

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.6**

Japan UV Water Treatment Technology Association

JUVA

6

Newsletter

日本紫外線水処理技術協会

ニュースレター No.6

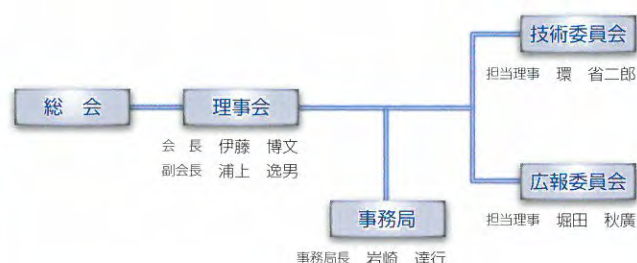
Japan UV Water Treatment Technology Association

JUVA

6

Newsletter

協会組織図



■顧問・役員（平成25年度）

顧 問	大垣眞一郎（独立行政法人 国立環境研究所 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	環 省二郎（株式会社東芝 部長）
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 次長）
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 新しい技術が社会に根付くために
独立行政法人 国立環境研究所 理事長
一般社団法人 日本紫外線水処理技術協会 顧問
大垣 眞一郎

●技術資料

- 02 クリプトスポリジウム対策のための
表流水への紫外線処理の適用
Bolton Photosciences Inc.
The first Executive Director of
the International Ultraviolet
Association (IUVA)
James R. Bolton, Ph.D.
- 09 JWR C技術審査基準の改訂と紫外線
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
会見 卓也
- 11 水道水源におけるクリプトスポリジウム
の汚染実態
国立保健医療科学院 生活環境研究部
水管理研究分野 主任研究官
岸田 直裕
- 13 USEPA における水系感染リスクに
対する対策指針の概要
株式会社東芝
電力・社会システム技術開発センター
阿部 法光
- 15 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」の報告
お茶の水女子大学
大学院 教授
大瀧 雅寛
- 17 光市水道局における紫外線処理設備の
導入事例及び維持管理
光市水道局浄水課
浄水課長
岩本 充
- 21 導入事例紹介

●会員紹介

- 25 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



新しい技術が社会に根付くために

独立行政法人 国立環境研究所 理事長 大垣 眞一郎
一般社団法人 日本紫外線水処理技術協会 顧問

新技術や新政策を導入しようとする場合、新しい技術がなかなか採用されない、あるいは、社会的合意形成に時間がかかる、などのぼやきがよく聞こえてきます。一方、国の施策や地方自治体の政策の広報の場、あるいは、民間事業の現場での住民説明などの場などで、「安全」と「安心」の違いがあるのだとよく言われます。新しい技術や施策に対して、一般の方々の受け取る感覚に2種類あるというわけです。技術的なあるいは科学的知識に基づいた説明、すなわち「安全」の説明のみでは、人々の理解と合意は得られないのです。「安全」だけではなく、「安心」という感覚が生まれるような情報が同時に示されなければならないというわけです。「安心」の感覚は簡単には説明できませんが、複合した重なり合った安全の確信の層が気持ちの中に積み重なり、「安心」が形成されるのかもしれません。

実は、この「安心」感は、専門家集団あるいは専門業界の心理にも共通に表れる心理ではないかと思っています。私はかつて紫外線消毒の研究をしていました。その時に経験した2つ「安心」感についてお話ししましょう。一つ目は、生物線量計に関する研究です。UV装置の中の流れは複雑です。装置の中で非常に速い流れが生じているとその部分を流れた水は、その曝露された照射線量が少ないことになります。装置全体の照射線量を正確に測定するあるいは算定することが重要になります。1990年頃、大学の私の研究室ではバクテリオファージ（大腸菌に感染するウイルスなど）を研究していました。UV装置にこのバクテリオファージを含む液を流し、バクテリオファージの死滅の程度を測定すれば、一つ一つのウイルスが受けるエネルギーから装置を流れた水の全体が受けた照射線量を推算できます。この方法で二重円筒型のUV装置のウイルス不活化の程度を、水の流れのレイノルズ数を変数として整理できた時は、ウイ

ルスの不活化の程度を間違いなく算定できることを確信し、研究者として「安心」した記憶があります。

もうひとつの経験は、2000年頃ですが、世界的にクリプトスポリジウムに対して紫外線が有効であることが分かり始めていました。研究室で、紫外線によるDNAの損傷を定量化できるようになり、その方法により、クリプトスポリジウムのDNAがオーシストの中であっても確かに紫外線により損傷を受けていることを示すことができました。実測によりクリプトスポリジウムの紫外線による損傷のメカニズムを確信でき、「安心」した記憶があります。研究室の関係者全員がこの「安心」を共有したと思います。このようなさまざまな「安心」が、私の中で紫外線による消毒技術への信頼が醸成されてきたと思っています。

この私の経験は個人のレベルです。このような研究以外でもそれぞれの専門的な仕事の中で、技術に対するさまざまな確信の積み上げが個々人で行われていると思います。個々の専門家が「安心」を積み上げることによって、専門家集団全体としての確信、あるいは「安心」が生まれるのです。

紫外線水処理に関連する専門家集団には、紫外線ランプメーカー、水処理エンジニアリング、上下水道事業者、コンサルタント、各種製造業、国や地方自治体の行政、各種規制機関、研究機関、大学等が含まれます。この専門家の集団が紫外線の「安心」を共有することが大切です。この日本紫外線水処理技術協会に集う専門家が、この協会を足場として、社会への広い視野とネットワークを形成し、さまざまな「安心」を作り出し、紫外線技術の「安心」を他の専門家集団や社会と共有できれば、紫外線の新しい応用をさらに社会のなかへ根付かせていけます。



クリプトスポリジウム対策のための表流水への紫外線処理の適用 Ultraviolet Treatment of Surface Waters to Control *Cryptosporidium*

Bolton Photosciences Inc.
The first Executive Director of the International
Ultraviolet Association (IUVA)

James R. Bolton, Ph.D.

1. Introduction

1.1. What is the *Cryptosporidium* problem and what is the history of outbreaks?

Waterborne parasites belonging to the genus *Cryptosporidium* are relatively large microorganisms that have a thick outer shell (3–5 μm diameter), called the oocyst, and hence when occasionally high oocyst concentrations occur in surface source waters, this has been identified a major factor contributing to waterborne outbreaks of human gastrointestinal disease. The largest known outbreak occurred in 1993 in Milwaukee, WI, which affected an estimated 400,000 people (Mac Kenzie et al. 1994).

Cryptosporidium has been found to be resistant to chlorine concentrations normally employed in water treatment, which is the reason that waterborne outbreaks have occurred. *Cryptosporidium parvum* is the species known to cause disease in human individuals and has also been reported to be responsible for severe diarrhea in many other mammalian species. In order to reduce the likelihood of waterborne disease transmission, there has been considerable effort expended to identify alternative, more effective, disinfectants other than chlorine.

1.2. Why was UV considered to be ineffective prior to 1998?

Prior to 1998, there was a wide perception that ultraviolet (UV) treatment was ineffective in treating *Cryptosporidium* (Campbell et al. 1996). For example, the USEPA (1996) stated:

“Ultraviolet light is an effective disinfection agent for drinking water at sufficient intensity and appropriate wavelength and exposure time. It is suitable for use on clean water sources more than it is for suspended matter-containing water. The order of disinfection

resistance with few exceptions is bacteria (least resistant) < viruses < bacterial spores < protozoan oocysts (most resistant).”

The assays used to test for the viability of *Cryptosporidium* oocysts after UV treatment were excystation and vital dyes, both of which focused on UV damage to the outer oocyst shell.

The explanation given for ineffectiveness of UV treatment was that the thick, protein-rich oocyst filtered the UV and prevented it from reaching the interior of the cell where it would bring about inactivation of the cell for infection. However, this explanation later proven to be false because proteins do not absorb UV in the wavelength range where nucleic acids absorb.

2. New Research

2.1. What brought about a major change in attitude to realize that UV is in fact very effective in treating *Cryptosporidium* in drinking water from surface water sources?

In the period Summer, 1997 to Spring, 1998, Calgon Carbon Corporation (Pittsburgh) funded an internal Research Project to study the UV sensitivity of *Cryptosporidium*, which was managed by Dr. James Bolton (Research) and Dr. Sam Stevens (Business).

Clancy Environmental Consultants (Jennifer Clancy, Tom Hargy and Zia Bukhari) in Vermont was contracted to do the microbiology. It was decided to use the mouse infectivity assay to assess the viability of the UV treated oocysts, since this assay focuses on the ability of *Cryptosporidium* to infect a mammalian species. Dr. Marilyn Marshall of University of Arizona was contracted to conduct these mouse infectivity studies.

