

芹川ダムでのカビ臭発生原因の特定及び
エアレーションの効果の検討

大分工業高等専門学校 都市・環境工学科

横田 恭平

芹川ダムでのカビ臭発生原因の特定及びエアレーションの効果の検討

横田恭平

I : カビ臭の発生原因について

1. はじめに

2014年10月に大分県の芹川ダム貯水池においてカビ臭が発生した。これにより下流の水道水源まで影響し、水道水よりカビ臭が発生する事態となった。カビ臭の原因物質として2-MIB(2-メチルイソボルネオール)とジェオスミン(ジオスミン)が知られており、芹川ダム貯水池においても、これらのカビ臭物質が原因であった。それぞれの水道水の水質基準としては、共に $0.01\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ である。今回の水道水源である大分川では2014年10~11月において、最大値として $0.09\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ が検出された¹⁾。このように基準以上の濃度が検出された原因としては、藍藻類の*phormidium*(フォルミジウム)が優先種になったことが原因であると報告されている²⁾。そこで本研究では、芹川ダム貯水池でカビ臭が発生した原因を水温、回転率、栄養塩(窒素、リン)、クロロフィルaの結果を用いて解明することを目的とする。

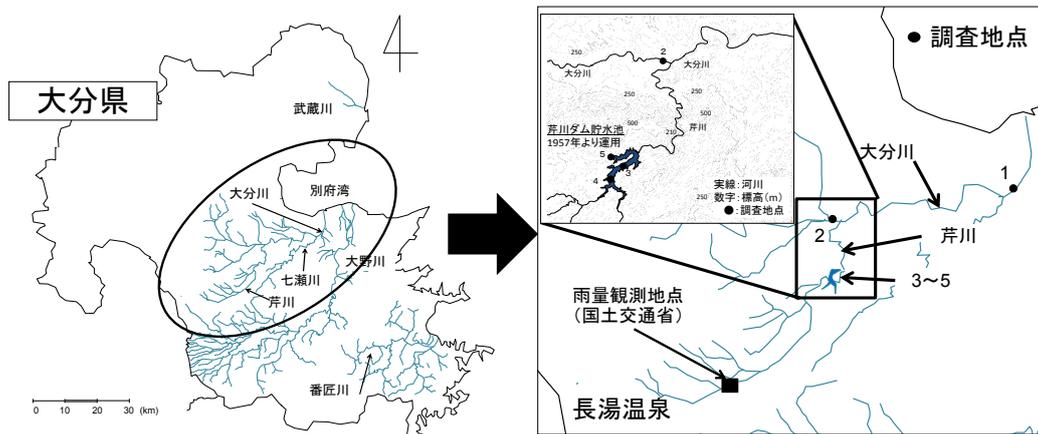


図-1 調査対象地(芹川ダム貯水池周辺のみ)

2. 研究対象地と使用するデータの概要

(1) 研究対象地

研究対象地の芹川ダム貯水池を図-1に示す。芹川ダム貯水池は有効貯水容量が2230万 m^3 である。調査地点として、図-1で示すようにダム内の調査地点3と4とした。調査地点3と4の2ヶ所は、水深ごとに3ヶ所で調査がなされており、採水する水深については、全水深を3等分した水深で採水されている。本研究では表層を0~10m、中層を10~20m、下層を20~30mとした。

(2) 分析項目及び分析方法および対象期間

本研究の調査日は2014年1月~2016年3月である。本研究で採取した試料の溶存成分は、イオンクロマトグラフ(ダイオネクス社製:IC-1000)法にてCl⁻を分析し、ICP発光分光分析(島津製作所社製:ICPS-8100)法にてMnを分析した。分析の前処理としてMillipore社製のHydrophilic PES 0.45 μm のフィルターでろ過を行った。なお、ICP発光分光分析法に関しては、濃硝酸を約1%になるように添加後、1日以上静置してから上記と同じフィルターを用いてろ過した後に、分析

を行った。本研究では、大分県から提供していただいた水温、クロロフィル a、T-N、NO₃-N、NH₄-N、NO₂-N、T-P、PO₄-P を利用した。成分により調査期間が異なり、水温は 2002 年度から、クロロフィル a は 2010 年度から、T-N・NO₂-N・T-P は 2008 年度から、NO₃-N は 2010 年度から、NH₄-N・PO₄-P は 2012 年度から調査が開始されている。このことから期間によってはすべての実験結果が揃わない年も存在する。

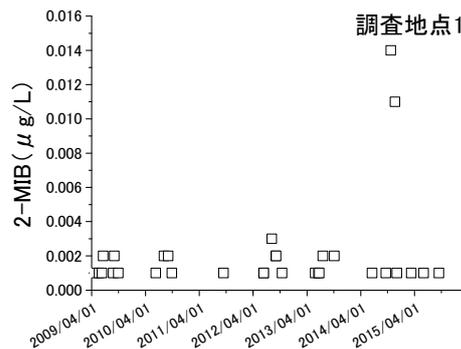


図-2 2-MIB の結果 (地点 1)

