

平成20年度環境技術実証事業

湖沼等水質浄化技術分野

実証試験結果報告書

実証機関：石川県保健環境センター

環境技術開発者：帝人(株)

群馬工業高等専門学校

技術・製品の名称：炭素繊維を用いた水質浄化技術

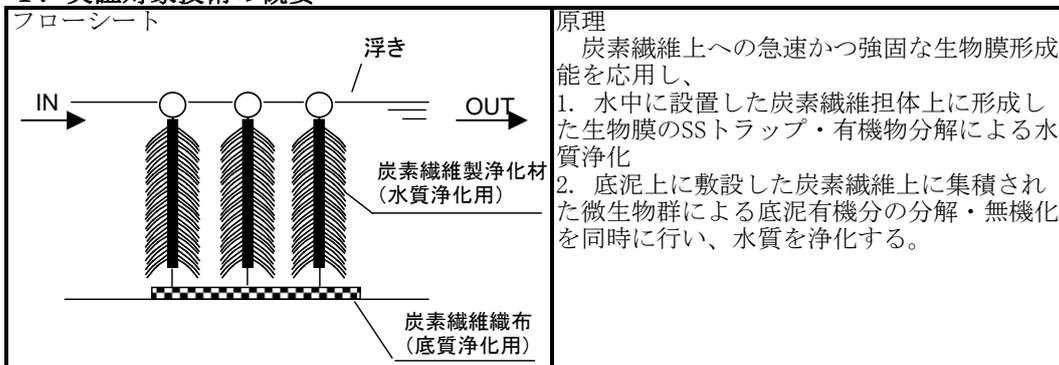
目次

○ 全体概要	1
○ 本編	
1 導入と背景	7
2 実証対象技術及び実証対象機器の概要	8
2-1 実証対象技術の原理及びシステムの構成	8
2-2 実証対象機器の仕様及び処理能力	8
2-3 主な消耗品、電力等消費量	9
2-4 実証対象機器の維持管理に必要な作業頻度	9
2-5 対象機器が正常に稼働する条件	9
2-6 汚泥や廃棄物の発生量	9
2-7 騒音・におい等の対策の必要性	9
3 実証試験実施場所の概要	10
3-1 水域の概況	10
3-2 実証試験実施場所の概要	10
3-3 実証対象技術の配置	11
3-4 実証試験方法	12
3-5 試料採取位置	12
4 実証試験の方法と実施状況	12
4-1 実証試験全体の実施日程表	12
4-2 水質及び生物調査	13
4-3 底質調査	15
4-4 環境への上記以外の影響調査	17
4-5 気象調査	17
4-6 維持管理調査	17
5 実証試験結果と検討	18
5-1 天候、降水量等の調査及び実証期間の区分	18
(1) 天候、降水量、平均気温及び日照時間	18
(2) 水塊の水深	19
5-2 水塊への注入水量	20
5-3 注入水質と水塊水質	20
(1) 注入水と対照区水塊水質	21
(2) 水塊水質（実験区1と対照区2）	25
(3) 水塊の水質浄化率	28
(4) 水塊の水質及び浄化率のまとめ	31
5-4 底質調査	31
5-5 環境への上記以外の影響調査	32
5-6 炭素繊維浄化材等の維持管理に関する調査	32
5-7 他の実水域への適用可能性を検討する際の留意点	32
5-8 実証委員会での論点における意見等	33
6 データの品質管理	33
7 品質管理システム監査	34
資料（気象データ、水質データ、実証水塊の写真）	

○ 全体概要

実証対象技術／環境技術開発者	炭素繊維を用いた水質浄化技術／帝人(株) 群馬工業高等専門学校
実証機関	石川県保健環境センター
実証試験期間	平成20年8月14日～10月23日

1. 実証対象技術の概要



2. 実証試験の概要

○実証試験実施場所の概要

処理区	名称／所在地	河北潟西部承水路／石川県河北郡内灘町～かほく市
	水域の種類／利水状況	河川／農業用水
	規模	面積：約28ha、平均水深：約1.4m、平均滞留時間：約7日
	流入状況	上流から生活排水を含む農業排水が流入
	その他	12m×12m、水深約1.3m（容量約190m ³ ）の隔離水塊を用い、隔離水塊外から、水中ポンプにて平均27m ³ /日を処理区内に注水した。底面の1/6に炭素繊維製浄化ユニットを27基設置した。
対照区	名称／所在地	同上
	水域の種類／利水状況	同上
	規模	同上
	流入状況	同上
	その他	対照区として実証試験区と同規模（容量約190m ³ ）の隔離水塊を用い、同じく水中ポンプで水塊内に注水した。

○実証対象機器の仕様及び処理能力

区分	項目	仕様及び処理能力
施設概要	名称／形式	炭素繊維を用いた水質浄化技術
	サイズ (m) ・ 重量 (kg)	0.9m×0.9m×1.5m/ユニット ・ 2kg/ユニット
	設置基数と場所 (水中・水面・水域外)	設置基数： 27 (9×3) ユニット 設置場所： 水塊中央
設計条件	対象項目と目標	(水塊) COD、SS、T-N、T-P : 対照区より40%低減 Ch1-a : 対照区より30%低減 ※目標水準は実証技術申請者の経験に基づき申請した。
	面積 (m ²) 容積 (m ³) 処理水量 (m ³ /日)	面積 (m ²) : 0.81m ² ×27基、 容積 (m ³) : 26m ³ (水深1.2mとして) 処理水量 (m ³ /日) : 27m ³ /日 (浄化ユニットを水塊内で設置するため水塊への注水量とした。)
	稼働時間 (24時間連続)	24時間連続 : 平成20年 8月14日～20年10月23日

○実証対象機器設置状況

炭素繊維浄化材の能力等の再検討のため、装置の設置と稼動は当初予定の平成20年7月末日から8月11日（月）と遅れた。このため、装置の十分な立ち上げ期間が確保されないまま実証試験を開始することになった。

（変更前の実証計画（案）：第2回石川県実証委員会）

フロートを上部に取り付けた169本の炭素繊維浄化材を0.5m間隔で格子状に並べ、炭素繊維織布上に設置し、水草のごとく水中に立ち上げる。浄化ユニットは水塊の中央部に設置し、水塊面積の約1/4にあたる6m×6mとする。

（変更後の実証計画）

フロートを上部に取り付けた243本の炭素繊維浄化材を0.3m間隔で格子状に並べ、炭素繊維織布上に設置し、浄化ユニットの両端をロープで固定する。浄化ユニットは水塊の中央部に設置し、水塊底面の約1/6にあたる8.1m×2.7mとする。



図 1 実証試験実施場所における隔離水塊の設置状況



図 2 隔離水塊に設置した炭素繊維浄化材

3. 実証試験結果

(1)水塊の水質浄化

COD、T-N、T-P、SS及びChl-aを実証項目に選定し、対照区水質との比較により水塊水質の浄化率を求め、炭素繊維浄化材の処理効果を判定した（表1、図3～7）。

第1回調査時（8/14）には、浄化材に汚泥が付着しており、浄化材を設置後直ちに汚泥が付着したと考えられた。

第2回調査時（8/28）には、水面に茶褐色の浮遊物が目視された。

第5回調査時（10/9）の直前の10月2日に対照区の注入ポンプが不良となり、10月7日まで注水できなかった。

第6回調査時（10/23）には、実験区1の注入水量が7.9L/分で、通常（19L/分）の注入水量の約1/2倍であった。

このようなことから、通常状態での浄化材による水塊の浄化率を求める際には、第2回、第5回及び第6回調査時のデータは参考として取り扱うことにした。

実証期間中の水質の浄化率はChl-aとT-Pが15～30%程度、SSとT-Nが10～20%程度、CODが3～8%程度であった。

表 1 水塊の浄化率

調査月日		項目	（%）				
		COD	T-N	T-P	SS	Chl-a	
第1回	8/14	2.7	15.6	31.5	15.0	28.1	
（第2回）	8/28	2.8	-2.7	-1.1	-10.5	-1.8	
第3回	9/11	4.9	10.0	16.4	19.2	16.7	
第4回	9/25	8.1	13.7	14.2	12.9	26.6	
（第5回）	10/9	3.3	4.7	8.8	12.5	28.7	
（第6回）	10/23	12.2	16.9	19.6	26.1	7.8	
平均（1～6回）		5.7	9.7	14.9	12.5	17.7	
平均（2、5、6回目除外）		5.2	13.1	20.7	15.7	23.8	
目標水準		40	40	40	40	30	

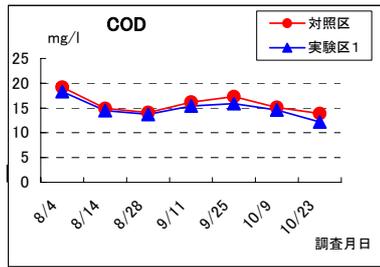


図 3-1 COD

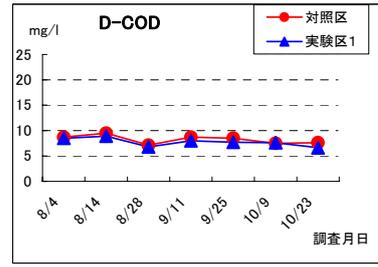


図 3-2 D-COD

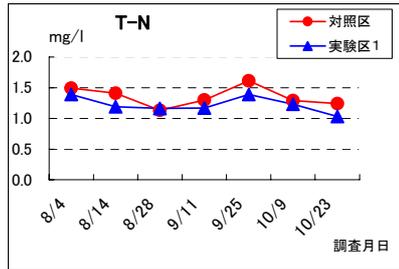


図 4-1 T-N

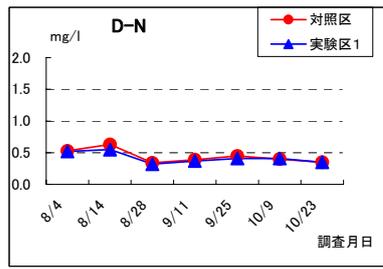


図 4-2 D-N

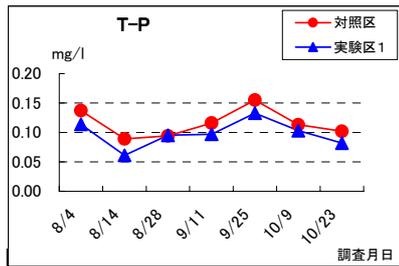


図 5-1 T-P

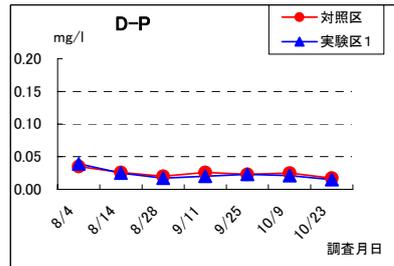


図 5-2 D-P

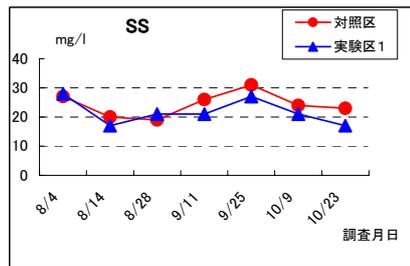


図 6 SS

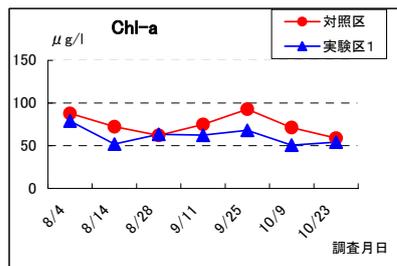


図 7 Chl-a

(2)水塊の底質浄化

対照区底質との比較により炭素繊維製織布の底泥の分解効果について調査するため、簡易型コーサンプラーで底泥を採取した。しかし、実験後の採取場所は炭素繊維製織布の近傍でもあり、表2に示したT-C等の項目データは参考として取り扱わざるを得なかった。このようなことから炭素繊維製織布による底泥の分解は確認できなかった。

表 2 底質調査結果 (参考)

種類	対照区		実験区 1	
	実験前 8月4日	実験後 12月3日	実験前 8月4日	実験後 12月3日
T-C (mg/g)	83	102	82	108
T-N (mg/g)	8.9	10.5	9.0	10.5
T-P (mg/g)	0.76	0.78	0.86	0.77
強熱減量 (%)	18.7	17.2	21.1	21.1

○環境影響項目

項目	単位	実証結果
汚泥発生量	kg	実証試験期間中、汚泥の発生なし。
廃棄物発生量	ℓ	なし
騒音		なし
におい		なし

○使用資源項目

項目	単位	実証結果
使用電力量	kW	なし
薬品等使用量	ℓ	なし

○維持管理性能項目

管理項目	1回あたりの管理時間	管理頻度
水没状況 係留状況 浮遊ゴミ類の除去	30分程度	週1回(*実証試験のため高頻度で実施)
洗浄等	実証試験期間中では必要なかった	

○定性的所見

項目	所見
水質所見	水塊の透視度の向上が見られた。 特に、炭素繊維浄化材の設置区域で透視度の向上が確認された。
立ち上げに要する期間	(搬入・組み立て・設置) 2日、(立ち上げ期間) 1日 SS分の付着は速やかに開始される。 顕著な効果が現れるのには3ヶ月ほど必要
運転停止に要する期間	(搬出に係る期間) 1日
維持管理に必要な人数	1人×0.5時間/週1回
維持管理に必要な技能	維持管理に特別な知識・技能は必要としない。
実証対象機器の信頼性	実証試験期間中、不具合や風雨等による問題は発生しなかった。
トラブルからの復帰方法	実証試験期間中、処置の必要なトラブルは発生しなかった。 ただし、炭素繊維に多量のゴミ等が付着した場合は振り落とすなどの処置が必要となる。
維持管理マニュアルの評価	簡単で明瞭である。
その他	

