

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.13**

Japan UV Water Treatment Technology Association

JUVA

13

Newsletter

日本紫外線水処理技術協会

ニュースレター No.13

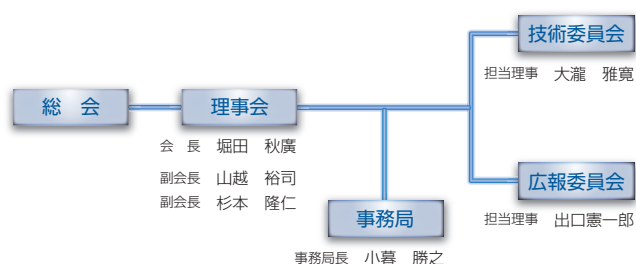
Japan UV Water Treatment Technology Association

JUVA

13

Newsletter

協会組織図



■顧問・役員（令和2年度）

顧 問	大垣眞一郎（東京大学名誉教授）
会 長	堀田 秋廣（フナテック株式会社 常務取締役）
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	小暮 勝之（岩崎電気株式会社 課長）
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）	出口憲一郎（千代田工販株式会社 部長）
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	相馬 孝浩（東芝インフラシステムズ株式会社 部長）
理 事	岩崎 達行（スタンレー電気株式会社 主任技師）
理 事	大隅 昌平（株式会社ウォーターテック 東日本支店長）
理 事	恩田 建介（水ing エンジニアリング株式会社 部長）
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 新型コロナウイルス禍と25年前の
クリプトスポリジウム汚染事故
東京大学名誉教授
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

●就任あいさつ

- 02 一般社団法人 日本紫外線水処理技術協会
会長
堀田 秋廣

●技術資料

- 03 ウィズ・コロナ時代の紫外線技術
東京大学
大学院工学系研究科 都市工学専攻
准教授
小熊 久美子

- 06 空気および表面の殺菌・消毒に対する
紫外線の利用
立命館大学
理工学部 環境都市工学科 教授
神子 直之

- 13 紫外線の光生物学的安全性について
スタンレー電気株式会社
主任技師
岩崎 達行

- 17 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

●導入事例

- 19 自治体導入事例（八戸圏域水道企業団）
八戸圏域水道企業団
浄水課 保全グループ
秋山 哲哉

- 23 導入事例（4社）

●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



新型コロナウイルス禍と25年前の クリプトスポリジウム汚染事故

東京大学名誉教授 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

新型コロナウイルスに我々はいま翻弄されています。中国武漢の疾病のニュースが入ってきた時はまだ他人事でした。その後、新型コロナウイルスはその感染力の強さからすぐに世界全体にパンデミックの脅威を与える存在になりました。実は、1996年当時の水道界の初期の雰囲気似ています。1996年に埼玉県越生町において水道水のクリプトスポリジウム汚染事故が起きたのです。

クリプトスポリジウムは、本ニュースレターの読者はよくご存じのところですが、塩素消毒に対して相対的に強い耐性を持ちます。通常の浄水処理において病原微生物対策の主たる技術である塩素消毒が有効でないことを再認識するとともに、現実に日本国内で大規模水道汚染事故が生じたことに上下水道界は大きな衝撃を受けました。もちろん専門家の間では、1993年に米国ミルウォーキー市で大規模なクリプトスポリジウム汚染事故があったことなどは知られていました。しかし、日本は自然界に元々クリプトスポリジウムが少ないのだろうなどと雑談の場などでは軽口をたたいていました。ところが越生町で事故が起きてしまったのです。もちろんすぐに国を挙げて、濁質の厳密な管理を中心とした対応策が検討されました。今から25年も前の話です。

一昨年の2019年（令和元年）5月、厚生労働省は、「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」の通知を行いました。地下水を原水とする施設に加えて、地表水を原水とする施設における耐塩素性病原微生物対策にも紫外線水処理が位置づけられました。この間、2007年に「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針」が国より出され、地表水以外に限定された形ですが、紫外線処理がクリプトスポリジウム対策として認知されました。その後、水道技術研究センターにおいて、各種ガイドラインの作成なども行われ、一昨年ようやく地表水への紫外線処理の適用

が位置づけられるに至ったわけです。

このように、地表水水源への紫外線の適用までに実に長い時間がかかっています。新しい技術の実務への適用に関しては、一般に時間がかかります。様々な視点からの丁寧な検討と、専門家を含む幅広い関係者の間の合意形成が必要だからです。しかしながら、できる限り迅速に対応し、新しい技術を遅滞なく実務へ適用していくことが肝要です。

さて、今般のコロナ禍から、科学技術と社会の関係に関していくつかの教訓を学べます。一つは、パンデミックのような突然の災害における新しい科学的知識の重要性です。対象ウイルスの感染メカニズム、PCRの検出感度、抗体や抗原の動態解明、ワクチンの有効性などは、新しい情報が次々と出てきて、対策手法に反映されています。この種の科学的な情報を早く正確に把握することが、対策の成否に大きな影響を与えます。もう一つは、社会制度上の課題です。新型感染症に対する法的未整備、保健所や医療機関などの連携体制の脆弱さ、行政データのデジタル化と共有の遅れなどが指摘されています。非連続なあるいは想定外の事象が起きた時に対応できるようにより強靱な体制を国と地方、民間において作り上げておかねばなりません。水分野にもこれらの教訓は大いに参考になります。

最近、UV-LED（紫外発光ダイオード）をはじめさまざまなランプが市場に出てきており、紫外線分野は多様な技術群が利用可能になっています。クリプトスポリジウム等対策に加えて、幅広い水分野への紫外線処理技術の適用拡大も進められているところです。平時においても緊急時においても、重要な要素技術です。紫外線技術の利用促進へ向けて日本紫外線水処理技術協会のますますの貢献を期待します。



会長就任にあたって

一般社団法人 日本紫外線水処理技術協会 会長 堀田 秋廣

昨年6月に開催されました定時総会を経て当協会の会長を拝命いたしました。

常日頃から協会にご賛同、ご理解を戴いております方々にはコロナ禍のなかでご挨拶が遅れております事、略儀ながら紙面を以て詫び申し上げます。

一昨年に成りますが耐塩素性病原生物対策（クリプトスポリジウム等の対策）として協会にとって大変よろこばしい事がありました。

紫外線処理設備は地下水源に限定して適用が認められておりましたが、令和元年5月に省令が改正され、地表水を含む水源に対して適切なる過設備の後段に紫外線処理の導入が可能となりました。

協会が実施してまいりました技術セミナーを通して紫外線処理の技術的有用性、安全性を示し、厚生労働省、水道技術研究センター、水道事業体、学識経験者、会員企業の皆様の多大なご協力とご理解を戴きました事がすくなくならず省令改正の後押しになったものと自負しております。

当協会は紫外線水処理装置の品質確保を目的として平成18年12月に任意団体として設立され、平成21年7月に一般社団法人へ移行し、今日を迎えられたことは、ひとえに会員の方々並びに関係各位のご支援とご指導の賜物と深く感謝申し上げます。

協会組織には、理事会、技術委員会及び広報委員会がありそれぞれ定期的に活動をしています。

技術委員会では、紫外線に関する技術的事項について、専門知識を有する会員企業の技術者及び学識者によって規格化や標準化等について検討し情報を発信しています。

また、先進的事例として海外に於いての導入事例等も参考として紹介してまいりました。

広報委員会では、最新の技術情報や、業界の動向、協会の活動内容等をニュースレターに集約して発刊するとともにホームページからも情報発信をしています。

理事会では、各委員会活動の報告を受け、今後の活動方針について定期的に議論し協会として方向性を決めて

います。

対外的には水道技術研究センター主催のセミナーへの講師派遣、**近年は少なくなりましたが水道事業体を対象とした紫外線処理装置のセミナー等を随時受け付け、継続して実施してまいります。**

これからは新たなステージとして、地表水を含む水源が紫外線処理導入対象となった事から大量処理装置の導入も見込まれ、水供給システムの中で紫外線処理の導入適所をわかりやすく提案し、その普及をはかることが会員各企業に求められます。

他にも世界的に求められている水資源の有効活用の一環として、下水の再利用等を目的とした「ISO/TC282 水の再利用」の紫外線ワーキンググループに参加して国際規格作りにも取り組んでいます。

今後もコロナ禍のなかの活動で様々な制限を受ける事が想定され、**技術セミナーのオンライン化やホームページの充実を通して情報発信に努めてまいります。**

今後とも協会会員の皆様のご協力と関係各位のご指導ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。



ウィズ・コロナ時代の紫外線技術

東京大学 大学院工学系研究科 都市工学専攻 准教授 小熊 久美子

(1) 世界の動き

新型コロナウイルス (SARS-CoV2) の世界的流行と、それによる様々な病状 (COVID-19) の蔓延は、世界の風景を一変した。公衆衛生に対する人々の意識が劇的に変化し、消毒技術への社会的ニーズが高まる中で、紫外線のウイルス不活化効果に注目が集まったのは当然と言える。2003年に香港で流行した SARS ウイルス (SARS-CoV1) に紫外線消毒が有効だったという知見が、SARS-CoV2 の紫外線不活化に対する期待を一層高めたことは想像に難くない。2020年の春、「北半球が夏になればパンデミックは自然と消滅する」という短絡的な楽観論が流布したのも、太陽放射中の紫外線によるウイルス不活化効果という科学的知見をそれなりに踏まえた情報ではあった。

パンデミックを受け、国際紫外線協会 (IUVA) はホームページにいち早く特設サイトを設けた¹⁾。また IUVA 内の専門分科会 (Task Force) の一つとして「COVID-19 Task Force」を新設し、新型コロナウイルスに関する企業・行政機関の動きや研究論文の情報などを随時レビューすることとした。当初、IUVA の情報発信は主に医療従事者向けで、特にアメリカで供給不足が深刻であった N95 マスクを安全に再利用するための紫外線照射等に関するものであった。その後、一般向けの情報をまとめた Fact Sheet、そもそも紫外線消毒とは何かといった市民向け FAQ などをホームページに掲載した。さらに、コロナ禍を受けて米国環境保護庁 (USEPA) が公式に発信した紫外線消毒装置に関する勧告 (Compliance Advisory)²⁾ も IUVA が一部監修している。

学術論文などこれまでに報告された科学的知見を総括すると、新型コロナウイルスの紫外線感受性は他のウイルスと比べて比較的高い (紫外線で不活化されやすい) と思われる^{3) 4)}。一般に、コロナウイルス科 (CoV family) に属するウイルスは紫外線感受性が比較的高いことが知られており、紫外線消毒のモデルウイルスとして多用される大腸菌ファージ MS2 に比べると、不活化

