

令和 2 年 7 月 14 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06616

研究課題名(和文) 水道における高塩素消費溶存有機物の存在実態解明と残留塩素管理策の検討

研究課題名(英文) Chlorine-consuming dissolved organic matter in a water supply system and its management for residual chlorine control

研究代表者

山田 俊郎 (Yamada, Toshiro)

岐阜大学・工学部・准教授

研究者番号：30335103

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：水資源の有効利用の観点で利用されている排水を原水に返送するクロードシステムの浄水場において、返送水の1つとなる脱水ろ液中に原水に含まれない有機物が確認され、これは塩素消費性が高くかつ粉末活性炭吸着では除去されにくい成分であることがわかった。特に水温や汚泥温度が高くなる夏季において嫌気条件下で汚泥が貯留槽に滞留した場合、間隙水中の溶存有機物濃度が高くなるだけでなく、高塩素消費性有機物が発生するため、汚泥貯留期間を短くする、汚泥を好気条件に保つなどの発生源対策が水質管理上必要であることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

浄水場内で発生した排水等を着水井に返送し、水を有効活用するクロードシステムを採用している浄水場における、水中の溶存有機物の特徴を把握し、返送水に原水にはない有機物が含まれていることを示した。またこの有機物が塩素消費性が高く粉末活性炭吸着しにくい成分であること、発生する汚泥を嫌気雰囲気と比較的高い温度で貯留した場合に発生することなどを明らかにし、クロードシステムを採用している浄水場において汚泥貯留における監視や管理が重要であることを指摘した。

研究成果の概要(英文)：In this study, highly chlorine-consuming dissolved organic matters (DOM), which is not be found in raw water and difficult to be removed from water with a powdered activated carbon application, were found in the sludge filtrate in the return water to source water in a purification plant with a closed system. Especially in summer when the sludge was kept in a concentration tank at high temperature under anoxic condition, the sludge filtrate could have high DOM concentration including the highly chlorine-consuming DOM, which indicates that sludge management such as sludge storage under the aerobic condition in a shorter period is required for residual chlorine control in purified water in sending pipes.

研究分野：水環境工学

キーワード：水道 溶存有機物 残留塩素 浄水スラッジ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

わが国の水道では送配水系内での残留塩素管理は水道水の微生物学的安全性を確保する点で重要なものであるが、近年のおいしい水への要求の高まりや消毒副生成物の発生を抑制する観点から、給水栓での残留塩素濃度を一定量維持しつつ塩素注入量をできるだけ低減する等の高度かつ柔軟な対応が求められている。さらに気候変動等の影響によって将来原水水質の変化が想定され、原水水質に応じた残留塩素管理の必要性は今後ますます高まると考えられる。浄水場等で注入した塩素を消費する物質としてはアンモニア、金属類、溶存有機物が主に挙げられるが、特に水中の溶存有機物と塩素との反応は、消毒副生成物や異臭味物質の生成とその制御の観点で数多くの研究が行われてきた。その中で、一部アミノ酸やペプチド等の低分子タンパク質等の高い塩素反応性があるなど、溶存有機物の内容によって塩素消費特性が大きく異なることが示唆された。また送配水系での残留塩素濃度低下は有機物総量との関係で検討されているが、送配水系での残留塩素管理には、送配水系で残存するどのような有機物が塩素消費にどの程度影響するかを明らかにする必要がある。

一方、残塩消費物質の主な起源である環境水中での溶存有機物の種類とその存在実態に関しては既に国内外の様々な分野で研究されているが、塩素と反応して生じる消毒副生成物前駆物質としてはフミン質より低分子の親水性画分の有機物が関与している等、水源での塩素消費特性の異なる有機物の存在が示唆されている。水道原水中の溶存有機物を分画して消毒副生成物生成ポテンシャルとして塩素との反応性が検討されたが、送配水系における残留塩素管理を念頭に、水源から送配水系まで水道システム全体の有機物の存在実態や、それらの塩素消費特性との関係、さらに水源における発生場所や発生メカニズムについて検討した研究事例は見られない。同時に、それらがどのような処理プロセスにおいてどの程度除去できるか明らかにすることも、水道水質管理上求められる。

2. 研究の目的

本研究は、総配水系での残留塩素管理を念頭に、水源から送配水系までの有機物の分布や季節的な変化など、その存在の実態を把握するとともに、塩素消費性の高い有機物画分の発生源として考えられた汚泥貯留槽における汚泥間隙水の実態を把握する。また汚泥を貯留している間の間隙水の質的变化を把握するため実験室で培養を行い、汚泥間隙水中の溶存有機物の変化を量および質の両面から把握し、さらに貯留によって間隙水中に発生した有機物に対して粉末活性炭処理プロセスでの除去性を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

