

第3章 付着藻類	3-1
3.1 調査概要	3-1
3.1.1 調査の背景	3-1
3.1.2 更新状況調査	3-2
3.1.3 剥離流速調査	3-5
3.1.4 増放流時調査	3-7
3.2 調査結果	3-9
3.2.1 更新状況調査	3-9
3.2.2 剥離状況調査	3-18
3.2.3 増放流時調査	3-25
3.3 考察	3-27
3.3.1 更新状況調査	3-27
3.3.2 剥離状況調査	3-27
3.3.3 増放流時調査	3-27

第3章 付着藻類

3.1 調査概要

3.1.1 調査の背景

■ 既往調査結果における課題

減水区間と非減水区間の同一時期での比較調査が実施されておらず、藻類の更新状況の違いが把握できていない。

■ 第15回協議会における指摘事項

掃流力に対する藻類の変化を実験的に試してみてはどうか。

■ 課題に対する追加調査の内容

1) 更新状況調査

減水区間及び非減水区間に付着板を設置し、藻類の更新状況の変化を調査した。

■ 指摘に対する追加調査の内容

2) 剥離流速調査

流速(0.3、0.5、0.7、0.9、1.1m/s)及び曝露時間(1、4、10、24時間)を変えて、石に付着している藻類等(有機物量、無機物量)の変化を調査した。

3) 増放流時調査

増放流前後で河床に付着している藻類等(有機物量、無機物量)の変化を調査した。

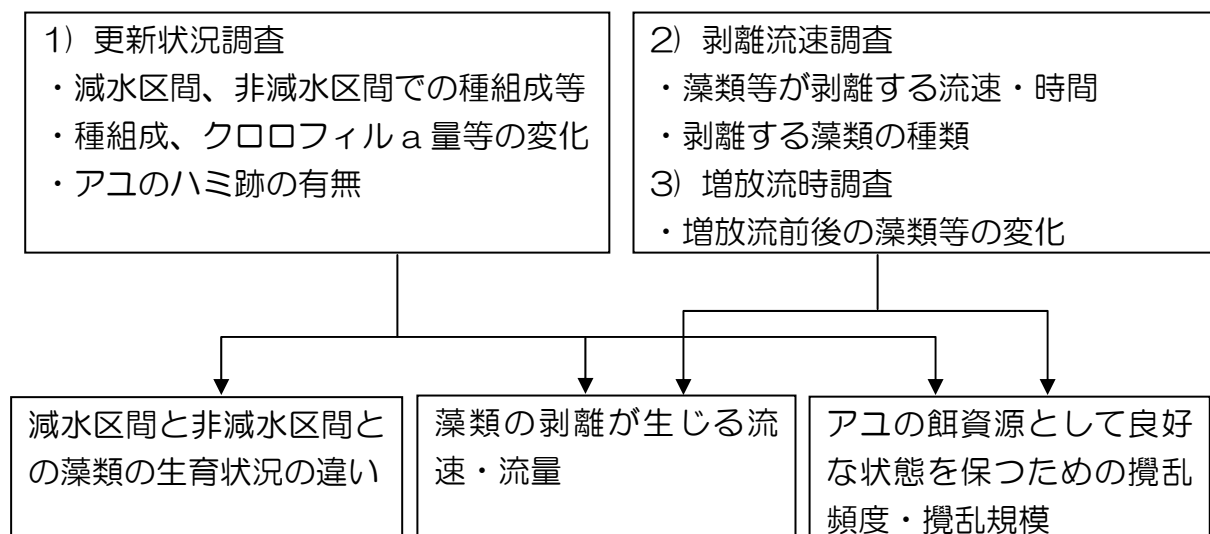


図 3.1-1 調査内容

3.1.2 更新状況調査

(1) 調査時期

調査日は下記の通りである。

設置：8月15日

1回目：8月27日

2回目：9月5日

3回目：9月20日

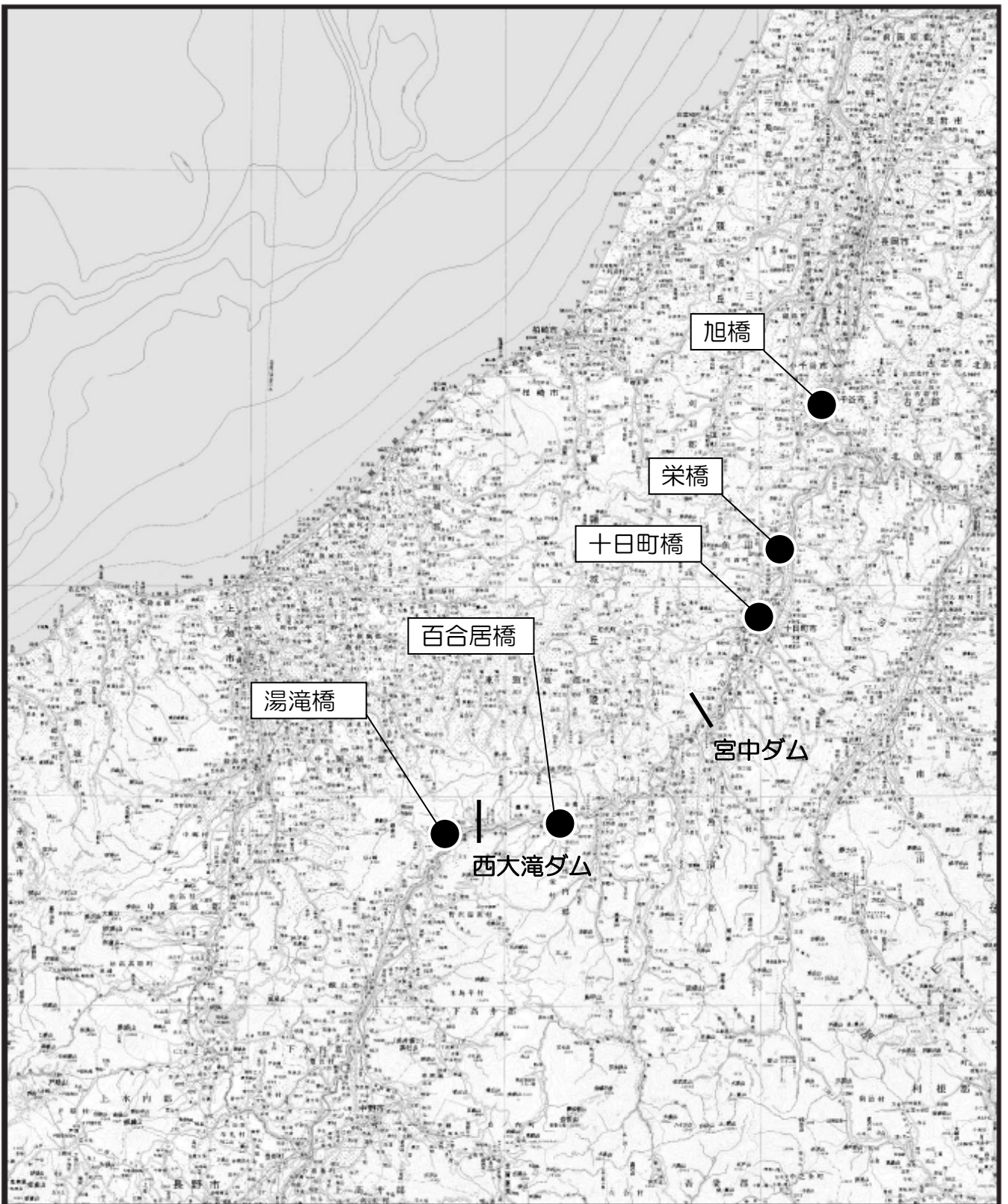
4回目：9月29日

(2) 調査地点

調査地点は、表 3.1-1及び図 3.1-2に示す5地点とした。

表 3.1-1 調査地点

No.	河川名	地点名	選定理由
1	信濃川	旭橋	小千谷発電所の下流に位置し、取水された水が信濃川に戻った地点である。小千谷流量観測所が位置する。
2		十日町橋	宮中ダムの減水区間に位置する。通常の流量時に付着藻類の大量繁茂が確認されている。十日町流量観測所が位置する。
3		栄橋	宮中ダムの減水区間に位置する。平成17年度の流況が多い年に付着藻類の大量繁茂が確認されている。付着物量が堆積傾向にある。
4		百合居橋	西大滝ダムの減水区間に位置する。
5		湯滝橋	西大滝ダムの上流に位置し、信濃川に設置した地点の最上流に位置する。減水区間の対照区として設置する。



凡 例

● 調査地点



Scale 1:500,000

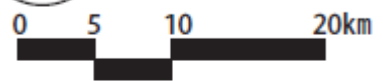


図 3.1-2 調査地点

(3) 調査方法

各調査地点の河床に付着板(タイル)を水深、流速が異なる3箇所に設置した。設置後7日~10日おきに毎回4枚の付着板を回収した。また、出水が生じた場合は、別途回収した。

回収した付着板上の付着物を現地にてブラシではぎ取り、4枚分を混合して1検体とした。

検体は速やかに持ち帰り、クロロフィルa、フェオフィチン、付着物量、有機物量(強熱減量)の分析を行った。また、残りの試料は固定し、顕微鏡観察により種の同定と細胞数の計数を行った。

設置・回収時には、水温、水深、流速の計測、アユのハミ跡の有無の記録及び付着板の写真撮影を行った。



写真 3.2-1 調査方法(左：付着板の設置 右：試料採取)

