

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 22 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25249074

研究課題名(和文) クリプトスポリジウム制御可能な浄水処理におけるノロウイルスの挙動解明

研究課題名(英文) Fate of noroviruses through water purification process under cryptosporidium countermeasure

研究代表者

片山 浩之 (Katayama, Hiroyuki)

東京大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：00302779

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,200,000円

研究成果の概要(和文)：バンコクの浄水場で原水，凝集・沈殿工程後の処理水，急速砂ろ過工程後の処理水についてそれぞれ11試料，11試料，10試料を採取した。また、広島県の2箇所の浄水場において合計32試料を採取した。バンコクの試料では、測定対象としたウイルスの中でPMMoVの陽性率が最も高く、原水試料，凝集・沈殿後試料，急速砂ろ過後試料から広く検出された。広島県の試料では、検出阻害軽減化処が必要であったが、PMMoV陽性率は高かった。凝集・沈殿および急速砂ろ過による処理が、緩速砂ろ過による処理に比べてウイルス除去能において優れていることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：Virus removal in real water treatment plants was studied from the indigenous viruses present in the water. In Bangkok, Thailand, 11 raw water samples, 11 water samples after coagulation/sedimentation, 10 water samples after rapid sand filtration were collected. In Hiroshima prefecture, at 2 water purification plants 32 samples in total were collected. The virus concentration was measured, among which PMMoVs were most frequently found. As a result, rapid sand filtration with coagulant showed higher removal capacity than slow sand filtration.

研究分野：環境工学

キーワード：浄水 ウイルス リスク管理 凝集沈殿

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

1. 研究開始当初の背景

我が国の水道においては、1996年の越生町（当時）におけるクリプトスポリジウム感染事故を受けて、クリプトスポリジウム等暫定対策指針が策定され、濁度管理を中心とした工程管理の強化を中心に対応してきている。リスク管理が強化されて一定の効果を挙げ、水道水質が大幅に向上した功績は評価できるものの、米国と大きく異なり、リスクの定量的評価という観点が見え落しているため、ウイルスの安全性については未解決のままである。

浄水処理工程におけるウイルスの除去能については、多くの研究が実験室スケールまたはパイロットスケールで行われてきた。一方で、技術上の困難から実浄水場スケールでこれを行った研究は少なく、また除去効率を定量的に評価できているケースはさらに少ない。

2. 研究の目的

ここでは、強化凝集、オゾン処理、塩素消毒などの浄水処理の単位プロセスにおけるノロウイルス除去・不活化特性に焦点を当て、ノロウイルスの挙動を解明するとともに、水の微生物学的安全性について、科学的に定量的評価を行うことを目的とする。

以上のことから、本研究では、実際の浄水場における単位処理工程のウイルス除去効率を実測することを目的とした。

3. 研究の方法

水試料の濃縮は、陰電荷膜を用いた酸洗浄・アルカリ誘出法による1次濃縮およびUF膜を用いた遠心ろ過法による2次濃縮を組み合わせて行った。核酸抽出、逆転写反応、およびTaqMan real-time PCRによるウイルス濃度の定量により定量し、濃縮した試料容量等のデータから試料中のウイルス濃度を算出した。

バンコクの浄水場で原水、凝集・沈殿工程後の処理水、急速砂ろ過工程後の処理水をそれぞれ0.5-1 L, 20 L, 120-450 L採取し、濃縮した。試料採取の頻度は週1回程度であり、原水、凝集・沈殿工程後の処理水、急速砂ろ過工程後の処理水についてそれぞれ11試料、11試料、10試料を採取した。広島県の2箇所の浄水場において合計32試料を採取した。

4. 研究成果

バンコクの試料では、測定対象としたウイルスの中でPMMoVの陽性率が最も高く、原水

試料、凝集・沈殿後試料、急速砂ろ過後試料からそれぞれ100%、82%、100%の陽性率で検出された。JC PyVの陽性率はPMMoVについて高く、各試料からそれぞれ100%、82%、100%の陽性率で検出された。広島県の試料では、検出阻害軽減化処理後のPMMoV陽性率は全試料について88% (28/32)、原水試料について100% (12/12)であった。

