

4. 堆砂

4. 堆砂

4.1 評価の進め方

4.1.1 評価方針

天ヶ瀬ダムの堆砂状況及び経年的な整理により堆砂傾向を把握し、評価を行う。また、堆砂対策について整理する。

4.1.2 評価手順

以下の手順で評価を行う。評価のフローは図 4.1-1 に示すとおりである。

(1) 堆砂測量方法の整理

堆砂測量（深浅測量）の方法について、手法・測線（測量断面位置）・測量時期について整理する。

(2) 堆砂実績の整理

測量結果（堆砂状況調査報告書、深浅測量結果等）をもとに、堆砂状況について経年的に図表整理する。また、縦断図を示し、堆砂形状を把握する。

(3) 堆砂傾向の評価

堆砂計画との比較から、堆砂の進行状況や堆積箇所等の傾向について評価を行う。

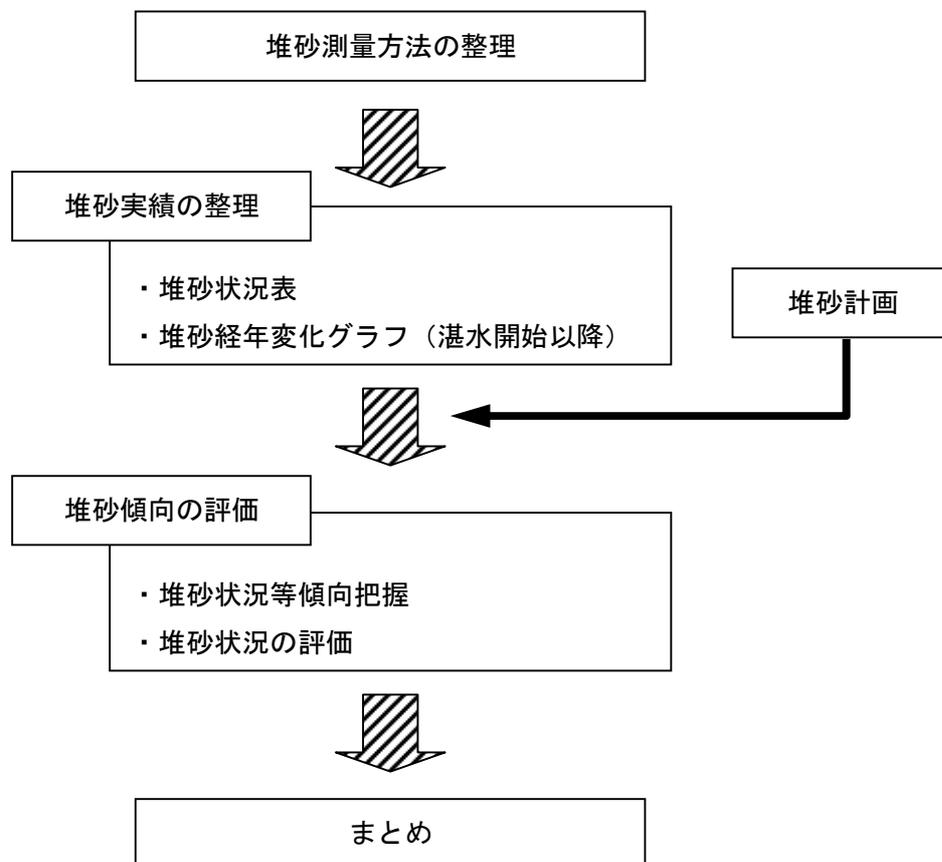


図 4.1-1 評価手順

4.1.3 堆砂にかかわる天ヶ瀬ダムの特徴

天ヶ瀬ダムは淀川の本川である宇治川に位置する多目的ダムであり、その堆砂にかかる特徴は以下のとおりである。

- 天ヶ瀬ダム完成前に上流約 3km にあった旧大峰堰堤は天ヶ瀬ダム最低水位以下の部分が残されており、旧大峰堰堤より上流については、旧大峰堰堤の堆砂物の上に堆砂している。
- 旧大峰堰堤の上下流で堆砂物の内容がかなり異なっている。
- 近年は堆砂量の増加が小さくなっていたが、平成 24・25 年洪水によって、堆砂量がそれぞれ 4%増加し、平成 26 年時点で計画堆砂量の約 80%程度まで堆砂が進んでいる。
- 平成 24 年度の堆砂測量でマルチビーム測量によるメッシュ法での堆砂量の算定を行っているが、平均断面法での結果との差は貯水池全体で 1%未満であり、通常年に実施している音響測深機による平均断面法でもかなり正確な堆砂状況が把握されていることが確認されている。
- ダム下流の宇治川の河道では、平均河床高の低下や河床材料の粗粒化等、天ヶ瀬ダムの大砂による影響が確認されている。

4.2 堆砂測量方法の整理

4.2.1 音響測深機による測量方法

堆砂測量は、天ヶ瀬ダムから縦断方向に約 200m、横軸方向に約 5m（音響測深機による場合）間隔で実施している。

横断測量は最大水深に応じて、以下の 3 つの測量に分かれる。

- ①最大水深 $H \leq 1\text{m}$: レベル・標尺による直接測量
- ② $1\text{m} < \text{最大水深 } H \leq 3\text{m}$: レベル・標尺による直接測量および音響測深機による測量
- ③最大水深 $H > 3\text{m}$: 音響測深機による測量

