
平野川における薬剤等を活用した底質改善対策について
寝屋川流域底質改善対策検討部会における検討

目次

1. はじめに	2
2. 寝屋川流域底質改善対策検討部会における審議状況	8
3. 薬剤の選定	10
4. 一年間を通じた薬剤を活用した底質改善対策の試行実施	30
5. 評価のまとめ	45

1. はじめに

1. はじめに

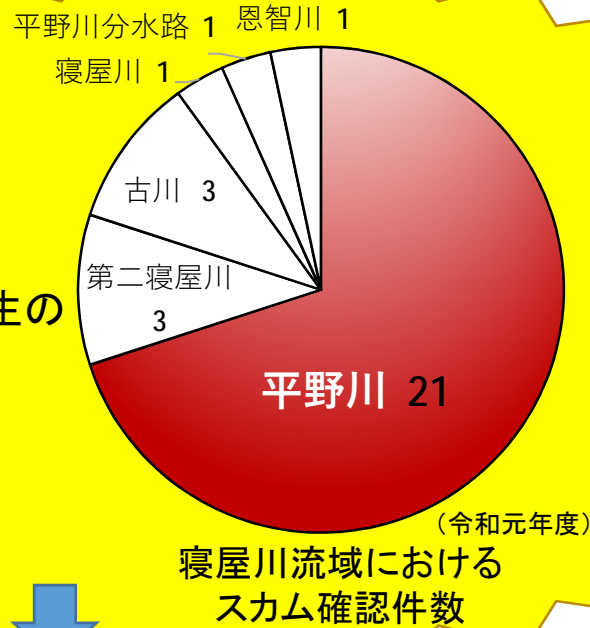
- Ⅰ 平野川では過去よりスカム発生の確認件数が多く、大阪府でも底泥の浄化浚渫等の対策を講じているが、発生原因が不明なことから効果的な対策が実施できていない。
- Ⅰ 現在でも毎年スカムが発生しており、地域住民からも対策を求める声が寄せられている。
- Ⅰ 大阪府河川及び港湾の底質浄化審議会は大阪府知事より「平野川における薬剤等を活用した底質改善対策について」の諮問を令和2年3月25日に受け、同日審議会において寝屋川流域底質改善対策検討部会を設置し、同諮問の審議は部会において実施することにした。
- Ⅰ 本報告は「平野川における薬剤等を活用した底質改善対策について」、当部会としての検討結果を審議会へ報告するものである。

1.はじめに

寝屋川流域河川のうち、平野川に取り組む理由・・・

平野川では

平野川でのスカム発生の
確認件数が多い！
全体の70%(令和元年度)



浄化浚渫など様々なスカム対策を実施

発生メカニズムが不明のため効果的な対策が未実施

- ・スカムは現在も毎年発生
- ・地域住民から対策を求める声が増えている

新たな底質改善対策に取り組む

新たに
「寝屋川流域底質改善検討部会」を設置 (R2.3)

【諮問】
平野川における薬剤等を活用した底質改善対策について

審議

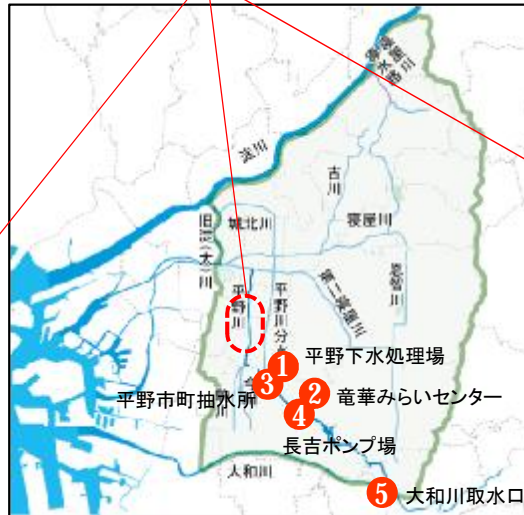
1.はじめに

- ◆ 平野川下流部は勾配が1/3,000と緩く感潮区間であり、大阪湾と水位がほとんど同じである。
- ◆ 雨天時には上流（1/1,000区間）で合流式下水道越流水が放流される。また、河川勾配1/3,000の区間でスクラムが確認されている

流況 (H30)



実施エリア(感潮区間)

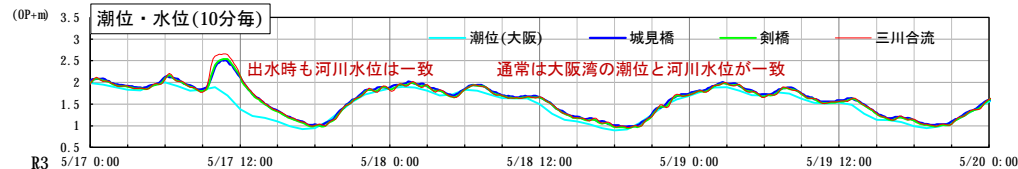
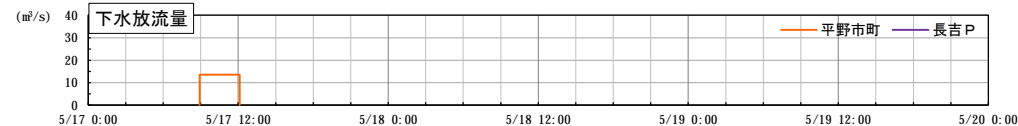
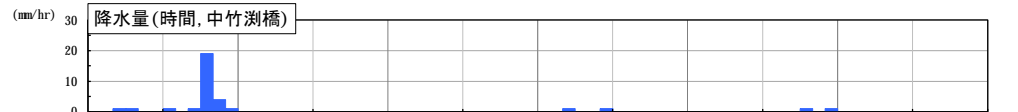
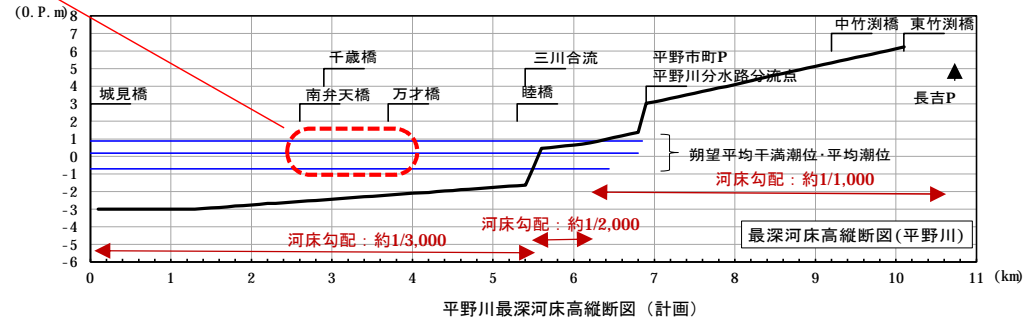


平野川に発生したスクラム
(南弁天橋: 令和元年8月21日)
(2.6k)

平常時	平野川 大池橋(4.0k)	高度処理水		農業用利水
		①平野下水処理場	②竜華みらいセンター	⑤ 大和川取水口 (17.3k)
	6m ³ /s	2.75m ³ /s	0.3m ³ /s	かんがい期 : 1.7m ³ /s 非かんがい期: 0.5m ³ /s

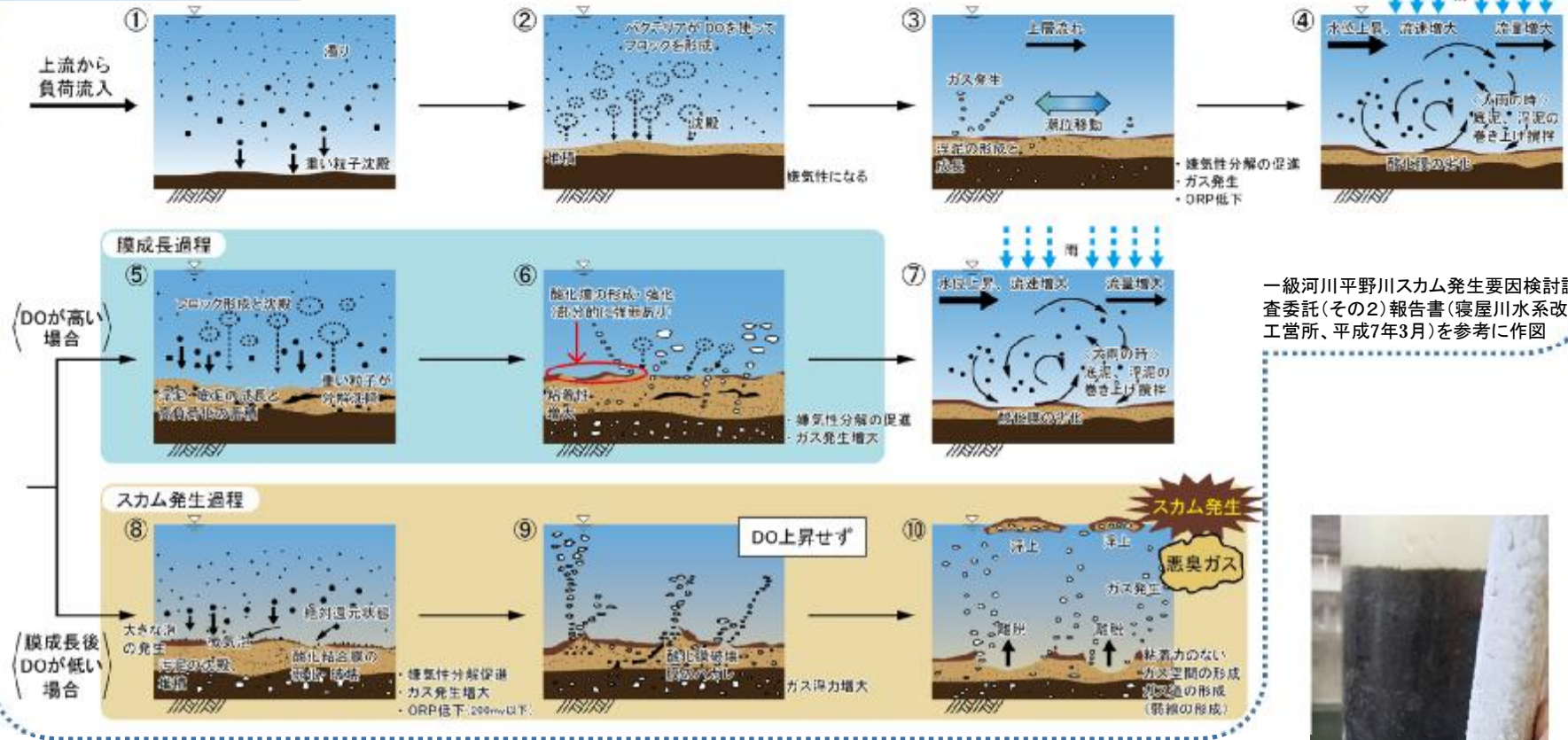
雨天時	合流式下水道越流水	
	③ 平野市町抽水所 (7.0k)	④ 長吉ポンプ場 (10.5k)
	年間吐出量 : 約808万t/年	年間吐出量 : 約528万t/年
	年間稼働日数 : 65日	年間稼働日数 : 36日
	かんがい期(7/6) : 9.83m ³ /s	かんがい期(7/6) : 20.3m ³ /s
	非かんがい期(2/16) : 6.32m ³ /s	非かんがい期(2/19) : 8.0m ³ /s

出典: R2 第1回検討部会資料



1.はじめに

スカム発生概念図



一級河川平野川スカム発生要因検討調査委託(その2)報告書(寝屋川水系改修工箇所、平成7年3月)を参考に作図



平野川に発生したスカム
(南弁天橋: 令和元年8月21日)
(2.6k)



平野川の底泥
(眼鏡橋下流: 令和元年9月17日)
(4.8k)

1.はじめに

これまでの取組

- ◆固定カメラによるモニタリング
- ◆AIを活用したカメラ画像解析
- ◆水理的シミュレーション
- ◆水質、底質、浮遊物の調査

スカムのAI判別 (大阪大学提供)



スカム対策

- ◎生活排水対策
- ◎抽水所でのフラッシング運転
- ◎スクリーンの細目化
・貯水池の設置
- ◎下水接続率向上・合流改善

- ◎計画河床以深の
浄化浚渫



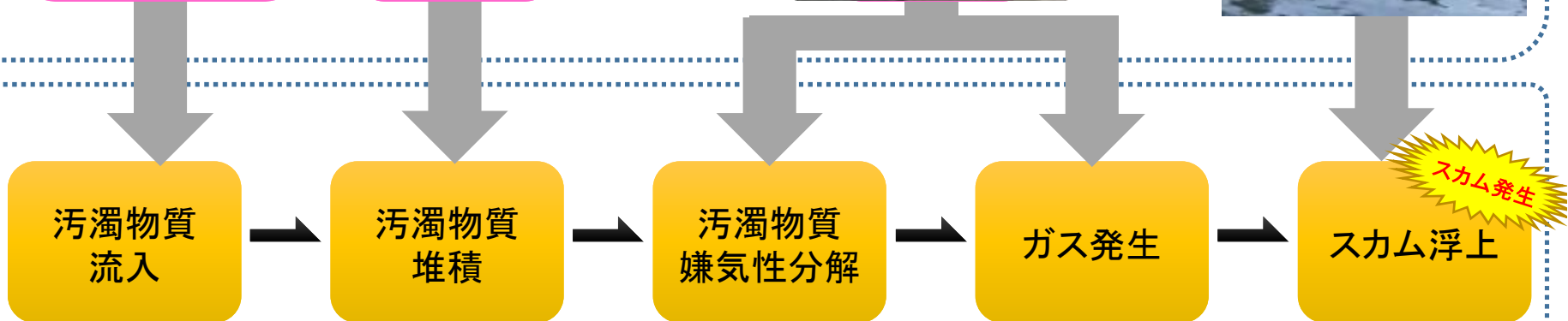
- ◎浄化導水



- ◎舟による破砕



スカムの挙動

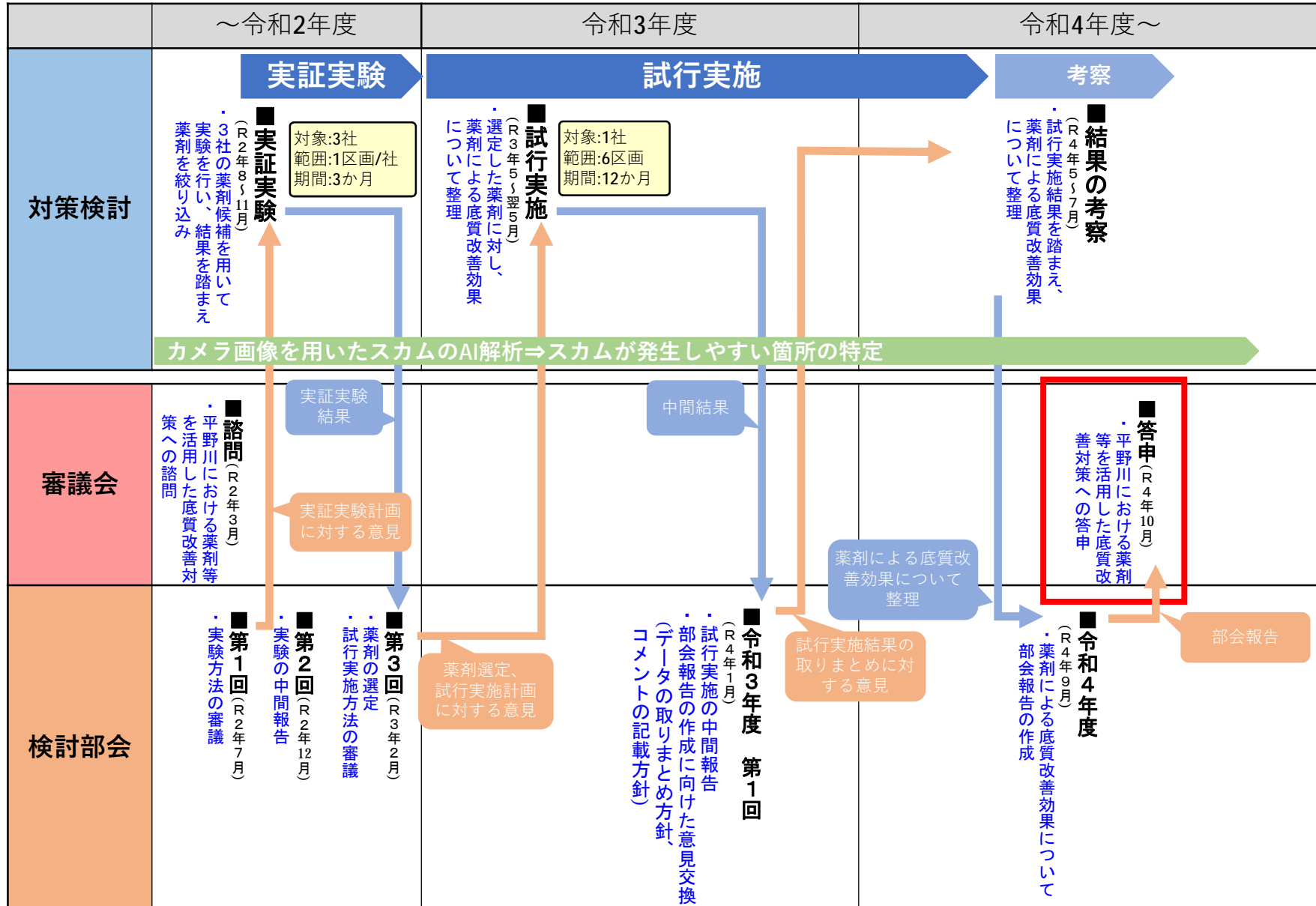


2. 寝屋川流域底質改善対策検討部会 における審議状況

2. 寝屋川流域底質改善対策検討部会における審議状況

薬剤による底質改善対策のロードマップ

◆平野川のスカムに対して「浄化浚渫」や「マイクロバブル」などと合わせた底質改善対策の選択肢の一つとして、「薬剤による底質改善」の検討を実施

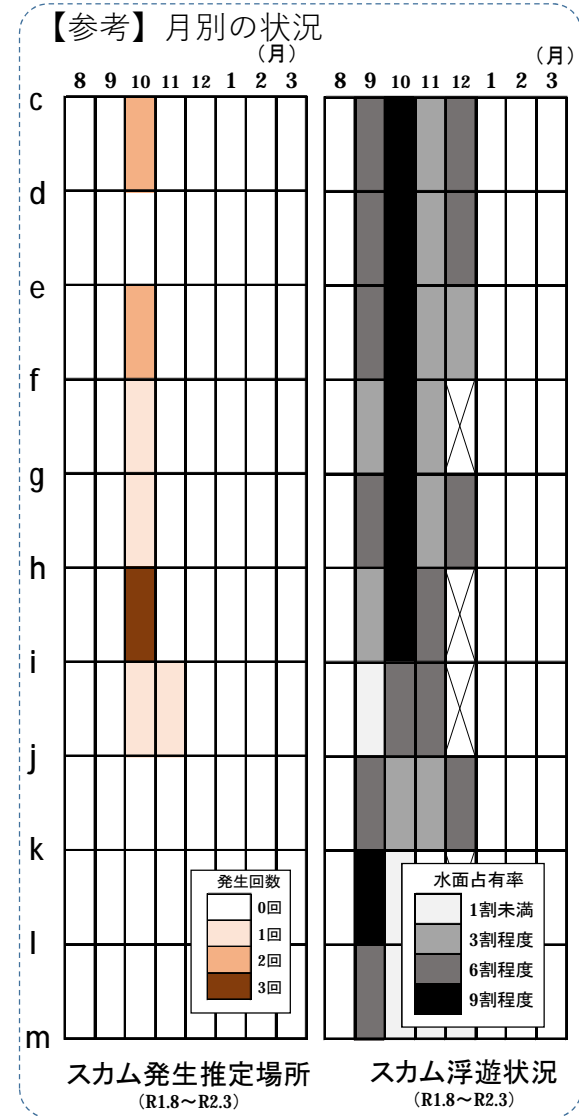
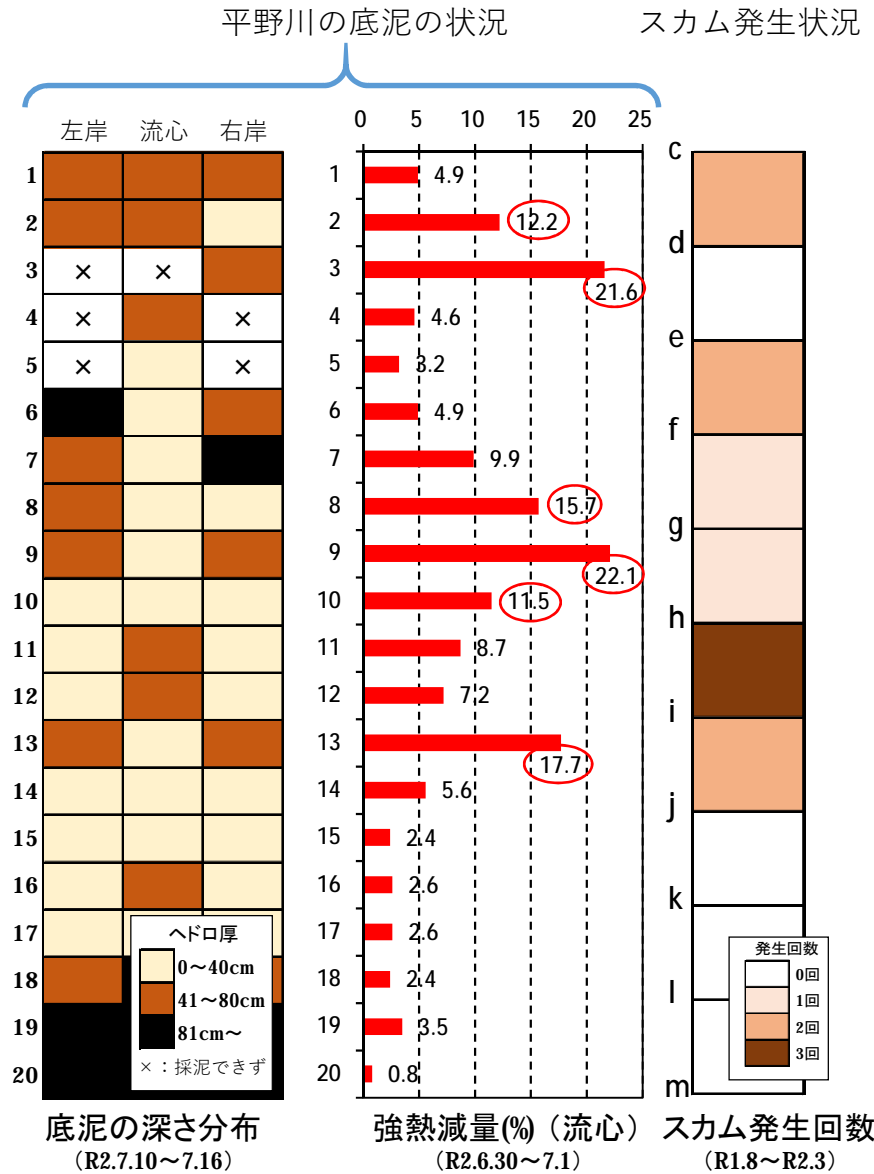


3. 薬剤の選定

3.薬剤の選定

試行実施場所の選定

平野川の感潮区間における底泥の堆積状況など



出典: 国土地理院

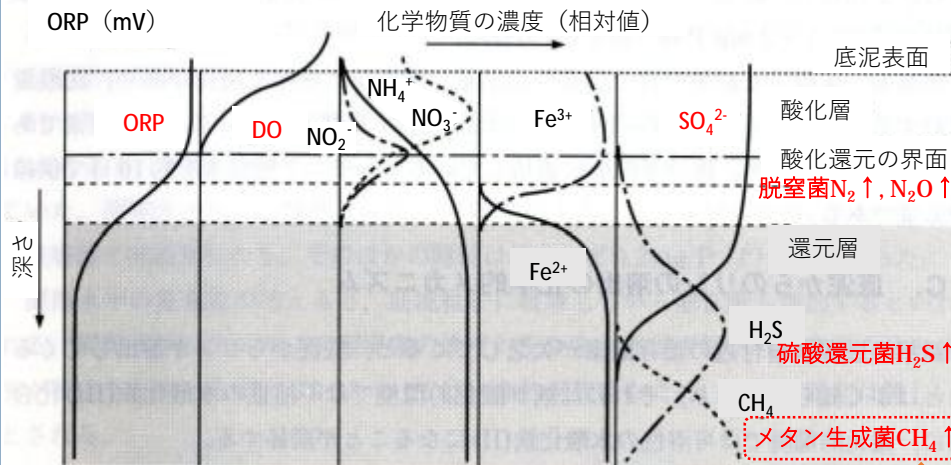
3.薬剤の選定

平野川の現状

底泥の状態と化学物質の濃度の関係

底泥では、酸素が表面から供給されるが、深部ほど還元（嫌気）条件になっており、**酸素呼吸→硝酸呼吸→硫酸呼吸→メタン生成**の順に反応を行う微生物が優占している。

ORP **-200mV**前後が勝敗の分かれ目



西條八重・三田村緒佐武：新編湖沼調査法，講談社サイエンティフィック，1995
Bowden, K.F. Physical Oceanography of Coastal Water, Wiley, 1993

【実証実験に関する項目】

ORP (酸化還元電位)：底泥の状態が還元状態（低酸素）になるほど電位になり、底泥の状態が改善されると+方向に上昇する。

-200mv前後を境目に硫酸還元菌とメタン生成菌の優占状態が変わることになる。

DO：底泥中の間隙水に溶存している酸素量、酸素量が多く状態を、酸化状態、有機物の分解等で消費され、河川水からの供給がないと低酸素・貧酸素状態になる。

S (硫黄分)：底泥中には排水等に由来する硫酸イオンが存在する。有機物の分解等で酸素が消費され還元状態になると、硫酸を呼吸に利用する硫酸還元菌が優占的となり**H₂S**が発生する。硫酸イオンが減少するとメタン生成菌が優占となり**CH₄**や**CO₂**が発生する。

細菌叢分析結果 (0~5cm層)

