


2015.2.20 @砂防会館
土研新技術セミナー
～戦略的な河川環境管理に向けて

WEPシステム


貯水池等における水質改善技術

(独)土木研究所
水環境研究グループ水質チーム
岡本 誠一郎



本日の話題

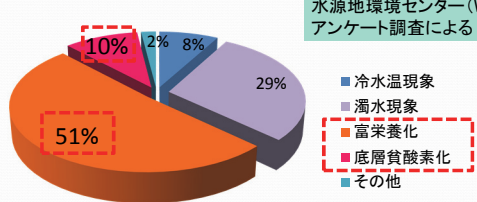
- ダム貯水池の水質問題(底層環境の悪化)
- WEPシステムの技術概要
- 他の技術との相違点
- WEPシステムの適用例と効果
 - ダム貯水池への適用効果
 - 主な導入実績
 - 下層溶存酸素の環境基準化の検討(環境省)
- まとめ



ダム貯水池の水質問題


- 全国242の多目的ダムのうち、51%で水質問題が「発生している」または「過去に発生」
- うち60%以上のダムでは、富栄養化、底層貧酸素化に係る問題が発生

水源環境センター(WEC) アンケート調査による



■冷温水現象
■濁水現象
■富栄養化
■底層貧酸素化
■その他

(木村他 2011をもとに作成)




ダム貯水池の水質問題 (底層の貧酸素化)

底層に沈んだ有機物や藻類は微生物に分解される

↓


微生物が分解の際に**溶存酸素(DO)を消費**




ダム貯水池や湖沼では春から秋にかけて水温躍層が形成される

↓

鉛直方向の水の混合が抑制され底層への**酸素供給が抑制**



底層は貧酸素状態になる



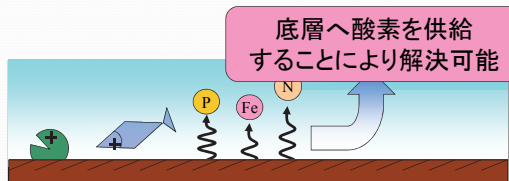

ダム貯水池の水質問題 (底層の貧酸素化と富栄養化)

貧酸素状態になると・・・

- 底層の生物が死滅
- 青潮の発生
- 底泥中の**栄養塩類、微量金属**が溶出

- 貯水池中の生態系に影響
- 悪臭の発生
- 貯水池内の**富栄養化**(アオコ発生など)を助長

底層へ酸素を供給することにより解決可能

ダム貯水池の水質問題 (底層の貧酸素化問題)


1930年～ 水深が深い湖沼やダム湖で夏季に**貧酸素化**が報告

1940年～ 貧酸素化が**栄養塩の溶出**、冷水性魚類の生息環境を奪う、鉄、マンガン、硫化水素およびメタンガスを発生させるなど環境を悪化させる要因であることが報告

1950年～ 飲用水水源の場合、浄水設備の整備費用や運用コストの増大や安全性の問題が生じる。底層貧酸素化が、富栄養化を助長すること、**下流域の生態系に悪影響**を与えるなどの課題が報告

1950年以降、貯水池の貧酸素化対策の必要性が世界的に認識され始めた

(出典:増木 2013)



本日の話題

- ダム貯水池の水質問題(底層環境の悪化)
- WEPシステムの技術概要
- 他の技術との相違点
- WEPシステムの適用例と効果
 - ダム貯水池への適用効果
 - 主な導入実績
 - 下層溶存酸素の環境基準化の検討(環境省)
- まとめ

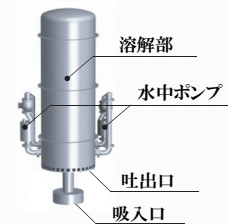


7

WEPシステムの開発

- 貯水池の底層に酸素を効率的に供給できる新たなシステムを開発

水中アンカー方式・気液溶解装置 (120m³/h)



| 水中ポンプ (m ³ /h) | 酸素吐出流量 (Nm ³ /h) | 定格出力 (kW) |
|---------------------------|-----------------------------|-----------|
| 80 | 4.0 | 16.5 |
| 120 | 6.0 | 22.5 |

