

令和3年度

清流の国ぎふづくり大江川環境対策協議会

## 過年度調査のとりまとめ

令和4年3月

---



# 協 議 会 資 料 目 次

第 1 章	協議会について	1
第 2 章	過年度調査結果の整理	2
2.1	調査地点位置	2
2.2	大江川におけるアオコ発生状況（平成 22 年度～令和 3 年度）	3
2.3	水質状況	5
2.3.1	大江川上流～下流における水質分布	5
2.3.2	大江川が揖斐川の水質に及ぼす影響について	6
2.3.3	水質改善効果	7
2.4	栄養塩類の状況	12
2.5	河川水面の滞留状況	14
2.5.1	流れによる滞留	14
2.5.2	水面の波浪	16
2.6	経年的な気象状況	17
2.7	動植物プランクトンの発生状況	19
2.7.1	アオコ原因種	19
2.7.2	プランクトンの種間相互作用	20
2.8	アオコの成分分析	22
第 3 章	アオコ対策の効果検証	24
第 4 章	まとめ	26
4.1	過年度調査のまとめ	26
4.2	今後の方針	26

## 第1章 協議会について

清流の国ぎふづくり大江川環境対策協議会は、平成22年度の大江川においてアオコ集積による悪臭被害が発生したことを契機に、水質浄化を目的として設置された。本協議会は植物学や水環境工学を専門とする学識経験者をはじめ、国、海津市等の関係機関を構成員とし、大江川におけるアオコ発生メカニズムの解明や、具体的な水質浄化対策について幅広く検討してきた。過年度の対策実施状況および協議会内容の一覧を表1.1に示す。

表 1.1 過年度の対策実施状況および協議会内容の一覧

年度	実施した浄化対策	協議会意見	協議会意見(太字部)を受けて実施した調査
H22※	バキューム除去 オイルフェンス設置 人力除去 ポンプ注水	・導水による流れの創出、もしくは富栄養化抑制の試験を実施する。 ・アオコ発生について、気象条件、水温以外に、その前後の水質を把握する。 ・ <b>栄養塩類の流入負荷を低減するにあたり、流入源を精査することが重要である。</b>	【H25～H28 流入源調査】 大江川最上流部に流入する2つの排水路および今尾市街地より流入する排水路におけるリンの負荷量が大いことが判明。生活雑排水の影響が大いと考えられ、下水道普及率の向上等による上流域のリン濃度の低減を課題として取り組む。
H23	導水社会実験 船による攪拌 空心菜の栽培	・ <b>底泥からの栄養塩類の溶出を調査する。</b> ・ <b>船による攪拌、揖斐川からの導水実験を行い、その効果を検証する。</b>	【H23 溶質試験】 大江川ではリン濃度が高く、嫌気性条件下ではリンの溶出が著しいことがわかった。底泥からのリンの溶出を抑えるためにはDOの供給により水質を好気性条件とする必要がある。 【H23 導水社会実験】 揖斐川からの導水実験により、DOや窒素、リンの改善効果が認められた。
H24	導水社会実験 水質対策船による攪拌 浚渫	・大江川におけるアオコの発生メカニズムが以下のように整理された。 ○大江川の水質環境は、一般的なアオコの発生条件(高温、滞留、高濃度の栄養塩類等)を全て満たしている。 ○晴天による高温状態が続き、水温が30℃近い状態が一週間程度維持されると、アオコが大量発生する可能性が高くなる。 ○発生したアオコは風により吹き流され、流れのない箇所へ集積する。	
H25	導水 空心菜の栽培	・最終的な目標は、浄化対策によりアオコの発生がなくなることであるが、抜本的な解決には長期間を要する。当面の目標はアオコ発生をレベル2程度に抑制することである。 ・アオコ発生時期には、アオコバトロールを馬目橋だけでなく流域全体にて行う。	
H26	導水 空心菜の栽培	・昨年度と同様の調査、対策を継続実施する。	
H27	導水 空心菜の栽培	・導水は上流側の直線区間(地点3まで)で効果が見られるが、地点3より下流部においては効果が見られない。 ・昨年度と同様の調査、対策を継続実施する。	
H28	導水 フィルター材による濾過 樋門の開放 空心菜の栽培 船による攪拌	・今年度初めて実施したアオコのフィルター濾過は、応急的な措置として非常に有効である。 ・長期的には、下水道整備および単独浄化槽から合併浄化槽への切りかえが一番重要になってくる。 ・ <b>アオコの発生源がどこであるかを特定する必要がある(特定の場所で発生し、流されてきているのか否か)。</b>	【H30 アオコ追跡調査】 定点カメラにより、その場所ごとに発生したアオコが行ったり来たりする状況が確認された。塩類濃度は大江川全川にわたって高く、アオコは中～下流域にかけて概ね同時期に発生していることから、アオコの発生源は特定の場所ではないと判断された。
H29	導水 放水による攪拌 空心菜の栽培	・過去5年間の導水により、局所的に水質改善効果が見られたが、大江川全体として明瞭な改善傾向は見られない。 ・これまでに取り組んでいる下水道の普及について、今後その効果検証をしていくためには、水質調査を継続する必要がある。 ・アオコが大発生した場合には、昨年度同様にフィルター材による除去を実施していく。	
H30	フィルター材による濾過 放水による攪拌	・馬目橋付近ではアオコレベル3が確認されたものの、フィルター材による除去や高圧水放水により、悪臭発生には至らなかった。 ・ <b>アオコ自体にどんな有機・無機成分が吸収されているかを分析すれば、アオコ発生に必要な水質条件が分かる可能性があるため、アオコの生体成分を精査してほしい。</b>	【R3 文献調査】 R1以降はアオコの大発生が確認されず、成分分析を実施することができなかったため、文献調査を実施。
R1	フィルター材による濾過	・ <b>プランクトン調査により、種による特異性が見受けられた。アオコ発生メカニズムの根本になると思われるため、纏めて調査をすると良い。</b>	【H30～R2 動植物プランクトン調査】 年度間比較や中江川との種構成比較により、アオコ原因種とクシヨウモ等の緑藻類の競争関係が示唆された。
R2	ポンプによる水流創出	・今後はアオコバトロールおよび定期調査を継続し、降水量、日照時間といった気象条件と併せてアオコの発生を注視していく。 ・発生状況等に応じてアオコ対策を準備・実施し、悪臭等の被害発生を防止することを管理目標とする。 ・下水道普及率の向上による流入栄養塩類等の削減について、一層の努力が必要である。 ・基礎的な気象、水質検査等の調査を引き続き行うとよい。	

※大江川悪臭対策調整会

## 第2章 過年度調査結果の整理

### 2.1 調査地点位置

大江川およびその周辺において、これまでに水質調査やアオコ発生状況調査を実施した地点を図 2.1 に示す。



図 2.1 調査地点の位置図

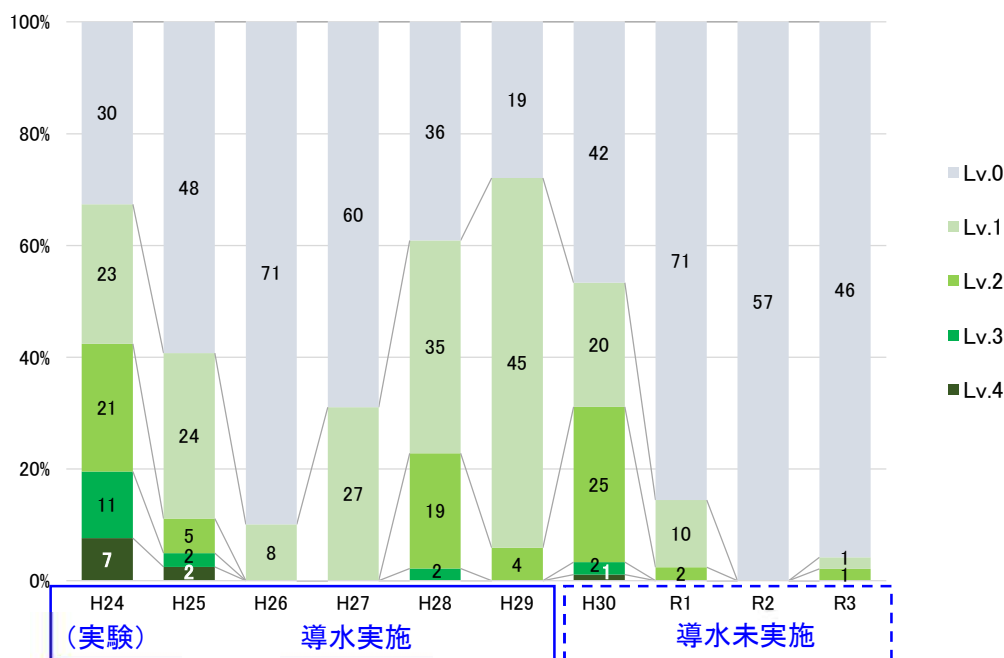
※県域統合型 GIS ぎふ より

## 2.2 大江川におけるアオコ発生状況（平成 22 年度～令和 3 年度）

平成 22 年度にアオコが大発生した地点である馬目橋付近において、海津市が実施したアオコパトロールで確認されたアオコの発生状況を図 2.2 に示す。また、アオコ発生状況調査を実施した平成 26 年度～令和 2 年度のアオコ発生状況を表 2.1 に示す。

馬目橋（アオコパトロール）では平成 24 年度～令和 3 年度の 10 年間のうち、アオコの発生は令和 2 年度を除く 9 年で確認され、このうちアオコレベル 4 以上が確認された年は平成 24 年度、平成 25 年、平成 30 年度の 3 回であった。

アオコの発生量、発生地点および発生時期は年度によってばらつきが大きい（表 2.1）、発生自体はほぼ毎年見られる。しかし、平成 22 年度以降にアオコによる悪臭被害が発生した年はなく、悪臭を発するほど大発生するのは稀なケースである。また、アオコの発生は導水の有無と連動していないことから、外気温や水温、天気（日照時間）といった気象条件、あるいはウキクサの大量発生に左右されると考えられる。



※ 海津市アオコパトロールデータより作成

図 2.2 アオコレベルごとの発生日数割合（H24～R3，馬目橋）

表 2.1 アオコ発生状況 (H25~R2)