なお、堆砂量は堆砂測量から得られる横断図を基に、平均断面法を用いて算出している。

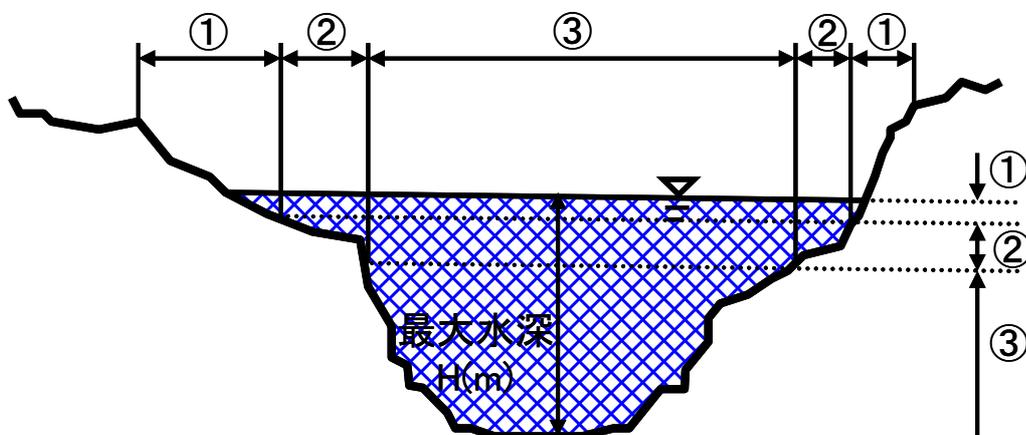


図 4.2-1 堆砂測量概要図



図 4.2-2 深浅測量作業状況

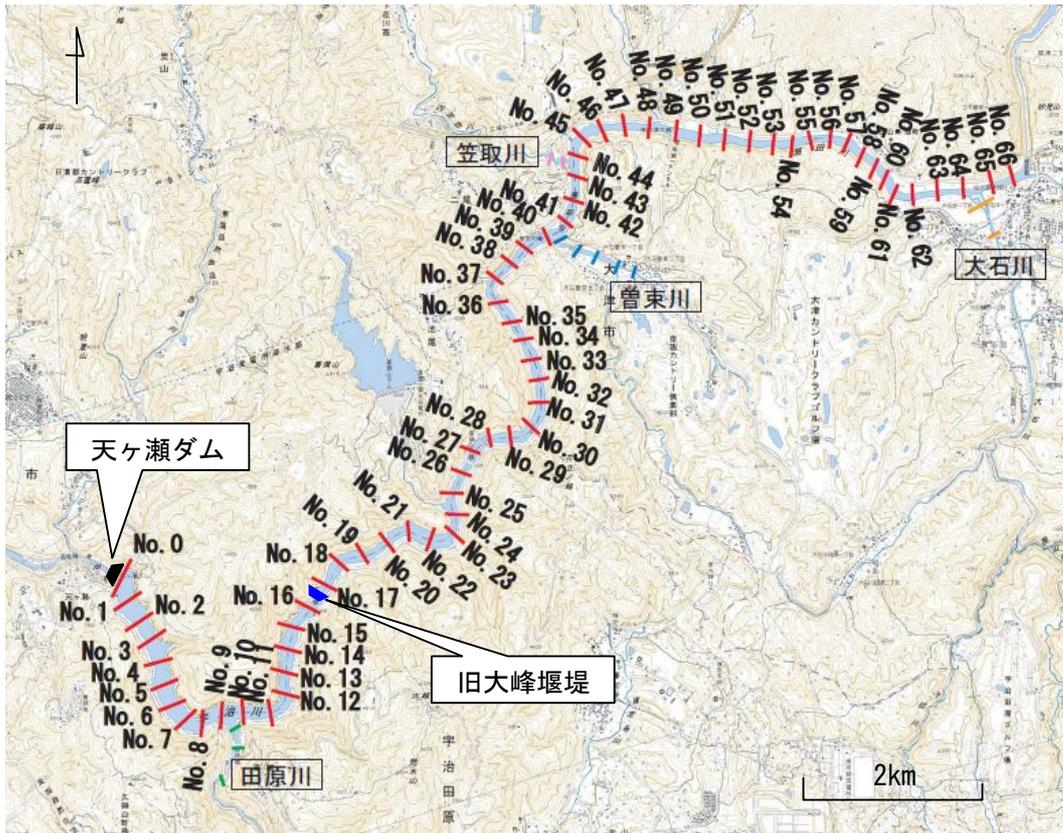


図 4.2-3 音響測深機による測線位置図

4.2.2 マルチビーム測深機による測量方法

平成 24 年度は、マルチビーム測深機による測量が行われている。マルチビーム測深機は、音響ビームを扇状に発射、受信しながら面的に測深を行う手法である。なお、堆砂量はマルチビーム測量により得られる三次元測量データを基とし、1~5m 四方のメッシュ標高を算出し堆砂量を求めるメッシュ法の他に、前述の平均断面法でも算出を行っている。



図 4.2-4 航空レーザー計測イメージ

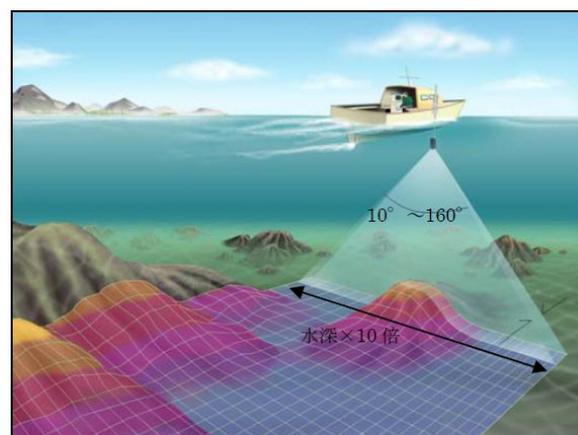


図 4.2-5 ナローマルチビーム測深概念図

出典：資料 4-2

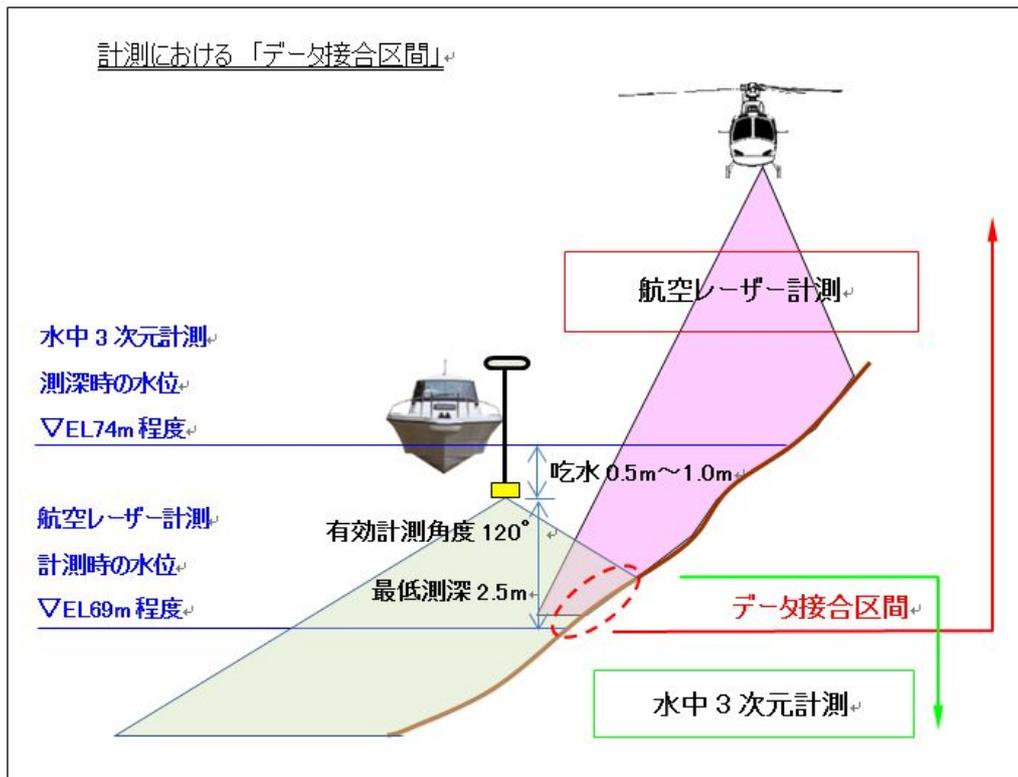


図 4.2-6 マルチビーム深浅測量の作業イメージ

出典：資料 4-2

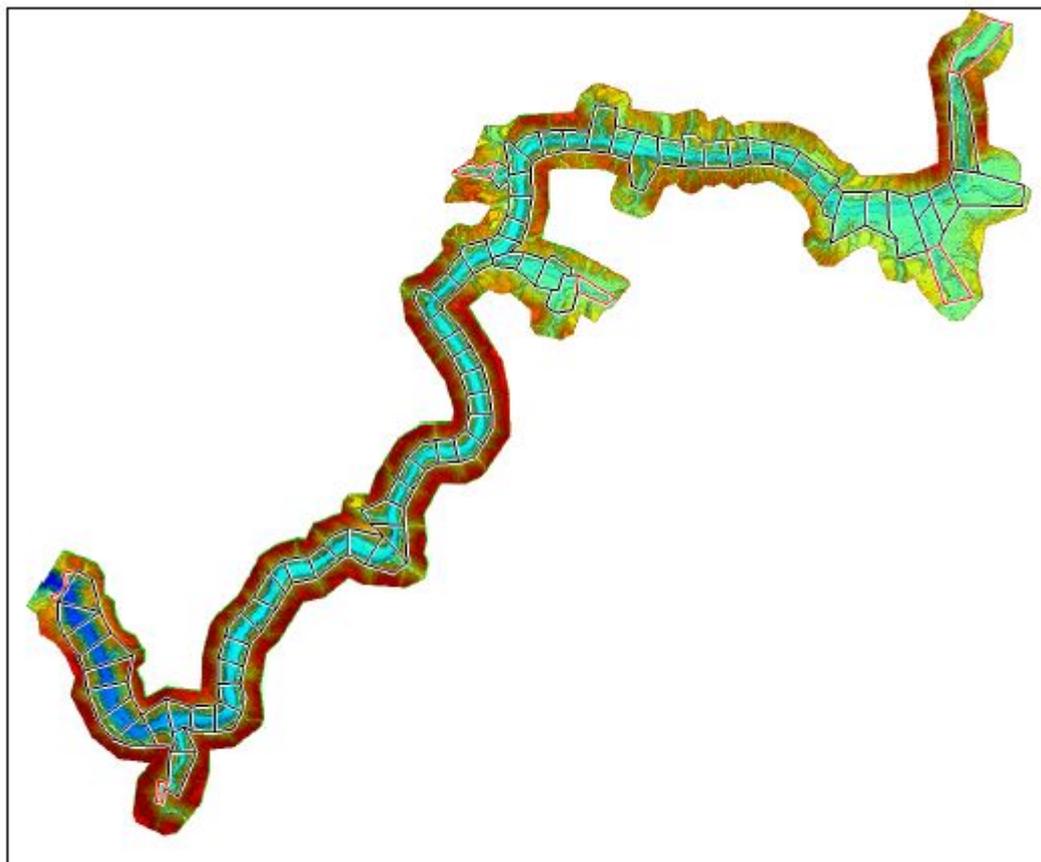


図 4.2-7 メッシュ計算分割図

出典：資料 4-2

4.2.3 平均断面法とメッシュ法の精度比較

満水位 (EL. 78.5m) でメッシュ法と平均断面法で貯水容量を比較したところ、総貯水容量で概ね 0.21%の差分となっており、堆砂量の計算方法の違いによる差は非常に小さい結果となった。

表 4.2-1 容量計算較差 (EL.78.5m)

	(1)メッシュ法	(2)平均断面法	(3)較差 (1-2)	(4)較差率 (3÷2)
本線	21,067,288.92	20,958,536.80	108,752.12	0.52%
田原川	268,132.98	283,951.90	-15,818.92	-5.57%
曾束川	291,381.21	343,129.90	-51,748.69	-15.08%
笠取川	65,237.79	42,727.90	22,509.89	52.68%
大石川	50,612.31	67,685.70	-17,073.39	-25.22%
合計	21,742,653.20	21,696,032.20	46,621.00	0.21%

