

9.4 流水型ダムにおける河川の連続性確保に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：水工研究グループ（水理）

研究担当者：箱石憲昭、石神孝之、宮脇千晴
宮川 仁、中西 哲、本山健士

【要旨】

近年、治水専用の流水型ダムの計画・建設事例が増加してきており、ダムにおける河川の連続性確保への期待が高まってきている。しかしながら、連続性の確保と洪水調節の機能とはトレードオフの関係にあり、従来の放流設備によって十分に連続性を確保することは困難である。そこで、常時は貯留しない流水型ダムにおいて、土砂や生物の移動を考慮した、従来にはない放流設備の配置計画手法や設計手法が求められている。

本研究は、河川の連続性を確保する流水型ダムに必要となる新形式放流設備の開発、放流設備の計画・設計技術の提案、濁水発生機構の解明及び予測・対策技術の提案を目的とするものである。本年度は、対象ダムを設定し、長期間における土砂の連続性について流域面積・洪水ハイドロ・洪水調節計画・流入土砂量を設定し、貯水池内堆砂や土砂流出について、一次元河床変動計算を用いて河床勾配・常用洪水吐き形状の違いについて調査するとともに、上記の洪水調節に必要となる洪水吐きゲートの水理機能調査を実施した。

キーワード：流水型ダム、河川の連続性確保、ゲート設備、水理模型実験、土砂の連続性、一次元河床変動解析

1. はじめに

近年、治水専用の流水型ダムが環境面から注目されてきている。流水型ダムは、洪水調節開始流量に達しない場合（以下、常時という）は貯留せず、洪水時このみ河床付近に配置した洪水調節用放流設備により放流量を調節する形式のものである。また、各種治水事業に対する環境負荷低減の要求が高まっており、ダムにおいても河川の連続性を確保する事業の展開が求められている。

一方、既存の農地防災ダム等の治水専用ダムでは、河川の連続性確保への対応は考慮されていないと考えられる。このため、これまでのダムの設計とは異なる視点から、ダムに必要な放流設備の配置・設計及び操作方法等を検討していくことが必要である。

上記に鑑み、本年度は、対象ダムを設定し、長期間における土砂の連続性について流域面積・洪水ハイドロ・洪水調節計画・流入土砂量を設定し、貯水池内堆砂や土砂流出について、一次元河床変動計算を用いてゲート付き流水型ダムとゲートレス流水型ダムの違いについて調査した。さらに、流水型ダムでの水位低下時の濁水発生機構の解明に資するため、再開発ダムの水位低下時の底泥を用いて、水理模型実験により底泥の再浮上実験を実施し、摩擦速度と侵食速度の関係を調査した。この他、直轄の流水型ダムの益田川ダムの現地調査を実施し、大きな洪水の経験はないが、流水型ダムでの土砂堆積状況等を確認した。

2. 調査の概要

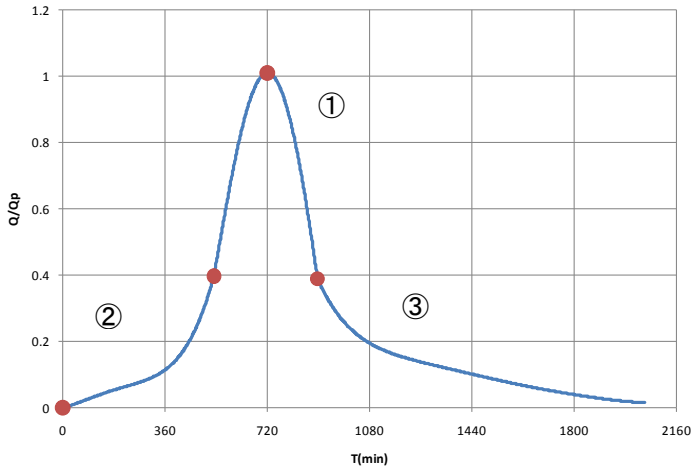
長期間の土砂の連続性の検討は、平成 25 年度同様に 100 年間の流況、モデル貯水池を設定し、洪水調節計画は 100 年確率流量の基本高水流量を 7 割カットする常用洪水吐き規模とし、洪水調節開始流量を平均年最大流量とする計画とした。この条件で流入土砂量^{1),2)}が全国平均② 500m³/km²/年に比べてやや多めの③ 650m³/km²/年とやや少なめの① 350m³/km²/年と平均の 3 ケースについて、ゲート付き流水型ダムは、比較的堆砂量が小さくなる断面が横長の常用洪水吐きを、ゲートレス流水型ダムでは、正方形配置とした場合について、一次元河床変動計算により土砂の連続性についての検討を実施した。粒径区分は、粘土から礫を 15 区分にして用いた。この他、再開発ダムにおける水位低下時の濁水発生状況などの現地調査を行うとともに、水理模型実験により現地で採取した底泥の摩擦速度と侵食速度の関係の調査並びに直轄の流水型ダムでの現地状況等を調査した。

3. 調査結果

3.1 1 次元河床変動計算の検討ケースと結果

1 次元河床変動計算に用いた 100 年間の流入洪水ハイドロと各確率洪水ハイドロは図 3.1 に示すとおりである。また、土砂の粒径区分と係数 α を表 3.1、表 3.2a～d に、

流入確率洪水ハイドロ形状とピーク流量



確率年	ピーク流量(m ³ /s)			
	流域面積			
	50km ²	80km ²	100km ²	120km ²
1	23	37	46	55
2	51	82	102	123
5	93	148	186	223
10	131	209	261	313
20	174	279	349	419
30	203	325	406	48
50	242	387	484	580
100	300	480	600	720

① $Q/Q_p = 1.4112E-11T^4 - 8.5319E-09T^3 + 1.5008E-06T^2 + 2.0641E-04T$

② $Q/Q_p = 1.1034E-09T^4 - 3.2433E-07T^3 + 3.33504E04T^2 - 0.142765T + 21.519$

③ $Q/Q_p = 1.9243E-18T^6 - 1.87504E-14T^5 + 7.56943E-11T^4 - 1.16962E-07T^3 + 1.93709E-04T^2 - 0.123007956T + 32.6423$

確率規模	100年間 洪水数 (出水)
1年	50
2年	30
5年	10
10年	5
20年	2
30年	1
50年	1
100年	1
合計	100

100年間の流入洪水と洪水数

1	10年	21	1年	41	1年	61	1年	81	1年
2	2年	22	2年	42	2年	62	2年	82	2年
3	1年	23	1年	43	1年	63	1年	83	1年
4	2年	24	2年	44	2年	64	2年	84	2年
5	5年	25	5年	45	5年	65	5年	85	5年
6	1年	26	1年	46	1年	66	1年	86	1年
7	2年	27	2年	47	2年	67	2年	87	2年
8	1年	28	1年	48	1年	68	1年	88	1年
9	1年	29	1年	49	1年	69	1年	89	1年
10	20年	30	100年	50	30年	70	50年	90	20年
11	1年	31	1年	51	1年	71	1年	91	1年
12	1年	32	1年	52	1年	72	1年	92	1年
13	2年	33	2年	53	2年	73	2年	93	2年
14	1年	34	1年	54	1年	74	1年	94	1年
15	5年	35	5年	55	5年	75	5年	95	5年
16	2年	36	2年	56	2年	76	2年	96	1年
17	1年	37	1年	57	1年	77	1年	97	2年
18	2年	38	2年	58	2年	78	2年	98	1年
19	1年	39	1年	59	1年	79	1年	99	2年
20	10年	40	10年	60	10年	80	10年	100	1年

図3.1 100年間の流入洪水ハイドロと各確率洪水ハイドロ形状

表 3.1 土砂の粒径区分と粒度構成比

分類	粒径No.	粒径区分(mm)	代表粒径(mm)	β
粘土	1	~ 0.007	0.0050	2
シルト	2	0.007 ~ 0.015	0.0102	2
	3	0.015 ~ 0.034	0.0226	2
	4	0.034 ~ 0.075	0.0505	2
砂	5	0.075 ~ 0.106	0.0892	2
	6	0.106 ~ 0.25	0.1628	2
	7	0.25 ~ 0.425	0.3260	1.5
	8	0.425 ~ 0.85	0.6010	1.5
	9	0.85 ~ 2	1.3038	1.5
礫	10	2 ~ 4.75	3.0822	1.5
	11	4.75 ~ 9.5	6.7175	1.5
	12	9.5 ~ 19	13.4350	1.5
	13	19 ~ 37.5	26.6927	1.5
	14	37.5 ~ 75	53.0330	1.5
	15	75 ~ 190	119.3734	1.5

分類	粒径No.	代表粒径 (mm)	粒度構成比① (%)		粒度構成比② (%)		粒度構成比③ (%)		粒度構成比④ (%)	
粘土	1	0.005	30.0%	30%	30.0%	30%	30.0%	30%	30.0%	30%
シルト	2	0.010	17.0%	37%	18.0%	38%	20.0%	40%	20.0%	44%
	3	0.023	10.0%		10.0%		10.0%		14.0%	
	4	0.050	10.0%		10.0%		10.0%		10.0%	
砂	5	0.089	4.0%	20%	4.0%	20%	4.0%	20%	4.0%	20%
	6	0.163	4.0%		4.0%		4.0%		4.0%	
	7	0.326	4.0%		4.0%		4.0%		4.0%	
	8	0.601	4.0%		4.0%		4.0%		4.0%	
	9	1.304	4.0%		4.0%		4.0%		4.0%	
礫	10	3.082	4.0%	13%	4.0%	12%	4.0%	10%	4.0%	6%
	11	6.718	4.0%		4.0%		4.0%		2.0%	
	12	13.435	4.0%		4.0%		2.0%		0.0%	
	13	26.693	1.0%		0.0%		0.0%		0.0%	
	14	53.033	0.0%		0.0%		0.0%		0.0%	
	15	119.373	0.0%		0.0%		0.0%		0.0%	

対象とした貯水池諸元を図 3.2 に、洪水調節例を図 3.3 に示す。なお、洪水調節に用いる常用洪水吐き規模は、表 3.3 に示す。検討ケースは、表 3.4 に示すように、貯水池

条件 4 条件、流入土砂量 3 条件、粒度構成比 4 条件の合計 30 ケース実施した。各ケースでの堆砂量変化を図 3.4 a ~ e に、100 年後の堆砂量結果を表 3.5 に示す。

表 3. 2a 土砂の粒径区分と係数 α

■貯水池条件①(河床勾配:1/50 流域面積:50km ²)											
分類	粒径No.	代表粒径(mm)	流入土砂量条件	粒度構成比							
				基本1		基本2		基本3		基本4	
				α	β	α	β	α	β	α	β
粘土	1	0.0050	流入土砂量: 多い (650m ² /km ² /年)	1.38.E-04	2	1.38.E-04	2	1.38.E-04	2	1.38.E-04	2
	2	0.0102		7.84.E-05	2	8.30.E-05	2	9.22.E-05	2	9.22.E-05	2
シルト	3	0.0226		4.61.E-05	2	4.61.E-05	2	4.61.E-05	2	6.46.E-05	2
	4	0.0505		4.61.E-05	2	4.61.E-05	2	4.61.E-05	2	4.61.E-05	2
砂	5	0.0892		9.22.E-06	2	9.22.E-06	2	9.22.E-06	2	9.22.E-06	2
	6	0.1628		9.22.E-06	2	9.22.E-06	2	9.22.E-06	2	9.22.E-06	2
	7	0.3260		7.91.E-05	1.5	7.91.E-05	1.5	7.91.E-05	1.5	7.91.E-05	1.5
	8	0.6010		7.91.E-05	1.5	7.91.E-05	1.5	7.91.E-05	1.5	7.91.E-05	1.5
	9	1.3038		7.91.E-05	1.5	7.91.E-05	1.5	7.91.E-05	1.5	7.91.E-05	1.5
礫	10	3.0822		7.91.E-05	1.5	7.91.E-05	1.5	7.91.E-05	1.5	7.91.E-05	1.5
	11	6.7175		7.91.E-05	1.5	7.91.E-05	1.5	7.91.E-05	1.5	3.96.E-05	1.5
	12	13.4350		7.91.E-05	1.5	7.91.E-05	1.5	3.96.E-05	1.5	0.00.E+00	1.5
	13	26.6927		1.98.E-05	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5
	14	53.0330		0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5
	15	119.3734		0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5
粘土	1	0.0050	流入土砂量: 平均 (500m ² /km ² /年)	1.06.E-04	2	1.06.E-04	2	1.06.E-04	2	1.06.E-04	2
シルト	2	0.0102		6.03.E-05	2	6.39.E-05	2	7.10.E-05	2	7.10.E-05	2
	3	0.0226		3.55.E-05	2	3.55.E-05	2	3.55.E-05	2	4.97.E-05	2
	4	0.0505		3.55.E-05	2	3.55.E-05	2	3.55.E-05	2	3.55.E-05	2
砂	5	0.0892		7.10.E-06	2	7.10.E-06	2	7.10.E-06	2	7.10.E-06	2
	6	0.1628		7.10.E-06	2	7.10.E-06	2	7.10.E-06	2	7.10.E-06	2
	7	0.3260		6.09.E-05	1.5	6.09.E-05	1.5	6.09.E-05	1.5	6.09.E-05	1.5
	8	0.6010		6.09.E-05	1.5	6.09.E-05	1.5	6.09.E-05	1.5	6.09.E-05	1.5
	9	1.3038		6.09.E-05	1.5	6.09.E-05	1.5	6.09.E-05	1.5	6.09.E-05	1.5
礫	10	3.0822		6.09.E-05	1.5	6.09.E-05	1.5	6.09.E-05	1.5	6.09.E-05	1.5
	11	6.7175		6.09.E-05	1.5	6.09.E-05	1.5	6.09.E-05	1.5	3.04.E-05	1.5
	12	13.4350		6.09.E-05	1.5	6.09.E-05	1.5	3.04.E-05	1.5	0.00.E+00	1.5
	13	26.6927		1.52.E-05	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5
	14	53.0330		0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5
	15	119.3734		0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5
粘土	1	0.0050	流入土砂量: 少ない (350m ² /km ² /年)	7.45.E-05	2	7.45.E-05	2	7.45.E-05	2	7.45.E-05	2
シルト	2	0.0102		4.22.E-05	2	4.47.E-05	2	4.97.E-05	2	4.97.E-05	2
	3	0.0226		2.48.E-05	2	2.48.E-05	2	2.48.E-05	2	3.48.E-05	2
	4	0.0505		2.48.E-05	2	2.48.E-05	2	2.48.E-05	2	2.48.E-05	2
砂	5	0.0892		4.97.E-06	2	4.97.E-06	2	4.97.E-06	2	4.97.E-06	2
	6	0.1628		4.97.E-06	2	4.97.E-06	2	4.97.E-06	2	4.97.E-06	2
	7	0.3260		4.26.E-05	1.5	4.26.E-05	1.5	4.26.E-05	1.5	4.26.E-05	1.5
	8	0.6010		4.26.E-05	1.5	4.26.E-05	1.5	4.26.E-05	1.5	4.26.E-05	1.5
	9	1.3038		4.26.E-05	1.5	4.26.E-05	1.5	4.26.E-05	1.5	4.26.E-05	1.5
礫	10	3.0822		4.26.E-05	1.5	4.26.E-05	1.5	4.26.E-05	1.5	4.26.E-05	1.5
	11	6.7175		4.26.E-05	1.5	4.26.E-05	1.5	4.26.E-05	1.5	2.13.E-05	1.5
	12	13.4350		4.26.E-05	1.5	4.26.E-05	1.5	2.13.E-05	1.5	0.00.E+00	1.5
	13	26.6927		1.06.E-05	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5
	14	53.0330		0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5
	15	119.3734		0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5

表 3.2b 土砂の粒径区分と係数 α

■貯水池条件②(河床勾配:1/80 流域面積:80km ²)												
分類	粒径No.	代表粒径(mm)	流入土砂量条件	粒度構成比								
				基本1		基本2		基本3		基本4		
				α	β	α	β	α	β	α	β	
粘土	1	0.0050	流入土砂量: 多い (650m ³ /km ² /年)	8.65.E-05	2	8.65.E-05	2	8.65.E-05	2	8.65.E-05	2	
シルト	2	0.0102		4.90.E-05	2	5.19.E-05	2	5.77.E-05	2	5.77.E-05	2	
	3	0.0226		2.88.E-05	2	2.88.E-05	2	2.88.E-05	2	4.04.E-05	2	
砂	4	0.0505		2.88.E-05	2	2.88.E-05	2	2.88.E-05	2	2.88.E-05	2	
	5	0.0892		5.77.E-06	2	5.77.E-06	2	5.77.E-06	2	5.77.E-06	2	
	6	0.1628		5.77.E-06	2	5.77.E-06	2	5.77.E-06	2	5.77.E-06	2	
	7	0.3260		6.25.E-05	1.5	6.25.E-05	1.5	6.25.E-05	1.5	6.25.E-05	1.5	
礫	8	0.6010		6.25.E-05	1.5	6.25.E-05	1.5	6.25.E-05	1.5	6.25.E-05	1.5	
	9	1.3038		6.25.E-05	1.5	6.25.E-05	1.5	6.25.E-05	1.5	6.25.E-05	1.5	
	10	3.0822		6.25.E-05	1.5	6.25.E-05	1.5	6.25.E-05	1.5	6.25.E-05	1.5	
	11	6.7175		6.25.E-05	1.5	6.25.E-05	1.5	6.25.E-05	1.5	3.12.E-05	1.5	
	12	13.4350		6.25.E-05	1.5	6.25.E-05	1.5	3.12.E-05	1.5	0.00.E+00	1.5	
	13	26.6927		1.56.E-05	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	
	14	53.0330		0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	
	15	119.3734		0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	
粘土	1	0.0050	流入土砂量: 平均 (500m ³ /km ² /年)	6.65.E-05	2	6.65.E-05	2	6.65.E-05	2	6.65.E-05	2	
シルト	2	0.0102		3.77.E-05	2	3.99.E-05	2	4.44.E-05	2	4.44.E-05	2	
	3	0.0226		2.22.E-05	2	2.22.E-05	2	2.22.E-05	2	3.11.E-05	2	
砂	4	0.0505		2.22.E-05	2	2.22.E-05	2	2.22.E-05	2	2.22.E-05	2	
	5	0.0892		4.44.E-06	2	4.44.E-06	2	4.44.E-06	2	4.44.E-06	2	
	6	0.1628		4.44.E-06	2	4.44.E-06	2	4.44.E-06	2	4.44.E-06	2	
	7	0.3260		4.81.E-05	1.5	4.81.E-05	1.5	4.81.E-05	1.5	4.81.E-05	1.5	
礫	8	0.6010		4.81.E-05	1.5	4.81.E-05	1.5	4.81.E-05	1.5	4.81.E-05	1.5	
	9	1.3038		4.81.E-05	1.5	4.81.E-05	1.5	4.81.E-05	1.5	4.81.E-05	1.5	
	10	3.0822		4.81.E-05	1.5	4.81.E-05	1.5	4.81.E-05	1.5	4.81.E-05	1.5	
	11	6.7175		4.81.E-05	1.5	4.81.E-05	1.5	4.81.E-05	1.5	2.40.E-05	1.5	
	12	13.4350		4.81.E-05	1.5	4.81.E-05	1.5	2.40.E-05	1.5	0.00.E+00	1.5	
	13	26.6927		1.20.E-05	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	
	14	53.0330		0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	
	15	119.3734		0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	
粘土	1	0.0050	流入土砂量: 少ない (350m ³ /km ² /年)	4.66.E-05	2	4.66.E-05	2	4.66.E-05	2	4.66.E-05	2	
シルト	2	0.0102		2.64.E-05	2	2.79.E-05	2	3.11.E-05	2	3.11.E-05	2	
	3	0.0226		1.55.E-05	2	1.55.E-05	2	1.55.E-05	2	2.17.E-05	2	
砂	4	0.0505		1.55.E-05	2	1.55.E-05	2	1.55.E-05	2	1.55.E-05	2	
	5	0.0892		3.11.E-06	2	3.11.E-06	2	3.11.E-06	2	3.11.E-06	2	
	6	0.1628		3.11.E-06	2	3.11.E-06	2	3.11.E-06	2	3.11.E-06	2	
	7	0.3260		3.37.E-05	1.5	3.37.E-05	1.5	3.37.E-05	1.5	3.37.E-05	1.5	
礫	8	0.6010		3.37.E-05	1.5	3.37.E-05	1.5	3.37.E-05	1.5	3.37.E-05	1.5	
	9	1.3038		3.37.E-05	1.5	3.37.E-05	1.5	3.37.E-05	1.5	3.37.E-05	1.5	
	10	3.0822		3.37.E-05	1.5	3.37.E-05	1.5	3.37.E-05	1.5	3.37.E-05	1.5	
	11	6.7175		3.37.E-05	1.5	3.37.E-05	1.5	3.37.E-05	1.5	1.68.E-05	1.5	
	12	13.4350		3.37.E-05	1.5	3.37.E-05	1.5	1.68.E-05	1.5	0.00.E+00	1.5	
	13	26.6927		8.41.E-06	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	
	14	53.0330		0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	
	15	119.3734		0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	