速度定数の値が一桁大きい (たとえば、SARS-CoV1 は $3.3\text{cm}^2/\text{mJ}$ 、一方 MS2 は $0.13\text{cm}^2/\text{mJ}$ との報告がある。詳細は文献⁴⁾ 参照のこと)。新型コロナウイルス (SARS-CoV2) を用いた実験データに限りがある中、現段階で確とした容量-反応関係を示すことは難しいが、当面は SARS-CoV1 と同程度の紫外線感受性と見積もって大きな間違いはないように思われる。また、MS2 不活化率を目安とすれば新型コロナウイルス対策としては十分に安全側の対策といえるだろう。

新型コロナウイルスが呼吸器系の感染症であることから、水処理よりも空気や個体表面のウイルス不活化技術として注目度が高い。現時点で新型コロナウイルスの水系感染はほとんどないとされているものの、陽性者の糞便からウイルスが検出されることはよく知られており⁵⁾、また下水の飛沫を介して接触感染したと疑われる事例も報告されている⁶⁾。

下水中のウイルス遺伝子検出状況から地域の感染症流行を早期に検出しようとする「下水疫学」の分野が脚光を浴びている。一方で、では下水処理水の放流先は安全なのかという問いに対しては定量的な解は未だなく、「リスクはゼロではないものの高くはないだろう」というのが現段階での研究者の共通認識である。レビュー論文⁷⁾によれば、SARS-CoV-2 のようなエンベロープウイルスはエンベロープを持たない腸管系ウイルスよりも下水処理で除去されやすく、現在下水で検出されている濃度レベルでは処理水放流先の水利用による潜在的感染リスクはそれほど高くない、としている。ただし、同論文⁷⁾は合流式下水道雨天時越流水など未処理下水の混入がある場合は注意が必要なことも指摘しており、今後の知見が待たれる。

新型コロナウイルス対策としての紫外線技術の実装という観点では、流行初期の 2020 年 3 月時点で、上海の市バス⁸⁾ や NY の地下鉄⁹⁾ で座席や車体の表面殺菌に用いた事例が目をつけた。以降、各国で公共施設などに新型コロナ対策として紫外線技術を導入する動きがあり、

日本では病院内での採用^{10) 11)}や高齢者施設、飲食店等での導入が報道されている。空気清浄機や浄水器など、家庭用製品に紫外線技術を搭載した装置も世界各国で急速に増えており、活況と見える反面、玉石混交といった感も否めない。また、中国で教室の殺菌用紫外線ランプを誤点灯し児童が目によけを負う事故が発生した事例にみられるように、紫外線技術の急速な普及、特に民生品への急速な実装にあたっては、正しい使い方の情報発信・啓蒙が極めて重要と考える。

近年、波長の短い遠紫外線 (222nm) を利用したウイルス不活化技術が脚光を浴びている。クリプトン-クロライド (Kr-Cl) エキシマランプが発光する波長 222nm の紫外線は、ウイルスの不活化に極めて有効である一方、その波長の短さゆえに人の皮膚の深層まで透過せず、よって肌に直接曝露してもリスクが低いという論文が最初に注目を集めたのは 2017 年であった¹²⁾。米国コロンビア大学の研究チームが最初に発表したこの知見は、当時、紫外線研究者の間で大いに話題になったことを記憶している。コロナ禍をひとつの契機として 2020 年には一気に実装に至り、飲食店での導入が報道されるなど、大いに注目を浴びている¹³⁾。一方で、222nm 紫外線への長期的な曝露が人体に及ぼす影響について十分な検証がなされていないと危惧する意見もあり、国際紫外線協会 (IUVA) は有志による論文¹⁴⁾を公表しているほか、一般論として紫外線をコロナウイルス対策として直接人体に照射することを推奨しない、との緊急声明¹⁵⁾を発表している。今後の動きに大いに注目したい。

(2) 結言

ウィズ・コロナの現在、消毒技術全般に対する社会的ニーズが高まり、その期待に紫外線技術が応えられるかどうか、今まさに重要な局面にあると認識している。技術の普及にとって「追い風」ともいえるこのパンデミックに、日本の産業界がどうこたえ、それを学がどう後押しするのか、従来にも増して産学の連携と分担が重要と感じている。

新型コロナウイルスの次に世界的流行をもたらす感染症が、呼吸器感染症とは限らない。このパンデミックを受けて技術の軸足が空気殺菌や表面殺菌に過度に偏り、産業界が水処理を軽視するような事態にならないことを強く願う。ウィズ・コロナが常態化しつつある今こそ、いっ

たん立ち止まって全体像を俯瞰し、近視眼的に目の危機だけを考えるのではなく、長期的な視野で将来の安全安心に求められる技術を再考すべき時期にあるように思う。

(参考資料)

- 1) IUVA COVID-19 特設サイト
<https://iuva.org/IUVA-Fact-Sheet-on-UV-Disinfection-for-COVID-19>
- 2) United States Environmental Protection Agency, 2020. EPA Regulations About UV Lights that Claim to Kill or Be Effective Against Viruses and Bacteria. Document 305F20004.
- 3) Hiroko Inagaki *et al.* 2020. Rapid inactivation of SARS-CoV-2 with deep-UV LED irradiation, *Emerging Microbes & Infections*, 9:1, 1744-1747.
- 4) Milad Raeiszadeh and Babak Adeli. 2020. A Critical Review on Ultraviolet Disinfection Systems against COVID-19 Outbreak: Applicability, Validation, and Safety Considerations. *ACS Photonics* 7 (11), 2941-2951.
- 5) Ka Shing Cheung, *et al.* 2020. Gastrointestinal Manifestations of SARS-CoV-2 Infection and Virus Load in Fecal Samples From a Hong Kong Cohort: Systematic Review and Meta-analysis. *Gastroenterology* 159:81-95.
- 6) Jun Yuan *et al.* 2020. Sewage as a Possible Transmission Vehicle During a Coronavirus Disease 2019 Outbreak in a Densely populated Community: Guangzhou, China. *Clinical Infectious Diseases*, ciaa1494.
- 7) Manish Kumar *et al.* 2021. Potential discharge, attenuation and exposure risk of SARS-CoV-2 in natural water bodies receiving treated wastewater. *npj Clean Water* 4 (8).
- 8) AFP BB News. 上海の市バスが紫外線消毒技術を導

入、車両の内外を消毒 . 2020 年 3 月 8 日 .

<https://www.afpbb.com/articles/-/3272177>

- 9) ABC7NY, online. Coronavirus News: MTA using ultraviolet technology on NYC subways to kill COVID-19. 2020 年 3 月 20 日 .

<https://abc7ny.com/ultraviolet-subway-cleaning-coronavirus-nyc-reopen/6196556/>

- 10) 福岡大学病院 . 2020 年 06 月 05 日 .

<https://www.hop.fukuoka-u.ac.jp/news/notice/2020/000738.html>

- 11) 明石市立市民病院 . 2020 年 06 月 09 日 .

<https://www.akashi-shiminhosp.jp/device/>

- 12) Manuela Buonanno et al., 2017. Germicidal Efficacy and Mammalian Skin Safety of 222-nm UV Light. Radiation Research, 187(4): 493-501.

- 13) GlobeNewsWire.com. Magnolia Bakery Becomes First New York City Business to Install Human-Safe Far-UVC Light to Provide Continuous In-Store Sanitization. 2020 年 5 月 18 日 .

- 14) Rich Simons et al. 2020. Far UV-C in the 200 – 225 nm range, and its potential for disinfection applications. https://iuva.org/resources/covid-19/Far%20UV-C%20in%20the%20200%20_%20225%20nm%20range,%20and%20its%20potential%20for%20disinfection%20applications.pdf

- 15) International Ultraviolet Association. 2020. UV INDUSTRY ASSOCIATIONS DISCOURAGE THE USE OF UV LIGHT ON THE HUMAN BODY TO DISINFECT AGAINST THE CORONAVIRUS. <https://iuva.org/uv-light-on-human-body>



空気および表面の殺菌・消毒に対する紫外線の利用

立命館大学 理工学部 環境都市工学科 教授 神子 直之

1. はじめに

本技術協会は元来紫外線を用いた水処理に限った活動を行うために設立された。しかし、水以外例えば食物、日用品、室内環境等に関する衛生意識の高まりや、世界中で猛威を振るい経済活動に大きな爪痕を刻んでいる新型コロナウイルスへの対応、ウイズコロナを前提とした社会システム構築を考えると、本技術協会並びにその構成員による紫外線光源の有効利用への社会的要請は大きいと考えられる。

ここでは、空気および表面の紫外線による殺菌・消毒の評価を構成する要素、試験方法の現状、検討例、社会的情勢等について、述べてみたい。

2. 空気および表面の紫外線による殺菌・消毒の評価を構成する要素

後述するように、日本薬局方や JIS において様々な関連する試験方法が定められ、あるいは例示されている。それらを上手に組み合わせることで空気および表面への紫外線の有効性を示せる可能性があるが、具体的にどのような要素に分割されるか。基本的には、紫外線照射の前後あるいは有無で微生物数あるいは濃度がどのように変化したかを調べるだけなので、下記の通りとなる。

① 対照試料の定量：

空気および表面における、紫外線照射前あるいは無しの場合の微生物の定量

② 紫外線量の定量：

空気および表面に対する、紫外線照射における紫外線量の定量

③ 照射試料の定量：

空気および表面における、紫外線照射後あるいは有りの場合の微生物の定量

この①～③をできるだけ妥当で正確な方法で行うことが出来れば何も問題は無いはずであるが、いくつかの問

題点が存在する。

2.1. 対照試料と照射試料の定量

紫外線照射の効果を定量するためには、紫外線照射の無い場合の微生物の定量が不可欠となる。同じ微生物数あるいは濃度の試料を複数用意し、その一部に紫外線を照射して微生物の定量を行うことが評価の前提となるが、複数用意した試料の同一性を担保することが意外と難しい。これは、定量そのものより定量以前の調製あるいは回収の問題が大きいことを意味する。

実環境の空気あるいは表面において紫外線照射有無の効果を調べる場合は、空気中あるいは表面自体におけるばらつきを議論する必要がある。実験室で培養した微生物を接種して空気あるいは表面試料を調製する場合には、ばらつきの問題は確かに小さくなる。しかし実際には微生物を空気中あるいは表面上へ移行させるための霧化あるいは表面塗布後の乾燥などによるばらつきが問題となる。霧化や乾燥が微生物の性質を変化させることが無いのか、微生物数を減じることは無いのか、確認することが必要である。

また、紫外線照射後の微生物の回収あるいは取り出しの方法についても議論がある。回収率が十分高く接種した量との物質収支が取れるか、回収率が十分高くない場合でも紫外線照射無しの場合に再現性のある回収率を示せるか、確認することが必要である。

