

## 浄化槽へのUV-LED適用における消毒効果の検討

東洋大学大学院 学生会員 ○塩原 拓実  
 (国研) 国立環境研究所 非会員 蛭江 美孝  
 (公社) 岩手県浄化槽検査センター 非会員 柿木 明紘  
 東洋大学 正会員 山崎 宏史

## 1. はじめに

日本における生活排水処理施設として、人口密度の高い地域では下水道、人口密度の低い地域においては浄化槽の使用が望ましい。浄化槽は各家庭からの生活排水を原位置にて処理する施設であり、各処理工程を経て、最終工程である消毒槽にて塩素消毒を行うことで衛生的に安全な水として放流している。現在、浄化槽の消毒には固形塩素剤が用いられているが、水温による溶解量の変化を受け易く、消毒効果が安定しないことが指摘されている<sup>1)</sup>。

紫外線(UV)による下水処理水の消毒は、塩素剤とは異なり、消毒副生成物が生じないため、放流先の環境負荷を低減することが可能である。現在、使用されている紫外線水銀ランプは、設備が過大となるため家庭用浄化槽では使用された例はない。しかし、近年、消毒効果が高いUV-C波長(200-280nm)に限定して照射することが可能なUV-LED素子が開発されたことにより、小型・低電圧で消毒効果を得る事が可能となった。

このような状況を鑑み、本研究では浄化槽処理水にUV-LEDを適用し、大腸菌群、大腸菌、腸球菌の消毒効果に対する検討を行う事を目的とした。さらに浄化槽処理水質との関係解析を行うことで、浄化槽におけるUV-LED適用について検討を行った。

## 2. 実験方法

## 2.1 UV-LED照射装置の概要

図-1は本研究で用いたUV-LED照射装置及び実験装置の概要である。また、浄化槽処理水の消毒効果に寄与する紫外線量の補正計算は以下の式(1)を用いて算出した。この内、紫外線照射線量率(I)は式(2)を用いて算出し<sup>2)</sup>、光の吸収はLambert-beerの法則に従い、WFとして式(3)を使用した<sup>3)</sup>。ここで、 $A_{280}$ は試料のAbs280nm時における吸光度( $\text{cm}^{-1}$ )、 $l$ は光路長(cm)、

Sは光出力(mW)、 $x$ は水深(cm)を示している。

$$J = T \times I \times WF \quad \dots\dots\dots \text{式 (1)}$$

J:推定紫外線照射量( $\text{J}/\text{m}^2$ )

T:照射時間(s)

I:紫外線照射線量率( $\text{W}/\text{m}^2$ )

WF:水の吸光による補正係数

$$I = \frac{S}{4\pi x^2} \quad \dots\dots\dots \text{式 (2)}$$

$$WF = \frac{1}{x} \int_0^x 10^{A_{280}l} dl = \frac{1-10^{(-A_{280}x)}}{A_{280}x \ln(10)} \quad \dots\dots\dots \text{式 (3)}$$

## 2.2 実験方法

本研究のUV-LED適用による消毒効果の検討は、一般家庭に設置されている浄化槽の処理水を対象とした。採取した処理水を実験室に持ち帰り、直ちにBOD、Abs280nmの吸光度を測定すると共にUV-LED照射実験を行った。この際、消毒効果を確認するための衛生指標生物として大腸菌群、大腸菌、腸球菌の3種を用いた。これら3種の衛生指標生物の分析方法として、大腸菌群はデソキシコール寒天培地法、大腸菌は特定酵素基質培地法、腸球菌はm-エンテロコッカス寒天培地法をそれぞれ用いた。また、衛生指標生物除去率は紫外線照射前の菌数を $N_0$ 、紫外線照射後の菌数を $N$ として除去率 $-\log_{10}(N/N_0)$ で示した。

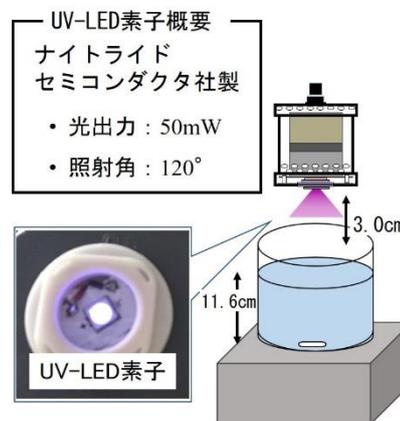


図-1 UV-LED素子、照射装置及び実験装置の概要

キーワード 浄化槽, UV-LED, 衛生指標生物, 照射時間

連絡先 〒350-8585 埼玉県川越市鯨井2100 東洋大学 理工学部 都市環境デザイン学科 E-mail:yamazaki058@toyo.jp

3. 結果と考察

3.1 各衛生指標生物への消毒効果の検討

図-2 は推定紫外線照射量に対する大腸菌群, 大腸菌, 腸球菌の除去率を示している. この図より各衛生指標生物除去率と推定紫外線照射量にはそれぞれ正の相関があり, 推定紫外線照射量が増加するに従い, 除去率が増加することを確認できた. また, 照射時間との関係について検討を行った結果を図-3 に示す. この図は紫外線照射線量率が 67.46 mW/cm<sup>2</sup> 時における照射時間と各衛生指標生物除去率の関係を示している. この図より, 照射時間が長い程, 大腸菌群, 大腸菌に関しては除去率の増加を確認できたが, 腸球菌に関しては, 照射時間を増加させても除去効果の増加は認められなかった. そのため, この紫外線照射量では, グラム陽性菌である腸球菌は除去されにくいと推察された. そこで, 紫外線照射線量率を変更し, 消毒効果の検討を行った.