3.1.3 剥離流速調査

(1) 調査時期

調査日は下記の通りである。

10月1、2日

(2) 調査地点

調査は十日町地点において流速の異なる場所を選定し調査を実施した。

(3) 調査方法

十日町地点の滞留部の河床から、藻類の付着した適当な大きさの石を採取し、流速が早い箇所に移動させて、一定時間が経過した後に回収した。

調査ケースは表 3.1-2に示す 20 ケースとし、各 2 サンプルを回収した。

同一の石から投入前後に採取した付着物を検体とし、付着物量、有機物量（強熱減量）の分析を行った。また、投入前後に、現地で優占種の確認を行った。優占種の確認は、単細胞・群体型の藻類と糸状藻類、珪藻、緑藻 程度の区分とした。

調査方法のイメージを図 3.1-3に示す。

表 3.1-2 調査ケース

流速	0.3 m/s	0.9 m/s
	0.5 m/s	1.1 m/s
	0.7 m/s	
投入時間	1 時間	10 時間
	4 時間	24 時間
流速 5 ケース×時間 4 ケース=20 ケース		



写真 3.2-2 自然石回収場所の状況(左：水際の滞留部 右：滞留部の河床)

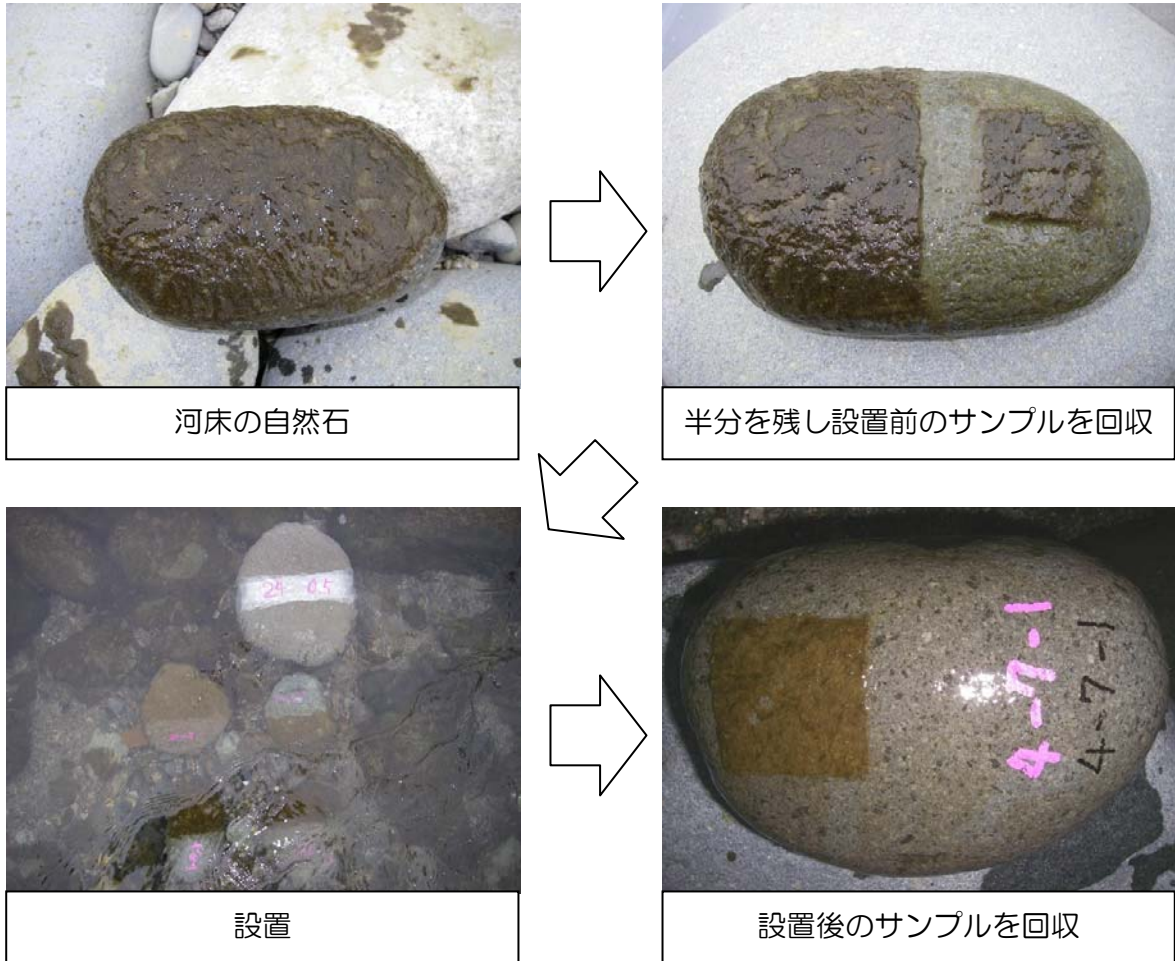


図 3.1-3 剥離流速調査の調査手法イメージ

3.1.4 増放流時調査

今年度は宮中ダム of 修繕工事が実施され、工事期間中は宮中ダムの取水量を減少する計画となっている。特に 9 月 30 日の取水量が $110\text{m}^3/\text{s}$ に減少することから出水が予測されるため、藻類の調査を実施した。

(1) 調査時期

調査日は下記の通りである。

出水前：9 月 29 日

出水後：10 月 1、2 日

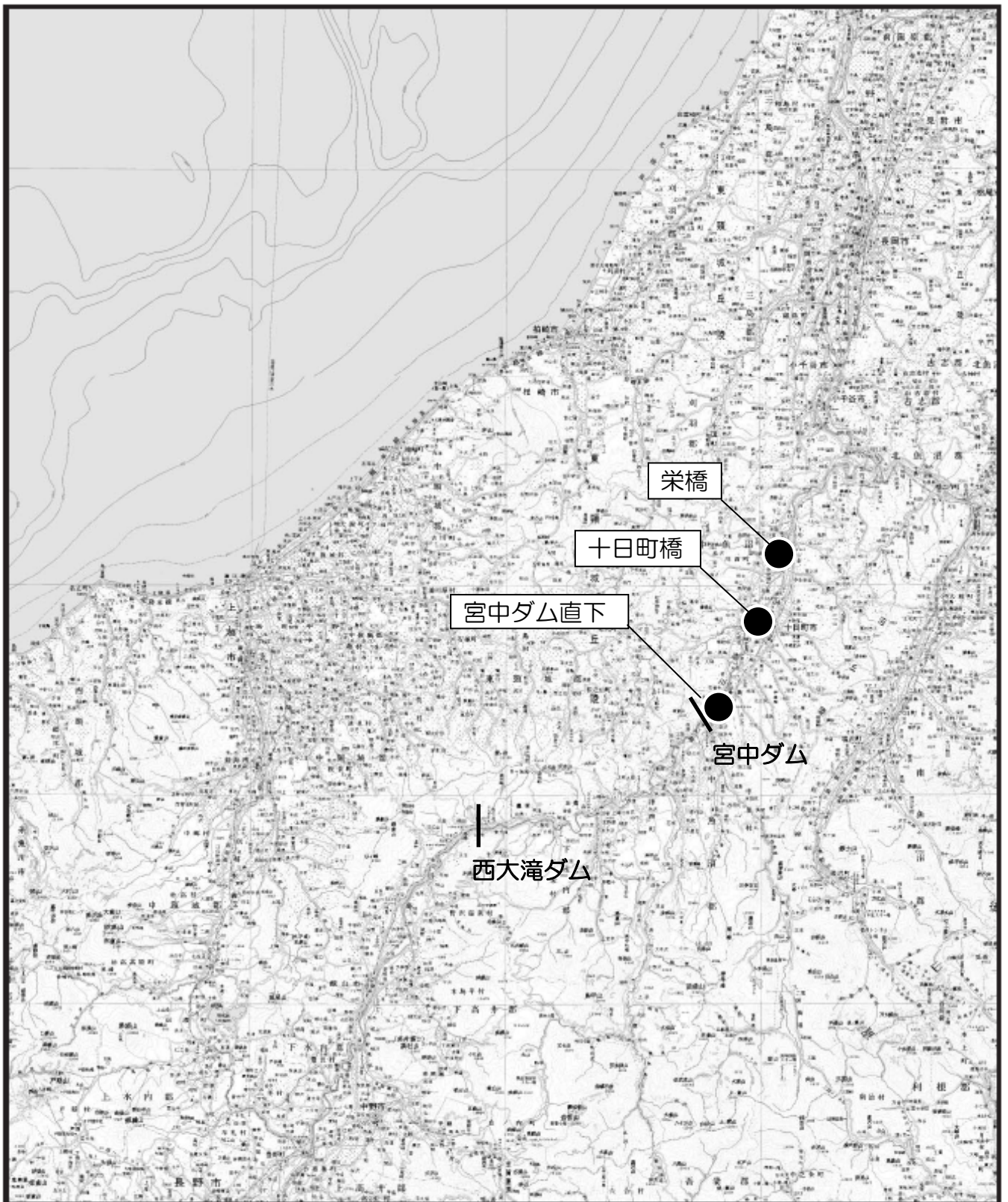
(2) 調査地点

調査地点は、栄橋、十日町橋及び宮中ダム直下とし、各調査地点において、流速の早い場所及び遅い場所においてサンプルを回収した。調査地点を図 3.1-4 に示す。

(3) 調査方法

河床の自然石の表面に 1 辺 5cm の正方形の枠を当て、枠内の全付着物をナイロンブラシで丁寧に擦り取り、採集ビンにいれサンプルとした。1 ヶ所の調査地点につき、方形枠を 4 つ採取し 1 サンプルとした。

