

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、縦断面図を示し、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。

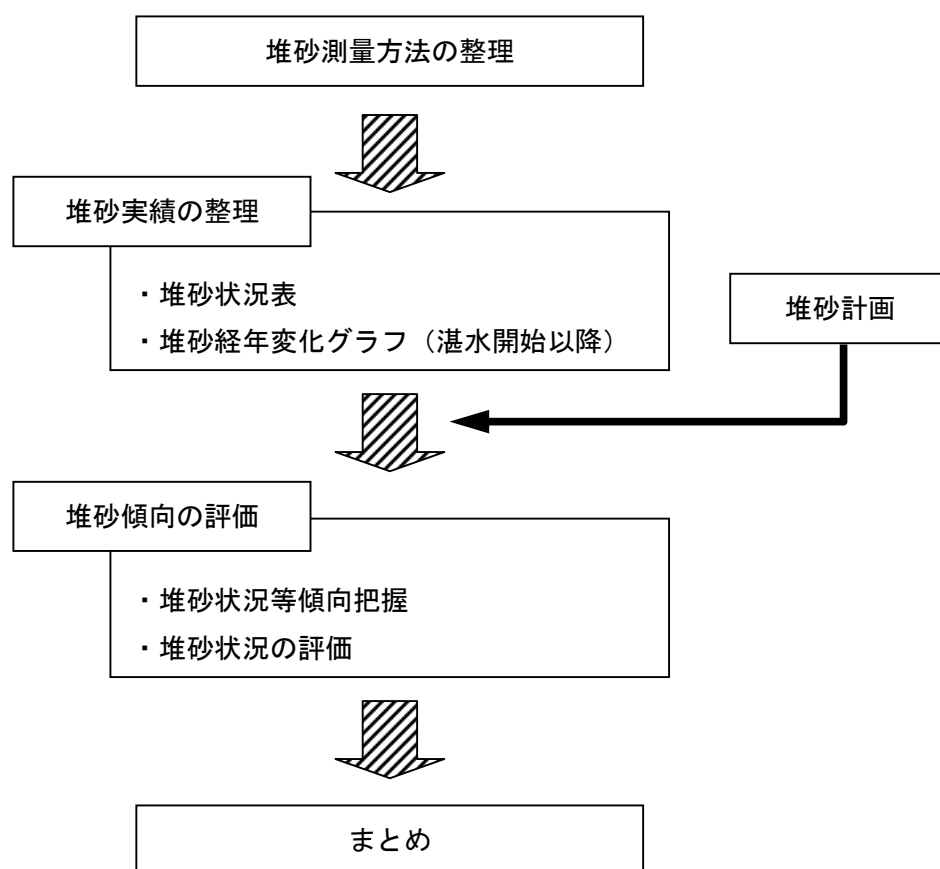


図 4.1-1 評価手順

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。
- 現在、計画堆砂量の約 70%程度まで堆砂が進んでいるが、近年は堆砂量の増加が小さくなっている。
- 平成 20 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 1～2%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。
- 下流宇治川の河道では、粗粒化等天ヶ瀬ダムの堆砂に関する状況変化が確認されている。

4.2 堆砂測量方法の整理

(1) 測量方法

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。

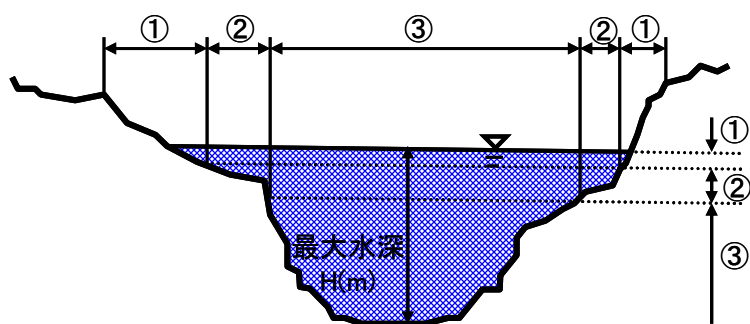


図 4.2-1 堆砂測量概要図



図 4.2-2 深浅測量作業状況

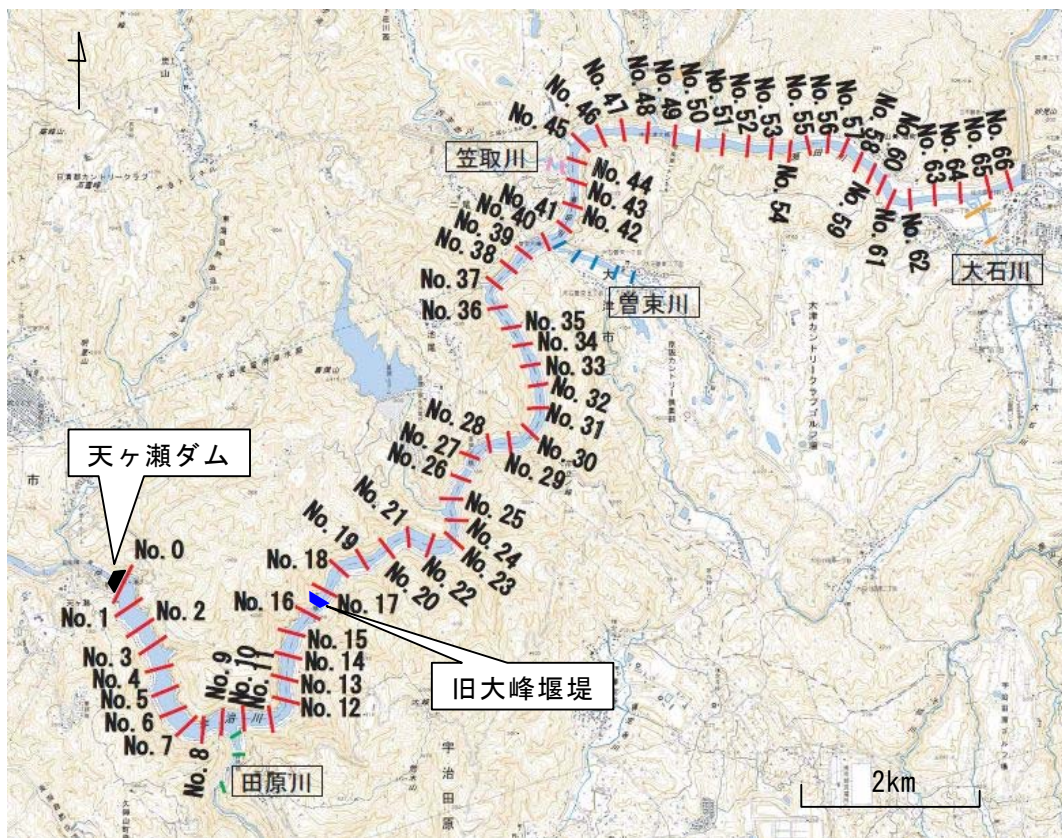
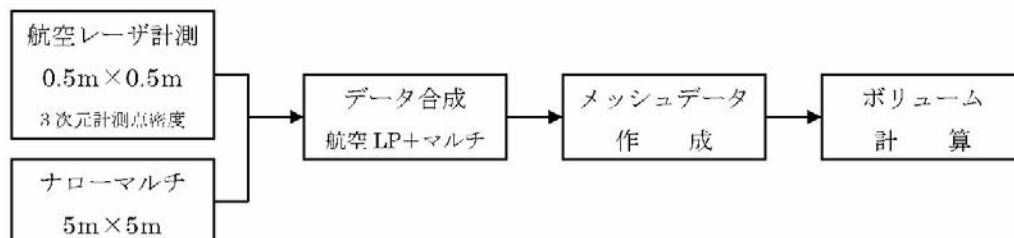