地点	地点	7月11日	7月18日	7月25日	8月1日	8月8日	8月15日	8月22日	8月29日	9月5日	9月12日	9月19日	9月26日	
		導水前	導水中	導水中	導水中	導水中	導水中	導水中	導水中	導水中	導水中	導水中	導水中	導水後
H25	上流	上一色橋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	中流	赤池橋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		大江橋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		馬目橋	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	下流	渡橋	3	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	
万寿橋		2	-	2	-	2	2	3	2	-	-	-		
地点	地点	7月1日	7月8日	7月18日	7月25日	8月1日	8月8日	8月15日	8月22日	8月29日	9月5日	9月12日	9月19日	
		導水中	導水中	導水中	導水中	導水中	導水中	導水中止	導水中	導水中	導水中	導水中止	導水中止	
H26	上流	上一色橋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	中流	赤池橋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		大江橋	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	
		馬目橋	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	
	下流	渡橋	-	2	1	1	-	-	1	-	-	-	-	
辛亥橋		3	2	1	1	1	1	-	1	-	-	-		
石亀橋		3	3	1	2	1	1	-	-	-	-	-		
万寿橋		3	3	2	2	2	1	-	1	-	-	-		
地点	地点	7月7日	7月10日	7月17日	7月24日	7月31日	8月7日	8月14日	8月21日	8月28日	9月4日	9月11日	9月18日	9月28日
		導水中	導水中	導水無	導水無	導水中	導水中	導水中	導水無	導水有	導水中	導水無	導水無	導水後
H27	上流	桃山橋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	中流	上一色橋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		赤池橋	-	-(ウキクサ)	-(ウキクサ)	-(ウキクサ)	1	1	1	-(ウキクサ)	-(ウキクサ)	-(ウキクサ)	-	-
		大江橋	1	1	1	1	2	1	2	-	-	-	-	-
	下流	馬目橋	1	1	-	1	2	1	1	-	-	-	-	-
		渡橋	1	1	1	1	2	1	2	1	1	-	-	-
		辛亥橋	-	-	-	2	2	1	1	-	-	-	-	-
		石亀橋	1	-	1	2	2	3	3	2	1	1	-	-
万寿橋	1	1	1	2	2	3	3	2	1	2	-	-		
地点	地点	7月1日	7月8日	7月15日	7月22日	7月29日	8月5日	8月12日	8月19日	8月26日	9月2日	9月13日	9月20日	9月27日
		導水前	導水前	導水前	導水前	導水前	導水前	導水前	導水中	導水中	導水中	導水中	導水無	導水中
H28	上流	桃山橋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	中流	上一色橋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		赤池橋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		大江橋	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
	下流	馬目橋	-	-	-	-	-	-	-	3	2	-	2	2
		渡橋	-	-	-	-	1	-	2	1	1	2	1	-
		辛亥橋	-	-	-	-	1	1	1	3	2	2	2	2
		石亀橋	-	-	-	1	1	1	3	3	3	2	2	3
万寿橋	-	-	-	-	1	1	2	3	2	2	2	2		
地点	地点	7月4日	7月11日	7月18日	7月25日	8月1日	8月9日	8月15日	8月22日	8月29日	9月5日	9月13日	9月19日	9月26日
		導水前	導水前	導水前	導水前	導水前	導水前	導水前	導水中	導水中	導水中	導水中	導水中	導水中
H29	上流	桃山橋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	中流	上一色橋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		赤池橋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		大江橋	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	-	-
	下流	馬目橋	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	-	-
		渡橋	-	-	-	-	1	1	-	1	2	1	-	-
		辛亥橋	-	-	-	-	1	1	1	1	2	1	-	-
		石亀橋	-	-	-	1	1	-	1	2	2	1	2	1
万寿橋	-	-	-	-	1	1	1	2	2	1	-	1		
地点	地点	7月11日	7月18日	7月25日	8月1日	8月9日	8月15日	8月22日	8月29日	9月5日	9月12日	9月19日	9月25日	
		導水無	導水無	導水無	導水無	導水無	導水無	導水無	導水無	導水無	導水無	導水無	導水無	
H30	上流	桃山橋	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	
	中流	上一色橋	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	
		赤池橋	-	-	-	2	-	1	1	-	-	-	-	
		大江橋	-	-	2	3	2	2	2	2	2	1	2	
	下流	馬目橋	-	1	1	3	2	2	2	2	2	1	1	
		渡橋	1	-	1	3	2	1	2	2	2	1	2	
		辛亥橋	1	1	2	3	2	1	3	2	2	1	2	
		石亀橋	-	1	2	2	2	2	2	2	3	2	3	
万寿橋	-	-	2	2	3	2	2	2	2	1	3			
地点	地点	7月10日	7月17日	7月24日	7月31日	8月9日	8月16日	8月23日	8月29日	9月5日	9月12日	9月17日		
		導水無	導水無	導水無	導水無	導水無	導水無	導水無	導水無	導水無	導水無	導水無		
R1	上流	桃山橋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	中流	上一色橋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		赤池橋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		大江橋	-	-	-	-	2	1	1	1	-	-		
	下流	馬目橋	-	-	-	-	2	-	1	1	-	-		
渡橋		-	1	-	-	2	-	1	1	-	-			
辛亥橋		1	1	-	-	2	-	1	2	1	-			
石亀橋	-	2	-	-	2	1	2	2	1	-				
万寿橋	-	1	1	-	2	-	1	2	1	-				
地点	地点	7月10日	7月17日	7月24日	7月31日	8月7日	8月14日	8月21日	8月28日	9月4日	9月11日			
		導水無	導水無	導水無	導水無	導水無	導水無	導水無	導水無	導水無	導水無			
R2	上流	桃山橋	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
	中流	上一色橋	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
		赤池橋	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
		大江橋	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
	下流	馬目橋	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
辛亥橋		-	-	-	-	-	-	-	-	-				
石亀橋	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
万寿橋	-	-	-	-	-	-	-	-	-					

## 2.3 水質状況

### 2.3.1 大江川上流～下流における水質分布

アオコ発生重要な要因である総窒素、総リン濃度はともに、大江川全域で高い値を示した(図 2.3)。特に、総リンはほとんどの年度で富栄養化の基準値の 0.1mg/l を超える高い濃度を示した。また、総リン濃度は上流域で顕著に高くなるという特徴を示し、その濃度は中下流域に対して 2～3 倍程度高かった。また、総リンは導水による希釈効果により上流域で濃度が低くなる(平成 25 年～平成 27 年の 7 月、8 月平均値より)が、総窒素はそれほど変化が見られない。リン濃度が上流域で高い傾向であり、中流域、下流域においても経年的な変化は見られない。