Bench scale collimated beam studies were carried out at UV doses as low as 40 mJ/cm², but surprisingly none of

1. 序論

1.1. クリプトスポリジウムの問題及び発生の歴史とは？

水媒介性のクリプトスポリジウムに属する寄生虫は、オーシスト（接合子嚢）と呼ばれる比較的厚い外殻（直径 3–5 μm ）を有する微生物であり、しばしば高濃度のオーシストが表流水中で存在すると、ヒトの水由来腸管系症状の流行を引き起こす主要原因と認識されてきた。これまで知られている最大の流行は、1993年の米国ウィスコンシン州ミルウォーキーのもので、およそ40万人に影響を与えた。

一般的にクリプトスポリジウムは、水処理に使用される塩素に対して耐性があり、それが水系感染症発生の原因となる。クリプトスポリジウムパルバムは人間に病気を引き起こす種として知られており、その他多くの哺乳類に深刻な下痢を引き起こすとの報告もされている。水系感染症の伝播の可能性を下げるために、これまで塩素の代替法やより効果的な消毒方法を見出すために多大な努力がなされてきた。

1.2. なぜ、1998年以前はUVは、無効と考えられていたか？

1998年以前、クリプトスポリジウムのUVによる処理は無効と広く認識されていた。例えば、USEPA（米国環境保護局）は、1996年に以下のように述べている。

紫外線光は、十分な照射強度、適切な波長と照射時間が確保されれば、飲料水の殺菌に効果的です。浮遊物質を含む水より清澄な水への使用に適している。いくつかの例外を除き殺菌耐性の順は、“細菌（最も耐性なし）＜ウィルス＜細菌孢子＜原生動物オーシスト（最も耐性あり）”となっている。

UV処理後のクリプトスポリジウムの生死判別試験は、脱嚢試験および生体染色試験であり、いずれもオーシスト外殻へのUV損傷に焦点を合わせていた。

UV処理が無効だとする説明としては、厚くかつタンパク質が豊富なオーシストがUVを遮断し、細胞感染を不活性化に至らせるほど細胞内部まで到達できないからというものである。しかしこの説明は、後に間違いであると

証明された。なぜなら核酸が吸収するUV波長は、タンパク質には吸収されないからだ。

2. New Research 新たなる研究

2.1. 実際にはUVは表流水からの飲料水中のクリプトスポリジウム処理に効果的であるという認識に大きく変化させた原因は何か？

1997年夏から1998年春にかけてCalgon Carbon社（ピッツバーグ）はクリプトスポリジウムのUV感度を調査するための社内研究計画の資金を用意した。この計画は、James Bolton博士（研究）and Sam Stevens博士（ビジネス）により運営された。

バーモントのClancy 環境コンサルタント（Jennifer Clancy, Tom Hargy and Zia Bukhari）とは微生物学研究担当での契約を結んだ。この試験は、クリプトスポリジウムの哺乳類種への感染能力に焦点を合わせていたことから、UV処理したオーシストの生死判定にはネズミの感染性試験が使用された。この感染性試験のためアリゾナ大学のMarilyn Marshall博士と契約を結んだ。

実験室規模の平行ビーム照射試験をUV線量でわずか40mJ/cm²にて行ったところ、驚いたことにUV処理されたオーシストを摂取したネズミのうち感染したものは1匹もいなかった。その後、KitchenerにあるMannheim 水処理施設にてパイロット規模の試験が行われ、6本の中圧ランプUV装置（200gpm）が使用された。

クリプトスポリジウムシストを上流で投入し、照射後の下流で1 μm フィルターにて補足し採取した。オーシストはバーモントへ輸送され、フィルターから抽出された後、アリゾナに送られ新生児ネズミへ投与した。フルエンス（UV線量）は、UV装置の平均フルエンス率（平均UV線量率）を求める精緻な計算モデルを使用して算定した。

結果は、最小のUV線量（19mJ/cm²）が適用された場合、25匹中1匹が感染した。分析結果から不活性対数値（ログ）は、最低でも“3.9”ということがわかった。実験室規模、パイロット規模の結果は1998年6月にテキサスのダラスで行われた米国水道協会の年次会議にてBolton博士によって発表された。

the mice became infected after ingestion of UV treated oocysts. It was then decided to proceed with a pilot scale study at the Mannheim Water Treatment Plant in Kitchener, ON with a UV reactor (200 gpm) with 6 medium pressure UV lamps.

Cryptosporidium oocysts were injected upstream and then collected downstream on 1µm filters. The oocysts were sent by courier to Vermont where they were extracted from the filters and then sent to Arizona to be fed to neonatal mice. The fluence (UV dose) was determined using a sophisticated mathematical model to determine the average fluence rate in the UV reactor.

The results showed that at the lowest fluence applied (19 mJ/cm²), only 1 mouse in 25 became infected. Analysis indicated that the log inactivation was at least 3.9. The bench and pilot scale results were presented by Dr. Bolton at the Annual Conference of the American Water Works Association in Dallas, TX in June, 1998 (Bolton et al. 1998, later published almost the same as Bukhari et al. 1999).

Later work (Clancy et al. 2000) showed that the inactivation was >3 logs, even at fluences (UV doses) less than 10 mJ/cm². Since 1998 work by others (including Dr. Craik, Dr. Finch and Dr. Belosevic at the University of Alberta) confirmed that protozoa, such as *Cryptosporidium* (Craik et al. 2001) and *Giardia* (Craik et al. 2000) are very sensitive to UV inactivation.

Now it is widely accepted that UV is very effective in treating protozoa, such as *Cryptosporidium* and *Giardia*. For example the USEPA (2003) stated:

“Until recently, the use of UV treatment for drinking water applications was primarily limited to small ground water systems, due to the belief that it was not effective for inactivating protozoa and was not cost-effective for large systems. In 1998, however, research demonstrated that UV light could effectively inactivate *Cryptosporidium* at low dosages (Bukhari et al. 1999), prompting more research to better understand its potential for widespread application.”

2.2. How did the new research affect the development of new surface water regulations in the US?

Because of the Milwaukee *Cryptosporidium* outbreak (and others), the US Environmental Protection Agency recognized that the surface water regulations in effect at that time were inadequate to deal with the threats posed by waterborne parasites, such as *Cryptosporidium* and *Giardia*. Thus in 1999, they assembled meetings of stakeholders (e.g., utilities, manufacturers, engineering consultants, academics and regulators) to see what new regulations could be drafted. After a long period of meetings, the new US-EPA Long-Term 2 Enhanced Surface Water Treatment Rule (LT2ESWTR) was posted in November, 2006 (USEPA 2006a). This new rule is based on the concept that each utility using a surface water source would be required to test regularly for *Cryptosporidium* oocysts. Based on the count levels, the utility would be put into one of four ‘bins’. Bin 1 (lowest count levels) would require no further treatment, while Bin 4 (highest count levels) would require an additional 2.5 logs of *Cryptosporidium* reduction. A tool kit was provided of various technologies (e.g., ozone, ultraviolet, membranes, etc.) that could be used to achieve this reduction. Guidance manuals were written for each of the technologies specifying the conditions required to achieve the required reductions. For example, The Ultraviolet Disinfection Guidance Manual (UVDGM) was issued in November, 2006 (USEPA 2006b).

2.3. How did the new research on *Cryptosporidium* affect the introduction of UV for treating *Cryptosporidium* in surface waters in major water treatment utilities in North America and other places in the world.

The new LT2ESWTR had a profound effect on water utilities in North America and around the world because it basically declared UV treatment to be the best available technology for the additional *Cryptosporidium* treatment required in the rule.

A few cities (e.g., Edmonton, Seattle, Pittsburgh) pioneered the introduction of UV treatment, but then

後の研究 (Clancy et al. 2000) では、 $10\text{mJ}/\text{cm}^2$ より少ないフルエンス (UV線量) でも不活化率が3 log より大きいということがわかった。1998年以来、他の研究者達 (アルベルタ大学のCraig博士、Finch博士、Belosevic博士) による研究により、クリプトスポリジウムおよびジアルジア属の原虫はUV耐性が非常に低いことが確認された。

現在、UVはクリプトスポリジウムやジアルジア属などの原虫の処理に非常に効果的であると広く認知されている。例えば、USEPA (米国環境保護局) は2003年に下記のように述べている。

最近まで飲料水のUV処理の使用は、主に小型地下水用設備に限られていた。これは、原虫の不活性化には効果がなく、大型の設備はコストパフォーマンスが優れないと信じられていた。しかしながら1998年にUV光は低い線量でも効果的にクリプトスポリジウムを不活化できることが実証され、それによって広範囲に適用できる可能性があることが認識され、研究が加速した。

