

3. 気候変動が水源水質に与える影響に関する基礎的調査

籾内 宣博
洲上 知弘

1. はじめに

近年、地球温暖化の影響が世界的に顕在化しており、さらに深刻化していくことが予測されている。気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第6次評価報告書(AR6)¹⁾では、熱波を含む極端な高温、大雨、干ばつの強度と頻度の増加がより明確になっていくとされており、環境省が取り纏めた気候変動影響評価報告書²⁾では、水環境や水資源分野における気候変動影響として、豪雨に伴う河川の濁度上昇等の水質悪化、渇水の深刻化、植物プランクトンや藻類等の増殖、水中有機物濃度の増加、栄養塩類の溶出等が挙げられている。今後、水道システムは、このような気候変動に伴う水環境の変化に対応する必要に迫られることが予想され、水源水質の動向についてはこれまで以上に注視していく必要がある。

そこで、水道システムの気候変動適応策検討に資する基礎的な調査の一環として、本市の水道水源である琵琶湖及び淀川の長期にわたる測定データを解析し、水温や代表的な水質項目の変化の傾向を調べた。また、得られた結果に基づき、気候変動の水源水質への影響について若干の考察を行ったので報告する。

2. 調査方法

本市では、淀川から原水を取水し、オゾンと粒状活性炭による高度浄水処理を行っているが、水源である琵琶湖・淀川水系の水質監視については、淀川から取水する水道事業者で構成される淀川水質協議会で採水作業や水質試験を分担し、共同で実施している。今回の調査では、淀川水質協議会が毎月1回定期的に実施している琵琶湖及び淀川の水質試験結果を解析することとした。解析期間は、琵琶湖は25年間(1996年4月～2021年3月)、淀川は42年間(1979年4月～2021年3月)とした。調査地点は図-1に示したとおりで、琵琶湖については瀬田川大橋、淀川については枚方大橋左岸とした。

長期的な変化の傾向は、1996年4月～2021年3月までの25年間にわたって測定されたデータの平均値を「25年平均値」とし、各年度の測定値から25年平均値を差し引いて偏差を求め、プロットした結果を直線回帰することにより調べた。長期変化傾向の有意性はMann-Kendall検定による標準統計量Z値で判断した(有意水準5%)。KMnO₄消費量及びNH₄-Nについては、時期によって変化の傾向に違いが認められたことから、解析期間を3つに区切ってそれぞれ調べた。

3. 結果

琵琶湖瀬田川大橋で採水した試料の全リン、全窒素、クロロフィルa、淀川枚方大橋左岸で採水した試料のKMnO₄消費量、NH₄-N、生物化学的酸素要求量(BOD)、溶存酸素(DO)、水温、pH、マンガンの長期的な変化の傾向を図-2に示した。

