

水質調査及びアオコの発生・追跡調査の結果について

1. 水質定期調査

(1) 調査概要

大江川の浄化対策として過年度に導水を実施していた場合と、導水を実施しない場合の水質を調査し、過年度の調査結果との比較を行った。

表 2.1 水質調査の概要

調査地点	◇大江川調査地点 [8 地点] ・「1' 桃山橋」～「10 万寿橋」：上流から下流までの橋梁地点 ◇大江川流入河川 [2 地点] ・地点 7：馬目橋 ・地点 c：築留橋（東大江川との合流地点） ◇揖斐川調査地点 [2 地点] ・地点 B'：油島大橋（揖斐川・大江川合流地点上流） ・地点 B：揖斐川・大江川合流地点下流 ※調査地点の詳細は図 2.1 参照
調査項目	水温、EC（電気伝導度）、pH（水素イオン濃度）、DO（溶存酸素）、SS（浮遊物質質量）、BOD（生物化学的酸素要求量）、T-P（総リン）、D-P（溶解性リン）、T-N（総窒素）、D-N（溶解性窒素）、クロロフィル a
調査頻度	1 週間に 1 回、原則的に火曜日実施
採水時刻	午前 4～6 時に採水（平成 23 年度～平成 29 年度と同様）

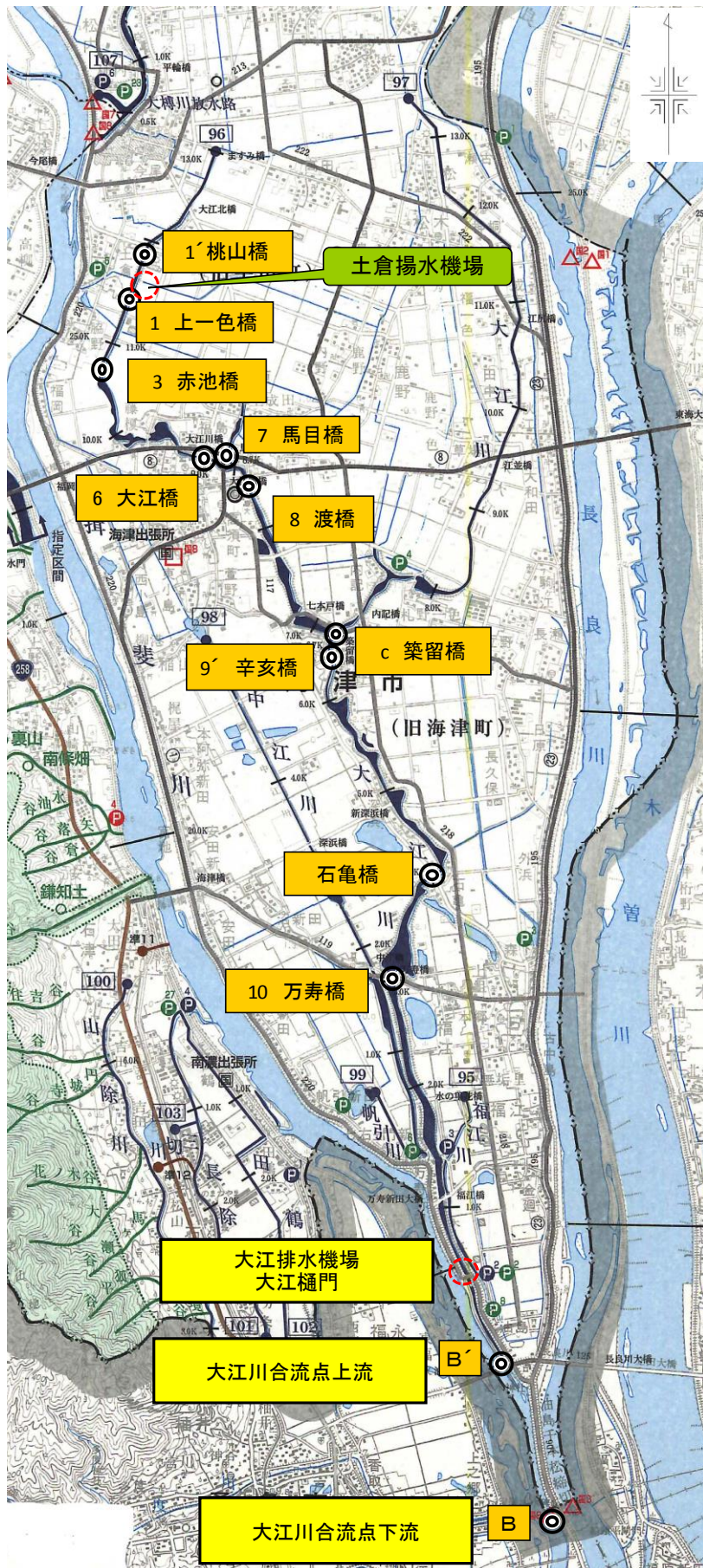


図 2.1 平成 30 年度 水質調査実施箇所

(2) 調査結果

① 大江川の水質について

- 総リン濃度は、上流域で富栄養化の指標とされている上限濃度0.1mg/Lの4倍から6倍程度高い。また、上流域の濃度は、中下流域より3倍程度高い。
- 総窒素濃度は、上流域で富栄養化の指標とされている上限濃度1.3mg/Lより高いが、上下流域で比較した場合、総リンのような差は見られない。
- 過年度は導水の効果により、桃山橋から上一色橋の間でリン、窒素濃度の低下が見られたが、導水を実施していない今年度は、上流域における濃度の低下は見られない。
- 中流域（馬目橋付近）では、平成28年度、平成30年度において、水温が30℃を超え始めてから連続して晴れが2週間以上続いた後（日照時間が増加）にアオコが発生する傾向が見られる。
- 導水を実施しなかった平成30年度においては、8月に中・下流域でBOD、クロロフィルaの上昇がみられ水質悪化が見られたが、9月には過年度と同程度の水質まで低下している。

【アオコの発生に至る基本的なメカニズム】

- ・ 滞留時間が十分であること（風が弱く、水の流れが穏やか）
- ・ 水温が30℃近くあること
- ・ 栄養塩類（リン・窒素）が水中に高濃度存在すること
（T-P：0.035～0.100mg/L、T-N：0.500～1.300mg/Lで富栄養状態）
- ・ pHは6～9程度
- ・ 日射量が十分であること

※ 平成23年度第1回協議会資料（資料2「大江川の浄化対策について」p5）より、富栄養状態の基準値は、
T-P：OECD（1982）Eutrophication of Waters