○実水域への適用可能性に関する科学技術的見解

隔離水塊外から、処理区内に注水する隔離実験で、湖内に設置した炭素繊維浄化材によりCODが5%程度、SSとT-Nが10~20%程度、Chl-aとT-Pが15~30%程度浄化できた。浄化材はChl-a等の懸濁態物質の浄化に優れていた。しかし、炭素繊維製織布による底泥の分解については実験期間も短く確認できなかった。

第1回調査時には、浄化材に汚泥が付着しており、浄化材を設置した後、直ちに汚泥が付着したものと考えられる。

このようなことから、浄化材の付着能及び微生物の分解能を促進するための浄化材の配置等の改善を要する。維持管理の徹底や浄化対象の池、湖沼等の規模、水質や汚濁状況に応じた浄化材の敷設面積、設置場所の検討と適切な選定により、より効果的な水質の浄化が期待されるものと思われる。

(参考情報)

○製品データ

項目	環境技術開発者 記入欄			
名称	炭素繊維を用いた水質浄化技術			
型式				
製造（販売）企業名	帝人株式会社			
連絡先	TEL/FAX	03-3506-4593 / 03-3506-4127		
	Webアドレス			
	E-mail	to.nishikawa@teijin.co.jp		
サイズ・重量	幅0.9m×長さ0.9m×高さ1.5m 重量@2kg×27基			
前処理、後処理の必要性	なし []			
付帯設備	なし [注：設置場所によってはアンカー等の固定具が必要]			
実証対象機器寿命				
立ち上げ期間	3～4ヶ月（効果発現までの期間は設置場所によって異なる。）			
	費目	単価（円）	数量	計（円）
	イニシャルコスト			
	*設計費除く			
	土木費（設置工事			725,000
	建設費			0
	本体機材費	55,000	27	1,485,000
	付帯設備費			0
	ランニングコスト			
	薬品・薬剤費			0
	微生物製剤費			0
	その他消耗品費			0
	汚泥処理費			0
	電力使用料			0
維持管理人件費	20,000	0.25	5,000/回	

○その他 本技術に関する補足説明（導入実績、受賞歴、特許・実用新案、コストの考え方等）

<p>【特許】特許3328700号 排水処理方法（群馬高専校長） 特開2008-238120 環境水中の底泥の分解除去方法（高専機構）ほか</p> <p>【コスト・処理水質について】 本報告書記載の装置・コスト及び水質は本実証事業に合わせて設計された結果であり、導入先の水質・地理的条件により装置形状・コスト・処理水質が変わります。</p>
--

○ 本 編

1 導入と背景

環境技術実証事業は、既に適用可能な段階にありながら、環境保全効果等について客観的な評価が行われていないため普及が進んでいない先進的環境技術について、その環境保全効果等を第三者が客観的に実証する事業を実施することにより、環境技術実証の手法・体制の確立を図るとともに、環境技術の普及を促進し、環境保全と環境産業の発展を促進することを目的とするものである。

本実験は、「環境技術実証事業 湖沼等水質浄化技術分野 湖沼等水質浄化技術実証試験要領 初版（平成20年4月 実証運営機関（社）日本水環境学会）」（以下、「実証試験要領」という。）に基づいて選定された実証対象技術について、同実証試験要領に準拠して実証試験を実施することで、以下に示す環境保全効果等を客観的に実証するものである。

（実証試験の種類）

- 水質関連（水質浄化性能及び水質への悪影響）
- 底質関連（底質浄化性能及び底質への悪影響）
- 生物関連（水質に有害な生物の除去に関する性能及び生物への悪影響）
- 環境への上記以外の影響

本報告書は、その結果を取りまとめたものである。

2 実証対象技術及び実証対象機器の概要

2-1 実証対象技術の原理及びシステムの構成

水環境の浄化においては、表層水・底泥両者の浄化が必須である。しかし、微生物を用いた既存の浄化法では表層水の浄化に主眼を置いたものであり、底泥をターゲットにしたものはない。また、生物集積に時間がかかるなどの問題がある。一方、「底泥対策」としてとられる手法は浚渫であり、コスト、生態系への影響などを考慮すると適切な方法とは言えない。

本技術では、炭素繊維上への急速かつ強固な生物膜形成能を応用し、

- ① 水中に設置した炭素繊維製浄化材上に形成した微生物膜による SS トラップ・有機物分解能による水質浄化
- ② 底泥上に敷設した炭素繊維織布上に集積された微生物群による底泥分解・無機化

を同時に行い、底泥の堆積による水質への影響が無視できない環境水にて、水質浄化を効率的に行うことを目標とする。

また、薬剤や重機を使用しないため生態系への影響が小さいという大きな特徴がある。

2-2 実証対象機器の仕様及び処理能力

2-2-1 炭素繊維製浄化材のユニットの形状

水質浄化用として表 2-1 に示した炭素繊維製浄化材を 0.3m 間隔で格子状に並べ 243 本を下記に示す炭素繊維織布上に設置する。なお、炭素繊維製浄化材の上部にはフロートを取り付け、水草のごとく水中に立ち上げ、ロープで固定する。

表 2-1 炭素繊維製浄化材ユニットの形状

項目		仕様
サイズ	W	400 (mm)
	H	1,300 (mm)
重量 (kg)		50 g

2-2-2 炭素繊維織物ユニットの形状

底泥浄化用として表 2-2 に示した炭素繊維織布を鉄製フレームにセットしたものを 27 セットを実験水塊の中央部に設置する。

表 2-2 炭素繊維織物ユニットの形状

項目		仕様
サイズ	W、L	1,000 (mm)
	D	10 (mm)
重量 (kg)		約2 kg

2-2-3 浄化材の処理フロー

浄化材の処理フローを図 2-1 に示す。

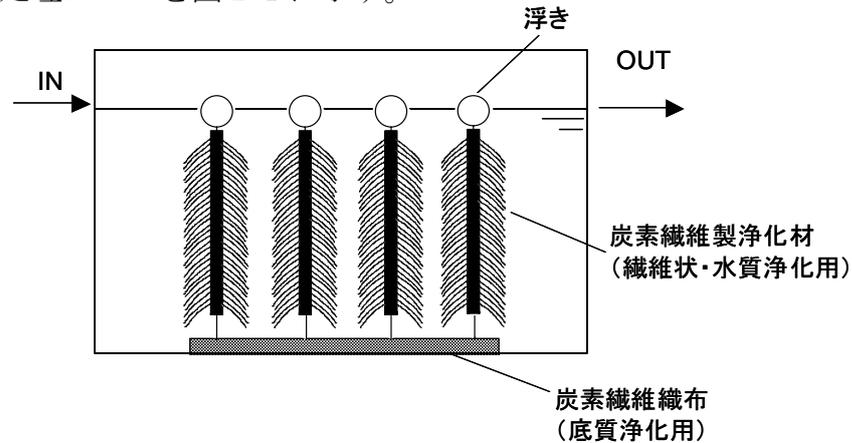


図 2-1 処理フロー

2-2-4 到達目標値

COD :	40%低減	現況値	16~20	mg/L
全窒素 :	40%低減	現況値	1.6~1.7	mg/L
全リン :	40%低減	現況値	0.13~0.14	mg/L
Chl-a :	30%低減	現況値	90~120	μg/L

(現況値は、平成 17 年 10 月測定値)

2-3 主な消耗品、電力等消費量

なし

2-4 実証対象機器の維持管理に必要な作業頻度

2 週間に 1 回 (1 回あたり約 15 分)

2-5 実証対象機器が正常に稼働する条件

特になし

2-6 汚泥や廃棄物の発生量

実証期間中は特に汚泥処理の必要はなかった。

2-7 騒音・におい等の対策の必要性

必要なし

3 実証試験実施場所の概要

3-1 水域の概況

名称 : 河北潟西部承水路
所在地 : 石川県河北郡内灘町～かほく市
管理者 : 石川県土木部河川課

水域の規模等 :

承水路面積 : 約28ヘクタール

平均水深 : 約1.4m

平均滞留日数 : 約7日

利水目的 : 農業用水

水質汚濁状況 (内灘町大崎及びび室 (平成17年11月～18年10月))

COD (mg/l) : 4.1～21 (平均 11)

SS (mg/l) : 5.0～31 (平均 21)

T-N (mg/l) : 1.1～2.1 (平均 1.6)

T-P (mg/l) : 0.04～0.18 (平均 0.11)

Chl-a (μ g/l) : 21～170 (平均 94)

pH : 7.9～9.9 (平均 8.9)

3-2 実証試験実施場所の概要

実証試験池の概要

実証試験に用いる隔離水塊は12m×12m×1.3mで、水深は排水口を考量して承水路の水位(1.1m)より約0.2m高い1.3mとした(水塊の貯水量約190m³)。

このような隔離水塊を実証試験用(以下、実験区と呼ぶ。)2区画、及び対照試験用(以下、対照区と呼ぶ。)2区画の4区画を整備した(図3-1)。

本実証試験には隔離水塊の実験区1と対照区2を使用した。



図 3-1 隔離水塊の設置状況

3-3 実証対象技術の配置

実験区1の中央に水塊底面の約1/6にあたる8.1m×2.7mの範囲(図3-2)に、図3-3に示す浄化ユニットを27基設置した。

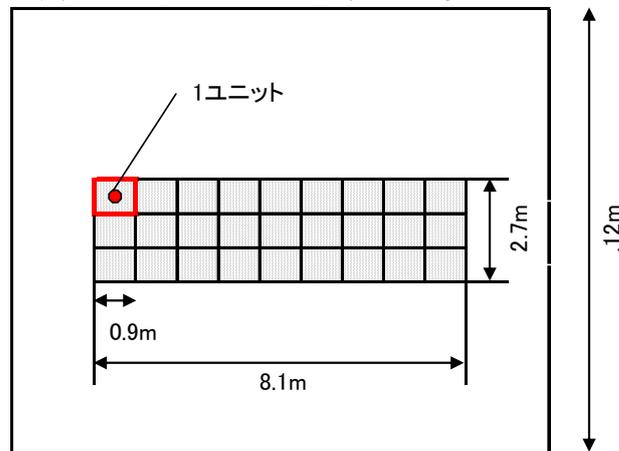


図 3-2 配置図

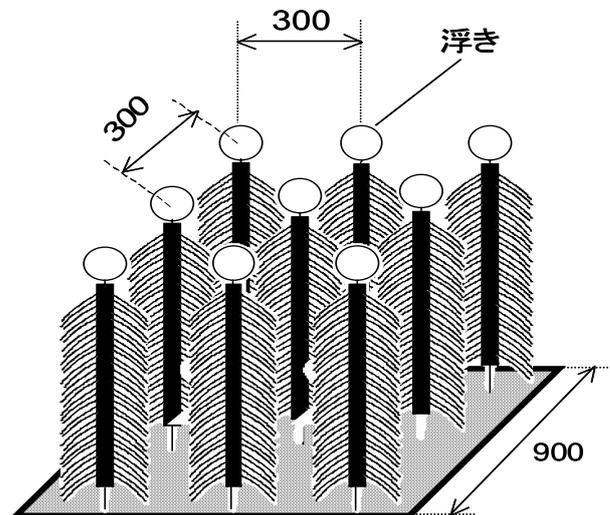


図 3-3 炭素繊維浄化システム設置方法



図 3-4 実験区1の状況



図 3-5 浄化材の状況

3-4 実証試験方法

実験区1及び対照区2において、西部承水路の滞留時間（7日間）を再現する流入水量条件下で実証実験を行うことにした。

このため、実験区及び対照区にそれぞれ注水ポンプを設置し、水深0.5mの濁水を注水管から19 L/分（27m³/日）で水塊に注水し、注水した濁水は遮蔽ゴム板に穴を空けて取り付けられた排出管から承水路に戻すことにした。

しかし、水塊の水位は、水面からの蒸発、底泥への浸透、隔離水塊からの漏洩等で上昇せず、排出管からの放出が困難な半隔離状態での実証実験となった。

3-5 試料採取位置

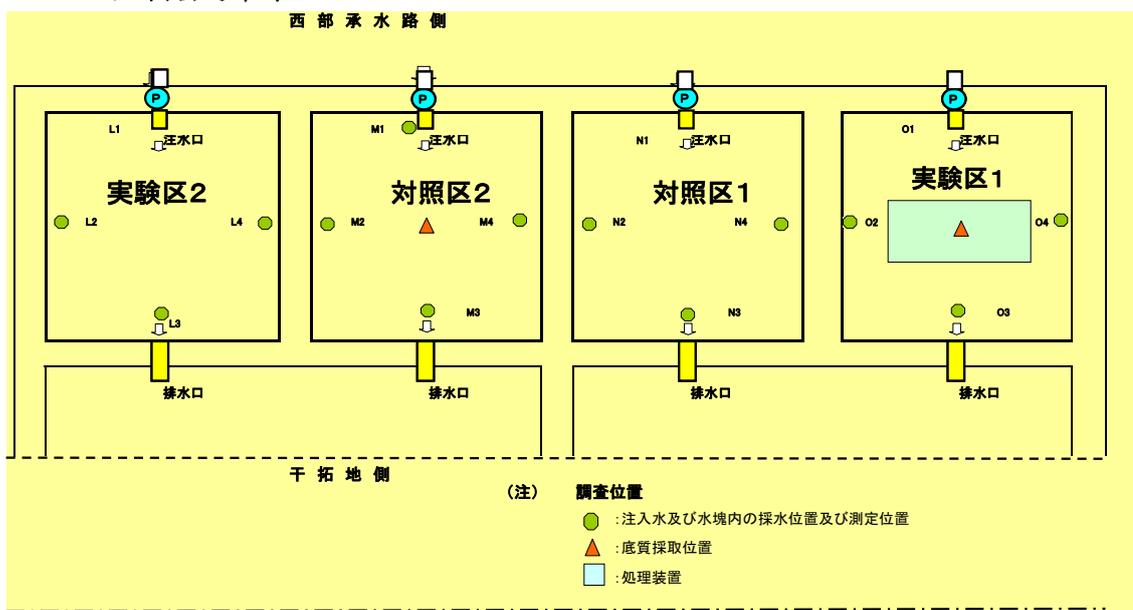


図 3-6 試料採取位置

実験区1及び対照区水塊の試料採取場所は、注水口に向かって左右の側面及び対面の中央部の3ヶ所で採水した（図3-6）。

4 実証試験の方法と実施状況

4-1 実証試験全体の実施日程表

実証試験の全体スケジュールを表4-1に示した。

表 4-1 日程表

調査番号	調査年月日	区分	実証試験の種類				
			水質調査		生物調査	底質調査	
			注入水（対照区）、 水塊の貯水（対照区及び実験区 1の3か所のコンポジットサン プル）			実験区及 び対照区 水塊の中 央部	
			実証項目	追加項目	実証項目	追加項目	
NO. 1	8/4（月）	事前調 査期間	○	○	○	○	
—	8/11（月）	立上 期間	—	—	—	—	
NO. 2	8/14（木）	実証 期間	○	○	○	—	
NO. 3	8/28（木）		○	○	○	—	
NO. 4	9/11（木）		○	○	○	—	
NO. 5	9/25（木）		○	○	○	—	
NO. 6	10/9（木）		○	○	○	—	
NO. 7	10/23（木）		○	○	○	—	
—	10/23（木）	水質調 査終了	—	—	—	—	
—	12/3（水）	底質調 査終了	—	—	—	○	

