

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.12**

Japan UV Water Treatment Technology Association

JUVA

12

Newsletter

日本紫外線水処理技術協会

ニュースレター No.12

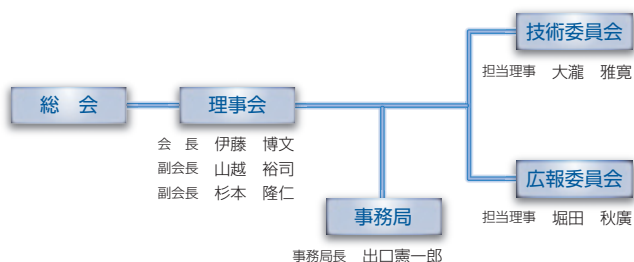
Japan UV Water Treatment Technology Association

JUVA

12

Newsletter

協会組織図



■顧問・役員（令和元年度）

顧 問	大垣眞一郎（東京大学名誉教授）
会 長	伊藤 博文（水ingエンジニアリング株式会社 副統括）
副 会 長	山越 裕司（株式会社日本フォトサイエンス 理事）
副 会 長	杉本 隆仁（メタウォーター株式会社 部長）
事務局長	出口憲一郎（千代田工販株式会社 部長）
理事（技術担当）	大瀧 雅寛（お茶の水女子大学 教授）
理事（広報担当）	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	小熊久美子（東京大学 准教授）
理 事	小暮 勝之（岩崎電気株式会社 課長）
理 事	相馬 孝浩（東芝インフラシステムズ株式会社 参事）
理 事	岳藤 圭生（株式会社ウォーターテック 室長）
理 事	岩崎 達行（スタンレー電気株式会社 主任技師）
監 事	落合 隆（月島機械株式会社 担当部長）

もくじ

顧問・役員

●巻頭言

- 01 水道の現在位置
厚生労働省医薬・生活衛生局
水道課 課長
熊谷 和哉

●特別寄稿

- 02 水道におけるクリプトスポリジウム等
対策指針等の改正について
厚生労働省医薬・生活衛生局水道課
水道水質管理官
林 誠
- 04 クリプトスポリジウム等対策としての
地表水への紫外線処理の適用の意義
ー「対策ができない」から
「言い訳ができない」へー
公益財団法人 水道技術研究センター
理事長
安藤 茂

●超短編小説

- 05 二千某年の悲劇
作者 市外 仙人

●技術資料

- 07 紫外線処理装置認定件数と導入件数推移
公益財団法人 水道技術研究センター
浄水技術部 主任研究員
高橋 賢一郎
- 09 回分試験結果の誤差が RED 測定値に
及ぼす影響
お茶の水女子大学 教授
大瀧 雅寛
- 11 紫外線照射装置
JWRC 技術審査基準改訂についての解説
一般社団法人 日本紫外線水処理技術協会
副会長
山越 裕司

●会員紹介

- 17 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



水道の現在位置

厚生労働省医薬・生活衛生局 水道課 課長 熊谷 和哉

上水、水道という言葉が、その土木構造物とともに生まれて五百年近く。そこからの三百年余の間は、後に木樋水道（一部では石碑水道）と呼ばれた、まさに土木の範囲のみのもの、後の近代水道との対比で定義すれば、伝統水道なり和製水道というべきものでした。明治以降になり、事実上英国水道を技術輸入・資材輸入して横浜で近代水道が通水して130年余。この時初めてわが国の水道に、圧力給水とともに浄水処理がもたらされました。当初の緩速ろ過処理方式から、米国流の急速ろ過方式の採用・普及、その後の大都市圏を中心とした水源水質の悪化に対応し、前塩素処理・中塩素処理、オゾン活性炭処理などがありました。素材革命の水処理への展開として出てきた、精密ろ過～逆浸透に至る膜処理の体系化、実用化も水処理歴史で大きな意味を持つ展開かと思っています。

その時々の水処理のテーマは、原水問題がもたらしたもののなの다는ことは今更の話ではあります。かなり乱暴にまとめてしましますと、水系伝染病対策として生まれた緩速ろ過、結果として高濁度対策としての急速ろ過、臭気・トリハロメタン対策としてのオゾン活性炭処理、そして塩素耐性病原性微生物・クロプトスポリジウム対策としての膜処理・紫外線処理といったことになるかと思っています。

長期人口減少社会に、日本が突入して早十年、これを経て、今後、本格的な人口減少期に向かおうとする中、どのような水道施設群を持って行くのか試行錯誤と模索の時間が続くかと思っています。これは、何も水道だけでなく、社会資本全般どころか、日本社会全体にとっての最大課題なのでしょう。

人口減少に従い、水源に逼迫していた大都市圏は、近代水道の歴史上初めて、水源の取捨選択がしうる状況になっていくでしょう。

これまで、固定的な水源と受動的にならざるを得ない需要、水質管理の高度化の中で、その時々に対応をしながら、積み重ねてきた水道技術と水道施設群を、今の技術と今後の事業環境の中で、一から考え直す時期とならざるを得ないのが今ではないでしょうか。

幸運にも、浄水技術の根幹であるろ過について膜処理のような次世代技術が実用になり、オゾン活性炭処理、紫外線処理といった技術とともにどのように使いこなしていくかといういい意味での成熟技術となっています。

今後の水道は、現状施設を前提にするのではなく、事業環境を見直し、根本から施設配置を見直す、新世代構築の時代になるでしょうしならなければならないものと考えます。その中で、人口拡大と都市化・水源悪化の時代に構築された、水道関係者の役割分担、機能分担も見直さざるを得ないのではないのでしょうか。

全ての関係者が、水道全ての有り様を受けとめた上で、その先に専門家としての領分をどのような位置づけるのかを考える時代かと思っています。

貴協会のこれまでの蓄積を評価し直し改めて今後の活動を考えていただければ幸いです。更なる発展を祈念しております。



水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針等の改正について

厚生労働省医薬・生活衛生局水道課 水道水質管理官 林 誠

1. はじめに

水道水におけるクリプトスポリジウム等の耐塩素性病原生物対策としては、平成19年に策定した「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針」（以下「指針」）において、地表水以外を原水とする場合に紫外線処理を用いることができるとされていたが、令和元年5月に水道施設の技術的基準を定める省令（以下「施設基準省令」）及び指針が改正され、地表水を原水とする場合についても、ろ過後の紫外線処理が認められることとなったので、その概要を紹介する。

2. 指針等の改正までの経緯

平成8年6月に埼玉県内において、クリプトスポリジウムによる集団感染症が発生した後、同年10月に「水道におけるクリプトスポリジウム暫定対策指針」を国から水道事業者等へ通知し、ろ過水の濁度を0.1度以下に管理するよう求めた。

その後、平成15年の厚生科学審議会答申「水質基準の見直し等について」により、クリプトスポリジウム等の耐塩素性病原生物対策の一層の推進が提言されたことを受けて検討を進め、平成19年に指針を新たに策定し、原水の指標菌の検出の有無と原水の種類により、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をレベル4～レベル1に分類し、レベルに応じた施設整備・運転監視、水質検査を行うこととなった。

指針では、原水から指標菌が検出され、かつ、地表水以外を原水とするものはレベル3に分類され、それまでのろ過水の濁度を0.1度以下に管理する方法に加え、紫外線処理による方法を新たに可能とすることとしたが、地表水を原水とするものについては、引き続きろ過水の濁度管理を行うこととされた。

以降、厚生労働科学研究の成果や海外における知見が蓄積されてきたことを踏まえ、「水道における微生物問題検討会（座長：秋葉道宏 国立保健医療科学院部長）」（以下「検討会」）による審議を経て、令和元年5月29日に

施設基準省令と指針を改正し、地表水を原水とする場合についてろ過後の紫外線処理を可能とすることとした。

なお、地表水を原水とする場合であって、ろ過後に紫外線処理を行う場合は、ろ過池等の出口の濁度を可能な限り低減させることとしたが、このことは、ろ過水の濁度を0.1度以下とすることが緩和されると捉えるのは適切ではない。検討会でも議論されたが、指針に記載があるとおり、地表水は地下水に比べて濁度等の水質の変動割合が大きく、また、微生物は一般に粒子に付着しているため濁度の除去は微生物汚染を大幅に除去し、さらに濁度は生物を保護し消毒効果を著しく妨げる可能性がある。このため、懸濁物質の除去は、紫外線照射等の物理的消毒プロセスの効果を確保する重要な一つの過程でもあるという考えのもと、可能な限りの濁度低減が必要としたので留意いただきたい。

