

沙流川総合開発事業平取ダムの検証に係る検討
「堆砂計画について」

平成24年9月

国土交通省北海道開発局

目次

1. 現計画の決定根拠等.....	資料 2-3
1.1 現行の堆砂容量の考え方.....	資料 2-3
1.2 使用データ.....	資料 2-4
1.3 河床変動モデルの概要.....	資料 2-6
1.4 二風谷ダム再現計算条件.....	資料 2-7
1.5 二風谷ダム再現計算結果.....	資料 2-12
1.6 平取ダム予測計算条件.....	資料 2-15
1.7 平取ダム予測計算結果.....	資料 2-19
2. ダム事業等の点検について.....	資料 2-22
2.1 堆砂計画の点検の考え方.....	資料 2-22
2.2 状況の変化.....	資料 2-23
2.3 使用データ.....	資料 2-25
2.4 二風谷ダム再現計算条件.....	資料 2-27
2.5 二風谷ダム再現計算結果.....	資料 2-32
2.6 平取ダム予測計算条件.....	資料 2-35
2.7 平取ダム予測計算結果.....	資料 2-38
参考資料	
1. 二風谷ダムの堆砂状況.....	資料 2-42

1. 現計画の決定根拠等

1.1 現行の堆砂容量の考え方

- ・ 平取ダムは流水型の期間を有するダムであり、流水型の期間は貯水池内に堆積した土砂を下流に流下する特徴を持つことから、経験式や近傍類似ダムの実積比堆砂量ではなく、一次元河床変動計算により、湛水開始 100 年後の貯水池内堆砂形状を推定し、堆砂容量を算定している。
- ・ 堆砂量の算出にあたって使用する流量は昭和 46 年から平成 14 年まで 32 年間の流量(繰り返し与える) 及び計画規模(100 年確率規模) の流量である。
- ・ 流入土砂量については、粒径別の流入土砂量を流量の関数で与え、二風谷ダムの堆砂形状、実績堆砂量等(平成 9 年～平成 15 年) より粒径毎にパラメータを設定している。
- ・ なお、一次元河床変動計算については、これまでの二風谷ダムの堆砂実績と、その計算結果を比較することにより、再現性を確認した。

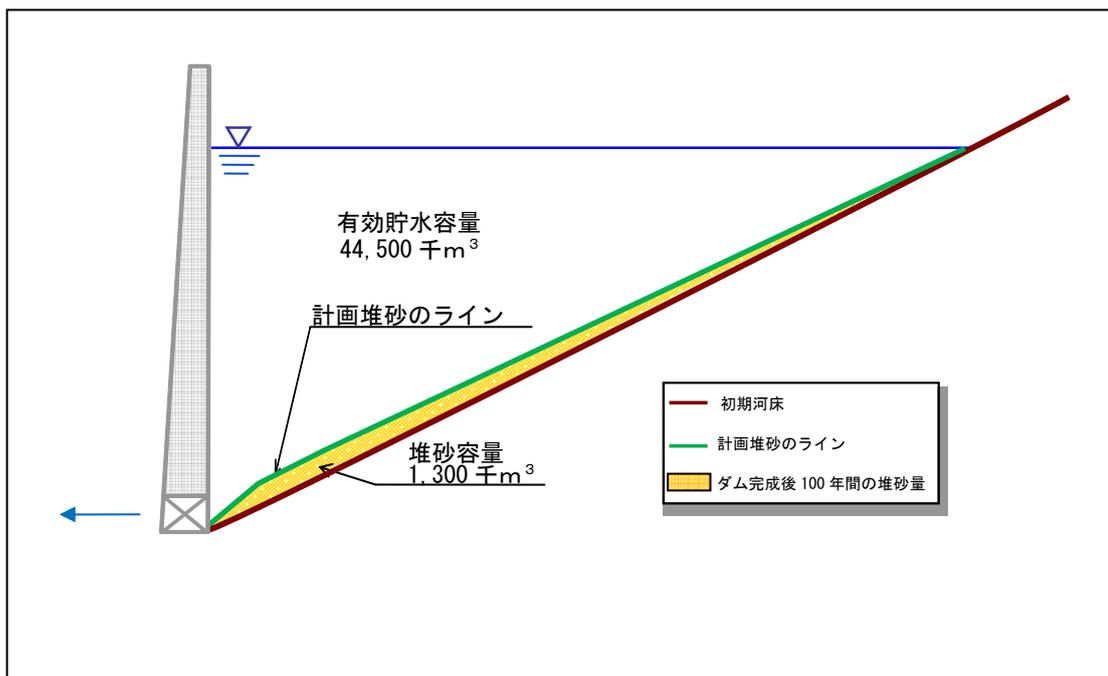


図-1.1 堆砂容量の考え方 (イメージ図)

(2) 計測データの補完 (現計画)

- ・ 沙流川本川と額平川の流量は、(3)に基づく配分比率で算出した。
- ・ 額平川における各地点の流量は額平川の流量を流域面積比で按分した。
- ・ 昭和 46 年～平成 7 年における二風谷ダム流入量は、平取地点の流量より流域面積比で算出した。

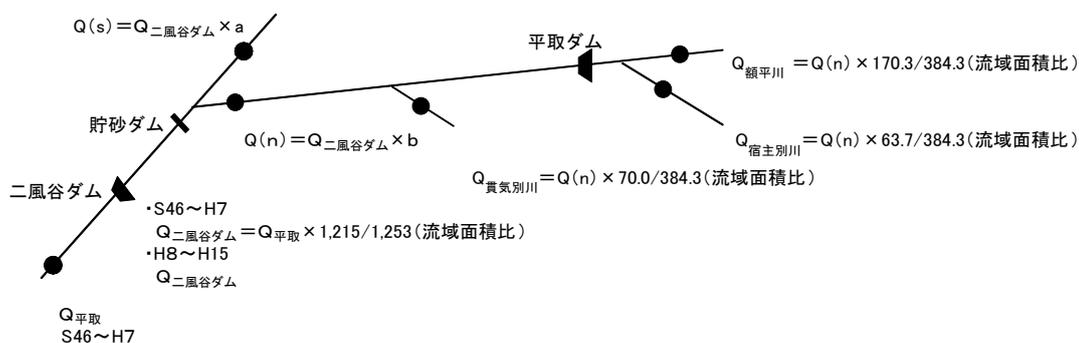


図-1.3 各地点の河川流量

二風谷ダム流入量	a	b	※ a・b : 図-1.4～図-1.6 から求めた係数
(i) $Q < 200\text{m}^3/\text{s}$	0.68	0.32	
(ii) $Q \geq 200\text{m}^3/\text{s}$ (融雪期)	0.56	0.44	
(融雪期以外)	0.61	0.39	

表-1.2 二風谷ダム上流における流量の比率

(3) 沙流川と額平川の流量算出 (現計画)

- ・ 沙流川本川及び額平川の流量は、二風谷ダム流入量に幌毛志及び貫気別の流量の合計に対するそれぞれの比率を乗じて算出した (図-1.4～図-1.6 参照)。
- ・ なお、流入量の算出にあたっては、幌毛志及び貫気別の流量和 ($200\text{m}^3/\text{s}$ 未満と $200\text{m}^3/\text{s}$ 以上)、また融雪と非融雪により区分している。

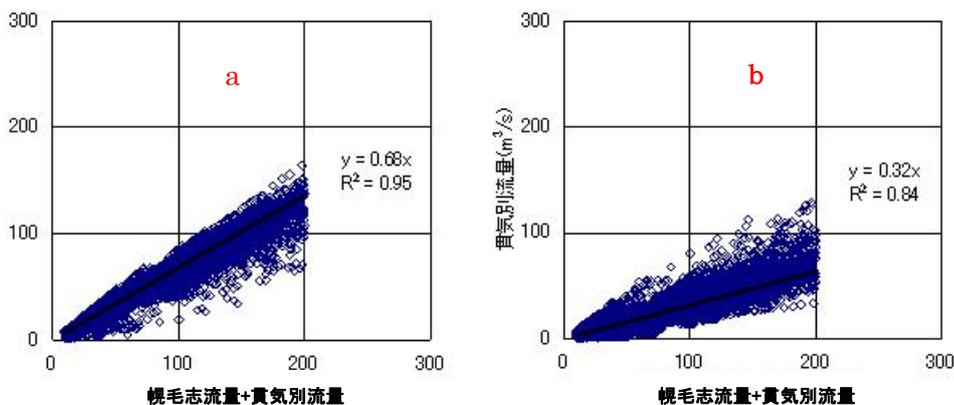


図-1.4 幌毛志～貫気別流量相関図 (流量和 $200\text{m}^3/\text{s}$ 未満)

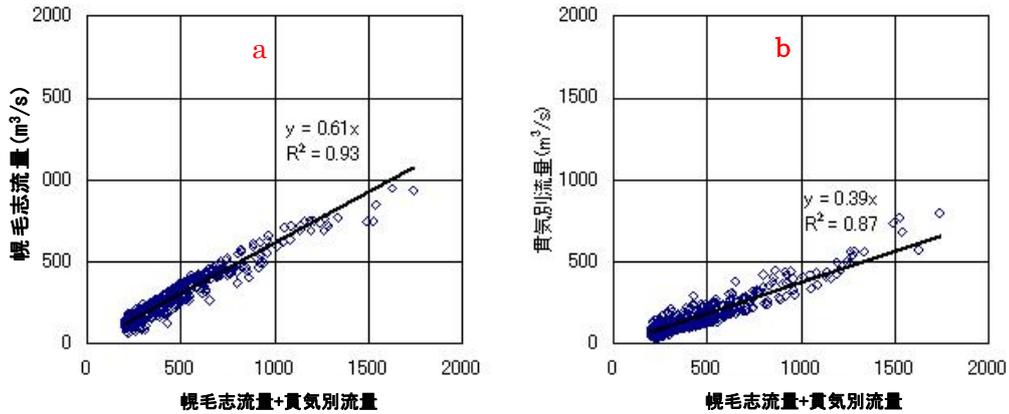


図-1.5 観毛志～貫気別流量相関図 (流量和 200m³/s 以上、非融雪出水)

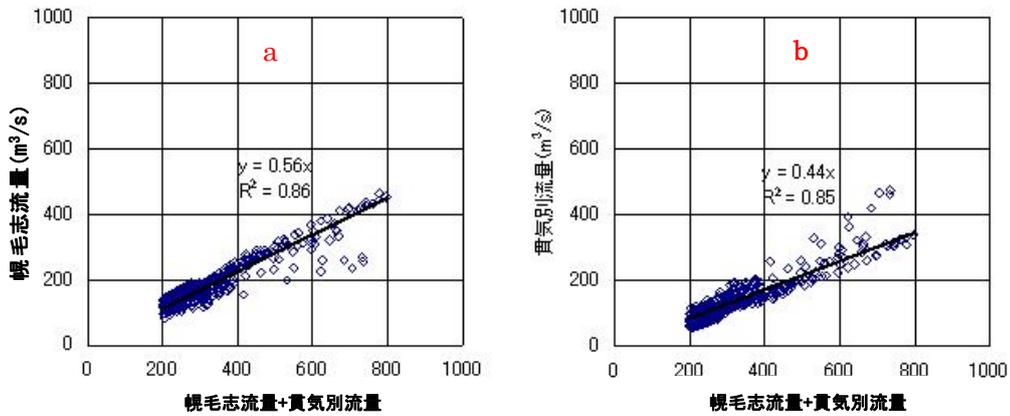


図-1.6 観毛志～貫気別流量相関図 (流量和 200m³/s 以上、融雪出水)

1.3 河床変動計算モデルの概要

- 二風谷ダム、平取ダムの堆砂計算には、侵食や堆積を受けて河床の高さが変動することを表現する次元河床変動計算を用いた。この次元河床変動計算は、流れの計算、流砂量の計算、河床高の計算から構成されている。

$$\frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{1}{B} \left[\sum_{k=1}^{N_b} \left(\frac{B_s}{1-\lambda_s} \frac{\partial q_{Bk}}{\partial x} + \frac{B_s(E_{sk} - D_{sk})}{1-\lambda_s} \right) + \sum_{k=N_b+1}^{N_d} \frac{B_s(E_{wk} - D_{wk})}{1-\lambda_w} \right] = 0$$

注) Z : 河床高 (EL. m) B_s : 流砂幅 (m) q_{Bk} : 粒径別単位幅流砂 E_{sk} : 粒子 (浮遊砂) の侵食速度
 D_{sk} : 粒子 (浮遊砂) の堆積速度 E_{wk} : ウォッシュロードの侵食速度 D_{wk} : ウォッシュロードの堆積速度
 λ_w : ウォッシュロードの空隙率 B : 河床幅 (m) $k=1 \sim N_b$: 掃流砂、浮遊砂の粒径階の番号
 $k=N_b+1 \sim N_d$: ウォッシュロードの粒径別の番号

河床変動の基本的な考え方として、図-1.7 に示すように、上流の断面 2 を通過して上流から流入する土砂量 (掃流砂) と、下流断面 1 から流出する土砂量 (掃流砂) の差及び、区間 I での浮遊砂、ウォッシュロードの浮上量と沈降量の差で決まる。