炭素繊維浄化材の設置は、浄化材の敷設面積、能力等を再度検討したため、当初予定の平成20年7月末日から8月11日（月）と遅れた。

このため、装置の十分な立ち上げ期間が確保されないまま実証試験を開始することになった。

- 事前調査（水温 31℃）：平成 20 年 8 月 4 日～8 月 10 日
- 浄化材立上期間：平成 20 年 8 月 11 日～8 月 13 日
- 実証期間（水温 21～32℃）：平成 20 年 8 月 14 日～10 月 23 日

4-2 水質及び生物調査 (1) 調査項目

実験区1及び対照区2の水塊水の実証項目は、COD、T-N、T-P、SS及びChl-aとし、目標水準は全て対照区に対する浄化率として設定した。

また、追加項目①にDO、pH等の項目を、追加項目②に溶存態COD等の項目を

設定し試験した（表4-2）。なお、目標水準は実証技術申請者の経験に基づき申請した。

表 4-2 水質と生物の調査項目及び目標水準

種類	試料種類	項目分類	調査の種類	調査項目	目標水準	種類	試料種類	項目分類	調査の種類	調査項目	目標水準
実験区及び対照区	注入水、水塊の貯水	実証項目	水質調査	COD	40%低減	実験区及び対照区	注入水、水塊の貯水	追加項目①	水質調査	DO	—
				T-N	40%低減					透視度	—
				T-P	40%低減					透明度	—
				SS	40%低減					水温	—
				生物調査	Chl-a					30%低減	pH
		追加項目②	水質調査	D-COD	—					EC	—
				D-N	—					色相	—
				D-P	—					臭気	—
				D-NH ₄ -N	—					水位	—
				D-NO ₂ -N	—						
				D-NO ₃ -N	—						
				D-PO ₄ -P	—						

(2) 試料採取

試料採取方法及び頻度は、表4-3に示した。

水塊3ヶ所の試料を現地でコンポジットサンプルに調整した。

試料は試験室に持ち帰り、COD、SS等の分析は直ちに実施し、溶存態等の項目については直ちに試水を1μmのメンブランフィルターでろ過し、また、採取当日に試験が困難な窒素、リン及び溶存態等の項目については、容器壁面への吸着、劣化等の恐れのないガラス容器に分取後、冷暗所に保存し分析に供した。

なお、pHとDOについては、センサーによる現地測定も実施した。

表 4-3 水質試料採取場所及び頻度

水塊の種類	試水の種類	項目分類	採取場所	採取方法	採取頻度
実験区及び対照区	注入水 水塊の貯水	実証項目 追加項目②	注水口 (対照区)	10リットルの ポリバケツ	運転開始前及び 運転中の 延べ7回 (1回/2週)
			水塊内3か所 (水深0.5m、 コンポジット)	バンドン採水器	
		追加項目①	注水口 (対照区)	10リットルの ポリバケツ	運転開始前及び 運転中の 延べ5回 (1回/2週)
			水塊内3か所 (水深0.5m、 コンポジット)	バンドン採水器	

(3) 分析手法

水質と生物調査項目の分析方法は、表4-4に示した。

表 4-4 水質分析方法

種類	項目分類	分析項目	分 析 方 法	
水 質 試 験	実証項目	COD	JIS K 0102 17 100℃における過マンガン酸カリウムによる酸素消費量 (COD _{Mn})	
		T-N	JIS K 0102 45.4 銅・カドミウムカラム還元法	
		T-P	JIS K 0102 46.3.1 ペルオキシ二硫酸カリウム分解法	
		SS	昭和46年 環告第59号 付表8 ガラス繊維ろ紙 (孔径1μm) 法	
	追加項目①	水温	JIS K 0102 7.2	温度計
		pH	JIS K 0102 12.1	ガラス電極法
		DO	JIS K 0102 32.1	ウインクラー・アジ化ナトリウム変法
		透視度	JIS K 0102 9	透視度計
		透明度	上水試験法 VI-1 5	セッキー円板-目視法
		EC	JIS K 0102 13	電気導伝率計
		色相	—	水色計
		臭気	—	嗅覚による判断
	水位	—	メジャー	
	追加項目②	D-COD	JIS K 0102 17 100℃における過マンガン酸カリウムによる酸素消費量 (COD _{Mn})	
		D-N	JIS K 0102 45.4 銅・カドミウムカラム還元法	
		D-P	JIS K 0102 46.3.1 ペルオキシ二硫酸カリウム分解法	
		D-NH ₄ -N	JIS K 0102 42.2 インドフェノール青吸光光度法	
		D-NO ₂ -N	JIS K 0102 43.1.1 ナフチルエチレンジアミン吸光光度法	
		D-NO ₃ -N	JIS K 0102 43.2.3 銅・カドミウムカラム還元-ナフチルエチレンジアミン吸光光度法	
D-PO ₄ -P		JIS K 0102 46.1.1 モリブデン青 (アスコルビン酸還元) 吸光光度法		
生物調査	実証項目	Chl-a	上水試験法 VI-4 27 アセトン抽出・吸光光度 (Scor/Unescoの方法)	

(4) 分析機器、校正方法及び校正頻度

水質調査項目の分析で使用する主な分析機器、校正方法及び校正頻度は、表4-5に示した。

表 4-5 水質分析機器及び校正方法

機器の名称	製造者及び形式	校正方法	校正頻度
pH計	HORIBA F54	JCSS認定pH標準液	測定時
恒温器水槽	木村科学	標準温度計	1回/月
マクロ&セミマイクロ天秤	ザルトリウスME215S	JCSS認定標準分銅	1回/月
吸光光度計	SEAL Analytical Limited 社QuAAtro 2-HR	標準液	測定時
	島津 UV-1600PC	標準液	測定時
定温乾燥機	ヤマトDS-44	標準温度計	1回/月
純水製造装置	ヤマトWAG-28	電気伝導度の測定	1回/月

4-3 底質調査

底泥は簡易型コアサンプラーを用いて柱状サンプルとして採取した。採泥の時期と場所は、実験前 (H20. 8. 4) に対照区2と実験区1のそれぞれ中央部で、また、実証試験終了後も技術開発者が独自で継続して実験をしているために、実験後 (H20. 12. 3) には対照区が水塊の中央部で、実験区1が浄化織布の近傍で採取した。柱状サンプルは実験室に持ち帰り直ちに直上水を排出後、上層から5cmまでの底泥を試料として切り取り、ポリエチレン容器に入

れ、冷蔵保存後実験に供した。

(1) 底質調査項目

底質調査項目は、表4-6に示した。実証期間が3か月と短いため実証項目は設けず、追加項目とした。

表 4-6 底質調査項目及び目標水準

種類	項目分類	調査項目	目標水準
固形分	追加項目	T-C	—
		T-N	—
		T-P	—
		強熱減量	—
所見	目	におい	—
		性状	—

(2) 試料採取

試料採取場所、採取方法及び頻度は、表4-7に示した。炭素繊維織布による底泥の分解を調査するため、現地で簡易型コアサンプラーを用いて採泥した。採泥場所は、図3-6に示した水塊の2か所で、柱状試料を試験室に持ち帰り、表泥から5cmまでの部位の堆積汚泥を切り取り、混合後冷暗所に保存した。

表 4-7 底質採取場所、採取方法及び採取頻度

項目分類	採取場所	採取方法	採取頻度
追加項目	(実験開始前) 実験区1及び対照区2：水塊中央部 (実験終了後) 実験区1：水塊中央部装置横、対照区2：水塊中央部	底質調査方法のコアサンプラー採泥器	運転開始前、運転終了時の延べ2回

(3) 分析手法

底質項目の分析方法は、表4-8に示した。

表 4-8 底質の分析方法

種類	項目分類	分析項目	分析手法	
固形分	追加項目	T-C	土壌養分分析法	乾式燃焼法 (CHN計)
		T-N	土壌養分分析法	乾式燃焼法 (CHN計)
		T-P	底質調査方法	硝酸一過塩素酸分解法
		強熱減量	土壌養分分析法	600°C±25°C強熱による重量法
所見	目	におい	—	嗅覚による判断
		質	—	感触による判断

(4) 分析機器、校正方法及び校正頻度

底質調査項目の分析で使用する主な分析機器、校正方法及び校正頻度は、表4-9に示した。

表 4-9 底質分析機器及び校正方法

機器の名称	製造者及び形式	校正方法	校正頻度
CHN計	ヤナコ M-5	標準物質	測定時
吸光光度計	島津 UV-1600PC	標準液	測定時

4-4 環境への上記以外の影響調査

廃棄物等の環境への上記以外の影響調査項目を表4-10に示した。

表 4-10 環境への影響調査（水質、底質、生物以外）

調査項目		調査方法	関連費用
実証項目	汚泥または汚泥由来の廃棄物量	炭素繊維を洗浄し付着物を洗い流す必要が生じた場合、洗い流した付着物を天日乾燥した後、重量を測定する。乾燥汚泥量とする（kg/日）。	汚泥処理費（円/月）
	廃棄物の種類と発生量（汚泥関連のものを除く）	乾燥後の乾燥重量を測定する（kg/日）	廃棄物処理費（円/月）
項目監視	におい	所見	—

4-5 気象調査

気象調査項目は表4-11に示すとおりである。

表 4-11 その他の項目

調査項目	項目	内容
気象	天候、降水量、気温、日照	気象庁アメダスデータ（かほく地域気象観測所）

4-6 維持管理調査

実験区1、対照区2及び浄化材の維持管理は運転期間中2週間に1回の頻度で行い、点検項目を記録した。

表 4-12 維持管理項目

調査項目	点検・操作箇所	確認内容・注意事項	調査頻度
隔離水塊における注入水量	注入口 (実証水塊及び対照水塊)	ポリバケツで10リットル採水した時間の測定 注入水量を設定値(19 l/分)に調節 ★異常時：注入水量を設定値に調節できない場合、管理責任者に連絡	維持管理作業実施時
実証対象装置	実証対象機器の立ち上げに要する期間	環境技術開発者が立ち上げ時を判断。	立ち上げ時
	炭素繊維製浄化材	フロートの状況、破損、脱落、流出などの異常の有無の確認 落ち葉等の飛来物の有無の確認 清掃の有無の確認 ★異常時：異常の場合管理責任者へ連絡	維持管理作業実施時
	維持管理に必要な人員数と技能	作業の習熟に必要な人数と時間	維持管理作業実施時
	維持管理マニュアルの評価	わかりやすさ	試験終了後

5 実証試験結果と検討

5-1 天候、降水量等の調査及び実証期間の区分

(1) 天候、降水量、平均気温及び日照時間

天候、降水量、平均気温及び日照時間については、実証試験場所の近傍にある‘かほく地域気象観測所’の気象データを用いた(資料1-1)。平成20年の日降水量、日平均気温および日照時間を図5-1、5-2に示した。

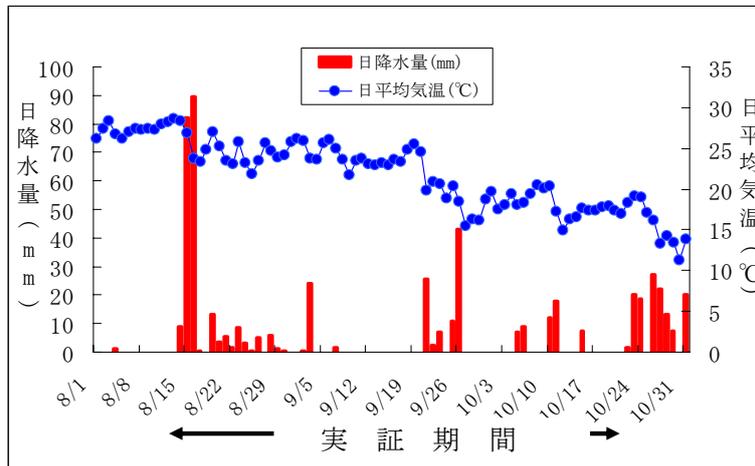


図 5-1 降水量と平均気温

実証試験期間内の日平均気温は、8月14日～10月23日まで日が経つにつれて28.3℃から14.9℃まで徐々に低下した。

日積算降水量は0～90mmの範囲で、20mm以上の降水量のあった日は8月15日、8月16日、9月21日、9月26日、10月23日であった。特に8月15日と8月

16日には日降水量が82mmと90mmで多かった。
 実証試験期間内の日照時間は、0～11.8時間であった。

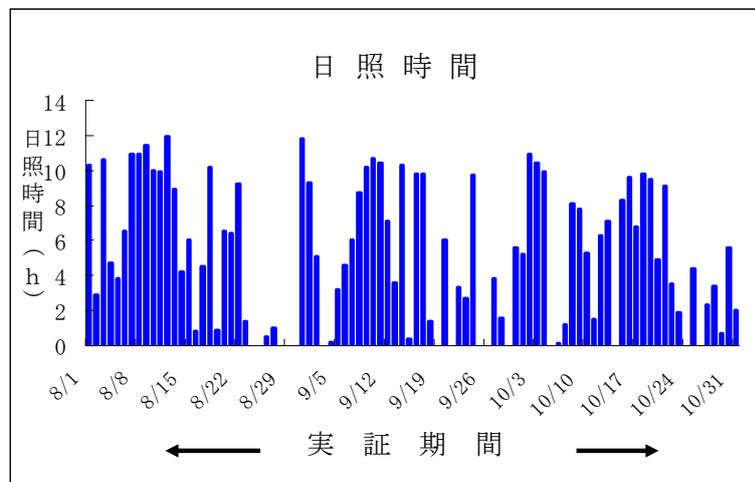


図 5-2 日照時間 (平成20年)