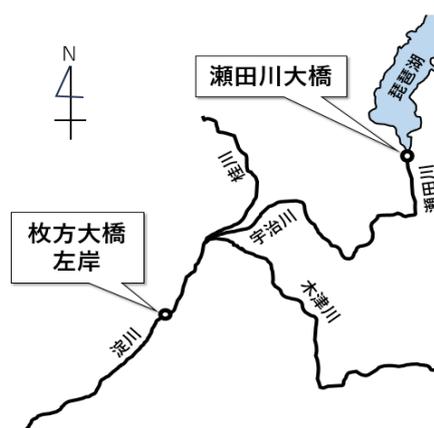


図-1 調査地点

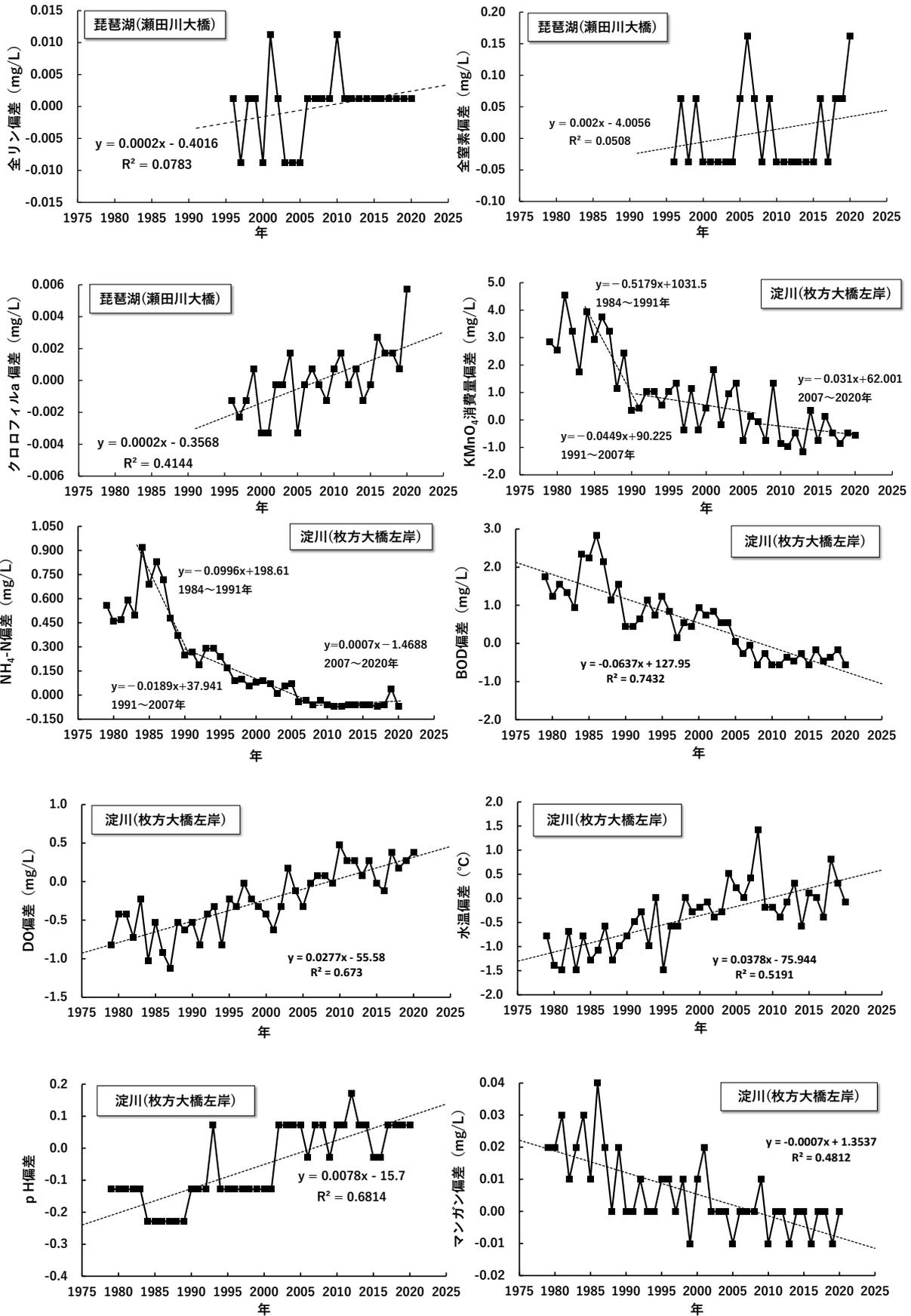


図-2 琵琶湖及び淀川における水質項目の長期変化傾向

4. 考察

琵琶湖及び淀川における各項目の25年平均値、長期変化傾向、回帰直線の傾き、40年間の増加量/減少量及び2020年度の平均値を表-1にまとめた。40年間の増加量/減少量は回帰直線の傾きから計算したが、 KMnO_4 消費量及び $\text{NH}_4\text{-N}$ については、1981年度と2020年度の各平均値の差として求めている。

表-1 琵琶湖と淀川における各項目の25年平均値と長期変化傾向

測定地点	項目	25年平均値	長期変化傾向	回帰直線の傾き	増加量/減少量(40年間)	2020年度平均値
琵琶湖 瀬田川 大橋	全リン	0.02 mg/L	認めず	—	—	0.02 mg/L
	全窒素	0.4 mg/L	認めず	—	—	0.6 mg/L
	クロロフィルa	0.007 mg/L	増加	+0.0002	+0.008 mg/L	0.013 mg/L
淀川 枚方 大橋 左岸	KMnO_4 消費量	6.7 mg/L	減少	-0.5179 (1984~1991年) -0.0449 (1991~2007年) -0.031 (2007~2020年)	-5.1 mg/L*	6.1 mg/L
	$\text{NH}_4\text{-N}$	0.12 mg/L	減少	-0.0996 (1984~1991年) -0.0189 (1991~2007年) +0.0007 (2007~2020年)	-0.54 mg/L*	0.05 mg/L
	BOD	1.6 mg/L	減少	-0.0637	-2.5 mg/L	1.0 mg/L
	DO	9.3 mg/L	増加	+0.0277	+1.1 mg/L	9.7 mg/L
	水温	17.2 °C	増加	+0.0378	+1.5 °C	17.1 °C
	pH	7.5	増加	+0.0078	+0.3	7.6
	マンガン	0.040 mg/L	減少	-0.0007	-0.028 mg/L	0.037mg/L

* : KMnO_4 消費量及び $\text{NH}_4\text{-N}$ の減少量は、1981年度の平均値から2020年度の平均値を差し引いて計算した。

(1) 水温

淀川の水温に増加傾向が認められ、40年あたりでは約1.5°C上昇していた。大阪・京都・滋賀の年平均気温は、100年あたりそれぞれ約2.0°C、2.1°C、1.3°Cの割合で上昇しており³⁾、琵琶湖表層の年平均水温は40年間で約1度上昇したと報告されていることから⁴⁾、本調査で確認された淀川の水温上昇についても気候変動の影響によるところが大きいと考えられる。