採取箇所の水深及び流速を記録した。



凡 例

● 調査地点



Scale 1:500,000



図 3.1-4 調査地点

3.2 調査結果

3.2.1 更新状況調査

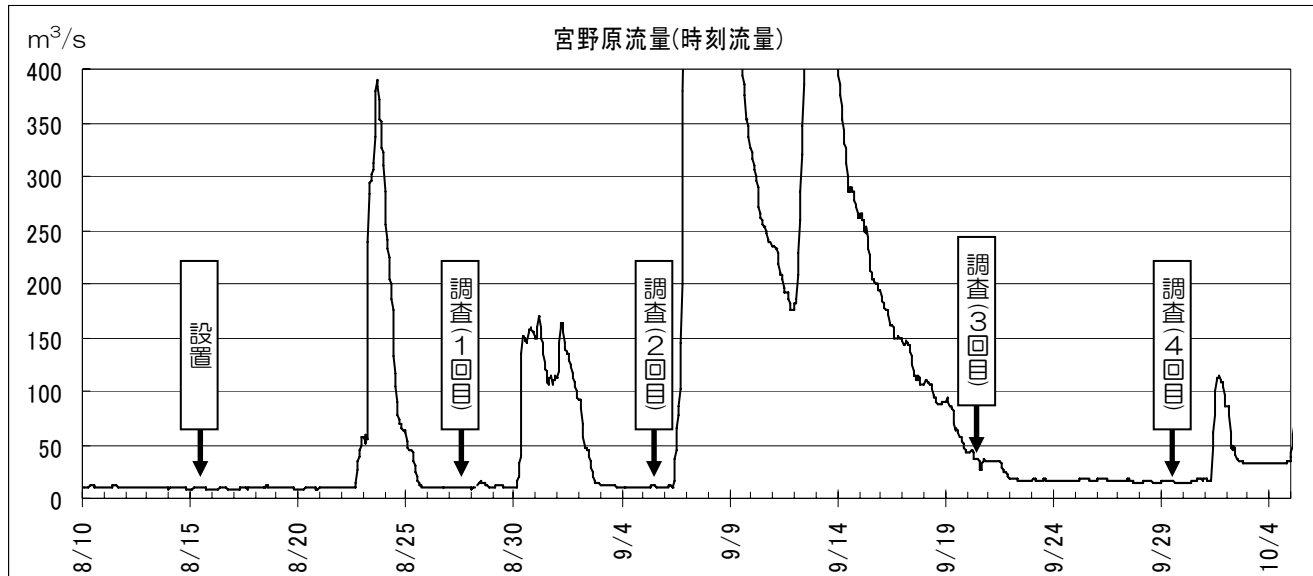
(1) 調査時の流況等

今年度は、更新状況調査実施期間中の9月7日に台風による大きな出水が発生している。発生した出水は宮野原で最大 2,925.70m³/s、日平均 1,942.96m³/s、十日町で最大 2,188.57m³/s、日平均 1,313.60m³/s という規模であった。調査時の流況を図 3.2-1に示す。

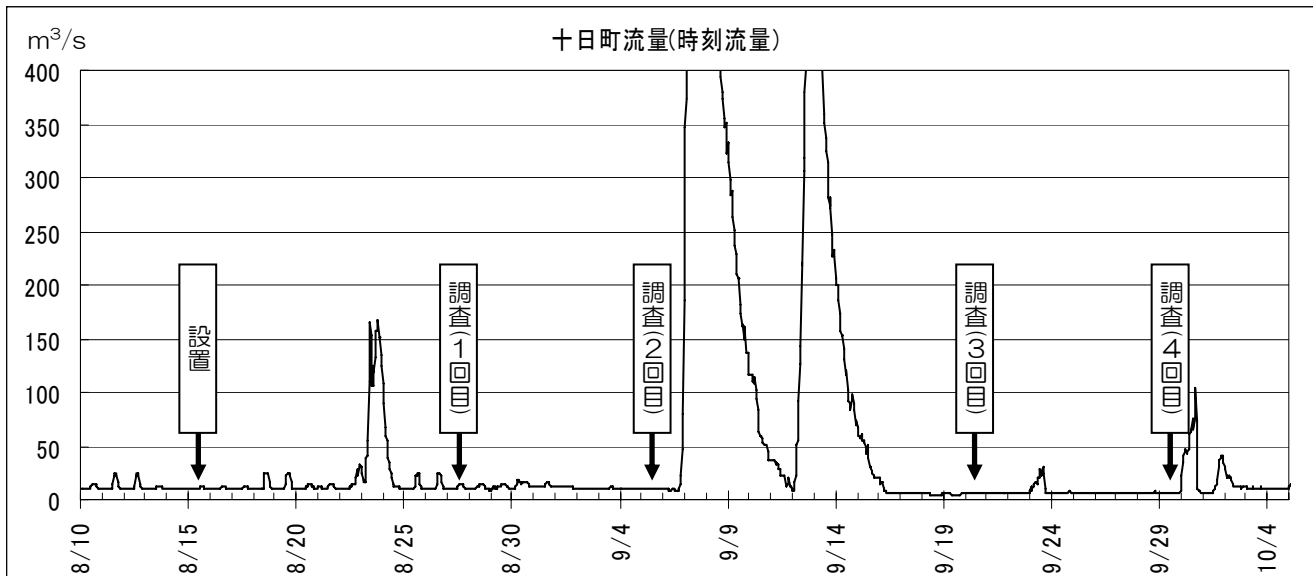
この出水により設置していた付着板の一部が流失している。栄橋、十日町橋及び百合居橋では、設置した3ヶ所すべての付着板が基礎ごと流失しており、3回目以降のサンプルの回収は不可能であった。旭橋及び湯滝橋では、設置した3ヶ所のうち2ヶ所の付着板が基礎ごと流失しており、3回目のサンプルの回収が不可能であった。また旭橋の残った1ヶ所の付着板についても、一部が流失及び破損し4回目の回収が不可能であった。サンプルの回収状況を表 3.2-1に示す。

表 3.2-1 サンプルの回収状況

調査地点	設置箇所	8月27日 (1回目)	9月5日 (2回目)	9月20日 (3回目)	9月29日 (4回目)
湯滝橋	上流側	回収	回収	流失	流失
	中央	回収	回収	流失	流失
	下流側	回収	回収	回収	回収
百合居橋	流心寄り	回収	回収	流失	流失
	中央	回収	回収	流失	流失
	岸寄り	回収	回収	流失	流失
十日町橋	流心寄り	回収	回収	流失	流失
	中央	回収	回収	流失	流失
	岸寄り	回収	回収	流失	流失
栄橋	流心寄り	回収	回収	流失	流失
	中央	回収	回収	流失	流失
	岸寄り	回収	回収	流失	流失
旭橋	流心寄り	回収	回収	流失	流失
	中央	回収	回収	流失	流失
	岸寄り	回収	回収	回収	流失



宮野原
集計期間
8月15日～9月29日
期間最大水位
241.38m(9月7日 16:00)
期間最大流量
2,925.70m³/s
期間平均水位
236.31m
期間平均流量
148.64m³/s



十日町
集計期間
8月15日～9月29日
期間最大水位
142.04m(9月7日 17:00)
期間最大流量
2,188.57m³/s
期間平均水位
136.95m
期間平均流量
78.49m³/s

図 3.2-1 更新状況調査期間中の流況

(2) 調査地点の流況等

調査時に測定した水温、水深及び流速を表 3.2-2に示す。

表 3.2-2 (1) 各調査地点の計測結果(水温)

調査地点	位置	水温(°C)			
		8月27日 (1回目)	9月5日 (2回目)	9月20日 (3回目)	9月29日 (4回目)
湯滝橋	上流側	24.3	22.5		
	中央	24.3	22.5		
	下流側	24.3	22.5	21.2	18.8
百合居橋	流心	25.2	22.1		
	中央	25.2	22.2		
	岸寄	25.2	22.2		
十日町橋	流心	26.0	25.9		
	中央	27.2	26.9		
	岸寄	27.9	27.2		
栄橋	流心	23.0	25.9		
	中央	23.0	25.9		
	岸寄	23.3	25.9		
旭橋	流心	22.0	24.5		
	中央	22.0	25.0		
	岸寄	22.0	25.9	23.0	

表 3.2-3 (2) 各調査地点の計測結果(水深)

調査地点	位置	水深(cm)			
		8月27日 (1回目)	9月5日 (2回目)	9月20日 (3回目)	9月29日 (4回目)
湯滝橋	上流側	21	28		
	中央	30	40		
	下流側	31	36	15	15
百合居橋	流心	56	58		
	中央	37	37		
	岸寄	35	33		
十日町橋	流心	38	38		
	中央	27	28		
	岸寄	8	8		
栄橋	流心	33	33		
	中央	17	15		
	岸寄	11	11		
旭橋	流心	59	42		
	中央	55	21		
	岸寄	55	26	22	

表 3.2-4 (3) 各調査地点の計測結果(流速)

