

大阪府河川周辺地域の環境保全等審議会
第 5 回 安威川ダム環境改善放流検討部会

フラッシュ放流及び土砂還元計画について (資料編)

平成 28 年 1 月 22 日

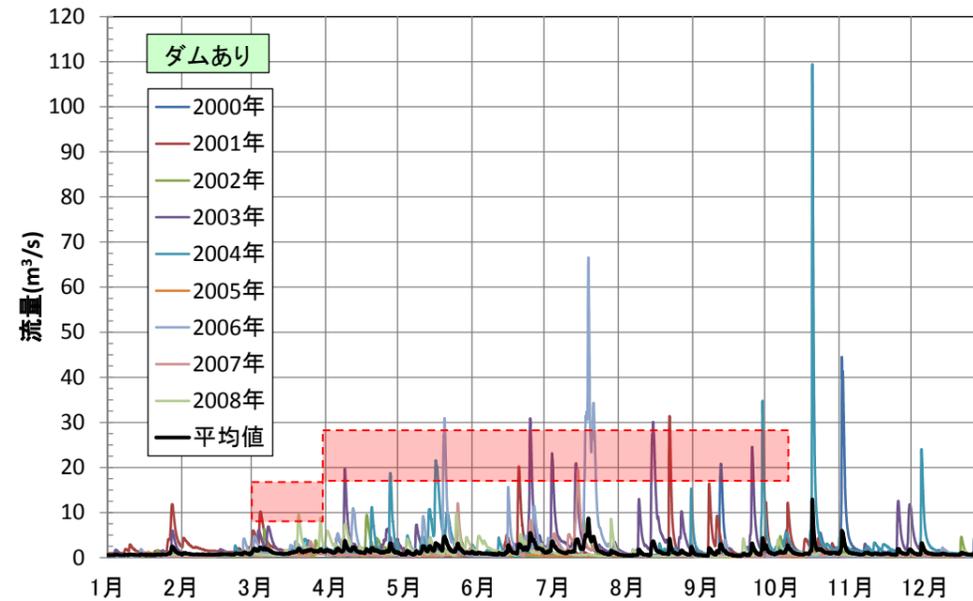
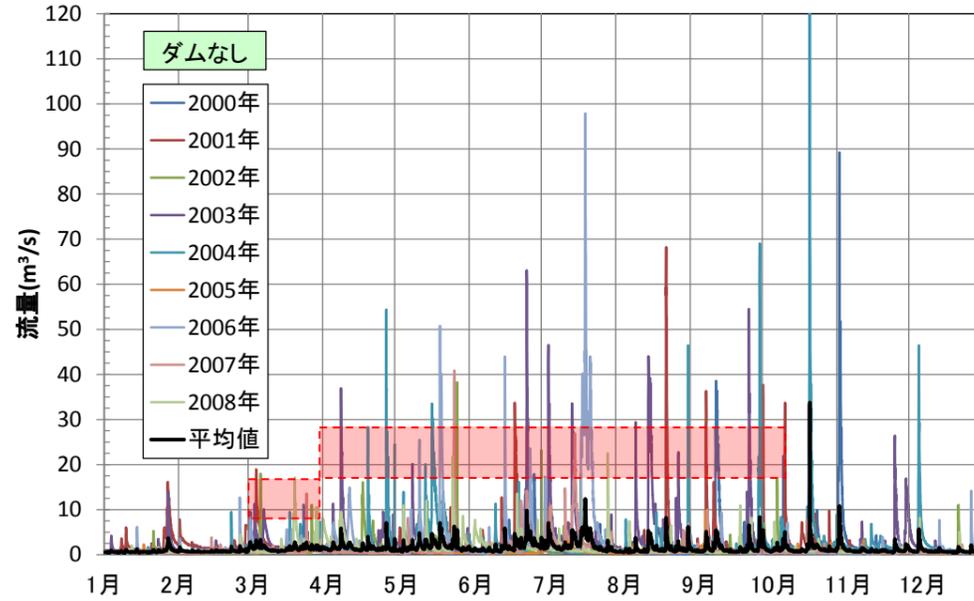
■目次

1. フラッシュ放流計画の具体化検討(I)	1
2. 土砂還元(置き土)計画の検討(II)	11
3. フラッシュ放流に関するダム運用計画の検討(III)	43
4. 試験施工モニタリング結果(IV)	45
5. 水質(H27)	51
6. 付着藻類	53
7. 底生動物	57
8. ドローンによる撮影	61
9. 重回帰分析結果	69

1. フラッシュ放流計画の具体化検討

■ダム建設によって予想される影響

ダム建設により、梅雨期及び台風期において出水規模が大きく低減する。また、3月では10~20m³/s規模、4月~10月では20~30m³/s規模の出水が大きく低減する。



<資料編 P.2 参照>

時刻流量ヒドログラフ (2000年~2008年)

月別最大流量 (ダムなし) 単位 (m³/s)

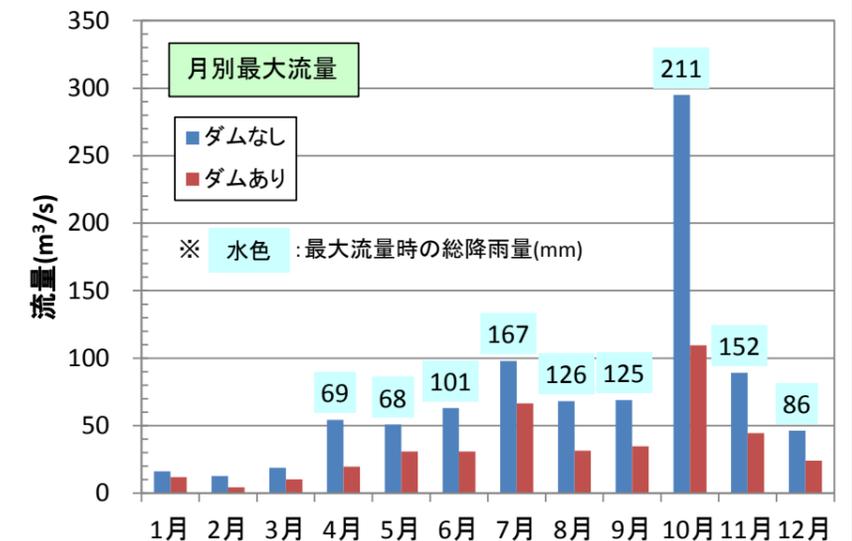
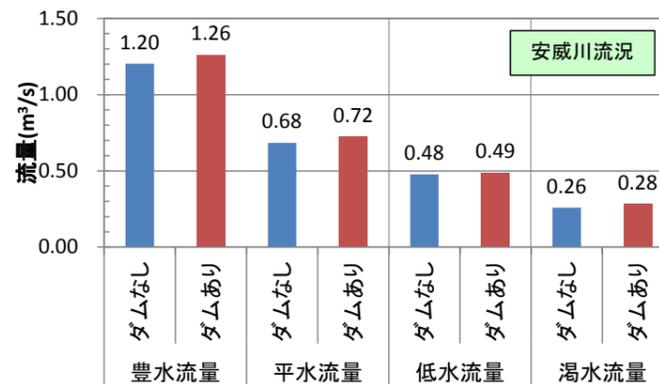
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均	最大
2000年	1.6	2.3	11.1	3.2	3.6	17.9	6.8	3.9	38.5	21.9	89.2	1.2	16.8	89.2
2001年	16.1	7.8	18.9	1.8	10.5	33.7	7.2	68.2	36.3	37.7	3.2	1.5	20.2	68.2
2002年	5.2	0.8	17.9	16.1	38.2	4.7	23.1	5.2	4.7	17.0	4.2	11.0	12.4	38.2
2003年	14.0	3.2	11.3	36.9	20.1	63.1	46.6	44.0	54.5	2.8	26.4	9.5	27.7	63.1
2004年	1.7	9.5	9.5	54.4	33.5	16.1	4.2	46.4	69.0	295.1	8.9	46.4	49.6	295.1
2005年	2.3	1.6	2.8	0.7	2.6	2.4	10.5	4.2	9.8	2.6	3.3	1.6	3.7	10.5
2006年	6.1	12.7	8.2	14.9	50.8	44.0	97.9	2.5	9.4	7.1	3.9	14.1	22.6	97.9
2007年	0.6	3.8	13.6	1.0	40.9	14.1	26.9	6.9	10.0	7.7	1.0	6.5	11.1	40.9
2008年	2.0	4.4	17.1	9.5	21.7	13.6	22.4	7.3	10.9	7.3	1.8	8.2	10.5	22.4
平均	5.5	5.1	12.3	15.4	24.7	23.3	27.3	21.0	27.0	44.4	15.8	11.1	19.4	44.4
最大	16.1	12.7	18.9	54.4	50.8	63.1	97.9	68.2	69.0	295.1	89.2	46.4	73.5	295.1

月別最大流量 (ダムあり) 単位 (m³/s)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均	最大
2000年	0.7	0.8	3.8	1.6	0.6	5.0	1.7	0.4	20.8	6.1	44.5	0.9	7.3	44.5
2001年	11.9	4.4	10.2	1.7	2.8	20.2	1.7	31.4	16.4	12.3	1.9	1.1	9.7	31.4
2002年	1.6	0.5	6.3	9.5	4.5	0.6	8.3	0.4	0.2	4.8	1.8	4.6	3.6	9.5
2003年	6.0	1.8	6.9	19.7	7.3	30.9	23.2	30.1	24.5	1.5	12.6	10.8	14.6	30.9
2004年	1.1	2.7	4.1	18.8	21.5	5.3	0.9	15.3	34.8	109.5	4.9	24.1	20.2	109.5
2005年	1.2	1.0	1.5	0.7	0.6	0.6	0.4	0.4	0.2	1.1	1.2	0.8	0.8	1.5
2006年	1.9	4.2	4.7	10.9	30.9	15.7	66.6	1.2	3.9	2.5	1.0	4.3	12.3	66.6
2007年	0.5	1.1	3.6	1.2	12.0	8.3	19.5	0.8	1.9	2.4	0.6	2.4	4.5	19.5
2008年	1.0	1.6	9.5	7.5	9.6	5.2	8.6	1.9	4.3	4.0	1.1	3.0	4.8	9.6
平均	2.9	2.0	5.6	7.9	10.0	10.2	14.5	9.1	11.9	16.0	7.7	5.8	8.6	16.0
最大	11.9	4.4	10.2	19.7	30.9	30.9	66.6	31.4	34.8	109.5	44.5	24.1	34.9	109.5

安威川流況表

年次	日流量 (m ³ /s)								備考
	豊水流量		平水流量		低水流量		渇水流量		
	ダムなし	ダムあり	ダムなし	ダムあり	ダムなし	ダムあり	ダムなし	ダムあり	
2000年	0.80	0.86	0.50	0.57	0.36	0.40	0.21	0.13	
2001年	1.52	1.53	0.99	1.01	0.61	0.61	0.35	0.29	
2002年	0.65	0.72	0.37	0.39	0.30	0.30	0.17	0.21	
2003年	2.26	2.28	1.17	1.22	0.75	0.80	0.37	0.34	
2004年	1.79	1.85	0.98	1.05	0.70	0.71	0.35	0.42	
2005年	0.62	0.61	0.44	0.45	0.35	0.38	0.17	0.28	
2006年	1.25	1.33	0.45	0.54	0.28	0.27	0.17	0.16	
2007年	0.65	0.83	0.48	0.46	0.36	0.36	0.26	0.27	
2008年	1.27	1.35	0.77	0.84	0.58	0.58	0.28	0.46	
平均	1.20	1.26	0.68	0.72	0.48	0.49	0.26	0.28	



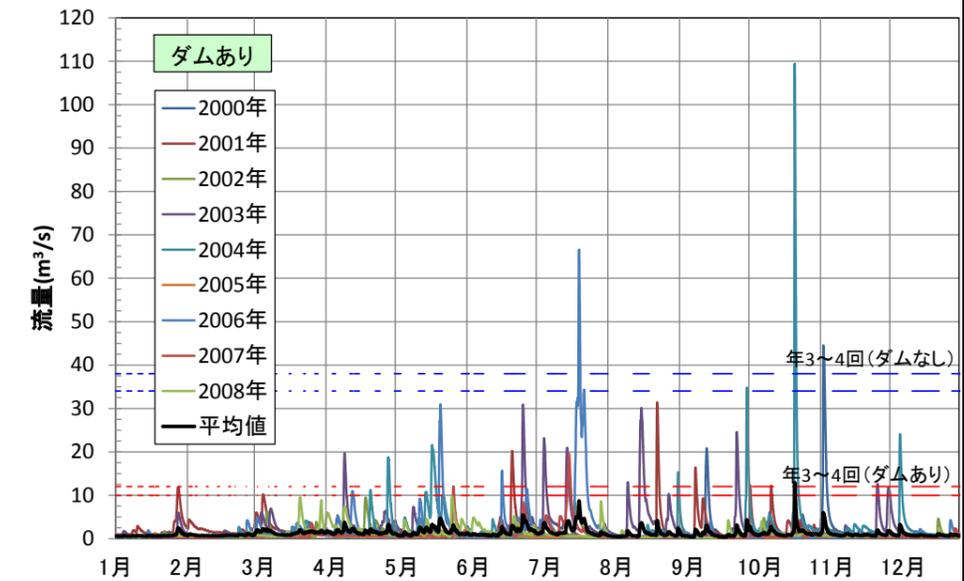
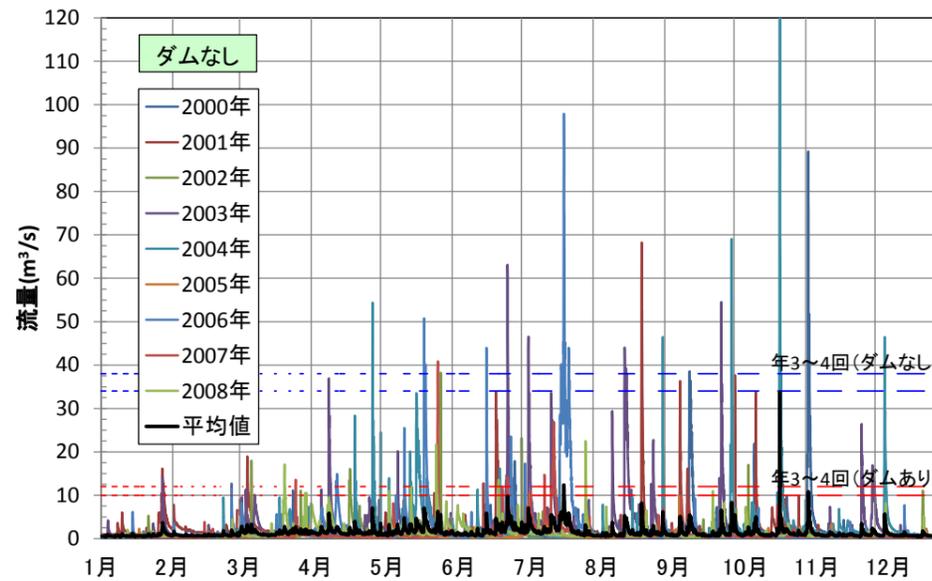
○攪乱頻度の変化

ダム建設前後で流量規模別の発生頻度と河床攪乱状況（移動する土砂の比率：入れ替わる土砂の比率）を比較すると、攪乱頻度は以下のとおり変化する。

- 20m³/s 以下程度の出水による攪乱（14.2k~14.8k 区間を除き 50~70%程度の河床材料が入れ替わる）頻度が低下し、特に 5m³/s 規模の出水による攪乱頻度が 1/3 程度に減少する。
- 瀬や淵を形成するとされている年3~4回発生する出水の規模は 1/3 に低下し、瀬淵の規模が現状より縮小する可能性がある。

流量規模別攪乱状況

流量	発生頻度(回/年)			減少率(%)
	①ダムなし	②ダムあり	差(②-①)	
最大流量 295m ³ /s(ダムなし)	0.1	0.0	-0.1	100.0
最大流量 110m ³ /s(ダムあり)	0.1	0.1	0.0	0.0
平均年最大流量 44m ³ /s(ダムなし)	1.8	0.3	-1.5	81.3
平均年最大流量 16m ³ /s(ダムあり)	6.7	2.1	-4.6	68.3
年に3~4回 34~38m ³ /s(ダムなし)	3.0~4.0	0.3~0.6	-2.7 ~ -3.4	86.1 ~ 88.9
年に3~4回 10~12m ³ /s(ダムあり)	9.4~11.1	3.0~4.0	-6.4 ~ -7.1	64.0 ~ 68.2
平水流量の2~3倍 1.4~2.1m ³ /s	36.7~44.1	17.7~23.1	-19.0 ~ -21.0	47.6 ~ 51.8
40m ³ /s	2.3	0.3	-2.0	85.7
30m ³ /s	4.3	1.6	-2.7	64.1
20m ³ /s	6.1	1.9	-4.2	69.1
10m ³ /s	11.1	3.8	-7.3	66.0
5m ³ /s	22.1	7.8	-14.3	64.8
3m ³ /s(シルトの流掃)	30.9	13.6	-17.3	56.1
2m ³ /s(シルトの流掃)	37.7	18.4	-19.3	51.0

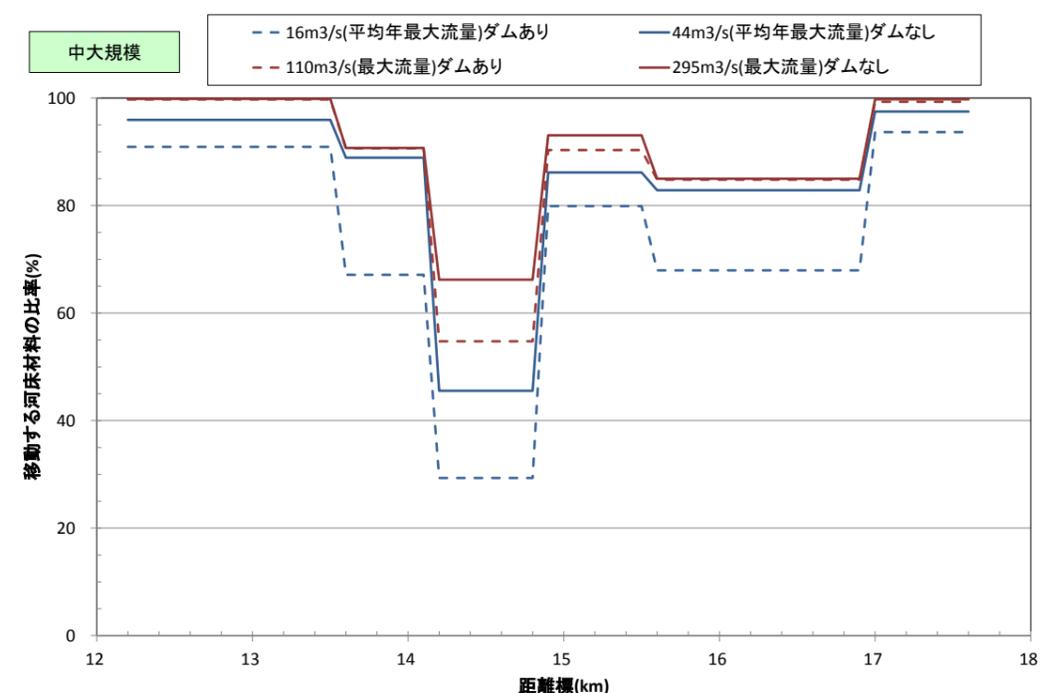
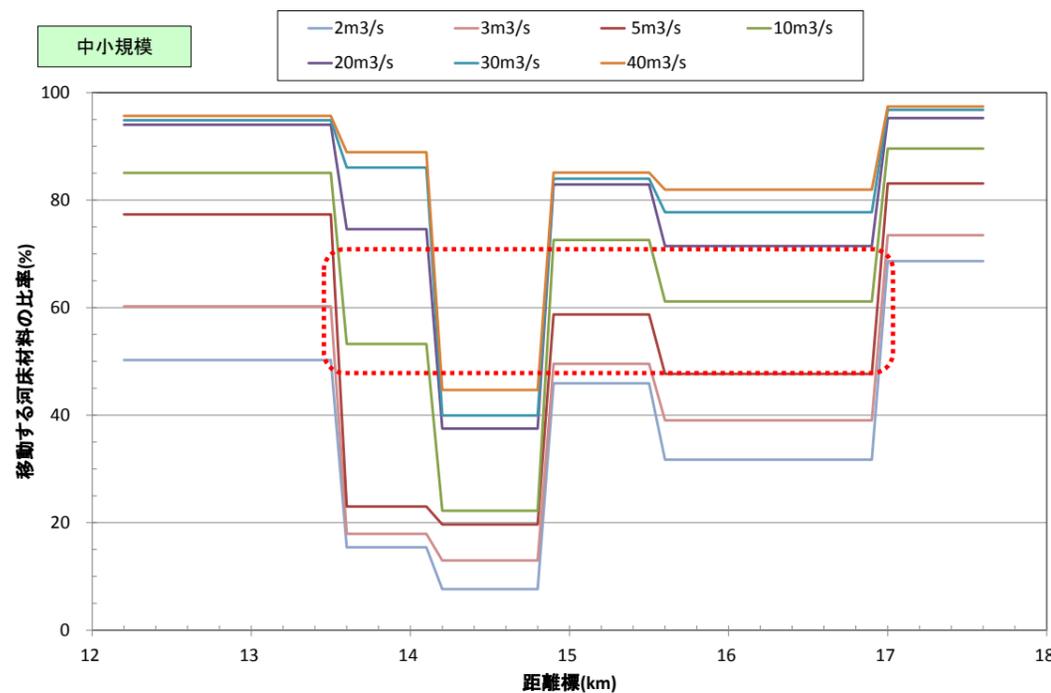


月別最大流量（ダムなし） 単位

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均	最大
流量	16.1	12.7	18.9	54.4	50.8	63.1	97.9	68.2	69.0	295.1	89.2	46.4	73.5	295.1

月別最大流量（ダムあり） 単位

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均	最大
流量	11.9	4.4	10.2	19.7	30.9	30.9	66.6	31.4	34.8	109.5	44.5	24.1	34.9	109.5



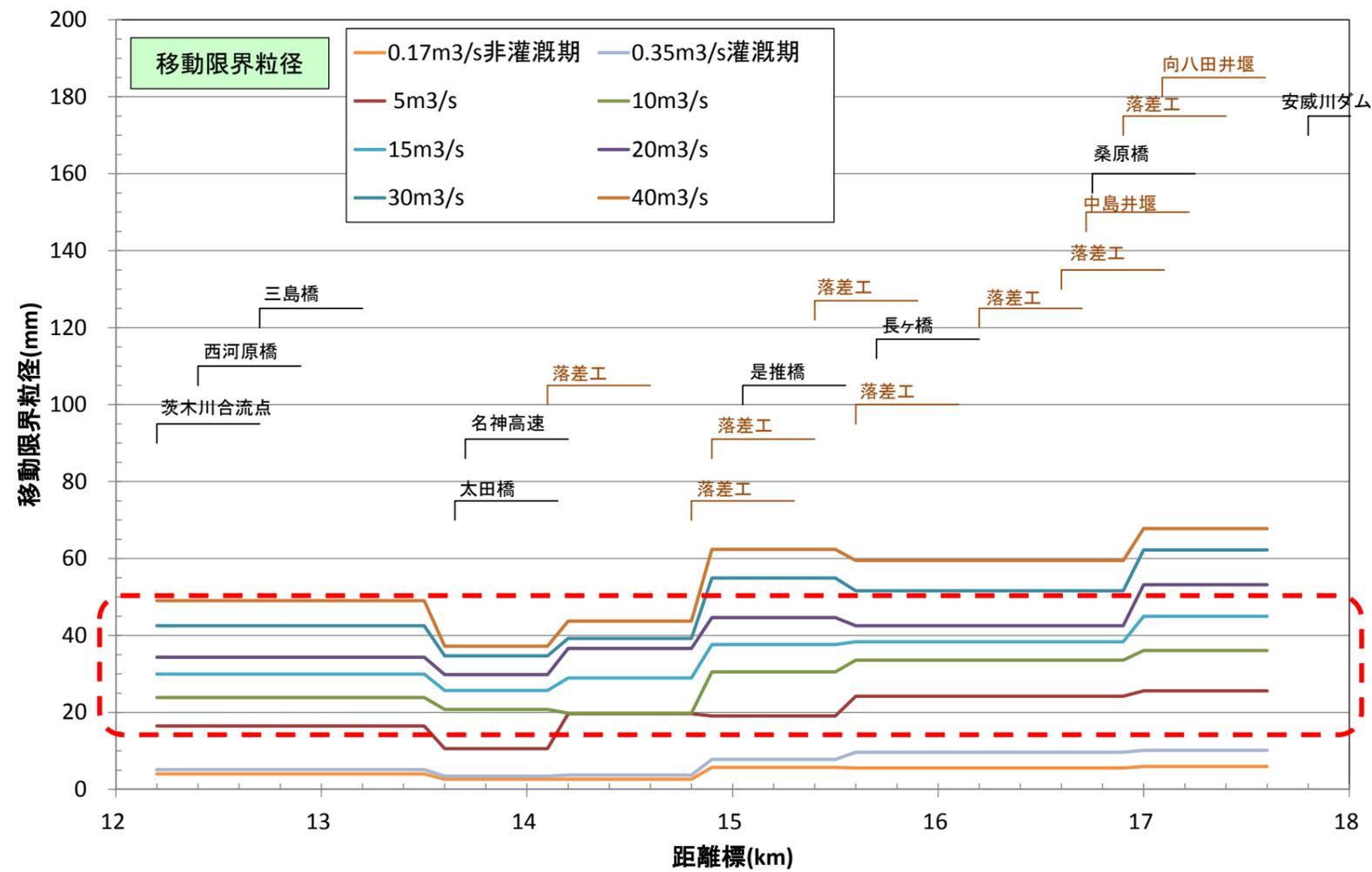
・ 区間平均の考え方
 構造物(堰、落差工等)の配置や河床材料、勾配等に基づき 6 区間に区間分けし、区間平均の水理量で評価。

■目標攪乱頻度の検討

- ダム建設によって、魚類等の生息環境の維持の面から重要である砂礫（粒径 20~50mm）が入れ替わる程度の攪乱が生じる規模（5~20m³/s）の出水頻度が大きく低下する。
- ダム建設によって、3 m³/s 以下の出水の頻度が低下し、正常流量分が定期的な流れの期間が増え、正常流量規模では移動しない土砂（粒径 2~20mm）が堆積しやすくなる。実際には、計算では表現できない水際やよどみ等に微細粒子が沈殿する。



- 生物の生息環境として重要な砂~砂礫（2~50mm 程度）の土砂移動頻度を改善するため、各期間で現状程度に回復させることを目的にフラッシュ放流を実施する。
- 出水がなく定常状態が続くと、微細粒子が沈殿しやすくなることから、砂礫河床維持のため、月 1 回程度は微細粒子を掃流させることを目的にフラッシュ放流を実施する。

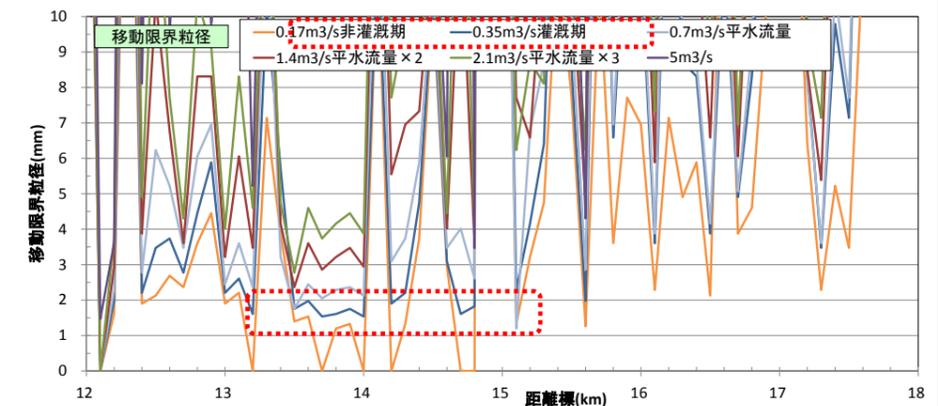


流量規模別の移動限界粒径縦断面図

期別の維持流量^{注)}

期間	ダム地点
1~2月	0.170
3~4月	0.170
5~6月	0.350
7~8月	0.350
9~10月	0.170
11~12月	0.170

注：正常流量としては利水量が付加されるが、堰より取水されるため、実際の河道には維持流量程度しか流れない



流量規模別の移動限界粒径縦断面図（小出水時）

注：付着物（藻類、微細粒子等）の基盤としての河床材料が移動する出水であれば、付着物の現存量は著しく減少する。

基盤となる河床材料が移動しない出水の場合は、流水の掃流力による剥離や砂礫が移動することによるクレンジング効果で付着物の剥離が期待できる。

■生物生息環境を改善するために必要となる放流量

フラッシュ放流による生息環境の改善目標と放流量の設定の考え方について、整理した。

○フラッシュ放流による生息環境の改善目標フロー

- (1)生物生息環境の整理：フラッシュ放流の必要な時期や河川の状態を検討
- (2)目的別必要流量の整理：3つの目標に必要な流量条件について既往事例から整理
- (3)目的別必要流量具体化：目的別に必要な地点、流量の整理
- (4)フラッシュ放流計画：下記4つの改善目標達成のためのフラッシュ放流計画案検討

○フラッシュ放流による生息環境の改善目標

- ①付着藻類剥離・更新の促進
- ②河道内の攪乱頻度を確保
- ③生物生息環境を改善
- ④河川利用者の視点からみた水辺景観改善（地元から要望があれば検討）

(1)生物生息環境の整理

- ・ライフサイクル
- ・好適環境

下流河川の課題整理

- ・攪乱頻度低下
- ・土砂移動連続性遮断

他事例、既往検討成果

- ・環境改善目的と必要条件
- ・フラッシュ放流の事例

環境改善の目的

- ・付着藻類剥離、更新
- ・攪乱頻度確保
- ・生物生息環境改善

(2)目的別必要流量の整理

- ・実施頻度、時期
- ・必要条件

(3)目的別必要流量具体化

- ・箇所別必要流量

(4)フラッシュ放流計画

- ・放流時期
- ・放流量

1) 生物生息環境の整理

モニタリングの指標種であるシマドジョウ、ムギツク、アカザ、カワムツ、カワヨシノボリ、オイカワ、カマツカ、ゲンジボタルの生活サイクル毎に、利用する流れの区分、河床材料を整理した。また、他河川で問題となっている糸状藻類（カワシオグサ、アオミドロ類）や柳類の生活サイクルと濁質流出の多い農業水利の時期を整理した。これらから、放流の必要な時期や必要な河川の状態を読み取った。

魚類の生息環境と生活サイクル

区分	種	生活サイクル	生活サイクル												流れの区分			河床材料							
			1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	早瀬	平瀬	淵	泥	砂	砂利	礫	岩盤	植物帯		
里山	シマドジョウ	成魚期																							
		産卵期																							
		仔稚魚期																							
	ムギツク	成魚期																							
		産卵期																							
		仔稚魚期																							
アカザ	成魚期																								
	産卵期																								
	仔稚魚期																								
カワムツ	成魚期																								
	産卵期																								
	仔稚魚期																								
カワヨシノボリ	成魚期																								
	産卵期																								
	仔稚魚期																								
ゲンジボタル	成虫期																								
	産卵期																								
	幼虫期																								
平野	オイカワ	成魚期																							
		産卵期																							
		仔稚魚期																							
カマツカ	成魚期																								
	産卵期																								
	仔稚魚期																								

砂利～礫を好む種類が多く、泥は好まない。また、産卵期は5月～6月の種類が多く、砂利～礫を産卵床とする。

糸状藻類、柳類の生息環境と生活サイクル

区分	種	生活サイクル	生活サイクル												流れの区分			河床材料						
			1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	早瀬	平瀬	淵	泥	砂	砂利	礫	岩盤	植物帯	
糸状藻類	カワシオグサ	繁茂期																						
	アオミドロ類	繁茂期																						
柳類	ネコヤナギ	種子飛散期																						
	カワヤナギ	種子飛散期																						

農業水利

月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
代掻き期												
田植時期												
灌漑期												

水田からの濁質流出が多い。

2) 目的別必要流量の整理

1) から読み取った必要な河川の状態を以下の3つの目標に整理して、各々に必要な流量条件について既往の環境改善放流実験等における事例から取りまとめた。

環境改善放流の目的別必要条件

目標	具体的内容	機能	必要条件	時期、頻度	期間	備考
付着藻類剥離・更新	非糸状藻類剥離	非糸状藻類が剥離	摩擦速度0.071m/s	2~3週間に1回 現状月2回発生しているが、ダム建設後は月1回に減少するため、月1回フラッシュ放流を実施する。	通年	剥離実験結果(第3回審議会資料より) 頻度は現地における強制剥離実験による回復状況(1週間で5割回復)に基づく
	糸状藻類剥離	土砂によるクレンジング効果 注)	摩擦速度0.072m/s + 5~10mmの土砂	繁茂前	3月、9月	剥離実験結果(第3回審議会資料より)
	糸状藻類剥離	付着している石が転がり剥離	最大粒径が移動	繁茂直前	4月、10月	付着藻類の基盤である河床の石が転がる状況
攪乱頻度確保	生息環境の保全	付着物(微細粒子等)の剥離 注)	摩擦速度0.071m/s	自然流況	通年	剥離実験結果(第3回審議会資料より)
	砂礫河床維持	砂~砂礫成分の更新	粒径20~50mm以下が移動	自然流況	通年	
生物生息環境改善	産卵床の保全	砂~砂礫成分の補給、更新	粒径20~50mm以下が移動	産卵期の自然流況	5月~6月	
	浮き石状態の確保	河床材料の更新	代表粒径(60%粒径)移動	産卵期直前	4月	主要な河床構成材料が入れ替わる
	植生繁茂の抑制	根を張っている砂州の石が移動	最大粒径が移動	繁茂前	4月	
		種子を洗い流す	砂州が冠水	種子散布期直後	7月	低水路満杯流量
水質改善	よどみ水の更新	平水流量程度	渇水時	6月~10月		

注) 出典: 第1回 大阪府河川周辺地域の環境保全等審議会 資料「安威川ダム自然環境保全対策について」に加筆

3) 目的別必要流量の具体化

既往のモニタリング結果を網羅的に整理し、河川環境図として取りまとめることで、指標種等にとって河川環境上の重要な箇所を抽出した。更に、不等流計算によって流量と攪乱状況の関係を想定することで、各目的別に必要となる流量を具体的に設定した。抽出した対象箇所と必要流量を下表に示す。次頁には、河川の状態、産卵床の位置、区間別の移動限界粒径、必要流量等を示した。

目標別流量一覧表

目標	目的	地点	必要流量	備考
付着藻類剥離・更新	非糸状藻類剥離	全川: 12.3k~17.8k	0.4~4.0 m ³ /s	
	糸状藻類剥離	全川: 12.3k~17.8k	0.4~4.0 m ³ /s	
	糸状藻類剥離	全川: 12.3k~17.8k	0.3~4.8 m ³ /s 土砂還元実施	
攪乱頻度確保	生息環境の保全	全川: 12.3k~17.8k	0.4~4.0 m ³ /s	付着物の剥離
	砂礫河床維持	12.3k~13.5k 14.1k~17.8k	11.0~28.4 m ³ /s	砂礫(粒径40mm以下)が移動
生物生息環境改善	産卵床の保全	14.6k~17.8k 選定表の産卵床: ○印箇所	16.8~27.1m ³ /s	粒径50mm以下が移動
	浮き石状態の確保	12.3k~14.1k 14.6k~17.8k	2.9~14.6m ³ /s	60%粒径が移動 14.1k~14.6k区間は、現況で河床材料が粗く、放流による環境改善が困難なため、検討対象外とした。
	植生繁茂の抑制	全川: 12.3k~17.8k	54.0~272.0m ³ /s	最大粒径が移動
	水質改善	試験湛水時に設定する調査地点	-	

目標別の必要流量設定表

神崎川合流点からの距離 (km)		12.3km	13.0km	13.5km	14.0km	14.5km	15.0km	15.5km	16.0km	16.5km	17.0km	17.5km	17.8km
河川横断構造物		西河原橋 護床工 護床工		三島橋 護床工 護床工		太田橋 名神高速道路		落差工 落差工		是推橋 落差工 落差工		長ヶ橋 落差工 落差工	
落差 m						1.5		1 1		2 1.2		3 6.6	
河床勾配													
周辺地形		平野部						里山的環境				溪流的环境	
瀬・淵等		トコ		平瀬		淵		早瀬					
河床材料		2~10mm		10~70mm		2~10mm		10~70mm		70~300mm			
代表粒径 (60%粒径) : mm		10.6		28.1		81.0		26.4		37.2		18.2	
最大粒径 : mm		46.0		58.9		161.0		160.0		160.0		98.0	
産卵床 (可能性がある地点)	シマドジョウ	○											
	ムギツク	※着色部は生息が確認された範囲											
	アカザ	○は産卵床の可能性のある地点											
	カワムツ	○		○		○		○		○		○	
	カワヨシノボリ	○		○		○		○		○		○	
	ゲンジボタル	○											
	オイカワ	○		○		○		○		○		○	
カマツカ	○		○		○		○		○		○		
植生が繁茂した砂州													
移動限界粒径 (mm)	5m ³ /s	17		11		20		19		24		26	
	10m ³ /s	24		21		20		31		34		36	
	15m ³ /s	30		26		29		38		38		45	
	20m ³ /s	34		30		37		45		43		53	
	30m ³ /s	43		35		39		55		52		62	
粒径変化	ダムなし												
	ダムあり												
必要流量 (m ³ /s)	浮き石状態の確保 (60%粒径移動) ダムあり	2.9 (9.8mm) ※括弧内はダムありの60%粒径		14.6 (23.9mm)		76.1 (61.9mm)		5.5 (20.7mm)		5.9 (25.1mm)		4.9 (27.0mm)	
	産卵床の保全	※1 環境改善放流で対応可能											
	粒径50mm以下の土砂流下	60.4		103.7		67.4		26.5		27.1		16.8	
	粒径40mm程度の土砂流下	28.4		50.2		27.1		17.8		19.0		11.0	
	粒径30mm程度の土砂流下	18.7		20.0		13.7		10.6		11.8		6.0	
	粒径20mm程度の土砂流下	6.9		10.5		8.5		5.3		3.6		2.9	
	付着藻類、付着物の剥離 (摩擦速度7.1cm/s)	2.0		4.0		2.4		0.6		1.0		0.4	
	糸状藻類の剥離 (摩擦速度7.2cm/s、継続時間2時間) (粒径10mm程度の土砂流下)	2.7		4.8		3.1		0.6		1.0		0.4	
植生、糸状藻類の剥離 (最大粒径移動)	※2 54.0		125.2		272.0		212.1		198.3		77.5		
砂礫河原の保全 (低水路満杯流量)	85.6		56.7		36.8		39.0		-		-		

注) ・環境改善放流で対応可能な範囲を黄色で着色した。 ※1：一部の河床材料が動かないが、比較的小さい砂礫を利用するカワムツ、オイカワ、カマツカの産卵床保全は可能と考えられる。

※2：環境改善放流では、最大粒径の移動、低水路満杯流量には対応していない。

■ 放流波形（ピーク放流量、立上げ時間、放流継続時間、回帰時間）

<第1回河川周辺地域の環境保全等審議会審議会資料より抜粋>

a. ピーク放流量

- ピーク放流量は、前回の審議会（平成25年2月27日）で確認された**最大放流量 30m³/s**を基本として**実施**することとする。
- 30m³/sは、ダム下流域の断面形状から、高水敷の冠水する限界として算出された値である。なお、堆積土砂の現状を考慮して更に安全面に配慮した場合は、ピーク放流量はこの値以下に設定することが望ましい。
- 放流量毎の藻類剥離効果の検討の結果、30m³/sの放流量では、安威川ダム下流25地点のうち23地点(92%)で付着藻類の剥離に有効な摩擦速度となる。また、22地点(88%)で糸状藻類の剥離に有効な限界移動粒径となった。

■ 放流量毎の藻類剥離効果の検討

	放流量				
	平水(0.9m ³ /s)	5m ³ /s	10m ³ /s	20m ³ /s	30m ³ /s
付着藻類の剥離に有効とされている0.071m/sに対するカバー率(%)	8% 2地点/25地点	72% 18地点/25地点	76% 19地点/25地点	84% 21地点/25地点	92% 23地点/25地点
糸状藻類の剥離に有効とされている限界移動粒径5~10mmの平均である粒径7.5mm以上に対するカバー率(%)	8% 2地点/25地点	68% 17地点/25地点	76% 19地点/25地点	84% 21地点/25地点	88% 22地点/25地点

注：安威川ダム下流（桑原橋～茨木川合流点：16.9km～12.4km）における25地点の計算結果を集約。

■ 安威川（桑原橋～茨木川合流点）におけるフラッシュ放流の放流量と摩擦速度の関係（左表）、限界移動粒径の関係（右表）

<摩擦速度>

距離標(km)	流量(m ³ /s)				
	平水(0.9m ³ /s)	5m ³ /s	10m ³ /s	20m ³ /s	30m ³ /s
16.9	0.009	0.038	0.192	0.293	0.291
16.8	0.002	0.009	0.055	0.102	0.126
16.6	0.007	0.042	0.054	0.069	0.086
16.4	0.100	0.141	0.176	0.219	0.230
16.2	0.092	0.157	0.193	0.196	0.215
16.0	0.046	0.086	0.106	0.132	0.151
15.8	0.003	0.015	0.028	0.047	0.062
15.6	0.004	0.018	0.033	0.056	0.074
15.4	0.016	0.014	0.037	0.111	0.136
15.2	0.049	0.077	0.094	0.116	0.131
15.0	0.003	0.011	0.025	0.041	0.054
14.8	0.057	0.097	0.119	0.145	0.163
14.6	0.059	0.097	0.119	0.146	0.167
14.4	0.058	0.099	0.121	0.147	0.165
14.2	0.022	0.082	0.114	0.142	0.161
14.0	0.058	0.098	0.120	0.146	0.163
13.8	0.059	0.102	0.125	0.152	0.167
13.8	0.057	0.096	0.117	0.142	0.159
13.6	0.059	0.099	0.121	0.148	0.167
13.4	0.055	0.091	0.106	0.119	0.127
13.2	0.063	0.105	0.127	0.154	0.171
13.0	0.063	0.105	0.128	0.156	0.174
12.8	0.064	0.108	0.133	0.162	0.182
12.6	0.061	0.105	0.127	0.152	0.169
12.4	0.014	0.096	0.140	0.182	0.210
カバー率	2/25 (8%)	18/25 (72%)	19/25 (76%)	21/25 (84%)	23/25 (92%)

注1：赤文字は、各放流量における最大値、最小値を示す。
 注2：黄色の網掛けは、非糸状藻類の剥離に必要と考えられる摩擦速度(0.071m/s)以上の数値を示す。
 注3：摩擦速度は、不等流計算による径深、エネルギー勾配から算出した。

<限界移動粒径>

距離標(km)	流量(m ³ /s)				
	平水(0.9m ³ /s)	5m ³ /s	10m ³ /s	20m ³ /s	30m ³ /s
16.9	0.110	1.750	45.460	106.160	104.530
16.8	0.006	0.100	3.680	12.750	19.720
16.6	0.056	2.200	3.630	5.910	9.160
16.4	12.320	24.700	38.310	59.370	65.630
16.2	10.460	30.390	45.860	47.610	56.960
16.0	2.660	9.190	13.970	21.630	28.060
15.8	0.011	0.290	0.960	2.730	4.680
15.6	0.017	0.380	1.380	3.920	6.760
15.4	0.320	0.230	1.700	15.200	22.880
15.2	2.990	7.410	10.940	16.580	21.370
15.0	0.014	0.150	0.790	2.080	3.540
14.8	3.100	11.640	17.560	26.020	32.780
14.6	4.370	11.610	17.390	26.430	34.320
14.4	4.150	12.050	18.000	26.750	33.640
14.2	0.590	8.350	16.180	24.880	31.910
14.0	4.180	11.830	17.730	26.270	32.860
13.8	4.380	12.790	19.210	28.410	34.550
13.8	3.990	11.370	16.870	25.040	31.330
13.6	4.300	12.060	18.080	27.160	34.340
13.4	3.690	10.220	13.850	17.540	19.940
13.2	4.840	13.530	20.060	29.280	36.190
13.0	4.850	13.670	20.340	29.990	37.600
12.8	5.040	14.490	21.820	32.550	41.020
12.6	4.640	13.500	19.960	28.730	35.280
12.4	0.230	11.410	24.170	40.840	54.470
カバー率	2/25 (8%)	17/25 (68%)	19/25 (76%)	21/25 (84%)	22/25 (88%)

注1：赤文字は、各放流量における最大値、最小値を示す。
 注2：黄色の網掛けは、糸状藻類の剥離に有効と考えられる限界移動粒径5~10mmの平均7.5mm以上の数値を示す。
 注3：限界移動粒径は、岩垣の式による。



平地区間

山区間

b. 立上げ時間

- 一般にダム放水の実施に際しては、放流の原則（30分当たり30cmの水位上昇）に配慮する必要がある（「ダムの弾力的管理試験の手引き(案）」（国土交通省河川局河川環境課、平成15年4月））。
- 維持流量を出発点としてピーク流量10、20、30m³/sまで流量を増加させた場合の30分当たりの水位上昇量について試算した。一定の水位上昇量（30分当たり）で立ち上げを行った場合、維持流量が0.35m³/sでは、それぞれ最短で、60分、90分、120分と算定された。なお、試算に当たっては、名神高速道路上流（14.44km地点）における計画断面で得られたH-Q曲線式を用いた。
- 以上の点を考慮して、10m³/sにおける立上げ時間は60分（1時間）、20m³/sでは90分（1.5時間）、**30m³/sでは120分（2時間）**程度が考えられる。
- なお、立上げ方法には、一定の水位上昇量と一定の流量増加量の2パターンが考えられるが、短時間でピーク流量に到達する一定の水位上昇量での立上げ方法を採用する。

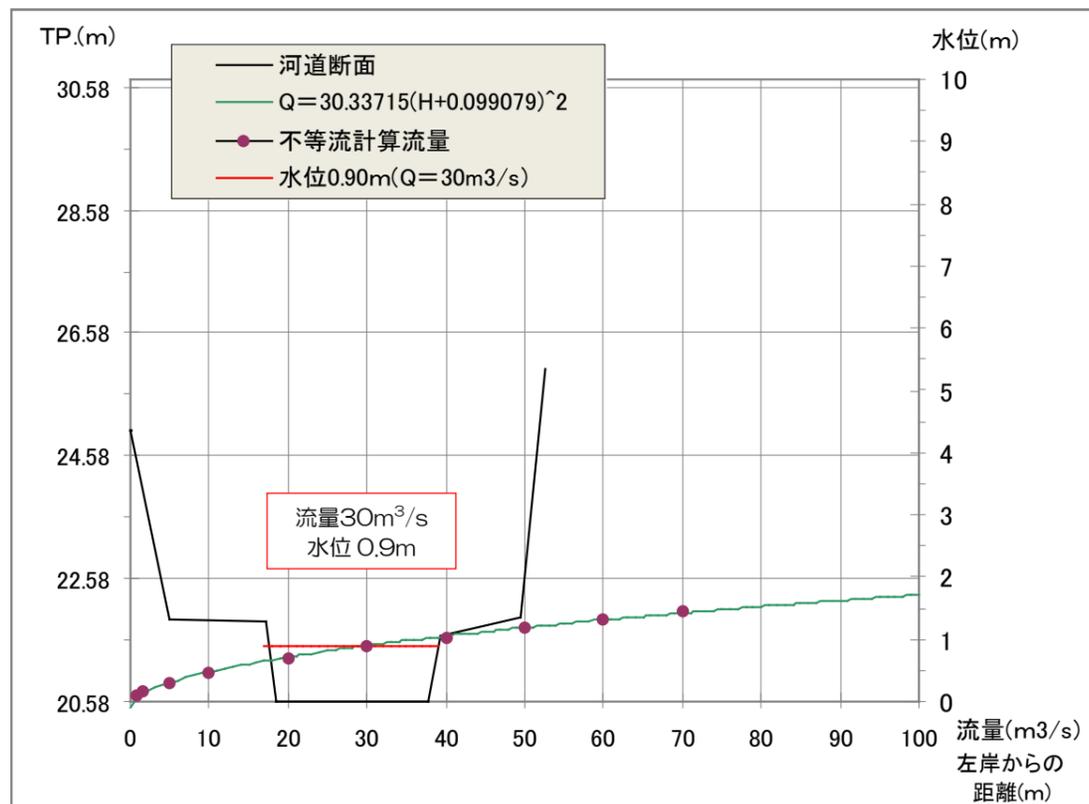
■ 維持流量からピーク流量まで水位上昇量一定による30分当り立上げ時間（名神高速道路上流14.44km地点における計画断面による試算）

単位：cm/30分

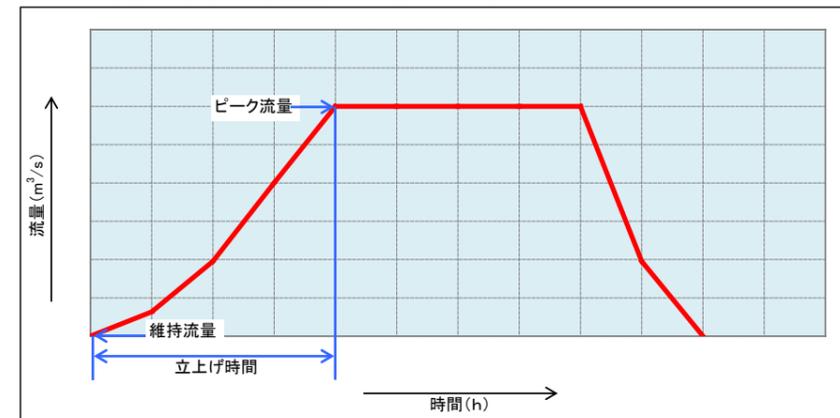
維持流量=0.17m ³ /s（1~4月、9~12月）										維持流量=0.35m ³ /s（5~8月）									
ピーク流量 (m ³ /s)	立上げ時間									ピーク流量 (m ³ /s)	立上げ時間								
	30分	60分	90分	120分	180分	210分	240分	270分	300分		30分	60分	90分	120分	180分	210分	240分	270分	300分
10	49.9	25.0	16.6	12.5	8.3	7.1	6.2	5.5	5.0	10	46.7	23.4	15.6	11.7	7.8	6.7	5.8	5.2	4.7
20	73.7	36.9	24.6	18.4	12.3	10.5	9.2	8.2	7.4	20	70.5	35.3	23.5	17.6	11.8	10.1	8.8	7.8	7.1
30	92.0	46.0	30.7	23.0	15.3	13.1	11.5	10.2	9.2	30	88.7	44.4	29.6	22.2	14.8	12.7	11.1	9.9	8.9

注1：表中の数字は、14.440kmにおけるH-Q曲線式（暫定）より算出した。
 注2：水位上昇量が30cm/30分以上のものには、赤字で表記した。
 注3：水位上昇量が27cm/30分以下（放流原則の90%）となる最短のケース枠を着色した。

