底層環境に着目した停滞性水域の 水環境管理技術に関する研究

(国研)土木研究所 寒地土木研究所 寒地水圏研究グループ 水環境保全チーム 杉原 幸樹 ・ 巖倉 啓示

寒地土木研究所について

「国立研究開発法人土木研究所」とは?

土木技術の向上を図り、もって良質な社会資本の効率的な整備及び 北海道の開発の推進に資することを目的として、土木技術に関する調査、 試験、研究及び開発並びに指導及び成果の普及などを行う。

平成18年4月(独法)土木研究所と(独法)北海道開発土木研究所が 統合して発足

寒地土木研究所 寒地水圏研究グループ水環境保全チーム

水環境分野に関する行政ニーズを踏まえ、 水環境管理や河川空間管理に関する研究開発 を実施

水資源管理 総合土砂管理 河川・湖沼の水質保全 河川空間における生物生息環境の保全 河畔林や堤防植生の管理 等



研究所敷地内の千島桜(2019年4月26日:寒地土研HPより)

研究の背景と目的



塩淡二層構造を有する停滞性水 域は底層の貧酸素が局在化しや すい。

塩水性の貧酸素水塊には栄養 塩の溶出に加え、硫化水素が蓄 積され、富栄養化に加えて青潮 など水質障害が発生しやすい。

被害が甚大になりやすい。

鉛直混合すると淡水層も壊滅的 影響がおよぶ可能性がある。

塩水層のみの水質改善が必要

研究の背景と目的

第4期中長期研究計画(H28~R3)研究開発プログラム 地域の水利用と水生生態系の保全のための水質管理技術の開発 【達成目標】

停滞性水域の底層環境・流入負荷変動に着目した水質管理技術の開発

塩水性無酸素水塊の水質改善を目的に溶存酸素を供給

硫化水素が酸化されて、無害な単体硫黄に変化

酸素溶解装置(WEP)の試験プラントの建造と運用

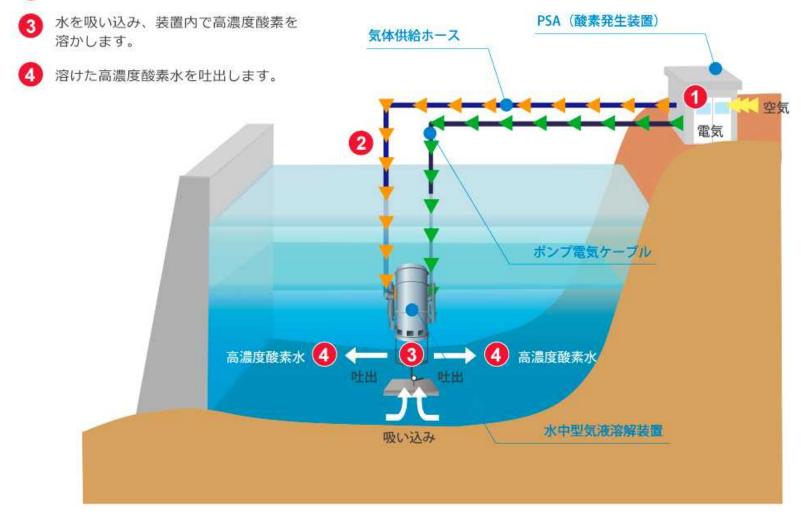


- •夏期の運用試験
- 結氷期、融雪期を含めた通年での運用試験
- •水質改善効果検証
- •運用上の課題整理

酸素溶解装置(WEP)とは

「WEPシステム」 土木研究所と(株)松江土建の共同特許

- 高濃度酸素を作ります。
- ② 高濃度酸素を供給します。



酸素溶解装置(WEP)とは