表 3.2c 土砂の粒径区分と係数 α

■貯水池条件③(河床勾配:1/100 流域面積:100km ²)												
分類	粒径No.	代表粒径(mm)	流入土砂量条件	粒度構成比								
				基本1		基本2		基本3		基本4		
				α	β	α	β	α	β	α	β	
粘土	1	0.0050	流入土砂量: 多い (650m ³ /km ² /年)	6.92.E-05	2	6.92.E-05	2	6.92.E-05	2	6.92.E-05	2	
	シルト	2		0.0102	3.92.E-05	2	4.15.E-05	2	4.61.E-05	2	4.61.E-05	2
		3		0.0226	2.31.E-05	2	2.31.E-05	2	2.31.E-05	2	3.23.E-05	2
	4	0.0505		2.31.E-05	2	2.31.E-05	2	2.31.E-05	2	2.31.E-05	2	
砂	5	0.0892		4.61.E-06	2	4.61.E-06	2	4.61.E-06	2	4.61.E-06	2	
	6	0.1628		4.61.E-06	2	4.61.E-06	2	4.61.E-06	2	4.61.E-06	2	
	7	0.3260		5.60.E-05	1.5	5.60.E-05	1.5	5.60.E-05	1.5	5.60.E-05	1.5	
	8	0.6010		5.60.E-05	1.5	5.60.E-05	1.5	5.60.E-05	1.5	5.60.E-05	1.5	
礫	9	1.3038		5.60.E-05	1.5	5.60.E-05	1.5	5.60.E-05	1.5	5.60.E-05	1.5	
	10	3.0822		5.60.E-05	1.5	5.60.E-05	1.5	5.60.E-05	1.5	5.60.E-05	1.5	
	11	6.7175		5.60.E-05	1.5	5.60.E-05	1.5	5.60.E-05	1.5	2.80.E-05	1.5	
	12	13.4350		5.60.E-05	1.5	5.60.E-05	1.5	2.80.E-05	1.5	0.00.E+00	1.5	
	13	26.6927		1.40.E-05	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	
	14	53.0330		0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	
	15	119.3734		0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	
粘土	1	0.0050	流入土砂量: 平均 (500m ³ /km ² /年)	5.32.E-05	2	5.32.E-05	2	5.32.E-05	2	5.32.E-05	2	
	シルト	2		0.0102	3.02.E-05	2	3.19.E-05	2	3.55.E-05	2	3.55.E-05	2
		3		0.0226	1.77.E-05	2	1.77.E-05	2	1.77.E-05	2	2.48.E-05	2
	4	0.0505		1.77.E-05	2	1.77.E-05	2	1.77.E-05	2	1.77.E-05	2	
砂	5	0.0892		3.55.E-06	2	3.55.E-06	2	3.55.E-06	2	3.55.E-06	2	
	6	0.1628		3.55.E-06	2	3.55.E-06	2	3.55.E-06	2	3.55.E-06	2	
	7	0.3260		4.30.E-05	1.5	4.30.E-05	1.5	4.30.E-05	1.5	4.30.E-05	1.5	
	8	0.6010		4.30.E-05	1.5	4.30.E-05	1.5	4.30.E-05	1.5	4.30.E-05	1.5	
礫	9	1.3038		4.30.E-05	1.5	4.30.E-05	1.5	4.30.E-05	1.5	4.30.E-05	1.5	
	10	3.0822		4.30.E-05	1.5	4.30.E-05	1.5	4.30.E-05	1.5	4.30.E-05	1.5	
	11	6.7175		4.30.E-05	1.5	4.30.E-05	1.5	4.30.E-05	1.5	2.15.E-05	1.5	
	12	13.4350		4.30.E-05	1.5	4.30.E-05	1.5	2.15.E-05	1.5	0.00.E+00	1.5	
	13	26.6927		1.08.E-05	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	
	14	53.0330		0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	
	15	119.3734		0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	
粘土	1	0.0050	流入土砂量: 少ない (350m ³ /km ² /年)	3.73.E-05	2	3.73.E-05	2	3.73.E-05	2	3.73.E-05	2	
	シルト	2		0.0102	2.11.E-05	2	2.24.E-05	2	2.48.E-05	2	2.48.E-05	2
		3		0.0226	1.24.E-05	2	1.24.E-05	2	1.24.E-05	2	1.74.E-05	2
	4	0.0505		1.24.E-05	2	1.24.E-05	2	1.24.E-05	2	1.24.E-05	2	
砂	5	0.0892		2.48.E-06	2	2.48.E-06	2	2.48.E-06	2	2.48.E-06	2	
	6	0.1628		2.48.E-06	2	2.48.E-06	2	2.48.E-06	2	2.48.E-06	2	
	7	0.3260		3.01.E-05	1.5	3.01.E-05	1.5	3.01.E-05	1.5	3.01.E-05	1.5	
	8	0.6010		3.01.E-05	1.5	3.01.E-05	1.5	3.01.E-05	1.5	3.01.E-05	1.5	
礫	9	1.3038		3.01.E-05	1.5	3.01.E-05	1.5	3.01.E-05	1.5	3.01.E-05	1.5	
	10	3.0822		3.01.E-05	1.5	3.01.E-05	1.5	3.01.E-05	1.5	3.01.E-05	1.5	
	11	6.7175		3.01.E-05	1.5	3.01.E-05	1.5	3.01.E-05	1.5	1.51.E-05	1.5	
	12	13.4350		3.01.E-05	1.5	3.01.E-05	1.5	1.51.E-05	1.5	0.00.E+00	1.5	
	13	26.6927		7.53.E-06	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	
	14	53.0330		0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	
	15	119.3734		0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	

表 3. 2d 土砂の粒径区分と係数 α

■貯水池条件④(河床勾配:1/120 流域面積:120km ²)												
分類	粒径No.	代表粒径(mm)	流入土砂量条件	粒度構成比								
				基本1		基本2		基本3		基本4		
				α	β	α	β	α	β	α	β	
粘土	1	0.0050	流入土砂量: 多い (650m ³ /km ² /年)	5.77.E-05	2	5.77.E-05	2	5.77.E-05	2	5.77.E-05	2	
	シルト	2		0.0102	3.27.E-05	2	3.46.E-05	2	3.84.E-05	2	3.84.E-05	2
		3		0.0226	1.92.E-05	2	1.92.E-05	2	1.92.E-05	2	2.69.E-05	2
		4		0.0505	1.92.E-05	2	1.92.E-05	2	1.92.E-05	2	1.92.E-05	2
砂	5	0.0892		3.84.E-06	2	3.84.E-06	2	3.84.E-06	2	3.84.E-06	2	
	6	0.1628		3.84.E-06	2	3.84.E-06	2	3.84.E-06	2	3.84.E-06	2	
	7	0.3260		5.11.E-05	1.5	5.11.E-05	1.5	5.11.E-05	1.5	5.11.E-05	1.5	
	8	0.6010		5.11.E-05	1.5	5.11.E-05	1.5	5.11.E-05	1.5	5.11.E-05	1.5	
	9	1.3038		5.11.E-05	1.5	5.11.E-05	1.5	5.11.E-05	1.5	5.11.E-05	1.5	
礫	10	3.0822		5.11.E-05	1.5	5.11.E-05	1.5	5.11.E-05	1.5	5.11.E-05	1.5	
	11	6.7175		5.11.E-05	1.5	5.11.E-05	1.5	5.11.E-05	1.5	2.55.E-05	1.5	
	12	13.4350		5.11.E-05	1.5	5.11.E-05	1.5	2.55.E-05	1.5	0.00.E+00	1.5	
	13	26.6927		1.28.E-05	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	
	14	53.0330		0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	
	15	119.3734		0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	
粘土	1	0.0050	流入土砂量: 平均 (500m ³ /km ² /年)	4.44.E-05	2	4.44.E-05	2	4.44.E-05	2	4.44.E-05	2	
	シルト	2		0.0102	2.51.E-05	2	2.66.E-05	2	2.96.E-05	2	2.96.E-05	2
		3		0.0226	1.48.E-05	2	1.48.E-05	2	1.48.E-05	2	2.07.E-05	2
		4		0.0505	1.48.E-05	2	1.48.E-05	2	1.48.E-05	2	1.48.E-05	2
砂	5	0.0892		2.96.E-06	2	2.96.E-06	2	2.96.E-06	2	2.96.E-06	2	
	6	0.1628		2.96.E-06	2	2.96.E-06	2	2.96.E-06	2	2.96.E-06	2	
	7	0.3260		3.93.E-05	1.5	3.93.E-05	1.5	3.93.E-05	1.5	3.93.E-05	1.5	
	8	0.6010		3.93.E-05	1.5	3.93.E-05	1.5	3.93.E-05	1.5	3.93.E-05	1.5	
	9	1.3038		3.93.E-05	1.5	3.93.E-05	1.5	3.93.E-05	1.5	3.93.E-05	1.5	
礫	10	3.0822		3.93.E-05	1.5	3.93.E-05	1.5	3.93.E-05	1.5	3.93.E-05	1.5	
	11	6.7175		3.93.E-05	1.5	3.93.E-05	1.5	3.93.E-05	1.5	1.96.E-05	1.5	
	12	13.4350		3.93.E-05	1.5	3.93.E-05	1.5	1.96.E-05	1.5	0.00.E+00	1.5	
	13	26.6927		9.82.E-06	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	
	14	53.0330		0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	
	15	119.3734		0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	
粘土	1	0.0050	流入土砂量: 少ない (350m ³ /km ² /年)	3.11.E-05	2	3.11.E-05	2	3.11.E-05	2	3.11.E-05	2	
	シルト	2		0.0102	1.76.E-05	2	1.86.E-05	2	2.07.E-05	2	2.07.E-05	2
		3		0.0226	1.04.E-05	2	1.04.E-05	2	1.04.E-05	2	1.45.E-05	2
		4		0.0505	1.04.E-05	2	1.04.E-05	2	1.04.E-05	2	1.04.E-05	2
砂	5	0.0892		2.07.E-06	2	2.07.E-06	2	2.07.E-06	2	2.07.E-06	2	
	6	0.1628		2.07.E-06	2	2.07.E-06	2	2.07.E-06	2	2.07.E-06	2	
	7	0.3260		2.75.E-05	1.5	2.75.E-05	1.5	2.75.E-05	1.5	2.75.E-05	1.5	
	8	0.6010		2.75.E-05	1.5	2.75.E-05	1.5	2.75.E-05	1.5	2.75.E-05	1.5	
	9	1.3038		2.75.E-05	1.5	2.75.E-05	1.5	2.75.E-05	1.5	2.75.E-05	1.5	
礫	10	3.0822		2.75.E-05	1.5	2.75.E-05	1.5	2.75.E-05	1.5	2.75.E-05	1.5	
	11	6.7175		2.75.E-05	1.5	2.75.E-05	1.5	2.75.E-05	1.5	1.37.E-05	1.5	
	12	13.4350		2.75.E-05	1.5	2.75.E-05	1.5	1.37.E-05	1.5	0.00.E+00	1.5	
	13	26.6927		6.87.E-06	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	
	14	53.0330		0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	
	15	119.3734		0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	0.00.E+00	1.5	

表 3.3 常用洪水吐き規模

貯水池条件	ゲート	幅B(m)	高さD(m)
①	ゲート開	8.0	2.52
	ゲート閉	8.0	0.61
②	ゲート開	9.5	3.08
	ゲート閉	9.5	0.82
③	ゲート開	10.5	3.33
	ゲート閉	10.5	0.93
④	ゲート開	11.5	3.55
	ゲート閉	11.5	1.02
①	ゲートレス	2.22	2.22
②		2.81	2.81
③		3.15	3.15
④		3.32	3.32

- ② A=50km² B=20m, I=1/50, Qn=51m³/s
- ②A=80km² B=20m, I=1/80, Qn=82m³/s
- ③A=100km², B=20m, I=1/100, Qn=102m³/s
- ④A=120km², B=20m, I=1/120, Qn=123m³/s

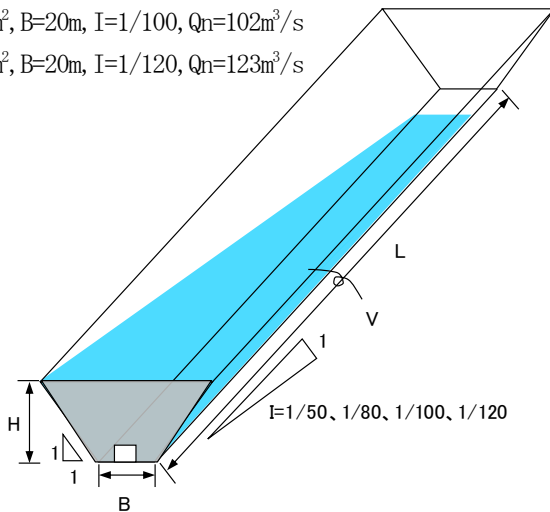


図 3.2 貯水位諸元

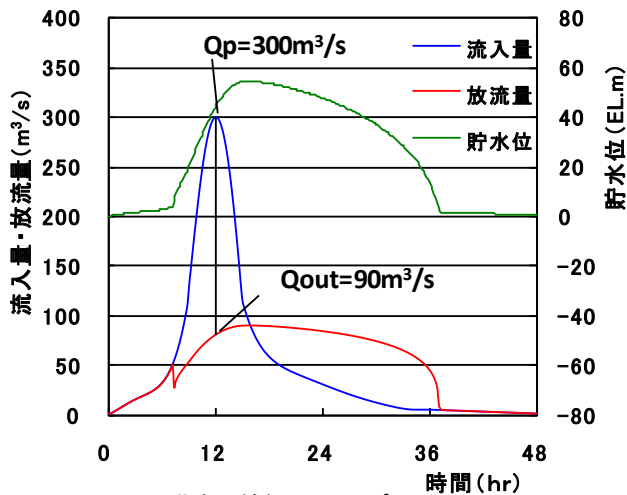


図 3.3 洪水調節例 (A=50km²)

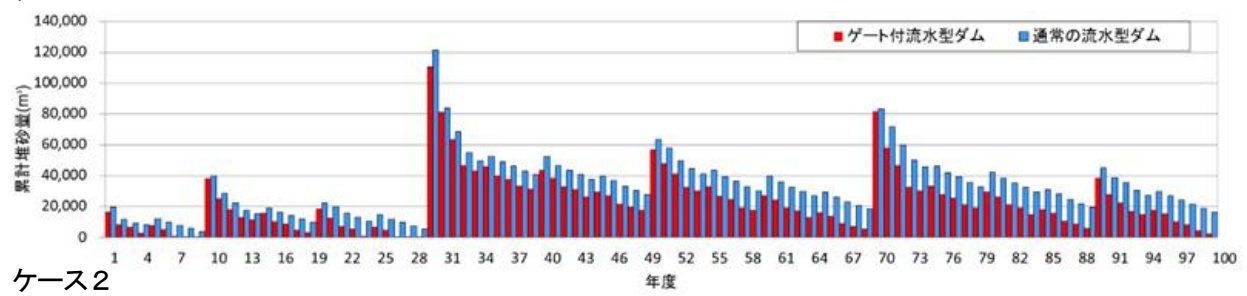
表 3.4 検討ケース

ケース	貯水池条件	流入土砂量	粒度構成比
1	①50km ² I=1/50	③650m ³ / km ² /年	①
2			②
3			③
4		②500m ³ / km ² /年	①
5			②
6			③
7		①350m ³ / km ² /年	①
8			②
9			③
10	②80km ² I=1/80	③650m ³ / km ² /年	②
11			③
12		②500m ³ / km ² /年	②
13			③
14		①350m ³ / km ² /年	②
15			③
16	③100km ² I=1/100	③650m ³ / km ² /年	②
17			③
18		②500m ³ / km ² /年	②
19			③
20		①350m ³ / km ² /年	②
21			③
22	④120km ² I=1/120	③650m ³ / km ² /年	②
23			③
24			④
25		②500m ³ / km ² /年	②
26			③
27			④
28		①350m ³ / km ² /年	②
29			③
30			④