第1回調査日の8月14日から第2回調査日前日の8月27日までの期間の積算降水量は222mmで多く、日平均日射量は3.7時間と短かったため、第2回調査日の8月28日の隔離水塊の水質はこれら天候の影響が大きかったと考えられた (表5-1)。

表 5-1 期間別の降水量等

区分	調査期間	期間積算降水量 (mm)	日平均気温 (°C)	日平均日照時間 (h)
時前調査	8/4～8/10	1.0	27.0	8.3
立上期間	8/11～8/13	0.0	28.2	10.2
実証期間	8/14～8/27	221.5	24.7	3.7
	8/28～9/10	33.5	24.5	5.0
	9/11～9/24	35.0	22.7	5.3
	9/25～10/8	70.0	18.3	4.1
	10/9～10/23	39.0	17.6	6.4

(2) 水塊の水深

水塊の水深は、対照区が1.1～1.3m、実験区1が1.1～1.2mで、実証期間中の変動は0.1～0.2m程度であった (図5-3)。

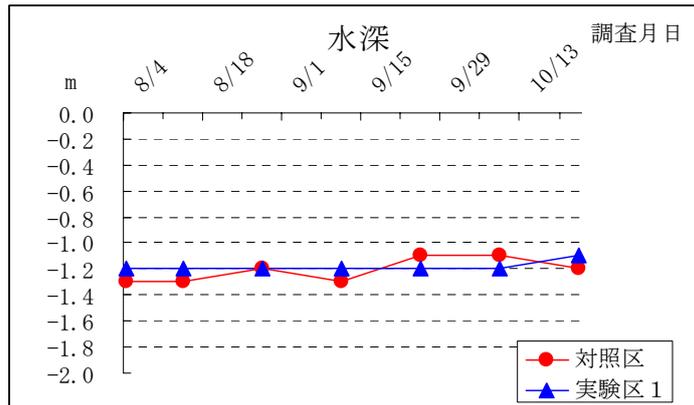


図 5-3 水塊の水深

5-2 水塊への注入水量

水塊の実験区1及び対照区2への注入水は、西部承水路側の水深0.5mの水をポンプアップして注水した。

注入水量の設定目標値は27.4m³/日であったが、実験区1において、8月28日、9月11日及び10月23日の注入水量が設定目標より少量であった。特に、10月23日の注入量は1/2以下であった。

このため、調査時毎に設定目標の27.4m³/日になるようにバルブを微調整した。微調整後の実験区1及び対照区への注入平均水量はそれぞれ27.2~27.5m³/日であった(表5-2)。

対照区では、10月2日~7日まで注入ポンプが故障したため注水できなかった。

表 5-2 注入水量 (m³/日)

調査区分	調査年月日	対照区	実験区1	備考 (再設定前)
事前調査	8月4日	27.5	27.5	
第1回調査	8月14日	27.2	27.2	
第2回調査	8月28日	27.2	27.8	20.3
第3回調査	9月11日	26.9	27.2	18.6
第4回調査	9月25日	28.8	27.8	
第5回調査	10月9日	27.2	26.8	10/2~10/7*
第6回調査	10月23日	25.8	27.9	11.4
最小		25.8	26.8	—
平均		27.2	27.5	—
最大		28.8	27.9	—

*印：対照区の注入ポンプ停止期間を示す。

5-3 注入水質と水塊水質

実験区1と対照区2の注入水の揚水位置は、それぞれが24m離れているが、平成18年の調査時には実験区と対照区の注入水を個別に試験した結果水質に違いがほとんどみられなかったことから、今回の調査時でもそれぞれの水塊への注入水はほぼ同一とみなし、対照区への注入水で代表させた。

第6回調査時(10/23)の実験区1の隔離水塊水質は注入水量が設定値の1/2

と少量であったため参考値として取り扱うことにした。

(1) 注入水質と対照区水塊水質

実証項目のCOD、T-N、T-P、SS、及びChl-a、追加項目①の水温、透視度、pH及び追加項目②のD-COD、D-N、D-Pについて注入水質と対照区水質を比較した(表5-3-1~5-3-4、図5-4-1~5-4-14、資料2-1、2-2)。

COD、水温、pH及び溶存態のD-COD、D-N、D-Pは注入水質と対照区水質とは違いはほとんどみられなかった(図5-4-1、5-4-6、5-4-8、5-4-9、5-4-11、5-4-13)。

一方、T-P、SS、Chl-a及び懸濁態のP-N、P-Pは対照区の水質の方が低濃度であった(図5-4-3、5-4-4、5-4-5、5-4-12、5-4-14)。このようなことから注入水の懸濁態物質が水塊内で沈降している傾向が伺えた。このため、透視度も対照区では注入水より良好であった(図5-4-7)。

注入水と対照区水塊のNO₃-Nは調査期間中常に定量下限値未満(0.01mg/l)であった。PO₄-Pは10月9日と23日に注入水で0.003mg/l、0.004mg/l検出されたが、それ以外は常に定量下限値未満(0.003mg/l)であった。

このようなことから、対照区内では、底泥からの特異な栄養塩の溶出や植物プランクトンの異常増殖もない状態であったと考えられた。

表 5-3-1 注入水と水塊水質及び浄化率(実証項目)

項目	採水場所	最小	最大	平均	除去率(%)	平均*1	除去率*2(%)
COD (mg/l)	注入水	12.7	16.8	15.3	—	15.8	—
	対照区2	13.9	17.3	15.3	—	16.1	—
	実験区1	12.2	15.9	14.4	5.7	15.3	5.2
T-N (mg/l)	注入水	1.17	1.60	1.36	—	1.34	—
	対照区	1.13	1.61	1.33	—	1.44	—
	実験区1	1.03	1.39	1.20	9.7	1.25	13.1
T-P (mg/l)	注入水	0.110	0.153	0.130	—	0.132	—
	対照区	0.089	0.155	0.112	—	0.120	—
	実験区1	0.061	0.133	0.095	14.9	0.097	20.7
SS (mg/l)	注入水	25	39	31	—	30	—
	対照区	19	31	24	—	26	—
	実験区1	17	27	21	12.5	22	15.7
Chl-a (μg/l)	注入水	70	120	89	—	85	—
	対照区	59	93	72	—	80	—
	実験区1	51	68	58	17.7	61	23.8

(注) *1印は第2、5、6回調査データを除いた平均水質を示す。

*2印は第2、5、6回調査データを除いた平均除去率を示す。

表 5-3-2 注入水と水塊水質(追加項目①)

項目	採水場所	最小	最大	平均	平均*1
pH	注入水	7.8	8.9	8.6	8.4
	対照区2	7.8	9.0	8.7	8.4
	実験区1	8.0	9.0	8.7	8.4
透視度 (度)	注入水	13	16	15	15
	対照区2	14	19	17	16
	実験区1	15	23	19	18

(注) *1印は第2、5、6回調査データを除いた平均水質を示す。

表 5-3-3 注入水と水塊水質及び浄化率 (追加項目②) : 溶存態物質)

項目	採水場所	最小	最大	平均	除去率(%)	平均*1	除去率*2(%)
D-COD (mg/l)	注入水	6.3	8.6	7.5	—	8.1	—
	対照区2	7.1	9.5	8.2	—	8.9	—
	実験区1	6.6	8.9	7.6	6.6	8.2	7.9
D-N (mg/l)	注入水	0.33	0.41	0.38	—	0.40	—
	対照区2	0.34	0.63	0.43	—	0.49	—
	実験区1	0.32	0.55	0.40	5.0	0.44	8.9
D-P (mg/l)	注入水	0.019	0.023	0.021	—	0.022	—
	対照区2	0.017	0.026	0.023	—	0.025	—
	実験区1	0.015	0.025	0.020	11.6	0.023	9.0
NO ₃ -N (mg/l)	注入水	<0.01	<0.01	<0.01	—	<0.01	—
	対照区2	<0.01	<0.01	<0.01	—	<0.01	—
	実験区1	<0.01	<0.01	<0.01	0.0	<0.01	0.0
PO ₄ -P (mg/l)	注入水	<0.003	0.004	<0.003	—	<0.003	—
	対照区2	<0.003	0.003	<0.003	—	<0.003	—
	実験区1	<0.003	<0.003	<0.003	0.0	<0.003	0.0

(注) *1印は第2、5、6回調査データを除いた平均水質を示す。
*2印は第2、5、6回調査データを除いた平均除去率を示す。

表 5-3-4 水塊水質と浄化率 (追加項目: 懸濁態物質)

項目	採水場所	最小	最大	平均	除去率(%)	平均*1	除去率*2(%)
P-COD (mg/l)	注入水	6.4	9.1	7.8	—	7.8	—
	対照区2	5.4	8.8	7.1	—	7.2	—
	実験区1	5.6	8.2	6.8	4.1	7.1	1.5
P-N (mg/l)	注入水	0.79	1.22	0.99	—	0.94	—
	対照区2	0.78	1.16	0.9	—	0.94	—
	実験区1	0.64	0.98	0.79	11.8	0.81	15.2
P-P (mg/l)	注入水	0.088	0.13	0.108	—	0.110	—
	対照区2	0.063	0.132	0.089	—	0.095	—
	実験区1	0.036	0.11	0.075	16.1	0.074	24.7

