

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.11**

Japan UV Water Treatment Technology Association

JUVA

11

Newsletter

日本紫外線水処理技術協会

ニュースレター No.11

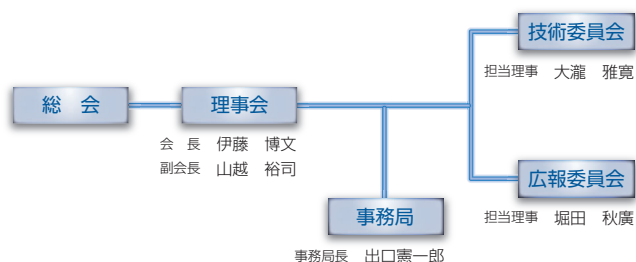
Japan UV Water Treatment Technology Association

JUVA

11

Newsletter

協会組織図



■顧問・役員（平成29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	山越 裕司（株式会社日本フォトサイエンス 理事）
事務局長	出口憲一郎（千代田工販株式会社 リサーチセンター長）
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	向井 眞一（岩崎電気株式会社 部長）
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	落合 隆（月島機械株式会社 担当部長）
理事	杉本 隆仁（メタウォーター株式会社 部長）
理事	橘木 次男（株式会社ウォーターテック 部長）
理事	府中 裕一
監事	谷口 康夫

もくじ

顧問・役員

●巻頭言

- 01 展望のある酸化処理
特定非営利活動法人 日本オゾン協会 会長
全国簡易水道協議会 相談役
眞柄 泰基

●特別寄稿（JWRC 大垣理事長にきく）

- 03 合理的な選択と紫外線処理の将来に向けて
公益財団法人 水道技術研究センター
理事長
大垣 眞一郎
一般社団法人 日本紫外線水処理協会
理事
堀田 秋廣

●技術資料

- 07 平成 29 年度 J U V A 技術セミナー
「UV処理の表流水への適用へ向けて」の報告
一般社団法人 日本紫外線水処理技術協会
理事
府中 裕一

- 11 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
松本 純

- 13 UVC-LED の殺菌応用
旭化成株式会社
研究・開発本部 次世代部品開発部
永瀬 和宏

- 14 深紫外線 LED と流水殺菌製品の開発
日機装技研株式会社
渡邊 真也

- 16 深紫外 LED の水処理への応用
スタンレー電気株式会社
研究開発センター 主任技師
木下 亨

- 18 UV-LED 光源製品のバラツキが殺菌
効果に及ぼす影響
お茶の水女子大学 教授
大瀧 雅寛

- 20 長野県企業局川中島水道管理事務所
における紫外線処理設備の導入事例
長野県企業局川中島水道管理事務所
担当係長
和田 剛

●活動報告

- 24 設立 10 周年記念パーティーの報告
一般社団法人 日本紫外線水処理技術協会
会長
伊藤 博文

●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



展望のある酸化処理

特定非営利活動法人 日本オゾン協会 会長
全国簡易水道協議会 相談役

眞柄 泰基

水道は清冽の原水を求め続けるのが定めであった。古代そして近代水道の系譜を眺めれば、まさに導水技術と汚染防止技術が開渠から管路へと進ませたのである。しかし、近代から現代、世界人口の増加と富を求める業は、質変換・相移相技術を駆使することで、人が介在する水循環系を成立させたという幻想にひたっている。

大航海時代の新興感染症の脅威は、今日の溶血性大腸菌、塩素・化学物質耐性微生物による新興・再興感染症の脅威と変わるところはない。さらには、温暖化も影響して植物生産能向上に伴う藻類過剰増殖は異臭味ばかりでなく毒素も脅威となっている。近代水道の除濁と塩素による不活化では対応できなくなり、さらには、塩素との反応生成物による健康リスクすら生じさせたのである。

水系感染症やヒ素のように健康を損なう蓋然性を制御するばかりでなく、染色体の DNA 損傷性すら健康リスクとして制御を求めるようになり、まさに、質変換・相移相技術を導入することを求められることとなっている。

1973 年異臭味対策でオゾン処理が導入され、1980 年に異臭味対策でオゾン・粒状活性炭処理が導入された。しかし、1984 年に WHO が水質ガイドラインを WHO 加盟国に勧告するまで、健康リスクを前提とする水道水の水質管理技術は定着していなかった。1973 年に Bruce Ames がエムス試験に関する論文を明らかにしてから、10 年後のことである。また、塩素処理をしている水道水を利用している母集団とそうでない母集団でガン発症率に有意差を否定できないという疫学調査がなされたのもこの頃である。

化学物質の健康影響リスクに関心が高まったのは、地盤改良で使用されていたアクリルアミド、農薬、PCB による健康影響が起きたからであり、水道水の寄与は無視できるほどであるにもかかわらず、未然防止的な対策は社会的な要請であった。高分子凝集剤、オゾンは活性炭

と併用についての扱いはその名残である。

オゾン原料を空気としている水道施設が圧倒的に多いが、海外では酸素を原料とするオゾンが主流となっている。反応槽にしる、空気乾燥設備にしる、圧倒的に省略できるから、その便益ははかりしれない。オゾン処理水を塩素処理して、変異原性試験を行ったところ、酸化条件がゆるやかな時は変異原性が高まるが、やがて変異原性はオゾン酸化前の原水より低くなるということを明らかにしたことがある。活性炭や生物処理が後置しなければということは理解できるが、制御不能ではないと考えている。オゾン酸化は異臭味、藻類毒、有機物質類を分解するし、ウイルス、細菌やクリプトスポリジウムも不活化できる。ただし、原水に臭素が存在すると臭素酸が生成し、変異原性が高まるので、生成する臭素酸濃度を制御しながらオゾン酸化をしなければならない。なお、米国で臭素酸のリスクの再評価が行われており、楽観的な結果が想定されていると報告されている。

神奈川県平塚での小規模な水系クリプト症の小規模な集団感染や埼玉県越生町の大規模な集団感染を受けて、1996 年のクリプトスポリジウム暫定対策指針が制定された。対策の基本は清冽な原水を求めることであり、ついでは、清冽であることを確認することであり、汚染の可能性があれば除濁操作に最善を尽くすということである。しかし、中・小規模水道の余りにも多くが、財政的・技術的な制約を理由に、それらの対策を具体的にとること無く無為に給水が続けている。それらの水道事業体は、公衆衛生の維持に資するという水道の目的を踏みにじっているとしか思えない。そのような現実を看過することが出来ないため、本来は地下水・湧水を水源とするところでの対策としての紫外線処理の適用範囲が広げられてきてはいる。それでも、未対策の水道事業は多いと言わざるを得ない。

オゾン処理にしても、紫外線処理にしても発生期の酸素や酸素ラジカルのもつ酸化能を利用する酸化処理である。しかし、これらの適用範囲を拡大する流れは小さいように思われて仕方がない。オゾン処理で言えば、海外では酸素オゾン製造が標準であり、それが大規模ばかりでなく小規模な水道施設や食品衛生分野でも使われる等用途が拡大している。紫外線処理にしても、水銀条約での制約もあり LED 光源に転換したこともあって、多段の紫外線照射操作が大規模水道事業体で導入されたりして、あるいは、直結浄水器等分散型給水設備にも導入されつつある。

酸化処理のみがすべての単位操作を凌駕するものではないことは確かであり、多種・多様な単位操作とシステムを構成することで、水道の社会的な意義を達成できるという役割を共に果たすことが出来ると確信している。

合理的な選択と紫外線処理の将来に向けて

公益財団法人 水道技術研究センター 理事長 大垣 眞一郎

聞き手：一般社団法人 日本紫外線水処理協会 理事 堀田 秋廣

上水道における紫外線処理は、「水道におけるクリプトスפורジウム等対策指針」にて、その適用について対象水源（地表水以外）や水質が示されているが、その技術の有用性から適用範囲のさらなる拡大が期待されている。

平成 26 年度から 3 ヶ年にわたり厚生労働科学研究費による「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」が行われ、具体的な設計緒元や維持管理上の留意事項等について検討された。今回、上記研究における研究代表者である公益財団法人水道技術研究センター（JWRC）理事長大垣眞一郎様にお話を伺った。



大垣理事長（右）と堀田理事（左）

堀田 最初に紫外線にご興味をもたれたきっかけについてお聞かせ下さい。

大垣 紫外線処理の研究を始めたのは、教授になる前の 1985 年頃です。誰もやっていない、誰かやらないか？というような示唆を当時の藤田賢二教授から受けました。

私自身は工学博士論文で汚泥の混相流体の研究をやったあと、東北大で河川の自浄作用とか活性汚泥処理の研究をやっており、消毒技術は詳しくなかったのですが、いずれは感染症対策の研究をやらなければいけないのではという気持ちがありました。

そこで、全くのゼロからでしたが紫外線の研究を始めました。最初は、小型の中圧装置を貸していただいて研究を行ってありました。

当時の IAWQ（今の IWA：International Water Association の前身）の国際会議でもすでに UV の発

表があり、紫外線ランプは海外では使われているが日本ではどうなっているのだろうと関心を持ちました。

また、私は、1983 年から 1985 年の 4 月までバンコクのアジア工科大学院へ助教授として派遣されました。タイは当時経済的発展途上国でしたから、消毒の問題とか感染症の問題が重要な課題でした。

AIT の前任者で後に東北大教授になった大村達夫先生が、現地の生物系の研究者と一緒に大腸菌ファージを使ってウイルスの挙動の研究をされておりました。私は後任で行きましたが、これは面白いなと思ってファージの研究を引き継ぎました。研究を重ねると、定量性がすごく良いことが分かりました。それで気に入って、これは工学的に活用できるのではと思うようになりました。

堀田 そうしますと、そこで Bio-dosimetry（生物線量計）として、ファージがとても使いやすいということを確認されたということでしょうか？

大垣 少し違います。病原ウイルスの代替指標としては有効だと認識しましたが、その時はまだ Bio-dosimetry という概念は持っておりませんでした。帰国後、紫外線の研究に使用できるなと思いました。大腸菌ファージの死滅速度の再現性が非常に安定していたのです。

それで帰国後、純粋なウイルスを国内で探しました。その結果、東海大学付属病院の古瀬教授にたどり着き、そこから Q β を分けて頂き使い始めました。

また同じ時期、オランダやアメリカの研究者が MS2 を使っておなじような研究をやっておりました。いまでは、もう少し Q β を使った論文の国際発表等を早めに行っていれば良かったと思っております。

堀田 紫外線装置認定制度が始まってすぐの頃に、大瀧先生が Q β 使っておられたので、MS2 ではないのですかとお聞きしたら、これは大垣先生由来の Q β だと言われておりました。

大垣 Q β と MS2 はほとんど感受性が同じなのです。また、サイズも同じで、結局どちらを使用しても同じだという感じです。MS2 を使用されている方が多いと思います。

