

<研究発表>

高濃度酸素溶解水による貯水池の水質保全

田中 克知<sup>1</sup>, 丸茂 誠一<sup>1</sup>, 川島 勇<sup>2</sup>

横河電機株式会社 環境システム営業本部(〒180-8750 東京都武蔵野市中町2-9-32  
E-mail:Katsutomo.Tanaka@jp.yokogawa.com, Seiichi.Marumo@jp.yokogawa.com)  
横河電機株式会社 プロダクト事業センター(住所同上 E-mail: I.Kawashima@jp.yokogawa.com)

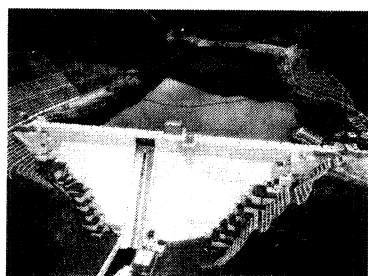
概要

下流側に UF 膜の浄水場を有する貯水池において、浄水障害となる底層のマンガン濃度を低減するために、高濃度酸素溶解水による水質保全設備が導入された。筆者らは本設備の設置及び翌年度の運用調査を行い、初年度に得られた知見を課題とともに報告するものである。

キーワード: マンガン、リン、高濃度酸素溶解水、貧酸素、富栄養化

1. はじめに

岩手県大船渡市に位置する綾里川ダムは、洪水調節、正常流量の確保、水道用水の供給を目的として、平成12年度に完成した多目的ダムである(Fig.1)。Table1にその諸元を示す。



下流側にUF膜の浄水場  
計画1日最大給水 : 1,050m<sup>3</sup>  
計画給水人口 : 3,150人

Fig. 1 綾里川ダム

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 <sup>2</sup>
形式 : 重力式コンクリートダム	湛水面積 : 0.034 Km <sup>2</sup>
堤高 : 43.0m	総貯水容量 : 486,000 m <sup>3</sup>
堤頂長 : 154.0m	有効貯水容量 : 445,000 m <sup>3</sup>
堤体積 : 70,231 m <sup>3</sup>	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

Table 1 綾里川ダム

綾里川ダムでは、植物プランクトンの発生と、その富栄養化によって貯水池底層が嫌気化し、リンや鉄・マンガン等の溶出がみられようになった。また、下流には UF 膜の浄水場が位置しており、マンガンによる目詰まり(ファウリング)や溶解性マンガンの UF 膜通過などの障害が発生している。

これら貯水池の富栄養化現象に対する対策として岩手県では平成14年度から16年度まで「貯水池周辺環境整備事業」を導入し、対策工の実験検討を経て、水質保全のための設備を整備した。

本稿では、整備した高濃度酸素溶解水による水質保全設備の運用調査を行い、そこで得られた知見を報告するものである。

2. 運用調査

2.1 設備概要

平成15年度に①高濃度酸素溶解水方式、②酸素微細気泡方式、③空気曝気方式、の酸素供給工法比較試験を行った<sup>1)</sup>。この結果、効率よく底層だけの DO を高濃度に上昇させ、上層へのマンガンの巻上げを起こさない①高濃度酸素溶解水方式を基本工法とし、平成16年度に施設整備を行った。設備の概要を Fig.2 に示す。

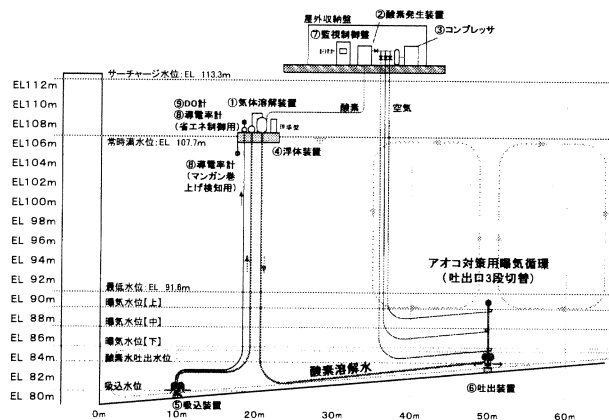


Fig. 2 水質保全設備概要

本設備は、陸上にコンプレッサと酸素発生装置を設置し、水中配管により浮体上の気体溶解装置に酸素を供給する。湖上の気体溶解装置では、ポンプにより底層から汲み上げた水に、溶解タンク内で酸素を高濃度に溶解させ、再び底層へ戻している。高濃度酸素溶解水供給時(酸素運転)の諸元は下記の通りとなる。

