保護庁（EPA）が2006年に「長期第2次表流水処理強化規則（LT2ESWTR）」を官報で公示し、2007年に「長期第2次表流水処理強化規則実施ガイダンス⁴⁾」を発行した。このLT2ESWTRでは、物理的な除去又は代替え消毒が最も有効な処理方法であるとし、原水の汚染レベルによりろ過処理と代替え消毒を組み合わせたマルチバリアによる対策を推奨している。ここで、代替え消毒としては紫外線処理が最適な適用技術であるとされたため、公共施設に多大な影響を与えた⁵⁾。

本稿では、クリプト対策の実施状況、浄水処理におけるクリプト除去及び不活化効果、クリプトの汚染状況を述べ、最後に表流水を原水とする浄水場のクリプトの課題と対策強化策の一案を紹介する。

2. クリプト対策の実施状況

平成24年3月現在のクリプト対策の実施状況を図1に示す（専用水道を除く）。

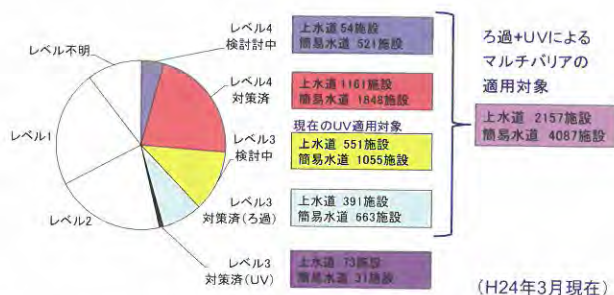


図1 クリプト対策の実施状況（上水道+簡易水道）

レベル4では、既に3,009施設が対策済みとなっているが、中小規模水道事業体に対してJWRCが実施したアンケート調査⁶⁾では、図2に示すとおり、回答のあった234浄水施設の内、ろ過水濁度0.1度を超過した浄水施設が34箇所あり、管理に不安を感じている浄水施設が4割弱の90箇所もあるとの回答があった。また、指標菌を検出した浄水施設が8割強の191箇所となっており、依然としてろ過水濁度を0.1度以下に維持することが難しく、維持管理に不安を感じている事業体もある。

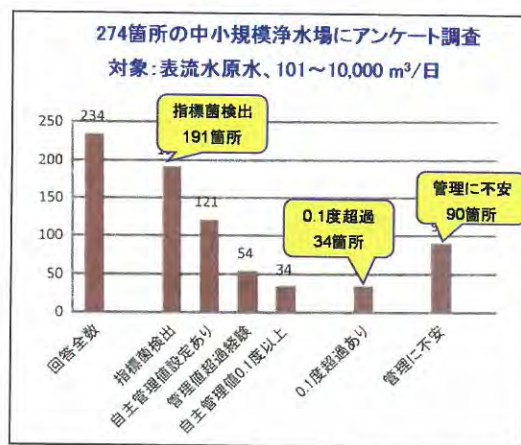


図2 中小規模水道事業体のろ過池管理の状況

よって、レベル4においては、クリプト対策の強化のために、維持管理のための人員強化、或いは不安を払拭するための設備追加を行う必要があることが分かる。

一方、通水開始年度別紫外線処理設備の導入状況²⁾をみると、図3の通り、「水道施設の技術的基準を定める省令の一部を改正する省令（平成19年厚生労働省令第54号）」が施行された平成19年度以降は、クリプト等対策として紫外線処理設備の導入が増加している。