除去効率の算出には処理工程前試料および処理工程後試料の両者から濃度が定量された場合のデータのみを用いた。凝集・沈殿および急速砂ろ過による処理が、緩速砂ろ過による処理に比べてウイルス除去能において優れていることが示唆された。

凝集・沈殿工程におけるPMMoV除去効率は我が国の浄水場においてバンコクにおける調査結果と比べて大きく高い値を示した。一方で、急速砂ろ過工程においては、バンコクの浄水場における除去効率が我が国における調査結果よりも高い結果を示した。いずれの浄水場においてもジャーテストにより濁質の除去に対して最適化された凝集剤の添加を行っており、この差異は凝集剤の差異（我が国の調査地ではPAC、バンコクの調査地では硫酸アルミニウム）、濁度等の原水水質の差異もしくは運転管理方法の差異によるものであると考えられる。

運転管理による差異としては、クリプトスポリジウム対策としての濁度監視の有無を挙げることができる。我が国ではろ過処理工程後の濁度抑制のための安全側の措置として、前段階の処理工程である凝集・沈殿における徹底した濁質の除去が行われている可能性がある。一方で、バンコクの浄水場では、増加する水需要に対して既存の処理設備による送配水を行うために、表面負荷率を高くした運転を行っている。その場合、沈殿池における水理学的滞留時間が低下し、フロックの沈殿に対して十分でない可能性がある。この場合、フロック化されたウイルス粒子のうち、凝集・沈殿工程ではなく急速砂ろ過工程において除去されるものの割合が高くなるため、PMMoVの除去効率が凝集・沈殿工程において低く急速砂ろ過工程において高い理由が説明できる。いずれにせよ、両工程における全体の除去効率は我が国の浄水場において高い値を示し、クリプトスポリジウム対策管理下の運転管理がウイルスの除去に対しても有効である可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計 2 件)

- Asami, T., Katayama, H., Torrey, J.R.,
Visvanathan, C., Furumai, H., 2016.
Evaluation of virus removal efficiency
of coagulation-sedimentation and
rapid sand filtration processes in a
drinking water treatment plant in
Bangkok, Thailand. *Water Res.*
doi:10.1016/j.watres.2016.05.012
- Asami, T., Katayama, H., Torrey, J.R.,
Visvanathan, C., Furumai, H., 2016.
Evaluation of virus removal efficiency
of coagulation-sedimentation and
rapid sand filtration processes in a
drinking water treatment plant in
Bangkok, Thailand. *Water Res.* in
press.
doi:10.1016/j.watres.2016.05.012

〔学会発表〕(計 1 件)

- 端昭彦, 片山浩之, 古米弘明. 2013. 大容量水試料濃縮手法を利用した東京湾沿岸域におけるウイルス汚染の実態調査. 第 68 回土木学会全国大会. 千葉

Jatuwat SANGSANONT, Hiroyuki KATAYAMA, Futoshi KURISU, and Hiroaki FURUMAI, Ethidium monoazide treatment coupled with PCR for assessing the viral infectivity after disinfection, 17th International on Health-Related Water Microbiology Symposium, WaterMicro 2013, 15-19 Sept 2013, Florianópolis, Brazil

浅見達也, 片山浩之, 古米弘明, Chettiyappan VISVANATHAN, バンコクの浄水場における凝集・沈殿および砂る過によるウイルス除去能の実測, 第 48 回日本水環境学会年会, 仙台, 2014 年 3 月 17 日(月) ~ 19 日(水)

古屋崇志, 原本英司, 西田継, 坂本康. 2014. ナノセラム陽電荷膜を用いたウイルス・原虫同時濃縮法の開発. 第 48 回日本水環境学会年会. 2014 年 3 月 17 日 ~ 19 日, 仙台