3. 全国の浄水施設における対応状況

図は全国の水道事業、水道用水供給事業及び専用水道の浄水施設について、平成31年3月末時点において、指針に基づくレベル4～レベル1までの施設数と、耐塩素性病原生物への対策の実施状況を示したものである。

原水中に指標菌が検出されているものがレベル4及びレベル3に分類され、このうち地表水を原水とするものがレベル4、それ以外を原水とするものがレベル3とされる。指標菌が検出されていないものはレベル2とレベル1に分類され、このうち地表水等が混入していない被圧地下水を原水とするものがレベル1、それ以外を原水とするものがレベル2とされている。

全国において、レベル4の施設のうち490施設、レベル3の施設のうち1,747施設の対策が済んでいない。これらの施設の中には具体的な対策実施の計画のあるものも含まれるが、速やかな実施が必要となる。

また、施設基準省令では、原水に耐塩素性病原生物が混入するおそれがある場合は、原水の種類に応じて、ろ過等の設備であって耐塩素性病原生物を除去することが

できるものを設けることや、原水中の耐塩素性病原生物を不活化することができる紫外線処理設備を設けることが必要とされているが、レベル判定が不明なものが全国で1,315施設存在する。この中には、ろ過施設等が導入済みの施設も含まれるが、施設基準省令における措置を講じる必要があるかどうかは、原水の指標菌の検出状況によって判断されるため、指標菌の検査を行わなければ、施設基準省令に適合していない可能性を否定できないことに留意が必要である。

厚生労働省から全国の水道事業者等に対して、飲料水健康危機管理実施要領に基づき、原水や浄水から耐塩素性病原生物が検出された場合は、健康被害の有無を問わず厚生労働省への報告をお願いしているところであり、平成23年度以降、健康被害の発生はないものの、原水中の検出については、ほぼ毎月数例が、浄水からの検出については、平成23年度～26年度は毎年度各1例、平成30年度で2例が報告されている。

このため、水道事業者等におかれては、水質管理を引き続き徹底していただくとともに、対策が必要な施設であって未対応のものについては、速やかな対応を求めたい。

められる。

今般、地表水を原水とする浄水施設においてろ過後の紫外線処理の導入を可能としたところであり、水道事業者等の選択肢が増えることになったが、原水の水質変動の特性や管理体制等を踏まえて、耐塩素性病原生物対策により一層取り組んでいただきたいと考えている。

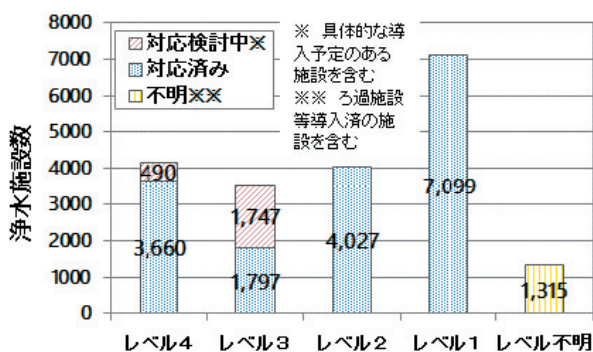


図 クリプトスポリジウム等対策の実施状況
(平成31年3月末時点)

4. 最後に

近年、大きな被害をもたらす台風や集中豪雨の発生により水道施設が損壊し、長期の断水を余儀なくされる事例が毎年のように発生している。他方、水道事業者等の職員数は30年以上前のピーク時から約3割減少しており、水道施設の運転の自動化や遠隔監視化が進んでいるものの、こうした原水の濁度の大きな変動時においても耐塩素性病原生物への対応を含め適切な水質管理が求



クリプトスポリジウム等対策としての地表水への紫外線処理の適用の意義 —「対策ができない」から「言い訳ができない」へ—

公益財団法人 水道技術研究センター 理事長 安藤 茂

令和元年 5 月 29 日に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（令和元年厚生労働省令第 6 号。）が、公布、施行されたが、その趣旨は、水道におけるクリプトスポリジウム等の耐塩素性病原生物対策について、最近の厚生労働科学研究及び諸外国における研究の報告等から、地表水（河川水、湖沼水等）を原水とする水道施設の耐塩素性病原生物対策として、ろ過設備によるろ過を行った上での紫外線処理が有効であるとの科学的知見が得られたことを踏まえ、水道における耐塩素性病原生物対策をさらに推進するため、所要の改正を行うものであった。また、同時に、「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針」についても、厚生労働科学研究の成果や諸外国の報告書等の最新の科学的知見に基づき、改正された。

ここでいう「厚生労働科学研究」とは、平成 26 ～ 28 年度の 3 か年計画で実施した「地表水を対象とした浄水処理の濁度管理技術を補完する紫外線処理の適用に関する研究（研究代表者 大垣眞一郎・公益財団法人水道技術研究センター理事長（当時）」のことであり、「濁度管理等における課題」として、「ろ過水濁度が上昇しやすい場面は、高濁度時、ピコプランクトン流入時、及び洗浄時であった。適切な処理設備が未整備であるか、あるいは浄水処理の状況判断と対応を的確に行える技量をもつ人材不足の状況がうかがえた。対策指針に沿った設備改造を行うのは、とくに小規模事業体において容易でない状況であるように見受けられた。財政的な制約とともに、処理設備導入当時には想定されていなかったクリプトスポリジウム等対策のための運用が求められ、改造が構造上不可能な施設も散見され、対応の先送りは、将来に向けての懸念である。」としている。すなわち、地表水への紫外線処理の適用が位置づけられていなかった当時、浄水施設の構造面や費用面で対策を講じることが困難であるというものであった。また、地表水への紫外線処理の適用についても、「浄水処理の安全性を一層高めるために、ろ過池等の出口の濁度を 0.1 度以下に維持することが可

能なる過設備と紫外線処理設備を併用することとしてもよいこと。」と、「濁度 0.1 度以下に維持」のもとに紫外線処理という条件付きのものであった。そして、上述のようなことを理由として、「対策ができない」という未対策の浄水施設が依然として多く存在していた。

そのような中、令和元年 5 月の対策指針の改正は、地表水を対象に「ろ過＋紫外線処理」というプロセスを対策メニューに追加したものであり、対策の選択肢を広げたといえる。もっといえば、これまで、「ろ過＋紫外線処理」が対策に位置づけられていなかった（国が認めていなかった）ことを理由に、技術的・財政的に「対策ができない」としていたとすれば、国が対策に位置づけた現在、浄水施設の構造面や費用面で「対策ができない」は理由とはならず、対策ができないという「言い訳ができない」状況になったといえる。

一方、令和元年 5 月の対策指針の改正を契機に、水道技術研究センターでは、令和元～2 年度の 2 か年計画で「紫外線水処理技術適用拡大（UV-ACE）プロジェクト」を進めている。なお、このプロジェクトの愛称は、「Ultraviolet Application, Combination and Extension：紫外線の適用、組合せ、拡大」という意味である。今後、水道における紫外線処理設備の導入及び維持管理の手引き（仮称）といった形での成果とりまとめを行う予定であり、この手引きを活用することによってクリプトスポリジウム等対策が大きく前進することを期待している。

二千某年の悲劇

作者 市外 仙人

二千某年の前年の初冬から、日本列島は豪雪続きであった。二千某年に入っても、雪は東日本を中心に降りやまなかった。

そして、卒業シーズンを迎える頃、日本各地では一転して記録を更新するような暖かな日々が続いていた。

この年の4月、関東地方の大学工学部を卒業して社会人となった小垣茂は、地方都市に就職し、1カ月の初任者研修の後、浄水場勤務を命じられた。その浄水場は、数十年前に建設され、近くの河川から取水しており、上司からは、大雨が降ると濁りがひどくなるから気をつけろと忠告された。また、浄水場の上流部には、牛舎や放牧場、養豚場、農業集落排水施設などがあり、耐塩素性病原生物対策も重要であるとの話であったが、具体的なことは十分に理解できていなかった。

この浄水場の管理は、瀧崎場長、神木技術課長、新任の小垣の3人体制であった。4月下旬からは山々で雪解けが始まり、浄水場が取水している近傍の河川も徐々に流量が増加し始めていた。

この年の4月末からのゴールデンウィークは振替休日もあって、例年にない大型連休となっていた。瀧崎場長は北海道で就職している長男の結婚式のため、長期休暇をとっていた。そのため、大型連休の期間は、神木技術課長と小垣の2人体制であったが、神木技術課長は連休の中日に休暇をとっており、連休谷間の5月2日は小垣だけが浄水場勤務となった。その日、関東地方は、明け方は天候に恵まれていたが、昼前から天候が急激に悪化し、浄水場の上流域は局地的な豪雨に見舞われ、河川流量は急激に増大し、濁りもみるみるひどくなっていった。

