

ファインバブル技術等を活用した 水質・底質浄化の取組み

令和5年9月16日
鳥取県水環境保全課
米子工業高等専門学校
米子市環境政策課

■ ファインバブルに着目したきっかけ

鳥取県 生活環境部 自然共生社会局

水環境保全課 係長 安田 優

■ 水質・底質浄化に係る実証実験について

米子工業高等専門学校 総合工学科

化学・バイオ部門 准教授 藤井 貴敏

■ 米子水鳥公園のつばさ池での取り組み

米子市 市民生活部

環境政策課 主任 大塚 智史

■ ファインバブルに着目したきっかけ

鳥取県 生活環境部 自然共生社会局

水環境保全課 係長 安田 優

■ 水質・底質浄化に係る実証実験について

米子工業高等専門学校 総合工学科

化学・バイオ部門 准教授 藤井 貴敏

■ 米子水鳥公園のつばさ池での取り組み

米子市 市民生活部

環境政策課 主任 大塚 智史

きっかけ

平成30年6月鳥取県議会で〈森雅幹議員〉が質問
中海浚渫窪地での活用

（森議員）

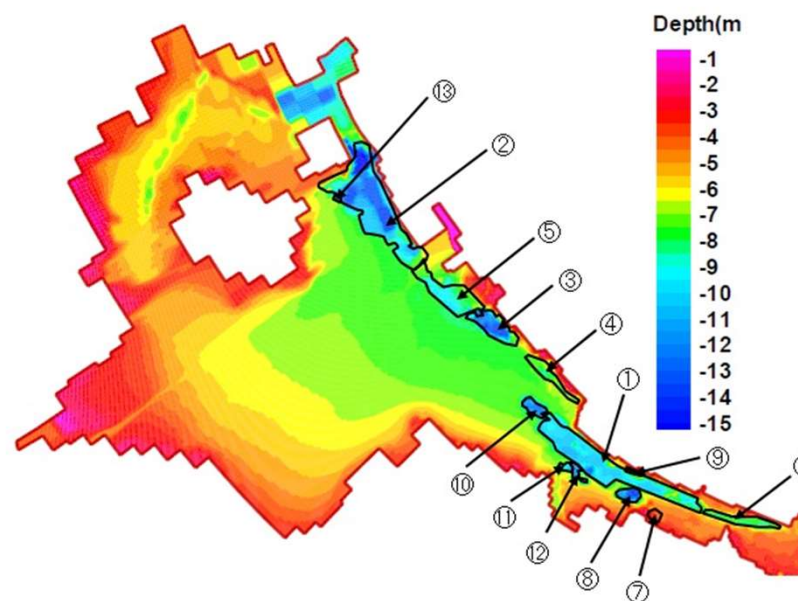
マイクロバブルを活用した中海の浚渫窪地の水質改善に米子高専と一緒に取り組むべきと考えるが知事の所見を求める。

（平井知事）

関係の方とも相談させていただいて、来年度以降の事業採択での実証実験、これを目指してはどうかと思う。関係者ともよく調整させていただきたい。

県の対応方針

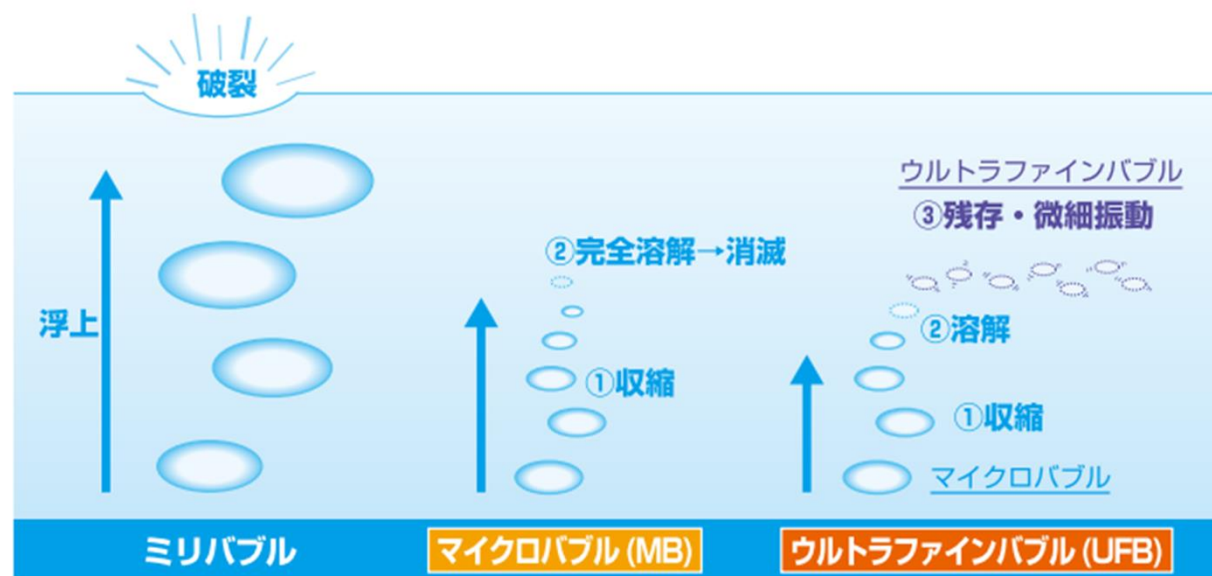
鳥取県として、中海の窪地対策等を考える際、国土交通省でマイクロバブルを活用した水質浄化等の事例等を踏まえ、2019年度から2か年計画で
米子高専へ委託し、実証試験を実施する。



緒言

泡の名称	ミリバブル/サブミリバブル	ファインバブル	
		マイクロバブル	ウルトラファインバブル
泡の直径	100 μm 以上 ○	1 μm 以上～100 μm 未満 ○	1 μm 未満 ○
目 視	可能	可能（白濁）	不可能（無色透明）
性 質	上昇速度が速い	非常にゆっくりと浮上	水中に長期間残存 （長いもので数週間から数ヶ月の残存性がある）
	水面で破裂	水中で消滅	微細運動

参考) 1 μm は 1mm の 1/1000



出展)九州経済産業局パンフレット ファインバブル活用事例集 https://k-rip.gr.jp/wp/wp-content/uploads/2018/03/finebubble_ver4.pdf

ファインバブルの活用事例

環境	農業	食品	水産業
 <ul style="list-style-type: none"> - 土壌浄化 - 地下水浄化 - 工場排水処理 - 汚泥減容化 - 有害物分解 - 藻類除去 - 凝集SSの浮上分離 <p>など</p>	 <ul style="list-style-type: none"> - 農畜産物の ・成長促進 ・収量増加 ・品質向上 - 鮮度保持 - 液肥 - 生産管理 (植物工場等) <p>など</p>	 <ul style="list-style-type: none"> - 鮮度保持 - 酸化防止 - 風味の付与 - 食感の付与 - 香りの付与 <p>など</p>	 <ul style="list-style-type: none"> - 水産物の ・成長促進 ・収量増加 ・品質向上 - 養殖環境改善 - 鮮度保持 <p>など</p>
洗浄	産業	美容	その他
 <ul style="list-style-type: none"> - トイレ洗浄 - 生産ライン洗浄 - 塩害対策 - 配管汚れ除去 - ガラス鱗状痕対策 - 洗濯機 - 野菜・食品 <p>など</p>	 <ul style="list-style-type: none"> - 精密剥離 - シリコンウエハー 薄膜分離 <p>など</p>	 <ul style="list-style-type: none"> - 温泉 (気泡風呂) - 洗顔・頭皮洗浄 - ナノテク化粧品 - シャワーヘッド <p>など</p>	 <ul style="list-style-type: none"> - 医療、医薬品 - 船舶 - 製紙 - 日用品 - エネルギー - 水族館 <p>など</p>

出展)九州経済産業局パンフレット ファインバブル活用事例集 https://k-rip.gr.jp/wp/wp-content/uploads/2018/03/finebubble_ver4.pdf

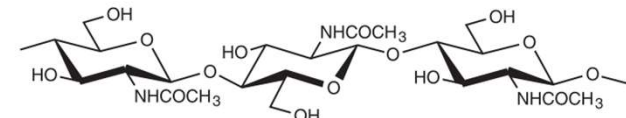
鳥取県におけるファインバブルの活用事例

三光株式会社 キジハタの養殖

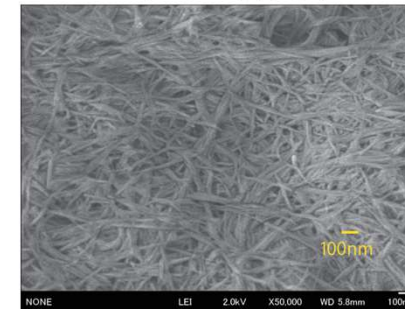


三光グループウェブサイトより
<https://sanko-hd.co.jp/2019/04/27/sanko-hd-tv-appearance/>

大村塗料株式会社
キチンナノファイバーの量産化



Chitin (キチン)



大村塗料株式会社ウェブサイトより
<https://www.omuratoryo.co.jp/product/39/>

株式会社トットクライン マサバの陸上養殖へのマイクロバブルの応用



JR西日本ウェブサイトより <https://www.westjr.co.jp/life/profish/>

中海に係る湖沼水質保全計画
(第7期)



