

第2回 矢作ダム堰堤改良技術検討委員会

Ⅲ. 矢作ダム堆砂対策検討

目次

1	矢作ダム堆砂対策の目標	1
1.1	堆砂対策の目標	1
1.2	目標に向けての戦略(緊急対策と長期対策)	1
1.3	堆砂対策メニューと検討方針	3
2	年平均堆砂量の妥当性評価	5
3	矢作ダム貯水池土砂モデルの構築	8
3.1	河床変動モデルの概要	8
3.2	流入土砂条件の考え方	8
3.3	検証結果	9
4	堆砂対策(緊急対策)の検討	15
4.1	緊急堆砂対策の検討手順	15
4.2	掘削高の検討	15
4.3	有効容量内堆砂増分の予測	16
4.4	大規模洪水時の治水容量内堆砂量の予測	18
4.5	コストの算出	18
4.6	対策の選定	20
4.7	年平均堆砂量30万m ³ を想定した場合の予測	21
5	土砂処理方法の検討	22
5.1	事例整理	22
5.2	矢作ダム緊急対策における土砂処理方法の選定	23
6	既設貯砂ダム計画の整理	24
	参考資料 パンフレット「美和ダム掘削土の活用について」など	

平成18年2月23日

国土交通省 中部地方整備局
矢作ダム管理所

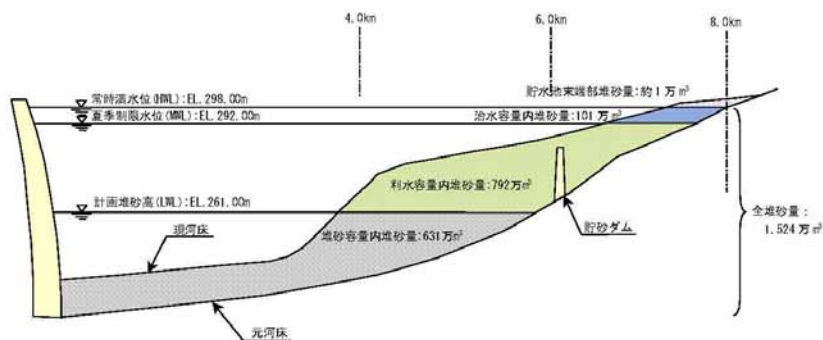
1 矢作ダム堆砂対策の目標

1.1 堆砂対策の目標

矢作ダム堆砂対策の目標は、以下のとおりとする。

【矢作ダム堆砂対策の目標】

流入してくる全土砂量のうち、堆砂容量内への堆砂は容認し、それ以外を除去・排砂する。さらに、利水容量内の堆積についても除去を行い、利水容量の回復を図る。



- ① 矢作ダムの全堆砂量は、1,524万 m^3 （平成16年度）となっており、計画堆砂容量の1,500万 m^3 を上回っている。
→ 貯水池全体の堆砂として考えた場合、今後流入してくる全土砂量を除去・排砂する必要がある。
- ② 治水容量内の堆砂は101万 m^3 （平成16年度）で、2割の余裕の範囲内である。
→ しかし、下記のことから早期回復が必要である。
 - ・ 恵南豪雨でただし書き操作を行っていること、近年災害が頻発していることを踏まえると、早期に容量回復を図る必要がある。
 - ・ 貯水池上流部の堆砂を除去することは、貯水池内への土砂流入を防ぐ上で効果的であり、かつ陸上掘削が可能のため経済的である。
- ③ 利水容量は、16%程度堆積しており、利水安全度が低下している。

図 1-1 矢作ダムの堆砂の実態（H16時点、運用後33年経過）

1.2 目標に向けての戦略（緊急対策と長期対策）

目標達成のための堆砂対策としては、規模の大きな排砂施設が必要になると想定され、その技術的課題などの理由により、ただちに具体的に事業化することは困難と考えられる。そのため、目標に向けての戦略として、対策を緊急対策と長期対策に分けて考えるものとする。

(1) 緊急対策

1) 緊急対策の目標

【緊急対策の目標】

長期対策完成までの暫定措置として、ただちに実現可能な対策を行う。

1. 貯水池上流部の堆積土砂を除去し、建設当初の洪水調節機能の回復に努める。
2. 極力、有効容量内の堆砂を進行させない。

目標1は、貯水池上流部の堆砂の除去を行う上での目標として設定するものであり、洪水調節容量の回復を基準として具体化した（努力目標）。

目標2は、長期対策完成までの暫定措置としての位置付けを踏まえて設定するものである（努力目標）。

2) 緊急対策の方法

【緊急対策の方法】

ただちに実現可能な対策として、陸上掘削による堆積土砂の排除（必要に応じて貯砂ダムなどの建設を含むものとする）を行う。

陸上掘削による堆積土砂の排除を緊急対策として選定する理由は、下記のとおりである。

- ① 初期投資を必要とせず、経済的であること。
- ② これまでも矢作ダムにおいて行われてきた対策であり、確実であること。
- ③ 貯水池上流部の堆砂を除去することは、貯水池内への土砂流入を防ぐ上で効果的であること。
- ④ 洪水調節容量の早期回復が可能となること。

(2) 長期対策

【長期対策の目標】

流入してくる全土砂量のうち、堆砂容量内への堆砂は容認し、それ以外を除去・排砂する。さらに、利水容量内の堆積土砂についても除去を行い、利水容量の回復を図る。

長期対策は、長期的な視点で考えるという意味ではなく、ここ数年のうちに対策を開始する緊急対策に対比して「長期」と呼称するものであり、矢作ダムの恒久的な堆砂対策としてできるだけ早期の実現を目指すものである。

(3) 緊急対策と長期対策の関係

緊急対策と長期対策の工程的な関係を表 1-1にスケジュール(案)として示す。

表 1-1 緊急対策と長期対策のスケジュール(案)

		2～3年程度	10年程度	・・・
緊急対策	検討	工事	維持・運用	
	<ul style="list-style-type: none"> ●緊急対策を2～3年で完了。 ●流入土砂を貯水池末端で捕捉・除去できる状態にする。 	<ul style="list-style-type: none"> ●緊急対策完成後の河床形状をその状態で維持する。 ●有効容量内への堆砂を極力少なくする。 		
長期対策	検討	工事	効果の検証	
	<ul style="list-style-type: none"> ●長期対策の検討を行い、10年程度を目標に対策施設の完成を目指す。 		<ul style="list-style-type: none"> ●流入土砂量相当の土砂を全量排除する。 ●利水容量の回復も図る。 	

表 1-2 貯水池堆砂対策の主要なメニューと矢作ダムにおける緊急対策としての適用性

堆砂対策	貯水池内への流入土砂軽減		流下土砂の通過			貯水池内の土砂排除			
	陸上掘削（貯砂ダム）		貯水池の迂回	貯水池内の通過		掘削・浚渫	サクシオン方式	フラッシング	貯水池内の土砂移動
	排砂バイパス		スルーシング	密度流排砂	水位低下による堆砂域への移送				
概要図									
概要	貯水池末端に貯砂ダムを設置することによって有効容量内への土砂流入を抑制し、堆積した土砂を掘削除去する。	貯水池上流端に分派堰を設置し、洪水の一部を分派して流入土砂をバイパストンネルによって貯水池を迂回させる。	洪水時に水位を長期間低水位に維持することにより、流入土砂を貯水池内に堆積させることなく下流河川へ通過させる。	洪水時に高濁度密度流域からの放流を行えるような放流設備を利用（必要に応じ新設）し、ウォッシュロードや浮遊砂をダムから流出する。	貯水池内の堆積土砂を掘削・浚渫し、貯水池外へ排除する。	貯水位と放流口の水位差により堆積土砂を吸引し、ダム下流に放流する。	洪水時に水位を低下させ、貯水池を空虚とし、堆積土砂を洪水時の河道の掃流力を利用して排砂する。	貯水位を下げた洪水時の掃流力を利用して上流部（有効容量内）の堆積土砂を下流部（堆砂容量内）に移動させる。	
対象土砂	シルト・粘土	細粒分の捕捉は難しい。 △	排除可能である。（流量比次第） △～○	貯水位の低下度合により排除効率は変化することが排除可能である。 ○	排除可能である。 ○	主として浚渫により排除可能である。 ○	排除可能である。 ○	堆砂面がゲート敷高と同程度であれば排除可能である。 ○	移動可能である。 ○
	細砂・中砂	貯砂ダムで捕捉可能である。 ○	排除可能である。（流量比次第） △～○	貯水位の低下度合により排除効率は変化することが排除可能である。 ○	砂分の排除は困難である。 △	排除可能である。 ○	排除可能である。 ○	堆砂面がゲート敷高と同程度であれば排除可能である。 ○	移動可能である。 ○
	粗砂・砂礫	貯砂ダムで捕捉可能である。 ○	排除可能である。（流量比次第） △～○	貯水位の低下度合により排除効率は変化することが排除可能である。 ○	粗砂、砂礫の排砂は不可能である。 ×	排除可能である。 ○	排砂管内閉塞の問題等から困難である。 △	堆砂面がゲート敷高と同程度であれば排除可能である。 ○	移動可能である。 ○
他ダムの実績	小渋ダム、美和ダム、長島ダム、横山ダム等多数	旭ダム、美和ダム、小渋ダム（検討中）	鯖石川ダム（融雪出水期）	片桐ダム	佐久間ダム、横山ダム等	美和ダム（検討中）	宇奈月ダム、出し平ダム	佐久間ダム	
一般的な課題	<ul style="list-style-type: none"> 貯砂ダムからの掘削土の有効利用ができない場合は処理が必要となる。 搬出が多い場合は運搬時の周辺環境対策が必要となる。 	<ul style="list-style-type: none"> バイパストンネル内の土砂水理挙動、分派による排砂効率の確認が必要である。 トンネルの摩耗対策及びメンテナンスが必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 貯水位の回復が可能かどうか問題である。（利水機能の確保） 排砂設備の水理挙動及び貯水池内土砂の水理挙動を確認しておく必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ゲートを有する場合は水理挙動の確認及び管内の摩耗対策が必要である。 洪水調節機能の確保等貯水運用との整合が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 浚渫・掘削土の有効利用ができない場合は処理が必要となる。 搬出が多い場合は運搬時の周辺環境対策が必要となる。 	<ul style="list-style-type: none"> 吸引施設の効果等が不確実で技術開発が必要である。 吸引施設敷設位置に排砂しない土砂の排除には施設を移動させる必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 貯水位の回復が可能かどうか問題である。（利水機能の確保） 排砂設備の水理挙動及び貯水池内土砂の水理挙動を確認しておく必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 排砂設備の水理挙動の確認及び摩耗対策が必要である。 	
経済性 [IC:イニシャルコスト] [RC:ランニングコスト]	IC:小(貯砂ダム) RC:大	IC:大(排砂設備) RC:小	IC:大(排砂設備) RC:小	IC:中～大(排砂設備) RC:小	IC:小(浚渫船の棧橋、揚砂場及び進入路など) RC:大	IC:大(排砂設備) RC:小	IC:大(排砂設備) RC:小	IC:小 RC:小	
矢作ダムへの適用性	これまでも矢作ダムにおいて実施してきた対策である。年平均除去量は18万m ³ /年となる。掘削土の処理方策等に課題がある。	粗砂・砂礫を流水力によって排砂することができるため、貯砂ダム（分派堰）との組合せによって有効な策となりうる。	利水機能の確保及び矢作第2ダムへの影響から適用は困難である。	取水設備あるいは事前放流設備の利用により可能と考えられるが、放流のタイミングが合うかどうか課題となる。	浚渫及び浚渫した土砂の処理にランニングコストが非常に大きくなるため、最終的な手段に位置付けられる。	開発途上の技術であるが、ランニングコストが小さくなることから、適用の可能性はある。	現有洪水吐きを改造する必要がある。利水機能の確保及び矢作第2ダムへの影響から、適用は困難である。	矢作ダムの選取取水設備工事の際にこの現象が生起しているが、極端な水位低下と洪水の発生が重なる必要があり、多くは期待できない。	
	○	△	×	△	△	△	×	×	

凡例 ○：適用性が高い。△：緊急対策としての適用性は低いが、長期対策として適用の可能性はある。×：適用性が低い。

2 年平均堆砂量の妥当性評価

矢作ダムの年平均堆砂量は、20万m³/年として検討を行う。

平成12年の恵南豪雨によって矢作ダムの流域の状態が大きく変化していることが想定されることから、崩壊地面積と年平均堆砂量の関係、貯水池の各区域に堆積する土砂量の経年変化について整理を行い、将来的な年平均堆砂量について評価を行った。

下記の結果から今後の年平均堆砂量としては、20万m³/年程度を見込んでおけば十分と考える。

- ① 矢作ダム堆砂実績によれば、恵南豪雨後の年平均堆砂量(平成13年～平成16年の4ヶ年平均値)は300千m³/年となるが、試料数が4ヶ年と少なく、多様な流況が含まれているとはいえず、この値が恵南豪雨後の年平均堆砂量と評価することは困難である(図2-1参照)。
- ② 堤体近傍に堆積する細粒分の土砂量には、恵南豪雨の前後において、特異な傾向は認められない(図2-3参照)。
- ③ 崩壊地面積との関係からは、恵南豪雨後の年平均堆砂量は16万m³/年程度と想定される(図2-2参照)。

(2) 矢作ダムの堆砂実績



図 2-1 矢作ダムの堆砂実績

(3) 貯水池内各部の堆積量

恵南豪雨後の崩壊地面積の増加によって、細粒分の流入土砂量が増加している可能性があることから、貯水池の区分別堆砂量を算出し、その傾向を把握した。堆砂量の算定範囲の区分は、平成16年測量による貯水池縦断面図をもとに、表2-1のとおりとした。

算定結果は、次頁の図2-3に示すとおりであり、下記のとおりである。

[ウォッシュロード成分について (0.0~2.0k)]

- 恵南豪雨の前後において堤体近傍に堆積する細粒分の堆砂量に特異な傾向は認められない。

[浮遊砂成分について (2.0~4.0k)]

- 浮遊砂成分が堆積すると考えられるデルタ肩下流傾斜部は恵南豪雨後の平成16年に顕著な増加が見られる。
- しかしながら、デルタ肩～貯砂ダムの区間の土砂が大きく減少しており、貯水池縦断面図からデルタ肩上流の土砂が移動したものと推察される。
- 平成16年の貯水位と流入量の年間変動を見ると、貯水位がEL.275m付近まで低下してデルタ肩が貯水面上に露出した時期に、洪水が2回発生しており、この際に土砂が移動したものと考えられる。

表 2-1 貯水池内の区域別堆砂量の算定区間

区域	算定区間	備考
堤体近傍	0.0K~2.0K	細粒分(ウォッシュロード)
デルタ肩下流傾斜部	2.0K~4.0K	浮遊砂成分
デルタ肩～貯砂ダム	4.0K~6.0K	掃流砂成分
貯砂ダム上流	6.0K~10.2K	掃流砂成分

(4) 崩壊地面積と年平均堆砂量の関係

貯水池の堆砂量は流域の崩壊地面積に大きく影響することが知られており、その両者の関係が昭和51~63年と平成元~11年において直線関係にあるものとする、図2-2に示すように、年平均堆砂量は16万m³/年程度と想定される。