浄水場に流入する原水の濁度も急激に上昇していたが、このような事態に未経験な小垣はどうしてよいかわからず、神木技術課長に電話したが通じず、北海道にいたりと思われる瀧崎場長にも連絡を取ったが繋がらず相談することができなかった。

浄水場に設置してある濁度計をみると、ろ過池出口の濁度は0.1度をかなり超えており、初任者研修で話のあっ

た国のクリプトスポリジウム等対策指針を思い出したが、小垣にその指針をすぐに取り出して読む余裕はなかった。

再度、瀧崎場長や神木技術課長に連絡を取ってみたら、運よく神木技術課長と繋がり、事態を伝えることができた。しかし、小垣の説明をよく呑み込めなかった神木技術課長から明確な指示はなく、小垣に対して伝えられたのは、現場の状況を踏まえたうえで必要であれば浄水場からの送配水を停止するように、とのことであった。

そうしているうち、雨も小降りとなり、原水の濁度も低下し、ろ過池出口の濁度も0.1度を下回るようになっていたことから、送配水を停止することもなく時は過ぎていった。小垣はほっとしていたが、これでよかったのだろうか、と一抹の不安を抱いていたのも確かであった。

あわただしく時間が過ぎ、やがて、大型連休も明けて、浄水場も普段の勤務体制となった。そのころ、時を同じくして、浄水場が位置する市内の各病院は、原因不明の下痢に襲われた患者が急増するようになっていた。私立病院の院長である栗井は、以前、埼玉県下の町で同じような事態が起きていたことを文献で読んだことを思い出した。栗井は、直ちに関係機関に事態を連絡し、まもなく患者の便からクリプトスポリジウムが検出されたとの連絡があった。

埼玉県下で起きたクリプトスポリジウム症集団発生の際は、町の浄水場からの配水だけでなく、水道用水供給事業からの送水を受けていたため、町の浄水場を閉鎖しても、各家庭で断水することはなかった。しかし、この市が配水しているのは市の浄水場からだけであり、浄水場からの送配水を停止することは、市内で大規模な断水が発生することを意味していた。

断水になれば、市民生活や産業活動、さらには消防活動に大きな影響を与えることから、事態を重く見た佐藤市長は、浄水場からの送配水は継続するという決断をし、これ以上患者を増やさないように、テレビ、新聞など、あらゆる手段を通じて、市民や市を訪問する人々に対して、水道水を煮沸することやボトル水を飲むことを徹底

するよう、部下に指示を行った。

事態の発生から1カ月が過ぎたころ、新たな患者の発生はなくなり、全ての患者も退院するようになった。そして、今回のような事態の再発を防止するため、専門家で構成される専門委員会が設置され、議論が行われた。そこで、ある委員から「埼玉県下でのクリプトスポリジウム症集団発生の時期である平成8年ごろは、まだ紫外線照射という耐塩素性病原生物に有効な技術が確立していなかった時期であったが、現在では、紫外線照射という技術が存在する。また、欧米では、地表水やそれ以外という区別はなく、地表水を対象とした大型の紫外線照射装置の導入が進んでいる。耐塩素性病原生物対策として紫外線照射を位置づけていれば、今回のような悲劇を防げたのではないか。行政の不作为が悲劇を引き起こしたのではないか。」との問いかけがあった。事態が動いたのは、それから暫くしてであった。

(完)

(注) 登場する人物・団体は、全て架空のものです。

また、この小説は平成30年1月執筆のものです。
なお、この超短編小説に登場する人物氏名は(参考4)に記載されている氏名を組み合わせたようであり、著者は4ページの特別寄稿と同一人物であると思われる。

(参考1)

平成30年6月18日 平成30年度第1回水道における微生物問題検討会(厚生労働省医薬・生活衛生局水道課長が設置する検討会)開催

議題

- (1) クリプトスポリジウムの不活化と除去に関する補足情報について
- (2) 水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針の改定案について
- (3) その他

(参考2)

「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針の一部改正(案)」に関する御意見の募集(木)パブリックコメント)について

案の公示日 平成31年01月29日

意見・情報受付開始日 平成31年01月29日

意見・情報受付締切日 平成31年02月27日

(参考3)

①施設基準省令の改正について

水道施設の技術的基準を定める省令を令和元年5月29日に一部改正し(同日から施行)、地表水を原水とする施設における耐塩素性病原生物対策に紫外線処理を新たに位置づけるとともに、紫外線処理設備が備えらるべき技術的要件を改正

②クリプトスポリジウム等対策指針について

水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針の一部を改正し、令和元年5月29日より適用

(参考4)

地表水を対象とした浄水処理の濁度管理技術を補完する紫外線処理の適用に関する研究(平成26～28年度、厚生労働科学研究費補助金による研究)の研究班(敬称及び所属は省略)

- ・研究代表者: 大垣眞一郎
- ・研究分担者: 安藤茂、佐々木史朗、富井正雄、島崎大、
神子直之、大瀧雅寛、小熊久美子
- ・研究協力者: 栗原潮子他



紫外線処理装置認定件数と導入件数推移

公益財団法人 水道技術研究センター 浄水技術部 主任研究員 高橋 賢一郎

1. はじめに

厚生労働省は平成 19 年に「水道施設の技術的基準を定める省令」を一部改正するとともに「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針」を通知し、耐塩素性病原生物対策に紫外線処理を新たに位置づけ、紫外線処理設備が備えるべき要件を定めた。

これを受けて水道技術研究センター（以下 JWRC）では、装置に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、平成 20 年に低圧・中圧ランプを対象とした「紫外線照射装置 JWRC 技術審査基準」を制定、平成 30 年に UV-LED 編を制定し、認定業務を行っている。

本稿では、「紫外線照射装置 JWRC 技術審査基準」に基づく装置認定取得状況及び紫外線照射装置の導入状況について紹介する。

そして、令和元年 5 月の改正と JWRC の取組みについて解説する。

2. 紫外線照射装置認定取得状況

当センターでは、審査基準に基づき以下に示す審査項目¹⁾について、有識者で構成する浄水技術支援委員会を設置し審査を実施している。

《紫外線照射装置の審査項目》

- ①照射装置の概要及び仕様（図面を含む）
- ②紫外線ランプの能力
- ③照射装置の照射性能
- ④紫外線モニタの性能
- ⑤照射槽及び槽内機器の浸出性
- ⑥照射槽の耐圧性
- ⑦その他性能（絶縁抵抗、耐電圧、寸法公差、構造一般等）

平成 30 年度末現在の装置認定取得件数の推移を図 1 に示す。累計で 108 件であり、平成 30 年度の認定件数は 4 件となっており、例年並みの件数となっている。

認定取得数をランプ種別毎に分類すると、低圧紫外線

ランプ照射装置については、20 企業が認定を取得し、認定件数は 85 件になる。一つの認定で複数の装置を登録できるため、認定装置の型式総数は、174 型式となる。型式数は、低圧ランプが最も多い。

中圧紫外線ランプ照射装置については、認定社数 6 企業、認定件数 20 件、認定装置の型式数 35 型式である。

UV-LED 照射装置については、認定社数 2 企業、認定件数 3 件、認定装置の型式数 3 型式である。

図 2 に平成 30 年末現在のランプ種類別（低圧・中圧・LED）、処理水量別の認定取得件数を示す。

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 39 型式、1,000m³/日以上～10,000m³/日未満が 96 型式、10,000m³/日以上が 39 型式となっている。

中圧ランプについては、1,000m³/日未満が 1 型式、1,000m³/日以上～10,000m³/日未満が 10 型式、10,000m³/日以上が 24 型式となっている。

LED については、1,000m³/日未満が 2 型式、1,000m³/日以上～10,000m³/日未満が 1 型式となっている。

図 2 の分布から、低圧ランプは小～中水量の範囲に、中圧ランプは高出力の特性を活かした中～大水量の範囲に多いことが分かる。LED はまだ認定型式が少ないが、現状では出力が小さいため、小水量向けとなっている。

3. 紫外線照射装置の導入状況

JWRC 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 30 年度末現在の調査結果を図 3 及び図 4 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 3 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 394 件（対前年度比 3.3%増）、累積計画処理水量は 1,244 千 m³/日（対前年度比 1.3%

