

貧栄養貯水池におけるシロコの発生と室内における長期生存

水資源機構 総合技術センター ○大平 好亮, 古里栄一, 曾田英揮, 木戸研太郎

1.はじめに

一般的に貯水池において、景観障害やカビ臭等の利水障害の原因となる藍藻類は、富栄養水域で発生する。これらは水面に浮遊して目視的に緑色膜状の状態を確認できることが特徴であり、通称アオコと呼ばれる。一方で、アオコに比べると事例は少ないが、従前から藍藻類増殖の後にウィルスやアメーバが発生して当該藍藻類が消滅することも報告されている。特に、アメーバが発生した場合には水面で白色の膜状浮遊物が風下に集積することがあり、「シロコ」と呼ばれている（小林ら 2018）。ただしこの原因種とされる *Asterocaelum* 属に関しては学術的情報が極めて限られている。また多目的ダムにおける生物調査の基本とされる、河川水辺の国勢調査基本調査マニュアルの種リストにおいても本アメーバは含まれておらず、ダム貯水池における分布も明らかではない。

近年、貧栄養貯水池において、晩夏にこうした白色膜状浮遊物が発生した。現地採取サンプルの顕微鏡観察や現地での発生状況から、この現象は *Asterocaelum* によるシロコであると考えられた。現地から輸送したサンプルを用いて、室内での生体保存と観察を 2022 年秋以降、約 1 年弱実施してきた。本原稿作成時点においても本生物は生存していることに加え、顕微鏡観察により興味深い現象が確認されている。

本発表では、速報としてこれらについて報告し、今後の貯水池水環境管理に資することを図るものである。

2.材料と方法

シロコサンプルは、Aダムにおいてシロコ状態で確認された水面浮遊白色膜状物質（図1）を、2022年9月14日に表層から採取し、冷蔵で翌日に当センターに輸送された約1.5Lの湖水を用いた。シロコサンプルの目視観測および浮遊物の顕微鏡観察を行うために、ポリ瓶内で均質に分散していたシロコを、3本の100mLメスシリンダーに分注した。その後、現在まで実験室内にて常温、無遮光状態で静置した（図-2）。なお、ホルマリン処理等の固定はせず、いわゆる「なまサンプル」の状態を維持した。メスシリンダーは乾燥による水量減少を防ぐことを図りアルミホイルで簡易な蓋処理を行った。なお予備として、メスシリンダーに分注した残りの1L強のシロコサンプルも冷蔵庫に保管した。

観察は、週1回を基本としてメスシリンダーの写真撮影とともに光学顕微鏡（オリンパス BX53）を用いて観察・写真動画撮影を行った。なおメスシリンダーサンプルについては、各観察時に顕微鏡用サンプル採取に伴い、官能試験的に臭気の確認を行い腐敗の有無を定性的に確認した。

3.結果と考察

メスシリンダーの常温静置結果を図-2に示す。サンプル採取直後（左）は白色のシロコ状物体が均質に分布遊していたが、約2週間後から浮遊により下層が透明化し、約4ヵ月後には明確な2層分離が生じた（中）。サンプル静置後約11ヵ月経過した本原稿作成時まで、腐敗臭は確認できない。一般にシアノフェージ等によるアオコ減少時の白色～青色浮遊物からは、強い糞尿臭が生じるが、本サンプルでは開放系にも関わらず雑菌繁殖による腐敗は発生していないと考えられる。なお一般に腐敗回避において放線菌による抗生物質産生や乳酸菌によるpH低下が主たる要因となる。放



図-1 Aダムにおけるシロコの発生状況（上：2022年9月13日，下：9月14日）

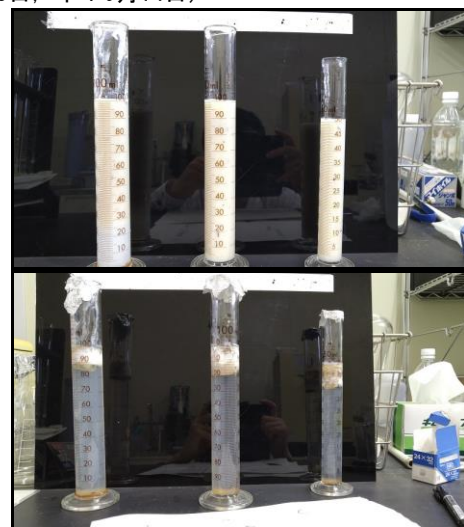


図-2 採取サンプルの静置後の状況（水面に白色物質が浮遊している）（上：9/16（輸送到着翌日），下：3/19（静置から半年後）

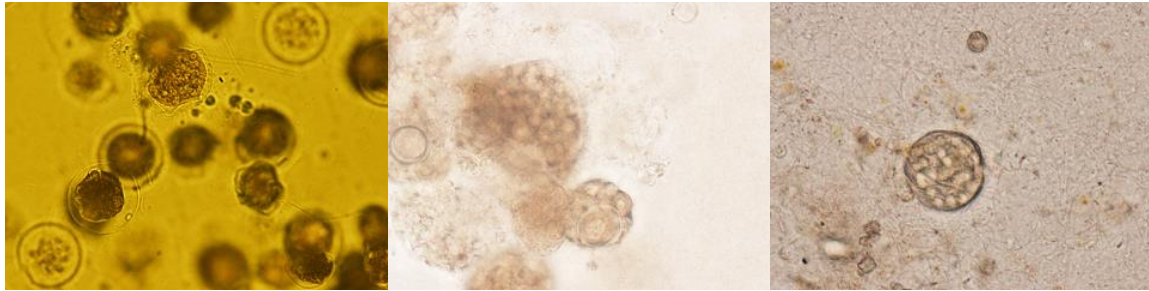


図-3 シロコ (*Asterocaelum* sp.) の顕微鏡写真(上左(A) : 9/15(採取数日後, ×200), 上右(B) : 12/15(採取3ヶ月後×400), 下左 : 3/15(採取半年後, ×400), 下右 : 6/14(採取9ヶ月後)) (シスト直径は約50 μ mであり、適宜写真は拡大している.)

