

## ろ過水濁度 0.1 度以下を維持した場合と紫外線処理を追加した場合における クリプトスボリジウム除去・不活化効果

国立保健医療科学院 生活環境研究部 水管理研究領域

### 1. はじめに

Huck ら (2001) は、ろ過池の設計と運転パラメータの設定が病原微生物の除去性に与える影響を評価することを目的として、パイロットスケールの浄水処理プラントにおいて運転条件を変化させてクリプトスボリジウム (*C. Parvum*) 及び枯草菌 (*B. subtilis*) 芽胞の除去性を調査した<sup>1)</sup>。その中で、2つのパイロットプラント (Metropolitan Water District of Southern California (MWD) と Ottawa パイロットプラント) の最適な運転条件とそうでない運転条件におけるろ過水濁度とクリプトスボリジウム除去効果を報告した。本検討資料では、ろ過に紫外線処理を追加することによる除去・不活化効果を推定し、ろ過水濁度を 0.1 度以下に維持した場合のクリプトスボリジウム除去効果と比較した。

### 2. パイロットプラント及び実験条件の概要

MWD パイロットプラントは Colorado 川の水を原水としており (水温 11~26°C, TOC 2.5~3 mg/L, 濁度 0.2~3.5 NTU, 表 1), 粒子の除去を目的に最適化された凝集剤注入率が比較的低く設定されたプラントである (5 mg/L アルミニウム, 1.5 mg/L カチオン性ポリマー)。一方で、Ottawa パイロットプラントは Ottawa 川の水を処理しており (水温 1~27°C, TOC 5~7 mg/L, 濁度 1~30 NTU, 表 1), 粒子に加えて TOC の除去を目的として凝集剤注入率が比較的高く設定されたプラントである (およそ 40 mg/L アルミニウム, 2 mg/L 活性シリカ)。MWD 及び Ottawa パイロットプラントは、前塩素処理を行う急速ろ過システムを採用し、計画処理能力はそれぞれ 65 及び 87 m<sup>3</sup>/日だった (表 2)。また、ろ過池は、アンスラサイドと砂の二層ろ過だった。

2 つのパイロットプラントでは、不活化した *C. parvum* オーシストを  $10^8$  個添加し、安定したろ過運転 (stable operation) の他に、最適でない凝集状態 (suboptimal coagulation), 安定状態へ移行するろ過層成熟過程 (ripening), 高負荷状態 (hydraulic step), 及び漏出 (breakthrough) の大きく分けて 5 つの条件 (表 3) におけるクリプトスボリジウムの除去性を評価した。本検討資料では、安定したろ過運転の観測データを最適な運転条件による結果と見なし、それ以外の 4 条件のデータを最適でない運転条件として整理した。

### 3. ろ過水濁度とクリプトスボリジウム除去効果の関係

MWD パイロットプラントの最適な運転条件では、ろ過水濁度は 0.05~0.06 NTU, クリプトスボリジウムの対数減少値は 2.1~4.1 が観測された (表 4)。この除去効果は、Huck ら (2001) が整理した既往の実規模浄水場における対数減少値 (1.9~>4.0) と同程度だった (表 5)。また、日本国内の浄水場においては、原水とろ過水中のクリプトスボリジウム濃度測定データに基づき、2~3 の対数減少値が報告されている<sup>3)</sup>。一方で、最適でない運転条件では、ろ過水濁度は 0.05~0.88 NTU であり、クリプトスボリジウム

ムの対数減少値は 0.1~3.4 だった (表 4)。その中で、ろ過層成熟過程、高負荷状態、及び漏出の条件では、ろ過水濁度が 0.05~0.09 NTU、クリプトスピリジウムの対数減少値が 1.3~3.4 だった。

Ottawa パイロットプラントの最適な運転条件では、ろ過水濁度は 0.02~0.04 NTU、クリプトスピリジウムの対数減少値は 4.9~5.8 が観測された (表 6)。この値は、既往の報告よりも 1~2 高かった。一方で、最適でない運転条件では、ろ過水濁度は 0.05~0.98 NTU であり、クリプトスピリジウムの対数減少値は 1.4~5.3 だった。MWD パイロットプラント同様に、最適でない運転条件であっても、ろ過水濁度が 0.05~0.07 NTU、クリプトスピリジウムの対数減少値が 3.0~5.0 と除去が良好な場合も観測された。また、ろ過水濁度が 0.16~0.17 NTU の場合でも、5.0~5.3 のクリプトスピリジウム対数減少値が達成されている場合も見られた。