これらの問題は対照試料と照射試料の両者に共通のものである。さらに、照射試料においては、照射時間が数十分以上の比較的長い照射時間の場合に、微生物自体や着目している表面の乾燥が回収率に影響を及ぼす可能性もある。

2.2. 紫外線量の定量

液体中の微生物への紫外線照射であれば、入射する紫外線が平行光線と見なせる場合、完全混合を仮定したペトリ皿や、混合は無いが光路長による紫外線の減少が無

視できるほど小さいと仮定できる時計皿を用いて紫外線量と不活化率の関係を求めることが一般になされている。しかし、空気の場合は、定量が可能となる濃度を確保するのに必要な空間体積がそこそこ大きくなりそうであること、その空間に様に紫外線を照射することが難しいため完全混合を仮定するか空間内照度分布を算定しなくてはならないこと等の難しさが存在する。表面の紫外線照射の場合には、物理線量計あるいは化学線量計で着目している表面に到達する紫外線照度を測定することは、ある面積以上の大きさであれば平面あたりでも球面あたりでも計算できそうではある。しかし、例えば繊維質のような素材の表面への紫外線照射の効果は、微生物がその繊維質内部へ入り込むことで紫外線の到達量が減じられる可能性があるが、それを予見することは現状では難しい。

3. 空気および表面の殺菌・消毒関連の試験方法

空気および表面の殺菌・消毒に関して参照すべき文書としては、日本薬局方¹⁾（第十七改正日本薬局方、平成28年（2016年）3月7日公示が最新。第十八改正日本薬局方は執筆時には未公示、2021年4月公示を予定。）および日本産業標準調査会²⁾によるJIS（日本産業規格）がある。

日本薬局方とは、「医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律³⁾」第八章第四十一条で「厚生労働大臣は、医薬品の性状及び品質の適性を図るため、薬事・食品衛生審議会の意見を聴いて、日本薬局方を定め、これを公示する。」と述べられているのが根拠となる。医薬品等の規格基準書であり、本文中に「生薬の微生物限度試験法」「無菌試験法」があり、参考情報中に「ウイルス安全性確保の基本要件」「消毒法及び除染法」「無菌医薬品製造区域の環境モニタリング法」等の記述がある。

JISとは、「我が国の産業標準化の促進を目的とする産業標準化法に基づき制定される任意の国家規格」である。任意ではあるがこれが重要である理由は、産業標準化への同調を示せることに加え「法令の技術基準などに引用される場合には、その法令などにおいて強制力を持つ」ことになるためである。

また、業界団体による空気清浄機のウイルス除去・抑制性能評価試験方法が一般社団法人日本電機工業会により制定されている⁴⁾。

3.1. 空気の殺菌・消毒

日本薬局方¹⁾（以下、局方）参考情報「無菌医薬品製造区域の環境モニタリング法」（局方¹⁾、p2424）に、無菌医薬品製造区域が設計された清浄度、微生物制御を達成し、維持していることを確認する方法が記載されている。無菌医薬品製造区域はグレードAからDまでに分類されるが、それぞれのグレードにおいて許容される基準が、空中微生物の浮遊菌（CFU/m³）、空中微生物の落下菌（CFU/プレート）、および表面付着微生物（コンタクトプレート手袋）で設定されている（局方¹⁾、p2425）。

浮遊菌数測定（局方¹⁾、p2427）は、一定量の空気を吸引し、衝突型（スリットサンプラー、アンダーセンサンプラー、ピンホールサンプラー、遠心型サンプラー）あるいはろ過型（ゼラチンフィルターなどを用いたウェットタイプ、メンブランフィルターを用いたドライタイプ）サンプリングにより空気の容量あたりの菌数を測定する。

落下菌数測定（局方¹⁾、p2427）は、測定場所で寒天培地を入れて蓋を外したペトリ皿を一定時間放置し、表面に落下した微生物を培養し集落数を計数する方法である。

日本電機工業会による浮遊ウイルスに対する除去性能評価試験方法は、大腸菌ファージであればφX 174あるいはMS2もしくはインフルエンザウイルスA型を、20～32m³の試験チャンバー内に噴霧し、インピンジャーかゼラチンフィルターで捕集するものである。2011年7月に制定され、2015年3月には「家庭用空気清浄機の性能測定方法等を規定するJEM1467（日本電機工業会規格）⁵⁾」がこれを含む形で発行された。

3.2. 表面の殺菌・消毒

日本薬局方参考情報「消毒法及び除染法」（局方¹⁾、p2414）に、医薬品の製造所において清浄度の管理が必要な区域等において微生物数を化学薬剤によって減少させる処置法が示されている。その消毒効果を評価する方法の例として、「硬質表面キャリア法」（局方¹⁾、p2415）がある。すなわち、調べたい表面材質の担体（キャリア）に試験菌を接種し、接種菌が乾燥する前に消毒剤を滴下し規定時間後回収液で菌を回収するというものである。この回収の方法については「JIS T11737-1を参考にストマック法、振とう法、スワブ法等を採用する」とある（局方¹⁾、p2415）。

JIS T11737-1⁶⁾は、「医療機器の滅菌－微生物学的

方法－第1部：製品上の微生物群の測定方法」のことで、「医療機器、構成部品、原料又は包装上若しくはその内部における生育可能な微生物群の計測及び特性付けのための要求事項について規定し、指針を示す」ものである。その「附属書B（参考）バイオバーデン測定法の指針」に方法の記載がある。微生物を固体表面から回収液を用いて取り出す方法として示されているのは、ストマック法、超音波法、振とう法（機械又は手動）、ボルテックス法、フラッシング法、混合法（ホモジナイズ／分解）、スワブ法である。回収液を用いない場合は、コンタクトプレート法、寒天重層法が挙げられている。

3.3. 日本薬局方のウイルスに対する扱い

日本薬局方¹⁾一般試験法において、有害微生物の混入が無いことを確認するための「微生物限度試験法」「無菌試験法」等が規定されているが、ここでの対象微生物にウイルスは含まれていない。ただしウイルスに関しては特段の留意が必要であるとの認識があり、「ウイルス安全性確保の基本要件」（局方¹⁾、p2380）が定められている。簡単には、ウイルスの有害性を検討した上で、ウイルスが存在しない製造関連物質の選択、適切な段階での製品等のウイルス否定試験の実施、製造工程でのウイルススクリアランスを達成するためにウイルス除去・不活化に関する効果的な方法を用い評価試験を行う、ことが挙げられている（局方¹⁾、p2381 および 2384）。ウイルス不活化／除去技術としては、①加熱、②有機溶媒・界面活性剤処理、③膜ろ過（15～50 nm）処理、④酸性処理、⑤放射線処理（γ線照射など）、⑥カラムクロマトグラフィー処理、⑦分画処理（例えば有機溶媒分画、硫酸アンモニウム分画処理）、⑧抽出処理、などが例として挙げられ、効果的であると認識されている（局方¹⁾、p2386）。

その他、ウイルスに起因する「未知のリスク」への対抗策として、例えば、「核酸の種類、エンベロープの有無、粒子サイズ、物性等の異なる3種類程度のモデルウイルスを適切に組み合わせて精製工程のウイルススクリアランス特性解析試験を行えば、既存の全てのウイルスのスクリアランス状況をシミュレートしたことになり、“安全性確保を図る”ための方策になる。」（局方¹⁾、p2383）との記述があり、大いに参考になる。

JIS T 11737-1 においてもウイルスの取り扱いと同

様であり、ここでは適用範囲の中に「ウイルス又は原生動物系の汚染物質の計測又は特定についての要求事項は、規定しない。」との記載がある。

3.4. 試験方法のまとめ

ここではいくつかの方法が例示されているという現状について示した。結論として、ある特定の素材の表面に特定の紫外線を照射した場合の評価は、頼りない方法によって可能であると言える。頼りない方法と書いた理由は、物質収支の問題、再現性の問題が試験法自体において必ずしもクリアされておらず、この方法に従えば万全という指針が存在せず、実験実施者のスキルや良心によって結果が変わる可能性がある、という意味である。

4. 空気および表面の紫外線による殺菌・消毒に関する検討例

4.1. 空気の殺菌・消毒

ネブライザー・インピンジャーの系で紫外線照射の有無で空気の紫外線による殺菌・消毒を調べた⁷⁾。図1に実験装置の概念図を示す。液体中の場合は水槽よりファージ液を送液し、気体中の場合はネブライザーで霧化して攪拌機を含むチェンバーへ導いた。紫外線光源は中心波長280nmのUVLED一灯である。PTFE製管路内の滞留時間に対してlog生残率をプロットした結果を図2に示す。

ここでの結果は空気中と水中でほぼ一致し、紫外線到達量が同じであればウイルスの場合には不活化速度が大きく変わらないことが示唆された。ネブライザーはウイルス粒子を単独で取り出すものではなく、あくまでも微細な水滴あるいは飛沫にウイルスを含んで放出するだけなので、紫外線感受性が大きく変わる蓋然性は無いと考えられる。ただし、Kowalski⁸⁾のAppendix B:に引用されたデータでは空気中においては水中よりも感受性がかなり高くなるとの報告が参照されており、精査が必要である。

また、ここで示した実験法は空気を一時貯留するチャンバーと流路変更コック、インピンジャーを組み合わせただけのものであるが、これを応用して、紫外線光源の殺菌性能の評価が可能という特許が成立した⁹⁾。この方法により、気体を流通させて消毒を行う場合のワンパス