1) 水源から供給点までの水道システムにおける溶存有機物の実態把握のため、東海地方にある一般的な急速濾過方式で浄水処理が行われている浄水場を対象に調査を実施した。水源、浄水場内(着水井、沈殿池、浄水)、送水系で配水池等供給する4か所の送水点を対象に、同日中に水質調査を実施した。対象とした浄水場は浄水処理過程で発生する排水を返送水として着水井に返送するクローズドシステムを採用しており、この返送水も対象とした。また季節による特徴を把握するため、調査は月1回程度の間隔で実施した。

2) 塩素消費性の高い有機物の1つの発生源と想定された汚泥貯留槽および脱水ろ液の実態把握のため、浄水場内で管理されている汚泥濃縮槽内の汚泥質や間隙水質の調査を実施した。

3) 浄水処理で発生した汚泥の貯留状況による汚泥間隙水質の変化を把握するため、汚泥貯留槽にある汚泥を採取し、実験室内で酸素条件(好気、嫌気)および温度条件(低温5度、標準20度、高温40度)の下で汚泥を3週間程度培養し、有機物濃度や塩素消費量等の汚泥間隙水質の変化を把握する室内実験を行った。

4) 高塩素消費有機物に対する浄水処理性を把握するため、培養条件を有機物濃度が高い汚泥間隙水に対して粉末活性炭吸着による除去性の評価する室内実験を実施した。

4. 研究成果

1) 調査対象とした浄水場の原水および浄水中の有機物はフミン様物質が主であった。これらは比較的活性炭吸着による除去がされやすい画分であり、通常の凝集沈殿処理で水中の有機物は6割程度除去されていることが分かった。研究期間中、残留塩素が大幅に低下する期間がなかったこともあり、送水過程において溶存有機物としては有意な低下は確認されなかった。一時的な変化であるが、夏季の降雨による影響で浄水中の有機物濃度の上昇が確認されたことから、降雨により水源(流域)から洗い出される有機物成分について着目する必要があることが示唆された。また、冬季と比べ夏季において原水中の有機物濃度は数割程度高いが、浄水処理以降は季節による有意な差はないことが分かった(図1)。

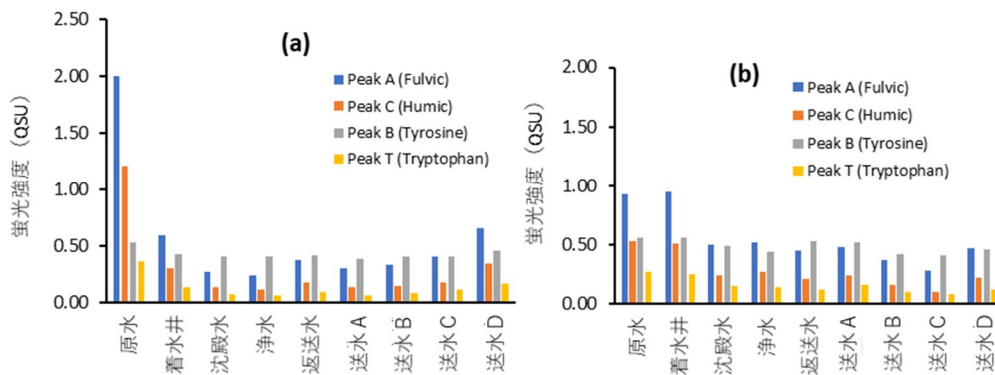


図1 水源から送水供給点までの蛍光性有機物の各成分の変化 (a:夏季平均, b:冬季平均)

2) 浄水処理で発生した汚泥の間隙水中には、原水では検出されなかったタンパク質様物質が含まれていることが分かった。この間隙水に対する実験により、他の有機物と比べて残留塩素と高い反応性があることが示唆され、またこの成分は粉末活性炭による吸着除去がされにくい成分であることも確認された。濃縮槽等での貯留過程でスラッジ間隙水中に溶存有有機物が生じていること、その溶存有有機物濃度は水温が高い時期に高く、スラッジに粉末活性炭が含まれる場合は低いこと等の特徴が分かった。スラッジの保管状況が間隙水中の溶存有有機物の特徴が影響することが示唆された。

3) 実験室にて温度および酸素条件を変えたスラッジの貯留(培養)試験を実施した結果、好気条件下では3週間の培養においてもスラッジ間隙水中の有機物濃度の明確な変化はなかったが、嫌気条件下で特に高い温度(40℃)で培養した時は数日で濃度が大幅に上昇し、さらに好気条件でほとんど見られなかったタンパク様物質が高い濃度で含まれ、塩素消費速度も高いことがわかった。気温の高い時期にスラッジが長期間貯留されると間隙水中の特に塩素と反応性が高い成分を含む有機物が生じること考えられた。異なる時期に採取した性状の異なる浄水汚泥について同様の実験を行った結果、同様の結果が得られ、汚泥の管理条件が生成される有機物の特徴に影響することがわかった。