Q β は、一部わたくしの研究室の留学生が使っていましたが、残念ながら国際的には広がりませんでした。ただ、今でも国内の関係者は時々使用されていると思い

ます。

堀田 そうですね、使用されております。

大垣 いまでも、東海大学の古瀬先生には Q β を親切に分けて頂いたことや、培養等のノウハウを教えていただいたこと大変感謝しております。

堀田 次に JUVA 設立との関わり合いについて、お話頂けますでしょうか？

大垣 JUVA の設立のころ、ご相談頂いたことを覚えております。

堀田 そのような任意団体が必要だという認識を共有し、協力頂いたと記憶しております。

大垣 その通りです。先ほどの話の流れで私の研究はスタートしています。民間企業の技術が先にあり、国際的には使われていたので、それを使ってどんなことができるかとか、どういう効果があるのかという報告を行っていました。しかし、民間の企業や団体と一緒にやっていけない限り仕事（普及）は進んでいかないし、もともとそういう協会ができることはわたしにとってもありがたい話と感じておりました。

堀田 わかりました、ありがとうございます。次に浄水処理における UV の有用性についてお聞かせ下さい。

大垣 クリプトの危険性が高いのは地表水で、さらに濁度が上がった時はクリプトのリスクがさらに高くなるので、その対策をしていかなければならないと思います。

その対策のためには紫外線が非常に有効であろうという立場に立つと、地下水よりむしろ地表水に使用した方が、有用性が高いと思われます。

地下水からクリプトが出ないとすると、あとは細菌とウイルスへの対応となります。ウイルス対策であるならば、UV 感受性が全然違いますから、事情が変わってくると思います。

堀田 アデノウイルスとか、そちらの方になりますね。

大垣 そうなりますと、紫外線量の考え方・発想自体が変わってくると思います。

今の基準の $10\text{mJ} / \text{cm}^2$ でクリプト対策となると、地下水よりむしろ地表水に利用するほうが海外の発想に近いのではないかとということになると思います。

堀田 リスク管理から言ったら地表水からやるべきというお話になるでしょうか？

大垣 当時のクリプト対策指針ができた背景として、多くの浄水場がろ過施設をもっており、リスク管理上とにかくそこで確実に取るにはどうしたらいいかとの考えから、ろ過水濁度 0.1 度以下というのが緊急的に出されたという風に考えることもできます。リスク管理の方向としては間違っていなかったと思います。越生町の事件の

起きた 1996 年時点では、UV がクリプトの不活化に有効であることはまだ世界でも認識されていませんでした。

しかし、その後紫外線がクリプトに非常に有効であると国際的に認知されたので、考え方を改めてリスク管理上紫外線をどう使うかを考えることが重要になったわけです。

今回の厚生科研費での研究でも、そのようなことに踏み込み検討し結論を出しております。

堀田 この前の JUVA のセミナーで、いろんな質問がでしたが、その中で小熊先生が「クリプト対策のレベルとしては 1 ～ 4 があり現在はレベル 4 に対して紫外線処理の記載がないが、紫外線の処理の考え方を無理やり押し込むのではなくて選択肢を広げるそういう考え方がいます」と、回答されておりました。それが的を射ているなと思いますが、いかがでしょうか？

大垣 紫外線を使うための議論ではなくて、何が合理的かということになると思います。要するに、1 つの単位操作でクリプトのリスクを全部除くということではなくて、複合した系列処理の中で処理する方法もあると思います。どれがどのような水源に対して合理的かという議論をしないといけません。

堀田 そのような意味で、選択肢を広げるという表現をされていたのかも知れません。

大垣 地表水か地表水でないかという設定で研究を行うと、地表水に適用できるかできないかという議論になってしまいます。

しかし、地表水も様々ですし、地下水も様々です。

それら各水源に応じた多様な処理法の 1 つとして紫外線が有効であることを報告できたのが、今回の科研費研究の成果だと考えております。

堀田 別にろ過設備を否定するわけではなく、その場所の水質だとかプロセスに合っているのであれば、UV も選択肢として追加するという考え方が良いのではないのでしょうか。

大垣 例えば、施設を広げようとしてスペースがない場合、ろ過池を改造するよりは後段に紫外線を入れたほうが良いという事もあるでしょう。

しかし反対に紫外線を入れるスペースがないというのも今回調査した結果にありましてし、順番としてフローの最後に入れられないという例もありました。

それぞれの現場での対応が必要で、この例のような時にはろ過池を改善するほうが適しているかもしれません。

堀田 だから合理的な方式を考えればよいという事ですネ。



(公益財団法人水道技術研究センター理事長)

大垣 そうです。小熊先生が言われているように、合理的な 1 つの重要な手段として紫外線処理があり、それを加えるべきであるという考え方ですね。

堀田 先のセミナーでは、地表水で言われている濁度の問題、吸収と散乱の問題など、いくつかの研究について発表頂いておりますが、今の紫外線透過率 75%程度の水であれば、現行の紫外線装置の基準で、地表水だとか地下水だとか水源に関係なく適用できるのではないのでしょうか？

大垣 あえて整理すると、水源水質が定常状態で、処理も定常状態であって、そのような時、基準を守ることによってリスクを減らすという発想になりがちです。

しかし、現実のリスク、特にクリプトの場合は、濁度が急に上がった時などにリスクが発生するわけで、それを除去できれば、全体が安全になると思います。

その濁度が上がった時のリスクに対する紫外線処理についても考えないといけないということで、今回の科研費の研究があったと思います。

堀田 濁度管理技術を補完するという意味合いをもった研究だったのでしょうか？

大垣 そうですね。クリプトのリスクに対して濁度上昇というところに不安があったと思います。それに対してどう考えたら良いかという課題で、従来は、クリプト対策指針に基づき、ろ過後の濁度を監視することにより 0.1 度以下となっていることを確認し、0.1 度以下となっていればろ過処理が良好に行われているのでクリプトは完全にとれていると判断されていたと思います。

しかし、この 0.1 度以下を完全にこなすことに困難を感じている浄水場がたくさんあるのが実情だと思います。

堀田 常時保たれているかどうかということも 1 つの問題と思われますが。

大垣 常時保つことを規定しているのはもちろん大変なことだと思います。濁度上昇時に対応するためどういう処理方法を導入して、安全性を確保するかという問題が

出てきます。

濁度上昇時に取水停止することも考えられますが、水道の使命として水の供給を安易に止めることはできません。どれだけリスクを減らして供給できるかという問題を解決していく必要があります。

堀田 適切な設備を入れておかないと、その常時 0.1 度以下を保つのは難しいですね。99%が 0.1 度以下を保てても 1 日だけ、0.1 度を超えることがあれば、それは充分ではないという判断になってしまいますので、無駄が多くなることが考えられます。

大垣 また、急速ろ過の逆洗後などに処理水濁度が一時的に高くなりますが、捨水により対応している所もあるのですが、紫外線を入れることによってリスク対応がより確実になるというようなことも考えられます。

システム全体のリスク管理として、施設を低リスクに保ち、リスクを低減するためにどう設計していくかと考えるときに、紫外線処理が 1 つの安全性を高める良い方法としてあるというふうに考えております。

今後さらに紫外線処理が普及していくために必要と考えられることは、やはりこの理解を事業体の方々に広げていくことではないでしょうか？

堀田 そうですね。今、地表水に関しては適用対象になっておりません。適用対象になってないため安心、安全に対する技術的な裏付けがまだ十分ではないのではないかとこの風に捉えられている可能性があります。

大垣 そう見えるかもしれません。

堀田 しかし、紫外線に対する事業体の関心は高いようで、先般の JUVA のセミナーでも事業体からの参加者も多く非常に盛会でした。

大垣 かなりの人数が参加されたそうですね。

堀田 今回初めて百人を超える方にご参加いただきました。東京都や千葉県の方、大勢でお越しいただいた事業体もありました。今回の紫外線の地表水に向けての適用というようなテーマに、皆さん関心があることが確認できました。やはり紫外線の地表水への適用は、非常に関心が高い事項であると思います。

特に中大規模浄水場の水源としては地表水が多いので、関心が高まっていると我々は捉えております。

次に、今後に向けての取組についてお聞かせ下さい。

厚労科研費については一段落したのでしょうか。それとも、また新しく何かテーマをとって研究される予定はありますか。

大垣 平成 29 年度からは厚労科研として JWRC が実施しているものは紫外線以外の研究課題です。

話は変わりますが、これから人口減が進んでいくため、浄水場の全面更新のように丸々新規で建設されることは

少ないでしょう。そうすると既存の浄水設備の更新になっていくと思います。更新時に紫外線装置を設置する場合、既存の砂ろ過をそのまま使えば、運用方法の問題だけということになると思います。

堀田 そういう意味では、既存のろ過設備をそのまま活用して補完するとか、0.1 度以下にするのに困難がある浄水場に対して、それを補完する意味で UV の果たす役割は大きいのではないのでしょうか。

大垣 そうだと思います。しかし、補完だと二次的な感じを受けてしまうと思います。メインがあってそれが失敗したときのためのという感じになると思います。

様々な水質に対して紫外線単独だと限界はありますが、クリプト対策として考えると、紫外線が主でろ過等は前処理的な役割となると思います。もちろん、水処理全体としてはろ過が主体となりますので、何を中心と考えるかで表現が変わると思います。

堀田 クリプト対策ということで 1 点に絞ったら、紫外線が主ということになるのでしょうか。

大垣 そもそも話になりますが、病原微生物による感染症を水道水経由で生じさせないことが最も基本的な浄水処理の目的です。日本の水道はこの点に関し長年の優れた実績があります。唯一課題は、塩素に対して抵抗力のあるクリプトスポリジウムなどです。その対応がクリプト対策指針であったわけです。当面はクリプト対策のひとつとしての紫外線と考えれば良いのではないのでしょうか。長期的にはウイルスや感染症のリスク管理という方向に進んでいき、よく言われる 6log 等の対数の評価で、ろ過は何 log、紫外線で何 log 不活化できるというようなことも知れませんが。

また日本の場合には後塩素が必ずありますから、塩素で何 log という議論で進むべきですが、今、一気にそこに行く必要はないと思います。

既に紫外線無しで動いているシステムがあるわけですから、そこに log の考えを入れても良いですが、今重要なことは、クリプト対策の安全性をどのように高めていくかという事が水道事業を運営している方の一番の関心事ではないのでしょうか。

地表水を対象とした場合、紫外線処理に前処理が必要なのは当然のことだと思います。そういう中で紫外線が何を担っているのかを明確に打ち出さないと、説得力がなくなっていくのではないのでしょうか。