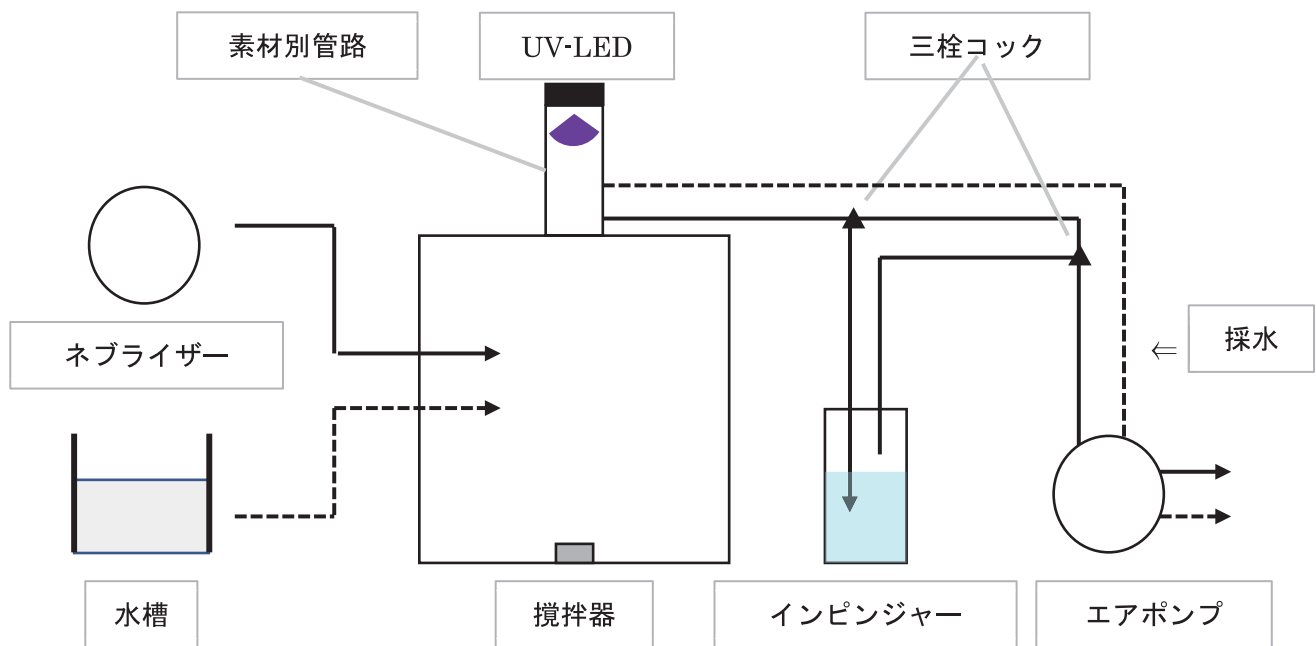
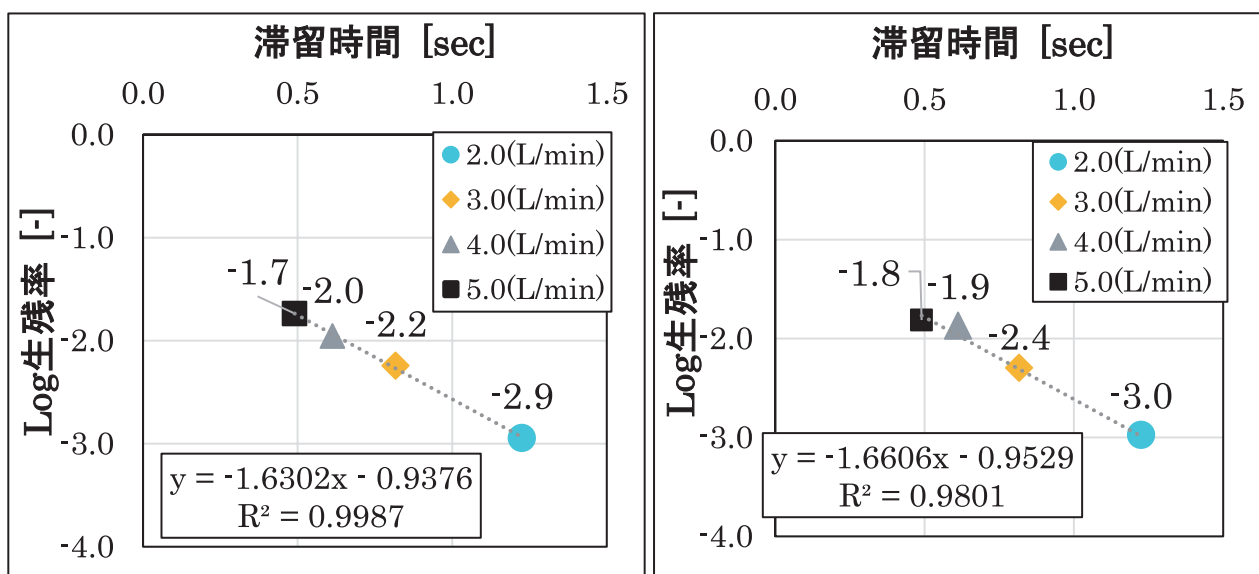


図1 空気中及び水中での大腸菌ファージφ X174 不活化実験装置の概念図



(a) 空気中における結果

(b) 水中における結果

図2 空気中及び水中における大腸菌ファージφ X174 の不活化

での不活化性能を取得することが可能である。

4.2. 表面の殺菌・消毒

表面に対する紫外線殺菌・消毒を考える場合に、接種および回収の方法がまず問題であることは先に述べたが、それ以外に何が表面殺菌の速度を決めているのかが明らかでない現状である。まず、同じ大腸菌 (*E. coli* C) の懸濁液 (培養後に培養液をリン酸緩衝液に置換したもの)

を1cm角のキャリア表面に50 μ L滴下して2時間恒温温室で乾燥させ、254nmの紫外線を照射しリン酸緩衝液で回収した結果を図3¹⁰⁾に示す。紫外線照射が無い対照試料においても乾燥により2log程度の菌数の減少があるため、紫外線照射後の生残率は、この乾燥後の菌数で除して求めた。

この結果より、水中のデータが通常の肩を持つ典型的な不活化曲線を示している一方で、キャリア表面で乾燥さ

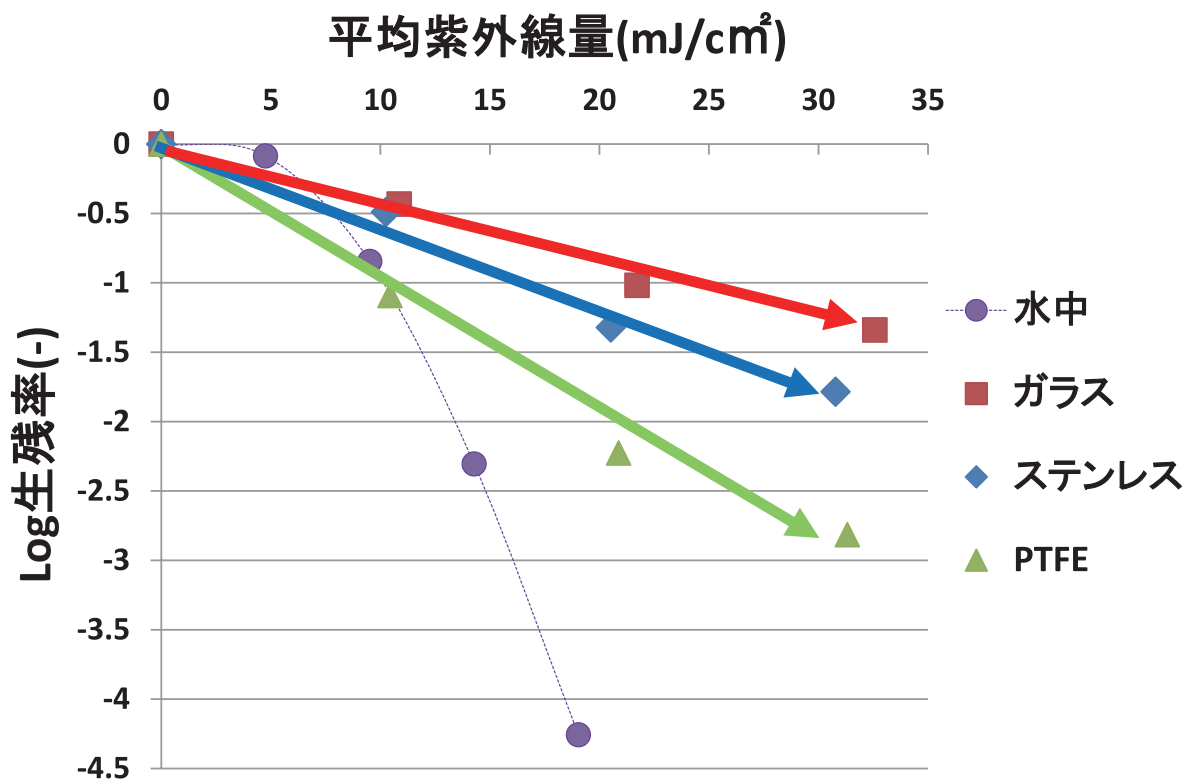


図3 水中およびキャリア（平面素材）上で乾燥させた *E. coli C* の紫外線による不活化

せた大腸菌は原点を通る一次反応的不活化を示した。さらに、同じ表面紫外線照度であるにもかかわらずキャリア材質により不活化速度が異なり、PTFE が最大でステンレスがそれに次ぎ、ガラスが3種の中では最小であった。ここで用いたキャリアの紫外線反射率を直接測定したわけでは無いが、一般に言われている反射率の大きさ順と不活化速度の大きさ順は一致していた。表面における微視的な反射光が不活化に寄与している可能性が示唆される。

また、水中か表面かによって同じ株であっても不活化曲線の形が変化していたため、微視的な反射以外に菌体内の水分状態による紫外線感受性の変化が予見された。例えば、水分状態が異なると、菌体内での紫外線損傷の様々な修復機構の有効性が変化する可能性がある。そこで、大腸菌野生株（B/r WP2）と修復機能欠損株（*uvrA*⁻）を用い、細孔径 0.20 μ m のセルロース混合エステル製メンブレンフィルターで通水ろ過後すぐ紫外線照射を行った「湿式」、同様のろ過後 30 分乾燥させた後に紫外線照射を行った「乾式」、水中に懸濁させて紫外線照射を行った「水中」での不活化の進行を調べた¹¹⁾。結果を図4および5に示す。

図4に示す野生株の結果より、通常の肩を持つ水中での紫外線照射の結果と比較し、湿式は肩が小さくなり、乾式ではほぼ原点を通る直線となった。よって、野生株の大腸菌は、水が十分にある条件では紫外線損傷を修復することにより肩を生じるが、水分量が少なくなるにつれてその修復が出来なくなり感受性が増していることが示唆される。さらに、図5に示す修復機能欠損株の結果は、水中、湿式、乾式の順で紫外線感受性が小さいことは野生株と同じで、同じ条件で同じ生存率になる紫外線量が10分の1以下になっている。このことは、生じる損傷がそれぞれのある決まった修復機能で修復され、乾燥が進行することによって修復がなされない範囲が拡大し、紫外線感受性が増していることが強く示唆される。

5. 空気および表面の紫外線殺菌・消毒の社会的情勢

5.1. 社会情勢

Google の検索機能で様々な検索をかけることで社会的な注目度の一つの指標になる。2021年3月12日に閲覧した結果であるが、例えばキーワード「空気殺菌」の検索結果は約 6,370,000 件、そのうち紫外線に関する