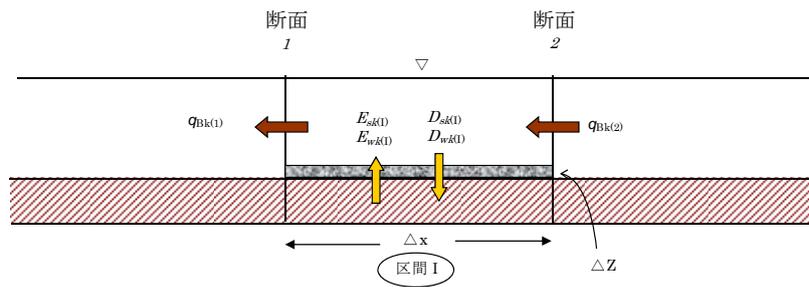


図-1.7 河床変動計算の概要

1.4 二風谷ダム再現計算条件

(1) 二風谷ダムの堆砂形状・堆砂量の再現計算条件（現計画）

1) 再現計算範囲

- 再現計算範囲は二風谷のダム堤体から二風谷ダムの上流側の直轄管理区間(沙流川 KP2.2/9、額平川 KP4/2)までとした（図-1.8 参照）。

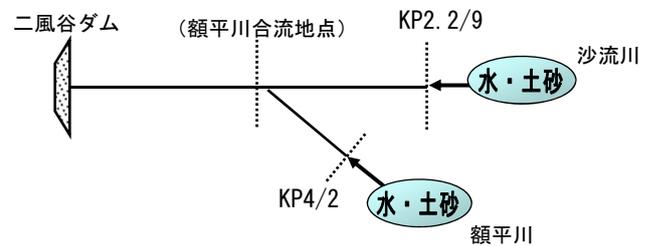


図-1.8 二風谷ダム再現計算の概要図

2) 初期条件

- 初期河床高は平成8年の測量結果とした（図-1.9 参照）。

3) 計算期間

- 計算期間は、ダム湛水開始（平成8年）から現計画の策定時に入手可能な平成15年とした。

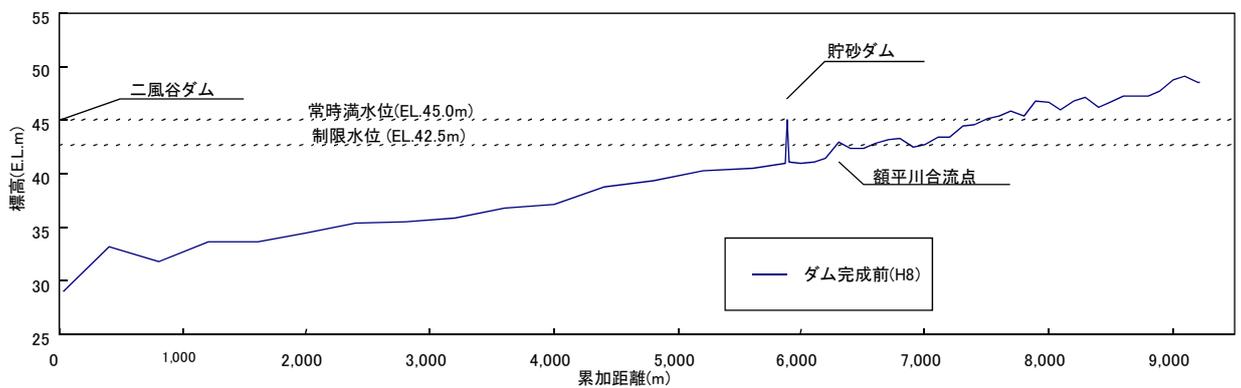


図-1.9 沙流川縦断図（平成8年実測値）

(2) 再現計算における二風谷ダムの運用条件（現計画）

再現計算における二風谷ダムの運用(平成8年から平成15年の実績)を図-1.10に示す。

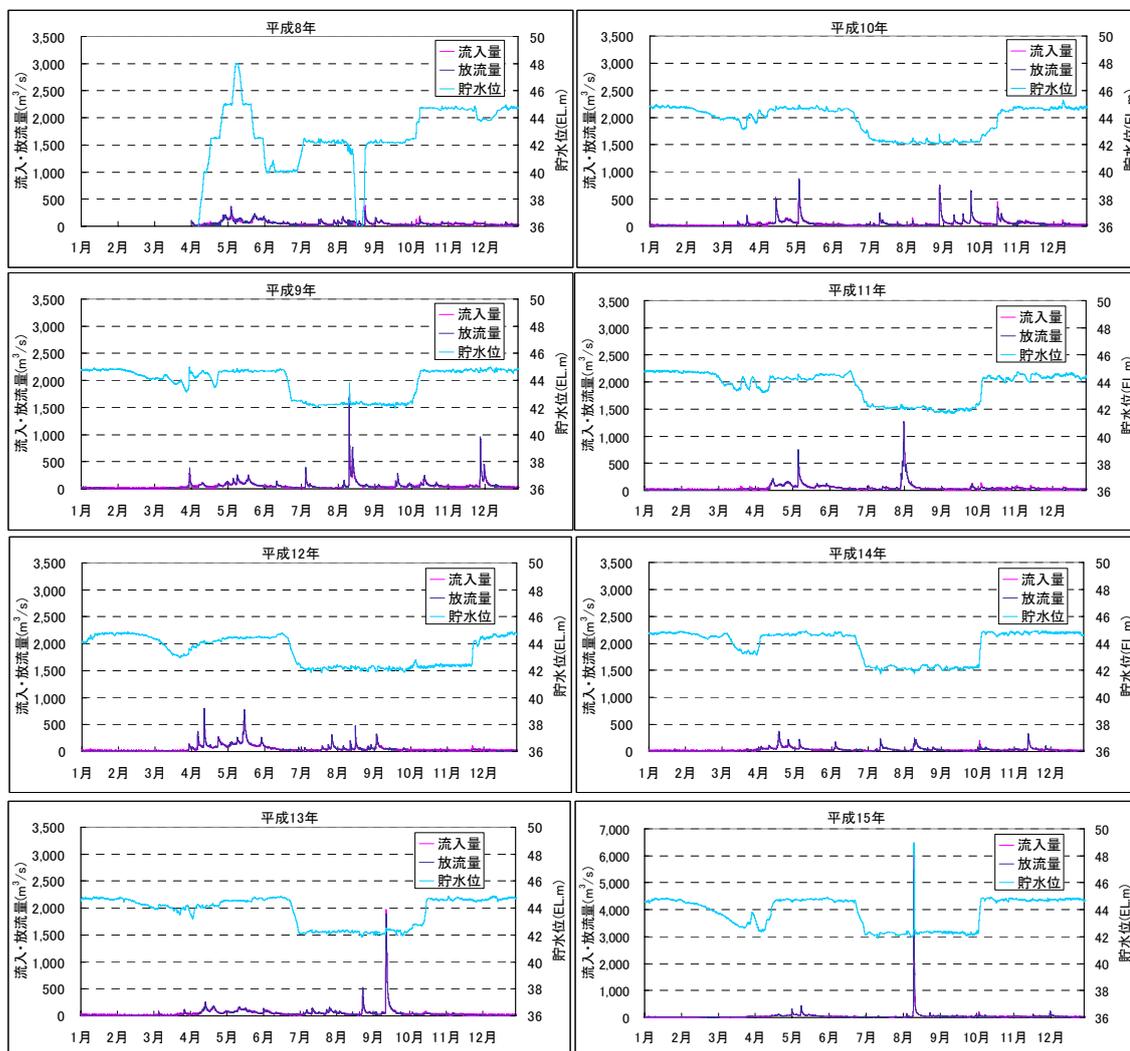


図-1.10 二風谷ダムの運用（平成8年～平成15年の実績）

(3) 再現計算における二風谷ダムへの流入土砂量の計算条件（現計画）

- 二風谷ダムでは堆砂量及びその粒度ともにデータが揃っていることから、堆砂量を粒径別に分けることにより、堆砂の再現や検証が可能である。よって、粒径別の流入土砂量を流量のべき乗関数で与えた。
- 二風谷ダム流入土砂量は二風谷ダム堆積土砂における粒径別土砂量と流量および流入土砂量、流出土砂量の関係から以下に示す方法で行った。

■二風谷ダム流入量 $50\text{m}^3/\text{s}$ 以上の出水が 24 時間以上継続している出水を選定し、シミュレーションモデルを用いて堆積土砂における補足率を下記の式より粒径階毎に求めた。

$$\gamma_{jk} \text{ (捕捉率)} = \frac{\text{貯砂ダム地点通過土砂量} - \text{二風谷ダム地点通過土砂量}}{\text{貯砂ダム地点通過土砂量}} \quad \text{①}$$

■流砂量は下記の式にて流量の関数で表す。

$$Qs_j = \alpha_j Q^{\beta_j} \quad (Q > Qc) \quad \text{②} \quad \text{ここに } Qs_j : \text{粒径 } j \text{ の流砂量} \quad Q : \text{流量}$$

■ Qc （足きり流量：土砂の流入に寄与する最小流量）については、粒径階の残差の総和が最小となる Qc を最適解とした。

$$[Vs_j]_i = \sum_{k=1}^{n_i} \gamma_{jk} [Qs_j]_k \quad \text{③} \quad \text{ここに } [Vs_j]_i, [Vso_j]_i : \text{ある年 } i \text{ における粒径 } j \text{ の年間堆砂量の実際値と計算値}$$

$$\varepsilon_j = \sum_{i=1}^N |[Vso_j]_i - [Vs_j]_i| \quad \text{④} \quad \begin{array}{l} \gamma_{jk} : \text{ある出水 } k \text{ における粒径 } j \text{ の捕捉率} \\ \varepsilon_j : \text{粒径 } j \text{ の誤差} \\ N : \text{同定対象年数} \\ n_i : \text{ある年 } i \text{ における足切り流量以上の出水回数} \end{array}$$

■ α_j, β_j は検索範囲を設定し、各年の実測堆砂量と計算堆砂量の残差の和（式④）が最小となるように α_j, β_j を同定した。

- 上記の算出方法にて各年の粒径毎の堆砂量と捕捉率をもとに、粒径毎の流入土砂量を算定するパラメータを表のように設定した。

$$Qs_j = \alpha_j Q^{\beta_j} \quad (Q > Qc)$$

ここに

Qs_j	:	粒径 j の流砂量 (m^3/s)
Q	:	流量 (m^3/s)
α_j, β_j	:	粒径 j の定数
Qc	:	足きり流量；土砂の流入に寄与する最小流量

- なお、平成 15 年には観測史上最大の出水が発生し土砂の流出に変化が生じたことから、 α_j 、 β_j を平成 8 年～平成 14 年と平成 15 年のそれぞれの期間について設定した（表-1.2）。

表-1.2 流入土砂量の係数（現計画の再現計算）

		H8～H14年	H15年			H8～H14年	H15年	
礫	53-106mm	α	1.00E-08	0.00E+00	100-250 μ	α	4.80E-06	9.30E-06
		β	1.0	1.0		β	1.5	1.5
	26.5-53mm	α	1.00E-08	0.00E+00	50-100 μ	α	1.60E-08	4.65E-09
		β	1.0	1.0		β	2.4	2.4
	9.5-26.5mm	α	2.80E-06	5.04E-06	40-50 μ	α	1.30E-08	1.13E-08
		β	1.0	1.0		β	2.2	2.2
4.7-9.5mm	α	5.80E-06	4.14E-06	30-40 μ	α	1.20E-08	8.74E-09	
	β	1.0	1.0		β	2.3	2.3	
2-4.7mm	α	8.00E-06	4.44E-06	20-30 μ	α	1.00E-08	8.80E-09	
	β	1.1	1.1		β	2.4	2.4	
砂・シルト	0.85-2mm	α	7.20E-06	1.16E-05	10-20 μ	α	1.20E-08	1.59E-08
		β	1.2	1.2		β	2.5	2.5
	0.43-0.85mm	α	7.70E-08	4.68E-08	5-10 μ	α	1.40E-08	2.34E-08
		β	2.1	1.8		β	2.6	2.6
	0.25-0.43mm	α	2.30E-06	5.94E-06	粘土 1-5 μ	α	1.20E-08	1.45E-08
		β	1.6	1.6		β	2.8	2.8

- 沙流川流域では、平成 15 年 8 月の観測史上最大の洪水により、多数の斜面崩壊が確認された（写真-1.1）。特に降雨量が多かった額平川流域では前年に比べ、崩壊地面積が約 3.5 倍と増加し、土砂の流出が増加した（図-1.11 参照）。
- 二風谷ダム流入河川における SS も平成 15 年以降は高い値が継続していた（図-1.12 参照）。このため再現計算においては、粒径毎の流入土砂量を算定するパラメータを平成 8 年～平成 14 年と平成 15 年でそれぞれに設定した。



写真-1.1 斜面崩壊の状況

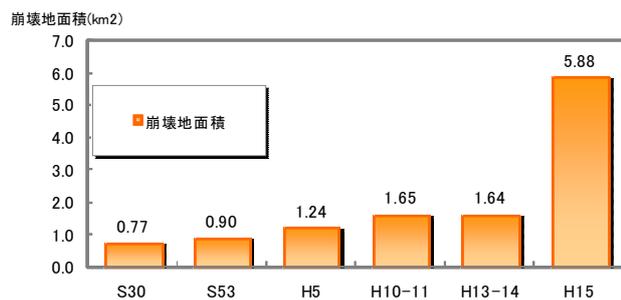


図-1.11 額平川流域の崩壊地面積の変遷

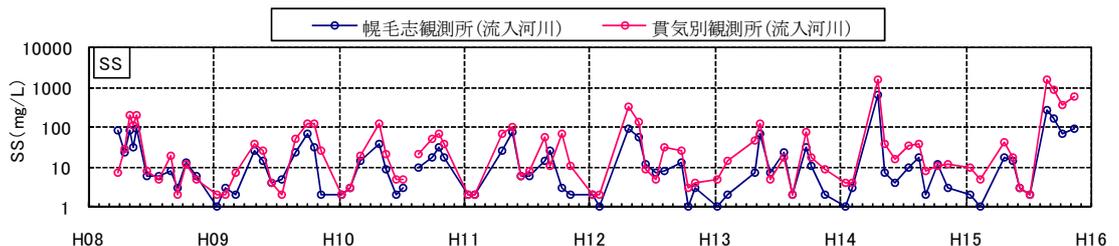


図-1.12 二風谷ダム流入河川の水質 (SS)

(4) 再現計算における境界条件 (現計画)

- ・ 計算の上流端 (沙流川 KP2.2/9、額平川 KP4/2) から給砂を行う (図-1.15 参照)。土砂の配分は再現性が良好となるよう、平成 14 年迄は沙流川と額平川の割合は 5:5、平成 15 年は 4:6 とした。
- ・ 貯砂ダム地点の水位は、流量から求まる越流水深を与えるものとした。ただし、二風谷ダムの貯水位が貯砂ダムの越流部 (EL. 44m) よりも高いときは、下流断面から不等流計算で求まる水位とした。
- ・ 土砂に関しては貯砂ダム直上断面 (図-1.13、図-1.14 参照) の河床高が貯砂ダムの越流部 (EL. 44m) より低い場合には掃流砂は貯砂ダムを通過せず貯砂ダム上流に堆積するものとした。

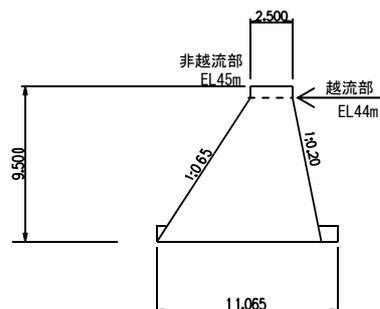


図-1.13 貯砂ダム一般部側面図

なお、貯砂ダムの天端標高 (EL. 45m) よりも高い場合は一次元河床変動計算を行っている。

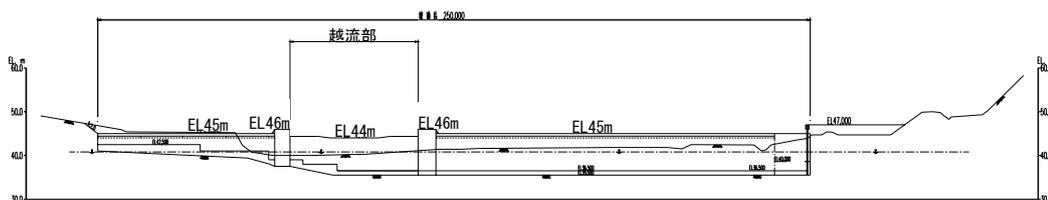


図-1.14 貯砂ダム上流断面図



図-1.15 二風谷ダム貯水池平面図

- ・ 下流端 (二風谷ダム地点) においては、二風谷ダムの実績貯水位と実績放流量を与えた。二風谷ダム洪水吐の敷高は EL29m で固定床とした。流出土砂量は下流端の一つ上流側における断面を通過する土砂量をそのまま放流させるものとした。