よって、当面はやはりクリプト、ジアルジア対策として重要であるという形でしっかり説明していくことが必要だと思います。

堀田 LED に関しての考え方や今後について何か期待していることがあればお聞かせください。

大垣 JWRC では、紫外線照射装置の JWRC 技術審査基準（低圧紫外線ランプ編）と同（中圧紫外線ランプ編）に加えて、UV-LED 編を作成し発行しました。LED は、数を増やせば高出力にも対応できると思いますので、今度の基準作りとか、安定性とか、1 個ずつの製品の品質管理と品質保証が非常に重要であると思います。

いろいろな所で使われている照明用 LED と、装置の安全管理が必要な UV-LED とを同じように扱うわけにはいきませんが、今後魅力的な UV-光源の 1 つであろうということは確かだと思います。非常に小さい規模から大きい規模まで、広く対応できるでしょう。

堀田 原理的にはもう波長が決まっていますので証明はできていると思います。しかし、設備とかの部分でも少し進化していかないと、コストパフォーマンスも含めて現状だとなかなか難しい所もあると思います。

大垣 コンピュータをはじめ、車や通常の電気製品など、コスト削減は結構早く起きます。量産化とか技術を工夫してどの程度のスピードで普及すると思われますか。私は専門家でないので判断できませんが、コンピュータの集積回路とか、半導体とかの延長線上にあるものだとすると同じような線をたどって加速度的に進むのではないのでしょうか。

その時にどれくらいの規模で利用できるかがポイントとなると思います。特に小規模のところは適用性が高いと思います。水道の蛇口につけるみたいな極めて小規模でも LED が利用されていますね。

しかし、UV-LED も普通の紫外線ランプと同様の紫外線の安全対策が必要だと思います。

堀田 特に小型のものはそのような安全対策が結構重要になってくると思います。

堀田 今は、水俣条約のことがあり、世間一般的には水銀が含まれた製品は使用しない方向に、皆さんの意識が変わっていると思います。

しかし、紫外線殺菌とか不活化に使用するランプがその条約の対象外ということを知らない方が、結構おられると思います。

大垣 水銀条約が社会に浸透しているという意味でいうと、水銀ゼロの電池はもう普及していますね。

しかし、水処理用の UV 消毒装置など、プロフェッショナルが設計し設置し、管理されたところで使用しているものであれば安全です。使用目的・使用方法がしっかりしていること、また、有用であることをアピールして行くことが重要であると考えます。

堀田 そうですね。協会としてもしっかり発信していかないといけないと思います。

本日は貴重なご意見ありがとうございました。

平成 29 年度 J U V A 技術セミナー 「UV 処理の表流水への適用へ向けて」の報告

一般社団法人 日本紫外線水処理技術協会 府中 裕一

平成 29 年 11 月 13 日（月）に本協会主催の技術セミナー「UV 処理の表流水への適用に向けて」が、銀座キレイが丘本館において開催された。参加者は、事業体、大学および企業と幅広い参加があり 120 名に達し、非常に盛会であった。

本題に先立ち、伊藤 JUVA 会長から「紫外線処理の表流水への適用に向けて、協会として取り組む」との表明が力強く出された。続いて大瀧教授より、本日の講演は、紫外線処理が地表水を原水とした浄水に導入される場合、学問的に担保できるかとの観点から発表されるが、最大の目的は皆様方参加者がどのように受け入れられるかであるとの趣旨説明があった。以下に、講演の要旨と総括を示す。



写真 1 技術セミナーの様子

《 JUVA 技術セミナープログラム 》

時 間	内 容	講 師
13 : 00～	受付開始	
13 : 30～13 : 35	開会挨拶	JUVA 会長 伊藤 博文
13 : 35～13 : 45	趣旨説明	JUVA 技術委員長 お茶の水女子大学大学院 基幹研究院 自然科学系 教授 大瀧 雅寛
13 : 45～14 : 15	厚労科研費研究の概要	水道技術研究センター 浄水技術部 主任研究員 栗原 潮子
14 : 15～14 : 45	原水条件および処理効果の検証	立命館大学理工学部 環境システム工学科 教授 神子 直之
14 : 45～14 : 55	休憩・質問票記入(10 分)	
14 : 55～15 : 25	濁質が紫外線処理に及ぼす影響～地表水の水質変動を想定して～	東京大学先端科学技術研究センター 准教授 小熊 久美子
15 : 25～15 : 55	濁質の特性と紫外線処理に及ぼす影響～吸光か散乱か～	お茶の水女子大学大学院 基幹研究院 自然科学系 教授 大瀧 雅寛
15 : 55～16 : 15	休憩・質問票記入／回収(20 分)	
16 : 15～16 : 55	質疑応答	コーディネーター：大瀧 雅寛
16 : 55～17 : 00	閉会挨拶	JUVA 副会長 山越 裕司

1. 厚労科研費研究の概要（栗原潮子）

平成 26 年度から 28 年度において、研究課題「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」として行われた。研究目的は、

日本の地表水の水質に即した具体的な紫外線処理の施設要件、維持管理要件等について、実際の原水を対象とし、実務に即した提案を行う。これにより水道水に起因する健康リスクの低減に資することである。

なお、本研究はこれから講演される先生方にも分担研究していただいた。



写真2 講演：栗原潮子主任研究員

1) クリプト対策での濁度管理目標値

クリプト対策を講じている水道事業体に対して、現状把握を目的として濁度の管理目標についてアンケート及びヒヤリング調査を行った。

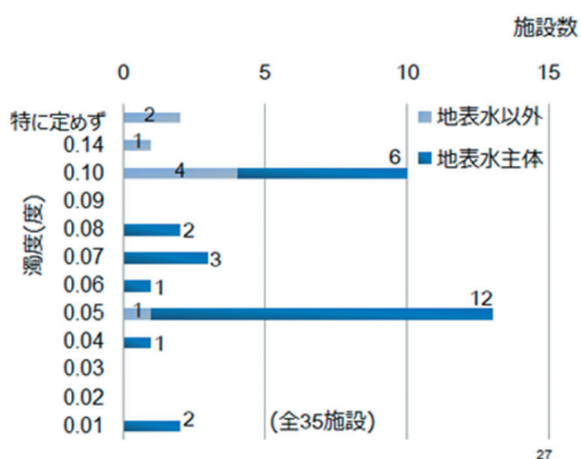


図1 「急速ろ過」対策における濁度の管理目標値

急速ろ過によってクリプト対策している浄水施設での濁度の管理目標値は、図1のように0.05度が最も多く、対策基準値の0.1度より厳しい内容になっている。これは高濁度原水流入時に備えての措置と思われる。それに対して紫外線処理を導入している浄水施設ではほとんどが浄水基準値である2度を採用している。

2) 文献調査

各国の紫外線処理の適用条件について調査した結果、外国においては適用条件において地表水、地下水の区別は見当たらないこと、管理指標として濁度より紫外線透

過率が重要であることがわかった。

3) 紫外線処理を導入する場合の留意点

装置のスペース・構造や、さらには配水池や浄水池の運用上の点から設置場所を考慮する必要がある。

4) 結論

地表水は地下水に比べて水質変動が大きい、ろ過水を紫外線処理の原水にすることによって変動を解消できる。管理指標として紫外線透過率を用いることで、諸外国のように地表水と地下水を問わず流入水質条件は同一でよい。

2. 原水条件および処理効果の検証（神子直之）

地表水を原水にする場合には濁度の急激な変化への対応が求められる。そこで、濁質存在下での微生物不活性化効率について明らかにした。また、普遍的な問題として、流水式紫外線照射槽の性能評価について検討した。



写真3 講演：神子直之教授

1) 原水条件および処理効果の検証

コロイド粒子が多く含まれる下水の最初沈殿池流出水とカオリン懸濁液を原水とし、指標微生物としてMS2を用いた回分実験結果を図2に示す。濁質が含まれる系における不活性化速度を予測できるか調べるために、平均紫外線量を求める式の吸光度項に積分球式吸光度を代入して求めたところ、MS2の不活性化速度はほぼ同じ値になった。さらに、流水式実験においても同様の結果が得られ、積分球式紫外線量で生残率を推算できる可能性が示唆された。つまり、積分球式紫外線量で適切な制御が可能になる。

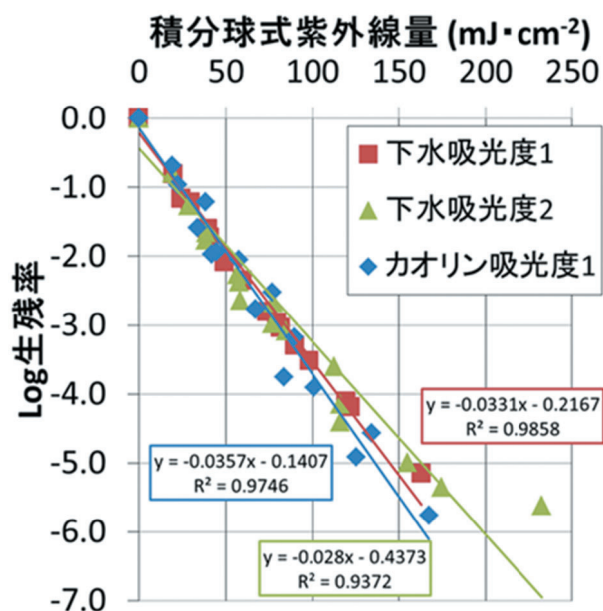


図2 積分球式吸光度を用いた平均紫外線量とMS2 生存率の関係

2) 流水式紫外線照射槽の性能評価

対策指針の趣旨であるクリプト 3log 不活化の達成をどのように検証できるか、単一線量計の是非を含めて検討した。

一様分布や正規分布に槽内流れを仮定して計算すると、MS2 とクリプトとでは明らかにREDがある値以上で差異が生じる。したがって、クリプト 3log 不活化を担保できることと 95%以上 10mJ/cm² は厳密にはイコールではない。性能の検証には計算あるいは実験によるクリプトRED 10mJ/cm² 以上を用いた方がよいのではないかとされる。

3. 濁質が紫外線処理に及ぼす影響

～地表水の水質変動を想定して～ (小熊久美子)

クリプト対策における紫外線処理をめぐる欧米の発想は、地表水「こそ」紫外線処理を導入する意義が高いというものである。その理由は地下水に比べて地表水は豪雨等の影響を受けやすく、クリプト汚染リスクが高いため、合理的と言えよう。

1) 地表水を水源とする浄水場の水質変動

関東近郊の浄水場 2 か所で水質変動を調査した。原水水質は降雨に応答し、大きく変動したが、凝集沈殿処理の後においては変動幅が小さいことが明らかになった。さらに、ろ過水においては、地下水を対象とした現行指針の適用要件を満足していた。



写真4 講演：小熊久美子准教授

以上から地表水を原水とする浄水場においても

- ①紫外線処理を凝集沈殿ろ過後に設置し、
 - ②原水水質の変動は前段の処理工程で適切に対応する、
- という思想・運用であれば、紫外線処理が有効に機能しうる。

