

第 2 回専門委員会資料
第 3 期計画の水質保全対策（検討資料）

N o . 1 底泥対策、底質改善対策 資料 6－1

N o . 2 調整池管理水位の調整 資料 6－2

N o . 3 アオコ対策 資料 6－3

N o . 4 排水機場等における濁水除去対策 . 資料 6－4

N o . 5 湖内流動化 資料 6－5

（1）西部承水路の流動方法の変更 . . . 資料 6－5（1）

（2）大久保湾の流動化 資料 6－5（2）

対策の名称 №. 1 底泥対策、底質改善対策

1 目的

底質改善や底泥除去等で、湖底からの栄養塩の溶出等を抑制する。

2 検討する対策の概要**①湖内及び流入河川河口部の浚渫・覆砂（新規）**

蓄積した底泥を浚渫することで、栄養塩の溶出や泥の巻き上げによる透明度の低下を防止する。また、覆砂で、溶出や巻き上げを抑制するとともに、底質を改善することで水生生物の生育環境を改善する。

②高濃度酸素水供給（継続）

高濃度に酸素を溶解させた湖水を湖内底層に供給することで、底層の貧酸素化を改善し、底泥からの栄養塩の溶出を防止するとともに、底質の改善を図る。

③底質中の植物プランクトン分布調査（継続）

アオコ形成藻類の代表であるMicrocystis属の湖内底質の分布や湖水への回帰状況を確認するとともに、アオコ発生の防止又は軽減を図るために適切な底質改善方法を検討、実施する。

3 検討する対策の経緯等**①湖内及び流入河川河口部の浚渫・覆砂**

第1期では、発生源対策を優先させること、多額の費用を要することから採用せず、第2期でも費用対効果が低いことや湖底のデータ不足であったことから採用していない。

②高濃度酸素水供給

- ・ 第2期計画では、底質改善の手法として試験検証をすることにしていた。
- ・ H25から豊川、H27から大久保湾で試験し、底層でのD0上昇と $\text{PO}_4\text{-P}$ 低下や底質からの栄養塩類の溶出抑制等が示唆される一定の効果を確認した。
- ・ 大久保湾の結果から、平坦で浅い水域では風等の影響を受けるため、水の交換が少ない水域での実施が適していると考えられ、H28からは西部承水路の浚渫跡の窪地で試験を実施している。
- ・ 西部承水路の結果から、底層D0の上昇や底質改善等と大久保湾と同様の効果が得られているが、影響範囲の特定や溶出抑制効果の定量化等を確認するには、今後も試験を継続する必要がある。

③底質中の植物プランクトン分布調査

- ・ 秋田県立大学の調査では、八郎湖の特に大久保湾内の一部の湖底にMicrocystis属が高密度で存在し、底質から湖水へ回帰していることが確認されている。
- ・ H30年度は、底質鉛直方向の分布や回帰状況の詳細、アオコ被害の著しい馬踏川での底質中の分布や湖水への回帰状況を把握する調査を実施している。

4 期待される効果

①湖内及び流入河川河口部の浚渫・覆砂

- ・浚渫は、栄養塩を直接除去することができ、また、土砂堆積による航行障害の解消、流木やごみの堆積による景観の悪化が改善される。
- ・覆砂は、底泥からの栄養塩の溶出や巻き上げを抑制でき、シジミや沈水植物など砂状の底質を好む生物の生育環境の改善につながる。

②高濃度酸素水供給

- ・大久保湾と西部承水路の試験では、最大で湖内174,000㎡の範囲の底層D0を上昇させ、試験区で対策3年目には、対照区と比べて試験区底質の PO_4 -P溶出速度を約8割、酸素消費速度を約2割減少させた。
- ・当該試験結果を条件とした水質予測シミュレーションでは、大久保湾内での対策は影響範囲が限られており、基準点の水質に変化は見られなかった。
- ・そこで、湖内の窪地や植物プランクトンが多く存在する部分等とピンポイントでの底質の改善を進めることを検討する。

③底質中の植物プランクトン分布調査

- ・植物プランクトンの回帰量を削減することで、アオコ発生抑制が可能となる。

5 考慮すべき課題

①湖内及び流入河川河口部の浚渫・覆砂

- ・泥の処理費が高額で、費用対効果が低い。
- ・工事中の底泥の巻き上げで、水質が悪化する可能性がある。
- ・底泥の再堆積により効果が低下するため、効果を継続させるためには、流入負荷量の削減や再度浚渫をする必要がある。

②高濃度酸素水供給

- ・深い水域での対策の効果は現在検証中である。

③底質中の植物プランクトン分布調査

- ・植物プランクトンの回帰量と水質との関連性を把握しなければ、効果がわかりにくい。また、水の交換が生じる水域ではアオコも移動するため、効果が分かりにくい。

6 事務局（案）

①湖内及び流入河川河口部の浚渫・覆砂

事業費が高額であること、現状では底質からの溶出量や範囲、また、底質を改善した場合の効果が適正に把握出来ていないため、実施は難しい。底層や底質の状況把握に努める。

②高濃度酸素水供給

西部承水路での事業を継続し、影響範囲の特定や溶出抑制効果の定量化等を確認する。また、ピンポイントでの底質改善手法を構築する。

③底質中の植物プランクトン分布調査

八郎湖内底質で高密度に植物プランクトンが存在する位置や深度を特定し、適切な対策を検討する。

参考資料

- ・ 他湖沼での実施状況
- ・ 高濃度酸素水供給装置による試験について
- ・ 秋田県八郎湖の底質における *Microcystis* 属の季節変動
とアオコ発生への寄与
(第 52 回日本水環境学会年会 資料)

他指定湖沼での実施状況

湖内対策	霞ヶ浦	諏訪湖	中海	八郎湖	釜房 ダム	野尻湖	手賀沼	印旛沼	琵琶湖	宍道湖	児島湖
浚渫	○ 湖川	○ 湖	○ 川				○ 川		○ 湖川	○ 川	○ 川
覆砂 埋め戻し	○	○	○						○		
高濃度酸 素水			○	○							

※現湖沼計画や過去の実績で確認できたものを掲載している。

【太枠内の事業抜粋】

1 霞ヶ浦

1) 浚渫（湖）

目的：湖内に堆積した栄養塩類濃度の高い底泥を除去し、栄養塩類が湖水へ溶出する量を削減する。

① 西浦

期間：S50～H23（37年間 事業費は約34億円/年）

浚渫：800万m³（浚渫厚30cm）

効果：COD 0.6mg/L 低減、泥は低地水田の嵩上げに利用

終了：目標としていた800万m³が終了したため事業を終了

② 北浦

期間：H28.2月～H30年度（試験実施）

浚渫：1,500m³（浚渫厚60cm）

効果：調査中、泥は湖岸植生帯基盤に利用できるのか確認中

2) 覆砂（土砂）（北浦試験）

目的：湖内に堆積した栄養塩類濃度の高い底泥を被覆し、栄養塩類が湖水へ溶出する量を削減する。

期間：H25.9月～H28年度

面積：2,500m²（砂を30cm被覆）

効果：調査中

2 諏訪湖

1) 浚渫（湖）

目的：富栄養化した底泥を取り除き、底泥からの窒素・リンの溶出を減ずる。

期間：S44～H14（34年間 総事業費約146億円、4.3億円/年）

浚渫：381万m³（浚渫厚40～50cm）泥は湖岸整備に利用

効果：他対策含めてCOD 9.9mg/L（S53）から5.2mg/L（H14）まで低減

終了：アオコの異常発生が見られなくなったことや、一定の水質改善効果が得られたこと、また、泥を利用した湖岸整備が終了したこと、さらに今後事業を継続しても費用対効果の算出が困難であることから事業を終了した。なお、終了後は年間 2～3cm 程度の泥が堆積している。

2) 覆砂

目的：湖岸域で実施し、湖底からの窒素・リンの溶出や貧酸素化を抑制する。また、遠浅の環境に生息する生物の生息場所を創出する。

期間：H27～（H28 年度予算は、覆砂とシジミや環境調査を含めて 48 百万円）

面積：H27 は 2,500 m²、H28 は 10,000 m²（予定）

効果：H28 年 12 月シジミの稚貝を確認

3 中海

1) 覆砂（石炭灰造粒固化物）

目的：浚渫跡の窪地内部の水塊は入れ替わりづらく、長期間貧酸素状態となりやすいことから、栄養塩や硫化水素が増加しやすいため、湖底を被覆し、栄養塩類が湖水へ溶出する量を削減する。

① 細井沖窪地

期間：H24～H25

面積：窪地内全面（52,500 m²）（固化物を 50cm 被覆）

効果：・溶出速度削減率 NH₄-N 約 14%、PO₄-P 約 22%

・H₂S 約 88%（覆砂後 2 年）、底質直上水での H₂S 濃度の低下

② 錦海沖窪地

期間：H25～H26

面積：窪地内全面（固化物を 70cm 被覆）

効果：・底質直上水での H₂S 濃度は 44mg/L から 0.38mg/L に低下

・底質間隙水での H₂S 濃度は 73mg/L から 0.11mg/L まで低下

・直上水、間隙水ともに期間の経過とともに濃度が上昇

2) 高濃度酸素水（同時期に湖底耕耘も実施）

目的：底層水の貧酸素化を抑制し、合わせて底質を改善する。

期間：H28

装置：高濃度酸素水は液膜式酸素溶解装置（FRP 製）で湖水吸水用水中ポンプ（0.7 m³/min）を利用、耕耘は 1 回/月を 2 ヶ月実施、耕耘対象エリア面積約 7,000 m²

効果：平均水深 3.5m、DO の上昇は認められず、底質の強熱減量は増加（耕耘で攪拌したためか）

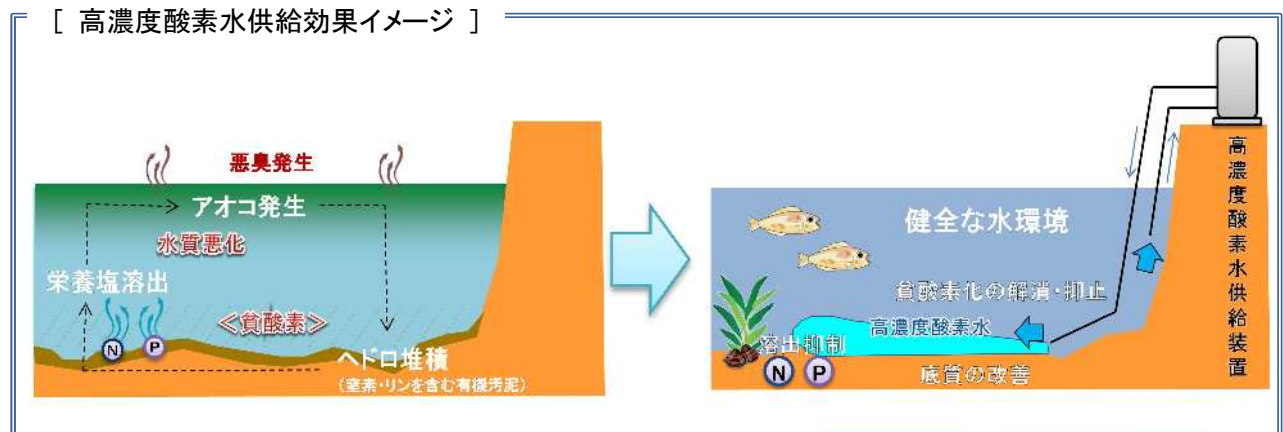
※なお、中海は H19～H21 に WEP システム（2 m³/min と 2.5 m³/min の 2 基）で、底層の貧酸素状態を DO10mg/L 程度に改善し、好気状態を維持することが出来たが、今回は事業費を抑えた対策として実施した様子。

高濃度酸素水供給装置による試験について

1 事業概要

目的：本業務は八郎湖で水の停滞や底泥の堆積が著しい水域において、高濃度酸素水を底層に供給することによる水質及び底質浄化対策の効果を検証する。

内容：高濃度酸素水を湖内底層へ供給し、貧酸素化の解消・抑止を図る。また、それにより、底質からの栄養塩類の溶出抑制を図るとともに、底質の改善や植物プランクトンの増殖抑制を図る。



2 高濃度酸素水供給装置の概要

- ①酸素発生装置・・・大気中から酸素を捕集
 - ②コンプレッサー・・・酸素を加圧し、溶解装置に移送
 - ③循環ポンプ・・・湖水の取水と送水
(吐水量 約 3.0 m³/min)
 - ④高濃度酸素溶解装置・・・湖水に高濃度に酸素を溶解
- ※24 時間稼働



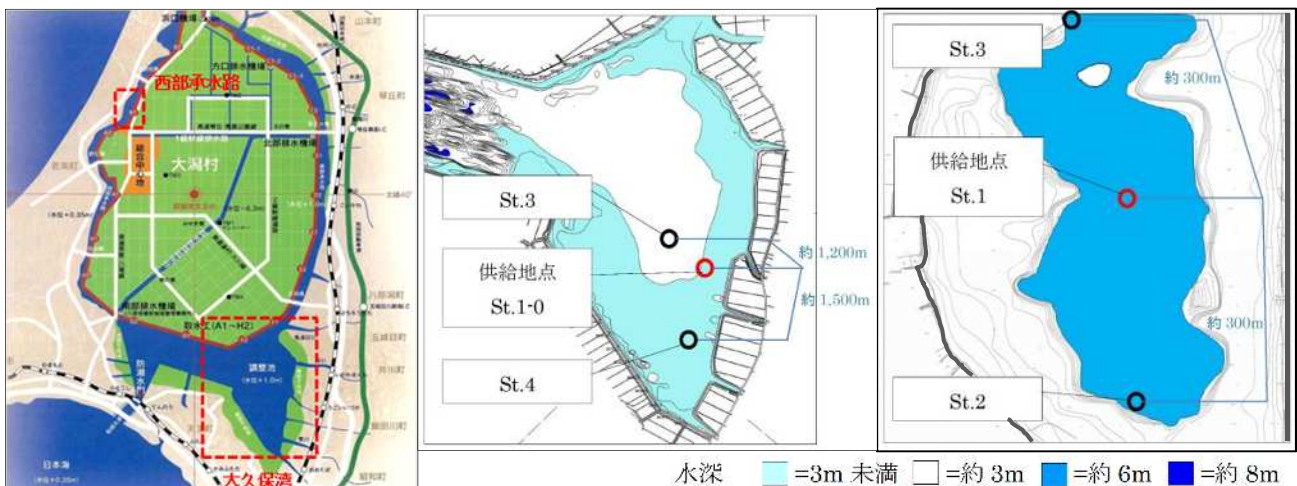
3 実施場所

- ①大久保湾（平均水深 3.0m、試験区水深 3.0m）
- ②西部承水路（平均水深 1.7m、試験区水深 6.0m）

実施場所

大久保湾調査位置図

西部承水路調査位置図



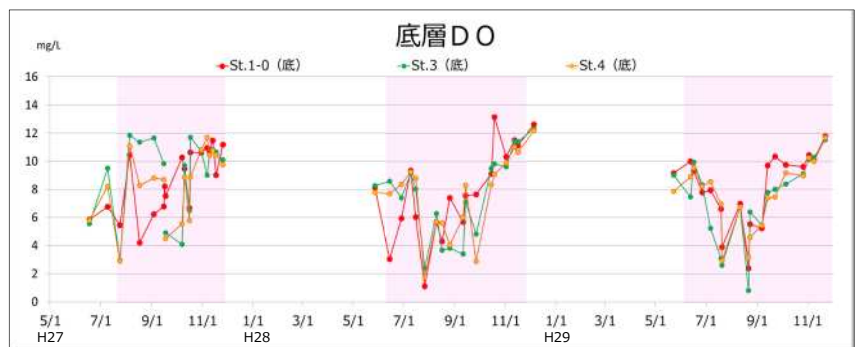
4 大久保湾での調査結果（水深約 3m で平坦な水域）

①底層 DO

- ・各年の対照区（St.2、3）の推移から、底層 DO の低下は 7～10 月に見られ、3 年間の最小値は 0.80 mg/L であった。
- ・試験区では、対照区と比較して底層 DO が、H29 は最大で約 2.6mg/L、H28 は最大で約 3.7mg/L、H27 は最大で約 5.2mg/L 高かった。
- ・試験区周辺では、対照区と比較して底層 DO が 3.5mg/L 以上高い範囲が約 2,000 m²、1.5mg/L 以上高い範囲が約 174,000 m²であった。
- ・対照区の表層と底層の DO の差は、調査時の風速が 2.9m/s 以上の時の平均が 0.46mg/L（2.9m/s 未満の 19%）、調査日 3 日前からの合計降水量が 30mm 以上の時の平均が 1.38mg/L（30mm 未満の 63%）と小さかった。そのため、天候により表層と底層の湖水が攪拌されることが示唆された。

7～10 月（貧酸素確認期間）の底層 DO

	St.1-0（底）		対照区平均（底）	
	範囲	平均	範囲	平均
H27	5.45 ～ 10.61	8.19	2.92 ～ 11.45	7.73
H28	1.10 ～ 13.14	6.99	2.05 ～ 9.52	6.25
H29	2.37 ～ 10.33	7.49	1.86 ～ 9.73	6.68
全期間	1.10 ～ 13.14	7.49	1.27 ～ 11.45	6.76

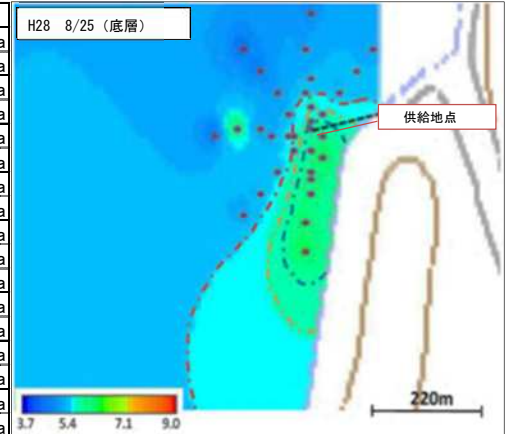


ピンクのハイライトは高濃度酸素水供給期間

供給地点周辺の底層 DO 上昇濃度と面積

		供給地点周辺	対照区等との差	面積
H27	9月17日	5.5 mg/L	1.0 mg/L 以上	約 1.8 ha
		7.0 mg/L	2.5 mg/L 以上	約 0.34 ha
	10月7日	8.5 mg/L	1.5 mg/L 以上	約 1.7 ha
		10.5 mg/L	3.5 mg/L 以上	約 0.20 ha
	11月13日	11.0 mg/L	0.3 mg/L 以上	約 4.4 ha
H28	8月16日	11.4 mg/L	0.7 mg/L 以上	約 0.19 ha
		4.9 mg/L	0.2 mg/L 以上	約 8.3 ha
	8月25日	5.2 mg/L	0.5 mg/L 以上	約 1.5 ha
		5.4 mg/L	1.5 mg/L 以上	約 17 ha
		5.7 mg/L	1.8 mg/L 以上	約 4.1 ha
	9月10日	6.0 mg/L	2.1 mg/L 以上	約 2.5 ha
7.2 mg/L		2.5 mg/L 以上	約 7.9 ha	
H29	7月20日	7.3 mg/L	2.6 mg/L 以上	約 3.8 ha
		8.3 mg/L	1.5 mg/L 以上	約 6.0 ha
	8月23日	8.7 mg/L	2.1 mg/L 以上	約 1.9 ha
		6.2 mg/L	0.7 mg/L 以上	約 1.6 ha
		6.6 mg/L	1.1 mg/L 以上	約 0.47 ha

底層 DO コンター図

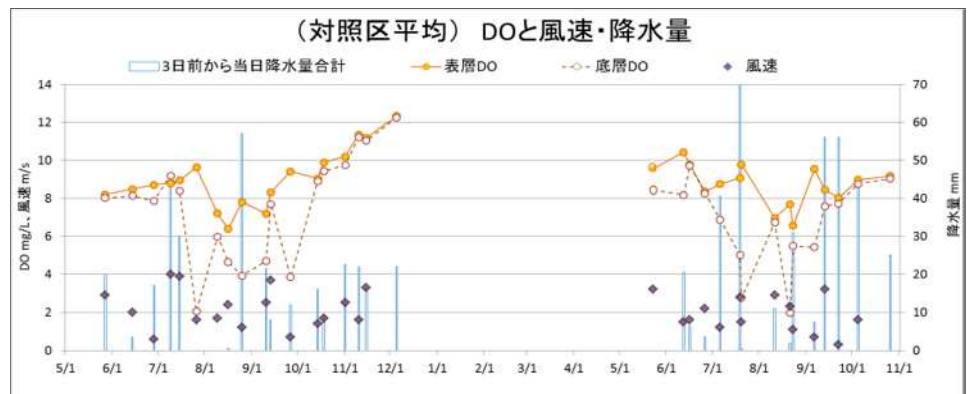


コンター図内の点は、調査地点を示す

対照区の表層と底層の DO の差（平均値）と風速・降水量

気象条件	表層と底層の DO 差 mg/L	未満値に対する割合
風速 <2.9 m/s	2.43	—
風速 ≥2.9 m/s	0.46	19 %
降水 <30 mm	2.20	—
降水 ≥30 mm	1.38	63 %

年別			
H28			
気象条件	表層と底層の DO 差 mg/L	未満値に対する割合	
風速 <2.9 m/s	2.65	—	
風速 ≥2.9 m/s	0.24	9.1 %	
H29			
気象条件	表層と底層の DO 差 mg/L	未満値に対する割合	
降水 <30 mm	2.57	—	
降水 ≥30 mm	1.40	54 %	



※風速は気象庁大湊観測所のデータ（調査開始 1 時間前から調査終了までの時間当たりの最大風速の平均値）、

降水量は気象庁五城目観測所のデータ（調査日 3 日前から当日計 4 日間の合計降水量）

②装置による酸素溶解率

- ・酸素溶解タンクへの酸素供給量は、酸素発生装置の流量と酸素濃度から、H28 平均値は約 125 kg O₂/day、H29 平均値が約 120 kg O₂/day であった。
- ・湖水に溶け込んでいる酸素量は、対照区等との差とその面積から、2.6～41 kg O₂ と試算された。
- ・湖水の酸素消費速度（WOD）は、0.77 g O₂/m³/day（平成 24 年度八郎湖における COD 実態調査報告書の 0.28～1.61 g O₂/m³/day の平均値）、底質の酸素消費速度（SOD）は、本調査の底質酸素消費速度の年間平均値（H27: 0.44 g O₂/m²/day、H28: 0.42 g O₂/m²/day、H29: 0.48 g O₂/m²/day）を使用した。湖水に溶け込んだ酸素量と、湖水及び底質に消費された酸素量を合わせると、13～86 kg O₂/day であり、溶解タンクに供給された酸素量に対する割合は 11～69%、期間別では H27 で 12～23%、H28 で 41～69%、H29 で 11～49% であった。

酸素量と溶解率

		対照区等との差 mg/L以上	面積 m ²		湖水溶解酸素量		水酸素消費量 kgO ₂	底質酸素消費量 kgO ₂	合計酸素量 kgO ₂	溶解タンク酸素量 kgO ₂	溶解率 %
				重複除く	濃度別 kgO ₂	合計 kgO ₂					
H27	9/17	1.0	約 18,000	約 14,600	2.9	4.6	2.8	7.9	15	125	12
		2.5	約 3,400	約 3,400	1.7						
	10/7	1.5	約 17,000	約 15,000	4.5	5.9	2.6	7.5	16	125	13
		3.5	約 2,000	約 2,000	1.4						
	11/13	0.3	約 44,000	約 42,100	2.5	2.8	6.8	19	29	125	23
		0.7	約 1,900	約 1,900	0.27						
H28	8/16	0.2	約 83,000	約 68,000	2.7	4.2	13	35	52	125	41
		0.5	約 15,000	約 15,000	1.5						
	8/25	1.5	約 174,000	約 133,000	40	57	27	73	157	125	126
		1.8	約 41,000	約 16,000	5.8						
		2.1	約 25,000	約 25,000	11						
	9/10	2.5	約 79,000	約 41,000	21	41	12	33	86	125	69
		2.6	約 38,000	約 38,000	20						
H29	7/20	1.5	約 60,000	約 41,000	12	20	9.2	29	59	120	49
		2.1	約 19,000	約 19,000	8.0						
	8/23	0.7	約 16,000	約 11,300	1.6	2.6	2.5	8	13	120	11
		1.1	約 4,700	約 4,700	1.0						

※高濃度酸素水は湖内で0.2mの層で拡散したと仮定(供給管の径)

※H27の溶解タンクへの酸素量は実測データが無いため、H28の値を引用

※H28.8/25は、溶解率が100%を大きく超えたため、エラーとして扱う

(参考)溶解タンクに供給された酸素量について

H28

酸素発生装置酸素流量平均値 65 N L/min

酸素濃度平均値 93.3 %

タンクに供給される酸素量(体積) 87,329 N L/day

タンクに供給される酸素量(重量) 125 kgO₂

H29

酸素発生装置酸素流量平均値 62 N L/min

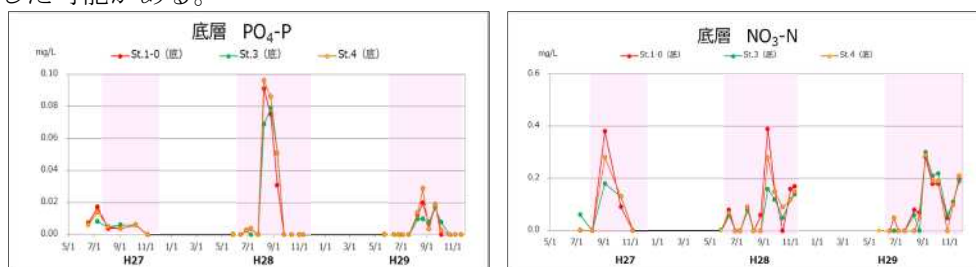
酸素濃度平均値 94 %

タンクに供給される酸素量(体積) 83,923 N L/day

タンクに供給される酸素量(重量) 120 kgO₂

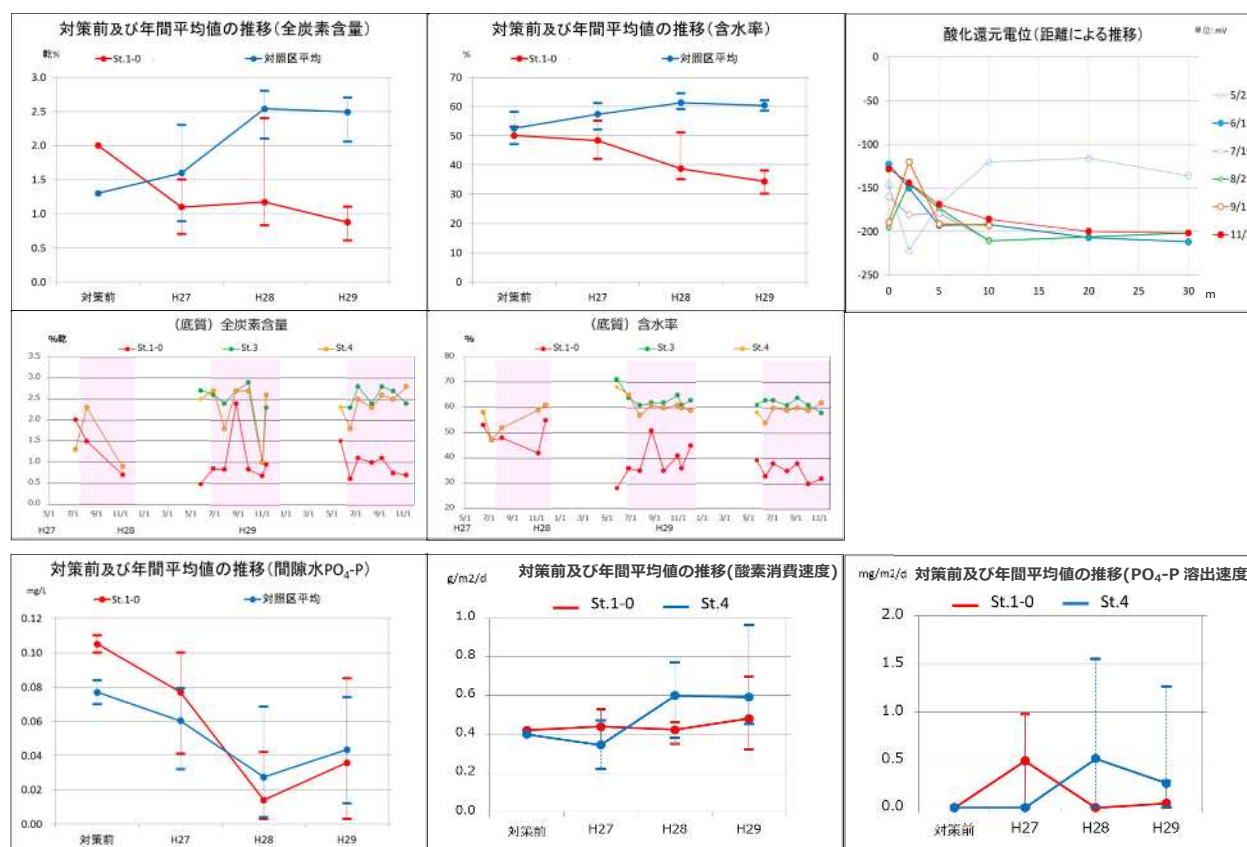
③水質

- ・試験区と対照区の推移に大きな差は見られず、対策の効果は明確ではなかった。
- ・なお、底層の $\text{NO}_3\text{-N}$ は、試験区で対照区よりも高く推移したため、高濃度酸素水の供給により底層での硝化を促進した可能性がある。



④底質

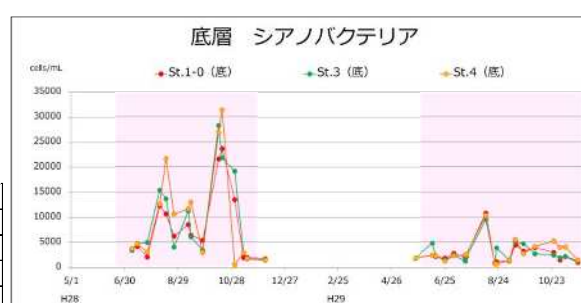
- ・試験区の底質は、対策前に比べて、全炭素含量 56%減少、含水率 31%減少など、分析項目の全てで改善が見られた。なお、全炭素含量、含水率を試験区と対照区で比較すると、対策前は試験区の方が値が大きいと同程度だったが、対策中は 2 項目とも試験区が有意に少なかった。
- ・高濃度酸素水吐出口から 10m 地点では、高濃度酸素水供給に伴うと考えられる酸化還元電位の上昇が確認されたが、20m 地点では上昇は確認出来なかった。
- ・酸素消費速度及びりん酸溶出速度は、試験区では対策 2 年目以降は対照区よりも低く推移した。



④アオコ発生状況調査

- ・目視でのアオコや優占種に大きな違いは見られなかったが、多項目水質計での現地調査では、試験区は対照区よりもシアノバクテリアが低く推移した。

	St.1-0 (底)		対照区平均 (底)	
	範囲	平均	範囲	平均
H28	1,914 ~ 23,599	8,329	1,723 ~ 29,772	10,315
H29	876 ~ 10,796	2,857	710 ~ 9,931	3,063
全期間	876 ~ 23,599	5,310	710 ~ 29,772	6,314



⑤まとめ

高濃度酸素水の供給試験により、一定の範囲で底層 DO の上昇が確認され、底質や一部の水質の項目では、これによる影響と考えられる効果が確認された。しかし、DO 上昇範囲は局所的であり、大久保湾のような浅い平坦な地域では、自然状態での水の攪乱が比較的多く、高濃度酸素水供給の影響が出にくいものと考えられる。

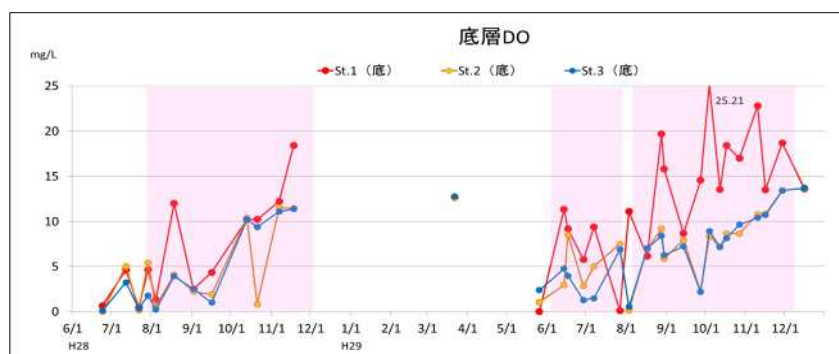
3 西部承水路での調査結果（水深約 6m で浚渫跡の窪地）

①底層 DO

- 各年の対照区（St.2、3）の推移から、底層 DO の低下は 5～9 月に見られ、底層 DO の最小値は H28、H29 とともに 0 mg/L 台であった。なお、5～9 月に底層 DO が上昇することも確認されたため、窪地内は嫌気的な環境と好気的な環境が繰り返されている。
- 試験区では、対照区と比較して底層 DO が、H29 は最大で約 16.55mg/L、H28 は最大で約 5.7mg/L 高かった。
- 試験区周辺では、対照区と比較して底層 DO が 2.0mg/L 以上高い範囲が約 2,500 m²、1.0mg/L 以上高い範囲が約 17,000 m²であった。

6～9 月（貧酸素確認期間）の底層 DO
mg/L

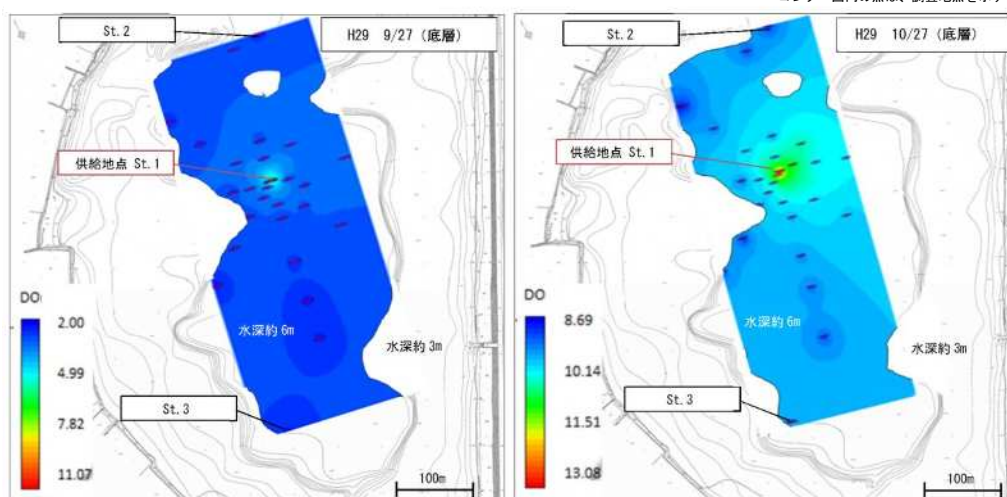
	試験区（底）		対照区平均（底）	
	範囲	平均	範囲	平均
H28	1.35 ～ 11.99	4.97	0.40 ～ 4.68	2.37
H29	5.76 ～ 19.67	11.16	0.36 ～ 8.82	4.74



供給地点周辺での底層 DO 上昇濃度と面積

		供給地点周辺	対照区等との差	面積
H29	9月27日	3.5 mg/L	1.0 mg/L 以上	約 1.0 ha
		4.5 mg/L	2.0 mg/L 以上	約 0.25 ha
	10月27日	10.3 mg/L	1 mg/L 以上	約 1.7 ha
		10.7 mg/L	1.5 mg/L 以上	約 1.0 ha

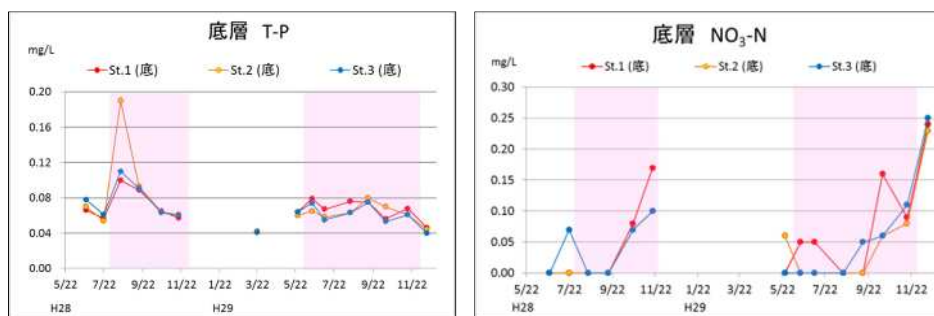
底層 DO コンター図



コンター図内の点は、調査地点を示す

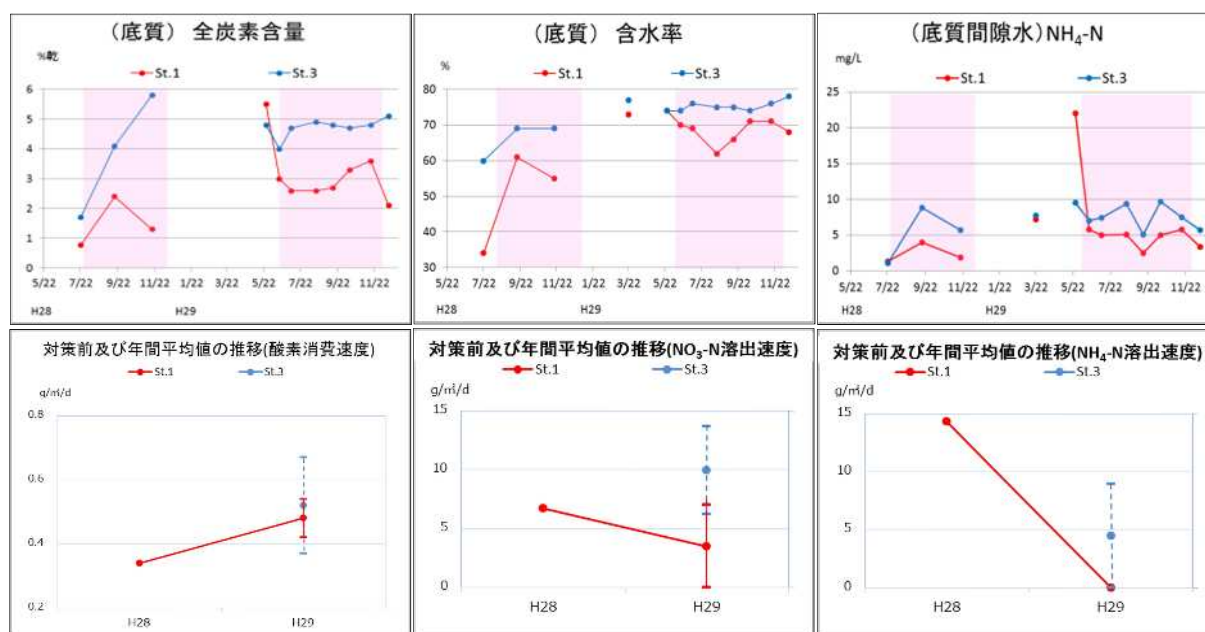
②水質

- 試験区と対照区の推移に大きな差は見られず、対策の効果は明確ではなかった。



③底質

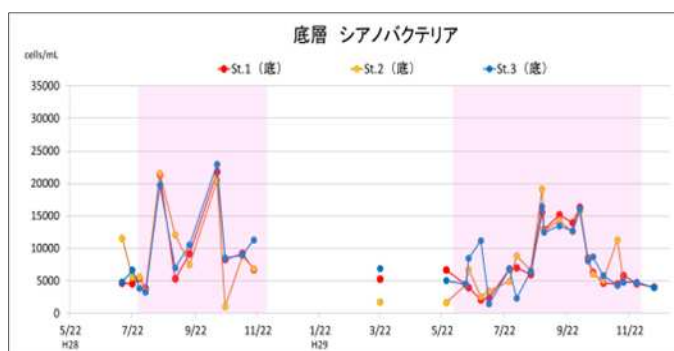
- 試験区の底質は、全炭素含量や含水率など、分析した項目全てで対照区（St.3）よりも優位に推移した。
- 底質間隙水は、試験区では対照区よりも $\text{NH}_4\text{-N}$ が低く推移しており、溶出を抑えている可能性がある。
- 酸素消費速度や $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 溶出速度は、最大値と平均値ともに試験区で対照区よりも低いが、データが少ないため、今後も調査を継続した上で効果を判断する必要がある。



④アオコ発生状況調査

- 目視でのアオコレベルや優占種に大きな違いは見られなかったが、多項目水質計での現地調査では、試験区は対照区よりもシアノバクテリアが僅かに低く推移した。

	試験区 (底)		対照区平均 (底)	
	範囲	平均	範囲	平均
H28	3,893 ~ 21,785	10,131	2,162 ~ 22,236	10,210
H29	2,091 ~ 16,306	7,894	2,041 ~ 17,803	8,512



⑤まとめ

- ・試験区 St.1 では底層の貧酸素状態が大幅に改善されていたが、水質では栄養塩類の濃度の低下は確認出来なかった。また、底質では、試験区は対照区に比べて、分析項目全てで優位に推移し、溶出抑制も図られている可能性があることが分かった。さらに、H29 の調査ではその範囲は 20m 以内である可能性が高い。
- ・今後も、調査を継続し、底層 DO や底質への影響範囲、底質からの溶出抑制効果等を明確にする必要がある。

4 西部承水路での費用

- ① 装置費 … 高濃度酸素水供給装置一式（以下、装置）のリース費用
- ② 設置工事費 … 装置及び湖内配管等に係る設置、撤去工事費
- ③ 運転管理費 … 装置の運転管理、維持管理に係る業務費
- ④ 電気代 … 装置の稼働に係る電気代

※装置稼働時の電気代は、1 日あたり 7 千円程度である。

3 カ年の実証試験に係る費用

単位：千円

年 度	H28 (実績)	H29 (実績)	H30 (見込み)	合 計
実施内容	装置設置 装置稼働	装置稼働	装置稼働	—
装置稼働期間	5 ヶ月間	6 ヶ月間	6 ヶ月間	—
①装置費	無償提供	無償提供	無償提供	0
②設置工事費	13,908	0	0	13,908
③運転管理費	2,023	3,176	3,176	8,375
④電気代	1,000	1,098	1,098	3,196
年度 計	16,931	4,274	4,274	25,479
1 年あたりの費用				8,493

効果検証に係る分析費等は含んでいない。

- ・ 5 年間の試験を実施した場合の費用 合計 34, 027 千円 【 1 年当たり 6, 805 千円 】
- ・ 10 年間の試験を実施した場合の費用 合計 55, 397 千円 【 1 年当たり 5, 540 千円 】

(参考) 大久保湾調査結果

表 1 DO 改善範囲調査結果 (各項目)

項目	区域	対策前	高濃度酸素水供給期間平均値			対策前からの 変化率(%)	単位
			H27	H28	H29		
DO	試験区(底)	6.29	9.14	7.23	7.93	26	mg/L
	対照区(底)平均	7.26	8.85	7.13	7.21	-1	
水温	試験区(底)	23.65	17.28	21.04	20.02	-15	℃
	対照区(底)平均	23.60	16.69	21.00	19.55	-17	
pH	試験区(底)	7.7	7.2	7.8	8.0	4	
	対照区(底)平均	8.2	7.3	8.0	8.0	-2	
透視度	試験区(表)	14.0	16.3	16.2	19.9	42	cm
	対照区(表)平均	24.5	16.5	15.8	18.1	-26	
透明度	試験区(表)	45	40	58	32	-29	
	対照区(表)平均	48	40	58	32	-33	
酸化還元電位	試験区(底)	287	292	167	227	-21	mV
	対照区(底)平均	267	283	167	239	-10	
シアノバクテリア (参考)	試験区(底)			8329	2857	-	cells/L
	対照区(底)平均			10315	3063	-	

表 2 DO 改善範囲調査結果 (DO 範囲)

		供給地点周辺	対照区等との差	面積	対照区等
H27	9月17日	5.5 mg/L	1.0 mg/L 以上	約 18,000 m ²	4.5 mg/L
		7.0 mg/L	2.5 mg/L 以上	約 3,400 m ²	
	10月7日	8.5 mg/L	1.5 mg/L 以上	約 17,000 m ²	7.0 mg/L
		10.5 mg/L	3.5 mg/L 以上	約 2,000 m ²	
	11月13日	11.0 mg/L	0.3 mg/L 以上	約 44,000 m ²	10.7 mg/L
H28	8月16日	11.4 mg/L	0.7 mg/L 以上	約 1,900 m ²	4.7 mg/L
		4.9 mg/L	0.2 mg/L 以上	約 83,000 m ²	
		5.2 mg/L	0.5 mg/L 以上	約 15,000 m ²	
	8月25日	5.4 mg/L	1.5 mg/L 以上	約 174,000 m ²	3.9 mg/L
		5.7 mg/L	1.8 mg/L 以上	約 41,000 m ²	
		6.0 mg/L	2.1 mg/L 以上	約 25,000 m ²	
	9月10日	7.2 mg/L	2.5 mg/L 以上	約 79,000 m ²	4.7 mg/L
		7.3 mg/L	2.6 mg/L 以上	約 38,000 m ²	
H29	7月20日	8.3 mg/L	1.5 mg/L 以上	約 60,000 m ²	6.8 mg/L
		8.7 mg/L	2.1 mg/L 以上	約 19,000 m ²	
	8月23日	6.2 mg/L	0.7 mg/L 以上	約 16,000 m ²	5.5 mg/L
		6.6 mg/L	1.1 mg/L 以上	約 4,700 m ²	

表 3 水質調査結果

項目	区域	対策前	高濃度酸素水供給期間平均値			対策前から の変化率(%)	単位
			H27	H28	H29		
SS	試験区(底)	16	12	21	24	50	mg/L
	対照区(底)平均	21	17	21	25	19	
COD	試験区(底)	9.2	7.4	7.9	6.9	-25	
	対照区(底)平均	6.1	7.2	8.2	6.8	11	
TOC	試験区(底)	4.7	3.7	4.1	3.1	-34	
	対照区(底)平均	4.1	3.9	4.1	3.1	-24	
DOC	試験区(底)	4.4	3.7	3.9	2.9	-34	
	対照区(底)平均	3.9	3.7	3.9	2.8	-27	
T-N	試験区(底)	0.94	0.75	1.0	0.80	-15	
	対照区(底)平均	0.93	0.81	1.0	0.74	-20	
NO ₃ -N	試験区(底)	0.000	0.13	0.094	0.10	-	
	対照区(底)平均	0.030	0.077	0.072	0.093	210	
NO ₂ -N	試験区(底)	0.000	0.010	0.016	0.011	-	
	対照区(底)平均	0.000	0.003	0.017	0.009	-	
NH ₄ -N	試験区(底)	0.18	0.013	0.064	0.041	-77	
	対照区(底)平均	0.12	0.000	0.036	0.044	-63	
T-P	試験区(底)	0.080	0.086	0.13	0.094	18	
	対照区(底)平均	0.073	0.080	0.13	0.092	26	
PO ₄ -P	試験区(底)	0.012	0.004	0.020	0.005	-58	
	対照区(底)平均	0.009	0.003	0.022	0.005	-46	
クロロフィルa	試験区(表)	160	57	54	41	-74	mg/m ³
	対照区(表)平均	140	70	59	39	-72	
溶解性鉄	試験区(底)	0.050	0.080	0.040	0.070	40	mg/L
	対照区(底)平均	0.033	0.010	0.060	0.080	142	
溶解性マンガン	試験区(底)	0.005	0.014	0.038	0.015	200	mg/L
	対照区(底)平均	0.015	0.023	0.025	0.012	-18	

