

ダム湖の渇水がアオコ発生に及ぼす効果と影響について

松山河川国道事務所 工務第一課 神高 明徳

石手川ダムでは、昭和48年の管理開始以来、ほぼ毎年のようにアオコが発生、平成23年には、カビ臭を発生させるアオコが発生し、水道水の異臭味が問題となった。

過去の調査で、アオコの種子はダム湖の底泥中で休眠しており、条件が揃うと発芽、増殖し水質に悪影響を及ぼすことが分かったが、効果的な抑制対策の検証ができていなかった。

しかし、平成29年度の渇水により、抑制対策の一つである底泥干上げの効果と今後の影響について知見が得られたため、報告するものである。

キーワード アオコ、アナベナ、渇水、干し上げ、休眠細胞

1. 石手川ダムについて

石手川ダムは愛媛県松山市中心部から北東約10kmに位置し、一級河川重信川の右支川石手川に建設された多目的ダムである。(図-1) 洪水調節および上水道用水・かんがい用水供給を目的として昭和48年3月に竣工、翌4月に管理運用を開始しており、「松山市の水がめ」として治水と利水の両面から市民生活を支えている。

石手川ダム貯水池には、石手川本川と五明川の2河川が流入している。

なお、総貯水容量は1,280万m³であり、そのうち430万m³が洪水調節容量、630万m³が利水容量、220万m³が堆砂容量である。

2. 石手川ダムの水質問題について

石手川ダムでは、運用開始以来、植物プランクトンの異常発生によるアオコ、淡水赤潮の発生が確認されており、昭和50年代には主に赤潮、昭和60年代以降はアオコ（主にミクロキスティス属）の大量発生が問題となった。いる。

平成6年の大渇水後、平成9年までの3年間はアオコの発生が確認されなかった。しかし、平成10年以降、再びアオコが発生し、平成23年11月にはカビ臭物質ジェオスミンを生産する藍藻類（アナベナ属）が異常発生し、水道水がカビ臭になるといった水質障害が生じた。

3. 平成29年度の石手川ダムの状況について

(1) 渇水の発生

石手川ダムでは、平成29年度に4年ぶりに渇水が発生した。5～8月の流域平均降雨量は平年比で67.6%であり、特に7月は42.5%であったことから、6月上旬から貯水位が低下し、9月11日に貯水率が50.8%（貯水位EL. 190.44m）まで低下した。その後、9月17～18日に台風第18号の襲来により、貯水位が平常時最高水位であるEL. 201.2mまで回復した。(図-2) また、6月から9月上旬までの流入量は概ね0.3m³/s程度であった。

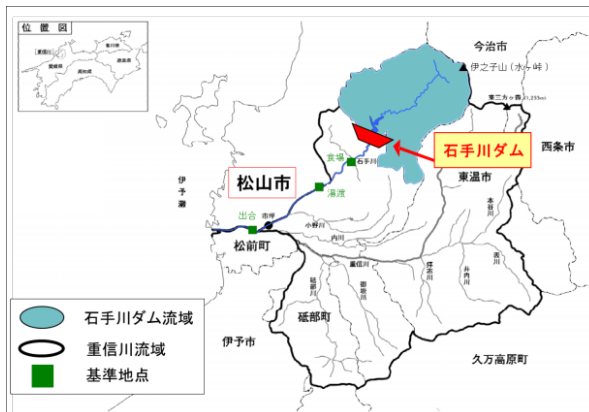


図-1 石手川ダムの位置

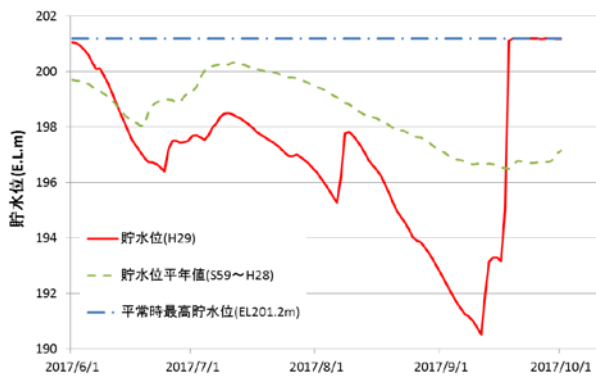


図-2 平成29年度の6月から10月までの貯水位の変化

(2) アオコの発生状況

平成29年度は、ダム貯水池において顕著なアオコの発生はなかった。7～10月調査において藍藻類(主にミクロキスティス属とアフアニゾメノン属)が確認されたものの、その発生量は、平成23年にジェオスミンが発生して以降で最小であり、アナベナ属は確認されなかった。