T-N：Sakamoto, M.（1966）Archiv fur Hydrobiologie 62, 1-28, 196

による。

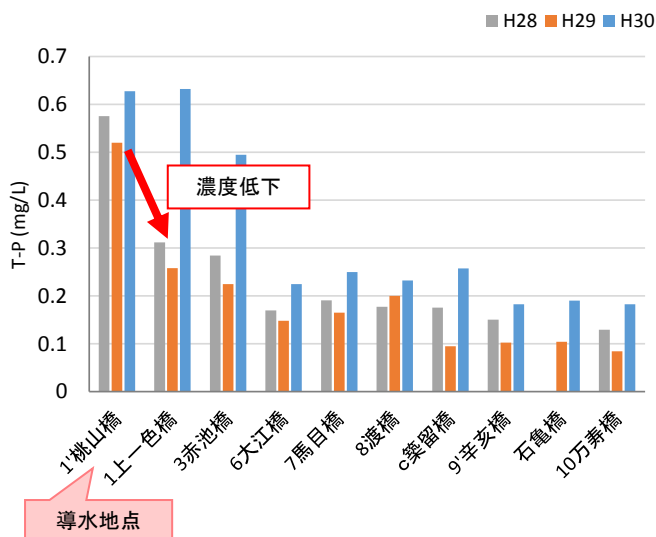


図 2.2 総リン濃度

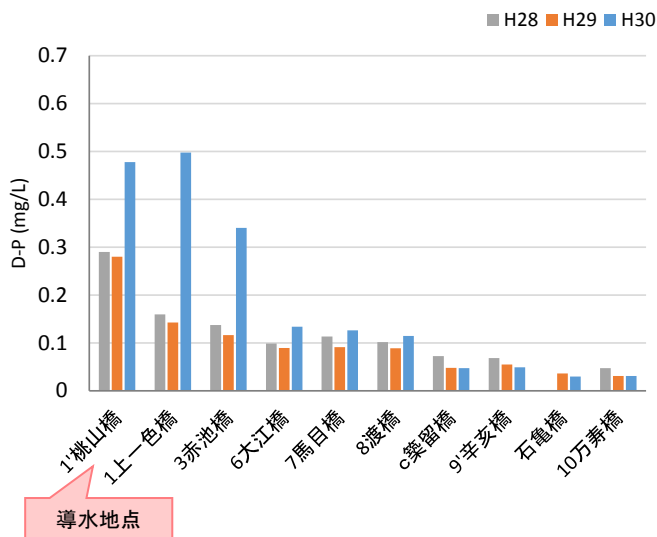


図 2.3 溶解性リン濃度

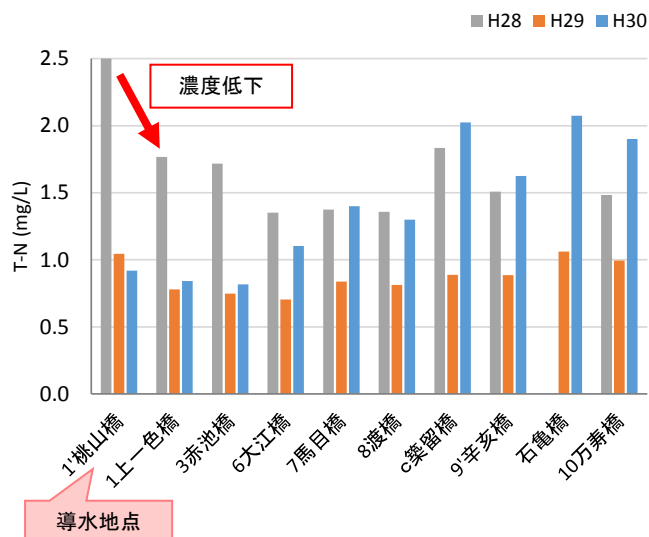


図 2.4 総窒素濃度

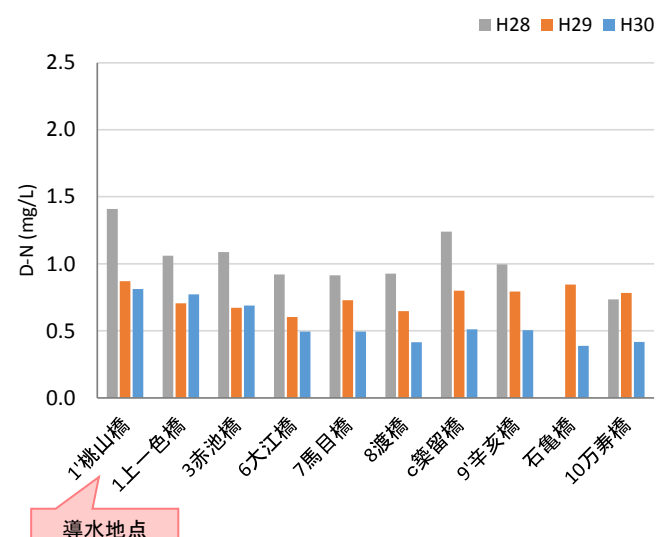


図 2.5 溶解性窒素濃度

※H28 および H29 は導水期間中の平均値、H30 は8月の平均値を示す。

表 2.2 平成25～30年度の調査結果（7月～9月）

7月平均値

地点名	比較区分	水温	pH	DO	SS	BOD	T-P	T-N	クロロフィルa
		(°C)		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(μg/L)
上流域 1' 桃山橋～3赤池橋	H25年度	26.9	7.5	6.5	15.9	1.2	0.33	1.6	2.5
	H26年度	24.2	7.3	7.2	18.3	1.3	0.22	1.7	4.1
	H27年度	24.1	7.3	6.4	11.3	1.2	0.36	2.1	2.1
	H28年度	25.2	7.1	4.5	15.3	1.2	0.59	2.8	2.1
	H29年度	26.8	7.2	5.7	9.0	1.5	0.57	1.3	10.4
	H30年度	28.3	7.5	6.9	7.9	1.8	0.56	1.0	4.0
中流域 6大江橋～8渡橋	H25年度	29.3	7.9	7.3	8.4	2.2	0.19	1.3	12.2
	H26年度	26.6	7.6	6.7	9.9	1.7	0.17	1.6	20.0
	H27年度	25.9	7.6	7.4	6.3	1.5	0.16	1.4	9.7
	H28年度	26.2	7.6	7.5	6.7	1.8	0.17	1.6	15.9
	H29年度	28.3	7.4	6.1	6.7	1.6	0.22	1.0	19.3
	H30年度	29.9	7.9	6.9	7.5	2.2	0.24	0.8	13.8
下流域 c 築留橋～10万寿橋	H25年度	28.4	8.6	9.9	22.0	5.3	0.14	1.6	64.4
	H26年度	27.8	7.4	6.5	7.0	2.1	0.13	1.7	15.4
	H27年度	26.7	7.6	7.6	4.5	1.6	0.11	1.7	9.6
	H28年度	26.7	7.5	7.5	5.8	1.7	0.12	1.8	15.5
	H29年度	28.1	7.4	6.6	7.3	1.8	0.15	1.1	29.6
	H30年度	29.5	8.1	8.1	10.4	2.9	0.17	1.2	29.1

8月平均値

地点名	比較区分	水温	pH	DO	SS	BOD	T-P	T-N	クロロフィルa
		(°C)		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(μg/L)
上流域 1' 桃山橋～3赤池橋	H25年度	25.6	7.3	6.7	12	0.9	0.26	1.5	2.3
	H26年度	25.3	7.2	6.0	11.9	0.9	0.28	2.2	2.1
	H27年度	26.3	7.2	5.4	9.2	1.4	0.34	2.4	2.1
	H28年度	26.1	7.4	5.8	13.9	1.3	0.47	2.0	3.7
	H29年度	26.0	7.3	5.4	11.3	1.3	0.39	1.4	4.1
	H30年度	28.0	7.3	5.6	8.5	2.0	0.59	0.9	3.9
中流域 6大江橋～8渡橋	H25年度	28.3	7.6	7.1	7.7	1.5	0.18	1.3	13.4
	H26年度	27.1	7.3	6.0	7.6	1.5	0.20	2.3	11.8
	H27年度	27.8	7.6	6.6	5.8	1.5	0.18	1.6	9.9
	H28年度	28.5	7.7	6.0	6.1	1.5	0.18	1.4	15.7
	H29年度	27.7	7.6	6.7	10.5	2.3	0.19	1.4	33.1
	H30年度	29.9	8.3	8.0	13.4	4.8	0.24	1.3	53.1
下流域 c 築留橋～10万寿橋	H25年度	29.2	7.7	7.8	7.1	2.6	0.11	1.8	29.9
	H26年度	28.4	7.2	5.8	6.5	1.3	0.14	2.3	8.6
	H27年度	28.6	7.6	6.7	5.8	1.9	0.12	1.9	15.3
	H28年度	29.3	7.9	6.9	11.9	2.8	0.14	1.7	51.7
	H29年度	28.2	7.5	6.6	7.3	2.1	0.12	1.5	29.0
	H30年度	29.8	8.7	9.7	20.4	7.4	0.20	1.9	92.1

9月平均値

地点名	比較区分	水温	pH	DO	SS	BOD	T-P	T-N	クロロフィルa
		(°C)		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(μg/L)
上流域 1' 桃山橋～3赤池橋	H25年度	23.3	7.2	5.8	17.3	1.7	0.52	2.2	4.4
	H26年度	22.6	7.2	5.2	14.1	1.2	0.48	2.2	3.3
	H27年度	22.1	7.1	5.0	14.4	1.4	0.42	2.3	1.3
	H28年度	23.4	7.2	5.3	10.6	1.1	0.40	2.0	2.0
	H29年度	22.2	7.3	6.0	13.5	1.1	0.37	0.9	4.7
	H30年度	23.5	7.1	3.9	7.0	1.7	0.48	2.5	1.1
中流域 6大江橋～8渡橋	H25年度	24.2	7.3	6.1	12.8	1.4	0.27	1.8	9.1
	H26年度	24.3	7.4	6.4	9.7	1.2	0.14	1.4	11.7
	H27年度	23.2	7.3	5.8	7.9	1.3	0.22	1.7	6.2
	H28年度	24.7	7.5	6.2	6.1	1.1	0.19	1.4	11.0
	H29年度	23.8	7.6	6.6	7.7	1.4	0.17	0.8	13.6
	H30年度	24.7	7.4	5.7	5.0	1.8	0.21	2.0	10.7
下流域 c 築留橋～10万寿橋	H25年度	24.7	7.3	6.8	6.9	1.5	0.18	1.9	11.2
	H26年度	24.6	7.3	5.9	6.6	1.2	0.11	1.8	9.1
	H27年度	23.7	7.3	6.3	6.8	1.3	0.18	2.1	5.8
	H28年度	26.0	7.5	5.9	7.3	1.4	0.15	1.6	16.8
	H29年度	24.1	7.7	6.7	14.6	1.4	0.10	0.9	30.1
	H30年度	25.0	7.5	6.8	7.0	2.3	0.13	1.9	19.9

水質濃度の低下が確認できる

上流域：1' 桃山橋、1 上一色橋、3 赤池橋（25年度は、2 中折橋で実施し、1' 桃山橋では無し）
 中流域：6 大江橋、7 馬目橋、8 渡橋
 下流域：c 築留橋、9' 辛亥橋、10 万寿橋（石亀橋は28年度、29年度のみ実施、25年度は9' 無し）

