

B-29 貯水池におけるマンガン溶出対策実験

岩手県大船渡地方振興局
横河電機株式会社

小野眞也
○田中克知

1. はじめに

綾里川ダムでは、夏期に水温差による成層化により下層の水が滞留し、植物プランクトンの死骸が沈降・分解される過程で下層の溶存酸素が減少している。これにより、貯水池下層からマンガンやりんが溶出しており、特に溶出したマンガンは、図1の下流にある浄水場（UF膜）の膜の目詰まりや、溶解性マンガンのUF膜通過が問題となっている。

本実験の目的は、貯水池下層に酸素を供給することで溶解性マンガンの溶出を防ぎ、水源としての貯水池マンガン対策を行うことにあった。このため（1）高濃度の酸素溶解水を下層のみに供給する方式、

（2）微細な酸素気泡を下層に供給する方式、（3）空気による曝気循環方式、の3種類の酸素供給工法について実験を行い、水質の挙動を確認した。その中で、（1）高濃度酸素溶解水方式について、下層の高濃度のマンガンを上層に拡散させることなく、酸素によるマンガンの低減を確認できたので報告するものである。

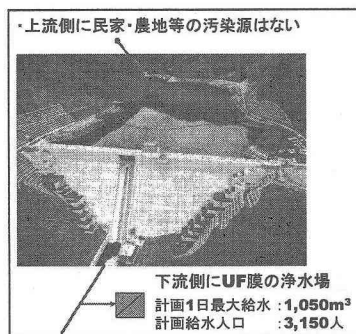


図1. 綾里川流域

ダムの諸元	貯水池の諸元
位置: 大船渡市三陸町綾里字坂本地内	集水面積: 1.64 Km ²
形式: 重力式コンクリートダム	湛水面積: 0.034 Km ²
堤高: 43.0 m	総貯水容量: 486,000 m ³
堤頂長: 154.0 m	有効貯水容量: 445,000 m ³
堤体積: 70,231 m ³	設計洪水位: E.L. 115.2 m
ダム天端標高: E.L. 117.0 m	サーチャージ水位: E.L. 113.3 m
基礎岩盤標高: E.L. 74.0 m	常時満水位: E.L. 107.7 m

表1. 綾里川ダム・貯水池の諸元

2. 実験水域

綾里川ダム及び貯水池の諸元を表1に示す。また、綾里川ダムでの3層（表層：水深0.5m、中層：1/2水深、下層：底上1m、常時満水位時の調査水深は約24m）の水質（水温、溶存酸素濃度、マンガン濃度）の推移を、図2、3、4に示す。

図2のように4月～11月にかけて水温成層が発達し、中層、下層の溶存酸素濃度（DO）は、図3のように低下していく。5月で一旦下げ止まるが、6月から更に低下していく。6月から図4のように下層のマンガン濃度が上昇していき、中層のマンガン濃度も徐々に上昇していくのがわかる。綾里川ダムでは、上流の河川からのマンガン流入はほとんどないことから、溶出による内部生成がマンガン濃度上昇の原因と考えられる。

3. 実験内容

3.1 実験方式

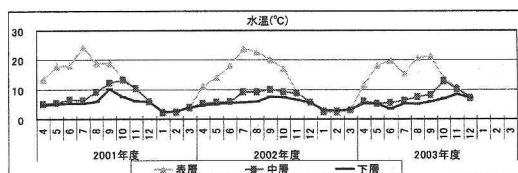


図2. 綾里川ダム水温推移

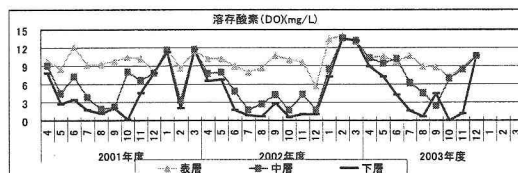


図3. 綾里川ダム溶存酸素濃度（DO）推移

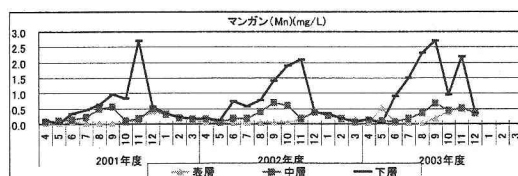


図4. 綾里川ダムマンガン推移

実験は、下層に酸素を供給できると思われる以下の3方式について行った。機器構成を表2に示す。全ての実験において、コンプレッサは共通のものを使用した。酸素を使用する実験(1)及び(2)は、酸素発生装置を共通とした。酸素の使用風量については、水に溶解させる方式と、そのまま微細気泡として放出する方式で調節手法が異なるが、ほぼ同量の酸素量とした。曝気循環方式の空気量は、大船渡地方振興局にて既に調査を行い、他のダムの実績から算出していた風量を採用している。