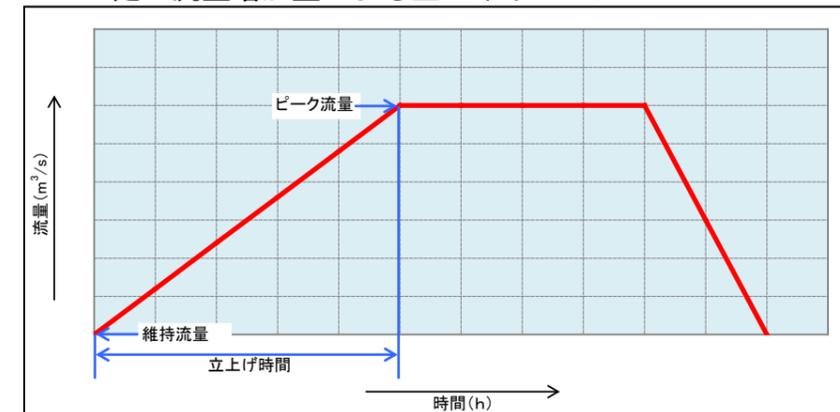
■ 名神高速道路上流（14.44km地点）における計画河道断面



一定の水位上昇量による立上げイメージ



一定の流量増加量による立上げイメージ



c. 放流継続時間

- 既存知見において付着藻類の剥離効果を確認している実験及びフラッシュ放流事例をより、放流継続時間は 0.5 時間～3 時間で剥離効果が確認されていた。また、土木研究所の実験結果では、継続時間を長くするほど剥離効果が高いことが示されていた。
- フラッシュ放流の効果として、摩擦速度 0.071m/s 以上を継続して下流へ到達することが重要であり、安威川ダムの場合、少なくともダムサイト下流 5.5km の茨木川合流点までの到達時間を考慮することが望ましいと考えられる（放流量 30m³/s 時の流速（1.8m/s 程度と仮定）で算出すると、5,500.m÷1.8m/s≒3,055 s となり、およそ 50 分で到達）。
- 作業の迅速性（学童の下校時間までに回帰に移る等、作業時間を 10 時～16 時の 6 時間までを想定）を考慮することも重要と考えられる。
- また、ミス防止の観点から就業時間内で一連の作業を完結させる必要性も指摘されている（ダム下流河川の環境改善を目的とした放流手法について(平成 23 年度ダム水源地環境技術研究所所報)）。
- 以上より、放流継続時間は、60 分（1 時間）～120 分（2 時間）程度が考えられる。

■ ピーク放流量継続時間の既存事例

文献名等	種類	流量 (m ³ /s)	摩擦速度 (m/s)	継続時間	結果
ARRC NEWS No.5 (土木研究所自然共生研究センター)	実験	0.5	0.071	3 時間 6 時間 24 時間	放流継続 3 時間で乾燥重量、無機物量、クロロフィル a が減少する傾向を示した。付着藻類の剥離には、摩擦速度 0.071m/s 以上が有効であり、継続時間を長くするほど剥離効果が高い。
寒河江ダム (最上ダム統合管理事務所)	フラッシュ放流	10	0.143	0.5 時間	放流継続 0.5 時間で 10～30m ³ /s のいずれの放流においても付着藻類の掃流効果が確認された。
		20	0.185		
		30	0.214		
三国川ダム (三国川ダム管理所)	フラッシュ放流	30	0.469 河床勾配 1/37	1 時間	糸状藻類がほとんど生息していない場合は、高い掃流効果が得られた。糸状藻類が生育すると水の力だけでは掃流効果が低下することが示唆された。河床攪乱と河床材料の移動が糸状藻類の剥離更新に有効であった。
			0.356 河床勾配 1/71		
ダム下流河床の付着藻類の剥離・更新機構に関する調査・研究 (河川美化・緑化調査研究論文集)	室内実験	6.8	0.052	1.5 時間 2 時間	土砂粒径 5.2～10.4mm の礫河床において、放流継続 2 時間で摩擦速度 0.072m/s の場合に糸状藻類の減少率が高くなっていた。
		16.8	0.072		
		23.9	0.092		
宮ヶ瀬ダム (土木学会論文集)	フラッシュ放流	100	0.18	2 時間	河床に 5～10mm 程度の粒径がほとんど存在しない場合、糸状藻類の掃流効果は非常に小さかった。

d. 回帰時間

- 回帰時間については、特に定められた基準等は存在しないが、立上げ時間と同じか立上げ時間の半分程度の事例がほとんどである。
- 回帰時間が短い場合は、無水区間における魚類の取り残しが懸念されるため、立上げと逆順の水位減少が望ましいことが考えられるが、全体の作業時間への影響も考慮する必要がある。
- 作業の迅速性（学童の下校時間までに回帰に移る等、作業時間を10時～16時の6時間までを想定）を考慮することも重要と考えられる。
- また、ミス防止の観点から就業時間内で一連の作業を完結させる必要性も指摘されている（ダム下流河川の環境改善を目的とした放流手法について(平成23年度ダム水源地環境技術研究所所報)）。
- 安威川ダムから茨木川合流点までおよそ50分の到達時間がかかるため、放流地点で14時には回帰を開始し、下流域では16時までに平常な流水に戻していく考えである。
- 以上より、魚類の取り残しが生じないような水位減少とすることを前提に、30m³/sでは立上げ時間の半分の60分（1時間）程度が考えられる。
- なお、立上げ時間の考え方と同様に、一定の水位低下量での回帰方法を採用する。

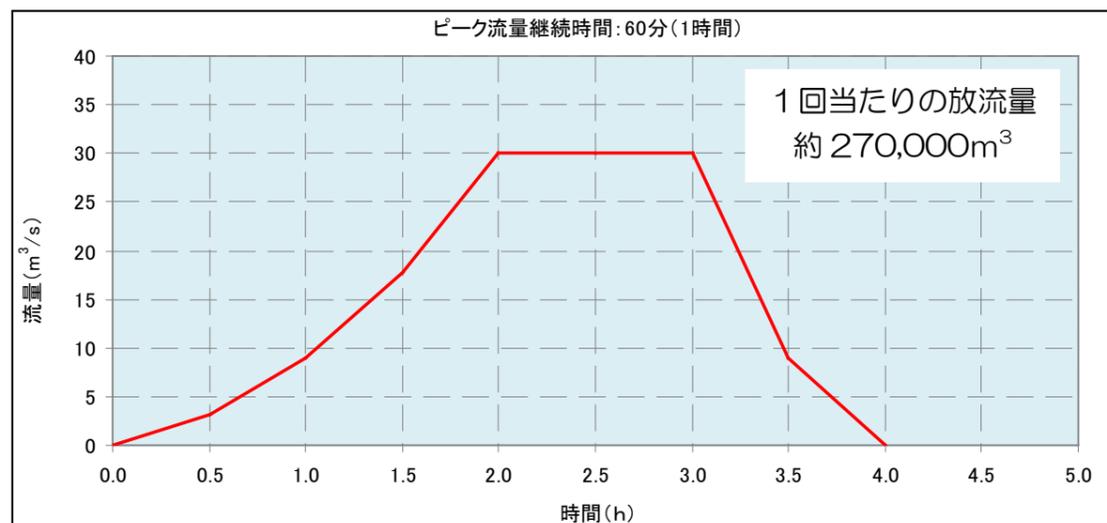
e. フラッシュ放流の波形

- 以上の検討に基づいたフラッシュ放流の波形は以下のとおりである。

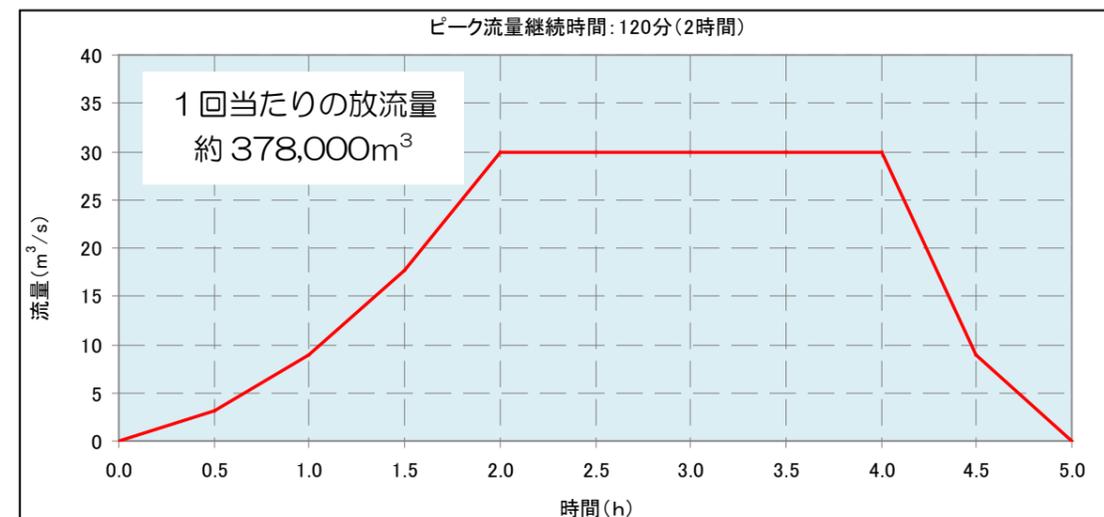
■ フラッシュ放流の波形（案）

流量	立ち上げ時間	ピーク放流量の継続時間	回帰時間	時間(合計)	1回あたりの放流量(m ³)
10m ³ /s	1.0	1.0	0.5	3.0	約 63,000
		2.0		4.0	約 99,000
20m ³ /s	1.5	1.0	0.75	4.0	約 153,000
		2.0		5.0	約 225,000
30m ³ /s	2.0	1.0	1.0	5.0	約 270,000
		2.0		6.0	約 378,000

■ ピーク流量30m³/sの場合の放流波形（案）



運用時間帯 10:00 10:30 11:00 11:30 12:00 12:30 13:00 13:30 14:00 14:30 15:00



運用時間帯 10:00 10:30 11:00 11:30 12:00 12:30 13:00 13:30 14:00 14:30 15:00

2. 土砂還元（置き土）計画の検討（Ⅱ）

(1) 河床変動計算の方法

安威川ダム水環境保全措置検討業務委託（その2）に基づき、モデル及び計算条件を設定した。

① モデルの構築

前項で設定した対象区間をモデル化区間とし、1次元河床変動モデルの構築を行った。

1次元河床変動モデルは、通常の河川では、河床変動の伝播の速さは水面変動の伝播の速さに比べはるかに遅いため、流れは不等流計算を基本とし、混合粒径を対象とした掃流砂、浮遊砂の流砂形態を表現できるモデルとした。

(ア) 基礎式

モデルの構成としては、以下のように不等流計算（流れの連続式、流れの運動方程式）による水理量の計算と、土砂の粒径に応じた輸送形態を考慮した流砂量式（掃流砂、浮遊砂）と流砂の連続式、および粒度分布の連続式を組み合わせた構成とする。

○流れの基礎式

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

ここに、 Q ：流量、 x ：流下距離

○流れの運動方程式

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{v^2}{2g} \right) + \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial z_b}{\partial x} = -I_e$$

ここで、流水の抵抗則にマンニングの式を用いると、下式のとおりとなる。

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I_e^{\frac{1}{2}}$$

ここに、 v ：断面平均流速、 h ：水深、 I_0 ：河床勾配、 I_e ：エネルギー勾配、 g ：重力加速度、 n ：マンニングの粗度係数、 R ：径深、 u ：流下方向流速、 z_b ：河床高

○流砂の連続式

$$\frac{\partial z_b}{\partial t} + \frac{1}{(1-\lambda)B} \cdot \frac{\partial \{(q_B + q_S) \cdot B\}}{\partial x} = 0$$

ここに、 λ ：空隙率（=0.4）、 B ：川幅（掃流幅）、 q_B ：単位幅掃流砂量、 q_S ：単位幅浮遊砂量

○掃流砂量式

$$q_{Bi} = f(u_*, d_i, p_i), \quad q_B = \sum q_{Bi}$$

ここに、 q_{Bi} ：粒径別単位幅掃流砂量、 u_* ：摩擦速度、 d_i ：ある粒径範囲の砂礫の平均粒径、 p_i ：粒径 d_i の砂礫が河床表面（交換層中）に含まれる割合

○浮遊砂量式

$$q_{Si} = p_i \int_a^h u C_i dz, \quad q_S = \sum q_{Si}$$

ここに、 q_{Si} ：粒径別単位幅浮遊砂量、 C_i ：粒径 d_i の土砂の濃度分布

○粒度分布の連続式

【河床上昇時】

$$\frac{\partial z_b}{\partial t} \geq 0 : \quad \frac{\partial}{\partial t} (B p_i) = -\frac{1}{\delta(1-\lambda)} \left\{ \frac{\partial}{\partial x} (B q_{Bi} + B q_{Si}) \right\} - \frac{p_{i0}}{\delta} \frac{\partial}{\partial t} (B z_b)$$

【河床低下時】

$$\frac{\partial z_b}{\partial t} < 0 : \quad \frac{\partial}{\partial t} (B p_i) = -\frac{1}{\delta(1-\lambda)} \left\{ \frac{\partial}{\partial x} (B q_{Bi} + B q_{Si}) \right\} - \frac{p_{i0}}{\delta} \frac{\partial}{\partial t} (B z_b)$$

ここに、 δ ：交換層厚さ、 p_i ：粒径 d_i の砂粒子が河床表面（交換層中）に含まれる割合、 p_{i0} ：粒径 d_i の砂粒子が交換層直下層に含まれる割合

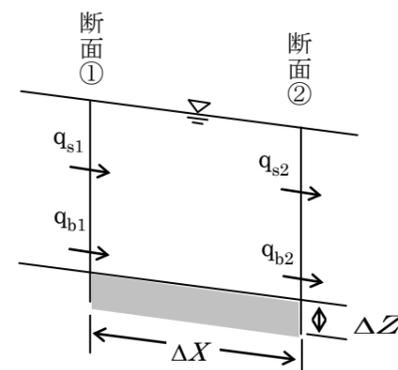


図. 計算諸量模式図

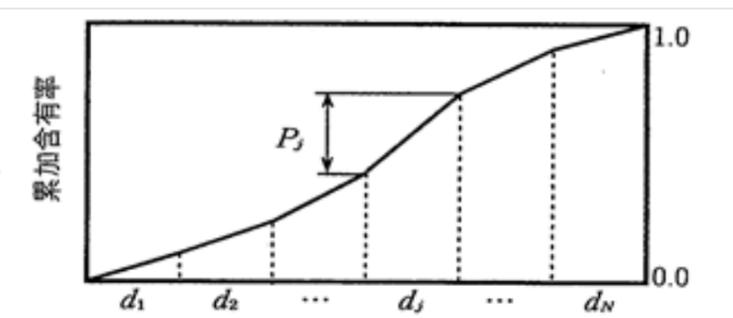


図. 粒度分布設定の模式図

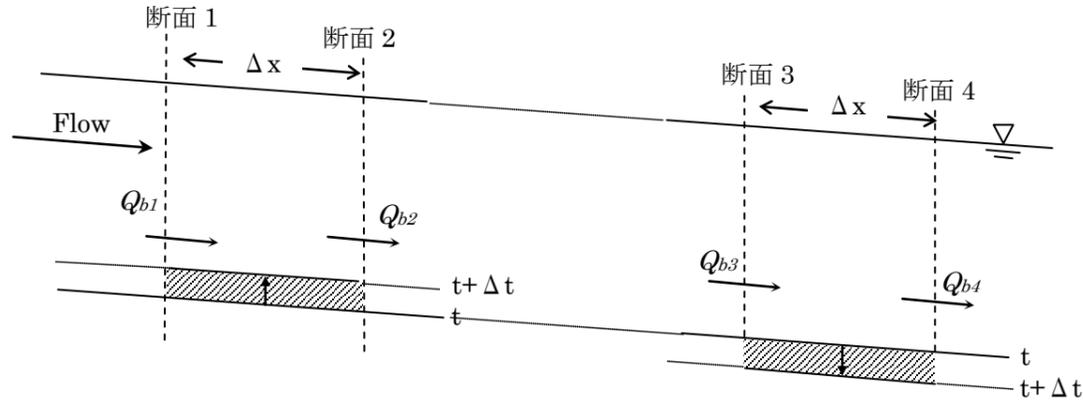
河床変動モデル概念図

Q_b : 粒径別流砂量 (掃流砂、浮遊砂) の総和

粒径別流砂量は、各断面の水理量と河床材料構成比率より、算出される。

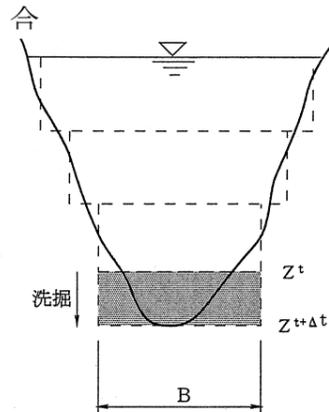
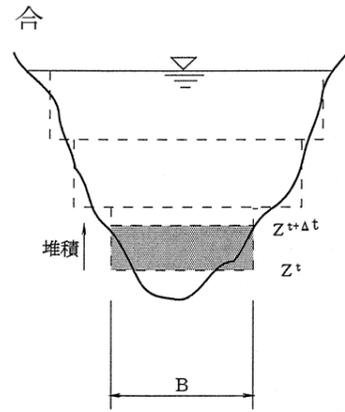
河床上昇 (堆積)

河床低下 (洗掘)



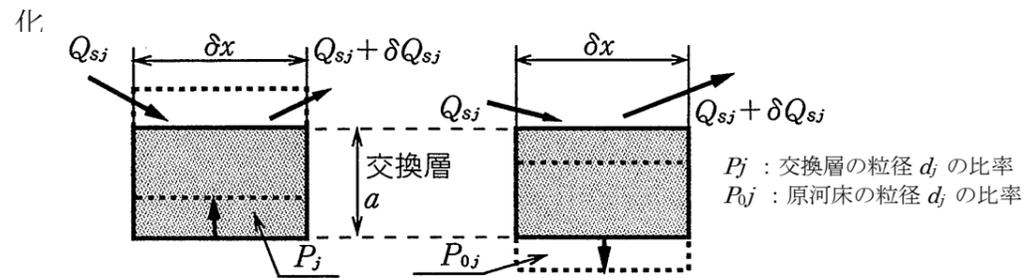
(a) $Q_{b1} > Q_{b2}$ の場合

(b) $Q_{b3} < Q_{b4}$ の場合



(a) 堆積の場合の断面変化

(b) 洗掘の場合の断面変化



※堆積分の粒径 d_j が加わり、 P_j が増加する。

※減少した粒径 d_j の P_j が減少するが、改めて原河床から P_0j が加わる。

(a) 河床上昇の場合の粒径変化

(b) 河床低下の場合の粒径変化

図.1 河床変動モデルの概念図と交換層の土砂収支

(イ) 流砂量式

○粒径別限界掃流力

粒径範囲の広い混合砂礫床の河川では、河床材料の混合特性が大きく影響するため、実際の計算では、粒径別限界掃流力を考え、粒径別に流砂量を計算する必要がある。粒径別限界掃流力については、一般的に用いられている以下の修正 Egiazaroff 式を用いるものとする。

【修正 Egiazaroff 式】

$$\frac{d_i}{d_m} > 0.4 : \frac{u_{*ci}^2}{u_{*cm}^2} = \frac{\tau_{ci}}{\tau_{cm}} = \left[\frac{\log_{10} 19}{\log_{10} 19(d_i/d_m)} \right]^2 \left(\frac{d_i}{d_m} \right)$$

$$\frac{d_i}{d_m} \leq 0.4 : \frac{u_{*ci}^2}{u_{*cm}^2} = \frac{\tau_{ci}}{\tau_{cm}} = 0.85$$

なお、平均粒径 d_m に対応する限界摩擦速度 u_{*c} の算定には、一様粒径に関する以下の岩垣式を用いて評価を行った。

【岩垣式】

(単位: $cm \cdot sec$)

$$d_m \geq 0.303 \text{ cm} : u_{*cm}^2 = 80.9 d_m$$

$$0.118 \leq d_m \leq 0.303 \text{ cm} : u_{*cm}^2 = 134.6 d_m^{31/22}$$

$$0.0565 \leq d_m \leq 0.118 \text{ cm} : u_{*cm}^2 = 55.0 d_m$$

$$0.0065 \leq d_m \leq 0.0565 \text{ cm} : u_{*cm}^2 = 8.41 d_m^{11/32}$$

$$d_m \leq 0.0065 \text{ cm} : u_{*cm}^2 = 226.0 d_m$$

ここに、 τ_{cm} : 平均粒径 d_m の限界掃流力、 τ_{ci} : 粒径 d_i の限界掃流力、

u_{*cm} : 平均粒径 d_m の移動限界摩擦速度、 u_{*ci} : 粒径 d_i の移動限界摩擦速度

○掃流砂量式

掃流砂量式については、芦田・道上式を採用した。

【芦田・道上式】

$$\frac{q_{Bi}}{p_i \sqrt{sgd_i^3}} = 17 \tau_{*ei}^{3/2} \left(1 - \frac{\tau_{*ci}}{\tau_{*i}} \right) \left(1 - \sqrt{\frac{\tau_{*ci}}{\tau_{*i}}} \right)$$

$$\frac{v}{u_{*ei}} = 6.0 + 5.75 \cdot \log_{10} \left(\frac{R}{d_i (1 + 2\tau_{*i})} \right)$$

ここに、 q_{Bi} : 粒径別単位幅掃流砂量、 p_i : 粒径 d_i の砂礫が河床表面に含まれる割合、

τ_{*ci} : 粒径 d_i の無次元限界掃流力、 τ_{*i} : 粒径 d_i の無次元掃流力、

τ_{*ei} : 粒径 d_i の無次元有効掃流力、 u_{*ei} : 粒径 d_i の有効摩擦速度、

v : 断面平均流速、 R : 径深、 s : 砂粒子の水中比重、 g : 重力加速度

○浮遊砂量式

浮遊砂量式は、適切な濃度分布式および流速分布式の積を水深方向に積分し、基準点濃度を与えることで得られる。本検討では、濃度分布式として Rouse 式、流速分布式として対数則を用い、基準点濃度式として芦田・道上式を用い導かれた芦田・道上による浮遊砂量式を採用した。

【濃度分布式 (Rouse 式)】

$$\frac{C}{C_a} = \left(\frac{h-z}{z} \frac{a}{h-a} \right)^Z, \quad Z = \frac{w_0}{\beta \kappa u_*}$$

ここに、 κ : カルマン定数、 u_* : 摩擦速度、 h : 水深、 w_0 : 沈降速度、 C_a : 基準点濃度

【流速分布式】

$$\frac{u}{V} = 1 + \frac{1}{\kappa} \frac{u_*}{V} + \frac{1}{\kappa} \frac{u_*}{V} \ln \frac{z}{h}$$

ここに、 V : 断面平均流速

【浮遊砂量式】

$$q_s = q \Delta F(w_0) C_a \left[\left(1 + \frac{1}{\kappa} \frac{u_*}{V} \right) \Lambda_1 + \frac{1}{\kappa} \frac{u_*}{V} \Lambda_2 \right]$$

ただし、

$$\Lambda_1 = \left(\frac{a}{h-a} \right)^Z \int_{a/h}^1 \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right)^Z d\eta, \quad \Lambda_2 = \left(\frac{a}{h-a} \right)^Z \int_{a/h}^1 \ln \eta \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right)^Z d\eta, \quad Z = \frac{w_0}{1.2 \kappa u_*}$$

ここに、 q : 単位幅流量、 $\Delta F(w_0)$: 沈降速度 w_0 の砂粒子が河床中に占める割合、 $\eta = z/h$ 、 C_a : 基準点濃度で次式により与えられる。

$$C_a = K \left\{ \frac{g(\xi_0)}{\xi_0} - G(\xi_0) \right\}$$

ここに、 $K=0.025$

$$g(\xi_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\xi_0^2\right), \quad G(\xi_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\xi_0}^{\infty} \exp\left(-\frac{1}{2}\xi^2\right) d\xi, \quad \xi_0 = \frac{w_0}{0.75u_*}$$

なお、沈降速度 w_0 については、次式の Rubey の式を用いて算定する。

$$w_0 = \sqrt{\frac{2}{3} \left(\frac{\sigma}{\rho} - 1 \right) g d + \frac{36\nu^2}{d^2} - \frac{6\nu}{d}}$$

ここに、 σ : 砂の密度、 ρ : 水に密度、 d : 粒径、 ν : 砂の動粘性係数

(ウ) 計算手順

上記基礎式を用いた 1 次元河床変動シミュレーションの計算フローは以下のとおりである。

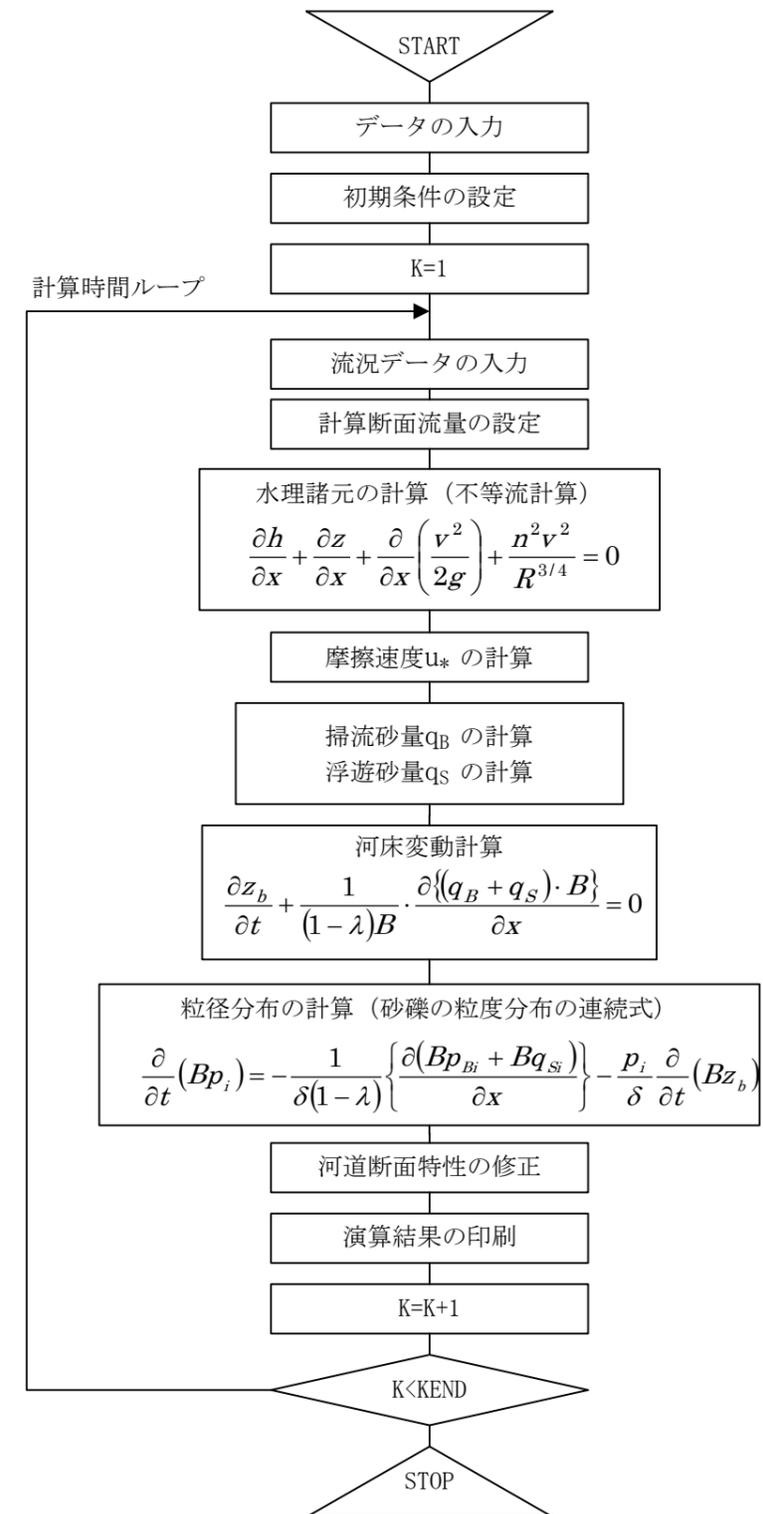


図.2 1次元河床変動計算の計算フロー

② 断面データの作成

使用する断面は不等流計算と同じもの（最新の現況河道横断データ）を使用することを基本とした。
以下の項目について設定を行なった。

1) 河道断面のモデル化

現況横断図を基に、実際の断面形状から階段状に断面をモデル化することにより、流量（水位）に応じた移動床幅の設定が可能となる断面モデルとした。

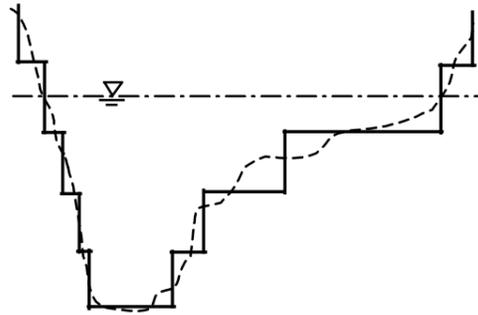


図. 河道断面の設定

2) 河床の固定地点の設定

落差工や床止め、護床工の存在する地点や、岩で覆われており河床の低下が生じないと考えられる地点は平面図より確認して最深河床高以下に低下しないように設定する。
設定した河床固定地点について表.に示す。

表. 河床条件の設定地点

番号	距離標 (km)	追加距離 (m)	固定箇所	構造物	番号	距離標 (km)	追加距離 (m)	固定箇所	構造物
1	7.400	7400			58	13.100	13150	固定	小規模河川構造物 連続区間
2	7.500	7500			59	13.200	13250	固定	
3	7.600	7600			60	13.300	13350	固定	
4	7.700	7700			61	13.400	13450	固定	
5	7.800	7800			62	13.500	13550		
6	7.900	7900			63	13.600	13650		
7	8.000	8000			64	13.700	13750		
8	8.100	8100			65	13.800	13850		
9	8.200	8200			66	13.900	13950		
10	8.300	8300			67	14.000	14050		
11	8.400	8400			68	14.090	14140	固定 内挿断面	落差工 Δh=1.5m
12	8.500	8500			69	14.100	14150	固定	
13	8.600	8600			70	14.200	14250		
14	8.700	8700			71	14.300	14350		
15	8.800	8800			72	14.400	14450		
16	8.900	8900			73	14.500	14550		
17	9.000	9000			74	14.600	14650		
18	9.100	9100			75	14.700	14750		
19	9.200	9200			76	14.800	14850	固定	落差工 Δh=1.0m
20	9.300	9300			77	14.810	14860	固定 内挿断面	
21	9.400	9400			78	14.890	14940	固定 内挿断面	落差工 Δh=1.0m
22	9.500	9500			79	14.900	14950	固定	
23	9.600	9600			80	15.000	15050	固定 床止め	
24	9.700	9700			81	15.100	15150		
25	9.800	9800			82	15.200	15250		
26	9.900	9900			83	15.300	15350		
27	10.000	10000			84	15.390	15440	固定 内挿断面	落差工 Δh=2.0m
28	10.100	10100			85	15.400	15450	固定	
29	10.200	10200			86	15.500	15550	固定	落差工 Δh=1.2m
30	10.300	10300			87	15.510	15560	固定 内挿断面	
31	10.400	10400			88	15.600	15650	固定 床止め	
32	10.500	10500			89	15.700	15750		
33	10.600	10600			90	15.800	15850		
34	10.700	10700			91	15.900	15950		
35	10.800	10800			92	16.000	16050		
36	10.900	10900			93	16.100	16150	固定 落差工下流	
37	11.000	11000			94	16.200	16250		
38	11.100	11100			95	16.300	16350	固定 落差工下流	
39	11.200	11200			96	16.400	16450		
40	11.300	11300			97	16.500	16550		
41	11.400	11400			98	16.590	16640	固定 内挿断面	中島井堰 Δh=3.0m
42	11.500	11500			99	16.600	16650	固定	
43	11.600	11600	固定 床止め		100	16.700	16750		
44	11.700	11700			101	16.800	16850		
45	11.800	11800			102	16.900	16950	固定	向八田井堰 Δh=6.6m
46	11.900	11900			103	16.910	16960	固定 内挿断面	
47	12.000	12050			104	17.000	17050		
48	12.100	12150			105	17.100	17150		
49	12.200	12250			106	17.200	17250		
50	12.300	12350	固定	小規模河川構造物 連続区間	107	17.300	17350		
51	12.400	12450	固定		108	17.400	17450		
52	12.500	12550	固定		109	17.500	17550		
53	12.600	12650	固定		110	17.600	17650		
54	12.700	12750	固定						
55	12.800	12850	固定						
56	12.900	12950	固定						
57	13.000	13050	固定						

3) 流量時系列

流量時系列は、利水計画検討及び計画高水検討において整理されている安威川ダム地点、及び桑原橋地点の日流況と洪水時データを使用する。

予測計算における流量は、2000年（H12年）～2008年（H20年）の9ヶ年のデータを用い、時間流量として利水計画検討、計画高水モデルのダム計算を行って得たハイドロデータを用いた。

予測計算としては、河床変動及び粒度分布等を馴染ます助走期間として、流量時系列を10年間与えた後、ダムあり、ダムなしの流量時系列を繰り返し50年間与えた。

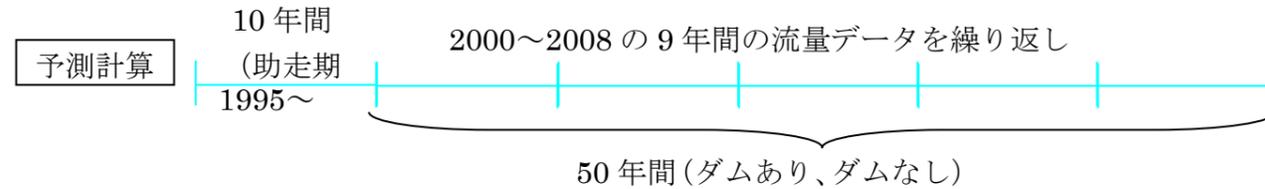


図. 使用する流量時系列の模式図

4) 流入土砂量

安威川上流端においては、上流端断面における掃流力見合いの粒径別平衡流砂量を与え、支川については、流域面積比により縮小して与える。ダムありの場合は、安威川上流端からの流入土砂量を0として与える。

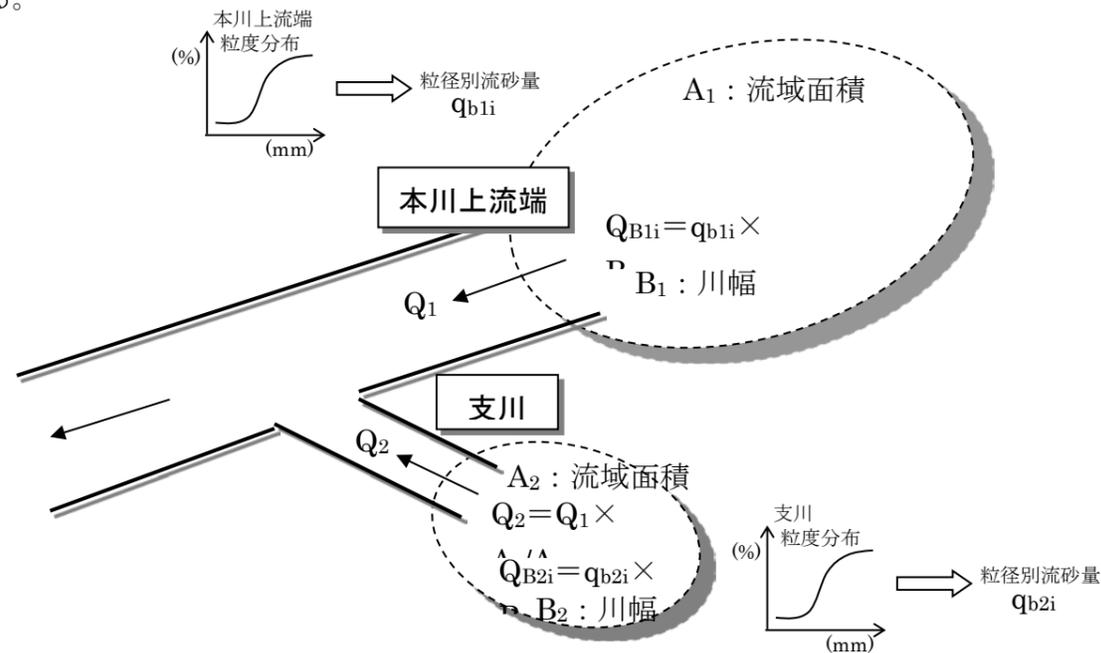


図. 流入土砂量の与え方

5) 計算条件

・出発水位

下流端において既往検討におけるH～Q関係を用いて出発水位を設定した。

・粗度係数

既往検討では、全体計画で設定されている粗度係数にもとづき、低水路、高水敷ともに0.035を用いているが、整備計画に合わせ $n=0.03$ とした。

・粒径構成比

河床勾配など河道の特性の区分より6区間に分割し、各区分における粒径分布を設定する。

また、茨木川からの流入土砂の粒径構成比を茨木川での材料調査結果より設定する。設定した粒径構成比のグラフを次ページに示す。

表. 作成した計算データのまとめ

項目	内容
断面データ	河道の設定、河床の固定地点の設定
粗度係数	低水路、高水敷ともに $n=0.025$ を使用（試験施工による検証結果）
流量時系列	洪水時は時間流量、その他は日流量を使用するとして流量データを整理
出発水位	計算区間下流端(7.4k)におけるH～Q関係
粒径構成比	河床材料調査結果より設定
流入土砂	上流端、茨木川：掃流力見合い (検証計算によって流入土砂量及び粒径構成比を見直す)
その他	砂利採取なし

<河道形態の区分分け>

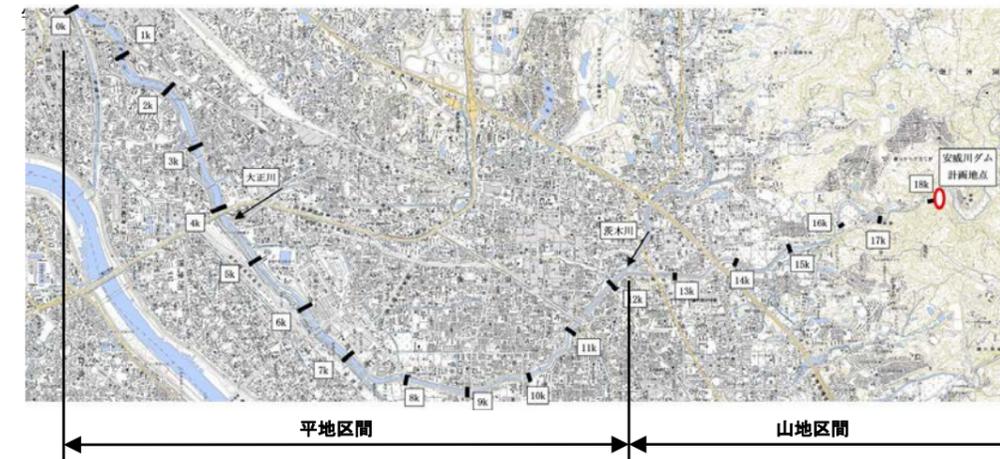


図 安威川河川平面図（神崎川合流点～安威川ダムサイト）

◆山地区間（12.3～18.0k）

- ・平均河床勾配は約 $1/190 \sim 1/120$ であり、10～300mm 程度の礫が分布している。
- ・堰堤等の堆積土砂は、1～20mm 程度と比較的小さい。

◆平地区間（4.0～12.3k）

- ・河床勾配は $1/1400 \sim 1/570$ で、流れの緩やかな箇所では粒径は0.1～10mm 程度であるが、瀬の部分や水際には10～100mm 程度の河床材料も分布している。

粒径構成比は河道特性の区分により、以下の6区間に分割する。各区分における粒径分布は河床材料調査結果を用いる。

また、茨木川からの流入土砂の粒径構成比は茨木川での調査結果をもとに設定する。

表. 作成した計算データのまとめ

番号	区間	河床材料調査	備考
1	12.3k~13.5k	13k 地点水域	
2	13.6k~14.1k	14k 地点水域	
3	14.2k~14.8k	14.4k 地点水域	
4	14.9k~15.5k	15k 地点水域	
5	15.6k~16.9k	16k 地点水域	
6	17.0k~17.6k	17k 地点水域	
—	茨木川	茨木川	

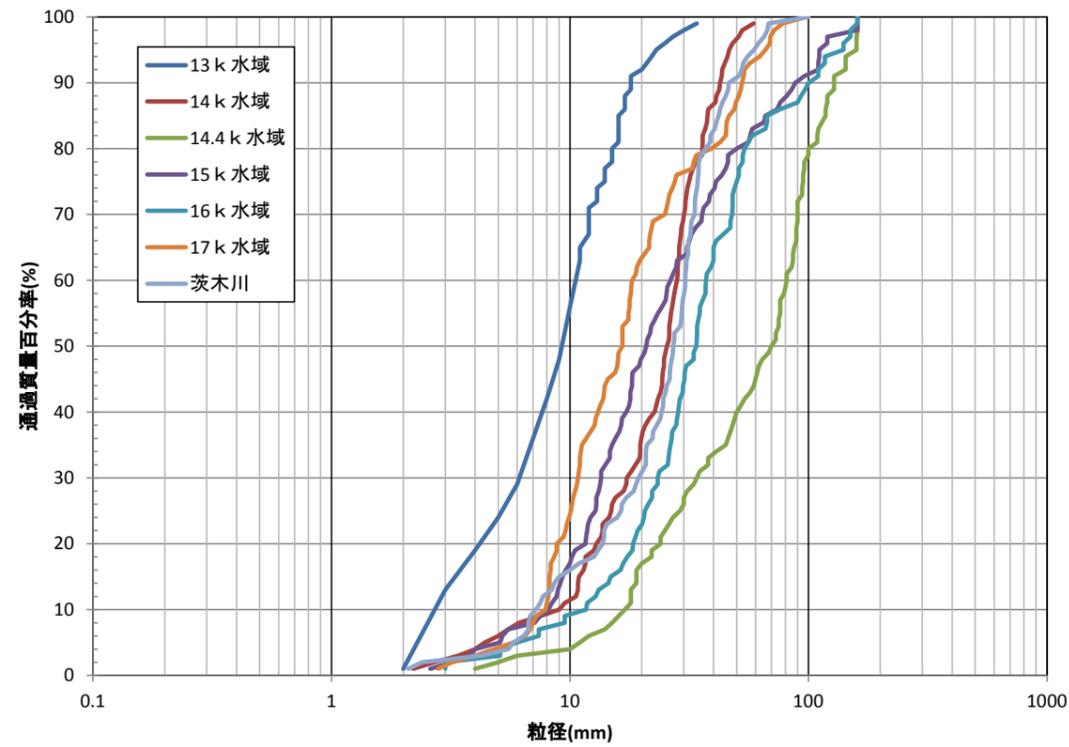


図. 河床材料調査結果

河床材料調査結果における粒度分布をもとに、各粒径区分毎の粒径構成比を以下のように設定する。

表. 河床材料モデル (粒径構成比)

粒径区分	代表粒径 (mm)	粒径構成比 (%)						
		安威川						
		12.3k~13.5k	13.6k~14.1k	14.2k~14.8k	14.9k~15.5k	15.6k~16.9k	17.0k~17.6k	茨木川
2~5mm	3.16	24.0	6.0	2.0	4.0	2.0	4.0	3.0
5~7mm	5.92	12.0	2.0	1.0	3.0	3.0	4.0	6.0
7~10mm	8.37	20.0	3.0	1.0	10.0	4.0	16.0	7.0
10~20mm	14.1	36.0	25.0	13.0	31.0	13.0	39.0	14.0
20~50mm	31.6	8.0	60.0	23.0	32.0	53.0	24.0	60.0
50~70mm	59.2	0.0	4.0	10.0	5.0	10.0	10.0	9.0
70~100mm	83.7	0.0	0.0	30.0	6.0	5.0	3.0	1.0
100~200mm	141	0.0	0.0	20.0	9.0	10.0	0.0	0.0
200~300mm	245	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
合計	—	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
平均粒径 (mm)	—	10.8	25.4	68.6	36.3	43.4	23.2	28.2

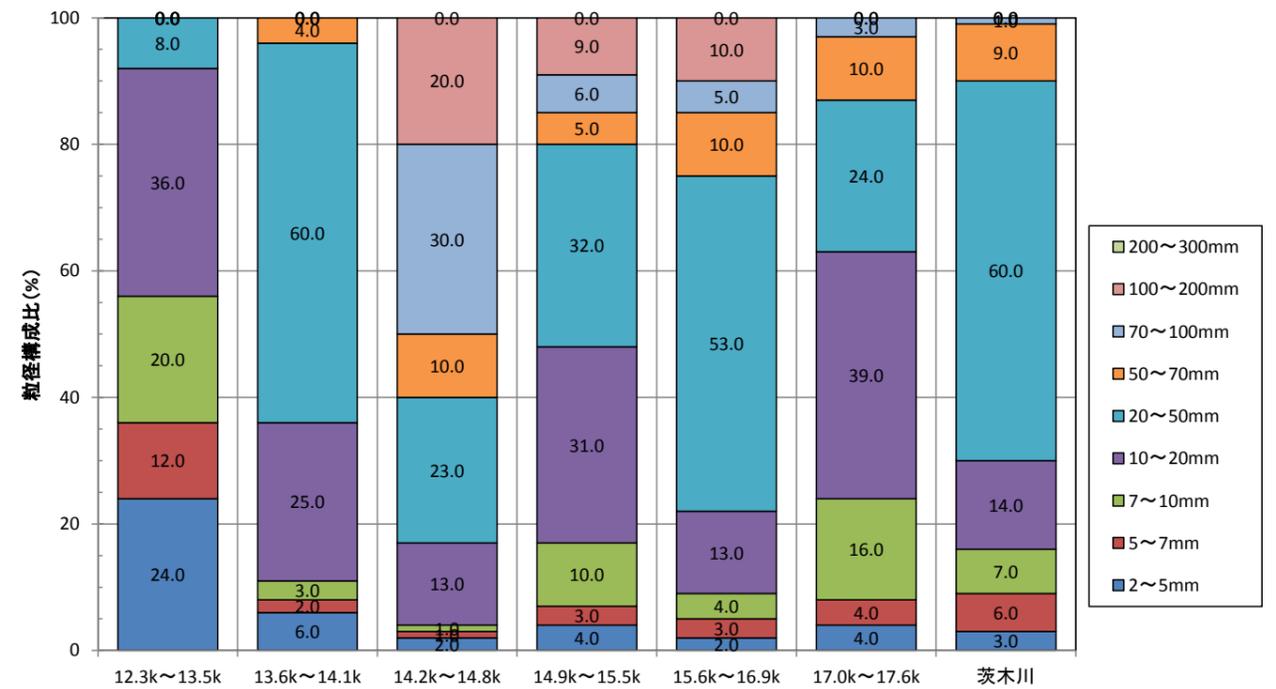
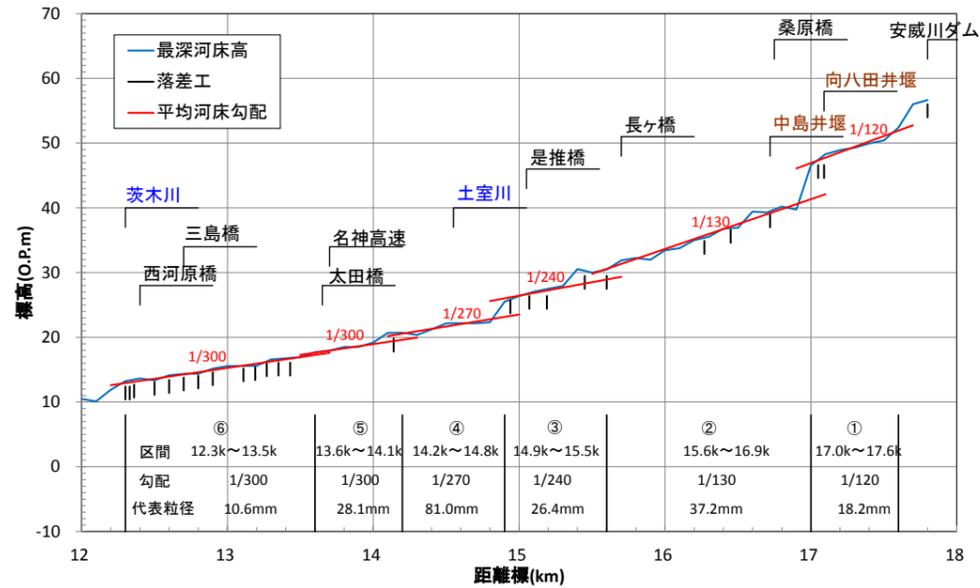


図. 粒径構成比の設定結果

(2) ダム建設によって予想される土砂環境の変化

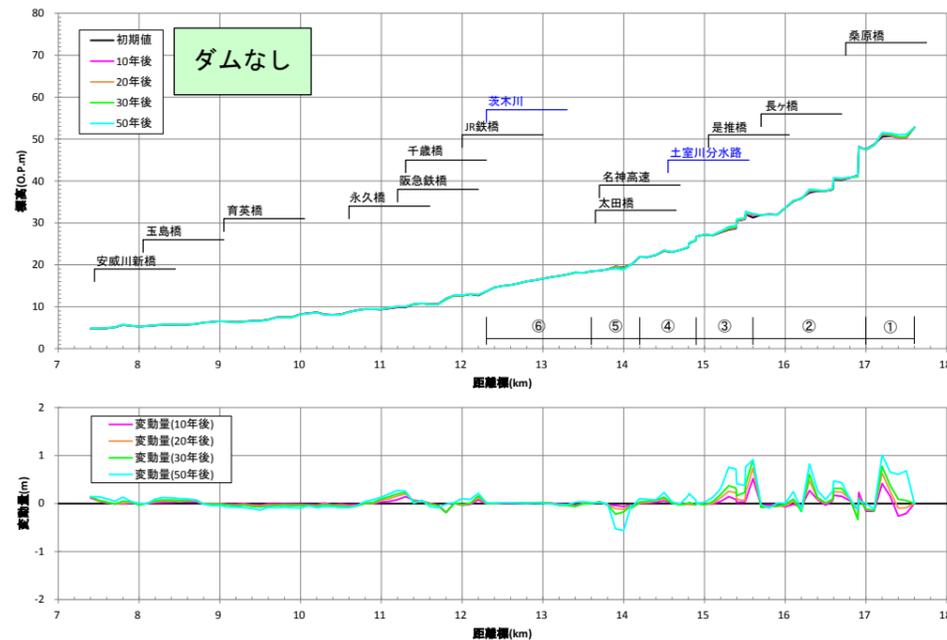
◆ダム建設の有無による河床変動の違い

今後 50 年間の河床変動予測結果によれば、堰や落差工上流で堆積するものの、ダム建設後はほとんど堆積しない結果となっており、堰や落差工付近を除けば現状でも河床変動量は 10cm/10 年程度（30~40cm/年が河床安定の目安）と少ないが、ダム建設後はほとんど土砂が供給されないため、河床が動かないことを示している。



・区間平均の考え方
 構造物(堰、落差工等)の配置や河床材料、勾配等に基づき6区間に区間分けし、区間平均の水理量で評価。

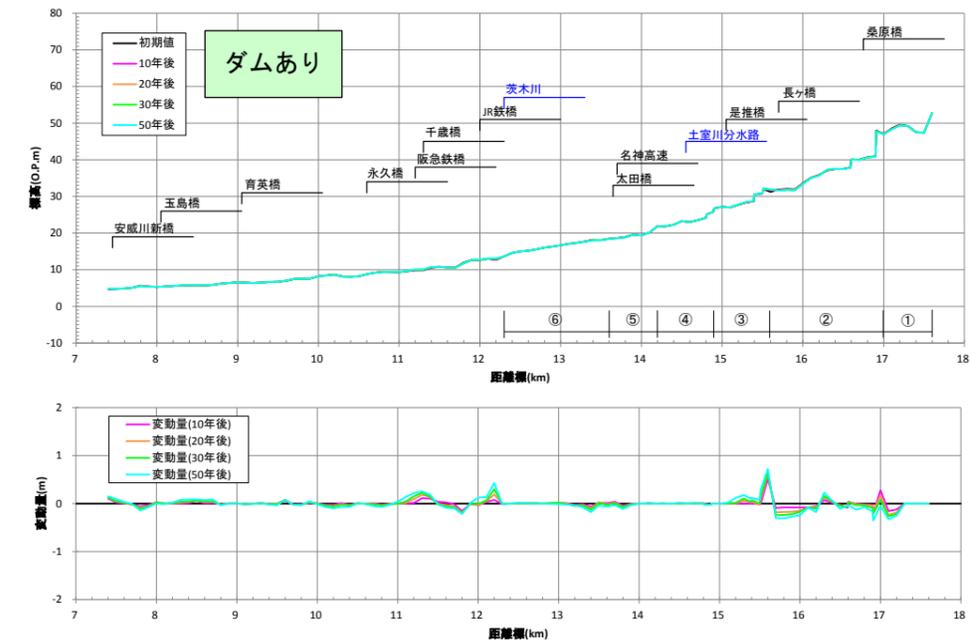
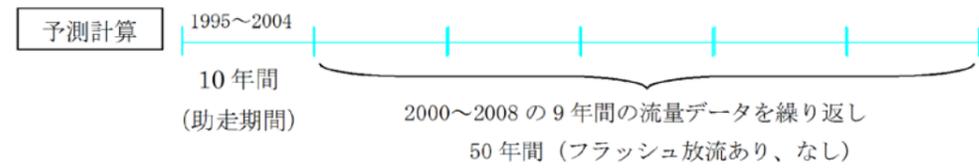
区間図