2.2. クリプトスポリジウムの新たな研究は、米国における新しい表流水規制にどのような影響を与えたか？

ミルウォーキーでのクリプトスポリジウム流行 (及びその他) により、当時施行されていた表流水に関する規制は、クリプトスポリジウムやジアルジア属などの水由来の寄生虫の脅威に対して不十分であるとUSEPA (米国環境保護局) は、認識した。そこで1999年に株主 (公益事業者、製造業者、技術コンサルタント、学者、取締役) による集会を開き、どのような規制を提案するか話し合った。長期にわたる会議の末、LT2ESWTRという規制が2006年11月に提出された。この規制は、表流水源を使用する公共施設は、それぞれがクリプトスポリジウムシスト試験を定期的にする必要があるというコンセプトに基づくものである。数値レベルに基づいて、公共施設は4つのグループに分類される。グループ1 (最も数値が低い) は特にそれ以上の処理が必要ないとする一方で、グループ4 (最も数値が高い) は追加的に2.5 logのクリプトスポリジウムの減少を必要とする。この減少

率を達成させるための様々な技術オプション (オゾン、UV、膜ろ過) が示された。それぞれの技術に関して使用上の条件を記載したマニュアルが作成された。例として2006年11月に紫外線殺菌マニュアル (UVDGM) が発行されている。

2.3. クリプトスポリジウムの新たな研究は、北米及び世界中の主な水処理公共施設での表流水中のクリプトスポリジウム処理へのUV導入に、どのように影響を与えたか？

この新しいLT2ESWTRでは、規制で必要とされる追加的なクリプトスポリジウム処理として、基本的にUV処理が最適な適用技術であるとされていたため、北米及び世界中の公共施設水に多大な影響を与えた。

いくつかの施設 (エドモントン、シアトル、ピッツバーグ) がUV処理を導入し、その後多くの施設が導入した。近年、米国の水質研究基金による北米でのUV殺菌の適用に関する研究が終了した。現在、次のようにUVの導入が進んでる。

162施設で ($2\sim 20\text{km}^3/\text{日}$)、99施設で ($20\sim 200\text{km}^3/\text{日}$)、11施設で ($200\sim 2000\text{km}^3/\text{日}$)、2施設で ($>2000\text{km}^3/\text{日}$)。もちろん、これらのほとんどが水源として表流水を使用し、UV処理は主にクリプトスポリジウム及び/またはジアルジア属を制御するために導入された。2013年または2014年、ニューヨークはこれまでで最大のUV処理 ($8000\text{km}^3/\text{日}$) を導入する予定である。

紫外線殺菌マニュアル (UVDGM) は、全てのUV設備は、第三者による生物線量計試験^{*1}によって保証されたUV装置を使用するよう規定している。現在までに米国には2つの試験機関が存在し、1つはポートランド (オレゴン州)、もう1つがアルバニー (ニューヨーク州) である。カナダも同様の要件を実施している。

*1 生物線量計試験は、病原性のない微生物 (例、MS2大腸菌ファージ) を、試験対象装置に投入し、流入前後のサンプルを採りlog減少率を求め、同微生物の溶液を平行ビーム装置にて供試して得

many other utilities installed UV. Recently the Water Research Foundation in the US completed a study of the implementation of UV disinfection in North America (Wright et al. 2012). Currently the following UV installations have been made: 162 utilities (2 to 20 MLD¹), 99 utilities (20 to 200 MLD), 11 utilities (200 to 2,000 MLD) and 2 utilities (>2,000 MLD). Of these, the vast majority use surface water as their source water and were installed primarily to control *Cryptosporidium* and/or *Giardia*. In 2013 or 2014, New York will start up the largest UV installation so far (8,000 MLD).

The UVDGM specifies that in the US, all UV installations use UV reactors certified by third party biosimetry tests². There are currently two test facilities in the United States, one in Portland, OR and one in Albany NY. Canada has similar requirements.

¹MLD – million liters per day.

²A biosimetry test involves challenging a UV reactor with a non-pathogenic microorganism (e.g., the MS2 coliphage), taking influent and effluent samples and comparing the log reduction with a standard UV dose response curve determined for the spiked water in a collimated beam apparatus.

UV disinfection has been installed in Europe (principally, Norway, The Netherlands, Germany and Austria) since the 1960's. In Austria and Germany, UV installations must use UV reactors certified by biosimetry either at a test facility in Bonn, Germany or in Vienna, Austria. UV disinfection of surface waters is also used extensively in Australia and New Zealand.

3. United Kingdom

In the United Kingdom, prior to 2006, UV was not allowed for *Cryptosporidium* treatment – removal of the oocysts by filtration was required. This was in spite of the fact that UV was known to be effective since 1998 and was being used extensively in North America and the rest of Europe. The reason for this situation was that the person responsible for UV regulations on the UK did

not believe in the new research on the use of UV to treat *Cryptosporidium*. However, finally in February, 2010 the UK Drinking Water Inspectorate issued the “Guidance on the use of Ultraviolet (UV) irradiation for the Disinfection of Public Water Supplies” (UKDWI 2010) which finally allowed UV to be used in the UK to treat *Cryptosporidium* in surface water sources.

4. Why should Japan change its requirement for the use of filtration for *Cryptosporidium* treatment?

In Japan, at present (like the UK until 2010), UV is not allowed for *Cryptosporidium* control of surface water sources for drinking water utilities {can you cite a reference?}. Perhaps it is time for the regulators in Japan to examine what is happening in other parts of the world and consider a revision to the regulations that would allow UV treatment for *Cryptosporidium* control of surface water sources.

References

- Bolton, J. R., B. Dussert, Z. Bukhari, T. Hargy, and J. L. Clancy (1998). Inactivation of *Cryptosporidium parvum* by medium-pressure ultraviolet light in finished drinking water, Proc. AWWA 1998 Annual Conference, Dallas, TX, Vol. A, pp 389-403.
- Bukhari, Z., T. M. Hargy, J. R. Bolton, B. Dussert and J. L. Clancy (1999) Medium pressure UV light for oocyst inactivation, *J. AWWA* 91(3), 86-94.
- Campbell, A. T., L. J. Robertson, M. R. Snowball, and H. V. Smith (1995). Inactivation of oocysts of *Cryptosporidium parvum* by ultraviolet radiation. *Wat. Res.*, 29, 2583-2586.
- Clancy, J. L., Z. Bukhari, T. M. Hargy, J. R. Bolton, B. Dussert and M. M. Marshall (2000) Comparison of medium- and low-pressure ultraviolet light for inactivation of *Cryptosporidium parvum* oocysts”, *J. AWWA* 92(9), 97-104.
- Craik, S. A., G. R. Finch, J. R. Bolton and M. Belosevic (2000). “Inactivation of *Giardia Muris* cysts using medium-pressure ultraviolet radiation in filtered drinking water”, *Wat. Res.* 34(18), 4325-4332.

た標準的UV線量反応曲線と、そのlog減少率を比較する試験である。

1960年以降ヨーロッパ（原則的にノルウェー、オランダ、ドイツ、オーストリア）においてUV殺菌が導入されてきた。オーストリアとドイツでは、UV導入の際、ドイツのボン、およびオーストリアのウィーンにある試験機関で、生物線量計試験に合格したUV装置を使用する義務がある。表流水へのUV消毒への適用は、オーストラリアおよびニュージーランドでも広範囲に行われている。

3. 英国

英国では、2006年以前UVはクリプトスポリジウム処理には認められておらず、ろ過によるオーシストの除去が必要とされていた。1998年以来UVは効果があると認知されており、北米及びそのほかのヨーロッパで広範囲にわたり使用されていたにもかかわらずである。この状況の理由として、英国におけるUVの法制度責任者はクリプトスポリジウムの対策としてUVが有効であるという新しい研究報告を信用していなかったことが挙げられる。しかしながら2010年2月、英国飲料水視察団は、「公共水道水の消毒処理としてのUV照射の使用ガイダンス（UKDWI2010）」を公表し、最終的に英国においてUVが表流水中のクリプトスポリジウム処理にUVが認められることになった。

4. なぜ、日本はクリプトスポリジウム処理としてのろ過使用の要件を変える必要があるか？

日本では現在のところ（2010年までの英国と同様）、表流水を利用する水道施設でのクリプトスポリジウム制御に対してUV使用が認められていない。おそらく日本の行政官においては、世界の他地域で何が起きているのか調べ、表流水源のクリプトスポリジウム対策のためにUV処理の導入を認めるための規制変更を考慮する時期が来ているのかもしれない。

5. References 参考文献

Bolton, J. R., B. Dussert, Z. Bukhari, T. Hargy, and J. L.

Clancy (1998) . Inactivation of *Cryptosporidium parvum* by medium-pressure ultraviolet light in finished drinking water, Proc. AWWA 1998 Annual Conference, Dallas, TX, Vol. A, pp 389-403.

Bukhari, Z., T. M. Hargy, J. R. Bolton, B. Dussert and J. L. Clancy (1999) Medium pressure UV light for oocyst inactivation, *J. AWWA* 91 (3) , 86-94.

Campbell, A. T., L. J. Robertson, M. R. Snowball, and H. V. Smith (1995) . Inactivation of oocysts of *Cryptosporidium parvum* by ultraviolet radiation, *Wat. Res.*, 29, 2583-2586.