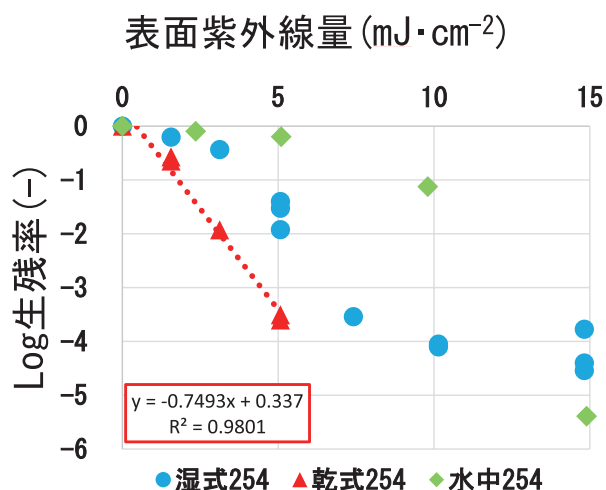


図4 水分状態が異なる大腸菌野生株 (B/r WP2) の紫外線による不活化

ものは「空気殺菌 紫外線」の約 1,350,000 件と考えられ、空気の清浄化ツールとしての紫外線への期待は大きいことがわかる。同様に、「表面殺菌」は約 7,210,000 件、「表面殺菌 紫外線」は約 2,870,000 件で、紫外線の占める割合は「空気」の場合より多い。さらに、「新型コロナウイルス」約 959,000,000 件、「新型コロナウイルス 紫外線」約 335,000,000 件を見ると、「空気・表面」よりも具体的なキーワードを用いることでヒット数が2桁増えるが、そのうち「紫外線」を含む件数も同様に増え、社会的要請が逼迫していると認識できる。実際に、大手・中小問わず家電メーカーによる新製品の開発が盛んなようで、大手通販サイトで「殺菌 紫外線」で検索をかけると 10000 以上の商品のヒットがある現況である。

しかし、標準的な試験方法が無い状態で、商品の性能や効果を確認することが出来ず、不十分な性能のものが流通する懸念がある。そこでいくつかの安価な (¥5000 円以下) UVLED を搭載する滅菌器を入手し、その光源波長その他を調べた。光源としては点灯ガイドの意味で青色 LED が併用されている場合があったが、すべて 280nm 付近にピークのある UVLED が用いられていた。照度としては必ずしも大きくないと考えられたが、90 秒のタイマーとセットで必要な紫外線量を担保する工夫があった。しかし、ある小物消毒ケースの中に、光源は UVLED だったが光源と小物の透明間仕切り版の紫外線透過性が無く残念な商品があった。

大手家電メーカーによる空気清浄機の除菌性能等については、上述のように業界団体の自主的な取り決め

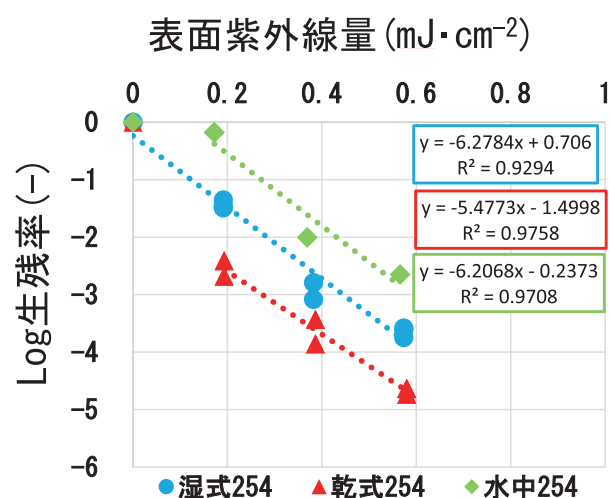


図5 水分状態が異なる大腸菌修復機能欠損株 (uvrA⁻) の紫外線による不活化

(JEM1467⁵⁾) による評価がなされており、それぞれの開発者ができるだけ客観的なデータを示す態度で臨んでいる。ただ、これは密閉した試験空間による効果であり、実使用空間の実証結果ではないと注記している場合もあるが、これでは消費者に製品性能に関して誤解を与える可能性があり、例えば携帯型の空間除菌用品について消費者庁から行政指導がなされた例もある¹³⁾。いかに良心を持っていたとしても妥当な評価方法が必ずしも存在していない現況で、世界的な技術の限界で説明しきれないものを肯定的に説明してしまっている状況には危惧を感じる。

一方で、不十分な知識・技術力で関連商品を開発することは、その技術自体の信頼性を損なうことにつながるため、厳に慎んでもらいたいと思う。一方で消費者に鑑識眼を身につけてもらえれば良いのだが、それにはまだ時間がかかるように思える。社会全体において知識の底上げが急ぎ必要と考えられる。

5.2. 技術者の責任

空気および表面の紫外線殺菌・消毒は、優先度の高い技術ではなかった。空気の浄化には空気清浄機とより換気とマスク着用が優先され、表面浄化はまず拭き取りと消毒液塗布が優先された。その理由は、先に述べてきたように評価すること自体が難しいことに加え、簡単な今までの方法で社会的にそれほどには困っていなかったという実態がある。しかし、新型コロナウイルスによる脅威が我々の日常を変化させるだけのインパクトを持った

今、新しい日常へ向けて衛生状態のさらなる向上、紫外線を利用した空気および表面の殺菌・消毒技術の信頼性向上へあらためて舵を切る局面だと思われる。

今後、紫外線を用いた空気・表面の殺菌・消毒をさらに有用なものにするためには、標準的な試験法の開発が急務である。例えば先に示したような、細菌における水分と紫外線感受性の変化およびその遺伝形質との関係性や、表面からの微生物試料の回収法、表面における反射とその微生物不活化への寄与等については、過去の検討はもちろんあるだろうが、その結果が社会的同意を得られ信頼できる知識の蓄積にはまだ至っていないように思える。

本技術協会は紫外線照射の殺菌・消毒に関するノウハウを多く有する業界にある。紫外線照射に関する知識を社会的に広げより良い社会を作っていくために、製品供給側の技術力向上に大きく寄与すべき立場にあると思われる。上水道において高まったプレzensの次は、空気と様々な表面にあると思って良い。今後の発展に期待したい。

参考文献

- 1) 「日本薬局方」ホームページ
<https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000066530.html>
- 2) 日本産業標準調査会、<https://www.jisc.go.jp/>
- 3) 医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律、<https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=335AC0000000145>
- 4) JEMA 一般社団法人日本電気工業会ホームページ
空気清浄機→空気清浄機のウイルスに対する除去・抑制性能評価試験方法について（2011.7.4 制定）
<https://www.jema-net.or.jp/Japanese/ha/kuusei/hyokashiken/index.html>
- 5) JEM1467、日本電機工業会規格「家庭用空気清浄機」、<https://www.jema-net.or.jp/cgi-bin/user/summary.cgi?jem=1076>（閲覧、販売）
- 6) JIS T 11737-1 「医療機器の滅菌－微生物学的方法－ 第1部：製品上の微生物群の測定方法」
- 7) 橋本翔太郎（2018）「紫外線を用いた空気消毒に関する基礎的検討」2017年度立命館大学理工学研究科環境社会工学専攻修士論文
- 8) Kowalski, W. (2009) Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook (UVGI for Air and Surface Disinfection) , Springer
- 9) 特許 評価方法および評価装置
特開 2019-154286, 2019.9.19
- 10) 福井優作（2018）「紫外線を用いた表面殺菌の微生物による評価」2017年度立命館大学理工学部環境システム工学科卒業論文
- 11) 福井優作（2020）「表面上微生物に生じる紫外線感受性の変化に関する基礎的検討」2019年度立命館大学理工学研究科環境都市専攻修士論文
- 12) Google <https://www.google.co.jp/>
- 13) 消費者庁「携帯型の空間除菌用品の販売事業者5社に対する行政指導について」
https://www.caa.go.jp/notice/assets/representation_200515_02.pdf
(2021年3月12日閲覧)



紫外線の光生物学的安全性について

スタンレー電気株式会社 主任技師 岩崎 達行

1. はじめに

昨年来猛威を振るう新規感染症（COVID-19）対策として、その原因である新型コロナウイルス（SARS-CoV2）の不活化技術に紫外線技術がマスコミなどで取り上げられている。微生物に対する紫外線の不活化効果は100年以上前から知られており、実際に水（上水、下水）の消毒技術としては既に世界中で使用されている。但し、今回の様に飛沫および接触感染による感染症の場合、飛沫中のウイルスの不活化であったり、ウイルスが付着している物体の表面での不活化であったりと、消毒対象が空気や表面となる。この場合、消毒装置として用いられる機材は、発光している紫外線が見えない非暴露型の装置とは限らず、空間や物質表面に直接照射するタイプ（暴露型）の装置も製品化されることが考えられる。実際にネット通販などでは、紫外線が直接見ることができペンライト等が売られており、その使用方法には十分注意が必要である。本報では紫外線製品を安全に使用してもらうための規格や注意点を、分かり易く解説する。

2. 紫外線の曝露許容基準について

紫外線（学術用語は紫外放射）は目や皮膚に有害であり、その傷害は人間への影響が極めて大きく、急性障害としては主に紫外眼炎と紫外皮膚炎が、遅発性障害としては白内障や皮膚がん、皮膚の老化などがあり¹⁾、1日（8時間）に曝露される量の許容値がアメリカのACGIH（American Conference of Governmental Industrial Hygienists、米国産業衛生官会議）において規格化されている。その規格では、波長180～400nmの分光効果曲線とTLV（Threshold Limit Values、許容限界値）規準を定めており、それが国際的に活用され認められている。

ACGIHは、レーザ照射以外の紫外線の急性障害に関する許容限界値として波長270nmにおけるTLVを $30\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$ ($3.0\text{mJ}\cdot\text{cm}^{-2}$) とし、更に波長毎の相対分光効果値 $S(\lambda)$ を規定している。これに基づく実効照度の

1日当たり8時間（労働災害を想定しているため8時間/日で設定）での時間積分値を波長毎のTLVとしている³⁾。
この中で、実効照度（ E_{eff} ）は1式にて定義される。

$$E_{eff} = \sum_{180}^{400} E_{\lambda} \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda \quad (1\text{式})$$

E_{eff} : effective irradiance relative to a Monochromatic source at 270nm ($\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$)

実効照度

E_{λ} : spectral irradiance at a center Wavelength ($\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$)

曝露面における紫外放射の分光放射照度

$S(\lambda)$: relative spectral effectiveness at the center wavelength (unitless)

相対分光効果値

$\Delta\lambda$: bandwidth around the center Wavelength (nm)