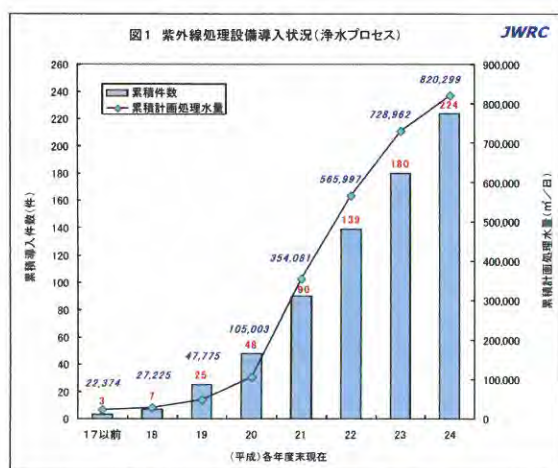


図3 紫外線処理設備の導入状況

前述のレベル3で、対策施設を検討中の浄水施設や、レベル4への適用拡大によるさらなる紫外線処理設備の導入促進が望まれる。

3. 浄水処理におけるクリプト除去及び不活化効果

浄水処理のクリプト除去効果は、表1の通り。膜ろ過処理（クリプト除去率は、5～7log）が最も優れている。しかし、日本国内で最も普及している凝集沈澱ろ過処理のクリプト除去率は、適切な維持管理ができていない状態で、国内外の調査事例で概ね2～3logとされている。

表1 浄水処理におけるクリプト除去効果⁷⁾

処理方法	除去率
緩速ろ過	0.5～1 log
凝集沈澱ろ過	2～3 log
直接ろ過	1.5～2 log
膜ろ過(MF膜、UF膜)	5～7 log

一方、追加する設備として考えられる消毒処理のクリプト不活化効果は、表2の通り。クリプト不活化効果として、オゾンでは低温において高いオゾン濃度が必要になり、紫外線処理は、コスト、スペース、副生成物生成、維持管理の面で有利であるとされている⁸⁾。

表2 消毒処理におけるクリプト不活化効果

	log不活化に必要なCt値(mg min/l)/照射量(mJ/cm ²)			
消毒処理	0.5	1	2	3
塩素	実際条件下では、効果なし			
オゾン	12	23	46	69
10℃	4.9	9.9	20	30
20℃	2.0	3.9	7.8	12
UV	1	3	6	9

Table 6. Inactivation of *Cryptosporidium* by disinfectants (data taken from the draft Enhanced Surface Water Treatment Rule implementation guidance [Anon.2004] and Hijnen et al.[2005] を基に筆者が作成)

米国では、原水のクリプト濃度で浄水処理レベルを分類しており、凝集沈澱ろ過処理をしても、必要に応じてさらに1log～3logの追加処理を要求され⁹⁾、コストが最も低い紫外線処理が多く採用されている。

4. クリプトの汚染状況

水道原水・水源におけるクリプトの汚染実態調査結果¹⁰⁾を表3に示したが、国内の広範囲の水道原水がクリプトに汚染されており、2010年度時点では27%で原水中にクリプトが検出されている。さらに、クリプト濃度は0.5～17oocysts/Lとなっており、原水中のクリプト濃度が高くなった場合、凝集沈澱ろ過だけではクリプトを除去できないことが懸念される。

表3 クリプトの全国実態調査

期間	調査地点	種類	試験水量(L)	検出率	検出濃度(oocysts/L)	出典
2010年度	全国30地点	原水	1.4-2	27%	0.5-17	岸田ら、2013
2008-09年度	全国16地点	原水	1-2	41%	0.5-30	Haramoto et al., 2012
2000-06年度	利根川・荒川水系56地点	水源	10	37%	0.1-9.3	宮島ら、2008
1999年	兵庫県内69地点	水源	20	55%	(記載なし)	小野ら、2001
1985-88年	米国内17州	水源	400	51%	≤290 (最低濃度の記載なし)	Rose et al., 1991

EPAでは、年間感染リスクを 10^{-4} （感染/人/年：1万人・1年当たりにつき1人未満）に減らすことを目標にしている。国内の公共用水域における大規模なウィルスおよび原虫の存在実態調査結果（表3の2010年度）を基に、

水道経由の感染・健康影響リスクを推定した結果、汚染レベルが高い場合、EPA 推奨の許容感染リスクが 10^{-4} 感染/人/年以上となるとの報告¹¹⁾がある(図4)。