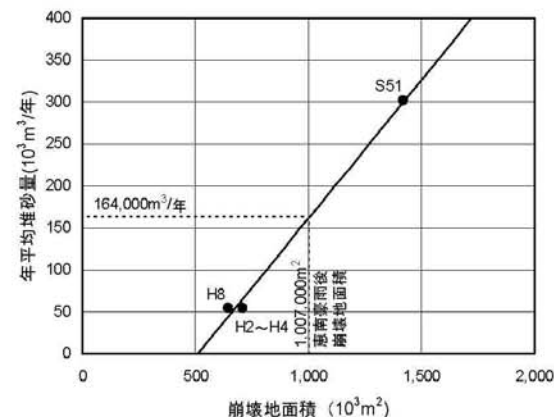


図 2-2 崩壊地面積と年平均堆砂量の関係

【参考】

表 年堆砂量の頻度

順位	年	年堆砂量	備考	順位	年	年堆砂量	備考
1	H12	2,830,100		16	H7	258,500	
2	S63	772,200		17	H10	207,500	
3	H15	667,100		18	S52	122,200	
4	H3	616,000		19	S62	121,200	
5	H16	535,000	1回/5年	20	H11	95,600	
6	S51	499,400		21	S53	-20,100	
7	S55	439,800		22	H9	-59,600	
8	S60	421,300	1回/3年	23	H4	-104,200	
9	H13	397,400		24	H1	-120,400	
10	S58	393,300		25	H8	-129,100	
11	S57	355,800		26	H5	-160,700	
12	S56	353,100		27	S61	-207,500	
13	S59	347,300		28	H2	-335,700	
14	H6	340,600	1回/2年	29	H14	-399,200	
15	S54	316,000					

※ 昭和51年～平成16年(29年間)

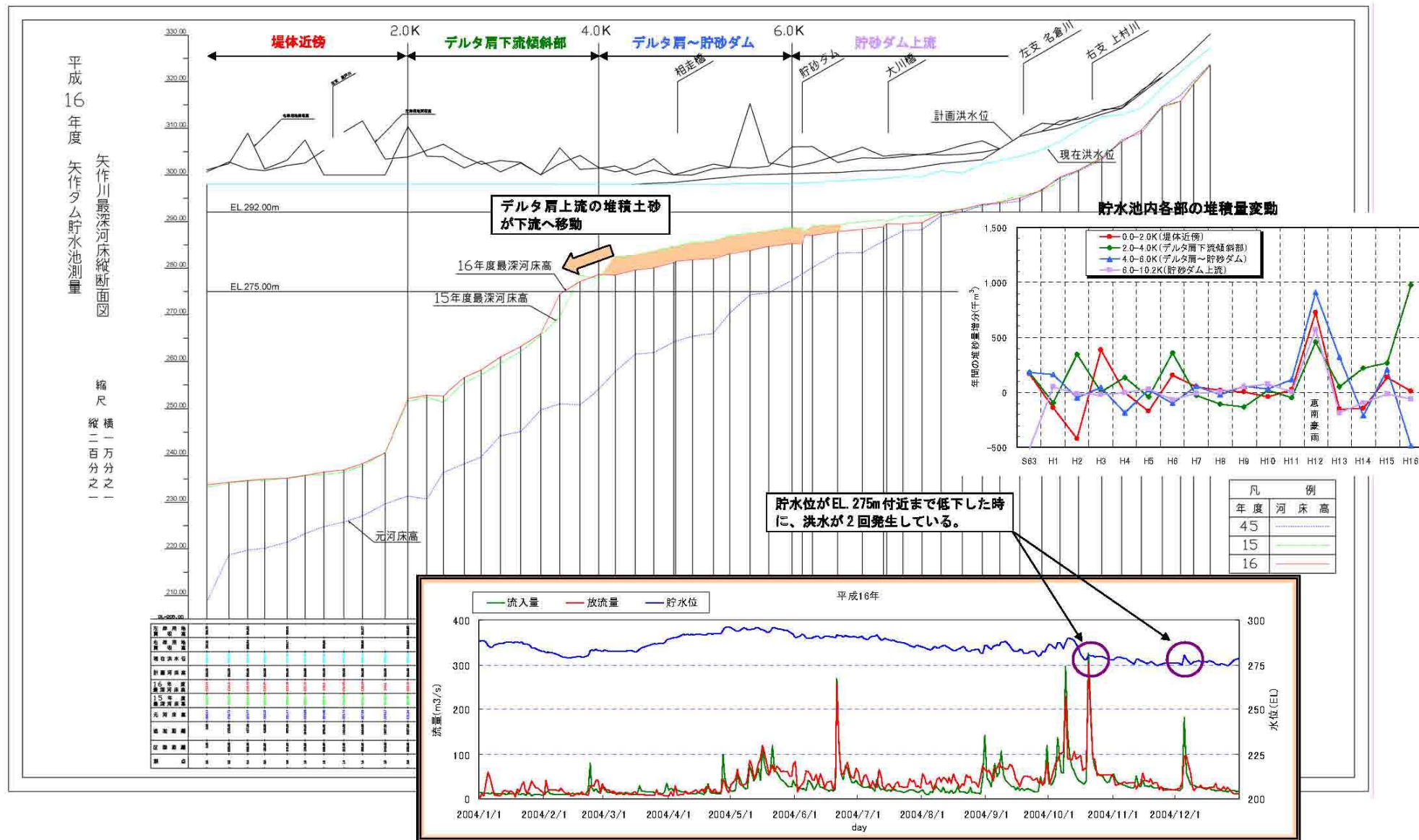


図 2-3 貯水池内各部の堆積量変動と平成16年の貯水池内堆砂形状の変化

恵南豪雨後の矢作ダム上流域の主な支川毎の崩壊地面積と崩壊率の推移を図 2-4に示す。

- 上村川、根羽川ブロックにおいて、崩壊地が大きく増加しているが、流域全体で見ると S41～S51 のレベルには至っていない。
- 矢作ダム貯水池の年堆砂量の変化（昭和 50～63 年で 301 千 m³/年、平成元年～11 年で 55 千 m³/年）と流域の崩壊地面積の変化（昭和～恵南豪雨前で半減）に対応関係が認められる。

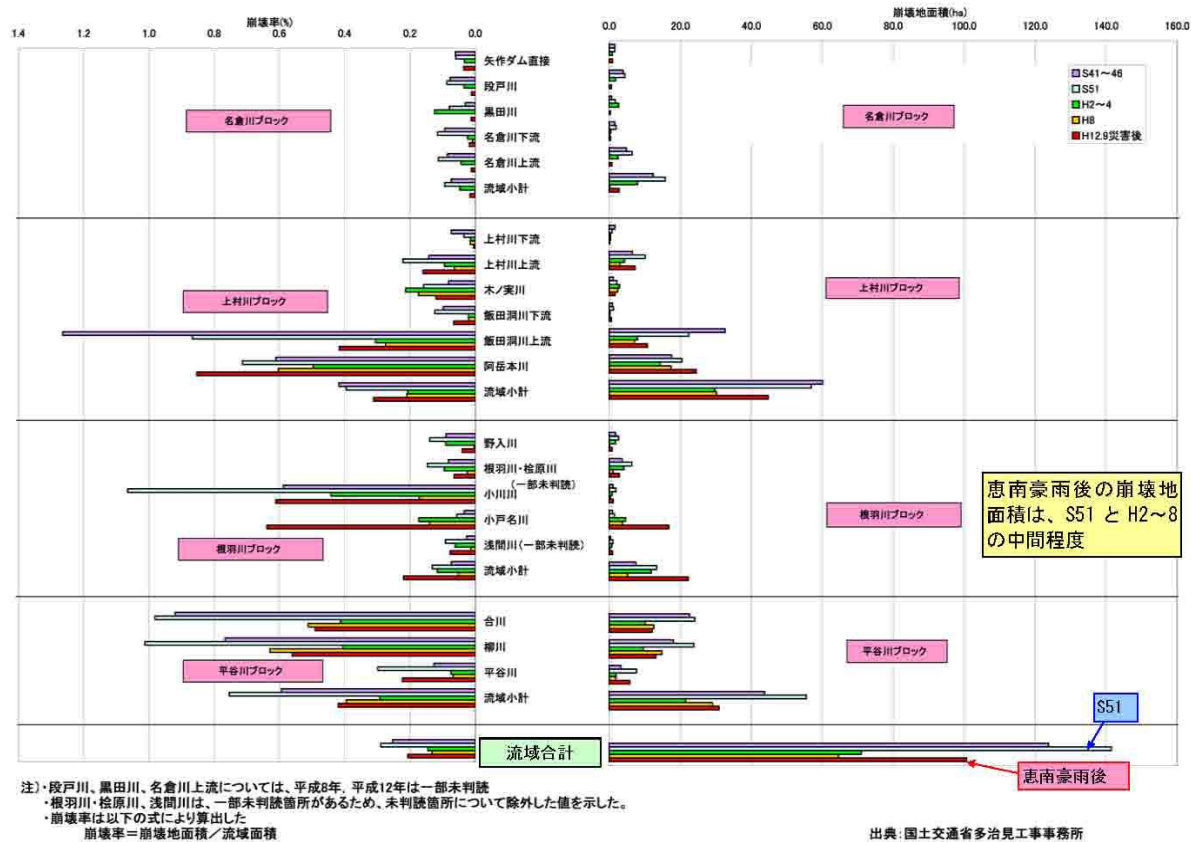
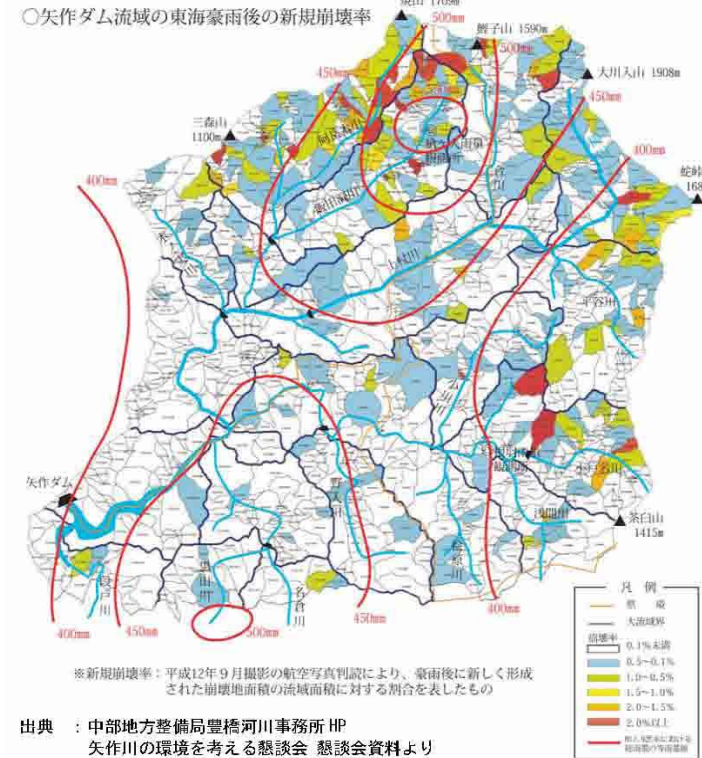


図 2-4 恵南豪雨前後における矢作ダム上流域の崩壊地の推移



出典：中部地方整備局豊橋河川事務所 HP
 矢作川の環境を考える懇談会 懇談会資料より
<http://www.cbr.mlit.go.jp/toyohashi/kondan/index.html>

3 矢作ダム貯水池土砂モデルの構築

緊急対策や長期対策の実施による貯水池内土砂移動状況を把握することを目的に、矢作ダム貯水池土砂モデルを構築する。なお、計算手法は不等流と土砂の連続式からなる1次元河床変動計算である。

3.1 河床変動モデルの概要

矢作ダム貯水池における堆砂形状を、表 3-1に示す1次元河床変動シミュレーションモデルにより予測する。

表 3-1 1次元河床変動シミュレーションモデルの基礎式

		解析手法・支配方程式
水面形		一次元不等流計算 (標準逐次計算法) $\frac{\partial Q}{\partial x} = 0$ $\frac{d}{dx} \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{A^2} + h + z \right) + i_s = 0$
	掃流砂	芦田・道上式 $\frac{q_{B1}}{f(di)u_{*c}di} = 17\tau_{*ci} \left(1 - \frac{\tau_{*ci}}{\tau_*} \right) \left(1 - \frac{u_{*ci}}{u_*} \right)$
流砂量	浮遊砂	芦田・道上式 (平衡流砂量) $\frac{q_{s1}}{q_{s0}(t)} = C_B \left\{ \left(1 + \frac{1}{k} \cdot \frac{ng^{1/2}}{h^{1/6}} \right) \cdot \Lambda_1 + 1 + \frac{1}{k} \cdot \frac{ng^{1/2}}{h^{1/6}} \cdot \Lambda_2 \right\}$
河床変動		河床の連続式 $\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{B(1-\lambda)} \frac{\partial}{\partial x} \left[\sum_i q_{B1} \cdot B + \sum_i q_{s1} \cdot B + Q_w \right] = 0$
河床交換層	河床上昇	$\frac{\partial Z}{\partial t} \geq 0$: $\frac{\partial P_b}{\partial t} = \frac{1}{a} (P_B - P_b) \frac{\partial Z}{\partial t} - \frac{q_B}{a(1-\lambda)} \frac{\partial P_B}{\partial x}$
	河床低下	$\frac{\partial Z}{\partial t} < 0$: $\frac{\partial P_b}{\partial t} = \frac{1}{a} (P_B - P_{b0}) \frac{\partial Z}{\partial t} - \frac{q_B}{a(1-\lambda)} \frac{\partial P_B}{\partial x}$

モデル構築においては検証期間、流入条件等を以下のように設定する。

- (a) 計算対象区間：矢作ダム堤体(No.0)～矢作ダム貯水池末端(ダムサイトから約 11 km)
- (b) 検証計算対象期間：1970～2004(昭和 45～平成 16年)の 34 年間
- (c) 初期縦横断形状：1970(昭和 45 年)末の縦断・横断測量結果を初期形状として設定
- (d) 流入土砂組成 (粒径分布, 移動層厚)：矢作ダムにおける既往のボーリング調査結果 (S54, H10, H15) から求める粒径別の堆積土砂量から推定

3.2 流入土砂条件の考え方

矢作ダムへの流入土砂量については、堆積土砂量データを基に、以下のように設定する。

(1) 流入土砂組成の設定

横断測量データ、ボーリング調査を基に設定した貯水池内堆積土砂に対し、部分捕捉土砂の成分補正を行い、矢作ダムの粒径別の貯水池堆砂量を算出した。結果は図 3-1のとおりである。

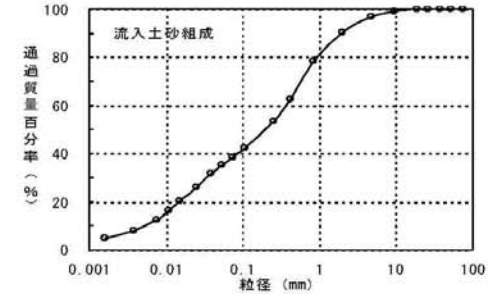


図 3-1 流入土砂組成

(2) 流量～流砂量関係の設定

矢作ダムへの流入量および堆砂量を踏まえ、ダム建設後から現在までのを再現し得る流入土砂量式 (流入土砂量 = $\alpha \times \text{流量}^\beta$) を作成した。