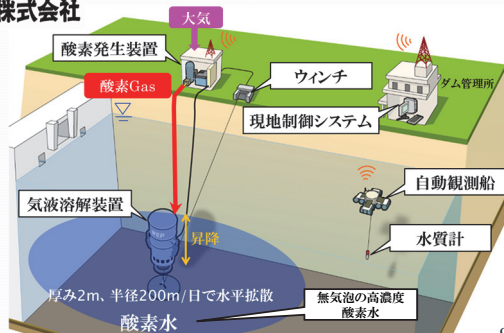


8

WEPシステムの開発

- (株)松江土建と(独)土木研究所の共同研究により開発

松江土建株式会社



9

WEPシステムの特長

WEPは「Water Environmental Preservation」の頭文字です

- WEPシステムの特徴
 - 貧酸素化した水塊に高濃度酸素水を供給する
 - 高い酸素供給能力を持つ
 - 水温躍層を破壊しない
 - 底層の溶存酸素を広範囲に回復可能

特許取得 第3849986号
WO 2005-075365



10

本日の話題

- ダム貯水池の水質問題(底層環境の悪化)
- WEPシステムの技術概要
- 他の技術との相違点
- WEPシステムの適用例と効果
 - ダム貯水池への適用効果
 - 主な導入実績
 - 下層溶存酸素の環境基準化の検討(環境省)
- まとめ



11

他の技術との相違点

既往の技術の概要

- 深層曝気方式・・・底層部に空気や酸素を供給
水平方向への拡散や、吐き出し高さの変更などに課題
- 微細気泡(マイクロバブル)発生装置を用いた方式
底層の貧酸素状態の完全な解消は困難なケースが多い
- DOの豊富な表層水を底層へ送り込む方式
底層の貧酸素状態の完全な解消は困難なケースが多い
水温躍層を乱すこととなり、ダムの選択取水が困難
- 曝気循環方式・・・気泡噴流により鉛直混合流を起こし、水温躍層を破壊してDOが豊富な表層水を底層へ送る
水温躍層の破壊により、ダムの選択取水が困難となる
底層水の浮上や底泥の巻き上げといった課題もある



12

WEPシステムの特長

- 貧酸素化した水塊に高濃度酸素水を供給する
- 高い酸素供給能力を持つ
- 水温躍層を破壊しない
- 底層の溶存酸素を広範囲に回復可能

酸素発生装置 → 酸素Gas → 現地制御システム → 気液溶解装置 → 昇降 → 酸素水 → 厚み2m、半径200m/日で水平拡散 → 無気泡の高濃度酸素水

1台で半径500m以上の貧酸素状態の改善が可能 (ダム貯水池の場合、水質、底質の状態により範囲は異なる)

他の技術との相違点

| 運用の特徴 | 人工的な成層破壊 | 深層空気供給 | 深層酸素供給 |
|-------------|----------|--------|-----------|
| 供給気体 | 空気 | 空気 | 純酸素、高純度酸素 |
| 知名度 | 高 | 中 | 低 |
| 成層破壊ポテンシャル | 高 | 中 | 低 |
| 深層水の温暖化 | 高 | 中 | 低 |
| 秋の深層水のDO | 中 | 低 | 高 |
| 酸素要求増大への誘導性 | 高 | 中 | 低 |
| 窒素の過飽和 | 低 | 中 | 低 |
| 運用自由度 | 低 | 低・中 | 高 |
| 温水性魚類の生息 | 可 | 可 | 可 |
| 冷水性魚類の生息 | 不可 | 可 | 可 |
| 選択取水の有効利用 | 不可 | 可 | 可 |

Beal M. W. & A. J. Home (1999) A Review of the Effects of hypolimnetic oxygenation on lake and reservoir water quality. Journal of Lake and Reservoir Management, Vol.15(4), pp.377-385参照で引用

深層酸素供給にメリットが多い

供給した酸素の拡散範囲、深層水中への停滞性および底泥の酸化の有無等を明確にすることが重要とされている。

(出典:増木 2013を一部改変) 14

本日の話題

- ダム貯水池の水質問題(底層環境の悪化)
- WEPシステムの技術概要
- 他の技術との相違点
- WEPシステムの適用例と効果
 - ダム貯水池への適用効果
 - 主な導入実績
 - 下層溶存酸素の環境基準化の検討(環境省)
- まとめ