表 4 底質調査結果

項目	区域	対策前	高濃度酸素水供給期間平均値			対策前から の変化率(%)	単位
			H27	H28	H29		
全炭素含量	試験区	2.0	1.1	1.2	0.88	-56	%乾
	対照区平均	1.3	1.6	2.5	2.5	92	
含水率	試験区	50	48	39	34	-32	%
	対照区平均	53	57	61	60	13	
強熱減量	試験区	12	8.2	4.1	3.5	-71	%
	対照区平均	15	12	8.7	8.5	-43	
CODsed	試験区	21	21	15	12	-43	mg・O/L
	対照区平均	22	29	37	38	73	
T-N	試験区	1.7	1.6	1.1	0.82	-52	mg・N/L
	対照区平均	2.4	2.3	2.8	2.7	13	
T-P	試験区	2.9	0.97	0.18	0.10	-97	mg・P/L
	対照区平均	3.2	1.3	0.49	0.40	-88	
色相(泥種も含む)	試験区	黒	黒	オリブ灰	オリブ灰	-	
	対照区平均	黒	黒	オリブ灰	オリブ灰	-	
臭気	試験区	腐敗臭	腐敗臭	腐敗臭	腐敗臭	-	
	対照区平均	腐敗臭	腐敗臭	腐敗臭	腐敗臭	-	
酸化還元電位	試験区	-215	-164	-171	-146	32	mV
	対照区平均	-178	-194	-198	-172	3	
間隙水 pH	試験区	7.3	7.6	7.6	7.4	2	
	対照区平均	7.6	7.7	7.7	7.8	2	
間隙水 COD	試験区	15	16	12	14	-6	mg/L
	対照区平均	7.5	12	14	12	56	
間隙水 DOC	試験区	5.6	9.1	7.3	7.8	40	
	対照区平均	7.9	8.4	8.9	7.5	-5	
間隙水 d-T-N	試験区	1.8		1.9	2.3	28	
	対照区平均	2.0		2.3	1.8	-10	
間隙水 NO ₃ -N	試験区	0.10	0.22	0.093	0.090	-10	
	対照区平均	0.000	0.000	0.090	0.060	-	
間隙水 NO ₂ -N	試験区	0.010	0.020	0.013	0.010	0	
	対照区平均	0.010	0.000	0.015	0.032	220	
間隙水 NH ₄ -N	試験区	1.7	1.9	1.0	0.95	-44	
	対照区平均	1.7	1.5	1.2	0.75	-56	
間隙水 d-T-P	試験区	0.10		0.066	0.093	-7	
	対照区平均	0.11		0.094	0.11	0	
間隙水 PO ₄ -P	試験区	0.11	0.077	0.014	0.036	-67	
	対照区平均	0.077	0.060	0.028	0.044	-43	
間隙水 鉄	試験区	0.50		1.0	2.0	297	
	対照区平均	0.050		1.3	0.78	1467	
間隙水 マンガン	試験区	0.67		0.90	0.49	-27	
	対照区平均	2.3		1.2	1.0	-57	
酸素消費速度試験 DO	試験区	0.42	0.44	0.42	0.48	14	g/m ² /day
	対照区(St.4)	0.40	0.35	0.60	0.59	48	
溶出速度試験 NO ₃ -N	試験区	0.056	0.27	3.0	6.6	11675	mg/m ² /day
	対照区(St.4)	2.2	1.5	3.9	2.9	34	
溶出速度試験 NO ₂ -N	試験区	0.13	0.12	0.0	0.32	154	
	対照区(St.4)	0.11	0.068	0.85	0.31	186	
溶出速度試験 NH ₄ -N	試験区	0.0	0.0	0.0	8.4	-	
	対照区(St.4)	3.0	0.20	0.0	7.9	168	
溶出速度試験 PO ₄ -P	試験区	0.0	0.49	0.0	0.047	-	
	対照区(St.4)	0.0	0.0	0.52	0.26	-	

秋田県八郎湖の底質における *Microcystis* 属の季節変動とアオコ発生への寄与

秋田県大院・生資 ○荒木 美穂, 秋田県大・生資 岡野 邦宏
秋田県大院・生資 菅原巧太郎, 秋田県大・生資 藤林 恵, 宮田 直幸

Seasonal Variation of Benthic *Microcystis* cells and the Contribution to Algal Blooms in Lake Hachiro, Akita, by
Miho ARAKI, Kunihiro OKANO, Kotaro SUGAWARA, Megumu FUJIBAYASHI, Naoyuki MIYATA (Akita
Prefectural University)

1. はじめに

秋田県八郎湖では毎年全域に渡りアオコが発生し、その抑制や防除が急務となっている。八郎湖におけるアオコ形成藻類の代表種は *Microcystis* 属であるが¹⁾, *Microcystis* 属は底質中で越冬し、翌年再び湖水中に回帰することが報告されている²⁾。筆者らは八郎湖全域の底質において蛍光顕微鏡観察を行い、八郎湖でも *Microcystis* 属細胞が底質で越冬していることを明らかにした³⁾。特に、大久保湾の泥地において *Microcystis* 属細胞が高密度で沈降しており(図 1A)、これらの細胞が生残していれば、湖水に回帰してその年のアオコ発生に寄与する可能性がある。そこで本研究は、八郎湖底質における *Microcystis* 属の季節変動とアオコ発生への寄与を明らかにすることを目的として、底質中の *Microcystis* 属 rRNA を定量して生残性を評価した。さらに、室内回帰試験により越冬後の *Microcystis* 属の回帰ポテンシャルを評価し、アオコ発生への寄与について考察を加えた。

2. 実験方法

2. 1 八郎湖全域の底質調査

2016 年 6 月 22 日, 11 月 7 日に八郎湖の 31 地点(図 1A), 2017 年 4 月 9 日, 6 月 23 日には 32 地点より底質表層 1 cm をエクマンバージ採泥器で採取した。底質直上の水温, 溶存酸素 (DO), 底質の Chl.a, フェオ色素を測定した。

2. 2 *Microcystis* 属 rRNA コピー数の定量

各地点の底質約 0.5 g より ISOIL for RNA (Nippon Gene) を用いて全 RNA を抽出した。全 RNA は, DNA 消化と逆転写反応後に *Microcystis* 属 rRNA の cDNA をリアルタイム PCR により絶対検量線法で定量した。

2. 3 越冬 *Microcystis* 属の回帰試験

2017 年 6 月の調査時に採取した砂地 4 地点と泥地 4 地点の底質約 20 g をメジウム瓶に入れ, ろ過滅菌した 50 mL の直上水を添加して 10 日間培養した。培養は 20°C, 明暗 12 hrs で行い, 定期的に直上水全量を交換して回帰した *Microcystis* 属細胞を光学顕微鏡で計数した。

3. 結果および考察

3. 1 底質中の *Microcystis* 属の季節変動と生残性

底質直上の水温, DO の結果より, 八郎湖の馬場目川河口から防潮水門にかけての底質は馬場目川の影響を受けて流動しやすい状態にあり, 一方で大久保湾では湖水が滞留していることが示唆された。実際に, 馬場目川河口から防潮水門では 2017 年 6 月のフェオ色素濃度も低く,

底質表層の藻類が分解を受ける前に流出していることが考えられた。また, 越冬前の 2016 年 11 月から越冬後の 2017 年 4 月に *Microcystis* 属細胞数は泥地で平均 47% 減少し, 6 月までにさらに平均 37% 減少したが, 平均 2.4×10^7 cells/g-dry が残存していた。底質中の *Microcystis* 属 rRNA コピー数も *Microcystis* 属細胞数の分布と概ね一致しており(図 1B), 6 月には正の相関がみられた ($P < 0.01$)。したがって, 蛍光顕微鏡で検出された *Microcystis* 属細胞の一部は生残しており, 6 月以降に湖水中に回帰することが予想された。

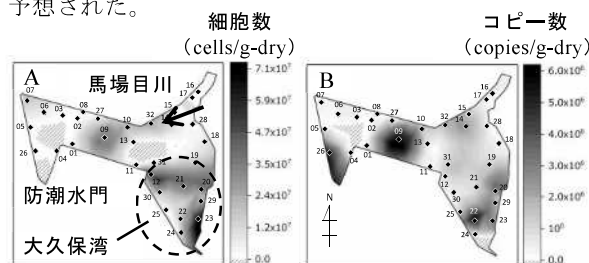


図 1 2017 年 6 月における底質中の *Microcystis* 属細胞数 (A)³⁾と rRNA コピー数 (B)

3. 2 *Microcystis* 属の回帰とアオコ発生への寄与

越冬 *Microcystis* 属の回帰試験の結果, 2017 年 6 月の 8 地点全ての底質から *Microcystis* 属の回帰が確認された。

Microcystis 属の回帰量は泥地で平均 3.7×10^4 cells/g-dry, 砂地で平均 1.3×10^4 cells/g-dry と泥地で多く, 湖内における主要な回帰源は大久保湾のような泥地であることが示唆された。そこで, 大久保湾底質からの回帰が湾内のアオコ発生に及ぼす寄与率を試算した。2017 年 6 月の大久保湾における底質中の *Microcystis* 属細胞数と試験より得られた泥地の平均回帰率 (0.14%) より算出した回帰量は

8.6×10^8 cells/m²であり, アオコ発生初期 (7 月) に大久保湾の湖水中で検出された *Microcystis* 属細胞数 (1.2×10^9 cells/m²) の ~~73~~ 0.23% に相当することが明らかとなった。 1.6×10^{10}

4. まとめ

大久保湾では, 湖水の滞留により 1 年を通して *Microcystis* 属細胞が高密度で残存し, 回帰がアオコ発生に大きく寄与することが示唆された。本研究の成果は八郎湖のアオコ対策への重要な知見であり, 大久保湾の底質改善や流動化等の対策につながることを期待される。

参考文献

- 1) Araki, M. et al. JWET, 2018 in press.
- 2) Preston, T. et al. Nature, Vol.288, p365-367, 1980.
- 3) 荒木ら 日本水処理生物学会第 54 回大会要旨集, p63, 2017.

対策の名称 N o . 2 調整池管理水位の調整**1 目的**

調整池の管理水位を必要水量に合わせて低下させ、流入河川からの流下を促し、滞留時間の短縮による内部生産量の減少、湖岸の水生植物の生育環境を改善する。

2 検討を要する対策の概要**・ 調整池の管理水位低下による水質改善（検討継続）**

かんがい期の農業用水の需給の見通しの立つ7月以降、及び9月以降の非かんがい期に、調整池の管理水位を低下させることにより、河川からの流入を促し、滞留時間の短縮による内部生産量を低減させる。

3 対策の検討経緯等

- ・ 第1期計画では、非かんがい期（融雪期）に防潮水門の高度管理による、湖内の流動化の効果を確認するため、平成18年度、平成20～22年度（4ヵ年）の2月下旬から3月に湖水を放流し、水質が比較的良好な雪解け水との入れ替えを、実施したが、水質改善効果が確認出来なかった。
- ・ 第2期計画では、9月以降の非かんがい期に、調整池管理水位の低下による水質改善効果についても検討し、その効果が高いと認められる場合には、対策を速やかに実施するとした。
- ・ 非かんがい期の調整池管理水位の低下を条件とした水質予測シミュレーションでは、管理水位低下による貯水量の減少は、夏場に底泥から溶出する栄養塩の影響が大きくなり内部生産量が増加するなど、水質が悪化する結果となった。

4 期待される効果

- ・ 現在は、かんがい用水確保のため、調整池管理水位を4月1日から5月1日までに T. P. +0.5m から T. P. +1.0m に上昇させているが、5月1日以降の調整池管理水位を下げることにより流入負荷を軽減し、水生植物の生育可能な面積拡大が期待される。

5 考慮すべき課題

- ・ 調整池のかんがい期の管理水位は、中央干拓地、及び周辺干拓地、既耕地のかんがい用水の必要量から決定されており、この必要量に変更がなければ管理水位の変更は困難である。

- ・近年のかんがい期の管理水位の実態は、T. P. +1. 0mは5～6月上旬までで、それ以降は9月10日までに漸次低下しT. P. +0. 5mに移行しており、この移行期間の月別水質は、COD、T-Nは3地点とも高く、T-Pは他の期間との差はないことから、水位の低下と水質改善の関連性は不明である。

6 事務局（案）

- ・水質改善を目的とした調整池管理水位の低下は当面取り組まない。

参考資料

- ・ 八郎潟防潮水門の管理水位（土地改良法上の対応、河川法上の制約）
- ・ 非かんがい期の防潮水門高度管理シミュレーション結果
- ・ 調整池の水位と水質の比較

八郎潟防潮水門の管理水位（土地改良法上の対応、河川法上の制約）

1. 条例

「秋田県八郎潟防潮水門管理条例」

2. 施行規則

「秋田県八郎潟防潮水門管理条例施行規則」

防潮水門の管理（骨子）

・調整池・東部承水路……………

かんがい期 標高 + 1 m

非かんがい期 標高 + 50cm

・西部承水路…………… かんがい期 標高 + 35cm

非かんがい期 標高 + 25cm（干拓事業前の八郎潟の平均水位）

3. 管理水位（高さの基準：東京湾中等潮位）

◎常時満水位……………洪水時を除き、超えて上昇させない

標高 + 1.0 m（調整池）

◎制限水位……………洪水時を除き、超えて上昇させない

（調整池）

標高 + 1.0 m（5月 1日から8月 10日まで）

標高 + 70 cm（8月 11日から9月 10日まで）

標高 + 50 cm（9月 11日から翌年3月 31日まで）

◎確保水位……………調整池の水位を、低下させない

標高 + 50 cm（基準日 3月 31日）

標高 + 1.0 m（基準日 5月 1日）

標高 + 70 cm（基準日 8月 11日）

標高 + 50 cm（基準日 9月 11日）

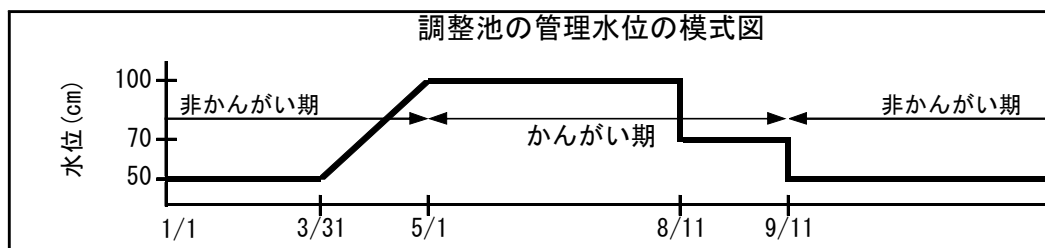
◎かんがい用水の貯留

・貯留水深（調整池の水位） 標高 + 1.0 m～+ 2.0 mの範囲で貯留管理

・容量最大 47 百万 m³

◎最低水位……………

かんがい期（5月 1日から9月 10日まで）に調整池の水位が、最低水位（標高 + 20 cm）以下に低下するおそれがあるときは、関係機関と協議のうえ、必要な措置を講ずる。



4. 土地改良法上の対応

◎土地改良法第94条の6

第1項 農林水産大臣は土地改良財産を都道府県……に管理させることができる。

第2項 ……管理の委託は、その国営土地改良事業に係る予定管理方法等に従い、その管理者として定められた者に対し、その管理方法に関する基本的事項として定められたところに準拠して管理が行われることとなるようにするものとする。

◎土地改良法施行令第56条

……管理を県又は……に委託するには、両当事者の協議により次に掲げる事項を定めなければならない。

三 管理の方法

五 その他必要な事項

◎協定書

○頭書 農林水産省と秋田県知事は……法第94条の6第1項および同法施行令第56条の規定に基づき……管理について、下記のとおり協定を締結する。

義務

○第3条 施行令第58条から65条までおよび第67条から69条までの規程を遵守し、財産を良好に管理するものとする

※施行令第59条……他目的への使用には農林水産大臣の承認を受けて使用させることができる。

○第4条 財産の管理方法については、別記第3の管理方法書によるものとする。

※管理方法書 3 維持保存の方法 施行令第58条……八郎潟防潮水門管理条例、八郎潟防潮水門管理規定……を遵守し、財産の適正な管理を行う。

※秋田県八郎潟防潮水門管理条例

第4条……防潮水門の管理に関し必要な事項は、規則で定める。

※秋田県八郎潟防潮水門管理条例施行規則

第5条……調整池の水位をこれより低下させないようにするものとする。

○第8条 ……またはこの協定を変更する必要があるときは、その都度協議するものとする。

結論：防潮水門の管理に関して「秋田県八郎潟防潮水門管理条例施行規則」等を変更する場合は、国と協議が必要である

◎防潮水門の高度管理試験での運用

平成18年度、平成20～22年度に防潮水門の高度管理試験を行ったが、その際は八郎潟防潮水門管理規程第9条「操作の方法の特例」を適用した。

農林水産部と生活環境部との間で、他目的使用等契約の締結及び多目的使用協議書の取り交わしを行った。

5. 河川法上の制約（参考）

干拓地の用水確保のため調整池の水位を維持し、あるいは調整池に集中する洪水を外海に排除することは、すべて防潮水門のゲート操作によって行われており、調整池からの取水は、河川管理者から河川法第23条の規定に基づく流水の占用許可処分について干拓事業の事業主体である農林水産大臣が同意を得ている。

その許可処分に係る水利使用規則に調整池の制限水位について明示されており、これを厳守する必要があるため、この水位を変更する場合は水利使用者である農林水産大臣が河川管理者からの許可（同意）を得る必要がある。

すなわち当該施設の管理受託者である秋田県知事が自らの判断で制限水位を変更することはできない。

非かんがい期の防潮水門高度管理シミュレーション結果

1. 対策の概要

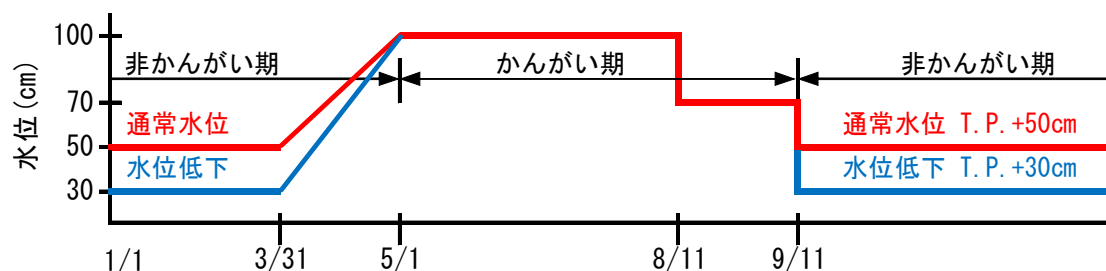
9月以降の非かんがい期において、調整池の管理水位を T.P. +50cm → T.P. +30cm に低下させることで、調整池内での水の滞留時間を短縮し、栄養塩濃度の高い湖水の系外への放流を促進し水質の改善を図る。

2. シミュレーションの条件

計算期間 5年間（平成20年4月～平成25年3月）

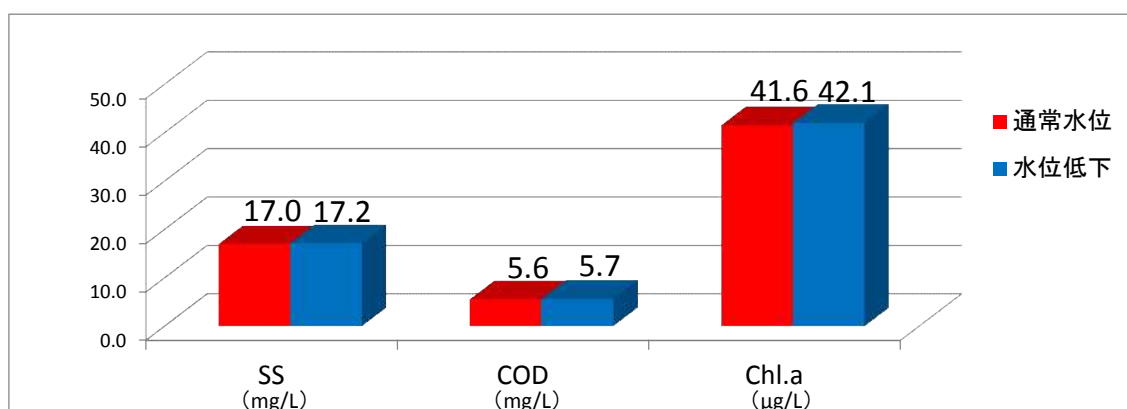
設定水位 9月11日からT.P. +30cm（通常水位から20cm低下）

5月 1日から通常水位T.P. +50cm



3. シミュレーションの結果

非かんがい期に水位低下した場合のシミュレーションの結果、水質の改善効果は見られなかった。

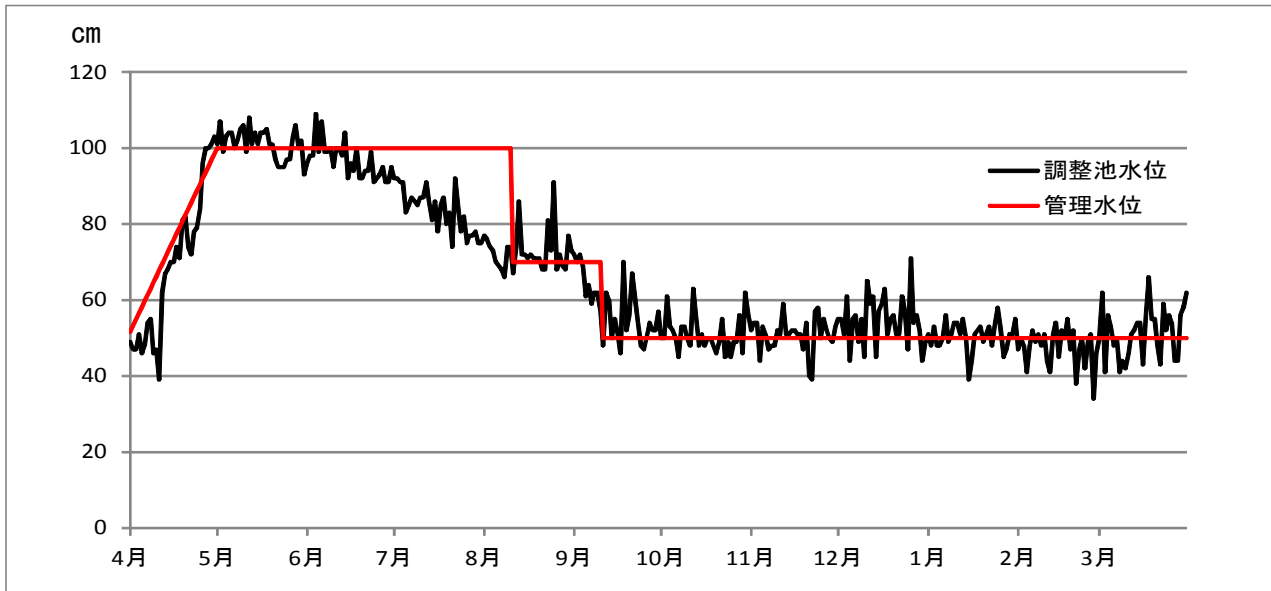


4. 想定される要因

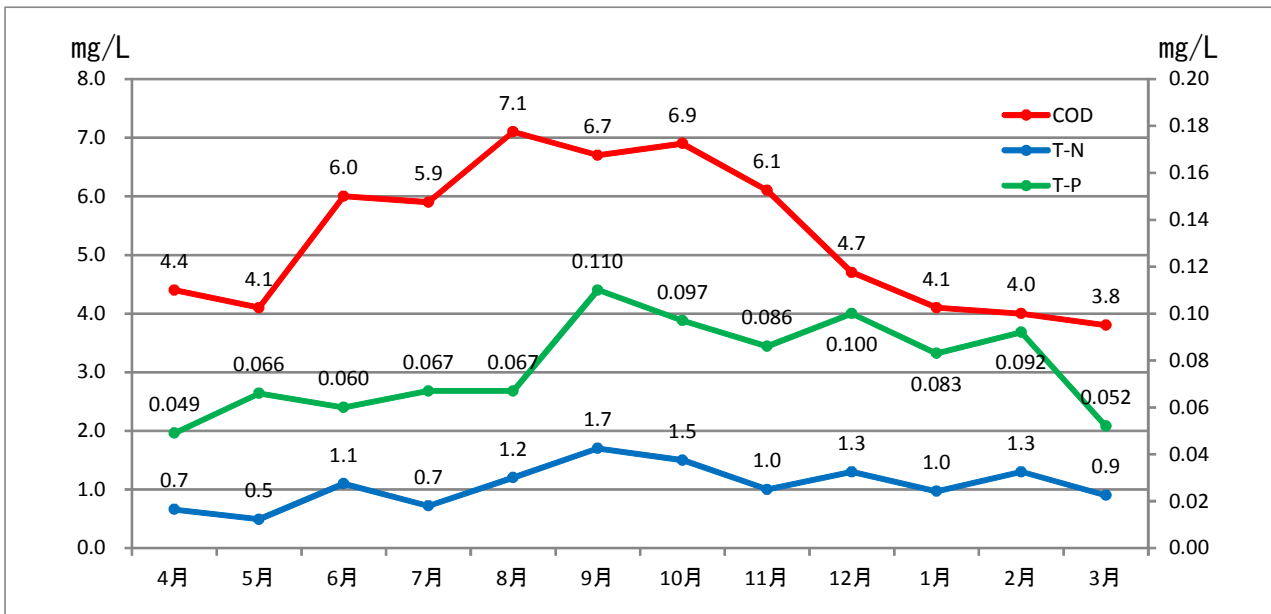
調整池の貯水量を減らすことで、滞留時間の短縮（流速の増加）や、負荷の系外排出による改善効果よりも、貯水量の減少に伴う底泥からの溶出や、排水機場からの影響が上回ったためと考えられる。

調整池の水位と水質の比較

1. 調整池の水位（平成29年度）



2. 調整池の水質（平成29年度湖心）



3. 比較結果

近年のかんがい期の管理水位の実態は、T. P. +1.0mは5～6月上旬までで、それ以降は9月10日までに漸次低下しT. P. +0.5mに移行している。

この移行期間の月別水質は、COD、T-Nは高く、T-Pは他の期間との差はないことから、水位の低下と水質改善の関連性は不明である。

対策の名称 No. 3 アオコ対策

1 目的

アオコの遡上防止等の対策により、八郎湖や流入河川でアオコが発生した場合に、住民への悪臭等の被害低減を図る。

2 検討する対策の概要

①アオコ監視システム（継続）

湖岸5箇所の監視カメラを利用し、アオコ発生状況を常時監視するとともに、市町村との情報共有を図る。

②アオコ遡上防止フェンス（継続）

アオコの遡上で悪臭被害等が懸念される河川に遡上防止のためのシルトフェンスを設置する。

③アオコ抑制装置（継続）

アオコが集積しやすい馬踏川に、超音波照射・水流発生・オゾン発生という機能を有するアオコ抑制装置を設置し、住宅街付近へのアオコの遡上や悪臭被害を防止する。

④ポンプ放水装置（継続）

緊急対応として、集積したアオコに放水することで、アオコを沈降させて悪臭被害を防止する。

⑤プランクトンの動態解明（新規）

八郎湖では、アオコの原因となる植物プランクトンや動物プランクトンのデータが乏しい。そこでアオコ発生や水質変化の考察の基礎資料とするため、湖内及び河川のプランクトンの種類や量を調査する。（詳細はNo. 10 調査研究の強化による）

3 検討する対策の経緯等

第2期計画では、発生状況等の監視体制の強化、遡上防止フェンスや放水等のアオコ沈降対策を実施することになっていた。

①アオコ監視システム

H26年度に、湖岸5箇所に監視カメラを設置してアオコの発生状況を常時監視し、関係市町村との情報共有を図った。

②アオコ遡上防止フェンス

H22から河川に遡上防止用シルトフェンスを設置し、第2期計画期間にフェンスの保有数を増やし、H26以降は最大9河川で設置している。

③アオコ抑制装置

- ・ H25年度から、アオコ抑制装置を馬踏川に試験的に設置し、H28年度以降は本対策として装置を稼働させている。
- ・ 装置稼働時の調査で、水流は下流30m付近まで確認され、超音波を照射したアオコは、照射していないものに比べて、沈降量が約17ポイント多かった等の効果を確認している。

④ポンプ放水装置

H25に、放水用可搬式ポンプ等を備え、H27には3河川で対応した。

4 期待される効果

①アオコ監視システム

アオコが発生した際に、素早い対応や、市町村との認識を共有することが可能となる。

②アオコ遡上防止フェンス

河川へのアオコの遡上を抑制し、住民の悪臭被害を防止することができる。

③アオコ抑制装置

水流でアオコの群体化を抑制し、超音波で植物プランクトンのガス胞を破壊して沈降を促進し、また、オゾンの脱臭効果で腐敗臭を抑制し、住民の悪臭被害を防止することができる。

④ポンプ放水装置

アオコが大量に発生した場合、限定した範囲ではあるが、一時的に周辺への悪臭被害を軽減することができる。

⑤プランクトンの動態解明

プランクトンの種類や量を把握することで、アオコの発生や水質変化の仕組みを、より詳細に検討することが可能となる。

5 考慮すべき課題

- ・本対策は住民の悪臭被害等の軽減を図る目的であり、アオコを回収しない場合は負荷物質の削減は見込めない。
- ・八郎湖技術検討委員会資料（平成4年3月）では、仮にアオコ混じりの水8,100m³（アオコ5%含む）を回収した場合のりんの回収量は4.1kgと八郎湖全体の現存量の約0.05%、八郎湖流域一日発生量の約2%と試算しており、負荷の持ち出しとしては、大きな効果は期待できないとしている。（湖面積2,770haの約1/100の30haの表層10cmで約3回発生し、その9割を回収、アオコ濃度は5mg/L、リン含有率は1%とした場合の試算）
- ・アオコが広範囲に発生した場合は、対応が困難である。
- ・アオコ抑制装置は設置や維持管理の費用が高額である。

6 事務局（案）

①アオコ監視システム②アオコ遡上防止フェンス③アオコ抑制装置④ポンプ放水装置

八郎湖流域の住宅地付近でのアオコの悪臭被害の防止又は軽減を図るため、継続して実施する。

⑤プランクトンの動態解明

情報の蓄積を図るため、第3期から新たに調査を実施する。

参考資料

- ・アオコ対策実施状況
- ・馬踏川の状況
- ・アオコ抑制装置（馬踏川）効果測定報告書 過年度取り纏め資料
（平成 25 年度～平成 29 年度）

アオコ対策実施状況



ポンプ放水
小深見川 (H27. 9. 1)



アオコ遡上防止フェンス
系流川 (H30. 8. 15)



アオコ遡上防止フェンス
鹿渡川 (H30. 8. 13)

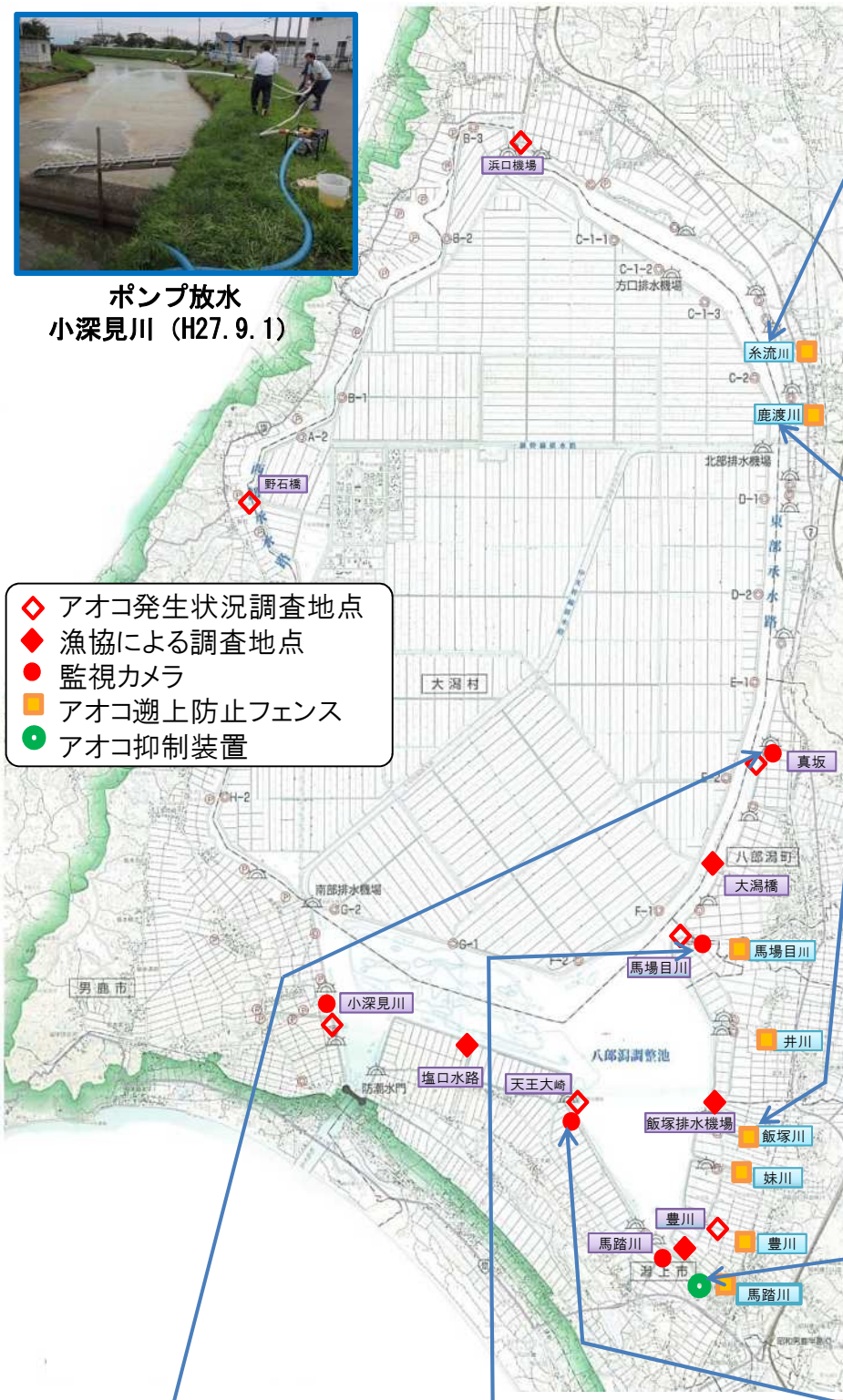


アオコ遡上防止フェンス
飯塚川 (H30. 8. 13)



アオコ抑制装置
(H30. 8. 20)

- ◇ アオコ発生状況調査地点
- ◆ 漁協による調査地点
- 監視カメラ
- アオコ遡上防止フェンス
- アオコ抑制装置



監視カメラ映像 真坂
(H30. 8. 2)



監視カメラ映像 馬場目川
(H30. 8. 20)



監視カメラ映像 天王大崎
(H30. 8. 21)

馬踏川の状況

1 馬踏川の諸元

馬場目川水系の馬踏川は、秋田市金足地内の出羽山地（標高 55m）に源を発し、中流までは秋田市を西へ流れ、下流は流路を北へとり、潟上市昭和太田で八郎湖に繋がる。流路延長は 13,220m で、主な河床材料は上流が石で、下流が礫となっている。

位置図



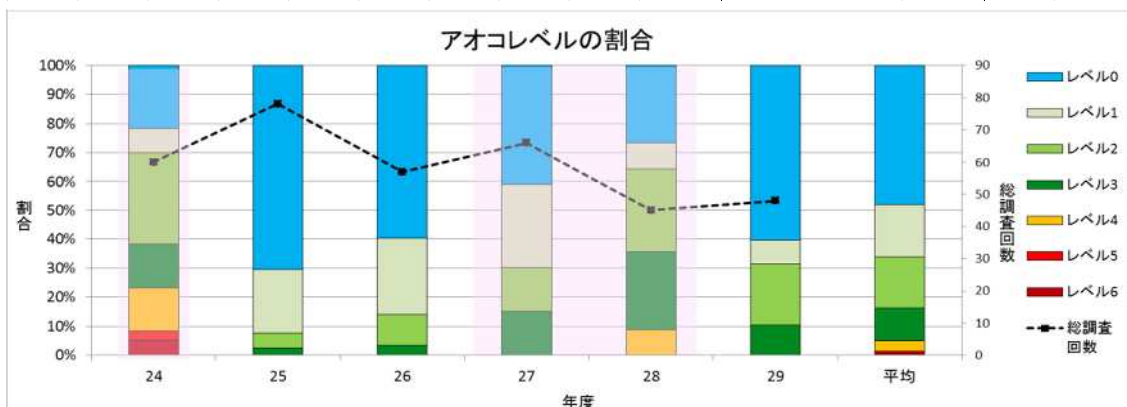
公共用水域水質調査結果（H24-H29）

項目	6カ年 最小値	6カ年 最大値	6カ年 平均値
pH	6.5	7.7	7.0
BOD75%値(mg/L)	1.4	2.7	1.9
SS(mg/L)	2	59	12
DO(mg/L)	3.2	15	9.4
水温(°C)	0.5	29.2	14.1

2 アオコ発生状況（H24-H29 見た目アオコレベル）

- 過去 6 年間で、馬踏川でのアオコ調査は 354 回実施しており、平均すると 1 年間当たり 59 回の調査を実施している。
- 各年のアオコ初期発生が馬踏川だったのは 6 年のうち 3 年で、監視定点 11 地点で最も多く、アオコが発生しやすい地点と考えられる。
- 第 2 期計画期間は、H27 と H28 が比較的アオコの発生割合が高く、また、レベル 4 は H28 のみで確認している。なお、第 2 期が始まった H25 年以降、レベル 5、6 は確認していない。

馬踏川調査結果									全地点の状況				
年度	総調査 回数	レベル0	レベル1	レベル2	レベル3	レベル4	レベル5	レベル6	初期発生状況		レベル4以上		トレンド
									発生日	発生場所	発生日	のべ回数	
29	48	29	4	10	5	0	0	0	7月25日	天王大崎、馬踏川	-	0	レベル4なし 発生遅・少
28	45	12	4	13	12	4	0	0	6月21日	天王大崎、塩口水路 小深見川、飯塚 大潟橋(漁協前) 音羽下排水機場付近	7月22日	11	
27	66	27	19	10	10	0	0	0	6月7日	馬踏川、馬場目川河口 大潟橋、塩口水路、ほか	7月10日	14	
26	57	34	15	6	2	0	0	0	7月7日	馬踏川	-	0	レベル4なし
25	78	55	17	4	2	0	0	0	6月6日	調整池東部 大潟橋	8月2日	13	発生少
24	60	13	5	19	9	9	2	3	5月23日		7月20日	57	異常発生
合計	354	170	64	62	40	13	2	3					



※ピンクのハイライトはアオコが発生した（レベル1以上）割合が平均よりも多い年を示す

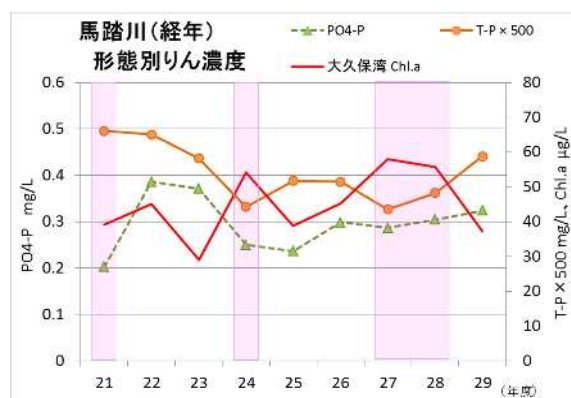
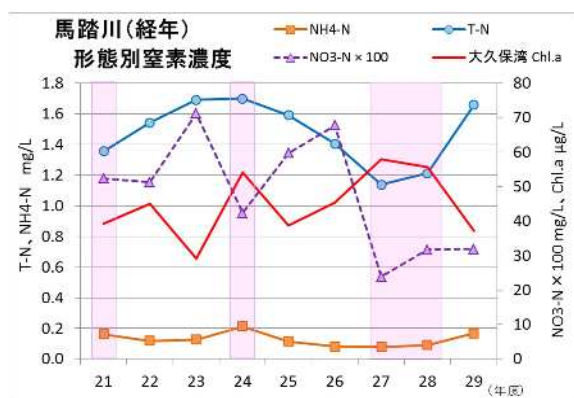
3 水質 (H21-H29)

- ・年間平均値の推移を見ると、アオコの発生割合が比較的高かった H24、H27、H28、さらにアオコが大量発生した H21（以後「アオコが多い年」という。）は、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 又は $\text{PO}_4\text{-P}$ が低い傾向にある。植物プランクトンに利用されて減少した可能性があるが、河川の流下による変動も大きいと考えられ、詳細な検証は困難である。
- ・窒素の形態別経月推移を見ると、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は 3 月から 5 月の間に上昇し、Chl.a の上昇に伴い 6 月から 8 月に低下、その後 Chl.a の低下に伴い上昇する。なお、アオコが多い年は、3 月から 5 月に $\text{NH}_4\text{-N}$ とともに上昇 (H21,H24) するか、ピークが現れない (H27,H28) 傾向があり、7 月から 8 月にはほぼ枯渇する。
- ・リンの形態別経月推移を見ると、 $\text{PO}_4\text{-P}$ は 5 月から 7 月に上昇し、Chl.a の上昇に伴い低下する。なお、アオコが多い年は、5 月から 7 月のピークが小さい傾向がある。

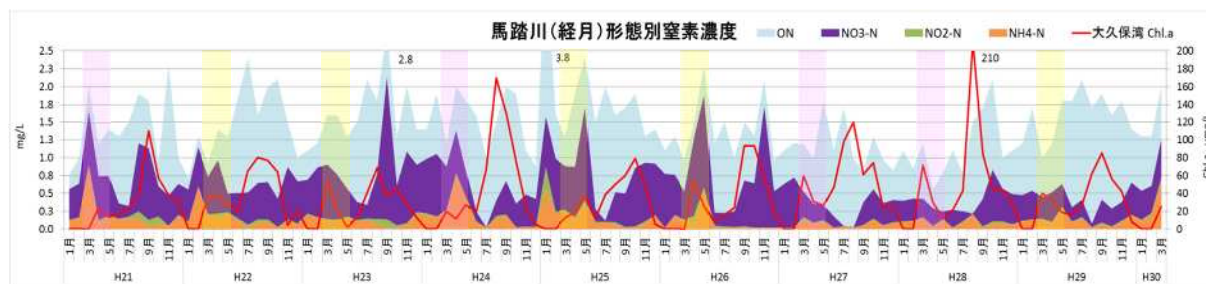
(ピーク値) アオコが多い年：最小 0.038mg/L 最大 0.048mg/L 平均 0.044mg/L

それ以外の年：最小 0.055mg/L 最大 0.17 mg/L 平均 0.10 mg/L

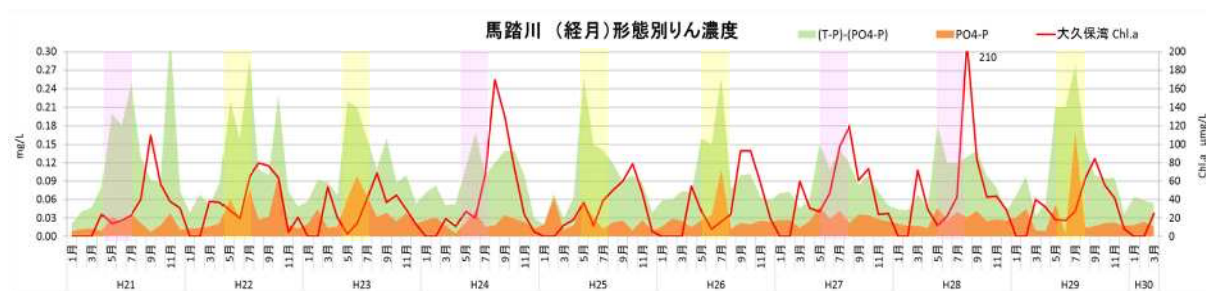
- ・アオコが多い年は、経月変化で確認した $\text{NO}_3\text{-N}$ のピークが現れないことや、 $\text{PO}_4\text{-P}$ のピークが小さいことが、それぞれの年間平均値を低下させている要因だと考えられる。
- ・NP 比 (T-N、T-P) は、5 月から 7 月は T-N の低下と T-P の上昇で 10 以下になり、11 月から 3 月は T-N の上昇と T-P の低下で 20 以上になりやすい。そのため、夏期は窒素制限、冬期はリン制限と考えられる。



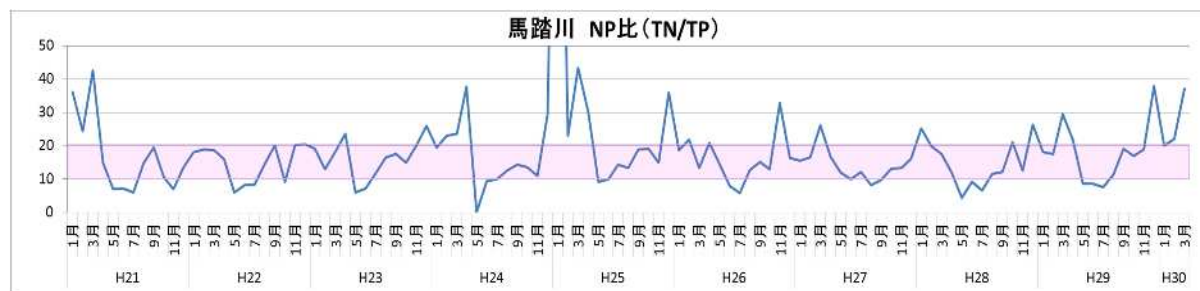
※ピンクのハイライトはアオコが多い年を示す



※ピンクのハイライトはアオコが多い年の3～5月を、ブルーのハイライトはそれ以外の年の3～5月を示す



※ピンクのハイライトはアオコが多い年の5～7月を、ブルーのハイライトはそれ以外の年の5～7月を示す



4 アオコレベルと気象 (H20-H29)

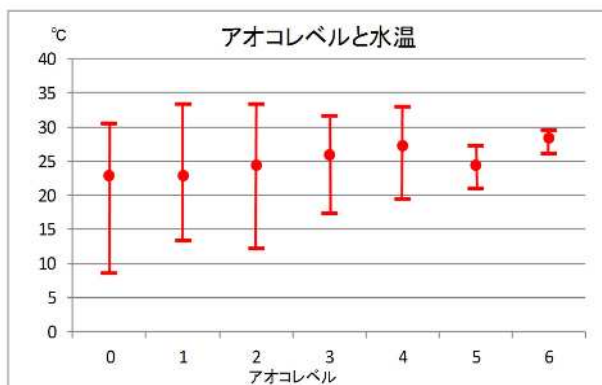
1) 水温

- ・最大値と平均値にアオコレベルによる違いは見られなかった。
- ・最小値は、アオコレベルの上昇に伴い上昇し、差が大きかったのはレベル0とレベル1の差4.9℃、レベル2とレベル3の差5.2℃、レベル5とレベル6の差5.3℃であった。なお、アオコを確認した最低温度は12.2℃だった。

アオコレベルと水温

	最大	平均	最小
0	30.5	23.0	8.5
1	33.3	22.9	13.4
2	33.4	24.3	12.2
3	31.7	26.0	17.4
4	33.0	27.3	19.5
5	27.2	24.3	20.9
6	29.5	28.4	26.2

※調査時水温



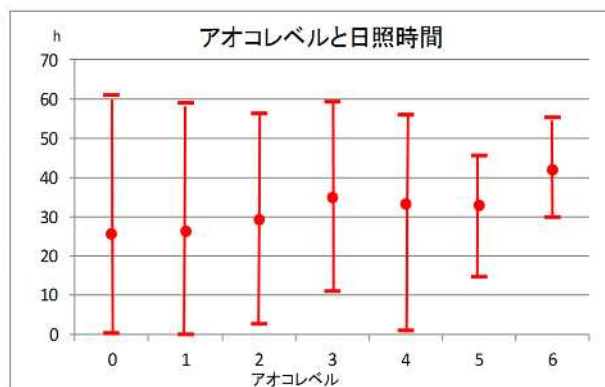
2) 日照時間

- ・最大値、平均値、最小値にアオコレベルによる違いは見られなかった。
- ・アオコは、4日前から当日の日照時間合計が0hでも確認された。

アオコレベルと日照時間

	最大	平均	最小
0	60.9	25.6	0.3
1	58.9	26.4	0.0
2	56.4	29.3	2.7
3	59.5	34.9	10.9
4	56.2	33.4	0.8
5	45.7	32.9	14.7
6	55.3	42.2	30.1

※日照時間は5日間(4日前まで)合計
(気象庁大湯観測所)



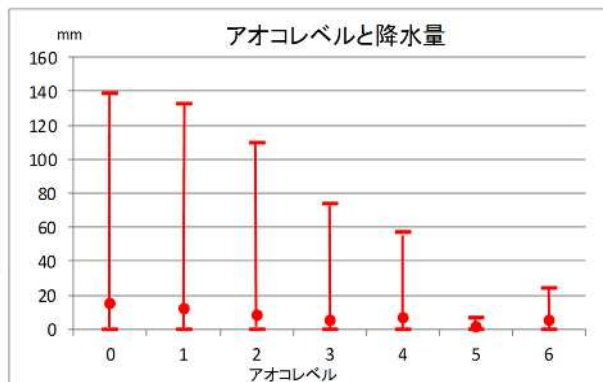
3) 降水量

- ・ 平均値と最小値にアオコレベルによる違いは見られなかった。
 - ・ 最大値は、アオコレベルの上昇に伴い低下し、差が大きかったのはレベル 1 とレベル 2 の差 23mm、レベル 2 とレベル 3 の差 36mm、レベル 4 とレベル 5 の差 50mm であった。
- なお、アオコは、前日から当日の降水量合計が 133mm でも確認された。

アオコレベルと降水量

	最大	平均	最小
0	138.5	14.8	0.0
1	133.0	12.2	0.0
2	110.0	8.0	0.0
3	74.0	4.9	0.0
4	57.0	6.5	0.0
5	7.0	1.3	0.0
6	24.5	5.5	0.0

※降水量は2日間(当日と前日)合計
(気象庁五城目観測所)