リード：遺伝子分析を実施したDNA断片

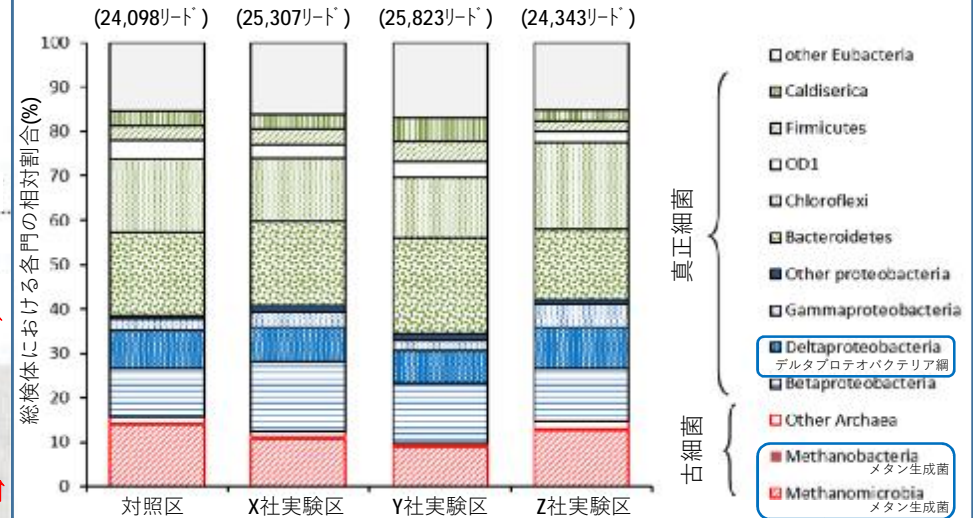


図 各実験区の細菌遺伝子解析結果 (分類体系：門)

【概要】

- 実験区及び対照区の細菌叢は類似の傾向を示しており、差はなかった。(細菌の構成の初期条件は同じと考えられる)
- 一般的にORPが**-200mV**以下で優占するメタン生成菌が全地点で**10%**程度を占めていた。
- 硫酸還元菌の典型的なものはデルタプロテオバクテリア綱に含まれるが、いずれの実験区においても硫酸還元菌の割合は多くはなかった。

3.薬剤の選定

公募によって選定した3社の薬剤

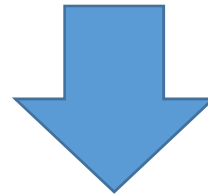
項目	X社	Y社	Z社
主な成分	硝酸カルシウム	水酸化マグネシウム（粒状） 酸化マグネシウム（粉状）	硫黄光合成細菌、脱窒菌
改善メカニズム （メーカー提示） 詳細は、参考資料 p3参照	<ul style="list-style-type: none"> 硝酸イオン →酸化剤としての役割 →脱窒菌活性向上 カルシウムイオン →吸着剤の役割、 富栄養化抑制 	底泥表層（2cm程度）をpH8.0以上の アルカリ性に保つ →硫酸還元菌増殖抑制 →好気性バクテリア活性	<ul style="list-style-type: none"> 硫黄光合成細菌 →硫化物・硫化水素の分解 脱窒菌 →窒素を気化・減少
形状	錠剤（直径3cm、比重1.7）	粒状（比重2.36） 微粒（比重3.58） } 等量混合	1kg入りパック（不織布）
想定散布量 実証実験散布量	900g/m ² 18kg/20m ²	3,000g/m ² 各30kg 計60kg/20m ²	1kg（効果範囲：100m程度） 1袋(1kg)/20m ²
薬剤が溶ける期間	1年程度	1.5か月～2か月程度	—
効果発現時期	1週間～1か月程度	即効	2週間程度
効果継続期間	3か月～1年程度	1.5か月～2か月程度	1年～5年程度
水生生物などへの影響	毒性試験実施済み （LC ₅₀ ：10,000mg/L以上）	毒性試験実施済み （EC ₅₀ ・LC ₅₀ ・Erc ₅₀ ：100mg/L以上）	毒性試験実施済み（2倍量でも毒性なし） 溶出試験済み（健康項目全て不検出）
主な使用実績	魚市場水路、ゴルフ場池、漁港、 港湾泊地、競艇場、水産場 など	ダム湖、湖、調整池、公園池、お堀 など	競艇場、市街地水路、古墳水路、池、 運河、養殖場、溜池 など
単価	約3,500円/kg	約1,000円/kg	約7,000円/1袋（1kg）
改善が見込める項目※	TOC、強熱減量、全硫化物、ORP、 臭気、透明度	全硫化物、硫化水素	TOC、強熱減量、全硫化物、ORP、 臭気
備考	過剰散布により全窒素が高くなる可能性あり	散布直後一時的に底層付近のpHが上昇する可能性あり	—

※全硫化物に含まれる硫黄化合物（H₂S、HS⁻、FeSなど）、全硫化物に含まれない硫黄化合物（S、SO₄²⁻、FeS₂など）

3.薬剤の選定

平野川に直接薬剤を
散布する実証試験

室内で薬剤の効果を
検証する室内実験



試行実施に使用する薬剤を選定

3.薬剤の選定

目的

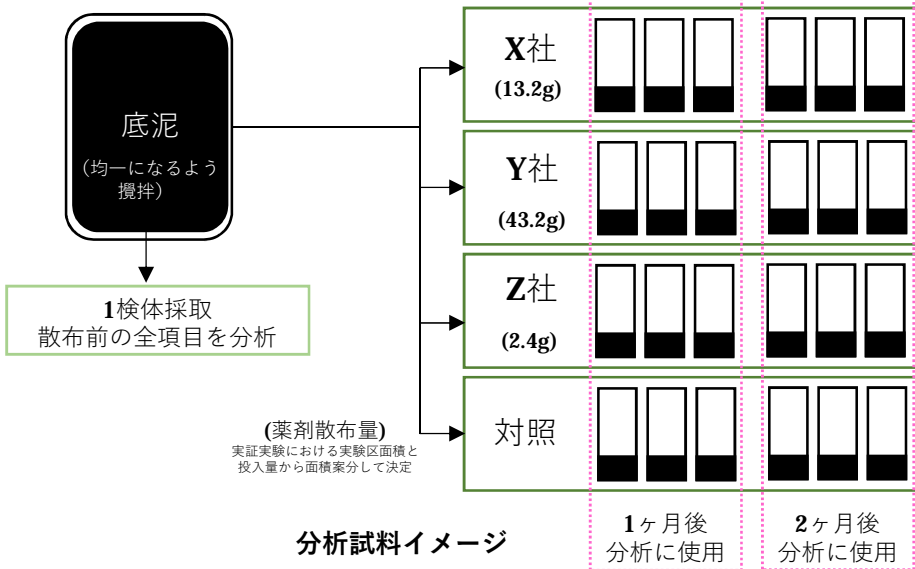
- ・ 同じ環境における薬剤等の効果を検証する。
- ・ 平野川の底泥・河川水を入れた水槽により実験を行う。

調査期間

- ・ 令和2年8月31日から10月30日まで

調査項目

- ・ 観察項目
気泡や浮遊物の有無、底泥の色相（表面及び側面）、厚さなどの変化
概ね週1回、写真撮影、記録。
- ・ 分析項目（散布前、1か月後、2か月後）
採取層（0～5cm）、採泥分析（TOC、全硫化物）
同じタイミングで水温・泥温を測定する。



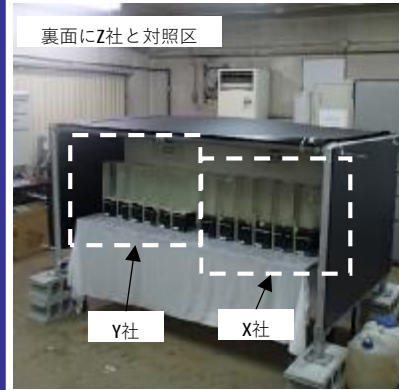
■薬剤由来のTOCについて

	薬剤に含まれるTOC量	室内実験における薬剤由来のTOC量
X社	130mg/g	5.0mg/g ^{※1}
Y社	3.7mg/g(顆粒) 0.7mg/g(粉状)	0.2mg/g ^{※2}
Z社	<0.1mg/g	ゼロ

※1：薬剤は残留していたが、その成分が不明のため、炭素を含有している成分は全量溶解しているとみなした。
 ※2：残留薬剤を取り除くことができないため、炭素を含有している成分は全量溶解しているとみなした。

室内実験概要

室内実験設置状況



- ・ 地下室で実施
- ・ 通常は消灯、カバーをかぶせている。
- ・ 室温調整なし



図 室内実験中の実験室温度



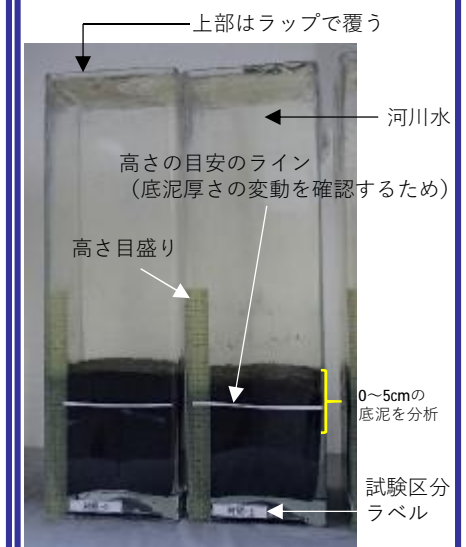
写真撮影風景

セッティング手順

- 1：猪飼野新橋周辺で底泥及び河川水(表層水)を採取し密閉容器で分析室まで運搬。(8/25)
- 2：実験室に持ち帰った底泥をふるい(φ4.75mm)にかけ、ゴミを取り除く。(～8/28)
・作業中以外は試料を密閉して冷蔵庫で保管。
- 3.散布前試料のORP、pH、泥温の計測及びTOC、全硫化物の分析用試料を分取。(8/28)
- 4：底泥を水槽の10cm相当の高さになる量(約1,600g)まで各水槽に入れる。(8/28)
- 5：河川水を静かに水槽の最上部まで注入し、ラップで上部を覆う。(8/28)
- 6：水槽のセッティング終了。(8/28)
- 7：底泥の巻き上がりが収まったことを確認後、薬剤を散布して実験開始。(8/31)

※薬剤の散布量は、実証実験における実験区面積と投入量から面積案分して決定。

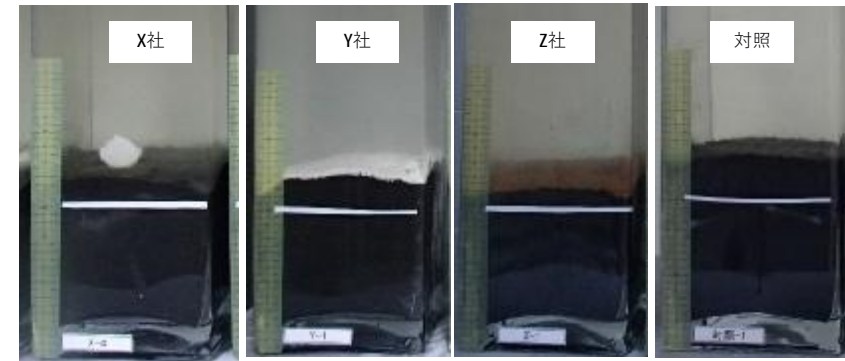
水槽の状況



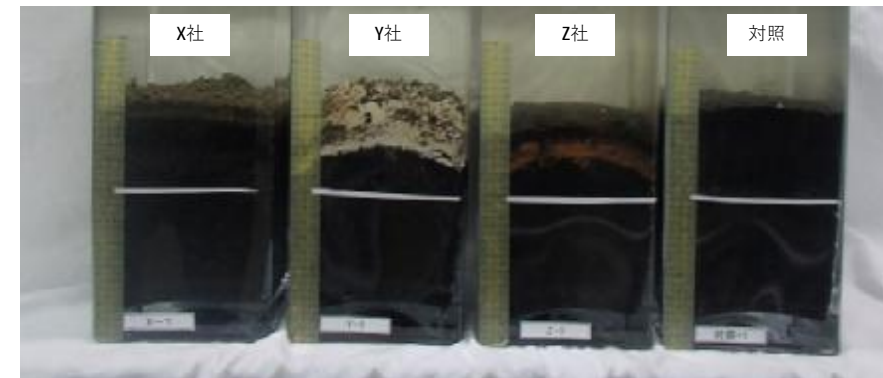
3.薬剤の選定

室内実験観察結果

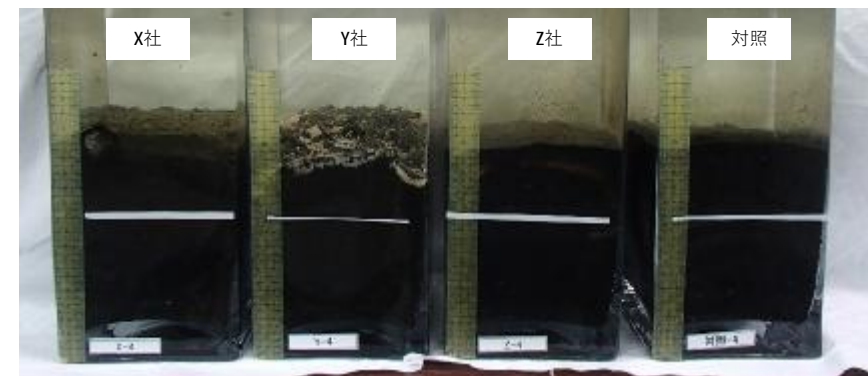
	X	Y	Z	対照
平均隆起高さ	3.1cm (1か月後) 3.0cm (2か月後)	3.4cm (1か月後) 2.5cm (2か月後)	3.1cm (1か月後) 2.6cm (2か月後)	3.2cm (1か月後) 2.5cm (2か月後)
底泥の特徴	当初黒色であった底泥が、上部が黄色味を帯びた色に変化、下部に向かってグラデーションを生じている。	底泥の黒色に対して、表層の白色部分は薬剤。上部は薬剤層と再堆積した底泥との混合。表層より数cmの部分は下層より若干黒色が薄い。	底泥の黒色に対してオレンジ部分は薬剤由来の着色。上部は再堆積したもの。表層より数cmの部分は下層より若干黒色が薄い。	当初の黒色のまま色味に変化なし。
直上水の特徴	灰黄色濁りあり (1か月後) 濁りなし (2か月後)	灰黄色濁りなし	灰黄色濁りなし	灰黄色濁りあり (1か月後) 濁りなし (2か月後)
その他	全水槽で実験中、底泥内に気泡が発生。気泡が浮上する際に底泥を巻き込んで底泥も一緒に水槽上部に浮上、その後再び沈降して表層に再堆積している。			



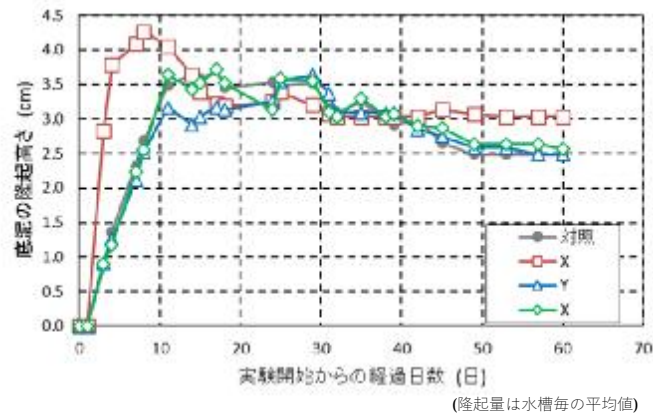
実験開始時 (8/31) の水槽



1か月後 (10/1) の水槽



2か月後 (10/30) の水槽

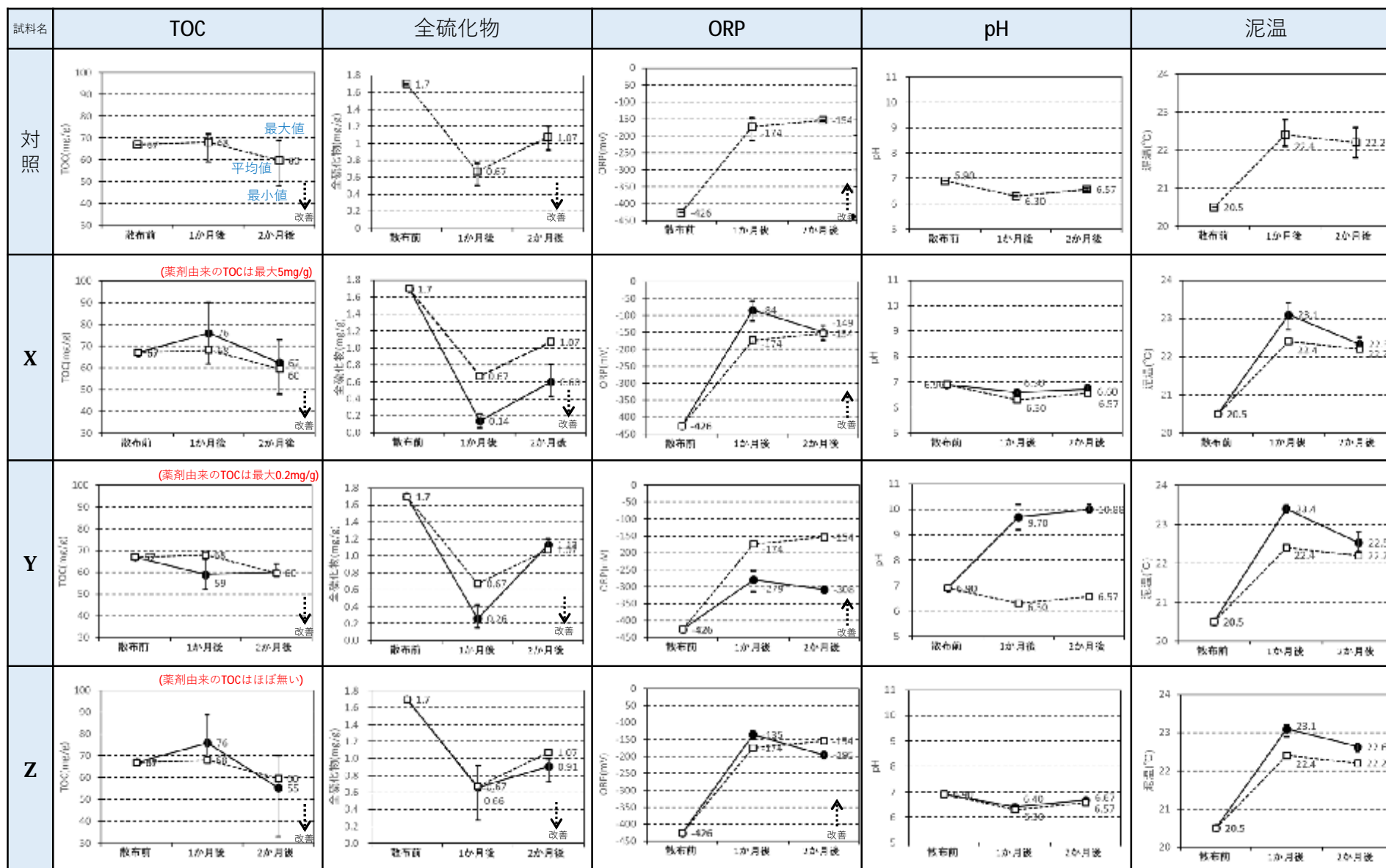


底泥の隆起の推移

3.薬剤の選定

室内実験

室内実験 底質分析結果



凡例：● 実験区 □ 対照区

3.薬剤の選定

室内実験 実験結果の概要

	観察結果		底質分析結果			
	実験開始時のガスの発生、 底質の盛り上がり	底泥の色調の変化	TOC	全硫化物	ORP	pH
対照区	<ul style="list-style-type: none"> 最初の10日間に底質の盛り上がりが確認された。 底泥からガスの発生が確認された。 最初の10日間を過ぎると、底質の盛り上がり大きな変化はなかった。 	<ul style="list-style-type: none"> 底泥は黒色であった。 実験期間中、色調に変化はなかった。 	<ul style="list-style-type: none"> 測定値の変動は、データのバラツキの範囲内と思われる。 	<ul style="list-style-type: none"> 実験開始から、1か月後には低下していた。 2か月後には上昇に転じている。 	<ul style="list-style-type: none"> 実験開始時の-426 mVから1か月後には-174 mVまで上昇。 2か月後は1か月後と横ばいであった。 	<ul style="list-style-type: none"> 横ばい傾向であった。
		<ul style="list-style-type: none"> 底泥は黒色はORPの値などから硫化鉄由来の可能性はある。 				
X	<ul style="list-style-type: none"> 対照区と状況に相違はなかった。 	<ul style="list-style-type: none"> 上部が黄色味を帯びた色に変化、下部に向かってグラデーションを生じている。 	<ul style="list-style-type: none"> 対照区と同様の变化傾向を示している。 	<ul style="list-style-type: none"> 対照区と同様の变化傾向を示している。 1か月後、2か月後ともに対照区より値が低い。 	<ul style="list-style-type: none"> 対照区と同様の变化傾向を示している。 1か月後は対照区より値が高い。 	<ul style="list-style-type: none"> 対照区と同様の变化傾向を示している。
		<ul style="list-style-type: none"> 散布前のORPの値及び上記事実から、硫化鉄が酸化された可能性はある。 				
Y	<ul style="list-style-type: none"> 対照区と状況に相違はなかった。 	<ul style="list-style-type: none"> 表層は、薬剤層と再堆積した底泥が混合していた。 	<ul style="list-style-type: none"> 対照区と同様の变化傾向を示している。 	<ul style="list-style-type: none"> 対照区と同様の变化傾向を示している。 1か月後は対照区より値が低い。 	<ul style="list-style-type: none"> 対照区と同様の变化傾向を示している。 1か月後、2か月後ともに対照区より値が低い。 	<ul style="list-style-type: none"> 増加傾向であり、1か月後、2か月後ともに目標値である8を上回った。
Z	<ul style="list-style-type: none"> 対照区と状況に相違はなかった。 	<ul style="list-style-type: none"> 表層は下層より若干黒色が薄い。 	<ul style="list-style-type: none"> 2か月後に低下傾向が見られるが、試料のバラツキも大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> 対照区と同様の变化傾向を示しており、測定値もほぼ同じであった。 	<ul style="list-style-type: none"> 対照区と同様の变化傾向を示しており、測定値もほぼ同じであった。 	<ul style="list-style-type: none"> 対照区と同様の变化傾向を示している。

*水槽のセッティングの際に試料が空気に触れたことにより酸素が供給された可能性はある。

3.薬剤の選定

実証実験概要

目的

- ・平野川における薬剤等の散布による底質改善の効果を検証する。
- ・平野川に直接、**X社**、**Y社**、**Z社**の薬剤等を散布し効果を検証する。

調査期間

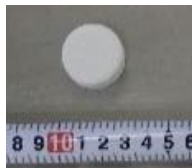






・令和2年8月25日から11月26日まで

調査項目

- ・底質（薬剤等による改善効果を検証）
現場観測> ORP, 臭気, 土質(目視), 薬剤の残存状態
採泥分析> COD, TOC, 強熱減量, 全硫化物, 細菌叢(遺伝子解析), 酸素消費試験
採取層> 上層(0-5cm)、下層(5-10cm)
- ・水質（実証実験を行った際の平野川の状況を把握）
現場観測> 水深, 水温, DO, pH, ORP

試料採取・水質測定回数

- ・底質・水質(5回) ①薬剤散布前, ②散布後2週間後, ③1か月後, ④2か月後, ⑤3か月後
- ・菌叢 (2回) ①薬剤散布前(実験区・対照区) ②2か月後(実験区のみ)
- ・酸素消費 (2回) ①薬剤散布前(実験区) ②2か月後(実験区のみ)

実験に使用した薬剤等の概要		散布状況 令和2年8月26日 散布
外観と主成分	改善メカニズム 効果発現時期	
X  硝酸カルシウム 比重：1.7	・硝酸イオン →酸化剤としての役割 →脱窒菌活性向上 ・カルシウムイオン →吸着剤の役割 富栄養化抑制 1週間～1か月程度	船舶から目印を参考に散布  ・薬剤投入後、速やかに沈降した 散布量：18kg/20m ²
Y  水酸化マグネシウム 比重：2.36  酸化マグネシウム 比重：3.58	底泥表層(2cm程度)を pH8.0以上のアルカリ性に保つ →硫酸還元菌増殖抑制 →好気性バクテリア活性 即効	船舶から目印を参考に散布  ・10分程度で河川水の見通し度が上昇 ・10m程度下流まで薬剤が流れた 散布量：30kgずつ、計60kg/20m ²
Z  硫黄細菌・脱窒菌	・硫黄光合成細菌 →硫化物・硫化水素の分解 ・脱窒菌 →窒素を気化・減少 2週間程度	実験区の上流約5m地点に投入  ・水中に入った後、不織布より茶色の浮遊物がわずかにみられた。 散布量：1袋(1kg)/20m ²

※改善メカニズムと効果発現時期については、各社公募資料より抜粋

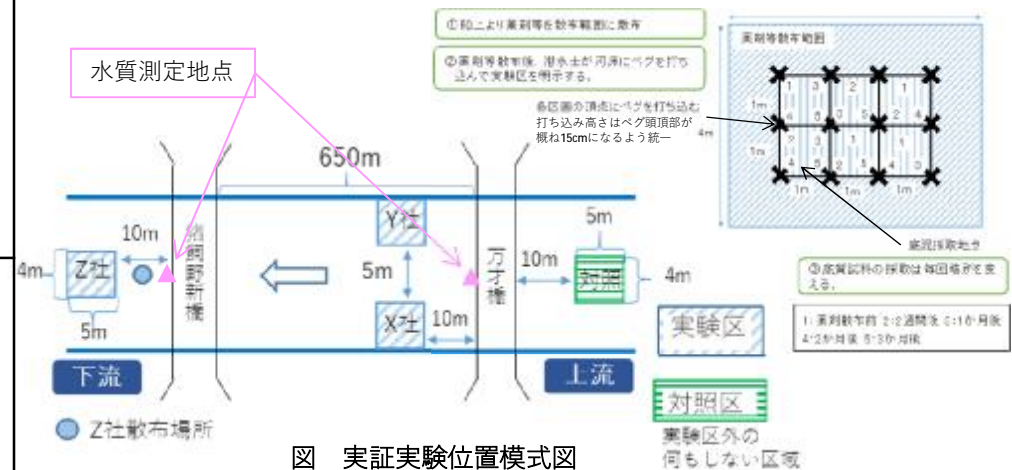
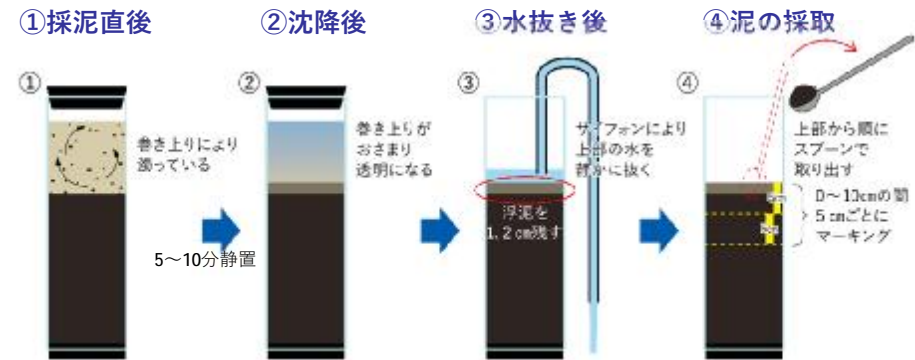


