

WEC での水質技術開発の取り組み

水質管理・予測・対策技術の高度化・効率化へ向けて

木村文宣

(一財)水源地環境センターでは、管理ダムにおける水質監視・水質対策等に関する調査研究を取り組みの1つとして継続的に行ってきた。これら調査研究について議論する組織として「ダム貯水池水質保全対策研究会」を平成24年度に発足し、社会実装へ向けた技術開発等をこれまで進めてきた。本報では、当該研究会においてこれまでに取り組んできた「アオコ」をテーマとした技術開発について、研究内容や成果を紹介するとともに、今後のダム貯水池の水質管理・水質予測・水質対策に関する展望について述べる。

キーワード：ダム、水質、アオコ、画像解析、アオコ予報、水質改善対策

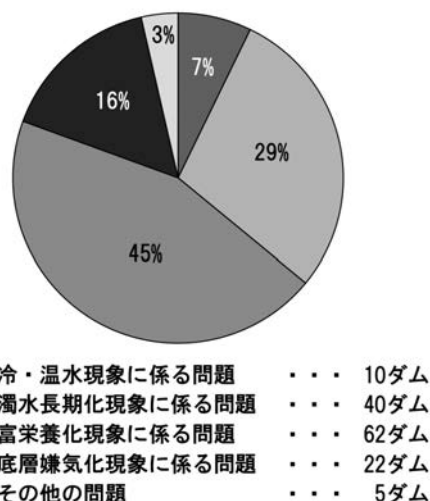
1. はじめに

ダム貯水池は、流水を貯留することにより洪水調節機能、利水補給機能、環境保全・創出機能といった多面的な機能を発揮することで社会資本に貢献している。その一方で、流水を貯留することによりダム貯水池内及び下流河川にダムがない時とは異なる環境も創出し、場合によっては水利用や周辺環境に影響を及ぼすこともある。

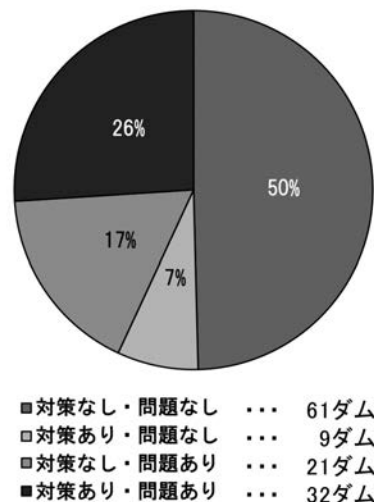
たとえば、本報の主題となる「アオコ」は代表的な水質問題の1つである。湖面が緑色に着色する現象であり、その原因は藍藻類の寡占的増殖によるものと言われており、過度な集積が起こると腐敗臭の問題が併発する場合もある。また、発生する藍藻類の種類によっては異臭味（カビ臭）が発生し、上水利用の支障となり活性炭による処理を要する場合もある。

平成27年に国土交通省・水資源機構が管理する123ダムを対象に実施されたアンケート調査によると、全体の約1/2の62ダムにおいて富栄養化に係る問題が生じている（図－1）。また、同アンケート結果を分析すると、水質改善対策を実施しているにも拘らず富栄養化に係る問題が解消していないダムが全体の26%であった。これは富栄養化以外の水質問題（冷温水：4%・濁水長期化：14%・底層嫌気化：7%）と比べると明らかに大きな割合であり、富栄養化に係る問題の根深さが窺える（図－2）。

こういった現状を鑑み、当財団では管理ダムにおける水質管理・水質対策に資する社会実装可能な技術の開発を目的に調査研究を進めてきた。この調査研究の



図－1 ダム貯水池での水質問題の発生状況



図－2 水質改善対策の実施状況とその効果

基幹となる組織が、今回紹介する「ダム貯水池水質保全対策研究会」であり、当財団が設立・運営する組織である。本研究会は、管理ダムにおける水質問題全般を取り扱うこととしているが、先の図に示されたように、現状、最も大きな問題と考えられる富栄養化問題、その中でも特に問題として残る「アオコ」をテーマに調査研究を進めているところである。

本報では、当研究会の枠組みを紹介した後に、これまで実施してきた調査研究内容やその中で得られた成果等について「アオコ」についての技術開発の着眼点毎に説明したい。

2. WEC での水質技術開発の枠組み

当財団が設立・運営する「ダム貯水池水質保全対策研究会」では、現在着目するテーマ「アオコ」に対して、図一3に示す3つの着眼点を設定している。

(1) アオコ発生状況（現状）の的確な把握

ダム貯水池では、「定期調査」と呼ばれる調査を実施し、水質や植物プランクトンの状況等を確認している。この定期調査は、「主に水質汚濁に係る環境基準項目について、ダム貯水池の水質・底質の状況を定期的に監視し、その実態を経年的、長期的に把握する」ことを目的とした調査であり、調査地点は1地点（基準地点）或いは2地点（基準地点・副基準地点）、調査頻度は1回/月で実施することが基本となってい