5 まとめ

1) アオコ発生状況

- ・ 馬踏川は監視定点 11 地点で最もアオコの初期発生が確認されやすい。
- ・ 第 2 期計画期間は、レベル 5、6 が確認されていない等とアオコの発生が少ないが、その中では H27 と H28 は比較的アオコの発生が多い。

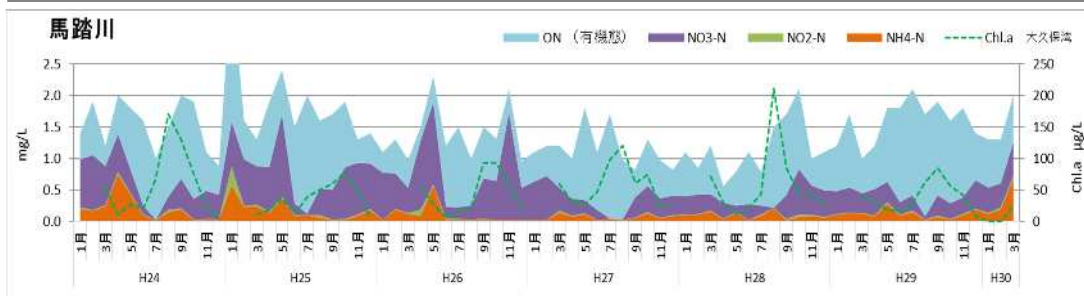
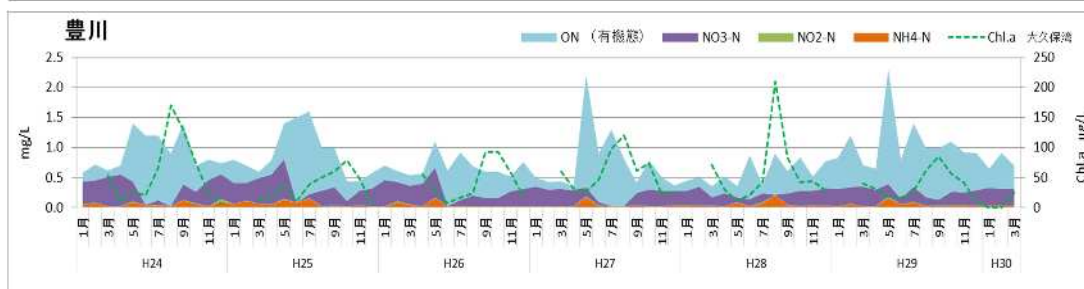
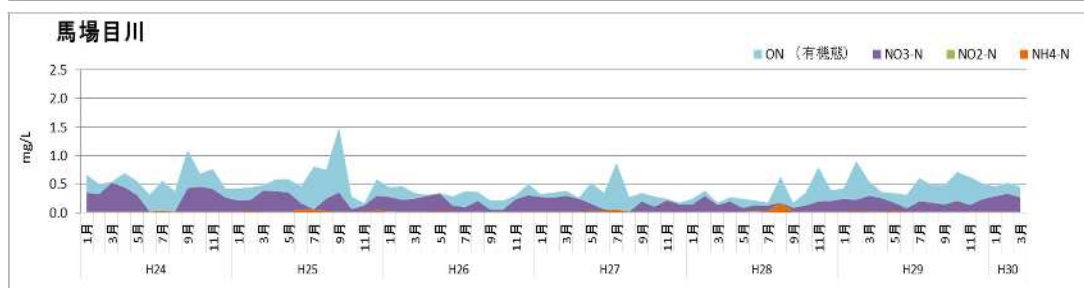
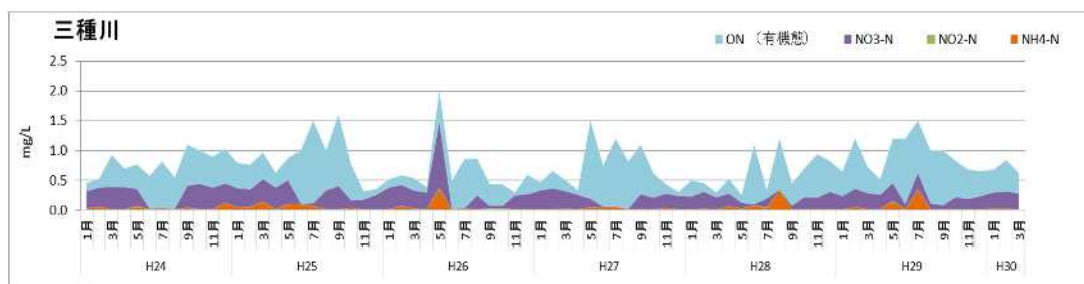
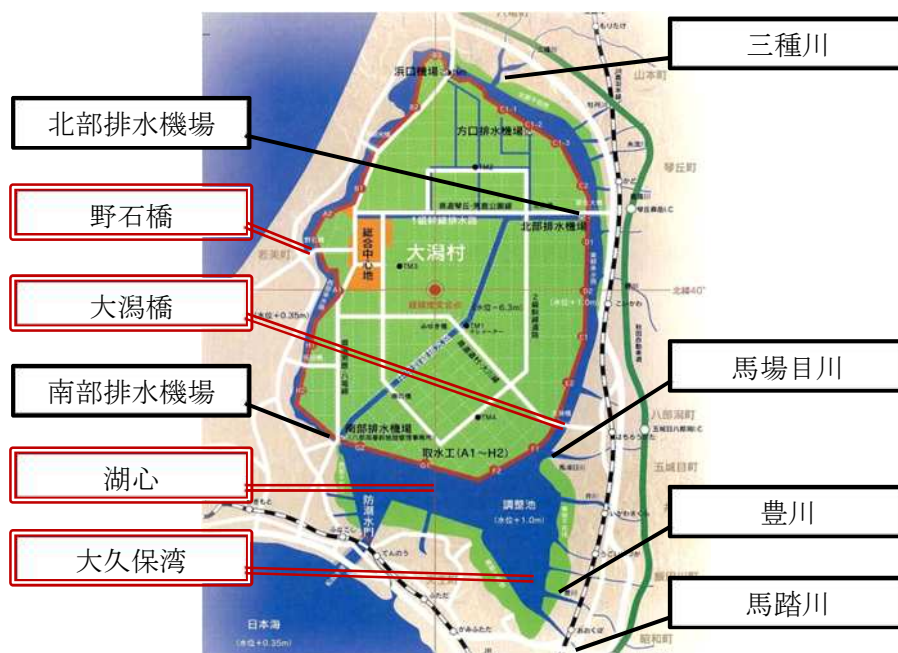
2) 水質

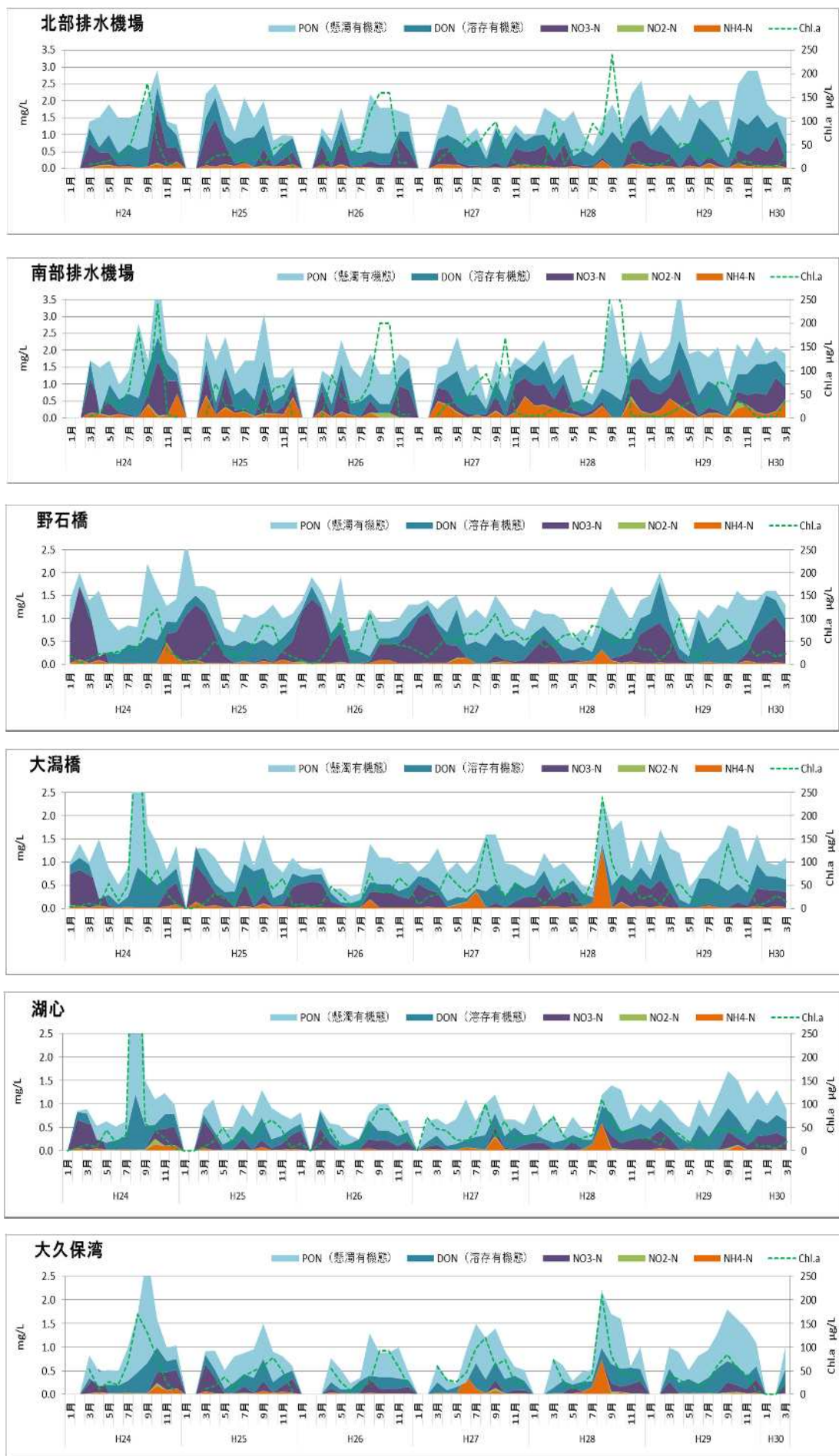
- ・ 年間平均値の推移を見ると、アオコが多い年は、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 又は $\text{PO}_4\text{-P}$ が低い傾向にあり、植物プランクトンに利用されて減少した可能性があるが、河川の流下による変動も大きいと考えられ、詳細な検証は困難である。
- ・ 経月推移を見ると、アオコが多い年は、3 月から 5 月の $\text{NO}_3\text{-N}$ のピークが現れないことや、5 月から 7 月の $\text{PO}_4\text{-P}$ のピークが小さいことが、それぞれの年間平均値を低下させている要因だと考えられる。
- ・ NP 比 (T-N、T-P) は、5 月から 7 月は T-N の低下と T-P の上昇で 10 以下になり、11 月から 3 月は T-N の上昇と T-P の低下で 20 以上になりやすい。そのため、夏期は窒素制限、冬期はりん制限と考えられる。

3) アオコレベルと気象

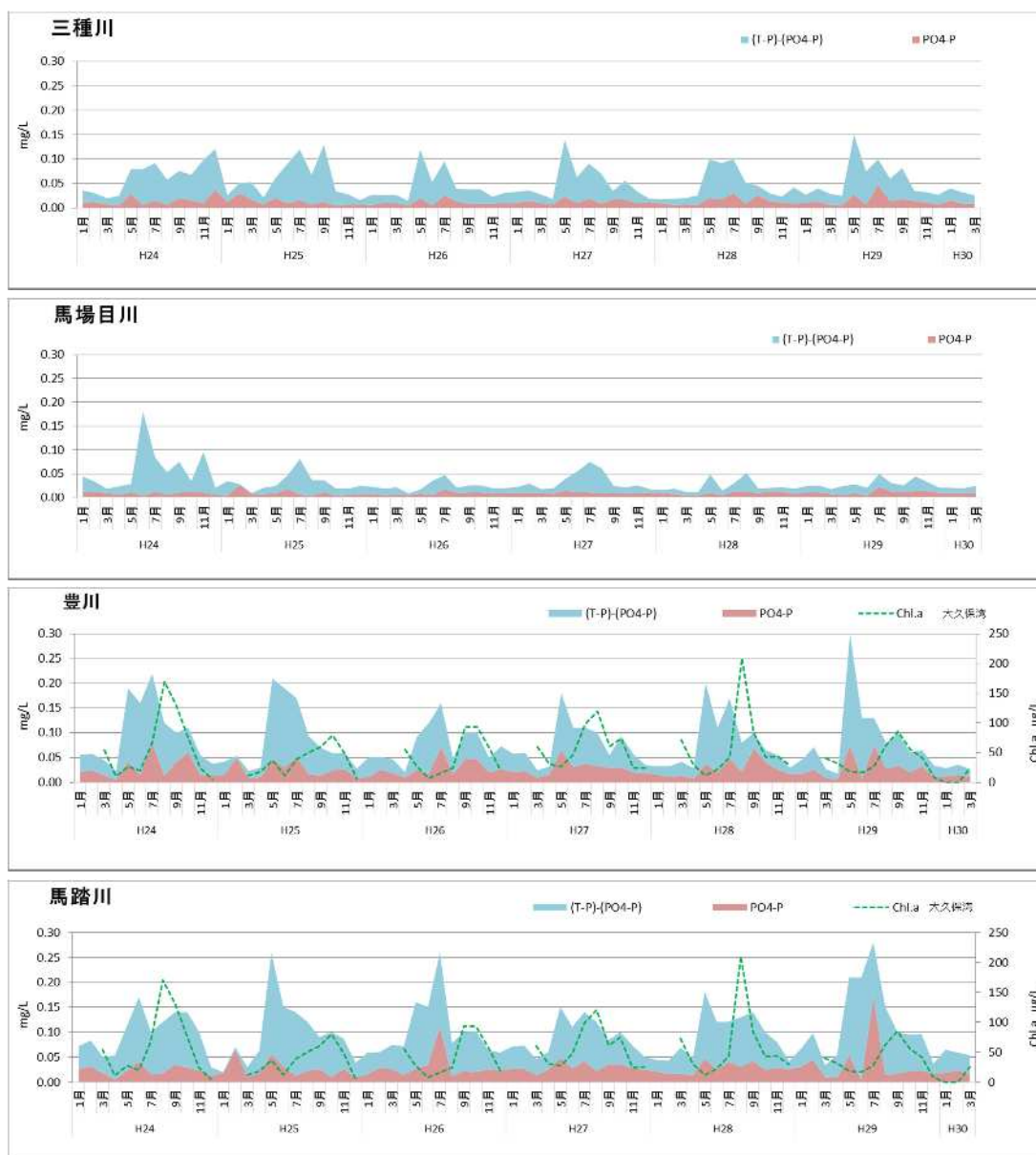
- ・ 水温では、最小値がアオコレベルの上昇に伴い上昇した。なお、アオコを確認した最低温度は 12.2℃だった。
- ・ 日照時間では、最大値、平均値、最小値にアオコレベルによる違いは見られなかった。なお、アオコは、4 日前から当日の日照時間合計が 0h でも確認された。
- ・ 降水量では、最大値がアオコレベルの上昇に伴い低下した。なお、アオコは、前日から当日の降水量合計が 133mm でも確認された。

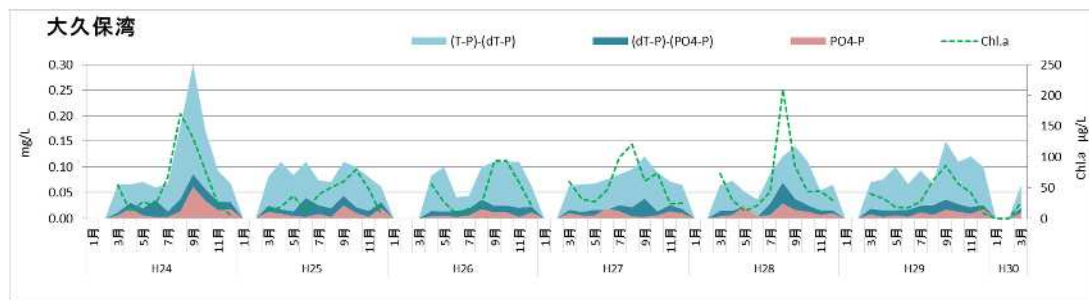
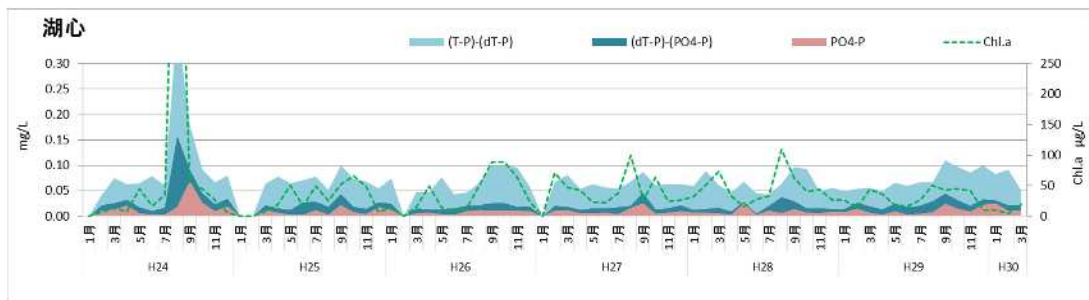
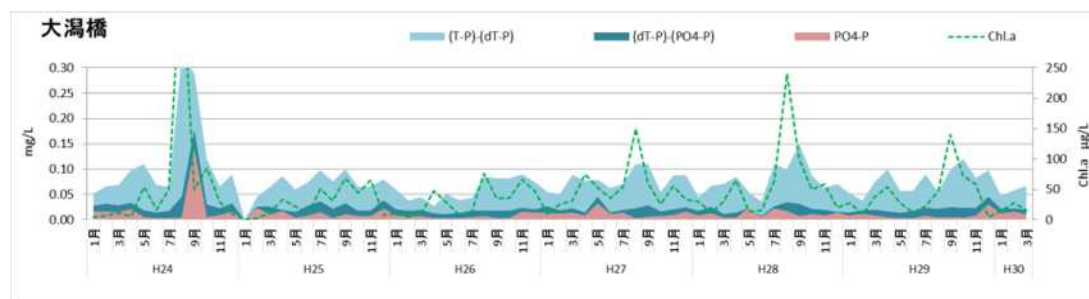
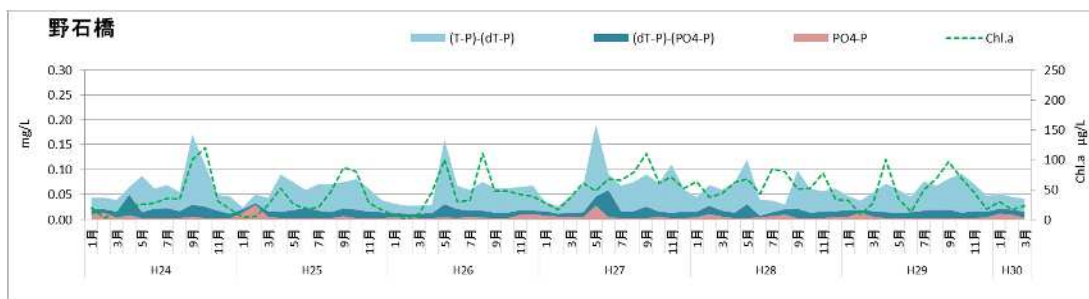
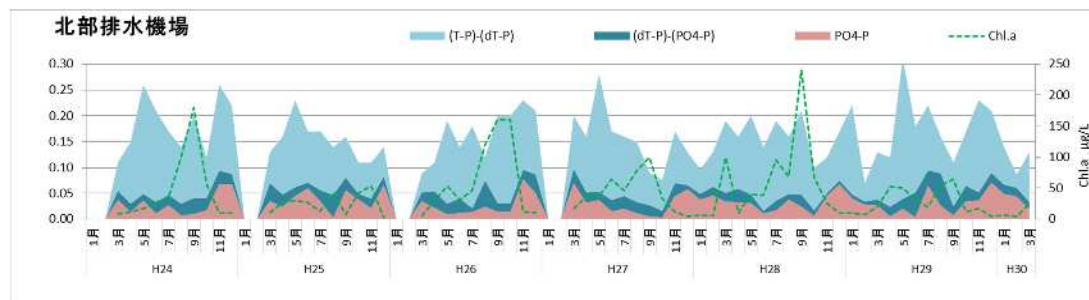
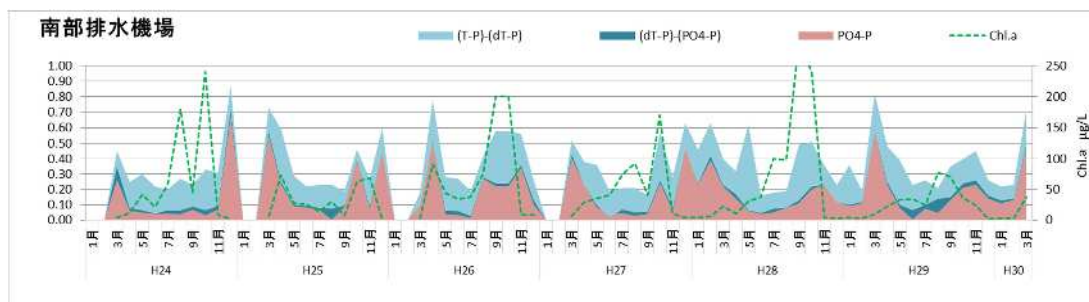
参考 1 地点毎の形態別窒素濃度推移





参考2 地点毎の形態別りん濃度推移





アオコ抑制装置（馬踏川）
効果測定報告書 過年度取り纏め資料
（平成 25 年度～平成 29 年度）

平成 29 年 12 月

イービストレード株式会社
秋田県八郎湖環境対策室

目次

1	装置設置の目的とその効果	1
2	設置箇所	1
3	装置概要	1
4	調査項目	3
5	流速分布調査	4
6	水質分析調査	17
7	アオコ沈降率調査（超音波照射による）	34
8	蛍光顕微鏡による底質中の生残藍藻類の定量調査	40
9	臭気調査	41
10	目視調査	42
11	全体総括	45

1 装置設置の目的とその効果

八郎湖南部に位置する馬踏川は、停滞水域である大久保湾の最も奥に河口を有し、八郎湖流入河川の中でも、特にアオコが遡上・集積するところである。

また、他河川と比較して河口から住宅街までの距離も短く、遡上による悪臭被害の頻度も高く、図 1-1 のようにアオコがスカム状に堆積し腐敗臭を発生し、周辺環境へ被害を及ぼす場合がある。

そこで、アオコの遡上・腐敗を抑制することにより、アオコによる悪臭の発生を防止する事を目的にアオコ抑制装置（以下、「装置」という）を設置・運転した。



図 1-1 平成 23 年馬踏川のアオコ腐敗状況

2 設置箇所

下図に示す潟上市昭和大久保字片田千刈田地内の馬踏川河川内に固定して設置した。



図 2-1 装置設置位置

3 装置概要

装置は、水流発生装置、超音波照射装置、オゾン発生装置等で構成した。装置の全体平面図、側面図を図 3-1、図 3-2 に示す。

(1) 水流発生装置

水流発生装置により流動循環（流動範囲は 30m 程度）を行い、アオコの発生及びアオコの群体化を抑制することにより、アオコの腐敗化を防止する。

(2) 超音波照射装置

超音波照射によりアオコを沈降させる。

(3) オゾン発生装置

オゾン発生装置によりアオコを含んだ河水の腐敗臭を抑制する。

- (4) 吸引機能
腐敗したアオコをし、腐敗アオコを集積させない。
- (5) その他
装置は台風などの悪天候に耐えうる方法で固定する。

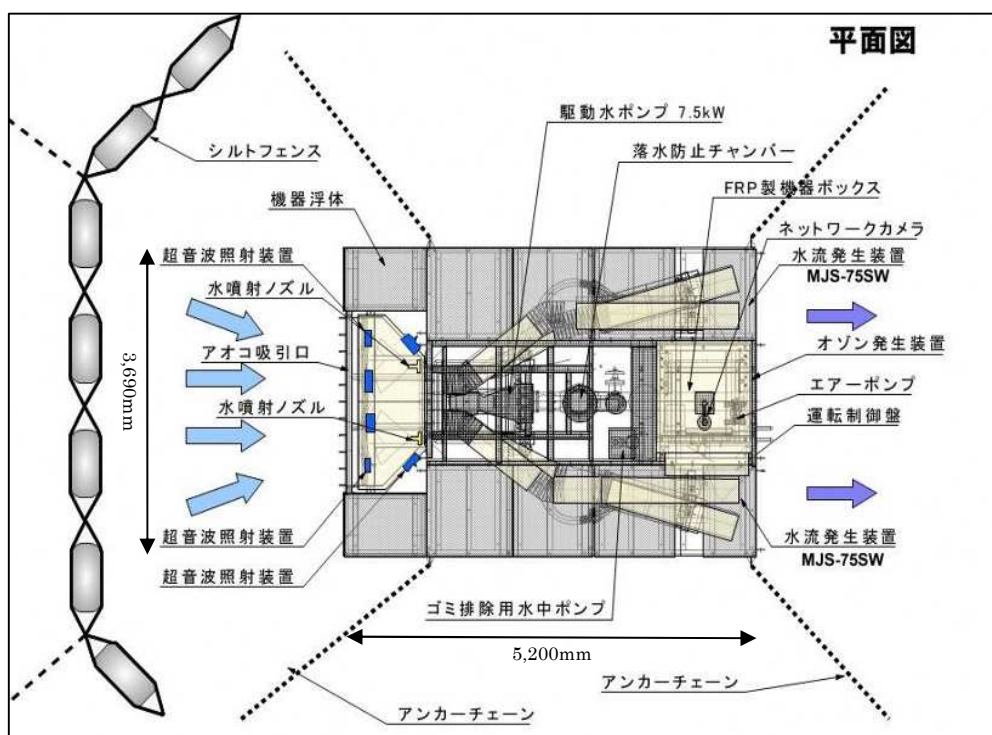


図 3-1 装置平面図

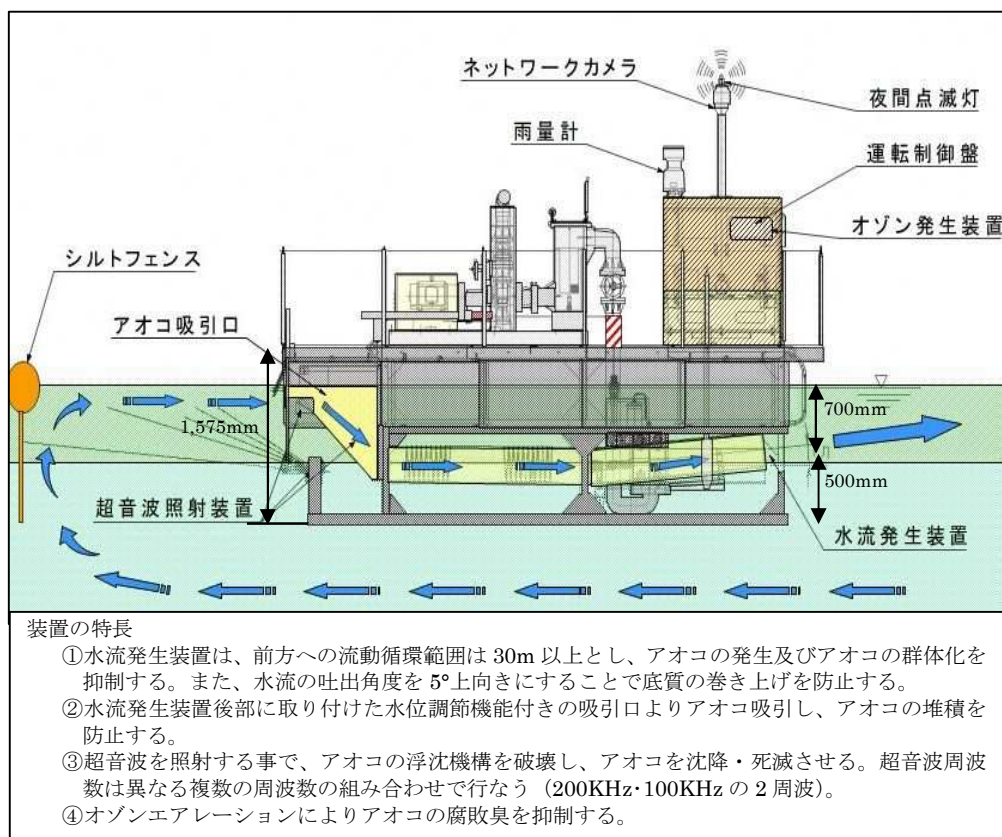


図 3-2 装置平面図

4 調査項目

装置効果を整理するあたり、過年度の調査項目を参考に取りまとめを行う。平成 25 年度から平成 28 年度における効果把握調査の実施状況を表 4-1 に示す。本書で調査結果として取り纏めた項目を表 4-2 に示す。

表 4-1 各調査の実施年度

調査項目	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	平成 29 年度
流速調査	○	○	○	○	○
水質調査	○	○	○	○	○
アオコ沈降率調査（超音波照射による）	○	×	○	○	○
臭気調査	○	○	○	×	○
蛍光顕微鏡による底質中の生残藍藻類の定量調査*	×	×	×	○	×
目視調査	○	○	○	○	○

*蛍光顕微鏡による底質中の生残藍藻類の定量に関しては、秋田県立大学の岡野助教にご協力頂き実施した。

表 4-2 調査結果のとりまとめ内容

	流速調査	水質調査（水質分布）	アオコ沈降率調査（超音波照射による）
			
目的	流動促進によるアオコ集積・群体化抑制効果の把握	流動促進によるアオコ集積・群体化抑制効果の把握	超音波によるアオコのガス胞破損によるアオコの沈降促進効果の把握
調査方法	電磁流速計を用いて、流速を測定した。	多項目水質計を用いて、水質（水温、pH、クロフィル*、濁度、DO）を測定した。*平成 27、28 年はクロロフィル a	超音波照射装置通過前後、及び効果外の範囲でアオコの沈降率を測定
調査地点	図 5-1 参照のこと	図 6-2 参照のこと	実施年度毎に異なる
	臭気調査	底質中の生残藍藻類の定量調査	目視調査
			
目的	抑制装置周辺及び装置の下流地点においてアオコの臭気を測定し、アオコの腐敗臭発生を確認した	超音波によるアオコのガス胞破損によるアオコの沈降促進効果の把握	流動促進によるアオコ集積・群体化抑制効果の把握
調査方法	抑制装置周辺及び装置の下流地点において臭気強度を測定した。	採取した底泥を蛍光顕微鏡を用いて藍藻類を測定した	抑制装置周辺のアオコの発生及び集積状況を目視で確認の上、写真撮影を実施した
調査地点	実施年度毎に異なる	装置後部、装置下流 30m、装置下流 100m	実施年度毎に異なる

5 流速分布調査

流速分布調査は、装置の流動効果を把握する為に実施した。過年度の調査実施日を表 5-1 に示す。測定地点を表 5-2、調査地点イメージを図 5-2 から図 5-5 に示す。

表 5-1 流速分布調査の調査日

年度	調査日
平成 25 年度	8 月 7 日*、8 月 31 日*
平成 26 年度	7 月 28 日、8 月 28 日、9 月 4 日、9 月 9 日
平成 27 年度	7 月 17 日*、8 月 28 日
平成 28 年度	6 月 29 日*、9 月 5 日
平成 29 年度	8 月 8 日*、8 月 16 日*

*装置稼働前・後で実施

表 5-2 流速分布調査の調査地点

年度	調査日
平成 25 年度	・装置より下流 10m、20m、25m、30m、35m、50m、100m 地点 ・*8/31 のみ測定時雨量が多かった為、50、100m 地点の測定実施せず。 ・横断方向：河川中央部 ・鉛直方向：表層(水面より 5cm)、中層(1/2 水深)、底層(河床より 10cm)
平成 26 年度	・装置より下流 5m、20m、30m、100m 地点 ・横断方向：河川中央部 ・鉛直方向：表層(水面より 5cm)、中層(1/2 水深)、底層(河床より 10cm)
平成 27 年度	・装置より下流 5m、20m、30m、50m、100m 地点 ・横断方向：河川中央部 ・鉛直方向：表層(水面より 5cm)、中層(1/2 水深)、底層(河床より 10cm)
平成 28 年度	・装置より下流 5m、30m、50m、100m 地点 ・横断方向：河川中央部 ・鉛直方向：表層(水面より 5cm)、中層(1/2 水深)、底層(河床より 10cm)
平成 29 年度	・装置より下流 5m、20m、30m 地点 ・横断方向：河川中央部 20m 付近のみ右岸左岸部 ・鉛直方向：表層(水面より 5cm)、中層(1/2 水深)、底層(河床より 10cm)

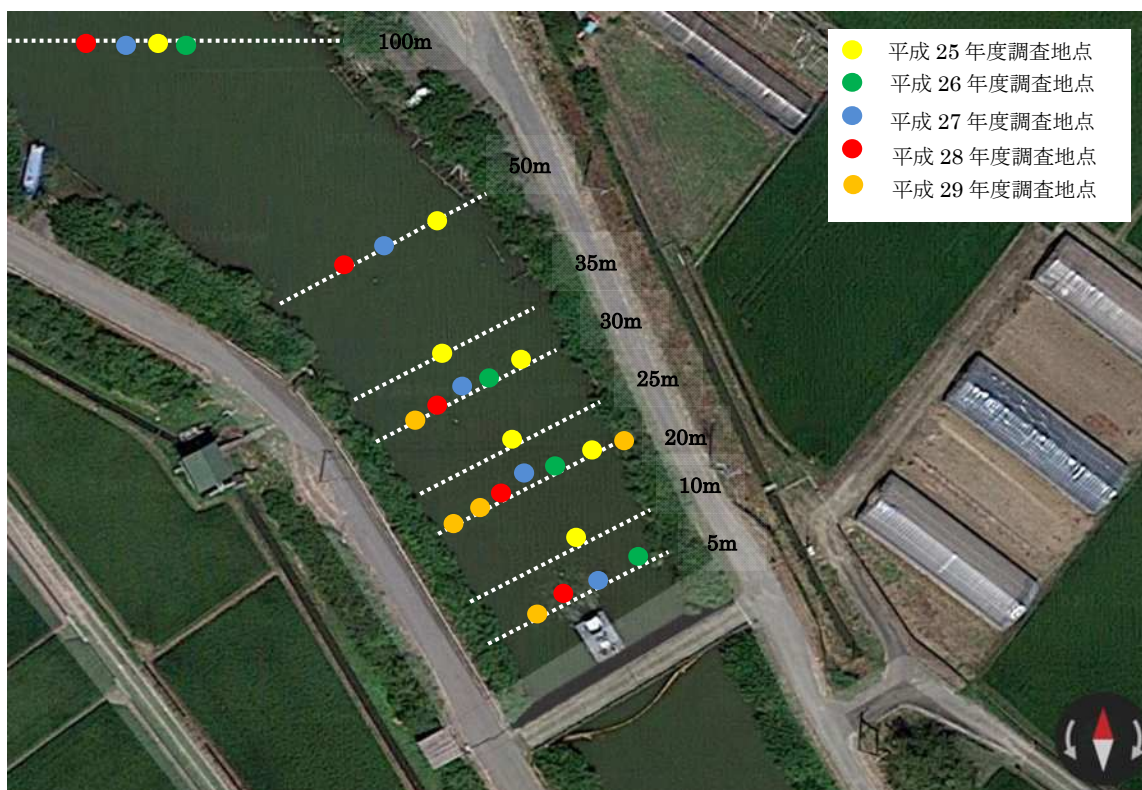


図 5-1 流速測定実施箇所

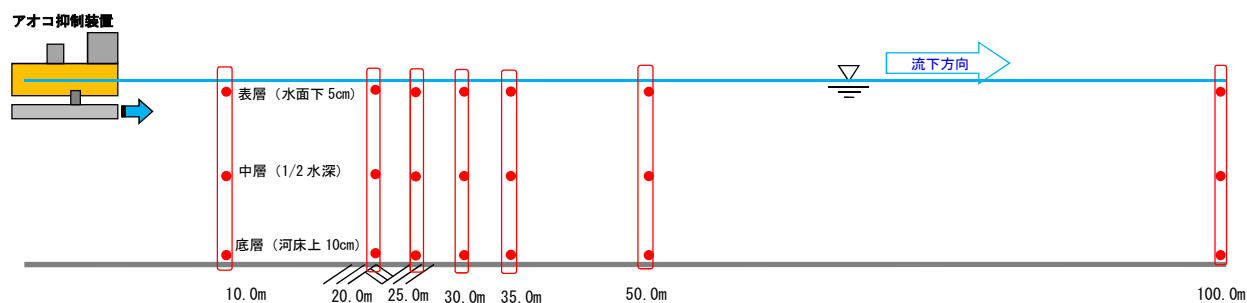


図 5-2 流速調査地点イメージ (平成 25 年度)

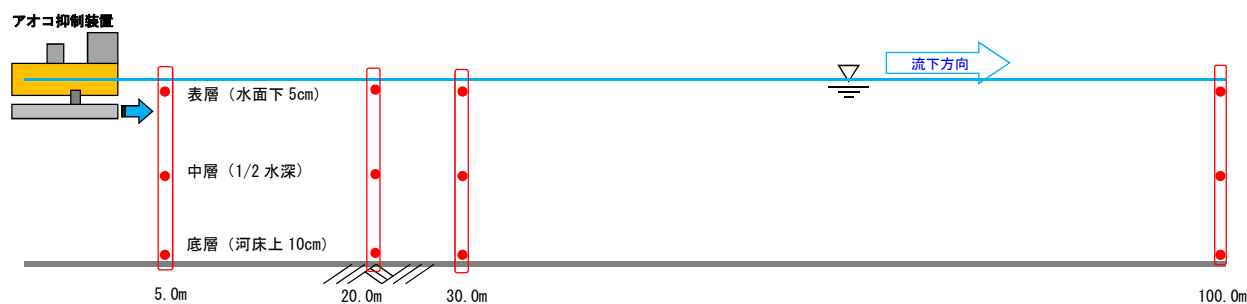


図 5-3 流速調査地点イメージ (平成 26 年度)

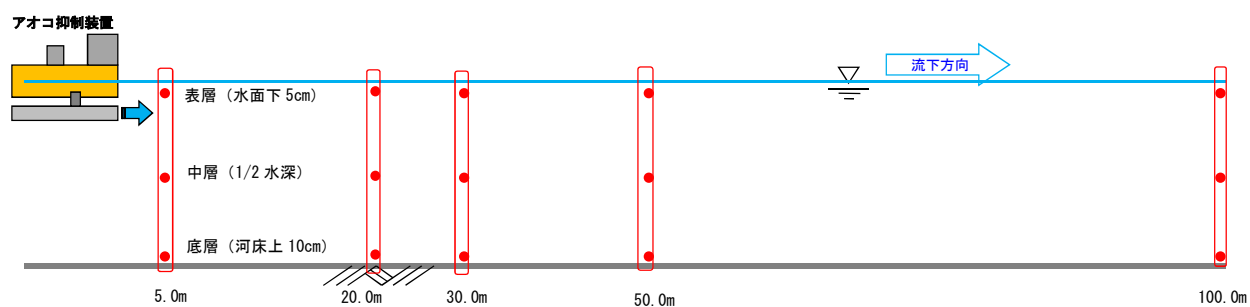


図 5-4 流速調査地点イメージ (平成 27 年度)

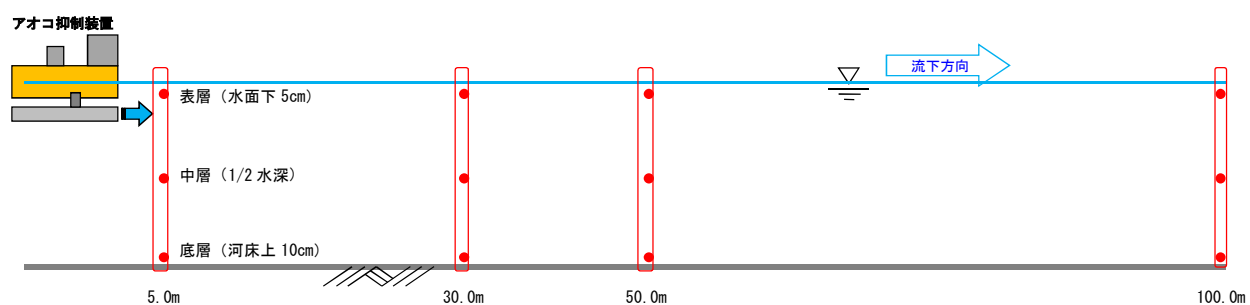


図 5-5 流速調査地点イメージ (平成 28 年度)

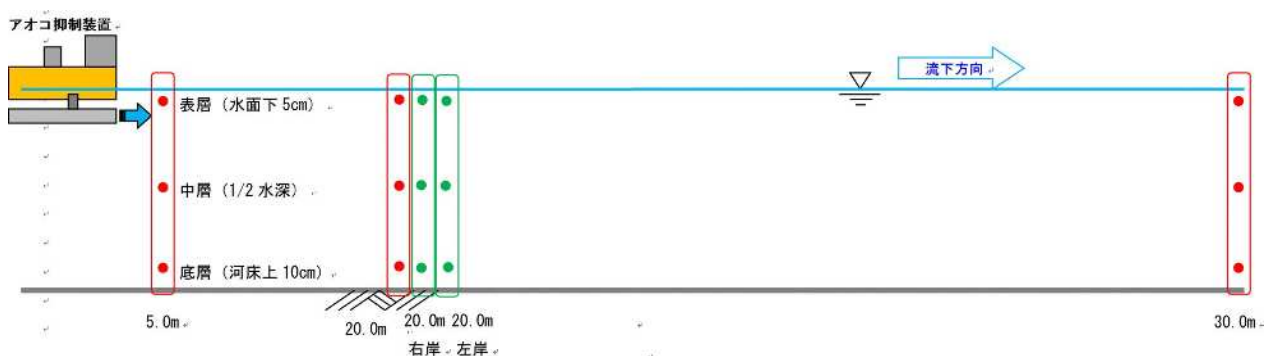
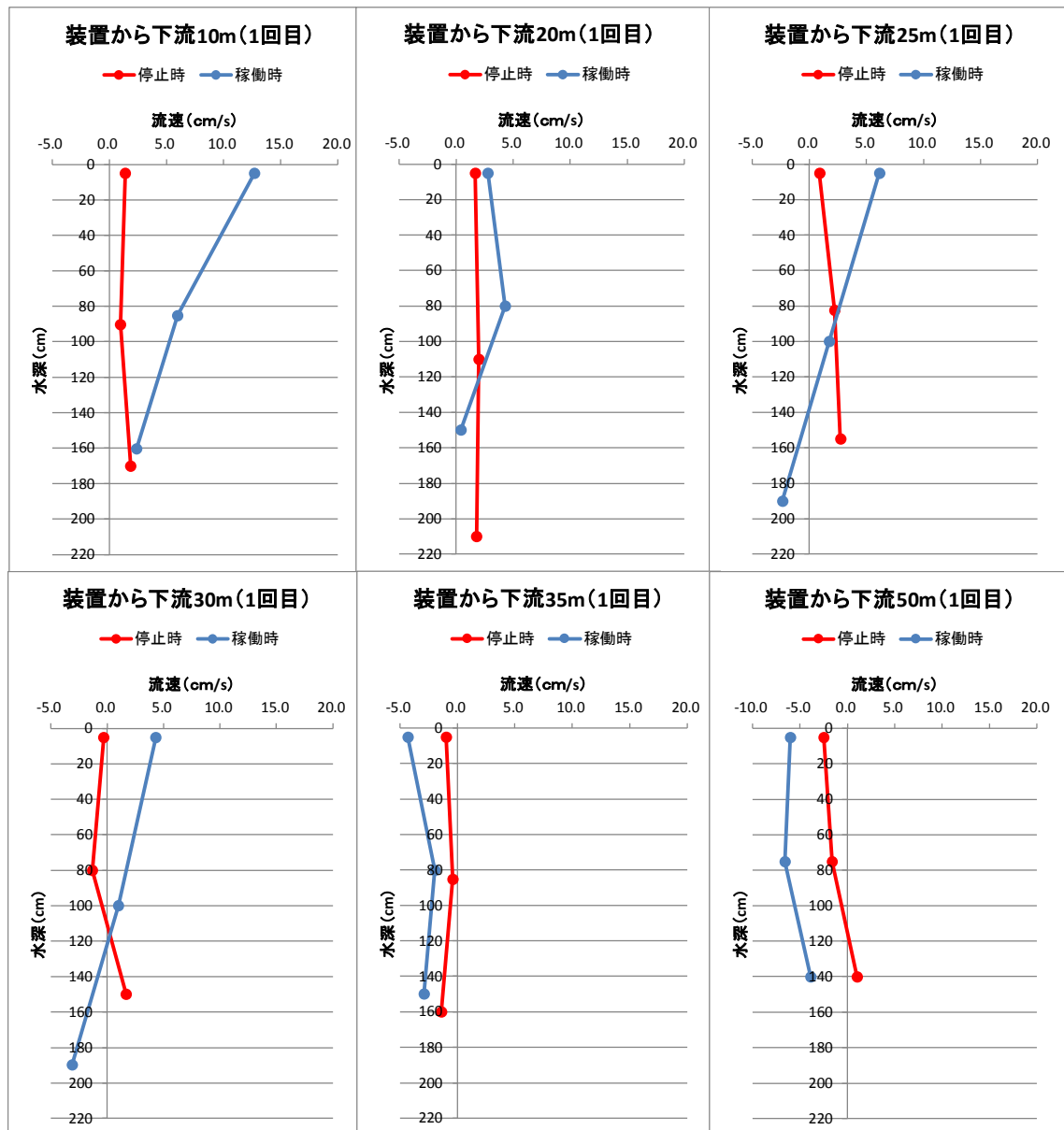


図 5-6 流速調査地点イメージ (平成 29 年度)

【平成 25 年度調査結果】

流速調査は、装置稼働による流速分布の変化を計測するため、8月7日、8月31日において稼働時と停止時の調査を実施した。

8月7日は、下流方向からの風があったため装置停止中は、30mより下流では反流となっていた。装置稼働時の表層流速は、装置から30mまでは順流であり、35mより下流は反流であった。装置稼働前後を比較した差流速を見ると、稼働時は、30mのエリアで順流方向に流れが確認できた。そのため、装置による流動促進効果は、装置より下流方向へ30m程度まで効果があると考えられる。8月31日は、流量が多く順流方向が卓越していた。装置から35m付近まで流速が増加していた。しかし、下流35m地点左岸からの流入水や降雨による増水で水位が変化していたため、装置の効果以外の要素も含まれていると考えられる。



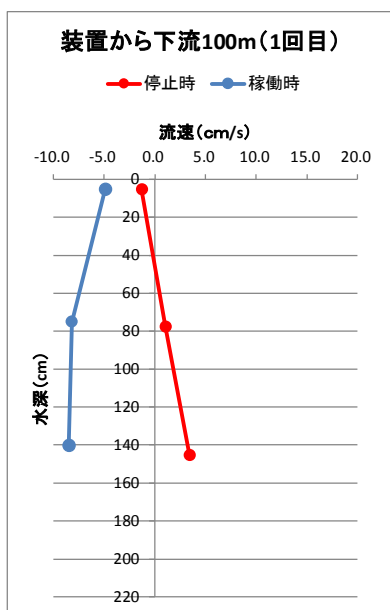


図 5-7 流速分布調査結果 (8 月 7 日実施分)