LeChevallier and Au (2004)は、低圧・中圧水銀ランプ及びパルスランプを用いた紫外線照射によるクリプトスピリジウム不活化効果を整理し、10 mJ/cm<sup>2</sup> 以下の照射線量でクリプトスピリジウムを 3 log 不活化できると報告した<sup>2)</sup>。金子 (2006) は、低圧紫外線による照射線量とクリプトスピリジウム (*C. Parvum*) の不活化効果の関係を整理し、10 mJ/cm<sup>2</sup> の照射線量におけるクリプトスピリジウムの対数減少値を >3.7 と報告した<sup>3)</sup>。Medema ら (2009) は、クリプトスピリジウムを 3 log 不活化するのに必要な紫外線照射線量を 9 mJ/cm<sup>2</sup> と報告した<sup>4)</sup>。本検討資料では、紫外線照射によるクリプトスピリジウム不活化効果を安全側に考慮することとし、10 mJ/cm<sup>2</sup> の照射線量におけるクリプトスピリジウムの対数減少値を >3 として取り扱い、2 つのパイロットプラントのろ過水濁度 0.1 度 (0.125 NTU、関係式の一例である「カオリン濁度 = 0.64 × ホルマジン濁度 + 0.02」<sup>5)</sup> を用いて参考値として換算) 以上における除去効果に加算した。その結果、MWD パイロットプラントでは、紫外線処理を追加することにより、>3.1~>4.7 log の除去・不活化効果が見込まれ、最適な運転条件によりろ過水濁度 0.1 度を維持する場合 (2.1~4.1) と同程度かそれ以上の対数減少値となった (図 1)。一方で、Ottawa パイロットプラントにおいては、紫外線処理を追加することによる除去・不活化効果は >4.4~>6.3 log (安全側に考慮し、ろ過水濁度が 0.16~0.17 NTU の場合でも 5.0~5.3 の対数減少値が達成されている場合は除いた) となり、最適な運転条件によりろ過水濁度 0.1 度を維持する場合 (4.9~5.8) と同程度であるものの、対数減少値が小さくなる場合も生じることが考えられた (図 2)。