令和2年3月
鳥取県・島根県

第7期計画の主要事業として・・・

■ ファインバブルに着目したきっかけ

鳥取県 生活環境部 自然共生社会局

水環境保全課 係長 安田 優

■ 水質・底質浄化に係る実証実験について

米子工業高等専門学校 総合工学科

化学・バイオ部門 准教授 藤井 貴敏

■ 米子水鳥公園のつばさ池での取組み

米子市 市民生活部

環境政策課 主任 大塚 智史

■ 2019年

ファインバブル装置の性能評価および屋外実証実験の場所選定

■ 2020年

屋外実証実験開始、小規模装置での環境改善効果の検証

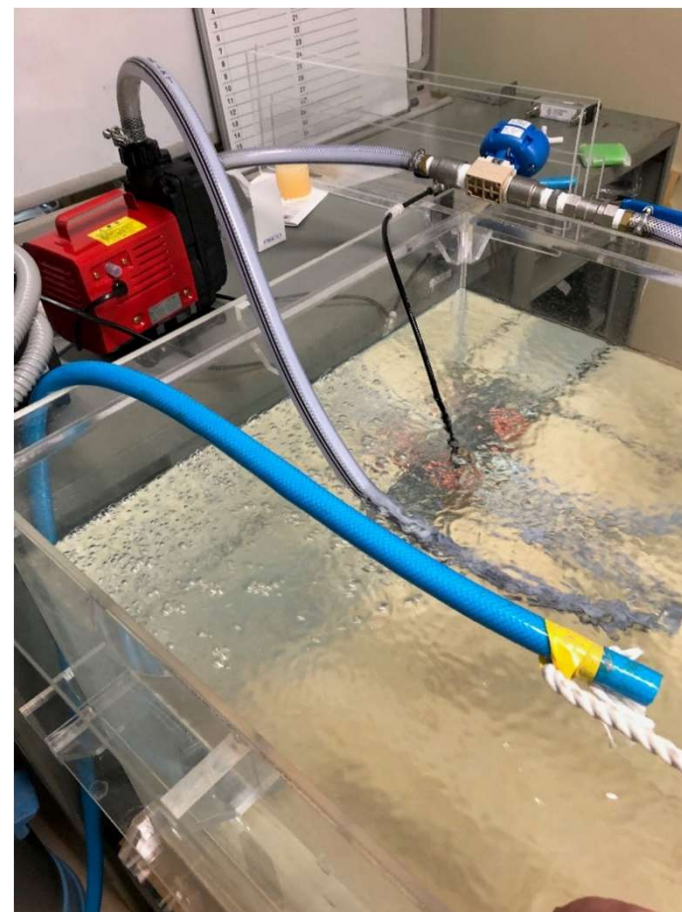
■ 2021～2022年

屋外実証実験、装置の拡大および長期運転による環境改善効果の検証

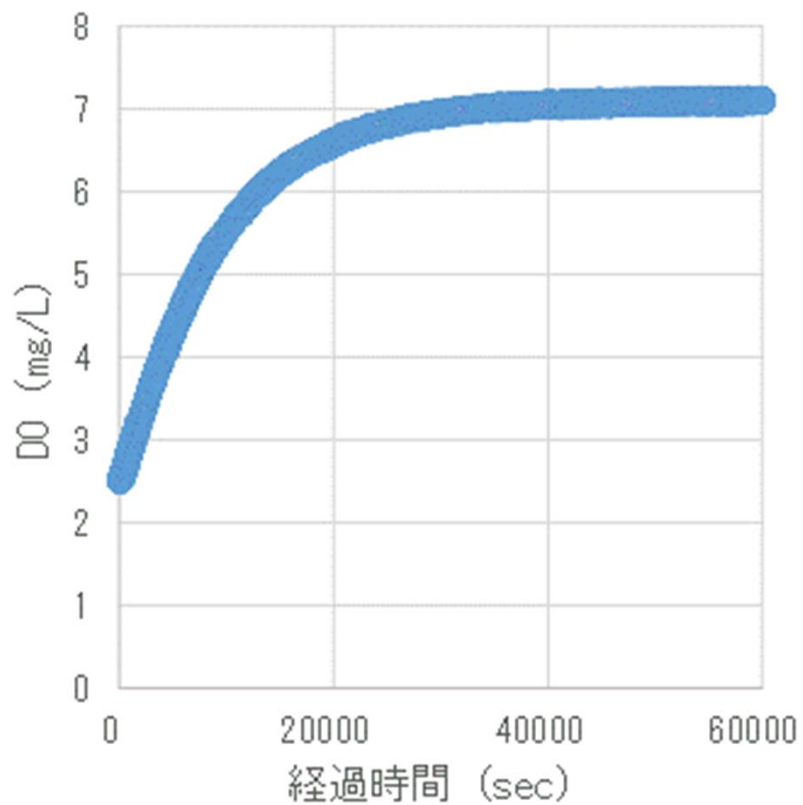
室内実験による性能評価

- ファインバブル発生方式 せん断方式
- 亜硫酸ナトリウムまたは窒素ガスでDOを低減した淡水と人工海水に0.5 L/minで空気を供給
- 水槽容量 360 L
- ファインバブル発生条件 0.5 L-気体/L-液体

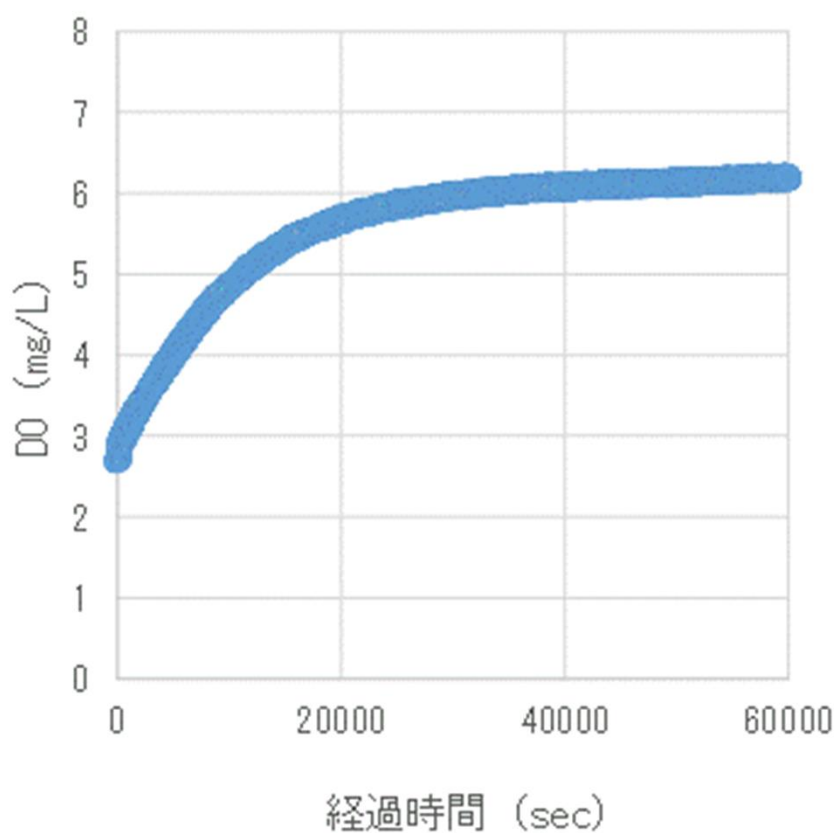
室内実験による性能評価



溶存酸素回復速度



(a) 淡水



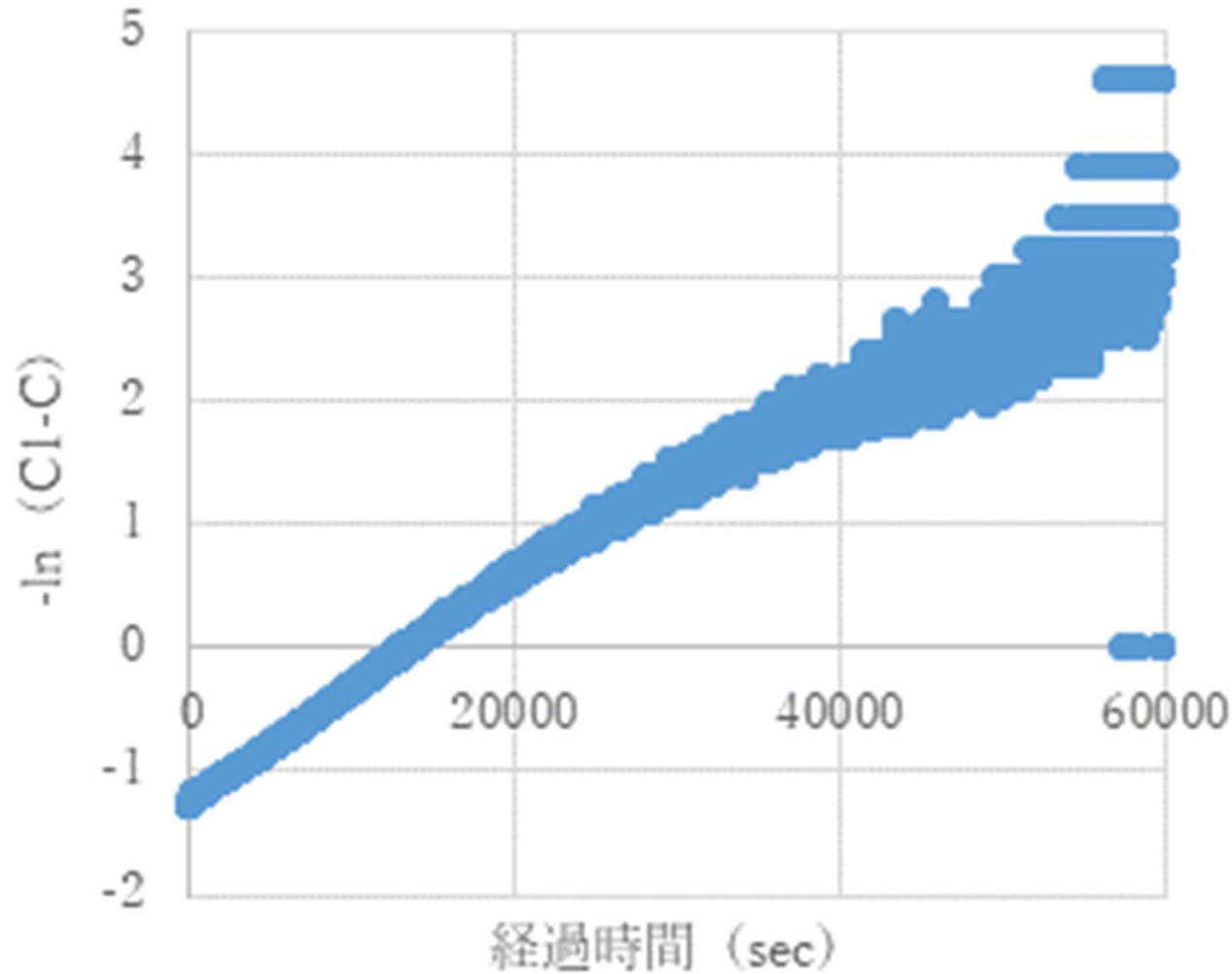
(b) 人工海水

溶存酸素回復速度

$$N_A = K_L (C_1 - C)$$

液側物質移動容量係数 $K_L \cdot a$

$$-\ln(C_1 - C) = K_L \cdot a \cdot t$$



淡水における酸素回復速度

淡水		空気流量 L/min		
		4.5	2.5	0.5
$K_L \cdot a$ $\times 10^{-5}$	1回目	49.1	32.3	8.6
	2回目	56.0	34.7	10.6
	平均	52.6	33.5	9.6
流量補正倍率		1	1.8	9
流量補正 $K_L \cdot a$		52.6	60.3	86.4
酸素供給効率		1	1.15	1.64

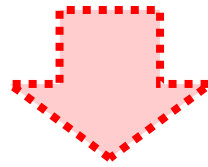
海水における酸素回復速度

人工海水		空気流量 L/min			
		4.5	2.5	1.0	0.5
$K_L \cdot a$ $\times 10^{-5}$	1回目	334	216	66.4	12.5
	2回目	363	227	64.9	17.6
	平均	349	222	65.6	15.1
流量補正倍率		1	1.8	2.5	9
流量補正 $K_L \cdot a$		349	399	164	136
酸素供給効率		1	$\doteq 1$	0.41	0.39