2) 水質（濁質）の変動が紫外線処理効率に及ぼす影響

素材・色・大きさの異なる粒子を添加して、粒子が微生物の不活性特性に及ぼす影響を検証した。

表1 MS2の不活性化速度定数kの差の検証

	小 ← kの絶対値 → 大							
k(平均) (cm/ml)	0.036	0.040	0.042	0.043	0.044	0.047	0.084	0.097
P値	CB 10 ¹⁰	CB 10 ⁹	No Particle	B0.2 10 ⁹	W0.2 10 ⁹	W1.0 10 ⁹	W1.0 10 ⁹	W0.2 10 ¹⁰
No Particle	.020*	.955	-	.999	.970	.125	.000**	.000**

*5%有意、**1%有意
一元配置分散分析 (ANOVA)+多量比較(scheffe post-hoc test)

用いた粒子は、カーボンブラック 2 種類 (CB: 黒色、公称粒径 0.12-0.21 μm、粒子濃度 10¹⁰、10⁹) およびポリスチレン 5 種類 (W0.2: 白色、公称粒径 0.2 μm、粒子濃度 10¹⁰、10⁹ / W1.0: 白色、公称粒径 1.0 μm、粒子濃度 10⁹ / B0.2: 黒色、公称粒径 0.2 μm、粒子濃度 10⁹、10⁸) である。

表 1 において、粒子添加なしと有意に k 値が異なる原水条件は、濁度 42 度以上、色度 64 度以上、透過率 5% 以下の極端な場合に相当する。0.2 μm 粒子の濃度 10⁹ 試料 (濁度 0.5-1.5 度、色度 13 度以上、透過率 56-70%に相当) では、粒子なしと不活性効果に有意差はない。さらに、CB の 10⁹ 試料は色度 169 度にもかかわ

らず粒子なしと有意差はない。

3) 結言

- ① 現行の紫外線処理適用要件を満たす限り、濁質による処理効率の有意な低下を生じない蓋然性が高い。
- ② 紫外線処理の適否は、原水の由来ではなく紫外線照射の対象となる時点の水質で判断すること合理的である。

4. 濁質の特性と紫外線処理に及ぼす影響

～吸光か散乱か～（大瀧雅寛）

紫外線の透過率低下が生じると消毒効果が低下すると一般的に言われている。しかし、濁質存在下においては、濁質による吸収と散乱が生じ、前者では消毒効果が低減するが、後者では増加するので、両者を併せて評価する必要がある。



写真 5 講演：大瀧雅寛教授

1) 各懸濁物質の吸光と散乱

各種懸濁液について可視光と紫外光との散乱分率を測定し、その相関を検証した。モデル物質としてカオリン、活性炭、カーボンブラック、ベントナイトを、実試料として浄水場原水、浄水汚泥（PAC）、浄水汚泥（ポリシリカ）を用いた。その結果、ポリシリカ系浄水汚泥を除いて、可視光散乱性の高い濁質は紫外光散乱性も高い。また、下記式にしたがって濁度比を算出したところ、可視光散乱性の高い物質は濁度比によって把握できることがわかった。

$$\text{濁度比} = \frac{\text{透過}+90^\circ \text{ 散乱光方式濁度}}{\text{透過光方式濁度}}$$

2) 水道原水の吸光と散乱

表流水を原水とする 2 か所の浄水場において、原水濁度と濁度比の関係性を検証した結果が図 3 である。

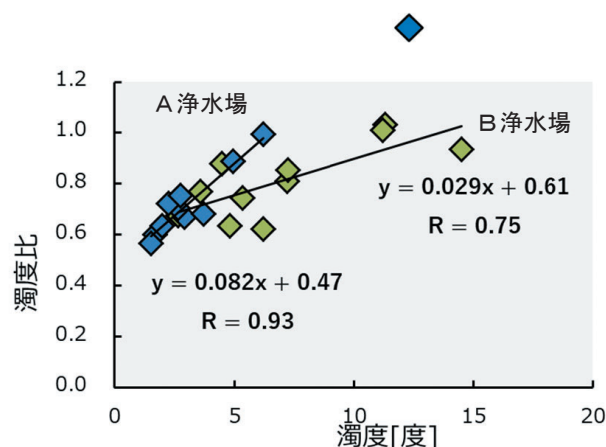


図 3 水道原水の濁度と濁度比の関係

濁度比が高いということは可視光散乱が大きいということなので、濁度値が高くなるほど可視光散乱も大きくなることを示している。つまり、可視光を散乱する物質が濁度濃度の増減に関わっていることになる。また、散乱をもたらす組成について X 線解析で分析したところ、石英と同定された。

3) 結論

紫外線消毒においては濁度 2 度以下の懸濁物質の影響はほとんどないが、仮に濁度上昇が生じた際に懸濁物質の流入があっても、紫外光散乱によって、消毒抑制の負の効果は少ないと考えられる。

5. 質疑応答と総括

講演終了後、50 件以上寄せられた質問票に対して各講師から一問一問丁寧な回答があった。最後に、共通意見として「これから紫外線処理を表流水へ適用するためには何が必要か？」との質問が取り上げられた。これに対して神子教授から、「参加されている皆さんが様々な立場で声を出すことではないか？」との発言があり、これをそのまま総括とすることとしてセミナーは終了した。



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 松本 純

1. はじめに

平成 19 年 4 月 1 日に施行された「水道施設の技術的基準を定める省令」（厚生労働省）の一部改正により、水道における紫外線処理技術がクリプトスポリジウムとジアルジアの耐塩素性病原生物対策として位置づけられた。

また、「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針」（厚生労働省）に基づき、その照射槽を通過する水量の 95% 以上に対して紫外線（253.7nm 付近）の照射量を常に $10\text{mJ}/\text{cm}^2$ 以上確保できることが紫外線照射装置の備えるべき要件として示された。

これを受けて当センターでは、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、「紫外線照射装置 JWR C 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。

この認定制度の意図するものは、紫外線照射装置の性能及び品質等の適正化を図り、一定水準以上の紫外線照射装置の水道事業者等への供給及び紫外線処理技術の浄水施設への円滑かつ適切な導入の促進に資することである。

本稿では、「紫外線照射装置 JWR C 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。

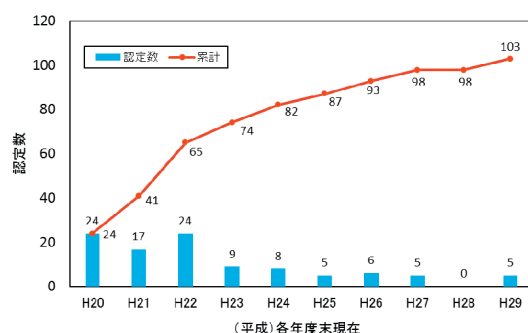
2. 紫外線照射装置認定取得状況

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 29 年 12 月末現在の装置認定取得状況の推移を図 1 に示す。年間 5 ～ 9 件のペースで認定取得件数は増加し、平成 29 年 12 月末までに累計で 103 件となった。平成 29 年度は 12 月末の時点で認定件数は 5 件となっており、例年並みの件数となっている。



（平成 29 年 12 月末現在）

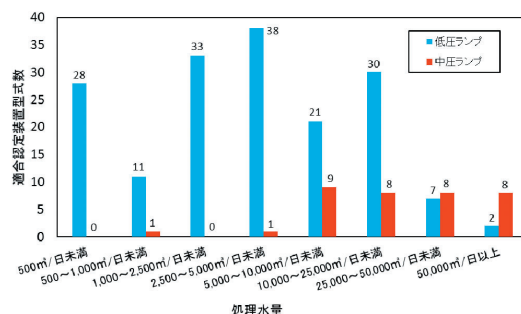


図 2 ランプ種類別、処理水量別の認定取得件数

（平成 29 年 12 月末現在）

認定取得数をランプ種類毎に分類すると、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 83 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、170 型式となる。

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。

図 2 に平成 29 年 12 月末現在のランプ種類別（低圧・中圧）、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、 $1,000\text{m}^3/\text{日}$ 未満が 39 型式、 $1,000\text{m}^3/\text{日}$ 以上～

10,000m³/日未満が92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型式であり、中圧ランプは出力の高い特性を活かした大規模向けの認定が多く見受けられる。

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29年3月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344件（対前年度比8.9%増）、累積計画処理水量は1,117,802m³/日（対前年度比3.6%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。

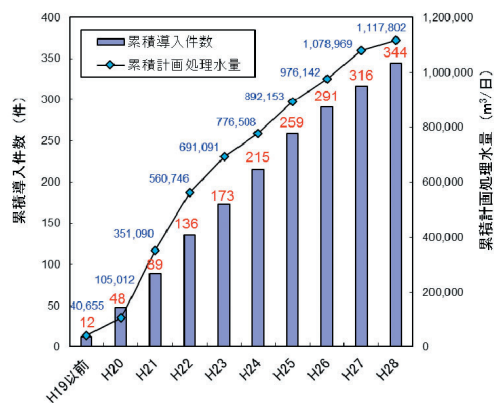


図3 紫外線照射装置の導入状況（年度別）
（平成29年3月末現在）

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173件、1,000m³/日以上～10,000m³/日未満は145件、10,000m³/日以上は26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。

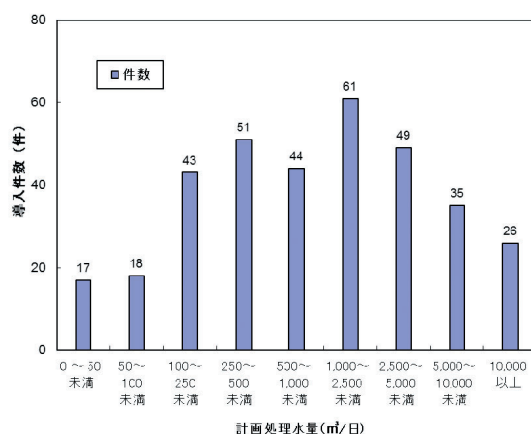


図4 紫外線照射装置の導入状況（処理水量別）
（平成29年3月末現在）

4. おわりに

水道技術研究センターでは、紫外線照射装置に係る技術支援事業を推進してきており、この度、新たな紫外線光源として進歩が著しいUV-LEDを使用した紫外線照射装置に対する技術審査基準を平成30年2月に制定した。新たな基準を加え、本事業が水道事業者へのさらなる紫外線照射装置の円滑な導入に寄与するものと期待している。

参考文献

- 1) (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

UVC-LEDの殺菌応用

旭化成株式会社 研究・開発本部 次世代部品開発部 永瀬 和宏

1. はじめに

2017年8月に「水銀に関する水俣条約」が発効し、2020年にむけて、水銀およびその応用製品のLED化が加速している。さらに、これまで出力や寿命の点で水銀ランプに劣っていたLEDも急速に性能の向上が進み、殺菌用途での実用化も現実的になってきた。