増)となっている。平成19年に厚生労働省から指針が示され、翌平成20年に紫外線照射装置の適合認定業務を開始して以降、装置の導入件数は毎年増加していることが分かる。

図4は紫外線照射装置の導入件数を計画処理水量別に分類したものである。1,000m³/日未満は207件、1,000m³/日以上～10,000m³/日未満は159件、10,000m³/日以上は28件である。クリプトスポリジウム等対策の指針が地表水以外を原水とする場合に限定されていることから、小規模浄水施設への導入が中心となっている。

4. 令和元年5月の改正とJWRCの取組み

厚生労働省は、令和元年5月に「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」の公布、施行、及び「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針の一部改正」の通知を行った。この改正により、地表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のろ過後の水を処理するために紫外線処理の適用が位置づけられた。

上記省令などの施行をうけて、JWRCでは、水処理における紫外線処理技術の適用と拡大を具体的に図るために、UV-ACE (UltraViolet Application, Combination and Extension)プロジェクトを立ち上げた。本プロジェクトでは、地表水を対象とした紫外線処理設備の導入と維持管理上の留意事項等の検討及び整理を行い、「水道における紫外線処理設備導入及び維持管理の手引き」の作成を目指している。

また、上記対策指針では、地表水を水道の原水としているリスクレベル4、地表水以外の水を水道の原水としているリスクレベル3の対応措置として、紫外線処理設備にクリプトスポリジウム等を99.9%以上不活化できる設備であることなどを要件としている。そこで、紫外線処理の適用や紫外線処理設備の有すべき要件の新たな規定などに対応するため、紫外線照射装置 JWRC 技術審査基準の改訂を実施し、パブリックコメントを経て、令和元年度内に審査基準を発刊する予定である。

参考文献

- (公財) 水道技術研究センター (2012) 紫外線照射装置 JWRC 技術審査基準



図1 紫外線照射装置認定取得件数の推移

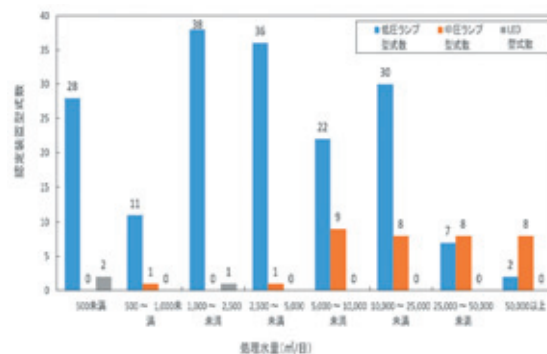


図2 ランプ種類別、処理水量別の認定取得件数 (平成30年度末現在)

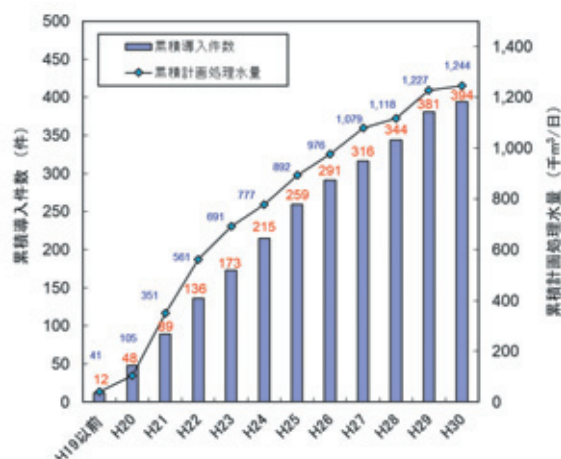


図3 紫外線照射装置の導入状況 (年度別) (平成30年度末現在)

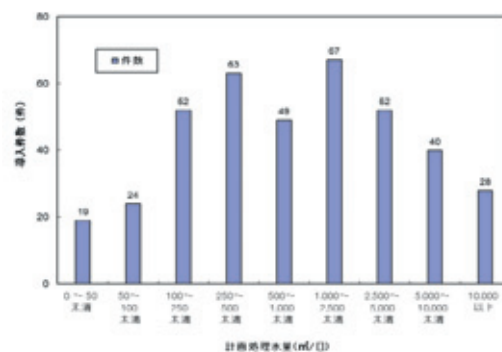


図4 紫外線照射装置の導入状況 (処理水量別) (平成30年度末現在)



回分試験結果の誤差がRED測定値に及ぼす影響

お茶の水女子大学 教授 大瀧 雅寛

1. はじめに

令和1年5月に省令改正により紫外線処理が地表水を原水とする浄水場への適用が可能となり、導入可能浄水場数が格段に増えることから、要求に応じて様々な種類の紫外線装置が開発されていくことが考えられる。浄水場への導入装置は、何よりも装置性能の保証が最優先事項となるが、その判断基準としては紫外線照射装置 JWRC 技術審査基準に定められている¹⁾。

この審査基準においては、主たる実証方法として微生物の投入試験が課せられている。この方法は米国やヨーロッパでも標準的な方法となっている²⁾³⁾。これは紫外線耐性が既知の微生物（大腸菌ファージや枯草菌芽胞等）を含んだ試料水を紫外線装置に通過させ、その不活化率（減少率）を測定することにより、その不活化に相当する紫外線照射量が求められる。この照射量を装置が有する消毒能力とする方法であり、求められた照射量を RED（換算紫外線照射量：Reduction Equivalent UV Dose）と呼ぶ。

この方法においては、まず回分試験によって投入微生物の紫外線耐性を測定し、その後通水試験を行い、回分試験結果で得られた紫外線耐性値を基に RED を求めるという手順となる。JWRC 技術審査基準においては、これら実験は信頼保証のある第三者機関によって行われるのではなく、申請者に委ねられている。従って実験誤差の及ぼす影響を考慮に入れておく必要があるであろう。

ここでは紫外線耐性値を求めるための回分試験において生じる誤差が、最終的に求める RED 値にどの程度影響を及ぼすのか検討した。

2. 設定条件

1) 投入微生物について

投入される微生物として想定したのは大腸菌ファージ 3 種、すなわち MS2、Q β 、T7 とした。MS2、Q β は比較的紫外線耐性の高い生物として、投入微生物としての実績が多い。T7 はクリプトスポリジウムの耐性とほぼ同等の生物であり、クリプトスポリジウムの不活化率を示す代替生物として考えられる微生物である。既報においてそれぞれの紫外線耐性値として D_{0} 値が示されており¹⁾、それぞれ MS2：7.96 mJ/cm²、Q β ：5.9 mJ/cm²、T7：1.89 mJ/cm² とされている。ここで用

いる D_{0} 値は (1) 式（多くの生物において成立する反応率（不活化率）と UV 照射量との関係式）にて示される定数を意味する。

$$\log_e(N/N_0) = -UV \text{ 照射量} / D_0 \quad (1)$$

ここに N ：照射後の生物濃度、 N_0 ：照射前の生物濃度、 D_0 が高い場合は一定の反応率を得るために必要な UV 照射量が大きいということから、耐性が高いことを示す。

ここでは、この D_0 値に $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ の誤差が生じたと仮定し、その値を用いて RED を求めた場合に真の D_0 値により求められるべき RED とどの程度の誤差が生じるのかを検討した。

2) 装置のもつ照射量分布

装置内の想定照射量分布として正規分布形を想定し、平均値 15 mJ/cm² で標準偏差 1 or 3 or 6 mJ/cm² と、平均値 30 mJ/cm² で標準偏差 3 or 6 or 9 mJ/cm² の 6 条件とした。（図 1 参照）

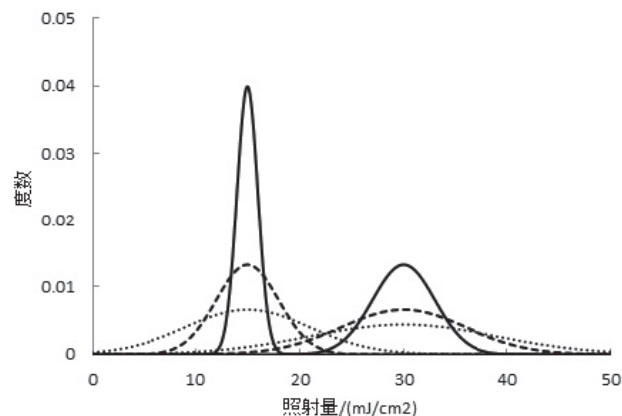


図 1 想定した装置内照射量分布

この照射量分布において上記¹⁾にて想定した微生物を投入した際に得られる RED 値を算定して、比較した。

3. 算定結果

D_0 値の誤差が及ぼす RED 値の誤差への影響について想定照射量分布毎に算定した結果を図 2 に示した。MS2、Q β 、T7 においてそれぞれ異なる結果が得られている。図内には想定照射量分布図と真の D_0 値の場合に得られる RED 値を併せて示した。