流量時系列は、利水計画検討及び計画洪水検討において整理されている安威川ダム地点、及び桑原橋地点の日流況と洪水時データを使用する。

予測計算におけるフラッシュ放流あり、なしの流量は、2000年(H12年)~2008年(H20年)の9ヶ年のデータを用い、時間流量として利水計画検討、計画洪水モデルのダム計算を行って得たハイドロデータを用いた。

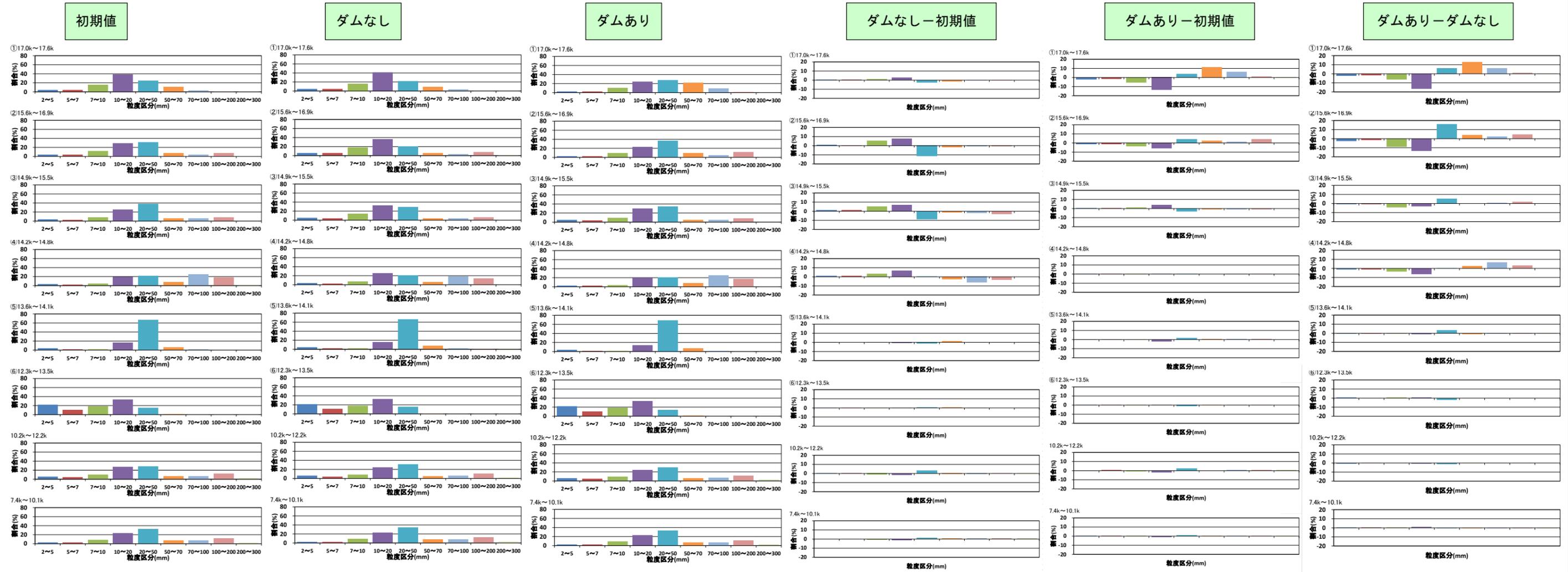
河床変動及び粒度分布等を馴染ます助走期間として、流量時系列を10年間与えた後、フラッシュ放流あり、なしの流量時系列を繰り返し50年間与えた。



ダム建設 50 年後の河床高及び変動高の予測計算結果

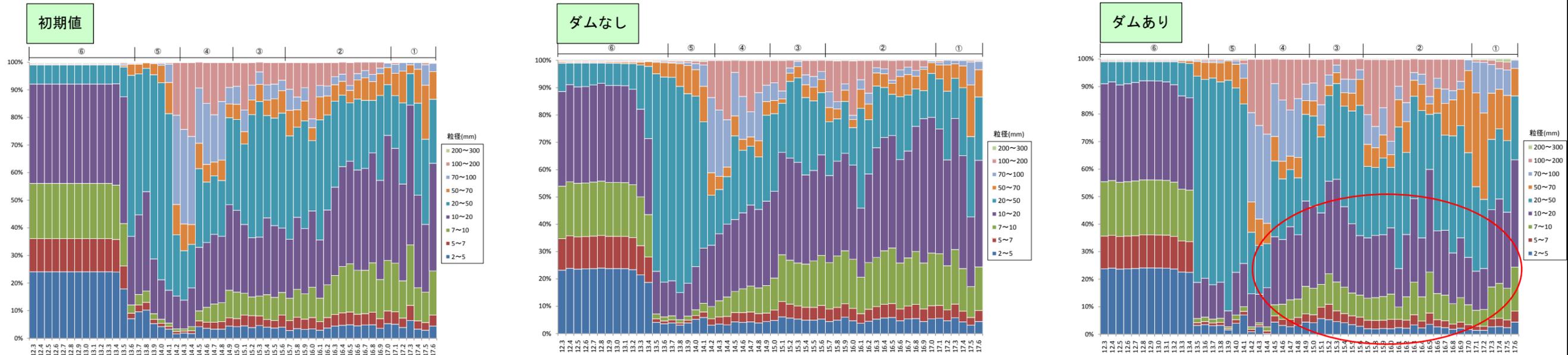
◆河床構成材料の質的变化（区間平均）

50年間の河床変動計算結果によれば、桑原橋下流～安威川ダム地点では、ダム建設後に上流からの供給土砂がなくなるため粗粒化の傾向がみられる。また、茨木川合流点下流～是推橋下流ではダムなしの場合とほとんど変わらない結果となっている。



◆河床構成材料の質的变化（各断面）

断面毎の粒径構成比を以下に示す。ダム建設後は上流からの供給土砂がなくなるため 14.4k 付近から上流で特に粗粒化の傾向がみられる。



(3) 安威川ダム堆砂検討

安威川ダムのダムサイト上流域の河道特性及び貯水池運用計画に基づき、ダム堆砂シミュレーションモデルを構築する。

なお、安威川ダム堆砂シミュレーションモデルの構築に先立ち、近傍ダムの堆砂実績資料に基づき、堆砂状況の再現計算を実施して、構築するモデルの妥当性を検証する。

①堆砂シミュレーションモデルの概要

一般的にダム堆砂では微細粒子の堆積が多いことから、貯水池における浮遊砂の比平衡性を考慮出来る一次元不定流の非平衡浮遊砂モデルを適用する。以下に、その概要を以下に示す。

基礎式

流れの連続式

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 A ：流水断面積、 t ：時間、 Q ：流量、 x ：流下方向座標

流れの運動方程式

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial uQ}{\partial x} = -gA \frac{\partial z_h}{\partial x} - gA \frac{\tau_{bx}}{\rho gR} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 u ：断面平均流速、 g ：重力加速度、 z_h ：基準面からの水位、
 τ_{bx} ：路床に作用する応力ベクトルの x -方向成分、 ρ ：流体の密度、 R ：径深

流砂の連続式

$$\frac{\partial}{\partial t} \{ (1-\lambda)A_s \} + \frac{\partial Q_B}{\partial x} + B_{sus} (q_{up} - q_{down}) = 0 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$Q_B = \sum_k Q_{Bk}, \quad q_{up} = \sum_k q_{upk}, \quad q_{down} = \sum_k q_{downk}$$

ここに、 λ ：空隙率、 A_s ：河床材料の断面積、 Q_B ：掃流砂量、 q_{up} ：単位時間単位面積当たりの浮遊砂濃度の浮上量、 q_{down} ：単位時間単位面積当たりの浮遊砂濃度の沈降水量、 B_{sus} ：浮遊砂の計算に用いる仮想河床幅、 q_{upk} ：粒径 k の単位時間単位面積当たりの浮遊砂の浮上体積量、 q_{downk} ：粒径 k の単位時間単位面積当たりの浮遊砂濃度の沈降体積量、

浮遊砂濃度の粒径別輸送方程式

$$\frac{\partial c_k A}{\partial t} + \frac{\partial u c_k A}{\partial x} = B_{sus} (q_{upk} - q_{downk}) \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$q_{upk} = w_{sk} c_{bek}, \quad q_{downk} = w_{sk} c_{bk}, \quad B_{sus} = \frac{A}{h}$$

(注：拡散項は省略している)

ここに、 c_k ：粒径 k の浮遊砂断面平均体積濃度（無次元（体積／体積）、以下浮遊砂濃度とする）、
 w_{sk} ：粒径 k の沈降速度、 c_{bek} ：粒径 k の浮遊砂の基準面濃度、
 c_{bk} ：粒径 k の河床近傍の浮遊砂濃度

交換層内の粒径別土砂収支式

$$\frac{\partial}{\partial t} \{ (1-\lambda)A_{se} p_{sek} \} + p_{sk} \frac{\partial}{\partial t} \{ (1-\lambda)A_{seb} \} + \frac{\partial Q_{Bk}}{\partial x} + B_{sus} (q_{upk} - q_{downk}) = 0 \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$p_{sk} = \begin{cases} p_{sek} : \frac{\partial}{\partial t} \{ (1-\lambda)A_{seb} \} \geq 0 \\ p_{se0k} : \frac{\partial}{\partial t} \{ (1-\lambda)A_{seb} \} < 0 \end{cases} \quad \dots\dots\dots (6)$$

ここに、 A_{se} ：交換層断面積、 p_{sek} ：交換層内の粒径 k の構成比率、 Q_{Bk} ：粒径 k の流砂量、
 p_{se0k} ：交換層下方の粒径 k の構成比率、 A_{seb} ：交換層を除いた河床断面積
なお、摩擦項は、下記の Manning 則で評価する。

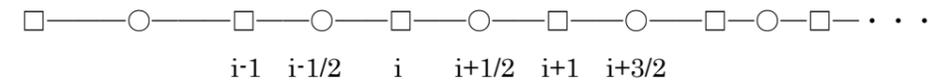
$$\frac{\tau_{bx}}{\rho} = \frac{gn^2 u |u|}{R^{1/3}} \quad \dots\dots\dots (7)$$

ここに、 n ：Manning の粗度係数

離散化

基礎式を有限体積法で離散化する。

以下では、添え字 n は過去の値（既知数）、 $n+1$ は次の時間ステップの値（未知数）を意味する。また添え字 i は空間位置を表し、上流から下流へ $i=1, 1+1/2, \dots, i-1, i-1/2, i, i+1/2, i+1, \dots$ と並んでいる（下図参照）。



流れの連続式の離散化

$$\frac{A_{i+1/2}^{n+1} - A_{i+1/2}^n}{\Delta t} + \frac{Q_{i+1}^n - Q_i^n}{\Delta x_i} = 0 \quad \dots\dots\dots (8)$$

流れの運動方程式の離散化

$$\frac{Q_i^{n+1} - Q_i^n}{\Delta t} + \frac{u_{i+1/2}^n Q_{i+a}^n - u_{i-1/2}^n Q_{i-1+b}^n}{\Delta x_{i-1/2}} = -gA_i^n \frac{z_{hi+1/2}^n - z_{hi-1/2}^n}{\Delta x_{i-1/2}} - \left(gA \frac{\tau_{bx}}{\rho gR} \right)_i \quad \dots\dots (9)$$

$$a = \begin{cases} 0 : u_{i+1/2}^n \geq 0 \\ 1 : u_{i+1/2}^n < 0 \end{cases}, \quad b = \begin{cases} 0 : u_{i-1/2}^n \geq 0 \\ 1 : u_{i-1/2}^n < 0 \end{cases} \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$u_{i+1/2}^n = \frac{u_{i+1}^n + u_i^n}{2}, \quad u_i^n = \frac{Q_i^n}{A_{i-1/2+c}^n}, \quad c = \begin{cases} 0 : Q_i^n \geq 0 \\ 1 : Q_i^n < 0 \end{cases} \quad \dots\dots\dots (11)$$

流砂の連続式の離散化

$$(1-\lambda) \frac{A_{s,i+1/2}^{n+1} - A_{s,i+1/2}^n}{\Delta t} + \frac{Q_{B,i+1}^n - Q_{B,i}^n}{\Delta x_i} + B_{sus,i+1/2} (q_{up,i+1/2} - q_{down,i+1/2}) = 0 \quad \dots\dots\dots (12)$$

浮遊砂濃度の粒径別輸送方程式の離散化

$$\frac{c_{k,i+1/2}^{n+1} A_{i+1/2}^{n+1} - c_{k,i+1/2}^n A_{i+1/2}^n}{\Delta t} + \frac{u_{i+1}^n c_{k,i+1/2+a}^n A_{i+1/2+a}^n - u_i^n c_{k,i-1/2+b}^n A_{i-1/2+b}^n}{\Delta x_i} = B_{sus,i+1/2} (q_{upk,i+1/2} - q_{downk,i+1/2}) \quad \dots\dots\dots (13)$$

交換層内の粒径別土砂収支式の離散化

【河床上昇時】

$$\frac{P_{sek\ i+1/2}^{n+1} A_{se\ i+1/2}^{n+1} - P_{sek\ i+1/2}^n A_{se\ i+1/2}^n}{\Delta t} + \frac{1}{(1-\lambda)} \left\{ \frac{Q_{Bk\ i+1}^n - Q_{Bk\ i}^n}{\Delta x_i} + B_{su\ i+1/2}^n (q_{uok\ i+1/2}^n - q_{downk\ i+1/2}^n) \right\}$$

$$= -P_{sek\ i+1/2}^n \left(\frac{A_{seb\ i+1/2}^{n+1} - A_{seb\ i+1/2}^n}{\Delta t} \right) \dots\dots\dots (14)$$

【河床低下時】

$$\frac{P_{sek\ i+1/2}^{n+1} A_{se\ i+1/2}^{n+1} - P_{sek\ i+1/2}^n A_{se\ i+1/2}^n}{\Delta t} + \frac{1}{(1-\lambda)} \left\{ \frac{Q_{Bk\ i+1}^n - Q_{Bk\ i}^n}{\Delta x_i} + B_{su\ i+1/2}^n (q_{upk\ i+1/2}^n - q_{downk\ i+1/2}^n) \right\}$$

$$= -P_{se0k\ i+1/2}^n \left(\frac{A_{seb\ i+1/2}^{n+1} - A_{seb\ i+1/2}^n}{\Delta t} \right) \dots\dots\dots (15)$$

掃流砂の取り扱い

掃流砂量の算定式には芦田・道上の流砂量式を採用した。粒径別掃流砂量 Q_{Bk} は次式で表される。

$$Q_{Bk} = q_{Bk} B_t \dots\dots\dots (16)$$

ここに q_{Bk} は単位幅当たりの粒径別掃流砂量、 B_t は掃流砂の移動が生じる川幅(m)を表す。

q_{Bk} は芦田・道上によれば次式で表される。

$$u_* > u_{*ck} : \frac{q_{Bk}}{P_{sek} u_{*e} d_k} = 17 \tau_{*ek} \left(1 - \frac{\tau_{*ck}}{\tau_{*k}} \right) \left(1 - \frac{u_{*ck}}{u_*} \right) \dots\dots\dots (17)$$

$$u_* \leq u_{*ck} : q_{Bk} = 0$$

ここに、 u_{*e} は有効摩擦速度(m/s)、 d_k は k 番目の代表粒径(m)、 τ_{*ek} は無次元有効掃流力、 τ_{*ck} は無次元限界掃流力、 u_{*ck} は限界摩擦速度(m/s)、 u_* は摩擦速度(m/s)、 τ_{*k} は無次元掃流力である。

τ_{*ek} 、 τ_{*ck} 、 τ_{*k} は次式で与えられる。

$$\tau_{*ek} = \frac{u_{*e}^2}{(\sigma/\rho-1)gd_k}, \quad \tau_{*ck} = \frac{u_{*ck}^2}{(\sigma/\rho-1)gd_k}, \quad \tau_{*k} = \frac{u_*^2}{(\sigma/\rho-1)gd_k} \dots\dots\dots (18)$$

ここに、 σ は土粒子密度(kg/m³)である。

(2.1.17)式を計算するためには u_* 、 u_{*e} および u_{*ck} を求める必要がある。

u_* は次式により求められる。

$$u_* : u_* = \sqrt{\frac{\tau_{bx}}{\rho}}$$

u_{*e} は芦田・道上の提案した次式から求められる。

$$u_{*e} : \frac{u}{u_{*e}} = 6.0 + 5.75 \log_{10} \left\{ \frac{R}{d_m (1 + 2\tau_{*m})} \right\}$$

ここに、 d_m は交換層の平均粒径(m)、 τ_{*m} は平均粒径に関する無次元掃流力を表す。 τ_{*m} は次式で与えられる。

$$\tau_{*m} = \frac{u_*^2}{(\sigma/\rho-1)gd_m}$$

u_{*ck} は混合砂礫床における粒径別限界摩擦力であり、ここでは Egiazaroff によって提案された式を芦田・道上が一部修正した修正 Egiazaroff 式を用いた。

$$d_k/d_m \geq 0.4 : \frac{\tau_{*ck}}{\tau_{*cm}} = \left\{ \frac{\log_{10} 19}{\log_{10} (19d_k/d_m)} \right\}^2 \dots\dots\dots (19)$$

$$d_k/d_m < 0.4 : \frac{\tau_{*ck}}{\tau_{*cm}} = 0.85 \left(\frac{d_m}{d_k} \right)$$

浮遊砂の取り扱い

沈降量の求め方

本モデルでは浮遊砂の非平衡な運動を取り扱う。具体的には(3)~(5)式によって表現されている。

求め方は次のようになる。まず(3)式に示す平均浮遊砂濃度の輸送方程式を各粒径について解く。水深方向の濃度分布関数が与えられれば、平均濃度 c_k と底面濃度 c_{bk} の関係式を得ることができ、浮遊砂沈降フラックス q_{downk} を計算できる。そこで浮遊砂の三次元移流拡散方程式にいくつかの仮定をおいて濃度分布関数を導く。

浮遊砂濃度の三次元移流拡散方程式において定常状態を仮定し、さらに水平方向の移流成分を無視できるとすれば、移流拡散方程式は次式のように単純化される。

$$\frac{\partial}{\partial z} \left(\varepsilon \frac{\partial C_k}{\partial z} \right) + w_{sk} \frac{\partial C_k}{\partial z} = 0 \dots\dots\dots (20)$$

ここに、 ε は鉛直方向の渦動拡散係数、 C_k は浮遊砂濃度で、ここでは z の関数である。

ε を鉛直方向に一定と仮定すると(2.1.20)式から次式が解かれる。

$$C_k = c_{bk} \exp \left(-\frac{w_{sk}}{\varepsilon} z \right) \dots\dots\dots (21)$$

(21)式を z 方向に積分して平均濃度を算出すると、 c_k と c_{bk} の関係は次式のように表される。

$$c_k = \frac{1}{h} \int_0^h c_{bk} e^{-\beta \frac{z}{h}} dz = \frac{c_{bk}}{\beta} (1 - e^{-\beta}) \dots\dots\dots (22)$$

ここに、 h は水深(m)、 β は $w_{sk}h/\varepsilon$ である。(22)式に(3)式から得られる平均浮遊砂濃度を代入することにより底面濃度 c_{bk} を算出した。なお、 ε については開水路における水深平均値を与えることとした。

$$\varepsilon = \frac{\kappa}{6} u_* h \dots\dots\dots (23)$$

ここに、 κ はカルマン定数 (=0.4) である。

沈降速度の算定には、下記の Rubey の実験式を用いる。

$$w_{sk} = \left\{ \sqrt{\frac{2}{3} + \frac{36\nu^2}{(\sigma/\rho-1)gd_k^3}} - \sqrt{\frac{36\nu^2}{(\sigma/\rho-1)gd_k^3}} \right\} \sqrt{(\sigma/\rho-1)gd_k} \dots\dots\dots (24)$$

$$\text{適用範囲 } R_{ed} < 500, \quad R_{ed} = \frac{w_{sk} d_k}{\nu}$$

ここで、 R_{ed} は沈降速度と粒径から定義された Reynolds 数、 ν : 分子粘性係数を表す。

浮上量の求め方

(3)式右辺の浮上量 q_{upk} を求めるために基準面濃度 c_{bek} を求める。基準面濃度を求める式も掃流砂と同様に従来多くの式が提案されており、実際の計算では複数の式を適用して最適な式を用いるべきである。ここでは一例として掃流砂と同様に芦田・道上の濃度式を用いた。

$$c_{bek} = K_0 [g(\xi_{0k}) / \xi_{0k} - G(\xi_{0k})] \cdot p_{sek} \quad \dots \dots \dots (25)$$

ここに、

$$g(\xi_{0j}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2} \xi_{0j}^2\right)$$

$$G(\xi_{0j}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\xi_{0j}}^{\infty} \exp\left(-\frac{1}{2} \xi^2\right) d\xi$$

$$\xi_{0j} = \frac{w_{sj}}{0.75u_*}$$

ここに、 K_0 は定数であり実験結果との比較から 0.025 とされている。なお、河床波が生じる水理条件の場合には u_* の代わりに有効摩擦速度 u_{*e} を用いることとした。 c_{bek} が求められれば(4)式から q_{upk} が計算できる。

浮遊限界摩擦速度の設定

掃流力が強くなると、掃流砂として河床付近を移動していた土砂は河床を離れて浮遊するようになる。しかし、ある掃流力を越えると一斉に浮遊砂に変わるわけではない。程度の差はあれ徐々に掃流砂から浮遊砂へ移行すると考えられる。

芦田らは浮遊限界として、粒子が浮遊し始める限界の摩擦速度と流水中に浮遊砂が無視し得ない程度存在するようになる限界の摩擦速度の2つを定義しており、両者を区別して用いる必要があると指摘している。

本モデルでは後者の摩擦速度を浮遊限界摩擦速度 u_{*csusk} と定義し、従来から経験的に有効とされている次式を浮遊限界の判定に用いた。

$$u_{*csusk} = w_{sk} \quad \dots \dots \dots (26)$$

ここに、 w_{sk} は対象としている土粒子の沈降速度である。この関係は粗面河床において底面の鉛直方向の乱れ強度が u_{*csusk} と等しいことを意味している。

計算フロー

堆砂シミュレーションモデル（非平衡浮遊砂モデル）の計算フローを以下に示す。



図3 計算フロー

②類似ダムを対象としたモデル検証

検証ダムの選定

近畿圏の既設ダムについて、流域地質が安威川ダムと同様に丹波層群を主体とし、かつ貯水池運用においても、安威川ダムと同様に洪水調節機能を有する近傍類似ダムとして、以下の7ダムを抽出した。

笹生川ダム、広野ダム、大野ダム、石田川ダム、日吉ダム、一庫ダム、箕面川ダ

上記7ダムにおいて、流域の気象、地質・地形、崩壊地等を踏まえ、安威川ダムとの類似性を以下のとおり整理した。

表.1 安威川ダムとの類似性

項目		安威川ダムとの類似性		備考
		第1位	第2位	
気象	平均年間総雨量	大野ダム	一庫ダム	
	平均最大日雨量	笹生川ダム	一庫ダム	
	平均年間総流入量	石田川ダム	一庫ダム	
貯水池回転率		広野ダム	箕面川ダム	
地質・地形	流域地質	箕面川ダム	笹生川ダム	
	傾斜度	一庫ダム	箕面川ダム	
	起伏度	一庫ダム 箕面川ダム	日吉ダム	
崩壊地面積		石田川ダム	一庫ダム	

流域地質が安威川ダムと同様に、丹波層群、白亜紀花崗岩が主体となり、気象（類似性第2位）及び地形（類似性第1位）についても安威川ダムとの類似性が高い近傍類似ダムは、一庫ダムが挙げられる。

以上より、再現計算を実施する検証ダムとしては、一庫ダムを選定する。

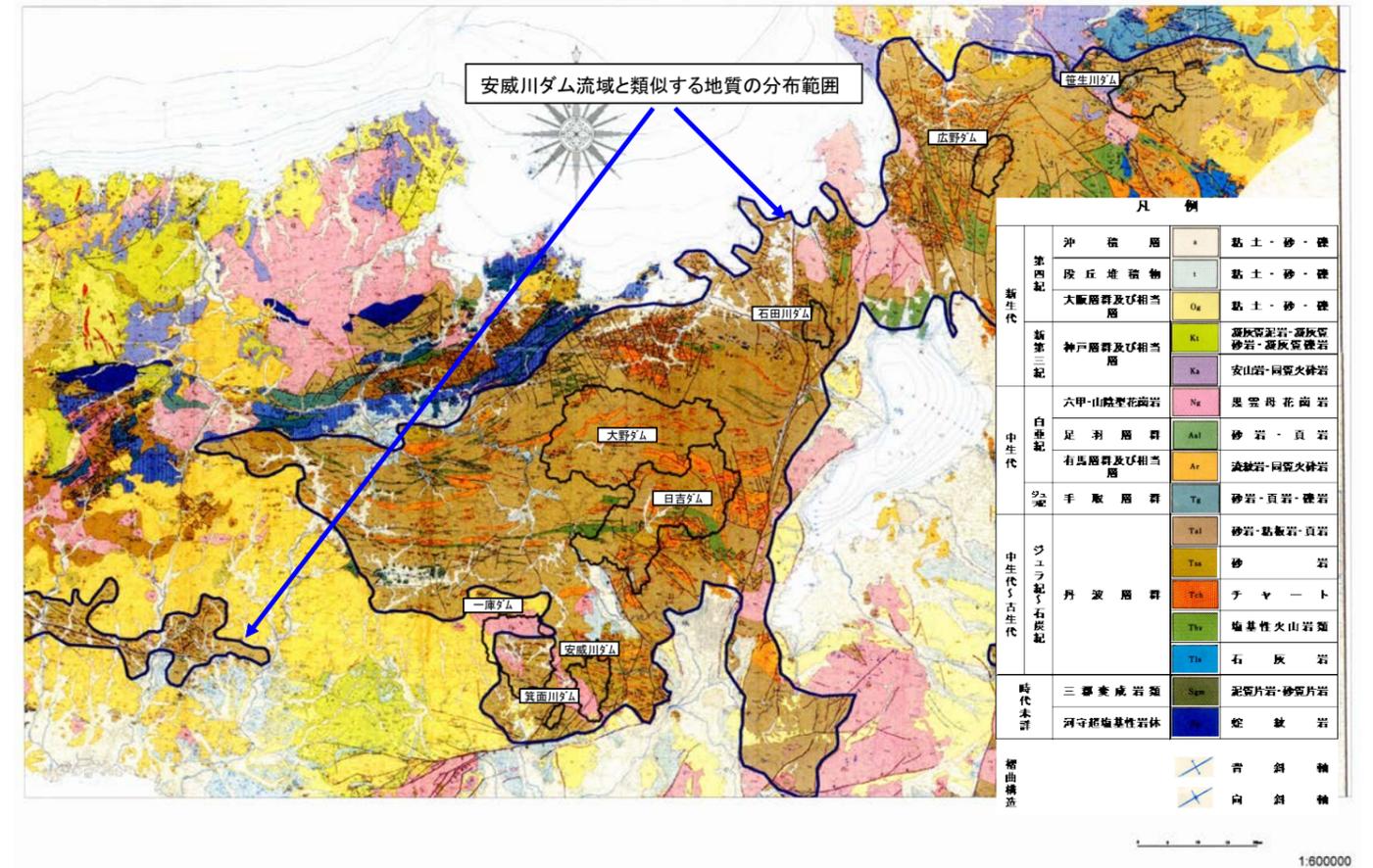


図4 安威川ダム及近傍類似ダムの位置・地質図

再現計算（一庫ダム）

安威川ダム堆砂シミュレーションモデルの構築に先立ち、近傍ダムである一庫ダムの堆砂実績資料に基づき、堆砂状況の再現計算を実施し、構築するモデルの妥当性を検証する。

堆砂状況

平成 26 年度の一庫ダム堆砂測量成果（「一庫ダム貯水池堆砂測量業務 報告書」平成 27 年 3 月）より、現時点における堆砂状況は以下のとおりである。

経過年	: 32 年間
全堆砂量	: 917 千 m ³
計画堆砂容量	: 2,500 千 m ³
計画堆砂容量に対する堆砂率	: 36.7%

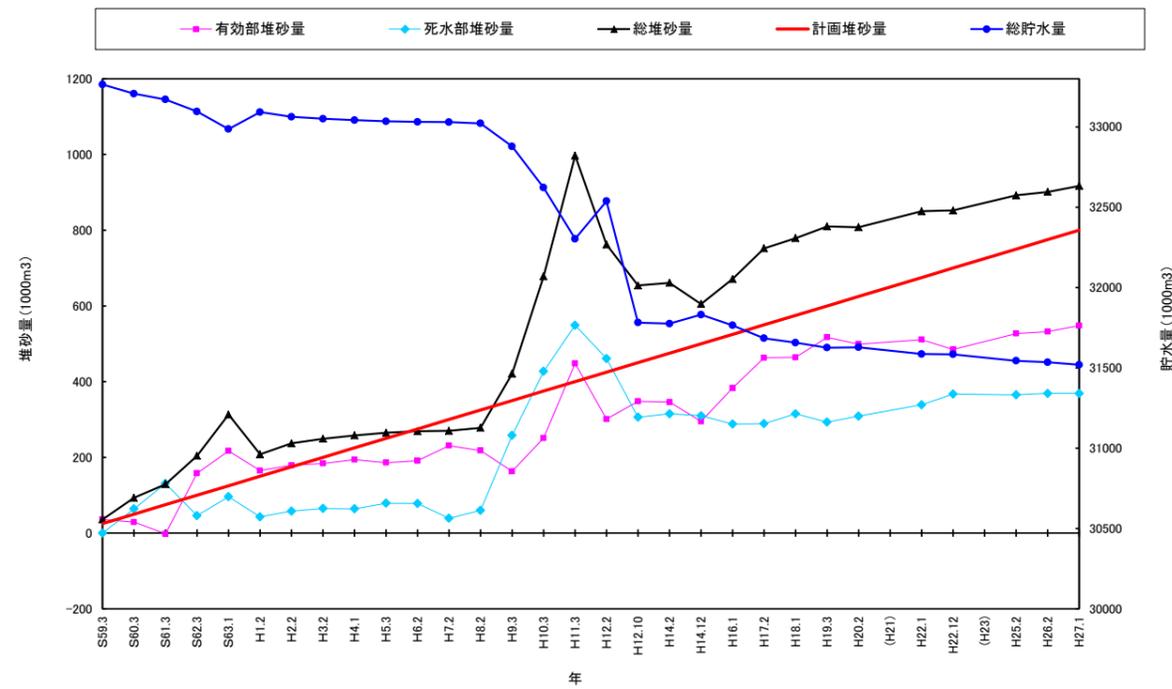


図 5 堆砂量の経年変化（一庫ダム）

一庫ダムの堆砂状況調査票をエラー! 参照元が見つかりません。に示す。

エラー! 参照元が見つかりません。 堆砂状況整理票（一庫ダム）

年度	項目	⑩現在総貯水量	⑪堆砂量	有効容量内	死水容量内	⑬	⑭	⑮全堆砂率	堆砂率	平均比流砂率	貯水池末端	その他特記事項
		(1000m ³)	(⑩-⑪)(1000m ³)	堆砂量(1000m ³)	堆砂量(1000m ³)	調査年月日	経過年数	⑬/⑩%	⑭/⑩%	(m ³ /年/km ²)	堆砂量(1000m ³)	
昭和 58 年度		33,264	36	36	0	S.59.3	1.0	0.1	1.4	313	1	
昭和 59 年度		33,207	93	29	64	S.60.3	2.0	0.3	3.7	404	2	
昭和 60 年度		33,171	129	-2	131	S.61.3	3.0	0.4	5.2	374	-6	
昭和 61 年度		33,096	204	158	46	S.62.3	4.0	0.6	8.2	443	-14	
昭和 62 年度		32,987	313	217	96	S.63.1	4.8	0.9	12.5	567	-4	
昭和 63 年度		33,092	208	165	43	H.1.2	5.8	0.6	8.3	312	-2	広幅部の測量間隔を一部400~200mに変更
平成 元 年度		33,063	237	179	58	H.2.2	6.8	0.7	9.5	303	4	
平成 2 年度		33,051	249	184	65	H.3.2	7.8	0.7	10.0	277	4	
平成 3 年度		33,042	258	194	64	H.4.1	8.8	0.8	10.3	255	3	
平成 4 年度		33,035	265	186	79	H.5.3	10.0	0.8	10.6	230	5	
平成 5 年度		33,031	269	191	78	H.6.2	10.9	0.8	10.8	214	1	
平成 6 年度		33,030	270	231	39	H.7.2	11.9	0.8	10.8	197	0	
平成 7 年度		33,022	278	218	60	H.8.2	12.9	0.8	11.1	187	1	
平成 8 年度		32,879	421	163	258	H.9.3	14.0	1.3	16.8	261	-11	
平成 9 年度		32,622	678	251	427	H10.3	15.0	2.0	27.1	393	-12	
平成 10 年度		32,303	997	448	549	H.11.2	15.8	3.0	39.9	548	-11	
平成 11 年度		32,538	762	301	461	H.12.2	17.0	2.3	30.5	385	-11	
平成 12 年度		31,782	654	348	306	H.12.10	17.7	2.0	26.2	321	-11	
平成 13 年度		31,775	661	346	315	H.14.2	18.9	2.0	26.4	304	-11	
平成 14 年度		31,831	605	295	310	H.14.12	19.7	1.9	24.2	267	-11	
平成 15 年度		31,765	671	383	288	H.16.1	20.8	2.1	26.8	280	-11	
平成 16 年度		31,684	752	463	289	H.17.2	21.8	2.3	30.1	300	-11	
平成 17 年度		31,657	779	464	315	H.18.1	22.8	2.4	31.2	297	-11	
平成 18 年度		31,626	810	517	293	H.19.3	23.9	2.5	32.4	294	-11	
平成 19 年度		31,628	808	499	309	H.20.2	24.8	2.5	32.3	283	-11	
平成 20 年度		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
平成 21 年度		31,586	850	511	339	H.22.1	26.8	2.6	34.0	276	-11	
平成 22 年度		31,584	※852	485	367	H.22.12	27.7	2.6	34.1	267	-	貯水池末端は測量未実施
平成 23 年度		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
平成 24 年度		31,544	892	527	365	H.25.2	29.8	2.8	35.7	260	-	貯水池末端は測量未実施
平成 25 年度		31,535	901	532	369	H.26.2	30.8	2.8	36.0	254	-	貯水池末端は測量未実施
平成 26 年度		31,519	917	548	369	H.27.1	31.8	2.8	36.7	251	-	貯水池末端は測量未実施

堆砂形状

一庫ダム貯水池は、大きく本川大路次川、支川田尻川に分けられる。一庫ダムの堆砂縦断形状、横断形状を
図 6、図 87 に示す。

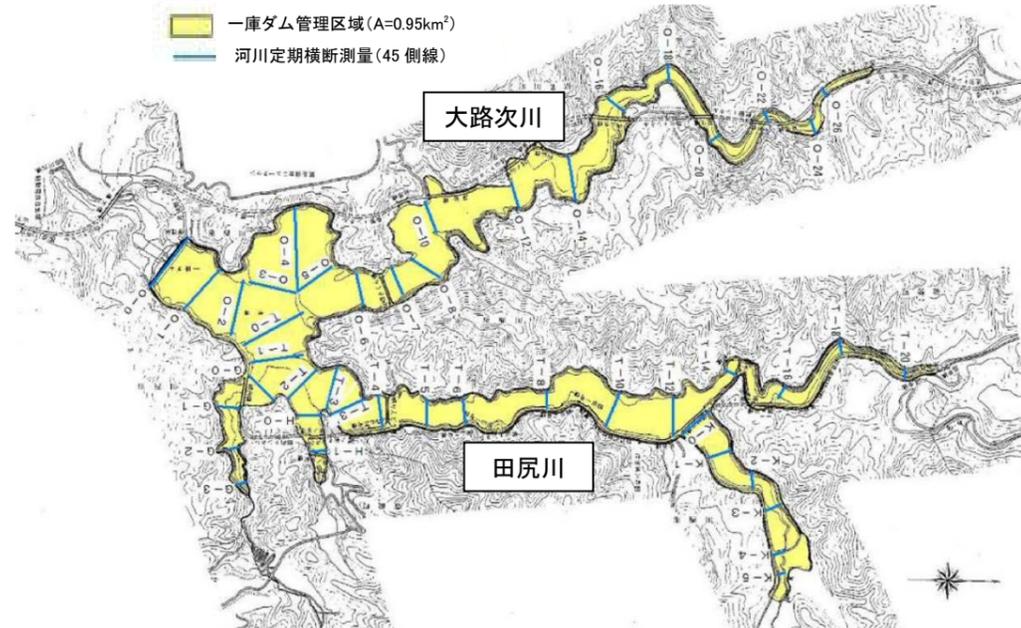


図 6 貯水池平面図

また、一庫ダムの堆砂形状は微細な流入土砂が多い貯水池にみられる **II型** に分類できる。

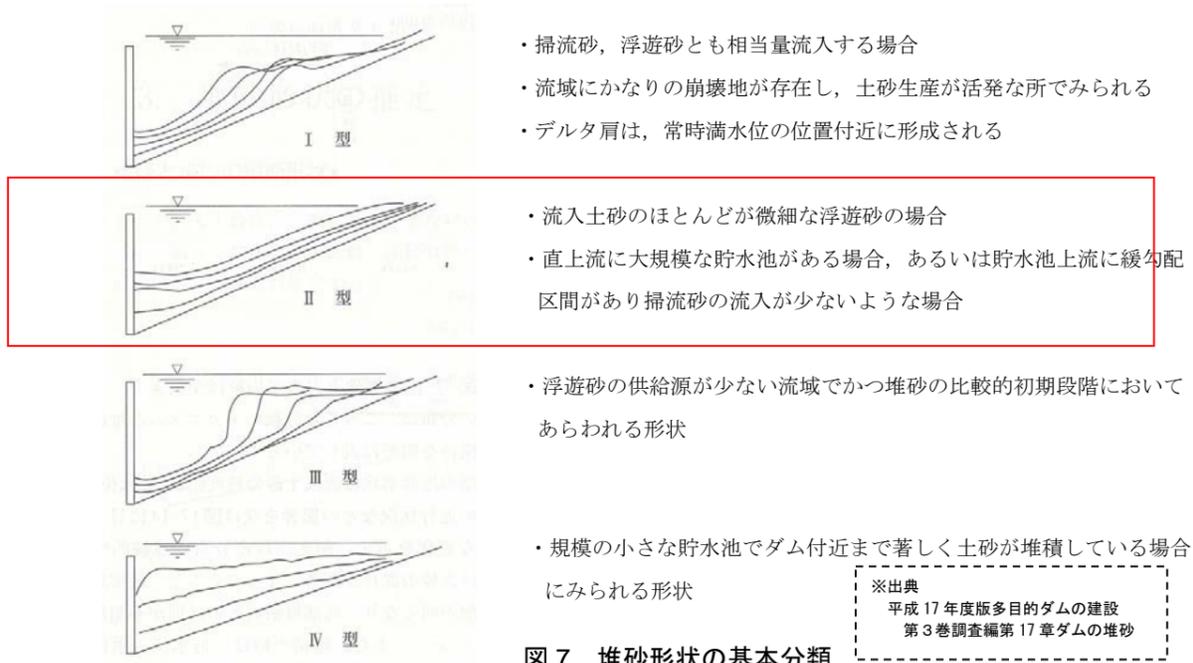


図 7 堆砂形状の基本分類

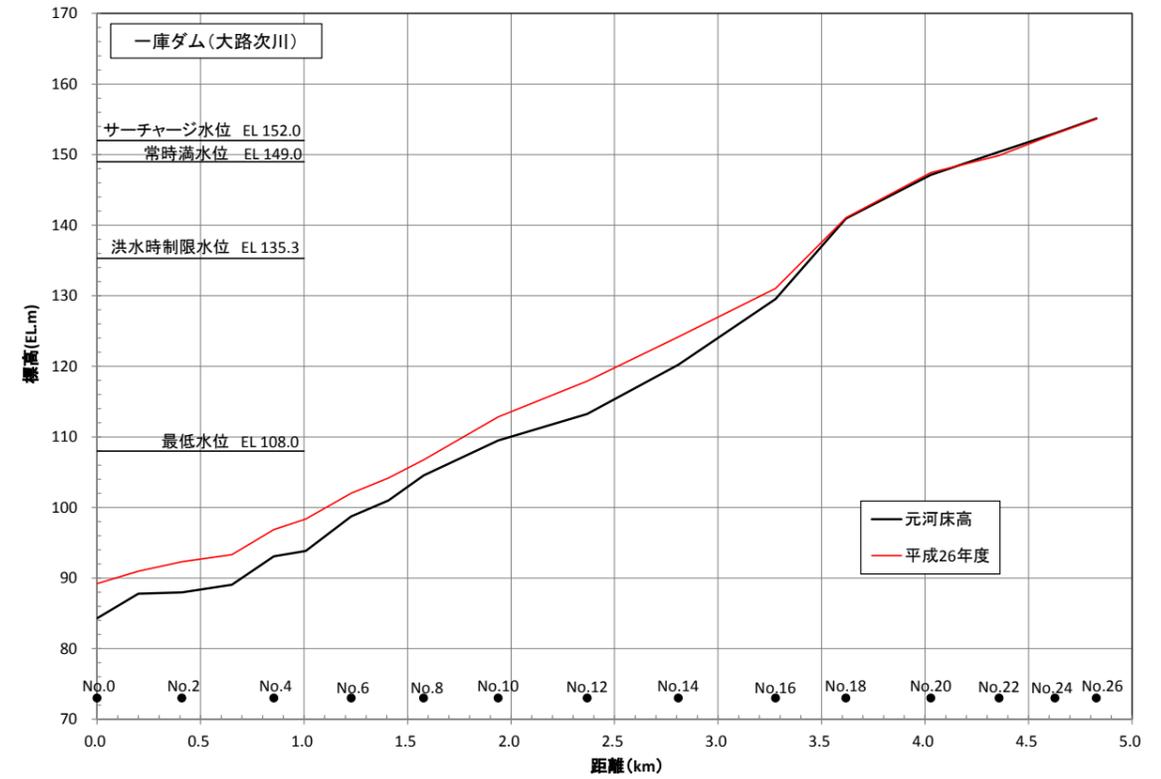


図 6 (1) 貯水池縦断形状 (大路次川)

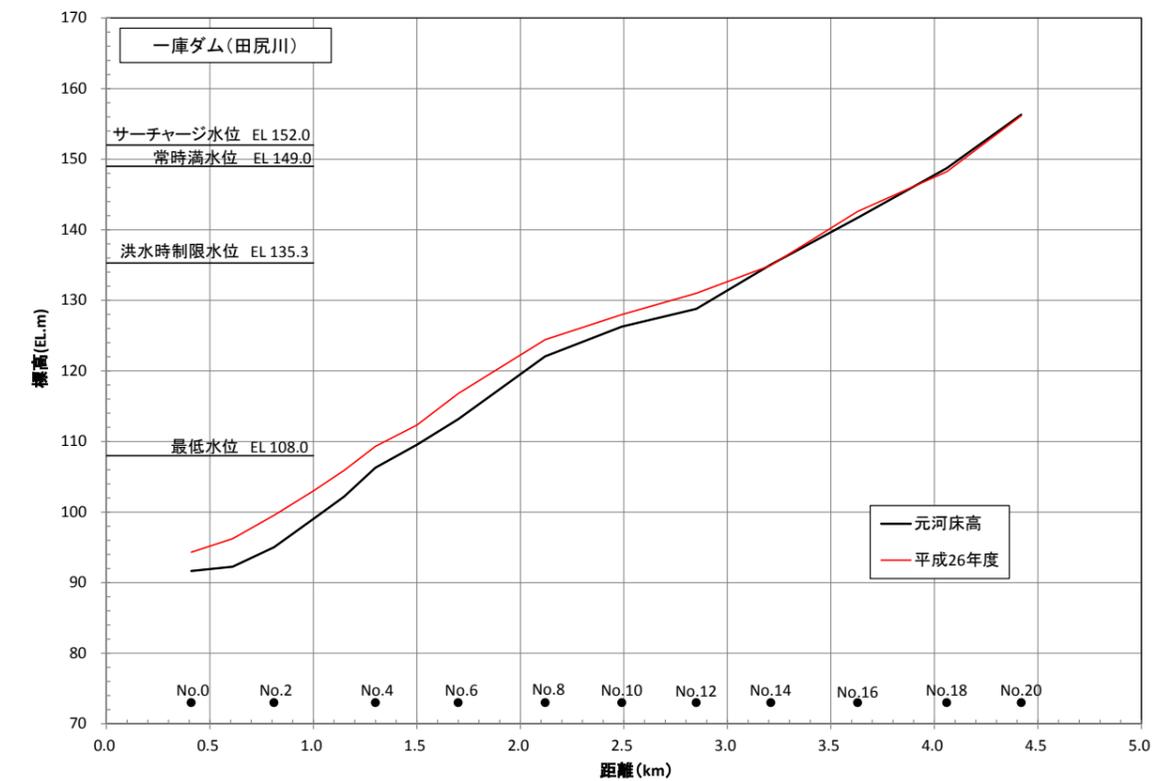


図 6(2) 貯水池縦断形状 (田尻川)

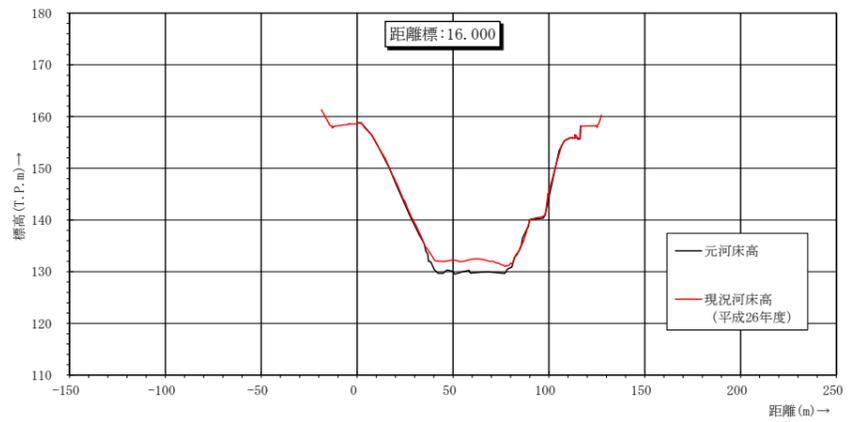
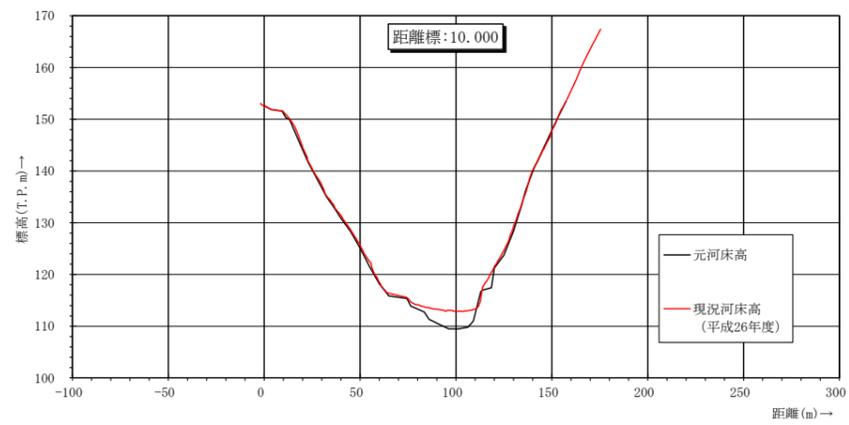
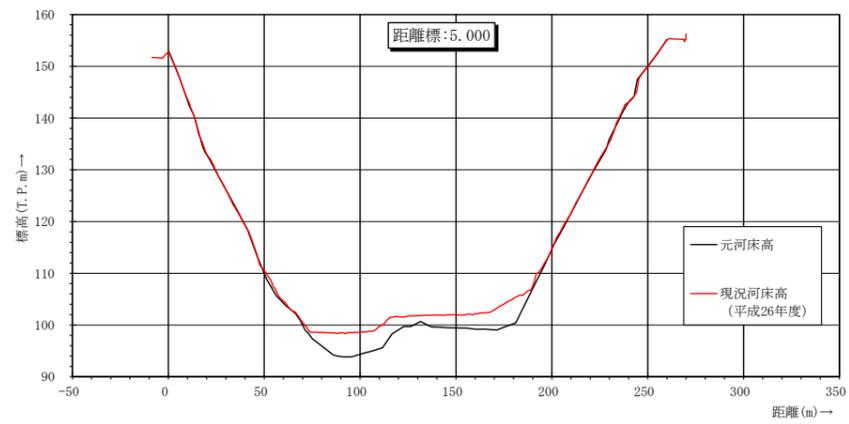
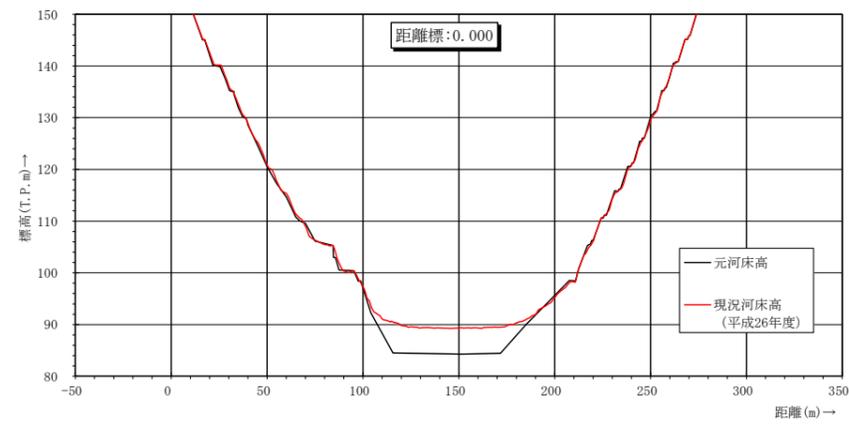


図 8(1) 貯水池横断形状 (本川 : 大路次川)