室内実験による性能評価

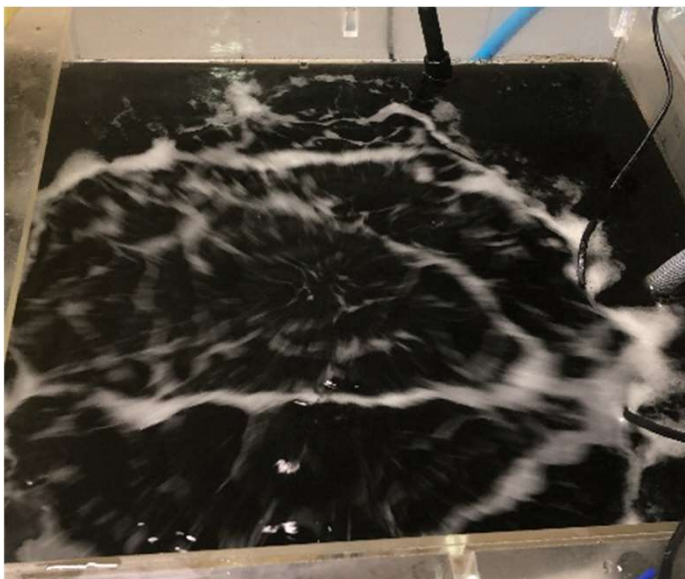
ファインバブルは

- 淡水では供給効率が高いが海水中では低下する
- 空気供給量を少なくすると攪拌効果は増加する



- 環境浄化では、ファインバブルとマクロバブルの双方を利用する

室内実験 底泥酸化評価



屋外実証実験の地点の選定

中海でも最も水質の悪い米子湾や浚渫窪地等の水質改善を進める。



4 地点で調査を実施。

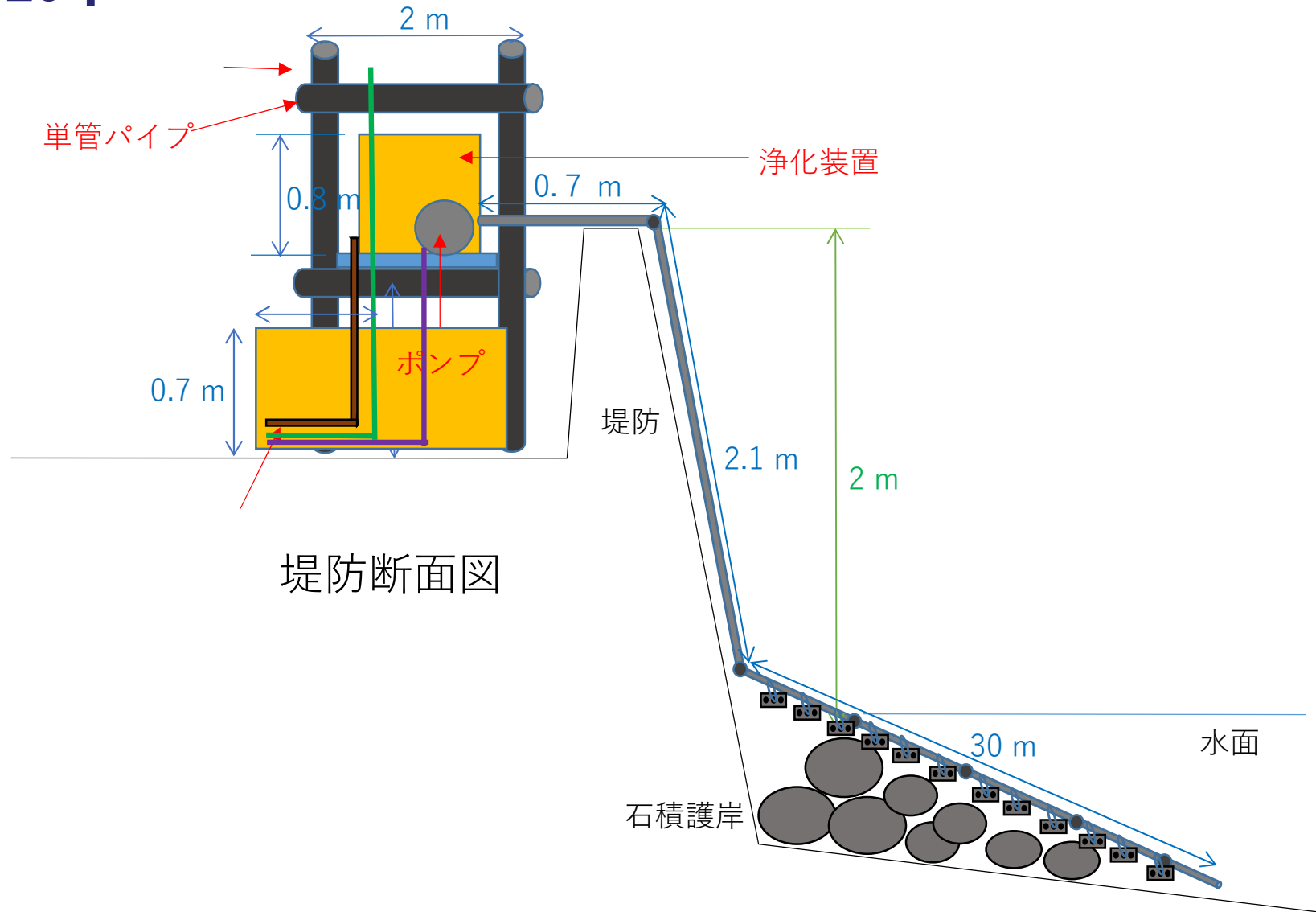
- ①米子湾中央
- ②空港沖浚渫窪地
- ③彦名承水路
- ④ポンプ場沖

深奥部に位置するポンプ場沖

- 年に数回の下水の流入もあり、底質環境が悪い。
 - 電源や配管の取り回しが良い。
- **ポンプ場地先を浄化対象に選定。**

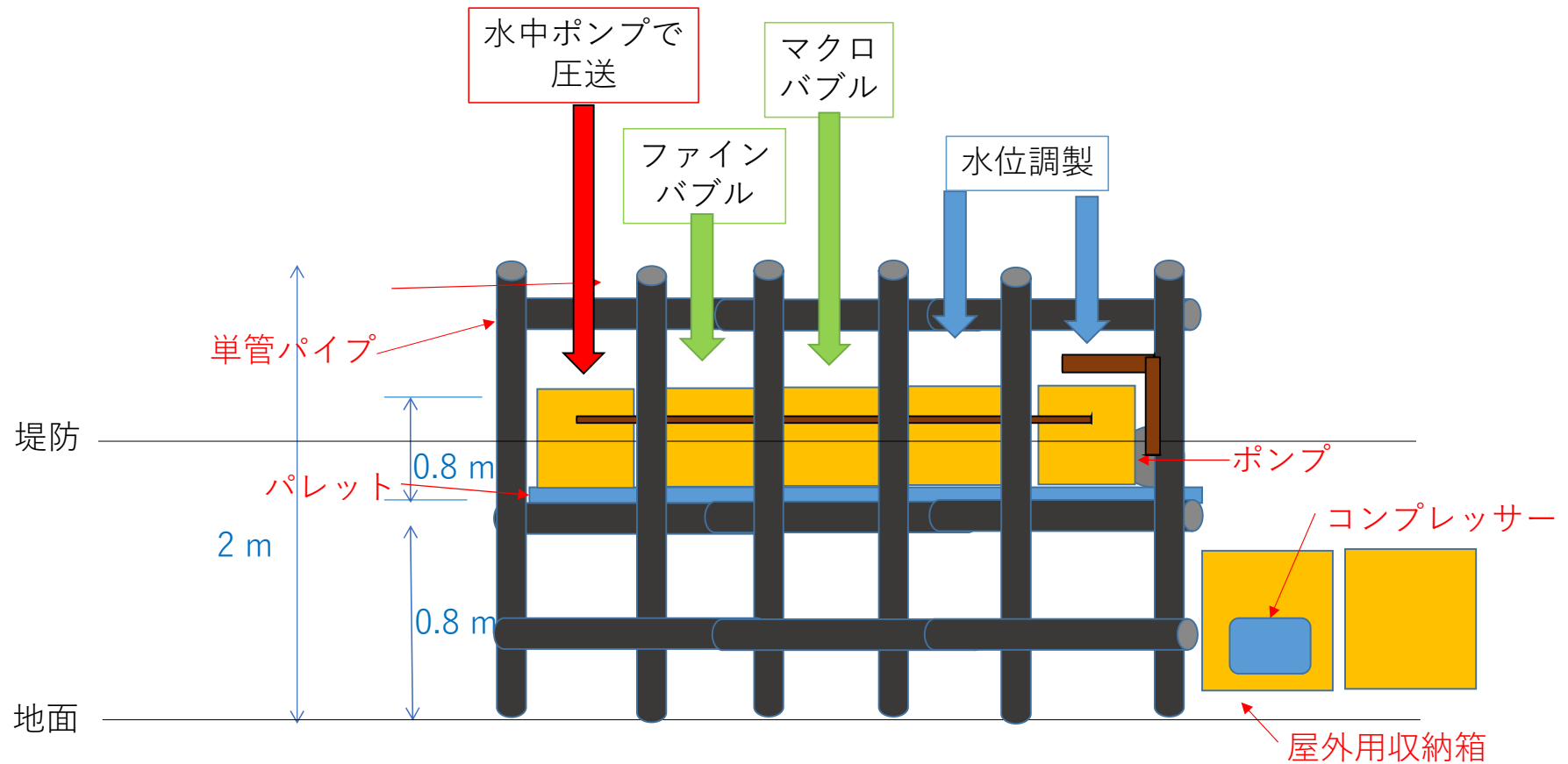
屋外装置の概要 2020年～

30 m沖の底層水をヒューガルポンプ
(40PSPZ-4031B、三相電機) で汲み上げ



屋外装置の概要

5つに連結した500 Lのローリータンクを浄化槽として、DOを供給する構造

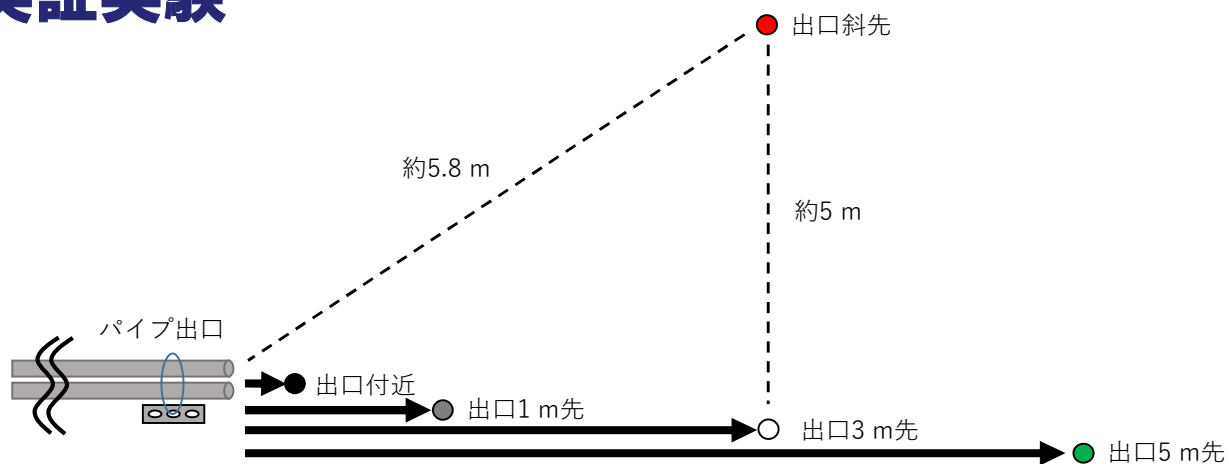


陸域の装置図 (中央ポンプ場を背に)