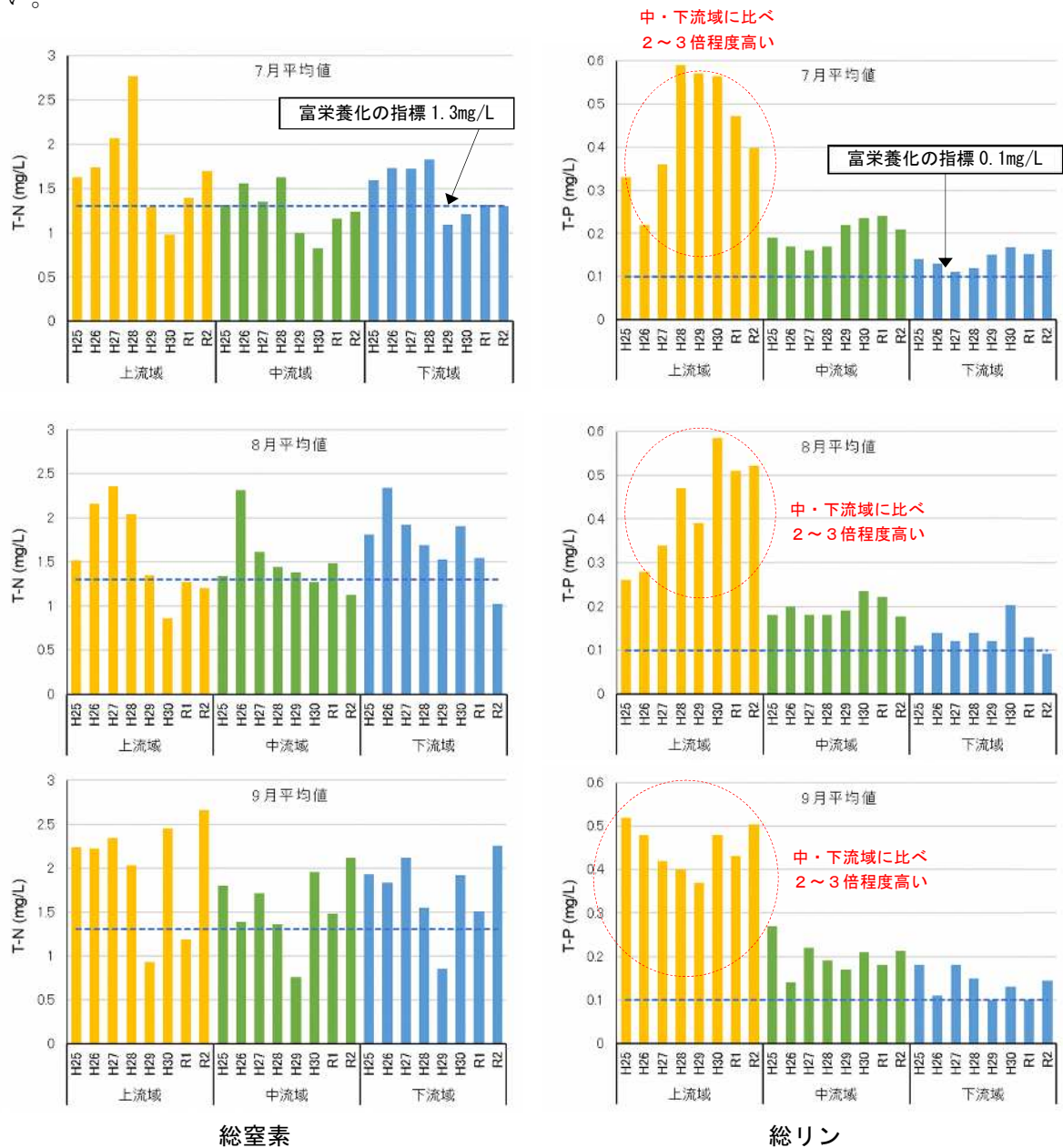


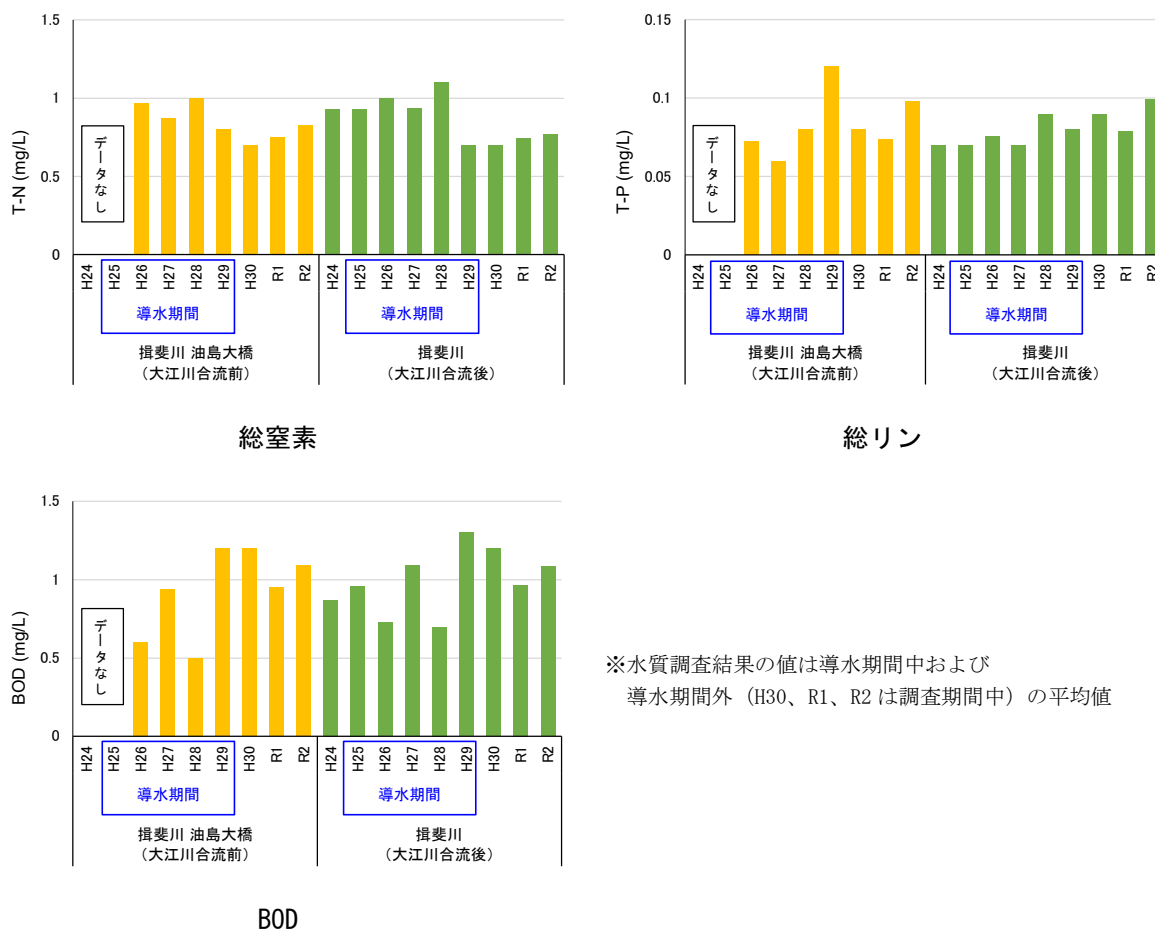
図 2.3 定期調査における総窒素・総リン濃度の上～下流比較

※上流域: 桃山橋、上一色橋、赤池橋 (H25 年度は中折橋で実施、桃山橋で未実施。R2 年度は上一色橋のみ実施。)  
 ※中流域: 大江橋、馬目橋、渡橋  
 ※下流域: 築留橋、辛亥橋、万寿橋 (石亀橋は H28 年度、29 年度、R1、R2 年度に実施。H25 年度は辛亥橋で未実施。R2 は辛亥橋、万寿橋で未実施)  
 ※導水を実施した年度 (H25～H29) についても、導水未実施期間のデータも含めて各月で平均をとっている。



### 2.3.2 大江川が揖斐川の水質に及ぼす影響について

大江川は南方へ流下したのち、揖斐川に流入する。大江川の合流前後で揖斐川の水質を調査したところ、いずれの年度においても BOD、T-P、T-N の濃度をはじめとする水質項目に顕著な差はみられなかった（図 2.4）。大江川の水質が揖斐川の水質に与える影響については明瞭な傾向は確認されず、経年的な変化傾向も見られない。



※水質調査結果の値は導水期間中および  
導水期間外（H30、R1、R2は調査期間中）の平均値

図 2.4 大江川合流前後の揖斐川における BOD、T-P、T-N の濃度

### 2.3.3 水質改善効果

#### (1) 導水

大江川では過年度に、水質改善等を目的として揖斐川からの導水を実施している。導水実施状況を図 2.5 に、導水実績一覧を表 2.2 に、導水実施の有無による総窒素・総リン濃度の比較を図 2.6 に示す。

導水を実施した平成 25 年度～平成 29 年度は、導水地点前後（桃山橋～上一色橋間）で窒素およびリン濃度の低下が見られた。導水の実施は上流域の直線区間において局所的に効果を示したが、中流域（大江橋）より下流部では効果は確認されなかった。導水実施の有無に関わらず、大江川全域において高濃度の栄養塩類が分布している状況に経年的な変化は見られない。

導水未実施の令和元年度および令和 2 年度は上流域でアオコが発生していないことから、導水実施の有無とアオコの発生状況は必ずしも対応しないことが分かる。したがって、導水は上流域の局所的な箇所には効果は見られるもののアオコの抑制に不可欠なものではなく、気温や日照時間といった気象条件がアオコの発生を決定づけていると考えられる。

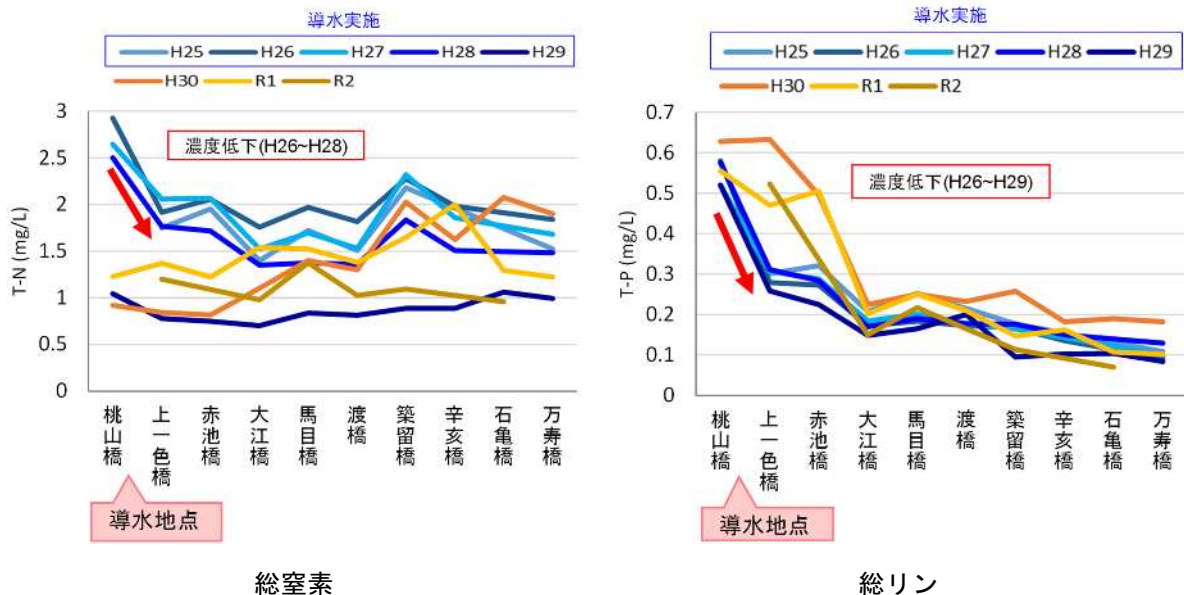


図 2.5 導水実施状況

表 2.2 導水実績一覧

	～5月	6月	7月	8月	9月	10月～	アオコレベル最大※
			アオコパトロール				
平成23年度 (実験)					9/26～10/3(1週間)		
平成24年度 (実験)		7/17～7/24(1週間)	7/30～8/6(1週間)	8/16～8/23(1週間)			4
平成25年度			7/18～9/20(64日間)				4
平成26年度			6/27～9/13(78日間)				1
平成27年度			7/3～9/17(77日間)				1
平成28年度				8/17～9/29(44日間)			3
平成29年度				8/17～9/30(45日間)			2
平成30年度			未実施				4
令和元年度			未実施				2
令和2年度			未実施				-

※アオコパトロール(馬目橋)で確認された最大アオコレベルを示す。  
 ※平成23年度はアオコパトロール未実施である。



※H28 および H29 は導水期間中の平均値を示す。  
 ※H30～R2 はアオコ発生最盛期である8月のデータを対象としている。  
 ※導水期間中の平均値であるため、その期間中に自然要因により導水を行っていない日の水質調査結果も含まれている。

図 2.6 導水実施の有無による総窒素・総リン濃度の上～下流比較

## (2) フィルター材によるアオコの濾過

大江川では過年度に、アオコ集積による悪臭被害を防止することを目的として、フィルター材を用いたアオコの濾過・除去を実施している。濾過の実施実績一覧を表 2.3 に、実施状況を図 2.7 に、濾過前後の水質比較を表 2.4 に示す。

平成 28 年 8 月に馬目橋上流側でフィルター材によるアオコ除去を実施した際には、その効果を確認するため、濾過前後の水質を調査した。その結果、SS およびクロロフィル a は約 70～80%、総窒素は約 50%、総リンは約 70% 低下することが確認された。また、同年度には中江川においてもアオコが発生し（8 月 1 日、アオコレベル 2～3）、アオコ原因種の一つであるミクロキスティス属の *Microcystis smithii* が優占した。同じくアオコの濾過・除去を実施したところ、*M. smithii* の群体数は濾過後に半数以下に減少した。

平成 30 年度はアオコの発生量が多く、馬目橋付近では 8 月上旬にアオコレベル 3、局所的にはアオコレベル 4 が確認された。フィルター材を用いた 5 日間のアオコ除去により、悪臭の発生には至らなかった。

令和元年度は、馬目橋付近で確認されたアオコ（アオコレベル 2 程度）に対してフィルター材濾過・除去を実施した。除去により一時的にアオコレベルが 1 に下がったものの、水中に残存するアオコが浮上することにより、除去作業後には再びアオコレベル 2 に戻った。フィルター材によるアオコの除去はアオコレベル 2 程度まで抑えることができるが、河川水を網羅的に濾過するわけではないため、アオコの発生量が少ない場合には除去効果が小さいことが分かった。

3 ヶ年にわたるフィルター材濾過の実施結果から、アオコレベル 3 以上の発生箇所において、悪臭発生を抑制するのに有効な対策であることが示された。

表 2.3 フィルター材によるアオコ濾過実績一覧

実施者	実施地点	H28	H30	R1
海津市	馬目橋付近	○	○	○
大垣土木	二軒屋橋付近		○	
	石亀橋付近		○	
	万寿新田大橋付近		○	○
大垣土木	大江樋門上流側	○		