出典：資料 4-2

4.3 土砂流入等の状況

4.3.1 砂防堰堤の設置状況

明治以前から淀川流域では、山地のいたるところで人為的に伐採が繰り返され、山腹が荒廃した状態であった。多くの土砂が流域から流出するようになり、下流の淀川では流出した土砂が河床に堆積し、河川の疎通能力を阻害することにより河川の氾濫被害を拡大させることとなった。

明治11年から淀川修築工事の一環として、瀬田川、木津川の上流域において、淀川下流への土砂流入を防止するために山腹工（表面侵食や表層崩壊の防止又は軽減が目的）などを施工する直轄砂防事業が実施され始めた。昭和20年代後半には、コンクリート技術を用いた砂防堰堤が施工されるようになった。

明治11年から続けられてきた山腹工は、瀬田川水系では平成19年度に概成した。砂防堰堤は、昭和50年代後半から平成初期に掛けて設置基数が増えている。

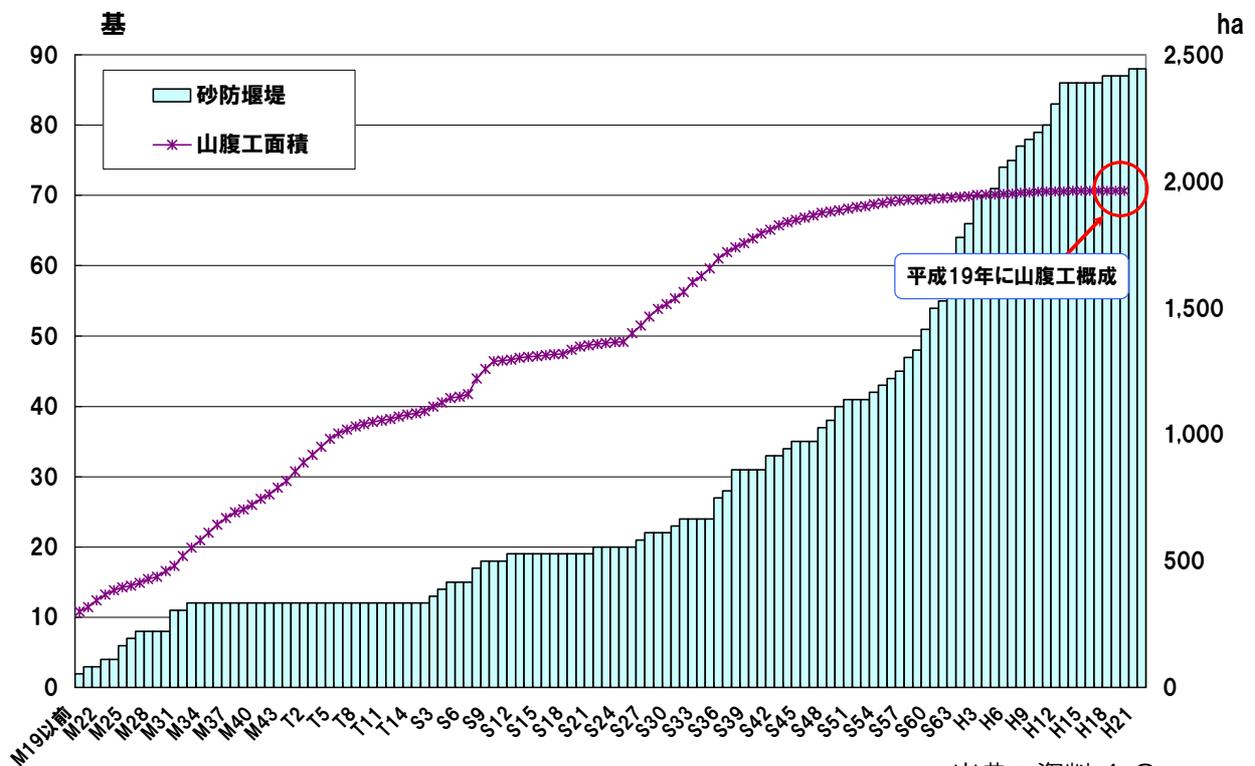


図 4.3-1 瀬田川水系砂防の整備情報

出典：資料 4-3

4.3.2 法面崩壊等の発生状況

近年では、平成 23 年、24 年、25 年に湖岸斜面で崩壊が確認されている。

(1) 平成 23 年度

6 月、8 月、11 月に湖岸斜面の崩落が発生した。

発生状況及び箇所は以下の通りである。

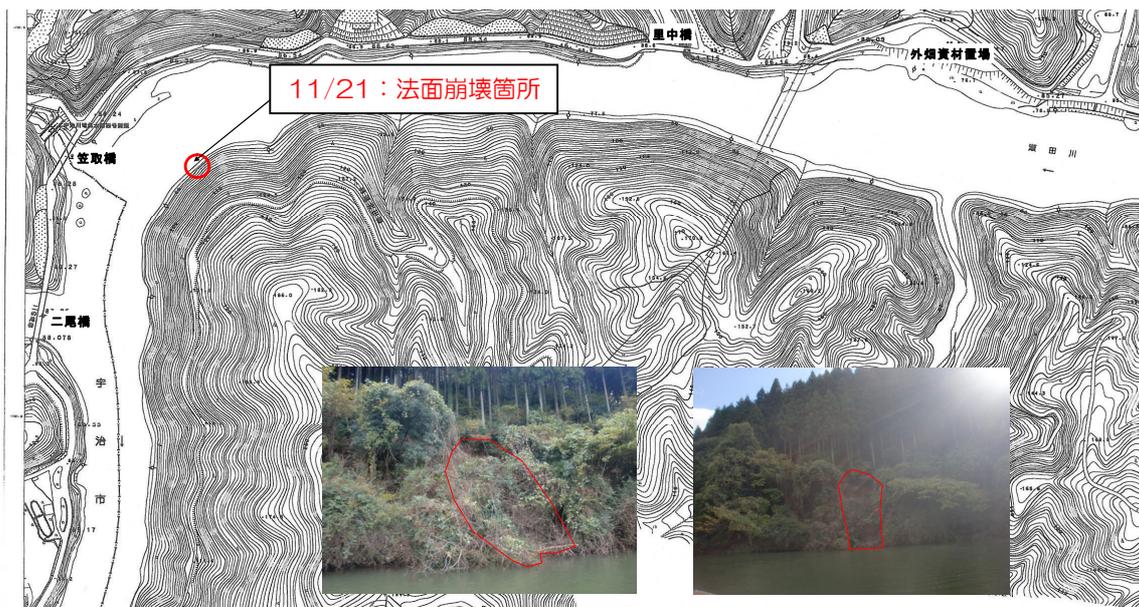
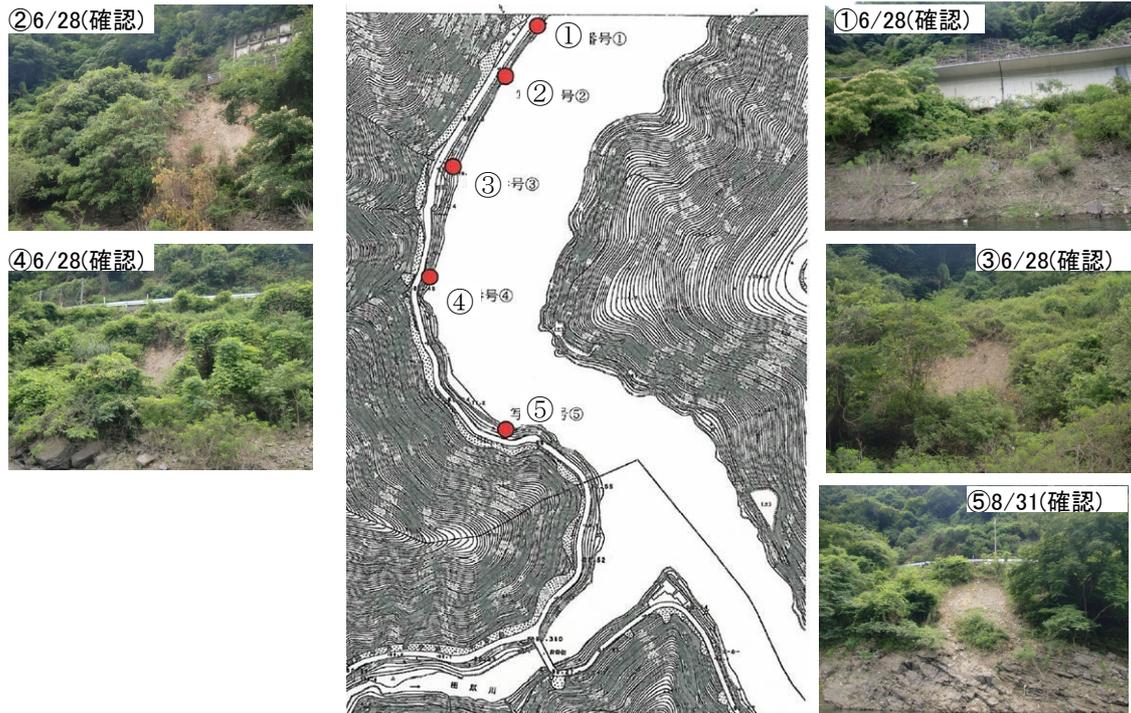