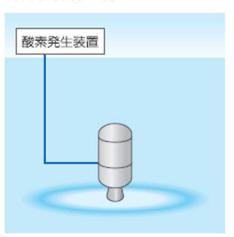
WEPシステムと曝気装置の比較

●WEPシステム

- ・濃度90%以上の酸素ガスを使用
- ・装置設置水深の圧力下で酸素溶解を行うこと

により水深30mでは 90%以上の溶解効率 を実現

- ・無気泡の高濃度酸素水 を供給するので上昇流 を生じない
- ・底層への酸素供給が可能

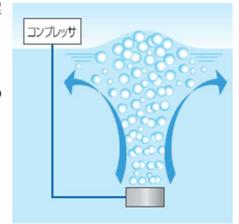


●曝気装置

- ・空気(酸素濃度20.9%)を使用
- ・気泡上昇時の水との接触で酸素溶解するため、溶解効率

が劣る(散気装置の溶解 効率は通常10%程度)

- ・気泡による上昇流により 底層水・底泥を巻上げる
- ・底層への酸素供給が困難



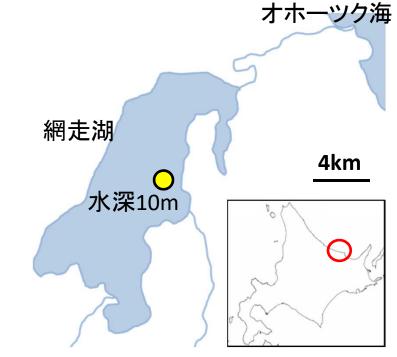
松江土建株式会社環境部HPより https://www.matsue-doken.co.jp/kankyo/products/wep_catalog.pdf

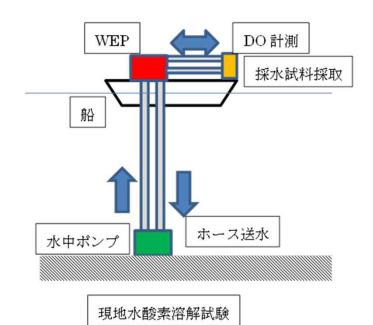
中国・四国地方のダムや関東沿岸域での導入実績あり

本研究では、網走湖の現状に合わせて独自に調整 (耐腐食性の向上、吐出流速の抑制、残気泡処理など)

酸素供給実験の概要

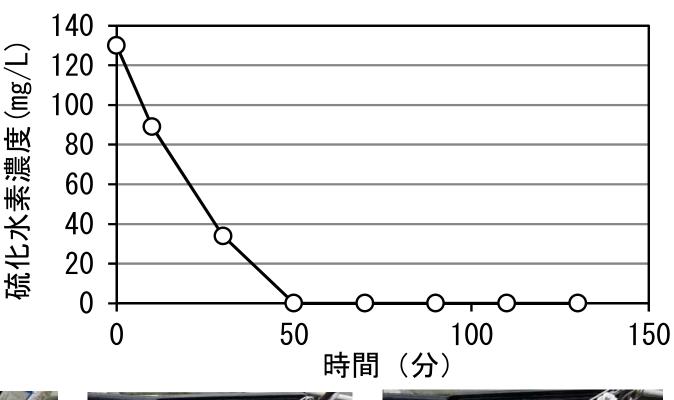
水深9mより採取した試験水に 気液溶解装置(WEP)により 高濃度酸素を溶解させ 水質分析・底質分析・固体分析を実施



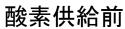




酸素供給実験









酸素供給25分



酸素供給50分

酸素供給時の水質変化

(mg/L)	原水 (淡水)	原水 (塩水)	酸素供給 後(塩水)	底泥接触 3日(塩水)
TOC	9. 7	10	10	8.8
TP	0. 12	4. 3	4. 3	1. 3
P04	0. 086	4	3.8	1. 1
TN	1. 3	22	22	25
NH4	0. 1	21	20	23
N02	0. 06	ND	ND	ND
N03	0. 91	ND	ND	ND