UVC-LEDは材料技術的にみると、2つのカテゴリーに分けることができる。ひとつは、従来の照明用LEDと同様にサファイア基板上に形成したLEDで、中心波長は275nm～285nm、もう一つが、弊社が供給する単結晶AlN基板上のLED¹⁾で、中心波長260～270nmのものである。いずれも出力としては、30-70mW程度まで出力は上がってきているが、本稿では、LEDによる殺菌をするために注意すべき点について説明する。

2. 水銀ランプとLEDの違い

水銀ランプをLEDに置き換える上で最も重要な点は、発光波長の違いとLEDが点光源であることである。

1) 発光波長

- 水銀ランプによるUV殺菌は、水銀の輝線である253.7nmを用いているため、波長は一定である。しかし、LEDは発光層に用いるAlxGa1-xNの組成比で決まる半導体のバンドギャップで波長を調整しているため、製造上のばらつきで発光波長に±10～15nmばらつきが発生する。このばらつきは殺菌性能を考える上で極めて重要なポイントである。

2) 光源の形状

- 水銀ランプは管状で、技術的にもコスト的にも大型化が容易なため、大規模の流水殺菌モジュールでも殺菌性能し易い。しかし、LEDは点光源であり、最小数のLEDで効率的に殺菌できるかは、光路設計と流路設計を複合した設計技術が必須である。

3. 発光波長と殺菌効果

UV殺菌は、細菌にUV光が照射されたときDNA中のチミンが2量体化することによって不活化することで増殖をしなくなるというメカニズムであることは広く知られている。一方で、LEDを使う場合は、DNAの紫外吸

収スペクトルに起因する殺菌効果の波長依存性を考慮することが極めて重要である。しかも、この波長依存性は、細菌、ウイルスの構造に起因して波長依存性が異なるため注意を要する。

例として代表的な菌における殺菌効果の波長性を図-1に示す。すべての菌で260-265nmを中心として殺菌効果には強い波長依存性があることがわかる。このことから水銀ランプからLEDへの置き換えに向けて各種の菌についての波長依存性の研究^{2), 3)}が進んでいる。

例えば指標菌として重要な大腸菌では、265nmでの殺菌効果と比較すると、280nmで約50%、285nmで30%程度と急激に低下する。また、260-270nmでは、殺菌効果が最大であるとともに、殺菌効果の波長依存が少ないため、モジュール化した時の殺菌の設計がしやすいというメリットがある。

4. むすび

指標菌の殺菌特性を考慮したLEDの波長選択と照射設計で、水銀ランプと同等以上の殺菌モジュールが可能になってきた。2020年をめぐりに水銀ランプからLEDへの置き換えが順次進むことを願ってやまない。

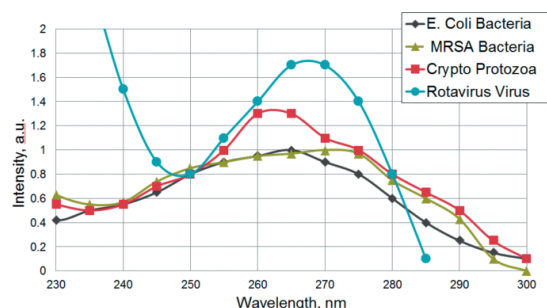


図-1：代表的な菌に呈する殺菌効果の波長依存²⁾

<参考文献>

- 1) Cystal-IS ホームページ：
- 2) J.R.Bolton, "Action Spectra: Review", IUVA Newa vol.19 No.2 (2017)
- 3) S.E.Beck, et al, "Action spectra for validation of pathogen disinfection in medium-pressure ultraviolet(UV)systems", Water reserch 70 (2015)

深紫外線LEDと流水殺菌製品の開発

日機装技研株式会社 渡邊 真也

1. はじめに

深紫外線は、微生物の増殖能力を抑制する効果があり、環境衛生や医療など幅広い分野で応用されている。深紫外線 LED は、サイズが小さく省力であるため、利用しやすい光源として盛んに研究開発が行われてきている。日機装グループ（NKS-G）は、2014 年より深紫外線 LED の量産を開始し、現在はそれを用いた水処理装置の開発にも注力している。本稿では、微生物不活化（殺菌）効果の視点から、NKS-G の開発活動の一部を紹介する。

2. 微生物不活化に求められる LED 発光波長

図 1 は NKS-G の LED を使用した場合の大腸菌と MS2 大腸菌ファージの不活化のアクションスペクトルである。一般に光出力一定で波長のみを変化させた場合、RNA や DNA の吸収ピークに近い 260 ～ 270nm 付近を頂点とするスペクトルになるが、LED は短波長ほど光の取り出し効率が低くなるため、短波長側は微生物の感受性と光出力がトレードオフの関係となる。その結果、NKS-G の LED は、280nm 近傍が最も効率的に不活化に作用する波長となる。

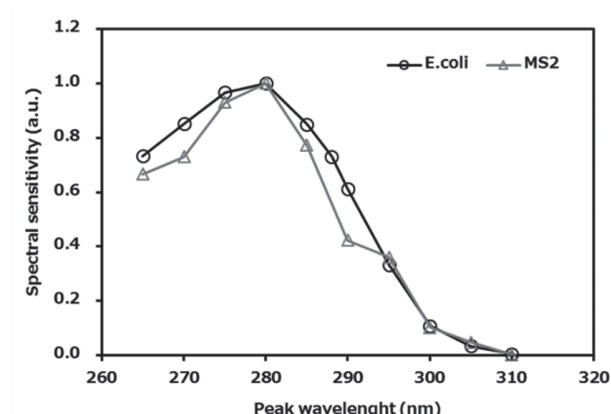


図 1 LED 使用時の大腸菌・MS2 アクションスペクトル

3. LED 性能

NKS-G の深紫外線 LED は、産業用途で求められる

厳しい使用環境条件を満たすべく、高出力と長寿命を両立する点に特長を持つ。一般に両者は相反する特性であり、特性向上には結晶成長層構造の改良と製造条件の最適化が求められる。図 2 に最新の LED 製品の仕様特性と寿命試験経過を示す。光出力は 40 ～ 45mW と従来品の 1.5 倍、寿命は従来品と同等な傾向で推移しており、10,000 時間以上を確保できる見込みである。

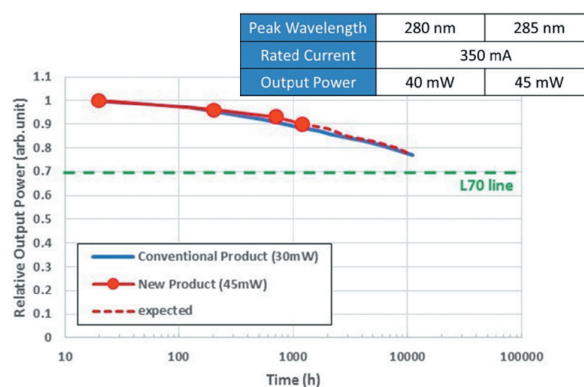


図 2 NKS-G の最新 LED と寿命試験経過

4. 流水殺菌モジュール

深紫外線 LED を搭載した流水式の水殺菌モジュールの外観写真および内部基本構造を図 4 に示す。菌液は円筒型のパイプを通して流れ、光は流れと対向する方向からパイプ内壁で反射を繰り返しながら照射される。搭載される LED 員数や流量に対する大腸菌（E.coli K-12 NBRC3301）の Log 不活化率を表 1 にまとめる。搭載した LED は従来タイプの LED（光出力 30mW）で、波長は 280nm である。検体 #4 は 12 個の LED を搭載しており、流量 12L/min において 200mW 強の駆動電流で 3log の不活化が可能である。理想的に不活化率が光出力に比例すると仮定すれば、最新の LED（光出力 40mW）を搭載することで、図 5 に示すように横軸の電流値は圧縮され、定格の半分の駆動電流で 4log 近い不活化が可能となることが予想される。

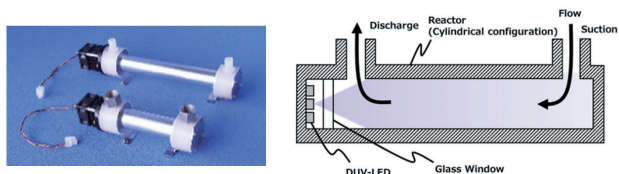


図 4 流水式殺菌モジュール

表 1 モジュールの大腸菌 Log 不活化率

検体番号	#1	#2	#3			#4	
リアクタ長 [mm]	190	190	190			250	
LED 員数 [個]	1	2	4	4	4	12	12
流量 [L/min]	1.5	2	3	4	5	9	12
駆動電流 [mA]	350.0	5.5	-	-	-	3.9	-
	262.5	3.2	6.7	-	5.9	2.8	-
	175.0	1.7	3.1	-	3.3	1.5	3.9
	87.5	0.6	0.9	2.4	1.0	0.6	1.2
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

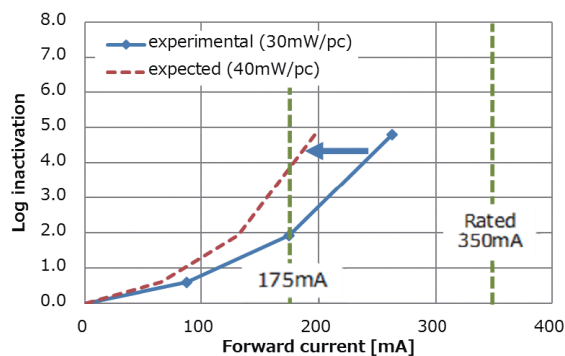


図 5 検体 #4 の流量 12L/min における Log 不活化率

5. おわりに

現状の深紫外線 LED の光出力は、製造メーカ各社で概ね数十 mW/ 個とまだ低く、価格も十分に安価と言えない。多様な水処理需要に応えるために、LED の性能向上と共に、光を無駄なく殺菌に寄与させる工夫が装置開発に求められる。両技術開発を携わるメーカとして、市場の活性化に貢献したい。

深紫外LEDの水処理への応用

スタンレー電気株式会社 研究開発センター 主任技師 木下 亨

1. はじめに

波長が280nmよりも短い深紫外光は、DNAに損傷を与えることによって菌、ウィルスの不活化が可能であるため、紫外線水処理用光源として幅広く用いられている。従来、紫外線水処理用光源には水銀ランプが主に用いられてきたが、水銀を含まない低環境負荷の代替光源の開発が望まれている。このような背景から、AlGaIn系半導体材料を用いた深紫外LEDの開発が世界中で精力的に進められており^{1,2)}、実用的な側面からも非常に注目を集めている。

スタンレー電気（株）では、AlGaIn系半導体材料を結晶成長させる基板に単結晶AlNを用い、発光波長265nmの深紫外LEDの開発を進めている。本稿では、開発中の深紫外LEDの特性、および水殺菌リアクターへの応用例について紹介する。