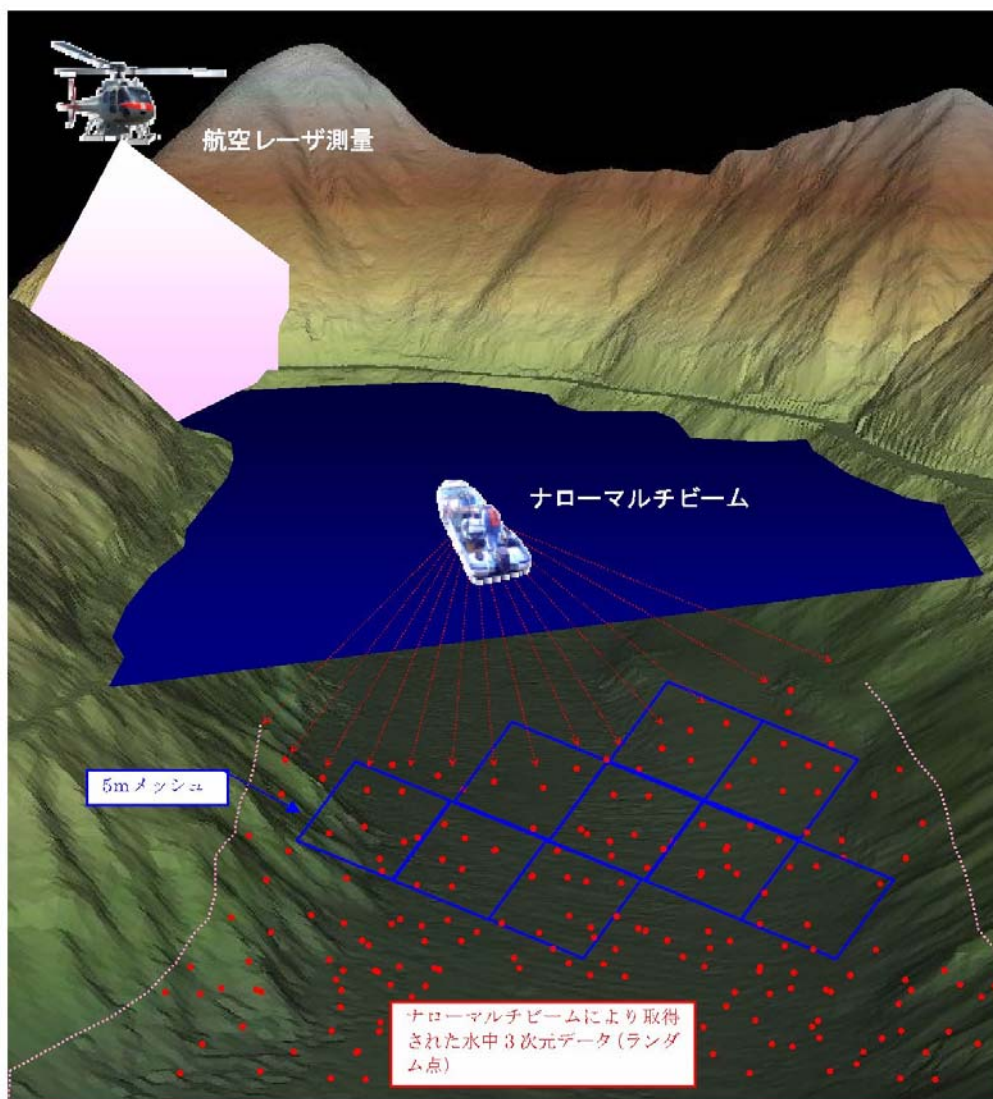
図 4.2-3 音響測深機による測線位置図

2) マルチビーム測深機による測量方法

平成 20 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、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。



ボリューム計算フロー



データ取得イメージ

出典：資料 4-2

図 4.2-4 マルチビーム深浅測量の作業イメージ



メッシュ計算分割図

メッシュ計算を行うブロックは、増砂量ごと1間80.5mを含むように分割している。

図 4.2-5 メッシュ計算分割図

出典：資料 4-2

3) 平均断面法とメッシュ法の精度比較

平成 20 年度に実施されたマルチビーム深淺測量を基にし、平均断面法で算出した貯水容量とメッシュ法で算出した貯水容量を比較したところ、総貯水容量で概ね 1.2%、有効貯水容量で概ね 1.5%の差分となっており、堆砂量の計算方法に違いによる差は非常に小さい結果となった。

表 4.2-1 平均断面法とメッシュ法による貯水容量計算結果

貯水容量総括表（平均断面法）

(m ³)						
水 位	本 川	田原川	曾束川	笠取川	大石川	合 計
E L 80.50m	24,840,506.4	341,832.3	525,476.8	66,327.8	166,610.9	25,940,754.2
E L 78.50m	21,459,753.2	289,356.7	356,273.5	46,131.9	72,338.4	22,223,853.7
E L 58.00m	2,915,577.0	9,860.3	0.0	0.0	0.0	2,925,437.3

*平均断面法による

総貯水量 22,223,853.7
有効量 19,298,416.4
死水量 2,925,437.3

貯水容量総括表（メッシュ法）

(m ³)						
水 位	本 川	田原川	曾束川	笠取川	大石川	合 計
E L 80.50m	24,661,920.8	339,615.8	460,637.3	78,198.0	122,317.0	25,662,688.8
E L 78.50m	21,289,094.8	277,992.5	290,309.3	54,834.3	37,752.3	21,949,983.0
E L 58.00m	2,936,441.0	302.3	0.0	0.0	0.0	2,936,743.3