図 3-2より β を 2.5 とすると堆砂量時系列を適切に表現できる。なお、 β については粒径によらず一定であるとした。

上記の実績堆砂量と流入量との関係より、流入土砂量式を決定した。なお、矢作ダム貯水池への土砂流入形態は経年的に見て、大きく 3 つに分類されることから、それぞれの期間について流入土砂式を設定した。

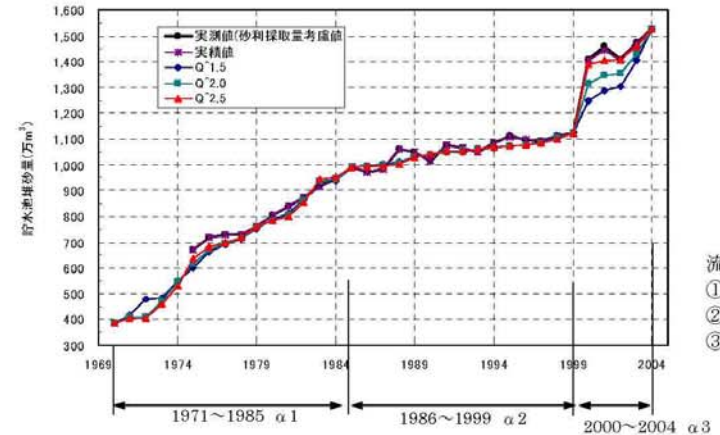


図 3-2 実績堆砂量と流入土砂式

3.3 検証結果

(1) 堆砂縦断面図

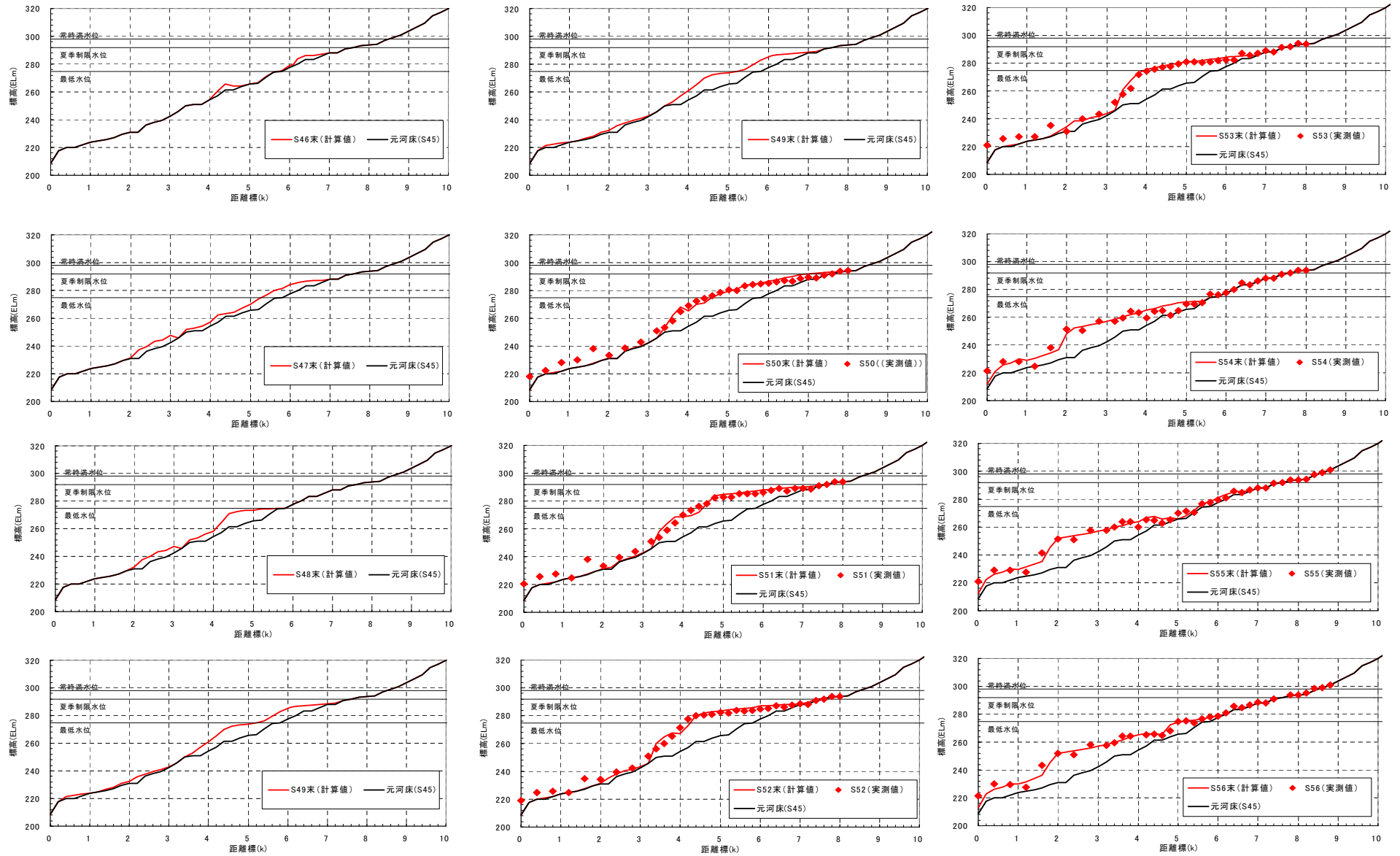


図 3-3 堆砂縦断面図

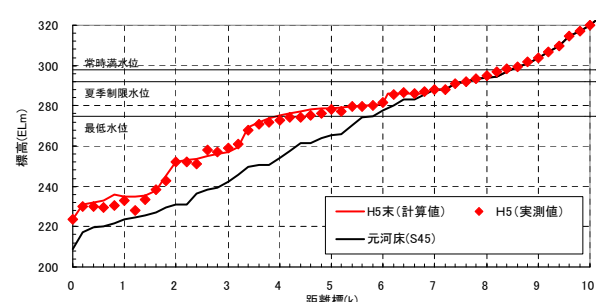
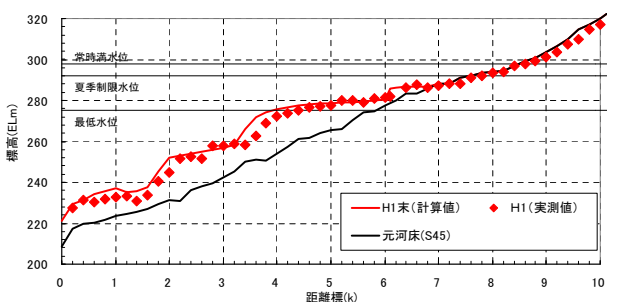
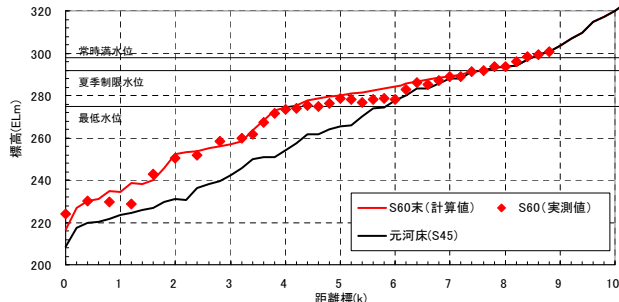
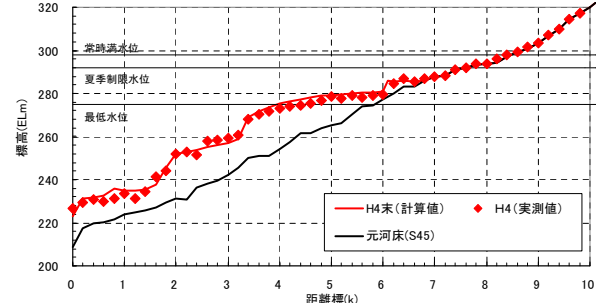
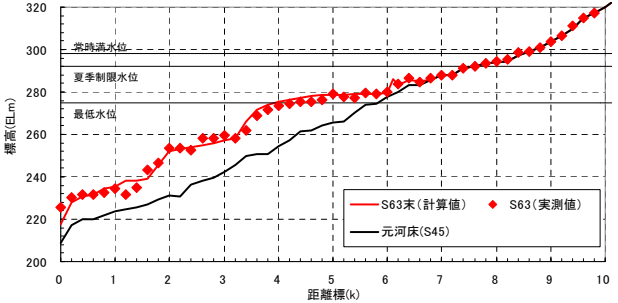
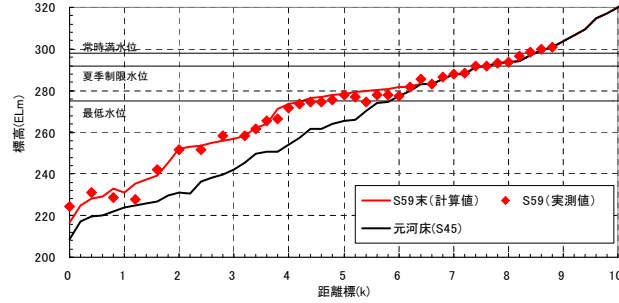
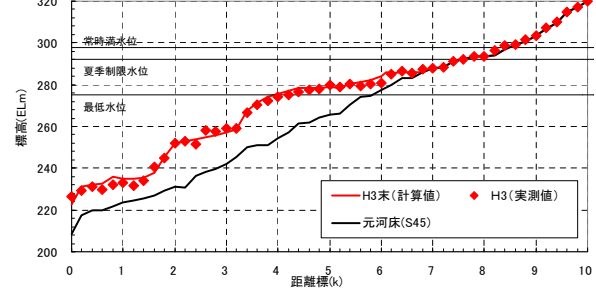
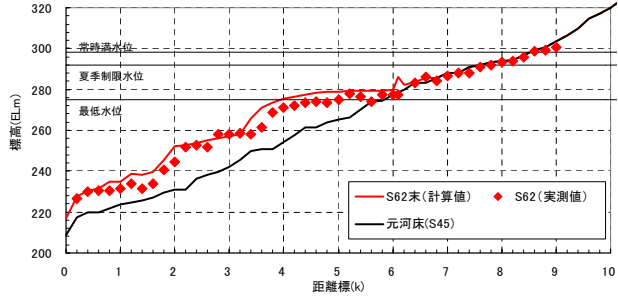
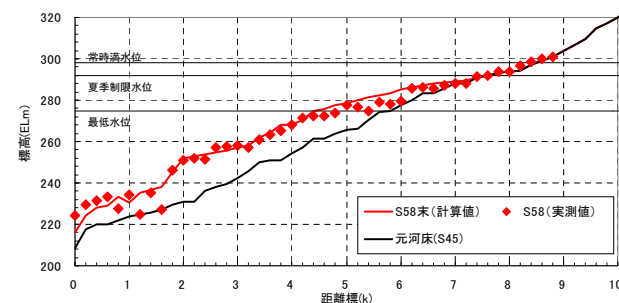
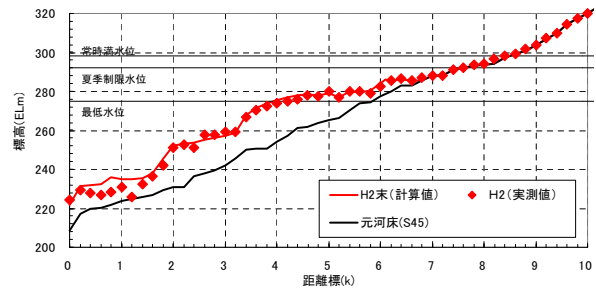
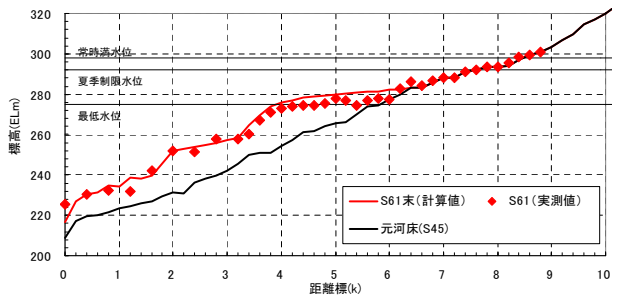
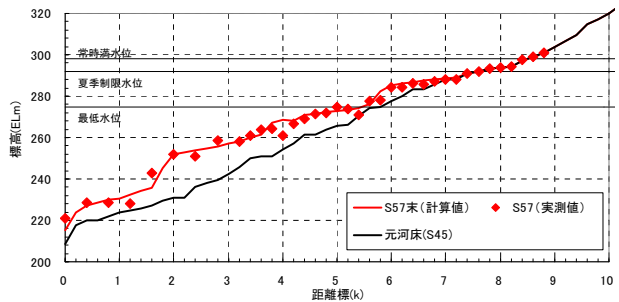


图 3-4 堆砂縦断面

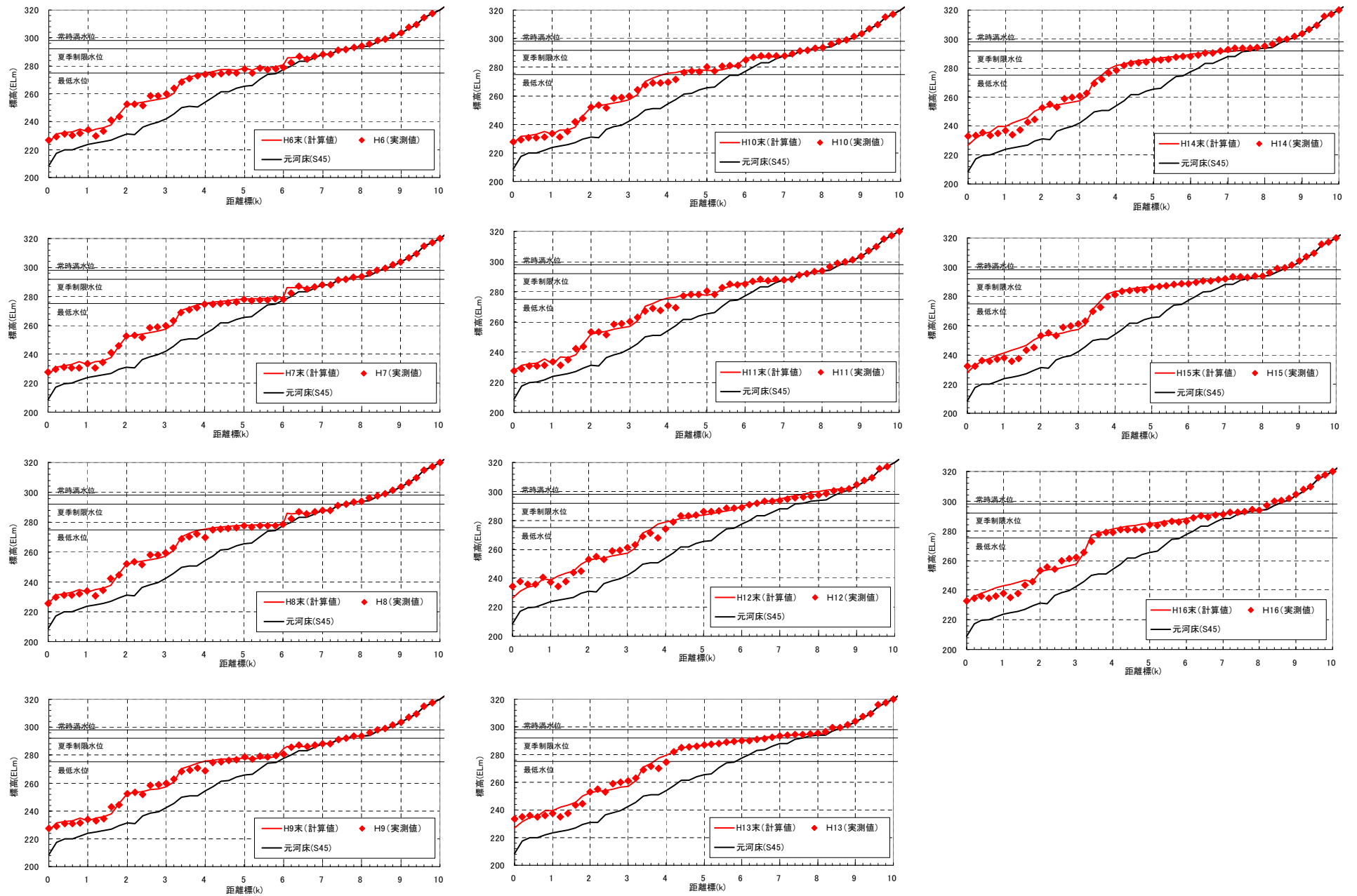


图 3-5 堆砂縦断面

(2) 堆砂縦断面図 (重ね合わせ)