- (1) 吸込・吐出货量 : 12m<sup>3</sup>/h
- (2) 吐出 DO : 50mg/L 以上
- (3) 最大消費電力 : 3.9kw

また、植物プランクトン対策として曝気循環を行えるように、

コンプレッサの空気を曝気に使用するバイパス配管を装備した。曝気モードでの運転は、電磁弁によって曝気深度を3段階に切替え可能なものとしている。

センサは底層水用に DO 計と導電率計、表層水用に導電率計が取り付けられており、それぞれ省エネ運転やマンガンの巻き上げ検知による自動停止が可能となっている。

## 2.2 運用調査方法

運用調査は Table 2 のように概略3期に分け、貯水池の水質変化を観察した。

- 第1期(5月～7月) : 酸素供給
- 第2期(8月～10月) : 酸素供給停止
- 第3期(11月～12月) : 酸素供給/曝気半日交互運転

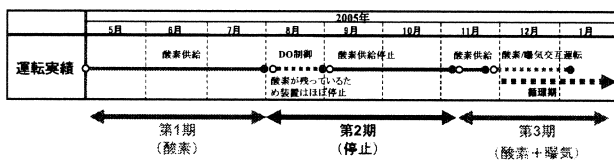


Table 2 装置運用計画

## 2.3 測定調査内容

### (1) 手計測項目

多項目水質計による水質測定を行う。

- ・測定項目 : 水温、DO、ORP、濁度、pH、導電率
- ・測定箇所 : A、A1、B、C ポイント  
: 水平分布確認 Fig3 のドット部

### (2) 水質分析項目

採水による水質分析を行う。

- ・測定項目 : マンガン
- ・測定箇所 : A0、A 等

### (3) 測定箇所

Fig3 に測定箇所を示す。

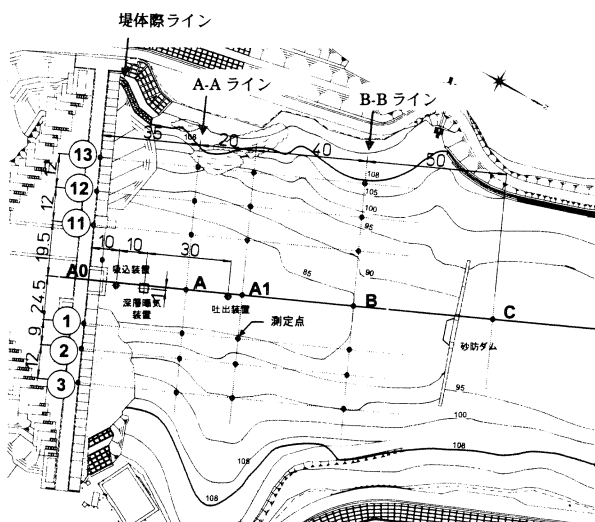


Fig. 3 測定箇所

## 3. 運用調査結果及び考察

### 3.1 水温

4月中旬から貯水池の成層化が始まり、夏季を経て11月の後半からは循環期がはじまっている。11月23日から曝気を行っているが、ほぼ循環期と同時期となる。12月6日には、貯水池の水がほぼ完全に循環していることがわかる。