Clancy, J. L., Z. Bukhari, T. M. Hargy, J. R. Bolton, B. Dussert and M. M. Marshall (2000) Comparison of medium- and low-pressure ultraviolet light for inactivation of *Cryptosporidium parvum* oocysts", *J. AWWA* 92 (9) , 97-104.

Craik, S. A., G. R. Finch, J. R. Bolton and M. Belosevic (2000) . "Inactivation of *Giardia Muris* cysts using medium-pressure ultraviolet radiation in filtered drinking water", *Wat. Res.* 34 (18) , 4325-4332.

Craik, S.A., D. Weldon, G. R. Finch, J. R. Bolton and M. Belosevic (2001) Inactivation of *Cryptosporidium Parvum* oocysts using medium- and low-pressure ultraviolet radiation", *Wat. Res.* 35 (6) , 1387-1398.

Mac Kenzie, W. R., N. J. Hoxie, M. E. Proctor, M. S. Gradus, K. A. Blair, D. E., Peterson, J. J. Kazmierczak, D. G. Addiss, K. R. Fox, J. B. Rose, and J. P. Davis (1994) A massive outbreak in Milwaukee of *Cryptosporidium* infection transmitted through the public water supply. *New England J. Medic.* 331 (3) , 161-167.

UKDWI (2010) *Guidance on the use of Ultraviolet (UV) irradiation for the Disinfection of Public Water Supplies*, available at <http://dwi.defra>.

- Craik, S.A., D. Weldon, G. R. Finch, J. R. Bolton and M. Belosevic (2001) Inactivation of *Cryptosporidium Parvum* oocysts using medium- and low-pressure ultraviolet radiation", Wat. Res. 35(6), 1387-1398.
- Mac Kenzie, W. R., N. J. Hoxie, M. E. Proctor, M. S. Gradus, K. A. Blair, D. E., Peterson, J. J. Kazmierczak, D. G. Addiss, K. R. Fox, J. B. Rose, and J. P. Davis (1994) A massive outbreak in Milwaukee of *Cryptosporidium* infection transmitted through the public water supply. *New England J. Medic.* 331(3), 161-167.
- UKDWI (2010) *Guidance on the use of Ultraviolet (UV) irradiation for the Disinfection of Public Water Supplies*, available at <http://dwi.defra.gov.uk/stakeholders/guidance-and-codes-of-practice/uvirradiation.pdf/>
- USEPA (1996) *Ultraviolet Light Disinfection Technology in Drinking Water Application – An Overview* (Rep. No. 811-R-96-002), Sept., 1996 Washington, DC p. ES-7.
- USEPA (2003) , *Ultraviolet Disinfection Guidance Manual* (Rep. No. 815-R-99-014) , June, 2003. Washington, DC: US Environmental Protection Agency, p. 1-1. (not in the Final UVDGM, published in 2006) .
- USEPA 2006a. *Long Term 2 Enhanced Surface Water Treatment Rule (LT2)* , see <http://www.epa.gov/safewater/disinfection/lt2/index.html>. US Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- USEPA 2006b. *Ultraviolet Disinfection Guidance Manual for the Final Long Term 2 Enhanced Surface Water Treatment Rule*. Washington, DC: US Environmental Protection Agency, Office of Safe Water. Available on the web at: http://www.epa.gov/safewater/disinfection/lt2/pdfs/guide_lt2_uvguidance.pdf.
- Wright, H., D. Gaithuma, M. Heath, C. Schulz, T. Bogan, A. Cabaj, A. Schmalweiser, M. Schmelzer and J. Finegan-Kelly (2012) , *UV Disinfection Knowledge Base*, Water Research Foundation, Denver, CO.
- gov.uk/stakeholders/guidance-and-codes-of-practice/uvirradiation.pdf/
- USEPA (1996) *Ultraviolet Light Disinfection Technology in Drinking Water Application – An Overview* (Rep. No. 811-R-96-002) , Sept., 1996 Washington, DC p. ES-7.
- USEPA (2003) , *Ultraviolet Disinfection Guidance Manual* (Rep. No. 815-R-99-014) , June, 2003. Washington, DC: US Environmental Protection Agency, p. 1-1. (not in the Final UVDGM, published in 2006) .
- USEPA 2006a. *Long Term 2 Enhanced Surface Water Treatment Rule (LT2)* , see <http://www.epa.gov/safewater/disinfection/lt2/index.html>. US Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- USEPA 2006b. *Ultraviolet Disinfection Guidance Manual for the Final Long Term 2 Enhanced Surface Water Treatment Rule*. Washington, DC: US Environmental Protection Agency, Office of Safe Water. Available on the web at: http://www.epa.gov/safewater/disinfection/lt2/pdfs/guide_lt2_uvguidance.pdf.
- Wright, H., D. Gaithuma, M. Heath, C. Schulz, T. Bogan, A. Cabaj, A. Schmalweiser, M. Schmelzer and J. Finegan-Kelly (2012) , *UV Disinfection Knowledge Base*, Water Research Foundation, Denver, CO.



JWRC技術審査基準の改訂と 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 会見 卓也

1. はじめに

平成20年1月と8月に「紫外線照射装置JWRC技術審査基準（低圧ランプ編）」「同（中圧ランプ編）」を制定・発行して4年を経過した平成24年7月、これらの改訂版を制定・発行した。

装置認定を取得しようとするメーカーはもとより、導入を検討する事業体の職員においても、本書を通じてどのような基準をクリアした装置なのか知ることは重要なことであり、初版発行以来、多くの関係者の下で利用されてきたことは、本書が目的とする「円滑かつ適正な装置導入」に貢献できたのではないかと考える。

クリプトスポリジウム等に対する紫外線処理の法的位置付けは、4年前と変わってはいないが、この間、同基準に基づき多くの装置を審査（あるいはメーカーから見れば申請）する中で、いくつかの修正・補足要請があり、その都度対応してきたものを、本年正式に1冊に纏める作業に着手し発行する運びとなった。

本稿ではその改訂の主な内容と、同基準と深く関わる装置認定取得状況並びに紫外線照射装置の導入状況について紹介する。

2. 技術審査基準の主な改訂点

紫外線照射装置の照射性能に求められる「通過する流量の95%以上に10mJ/cm²以上の照射量」は変わっていない。また、微生物などを使って線量を測る方法以外に新たな手法が確立したわけではない。従って、微生物感受性試験と通水試験は今までどおり行い、評価する。しかしながらCFD解析におけるパラメータの入力条件が明確でない部分があったため、過剰に設計されるケースが報告されたことを受けて、より厳密な入力条件に統一する必要があった。

これを含め、以下に主な改訂点を示す。

【主な改訂点】

（1）ランプ能力試験

ランプ能力は照射性能試験の一部とする

（2）REDの表記

通水試験の結果得られる実測のREDとCFD

解析の結果得られる計算上のREDを明確に区別した。RED実測⇔REDCFD

（3）照射槽内反射率の算入（新規）

紫外線強度に影響する因子のひとつとして、照射槽内反射率を数値化、算入することとした。

（4）CFD解析の入力条件を統一した基準紫外線強度に影響する全ての因子について、CFDによるRED（REDCFD）を計算する場合とCFDによる流れ解析を行う場合の入力条件を明確に統一した。これにより「処理水量の95%以上に対して10mJ/cm²以上であることを照射量分布図において示すこと」ができれば照射性能適合とした。旧A値による適合判断基準がなくなったためA値の扱いを廃止、同時にB値の名を適合RED値に変更した。

また、通水試験で照射性能適合した装置の同系列装置でも、既認定装置のCFD解析を行うことで上記条件による照射性能適合判断ができることとした。

（5）CFD解析ソフトのベンチマークテスト

既に認定取得した装置に使用したCFD解析ソフトについては、そのベンチマークテストを省略することができるとした。

（6）OEM申請

OEM契約を締結した装置については、元となる装置の認定証（写）と整理された添付書類による申請で、技術審査を行わずに認定できるとした。

（7）構成

これまで2分冊（低圧・中圧）に、適宜補足資料等を追加配布してきたものを1冊にまとめ、さらに「認定依頼書の纏め方」を新たに追加掲載した。



上述の主な改訂点のほかにもここに紹介しきれない細かい修正を行っている。

また今後、紫外線処理を取り巻く法的環境や技術的環境が変わってきた場合にも、本書の利用者に最新の情報を発信し、それに即した基準を制定できるよう対応していきたいと考える。

3. 適合審査による認定状況

冒頭で述べたJWRC技術審査基準に則り、平成20年4月から審査受付けを開始し、5年目となる。平成24年11月末現在までの認定数を装置の処理能力別に示す。(図1)