(2) BOD・DO

淀川の水質に減少傾向、DOに増加傾向が認められ、水質汚濁状況の改善を反映しているものと考えられる。水質汚濁防止法の施行をはじめとする排水規制や下水道の整備等により淀川の水質は改善されてきたが、 KMnO_4 消費量や $\text{NH}_4\text{-N}$ は近年一定レベルで推移している。水温が上昇すると、土壌有機物の生分解が促進されて水中の有機物濃度やBODが上昇かつDOは低下するとともに、酸素の水への溶解度が小さくなることによるDO低下の影響も予想され⁵⁾⁶⁾、今後の動向を注視する必要がある。

(3) pH

淀川の水質にpHの上昇傾向が認められ、40年あたりでは約0.3上昇していた。

上昇した原因のひとつとして、水温上昇や日射量増加による藻類の光合成作用促進の影響が考えられる。図-3は、枚方大橋に設

置された水質自動監視装置で1時間おきに測定されたDO、水温及びpHの変化を示したもので⁷⁾、いずれの測定値も日周変動を繰り返しており、DOとpHの変動は、藻類の光合成と呼吸の作用を反映しているものと考えられるが、7月半ばからの水温上昇に伴い、DOとpHの振幅は大きくなっていった。長期変化傾向の解析に用いた試料の採水は日中に行っており、同様の状況が長期的にも生じている可能性がある。加えて、図-2に示した琵琶湖の全リンや全窒素の濃度は近年横ばいで推移しているが、クロロフィルaは増加傾向にあり、水温上昇による藻類の増殖や種構成の変化が起こっている可能性も考えられる。近年、冬期に藻類が増殖してかび臭が発生しており⁸⁾、藻類の動向を注視していく必要がある。

(4) マンガン

淀川のマンガンを減少傾向が認められた。琵琶湖では、温暖化の影響で湖水の鉛直循環が起こりにくくなっており、湖底の貧酸素化が進行することでマンガンやヒ素が底質から溶出する可能性が指摘されている⁹⁾。マンガン以外の金属類も含め、長期的なモニタリングが必要である。

5. まとめ

気候変動影響に係る基礎的調査として、琵琶湖・淀川水系の長期にわたる水質測定結果を解析した。水源の水温上昇に伴う水質や生態系の変化は、浄水処理等の水道システムに様々な影響を及ぼす懸念がある。豪雨等による急激な水質変動リスクも含め、対策を検討していく必要がある。なお、本報告の内容は、日本水道協会関西地方支部研究発表会で発表したものである¹⁰⁾。

謝辞

本研究で解析に用いたデータは、淀川水質協議会を構成する水道事業者が分担して測定を行ったものであり、関係各位に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 文部科学省・気象庁：IPCC(気候変動に関する政府間パネル) 第6次評価報告書(AR6) 第1作業部会(WG1) 報告書 「気候変動2021 自然科学的根拠」解説資料
- 2) 環境省：気候変動影響評価報告書 総説、令和2年12月
- 3) 大阪管区气象台：近畿地方の気候変動2017、平成31年1月
- 4) 滋賀県気候変動適応センター：滋賀県の気候変動影響等とりまとめ、令和3年3月
- 5) 中村怜奈、山田俊郎、秋葉道宏：気候変動が水道システムに与える影響に関する文献調査、用水と廃水 52(6) pp. 473-481 2010
- 6) 小坂浩司、秋葉道宏：気候変動影響に対する水道システムの適応策 保健医療科学 69(5) pp. 425-433 2020
- 7) 国土交通省 水文水質データベース(<http://www1.river.go.jp/>) 閲覧日時2023年9月8日
- 8) 大阪市水道局：淀川水系において低水温期に発生したかび臭物質の浄水処理性(I)(II) 令和4年度全国会議(水道研究発表会)講演集 pp. 296-299
- 9) 板井啓明、早瀬大祐、平田佐和子、兵部唯香、熊谷道夫、田辺信介：琵琶湖北湖底泥のマンガン濃集層の経時変化、2010年度日本地球化学会第57回年会講演要旨集 p. 60
- 10) 藪内宣博、澁上知弘：気候変動が水源水質に与える影響に関する基礎的調査、公益社団法人日本水道協会 関西地方支部 第67回研究発表会概要集(令和5年度 橿原市)、pp. 9-12

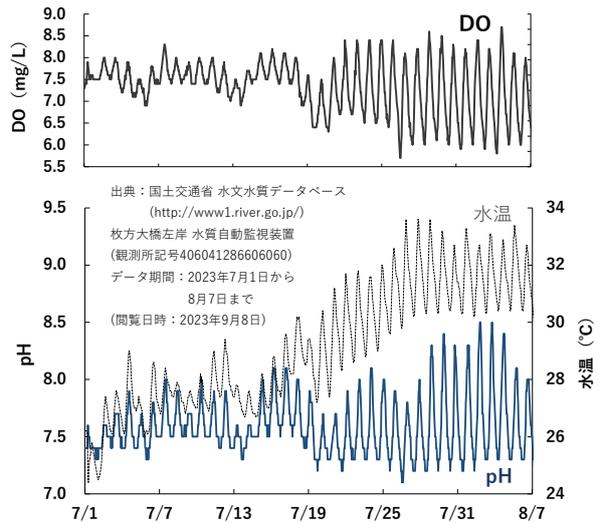


図-3 DO、水温及びpHの日周変動