(注) *1印は第2、5、6回調査データを除いた平均水質を示す。
*2印は第2、5、6回調査データを除いた平均除去率を示す。

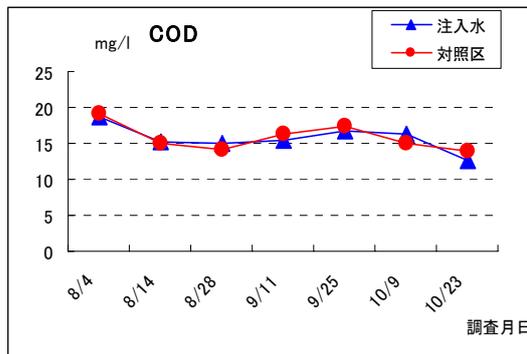


図 5-4-1 COD

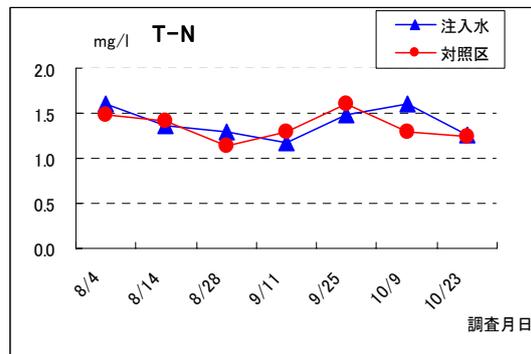


図 5-4-2 T-N

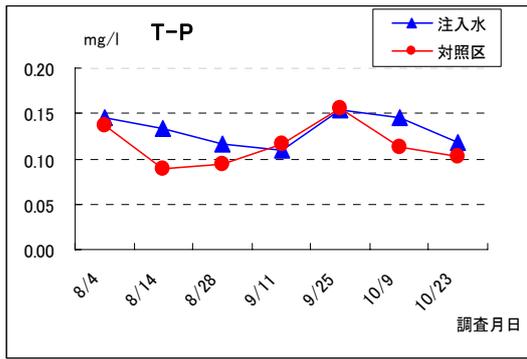


図 5-4-3 T-P

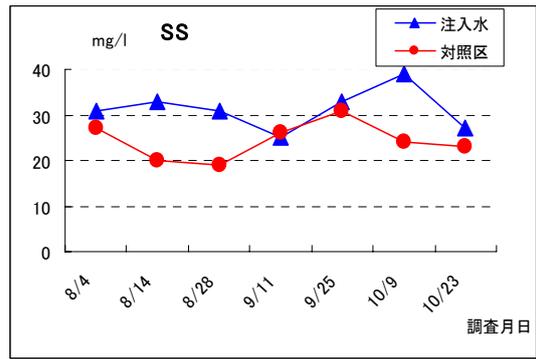


図 5-4-4 SS

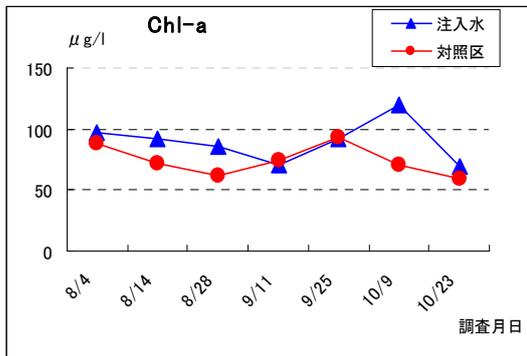


図 5-4-5 Chl-a

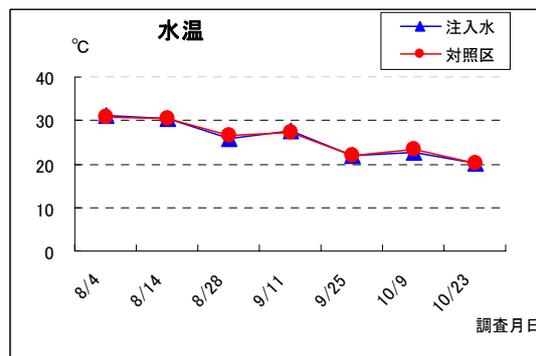


図 5-4-6 水温

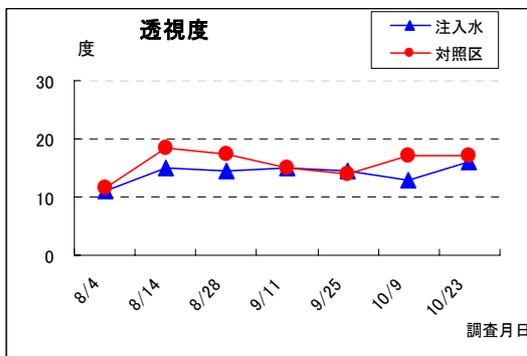


図 5-4-7 透視度

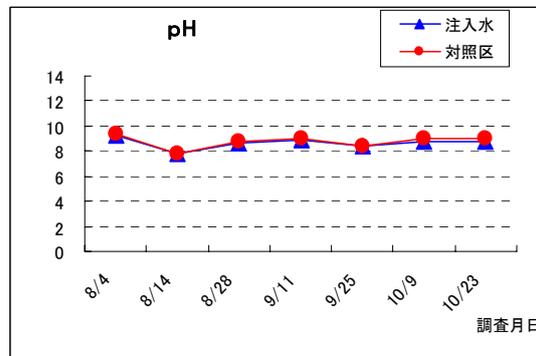


図 5-4-8 pH

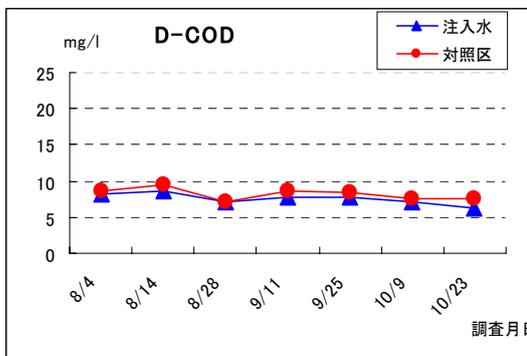


図 5-4-9 D-COD

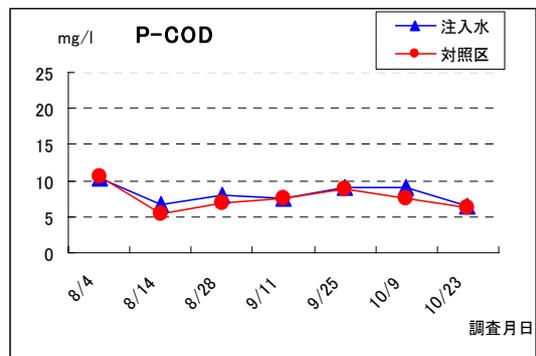


図 5-4-10 P-COD

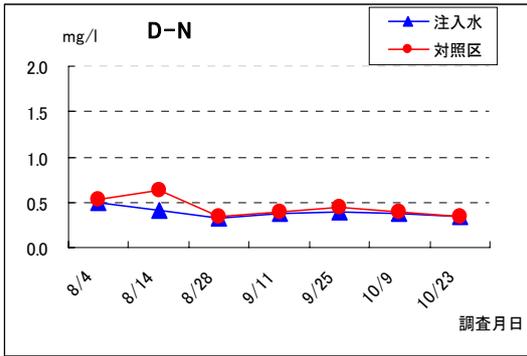


図 5-4-11 D-N

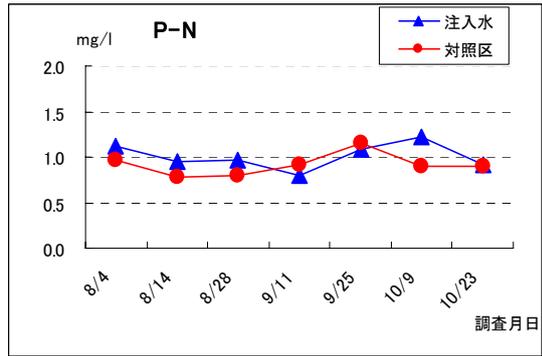


図 5-4-12 P-N

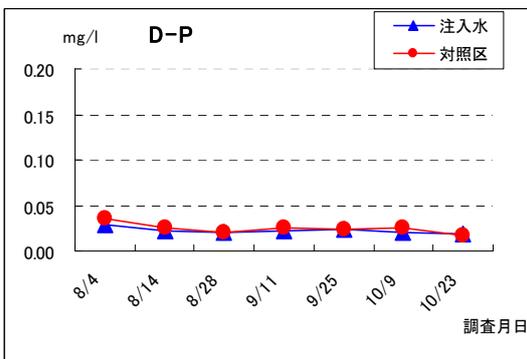


図 5-4-13 D-P

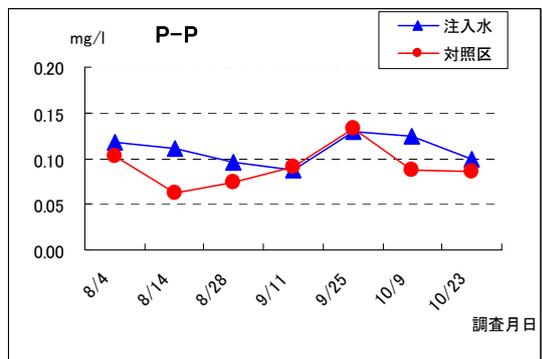


図 5-4-14 P-P

(2) 水塊水質 (実験区1と対照区2)

第1回調査 (8/14) では、浄化材に汚泥が付着しているのが目視され、浄化材を設置後直ちに汚泥が付着し、実験区の水質が浄化されたと考えられた。

実験区1と対照区2の水塊水質の試験結果を表5-3-1~5-3-4、図5-5-1~5-5-16に示した (資料3、4)。

COD等の実証項目の目標水準は水質濃度としては設定しなかった。

(実証項目：表 5-3-1)

COD は実証期間内で 12.2~15.9mg/1 (平均 14.4 mg/1) で、対照区と比べて 0.4~1.7mg/1 (0.9 mg/1) 低濃度であった。

T-N は実証期間内で 1.03~1.39 mg/1 (1.20 mg/1) で、対照区と比べて -0.03~0.22mg/1 (0.14 mg/1) 低濃度であった。

T-P は実証期間内で 0.061~0.133 mg/1 (0.095 mg/1) で、対照区と比べて -0.001~0.028mg/1 (0.016 mg/1) 低濃度であった。

SS は実証期間内で 17~27 mg/1 (21 mg/1) で、対照区と比べて -2~6mg/1 (3 mg/1) 低濃度であった。

Chl-a は実証期間内で 51~68 μ g/1 (58 μ g/1) で、対照区と比べて -1~25 μ g/1 (14 μ g/1) 低濃度であった。

(追加項目①：表 5-3-2)

pH は実証期間内で 8.0~9.0 (8.7) で、対照区と比べて -0.2~0.1 (0.0) でほとんど変化なかった。

透視度は実証期間内で 15~23 度 (19 度) で、対照区と比べて -5~-1 度 (-3 度) 低く、濁りが少なかった。

(溶存態の追加項目②：表 5-3-3)

D-COD は実証期間内で 6.6~8.9mg/1 (7.6 mg/1) で、対照区と比べて -0.1~1.0 (0.6 mg/1) 低濃度であった。

D-N は実証期間内で 0.32~0.55 mg/1 (0.40 mg/1) で、対照区と比べて -0.01~0.08mg/1 (0.03 mg/1) 低濃度であった。

D-NO₃-N は実証期間内で全て 0.01 mg/1 未満であった。

D-P は実証期間内で 0.015~0.025 mg/1 (0.020 mg/1) で、対照区と比べて <0.003~0.006mg/1 (0.003 mg/1) 低濃度であった。

D-PO₄-P は実証期間内で全て 0.003 mg/1 未満であった。

(懸濁態の追加項目：表 5-3-4)

P-COD は実証期間内で 5.6~8.2 mg/1 (6.8 mg/1) で、対照区と比べて -0.2~0.7mg/1 (平均 0.3 mg/1) 低濃度であった。

P-N は実証期間内で 0.64~0.98 mg/1 (0.79 mg/1) で、対照区と比べて -0.05~0.21mg/1 (平均 0.11 mg/1) 低濃度であった。

P-P は実証期間内で 0.036~0.110 mg/1 (0.075 mg/1) で、対照区と比べて -0.004~0.027mg/1 (平均 0.014 mg/1) 低濃度であった。