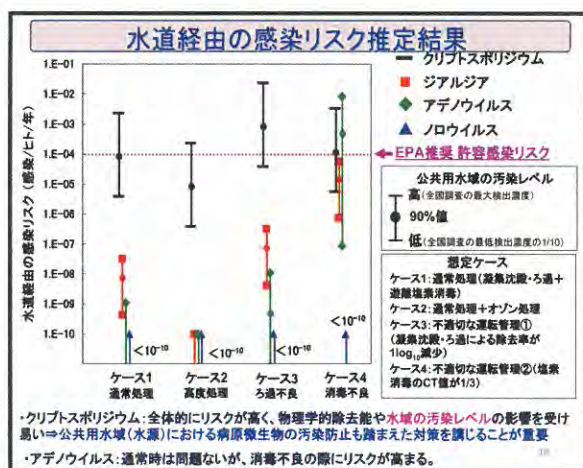


図4 水道経由の感染リスク推定結果¹²⁾

ろ過不良や消毒不良が発生した場合でも、紫外線処理を追加すればクリプトを 3log 不活化できるため、EPA 推奨の許容感染レベル以下を確保できるものと推定する。

5. 表流水を原水とする浄水場のクリプトに対するリスクと提案

表流水を原水とする浄水場のクリプト対策の課題は、以下の4つが挙げられる。

- ① 凝集沈殿ろ過で除去できるクリプトは 3log 程度である
- ② 表流水原水のクリプト汚染は深刻化が懸念される
- ③ 大規模な集団感染が上流域で万が一発生した場合には、原水クリプト濃度の上昇が懸念される¹¹⁾
- ④ クリプト対策はろ過池の能力に大きく依存(リスク分散の必要性)される

①～④のリスク評価と適切な対策が必要であり、また、リスク評価としては、原水水質に応じた対策、集団感染や震災対策を含む予防的措置を考慮する必要がある。

紫外線処理は、効率的なクリプト対策技術であり、追加設備として効果的である。よって、凝集沈殿ろ過と紫外線処理を組み合わせたマルチバリアが有効と考える(図5)。

紫外線照射装置の設置位置としては、適切な凝集沈殿ろ過の後に、紫外線処理の追加を推奨する。これにより、クリプト低減効果は、適切なるろ過 3log に紫外線処理 3log が加わり、6log となり、リスクの分散による安全・安心が確保される。

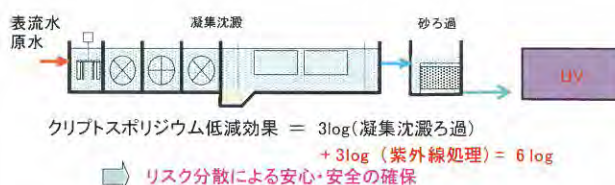


図5 表流水を原水とする浄水場のクリプト対策

6. おわりに

本原稿は、紫外線による水処理の普及・促進を目指す日本紫外線水処理技術協会の立場で、表流水におけるクリプトの汚染状況を踏まえた対策強化策の一案としてまとめたものである。表流水におけるクリプトの対策は、厚労省の指針であるろ過水濁度 0.1 度以下の達成、維持が最も重要であることを承知願いたい。

参考文献

- 1) 厚生労働省 健水発第 0330005 号、水道水中のクリプトスポリジウム等対策の実施について <http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/kikikanri/dl/ks-0330005.pdf>
- 2) 「我が国の水道における紫外線処理設備の導入状況(全国計、平成 24 年度末現在)」, JWRC 水道ホットニュース 第 369-2 号, 水道技術研究センター (2013)
- 3) WHO Guidelines for drinking-water quality - 4th. (2011) http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241548151_eng.pdf
- 4) EPA, 「The Long Term 2 Enhanced Surface Water Treatment Rule (LT2ESWTR) Implementation Guidance」, August 2007
- 5) JUVA ニュースレター No.6 (2013)
- 6) JWRC 高嶋ら、水道協会雑誌 Vol.81, pp.2-7

(2012)