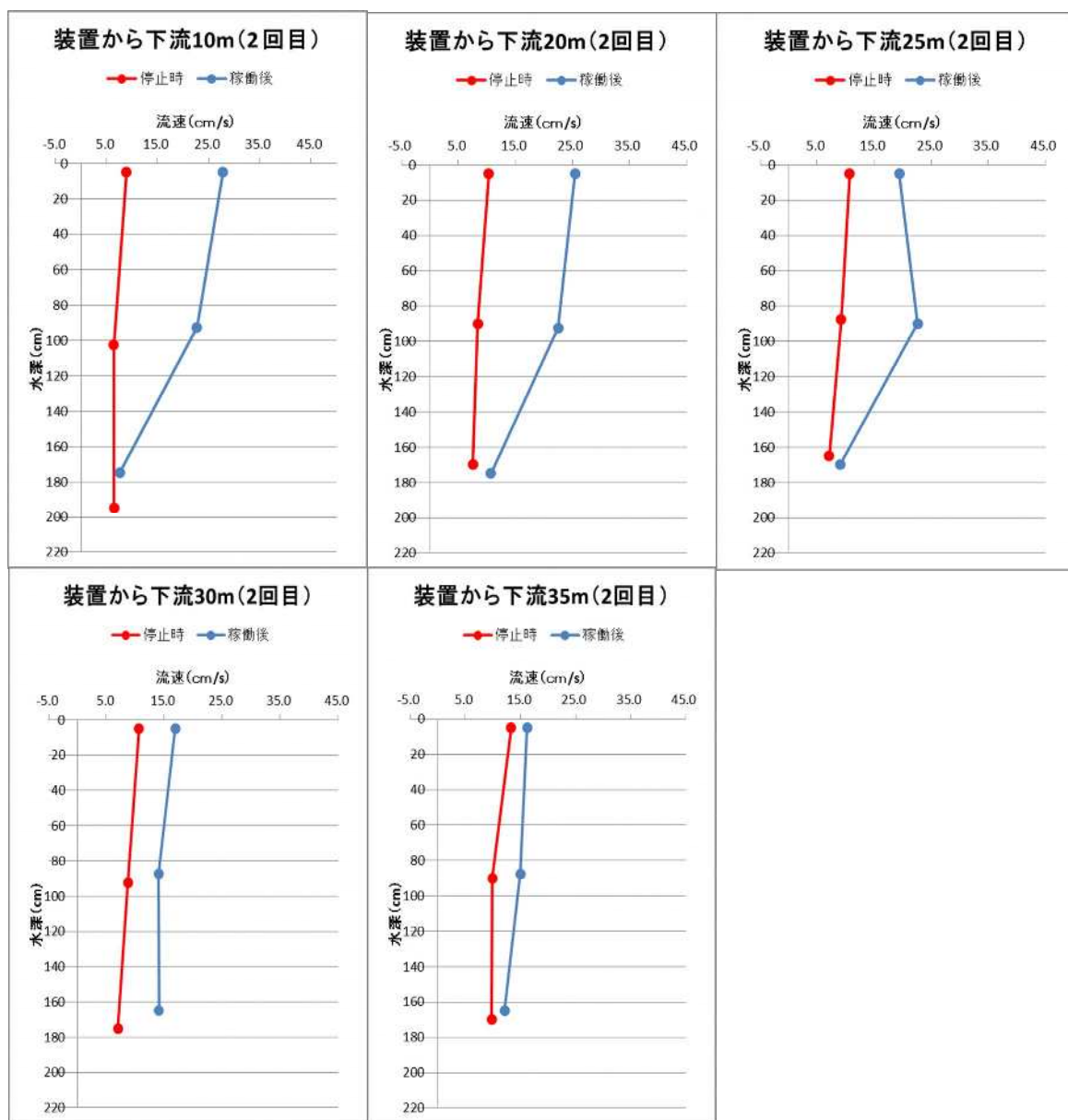


図 5-8 流速分布調査結果 (8 月 31 日実施分)

【平成 26 年度調査結果】

調査結果をみると、装置の直近測定地点である 5m 地点では表層、中層での流動が見られる一方、底層部の流動があまり見られない。しかし、装置効果対象エリアである 100m と比較し、20、30m は流速を確保しており、装置の流動攪拌効果の影響と考えられる。したがって、アオコ装置から下流 20m から 30m 程度までは、流動効果があるものと考えられる。

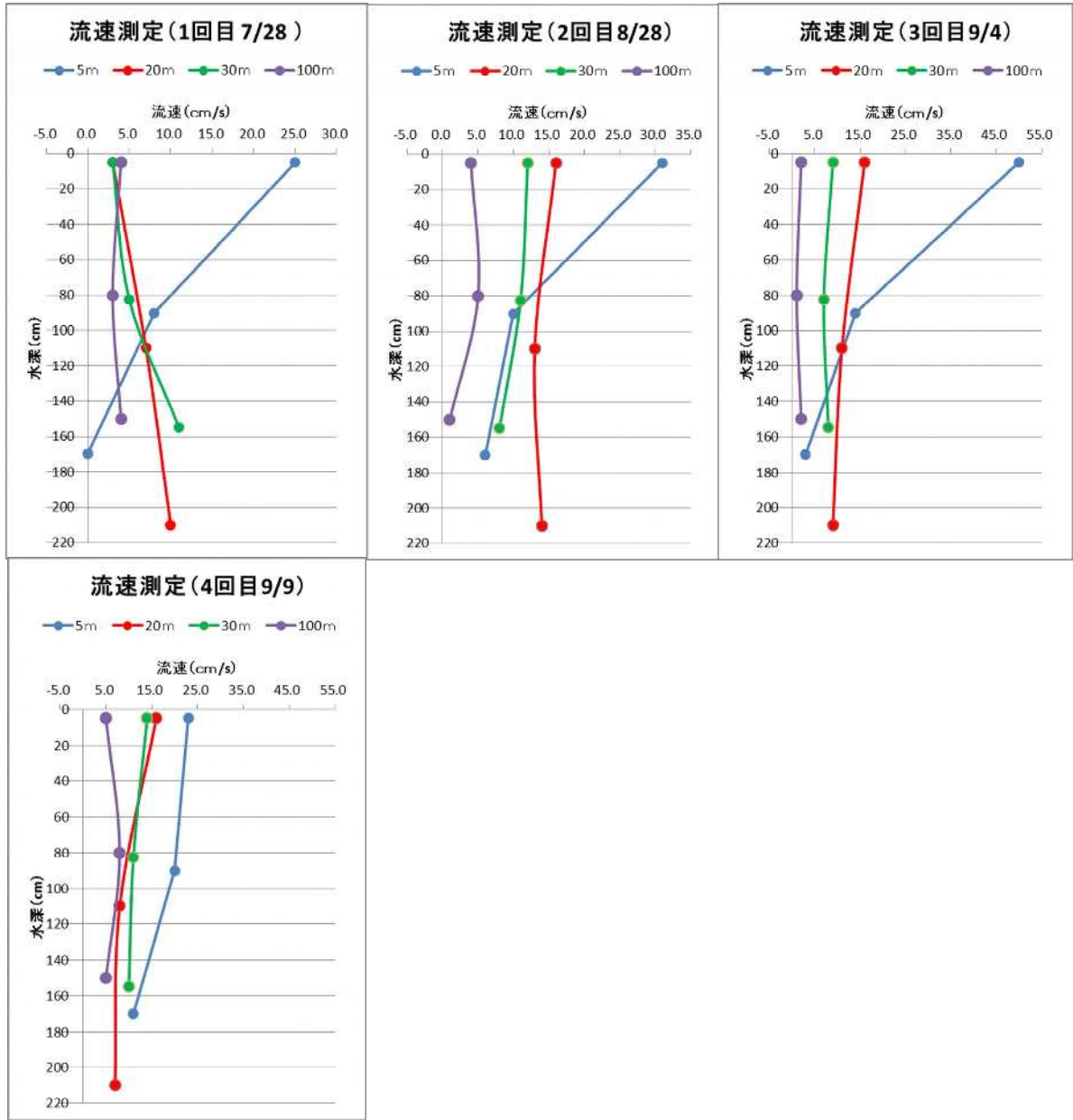


図 5-9 流速分布調査結果（全 4 回分）

【平成 27 年度調査結果】

流速調査は、装置稼働による流動効果を把握するため、7 月 17 日（稼働前・稼働後）、8 月 28 日の計 2 回の調査を実施した。調査結果をみると、装置稼働前は全体的に河川の流向が反流になっており、装置を設置した馬踏川周辺においては湖内でアオコ発生した場合、アオコが遡上しやすい環境である事が確認された。その後、装置を稼働させると、装置の攪拌効果で流向が 100m 迄反流から順流に変化していることが確認できた。

装置下流 20m までは顕著に表層の流速が出ており、装置の水流攪拌効果によるものと判断できる。

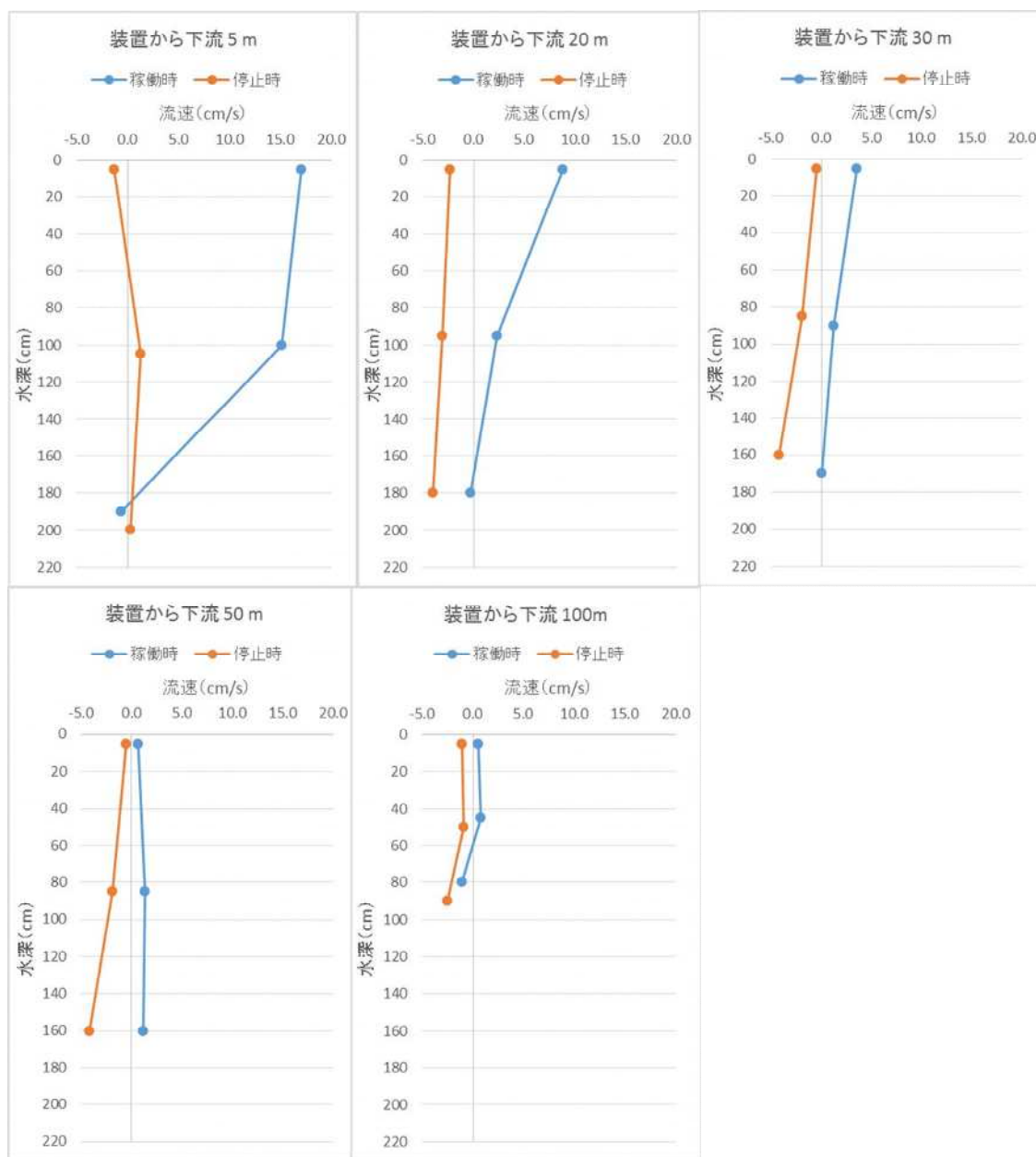


図 5-10 流速分布調査結果（7 月 17 日実施分）

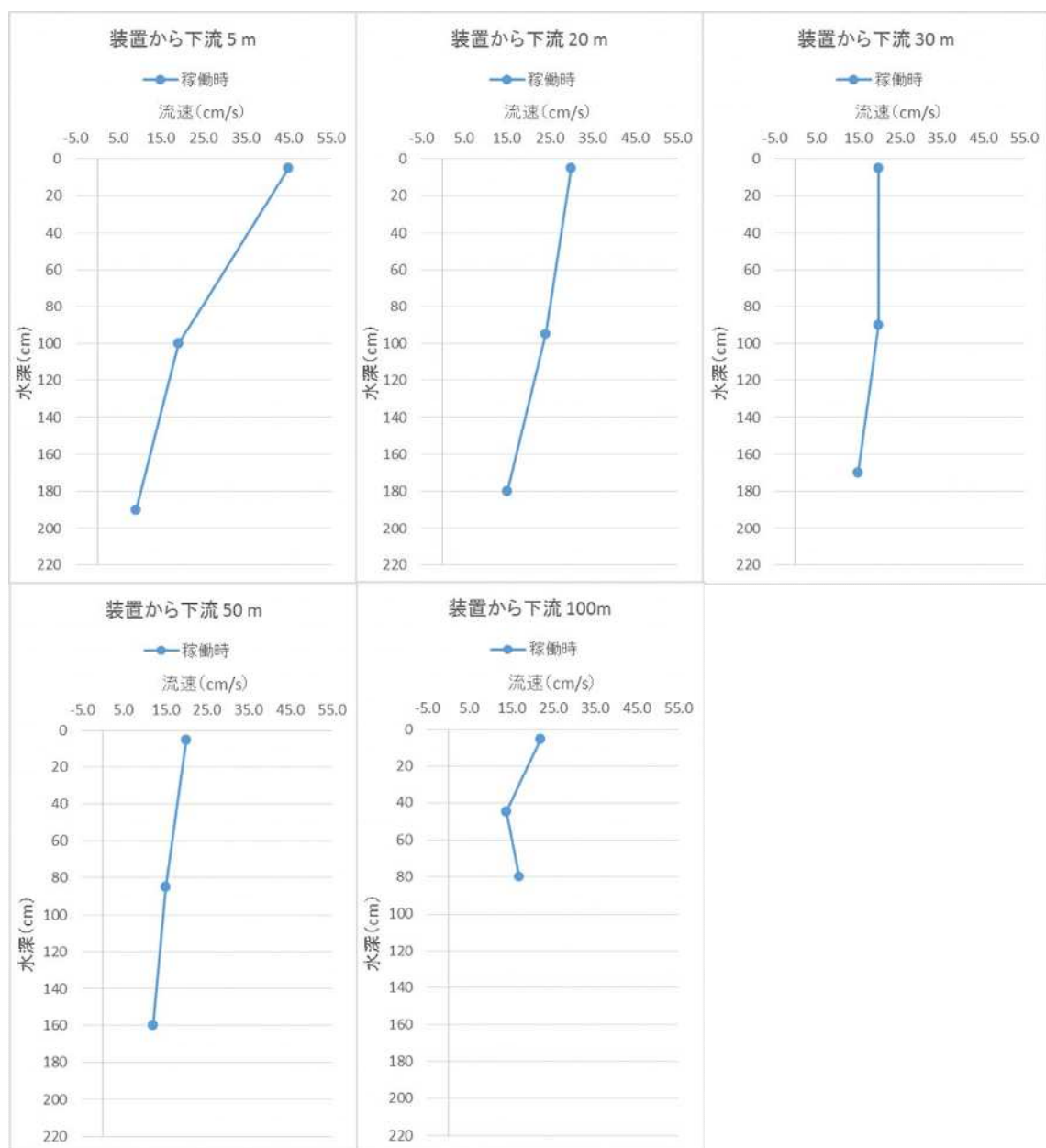


図 5-11 流速分布調査結果 (8 月 28 日実施分)

【平成 28 年度調査結果】

流速調査は、装置稼働による流動効果を把握するため、6 月 29 日（稼働前・稼働後）、9 月 5 日の計 3 回の調査を実施した。

6 月 29 日の調査結果をみると、装置稼働前は全体的に河川の流向が反流になっており、装置を設置した馬踏川周辺においては湖内でアオコ発生した場合、アオコが遡上しやすい環境である事が確認された。その後、装置を稼働させると、装置の水流攪拌効果で流向が 30m 迄反流から順流に変化していることが確認できた。また、9 月 5 日の装置稼働時の測定結果から、30m までは表層の流速が順流になっており、装置の水流攪拌の影響と推測される。したがって、装置下流 30m 付近までは顕著に表層の流速が出ており、装置の水流攪拌効果によるものと思われる。

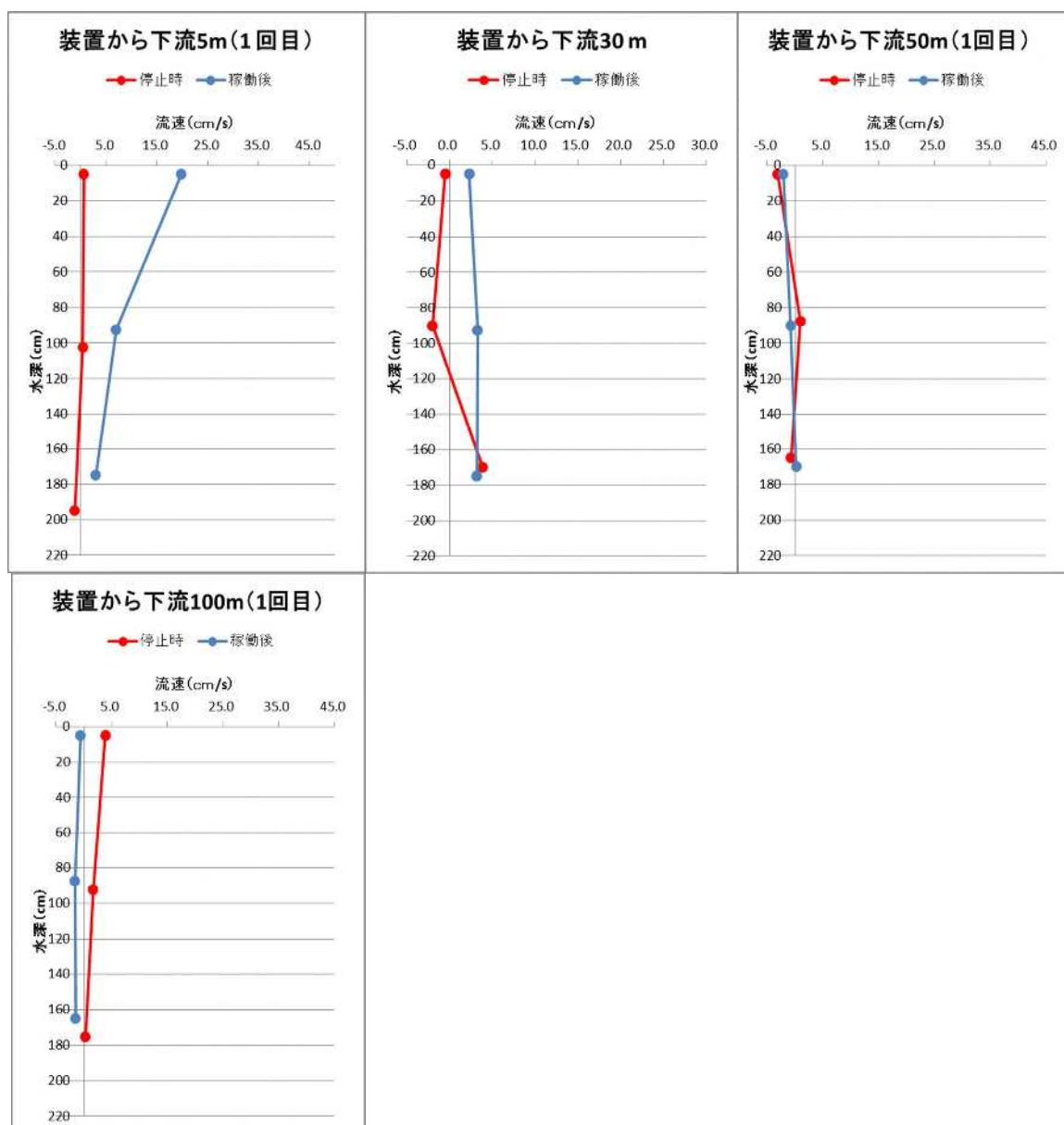


図 5-12 流速分布調査結果（6 月 29 日実施分）

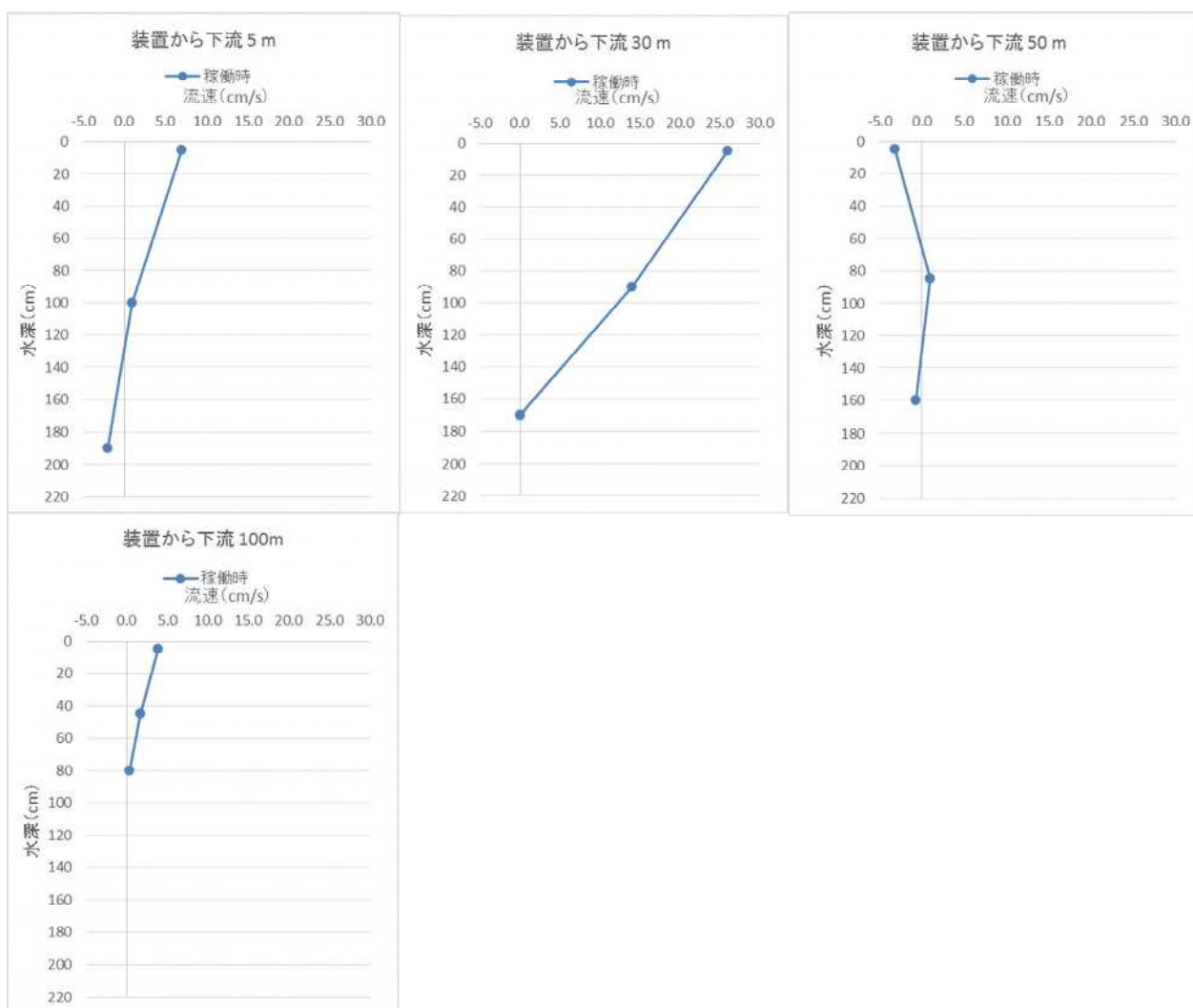


図 5-13 流速分布調査結果 (9 月 5 日実施分)

【平成 29 年度調査結果】

流速調査は、アオコ抑制装置稼働による流動効果を把握するため、8 月 8 日、8 月 16 日の計 2 回の調査を実施した。

両測定日とも、装置の停止時・稼働時の流速差より、装置下流 20m までは一定の効果が確認された。下流 20m 右岸左岸に関しては、装置停止時と稼働時を比較したところ、稼働時の流向が逆流になっている事が確認された。これは、装置の流動循環効果によるものと推測される。

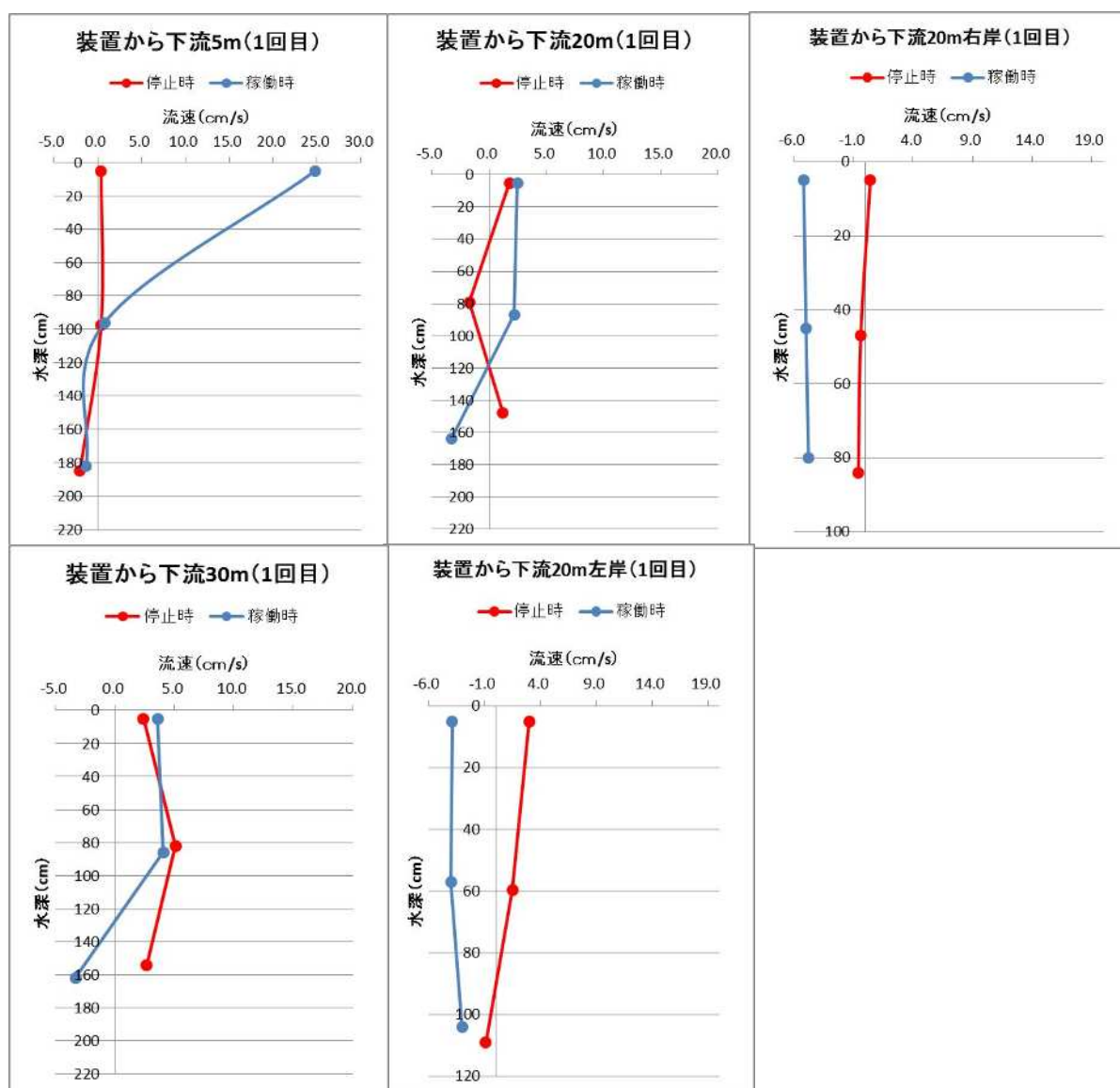


図 5-14 流速分布調査結果（8 月 8 日実施分）

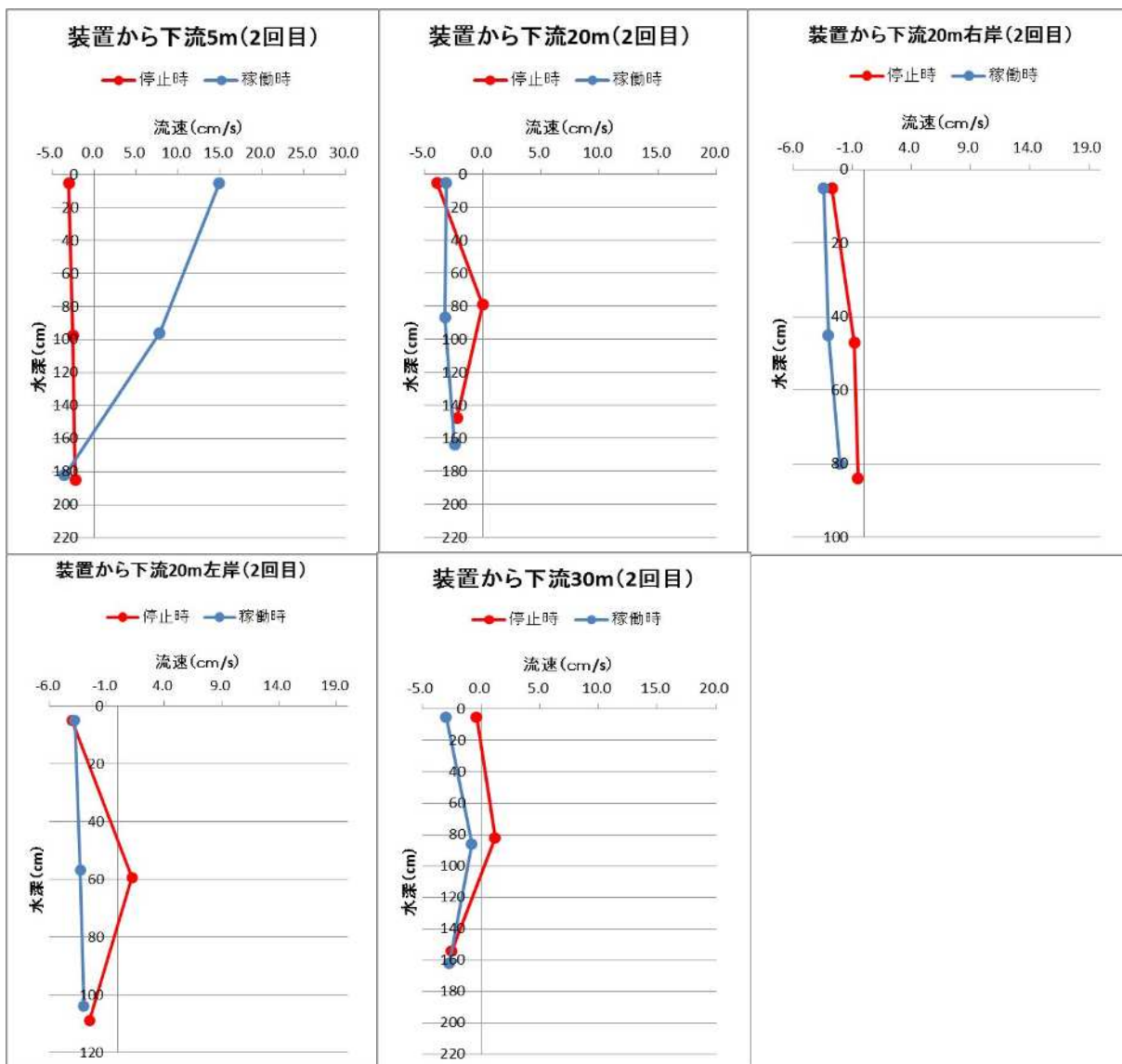


図 5-15 流速分布調査結果 (8 月 16 日実施分)

【総括】

過年度において、流速測定結果において、装置稼働前は、馬踏川の流向は反流となる傾向が確認され、八郎湖内で発生したアオコが遡上しやすい環境である事が確認された。装置稼働後、装置効果範囲である 20m から 30m 付近までは流向が順流となっており、装置によって強制的に水流攪拌が起こされているものと思われる。

以上より、水流により装置下流 20 から 30m 付近迄はアオコ遡上時においてアオコの集積を防止効果があると思われる。

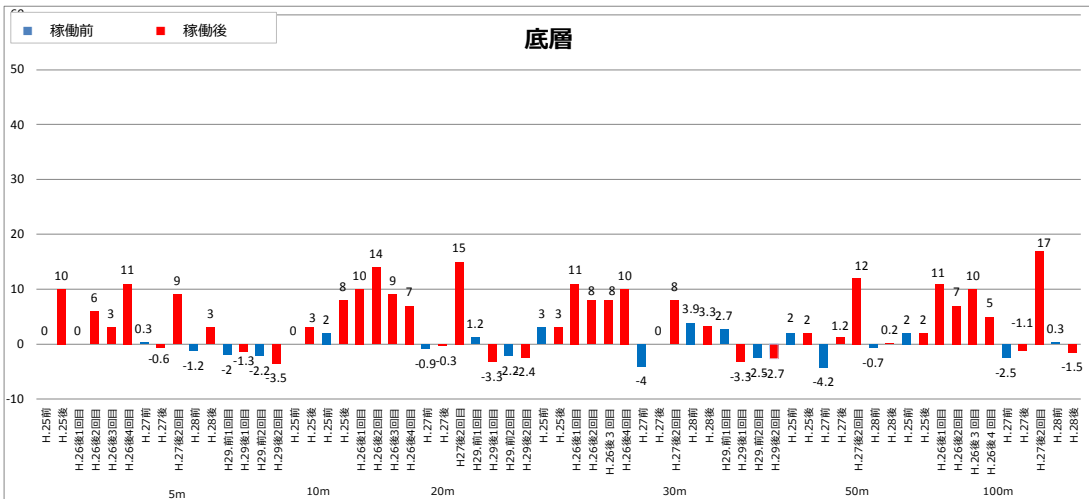
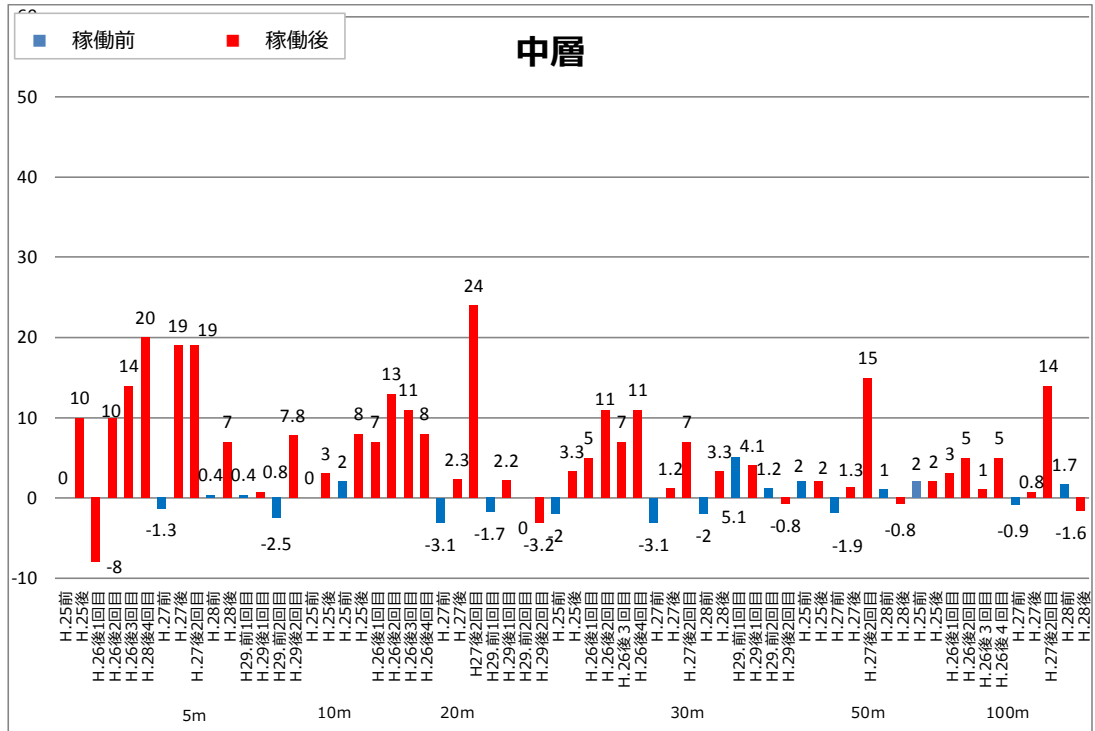
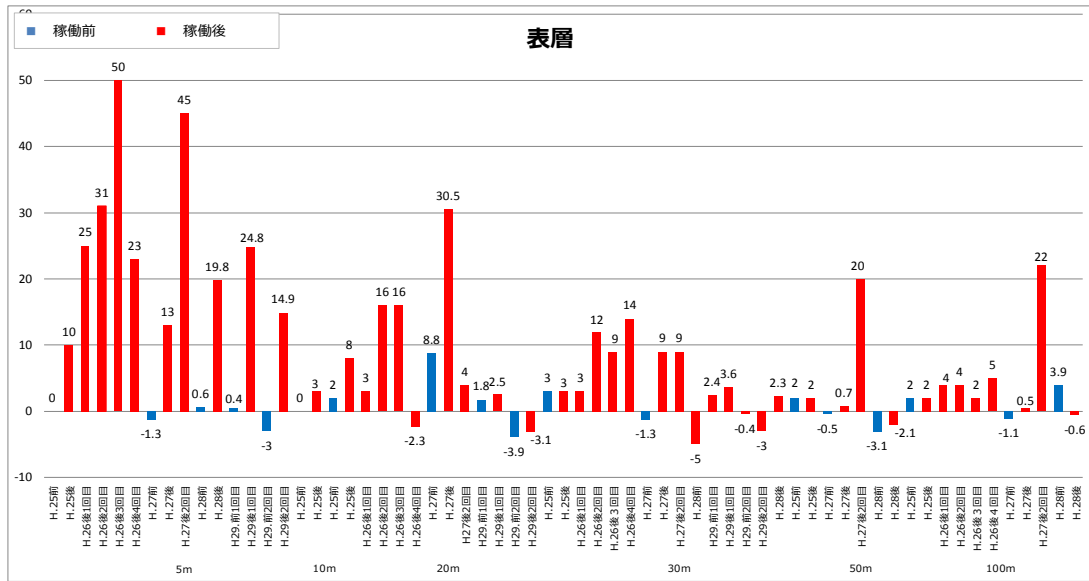


図 5-16 年度ごとの稼働前後の流速比較

6 水質分析調査

水質分析調査は、装置の流動効果を把握する為に実施した。過年度の調査実施日を表 6-1、調査地点を表 6-2 に示す。

表 6-1 水質分析調査日

年度	調査日
平成 25 年度	8 月 7 日、8 月 31 日
平成 26 年度	7 月 28 日、8 月 28 日、9 月 4 日、9 月 9 日
平成 27 年度	8 月 11 日、8 月 28 日、8 月 31 日
平成 28 年度	8 月 12 日、8 月 22 日、9 月 2 日、9 月 5 日
平成 29 年度	8 月 8 日、8 月 16 日

表 6-2 水質調査地点

年度	調査日
平成 25 年度	・装置より下流 10m、20m、25m、30m、35m、50m、100m 地点 ・*8/31 のみ測定時雨量が多かった為、50、100m 地点の測定実施せず。 ・横断方向：河川中央部 ・鉛直方向：表層(水面より 5cm)、中層(1/2 水深)、底層(河床より 10cm)
平成 26 年度	・装置より下流 5m、20m、30m、100m 地点 ・横断方向：河川中央部 ・鉛直方向：表層(水面より 5cm)、中層(1/2 水深)、底層(河床より 10cm)
平成 27 年度	・装置より下流 5m、20m、30m、50m、100m 地点 ・横断方向：河川中央部 ・鉛直方向：表層(水面より 5cm)
平成 28 年度	・装置より下流 5m、30m、50m、100m 地点 ・横断方向：河川中央部 ・鉛直方向：表層(水面より 5cm)
平成 29 年度	・縦断方向：抑制装置より下流 5m、30m、50m、100m、上流 700m (-700m) ・横断方向：河川中央部 ・鉛直方向：表層(水面より 5cm)

平成 25 年から平成 26 年の 2 年間の流速測定結果より全層循環効果が確認された為、平成 27 年より水質測定は表層のみ測定した。水質調査地点を図 6-1 に、調査水深地点イメージを図 6-2 から 6-6 に示す。

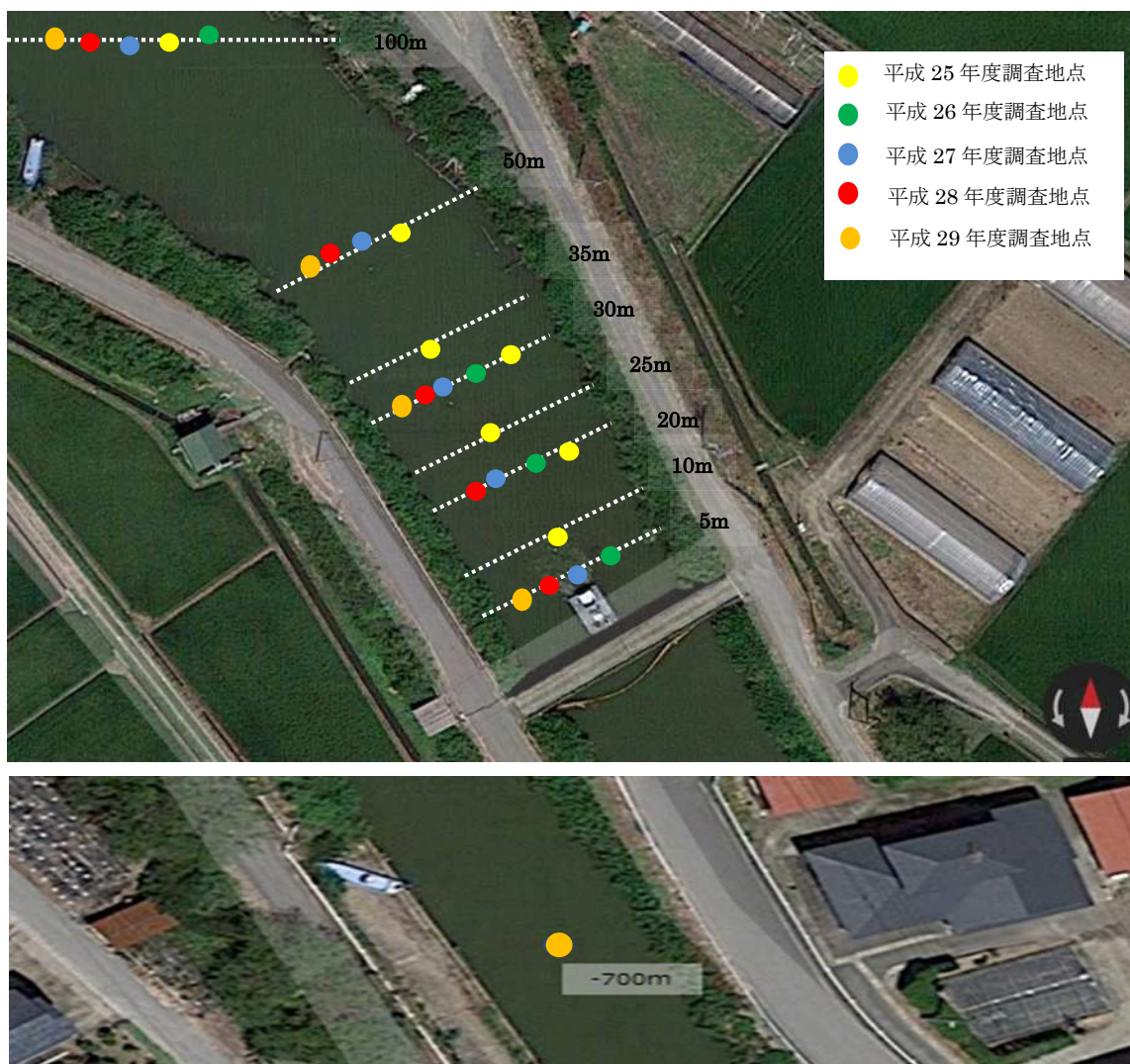


図 6-1 水質調査地点

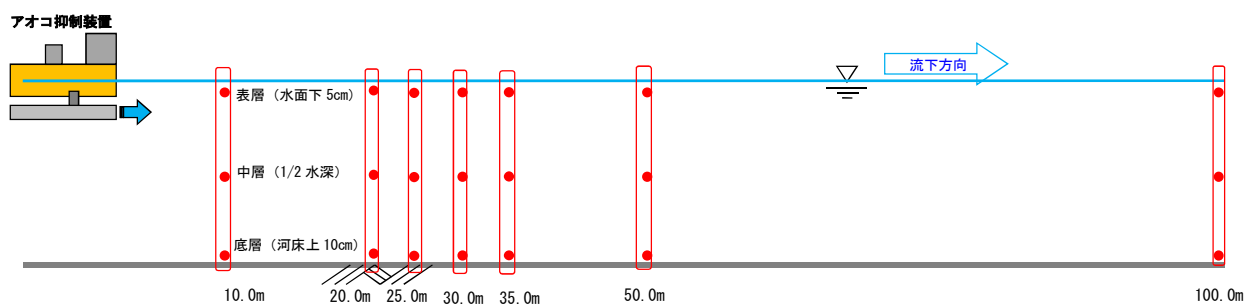


図 6-2 調査水深地点イメージ (平成 25 年度)



図 6-3 調査水深地点イメージ (平成 26 年度)

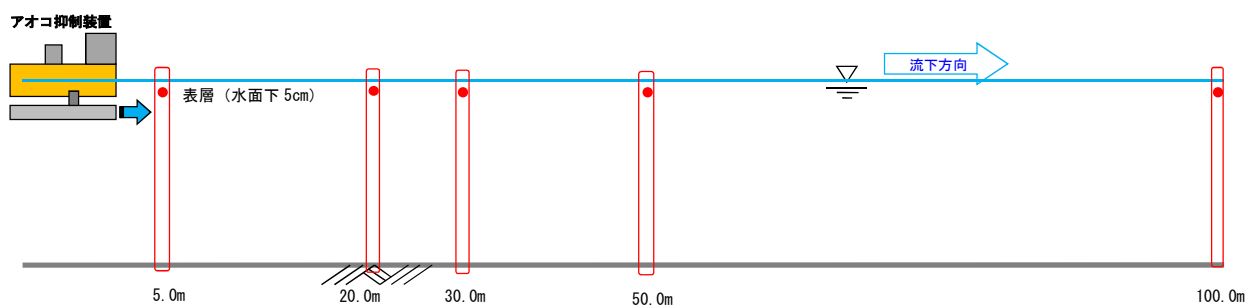


図 6-4 調査水深地点イメージ (平成 27 年度)

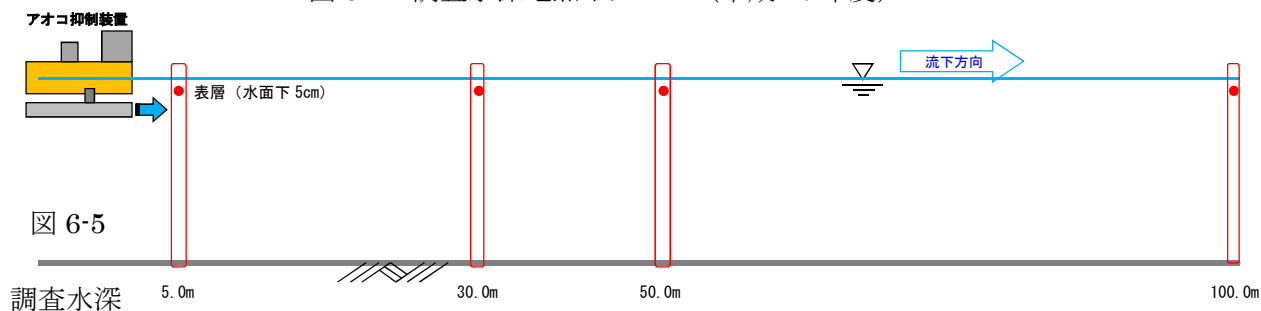


図 6-5 調査水深地点イメージ (平成 28 年度)



図 6-6 調査水深地点イメージ (平成 29 年度)

測定方法に関しては平成 25、26 年が多項目水質計を用いて、水面直下から川底直上まで鉛直方向に連続観測を行った。測定項目は表 6-3 に示す 5 項目である。平成 27、28 年は採水し、検体を分析機関で測定した。なお、観測地点は流速分布と同一地点とした。

表 6-3 水質測定項目

項目	備考
水温	流動による水温躍層の状態を把握する
DO	植物プランクトンの光合成により増加する
pH	光合成による炭酸同化により上昇する
クロロフィル*	植物プランクトン量に比例する
濁度	植物プランクトンが発生すると低下する

*平成 25～26 年は現場にて多項目水質計を使用した為、クロロフィルを測定。
平成 27～28 年は採水し測定し、クロロフィル a を測定した。
なお、測定方法の変更は、委託業者を変更したためである。