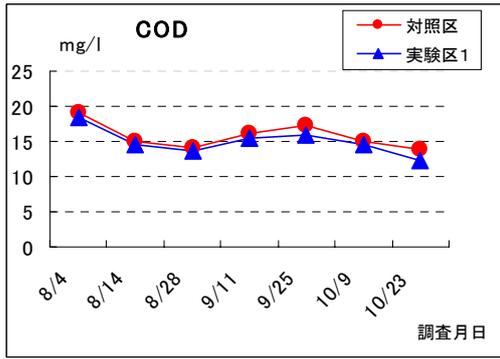


図 5-5-1 COD

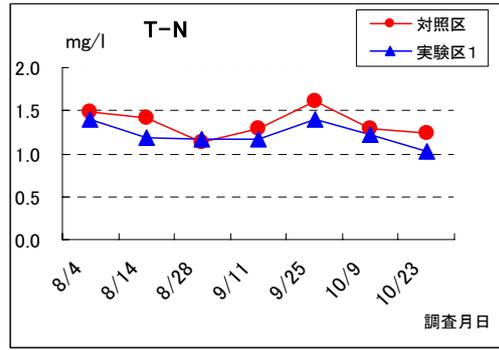


図 5-5-2 T-N

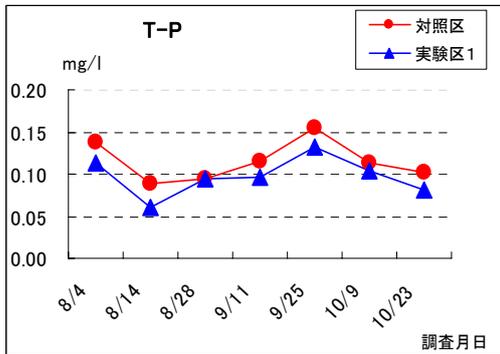


図 5-5-3 T-P

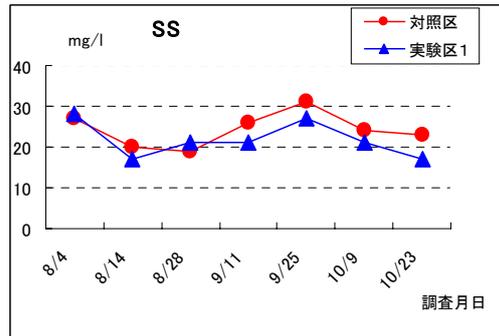


図 5-5-4 SS

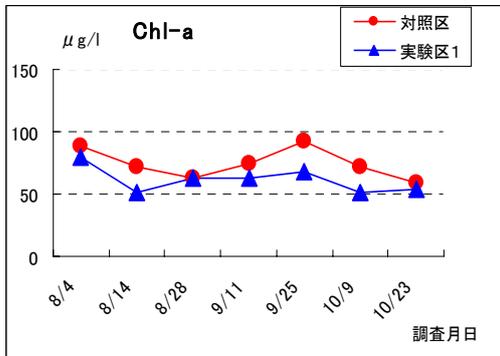


図 5-5-5 Chl-a

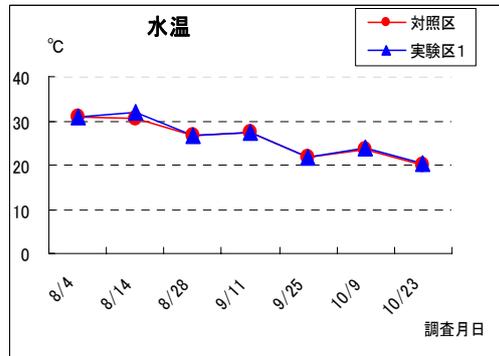


図 5-5-6 水温

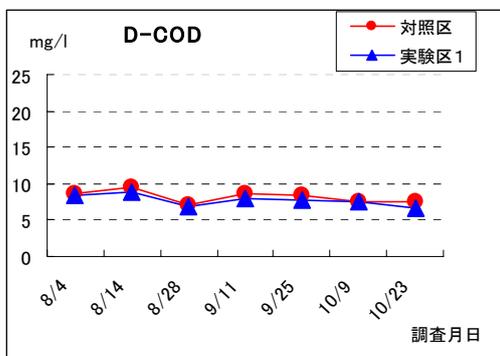


図 5-5-7 D-COD

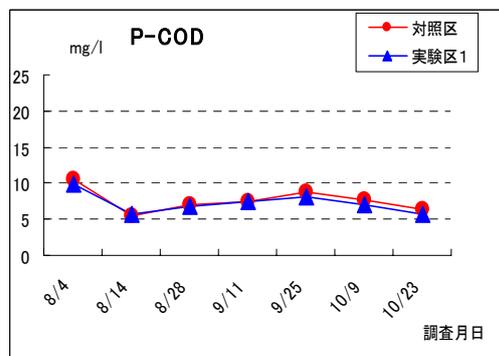


図 5-5-8 P-COD

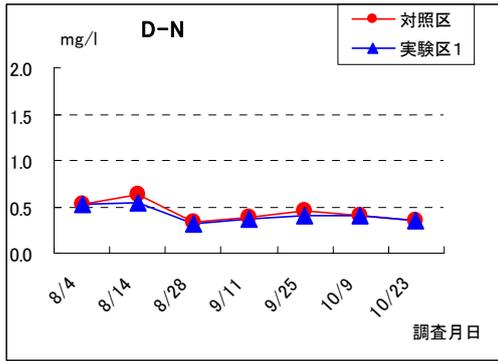


図 5-5-9 D-N

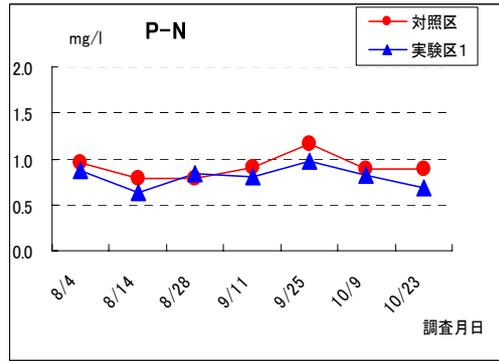


図 5-5-10 P-N

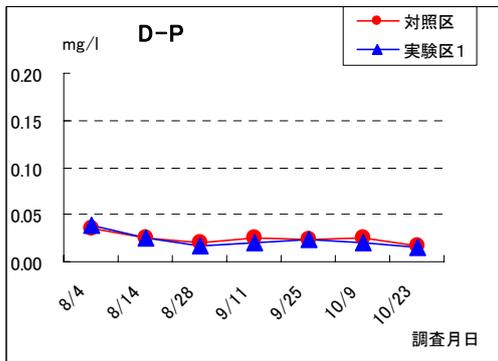


図 5-5-11 D-P

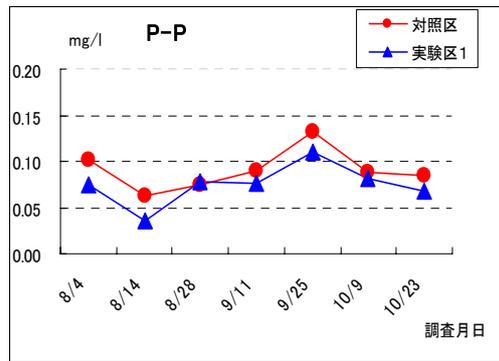


図 5-5-12 P-P

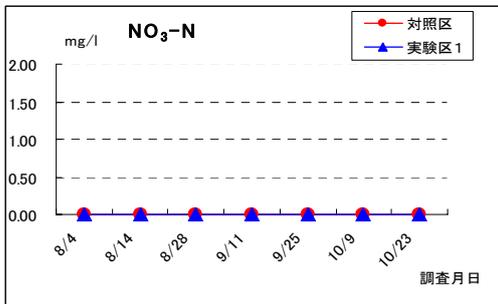


図 5-5-13 NO₃-N

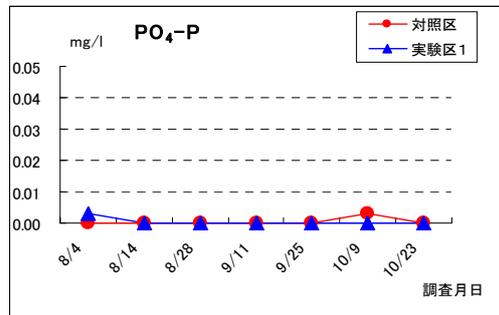


図 5-5-14 PO₄-P

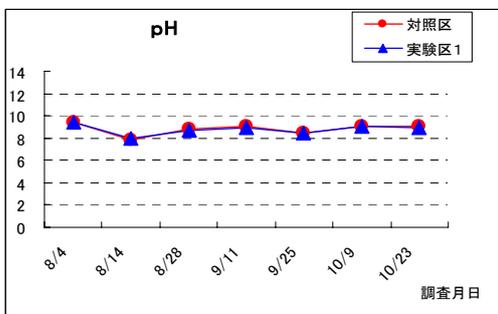


図 5-5-15 pH

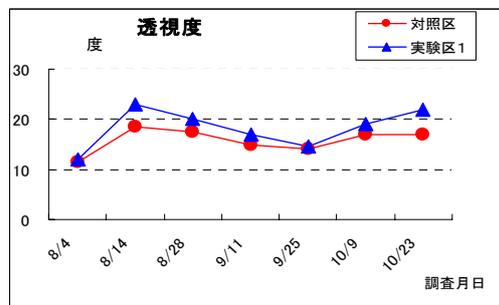


図 5-5-16 透視度

(3) 水塊の水質浄化率

COD等の実証項目について目標水準は対照区水質と実験区水質との差を対照区水質で除した浄化率として設定した。

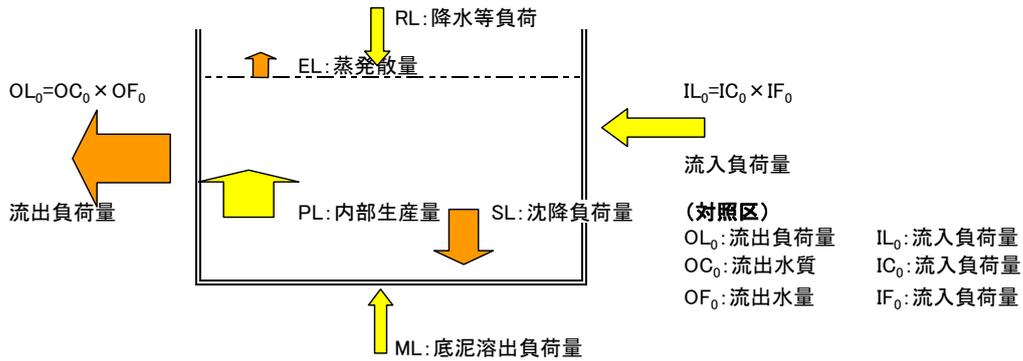
(3-1) 水質浄化率の算出方法

実験区1の水塊水質について炭素繊維浄化材による水質浄化効果を判定するため水質浄化率を求めた。水塊水質の浄化率の求め方の模式図を図5-6に示す。実験区と対照区には共に降水等の負荷量、蒸発量が同量とみなせる。浄化材が実験区の水塊内に設置されている今回の場合、浄化材は水質除去効果以外に、水塊内での内部生産量及び沈降量に対して対照区と比べて若干の増加作用又は減少作用を与えられとされる。そこで、浄化材による水塊水質の浄化効果は、装置の除去量と装置による水塊での内部生産量及び沈降量への影響も加味した総合的なものとして求めることにした。

算出方法の考え方を図5-6に示した。

また、対照区2及び実験区1への注入水質と注入水量がほぼ同じであることから、対照区2の水質から実験区1の水質を差し引き、それを対照区の水質で除した(4)式により調査日毎に浄化率を求めることにした。

対照の水塊



対照区物質収支

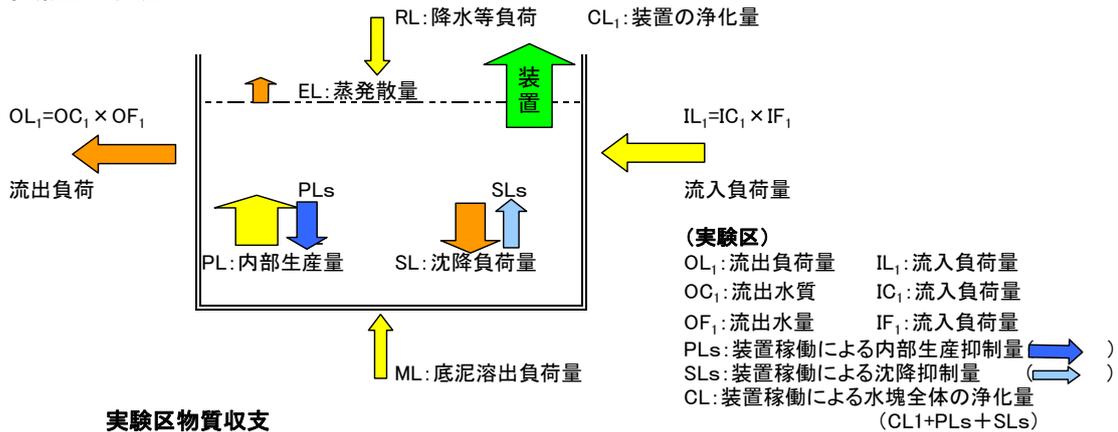
$$OL_0 + SL + EL = IL_0 + (RL + PL + ML)$$

対照水塊の調査:

内部生産量、底泥負荷量、降水負荷量及び沈降負荷量を流出負荷量と流入負荷量から求める。

$$(RL + PL + ML) - SL - EL = OL_0 - IL_0 \quad \text{---(1)}$$

実証区水塊



実験区物質収支

$$CL_1 + PLs + SLs + OL_1 + SL + EL = IL_1 + (RL + PL + ML)$$

$$CL = CL_1 + PLs + SLs \text{ より}$$

実証技術により除去された負荷量

$$CL = IL_1 - OL_1 + (RL + PL + ML) - SL - EL$$

(1)式より

$$CL = (IL_1 - OL_1) - (IL_0 - OL_0) \quad \text{---(2)}$$

実証技術の効果(内部生産等を含めた浄化率)

$$\text{浄化率} = CL / (IL_1 + (RL + PL + ML) - SL - EL) \times 100 \quad (\%)$$

$$= (IL_1 - OL_1 + OL_0 - IL_0) / (IL_1 + OL_0 - IL_0) \times 100 \quad (\%) \quad \text{---(3)}$$

対照と実証水塊への流入負荷量はほとんど等しい場合

$$IL_0 = IL_1 \quad (IC_0 = IC_1, IF_0 = IF_1)$$

ゆえに

$$\text{浄化率} = (OL_0 - OL_1) / OL_0 \times 100 \quad (\%) \quad \text{---(4)}$$

また $OF_0 = OF_1$

$$\text{浄化率} = (OC_0 - OC_1) / OC_0 \times 100 \quad (\%) \quad \text{---(5)}$$

図 5-6 流入流出負荷量収支による水塊簡易モデル

(3-2) 実験区の水質浄化率

実証項目等の水塊水質浄化率を表5-3-1～5-3-4に示した。

浄化材や実験区1の定常的な状態における水質浄化率を算出するため、実験区1や対照区2の水塊の状況を調べた。

第2回調査(8/28)では、水面に茶褐色の浮遊物が目視された。浄化材に付着していた汚泥とは特定できなかったが、このような特異的な実験区1の水を採取した。

第5回調査(10/9)では調査日直前の10月2日に、対照区の注入ポンプが不良となり、10月7日まで対照区水塊へ注水できなかった。

第6回調査(10/23)では実験区1の注入水量が7.9L/分で、通常(19L/分)の注入水量の約1/2倍と少量であった。

このように、第2回、第5回及び第6回調査日には実験区1や対照区2では浄化率を算出する際にこれらのデータは実験計画と異なると判断し、参考として取り扱うことにした(表5-4-1、5-4-2)。

(実証目標水準)

COD 浄化率は目標水準 40%のところ実証期間内では 2.7～8.1% (平均 5.2%) で、目標水準を達成しなかった。

T-N 浄化率は目標水準 40%のところ実証期間内では 10.0～15.6% (13.1%) で、目標水準を達成しなかった。

T-P 浄化率は目標水準 40%のところ実証期間内では 14.2～31.5% (20.7%) で、目標水準を達成しなかった。

SS 浄化率は目標水準40%のところ実証期間内では12.9～19.2%(15.7%) で、目標水準を達成しなかった。

Chl-a 除去率は目標水準 30%のところ実証期間内では 16.7～28.1% (23.8%) で、目標水準を達成しなかった。

表 5-4-1 水塊水質浄化率 (実証項目：%)

調査月日	項目	COD	T-N	T-P	SS	Chl-a
第1回	8/14	2.7	15.6	31.5	15.0	28.1
(第2回)	8/28	2.8	-2.7	-1.1	-10.5	-1.8
第3回	9/11	4.9	10.0	16.4	19.2	16.7
第4回	9/25	8.1	13.7	14.2	12.9	26.6
(第5回)	10/9	3.3	4.7	8.8	12.5	28.7
(第6回)	10/23	12.2	16.9	19.6	26.1	7.8
平均(1～6回)		5.7	9.7	14.9	12.5	17.7
平均(2、5、6回目除外)		5.2	13.1	20.7	15.7	23.8
目標水準		40	40	40	40	30

表 5-4-2 水塊水質浄化率 (追加項目：溶存態と懸濁態項目：%)

調査月日		項目	D-COD	D-N	D-P	P-COD	P-N	P-P
第1回	8/14		6.3	12.7	3.8	-3.7	17.9	42.9
(第2回)	8/28		4.2	5.9	15.0	1.4	-6.3	-5.4
第3回	9/11		8.0	5.1	23.1	1.3	12.1	14.4
第4回	9/25		9.4	8.9	0.0	6.8	15.5	16.7
(第5回)	10/9		-1.3	-2.5	16.0	7.9	7.9	6.8
(第6回)	10/23		13.2	0.0	11.8	11.1	23.6	21.2
平均 (1~6回)			6.6	5.0	11.6	4.1	11.8	16.1
平均 (2、5、6回目除外)			7.9	8.9	9.0	1.5	15.2	24.7

(4) 水塊の水質及び浄化率のまとめ

実証期間内の実験区1では、T-P、SS及びChl-aの実証項目、P-N及びP-Pの懸濁態の追加項目が対照区2よりやや低濃度であり、このため透視度も対照区2より良好であった。追加項目①の溶存態物質ではD-CODが実験区1の方が対照区2よりやや低濃度であったが、D-NとD-Pはほとんど変化がなかった。

追加項目②のpHも同様にほとんど変化がなかった。

浄化材による実験区1の水質浄化率は、Chl-aが15~30%程度、T-Pが15~30%程度、SSが15~20%程度、T-Nが10~15%程度、CODが5~10%程度であった。しかし、いずれの項目も目標水準を達成しなかった。