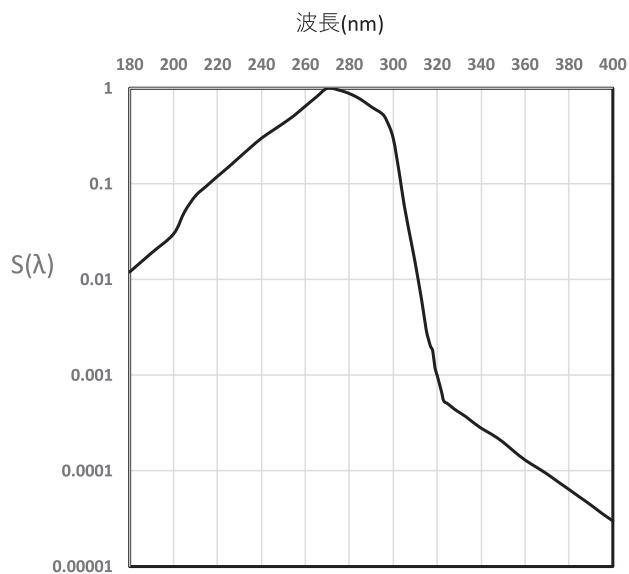
積和をとる際の波長幅

紫外線の国際的な許容基準としては、ACGIH以外にICNIRP（International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection、国際非電離放射線防護委員会）の基準^{4～7)}があるが、その内容はACGIHの基準とほぼ同等である³⁾。

ACGIHの波長毎のTLVと相対分光効果値を表1及び図1に示す。

表 1 波長毎の TLV と相対分光効果値²⁾

波長(nm)	TLV(mJ・cm ⁻²)	S(λ)	波長(nm)	TLV(mJ・cm ⁻²)	S(λ)
180	250.0	0.012	310	200	0.015
190	157.9	0.019	313	500	0.006
200	100.0	0.03	315	1,000	0.003
205	58.8	0.051	316	1,250	0.0024
210	40.0	0.075	317	1,500	0.002
215	31.6	0.095	318	1,667	0.0018
220	25.0	0.12	319	2,500	0.0012
225	20.0	0.15	320	3,000	0.001
230	15.8	0.19	322	4,478	0.00067
235	12.5	0.24	323	5,556	0.00054
240	10.0	0.3	325	6,000	0.0005
245	8.3	0.36	328	6,818	0.00044
250	7.0	0.43	330	7,317	0.00041
254	6.0	0.5	333	8,108	0.00037
255	5.8	0.52	335	8,824	0.00034
260	4.6	0.65	340	10,714	0.00028
265	3.7	0.81	345	12,500	0.00024
270	3.0	1	350	15,000	0.0002
275	3.1	0.96	355	18,750	0.00016
280	3.4	0.88	360	23,077	0.00013
285	3.9	0.77	365	27,273	0.00011
290	4.7	0.64	370	32,258	0.000093
295	5.6	0.54	375	38,961	0.000077
297	6.5	0.46	380	46,875	0.000064
300	10.0	0.3	385	56,604	0.000053
303	25.0	0.12	390	68,182	0.000044
305	50.0	0.06	395	83,333	0.000036
308	115.4	0.026	400	100,000	0.00003

図 1 波長毎の相対分光効果値²⁾

また国内では、JIS Z 8812-1987「有害紫外放射の測定方法」において、ACGIH が勧告した TLV を用いた紫外線の定量評価を行っており、波長 200 ～ 315nm における TLV を定めている。本規格では ACGIH にて用いられている相対分光効果値の代わりに同じ値を用いた相対分光有害作用 $S_{uv}(\lambda)$ と波長毎の実効照度を測定して、紫外線の有害性の評価を行っている。

JIS Z 8812-1987 における TLV と相対分光有害作用を表 2 及び図 2 に示すが、ACGIH の勧告値と同じであることがわかる。

表 2 波長毎の TLV と紫外放射傷害作用関数⁸⁾

波長(nm)	SUV(λ)	TLV($\text{mJ} \cdot \text{cm}^{-2}$)
200	0.03	100.0
210	0.075	40.0
220	0.12	25.0
230	0.19	15.8
240	0.3	10.0
250	0.43	7.0
254	0.5	6.0
260	0.65	4.6
270	1	3.0
280	0.88	3.4
290	0.64	4.7
300	0.3	10.0
305	0.06	50.0
310	0.015	200.0
315	0.003	1,000.0

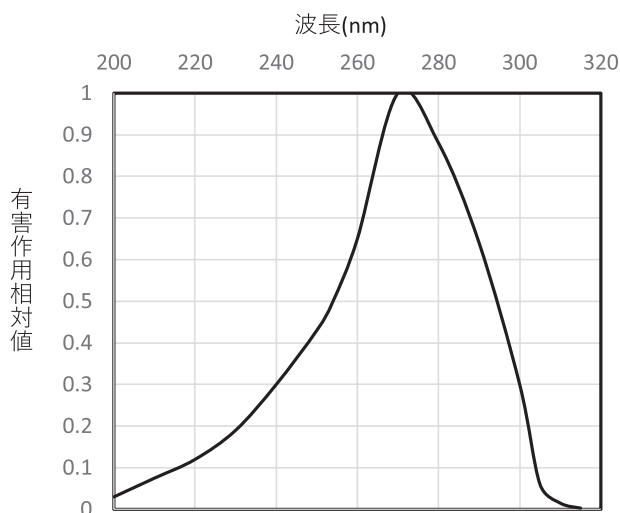


図 2 相対分光有害作用曲線⁸⁾

3. 光生物学的安全性の規格について

前項にて記載した TLV は、紫外線を照射される側（目や皮膚）が曝露される量を規定している規格であるのに対し、紫外線を照射する側（光源）の紫外線照度を規定し、紫外線による光生物学的安全性を規定している規格が、国際的には、IEC（International Electrotechnical Commission、国際電気標準会議）規格があり、国内は JIS 規格として制定されている。IEC 規格も JIS 規格も、ACGIH が勧告した TLV と相対分光効果値（IEC、JIS では相対分光有害作用もしくは紫外放射傷害作用関数）を用いており、各波長の紫外放射傷害作用関数から求めた TLV と、ランプ・照明器具から 200mm 離れ

た距離での紫外線照度を測定し、その測定値と 1 日 8 時間の照射を想定した最大 30,000 秒（tmax）との積で TLV を規定している。IEC 規格は、レーザを除く LED を含むランプ、照明機器などのランプシステムにおける光生物学的安全性の試験項目及び試験方法について規定した IEC 62471:2006（CIE S 009:2002）、Photobiological safety of lamps and lamp systems（MOD）であり、JIS 規格は IEC 規格の対応規格として作られた、JIS C 7550-2011「ランプ及びランプシステムの光生物学的安全性」である。この規格では、生物学的傷害の度合いに応じてリスクグループ（以下 RG と表記）分けをしており、その分類は、

- a) **免除 G**：何らの光生物学的傷害を起こさないもの。
- b) **RG1（低危険度）**：通常の行動への制約が必要になるような傷害を引き起こさないもの。
- c) **RG2（中危険度）**：嫌悪感及び熱的な不快感を伴う傷害を引き起こさないもの。
- d) **RG3（高危険度）**：一時的又は短時間の露光によっても傷害を引き起こすもの。

である。リスク評価は実効放射照度と露光許容時間により 2 及び 3 式で求められる。

$$E_s = \sum_{\lambda=200}^{400} E(\lambda) \cdot S_{uv}(\lambda) \cdot \Delta\lambda \quad (2 \text{ 式})$$

$$t_{\max} = 30/E_s \quad (3 \text{ 式})$$

E_s ：目及び皮膚に対する紫外放射傷害の実効放射照度（ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ）

$E(\lambda)$ ：分光放射照度（ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$ ）

$S_{uv}(\lambda)$ ：紫外放射傷害作用関数

$\Delta\lambda$ ：波長幅(nm)

$t_{\max}$ ：露光許容時間（s）

この時、目及び皮膚に対する紫外放射傷害と露光時間（免除 G）の積を、Suv が 1 である波長 270nm で $30\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$ としている。波長 270nm での各 RG の露光許容時間と実効放射照度をまとめたので表 3 に示す。

表3 RGの露光許容時間と実効放射照度⁹⁾

RG	tmax (s)				実効放射照度 ($\mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$)
免除G	30000	以上			0.1以下
RG1	10000	以上	30000	未満	0.3以下
RG2	1000	以上	10000	未満	1以下
RG3			1000	未満	10以下

ちなみに別の波長、例えば通常水処理で使用される紫外線ランプは波長254nmの紫外線が発光されるため、表2よりこの波長の紫外放射傷害作用関数とTLVは、

$$Suv = 0.5$$

$$TLV = 6.0\text{mJ}\cdot\text{cm}^{-2}$$

であり、免除Gにおける実効放射照度は、

$$6.0 (\text{mJ}\cdot\text{cm}^{-2}) \times 10^{-3} / 30000 (\text{s}) \\ = 0.2 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$$

である。

同様にRG1～3における実効放射照度は、

$$RG1 : 0.6 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$$

$$RG2 : 2 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$$

$$RG3 : 20 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$$

となるが、この照度は非常に小さい値であり、漏れ光や反射光でも十分注意が必要な照度である。但し、水処理における紫外線照射装置は、紫外線光源がリアクター内に組み込まれた、紫外線が外に放射されない非曝露型が多いため、装置稼働中は紫外線曝露による人体への影響を考慮する必要性は低い。但し、メンテナンス時などで紫外線に照射される可能性がある場合は、RG3を上回る照度となる可能性が高く、防護具の着用等十分に対策をとる必要がある。

4. おわりに

紫外線光源（殺菌灯）を使った製品は、電気用品安全法（経済産業省）により「電気消毒器」として規制対象となっている。現行の安全基準では、「庫を有し庫内の対象物に殺菌灯の光線を照射する構造のもの」を想定して、「殺菌灯を有する者にあつては、通常の使用状態において光線が直接外部に漏れない構造であること」（別表第八2(21)電気消毒器イ構造）と規定されている。しかしながら、新型コロナウイルス感染症の流行に伴い、冒頭に既述したように、紫外線を直接照射するようなタイプの製品も急速に普及しつつあるため、器体外の対象物に直接照射するような構造のものについても安全

上必要な技術基準を解釈通達別表第八の2(21)の項に追加し、電気用品安全法の規制対象とするための「規制の見直し」が進められている¹⁰⁾。

本報では、紫外線光源を用いた製品を安全に使うために、紫外線の光生物学的安全性について、規格の面からわかりやすくまとめたつもりである。紫外線は微生物の不活化に対して非常に有効な技術であり、より安全・安心な社会の構築に貢献できる可能性を持っている一方、人に対しては有害な光であるため、そのことを正しく理解した上で紫外線製品を使用してもらいたい。