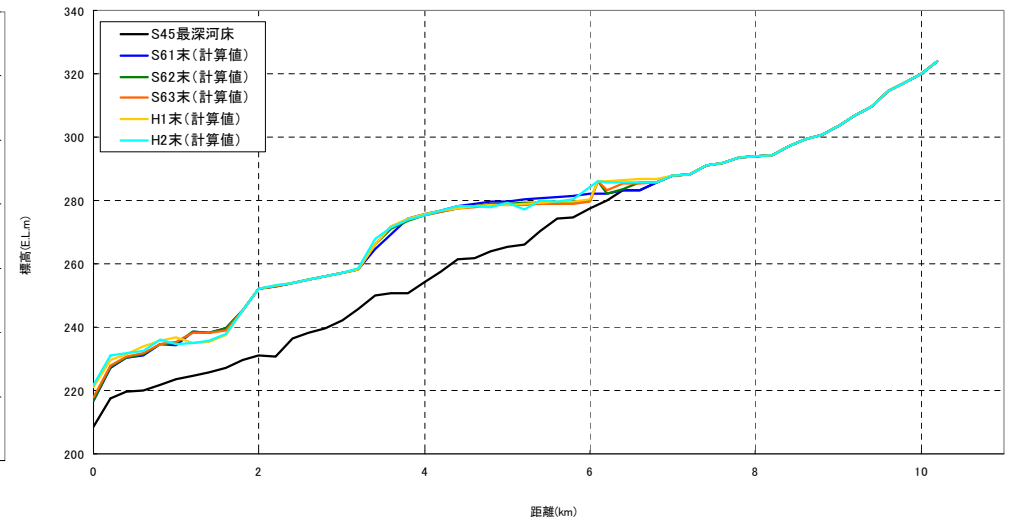
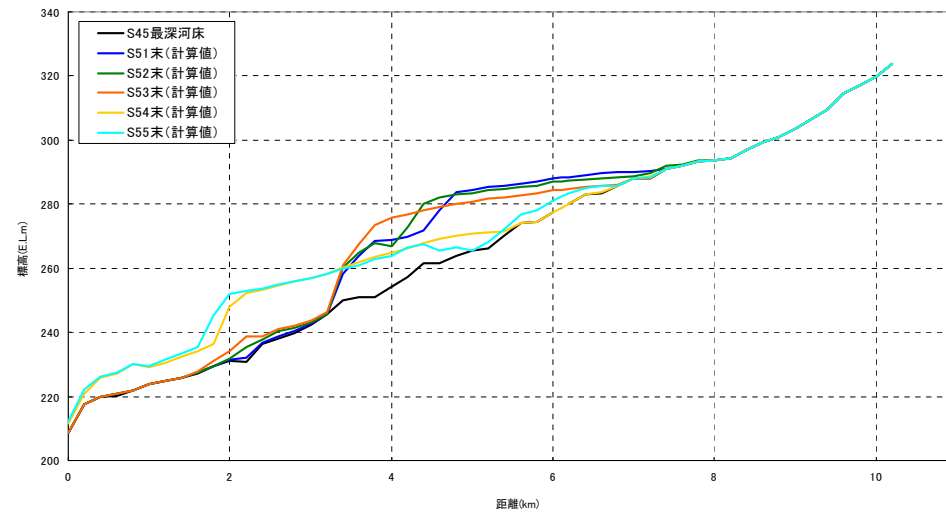
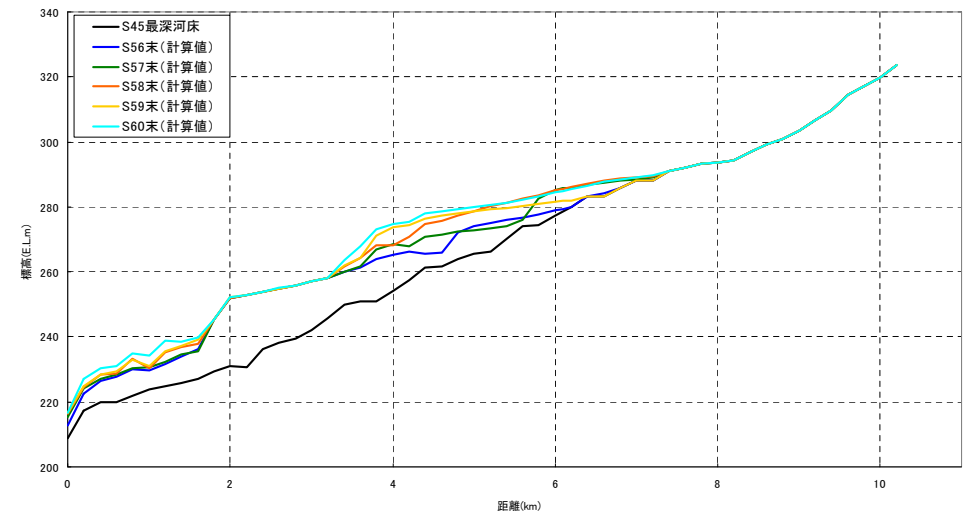
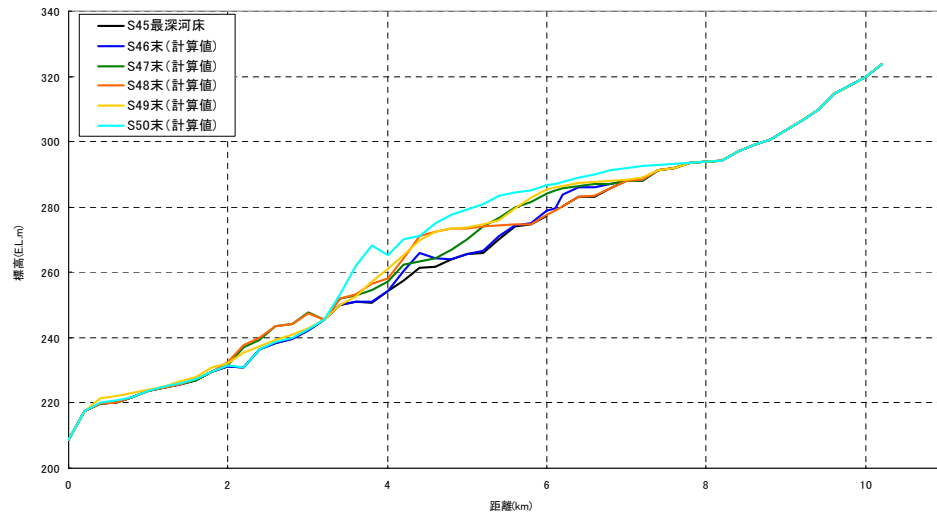


図 3-6 堆砂縦断面図 (重ね合わせ)

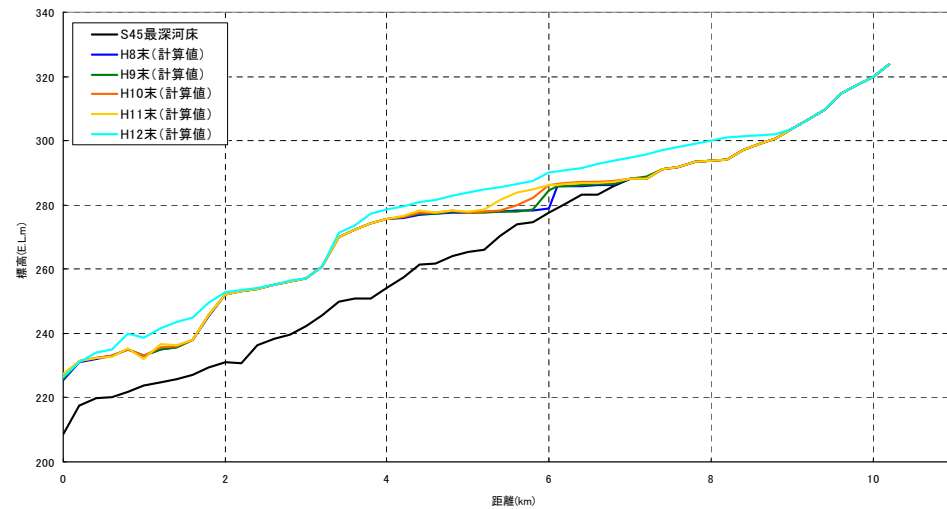
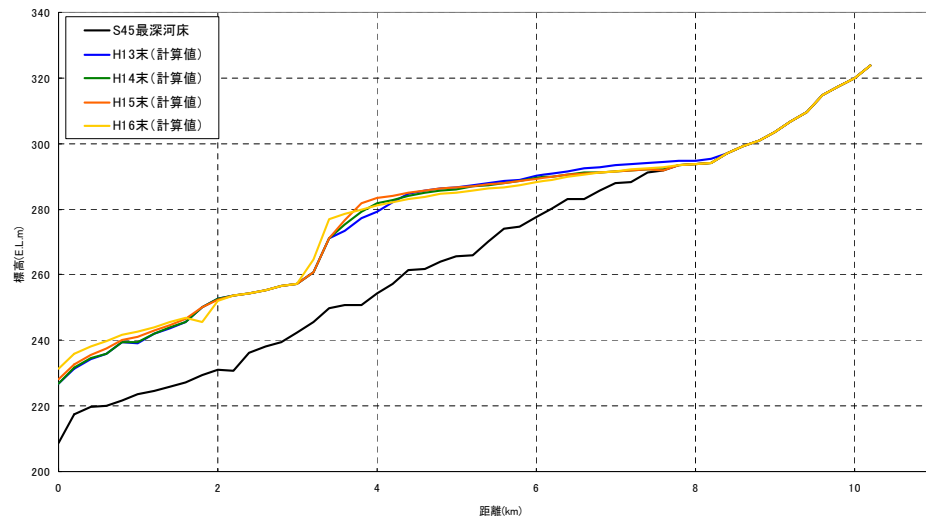
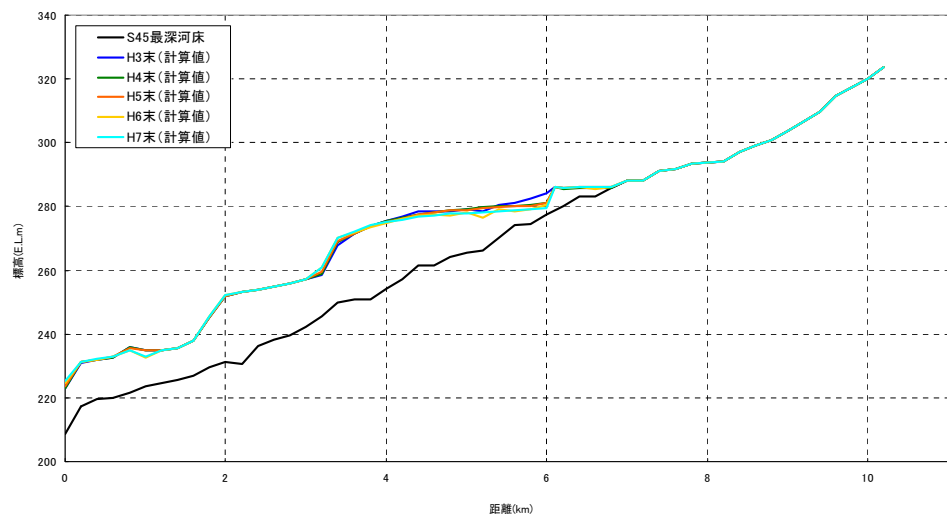
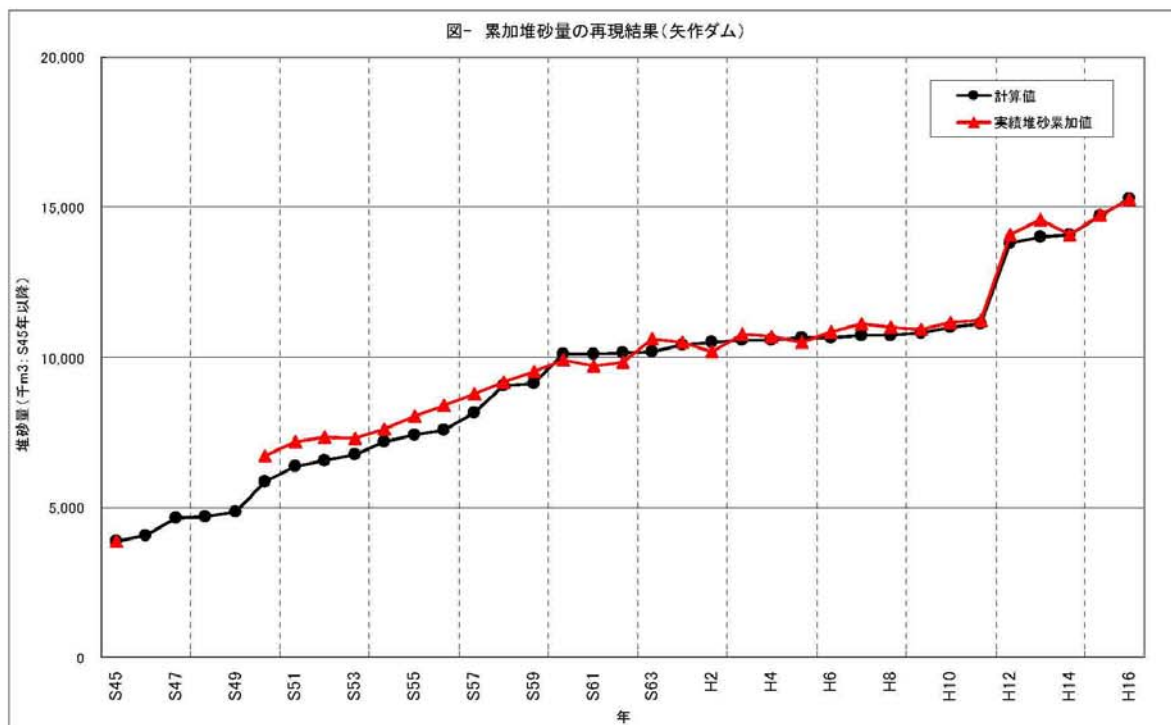