- 7) 浄水技術ガイドライン p.168 (2010)
- 8) EPA 815-R-06-001, Economic Analysis for the Final Long Term 2 Enhanced Surface Water Treatment Rule, pp208-213, (2005)
- 9) 「進化する米国の浄水処理－長期第2次地表水処理強化規則実施ガイダンスー(その4)」, JWRC 水道ホットニュース 第125-2号, 水道技術研究センター (2008)
- 10) 日本水環境学会紫外線を利用した水処理技術研究委員会及び水道技術研究センター共催ワークショップ「水道のクリプト対策としての紫外線照射と濁度管理について考える」講演資料 (2013)
- 11) 秋葉道宏他「公共用水域の人畜由来汚染による健康影響リスクの解明と制御に関する研究」環境保全研究成果集 (CD-ROM) (2009)
- 12) 浅見真理: 第4回新水道ビジョン策定検討会 (平成24年5月11日)、資料-3 安全な水の確保 (水道水質管理の現状と課題) (2012)

施設導入例（浄水施設）

<施設概要>

対 象 施 設：N市M水源
計 画 水 量：23,050 m³ / 日

<機器仕様>

数 量：3 基
形 式：低圧高出力アマルガムランプ
紫外線ランプ：240 W / 本
灯 数：8 灯 / 基
ランプスリーブ：石英ガラス
U V モ ニ タ：乾式空間強度計 2 台 / 基
処 理 能 力：14,315 m³ / 日 / 基

<原 水>

対 象 水：地下水
紫外線透過率：95 %以上
濁 度：2 度以下



施設導入例（浄水施設）

<施設概要>

対 象 施 設：K市D水源地
計 画 水 量：5,000 m³ / 日

<機器仕様>

数 量：2 基
形 式：内照式
紫外線ランプ：中圧水銀ランプ
ラ ン プ 出 力：最大 2.3 kW
灯 数：1 灯 / 基
ランプスリーブ：石英ガラス
U V モ ニ タ：UV強度計 1 台 / 基
処 理 能 力：5,000 m³ / 日 / 基

<原 水>

対 象 水：地下水（浅井戸）
紫外線透過率：95 %以上
濁 度：2 度以下



施設導入例（浄水施設）

<施設概要>

対象施設：I市O水源
計画水量：6,000 m³/日

<機器仕様>

数 量：2基
形 式：低圧高出力アマルガムランプ
紫外線ランプ：127 W/本
灯 数：5灯/基
ランプスリーブ：石英ガラス
U V モ ニ タ：乾式空間強度計 2台/基
処 理 能 力：5,040 m³/日/基

<原 水>

対象水：地下水
紫外線透過率：95 %以上
濁 度：2度以下



施設導入例（浄水施設）

<施設概要>

対象施設：N市H水源
計画水量：5,200 m³/日

<機器仕様>

数 量：2基
形 式：低圧水銀ランプ
紫外線ランプ：240 W/本
灯 数：3灯/基
ランプスリーブ：フッ素被覆石英ガラス
U V モ ニ タ：乾式強度計 3台/基
処 理 能 力：7,500 m³/日/基

<原 水>

対象水：地下水
紫外線透過率：95 %以上
濁 度：2度以下



会員リスト

平成 26 年 3 月現在 (五十音順)

