

研究テーマ：尾道市の水道水源「久山田貯水池」水質悪化原因に関する調査	
研究代表者：生物資源科学部 生命環境学科 環境科学コース 教授 西村和之	連絡先：nishimura@pu-hiroshima.ac.jp
共同研究者：生物資源科学部 生命環境学科 環境科学コース 教授 橋本温 助教 柳下真由子	
<p>【研究概要】</p> <p>尾道市が有する久山田貯水池は、植物プランクトンの異常増殖が観察されている。本研究事業では、異常増殖の抑制・防止に向けた調査と水質・底質の改善・緩和手法を検討した。採水調査は、昨年同様の支流と池心の深度別採水と池内でコアの採泥を行った。その結果、水源として貯水池の水質の劣化が進んでおり、リン除去対策が急務であると示唆された。さらに、肝臓毒や異臭味の産生能を持つ可能性のある <i>M. aeruginosa</i> や <i>Synura uvella</i> が検出されており、これらの藻類種の増殖抑制に資する水質・底質改善策の実行が強く推奨された。</p>	

【研究内容・成果】

1. 研究内容

- 1) 植物プランクトンの異常増殖を引き起こす水質要因調査と環境 DNA に基づく藻類相の定期調査を実施し、水質要因と植物プランクトン増殖要因の関連を探索した。
- 2) 底層の嫌気状態を評価し悪臭発生要因を把握するために底質と微生物叢調査を行った。
- 3) 空中ドローン画像による植物プランクトンの発生状況の観察を企画したが、機材の改修の目途が立たず実施を断念した。
- 4) 感染性微生物リスクの観点に立った水質調査とリスク評価を実施した。

2. 研究成果

2-1) 植物プランクトンの異常増殖を引き起こす水質要因調査では、昨年度と同様の池表層水 St-1、南支流の St-2、西支流の St-3、北支流の St-4、東支流の St-5 と堰堤からの放流地点を St-6 で実施した。合わせて池心での水深ごとの採水調査を実施した。

水質の外観として pH で見ると、藻類増殖により pH が 8.5 を超えだす時期が St-1：堤体表層水で 4 月末から始まり 9 月末で終了していることから、久山田貯水池における藻類増殖の時期が、凡そこの時期に当たるとものと推定された。D-P は、St-1：堤体表層水の平均値が $0.27 \text{ mgP/L} \pm 0.12$ であり湖沼の水質基準を全く満たしておらず、リン除去対策が急務であることが強く示唆された。

2-2) 環境 DNA に基づく網羅的な生物相の定期調査では、堤体表層水：St-1 から環境 DNA を抽出し psbA 領域をターゲットとする次世代シーケンス解析により貯水池表層水で生息していたと考えられる藻類相の季節変動を調べた。

シーケンス解析の結果、未同定やシアノファージを含めて 159 属、209 種の藻類種が検出された。これらの内 *Microcystis aeruginosa* は、株によっては肝臓毒：microcystin の産生能を持つことから、増殖抑制の対策が推奨される。また、株により産生能の違いがあるもののキュウリ臭を発生して飲料水に害を与える *Synura uvella* が高頻度で検出されており、この種が増殖する時期は、臭気成分に対する配慮も必要であると考えられた。一方、属レベルの藻類種の検出頻度について主成分分析を行った結果、10月と8月が他の時期の結果と大きく異なる藻類相を示しているとして評価され、この理由は不明確ではあるものの池内の水深方向の水温分布の差に起因する水質変動要因の影響が示唆された。

2-3) 底質の嫌気状態を評価するための底質と微生物叢の本年度調査では、池心における深度別採水を毎月実施するとともに、池内4か所でコア汚泥を採泥した。

池心の深度別水温データより、久山田貯水池の水温躍層は、3月から形成され始めて9月まで継続する一方、冬季の低温性の水温躍層の形成は確認されなかった。また、盛夏に相当する8～9月は、躍層の形成よりも池内全域の水温が高く、高水温で、ほぼ均質な水塊にな