酸素供給と底泥接触により、水中リンの減少

生成固体の性状

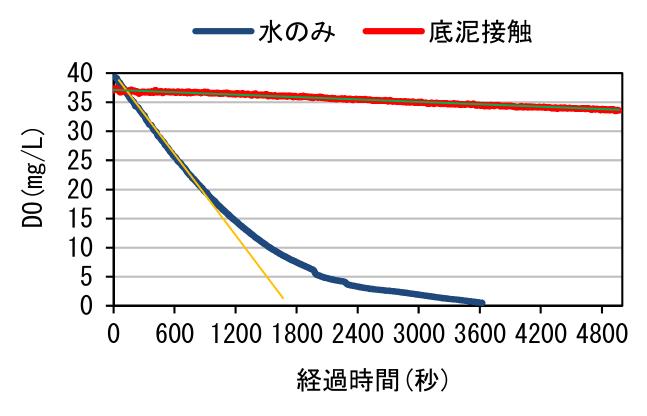
XRD、XRFによる解析の結果

硫黄:84%、ケイ素:8%、リン:3%、その他:5%

単体硫黄の立方晶単純格子構造

*岩塩構造、斜方晶硫黄

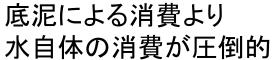
酸素消費実験





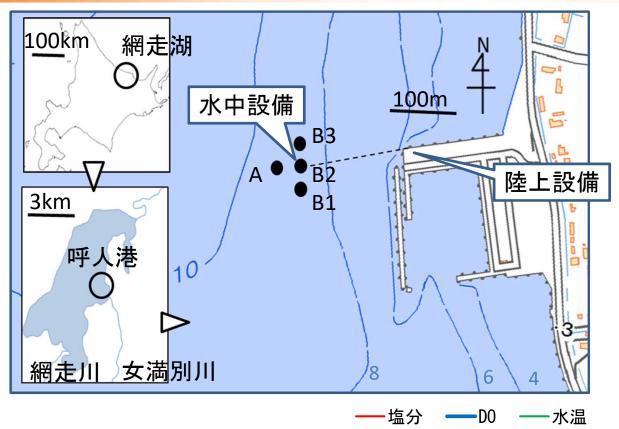
水のみ(主に硫化水素の酸素消費) 1.8g/L/day

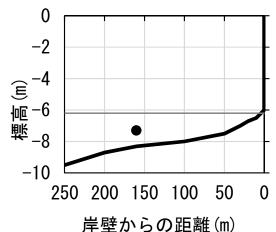
底泥接触(硫化水素を完全酸化した水を接触) 13.8g/m²/day

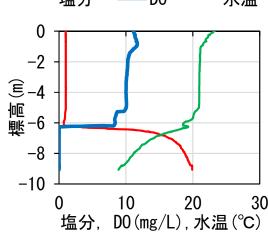


水中含有物が改善されないと溶存酸素は増加しない