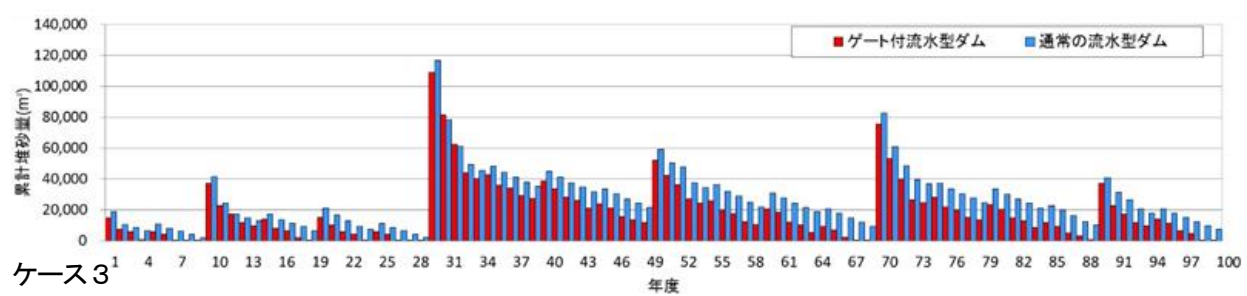
*粒度構成比

- ①粘土・シルト67%,砂20%,礫13%,最大粒径26.7mm
- ②粘土・シルト68%,砂20%,礫12%,最大粒径13.4mm
- ③粘土・シルト70%,砂20%,礫10%,最大粒径13.4mm
- ④粘土・シルト74%,砂20%,礫6%,最大粒径6.724mm

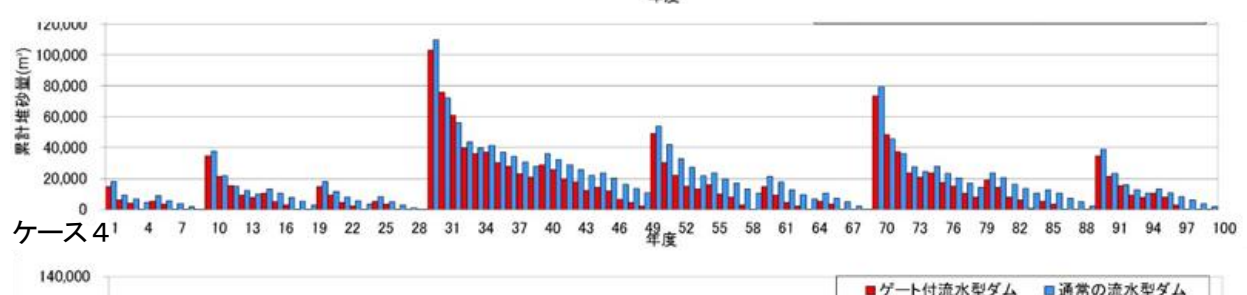
ケース1



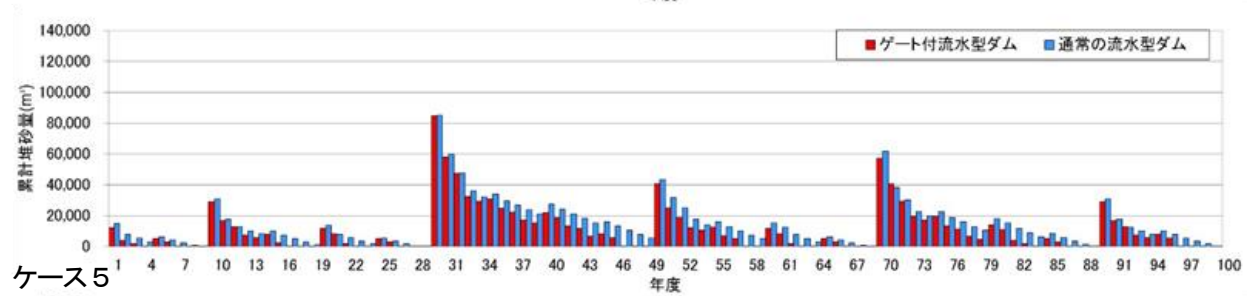
ケース2



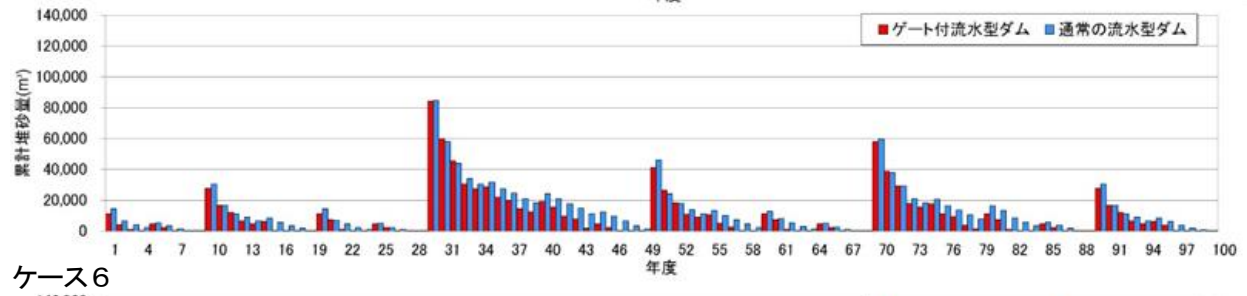
ケース3



ケース4



ケース5



ケース6

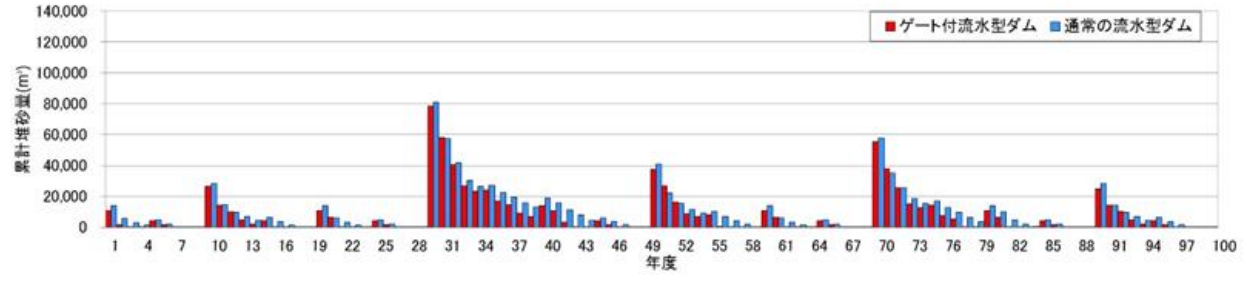
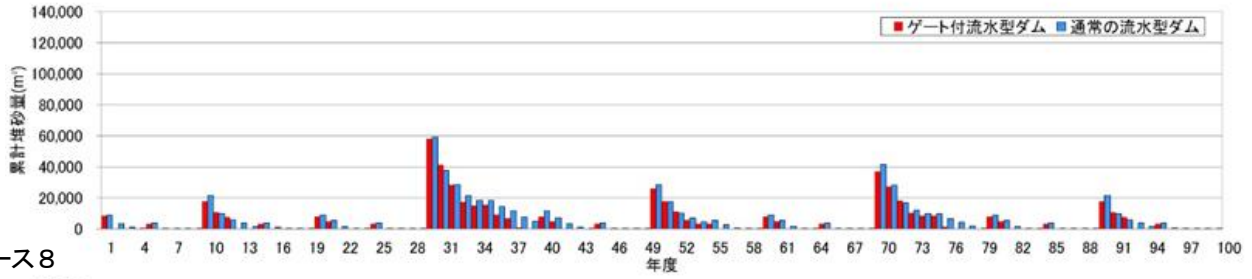
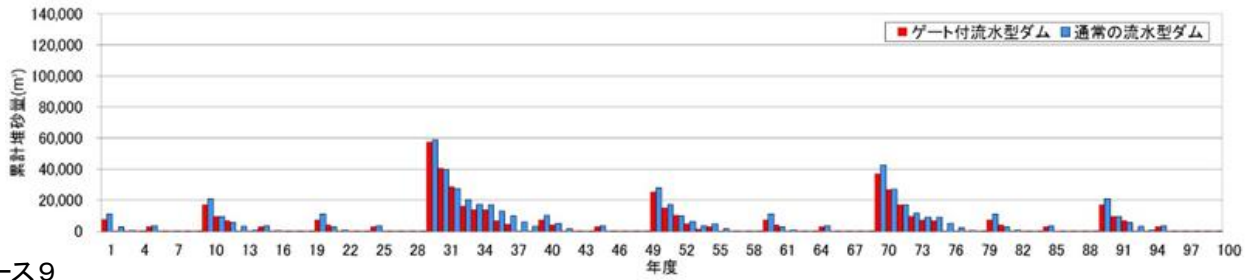


図3.4a 100年間における堆砂量変化

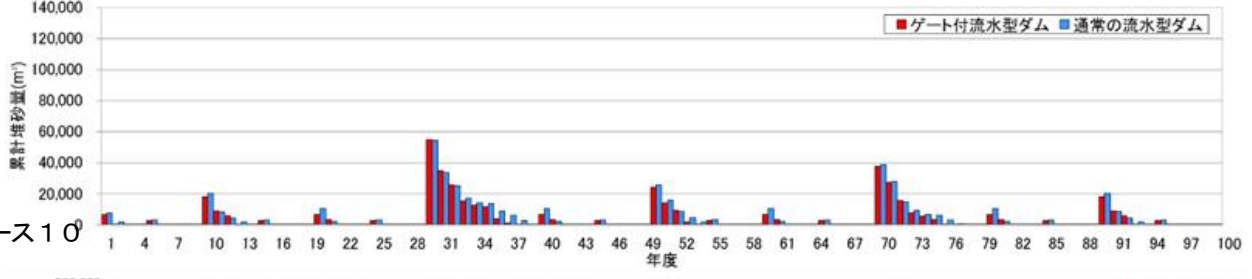
ケース7



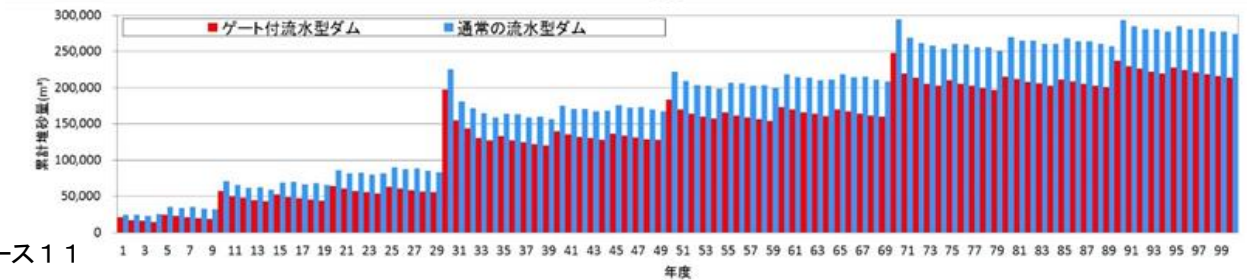
ケース8



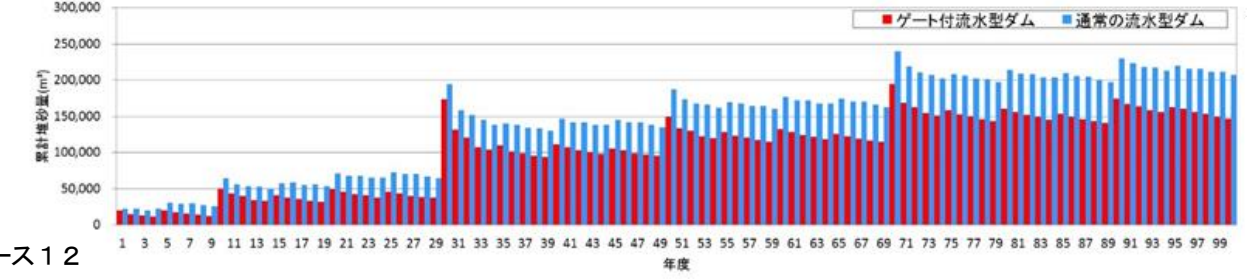
ケース9



ケース10



ケース11



ケース12

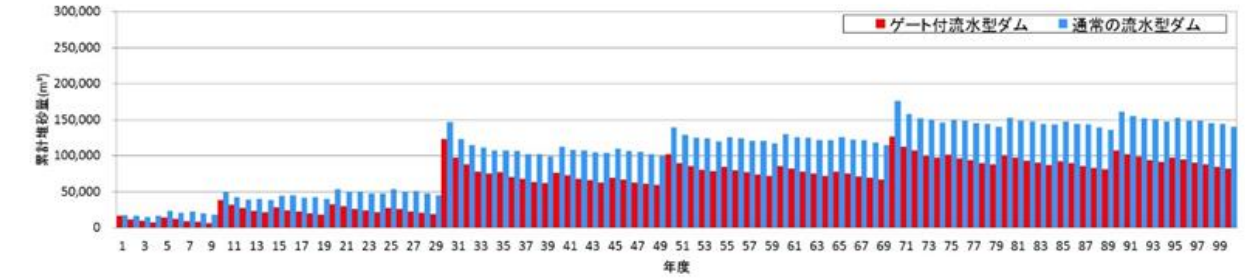
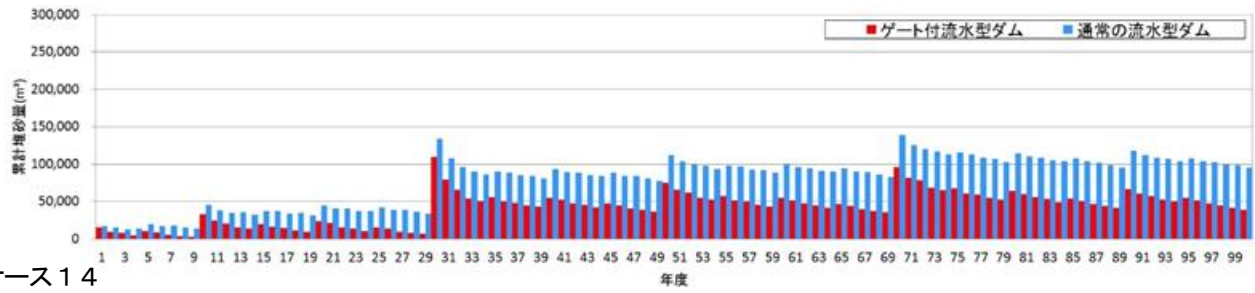
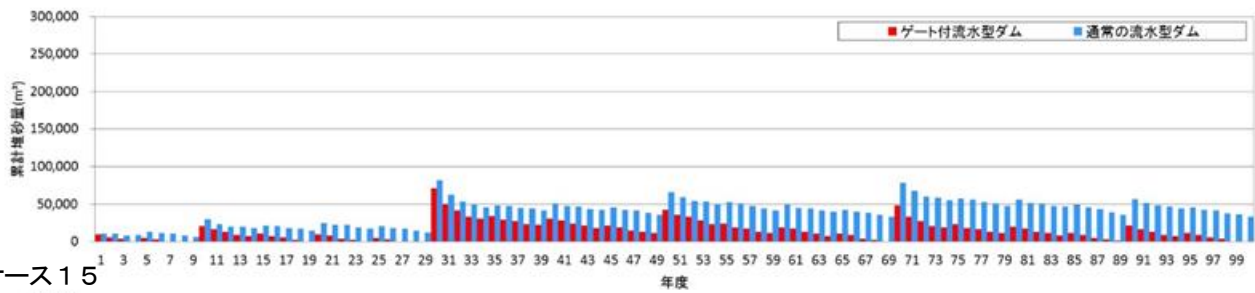


図3.4b 100年間ににおける堆砂量変化 (流水型ダム A=100km²)