まず共通していえることは想定したケースにおいて

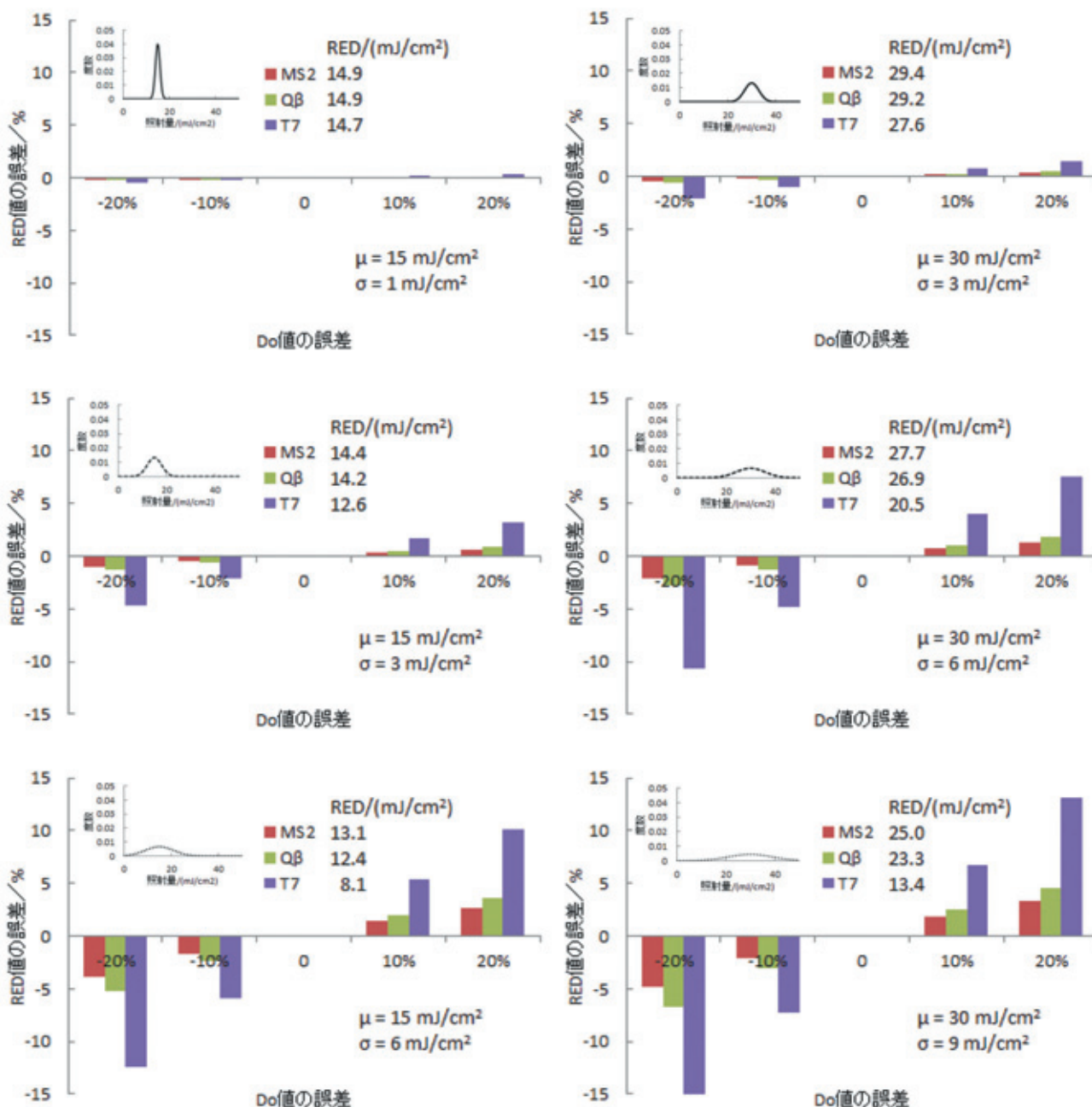


図2 各想定照射量分布（各図の左上に縮図で記載）における Do 値の誤差が RED 値の誤差へ与える影響

は Do 値の誤差ほど RED 値に誤差は生じないということである。また個別に見てみると、耐性が高い MS2 ほど RED 値の誤差が小さく、照射量分布の幅が狭いほど RED 値の誤差は小さいこともわかる。変動係数（標準偏差／平均値）が 20% となるような分布形だと Do 値の誤差が 10% でも MS2 では 1~2% の RED 誤差で済むが、T7 では約 5% の誤差になることがわかる。

4. まとめ

照射量分布をいくつか想定し、投入微生物 3 種にて比較した結果、分布の変動係数が大きいほど Do 値の誤差が RED 値の誤差に及ぼす影響が大きく、また投入微生物の

紫外線耐性が高いほど大きいことがわかった。ただし変動係数が 20% 程度の分布であれば MS2 の場合 Do 値の 10% 誤差は 1~2% の僅かな RED 値誤差を生じさせるに過ぎないことがわかる。

参考文献

- 1) JWRC (2012) 紫外線照射装置 JWRC 技術審査基準
- 2) EPA (2006) UV guidance manual for the final LT2ESWTR
- 3) Austrian Standards Institute (2001) ÖNORM M 5873-1

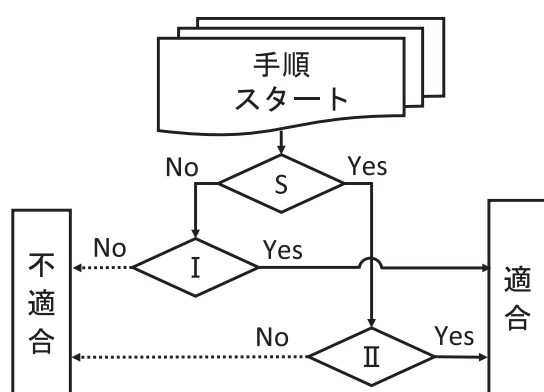
紫外線照射装置 JWRC技術審査基準改訂についての解説

一般社団法人 日本紫外線水処理技術協会 副会長 山越 裕司

1. はじめに

厚生労働省は、2019年5月29日に水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針を改正し、紫外線照射装置の水道原水の適用条件をこれまでの地表水以外から地表水も含めることとした。また、紫外線処理設備が満たすべき要件を「通過する水量の95%以上に対して、紫外線（253.7 nm 付近）の照射量を常時 10 mJ/cm² 以上確保できること」から「クリプトスポリジウム等 99.9% 以上不活化すること」とした。

この改正を受けて、公益財団法人 水道技術研究センター（JWRC）では紫外線照射装置の技術審査基準を改訂した（以下、新基準）。紫外線照射性能確認方法のフローチャートを図 1 に示す。



S：CFD-I を使用する。

I：MS2 と同等以下の紫外線耐性を有する供試微生物を用いて得られる補正後の RED が 24 mJ/cm² 以上であること。

II：クリプトスポリジウム RED_{CFD} が 12 mJ/cm² 以上であること。

図 1 紫外線照射性能確認方法のフローチャート

CFD-I（Computational Fluid Dynamics-Intensity）とは、CFD（数値流体力学：Computational Fluid Dynamics）の計算に紫外線強度の計算を加味して紫外線照射量を求めることを目的とした数値解析・シミュ

レーション手法をいう。申請者が CFD-I を使用しない場合は「I」に、使用する場合は「II」に進む。「I」では、MS2 と同等以下の紫外線耐性を有する供試微生物を用いて得られる補正後の RED が 24 mJ/cm² 以上であれば、適合とする。「II」では、クリプトスポリジウム RED_{CFD} が 12 mJ/cm² 以上であれば、適合とする。ただし、ここに至る前にいくつかの条件がある。改正前の同対策指針ではクリプトスポリジウムを 99.9% 不活化するために必要な紫外線照射量として、引用文献から 10 mJ/cm² としていたが、改正後では複数の引用文献から 9、10、12 mJ/cm² を示している。この中で、JWRC としては 12 mJ/cm² を採用することとし、適合基準をクリプトスポリジウム RED_{CFD} 12 mJ/cm² 以上とした。

以下に、CFD-I を使用しない場合、反射光の計算を含まない CFD-I を使用する場合、反射光の計算を含む CFD-I を使用する場合の 3 つのケースについて解説する。