総貯水量 21,949,983.0
有効量 19,013,239.8
死水量 2,936,743.3

出典：資料 4-2

4.3 流域の砂防事業の状況

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。

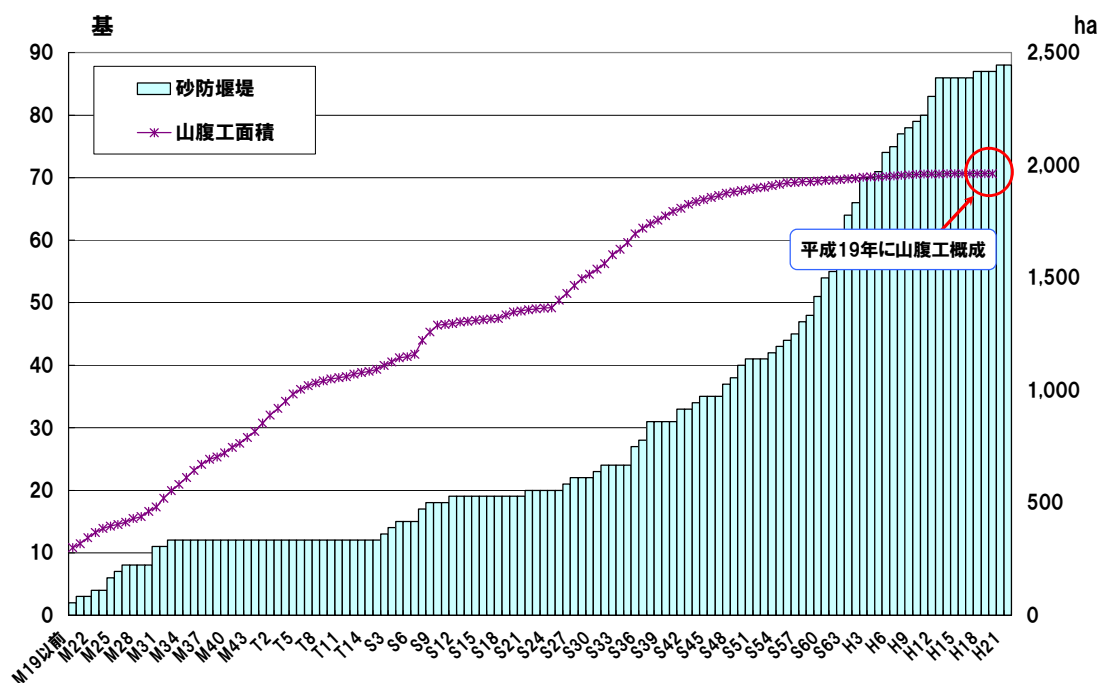


図 4.3-1 瀬田川水系砂防の整備状況

出典：4-3

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。

図 4.4-1 の堆砂実績図に示すように平成 21 年度（2009 年度）までの全堆砂量は 419 万 m^3 であり、堆砂容量（600 万 m^3 ）の約 70% を占めており、有効貯水容量内に 85 万 m^3 堆積している。

なお、堆砂容量（計画堆砂量）は、計画比堆砂量 $170\text{m}^3/\text{km}^2/\text{年}$ 、天ヶ瀬ダム流域面積 352km^2 、計画堆砂年 100 年として 600 万 m^3 としている。

表 4.4-1 に堆砂状況を示す。ここにおける年最大流入量とは 1 年間における最大の流入量（ m^3/s ）である。

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（図 4.3-1 参照）、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。

また、貯水池内堆積土砂の粒度縦断面図を図 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。

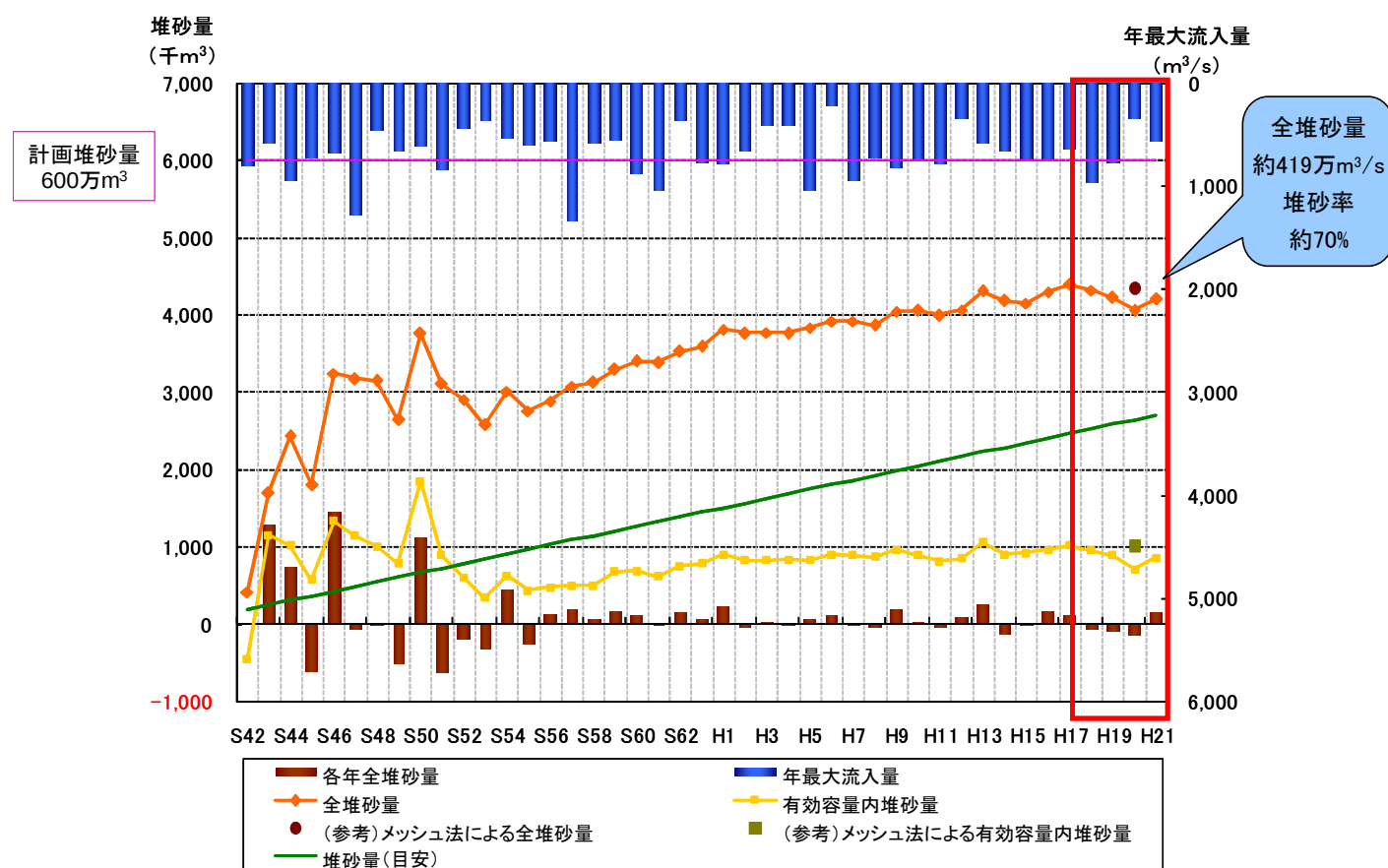


図 4.4-1 堆砂実績図

出典：資料 4-1

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 総貯水量 (千m ³) ①	現在 総堆砂量 (千m ³) ②	有効容量内 堆砂量 (千m ³) ③	堆砂容量 (千m ³) ④	全堆砂率 (%) ⑤	堆砂率 (%) ⑥
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	46.4	22,087	4,193	853	3,340	16%	70%

※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年度の（ ）内のみはメッシュ法による。

出典：資料4-1

4.5 堆砂傾向及び堆砂対策の評価

4.5.1 堆砂傾向の評価

全堆砂量約 419 万 m^3 の内、堆砂容量内に約 334 万 m^3 が堆砂し、ダムより 2.4km より上流側において有効容量内に約 85 万 m^3 が堆砂している。これは洪水調節容量の約 4% に相当する。図 4.5-1 に堆砂縦断面図を示す。