4) 高温・嫌気条件で培養した汚泥の間隙水に対して粉末活性炭添加試験を行ったところ、嫌気条件下で発生するタンパク様物質は他の有機物画分と比べて粉末活性炭による吸着除去されにくいことが明らかになった(図2)。クローズドシステムを採用している浄水場において、汚泥間隙水中の塩素消費性の高い有機物を浄水に残存させないためには、発生源対策、すなわち好気条件下での汚泥管理が求められるといえる。

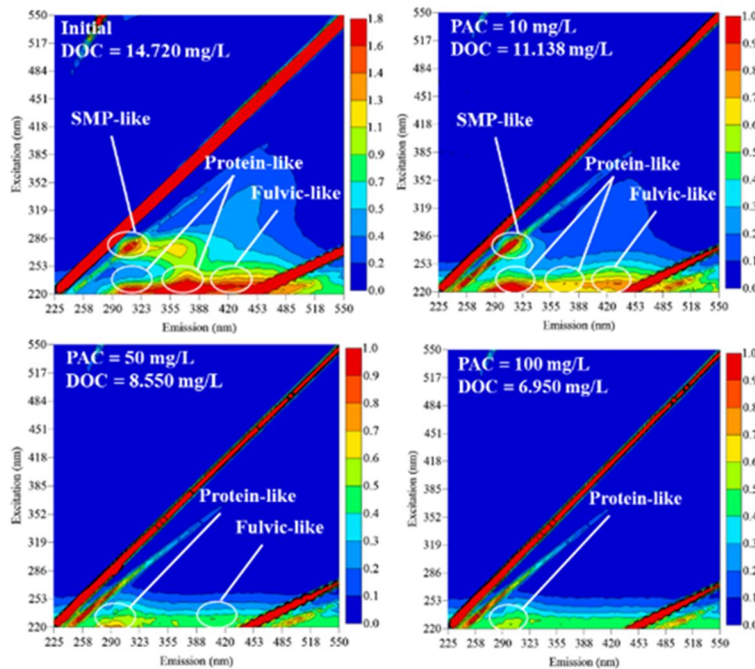


図2 粉末活性炭添加量による蛍光性有機物の各分画の違い

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Yamada Toshiro, Rosadi Maulana Yusup, Hudori, Suzuki Yukitaka, Ito Eri, Li Fusheng	4. 巻 280
2. 論文標題 Characteristics of dissolved organic matter in a water purification plant and distribution pipes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 MATEC Web of Conferences	6. 最初と最後の頁 03007 ~ 03007
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1051/mateconf/201928003007	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Hudori Hudori, Yamada Toshiro, Suzuki Yukitaka, Rosadi Maulana Yusup, Tamaoki Hiroto, Li Fusheng	4. 巻 -
2. 論文標題 Characterization of dissolved organic matter at a water treatment plant with closed systems in different seasons	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Water Supply	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2166/ws.2020.117	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Rosadi Maulana Yusup, Yamada Toshiro, Hudori Hudori, Tamaoki Hiroto, Li Fusheng	4. 巻 -
2. 論文標題 Characterization of dissolved organic matter extracted from water treatment sludge	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Water Supply	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2166/ws.2020.120	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件／うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Toshiro Yamada, Maulana Yusup Rosadi, Hudori, Yukitaka Suzuki, Eri Ito, Fusheng Li
2. 発表標題 Characteristics of dissolved organic matter in a water purification plant and distribution pipes
3. 学会等名 5th International Conference on Sustainable Built Environment (ICSBE2018)（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木千貴, 山田俊郎, 加藤真允, 李富生
2. 発表標題 浄水汚泥間隙水の水質とその汚泥管理状態による影響
3. 学会等名 第54回環境工学研究フォーラム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木千貴, 山田俊郎, 加藤真允, 寒川大輔, 李富生
2. 発表標題 水源及び浄水場・送水管内における水中の溶存有機物の特徴
3. 学会等名 第52回日本水環境学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Maulana Yusup Rosadi, Yukitaka SUZUKI, Toshiro YAMADA, Eri INUKAI, Fusheng LI
2. 発表標題 Characterization of organic matter in filtrate water
3. 学会等名 平成29年度土木学会中部支部研究発表会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	李 富生 (Li Fusheng) (10332686)	岐阜大学・流域圏科学研究センター・教授 (13701)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	フドリ フドリ (Hudori Hudori)		
研究協力者	マウラナユスプ ロサディ (Maulana Yusup Rosadi)		