1.5 二風谷ダム再現計算結果

(1) 二風谷ダムの堆砂形状・堆砂量再現計算結果（現計画）

- 実績の堆砂形状・堆砂量（平成9年～平成15年）と計算値の堆砂形状・堆砂量が概ね一致していることを確認した（図-1.16、図-1.17、図-1.18 参照）。

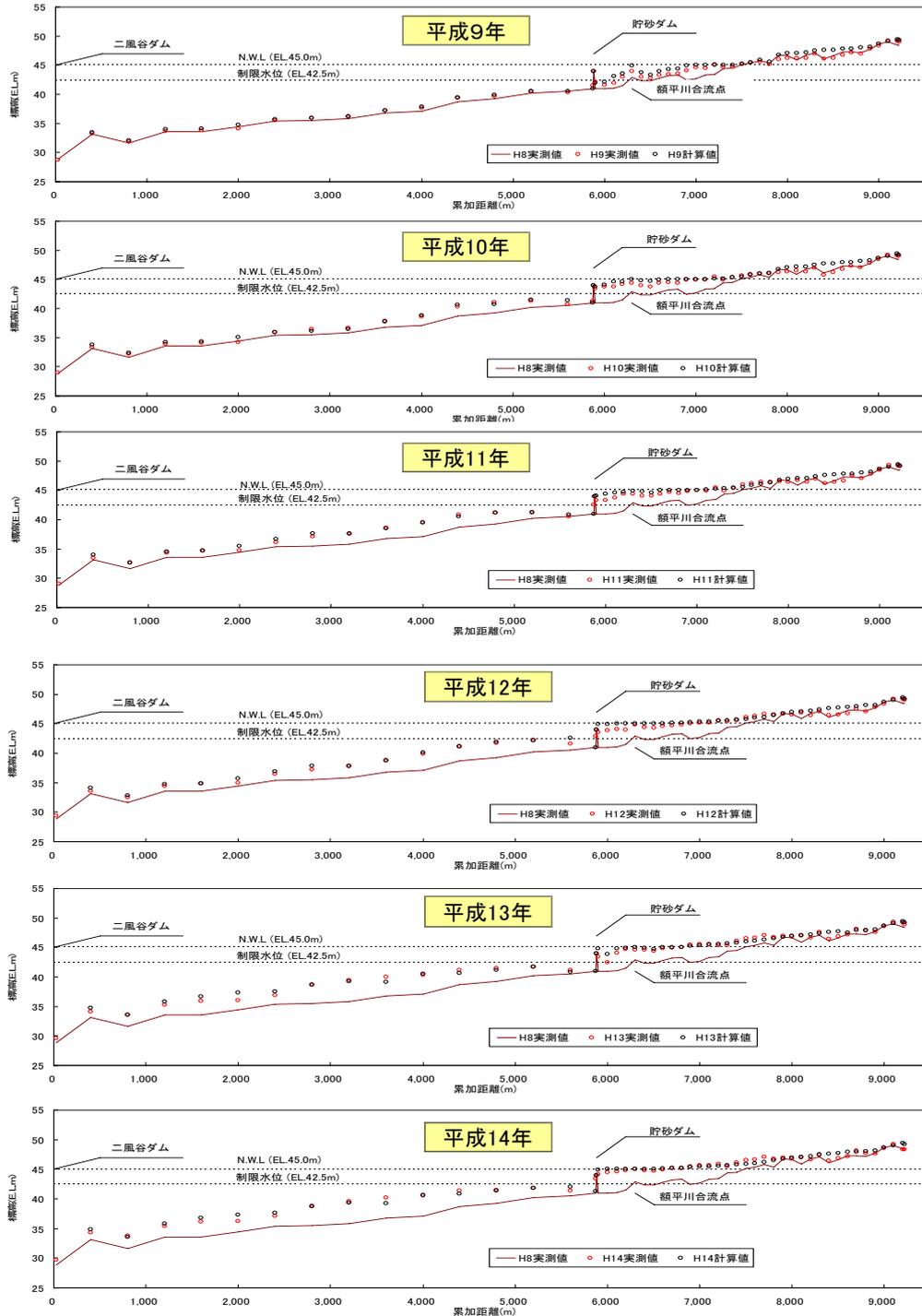


図-1.16 平成9年～平成14年二風谷ダム（沙流川）平均河床高

(計算値と実測値の比較)

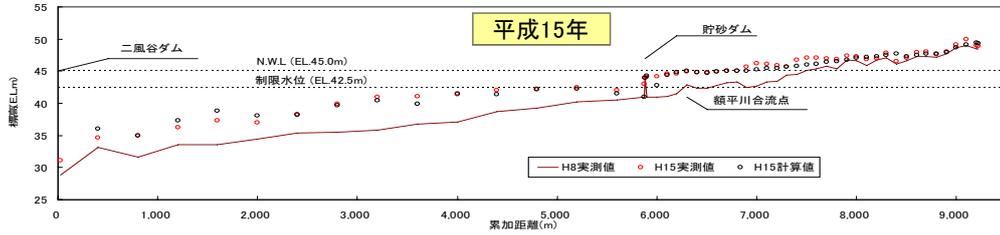


図-1.17 平成 15 年二風谷ダム (沙流川) 平均河床高
(計算値と実測値の比較)

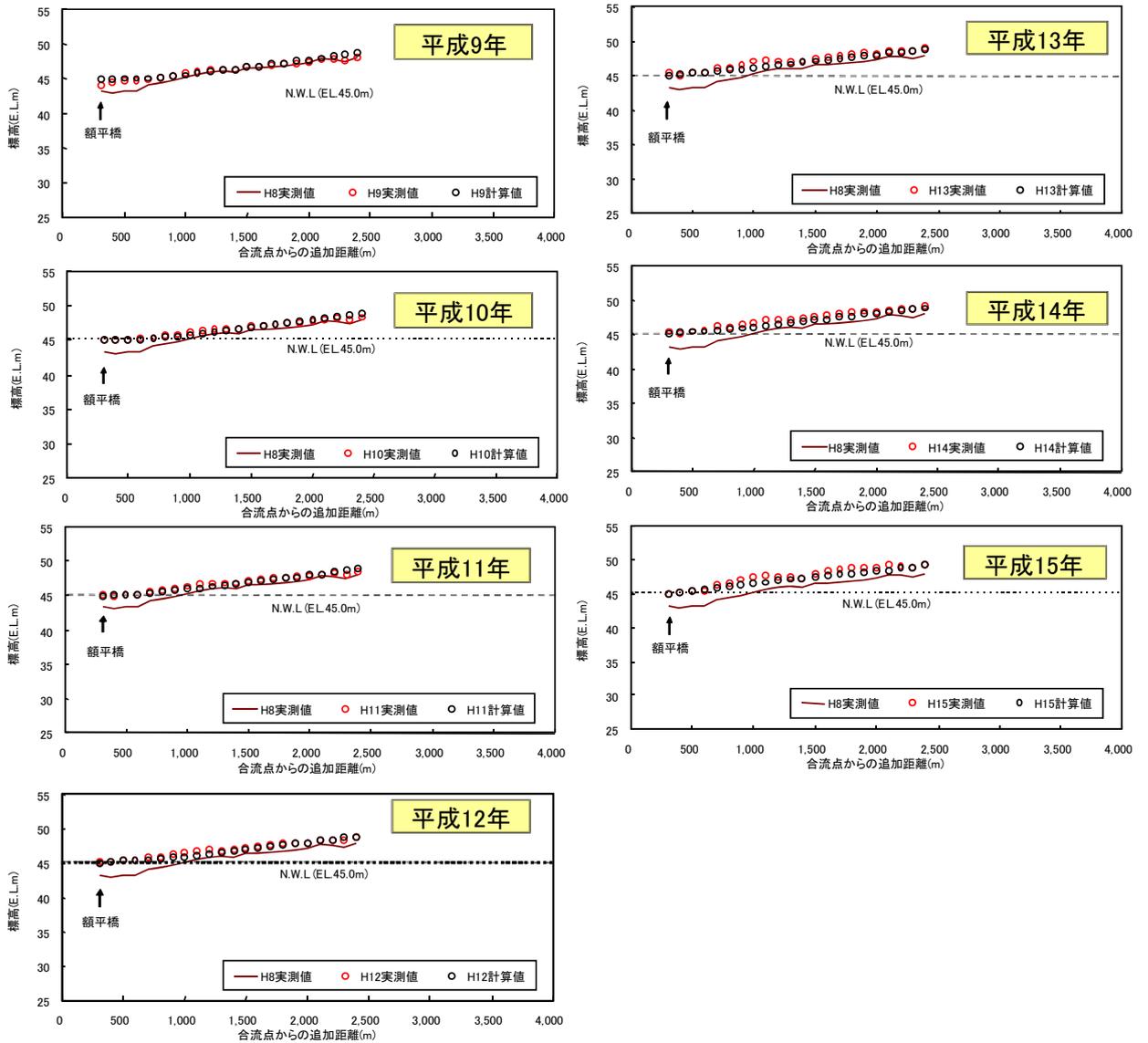


図-1.18 平成 9 年～平成 15 年二風谷ダム (額平川) 平均河床高
(計算値と実績値の比較)

(2) 二風谷ダムの堆砂形状・堆砂量再現計算結果の評価（現計画）

- 堆砂量の計算値と実績値の誤差は平成15年で100万m³程度であり（図-1.19）、また各年の河床高の実績値と計算値の誤差の分布としては±1.0m以内に9割、±0.5m以内に7割を占めており（図-1.20参照）、堆砂形状・堆砂量（平成9年～平成15年）と計算値の堆砂形状・堆砂量が概ね一致していることを確認した。

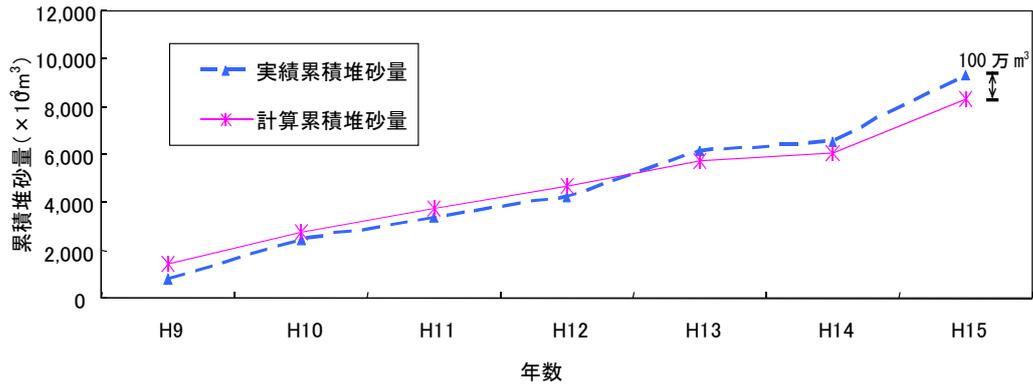


図-1.19 堆砂量の計算値と実績値の比較

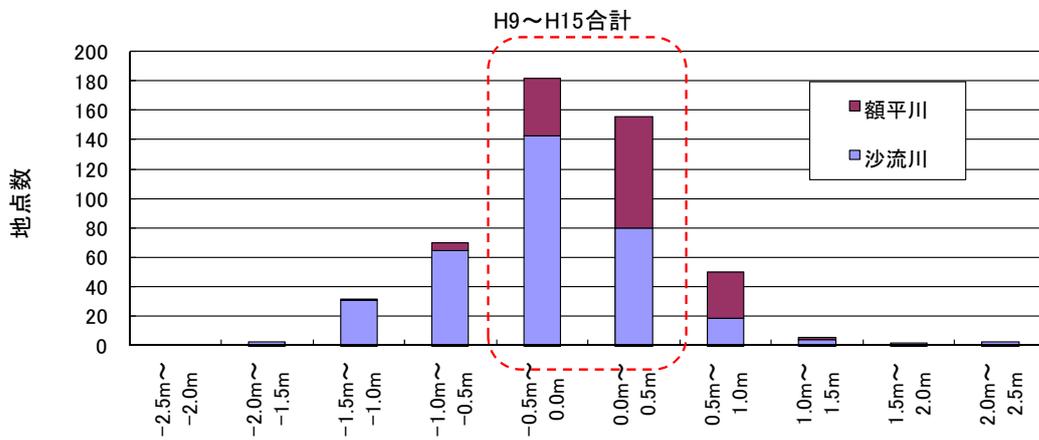


図-1.20 河床高の誤差の範囲(実測値－計算値)

1.6 平取ダム予測計算条件

(1) 平取ダムの堆砂形状・堆砂量予測計算の計算条件（現計画）

1) 計算範囲

- 平取ダムの予測計算を行うため、再現性が確保できた二風谷ダムのモデルを基に平取ダム湛水区域を計算した（図-1.21 参照）。

2) 初期条件

- 河川横断測量（平成 12 年～平成 14 年）の結果を計算開始時の河床とした。平取ダムは平成 27 年に試験湛水を開始する計画であったことから、平成 16 年から平成 26 年の計算を実施した結果を初期条件とした。

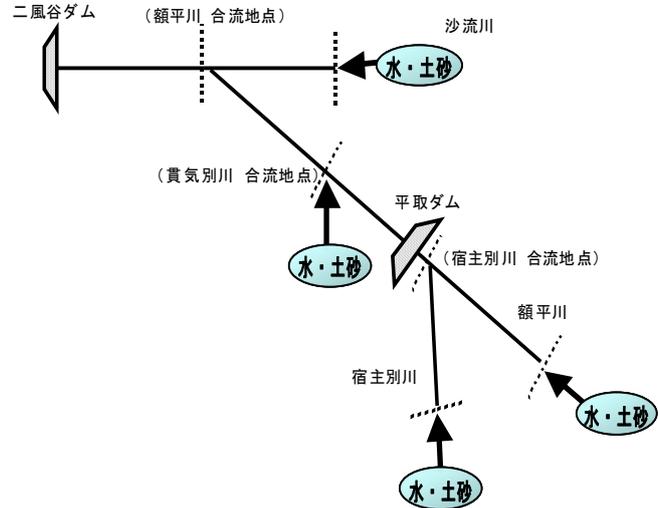


図-1.21 平取ダムの概要図

3) 計算期間

- 計算期間は、平取ダム湛水開始後 100 年間とした。
- 二風谷ダムの予測計算では昭和 46 年から平成 14 年の流量を繰り返し与え、100 年後の堆砂量を予測していることから平取ダムの予測計算においても同じサイクルで流量を与えることとした。なお、平取ダムが試験湛水を開始する平成 27 年の流況は昭和 57 年となり、平成 14 年までの流量を与えた後、昭和 46 年から平成 14 年迄の流況を繰り返し与えた。（図-1.22 参照）。

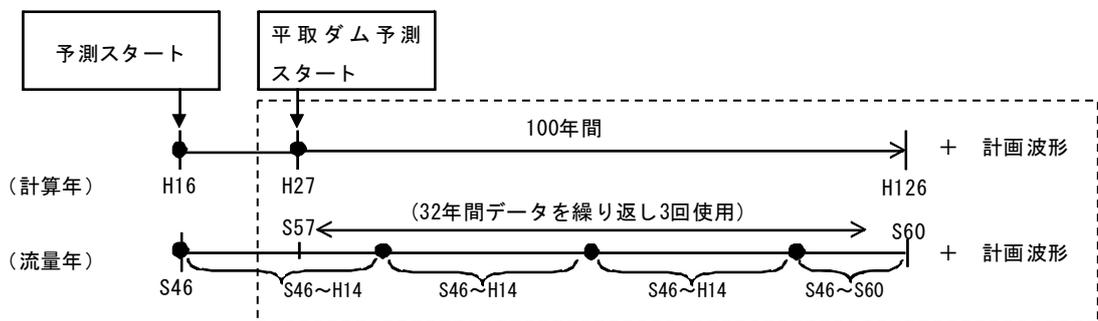


図-1.22 予測計算の時系列模式図

(2) 予測計算における平取ダムへの流入土砂量の計算条件（現計画）

- 予測計算に使用する粒径毎の流入土砂量のパラメータは、二風谷ダム再現計算で用いた①平成8年～平成14年、②平成15年の α 、 β を以下の考え方をもとに調整して選定した（表-1.3 参照）
 - ア) 粒径の粗粒分が②よりも①の方が大きい場合は①の値を採用する。
 - イ) ア) において増加した土砂量は1ランク細かい粒径を減らすことで総流入土砂量が②と変わらないように調整する。
- 以上により、全体として粗い粒径の土砂を増やしており再現計算よりも堆砂しやすい条件とし、計算を行っている。

$$Q_{sj} = \alpha_j Q^{\beta_j} \quad (Q > Q_c)$$

ここに Q_{sj} : 粒径 j の流砂量(m³/s)
 Q : 流量(m³/s)
 α_j 、 β_j : 粒径 j の定数
 Q_c : 足きり流量；土砂の流入に寄与する最小流量