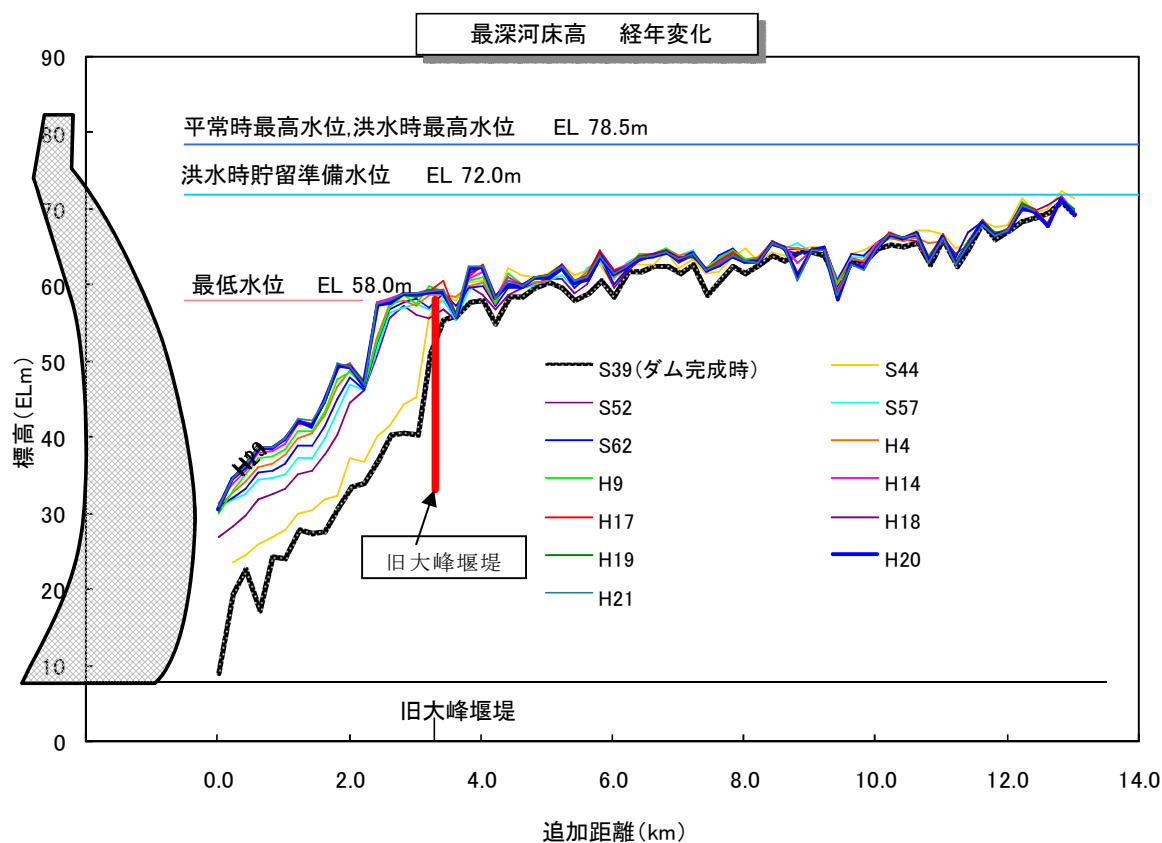


図 4.5-1 堆砂縦断面図

図 4.5-2 に支川の堆砂縦断面図を示す。田原川では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）に約 28 万 m^3 堆砂している。これは、洪水調節容量の約 1.4% に相当する。また、曾束川、笠取川および大石川では大きな変動は見られない。

最深河床高 経年変化

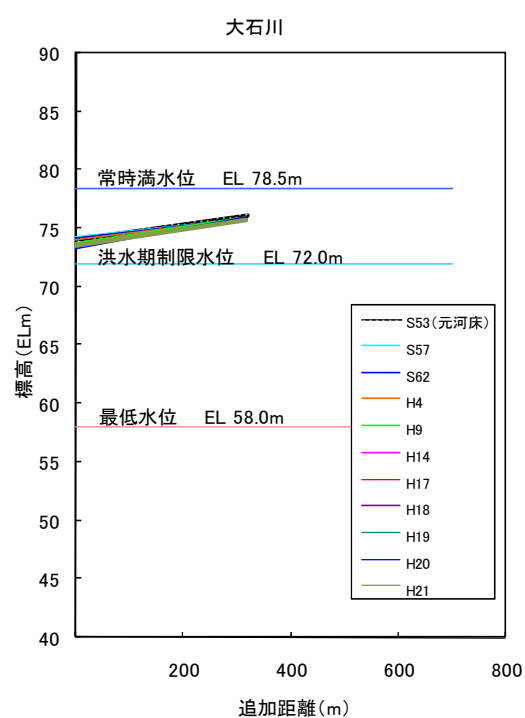
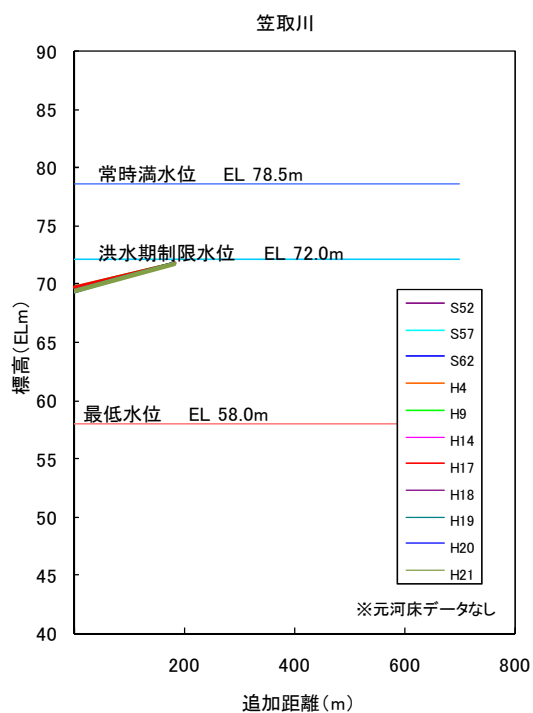
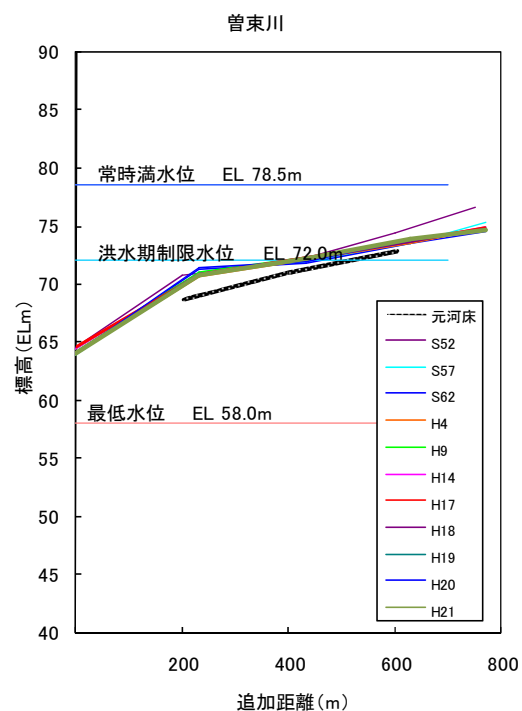
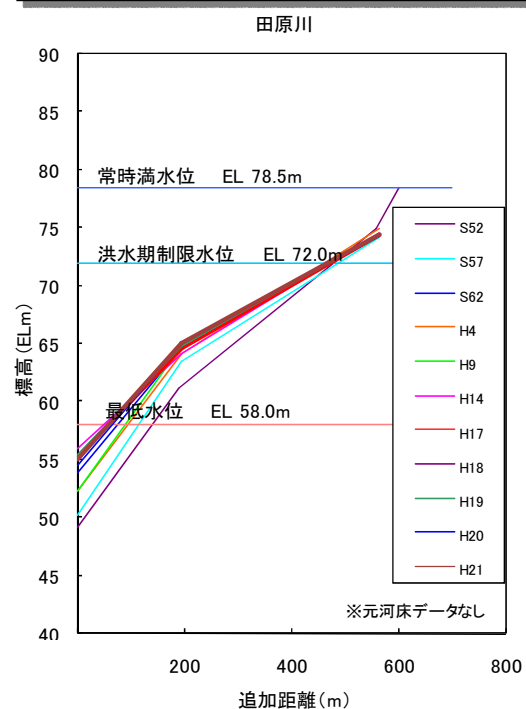