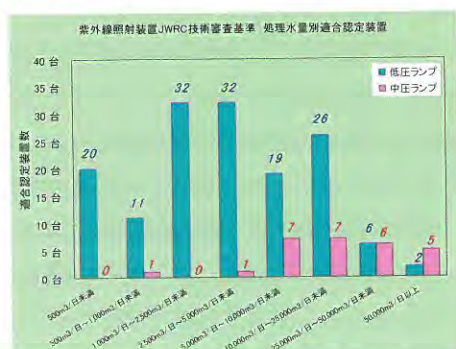


図1 紫外線照射装置の認定状況

低圧ランプでは16社で全148機種(1社あたり1~19機種)の認定を取得しているが、この中にはOEM製品67機種を含んでいる。中圧ランプでは6社で全27機種(1社あたり1~7機種)の認定を取得していて、OEM製品はない。

4. 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毎年調査を行っている。平成24年3月の調査結果から、浄水プロセスに導入された紫外線照射装置の累積件数、累積計画処理水量を図2に示す。



図2 紫外線照射装置導入状況

数値は契約済件数、工事中件数も含んでいるが、平成24年度末予定での累積導入件数は180件、計画処理水量は約729,000m³/日となった。

また、累積計画処理水量について、膜処理と比較した傾向を表1、図3に示す。

表1 累積計画処理水量と対前年増加量

		(単位 千m³/日)				
		H20	H21	H22	H23	H24
膜		848	1,102 (254)	1,182 (80)	1,292 (110)	1,303 (11)
UV		48	105 (57)	354 (249)	566 (212)	729 (163)

()内は対前年増加数

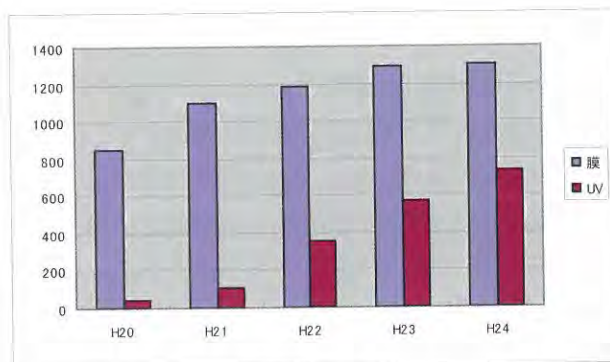


図3 累積計画処理水量(膜・UV)推移

全体の累積計画水量は、依然として膜処理装置の方が大きいですが、増加量は紫外線照射装置の方が明らかに大きい。紫外線処理が多く導入され始めておよそ5年経過した現在でも、現場から大きなトラブルは報告されていない。反面、ひとつの事故が現在の増加量に影響を及ぼしかねない。導入拡大だけでなく各メーカーの一つ一つの施工責任が、業界全体あるいは紫外線処理技術全体の今後の動向を左右する重要な時期ではないかと考える。

水道技術研究センターでも、紫外線照射装置の技術認定を通じて「円滑かつ適正な装置導入」を継続して図っていきたい。

5. おわりに

国民の健康を守るという大命題の観点からすると、今回の改訂作業では相当気を遣うところもあったと思う。が、その紫外線照射装置JWRC技術審査基準の改訂にあたっては、立命館大学の神子先生、お茶の水女子大学の大瀧先生、JUV Aの山越氏、岩崎氏、埼玉県企業局の岡野氏(水道技術研究センター浄水技術部、前主任研究員)に多大なご尽力をいただいたことを、この場を借りて御礼申し上げたい。



水道水源におけるクリプトスポリジウムの汚染実態

国立保健医療科学院 生活環境研究部 水管理研究分野 主任研究官 岸田 直裕

1. はじめに

クリプトスポリジウムはヒトおよび動物に下痢等の症状を引き起こし、糞便中に高濃度で排出されるため、下水処理場・浄化槽・畜産排水処理施設等を介して水環境中に放出される。このため、河川等の水道水源が汚染されるおそれがある。

我が国においては、1996年に埼玉県越生町で発生した集団感染事例以降、大規模なアウトブレイクは発生していないが、国外では2010年にスウェーデンのÖstersund市にて11,200人の推定患者が発生する等、クリプトスポリジウムの水系感染は先進国においても依然として問題となっている。我が国においても今後、このようなアウトブレイクが発生しないとは言いきれず、水道水源における汚染実態を把握し、適切な浄水処理システムを維持していくことが求められる。本稿では、国内の水道水源におけるクリプトスポリジウムの汚染実態について紹介する。

2. クリプトスポリジウムの汚染源

クリプトスポリジウムは温帯・熱帯問わず世界中に広く分布する寄生性原虫であり、宿主も非常に多いことから、多種多様の汚染源が考えられるが、野生動物に比べヒト・家畜は存在密度が高いため、特にヒト・家畜由来の汚染源には注意を払う必要があるだろう。実際に、全国67箇所の下水处理場を対象とした実態調査においては、下水処理水の約10%からクリプトスポリジウムが検出されており、ヒト由来の汚染が生じていないとは考え難い。また、家畜を対象とした全国調査においても国内数%の家畜からクリプトスポリジウムが検出されており、畜産排水からの検出率も高いと報告されていることから、上流域に大規模な下水処理施設・畜産排水処理施設等を有する水源においては、適切な水源監視を行う必要がある。

3. 水道水源における汚染実態

表1にこれまでに実施された比較的大規模の汚染実態調査結果を示すが、国内の水道原水・水源におけるクリプトスポリジウムの検出率は27～55%となっている。全国規模の調査においても、検出率に明確な地域差は認められていないことから、国内広範囲の水道水源がクリプトスポリジウムに汚染されていると推測され、水道水源からクリプトスポリジウムが検出されることは決して珍しいことではないといえる。

表2に筆者らが実施した全国規模の汚染実態調査において検出されたクリプトスポリジウムの遺伝子型を示す。国内の水道水源に存在する遺伝子型の分布は多様であり、このことから水源の汚染源が多様であることがうかがえる。また、一部の遺伝子型はヒトへの感染性が報告されており、ヒトへ感染する可能性のあるクリプトスポリジウムが国内の水道水源に存在していることが確認されている。

4. 指標菌・濁度との相関

表3に筆者らが実施した全国30箇所の水道原水を対象とした実態調査における、クリプトスポリジウムの検出濃度と指標菌・濁度との相関係数を示す。対象とした3指標菌の中では嫌気性芽胞菌が最も相関係数が高いが、総じて相関係数の値は低く、有意な正の相関関係は認められなかった。この傾向は他の調査においても同様であり、利根川・荒川水系の調査においても高い相関係数は得られていない。指標菌が汚染源から定常的に水源へと排出されているのに対し、クリプトスポリジウムは上流域においてヒトや家畜に感染症が発生した時のみ排出されることから、調査期間全体の平均値として高い相関係数が得られないのは妥当な結果であると考えられる。環境中での挙動の違いも高い相関係数が得られない要因の

一つであろう。このことから、指標菌濃度から水道原水中のクリプトスポリジウム濃度を常に推測することは困難であると考えられる。濁度についても同様に正の相関関係は認められなかった。一方、嫌気性芽胞菌については、検出濃度が高い試料でクリプトスポリジウムの検出率が有意に高くなる傾向が認められたことから、クリプトスポリジウムの定性的な存否を推定する上では有用な指標菌であると考えられる。

5. おわりに

国内の水道事業体や研究機関において、水道水源におけるクリプトスポリジウムの汚染実態調査が精力的に進められており、水道水源からクリプトスポリジウムが検出されることは決して珍しいことではないという認識も国内において徐々に広まってきているように感じている。一方、これまでの実態調査の多くは、水道水源において検出されたクリプトスポリジウムの感染性・生残性についてあまり検討していない。今後、水道経路のクリプトスポリジウムの感染リスクについて議論していく上で、このような情報は必ず必要となると予想されることから、より深い汚染実態調査を進めていく必要があるだろう。

参考文献

- 1) 日本下水道協会: 下水道におけるクリプトスポリジウム検討委員会最終報告, 2000.
- 2) クリプトスポリジウムの保虫状況調査成績, 1997, 家畜衛生通信, Vol. 73.
- 3) 岸田直裕、今野祥顕、原本英司、浅見真理、秋葉道宏: 水道原水中の水系感染性ウイルスおよび原虫の全国実態調査, 2013, 水道協会雑誌 (査読中) .
- 4) Haramoto E., Kitajima M., Kishida N., Katayama H., Asami M. and Akiba M.: Occurrences of viruses and protozoa in drinking water sources of Japan and their relationship to indicator microorganisms, 2012, Food Environ. Virol., Vol. 4, No. 3, pp. 93~101, .
- 5) 宮島裕子、藤田貴之、秋元克己、高橋真紀、熊谷美紀、寺澤英昭、島野猶一、阿部敏弘、野中貴子、野田

功: 利根川・荒川水系における原虫類共同調査, 2008, 用水と廃水, Vol. 50, No. 8, pp.676~682.