表-1.3 流入土砂量の係数（現計画の予測計算）

		予測計算				予測計算	
礫	53-106mm	α	1.00E-08	砂・シルト	100-250 μ m	α	9.35E-06
		β	1.0			β	1.5
	26.5-53mm	α	1.00E-08		50-100 μ m	α	1.60E-08
		β	1.0			β	2.4
	9.5-26.5mm	α	5.02E-06		40-50 μ m	α	1.30E-08
		β	1.0			β	2.2
	4.7-9.5mm	α	5.80E-06		30-40 μ m	α	1.20E-08
		β	1.0			β	2.3
	2-4.7mm	α	8.00E-06		20-30 μ m	α	1.00E-08
		β	1.1			β	2.4
砂・シルト	0.85-2mm	α	9.16E-06	10-20 μ m	α	1.55E-08	
		β	1.2		β	2.5	
	0.43-0.85mm	α	7.70E-08	5-10 μ m	α	2.28E-08	
		β	2.1		β	2.6	
	0.25-0.43mm	α	4.44E-06	粘土	1-5 μ m	α	1.42E-08
		β	1.6			β	2.8

- 各給砂拠点（沙流川、額平川、宿主別川、貫気別川）への土砂の配分は図-1.23 のように設定した。

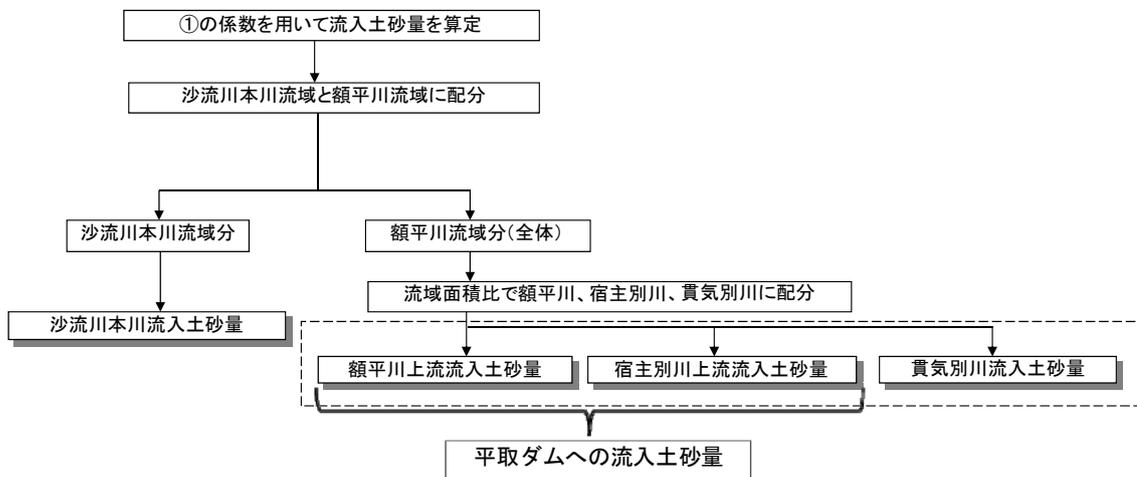


図-1.23 土砂の配分

(3) 予測計算における境界条件（現計画）

1) 平取ダム運用条件

- ゲートの配置は図-1.24 のとおり設定した。

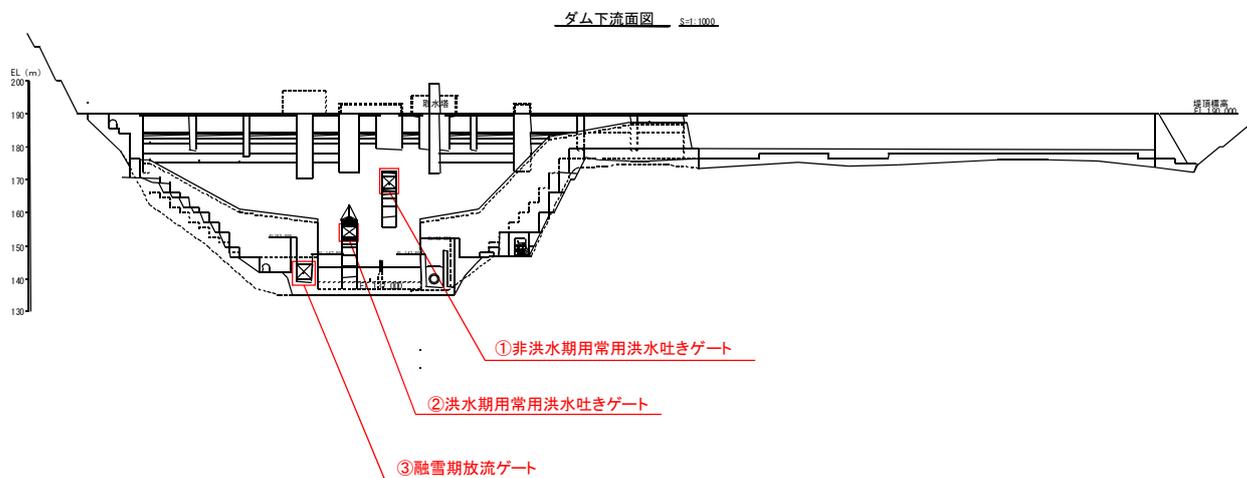


図-1.24 平取ダムゲート位置図

2) 上流端の境界条件

- ・ 計算の上流端（額平川 KP9/33、宿主別川 KP3/6）から流域面積比で流量及び給砂を行う。

※計算の上流端については貯水池よりも上流で、河床が安定し、湛水の影響を受けない場所を選定した（表-1.4 参照）。

表-1.4 境界条件

	額平川	宿主別川
上流端	断面(KP9/33)を使用	断面(KP3/6)を使用
縦断勾配	1/148 (KP9/33の平均的な勾配)	1/111 (KP3/6付近の平均的な勾配)

3) 平取ダム地点の運用条件

- ・ 平取ダムにおいて想定している貯水位及び各期間のゲート運用を条件として与えた（図-1.25 参照）。

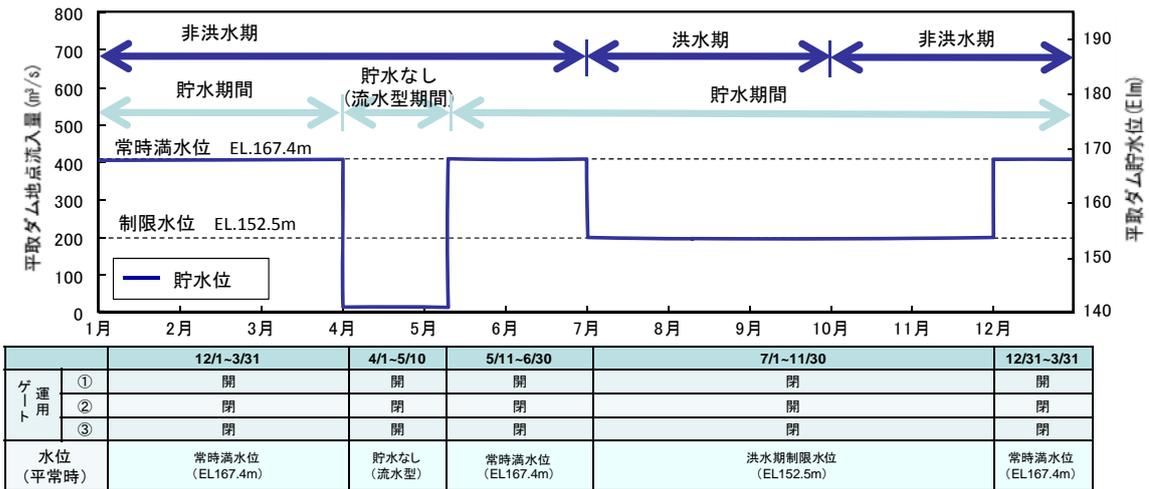


図-1.25 運用条件

1.7 平取ダム予測計算結果

(1) 平取ダムの堆砂形状・堆砂量予測計算の結果（現計画）

1) 予測計算結果

- 100年後の予測計算を行い、河床高を算出した（図-1.26 参照）。

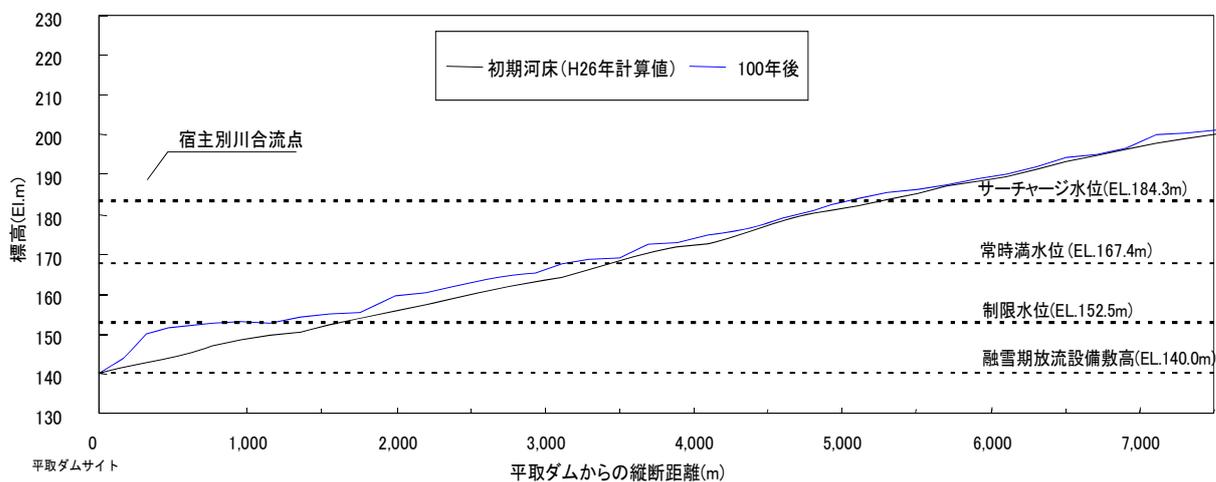


図-1.26 予測計算結果（現計画）

(2) 平取ダムの計画堆砂容量の決定（現計画）

1) 計画堆砂容量の算出

- 図-1.26 の予測計算結果から標高ごとにスライス（区間分け）し、上下のスライス面積の平均値に上下スライス間の標高差を乗じ、上下スライス間の容量を求めその総和を算出（図-1.27 参照）して、130 万 m^3 と決定した。

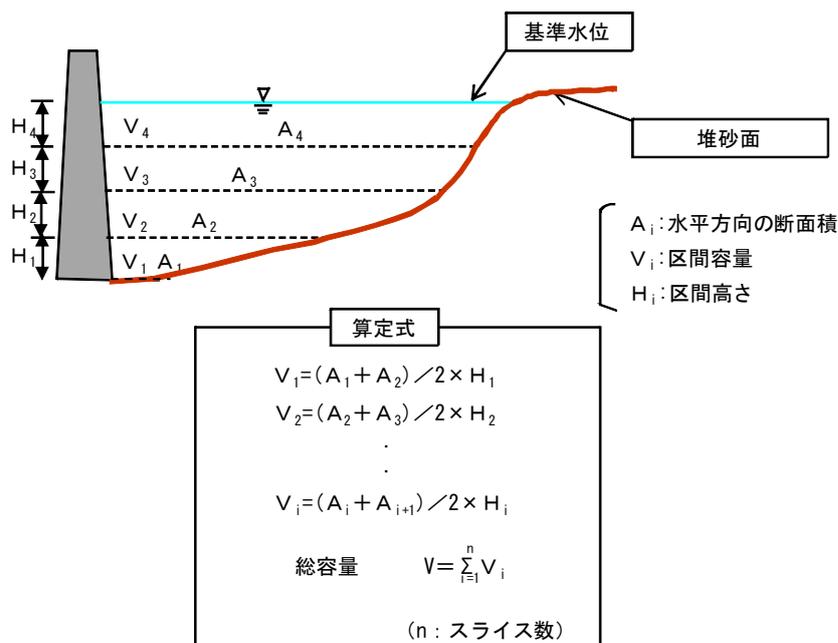


図-1.27 平面スライス法

(3) 平取ダム流入・流出土砂量(現計画)

1) 平取ダム年間流入・流出土砂量及び構成比率

- 平取ダム湛水開始後 100 年間の予測計算結果における年間流入・流出土砂量及び構成比率を図-1.28 に示す。

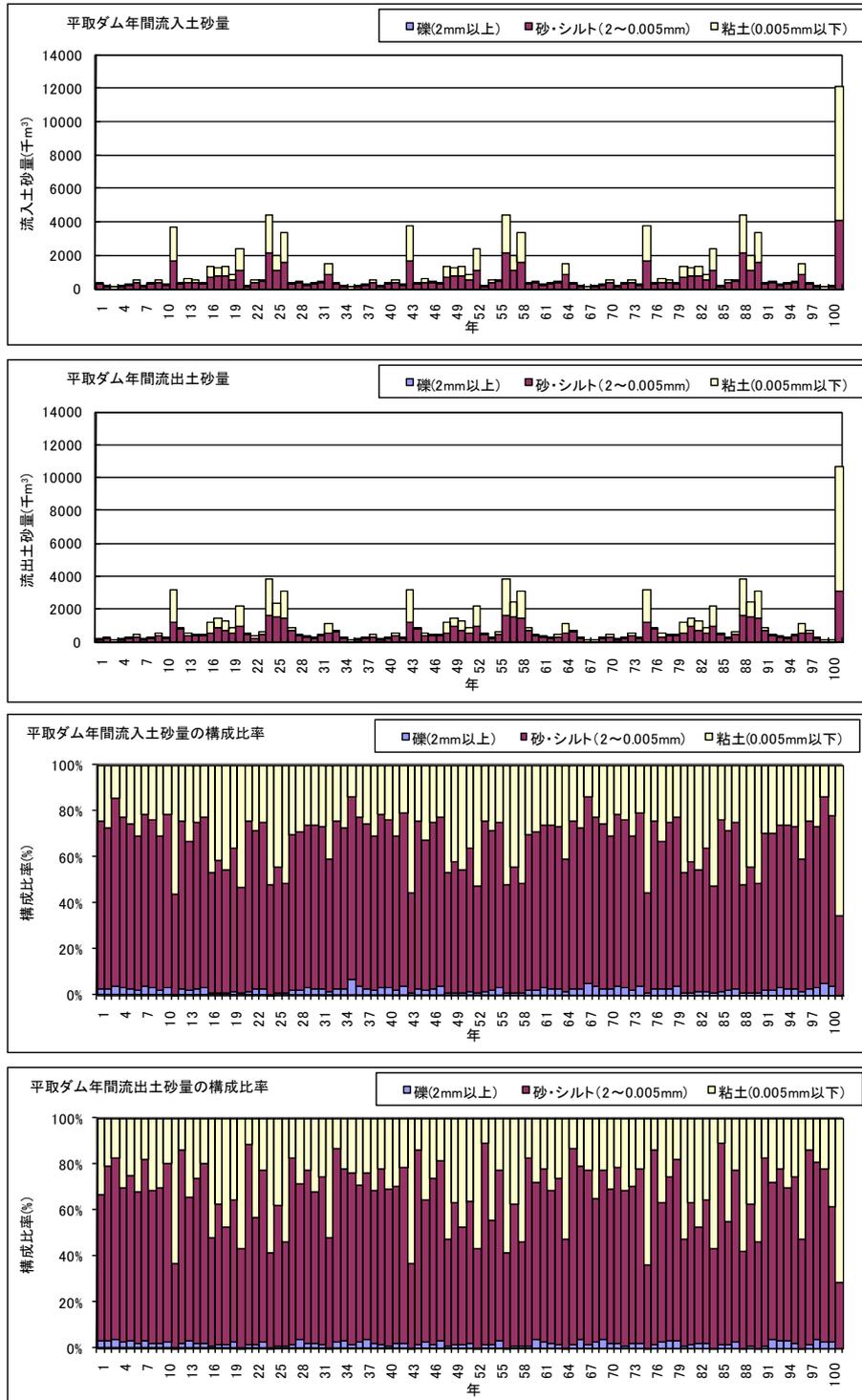


図-1.28 平取ダム年間流入・流出土砂量及び構成比率(現計画)