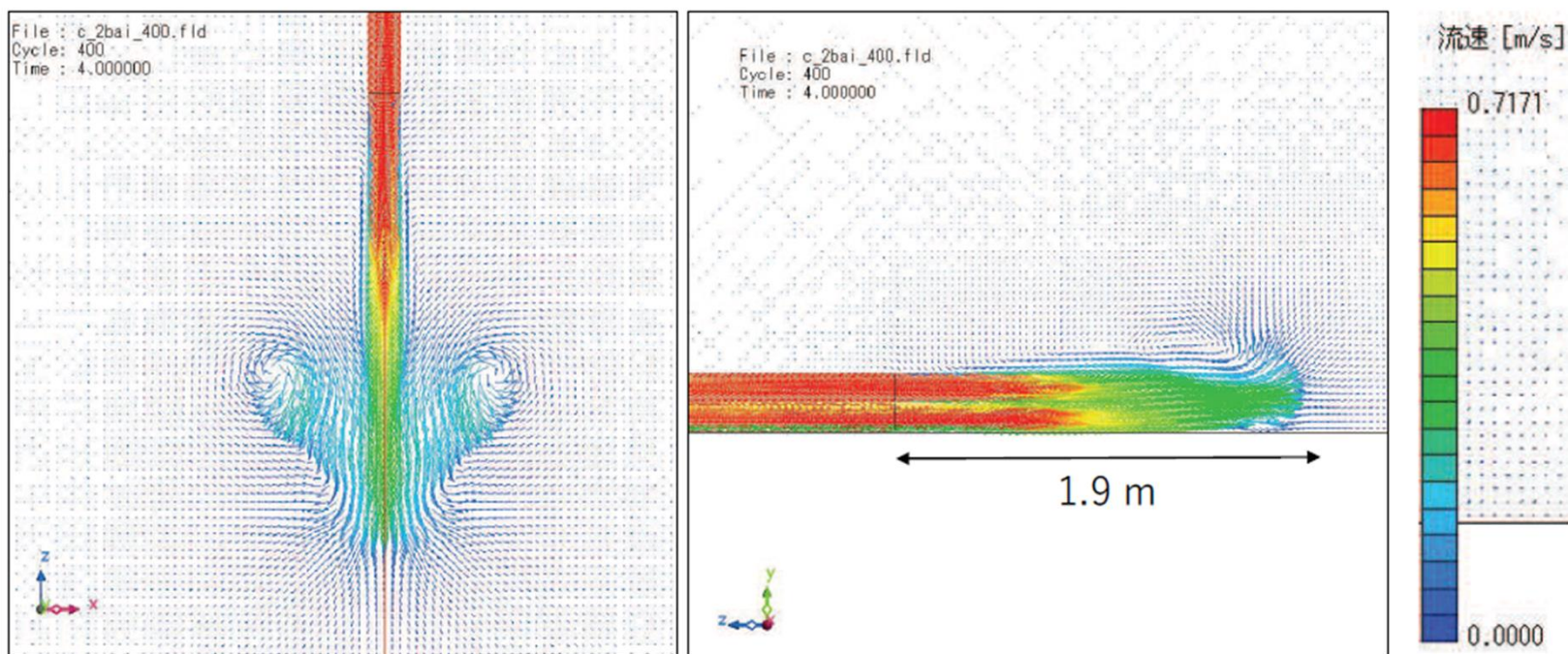


屋外実証実験



小規模装置で底質の改善効果
を検証した。

流体シミュレーション

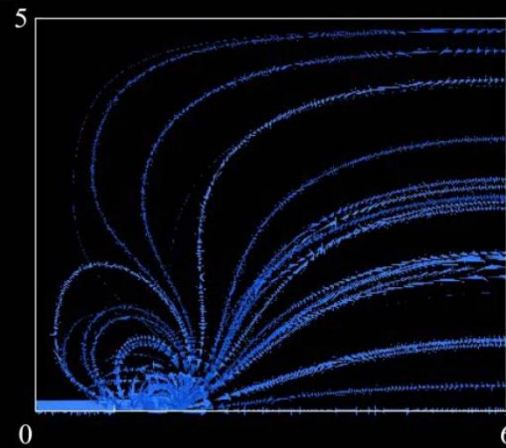
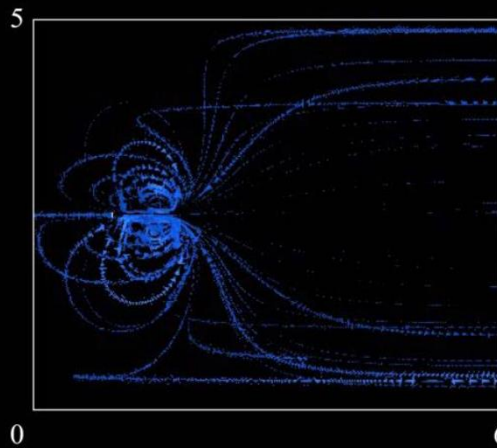
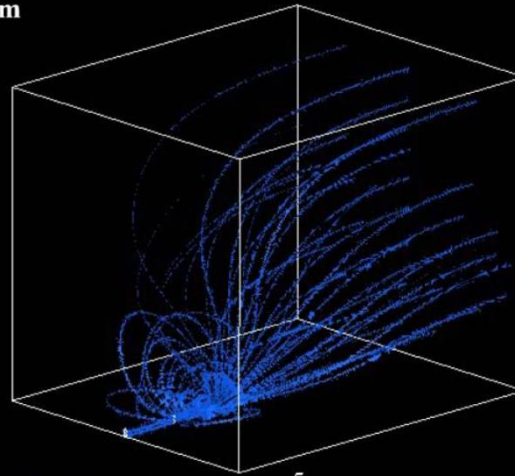


上部から見た図

側面から見た図

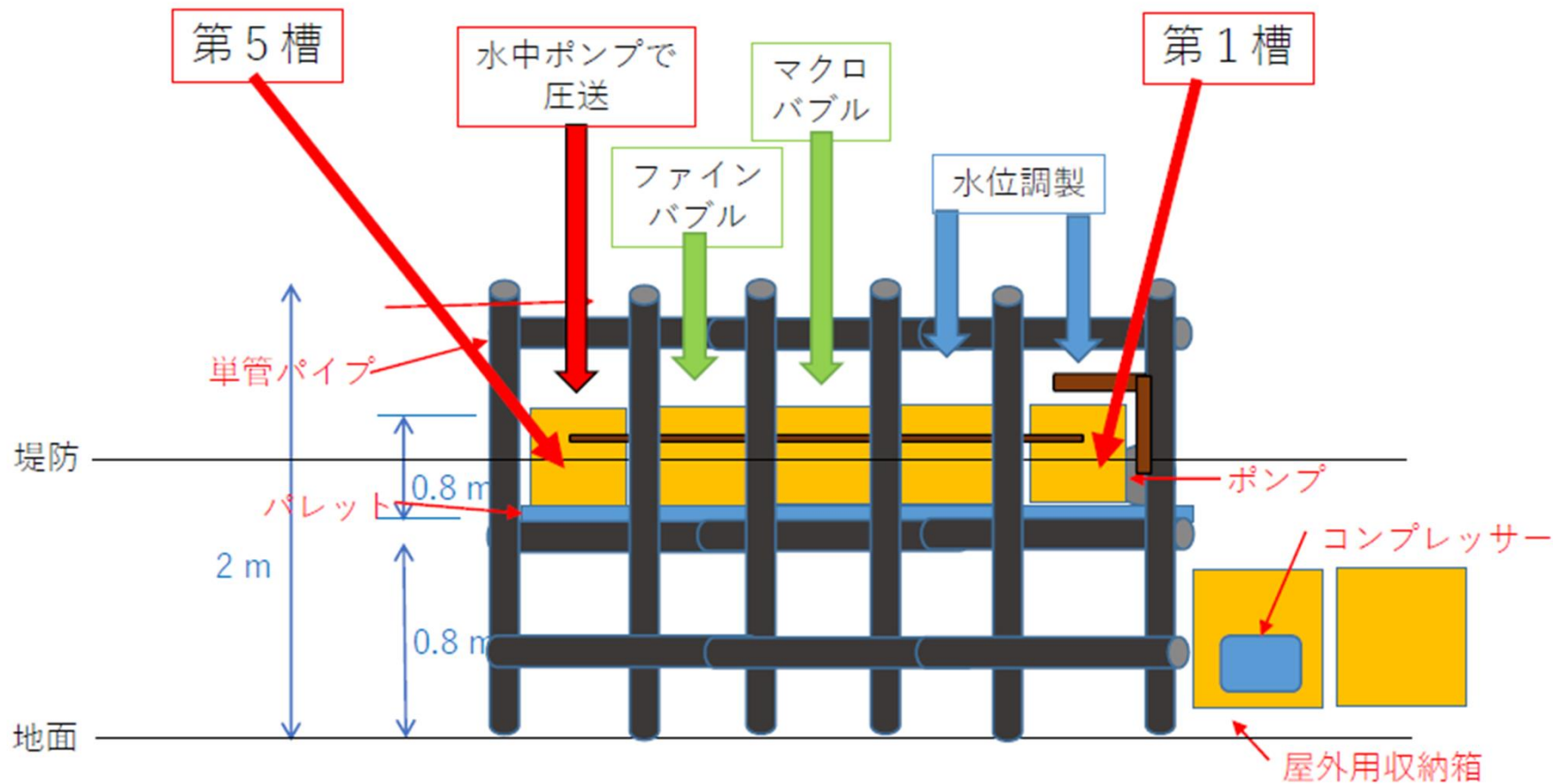
海流など無いと仮定すると、流体の流速はパイプ出口約2 mで0 m/sとなる。

Time scale : 4s
 $W \times H \times D = 5\text{m} \times 5\text{m} \times 6\text{m}$



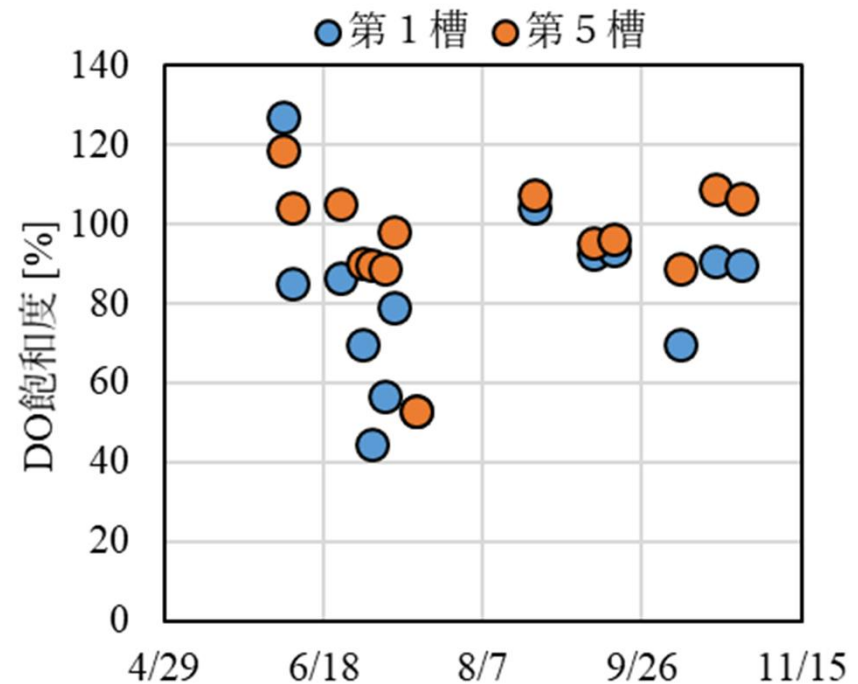
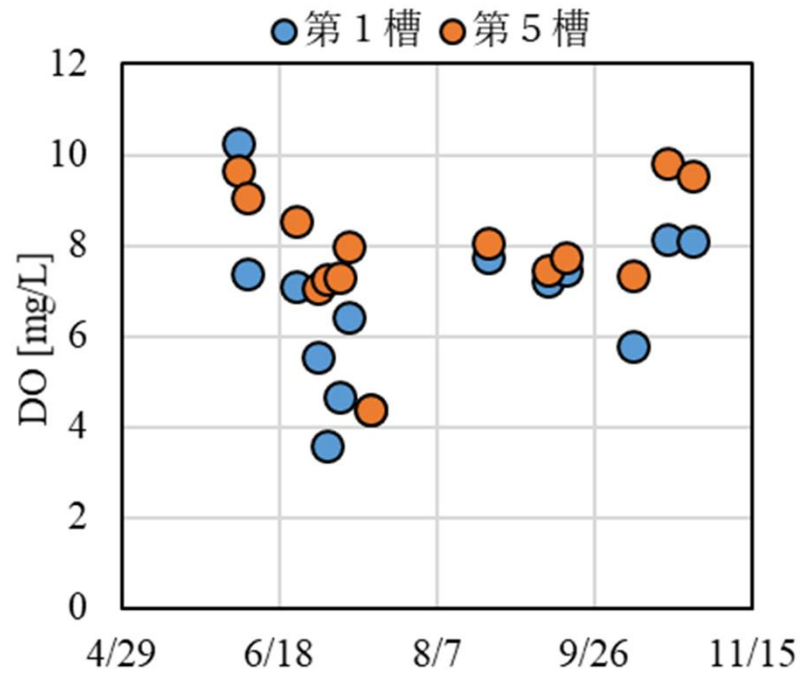
浄化装置の断面図