図 4.3-2 湖岸法面の崩壊の状況（平成 23 年度）

(2) 平成 24 年度

8 月 14 日の降雨に伴い、土砂流失、湖岸法面の侵食・崩落等が発生した。発生状況は以下の通りである。

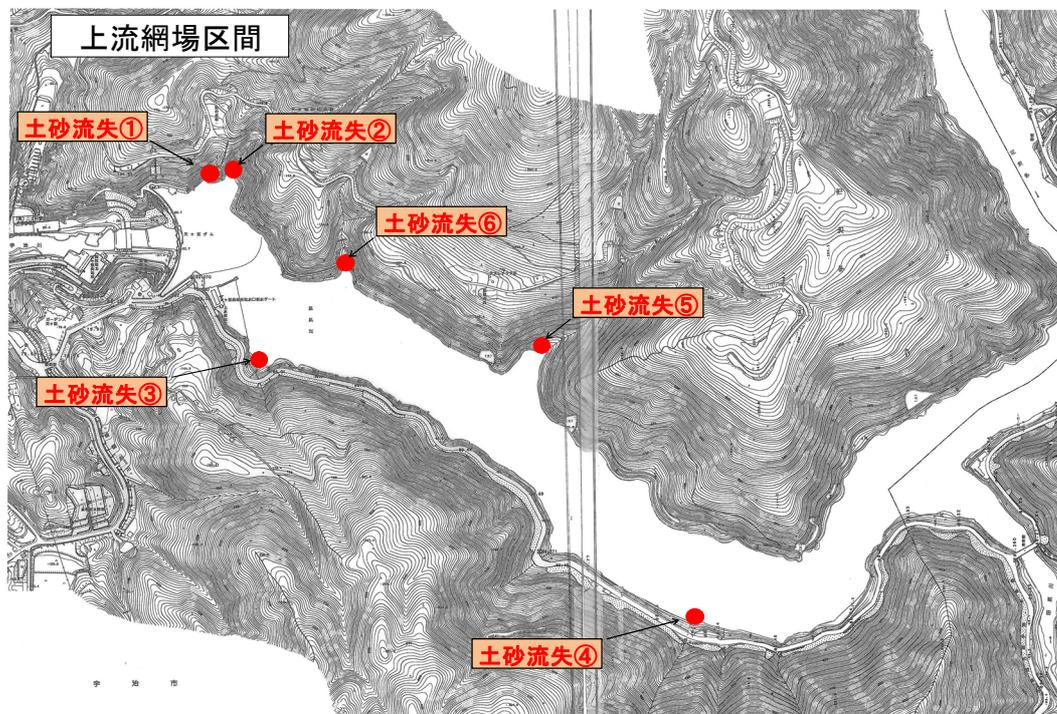


図 4.3-3 土砂流失、湖岸法面の侵食・崩落の状況 (平成 24 年度)

(3) 平成 25 年度

平成 25 年 6 月 19 日の継続的降雨（163mm）により、ダムサイト右岸で湖岸法面侵食等が発生した。発生状況は以下の通りである。

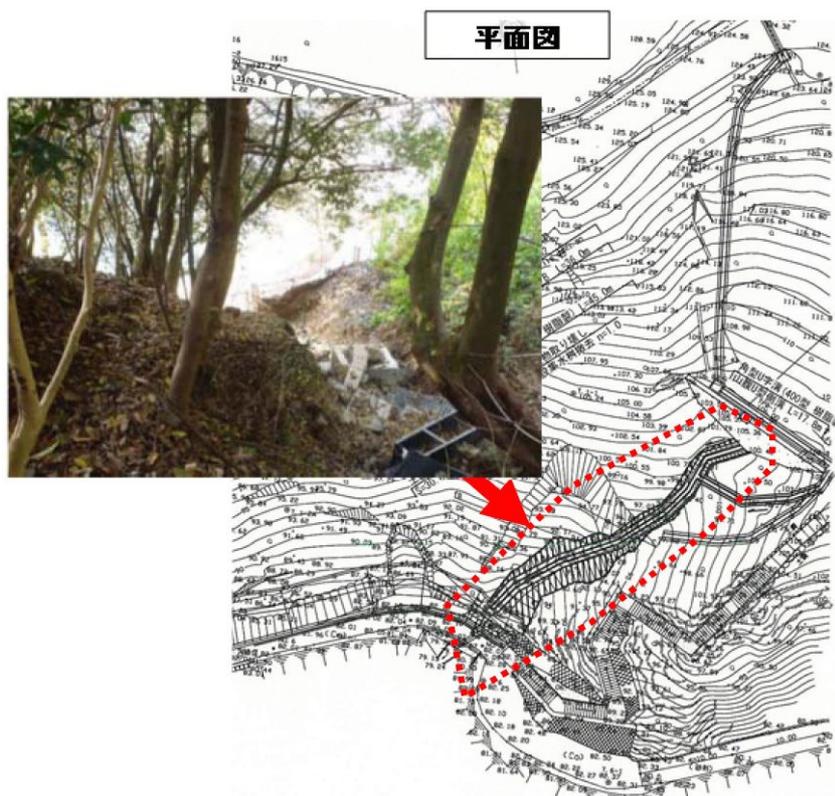


図 4.3-4 湖岸法面の侵食状況（平成 25 年度）

4.4 堆砂実績の整理

天ヶ瀬ダムサイト地点より 3.3km 上流には、大正 13 年（1924 年）に志津川発電所に導水するために建設された大峰堰堤があり、天ヶ瀬ダムが建設される際に放流ゲートを撤去し、堤体は天ヶ瀬ダム貯水池（鳳凰湖）に水没している。

表 4.4-1 に示すように平成 26 年度（2014 年度）までの全堆砂量は 483 万 m³ であり、堆砂容量（600 万 m³）の約 80% を占めており、有効貯水容量内に 113 万 m³ 堆積している。

なお、堆砂容量（計画堆砂量）は、計画比堆砂量 170m³/km²/年、天ヶ瀬ダム流域面積 352km²、計画堆砂年 100 年として 600 万 m³ としている。

昭和 50 年代前半までは、各年の堆砂量に大きな変動があったが、昭和 50 年代後半からは大きな変動は見られなくなった。特に、平成元年当たりから各年の堆砂量が少なくなっている。これは、山腹工や砂防堰堤の設置などの瀬田川水系砂防事業の進捗により、流出土砂が減少している効果が影響していると考えられる。

平成 22 年から平成 26 年においては、平成 24 年及び平成 25 年に 4% ずつ堆砂しており、これらの年に発生した洪水の影響と考えられる。

また、貯水池内堆積土砂の粒度縦断図を図 4.4-2 に示す。旧大峰堰堤より上流側は天ヶ瀬ダム完成前からあった旧大峰堰堤の堆積土砂である細砂の上に砂礫が堆積しており、旧大峰堰堤より下流側は細砂～シルトが表層に堆積している。