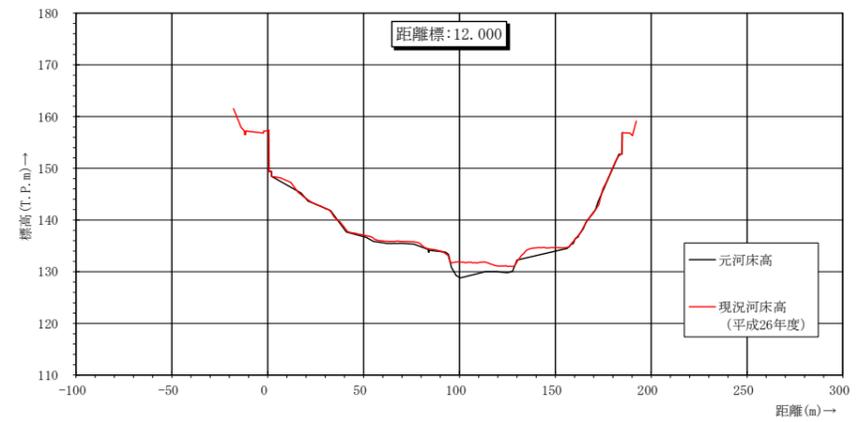
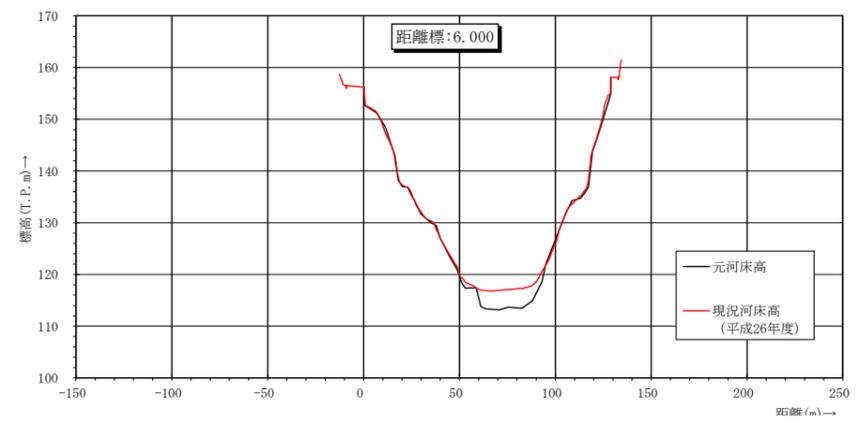
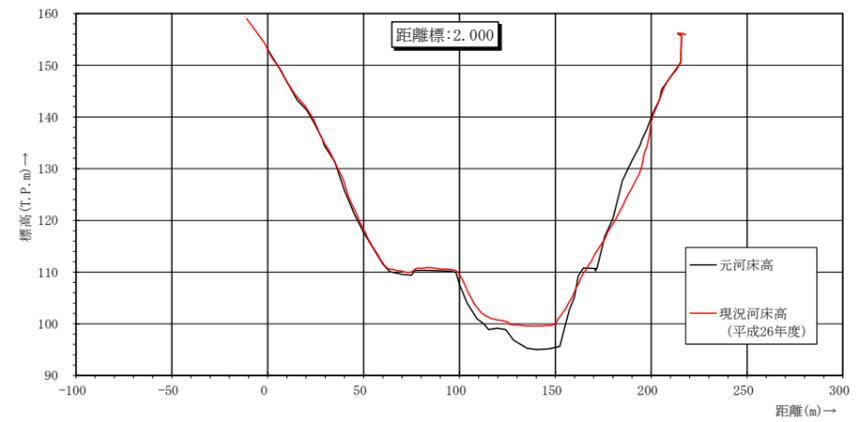
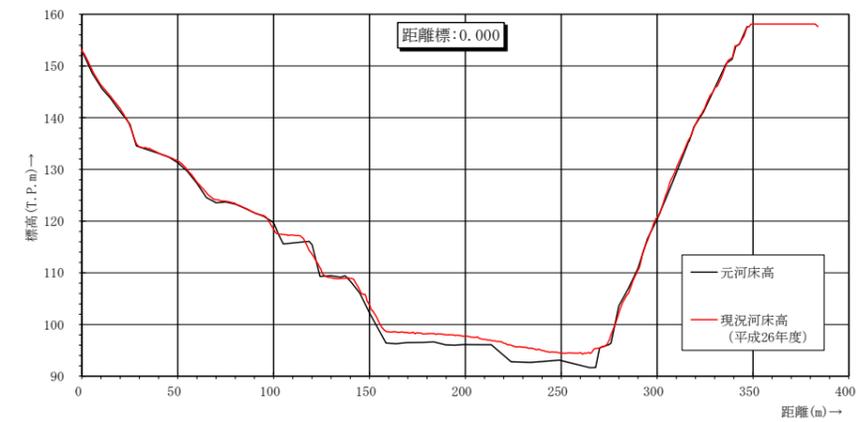


図 87(2) 貯水池横断形状 (支川 : 田尻川)

再現計算の基本条件整理

前項に概要を示した一次元河床変動解析モデルにより、一庫ダム建設当初から現在（平成 26 年度）に至るまでの堆砂縦断形状について再現計算を行い、モデルの妥当性を検証する。

解析モデル区間の設定

解析モデルとしては、図 98 に示すとおり、一庫ダムの主要な河川である本川大路次川 No.O-0~No.O-26、支川田尻川 No.T-0~No.T-20 とする。

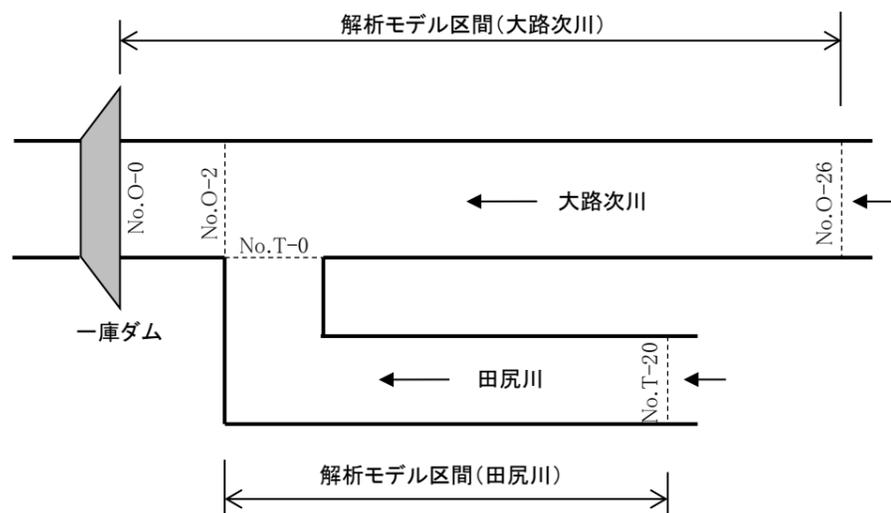


図 9 解析モデル区間

再現期間

再現期間については、一庫ダム建設当初から現在に至るまでとし、流況データ、横断データが揃っている以下の期間とした。

再現期間 : 昭和 58 年 4 月 ~ 平成 27 年 3 月 (32 年間)

流況条件

一庫ダムの再現計算に用いる流況条件は、再現期間における実績流入量と貯水位とし、洪水時には時刻データ、平水時には日データとして与える。また、境界条件として、実績貯水位を下流端水位とし、流入量については、ダム流入量を計画流量配分比により本川と支川に配分する。

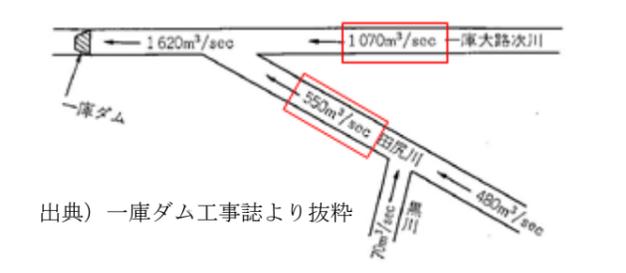


図 10 一庫ダム計画流量配分

粗度係数

一庫ダム貯水池の粗度係数については、「一庫ダム貯水池堆砂測量業務 報告書」(平成 27 年 3 月)より、現在洪水位計算書に記載されている全区間 $n=0.055$ を用いるものとした。

一庫ダム 現在洪水位計算書
 不等流の計算 大路次川O-No.0~2:流量Q1620m³/s、O-No.3~26:流量Q1070m³/s、田尻川T-No.0~12:流量Q550m³/s、T-No.14~20:流量Q480、黒川K-No.0~5:流量Q70m³/s
 給点水位 大路次川:152.00m、田尻川:O-No.2水位H、黒川:T-No.12水位H
 エネルギー補正係数 = 1.0000 粗度係数N=0.055

測点	単距離L	流量Q	粗度係数N	水位H	面積A	流速V	流速水頭HV	酒辺P	幅B	径深R	厚層損失水頭HF	側面抵抗水頭HS	始点エネルギー高H+HV	終点エネルギー高HHV+HF+HS	フルト数F	体積VOLUME	平成26年度
																	平均河床高E
大路次川																	
O-No.0		1620	0.055	152	11371.01	0.142	0.001	315.215	268.579	36.074	0.000	0	152.001	152.001	0.008		109.66
O-No.1	200	1620	0.055	152.00	9068.77	0.179	0.002	277.182	230.722	32.718	0.000	0	152.001	152.001	0.010	2043978.53	112.69
O-No.2	210	1620	0.055	152.00	10502.16	0.154	0.001	325.316	284.439	32.283	0.000	0	152.001	152.001	0.009	2054947.91	115.08
O-No.3	241	1070	0.055	152.00	8939.55	0.120	0.001	295.684	253.809	30.233	0.000	0	152.001	152.002	0.007	2342725.70	116.78
O-No.4	203	1070	0.055	152.00	11996.94	0.089	0.000	473.615	432.126	25.331	0.000	0	152.002	152.002	0.006	2125053.22	124.24
O-No.5	154	1070	0.055	152.00	9475.86	0.113	0.001	295.666	259.613	32.049	0.000	0	152.002	152.002	0.006	1653405.13	115.50
O-No.6	220	1070	0.055	152.00	5374.87	0.199	0.002	210.654	178.251	25.515	0.000	0	152.002	152.002	0.013	1633579.73	121.85
O-No.7	180	1070	0.055	152.00	4568.86	0.234	0.003	192.393	160.916	23.749	0.000	0	152.002	152.003	0.015	394935.85	123.61
O-No.8	170	1070	0.055	152.00	4798.89	0.223	0.003	193.389	161.549	24.815	0.001	0	152.003	152.004	0.014	788259.32	122.29
O-No.10	360	1070	0.055	152.00	3629.18	0.295	0.004	179.247	152.012	20.247	0.003	0	152.004	152.007	0.021	1517052.61	128.13
O-No.12	430	1070	0.055	152.00	2628.99	0.407	0.008	142.586	116.079	18.424	0.005	0	152.007	152.012	0.030	1345076.46	129.37
O-No.14	440	1070	0.055	152.01	2997.25	0.357	0.007	238.147	210.875	12.588	0.018	0	152.012	152.031	0.032	1237333.48	137.79
O-No.16	470	1070	0.055	152.00	1358.51	0.788	0.032	108.655	80.318	12.503	0.186	0	152.031	152.217	0.071	1023603.90	136.96
O-No.18	340	1070	0.055	151.99	908.87	2.103	0.226	74.462	65.844	6.834	3.167	0	152.217	155.383	0.257	317454.13	144.26
O-No.20	410	1070	0.055	153.88	196.82	5.436	1.508	50.083	44.921	3.930	4.409	0	155.383	159.792	0.876	144666.43	148.49
O-No.22	330	1070	0.055	158.80	221.63	4.828	1.189	59.839	47.099	3.704	2.988	0	159.792	162.781	0.801	69043.97	153.90
O-No.24	270	1070	0.055	161.48	211.79	5.052	1.302	45.143	36.266	4.692	1.648	0	162.780	164.429	0.745	58511.77	155.64
O-No.26	200	1070	0.055	163.72	287.94	3.716	0.705	72.582	60.618	3.967		0	164.429		0.596	49973.04	158.97
田尻川																	
T-No.0		550	0.055	152.00	12532.38	0.044	0.000	374.561	337.819	33.459	0.000	0	152.000	152.000	0.002		114.90
T-No.1	200	550	0.055	152.00	6181.77	0.089	0.000	234.863	192.195	26.321	0.000	0	152.000	152.000	0.006	1871414.73	113.84
T-No.2	200	550	0.055	152.00	7170.51	0.077	0.000	250.540	214.212	28.920	0.000	0	152.000	152.000	0.005	1355227.51	113.63
T-No.3	188.4	550	0.055	152.00	6460.28	0.085	0.000	243.508	209.992	26.530	0.000	0	152.000	152.000	0.005	1284020.34	121.24
T-No.3'	150.7	550	0.055	152.00	4858.98	0.113	0.001	207.143	171.002	23.457	0.000	0	152.000	152.000	0.007	852905.99	123.58
T-No.4	150.7	550	0.055	152.00	4565.98	0.120	0.001	232.839	206.306	19.610	0.000	0	152.000	152.001	0.009	710170.57	129.87
T-No.5	200	550	0.055	152.00	2991.82	0.184	0.002	152.792	120.800	18.581	0.000	0	152.001	152.001	0.013	755780.34	127.23
T-No.6	200	550	0.055	152.00	2825.52	0.195	0.002	149.099	120.971	18.951	0.005	0	152.001	152.006	0.014	581734.12	128.64
T-No.8	420	550	0.055	152.00	1212.02	0.454	0.011	93.524	65.179	12.959	0.005	0	152.006	152.011	0.040	847883.15	133.40
T-No.10	370	550	0.055	152.01	2176.48	0.253	0.003	159.212	144.456	13.670	0.002	0	152.011	152.013	0.022	626872.73	136.94
T-No.12	360	550	0.055	152.01	2632.70	0.209	0.002	194.957	181.906	13.504	0.025	0	152.013	152.038	0.018	865653.24	137.54
T-No.14	360	480	0.055	152.00	561.93	0.854	0.037	69.667	54.007	8.066	0.151	0	152.038	152.189	0.096	575033.96	141.60
T-No.16	420	480	0.055	152.09	349.21	1.375	0.096	63.123	56.206	5.532	2.231	0	152.189	154.420	0.187	191339.85	145.88
T-No.18	430	480	0.055	153.63	121.73	3.943	0.793	37.525	34.043	3.244	5.952	0	154.420	160.373	0.699	101252.71	150.05
T-No.20	380	480	0.055	160.88	87.78	5.468	1.526	31.714	28.773	2.788		0	162.203		1.050	37712.01	157.63
黒川																	
K-No.0		70	0.055	152.01	2137.58	0.033	0.000	168.498	156.843	12.686	0.000	0	152.010	152.010	0.003		138.38
K-No.1	240	70	0.055	152.01	945.61	0.074	0.000	107.509	96.879	8.796	0.017	0	152.010	152.027	0.008	369983.77	142.25
K-No.2	210	70	0.055	152.02	160.84	0.435	0.010	62.108	56.704	2.590	0.538	0	152.027	152.565	0.086	116177.61	148.18
K-No.3	200	70	0.055	152.45	47.57	1.472	0.110	40.110	38.028	1.186	2.041	0	152.565	154.607	0.432	20840.86	151.20
K-No.4	200	70	0.055	154.27	27.25	2.569	0.337	22.200	18.682	1.227	3.370	0	154.607	157.977	0.741	7481.49	152.81
K-No.5	190	70	0.055	157.39	20.64	3.391	0.587	18.347	15.849	1.125		0	157.977		1.021	3591.41	156.09

※「一庫ダム貯水池堆砂測量業務 報告書」(平成 27 年 3 月)より抜粋

元河床の河床材料の粒度分布

初期河床となる元河床における河床材料の粒度分布については、当時の河床材料調査結果が存在しておらず、またダム上流部の河床材料調査結果についても不明なため、ダム下流部(4.6kp地点)の河床材料調査結果(大路次川)をもとにより設定する。

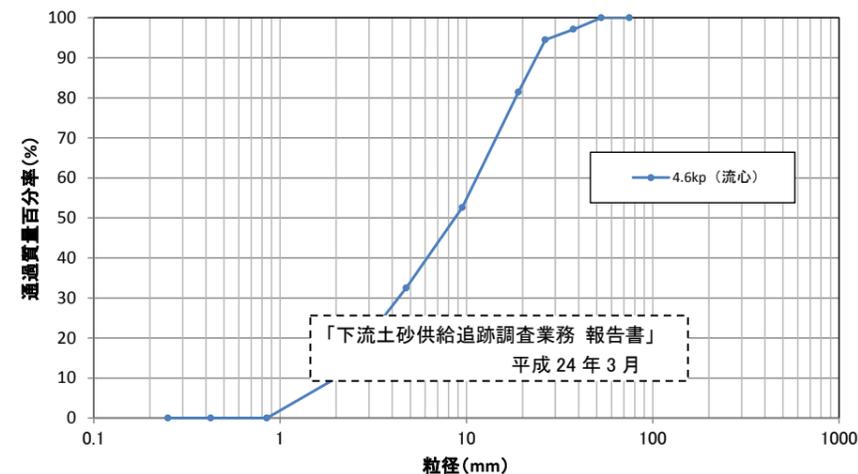


図 10 一庫ダム下流(大路次川)の河床材料調査結果

流入土砂量の設定

流入土砂量の設定方法

再現期間における流入土砂量については、実績堆積土砂量に見合う流入量を設定した流入量条件をもとに粒径別に与える必要があり、以下の流れにより粒径別流入土砂量の設定を行う。

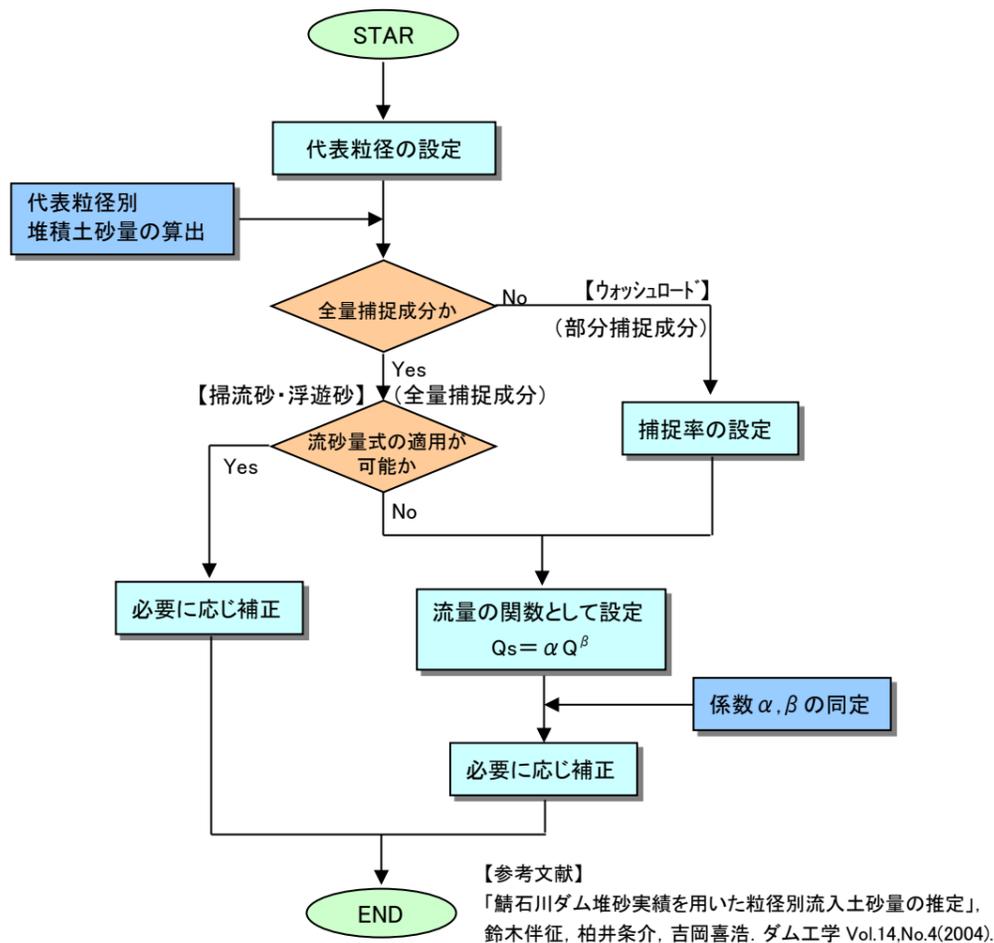


図 11 堆砂実績を用いた流入土砂量の設定の流れ

基本的には、下式により流量 Q の指数関数式で与えるものとし、各係数はダムの捕捉率を考慮した堆砂実績（流入土砂量）から同定する。なお、 β の値については、既往文献や既往検討資料より、 $\beta = 2$ とする。

$$Q_s = \alpha Q^\beta \quad (\beta = 2) \quad \dots \dots \dots (1)$$

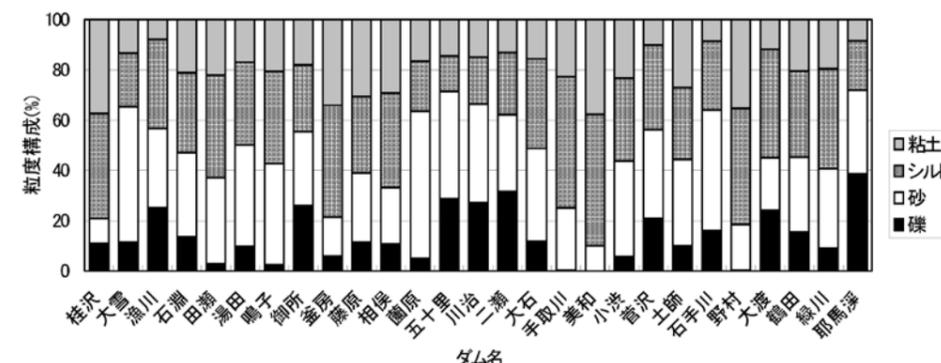
代表粒径の設定と粒径別堆積土砂量の算出

一庫ダムの堆積土砂の代表粒径としては、土の粒度試験（JIS A 1204）における粒径区分を参考に、以下のとおり 9 区分として設定する。

表 2 代表粒径の設定

流砂形態	粒径区分	粒径範囲	代表粒径 (mm)
掃流砂・浮遊砂	粗石	75.0mm以上	75
	粗礫	19.0mm ~ 75.0mm	37.7
	中礫	4.75mm ~ 19.0mm	9.5
	細礫	2.00mm ~ 4.75mm	3.08
	粗砂	0.85mm ~ 2.00mm	1.3
	中砂	0.25mm ~ 0.85mm	0.46
ウオッシュロート	細砂	0.075mm ~ 0.25mm	0.14
	シルト	0.005mm ~ 0.075mm	0.019
	粘土	0.001mm ~ 0.005mm	0.002

また、代表粒径別の実績堆砂量については、一庫ダム堆積土砂の粒度分布の調査結果がないため、既往文献（「ダム貯水池の堆砂形態」土木技術資料 45-3（2003））より、全国における平均的な粒度構成（礫：14%、砂：32%、シルト：34%、粘土：20%）をもとに設定するものとした。



出典：柏井条介：堆砂対策によるダム貯水池の持続的利用、土木技術資料、No.47-1、2005

図 12 全国における貯水池内堆積土砂の粒径区分割合

代表粒径別の実績堆砂量を算出すると表 3、図のとおりとなる。

表 3 代表粒径別実績堆砂量

粒度構成	実績堆砂量		粒径区分	代表粒径 (mm)	粒径別堆積土砂量	
	(m^3)	比率 (%)			(m^3)	比率 (%)
礫	128,380	14.0	粗石	75	0	0.0
			粗礫	37.7	26,532	2.9
			中礫	9.5	69,753	7.6
			細礫	3.08	32,095	3.5
砂	293,440	32.0	粗砂	1.3	60,644	6.6
			中砂	0.46	159,436	17.4
			細砂	0.14	73,360	8.0
シルト	311,780	34.0	シルト	0.019	311,780	34.0
粘土	183,400	20.0	粘土	0.002	183,400	20.0
合計	917,000	100.0	合計		917,000	100.0

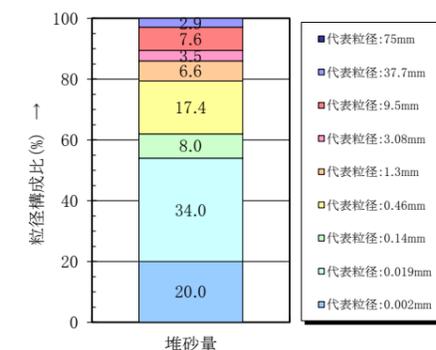


図 13 堆積土砂の粒径構成比

捕捉率の設定

一庫ダムの貯水池回転率（平均年総流入量／貯水容量）は、3.7 (1／貯水池回転率=0.27) であり、Brune 曲線より全粒径の捕捉率を算出すると、92%となる。

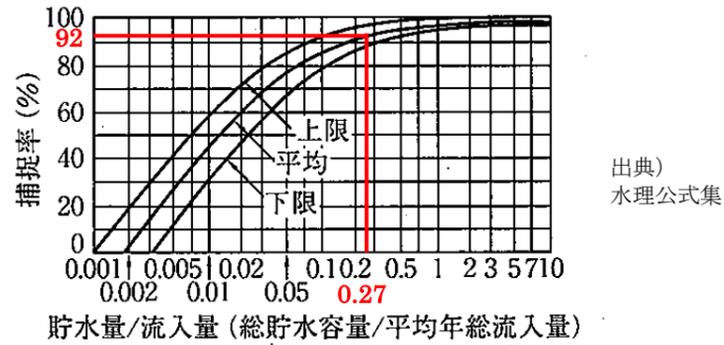


図 14 Brune 曲線

また、一庫ダムの実績堆砂量から、砂・礫分については全量捕捉（捕捉率 100%）と仮定し、ウォッシュロード成分となる粘土・シルト分の捕捉率を設定すると、表 4 のとおり、86%となる。

表 4 捕捉率の設定

ダム名	実績堆砂量(H26年度)					捕捉率		備考
	粘土・シルト		砂・礫		合計	全粒径	粘土・シルト	
	m ³	%	m ³	%	千m ³	%	%	
一庫ダム	495,180	54.0	421,820	46.0	917,000	92	86	全粒径の捕捉率は、Bruneの図より算出

※堆砂量の粒度構成は、全国の平均的な値で仮定

代表粒径別流入土砂量の設定

粒径別実績堆砂量より、各代表粒径毎の捕捉率を考慮して流入土砂量を設定する。

代表粒径 0.019mm 以下（ウォッシュロード成分）の捕捉率を粘土・シルト分の捕捉率（86%）と見なして部分捕捉されるものとし、その他の粒径は、全量捕捉されるものとする、代表粒径別流入土砂量の換算値は、下表のとおりとなる。

表 5 代表粒径別流入土砂量の換算値

粒度構成	実績堆砂量		捕捉率	流入土砂量		粒径区分	代表粒径 (mm)	粒径別流入土砂量		備考
	(m ³)	比率(%)		(m ³)	比率(%)			(m ³)	比率(%)	
礫	128,380	14.0	1.00	128,380	12.9	粗石	75	0	0.0	
						粗礫	37.7	26,532	2.7	
						中礫	9.5	69,753	7.0	
						細礫	3.08	32,095	3.2	
砂	293,440	32.0	1.00	293,440	29.4	粗砂	1.3	60,644	6.1	
						中砂	0.46	159,436	16.0	
						細砂	0.14	73,360	7.4	
シルト	311,780	34.0	0.86	362,535	36.3	シルト	0.019	362,535	36.3	ウォッシュロード
粘土	183,400	20.0	0.86	213,256	21.4	粘土	0.002	213,256	21.4	〃
合計	917,000	100.0	-	997,611	100.0	合計		997,611	100.0	

流入土砂量の設定

流入土砂量については、基本的には、(1) 式により流量 Q の指数関数式で与えるものとし、各係数はダムの捕捉率を考慮した堆砂実績（流入土砂量）から同定する。

一庫ダムの建設当時から現在までの流入量データをもとに、式 (1) より係数 α を逆算した 1 次同定結果を下表に示す。

表 6 係数 α の 1 次同定値

流砂形態	代表粒径 (mm)	流入土砂量		α の同定値	備考
		(m ³)	比率(%)		
掃流砂・浮遊砂	75	0	0.0	-	
	37.7	26,532	2.7	2.87E-07	
	9.5	69,753	7.0	7.54E-07	
	3.08	32,095	3.2	3.47E-07	
	1.3	60,644	6.1	6.55E-07	
	0.46	159,436	16.0	1.72E-06	
ウォッシュロード	0.019	362,535	36.3	3.92E-06	
	0.002	213,256	21.4	2.31E-06	
合計		997,611	100.0	-	

表 6 の値より、流入量 Q ~ 粒径別流入土砂量の関係を図 15 に示す。

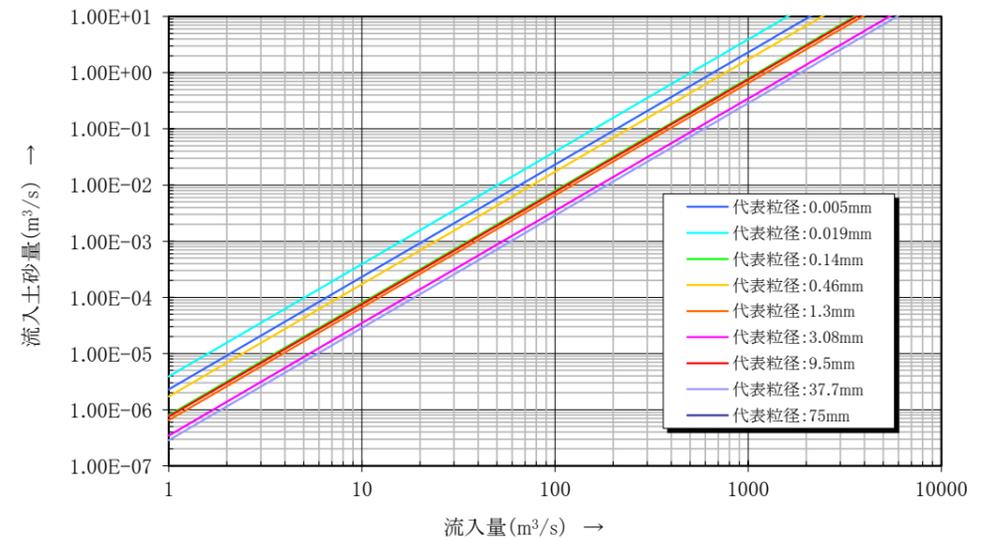


図 15 流入量 Q ~ 粒径別流入土砂量の関係 (1 次設定値)

係数 α については、上記一次設定値をもとに、実績堆砂形状見合いで、パラメータとして設定し、再現計算を実施する。

再現計算条件の設定

以上より、再現計算条件を整理すると下表のとおりとなる。

表 7 再現計算条件一覧表

項目		検証条件	備考
河床変動モデル		一次元河床変動モデル（非平衡浮遊砂モデル） ・水位計算：不定流計算 ・流砂量式：芦田・道上式（掃流砂、浮遊砂）	
対象区間		一庫ダム貯水池 ・本川大路次川：No.O-0～No.O-26 ・支川田尻川：No.T-0～No.T-20	
再現期間		昭和 58 年 4 月～平成 27 年 3 月	
再現河床		元河床（初期河床）～平成 26 年度測量成果	
初期条件	粗度係数	全区間 n=0.055	
	粒径区分	9 区分 （代表粒径：0.002、0.019、0.14、0.46、1.3、3.08、9.5、37.7、75mm）	
	初期河床材料分布	貯水池直下流部の河床材料調査結果（4.6kp 地点：H23 年度調査）より設定	
流況条件	流量	対象期間における一庫ダム実績流入量	
	流量配分	計画流量配分比により設定	
	下流端水位	再現期間における一庫ダム実績貯水位	
	流入土砂量	粒径別流砂量を流量の関数として与える	

再現計算結果

表 7 の計算条件のもと、再現期間における再現計算を実施した。

河床縦断形状について

再現結果における最深河床高縦断図を図に示す。図より以下のことがいえる。

- 一庫ダムの実績堆砂形状は、明瞭なデルタ肩は形成されていないが、再現計算結果では、本川大路次川、支川田尻川とも元河床から現在（平成 26 年度）に至る堆砂形状変化が良好に再現できているといえる。
- ダムサイト付近のウォッシュロード堆積区間において、局所的に、再現性が十分でない地点（大路次川 No.4 等）が一部みられるが、これらの地点は河積の急変部等であり、河積の変化が計算結果に直接影響しているものと考えられる。

堆砂量について

堆砂量について、再現計算結果における堆砂量（検証値）と実績堆砂量（実績値）との比較を図に示す。図より、貯水池堆砂量についても概ね再現できている。

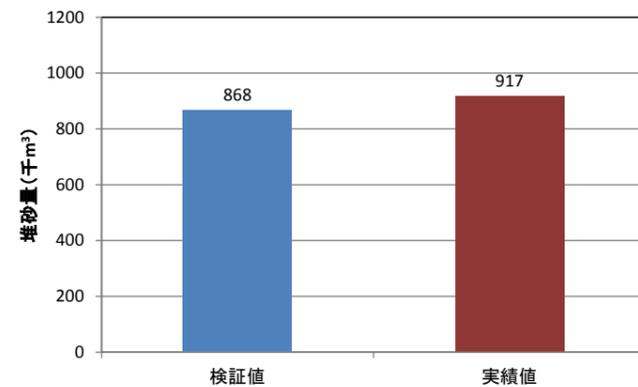


図 16 堆砂量（再現検証結果）

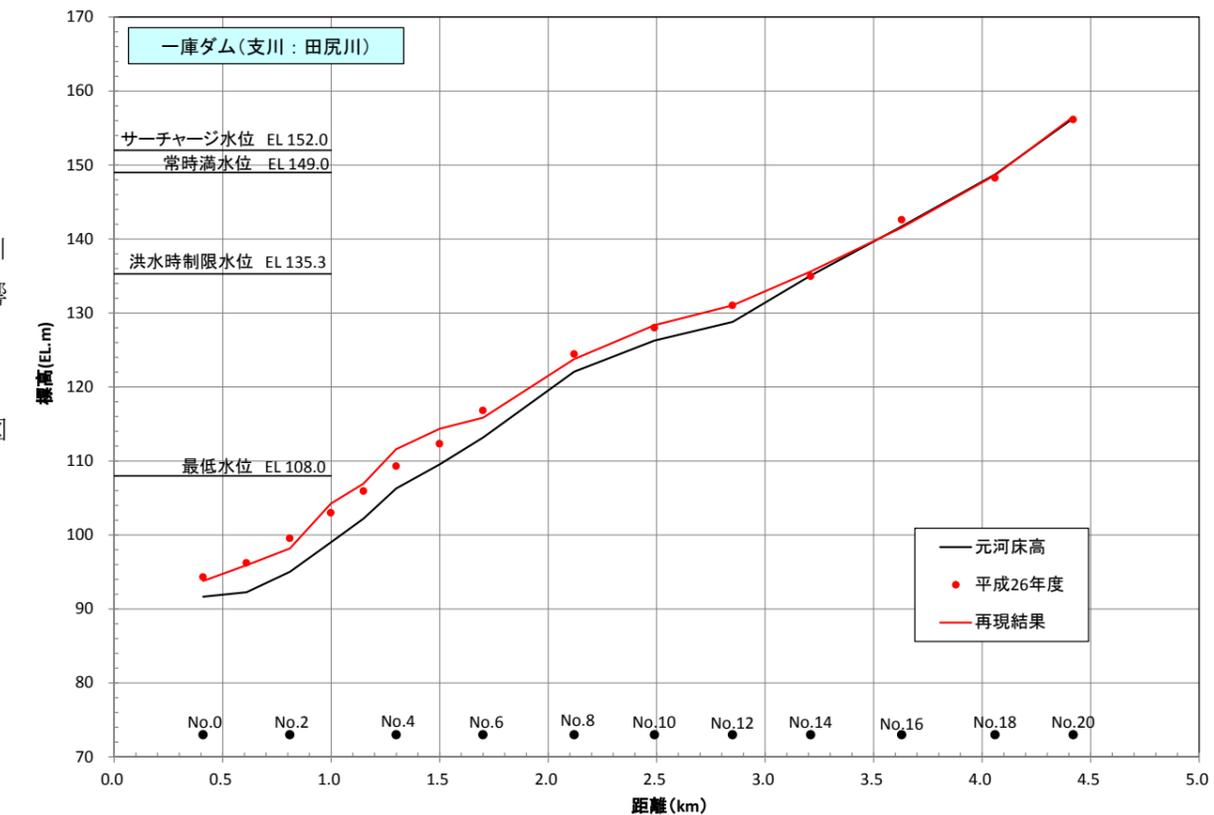
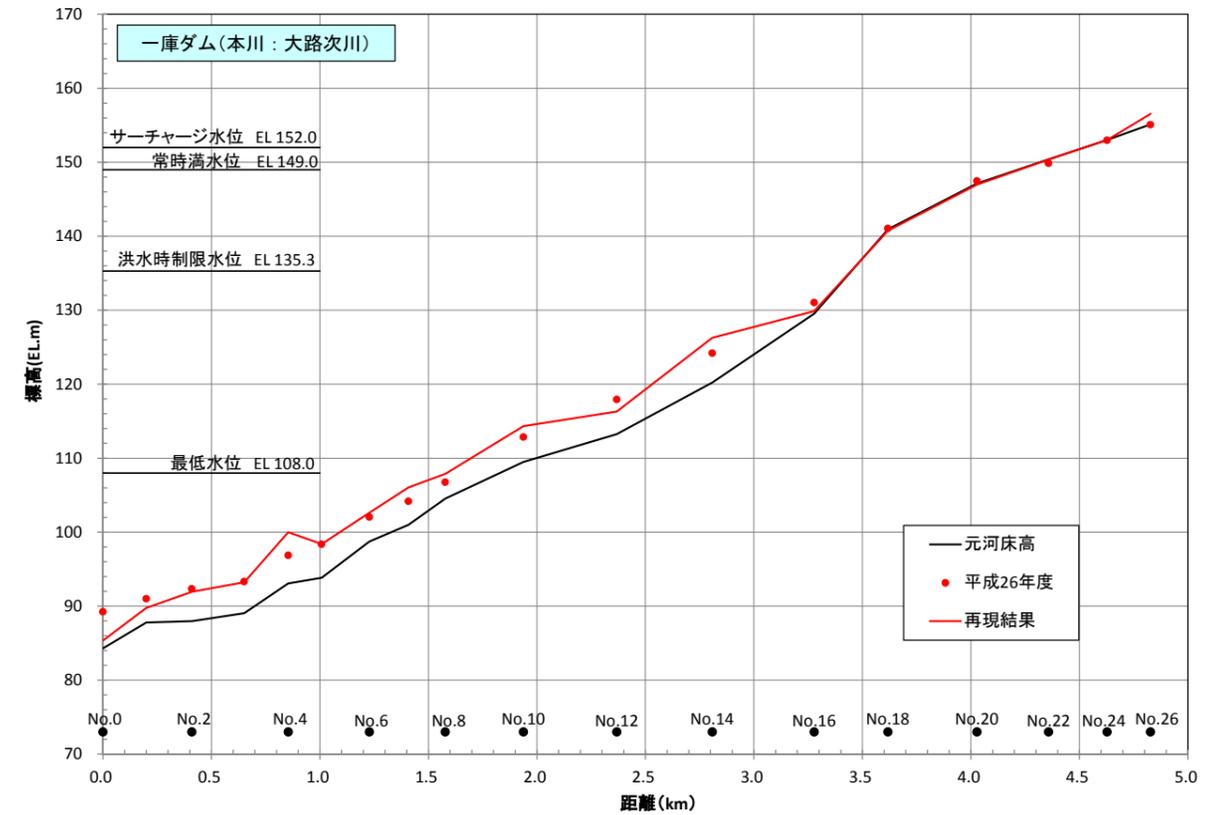


図 17 再現結果河床高縦断図（大路次川、田尻川）

③安威川ダム堆砂シミュレーションの実施

ダム運用開始後 100 年間のダム堆砂シミュレーションを実施して、堆砂形状及び堆積土砂の粒度分布特性を明らかにする。

得られたシミュレーション結果に基づき全堆砂量や平均年堆砂量を算定し、堆砂対策の必要性や下流への土砂還元対策として採取する、土砂の採取位置や必要な施設について検討する。

基本条件の設定

資料収集整理

安威川ダムの堆砂シミュレーションを実施するために収集する資料及びデータと収集結果を表 8 に示す。

表 8 必要資料・データ

項目	資料名・内容等	収集結果
1. 既往検討成果	安威川ダム基本計画資料	○
	事業再評価資料	○
	堆砂検討報告書	○
2. 貯水池諸元、運用関係	ダム諸元、貯水池諸元（容量配分図等）	○
	流況条件（貯水位、流入量、（放流量）） （日データ、時刻データ）	○
3. 貯水池等データ	貯水池縦横断測量データ	×
	河床材料調査データ（河道、砂防ダム等）	○
4. 図面、写真等	貯水池周辺平面図（1/5,000 又は 1/2,500 地形図）	○
	航空写真（斜め写真、オルソフォト等）	×

流況条件の設定

堆砂シミュレーションの流況条件については、既往検討やフラッシュ放流検討等で用いられている流況波形を繰り返し 100 年間与えるものとする。

また、流況データは、安威川ダムの利水計算結果や洪水調節計算結果を用いて、平水時は日単位、出水時は時間単位として設定し、計算結果の揃う平成 7 年（1995 年）～平成 16 年（2004 年）までの 10 年間のデータを繰り返して作成する。

流況条件の設定

安威川ダム堆砂シミュレーションを実施する流況データは、上述したとおり、平水時は日単位、出水時は時間単位として、平成 7 年（1995 年）～平成 16 年（2004 年）までの 10 年間の流況データを作成した。

設定した貯水位・流入量ハイドログラフを図 1 に示す。

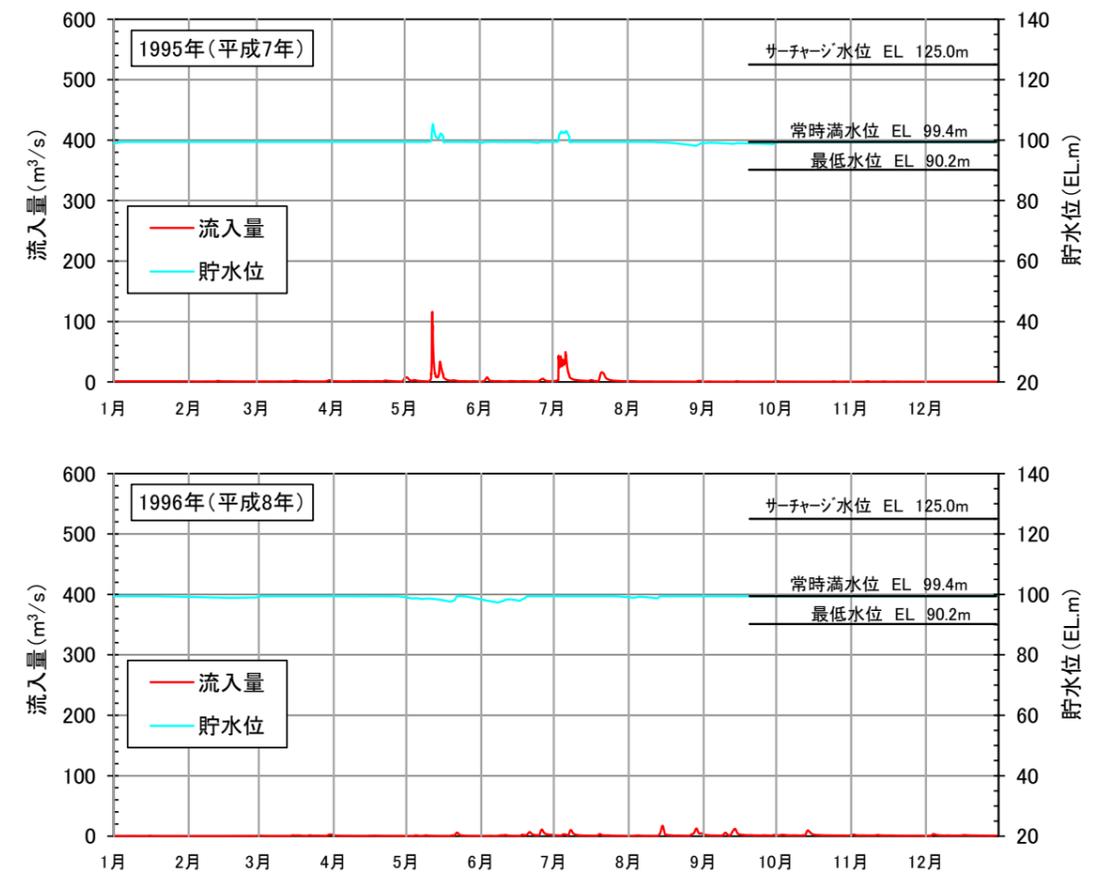


図 1 (1) 貯水位・流入量ハイドログラフ（安威川ダム）

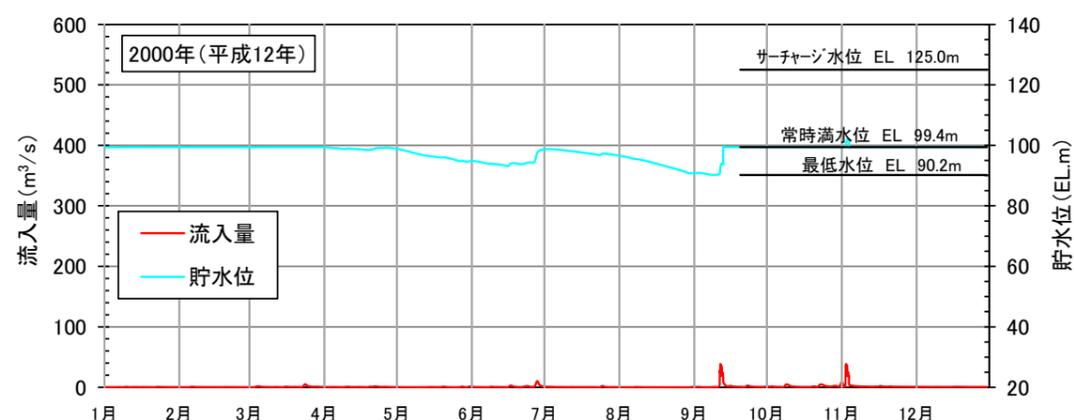
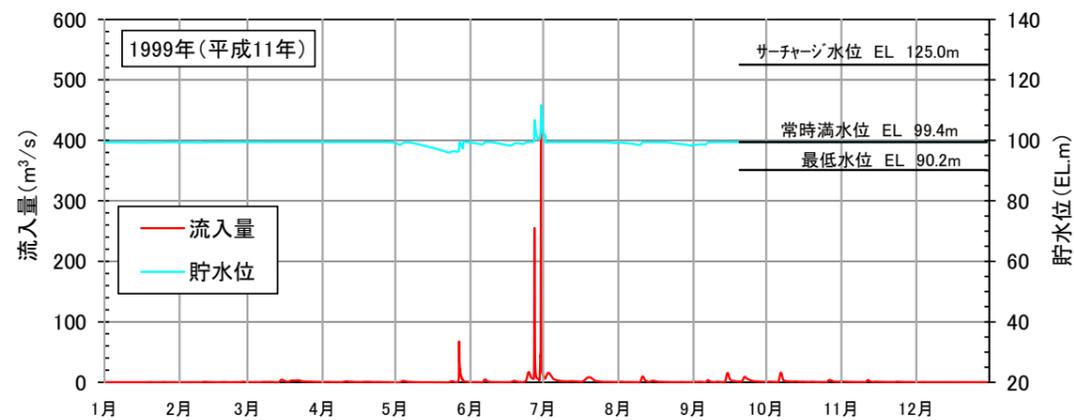
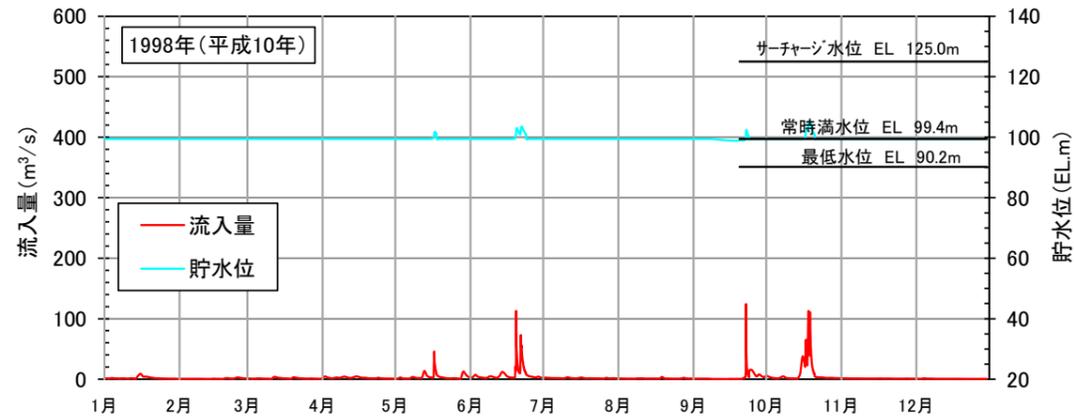
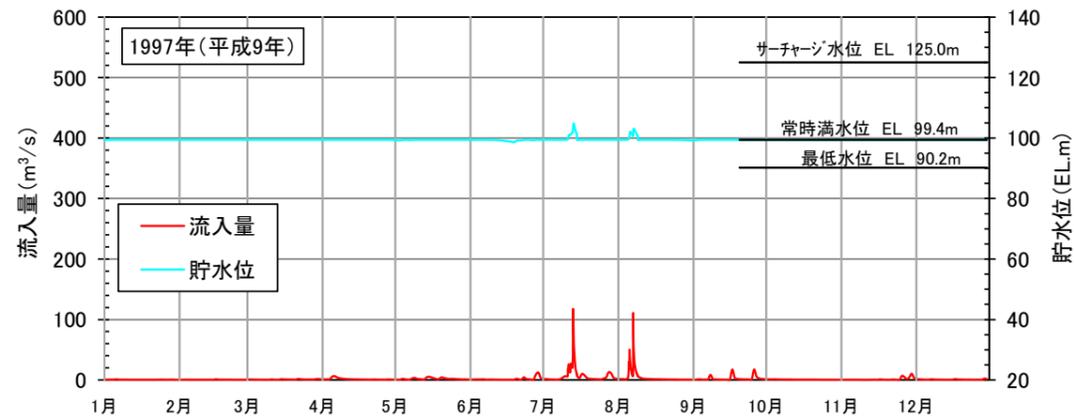


図 1(2) 貯水位・流入量ハイドログラフ (安威川ダム)