2. 発光波長による殺菌効果の違い

DNAは265nm付近に吸収ピークを持つため、265nm付近で殺菌効果が最大になると報告されている³⁾。深紫外LEDを用いた場合でも同様の傾向が得られるかを検証するため、波長の異なる深紫外LEDを用いて、MS2の不活化率における波長依存性を調査した（図1）。

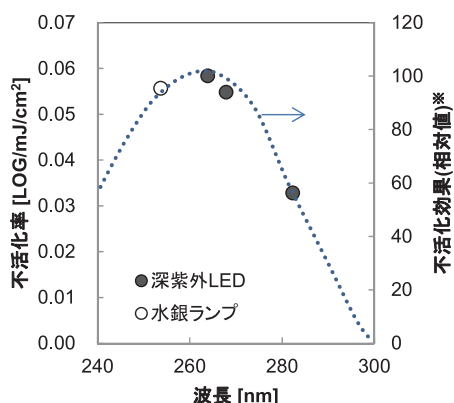


図1 MS2の不活化率と波長の関係

※ 3) を参照して著者が編集

殺菌効果と波長の関係は従来報告値と同様の結果であり、殺菌効果は265nm付近で最大値をとり、280nm付近では、殺菌効果は最大値の約50%に減少するという結果であった。

3. AlN基板上深紫外LEDの特性

AlGaIn系深紫外LEDの課題の一つは、結晶欠陥（転位）によって、特に、発光波長が280nm以下の場合、発光効率や素子寿命が著しく低下することである。これを解決する手段として、当社では、基板材料に、一般的なサファイアではなく単結晶AlNを用いている。図2に、AlN基板上に作製したLEDの断面透過電子顕微鏡（TEM）像を示す。LED素子層中には転位は観察されず、転位密度が 10^5cm^{-2} 以下と推測された。一方、サファイア基板を用いた場合、結晶中の転位密度は 10^8cm^{-2} 程度であり、AlN基板の使用によって、欠陥密度が約10000分の1に低減されていることが確認された。

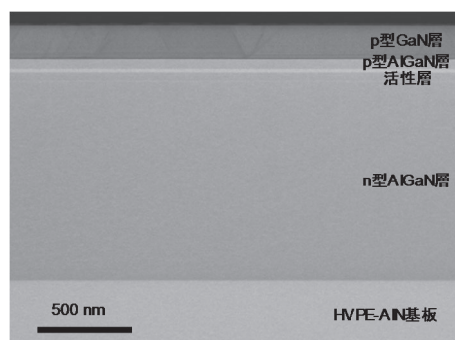
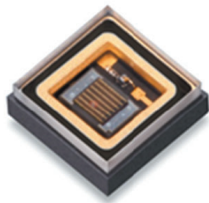


図2 AlN基板上深紫外LEDの断面TEM像

図3には開発中の深紫外LEDの外観と諸特性を示す。3.5 × 3.5mmの小型SMDタイプで高密度の表面実装が可能になっている。また、発光出力は殺菌効果の最も高い265nmにおいて世界トップレベルの50mWを達成している。



項 目	仕 様
基 板	AlN
波 長	265 nm
光出力	50 mW
定格電流	400 mA
外部量子効率	2.67%
順電圧	8.8V
配光角	140°
パッケージサイズ	3.5×3.5mm

図 3 開発中の AlN 基板上深紫外 LED

4. 深紫外 LED 水殺菌リアクターへの応用

当社では、AlN 基板上深紫外 LED の応用の一つとして、水殺菌リアクターの開発を進めている。試作機 (Type A) では、整流室での水流の層流化を図ると共に、LED 搭載部の光学設計によって水流に対して均一に紫外光を照射する設計となっている (図 4)。

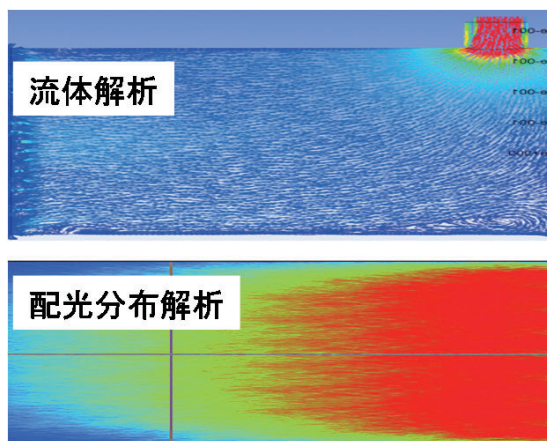
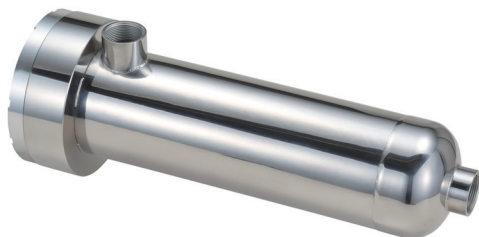


図 4 水殺菌リアクターの外観と解析事例

図 5 に試作リアクターを用いた MS2 の殺菌実験結果を示す。25L/min における不活化率は $1\log(90\%)$ となり、100L/min では約 $0.45\log$ であった。また小流量タイプの試作機 (Type B) では、3~12L/min で 2~4log の不活化率を得ている。

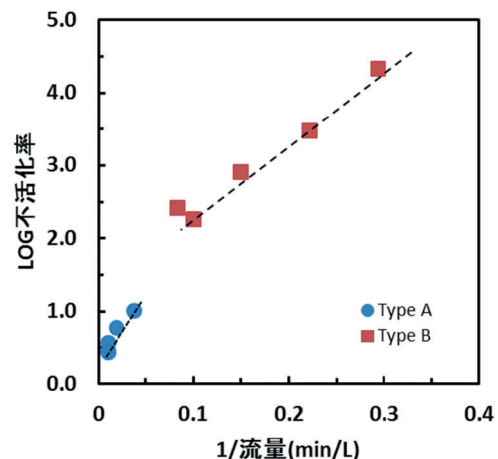


図 5 水殺菌リアクターの MS2 不活化特性

5. まとめ

殺菌効果の最も高い波長 265nm において、世界トップレベルの光出力 50mW を有する深紫外 LED を開発した。同素子を用いた水殺菌リアクターの MS2 不活化率は $0.45\log(100\text{L}/\text{min})$ 及び $2\log(12\text{L}/\text{min})$ であった。当社では、更なる消毒性能の向上を目指して、深紫外 LED の高出力化を図るとともに、水殺菌リアクターの設計改善に取り組んでいく。

参考文献

- 1) T. Takano et al: Appl. Phys. Express 10, 031102(2017)
- 2) S.Inoue et al: Appl. Phys. Lett. 110, 141106 (2017)
- 3) 金子光美: 水の消毒, p230, (財) 日本環境整備教育センター (1997)



UV-LED光源製品のバラツキが 殺菌効果に及ぼす影響

お茶の水女子大学 教授 大瀧 雅寛

1. はじめに

この数年、紫外線処理の分野において深紫外域（300 nm 未満）で発光する紫外発光ダイオード（以下、UV-LED と呼ぶ）が喧しい。発光出力や寿命に関しても、実用化に耐えうる製品が市場に出回り始めており、処理場への導入が可能な規模の UV 装置の登場もほぼ現実のものとなった。ここではそういった現状を踏まえ、現実的な視点から UV-LED に関する留意点の一つについて紹介したい。

2. 実機における UV-LED 光源の特徴

UV-LED 光源はパッケージ当たりの出力が数十 mW 程度であるため、大容量の装置に適用する場合、数百個の LED パッケージを並べたモジュールを光源とすることになる。従って、従来の水銀ランプを用いた装置に比べて、使用する光源単体の数が桁違いに多い。このことは製品管理方法に、これまでになかった知見が必要となることを意味する。

従来型の低圧 UV 水銀ランプの製品管理においては、製品間のバラツキは出力にあり、その点に留意する必要があった。浄水用の UV 装置における JWRC の装置認証¹⁾においても、使用するランプの最低保障出力を明記することで、能力保証を行っている。一方、LED パッケージの製品間のばらつきは、出力だけでなく、出力波長も考慮しなければならない。低圧 UV 水銀ランプの照射波長はいずれも 253.7nm で変わらない。中圧 UV 水銀ランプは形式によって照射波長スペクトルが異なる可能性があるが、同形式のランプのスペクトルはほぼ同じであるとされている。

LED 製品間の照射波長のバラツキは数 nm 程度であるとされているが、そのバラツキは殺菌効果において、どの程度の影響を及ぼす可能性があるのだろうか。ここではクリプトスポリジウムを対象微生物として、その影響を試算してみた。

3. 殺菌効果への影響の推定方法

波長の変化が殺菌効果へ及ぼす影響は、LED の照射スペクトルと対象微生物の不活化効果の波長依存性（作用スペクトル）によって決まる。

照射スペクトルは波長 i nm における単位波長当たり照射強度を I_i mW/cm²/nm と定義する。また不活化効

果の波長依存性（作用スペクトル）は 253.7nm（低圧水銀ランプの照射波長）での不活化効果に対する相対値 P_i [-] と定義する。この時、LED 照射光は次式 (1) にて、253.7nm の殺菌効果エネルギー量 $I_{253.7}$ mW/cm² へと換算される。これは標準化した殺菌効果エネルギー値としてみることができ、値の増減によって殺菌効果の増減を評価できる。

$$I_{253.7} = \sum (I_i \times P_i) \Delta I \quad (1)$$

なお ΔI はここでは 1nm とした。またクリプトスポリジウムの波長依存性（作用スペクトル）は既報 (Beck S.E. et al. 2015)²⁾ を参考にした。この報告は波長可変レーザーを用いて 210~290nm 間において 10nm 間隔で波長幅 1nm 未満の単波長光を照射した実験によるもので、微生物の波長依存性の報告としては最も精度が高いと考えられており、USEPA の UV 消毒ガイダンスにも参照されている。ただし 10nm 間隔のデータしかないので、1nm 毎の値は、直線近似にて求めた。図 1 にその作用スペクトルを示す。

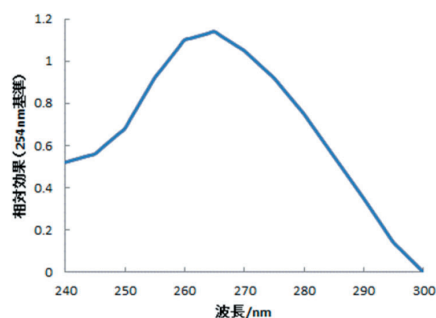


図 1 クリプトスポリジウムの作用スペクトル
(Beck S.E. et al. 2015²⁾ より作成)