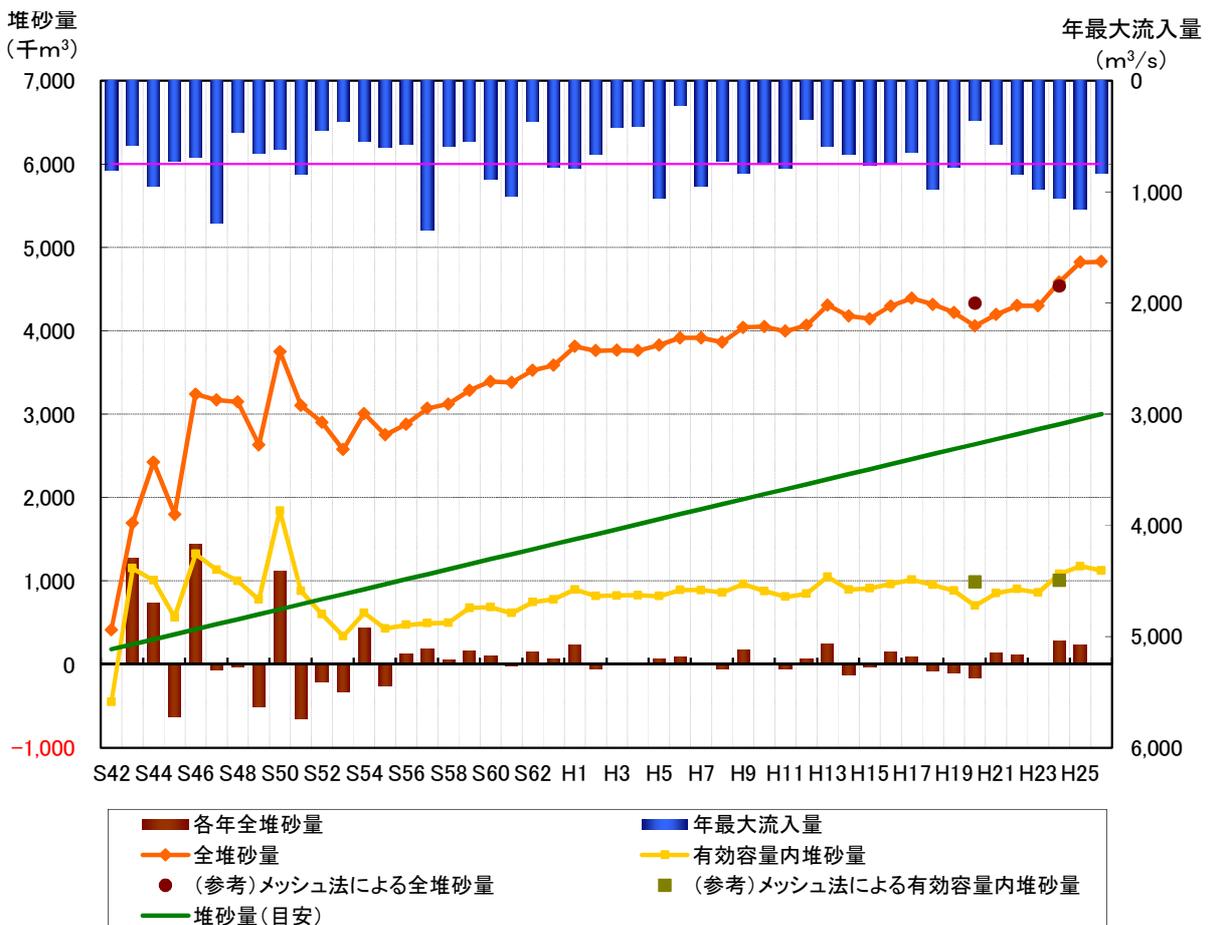


図 4.4-1 堆砂量の経年変化

表 4.4-1 堆砂状況

流域面積 (km ²)			352		計画堆砂年 (年)		100	
総貯水量当初 (千m ³)			26,280		計画堆砂量 (千m ³)		6,000	
有効貯水容量 (千m ³)			20,000		計画比堆砂量 (m ³ /年km ²)		171	
年	調査年月	経過年数	現在	現在	有効容量内	堆砂容量	全堆砂率	堆砂率
			総貯水量 (千m ³) ①	総堆砂量 (千m ³) ②				
昭和42年度	昭和43.3	3.6	25,867	413	-454	867	2%	7%
昭和43年度	昭和44.3	4.6	24,588	1,692	1,150	542	6%	28%
昭和44年度	昭和45.3	5.6	23,854	2,426	1,006	1,420	9%	40%
昭和45年度	昭和46.3	6.6	24,482	1,798	564	1,234	7%	30%
昭和46年度	昭和46.12	7.2	23,041	3,239	1,323	1,916	12%	54%
昭和47年度	昭和48.3	8.6	23,110	3,170	1,132	2,038	12%	53%
昭和48年度	昭和49.1	9.3	23,133	3,147	999	2,148	12%	52%
昭和49年度	昭和50.2	10.5	23,648	2,632	775	1,857	10%	44%
昭和50年度	昭和51.1	11.4	22,530	3,750	1,842	1,908	14%	63%
昭和51年度	昭和52.1	12.4	23,176	3,104	881	2,223	12%	52%
昭和52年度	昭和52.12	13.3	23,380	2,900	600	2,350	11%	48%
昭和53年度	昭和54.1	14.2	23,705	2,575	336	2,289	10%	43%
昭和54年度	昭和55.1	15.4	23,274	3,006	615	2,391	11%	50%
昭和55年度	昭和56.2	16.4	23,528	2,752	427	2,325	10%	46%
昭和56年度	昭和57.1	17.3	23,402	2,878	472	2,407	11%	48%
昭和57年度	昭和58.1	18.3	23,211	3,069	492	2,577	12%	51%
昭和58年度	昭和59.2	19.3	23,159	3,121	497	2,624	12%	52%
昭和59年度	昭和60.2	20.5	22,995	3,285	676	2,609	13%	55%
昭和60年度	昭和61.2	21.5	22,888	3,392	684	2,708	13%	57%
昭和61年度	昭和62.3	22.6	22,900	3,380	614	2,766	13%	56%
昭和62年度	昭和63.2	23.5	22,755	3,525	745	2,780	13%	59%
昭和63年度	平成 1.2	24.5	22,695	3,585	777	2,808	14%	60%
平成 1年度	平成 2.1	25.3	22,468	3,812	896	2,916	15%	64%
平成 2年度	平成 3.3	26.6	22,518	3,762	820	2,942	14%	63%
平成 3年度	平成 4.1	27.4	22,514	3,766	824	2,942	14%	63%
平成 4年度	平成 5.1	28.4	22,518	3,762	828	2,934	14%	63%
平成 5年度	平成 5.12	29.3	22,453	3,827	816	3,011	15%	64%
平成 6年度	平成 6.12	30.3	22,365	3,915	890	3,025	15%	65%
平成 7年度	平成 7.12	31.3	22,366	3,914	889	3,025	15%	65%
平成 8年度	平成 8.12	32.3	22,418	3,862	860	3,002	15%	64%
平成 9年度	平成 10.3	33.6	22,240	4,040	960	3,079	15%	67%
平成 10年度	平成 11.1	34.4	22,230	4,050	879	3,171	15%	68%
平成 11年度	平成 12.1	35.4	22,285	3,995	810	3,185	15%	67%
平成 12年度	平成 13.2	36.5	22,215	4,065	845	3,220	15%	68%
平成 13年度	平成 14.3	37.6	21,974	4,306	1,048	3,258	16%	72%
平成 14年度	平成 15.2	38.5	22,103	4,177	896	3,281	16%	70%
平成 15年度	平成 16.3	39.6	22,136	4,144	911	3,233	16%	69%
平成 16年度	平成 17.3	40.6	22,001	4,297	963	3,316	16%	71%
平成 17年度	平成 18.2	41.5	21,890	4,390	1,014	3,376	17%	73%
平成 18年度	平成 19.2	42.5	21,964	4,316	951	3,365	16%	72%
平成 19年度	平成 20.2	43.5	22,061	4,219	883	3,336	16%	70%
平成 20年度	平成 21.2	44.5	22,224	4,056	702	3,355	15%	68%
			(21,950)	(4,330)	(987)	(3,343)	(16%)	(72%)
平成 21年度	平成 22.1	45.4	22,087	4,193	853	3,340	16%	70%
平成 22年度	平成 22.12	46.3	21,978	4,302	901	3,401	16%	72%
平成 23年度	平成 24.1	47.4	21,982	4,298	860	3,438	16%	72%
平成 24年度	平成 25.2	48.5	21,696	4,584	1,083	3,501	17%	76%
			(21,743)	(4,537)	(1,007)	(3,530)	(18%)	(76%)
平成 25年度	平成 26.1	49.4	21,458	4,822	1,175	3,647	18%	80%
平成 26年度	平成 27.1	50.4	21,452	4,828	1,126	3,702	18%	80%

※①：常時満水位 (EL. 78.5m) 以下の総容量、②：常時満水位 (EL. 78.5m) 以下で堆砂しているすべての堆砂量 (=③+④)、③：常時満水位 (EL. 78.5m) 以下で最低水位 (EL. 58.0m) 以上の堆砂量、④：堆砂位 (EL. 57.0m) 以下の堆砂量、⑤：総貯水量当初(26,280千m³) に対する堆砂量②の比率、⑥：計画堆砂量(6,000千m³) に対する堆砂量②の比率