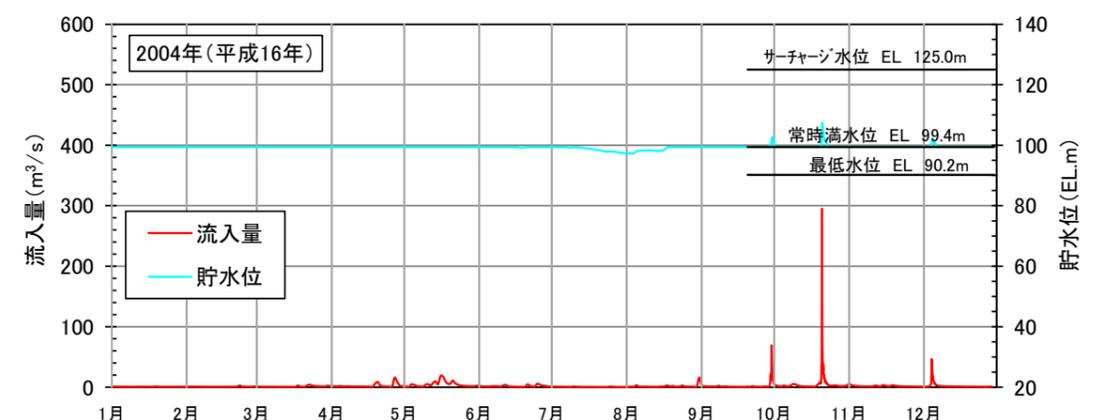
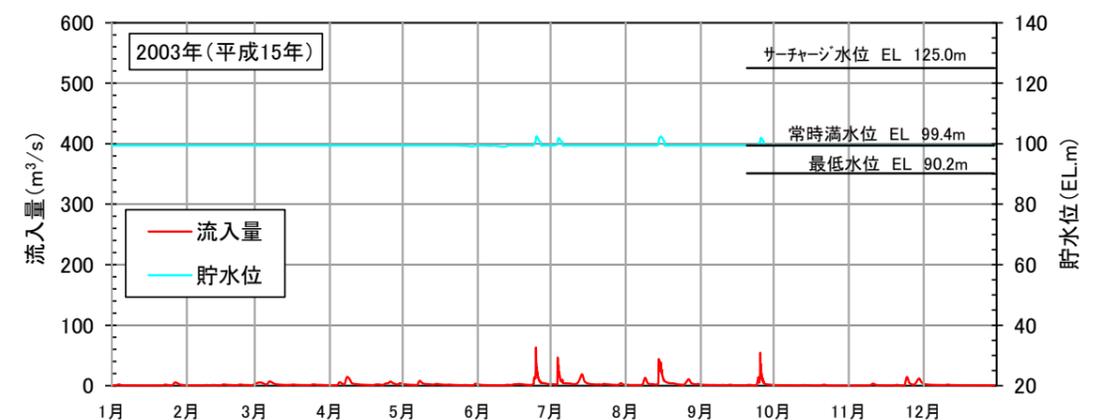
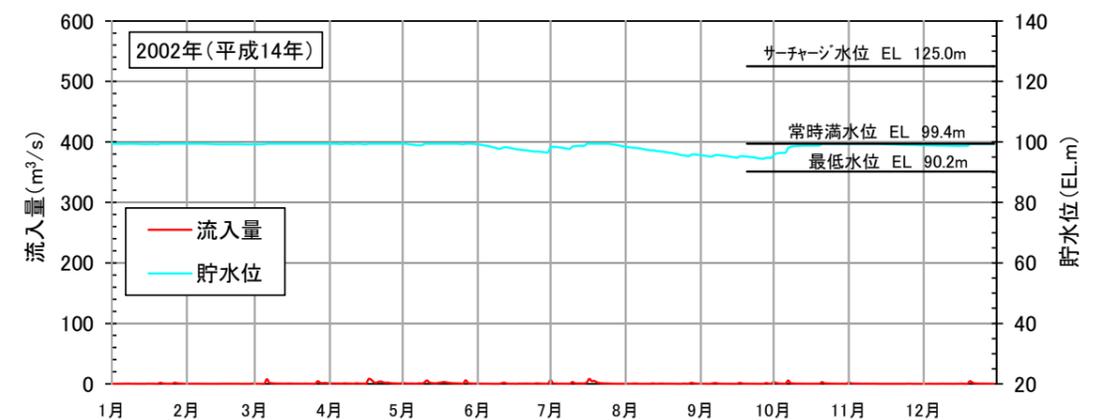
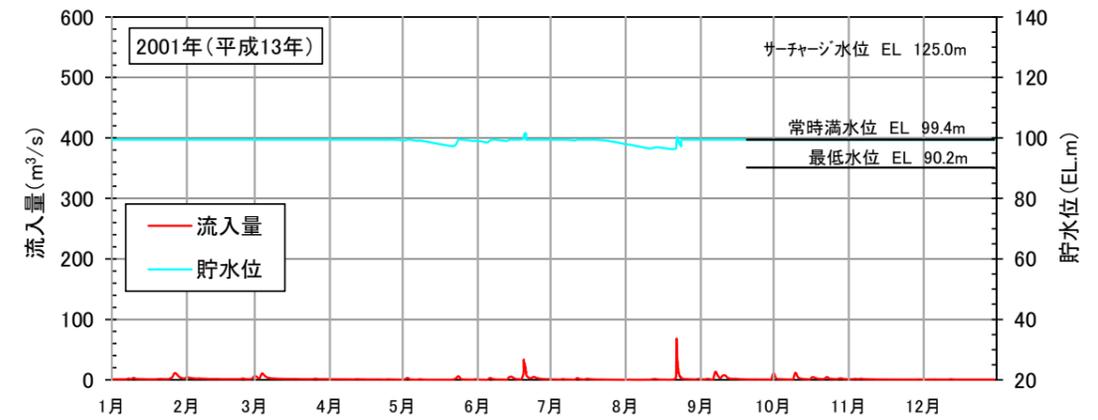


図 1(3) 貯水位・流入量ハイドログラフ (安威川ダム)

貯水池形状の設定

安威川ダム貯水池の測量成果については、既往測量成果において貯水池全体の横断測量データはなく、また、貯水池全体の航空レーザ測量を今年度実施中であり、そのLPデータを本検討に用いることは困難なため、既往の水質シミュレーション（「平成18年度安威川ダム水環境保全措置検討業務報告書」（平成19年3月）、「安威川ダム水環境保全措置検討業務委託（その2）報告書」（平成20年2月））を用いている貯水池形状データより設定を行うものとする。

3.2. 貯水池形状データ

安威川ダムの貯水池平面図に基づき、流程方向100m毎、鉛直方向1m毎の貯水池面積を算定し、貯水池形状データとした。なお、算定値については、ダム計画におけるH-Vとの整合を図るよう補正を行った。

安威川及び下音羽川はモデル上流端より、大岩川はブロックNo.13に横流入りとして流入させることとした。

作成した地形とダム計画におけるH-V表記載値の比較を図3-2、作成した地形及び貯水池分割を図3-3及び図3-4に示す。

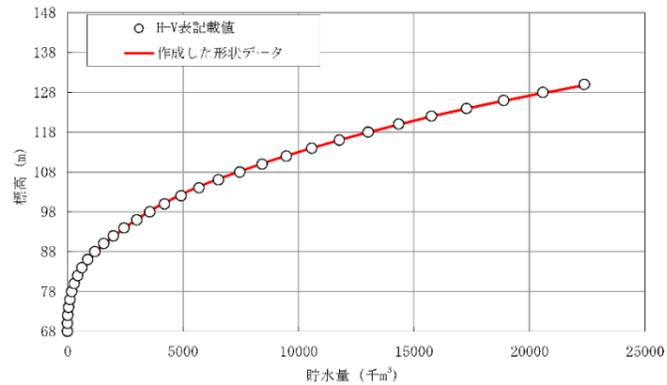


図 3-2 H-V 比較

※「平成18年度安威川ダム水環境保全措置検討業務報告書」（平成19年3月）より抜粋

図2に示す各ブロック（ $\Delta x=100m$ 、 $\Delta y=1m$ ）の体積より、標高別の川幅を算出し、階段状の貯水池形状データから断面特性を作成する。

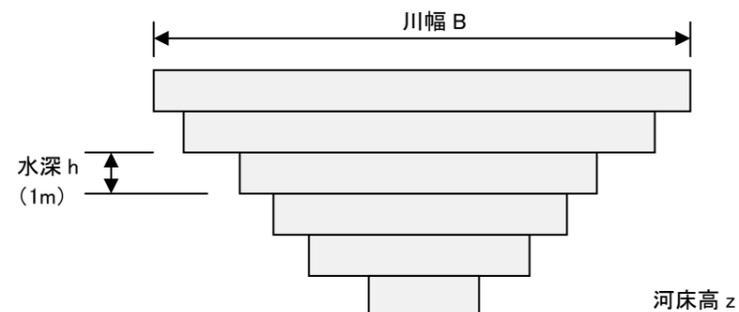


図 2 貯水池形状の設定方法

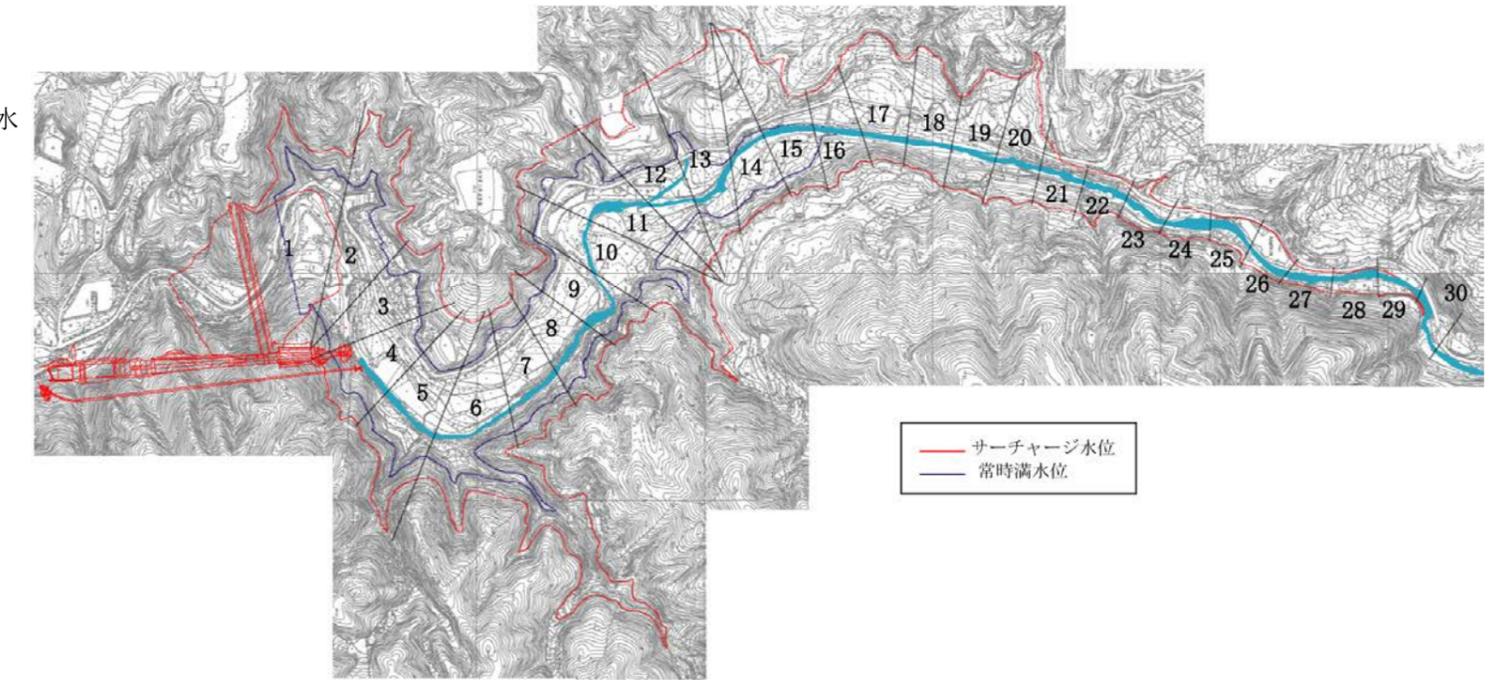


図 4 既往水質シミュレーションモデルにおける流程方向の貯水池分割（ $\Delta x=100m$ ）

標高 (m)	大岩川流入ブロック																														単位 : m ³	
	No.	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
130	89773	65360	34824	26331	49747	109193	31404	29784	26466	98813	47244	46224	51268	29791	40490	22514	26121	26792	22223	26592	13752	12080	11581	8199	8969	9602	2662	7019	1773	4498		
129	72077	52495	31036	24690	49025	97887	31652	29428	25222	92828	47188	45828	49853	28373	36270	21994	24558	26363	22910	28890	13100	11177	10468	7554	8405	9321	5396	6469	6282	3243		
128	72390	51435	33417	34630	48334	99991	30709	29071	27799	10303	47293	46339	48339	28339	28339	21471	24166	26064	27697	28188	12423	10233	9374	6930	7819	8740	5987	5910	4790	1313		
127	75397	56470	32837	34786	47574	101779	30794	29094	27472	10605	48365	47463	49063	28374	34439	20337	23199	25427	27108	26376	11839	9882	8849	6647	7438	8459	4741	5479	4108	1211		
126	73551	49796	32771	33774	46339	97877	30731	29131	27529	10913	47345	46407	48101	28229	39549	21705	23648	25924	27239	24549	11232	9192	8341	6362	7088	8187	4324	5072	3417	892		
125	71299	48317	31618	33548	46192	101364	30731	29131	27529	10913	47345	46407	48101	28229	39549	21705	23648	25924	27239	24549	11232	9192	8341	6362	7088	8187	4324	5072	3417	892		
124	66887	47328	31093	32729	45753	81144	29198	27541	26292	10571	44027	43029	44539	27929	30529	21221	23544	25270	26317	25879	10440	8734	7329	5797	6286	7533	3702	4238	2044	793		
123	67711	48447	30423	32382	44710	78497	28819	27151	25357	10235	44027	43029	44539	27929	30529	21221	23544	25270	26317	25879	10440	8734	7329	5797	6286	7533	3702	4238	2044	793		
122	65351	45359	29678	31671	45971	75841	28438	26740	24286	10280	43049	42119	43768	27879	30093	20983	23488	25174	26217	24971	9928	8213	6813	5243	5788	6519	3322	3831	2180	2867	1261	771
121	64354	44352	29639	31584	45911	75191	28299	26583	24207	10280	42991	42119	43768	27879	30093	20983	23488	25174	26217	24971	9928	8213	6813	5243	5788	6519	3322	3831	2180	2867	1261	771
120	61181	43124	28873	31149	44713	70540	27681	25820	23524	10199	41999	41129	42778	27703	29380	20802	23303	25009	26117	24851	9710	8002	6602	5032	5581	6312	2930	3464	1949	2738	1211	724
119	59999	42292	28332	30810	43999	68370	27376	25571	24025	10149	41849	41019	42638	27658	29309	20751	23254	24960	26067	24794	9619	7911	6511	4941	5484	6215	2830	3362	1851	2641	1161	703
118	58135	41410	27729	30470	43425	66513	27079	25229	24289	10099	41699	40869	42488	27513	28959	20613	23104	24810	25917	24644	9528	7820	6420	4850	5393	6124	2740	3270	1761	2551	1111	684
117	56493	40528	27316	30030	42851	64949	26782	24974	23972	10049	41549	40719	42338	27408	28769	20503	22954	24660	25767	24494	9437	7729	6329	4759	5302	6035	2650	3180	1671	2461	1061	665
116	55172	39846	26803	29579	42269	63351	26485	24678	23725	10009	41399	40569	42168	27293	28579	20397	22808	24514	25621	24348	9346	7638	6238	4668	5211	5944	2560	3090	1581	2371	1011	646
115	53674	38988	26454	29101	41699	61753	26188	24382	23476	9959	41249	40419	41998	27173	28289	20291	22659	24364	25471	24208	9255	7547	6147	4577	5124	5854	2470	3000	1491	2281	961	627
114	52191	37720	26064	28616	41149	60157	25891	24086	23227	9909	41099	40269	41807	27058	28109	20183	22509	24214	25321	24095	9164	7456	6056	4486	5035	5763	2380	2910	1401	2191	911	608
113	50690	36773	25511	28129	40599	58521	25594	23790	22978	9859	40949	40119	41617	26943	27969	20073	22359	24064	25171	23949	9073	7365	5965	4395	4944	5672	2290	2820	1311	2101	861	589
112	49191	35818	25041	27644	39951	56879	25297	23493	22679	9809	40799	39969	41426	26828	27820	19963	22209	23914	25021	23839	8982	7274	5874	4304	4853	5581	2200	2730	1221	2011	811	570
111	48111	35197	24602	27179	39401	55237	24999	23196	22380	9759	40649	39819	41235	26713	27671	19853	22059	23764	24871	23729	8891	7183	5783	4213	4762	5490	2110	2640	1131	1921	761	551
110	47101	34372	24182	26711	38851	53591	24701	22899	22081	9709	40499	39629	41044	26598	27522	19743	21909	23614	24721	23609	8800	7092	5692	4122	4671	5379	2020	2550	1041	1831	711	532
109	46099	33559	23763	26244	38301	51945	24404	22592	21782	9659	40349	39434	40849	26483	27373	19633	21759	23519	24626	23517	8709	7001	5601	4031	4580	5288	1930	2460	951	1741	661	513
108	45099	32744	23344	25779	37751	50299	24107	22295	21485	9609	40199	39224	40654	26368	27224	19523	21609	23404	24531	23409	8618	6910	5510	3940	4489	5197	1840	2370	861	1651	611	494
107	44099	31929	22925	25310	37201	48653	23810	21998	21188	9559	40049	39014	40469	26253	27074	19413	21459	23294	24436	23309	8527	6819	5420	3849	4398	5106	1750	2280	771	1561	561	475
106	43099	31114	22506	24841	36651	47007	23513	21701	20891	9509	39899	38804	40279	26138	26924	19303	21309	23184	24341	23209	8436	6728	5329	3758	4307	5015	1660	2190	681	1471	511	456
105	42099	30299	22087	24372	36101	45361	23216	21494	20594	9459	39749	38614	40089	26023	26774	19193	21159	23074	24246	23109	8345	6637	5238	3667	4216	4924	1570	2100	591	1381	461	437
104	41099	29484	21668	23903	35551	43715	22919	21197	20297	9409	39599	38424	39899	25908	26624	19083	21009	22964	24151	23009	8254	6546	5147	3576	4125	4833	1480	2010	501	1291	411	418
103	40099	28669	21249	23434	35001	42069	22622	20900	20000	9359	39449	38234	39709	25793	26474	18973	20859	22854	24056	22909	8163	6455	5056	3485	4034	4742	1390	1920	411	1201	361	399
102	39099	27854	20830	22965	34451	40423	22325	20603	19703	9309	39299	38044	39519	25678	26324	18863	20709	22744	23954	22809	8072	6364	4965	3394	3943	4651	1300	1830	321	340	340	380
101	38099	27039	20411	22496	33901	38777	22028	20306	19406	9259	39149	37854	39329	25563	26174	18753	20559	22629	23844	22709	7981	6273	4874	3303	3852	4560	1210	1740	231	290	290	370
100	37099	26224	20000	21997	33351	37131	21731	20009	19109	9209	38999	37669	39139	25448	26024	18643	20409	22514	23734	22609	7890	6182	4783	3212	3761	4469	1120	1650	141	240	240	360
99	36099	25409	19581	21588	32801	35485	21434	19712	18812	9159	38849	37479	38949	25333	25874	18533	20259	22394	23614	22509	7800	6091	4692	3121	3671	4378	1030	1560	51	190	190	350
98	35099	24594	19170	21179	32251	33839	21137	19415	18515	9109	38699	37289	38759	25218	25724	18423	20109	22274	23504	22409	7709	6000	4601	3031	3580	4287	940	1470	41	140	140	340
97	34099	23779	18761	20770	31691	32293	20840	19118	18218	9059	38549	37099	38569	25103	25574	18313	19959	22154	23394	22309	7618	5909	4510	2940	3490	4196	850	1030	41	90	90	330
96	33099	22964	18351	20361	31241	30747	20543	18821	17921	9009	38399	36909	38379	24988																		

作成した貯水池形状データの断面特性より、最低水位、常時満水位、サーチャージ水位の川幅を整理すると図5となる。

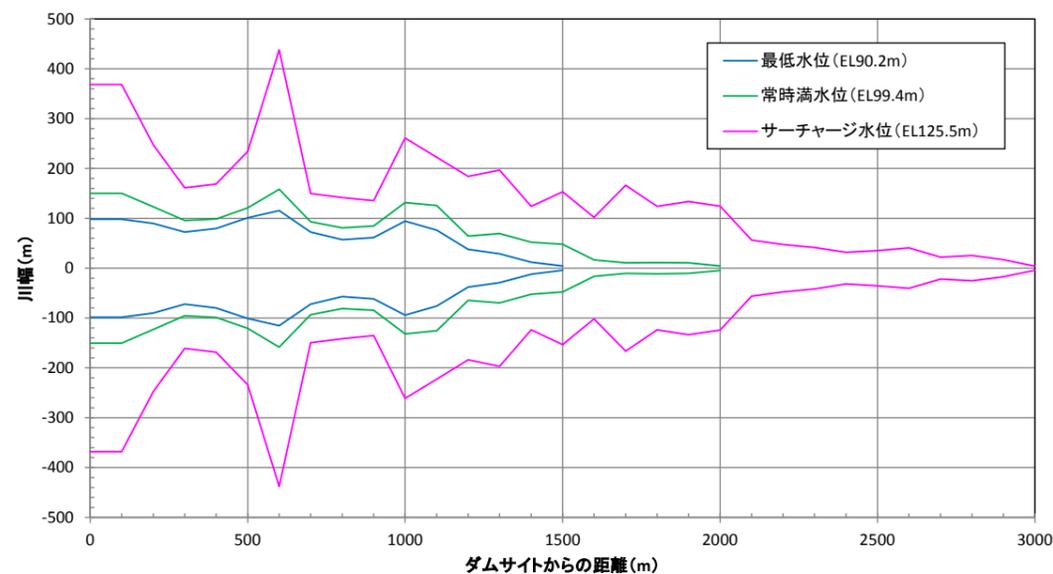


図5 川幅の縦断分布

元河床の河床材料の粒度分布

初期河床となる元河床における河床材料の粒度分布については、安威川ダム貯水池内での既往河床材料調査結果より設定する。

区間	調査地点	調査ポイント	調査ポイント数 (計35)	試料数 (計36)
安威川ダム (18.1k) から上流区間	砂防堰堤 (23.1k) より上流	・25.0k (24.0k付近には砕石場が有り、その影響が無い地点を設定)	1	1
	砂防堰堤 (23.1k) 上流	・23.1k堰堤上流 表層 ・23.1k堰堤上流 表層から約30cm下層 (表層と下層で粒径が異なっていたため)	1	2
	砂防堰堤 (23.1k) 下流	・23.1k砂防堰堤下流	2	2
	下音羽川合流点 (22.4k) ~安威川ダム (18.1k) 上流	・22.7k ・22.3k ・20.8k	2	2
	下音羽川堰堤上流 (22.4k)	・22.4k堰堤上流	1	1
安威川ダム (18.1k) ~大正川合流点 (4.2k) 区間	ダムサイト (18.1k)	・18.1k ダムサイト (水域、陸域の2ポイント)	2	2
	18k~5k区間は、原則河川距離1k間隔で実施。	・17.0k、・16.0k、・15.0k、・14.0k、 ・10.0k、・8.0k、・6.0k (上記7地点は全て水域、陸域の2ポイント)	22	22
	但し14.2k~14.8k付近は14k、15k地点と比較し、粒径の大きな礫が多いため、14.4kを周辺を代表する地点として追加。	・18.0k、14.4k、・13.0k、・12.0k、 ・11.0k、・9.0k、・7.0k、・5.0k (上記8地点は全て水域1ポイント(※))		
	18k~5k区間における落差工および堰堤上流	・17.09k堰堤上流 ・16.46k堰堤上流 ・15.6k堰堤上流	3	3
茨木川	・茨木川	1	1	

※「安威川ダム水環境保全措置検討業務委託 (その2) 報告書」(平成20年2月)

安威川ダム貯水池の元河床の粒度分布については、上記調査結果 (ダムサイト、20.8k 地点、22.3k 地点) の平均値をもとに設定した。

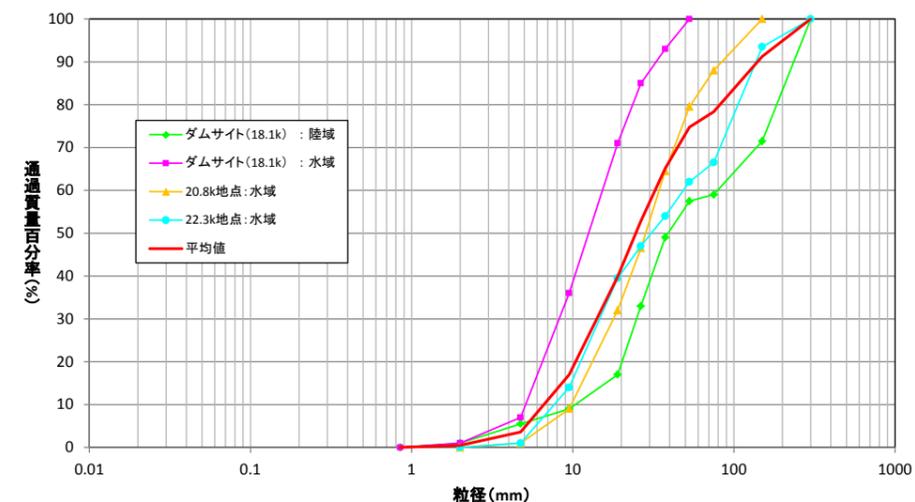
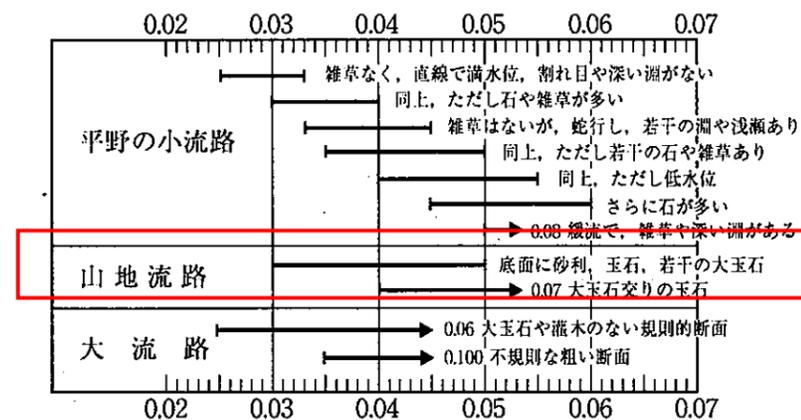


図6 安威川ダム貯水池の元河床の粒度分布

粗度係数

安威川ダム貯水池の粗度係数については、既往検討資料等においても不明なため、表1に示す山地流路の粗度係数 (n=0.03~0.05) から、中間値である $n=0.04$ として設定した。

表1 マニングの粗度係数 n の概略値 (自然流路)



※水理公式集 平成11年度版

流入土砂量の設定

既往調査結果、既往検討結果等をもとに、安威川ダムの流入土砂量を設定する。

代表粒径の設定

安威川ダムの堆砂シミュレーションで用いる代表粒径としては、砂～礫成分については、土の粒度試験（JIS A 1204）における粒径区分を参考とし、微細成分については、既往水質シミュレーションにおける流入濁質粒径の粒径区分等を参考に、以下のとおり 11 区分として設定する。

表 2 代表粒径の設定

流砂形態	粒径区分	粒径範囲		代表粒径 (mm)
掃流砂・浮遊砂	粗石	150mm	～ 300mm	212
	中石	75.0mm	～ 150mm	106
	粗礫	19.0mm	～ 75.0mm	37.7
	中礫	4.75mm	～ 19.0mm	9.5
	細礫	2.00mm	～ 4.75mm	3.08
	粗砂	0.85mm	～ 2.00mm	1.3
	中砂	0.25mm	～ 0.85mm	0.46
ウォッシュロード*	シルト1	0.02mm	～ 0.075mm	0.04
	シルト2	0.003mm	～ 0.02mm	0.008
	粘土	0.003mm以下		0.003

流入土砂量設定の考え方

安威川ダムへの流入土砂量については、ダム上流の河床材料調査結果やモニタリング調査結果等を踏まえ、以下のとおり設定する。

【全量捕捉成分（掃流砂・浮遊砂）】

安威川ダムの上流端断面において、平衡流砂量式（掃流砂、浮遊砂）より掃流力見合いの粒径別流砂量を設定する。その際、河床材料の粒径構成比（粒度分布）については、砂防堰堤上流の河床材料調査結果を用いる。

【部分捕捉成分（ウォッシュロード）】

濁質成分となるウォッシュロード量については、近年の高水時水質調査結果（地点：安威川上流端）の流量、濁度、浮遊物質量（SS）を用いて、下式のように流量と流入土砂量の関係式を設定する。

$$Q_s = \alpha Q^\beta \dots\dots\dots (1)$$

掃流砂・浮遊砂量の設定

全量捕捉成分となる掃流砂・浮遊砂については、流入量ハイドログラフに応じた上流端断面の水理量より、掃流力見合いの粒径別流砂量（平衡流砂量）を流砂量式（掃流砂：芦田・道上式、浮遊砂：芦田・道上式）により求める。上流端断面の河床材料については、下図に示すように安威川上流に位置する砂防堰堤上流の河床材料調査結果（平均値）を用いる。

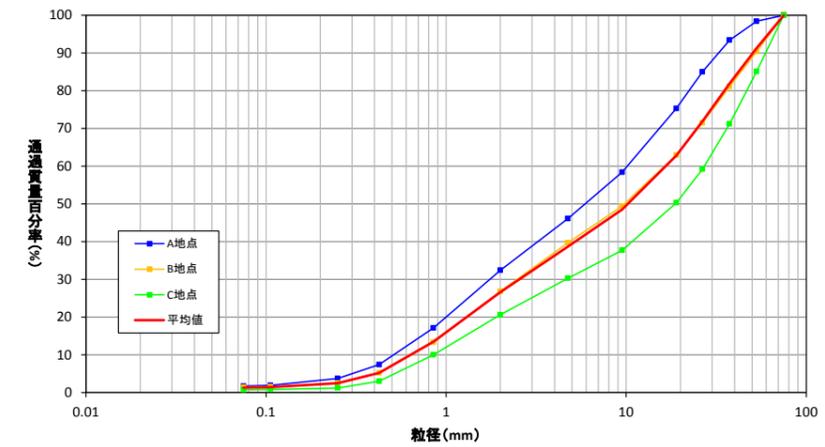


図 7 河床材料調査結果（砂防堰堤上流）

ウォッシュロード量の設定

部分捕捉となるウォッシュロードについては、近年の高水時水質調査結果（地点：安威川上流端）より設定する。平成 22 年～平成 26 年度の高水調査時の流量と SS の関係を図 8 に示す。

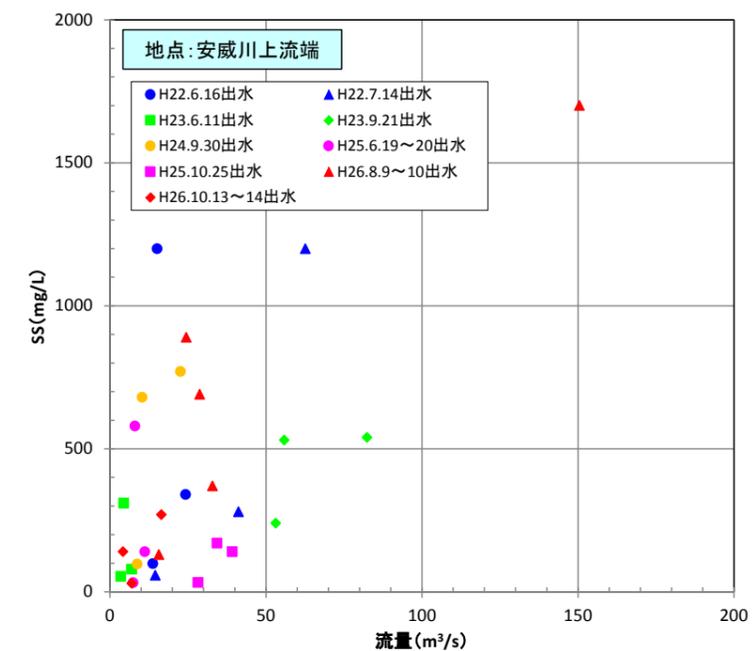


図 8 高水時の流量～SS 関係（安威川上流端）

ウォッシュロード量 Q_w は、観測された流量 Q 、及び SS（図 8）より、次式により求める。

$$Q_w = SS / \rho_s \cdot Q \times 10^{-6}$$

ここに、 Q_w ：ウォッシュロード量（ m^3/s ）、 SS ：SS（ mg/L ）、 Q ：流量（ m^3/s ）、 ρ_s ：土粒子の単位堆積重量（ $=2.65t/m^3$ ）

以上より、安威川上流端における流量 Q とウォッシュロード量 Q_w の相関式を作成すると、下図のとおりとなる。

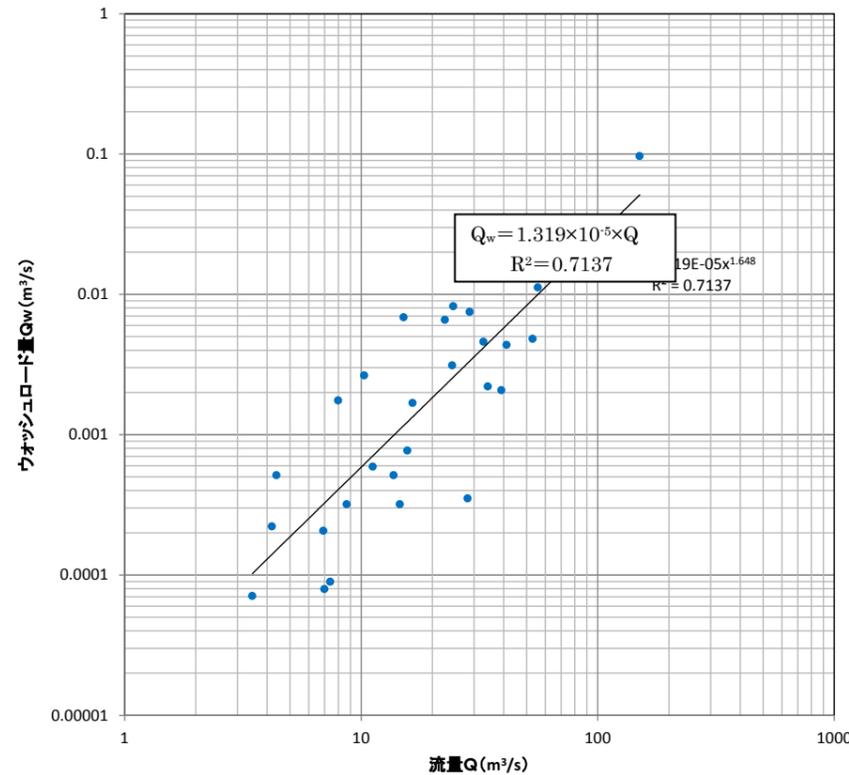


図9 安威川上流端における流量 Q とウォッシュロード量 Q_w の関係

粒径別のウォッシュロード量については、水質シミュレーションで用いている水質調査結果における濁質成分の割合(表)より粒径別に配分した。なお、表 3.2.2 中の最小代表粒径である $0.7\mu\text{m}$ については、堆砂にほとんど寄与しないとして代表粒径 $3.0\mu\text{m}$ に含めた。

表3 流入濁質粒径

代表粒径 (μm)	沈降速度 (m/日)	割合 (%)	備考
40.0	115.2	65.37	
8.0	4.608	15.37	
3.0	0.648	12.45	同一粒径として設定 (19.26%)
0.7	0.035	6.81	

※「安威川ダム水環境保全措置検討業務委託(その2) 報告書」(平成20年2月)

堆砂予測検討

安威川ダム運用開始後100年間のダム堆砂シミュレーションを実施して、堆砂形状及び堆積土砂の粒度分布特性を明らかにする。

シミュレーション条件

前項までのシミュレーション条件を整理すると下表のとおりとなる。

表4 シミュレーション条件一覧表

項目		予測シミュレーション条件	備考
河床変動モデル		一次元河床変動モデル(非平衡浮遊砂モデル) ・水位計算:不定流計算 ・流砂量式:芦田・道上式(掃流砂、浮遊砂)	
対象区間		安威川ダム貯水池: No.0~No.30(約3km)	
対象期間		100年間	
初期河床		現況河床高	
初期条件	粗度係数	全区間 $n=0.040$	山地流路の一般値
	粒径区分	11区分 (代表粒径: 0.003, 0.008, 0.04, 0.14, 0.46, 1.3, 3.08, 9.5, 37.7, 106, 212mm)	
	初期河床材料分布	貯水池区間の河床材料調査結果(ダムサイト、20.8k地点、22.3k地点)より設定	
流況条件	設定方法	利水計算や洪水調節計算結果を用いて、平水時は日単位、出水時は時間単位として設定	
	流入量	上記計算結果が揃う平成7年~平成16年(10年間)のデータを繰り返し100年間	
	下流端水位(貯水位)	流入量、ダム貯留量、空き容量等から、貯水池 H-V により換算して設定	
流入土砂条件	設定方法	設定した流況条件に応じて、100年間で計画堆砂量(1,600千 m^3)に見合う流入土砂量を設定	
	掃流砂・浮遊砂量	掃流力見合いの粒径別流砂量(平衡流砂量)	全量捕捉
	ウォッシュロード量	水質観測結果(濁度、SS等)をもとに、流量の関数として設定	部分捕捉

シミュレーション結果

前項までのシミュレーション条件をもとに、安威川ダム運用開始後 100 年間の堆砂シミュレーションを実施した。

堆砂量の経年変化

シミュレーション結果より、堆砂量の経年変化を図 10（上段：1 年後～10 年後、下段：10 年後～100 年後）に示す。

図 10 より以下のことがいえる。

- 10 年間の年間堆砂量の経年変化をみると、100m³/s 規模の出水が複数回発生している 4 年後（平成 10 年）、400m³/s 規模の出水が発生している 5 年後（平成 11 年）が大きい。
- 10 年間の流況データを繰り返しているため、10 年間堆砂量は概ね 157～164 千 m³ の範囲で推移している。経年的に 10 年間堆砂量が減少していくのは、堆砂の影響（堆砂の進行）により貯水池容量が減少し、微細土砂（ウォッシュロード成分）が捕捉されにくくなっているためと考えられる。

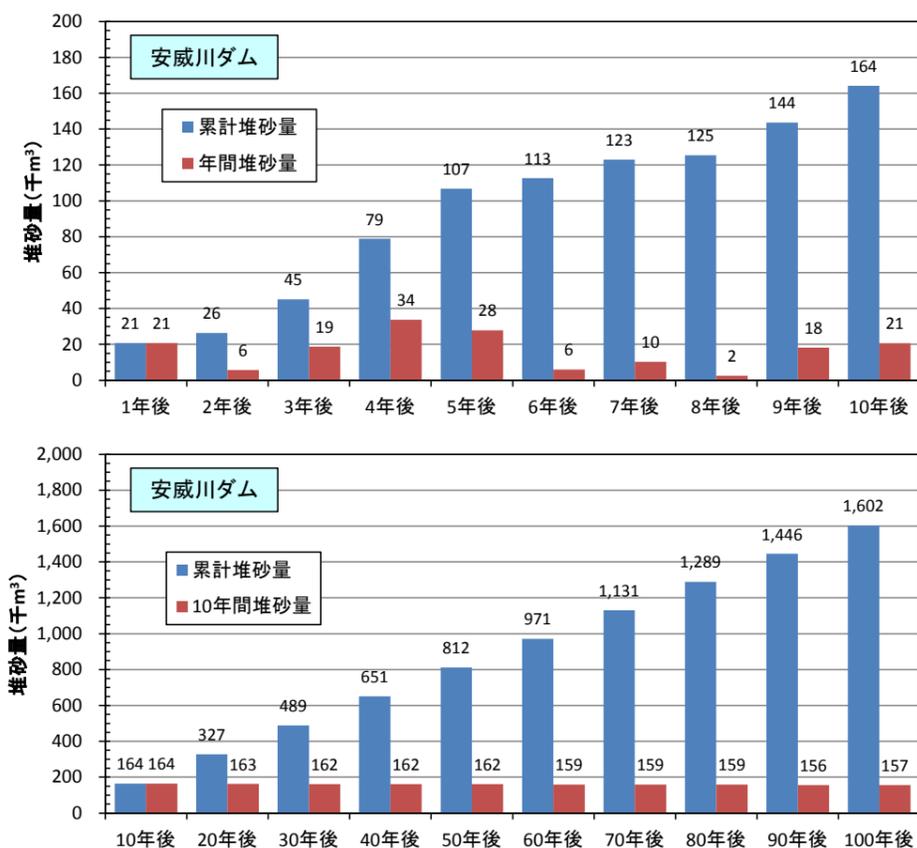


図 10 堆砂量の経年変化（安威川ダム）

堆砂形状の経年変化

シミュレーション結果より、堆砂縦断形状の経年変化を図 13 に示す。

図 13 より以下のことがいえる。

- 経年的に、標高が常時満水位（EL.99.4m）付近となる No.20 地点から堆砂が形成され始め、デルタ肩を形成しながらダムサイトへ向かって堆砂が進行していき、常時満水位（EL.99.4m）付近では水平に堆積していく。
- 経年的な堆砂形状の変化みると、5 年後～6 年後にデルタ肩が大きく前進している。これは、6 年後（H12 年）に貯水位が大きく低下（EL.90m 付近）し、常時水位（EL.99.4m）付近に堆積していた土砂が下流へ流下したためと考えられる。
- 経年的に堆砂が進行するに従い、デルタ肩も標高が常時満水位（EL.99.4m）から最低水位（EL.90.2m）区間で下流部移動し、100 年後には、No.6 付近にデルタ肩形成される。

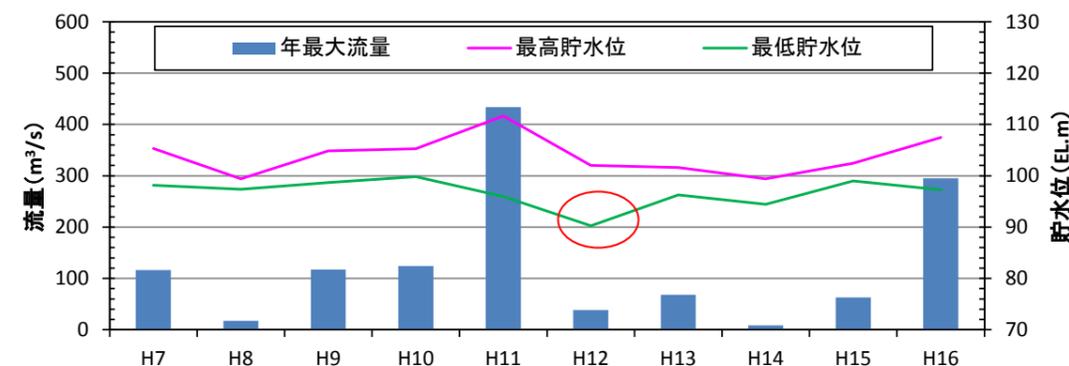


図 11 年最大流量と最高・最低貯水位の関係

堆積土砂の粒径構成比（粒度分布）の経年変化

シミュレーション結果より、堆積土砂（100 年後）の粒径構成比を図 12 に、粒径別堆砂量（縦断分布）の経年変化を図 13 に示す。図 12、図 13 より、以下のことがいえる。

- 堆積土砂の粒径構成比（100 年後）としては、砂礫：43%、シルト・粘土：57%となる。
- 堆砂量の縦断分布より、粒径が小さいシルト・粘土はダムサイ付近に、比較的粒径大きい砂礫は堆砂の上流部に堆積し、粒径に応じて分級して堆積している状況がわかる。

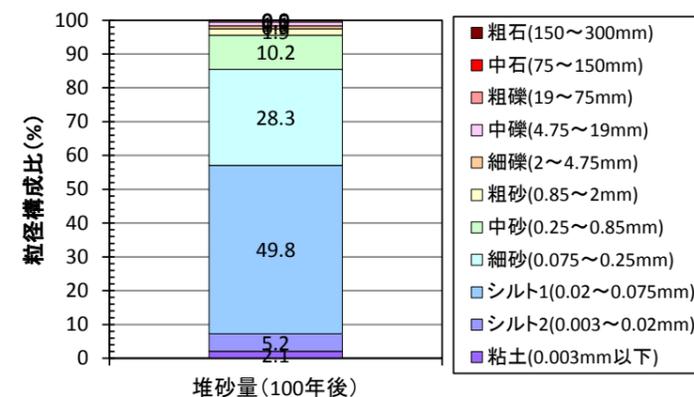


図 12 堆積土砂の粒径構成比（100 年後）

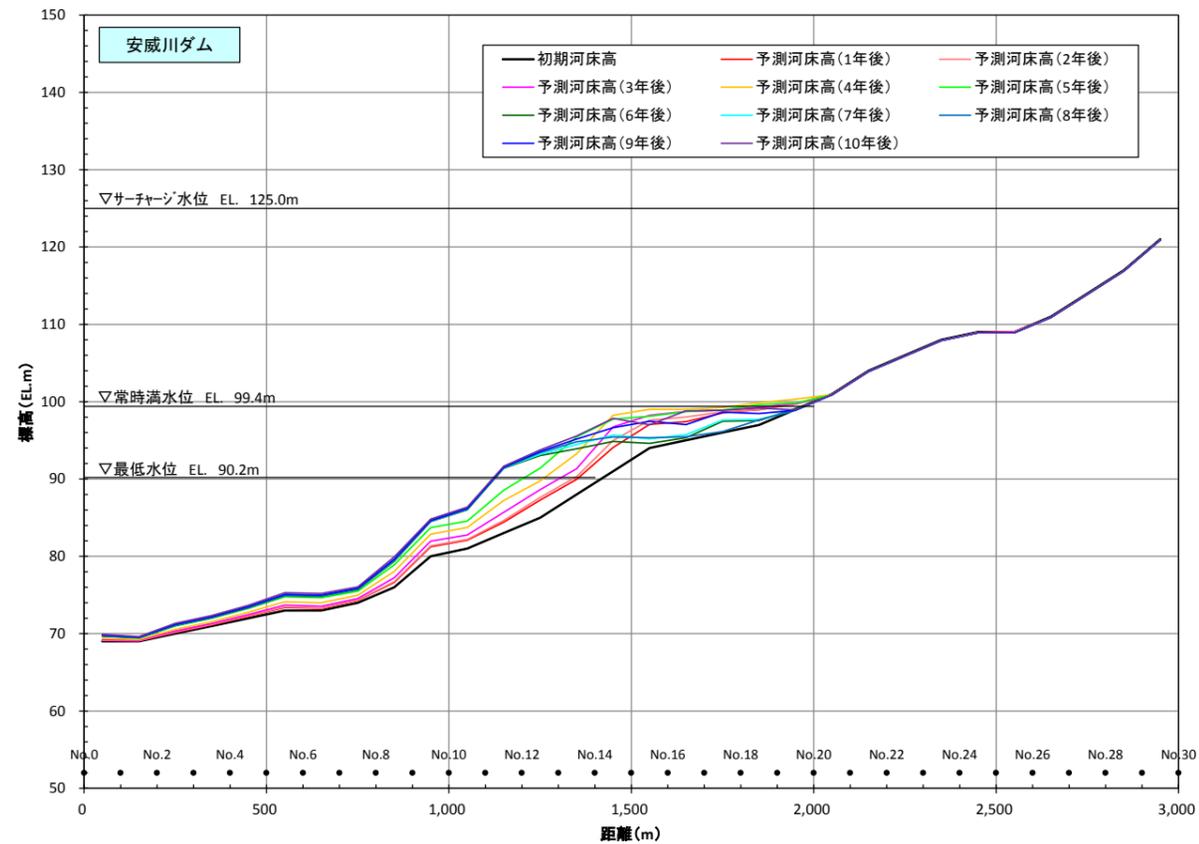


図 13(1) 堆砂縦断形状の経年変化 (安威川ダム : ~10 年後)

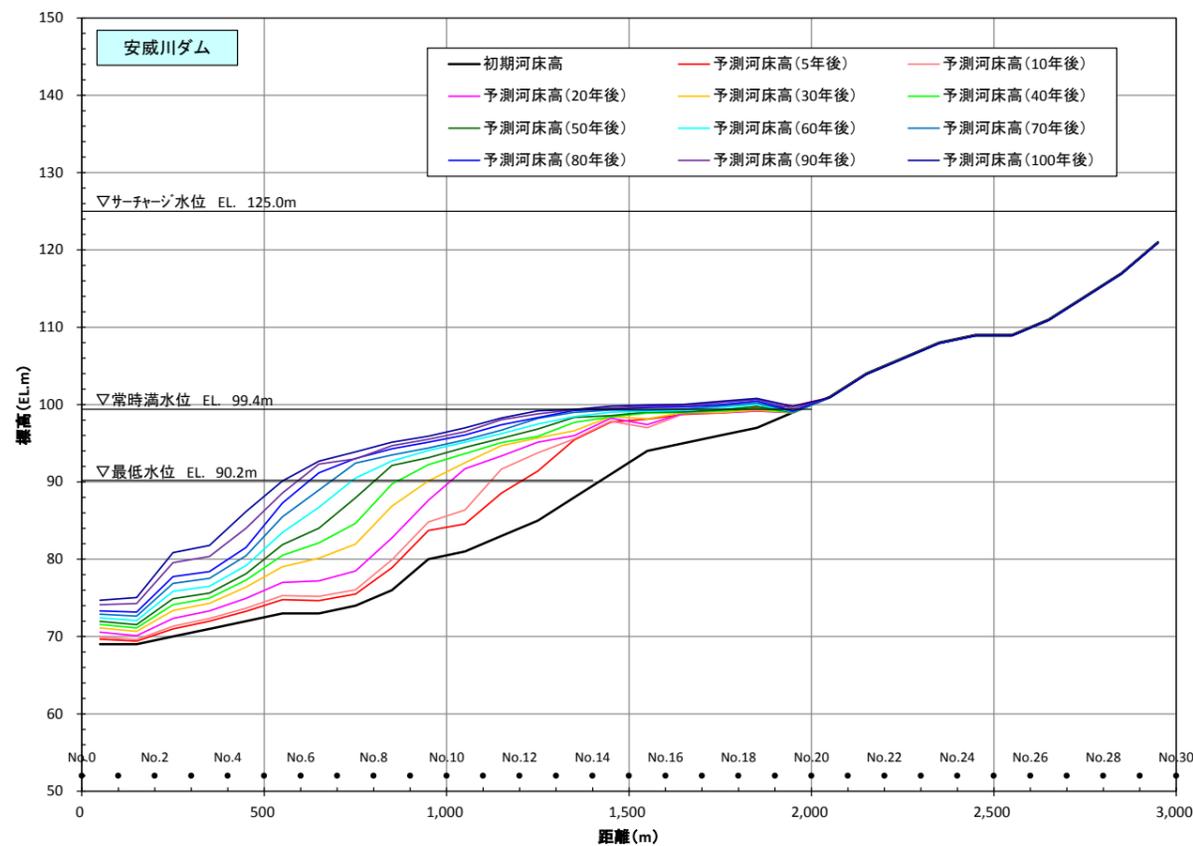


図 13(2) 堆砂縦断形状の経年変化 (安威川ダム : ~100 年後)