2) 融雪期放流設備開放期間における平取ダム流入・流出土砂量及び構成比率(現計画)

- 1)のうち、融雪期放流設備開放期間における平取ダム流入・流出土砂量及び構成比率を図-1.29 に示す。

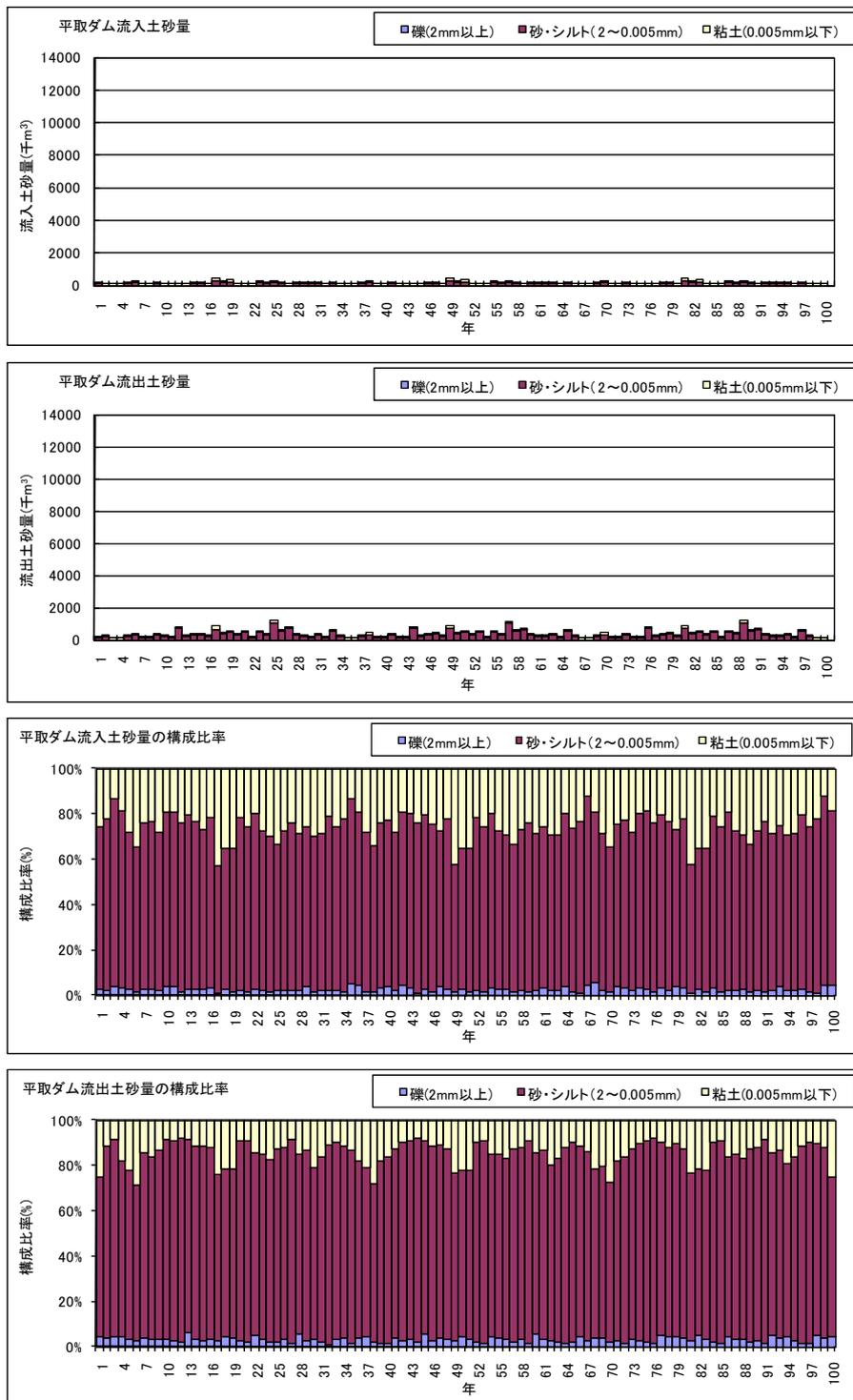


図-1.29 融雪期放流設備開放期間における平取ダム流入・流出土砂量及び構成比率(現計画)

2. ダム事業等の点検について

2.1 堆砂計画の点検の考え方

堆砂計画の点検フローを図-2.1 に示す。

- ・ 現基本計画（平成 19 年 7 月変更）（以下「基本計画」という。）の堆砂計画を対象に点検を行った。
- ・ 現行の堆砂計画の堆砂量推計方法の妥当性について点検を行った。
- ・ 基本計画の堆砂容量の算定における流入土砂量は、平成 8 年から平成 15 年の二風谷ダムの堆砂形状、堆砂量等より、粒径毎にパラメーターを設定していることから、平成 15 年の出水以降、二風谷ダムの堆砂に関して変化がないか確認を行うこととした。
- ・ その結果、河川の濁り（SS）の上昇や堆砂計算の与条件となる二風谷ダムの堆砂の粒径において変化等が認められることから、平成 16 年から平成 22 年の堆砂形状、堆砂量等、新たなデータを用いて点検を行った。

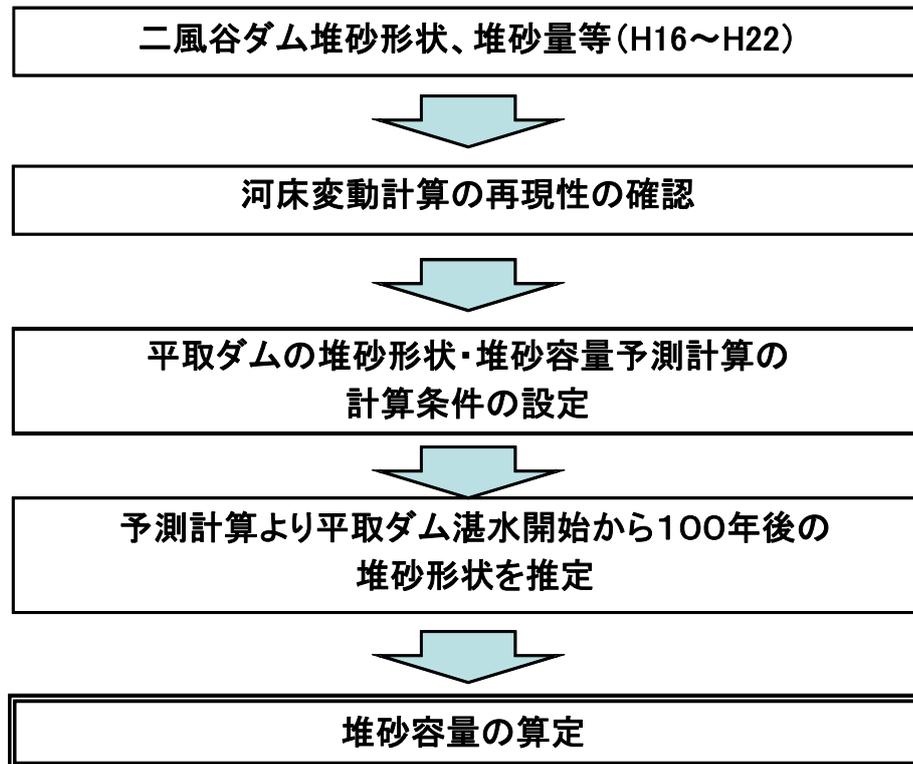


図-2.1 点検フロー

2.2 状況の変化

(1) 現行の堆砂計画決定後の状況の変化

1) 崩壊地の変化

- 崩壊地面積は平成 15 年の出水にて急増し、その後状況に大きな変化はない (図-2.2 参照)。

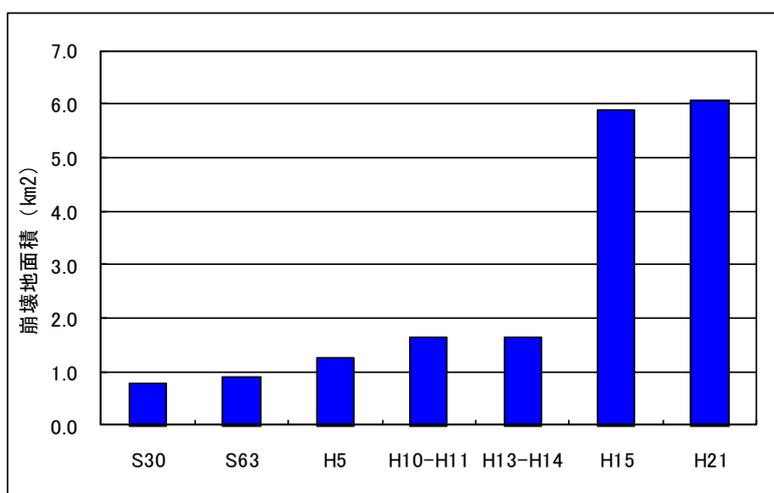


図-2.2 額平川流域の崩壊地面積の変遷

※土木学会平成 15 年台風 10 号北海道豪雨災害調査団最終報告書より

※平成 21 年の崩壊地面積は平成 21 年度の航空写真に平成 15 年の崩壊地を重ね、新たに出現した崩壊地面積を判読し、平成 15 年の崩壊地面積を足して算出したものである。

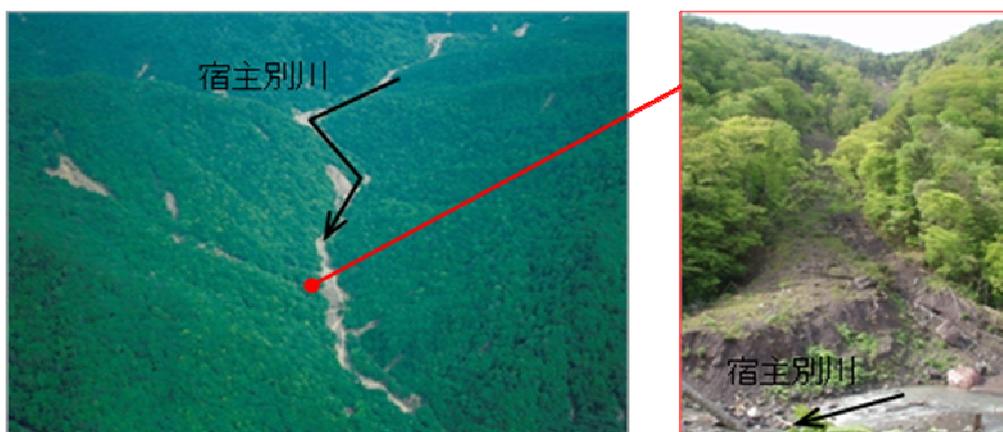


写真-2.1 額平川流域の崩壊地の状況

- 二風谷ダム流入河川における SS も H15 年の出水以降は高い値が継続している。
(図-2.3 参照)

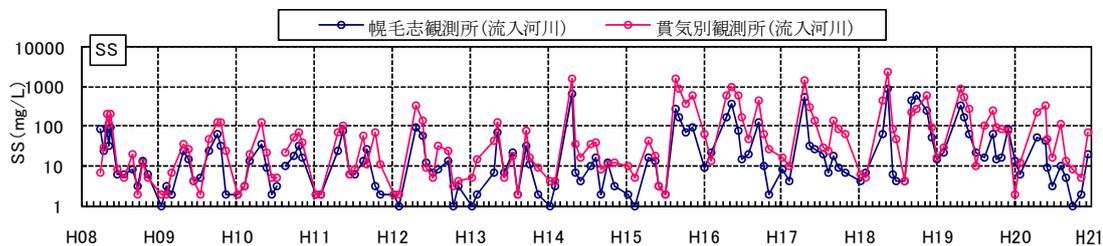
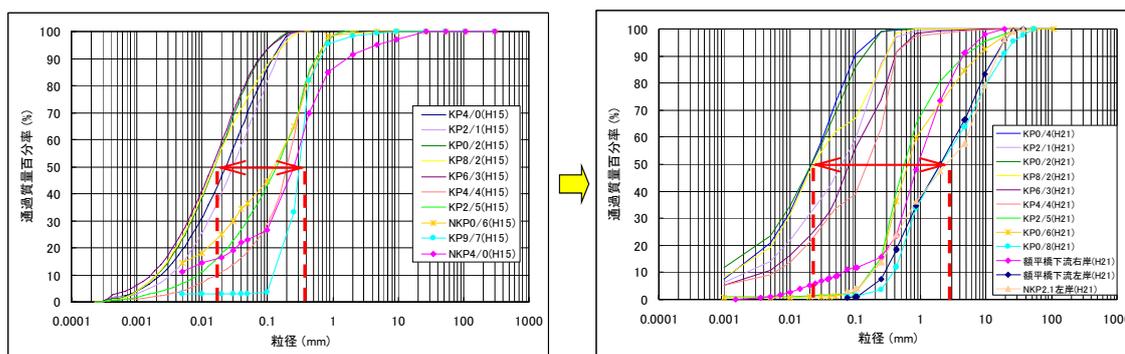


図-2.3 二風谷ダム流入河川の水質 (SS)

2) 二風谷ダム表層の粒度の変化

- 二風谷ダムに堆砂した土砂中の粗粒分が増加している (図-2.4 参照)。
- D50 粒径は 0.02mm~0.3mm から 0.02mm~2.5mm へ変化している (図-2.4 参照)。



二風谷ダム表層の粒度分布 (H15 年度調査)

二風谷ダム表層の粒度分布 (H21 年度調査)

図-2.4 二風谷ダム表層の粒度の変化

2.3 使用データ

点検に使用したデータは以下の通りである。なお点検に必要なデータの内、未計測等により存在しないデータについては、(2) のとおり算出した。

(1) 平取ダムの点検に使用したデータ

- ・ 河川流量（平取、幌毛志、貫気別）、二風谷ダム水位、二風谷ダム流入量、二風谷ダム放流量（図-2.5、表-2.1 参照）
- ・ 二風谷ダム堆砂測量（平成 16 年～平成 22 年）
- ・ 額平川横断測量（平成 14 年～平成 20 年）
- ・ 二風谷ダム堆積土砂粒度データ（平成 16 年～平成 22 年）



図-2.5 流量観測地点一覧

観測地点	項目	S46~H7	H8~H14	H15~H21	H22
●平取	流量	○	—	—	—
	水位	—	—	○	○
●二風谷ダム	流入量	—	○	○	○
	放流量	—	—	○	○
●幌毛志	流量	—	○	○	—
●貫気別	流量	—	○	○	—

↑ 二風谷ダム湛水開始

表-2.1 流量、水位、流入量、放流量

(2) 計測データの補完（点検）

- ・ 沙流川本川と額平川の流量は、(3)の考え方に基づく配分比率で算出した。（図-2.6 参照）
- ・ 額平川における各地点の流量は額平川の流量を流域面積比で按分した。
- ・ なお、昭和 46 年～平成 7 年における二風谷ダム流入量は、平取地点の流量より流域面積比で算出した。