湖内への酸素供給実験





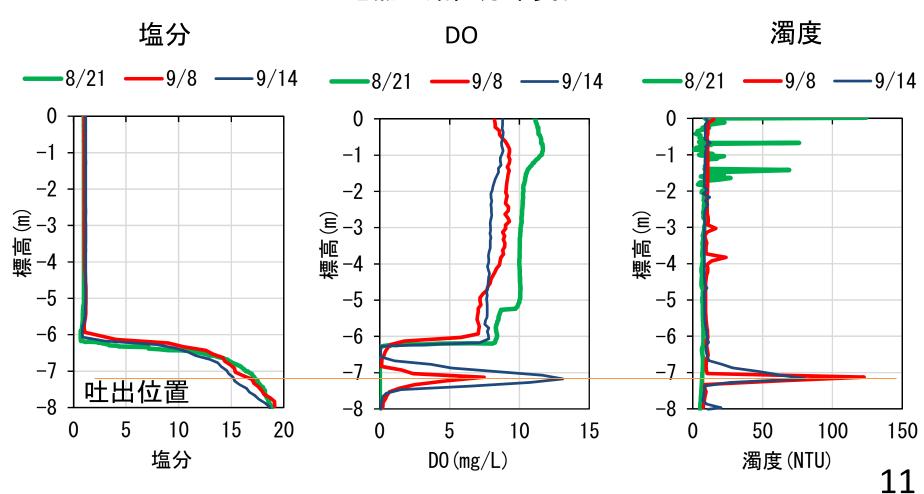




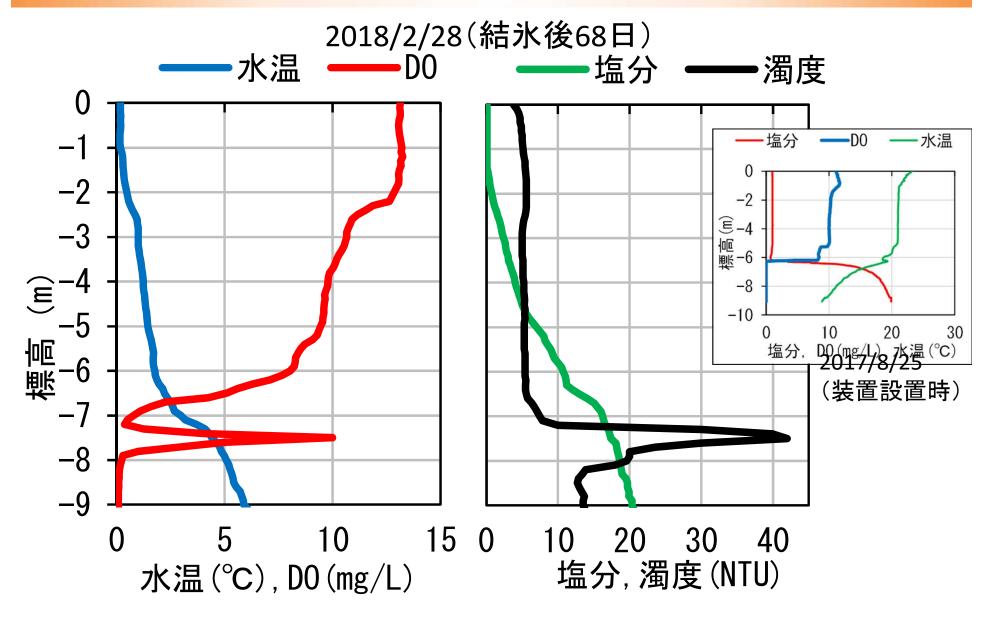
酸素供給による鉛直水質の経時変化

純度90%の酸素を精製・圧送して水塊中で酸素を溶解させ、吐出量120 m³/hのポンプでDOを供給

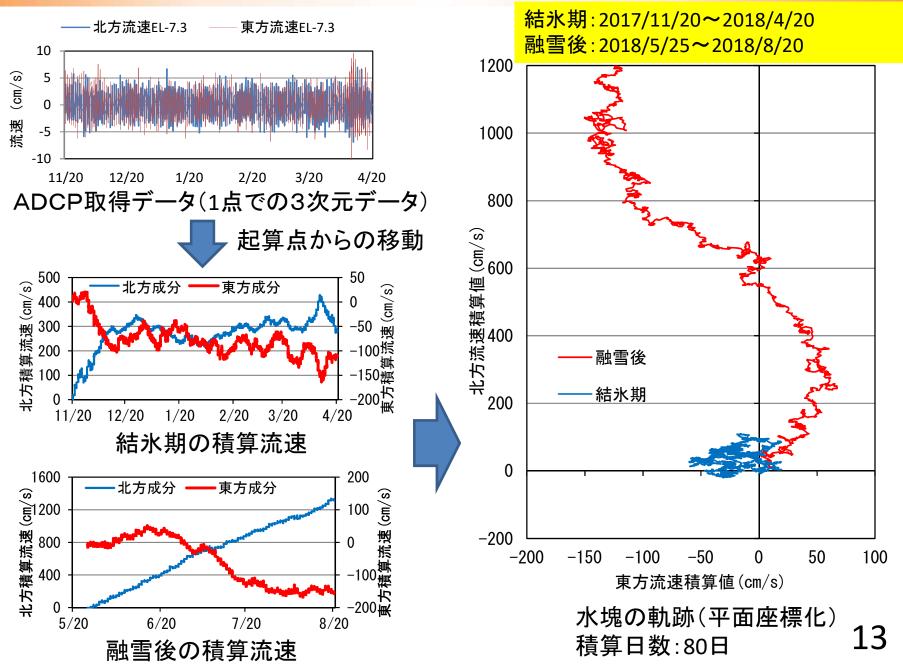
B2地点の鉛直分布変化



運用時の鉛直水質分布

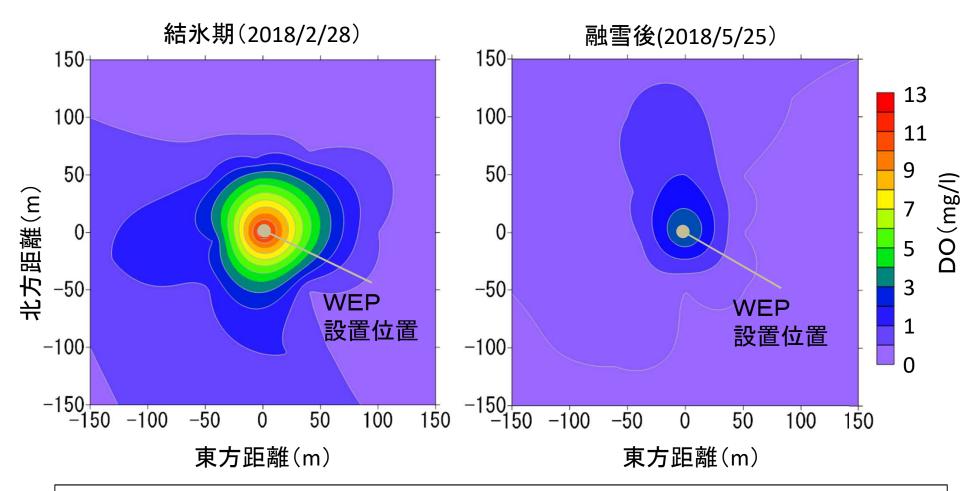


水塊の移動追跡



酸素供給効果(DO平面分布)

EL-7.5mにおけるDOの平面分布



- 〇結氷下でもDO供給は可能で、結氷により水塊流動が抑制されることで、DO の上昇が明瞭に観測された.
- ○濁度の拡散結果から、影響範囲は約90000m²(300m×300m)に効果が波及

