プロペラ式湖水浄化装置によるアオコ抑制効果について

ゼニヤ海洋サービス株式会社　水環境研究部　正会員　○西田秀紀　川本靖行　稲田精一
株式会社海洋開発技術研究所　城野清治　井手裕樹
一般財団法人水源地環境センター　髙橋定雄　木村文宣

１．はじめに

我が国の多くの貯水池や湖沼では、富栄養化により藻類が異常増殖しアオコ等の水質障害が発生している．特に藍藻類に由来する景観障害や水道水の異臭味障害は大きな課題であり、こうした問題に対して現在では散気式曝気循環装置（以降、散気装置）が全国で広く導入され、相応の効果を発揮している．

一方、写真-1 に示すプロペラ式湖水浄化装置（以降、プロペラ装置）は、表層水をプロペラにより吸引し、送水管を通じてアオコや栄養塩類を効率的に深水層へ直接送り込むことで、水質保全を行うものである．この装置は、散気装置と同等のアオコ抑制効果が期待できるうえに、散気装置に比べて初期費用およびランニングコストが安いことから、全国のダム貯水池での実績が増えている[1)~2)]．

写真-１　プロペラ装置の外観

本稿では、これら導入実績を主要パラメータ毎に整理することによって、プロペラ装置の施設計画に関する基本的な知見を得たので報告する．

２．プロペラ式湖水浄化装置

(1) 構　造

プロペラ装置の構造は、図-1 に示すように、①プロペラ、モータおよびフロートを含む駆動部本体、②送水管と吐出口、③駆動部本体と送水管を支える係留ワイヤーおよび操作制御盤（陸上施設）から構成される．

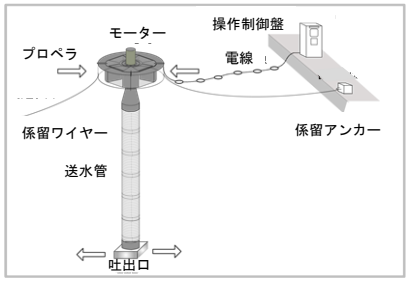

図-1 プロペラ装置の構造

(2) アオコ抑制のメカニズム

プロペラ装置のアオコ抑制メカニズムは以下のとおりと考えられている（図-2）．

② アオコを含む表層水は、プロペラ装置に吸引される．

②送水管により深部へ移送・放出される．放出されたアオコの一部は水圧により死滅・沈降する(イ)．

③深部で放出された暖かい水流は、比重が軽いため周囲の水と混合しながら上昇する．

④同じ水温層に上昇した後、水平方向に貫入する．

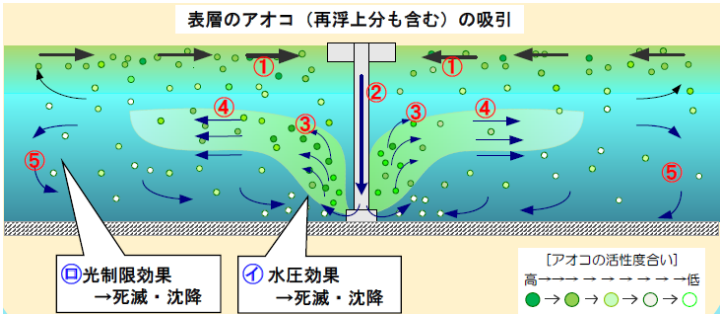

図-2 プロペラ装置によるアオコ抑制のメカニズム

⑤上部と下部に分かれ大きな対流が発生し、下部の対流に存在するアオコの一部は光制限効果により死滅する(ロ)．

３．検討対象貯水池

上述のとおり、プロペラ装置の特長は、アオコを短時間で深水層（無光層）に移送し“水圧効果および光制限効果”によってアオコを抑制することである．この水圧効果および光制限効果を代表する指標として「水深」が挙げられる．つまり、プロペラ装置によって深水層に移送されたアオコは、水圧の作用によって浮力制御能[3)]に影響を受けるとともに、長期的な暗条件によりその活性を失う[4)]．

一方、プロペラ装置は、プロペラにより表層水塊を吸引し、送水管を通じて表層水塊を貯水池深部に放出させる装置であることから、プロペラ装置の「吐出水量」はアオコ抑制効果を論じる際に重要なパラメータであると考えられる．

キーワード：アオコ対策、湖水浄化装置、水圧効果、光制限効果、低コスト
連絡先：ゼニヤ海洋サービス㈱　東京都中央区八重洲 2-7-12　TEL. 03-3510-2631　FAX. 03-3510-2632

以上から、水深と吐出水量との関係を的確に把握するために選定した検討対象貯水池は、水深および吐出水量が把握されており、アオコ抑制効果が判明している 11 の貯水池とした．表 - 1 に検討対象貯水池の諸元、プロペラ装置の規模、フェンスの有無およびアオコ抑制効果を示す．なお、フェンスは大規模貯水池において貯水池を分画し、効率よく表層水を吸引するために設置されるものであり、アオコ抑制効果の判定は下記に示すように定性的な手法により行った．判定例を写真-2 に示す．