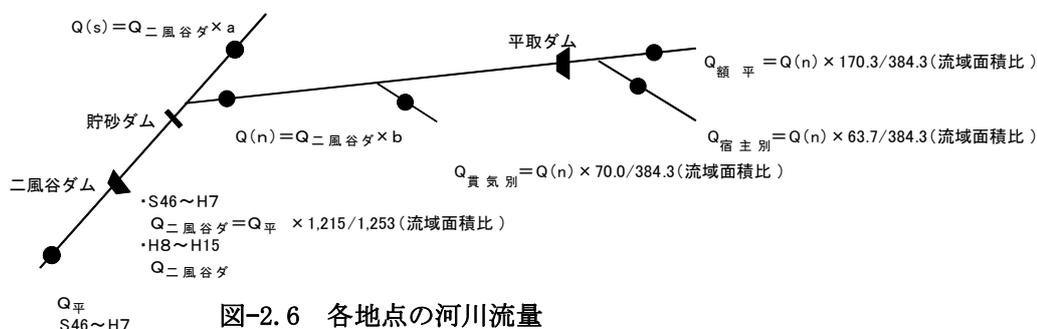


図-2.6 各地点の河川流量

二風谷ダム流入量	a	b
(i) $Q < 200 \text{ m}^3/\text{s}$	0.70	0.30
(ii) $Q \geq 200 \text{ m}^3/\text{s}$		
（融雪期）	0.67	0.33
（融雪期以外）	0.61	0.39

a・b : 図-2.7～図-2.9 から求めた係数

表-2.2 二風谷ダム上流における流量の比率

(3) 沙流川と額平川の流量算出（点検）

- ・ 沙流川本川及び額平川の流量は、二風谷ダムの流入量に幌毛志及び貫気別の流量の合計に対するそれぞれの比率を乗じて算出した。（図-2.7～図-2.9 参照）
- ・ なお、流入量の算出にあたっては、幌毛志及び貫気別の流量和（ $200\text{m}^3/\text{s}$ 未満と $200\text{m}^3/\text{s}$ 以上）、また融雪と非融雪により区分している。

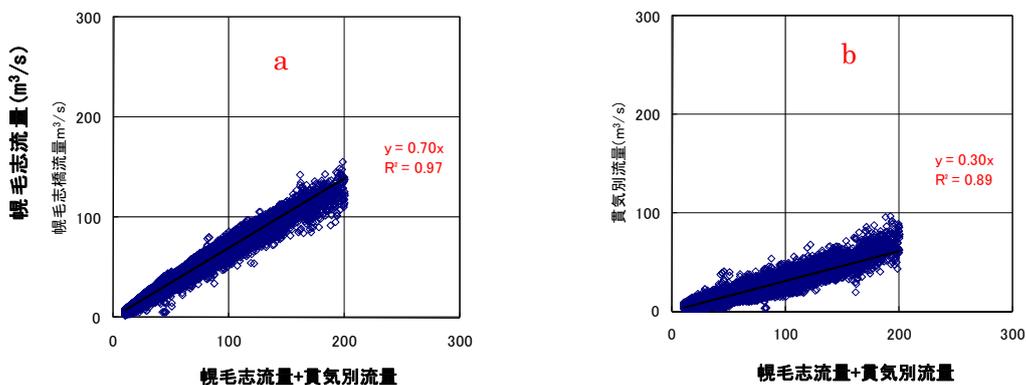


図-2.7 幌毛志～貫気別流量相関図（流量和 $200\text{m}^3/\text{s}$ 未満）

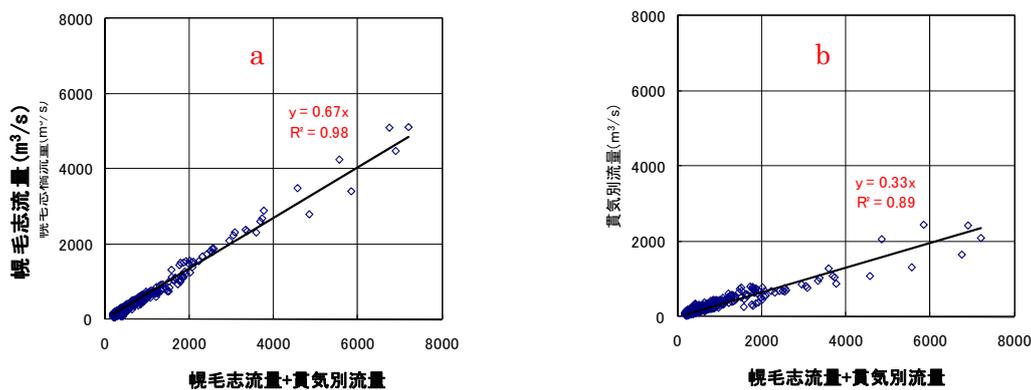


図-2.8 幌毛志～貫気別流量相関図（流量和 $200\text{m}^3/\text{s}$ 以上、非融雪出水）

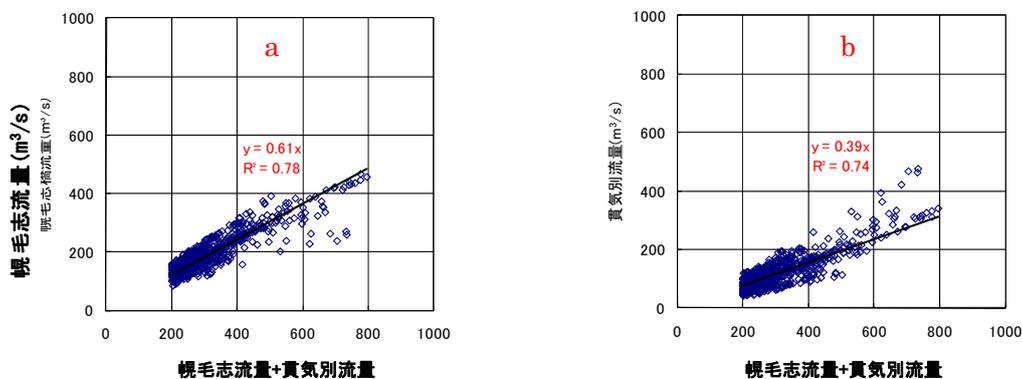


図-2.9 幌毛志～貫気別流量相関図（流量和 $200\text{m}^3/\text{s}$ 以上、融雪出水）

2.4 二風谷ダム再現計算条件

(1) 二風谷ダムの堆砂形状・堆砂量の再現計算（点検）

1) 再現計算範囲

- 現計画と同様、再現計算範囲は、二風谷のダム堤体から二風谷ダムの上流側の直轄管理区間(沙流川 KP2. 2/9、額平川 KP4/2)までとした（図-2.10 参照）。

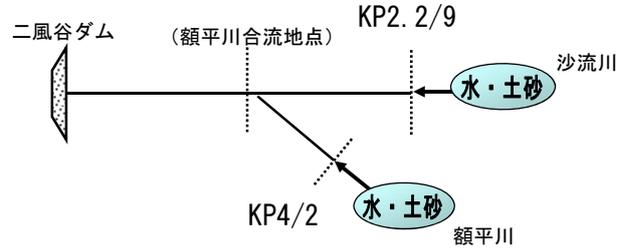


図-2.10 二風谷ダムの再現計算概要図

2) 初期条件

- 初期河床高は平成 15 年の二風谷ダム堆砂測量結果とした（図-2.11）。

3) 計算期間

- 計算期間は平成 15 年から平成 22 年とした。

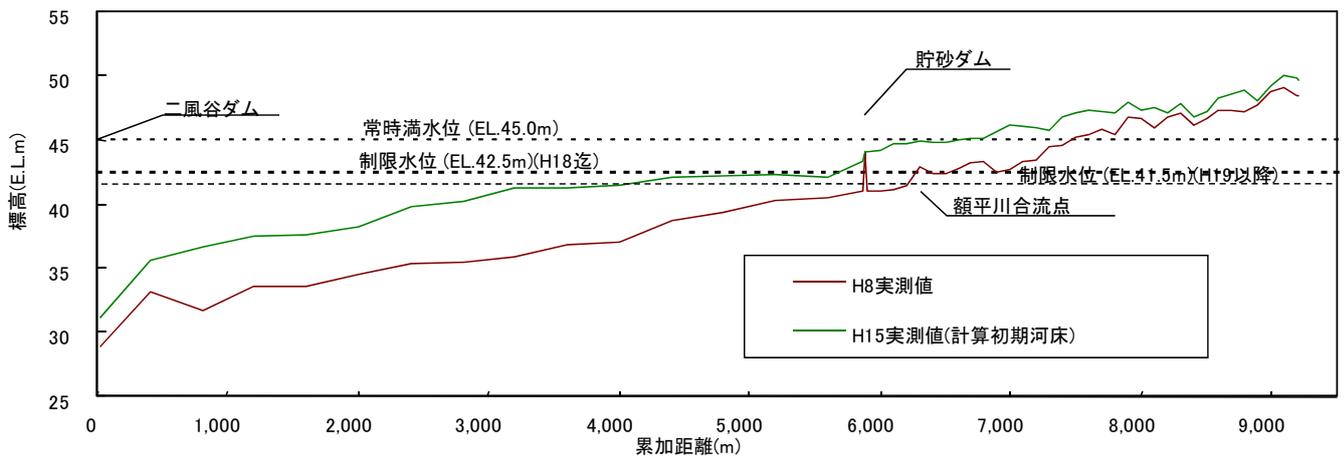


図-2.11 沙流川縦断面図(平成 8 年, 平成 15 年 実測値)

(2) 再現計算における二風谷ダムの運用条件

再現計算における二風谷ダムの運用（平成 15 年から平成 22 年の実績）を図-2.12 に示す。

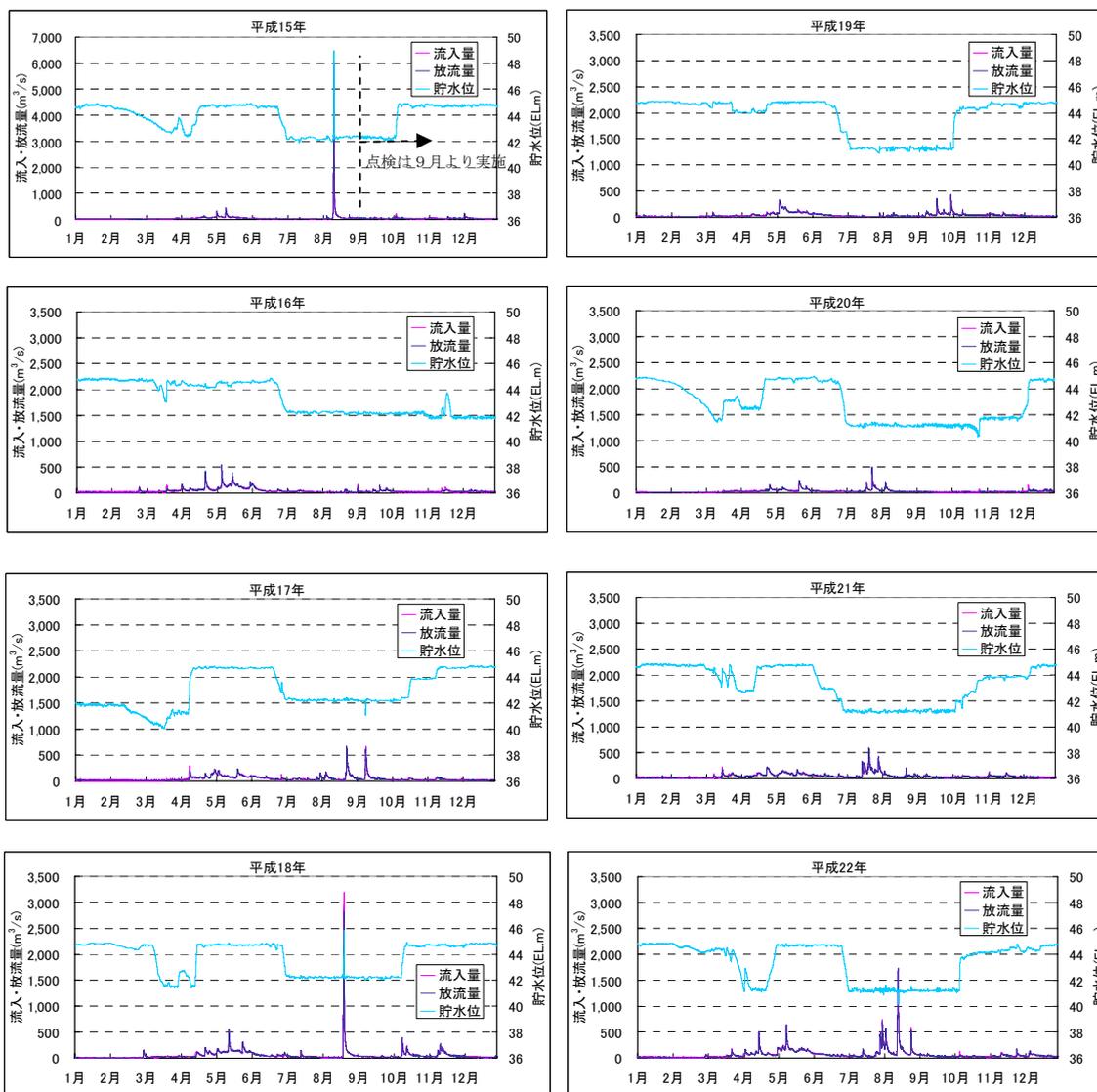


図-2.12 二風谷ダムの運用（平成 15 年～平成 22 年の実績）

(3) 再現計算における二風谷ダムへの流入土砂量の計算条件（点検）

- ・ 捕捉率や流砂量等の算定式等については 1.4 (3) と同様とした。
- ・ 各年の粒径別の堆砂量と捕捉率を算定した。
- ・ これをもとに粒径毎の流入土砂量のパラメータを表-2.3 のように設定した。

$$Qs_j = \alpha_j Q^{\beta_j} \quad (Q > Q_c)$$

ここに Qs_j : 粒径 j の流砂量(m³/s)
 Q : 流量(m³/s)
 α_j, β_j : 粒径 j の定数
 Q_c : 足きり流量；土砂の流入に寄与する最小流量

表-2.3 流入土砂量の係数（点検再現計算）

			H16～H21年				H16～H21年
礫	53-106mm	α	1.2E-09	100-250 μ m	α	8.4E-08	
		β	1.0		β	2.3	
	26.5-53mm	α	1.2E-09	50-100 μ m	α	3.1E-07	
		β	2.4		β	2.0	
	9.5-26.5mm	α	1.9E-09	40-50 μ m	α	1.0E-07	
		β	2.5		β	2.0	
	4.7-9.5mm	α	1.2E-09	30-40 μ m	α	6.6E-08	
		β	2.6		β	2.1	
	2-4.7mm	α	1.3E-09	20-30 μ m	α	2.9E-08	
		β	2.6		β	2.3	
砂・シルト	0.85-2mm	α	2.3E-09	10-20 μ m	α	7.8E-06	
		β	2.6		β	1.4	
	0.43-0.85mm	α	1.6E-09	5-10 μ m	α	6.7E-06	
		β	2.7		β	1.5	
	0.25-0.43mm	α	1.2E-09	粘土 1-5 μ m	α	7.2E-06	
		β	2.7		β	1.7	

(4) 再現計算における境界条件（点検）

1) 境界条件

- ・ 計算の上流端（沙流川 KP2.2/9、額平川 KP2/4）から給砂を行う（図-2.15 参照）。土砂の配分について、再現性が良好となるよう、沙流川と額平川の割合は 5:5 とした。
- ・ 貯砂ダム地点の水位は、流量から求まる越流水深を与えるものとした。ただし、二風谷ダムの貯水位が貯砂ダムの越流部（EL. 44m）より高いときは、下流断面から不等流計算で求まる水位とした。
- ・ 土砂に関しては貯砂ダム直上断面（図-2.13、図-2.14 参照）の河床高が貯砂ダムの越流部（EL. 44m）より低い場合には掃流砂は貯砂ダムを通過せず貯砂ダム上流に堆積するものとした。なお、貯砂ダムの天端標高（EL. 45m）より高い場合は一次元河床変動計算として扱っている。

