

沖縄県久米島の上水専用貯水池におけるカビ臭現象に関する研究

(財)沖縄県環境科学センター 山田義秀, 宮良工, 砂川恵秀, 正会員 ○伊波秀敏
久米島町水道課 又吉敏雄, 津波 実
埼玉大学理工学研究科 正会員 古里栄一

1. はじめに

沖縄本島の西部に位置する久米島の中央部を流下する儀間川には上流からウフレヤ池、フサキナ池、比嘉貯水池、儀間貯水池が存在する。最下流部の儀間ダム貯水池では近年カビ臭による利水障害が発生しており、原因究明と水質保全が求められている。本報は、儀間ダム貯水池におけるカビ臭の実態調査と、それに基づくカビ臭発生源の特定に関する実験結果について報告するものである。

2. カビ臭現象の発生実態

2.1. 現地調査

儀間貯水池では定期的な水質調査が実施されていないため、カビ臭物質の実態だけでなく、その原因生物の種類や、背景要因としての水質の概要も不明である。そこで実態把握のため、沖縄地方の流況・気象特性を考慮して 2005 年の春季(梅雨前)の 4/26、梅雨明けの 6/29、そして夏季の 8/11 に現地調査を実施した。調査内容はカビ臭発生源として考えられる藍藻類と放線菌の分析と富栄養化関連項目を中心に行った。調査地点は連続する貯水池群を流程方向に設定し、カビ臭物質の生産箇所を推定できるようにした。

2.2. 水質等の概要

現地調査結果を総括して表 1 に示す。なお、上流の複数貯水池は、基本的に流域の状況や規模が大きく変わらないことから、上水取水源であり最下流部の儀間貯水池の値を代表として示した。これより、栄養塩濃度は中栄養レベルであり、BOD や Chl-a も顕著な藻類増殖が生じているとは考えにくいレベルであること、沖縄特有の現象として、高い鉄濃度と鉄と腐植質に由来すると考えられる COD 濃度が高いことなどが水質特性として指摘できる。カビ臭物質としては 2MIB は検出されず、原因物質はジェオスミンであると推定された。なお、ジェオスミン生産能があるとされる藍藻類の *Anabaena* 属は 8 月調査時のみ表層で 740cells/mL 確認されたが、後述するジェオスミンの発生状況とは異なっている。このことから放線菌の影響が推定されるが、水中の放線菌はわずかであった。

2.3. ジェオスミンの流程方向の変化

儀間川水系の流程方向のジェオスミン濃度を図 1 に示す。貯水池群の最上流部ではジェオスミンは検出されておらず、フサキナ池および儀間貯水池の下層で高い。したがって、底層からの溶出の可能性はある。なお、儀間貯水池底泥中の放線菌の現存量は 300,000~700,000 個/g^{d.w.}であり、既存事例(小島ほか 2002)における底泥中の放線菌によって水中のジェオスミン濃度が上昇する場合と同様のレベルであったことから、儀間川水系においても底泥中の放線菌に由来して水中のジェオスミン濃度が上昇している可能性がある。また、放線菌は好気性であるため、底層の嫌気化により放線菌が死滅し、体内のカビ臭物質が溶出することが、既往知見で報告されている。そこで底層のジェオスミン濃度と DO の時系列変化を図 2 に示した。儀間池とフサキナ池の双方において下層嫌気化によって下層のジェオスミン濃度が上昇している傾向が伺える。これらの結果から、既往知見と同様に嫌気化に伴い底泥中の放線菌からジェオスミンが溶出していると考えられる。

表 1 儀間貯水池の水質概要

項目	平均(SD) ^{※1} [単位]	項目	平均(SD) ^{※1} [単位]
N ² ^{※2}	3.2 (0.9) [$\times 10^{-3} \text{s}^{-2}$]	SS	4.0 (1.0) [mg/L]
DO ^{※3}	2.4 (3.2) [mg/L]	Chl-a	10.4 (5.3) [$\mu\text{g/L}$]
BOD	1.9 (1.1) [mg/L]	T-Fe	0.18 (0.11) [mg/L]
COD	5.5 (0.5) [mg/L]	Geosmin	2.7 (2.1) [ng/L]
T-N	0.38 (0.14) [mg/L]	2MIB	-[ng/L]
T-P	0.025 (0.007) [mg/L]	放線菌	8 (2.8) [個/mL]