図 実証実験位置模式図



薬剤散布前～1か月後まで：3本分を混合して1検体とした。
2か月後～3か月後まで：3検体/3本+混合の計4検体とした。

図 コアからのサンプル採取方法

3.薬剤の選定

実証実験

実験期間中の河床の状況

撮影時期	散布直後 8/27	散布後2週間 9/10	散布後1か月※1 9/29	散布後2か月 10/29	散布後3か月 11/26
対照 万才橋	 堆積変動確認※2：約14cm	 堆積変動確認※2：約5cm	 堆積変動確認※2：約7cm	 堆積変動確認※2：約5cm	 堆積変動確認※2：約5cm
X 万才橋	 堆積変動確認※2：約15cm 散布状況：河床上に薬剤が確認できた	 堆積変動確認※2：約6cm 散布状況：薬剤は目視で確認できず	 堆積変動確認※2：－ 散布状況：河床上に薬剤が確認できた	 堆積変動確認※2：約5cm 散布状況：薬剤は採泥試料(6-10cm層)にあり	 堆積変動確認※2：約4cm 散布状況：薬剤は目視で確認できず
Y 万才橋	 堆積変動確認※2：約15cm 散布状況：河床上に薬剤が確認できた	 堆積変動確認※2：約3cm 散布状況：薬剤は目視で確認できず	 堆積変動確認※2：－ 散布状況：薬剤は目視で確認できず	 堆積変動確認※2：約6cm 散布状況：薬剤は目視で確認できず	 堆積変動確認※2：約4cm 散布状況：薬剤は目視で確認できず
Z 猪飼野新橋	 堆積変動確認※2：約15cm	 堆積変動確認※2：約4cm	 堆積変動確認※2：－	 堆積変動確認※2：約12cm	 堆積変動確認※2：約15cm

※1：散布後1か月（9/29）撮影ではフラッシュを使用しているため色味が異なっている。

※2：ベグ頂部から河床までの距離（同じ位置のベグではない）

3.薬剤の選定

実証実験

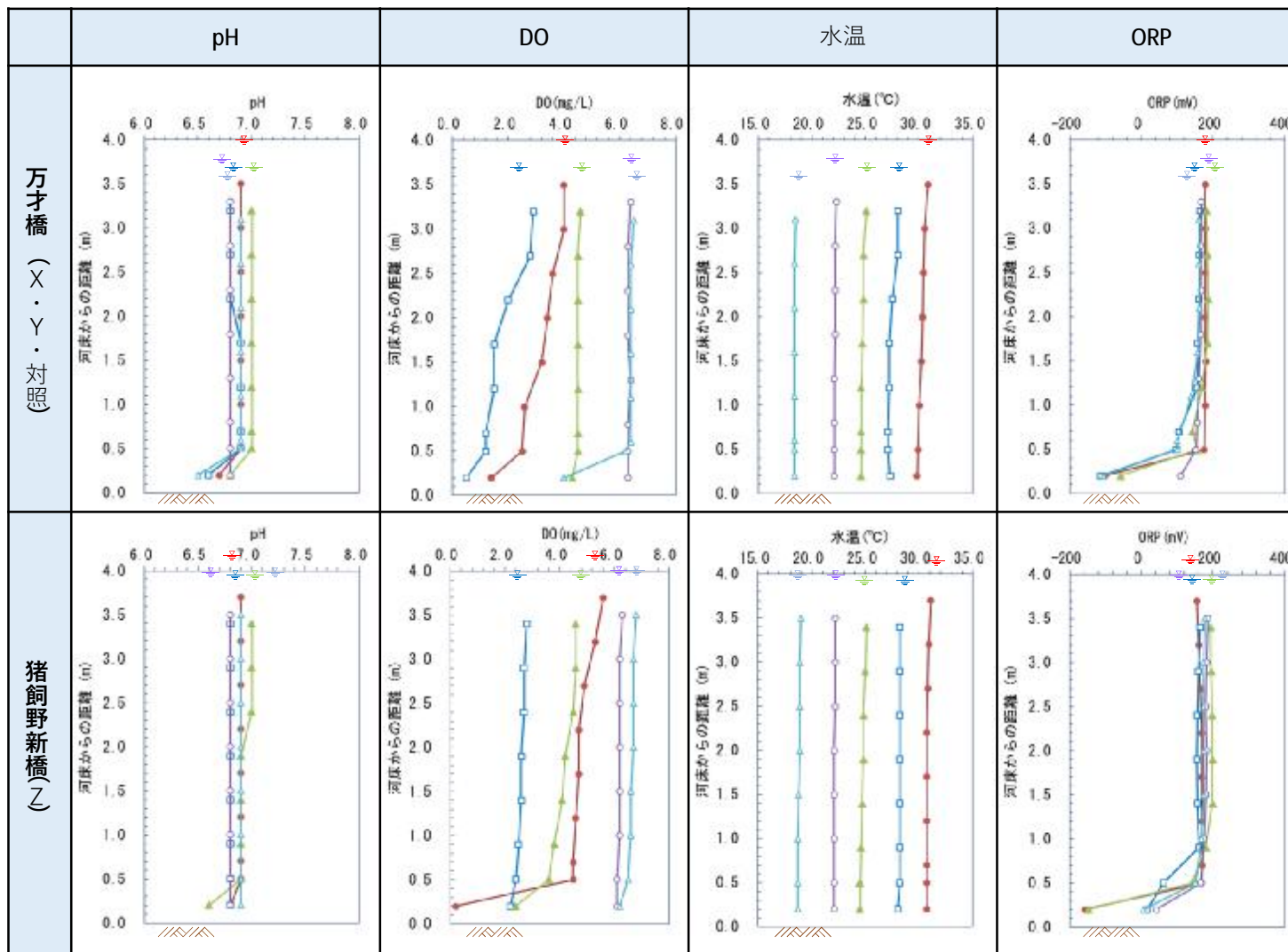
水質測定結果（地点別）



水質測定状況

多項目水質計を船上から垂下し、測定をする。測定項目結果、水深は機械内部のメモリーに記録される。

※塩分は、0.1~0.2



凡例		
薬剤散布前	8/25	● (red)
2週間後	9/10	□ (blue)
1か月後	9/29	▲ (green)
2か月後	10/29	○ (purple)
3か月後	11/26	△ (light blue)

実験期間中の環境特性の総括

■河床の変動

当初の2週間後まで

- ・実験開始時に比べ、2週間後には全区画で河床が上昇（堆積）していると推定される。

その後の経過

(万才橋)

- 対照区：実験期間中、河床高に大きな変化はなかった。
- X区：実験期間中、河床高に大きな変化はなかった。
2か月後にも散布薬剤(錠剤)が確認されており、薬剤散布層ごと大きく流亡することはなかった。
- Y区：実験期間中、河床高に大きな変化はなかった。

(猪飼野新橋)

- Z区：2か月後、3か月後は開始前に近い河床高であった。



- ◆河床では、降雨などにより堆積・浸食が生じている。
- ◆堆積・浸食の状況は地点によって異なる。
- ◆河床の底質環境も堆積・浸食の影響（有機物や硫黄分の増減）を受けている。

■水質の変動

水温：季節変動により当初30°Cあったものが18°Cまで低下した。
直上水※1と河川水※2に差は見られなかった。

pH：季節変動はみられない。

直上水※1は、河川水※2より若干減少傾向にあり、河床の影響を受けていると推定される。

DO：河川水※2及び直上水※1ともに、季節変動（水温低下）により増加傾向にある。
直上水※1は、河川水※2より若干低下傾向にあり、河床の影響を受けていると推定される。

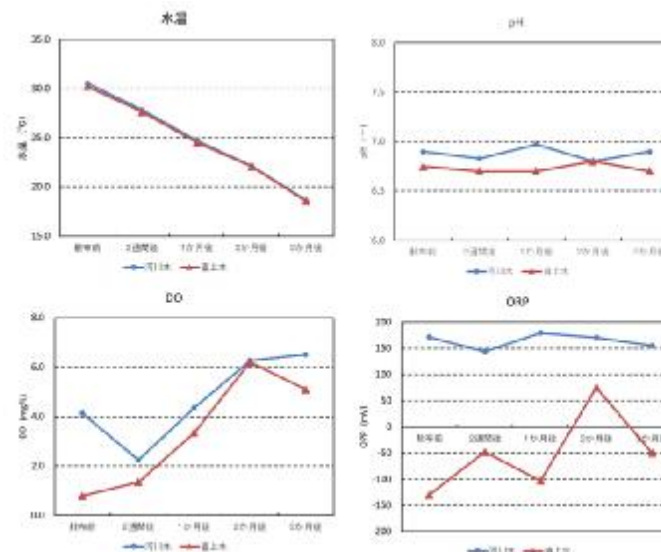
ORP：河川水※2は+160mV前後でほぼ一定であった。

直上水※1は河川水※1より大幅な低下傾向にあり、河床の影響を受けていると推定される。また、バラツキはあるもののDOと同様の变化傾向を示している。

※1 直上水：河床の20cm上の地点の水質データ

※2 河川水：直上水を除く鉛直方向の水質データの平均値

河川水及び直上水は季節変動により変化している。加えて、直上水は河床の影響を受けていると推定される。



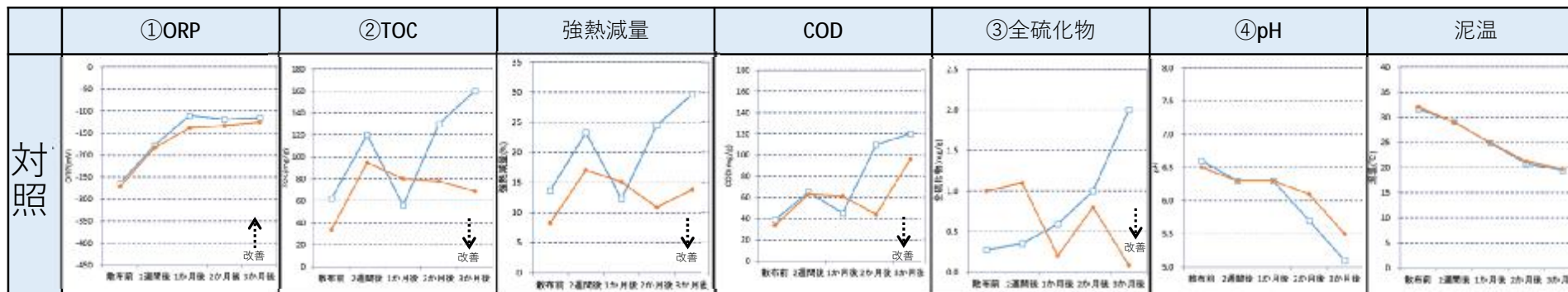
河川水：河床の20cm上の地点の水質データ(万才橋と猪飼野新橋の平均値)
直上水：直上水を除く鉛直方向の水質データの平均値(同上)

実証実験期間中の水質の推移

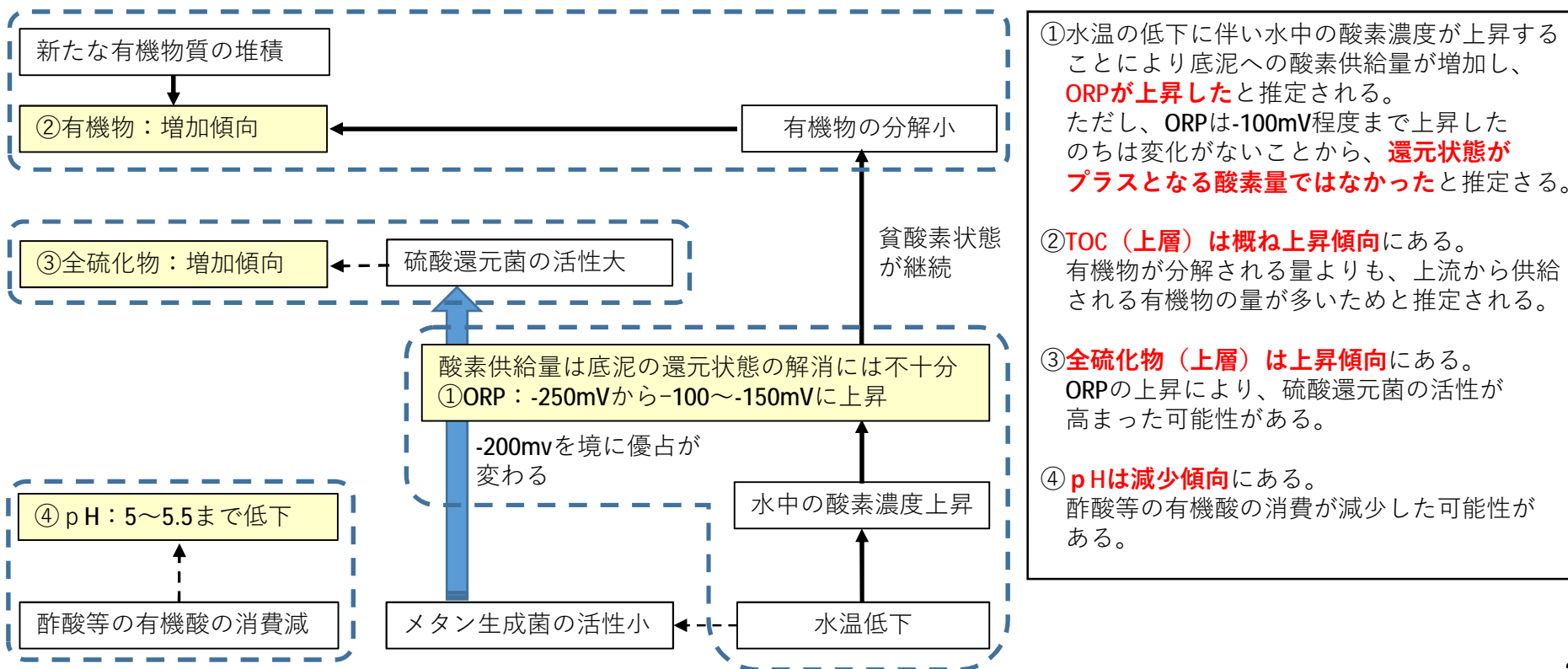
3.薬剤の選定

実証実験

底質分析結果 (対照区)



【実験期間中（8月下旬～11月下旬）に推定される平野川の状況】



3.薬剤の選定

実証実験

底質分析結果 (X実験区と対照区)

X	①ORP	②TOC	強熱減量	COD	③全硫化物	④pH	泥温
上層(0-5cm)							
下層(5-10cm)							
	<p>①ORPは、対照区と同様の変動傾向を示している。</p> <p>②TOCは、上層・下層とも概ね対照区と同様の変動傾向を示している。</p> <p>③全硫化物（上層）は、対照区の増加傾向に対して、概ね横ばい傾向であった。 全硫化物（下層）は、対照区よりも概ね低い値であった。</p> <p>④pHは、対照区において減少傾向にあるが、実験区では概ね横ばいである。</p> <p>⑤メタン生成菌は、散布前と比べて減少している。 硫酸還元菌は、横ばいであった。</p>				<p>メタン生成菌 実験開始前 2か月後</p> <p>硫酸還元菌 実験開始前 2か月後</p>		

凡例：●—X ○—対照

3.薬剤の選定

実証実験

底質分析結果 (Y実験区と対照区)

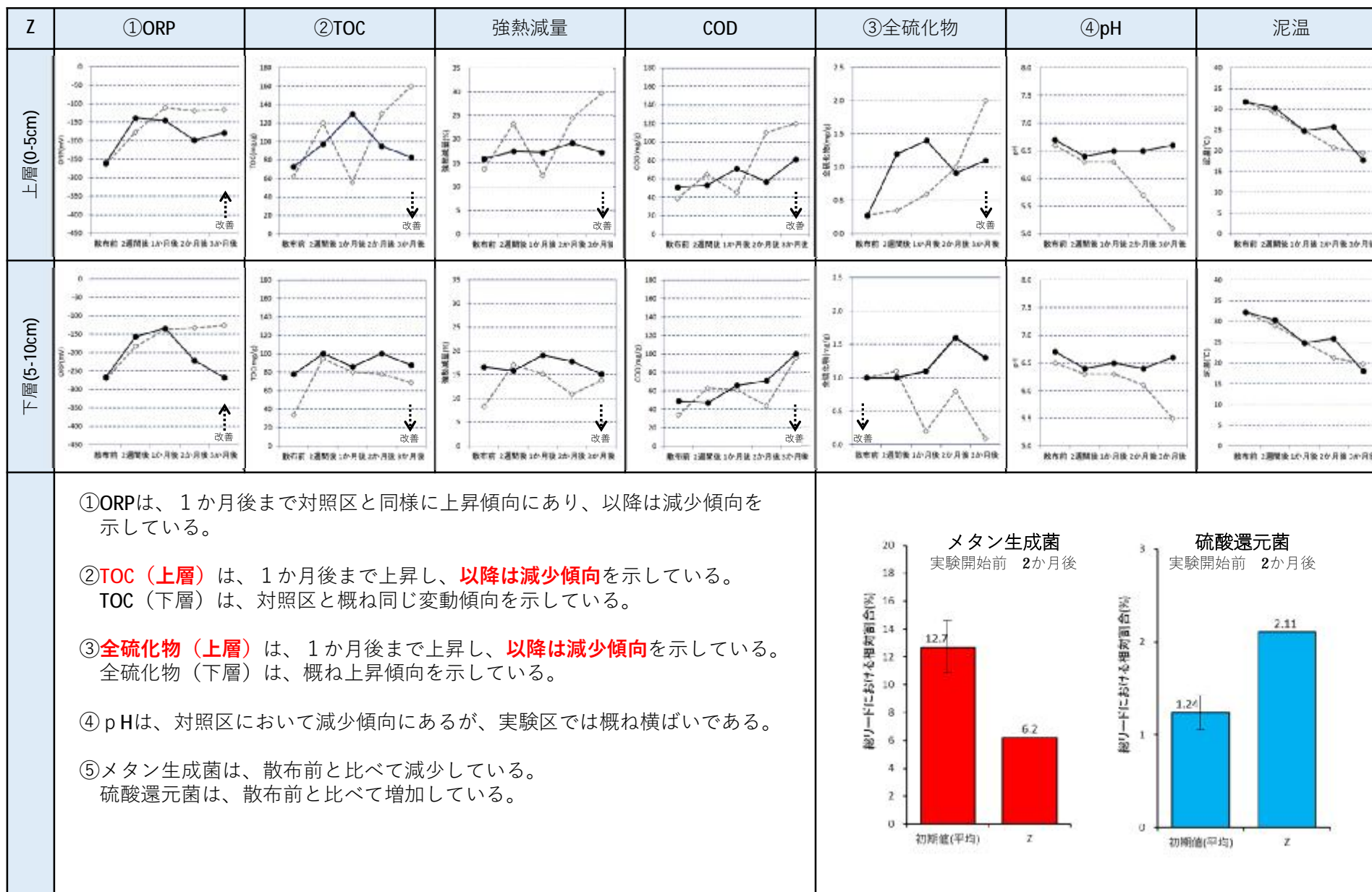
Y	①ORP	②TOC	強熱減量	COD	③全硫化物	④pH	泥温
上層(0-5cm)							
下層(5-10cm)							
	<p>①ORPは、散布前の値は対照区より低いものの、対照区と同様に上昇傾向を示しており、2か月後はほぼ同じ値となっている。</p> <p>②TOC (上層) は、概ね対照区と同様の変動傾向を示しており、TOC (下層) は、対照区と異なる変動傾向を示している。</p> <p>③全硫化物は概ね対照区と同様の変動傾向を示しており、上層は対照区より低く、下層は対照区より高い値であった。</p> <p>④pHは、1か月後にpH7.5程度まで増加しているが目標値であるpH8には達しなかった。1か月以降は減少傾向にある。</p> <p>⑤メタン生成菌は、散布前と比べて減少している。硫酸還元菌は、横ばいであった。</p>				<p>メタン生成菌 実験開始前 2か月後</p> <p>硫酸還元菌 実験開始前 2か月後</p>		

凡例：●—Y ◇—対照

3.薬剤の選定

実証実験

底質分析結果 (Z実験区と対照区)



凡例：●— Z ◇— 対照

3.薬剤の選定

総合評価

	全般事項	X社	Y社	Z社
平野川の状況及び改善メカニズム	<ul style="list-style-type: none"> 実験期間中ORPは-100mV以下であり、一定割合のメタン生成菌が確認されるなど、平野川の底質は還元状態が相当進行していると推定される。 直上水は河床の影響を受け、DO、ORP及びpHは低い値であった。 	<ul style="list-style-type: none"> 硝酸イオンの増加 →酸化物質濃度の増加 > ORPの増加 →硫化物の酸化 > 全硫化物の削減 →脱窒菌の活性向上 > TOCの削減 カルシウムイオンの増加 →硫酸イオンの固定 →硫酸還元菌活性抑制 > 硫化水素の発生抑制 	底泥表層（2cm程度）をpH8.0以上に保つ →硫酸還元菌増殖抑制 > 硫化水素の発生抑制 →好気性細菌活性化 > TOCの削減	<ul style="list-style-type: none"> ・硫黄光合成細菌の投入 →硫化水素の分解 > 全硫化物の削減 ・脱窒菌の投入 > TOCの削減
室内実験	<ul style="list-style-type: none"> 閉鎖系の実験であるため、底泥の堆積や流出は起こらない。 実験の準備段階で酸素が混入している可能性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・底泥上部が黄色味を帯びた色に変化、下部に向かってグラデーションを生じていた。 【TOC】 対照区と同様の变化傾向を示していた。 【全硫化物】 対照区と同様の变化傾向を示していた。1か月後、2か月後ともに対照区より値が低かった。 【ORP】 対照区と同様の变化傾向を示していた。1か月後は対照区より値が高かった。 	<ul style="list-style-type: none"> ・表層は、薬剤層と再堆積した底泥が混合していた。 【TOC】 対照区と同様の变化傾向を示していた。 【全硫化物】 対照区と同様の变化傾向を示していた。1か月後は対照区より値が低かった。 【ORP】 対照区と同様の变化傾向を示していた。1か月後、2か月後ともに対照区より値が低かった。 【pH】 増加傾向であり、1か月後、2か月後ともに目標値である8を上回った。 	<ul style="list-style-type: none"> ・表層は下層より若干黒色が薄い。 【TOC】 2か月後に減少傾向が見られるが、試料のバラツキも大きかった。 【全硫化物】 対照区と同様の变化傾向を示しており、測定値もほぼ同じであった。 【ORP】 対照区と同様の变化傾向を示しており、測定値もほぼ同じであった。
実証実験	<ul style="list-style-type: none"> 実験期間中に底泥の堆積や流出が起こったと推定される。 水温の季節変動などが底質に影響を与えている可能性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 【ORP】 対照区と同様の変動傾向を示していた。 【TOC】 上層・下層とも概ね対照区と同様の変動傾向を示していた。 【全硫化物】 全硫化物（上層）は、対照区の増加傾向に対して、概ね横ばい傾向であった。全硫化物（下層）は、対照区よりも概ね低い値であった。 【pH】 対照区において減少傾向にあるが、実験区では概ね横ばいであった。 【菌叢】 メタン生成菌は、散布前と比べて低下していた。硫酸還元菌は、横ばいであった。 	<ul style="list-style-type: none"> 【ORP】 散布前の値は対照区より低いものの、対照区と同様に上昇傾向を示しており、2か月後はほぼ同じ値であった。 【TOC】 上層は、概ね対照区と同様の変動傾向を示し、下層は、対照区と異なる変動傾向であった。 【全硫化物】 概ね対照区と同様の変動傾向を示していた。測定値は、上層は概ね対照区より低く、下層は概ね対照区より高かった。 【pH】 1か月後にpH7.5程度まで増加していたが目標値であるpH8には達しなかった。1か月以降は減少傾向であった。 【菌叢】 メタン生成菌は、散布前と比べて低下していた。硫酸還元菌は、横ばいであった。 	<ul style="list-style-type: none"> 【ORP】 1か月後まで対照区と同様に上昇傾向にあり、以降減少していた。 【TOC】 上層は、1か月後まで増加し、以降は減少傾向を示していた。下層は、対照区と概ね同じ変動傾向を示していた。 【全硫化物】 上層は、1か月後まで増加し、以降は減少傾向を示していた。下層は、概ね増加傾向を示していた。 【pH】 対照区において減少傾向にあるが、実験区では概ね横ばいであった。 【菌叢】 メタン生成菌は、散布前と比べて低下していた。硫酸還元菌は、横ばいであった。
酸素消費試験	<ul style="list-style-type: none"> 底泥の酸化還元状態の変化について定性的に確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・薬剤散布前と比べ2か月後の酸素消費量は、減少していた。 	<ul style="list-style-type: none"> ・薬剤散布前と比べ2か月後の酸素消費量は、減少していた。 	<ul style="list-style-type: none"> ・薬剤散布前と比べ2か月後の酸素消費量は、減少していた。
評価式	<ul style="list-style-type: none"> ・地点補正及び経時補正を行ったうえで、基準値との比較を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 【TOC】 ・上層は基準値と比較して1期+傾向、直近と比較して1期+傾向であった。 ・下層は基準値と比較して全て+傾向、直近と比較して2期+傾向であった。 【全硫化物】 ・上層は基準値と比較して1期+傾向、直近と比較して2期+傾向であった。 ・下層は基準値と比較して3期+傾向、直近と比較して1期+傾向であった。 	<ul style="list-style-type: none"> 【TOC】 ・上層は基準値と比較して全て+傾向、直近と比較して2期+傾向であった。 ・下層は基準値と比較して全て+傾向、直近と比較して2期+傾向であった。 【全硫化物】 ・上層は基準値と比較して全て-傾向、直近と比較して2期+傾向であった。 ・下層は基準値と比較して全て-傾向、直近と比較して1期+傾向であった。 	<ul style="list-style-type: none"> 【TOC】 ・上層は基準値と比較して3期+傾向、直近と比較して3期+傾向であった。 ・下層は基準値と比較して全て+傾向、直近と比較して1期+傾向であった。 【全硫化物】 ・上層は基準値と比較して1期+傾向、直近と比較して3期+傾向であった。 ・下層は基準値と比較して概ね-傾向、直近と比較して1期+傾向であった。

3.薬剤の選定

薬剤選定結果

- X社の薬剤については、実証試験の結果改善メカニズムに応じたORPや全硫化物への影響が確認された。
- Y社の薬剤については、硫酸還元菌を抑制する狙いが平野川的环境にあっていない可能性がある。
- Z社の薬剤については、改善メカニズムとして紅色硫黄光合成細菌による効果を挙げているが、平野川の河床には光が十分届かない恐れがある。

