

## 流動促進装置を使ったダム湖の水質浄化\*

佐藤 敏 幸<sup>1)</sup>・土 取 みゆき<sup>2)</sup>  
香 西 清 弘<sup>1)</sup>・冠 野 禎 男<sup>3)</sup>

キーワード ①水質浄化 ②水温成層 ③溶存酸素 ④栄養塩

### 要 旨

香川県坂出市の府中湖において、水温成層の解消や底層水の溶存酸素量の上昇等を強制的に起こさせ、水質を改善することを目的として、実証試験を行った。

流動促進装置の稼動により水温成層の解消につながる水温の均一化等が確認できたものの、底層水の溶存酸素量を上昇させることができず、植物プランクトンの異常増殖を防ぐことはできなかった。これは、底層の汚濁が著しく、流動促進装置により供給された酸素の量が不足しているため、底質からの栄養塩の溶出を十分に抑制できなかったことが原因であり、水質改善には、今回の試験の条件より流動促進装置の能力や設置基数を増加させる必要があると考えられる。

### 1. はじめに

香川県は日照時間が長く、降雨量が少ない瀬戸内海式気候であり、県民はダムやため池等多くの貯水池を整備し、水源を確保してきた。

貯水池は、水の出入りが少なく、長期間滞留する閉鎖性水域であるため、流入した栄養塩が蓄積し富栄養化が起こりやすい。また、夏季には植物プランクトンが異常増殖し、アオコが発生する等著しい水質悪化が発生している。このため、富栄養化により悪化した貯水池の水質改善は、重要な課題となっている。

温帯の貯水池では、夏季に湖水の鉛直混合がほとんどなくなる水温成層が形成され、表層から底

層へ酸素が供給されなくなる。これに伴い、底層付近に著しい貧酸素状態が発生し、底質から湖水への栄養塩の溶出が促進される。これが植物プランクトンの異常増殖の原因であると考えられている。

そこで、水温成層の発生や底層水の溶存酸素量(DO)を機械的にコントロールすることにより、水質を改善させようとする試みが行われている。

2006年から07年にかけて、香川県環境保健研究センターの笹田らは、(株)石井工作研究所製ジェット・ストリーマー／MJS-150型を用いて、香川県観音寺市の豊稔池(満水面積：15.1ha、総貯水量：164万3,000m<sup>3</sup>)で実証試験を行ったところ、

\*Improvement of Water Quality in dammed Lake through Use of Flow Promotion Devices

- 1) Toshiyuki SATO, Kiyohiro KOZAI (香川県環境森林部環境管理課) Kagawa Prefectural Environmental Management Division
- 2) Miyuki TSUCHITORI (香川県立中央病院) Kagawa Prefectural Central Hospital
- 3) Yoshio KANNO (香川県環境保健研究センター) Kagawa Prefectural Research Institute for Environmental Sciences and Public Health

水温成層の発生抑制や底層のDOの上昇が観測され、化学的酸素要求量(COD)の低下等水質改善を確認している<sup>1)</sup>。

香川県坂出市の府中湖は、豊稔池に比べ総貯水量は約5倍であるが、気象条件や水質悪化の要因が、豊稔池と似ていると考えられるため、同じ流動促進装置を選定し、水質改善の実証試験を行った。

### 2. 水域の概況

府中湖の位置および概況は図1および表1のとおりで、満濃池に次いで香川県下で2番目の規模の貯水池である。

府中湖の貯水率は、2008年度8～9月、2010年度の冬季および2011年度の11～3月に60%程度まで低下しているが、それ以外の期間はおおむね90%以上で推移している。

### 3. 気象状況

図2に府中湖周辺の滝宮地域気象観測所における2008年度から2010年度の降水量および日照時間を示す。

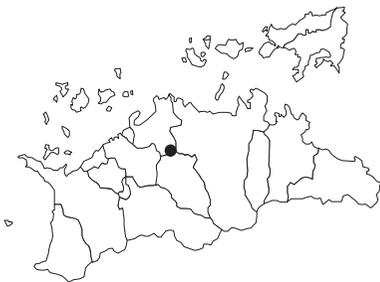


図1 府中湖の位置

表1 府中湖の概況

所在地	香川県坂出市府中町
流入河川	綾川水系綾川
形式	重力式コンクリートダム
堤高	27.5m
堤長	400m
総貯水量	850万 m <sup>3</sup>
有効貯水量	800万 m <sup>3</sup>
満水面積	121ha
流域面積	122.7km <sup>2</sup>
平均水深	7.0m