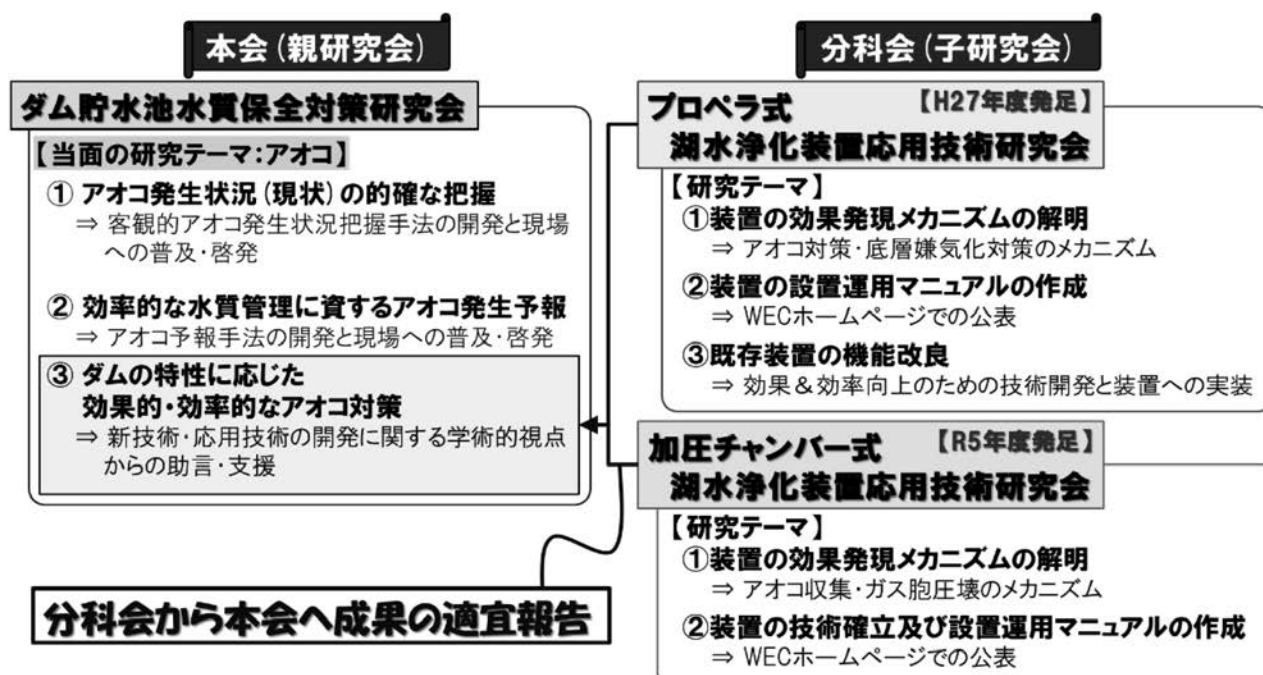
る。富栄養化をはじめとする水質変化現象が発生しているダムでは、この頻度での調査では十分な水質変化等を把握することが難しく、そういった場合に実施する調査として「詳細調査」も位置付けられ、必要なダムでは実施されているが、当然ながら調査に係る人員・費用の面での負担が大きい。

また、植物プランクトン調査に関して言えば、現地での湖水採水から顕微鏡を用いた同定・計数を経て状況把握に至るが、この期間が2週間～1ヶ月と長いため、即時にアオコ発生状況を定量的に把握するのが困難な現状がある。

こういった現状を踏まえると、現場で多面的に即座にアオコ発生状況を把握できる指標や手法が求められていると考えられ、本テーマではそれに資する技術開発を行うことを目的に調査研究を行っている。

(2) 効率的な水質管理に資するアオコ発生予報

アオコ発生は、徐々にその状況が深刻化する経過を日々の湖面観察で補足できる場合もあるが、「ある日突然、湖面が緑色に着色した」という声を多く聞く。これは、水中に存在するアオコの原因となる藍藻類が指数関数的に増えるため、視認できる状態となるまでの経過を追いきれないことが一因と考えられる。アオコの過剰発生は、湖面景観の阻害だけでなく先述の通り異臭味問題も併発する場合があるが、アオコ発生予兆を察知できると、水道事業者が事前に活性炭を準備する猶予期間が確保できるなどの社会リスクの軽減に