② 揖斐川の水質について

- 大江川合流地点の上下流地点B' と地点Bでは、BOD、T-P、T-Nの濃度に顕著な差がみられないことから、大江川の水質が揖斐川の水質に与える影響について明瞭な傾向は確認されない。

表 2.3 水質調査結果（揖斐川大江川合流前後）

地点名	比較区分	水温	pH	BOD	T-P	T-N	クロロフィルa	
		(°C)		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(μg/L)	
揖斐川 地点A (取水点) <参考>	H24導水期間外	24.9	6.9	0.8	0.06	0.9	2	
	H25導水期間	24.1	7.5	0.7	0.05	0.8	2	
	H26導水期間	23.8	7.4	0.8	0.07	0.9	1	
	H27導水期間	23.1	7.5	0.9	0.05	0.8	1	
	H28導水期間	23.8	7.5	0.6	0.07	0.9	1	
	H29導水期間	-	-	-	-	-	-	
	H30調査期間	-	-	-	-	-	-	
揖斐川 地点B' (油島大橋) 大江川合流前	H24導水期間外	-	-	-	-	-	顕著な変化はみられない	
	H25導水期間	-	-	-	-	-		
	H26導水期間	24.6	7.4	0.6	0.07	1.0		15
	H27導水期間	24.3	7.5	0.9	0.06	0.9		5
	H28導水期間	24.7	7.4	0.5	0.08	1.0		4
	H29導水期間	24.1	7.7	1.2	0.12	0.8		25
	H30調査期間	24.2	7.7	1.2	0.08	0.7		5
揖斐川 地点B 大江川合流後	H24導水期間外	26.0	6.9	0.9	0.07	0.9	5	
	H25導水期間	24.9	7.4	1.0	0.07	0.9	3	
	H26導水期間	24.9	7.3	0.7	0.08	1.0	15	
	H27導水期間	24.4	7.5	1.1	0.07	0.9	6	
	H28導水期間	25.3	7.4	0.7	0.09	1.1	5	
	H29導水期間	23.1	7.5	1.3	0.08	0.7	5	
	H30調査期間	24.4	7.6	1.2	0.09	0.7	7	

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

地点A：揖斐川中江揚水機場の取水地点

地点B'：揖斐川油島大橋（揖斐川・大江川地点合流直上流）

地点B：揖斐川・大江川合流地点直下流

2. アオコの追跡調査

(1) 調査概要

アオコの発生源と、その移動の状況を把握するためにアオコの追跡調査を行った。調査の概要および調査地点を以下に示す。

表 2.4 アオコの追跡調査の概要

①水質・現地 状況調査	<p>◇調査地点^{※1}</p> <ul style="list-style-type: none"> ・中流域：地点6（大江橋）、地点7（馬目橋）、地点8（渡橋） 計3地点 下流域：石亀橋 1地点 <p>◇調査項目</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水質調査：pH、DO、BOD、SS、T-P、T-N、植物プランクトン^{※2} ・現地状況調査：天候、水深、水温（表層、中層、底層）、電気伝導度、気温、現地の景観等 <p>◇調査頻度</p> <p>調査期間：7月10日～9月14日</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水質調査：週3回（月、水、金曜日） ・現地状況調査：毎日（9月より月、水、金の週3回実施） <p>◇調査時刻</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水質調査：11時～14時 ・現地状況調査：9時～18時（朝・昼・夕の3回）
②定点カメラ 撮影	<p>◇調査地点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・中流域：地点7（馬目橋）、馬目橋最上流地点、地点8（渡橋） 計3地点 下流域：石亀橋 1地点 <p>◇調査頻度</p> <p>7月10日～9月14日の期間中毎日（①現地状況調査と同日）</p> <p>◇調査時刻</p> <p>9：00～17：30</p>
流速・水位 調査	<p>◇調査地点</p> <ul style="list-style-type: none"> 中流域：地点6（大江橋）、地点7（馬目橋） 計2地点 下流域：石亀橋 1地点（水位調査は地点6と石亀橋の2地点） <p>◇調査頻度</p> <p>7月15日～8月30日の1.5ヶ月（連続観測）</p>

※1：調査地点の詳細は図2.6、図2.7参照

※2：植物プランクトン調査は、種構成（優占種）の把握を目的とした内容とし、調査頻度はアオコの発生初期、アオコの最盛期、9月頃の合計3回実施した。



図 2.7 平成30年度 アオコの追跡調査実施箇所

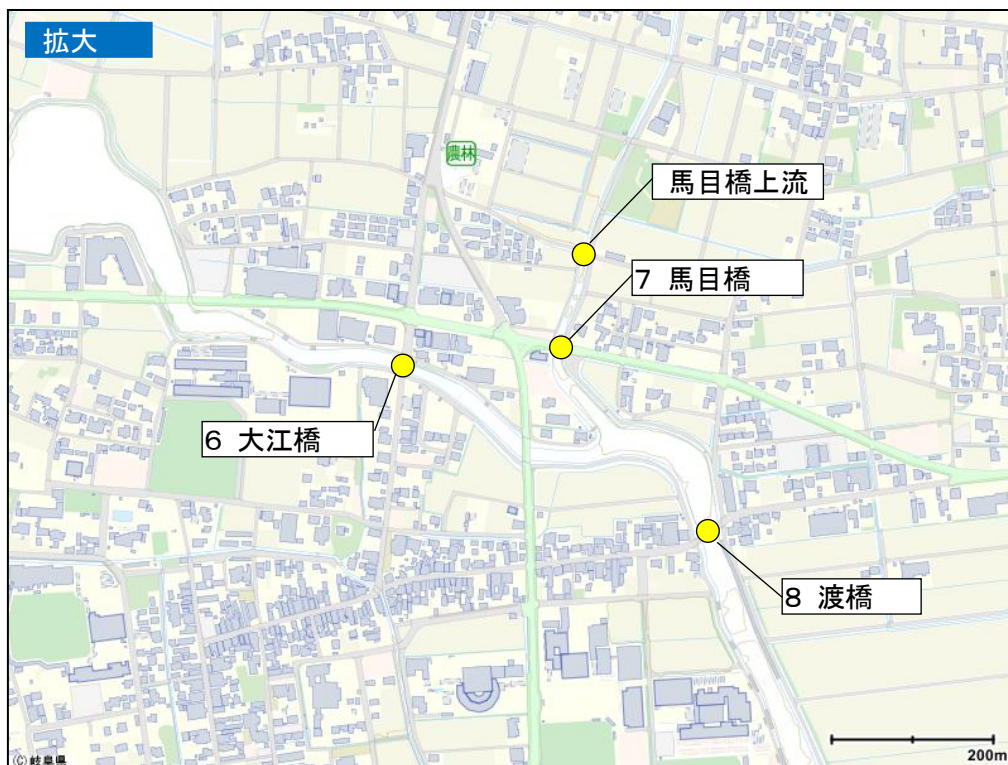


図 2.8 平成30年度 アオコの追跡調査実施箇所（拡大図）

(2) 調査結果

① 気象状況

- 7月中旬から8月中旬は、猛暑日が多く、昼の表層水温は32～35℃程度で推移した。9月は秋雨前線により曇りや雨の日が多く、気温の低下に伴い水温も低下した。気象状況を過去5年と比較すると、平成30年は7月の日照時間が50～100時間多かった。
- 表層水温は4地点で差があまりないが、底層水温は馬目橋で高く、石亀橋で低い傾向であった。これは水深を反映しており、最も水深の深い石亀橋では、表層から中層、底層にいくにつれて水温が低くなっていた。
- 降雨後は水温が下がり、表層から底層までの水温差はほとんどなくなっている。