を。すべての年度で年間降水量および年間日照時間は、ほぼ平年どおりである。しかし、月別に比較すると、渇水の発生時期が年度によって変

化している等、年度間の差が大きい。

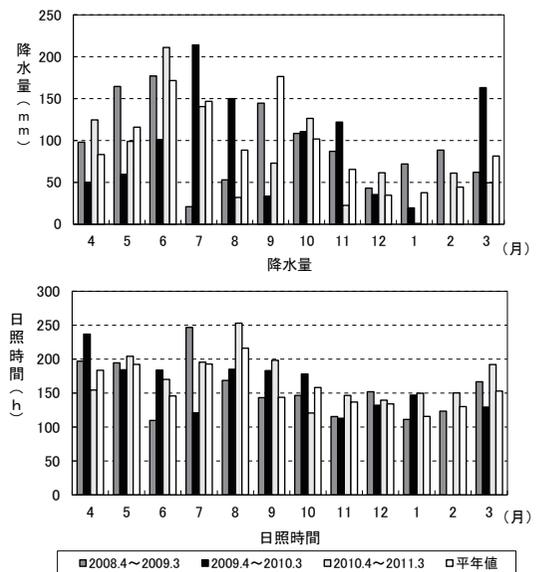
## 4. 流動促進装置の概要

### 4.1 流動促進装置の原理

ジェット・ストリーマーは、駆動水ポンプ、オゾン発生装置、コンプレッサー等から構成される。水温が高く、溶存酸素が豊富な表層水を底層まで送水し、オゾンを含む圧縮空気とともに吹き出すことにより発生する噴流で、周辺の水を流動・混合し、水域全体を循環させる。これにより、底層を好气的状態に保ち、底質からの栄養塩の溶出を抑制することを目的に設計されている<sup>2)</sup>。

### 4.2 流動促進装置の設置状況

図3の地点①および地点②に、表2のとおり流動促進装置を設置した。各調査地点の水深は、満水時でStAが16m、StBが15m、StC、StDが14m、StEが12mであり、下流部から上流部へ向



(注)2010年2月は、資料不足値であるので記載していない。

図2 府中湖周辺の降水量・日照時間(滝宮観測所)  
(気象庁資料より作成)

表2 流動促進装置の設置状況

①地点	装置 動水量 設置姿勢	ジェット・ストリーマー MJS-150型 95,000m <sup>3</sup> /日 鉛直上向き吐出
②地点	装置 動水量 設置姿勢	ジェット・ストリーマー MJS-150型 95,000m <sup>3</sup> /日 吐出方向仰角30度

かうに従って徐々に水深が浅くなっている。

## 5. 調査方法

### 5.1 調査期間

調査は、2008年4月から2011年3月までの3年間実施した。流動促進装置は、2008年9月4日から11月7日まで、2009年4月3日から2010年3月31日まで、2010年5月26日から2011年1月24日まで

で連続稼動させた。

ただし、2009年8月6日に流動促進装置のコンプレッサーが停止していたことが明らかになった。これ以降は正常に稼動しているが、いつから停止していたのかは不明である。

