

貯水池におけるマンガン対策実験

The Manganese Reduction Experiment in a Reservoir

小野眞也¹⁾, ○田中克知²⁾大船渡地方振興局¹⁾, 横河電機株式会社²⁾ONO Shinya¹⁾, TANAKA Katsutomo²⁾Ofunato Regional Development Bureau¹⁾, Yokogawa Electric Corporation²⁾

Abstract

We experimented about three kinds of oxygen supply methods, in order to reduce manganese concentration, in the reservoir which is a source of tap water. And we report oxygen supply method by using high concentration oxygen dissolution water, since reduction of the manganese concentration of a bottom layer was checked without spreading out manganese to the upper layer, in these experiments.

Key words : Eutrophication, Manganese, High concentration oxygen dissolution water

1. はじめに

夏期に水温成層が発達する貯水池では、鉛直方向での水の循環が起こらなくなり、沈降堆積した植物プランクトン等の死骸が底泥中の微生物により分解される過程で、貯水池下層の溶存酸素が減少していく。その結果、鉄・マンガン等の金属イオンが底質・底泥から溶出し、上水道における赤水、黒水障害や、ダム・河川の着色による景観障害等の要因となることがある。マンガンについて、浄水場では除鉄・除マンガン設備や塩素等の酸化剤注入により対処してきたが、貯水池でのマンガン対策は、マンガンの標準酸化還元電位が鉄よりかなり高く、中性では溶存酸素による酸化析出はほとんど起こらないため¹⁾、溶出した底層の高濃度のマンガンの低減については、これまで課題であった。

今回の実験は、岩手県大船渡市、綾里川ダム (Fig 1) で行われた。綾里川ダムは降雨集中による水害や、夏期の水不足を解消する多目的ダムとして誕生した。綾里川ダムの下流には、計画1日最大給水量1,050m³のUF膜(限外ろ過膜)を利用した綾里浄水場が建設されており、大船渡市三陸町へ水道用水を供給している。綾里浄水場では、貯水池から溶出した溶解性マンガンがUF膜表面に析出し、目詰まりの原因となっている。また目詰まりを起こさない場合でも、UF膜は溶解性の物質は除去できないため、溶解性マンガンのUF膜通過が水道水質基準上(0.05mg/L未満)の問題となる恐れがある²⁾。

今回の実験では(1)高濃度酸素溶解水方式³⁾、(2)微細気泡方式、(3)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、溶出したマンガンの低減を試みた。そこで得られた知見を報告するものである。



Fig 1. 実験場所

2. 実験水域

綾里川ダム及び貯水池の諸元を Tab1 に示す。綾里川ダムは選択取設備を装備しているが、通常はマンガン濃度が一番低い表流水を放流している。

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)の水質(溶存酸素濃度、マンガン濃度)の推移を、Fig2, 3 に示す。(常時満水位時の調査水深は約24m)

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、Fig2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Fig3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。

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	: 43.0m	総貯水容量	: 486,000 m ³
堤頂長	: 154.0m	有効貯水容量	: 445,000 m ³
堤体積	: 70,231 m ³	設計洪水位	: EL.115.2m
ダム天端標高	: EL.117.0m	サーチャージ水位	: EL.113.3m
基礎岩盤標高	: EL.74.0m	常時満水位	: EL.107.7m

Tab 1. 綾里川ダム, 貯水池の諸元

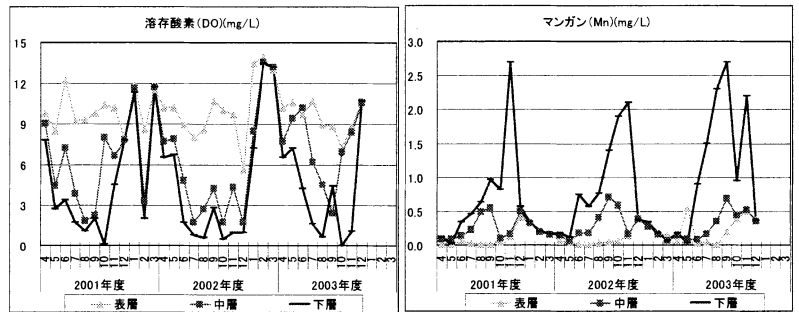


Fig 2. 綾里川ダム溶存酸素濃度推移 Fig 3. 綾里川ダムマンガン濃度推移

3. 実験内容

3.1 実験方式

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 Tab2 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