【調査方法】平均断面法によるが、平成 20 年度、平成 24 年度の () 内はメッシュ法による。

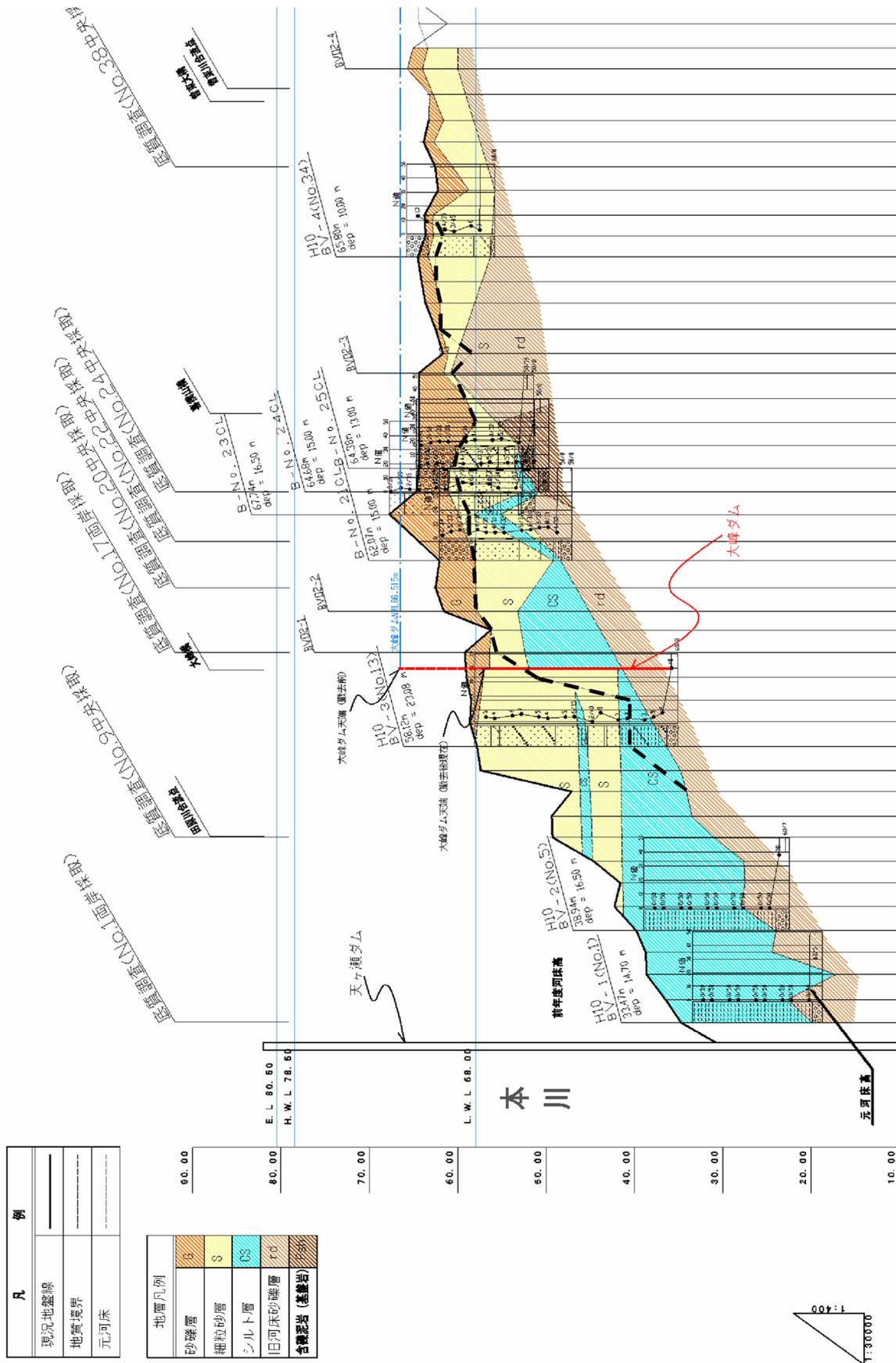


図 4.4-2 貯水池内堆砂柱状図

4.5 堆砂傾向及び堆砂対策の評価

4.5.1 堆砂傾向及び堆砂対策の評価

全堆砂量約 483 万 m³ の内、堆砂容量内に約 370 万 m³ が堆積し、ダムより 2.4km より上流側において有効容量内に約 113 万 m³ が堆積している。これは洪水調節容量の約 6% に相当する。図 4.5-1 に堆砂縦断図を示す。

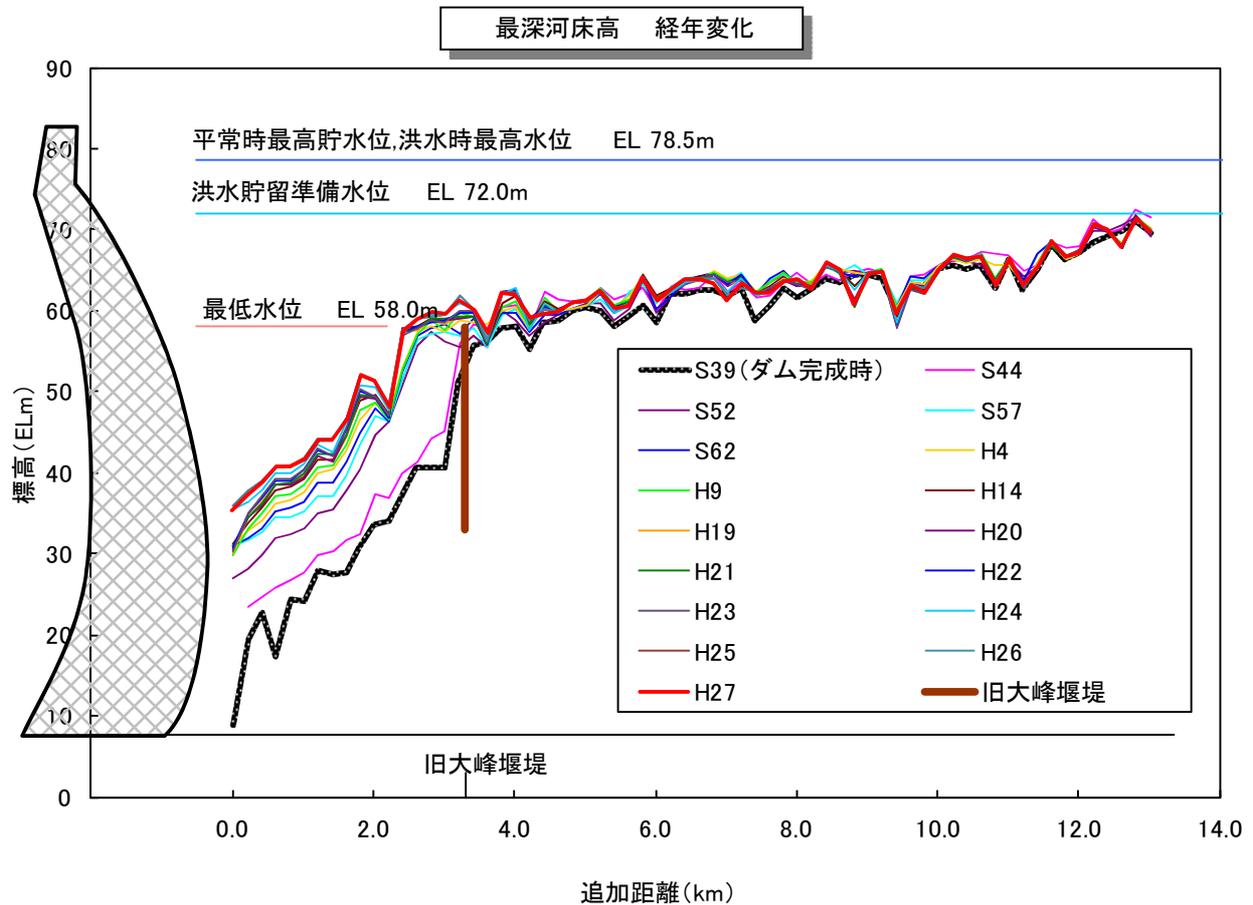


図 4.5-1 堆砂縦断図（本川）

図 4.5-2 に支川の堆砂縦断図を示す。いずれの支川も近年堆砂は進行傾向にあり、有効貯水容量内（標高 58.0m の最低水位以上の水位容量）に、田原川約 28 万 m³、鬼塚川約 34 万 m³、笠取川約 4 万 m³、大石川約 6 万 m³ が堆積している。