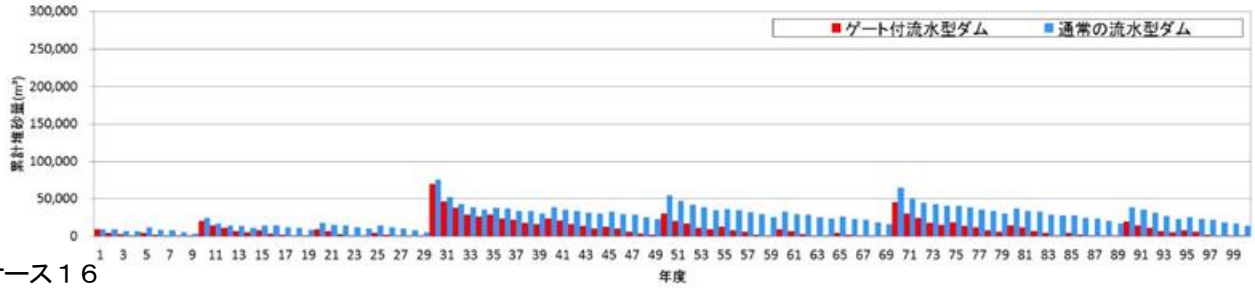
ケース13



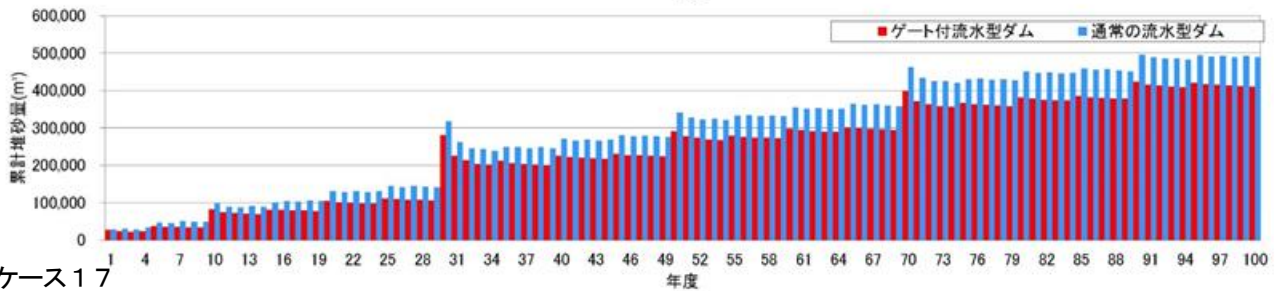
ケース14



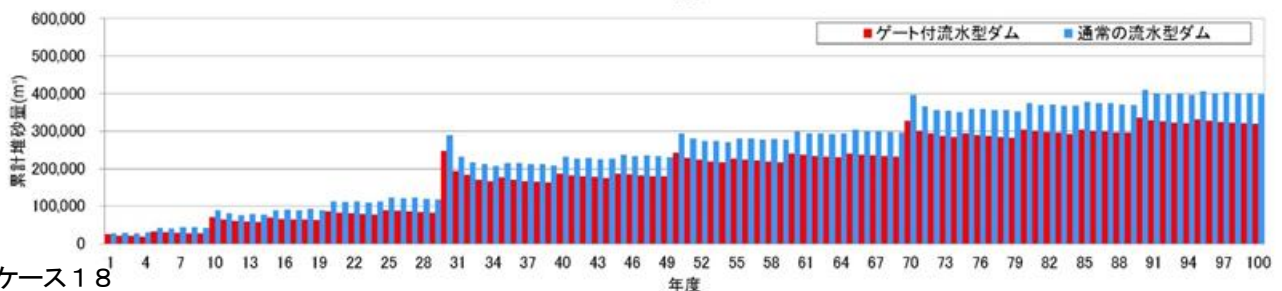
ケース15



ケース16



ケース17



ケース18

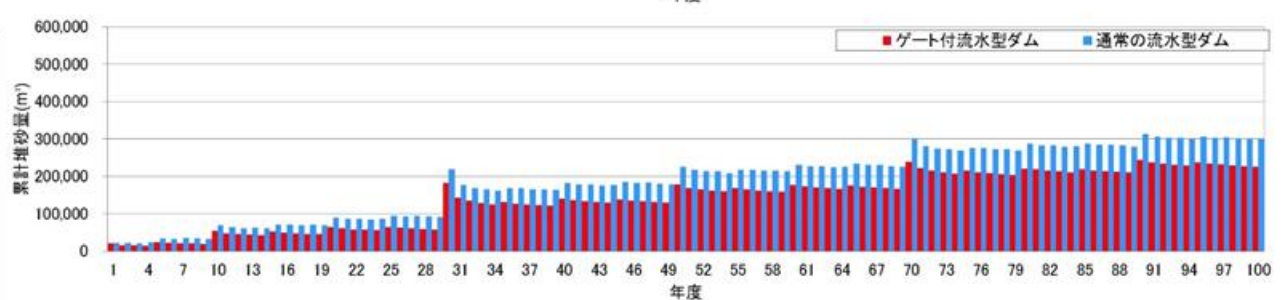
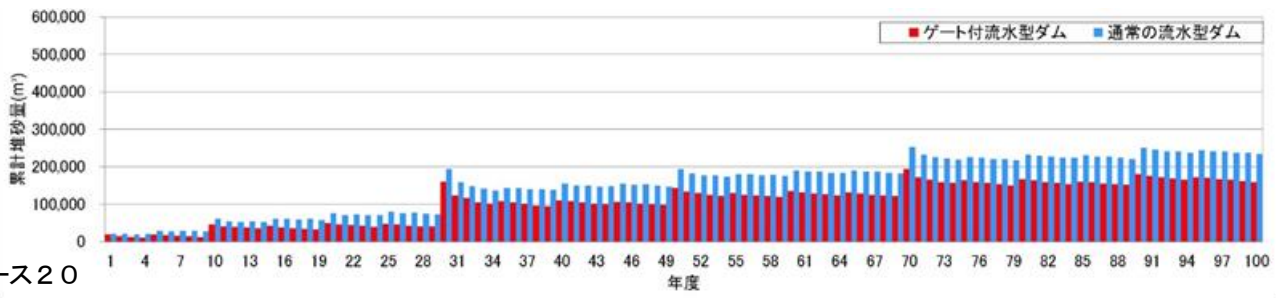
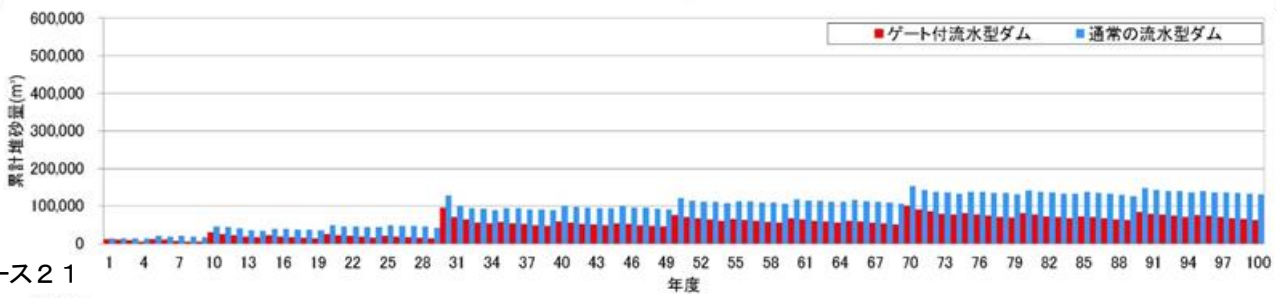


図3.4c 100年間における堆砂量変化

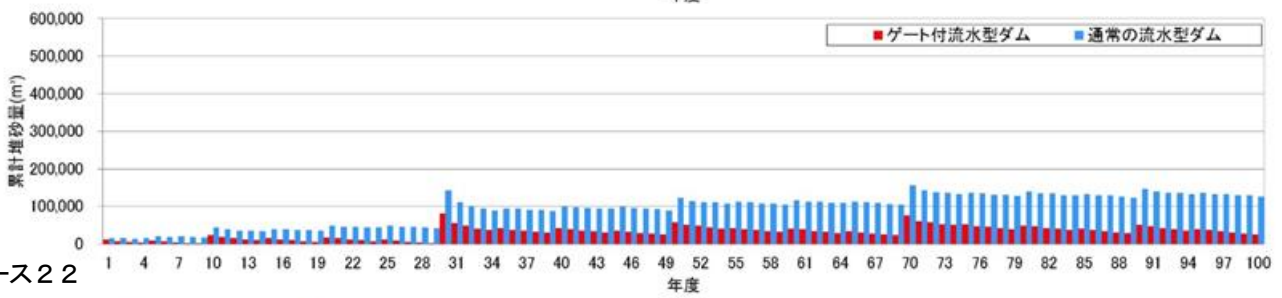
ケース19



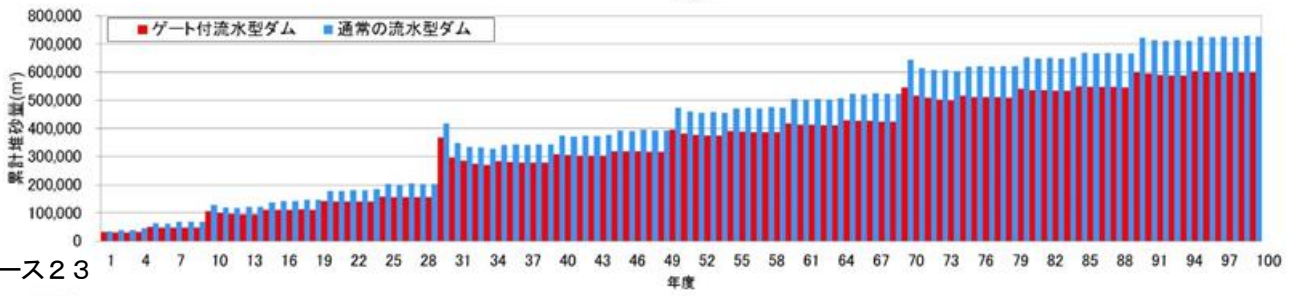
ケース20



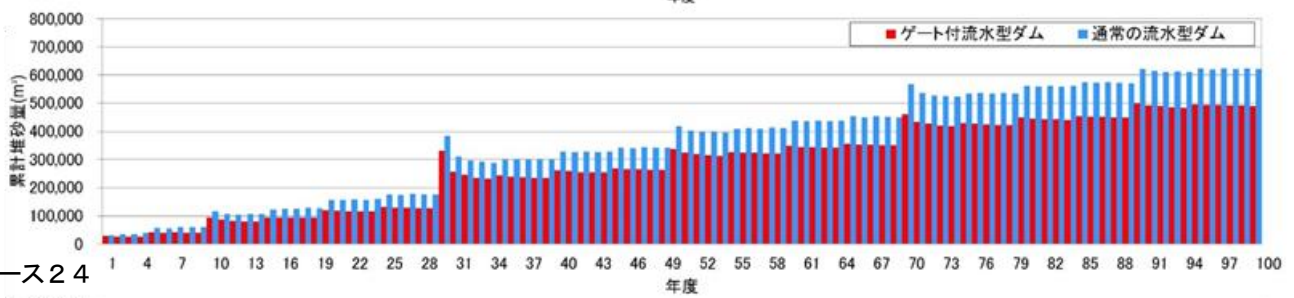
ケース21



ケース22



ケース23



ケース24

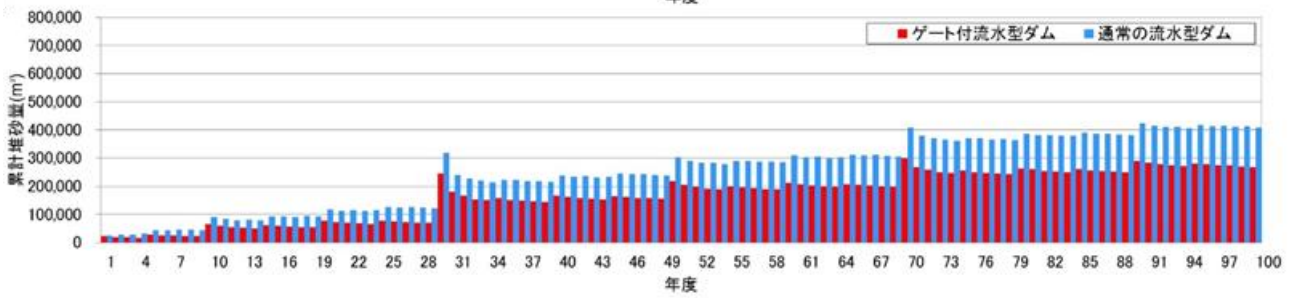
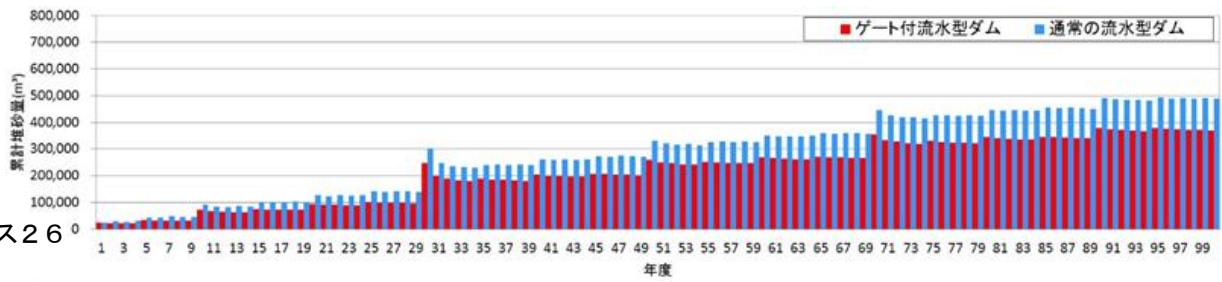
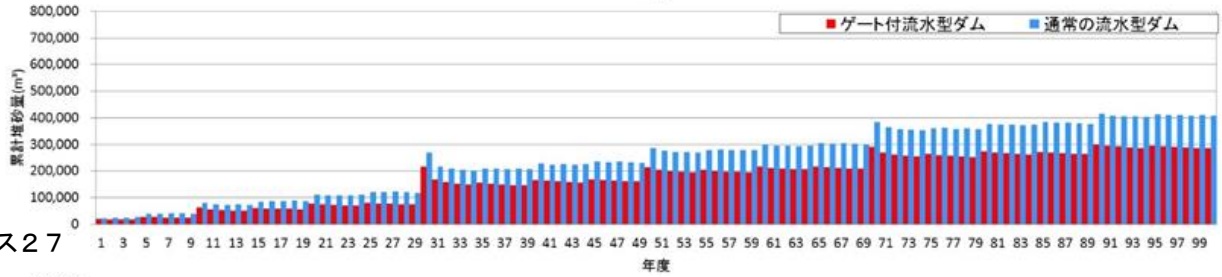


図3.4d 100年間における堆砂量変化

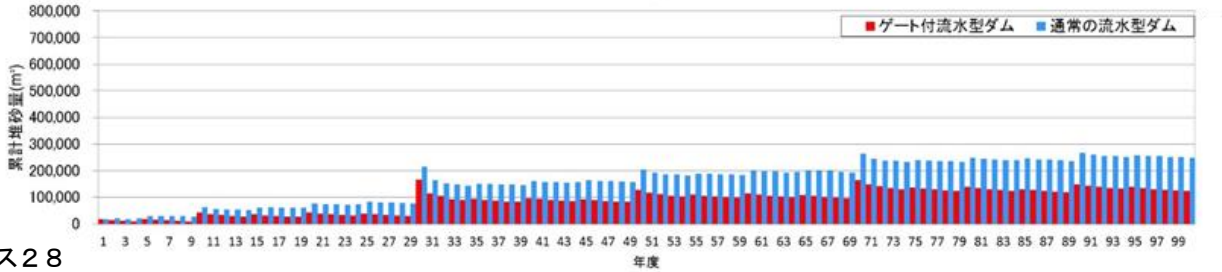
ケース25



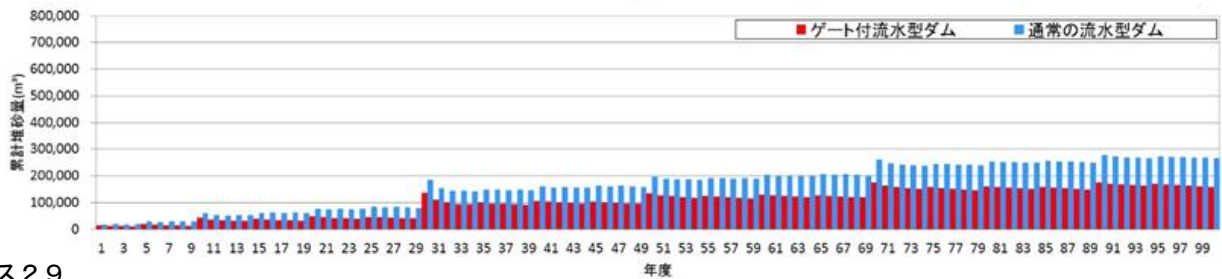
ケース26



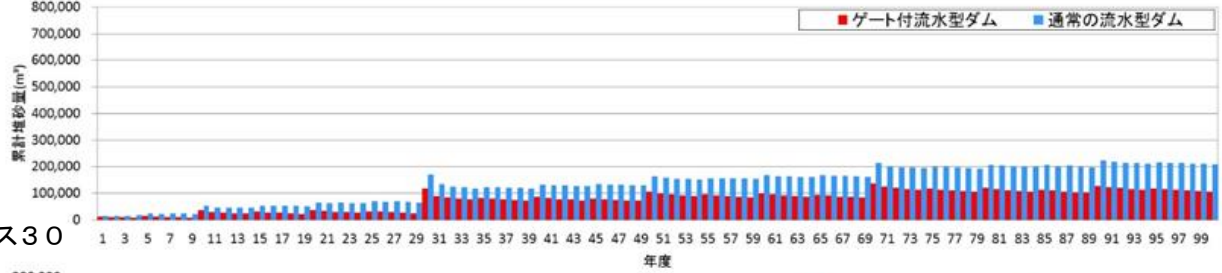
ケース27



ケース28



ケース29



ケース30

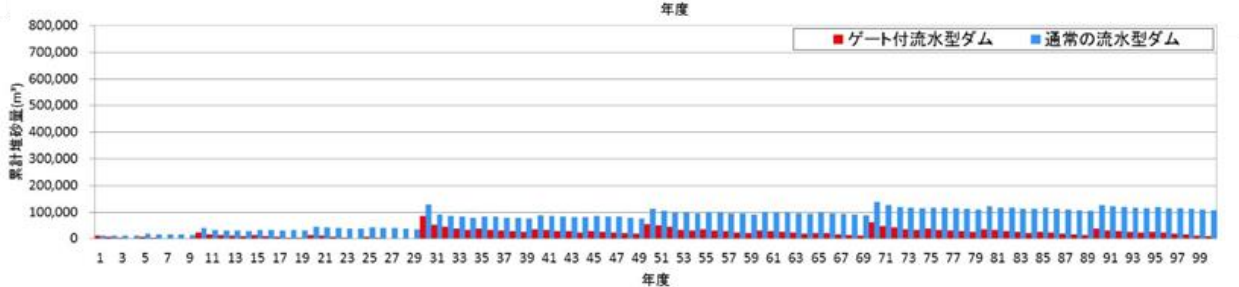


図 3.4 e 100 年間における堆砂量変化

表 3.5 100 年後の堆砂量

ケース	貯水池条件	流入土砂量	粒度構成比	100年後の堆砂量		評価
				ゲート付き (m ³)	ゲートレス (ゲート付きの倍率)	
1	①50km ² I=1/50	③650m ³ / km ² /年	①	2435	6.6	○
2			②	1	12653.7	◎
3			③	1	2750.0	◎
4		②500m ³ / km ² /年	①	5	62.5	◎
5			②	0	1.0	△
6			③	1	1.0	△
7		①350m ³ / km ² /年	①	0	11.3	△
8			②	0	1.0	△
9			③	0	1.0	△
10	②80km ² I=1/80	③650m ³ / km ² /年	②	213754	1.3	△
11			③	147176	1.4	△
12		②500m ³ / km ² /年	②	82109	1.7	△
13			③	38929	2.4	○
14		①350m ³ / km ² /年	②	4	9231.5	◎
15			③	1	16629.5	◎
16	③100km ² I=1/100	③650m ³ / km ² /年	②	411165	1.2	△
17			③	318714	1.2	△
18		②500m ³ / km ² /年	②	225225	1.3	△
19			③	159229	1.5	△
20		①350m ³ / km ² /年	②	63033	2.1	○
21			③	25618	4.9	○
22	④120km ² I=1/120	③650m ³ / km ² /年	②	598314	1.2	△
23			③	490187	1.3	△
24			④	268124	1.5	△
25		②500m ³ / km ² /年	②	369586	1.3	△
26			③	285259	1.4	△
27			④	123411	2.0	○
28		①350m ³ / km ² /年	②	158510	1.7	△
29			③	106621	2.0	△
30			④	9129	11.7	○