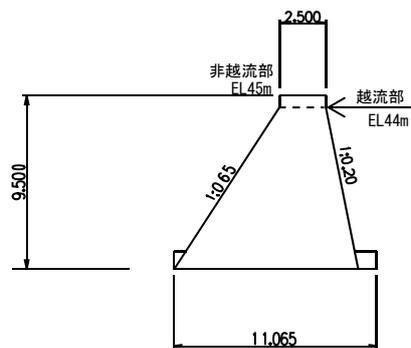


図-2.13 貯砂ダム一般部側面図

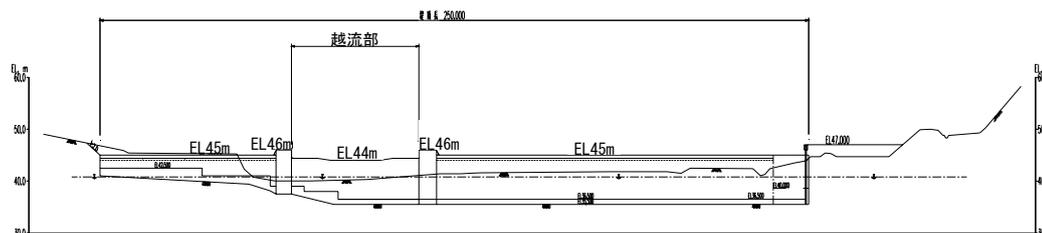


図-2.14 貯砂ダム上流断面図



図-2.15 二風谷ダム貯水池平面図

- ・ 下流端（二風谷ダム地点）においては、二風谷ダムの実績貯水位と実績放流量を与えた。二風谷ダム洪水吐の敷高は EL29m で固定床とした。流出土砂量は下流端の次の上流側における測点を通過する土砂量をそのまま放流させるものとした。

2) 土砂掘削の実績

- ・ 貯砂ダム上下流における土砂掘削の実績を表-2.4、図-2.16 に示す。土砂掘削量の実績を再現計算において考慮した。

表-2.4 土砂掘削の実績

箇所	掘削土砂量(m3)	掘削年
①	163,700	H16~H17
②	96,000	H16~H17
③	273,000	H16~H17
④	135,300	H16~H17

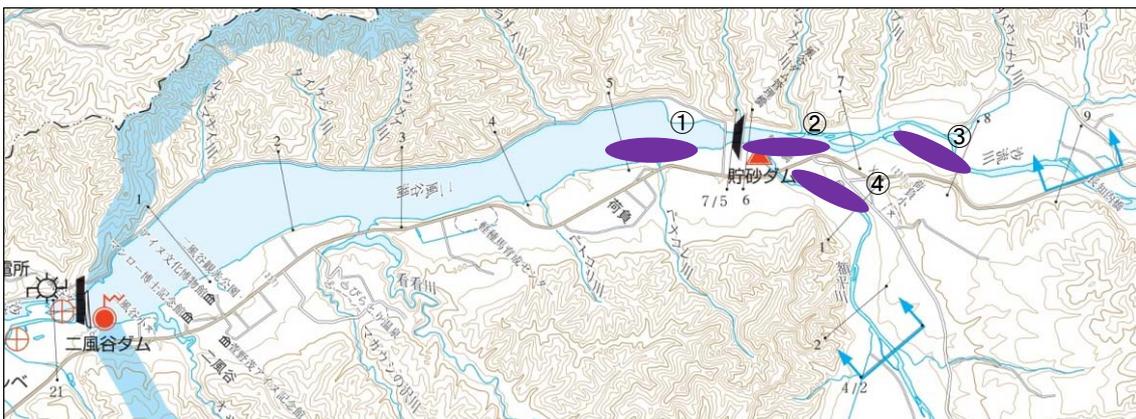


図-2.16 二風谷ダム土砂掘削箇所図

2.5 二風谷ダム再現計算結果

(1) 二風谷ダムの堆砂形状・堆砂量再現計算結果（点検）

- 実績の堆砂形状・堆砂量（平成16年～平成22年）と計算値の堆砂形状・堆砂量が概ね一致していることを確認した（図-2.17、図-2.18、図-2.19参照）。

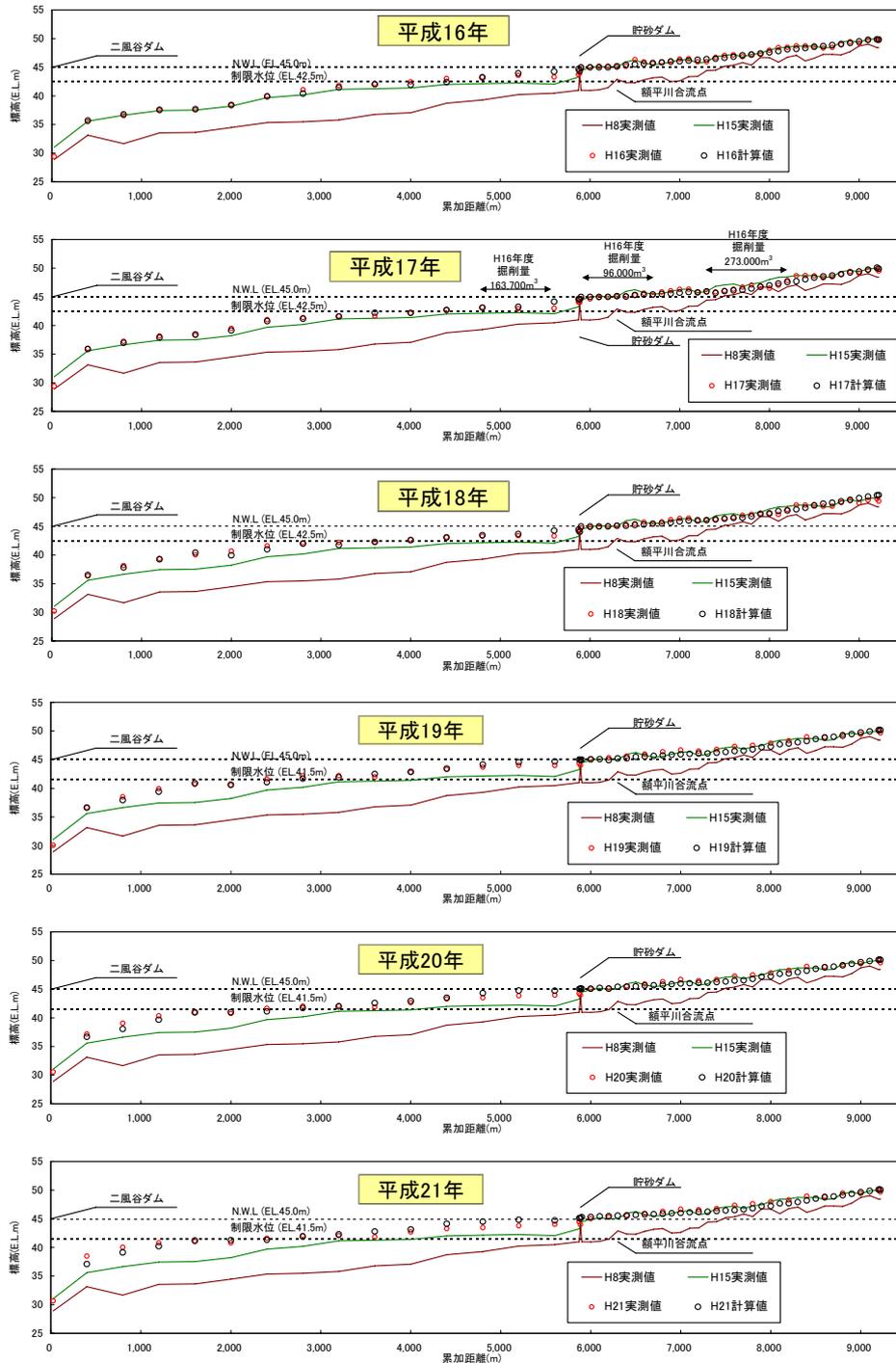


図-2.17 平成16年～平成21年二風谷ダム（沙流川）平均河床高（計算値と実測値の比較）

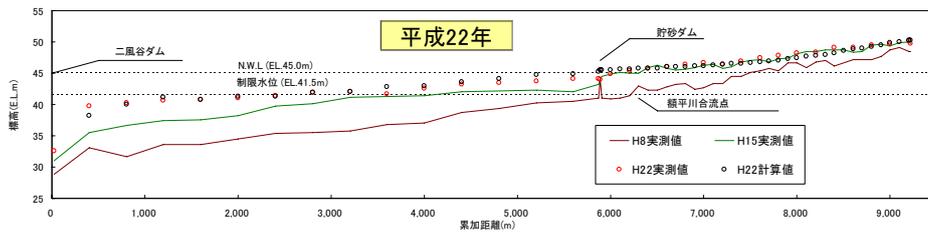


図-2.18 平成22年二風谷ダム（沙流川）平均河床高
（計算値と実測値の比較）

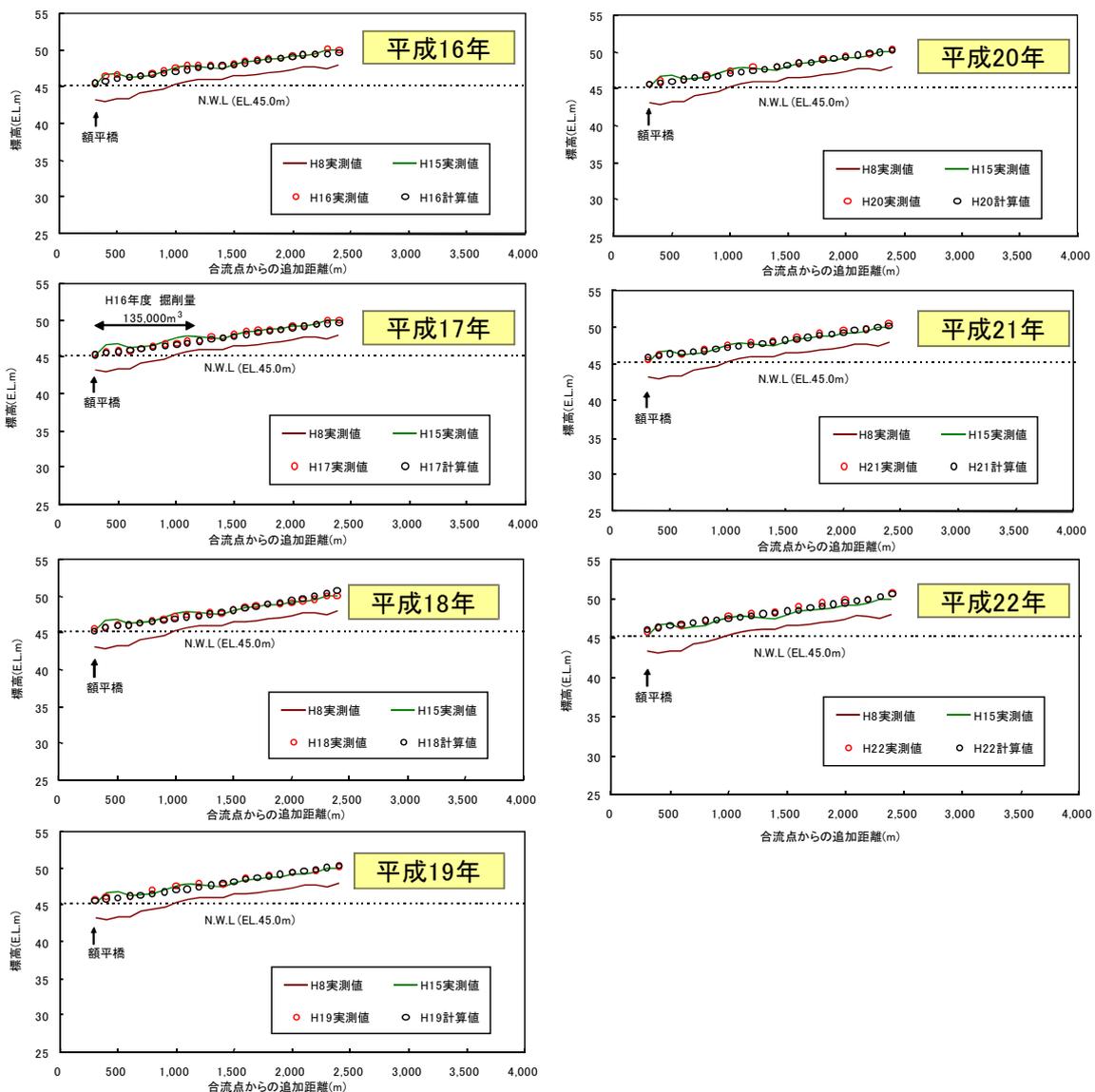


図-2.19 平成16年～平成22年二風谷ダム（額平川）平均河床高
（計算値と実測値の比較）

(2) 二風谷ダムの堆砂形状・堆砂量再現計算結果の評価（点検）

- ・ 累積堆砂量の計算値と実績値の誤差は平成 16 年から平成 22 年迄で 70 万 m³ 程度（図-2.20 参照）であり、また各年の河床高の実績値と計算値の誤差の範囲としては±0.5m 以内に 8 割を占めており（図-2.21 参照）、堆砂形状・堆砂量（平成 16 年から平成 22 年）と計算値の堆砂形状・堆砂量が概ね一致していることを確認した。

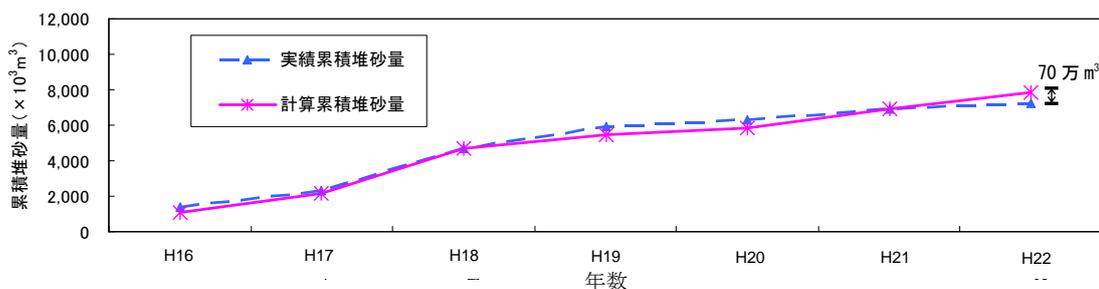


図-2.20 堆砂量の計算値と実測値の比較

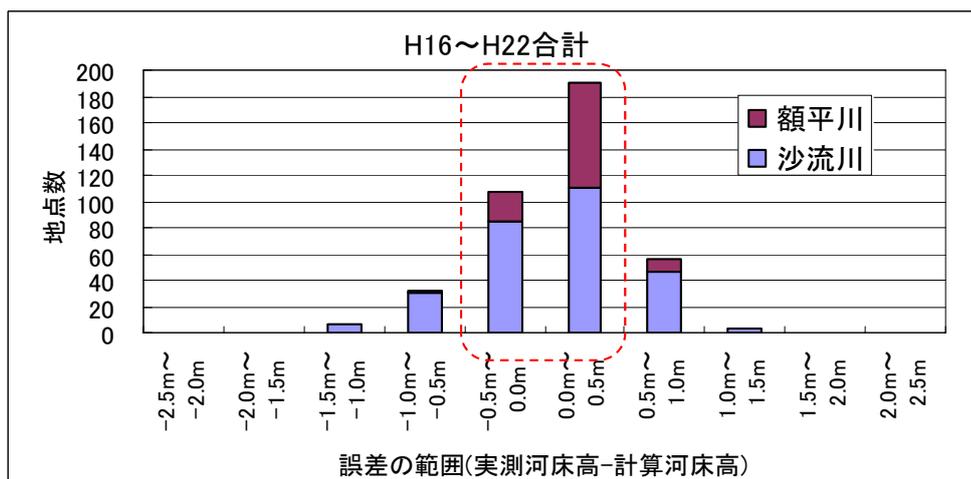


図-2.21 河床高の誤差の範囲（実測値－計算値）

2.6 平取ダム予測計算条件

(1) 平取ダムの堆砂形状・堆砂量予測計算の計算条件（点検）

1) 計算範囲

- 平取ダムの予測計算を行うため、再現性が確保できた二風谷ダムのモデルを基に平取ダム湛水区域を計算した（図-2.22 参照）。

2) 初期条件

- 河川横断測量（平成 14 年～平成 20 年）の結果を計算開始時の河床高とした。平取ダムは平成 29 年に試験湛水を開始することとし、平成 23 年から平成 28 年の計算を実施した結果を初期条件とした。