ここでは、申請経験者を対象としたため、改訂されていないところは省略した。詳細は改訂された新基準を参照していただきたい。

以降、紫外線光源を光源またはランプと称す。

2. CFD-I を使用しない場合

CFD-I を使用しない場合の紫外線照射性能確認方法のフローチャートを図 2 に示す。

① ランプの紫外線強度試験

ランプの紫外線強度試験（補足参照）は従来通りである。

② 供試微生物の紫外線耐性試験

供試微生物の紫外線耐性が MS2 と同等以下であることを条件とした。その理由を以下に示す。

生残率 S と紫外線照射量 D が次式で示すことのできる微生物を仮定する。

$$S = \exp(-D/D_0) \quad (1)$$

ここで、 D_0 は不活化速度定数である。一例として、95% が 10 mJ/cm²、5% が 1 mJ/cm² の照射量分布を有する紫外線照射槽を仮定し、 D_0 と RED の関係を求

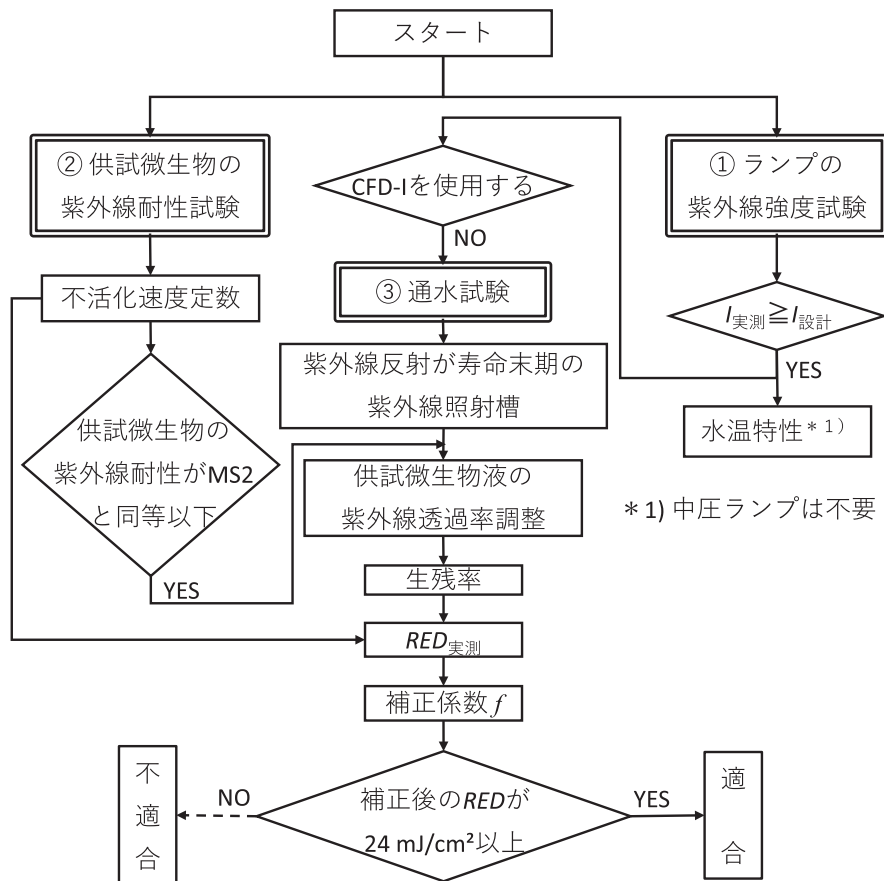


図2 CFD-Iを使用しない場合の紫外線照射性能確認方法のフローチャート

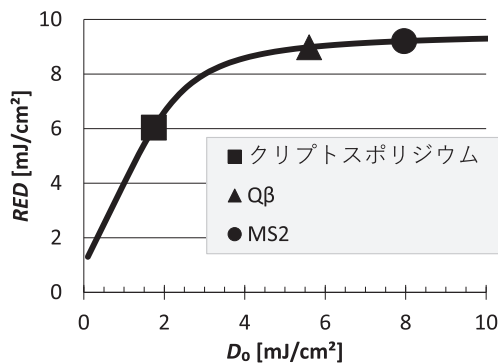
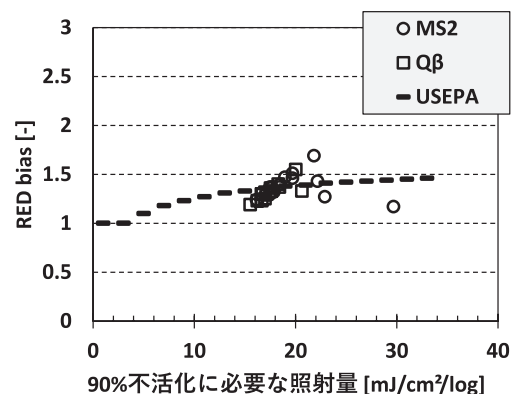


図3 D_0 と RED の関係の一例

めると、図3の曲線が得られる。図に示すように、 RED は紫外線耐性が高い微生物を用いれば値が大きくなる。これは、別の照射量分布においても同様であるが、その度合いは装置（紫外線照射量分布）により異なり、 RED bias（供試微生物 RED とクリプトスポリジウム RED の比）で表される。過去の認定装置について RED bias（供試微生物：QβまたはMS2、クリプトスポリジウム $RED=12 \text{ mJ/cm}^2$ ）を調べたところ、供試微生物を90%不活化（1log不活化）する照射量と RED biasの関係は図4の通りであった。この結果から、 RED biasを2.0とする。すなわち供試微生物

物での RED についてクリプトスポリジウム RED の2倍であれば、クリプトスポリジウム99.9%不活化以上に相当する（安全である）と判断できる。ゆえに、供試微生物の紫外線耐性がMS2と同等以下にした理由は、図3で示したように紫外線耐性が高ければ RED が大きくなることと、図4で示したようにJWRC認定装置で使用された供試微生物であったからである。



QβとMS2：JWRC認定装置
USEPA：USEPA (2006)¹⁾報告値（クリプトスポリジウム $RED 12 \text{ mJ/cm}^2$ 、波長253.7 nm透過率95%/cm）

図4 認定装置およびUSEPAの90%不活化に必要な照射量に対する RED bias

③通水試験

次に、供試微生物を用いた通水試験を行う。ここで使用する紫外線照射槽は、従来と異なり紫外線反射が寿命末期の照射槽とすることとした。その理由は、通水試験で使用した紫外線照射槽が、紫外線を反射して性能を確保している可能性があるからである。反射寿命末期の照射槽にする手段には、照射槽の内壁に鉄スケールを付着させる、紫外線カットフィルムを装着させる等がある。

通水試験に使用する供試微生物液についても、従来と異なる条件がある。波長 253.7 nm の透過率 95%/cm は同じであるが、それ以外の波長 200 nm ~ 300 nm については値の上限を定めた。図 5 の補足表の透過率（補足参照）UVT254 nm=95% が、その上限である。補足表の透過率（UVT254 nm=95%、UVT254 nm=75% とともに）はフミン酸を希釈した液である。実際の被処理水の透過率がこれより高ければ紫外線照射量が多くなるので性能を担保できるが、低ければ光源の発光分布によっては性能が担保できない。そのため、導入先の被処理水の透過率に関する情報を把握した上で、供試微生物液の透過率を決定することが重要である。

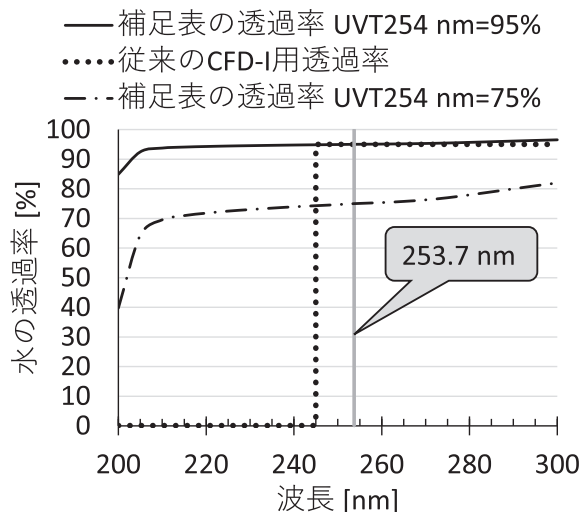


図 5 供試微生物液の透過率

補正係数 f （補足参照）とは、装置の初期性能を、光源の出力低下や装置内の汚れ等による経年劣化時の設計性能に変換するために乗じる値である。通水試験で得られた RED 実測にこの補正係数を乗じて補正後の RED を求める。補正後の RED が 24 mJ/cm² 以上であれば、適合となる。