⇒X社の薬剤が最も改善メカニズムに応じた底質の改善が確認されたとして、X社の薬剤を選定し試行実施を行うことに決定した。

実証実験で明らかになった課題

- 対照区（万才橋）と実験区（猪飼野新橋）が離れていたため、堆積・浸食傾向が異なっていた可能性がある。
- 河床の堆積・浸食状況を正確に把握できなかったため、河川環境の変化を十分に確認できなかった。
- サンプル数が少なかった。



試行実施にあたっての改善点

- 実験区環境変化を把握するための対照区は、実験区の近傍に設定する。
- 河川環境の変化を確認するため、河床の堆積・浸食状況をできるだけ正確に把握する。
- 目的に応じて、項目の取舍選択を行い、サンプル数を増やす。
- 散布区画が小さいと周辺の無散布区域の影響を受ける可能性があるため、単位区画を大きくする。
- 年間の状況を把握するため、1年間を通じて実験を行う。
- 薬剤の効果をより詳細に把握するため、散布量や散布頻度を変えた複数の実験区を用意する。

4. 一年間を通じた薬剤を活用した 底質改善対策の試行実施

4. 一年間を通じた薬剤を活用した底質改善対策の試行実施

試行実施の概要

目的

- ・平野川では年間を通じて断続的にスカム発生が確認されている。この対策案として、令和2年度の現地実験で選定された薬剤による底質改善効果を検証する。
- ・薬剤散布量や散布頻度を变化させ、効果的・効率的な散布方法を検証する。

実施エリア

・平野川において3つの実験エリア(万才橋・千歳橋・南弁天橋)を設定。

注) エリアは、平野川において底質の強熱減量が比較的高い箇所のうち、試行実施場所となじまない箇所を除いて選定



各実験区の条件

地点	実験区	薬剤散布諸元			備考
		散布回数(回/年)	散布単位数(kg/m ²)	散布総量(kg)	
エリア1 万才橋 (3.7k)	実験区1-1	1	0.9	43.2	薬剤の効果発現期間の確認
	実験区1-2	1	1.8	86.4	散布量を増やした際の効果発現期間の確認
	対照区1	-	-	-	
エリア2 千歳橋 (2.9k)	実験区2-1	4	0.6	115.2	基準から散布総量を減らした場合の効果確認
	実験区2-2	4	0.9	172.8	メーカー推奨条件(基準)
	対照区2	-	-	-	
エリア3 南弁天橋 (2.6k)	実験区3-1	6	0.6	172.8	基準から散布方法を変更した場合の効果確認
	実験区3-2	6	0.9	259.2	基準から散布総量を増やした場合の効果確認
	対照区3	-	-	-	

セルの色… ■:基準より少ない ■:基準と同じ ■:基準より多い

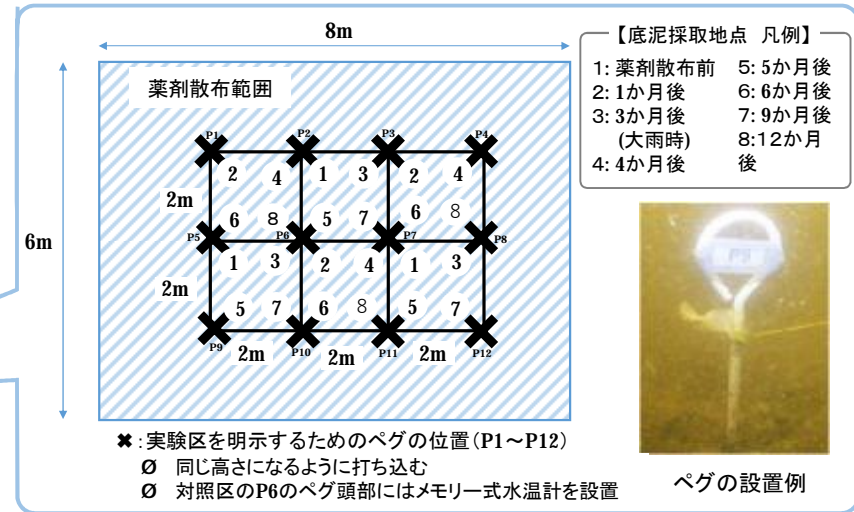
実験区、対照区の設定

・各エリアにおいて、“実験区”2箇所及び“対照区”1箇所を設定。

- ・実験区:⇒ 薬剤の散布量や散布回数を2箇所を変えて実験を実施
- ・対照区:⇒ 実験期間中の平野川の底泥の状態変化を把握(薬剤散布なし)
- ・各実験区、対照区の大きさは4m×6m、薬剤散布範囲は6m×8m



実験エリア配置図



実験区の拡大図

4. 一年間を通じた薬剤を活用した底質改善対策の試行実施

試行実施の概要

試行実施の実績

※5/12: 水質測定 5/13: 底質試料採取

	令和3年								令和4年				
	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月
底質試料採取・水質測定	散布前※ (5/12・13)	1か月後 (6/25)		3か月後(大雨後) (8/23)	4か月後 (9/27)	5か月後 (10/25)	6か月後 (11/22)			9か月後 (2/13)			12か月後 (5/17)
エリア1(万才橋)2.6k <1回散布>	散布 (5/24)												
エリア2(千歳橋)2.9k <4回散布>	散布(5/24)			散布 (8/26)			散布 (11/24)			散布 (2/21)			
エリア3(南弁天橋)3.7k <6回散布>	散布(5/24)		散布 (7/20)		散布(9/28)		散布 (11/24)		散布 (1/18)		散布 (3/23)		

(参考) R2実証実験	令和2年							
	5月	6月	7月	8月	9月中旬	9月下旬	10月	11月
底質試料採取・水質測定				散布前 (8/25)	2週間後 (9/10)	1か月後 (9/29)	2か月後 (10/29)	3ヶ月後 (11/26)
万才橋(下流左岸側)				散布 (8/26)				



調査項目

n 水質
水温(°C)・塩分(psu)・pH・DO(mg/L)・ORP(mV)

n 底質
ORP(mV)・全硫化物(mg/g)・TOC(mg/g)・強熱減量(%)
n-ヘキサン抽出物質(%)

河川水

5cm 上層

5cm 下層

底質は薬剤散布方法から表層部分に最も効果が現れると推定し、表層から深さ5cmまでを上層、さらに5cm下までを下層とし、それぞれ採泥し、調査した

4. 一年間を通じた薬剤を活用した底質改善対策の試行実施

気温・水温、降水量、下水放流量の状況

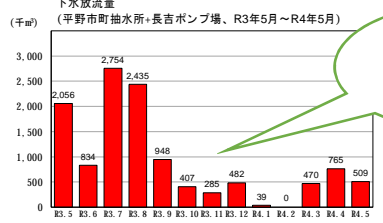
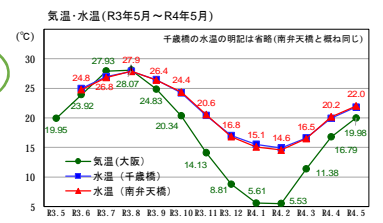
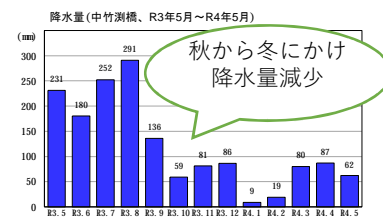
- ・降水量: 降水量が多い期間は春～夏に集中しており、秋～冬にかけては降水量が少なかった。
- ・下水放流量: 試行実施中に平野市町抽水所及び長吉ポンプ場からの下水放流は44回発生し、秋～冬にかけては放流量が減少する傾向にあった。



下水放流量(出水毎)

No.	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	平均
平野市町抽水所	130	156	●1,020	219	116	351	69	39	50	422	●678	4	●666	45	●1,034	●731	305	36	121	33	194	34	90	134	106	11	123	264	212	51	28	51	75	112	65	48	15	11	246	201	4	145	148	15	191
長吉ポンプ場	-	-	393	131	37	172	-	-	-	232	409	14	330	12	283	329	110	-	65	-	84	45	48	57	-	-	52	191	23	-	11	16	48	36	13	11	13	-	162	117	-	128	70	-	117
平野市町+長吉P	130	156	●1,410	350	153	●523	69	39	50	●653	●1,087	18	●996	58	●1,317	●1,060	415	36	186	33	278	79	137	191	106	11	175	454	236	51	39	67	123	148	77	59	27	11	408	318	4	272	217	15	272
月合計	2,056			834			7,754			2,435			948			407			285			475			765			509																	

●: 500千m³超、()は放流量の順位
No. は28ページの2021年3月からのデータと連番

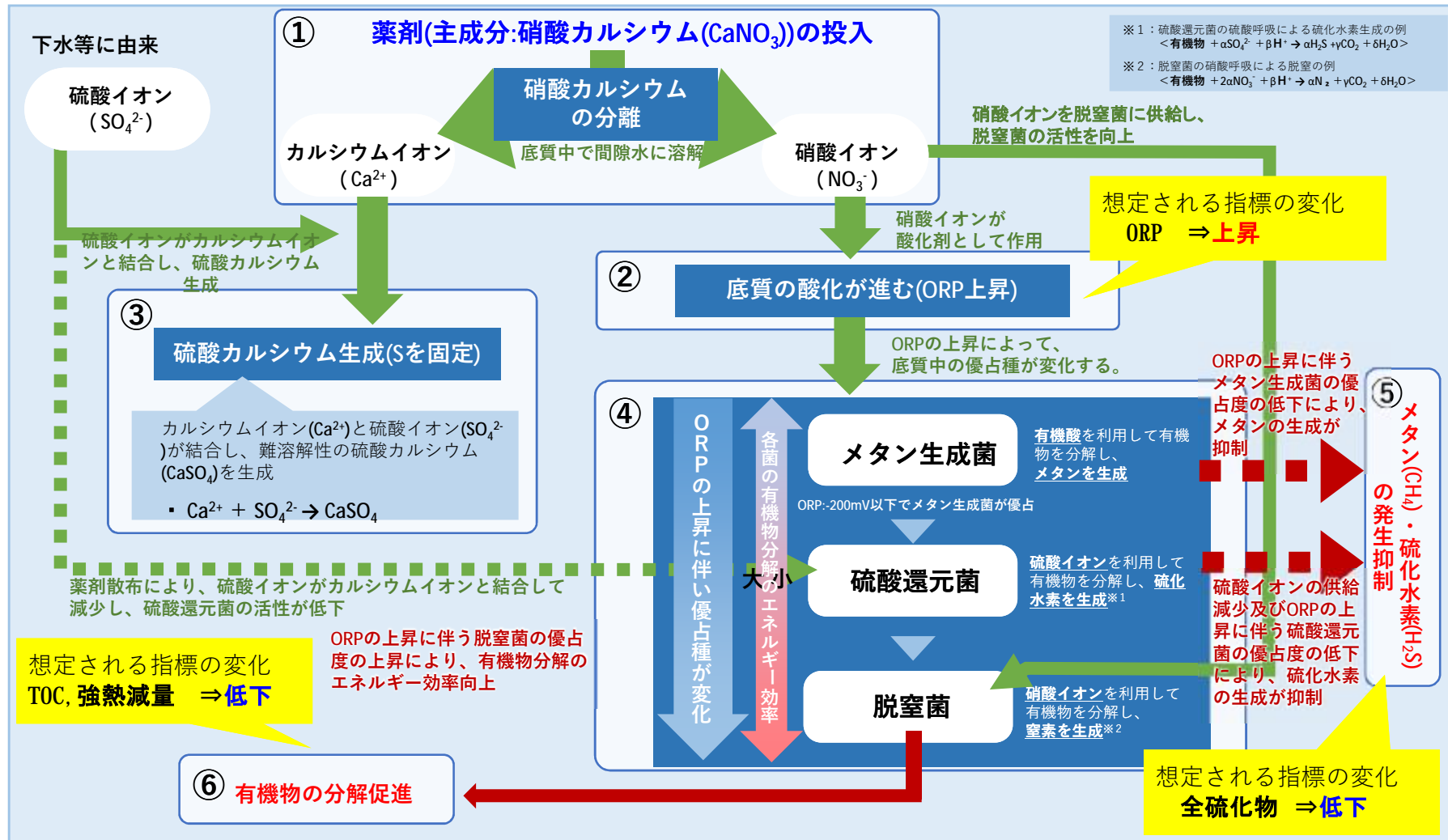


注) データ整理期間 気温: R3.5/1~R4.5/31 水温: R3.6/1~R4.5/23
降水量: R3.5/1~R4.5/24 下水放流量: R3.5/1~R4.5/31

4. 一年間を通じた薬剤を活用した底質改善対策の試行実施

- ・底質改善の最終的な目標は下図「⑤メタン・硫化水素の発生抑制」「⑥有機物の分解促進」である。
- ・推定メカニズムに則って底質が改善する場合、「ORPの上昇」「TOCの低下」「強熱減量の低下」が連動して起きると考えられる。
- ・TOCと強熱減量は有機物に係る指標であるため、同じ傾向を示すと考えられる。
- ・全硫化物は他の項目と連動しない可能性がある。

薬剤による底質改善メカニズムの推定



4. 一年間を通じた薬剤を活用した底質改善対策の試行実施

本試行実施の目的

- ・平野川では年間を通じて断続的にスカム発生が確認されている。この対策案として、令和2年度の現地実験で選定された薬剤による底質改善効果を検証する。
- ・薬剤散布量や散布頻度を変化させ、効果的・効率的な散布方法を検証する。

調査結果の検証・解析の進め方

①底質調査による1年間を通じた底質改善効果の検証

- ・底質調査結果より、対象区と実験区を比較した1年間を通じた改善効果を整理し、薬剤散布により平野川で期待されるような底質の改善効果を検証する。
- ・散布量、散布頻度の違いによる改善効果の比較を行い、効果的・効率的な散布方法を検証する。

②検証結果に対する原因の考察

I 調査期間ごとの底質改善効果の検証

年間を通じた底質改善効果の検証結果の考察のため、調査期間ごとの底質改善効果を確認し、効果が現れた期間とそうでない期間の違いを考察する。

I 地盤高変化と薬剤散布効果の関係性の検証

河床は上流からの底質の供給などにより、浸食・堆積が常に生じている。このような河床の攪乱が薬剤散布効果に与える影響を調べるため、地盤高変化と薬剤散布効果の関係性について考察する。

I 主成分分析による結果の可視化

本試行実施では評価項目が多く、底質の改善効果が項目によって異なる可能性がある。そこで、主成分分析によって結果を2次元データとして可視化し、期間ごとの底質環境の変動傾向やその要因、エリア間の違いについて考察を行った。

③試行実施全体の評価

- ①②を総合し、今回の実証試験の結果と、今後の運用について総括する。

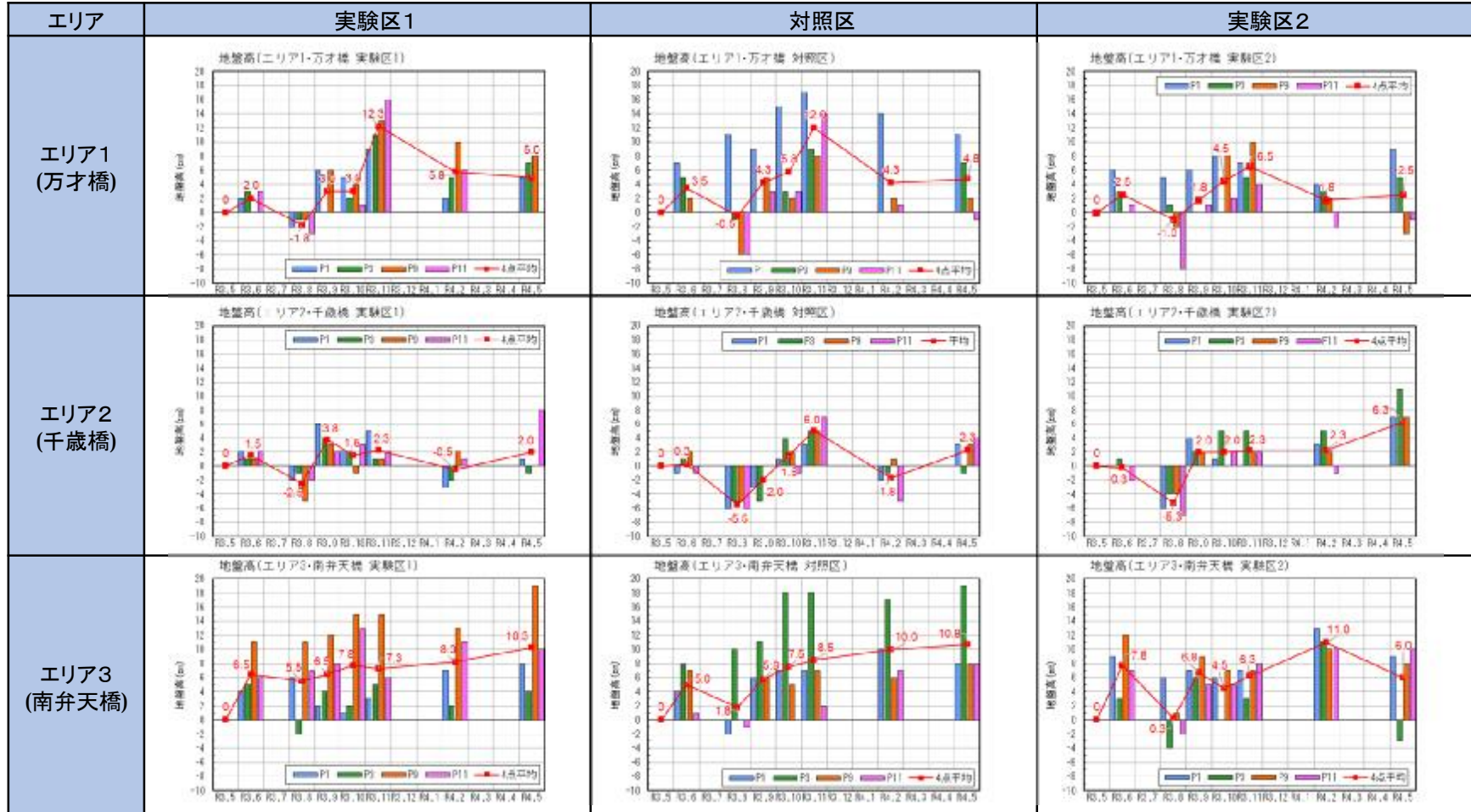
4. 一年間を通じた薬剤を活用した底質改善対策の試行実施

地盤高の変化

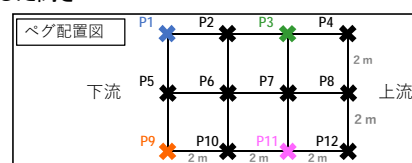
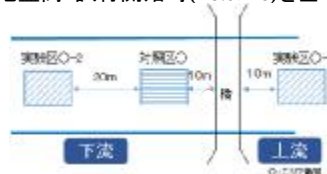
各地区の4地点(P1,P3,P9,P11)における試行開始時からの地盤高の変化を計測した。

各エリアとも実験区、対象区の間で地盤高に大きな差はなく、試行実施の結果に影響を及ぼすような浸食や不法投棄等の人為的な影響はなかった。

■ P1 ■ P3 ■ P9 ■ P11 ● 4点平均



地盤高: 試行開始時(R3.5/13)を基準とした高さ



- ・4点の地盤高の平均値は4地点の浸食・堆積傾向と同じ傾向を示した。
- ・各地区における平均地盤高の堆積・洗掘傾向は、以下のとおりであった。

第1回 (R3. 6/25) : 概ね堆積傾向	第5回 (R3. 11/22) : 概ね堆積傾向
第2回 (R3. 8/23) : 概ね浸食傾向	第6回 (R4. 2/13) : 概ね堆積傾向
第3回 (R3. 9/27) : 概ね堆積傾向	第7回 (R4. 5/17) : 概ね堆積傾向
第4回 (R3. 10/25) : 概ね堆積傾向	
- ・エリア1(万才橋)、エリア3(南弁天橋)で堆積傾向が大きい。

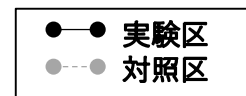
4. 一年間を通じた薬剤を活用した底質改善対策の試行実施

評価方法について

- ・本資料では調査前後の底泥の評価指標について、20%以上の減少を「低下傾向」、-20%未満の減少～+20%未満の上昇を「横ばい傾向」、20%以上の上昇を「増加傾向」の3区分に分類した※。
- ・1年間の変動については最小二乗法により変動傾向を直線化し、試行前後の変動を下記指標により区分した。期間前後の変動は、期間前後の数値を直接比較により区分した。
- ・本資料では実験区を対照区と比較して、下記に示す通りに改善・緩和で分けて効果を分析した。

評価項目	改善	緩和
<p>ORP ↑</p> <p>数値が高いほど底質環境が良好</p>	<p>対照区に比べ実験区の上昇が大きい(対象区が低下傾向、横ばい傾向のときに実験区が増加傾向)</p>	<p>対照区に比べ実験区の低下が小さい(対象区が低下傾向のときに、実験区が横ばい傾向)</p>
<p>全硫化物 TOC 強熱減量 ↓</p> <p>数値が低いほど底質環境が良好</p>	<p>対照区に比べ実験区の低下が大きい(対象区が横ばい傾向、増加傾向のときに実験区が低下傾向)</p>	<p>対照区に比べ実験区の上昇が小さい(対象区が低下傾向のときに、実験区が横ばい傾向)</p>

※分析等による誤差を考慮し、本資料では、前後の差が20%以上見られた場合に変動があると評価した。



4. 一年間を通じた薬剤を活用した底質改善対策の試行実施

薬剤散布後の底質変化（1年間通じた評価）

・1年間の変動を最小二乗法により平均化し、20%以上の増減を基準に項目ごとに傾向を整理した。上段矢印は傾向、下段数値は1年間の変化割合を示す。
 ・1年間通じた評価では、主にメーカー推奨以上の散布を行ったエリア2千歳橋、エリア3-1、3-2南弁天橋の下層で、全硫化物・TOC・強熱減量の改善・緩和傾向が見られた。また、上層では全硫化物にのみ改善傾向が見られた。
 ・エリア2千歳橋、エリア3南弁天橋ではORPは全体的に上昇傾向であり、対照区と実験区の間に大きな違いが見られなかった。

エリア		1年間通じた変化	エリア1 万才橋			エリア2 千歳橋			エリア3 南弁天橋		
実験区			1-1	1-2	対照区	2-1	2-2	対照区	3-1	3-2	対照区
薬剤散布条件	散布回数		1	1	-	4	4	-	6	6	-
	散布単位量 (kg/m ²)		0.9	1.8	-	0.6	0.9	-	0.6	0.9	-
ORP ↑	上層	I エリア1万才橋では横ばい I 他は対照区も含めて上昇傾向	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	下層		→	→	→	→	→	→	→	→	→
全硫化物 ↓	上層	I エリア1万才橋では上昇傾向 I エリア2千歳橋では実験区2上層下層で改善傾向 I エリア3南弁天橋では実験区1下層 実験区2上層下層で改善・緩和傾向	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	下層		→	→	→	→	→	→	→	→	→
TOC ↓	上層	I 全体では横ばいあるいは低下傾向 I エリア3南弁天橋では実験区2下層で改善傾向	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	下層		→	→	→	→	→	→	→	→	→
強熱減量 ↓	上層	I エリア2千歳橋では実験区2下層で改善傾向 I エリア3南弁天橋では実験区1下層緩和、実験区2下層で改善傾向	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	下層		→	→	→	→	→	→	→	→	→

矢印:改善方向

→	:1年間で20%以上の上昇が見られた箇所・期間	→	:改善傾向が見られた箇所・期間
←	:1年間で20%以上の低下が見られた箇所・期間	←	:緩和傾向が見られた箇所・期間
→	:1年間で20%以上の上昇・低下が見られなかった箇所・期間		

エリア	散布回数 (年間)	散布量			
		実験区1		実験区2	
		総量 (kg)	単位量 (kg/m ²)	総量 (kg)	単位量 (kg/m ²)
エリア1 万才橋	1回	43.2	0.9	86.4	1.8
エリア2 千歳橋	4回	115.2	0.6	172.8	0.9
エリア3 南弁天橋	6回	172.8	0.6	259.2	0.9

千歳橋・実験区2-2がメーカー推奨条件(基準)
 □ 基準より少ない □ 基準と同じ □ 基準より多い
 【南弁天橋・実験区3-2】
 ・単位散布量は基準どおり
 ・散布回数が多く、総散布量が多い

メーカー推奨期間は3か月

4. 一年間を通じた薬剤を活用した底質改善対策の試行実施

薬剤散布後の底質変化（1年間通じた評価）

・1年間を通じた改善効果について、1年間を通じた実験区全体（上層・下層）で薬剤の改善メカニズムから期待される薬剤による底質改善効果があったかどうかを検証した。
 ・散布量・頻度による結果の違いについては、1回あたりの散布量・散布頻度のみが異なる実験区どうしで比較を行い、改善・緩和効果が見られた項目の多少により評価したうえで、効果的な散布方法について検討した。

項目	試行実施の結果	評価
底質調査による1年間を通じた底質改善効果の検証	<ul style="list-style-type: none"> Ⅰ 上層・下層とも改善・緩和が確認されたのはエリア2-2と3-2の全硫化物のみであった。 Ⅰ 改善メカニズムを踏まえると、ORP,TOC,強熱減量は連動して改善するものと考えられる。下層ではエリア3-2でのみTOC,強熱減量とも改善が確認されたが、上層では改善・緩和は確認されなかった。 	<ul style="list-style-type: none"> Ⅰ 年間を通して実験区全体で改善・緩和が確認されたのは全硫化物のみであり、平野川において期待する底質改善効果（底質上層・下層双方でのTOCや強熱減量の改善緩和）は確認されなかった。
薬剤散布量の違いによる結果の評価	<ul style="list-style-type: none"> Ⅰ 実験区1-1と1-2の比較では、実験区1-2の下層でORPについて改善効果が見られたのみであり、薬剤散布量の違いによる差は確認されなかった。 Ⅰ 実験区2-1と2-2の比較では、実験区2-1ではいずれの項目の改善・緩和が見られなかったが、実験区2-2では全硫化物及び強熱減量で改善がみられた。 Ⅰ 実験区3-1と3-2の比較では、実験区3-1では下層の全硫化物、強熱減量の緩和が見られた。実験区3-2では上層・下層での全硫化物及び下層でのTOC,強熱減量で改善・緩和がみられた。 	<ul style="list-style-type: none"> Ⅰ 試行実施の結果、1回あたりの散布量はメーカー推奨条件である0.9kg/m²のほうが、より薬剤による改善が確認された。 Ⅰ 一方で散布量を変化させた場合でも、期待する底質改善効果は確認されず、効率的・効果的な散布量の検証には至らなかった。
薬剤散布頻度の違いによる結果の評価	<ul style="list-style-type: none"> Ⅰ 実験区1では年間を通じた改善は確認されなかった。 Ⅰ 実験区2-2と実験区3-2の比較では、実験区2-2では上層・下層の全硫化物及び下層の強熱減量で改善がみられた。実験区3-2では上層・下層での全硫化物及び下層でのTOC,強熱減量で改善・緩和がみられた。 	<ul style="list-style-type: none"> Ⅰ 年1回の散布では年間を通じた改善効果を得るには不十分である。 Ⅰ 薬剤散布頻度の高い実験区3のほうが改善・緩和された項目が多く、メーカー推奨より多い頻度で薬剤を散布したほうが高い底質改善効果が確認された。 Ⅰ 一方で散布頻度を変化させた場合でも期待する底質改善効果は確認されず、効率的・効果的な散布頻度の検証には至らなかった。