### 5.2 調査地点および調査項目等

調査地点は図3、調査項目等は表3のとおりである。

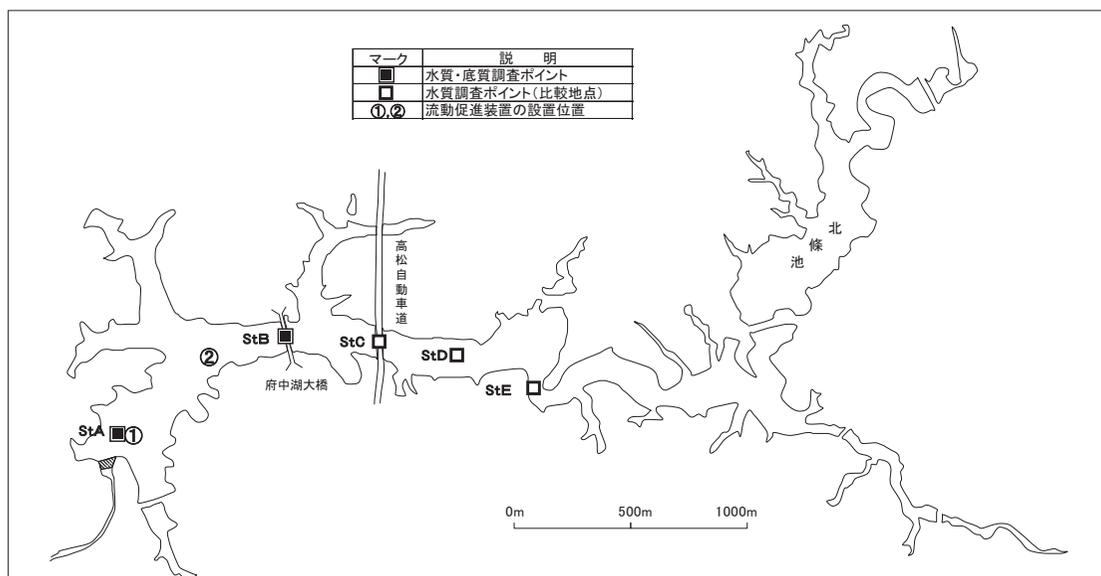


図3 流動促進装置の設置位置と現地調査地点

表3 調査項目

現地調査	
調査頻度	1回/月
調査地点	StA, StB, StC, StD, StEの2m水深ごと
調査項目	透明度, 水深, 水温, DO, pH, EC, 濁度
水質調査	
調査頻度	1回/月
調査地点	2008~2009年度はStA, StB, StE(表層, 中層, 底層)(StEは2009年度7月以降, 隔月), 2010年度はStA(表層, 底層), StE(表層, 中層)
調査項目	COD, 溶解性COD, SS, T-N, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N, T-P, PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P, クロロフィルa
生物調査	
調査頻度	1回/月
調査地点	StA(表層, 底層)
調査項目	優占種の属別個体数
底質調査	
調査頻度	2008年4月, 11月, 2009年11月, 2010年度は隔月(奇数月)
調査地点	StA, StB
調査項目	色・臭気, 含水率, 強熱減量, 硫化物, COD, T-N, T-P, ORP(底質は, エクマンバージ採泥器にて採泥)

## 6. 調査結果

### 6.1 現地調査結果(水温, DO)

府中湖では、通常4月から10月にかけて水温成層が形成され、これが水質の悪化を促進している。

流動促進装置の効果を確認するため、StAにおける表層と底層(水深12m地点)の水温差を、流動促進装置が稼動していなかった2008年と稼動していた2009年、2010年とで比較した。2008年の水温差は7月が17.2℃、8月が13.5℃であったのに対し、2009年の水温差は7月が7.9℃、8月が5.6℃、2010年の水温差は7月が4.4℃、8月が8.7℃と小さくなっており、攪拌による水温の均一化、つまり水温成層の発生阻害が確認できた。

しかしながら、底層のDOは流動促進装置が稼動している期間も、稼動していない期間と同様に0mg/L付近まで低下し、底層の貧酸素状態を解消することはできなかった(図4)。

水温の均一化が進んでいることから、流動促進装置により表層水と底層水の混合等は促進されていると考えられる。しかしながら、底層のDO

が上昇しないのは、流動促進装置によって供給された酸素のほとんどが底質や底層水に消費されてしまったためと考えられる。このため、底層のDOを上昇させるには、底層への酸素供給量を増やす必要があり、流動促進装置の能力や設置基数を増やすこと等で、底層への酸素供給量増やす必要がある。

### 6.2 水質調査結果(COD, 窒素, リン等)

冬季は、表層と底層の水質の差はほとんどなく、鉛直混合が起きていることが確認できる。

夏季の表層では、流動促進装置の稼動中でも、COD、クロロフィルa、溶存酸素量がすべて高く、植物プランクトンが活発に光合成を行い、異常増殖することが、汚濁の原因になっていることが確認できた。また、T-Nが上昇しているにもかかわらず、無機性窒素が高くないことから、植物プランクトンによる無機性窒素の取り込みも積極的に行われていると考えられる。

また、底層では夏季にT-N、T-Pが高くなっており、底質からの溶出が進んでいることが確認できた。なお、底層のT-Nの構成を確認すると、夏季にはNH<sub>4</sub><sup>+</sup>が高く、冬季にはNO<sub>3</sub><sup>-</sup>が高くなっており、このデータも夏季に底層で貧酸素状態が発生していることを示している。

夏季の底層において、貧酸素状態が解消されていないため、底質からの栄養塩の溶出が抑制されず、その栄養塩を利用した植物プランクトンが異常増殖したと考えられ、貧酸素状態の解消が水質改善につながると考えられる。