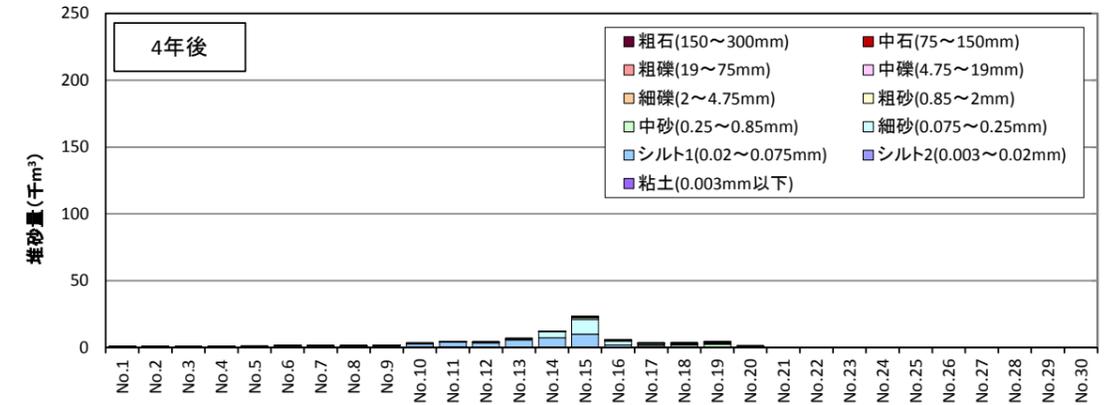
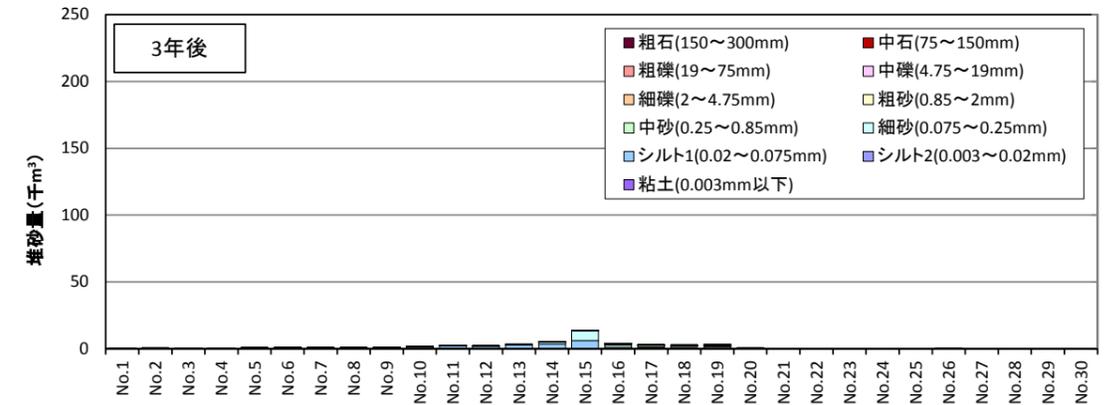
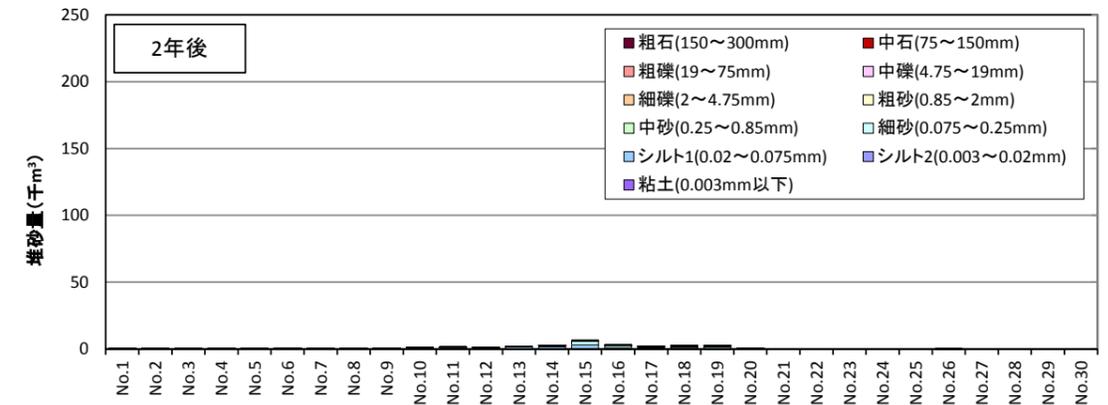
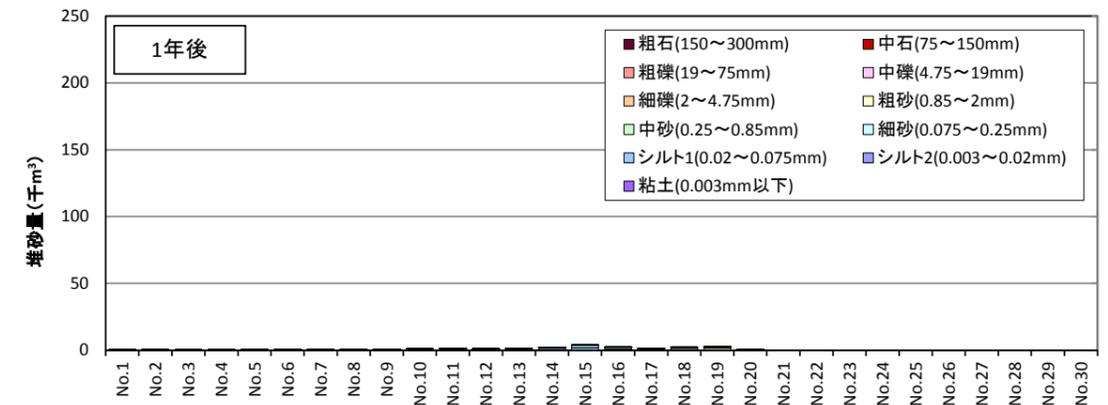


図 14(1) 粒径別堆砂量 (縦断分布) の経年変化

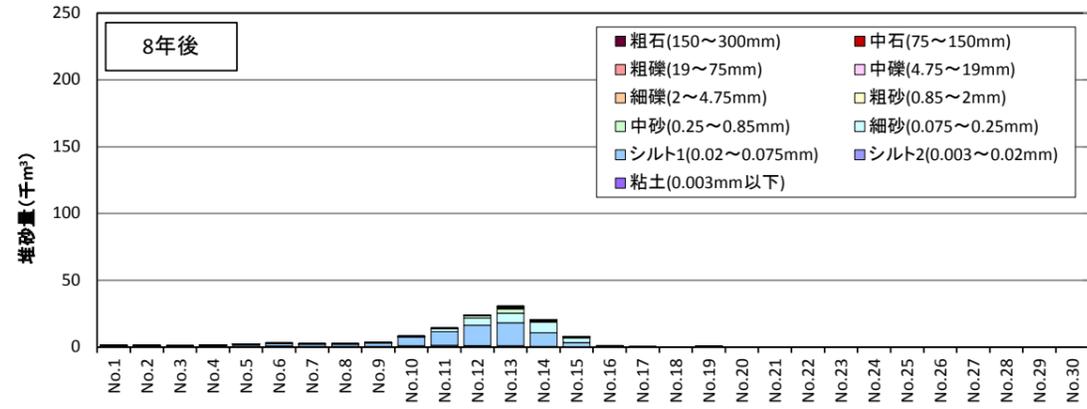
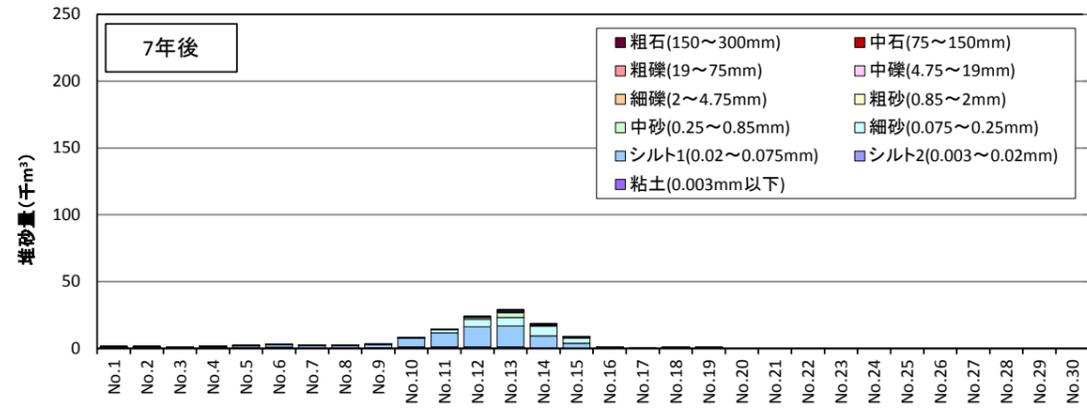
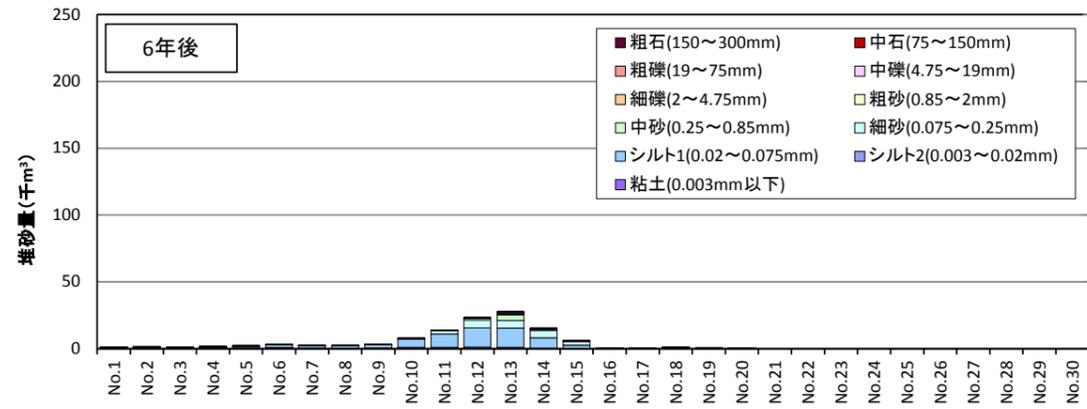
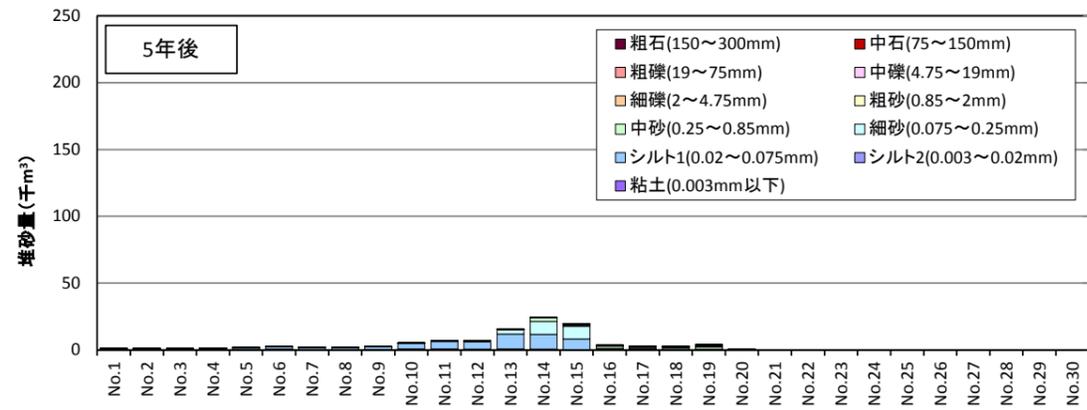


図 14(2) 粒径別堆砂量（縦断分布）の経年変化

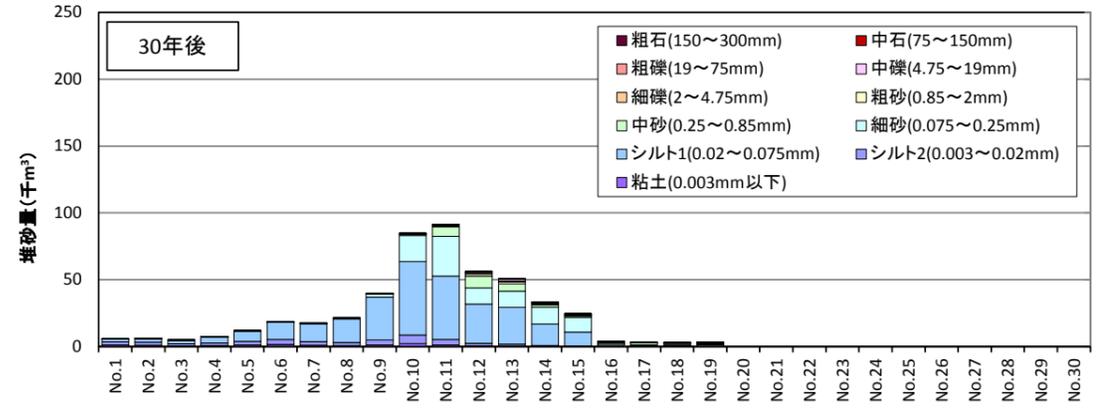
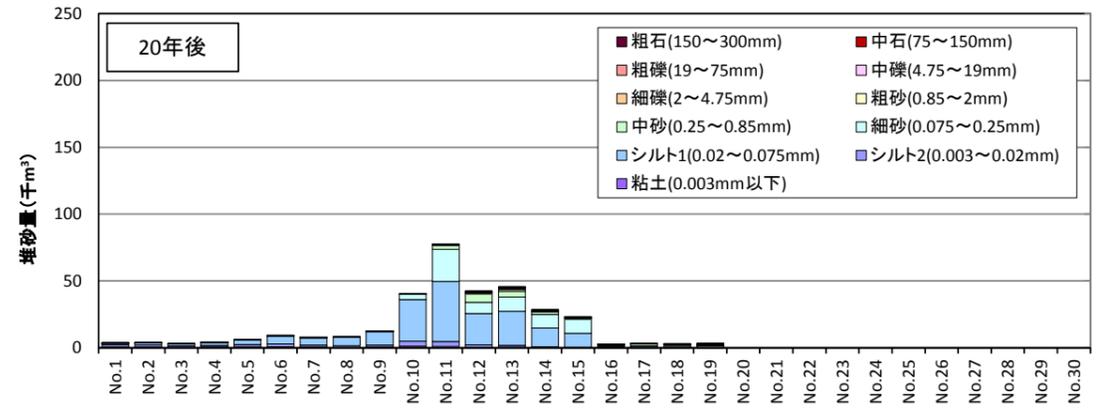
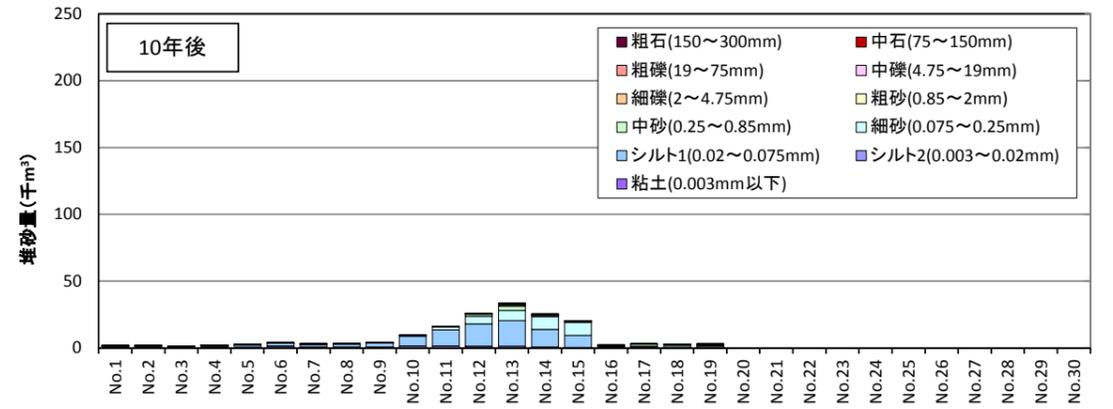
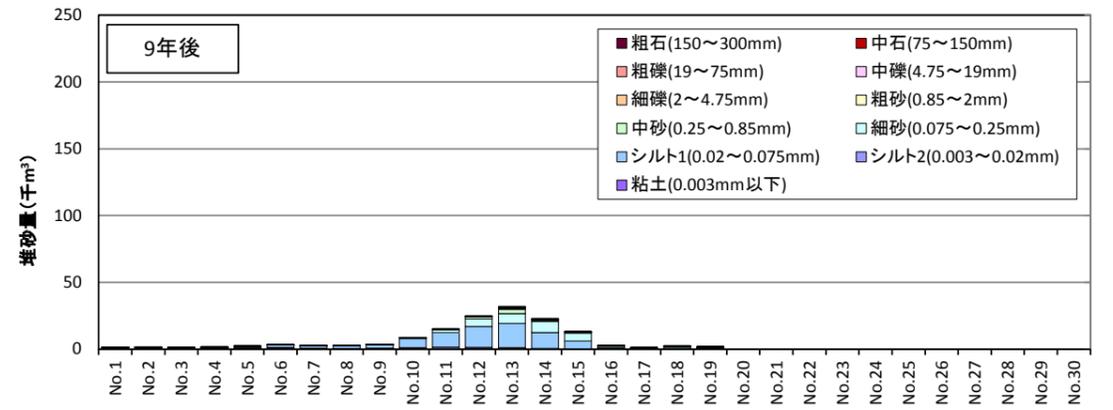


図 14(3) 粒径別堆砂量（縦断分布）の経年変化

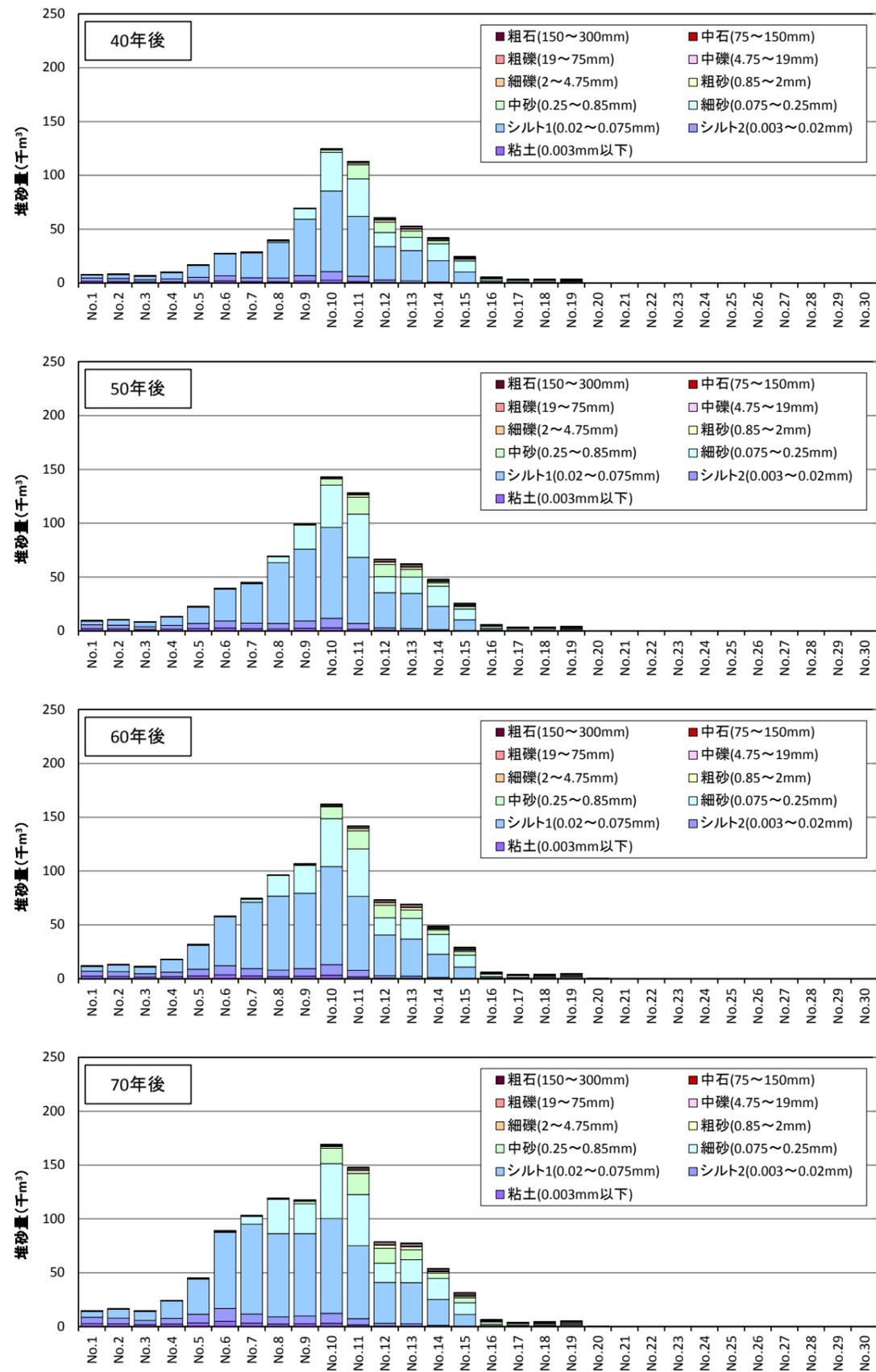


図 14(4) 粒径別堆砂量（縦断分布）の経年変化

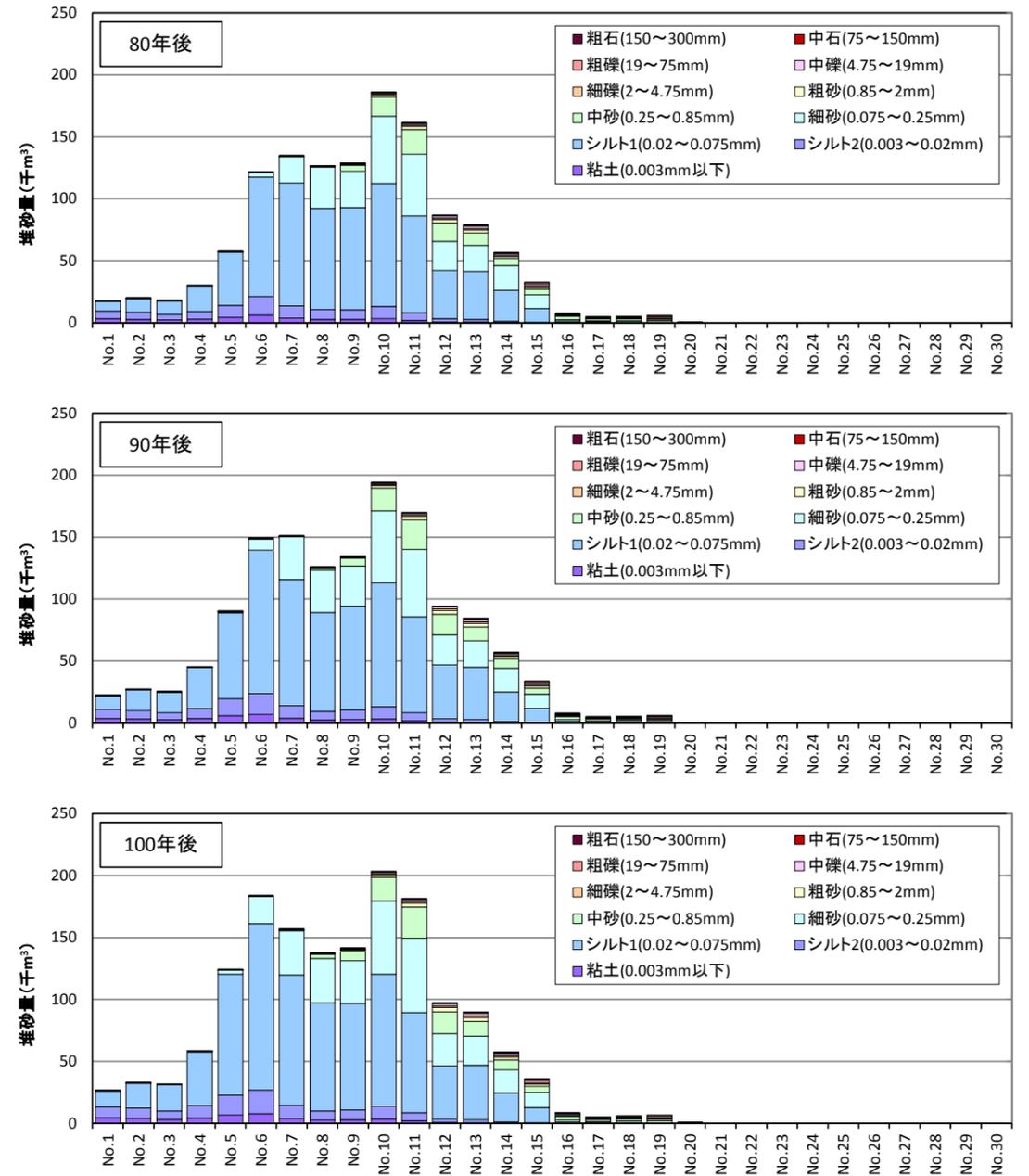


図 14(5) 粒径別堆砂量（縦断分布）の経年変化

(4) 砂成分を抽出して土砂還元した場合の河床変動解析結果

フラッシュ放流と土砂還元の量と質（粒度分布）を数ケース設定して効果を検証した。

砂礫河床を好む生物への影響を低減（減少量を1/2程度）させるためには、年間170m³以上の粒径2mm～20mmの土砂還元が必要である。

① 還元量・質、地点の検討

土砂還元箇所は河床変動計算結果から、砂礫成分（粒径 2mm～20mm）が減少する区間について、年平均の砂礫成分減少量を基本に 0.5～5 倍の量を与えた。

なお、還元時期は出水期前の 1 回とし、フラッシュ運用計画に基づくフラッシュ放流を実施するものとした。

■置土検討②（砂礫河床を好む生物への影響軽減）

○2～20mmの置土量

置土地点	対応箇所	50年 低下量 (m ³)	年平均 低下量V (m ³)	置土ケース						
				①V×0.5 (m ³)	②V×1.0 (m ³)	③V×1.5 (m ³)	④V×2.0 (m ³)	⑤V×3.0 (m ³)	⑥V×4.0 (m ⁴)	⑦V×5.0 (m ⁵)
15.9k	15.7k～15.9k	447	8.9	4.5	9.0	13.5	17.9	26.9	35.8	44.7
16.4k	16.0k～16.4k	683	13.7	6.9	13.7	20.5	27.4	41.0	54.7	68.3
17.0k	16.5k～17.0k	407	8.1	4.1	8.2	12.3	16.3	24.5	32.6	40.7
17.2k	17.1k～17.4k	1,331	26.6	13.4	26.7	40.0	53.3	79.9	106.5	133.1
計		2,868	57.36	28.9	57.6	86.3	114.9	172.3	229.6	286.8

○粒径毎置土量（各粒径分布の割合は 1/4 ずつとした）

ケース① (m³)

置土地点	2～5	5～7	7～10	10～20	合計
15.9k	1.1	1.1	1.1	1.1	4.5
16.4k	1.7	1.7	1.7	1.7	6.9
17.0k	1.0	1.0	1.0	1.0	4.1
17.4k	3.4	3.4	3.4	3.4	13.4

ケース⑤ (m³)

置土地点	2～5	5～7	7～10	10～20	合計
15.9k	6.7	6.7	6.7	6.7	26.9
16.4k	10.3	10.3	10.3	10.3	41.0
17.0k	6.1	6.1	6.1	6.1	24.5
17.4k	20.0	20.0	20.0	20.0	79.9

ケース② (m³)

置土地点	2～5	5～7	7～10	10～20	合計
15.9k	2.3	2.3	2.3	2.3	9.0
16.4k	3.4	3.4	3.4	3.4	13.7
17.0k	2.1	2.1	2.1	2.1	8.2
17.4k	6.7	6.7	6.7	6.7	26.7

ケース⑥ (m³)

置土地点	2～5	5～7	7～10	10～20	合計
15.9k	9.0	9.0	9.0	9.0	35.8
16.4k	13.7	13.7	13.7	13.7	54.7
17.0k	8.2	8.2	8.2	8.2	32.6
17.4k	26.6	26.6	26.6	26.6	106.5

ケース③ (m³)

置土地点	2～5	5～7	7～10	10～20	合計
15.9k	3.4	3.4	3.4	3.4	13.5
16.4k	5.1	5.1	5.1	5.1	20.5
17.0k	3.1	3.1	3.1	3.1	12.3
17.4k	10.0	10.0	10.0	10.0	40.0

ケース⑦ (m³)

置土地点	2～5	5～7	7～10	10～20	合計
15.9k	11.2	11.2	11.2	11.2	44.7
16.4k	17.1	17.1	17.1	17.1	68.3
17.0k	10.2	10.2	10.2	10.2	40.7
17.4k	33.3	33.3	33.3	33.3	133.1

ケース④ (m³)

置土地点	2～5	5～7	7～10	10～20	合計
15.9k	4.5	4.5	4.5	4.5	17.9
16.4k	6.9	6.9	6.9	6.9	27.4
17.0k	4.1	4.1	4.1	4.1	16.3
17.4k	13.3	13.3	13.3	13.3	53.3

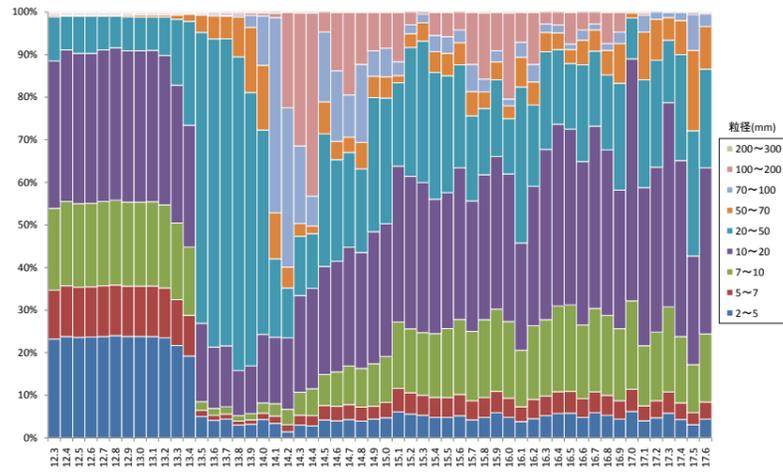
置土の構成

粒径(mm)	比率(%)
2～5	25
5～7	25
7～10	25
10～20	25

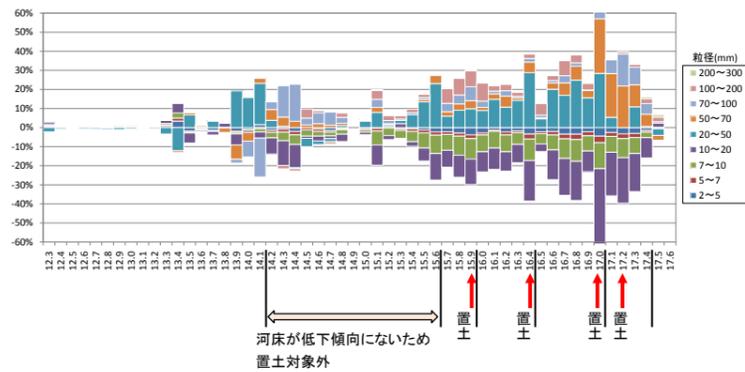
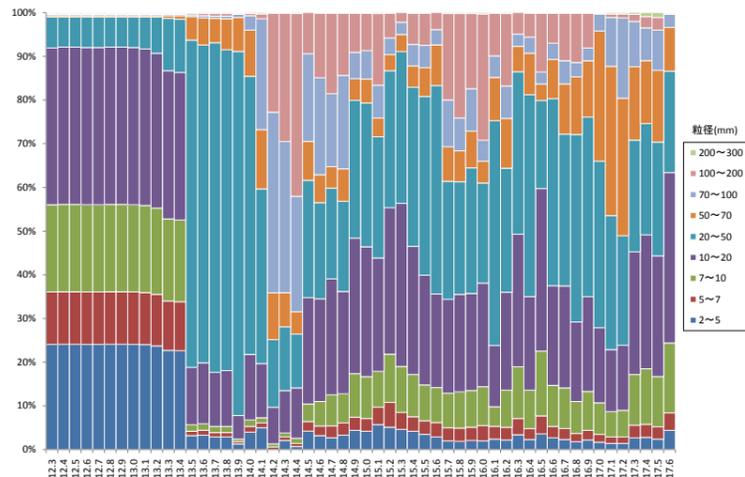
砂礫減少量を1/2に押さえるためには、年平均砂礫減少量の3倍以上の置土が必要。

置土検討(砂礫減少対策)

ダムなし

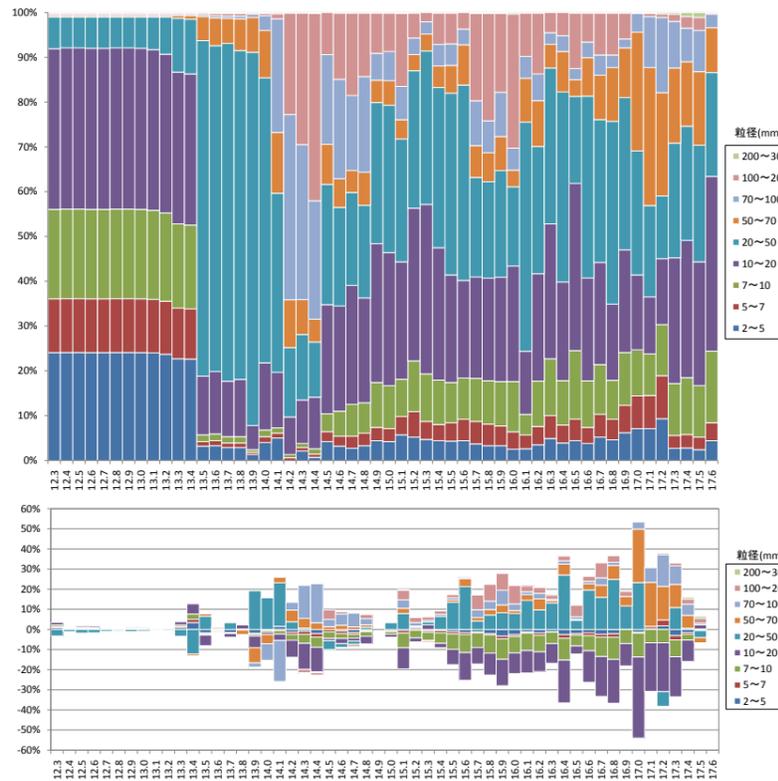


ダムあり：置土なし

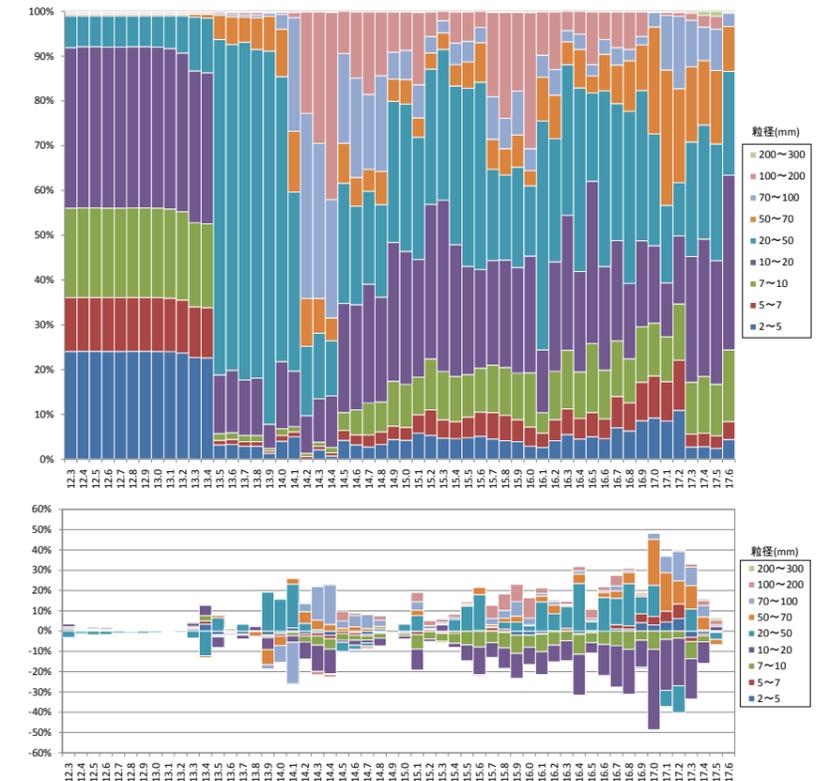


ダムあり：置土あり

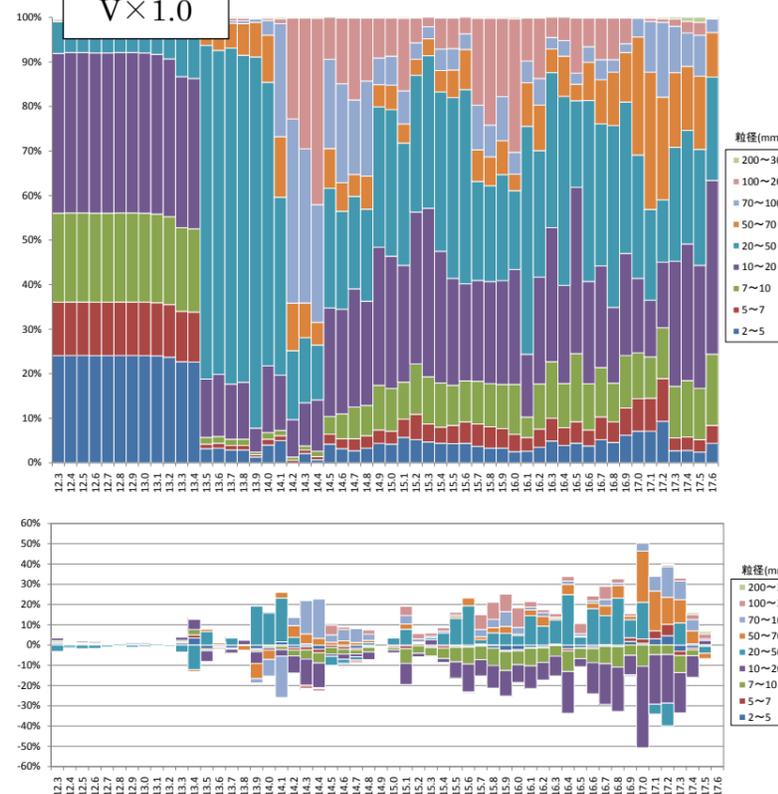
V×0.5



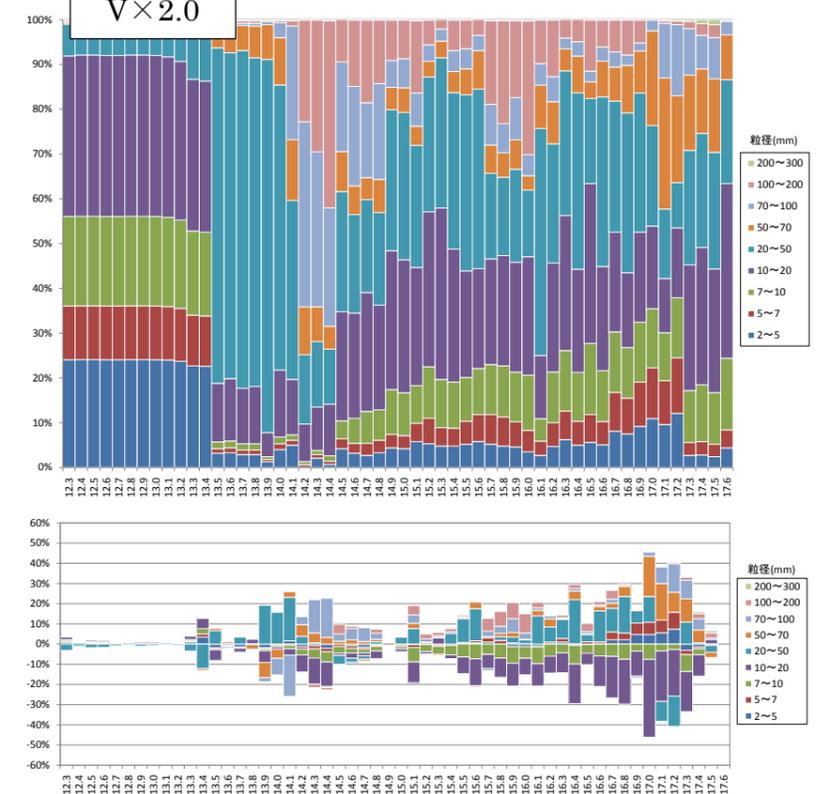
V×1.5



V×1.0

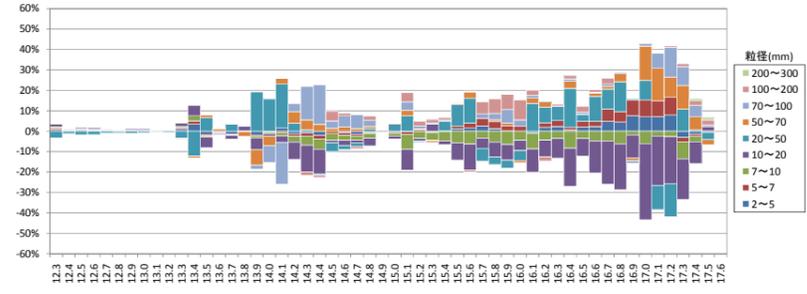
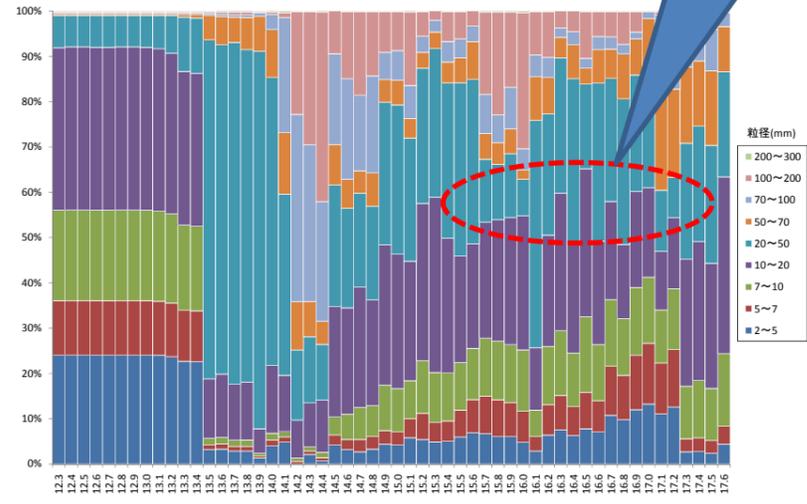


V×2.0

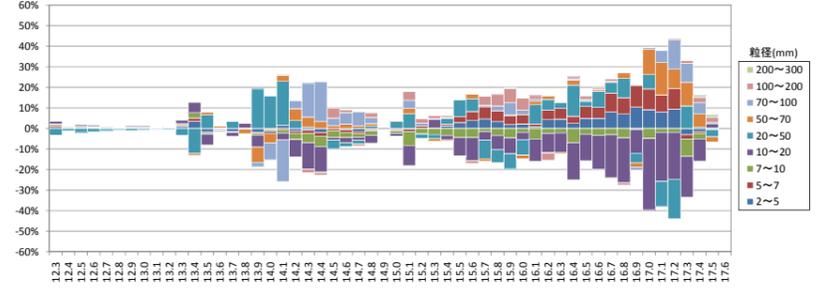
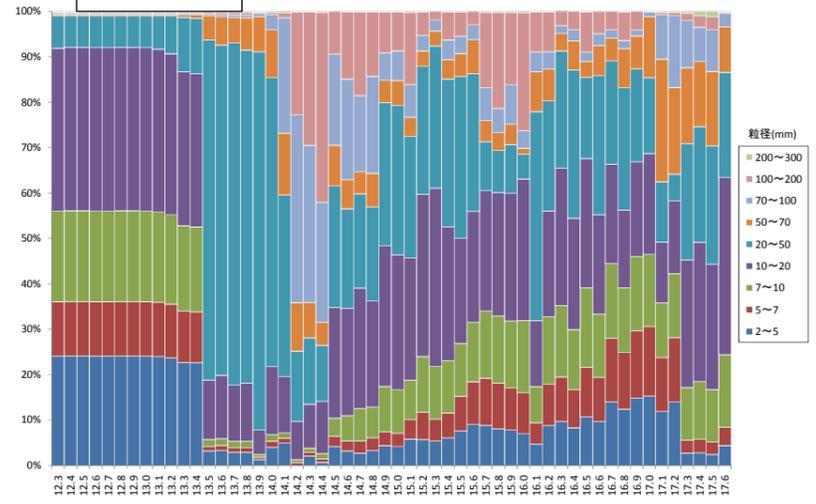


V×3.0

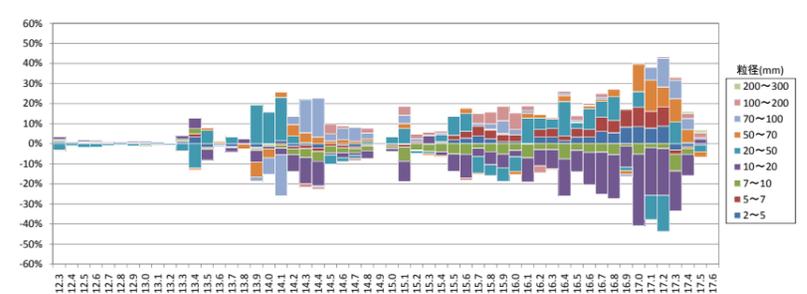
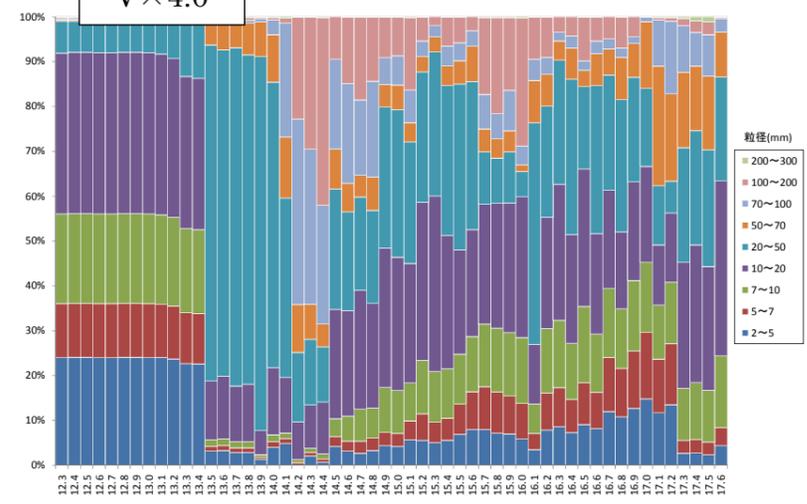
砂礫が 1/2 程度を
占める



V×5.0



V×4.0



3. フラッシュ放流に関するダム運用計画の検討（Ⅲ）

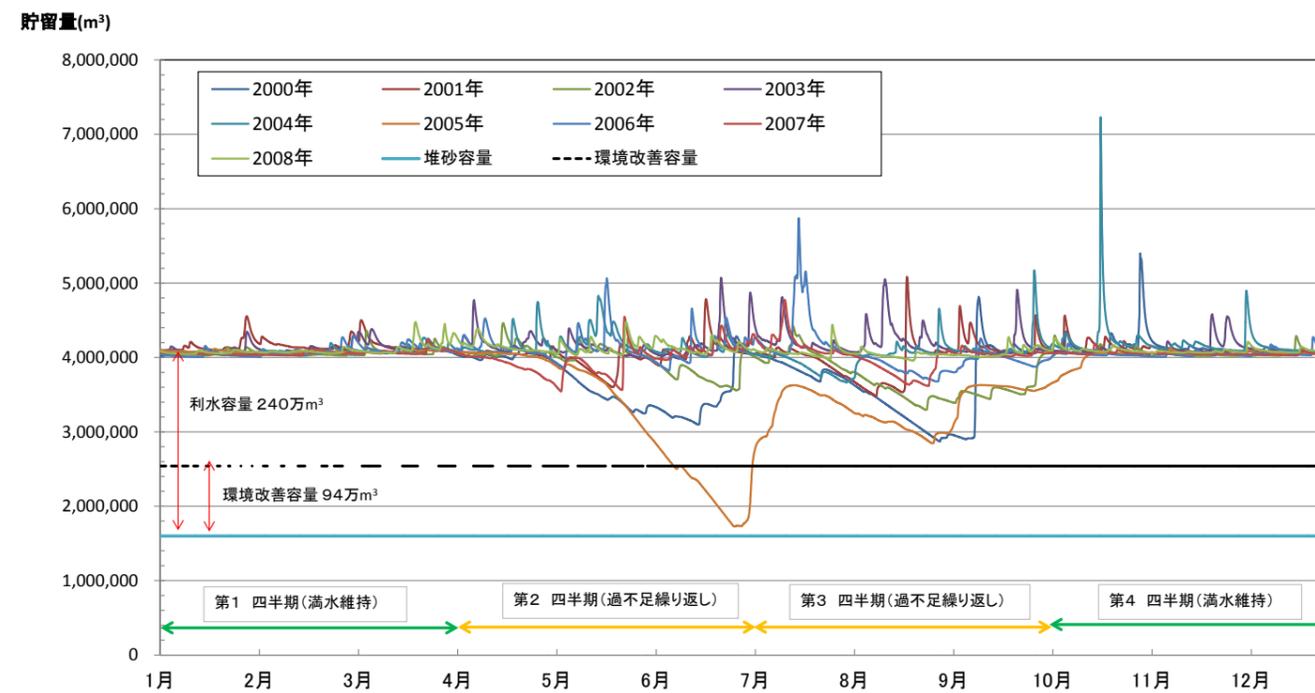
■フラッシュ放流に対する制約事項

◆容量の確保

2000年～2008年間の利水計算結果によれば、環境放流容量としての94万m³の容量は、2005年を除き確保できている。

年間では4月～9月期に利水容量が低下する傾向にあるが、利水容量は降雨量に依存して放流可能な貯留量に変化することから、その時点で利用可能な容量を有効活用してダム下流の河川環境の改善ができるように、様々な流量規模のフラッシュ放流時に必要となる容量を整理した。

30m³/sのフラッシュ放流を実施する場合は、94万m³の容量が確保されていれば年2回の実施が可能であり、5m³/sでは月数回の実施が可能である。



2005年を除き利水容量が不足するのは、4月～7月、7月始めの梅雨末期に一旦回復し、再び7月～10月に不足することから、3ヶ月毎の四半期に分けて考える

四半期別	利水容量	特性
第1 四半期	満水維持	2、3月小出水で維持
第2 四半期	過不足の繰り返し	梅雨末期に回復
第3 四半期	過不足の繰り返し	台風で回復
第4 四半期	満水維持	台風で回復、11、12月小出水で維持



第1及び4四半期：渇水年か平水年かに関わらず定期的の実施可能
 第2及び3四半期：残存利水容量と必要容量に基づき実施

放流波形と必要容量

流量	立上げ時間 (時間)	ピーク放流量 の継続時間 (時間)	回帰時間 (時間)	放流時間 (合計)	1回あたりの 放流量 (V)	環境改善容量に対 する放流可能回数 (94万m ³ / V)
1m ³ /s	1.0	2.0	0.5	3.5	約1万m ³	94回
2m ³ /s	1.0	2.0	0.5	3.5	約2万m ³	47回
3m ³ /s	1.0	2.0	0.5	3.5	約3万m ³	31回
4m ³ /s	1.0	2.0	0.5	3.5	約4万m ³	23回
5m ³ /s	1.0	2.0	0.5	3.5	約5万m ³	18回
10m ³ /s	1.0	2.0	0.5	3.5	約10万m ³	9回
20m ³ /s	1.5	2.0	0.75	4.25	約23万m ³	4回
30m ³ /s	2.0	2.0	1.0	5.0	約38万m ³	2回

注：維持流量分を含む容量

◆下流河川の安全確保（自然洪水の発生時対応、河川利用者）

安威川の下流区間は、高水敷を遊歩道として整備済で、多くの府民等が散策等に利用しているため、安全確保の観点からフラッシュ放流時に高水敷が冠水しない流量とする必要がある。

◆生息する各種生物のライフサイクル（産卵時期・成育（仔稚魚）時期等、糸状藻類繁茂期）

○5～6月は産卵期を、5月から9月は仔稚魚期を迎える魚種が多いことから、産卵された卵やふ化後の仔稚魚がフラッシュ放流で流されないように、放流量は小さくする必要がある。

○糸状藻類の繁茂期は4～5月及び10月と考えられ、効果的に糸状藻類の繁茂を抑制できるような放流時期、放流量を検討する必要がある。

○小出水による水の濁りの刺激を受け産卵行動に移る種*は確認されていないが、ダムによってこうした小出水が少なくなる場合には、産卵床等への微細粒子の堆積が懸念されるが、小規模のフラッシュ放流をすることで改善を図る。（*：水田等の一時的水域で産卵する種としてある種のドジョウやナマズが挙げられるが、安威川の指標種ではない。シマドジョウは河川内の湧水部で産卵。）

○攪乱頻度確保の観点からは、できるだけ現状の流況による出水（攪乱）頻度に近づけるように、フラッシュ放流を行うことでダムの影響を改善する。

安威川ダムによる流況の変化や河道特性（区間毎の流量規模と移動限界粒径の関係等）の現状を踏まえ、目的別放流量と実施時期を見直した結果を以下に示す。

目的別放流量とライフサイクルを考慮した実施時期

目 標	具体的内容	機 能	必要条件	放流量 (m ³ /s)	時期、頻度	備 考
付着藻類剥離・更新	非糸状藻類剥離	非糸状藻類が剥離	摩擦速度0.071m/s	0.4～4.0	月1回程度	
	糸状藻類剥離	土砂によるクレンジング効果	摩擦速度0.072m/s + 5～10mmの土砂	0.4～4.8	繁茂前の3月、9月下旬	
	糸状藻類剥離	付着している石が転がり剥離	最大粒径が移動→ 30m ³ /sの流量で発生する攪乱 (計算上は粒径40～50mm以下が移動する)	30.0	繁茂始めの4月、10月上旬	数百m ³ /sの流量が必要
攪乱頻度確保	生息環境の保全	付着物(微細粒子等)の剥離	摩擦速度0.071m/s	0.4～4.0	自然流況：各月1回程度	水田代掻きによるシルト分の流出あり(5月中旬頃実施)
	砂礫河床維持	砂～砂礫成分の更新	粒径30mm以下が移動	6～20 ^{注)}	自然流況：5～9月各1回	瀬淵の維持
生物生息環境改善	産卵床の保全	砂～砂礫成分の補給、更新	粒径30mm以下が移動	6～20 ^{注)}	産卵期の自然流況：5～6月に1回	瀬淵の維持
	浮き石状態の確保	河床材料の更新	代表粒径(60%粒径)移動	5.0～14.6	産卵期直前：4月下旬に1回	主要な河床構成材料が入れ替わる 14.0k～14.8k区間は不適
	植生繁茂の抑制	根を張っている砂州の石が移動	最大粒径が移動→ 30m ³ /sの流量で発生する攪乱 (計算上は粒径40～50mm以下が移動する)	30.0	年1回繁茂前の4月	数百m ³ /sの流量が必要
		種子を洗い流す	砂州が冠水	30.0	種子散布期直後の7月	低水路満杯流量：30m ³ /s以上の流量が必要
	水質改善	よどみ水の更新	平水流量程度	-	-	