第1槽、5槽で定期的に溶存酸素（DO）濃度測定。
→酸素供給量の計測。



陸域の装置図（中央ポンプ場を背に）

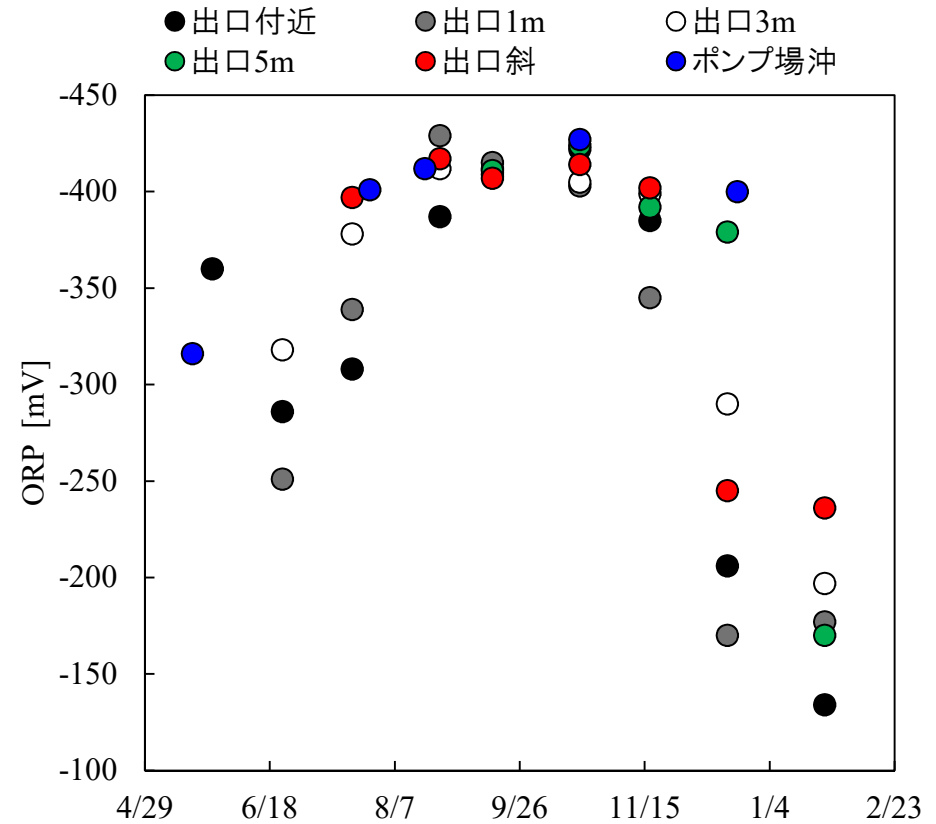
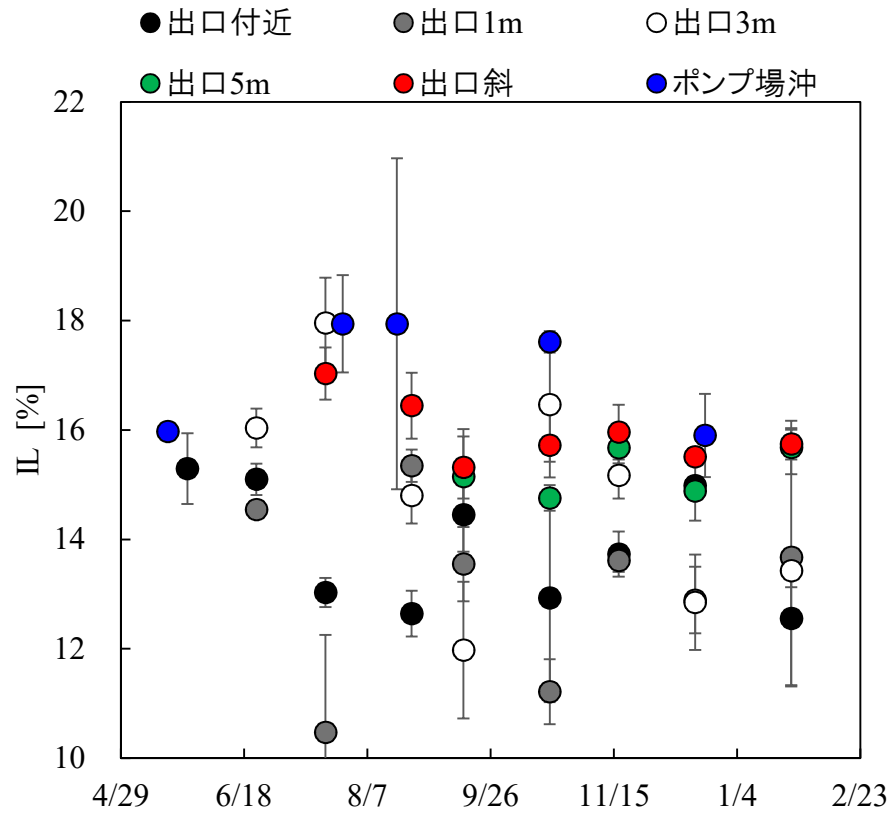
酸素供給量



- 第1槽と第5槽のDO 差
平均1.3 mg/L、最大 3.67 mg/L
- 浄化装置の処理流量は約 70 L/min
 $70 \text{ L/min} \times 1.3 \text{ mg/L} = 91 \text{ mg DO/min}$ で湖底に供給。

汲み上げる環境水のDOが低ければ供給量は増加する可能性。

強熱減量(有機物量)ILと酸化還元電位ORPの変化



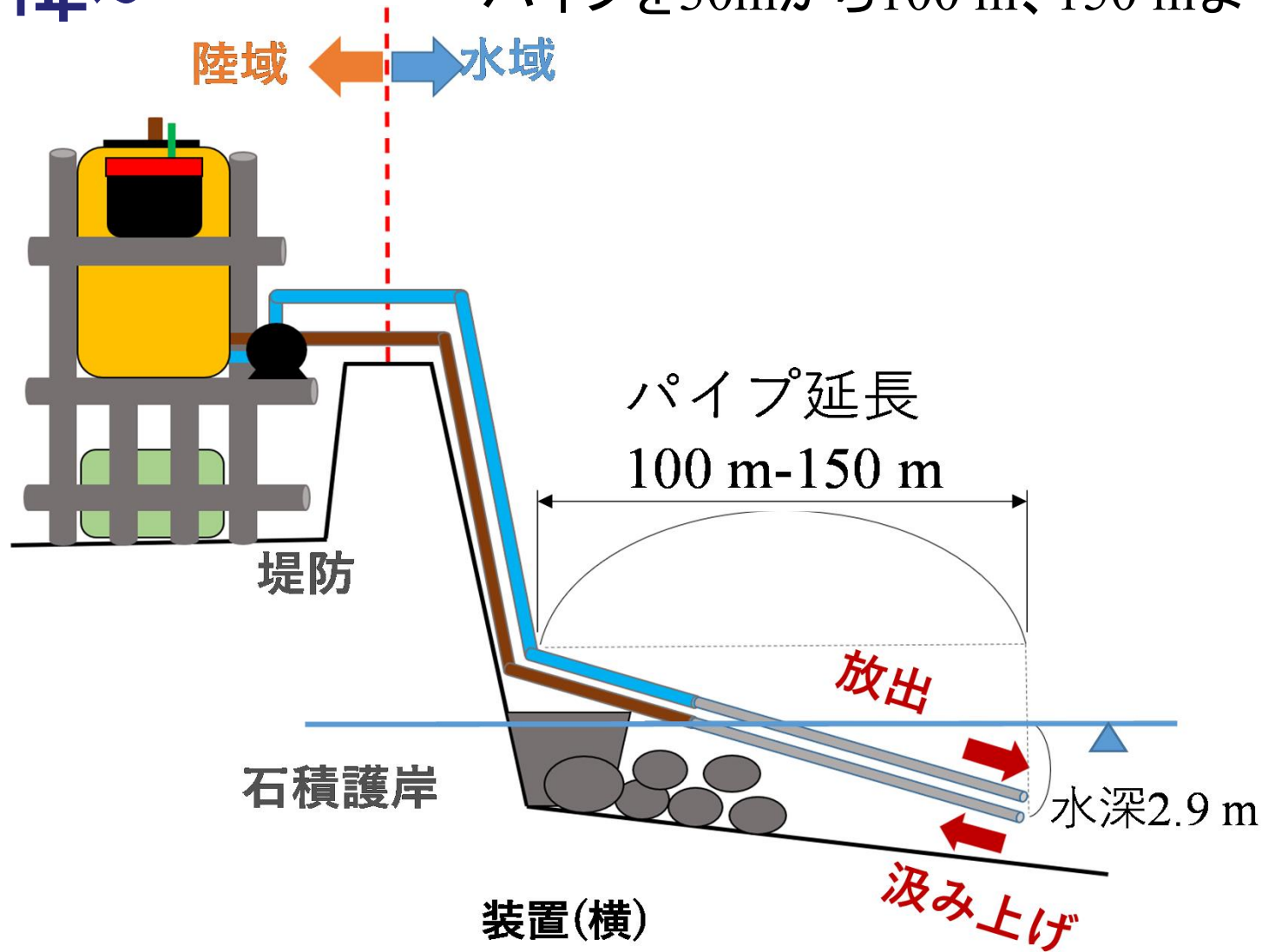
ポンプ場沖、出口斜よりも出口から近く、
直線の位置で浄化を確認

ベントスの変化

種類	出現数 [匹/0.10 m ²]	
	2020年5月	2021年1月
アラムシロガイ	1	2
節足動物	0	6
環形動物	4	66
アラムシロガイ 外観写真		
節足動物 外観写真		
環形動物 外観写真		