3. 各種水質結果について

(1) 2-MIB の現状について

2008 年より大分市で調査されている調査地点 1 の 2-MIB とジェオスミンの結果を図-2 に示す。2-MIB は 2014 年 10 月付近で基準値の 0.01μg/L を超えることが確認されたが、それ以外の期間においては超過を確認することができなかった。本研究室では調査地点 2 にて 2015 年 7 月～2016 年 2 月まで 2-MIB を中心にジェオスミンも数回含めた形で依頼分析を行った。その結果を図-3 に示す。その結果としては、0.001μg/L かその値未満であり、水質基準を超えることはなかった。

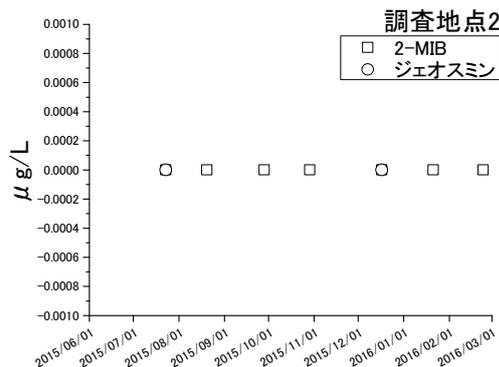


図-3 カビ臭物質の結果 (地点 2)

(2) 水温の結果について

図-4 に 2001 年より調査・分析されている芹川ダム貯水池の調査地点 3、4 の水温の結果を示す。すべて表層の結果である。夏期の水温が高く 30℃を超えることがある。2012 年以降は 25℃前後と 30℃まで水温が高くなることは少ない結果となった。

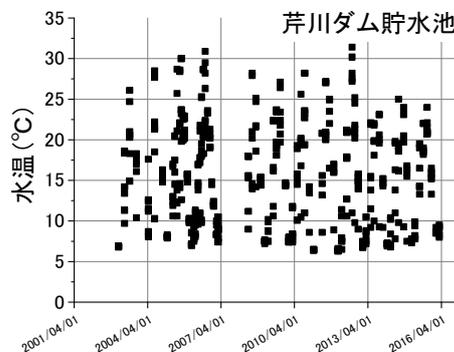


図-4 水温の結果 (地点 3、4)

(3) 回転率の結果について

図-5 は 2007～2015 年 6 月の芹川ダム貯水池での回転率 (回/月) である。大分県で調査されている水位データ及び放流量のデータを基にダム貯水池への流入量と現存貯水量を求めた。その流入量を現存貯水量で割った値を回転率とした。2014 年とその他の年とで異なる点は、回転率の最大値が 8 月に確認される点である。多くは 6 月と 7 月

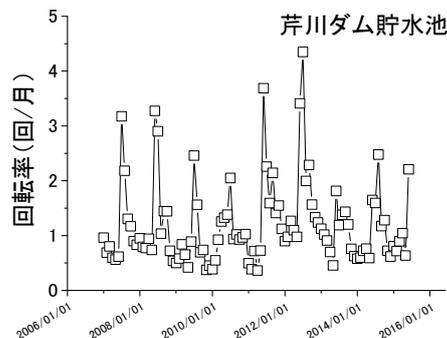


図-5 回転率の結果

に最大値を迎える。2014年の6月と8月の回転率は1.5と2.5と若干ながら差を確認することができた。このことから、平成26年のダム内の循環は、8月が最も多かったと考えられる。

(4) 窒素濃度について

図-6は、調査地点3の全窒素(T-N)を硝酸態窒素(NO₃-N)、アンモニア態窒素(NH₄-N)、亜硝酸態窒素(NO₂-N)とその他の窒素に分けた結果である。5、7、9月でその他の窒素の割合が高い結果となっている。特に2014年の5、7、9月に関しては、すべてその他の窒素成分となっており、T-Nの値も低い傾向にある。2013年の9月もその他の窒素が100%となっているが2013年の5、7月は若干ながらNO₃-Nも存在する。

以上ことから2014年5、7、9月はT-N濃度が低い傾向にあり、その他の窒素の割合が100%となったため、植物プランクトンが増加するための窒素成分は、限りなく少ないことが分かった。その他の窒素の割合が100%になったのは、2014年のみであった。2011年にも同じ傾向を示したが、この結果にはNH₄-Nの結果を考慮していないため同じ傾向とは断定することはできなかった。

