

気候変動により生じる生物障害等リスク  
に対する対応策の検討

研究分担者 柳橋 泰生



厚生労働科学研究費補助金 (健康安全・危機管理対策総合研究事業)  
気候変動に伴う水道システムの生物障害等リスク評価とその適応性の強化に向けた研究  
分担研究報告書

研究課題：気候変動により生じる生物障害等リスクに対する対応策の検討

研究分担者 柳橋 泰生 福岡大学 工学部 教授

研究要旨

地球温暖化の影響と考えられる水道原水の水質悪化事案として、集中豪雨の頻度・規模の増加による濁度の上昇の問題がある。また、植物プランクトンや放線菌の増殖によるカビ臭物質濃度の増加が懸念される。水道事業体の現場で実施している気候変動適応策についてヒアリング調査、データ解析により検証を行った。前年度までの研究により、豪雨時に原水濁度の監視とともに、水源河川の水位を注視することが有効であることが示された。今回、原水濁度の上昇に直接の関係があると推測される本川上流ダムの放流量と下流の取水場における原水濁度の関係を解析したところ、非常に高い相関が得られ、豪雨時にダム放流量 (m<sup>3</sup>/s) の数値の 10 分の 1 が取水場の数時間後の原水濁度の数値になるという仮説を立てることができた。また、原水濁度、カビ臭物質濃度の上昇への対処法として浄水施設における高塩基度 PAC、高機能粉末活性炭注入についてデータ解析を行ったところ、両者とも有効と考えられた。

A. 研究目的

地球温暖化の影響と考えられる水道原水水質悪化の例として、集中豪雨の頻度・規模の増加による濁度の上昇の問題がある。また、植物プランクトンや放線菌の増殖によるカビ臭物質濃度の増加の懸念がある。

前年度までに、水道の原水濁度と水源の水位に比較的高い相関があり、豪雨時に水道において原水濁度の監視とともに、水源河川の水位を注視することが有効であることが示された。また、河床の変化等による影響を受けにくいと考えられる河川流量を解析したところ、長期的に増加傾向にあることが判明した。今回、原水濁度の上昇に直接の関係があると推測される本川上流ダムの放流量と下流の取水場における原水濁度の関係を解析した。さらに、原水濁度の上昇に対処する方法として、浄水施設における高塩基度 PAC の有効性について検証した。

カビ臭物質の発生原因としては、ダム貯水池等の水温上昇、栄養塩濃度の増加等が考えられる。平成 15 年の水道水の水質基準の改正により、水道水のカビ臭原因物質であるジェオスミン、2-MIB が項目として追加され、それ以降、水道事業体において水道水や水道原水におけるカビ臭原因物質の測定データが蓄積されてきている。前年度までに、水道の原水におけるジェオスミン、2-MIB について一定濃度以上が検出された週数の経年変化を整理したところ、2-MIB の検出頻度が増加していることがわかった。河川水位、河床高の変化の影響をみた

ところ、河川水位が高いときは、ジェオスミン、2-MIB 濃度の上昇はみられなかった。今回、カビ臭物質濃度の上昇に対処する方法として、浄水施設における高性能粉末活性炭注入の有効性について検証した。

B. 研究方法

豪雨等による水道原水の濁度上昇が発生した水道事業体の担当者から状況を聴取したところ、取水場における濁度の連続監視、取水場のポンプ井水位の測定のほか、取水場の上流に位置する発電用ダム (Y ダム) の放流量を注視していた。また、濁質除去効果が高いとされる凝集剤 (高塩基度 PAC (ポリ塩化アルミニウム)) の使用していた。

Y ダムは、筑後川河口から上流約 64.5km の O 県 H 市に位置し、電力会社が管理する発電用ダムである<sup>2)</sup>。水道事業体の取水場と Y ダムの間の距離は約 36.5 km である。筑後川本川にある Y ダムの放流量が増加するとダム下流部の水の濁度が高くなり、一定時間後、取水場の原水濁度に影響が及ぶことが考えられる。水道事業体より 2018 年から 2021 年の 4 回の豪雨時の Y ダム放流量のデータを入手し、原水濁度との関係を解析した。なお、2018 年のデータは、放流量の計測時刻が不正確であり解析対象から外した。また、水道事業体より 1996 年度から 2022 年度までの 27 年間の凝集剤 (PAC) 使用量のデータの提供を受け、使用量の経年変化を整理し効果を検証した。なお、2013 年度より高塩基度