□正会員

ア タ カ 大 機 株 式 会 社	〒111-0041 東京都台東区元浅草 2-6-6 東京日産台東ビル 東京事業所 TEL 03-3845-8623 大阪本社 TEL 06-6533-5013
磯 村 豊 水 機 工 株 式 会 社	〒105-0001 東京都港区虎ノ門 1-1-3 TEL 03-5532-3757 (技術本部)
岩 崎 電 気 株 式 会 社	〒103-0002 東京都中央区日本橋馬喰町 1-4-16 馬喰町第一ビルディング TEL 03-5847-8906
株 式 会 社 ウ ォ ー タ ー テ ッ ク	〒108-0023 東京都港区芝浦 3-16-1 中野興産ビル TEL 03-3456-0795
ウ シ オ 電 機 株 式 会 社	〒100-8150 東京都千代田区大手町 2-6-1 TEL 03-3242-5614
株式会社神鋼環境ソリューション	〒651-0072 神戸市中央区脇浜町 1-4-78 水処理事業部 技術部 TEL 078-232-8115 大阪支社 TEL 06-6206-6746
神鋼環境メンテナンス株式会社	〒651-0086 神戸市中央区磯上通 2-2-21 本社 TEL 078-261-7910 東京支社 TEL 03-3459-5974
水 道 機 工 株 式 会 社	〒156-0054 東京都世田谷区桜丘 5-48-16 TEL 03-3426-2953 (事業管理部)
水 i n g 株 式 会 社	〒108-8470 東京都港区港南 1-7-18 TEL 03-6830-9000
セ ン 特 殊 光 源 株 式 会 社	〒561-0894 大阪府豊中市勝部 3-3-18 TEL 06-6845-5111
千 代 田 工 販 株 式 会 社	〒104-8115 東京都中央区銀座 7-13-8 第2丸高ビル3F TEL 03-3547-1277
月 島 機 械 株 式 会 社	〒104-0053 東京都中央区晴海 3-5-1 TEL 03-5560-6540 (水環境事業本部 事業統括部)
株 式 会 社 東 芝	〒212-8585 神奈川県川崎市幸区堀川町 72-34 TEL 044-331-0808
東 洋 濾 水 機 株 式 会 社	〒612-8296 京都市伏見区横大路柿の本町 12-1 TEL 075-601-5206
ド リ コ 株 式 会 社	〒110-0015 東京都台東区東上野 4-8-1 TIXTOWER UENO 15 階 TEL 03-6802-8000
株 式 会 社 西 島 製 作 所	〒569-8660 大阪府高槻市宮田町 1-1-8 TEL 072-690-2323 (プラントエンジニアリング本部 環境・新エネルギー技術部)
株 式 会 社 西 原 環 境	〒108-0022 東京都港区海岸 2-20-20 ヨコソーレインボータワー 3 階 TEL 03-3455-4880
株式会社日本フォトサイエンス	〒193-0832 東京都八王子市散田町 5-8-3 TEL 042-667-5641
扶 桑 建 設 工 業 株 式 会 社	〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町 2-13-11 東京本社代表 TEL 03-3669-8301 高松本店技術開発部 TEL 087-825-1351
フ ナ テ ッ ク 株 式 会 社	〒134-0085 東京都江戸川区南葛西 2-6-22 TEL 03-5679-2700
前 澤 工 業 株 式 会 社	〒332-8556 埼玉県川口市仲町 5-11 TEL 048-251-5515 (建設事業部 施設部)
メ タ ウ ォ ー タ ー 株 式 会 社	〒105-6029 東京都港区虎ノ門 4-3-1 城山トラストタワー TEL 03-6403-7540 (営業本部 営業企画部)
株 式 会 社 ヤ マ ト	〒371-0844 前橋市古市町 118 番地 TEL 027-290-1821 (環境事業部)
理 水 化 学 株 式 会 社	〒530-0054 大阪市北区南森町 1-4-10 理水ビル TEL 06-6365-0691

□特別会員：民間企業

DNライティング株式会社

ヒメジ理化学株式会社

株式会社フィリップスエレクトロニクスジャパン

□特別会員：団体

財団法人千葉県薬剤師会検査センター

□特別会員：個人

浅見真理 大瀧雅寛 神子直之
小熊久美子

入会を希望される場合は、当協会のホームページ (<http://www.juva.jp/>) の入会申込書 PDF をダウンロードしていただき、
必要事項をご記入のうえ事務局までお送りください。

〔セミナー・講演会へ〕 の講師派遣を随時受付

本協会では、紫外線水処理装置・技術の啓蒙活動を積極的に行っており、その一環として紫外線水処理装置および技術に関する講師の派遣を行っております。

お申し込みは、メールにて承ります。

(メールアドレス: info@juva.jp)



JUVA技術セミナー



Japan UV Water Treatment Technology Association

一般社団法人 日本紫外線水処理技術協会

HPアドレス <http://www.juva.jp/> メールアドレス info@juva.jp