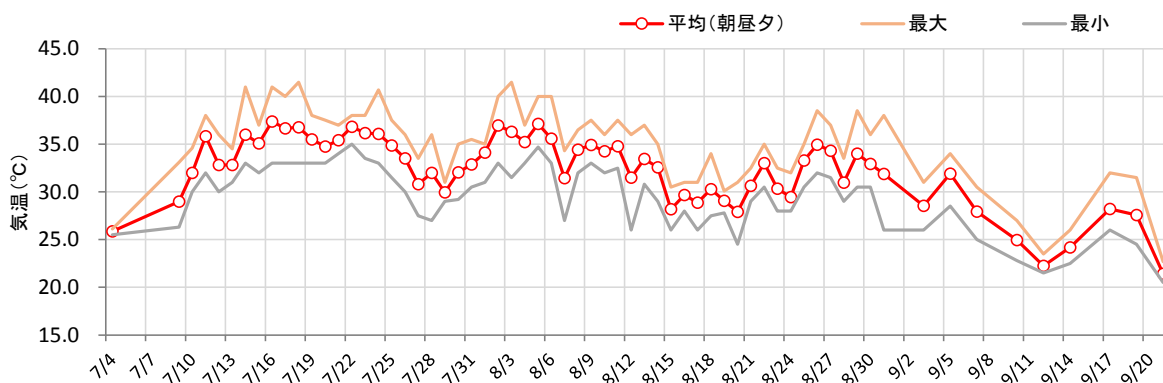


図 2.9 気温の推移

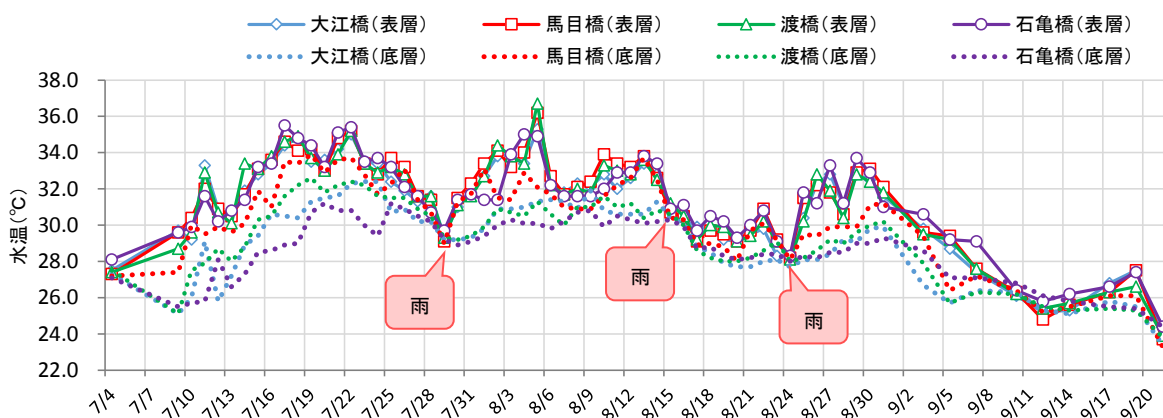
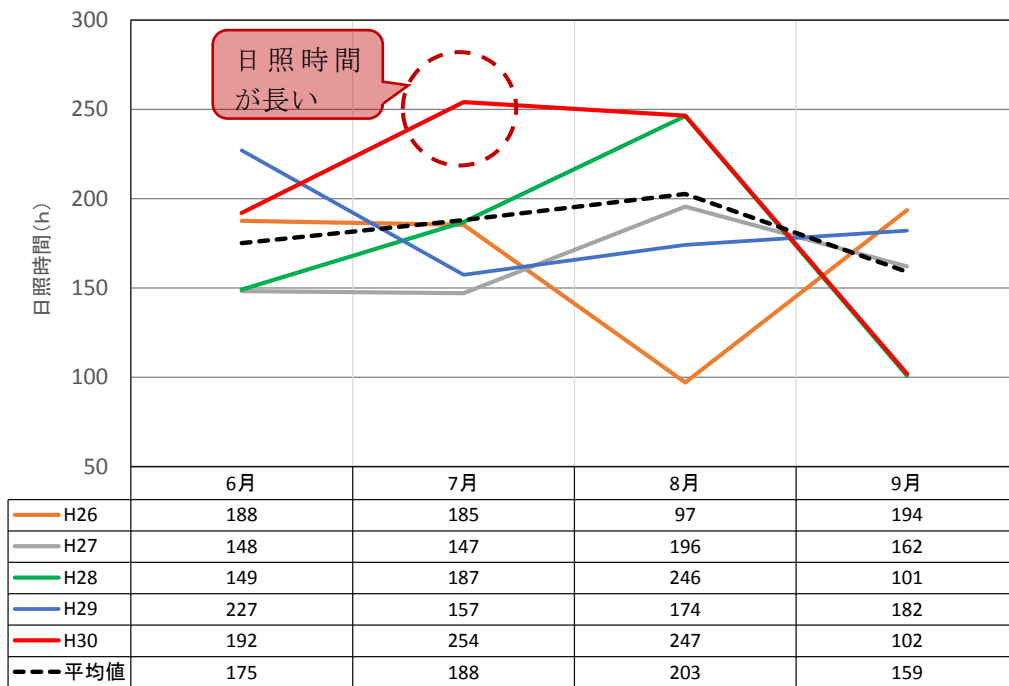


図 2.10 水温の推移



気象庁：大垣観測地点

図 2.10 日照時間の比較

表 2.5 水深および層別水温

	平均水深 (m)	平均水温 (°C)		
		表層	中層	底層
大江橋	2.0	30.6	29.8	29.1
馬目橋	1.2	30.7	30.4	30.0
渡橋	2.2	30.6	29.9	29.3
石亀橋	3.2	30.8	29.6	28.7

② アオコの発生状況について

- 7月10日に馬目橋および石亀橋においてアオコレベル1（今年度初）が確認され、7月25日頃から4地点でアオコレベル2以上が継続的に観測されるようになった。水温が30℃を超え始めて約2週間後に、アオコはすじ状または膜状に確認できる程度に増加した。
- 平成30年は7月の日照時間が長く、気温・水温も高かったため、例年に比べ早い7月の時期にアオコが増殖したと考えられる。
- アオコが発生し始めるタイミングは中流～下流地点でほぼ同時期だが、アオコが消失する時期は上流域の方が早く、下流域では水温が低下してもアオコが確認された。

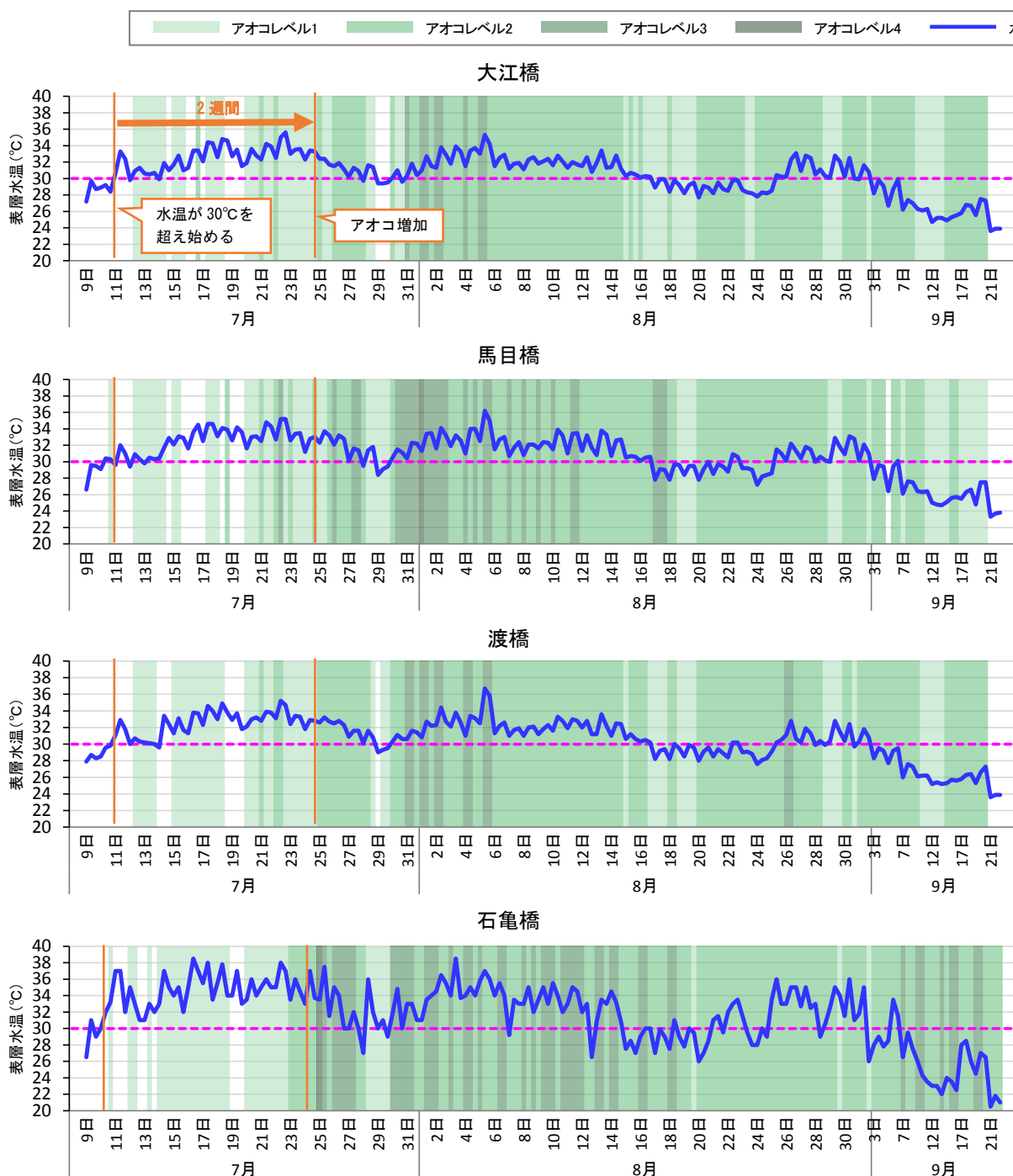


図 2.11 アオコレベルと水温の推移

③ 流速、アオコの移動状況について

- 馬目橋では流速が小さく、±1cm/秒以下の流速が約8割を占めていた。1cm/秒の流れは、半日で約200m移動する計算となり、移動距離はあまり長くない。
- 石亀橋では流速の変動が最も大きく、時間帯によって上下流の両方向に流れが生じている。水の流れに伴って、膜状のアオコが移動したり、拡散したりしていると考えられる。
- 大江橋では、石亀橋よりも流速が小さく、逆流の発生は少ない傾向である。