植物プランクトン増殖時（アオコ発生時）の特徴的な水温特性を図 6-7 に示す。

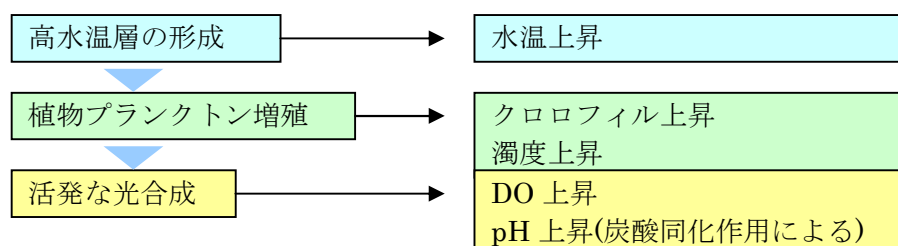
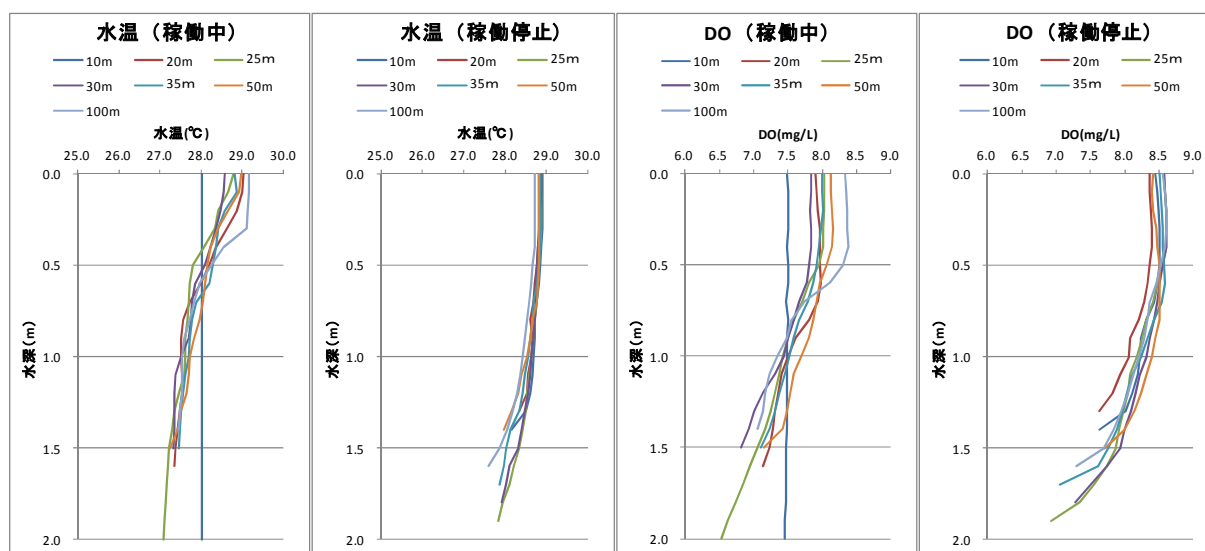


図 6-7 植物プランクトン増殖時における水質の傾向

【平成 25 年度調査結果】

8 月 7 日の水温分布は、装置稼働時の水温は 10m では表層と底層の水温差が小さく、ほぼ一様であり、装置より離れるにつれて表層と底層の水温差が大きくなっているため、装置側では混合状態が確認できる。この傾向は、DO でも見られ、水温分布と類似する分布傾向が確認できた。8 月 31 日は、水量が多く全項目で表層～底層まで一様な結果であった。前日の降雨や気温が低かったことが要因として考えられる。前日の降雨により流量が多かった為、測定地点 50m 及び 100m 地点の測定は実施しなかった。

平成 25 年度は、アオコが遡上してきていないため水質が悪化せず、顕著な水温躍層が発達していなかったため、優位な差が確認されなかった。



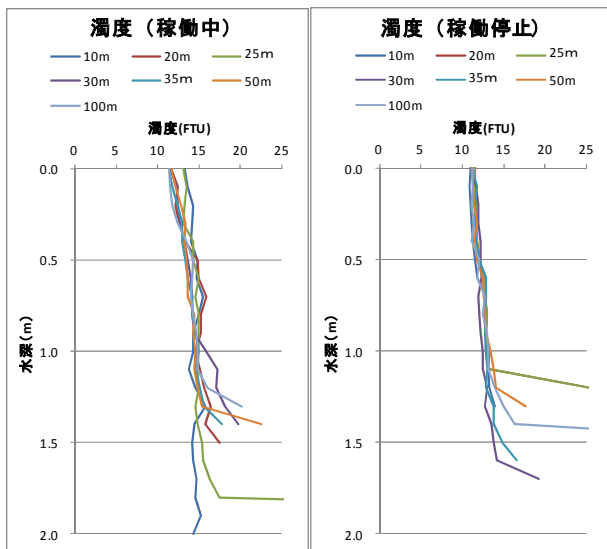
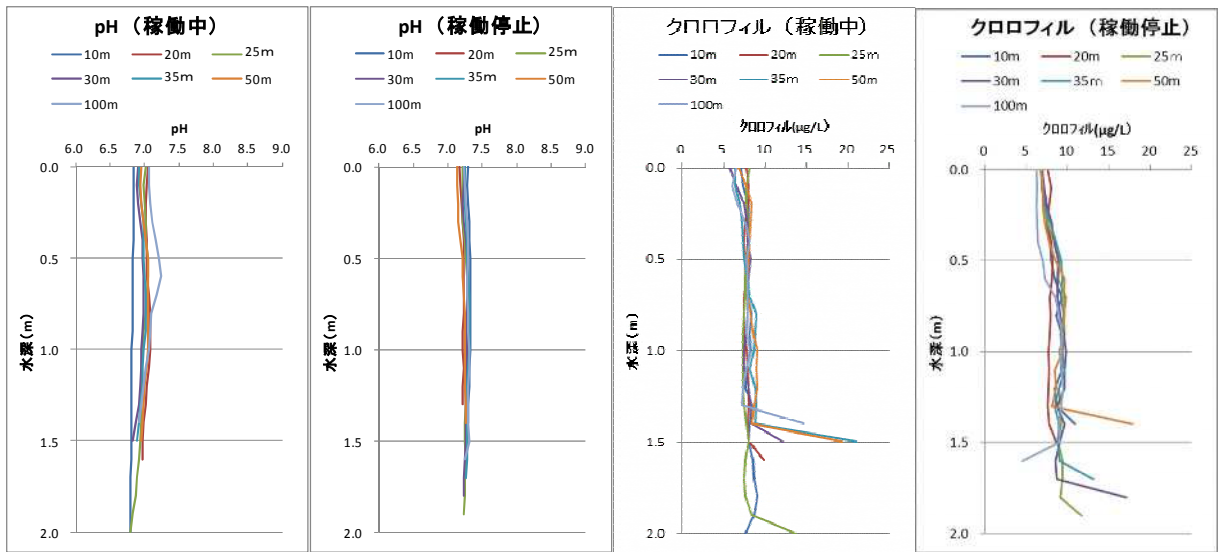
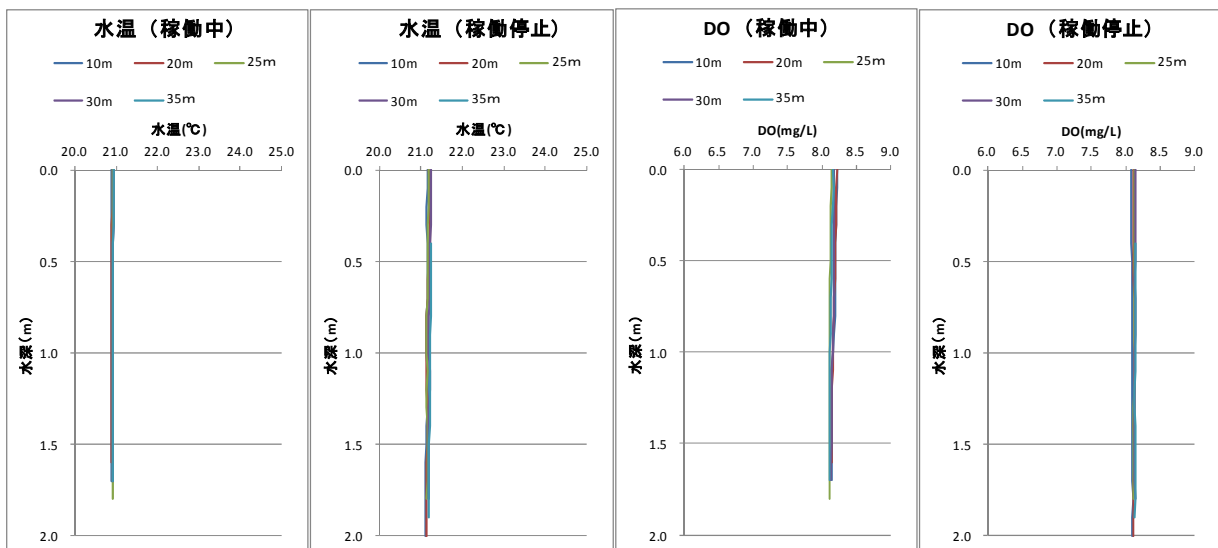


図 6-8 水質調査結果 (8 月 7 日実施分)



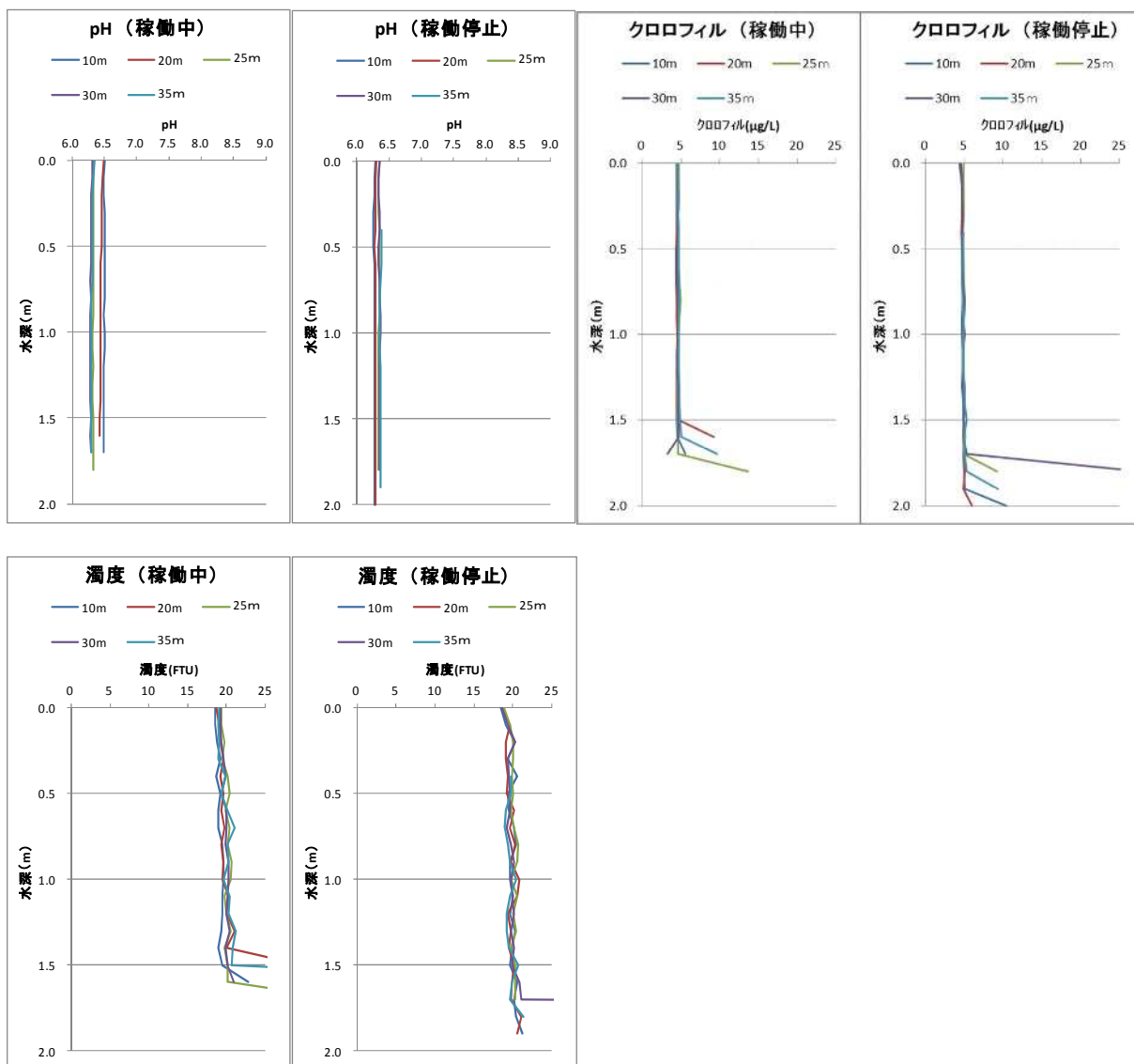


図 6-9 水質調査結果 (8 月 31 日実施分)

【平成 26 年度調査結果】

水質分布から流動促進効果の状況を確認するため、多項目水質計を用いて移動観測を行った。観測地点は流速分布と同様の地点とし、7月28日、8月28日、9月4日、9月9日の計4回の調査を実施した。

平成 26 年度の水質分布調査時には、顕著なアオコ遡上が見られなかった。そのため、装置の効果が見られる調査結果はほとんど見られないが、第 4 回調査時（9 月 9 日）の DO、pH 測定結果を見ると、装置から下流 30m 地点まで流動効果による混合状態が確認できた。

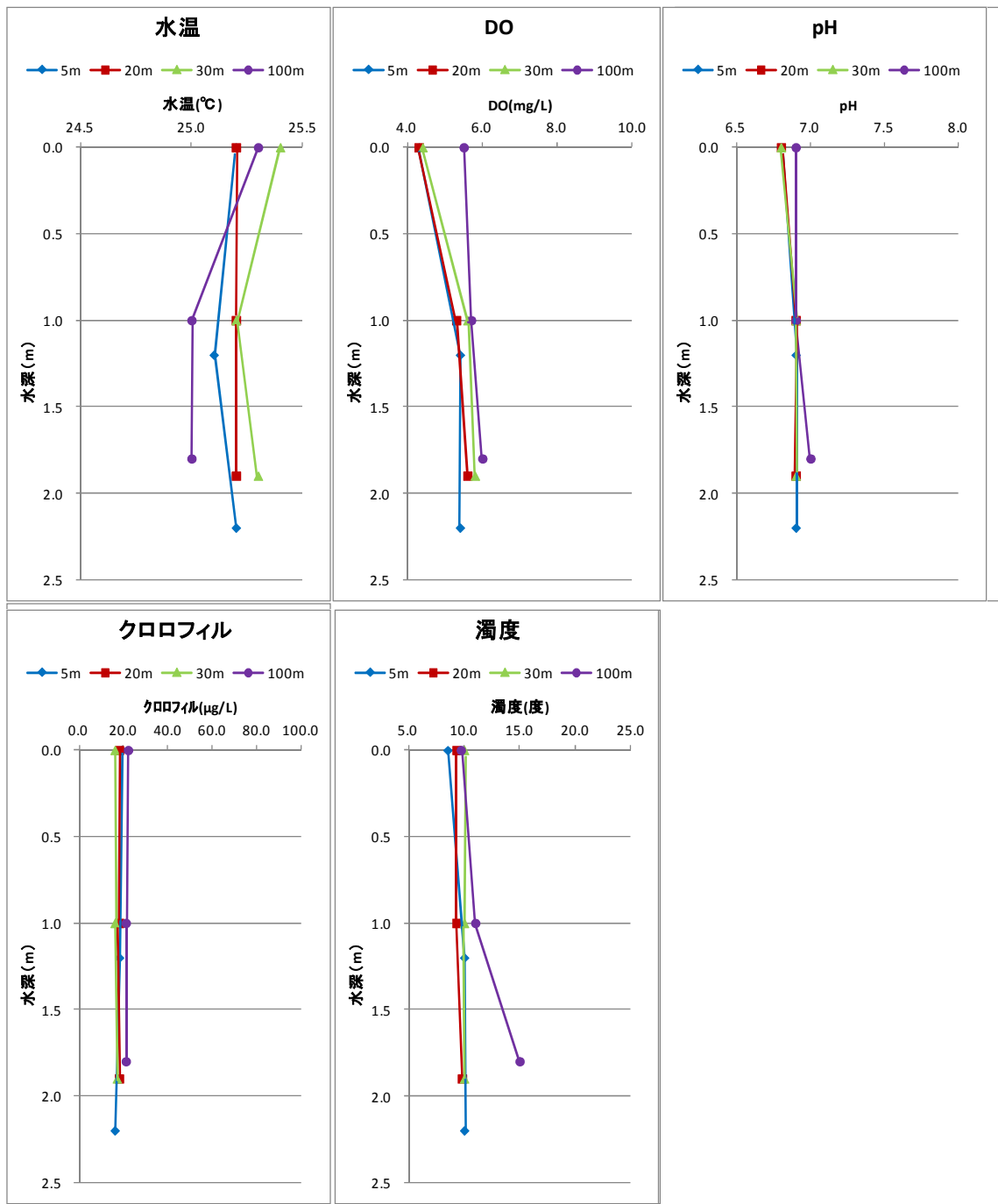


図 6-10 水質調査結果（7 月 28 日実施分）

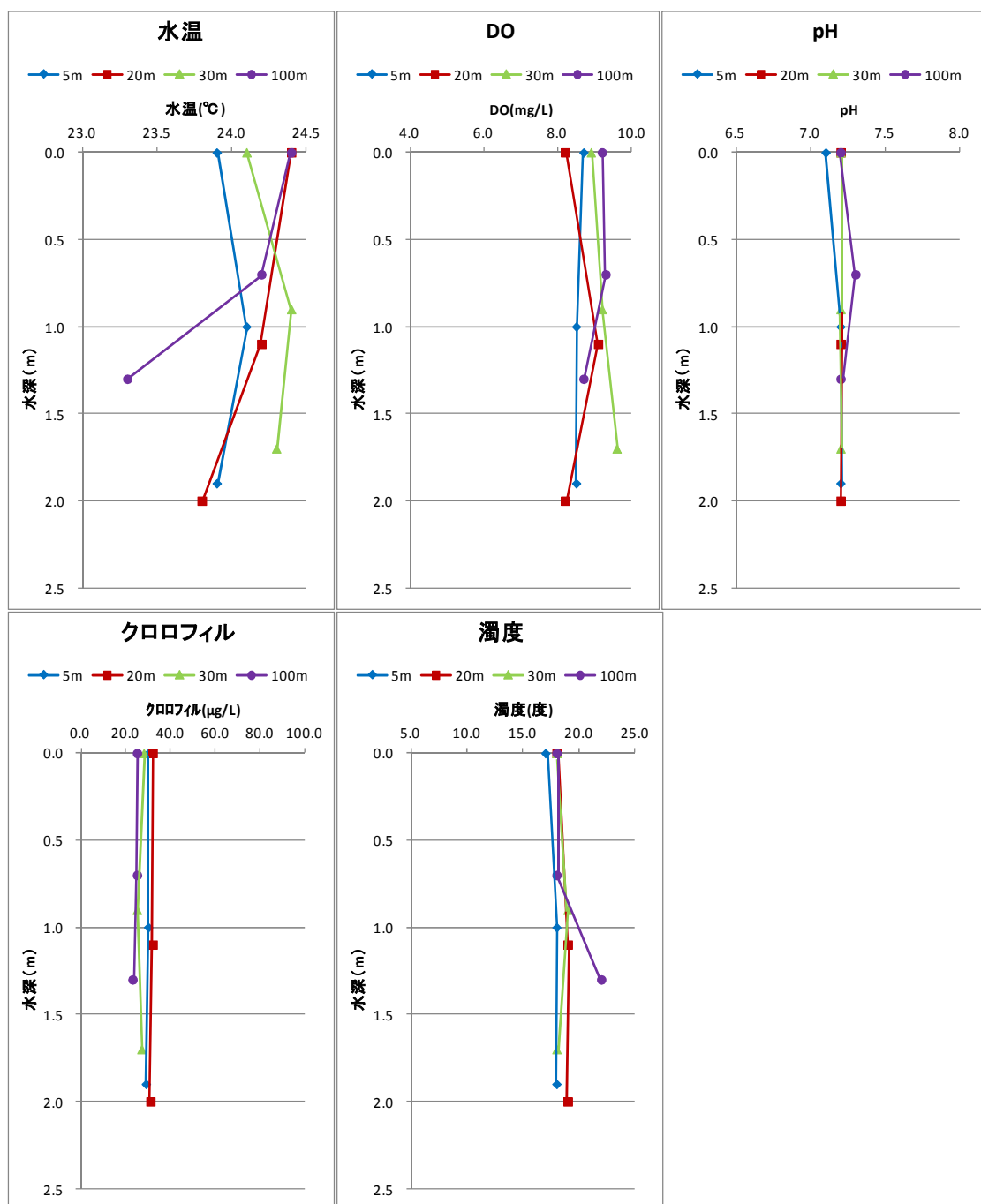


図 6-11 水質調査結果 (8 月 28 日実施分)

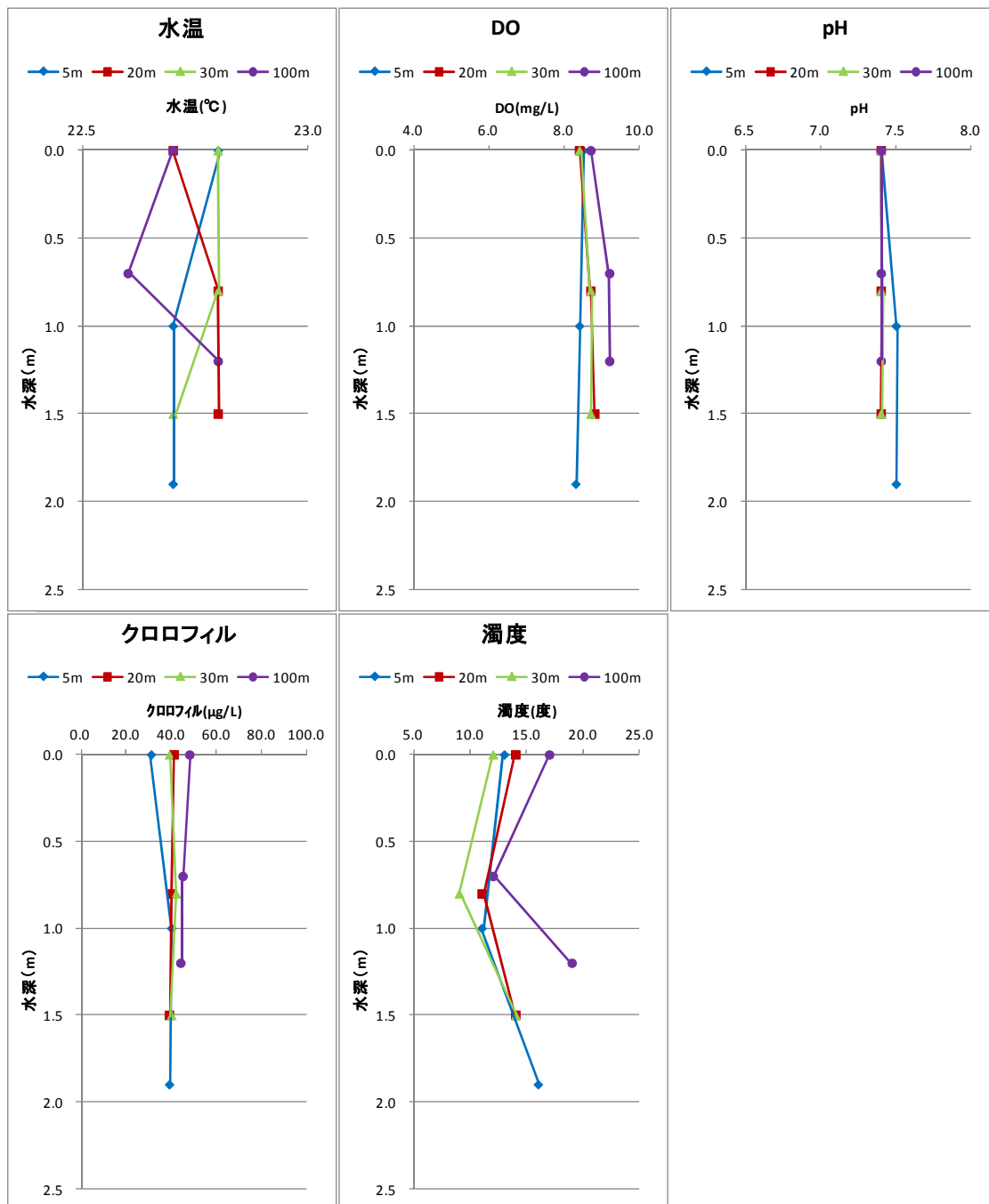


図 6-12 水質調査結果 (9 月 4 日実施分)

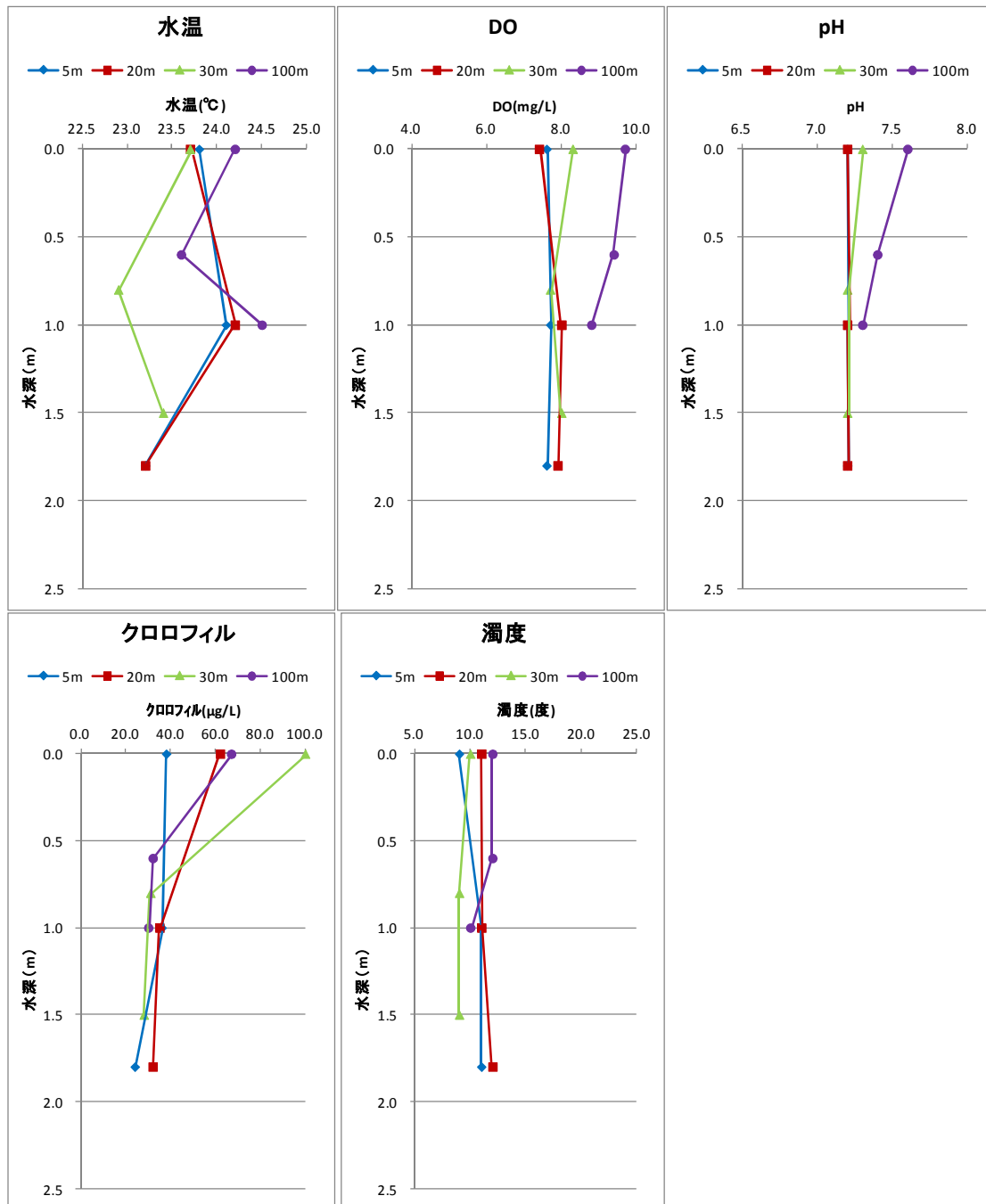


図 6-13 水質調査結果 (9 月 9 日実施分)

【平成 27 年度調査結果】

アオコの遡上が多かった 8 月 11 日及び 8 月 28 日の水質分析結果では、DO 及びクロロフィル a の数値が 20m から 30m の地点と 50m 以降の地点では差異が確認された。一方でアオコの遡上が見られなかった 8 月 31 日においては、各地点で大きな差異は確認されなかった。

以上より装置より下流 20m 付近まで装置の効果があったと思われる。

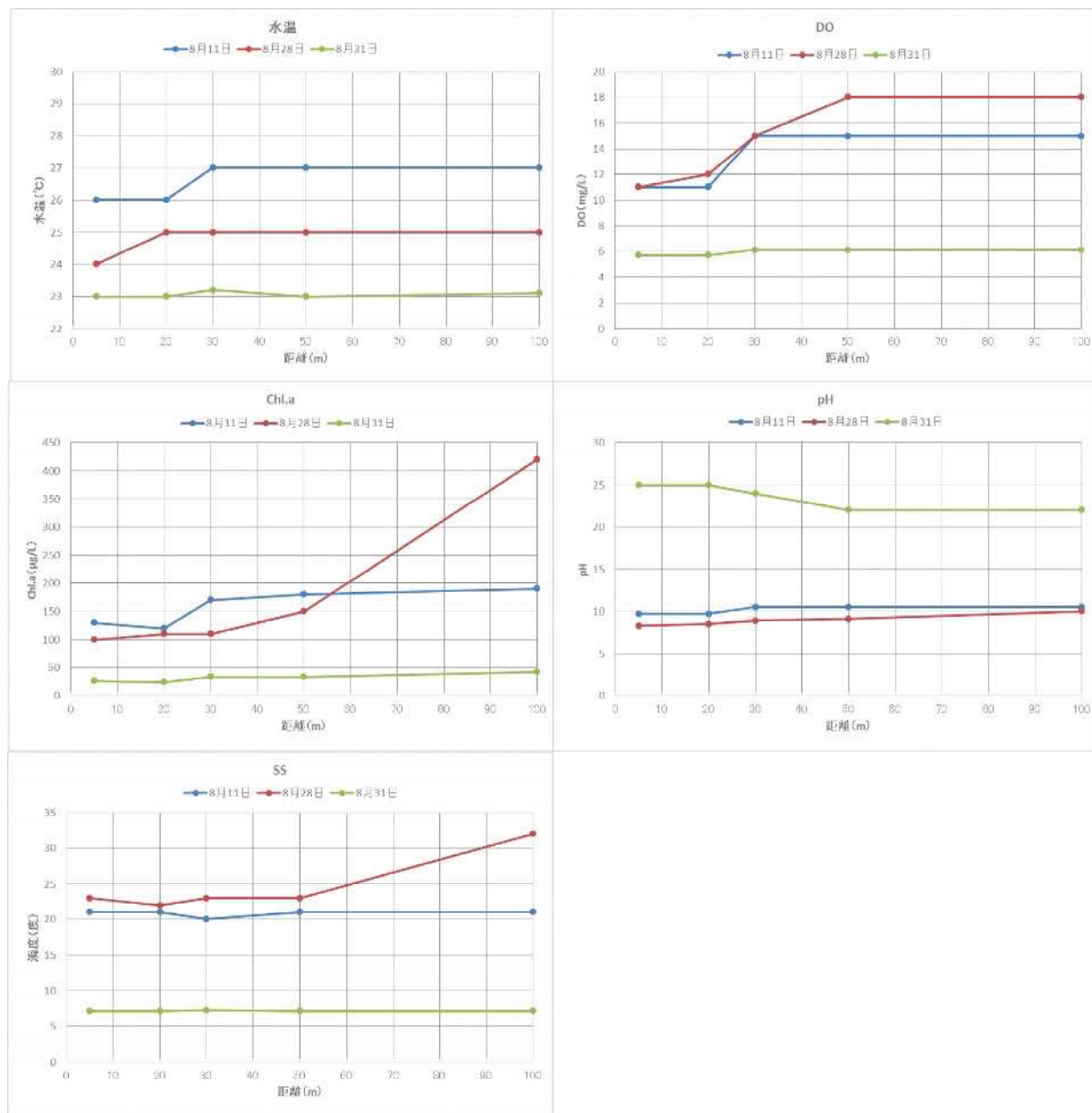


図 6-14 水質調査結果

【平成 28 年度調査結果】

同年は、8 月 12 日、8 月 22 日の調査日にアオコの遡上が見られた。8 月 12 日では、装置下流 30m 地点で表層の DO が上昇、クロロフィル a の数値も上昇している。これは水流攪拌の影響範囲である 30m 地点でアオコの遡上と水流がぶつかっていた為と思われる。一方で、対照エリアの 100m 地点では、当日は、アオコの遡上が断続的に発生し、クロロフィル a の数値は著しく上昇している。8 月 22 日においては、クロロフィル a の数値を 30m と 50m 地点で比較すると顕著な差が確認できた。対象エリアの 100m のクロロフィル a の数値が落ちているのは、測定時、50m 地点でアオコと水流攪拌の力が均衡していた為、局地的に 50m 地点にアオコの滞留が見られ、下流からの遡上も一段落した事が原因と推測される。

以上より装置より下流 30m 付近まで装置の効果があったと思われる。

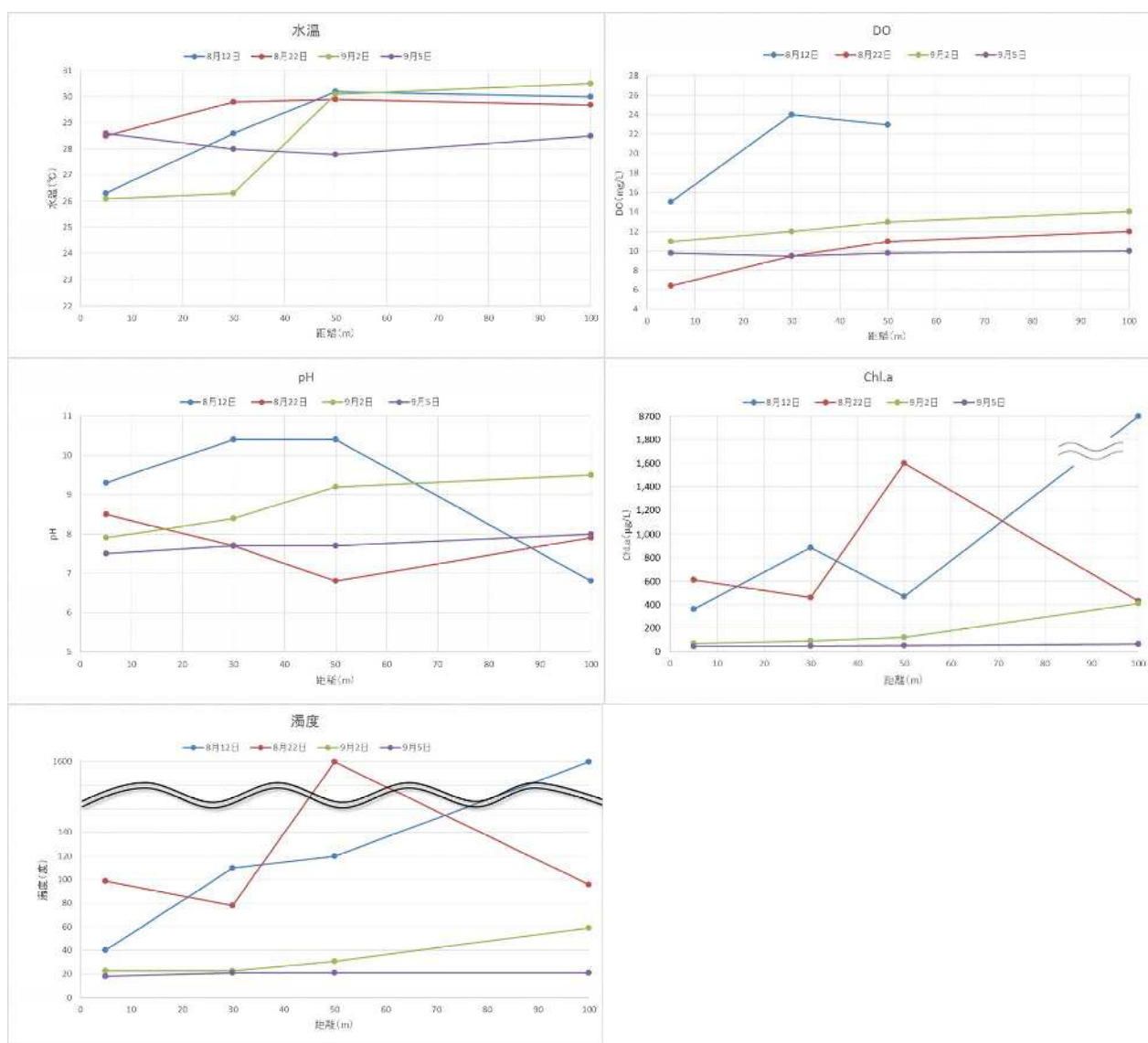


図 6-15 水質調査結果

【平成 29 年度調査結果】

8 月 8 日は、全体的にアオコレベル 2 程度のアオコが下流より徐々に遡上している中で水質測定を実施した（表 6-4 参照）。装置の効果範囲である 30m までと装置の効果対照外地点である 100m 地点とを水質測定数値で比較すると、装置の効果範囲の方が各数値とも減少する傾向にあることから、装置の効果があつたものと思われる。一方で、装置上流側でアオコレベル 3 程度のアオコが発生しており、各水質項目の測定値が最も高かつた。これは、上流部で河川の水の流れが停滞傾向となっており、上流部でもアオコが発生している可能性があるかと推測される。

8 月 16 日はアオコレベル 3 程度のアオコが遡上している状態で水質測定を実施した（表 6-4 参照）。装置による水流とアオコ遡上がぶつかった地点が装置下流 30m 地点であつた為、一時的にアオコが 30m 付近に停滞したと推測される。これにより、水質測定結果では、30m 付近の各測定項目の数値が上昇したものと思われる。装置の水流とアオコの遡上の力が 30m 地点で拮抗したことは、装置の水流効果が 30m 地点まであつたと推測できる。

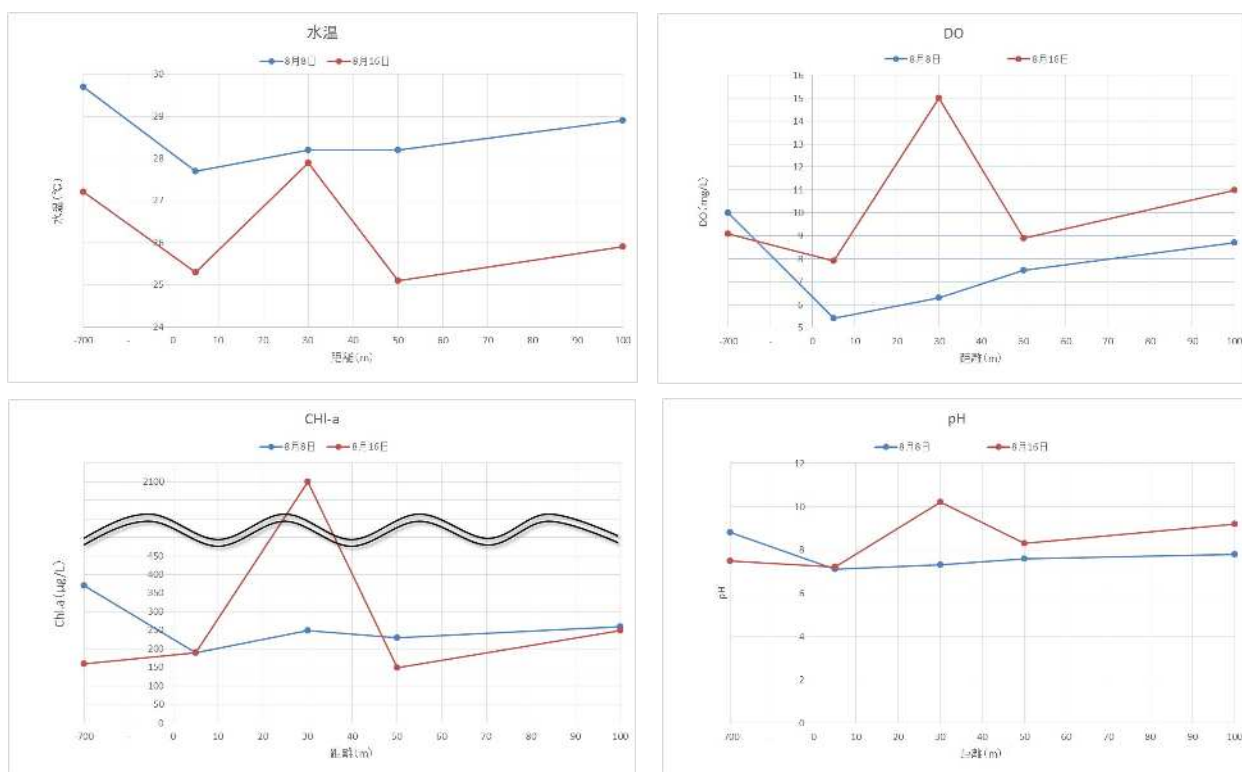
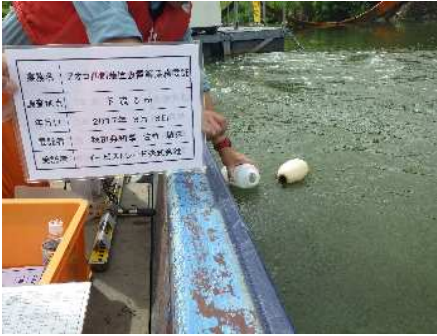
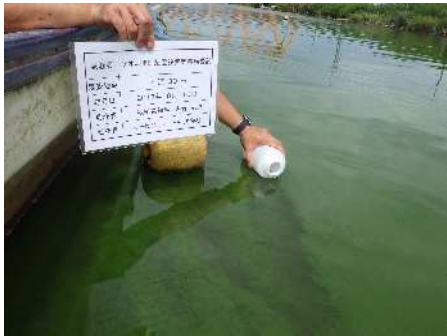


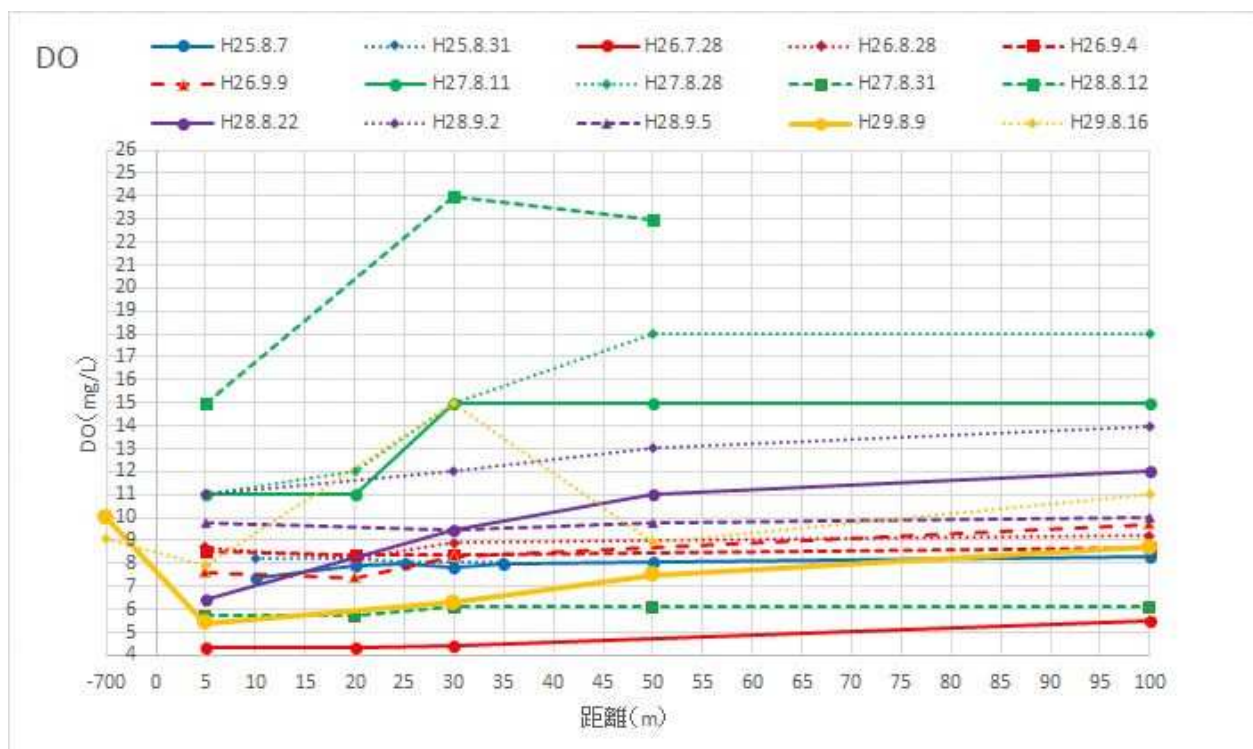
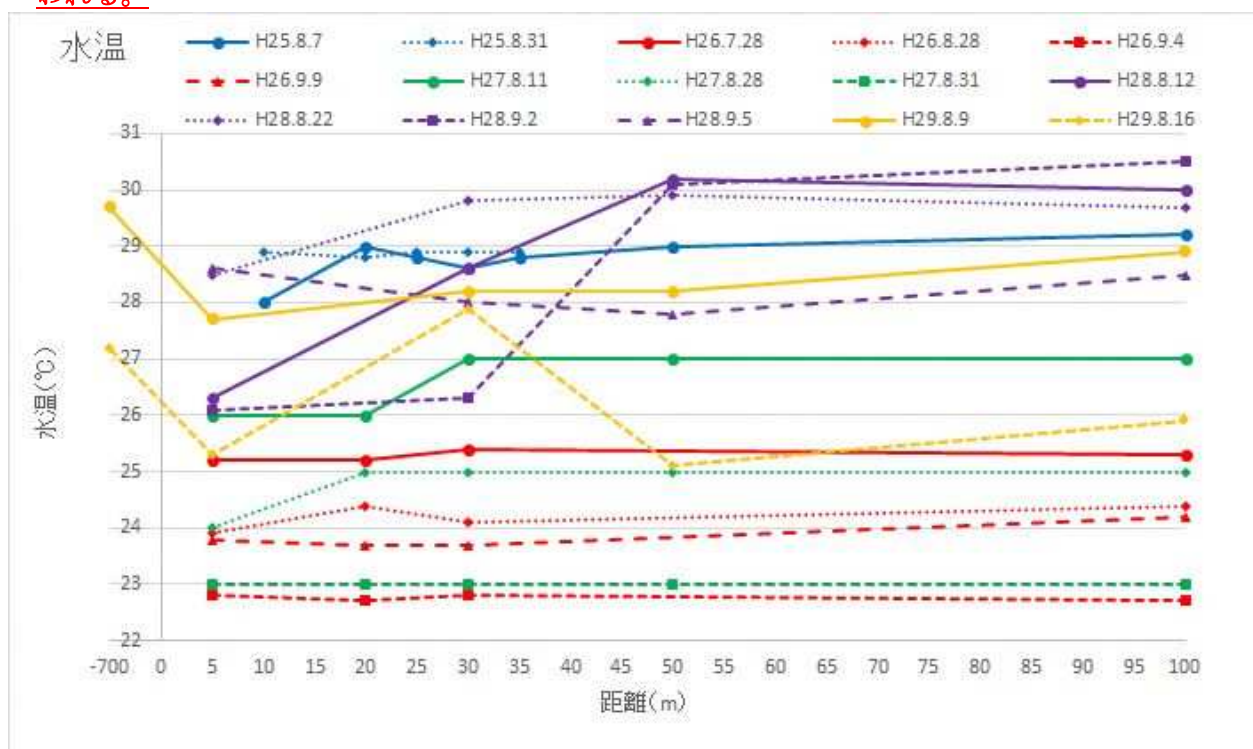
図 6-16 水質調査結果