図一3 ダム貯水池水質保全対策研究会（本会）及び分科会の枠組み

寄与できるものと考えられる。

本テーマでは、以上のような背景を踏まえ、現場で簡単にアオコ発生を予測可能な手法（アオコ予報的な観点）を技術開発することを目的に調査研究を行っている。

(3) ダムの特性に応じた効果的・効率的なアオコ対策

ダム貯水池におけるアオコ対策は、これまで気泡式循環装置（いわゆる曝気循環装置）が適用されることが非常に多く、この問題の基幹対策と言っても過言ではない。しかし、本対策装置は、20 m 程度以上の空気吐出水深（循環混合水深）を確保しないと十分な効果が得られないことがこれまでの知見や実績から明らかになってきており、この条件を確保できないダム貯水池でのアオコ対策については、確立された方法が見出されていないのが現状である。

本テーマでは、こういった「浅い貯水池・浅い場所でアオコが発生するケース」に対する対策技術の確立やそのマニュアル化を目的に調査研究を行っている。

なお、(3) については対策装置のメカニズム解明や装置のマニュアル化等、研究内容が機器の機構等に係わる部分が多いことから、図一3に示すように本会（親研究会）の下部組織として分科会（子研究会）を装置毎に別途に設置し、装置に係わるメーカーの協力も頂きながら調査研究を進めているところである。

3. アオコ発生状況（現状）の的確な把握に係る技術開発

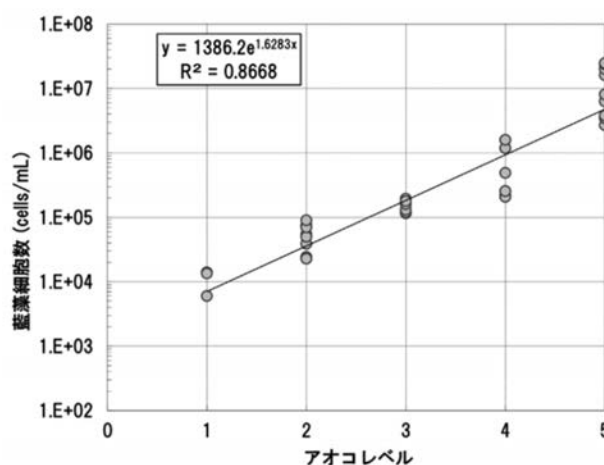
アオコ発生状況の的確な把握については、現場で簡単に即時にアオコ発生状況を多面的に捕捉できる手法として、「WEC 式アオコレベルチェッカー」を開発した。本技術は、アオコの発生する湖水をシリンジを用いて 100 mL ろ過し、ろ紙に乗ったアオコの着色度を自動判定するシステムである。

使用する資機材は、ろ紙・ろ紙ホルダー・シリンジ・専用アプリをインストールした端末（タブレット・スマートフォン等）・色補正を行うカラーチェッカーのみであり（図一4）、現場で採水・ろ過を行い、ろ紙を撮影するだけで、即時に6段階に設定されたアオコレベル判定を行うことができる。

アオコレベルは、指数オーダーで藍藻類の細胞密度との関係性も確認できており（図一5）、発生する詳細な藍藻類の種名を特定することはできないものの、



図一4 WEC 式アオコレベルチェッカーの概要



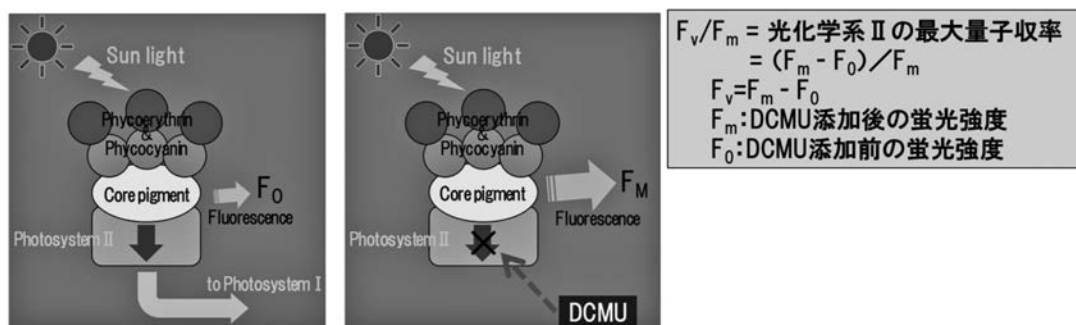
図一5 アオコレベルと細胞密度の関係

凡そどれ位の細胞密度の発生量となっているかを把握することが可能である。また、判定結果や撮影した画像は、クラウドサーバーに自動転送されるため、現場から自席に戻り次第、その結果を整理・集計することも容易に行うことができる。