4. アオコについて

(1) アオコとは

アオコとは、藍藻類(ミクロキスティス、アナベナ等)の異常増殖により水面に緑色の粉を撒いたように見える現象である。植物プランクトンの増殖に必要な条件は栄養塩(窒素、リン)、水温、日射量、滞留時間などである。

アオコによる被害としては、景観障害、水道水の異臭味等がある。

(2) アオコ発生のメカニズム

アオコ原因藻類は増殖に不適当な環境では底泥に堆積し、増殖に適した環境が形成されると底泥から発芽して増殖する。冬になると一部が底泥に沈着し、分解されずにアキネート(休眠細胞)が越冬する。越冬したアキネートは、翌年に水温の上昇及び、湖底への日照により再び発芽する。(図-3) 石手川ダムでは、このようなメカニズムでアオコが毎年のように発生している。

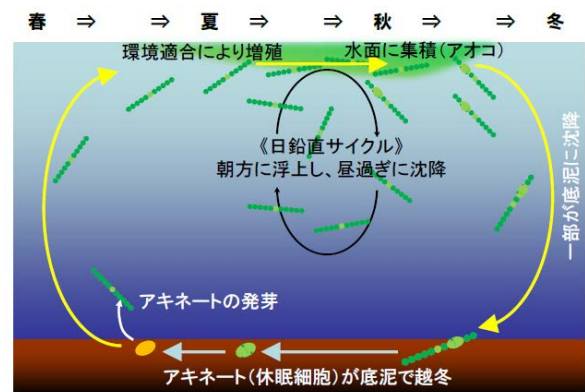


図-3 アオコ発生のメカニズム

5. アオコ・カビ臭原因藻類の主な発生源

石手川ダムでは、平成6年の渇水により、貯水位EL. 190m付近から貯水位EL. 195m付近の間のテラス状に堆砂をしていた部分(堆砂テラス)が渇水時の堆砂排除と降雨等による土砂の洗い出しにより崩壊した。石手川ダムでは、平成6年から9年までアオコは発生しておらず、アオコが再発した平成10年には堆砂テラスの上流部が、アオコが発芽できる水深まで堆砂していた。(図-4)

堆砂の進行に伴う堆砂テラスの発達、アオコの発生源として適した水深の浅い底泥範囲を拡大させ、底泥からのアオコ原因藻類の発芽量を増大させると推察される。

このことから、石手川ダムにおける堆砂テラスはアオコの主な発生源として機能している可能性が高いと推察される。

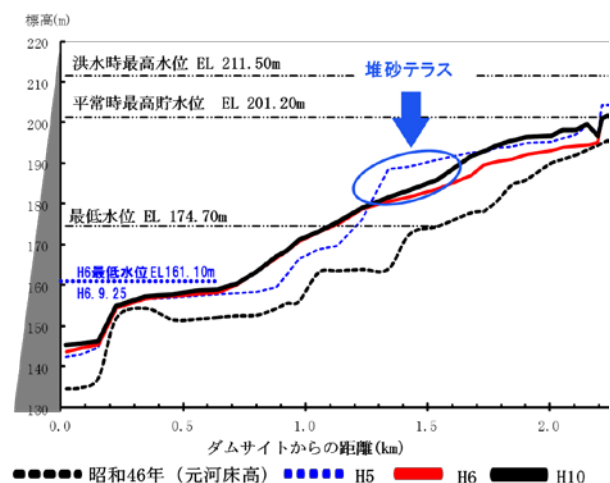


図-4 平成5年から平成10年間の貯水池縦断地形の変化

平成28年度に行ったダム湖底3Dソナー調査結果を図-5に示す。調査の結果、堆砂テラス肩より下流(測点①)の湖底は、水深20m程度で底質は柔らかいシルト質が主体であり、堆砂テラス肩から上流(測点②、③)の湖底は、水深5から8m程度で底質は柔らかいシルト質が主体、測点④、⑤の湖底は、水深5m以下で底質は硬い砂質が主体であることが分かった。アナベナの休眠細胞の越冬条件に適した底泥性状は、シルト質を主体とした有機物を多く含む土砂であることが各種学術文献により報告されている。

また、秋季に実施した底泥調査結果から、各年のエリア別アキネート堆積量を試算(平成27～28年)した結果、A, Bのエリアでアキネート堆積量が大半を締めていることが分かった。(図-7)