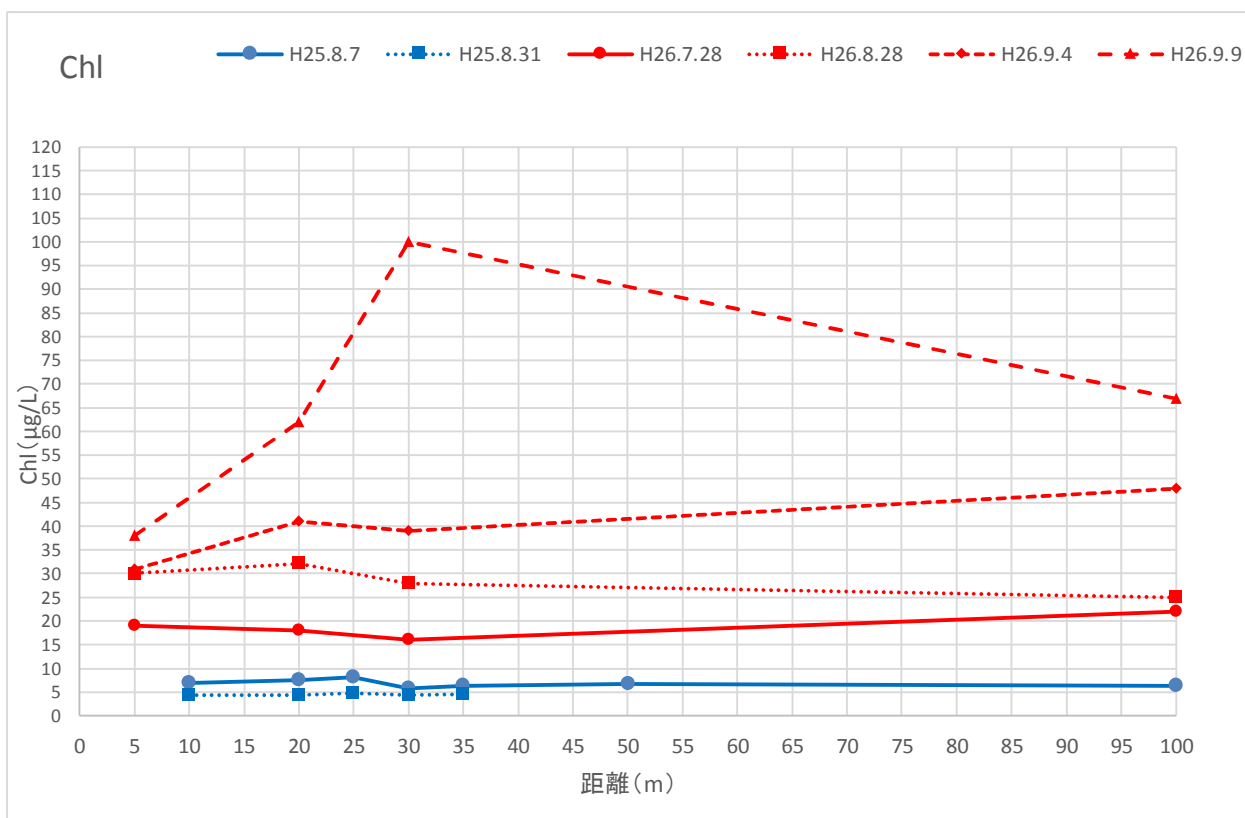
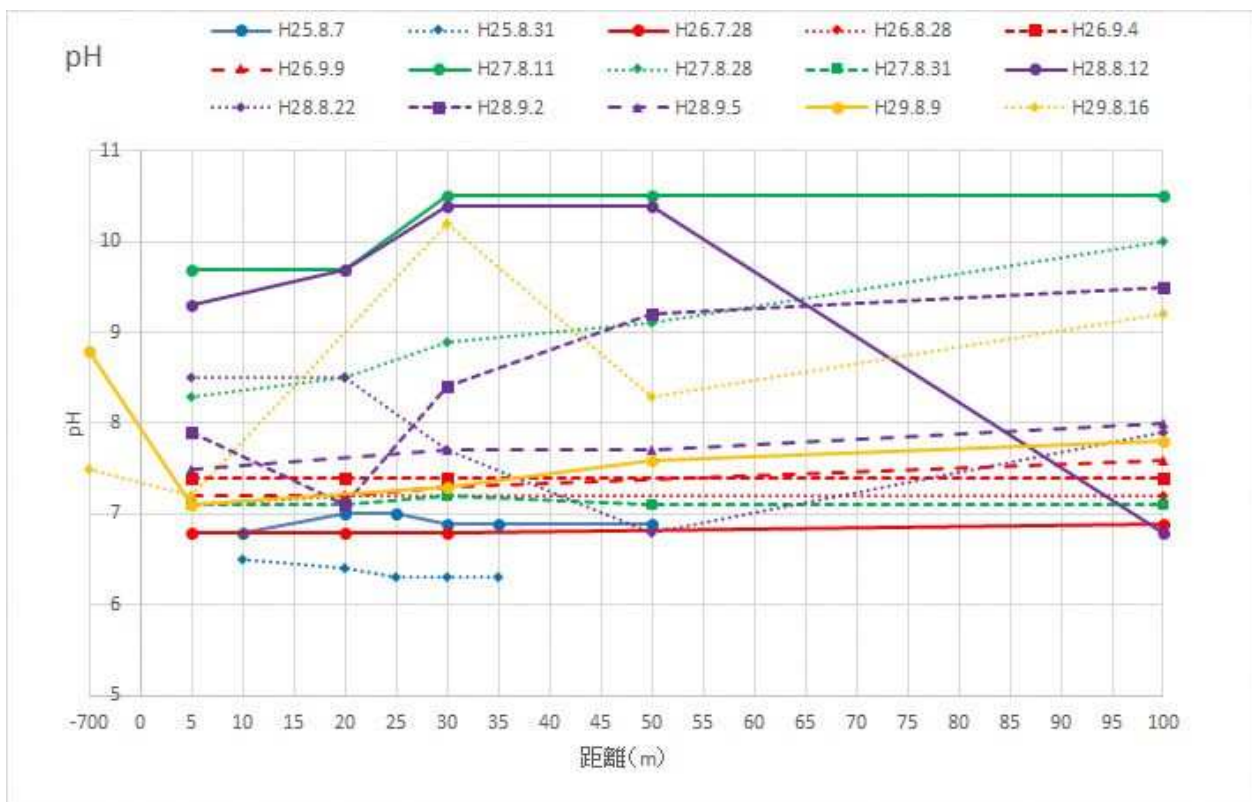
表 6-4 測定時写真一式

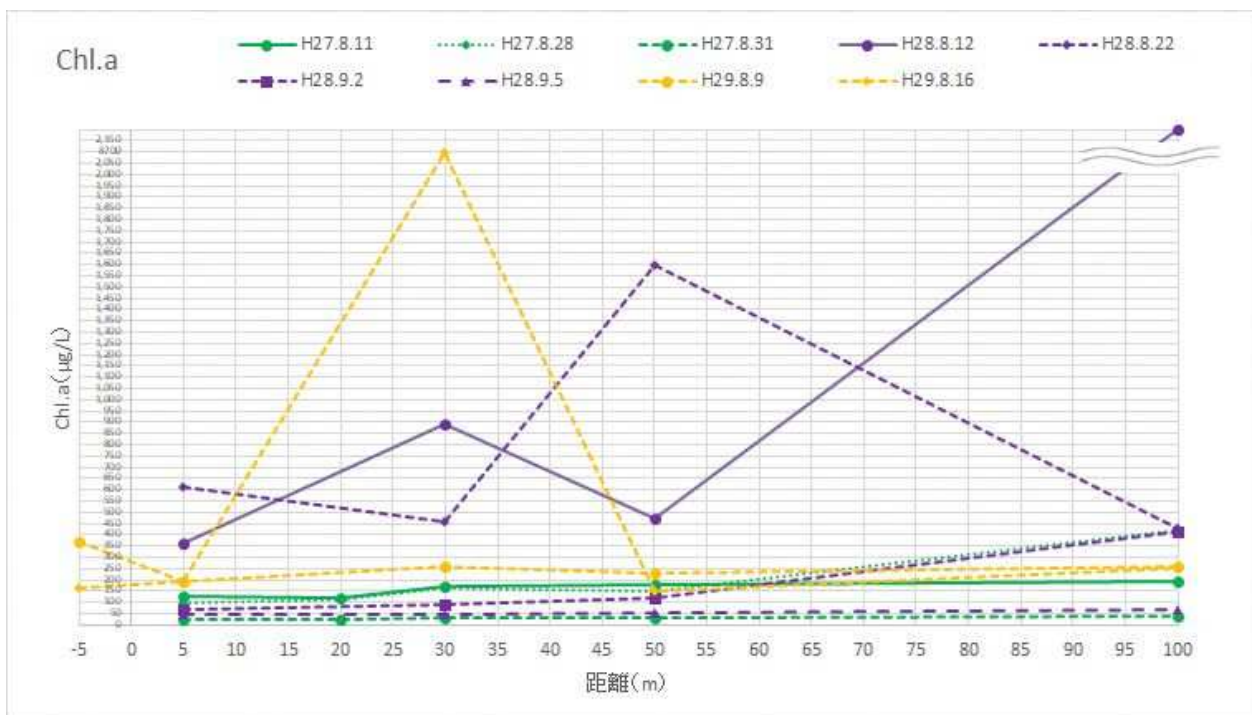
	8月8日	8月16日
5m		
30m		
50m		
100m		
-700m (上流部)		

【総括】

アオコの遡上が見られた平成 27 年、28 年度の水質調査結果より、装置下流 20m 迄の範囲で顕著な差が確認された。これは、装置の流動化範囲においては、アオコの集積を防止している為と思われる。これにより、水質調査結果から、装置下流 20m 付近迄の範囲で装置の効果があったと思われる。







*平成 25 年～平成 26 年クロロフィル、平成 27 年～平成 29 年クロロフィル a と測定項目が異なった事から、グラフを分けて記載した。

図 6-17 水質調査一覧

7 アオコ沈降率調査（超音波照射による）

【平成 25 年度調査結果】

平成 25 年度は、アオコの遡上が見られなかった為、アオコが入った試験管を超音波照射装置の前面で 1 分間照射させ、照射効果の把握を行った。超音波照射試験概要を図 7-1 に、超音波照射試験結果を図 7-2 に、超音波照射試験結果を表 7-1 に示す。

照射前は、試験管内のアオコは浮いていたが、照射後、一部沈降しているアオコが確認できた。また、照査装置 200kHz、100kHz 共にアオコの沈降が確認され、超音波照射によりガス胞破壊による沈降現象を確認できた。室内分析の結果からも、照射させていない検体より、100kHz で 12 ポイント、200kHz で 22 ポイント増加し、超音波照射による沈降を確認できた。

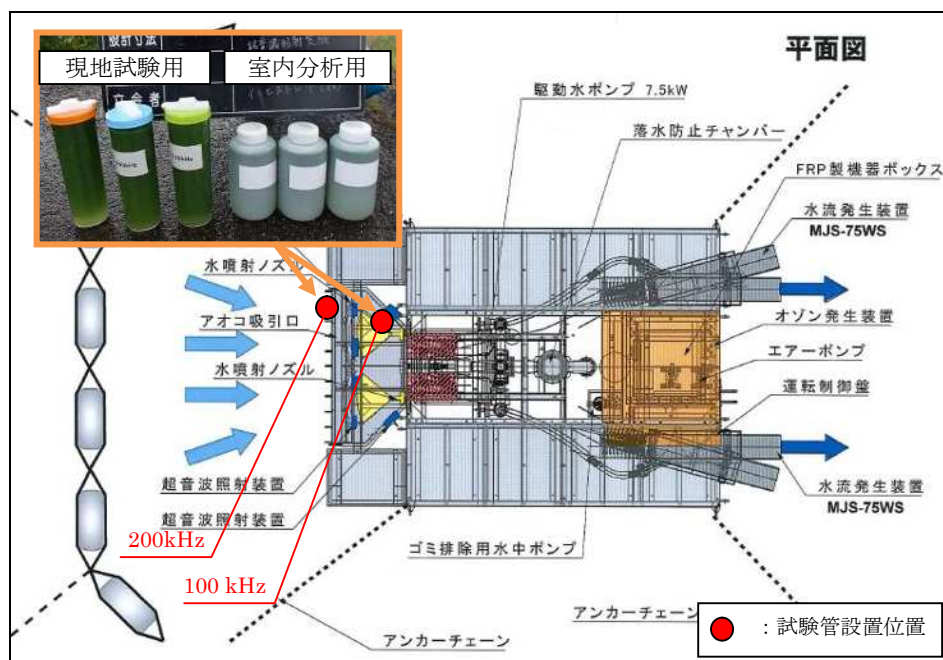


図 7-1 超音波照射試験概要



図 7-2 超音波照射試験結果（現地試験）

表 7-1 超音波照射試験結果（室内分析）

	超音波照射				照射なし	
	100kHz		200kHz		浮上分	沈降分
	浮上分	沈降分	浮上分	沈降分		
重量 (mg/l)	912	354	673	420	1180	229
沈降率 (%)	28%		38%		16%	

【平成 27 年度調査結果】

平成 27 年度は、アオコ遡上時において測定のスケジュールの調整ができなかった為、超音波照射によるアオコの沈降効果を測定することができなかった。このため、以下の効果測定を実施した。

1. アオコ沈降率調査

1) 試験方法

- ①八郎湖内及び流域河川等からアオコを採水する(6 検体用 200KHz×2 検体,100KHz×2 検体、未照射×2 検体を用意)。各検体は写真撮影用と沈降率調査用として各 1 検体用意。
- ②照射前にアオコを含んだ検体をよく振りかき混ぜ、200KHz と 100KHz に 10 秒照射させる。
- ③各検体を 1 時間、3 時間、6 時間、24 時間、48 時間ごとに定点観測写真を撮影。
- ④各検体の「残留物検体」と「上澄み検体」の全蒸発残留物の分析を行ない、沈降したアオコの沈降率を算出する。



2) 結果

沈降結果については、以下の表 7-2 に示す。沈降率は 100kHz が高く、200kHz が低いという結果から超音波照射範囲にしっかりと検体が当たっていたかどうかが不明確であり、沈降率の比較データとしての正確性に疑問が残った。今後の課題事項として引き続き効果測定方法も含め調査が必要と考える。

表 7-2 アオコ沈降率比較

	超音波照射				未照射	
	100kHz		200kHz			
	浮遊分	沈降分	浮遊分	沈降分	浮遊分	沈降分
重量(mg/L)※1	10100	1640	9040	660	8160	948
沈降率(%)	14.0		6.8		10.4	

※1 蒸発残留物量



図 7-3 アオコの沈降写真

2. 超音波照射試験

前述の通り、アオコの沈降率調査に関しては、課題の残る結果であったことから 2013 年メーカーであるエビスマリン株式会社の工場内において、八郎湖内で主に発生する同一種のアオコ(ミクロキスティス)に超音波照射した際に計測したアオコ沈降の試験結果を記載する。

超音波照射により沈降したアオコが再浮上する可能性を室内試験で検証した。アオコに水面を覆われた河床は無光状態となるため、室内試験は下記の通り、遮光して静置・計測を繰り返した。その結果、超音波照射後はアオコの浮上が全く見られなかったことから、超音波によるアオコの沈

降効果はあったとみられる。

なお、本試験は室内試験であるため、現場での測定条件と一致しないが、同一装置による超音波のアオコに対する沈降効果の性能を確認するために記載した。

【試験方法】

- ①：超音波周波数 50kHz、100kHz、200kHz で照射
- ②：照射したアオコを遮光・静置
- ③：再浮上するアオコを計測
- ④：②と③を繰り返し

【試験機器】 50kHz、100kHz、200kHz



図 7-4 超音波照射効果試験の様子

室内試験の結果、表 7-3 に示すとおり、すべての周波数において沈降したアオコが再浮上しないことを確認した。超音波照射後から 26 時間後のアオコの状態を図 7-5 に示す。なお、未照射検体との比較は行っていない。

表 7-3 沈降したアオコの堆積・浮上量

単位：mm

周波数 経過時間	50kHz		100kHz		200kHz	
	堆積量	浮上量	堆積量	浮上量	堆積量	浮上量
2.5 時間後	3.5	0.0	4.0	0.0	5.0	0.0
4.0 時間後	4.0	0.0	5.0	0.0	6.0	0.0
26 時間後	5.0	0.0	6.0	0.0	6.0	0.0

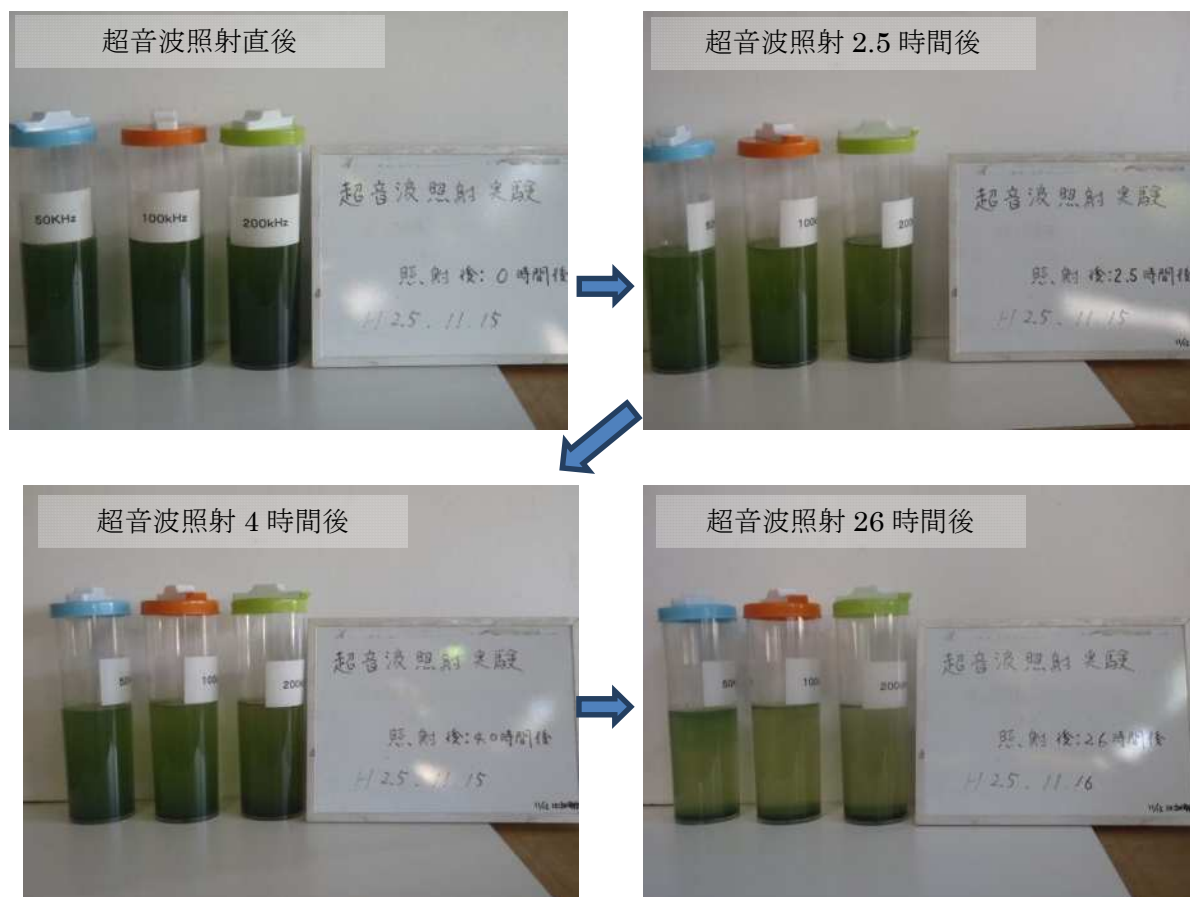


図 7-5 超音波照射試験結果

【平成 28 年度調査結果】

装置背後、装置下流 20m 及び処理装置の効果が及ばない馬踏川大橋付近(処理装置下流約 100m)で採水し、アオコの浮上分と沈降分の湿重量から沈降率を算出した。この沈降率の比較から超音波によるガス胞の破損に伴うアオコの沈降促進効果を把握した。超音波照射試験概要を図 7-6 に、超音波照射試験結果を表 7-4 に示す。

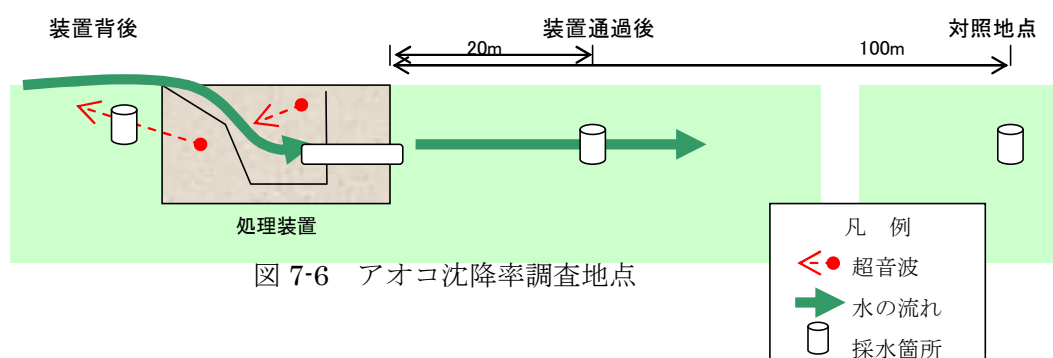


図 7-6 アオコ沈降率調査地点

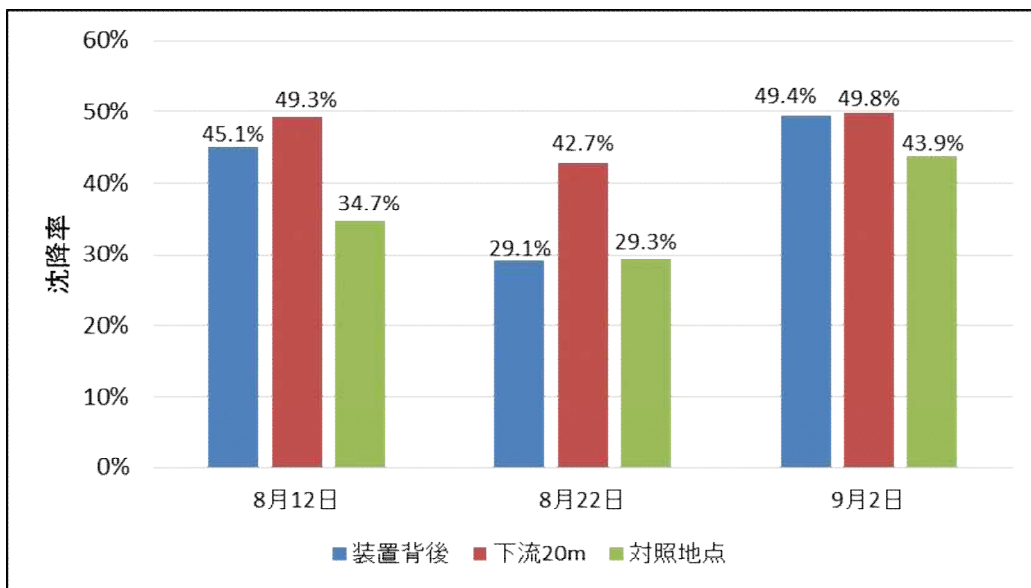


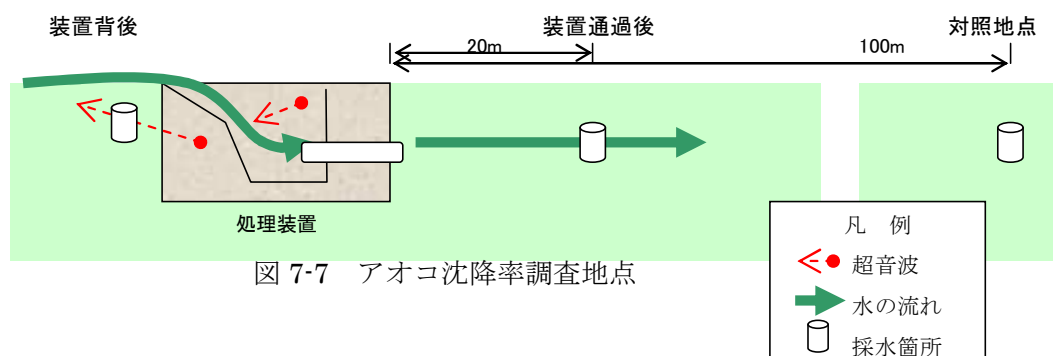
表 7-4 超音波照射試験による沈降率比較

アオコの沈降率に関しては実施日により、ばらつきがあるものの、沈降割合は 20m 付近の数値が一番高くなっている。最大で対照地点と 14.6 ポイントの差異が確認された。

一方で装置背後と対照地点に関しては、実施日により明確な差異が確認されないケースが見られた。超音波が照射されている箇所、効果範囲が不明慮な事が要因と考えられる。次年度以降は装置後部の超音波照射位置について明確になるよう改造する必要があると思われる。

【平成 29 年度調査結果】

装置背後、装置下流 20m 及び処理装置の効果が及ばない馬踏川大橋付近(処理装置下流約 100m)で採水し、アオコの浮上分と沈降分の湿重量から沈降率を算出した。この沈降率の比較から超音波によるガス胞の破損に伴うアオコの沈降促進効果を把握した。超音波照射試験概要を図 7-7 に、超音波照射試験結果を表 7-5 に示す。



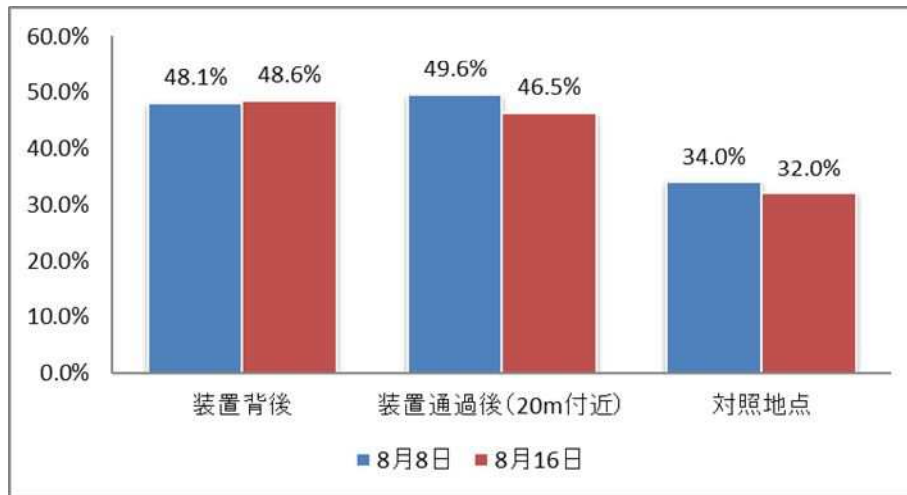


表 7-5 超音波照射試験による沈降率比較

超音波が照射される装置背後、装置通過後での沈降割合は 46.5～49.6%、照射されない対照地点の沈降割合は 32.0～34.0%であり、最大で 16.6 ポイントの差異が確認された。

【総括】

超音波照射によるアオコの沈降効果については、アオコ遡上時に実施した回数が少ない為、明確に定量化するまでには至らなかったが、効果範囲と効果範囲外を比較したところ、最大で 16.6 ポイントの沈降率の差異が確認された。以上より、アオコに対して一定の沈降効果が見られた。

8 蛍光顕微鏡による底質中の生残藍藻類の定量調査

【平成 28 年度調査結果】

装置稼働前後において、装置の超音波照射直下、および超音波照射された藍藻類の沈降が期待される下流 30 m 地点及び効果対象外の底質中の藍藻類の変動を蛍光顕微鏡で調査し解析する事で、装置に付随する超音波照射装置の効果を現場でのアオコ形成藻類の底質への沈降として評価した。実施結果を図 8-1 に示す。

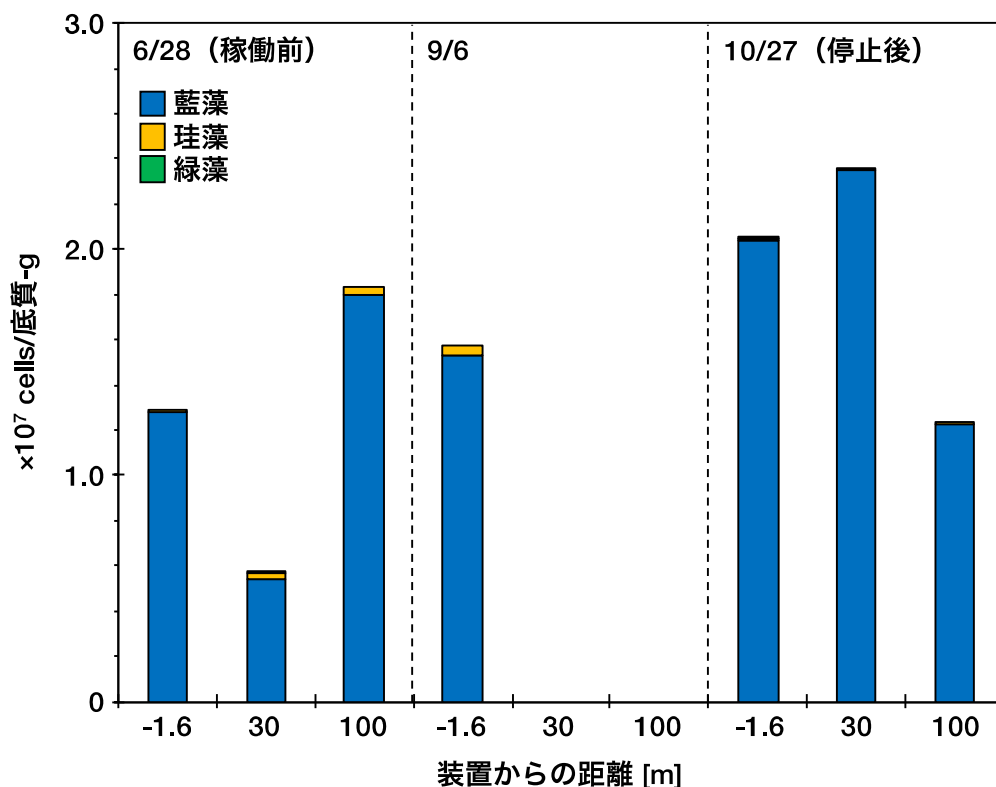


図 8-1 生残藍藻類の定量結果

その結果、装置稼働前と停止後で超音波照射装置直下及び装置下流 30 m 地点で藍藻細胞の増加が確認された。一方で超音波照射効果対象外の 100m 先においては、底質に藻類に細胞数は減少しており、藻類の沈降は一時的な結果であったと判断する。本結果より、超音波照射による一定量のアオコの沈降効果が確認された。

9 臭気調査

平成 26 年から平成 28 年において、装置下流域の簡易的なアオコ臭気調査を実施した。各年の臭気調査結果を下表 9-1 に示す。

平成 25 から 27 年にかけてはアオコの発生が限定的であった為、装置周辺でアオコの臭気もほぼ上昇は皆無であった。平成 28 年度はアオコの遡上時に調査を行った為、全体的にアオコの臭気が高い傾向を示したが、臭気が楽に感知できるレベルではなく、アオコによる悪臭の発生なかったと思われる。

表 9-1 装置周辺及の臭気について

平成25年

	5m	30m	100m	300m
7月16日	0	0	0	0
7月19日	0	0	0	0
7月26日	0	0	0	0
8月6日	0	0	0	0
8月7日	0	0	0	0
8月9日	0	0	0	0
8月12日	0	0	0	0
8月21日	0	0	0	0
8月23日	0	0	0	0
8月27日	0	0	0	2
8月30日	0	0	0	0
8月31日	0	0	0	0
9月6日	0	0	0	0

平成26年

	5m	20m	30m	100m
7月28日	0	0	0	0
8月28日	0	0	0	0
9月4日	0	0	0	0
9月9日	0	0	0	0

平成27年

	5m	20m	30m	50m	100m
8月11日	0	0	0	0	0
8月28日	0	0	0	0	1
8月31日	0	0	0	0	0

平成28年

	5m	30m	50m	100m
8月12日	2	2	2	2
8月22日	2	2	2	2
9月2日	0	0	0	0
9月5日	0	0	0	0

平成29年

	5m	30m	50m	100m
8月8日	2	2	2	1
8月16日	2	2	2	2

臭気強度 0：無臭 1：やっと感知できる 2：何のにおいであるかわかる弱い匂い 3：楽に感知できる
4：強いにおい 5：強烈なにおい

10 目視調査

装置周辺におけるアオコ遡上時の装置稼働状況について、アオコの発生状況を確認した。装置による流動促進効果でアオコの遡上を抑制するとともに、河川の両側からシルトフェンス沿いに遡上するアオコに対しては、装置後部から吸引し、前方へ吐き出すことを繰り返すことで、アオコの集積を防止していることを確認した。

装置設置周辺のアオコレベルを表 10-1 に示す。

平成 25 年から平成 26 年まではアオコの大量発生が見られた平成 23 年、24 年と比較しアオコの遡上は限定的であった。平成 27 年、平成 28 年においては、馬踏川河口では、アオコの遡上が多く見られ一時的にアオコレベルが高い日が見られたが、装置周辺においてアオコの腐敗は発生しなかった。装置近辺における年度毎のアオコレベル推移を表 10-2 から表 10-5 に示す。

表 10-1 平成 23 年から平成 29 年の馬踏川河口付近アオコレベル毎の確認日数の比較表

	レベル0	レベル1	レベル2	レベル3	レベル4	レベル5	レベル6	発生日数
平成29年	28日	4日	10日	5日	0日	0日	0日	19日
平成28年	0日	2日	12日	12日	4日	0日	0日	30日
平成27年	20日	16日	9日	9日	0日	0日	0日	34日
平成26年	29日	14日	6日	2日	0日	0日	0日	22日
平成25年	41日	11日	3日	2日	0日	0日	0日	16日
平成24年	2日	3日	17日	8日	8日	2日	2日	40日
平成23年	8日	7日	32日	7日	3日	1日	1日	51日

表 10-2 平成 25 年アオコレベル推移

7月(装置設置は7月15日から)																															
馬踏川装置付近	-	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
馬踏川河口	0	-	0	0	0	-	0	-	-	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	-	0	-	-	0	0	0	-	-	-	-	-
飯塚排水機場	0	-	0	0	0	-	0	-	-	0	0	0	-	-	-	1	0	-	0	-	0	-	0	0	0	0	-	-	-	-	-
大潟橋	0	-	0	0	0	-	0	-	-	0	0	0	-	-	-	0	0	-	0	-	0	-	0	1	0	1	-	-	-	-	-
8月																															
馬踏川装置付近	-	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
馬踏川河口	0	0	-	-	0	0	0	0	0	-	-	1	1	1	1	1	-	-	2	0	0	2	0	-	-	0	0	-	-	0	0
飯塚排水機場	1	2	-	-	4	0	0	1	0	-	-	3	3	2	1	2	-	-	2	3	4	3	-	-	-	-	1	-	-	-	-
大潟橋	0	1	-	-	2	1	1	1	1	-	-	2	2	2	2	2	-	-	3	3	2	2	-	-	-	-	0	-	-	-	-
9月(装置撤去は9月17日)																															
馬踏川装置付近	-	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
馬踏川河口	-	0	-	1	1	0	-	-	0	3	2	1	-	-	-	-	1	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	-	-	0	
飯塚排水機場	-	1	-	2	1	2	-	-	2	2	2	2	-	-	-	-	1	2	2	-	-	-	-	0	0	0	2	-	-	2	
大潟橋	-	0	-	2	1	1	-	-	1	1	3	2	-	-	-	-	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	2	-	-	1	

表 10-3 平成 26 年アオコレベル推移

7月(装置設置は7月16日から)																																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
馬踏川装置付近	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0	0	-	1	-	-	-	
馬踏川河口	-	0	0	0	-	-	3	2	0	-	0	-	-	1	1	1	2	0	-	-	-	3	2	1	0	-	-	-	-	-	-	
飯塚排水機場	-	0	0	0	-	-	2	1	0	-	0	-	-	1	1	2	2	0	-	-	-	1	0	2	0	-	-	-	-	-	-	
大潟橋	-	0	0	0	-	-	2	1	0	-	2	-	-	0	0	2	1	0	-	-	-	1	0	0	3	-	-	-	-	-	-	
8月																																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
馬踏川装置付近	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
馬踏川河口	0	-	-	1	-	0	-	0	-	-	0	-	1	-	0	-	-	2	2	1	0	0	-	-	0	-	1	-	1	-		
飯塚排水機場	1	-	-	2	2	2	-	0	-	-	0	-	1	-	-	-	-	2	0	0	-	0	-	-	0	-	1	-	0	-		
大潟橋	0	-	-	3	2	0	-	3	-	-	0	-	0	-	0	-	-	1	0	0	-	0	-	-	1	-	0	-	1	-		
9月(装置撤去は9月30日)																																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
馬踏川装置付近	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
馬踏川河口	0	-	1	-	0	-	-	0	2	1	0	0	-	-	-	0	0	0	-	-	-	0	-	0	-	0	-	-	-			
飯塚排水機場	1	-	0	-	0	-	-	1	-	0	1	0	-	-	-	-	1	-	1	-	-	2	-	1	-	0	-	-	-			
大潟橋	3	2	3	-	0	-	-	3	1	1	2	0	-	-	-	2	0	1	3	-	-	2	-	3	-	3	-	-	-			

表 10-4 平成 27 年アオコレベル推移

7月（アオコ抑制装置の設置日は15日）

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
馬路川装置付近	-	-	-	-	-	-	4	-	-	4	-	-	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
馬路川河口	0	-	1	-	-	2	3	2	-	3	-	-	1	0	2	1	1	-	-	-	0	0	-	0	-	-	0	-	0	-	0
豊川河口	-	-	0	-	-	-	1	-	-	4	-	-	1	0	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
井川河口	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	1	1	-	-	2	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

8月

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
馬路川装置付近	0	0	0	0	0	0	0	3	2	2	4	3	2	2	0	0	1	0	1	0	5	0	0	5	1	0	2	4	1	0	0
馬路川河口	-	-	0	-	0	0	0	3	-	3	2	3	2	1	0	-	1	0	1	-	3	-	-	3	1	3	2	3	1	-	3
豊川河口	-	-	0	-	0	0	-	1	-	0	0	1	0	-	-	-	1	0	1	-	2	-	-	0	1	-	0	1	0	-	-
井川河口	-	-	0	-	0	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

9月

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
馬路川装置付近	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
馬路川河口	1	1	1	0	-	-	2	0	1	-	0	-	-	0	1	0	-	2	1	-	-	-	-	1	2	-	-	0	-	1
豊川河口	-	-	1	-	-	-	0	0	-	-	-	-	-	0	-	-	0	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-
井川河口	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

表 10-5 平成 28 年アオコレベル推移

7月 →馬路川・アオコ抑制装置稼働

日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
馬路川装置付近																						3									
馬路川河口	0			0		0		0			0	1	2		0					0		4			3		2		2		
豊川河口																				0		2									
井川河口																															

8月

日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
馬路川装置付近	2	3		3	3				2	3		4			4			2	4			4	2	4	4	4					
馬路川河口	3		3	2	3			3		3		2					3		3			4	4	4		2			3		2
豊川河口				2					2	2		2			3							2	2								
井川河口	2				2										2									2							

9月

日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
馬路川装置付近												4	3															1		
馬路川河口		2				2			2				3			3				3			2				2	1		
豊川河口																											0			
井川河口																														

表 10-6 平成 29 年アオコレベル推移

7月（装置設置は7月25日から）

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
馬路川河口	-	-	0	-	0	-	0	-	-	0	0	0	-	0	-	-	-	0	-	0	-	-	-	0	2	2	1	0	-	-	0
兼境排水機場	-	-	0	-	0	-	-	-	-	0	0	0	-	0	-	-	-	0	-	0	-	-	0	-	1	1	0	-	-	-	1
大湯橋	-	-	0	-	0	-	0	-	-	0	0	0	-	0	-	-	-	0	-	0	-	-	0	0	0	1	0	-	-	-	2

8月

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
馬路川河口	-	2	-	3	-	-	3	-	2	-	-	-	3	3	3	-	2	-	2	-	1	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
兼境排水機場	-	2	-	3	-	-	3	-	2	-	-	2	-	1	-	2	-	2	-	2	-	3	-	0	-	0	-	0	-	0	-
大湯橋	-	2	-	3	-	-	3	-	0	-	-	-	2	-	2	-	3	-	2	-	3	-	0	-	0	-	1	-	1	-	-

9月（装置撤去は10月1日）

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
馬路川河口	0	-	-	2	2	2	1	2	-	-	1	-	-	0	-	-	-	-	0	-	0	-	-	0	-	-	-	-	0	-
兼境排水機場	1	-	-	0	2	3	2	3	-	-	3	-	-	-	2	-	-	-	-	2	-	3	-	-	2	-	-	-	0	-
大湯橋	0	-	-	0	2	2	2	2	-	-	3	-	-	-	0	-	-	-	0	-	0	-	2	-	0	-	-	-	0	-

出典元：秋田県生活環境部環境管理八郎湖環境対策室のホームページ

表 10-6 装置近辺のアオコレベル（平成 25 年から平成 28 年）

平成25年

	7月16日	7月19日	7月26日	8月6日	8月7日	8月9日	8月12日	8月21日	8月23日	8月27日	8月30日	8月31日	9月6日
装置後部	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
装置先方	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
装置より下流30m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
装置より下流100m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
装置より下流300m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0

平成26年

	7月24日	7月25日	7月26日	7月28日	8月7日	8月8日	9月2日	9月3日
装置より下流5m	1	0	0	1	0	0	1	1
装置より下流20m	1	0	0	1	0	0	1	1
装置より下流30m	1	0	0	1	0	0	1	1
装置より下流50m	1	0	0	1	0	0	1	1
装置より下流100m	1	0	0	1	0	0	1	1

平成27年

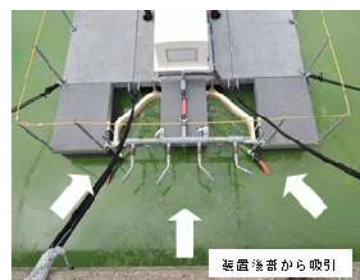
	7月17日	8月26日	8月27日	8月28日
装置より下流5m	1	0	0	2
装置より下流20m	1	0	0	2
装置より下流30m	1	0	0	3
装置より下流50m	1	0	0	4
装置より下流100m	1	0	0	4
馬路川河口	1	3	2	4

平成28年

	8月25日	8月26日	8月27日
装置より下流5m	4	0	0
装置より下流20m	4	0	0
装置より下流30m	3	0	0
装置より下流50m	3	0	0
装置より下流100m	3	0	0

平成29年

	8月9日	8月16日
装置より下流5m	1	1
装置より下流30m	2	3
装置より下流50m	2	2
装置より下流100m	2	2



11 全体総括

過去 5 年間に於いて、装置の定量的な効果を把握する為、流速調査、水質調査、アオコ沈降調査及び蛍光顕微鏡による底質中の生残藍藻類の定量調査、臭気調査及び目視調査を実施した。以下、各項目の結果を示す。

【流速調査】

装置導入前は馬踏川の流向は反流となりやすい傾向が確認されており、八郎湖内で発生したアオコが遡上しやすい環境であった。しかし、装置稼働後は流向は順流となっており、装置によって強制的に河川下流概ね 30m までの範囲で流動循環されている事が確認できた。

以上より、水流により装置下流 20m から 30m 迄はアオコ遡上時においてアオコの集積を防止できたと思われる。

【水質調査】

アオコの遡上が見られた平成 27 年、28 年度の水質調査結果より、装置下流 20m 地点と 30m 地点で変動が大きいことが確認された。これは、装置の流動化範囲においては、アオコの集積を防止している為と思われる。これにより、水質調査結果から、装置下流 20m から 30m 迄の範囲で装置の効果があったと思われる。

【アオコ波沈率調査】

アオコ遡上時に実施した回数が少ない為、明確に定量化するまでには至らなかったが、効果範囲内の沈降率は最大約 50%と、効果範囲外の沈降率に比べて約 17%高かった。以上より、アオコ沈降に対して一定の沈降効果があったと思われる。

【蛍光顕微鏡による底質中の生残藍藻類の定量調査】

装置稼働前後で超音波照射装置直下及び装置下流 30 m 地点の底質中藍藻細胞の増加が確認された。一方で超音波照射効果対象外の 100m 先においては、底質中藻類細胞数は減少していた。本結果より、超音波照射によるアオコの沈降効果が示唆されたと。

【臭気調査】

調査のほとんどが「無臭」で、最大でも「何のにおいであるかわかる弱い匂い」であったため、アオコによる悪臭の発生は少なかったと思われる。なお、装置周辺においてアオコの集積は確認されなかった。

【目視調査】

平成 27 年及び平成 28 年においてはアオコの遡上が多く見られ、装置設置箇所周辺においても、アオコレベルの上昇が見られた。それに対し、シルトフェンスと装置を組み合わせることで、フェンスで溜めた装置周辺のアオコを装置前方に吐き出し、集積防止の効果が確認できた。

【総括】

平成 25 年から平成 29 年までの 5 年間で、アオコの遡上量や気象が同一条件ではないため、装置の効果を定量化する事は困難ではあるが、各年の装置の効果検証結果より、一定のアオコの集積防止効果は確認された。なお、その効果は、装置下流 20～30m までである可能性が高い。

今後の課題としては、装置の動水量アップやゴミの目詰まり対策機構追加等の仕様の見直し、より効果的な設置方法及び運用方法の検討が必要であると思われる。

対策の名称 N o . 4 排水機場等における濁水除去対策

1 目的

中央干拓地からの排水が集中する中央幹線排水路や排水機場において、汚濁負荷を削減し、八郎湖への濁水拡散防止を図る。

2 検討を要する対策の概要

①方上地区植生浄化施設（継続）

中央干拓地から中央幹線排水路へ排出された汚濁水を、方上地区植生浄化施設（ヨシによる自然浄化施設）により水質浄化し、南部排水機場から調整池へ排出される汚濁負荷量を低減させる。

②濁水処理技術による汚濁負荷削減対策（検討継続）

中央幹線排水路の沈降しにくい濁質分を、中央幹線排水路、又は南部排水機場吐出口において、濁水処理技術により処理することにより、南部排水機場から調整池へ排出される汚濁負荷量を低減させる。

③国営かんがい排水事業八郎潟地区による水質保全対策（新規）

八郎潟地区による幹線用水路の整備により施設管理用水を削減、中央幹線排水路に植生浄化施設、支線排水路に沈砂池を設置することにより、八郎湖へ排出される汚濁負荷量を削減させる。

3 対策の検討経緯等

①方上地区植生浄化施設

- ・ 第1期計画において4ha造成した植生浄化施設について、第2期計画では方上地区を「整備」から「活用」と位置付け、整備済みの植生浄化施設により対策を継続実施している。
- ・ 5月から9月までの濁水期に、中央幹線排水路から導水した負荷の除去率は過去6年間平均（平成24～29年度）で、SS 69%、T-N 19%、T-P 24%となっている。

②濁水処理技術による汚濁負荷削減対策

- ・ 中央幹線排水路を流下する沈降しにくい濁質分を物理的な濁水処理によって削減するため、平成29年度から、開発済のろ過資材等を利用した濁水処理技術について基礎研究及び実験を行っている。
- ・ 第2期計画において、南部排水機場吐出口下流の調整池内にSS分を沈降しやすくするシルトフェンスの設置を検討し、平成25年度にシルトフェンスの有効性を確認するため、大潟村内の支線排水路にシルトフェンスを試験的に設置し、フェンス上下流の水質改善効果の検証を行ったが、良好な結果は得なかった。
- ・ 中央幹線排水路の濁水処理の方法として、ろ過資材等を利用した試験の結果、導水した負荷の除去率は、SS 90%、T-N 45%、T-P 69%となった。

③国営かんがい排水事業八郎潟地区による水質保全対策

- ・ 八郎潟地区の事業化に向け、国が平成26～30年度に地区調査を実施し事業計画を策定中である。

4 期待される効果

①方上地区植生浄化施設

- ・ 中央干拓地から中央幹線排水路へ排出される汚濁水を、植生浄化施設により水質浄化し、調整池に流入する汚濁負荷量を低減することができる。

②濁水処理技術による汚濁負荷削減対策

- ・ 中央幹線排水路を流下する濁水を処理することで、調整池内に流入する汚濁負荷量が削減される。

③国営かんがい排水事業八郎潟地区による水質保全対策

- ・ 八郎潟地区においては、施設管理用水の削減により、排水機場からの排水量を減らすことで、排出負荷削減量を削減、中央幹線排水路に植生浄化施設や、支線排水路の末端に沈砂池を設けることにより、幹線排水路における汚濁負荷を削減し、八郎湖に流入する汚濁負荷排出量が削減される。

5 考慮すべき課題

①方上地区植生浄化施設

- ・ 枯れたヨシ等が場内堆積したことにより浄化効率が低下しており、ヨシ刈りや整地等による浄化能力の回復手法の確立が必要である。

②濁水処理技術による汚濁負荷削減対策

- ・ 濁水処理技術を活用した処理施設の造成に多額の費用がかかる。

③国営かんがい排水事業八郎潟地区による水質保全対策

- ・ 施設管理用水の削減には高度な用水管理技術が求められること、植生浄化施設や沈砂池は、より効果の高い配置や構造とするとともに、施設の機能を正常かつ長期的に維持保全していくため、維持管理体制を構築する必要がある。