参考文献

- 1) WHO. Ultraviolet Radiation. Environment health criteria. Geneva : WHO, 1994.
- 2) ACGIH. TLVs and BEIs. Cincinnati より改変 : ACGIH. 2004.
- 3) 日本産業衛生学会（許容濃度等に関する委員会）. 紫外放射の許容濃度（2006年度）の提案理由：産衛誌（48巻），2006.
- 4) ICNIRP. Guideline on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelength between 180nm and 400nm (incoherent optical radiation). Health Phys 1985;49:331-340.
- 5) ICNIRP. Proposed change to the IRPA 1985 Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation. Health Phys 1989;56:971-972.
- 6) ICNIRP. Guidelines on UV radiation exposure limits. Health Phys 1996;71:978.
- 7) ICNIRP. Guideline on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelength between 180nm and 400nm (incoherent optical radiation). Health Phys 2004;87:171-186.
- 8) JIS Z 8812-1987「有害紫外放射の測定方法」より改変：日本規格協会
- 9) JIS C 7550-2011「ランプ及びランプシステムの光生物学的安全性」より改変：日本規格協会
- 10) 経済産業省：消費経済審議会 製品安全部会，配布資料6-2，2021年3月1日開催
https://www.meti.go.jp/shingikai/shokeishin/seihin_anzen/pdf/018_06_02.pdf



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

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 編を制定した。

一方、「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」（以下、対策指針の一部改正）の動向等を踏まえ、平成 30 年 8 月に紫外線照射装置技術審査基準改定委員会を設置し検討を行った。令和 2 年 3 月に「紫外線照射装置 JWRC 技術審査基準」2019 年度版（低圧紫外線ランプ編、中圧紫外線ランプ編、UV-LED 編）を発刊し、審査を開始している。

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。

なお、厚生労働省健康局長通知（令和 2 年 6 月 16 日付け）において、「生活基盤施設耐震化等交付金取扱要領」の一部が改正され、地表水の水を原水とする紫外線処理施設の整備が「生活基盤施設耐震化等交付金」の対象となり、令和 2 年 4 月 1 日から適用することとされた。

2. 既認定機種の取り扱い

2019 年度版以前の基準で認定を受けている機種（既認定機種）であっても、技術審査基準の改定により、改定の前後で求められる性能に変更が発生するため、新基準に適合しているかどうか確認の必要がある。但し、既認定機種は、認定が取り消されるわけではなく、旧基準での認定品となる。

既認定機種を 2019 年度版で再度認定を申請する場合については、JWRC の HP を参照されたい。

3. 紫外線照射装置認定取得状況

JWRC では、審査基準に基づき以下に示す審査項目^{1) 2)}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）

令和元年度末現在の装置認定取得状況の推移を図 1 に示す。累計で 108 件であり、令和元年度の認定件数は 0 件となっている。これは、対策指針の一部改正の影響と推察される。

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 に令和元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。

4. 紫外線照射装置の導入状況

JWRC では、日本紫外線処理技術協会（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。

2019 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 408 件（対前年度比 3.6%増）、累積計画処理水量は 1,276 千 m^3 /日（対前年度比 2.6%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 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。1,000 m^3 /日未満は 212 件、1,000 m^3 /日以上～10,000 m^3 /日未満は 168 件、10,000 m^3 /日以上は 28 件であり、小規模浄水施設への導入が中心となっている。

5. その他の JWRC の取組み

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、学識者、民間企業、JWRC 及びオブザーバー（厚生労働省及び水道事業体）による産官学の体制による 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、地下水のみならず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実施し、「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」を令和 3 年 4 月に発刊予定である。

今後、この手引きが広く活用され、より安全な水道水の供給に寄与することを期待している。

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
- 2) (公財) 水道技術研究センター (2019) 紫外線照射装置 JWRC 技術審査基準 2019 年度版

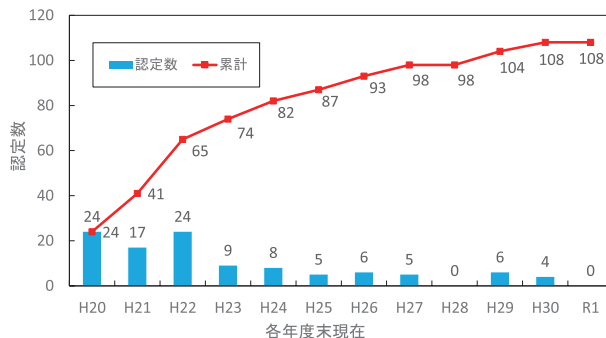


図 1 紫外線照射装置認定取得件数の推移
(令和元年度末現在)

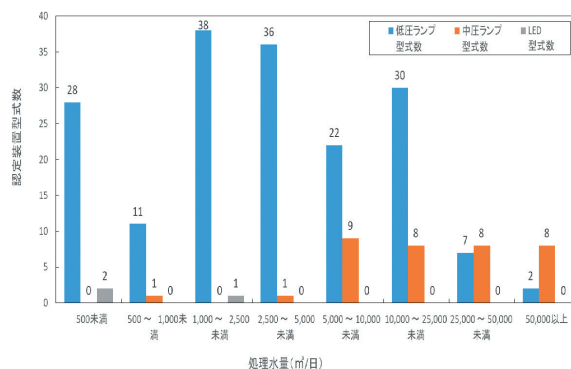


図 2 ランプ種類別、処理水量別の認定取得件数
(令和元年度末現在)

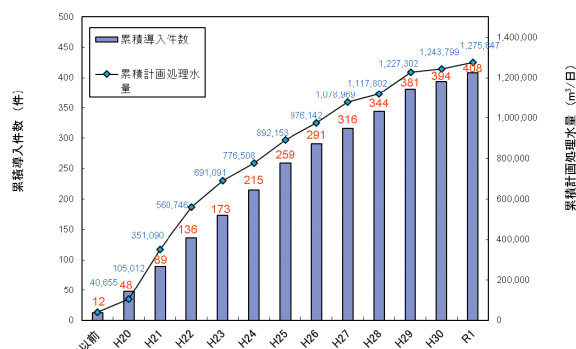


図 3 紫外線照射装置の導入状況（年度別）
(令和元年度末現在)

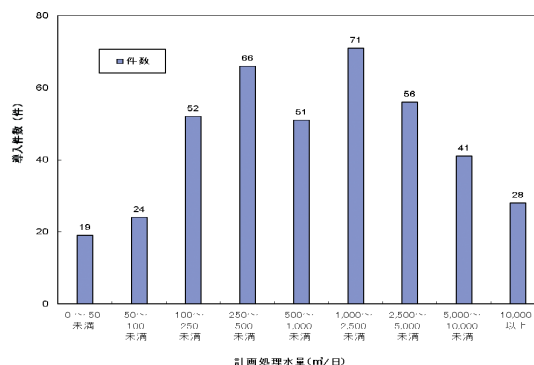


図 4 紫外線照射装置の導入状況（処理水量別）
(令和元年度末現在)

自治体導入事例（八戸圏域水道企業団）

八戸圏域水道企業団 浄水課 保全グループ 秋山 哲哉

1. はじめに

八戸圏域水道企業団は、八戸市を中核とした7市町で構成されており、4水源、3浄水場で成り立っている。

本稿では、そのうち紫外線処理設備を導入している蟹沢浄水場について、導入の背景、維持管理、設備更新をテーマとして紹介する。

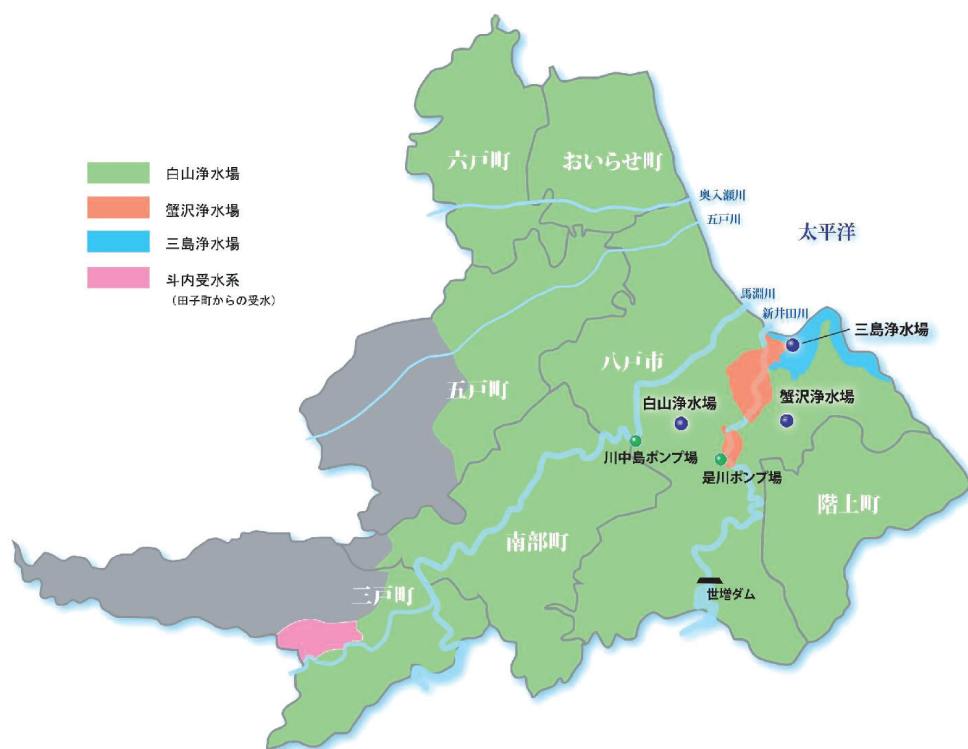


図1 圏域全体の給水区域

2. 蟹沢浄水場の概要

蟹沢浄水場は湧水を水源とし、施設能力は15,000m³/日を有している。水質は濁度0.2度、水温10～11℃程度で年中通して一定で、石灰岩層を通して湧き出している水であることから硬度が高めであるという特徴がある。

また、予備水源という扱いであり、水源異常等で浄水場が停止になった際は130,000m³/日を有する白山浄水場から全量バックアップが可能となっている。水源としてのバックアップ機能を有していることから、更新前後の紫外線消毒装置については予備機を持たない単系列構成としている。

表1 R元年度蟹沢水源の主な水質データ（平均値）

水温(℃)	10.5
総硬度(mg/L)	131
色度(度)	<0.5
濁度(度)	0.2
鉄(mg/L)	<0.01
マンガン(mg/L)	<0.001
紫外線吸光度	0.005

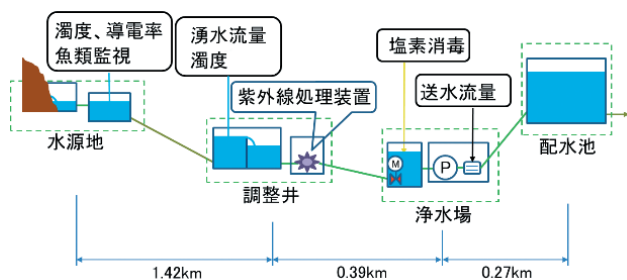


図2 蟹沢浄水場フロー

3. 導入の背景

水源が地震大雨等で濁りやすいということがあり、平成8年頃から水源保全事業や上流域の堆肥舎整備補助事業の対策を順次行ってきた。指標菌も検出されていることから、並行してマイクロフロック法や小型紫外線消毒装置のフィールド実験を行い、平成16年に紫外線消毒装置の導入を決定した。