以上のことから、石手川ダムにおけるアオコ・カビ臭原因藻類の主な発生源となる底泥範囲は測点③付近から測点②付近であると推察される。

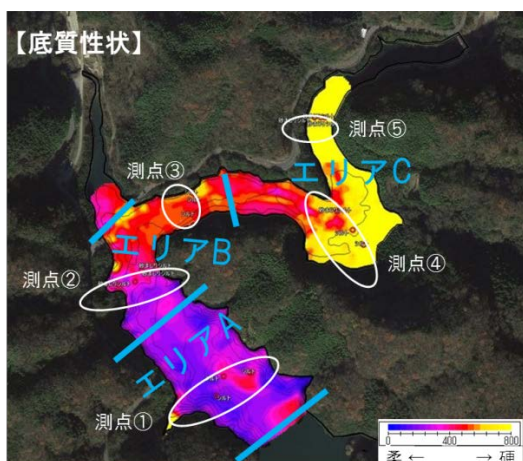


図-5 底泥性状把握調査 採泥地点平面図

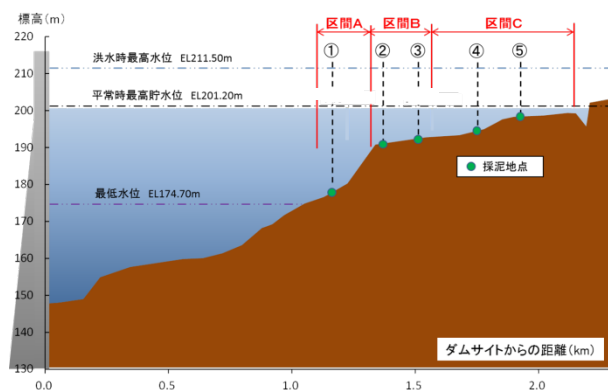


図-6 底泥性状把握調査 採泥地点断面図(平成28年度)

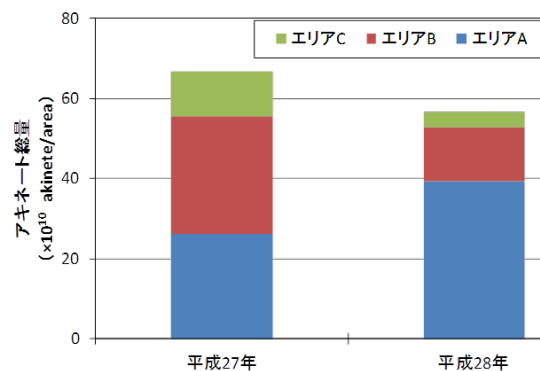


図-7 秋季アキネート総量の比較(平成27年～28年)

6. 干し上げについて

(1) 干し上げとは

干し上げとは、貯水位を低下させ、湖底面を一定期間、空気や日光にさらすことである。干し上げによる水質改善効果は、貯水位が低下し、湖底が露出して天日乾燥状態となることで、アオコやカビ臭の原因となる藍藻類が乾燥と紫外線によるダメージを受けて死滅することで発現すると言われている。これにより翌年のアオコやカビ臭の初期発生量が少なくなり、翌夏のアオコ発生ピークの遅れやピーク時濃度の低下が期待される。

また、湖底を露出することで底泥内部が酸化状態に傾き、底泥からの栄養塩等の溶出をおさえる効果も期待される。

貯水位低下を伴うことから、利水容量の回復が確実に行えることが前提であり、利水関係者との合意形成が必須条件となり、石手川ダムでの干し上げ対策の試験は行えなかった。しかし、平成29年度は、渇水により貯水位が低下したため結果的に、アナベナ属の休眠細胞を含む底泥を干し上げることができた。

(2) 干し上げ調査の結果

平成29年度の石手川ダムでは、渇水により貯水位がEL. 190.44mまで低下し、アオコ発生源となる底泥範囲が測点②付近まで干出する状態となったため、干し上げ時の貯水池内底泥のアナベナ属アキネート存在量の調査を行った。(図-8) 調査は8月18日、8月25日、9月4日に貯水位低下に応じて、貯水位EL. 196m(調査地点1)、貯水位EL. 194m(調査地点2)、貯水位EL. 192m(調査地点3)の3地点の左岸、流心、右岸の3箇所の底泥を採取し、アキネート密度を測定した。