3. 反射光の計算を含まない CFD-I を使用する場合

反射光の計算を含まない CFD-I を使用する場合の紫外線照射性能確認方法のフローチャートを図 6 に示した。

①ランプの紫外線強度試験は従来通りである。

②供試微生物の紫外線耐性試験

ここでは供試微生物に、CFD-I を使用しない場合のような制限（紫外線耐性が MS2 と同等以下）はない。

③通水試験

ここでの通水試験は、使用する CFD-I の審査をすることが目的である。照射槽からの紫外線反射光を無視できる環境にすることを目的に、i) 低透過率の供試微生物液を用いるか、ii) 低反射率の照射槽を用いるかのどちらかを選ぶ。i) 低透過率の供試微生物液の透過率とは、図 5 に示した補足表の透過率 UVT254 nm=75% の曲線を上限とする。同 95% で調整したフミン酸を高濃度に調整した液である。ii) 低反射率の照射槽とは、「2. CFD-I を使用しない場合」での紫外線反射が寿命末期の照射槽と同じである。CFD-I で i)、ii) それぞれ計算した RED が実測した生残率から得られた RED 以下の結果であれば、CFD-I の審査に合格したことになる。

紫外線透過率が 75%/cm であっても、光源と照射槽内壁が近傍にあれば、 RED_{CFD} の計算に紫外線反射の影響が生じる。i) と ii) のどちらにするかは、このような観点から選ぶことになる。

④ CFD-I の計算

ここからが、CFD-I を用いて適合認定を受けるための計算に入る。すなわち、クリプトスポリジウムを 99.9% 不活化する装置であることを証明する。

補正係数 α （補足参照）は f と同様に、装置の初期性能を、光源の出力低下や装置内の汚れ等による経年劣化時の設計性能に変換するために乗じる値である。違いは、通水試験の条件（光源の紫外線強度、水温特性）とは独立していることである。

クリプトスポリジウムを 99.9% 不活化するために必要な紫外線照射量が 12 mJ/cm² で、紫外線照射量に対する生残率が対数比例するものとする。言い換えると、式 (1) の不活化速度定数 D_0 に 1.74 mJ/cm² を用いて、得られたが RED_{CFD} が 12 mJ/cm² 以上であれば、適合となる。