- 6) 小野一男、辻英高、島田邦夫、増田邦義、遠藤卓郎: 河川水からのCryptosporidiumとGiardiaの検出状況, 2001, 感染症学雑誌, Vol. 75, No.3, pp. 201~208.
- 7) Rose J. B., Gerba C. P. and Jakubowski W.: Survey of potable water supplies for Cryptosporidium and Giardia, 1991, Environ. Sci. Technol., Vol. 25, No. 8, pp. 1393~1400.
- 8) 岸田直裕、今野祥顕、浅見真理、秋葉道宏、原本英司、泉山信司: 水道水源における原虫汚染の全国実態調査, 2012, 第15回日本水環境学会講演集, pp. 223-224.

表1 水道原水・水源におけるクリプトスポリジウムの汚染実態調査結果

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	汲水	1-2	27%	0.5-17	岸田ら, 2013
2008-2009年度	全国 16 地点	地下水	1-2	41%	0.5-30	Haramoto et al., 2012
2000-2006年度	利根川・荒川水系 56 地点	水筒	10	37%	0.1-9.3	宮島ら, 2008
1999年	兵庫県内 69 地点	水筒	20	55%	-	小野ら, 2001
1985-1988年	全国内 17 州	水源	400	51%	≤290**	Rose et al., 1991

*濃度の記載なし。

**最低濃度の記載なし。

表2 国内の水道水源において検出された遺伝子型 (岸田ら、2012)

遺伝子型	ヒトへの感染性報告例
<i>C. suis</i>	あり
<i>C. felis</i>	あり
<i>C. andersoni</i>	なし
<i>C. sp. pig genotype II</i>	なし
<i>C. sp. cervine genotype</i>	あり
<i>C. sp. avian genotype III</i>	なし
<i>C. sp. muskrat genotype II</i>	なし

表3 クリプトスポリジウム濃度と指標微生物濃度、濁度の相関 (岸田ら、2013)

(表中の値はスピアマンの順位相関係数を示す: n = 120)

大腸菌群	0.14
大腸菌	-0.01
嫌気性芽胞菌	0.22
濁度	0.21



USEPAにおける水系感染リスクに対する 対策指針の概要

株式会社東芝 電力・社会システム技術開発センター 阿部 法光

1. はじめに

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（LT2ESWTR¹⁾）を発行した。また、JWRCはJWRC水道ホットニュースにおいて平成20年8月～9月にかけて断続的に、上記ガイダンスの解説を特集している^{2), 3), 4), 5)}。本報では、USEPAが設定している感染リスク低減目標と、原水が表流水（表流水の影響を受ける地下水、湧水等も含む）の場合のクリプトスポリジウム濃度に応じて水道システムに要求される浄水レベルに注目しその概要を紹介する。

2. 感染リスク低減目標

1986年に公布されたUSEPA第1種飲料水規則（NPDWRs）の「地表水処理規則（SWTR）」では、公衆の感染リスクを 10^{-4} （感染/ヒト/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、地表水を利用する水道システムにおいては、原水のジアルギランブリア濃度を少なくとも99.9%（3.0-log）、原水のウイルス濃度を少なくとも99.99%（4.0-log）低減できる十分な浄水処理法を持つことを求めている。

これに対して、LT2ESWTR¹⁾では、地表水処理規則は、当該規則のもとに必要とされているレベルで処理されたとしても、原水中の病原菌が高濃度である水道シ

テムは依然として健康目標を達成できない可能性があることについて触れていない。また、地表水処理規則が取り纏められた時点においては、除去又は不活化についての十分な情報を利用することができなかったため、原虫であるクリプトスポリジウムは規制対象に含まなかったが、地表水処理規則が公布されて以来クリプトスポリジウムについて多くの知見が得られており、最も顕著なのは公共水道システムにおいて一般に採用されている消毒方法に対してクリプトスポリジウムが耐性を持っていることであるとし、これに対しては物理的な除去又は代替消毒剤が最も有効な処理方法であるとしている。

3. 水道システムに対して要求される浄水レベル

（1）ろ過を行っている水道システムに対して要求される浄水処理レベル

原水の汚染状況（Bin分類）によって、表1で分類される浄水処理レベルを備えることを要求している。ろ過システムは、各Binの特定された追加処理の要件を満たすために、微生物対策ツールボックス¹⁾（表2に一部抜粋を示す）にリスト化されている管理と処理のオプションのうち少なくとも1つを使用する必要があるとしている。

したがって、Bin3および4（最高クリプトスポリジウムレベル）に分類されるシステムには、表2の微生物対策ツールボックスで指定された処理のいずれか、または組み合わせを使用して、さらに、少なくとも1.0-logの追加処理を要求される。

表1 ろ過を行っている水道システムに対して要求される浄水処理レベル⁵⁾

原水のクリプトスポリジウム濃度 (オーシスト/L)	地表水規則、暫定地表水処理強化規則及び長期第1次地表水処理強化規則(該当する場合)に完全に適合しているろ過処理を用いている水道システムは、以下のろ過処理及び原水のクリプトスポリジウム濃度に応じて、表中に示す「追加の浄水処理」が要求される。			
	在来型ろ過（軟水化を含む）	直接ろ過	緩速砂ろ過又は珪藻土ろ過	代替ろ過技術
0.075未満 (Bin 1)	追加の処理は不要	追加の処理は不要	追加の処理は不要	追加の処理は不要
0.075以上1.0未満 (Bin 2)	1.0-log の処理を追加	1.5-log の処理を追加	1.0-log の処理を追加	(注1)
1.0以上3.0未満 (Bin 3)	2.0-log の処理を追加	2.5-log の処理を追加	2.0-log の処理を追加	(注2)
3.0以上 (Bin 4)	2.5-log の処理を追加	3.0-log の処理を追加	2.5-log の処理を追加	(注3)

(注1) クリプトスポリジウムの除去・不活化は少なくとも合計4.0-logとして、州が決定

(注2) クリプトスポリジウムの除去・不活化は少なくとも合計5.0-logとして、州が決定

(注3) クリプトスポリジウムの除去・不活化は少なくとも合計5.5-logとして、州が決定

表2 微生物的ツールボックス(選択肢と評価値)―抜粋―

ツールボックスの選択肢	クリプトスポリジウムの評価値
水源ツールボックスの構成要素	
流域管理計画	0.5-log の評価値。
代替水源／取水管理	既定値なし。
前ろ過ツールボックスの構成要素	
凝集を行う前沈殿池	濁度又は州承認性能クライテリアにおいて、月平均0.5-log 以上を達成する前沈殿池については、0.5-log の評価値。沈殿池は凝集剤を注入して連続的に運転しなければならない。また、施設を流れる全ての水は、当該沈殿池を通過しなければならない。
処理性能ツールボックスの構成要素	
ろ過系統性能	各月におけるサンプルの少なくとも95%が濁度0.15NTU 以下であるろ過系統流出水については、0.5-log の評価値。
個別のろ過性能	個別のろ過流出水について、各月におけるサンプルの95%が濁度0.15NTU 以下であり、かつ、連続する2回の測定において濁度が0.3NTU を超えないものについては、(ろ過系統性能評価値に加えて) 0.5-log の評価値。
性能の実証	州に対する実証に基づいた評価値。
追加ろ過ツールボックスの構成要素	
膜ろ過	直接損傷試験によって立証される場合は、チャレンジ試験において実証された除去効率までの「log 評価値」。
二段ろ過	一連の処理が第一段ろ過に先だって凝集を含む場合は、第二段の粒状メディアろ過ステージについて、0.5-log の評価値。
不活化ツールボックスの構成要素	
二酸化塩素	接触時間表に関連して測定された接触時間に基づいた評価値。
オゾン	接触時間表に関連して測定された接触時間に基づいた評価値。
紫外線	紫外線照射量表に関連して有効とされた紫外線照射量に基づいた評価値。紫外線照射量及び関連の操作条件を設定するために、反応槽有効試験が必要。

(2) ろ過を行っていない水道システムに対して要求される浄水処理要求レベル

ろ過を行わない水道システムに対しては、水源の汚染状況に応じて、表3に示すクリプトスポリジウム、ジアルジアランブリア及びウイルスに対する不活化要求を満たすことを要求している。また、そのためには少なくとも2種類の消毒剤を用いることを推奨しており、各消毒剤は、クリプトスポリジウム、ジアルジアランブリア又はウイルス全体の不活化を達成することができるようにしなければならないとしている。

したがって、水道システムは、クリプトスポリジウムの不活化要求を満たすために紫外線またはオゾン、ウイルスの不活化要求を満たすために塩素又は二酸化塩素を用いなければならないことになる。

表3 ろ過を行っていない水道システムに対して要求される浄水処理レベル

原水のクリプトスポリジウム濃度(オーシスト/L)	ろ過を行っていない水道システムへの浄水要求	
	不活化要求レベル	システム要求
0.01以下	2.0-log の処理	すくなくとも2種類の消毒剤を用いてクリプトスポリジウム、ジアルジアランブリア及びウイルスに対する不活化要求をみたさなければならない。
0.01超	3.0-log の処理	