調査地点	位置	流速(cm/s)			
		8月27日 (1回目)	9月5日 (2回目)	9月20日 (3回目)	9月29日 (4回目)
湯滝橋	上流側	31.89	26.56		
	中央	47.15	21.76		
	下流側	30.14	24.96	73.60	49.76
百合居橋	流心	24.89	24.96		
	中央	26.64	21.76		
	岸寄	22.19	26.56		
十日町橋	流心	58.61	50.56		
	中央	37.29	30.56		
	岸寄	19.32	21.36		
栄橋	流心	125.70	139.36		
	中央	56.85	47.36		
	岸寄	21.31	17.76		
旭橋	流心	100.57	60.16		
	中央	91.51	38.56		
	岸寄	71.95	21.76	30.56	

(3) 調査回別の種構成の比較

1 回目は、付着藻類の細胞数が最も多かった地点は旭橋であった。宮中ダム減水区間である十日町橋及び栄橋は他の地点と比較して少ない値を示していた。種構成を見ると全地点で付着性珪藻が優先していたが、旭橋では糸状性珪藻が次いで多い状況であった。

2 回目は、旭橋の細胞数が大きく減少し、湯滝橋、百合居橋及び栄橋の3地点でやや減少していた。種構成を見ると全地点で1回目と同様に付着性珪藻が優先しているが、付着性緑藻の割合が減少し、糸状性緑藻の割合が増加する傾向が見られる。また、旭橋においては糸状性珪藻の割合が大きく減少している。

3 回目は、大きな出水が起きた後であり、細胞数が大きく減少している。種構成を見ると、上流の湯滝橋では付着性珪藻のみであったが、下流の旭橋では付着性珪藻と糸状性緑藻の割合が同様な値を示していた。

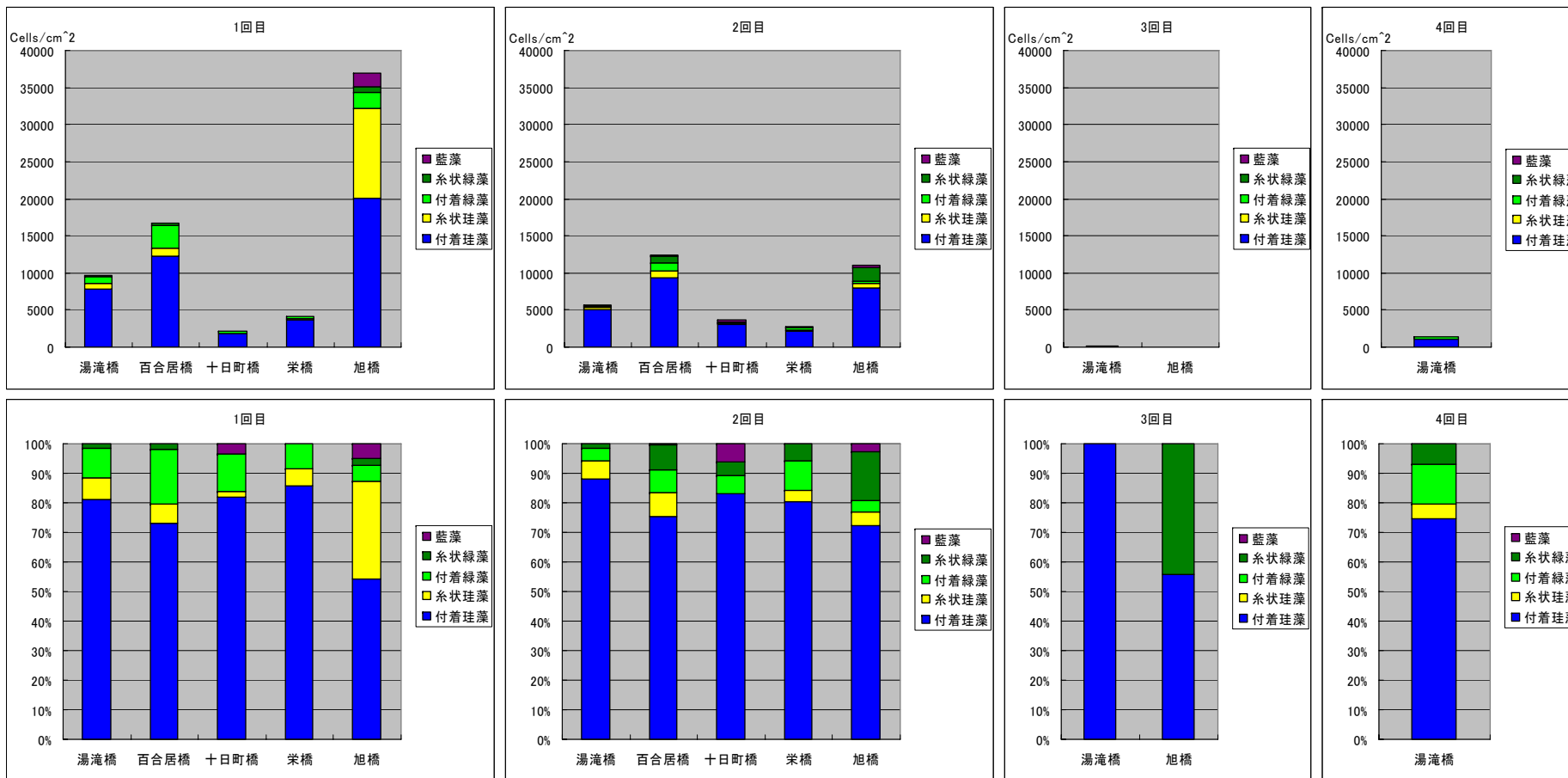


図 3.2-2 調査回別の種構成

(4) 調査回別の付着物量の比較

1 回目及び 2 回目の現地調査の結果では、西大滝ダム減水区間の百合居橋の有機物量及び無機物量は、上流の非減水区間である湯滝橋とほぼ同様な値を示している。

宮中ダム減水区間の十日町橋及び栄橋の有機物量及び無機物量は、非減水区間である湯滝橋及び旭橋より低い値を示している。また、もっとも有機物量及び無機物量が多い地点は下流の旭橋であった。

1 回目及び 2 回目の有機物量及び無機物量の割合を比較すると、減水区間である十日町が有機物量の割合が最も高く、同じく減水区間である百合居橋及び栄橋が次に高い値を示している。調査地点別の付着物量及び割合を図 3.2-3に示す。

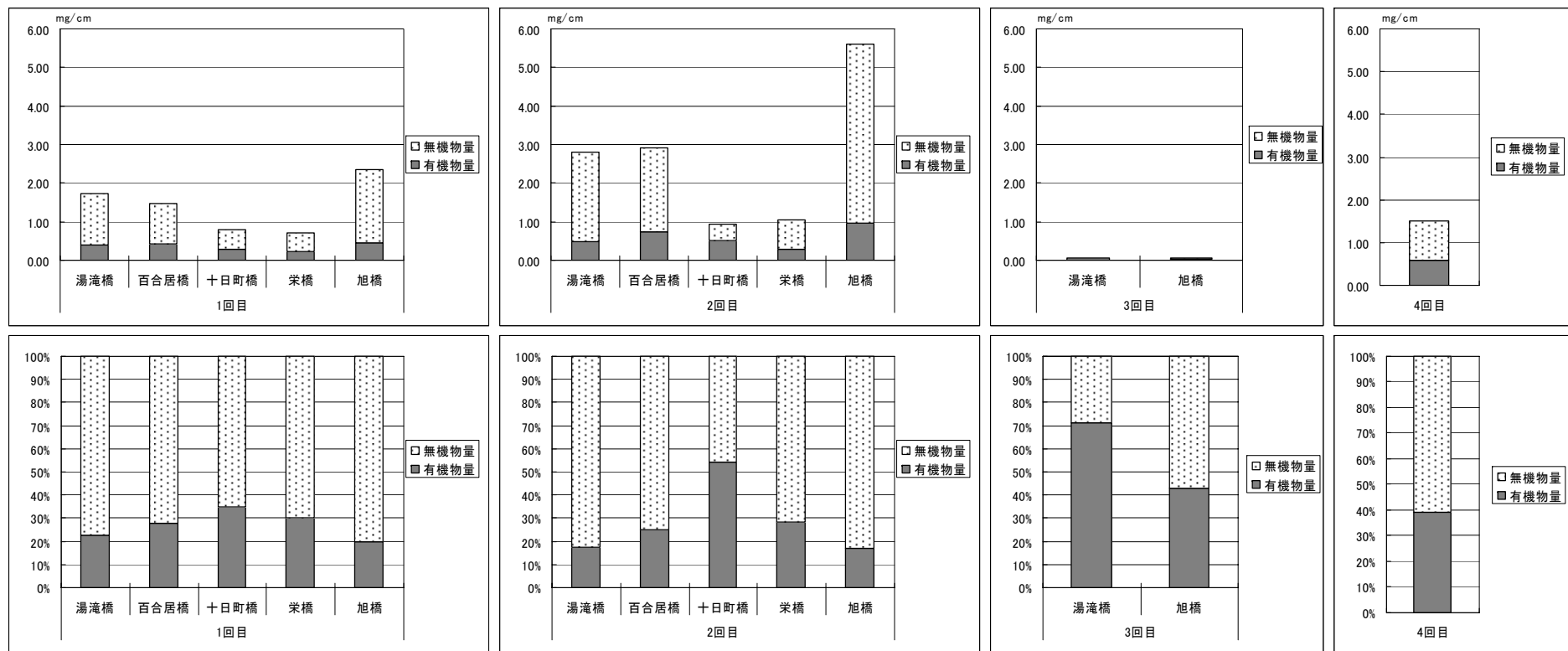


図 3.2-3 調査回別の付着物量及び割合

(5) 調査地点別の付着物量の比較

西大滝ダム減水区間では、付着板の設置以降、1回目と2回目の調査の間に小規模な出水が発生しているが、湯滝橋及び百合居橋の有機物量及び無機物量は増加していた。また、9月7日に発生した大出水の後の3回目の調査では、湯滝橋の有機物量及び無機物量が大きく減少し、4回目の調査では再び増加している。クロロフィル a についても同様の傾向を示しているが、フェオフィチンについては、2回目以降小さい値を示している。