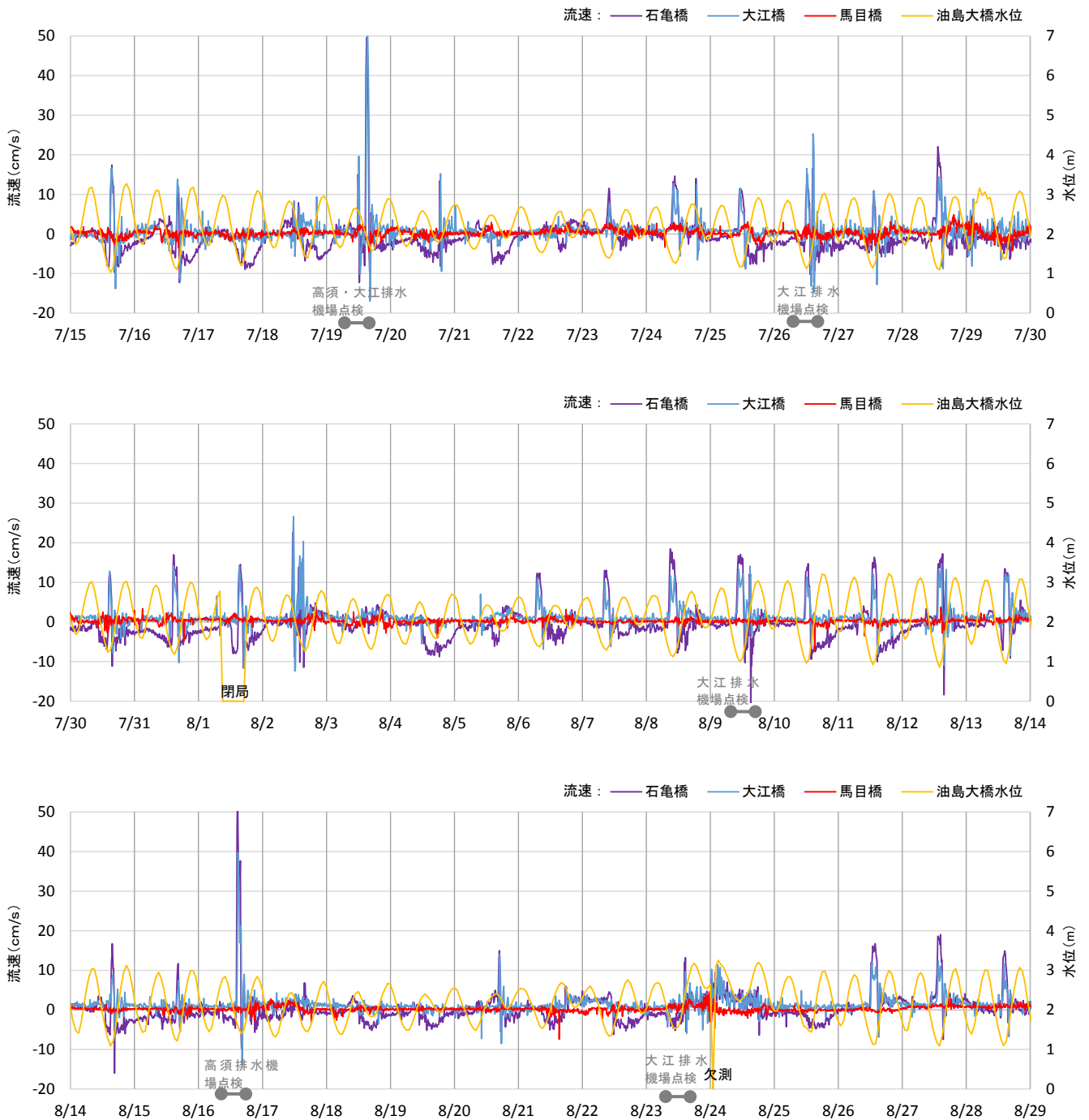
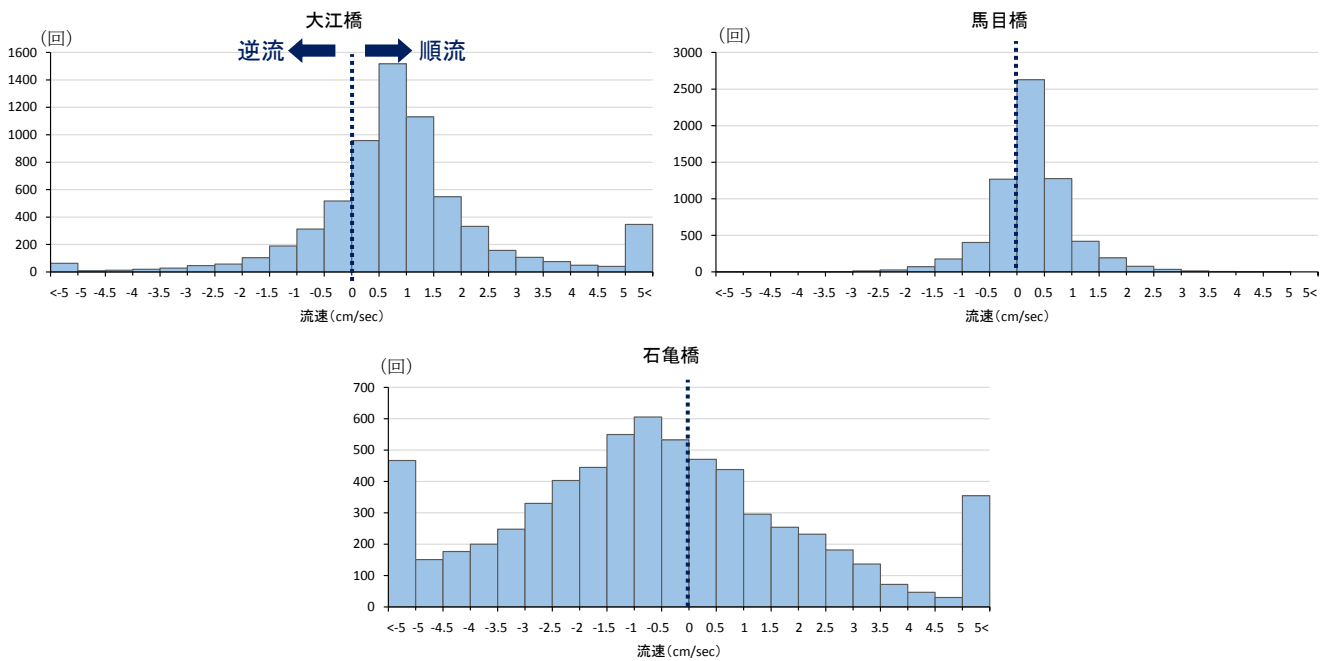