図-4 は腸球菌除去率に対する紫外線照射線量率と照射時間の関係を示している. この図より腸球菌において紫外線照射線量率を 97.15 mW/cm<sup>2</sup> 以上にすることで, 照射時間の増加と共に除去率が増加することが確認できた.

3.2 浄化槽への UV-LED 消毒適用の検討

浄化槽への UV-LED 消毒適用の検討を行うために, BOD 濃度と Abs280nm 時における吸光度の関係について検討を行った. この結果, BOD 濃度が高いと吸光度も高くなることが明らかとなり, 補正係数 WF は小さくなることから, 消毒効率が低減することが確認された. そのため, 浄化槽消毒に UV-LED を適用するには消毒槽より前の各処理工程にて BOD 濃度を低減することで, UV-LED による消毒効果を高められると考えられた.

4. まとめ

浄化槽への UV-LED 適用における消毒効果の検討を行った. 推定紫外線照射量が増加するに従い, 各衛生指標生物除去率も増加したが, 腸球菌の除去には 97.15 mW/cm<sup>2</sup> 以上の紫外線照射量が必要であると考えられた. さらに, 消毒槽より前の各処理工程で BOD 濃度を低減することで, UV-LED による消毒効果を高められると考えられた.

謝辞: 本研究は, 環境省の環境研究総合推進費(1-1603)により実施された. ここに記し謝意を表す.

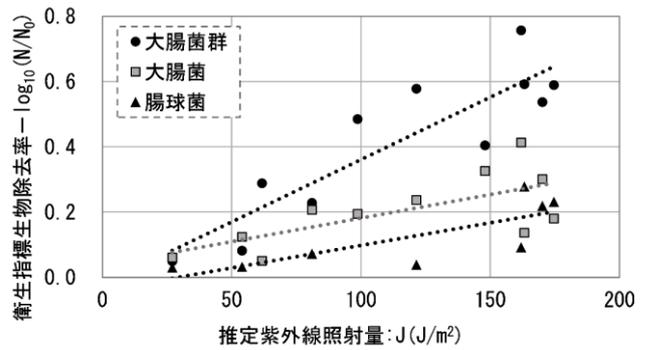


図-2 推定紫外線照射量に対する各衛生指標生物除去

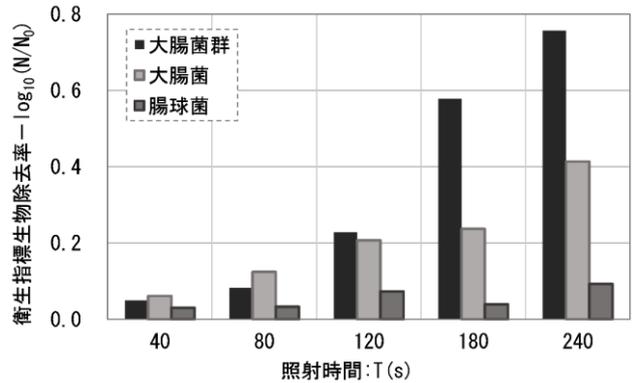


図-3 紫外線照射線量率 67.15 mW/cm<sup>2</sup> 時における照射時間と衛生指標生物除去率

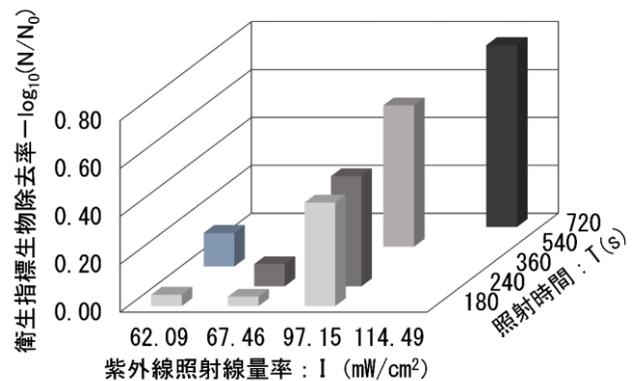


図-4 腸球菌除去率に対する紫外線照射線量率と照射時間の関係

参考文献

- 1) 山崎, 塩原ら: 浄化槽の処理工程における衛生指標生物の挙動解析, 土木学会論文集 G, 74, 7, 407-413, 2018
- 2) 平田 強 編著 -紫外線照射-水の消毒への適応性 -, p. 7, 技報堂出版
- 3) Bolton, J. et al: Standardization of Methods for Fluence(UV Dose) Determination in Bench-Scale UV Experiments. *J Environ Eng.*, 129(3), 209-215, 2003