*粒度構成比 ①粘土・シルト67%,砂20%,礫13%,最大粒径26.7mm
 ②粘土・シルト68%,砂20%,礫12%,最大粒径13.4mm
 ③粘土・シルト70%,砂20%,礫10%,最大粒径13.4mm
 ④粘土・シルト74%,砂20%,礫6%,最大粒径6.724mm

表 3.6 ゲートの有無による 100 年後の堆砂の粒度構成

貯水池条件		貯水池条件③ (I : 1/100, A : 100km ²)		貯水池条件④ (I : 1/120, A : 120km ²)	
計算ケース		ケース19		ケース24	
ダム型式		ゲート付流水型ダム	ゲートレス流水型ダム	ゲート付流水型ダム	ゲートレス流水型ダム
流入土砂量		平均 (500m ³ /km ² /年)		多い (650m ³ /km ² /年)	
粒度構成比		③ (砂分 : 20%、礫分 : 8%)		④ (砂分 : 20%、礫分 : 6%)	
堆砂量の合計 (千m ³)		159	234	268	410
各土砂分類の 100年後の 堆砂割合	粘土・シルト	0%	0%	0%	0%
	砂	37%	40%	49%	54%
	礫	63%	60%	51%	46%

表 3.7 ゲート付き流水型ダムの 100 年後の堆砂の粒度構成 (流入土砂量 650m³/km²/年)

粒度構成比		② (砂分 : 20%、礫分 : 12%)				③ (砂分 : 20%、礫分 : 10%)			
計算ケース		2	10	16	22	7	31	46	70
貯水池条件		① I : 1/50 A : 50km ²	② I : 1/80 A : 80km ²	③ I : 1/100 A : 100km ²	④ I : 1/120 A : 120km ²	① I : 1/50 A : 50km ²	② I : 1/80 A : 80km ²	③ I : 1/100 A : 100km ²	④ I : 1/120 A : 120km ²
堆砂量の合計 (千m ³)		0	214	411	598	0	147	319	490
各土砂分類の 100年後の堆砂 割合	粘土・シルト	—	0%	0%	0%	—	0%	0%	0%
	砂	—	34%	33%	34%	—	40%	37%	37%
	礫	—	66%	67%	66%	—	60%	63%	63%

表 3.5 より、評価の欄では、ゲート付きとゲートレスの流水型の堆砂量を比較し、ゲート付きの堆砂量が少なく、ゲートレスの堆砂量がそれの 2 倍以上の場合を◎に、ゲート付きで堆砂量があっても、ゲートレスの堆砂量がそれの 2 倍以上の場合○に、それ以外を△で表示した。今回の検討範囲では、河床勾配が比較的堆砂量への影響が大きく、河床勾配が急な場合に堆砂量が少なく、河床勾配が緩くなると、堆砂量が大きくなる傾向にある。貯水池条件①では、ゲート付き流水型ダムでは、流入土砂量が大きく、粒度構成の礫分の割合が多くかつ最大粒径が大きいケース 1 のみ堆砂量があり、ケース 2～9 では、ほぼ堆砂量がないが、ゲートレスダムでもケース 5～9 も同様にはほぼ堆砂量がない。また、貯水池条件②③④では、流入土砂量が少なく、粒度構成比で礫分が少なくかつ最大粒径が小さいケース (ケース 14, 15, 20, 21, 29, 30) で、ゲート付きとゲートレスの堆砂量の差が大きく、ゲート付きの有効性がみられる。なお、評価が△としているが、堆砂量は、ゲート付きの方

が比較的小さくなっている。ここで、ゲートの有無による 100 年後の堆砂の粒度構成について調べてみたのが、表 3.6 である。表 3.6 より、堆砂は、砂と礫から構成されており、その割合は、ゲートの有無にはよらないことがわかった。また、ゲート付き流水型ダムにおいて、貯水池条件による粒度構成をみても、表 3.7 より大きな影響はなく、礫分を減らすとその分砂が増えていることがわかる。このように、流水型ダムでゲートをつけることで、ゲートレス流水型より洪水調節開始流量を大きくした効果により、堆砂量がゲートレス流水型ダムより小さくなることがわかった。ここで、ダムの下流河道の状況によっては、洪水調節開始流量をさらに大きくできる場合もあり、その効果について検討した結果を図 3.5 に示す。図 3.5 より、洪水調節開始流量を大きくできれば、堆砂量をさらに軽減できている、更にゲート付きのメリットも向上するケースも考えられる。今後は、堆砂の軽減による下流河道への影響等についても検討する必要があると考えられる。

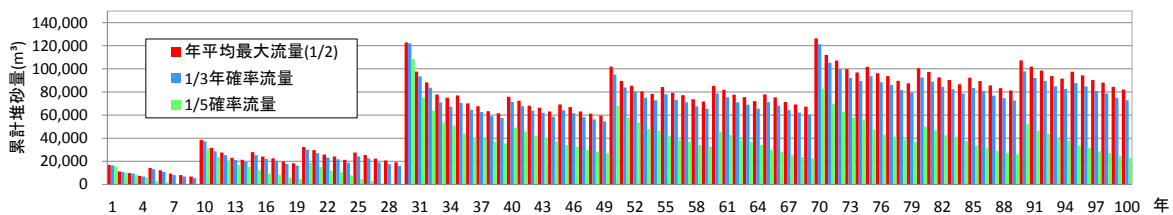
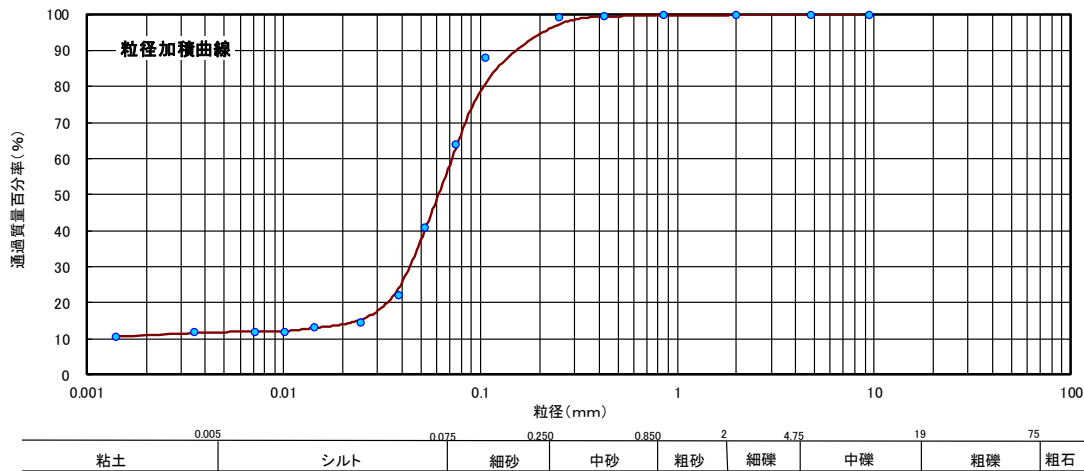


図 3.5 洪水調節開始流量を変化させた場合の 100 年間における堆砂量変化

3. 2 現地底質土砂による土砂侵食水理実験結果

表 3.8 土砂の粒度試験結果

採取深さ(m)		—				
	粒径 mm	通過質量百分率(%)				
ふるい	100			粗 礫 分(大)	(%)	0.0
	75			粗 礫 分(小)	(%)	0.0
	53			中 礫 分	(%)	0.0
	37.5			細 礫 分	(%)	0.1
	26.5			粗 砂 分	(%)	0.1
	19			中 砂 分	(%)	0.6
	9.5	100.0		細 砂 分	(%)	35.4
	4.75	100.0		シルト 分	(%)	52.0
	2	99.9		粘 土 分	(%)	11.8
	0.85	99.8		2mmふるい通過質量百分率(%)		99.9
	0.425	99.5		0.425mmふるい通過質量百分率(%)		99.5
	0.250	99.2		0.075mmふるい通過質量百分率(%)		63.8
	0.106	87.9		最大粒径 (mm)		4.75
	0.075	63.8		60% 粒径 D ₆₀ (mm)		0.0710
沈降分	0.0518	41.0		50% 粒径 D ₅₀ (mm)		0.0604
	0.0383	22.0		30% 粒径 D ₃₀ (mm)		0.0431
	0.0246	14.4		10% 粒径 D ₁₀ (mm)		—
	0.0142	13.1		均等係数 U _c	(—)	—
	0.0101	11.9		曲率係数 U _{c'}	(—)	—
	0.0071	11.9		淘汰度 Sort	(φ)	—
	0.0035	11.9		歪度 Skew	(—)	—
	0.0014	10.6		尖度 Kurt	(—)	—
				土粒子の密度 ρ _s (g/cm ³)		2.502
				使用した分散剤		ヘキサメチレン酸
			溶液濃度、溶液添加量		ナトリウム0.3g	



ここでは、九州地方整備局川内川河川事務所の協力により、再開発工事中の鶴田ダムの貯水位低下時に採取してもらった底質土砂を用いて実験を行った。実験で用いた底質土砂の粒度試験結果を表 3.8 に示す。実験は、この底質土砂の含水比を現地で採取した値にして、図 3.6 に示す実験装置に敷き詰めて、任意の時間に流量を流して、その平均侵食量を測定する方法で、1 流量で 3 回、3 流量実施して、各ケースのデータから摩擦速度と侵食速度の関係を求めるものである。なお、事前に、使用する実験水路について清水において使用範囲の平均流速と摩擦速度の関係を調査した。また、底質土砂を敷き詰めて、侵食状況を調査して、実験流量を設定した。なお、侵食量は、レーザ変位計

(写真 3.1 参照) を用いて流下方向 10 測線の河床高を通過前後で測定して横断方向に平均して侵食量を算定した。摩擦速度と侵食速度の実験結果は、図 3.7 に示す通りである。なお、摩擦速度 u_* は、次式により算定した。

$$U_* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}}, \quad \tau_0 = \rho g R I_e$$

ここで、 u_* : 摩擦速度, ρ : 水の密度, g : 重力の加速度, R : 径深, I_e : エネルギー勾配, τ_0 : 掃流力

摩擦速度と侵食速度は比例関係にあるが、摩擦速度が大きくなると、ややばらつきがおおくなり、侵食量も増加している。

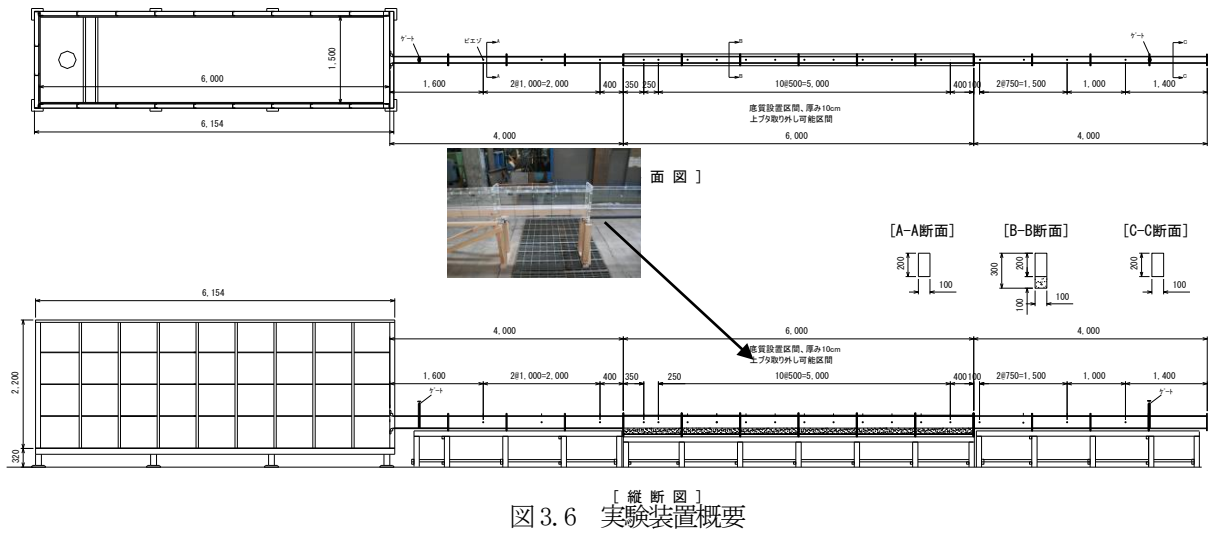


図3.6 実験装置概要

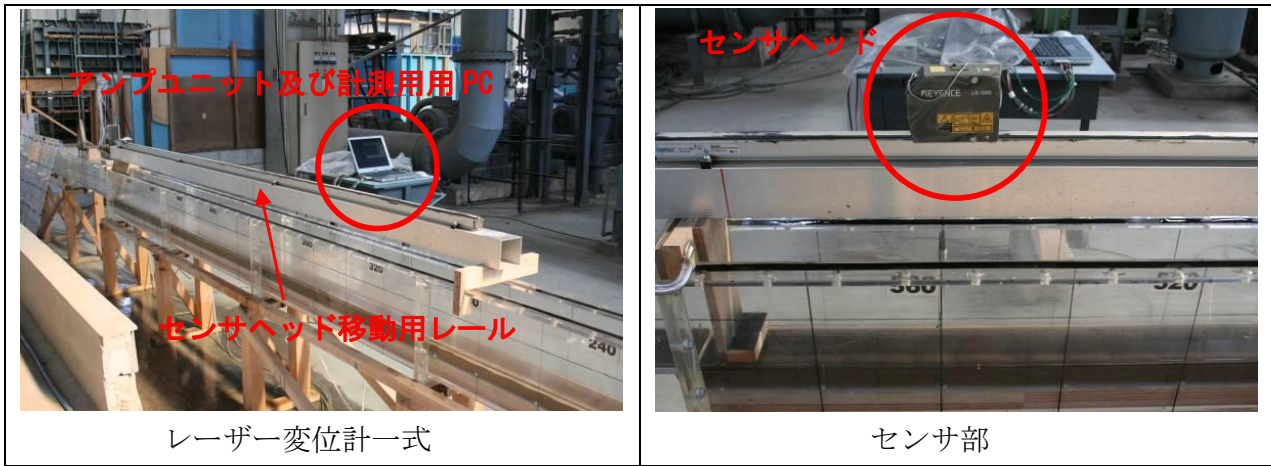


写真3.1 レーザー変位計

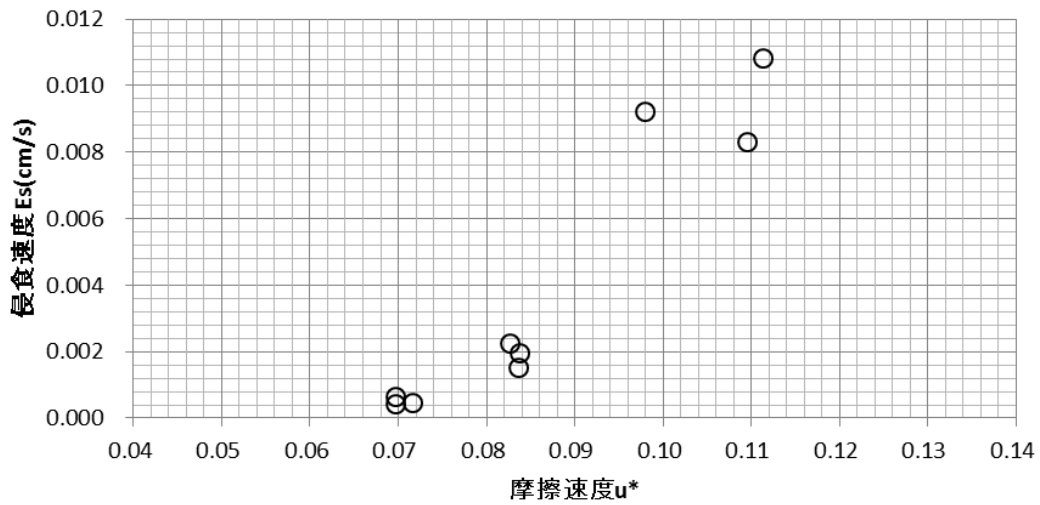


図3.7 摩擦速度と侵食速度の関係

3. 3 流水型ダム現地調査結果

流水型ダム築造後のダムおよび上下流の河道の変化状況を調査するため、島根県の益田川ダムにおいて現地調査を実施した。調査期間及び調査項目は以下の通りである。

調査期間 H26 年 10 月 22 日～24 日

調査項目

- ・無人航空機（ドローン）によるダム上下流の河道状況の空撮調査
- ・ダム上流地点における堆砂および含水率調査
- ・河道内の粒度分布調査及び生物調査

①現地調査手法

各調査項目における現地調査手法は以下の通りである。

- ・ドローンによるダム上下流河道の空撮調査

益田川ダムの上下流地点において無人航空機（ドローン）を用いた空撮調査を行った。図 3.8 に現地調査に用いたドローンを示す。空撮調査においては、事前にドローン離陸箇所の確認・飛行計画の作成を行い、河川管理者である島根県土木部に連絡のもと、操縦者、ドローン飛行状況・姿勢監視員、飛行時間管理者の3名体制で安全に配慮し、空撮調査を行った。

- ・ダム上流地点における堆砂の含水率調査

ダム上流地点の堆砂及びその周辺の土壌の含水率について調査を行った。含水率の調査においては(株)藤原製作所製の TDR 土壌水分測定器を使用した。

- ・河道内の粒度分布調査及び生物調査

河道内の粒度分布調査及び生物調査については、島根県土木部のご協力の下、粒度分布については H18~25 年度、生物調査については H20 年度に行われた調査結果についてご提供いただいた。