6 事務局（案）

①方上地区植生浄化施設

- ・ ヨシ刈りや整地等の施設の運用を続けながら、浄化能力の回復手法を検討する。

②濁水処理技術による汚濁負荷削減対策

- ・ 濁水処理技術を活用した、より効率的・効果的な施設整備について検討を継続する。

③国営かんがい排水事業八郎潟地区による水質保全対策

- ・ 八郎潟地区の詳細設計において、汚濁負荷削減に効果的で実効性の高い事業計画となるよう、国と一層の連携を図る。

参考資料

- ・ 方上地区植生浄化施設における汚濁負荷削減
- ・ 支線排水路におけるシルトフェンスによる濁水除去試験

方上地区植生浄化施設における汚濁負荷削減

1. 対策の概要

方上地区に自生するヨシの植生を利用し、中央干拓地から中央幹線排水路へ排出された汚濁水を水質浄化し、南部排水機場から調整池へ排出される汚濁負荷量を低減させる。

2. 施設の規模

区画 L113m×W60m=6,780m²

面積 6,780m²×6面=40,680m²≒4ha

計画導水量 工事用水中ポンプ φ200 11kW Q=4.0m³/min×2台=8.0m³/min

滞留時間 24時間 水深 20cm程度

3. 施設稼働状況（平成29年度）

除去率 SS：55% T-N：9% T-P：26%

導水量 13,122,000L/日×131日=172万m³

※南部排水機場H29年度排水量（2.5億m³）の0.7%、

導水期間 5月1日～9月8日（131日）

導水水質 SS：89.0mg/L T-N：1.10mg/L T-P：0.27mg/L

※平成29年度方上地区稼働期間の実測値の平均

方上地区植生浄化施設



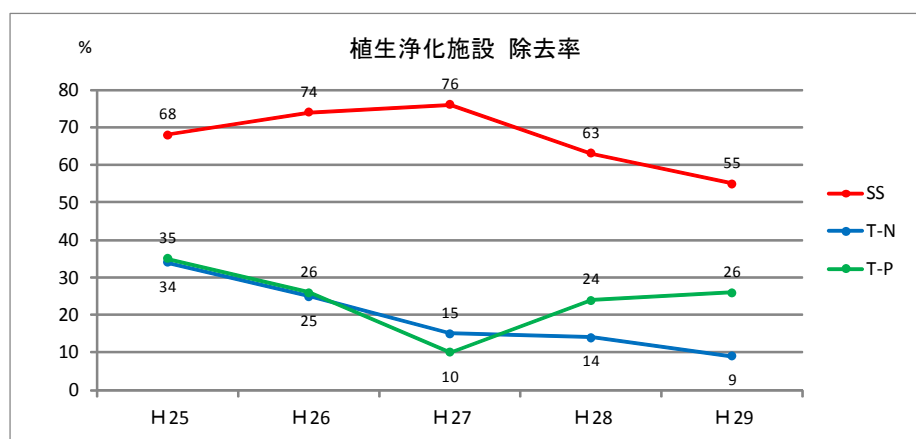
4. 汚濁負荷削減量（平成29年度）

SS = {(13,122,000L/日×131日×89.0mg/L)÷(1,000g×1,000kg×1,000t)}×0.55
≒84.1t ※南部排水機場H29年度排出負荷量（17,031t）の0.49%

T-N = {(13,122,000L/日×131日×1.10mg/L)÷(1,000g×1,000kg×1,000t)}×0.09
≒0.17t ※南部排水機場H29年度排出負荷量（312t）の0.05%

T-P = {(13,122,000L/日×131日×0.27mg/L)÷(1,000g×1,000kg×1,000t)}×0.26
≒0.12t ※南部排水機場H29年度排出負荷量（66t）の0.18%

5. 除去率の推移



天然ヤシ繊維ろ過材を使用した濁水処理試験

1. 対策の概要

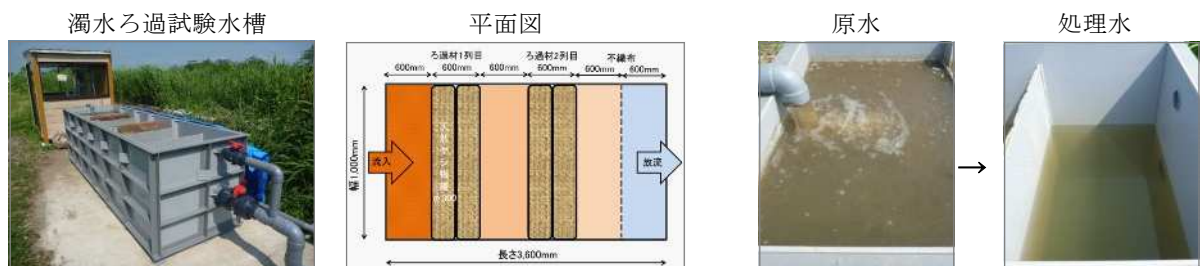
中央幹線排水路を流下する沈降しにくい濁質分を物理的な濁水処理によって削減するため、開発済のろ過資材である「天然ヤシ繊維ろ過材」を使用した濁水処理試験を行った。

2. 試験の内容

【天然ヤシ繊維ろ過材を使用した濁水処理試験】

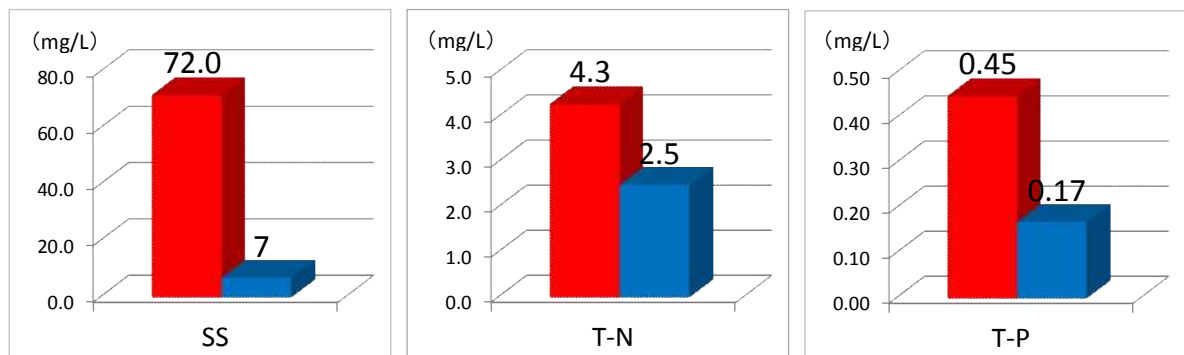
中央幹線排水路からポンプで汲み上げた濁水を、濁水ろ過試験水槽に導水し、天然ヤシ繊維ろ過フィルターにより濁水処理を行い、原水と処理水の水質を比較する。

- ・試験月日 平成29年7月9日～7月24日（15日間）
- ・試験装置 濁水ろ過試験水槽
- ・目標流量 $0.05\text{m}^3/\text{分}$ （実測流量 $0.04\text{m}^3/\text{分}$ ）
- ・平均ろ過速度 $71\text{m}/\text{日}$
- ・原水の平均水温 26.5°C



3. 試験の結果

原水と処理水の水質比較



除去率は、SS 90%、T-N 42%、T-P 62%と比較的高い除去効果が認められ、汚濁負荷削減技術の有効な手法と確認した。

天然ヤシ繊維を用いた八郎湖に流入する農業濁水の処理システムの開発

秋田工業高等専門学校 学生会員 ○渡部帆乃花 非会員 阿部風樹 佐藤佳記 正会員 金主鉉
秋田県八郎湖環境対策室 非会員 澤井充 渡邊寿 高野尚紀

1. はじめに

稲作の代かき期に発生する農業濁水は、八郎湖の SS 濃度の増加や透明度低下の一要因となっている。また、大潟村にある南部排水機場から排出される濁水の粒度分布は、大きさ $10\mu\text{m}$ 以下が 50～60%を占めており、沈降しにくい。そのため、現在ヨシ植栽等による汚濁負荷削減が行われ、SS を除去しているが、負荷量全体に対する削減率は極めて少ない。従って、更なる負荷削減のためには現有 4 ha の浄化施設を拡大する必要がある。しかし、用地取得、施設造成費、造成後の施設の維持管理に係る流域市町村との財政負担などの理由から厳しい状況といえる。本研究は、このような課題の解決のため、大量処理が可能で、薬剤を使用しないコンパクトな農業濁水処理システムの確立を目指すものである。

本稿では、天然ヤシ繊維を用いたろ過システムによる現場実験の結果について報告する。

2. 農業濁水処理システムの概要

2. 1 ヤシ繊維フィルター

ヤシ繊維フィルター(Palm fiber filter, 以下 PFF)とは、100%天然ヤシ繊維を円筒状に形成し、同質のネットで作製したろ材である。高密度に充填されたヤシ繊維が濁水中の土粒子を効率よく捕捉させる。また、ヤシ繊維は透水性が高く、保水性がないため、高速かつ長期的な利用が可能である。さらに、材料すべてが天然繊維からなるため、放流先の河川等への環境影響を極力低減させることができる¹⁾。

2. 2 ヤシ繊維フィルター(PFF)濁水処理システム

図-2 に PFF 濁水処理システムの概要を示す。農業濁

水は塩ビ製タンクに水平かつ連続的に配置された PFF により処理する。また、農業濁水の処理流量は濁水流入口を調節するか、PFF の設置数や濁水に接する面積を変



図-1 ヤシ繊維フィルター

えることによって調節が可能である。このように、ろ過面積の調節を可能とし、かつ PFF の設置数を調節することにより、幅広い流量と処理水質への対応が可能となる。つまり、水平に設置された PFF の設置数を増大させることにより、大量の農業濁水にも対応可能となるため、既存のヨシ植栽による汚濁負荷削減と比較し省スペース化が図れる²⁾。

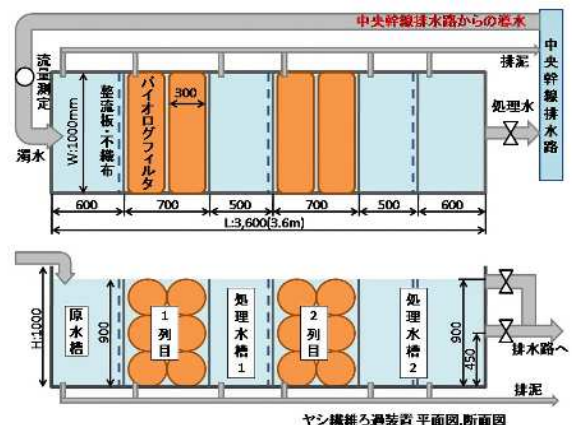


図-2 PFF 濁水処理システム概念図



図-3 現場位置図

3. 実験方法

現場位置図を図-3 に示す。八郎湖水を農業用水として循環利用している大潟村にある南部排水機場付近の方上自然浄化施設横に塩ビ製タンク式濁水処理システムを設置し、中央幹線排水路から汲み上げた濁水の一部を本濁水処理システムに導水して実施した。濁水は2列に並べられたヤシ繊維フィルターを通った後、農業排水路へ放流される仕組みになっている。PFF は、直径 0.3m、長さ 1m で図-2 に示したように各列 6 本充填し、さらに隙間の埋め込みに 1m 分の PFF を使用した。PFF

は一本あたり 9.4 kg-wet/m で、各列合計 7 m、66 kg-wet 充填した。また、流量は 0.05m³/分とし、ろ過速度 70m/日 で連続通水実験を行った。

採水は、2 日置きに原水、一列目のろ過水(処理水 1)、二列目のろ過水(処理水 2) に対し行い、SS、ホルマジン濁度 (OPTEX 社 TD-M500)、透視度、COD、TN、TP を測定した。なお、実験期間は灌漑期 (7 月～8 月)、非灌漑期 (10 月) であるが、本稿では比較的 SS 濃度が高かった 2017 年 7 月 10 日～7 月 24 日の実験結果について報告する。また、実験開始の前、3 日間の通水により PFF の洗浄を行った。

4. 実験結果および考察

図-4 に、流量 0.05m³/分で行った場合の原水および処理水 1、2 の SS 濃度の経時変化を示す。PFF 濁水処理システムにより、SS 70mg/L 程度の農業濁水を 10 mg/L 以下にまで除去でき、平均除去率は約 90%と高い補足効率が認められた。SS 収支の解析の結果、PFF の最大補足量は 1 kg-wet 当たり 0.6 kg-SS であった。また、SS 除去に伴い TN、TP とともに比較的高い除去効果が認められた (TN : 42%, TP : 62%)。

図-5、6 に、濁度と透視度の経時変化を示す。濁度については、SS と同様の挙動が示され、原水の濁度は平均 99 度であったが、処理水 1 で約 30 度、最終処理水 (処理水 2) では約 10 度まで低下した。透視度は、原水 SS が 100mg/L 以下で、最終処理水ではほぼ 100 cm 以上確保でき、微細土粒子の除去による透明度の改善が期待できる結果となった。一方、大雨により原水の SS が 145mg/L まで上昇したときに処理効果が低下しているが、PFF の設置数を増やすことで対応可能と考えられる。

図-7 に COD の経時変化を示す。COD については除去率が 30%とほかの水質項目と比べて低い。これは、農業排水の特徴として難分解性溶存 COD が占める割合が高かったためと考えられる³⁾。

以上の結果より、本システムは八郎湖に流入する農業濁水の負荷削減手法として有効であることを現場実験で確認した。今後は、PFF の形状、補足 SS の脱着手法、脱着 SS の管理等を検討しながら、システム開発を進める予定である。

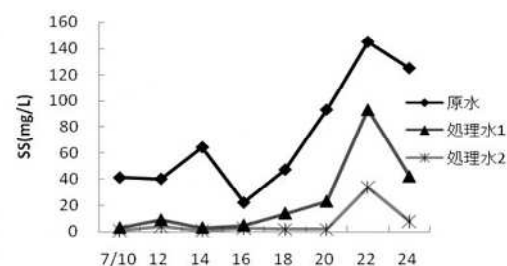


図-4 SS 濃度の経時変化

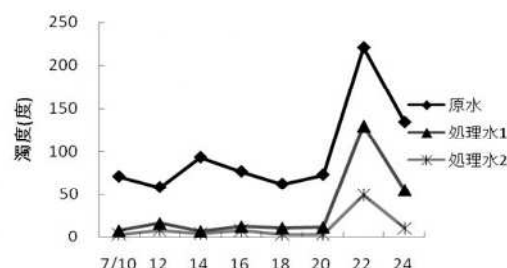


図-5 濁度の経時変化

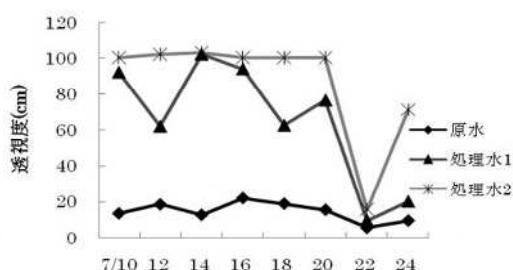


図-6 透視度の経時変化

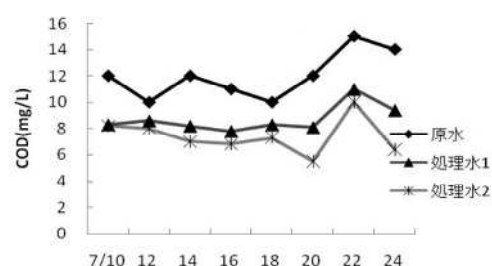


図-7 COD の経時変化

参考文献

- 1) 西田 秀紀他 (2010) 天然ヤシの繊維を用いたノッチタンク式濁水処理装置の開発, 土木学会第 65 回年次学術講演会, pp.1083 - 1084.
- 2) 西田 秀紀他 (2011) 環境に優しい工事濁水処理システムの開発, 西松建設技報 VOL.34, pp.2
- 3) 金 主鉉他 (2014) 難分解性有機物による八郎湖の水質汚濁機構と負荷量, 用水と廃水 VOL.56, No.8, pp.52

支線排水路におけるシルトフェンスによる濁水除去試験

1. 試験の目的

南部排水機場吐出口下流の調整池内にSS分を沈降しやすくするシルトフェンスの設置を検討するにあたり、シルトフェンスの有効性を確認するため、大潟村内の支線排水路に水質浄化フェンス、シルトフェンスを試験的に設置し、濁質除去効果の検証を行った。

2. 試験の内容

試験日時 平成25年5月21日、24日、31日
6月5日、7日、11日、14日

試験場所 D1支線排水路（水質浄化フェンス）
D2支線排水路（シルトフェンス）

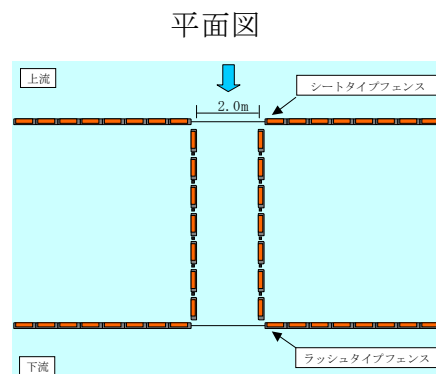
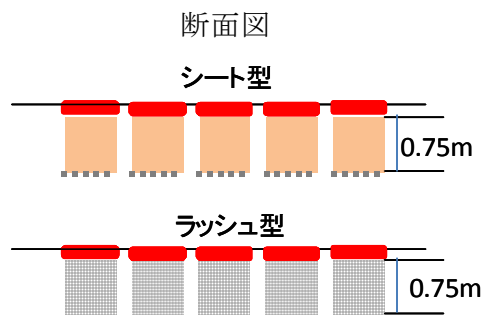


【水質浄化フェンス】

D1支線排水路に水質浄化フェンスを設置し、上下流の水質を比較した。

水質浄化フェンス（上流側にシート型、下流側にラッシュ型を設置）

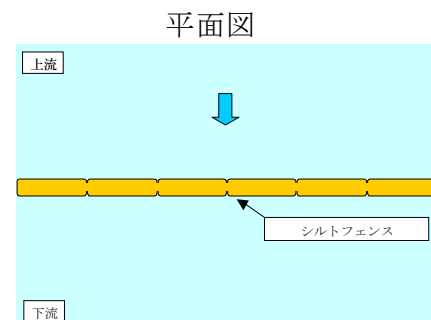
- ・シート型 フロート径φ170mm フラップ長さ750mm フェンス長さ10.0m
- ・ラッシュ型 フロート径φ170mm フラップ長さ750mm フェンス長さ10.0m



【シルトフェンス】

D2支線排水路にシルトフェンスを設置し、上下流の水質を比較した。

- ・シルトフェンス フロート径φ300mm フラップ長さ1,000mm フェンス長さ10.0m



3. 試験の状況

【水質浄化フェンス】



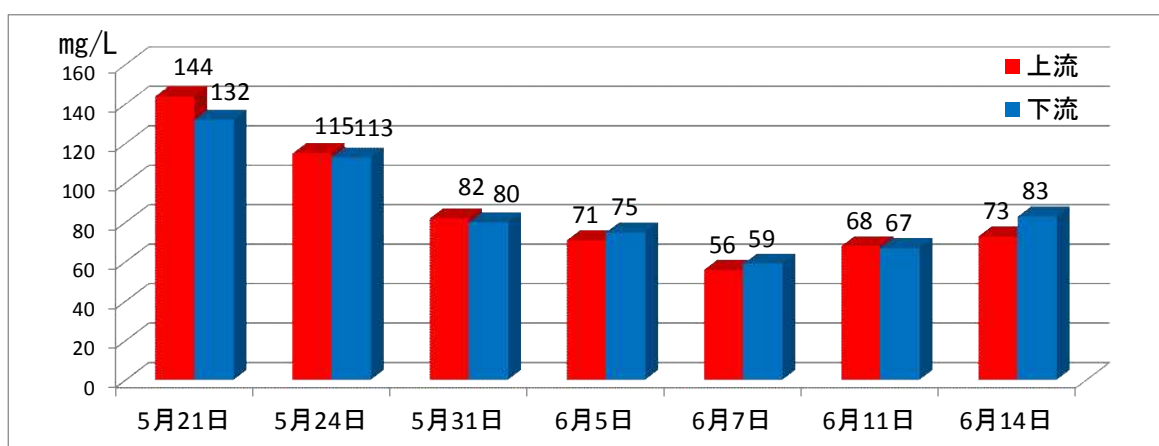
【シルトフェンス】



4. 試験の結果

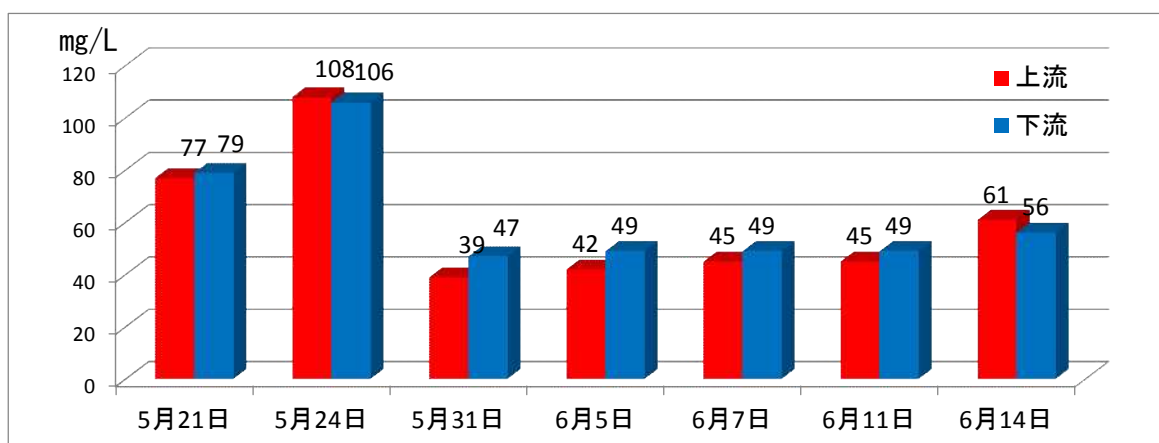
【水質浄化フェンス】

フェンス上下流のSSの比較



【シルトフェンス】

フェンス上下流のSSの比較



※フェンス上下流を比較した結果、水質改善効果は見られなかった。

流水によりフェンスに枯れ枝や草などが堆積し、維持管理が困難であった。

対策の名称 N o . 5 湖内流動化

(1) 西部承水路の流動方法の変更

1 目的

西部承水路は、流入河川が無く、水が停滞しやすい水域である。これに対し、H15以降、北（浜口機場）から南（南部排水機場）への流れをつくる流動化促進を続けており、水質は改善傾向にあったが、近年は横ばいで推移し、依然として他の2水域よりも水質が悪い。そこで、より効果的な流動化方法に変更することで、さらなる水質の改善を図る。

2 検討する対策の概要

①流動化期間の延長（新規）

- ・第2期計画期間（H25-H29）のCOD経月変化では、1～2月是他2水域と同程度だが、3月に僅かに上昇し、4月には1.5mg/L以上高くなっている。
- ・現在は、冬期間は結氷することや水質が低下することから、12/1～4/30は未実施であるが、開始時期を3月に前倒しすることで、当該期間のCODの上昇を抑える。

②流動化方向の変更（新規）

- ・これまでかんがい期は、比較的水質の良い東部承水路の水を多く注水するため、浜口機場から通水することを優先して流動化させ、かんがい水量が不足する場合に、南部機場から補足注水させている。
- ・しかし、公共用水域の調査結果では、浜口機場側の水質が南部機場側よりも悪い場合があるため、そのような時期は南部機場からの通水を優先する。

3 検討する対策の経緯等

- ・H15から西部承水路の流動化事業を実施し、第1期計画で湖内浄化対策に位置付け、平成21年からは流動化量を増加し、期間を延長している。
- ・第2期計画も、第1期計画と同様の方法で実施した。（かんがい期平均注水量
第2期：約93百万m³、非かんがい期南部平均排水量：約17百万m³）
- ・西部の貯水量約8.8百万m³に対して、約1億m³を注水しているので、貯水量の約11倍であり、うち7割は浜口機場からの注水による。非かんがい期は貯水量の約2倍排水している。

4 期待される効果

①流動化期間の延長

西部承水路よりも水質が良い東部承水路の水を入れること、湖水の流動化を促すことで、3月から4月の水質の悪化を抑える可能性がある。

②流動化方向の変更

水質の良い水を導水することで、流動化対策の効果を上昇させる可能性がある。

5 考慮すべき課題

- ・西部承水路の流動化促進以降、他2水域では水質項目により改善や悪化の傾向が見られるが、その詳細を把握出来ていない。
- ・8月から9月は、浜口機場からの水の方が南部機場よりも水質が悪くなることがあるが、期間は1ヶ月間、2ヶ月間等と、その年によって異なる。そのため、通水を優先させる排水機場は、月1回の水質測定結果の確認後に選択する必要がある、対応が遅くなる可能性がある。
- ・南部機場からの水について、CODとT-Nは浜口機場よりも低い時期があるが、T-Pは年間を通して常に高い。
- ・南部機場を優先的に運用する場合は、濁水をより多く西部承水路に導水することになるため、西部承水路関係農家との調整が必要になる。

6 事務局（案）

①非かんがい期の運用期間の延長

課題の詳細を検討しつつ、実施する。

②流動化方向の変更

今後、南部排水機場から注水する調整池の水質が改善される等の変化があった場合に、水質予測シミュレーションでその有意性を確認し、実施を検討する。

参考資料

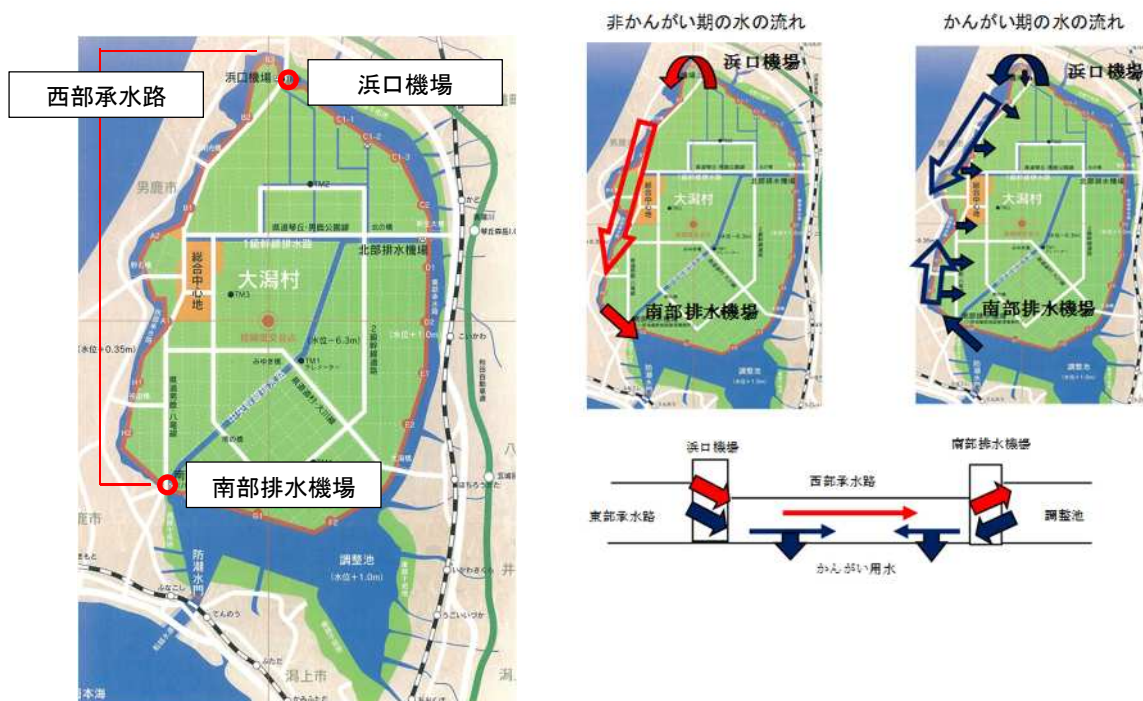
- ・ 西部承水路の流動化について

西部承水路の流動化について

1 事業概要

目的：西部承水路の水質は、水質汚濁が進行している八郎湖の中でも特に悪化傾向が顕著であったことから、比較的水質が良い東部承水路の水を導水し、希釈するとともに、西部承水路内の湖水の流動化を促進することで、水質の改善を図る。

内容：かんがい期から非かんがい期（5～11月）にかけて、西部承水路北端の浜口機場で東部承水路から導水し、西部承水路を流動化させる。なお、かんがい期は、濁質分等が多い南部排水機場からも導水するが、かんがい用水利用に合わせて浜口機場からの注水を優先させ、南部排水機場からの注水を抑えて、極力北側からの水の流れを確保している。



2 実施場所

西部承水路 湖水面積：5.1 km²

貯水量：8.8 百万 m³

平均水深：1.7m

南北長さ：22km

管理水位：かんがい期 TP+35cm、非かんがい期 TP+25cm

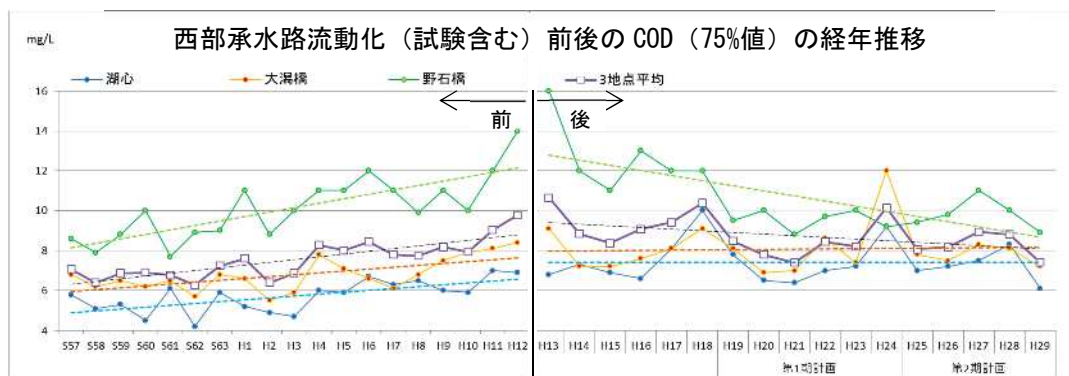
特徴：（流動化以前）

流入水量が少なく、かんがい期は大潟村等の取水に応じて浜口機場と南部排水機場から注水されるが、8月以降は取水量が減り、水が停滞しやすくなる。代かき期の南部排水機場からの注水は大潟村からの代かき濁水の影響を受けること、8月以降はアオコが発生することからCODの年間動向は2回のピークとなっていた。

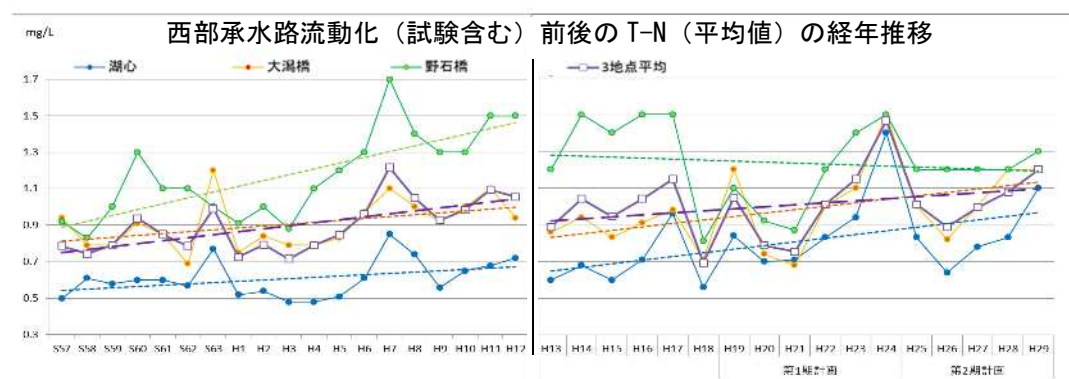
3 流動化（試験開始後 H13 以降）による水質の変化

① 経年推移の傾向

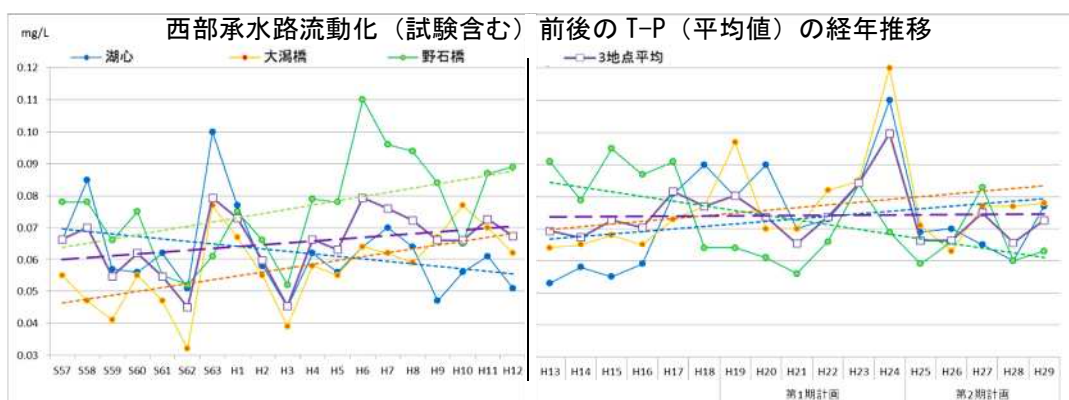
COD：野石橋（西部承水路）は、上昇が低下に、湖心（調整値）と大潟橋（東部承水路）は、上昇から横ばいになった。なお 3 地点平均では、上昇から低下に変わっている。



T-N：3 地点のいずれも上昇傾向であったが、野石橋のみ低下傾向に変わった。なお、3 地点平均では、期間を通して上昇している。

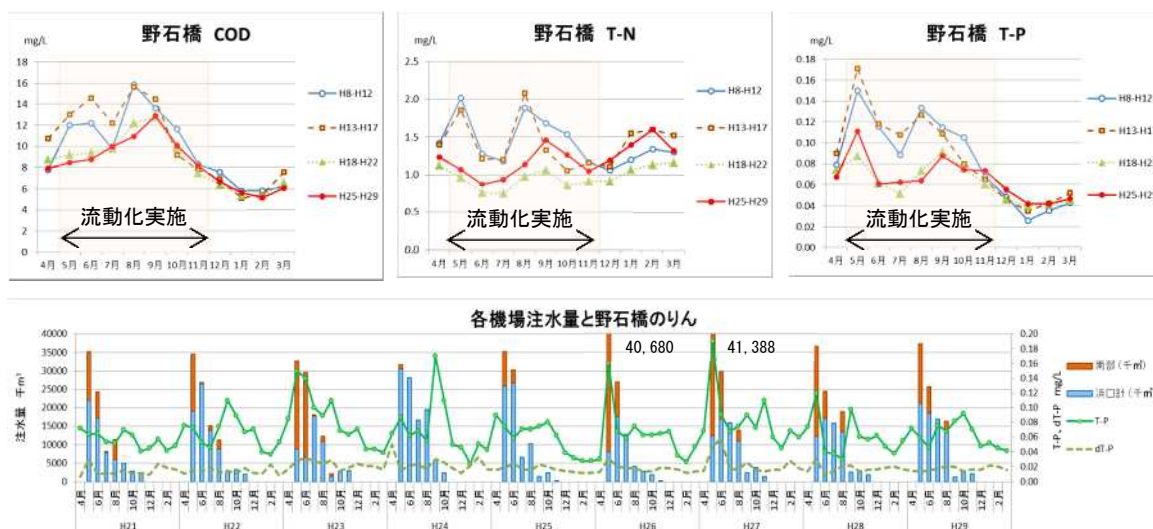


T-P：野石橋は上昇から低下に変わったが、湖心は低下から上昇に変わり、東部は上昇し続けている。なお、3 地点平均では上昇から横ばいになった。



②経月推移の傾向

- ・COD、T-N、T-P いずれの項目も、試験を開始後の H13 から H17 の平均値では、流動化前と変化が見えなかった。しかし、その後の H18 から H22 の平均値では、各項目にあった 5 月と 8 月のピークが減少又は無くなっていた。
- ・H25 から H29 の平均値を H18 から H22 の平均値と比較すると、COD では大きな変化は見られないが、T-N は年間を通して高めに推移し、T-P は 5 月のピークが上昇している。
- ・H26 から H28 は 5 月の南部排水機場からの注水量が多かったため、同時期の野石橋の T-P 濃度が上昇し、平均値に影響したものと考えられる。



4 流動化対策以外の時期の西部承水路の水質の動向

COD：流入水量が少ないこと等から期間を通して高く推移するが、1月から2月にかけて低下して年間の最小値、他2水域と同程度の値になる。しかし、3月、4月の上昇量が大きく、4月には他2水域の約1.5倍まで上昇している。

T-N：1月から2月にかけて上昇して年間の最大値となり、その後低下する。値が上昇する際は溶存態がその約9割を占めており、尿素を含む融雪剤や流域からの流入量の上昇が疑われるが、現在のところ裏付けるデータは無い。

T-P：大湊村の高濃度りんの影響を受けないこと等から期間を通して、他2水域よりも低く推移するが、5月は大きく上昇する。これは、大湊村の排水が調整池に流入後に南部排水機場から導水される影響が大きいと考えられる。

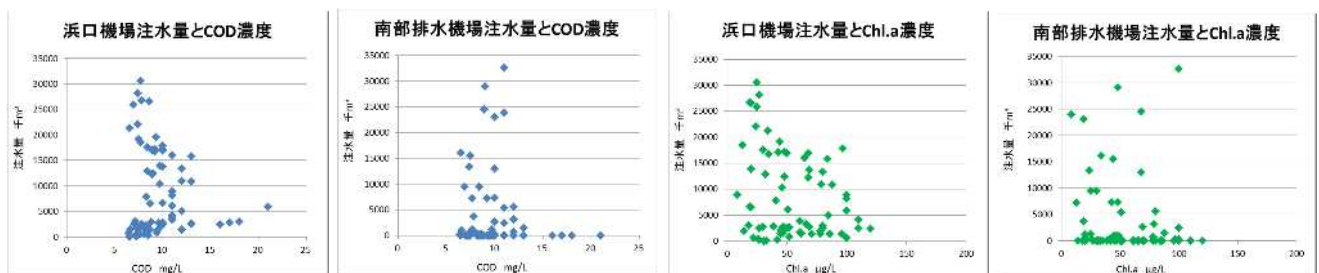
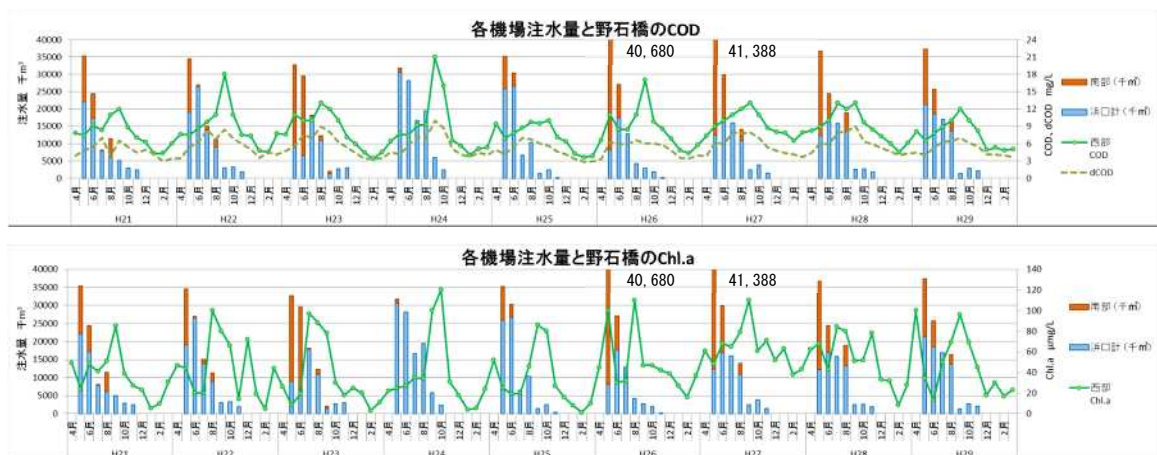


	COD					T-N					T-P				
	4月	12月	1月	2月	3月	4月	12月	1月	2月	3月	4月	12月	1月	2月	3月
①野石橋	7.9	6.6	5.6	5.1	6.1	1.2	1.2	1.4	1.6	1.3	0.067	0.055	0.042	0.041	0.046
②湖心	4.5	5.1	4.3	4.9	4.8	0.66	0.84	0.90	0.89	0.83	0.055	0.066	0.067	0.076	0.060
③大湊橋	6.3	6.3	4.8	4.5	5.3	0.90	1.2	0.86	1.1	1.1	0.075	0.082	0.052	0.051	0.069
④湖心・大湊平均	5.4	5.7	4.6	4.7	5.0	0.78	1.0	0.88	1.0	0.96	0.065	0.074	0.059	0.063	0.065
(1)/(4)	147%	116%	123%	110%	120%	159%	117%	159%	158%	138%	103%	74%	71%	66%	72%

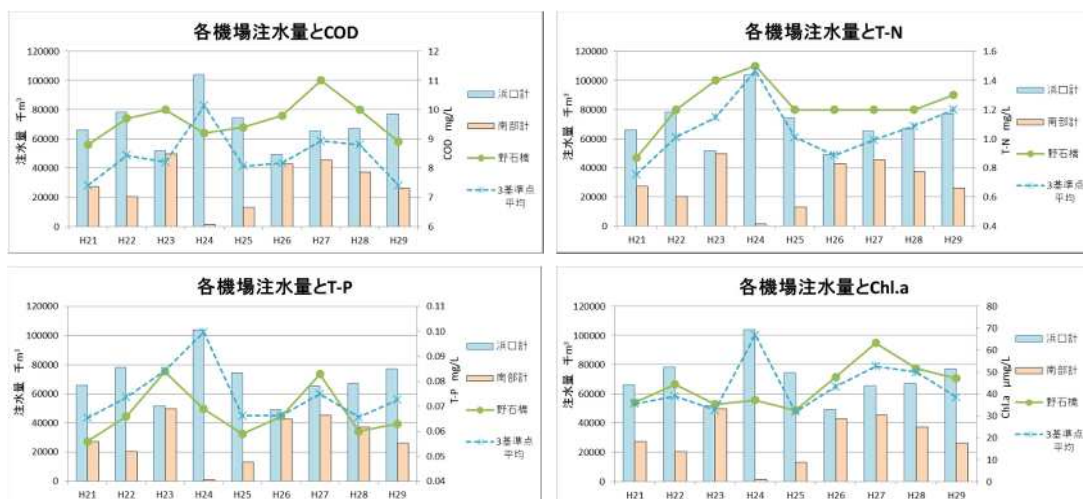


5 各機場の注水による西部承水路の水質への影響

- 近年の経月変化を見ると、COD、T-N は排水機場の違いや水量で大きな水質の変化は見られない。T-P は、前述のとおり、南部排水機場からの注水量が多いと上昇する傾向がある。Chl.a は、浜口機場の注水量が多いほど濃度が低下する傾向が見られた。

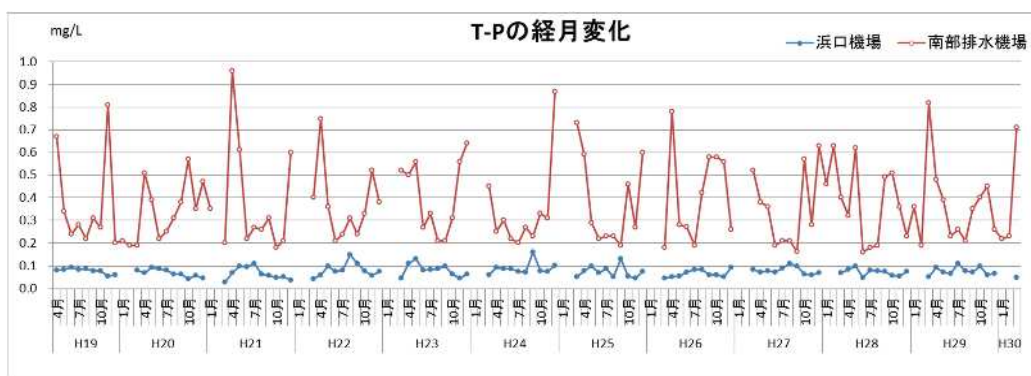
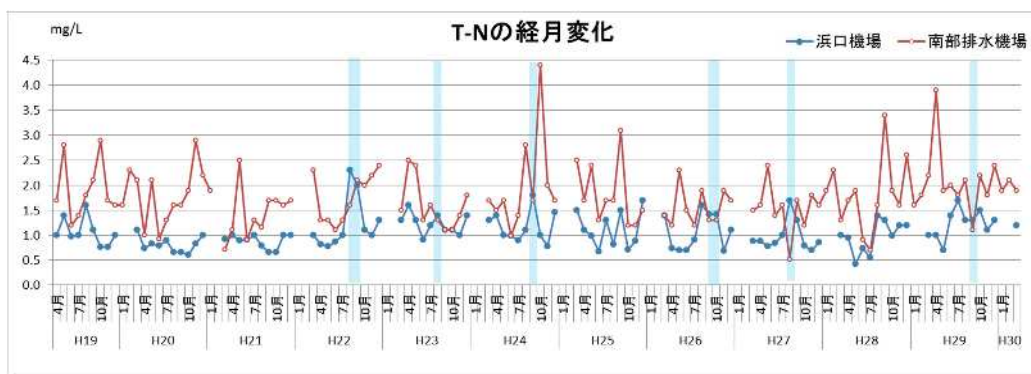
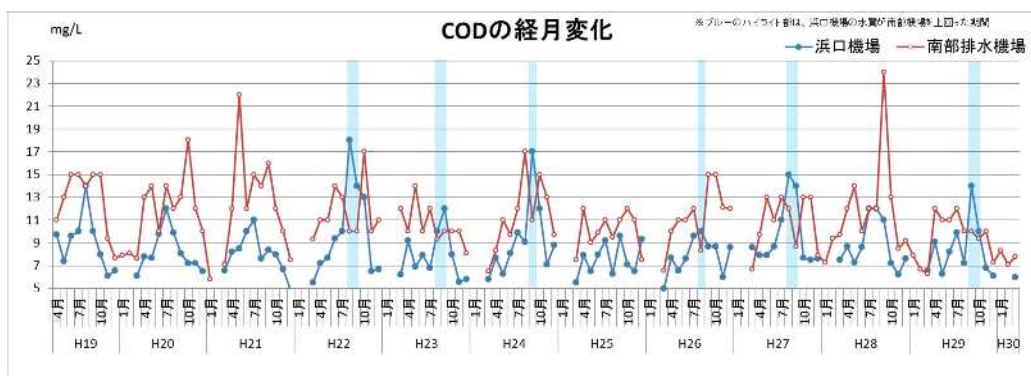


- 近年の経年変化を見ると、南部排水機場からの注水が多い年は、西部承水路の COD と T-P が上昇する傾向にある。



6 各排水機場の水質

- ・ 南部排水機場からの排水は、各水質項目の濃度が高い傾向にある。なお、南部排水機場から西部承水路に注水する場合は、調整池を経由するため、当該水質はやや低下している可能性があるが流入部と流出部が近接しているため、大きくは変化しないものと考えられる。
- ・ 浜口機場周辺では、例年 8 月～9 月にアオコの発生が見られ、水質が上昇する傾向にある。
- ・ 基本的には浜口機場からの注水の方が、南部排水機場よりも水質の良い水が供給される。しかし、8 月～9 月は COD、T-N で浜口機場の方が水質が上昇している。



7 まとめ

1) 流動化（試験開始後 H13 以降）による水質の変化

①経年推移の傾向

COD：野石橋では上昇から低下に、3 基準点平均でも上昇から低下に変わった。

T-N：野石橋では上昇から低下に、3 基準点平均では上昇し続けている。

T-P：野石橋では上昇から低下に、3 基準点平均では上昇から横ばいになった。

②経月推移の傾向（野石橋）

COD、T-N、T-P いずれの項目も、試験開始後の H13 から H17 の平均値では、流動化前と変化が見えなかった。しかし、その後の H18 から H22 や H25 から H29 の平値では、各項目にあった 5 月と 8 月のピークが減少又は無くなっていた。

2) 流動化対策以外の時期の西部承水路の水質の動向（野石橋）

COD：1 月から 2 月にかけて低下するが、3 月、4 月の上昇量が大きく、4 月には他 2 水域の約 1.5 倍まで上昇している。値が低下した際は溶存態がその約 9 割を占めている。

T-N：1 月から 2 月にかけて上昇して、その後低下する。値が上昇した際は溶存態がその約 9 割を占めている。

T-P：5 月は大きく上昇し、これは、大潟村の排水が調整池に流入後に南部排水機場から導水される影響が大きいと考えられる。

3) 各機場の注水による西部承水路の水質への影響

①経月

COD、T-N は排水機場の違いや水量で大きな水質の変化は見られないが T-P は、南部排水機場からの注水量が多いと上昇する傾向があり、Chl.a は、浜口機場の注水量が多いほど濃度が低下する傾向が見られた。