Tatsuya ASAMI, Hiroyuki KATAYAMA, Chettiyappan VISVANATHAN and Hiroaki FURUMAI, Quantitative Evaluation of Removal Efficiency of Viruses in Rapid Sand Filtration in Actual Plant Scale, 4th International Conference on Food and Environmental Virology, 2 - 5 September 2014 Corfu town, Greece

Tatsuya ASAMI, Hiroyuki KATAYAMA ,

Chettiyappan VISVANATHAN and Hiroaki FURUMAI

Evaluation of virus removal efficiency in rapid sand filtration for risk assessment at a water treatment plant in Bangkok, The 11th International Symposium on Southeast Asian Water Environment (SEAWE11) AIT, Bangkok November 26 28, 2014

浅見達也, 片山浩之, 古米弘明, 橋本温, 原本英司, トウガラシ微斑ウイルスの定量による浄水処理工程中のウイルス除去効率の評価, 第 49 回日本水環境学会年会, 金沢, 2015 年 3 月 16 日 ~ 18 日

Ryuichi Kato, Hiroyuki Katayama, Hiroaki Furumai, Removal Efficiency of Viruses by Re-addition of Coagulant in Bench-Scale Rapid Sand Filtration System, 18th International Symposium on Health-Related Water Microbiology (WaterMicro2015), 13-19 Sept 2015, Lisbon

Asami, T., Torrey, J. R., Katayama, H., Hashimoto, A., Haramoto, E., Furumai, H. Evaluation of removal efficiency of pepper mild mottle virus during full scale drinking water treatment processes, 18th International Symposium on Health-Related Water Microbiology (WaterMicro2015), 13-19 Sept 2015, Lisbon

Torrey, J. R., Asami, T., Hashimoto, A., Katayama, H., Furumai, H., Comparison of Enteric Virus and Indicator Virus Removal efficiency in a Full Scale Drinking Water Treatment Plant, 第 63 回日本ウイルス学会 学術集会, 2015 年 11 月 22 ~ 24 日, 福岡

Torrey, J. R., Asami, T., Hashimoto, A., Katayama, H., Furumai, H., Monitoring Indigenous Pepper Mild Mottle Virus to Estimate Viral Removal in Drinking Water Treatment, 日本水環境学会 水中の健康関連微生物シンポジウム 2015 年 12 月 15 日, 東京

Torrey, Jason; Asami, Tatsuya; Katayama, Hiroyuki; Furumai, Hiroaki and Hashimoto, Atsush, Evaluating Virus Removal Efficiency in Drinking Water Treatment Plants with Indigenous Pepper Mild Mottle Virus, 第 50 回日本水環境学会 年会, 徳島, 2016 年 3 月 16-18 日

〔図書〕(計 1 件)

片山浩之 (2015) 第4章 ウイルス 2 各論 1 食品、環境材料等の前処理法(2) 環境材料の前処理法、食品衛生検査指針 微生物編、公益社団法人日本食品衛生協会、617-622 .

〔その他〕
巻頭言

片山浩之、2013 クリプトスポリジウム以降の歩み、水環境学会誌 36 巻(5)、p145 .

6 . 研究組織

(1)研究代表者

片山 浩之 (Katayama Hiroyuki)
東京大学・大学院工学系研究科・准教授

研究者番号： 00302779

(2)研究分担者

原本 英司 (Haramoto Eiji)
山梨大学・大学院総合研究部附属
国際流域環境研究センター・ 准教授

研究者番号：00401141

水野 忠雄 (Mizuno Tadao)
京都大学・大学院工学研究科・ 講師

研究者番号：00422981

橋本温 (Hashimoto Atsushi)
県立広島大学・生命環境学部・准教授
研究者番号：30332068

(3)連携研究者

宇田川 悦子 (Utagawa Etsuko)
国立感染症研究所・バイオセーフティ管理
室・研究員

研究者番号：70175222

秋葉 道宏 (Akiba Michihiro)
国立保健医療科学院・生活環境研究部・統括
研究官

研究者番号：00159336

春日 郁朗 (Kasuga Ikuro)
東京大学・大学院工学系研究科・講師

研究者番号： 20431794