注)河床攪乱を目的とした30m³/sの放流で40～50mm以下の土砂が移動するため、ダム建設後の粒径変化も考慮して、砂礫として粒径30mm以下が移動する流量とした。

放流量はターゲット地点選定表に示した各目的別必要流量の区間最小～最大流量として幅を持たせた。

◆放流水の水質（出典：安威川ダム水環境保全措置検討業務委託（その2）報告書）

環境保全措置を実施することで、濁水長期化の影響はあるものの、ダム湖の水質は概ね富栄養化レベルまで悪化しない。

フラッシュ放流を実施する時期の水質をチェックし、下流への影響を評価する必要がある。

放流水のSSについては計算されているが、その他の水質項目については表層のみで放流水については詳細確認が必要である。

4. 試験施工モニタリング結果

平成 27 年 7 月 18 日に発生した高水敷が冠水する程度（ $150\text{m}^3/\text{s}$ 程度）の出水前後のモニタリング結果を比較した。
・試験施工計画で想定していた規模（ $30\text{m}^3/\text{s}$ 程度）の出水を大きく超える規模であったため、試験施工で整正した砂州はほとんど流失した。

◆試験施工地点出水前後の変化



モニタリング箇所の河床は全体的に低下した。

◆モニタリング地点の出水前後の変化



出水



出水



出水直後

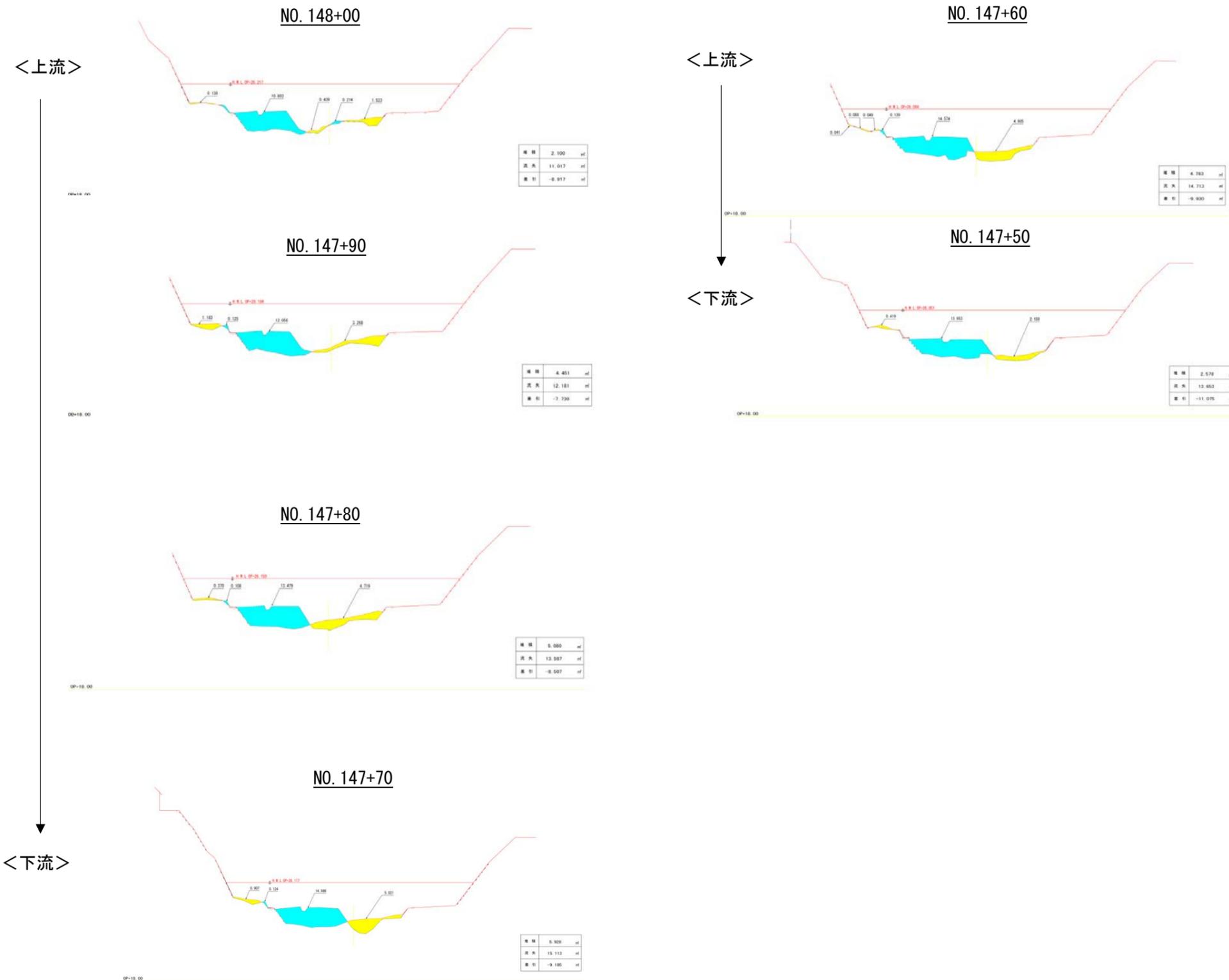


出水直後

左岸側に設置した砂州はほとんど流失し、みお筋も河道中央から左岸寄りに移動した。

◆試験施工箇所の横断変化

平成27年8月現在の状況報告



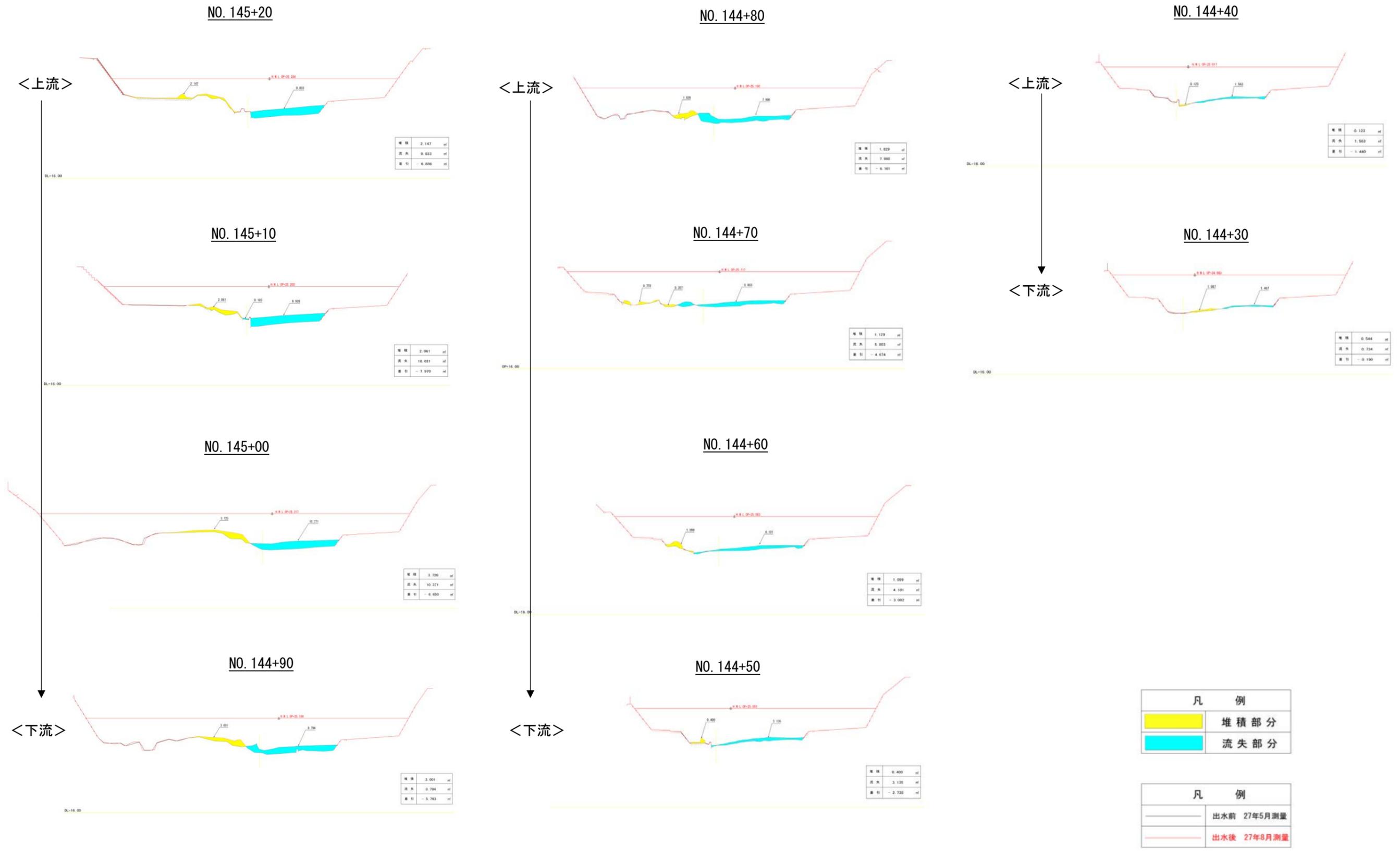
凡 例	
	堆積部分
	流失部分

凡 例	
	出水前 27年5月測量
	出水後 27年8月測量

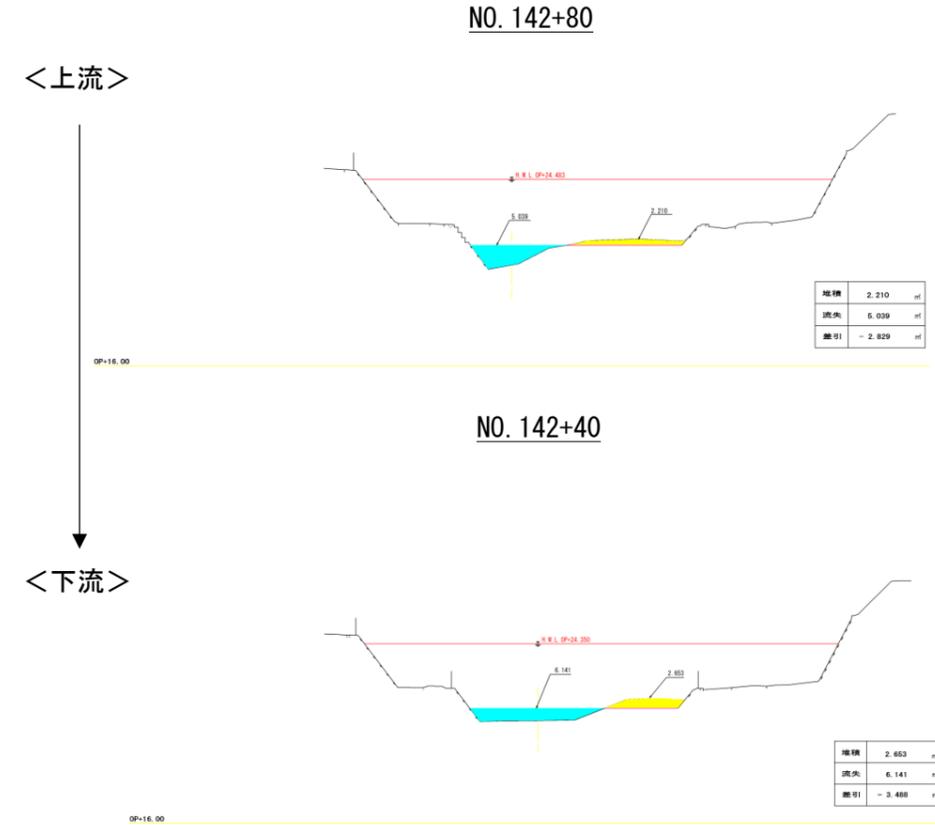
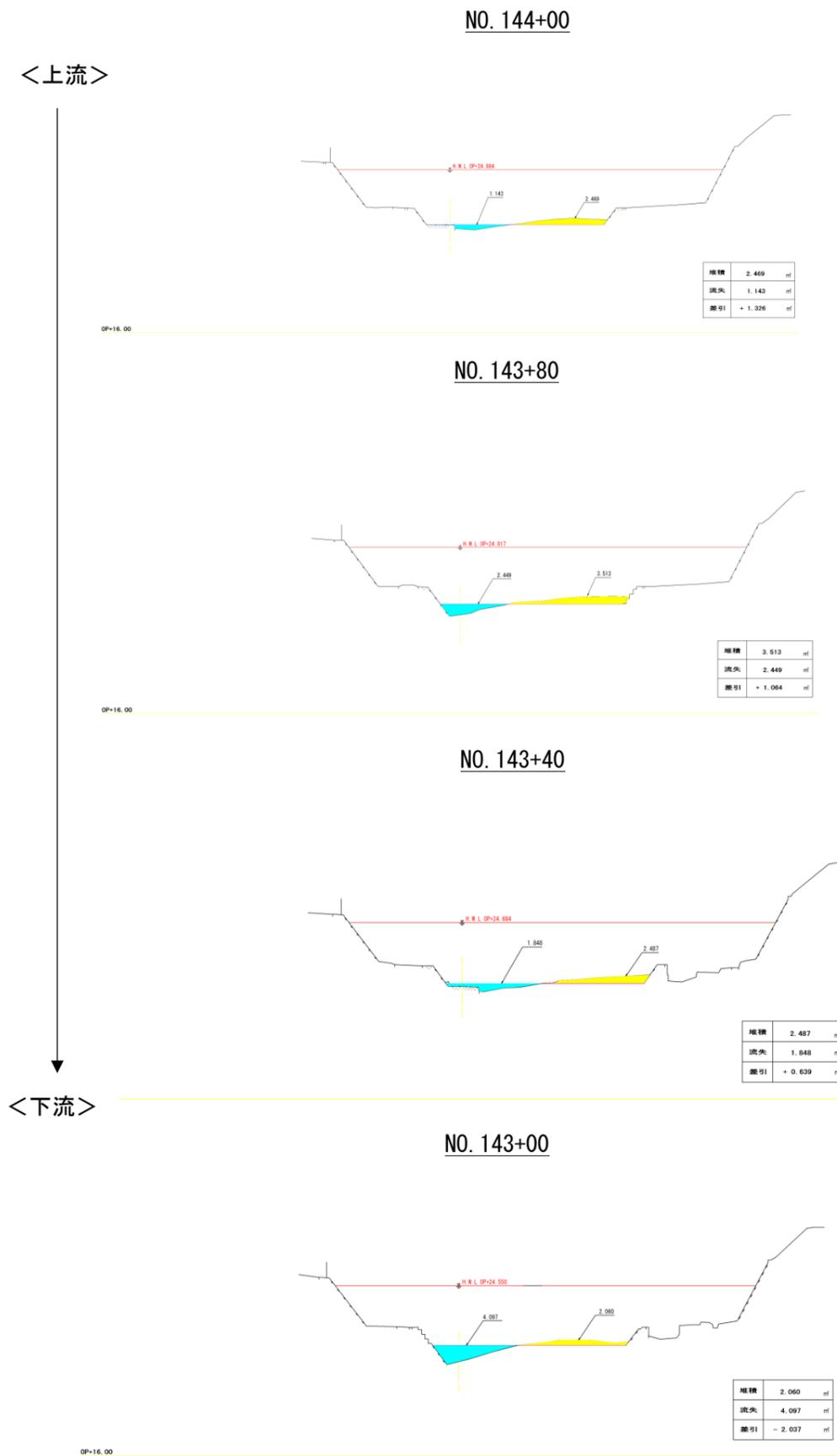
モニタリング箇所の河床はフラットに整正されていたが、左岸側にみお筋が形成された。

平成27年8月現在の状況報告

◆モニタリング箇所の横断変化



モニタリング箇所の河床は、左岸側にみお筋が形成された。



凡 例	
	堆積部分
	流失部分

凡 例	
	出水前 27年5月測量
	出水後 27年8月測量

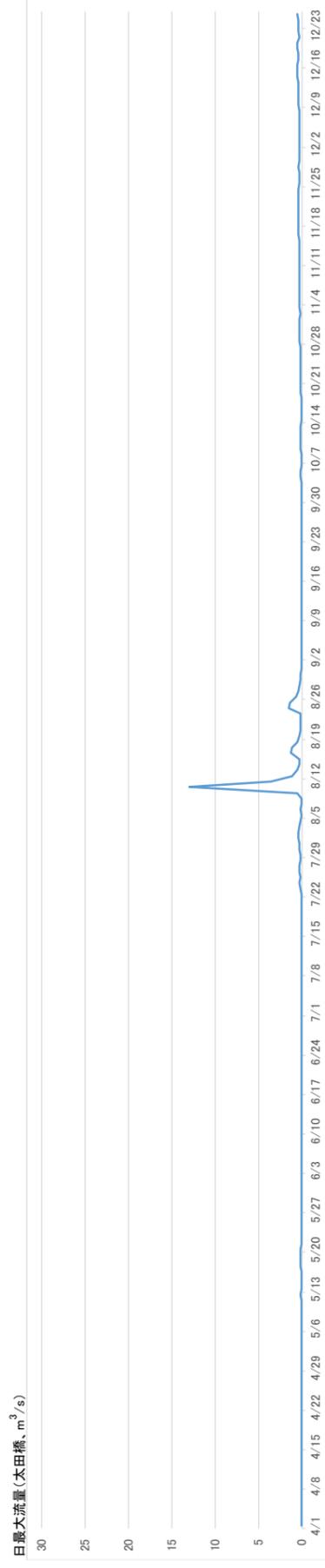
日最大流量 (H25.26.27)

日最大流量の時系列グラフ

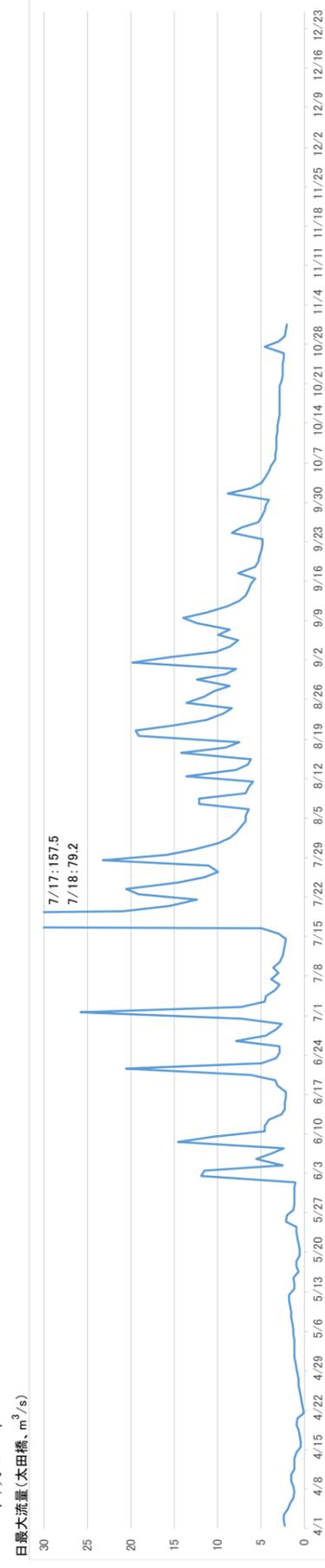
平成 25 年



平成 26 年



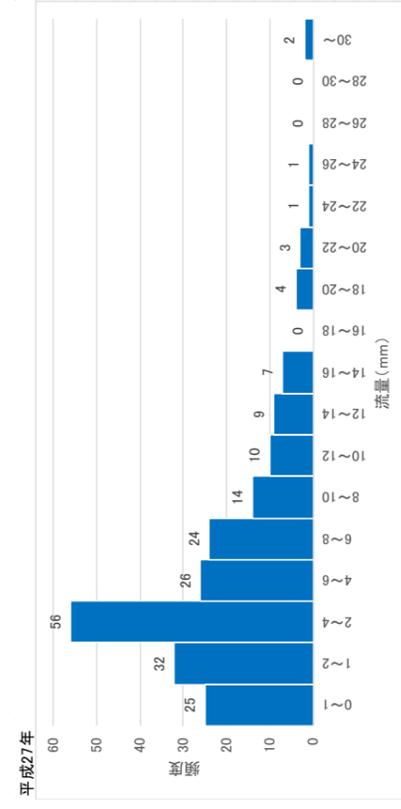
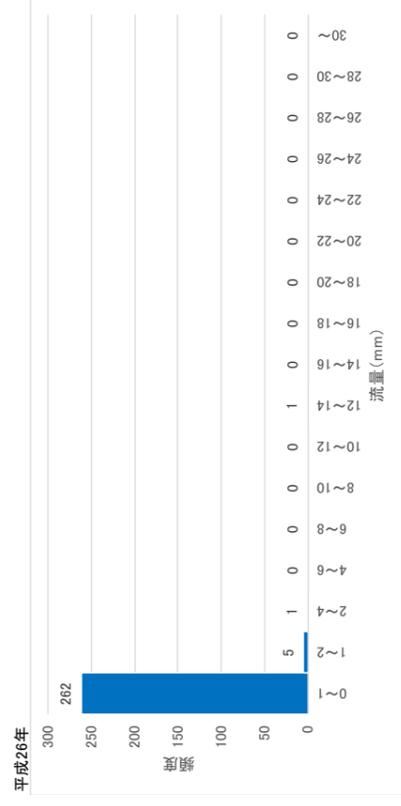
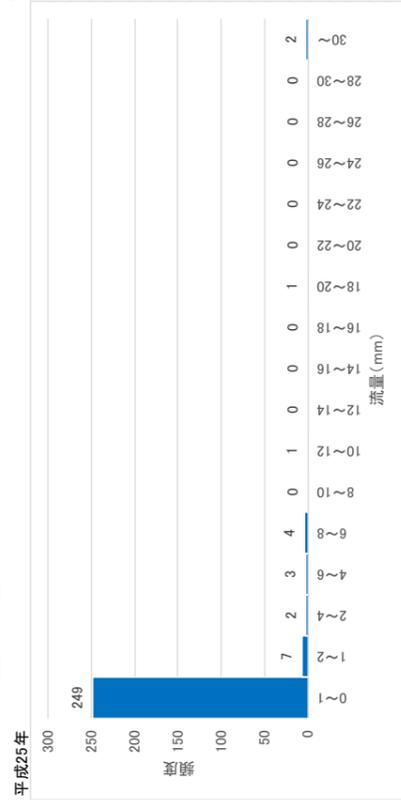
平成 27 年



注) 1. 太田橋流量は各日の観測最高水位から平成 23 年度H~Q式を用いて換算した流量。

2. 平成 27 年は 10 月 31 日まで計測。また、1/1~5/27 の流量は、水位計の不具合により参考値とする。

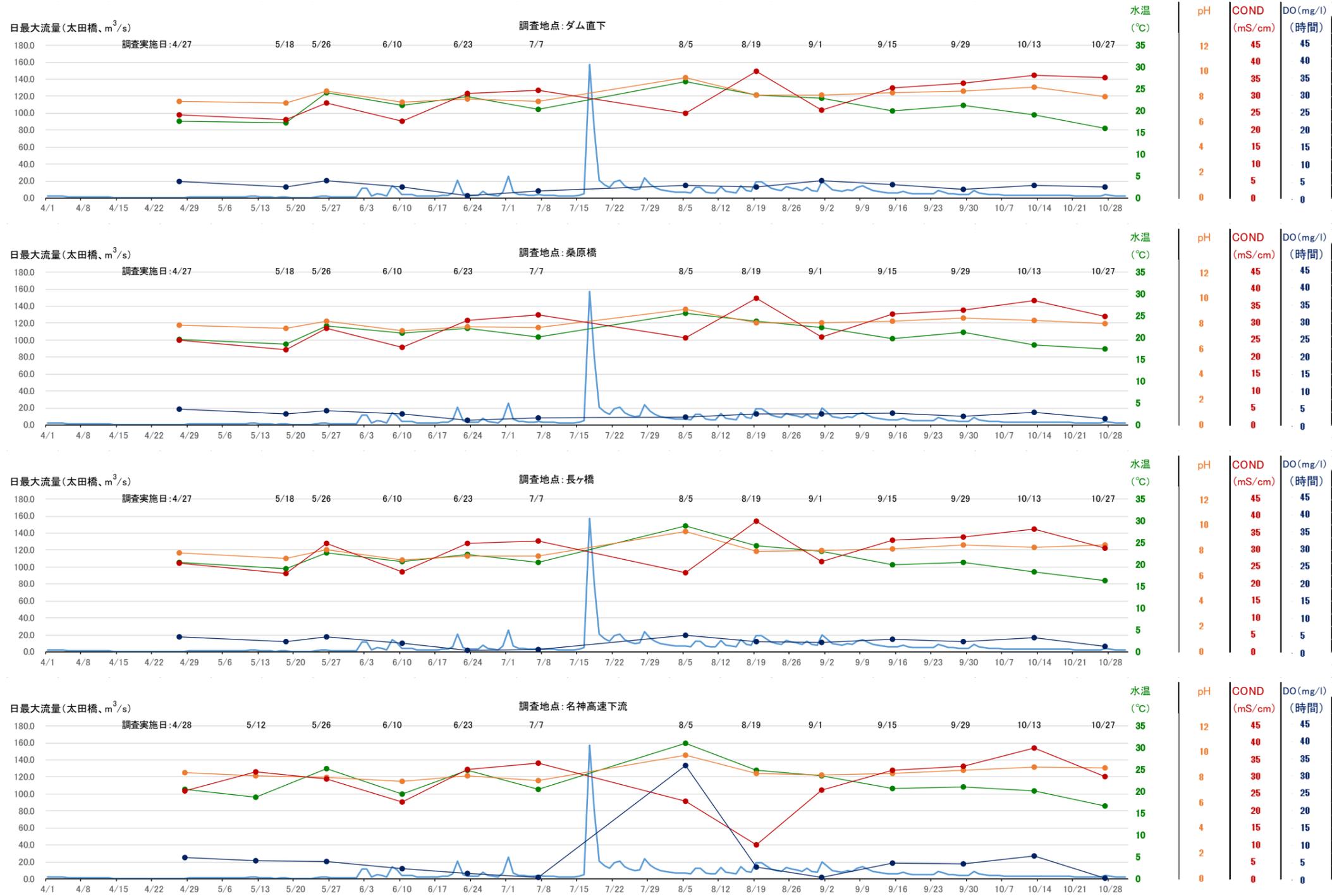
4.1. 日最大流量の流量別出現頻度



(※4/1~10/31までの流量の集計)

5. 水質 (H27)

- 水温は 16.0-31.0℃の範囲。pHは 7.0-9.6 の範囲で推移し、昨年と同様にアルカリ性の傾向を示した。水温および pH は各調査地点において同様の変動を示した。
- 電気伝導度： 0.1-0.4mS/cm の範囲で推移した。8/19 に名神高速下流において約 0.1mS/cm の低い値を記録したほかは、0.3mS/cm 前後で推移した。
- 溶存酸素：8/4 に名神高速下流において 37.4mg/l という高い値を示したが、それ以外の調査時には 10.0mg/l 前後で推移した。



水質の時系列変化

ダム直下						
調査月日	測定項目					備考
	水温 (°C)	pH	COND (mS/cm)	DO (mg/l)	流速 (m/s)	
4月27日	17.6	7.5	24.3	11.2	0.64	
5月18日	17.2	7.4	23.0	9.5	0.92	
5月26日	24.1	8.3	27.8	11.3	0.79	
6月10日	21.3	7.5	22.6	9.5	1.08	
6月23日	23.2	7.7	30.8	7.1	0.88	
7月7日	20.3	7.5	31.7	8.6	0.85	
7月21日	台風による増水のため欠測					
8月5日	26.6	9.4	24.9	10.1	0.70	
8月19日	23.5	8.0	37.3	9.5	0.53	
9月1日	22.9	8.0	25.7	11.3	0.52	
9月15日	20.0	8.2	32.3	10.3	0.52	
9月29日	21.2	8.3	33.7	9.0	0.80	
10月13日	19.0	8.7	36.2	10.1	0.45	
10月27日	16.0	7.9	35.5	9.6	0.24	

名神高速下流						
調査月日	測定項目					備考
	水温 (°C)	pH	COND (mS/cm)	DO (mg/l)	流速 (m/s)	
4月28日	20.6	8.3	25.9	12.4	1.48	
5月12日	18.8	8.0	31.4	11.6	0.88	
5月26日	25.2	7.9	29.3	11.3	0.71	
6月10日	19.4	7.6	22.6	9.3	1.19	
6月23日	24.8	8.0	32.1	8.2	1.36	
7月7日	20.4	7.7	34.0	6.9	1.39	
7月21日	台風による増水のため欠測					
8月4日	31.0	9.6	22.7	37.4	0.89	
8月19日	24.9	8.2	9.8	9.8	0.84	
9月1日	23.6	8.1	26.0	7.0	1.11	
9月15日	20.7	8.2	32.0	10.9	1.14	
9月29日	21.0	8.5	33.0	10.6	0.83	
10月13日	20.2	8.7	38.5	12.8	0.56	
10月27日	16.6	8.7	30.0	6.8	0.50	

桑原橋						
調査月日	測定項目					備考
	水温 (°C)	pH	COND (mS/cm)	DO (mg/l)	流速 (m/s)	
4月27日	19.5	7.8	24.8	10.9	0.60	
5月18日	18.5	7.5	22.0	9.6	0.85	
5月26日	22.7	8.1	28.4	10.5	0.78	
6月10日	21.0	7.4	22.7	9.7	0.73	
6月23日	22.2	7.6	30.8	8.0	0.66	
7月7日	20.2	7.6	32.4	8.4	0.78	
7月21日	台風による増水のため欠測					
8月5日	25.6	9.0	25.5	8.7	0.75	
8月19日	23.8	8.0	37.3	9.6	0.69	
9月1日	22.4	8.0	25.7	9.6	0.57	
9月15日	19.8	8.1	32.6	9.9	0.98	
9月29日	21.2	8.4	33.7	9.0	0.80	
10月13日	18.3	8.1	36.5	10.1	0.69	
10月27日	17.5	7.9	32.0	8.3	0.55	

芥川 原大橋						
調査月日	測定項目					備考
	水温 (°C)	pH	COND (mS/cm)	DO (mg/l)	流速 (m/s)	
7月9日	24	7.59	29.1	6.16	0.49	

長ヶ橋						
調査月日	測定項目					備考
	水温 (°C)	pH	COND (mS/cm)	DO (mg/l)	流速 (m/s)	
4月27日	20.5	7.7	26.0	10.8	0.87	
5月18日	19.1	7.3	23.0	9.3	0.98	
5月26日	22.7	8.0	31.9	10.8	0.67	
6月10日	20.6	7.1	23.5	9.0	1.14	
6月23日	22.3	7.5	32.0	7.0	0.72	
7月7日	20.5	7.5	32.7	7.1	0.91	
7月21日	台風による増水のため欠測					
8月4日	28.9	9.4	23.2	11.1	1.13	
8月19日	24.3	7.9	38.4	9.5	0.94	
9月1日	23.0	7.9	26.4	9.1	1.09	
9月15日	20.0	8.0	32.9	10.1	0.92	
9月29日	20.5	8.4	33.7	9.5	0.85	
10月13日	18.4	8.1	36.0	10.6	0.69	
10月27日	16.3	8.3	30.6	8.1	0.55	

是推橋(試験施工区間)						
調査月日	測定項目					備考
	水温 (°C)	pH	COND (mS/cm)	DO (mg/l)	流速 (m/s)	
4月28日	19.8	8.1	26.5	11.1	1.08	
5月12日	18.1	7.7	31.1	10.2	0.71	
5月26日	21.5	7.8	30.6	10.8	0.95	
6月11日	18.6	7.5	9.9	28.8	1.29	
6月23日	22.4	7.7	30.9	8.6	1.54	
7月7日	20.6	7.6	32.8	6.2	1.24	
7月15日	27.9	8.5	35.2	5.6	0.74	出水前調査
7月21日	台風による増水のため欠測					
7月23日	21.2	7.1	20.5	10.9	1.28	出水後調査
8月4日	29.2	9.5	23.3	12.5	1.53	

是推橋(試験施工モニタリング区間)						
調査月日	測定項目					備考
	水温 (°C)	pH	COND (mS/cm)	DO (mg/l)	流速 (m/s)	
4月28日	17.3	7.8	26.5	11.5	1.07	
5月12日	18.4	7.6	31.3	10.9	0.67	
5月26日	22.7	7.8	29.4	11.5	0.83	
6月11日	18.7	7.0	28.8	9.5	1.45	
6月23日	23.0	7.6	30.8	7.3	1.32	
7月7日	20.7	7.6	33.7	7.7	0.62	
7月15日	28.7	8.8	35.1	7.0	0.35	出水前調査
7月21日	台風による増水のため欠測					
7月23日	21.3	7.1	17.7	10.9	0.84	出水後調査
8月4日	28.8	9.5	23.6	11.5	0.85	

6. 付着藻類

6.1. 大型糸状緑藻類調査 (中間結果) H27.12

地点	調査日	9月1日	9月15日	9月29日	10月13日	10月27日
ダム直下		シオグサ属 トゲナシツルギ属 未同定種	—	シオグサ属	シオグサ属 サヤミドロ属 アオミドロ属	シオグサ属 サヤミドロ属 アオミドロ属 未同定種
桑原橋		トゲナシツルギ属 シオグサ属	—	シオグサ属 サヤミドロ属 未同定種	シオグサ属 サヤミドロ属	シオグサ属 サヤミドロ属 未同定種
長ヶ橋		トゲナシツルギ属 シオグサ属	—	トゲナシツルギ属 シオグサ属 未同定種	シオグサ属 サヤミドロ属	シオグサ属 サヤミドロ属 未同定種
名神高速下流		サヤミドロ属 シオグサ属	—	サヤミドロ属 シオグサ属	サヤミドロ属 シオグサ属	サヤミドロ属 シオグサ属

注: 河床の礫やたまり、植物への付着など、大型糸状緑藻類の繁茂を目視により確認した場合に定性調査のために採取、検鏡を行った。

繁茂が確認されずサンプルがない場合には“—”で示した。

現地所見: 糸状藻類が目に見えて繁茂しているもの(よく伸張しているもの)を定性的に採取した。

アオミドロ属はダム直下で観察された。これらは細かい泥が堆積する流れの無い場所を確認された。

シオグサ属やサヤミドロ属は、流れの有無にかかわらず検出され、アシなどの植物に絡まっていたものも同様であった。

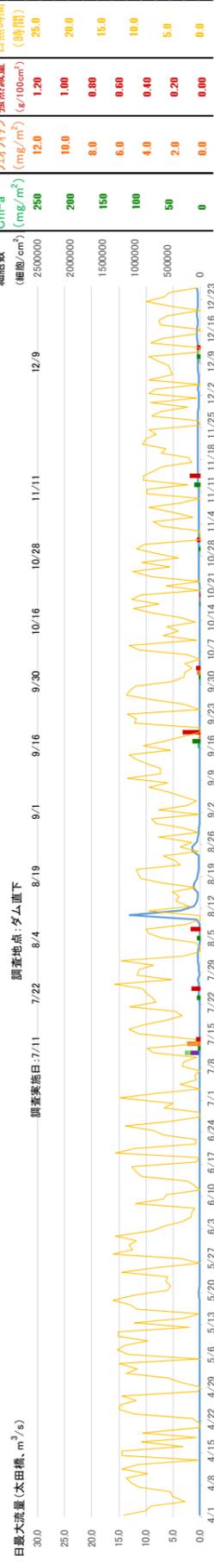
未同定種は、現在同定作業中。

6.2. ダム直下 (定量)

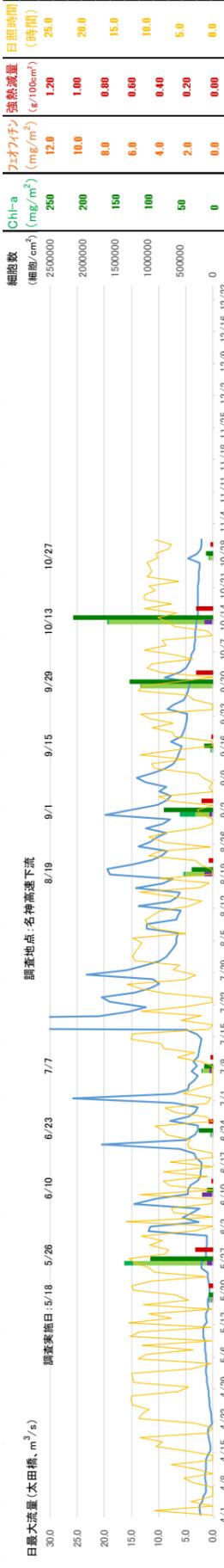
平成 25 年

・調査なし

平成 26 年



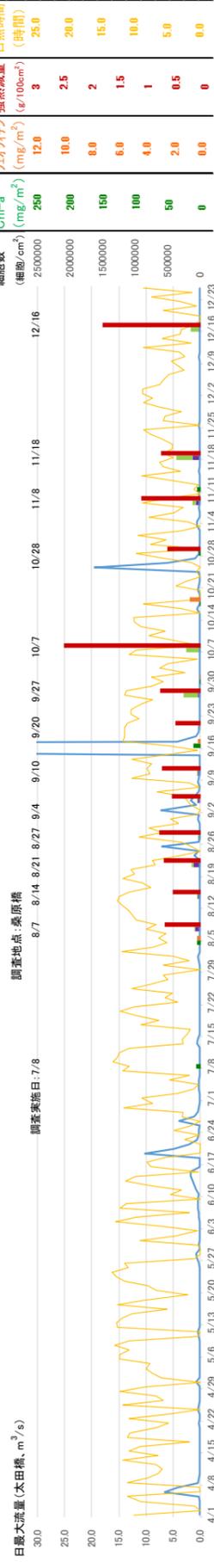
平成 27 年



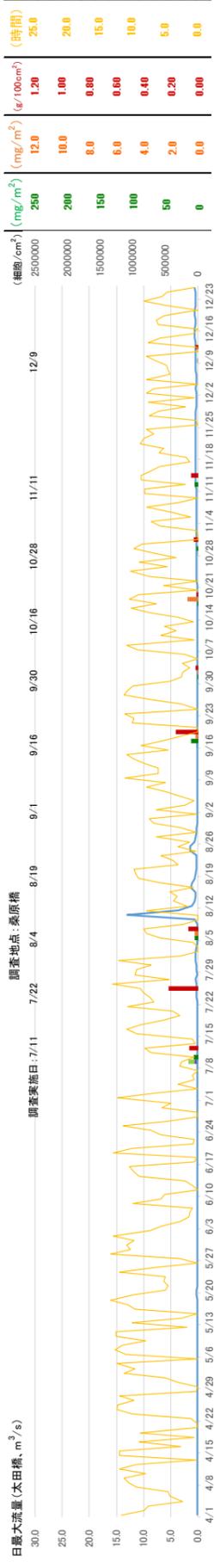
注) 日照時間は、枚方地方観測所での測定値

6.3. 桑原橋 (定量)

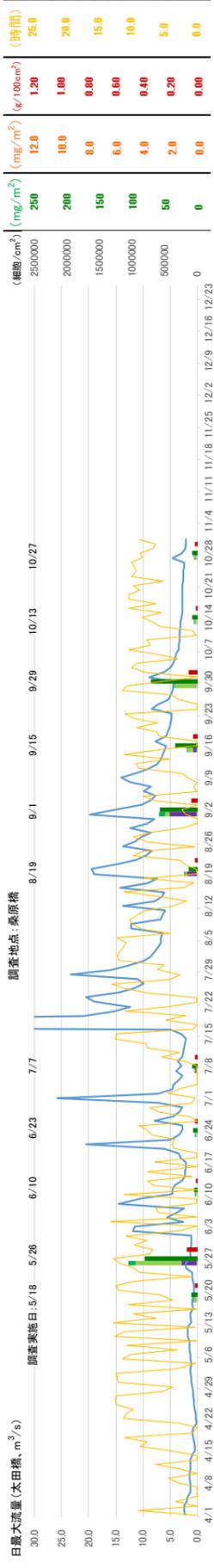
平成 25 年



平成 26 年



平成 27 年



注) 日照時間は、枚方地方観測所での測定値

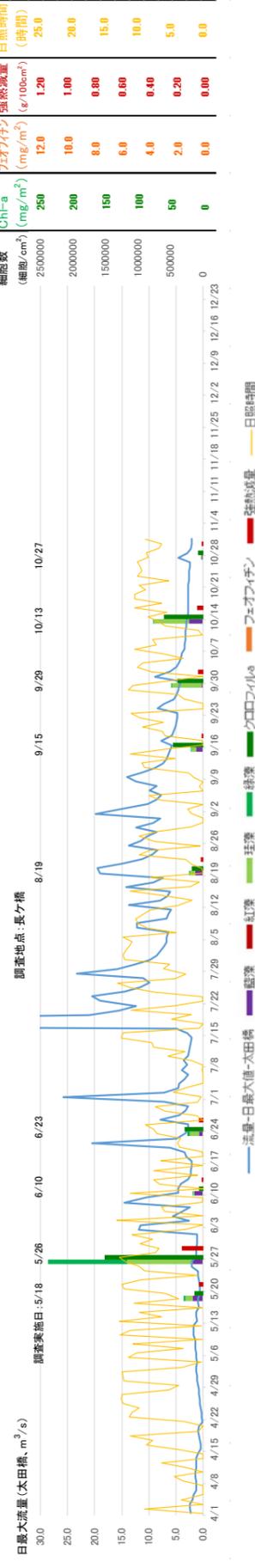
6.4. 長ヶ橋 (定量)

平成 25 年
・調査なし

平成 26 年



平成 27 年



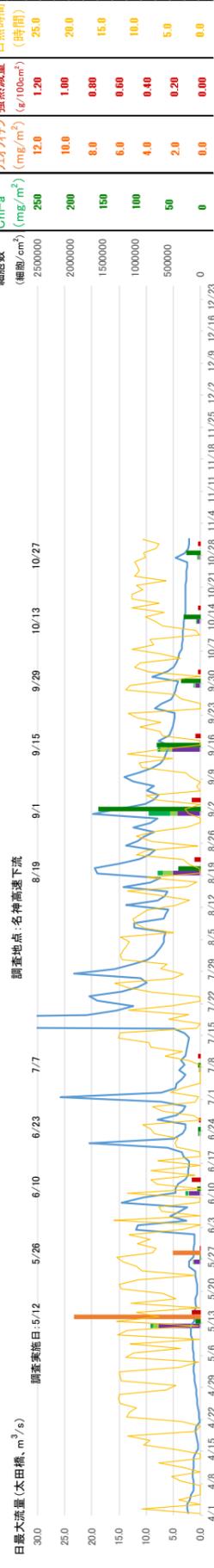
注) 日照時間は、枚方地方観測所での測定値

6.5. 名神高速下流 (定量)

平成 25 年
・調査なし

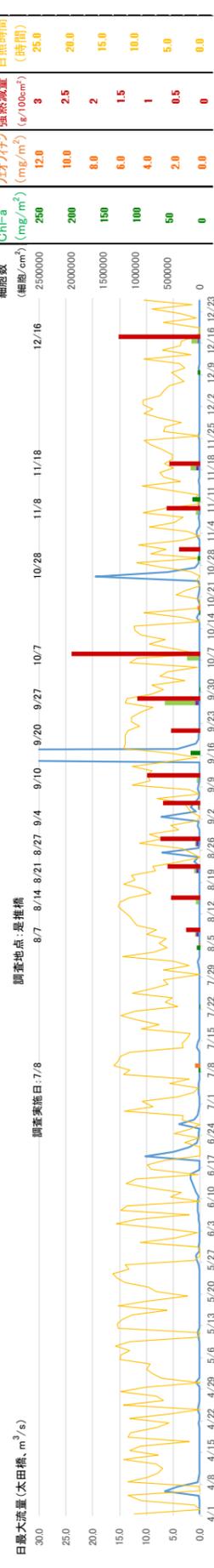
平成 26 年
・調査なし

平成 27 年



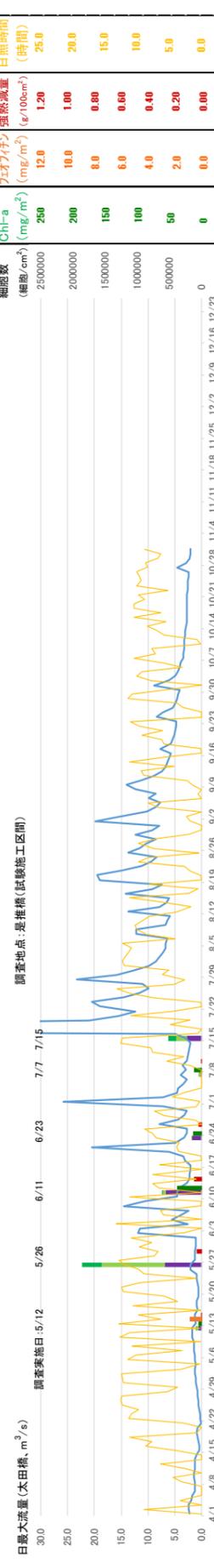
注) 日照時間は、枚方地方観測所での測定値

6.6. 是推橋（定量） 平成25年



平成26年
・調査なし

平成27年（試験施工区間）

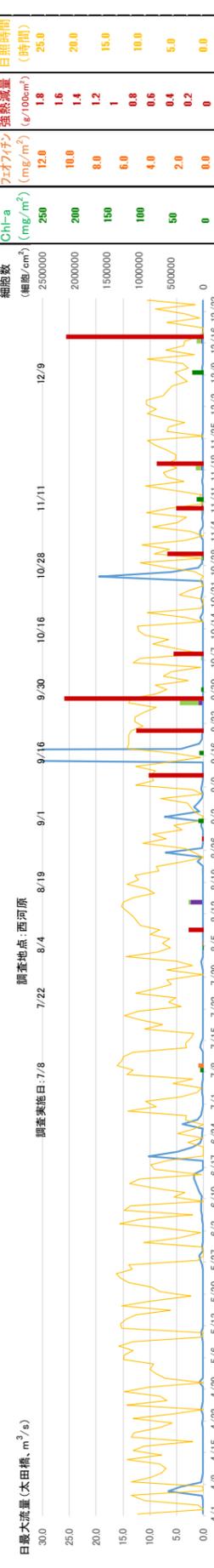


平成27年（試験施工モニタリング区間）

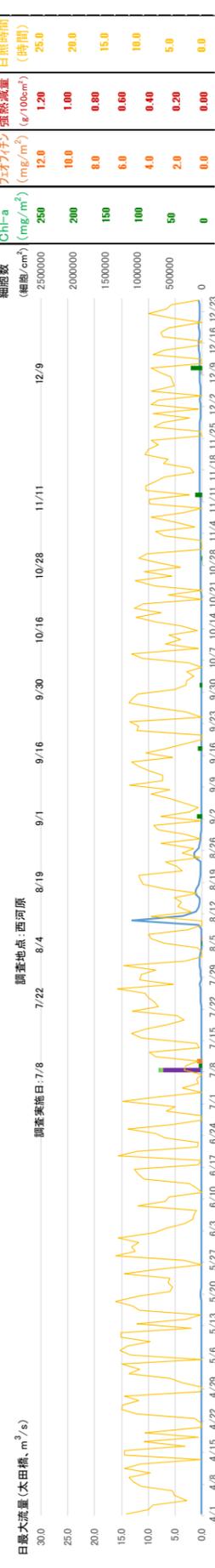


注) 日照時間は、枚方地方観測所での測定値

6.7. 西河原新橋上流（定量） 平成25年



平成26年



注) 日照時間は、枚方地方観測所での測定値

平成27年
・調査なし

6. 8. 沈殿量および強熱減量分析結果

ダム予定速下流【定性】

調査日	沈殿量 (ml)	乾燥重量 (g/100cm ³)	強熱減量 (g/100cm ³)	強熱減量率 (%)
4月27日	2.8	0.3067	0.0682	22.2
5月18日	1.3	0.0789	0.0304	38.5
5月26日	2.6	0.2464	0.0502	20.4
6月10日	1.2	0.0971	0.0167	17.2
6月23日	0.5	0.0621	0.0148	23.8
7月7日	0.4	0.0619	0.0102	16.5
7月21日	10.4	1.1334	0.1832	16.2
8月5日	1.9	0.2872	0.0374	13.0
8月19日	3.5	0.6351	0.0816	12.8
9月1日	2.5	0.3973	0.0605	15.2
9月15日	4.3	0.9226	0.0914	9.9
9月29日	5.0	0.6757	0.1046	15.5
10月13日	0.9	0.0743	0.0158	21.3
10月27日				

長ヶ橋【定性】

調査日	沈殿量 (ml)	乾燥重量 (g/100cm ³)	強熱減量 (g/100cm ³)	強熱減量率 (%)
4月27日	3.2	0.1037	0.0497	47.9
5月18日	1.2	0.0611	0.0227	37.2
5月26日	4.1	0.4280	0.1023	23.9
6月10日	0.6	0.0450	0.0073	16.2
6月23日	0.5	0.0482	0.0137	28.4
7月7日	0.5	0.0452	0.0125	27.7
7月21日	10.4	1.0001	0.1330	34.1
8月5日	1.0	0.0448	0.0172	38.4
8月19日	5.3	0.4594	0.0974	21.2
9月1日	2.5	0.2158	0.0511	23.7
9月15日	4.9	0.5923	0.0887	15.0
9月29日	4.7	0.5116	0.0986	19.3
10月13日	0.5	0.0401	0.0123	30.7
10月27日				

名神高速下流【定性】

調査日	沈殿量 (ml)	乾燥重量 (g/100cm ³)	強熱減量 (g/100cm ³)	強熱減量率 (%)
4月23日	2.2	0.1166	0.0619	53.1
5月12日	1.6	0.0721	0.0340	47.2
5月26日	1.2	0.0813	0.0404	49.7
6月10日	4.4	0.1816	0.0807	44.4
6月23日	0.55	0.0510	0.0123	24.1
7月7日	7.4	0.0690	0.0397	57.5
7月21日	17.0	1.0001	0.2468	24.7
8月4日	2.4	0.1184	0.0435	36.7
8月19日	3.2	0.1376	0.0665	41.1
9月1日	2.8	0.1692	0.0568	33.6
9月15日	2.4	0.1089	0.0343	31.5
9月29日	2.9	0.0989	0.0426	42.6
10月13日	6.3	0.2600	0.1176	45.2
10月27日				

ダム予定速下流【定量】

調査日	沈殿量 (ml)	乾燥重量 (g/100cm ³)	強熱減量 (g/100cm ³)	強熱減量率 (%)
5月18日	1.0	0.0514	0.0288	58.0
5月26日	4.2	1.1788	0.1273	10.8
6月10日	0.9	0.0545	0.0132	24.2
6月23日	1.1	0.0900	0.0279	31.0
7月7日	0.8	0.0853	0.0172	28.3
7月21日	10.4	1.0653	0.1772	16.7
8月5日	1.6	0.2044	0.0300	14.7
8月19日	3.8	0.8517	0.0844	9.9
9月1日	0.4	0.0278	0.0093	33.5
9月15日	5.8	0.8937	0.1201	13.4
9月29日	6.3	0.7224	0.1209	16.7
10月13日	1.1	0.0814	0.0186	22.9
10月27日				