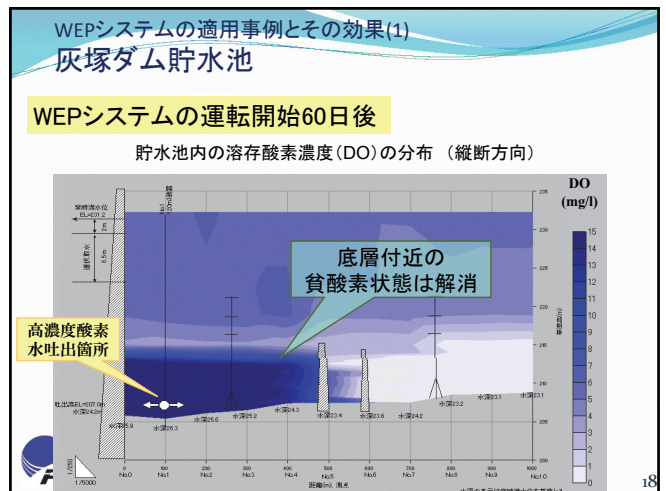
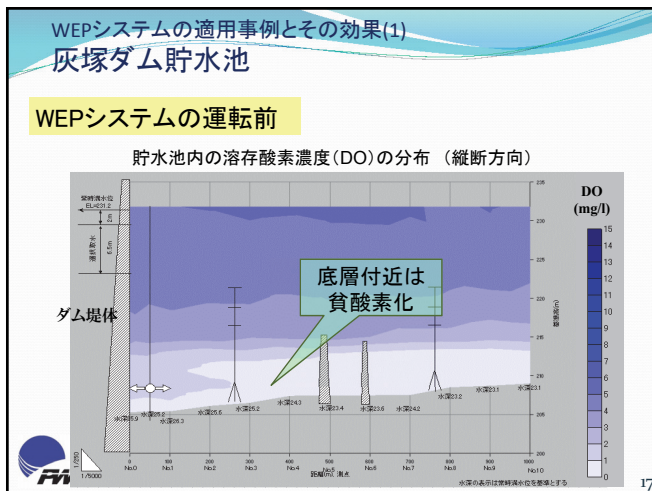
WEPシステムの適用事例とその効果