参考文献

- USEPA, 「The Long Term 2 Enhanced Surface Water Treatment Rule (LT2ESWTR) Implementation Guidance」, August 2007
- JWRC, 「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からー(その1)」, JWRC水道ホットニュース, 第122-2号, 平成20年8月15日
- JWRC, 「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からー(その2)」, JWRC水道ホットニュース, 第122-2号, 平成20年8月15日, 第123-2号 平成20年8月22日
- JWRC, 「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からー(その3)」, JWRC水道ホットニュース, 第123-2号 平成20年8月22日
- JWRC, 「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からー(その4)」, JWRC水道ホットニュース, 第125-2号 平成20年9月5日
- USEPA, 「§ 141.720 Inactivation toolbox components」, 40 CFR Ch. I (7-1-10 Edition)



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」の報告

お茶の水女子大学 大学院 教授 大瀧 雅寛

平成25年2月27日（水）に日本水環境学会「紫外線を利用した水処理技術研究委員会」および水道技術研究センターの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」がお茶の水女子大学において開催された。参加者は計77名に達し盛会であった。

以下に講演内容とパネルディスカッションの様子を要約して紹介する。



ワークショップ（講演）の様子

最初に岸田直裕氏（国立保健医療科学院）から「クリプトの実態調査と浄水管理における課題」についての講演があった。

クリプトに関する基礎知識、全国規模の水道原水中のクリプト調査の結果について紹介があり、特に家畜やヒトの保有率や下水の検出率（10%）から考えて、クリプトの存在量は多く、かつ水源でのクリプト検出は全国に渡っていることが紹介された。



岸田直裕氏

さらに全国の調査点間における濁度との相関は低い、芽胞菌は相関がある程度考えられるということであった。また大雑把なリスク評価からは、浄水処理不良の場合、EPAが提唱する許容リスク（年間リスクで 10^{-4} ）を超える可能性があることから、適切な浄水管理が必要なことなどの提言があった。

次に植木茂氏（水道技術研究センター）から「クリプト対策指針としての濁度管理の現状」について講演があった。

センター実施の中小規模浄水場に対するアンケートから、濁度0.1度の保持に、苦勞している現状（18%が0.1度超過）が報告された。能力不足、人手不足といったことが理由とのことであった。また水道技術研究センターで検討した新しいクリプト対策フローの提案が紹介された。これは排出源での有無を重要視し、地下水・地表水に係わらずクリプト検出状況に応じてUVも含めた対策を実施させるものであり、厚生労働省に提案したとのことであった。



植木茂氏

続いて恩田建介氏（wking株式会社）から「濁度管理とクリプト対策の最前線」について講演があった。

適切な濁度管理には凝集が重要であることが紹介された。また、ある範囲においては浄水処理での濁度とクリ

プトの除去率は相関があるが、凝集・急速ろ過でクリプト除去率は2~3log程度であることから、対応が難しい場合には、UVを含めた追加除去のための処理が必要であるとのことであった。



恩田建介氏

講演の最後は、神子直之教授（立命館大学）から「クリプト対策としての紫外線照射の役割と問題点」についての講演があった。

自然水中に濁度と共存している従属栄養細菌を対象としたUV効果と濁度の関係が紹介され、濁度4度程度までならば影響を受けずUVは十分効果を発揮できるとのことであった。



神子直之教授

以上の4講演を受けてパネルディスカッションが行われた。UVはクリプトの3log除去には有効であるという共通認識があるが、必要性についての認識はどの程度なのかを議論するため、まずクリプトのリスクの考え方に関して様々な立場からの意見が交換された。クリプトのように突発的に原水濃度が上昇する場合への対応として、平均濃度を基にした対策で良いのかという意見や、

一万分の一のリスク遵守ができないという危機感とアウトブレイクが出るかという危機感とは別次元であることが、マルチバリア的なUV導入の必要性が感じられない原因ではないか、といった意見が出されたが、最後までクリプトのリスク認識に関してはまとまらなかった。しかし換言すれば、この様な議論の基礎となるべきデータが少なすぎたことに原因があろう。国立保健医療科学院が実施した調査研究結果が今年度中に公表されるが、この様なデータ蓄積と公開が行われていけば、自ずと今回の議論点がまとまって行くのではないかと思われた。

その他には現状のクリプト対策が濁度0.1度以下であるのに対し、UV消毒では、不活化率（3log）を達成する基準となっているため、専門分野以外の人にはわかりにくいことが問題であるということや、WHOやEPAは感染リスクを指標として要るのに対し、日本の水道は水質基準値を守ればリスクはゼロという考え方が浸透している点は、議論を難しくしているのではないか、といった意見などが出された。



パネラーの皆さん

最後にワークショップの参加者に今回の感想をアンケート形式で聞いた結果を報告する。全体的にクリプト、UVの様々な情報が入手できて良い機会となったという回答が多かったが、この様な情報発信が、これまで足らなかったという事実の裏返しであるとも考えられた。特に水道事業者へ向けて行うべきであるとのこと指摘もあり、この点は今後の活動の参考にさせていただきたいと思う。



光市水道局における紫外線処理設備の導入事例 及び維持管理

光市水道局浄水課 浄水課長 岩本 充

1. はじめに

光市における水道事業は、戦後間もない昭和20年12月光海軍工廠専用水道を引き継ぎ、今日まで安心・安全な水道水を安定して供給することを前提に水道事業の推進に努めてきた。

当市は、2級河川である島田川の豊かな伏流水を水源とし、水質・水量ともに恵まれた環境で、おいしい水を提供してきた。

近年利用者が求めるより高い水準で水の供給を目指すなか、平成8年6月に我が国で初めて水道水に起因すると見られるクリプトスポリジウムによる集団感染症が発生した。

光市では、水源である伏流水との関連の深い島田川の上流域は、牛舎や養豚場が多くあり、汚染の恐れがあるため対策が必要となった。



林浄水場沈殿池

2. 水源と浄水方法

光市の水源は3本の集水管があり、伏流水を取水している。取水能力50,000m³/日の水利権を有し、それぞれの取水能力は第1取水15,000m³/日、第2取水30,000m³/日、第3取水5,000m³/日である。

浄水施設は、第2・3取水を薬品沈澱池+急速ろ過+塩素滅菌で第1取水は塩素滅菌のみとしていたが、鉄・マンガンを含むことから、第1取水も急速ろ過で処理している。

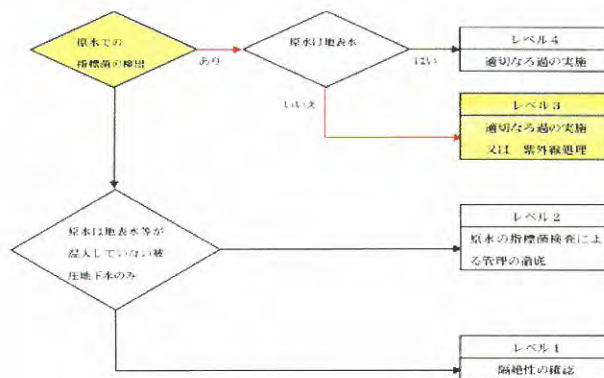
3. 水質について

平成16年度から18年度の水質データーから次のことが言える。

- ①原水水質は特に問題はない。
- ②第1取水は鉄・マンガンが含まれている。
- ③大腸菌が検出されている。
- ④浄水水質が0.1を上回る場合がある。

(原水が低濁のため凝集が難しい。)

汚染のおそれの判断はレベル3に該当する。



4. 紫外線処理導入の経緯

平成12年に制定した「水道施設の技術的基準を定める省令」において、ろ過等の設備の設置を規定した。当時第1取水にろ過膜導入の検討もしたが、建設費及び維持管理費が高いことで躊躇していた。不完全ながらも35,000m³/日の凝集沈殿ろ過施設があったのも一因である。

平成19年省令の一部改正で紫外線処理も許可されて、

本格的な検討に入り導入を決定した。理由は次のとおりである。

- ①耐塩素性病原性微生物に対し、非常に有効である。
 - ②残留物や消毒副生成物を生成しない。
 - ③建設費・維持管理費が安価である。
 - ④薬品の運搬貯蔵が不要。
 - ⑤既存の施設に容易に組み込める。
- 膜処理との比較を次に示す。

	紫外線	膜ろ過
スペース	小	大
イニシャルコスト	安価	高価
ランニングコスト	安価	高価
水回収率	100%	90～99%
主要部品交換	ランプ1年	膜5～15年

5. 紫外線ランプの選定

紫外線ランプは以下の理由で高効率低圧アマルガムランプの採用とした。

- ①中圧ランプの持つ省スペース・高出力と、低圧の持つ経済性から中規模浄水施設に最適。
- ②出力はランプの長さに対して通常の低圧ランプの3倍（中圧は10倍）と高出力であり、ランプ寿命も中圧より長い。