屋外装置の概要 2021年～

タンク容量2.5倍
パイプを30mから100 m、150 mまで延長

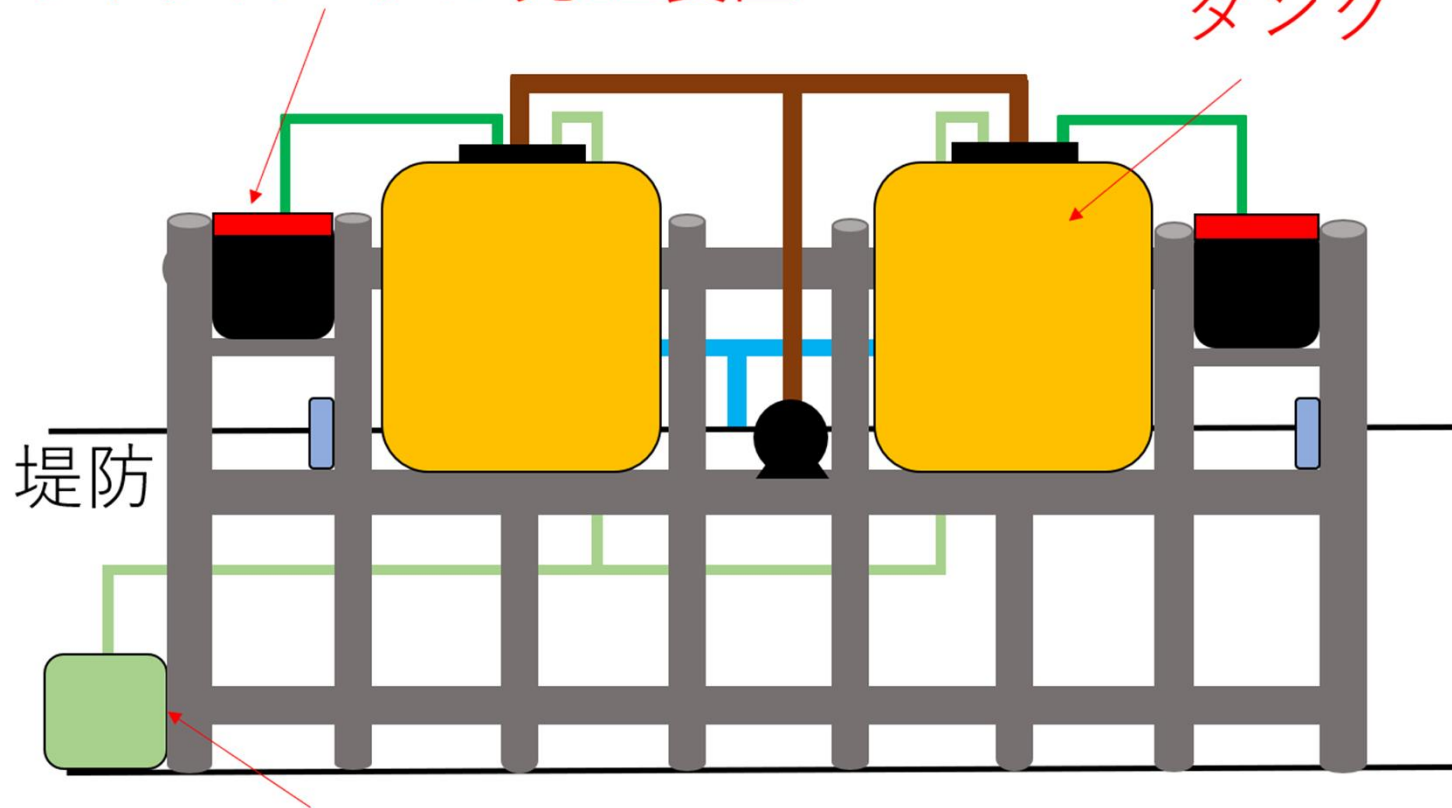


屋外装置の概要

2021年～

マイクロバブル発生装置

タンク



コンプレッサー収納箱

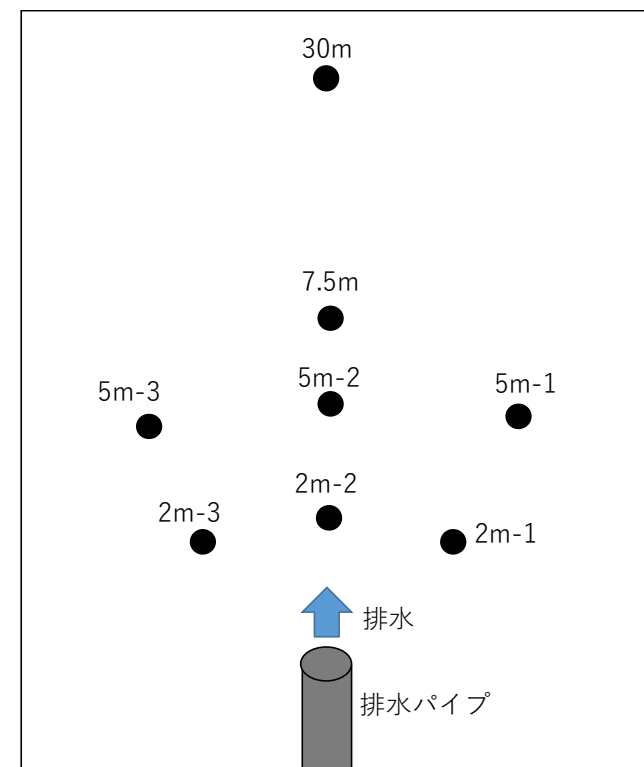
タンク 3000 L×2槽

定格処理水量 350 L/min

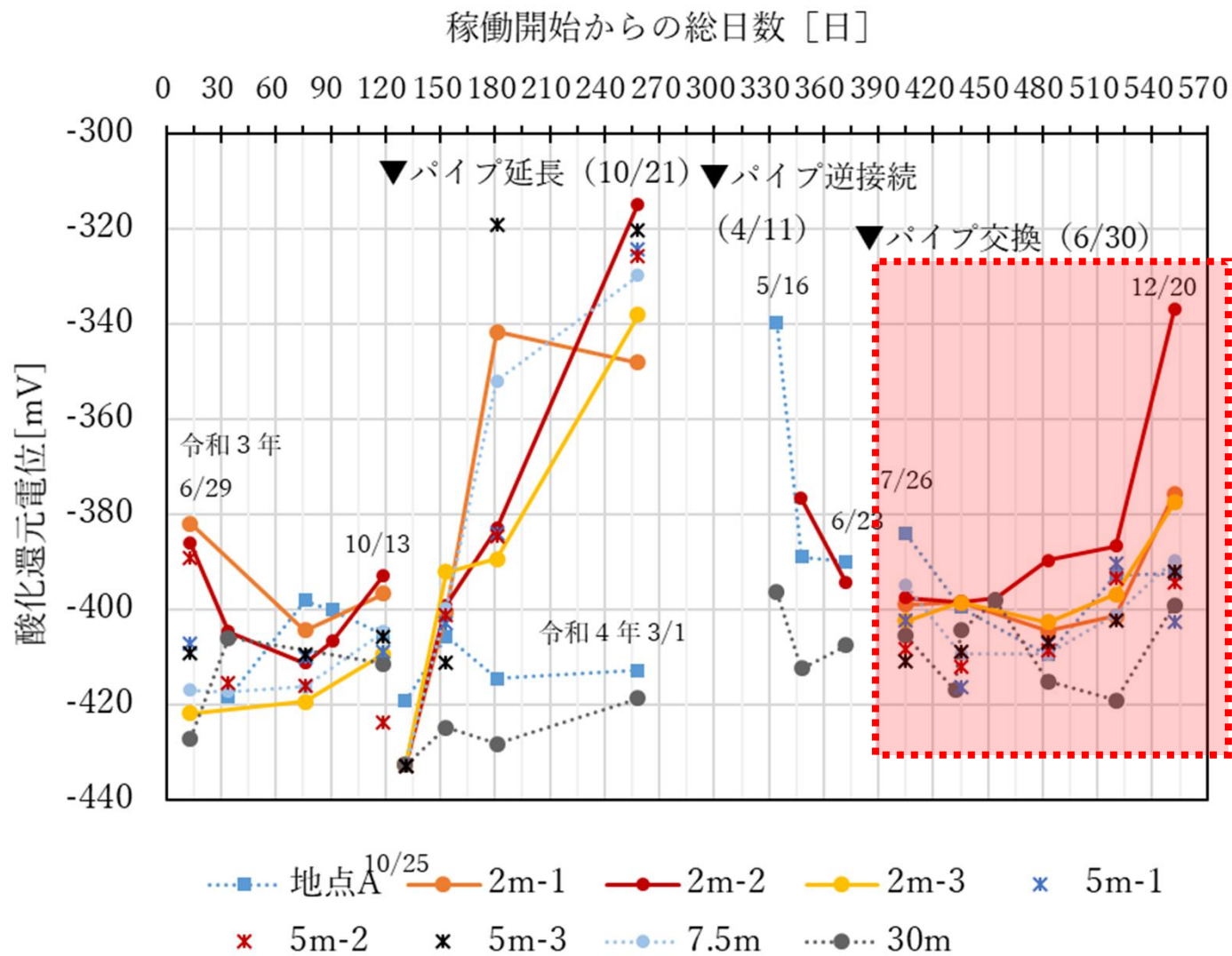
装置(正面)