○：実施



ポンプによる汲み上げと排水



アオコの濾過

図 2.7 フィルター材によるアオコ濾過の実施状況（平成 30 年 8 月 7 日、馬目橋上流）

表 2.4 フィルター材によるアオコ濾過前後の水質

水質項目		SS (mg/l)	総リン (mg/l)	全窒素 (mg/l)	BOD (mg/l)	クロロフィルa ( $\mu$ g/l)
濾過前		160	1.3	6.8	14	830
濾過後	吸出防止材	49	0.48	3.6	12	200
	濾過紙1重	38	0.40	3.1	7.4	240
	濾過紙2重	34	0.36	3.1	8.0	200
除去率 (%)	吸出防止材	69	63	47	14	76
	濾過紙1重	76	69	54	47	71
	濾過紙2重	79	72	54	43	76

※平成28年8月17日の水質調査結果を示す。

※吸出防止材：厚さ10mm、濾過紙：レーヨン製25～30 $\mu$ mメッシュ

### (3) 高圧水によるアオコの攪拌

大江川では過年度に、アオコが水面に集積するのを防ぐことを目的として、高圧水の放水による水面の攪拌を実施している。実施実績一覧を表 2.5、実施状況を図 2.8 に示す。

放水による詳細な効果は不明であるが、局所的なアオコの発生に対して拡散効果が確認されており、攪拌を実施した平成 29 年度および平成 30 年度には悪臭被害の発生には至らなかった。放水による攪拌箇所は非常に局所的なものであるため、アオコのパッチが小規模な段階で予防的に実施し、アオコの拡大を防止するという方法によりその効果が発揮されると思われる。また、放水による水面の攪拌は、フィルター材による除去のように直接的にアオコを除去するものではないことから水質改善効果は低いと思われることから、主たる対策として実施するのではなく、補助的・予防的に実施することが好ましい。

表 2.5 高圧水によるアオコの攪拌実績一覧

実施者	実施地点	H22	H29	H30
海津市	馬目橋付近	○		○
大垣土木	万寿新田大橋付近		○	

○：実施



図 2.8 高圧水による水面攪拌の実施状況（令和元年 8 月 1 日、馬目橋付近）

## 2.4 栄養塩類の状況

アオコ発生要因のひとつである栄養塩類（窒素、リン）濃度の把握および発生源の特定を目的として、アオコの追跡調査の中で水質調査を実施してきた。また、令和元年度および令和2年度は、比較対象として大江川近傍の中江川でも調査を行った。平成30年度～令和2年度における窒素、リン濃度の調査結果を図2.9に示す。

栄養塩類濃度は全川にわたって高く、特に総リン濃度は、全地点で調査期間中にわたって富栄養化の指標とされている上限濃度（T-P：0.1mg/L）に近い値あるいは超過する値で推移した。

中江川（中江橋、花こ橋）では、大江川の地点に比べて総窒素および総リン濃度が高い傾向にあった。図2.10に示すように、大江川は川幅の大きさに対して流域面積が比較的小さいが、中江川は川幅の大きさに対して流入する排水路の流域面積が大きく、大江川に比べて降雨時の栄養塩流入の影響が相対的に大きいと考えられる。

また、石亀橋（大江川下流）における総リン濃度は上中流域に比べてやや低い傾向が見られる。石亀橋では逆流が多く、リン濃度の低い揖斐川の河川水が流入していると考えられる。

経年的に見ても、大江川における栄養塩類（特にリン）の濃度は上流～下流の全川にわたって高く、全地点がアオコの潜在的な発生源となり得る。

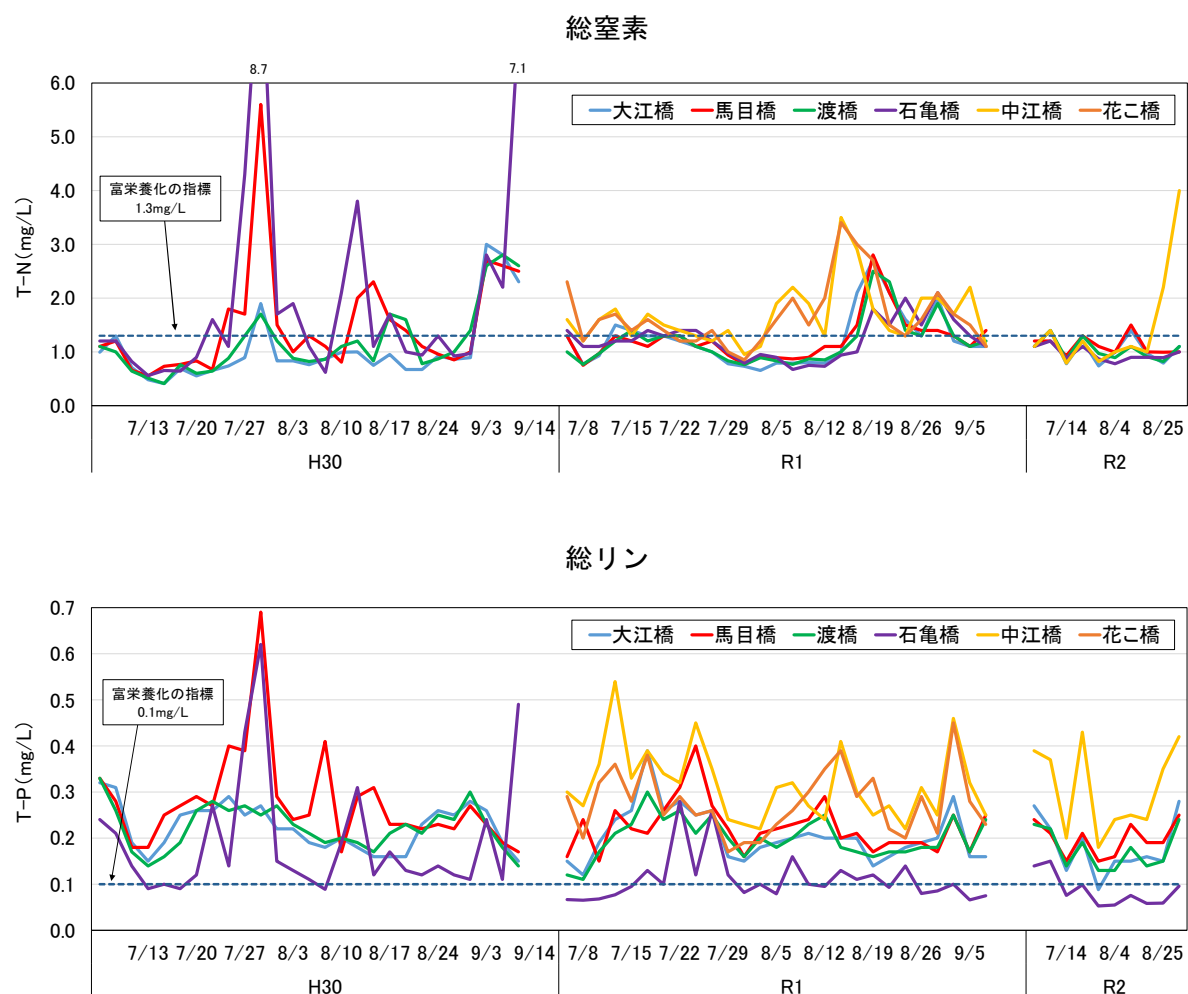
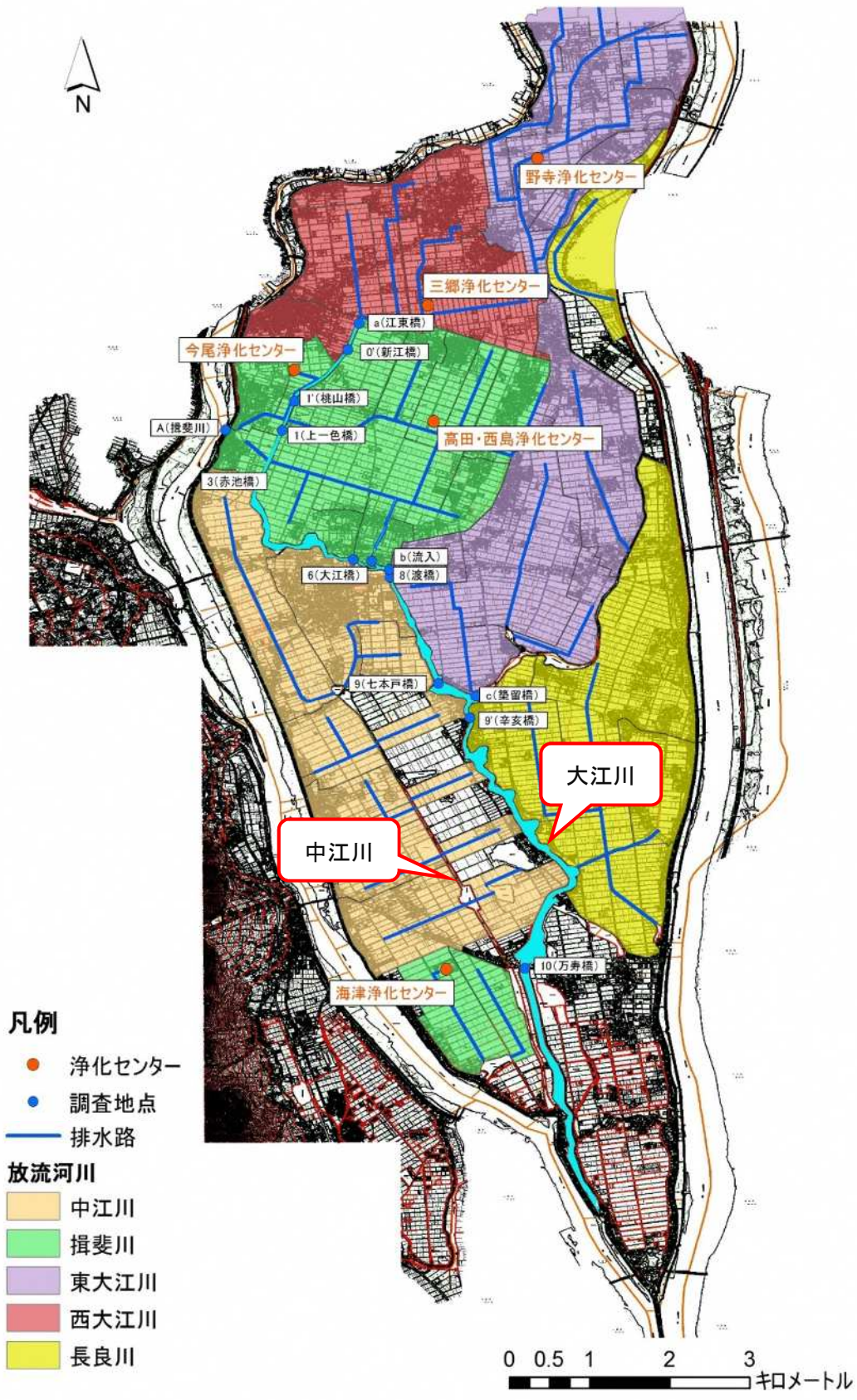