図 3-7 堆砂縦断面図 (重ね合わせ)

(3) 堆砂量再現 (経年変化図)



年	堆積土砂量(千m3/年)	
	実績堆砂累加値	計算値
S45	3865	3865
S46		4066
S47		4651
S48		4666
S49		4851
S50	6690	5848
S51	7190	6341
S52	7312	6537
S53	7292	6735
S54	7608	7160
S55	8047	7403
S56	8401	7562
S57	8756	8149
S58	9150	9041
S59	9497	9140
S60	9918	10080
S61	9711	10098
S62	9832	10137
S63	10604	10193
H1	10484	10396
H2	10157	10470
H3	10774	10556
H4	10668	10567
H5	10499	10635
H6	10847	10662
H7	11107	10714
H8	10979	10732
H9	10930	10813
H10	11138	10979
H11	11235	11130
H12	14068	13791
H13	14598	14007
H14	14080	14084
H15	14744	14693
H16	15263	15301

4 堆砂対策（緊急対策）の検討

4.1 緊急堆砂対策の検討手順

緊急対策（陸上掘削計画）は、下記の手順で検討する。

- ① 代表年（年平均流入土砂量の流入）に対して、「洪水調節容量の回復を2～3年以内に完了すること」を前提条件として、対策案を抽出する。
- ② 対策案について、「対策の効果（平常洪水による治水容量内の堆砂量と大規模洪水時における治水容量内の堆砂量）」及び「対策に要する費用」を主たる評価項目として、対策案を比較し、選定する。
- ③ 選定した対策案について、「大規模洪水後の堆砂に対して、洪水調節容量の回復に要する年数」の確認を行う。

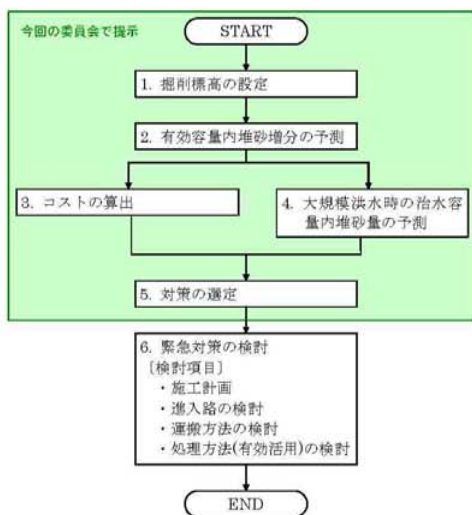


図 4-1 緊急堆砂対策の検討フロー

4.2 掘削高の検討

治水容量内を含め、貯水池末端の土砂を掘削することで、ダム機能の回復・堆砂進行軽減を図ることとする。対策のイメージを図 4-2 に示す。また、シミュレーションを実施する検討ケース（掘削標高等）を次表に示す。

表 4-1 検討ケース

ケース名	掘削標高	貯砂ダムの嵩上げ	備考
ケース0		対策無し	
ケース1	EL.286m	なし	治水容量も一部掘削するケース
ケース2	EL.289m	なし	〃
ケース3	EL.292m	なし	制限水位以上のみを掘削するケース（治水容量主体に掘削）
ケース4	EL.286m	あり	有効容量内の土砂流入を極力おさえたケース

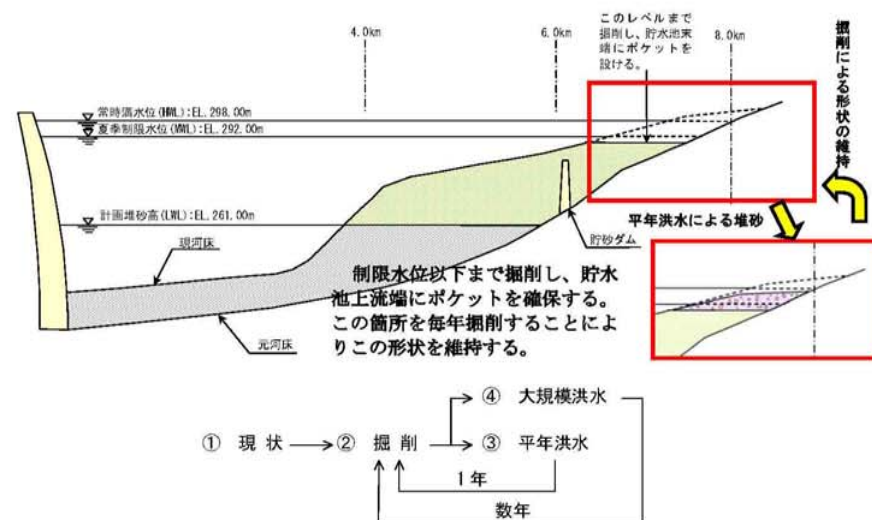


図 4-2 治水機能を回復する方法のイメージ

貯砂ダムの嵩上げを行うケース4は、既設貯砂ダム天端のEL.286mまで掘削を行い、その形状を毎年陸上掘削によって維持することが可能となるように、既設貯砂ダム水通し天端あるいはその近傍を透過型構造で嵩上げすることを想定する。

透過型構造の貯砂ダムの例を写真 4-1 に示す。



写真 4-1 透過型構造の貯砂ダムの例（美和ダム：下流から）

4.3 有効容量内堆砂増分の予測

(1) 検討方針

緊急対策の目標の1つに「極力、有効容量内の堆砂を進行させない」がある。このため、図 4-3 に示すフローにより、有効容量内の堆砂量を求める。

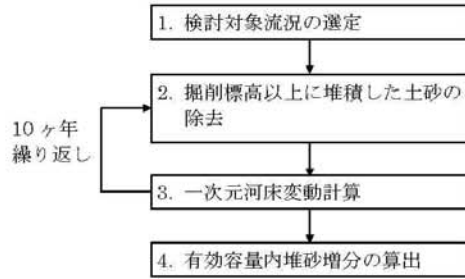


図 4-3 緊急対策における掘削可能標高設定フロー

(2) 検討対象流況の選定

惠南豪雨後の流量～流砂量関係を用い、各年の流況下における年間流入土砂量を算出すると表 4-2 のようであり、S55、S63、H5 流況において 20 万 m³ 程度の土砂流入が生じる。

これらのうち、年最大流量、洪水期最低水位が平均程度である昭和 63 年を選定し、予測検討に用いる。

表 4-2 年間流入土砂量の算出結果

年	流入土砂量 (万m ³)	年最低水位 (E.Lm)	年最大流入量 m ³ /s	
1971	S46	17.5	280.5	479.0
1972	S47	50.8	296.8	839.0
1973	S48	1.3	272.6	206.2
1974	S49	45.4	284.1	963.7
1975	S50	98.1	281.8	1645.9
1976	S51	42.9	282.5	844.5
1977	S52	17.1	275.3	596.8
1978	S53	16.8	289.7	671.9
1979	S54	39.0	252.3	1202.5
1980	S55	21.7	277.1	514.3
1981	S56	13.9	276.8	553.7
1982	S57	53.1	272.1	718.1
1983	S58	79.8	266.5	1463.8
1984	S59	9.3	276.2	641.9
1985	S60	38.4	270.6	691.5
1986	S61	5.2	274.7	226.0
1987	S62	10.4	267.9	380.5
1988	S63	21.9	281.6	729.6
1989	H1	80.4	279.0	1169.3
1990	H2	39.4	269.7	1351.0
1991	H3	36.1	280.8	1049.6
1992	H4	3.2	267.2	242.7
1993	H5	21.4	273.8	584.9
1994	H6	25.0	266.6	1211.5
1995	H7	19.3	280.3	606.6
1996	H8	5.8	279.0	393.9
1997	H9	27.1	284.4	771.2
1998	H10	61.3	285.2	1188.0
1999	H11	69.7	282.2	1269.9
2000	H12	283.8	278.3	2993.4
2001	H13	20.9	279.3	717.5
2002	H14	4.9	273.4	326.9
2003	H15	82.2	278.9	1194.7
2004	H16	73.0	273.8	1351.3
平均値		274.4	876.3	

※年最大流入量は日流量のピーク値

(3) 有効容量内堆積土砂増分の算出

前章で構築した矢作ダム貯水池土砂モデルを用い、検討対象流況及び流入土砂 (20 万 m³) を 10 年繰り返した結果を表 4-3 に示す。

表 4-3 10ヶ年の繰返し流況における有効容量内堆砂増分の予測計算結果

ケース名	有効容量内堆砂増分		有効容量に対する割合 ^{※1}		現堆砂量に対する割合 ^{※2}	
	治水容量	利水容量	治水容量	利水容量	治水容量	利水容量
ケース 0	92 千 m ³	1108 千 m ³	0.61%	2.22%	9.11%	13.99%
ケース 1	-32 千 m ³	14 千 m ³	-0.21%	0.03%	-3.17%	0.17%
ケース 2	-32 千 m ³	586 千 m ³	-0.21%	1.17%	-3.17%	7.40%
ケース 3	-32 千 m ³	969 千 m ³	-0.21%	1.94%	-3.17%	12.23%
ケース 4	-32 千 m ³	-49 千 m ³	-0.21%	-0.10%	-3.17%	-0.62%

※1 有効容量：治水容量 15,000 千 m³、利水容量 50,000 千 m³

※2 現堆砂量：治水容量 1,010 千 m³、利水容量 7,920 千 m³

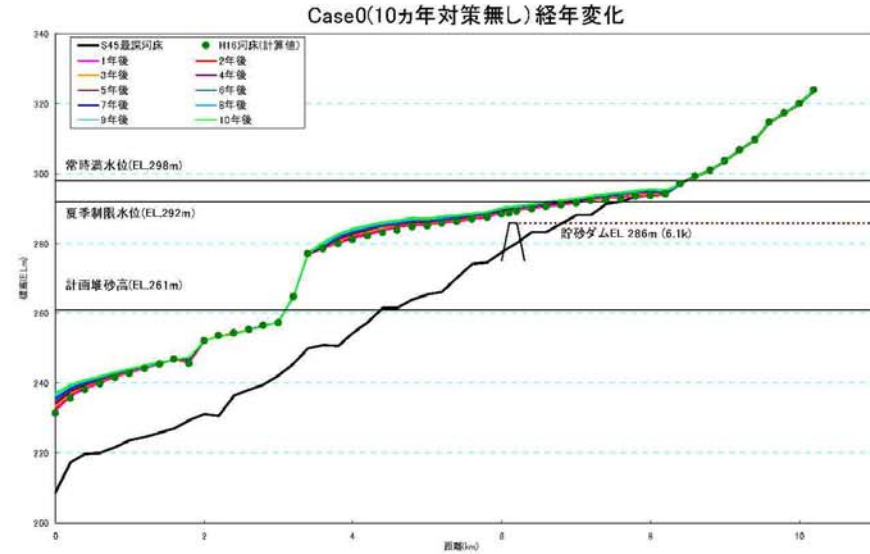


図 4-4 予測計算結果(Case0)

Case1(掘削標高 EL286m)経年変化

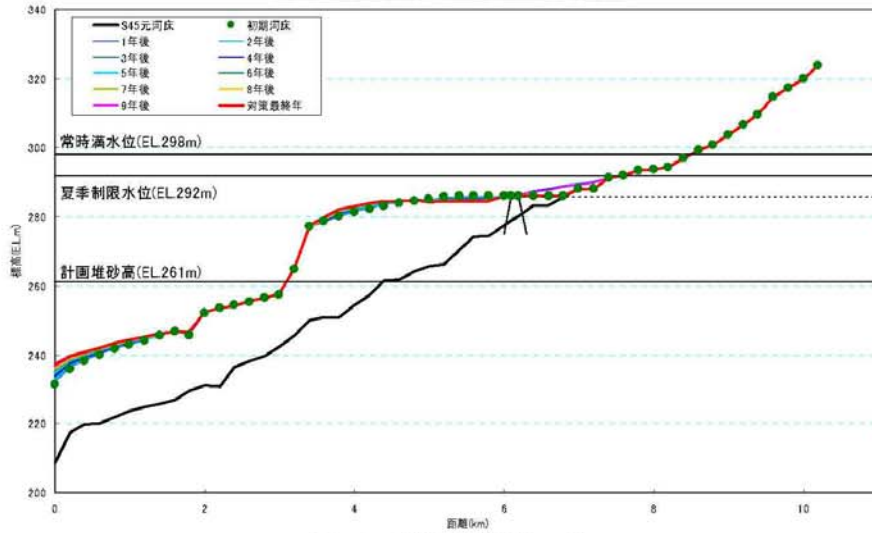


図 4-5 予測計算結果(Case1)

Case3(掘削標高 EL298m)経年変化

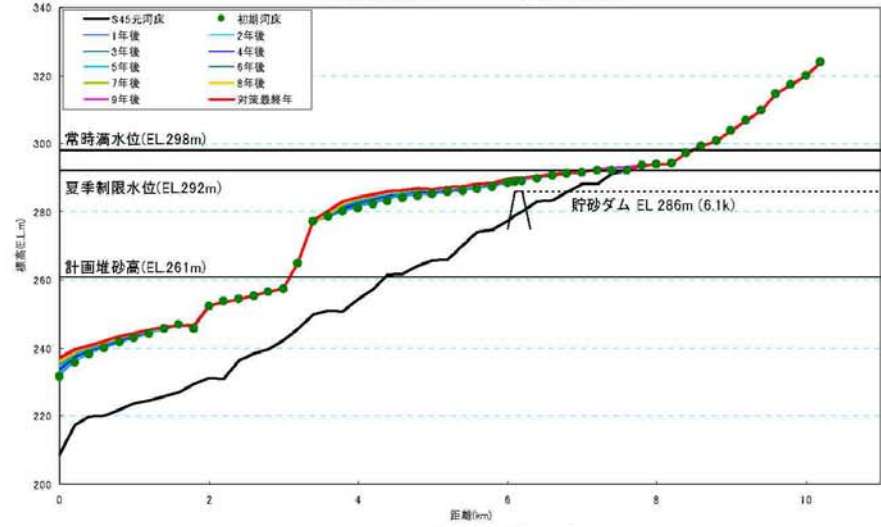


図 4-7 予測計算結果(Case3)

Case2(掘削標高 EL289m)経年変化

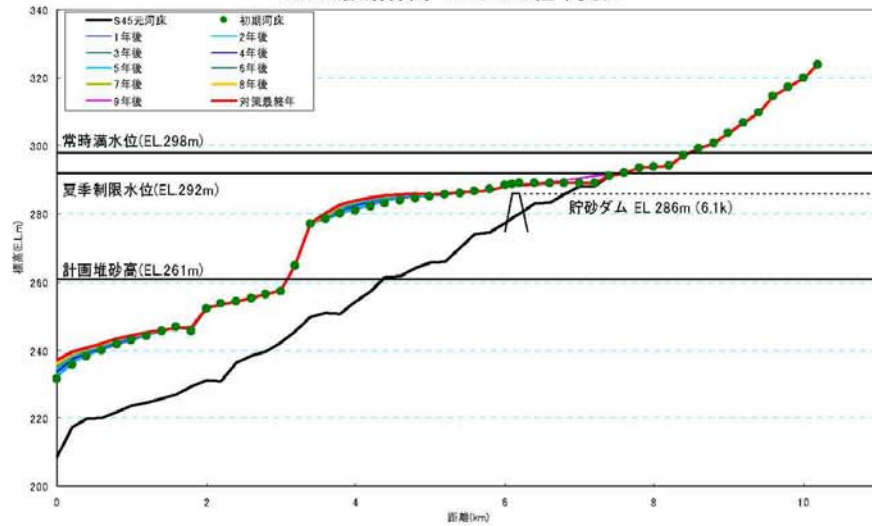


図 4-6 予測計算結果(Case2)