宮中ダム減水区間の十日町橋及び栄橋では、1回目と2回目を比較すると有機物量及び無機物量、クロロフィル a 量が若干増加しているが、フェオフィチン量は減少している。

調査地点別の付着物量及び割合を図 3.2-4に示す。

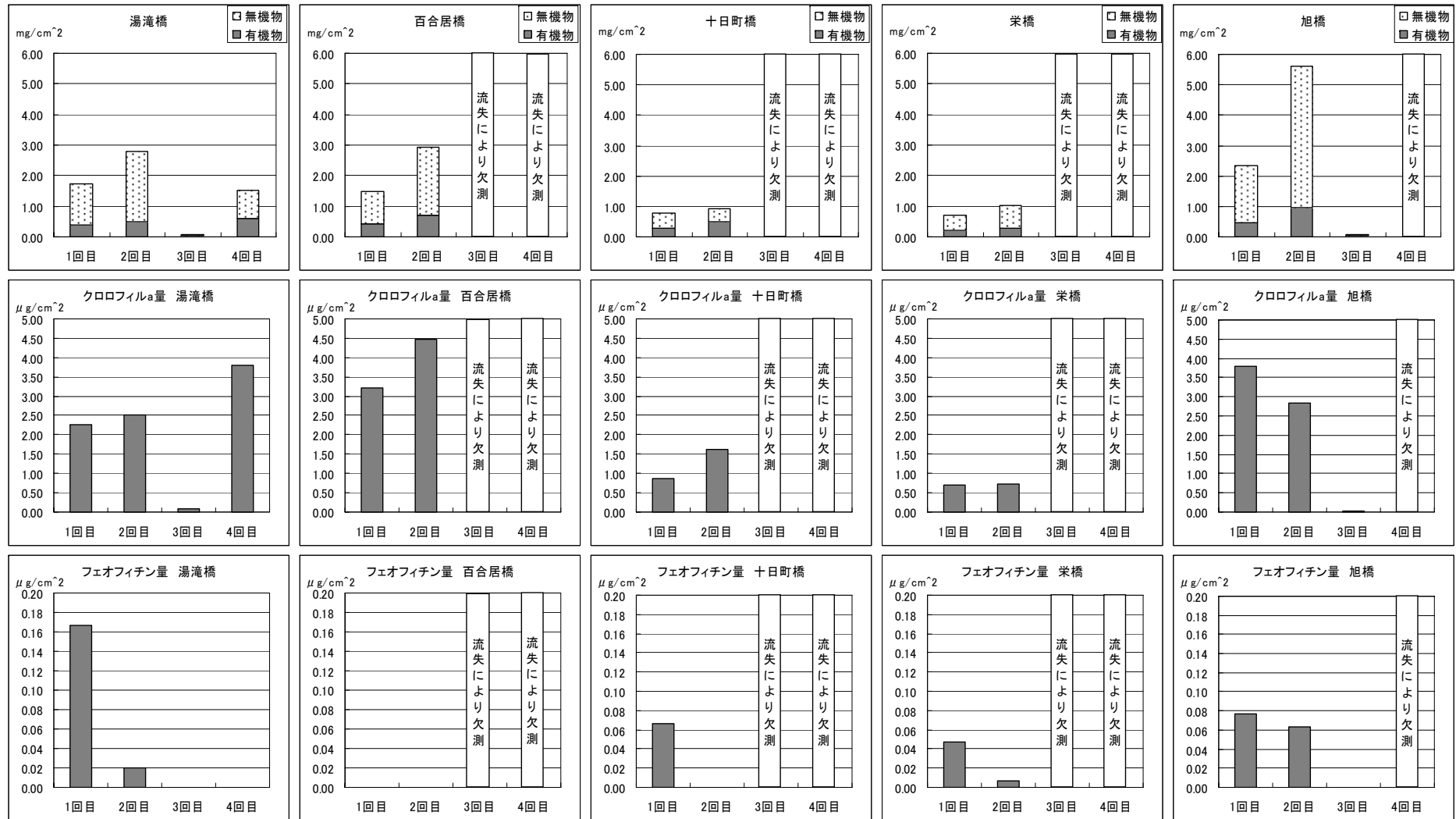


図 3.2-4 調査地点別の付着物量及び割合

3.2.2 剥離状況調査

(1) 調査時の流況等

調査期間中は調査開始時から緩やかに水位が上昇し、夜間において水位上昇のピークを迎えた。この時の流量は最大 $46.57\text{m}^3/\text{s}$ であった。10月1日から10月2日かけての水位上昇は、9月30日の降雨によるものと考えられる。9月29日～10月2日の降雨量を表 3.2-5に示す。また調査期間中の水位を図 3.2-5に示す。

表 3.2-5 調査期間中の降雨量(アメダス)

日付	降水量(mm)		
	十日町	飯山	長野
9月29日	0	0	0
9月30日	10	15	14.5
10月1日	0	1	1
10月2日	0	0	0

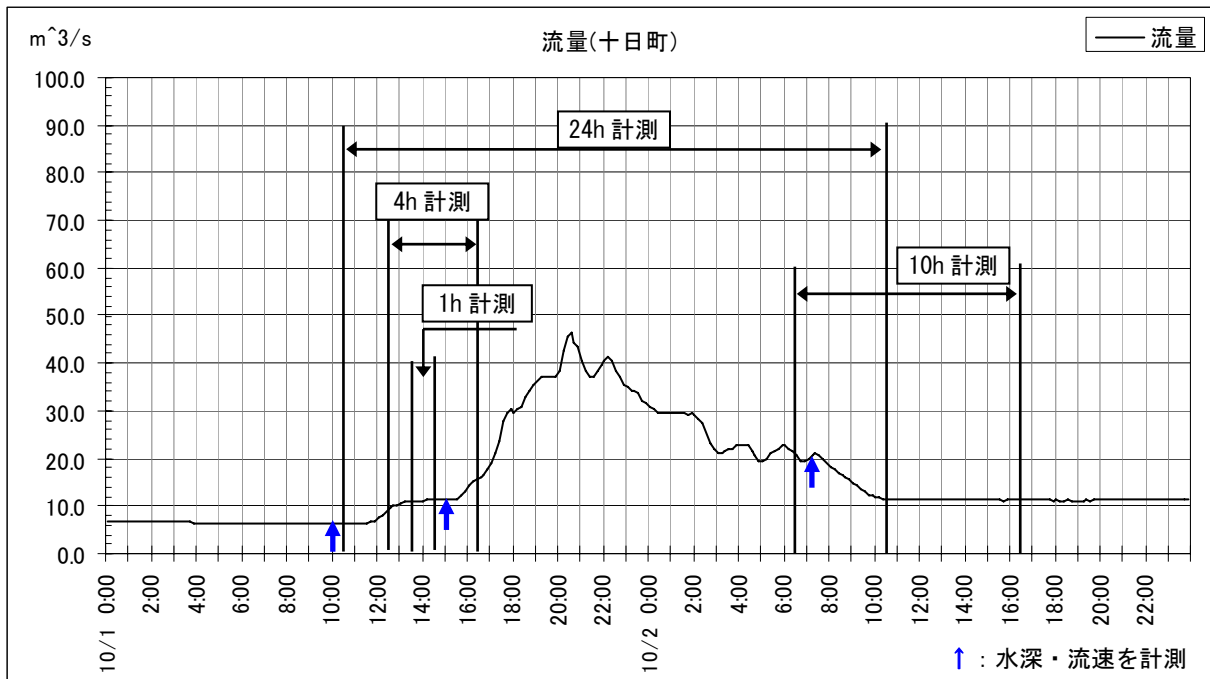


図 3.2-5 剥離状況調査期間中の流況

(2) 調査地点の流況等

設定した調査地点において、流量の増加とともに水深及び流速が増加している状況であった。このため、調査開始時に設定した地点について0.3 m/sをA地点、0.5 m/sをB地点、0.7 m/sをC地点、0.9 m/sをD地点、1.1 m/sをE地点として整理した。計測した水深及び流速を表 3.2-6に、計測時の流量を表 3.2-7に示す。

表 3.2-6 各調査地点の計測結果

調査地点	水深(cm)			流速(m/s)		
	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目
A(0.3m/s)	35	40	58	0.30	0.33	0.65
B(0.5m/s)	24	32	48	0.50	0.51	0.76
C(0.7m/s)	37	43	57	0.70	0.73	0.91
D(0.9m/s)	38	46	62	0.90	1.03	0.96
E(1.1m/s)	34	43	53	1.10	1.09	1.10

表 3.2-7 計測時の流量

計測回	計測日時	計測時流量
1回目	10/1 10:00	6.37 m ³ /s
2回目	10/1 15:00	11.45 m ³ /s
3回目	10/2 7:20	21.06 m ³ /s