(5) リン濃度について

図-7は、調査地点3の全リン(T-P)をリン酸態リン(PO₄-P)とその他のリンに分けた結果である。全リンの濃度はほぼ0.010mg/Lを超えており、0.010mg/L以下は、2009年3月(調査地点3のみ)、2009年11月、2013年11月であった。PO₄-Pに限定すると、調査地点3では、2014年1月～2015年1月が0.010mg/L以下となる。

(6) クロロフィルaについて

図-8は、芹川ダム内の調査地点3と4でのクロロフィルaの月変化を年別(2010～2015年)に分けた結果である。ダム内でのクロロフィルaは、すべて表層での結果である。クロロフィルaは植物プランクトンの総量の目安となる指標である。2010年7月において最大値は180μg/Lを示した。2-MIBが高濃度で検出された2014年の結果を確認すると、7月に53μg/Lと高い濃度を示した。しかしながら2013年の7月は70μg/L、2010年の7月は50μg/Lであり、2014年と同等かそれ以上の濃度結果を2014年以外で示すことがあった。以上のことから、2014年のクロロフィルaは、他の年と比較して決して高い結果ではないことが分かった。

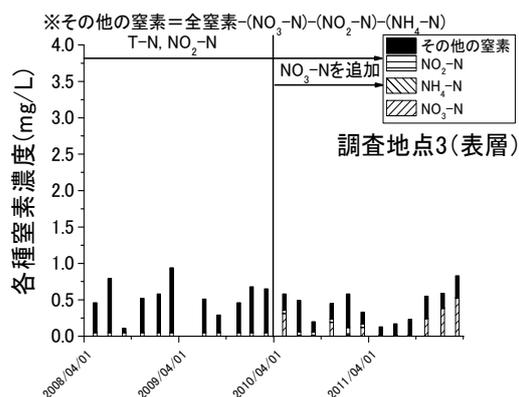


図-6 窒素の濃度結果 (地点3)

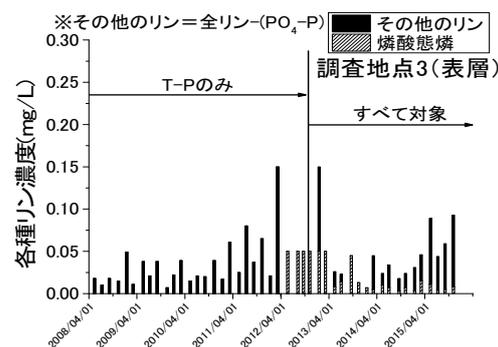


図-7 リンの濃度結果 (地点3)

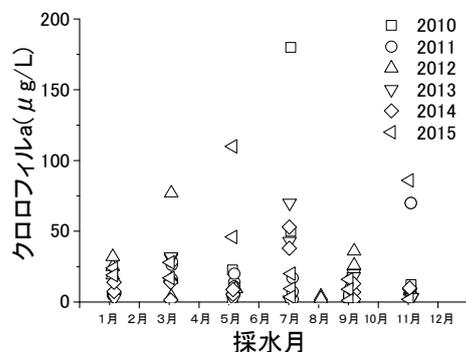


図-8 クロロフィルaの結果 (地点3、4)

4. 考察

芹川ダム貯水池で *Phormidium* が優先種となり、結果としてカビ臭が発生した 2014 年の水質は、他の年と比較して傾向がほぼ同じものと異なるもののが確認された。傾向が同じ水質は、水温とクロロフィル a である。傾向が異なる指標は、回転率 (回/月)、窒素成分の構成 (T-N、NO₃-N、NH₄-N、NO₂-N)、リン成分の構成 (T-P、PO₄-P) である。

傾向が異なった回転率、窒素成分の構成、リン成分の構成について考察する。2014 年の回転率は 8 月にピークを示していることが特徴的であり、その他の年は 6 月か 7 月にピークを示している。既存の研究においては、「*phormidium* が優先的に発生する条件としては、6 月上旬における 22-23℃ 付近までの水温の上昇、降水量の低下、日射量の増大等により、植物プランクトンによる DIN の過度の消費、湖底付近での硝化、脱窒作用の増大等が起こり、湖水中の DIN が極端に減少した。」と報告されている³⁾。本研究での芹川ダム貯水池においても 2014 年 5 月に約 20℃、7 月に調査地点 3 と 4 の平均が 22℃ であることから、水温については優先的に発生する条件は揃う。DIN の結果を確認すると、2014 年 5、7、9 月はすべてその他の窒素成分で占められていた。つまりこの時期の窒素成分は、ほぼ溶存態窒素 (NO₃-N、NH₄-N、NO₂-N) で存在していないことが分かった。このことから既存の研究で起こった現象が芹川ダム貯水池でも起こっている可能性は十分にある。クロロフィル a の濃度が例年と比較して大きな差がないことから、2014 年は藍藻類が優先的に増殖したものと考えられる。