図 2.9 各地点における栄養塩類濃度（H30～R2）



※H28 年度調査結果より

図 2.10 大江川流域の排水路と受益面積



## 2.5 河川水面の滞留状況

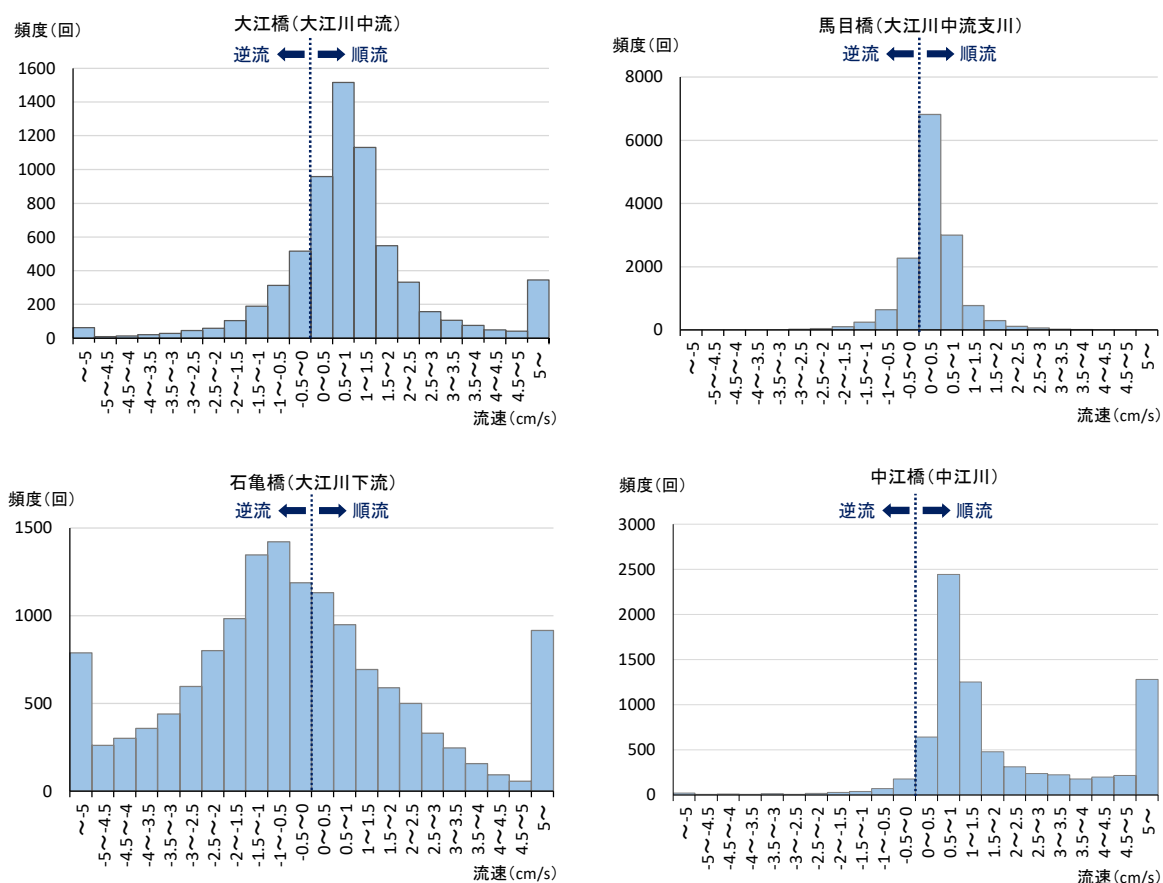
### 2.5.1 流れによる滞留

流速調査を実施した平成 30 年および令和元年のデータをもとに作成した流速の頻度分布図を図 2.11 に示す。

馬目橋（大江川中流支川）では±1cm/秒以下の流速が約 9 割を占め、流速の小ささが特徴的であった。逆流の発生は約 23%を占めており、流速の小ささと相まって、同じく大江川中流に位置する大江橋（逆流約 5 割）に比べ滞留しやすい環境にあると言える。また、石亀橋（大江川）では流速の変動が大きく、逆流の発生割合が全体の約 60%と非常に多いことが特徴的であった。小さな流速による滞留や逆流の発生はアオコの速やかな流下を妨げ、アオコが集積しやすい場所になると考えられる。

アオコレベル 3 を確認した令和元年度には、これら 2 地点において、水の流れに伴って膜状のアオコが移動・集積する様子が定点撮影により観察された（図 2.12）。

一方、中江橋（中江川）では±1cm/秒以下の流速が約 4 割を占めていたものの、逆流の発生割合は約 5%であり、馬目橋および石亀橋に比べると逆流が少ないという特徴が見られた。大江川の地点とは異なり、中江川ではアオコが発生しても比較的速やかに流下すると考えられる。

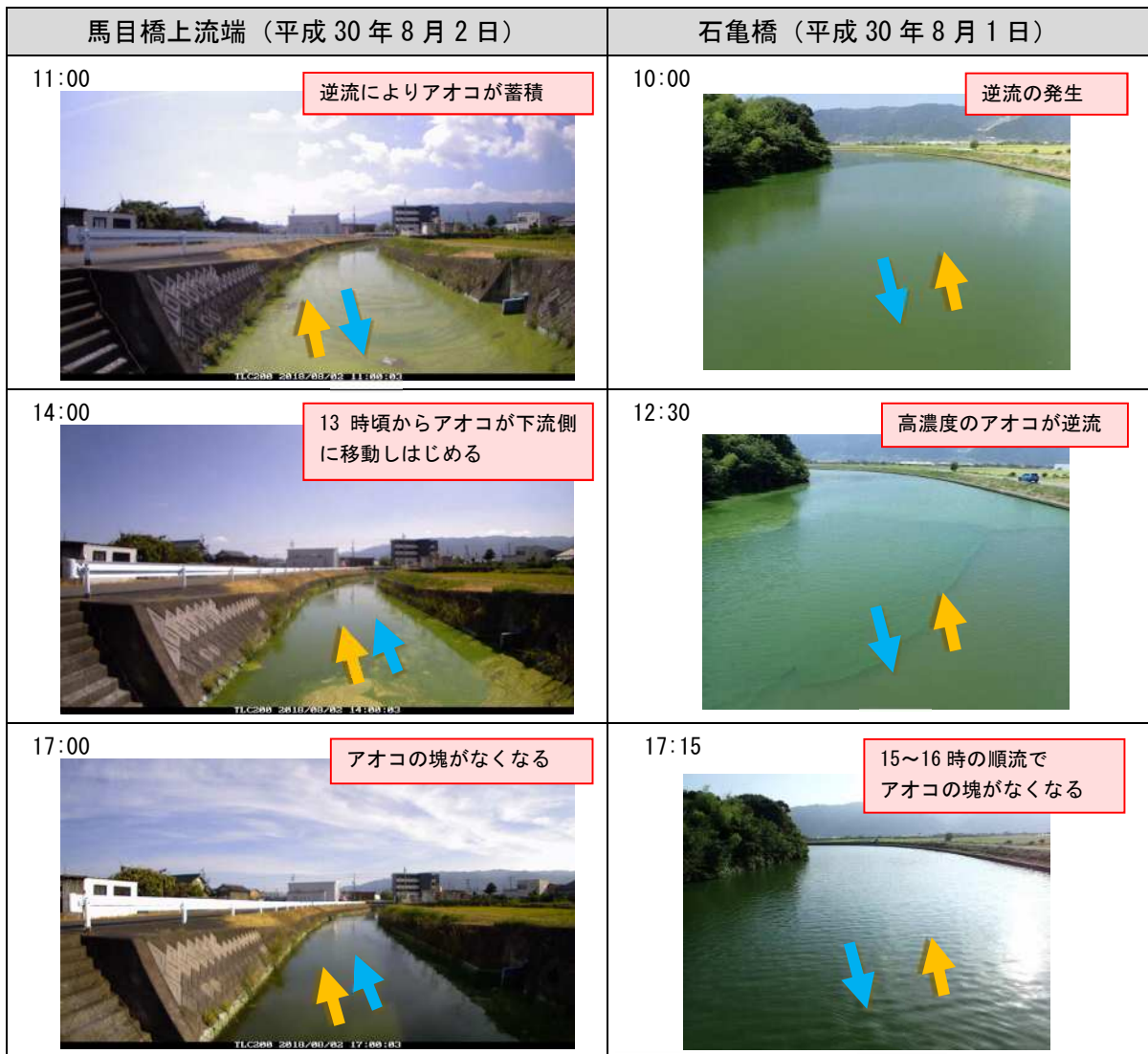


※ 大江橋：H30 データ、馬目橋・石亀橋：H30～R1 データ、中江橋：R1 データを使用

※ H30：7月15日～8月29日まで10分間隔の全測定値を使用

※ R1：7月5日～8月28日まで10分間隔の全測定値を使用

図 2.11 流速の頻度分布図



→ : 流向

→ : 河川の上下流方向

図 2.12 アオコの移動状況

## 2.5.2 水面の波浪

中江川は周囲を田畑に囲まれており風を遮る障害物がないため、午後には強い風により河川水面が強く波立つ様子が頻繁に観察された（図 2.13）。このような環境ではアオコはパッチを維持できず、群体が崩れて少数の細胞になり散らばってしまう。また、先述のように大江川の馬目橋や石亀橋に比べて中江川の逆流の発生割合は約 5%と低く、アオコが発生しても速やかに流下すると思われた。

以上のことから、総リン濃度が高い中江川では潜在的にアオコの発生が起こりやすいが、風による水面の波浪や逆流の少なさという外的な環境要因によりアオコ発生が深刻化に繋がらず、高くてもアオコレベル 3 程度で収束したと考えられる。

一方、大江川は風を妨げる河畔樹木や住宅地の存在により、水面が強く波立つ様子は観察されず、穏やかな風が吹いていた。穏やかな風は浮上したアオコの分布移動を引き起こし、風下側で密度が高くなることが知られる。加えて、大江川は逆流の発生が多いうえに流速が小さいことから、アオコの発生時には風下側や蛇行部でアオコの集積が深刻化し、悪臭等の被害に繋がると考えられる。