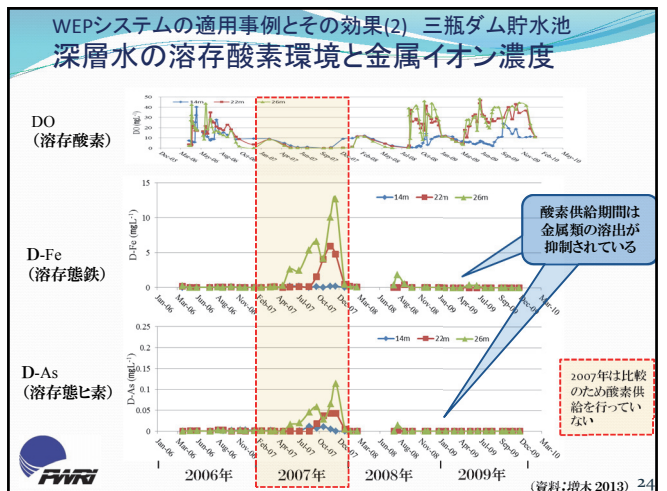
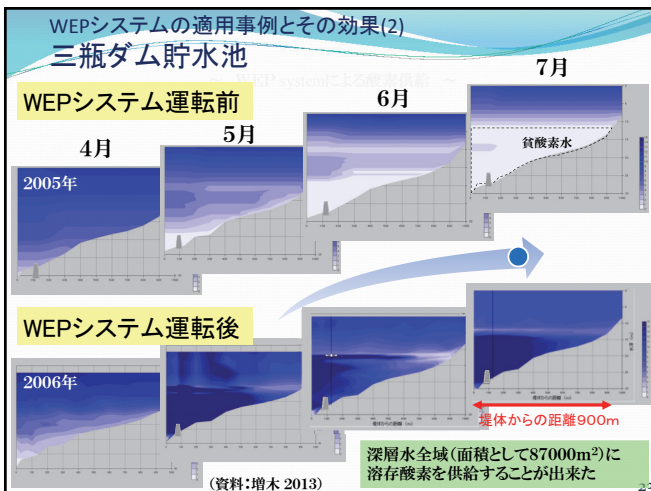
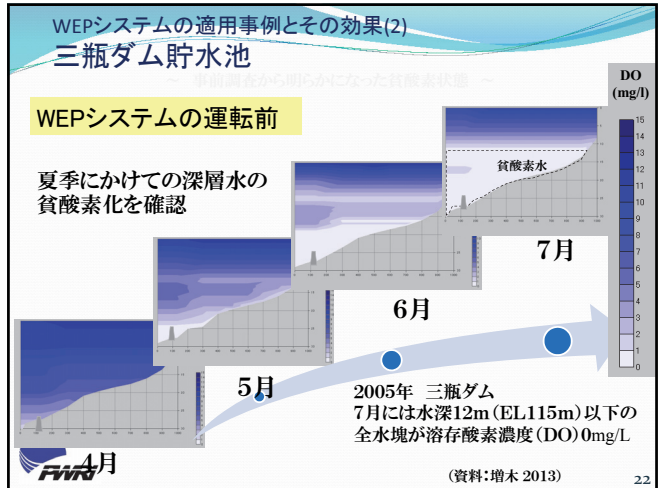
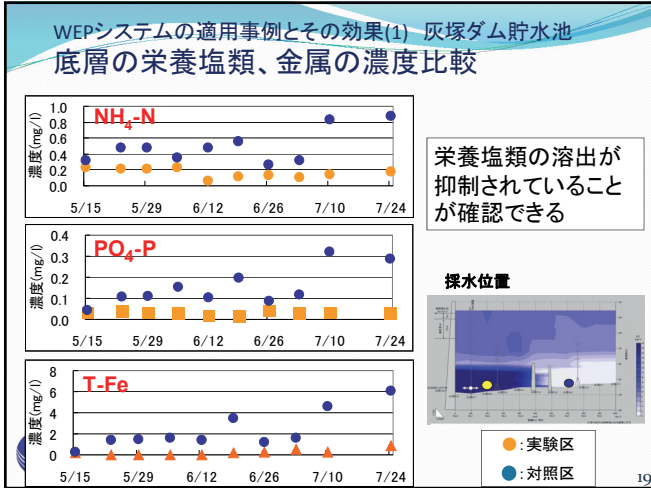
ダム貯水池での適用例(1)

- 灰塚ダム貯水池(中国地方整備局)

所在地: 広島県三次市三良坂町
 総貯水容量: 5,210万m³
 形式: 重力式コンクリートダム
 目的: 治水、利水

(出典・写真:三次河川国道事務所HPより) 16





本日の話題

- ダム貯水池の水質問題(底層環境の悪化)
- WEPシステムの技術概要
- 他の技術との相違点
- WEPシステムの適用例と効果
 - ダム貯水池への適用効果
 - 主な導入実績
 - 下層溶存酸素の環境基準化の検討(環境省)
- まとめ



25

下層溶存酸素の環境基準化の検討(環境省)

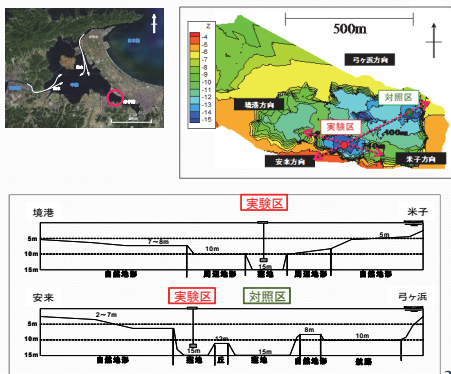
- 環境基準に「下層DO(溶存酸素)」等を指定する動き(環境省・中央環境審議会)
 - 平成25年8月30日中央環境審議会への諮問文「下層溶存酸素及び透明度等、より国民の実感にあった分かりやすい指標により、望ましい水環境の状態を表すことで、良好な水環境の実現に向けた施策を効果的に実施する必要がある。」
 - 検討会を重ね、制度化に向けた議論が進行
 - 下層DOの改善対策技術が注目されつつある