線菌が増殖した場合は、水面での微細糸上コロニーの目視的視認や抗生物質と類似分子であるカビ臭の感知の可能性がある。また乳酸菌によるpH低下の場合、酸臭も発生するが、現在までこれらの現象はメスシリンダーサンプルおよびプレパラート作成時に確認できていない。さらに顕微鏡観察においてバクテリアや真菌類等、腐敗を引き起こす従属栄養微生物の顕著な増加は認められていない。基本的には有機物濃度が極めて高いサンプルにおいて雑菌が繁殖しないことは、抗生物質や酸の生産がない場合考えにくく、腐敗が発生しなかった理由・作用機序は不明である。これは、先行研究でも報告されておらず、重要な現象であると考えられる。

次に、顕微鏡観察結果について図-3に代表例としてサンプル採取直後(左上)から、採取から約9ヵ月後(右下)までの顕微鏡写真を示す。サンプル採取数日後(図-3(左上))は直径約50 μ mの褐色球状形態が大量に確認された。これは先行研究で報告されている、シストと推定された。また、プレパラート上のサンプルでは、写真に示す様に群体を形成するためと推測される、粘性物質的な茶褐色の不定形物の中に凝集しているように見られた。なお、観察当初から、サンプル中では移動・遊泳する様々なサイズの動物プランクトンが確認されている。

その後観察の継続において、以下の変化が生じた。室内静置から、約1ヵ月経過すると、球形褐色細胞のうち一定割合において外殻のみとなり茶褐色から透明化して内容物が消失、かつ球形細胞の直径の半分程度の円状の模様を観察された。そうした細胞は数ヵ月経過するにともない徐々に増加した(図-3(右上))。こうした半透明細胞の増加(図-3(左下, 右下))と並行して、プレパラート全域で無色透明の流動物質が確認されるようになった。この流動に関して、非生物的要因によるものかどうかを確認するために、注意深くプレパラート全域を観察して、何らかの力学的勾配が平面的に発生していた可能性を検討した。その結果、明確な力学的勾配との関連は見られなかった。加えて注意深く観察すると、流動の加速減速、および急激な反転流も確認されたことから「脈動」的な現象と考えられた。この流動強度、速度は、定性的には周囲気温と正の相関が認められた。なおこの流動体のサイズは、プレパラート全域において境界が確認できなかったために、少なくともプレパラート上のカバーガラスのスケールではあった。先行研究(船越ら1985)では、A.

*anabaenophilum*の生活史において報告されているアメーバ態のサイズは、シストと同サイズで描画されている(スケールバーが無いために詳細は不明である)ために、本発表の顕微鏡観察で確認された流動体と同一であるかは不明である。なお、この流動現象は当日顕微鏡撮影動画で発表する。

4. おわりに

以上は全て目視観測結果のみに基づく情報であり、これまでに報告の見当たらないシロコ原因アメーバである*Asterocaelum* spに関する予備的な検討として観察した結果である。特に長期常温観察の結果、以下の事項が説明できない点としての課題である。1. 短期だけでなく、長期水面浮遊を可能にする浮力確保機構(アオコ藍藻類のガス胞状の細胞内オルガネラは、文献でも観察でも確認できていない。)今後は、本予備的観察で得られた現象に関して、仮説を検討するとともに、実験等の研究を行う必要があろう。

本アメーバは、先行研究では特有の藍藻類(*Dolichospermum* (旧*Anabaena*属))を捕食・溶藻することが報告されている。実際に、本サンプルの採取水域においても、シロコ発生前にこの藍藻類が発生していたことが確認されている。本藍藻類は一般的には富栄養化水域において発生するとされているが、本研究でサンプルが採取された水域は特に流域負荷源のない貧栄養状態である。近年は我が国の幾つかの貯水池でこうした水質であるにも関わらず藍藻類のアオコが発生する事例が報告されている。現時点において、このシロコによる障害は景観のみであると考えられるが、近年の親水利用を考慮すると、シロコの抑制とそのための発生原因究明が、*Dolichospermum*属との関係も含めて必要となろう。

【参考文献】

- 1) 小林淳希・仲村康秀・宮下洋平・大桐裕貴・今井一郎：, 渡島大沼において発生した溶藻性原生生物 *Asterocaelum* sp.の乳白色ブルーム, 陸水学雑誌, 79, pp. 109-117, 2018.
- 2) 船越真樹, 清沢弘志, 林秀剛: 木崎湖における浮遊性アメーバの爆発的増殖, 環境科学研究報告書, B258-R12-7, pp. 29-43, 1985.
- 3) 山本鎔子, 林秀剛: 諏訪湖, 木崎湖における微細藻類溶解微生物因子の季節変動, 昭和60年度環境科学研究報告, B258-R12-7, pp. 44-57, 1985.