最深河床高 経年変化

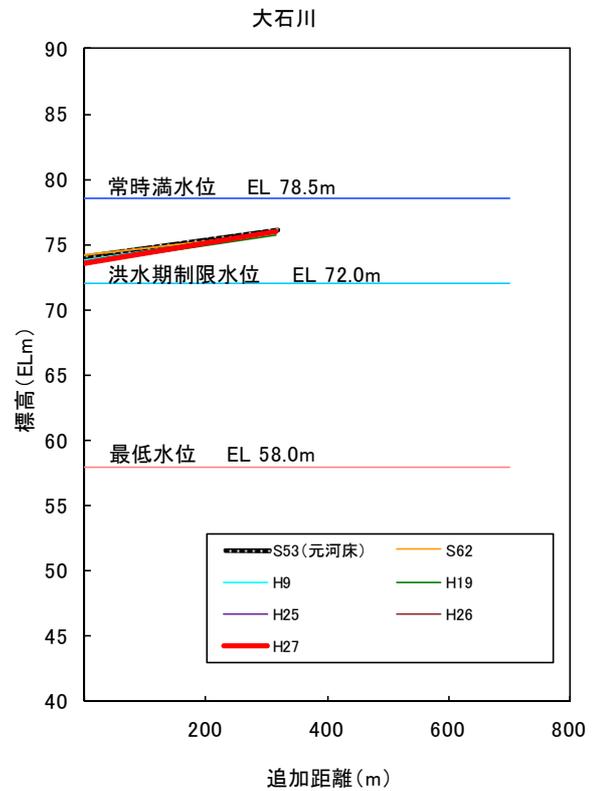
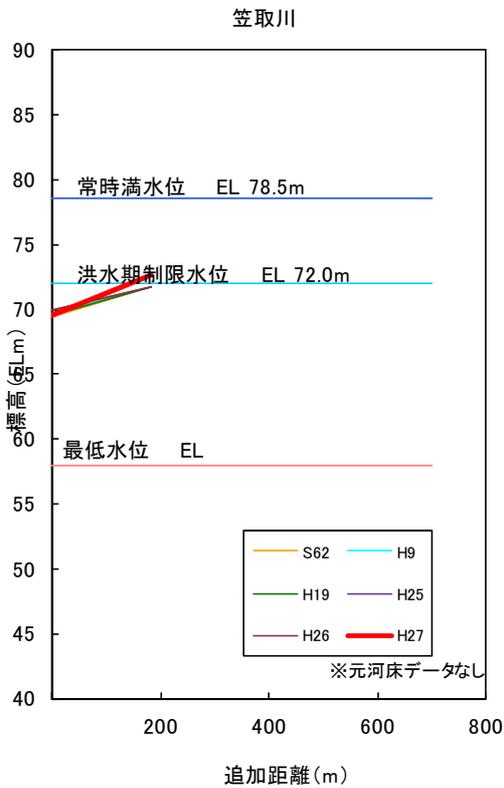
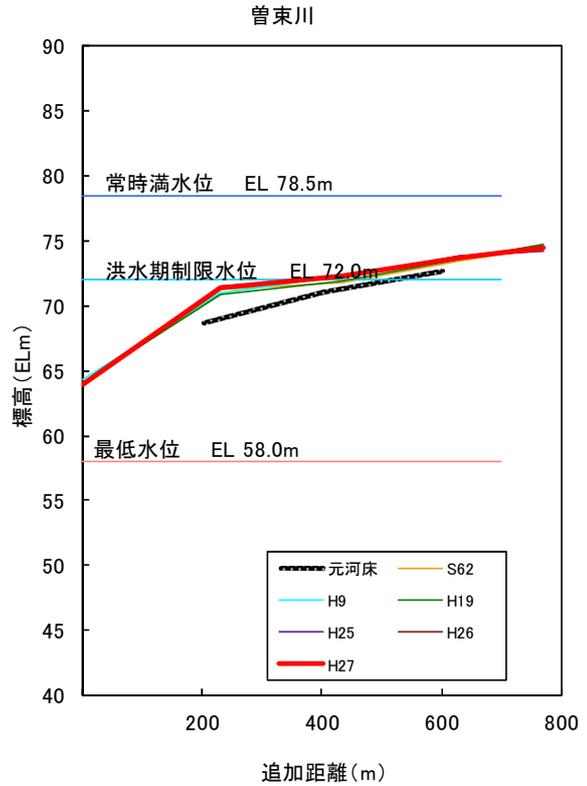
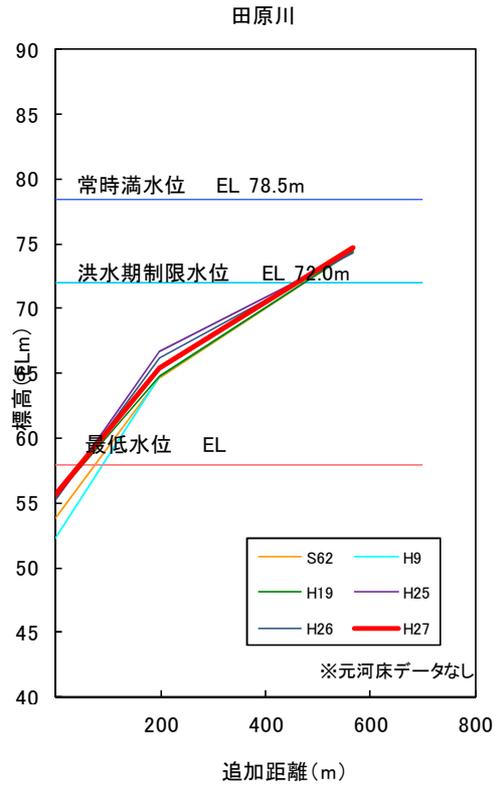


図 4.5-2 堆砂縦断面図(支川)

4.5.2 下流河川の現状

一般的に、ダムが建設されると下流への土砂供給量が減少することから、下流河川において河床低下や河床材料の粗粒化などが生じる。ただし、河床高や河床材料の変化は、土砂供給量の減少だけが原因ではなく、洪水や河床掘削、橋脚等の構造物の設置など様々な要因により変化する。