追加項目①の溶存態物質の浄化率はD-CODが5~10%程度、D-Nが5~15%程度、D-Pが0~25%程度であった。懸濁態物質の浄化率はP-CODが5~5%程度、P-Nが10~20%程度、P-Pが15~45%程度で溶存態物質よりやや高かった。

このようなことから、今回の実験区1における実験条件下では、炭素繊維浄化材による水質浄化は懸濁態物質(SS、Chl-a、P-N及びP-P)に対して優れていた。

5-4 底質調査

実験区1と対照区の底質との比較により炭素繊維製織布の底泥の分解効果について調査した。しかし、期間終了後も継続して技術開発者により試験が実施されており、実験後の採取場所は炭素繊維製織布の近傍でしか採取できなかった。このため、表5-5に示したT-C等の項目データは参考として取り扱うこととした。また、底泥を手触りすると砂のようなざらざら感はなく、全ての試料がシルト状で変化がなかった。

このようなことから炭素繊維製織布によって実験区1の底泥が分解により無機化する現象を確認できなかった。

表 5-5 底質調査結果 (参考)

種類	対照区		実験区 1	
	実験前	実験後	実験前	実験後
	8月4日	12月3日	8月4日	12月3日
T-C (mg/g)	83	102	82	108
T-N (mg/g)	8.9	10.5	9.0	10.5
T-P (mg/g)	0.76	0.78	0.86	0.77
強熱減量 (%)	18.7	17.2	21.1	21.1
におい	微弱 (泥臭)	微弱 (泥臭)	微弱 (泥臭)	微弱 (泥臭)

5-5 環境への上記以外の影響調査

- 電力使用量 : 必要としない。
- 汚泥の発生量 : 実証期間中は特に汚泥処理の必要はなかった。
- 廃棄物等の発生量 : 廃棄物は発生しなかった。
- 騒音・におい : 特に騒音やにおいの発生はなかった。

5-6 炭素繊維浄化材等の維持管理に関する調査

(1) 隔離水塊への注入水量

隔離水塊外から揚水する注入水量は、調査日により多少異なった。原因としては、揚水用のポンプにコケムシ (夏季) 等の異物が吸引され揚水用パイプに詰まったとも推察された。しかし、第6回調査日は10月下旬であり、コケムシの群体が観察される時期ではないため不明であった。

(2) 実証機器の立ち上げ及び停止に要する期間

浄化材の水塊内への設置、ロープの固定等に2日間を要した。撤去には1日間程度で完了する予定である (現在、継続して実験中)。

(3) 実証機器の維持管理に必要な人員数と技能

維持管理は週に1人で1回、30分程度であった。
落ち葉等の飛来物は柄杓で除去した。

(4) 実証機器の信頼性

フロートの破損、脱落、流出等の異常はみられなかった。また、風雨等による問題は発生しなかった。

(5) トラブルからの復帰方法

浄化材等にトラブルは特に発生しなかった (炭素繊維浄化材には設置後急速に多量の汚泥が付着したため、水質の浄化が思ったほど進まなかった)。

(6) 維持管理マニュアルの評価

維持管理をしなければならない項目も少なく、マニュアルも簡単で明瞭であった。

5-7 他の実水域への適用可能性を検討する際の留意点

本実証試験では、隔離水塊外から水中ポンプで処理区内に注水する隔離実験を行った。湖内に設置した炭素繊維浄化材によりCODが3~8%程度、SSとT-Nが10~20%程度、Chl-aとT-Pが15~30%程度浄化できた。浄化材はChl-a等の懸濁態物質の浄化に優れていた。しかし、浄化織布による底泥の分解につい

ては実験期間も短く確認できなかった。

浄化材設置後3日目の第1回調査時には、浄化材に汚泥が付着しており、浄化材を設置した後、直ちに汚泥が付着したものと考えられる。

このような浄化材の付着能及び微生物の分解能をさらに促進するために、浄化対象の池、湖沼等の規模、水質や汚濁状況に応じた

- ① 浄化材の敷設面積
- ② 浄化材の本数や適正な配置等の改善
- ③ 浄化材の設置場所の適切な選定
- ④ 維持管理の徹底

により、効果的な水質の浄化が期待されるものと思われる。

5-8 実証委員会での論点における意見等

(1) 水塊の面積に対する炭素繊維浄化織布の占有面積と配置

水塊水質の浄化率が目標水準に達していない。

当初の実験計画は、「フロートを上部に取り付けた169本の炭素繊維浄化材を0.5m間隔で格子状に並べ、炭素繊維織布上に設置し、水草のごとく水中に立ち上げる。浄化ユニットは水塊の中央部に設置し、水塊面積の約1/4にあたる6m×6mとする。」であった。しかし、浄化材の占有面積が大きいという指摘があり、実証計画を「フロートを上部に取り付けた243本の炭素繊維浄化材を0.3m間隔で格子状に並べ、炭素繊維織布上に設置し、浄化ユニットの両端をロープで固定する。浄化ユニットは水塊の中央部に設置し、水塊底面の約1/6にあたる8.1m×2.7mとする。」と炭素繊維浄化材の占有面積、本数及び設置間隔を変更して実施した。

今後、浄化対象の池、湖沼等の規模と水質の状態（内部生産量より沈降・分解量の多い水塊）に応じた浄化材の占有面積、本数及び設置間隔等について更に研究し、検討していく必要がある。

(2) 水塊内の流況

水塊内中央部に敷設した浄化材が注入水の流れを阻害している恐れがある。水塊内の採水地点等での流況を把握しているか？

12月8日に技術開発者が3方位の流速を測定した。流速は測定箇所のほとんどで1~2cm/分と非常に緩やかな流れであった。流向は風や水塊内の対流により形成されており、注入水の影響は小さいと推定された。浄化材を設置した近傍では鉛直方向の流れが卓越するという浄化材の設置による影響がみられるものの、浄化材の中央部にも流れがあることが確認された。

6 データの品質管理

本実証試験を実施するにあたりデータの品質管理は、石川県保健環境センターが定める「実証試験業務品質マニュアル」に従って実施した。

7 品質管理システム監査

本実証試験で得られたデータの品質監査は、石川県保健環境センターが定める実証試験業務品質マニュアルに従って行った。

実証試験が適切に実施されていることを確認するために実証試験期間中に1回内部監査を実施した。

この内部監査は、企画情報部長を内部監査員として任命し実施した。

その結果、実証試験は品質マニュアルに基づく品質管理システムの要求事項に適合し、適切に実施、維持されていることが確認された。

内部監査員は内部監査の結果をデータ品質管理責任者（石川県保健環境センター次長（技術担当））及び石川県保健環境センター所長に報告した。

○ 資料

資料1-1 気象データ(平成20年8月)

観測月日	降水量(mm)	平均気温(°C)	日照時間	天候
8/1	0	26.2	10.3	晴
8/2	0	27.4	2.9	曇時々晴
8/3	0	28.4	10.6	晴
8/4	1	26.7	4.7	曇後晴
8/5	0	26.2	3.8	晴時々曇
8/6	0	27	6.5	晴一時曇
8/7	0	27.4	10.9	快晴
8/8	0	27.3	10.9	晴
8/9	0	27.4	11.4	晴
8/10	0	27.3	10	晴一時薄曇
8/11	0	27.9	9.9	晴
8/12	0	28.2	11.9	快晴
8/13	0	28.6	8.9	晴後一時薄曇
8/14	9	28.3	4.2	曇時々晴一時雨
8/15	82	26.9	6	晴一時雨、雷
8/16	89.5	23.7	0.8	雨時々曇
8/17	0.5	23.3	4.5	晴一時曇
8/18	0	24.8	10.2	晴後一時曇
8/19	13	27	0.9	雨時々曇、雷
8/20	3.5	25.2	6.5	晴
8/21	5.5	23.5	6.4	曇一時雨後晴
8/22	1.5	23.1	9.2	晴後曇
8/23	8.5	25.8	1.4	曇後一時晴
8/24	3	23.2	0	曇
8/25	0.5	21.8	0	曇後一時雨
8/26	5	23.5	0.5	曇一時雨
8/27	0	25.6	1	曇一時晴
8/28	6	24.7	0	曇後一時大雨、雷
8/29	1	23.9	0	曇時々雨
8/30	0.5	24.1	0	曇後雨
8/31	0	25.8	11.8	晴

資料1-2 気象データ(平成20年9月)

観測月日	降水量(mm)	平均気温(°C)	日照時間	天候
9/1	0	26.2	9.3	晴
9/2	0.5	25.9	5.1	曇後一時雨
9/3	24	23.7	0	大雨後曇
9/4	0	23.6	0.2	曇
9/5	0	25.6	3.2	晴後曇
9/6	0	26	4.6	晴後一時雨、雷
9/7	1.5	25	6	曇後晴
9/8	0	23.6	8.7	晴
9/9	0	21.7	10.2	晴
9/10	0	23.5	10.7	晴
9/11	0	23.7	10.4	快晴
9/12	0	23.1	7.1	晴後一時曇
9/13	0	22.9	3.6	曇一時雨後晴
9/14	0	23.2	10.3	晴
9/15	0	22.9	0.4	曇
9/16	0	23.6	9.8	晴
9/17	0	23.3	9.8	晴後薄曇
9/18	0	24.8	1.4	曇
9/19	0	25.5	0	曇
9/20	0	24.5	6	曇一時晴
9/21	25.5	19.8	0	雨一時曇
9/22	2.5	20.9	3.3	曇後晴
9/23	7	20.6	2.7	曇後一時雨
9/24	0	18.9	9.7	晴
9/25	11	20.3	0	曇
9/26	43	18.4	0	雨時々曇
9/27	0	15.4	3.8	曇
9/28	0	16.3	1.6	曇
9/29	0	16.1	0	曇一時雨
9/30	0	18.7	5.6	曇一時晴

資料1-3 気象データ(平成20年10月)

観測月日	降水量(mm)	平均気温(°C)	日照時間	天候
10/1	0	19.7	5.2	晴一時曇
10/2	0	17.5	10.9	晴
10/3	0	18	10.4	晴後一時薄曇
10/4	0	19.4	9.9	晴
10/5	7	18.1	0	曇後一時雨
10/6	9	18.3	0.1	曇一時雨
10/7	0	19.4	1.2	曇
10/8	0	20.5	8.1	晴
10/9	0	20.1	7.8	晴後一時薄曇
10/10	12	20.3	5.3	晴後一時曇
10/11	18	17.2	1.5	曇一時雨
10/12	0	14.9	6.3	薄曇
10/13	0	16.3	7.1	晴
10/14	0	16.5	0	曇
10/15	7.5	17.6	8.3	晴一時曇
10/16	0	17.4	9.6	晴
10/17	0	17.3	6.8	晴一時薄曇
10/18	0	17.8	9.8	快晴
10/19	0	17.9	9.5	晴
10/20	0	17.4	4.9	薄曇
10/21	0	17	9.1	晴
10/22	1.5	18.3	3.5	薄曇
10/23	20	19.1	1.9	曇一時雨
10/24	18.5	19	0	雨時々曇
10/25	0	17.1	4.4	曇一時晴
10/26	27	16.2	0	曇後一時雨
10/27	22	13.3	2.3	雨時々曇、雷
10/28	13	14.2	3.4	晴時々曇
10/29	7.5	13.4	0.7	雨時々曇
10/30	0	11.2	5.6	晴後一時曇
10/31	20	13.9	2	曇時々雨、雷

資料2-1 注入水質 (対照区)

調査日	種類	水温 (°C)	透視度 (cm)	透明度 (m)	色相	pH	EC (μ /cm)	SS (mg/L)	DO (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	P-COD (mg/L)	クロロフィル-a (μ g/L)	クロロフィル-b (μ g/L)	クロロフィル-c (μ g/L)	全クロロフィル (μ g/L)
8/4	注入水	31.1	11.0	-	-	9.2	178	31	8.5	18.6	8.2	10.4	97	6	4	106
8/14	注入水	30.5	15.0	-	-	7.8	181	33	6.6	15.3	8.6	6.7	92	11	11	114
8/28	注入水	26.0	14.5	-	-	8.7	148	31	8.9	15.0	7.1	7.9	86	8	12	106
9/11	注入水	27.7	15.0	-	-	8.9	188	25	9.1	15.4	7.8	7.6	71	6	11	88
9/25	注入水	21.8	14.5	-	-	8.4	207	33	7.7	16.8	7.8	9.0	93	8	15	115
10/9	注入水	22.5	13.0	-	-	8.8	203	39	9.5	16.3	7.2	9.1	120	9	21	150
10/23	注入水	20.2	16.0	-	-	8.8	207	27	10.3	12.7	6.3	6.4	70	7	18	95

資料2-2 注入水質 (対照区)

調査日	種類	T-N (mg/L)	D-N (mg/L)	P-N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	T-P (mg/L)	D-P (mg/L)	P-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	水位 (m)
8/4	注入水	1.61	0.49	1.12	<0.01	<0.01	0.01	0.146	0.029	0.117	<0.003	-
8/14	注入水	1.36	0.41	0.95	<0.01	<0.01	0.01	0.133	0.022	0.111	<0.003	-
8/28	注入水	1.29	0.33	0.96	<0.01	<0.01	0.02	0.117	0.021	0.096	<0.003	-
9/11	注入水	1.17	0.38	0.79	<0.01	<0.01	0.02	0.110	0.022	0.088	<0.003	-
9/25	注入水	1.49	0.40	1.09	<0.01	<0.01	<0.01	0.153	0.023	0.130	<0.003	-
10/9	注入水	1.60	0.38	1.22	<0.01	<0.01	0.02	0.146	0.021	0.125	0.003	-
10/23	注入水	1.26	0.35	0.91	<0.01	<0.01	0.01	0.118	0.019	0.099	0.004	-

資料3-1 水塊水質 (対照区)