26

湖沼の下層溶存酸素の供給実験(中海・浚渫窪地での試験)

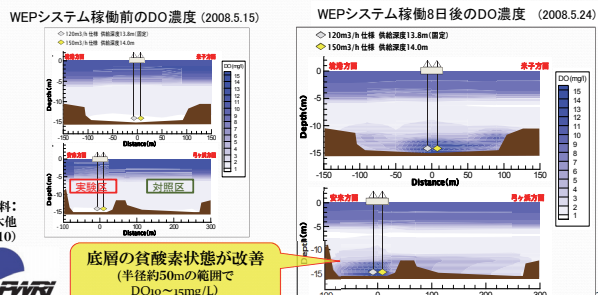
- 中海の隣接する2つの浚渫跡地の方にWEPシステムで高濃度酸素水を供給
- 対照区の窪地との比較で、WEPシステムの効果を検証(2007～2009に実験)



27

湖沼の下層溶存酸素の供給実験(中海)

- WEPシステムにより中海浚渫跡地の貧酸素状態を長期にわたりDO10～15mg/L程度に改善
 - 稼働初期は底層の硫化水素により酸素が消費
 - 潮流が高濃度酸素水の拡散に大きく影響



(資料:増木他2010)



28

WEPシステム 主な導入実績

(試験導入箇所を含む)

| 名称 | 場所 | 事業者 | 設置時期 |
|---------|-----|----------------|-------|
| 灰塚ダム | 広島県 | 中国地整 三次河川国道事務所 | H22年度 |
| 島地川ダム | 山口県 | 中国地整 山口河川国道事務所 | H21年度 |
| 布部ダム | 島根県 | 島根県 | H21年度 |
| 千葉港 | 千葉県 | 関東地整 千葉港湾事務所 | H21年度 |
| お台場海浜公園 | 東京都 | 東京都港湾局 | H23年度 |
| 龍珠ダム | 中国 | フィリップ社購入 | H25年度 |
| 鹿野川ダム | 愛媛県 | 四国地整山鳥坂ダム工事事務所 | H25年度 |

ダム貯水池等の富栄養化、底層環境悪化の対策が必要な際は、ぜひ本システムの導入をご検討ください。



(中国へ輸出された装置) 29



まとめ

- 気泡を発生させず、高濃度の酸素水を底層に供給するシステム
 - 高い酸素供給能力。1台で半径500m以上の範囲(ダム貯水池の場合)を改善可能
 - 水温躍層(塩水躍層)に影響を与えることが無い
 - 底質が悪化した貯水池で確実に改善を図りたい場合、深層水の水質改善が必要な場合、(底層のDO値を早期に改善したい場合)には好適な技術です



30

日本水環境学会H24「技術賞」を受賞

- 学会発表件数、特許取得などの技術面での優位性に加え、実装置の普及が進んでいる点が評価されました（表彰：平成25年6月）



日本水環境学会総会における表彰式(左)、受賞記念講演(右)の様子



31

参考文献

- 木村他 (2011). かび臭発生/非発生に着目した藍藻銅ユレモ目の分類同定手法開発の試み, ダム水源環境技術研究所所報2011, ダム水源環境整備センター
- 島根県ホームページ(三瓶ダム), http://www.pref.shimane.lg.jp/keno_kendo/sanbe_damu.html
- 中国地方整備局三次河川国道事務所ホームページ, <http://www.cgr.mlit.go.jp/miyoshi/haizuka/>
- 増木 (2013). 深層酸素供給装置 (WEPシステム) を用いたダム湖・湖沼深層水への酸素供給技術, 日本水環境学会平成24年度技術賞受賞記念講演資料
- 増木他 (2010). 中海浚渫窪地底層への高濃度酸素水導入新技術, 平成19年度～平成21年度科学研究費補助金[基盤研究(A)]研究成果報告書, 研究課題番号 19201016 (研究代表者:清家泰), pp.8-17



32

WEPシステム

貯水池等における水質改善技術

ご清聴ありがとうございました。



- 問い合わせ先
 - (独)土木研究所水質チーム 岡本
- E-mail: s-okamoto@pwri.go.jp
Tel: 029-879-6777



33