図 4.5-2 堆砂縦断面図 (支川)

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。

宇治川における低水路平均河床高の変化、横断形状の変化、河床材料の変化について整理を行った。

(1) 低水路平均河床高の変化

宇治川の低水路平均河床高の経年変化を図 4.5-7 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。
- 平成初期から砂州の固定化や植生の繁茂などが確認されている。

また、隠元橋及び白虹橋における河床高の経年変化を図 4.5-6 に示す。

隠元橋では、昭和 42 年(1967 年)から昭和 50 年(1975 年)の間に約 0.8m 低下し、その後上昇したが、平成元年(1989 年)から平成 7 年(1995 年)の間に再び約 0.8m 低下し、その後、大きな変化はみられていない。

白虹橋では、昭和 50 年(1975 年)から平成元年(1989 年)にかけては大きな変化はみられなかったが、平成元年(1989 年)から平成 7 年(1995 年)の間に約 0.2m 低下した。

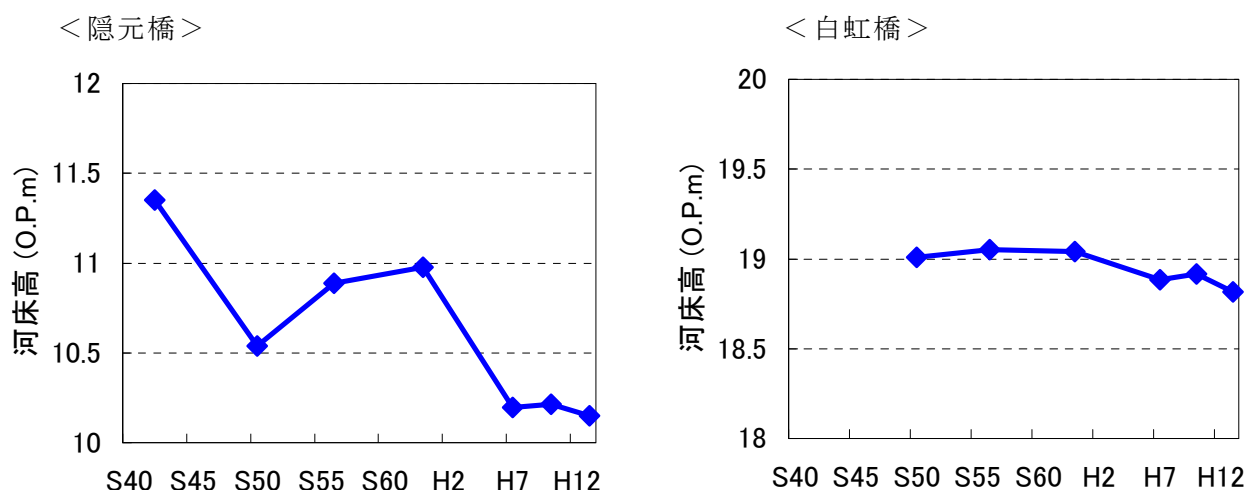


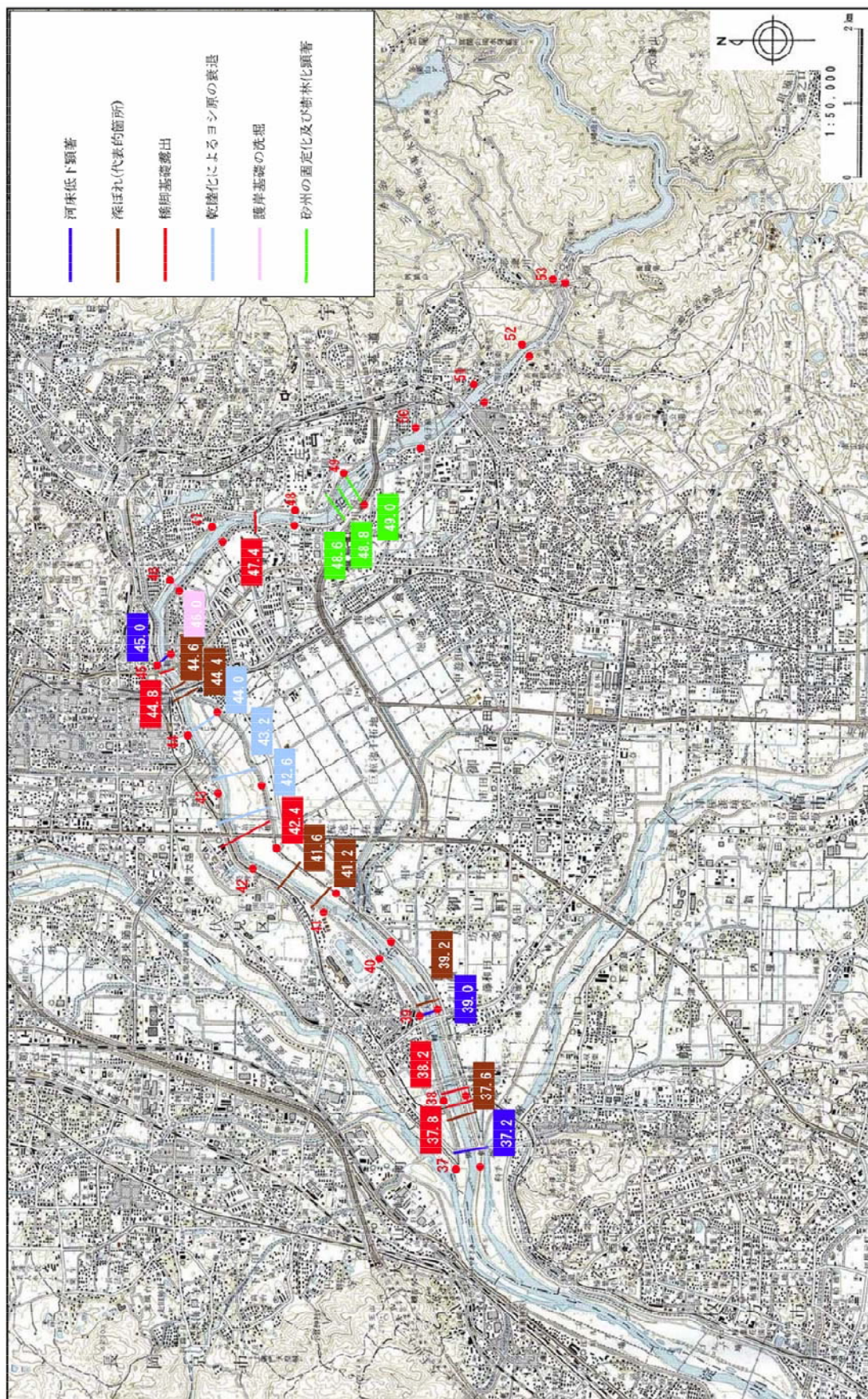
図 4.5-6 隠元橋及び白虹橋における河床高経年変化

出典：4-10

(2) 横断形状の変化

宇治川の平面図（横断側線）を図 4.5-8、横断図の経年変化を図 4.5-9～図 4.5-12 に示す。

三川合流地点（37km）から山科川合流地点（46km）までは、低水路河床高の低下が顕著である。また、49km 付近では、砂州の固定化と植生の繁茂が確認されている。