よって芹川ダム貯水池で緑藻類ではなく、藍藻類の *phormidium* が優先的に発生し、カビ臭の原因物質を生成した理由は、2014 年の 8 月に回転率のピークを迎えたこと、6 月の水温が 20~22℃ 前後であったこと、2014 年 5、7、9 月の DIN が極端に減少したことが考えられる。藍藻類の *Microcystis* が優先種にならなかった理由としては溶存態リンの濃度が 0.010mg/L を超えなかったことが考えられる。既存の研究では回転率が同じでも溶存態リンの濃度が 0.010mg/L 以上の場合は増殖が促されると報告されている³⁾。つまりそれを下回ると増殖が抑制される可能性がある。本研究ではその 0.010mg/L をほぼ下回っているため、回転率が同じでも *Microcystis* が優先種にならなかったと考えられる。

II : 循環装置について

芹川ダム貯水池に設置された循環器は、表層で増殖した植物プランクトンを下層に送ることによって光合成の抑制を促し、不活性化させ死滅させるという目的がある。また表層の水を下層に送水することにより貧酸素を解消することが可能となる。気泡を用いる方法である曝気式循環器と比較してエネルギーを使わずに貧酸素を解消することが可能となる。芹川ダム貯水池では 2015 年よりダムサイト付近と調査地点 4 付近に循環装置を設置されている。

溶存酸素の結果を図-9 に示す。対象は 2008~2015 年 11 月である。2015 年より循環装置を設置しているため 2015 年の凡例を黒に塗りつぶしている。2015 年の結果を確認すると 1 月に濃度が

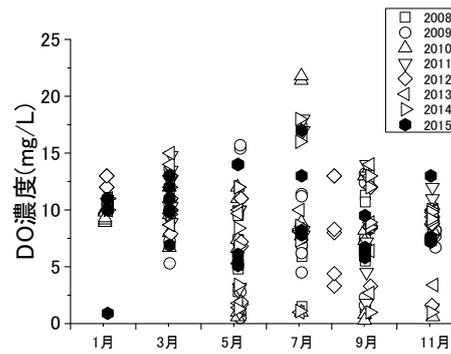


図-9 DO の結果

低い結果を確認することができるが、それ以降は 5mg/L を超える値であった。また例年では 5 月から 5mg/L を下回ることがあったが、2015 年はその値を下回ることがなかった。

クロロフィル a の結果を確認すると 2015 年は例年より高い結果を示すことがあった。5 月には調査地点 4 で 110µg/L、11 月に調査地点 3 で 86µg/L の濃度を確認することができた。7 月と 9 月に関しては 10µg/L 以下と例年の濃度と大差ない濃度を示した。よって調査地点 4 でクロロフィル a が調査地点 3 と比較して大きく減少する場合もあるが、逆に大きく上昇することもあり、循環装置の明確な効果を確認することができなかった。

調査地点 3 の全窒素は 0.5mg/L より濃度が低い傾向を示した。その他の年との比較についてはそれほど極端には変化しておらず、調査地点 3 と 4 共に 0.5mg/L であり、前述したように 2015 年も 0.5mg/L であった。リンについては調査地点 4 の 2015 年 5 月に 0.20mg/L と高い結果を示した。このことから、2015 年は栄養塩が多く存在する環境が揃っていたと考えられる。特に懸濁態の窒素・リンの濃度が高いことから植物プランクトンに吸収された状態の栄養塩が多く存在していたと考えられる。

溶存酸素の結果として貧酸素の状況を確認することができなかったことから循環装置の効果の可能性を示唆することができたが、クロロフィル a や窒素・リン成分などからは効果を確認することができなかった。この原因としては水質の調査日の影響を受けていると考えられる。2015 年の水質調査日は、1/14、3/4、5/13、7/8、9/2、11/4 である。この調査日の前日又は 2 日前に降雨が確認されている。よって、降雨によってダム内が循環されたことによって溶存酸素が増加し、また窒素・リン成分も循環によって濃度が増加した可能性がある。そして影響塩によってクロロフィル a の濃度が高くなった可能性がある。2015 年度については不確定要素が多いため、循環装置の効果を見極めるための材料が完全に揃っていないと考えられることから、引き続き循環装置の効果を確認していく必要があると考えられる。

参考文献

- 1)横田恭平：芹川ダムの下流で 2-MIB が高濃度で検出された 2014 年のダム周辺の水質特性について,水環境学会誌,Vol.38, No.6, pp.181-188,2015.
- 2)大分市 HP, 水質関連情報,
<http://www.city.oita.oita.jp/www/genre/0000000000000/1000000000567/index.html>(2015 年 3 月時点).
- 3)吉田 陽一, 中原 紘之, 堀家 健司：琵琶湖南湖におけるホルミジウムの優占的発生と水質および気象要因等との相互関係, 日本水産学会誌, Vol. 62, No. 6, pp.872-877, 1996.