(3) 流速別の比較

現地調査の結果を流速別に比較すると、A(0.3m/s)、B(0.5m/s)及びC(0.7m/s)の地点では、有機物量及び無機物量が増減しており、明確な傾向は見られなかった。しかし、D(0.9m/s)及びE(1.1m/s)の地点においては、すべての曝露時間において有機物量及び無機物量が減少している。また、D(0.9m/s)及びE(1.1m/s)の地点では、曝露時間が長くなるにつれ、付着物の剥離量も増加しており、曝露時間24時間で50%以上剥離している。

流量別の付着物の変化割合を図 3.2-6に示す。

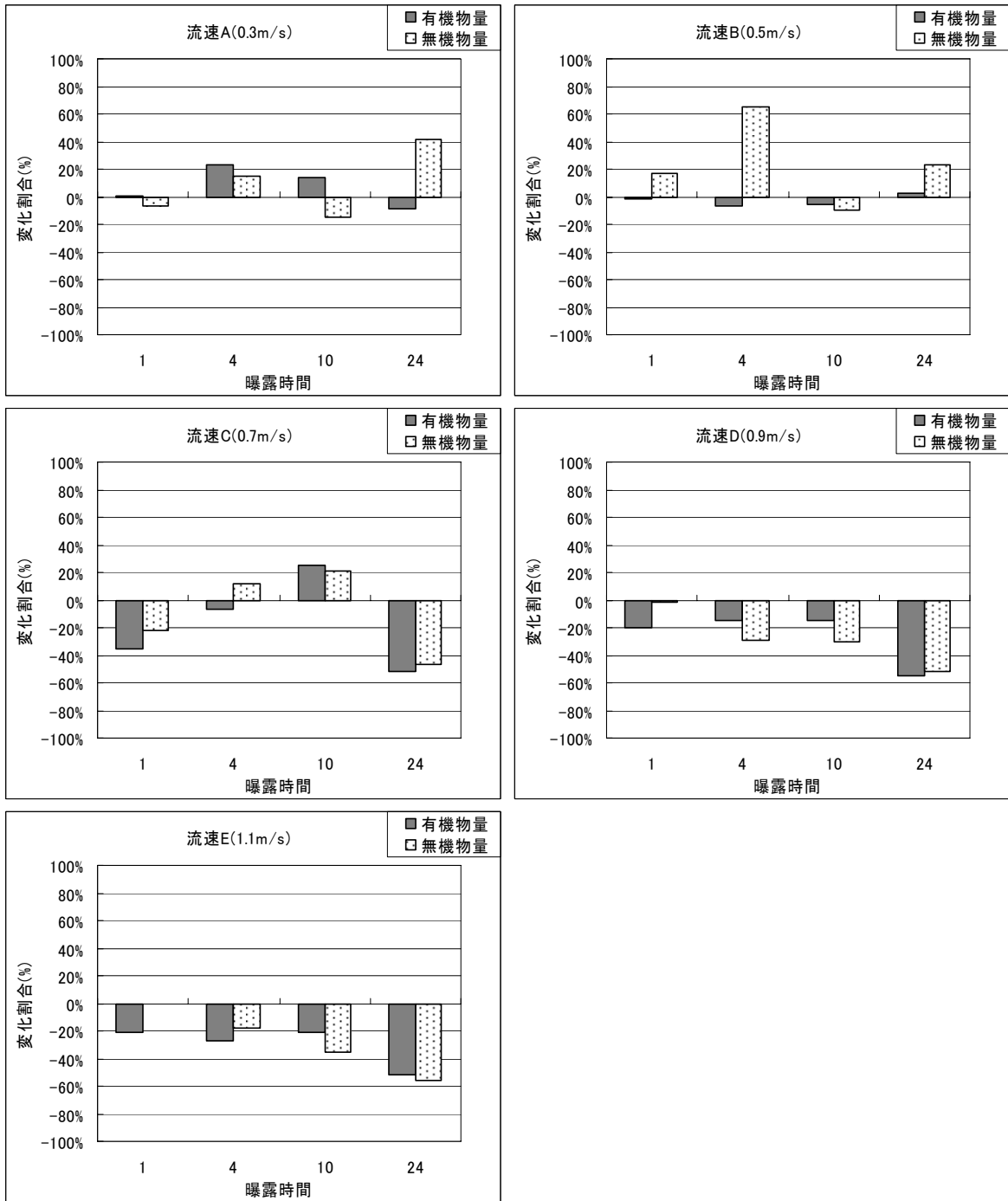


図 3.2-6 流速別の付着物の変化割合

(4) 曝露時間別の比較

現地調査の結果を曝露時間別に比較すると、曝露時間 1 時間では、C(0.7m/s)、D(0.9m/s)及び E(1.1m/s)の地点で有機物量及び無機物量が減少している。曝露時間 4 時間及び 10 時間では、D(0.9m/s)及び E(1.1m/s)の地点で有機物量及び無機物量が減少しており、曝露時間 24 時間では、C(0.7m/s)、D(0.9m/s)及び E(1.1m/s)の地点で有機物量及び無機物量が減少している。

曝露時間別の付着物の変化割合を図 3.2-7に示す。

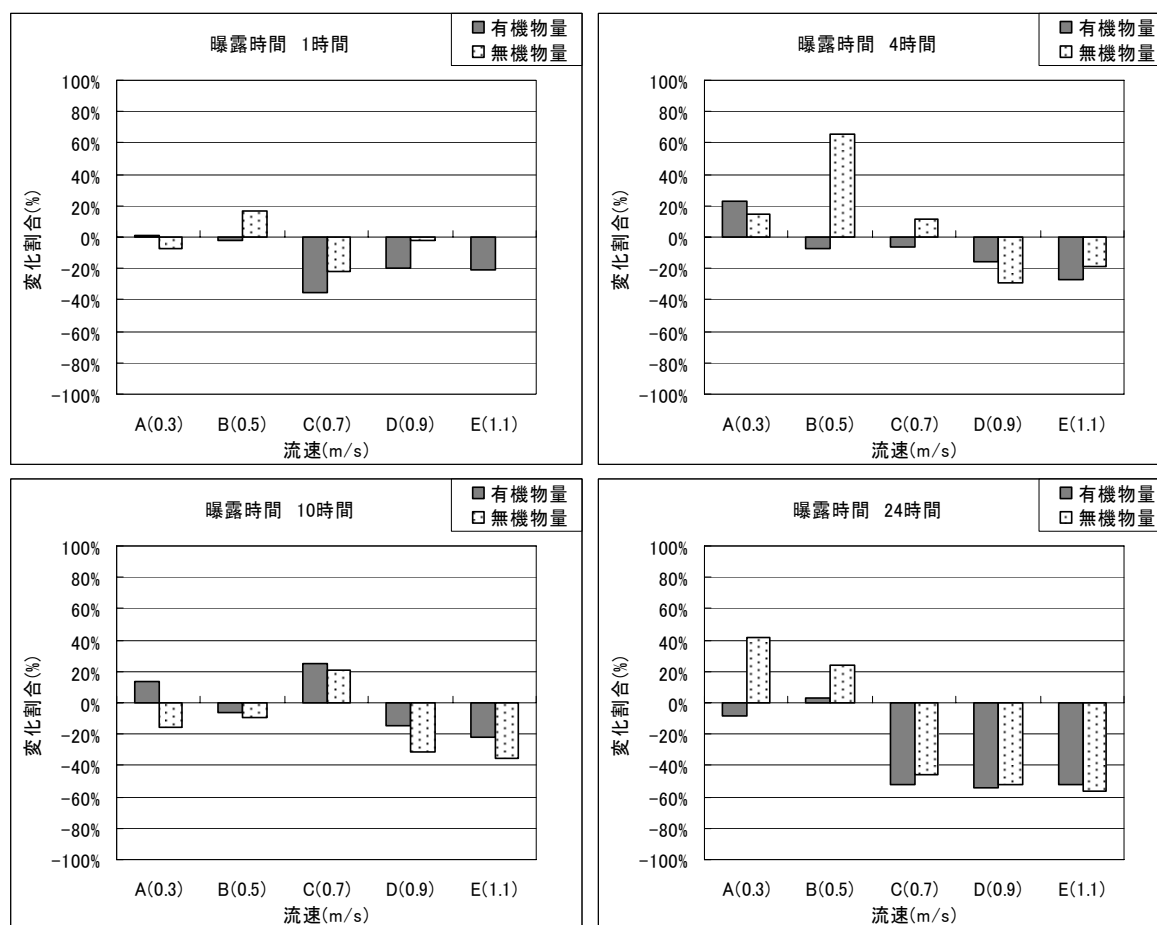


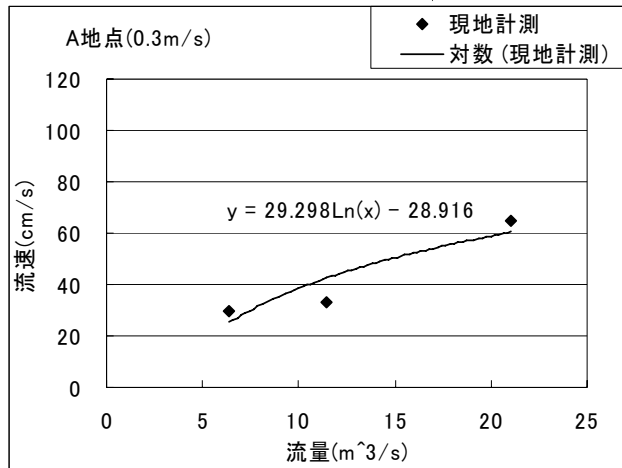
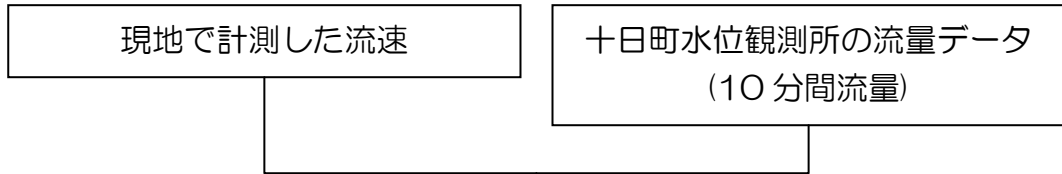
図 3.2-7 曝露時間別の付着物の変化割合