4. 一年間を通じた薬剤を活用した底質改善対策の試行実施

調査期間ごとの底質改善効果の検証

・期間を区切って効果が現れた期間を一覧として整理した。9月以降を中心に各調査項目で改善傾向が見られる期間があった。
 ・特に実験区2-2のR4.11～2月、エリア3-2のR3.9～10月、R4.11～2月に上層・下層とも多くの項目について改善・緩和が見られている。
 ・以上から比較的降雨の少なかったR3.9月～R4.2月にかけては、薬剤による底質改善効果が見られたといえる。

項目	エリア		期間ごとの変化	エリア1・万才橋	エリア1・万才橋	エリア2・千歳橋	エリア2・千歳橋	エリア3・南弁天橋	エリア3・南弁天橋
	実験区			1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2
	散布方法	散布回数		1	1	4	4	6	6
		散布単位量(kg/m ²)		0.9	1.8	0.6	0.9	0.6	0.9
ORP ↑	上層	エリア1万才橋で薬剤散布後改善・緩和傾向 他は一貫した改善・緩和傾向はなし	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	
	下層		① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	
全硫化物 ↓	上層	エリア2千歳橋、エリア3南弁天橋では非出水期に改善傾向	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	
	下層		① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	
TOC ↓	上層	エリア1万才橋下層では出水期に改善傾向 エリア2千歳橋、エリア3南弁天橋では非出水期に改善傾向	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	
	下層		① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	
強熱減量 ↓	上層	エリア1万才橋では下層で通年改善・緩和傾向 エリア2千歳橋、エリア3南弁天橋では非出水期に改善緩和傾向	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	
	下層		① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	
改善緩和項目数合計(平均)			5(20.8%) 8(25.0%)	6(25.0%) 9(28.1%)	7(29.2%) 3(9.4%)	7(29.2%) 11(34.3%)	7(29.2%) 13(40.6%)	7(29.2%) 13(40.6%)	

↑:改善傾向が見られた範囲 →:緩和傾向が見られた範囲 -:改善・緩和傾向が見られなかった範囲(改善または緩和傾向が見られた範囲は、黄色で着色)
 期間は左から①R3年5～6月、②R3年6～8月、③R3年8～9月、④R3年9～10月、⑤ R3年10～11月、⑥R3年11月～R4年2月、⑦R4年2月～5月

4. 一年間を通じた薬剤を活用した底質改善対策の試行実施

地盤高変化と薬剤散布効果の関係性の検証

- ・底質は上層(0~5cm)と下層(5~10cm)を採取して調査している。しかし、堆積・浸食が大きいと薬剤散布した底質を採取していない可能性がある。
- ・底泥の堆積、浸食の状況と底質改善効果の関係性を分析するため、薬剤散布後から採泥日までの地盤高変化から、薬剤散布した底質^{*1,2}が残っている量で採泥結果を分類して考察を行った。
- ・上層・下層の厚さを5cmとしていることから、1cm(20%)を指標とし、薬剤散布した底泥が80%以上残っている(○)、20%以上80%未満残っている(△)、20%未満しか残っていない(×)と3段階に底泥を分類した。

		堆積			浸食			
堆積・浸食状況		堆積厚9cm以上	堆積厚4~9cm	堆積厚1~4cm	堆積・浸食が1cm以内	浸食深1~4cm	浸食深4~9cm	浸食深9cm以上
イメージ図								
薬剤散布効果の検証可否	上層	×	×	△	○	○	△	×
	下層	×	△	○	○	△	×	×

上層・下層ともに薬剤散布を行った底質をほぼ採取していない。(20%未満)

上層は薬剤散布を行った底質を採取していない。(20%未満)
下層は一部薬剤散布を行っていない底質を採取している。(20%以上80%未満)

上層は一部薬剤散布を行っていない底質を採取している。(20%以上80%未満)
下層は薬剤散布を行った底質を採取している。(80%以上)

上層・下層ともに薬剤散布を行った底質を採取している。(80%以上)

上層は薬剤散布を行った底質を採取している。(80%以上)
下層は一部薬剤散布を行っていない底質を採取している。(20%以上80%未満)

上層は一部薬剤散布を行っていない底質を採取している。(20%以上80%未満)
下層は薬剤散布を行った底質を採取していない。(20%未満)

上層・下層ともに薬剤散布を行った底質をほとんど採取していない。(20%未満)

※1 薬剤はその散布方法から、散布時の表層(今回の調査範囲である概ね10cm程度)に大きな効果を発現すると考えられることから、本頁では便宜上薬剤散布時の底泥の表層から10cmを「薬剤散布範囲」と表現している。
 ※2 本試行実施では浸食後の堆積は考慮していないため、例えば2cmの浸食でも、10cm浸食した後8cm堆積した場合薬剤散布底質は残っていないが、このようなケースは考慮していない。

4. 一年間を通じた薬剤を活用した底質改善対策の試行実施

地盤高変化と薬剤散布効果の関係性の検証

・浸食・堆積状況を分類した結果、薬剤を散布した底質が採泥できた場合(○、△:計67)には、最低1項目の改善・緩和であれば67%(計45)で見られた期間があった。
 ・特に薬剤散布底質が80%以上残っている(○)場合、3項目は20.0%、2項目で22.9%に改善・緩和が見られ、堆積や浸食の少ない状況では底質改善効果がよく確認された。
 ・散布総量は同じだが、千歳橋2-2よりも頻りに薬剤散布を行った南弁天橋3-1の方が、長い期間底質改善効果が見られた。

地盤高変化状況と改善・緩和傾向の関係(一覧)

地点		万才橋							千歳橋							南弁天橋						
採泥期間No.		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
直近の薬剤散布から3か月以内		←→							←→							←→						
実験区1	上層	△	○	△	△	×	×	×	△	○	×	△	×	○	△	×	○	○	△	○	○	△
	下層	○	△	○	○	×	△	△	○	△	△	○	△	△	○	△	○	○	○	○	○	○
実験区2	上層	△	○	△	×	×	△	△	○	△	×	×	×	○	△	×	△	○	○	○	×	△
	下層	○	○	○	△	△	○	○	○	×	△	△	△	○	○	△	×	○	△	○	△	×

下水放流量が多い期間 :R3.5月~8月
 下水放流量が少ない期間 :R3.9月~R4.5月

地盤高変化状況と改善・緩和傾向の項目比率

総数		4項目で改善・緩和	3項目で改善・緩和	2項目で改善・緩和	1項目で改善・緩和	平均改善項目数
○	35	1 (2.9%)	7 (20.0%)	8 (22.9%)	4 (11.4%)	1.29
△	32	0 (0.0%)	4 (12.5%)	5 (15.6%)	16 (50.0%)	1.18
×	17	1 (5.9%)	1 (5.9%)	2 (11.8%)	2 (11.8%)	0.76

※()は総数に対する割合を示す。 ※期間あたりの平均改善項目数は地盤高変化(○△×)の改善項目合計を総数で割ったもの。

■: ORP、全硫化物、TOC、強熱減量の4項目とも改善・緩和傾向
 ■: ORP、全硫化物、TOC、強熱減量の3項目とも改善・緩和傾向
 ■: ORP、全硫化物、TOC、強熱減量のうち2項目で改善・緩和傾向
 ■: ORP、全硫化物、TOC、強熱減量のうち1項目で改善・緩和傾向
 ○: 薬剤散布を行った底質が80%以上残っている可能性がある
 △: 薬剤散布を行った底質が20%~80%残っている可能性がある
 ×: 薬剤散布を行った底質は20%未満しか残っていない

採泥期間No.と底質改善・緩和期間の対応

期間No.	1	2	3	4	5	6	7
実際の期間	R3.5-6月	R3.6-8月	R3.8-9月	R3.9-10月	R3.10-11月	R3.11-R4.2月	R4.2-5月

■: 下水放流量が多い期間 □: 下水放流量が減少していく期間 □: 下水放流量が少ない期間

採泥期間No.と比較している採泥日の対応

期間No.	1	2	3	4	5	6	7
万才橋	R3.5-6月	R3.5-8月	R3.5-9月	R3.5-10月	R3.5-11月	R3.5-R4.2月	R3.5-R4.5月
千歳橋	R3.5-6月	R3.5-8月	R3.8-9月	R3.8-10月	R3.8-11月	R3.11-R4.2月	R4.2-5月
南弁天橋	R3.5-6月	R3.6-8月	R3.6-9月	R3.9-10月	R3.9-11月	R3.11-R4.2月	R4.2-5月

各採泥日の地盤高と、直近の薬剤散布日の直前で採泥された採泥日の地盤高を比較している

例: 千歳橋R3.10/25の地盤高は直近の薬剤散布日がR3.8/26なので、その直前の採泥日のR3.8/23の採泥日と地盤高を比較している

■: 薬剤散布から3か月以上経過している期間

エリア	散布回数(年間)	散布量			
		実験区1		実験区2	
		総量(kg)	単位数(kg/m ²)	総量(kg)	単位数(kg/m ²)
エリア1 万才橋	1回	43.2	0.9	86.4	1.8
エリア2 千歳橋	4回	115.2	0.6	172.8	0.9
エリア3 南弁天橋	6回	172.8	0.6	259.2	0.9

千歳橋・実験区2-2がメーカー推奨条件(基準)

■ 基準より少ない ■ 基準と同じ ■ 基準より多い

【南弁天橋・実験区3-2】

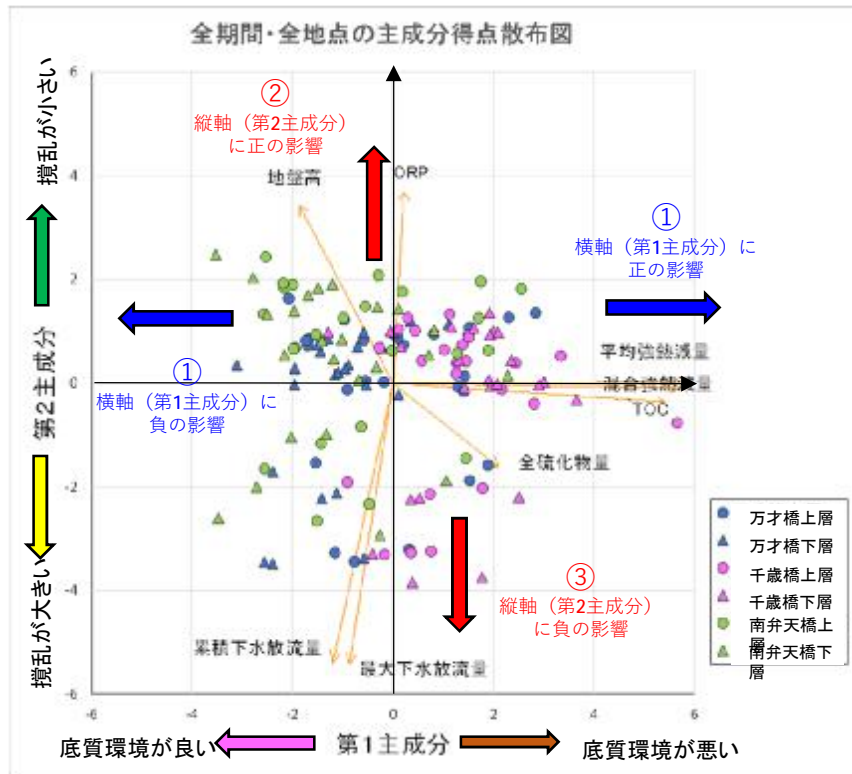
・単位散布量は基準どおり

・散布回数が多く、総散布量が多い

4. 一年間を通じた薬剤を活用した底質改善対策の試行実施

主成分分析による結果の可視化

- ・薬剤散布後の底質改善効果について、主成分分析によりx軸、y軸にまとめ、プロット図の平面位置から薬剤散布効果を可視化した。
- ・全期間、全地点の採泥データを用いて主成分分析を行い、第1主成分、第2主成分の軸を作成して各データの主成分得点をプロットした。そして各月の得点の変化を確認した。
- ・第1主成分はTOC、強熱減量から正の影響を受けていた(①)。このため、第1主成分は底質の化学的な良否を表現していると考えられ、X軸方向でマイナス側(左側)ほど底質環境が良いといえる。
- ・第2主成分はORPと地盤高から正の影響を(②)、下水放流量から負の影響を受けていた(③)。よって第2主成分は河床攪乱の大きさを表現している。



- 第1主成分
- : TOC、強熱減量が低く底質環境は良い(有機物が少ない)
 - : TOC、強熱減量が高く底質環境は悪い(有機物が多い)
- 第2主成分
- ↑ : 下水放流が少なく地盤高が高いため底質環境の攪乱が小さい
 - ↓ : 下水放流が多く地盤高が低いため底質環境の攪乱が大きい

第1・第2主成分までの寄与率

	第1主成分	第2主成分
標準偏差	1.70	1.56
寄与率	0.36	0.30
累積寄与率	0.36	0.66

寄与率

全期間、全地点の採泥データに含まれるORP～強熱減量、及び地盤高と下水放流量の数値を、各主成分がどれだけ説明できるかを示す

累積寄与率

1～n番目の主成分までが、全データをどれだけ説明できるかを示す。合計は1になる

第2主成分までの累積寄与率は0.66

→全観測データに含まれる底質の情報の2/3を第1・第2主成分で説明可能

評価項目と各主成分の構成

評価項目	主成分の構成		各主成分に与える影響	
	第1	第2	第1	第2
ORP	0.02	0.40		+
全硫化物	0.21	-0.17		
TOC	0.53	-0.04	+	
平均強熱減量	0.56	0.00	+	
混合強熱減量	0.56	-0.01	+	
地盤高※1	-0.18	0.37		+
累積下水放流量※1・2	-0.12	-0.58		-
最大下水放流量※1・3	-0.08	-0.58		-

※1: 下水放流量、地盤高変化は採泥日が同じ場合同一のデータを利用している

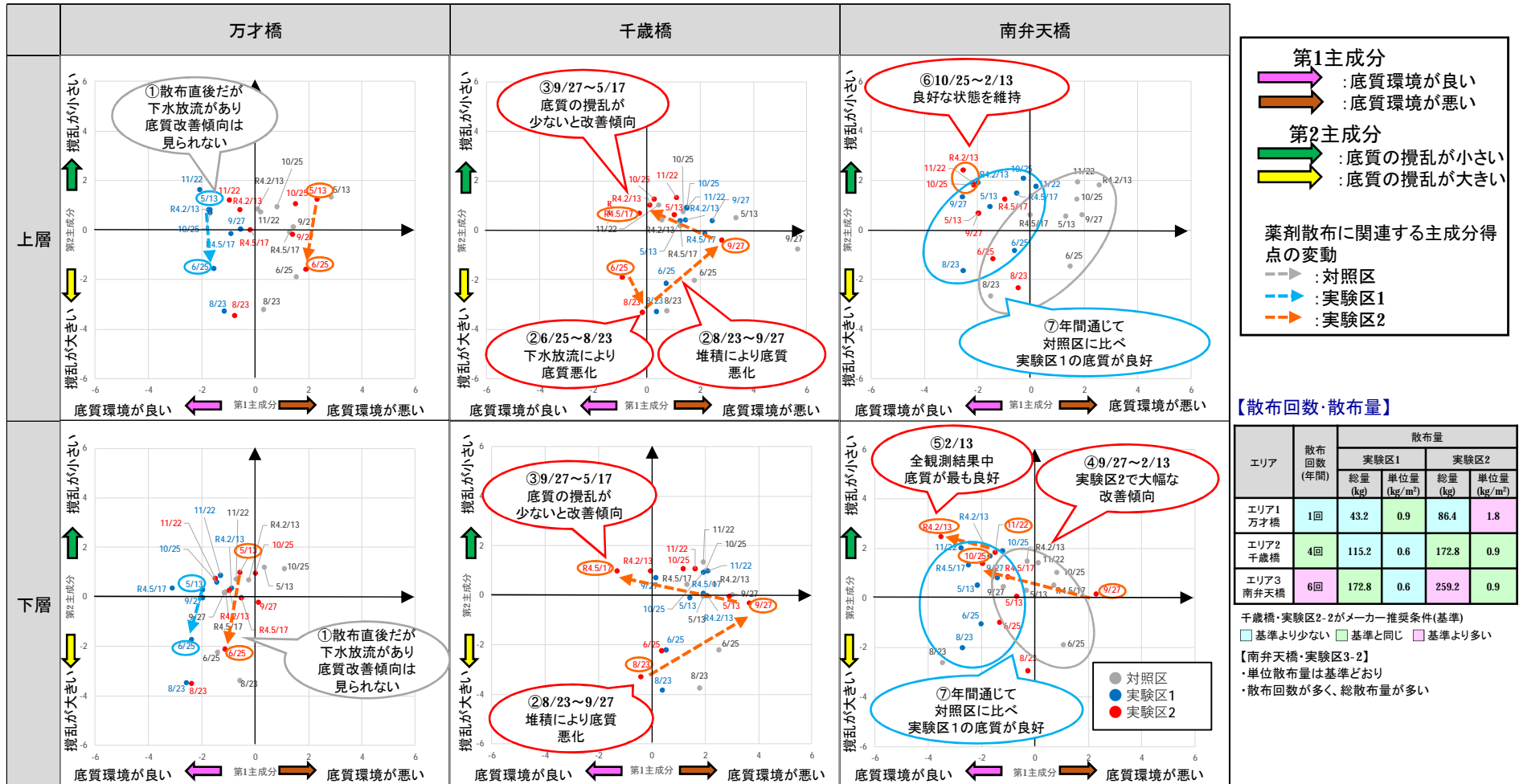
※2: 前回採泥日から採泥日前日までの累積下水放流量

※3: 前回採泥日から採泥日前日までの日最大下水放流量

4. 一年間を通じた薬剤を活用した底質改善対策の試行実施

主成分分析による結果の可視化

- ・万才橋では薬剤散布後のx軸方向の動きはほぼ見られず、薬剤散布による底質改善の傾向は見られない(①)。薬剤散布後すぐの下水放流量が多かったことが要因と考えられる。
- ・千歳橋では出水期に底質が悪化した(②)、非出水期のR3.9/22~R4.5/17には底質環境の改善傾向が見られた(③)。
- ・南弁天橋では、9月以降実験区2で大幅な底質改善傾向が見られた(④)。特に下層の2/14では全期間・全地点で最も底質が良好な状態であった(x軸で-3付近まで)(⑤)。また上層も同時期にこれに近い値を維持している(⑥)。よって高頻度で薬剤散布を行った方が底質改善効果が高いことが示唆された。
- ・千歳橋、南弁天橋ともに改善傾向が顕著に見られたのは攪乱が小さくY軸方向の変動が小さい期間であった。
- ・南弁天橋では実験区1でも対照区に比べ底質は良好な傾向が見られた(⑦)。



5. 評価のまとめ

5. 評価のまとめ

試行実施結果のまとめ

本試行実施の目的

- ・平野川では年間を通じて断続的にスカム発生が確認されている。この対策案として、令和2年度の現地実験で選定された薬剤による底質改善効果を検証する。
- ・薬剤散布量や散布頻度を変化させ、効果的・効率的な散布方法を検証する。

項目	検証結果	評価
底質調査による1年間を通じた底質改善効果の検証 (p18,19)	<ul style="list-style-type: none"> Ⅰ 上層・下層とも改善・緩和が確認されたのはエリア2-2と3-2の全硫化物のみであった。 Ⅰ 改善メカニズムを踏まえると、ORP,TOC,強熱減量は連動して改善するものと考えられる。下層ではエリア3-2でのみTOC,強熱減量とも改善が確認されたが、上層では改善・緩和は確認されなかった。 	<ul style="list-style-type: none"> Ⅰ 年間を通して実験区全体で改善・緩和が確認されたのはエリア2-2と3-2の全硫化物のみであり、平野川において薬剤の改善メカニズムから期待される底質改善効果(底質上層・下層双方でのTOC,強熱減量の改善緩和)は確認されなかった。
薬剤散布量、散布頻度の違いによる底質改善効果の違い(p18,19)	<ul style="list-style-type: none"> Ⅰ 今回の実証試験では、1回あたりの散布量はメーカー推奨通り、散布頻度はメーカー推奨より高い頻度で散布すると、より多くの評価指標で改善・緩和効果が見られたが、いずれのパターンでも期待する効果は確認されなかった。 	<ul style="list-style-type: none"> Ⅰ 薬剤散布量、頻度の違いによる底質改善効果の違いは確認されたが、いずれのパターンでも期待される効果は得られず、効果的・効率的な散布方法の検証はできなかった。
検証結果に対する原因の考察 (p20~24)	<ul style="list-style-type: none"> Ⅰ 期間ごとの変化を確認すると、比較的降雨の少ない9月~2月にかけて底質改善効果がよく確認された(p.20)。 Ⅰ 底泥の堆積や浸食の状況と底質改善効果を比較すると、堆積や浸食の少ない状況では底質改善効果が比較的よく確認されている(p.22)。 Ⅰ 主成分分析の結果、薬剤散布~試料採取間に河床攪乱の小さい(下水放流量や底泥の堆積が少ない)ときに底泥の有機物指標が小さくなる(底泥がきれいになる)ことや、散布頻度が高いほど底泥の有機物指標が小さくなる傾向が確認された(p.24)。 	<ul style="list-style-type: none"> Ⅰ 本実証試験において期待される効果が確認されなかった理由として、平野川では降雨等による河床変動が大きく、薬剤散布後に堆積する底泥などの外部的要因によるものと考えられる。

試行実施全体の評価

- Ⅰ 今回の試行実施では今回の試行実施では平野川における底質改善効果が見られたのは非出水期の一部に限られ、年間を通じて薬剤の改善メカニズムから期待される効果は見られなかった。沈降・堆積のない安定した河床の場合には薬剤散布による底泥の改善効果が見られるものの、散布後に新たに底泥の堆積が生じるような場合には薬剤の効果が見れにくくなるものと考えられる。
- Ⅰ 一方で河床変動の少ない条件であれば、特に散布回数を増やすことで薬剤による底質改善が確認された。河床変動の少ない場所で薬剤散布による底質改善を実証するには、薬剤の多量散布による水質への影響(環境基準の達成状況)や水生生物への影響について考慮する必要がある。

参考資料

目次

薬剤の選定に関する参考資料	48
試行実施に関する参考資料	54
参考資料：用語集	68

薬剤の選定に関する参考資料

酸素消費試験

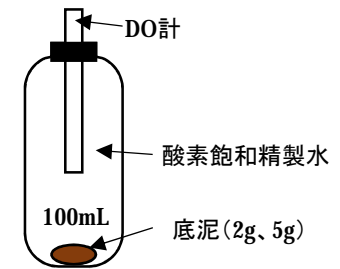
目的：水中の酸素消費量から底泥の状態を確認する
採取区画：実証実験3区画（X実験区、Y実験区、Z実験区）
採取時期：2回（薬剤散布前、2か月後）
採取場所：上層(0-5cm層)
底泥量※：2ケース(2g、5g)

※1gについては散布前の試験でほぼ変化しなかった。

水量：100cc

実験方法：底泥と酸素飽和精製水を密閉し、振とうしながらDO計で酸素濃度を15秒毎に計測

温度：室温（概ね23℃程度）



【分析結果（5g）】

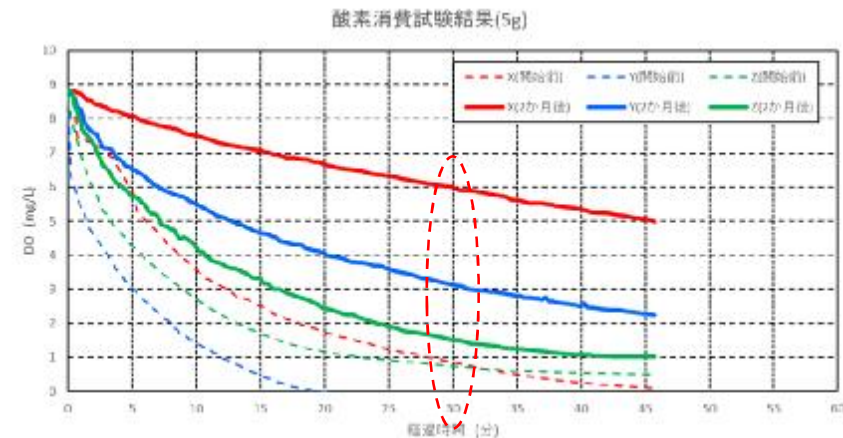
○薬剤散布前

3実験区とも実験開始時の酸素濃度は9 mg/L程度であったが、振とう開始後、30分程度で1mg/L以下にまで低下した。

○2か月後

3実験区とも酸素消費量は、散布前よりも減少し、30分後で全て1mg/L以上あった。

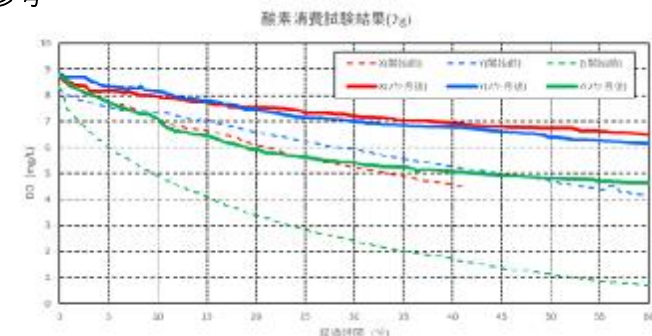
また、X社の実験区は他の実験区に比べ酸素消費量が小さく、30分後の酸素濃度は6mg/Lであった。



【分析結果からの考察】

- ・短時間で酸素が消費されていることから、底泥中に含まれる還元状態の鉄やマンガンが水中の酸素を消費したものと推定される。
- ・2か月後に酸素消費量が減少したことから、底泥の還元状態が変化した可能性が考えられる。

参考



薬剤の選定に関する参考資料

評価式の設定について

評価方法

◆評価指標

評価指標項目	数値の内容
ORP (酸化還元電位)	プラス : 酸化状態 (酸素が十分ある) マイナス : 還元状態 (酸素がなく嫌気状態)
全硫化物*	数値が大きいほど還元状態
TOC (全有機体炭素)	数値が大きいほど有機物が多い