本システムは、これまで10ダム程度での適用実績があり、一定の評価を得ている。ただ、各ダムで色合いには少しずつ特徴の違いがあり、判定精度を確保するためには、各ダムで判定基準のチューニングを行うのが望ましいことも分かってきている。

4. 効率的な水質管理に資するアオコ発生予報に係る技術開発

アオコ発生やそれに伴うカビ臭発生の予兆を事前に察知できると、例えば活性炭の調達時間を確保する等の面で水道供給停止リスクの低減に寄与できる。本テーマは、この観点からアオコやカビ臭の原因となる藍藻類の活性度合いを現場で測定することで、アオコ



図ー6 DCMUWEC 式アオコレベルチェッカーの概要

発生 2 週間～1 ヶ月前にその予兆を察知するための手法を確立する取り組みである。

具体的には、程木ら¹⁾が提唱する DCMU 蛍光法の現場実装に取り組んだものであり、光化学系 II の最大量子収率 (F_v/F_m) の変化を現場で経時的に計測することで、その数値の変化から以降のアオコ発生を予測するものである(図ー6)。

既に現地での検証により、本手法の有効性は確認できており、当財団ホームページにてその成果を公表しているが、現場で使用する計測機器の技術開発、試薬を用いる点が現場適用の支障となる等、今後の改良も求められている。

5. ダムの特性に応じた効果的・効率的なアオコ対策に係る技術開発

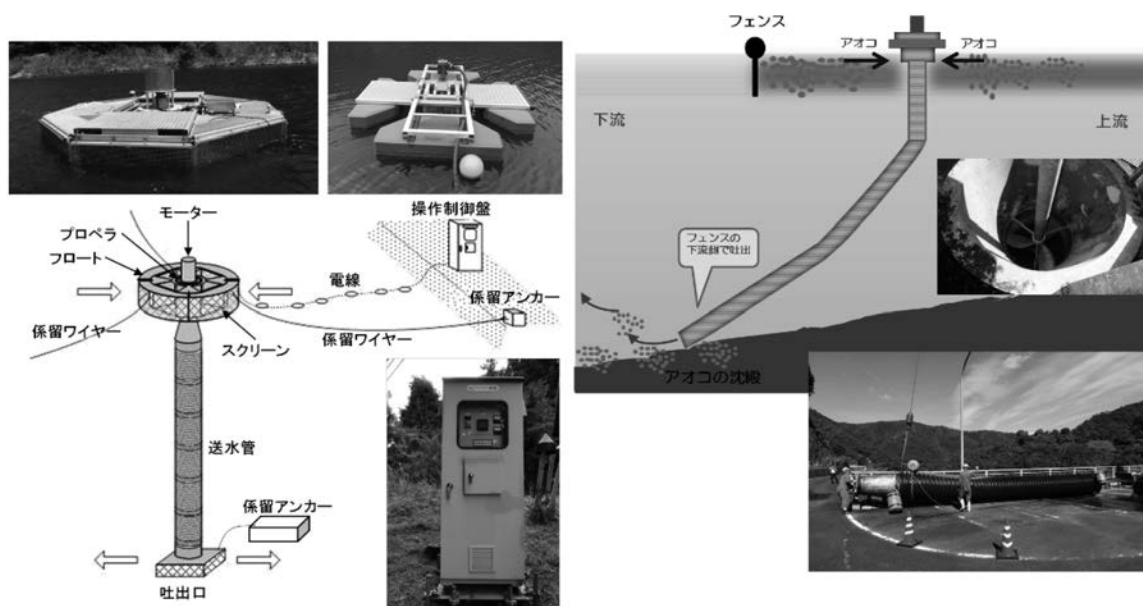
現在、当財団では、以下に示す 2 つの浅水深を対象とした水質改善対策に着目し、その効果発現メカニズムの解明や、設置にあたっての設計論の一般化等に取り