PAC を使用している。

水道原水のカビ臭物質の濃度が増加傾向にある水道事業者の担当者に対応策を聴取したところ、カビ臭物質等を低減させるため、2018年度より除去性能の高い高機能粉末活性炭を導入していた。水道事業者より1996年度から2022年度までの粉末活性炭使用量のデータの提供を受け、27年間の粉末活性炭使用量の経年変化を整理し、効果を検証した。

#### C. 研究結果および D. 考察

2019年(8月26日～30日)の取水場の原水濁度について、3時間前のYダム放流量とともに経時変化を示したのが図1である。ダム放流量のピークと原水濁度のピークがほぼ一致するのがわかる。両者の相関を示したのが図2である。Yダム放流量の時間修正を行わなかった場合の決定係数 $R^2$ は0.72であったのに対し、時間修正を行った場合の決定係数 $R^2$ は0.93であった。時間修正を行うと高い相関関係になることがわかった。取水場の原水濁度(y)を予測するため、時間補正を行ったYダム放流量(x)(単位 $m^3/s$ )の1次式で回帰したところ次のようになった。

2019年豪雨時： $y=0.10x-1.2(R^2:0.93)$

2020年豪雨時： $y=0.09x+19.1(R^2:0.81)$

2021年豪雨時： $y=0.07x+0.54(R^2:0.75)$

ここでの濁度は、数百というレベルの値を議論しており、切片の違いは無視でき、傾きは比較的近い値となっているため、Yダム放流量( $m^3/s$ )の数値の最大で10分の1の数値が取水場の原水濁度であると予測することができる可能性がある。

PACの使用量の経年変化を整理し、図3に示した。2004年度にPAC使用量はピークとなったが、その後低減傾向にある。2013年からの高塩基度PACへ切り替えに伴い、凝集処理が改善されたことで、従来に比べてPAC注入量の低減のほか、pH調整に用いる酸剤やアルカリ剤の使用量の低減効果が得られている。高塩基度PACの導入後、処理水質の改善のみならず、薬品使用量や浄水汚泥の発生量を削減することもできた。

27年間の粉末活性炭使用量の推移を図4に示した。高性能粉末活性炭の性能について、従来品との差がどの程度あるかについて水道事業者の担当者から聴取したところ、メーカーや仕様、除去対象物質、処理条件などによって性能は異なるが、かび臭物質の除去性能で(従来品比)1.5倍程度と考えているとの情報を得た。

斜線の部分は、従来品を使用した場合の活性炭使用量の増加分を付加して示した。2018年度より高性能粉末活性炭を使用して以降、薬剤単価は約1.5倍に上昇したが、使用量が約3分の2に減少したことでほぼ相殺された。高性能粉末活性炭はカビ臭物質や有害物質の除去に役立つため、将来の気候変動に伴う異臭味の増加に対処する適応策として有効と考えられる。

#### E. 結論

原水濁度について、取水場のポンプ井水位の監視は有効であるが、上流のダム放流量の方が相関が高かった。ダム放流量( $m^3/s$ )の数値の10分の1が取水場の数時間後の原水濁度の数値になるという仮説を立てることができた。濁度除去対策として高塩基度PAC、カビ臭除去対策として高機能粉末活性炭の使用は有効と考えられた。

#### F. 健康危険情報

該当なし

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

該当なし

##### 2. 学会発表

王静怡, 柳橋泰生. 気候変動に関連した水道原水水質への影響の適応策に関するデータ解析による検証. 京都大学環境衛生工学研究会第45回シンポジウム; 2023. 7. 28-29; 京都.

#### H. 知的財産権の出願・登録状況(予定も含む。)

##### 1. 特許取得

該当なし

##### 2. 実用新案登録

該当なし

##### 3. その他

該当なし

#### I. 参考文献

1) 環境省. 水道水質情報, [https://www.env.go.jp/water/water\\_supply/suishitsu/index.html](https://www.env.go.jp/water/water_supply/suishitsu/index.html).

2) 日本ダム協会, ダム便覧, <http://damnet.or.jp/Dambinran/binran/TopIndex.html>.