※全硫化物の生成過程について
底泥中の有機物を菌が嫌気分解すると硫化物イオンが生じる。
底泥中の金属イオンと反応して硫化物が生成する。

評価指標ごとの変化率を算出

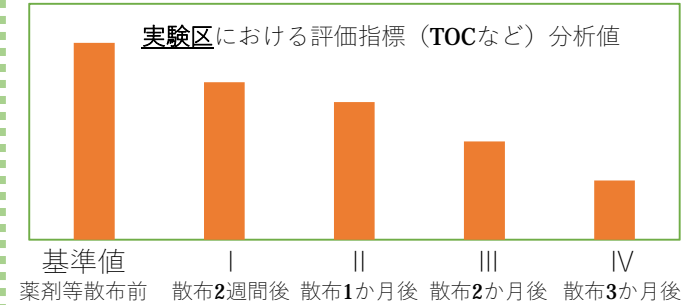
各回 (全4回) の変化率から

評価項目

- ◎平均変化率
- ◎最大変化率
- ◎即効性
- ◎持続性 など

を評価する

削減率



削減率

$$= \frac{\text{各実験区の} (\text{基準値} - \text{散布後の分析値})}{\text{各実験区の} \text{基準値}}$$

季節補正

対照区の評価指標の値を考慮して設定

地点補正

実験区における基準値の差を考慮して設定

$$\text{変化率} = \text{削減率} \times \text{季節補正} \times \text{地点補正}$$

評価式の設定についての基本的な考え方

- 薬剤等による変化状況を検証するため、薬剤等の散布後の測定結果と散布前もしくは対照区の測定結果との比較により評価する。
- 実験区ごとの初期状態の違いにより、効果の発現が異なる可能性があるため地点補正をかける。
- 測定した日が異なる場合には、薬剤等以外の影響が及んでいる可能性があるため、経時補正 (季節補正) をかける。

薬剤の選定に関する参考資料

評価式について

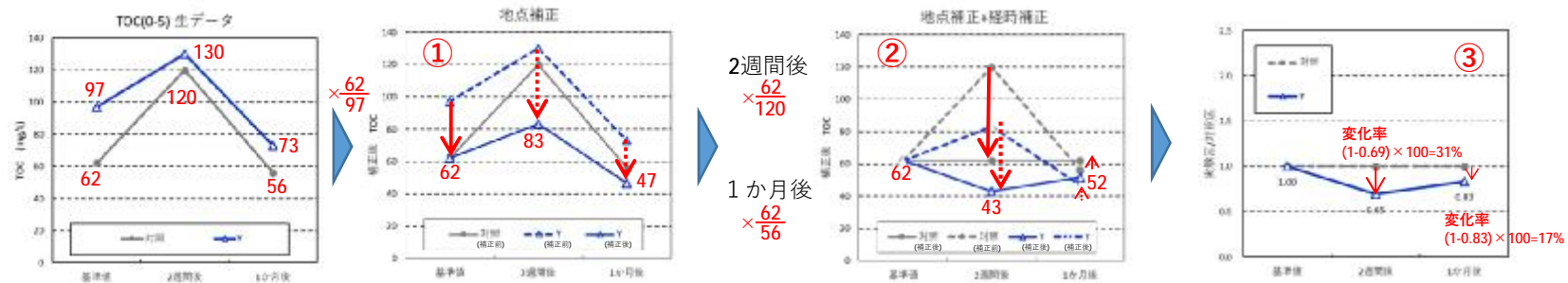
評価対象：TOC、全硫化物

(ORPは変化率になじまないため評価式の対象とはしない)

【凡例】

	散布前	2週間後	1か月後
実験区	基準値	測定値	測定値
対照区	対照基準値	対照測定値	対照測定値

実験区の基準値と測定値の比率から 変化率 を算出	評価式・補正の考え方
$\text{変化率} = \left(\frac{(\text{基準値} \times \text{地点補正值}) - (\text{測定値} \times \text{地点補正值} \times \text{経時補正值})}{(\text{基準値} \times \text{地点補正值})} \right) \times 100$ <p> 地点補正值 = 対照基準値 / 基準値 経時補正值 = 対照基準値 / 対照測定値 </p>	<p>【評価式】</p> <ol style="list-style-type: none"> 『(基準値 - 測定値) / 基準値』を基本とする。 基準値及び測定値に地点補正を加味する。 ②の結果に測定値のみ経時補正を加味する。 <p>【地点補正】</p> <ul style="list-style-type: none"> 実験区の最初の状態が異なるため、対照区の基準値と実験区の基準値の比率により補正する。 <p>【経時補正】</p> <ul style="list-style-type: none"> 底泥の性状は採泥の時期によって異なるため、対照区の結果の違い（対照基準値と対照測定値の違い）が全実験区でも同様に起こっているとみなして補正する。



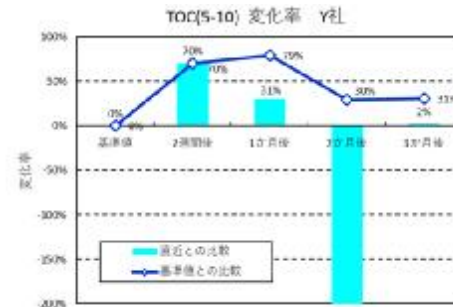
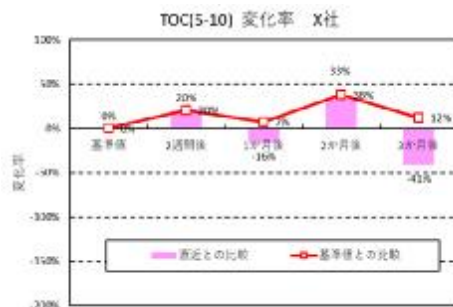
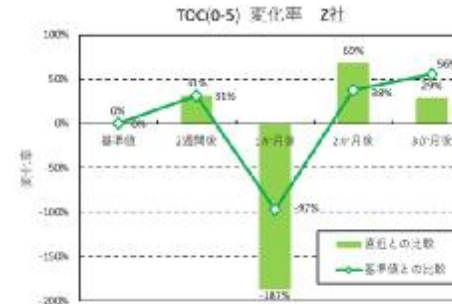
評価式の考え方 模式図

薬剤の選定に関する参考資料

TOCの変化率

上層
(0-5cm)

下層
(5-10cm)



	X社	Y社	Z社
上層	基準値と比較して1期+傾向であった 直近と比較して1期+傾向であった	基準値と比較して全て+傾向であった 直近と比較して2期+傾向であった	基準値と比較して3期+傾向であった 直近と比較して3期+傾向であった
下層	基準値と比較して全て+傾向であった 直近と比較して2期+傾向であった	基準値と比較して全て+傾向であった 直近と比較して2期+傾向であった	基準値と比較して全て+傾向であった 直近と比較して1期+傾向であった
ORP	概ね上昇傾向にあるものの、酸化状態の目安となる+値には至っていない		1か月後まで上昇し、以降減少傾向である

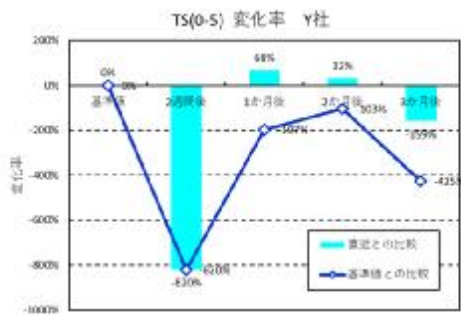
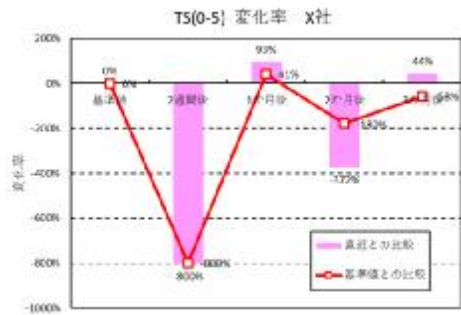
注1) +傾向：基準値と比べてTOCの値が下がっている場合をプラスとしている。

注2) 1～4期：薬剤散布後のTOCの値がプラス傾向となっている回数

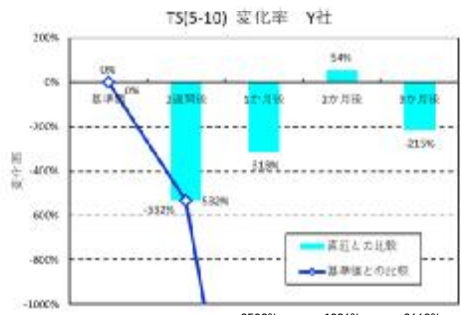
薬剤の選定に関する参考資料

全硫化物の変化率

上層
(0-5cm)



下層
(5-10cm)



	X社	Y社	Z社
上層	基準値と比較して1期+傾向であった直近と比較して2期+傾向であった	基準値と比較して全て-傾向であった直近と比較して2期+傾向であった	基準値と比較して1期+傾向であった直近と比較して3期+傾向であった
下層	基準値と比較して3期+傾向であった 直近と比較して1期+傾向であった	基準値と比較して全て-傾向であった直近と比較して1期+傾向であった	基準値と比較して概ね-傾向であった直近と比較して1期+傾向であった
ORP	概ね上昇傾向にあるものの、還元状態の目安となる+値には至っていない		1か月後まで上昇し、以降減少傾向である

注1) +傾向：基準値と比べて全硫化物の値が下がっている場合をプラスとしている。

-傾向：基準値と比べて全硫化物の値が上がっている場合をマイナスとしている。

注2) 1～4期：薬剤散布後の全硫化物の値がプラス（マイナス）傾向となっている回数

典型的な硫酸還元菌の出現割合

(数値は全リードに対する割合)

		対照区	X社実験区	Y社実験区	Z社実験区
デルタプロテオバクテリア網	不明	0.07 %	0.04 %	0.01 %	0.15 %
	不明	0.02 %	0.06 %	0.12 %	0.23 %
	BPC076	0.02 %	0.00 %	0.00 %	0.09 %
	Bdellovibrionales	0.01 %	0.14 %	0.04 %	0.01 %
	Desulfarculales ^{※1}	0.07 %	0.03 %	0.00 %	0.03 %
	Desulfobacterales ^{※1}	0.36 %	0.48 %	0.38 %	0.35 %
	Desulfovibrionales ^{※1}	0.00 %	0.03 %	0.00 %	0.02 %
	Desulfuromonadales ^{※1}	0.89 %	0.66 %	0.63 %	1.13 %
	GW-28	0.34 %	0.26 %	0.39 %	0.31 %
	Myxococcales	1.04 %	0.99 %	0.93 %	0.98 %
	Spirobacillales	0.03 %	0.07 %	0.00 %	0.00 %
	Syntrophobacterales	5.65 %	4.75 %	4.63 %	5.99 %
	[Entotheonellales]	0.00 %	0.01 %	0.00 %	0.00 %
	計	8.52 %	7.53 %	7.11 %	9.29 %

※デルタプロテオバクテリア網に含まれる典型的な(異化的亜硫酸還元酵素を持つ)硫酸還元菌

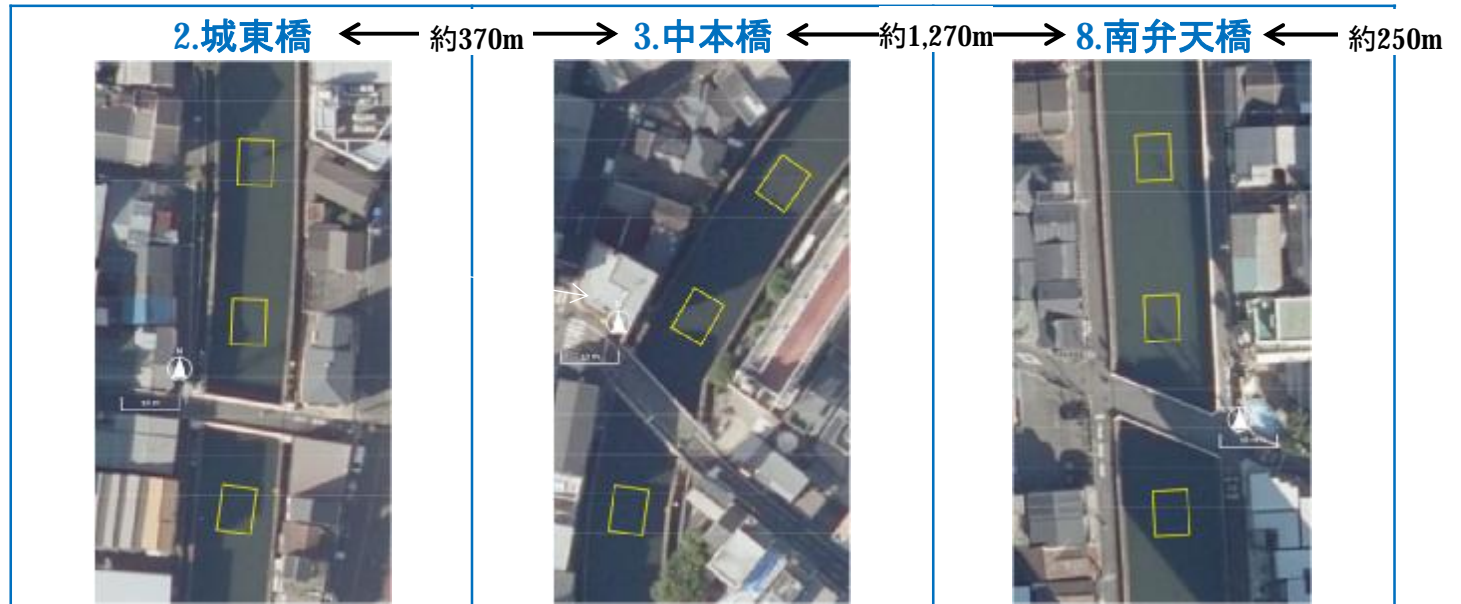
試行実施に関する参考資料

試行実施場所の選定

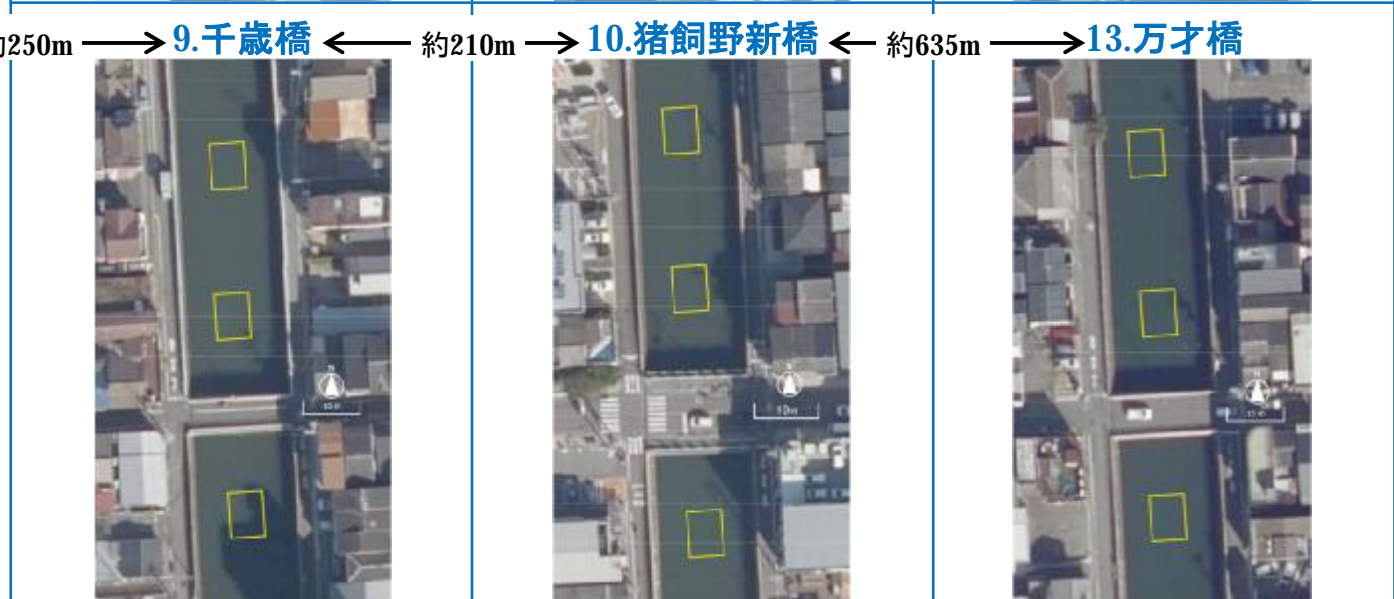


注) P: ポンプ場・抽水場を示す
出典: 国土地理院

実験区
の位置



実験区
の位置



試行実施に関する参考資料

試行実施場所の選定

下流

上流



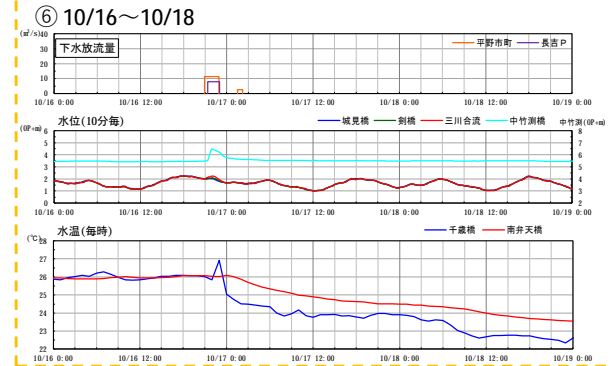
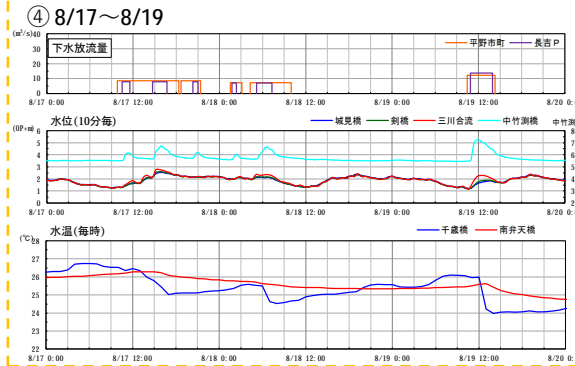
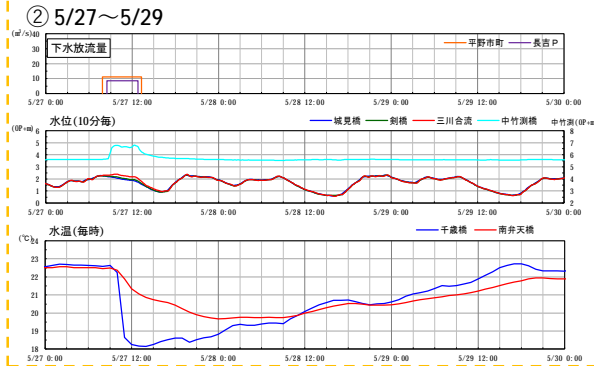
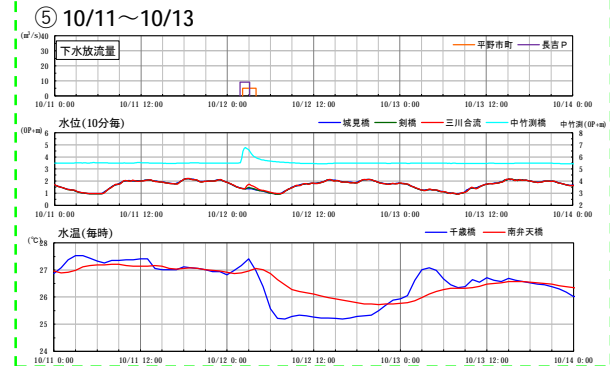
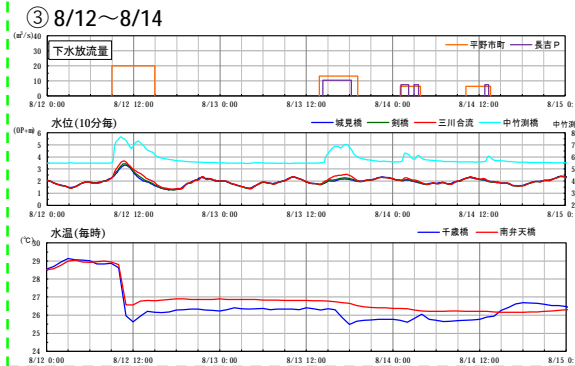
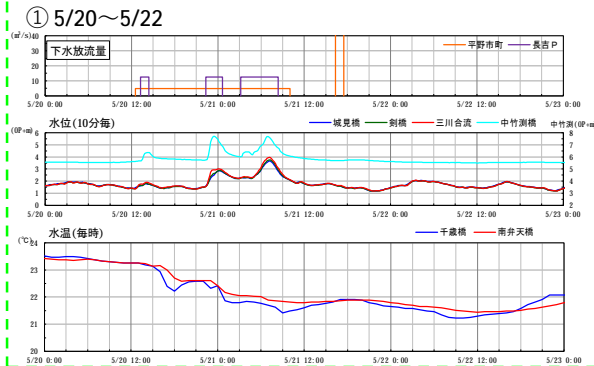
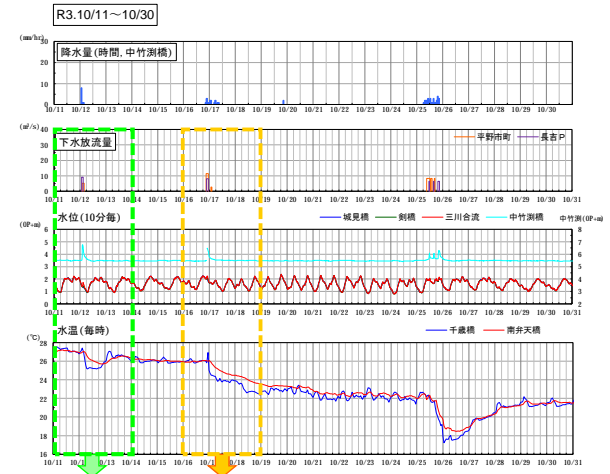
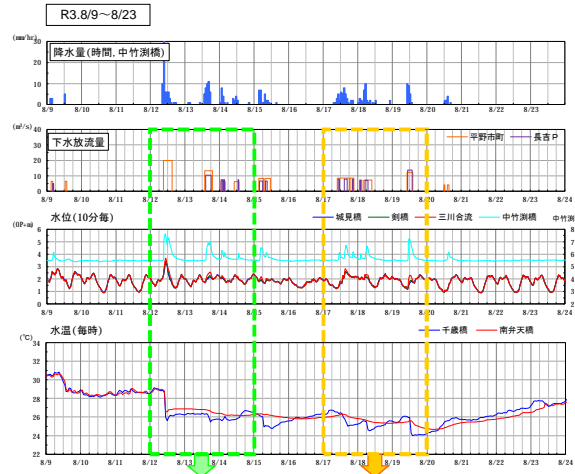
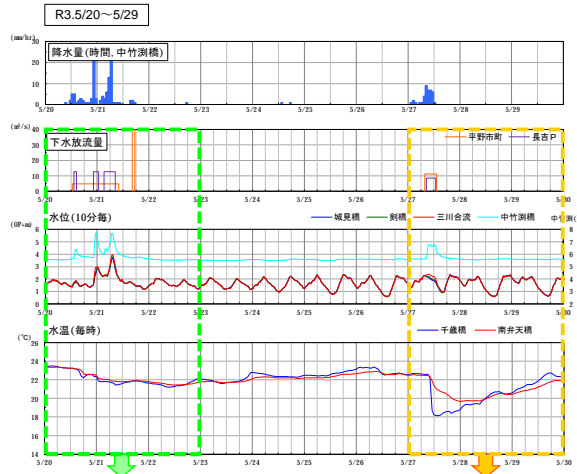
項目 \ 橋	2.城東橋 (0.9k)			3.中本橋 (1.4k)			8.南弁天橋 (2.6k)			9.千歳橋 (2.9k)			10.猪飼野新橋 (3.1k)			13.万才橋 (3.7k)		
	左岸	流心	右岸	左岸	流心	右岸	左岸	流心	右岸	左岸	流心	右岸	左岸	流心	右岸	左岸	流心	右岸
強熱減量(%)	12.2			21.6			15.7			22.1			11.5			17.7		
へドロ厚(cm)	41	75	40	×	×	77	59	9	25	66	14	49	5	39	26	62	40	46
スカム発生	2回			2回			1回			1回			1回			2回		
臭気	中油臭			中油臭			中油臭			中油臭			中油臭			中油臭		
性状	シルト			砂混りシルト			シルト			シルト			シルト			シルト		
夾雑物	なし			なし			なし			なし			微量			微量		
橋脚	なし			なし			なし			なし			なし			なし		
下水放流口	あり			あり			なし			なし			なし			なし		
固定カメラの有無	なし			あり			なし			あり			あり			あり		
その他	砕石多い			河川屈曲部 左岸、流心は 河床全面に砕 石あり			—			—			実証実験実施場所					
													Z社			X社・Y社		
候補の選定	△			△			○			○			○			○		