調査日	種類	水温 (°C)	透視度 (cm)	透明度 (m)	色相	pH	EC (μ /cm)	SS (mg/L)	DO (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	P-COD (mg/L)	クロロフィル-a (μ g/L)	クロロフィル-b (μ g/L)	クロロフィル-c (μ g/L)	全クロロフィル (μ g/L)
8/4	水塊水	30.9	11.5	0.3	-	9.4	178	27	8.7	19.2	8.7	10.5	88	6	5	98
8/14	水塊水	30.5	18.5	0.5	17	7.8	180	20	7.0	14.9	9.5	5.4	72	9	8	89
8/28	水塊水	26.5	17.5	0.5	16	8.8	143	19	9.3	14.1	7.1	7.0	62	8	8	78
9/11	水塊水	27.2	15.0	0.5	17	9.0	185	26	9.7	16.2	8.7	7.5	75	6	6	87
9/25	水塊水	21.8	14.0	0.25	16	8.4	209	31	8.4	17.3	8.5	8.8	93	9	12	114
10/9	水塊水	23.4	17.0	0.45	16	9.0	197	24	10.6	15.1	7.5	7.6	71	7	12	90
10/23	水塊水	20.1	17.0	0.4	15	9.0	199	23	10.4	13.9	7.6	6.3	59	5	9	73

資料3-2 水塊水質 (対照区)

調査日	種類	T-N (mg/L)	D-N (mg/L)	P-N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	T-P (mg/L)	D-P (mg/L)	P-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	水位 (m)
8/4	水塊水	1.49	0.53	0.96	<0.01	<0.01	0.01	0.137	0.035	0.102	<0.003	1.3
8/14	水塊水	1.41	0.63	0.78	<0.01	<0.01	0.02	0.089	0.026	0.063	<0.003	1.3
8/28	水塊水	1.13	0.34	0.79	<0.01	<0.01	0.01	0.094	0.020	0.074	<0.003	1.2
9/11	水塊水	1.30	0.39	0.91	<0.01	<0.01	0.04	0.116	0.026	0.090	<0.003	1.3
9/25	水塊水	1.61	0.45	1.16	<0.01	<0.01	0.01	0.155	0.023	0.132	<0.003	1.1
10/9	水塊水	1.29	0.40	0.89	<0.01	<0.01	0.02	0.113	0.025	0.088	0.003	1.1
10/23	水塊水	1.24	0.35	0.89	<0.01	<0.01	0.01	0.102	0.017	0.085	<0.003	1.2

資料4-1 水塊水質(実験区1)

調査日	種類	水温 (°C)	透視度 (cm)	透明度 (m)	色相	pH	EC (μ /cm)	SS (mg/L)	DO (mg/L)	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	P-COD (mg/L)	クロロフィル-a (μ g/L)	クロロフィル-b (μ g/L)	クロロフィル-c (μ g/L)	全クロロフィル (μ g/L)
8/4	水塊水	31.0	12.0	0.4	-	9.4	176	28	9.4	18.3	8.5	9.8	78.9	4.9	5.2	89.0
8/14	水塊水	31.8	23.0	0.5	16	8.0	175	17	6.9	14.5	8.9	5.6	51.9	7.5	11.1	70.5
8/28	水塊水	26.8	20.0	0.5	16	8.7	143	21	8.7	13.7	6.8	6.9	63.3	6.8	8.2	78.3
9/11	水塊水	27.3	17.0	0.5	17	8.9	183	21	8.6	15.4	8.0	7.4	62.4	3.7	5.9	72.0
9/25	水塊水	21.6	14.5	0.25	16	8.4	206	27	7.7	15.9	7.7	8.2	68.0	7.2	11.4	86.6
10/9	水塊水	23.9	19.0	0.5	16	9.0	197	21	10.1	14.6	7.6	7	50.8	6.0	14.5	71.3
10/23	水塊水	20.5	22.0	0.5	15	8.9	201	17	10.3	12.2	6.6	5.6	54.2	4.2	9.3	67.7

資料4-2 水塊水質(実験区1)

調査日	種類	T-N (mg/L)	D-N (mg/L)	P-N (mg/L)	T-P (mg/L)	D-P (mg/L)	P-P (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	水位 (m)
8/4	水塊水	1.39	0.52	0.87	0.114	0.039	0.075	<0.01	<0.01	0.01	0.003	1.2
8/14	水塊水	1.19	0.55	0.64	0.061	0.025	0.036	<0.01	<0.01	0.02	<0.003	1.2
8/28	水塊水	1.16	0.32	0.84	0.095	0.017	0.078	<0.01	<0.01	0.02	<0.003	1.2
9/11	水塊水	1.17	0.37	0.80	0.097	0.020	0.077	<0.01	<0.01	0.01	<0.003	1.2
9/25	水塊水	1.39	0.41	0.98	0.133	0.023	0.11	<0.01	<0.01	0.01	<0.003	1.2
10/9	水塊水	1.23	0.41	0.82	0.103	0.021	0.082	<0.01	<0.01	0.02	<0.003	1.2
10/23	水塊水	1.03	0.35	0.68	0.082	0.015	0.067	<0.01	<0.01	0.01	<0.003	1.1

環境技術実証試験の隔離水塊



図1 看板



図2 採泥風景



図3 処理装置(1)



図4 処理装置(2)

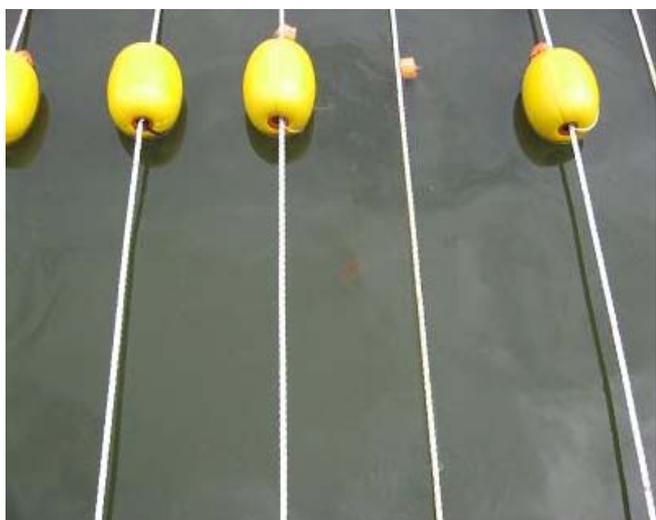


図5 付着物の様子(1)

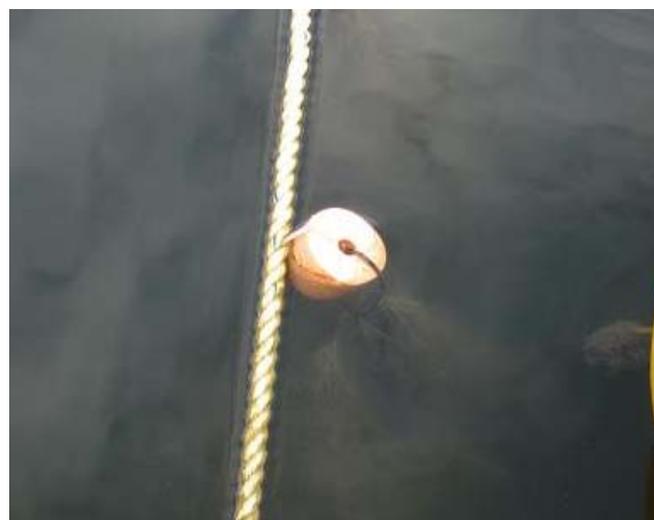


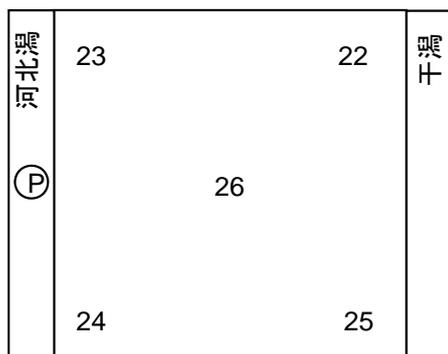
図6 付着物の様子(2)

河北潟 実証試験 隔離水塊内流向流速調査結果

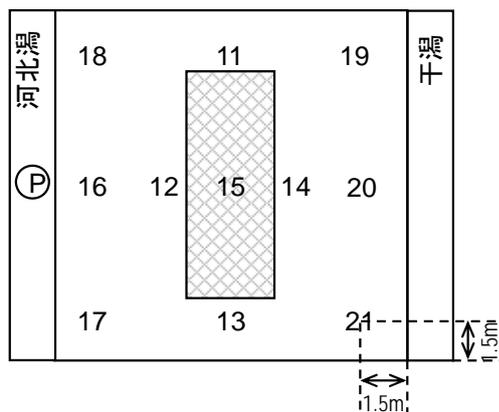
帝人株式会社
群馬工業高等専門学校

測定日 : 12月8日 天候:晴れ 風向:南 風速:1~2m/s
 使用機器 : アレックス電子 3次元流量計
 測定箇所 : 各水塊の測定点は下図参照
 各点とも水深30cmおよび100cmの地点を測定
 解析方法 : 各方向の流速をXYZ座標上にプロットし、流速および流向を確認

【対照区2】



【実験区1】



結果及び考察

測定結果を図示したものを次ページに示す。

(1) 全体の傾向について

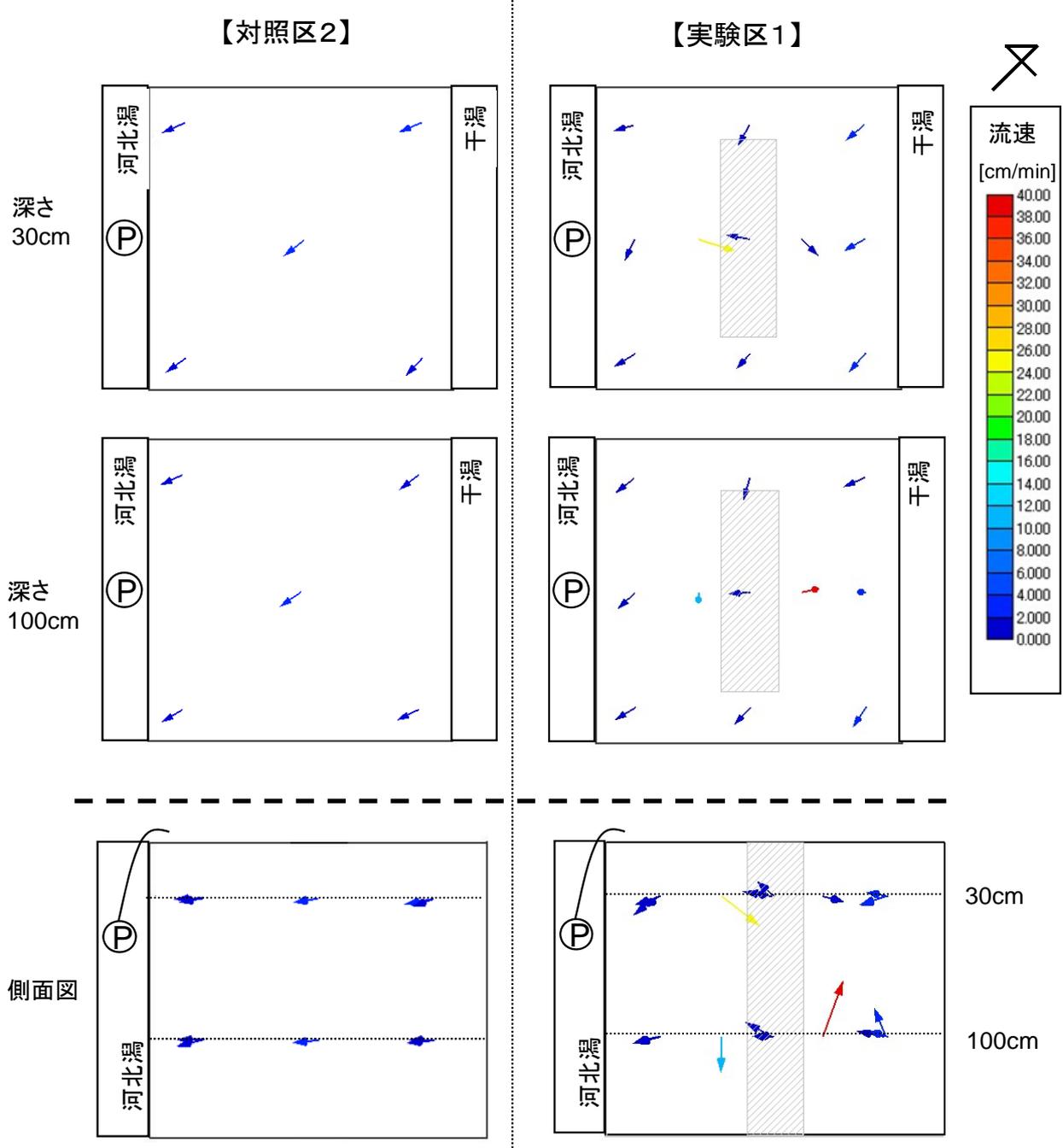
- ・測定の結果、測定箇所のほとんどは、1~2 cm/minと非常に緩やかな流れであった。
- ・水の流れは注入口へ向かうものであり、注水による隔離水塊内の水流への影響は小さく風や水塊内の対流により流れが形成されていると推測された。

(2) 炭素繊維浄化材設置の影響について

- ・対照区2と実験区1を比較すると、水塊内の水流に差異があることが認められた。
- ・炭素繊維浄化材設置区域中央(15)にも流れがあることが確認された
- ・炭素繊維浄化材設置区域近傍のポイント12、14では、鉛直方向に非常に大きな流速が観測された。これは、浄化材が壁になっており、鉛直方向に沿って回折していることを示唆していると考えられる。

以上のことから、ポイント12、14の流速が大きいにも関わらず、ポイント15の流速がわずかであることから、設置区域内外での十分な水塊の交換が行われていたとは言いがたいと考えられ、この点を解消することで、より、効果的な浄化が可能であると思われる。

○各測定点の流向・流速測定結果



* 斜線部: 炭素繊維浄化材設置区域