

令和2年10月27日

報道機関 各位

東北大学大学院環境科学研究科

下水処理水中ウイルスの消毒不活化効率を予測 —水中ウイルスのより確実な制御に向けて—

【発表のポイント】

- ・下水処理水の消毒によるウイルス不活化効率予測モデルをスパースモデリングおよびベイズ推定の手法を用いて構築しました。
- ・本研究で構築したモデルを適用することで、下水処理水に対する適正な消毒強度を理論的に決定することが可能となります。
- ・通常の下水処理で十分に除去されている新型コロナウイルスに関しても、消毒データを蓄積することでモデル構築が可能となり、日常的な管理ができるようになります。

【概要】

感染者糞便に含まれるウイルスはトイレから下水管を介して下水処理場へ流入します。下水処理場において生物処理後に施される消毒処理は水中ウイルスの不活化に対しても有効とされていますが、消毒強度が不十分である場合は放流水中のウイルス濃度の低減が不十分となり、放流水からの感染リスクが許容レベルを超過する可能性があります。世界保健機関(WHO)が推奨している衛生安全計画では、許容感染リスクをもとに消毒処理に割り当てられる目標不活化効率(LRV)を達成可能な消毒強度を特定した上で、常時モニタリングすることが求められます。そのためには、ウイルスごとに目標 LRV の達成に必要な消毒条件を逆算できるツールの開発が必要でした(図1)。

本研究では、統計処理手法を適用することで、複数のウイルスに関する LRV 予測モデルを構築しました(図2)。本研究で開発された水中ウイルス不活化予測モデルの構築手法は、未処理下水中から遺伝子が検出されている新型コロナウイルスに対しても、消毒による減衰データを揃えることができれば適用可能なものです。

本研究は国土交通省・下水道技術研究開発(Gesuido Academic Incubation to Advanced Project: GAIA)により行われ、2020年10月21日付「Environmental Science: Water Research & Technology」(英国・王立化学会)で公開されました。

【問い合わせ先】

＜研究に関すること＞

国立大学法人東北大学 大学院環境科学研究科

先端社会創成学専攻

准教授 佐野 大輔

電話 022-795-7481

E-mail daisuke.sano.e1@tohoku.ac.jp

＜報道に関すること＞

国立大学法人東北大学 大学院環境科学研究科

情報広報室(担当:物部 朋子)

電話 022-752-2241

E-mail tomoko.monobe.d4@tohoku.ac.jp

【詳細な説明】

<研究の背景>

感染者糞便に含まれるウイルスはトイレから下水管を介して下水処理場へ流入します。下水処理場において生物処理後に施される消毒処理は水中ウイルスの不活化に対しても有効とされていますが、消毒強度が不十分である場合は放流水中ウイルス濃度が十分低減されず、放流水への直接・間接的曝露による感染リスクが許容レベルを超過する可能性があります。世界保健機関 (World Health Organization: WHO) が推奨している衛生安全計画 (Sanitation Safety Planning: SSP) では、下水処理に関わる健康被害リスク管理のために「危害分析重要管理点 (Hazard Analysis and Critical Control Point: HACCP)」を採用していますので、SSP を下水処理水によるウイルス感染リスク管理に適用する際には、許容感染リスクをもとに消毒処理に割り当てられる目標不活化効率 (\log_{10} reduction value: LRV) を設定し、その目標 LRV を達成可能な消毒強度を特定した上で、常時モニタリングすることが求められます。そのためには、ウイルスごとに目標 LRV の達成に必要な消毒条件を逆算できるツールの開発が必要と考えました(図1)。

<研究内容と成果>

本研究では、下水処理水を次亜塩素酸ナトリウムで消毒する際の主な有効消毒成分となるクロラミンに着目し、消毒剤濃度等の操作条件及び pH 等の水質条件を説明変数とすることで、ノロウイルス、アデノウイルス、ポリオウイルス、コクサッキーウイルス、エコーウイルスそれぞれについての LRV 予測モデルを構築しました。各変数の係数(回帰係数)は、通常最小二乗法に罰則項(正則化項)を付加する正則化回帰を用いて推定し、三種類の正則化法の予測精度を比較しました。その結果、不必要な変数をモデルから排除することのできるスパース回帰は予測精度が高く、且つ過剰適合を回避する性能を持つことが示唆されました。正則化回帰のみではポリオウイルスに対するモデルは依然として予測性能が低かったため、ウイルスの遺伝子型特異的な感受性等を仮定できる階層ベイズを適用したところ、90 パーセンタイル値を利用することで、特に高い LRV の予測値が観測値に近づくという示唆が得られました(図2)。また、予測値と観測値の残渣の確率分布を用いて、各モデルの予測性能の傾向を把握し、予測値の補正を行う方法も併せて提案しました。

<今後の展開>

本研究で開発された水中ウイルス不活化予測モデルの構築手法は、未処理下水中から遺伝子が検出されている新型コロナウイルスに対しても、消毒による減衰データを揃えることができれば適用可能なものです。下水道分野における SSP の導入は、下水処理水質管理のグローバルスタンダードとなっているマルチバリアシステムとの相性が良く、水ビジネスの視点からも好ましいものですので、今後の普及が望まれます。

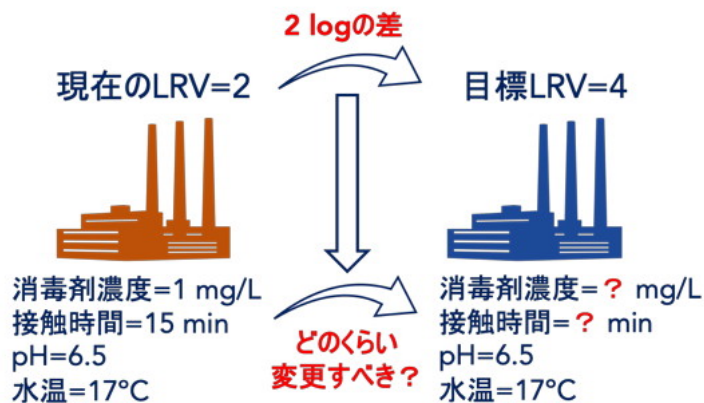


図1. 研究の概要。



図2. 研究アプローチ。

<用語説明>

注1) クロラミン

水の消毒等に用いられるもので、次亜塩素酸がアンモニアと反応して生成する。下水処理水を塩素消毒する際に最も重要な有効成分となる。

【論文情報】

English Title: Regularized Regression Analysis for the Prediction of Virus Inactivation Efficiency by Chloramine Disinfection

Authors: Syun-suke Kadoya, Osamu Nishimura, Hiroyuki Kato, Daisuke Sano

Environmental Science: Water Research & Technology

日本語タイトル: 正則化回帰を用いたクロラミン消毒によるウイルス不活化効率予測モデルの開発

著者: 門屋俊祐、西村修、加藤裕之、佐野大輔

DOI: 10.1039/d0ew00539h