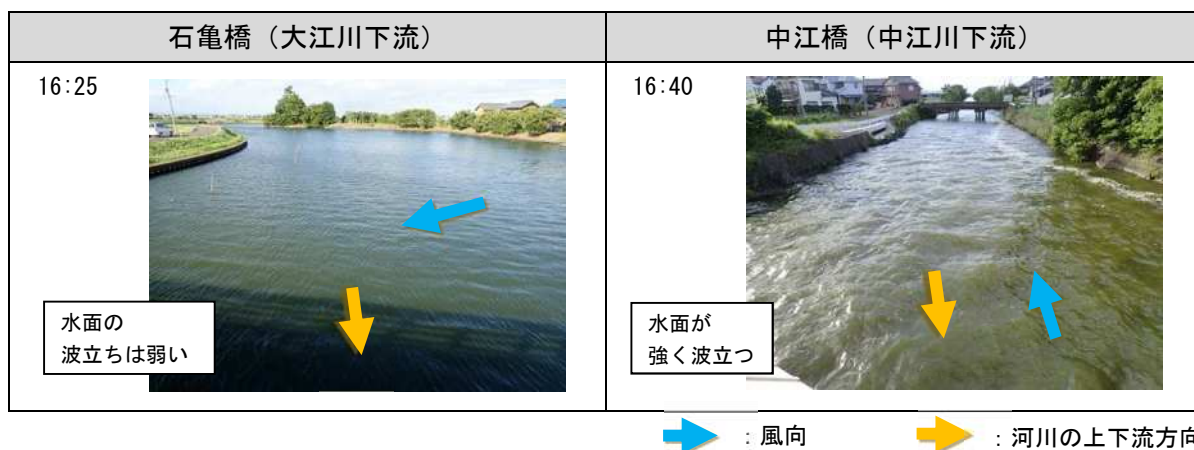


図 2.13 水面の波浪状況（令和元年 8 月 5 日撮影）

## 2.6 経年的な気象状況

アオコの追跡調査を実施した平成30年度～令和2年度の馬目橋（大江川中流）および石亀橋（大江川下流）における表層水温を図2.14に、平成30年度～令和3年度における日ごとの日照時間と降水量、およびアオコレベルを図2.15に示す。

アオコの発生量は平成30年度>令和元年度>令和2年度の順に多かった。アオコが多く発生した平成30年度は7月の降水量が顕著に少ないこと、日照時間が長かったことが特徴的であり、高水温状況が一定期間続いたことがアオコの発生要因として考えられる。

令和2年度の大江川では、7月の表層水温が3ヶ年で最も低く、大江川のアオコの発生目安とされる表層水温30℃を超え始める時期が平成30年度に比べて4週間程度、令和元年度に比べて1週間程度遅くなった（図2.14）。表層水温の上昇は、まとまった日照の時期と重複する傾向が見られ、令和2年度のまとまった日照は、例年アオコが収束し始める8月中旬以降に集中している（図2.15）。9月は日の出～日の入りまでの時間が短く、前線や台風の影響でまとまった雨が多い時期であるため日照時間が短く、アオコが大発生しづらくなると考えられる。

令和3年度は7月にまとまった日照が見られ、8月上旬にアオコが一時的に確認されたが、8月中旬の降雨により、その後アオコが発生することはなかった。

植物プランクトンは光合成による代謝を行う。大江川における主要なアオコ原因種であるミクロキスティス属（2.7に後述）は比較的高水温を好むため<sup>※1</sup>、気温や降雨、日照時間等の気象条件がその発生を大きく左右する重要な要素となる。また、活動期を過ぎたミクロキスティス属は底泥に沈降し、越冬細胞となることで翌年のアオコ形成に寄与していると考えられている<sup>※2</sup>。

令和3年度は7月の降水量が少なかったもののアオコが多く発生しなかったことから、前年度のアオコ発生量が翌年の発生量に影響すると考えられる。

※1 Robarts, R. D. and Zohary, T. (1987) Temperature effects on photosynthetic capacity, respiration, and growth rates of bloom-forming cyanobacteria. *New Zeal. J. Mar. Freshwater Res.*, (21): 391-399.

※2 辻村茂男 (2001) アオコ発生における底泥中の休眠細胞の役割解明とその除去方法の検討。第9回河川整備基金助成事業成果発表会報告書, 104-112.

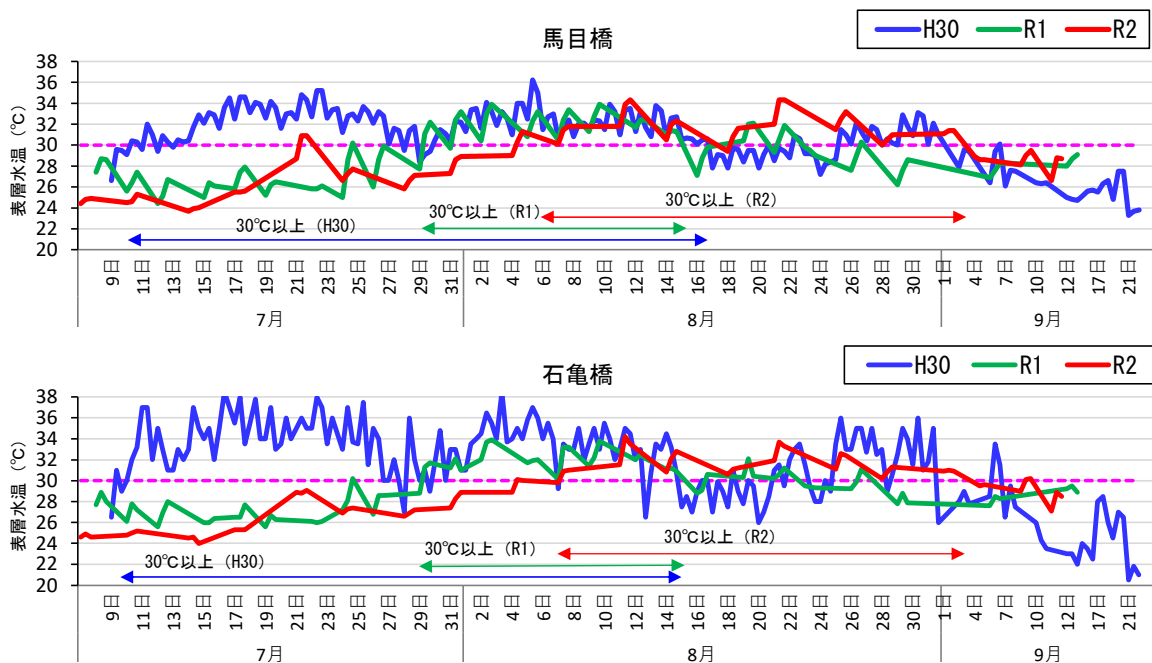
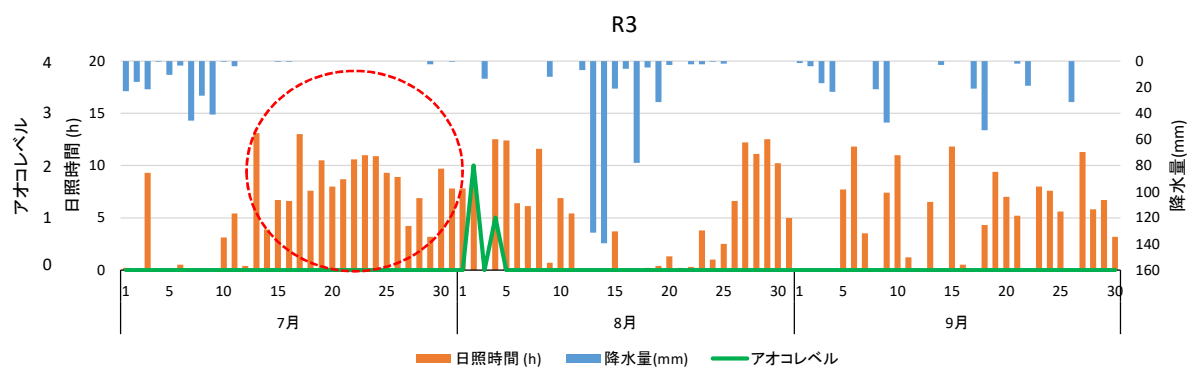
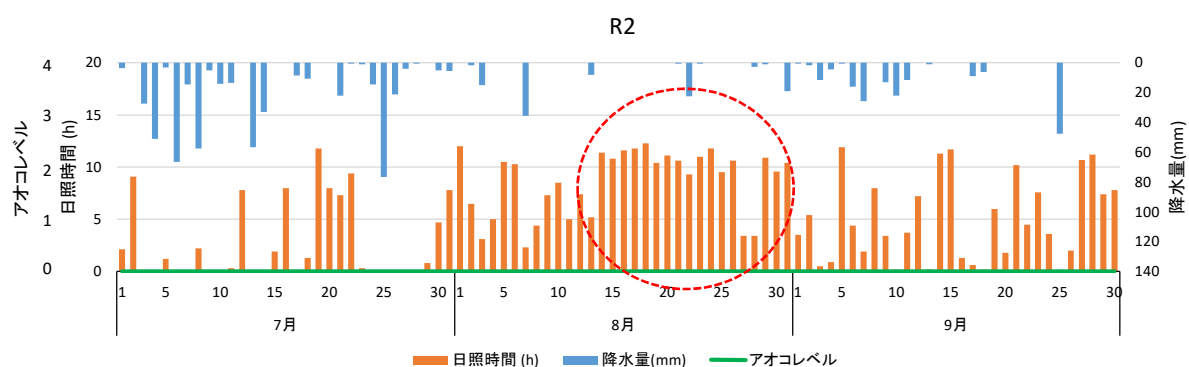
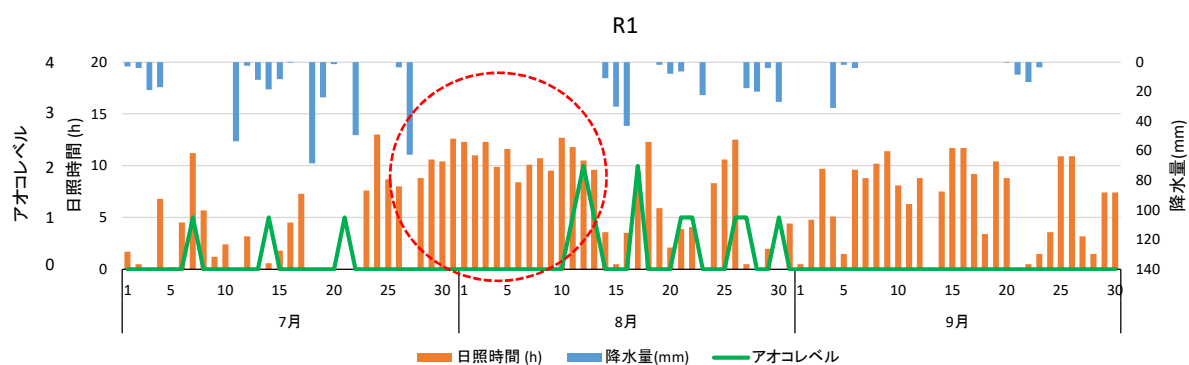
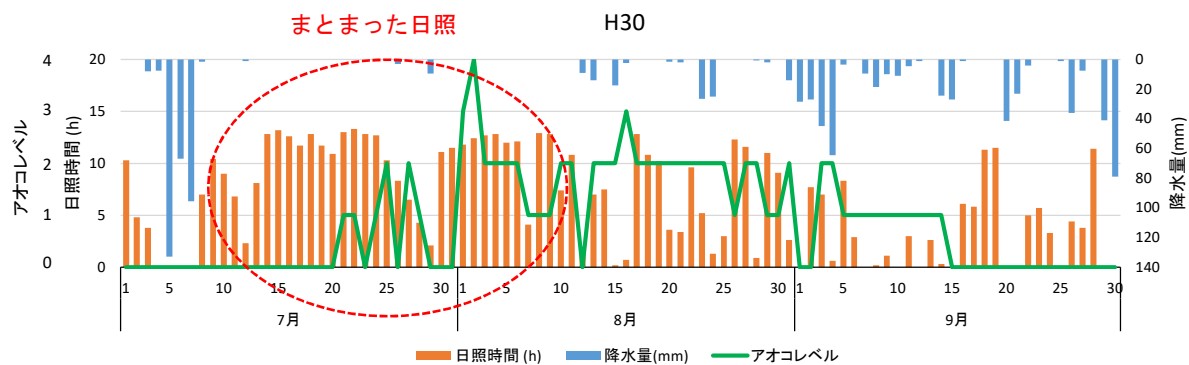