出典：平成16年度 淀川水系 ダム等における土砂移動の連続性に関する検討会 第3回検討委員会資料 平成17年3月23日 国土交通省近畿地方整備局淀川ダム統合管理事務所

図 4.5-8 横断面作成箇所

出典：資料 4-6

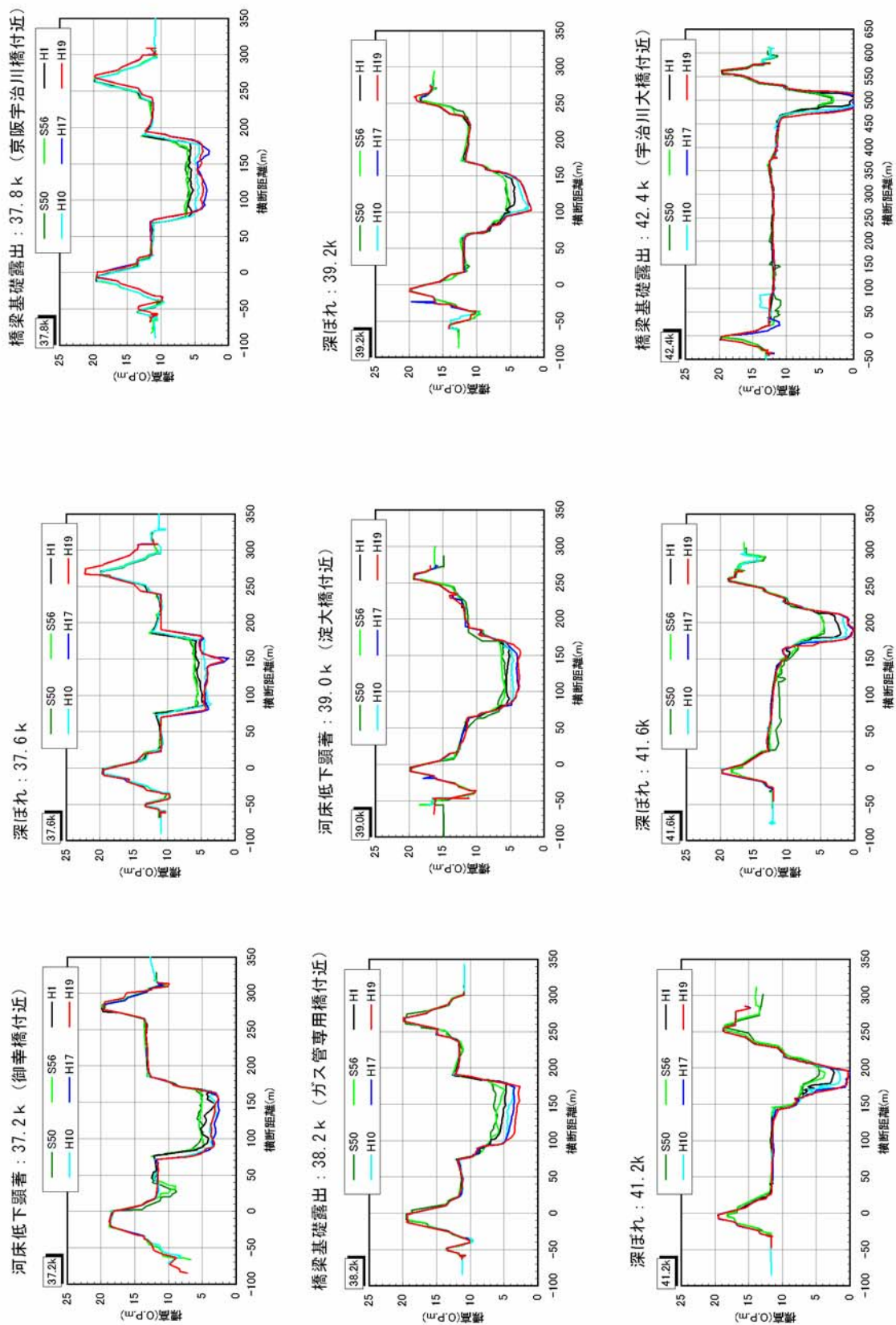
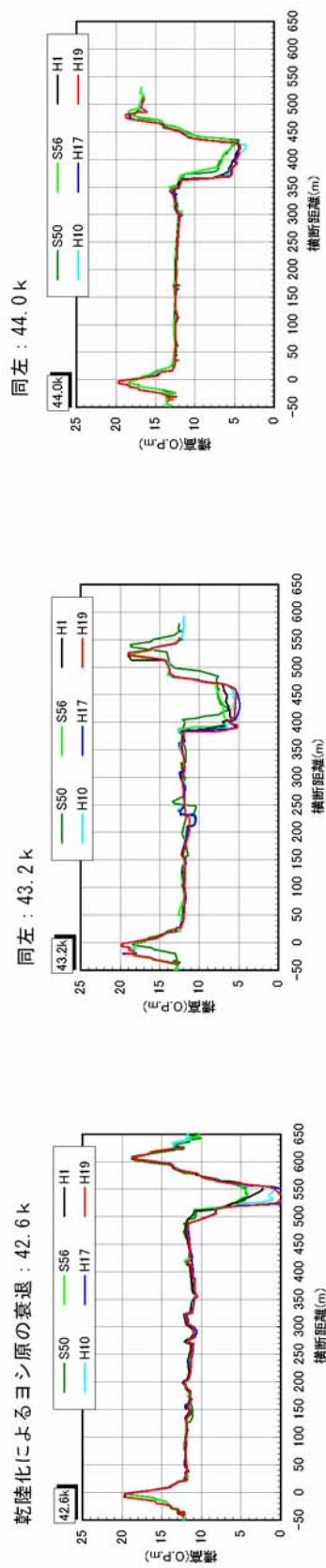


図 4.5-9 宇治川横断図の経年変化 (1/4)

●向島地先(42~44 k 区間)



昭和48(1973)年



昭和47(1972)年



平成15(2003)年



平成14(2002)年 2月

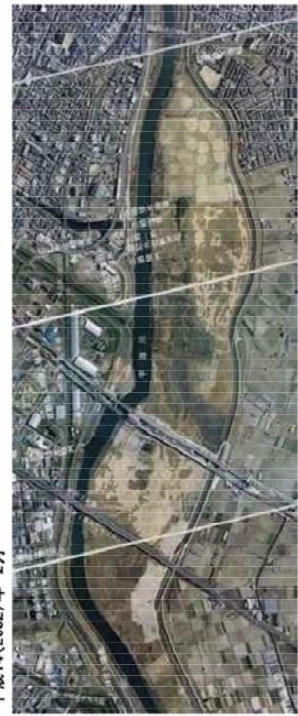
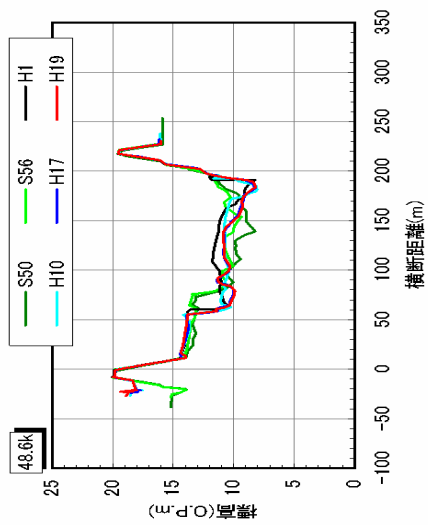