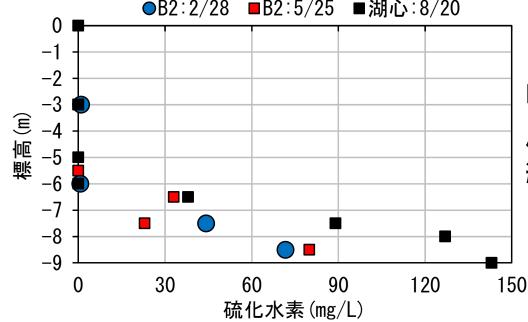
栄養塩変化EL-7.5比較 硫化水素の変化(鉛直分布、EL-7.5経時)



湖心平均:3.22mg/L

B2平均:2.60mg/L

19.1%低下



吐出口標高で濃度は半減 底層全体に波及して 約40%の硫化水素削減

まとめ

網走湖の底層貧酸素改善のため、現地に酸素供給装置を建設し、現地スケールでの運用試験を実施した.

- ○結氷下でもDO供給は可能で、結氷により水塊流動が抑制されることで、DOの上昇が明瞭に観測された.
- ○濁度の拡散結果から、影響範囲は約90000m²(300m×300m) に効果が波及していた。
- 〇栄養塩濃度の低下や硫化水素の40%の削減が確認され、吐出標高において最も酸化が進行した.
- 〇塩水層内の鉛直方向にも影響が波及して底質の酸化挙動も確認. 特に結氷期において顕著であった.