

|          |  |
|----------|--|
| 氏名（本籍）   | HUDORI（インドネシア共和国）  |
| 学位の種類    | 博士（工学）   |
| 学位授与番号   | 甲第615号   |
| 学位授与日付   | 令和4年3月25日  |
| 専攻       | 生産開発システム工学専攻   |
| 学位論文題目   | Dissolved organic matter from sludge of drinking water treatment process:<br>its behavior and controlling<br>（浄水処理プロセスの発生汚泥に由来する溶存有機物：その挙動と制御） |
| 学位論文審査委員 | （主査） 教授 玉川 一郎<br>（副査） 教授 リム リーワ 教授 李 富生<br>外部審査委員 山田 俊郎  |

### 論文内容の要旨

河川や湖沼を水源とする急速砂ろ過浄水処理プロセスにおいて発生する汚泥は沈澱池からの排出汚泥と逆洗排出を通して砂ろ過池から排出される汚泥からなる。両者とも、主に凝集処理によって形成されるフロックであり、主な固形物質は原水中に存在しフロックに拘束される粘土粒子、微生物、分子量が比較的大きく疎水性の比較的強いフミン酸などの有機物からなるものである。汚泥の排泥池や重力濃縮槽での滞留時間やエアレーションの有無などの条件により、上澄水に存在する溶存有機物（フロックから溶出するもの、フロックに拘束された微生物の自己分解や増殖に伴って生成されるもの）が異なり、上澄水を返送して浄水処理を行う浄水処理施設にとって、その挙動を把握し制御手法を講じることは安全で質の高い水道水を確保していく上で大変重要である。

本論文における研究は、浄水処理プロセスの発生汚泥に由来する溶存有機物の浄水処理プロセス内での挙動を明らかにし、それに対応した制御手法を提案することを目的として、浄水処理プロセスの発生汚泥の上澄水を返送している浄水処理施設と返送していない浄水処理施設に対する採水調査、水質分析、データ解析に基づいた有機物の濃度と組成の変化、粉末活性炭吸着実験による有機物の除去効果をそれぞれ検討したものである。本研究の主な成果は以下の通りである。

浄水処理プロセスの発生汚泥の上澄水に含まれる溶存有機物の性状について、凝集・沈殿・砂ろ過・塩素消毒からなる実稼働中の浄水処理施設に対し、綿密な採水調査、室内水質分析および水質データ解析を行い、濃縮汚泥の上澄水に含まれる有機物は主に分子量が小さいタンパク様物質であること；上澄水の返送によるフミン質様物質の濃度増加は微小であること；冬季に比べて夏季の方が水中の紫外線吸収特性と蛍光特性を示す両有機物群の濃度が高い傾向を示しているものの、処理水中での濃度差は小さいことが明らかになった。

次に、浄水処理プロセスの発生汚泥の上澄水の返送が浄水処理プロセスによる有機物の除去性能に与える影響について、上澄水を返送している浄水処理施設と返送していない浄水処理施設に対し、三次元蛍光分析と自己組織化マップ（Self-Organizing Map）解析を組合せた評価手法を提案し、それに基づいた比較検討より、両処理施設による処理水中の有機物の組成が異なること；上澄水の返送がタンパク様物質濃度の増加に寄与し、それによる有機物組成の変化が処理水の水質に影響を与えていること；凝集を中核とした浄水処理プロセスは分子量が大きく疎水性の強い有機物群の除去には有効であるが、分子量が小さく親水性の強い

有機物群には除去効果が殆ど無いことが明らかになった。

最後に、浄水処理プロセスの発生汚泥の上澄水に含まれる溶存有機物の粉末活性炭吸着による除去効果について、室内凝集・沈殿実験、汚泥からの有機物の溶出実験、粉末活性炭による吸着実験を順次行い、三次元蛍光スペクトル分析を組合せた処理前後の水質評価より、汚泥からの溶出有機物は活性炭吸着により除去されるものの、その除去性は分子量が大きく疎水性が強いフミン様物質の方が高く、タンパク様物質の方で低いこと；溶出有機物のうち、特にフミン様物質群の活性炭による吸着除去性はpH6付近で最も高いことが明らかになった。

#### 論文審査結果の要旨

本論文は、浄水処理プロセスの発生汚泥に由来する溶存有機物の挙動と制御について、実稼働中の複数の浄水処理施設に対する綿密な採水調査、水質分析、三次元蛍光分析と自己組織化マップ (Self-Organizing Map) 解析を組合せた評価手法により詳細に検討し、水道水質管理と浄水処理に有用な知見を多数見出しており、学術と応用の両面において水質工学及び水処理工学への寄与が大きいと評価されることから、博士 (工学) の学位論文に適合しているものと判定した。

#### 最終試験結果の要旨

学位審査委員会は、提出論文の基礎となる発表論文 (査読付論文 2 編) の内容を確認し、2 月 8 日 (火) に開催された学位論文公聴会における論文提出者との質疑応答、その後の口頭試問などに基づき慎重に審査した結果、最終試験に合格と判定した。

---

#### 発表論文

1. Hudori, Toshiro Yamada, Yukitaka Suzuki, Maulana Yusup Rosadi, Hiroto Tamaoki, and Fusheng Li, Characterization of Dissolved Organic Matter at a Water Treatment Plant with Closed Systems in Different Seasons, *Water Supply*, 20 (5), 2013-2020, 2020.
2. Hudori, Maulana Yusup Rosadi, Toshiro Yamada, and Fusheng Li, Effect of the recycling process on drinking water treatment: evaluation based on fluorescence EEM analysis using the peak-picking technique and self-organizing map, *Water*, 13 (23), 3456, 2021.

#### 参考論文

1. Rosadi, Maulana Yusup, Toshiro Yamada, Hudori, Hiroto Tamaoki, and Fusheng Li, Characterization of Dissolved Organic Matter Extracted from Water Treatment Sludge, *Water Supply*, 20 (6), 2194-2205, 2020.
2. Wu Yanxia, Haixia Du, Fusheng Li, Haoning Su, Sartaj Ahmad Bhat, Hudori, Maulana Yusup Rosadi, Faisal Arsyad, Yanqiu Lu, and Huifang Wu, Effect of Adding Drinking Water Treatment Sludge on Excess Activated Sludge Digestion Process, *Sustainability*, 12 (17), 6953, 2020.
3. Maulana Yusup Rosadi, Sutra Maysaroh, Hudori, Kanika Sarkar, Toshiro Yamada, and Fusheng Li, The storage temperature and oxygen concentration greatly affect organic matter released from drinking water treatment sludge: Evaluation based on the consumption rate for chlorine, *Journal of Water Process Engineering*, 43, 102312, 2021.