②現地調査結果

図 3.9 に益田川ダムにおける現地調査箇所を示す。

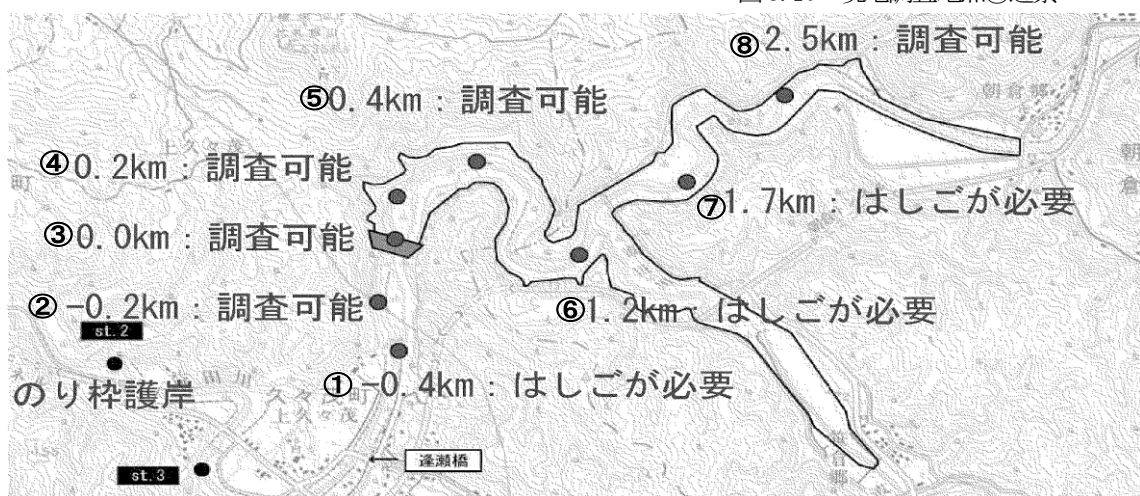


図 3.9 益田川ダム現地調査地点図

現地調査については、図に示す 8 地点において行った。以下に地点ごとの空撮画像、粒度分布調査の結果を示す



図 3.8 ドローン

(1) 現地調査地点①について

現地調査地点①はダム下流 0.4km 地点である。図 3.10 ~ 図 3.11 に現地調査地点の近景・空撮画像を、図 3.12 a, b に粒度分布調査結果を示す。図より現地調査地点①においては河道内に砂洲・植生が存在しており、粒度分布については平成 18 年から 20 年にかけて若干の粒度分布・曲線形状のばらつきが見られるが、その他の期間においてはおおむね一定の値を示していることから、河道内の環境が安定していると考えられる。



図 3.10 現地調査地点①近景



図 3.11 現地調査地点①空撮 (右側上流)

(1) 現地調査地点②について

現地調査地点②はダム下流 0.2km 地点である。図 3.13 ~ 図 3.14 に現地調査地点の近景・空撮画像を、図 3.15 a, b に粒度分布調査結果を示す。平成 24 年度に試料採取位置の変更をしている。平成 24 年度には石分の比率が大きい、平成 25 年度には堆積部において石分の減少、また、流水部においては石分の増減の動きが大きいことから平成 25 年度において出水に伴い堆積状況が変化したと推測される。

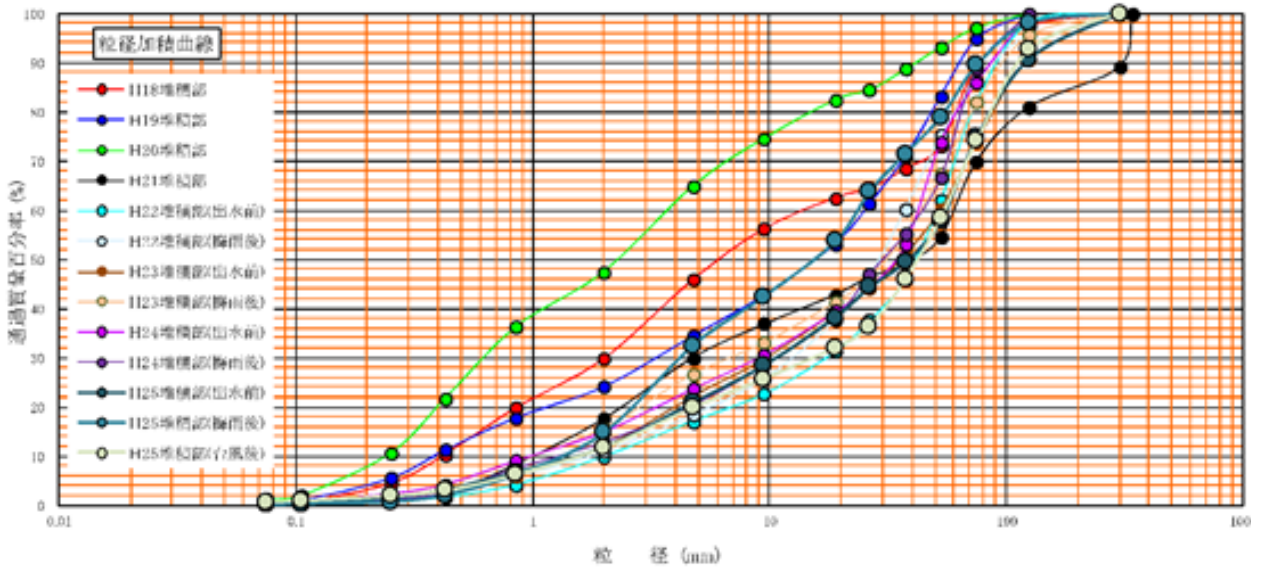


図 3.12a ダム下流 0.4km 地点における粒度分布 (流水部)

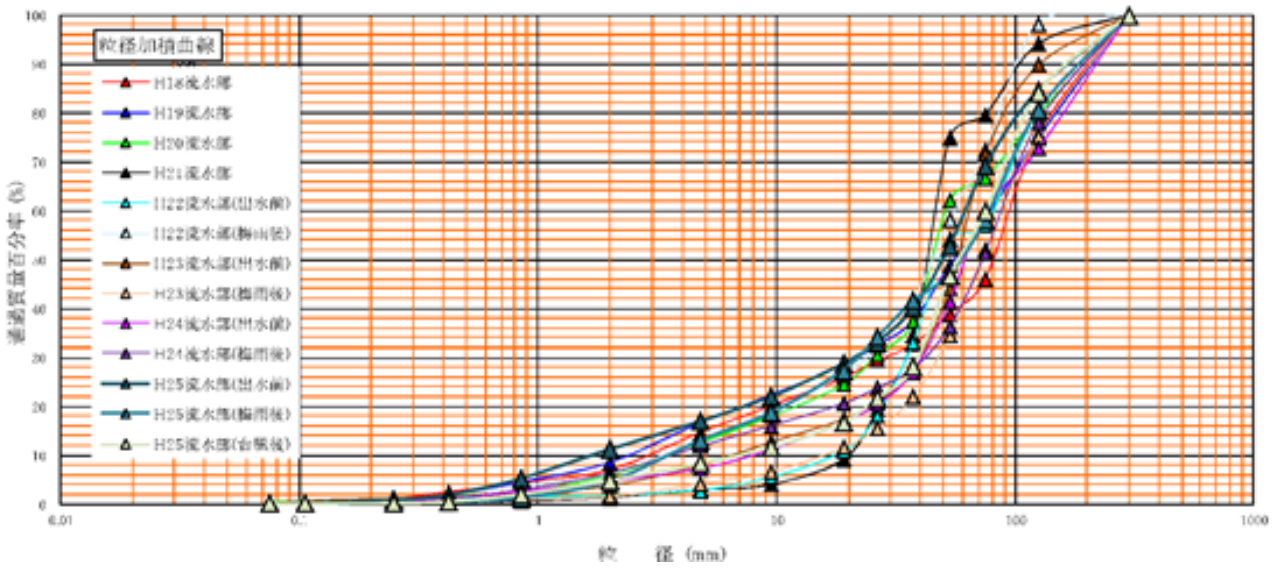


図 3.12b ダム下流 0.4km 地点における粒度分布 (堆積部)



図 3.13 現地調査地点②近景



図 3.14 現地調査地点②空撮 (右側上流)

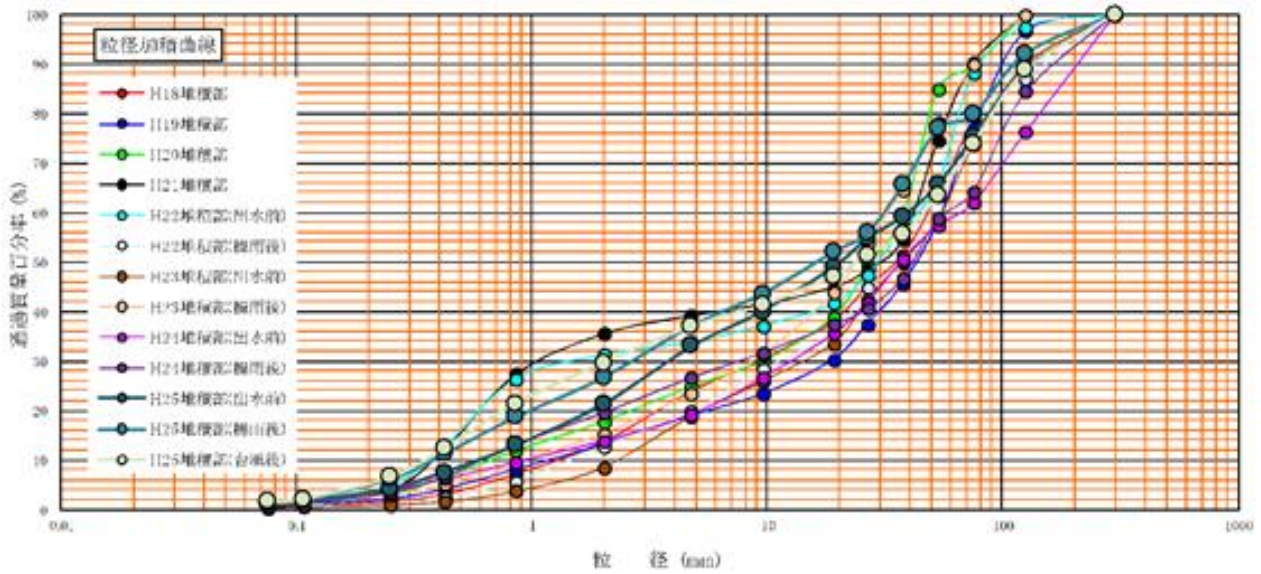


図 3.15a ダム下流 0.2km 地点における粒度分布 (流水部)

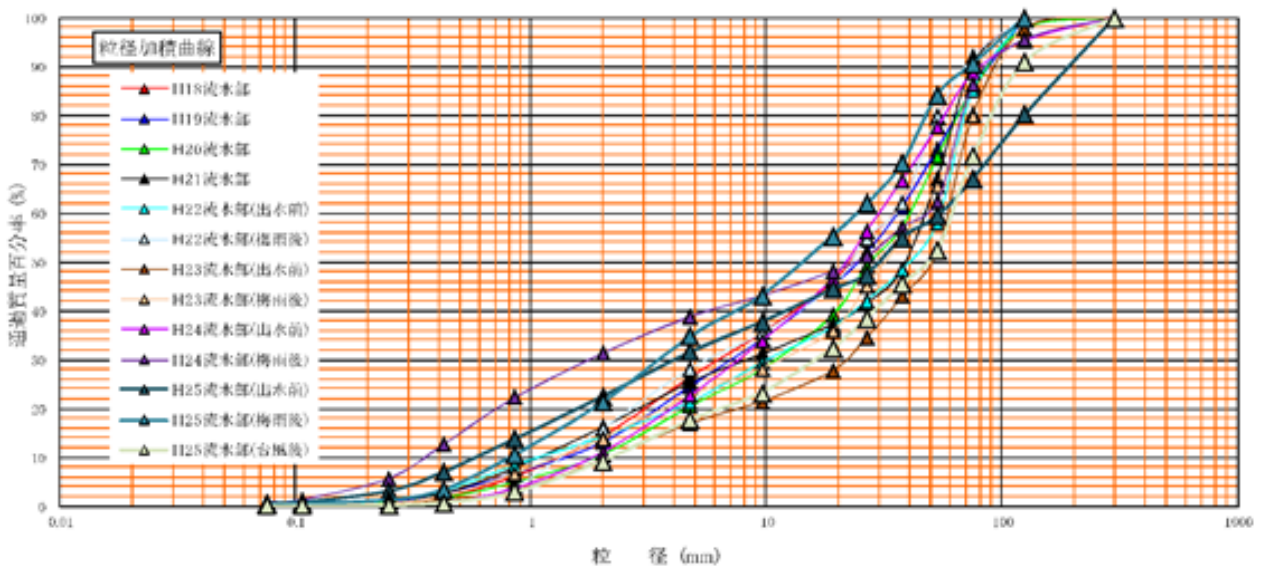


図 3.15b ダム下流 0.2km 地点における粒度分布 (堆積部)

(3) 現地調査地点③について

現地調査地点③はダム本体より上下流地点において調査を行った。図3.16～図3.17にダム下流における現地調査地点の近景・空撮画像を示す。図よりダム下流の減勢工内に土砂が堆積していることがわかる。また、図3.18～図3.20にダム下流減勢工のスリットの様子及びH20年度に行われたダム上下流における生物調査の結果を示す。図よりダム下流の減勢工に設置されているスリット型の魚道では比較的早い流速となっているが、ダム上下流において各種生物が確認されていることから図に示すような比較的流速の早い魚道においても生物の行き来が可能であると推測される。

◇平成20年度調査結果

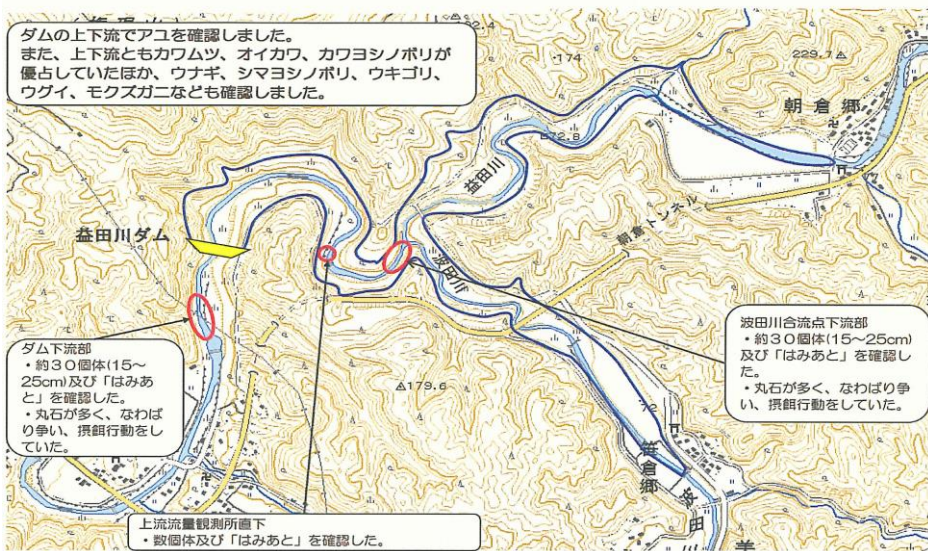


図3.18 平成20年度ダム上下流における生物調査結果



図3.16 現地調査地点③下流近景

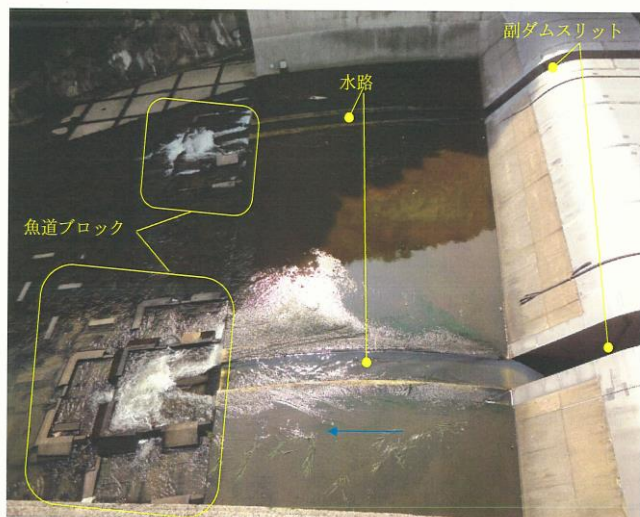


図3.19 ダム下流減勢工魚道



図3.17 現地調査地点③下流空撮



図3.20 ダム下流減勢工魚道 (拡大)

図3.21～図3.22にダム上流における現地調査地点の近景・空撮画像を、図3.23a, bにダム上流0.033km地点における粒度分布調査結果を示す。図3.21～図3.23a, bよりダム上流においてダム下流に比べ細かい土砂が堆積

していることがわかる。また、ダム上流における堆砂の含水率調査を行った。図3.24に調査状況を、含水率は、堆砂天端で5.8%、水際で35.5%および零筋左岸天端で26%であった。