4. UV-LED の想定照射スペクトル

UV-LED の照射スペクトルは中心波長と半値幅で特徴づけられる。今回は代表的な UV-LED 光源として中心波長が 265nm と 285nm を対象とした（図 2 参照）。それらの LED 光源の中心波長が最大で ± 5nm ずれることを想定した。また半値幅については 0~12nm を想定し、半値幅の影響についても検討することとした。

この条件にて設定した LED の照射スペクトルと図 1 の作用スペクトルを用いて、上述の式 (1) に従って、各条件での 253.7nm 換算エネルギー量 $I_{253.7}$ を算定した。

各条件での算定値と標準 LED（ズレ値 0nm もしくは半値幅 0nm）との相対値を求めて、殺菌効果の増減を評価した。

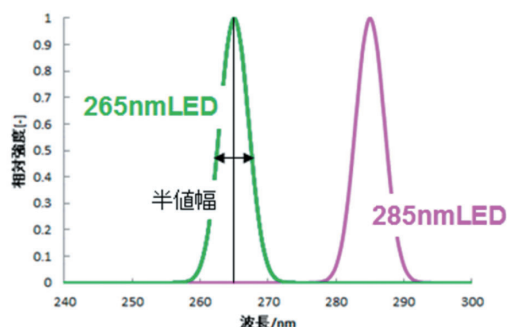


図2 対象 UV-LED の照射スペクトル

5. LED 光源のバラツキによる殺菌効果への影響

1) 中心波長のズレによる影響

中心波長が 265nm と 285nm でピーク値がずれた場合の算定結果を図 3 に示した。なお半値幅は 5nm と 10nm の 2 条件を想定した。

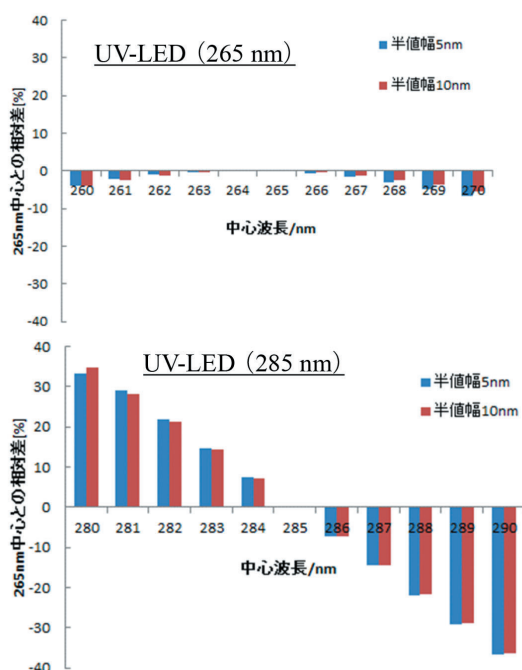


図3 LED の中心波長のズレ幅と殺菌効果の相対差

図 3 の結果から、265nm の LED は中心波長がずれても、殺菌効果が余り変わらない結果となった。最大でも 8% 程度の減少であった。ただし、いずれの場合も効果は下がっていた。これはクリプトスポリジウムの作用スペクトル（図 1）に示されるように 265nm が最も効果が高い波長であり、そこからずれると効果が下がるためである。一方、285nm の LED については中心波長のズレが及ぼす影響は大きく、5nm ずれると半値幅が

10nm の場合 35% 程度の殺菌効果の違いが生じる結果となった。

2) 半値幅の違いによる影響

中心波長が 265nm と 285nm で半値幅を 0 ～ 12nm と 2nm 毎に変えた場合の算定結果を図 4 に示した。

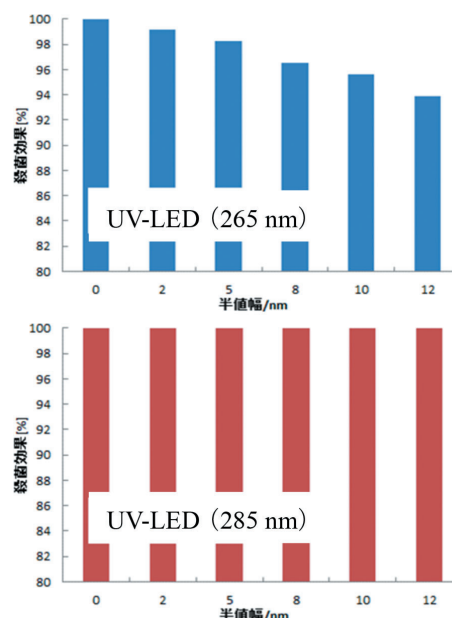


図4 LED の半値幅と殺菌効果の相対差

図 4 の結果から、265nm の LED では半値幅が大きくなると殺菌効果が下がった。一方 285nm の LED では、半値幅の違いは殺菌効果にほとんど影響がなく、中心波長で検討した結果とは反対の傾向が見られた。ただし 265nm の LED の場合、半値幅が 12nm と広がっても効果は 5% 減にとどまっており、その影響は小さいと見て良いかもしれない。

6. まとめ

新光源 UV-LED の製品間で中心波長や半値幅のバラツキが生じる。実用化に当たり光源パッケージを多数個使用するため、製品管理が運用上重要となる。製品間のバラツキがクリプトスポリジウムの殺菌効果に与える影響を考察した結果、LED 光源の波長によって、その影響の大小が異なっており、特に 285nm の LED では中心波長のバラツキに留意する必要があると考えられた。

参考文献

- 1) JWRC (2012) 紫外線照射装置 JWRC 技術審査基準
- 2) Beck S.E. et al. (2015) Action spectra for validation of pathogen disinfection in medium-pressure ultraviolet (UV) systems, Wat.Res., 70, pp.27-37

長野県企業局川中島水道管理事務所 における紫外線処理設備の導入事例

長野県企業局川中島水道管理事務所 担当係長 和田 剛

はじめに

長野県企業局では、電気事業と水道事業の二つの事業を行っています。更に、水道事業は、上水道事業（末端給水事業）と水道用水供給事業に大別されます。

上水道事業は、長野県東部に位置する上田市から北部に位置する長野市に至る千曲川沿岸一帯（3市1町）の水源地を開発を図り、生活環境の改善と産業基盤の整備を目的とした広域的な水道として昭和39年5月から給水を開始し、現在は、上田地区の千曲川表流水及び長野市川中島地区の地下水を水源として、約19万1千人のお客様に給水を行っています。

本稿では、紫外線処理方式を採用している長野市川中島町の四ツ屋浄水場の設備導入事例について紹介します。

四ツ屋浄水場について

四ツ屋浄水場は長野市川中島町の川中島水道管理事務所敷地内にあり、日量52,000m³の浄水能力を有してい

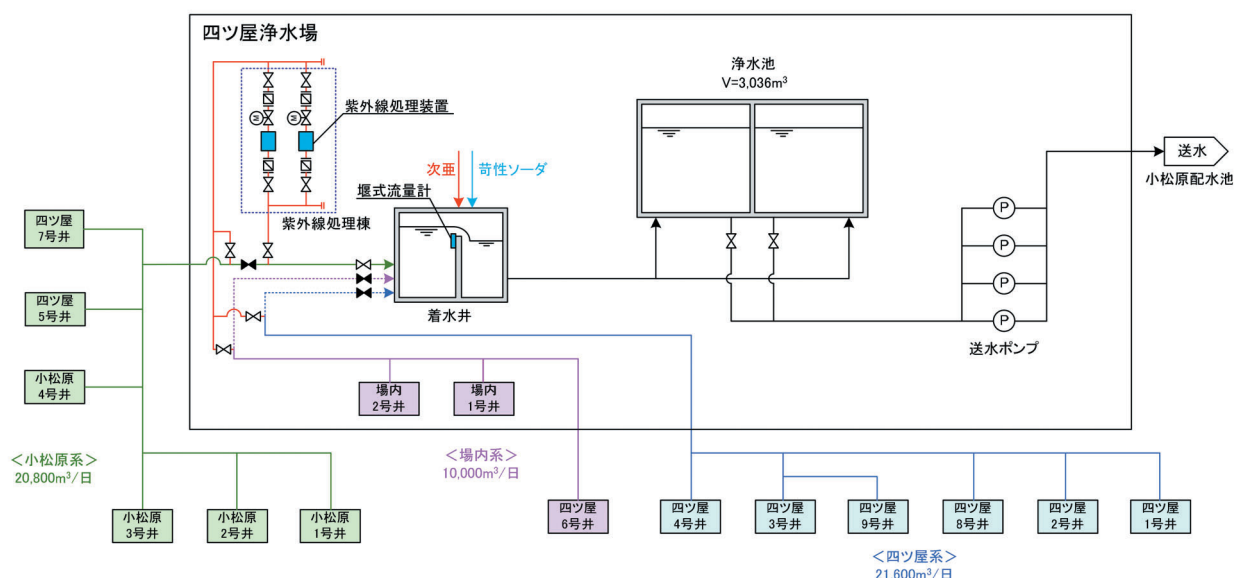
ます。

水源は、四ツ屋浄水場近傍の15本の井戸からの地下水です。

井戸ポンプで四ツ屋浄水場へ導水し、紫外線処理、pH調整のためのアルカリ処理（苛性ソーダ注入）及び次亜塩素酸ナトリウムの注入を行い、全量を送水ポンプで小松原配水池（8,700m³）へ送水しています。



余談になりますが、災害・事故時の活用及び防災訓練や水道水の利用を促進するためのPRを目的として、四



ツ屋浄水場の原水を用いて製造したペットボトル水「川中島の水」が、モンドセレクション最高金賞を2年連続受賞しました。



紫外線処理装置導入に至る経緯

- 平成17年度 15本ある井戸のうち1本の井戸から、クリプトスポリジウムの指標菌である大腸菌が検出された。

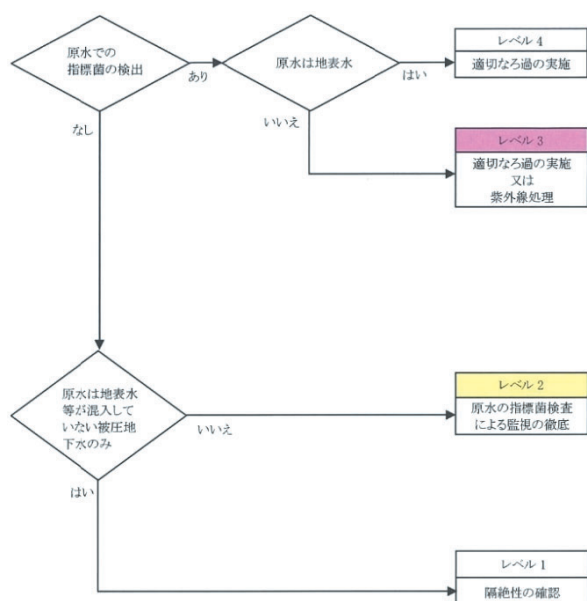


図1 水道原水に係るクリプトスポリジウム等による汚染のおそれの判断の流れ

- 平成18年度 クリプトスポリジウム対策として、高度浄水施設の導入を検討。
 緩速ろ過、急速濾過、膜ろ過、紫外線処理の浄水処理方法を比較検討し、コストや維持管理で最も有利である紫外線処理方式を選定。
- 平成19年度 紫外線照射実験を行い、紫外線処理設