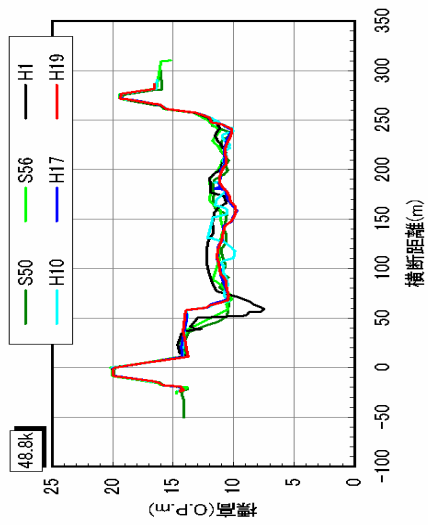
図 4.5-10 宇治川横断面図の経年変化 (2/4)

●49 k 付近

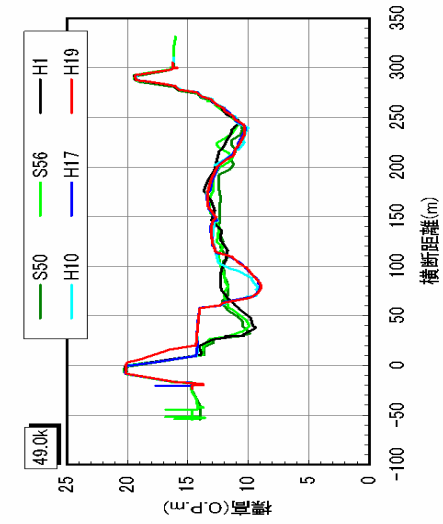
砂洲の固定化および樹木化顕著 : 48.6 k



同左 : 48.8 k



同左 : 49.0 k



昭和37(1962)年



昭和48(1973)年



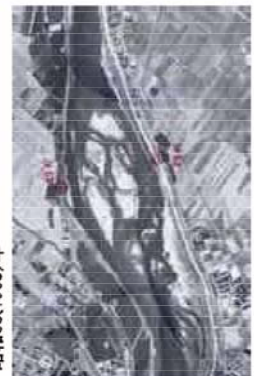
平成3(1991)年



平成15(2003)年



昭和35(1960)年



昭和47(1972)年



平成2(1990)年 11月



平成14(2002)年 2月



図 4.5-11 宇治川横断図の経年変化 (3/4)

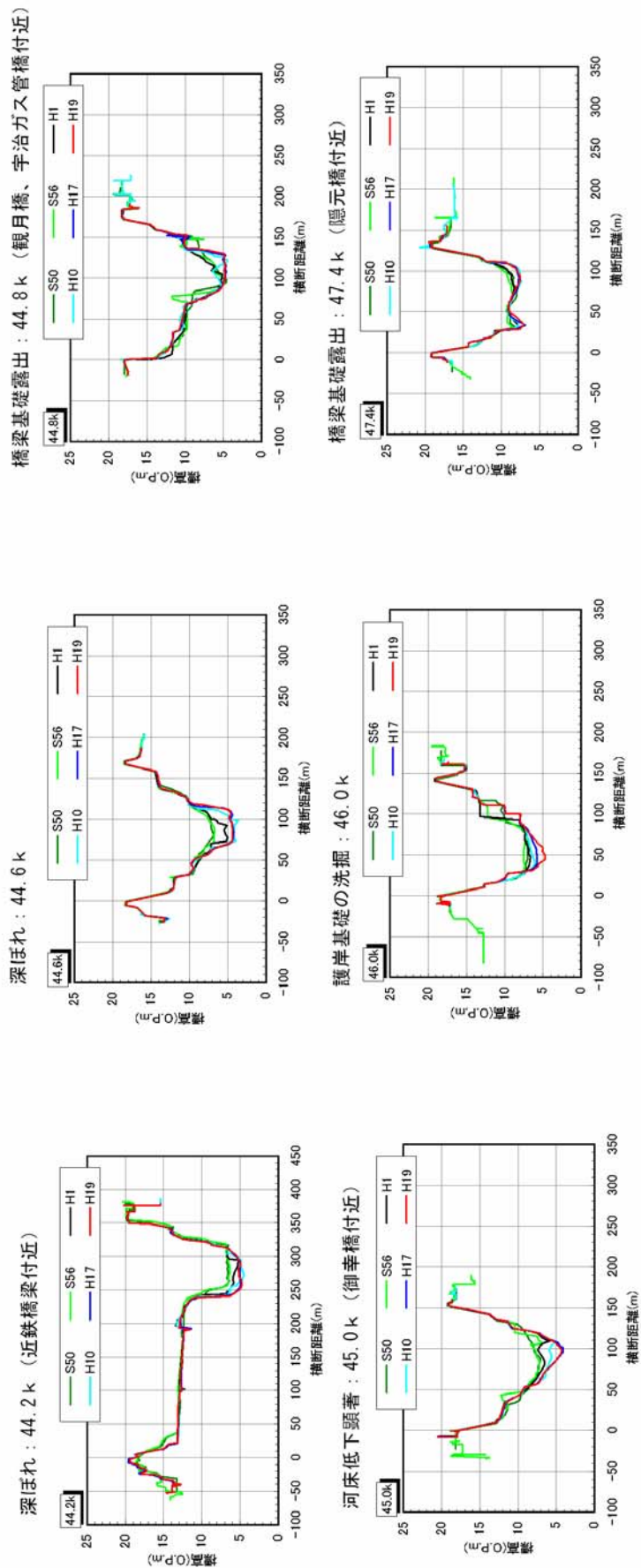


図 4.5-12 宇治川横断図の経年変化 (4/4)

(3) 河床材料の経年変化

- 平成 15、21 年に実施した下流河川での河床状況調査では、天ヶ瀬ダムに近いほど平均粒径が大きくなっている。
- 昭和 39、40 年の河床状況調査と比べると、調査箇所・方法の違いがあるものの、粗粒化の傾向が見られる。
- 原因として、天ヶ瀬ダムによる土砂供給の遮断や、出水時における流量の変化等の影響が考えられる。

