

要約

本研究では、琵琶湖南湖において近年発生した浄水処理障害の特徴を明らかにすることを目的に、京都市蹴上浄水場で近年発生した、かび臭及び消毒副生成物 (DBP) に係る浄水処理障害の原因解明を行っており、本論文は 5 章からなっている。

第 1 章は序論であり、1970 年代から問題となったかび臭や DBP といった浄水処理障害が、現在でも解決すべき課題であることを記述している。合わせて、本研究の目的と論文の構成を示している。

第 2 章では、水質や藻類と浄水処理障害の関係性を俯瞰するため、蹴上浄水場着水口における 1948 年以降の水質及び藻類の長期測定データの収集解析を行った。有機物指標である過マンガン酸カリウム消費量 (KMnO_4 消費量) については 1970 年代に平均 6.6 mg/L とピークを迎えており、藻類数については 1950 年代は平均 3.4 個/mL であったが、1980 年代には平均 1400 個/mL まで増加していた。1950 年代は、貧栄養を好む *Dinobryon* sp. の優占がみられたが、1970 年代には藍藻類の優占割合が増加していた。また、藻類数は 2010 年代も平均 620 個/mL と 1950 年代と比べて高い水準で推移しており、また、藍藻類の優占割合が再び増加していた。以上のことから、有機物汚濁や藻類増加が進行していた 1970 年代～1990 年代にかけてかび臭や DBP といった問題が起こっていたと考えられた。また近年も、藻類数は 1950 年代の水準に戻っておらず、藻類による浄水処理障害が起こりうる状況だと考えられた。

第 3 章では、1990 年代と 2010 年代のかび臭原因物質 2-メチルイソボルネオール (2-MIB) 及び 2-MIB 産生藻類の推移を比較するとともに、近年発生した 2-MIB に係る浄水処理障害について原因解明を行った。1988 年～1994 年は、浮遊性 *Phorimidium tenue* や浮遊性 *Oscillatoria tenuis* による 2-MIB が発生していたが、2015 年及び 2018 年は 2-MIB 発生時期に浮遊性の 2-MIB 産生藻類が観察されなかった。2015 年 9 月 18 日に南湖での調査を行ったところ、水草に付着する藍藻類 *P. tenue* が確認された。そこで、*P. tenue* PTG の培養実験を行ったところ、南湖湖底と同程度の弱光条件下において、溶存態 2-MIB 産生能が 0.017 pg/cell と高くなっていた。そのため、2015 年は、水草上に付着する *P. tenue* が 2-MIB を産生していると考えられた。2018 年 8 月 29 日の 2-MIB 分布調査では、膳所湖岸 (26 ng/L) > 膳所沖 (6 ng/L) となっていた。さらに、同日採取した膳所湖岸の礫からは、臭気試験でかび臭が確認され、*Oscillatoria* sp. の付着が確認された。そのため、2018 年の 2-MIB は、湖岸の礫に付着する *Oscillatoria* sp. が原因だと分かった。2019 年 5 月に蹴上浄水場沈澱池の 2-MIB が上昇したことから、5 月 23 日に調査を行ったところ、粒子態 2-MIB

の除去率が72%にとどまっていた。そのため、沈澱池2-MIBが上昇した原因は、*P. tenue*が凝集不良であると分かった。以上の結果から、近年は付着性*P. tenue*や*Oscillatoria* sp.による2-MIB産生が発生し、*P. tenue*凝集不良が問題となることがわかった。

第4章では、2013年京都市において、給水TCAAが過去最大値を記録した際の、給水及び原水水質の挙動をまとめるとともに、ラフィド藻類*Gonyostomum semen*単藻株のDBP生成能調査を行った。京都市蹴上浄水場では、2013年11月給水TCAAが0.019 mg/Lと過去最大値を記録し、同時期に着水では、ラフィド藻類が初めて観察されていた。そこで、DBP生成能調査を行ったところ、ラフィド藻類*G. semen*細胞懸濁液のDBP生成能は360 µg/mgCであり、合わせて調査を行った*Euglena gracilis*や*Micrasterias hardyi*よりも、最大23倍高くなっていた。また、NaClOを添加したところ、*G. semen*のみ、細胞膜が速やかに破壊されることが確認された。そのため、給水TCAAの上昇原因は*G. semen*の塩素処理であり、*G. semen*は他の藻類よりもDBP生成能が高く、その一因は細胞の壊れやすさや特異的な細胞内有機物にあると考えられた。

第5章は結論であり、論文の総括について記載している。かび臭については、1990年代までは浮遊性*P. tenue*や*O. tenuis*による2-MIB産生が問題であったが、近年は、付着性*P. tenue*や*Oscillatoria* sp.による2-MIB産生が発生していた。また、DBPについては、1970年代は有機物濃度の増加によるDBP生成が問題となっていたが、2013年には、琵琶湖で初観察されたラフィド藻類の塩素処理によってTCAAが生成していた。このように近年は、従来とは異なる藻類による浄水処理障害が発生し、問題となっていることが分かった。