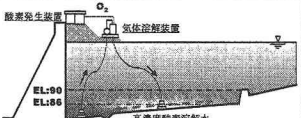
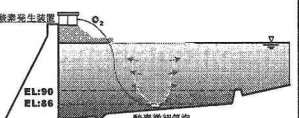
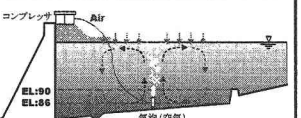
実験方式	(1)高濃度酸素溶解水方式	(2)微細気泡方式	(3)曝気循環方式
構成図			
概要	下層から冷たい水を気体溶解装置に引き込み、高濃度酸素溶解水として、同じ水温の下層へ戻す。	酸素ガスを微細気泡として水中に放出する。	曝気循環により、表層の溶存酸素を下層へ送る。
装置構成	コンプレッサ 酸素発生装置(PSA型) 気体溶解装置	コンプレッサ 酸素発生装置(PSA型) 微細気泡用メンブレンフィルター	コンプレッサ
電力合計(定格)	8.2 kW	3.8 kW	3.5 kW
使用気体	酸素(90%以上)	酸素(90%以上)	空気
使用風量	3.5 Nm ³ /h	3.7 Nm ³ /h	9 Nm ³ /h

表2. 実験方式

3.2 実験スケジュール・気象条件

実験スケジュールとその間の気象条件を図5に示す。実験の始まりが9月初めとなり、短期間で3つの実験を行うこととなった。循環期を考慮して10月末には実験を終了した。また、この期間に大きな気象の変化はなかった。

3.3 測定内容

図6に測定ポイントを示す。吐出または曝気位置より均等にA,Bポイントを設定し、水深が異なる水中砂防ダムの上流側にCポイントを設定した。水質計による鉛直分布測定を、水温/溶存酸素(DO)/酸化還元電位(ORP)/濁度/pH/導電率の項目で行った。水質分析は、マンガン(Mn)/全リン(TP)/全窒素(TN)及び各溶解性成分について行った。

4. 実験結果

高濃度酸素溶解水方式(図7)は、下層のみのDO上昇および、下層のD-Mnの低減が確認できた。(DOの上昇速度が速い為、運転4日後で停止。以降の実験は7日後で停止。)D-Mnについては、上層に影響を与えていない。

微細気泡方式(図8)は、酸素の微細気泡による下層の溶存酸素の上昇は見られなかったが、緩やかな循環により中層までのDO値上昇が確認できた。D-Mnについては、緩やかに下層のD-Mnを中層、上層に移

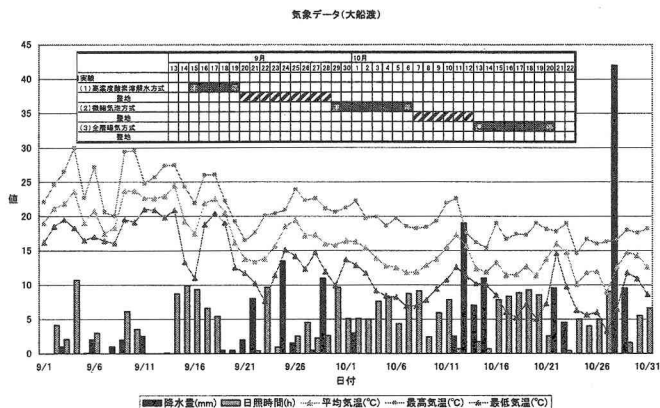


図5. 実験スケジュール及び気象条件

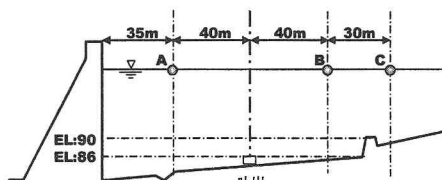


図6. 測定ポイント

動させている。

曝気循環方式（図9）は循環により、曝気吐出口（EL86m）以上では、均一なDO上昇を確認できたが、曝気吐出口以下の下層DOはほぼゼロとなった。D-Mnについては、吐出口以上で鉛直方向にD-Mn濃度が一樣となるが、D-Mn量を演算した結果、全体量として低減はしていないことがわかった。吐出口以下では酸素が入らないため、D-Mnの溶出傾向が見られる。