※1: 3回の調査結果からの表層の統計値である。 ※2: 表層と5mの水温より密度を算出した。 ※3: 底層の値とした。

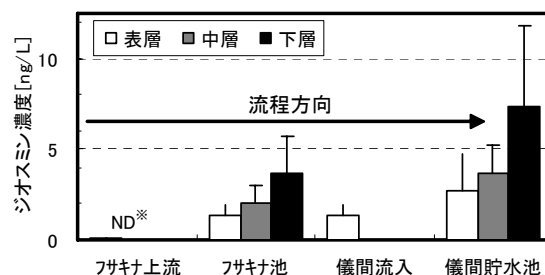


図 1 儀間川水系におけるジェオスミン濃度の流程方向変化(2005 年 4 月~8 月までの 3 回の調査結果の平均値である。縦棒は標準偏差を示す。※フサキナ上流は全 3 回の調査で検出されなかった。)

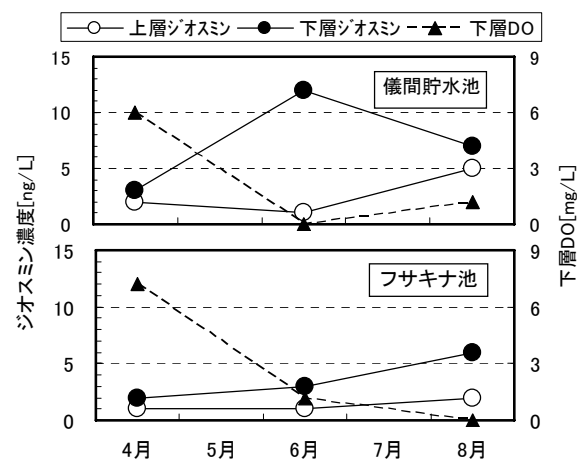


図 2 貯水池の下層 DO とジェオスミンの経時変化

3. カビ臭現象の特定

現地調査結果において、カビ臭物質が底泥中の放線菌によって生産されている可能性が高いことが示唆された。そこで、カビ臭物質発生源を放線菌と仮定し、①底泥中に存在する放線菌体内に含まれるジェオスミンの量、②現地で採取した底泥の間隙水中に含まれる溶解性のジェオスミン量、③底泥中を嫌気条件にしたことによって溶出するジェオスミン量を把握することにより、カビ臭物質発生源の特定を試みた。

3.1. 実験方法

サンプルは、底層でジェオスミン濃度の上昇の見られたフサキナ池と儀間貯水池に加え、流域が隣接している白瀬ダム貯水池において、湖心部と流入部とで底泥表層を採取した。放線菌はツアペック・トックス寒天培地法で定量した。放線菌体内のジェオスミン成分は、超音波破碎(1h)後 PT-GC/MS 法で分析した。底泥の間隙水中のジェオスミンは、室内にて底泥と上澄み水を攪拌して、上澄み水と攪拌後の差分濃度より間隙水中のジェオスミン濃度とした。嫌気溶出ジェオスミンについては、上澄み水中のDOを窒素置換して 20℃の恒温器で静置し、3,5,15,30 日後に上澄み水のジェオスミンを測定した。

3.2. 結果

各貯水池における放線菌細胞内、底泥間隙水および嫌気溶出のジェオスミンの実験結果を図3に示す。なお、これらは全て底泥中に存在する放線菌量と対応させた。図中黒塗りで示した細胞内ジェオスミン量(含有量)と比較すると、儀間貯水池、とりわけ流入部底泥の放線菌はジェオスミン含有量がサンプル中で最も多い(約 20pg^{-ジェオスミン}/g^{-d.w.})。同様に嫌気溶出量も儀間貯水池流入端サンプルが最も多い。ただし、これらはあらかじめ土壌間隙中に溶解性成分として存在していたジェオスミンを除いた傾向であり、間隙水中の溶解性ジェオスミン量はフサキナ池が最も多く、白瀬ダムでも儀間ダムより若干少ない程度である。