宇治川の平均河床高の変化、河床材料の変化について整理を行った。

(1) 平均河床高

宇治川の低水路平均河床高の経年変化を図 4.5-3 に示す。

宇治川下流部の河床は経年的に低下傾向であったが、平成 10 年以降、低下傾向は緩やかになってきている。

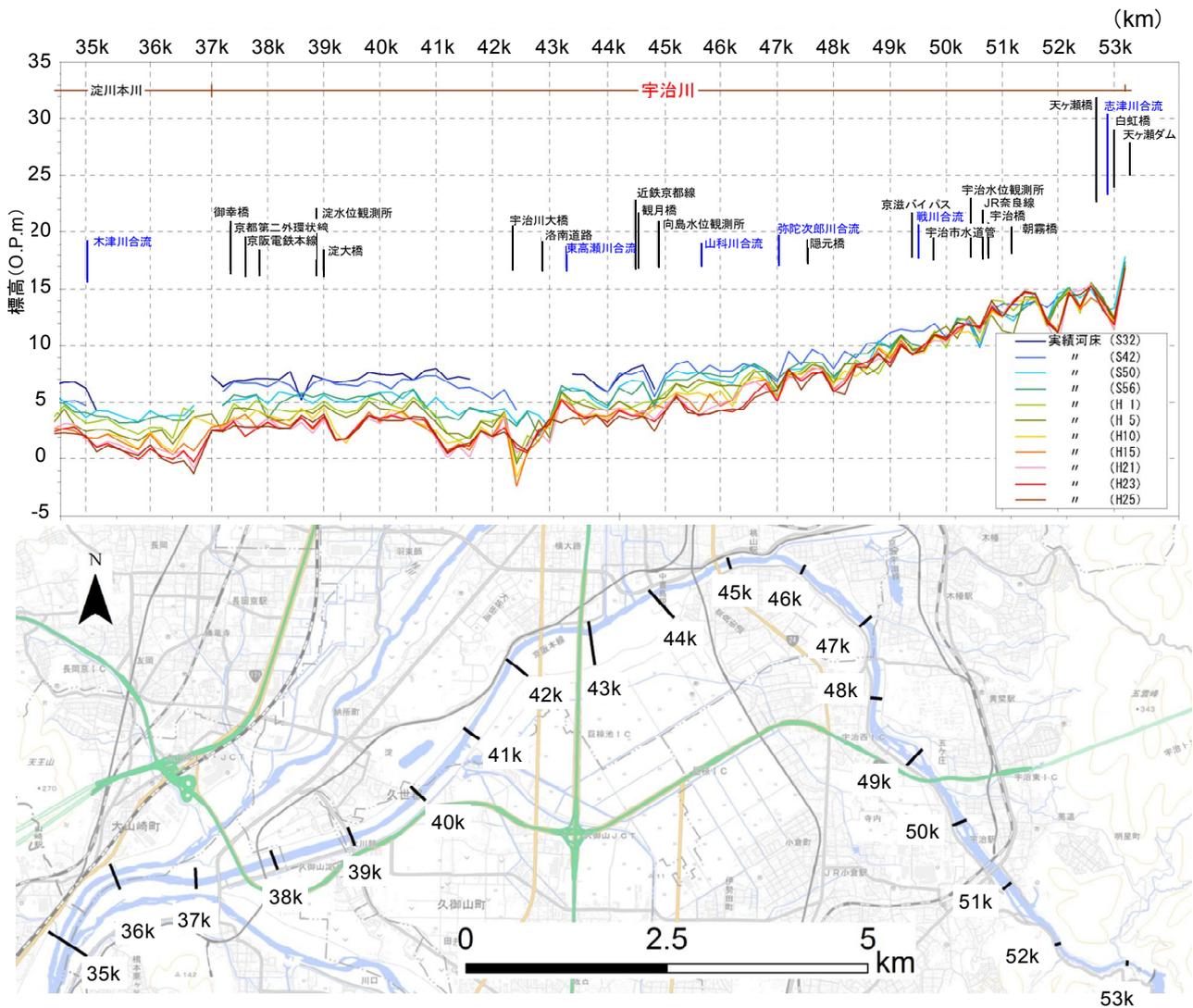


図 4.5-3 宇治川における平均河床高の変遷

(2) 河床材料

宇治川は、長期評価では中下流部（37.0～48.0km）で粗粒化傾向にある。中下流部は、河床低下傾向とともに物理環境の変化が継続していると考察される。

また、水域では粗粒化傾向となり、陸域では細粒化傾向となっている。

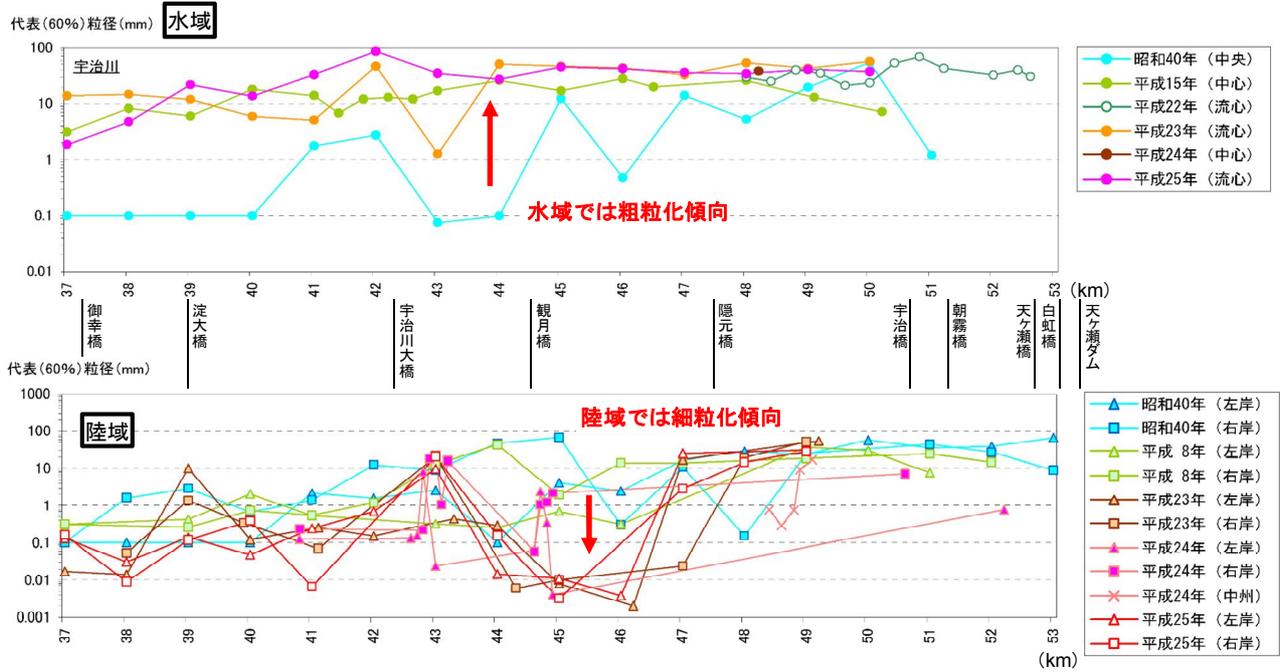


図 4.5-4 宇治川における代表粒径縦断図

4.6 堆砂対策の評価

近年、堆砂の進行に伴う貯水容量の減少等によるダム機能の低下、ダムに起因する土砂供給の遮断による下流河川の河床低下や粗粒化、および生物環境への影響等が指摘されている中で、平成21年（2009年）3月に策定された「淀川水系河川整備計画」において、天ヶ瀬ダムをはじめとする既設ダムを対象に「下流河川環境への影響を調査した上で、必要に応じて下流への土砂供給を実施するなど、その障害を軽減するための方策を実施する。」ことが示された。

平成18年度（2006年度）に設置された「淀川水系総合土砂管理検討委員会」では、淀川水系における土砂環境の現状把握、土砂流出システムに関する特性把握（宇治川置き土砂実験等）、土砂現象の予測、人間社会・生態系への影響・評価などの検討を行っており、「淀川水系総合土砂管理方針」の策定を目指している。なお、平成26年までに8回の委員会が開催されている。

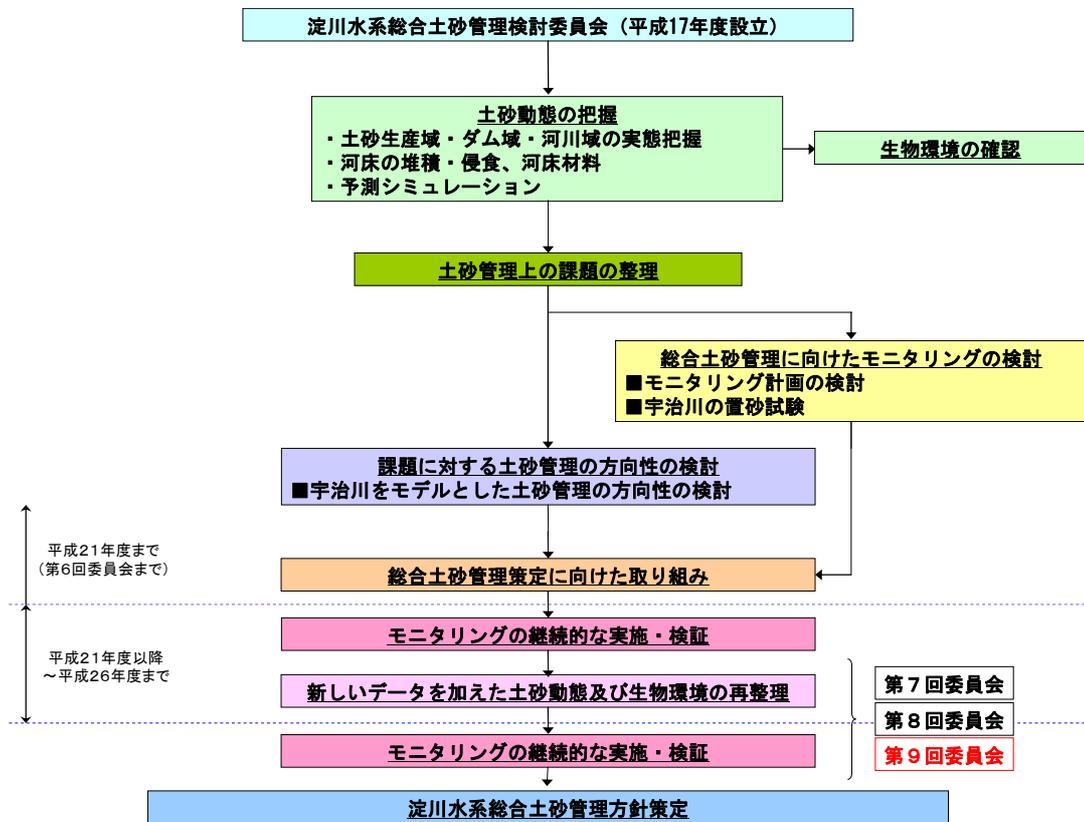


図 4.6-1 淀川水系総合土砂管理検討の流れ



図 4.6-2 第8回 委員会の開催状況

4.7 まとめ

天ヶ瀬ダムの利水補給の評価結果を以下に記す。

- 天ヶ瀬ダムは、平成 26 年度現在で管理開始から 50 年経過し、全堆砂量は 483 万 m³、堆砂率は 80%となっている。
- 平成 22～26 年間は、平成 24 年洪水と平成 25 年洪水によって堆砂量が増加した。
- 下流河川では、河床低下や河床材料の粗粒化、砂州の固定化・植生の繁茂等が確認される。
- 淀川水系総合土砂管理検討委員会において、淀川水系の総合的な土砂管理の方針等について検討を進めている。

今後の方針として、継続的な堆砂測量を行い、堆砂の進行を監視する。またダムの機能維持に向けて堆砂対策を計画的に進める。

4.8 文献リストの作成

天ヶ瀬ダムの堆砂にかかわる評価のため、以下の資料を収集整理した。

洪水調節に使用した文献・資料リスト

No.	報告書またはデータ名	発行者	発行年月	箇所
4-1	天ヶ瀬ダム堆砂測量作業 報告書	淀川ダム統合管理事務所	S43～H26	堆砂実績等
4-2	天ヶ瀬ダム貯水池測量業務	淀川ダム統合管理事務所	H25. 3	マルチビーム測深機による測量
4-3	瀬田川水系砂防事業【再評価】	近畿地方整備局	H22. 12	砂防堰堤の設置状況