赤字は、試行実施場所としてなじまない条件

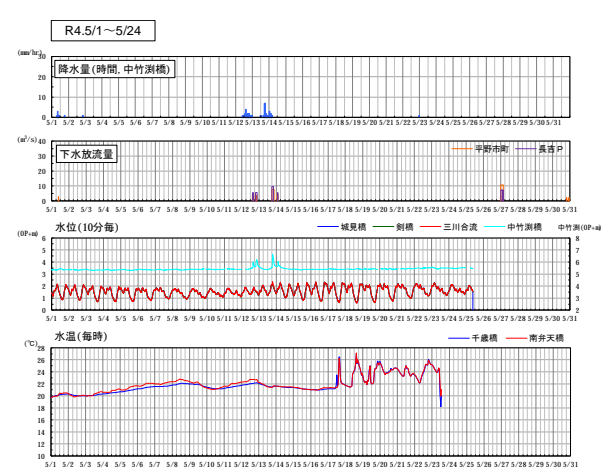
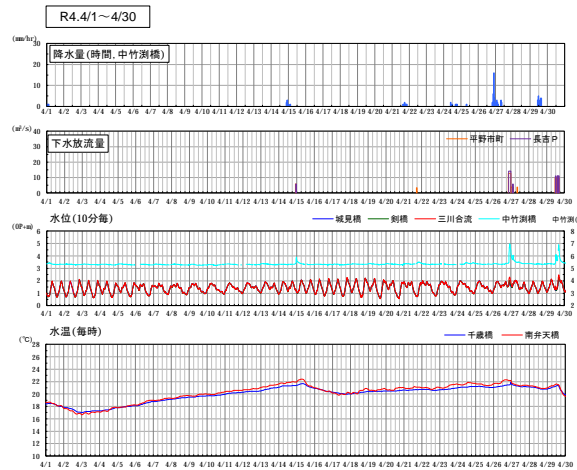
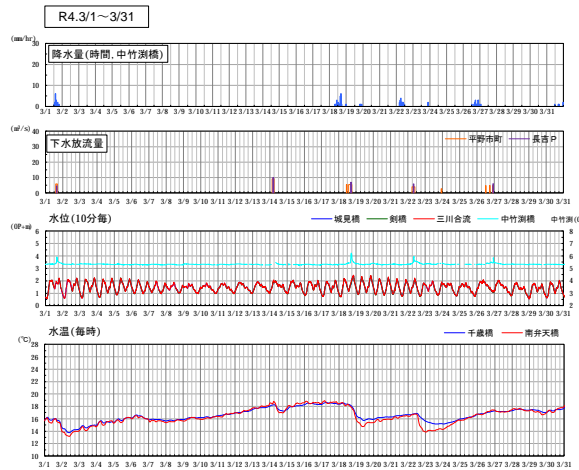
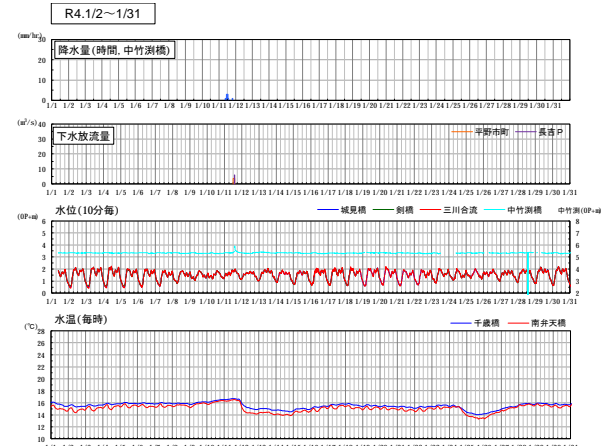
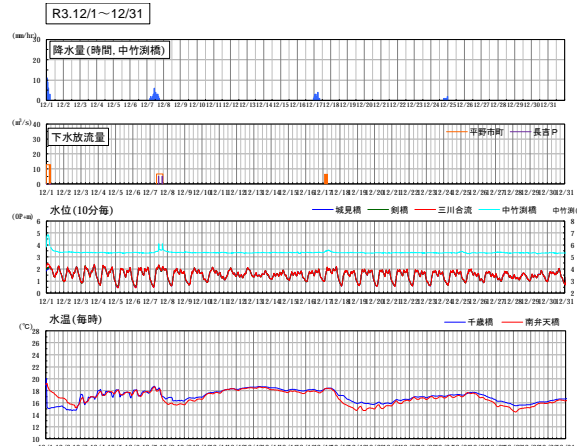
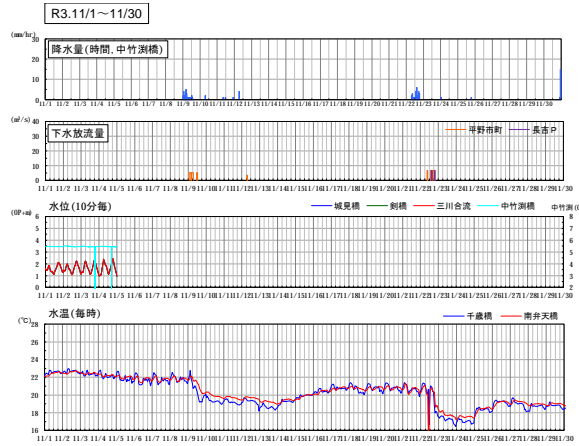
注) P: ポンプ場・抽水場を示す
出典: 国土地理院

試行実施に関する参考資料

下水放流の状況

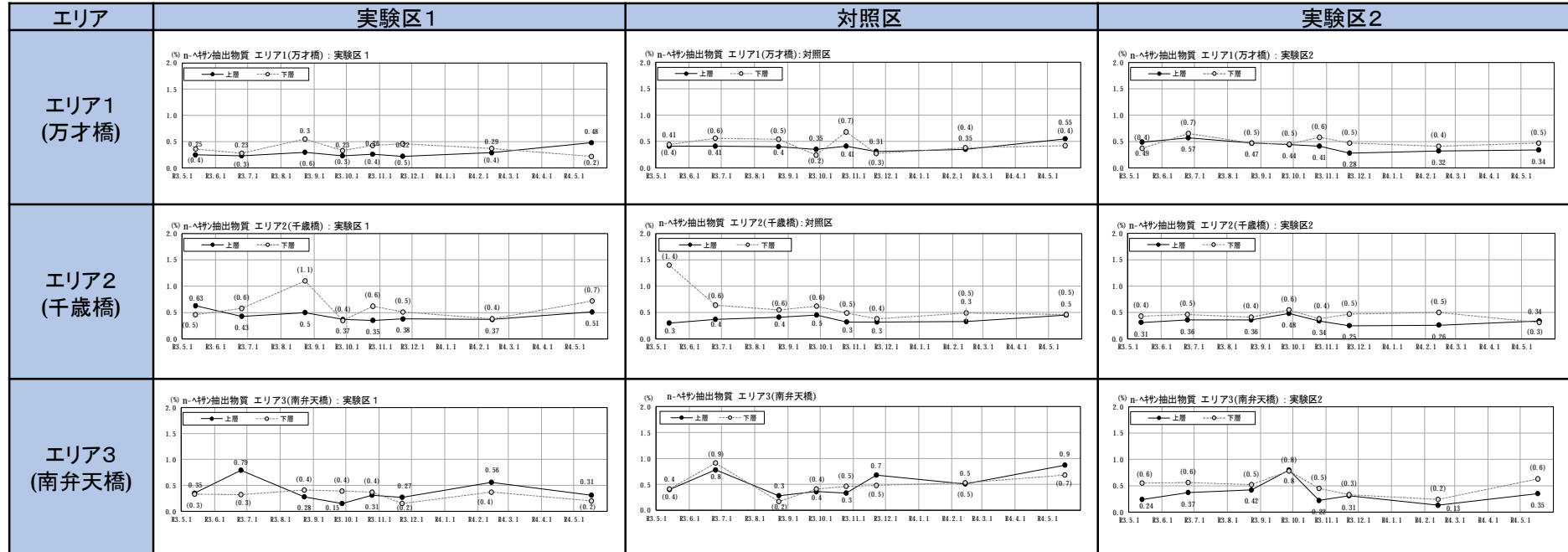


下水放流の状況



試行実施に関する参考資料

n-ヘキサン抽出物質

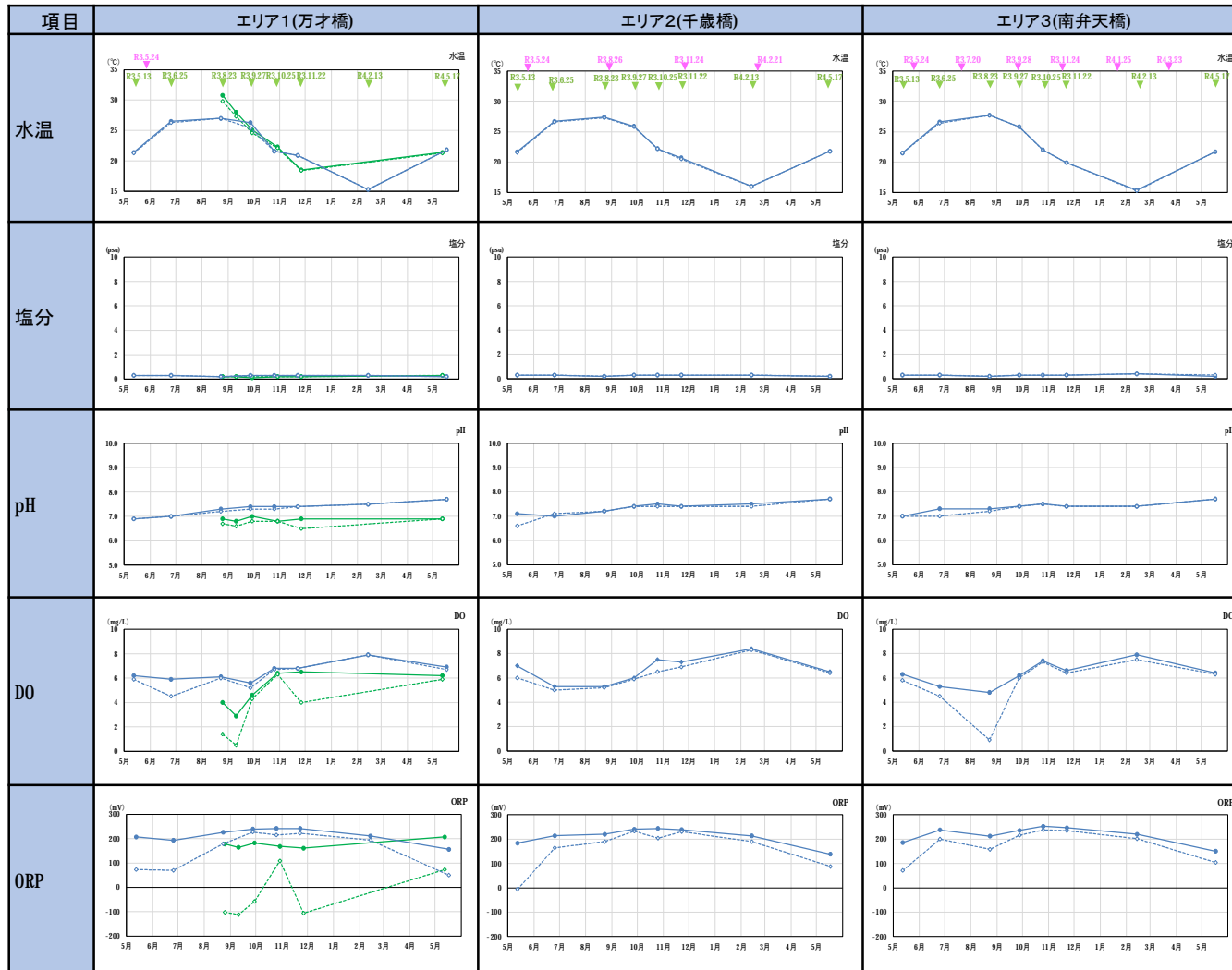


			エリア1(万才橋)	エリア2(千歳橋)	エリア3(南弁天橋)
対照区	上層	平均値	0.40	0.37	0.53
		最大	0.55	0.45	0.87
		最小	0.31	0.30	0.28
対照区	下層	平均値	0.44	0.63	0.51
		最大	0.68	1.40	0.91
		最小	0.24	0.38	0.17
実験区1	上層	平均値	0.28	0.44	0.38
		最大	0.48	0.63	0.79
		最小	0.22	0.35	0.15
実験区1	下層	平均値	0.38	0.59	0.32
		最大	0.55	1.10	0.41
		最小	0.22	0.35	0.15
実験区2	上層	平均値	0.42	0.34	0.36
		最大	0.57	0.48	0.80
		最小	0.28	0.25	0.13
実験区2	下層	平均値	0.48	0.44	0.51
		最大	0.65	0.55	0.78
		最小	0.37	0.31	0.24

試行実施に関する参考資料

試行実施結果：実施水質の状況

底質を採取した各地点の表層と底層の水質を計測した。



【水温】
 ・最高が8月で約28℃、最低が2月に約15℃である。
 ・各地点間に差は見られない。

【塩分】
 ・0.2～0.3psuと一定であり、海水の影響は見られない。

【pH】
 ・7前後で一定であるが、やや上昇傾向であった。
 ・各地点間に差は見られない。

【DO】
 ・令和2年9月を除き、表層は6～8mg/Lで概ね一定であり、各地点間に差は見られない。
 ・底泥直上は、万才橋、南弁天橋において8月～9月に1mg/L程度まで低下している。

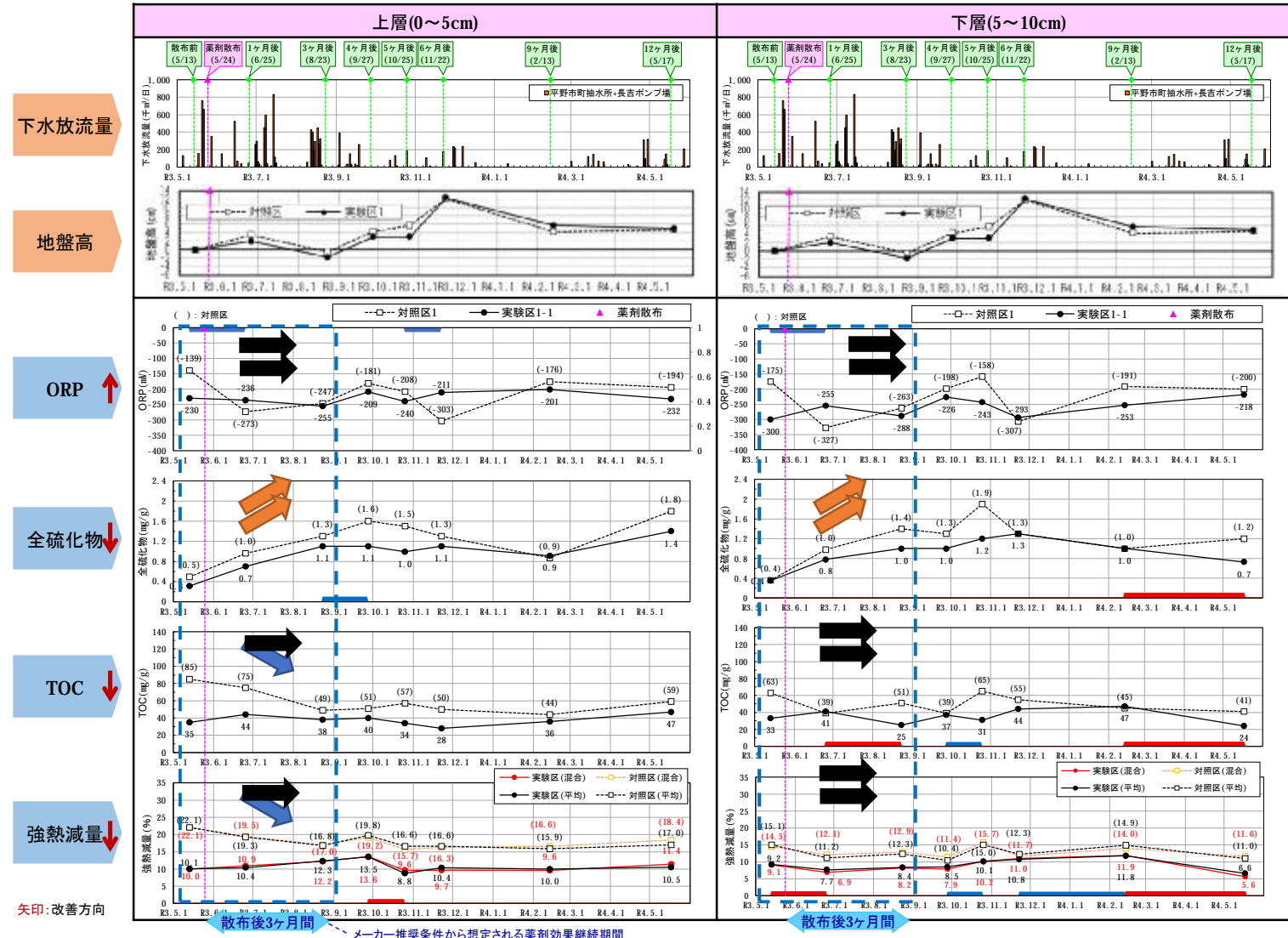
【ORP】
 ・表層は150～250mVで変動し、概ね一定である。
 ・底泥直上は表層よりも低く、万才橋の令和2年の8,9,11月と千歳橋の令和3年5月はマイナス値になっている。

▼ 薬剤散布時期 ● R3 表層(水面から0.5m) ◆ R2(万才橋) 表層(水面から0.5m) ◇ R3 底泥直上(底泥から0.2m) ◇ R2(万才橋) 底泥直上(底泥から0.2m)
 注) R2は万才橋でのみ測定

試行実施に関する参考資料

試行実施結果・底質 エリア1 (万才橋) 実験区 1-1(1/2)

・万才橋・実験区1では全項目において年間を通じた傾向に対照区と比較して改善・緩和傾向は見られず、年間を通じた薬剤散布効果は確認できなかった。
 ・下層では薬剤散布後9か月後に全硫化物、TOC、強熱減量で改善傾向が見られたが、メーカーの薬剤効果継続期間(3か月)よりかなり遅れたものであった。



【散布回数・散布量】

エリア	散布回数(年間)	散布量			
		実験区1		実験区2	
		総量(kg)	単位数(kg/m ²)	総量(kg)	単位数(kg/m ²)
エリア1 万才橋	1回	43.2	0.9	86.4	1.8
エリア2 千歳橋	4回	115.2	0.6	172.8	0.9
エリア3 南井天橋	6回	172.8	0.6	259.2	0.9

千歳橋・実験区2-2がメーカー推奨条件(基準)
 □ 基準より少ない □ 基準と同じ □ 基準より多い

【万才橋・実験区1-1】

・単位散布量は基準どおり
 ・散布回数が少なく、総散布量が少ない

➡ 年間通して横ばい
➡ 年間通して増加傾向
➡ 年間通して減少傾向
 上段は実験区
 下段は対照区

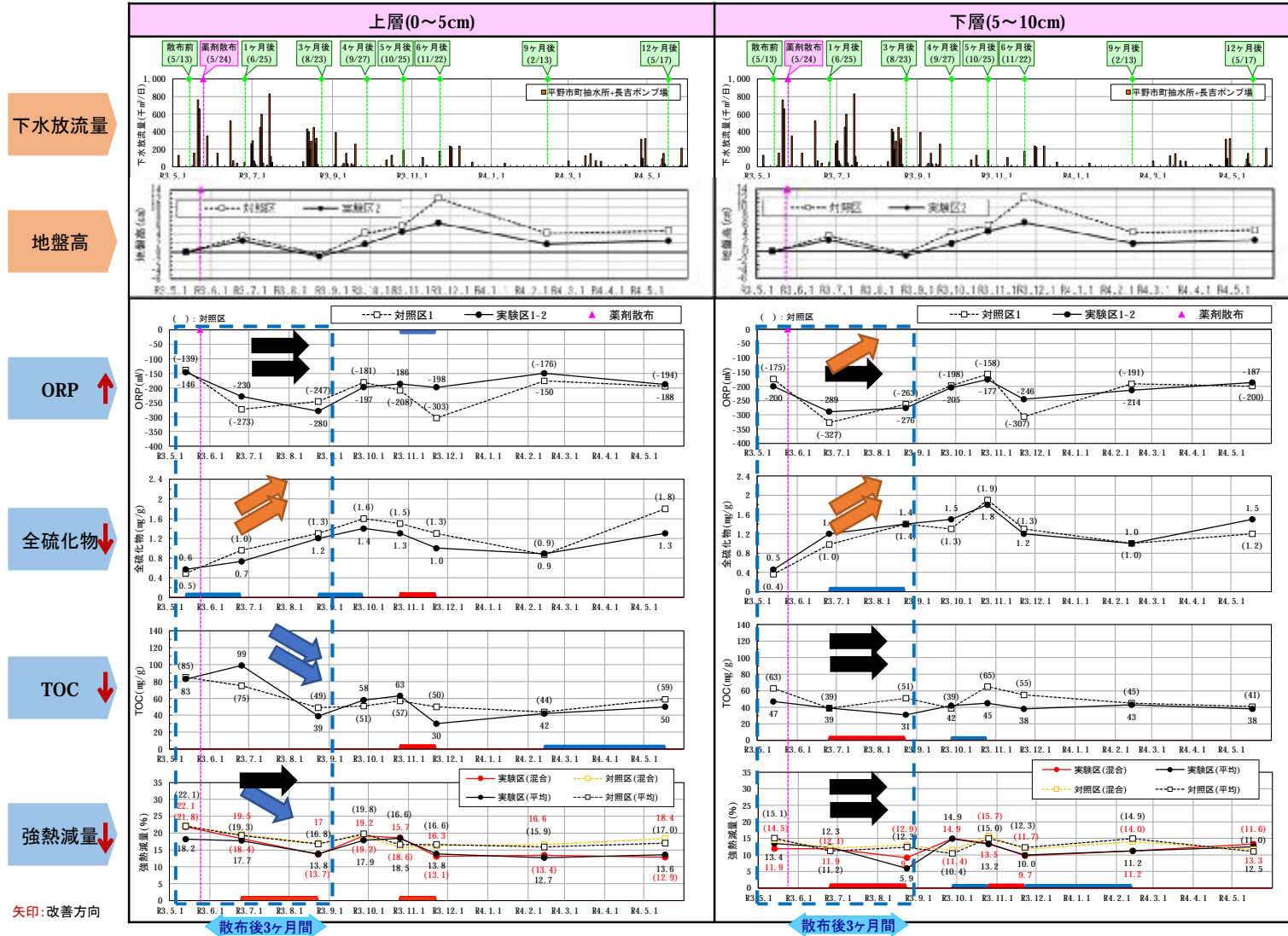
※最小二乗法により、1年間で平均的に20%以上の変化があった場合に変化ありとした。

▬ 改善傾向が見られた範囲
▬ 緩和傾向が見られた範囲

試行実施に関する参考資料

試行実施結果・底質 エリア1 (万才橋) 実験区 1-2(2/2)

・万才橋・実験区2では全項目において年間を通じた傾向には対照区と比較して改善・緩和は見られず、薬剤散布効果は確認できなかった。
 ・全硫化物、TOC、強熱減量の一部期間に改善傾向が見られたが、薬剤散布後3か月経過後も改善・緩和が断続的に続いており、薬剤散布による効果かは不明瞭。



【散布回数・散布量】

エリア	散布回数(年間)	散布量			
		実験区1		実験区2	
		総量(kg)	単位数(kg/m ²)	総量(kg)	単位数(kg/m ²)
エリア1 万才橋	1回	43.2	0.9	86.4	1.8
エリア2 千歳橋	4回	115.2	0.6	172.8	0.9
エリア3 南丹天橋	6回	172.8	0.6	259.2	0.9

千歳橋・実験区2-2がメーカー推奨条件(基準)
 □ 基準より少ない □ 基準と同じ □ 基準より多い

【万歳橋・実験区1-2】

・単位数散布量は基準より多い
 ・散布回数が少なく、総散布量が少ない

➡ 年間通して横ばい
➡ 年間通して増加傾向
➡ 年間通して減少傾向
 上段は実験区
 下段は対照区

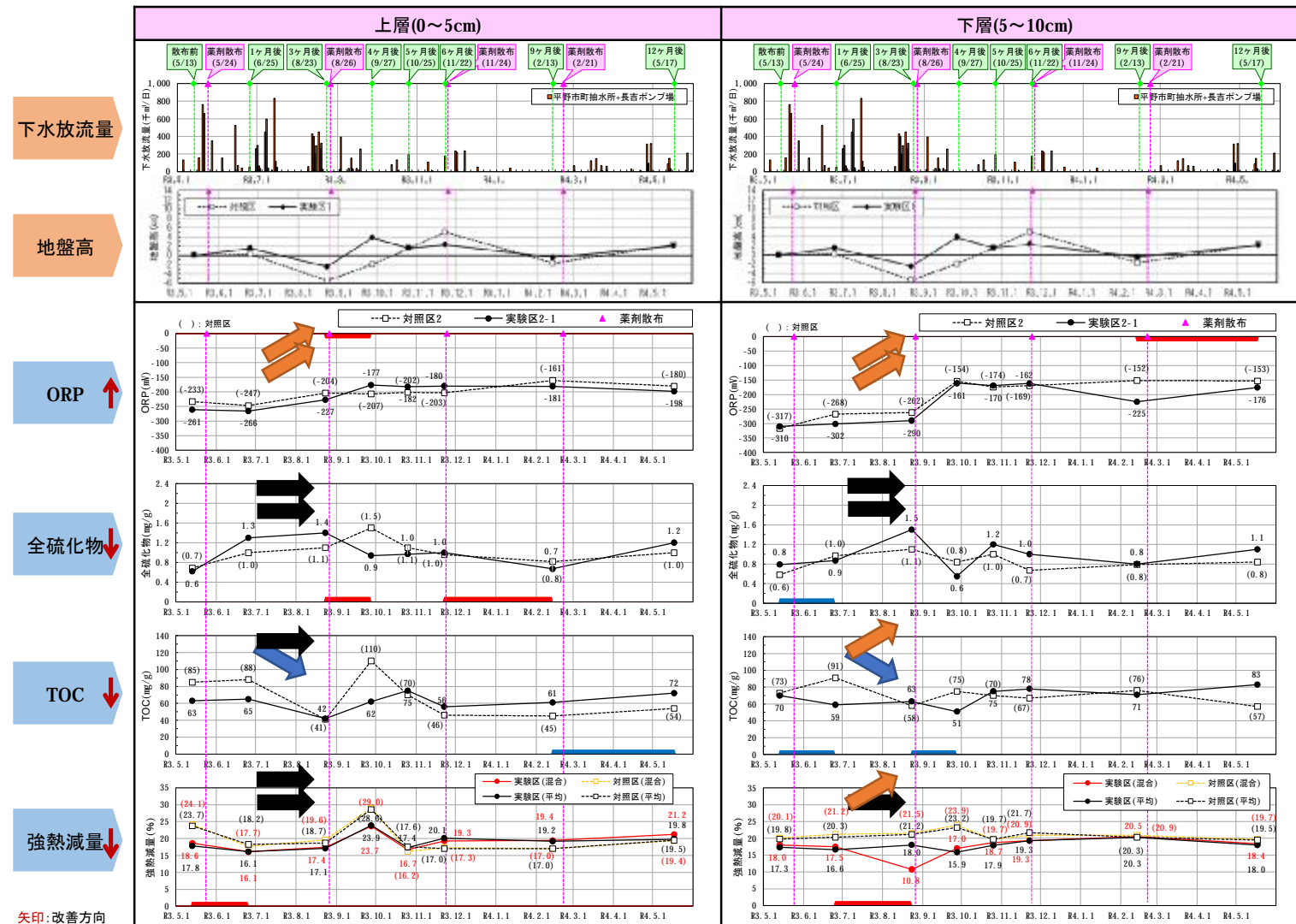
※最小二乗法により、1年間で平均的に20%以上の変化があった場合に変化ありとした。

▬ 改善傾向が見られた範囲
▬ 緩和傾向が見られた範囲

試行実施に関する参考資料

試行実施結果・底質 エリア2(千歳橋) 実験区 2-1(1/2)

・千歳橋・実験区1では、全項目において年間を通じた傾向には対照区と比較して改善・緩和は見られず、薬剤散布効果は確認できなかった。
 ・全硫化物、強熱減量の一部期間で改善・緩和傾向が見られた。ORPでも改善効果が見られる期間があるものの、全体的に対照区と同じ動きであり、観測のばらつきである可能性もある。