浄化装置の断面図



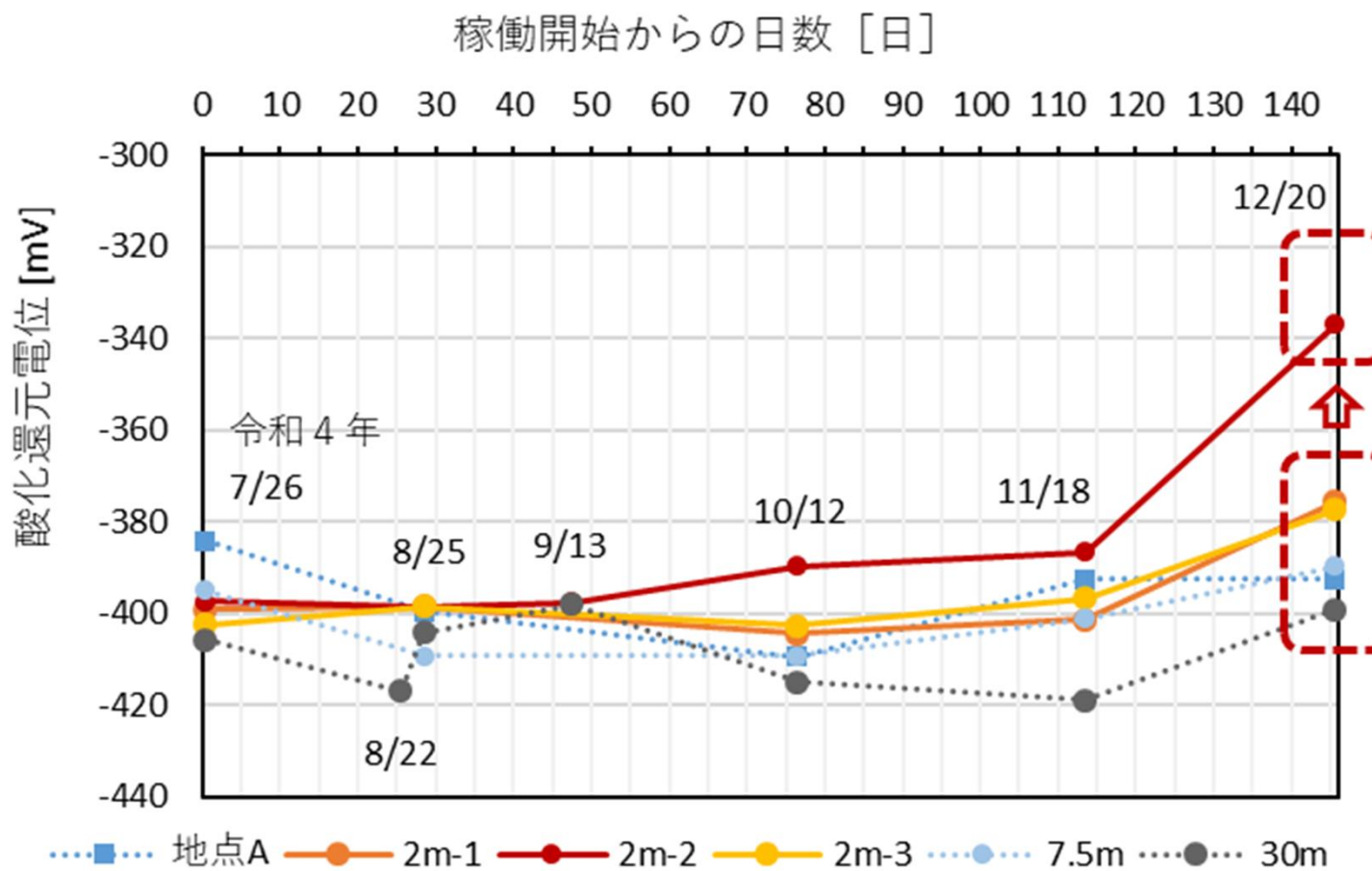
効果検証



パイプの詰まり



効果検証



排水口の先2m～で酸化還元電位の上昇を確認

効果検証 ベントスの出現



島根県 準絶滅危惧種

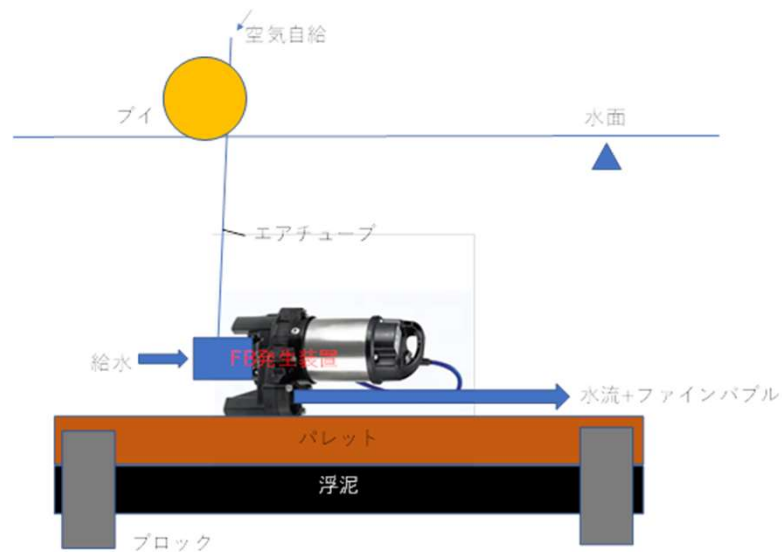
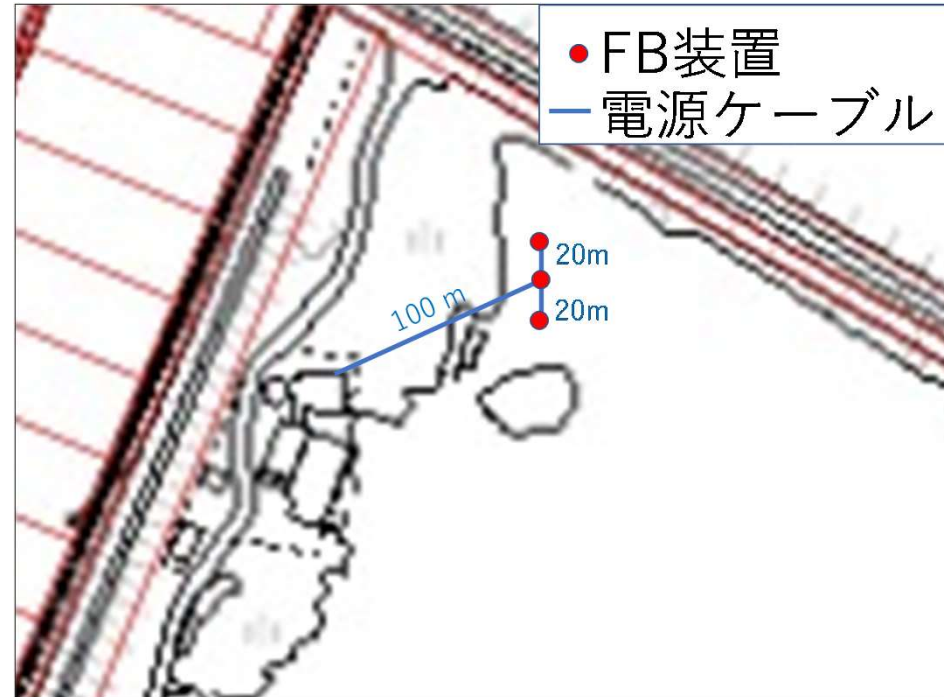
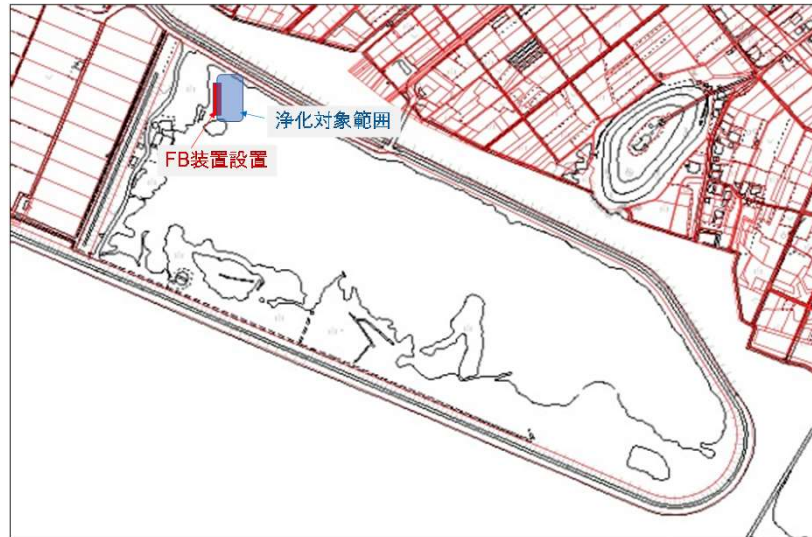
底生生物にとっての良好な環境が形成された。

効果検証 浄化範囲の試算



米子港の酸素消費速度は過去の試験で、平均 $8.6 \text{ g-O}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{day})$
22か月の稼働で、 60720 m^2 の範囲の底質を酸化させることができた試算