ここで、CFD-I の計算で代入する被処理水の紫外線透過率は、図 5 に示した補足表の透過率 UVT254

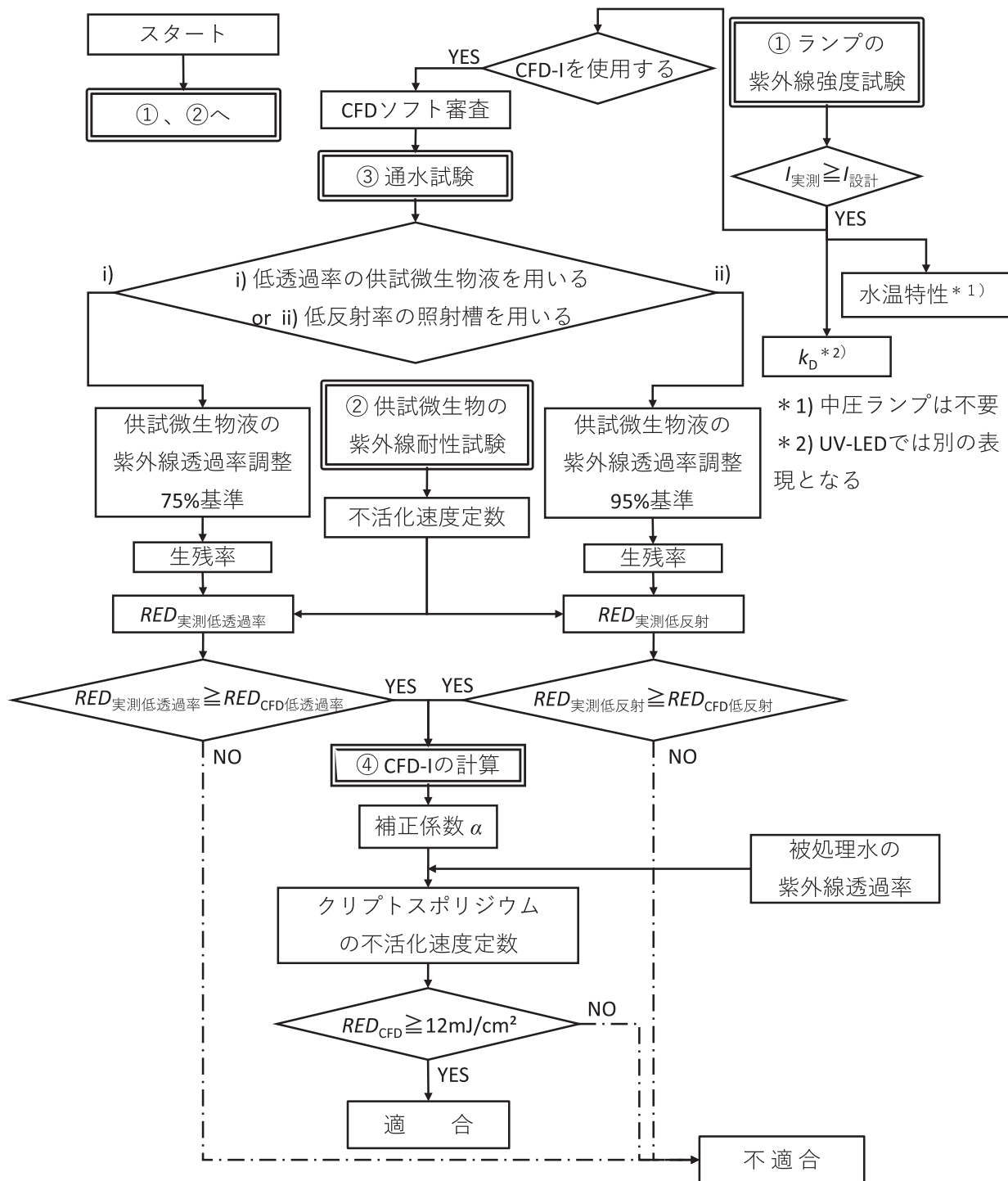


図6 反射光の計算を含まない CFD-I を使用する場合の紫外線照射性能確認方法のフローチャート

nm=95% が上限となる。導入先の被処理水の透過率情報の重要性は、ここでも同様である。

4. 反射光の計算を含む CFD-I を使用する場合

反射光の計算を含む CFD-I を使用する場合の紫外線照

射性能確認方法のフローチャートを図 7 に示した。①と②は「3. 反射光の計算を含まない CFD-I を使用する場合」と同じである。

③通水試験

ここでの通水試験も、使用する CFD-I の審査をする

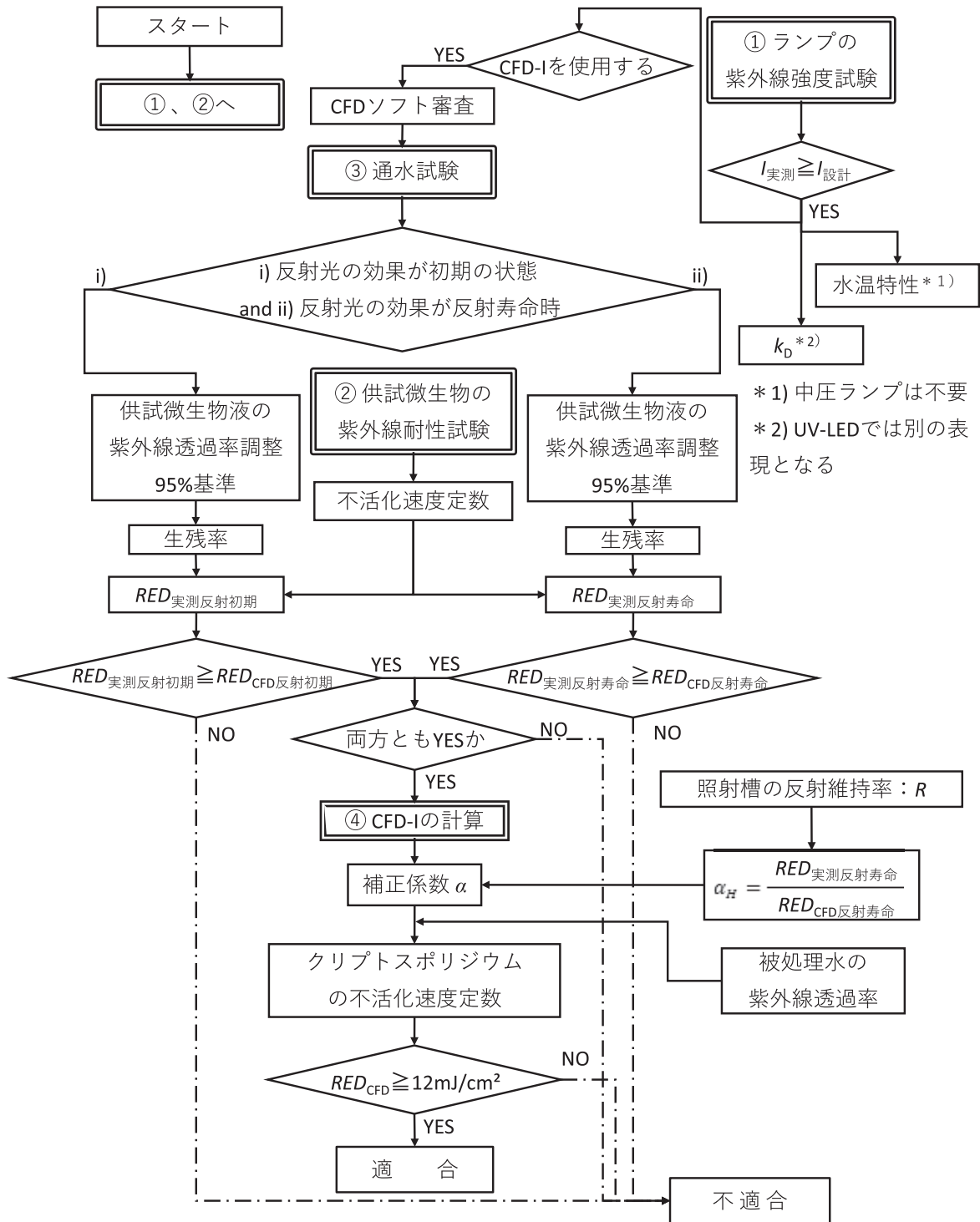


図7 反射光の計算を含む CFD-I を使用する場合の紫外線照射性能確認方法のフローチャート

ことが目的である。照射槽内の反射光の反射効果が初期の状態と反射寿命時の状態について、供試微生物を用いて通水試験を行う。両反射状態の RED について実測値 ($RED_{\text{実測反射初期}}$ 、 $RED_{\text{実測反射寿命}}$) と CFD-I による計算値 ($RED_{\text{CFD 反射初期}}$ 、 $RED_{\text{CFD 反射寿命}}$) を比較して、ともに計算

値が実測値以下であれば、その CFD-I が審査に合格したことになる。

④ CFD-I の計算

照射槽の反射維持率（初期の反射率に対する寿命時の反射率の比）： R （補足参照）を示し、反射初期と反射寿

命時についての RED_{CFD} から紫外線反射の因子 α_H を式 (2) で求める。反射光の計算を含む CFD-I を使用する場合は、反射光の計算を含まない CFD-I を使用する場合は α に、この α_H が追加で乗じられる。

$$\alpha_H = RED_{CFD} \text{ 反射寿命} / RED_{CFD} \text{ 反射初期} \quad (2)$$

不活化速度定数 D_0 に 1.74 mJ/cm^2 を用いて得られた RED_{CFD} が 12 mJ/cm^2 以上であれば、適合となる。ここで、被処理水の紫外線透過率は、図 5 に示した補足表の透過率 UVT254 nm=95% が上限となる。

5. その他

クリプトスポリジウムの不活化に関する波長依存性（補足参照）については、最新の論文を引用し²⁾、データのバラツキについては平均値を採用した。

この解説が、申請者および導入を検討する方に参考になれば、幸いである。

【補足】

・ランプの紫外線強度試験

CFD-I を使用するしないにかかわらず、共通して行う試験である。ランプを一定の条件下で点灯させ、自社で定めた合格基準の紫外線強度が得られていることを確認するための試験である。紫外線光源が UV-LED の場合は、紫外線強度の代わりに UV 出力で行ってもよい。また、UV-LED では発光分布も検査項目となる。

・補足表の透過率

補足表の透過率は新基準に表で示されている。

・補正係数 f

CFD-I を使用しない場合は、補正後の RED を求めるために使用する。CFD-I を使用する場合は、 RED_{CFD} を求めるために使用する。補正係数 f には複数の項目があり、その項目はランプの種類によって異なる。すべての項目を列挙すると以下の 5 つになる。

- ① 試験に使用したランプの紫外線強度：/ 実測とそのランプの紫外線強度設計値：/ 設計の比（/ 設計 / / 実測） f_1
- ② ランプの紫外線強度維持率 f_L
- ③ 水温による紫外線強度変動 f_T （試験時水温に対する

水温 $10 \sim 30^\circ\text{C}$ における最小値の比）

- ④ ランプスリープ紫外線透過維持率 f_D
- ⑤ 発光波長分布の影響 f_{BF}

・補正係数 α

CFD-I を使用する場合において、クリプトスポリジウム RED を求めるために用いる。ランプの紫外線強度には、ランプの紫外線強度試験の際に自社で定めた合格基準の値を用いる。水温による影響の因子には、水温 $10 \sim 30^\circ\text{C}$ の範囲で変動する紫外線強度の最大値に対する最小値の比を用いる。

・ R

反射率測定器を用いて、照射槽の反射率を初期と寿命時を測定し、その値の比が R である。

・クリプトスポリジウムの不活化に関する波長依存性

過去の紫外線照射装置 JWRC 技術審査基準（中圧紫外線ランプ編、UV-LED 編）のところで示していた波長に対するクリプトスポリジウムの紫外線感受性を、この新基準で更新した。

参考文献

- 1) US EPA 2006, Ultraviolet disinfection guidance manual for the final long term 2 enhanced surface water treatment rule. Office of Water United States Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- 2) Sara E. Beck, Harold B. Wright, Thomas M. Hargy, Thomas C. Larason, Karl G. Linden, 2015, Action spectra for validation of pathogen disinfection in medium-pressure ultraviolet (UV) systems, Water Research, 70, pp. 27-37

会員リスト

平成31年4月現在（五十音順）

□正会員

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
株式会社神鋼環境ソリューション	〒651-0072 神戸市中央区協浜町 1-4-78 本社 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
JFEエンジニアリング株式会社	〒230-8611 横浜市鶴見区末広町二丁目1番地 TEL 045-505-8761（アクアプラント事業部 技術開発部）
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（営業統括課）
水ing株式会社	〒108-8470 東京都港区港南 1-7-18 TEL 03-6830-9000
スタンレー電気株式会社	〒153-8636 東京都目黒区中目黒 2-9-13 TEL 03-6866-2592
セン特殊光源株式会社	〒561-0891 大阪府豊中市走井 1-5-23 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）
東芝インフラシステム株式会社	〒212-8585 神奈川県川崎市幸区堀川町 72-34 TEL 044-331-0808
ドリコ株式会社	〒103-0027 東京都中央区日本橋 2-13-10 日本橋サンライズビルディング 3階 TEL 03-6262-1421
株式会社西原環境	〒108-0022 東京都港区海岸 3-20-20 ヨコソーレインボータワー 3階 TEL 03-3455-4441
日機装技研株式会社	〒105-6022 東京都渋谷区恵比寿 4-20-3 恵比寿ガーデンプレイスタワー 22F TEL 03-3443-3732
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
株式会社フソウ	〒104-0033 東京都中央区新川 1-23-5 TEL 03-3552-7019（営業本部）
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	〒322-8556 埼玉県川口市仲町 5-11 TEL 048-253-0907（環境ソリューション事業部 第一部）
メタウォーター株式会社	〒101-0041 東京都千代田区神田須田町 1-25 JR神田万世橋ビル TEL 03-6853-7340（営業本部 営業企画室）
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

旭化成株式会社	DNライティング株式会社
エイブリック株式会社	DOWAエレクトロニクス株式会社
シーシーエス株式会社	ヒメジ理化株式会社

□特別会員：団体

特定非営利活動法人 日本オゾン協会
一般財団法人 千葉県薬剤師会検査センター

□特別会員：個人

浅見真理	小熊久美子
石倉 證	神子直之
大瀧雅寛	府中裕一

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)



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