図10、11は高濃度酸素溶解水方式の導電率と、濁度変化を表している。酸素が入った下層の濁度が増し、導電率は低減している。これは、溶解性マンガ等が酸化析出しているものと推測できる。

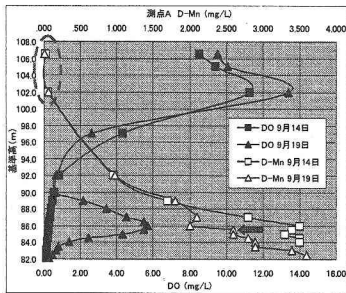


図7. D-Mn, DO 鉛直グラフ
(高濃度酸素溶解水方式)

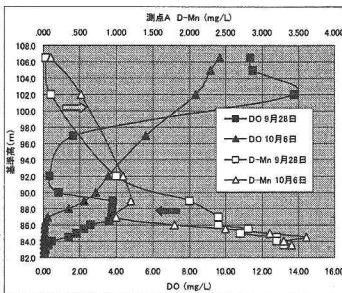


図8. D-Mn, DO 鉛直グラフ
(微細気泡方式)

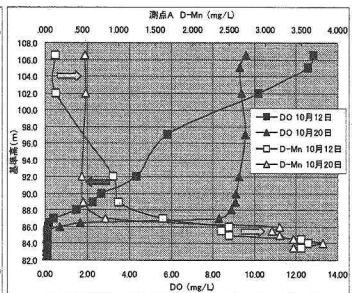


図9. D-Mn, DO 鉛直グラフ
(曝気循環方式)

5. まとめ

(1) 高濃度酸素溶解水方式

- ・下層のみDOが上昇
- ・表層のMn濃度に影響を与えない
- ・下層Mnの酸化析出による低減が可能

(2) 微細気泡方式

- ・微細気泡からの酸素移動は見られず
- ・緩やかな攪拌により表層Mnが上昇
- ・下層Mnは中層、上層へ移動

(3) 曝気循環方式

- ・循環により吐出口以上のDOが上昇
- ・攪拌により吐出口以上のMnは均一に拡散
- ・表層Mnは大きく上昇
- ・下層DOの低下によるMnの再溶出

以上より、(1) 高濃度酸素溶解水によるマンガ対策が、下流の浄水場に影響を与えず、下層のマンガンを低減するために適した工法であることがわかった。

5. おわりに

これまで一般的に、空気によるD-Mnの酸化は難しいとされてきたが、実験結果としては、高濃度酸素溶解水方式でのD-Mn低減を確認できた。今後は、高濃度酸素溶解水によるD-Mn除去機構、省エネルギーの為の運転手方、アオコ対策用の浅層曝気装置との組み合わせ（流動制御）についても引き続き確認を行っていききたい。

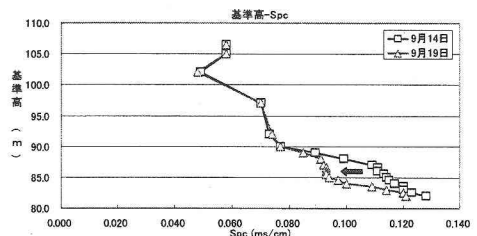


図10. 導電率鉛直グラフ

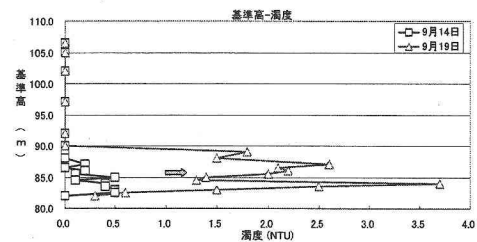


図11. 濁度鉛直グラフ