図 2.12 流速の推移



※7月15日～8月29日まで10分間隔の全測定値

図 2.13 流速の頻度分布

➤ 石亀橋と大江橋において水準測量と水位測定を行い、2地点間の水位差を見たところ、大江橋の水面が常に6cm程度高い状態に変動していた。

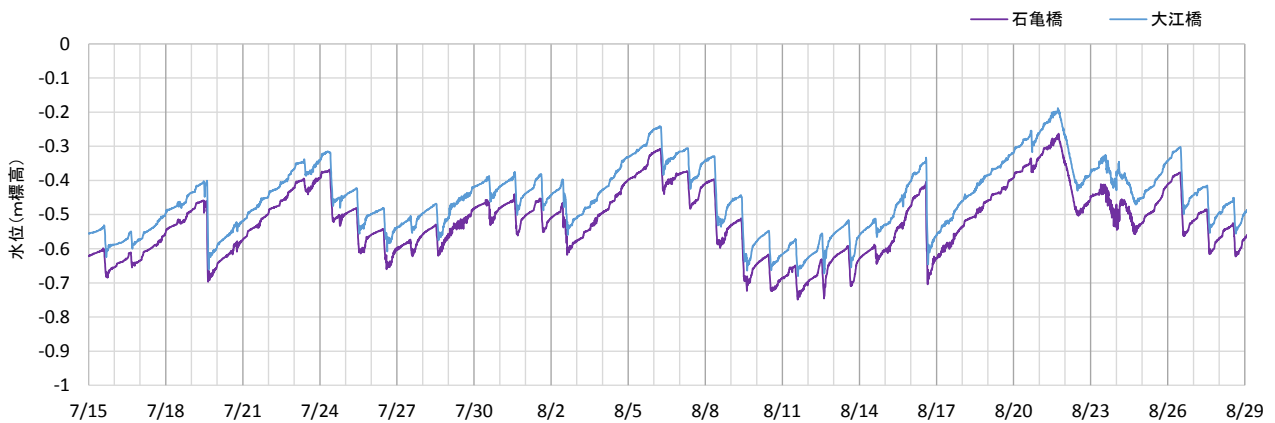





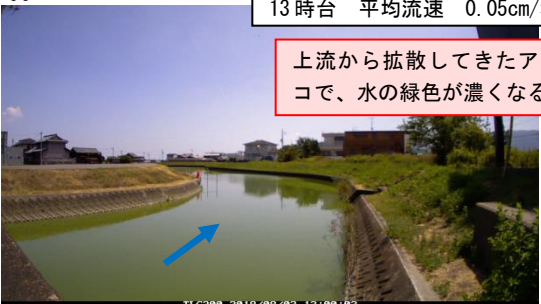









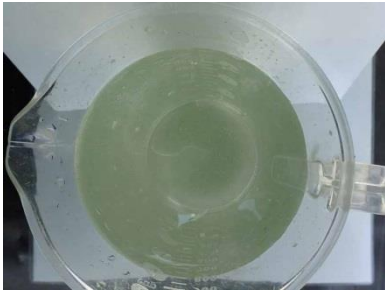






図 2.14 水位の変動

アオコの移動状況（平成30年8月2日 定点カメラ）

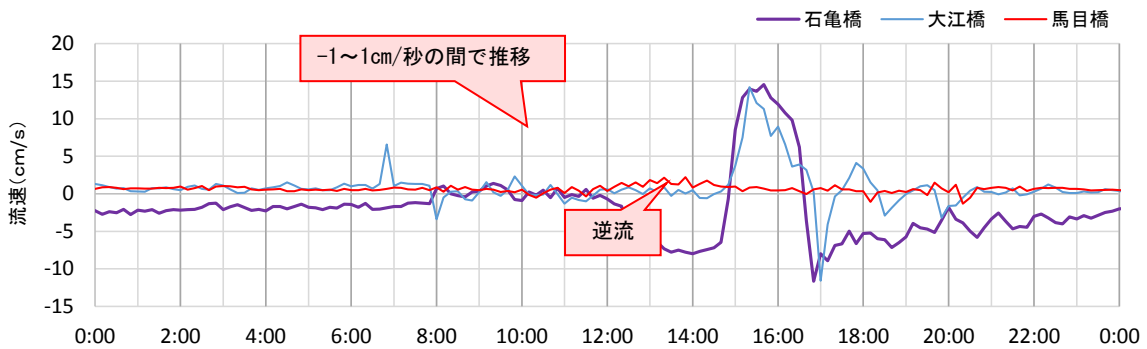
馬目橋最上流	馬目橋
<p>9:00</p> <p>下流から上流に向かう流れによってアオコが蓄積</p>  <p>TLC200 2019/08/02 09:00:03</p>	<p>9:00</p> <p>9時台 平均流速 0.24cm/秒</p>  <p>TLC200 2019/08/02 09:00:03</p>
<p>11:00</p>  <p>TLC200 2019/08/02 11:00:03</p>	<p>11:00</p> <p>11時台 平均流速 0.43cm/秒</p>  <p>TLC200 2019/08/02 11:00:03</p>
<p>13:00</p> <p>昼頃より上流から下流に向かって流れ、アオコが拡散</p>  <p>TLC200 2019/08/02 13:00:03</p>	<p>13:00</p> <p>13時台 平均流速 0.05cm/秒</p> <p>上流から拡散してきたアオコで、水の緑色が濃くなる</p>  <p>TLC200 2019/08/02 13:00:03</p>
<p>14:00</p> <p>アオコの塊が下流側に移動</p>  <p>TLC200 2019/08/02 14:00:03</p>	<p>14:00</p> <p>14時台 平均流速 0.14cm/秒</p> <p>アオコの塊が下流側に移動</p>  <p>TLC200 2019/08/02 14:00:03</p>
<p>17:00</p> <p>アオコの塊は無くなった状態</p>  <p>TLC200 2019/08/02 17:00:03</p>	<p>17:00</p> <p>17時台 平均流速 0.21cm/秒</p>  <p>TLC200 2019/08/02 17:00:03</p>

→ : 河川の上流方向 → : 時点の川の流れ

アオコの移動状況（平成 30 年 8 月 1 日）

石亀橋		
9:00		流れはほとんど無く、アオコが膜状に水面を覆っている
10:10 石亀橋より下流を望む	石亀橋より上流を望む	アオコレベル 2
		
12:30		アオコレベル 3
高濃度のアオコが逆流		
17:15		アオコレベル 3
		

→ : 河川の上下流方 → : 時点の川の流れ



石亀橋（平成 30 年 7 月 25 日）



9 : 00 石亀橋より下流を望む



11 : 00 石亀橋より下流を望む



11 : 00 石亀橋より下流 200m～300m付近



13 : 45 石亀橋より下流を望む



14 : 00 石亀橋より下流 200m～300m付近

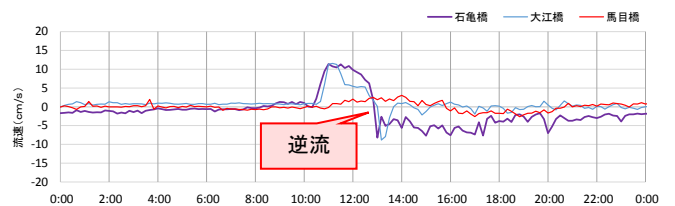


図 2.16 7 月 25 日の流速

④ 水質測定結果

- レベル 3~4 の高濃度のアオコが確認された 7 月下旬から 8 月 1 日にかけて、馬目橋および石亀橋で SS と BOD が急増した。それに伴い pH、DO も高い値であった。
- pH、DO は全般的に 7 月下旬から 8 月下旬まで高い値で推移した。