Case4(掘削標高286m 貯砂ダムかさ上げ)経年変化

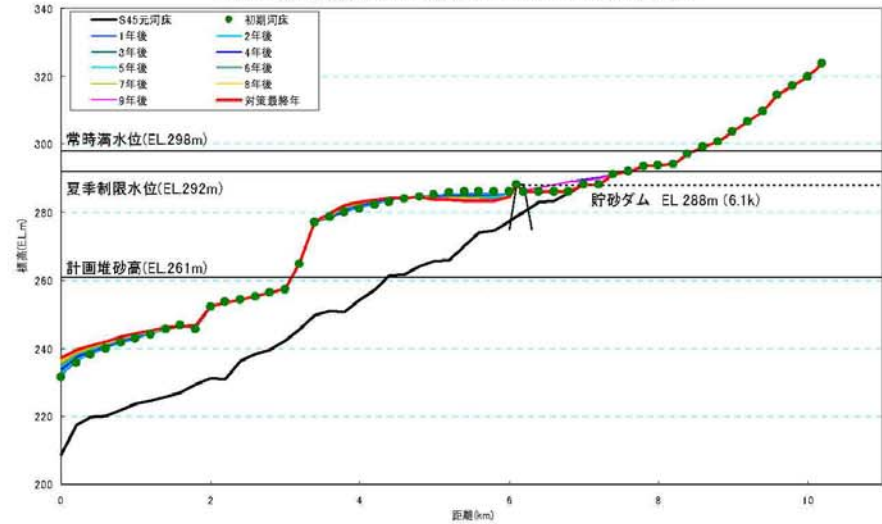


図 4-8 予測計算結果(Case4)

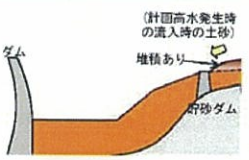
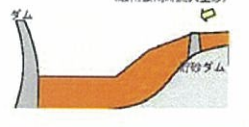
4.4 大規模洪水時の治水容量内堆砂量の予測

大規模洪水が発生した場合に、治水容量内に堆積する土砂の量を求める。大規模な洪水は、計画洪水及び恵南豪雨の2洪水とし、シミュレーションを実施する際の初期河床は以下のとおりとする。

- 計画洪水：10年後の掘削標高より高標高に堆積している土砂を除去しない時の河床
- 恵南豪雨：10年後の掘削標高より高標高に堆積している土砂を除去した時の河床

大規模洪水時に堆積する治水容量内堆砂量を一次元河床変動計算によってシミュレーションした結果を表 4-4に示す。

表 4-4 大規模洪水時における治水容量内堆砂量の予測計算結果

大規模洪水	ケース	毎年掘削	最終年掘削	イメージ図	堆砂量 (千 m ³)		治水容量に対する割合
					EL292m (夏季制限水位)以上	治水容量内(EL.292 ~EL.298)	
計画洪水	ケース0	×	×		518.1	341.9	8.80%
	ケース1	○	×		313.5	183.5	7.74%
	ケース2	○	×		353.9	214.5	7.95%
	ケース3	○	×		424.5	268.7	8.31%
	ケース4	○	×		316.9	186.1	7.76%
恵南豪雨	ケース0	×	×		781.2	535.0	10.09%
	ケース1	○	○		485.3	368.3	8.98%
	ケース2	○	○		566.6	418.2	9.31%
	ケース3	○	○		680.4	482.8	9.74%
	ケース4	○	○		490.6	370.4	8.99%

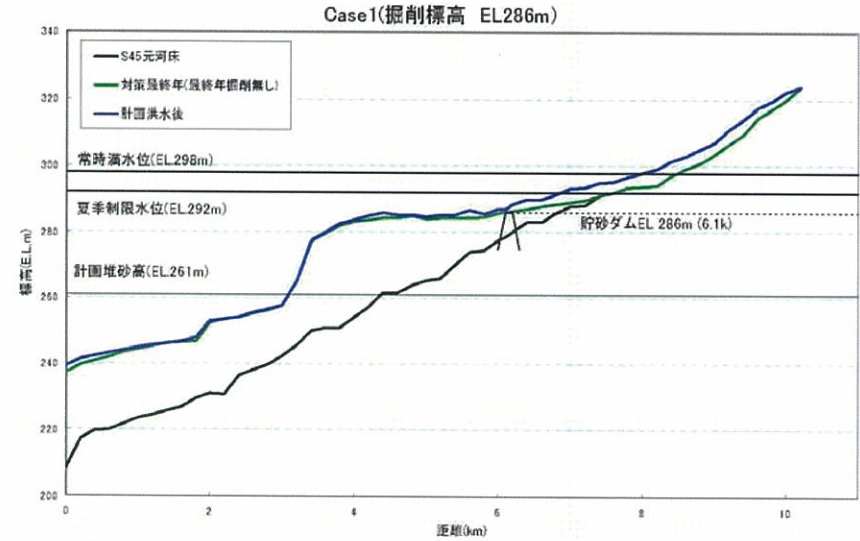


図 4-9 予測計算結果(Case1・計画洪水後)

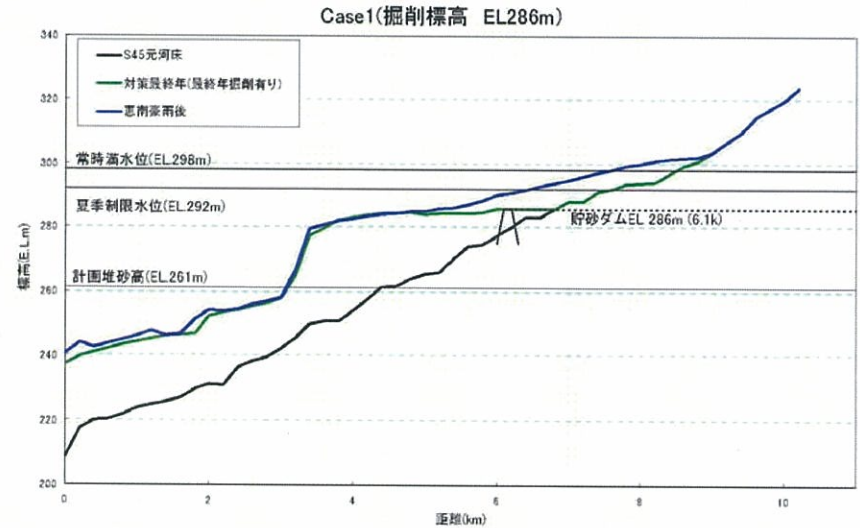


図 4-10 予測計算結果(Case1・恵南豪雨後)

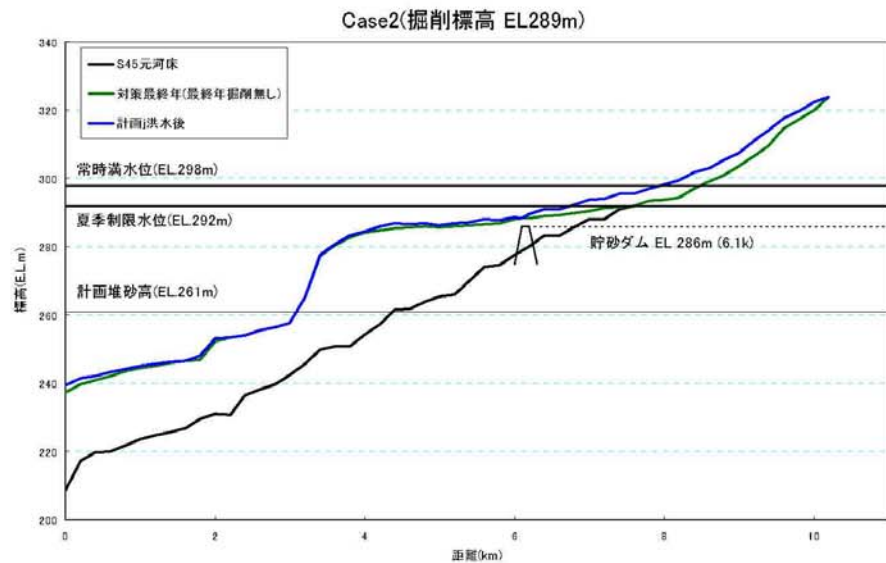


図 4-11 予測計算結果(Case2・計画洪水後)

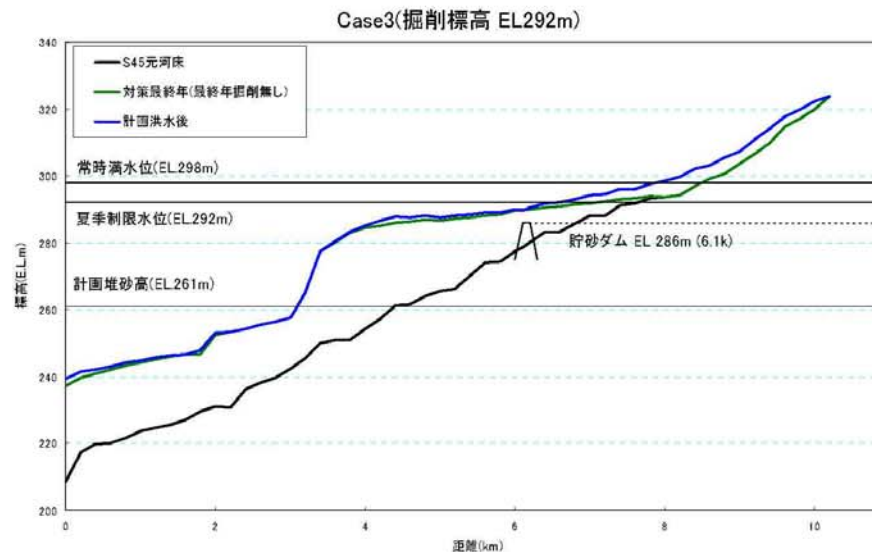


図 4-13 予測計算結果(Case3・計画洪水後)

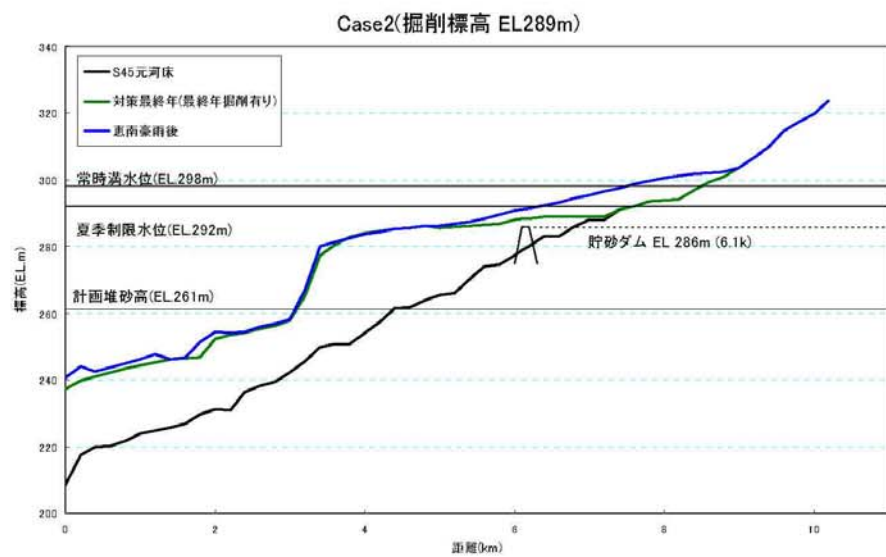


図 4-12 予測計算結果(Case2・恵南豪雨後)

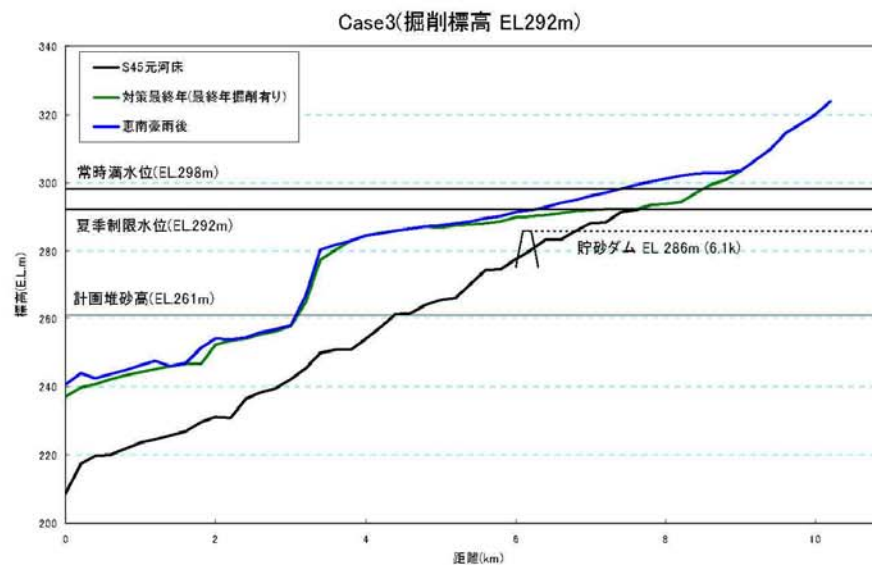


図 4-14 予測計算結果(Case3・恵南豪雨後)

Case4(掘削標高286m 貯砂ダムかさ上げ)

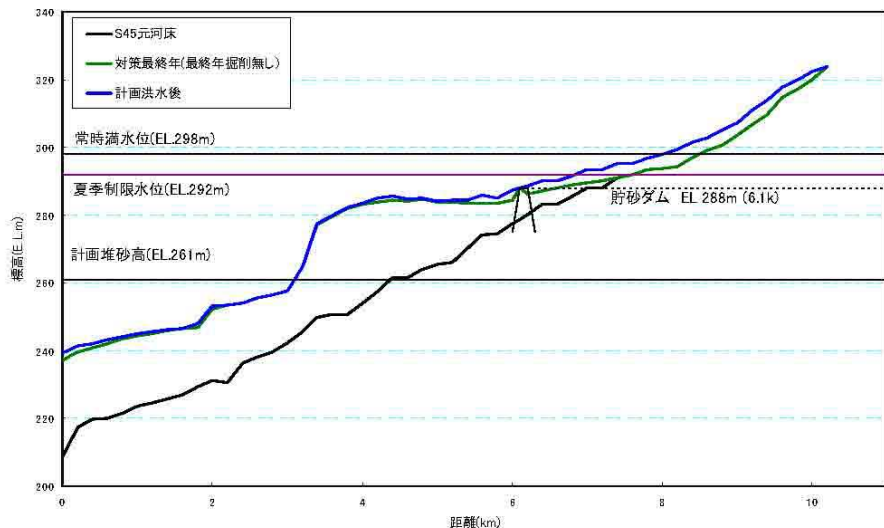


図 4-15 予測計算結果(Case4・計画洪水後)