Tab 2. 実験方式

3.2 実験スケジュール

実験と測定・採水スケジュールを Tab3 に示す。実験の始まりが9月初めとなり、循環期を考慮して10月末には実験を終了した。

	9月										10月																																
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			
■実験																																											
(1)高濃度酸素溶解水方式	実	施	中	止	中	止	中	止	中	止	中	止	中	止	中	止	中	止	中	止	中	止	中	止	中	止	中	止	中	止	中	止	中	止	中	止	中	止	中	止	中	止	
(2)微細気泡方式																																											
(3)全層曝気方式																																											
■測定・採水																																											
多項目計水質計測																																											
採水(分析用)																																											

Tab 3. 実験スケジュール

3.3 測定内容

Fig4 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 ポイントを設け、水深が異なる水中砂防ダムの上流側に C ポイントを設けた。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 (T-P) /全窒素 (T-N) 及び各溶解性成分について行った。

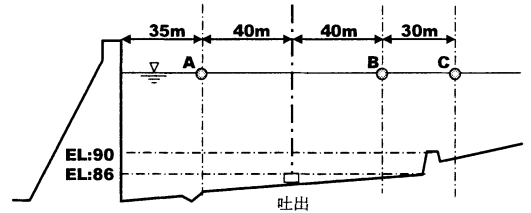


Fig 4. 測定ポイント

4. 実験結果

4.1 溶存酸素 (DO)、溶解性マンガン (D-Mn)

高濃度酸素溶解水方式 (Fig5) は、下層の 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 (Fig6) 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、上層に移動させている。

曝気循環方式 (Fig7) 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 濃度が一様となるが、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。

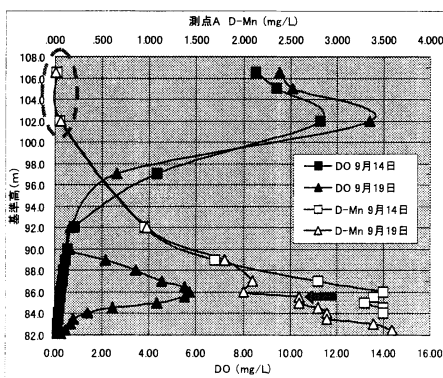


Fig 5. D-Mn, DO 鉛直グラフ
(高濃度酸素溶解水方式)

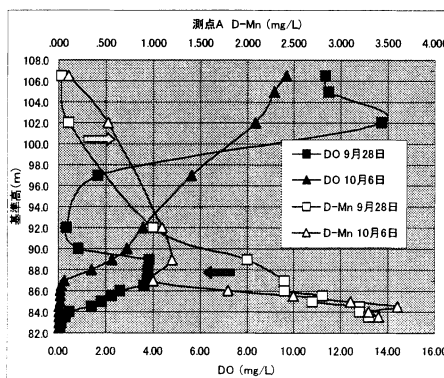


Fig 6. D-Mn, DO 鉛直グラフ
(微細気泡方式)

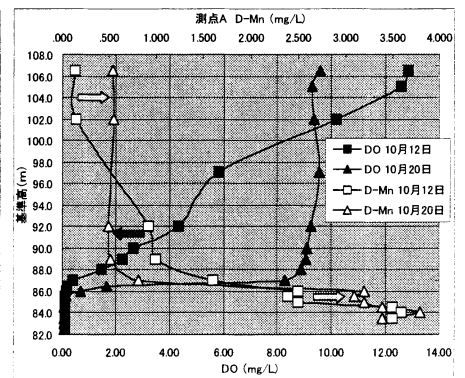


Fig 7. D-Mn, DO 鉛直グラフ
(曝気循環方式)