っている様に見受けられた。一方、溶存酸素 DO で見ると、水温躍層の形成に関わらず底層部の溶存酸素は低く、水温が低下する 1 2～2 月の厳冬期のみはその傾向が弱まることが認められた。また D-N や D-P などの栄養塩類は、低水温期の底層水塊で高くなる傾向を示しており、この時期に底質から上層水塊へ栄養塩類の供給が成されているものと考えられた。また、溶存鉄 Fe と溶存マンガン Mn の溶出動向は、池心低層水からはほとんど検出されない一方、堰堤放流水からは 5 月から 9 月までの高水温期に検出されており、主として底泥からと推定される鉄やマンガンの溶出は、池心よりも堤体近傍で顕著に起こっている可能性が示された。池内 4 か所の底質コアの採泥を行い、底質中の汚濁物質量を調べた。なお、採泥したコアは、南コアと池心コアが 26 cm、西コアと東コアがそれぞれ 16 cm の厚さで砂泥され、南コアはコア厚 26 cm のコア試料を底部 26～18 cm、中心部 18～10 cm と表層部 10～0 cm の三分割し、東コアは 16 cm のコア試料を底部 16～8 cm と表層部 8～0 cm の二分分割して調べたところ、底泥の pH 状態は、深さ方向に酸性が強まる傾向が示された。一方、嫌気状態を表現すると考えられる硫化物 S²⁻は、泥厚の短い東コアの場合、深度による違いは認められなかったが泥厚の長い南コアは深度に伴った低下する傾向が示された。このように、コア試料を採取して堆積有機汚濁物質量の深度による違いを調べたが、栄養塩類では泥厚の長い南コアで T-P で深度に伴う減少傾向が明瞭に示されたものの、他の汚濁成分については明確な差が認めがたかった。何れであっても、浚渫等を踏まえて底泥中に堆積したリン成分の排除を目指すならば、今回採泥したエリア内の底泥を 18 cm 厚さ程度の深度まで排除することが望ましいと考えられた。

2-4) 調査結果に基づく水質改善手法の検討

本研究では、劇的な浄化効果は認められないものの施設費用や運転費用が低く維持管理に労力を要さない直接浄化手法として微生物燃料電池：MFC を用いた浄化手法に着目し、農地や生活排水の流入が指摘されている St-5: 東支流に小規模な微生物燃料電池を設置して流入河川の水質改善を目指した。ただし、設置時期が短時間で本研究課題の実施期間内での効果は不明確となることから、本事業終了後も浄化効果のモニタリングを継続することとした。

現在までの結果、設置後 1 週間程度で起電が確認されているものの、起電力は最大でも 0.15～0.19V であり、当初目標の 0.6V に達していなかった。したがって、新たな電極素材の選定を含めて調査研究を継続する予定である。

3) 尾道市久山田水源池の生活排水由来汚染の評価を行った結果、現状の本ダム湖水は、長江浄水場において適正な緩速ろ過と塩素消毒がなされていることから、微生物リスクについては極めて低いものと考えられるが、指標細菌の適正な監視と処理の管理、流入小河川の糞便汚染の適正な管理を継続することが重要と考えられた。

3. 今後の課題

本研究は、水質悪化に伴う植物プランクトンの異常増殖の抑制・防止と底質の改善に向けた調査と低コストで実効性のある緩和・改善策の実施を試みた。本調査では、藻類相の推移に規則性が認め難い結果であったことから、近年の気象状況の変動の振れとの関係を含めて、より長期間のモニタリングの必要性が示された。また、コア試料を採取することで堆積有機汚濁物質量の深度による違いを調べた結果、T-P で深度に伴う減少傾向が明瞭に示されたものの、他の汚濁成分については明確な差が認めがたかったこと、世代シーケンス解析によって池内水への硫化物の溶出に関わる微生物種の存在は確認されたが栄養塩類、鉄・マンガンの溶出に関与する微生物種の存在が明確にならなかったこと等から、底泥からの溶出試験等を踏まえた詳細な貯水池内の汚濁物質の循環に関するメカニズムの解明が必要であると考えられた。簡易な MFC の設置により短時間で起電減少は確認されたものの、当初目標の起電力を得ることができず、また、設置時期が短く水質改善効果の検証に至らなかった。

以上の結果を踏まえて、本研究の最大の目的である貯水池の水質改善の検証のために、堤体表層水のモニタリング、稼働中の MFC の動作状況の継続監視やより適した電極素材の選定を含む MFC の改良と MFC 設置による St-5：東支流地点の水質浄化効果を評価するための調査分析を継続する必要がある。