備導入に問題のないことを確認。

- 平成21年度 詳細設計実施
- 平成22年度 工事着手
- 平成24年度 紫外線処理設備稼働開始

紫外線処理設備の導入検討

厚生労働省事務連絡「紫外線処理設備について（平成19年3月30日）」に基づき、原水の水質要件に問題がないか、紫外線照射により生成する臭素酸が水質管理の上で問題とならないことを確認し、浄水処理フローを選定した。

紫外線照射実験の概要

1 実験回数

15箇所の水源井戸は年間を通して水質は安定していることから、実験回数は1回とした。

また、原水の臭化物イオン濃度を見極め、本実験の参考とするため予備実験を1回実施。

2 塩素添加の位置づけ

紫外線照射位置は塩素処理前段のため、残留塩素のない水に対して紫外線を照射する。

ただし、実験では安全側を考慮して、原水の臭化物イオン濃度が最も高い井戸を対象に次亜塩素酸ナトリウムを添加し紫外線照射を行った。

3 紫外線照射量

照射量は、10,40,100mJ/cm²を基本とした。

- 10 mJ/cm²は、3log 不活化達成必要照射量
- 40 mJ/cm²は、ランプやスリーブの汚染や劣化を考慮
- 100 mJ/cm²は、臭素酸が生成されるとの既往文献を考慮

また、最も条件の悪いケースとして、原水の臭化物イオン濃度が最も高い井戸を対象に次亜塩素酸ナトリウムの添加を行い、1,000 mJ/cm²の照射を行った。

5 実験対象水

15箇所の各々の井戸について実施した。

実験結果

1 臭素酸の生成

臭化物イオンは、0.01～0.04mg/Lの範囲であった。また、臭素酸は、次亜塩素酸ナトリウムを添加し、紫外線照射量 1,000 mJ/cm²とした条件において 0.003mg/L が検出されたが、これ以外の条件では、いずれも定量下限値 (0.001mg/L) 以下であった。

2 懸濁物質、溶解成分による紫外線透過率の低下

濁度は <0.1～1.1 度、色度は <0.5～3.5 度であり、いずれの水源も濁度 2 度、色度 5 度を満たしている。

3 紫外線吸収物質による照射強度の低下

紫外線吸収度は <0.000～0.003abs./10mm (透過率換算で 99.3～100%) であった。

4 ランプスリーブ表面への付着による透過率の低下

総硬度は 64.5～159mg/L の範囲にあり、一部の井戸では目安とされる値 (140mg/L) を僅かに超過している。

まとめ

塩素添加前に紫外線照射を行う条件では、臭素酸を生成する懸念はないことが明らかとなった。また、一部の井戸では、紫外線照射を妨げる水質要因が若干懸念されるが、各水源からほぼ均等に取水していることから、各井戸水のブレンド比率に応じて紫外線照射時点での濃度を算出した結果、全ての項目で水質基準を満足することが確認できた。

紫外線処理設備の設計

設計条件

1 設計コンセプト

- ① 「水道施設の技術的基準を定める省令」及び「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針」に記載された施設整備及び運転管理が可能なものとする。
- ② 最新の動向を紫外線処理設備のメーカーからヒアリングし、最適な紫外線処理設備を選定する。

- ③ 紫外線処理施設の工事が、現状の四ツ屋浄水場の運用に支障がなく遂行可能なように、設計上配慮する。

2 紫外線処理対象水量

- ① 日最大原水量 : 52,400m³/日
- ② 時間最大原水量 : 2,100m³/h

3 計画施設フロー

四ツ屋浄水場では、着水井で次亜塩素酸ナトリウムを注入しており、残留塩素が存在する水に対して紫外線照射を行うと、発がん性のある「臭素酸」の生成促進が懸念されることから、紫外線処理設備は、着水井の 1 次側に設置することとした。

また、現状の井戸ポンプ起動方法 (ランダムに起動) を大きく変更する必要がないように、3 系統の導水管を集約し紫外線処理を行うこととした。

メーカーヒアリング結果

計 3 回のヒアリング結果より、低圧ランプ 3 系列案、中圧ランプ 2 系列案が他案と比較して優れていた。ただし、中圧ランプ 2 系列案がイニシャルコストで優れている反面、低圧ランプ 3 系列案はランニングコストで優れていた。

	低圧ランプ 3 系列案	中圧ランプ 2 系列案
イニシャルコスト	高い	安い
ランニングコスト	安い	高い

表 1 低圧 3 系列案と中圧 2 系列案の長所短所

紫外線処理設備の設計方針

メーカーヒアリング結果から、イニシャルコストが安くなる「中圧ランプ 2 系列案」を基本として設計を進めていくこととした。

ただし、低圧ランプ 3 系列に関しても、ランニングコストにおいてメリットがあるため、低圧ランプ 3 系列案も採用可能であるよう配慮することとした。

四ツ屋浄水場の紫外線処理設備

紫外線処理設備工事概要

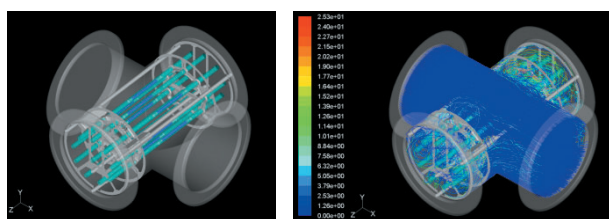
紫外線処理設備の設計方針に従い、工事仕様を策定し入札を行ったところ、中圧ランプ2系列の紫外線処理設備が導入された。



四ツ屋浄水場紫外線処理設備の特徴

1 高出力、高効率、長寿命

高出力中圧紫外線ランプと高機能電子安定器、P-CFD シミュレーションによるランプ配置最適化設計、流量変動に追従した自動調光機能により、自動運転制御にて高出力、高効率かつ長寿命で紫外線処理が実施される。



2 正確な紫外線照射量の演算監視制御

自動校正機能とランプ個別の紫外線出力測定機能に有する空間紫外線強度計により、1年間ノーメンテナンスで常に正確な紫外線照射量の演算監視制御が実施される。



3 安全性

流量増加時や水質変動時にも自動調光機能により瞬時に紫外線出力を制御することで常に $10\text{mJ}/\text{cm}^2$ 以上の紫外線照射量が保持される。また、水流による負荷を石英スリーブに掛けない4点支持構造、自動洗浄構造、洗浄待機位置設計など、万全な破損防止対策が講じられている。更に、万が一の場合にも、自動制御により速やかに運転停止するとともに自動バルブを全閉し予備機への運転切り替えを行うことで、未照射水の流出を防止し安全に運転を継続する。

おわりに

四ツ屋浄水場紫外線処理設備は、稼働開始後、5年余りが経過しますが、大きなトラブルもなく運用出来ている状況です。

ただ、年1回のメーカー点検時、ランプ交換を実施していますが、非常に高価です。

また、5年に一度（メーカー推奨の頻度）、安定器の交換が必要であり、これもランプ同様高価で、中圧ランプの紫外線処理設備は、設計時の想定どおりとは言え、ランニングコストが掛かると感じています。

その他の日常のメンテナンスは、月に1回行うストレーナ清掃（地元の機械設備業者が実施）程度で済んでいます。

最後になりますが、日頃、当設備のメンテナンスをして頂いている業者の方々にお礼を申し上げて、終わりとさせていただきます。



設立10周年記念パーティーの報告

一般社団法人 日本紫外線水処理技術協会 会長 伊藤 博文

1. はじめに

当協会は、平成28年12月に設立10周年の佳節を迎えることができました。これを記念し、平成29年度総会開催にあわせ、特別講演および設立10周年記念パーティーを併せて開催しましたので、その概要等について報告致します。

2. 特別講演および設立10周年記念パーティーの概要

開催日：平成29年5月26日（金）

会場：フクラシア品川クリスタルスクエア
Aホール

特別講演：司会進行

お茶の水女子大学 教授 大瀧 雅寛
講演者

東京大学 准教授 小熊久美子
立命館大学 教授 神子 直之

設立10周年記念パーティー：

来賓

厚生労働省 課長 宮崎 正信
(公財) 水道技術研究センター

理事長 大垣眞一郎
(公社) 日本水道協会

工務部長 芦田 裕志
特定非営利活動法人日本オゾン協会

会長 真柄 泰基
京都大学 教授 田中 宏明

参加者 約70名

す。設立時は、8社であった正会員数も現在では23社となり、協会の活動も活発になって紫外線水処理装置の普及に微力ながらも貢献できているものと考えています。

これまでの活動を振り返りますと、JWRC 紫外線認定への協力、日水協の地方支部への技術説明等を通じて紫外線の普及に取り組んで参りました。全国30か所以上へ技術説明に行きました。これからも普及活動に取り組んで参りたいと存じます。

話は変わりますが、日本の上下水道は、世界の中でもトップクラスとされています。なかでも水道については、いつでもどこでも蛇口から飲めるという点で世界No.1と言っても過言ではないと思います。多くの課題は、ありますが、やっぱりNo.1だと思います。ただ、一つ不満を言わせていただくと、先進国で使われている紫外線が地下水にしか使えないという点です。

ヨーロッパでは、消毒に使われているほど、一般的な処理ですが、日本では、まだ使えないという状況です。

新しい光源としてLEDも登場してきていますので、原水の種類を問わずに全ての水道に紫外線を使えるように協会としても一層努力していきたいと思っています。

また、下水の再利用と言う観点でISOの規格作りにも参加していますので、今後も水道だけでなく下水の紫外線普及にも取り組んで行きます。

今後ともご支援ご鞭撻のほど、よろしくお願い申し上げます。簡単では、ございますがご挨拶とさせていただきます。ありがとうございました。

3. 記念パーティーあいさつ

本日は、お忙しい中、ご来場いただきましてありがとうございます。会長の伊藤です。

当協会は、平成18年12月に設立されましたので、昨年の12月で10年目となります。あっという間の10年という感じがします。設立10周年を迎えられたことは、ひとえに関係者の皆様方のご支援とご指導の賜物と深く感謝申し上げます。ありがとうございました。

10年という節目にあたり、ひとことご挨拶申し上げます



特別講演の様子

会員リスト

平成 30 年 3 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 神戸市中央区脇浜町 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
J F E 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 i n g 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
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	〒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 J R 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 UVCプロジェクト
シーシーエス株式会社
DNライティング株式会社(旧ニッポ電機株式会社)

DOWAエレクトロニクス株式会社
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

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 府中裕一
石倉 證 神子直之
大瀧雅寛 谷口康夫

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