6. 設置場所

第2・3取水はろ過後に設置とした。第2・3取水を浄水とした最大の理由はスペースの確保が難しかったためだが、結果的にはマルチバリアとなる。凝集剤を使用しなくて済むこともメリットである。

第1取水の設置位置は、原水としたが、現況第2・3取水と混合して浄水処理しているため紫外線導入は将来計画とした。

7. 業者の選定

工事発注にあたって、指名型の設計・施工一括発注のプロポーザル方式とすることとし、細部については、水道局内に業者選定委員（8名）を設置し、工事内容及び基本仕

様、提案に対する審査基準等を決定した。工事発注業者は技術提案後、選定委員の審査採点により決定した。

業者選定委員会のなかで、特に重要視したのは、装置の性能評価と損失水頭であった。

(1) 性能評価

性能評価はメーカーの保障だけでなく平成20年1月制定されたJWRCの技術審査基準の認定を絶対条件とした。基準適合認定は、技術的基盤の弱い中小事業体にとっては、判断材料として有用である。

処理水の安全性は、処理水量の95%以上に対して紫外線照射量を常時10mJ以上確保することを前提条件として担保される。紫外線照射量は紫外線強度と照射時間の積で求められる。

$$\text{紫外線照射量 (mJ/cm}^2\text{)} =$$

$$\text{紫外線強度 (mW/cm}^2\text{)} \times \text{照射時間 (s)}$$

式で示すと単純であるが、紫外線照射装置内において、紫外線強度はランプからの距離により強度分布が生じるし、滞留時間も流速の違いで時間分布が生じ複雑であり実測はできない。換算紫外線照射量（RED）は紫外線照射槽内で実際に与えられた紫外線照射量を表す指標をいう。指標微生物による有効性確認試験や、数値流体解析（CFD）によるシミュレーションによって求めることができる。

(2) 損失水頭

紫外線設備を急速ろ過地と浄水池の間に設置するため損失水頭の少ない設備が絶対条件となる。急速ろ過の水は自然流下で浄水池に流入するが水位差がないため規定量が流れない恐れがある。そのため基本仕様では、「極力1.0m以下とする」とした。

したがってプロポーザル審査表でも配点を高くした。

8. 工事の概要

紫外線処理施設設置工事

事業費 約3億3千万円

処理水量 35,000m³/日以上

「紫外線照射設備」

紫外線照射装置 3台

ランプ形式 低圧アマルガムランプ

ランプ本数 8本/基

消費電力 2.92kw/基



9. 運転制御

ろ過地と浄水池の間に装置を設置するためろ過地がオーバーフローしないために次のような制御とした。

(1) 運転について

中央で浄水池・配水池の水位を確認し、手で装置を起動する。中央で起動準備終了信号を確認後取水ポンプを起動する。

(2) 停止について

取水ポンプ停止し、ろ過水量が設定値以下の条件で、流出電動弁を閉じ、その後、装置停止。

10. 維持管理

(1) 清掃について

リアクター・ランプスリーブは半年に1回点検時に委託業者が実施。紫外線強度センサーは水道局職員が実施する。外付け方式のため取り外しが容易で簡単に

洗浄ができる。感光部を綿棒で拭き、アタッチメントの汚れはリアクター内の水を抜きウエス等で拭く。作業は容易で、水抜き後は数分で終了する。作業は専門的な技術を要しないが、紫外線は人間の目や皮膚に対して有害なので注意して実施する。センサーの清掃はラインを止めずに実施することもできるが基本的にはランプオフで作業する。

(2) 部品交換について

年次計画を立て委託業者で実施する。ランプなど使用頻度によっては交換時期が早まる場合もある。

(1) 故障等

導入後1年以上経つが重大な故障は発生していない。

(4) 性能確認

処理水側で紫外線照射の効果（不活化）を確認することは不可能で性能確認は照射量のモニタリングしかない。紫外線強度計を始めとして装置の動作状況の確認は重要である。

11. 異常時の対応

原則は委託契約を結んでいる業者に対応してもらう。緊急性がある場合、ランプ交換は職員で実施する。部品は装置1台分のランプ、スリーブと紫外線強度センサーをストックしている。その他の部品については業者が常時保管しており、長くても3日以内に対応可能。

12. 処理後の水質について

紫外線処理施設が塩素注入後今のところ目立った変化はない。今後臭素酸をはじめ、トリハロメタン及び塩素酸についてモニタリングしたい。データーの結果によっては注入点による注入割合等も考えたい。

紫外線による塩素濃度低下についての報告があるのでどの程度影響があるかデーターを蓄積したい。

13. まとめ

クリプトスポリジウム等対策として、紫外線処理を採用し特に問題なく稼働している。「ろ過処理+紫外線処理」という方式のため、安全性はより高まった。ろ過地

の濁度管理に不安を感じている中小規模事業者としては効果的であると思われる。光市の場合レベル3であるため原水濁度が2度を超えなければ薬品注入不要となる。本市にとって合理的な処理方法であると考える。

紫外線処理は管理が容易なため日々の点検を疎かになりがちになるが、定期点検やランプ交換を怠ると処理効果のない施設となる。日頃から管理データを共有化し適切な維持管理を行っていかなければならない。

最後に本市のこの取組が、紫外線処理施設の導入を計画されている水道事業者の参考になれば幸いである。

施設導入例（浄水施設）

<施設概要>

対 象 施 設：N 県 Y 浄水場
計 画 水 量：52,400 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：3 kW / 本
灯 数：9 灯 / 基
ランプスリーブ：石英ガラス
U V モ ニ タ：空間紫外線強度計 1 式 / 基
処 理 能 力：52,400 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 J 水源地
計 画 水 量：6,700 m³ / 日

<機器仕様>

数 量：3 基
形 式：内照式
紫外線ランプ：高圧力低圧アマルガムランプ
ラ ン プ 出 力：160 W / 本
灯 数：4 灯 / 基
ランプスリーブ：フッ素樹脂コーティング
石英ガラス
U V モ ニ タ：空間紫外線強度計 1 台 / 基
処 理 能 力：3,400 m³ / 日 / 基

<原 水>

対 象 水：湧水
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：T市T浄水場
計 画 水 量：13,715 m³ / 日

<機器仕様>

数 量：2基
形 式：内照式閉管路型
紫外線ランプ：中圧水銀ランプ
ランプ出力：最大2.9 kW / 本
灯 数：4灯 / 基
ランプスリーブ：石英ガラス
U V モ ニ タ：乾式強度計 2台 / 基
処 理 能 力：24,000 m³ / 日 / 基

<原 水>

対 象 水：伏流水（急速ろ過水）
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：T市Y水源地
計 画 水 量：259 m³ / 日

<機器仕様>

数 量：2基
形 式：内照式
紫外線ランプ：低圧水銀ランプ
ランプ出力：25 W / 本
灯 数：3灯 / 基
ランプスリーブ：フッ素樹脂コーティング
石英ガラス
U V モ ニ タ：乾式UV強度計 1台 / 基
処 理 能 力：300 m³ / 日 / 基

<原 水>

対 象 水：湧水
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町M浄水場
計 画 水 量：8,740 m³/日

<機器仕様>

数 量：2 基
形 式：内照式
紫外線ランプ：低圧高出力アマルガムランプ
ランプ出力：325 W/本
灯 数：6 灯/基
ランプスリーブ：石英ガラス
U V モ ニ タ：乾式UV強度計 1 台/基
処 理 能 力：11,000 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：M村K浄水場
計 画 水 量：2,000 m³/日

<機器仕様>

数 量：2 基
形 式：内照式
紫外線ランプ：低圧高出力アマルガムランプ
ランプ出力：127 W/本
灯 数：3 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：2,700 m³/日/基

<原 水>

対 象 水：ろ過処理水
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：A市H簡易水道
計画水量：470 m³/日

<機器仕様>

数 量：1 基
形 式：内照式
紫外線ランプ：低圧高出力アマルガムランプ
ランプ出力：127 W/本
灯 数：1 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 1 台/基
処 理 能 力：700 m³/日/基

<原 水>

対 象 水：ろ過処理水
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F水源地
計画水量：1,250 m³/日

<機器仕様>

数 量：1 基
形 式：内照式
紫外線ランプ：低圧高出力アマルガムランプ
ランプ出力：127 W/本
灯 数：2 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：1,325 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 25 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	〒104-0051 東京都中央区佃 2-17-15 TEL 03-5560-6540 (水環境事業本部 事業統括部)
株 式 会 社 東 芝 社 会 イ ン フ ラ シ ス テ ム 社	〒105-8001 東京都港区芝浦 1-1-1 東芝ビルディング TEL 03-3457-4215
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 大阪府北区南森町 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

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)

平成25年2月5日 千葉県水道局主催研修会に講師派遣



日本水道新聞社提供



日本水道産業新聞社提供



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