図 2.14 平成30年度～令和2年度の表層水温の比較



※アオコレベル：海津市によるアオコパトロールデータ（馬目橋）を使用  
 ※日照時間、降水量：気象庁観測データ（大垣市）を使用

図 2.15 日ごとの日照時間と降水量、およびアオコレベル（H30～R3）

## 2.7 動植物プランクトンの発生状況

アオコ原因種以外の種を含む動植物プランクトンの発生活長にも着目し、生物間相互作用の観点から考察することは、アオコの発生条件を解明する一助になると考えられる。動植物プランクトンの調査結果から、アオコ発生と他種の関連について簡潔にとりまとめ、大江川における特徴を整理した。

### 2.7.1 アオコ原因種

アオコの原因種となるラン藻類について、大江川ではこれまでにマイクロキスティス属、ドリコスペルマム属、スファエロスペルモプシス属、ユレモ属、アフアニゾメノン属といったラン藻類が確認されているが、群体数が突出して多いのはマイクロキスティス属およびドリコスペルマム属である。特に、マイクロキスティス属は経年的に群体数が多く、大江川における主要なアオコ原因種であると言える。

ラン藻類は、細胞内に浮袋となるガス胞を有しており、浮上と沈降を繰り返すことが知られている。数日かけて浮上・沈降すると言われるその他のラン藻類に対し、マイクロキスティス属は明け方に浮上し、昼過ぎからは沈降するというような日周運動を示す<sup>\*</sup>。また、マイクロキスティス属の生物体の構成成分については2.8 アオコの成分分析に後述する。

<sup>\*</sup> 国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課（2021）ダム貯水池水質改善に向けた気泡式循環施設マニュアル(案)～富栄養化対策のための気泡式(曝気式)循環施設に関する技術資料～。

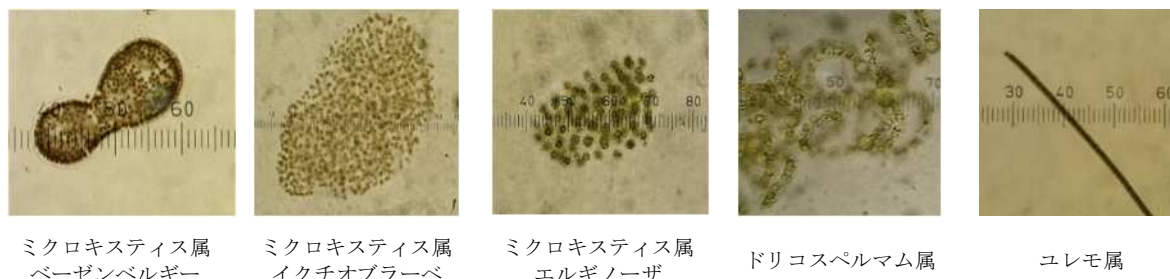


図 2.16 大江川で確認されているアオコの原因種となるラン藻類

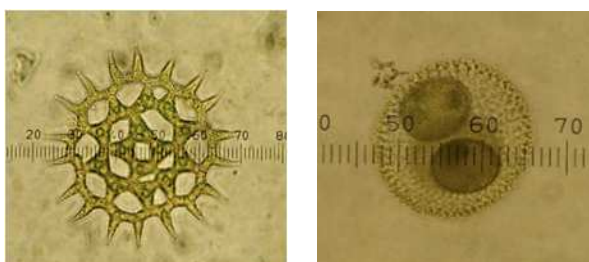
## 2.7.2 プランクトンの種間相互作用

平成30年度～令和2年度に確認された動植物プランクトンの群体数（個体数）について相関分析を行ったところ、アオコ原因種のみクロキスティス属と緑藻類のクンショウモ属の群体数に有意な正の相関が確認された（全78検体、相関係数<sup>\*</sup>：0.60、無相関検定： $p < 0.01$ ）。これはマイクロキスティス属とクンショウモ属の増殖条件が重複することを意味し、競争関係にあると考えられる。

令和2年度の大江川では、クンショウモ属がアオコ原因種のみクロキスティス属よりも優占したため、アオコの発生が見られなかった可能性がある（図2.18上）。一方で、中江川では大江川に比べてクンショウモ属の群体数が少なく、アオコが優占しやすい要因の一つになっていると考えられる（図2.18下）。また、降雨と短い日照時間のために、8月初旬まで植物プランクトンの群体数が少なかった。

動物プランクトンの傾向では、アオコが多く発生した平成30年度の石亀橋において、9月14日に繊毛虫の刺毛虫綱が数多く見られ、9月頃になるとアオコの発生が収束に向かうと考えられた。

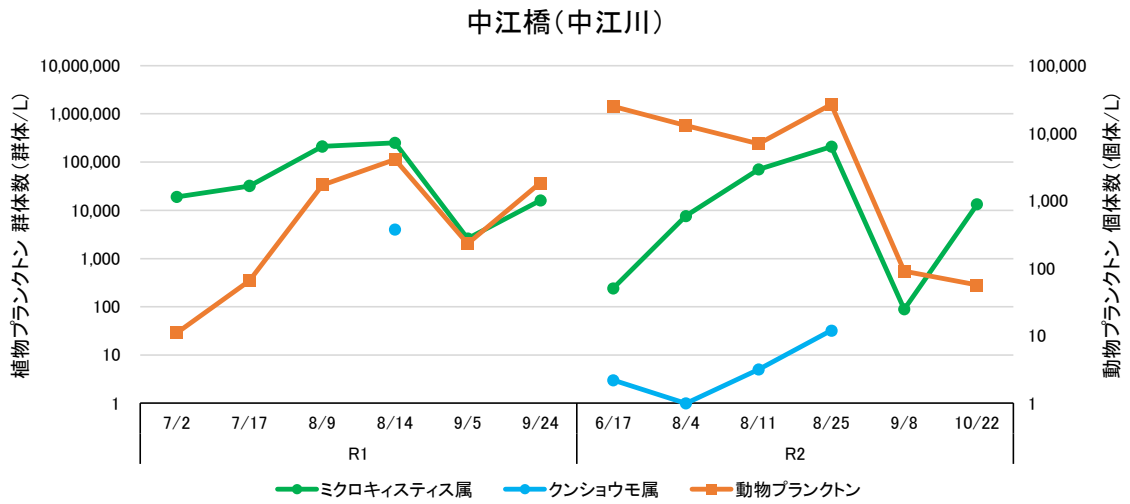
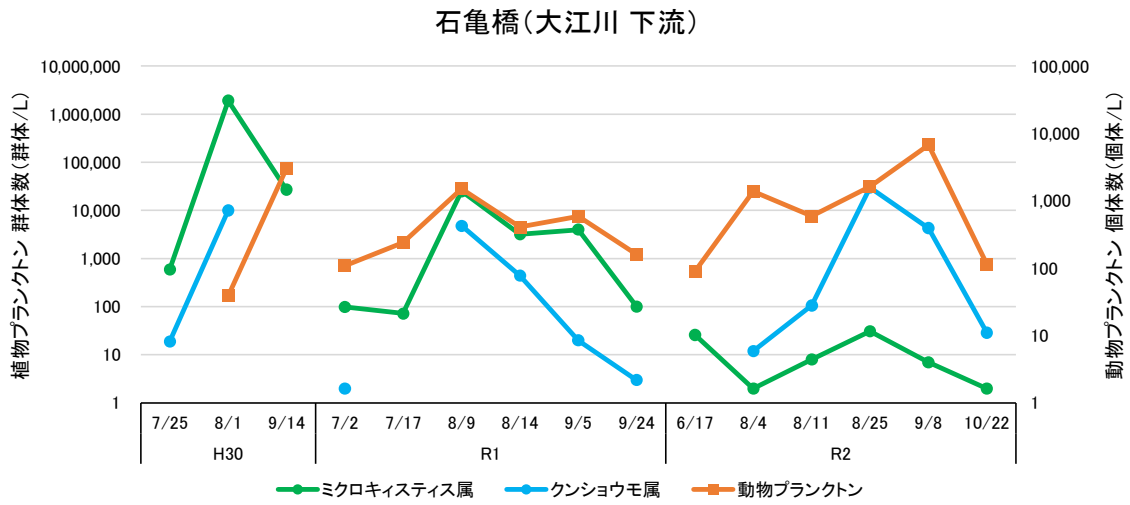
<sup>\*</sup>相関係数：2種類のデータの相関の強さを表す値。-1から1の値をとり、1に近いほど強い正の相関が、-1に近いほど強い負の相関があることを示す。相関係数 = 共分散 ÷ (変数Aの標準偏差 × 変数Bの標準偏差)



クンショウモ属

ボルボックス属

図 2.17 大江川で確認されている主な緑藻類



※H30 7/25 は、動物プランクトンの調査未実施

※動物プランクトンの個体系数は、H30～R2 で合計 100 個体以上の確認された分類群の個体系合計値

図 2.18 プランクトン群体系数 (個体系) の推移 (H30～R2)



---

## 2.8 アオコの成分分析

近年はアオコの発生量が少ないことから、アオコの成分分析を実施することができない状況にある。よって本節では、文献調査によりアオコの成分を把握した。前述のように、大江川におけるアオコ原因種は、主にミクロキスティス属 *Microcystis* である。ミクロキスティス属の中でも一般的な種である *Microcystis aeruginosa* について、既往研究<sup>※1</sup>による成分分析（元素およびアミノ酸組成）の結果を表 2.6 および表 2.7 に示す。

アオコおよび *M. aeruginosa* の培養藻体の元素分析として、リン、カリウム、カルシウム、マグネシウム、ナトリウム、鉄、アルミニウムが検出されている（表 2.6）。アオコ原因種はこれらを取り込んで濃縮していると思われる。また、アオコの構成元素としてリンの含有量が多いことから、総リンおよび溶解性リンの濃度が高い大江川でアオコが発生しやすいことは想像に難くない。なお、*M. aeruginosa* の生長に対して、鉄が第一制限物質、マンガンとコバルトが第二制限物質となる一方で、亜鉛は生長阻害物質となることが示唆されている<sup>※2</sup>。