【散布回数・散布量】

エリア	散布回数(年間)	散布量			
		実験区1		実験区2	
		総量(kg)	単位量(kg/m ²)	総量(kg)	単位量(kg/m ²)
エリア1 万才橋	1回	43.2	0.9	86.4	1.8
エリア2 千歳橋	4回	115.2	0.6	172.8	0.9
エリア3 南弁天橋	6回	172.8	0.6	259.2	0.9

千歳橋・実験区2-2がメーカー推奨条件(基準)
 □ 基準より少ない □ 基準と同じ □ 基準より多い

【千歳橋・実験区2-1】
 ・単位散布量は基準より少ない
 ・散布回数は基準どおり、総散布量が少ない

年間通して横ばい
 年間通して増加傾向
 年間通して減少傾向
 上段は実験区
 下段は対照区

※最小二乗法により、1年間で平均的に20%以上の変化があった場合に変化ありとした。

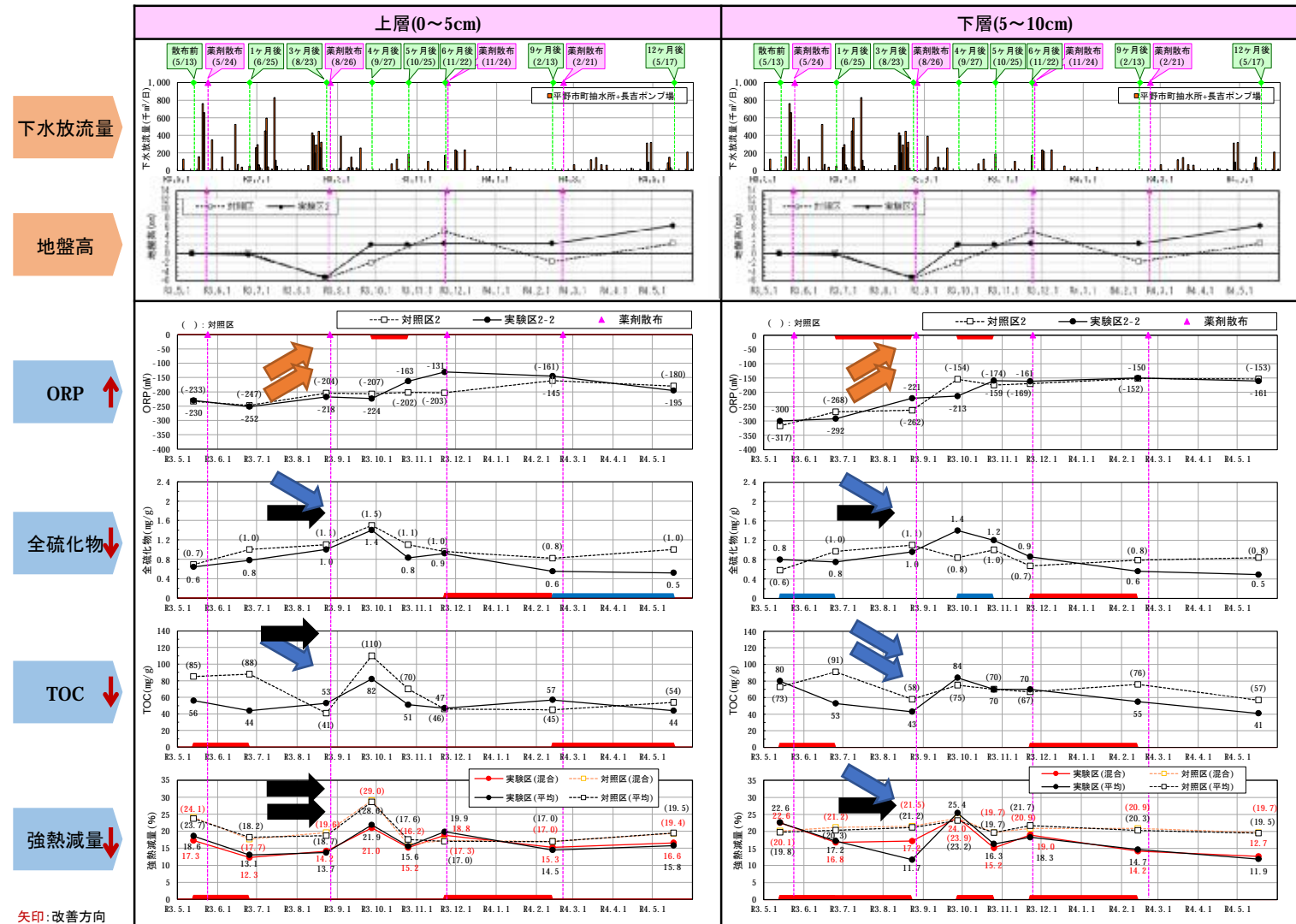
改善傾向が見られた範囲
 緩和傾向が見られた範囲

矢印:改善方向

試行実施に関する参考資料

試行実施結果・底質 エリア2 (千歳橋) 実験区 2-2(2/2)

- 千歳橋・実験区2では、全硫化物と強熱減量で年間を通じて対照区に比べ減少傾向が見られ、薬剤散布による底質改善効果が示唆された。
- 非出水期を中心に全硫化物、TOC、強熱減量の一部期間に改善傾向が見られた。特に下層ではR3.11-R4.5月の期間で3項目で改善傾向が見られた。



【散布回数・散布量】

エリア	散布回数 (年間)	散布量			
		実験区1		実験区2	
		総量 (kg)	単位数 (kg/m ²)	総量 (kg)	単位数 (kg/m ²)
エリア1 万才橋	1回	43.2	0.9	86.4	1.8
エリア2 千歳橋	4回	115.2	0.6	172.8	0.9
エリア3 南弁天橋	6回	172.8	0.6	259.2	0.9

千歳橋・実験区2-2がメーカー推奨条件(基準)
 □ 基準より少ない □ 基準と同じ □ 基準より多い

【千歳橋・実験区2-2】

- ・単位散布量は基準どおり
- ・散布回数、総散布量とも基準どおり
- ⇒メーカー推奨条件

- ➡ 年間通して横ばい
- ➡ 年間通して増加傾向
- ➡ 年間通して減少傾向
- 上段は実験区
- 下段は対照区

※最小二乗法により、1年間で平均的に20%以上の変化があった場合に変化ありとした。

- ➡ 改善傾向が見られた範囲
- ➡ 緩和傾向が見られた範囲

矢印:改善方向

試行実施に関する参考資料

試行実施結果・底質 エリア3 (南弁天橋) 実験区 3-1(1/2)

・南弁天橋・実験区1では、対照区の全硫化物で年間を通じて増加傾向が見られたのに対し、実験区は横ばい傾向で、薬剤散布による底質改善効果が示唆された。
 ・全硫化物、TOC、強熱減量共に、上層ではR3.11-R4.2月、下層ではR3.10-11月と堆積が少ない期間で連動して改善傾向が見られた。

下水放流量

地盤高

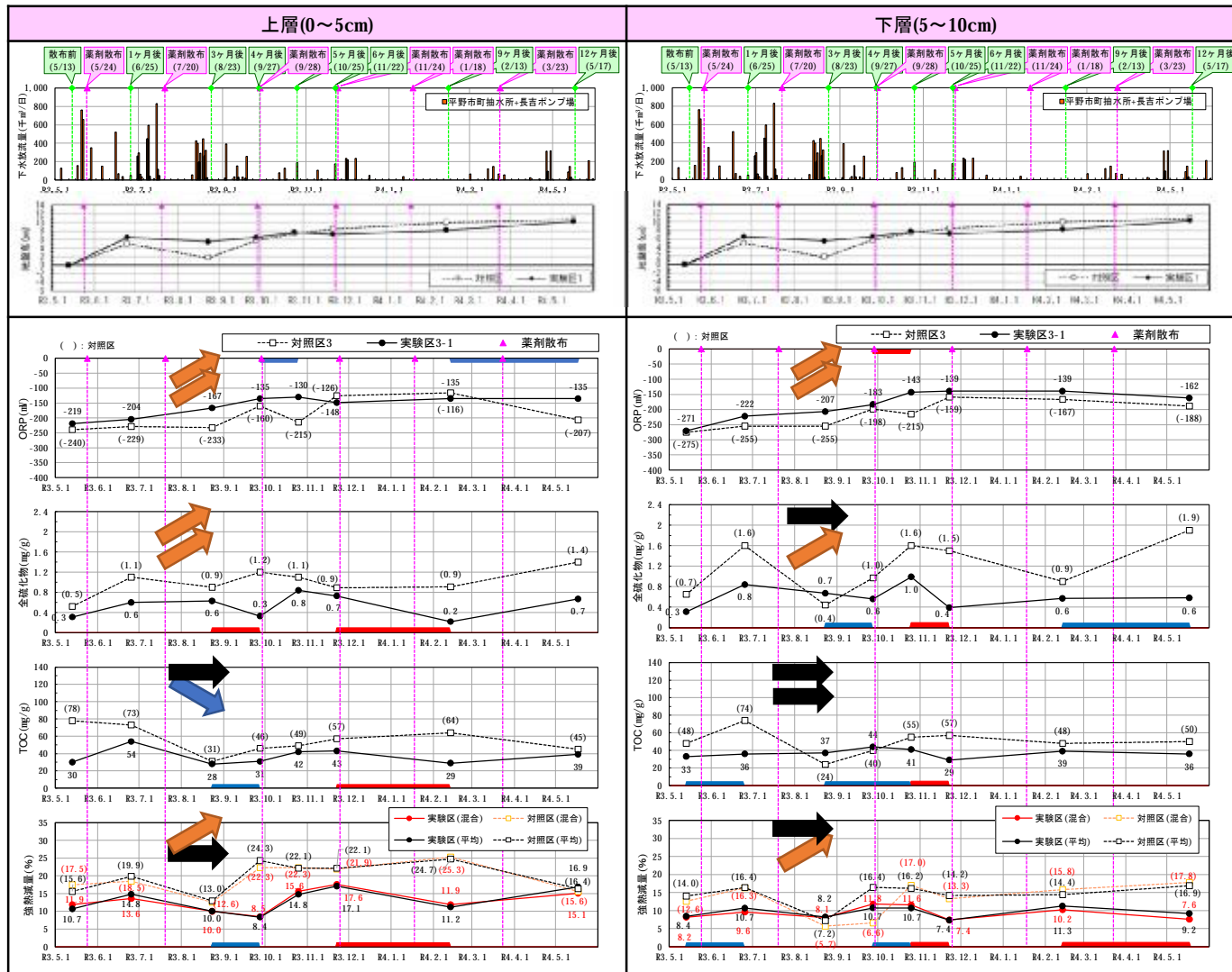
ORP ↑

全硫化物 ↓

TOC ↓

強熱減量 ↓

矢印:改善方向



【散布回数・散布量】

エリア	散布回数(年間)	散布量			
		実験区1		実験区2	
		総量(kg)	単位数(kg/m ²)	総量(kg)	単位数(kg/m ²)
エリア1 万才橋	1回	43.2	0.9	86.4	1.8
エリア2 千歳橋	4回	115.2	0.6	172.8	0.9
エリア3 南弁天橋	6回	172.8	0.6	259.2	0.9

千歳橋・実験区2-2がメーカー推奨条件(基準)
 □ 基準より少ない □ 基準と同じ □ 基準より多い

【南弁天橋・実験区3-1】

- ・単位散布量は基準より少ない
- ・散布回数が多く、総散布量が多い

- ➡ 年間通して横ばい
- ➡ 年間通して増加傾向
- ➡ 年間通して減少傾向
- 上段は実験区
- 下段は対照区

※最小二乗法により、1年間で平均的に20%以上の変化があった場合に変化ありとした。

- 改善傾向が見られた範囲
- 緩和傾向が見られた範囲

試行実施に関する参考資料

試行実施結果・底質 エリア3 (南弁天橋) 実験区 3-2(2/2)

・南弁天橋・実験区2では、上層の全硫化物、下層のTOC、強熱減量で年間を通じた改善傾向が見られ、薬剤散布による底質改善効果が示唆された。
 ・全硫化物、TOC、強熱減量で上層・下層ともR3.9-R4.2月に2または3項目で連動した改善傾向が見られた。

下水放流量

地盤高

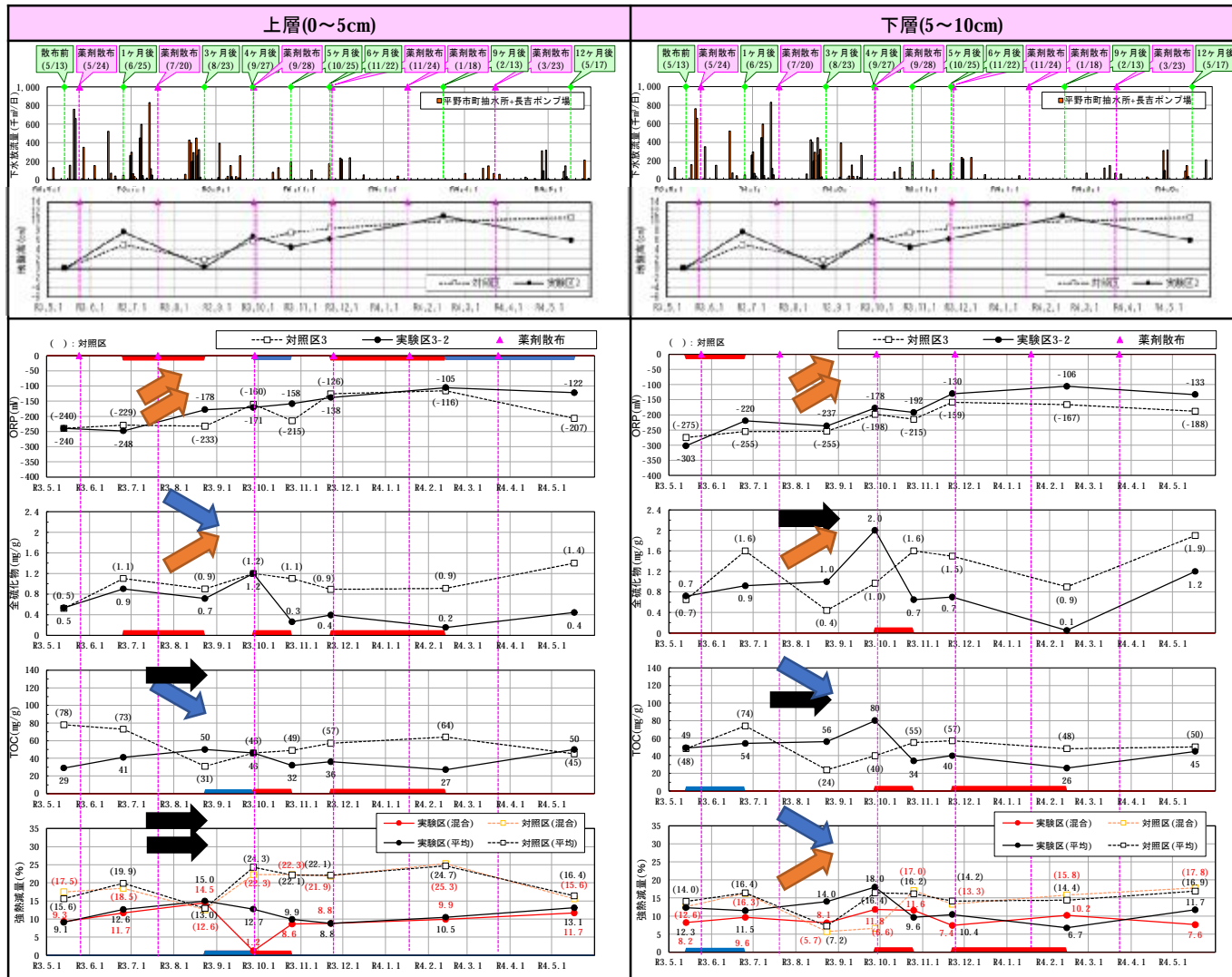
ORP ↑

全硫化物 ↓

TOC ↓

強熱減量 ↓

矢印:改善方向



【散布回数・散布量】

エリア	散布回数 (年間)	実験区1		実験区2	
		総量 (kg)	単位数 (kg/m ²)	総量 (kg)	単位数 (kg/m ²)
エリア1 万才橋	1回	43.2	0.9	86.4	1.8
エリア2 千歳橋	4回	115.2	0.6	172.8	0.9
エリア3 南弁天橋	6回	172.8	0.6	259.2	0.9

千歳橋・実験区2-2がメーカー推奨条件(基準)
 □ 基準より少ない □ 基準と同じ □ 基準より多い

【南弁天橋・実験区3-2】

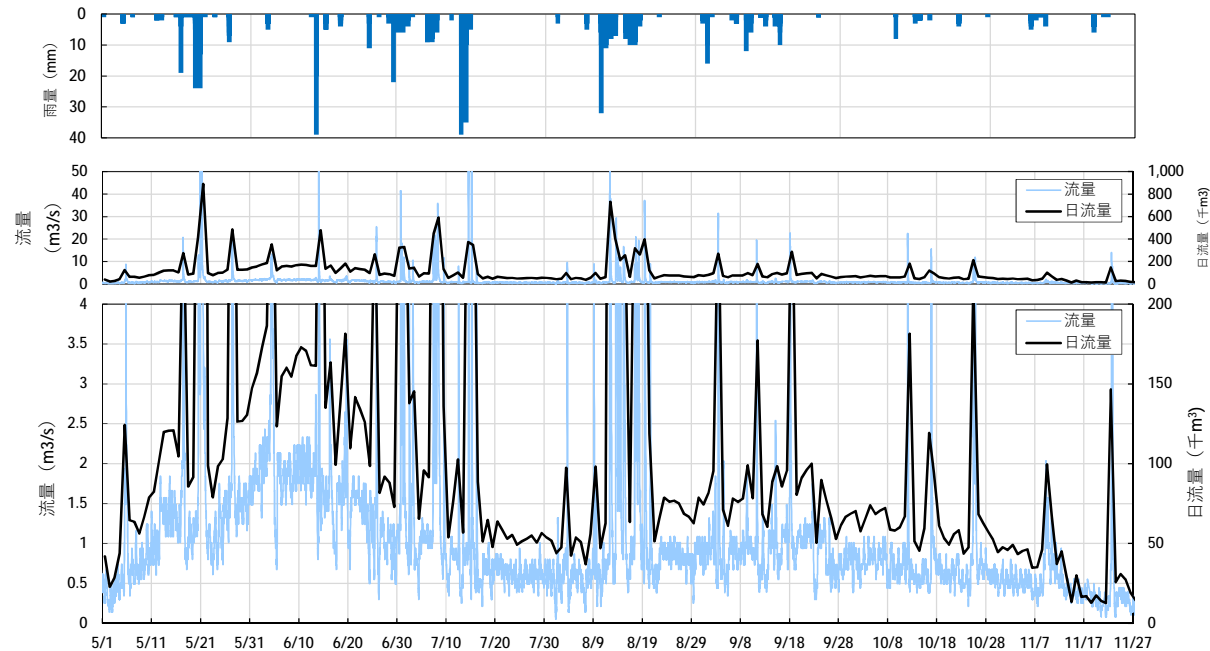
・単位数散布量は基準どおり
 ・散布回数が多く、総散布量が多い

年間通して横ばい
 年間通して増加傾向
 年間通して減少傾向
 上段は実験区
 下段は対照区

※最小二乗法により、1年間で平均的に20%以上の変化があった場合に変化ありとした。

改善傾向が見られた範囲
 緩和傾向が見られた範囲

- ・ 中竹渚橋（9.2k）の水位観測データ（10分値）をもとに、等流計算により流量を算出し、さらに日ごとに流量を合計し日流量を整理した。
- ・ 雨量の多い5月～6月には1～2m³/s、雨量の少ない7月～10月には0.5～1m³/sが基底流量と考えられる。



- ・ 粗度係数：n=0.02
- ・ 河床勾配：I=1/1,000

中竹渚地点(9.2k)における推定基底流量（平野下水処理場からの放流前）

試行実施に関する参考資料

ペグ設置箇所 時系列変化 (各地区のペグNo.1)

		散布前 (2021.5.13)	1か月後 (2021.6.25)	3か月後 (2021.8.23)	4か月後 (2021.9.27)	5か月後 (2021.10.25)	6か月後 (2021.11.22)	12か月後 (2022.5.17)
万才橋	実験区1							
	実験区2							
	対照区							
千歳橋	実験区1							
	実験区2							
	対照区							
南弁天橋	実験区1							
	実験区2							
	対照区							

用語集

分析項目に関する用語
<p>BOD（生物化学的酸素要求量）※1 水中の微生物が汚濁物等を酸化分解する際に必要とする酸素量で、有機物による水質汚濁の指標として使われる。</p>
<p>COD（化学的酸素要求量）※1 試料に酸化剤を加えて一定の条件下（100°C、30分間）で反応させ、そのとき消費した酸化剤の量を酸素の量に換算したものの。有機物による水質汚濁の指標として使われる。</p>
<p>pH（水素イオン濃度）※1 酸性やアルカリ性の程度を示す指標。水溶液中の水素イオン濃度 $[H^+]$ の逆数の常用対数をpHとして示すもので、pH7は中性、7より大きい数値はアルカリ性、小さい数値は酸性を示す。</p>
<p>DO（溶存酸素量）※1 溶存酸素量水中にとけ込んでいる酸素の量。自浄作用や魚類等の水棲生物には不可欠なもので、数値が小さいほど水質汚濁が進んでいることを示す。水中における酸素の飽和量は気圧、水温、塩分等に影響され、水がきれいであるほどその温度における飽和量に近い量が含まれる（水温15度では約9mg/Lで飽和状態）。逆に富栄養化した水域や人為的汚染の進んだ水域では、大量の有機物に分解が追いつかず、DOが低くなる現象がみられる。</p>
<p>ORP（酸化還元電位）※2 酸化還元電位は、試料中の酸化性物質と還元性物質との平衡によって生ずる電位の基準となる電位の差をいう。プラスは酸化の状態、マイナスは還元の状態を示す。</p>
<p>TOC（全有機炭素）※3 水中に含まれる有機物量の指標。BODやCODと比べて水中の共存物質の影響を受けにくい。TOCは排水処理の管理や新たな基準値として注目されている。</p>
<p>全硫化物※2 硫化物は、有機性浮遊物等が底泥上に沈降し、その分解によって酸素が消費されて還元状態になると、硫酸塩還元細菌の増殖によって硫化水素（H_2S）が発生し、これによって底質中に金属等とともに生成される。このため底質が悪変し、底生生物の生息に対して影響をあたえる。さらに状態が悪くなると、底質から上層の水に対して二次的な汚染がおこる場合もある。遊離硫化物と結合硫化物との和を全硫化物としている。</p>
<p>強熱減量※2 強熱減量は、乾燥させた試料を高温で熱したときに消失する量の割合をいう（試料中の有機物が加熱分解され、二酸化炭素などとして大気中に放出されて重量が減少する）。強熱減量の値は、試料中に含まれる有機物等のおよその目安になる。</p>

生物項目に関する用語
<p>細菌叢※1 微生物叢とも言う。ある特定の環境に生息する微生物の集まり、また集合体。</p>
<p>硫酸還元菌※2 硫酸塩還元菌は一般に、低分子の有機酸を電子供与体にそして硫酸塩を電子受容体として異化的硫酸塩還元を行う偏性嫌気性菌である。硫酸塩は還元され硫化水素として排出される。これは自然界での硫黄サイクルの重要な経路の一つである。</p>
<p>メタン生成菌※3 有機物質は最終的にメタン生成菌によりメタンと炭酸ガスになる。一般的に高分子物質は加水分解酵素によって構成単位(糖、アミノ酸など)となり、これらは酸発酵され、アルコール、低級脂肪酸、水素、炭酸ガスを生成(加水分解・酸生成)し、ついでアルコール、低級脂肪酸(C_3以上)などはプロトン還元菌によって、水素および酢酸となる(水素・酢酸生成)。こうして生成したH_2/CO_2および酢酸よりメタン生成菌によってメタン化され(メタン生成)一連の反応は終結する。</p>
<p>脱窒菌※4 脱窒とは、嫌気条件で酸素の代わりに硝酸、亜硝酸を終末電子受容体として利用し、N_2、N_2Oを放出する現象である。このような脱窒を行う菌は多くの属にわたって知られており、いずれも通性嫌気性細菌である。また、<i>Thiobacillus denitrificans</i>を除けば、いずれも従属栄養細菌である。</p>
<p>生物分類体系※5 ドメイン→界→門→綱→目→科→属→種 ヒトの場合、真核生物→動物界→脊椎動物門→哺乳綱→サル（霊長）目→ヒト科→ヒト属→ヒト</p>
<p>古細菌※1 生物の分類の一つ。従来原核生物とされていた生物は真正細菌と古細菌に分けられ、真核生物と合わせて、全生物は大きく三つに分類される。古細菌の多くは極端な環境を好み、塩分濃度が高い環境で生育する好塩菌、高温環境を好む好熱菌、有機物からメタンを作り出してエネルギーを得るメタン生成菌などが知られている。アーキア。アルケア。始原菌。</p>
<p>真正細菌※1 生物の分類の一つ。大腸菌や藍藻などの一般的な細菌、バクテリアを指す。従来原核生物とされていた生物は真正細菌と古細菌に分けられ、真核生物と合わせて、全生物は大きく三つに分類される。</p>
<p>デルタプロテオバクテリア綱※6 プロテオバクテリア門の一種。グラム陰性菌。硫酸還元細菌、硫黄還元細菌等が含まれる。</p>
<p>ガンマプロテオバクテリア綱※6 プロテオバクテリア門の一種。グラム陰性菌。大腸菌やペスト菌などの病原菌、紅色硫黄細菌、硫黄酸化細菌等が含まれる。</p>

出典) ※1：「デジタル大辞泉」小学館 (<https://kotobank.jp/word/>、R2.11.2閲覧)
 ※2：松井ら.硫酸塩還元菌:環境技術,Vol.18,No.4,1989,p.229
 ※3：西尾尚道.メタン生成菌の生理と利用:化学と生物,Vol.30,No.8,1992,p.537-538
 ※4：脱窒光合成細菌:化学と生物,Vol.15,No.8,1977,p.498
 ※5：BISMAL(国際海洋環境情報センター)HP (<https://www.godac.jamstec.go.jp/bismal/j/index.html>、R2.11.2閲覧)
 ※6：細菌叢分析結果より

出典) ※1：大阪府環境農林水産部環境管理室環境保全課環境監視グループHP (<http://www.pref.osaka.lg.jp/kankyohozen/osaka-wan/kasen-term.html>、R2.11.2閲覧)
 ※2：国土交通省港湾局環境整備計画室HP (<https://www.mlit.go.jp/kowan/ecoport/index8.htm>、R2.11.2閲覧)
 ※3：環境省水・大気環境局水環境課HP (https://www.env.go.jp/policy/etv/pdf/archive/080/080_H27.pdf、R2.11.2閲覧)