### 3.2 DO 分布

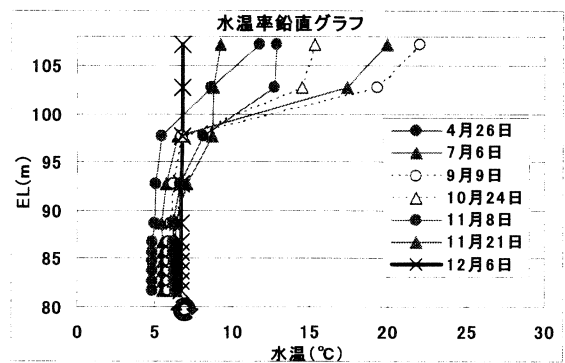


Fig. 4 水温鉛直変化

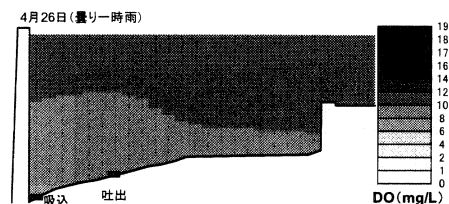


Fig. 5 酸素供給前

4月26日 (Fig.5) から酸素供給を開始し7月6日までの第1期の酸素濃度変化を Fig.6 に示す。酸素供給を、底層の嫌気化が始まる前に行ったことで、DO が4mg/Lを下回る水域は見られなかった。ただし、Fig.6 の測点 B で DO が上昇したのは7月に入ってからであった。

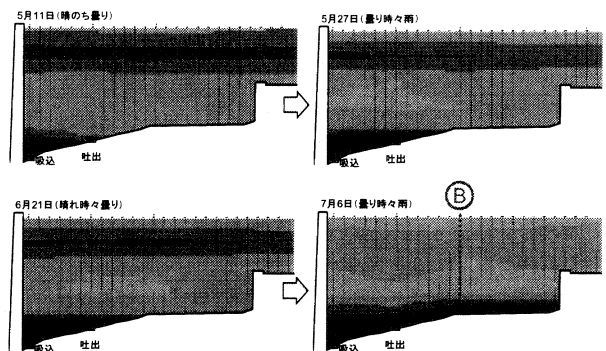


Fig. 6 第1期 酸素濃度変化

実質酸素供給は行なわなかった第2期の DO 分布推移を、Fig.7 に示す。9月半ばからは、より深部がある堤体際とV字溝を測点に加え計測している。

8月初期から酸素供給は行っていないが、10月末まで DO が残存している。ただし、底泥付近の DO から消費されている様子も確認できた。

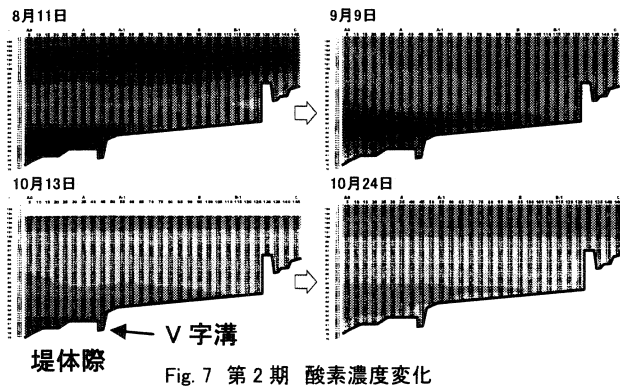


Fig. 7 第 2 期 酸素濃度変化

第 3 期では 11 月のはじめから酸素供給を行い、11/23 から曝気との交互運転を行った。この DO 分布推移を Fig.8 に示す。

11/23 までの酸素供給では顕著な DO の上昇を確認できた。DO が 6mg/L 程度以下になる前に底層部の酸素供給が行われているが、高濃度の DO を示すまでには 11 月の初めから数週間かかっている。

11/21 には水温躍層が低下しており、曝気交互運転をかけた 11/23 には、ほぼ循環期が始まり、交互運転の特徴的なデータは取得できなかった。

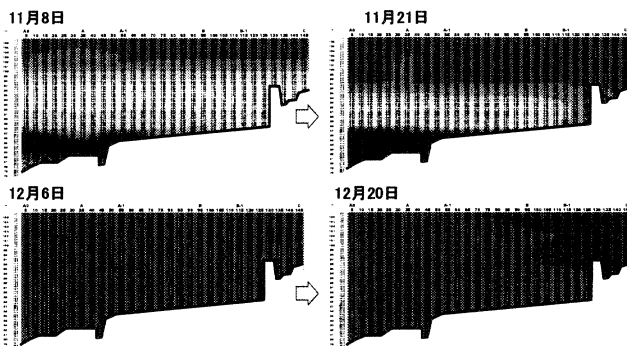


Fig. 8 第 3 期 酸素濃度変化

### 3.3 マンガン分布

#### (1) 底層マンガン濃度変化 (B ポイント)

Fig.9 は B ポイントにおける、平成 15 年度から今年度までの底層のマンガン濃度の推移を表している。ちなみに流入水のマンガン濃度は例年ほとんどない状態であるため、このマンガン濃度は貯水池内で溶出したものと考えられる。