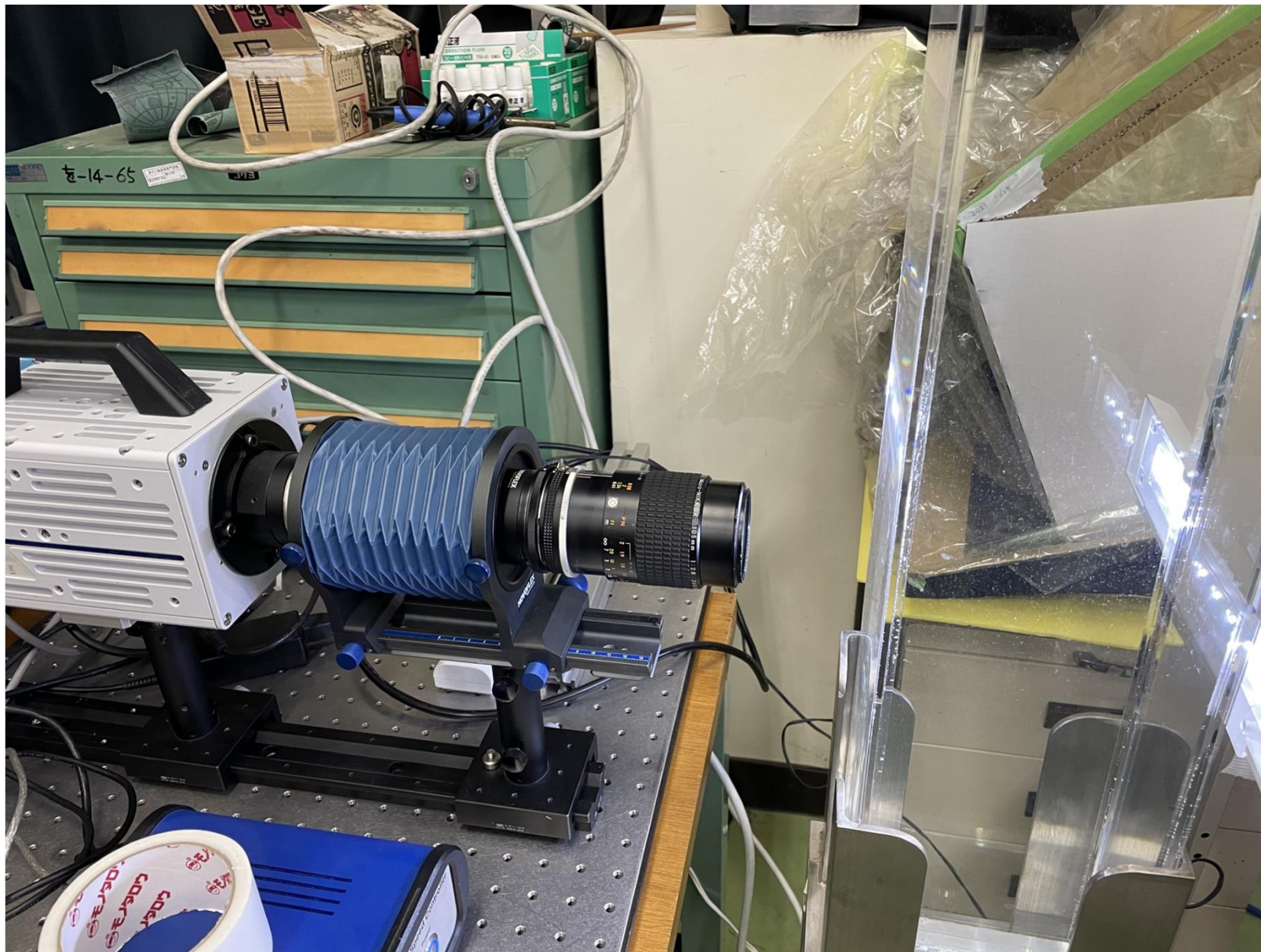
令和5年度からは、米子水鳥公園つばさ池で検証中



装置の能力検証



バブルサイズ測定





ファインバブル装置出口付近に出現したベントス



■ ファインバブルに着目したきっかけ

鳥取県 生活環境部 自然共生社会局

水環境保全課 係長 安田 優

■ 水質・底質浄化に係る実証実験について

米子工業高等専門学校 総合工学科

化学・バイオ部門 准教授 藤井 貴敏

■ 米子水鳥公園のつばさ池での取組み

米子市 市民生活部

環境政策課 主任 大塚 智史

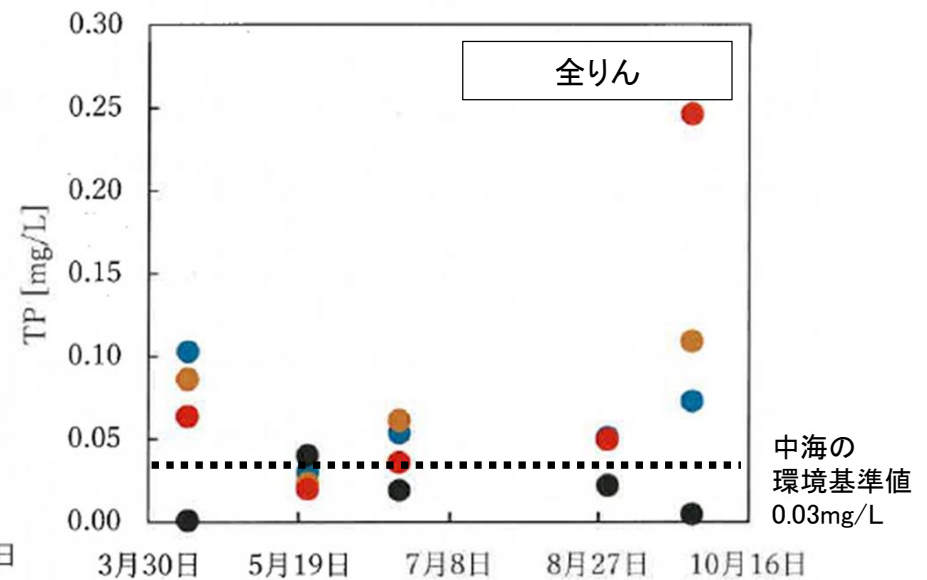
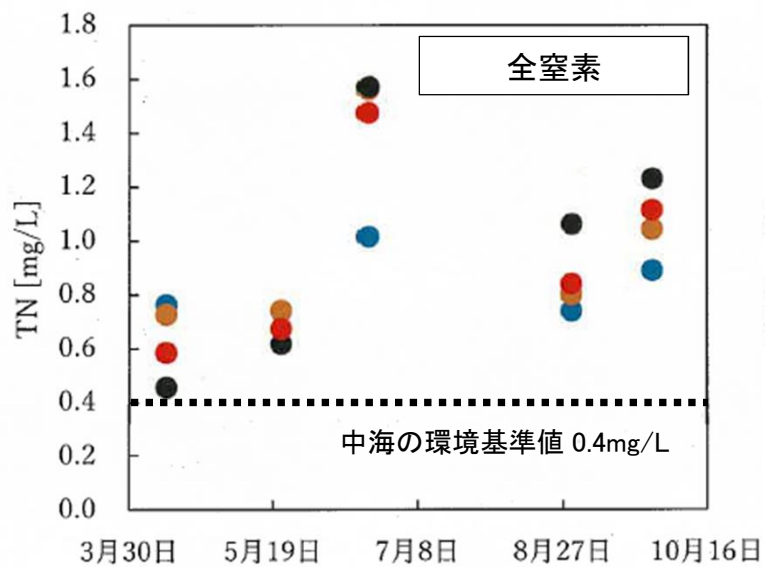
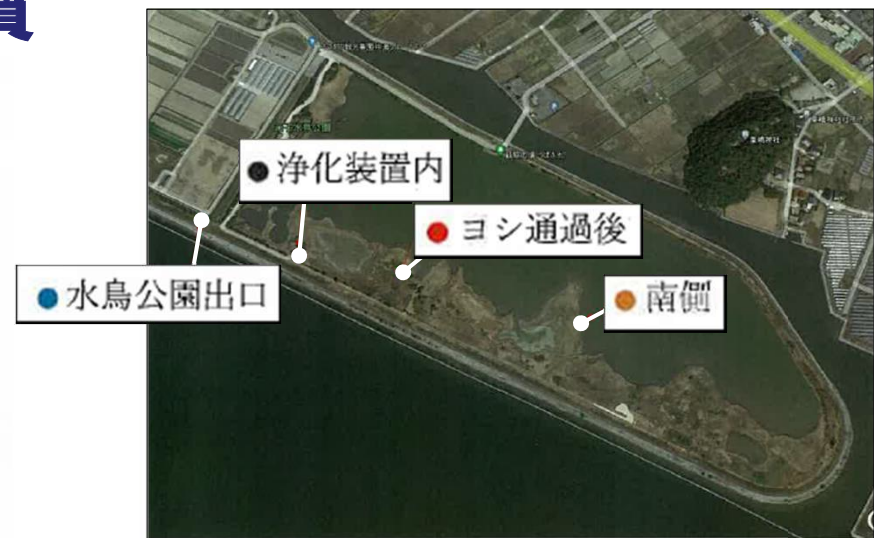
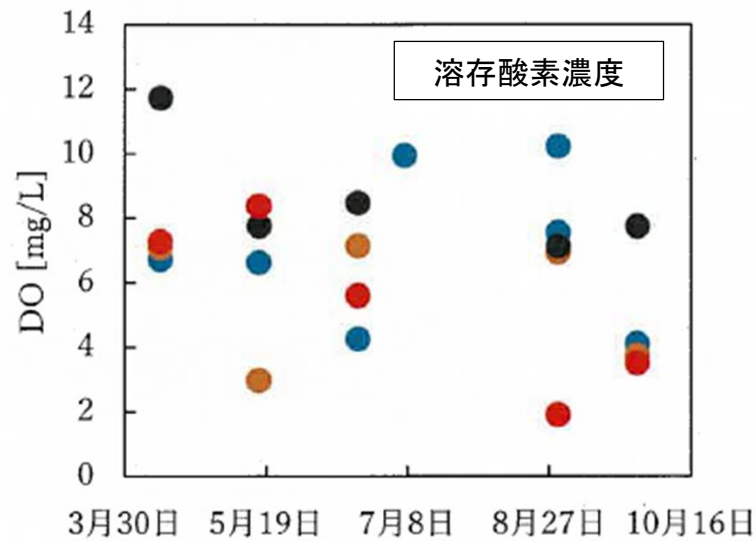
米子水鳥公園つばさ池の概要



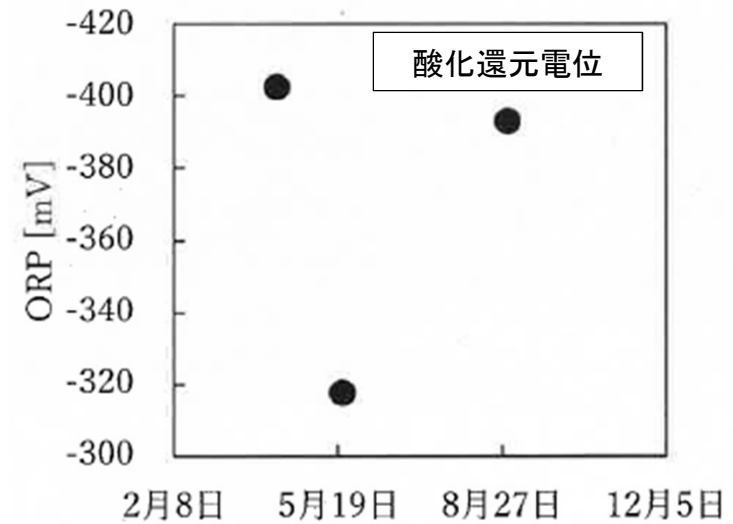
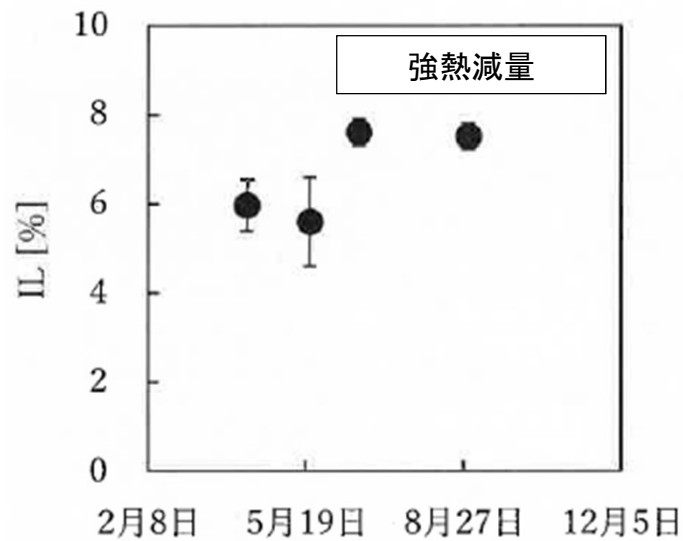
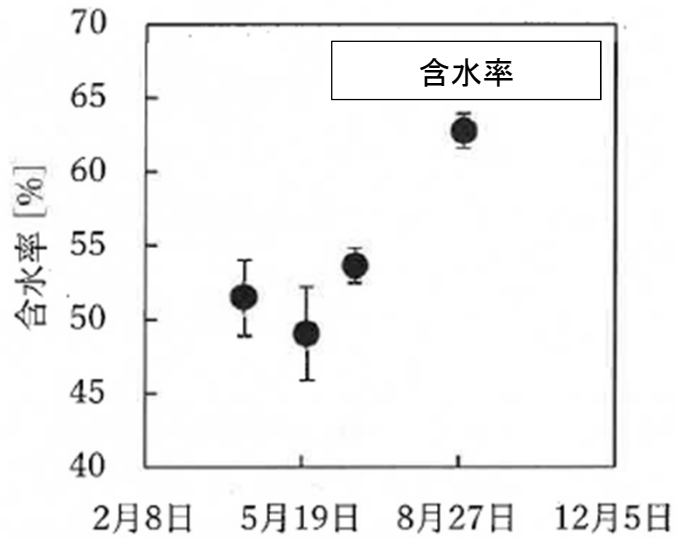
米子水鳥公園ブログより
<http://yonagomizutori.blogspot.com/2018/12/20181222.html>



米子水鳥公園つばさ池の水質



米子水鳥公園つばさ池の底質



土壌、植物(ヨシなど)のろ過機能を利用

つばさ池の周りには様々な植物が生息しています。その中には、水辺にも生息できるヨシやガマなどの抽水植物が存在します。これらの植物は水の中の栄養を吸収してくれる機能があります。つばさ池では水をくみ上げて沿岸に散水して、植物や土壌の浄化能力を用いて、水をきれいにしています。



池水を汲み上げるポンプ



散水する様子

令和5年度からの取組み

- ①栄養塩の抑制のためのヨシ原への散水
- ②再流入を防ぐためのヨシの刈り取り処分
- ③水質調査による浄化効果の検証



水鳥公園ブログより http://yonagomizutori.blogspot.com/2017/03/blog-post_24.html