水質調査の結果からも、府中湖における水質改善には、流動促進装置の能力や設置基数を増やす等により、底層への酸素供給を増やす必要があると考えられた。

### 7. 生物調査(植物プランクトンの優先種)

流動促進装置が稼動していない2008年は、6月にすでにアオコの原因となる藍藻が優占種となったが、春季から流動促進装置を稼動していた2009年、2010年は、藍藻が優占種となったのは7月からであった。このことから、春から夏にかけて底層の貧酸素状態が著しくなる前であれば、現在の仕様においても植物プランクトンの異常増殖を抑制できる可能性があると考えられる。

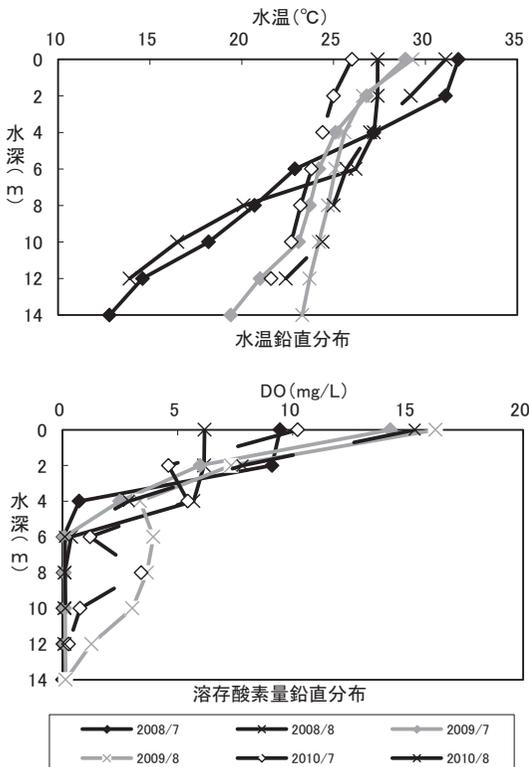


図4 StAの水温・溶存酸素量の鉛直分布

## 8. 底質調査結果

2010年度に流動促進装置が稼働中の底質の状態について隔月ごとに調査したところ、酸化還元電位は1年を通して、ほぼ $-200\text{mV}$ であり、貧酸素を原因とする還元的環境にあることが確認された(図5)。

底質の強熱減量、COD、T-N、T-Pについても、季節により変動しているものの、明らかな改善は確認できなかった。

なお、分析が容易な強熱減量とその他の項目について相関を確認したところ、おおむね良好な相関関係が確認できた。

## 9. ま と め

流動促進装置の稼働によって、水温の均一化が起こっていることから、水温成層の発生抑制効果が確認できた。

一方、流動促進装置の稼働中においても、夏季の底層の溶存酸素量は $0\text{mg/L}$ 付近まで低下し、底質の酸化還元電位も低く、底質からの栄養塩の溶出を抑制できなかったため、植物プランクトンの異常増殖を抑制するには至らなかった。

底層の貧酸素状態を解消できなかった原因としては、水深が浅いため、水質浄化機器の強制混合が周辺域に伝わりにくいことや、汚濁の著しい底層の酸素消費に対し、水質浄化機器による酸素供

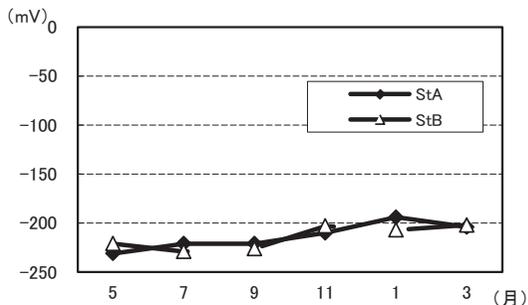


図5 StAの酸化還元電位の経月変化(2010年度)

給が不足していたことが考えられる。このため、水質改善には、今回の試験の条件より流動促進装置の能力や設置基数を増加させる必要があると考えられる。

## 謝辞

本報告の取りまとめに当たり、水質の分析等についてご協力いただいた香川県営水道事務所の皆様に深く感謝申し上げます。

## —参考文献—

- 1) 笹田康子ら：豊稔池におけるジェット・ストリーマーによる水質改善，香川県環境保健研究センター所報，7，35-42(2008)
- 2) 榎石井工作研究所ホームページ：http://www.i-kk.co.jp/ISHII/kankyo/page008.html