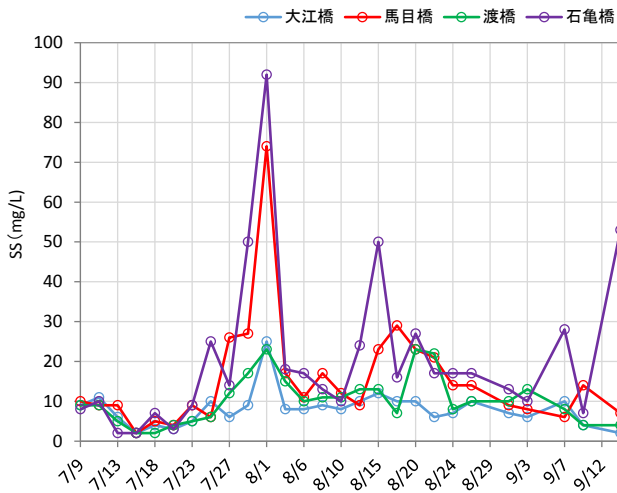


図 2.17 SS の推移

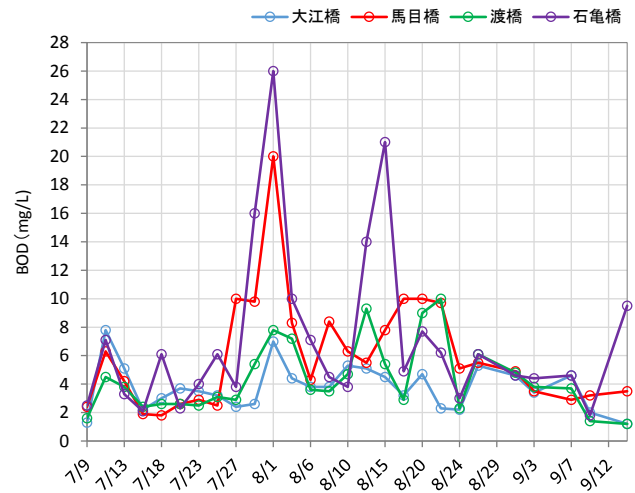


図 2.18 BOD の推移

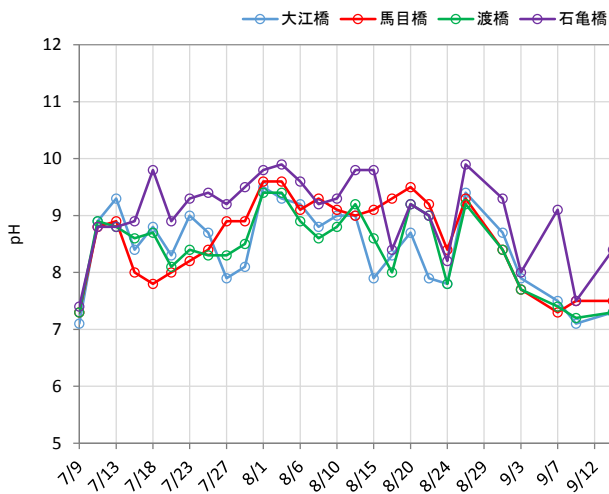


図 2.19 pH の推移

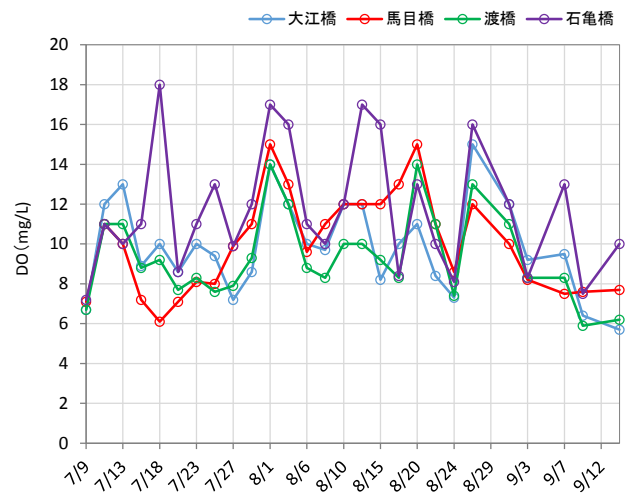


図 2.20 DO の推移

- 総リンは、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）を超過していた。総窒素は、概ね富栄養化の指標（T-N：1.3mg/L）よりやや低い濃度を推移しているが、突発的に著しく高くなることがあった。
- 総窒素濃度が急増した8月1日、8月15日、9月14日は、総リン濃度も同様に増加した。石亀橋での総リン濃度は全体的には低い傾向であるが、その3日間は他地点よりも高くなった。
- N/P比は、石亀橋では7月下旬以降、植物プランクトンの一般的な比率（レッドフィールド比[※]）7.2より高い傾向にあった。石亀橋以外の大江橋、馬目橋、渡橋の3地点では、7月および8月は概ねN/P比7.2より低い値で推移していたが、9月中旬頃は増加した。

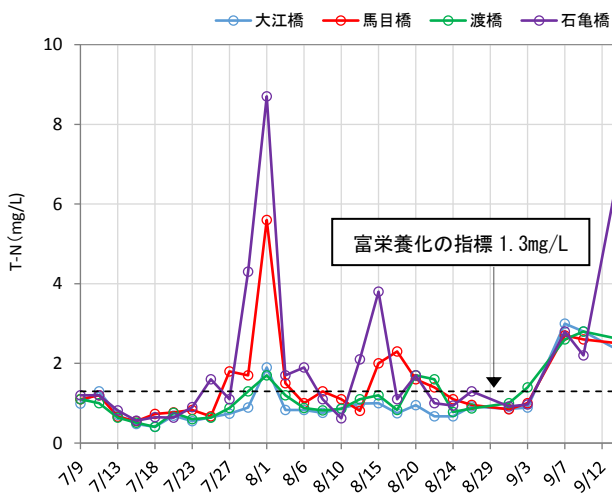


図 2.21 栄養塩類（T-N）の推移

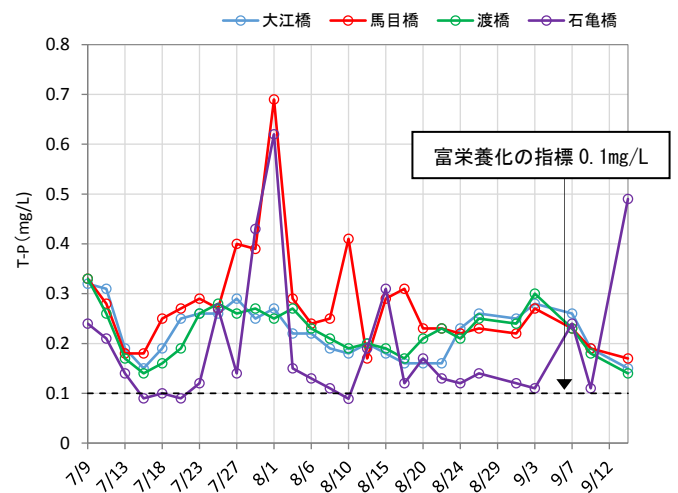


図 2.22 栄養塩類（T-P）の推移

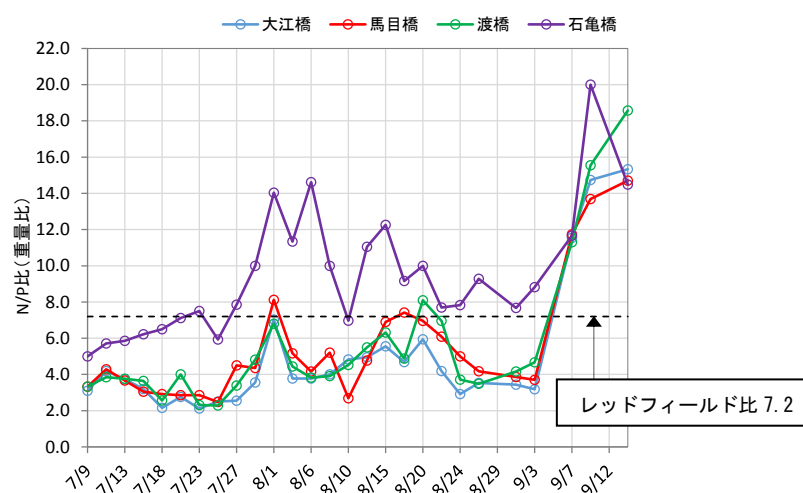


図 2.23 N/P比の推移

※レッドフィールド比は、植物プランクトンが生育する際の最適な比率とされており、窒素とリンの比率が、重量比で7.2：1（モル比で16：1）に近いほど良好な窒素・リンの栄養状態とされる。

⑤ 植物プランクトンの発生状況

- 石亀橋では、アオコの一種のミクロスティス属が水面に目立ち始める前に、既に水中ではアオコの一種のドリコスペルマム属が発生していた。
- アオコの最盛期には、中流域ではミクロスティス属が、下流域（石亀橋）ではドリコスペルマム属が優占していた。
- アオコ収束期では、ドリコスペルマム属は水中から消失した。水中に生息する本属はミクロスティス属より早く休眠のため川底に沈んだものと考えられる。
- 石亀橋では、他の地点と種構成および発生時期が異なっていた。

アオコの原因

表 2.6 確認された植物プランクトン

門	目	科	属
シアノバクテリア	クロオコックス	ミクロスティス	ミクロスティス
	ネンジュモ	アフアニゾメゾン	ドリコスペルマム
			スファエロスペルモプシス
緑藻植物	ユレモ	ユレモ	ユレモ
	ボルボックス	ボルボックス	ボルボックス
			ユードリナ
	ヨコワミドロ	アミミドロ	ペディアストルム