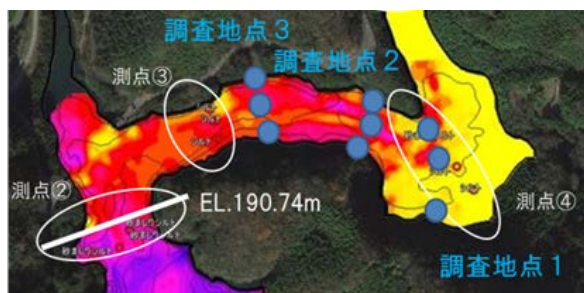


図-8 干し上げ調査範囲

調査の結果、調査地点1の流心と右岸側では、調査期間を通じてアキネートは確認されず、もともとアキネートの堆積に適していなかったものと考えられる。また、左岸側はシルト分を主体とした底質であり、アキネートが底泥深度10cmまで分布していた。調査期間におけるアキネート密度の変化は、8月18日と9月4日を比較すると深度4cmまでのアキネート密度が半減しており、干し上げ効果は深度4cmまで及んでいたものと考察される。ただし、8月25日には同地点から底泥を採取したにも関わらず、底泥試料中からアキネートは検出されなかった。

調査地点2では8月25日に比べて9月4日に左岸側と右岸側ではアキネート密度が大きく低減した。一方、流心ではアキネート密度の明確な減少傾向は確認できなかった。

調査地点3では9月4日調査の後、次回調査までに貯水位が回復したため、干し上げの効果を調査することができなかった。

調査の結果、藍藻類の発生源とされる底泥範囲では、干し上げ8～10日後にはアキネート密度の減少を確認することができた。(図-9)

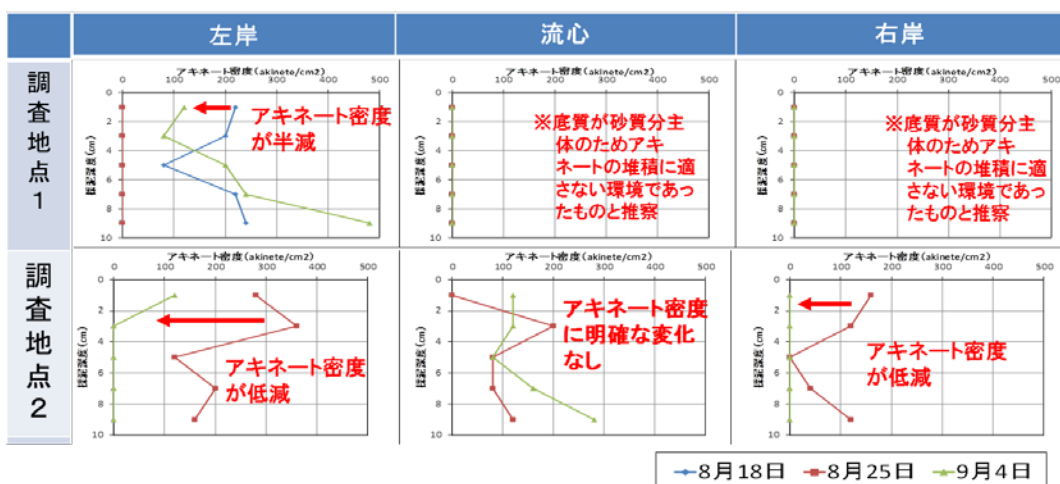


図-9 干し上げ調査結果 (アキネート密度(akinetes/cm²))

7. 今後のアオコ・カビ臭物質の発生について

平成30年度のアオコの発生については、秋季に実施した底泥調査結果から、各年のエリア別アキネート堆積量を試算(平成27～29年)した結果、平成29年秋季のアキネート総量は過年度の4%程度に減少した。(図-10)このことから、平成30年夏の初期供給量は非常に少なくなり、アナベナ属が大量発生する可能性は低くなるものと予想される。

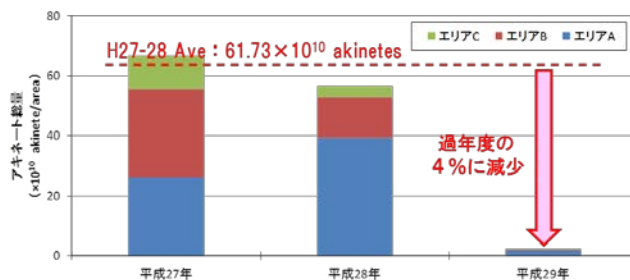


図-10 秋季アキネート総量の比較(平成27年～29年)

8. まとめ

渇水は干し上げによるアキネートの死滅などダム湖内の植物プランクトンに大きな影響を与えることが分かった。また、干し上げ調査により、石手川ダムにおいて堆砂テラス付近の発生源対策が有効であると思われる。

今後は、これまでの調査結果を基に、引き続きダム湖のモニタリングを行うとともに、アオコ・カビ臭現象発生に備えた対策の検討、水質管理計画の策定を行い、ダム湖の水質保全に努めていく。