第 1 期では高濃度酸素溶解水を 4 月 26 日から供給しているが、例年と比較し効果が確認されたのは 7 月から 8 月にかけてである。マンガン抑制に遅れがあったのは、例年の測定点である B ポイントに高濃度酸素溶解水が到達するのが、7 月に入ってからであることが要因と考えられる。

第 2 期は、高濃度酸素溶解水の供給が実質停止している状況である。残存する DO の効果で、8 月まではマンガンの溶出抑制傾向にある。しかし、9 月には溶出の傾きが大きくなり、10 月には 2.5mg/L を超える溶出を示している。(H15 年 10 月のマンガン濃度は酸素供給実験のため値が下がっている。H16 年 10 月は月間降水量 225mm と梅雨並であり、降雨によるマンガン濃度の低下と考えられる。)

第 3 期は、11 月 23 日まで高濃度酸素溶解水を連続で供給し、その後曝気との交互運転に入った。高濃度酸素溶解水の供給開始により、11 月は顕著にマンガンの値が減少した。12 月は循環期に入っており、例年同様の状態と判断している。

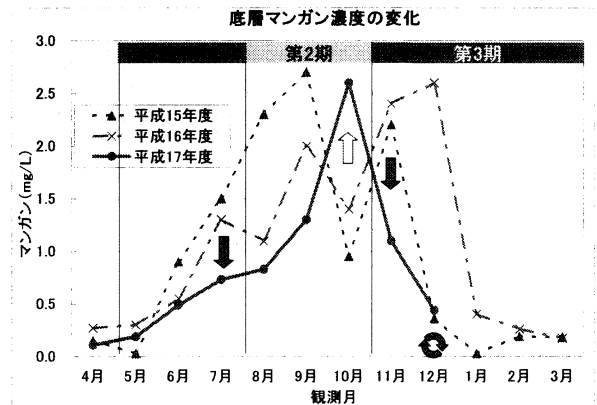


Fig. 9 底層マンガン濃度変化 (B ポイント)

#### (2) V 字溝のマンガン鉛直分布

Fig.10 は酸素供給停止後、9/15 の V 字溝のマンガン鉛直分布である。全体的にある程度 DO が残存している状況でも、V 字溝等ではかなり高濃度でマンガンが溶出している。

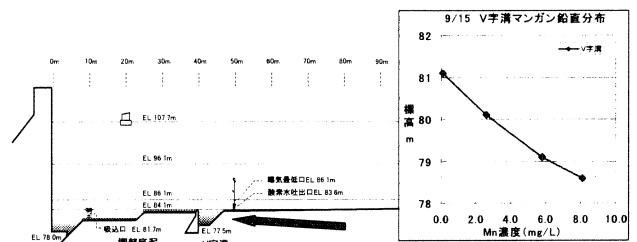


Fig. 10 V 字溝マンガン鉛直分布

#### (3) 堤体隙のマンガン鉛直分布 (A0 ポイント)

図 32 は堤体隙に近い A0 ポイントのマンガン鉛直分布と、10/24 の DO 分布を同じエレベーションに配置したものである。

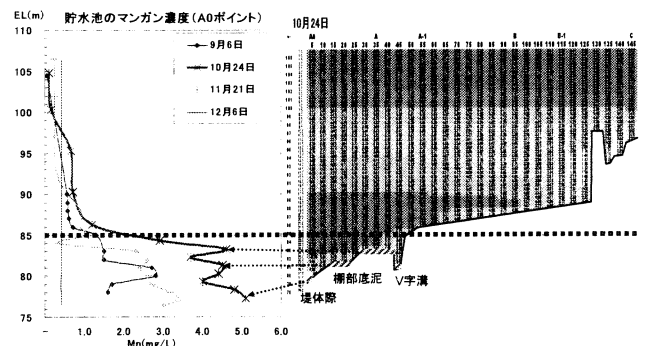


Fig. 11 堤体隙マンガン鉛直分布 (10月)

10/24 のデータは第 2 期の酸素供給を行わなかった時期であり、もっともマンガンを溶出させた時期でもある。このグラフから、V 字溝、棚部底泥、堤体隙からのマンガン溶出と思われる濃度上昇が確認できる。