Case4(掘削標高286m 貯砂ダムかさ上げ)

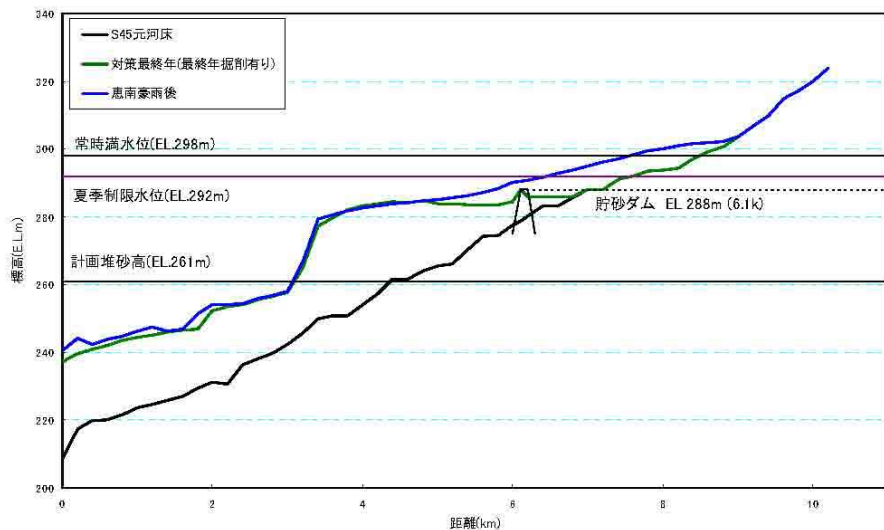


図 4-16 予測計算結果(Case4・惠南豪雨後)

4.6 対策の選定

各ケースにおける10年後の利水容量内堆砂量及び大規模洪水時の治水容量内堆砂量を図 4-17に示す。緊急対策の目標 2 に相当する利水容量を極力減らさないという観点からは、下記の 2 ケースのいずれかが望ましい。

- EL.286m まで掘削するケース 1
あるいは
- EL.286m まで掘削し、貯砂ダムを嵩上げるケース 4

貯砂ダムを嵩上げるケース 4 は、利水容量の維持効果が最も高いが、大規模洪水における治水容量内堆砂はケース 1 よりもわずかながら多くなる。

治水容量の回復は、緊急対策の目標 1 として位置付けられるものであることから、大規模洪水時の治水容量内堆砂量が最も少なくなる**ケース 1 (EL.286 まで掘削し、貯砂ダムを嵩上げしないケース) を最適案**として考える。

表 4-6 各ケースにおける10年後の利水容量内堆砂量と大規模洪水時の治水容量内堆砂量

	利水容量内堆砂量 (千 m^3) V_U	治水容量内堆砂量 (千 m^3)		
		常時 V_F	計画洪水 V_{F1}	惠南豪雨 V_{F2}
ケース0	1,108	92	341.9	535.0
ケース1	14	-32	183.5	368.3
ケース2	586	-32	214.5	418.2
ケース3	969	-32	268.7	482.8
ケース4	-49	-32	186.1	370.4

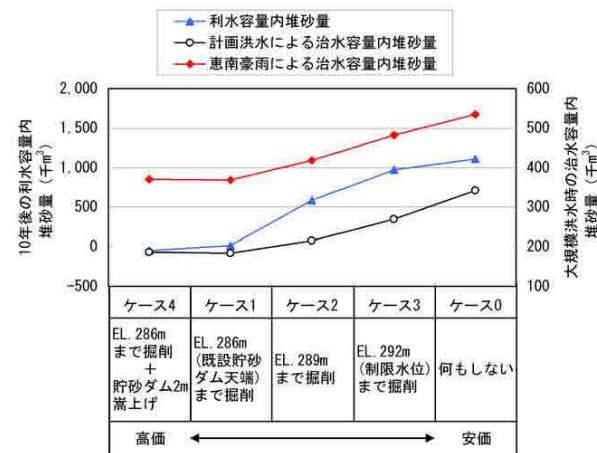


図 4-17 10年後の利水容量内堆砂量、及び大規模洪水による治水容量内堆砂量

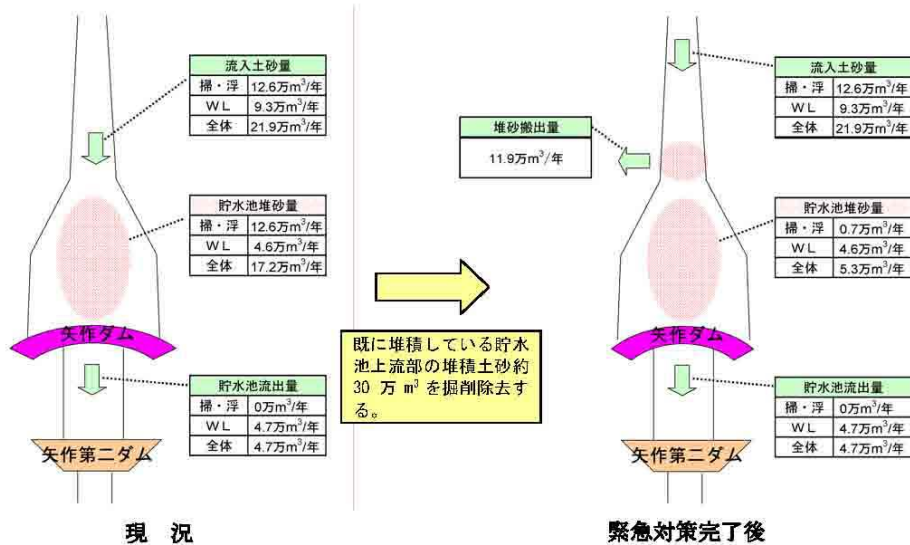


図 4-18 対策前後の土砂収支図 (ケース 1)

4.7 年平均堆砂量 30 万 m³ を想定した場合の予測

前項までの検討で抽出された最適案 (Case1) に対して、検討対象流況及び流入土砂 (30 万 m³) を 10 年繰り返した結果を表 4-7 に示す。

表 4-7 10 年間の繰返し流況における有効容量内堆砂増分の予測計算結果

ケース名	有効容量内堆砂増分		有効容量に対する割合※1		現堆砂量に対する割合※2	
	治水容量	利水容量	治水容量	利水容量	治水容量	利水容量
ケース 0 (流入土砂 30 万 m ³)	308 千 m ³	1347 千 m ³	2.1%	2.7%	30.49%	17.01%
ケース 1 (流入土砂 30 万 m ³)	-32 千 m ³	89 千 m ³	-0.21%	0.18%	-3.17%	1.13%

※1 有効容量：治水容量 16,000 千 m³、利水容量 50,000 千 m³

※2 現堆砂量：治水容量 1,010 千 m³、利水容量 7,920 千 m³

また、毎年の掘削量は下記のとおりである。

表 4-8 毎年の掘削量と 10 年分コスト

	掘削量 (千 m ³)			10 年分コスト (千円)		
	毎年の掘削量 Ve	対策河床までの掘削量 Vp	10 年分の掘削量 Vp+10・Ve	掘削※1	貯砂ダム	計
ケース 1 (20 万 m ³ /年)	119.2	293.2	1,485.2	4,455,600	0	4,455,600
ケース 1 (30 万 m ³ /年)	166.6	293.2	1,959.2	5,877,600	0	5,877,600

※1：掘削単価は、3,000 円/m³とした。

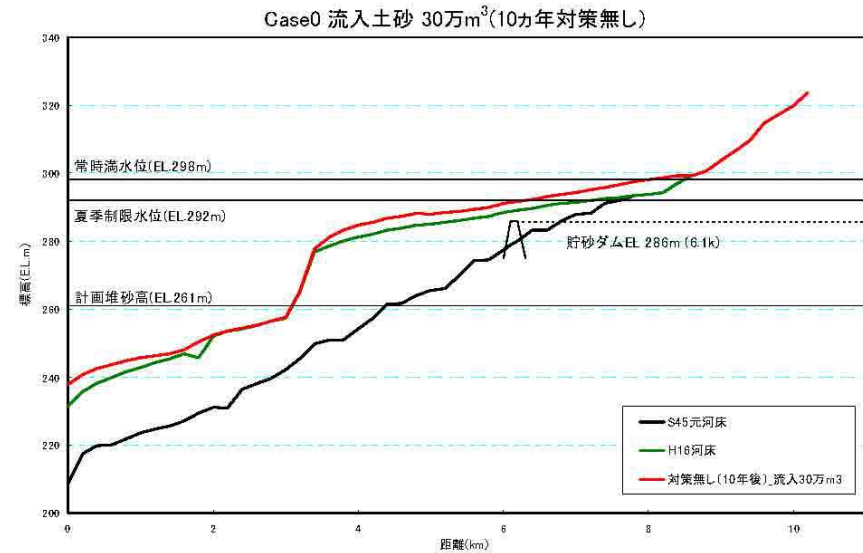


図 4-19 予測計算結果 (Case0・流入土砂 30 万 m³)

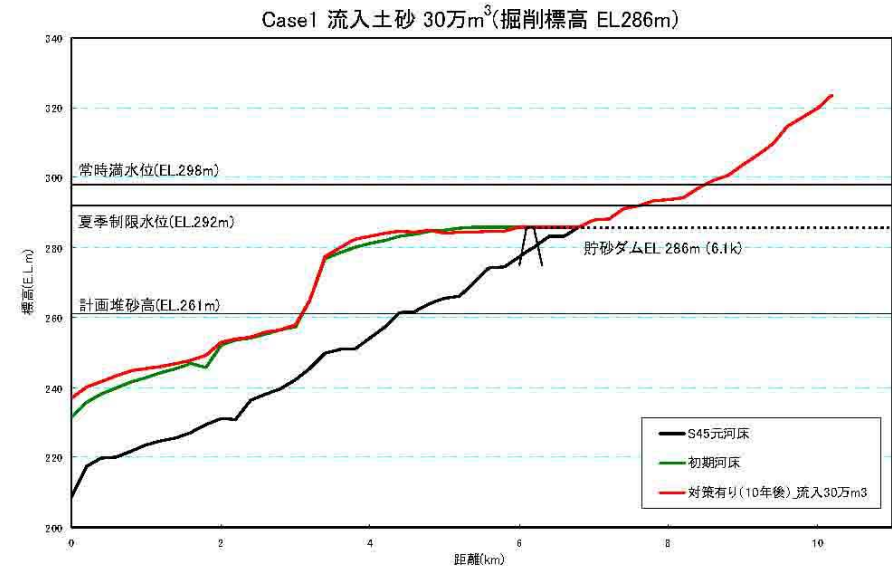


図 4-20 予測計算結果 (Case1・流入土砂 30 万 m³)

5 土砂処理方法の検討

5.1 事例整理

平成 10 年度の直枝「ダム貯水池の土砂管理に関する研究」では、有効利用方策についてのアンケートが行われており、以下のようなものが挙げられている。

1. 建設材料 (1) 盛土・埋土材料 (2) 軽量骨材 (3) 土地改良基礎材 (4) 路盤材	(5) グラウト材 (6) 養浜材 (7) 法面種子吹き付け	2. 肥料 3. 陶器・瓦等の材料 4. 河川への供給材 5. 自然石の再利用
--	--------------------------------------	--

ダム貯水池堆積土砂の有効活用として処産が行われている事例を表 5-1 に示す。

これらの例のうち堆砂搬出量と有効活用量が把握された横山ダムと美和ダム、および大規模堆砂に対する対策が実施されている牧尾ダムの事例を表 5-2 に示す。

表 5-1 ダム貯水池堆積土砂の有効活用事例

ダム名	事業主体	ダム堆砂の排除(採取)目的	用途	概要
佐久間	民間 (独立採算)	リサイクル	骨材, ゴルフ場目砂, 埋戻し材	河川法による許認可を取得した地元業者が年間40万m ³ 程度採取して骨材として販売。
井川	官側 (ダム管理者)	必要性Ⅰ	(盛土材)	ダム底部の排砂管および放水管の機能維持のために、ダム前面の底約4万m ³ をグラブ/バケットにより採掘。ポンプ圧送により陸揚げ後、脱水固化処理を実施。
小浜	官側 (ダム管理者)	必要性Ⅰ, リサイクル	骨材	貯水池上流に貯砂ダムを設け、ここに堆積した土砂を陸上運搬により排除し骨材として利用。
横山	官側 (ダム管理者)	必要性Ⅰ, リサイクル	近傍(徳山)ダムの埋戻材材料	既設ダムの貯水容量回復と堆砂の資源化。新設ダムの環境負荷低減等を目的に、既設ダムの堆砂を新設ダムの埋戻材材料に利用。
二瀬	官側 (ダム管理者)	必要性Ⅰ, 必要性Ⅲ	河川還元材	貯水池上流に貯砂ダムを設け、ここに堆積した土砂を陸上運搬により排除し、下流河川の環境改善(砂利供給)として還元。
三善	官側 (ダム管理者)	必要性Ⅰ, 必要性Ⅲ	河川還元材	貯水池上流に副ダム(前貯水池)を設け、ここに堆積した土砂を陸上運搬により排除し、下流河川の環境改善(砂利供給)として還元。
美和	官民複合	必要性Ⅰ, リサイクル	骨材, 圃場基礎土	堆積土を圃場整備事業の基礎土として利用。育苗土や土壌改良材としての有効性も実証済み。堆積土を無償提供することにより新たな有効活用法を広く模索。
相模	官民複合	必要性Ⅰ, リサイクル	骨材	貯水容量回復。上流域の災害防止等を目的に、設深35万m ³ /年、貯砂ダムでの砂利採取25万m ³ /年、民間による砂利採取25万m ³ /年行う。官の関連部局が共同で費用負担して事業化。
雨畑	官民複合 (管理者も民間)	必要性Ⅰ, リサイクル	骨材	貯水容量回復と冠水災害防止を目的。ダム管理者が堆砂の採取・骨材製造を別会社にて行い、販売は地元砂利組合が参加する販売組合を通じて実施。
秋葉	官民複合 (管理者も民間)	必要性Ⅰ, リサイクル, 必要性Ⅲ	骨材, 河川還元材	ダム管理者のグラブ船により採掘。ダム上流4km地点の揚砂場に陸揚げ・水切り・検収後、地元砂利業者へ引き渡し骨材としてリサイクル。河川還元はダム管理者主導で試験を実施。

※ 必要性Ⅰ: ダム貯水池の安全性確保(治水・利水機能の維持)

必要性Ⅲ: 流域系を考慮した下流への土砂供給(河川環境維持, 海岸保全)

(大矢・角・嘉門: ダム堆砂リサイクルのコスト分析とPFIによる事業化検討, ダム工学, 13(2), 2003より引用)

表 5-2 大規模堆砂対策の事例(横山ダム・美和ダム・牧尾ダム)