3.3. 考察

以上の結果を先の現地調査結果と合わせて考察すると、ジェオスミン発生機構として以下の仮説が推測される。放線菌は全3水域に同オーダーの現存量で存在している。ただし、白瀬ダムの放線菌は他水域に比べれば生産能(細胞内含有量)は低い傾向がある。最も放線菌の菌体内に含有するジェオスミンが多かったのは、儀間貯水池流入部底泥サンプルより得られた約 0.2fg/個であった。本地点では、嫌気処理によってジェオスミンの溶出が測定された。これらの結果は、底質中の放線菌がジェオスミン発生源であることを裏付けられるものと考えられる。

なお、これらの傾向と間隙水中の溶解性ジェオスミン量との傾向は一致していない。これは、サンプル採取時における各水域の底泥が経験した環境履歴の違いが反映していると考えられる。図2に示した通り、フサキナ池においては底泥採取時の8月まで深層部は徐々にDOが低下していく傾向があったのに対して、儀間貯水池は6月から8月にかけて下層DO濃度が上昇しており、鉛直混合がこの期間に発生した可能性がある。したがって、フサキナ池の深層水では嫌気状態が安定して継続していたことにより、嫌気状態で枯死した放線菌の気菌糸から溶解流出したジェオスミンが間隙水中に多く存在したことが推定される。

これらに基づけば、ジェオスミンの発生ポテンシャルとしての放線菌は各貯水池の底泥に存在するが、儀間貯水池流入端とフサキナ湖心部の底泥中に存在する放線菌は細胞内に多くのジェオスミンを含有していることに加えて、水域毎の混合やDO状況に応じてジェオスミンが溶解性成分として水中へ移行するメカニズムが存在すると考えられる。

今後はこれらの地点に基づいて、ジェオスミンの動態の実態や発生原因を更に把握するとともに、ジェオスミンの発生抑制対策を検討する必要がある。

【謝辞】

北海道大学の橋治国教授と株式会社福田水文センターの益塚芳雄氏には、放線菌とカビ臭に関する知見について助言を受けました。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】

小島睦子, 鹿野愛, 橋治国, 益塚芳雄, 稲澤豊(2002) 漁川ダム湖における臭気物質の発生機構, 土木学会第57回年次学術講演会論文集, 127-128.

鈴木将, 稲澤豊, 三田村宏二(2003) 漁川ダムのカビ臭の改善方法と防止対策, 第46回北海道開発局技術研究発表会概要集(ダム・砂防部門), 調査計画ダ-18

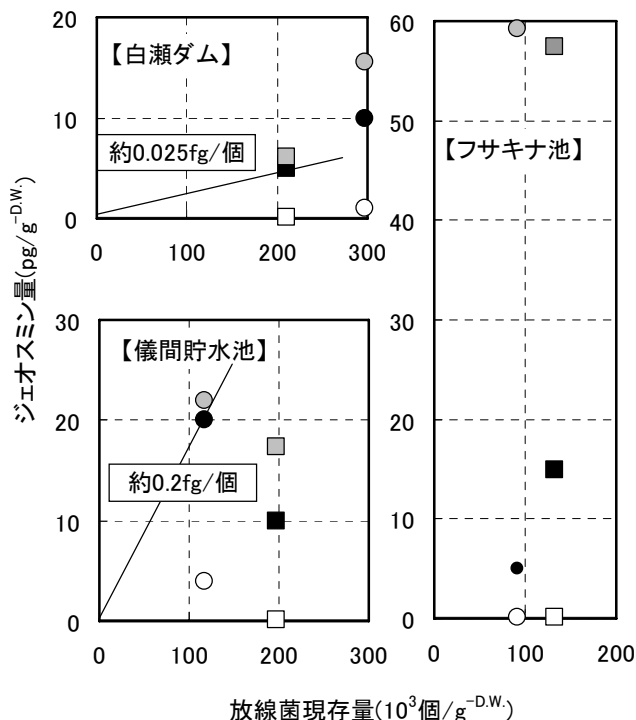


図3 儀間貯水池等における底泥中の放線菌量とジェオスミン量との関係(2005年8月11,12日採泥サンプル使用)(●, 細胞内成分; ■, 底泥間隙水中成分; ○, 嫌気溶出成分; ○, 流入部; □, 湖底部)