図3.21 現地調査地点③上流近景



図3.22 現地調査地点③上流空撮

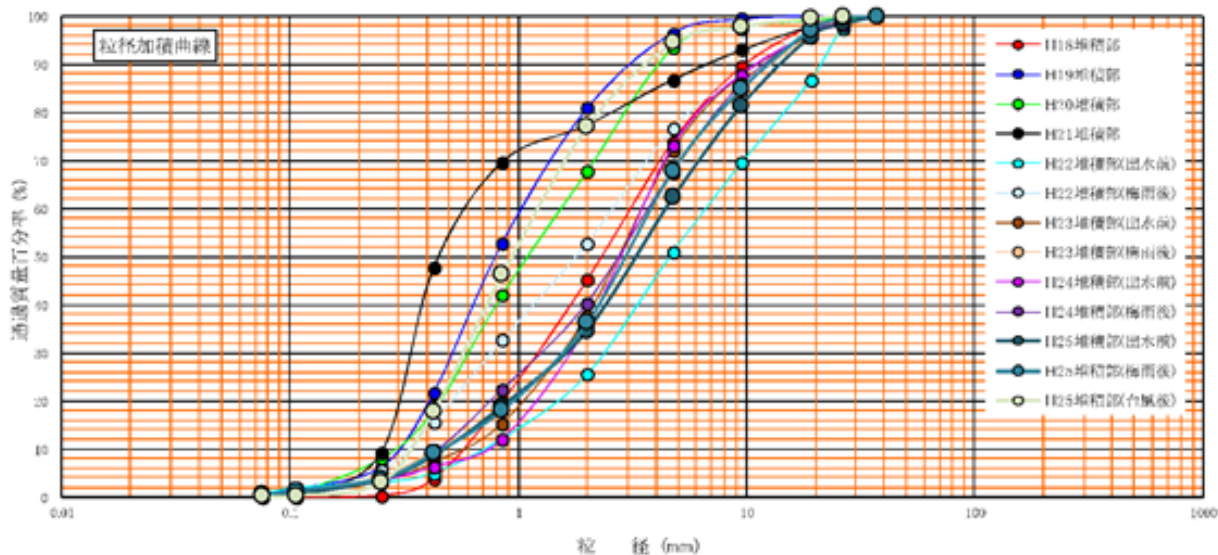


図3.23a ダム上流0.033km地点における粒度分布（流水部）

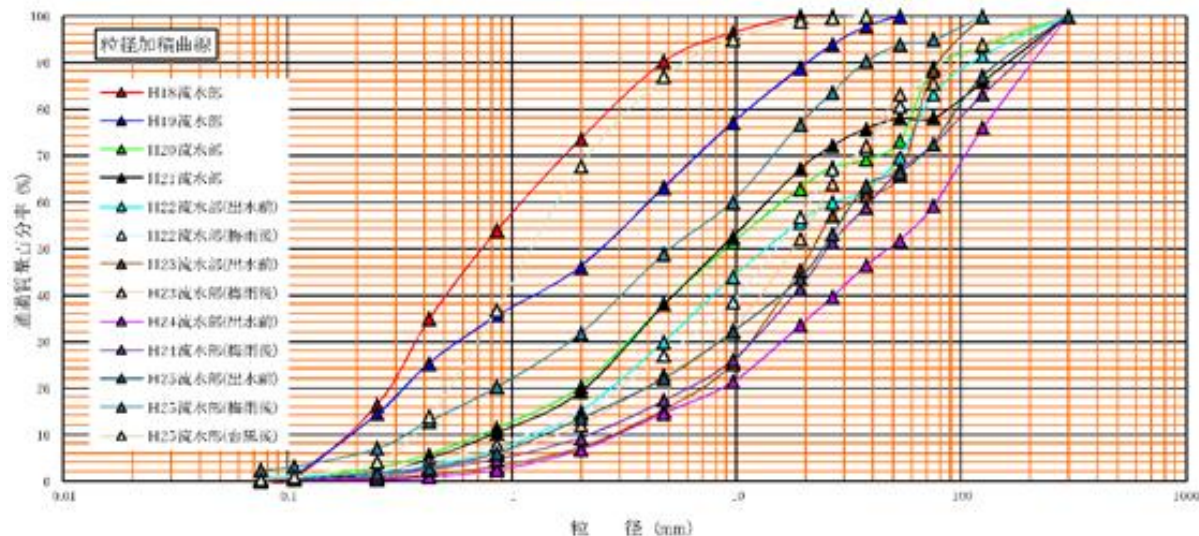


図3.23b ダム上流0.033km地点における粒度分布（堆積部）

また、図3.25に益田川ダム上流にある嵯峨谷ダムの上流側スクリーンの近景を示す。図3.22の益田川ダムのスクリーンと比べ、流木等が数多く捕捉されている。これよりスクリーンの間隔が狭くなるほど流木等が捕捉されやすくなることがわかる。



図 3.24 堆砂の含水率調査状況

(4) 現地調査地点④について

現地調査地点④はダム上流0.2km地点である。図3.26に現地調査地点の空撮画像を、図3.27 a, bに粒度分布調査結果を示す。図よりダム下流地点と比較すると流水部における河床材料の粒径については大きな差は見られないが、堆積部においてはダム上流地点（調査地点③、④）での石分が0%となっており、下流と異なる粒度分布である。

また、H25年度台風後の調査では、それまでの調査に比べ、砂分の増加が著しい。これは、H25年度の出水により、堆積環境が変化したものと推測される。H26年度の空撮調査時においても河道内に砂洲が確認されるなど、砂分が多い物と推測される。



図 3.25 嵯峨谷ダム上流側スクリーン

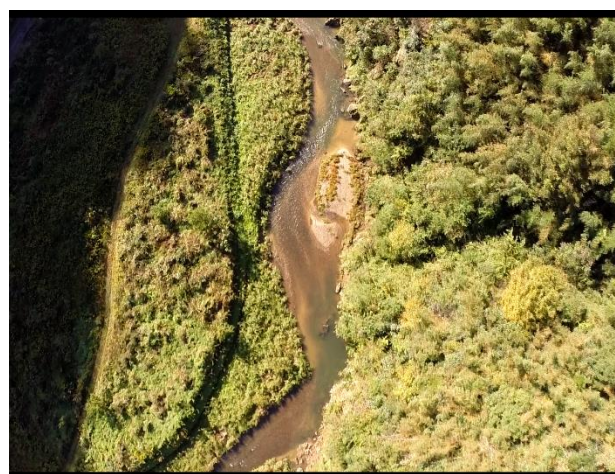


図 3.26 現地調査地点④空撮（下側上流）

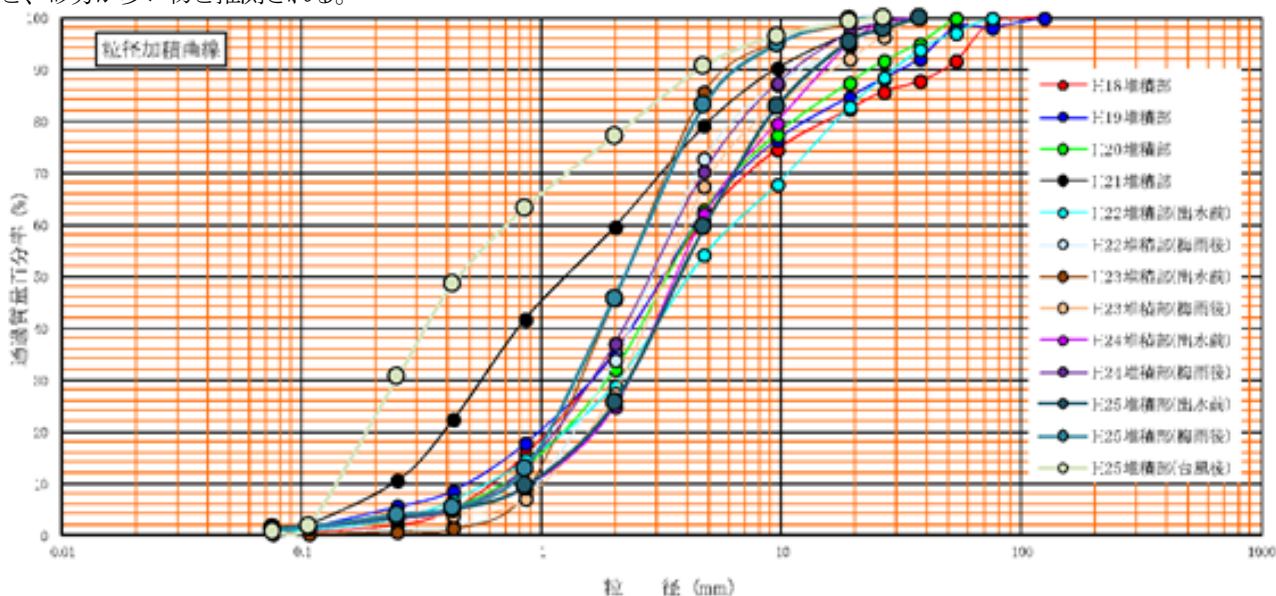


図 3.27a ダム上流0.2km地点における粒度分布（流水部）

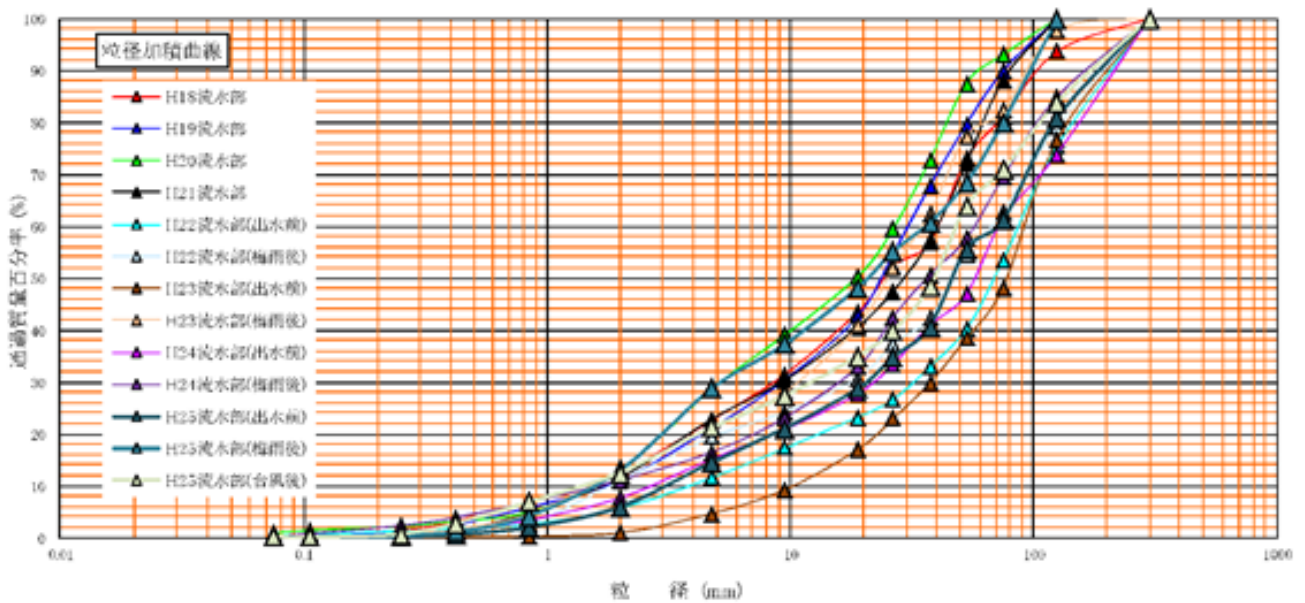


図 3.27 b ダム上流 0.2km 地点における粒度分布 (堆積部)

(5) 現地調査地点⑤について

現地調査地点⑤はダム上流 0.4km 地点である。図 3.28 に現地調査地点の空撮画像を、図 3.29a, b に粒度分布調査結果を示す。図 3.29a, b より堆積部において平成 25 年度の粒度分布について大きく変化している。これは梅雨時期の出水における堆積物 (砂分) の流出による粗粒化並びに、台風時期の出水において上流から大量の砂分が供給されたことによる細粒化であると推測される。



図 3.28 現地調査地点⑤空撮 (右側上流)

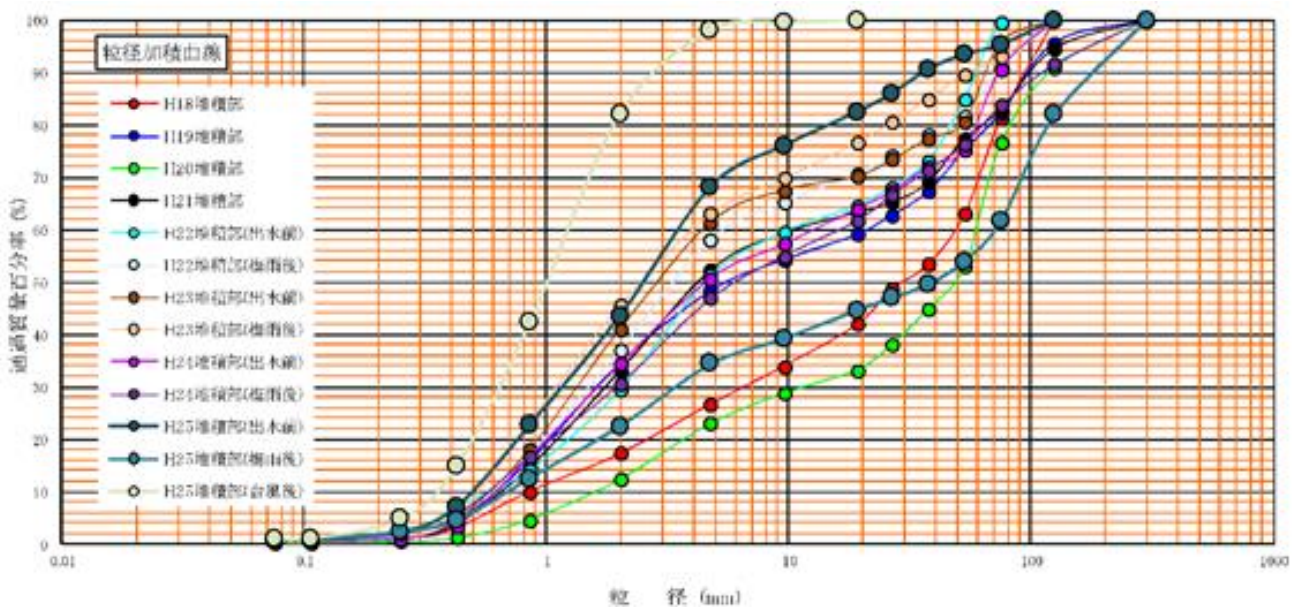


図 3.29a ダム上流 0.4km 地点における粒度分布 (流水部)

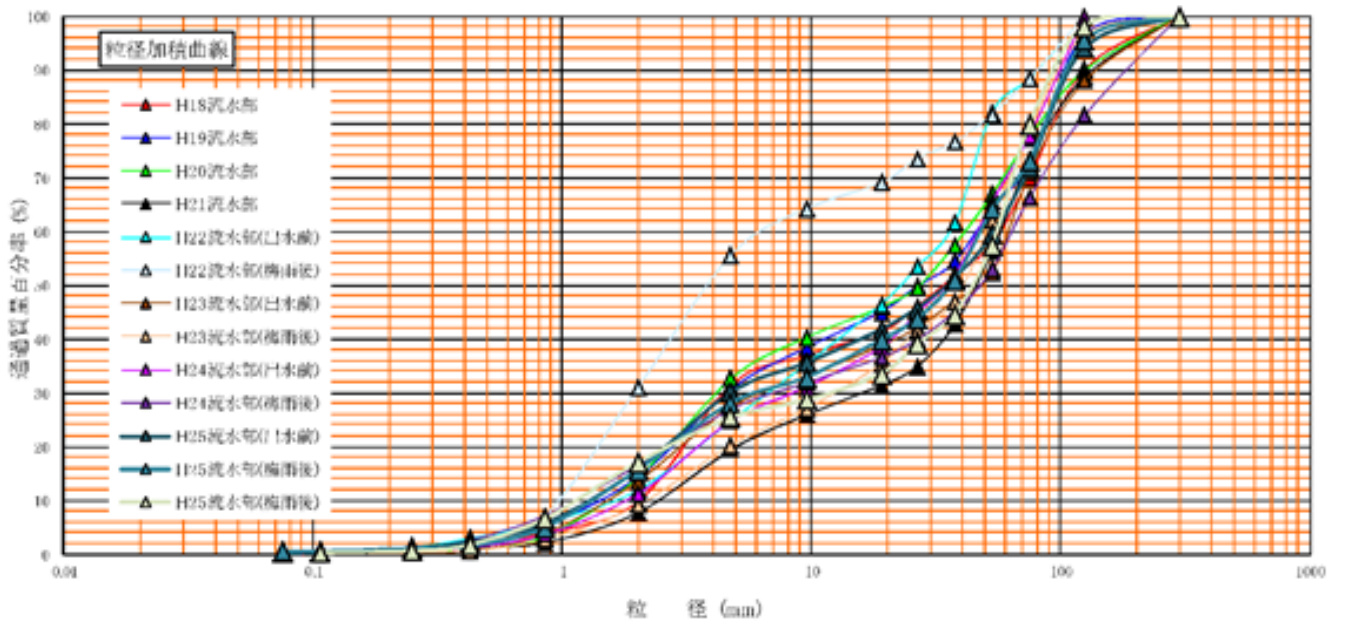


図 3.29a ダム上流 0.4km 地点における粒度分布 (堆積部)

(6) 現地調査地点⑥について

現地調査地点⑥はダム上流 1.2km 地点である。図 3.30 に現地調査地点の空撮画像を、図 3.31a, b に粒度分布調査結果を示す。図 3.31a, b より堆積部の平成 25 年度の粒度分布が大きく変化している。この粒度分布の変化は、調査地点⑤、④と比べ、石分の減少については同様であるが、砂分ではなく、礫分が増加している。これは、上流地点より土砂が供給される際に調査地点⑥で粒径が大きい物が沈降し、粒径の小さい物については調査地点⑥より下流地点において沈降したのではないかと推測される。



図 3.30 現地調査地点⑥空撮 (右側上流)

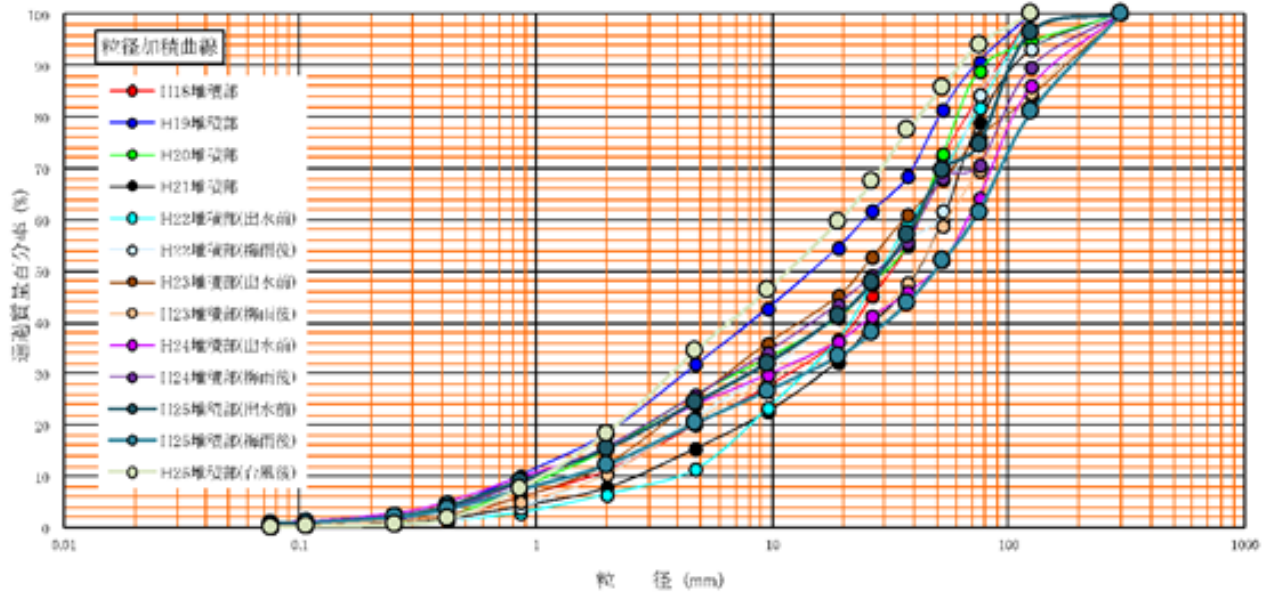


図 3.31a ダム上流 1.2km 地点における粒度分布 (流水部)