アオコおよび *M. aeruginosa* を組成する主たるアミノ酸としては、グルタミン酸、アスパラギン酸、イソロイシン、アルギニン等が確認されている（表 2.7）。*Microcystis* などのアオコ原因種は、生理活性物質としてミクロシスチンという物質を生産する。ミクロシスチンは上記アミノ酸をはじめとする 7 つのアミノ酸から構成されており、アオコの発生がみられる際にはこれら成分の検出量が増加すると考えられる。令和元年度に実施した分析では、アオコレベル 1 程度の河川水からはいずれのアミノ酸も検出されなかった。有毒物質として知られるミクロシスチンは通常細胞内に存在し、個体が死滅した際に水中に溶出してくる<sup>※3</sup>。そのため、アオコが大発生・死滅した後の河川水は、誤飲や家畜への健康被害などに注意が必要である。

※1 高村義親・野村和輝・萩原富司・平松 昭・矢木修身・須藤隆一（1981）霞ヶ浦に発生するアオコと *Microcystis aeruginosa* の化学組成について。国立公害研究所研究報告，（25）：31-46。

※2 小川文章・對馬育夫・村田里美・服部啓太（2019）底層環境に着目した停滞性水域の水環境管理技術に関する研究（藻類増殖に関与する水質項目の影響評価），平成 30 年度 研究開発プログラム報告書（13. 地域の水利用と水生生態系の保全のための水質管理技術の開発），22-25. 国立研究開発法人土木研究所。

※3 藤本 尚志（2002）5 湖沼等における国際的な新たな問題。富栄養化対策マニュアル，49-53. 環境省。

表 2.6 アオコの元素分析

成分元素	アオコと <i>M. aeruginosa</i> 培養藻体の 元素分析(高村ら, 1981)	
	アオコ(霞ヶ浦 S54年9月採取)	純培養した <i>M. aeruginosa</i>
P リン	7.33	9.56
K カリウム	6.75	5.73
Ca カルシウム	5.27	17.50
Mg マグネシウム	2.83	2.45
Na ナトリウム	0.63	1.21
Fe 鉄	0.36	16.20
Al アルミニウム	0.14	1.28
Zn 亜鉛	0.02	0.5
Co コバルト	-	-
Ni ニッケル	-	-
Cu 銅	-	-
Cr クロム	-	-

単位: mg/g

表 2.7 アオコのアミノ酸組成

アミノ酸	アオコと <i>M. aeruginosa</i> 培養藻体の アミノ酸組成(高村ら, 1981) <sup>※1</sup>		大江川における 河川水中の構成アミノ酸 <sup>※2</sup>	
	アオコ(霞ヶ浦 S54年9月採取)	純培養した <i>M. aeruginosa</i>	馬目橋 (R1年9月採水)	石亀橋 (R1年9月採水)
リシン	5.76	5.75	<2.0	<2.0
ヒスチジン	1.53	1.50	<2.0	<2.0
アルギニン	7.77	7.28	<2.0	<2.0
アスパラギン酸	11.20	11.56	<2.0	<2.0
トレオニン	5.37	5.45	<2.0	<2.0
セリン	5.17	5.69	<2.0	<2.0
グルタミン酸	15.07	14.37	<2.0	<2.0
グリシン	4.40	4.12	<2.0	<2.0
アラニン	6.76	6.19	<2.0	<2.0
システイン	1.23	4.24	<2.0	<2.0
バリン	7.11	7.45	<2.0	<2.0
メチオニン	1.62	2.63	<2.0	<2.0
イソロイシン	5.67	5.44	<2.0	<2.0
ロイシン	9.99	9.65	<2.0	<2.0
チロシン	4.89	4.39	<2.0	<2.0
フェニルアラニン	5.57	4.28	<2.0	<2.0

単位: %

単位: mg/l

※1 アオコおよび*M. aeruginosa*の藻体を加水分解し、アミノ酸分析計で分析した結果。

※2 河川水に含有する構成アミノ酸を分析した結果。アオコそのものを構成するアミノ酸の分析結果ではないため、アミノ酸はほとんど検出されていない。

### 第3章 アオコ対策の効果検証

- ・アオコ対策として過去に実施されてきたアオコ対策を表 3.1 に、主要なアオコ対策における費用および効果の概要を表 3.2 に示す。
- ・導水は 2.3.3 に前述の通り、水質改善効果が期待されるのは上流域に限定され、アオコの発生は導水の実施・未実施に左右されない。
- ・フィルター材によるアオコの濾過除去は、悪臭発生を抑制する効果が確認されており、アオコの直接的な除去方法として有効である。
- ・高圧水による攪拌はフィルター材濾過の補助的な対策として有効である。
- ・ただし、フィルター材は水面に浮上し集積したものを除去するのであって、河川水を網羅的に濾過するものではないため、平成 22 年度のような大発生時はバキューム吸引による対処が必要となる。
- ・比較的安価で実施可能であり、直接的な効果が見込まれるフィルター材による濾過を主として、大江川におけるアオコ対策を実施していくことが望ましい。

表 3.1 令和 3 年度までに実施されたアオコ対策の概要

実施項目	導水	バキューム吸引	フィルター材濾過	高圧水による攪拌	船による攪拌	水中ポンプ※1	平原排水樋門の開放※2	空芯菜水耕栽培	浚渫
実施年度	H23～H24 (実験)、 H25～H29	H22	H28、H30、 R1	H22、H29、 H30	H23、H24、 H28	R2	H28	H23、 H25～H29	H24
実施箇所	大江川上 流域	馬目橋付 近	馬目橋付 近	馬目橋付 近	馬目橋付 近	馬目橋付 近	馬目橋上 流端	馬目橋付 近、 大江橋付 近	市街地内 水路、 馬目橋付 近
実施機関	岐阜県	大垣土木	大垣土木、 海津市	大垣土木、 海津市	海津市、国 土交通省 中部地方 整備局木 曾川下流 河川事務 所	大垣土木	海津市	大垣土木、 海津明誠 高校	大垣土木

※1：川幅の狭い局所的な場所には使用できる可能性があるが、中下流域全域でアオコが発生する大江川のような場所では不向きである。

※2：アオコレベル 2 以下を基準として開放が可能であり、アオコレベル 3 以上の発生時の対策としては不向きである。

表 3.2 アオコ対策に要する費用および効果の概要

	導水	バキューム吸引除去	フィルター材濾過	水中ポンプ
対象年度	H25～H29	H22	H30	R2
平均費用/1日	約 36 万円	約 100 万円	約 15 万円	約 17 万円
実施日数/1年	約 62 日間 (導水実施日数平均)	2 日間	12 日間	4 日間
合計費用/1年	約 2200 万円	約 200 万円	約 180 万円	約 68 万円
アオコ発生の予防効果	○	×	×	△
アオコ集積抑制効果	△	◎	◎	△
効果あたりの経済性	×	◎	◎	○
備考	アオコ発生への予防的な対策として実施	アオコが大発生し、水面に浮きカス状に集積した場合に限り実施	アオコが集積し始めた段階で対症的に実施し、悪臭の発生を防止	アオコ発生への予防的な対策として実施

---

## 第4章 まとめ

### 4.1 過年度調査のまとめ

- ・大江川において、アオコの発生は調査期間 10 年のうち令和 2 年度を除く 9 年で確認され、このうちアオコレベル 4 以上が確認された年は平成 24 年、平成 25 年、平成 30 年の 3 回のみである。
- ・令和元年～令和 3 年の至近 3 か年のアオコの発生は極めて少ない。
- ・大江川における栄養塩類の濃度は上流～下流の全川にわたって高く、全地点がアオコの潜在的な発生源となり得る。
- ・アオコの発生は気象条件に大きく左右され、降雨がなく、表層水温が概ね 30℃を超え始め、高温状態が維持されることで発生しはじめる。
- ・活動期を過ぎたミクロキスティス属は底泥に沈降し、越冬細胞となることで翌年のアオコ形成に寄与すると考えられている。令和 3 年度は 7 月の降水量が少なかったもののアオコが多く発生しなかったことから、前年度のアオコ発生量は翌年の発生量に影響すると考えられる。
- ・気象条件はアオコ原因種の競争相手となるクンショウモ属のようなプランクトンの増減を介して、アオコの発生に対して間接的な影響も与えている可能性がある。
- ・水面にアオコが集積した場合には、バキュームやフィルター材による濾過・除去を行うことで、アオコの拡がりや悪臭被害の抑制が可能である。これらの実施費用は比較的安価であり、経済性とアオコ抑制効果を両立した対策と言える。

### 4.2 今後の方針

- ・継続実施してきた調査結果を整理することで、上記の通り大江川におけるアオコ発生メカニズムやアオコ対策等に関する知見が得られたほか、経年的に得られる知見は概ね収束してきた。
- ・最終的な目標は、水質浄化により大江川におけるアオコの発生を解消することである。これに向けた抜本的な水質改善対策としては、流入する栄養塩類を削減するほかないが、効果が現れるまでには長期間を要する。
- ・バキュームやフィルター材による濾過・除去により悪臭被害抑制の効果が得られていること、また、近年のアオコレベルが 2 以下で推移しており、悪臭被害が発生していないことから、水質調査等は終了し、アオコパトロールによりアオコ発生を監視する。
- ・上記の抜本的な対策として栄養塩類削減の取り組みを推し進めつつ、アオコが発生した場合には、対症的な対策としてバキュームやフィルター材濾過によるアオコの除去を適宜実施し、悪臭被害が発生しない状態（アオコレベル 2 以下）を維持することを当面の管理目標とする。抜本的な対策、対症的な対策の具体的な内容を図 4.1 に示す。
- ・県と市が連絡体制を強化することでアオコの発生状況等を早い段階で把握し、対症的な対策を講じる。

## 抜本的な対策

以下取り組みの継続により、流入・蓄積する栄養塩類等を削減し、大江川全体の水質改善を図る

### (1) 下水道整備の推進・水洗化率向上

- ・ 個別家庭訪問による推進活動
- ・ 工事説明会における PR
- ・ 小学校での啓発活動
- ・ 市内全域に対する広報

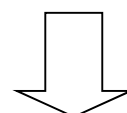
### (2) 農地等における栄養塩類の削減

- ・ 「ぎふクリーン農業」の推進
- ・ 畜産農家における適正処理の指導

### (3) 市街地内水路浚渫の実施

## 対症的な対策

アオコパトロールを継続し、降水量、日照時間といった気象条件と併せてアオコの発生を注視



発生状況等に応じてアオコ対策（バキューム除去、フィルター材による濾過）を準備・実施し、悪臭被害発生を防止

図 4.1 大江川における今後の水質浄化対策