4.2 高濃度酸素溶解水方式の濁度、導電率、pH 分布

高濃度酸素溶解水方式の濁度、導電率、pH の鉛直分布を Fig8 ~10 に示す。Fig8 では下層部の導電率が低下しており、D-Mn 等の金属イオンが低減していることがわかる。Fig9 では酸素が入った下層の濁度が上昇している。Fig8 での導電率の低下を考えると、D-Mn の酸化による析出物が濁度となって現れていることが考えられる。また、Fig10 で下層の pH の値が運転前より下がり、且つ中性付近であることから、pH の上昇による Mn の析出ではないことがわかる。

5. まとめ

今回の実験結果をまとめると、下層に酸素を供給することで D-Mn 濃度を低減し、上層へのマンガンの移動を起こさなかったのは、高濃度酸素溶解水方式だけであった。曝気循環方式、微細気泡方式など気泡を利用する工法では、単独ではその吐出口以下に酸素は入らない。また、エアリフト効果により下層より上の D-Mn 濃度が上昇してしまう。

酸素の微細気泡、曝気循環による DO による D-Mn の酸化析出は確認できなかったが、高濃度酸素溶解水では酸化析出したと想定されるデータが取得できた。

6. 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。今回の実験で除去機構の確認までには至らなかったが、今後は、高濃度酸素溶解水による D-Mn 除去機構についても引き続き確認を行っていききたい。

参考文献

- 1) 高井雄、中西弘 “用水の除鉄・除マンガン処理”，産業用水調査会、p. 10 (1987)
- 2) 東レ株式会社 “13. NF 膜高度浄水プロセスの安定運転性の研究”，高効率浄水技術開発研究 (ACT21)，水道用膜ろ過技術の新しい展開，(財) 水道技術研究センター，p. 251-254 (2002)
- 3) 佐々木稔 “底層環境改善のためのモニタリング技術と活用”，環境システム計測制御学会誌，第 2 号，第 7 巻，2002，p. 237-240

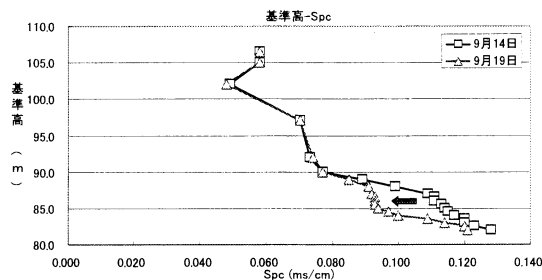


Fig 8. 導電率鉛直グラフ

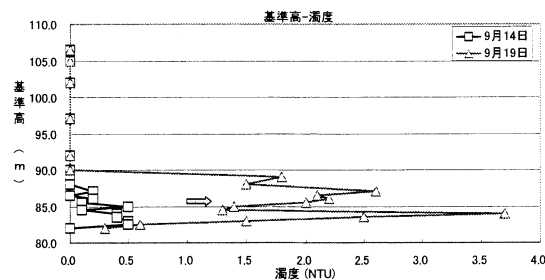


Fig 9. 濁度鉛直グラフ

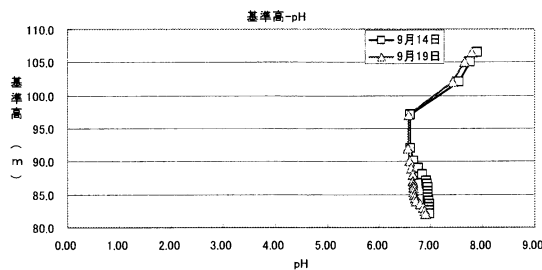


Fig 10. pH 鉛直グラフ