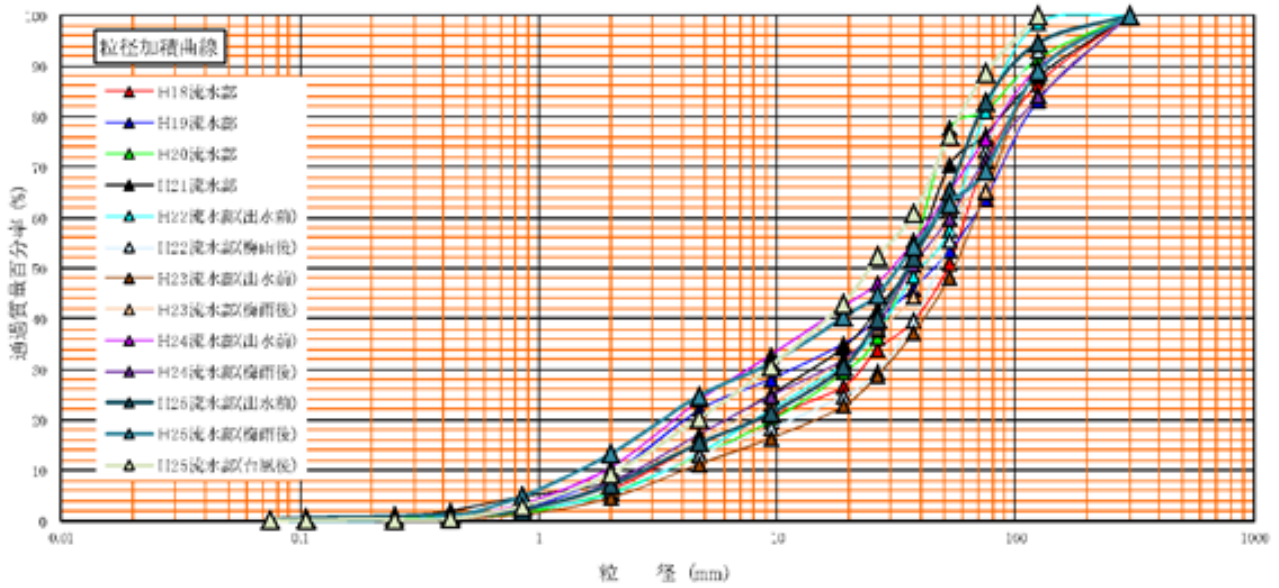


図 3. 31b ダム上流 1. 2km 地点における粒度分布 (堆積部)

(7) 現地調査地点⑦について

現地調査地点⑦はダム上流 1. 7km 地点である。図 3. 32 に現地調査地点の空撮画像を、図 3. 33a, b に粒度分布調査結果を示す。図 3. 33a, b より粒度分布について大きな変化はなく調査地点⑦より下流の地点等と比べ H25 年度の出水による粒度分布の変化等は見られない。



図 3. 32 現地調査地点⑦空撮 (右側上流)

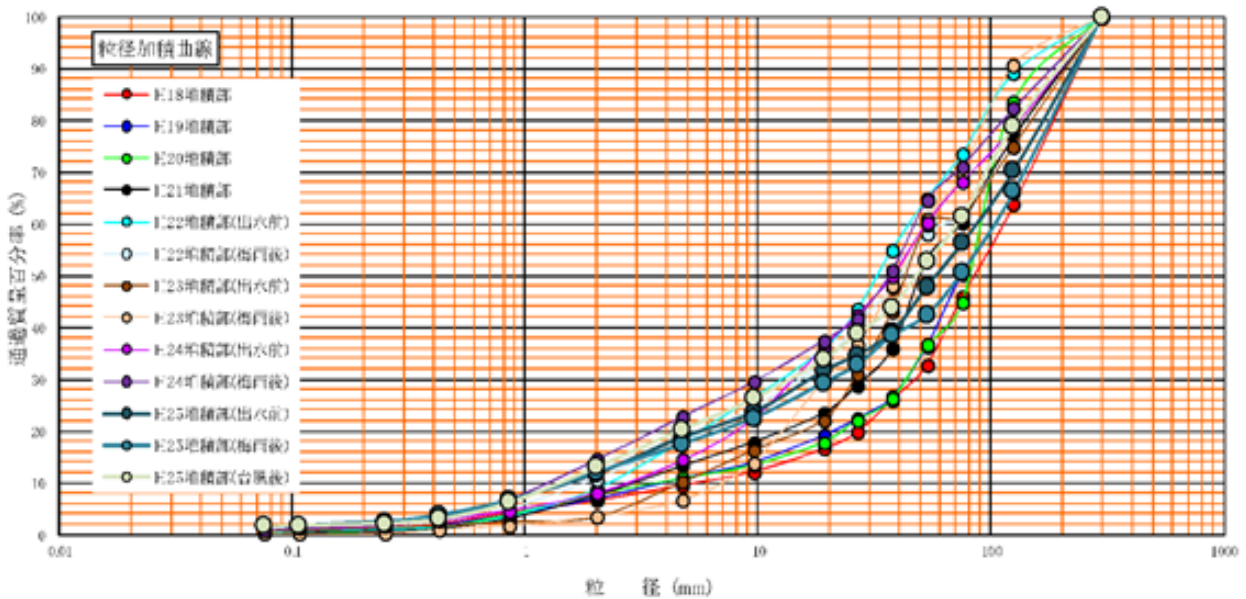


図 3. 33 a ダム上流 1. 7km 地点における粒度分布 (流水部)

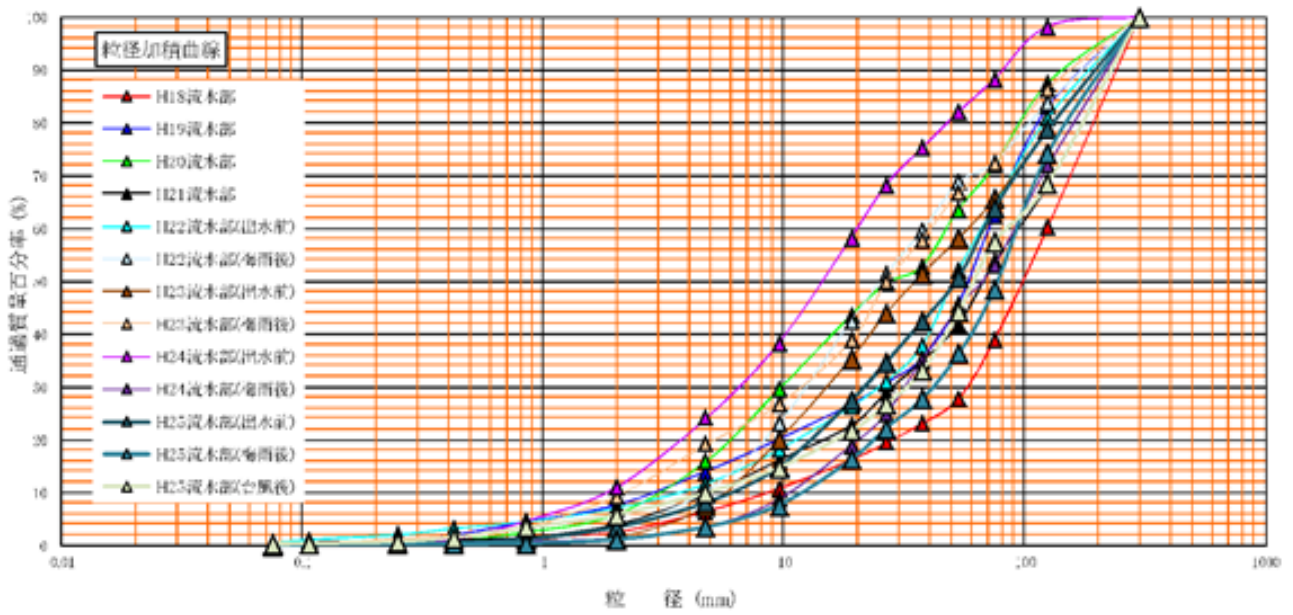


図 3.33b ダム上流 1.7km 地点における粒度分布（堆積部）

(8) 現地調査地点⑧について

現地調査地点⑧はダム上流 2.5km 地点である。図

3.34a, b に粒度分布調査結果を示す。図 3.34a, b より H25 年度の調査において、堆積部では梅雨後・流水部では台風後に石分が増加している。これは、出水により表層部の土砂が流出し、河床の石分が露出したのではないかと推測される。なお、H25 年度台風後の調査については調査地点を変更しているため、粒度分布・曲線形状が異なっている。

4. まとめ

以上の検討結果から得られた知見は以下の通りである。

(1) 検討対象ダムを設定し、洪水調節開始流量を平均年最大流量にし、ピークカットを7割とした洪水調節の長期の土砂の連続性について、1次元河床変動計算によりゲート付き流水型ダムとゲートレス流水型ダムの堆砂量について調査した結果、基本的にゲート付き流水型ダムのほうが堆砂量が小さくなっていることがわかった。これは、ゲート付きにすることで、洪水調節開始流量や洪水調節後の

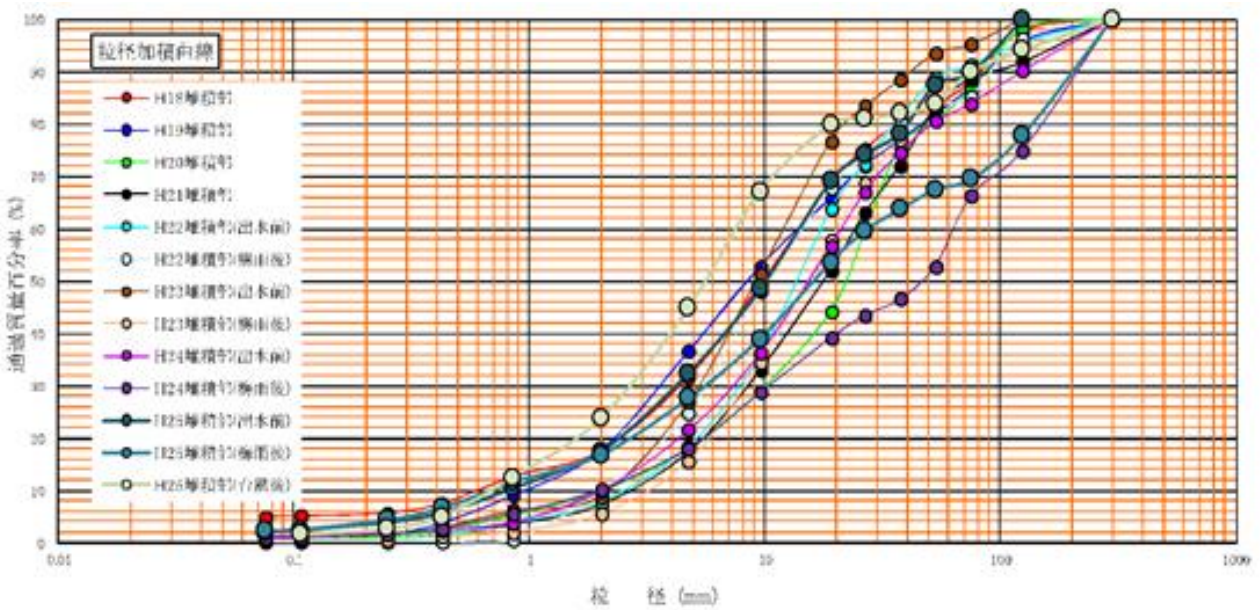


図 3.35a ダム上流 2.5km 地点における粒度分布（流水部）

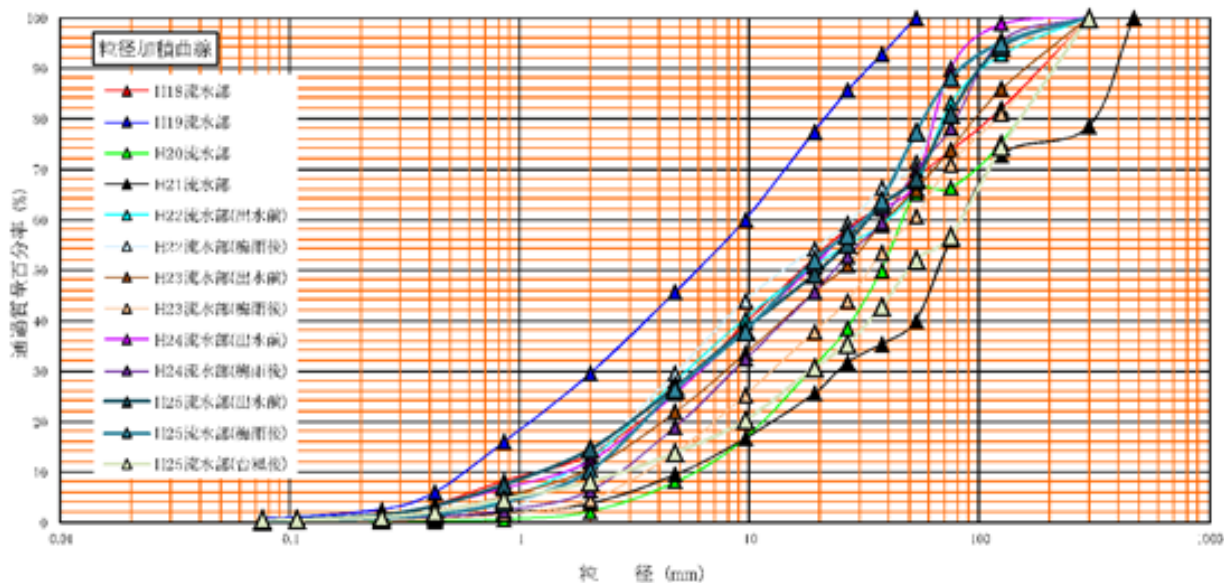


図 3.35b ダム上流 2.5km 地点における粒度分布 (堆積部)

放流量をゲートレスダムより大きくすることが可能となる影響と考えられる。また、上記の洪水調節流量をさらに大きくした場合についても検討したが、大きくすることで堆砂量もやや小さくなることがわかった。ダム下流河道への影響等も考えなくては行けないが、洪水調節開始流量を大きくするメリットはあると考えられる。

(2) 現地底質土砂を用いた水理実験により、この土砂の摩擦速度と侵食量の関係が得られた。今後はこの関係を用いて、濁水シミュレーションの見直しを実施する予定である。他ダムの底質土砂より、若干ではあるが大きめの粒径成分がみられる。

(3) 既存の流水型ダムの現地調査では、常時の魚類の移動については、副ダムのスリットが2カ所のでかなりの流速となっており、魚類の遡上については、問題があると考えられていたが、とりあえず、鮎等もダム上流に遡上しており、どのような状況で鮎が遡上できているのか、その遡上経路も含めた調査が必要と思われる。また、蟹の遡上のためにロープが副ダム天端から下流に向かって設置されており、このロープによって蟹の遡上も確認されている。但し、流水の影響でロープの長さが短くなる等の問題が見られた。当初から、副ダム天端などへのアクセスが可能となるような対策等も考慮する必要があると思われる。この他、大きな出水を経験していないが、ダム上流には砂成分が多く堆積しており、また、減勢工内にも土砂が堆積していた。常用洪水吐きには比較的小さなゴミ等もみられ、周辺にある農地防災ダムでは、スクリーンがこのゴミ等で塞がれるなどもみられ、比較的スクリーンのバーピッチを大きめに

すると、これらのゴミによる閉塞は防げると考えられる。

今後、常時の魚類等の移動や長期的な土砂の連続性について検討ケースを追加するとともに、短期的な土砂の連続性を確保するための放流設備の設計方法等もあわせて、検討していく必要があると考える。上記必要規模に洪水調節に必要なゲートを設置した場合の洪水調節時の貯水池内堆砂状況と濁水発生状況等の検討を実施する。平行して、洪水末期の濁水発生機構の解明のための現地観測やそれを受けた対策手法も検討する予定である。

なお、水位低下時の濁水発生状況現地調査において、川内川河川事務所の方々に現地調査の協力やデータ提供等や益田川ダムの現地調査において、島根県の方々に現地調査の協力やデータ提供等をいただき、ここに謝辞を述べます。

参考文献

- 1) 鈴木伴征・柏井条介・吉岡喜浩：鯖石川ダム堆砂実績を用いた粒径別流入土砂量の推定、ダム工学、14(4)、pp. 257- 259、2004。
- 2) 社団法人 日本大ダム会議、技術委員会 土砂管理分科会、土砂管理分科会報告—貯水池の土砂動態と土砂制御工法—大ダム 第212号 別刷 pp.10- 129、2010。7

ASTUDY ON SECURING THE CONTINUITY OF RIVER FLOW AT THE SITE OF STREAM TYPE DAM

Budgeted : Grants for operating expenses
General account

Research Period : FY2011-2015

Research Team : Hydraulic Engineering Research Group
(River and Dam Hydraulic Engineering)

Author : HAKOISHI Noriaki
ISHIGAMI Takayuki
MIYAWAKI Chiharu
MIYAKAWA Masashi
NAKANISI Satoru
MOTOYAMA Kenshi

Abstract : Recently, the projects' number of "Stream type flood control dam" has been increasing and the expectation for securing the continuity of river flow at dam site is rising. However, both the securing continuity and the function of flood control are in the trade-off relations, so that it is difficult for ordinal outlet facilities to secure the sufficient continuity. The planning and design method for new type outlet works taking the transport of sediment and the mobility of living things into account has been required. This study aims to develop new type outlet facilities which are indispensable for securing the continuity of river flow, to provide the planning and design technologies of outlet facilities, moreover, it aims to investigate the turbidity occurring mechanism and to present both prediction technologies and countermeasures against turbidities. In 2014 fiscal year, we conducted the simulation survey of long-term reservoir sedimentation of "Stream type flood control dam" with gate and gate-less, examined the relationship of friction velocity and erosion volume using the hydraulic model test. Moreover we conducted the survey about functional inhibition of the sediment and the floodwood of the "Stream type flood control dam" at the existing dam (Masudagawa Dam) and examined the countermeasure.

Key words : stream type flood control dam, securing the continuity of river flow, gate facilities, hydraulic model test, the continuity of sediment flow, one-dimensional simulation model for riverbed fluctuation, field survey of turbid water under the drawdown condition, erosion test of reservoir bed sediment, field survey of existing "Stream type flood control dam"