(5) 流量変化に伴う流速変化と剥離量の検証

現地調査を実施した10月1日から10月2日かけて、流量が変化している状況であった。この流量変化に伴い、設定した調査地点においても流速が変化している。

各調査地点の流速の変化を整理し、整理した流速と付着物の剥離の関係を検証した。流速の変化については、調査時に計測した流速とその時の流量から、流量に対する流速の相関を求めることで整理した。整理手法を図 3.2-8に示す。

検証の結果、明確に剥離の傾向が確認できた流速は90~95cm/sであり、設定した流速とほぼ同様な結果であった。整理した流速と剥離の関係を図 3.2-9及び図 3.2-10に示す。



調査時の流速と流量から調査地点毎の相関式を求める

調査地点	相関式
A(0.3m/s)	$y = 29.298\text{Ln}(x) - 28.916$
B(0.5m/s)	$y = 21.714\text{Ln}(x) + 5.8886$
C(0.7m/s)	$y = 17.546\text{Ln}(x) + 35.079$
D(0.9m/s)	$y = 5.2227\text{Ln}(x) + 83.757$
E(1.1m/s)	$y = 0.0724\text{Ln}(x) + 109.41$

相関式から流量変化に対する流速の変化を整理。

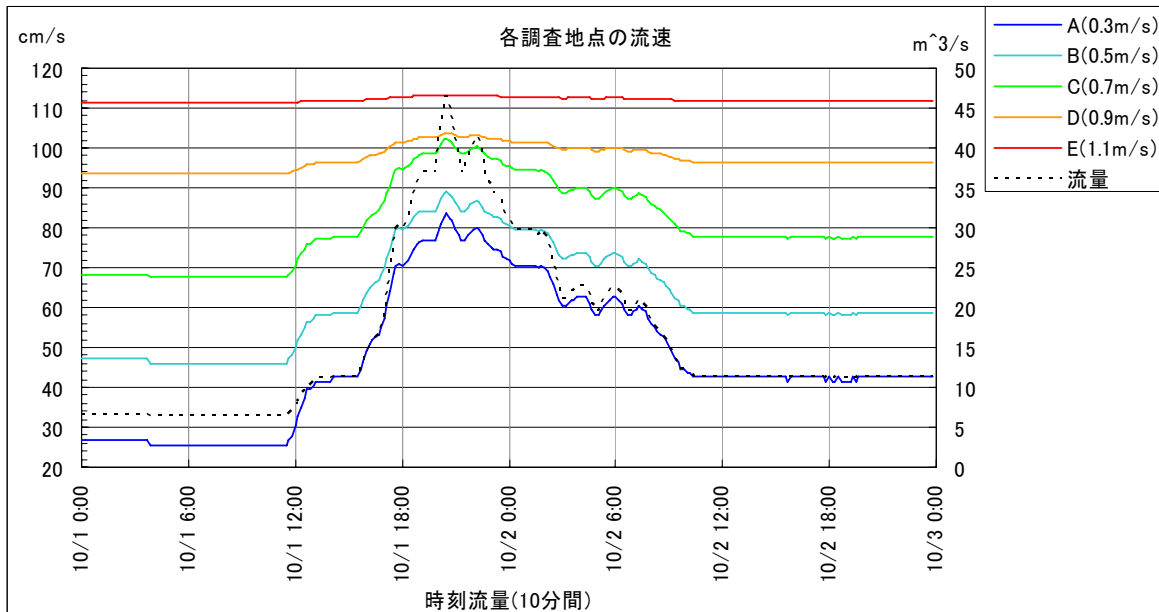


図 3.2-8 調査期間中の流速の整理方法

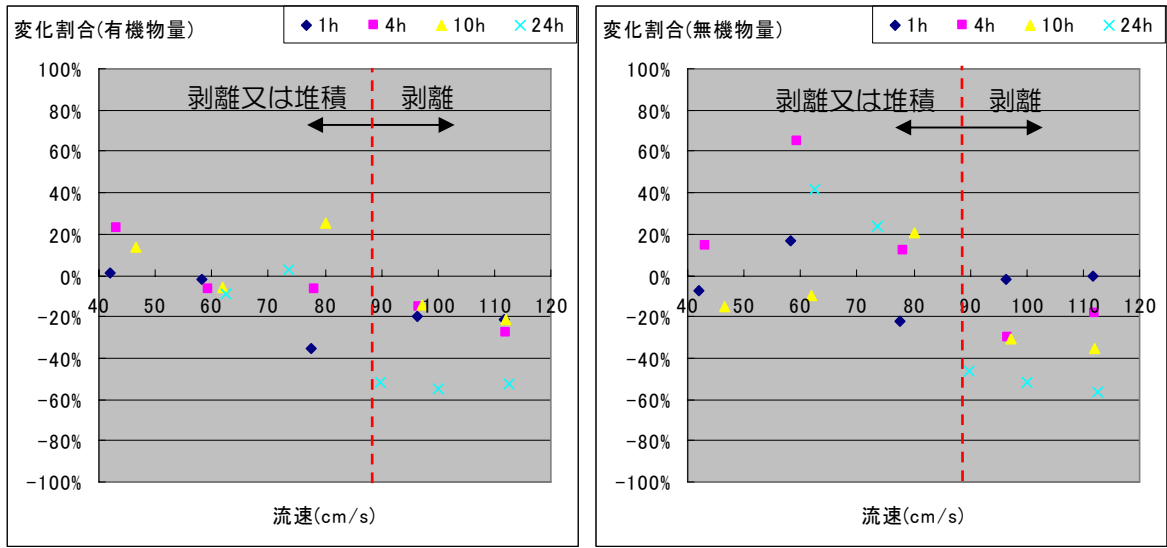


図 3.2-9 流速と付着物の剥離の関係(設置時間(10分単位)中の平均流速)

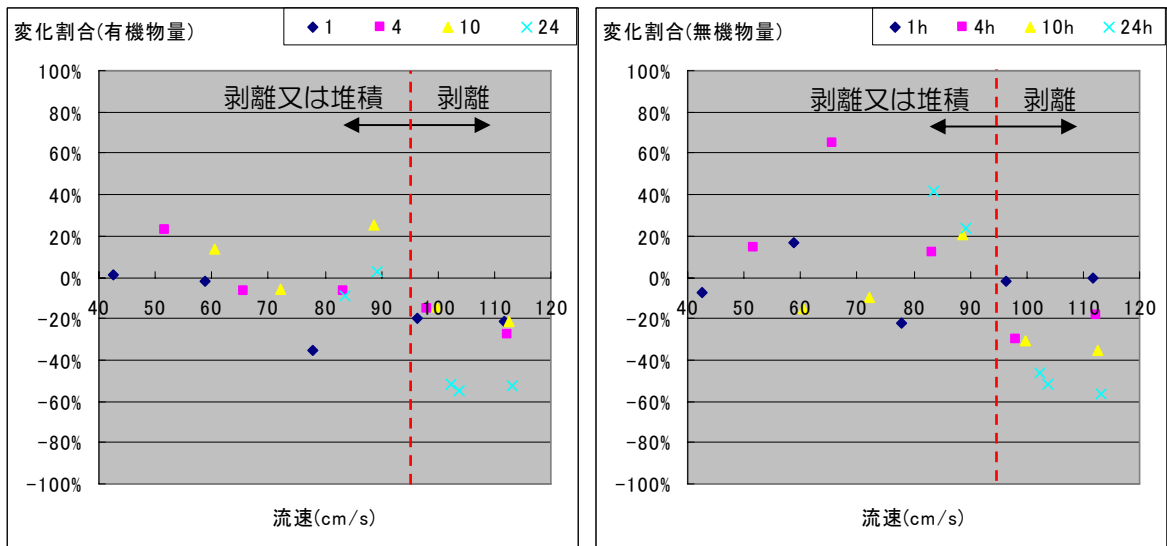


図 3.2-10 流速と付着物の剥離の関係(設置時間(10分単位)中の最大流速)