EL85m 以上の酸素も減少しているが、マンガン濃度の上昇は明らかに EL85m 以下からのものと考えられる。このこ

とは、EL85m 以下の対策がいかにかに重要かを示している。

Fig.12 は、第 3 期に入り高濃度酸素溶解水を供給した、A0 ポイントのマンガン鉛直分布と、11/21 の DO 分布を同じエレベーションに配置したものである。

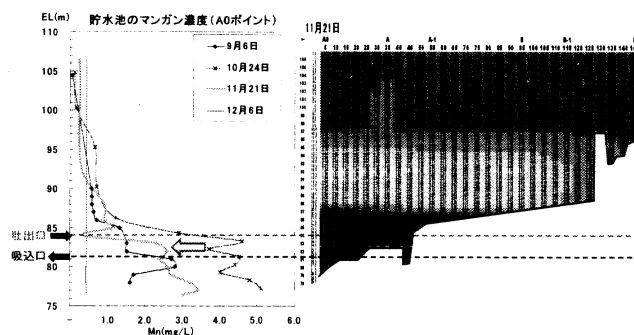


Fig. 12 堤体際マンガン鉛直分布(11月)

EL84m 付近は、高濃度酸素溶解水の吐出口であり、顕著にマンガン濃度が低下しているのがわかる。鉛直グラフからわかるように、EL84m 上下のマンガン濃度に対し、明らかに低い濃度であることより、水の移動によるマンガン濃度の変化ではなく、高濃度酸素溶解水による効果だということがわかる。

### 3.4 リン分布

Fig.13 は B ポイントにおける、平成 15 年度から今年度までの底層のリン濃度の推移を表している。また、最後の系列は平成 17 年度の流入水のリン濃度である。

H17 年度の底層のリン濃度は、全期にかけて溶出を抑制していることがわかる。特に第 2 期には実質酸素供給は行っていない状態で、残存する DO だけで溶出の抑制を確認できた。

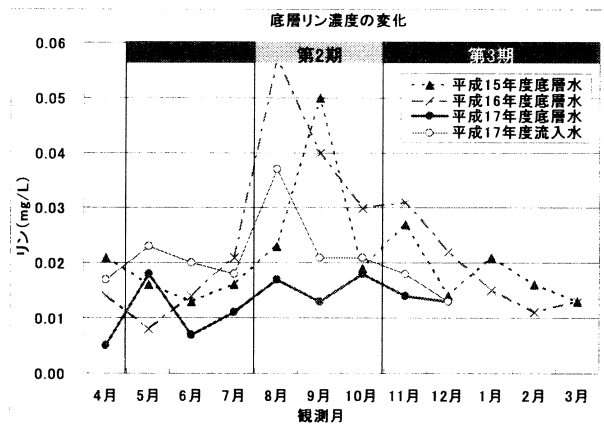


Fig. 13 底層リン濃度変化(Bポイント)

H17 年度の流入水のリン濃度を見ると、今回の底層リン濃度より高い値を常時示している。リンの溶出は富栄養化の悪循環を生じるが、高濃度酸素溶解水でその悪循環が断ち切れることがわかる。また、8 月の流入水リン濃度は 0.03 (mg/L) (富栄養化の基準は  $P > 0.02 \text{ mg/L}$ ) を超えており、なるべく最短で河川に放流するか、底層中層のリン濃度が低ければ、循環により希釈する運用が望まれる。

## 4. まとめ

本運用調査により、高濃度酸素溶解水によるマンガン抑制、リン抑制が確認できた。しかし、マンガンは酸素供給停止後、顕著にその値が上昇し、リンは残存する DO で抑制され続けた。マンガンの抑制を考慮するとある程度連続運転を行う必要があると考える。

マンガンが溶出し続ける原因としては、地形の凹凸や、沈降汚泥による底質への酸素の未到達が運用調査でわかっている。今後は酸素の供給位置や曝気併用等の工夫、高濃度溶出部へのオゾン溶解水の適用等、更に溶出抑制を検討していく必要があると考えている。

### [参考文献]

- 1) 小野真也ほか「貯水池におけるマンガン溶出対策実験」、pp.257、EICA 9 巻 2 号 (2004)