導入当時は国内の水道での導入実績と基準が無かったことから、海外の水道規格等を参考に照射量 40mJ/m²を採用した。また、装置についても海外製しかいないため、配管や電源の規格が日本と異なり、それらの調整を必要とした。



図3 初期の紫外線照射装置（H16.4完成）

4. 初期装置の維持管理と故障

初期装置の維持管理体制は、職員による週1回の日常点検とメーカーによる年1回の委託点検により行っていた。週1回の日常点検では主に装置の目視点検を主体とし、年1回の委託点検では装置の清掃やランプ等消耗部品の交換を行った。

故障についてはランプやセンサーに不具合が発生しやすく、その都度予備の取替で対応した。

平成28年5月にはランプスリーブ清掃用のワイパーの回転認知センサーが故障し、ワイパーが動作しなくなった。海外製で、部品の調達が不可能ということもあり対応に苦慮したが、幸い濁質が付着しづらい水質のため、年1回のメーカー点検と遠方での紫外線強度監視で対応した。

それ以外にも制御基板の故障が2度発生し、機器の安全性が危惧される状況であった。

重大な故障が発生したこと、海外製で部品確保が困難であることから、H30年度に機器の更新を決定した。

5. 紫外線処理装置の更新

更新にあたり、近年注目されているLED装置についても検討したが、蟹沢浄水場の処理水量（約15,000m³/日）に対応できるLED機器の開発は当分先になるであろうというメーカーの回答もあり、当初段階で除外している。

まずは、紫外線処理装置のメーカーと機種種の調査から始めた。その際、水道技術研究センターで出している『紫外線照射装置 JWRC 基準適合認定一覧表』※ <http://www.jwrc-net.or.jp/shien/shigaisen-list.html> を参照することで、メーカー・機種種の把握並びに仕様基準を満たしているかのチェックに係る時間を大幅に削減することが出来た。一覧表の中から蟹沢処理水量付近のメーカーをリストアップし、カタログや仕様書の収集を行った。また、各メーカー担当者の方と情報交換をすることで、最新情報等を知ることが出来たのも非常に良かった。

情報収集後にメーカー10社に比較検討目的としてアンケートを依頼した。アンケート結果より低圧と中圧による仕様の違いはあるものの、各々での大きな差は無いという印象を受けた。洗浄方法や結露対策、ランプ本数出力等で各社特徴はあるものの、必ずしもこちらが有利というものは無いという印象である。

発注仕様の決定にあたっては、紫外線処理装置以外の既存配管の大幅な改修を行わないこと、建屋躯体の改修を行わないこととした。

また、ランプ種別について、上述のとおり蟹沢浄水場の処理水量約15,000m³/日だと、低圧ランプ中圧ランプどちらも選択可能なため、発注仕様をどうするか悩んだが下記の理由により、既設同様低圧ランプとした。

- ① 一般的にランプ寿命が低圧>中圧であることからランプ更新頻度が少なく維持管理負担軽減を期待

できる。

- ② 中圧のメリットである省スペース性が既存施設の蟹沢では活かされない。
- ③ 既設機器が海外製であることで維持管理面で苦労したことから、部品の生産供給について、より国内比重の高い低圧が有利と評価した。

上記以外では紫外線装置と送水ポンプの連動に係る制御回路の変更や、水温計の設置という点を既設からの変更点として発注仕様に盛り込んでいる。



図4 更新後の紫外線照射装置（H31.2 完成）

6. 新旧装置の比較

表2 新旧装置の主な変更点

	旧	新
ランプ出力・本数	250W/本 16 本/台	240W/本 6 本/台
紫外線照射量	40mJ/cm ² 以上	通過水量の 95%以上 に対して紫外線 (253.7nm 付近)で 常時 10mJ/cm ² 以上
照射槽寸法	径 500mm × 全長 2,100mm	径 450A × 全長 2,520mm
結露対策	スリーブ内に 除湿剤	照射槽内部に ドライエアの吹込
保護管	石英ガラス	フッ素樹脂被覆 石英ガラス

表2は新旧装置の主な仕様の対比表である。ランプ出力・本数については、ランプ出力は 10 W／本低下し、本数も 3分の 1 に減っている。これは装置が設置当時の基準である 40mJ／m²とするか、10mJ／m²を基準にするかの違いと、そもそものランプ効率の違いによるものと考えられる。

表3 新旧装置の電力使用量

	H29 年度 (更新前)	R2 年度 ※4～1 月
年間電力使用量	35,478kW/年	14,532kW/年
年間運転時間	7,332 時間	5,672 時間
電力使用量	4.84kW/h	2.56kW/h

表3は新旧装置の電力使用量の比較である。蟹沢紫外線処理装置は調光機能を持たず常に一定出力となるため、装置運転時間に対しての電力使用量として算出した。更新後は電力使用量が大幅に削減されていることがわかる。また、記載の電力使用量は紫外線装置のほか新たに設置した除湿器等の電力が含まれるため、実際の紫外線処理装置の電力使用量は記載よりも小さい値となる。

7. 更新後の運転記録

更新後の平成 31 年 2 月から現在までの故障については軽微なものも含めて一度も発生していない。整備については、令和元年 7 月にメーカーによる運用後半の点検を行ったが特に異常は見られなかった。

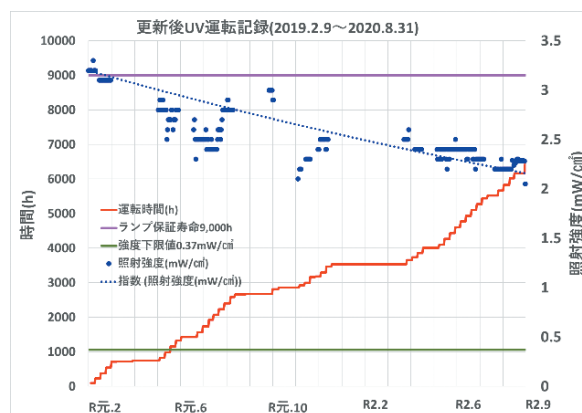


図5 更新後 UV の運転記録

図5は更新後から令和2年8月末までの運転記録をグ

ラフにしたものである。赤折線が装置の延運転時間であり、ピンクの線がランプ保証寿命である 9,000 時間を示す。装置の運転時間は 8 月末時点で約 6,500 時間を経過しており、寿命の 3 分の 2 を経過したことが分かる。

青い点は紫外線照射強度の数値であり、青点線はその近似直線を引いたものになる。緑の線は強度下限値の $0.37\text{mW} / \text{cm}^2$ であるが、これは本装置の最大流量である $16,080\text{m}^3 / \text{日}$ （送水ポンプ 2 台運転時）に対して照射量 $10\text{mJ} / \text{m}^2$ を基準としたものである。赤線の延運転時間に比べて、照射強度の減衰傾向が想定より緩やかであるため、より長寿命が期待できる。

8. 更新後の維持管理体制

週 1 回の日常点検は更新前と同様に行っている。装置の形状も更新前とほぼ変化がないため、点検項目についても同様である。更新前は年に 1 回行っていたメーカー委託点検については、3 年に 1 回のペースで行う予定で計画している。理由として、更新後の機器は以前と比較し安定性・信頼性が格段に向上していることが挙げられる。さらにランニングコストの低減も期待できる。

今後の維持管理体制の方針として、前述のとおり、蟹沢浄水場停止時は即座にバックアップとして他水系からの補給体制が整っており、紫外線処理装置は維持管理に関する人的負担が少ないということから、今後は装置の安全性・精度を確保したうえで事後保全中心の維持管理方針としていく。遠方監視による照射強度監視及び週 1 回の点検で装置の健全性を確保しながら、消耗品等の取替や装置のメンテナンスについては推奨年数にとらわれない維持管理コストや職員負担の削減効果が期待できる。

9. おわりに

紫外線処理装置の地表水適用が始まったことで、今後は大規模設備への導入が加速すると予想されるが、紫外線処理装置を導入、維持管理して感じることで、やはり中小規模の維持管理職員が少ない事業体に適した設備ではないかと考える。

今後の紫外線処理装置の開発と適用拡大に大いに期待したい。

施設導入例（浄水施設）

<施設概要>

対 象 施 設：N 町 K 浄水場
計 画 水 量：250 m³ / 日

<機器仕様>

数 量：2 基
形 式：外照式
紫 外 線 光 源：UV-LED
中 心 波 長：280 nm
光源接液部材：石英ガラス
U V モ ニ タ：乾式強度計 1 台 / 基
処 理 能 力：300 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：S 県 O 水源地
計 画 水 量：20,000 m³ / 日

<機器仕様>

数 量：2 基
形 式：内照式
紫外線ランプ：低圧アマルガムランプ
ランプ出力：320 W / 本
灯 数：8 灯 / 基
U V モ ニ タ：空間紫外線強度計
2 式 / 基
処 理 能 力：22,000 m³ / 日 / 基

<原 水>

対 象 水：伏流水
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：I 市 N 水源地
計 画 水 量：1,600 m³ / 日

<機器仕様>

数 量：2 基
形 式：内照式
紫外線ランプ：低圧アマルガムランプ
ランプ出力：127 W / 本
灯 数：3 灯 / 基
U V モ ニ タ：空間紫外線強度計 2 式 / 基
処 理 能 力：2,700 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 市 F 水源地
計 画 水 量：1,500 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：160 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：空間紫外線強度計 1 台 / 基
処 理 能 力：1,500 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



会員リスト

令和 3 年 3 月現在（五十音順）

□正会員

岩 崎 電 気 株 式 会 社	〒103-0004 東京都中央区東日本橋 1-1-7 野村不動産東日本橋ビル TEL 03-5846-9010
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
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 ing エンジニアリング株式会社	〒108-0075 東京都港区港南 1-7-18 A-PLACE 品川東 TEL 03-6830-9055
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 東京都中央区京橋 1-10-7 KPP 八重洲ビル 8 階 TEL 03-3564-5525
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ズ株式会社	〒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	〒103-0022 東京都中央区日本橋室町 2-3-1 室町古河三井ビルディング 17F（コレド室町 2） TEL 03-6880-2110
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 シーシーエス株式会社
エイブリック株式会社 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)

令和2年度 紫外線処理設備研修会に講師派遣



公益財団法人水道技術研究センター提供



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