組み、マニュアル作成を進めている。

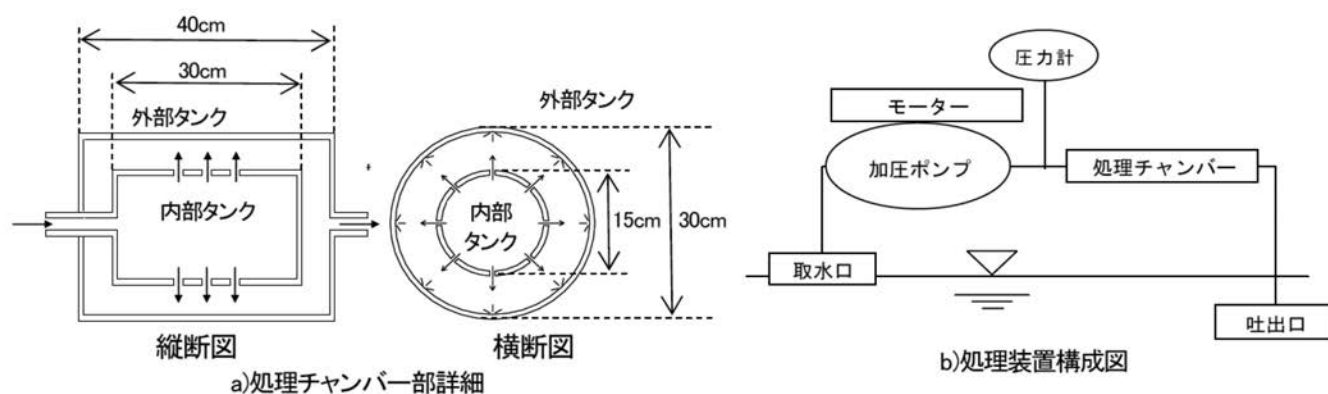
(1) プロペラ式湖水浄化装置

プロペラ式湖水浄化装置は、プロペラの駆動により表層に集積するアオコを吸引し、水深 20 m 程度以上の湖底付近へ吐出することで、藍藻類の持つガス胞(浮袋)を圧壊し、水面への再回帰を阻害することでアオコを処理する対策であり、現在、全国各地で事例が増えつつあるアオコ対策装置である(図ー7)。しかし、この装置によるアオコ対策メカニズムや設置に関する標準的な設計論が確立していない。

以上を踏まえ、本テーマでは、当該装置によるアオコ対策メカニズムを明らかにするため、既設置ダムでの現地調査、試験フィールドでの試験運用とそれに付随する現地調査や現地実験を行っている。これまでに得られた知見や導入実績等を整理し、「プロペラ式湖水浄化システム設置・運用マニュアル(案)」を作成し、当財団ホームページで公開している。



図ー7 プロペラ式湖水浄化装置 概念図及び写真

図—8 加圧チャンバー式湖水浄化装置 概念図²⁾

(2) 加圧チャンバー式湖水浄化装置

加圧チャンバー式湖水浄化装置は、ポンプを用いた加圧 (0.5 MPa) によるガス胞破壊と二重管チャンバーの内管に明けた穴を通過する際のせん断破壊により、アオコを処理する装置である。水深の浅い貯水池でも設置可能である (図—8)²⁾ が、導入実績が極めて少なく、この装置によるアオコ対策メカニズムや設置に関する標準的な設計論が確立していない。

以上を踏まえて、本テーマでは、当該装置によるアオコ対策メカニズムを実証実験を通じて明らかにし、その成果を用いた施設設計の標準化を進める取り組みを開始した。本装置に関する調査研究は、令和5年度に着手したばかりであり、現時点ではまだ成果は得られていないが、今後、フィールド実験を行い、知見を深めていく予定である。

6. おわりに

当財団では、ダム貯水池水質について、建設DXの進展も視野に入れた管理や対策の高度化・効率化へ向けて、社会実装可能な調査・予測・対策方法の標準化

を進めている。この取り組みは、財団単独の力では不十分なところも多く、学識者や対策装置を製造する企業等、多くの助力を得ながら先進的な取り組みを鋭意進めていきたいと考えている。

ダム貯水池の水質に興味のある方は、是非、当財団にお声掛け頂ければ幸いである。

J C M A

《参考文献》

- 1) Yoshikuni Hodoki, Kato Ohbayashi, Yuki Kobayashi, Noboru Okuda, Shinichi Nakano, Temporal variation in cyanobacteria species composition and photosynthetic activity in experimentally induced blooms, JOURNAL OF PLANKTON RESEARCH, Vol.33, No.9, P1410-1416, 2011
- 2) 古里栄一、藤野 毅、浅枝 隆、有田正光 物理的処理によるアオコ対策の効果に関する基礎的実験 水工学論文集、第54巻、2010

【筆者紹介】

木村 文宣 (きむら ふみのり)
(一財) 水源環境センター
研究第二部
水質技術開発室長