・効果あり：装置設置以降はアオコが確認されず、アオコに関する苦情がない場合
・効果なし：装置設置以降にアオコが確認されるか、アオコに関する苦情がある場合

表-1　検討対象貯水池

	設置年月	湛水面積 [ha]	フェンス上流湛水面積※1 [ha]	貯水容量 [m^3]	フェンス上流容量※2 [m^3]	平均水深※3 [m]	プロペラ式湖水浄化装置 設置数 [基]	吐出水量 [m^3/hr]	単位面積吐出水量 [m^3/hr/ha]	フェンス設置有無	アオコ抑制効果
Aダム	2003年8月	9	－	2,220,000	－	24.7	1	1,300	144	－	効果あり
Bダム	2005年3月	10	－	720,000	－	7.2	1	3,000	300	－	（フェンスなし）
Cダム	2006年11月	28	－	4,310,000	－	15.4	2	5,600	200	－	
Dダム	2011年8月	16	－	2,180,000	－	13.6	1	3,000	188	－	
Eダム	2013年2月	12	－	2,170,000	－	18.1	1	2,800	233	－	
Fダム	2004年7月	425	17.0	189,100,000	3,670,000	21.6	1	2,000	118	○	効果あり
Gダム	2004年7月	80	9.5	20,600,000	920,000	9.7	1	1,800	189	○	（フェンスあり）
Hダム	2009年6月	111	9.0	28,000,000	900,000	10.0	1	1,700	189	○	
Iダム	2006年11月	60	－	6,350,000	－	10.6	2	4,600	77	－	効果なし
Jダム	2008年3月	5	－	320,000	－	6.4	1	1,700	340	－	
Kダム	2012年2月	2	－	125,000	－	6.3	1	900	450	－	

※1　フェンス上流湛水面積は、平面図による計測値
※2　フェンス上流容量は算出値
※3　平均水深　（フェンスなし）＝貯水容量／湛水面積
　　平均水深　（フェンスあり）＝フェンス上流容量／フェンス上流湛水面積

写真-2 アオコ抑制効果の判定例（効果あり）

4．プロペラ装置のアオコ抑制効果

図 - 3 は、アオコ抑制効果の有無をパラメータとし、検討対象貯水池の「平均水深（Ha)」と「単位面積あたりの吐出水量（Qo)」の関係を示したものである．なお、平均水深（Ha）は、フェンスありの場合「Ha＝フェンス上流容量／フェンス上流湛水面積」、フェンスなしの場合「Ha＝貯水容量／湛水面積」であり、単位面積あたりの吐出水量（Qo）は、フェンスありの場合「Qo＝吐出水量/フェンス上流湛水面積」、フェンスなしの場合「Qo＝吐出水量/湛水面積」である．

図より、アオコ抑制効果は、平均水深 7m 以上かつ単位面積あたりの吐出水量 100m^3/hr/ha 以上でみられると共に、平均水深が増大するにつれて単位面積あたりの吐出水量は減少していることが分かる．これは、平均水深が浅く吐出口水深が十分に確保できない場合は水圧効果および光制限効果が十分に得られず、吐出水量が少ない場合はプロペラ装置に吸引される表層水量も減少し、プロペラ装置によるアオコ吸引面積が装置近傍に限定されたためと考えられる．

5．おわりに

本稿により得られた結論を以下に示す．

1）プロペラ装置のアオコ抑制効果は、「平均水深」と「単位面積あたりの吐出水量」で整理できる．
2）平均水深 7 m 以上かつ単位面積あたりの吐出水量 100m^3/hr/ha 以上において、明確なアオコ抑制効果が確認できる．

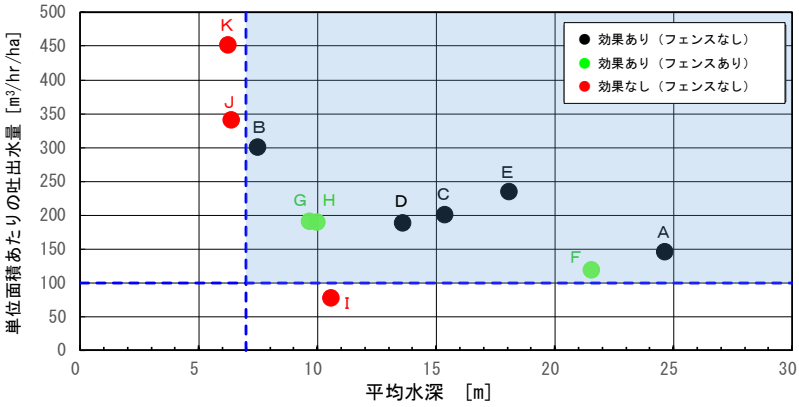

図-3　平均水深と単位面積あたりの吐出水量の関係

6．課題・展望

今後は、アオコ抑制効果を定量的に評価するとともに、パラメータを再整理して施設計画に必要な吐出水量および設置基数の設定に必要な判定基準を検討する予定であり、最終的には、プロペラ装置の設置・運用マニュアルの作成を行いたい．

参考文献： 1）木村文宜他：プロペラ式循環装置による水質改善効果予測 - 千屋ダムの事例 - ，水源地環境センター［平成 24 年所報］
2）稲田精一他：プロペラ式循環装置による水質浄化効果の検討，水文・水資源学会誌 VOL26 No.6 2013 年
3）古里栄一他：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 年 2 月
4）古里栄一他：淡水植物プランクトンの耐暗性について　水環境学会誌、第 24 巻　第 1 号　2001 年