ダム名 (管理者)	処理方法	備考
横山ダム (中部地整) 340万m ³	徳山ダムフィルター材・洪水吐きコンクリート骨材として 140万m ³ その他は徳山ダム上流の土捨場に処分	計画値 (実績は調査中)
美和ダム (中部地整) 197万m ³	103万m ³ を道路建設関係・圃場整備関係で有効活用。  計/1,967,600m ³ 計/1,028,000m ³	H14年度末時点実績 出典: 「美和ダム再開発掘 削土の活用について」, 三峰川総合開発 工事事務所パンフレット 美和ダム堆積土活用 勉強会パンフレット
牧尾ダム (水資源機構) 548万m ³	貯水池上流の松原土捨場 300万m ³ (重ダンプ使用) ダム下流の小島土捨場 150万m ³ (10t ダンプ使用) など土捨場への処理を行っている。 	出典: 「牧尾ダムにおける 堆砂問題」, 農業土木 学会誌, 1995. 8. 「牧尾ダムの堆砂対 策」, 土砂管理とダム に関する国際シンポ ジウム論文集, 2005. 10

5.2 矢作ダム緊急対策における土砂処理方法の選定

矢作ダムでは、現状においてダムサイトから約30kmの位置に容量60万m³の土捨場が計画されている。また、骨材採取以外の有効利用策については、有効な需要や下流河道への投入に対するコンセンサスが得られておらず、そのためには長期間を要するものと想定される。

上記の現状と表5-3に示す処理方法の長短を踏まえると、緊急対策の土砂処理方法としては、土捨場への処理、堆砂容量内への運搬が量的にも実現可能な案と考えられる。

表 5-3 土砂処理方法の利点と欠点

土砂処理方法	利点	欠点	適用性
下流河道への投入	① ダム直下流に投入した場合、運搬距離が短く経済性に優れる ② ダム建設により生じた、土砂移動の不連続性を改善することができ、ダム建設が下流河川の物理、生物環境に与えている影響の緩和、改善が期待できる ③ 下流河道の物理、生物環境や下流河道の治水機能に悪影響が及ばない範囲内で、半永久的に投入することができる	① 処理量はダム管理上の視点以外の要因（漁組など河川利用者の視点や、下流河川の物理、生物環境など）に大きく左右されるなど、不確定な要素が多い【他ダムの実績：実績年堆砂量の約10～20%が年間の最大投入土砂量】 ② 順応的な管理が必要となるため、緊急対策として位置づけることが困難である（+α的な取扱い） ③ 濁水の発生など、下流河川の農境に与える影響が懸念される ④ ストックヤードが必要となる	△：試験的に実施されているが、量的には+α的な取扱いが期待できない。
海岸・海域への土砂供給	① ダム建設により生じた、土砂移動の不連続性を改善することができ、ダム建設が海岸・海域に与える影響の緩和、改善が可能である ② 海岸・海域の物理、生物環境に悪影響を及ぼさない範囲内で、半永久的に土砂を供給することができる	① 矢作ダムから河口までの運搬距離が約70kmと長距離となり、経済性に劣ることや周辺の農境に与える悪影響が懸念される ② 処理量は、ダム管理上の視点以外の要因（漁組など河川利用者の視点）に大きく左右される ③ 順応的な管理が必要となるため、緊急対策として位置づけることが困難である（+α的な取扱い） ④ ストックヤードが必要となる	×：運搬が長距離となるため、経済性に劣る。海域の需要者との分担が必要である。
近隣地区での有効利用	① 資源の有効活用が可能である（捨てればゴミ、使えば資源） ② 現在、年間約20,000m ³ の骨材採取がなされており、適宜に処理できる量がある程度把握できるため、適宜な処理計画として位置づけることができる	① 活用先によっては、運搬距離が長くなる可能性がある ② ストックヤードが必要となる	○：骨材採取は現在も行われているが、新たな需要は未確認である。
土捨場への処理	① 容量的な制限もあるが、適宜に処理できる土砂量がある程度把握できるため、適宜な処理方法として位置づけることができる。	① 容量的に限界がある ② 土捨場の用地を新たに確保する必要がある	○：図5-2において豊田市との連携事業を計画中、有効利用。
堆砂容量内への運搬	① 運搬距離が他の案に比べ最も短い ② 新たな用地を確保する必要がない ③ 容量的な制限もあるが、適宜に処理できる土砂量がある程度把握できるため、適宜な処理方法として位置づけることができる。	① 容量的に限界がある【平成15年度現在：計画堆砂容量内の空容量（土砂が堆積していない容量）は869万m ³ 】 ② 貯水池内堆砂量は減少しない。	○：土捨場への運搬が困難な場合の容量として適用可能である。

ただし、長期的な対策においては、有効活用策は+α的な効果しか期待できないとしても、極力実施する必要があるため、将来的な実現に向けての調査は継続・実施するものとする。

土砂処理方法の検討方針

- ① 堆積土砂は極力有効活用（下流河道への投入、海岸・海域への土砂供給、近隣地区での有効活用）することとする。ただし、下流河道への投入、海岸・海域への土砂供給は河川利用者との合意形成や運搬費などの費用分担上の問題などがあるため、緊急対策として位置づけることは困難となる可能性がある。このため、緊急対策での位置づけは、近隣地区での有効活用を基本とし、下流河道への投入や海岸・海域への土砂供給は、できる限り実施するとのスタンスとする。
- ② 有効活用が困難となる土砂は、土捨場や堆砂容量内へ移動させる計画とする。

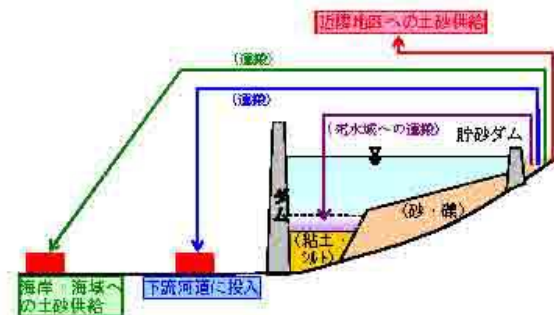


図 5-1 掘削土砂の有効活用メニュー（掘削土砂の処理方針検討イメージ）



図 5-2 土捨場計画地

6 既設貯砂ダム計画の整理

(1) 貯砂ダムの目的

貯水池内への土砂の流入堆積を軽減させ、貯水池の機能を長期的に確保するとともに、堆積した土砂を有効利用することを目的とする。貯砂ダムは昭和 63 年に建設された。

(2) 貯砂ダム位置の設定根拠

貯砂ダム位置設定に際しての基本的考慮事項は、以下のとおりである（昭和 55 年度事業計画書（案）より）。

1. 根羽川 9.0km 126km²、名倉川 8.2km 94.7km²合流点より下流であること。
2. 貯砂ダム堆砂が下記の事項に影響を与えないこと（完成後万一搬出不可能時でも）。
 - ① 真弓発電所 7.8km の放水口
 - ② 稲武町押山及び上矢作町小田子地区の家屋連たん地の河道流下能力確保
 - ③ 上記付近での現矢作川優良漁場保全
 - ④ 森上橋（W=4.0m、L=100m、橋台 EL.302m）6.8km 下の河道流下能力確保
3. 矢作ダム過去 9 ヶ年（昭和 46 年～54 年度）の堆砂実績と比較して著しく差異がない。
4. 貯砂ダムが岐阜県と愛知県にまたがるため、左右岸とも搬出路が取付可能、また運搬公害が少ない。
5. 貯砂ダム堆砂量は、年平均堆砂予想量 1/1.5～1/2 程度が見込めるダムである。
6. 可能ならば付近にストックヤードが確保できること。
7. ダムサイトの兩岸、河床部とも地質が良好で、岩着が望ましい。
8. 貯砂ダム仮締切工が安全、能率的かつ工費が安価にできる地点
9. 河流が屈曲していない地点
10. 魚道が取付けられる。

(3) 貯砂ダムの形式・規模設定根拠

下記の基本条件をもとに検討した（真弓発電所放水口の条件が規模を規定）。

- ダム高は、計画堆砂量、背水の影響、用地買収線、計画高水量等から検討する。
- 実績堆砂量は昭和 46 年～56 年の 10 ヶ年平均値で約 270,000m³/年である。
- 計画高水流量は 1,995m³/s（貯砂ダム地点）とし、真弓発電所放水口（EL.300.18m）に影響を与えない。

検討の結果、貯砂ダムの高さ（水通しの高さ）は EL.286.0m とすると、森上橋橋台、真弓発電所放水口のいずれにも問題はなく、このときの計画堆砂量は 180,000m³となる。

貯砂ダム完成後の背水影響区間は、貯砂ダム地点より上流 2,441m で、用地買収線には影響ない。

表 6-1 貯砂ダム上流の洪水位の検討結果

地点	ケース	現況河床時	堆砂時
	貯砂ダム地点	ダム高 EL.286.00	WL.297.99
森上橋々台	EL.302.65	WL.297.92	WL.298.07
真弓P.S放水口	EL.300.26	WL.299.55	WL.300.18

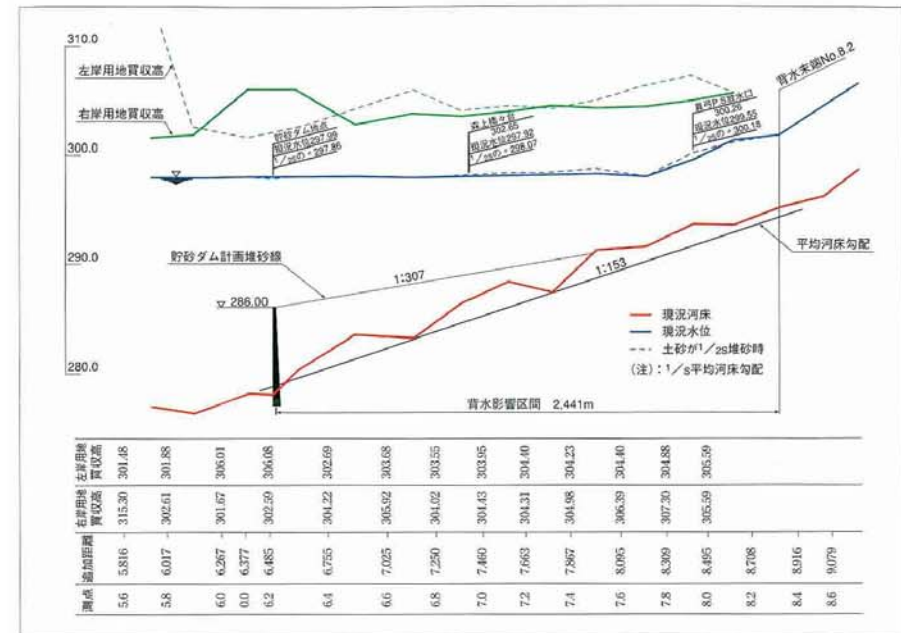
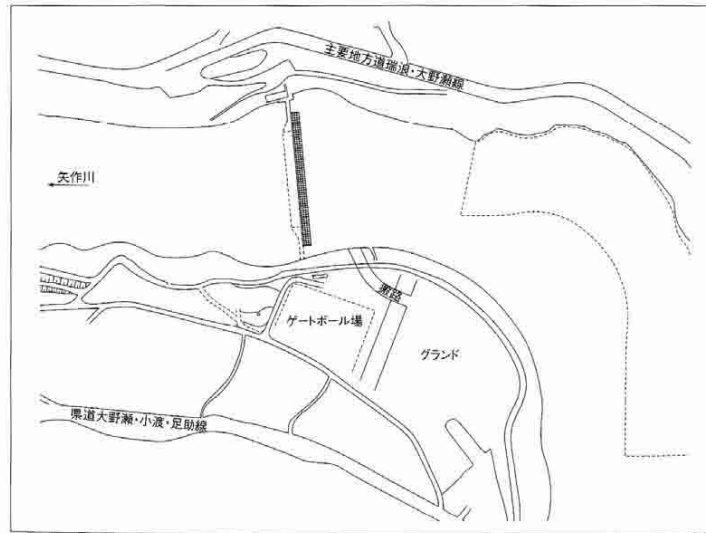
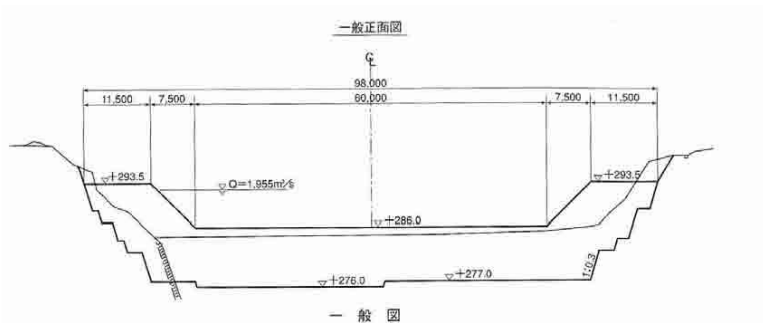


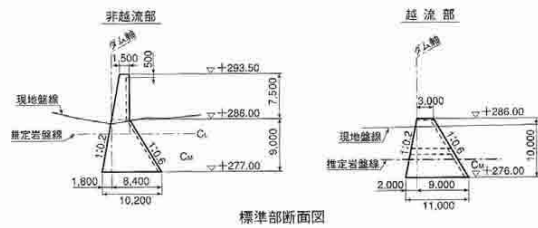
図 6-1 貯砂ダム水位縦断面図 (Q=1,955m³/s)



貯砂ダム一般平面図



一般図



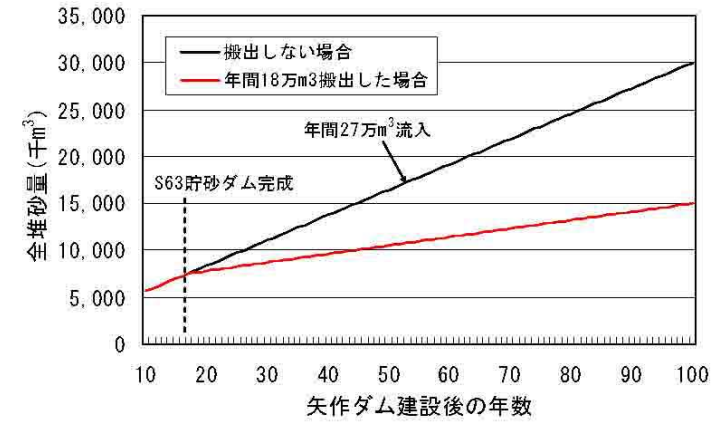
標準断面図

図 6-2 貯砂ダム概要図

(4) 堆砂搬出計画

昭和 63 年に貯砂ダムを完成し、本格的には 64 年から採取搬出する計画とすると、以下のとおりとなる。

上流からの貯砂ダム地点への年間流入土砂量を 270 千 m^3 と仮定し、うち約 70% の 180 千 m^3 が貯砂ダム内に堆砂し、掘削搬出を行うものとする、図 6-3 のとおりとなる。これにより、矢作ダム建設後 100 年の堆砂量は、堆砂容量の 15,000 千 m^3 にほぼ一致する。



- ※ S55 事業計画書(案)の考え方を S63 完成の既設貯砂ダム諸元に適用。
- ※ 計算開始時の堆砂量は、昭和 56 年度堆砂量(従前値)の 5,645 千 m^3 とした。

図 6-3 貯砂ダムによる堆砂搬出計画

土砂収支としては以上のような計画となっているが、堆砂搬出の施工計画や貯水位との関係については、不明である。