#### J. 謝辞

本研究を進めるに当たり、福岡県南広域水道企業団の協力を得ました。記して謝意を表します。

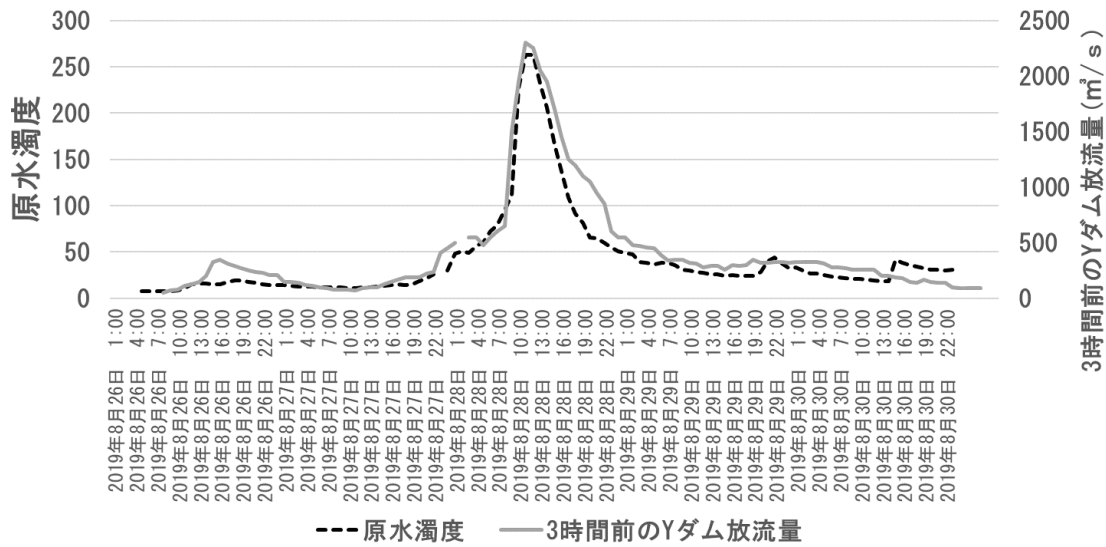


図1 取水場の原水濁度と3時間前のYダム放流量の経時変化（2019年豪雨時）

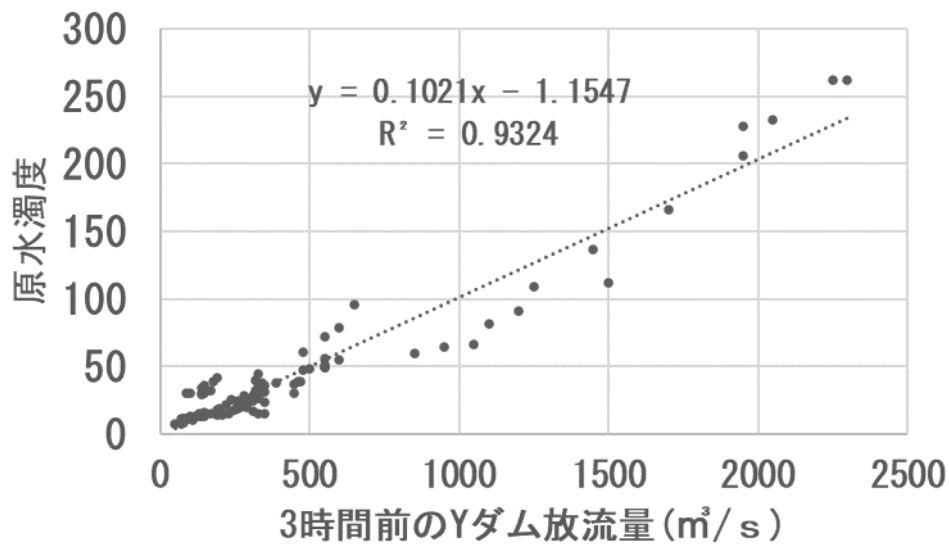