②経年

南部排水機場からの注水が多い年は、西部承水路の COD と T-P が上昇する傾向にある。

4) 各排水機場の水質

基本的には浜口機場から注水した方が、南部排水機場よりも水質の良い水が供給されるが、8 月～9 月はアオコの影響等で COD、T-N で浜口機場の方が水質が上昇している。

参考 1 流動化実績

		千m ³						
		浜口機場		旧浜口	浜口計	南部		南部計
		用水	自然	自然		用水	自然	
H21	4月	0	2346.9	172.7	2519.6	0	900.5	900.5
	5月	12.8	12183.4	9882.1	22078.3	74.1	13250.4	13324.5
	6月	12.4	16601.7	569.8	17183.9	50	7205.3	7255.3
	7月	6.5	4479.6	3364.5	7850.6	0	276.6	276.6
	8月	12.4	3309.5	2715.2	6037.1	0	5396.9	5396.9
	9月	12.6	2960.4	2035.4	5008.4	0	0	0
	10月	12	1556.5	1266.9	2835.4	0	0	0
	11月	25.7	1422.8	1075	2523.5	0	0	0
	12月	0	0	0	0	0	0	0
	1月	0	0	0	0	0	0	0
	2月	0	0	0	0	0	0	0
	3月	0	0	0	0	0	0	0
H22	4月	0	1476.9	99.3	1576.2	8.2	933.8	942
	5月	12.4	10705.1	8394.2	19111.7	27.5	15461.1	15488.6
	6月	12.6	14642.1	11890.3	26545	12.3	321.9	334.2
	7月	8.2	7661	6211.1	13880.3	0	1150.1	1150.1
	8月	12.6	4955.3	3914.3	8882.2	0	2423.6	2423.6
	9月	6.3	1631.2	1331.2	2968.7	0	0	0
	10月	14.1	1949.8	1369	3332.9	0	0	0
	11月	13	1070.9	875.4	1959.3	0	0	0
	12月	0	0	0	0	0	0	0
	1月	0	0	0	0	0	0	0
	2月	0	0	0	0	0	0	0
	3月	0	0	0	0	0	0	0
H23	4月	0	420.9	0	420.9	0	387.2	387.2
	5月	12.6	5418.5	3521.9	8953	29.7	23882.5	23912.2
	6月	12.6	3632.2	2946.3	6591.1	9.1	23019.6	23028.7
	7月	8.4	9862.5	7986.1	17857	0	285.8	285.8
	8月	12.6	5974.7	4856.3	10843.6	0	1445.6	1445.6
	9月	12.6	768.4	627	1408	0	683.6	683.6
	10月	12.6	1530.7	1244.7	2788	0	0	0
	11月	12.6	1742.3	1274.7	3029.6	0	0	0
	12月	0	0	0	0	0	0	0
	1月	0	0	0	0	0	0	0
	2月	0	0	0	0	0	0	0
	3月	0	0	0	0	0	0	0
H24	4月	0	687.4	0	687.4	0	148.3	148.3
	5月	12.6	17000.2	13547.9	30560.7	24.6	1190.2	1214.8
	6月	12.6	15532.6	12614.2	28159.4	0	0	0
	7月	12.6	9211.8	7486.3	16710.7	0	0	0
	8月	12.6	10738.5	8758.9	19510	0	0	0
	9月	12.6	3206.9	2624	5843.5	0	0	0
	10月	12.6	1325.6	1079	2417.2	0	0	0
	11月	6.3	0	0	6.3	0	0	0
	12月	0	0	0	0	0	0	0
	1月	0	0	0	0	0	0	0
	2月	0	0	0	0	0	0	0
	3月	0	0	0	0	0	0	0
H25	4月	0	846.4	0	846.4	0	0	0
	5月	12.8	14421	11416.1	25849.9	24.5	9399.1	9423.6
	6月	18.9	14728.5	11950.2	26697.6	41.1	3632	3673.1
	7月	6.3	3615.3	2915.8	6537.4	0	0	0
	8月	12.6	5683.6	4616.9	10313.1	24.4	0	24.4
	9月	0	935.4	453.5	1388.9	0	0	0
	10月	12.6	1668	762.25	2442.85	0	0	0
	11月	6.3	159.5	128.7	294.5	0	0	0
	12月	0	0	0	0	0	0	0
	1月	0	0	0	0	0	0	0
	2月	0	0	0	0	0	0	0
	3月	0	0	0	0	0	0	0

※注水量は基幹事務所管理水量を利用。

千m ³								
		浜口機場		旧浜口	浜口計	南部		南部計
		用水	自然	自然		用水	自然	
H26	4月	0	1491.8	0	1491.8	0	983.5	983.5
	5月	12.4	4566.1	3565.4	8143.9	32.2	32548.7	32580.9
	6月	12.4	9689.2	7845.4	17547	0	9467.7	9467.7
	7月	12.6	7086.4	5750.4	12849.4	0	0	0
	8月	12.6	2297.7	1874.6	4184.9	0	0	0
	9月	12.6	1814.4	977.6	2804.6	0	0	0
	10月	0	1054.9	860.1	1915	0	0	0
	11月	6.3	148.6	120.5	275.4	0	0	0
	12月	0	0	0	0	0	0	0
	1月	0	0	0	0	0	0	0
	2月	0	0	0	0	0	0	0
	3月	0	0	0	0	0	0	0
	4月	0	1130.6	514.7	1645.3	0	0	0
H27	5月	12.6	6873.3	5504.6	12390.5	25	29010.1	29035.1
	6月	12.6	9372.1	7507.7	16892.4	24.7	12957.6	12982.3
	7月	12.6	8852.3	7119.1	15984	26.6	0	26.6
	8月	12.6	6027.6	4874	10914.2	24.8	3088.7	3113.5
	9月	12.6	1392.7	1099	2504.3	0	0	0
	10月	13.8	2103	1705.8	3822.6	0	0	0
	11月	12.6	776.4	626.9	1415.9	0	0	0
	12月	0	0	0	0	0	0	0
	1月	0	0	0	0	0	0	0
	2月	0	0	0	0	0	0	0
	3月	0	0	0	0	0	0	0
	4月	0	990.2	449.4	1439.6	0	0	0
	5月	12.6	6794.6	5458.4	12265.6	24.9	24473.8	24498.7
	6月	12.6	9481.3	7618.9	17112.8	25.1	7293.5	7318.6
H28	7月	12.6	8732	7054.1	15798.7	0	0	0
	8月	12.6	7355.1	5972.7	13340.4	0	5589.3	5589.3
	9月	12.4	1398.5	1134.7	2545.6	0	0	0
	10月	12.6	1482	1191.8	2686.4	0	0	0
	11月	12.6	1047.2	847.7	1907.5	0	0	0
	12月	0	26.3	29.2	55.5	0	0	0
	1月	0	0	0	0	0	0	0
	2月	0	0	0	0	0	0	0
	3月	0	0	0	0	0	0	0
	4月	0	393.1	254.9	648	268.7	0	268.7
	5月	12.6	11838.5	9415.2	21266.3	15.9	16072	16087.9
	6月	12.6	10181	8286.9	18480.5	8.2	7215.3	7223.5
	7月	12.6	9368	7582.5	16963.1	0	0	0
	8月	12.8	7522.4	6139.3	13674.5	0	2643.2	2643.2
H29	9月	6.3	750	595.6	1351.9	0	0	0
	10月	12.6	1544.7	1242.6	2799.9	0	0	0
	11月	12.6	1144	963	2119.6	0	0	0
	12月	0	0	0	0	0	0	0
	1月	0	0	0	0	0	0	0
	2月	0	0	0	0	0	0	0
	3月	0	0	0	0	0	0	0

※注水量は基幹事務所管理水量を利用。

参考2 基準点の水質

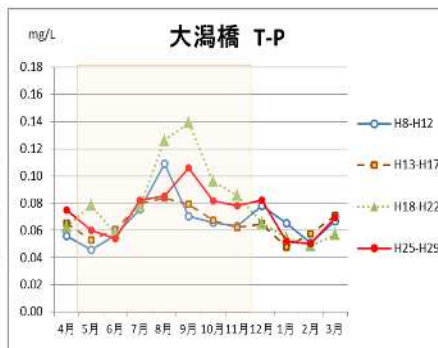
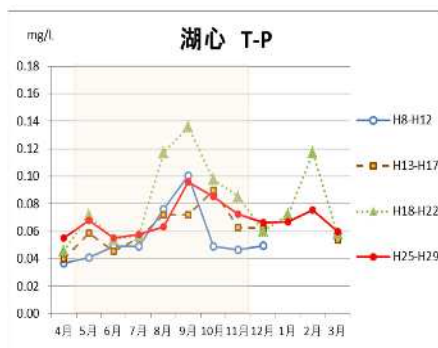
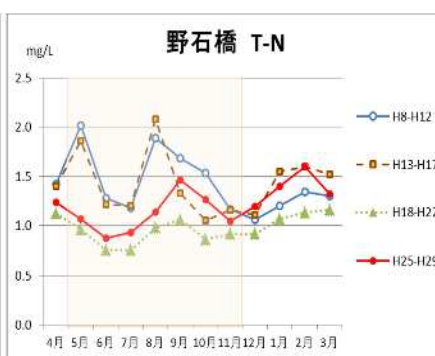
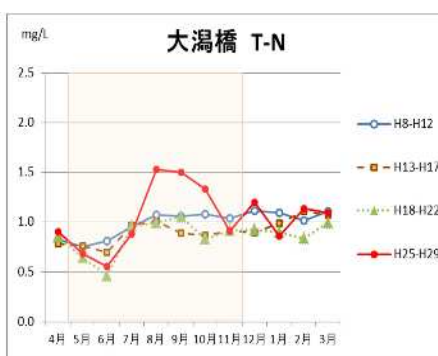
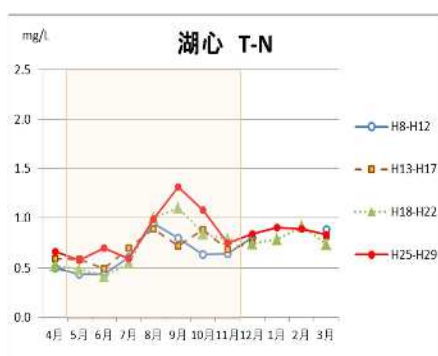
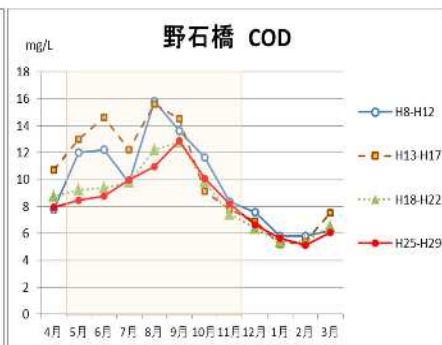
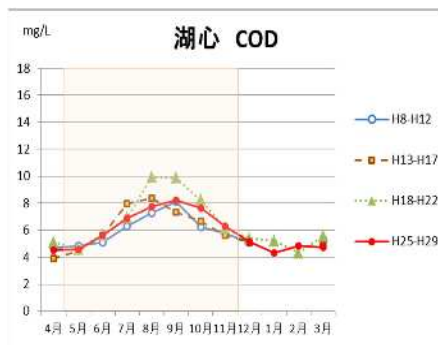
		mg/L									μg/l		
		COD			T-N			T-P			Chl.a		
		湖心	東部	西部	湖心	東部	西部	湖心	東部	西部	湖心	東部	西部
H21	4月	5.4	6.9	7.8	0.46	0.59	0.91	0.049	0.080	0.072	18	62	49
	5月	4.5	4.5	7.4	0.35	0.40	0.72	0.072	0.084	0.064	15	18	24
	6月	6.1	6.1	9.2	0.45	0.42	0.78	0.071	0.068	0.065	24	29	48
	7月	5.9	6.3	8.3	0.43	0.48	0.68	0.067	0.082	0.054	26	25	41
	8月	6.5	6.6	11	0.50	0.54	0.82	0.037	0.058	0.052	19	24	51
	9月	13	9.0	12	1.8	0.75	0.98	0.18	0.086	0.070	150	56	85
	10月	8.2	8.9	8.8	0.79	0.58	0.73	0.10	0.079	0.063	71	42	39
	11月	6.4	7.5	7.0	0.79	0.95	0.94	0.069	0.095	0.041	43	37	27
	12月	5.0	7.0	6.2	0.51	0.71	0.72	0.040	0.058	0.045	32	28	23
	1月	5.1	4.4	4.2	0.61	0.82	0.90	0.055	0.043	0.057	20	10	5.3
	2月	4.0	5.1	4.3	1.1	0.96	1.0	0.047	0.049	0.042	7.8	29	9.8
	3月	5.1	5.1	6.0	0.71	1.0	1.2	0.047	0.061	0.049	32	26	31
H22	4月	4.9	6.2	7.6	0.50	0.78	0.99	0.066	0.073	0.076	39	39	47
	5月	4.8	8.1	7.5	0.43	0.94	0.60	0.059	0.10	0.073	20	25	44
	6月	6.4	6.3	8.6	0.52	0.66	0.67	0.053	0.065	0.053	15	24	20
	7月	7.0	8.6	9.7	0.62	0.66	0.82	0.046	0.061	0.046	29	24	20
	8月	9.0	9.1	11	1.3	1.1	1.2	0.13	0.10	0.074	64	85	100
	9月	8.9	11	18	1.4	1.6	1.6	0.12	0.11	0.11	40	110	80
	10月	7.1	9.4	11	0.88	0.93	1.2	0.075	0.093	0.089	39	59	66
	11月	6.2	7.6	7.5	0.96	1.1	1.2	0.072	0.095	0.067	10	9.4	14
	12月	5.3	6.5	7.3	0.73	1.2	1.1	0.067	0.11	0.071	26	18	72
	1月	4.9	4.7	4.7	0.96	1.1	1.6	0.075	0.061	0.040	55	18	19
	2月	4.9	5.7	4.5	0.90	1.0	1.7	0.054	0.055	0.037	19	6.1	4.7
	3月	6.6	6.3	7.7	0.80	0.90	1.5	0.057	0.057	0.054	52	42	44
	4月	4.3	6.4	7.6	0.51	1.2	1.5	0.045	0.090	0.085	20	35	26
	5月	4.6	7.4	11	0.71	1.2	1.3	0.075	0.097	0.15	11	1.8	8.4
	6月	5.6	5.5	10	0.65	0.57	1.2	0.081	0.061	0.14	13	7.2	19
H23	7月	7.2	9.4	10	1.2	1.2	1.2	0.088	0.12	0.10	53	61	97
	8月	11	12	13	1.9	1.7	1.6	0.15	0.11	0.089	140	65	88
	9月	8.3	11	12	1.2	1.3	1.5	0.11	0.12	0.11	32	110	78
	10月	6.1	7.4	10	0.96	0.87	1.0	0.076	0.087	0.069	30	29	30
	11月	5.9	7.0	7.1	0.64	0.76	1.3	0.063	0.075	0.064	35	15	18
	12月	5.0	5.4	5.9	0.74	0.89	1.2	0.080	0.068	0.071	8.3	9.1	25
	1月		4.3	4.4		1.0	1.4		0.052	0.044		4	20
	2月		4.7	3.4		1.4	2.0		0.066	0.044	6.3	6.7	2.9
	3月	4.8	5.6	4.5	0.89	1.0	1.4	0.075	0.069	0.039	13	11	11
	4月	4.8	5.1	6.4	0.53	1.5	1.6	0.063	0.099	0.065	8.1	5.6	22
	5月	5.1	6.7	7.7	0.63	0.88	1.0	0.065	0.11	0.087	45	54	25
	6月	5.4	4.5	7.4	0.52	0.52	0.74	0.079	0.069	0.062	17	17	27
	7月	7.6	8.7	9.2	0.63	0.88	0.85	0.061	0.065	0.069	35	50	35
	8月	21	26	9.3	6.5	4.5	0.81	0.38	0.32	0.055	710	430	34
	9月	11	14	21	1.5	1.8	2.2	0.18	0.29	0.17	57	50	100
H24	10月	9.2	12	16	1.1	1.4	1.7	0.092	0.12	0.11	45	85	120
	11月	6.2	6.3	6.5	1.2	0.84	1.3	0.067	0.066	0.050	27	30	31
	12月	5.4	5.1	5.6	0.99	1.3	1.4	0.080	0.089	0.046	5.7	9.7	18
	1月			4.0			2.7			0.024			4
	2月		5.3	5.1		1.3	1.7		0.046	0.051		2.3	5.1
	3月	3.6	4.6	5.3	0.88	1.3	1.7	0.064	0.065	0.043	8	12	24
	4月	4.2	5.8	9.4	1.1	1.1	1.6	0.078	0.086	0.090	19	33	52
	5月	4.9	4.7	6.9	0.44	0.74	0.80	0.065	0.060	0.075	50	22	25
	6月	5.5	4.8	7.8	0.50	0.53	0.69	0.071	0.074	0.059	17	9.7	19
	7月	6.4	7.9	8.7	1.0	1.5	1.1	0.078	0.098	0.071	49	51	20
	8月	6.7	8.1	9.7	0.73	0.93	1.0	0.05	0.076	0.071	25	31	46
	9月	8.7	9.4	9.5	1.3	1.6	1.1	0.10	0.10	0.075	53	68	86
	10月	7.3	6.2	10	0.92	0.98	1.3	0.074	0.065	0.081	66	44	80
	11月	7.0	7.8	7.1	0.78	0.78	1.0	0.068	0.066	0.062	49	65	27
	12月	4.4	5.4	6.3	0.68	1.1	1.1	0.055	0.080	0.039	6.8	8	16
	1月	4.2	4.5	4.2	0.82	0.88	1.4	0.074	0.060	0.032	15	10	7.9
H25	2月		3.6	3.6		0.84	1.9		0.038	0.028		4	1.1
	3月	3.9	4.2	3.8	0.89	0.88	1.6	0.048	0.045	0.028	16	8.6	10

※注水量は基幹事務所管理水量を利用。

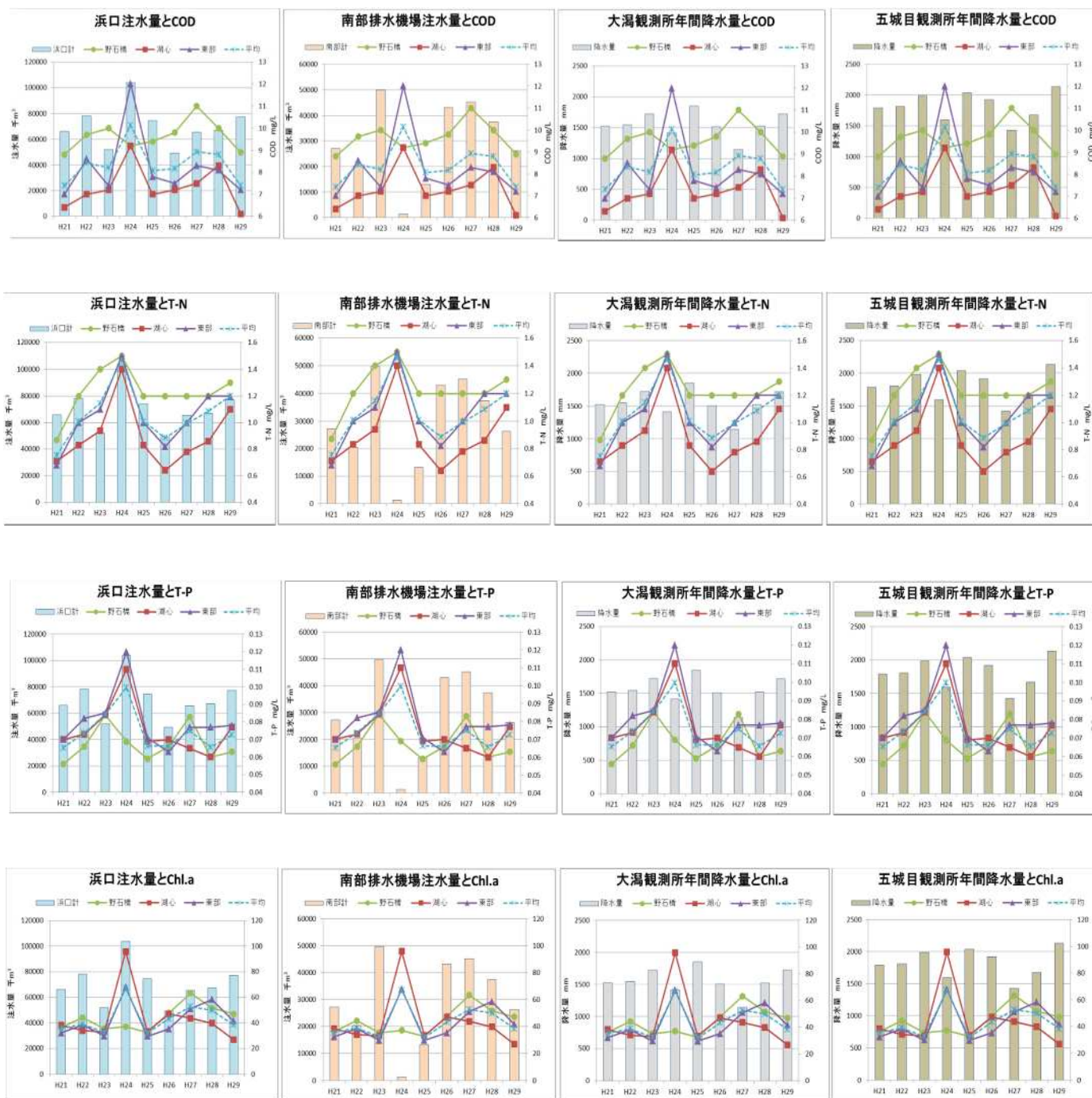
		mg/L									$\mu\text{g/l}$		
		COD			T-N			T-P			Chl.a		
		湖心	東部	西部	湖心	東部	西部	湖心	東部	西部	湖心	東部	西部
H26	4月	4.4	4.6	6.6	0.59	0.40	1.1	0.047	0.027	0.030	49	47	45
	5月	4.4	4.2	11	0.55	0.44	1.9	0.077	0.051	0.16	13	29	100
	6月	4.5	5.1	8.4	0.34	0.27	0.72	0.043	0.039	0.068	9.2	8	30
	7月	6.2	6.1	8.4	0.25	0.33	0.76	0.047	0.043	0.059	12	13	32
	8月	6.0	7.5	11	0.79	1.4	1.2	0.066	0.086	0.075	50	76	110
	9月	8.4	9.3	17	0.97	0.81	1.8	0.086	0.069	0.093	89	35	47
	10月	8.1	9.3	9.8	1.0	1.1	0.93	0.10	0.082	0.063	89	35	47
	11月	7.2	8.5	8.5	0.62	0.97	1.0	0.096	0.090	0.065	64	66	42
	12月	5.3	6.8	6.8	0.66	1.0	1.3	0.058	0.075	0.068	23	47	39
	1月		4.4	4.8		0.79	1.3		0.055	0.035		9.1	27
	2月	5.8	5.0	4.3	0.620	0.98	1.4	0.068	0.051	0.027	71	26	16
	3月	5.5	5.8	5.7	0.69	1.3	1.2	0.081	0.089	0.047	47	31	37
H27	4月	4.8	6.5	7.3	0.56	0.80	1.4	0.054	0.077	0.069	43	75	61
	5月	4.7	7.5	9.0	0.68	1.0	1.5	0.063	0.079	0.19	23	53	48
	6月	6.1	8.1	10	1.1	0.75	1.0	0.057	0.063	0.091	22	35	68
	7月	7.6	9.7	11	0.64	1.0	1.2	0.054	0.071	0.068	37	54	65
	8月	9.3	14	12	1.0	1.6	1.0	0.068	0.11	0.075	100	150	79
	9月	7.5	11	13	1.2	1.6	1.5	0.087	0.11	0.090	27	61	110
	10月	7.7	8.0	11	0.67	0.98	1.2	0.061	0.055	0.073	64	25	61
	11月	5.5	8.3	8.7	0.67	0.93	0.86	0.063	0.088	0.11	24	55	71
	12月	5.9	7.5	8.0	0.56	0.78	0.76	0.063	0.088	0.060	26	33	52
	1月	4.2	5.5	7.8	1.0	0.70	1.2	0.060	0.045	0.045	32	30	63
	2月	5.7	4.8	6.5	0.54	1.2	1.1	0.089	0.067	0.069	52	11	38
	3月	5.6	6.0	7.9	0.74	0.87	1.1	0.061	0.071	0.060	73	30	43
H28	4月	4.8	8.1	8.2	0.38	0.99	0.98	0.047	0.085	0.074	33	65	62
	5月	4.9	6.3	8.9	0.73	0.76	0.58	0.068	0.054	0.12	16	13	68
	6月	6.1	7.0	10	0.46	0.49	0.77	0.045	0.036	0.040	28	15	43
	7月	8.3	12	13	0.34	0.45	0.60	0.043	0.11	0.038	33	64	84
	8月	9.7	20	12	1.2	2.4	1.2	0.064	0.10	0.030	110	240	80
	9月	9.7	14	13	1.4	1.7	1.7	0.097	0.15	0.098	62	100	51
	10月	8.3	7.2	9.6	1.3	1.9	1.3	0.093	0.087	0.061	41	50	52
	11月	5.6	7.2	8.4	0.65	0.86	0.96	0.049	0.063	0.057	44	58	78
	12月	5.4	6.6	7.2	1.0	1.5	1.4	0.056	0.071	0.062	27	20	33
	1月	4.7	5.3	6.0	0.82	0.93	1.5	0.050	0.052	0.047	26	28	32
	2月	3.9	4.9	4.5	1.1	1.7	2.0	0.054	0.039	0.038	13	8.6	8.4
	3月	5.0	6.1	6.1	0.92	1.3	1.4	0.056	0.075	0.055	44	38	28
H29	4月	4.4	6.3	8.1	0.66	1.2	1.1	0.049	0.10	0.072	36	54	100
	5月	4.1	3.6	6.5	0.49	0.46	0.56	0.066	0.057	0.059	18	28	34
	6月	6.0	7.0	7.7	1.1	0.73	1.2	0.060	0.057	0.046	17	12	13
	7月	5.9	7.2	8.9	0.72	1.1	1.0	0.067	0.090	0.076	26	22	50
	8月	7.1	8.0	10	1.2	1.3	1.3	0.067	0.056	0.068	50	48	69
	9月	6.7	13	12	1.7	1.8	1.2	0.11	0.10	0.082	43	140	96
	10月	6.9	9.0	10	1.5	1.7	1.6	0.097	0.12	0.092	45	73	69
	11月	6.1	7.0	8.2	1.0	1.0	1.4	0.086	0.083	0.071	42	59	45
	12月	4.7	5.1	4.9	1.3	1.6	1.4	0.10	0.098	0.048	9.6	4.5	18
	1月	4.1	4.5	5.3	0.97	1.0	1.6	0.083	0.048	0.052	10	14	30
	2月	4.0	4.4	4.8	1.3	0.94	1.6	0.092	0.058	0.045	5	28	17
	3月	3.8	4.6	5.0	0.90	1.1	1.3	0.052	0.067	0.042	20	15	23

※注水量は基幹事務所管理水量を利用。

参考3 地点毎の経月推移



参考 4 各水量と基準点の水質



対策の名称 No. 5 湖内流動化

（2）大久保湾の流動化（湖水の湖外循環による水質浄化）

1 目的

調整池南東部（以下、「大久保湾」という。）は、著しい停滞水域となっている。そこで、南部干拓地の既存農業用施設を活用し、湾内の水を流動化させて、滞留時間を短縮し、調整池の水質改善やアオコの発生抑制を図る。

2 検討する対策の概要

①湖水の湖外循環による水質浄化

- ・ 滞留している湖水を、湖外の農業用排水路を流下させて排水機場で湖内に戻す。
- ・ 南部干拓地の水路等の流下能力等は把握出来たため、今後は水路内での水質改善効果を把握する。そして、他の区域の農業施設の利用可能性を調査し、農業用排水路を活用した「湖水の湖外循環」による水質浄化を検討する。

3 検討する対策の経緯

- ・ 第2期計画では、大久保湾の流動化を試験的に実施することになっていた。
- ・ 農業用施設の状況を調査したところ、水路の状況から、防潮水門付近での放流は難しいことが分かり、中間地点の天王東排水機場からの放流として試験を行った。
- ・ その結果、一定水量の流下や、水位低下に応じた排水機の運転方法等を確認した。しかし、現状で流動化できた流量は $0.79\text{m}^3/\text{s}$ と小さく、流出地点の湖水流況調査から、大久保湾全体に与える影響は低いものと思われた。
- ・ この水量を条件にした水質予測シミュレーションでは、流量 $0.79\text{m}^3/\text{s}$ では湖心の水質改善効果は見込めないこと、それには少なくとも $1.00\text{m}^3/\text{s}$ を超える流量が必要であることが分かった。
- ・ 一方、水質ではSSやChl. aが水路流入水よりも流出水で低下する傾向が見られた。

4 期待される効果

- ・ 農業用排水路を活用した「湖水の湖外循環」による水質浄化システムを構築出来れば、そのシステムに対応可能が箇所数に応じて負荷削減量を増やすことができる。

【H29実証試験結果】

①流動化 平均流量 $0.79\text{m}^3/\text{s}$ 流動化量 14日間 239千 m^3

②水路延長 約4km

③水質改善 SS 42mg/L → 9mg/L (取水口→排水機場出口)
T-N 1.2mg/L → 1.1mg/L (")
Chl. a 15mg/L → 7.2mg/L (")
T-P 0.12mg/L → 0.30mg/L (") (末端で悪化)

5 考慮すべき課題

- ・農業用排水路での負荷削減を目的とした場合、負荷の持ち出しの方法と費用を検証する必要がある。
- ・水路流入水よりも流出水でT-Pが上昇しているが、農地由来なのか排水路由来なの明確ではないため、原因を確認する必要がある。

6 事務局（案）

- ・水路内での水質改善効果を把握するとともに、他の区域の農業施設の利用可能性を調査する。
- ・地区内用水路を活用した「湖水の湖外循環」による水質浄化を検討する。

参考資料

- ・ 大久保湾流動化対策検討事業

大久保湾流動化対策検討事業

八郎湖環境対策室

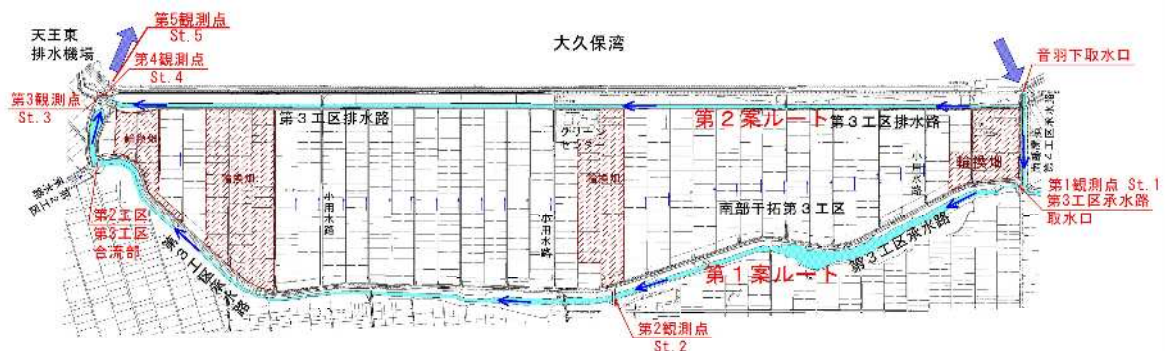
1 事業概要

南部干拓地区等における既存の農業用排水路や排水機場等の運用管理と連携して、大久保湾の湖水を流動させる実証試験を行なうとともに、水質調査、湖水の流動状況の観測を行なう。

2 平成29年度概要

大久保湾の水を音羽下取水口から取水し、第3工区承水路に導水し、承水路(第1案ルート)・排水路(第2案ルート)を並行して流下させ、天王東排水機場から調整池に午前9時～午後3時まで(6時間)強制排水する事により、流動化を図る。

実証試験	第1週目	平成29年7月24日～7月28日 (24日は前日の大雨で湛水したため中止)	
	第2週目	平成29年7月31日～8月 4日	
	第3週目	平成29年8月21日～8月25日	
水質調査	試験前	平成29年7月24日	
	1回目	平成29年7月28日	
	2回目	平成29年8月23日	
流動調査	事前調査	平成29年6月26日	排水機運転なし
	1回目	平成29年7月28日	排水機2台運転 (排水量1.928m ³ /s)
	2回目	平成29年8月23日	排水機5台運転 (排水量4.381m ³ /s)



3 実証試験結果

	St.1(第3工区承水路取水口)	St.5(機場排水口)
平均流量	Q=0.79m ³ /s	承水路用2台 1.82m ³ /s 排水路用2台 1.52m ³ /s
流入時間 (排水)	T=84hr (14日×6hr)	承水路用 61.2hr/2台 排水路用 131.6hr/2台
流動化量	Q=0.79×3,600×84= 239千m ³	承水路用 200千m ³ 排水路用 360千m ³ 合計 560千m ³

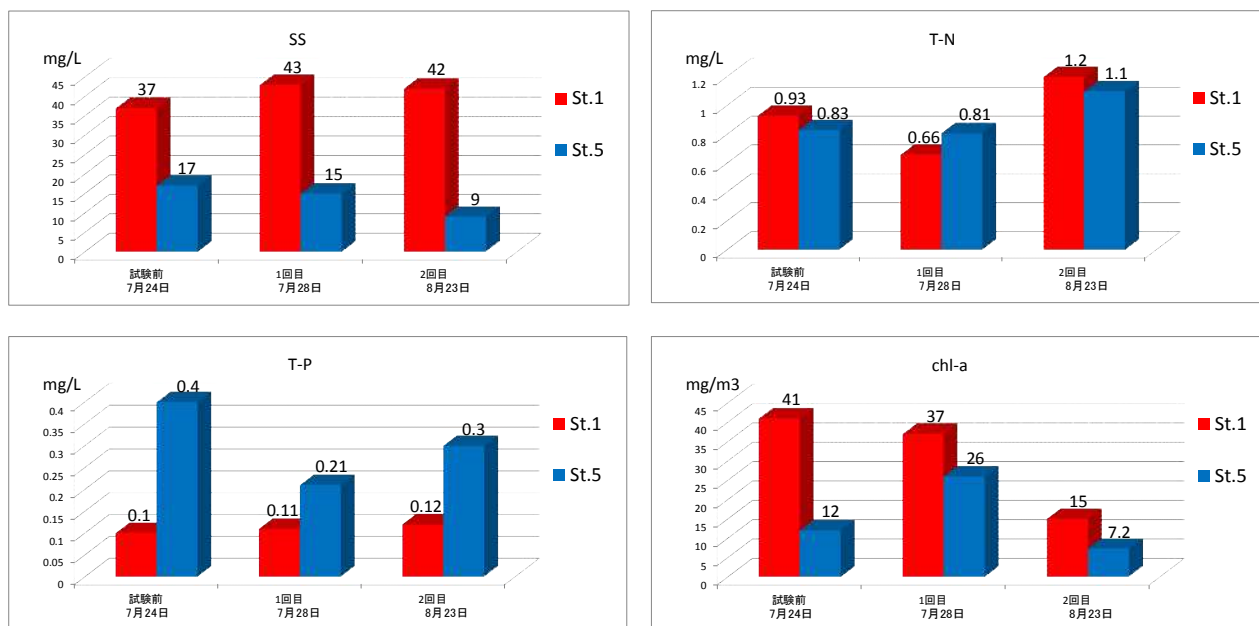
試験目標流入量 $q=1.00\text{m}^3/\text{s}$ に対し、実証試験の平均流入量は $q=0.79\text{m}^3/\text{s}$ であった。

排水機は午前9時～午後3時まで連続運転を想定していたが、承水路の横断施設が狭小な事や、ヨシや水草の繁茂が水の流れを阻害し、水の流れが下流に伝わらず、排水機の低水位感知による自動停止が度々発生した。

調整池の管理水位が8月上旬から下がり始める(8/11 EL+0.70m、9/11 EL=+0.50m)ため、湖と地区内の水位差が小さくなり取水しにくい事に加え、流動化試験による承水路の水位低下が、農業用水の取水に影響を与える事が判明した。

4 水質調査結果

試験前と試験中における、取水口 (St.1第3工区承水路取水口) と吐出口 (St.5排水機場出口) の比較。



流動化実証試験による水質の変化を比較した結果、SS、chl-aについては流入水より吐出水が低下する傾向が見られ、地区内水路の流下により水質が改善されている事が確認された。

T-Pの吐出水の値が高いのは、第3工区排水路 (St.4第3工区排水路末端) の濃度が高いため、農地から排水路への流出なのか、排水路自体の溶出なのか、原因は不明である。

5 湖水の流動状況

流動状況の観測は、音羽下取水口及び天王東排水機場の湖水側とし、流動状況を超音波多層式流速計 (ADCP) により流速、流向、水深を、排水機の稼働台数を変えながら3回行った。

①調査条件

	事前調査(参考)	第1回	第2回
作業実施日	6月26日	7月28日	8月23日
取水条件	自然流入		
排水条件	ポンプ稼働なし	ポンプ2台稼働 φ800mm 1.266m ³ /s × 1台 φ600mm 0.716m ³ /s × 1台 計 1.982m ³ /s	ポンプ5台稼働 φ700mm 0.866m ³ /s φ500mm 0.500m ³ /s φ800mm 1.266m ³ /s φ600mm 0.716m ³ /s φ700mm 1.033m ³ /s 計 4.381m ³ /s
作業実施時間	9:00~16:00		
現地水位	T.P.+1.05	T.P.+1.01	T.P.+0.70
防潮水門放流量		3,685千m3(放流10:00~閉鎖15:00)	5,840千m3(放流10:20~閉鎖16:00)
防潮水門上流側水位		放流時T.P.+0.82・閉鎖時T.P.+0.71	放流時T.P.+0.82・閉鎖時T.P.+0.67
降雨量	前日(6/25) 0.0mm 当日(6/26) 3.5mm	前日(7/27) 0.0mm 当日(7/28) 0.0mm	前日(8/22) 26.0mm 当日(8/23) 5.0mm
天候	晴れ	晴れ	曇り
気温	16.5℃~19.5℃	27.9℃~29.2℃	25.1℃~26.4℃
風向・風速	北西・2.7m/s	西南西・3.1m/s	南西・3.2m/s

※秋田地方気象台 五城目観測所より

②超音波多層式流速計(ADCP) 参考資料

エディンガー ADCPを活用した技術提案

株式会社 ウヌマ地域総研

地域拠点コンサルタントとして、フットワーク良く、高品質な技術を提案します。

「ADCP」とは アコースティック ドップラー カーレント プロファイラー Acoustic Doppler Current Profiler: 超音波多層式流速計

当社が取り扱うADCPは米国SonTek(ソントック)社が開発したRiverSureyor(リバーサーベイヤ)です。このRiverSureyorは高精度な3次元流速分布やボトム深浅形状、流量データが得られる簡易かつ高精度なドップラー式3次元流速・流量計です。当社ではこのADCPを製品仕様区分から「M9」(エムナイン)と呼称しています。小型で搬送性に優れ、データの信頼性が極めて高く、あらゆる河川や水路、水域での計測に威力を発揮します。東北では民間企業初導入です。

3次元の流向・流速、水深を同時計測

超音波を利用し、3次元で流向・流速、水深を同時に計測します。さらに流量算定が可能で、流量観測の精度が高まります。

水深20cm～80mのダイナミックな河床起伏に対応

3周波数(9ビーム)の自動切替により高い解像度と幅広い水深に対応し、河床起伏がダイナミックな河川での計測に効果的です。深浅測定及び河床の3次元計測ができます。

GPSが使用できない場所でも自らが移動情報を把握

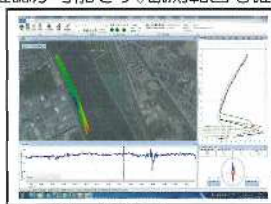
計測時の位置情報は通常GPS(RTK-GPS)によって特定しますが、GPSが受信不能箇所ではボトムトラックによって自ら位置情報を特定します。

小型で持ち運びに便利、移動観測が可能

本体重量2.3kgで持ち運びに便利で、船舶やゴムボート等への装着が可能です。小型三胴船に装着しても計測できます。

観測データを現場でリアルタイム確認が可能

ソフトウェアの活用により、現地にて流向・流速、水深等の観測データの確認が可能です。観測範囲も確認できます。



リアルタイム確認



ADCP(M9)による計測状況



ADCP(M9)による流向・流速、水深観測イメージ

③調査結果

排水機による強制排水である事から、吐出口近郊では流速増加が顕著となっている。

特に吐出量を増加させた2回目(8月23日)では、高流速の範囲が1回目(7月28日)に比べ、約2倍に拡大している事が見られる。

取水口は自然流下である事から、取水口への流向は確認されたものの、顕著な流速の変化は見られなかった。

流動化試験が周辺の流動化に影響がある事が確認されたが、大久保湾全体の流動化に対しては、影響範囲の規模から全体に与える影響は低いものと思われる。

大久保湾全体流動化状況図

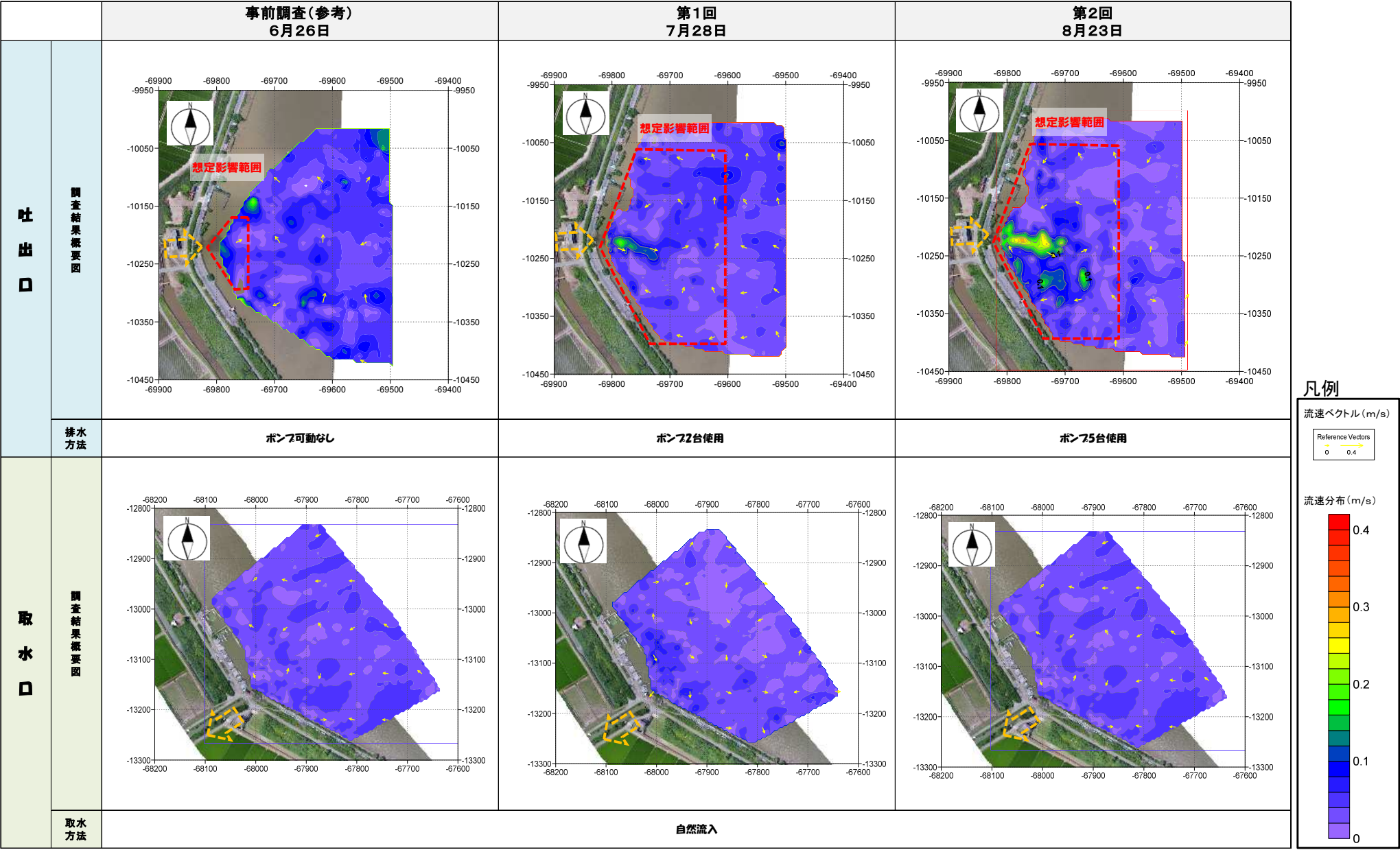
H29.7.28



H29.8.23

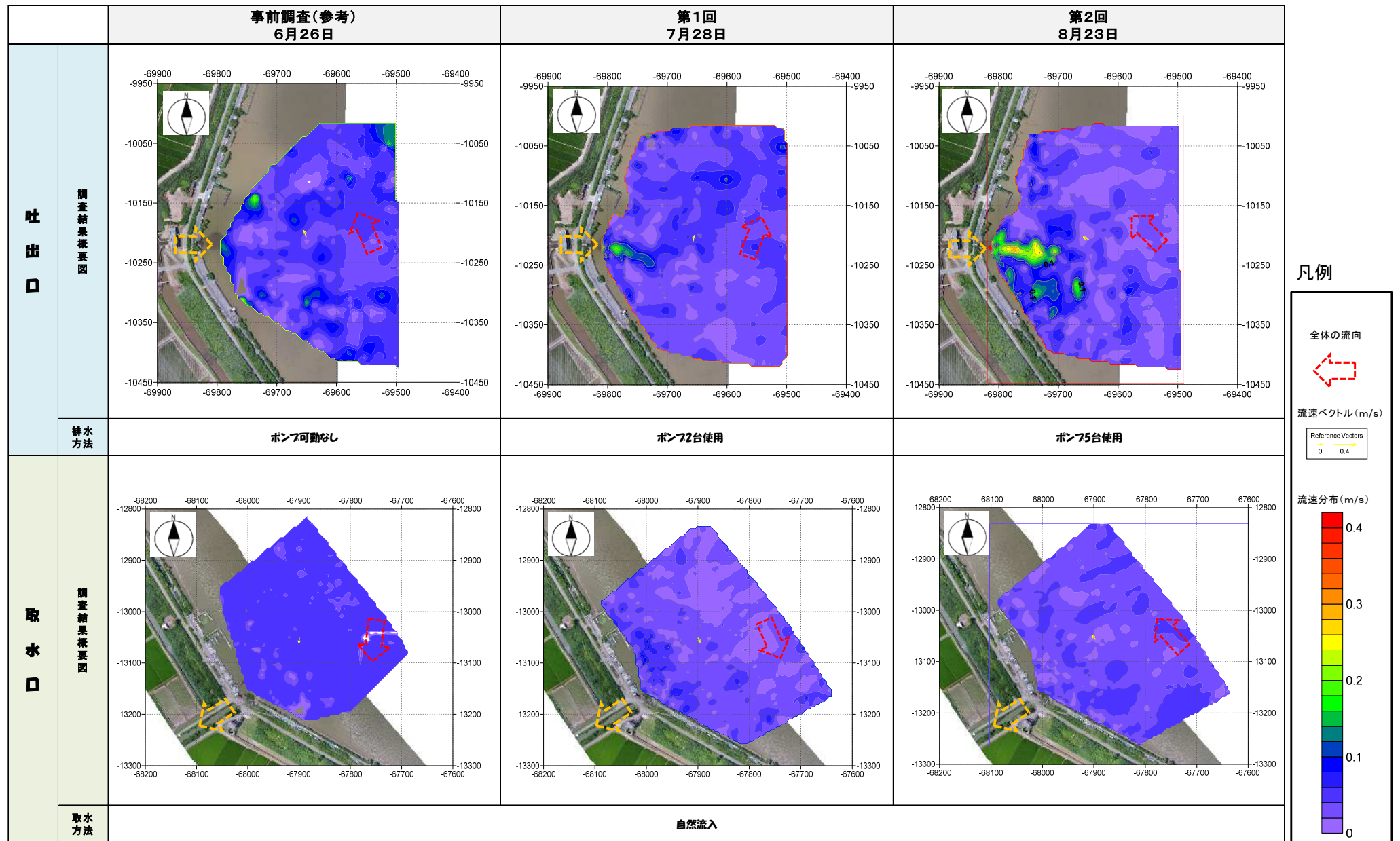


3層平均流向・流速 調査結果概要図 一覧表



※表層・中層・低層の平均値

全体流向調査結果概要図 一覧表



※全測定地点の統合値