長ヶ橋【定量】

調査日	沈殿量 (ml)	乾燥重量 (g/100cm ³)	強熱減量 (g/100cm ³)	強熱減量率 (%)
5月18日	2.5	0.0943	0.0319	33.8
5月26日	8.9	0.9632	0.1560	16.2
6月10日	0.8	0.0306	0.0126	41.2
6月23日	1.6	0.1176	0.0289	24.6
7月7日	10.4	1.0653	0.1772	16.7
7月21日	0.9	0.0465	0.0178	38.3
8月4日	0.7	0.0171	0.0094	55.0
8月19日	2.4	0.2160	0.0428	19.8
9月1日	0.3	0.0233	0.0093	39.9
9月15日	0.4	0.0232	0.0070	30.2
9月29日	0.8	0.0373	0.0133	35.7
10月13日	0.3	0.0320	0.0164	51.3
10月27日				

名神高速下流【定量】

調査日	沈殿量 (ml)	乾燥重量 (g/100cm ³)	強熱減量 (g/100cm ³)	強熱減量率 (%)
5月12日	1.8	0.0825	0.0600	72.7
5月26日	0.4	0.0232	0.0070	30.2
6月10日	2.2	0.1678	0.0630	37.5
6月23日	0.9	0.0373	0.0133	35.7
7月7日	0.9	0.0320	0.0164	51.3
7月21日	2.4	0.1027	0.0416	40.5
8月4日	3.6	0.1533	0.0606	39.5
8月19日	2.3	0.0772	0.0369	47.8
9月1日	0.6	0.0236	0.0168	71.2
9月15日	1.1	0.0237	0.0151	63.7
9月29日	0.8	0.0200	0.0146	73.0
10月13日				
10月27日				

桑ノ原橋上流【定性】

調査日	沈殿量 (ml)	乾燥重量 (g/100cm ³)	強熱減量 (g/100cm ³)	強熱減量率 (%)
4月27日	2.1	0.3034	0.0416	13.7
5月18日	2.2	0.4523	0.0526	11.6
5月26日	3.2	0.5367	0.0956	17.8
6月10日	0.8	0.0600	0.0136	22.7
6月23日	3.9	0.1625	0.0440	27.1
7月7日	0.5	0.0486	0.0164	33.7
7月21日	7.8	0.3768	0.1056	28.0
8月5日	1.3	0.1396	0.0243	17.4
8月19日	3.7	0.3296	0.0846	25.7
9月1日	2.6	0.4892	0.0791	16.9
9月15日	3.5	0.4122	0.0632	15.3
9月29日	2.0	0.1344	0.0308	22.9
10月13日	1.2	0.0521	0.0175	33.6
10月27日				

長ヶ橋【定性】

調査日	沈殿量 (ml)	乾燥重量 (g/100cm ³)	強熱減量 (g/100cm ³)	強熱減量率 (%)
4月28日	1.7	0.0696	0.0442	63.5
5月12日	0.7	0.0142	0.0088	62.0
5月26日	3.8	0.2482	0.1152	46.4
6月11日	1.4	0.0566	0.0179	31.6
6月23日	5.2	0.1739	0.0683	39.3
7月7日	0.5	0.0687	0.0236	34.4
7月21日	15.6	1.9238	0.3526	18.3
8月4日	0.4	0.0538	0.0198	36.8
8月19日	12.6	1.3031	0.1714	13.2
9月1日				
9月15日				
9月29日				
10月13日				
10月27日				

長ヶ橋【定量】

調査日	沈殿量 (ml)	乾燥重量 (g/100cm ³)	強熱減量 (g/100cm ³)	強熱減量率 (%)
5月12日	1.2	0.0641	0.0401	62.6
5月26日	4.4	0.2307	0.0701	30.4
6月11日	1.4	0.0530	0.0237	44.7
6月23日	2.8	0.0657	0.0350	53.3
7月7日	0.3	0.0248	0.0044	17.7
7月21日	10.4	1.0653	0.1772	16.7
8月4日	0.7	0.0171	0.0094	55.0
8月19日	2.4	0.2160	0.0428	19.8
9月1日	0.3	0.0233	0.0093	39.9
9月15日	0.4	0.0232	0.0070	30.2
9月29日	0.8	0.0373	0.0133	35.7
10月13日	0.3	0.0320	0.0164	51.3
10月27日				

桑ノ原橋上流【定量】

調査日	沈殿量 (ml)	乾燥重量 (g/100cm ³)	強熱減量 (g/100cm ³)	強熱減量率 (%)
5月18日	1.1	0.0485	0.0161	33.2
5月26日	3.3	0.3805	0.0767	20.2
6月10日	0.7	0.0587	0.0124	21.1
6月23日	0.6	0.0999	0.0192	19.2
7月7日	0.5	0.0417	0.0164	39.3
7月21日	10.4	1.0653	0.1772	16.7
8月5日	0.9	0.0439	0.0147	33.5
8月19日	2.3	0.1575	0.0417	26.5
9月1日	1.3	0.0957	0.0282	29.5
9月15日	3.1	0.3780	0.0632	16.7
9月29日	0.7	0.0273	0.0125	48.8
10月13日	1.2	0.0442	0.0143	32.4
10月27日				

長ヶ橋【定量】

調査日	沈殿量 (ml)	乾燥重量 (g/100cm ³)	強熱減量 (g/100cm ³)	強熱減量率 (%)
5月12日	1.2	0.0641	0.0401	62.6
5月26日	4.4	0.2307	0.0701	30.4
6月11日	1.4	0.0530	0.0237	44.7
6月23日	2.8	0.0657	0.0350	53.3
7月7日	0.3	0.0248	0.0044	17.7
7月21日	10.4	1.0653	0.1772	16.7
8月4日	0.7	0.0171	0.0094	55.0
8月19日	2.4	0.2160	0.0428	19.8
9月1日	0.3	0.0233	0.0093	39.9
9月15日	0.4	0.0232	0.0070	30.2
9月29日	0.8	0.0373	0.0133	35.7
10月13日	0.3	0.0320	0.0164	51.3
10月27日				

2) クロロフィルa量、フェオフィチン量

ダム直下【定性調査】

調査日	クロロフィルa (mg/m ³)	フェオフィチン (mg/m ³)
4月27日	40.4	-
5月18日	4.3	-
5月26日	13.9	48.2
6月10日	2.9	-
6月23日	4.2	-
7月7日	10.1	-
7月21日	171.9	-
8月5日	34.0	-
8月19日	85.9	-
9月1日	47.3	6.4
9月15日	44.9	14.4
9月29日	147.9	-
10月13日	13.1	-
10月27日		

長ヶ橋【定性調査】

調査日	クロロフィルa (mg/m ³)	フェオフィチン (mg/m ³)
4月27日	4.2	7.4
5月18日	6.4	-
5月26日	82.2	-
6月10日	3.2	-
6月23日	12.8	-
7月7日	12.0	-
7月21日	97.7	-
8月4日	18.4	-
8月19日	108.0	9.1
9月1日	67.8	-
9月15日	73.4	-
9月29日	186.0	-
10月13日	8.7	-
10月27日		

是推橋(試験施工モニタリング区間)【定性調査】

調査日	クロロフィルa (mg/m ³)	フェオフィチン (mg/m ³)
4月28日	14.7	-
5月12日	8.8	-
5月26日	7.0	111.4
6月11日	13.5	-
6月23日	43.6	-
7月7日	6.7	-
7月21日	268.8	73.4
8月4日	1.3	0.4
8月19日	36.3	-

ダム直下【定量調査】

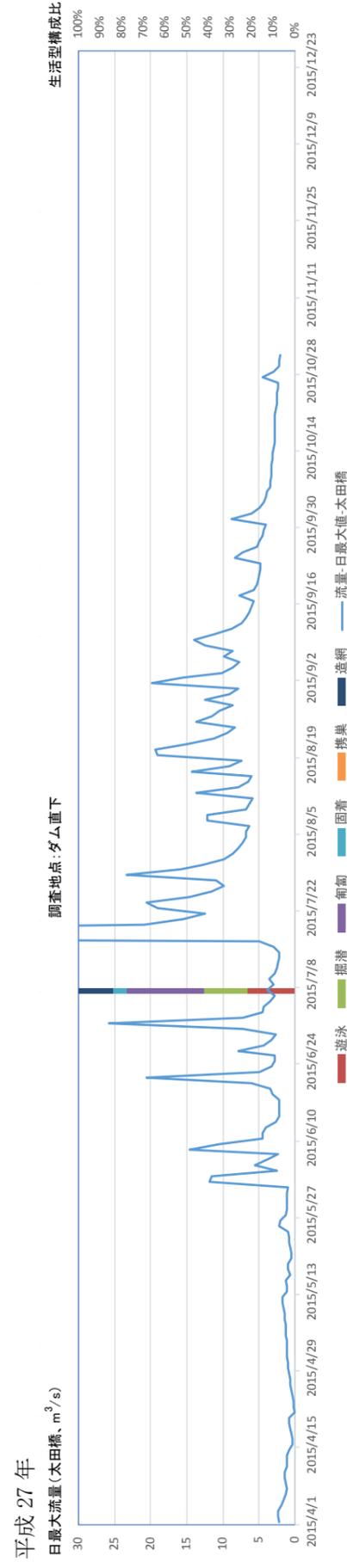
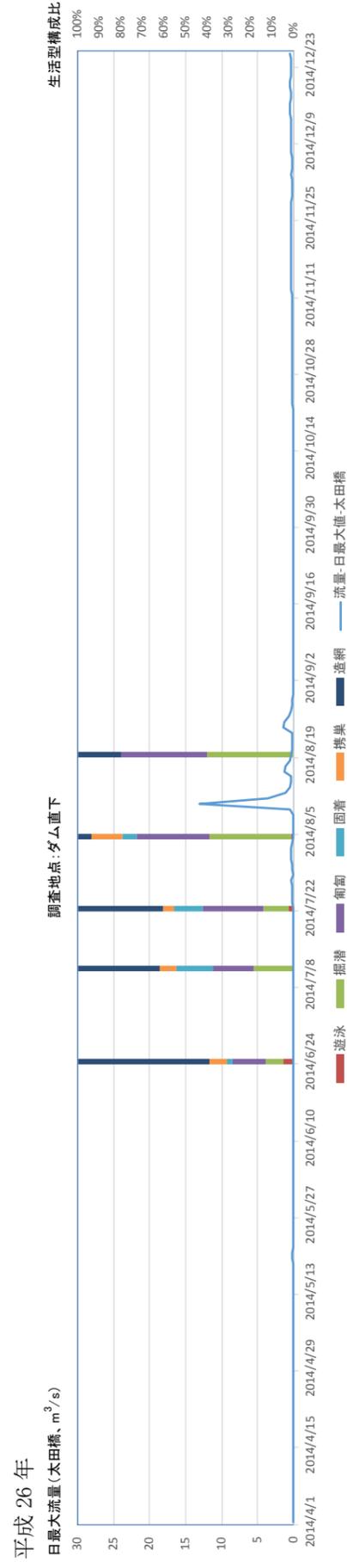
調査日	クロロフィルa (mg/m ³)	フェオフィチン (mg/m ³)
5月18日	7.0	-
5月26日	95.8	-
6月10日	9.3	-
6月23日	21.9	-
7月7日	13.4	-
7月21日	320	-
8月5日	75.9	-
8月19日	13.7	-
9月1日	128.5	-
9月15日	214.7	-
9月29日	11.1	-
10月13日	-	-
10月27日		

長ヶ橋【定量調査】

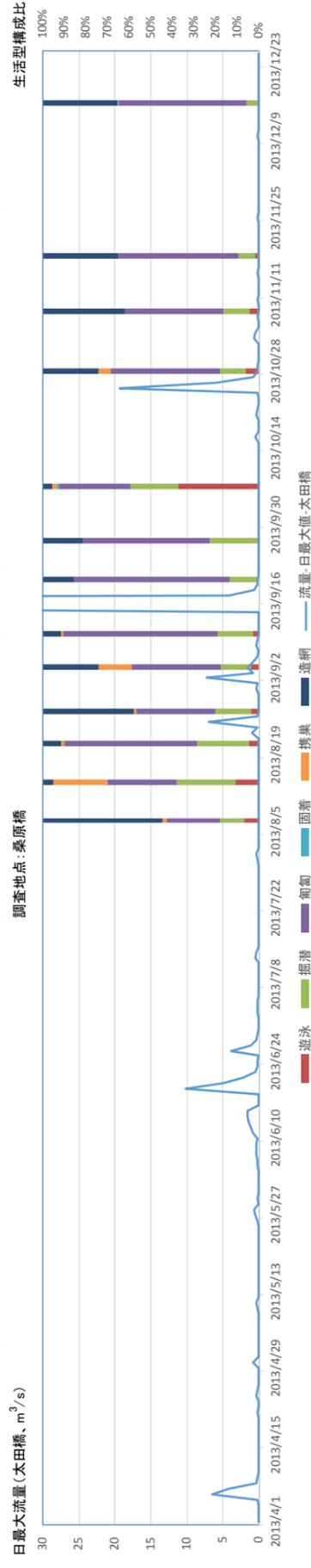
調査日	クロロフィルa (mg/m ³)	フェオフィチン (mg/m ³)
5月18日	13.5	-
5月26日	151.5	-
6月10日	6.9	-
6月23日	28.2	-
7月7日	17.9	-
7月21日	46.8	-
8月4日	59.9	-
8月19日	8.2	-
9月1日	17.9	-
9月15日	40.1	-
9月29日	59.9	-
10月13日	-	-
10月27日		

是推橋(試験施工モニタリング区間)【定量調査】

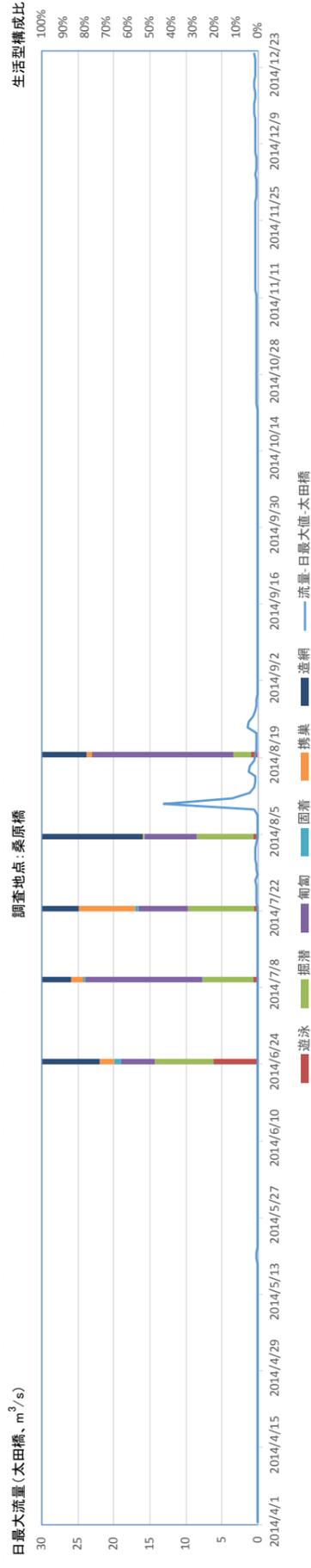
7. 底生動物
 7.1. 経年子一夕
 (1) ダム直下
 平成 25 年
 ・調査なし



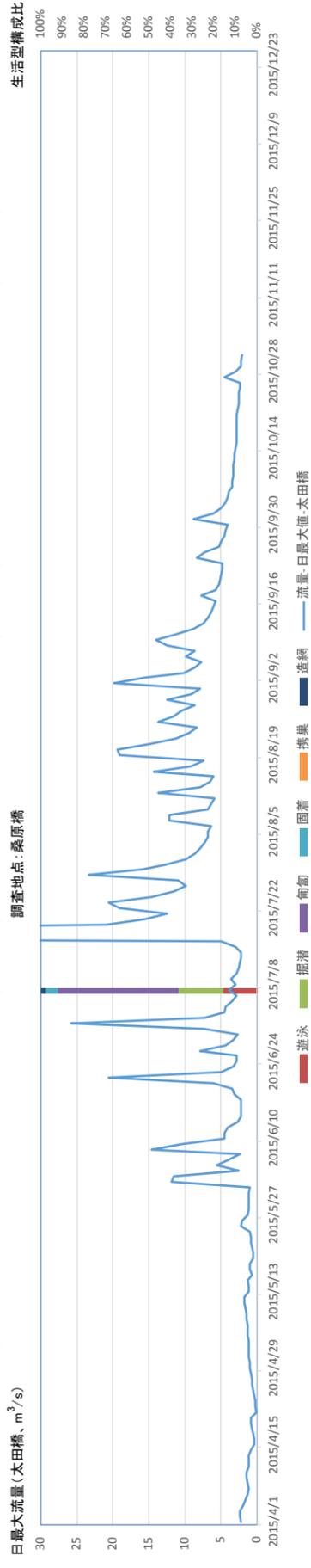
(2) 桑原橋
 平成 25 年



平成 26 年

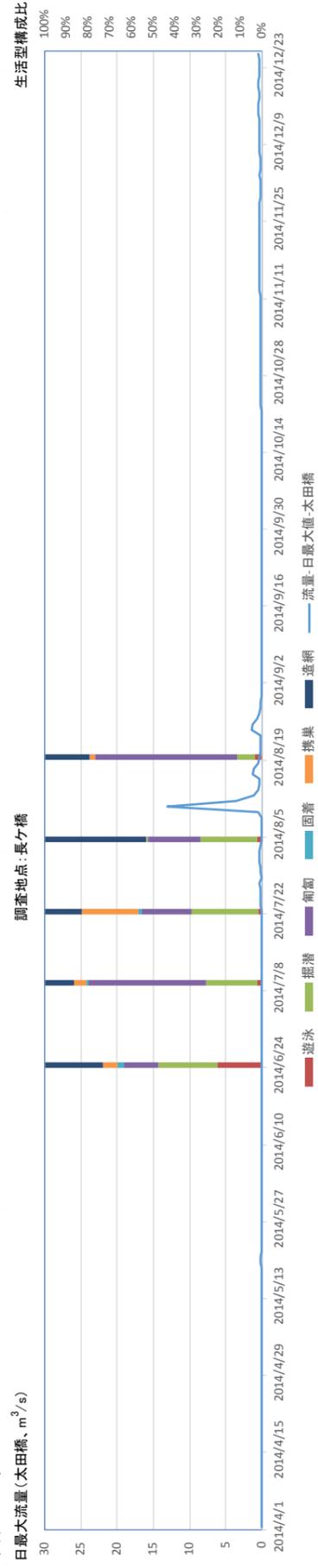


平成 27 年

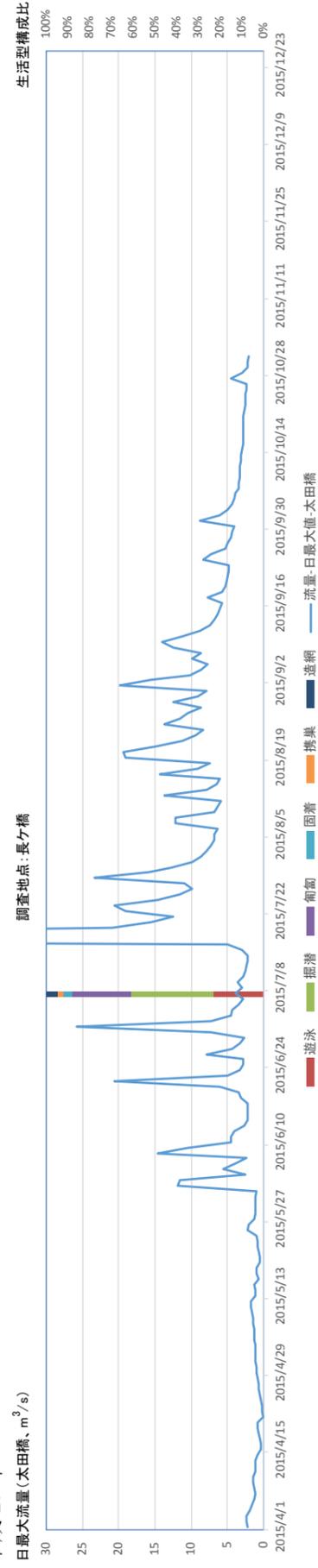


(3) 長ヶ橋
平成 25 年
・調査なし

平成 26 年

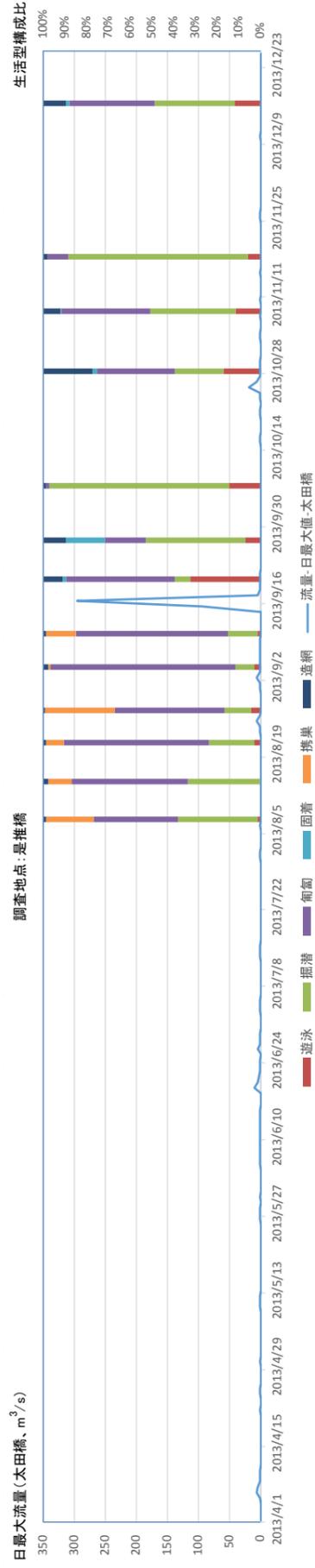


平成 27 年



(4) 是推橋
平成 25 年

日最大流量(太田橋、m³/s)



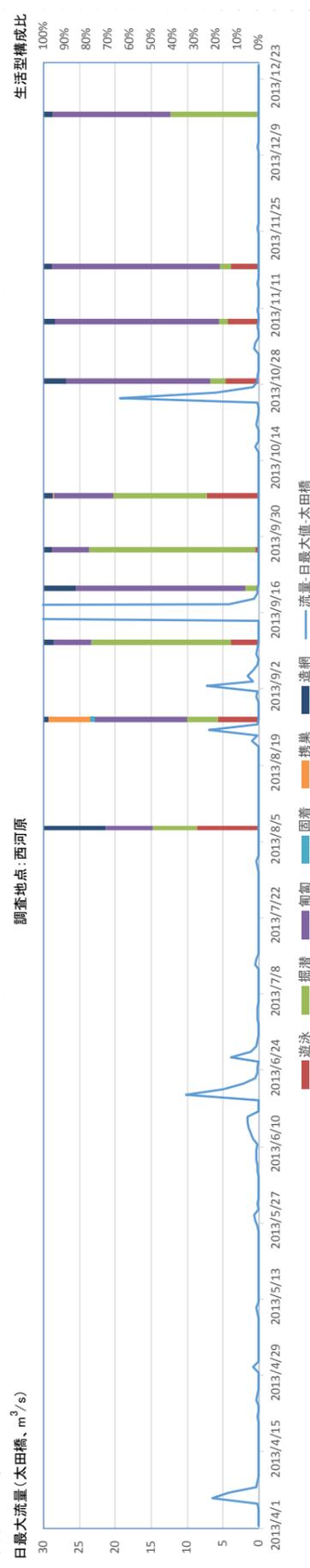
平成 26 年
・調査なし

平成 27 年



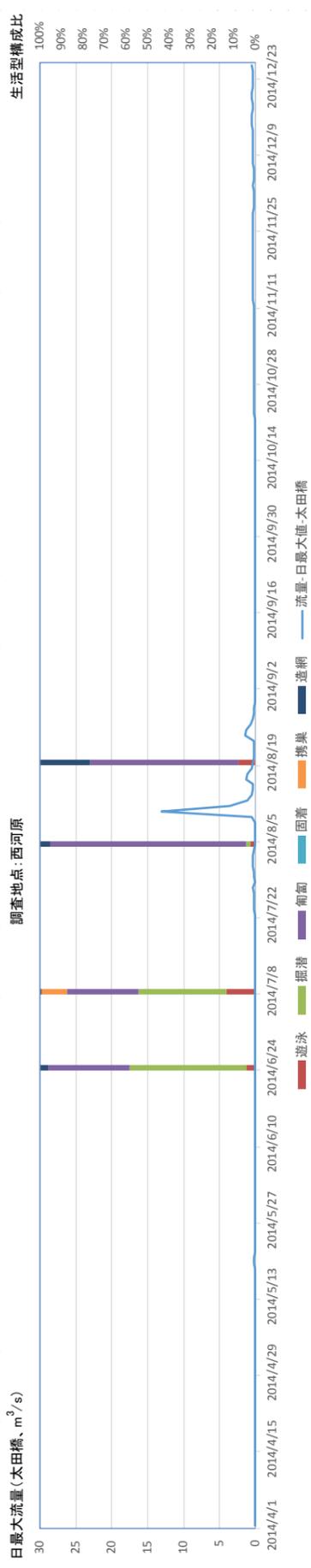
(5) 西河原
平成 25 年

日最大流量(太田橋, m³/s)



平成 26 年

日最大流量(太田橋, m³/s)



平成 27 年

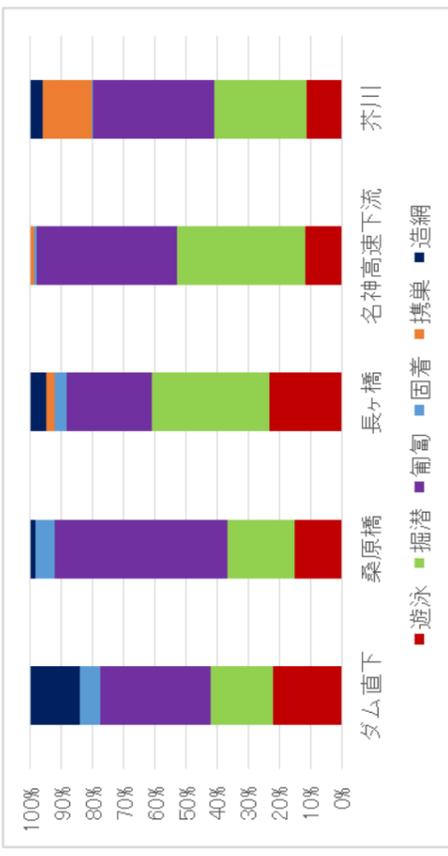
・調査なし

7.2. 平成 27 年調査結果

個体数

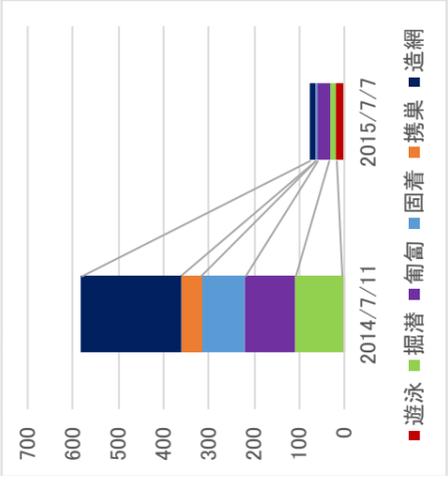


構成比

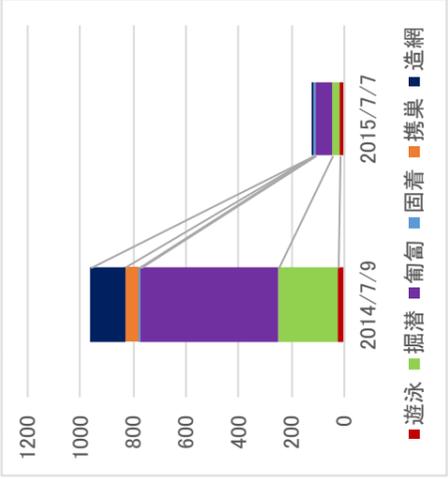


7.3. 夏季調査の経年変化

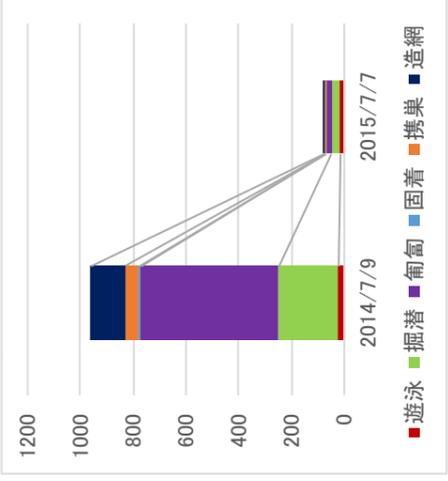
ダム直下(個体数)



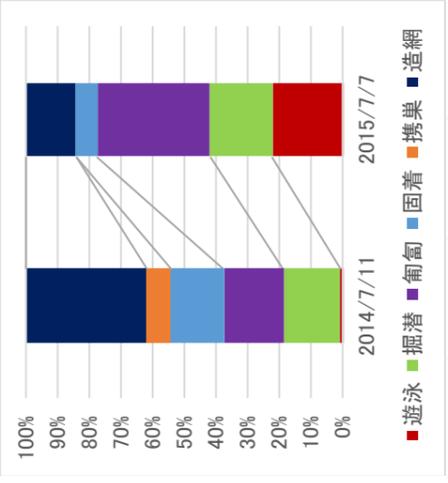
桑原橋(個体数)



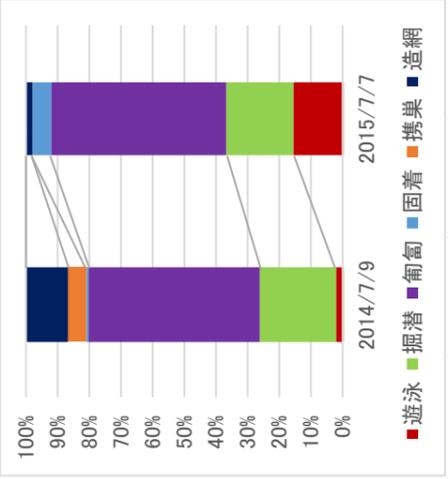
長ヶ橋(個体数)



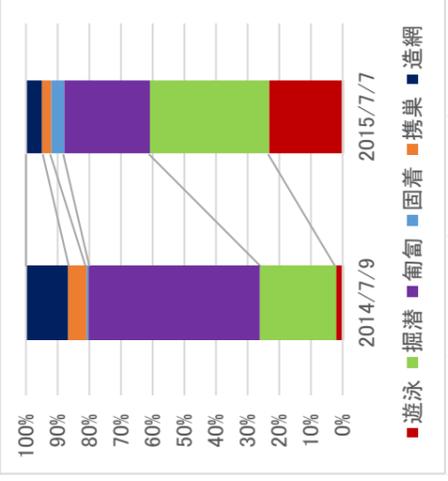
ダム直下(構成比)



桑原橋(構成比)



長ヶ橋(構成比)

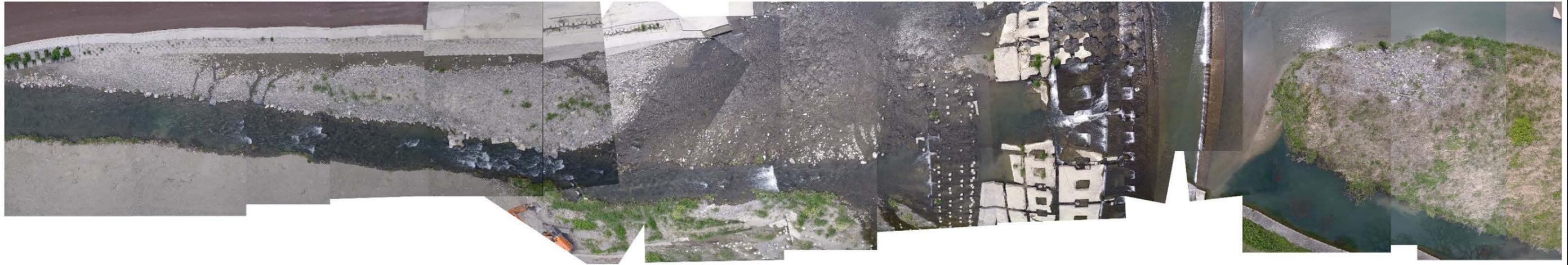


No.	門名	綱名	目名	科名	和名	学名	日付*1		4月28日		5月12日		5月26日		6月11日		6月23日		7月7日		7月7日		7月7日		7月7日		7月10日		7月10日										
							サンプル名*2		是推橋	是推橋	是推橋	是推橋	是推橋	是推橋	是推橋	是推橋	是推橋	是推橋	是推橋	は神高下(瀬)																			
							生活型*3	重要種*4	外来種*5	個体数	浸重量	個体数	浸重量	個体数	浸重量	個体数	浸重量	個体数	浸重量	個体数	浸重量	個体数	浸重量	個体数	浸重量	個体数	浸重量	個体数	浸重量	個体数	浸重量	個体数	浸重量	個体数	浸重量	個体数	浸重量	個体数	浸重量
1	節足動物門	昆虫綱	三棘脚目	サンカクアタマウスムシ科	ナミウスムシ	<i>Dagesia japonica</i>	○		25	30	37	142	10	32	8	13	21	31																		21	25	4	5
2	節足動物門	昆虫綱	三棘脚目	サンカクアタマウスムシ科	アメリカナミウスムシ	<i>Girardia tigrina</i>	○														1	3																	
3	節足動物門	昆虫綱	三棘脚目	サンカクアタマウスムシ科	アメリカナミウスムシ	<i>Girardia dorostoeppha</i>	○														4	14	1	3															
4	軟体動物門	腹足綱	盤足目	カワナガイ科	カワナガイ	<i>Semisalicospira libertina</i>	○																												1	25			
5	軟体動物門	腹足綱	盤足目	サカマキガイ科	サカマキガイ	<i>Physa acuta</i>	○													1	10																		
6	軟体動物門	腹足綱	盤足目	ヒラマキガイ科	ヒラマキガイ	<i>Gyraulus chinensis spirillus</i>	○	環境省:DD																															
7	軟体動物門	二枚貝綱	マルスダレガイ目	シジミ科	シジミ	<i>Corbicula sp.</i>																																	
8	環形動物門	ミズミズ綱	オヨギミズ目	オヨギミズ科	オヨギミズ	<i>Lumbriculidae</i>			1	17																													
9	環形動物門	ミズミズ綱	イトミズ目	ミズミズ科	ナミミズ	<i>Nais communis</i>			4	0																													
10	環形動物門	ミズミズ綱	イトミズ目	ミズミズ科	クロオビミズ	<i>Ophiodon serpentina</i>					1	0	1	0																									
11	環形動物門	ミズミズ綱	イトミズ目	ミズミズ科	ハヤセミズ	<i>Piguetella denticulata</i>			8	1	16	2			32	4	89	14						1	0												80	10	
12	環形動物門	ミズミズ綱	イトミズ目	ミズミズ科	イトミズ	<i>Tubificinae</i>			2	1	20	8																											
13	環形動物門	ミズミズ綱	イトミズ目	ミズミズ科	ミズミズ	<i>Naididae</i>			2	3																													
14	環形動物門	ミズミズ綱	ツリミズ目	ツリミズ科	ツリミズ	<i>Lumbriculidae</i>																																	
15	環形動物門	ヒル綱	物類目	グロンシカ科	グロンシカ	<i>Glossiphonia</i>										1	12																						
16	環形動物門	ヒル綱	無吻目	イシビル科	イシビル	<i>Erpobdella octoculata</i>			1	189										1	33																		
17	環形動物門	ヒル綱	無吻目	イシビル科	イシビル	<i>Erpobdellidae</i>																																	
18	節足動物門	軟甲綱	ヨコエ目	マミズヨコエ目	マミズヨコエ	<i>Crangonyx floridanus</i>		○			2	8																											
19	節足動物門	軟甲綱	ワラジムシ目	ミズムシ科	ミズムシ	<i>Asellus hilgendorfi</i>																																	
20	節足動物門	軟甲綱	エビ目	ヌマエビ科	カワリヌマエビ	<i>Neocaridina sp.</i>																																	
21	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	カゲロウ科	ミツオミカオタハコカゲロウ	<i>Acentrella gnom</i>					20	20																											
22	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	カゲロウ科	カゲロウ	<i>Acentrella sibirica</i>					26	24	19	17			8	6																					
23	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	カゲロウ科	ヨシノコカゲロウ	<i>Alantines yoshinensis</i>					8	4	9	4	17	12																							
24	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	カゲロウ科	フタハコカゲロウ	<i>Baetiella japonica</i>			17	14	89	116	5	8	34	26	25	25	12	10					3	3													
25	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	カゲロウ科	サホコカゲロウ	<i>Baetis sabonius</i>					74	75	39	20	62	53	78	94	39	23	3	3	2	2	1	0	8	5	1	0	38	45							
26	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	カゲロウ科	フタモンカゲロウ	<i>Baetis taiwanensis</i>					1	2	1	1																									
27	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	カゲロウ科	シロハラカゲロウ	<i>Baetis thermicus</i>			14	15	185	478			60	86	40	41	17	18																			
28	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	カゲロウ科	カゲロウ	<i>Baetis sp. J</i>																																	
29	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	カゲロウ科	ウスイロフヒコカゲロウ	<i>Labibaetis arebaitius orientalis</i>																																	
30	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	カゲロウ科	トビイロカゲロウ	<i>Nigrobaetis chocoratus</i>									52	40																							
31	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	カゲロウ科	ヒメウスバコカゲロウ	<i>Procloon sp.</i>																																	
32	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	カゲロウ科	コハネヒゲリカゲロウ	<i>Tenuibaetis parviter</i>																																	
33	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	カゲロウ科	ウデマダリカゲロウ	<i>Tenuibaetis flexifemora</i>					108	126	9	5	7	9	19	16	23	18					5	4			3	2			1	1					
34	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	ヒラタカゲロウ科	シロタニガワカゲロウ	<i>Ecdyonurus yoshidae</i>					2	8																											
35	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	ヒラタカゲロウ科	タニガワカゲロウ	<i>Ecdyonurus sp.</i>																																	
36	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	ヒラタカゲロウ科	ウエノヒラタカゲロウ	<i>Epeorus curvulatus</i>					1	15																											
37	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	ヒラタカゲロウ科	エルモンヒラタカゲロウ	<i>Epeorus latifolium</i>					1	4	4	116	1	11	4	50	4	47																			
38	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	ヒラタカゲロウ科	ヒラタカゲロウ	<i>Epeorus sp.</i>																																	
39	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	ヒメヒロカゲロウ科	ヒメヒロカゲロウ	<i>Choroterpes alniculus</i>					18	12	18	10	74	47	22	22	4	6	4	3	2	1															
40	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	カワカゲロウ科	カワカゲロウ	<i>Potamurus formosus</i>					19	20			8	8																							
41	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	マダラカゲロウ科	ヨシノマダラカゲロウ	<i>Drumella ishivanana</i>					11	210	7	157																									
42	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	マダラカゲロウ科	マダラカゲロウ	<i>Drumella sp.</i>					3	10																											
43	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	マダラカゲロウ科	イシワマダラカゲロウ	<i>Ephemera ishivanana</i>																																	
44	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	マダラカゲロウ科	クシマダラカゲロウ	<i>Ephemera ishivanana</i>					1	1	1	7	1	2																							
45	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	マダラカゲロウ科	アラマダラカゲロウ	<i>Torleya japonica</i>																																	
46	節足動物門	昆虫綱	カゲロウ目	マダラカゲロウ科	アラマダラカゲロウ	<i>Uracanthella punctisetae</i>																																	

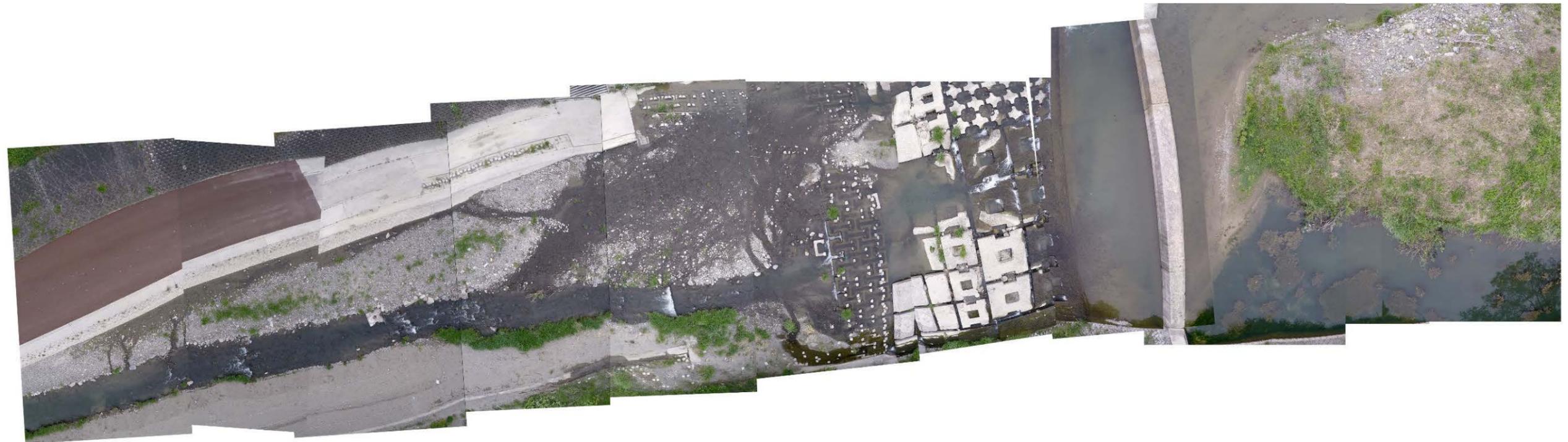
8. ドローンによる撮影

8.1. 試験施工区間

4月28日



5月12日



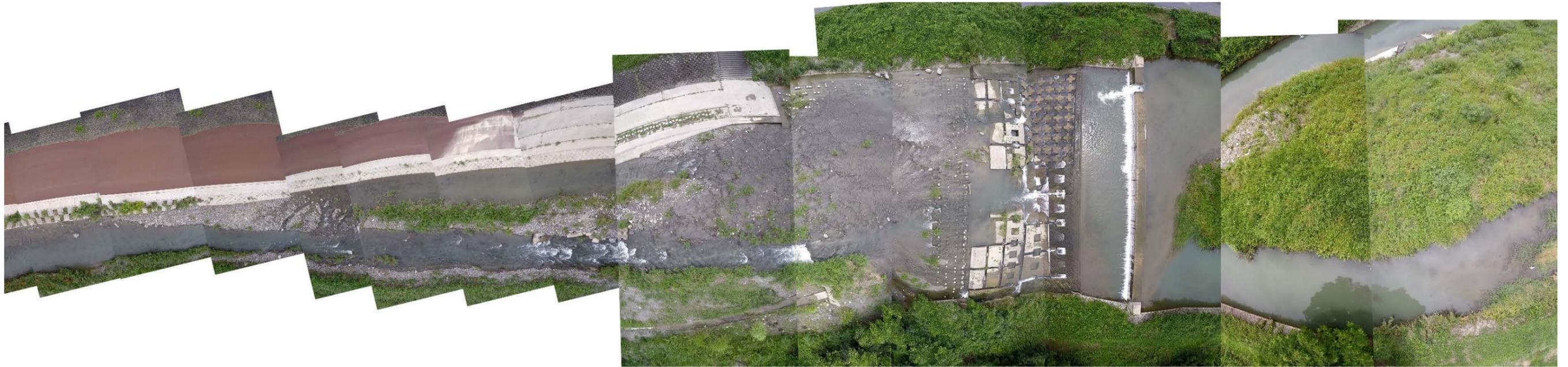
6月11日



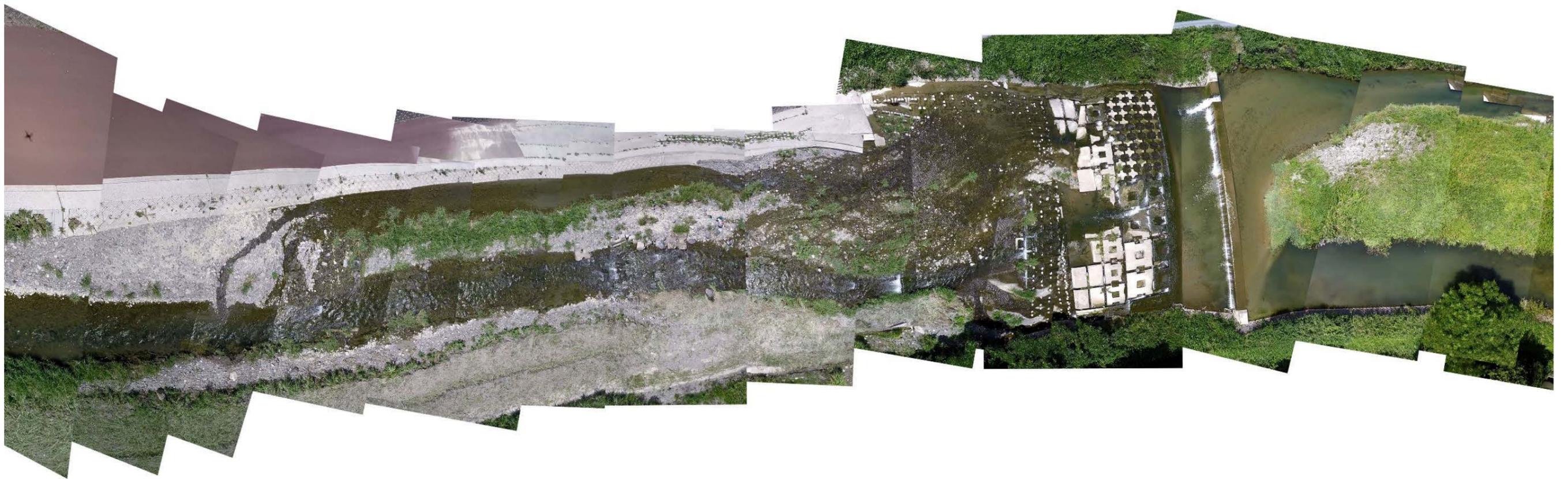
6月23日



7月8日



7月15日



7月29日



8月4日

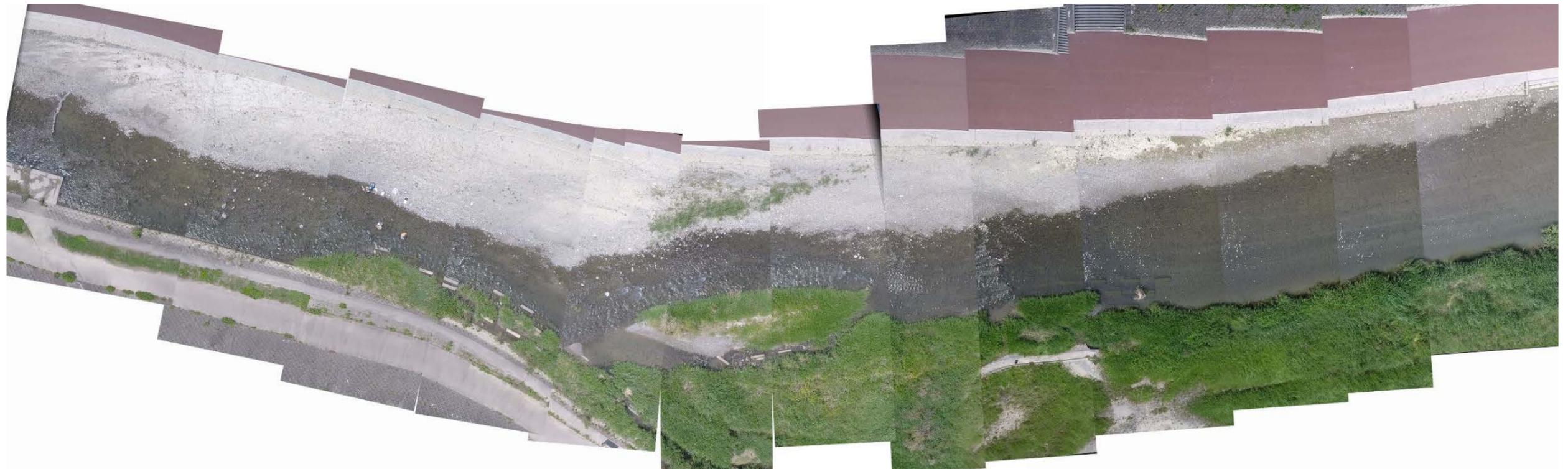


8.2. 試験施工モニタリング区間空撮

4月28日



5月26日



6月11日



6月23日



7月8日



7月15日



7月29日



8月4日



9. 重回帰分析結果

H27年度データについて、付着藻類（細胞数）の減少率を目的変数に「日最大流量」と「フラッシュ後の累計日照時間」を説明変数として、エクセル「データ分析ツール」を用いて重回帰分析を行った。

ダム直下

回帰統計	
重相関 R	0.3431
重決定 R2	0.1177
補正 R2	-0.1343
標準誤差	11.9988
観測数	10

分散分析表

	自由度	変動	分散	割された分散	有意 F
回帰	2	134.51	67.25	0.4671251	0.645019
残差	7	1007.81	143.97		
合計	9	1142.31			

	係数	標準誤差	t	P-値	下限 95%	上限 95%	下限 95.0%	上限 95.0%
切片	9.589	5.208	1.841	0.108	-2.725	21.903	-2.725	21.903
日最大流量	0.038	0.142	0.268	0.796	-0.297	0.374	-0.297	0.374
日照時間(分)	-0.074	0.095	-0.779	0.461	-0.300	0.151	-0.300	0.151

長ヶ橋

回帰統計	
重相関 R	0.4522
重決定 R2	0.2044
補正 R2	-0.1138
標準誤差	2.7944
観測数	8

分散分析表

	自由度	変動	分散	割された分散	有意 F
回帰	2	10.03	5.02	0.6424396	0.5645244
残差	5	39.04	7.81		
合計	7	49.08			

	係数	標準誤差	t	P-値	下限 95%	上限 95%	下限 95.0%	上限 95.0%
切片	2.315	1.538	1.505	0.193	-1.640	6.270	-1.640	6.270
日最大流量	-0.013	0.021	-0.624	0.560	-0.067	0.041	-0.067	0.041
日照時間(分)	-0.013	0.014	-0.931	0.394	-0.049	0.023	-0.049	0.023

桑原橋

回帰統計	
重相関 R	0.1792
重決定 R2	0.0321
補正 R2	-0.2444
標準誤差	7.2668
観測数	10

分散分析表

	自由度	変動	分散	割された分散	有意 F
回帰	2	12.26	6.13	0.116106	0.8920601
残差	7	369.64	52.81		
合計	9	381.90			

	係数	標準誤差	t	P-値	下限 95%	上限 95%	下限 95.0%	上限 95.0%
切片	3.533	3.154	1.120	0.300	-3.924	10.991	-3.924	10.991
日最大流量	0.025	0.086	0.292	0.778	-0.178	0.228	-0.178	0.228
日照時間(分)	-0.027	0.058	-0.465	0.656	-0.163	0.110	-0.163	0.110

名神高速下流

回帰統計	
重相関 R	0.9941
重決定 R2	0.9882
補正 R2	0.9848
標準誤差	3.8221
観測数	10

分散分析表

	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	2	8564.24	4282.12	293.1284787	1.7844E-07
残差	7	102.26	14.61		
合計	9	8666.49			

	係数	標準誤差	t	P-値	下限 95%	上限 95%	下限 95.0%	上限 95.0%
切片	-12.895	1.877	-6.869	0.000	-17.334	-8.456	-17.334	-8.456
日最大流量(太田橋)	0.696	0.030	23.515	0.000	0.626	0.766	0.626	0.766
日照時間(時間)	0.102	0.032	3.159	0.016	0.026	0.178	0.026	0.178