図2 取水場の原水濁度と3時間前のYダム放流量の相関（2019年豪雨時）

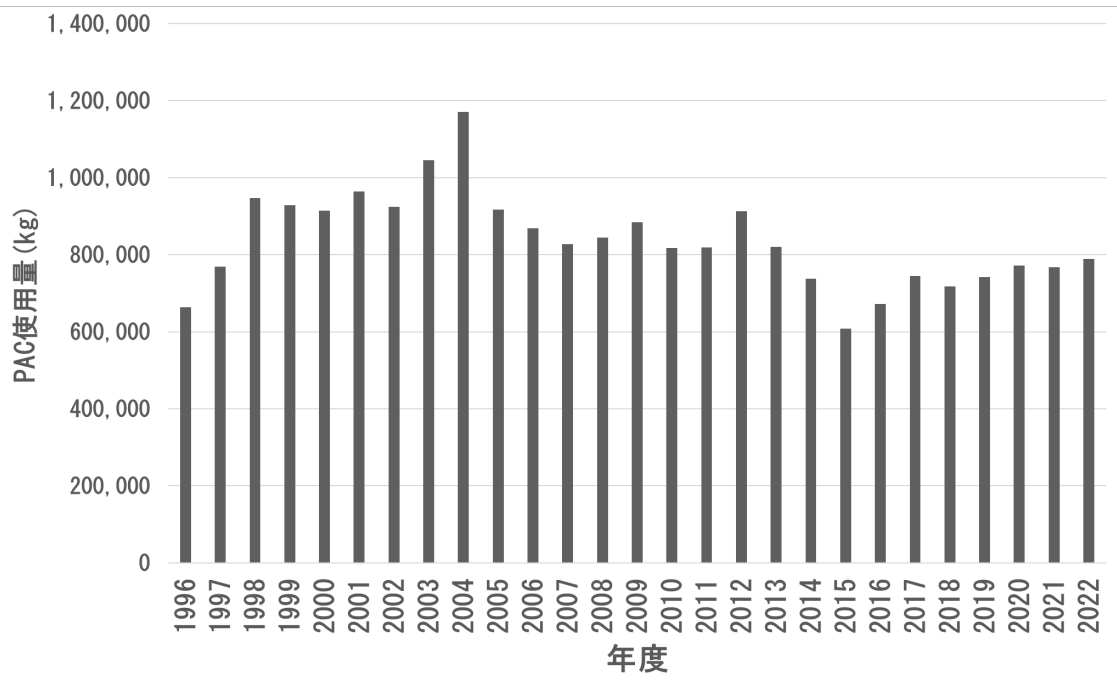


図3 PAC使用量の経年変化

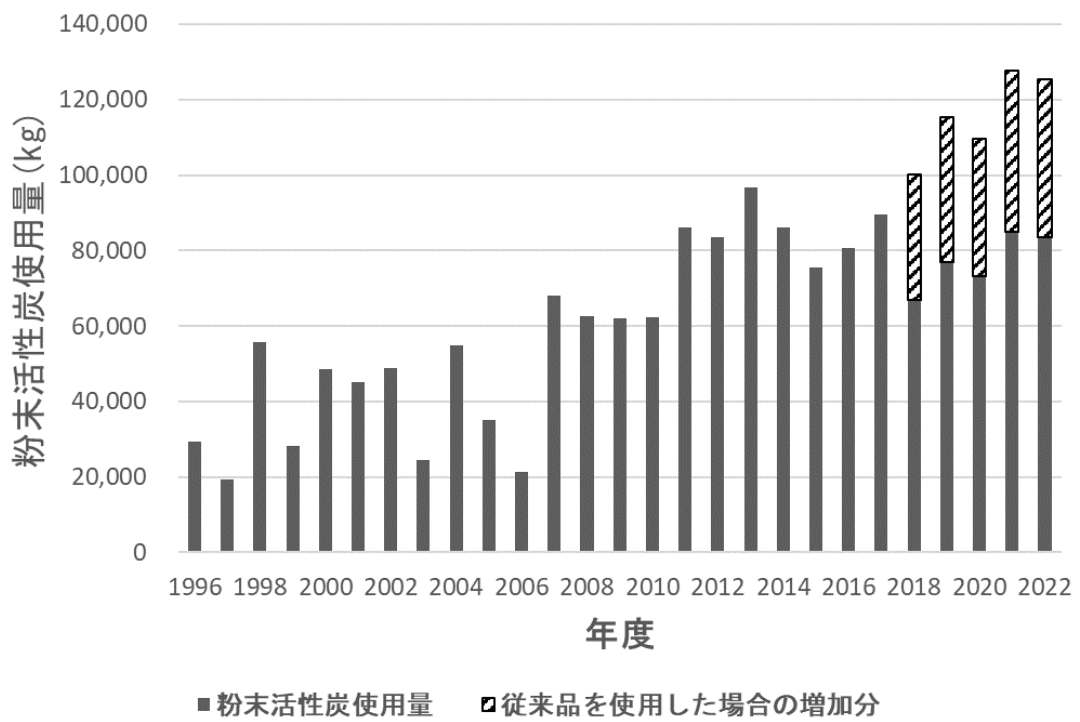


図4 粉末活性炭使用量の経年変化