ドリコスペルマム属は淡水域に生息する分類群であるが、汽水域にも生息することが知られている。

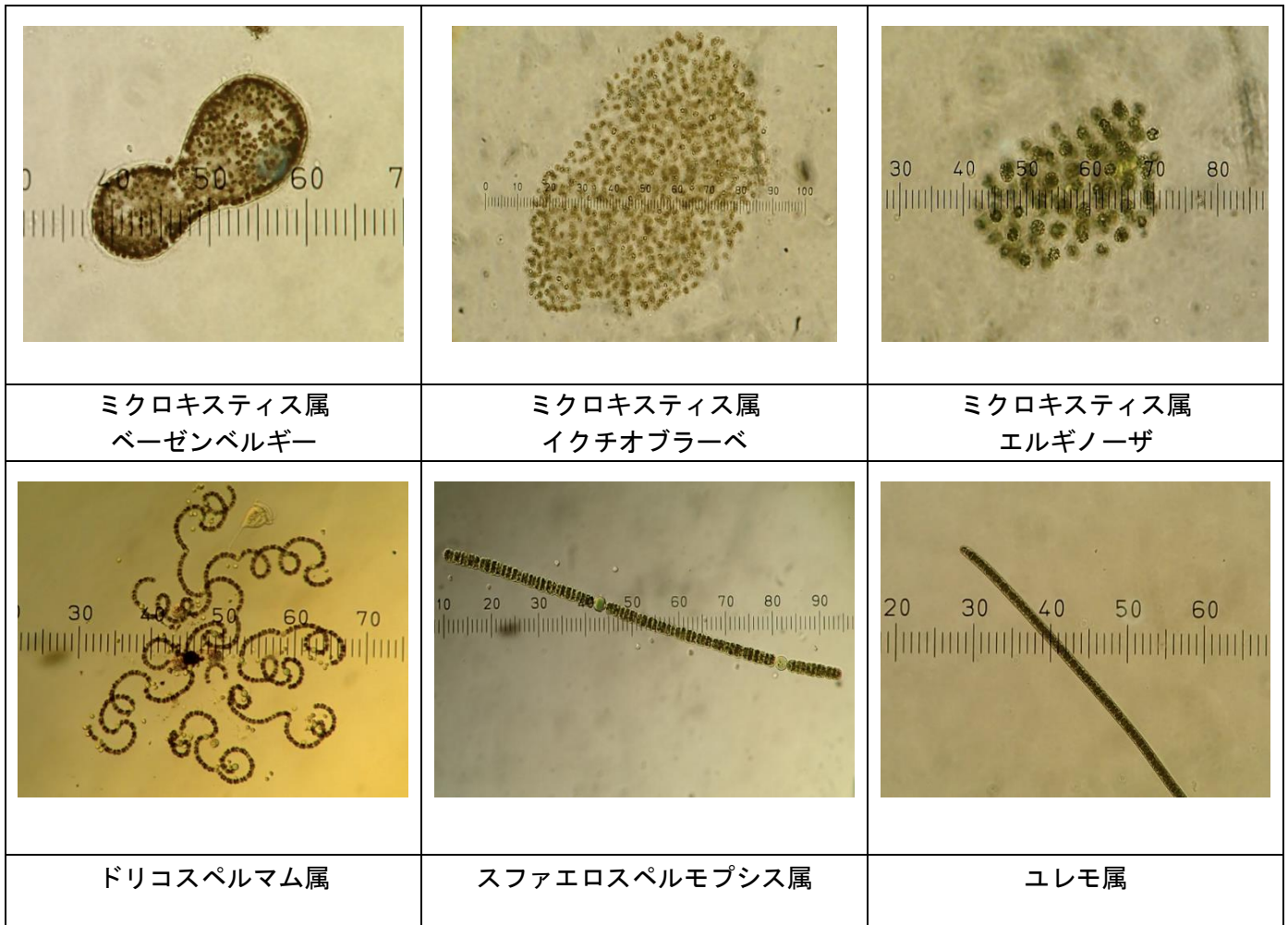


写真 2.1 大江川で確認されたアオコ写真

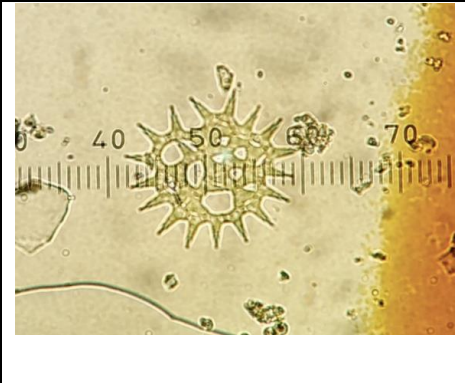


		
<p>ペディアストルム属</p>	<p>ボルボックス属</p>	<p>ユードリナ属</p>

写真 2.2 大江川で確認された緑藻植物写真

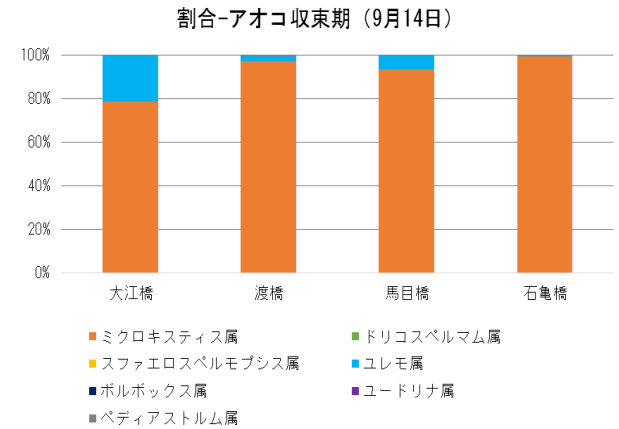
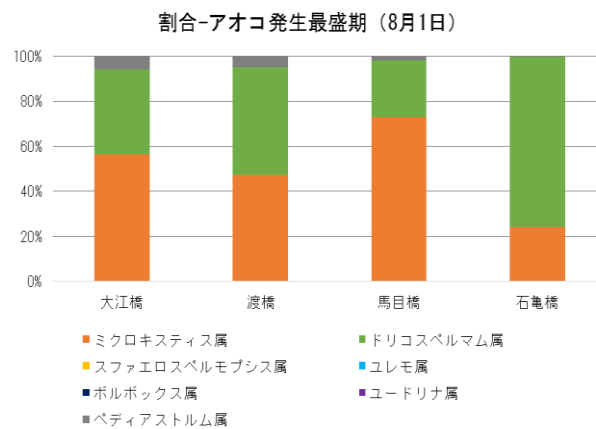
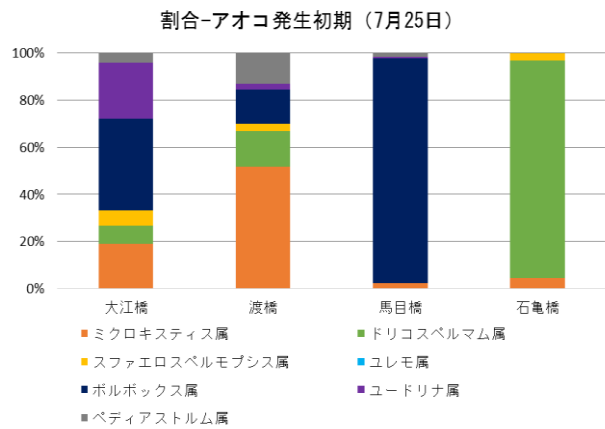
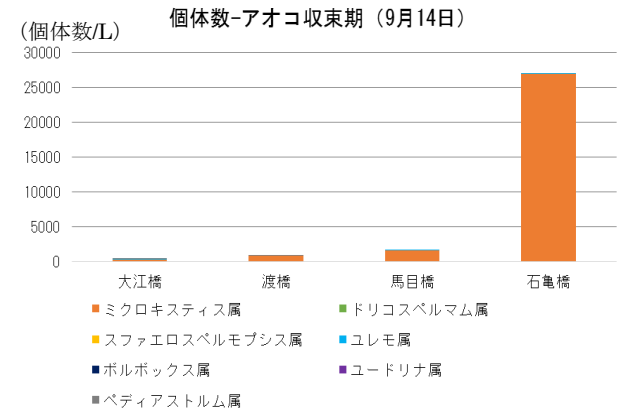
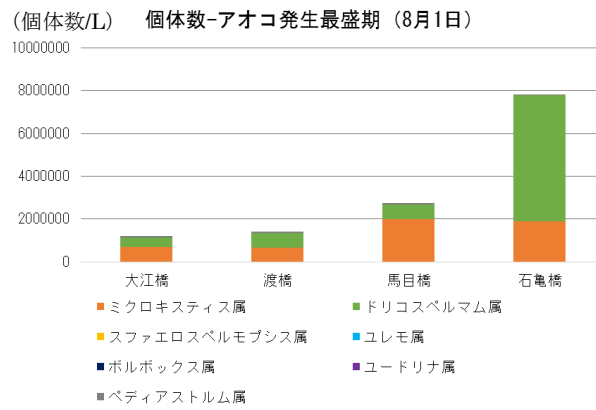
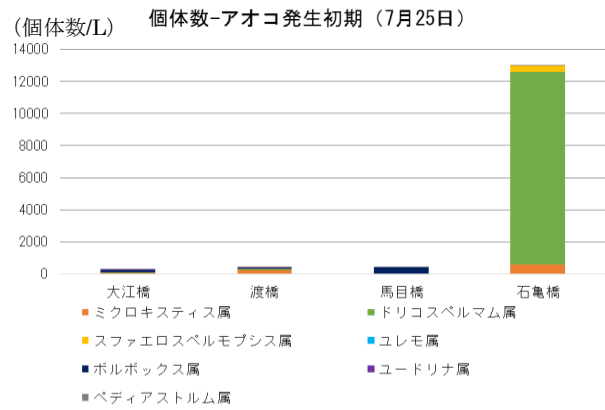
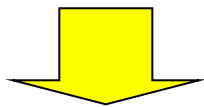


図 2.24 植物プランクトンの種構成

3. まとめ

- アオコは、中流域から下流域にかけて概ね同時期に大量発生した。全川にわたって栄養塩類の濃度が高いことから、全地点がアオコの発生源になっていることが考えられる。
- 水温が高い状態となり日照時間が長く続くと、アオコの増殖が進むと考えられる。
- 大江川では逆流が頻繁に発生しており、緩やかな流れに沿ってアオコは上下流へと移動している。その中で、水の滞留しやすいワンドや馬目橋上流といった水路の末端で集積しやすいと考えられる。



- ・大江川の特定の範囲がアオコの発生源となっている訳ではないと考えられる。したがって、根本的な対策として、下水道普及率の向上等の流域対策により大江川に流入するリン等を削減し大江川全体の水質浄化を図ることが必要である。
- ・水温が高い状態となり日照時間が長く続くと、アオコの増殖が進むため、そうした状態においては一層の注意が必要である。

■今後の対応

- ・流域対策は引き続き実施する。
- ・アオコ対策としてフィルター材による除去等を実施する。
- ・水温を目安に体制の強化を図る。