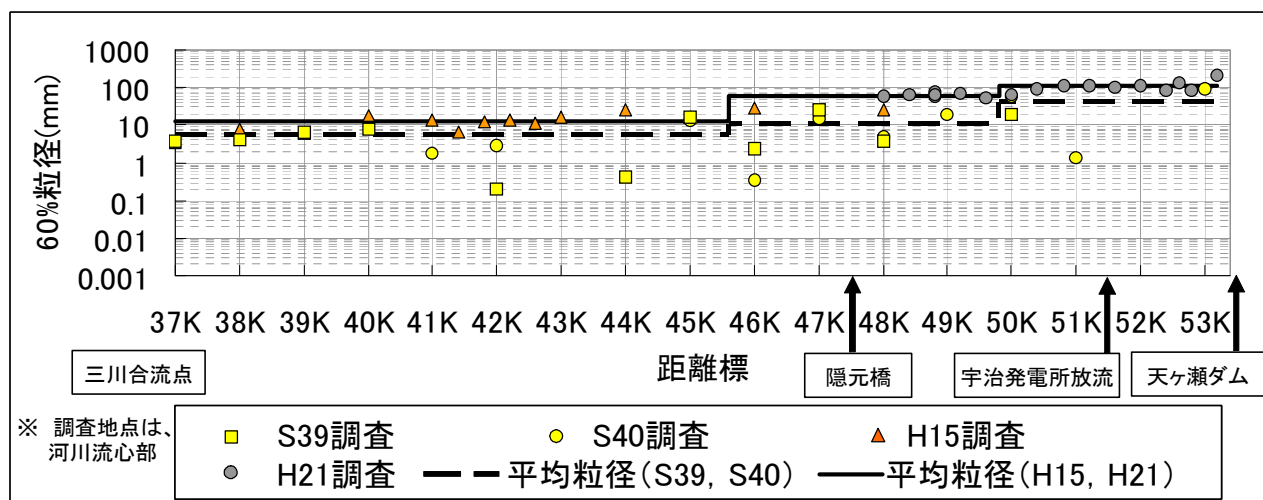


図 4.5-3 代表粒径（60%粒径）の縦断面図

出典：資料 4-5、4-7、4-9、4-11

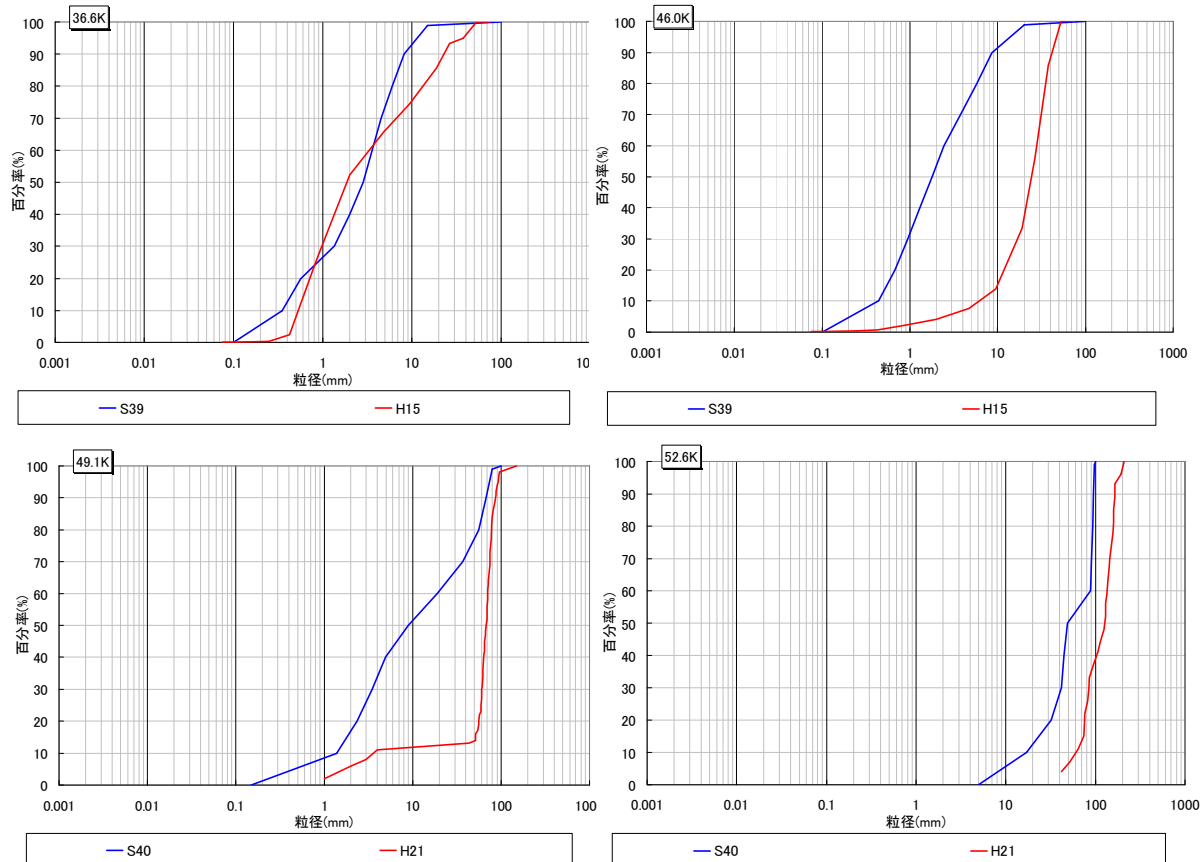


図 4.5-4 河床材料の粒度分析結果

出典：資料 4-5、4-7、4-9、4-11

4.5.3 堆砂対策

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 21 年（2009 年）までに 5 回の委員会が開催されている。

平成 17 年度（2005 年度）に設置された「ダム排砂技術検討会」では、既存施設である旧大峰堰堤を流砂捕捉堰とし、旧志津川発電所導水路を排砂設備として利用することを検討している。なお、平成 21 年（2009 年）までに 4 回の検討会が開催されている。

4.6 まとめ

- 天ヶ瀬ダムは、平成 21 年度現在で管理開始から 45 年経過し、全堆砂量は 419 万 m³、堆砂率は 70%となっているが、昭和 50 年代後半から各年堆砂量の増加は小さくなっている。
- 近年の堆砂量の増加が小さいのは、上流域における砂防事業の進捗により流出土砂量が減少した効果も影響していると考えられる。
- 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・植生の繁茂などが確認されている。

<今後の方針>

堆砂量については、今後も継続的な堆砂測量を行い、堆砂の進行を監視する。

また、ダムの機能維持及び下流環境の改善に向けて、堆砂対策の必要性について検討を行う。

4.7 文献リスト

表 4.7-1 堆砂に使用した文献・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	昭和 43～平成 21 年	堆砂実績等
4-2	平成 20 年度天ヶ瀬ダム貯水地堆砂測量作業報告書	淀川ダム統合管理事務所	平成 21 年 3 月	堆砂実績等
4-3	淀川水系砂防事業	国土交通省近畿地方整備局	平成 22 年 11 月	流入土砂等の状況
4-4	平成 19 年度天ヶ瀬ダム土質調査業務報告書	淀川ダム統合管理事務所	平成 20 年 3 月	堆砂実績
4-5	天ヶ瀬ダム上下流河床状況調査業務	淀川ダム統合管理事務所	平成 22 年 3 月	下流河川の現状
4-6	平成 19 年度淀川水系総合土砂管理対策検討業務報告書	淀川ダム統合管理事務所	平成 20 年 3 月	下流河川の現状
4-7	宇治川河床材料工事報告書	淀川ダム統合管理事務所	昭和39年	下流河床材料
4-8	河床材料整理報告書(淀川、木津川、宇治川)	淀川河川事務所	昭和41年3月	下流河床材料
4-9	平成 15 年度淀川舟運航路確保検討業務 微細土砂モニタリング調査編資料	淀川河川事務所		下流河床材料
4-10	河川横断測量	淀川河川事務所	昭和 32、38、42、50、56、平成元、7、10、13、15、17、19 年度	河床高
4-11	平成 18 年度堤防安定性検討業務報告書	淀川河川事務所	平成 19 年 3 月	下流河床材料