表1. パイロットプラントの公称原水水質 (Table 3.5)<sup>1)</sup>

表

表2. パイロットプラントのプロセス構成 (Table 3.4)<sup>1)</sup>

表

表3. パイロットプラントにおける運転条件 (Table 3.1)<sup>1)</sup>

表

表4. MWDパイロットプラントにおけるろ過水濁度とクリプトスボリジウム除去効果 (Table B.12)<sup>1)</sup>

表

表5. ろ過によるクリプトスピリジウム除去効果（既往の報告のレビュー, Table 2.3）<sup>1)</sup>

表

表

表6. Ottawaパイロットプラントにおけるろ過水濁度とクリプトスボリジウム除去効果 (Table B.5)<sup>1)</sup>

表

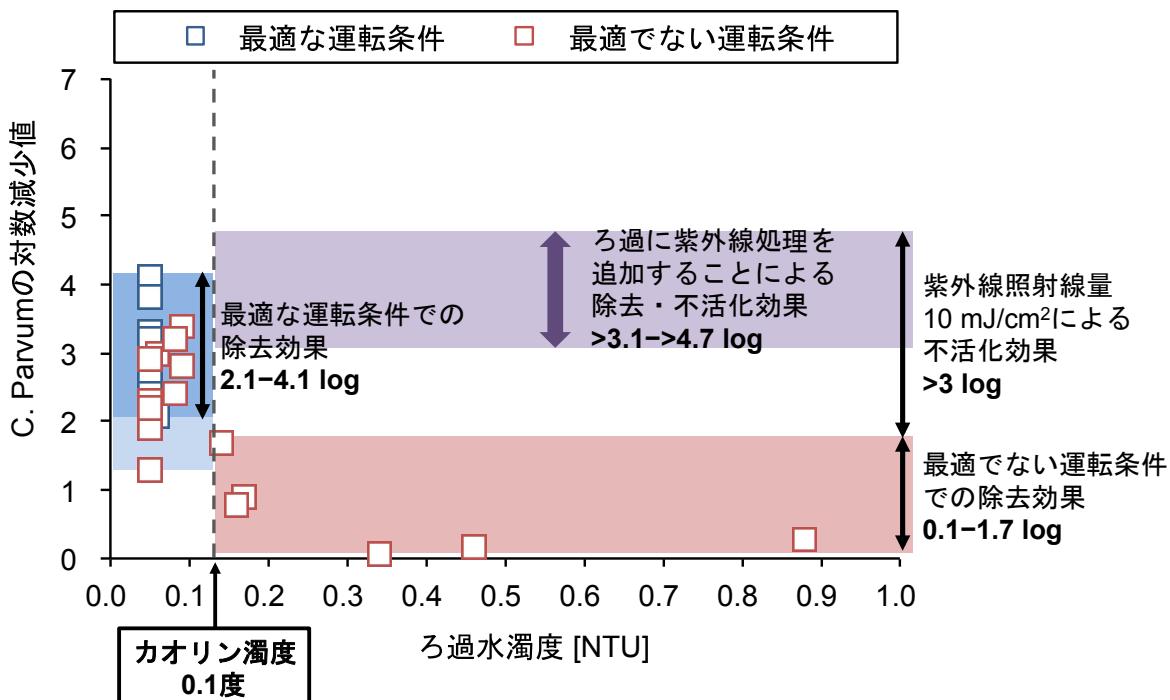


図1. MWDパイロットプラントにおけるろ過水濁度とクリプトスボリジウム除去効果の関係  
及び紫外線処理を追加することによる除去・不活化効果

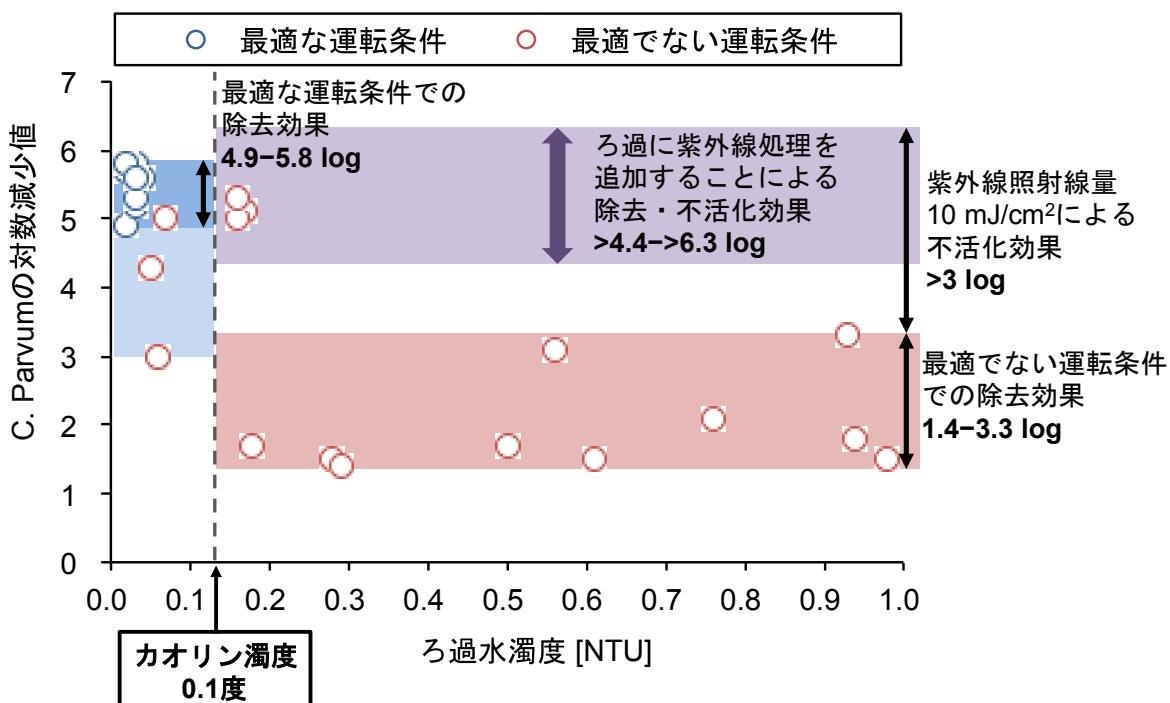


図2. Ottawaパイロットプラントにおけるろ過水濁度とクリプトスボリジウム除去効果の関係  
及び紫外線処理を追加することによる除去・不活化効果

## 参考文献

- 1) Huck PM et al. Filter operation effects on pathogen passage. AWWARF, 2001.
- 2) LeChevallier M and Au KK. Water Treatment and Pathogen Control Process: Efficiency in Achieving Safe Drinking Water. WHO, IWA publishing, London, UK, 2004.
- 3) 金子光美 編著, 水道の病原微生物対策, 丸善株式会社, 2006.
- 4) Medema GJ, Teunis P, Blokker M, Deere D, Davison A, Charles P, Loret JF. Risk assessment of Cryptosporidium in drinking water. World Health Organization, Geneva, Switzerland, 2009.
- 5) 日本水道協会. クリプトスporidium – 解説と試験方法 –, p.22, 2003.