3.2.3 増放流時調査

(1) 調査時の流況等

取水量が減少した9月30日には最大103.99m³/s(日平均43.47m³/s)の流量が放流されている。

調査期間中の流量を図3.2-11に示す。

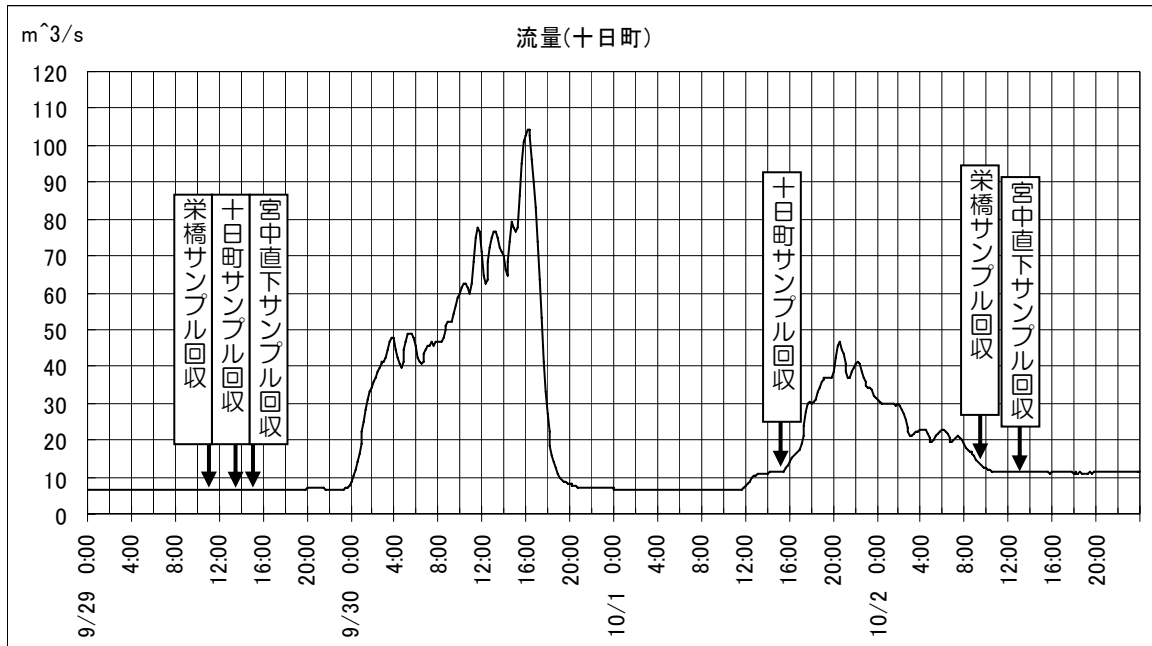


図 3.2-11 増放流時調査期間中の流況

(2) 調査地点の流況等

調査時の付着藻類の状況を表3.2-8に、測定した水深及び流速を表3.2-9に示す。

流速が早い場所の石は、珪藻又は緑藻が付着しており、優占度は石によって様々であった。流速の遅い場所の石は、主に糸状の珪藻が付着していた。

表 3.2-8 調査開始時の付着藻類の状況

地点	流速の速い地点	流速の遅い地点
宮中ダム直下	珪藻又は緑藻が優占。	珪藻が多く、緑藻が混生する石もあった。珪藻はゼリー状の皮膜がついているものがある。
十日町橋	珪藻又は緑藻が優占。	珪藻（糸状群体）が優占。
栄橋	珪藻又は緑藻が優占。	珪藻（糸状群体）が優占。

表 3.2-9 各調査地点の計測結果

採水地点名	地点	流速の早い場所		流速の遅い場所	
	出水前後	前	後	前	後
宮中ダム直下	水深(cm)	30	30	40	40
	流速(cm/s)	114	114	-	-
十日町橋	水深(cm)	56	30	20	25
	流速(cm/s)	103	161	-	-
栄橋	水深(cm)	25	40	30	45
	流速(cm/s)	166	183	-	-

(3) 増放流前後の比較

宮中ダム直下の流速の早い場所以外は、有機物量及び無機物量が増加する傾向が見られる。クロロフィル a 量については、宮中ダム直下の流速の遅い場所以外は、大きく減少している。

増放流前後の付着物量を図 3.2-12に示す。

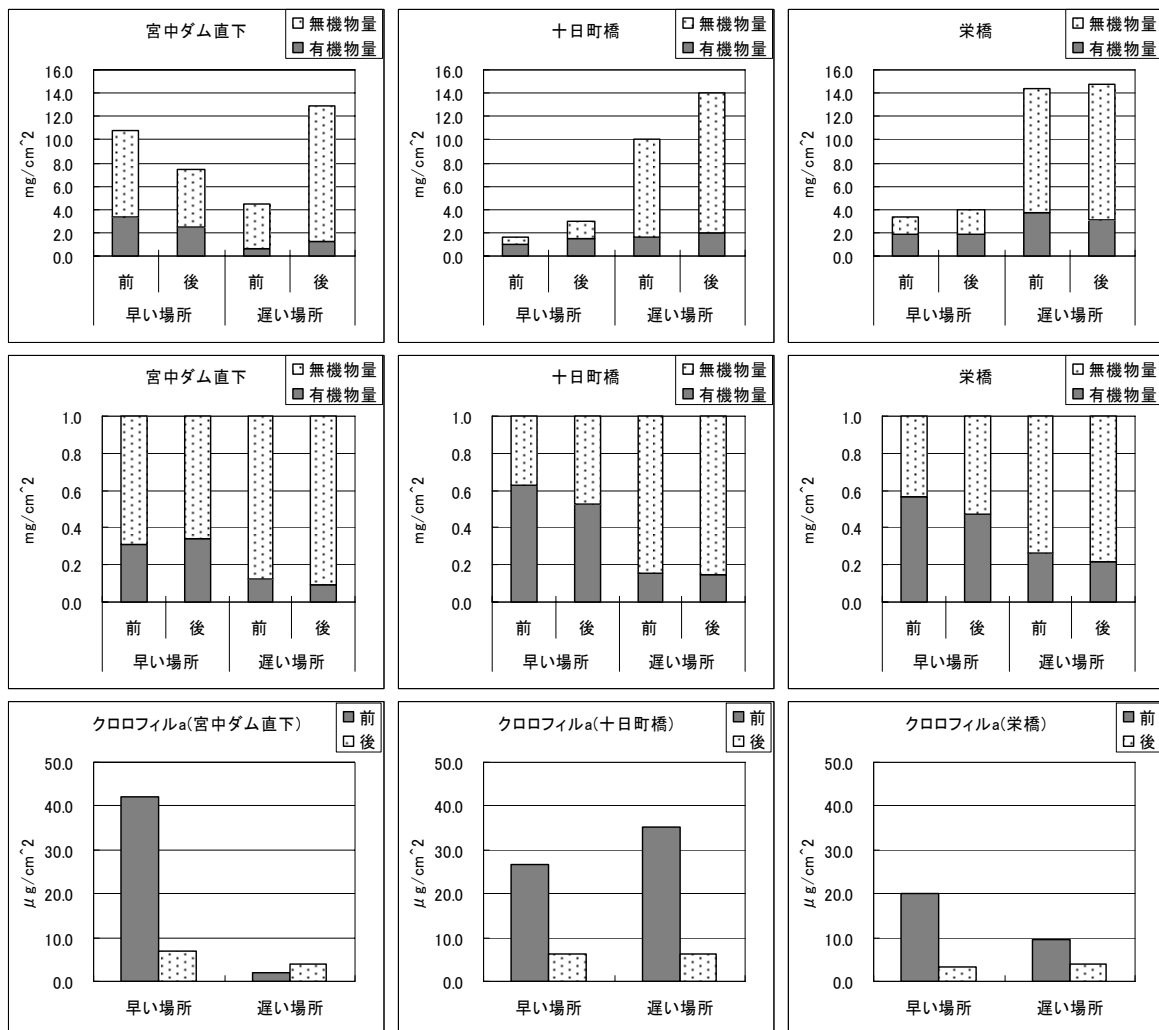


図 3.2-12 増放流前後の付着物量

3.3 考察

3.3.1 更新状況調査

今年度の更新状況の調査では、9月7日に発生した出水により、付着板が流失し、減水区間と非減水区間の藻類の更新状況比較が困難であった。

藻類の更新状況について、すべての地点でサンプルが回収できた1回目と2回目を比較したが、種構成及び付着物量ともに明確な傾向は把握できなかった。

3.3.2 剥離状況調査

現地調査の結果、流速の遅い場所(約0.1m/s以下)では、流速が0.9m/sを超えると付着物が剥離する傾向が確認できた。また、流速が0.9m/s以上の場合、曝露時間が長くなるにしたがい剥離する量が増加する傾向にあり、24時間暴露した場合には付着物が50%以上剥離することを確認した。

なお、既往文献¹においては、付着藻類が剥離する傾向がみられる流速として0.7m/sとあるが、今回の調査で得られた値は、0.7m/sに比べやや高い値であった。

3.3.3 増放流時調査

現地調査の結果、宮中ダム直下の流速の早い場所以外は、有機物量及び無機物量が増加傾向にあり、増放流の効果が明確には把握できなかった。この理由として、サンプルとした自然石ごとに付着藻類等の付着状況が異なっていた可能性又は、流速が遅くなった際に上流からの流下物が堆積した可能性が考えられる。

なお、有機物量が増加傾向にあるなか、ほとんどの地点のクロロフィルa量は、大きく減少している。これについては、増放流によって河床の付着藻類が剥離したのちに、藻類に由来しない有機物が流量の減少に伴い河床に堆積した等の理由が考えられるが、明確な原因は不明である。

¹流速による藻類の剥離に関する実験的研究，国土交通省土木研究所，箱石典昭、塚原千明