3) 計算期間

- 平取ダム湛水開始後 100 年間を計算期間とした。
- 現計画の予測計算では昭和 46 年から平成 14 年の流量を繰り返し与え、100 年後の堆砂量を予測していることから、整合を計る為に同じサイクルで流量を与えることとした。なお、平取ダムが試験湛水開始する平成 29 年の流況は昭和 59 年となり、平成 14 年までの流量を与えた後、昭和 46 年から平成 14 年迄の流況を繰り返し与えた（図-2.23 参照）。

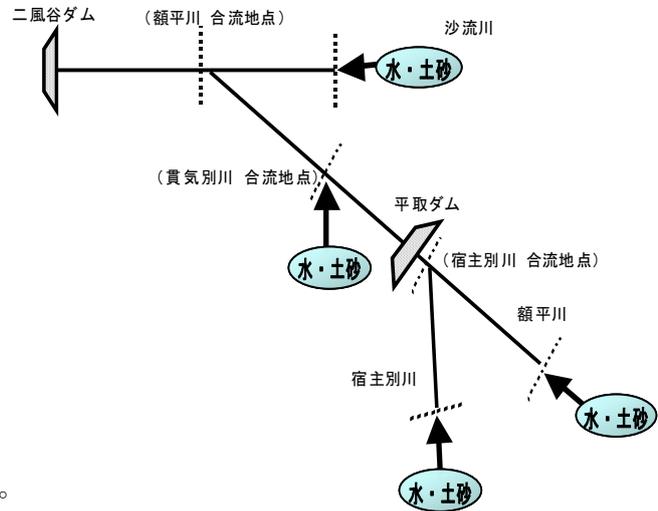


図-2.22 平取ダムの概要図

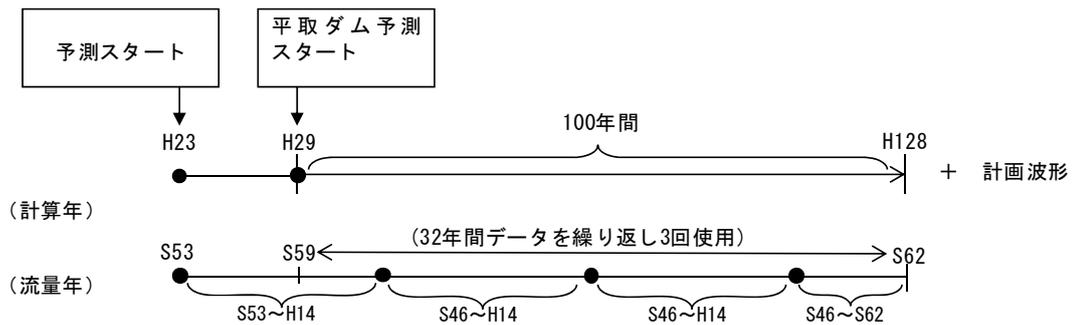


図-2.23 予測計算の時系列模式図

(2) 予測計算における平取ダムへの流入土砂量の計算条件（点検）

- ・ 予測計算に使用する粒径毎の流入土砂量のパラメータは再現性が確認された二風谷ダム再現計算と同様のものを使用した（表-2.5 参照）。

$$Q_{s_j} = \alpha_j Q^{\beta_j} \quad (Q > Q_c)$$

- ここに
- Q_{s_j} : 粒径 j の流砂量 (m^3/s)
 - Q : 流量 (m^3/s)
 - α_j, β_j : 粒径 j の定数
 - Q_c : 足きり流量；土砂の流入に寄与する最小流量

表-2.5 流入土砂量の係数（点検予測計算：点検再現計算と同様）

			H16～H21年				H16～H21年
礫	53-106mm	α	1.2E-09	100-250 μm	α	8.4E-08	
		β	1.0		β	2.3	
	26.5-53mm	α	1.2E-09	50-100 μm	α	3.1E-07	
		β	2.4		β	2.0	
	9.5-26.5mm	α	1.9E-09	40-50 μm	α	1.0E-07	
		β	2.5		β	2.0	
4.7-9.5mm	α	1.2E-09	30-40 μm	α	6.6E-08		
	β	2.6		β	2.1		
2-4.7mm	α	1.3E-09	20-30 μm	α	2.9E-08		
	β	2.6		β	2.3		
砂・シルト	0.85-2mm	α	2.3E-09	10-20 μm	α	7.8E-06	
		β	2.6		β	1.4	
	0.43-0.85mm	α	1.6E-09	5-10 μm	α	6.7E-06	
		β	2.7		β	1.5	
	0.25-0.43mm	α	1.2E-09	1-5 μm	α	7.2E-06	
		β	2.7		β	1.7	

- ・ 各給砂地点（沙流川、額平川、宿主別川、貫気別川）への土砂の配分は図-2.24 のように設定した。

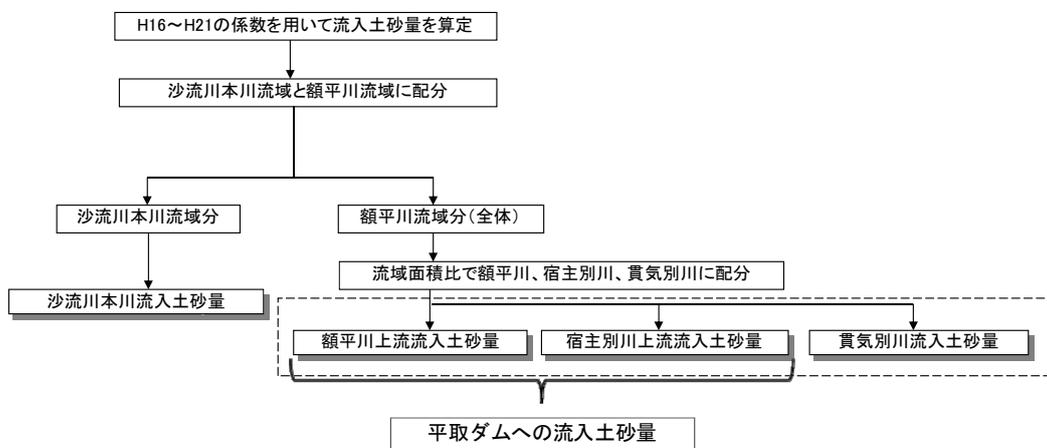


図-2.24 土砂の配分

(3) 予測計算における境界条件（点検）

1) 平取ダム運用条件

- ゲートの配置は図-2.25 のとおり設定した。

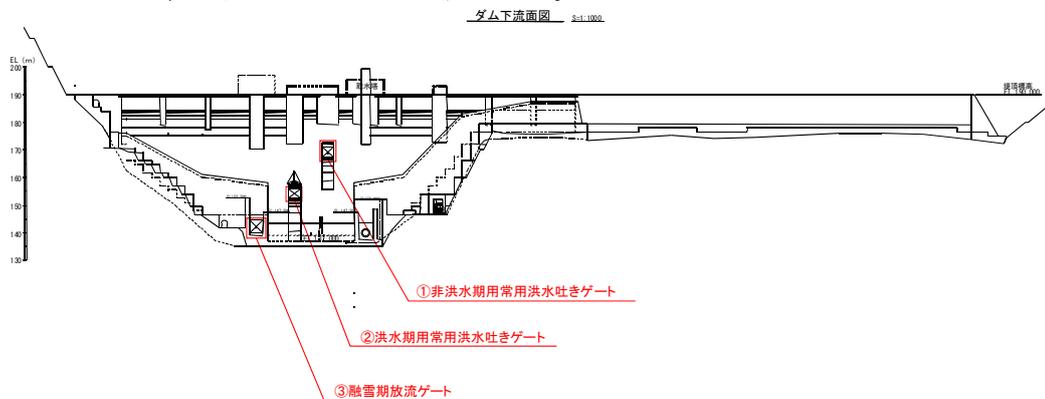


図-2.25 平取ダムゲート位置図

2) 上流端の境界条件

- 計算の上流端（額平川 KP9/33、宿主別川 KP3/6）から流域面積比で流量及び給砂を行う。

※計算の上流端については貯水池よりも上流で、河床が安定している湛水の影響を受けない場所を選定した。（表-2.6 参照）

表-2.6 境界条件

上流端	断面(KP9/33)を使用	断面(KP3/6)を使用
縦断勾配	1/148 (KP9/33付近の平均的な勾配)	1/111 (KP3/6付近の平均的な勾配)

3) 平取ダム地点の運用条件

- 平取ダムにおいて想定している貯水位及び各期間のゲート運用を条件として与えた（図-2.26 参照）。
- 流水型期間については融雪により流量が豊富であり、利水補給に影響がなく、洪水期においても利水容量が確保できることから4月から6月下旬まで運用する。

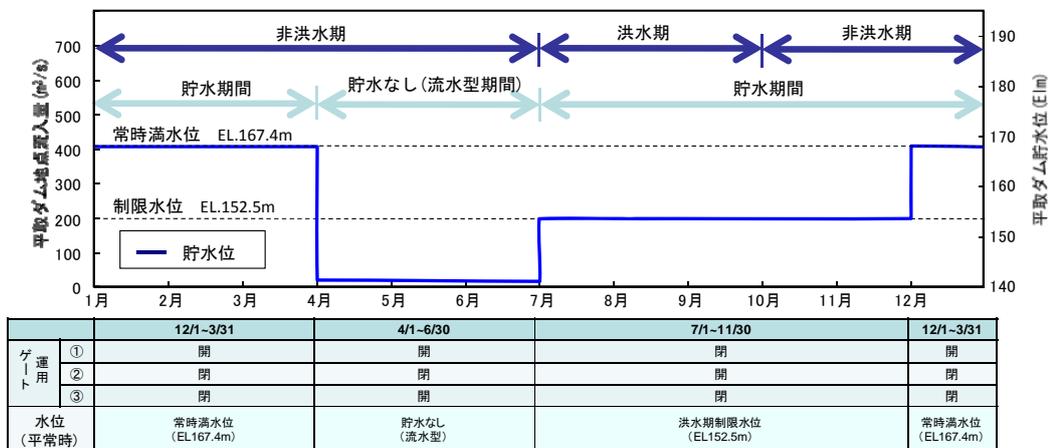


図-2.26 運用条件

2.7 平取ダム予測計算結果

(1) 平取ダムの堆砂形状・堆砂量予測計算の結果（点検）

1) 予測計算結果

- 100年後の予測計算を行い、河床高を算出した（図-2.27）。

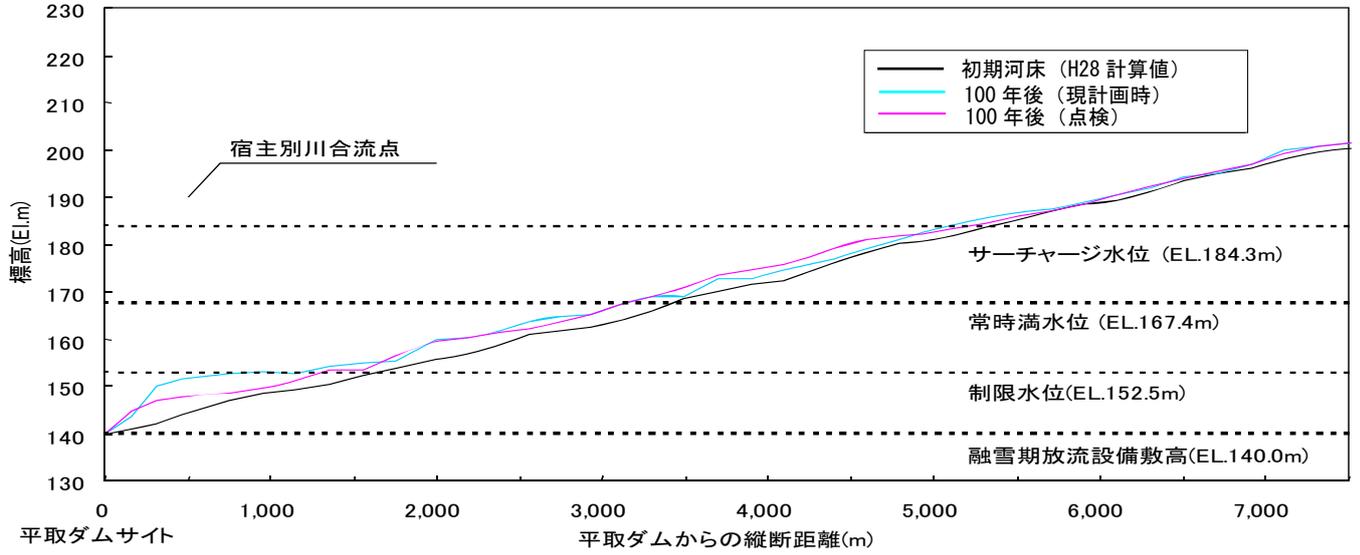


図-2.27 予測計算結果

(2) 平取ダムの堆砂量

1) 堆砂容量の算出

- ・ 図-2.27 の予測計算結果から標高ごとにスライス（区間分け）し、上下のスライス面積の平均値に上下スライス間の標高差を乗じ、上下スライス間の容量を求めその総和を算出して、120 万 m^3 であった。

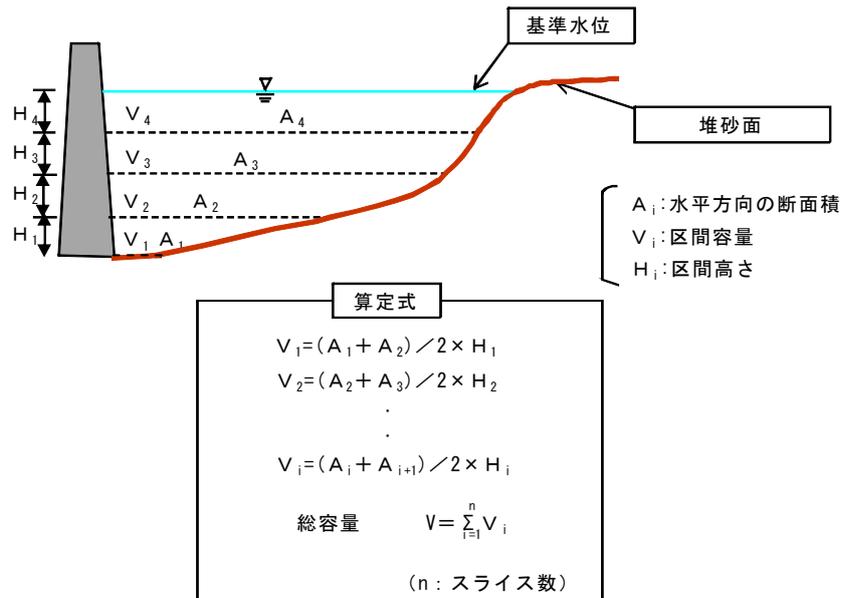


図-2.28 平面スライス法

(3) 点検結果及び評価

- ・ 平成 22 年までの二風谷ダムの堆砂形状、堆砂量等の土砂に係わるデータ、流量等の水文データを使用し、平取ダムの堆砂形状、堆砂量を予測した結果、現計画堆砂容量 130 万 m^3 を上回らないことを確認した。

(4) 平取ダム年間流入・流出土砂量(点検)

1) 平取ダム年間流入・流出土砂量及び構成比率

- 平取ダム湛水開始後 100 年間の予測計算結果の年間流入・流出土砂量及び構成比率を図-2.29 に示す。

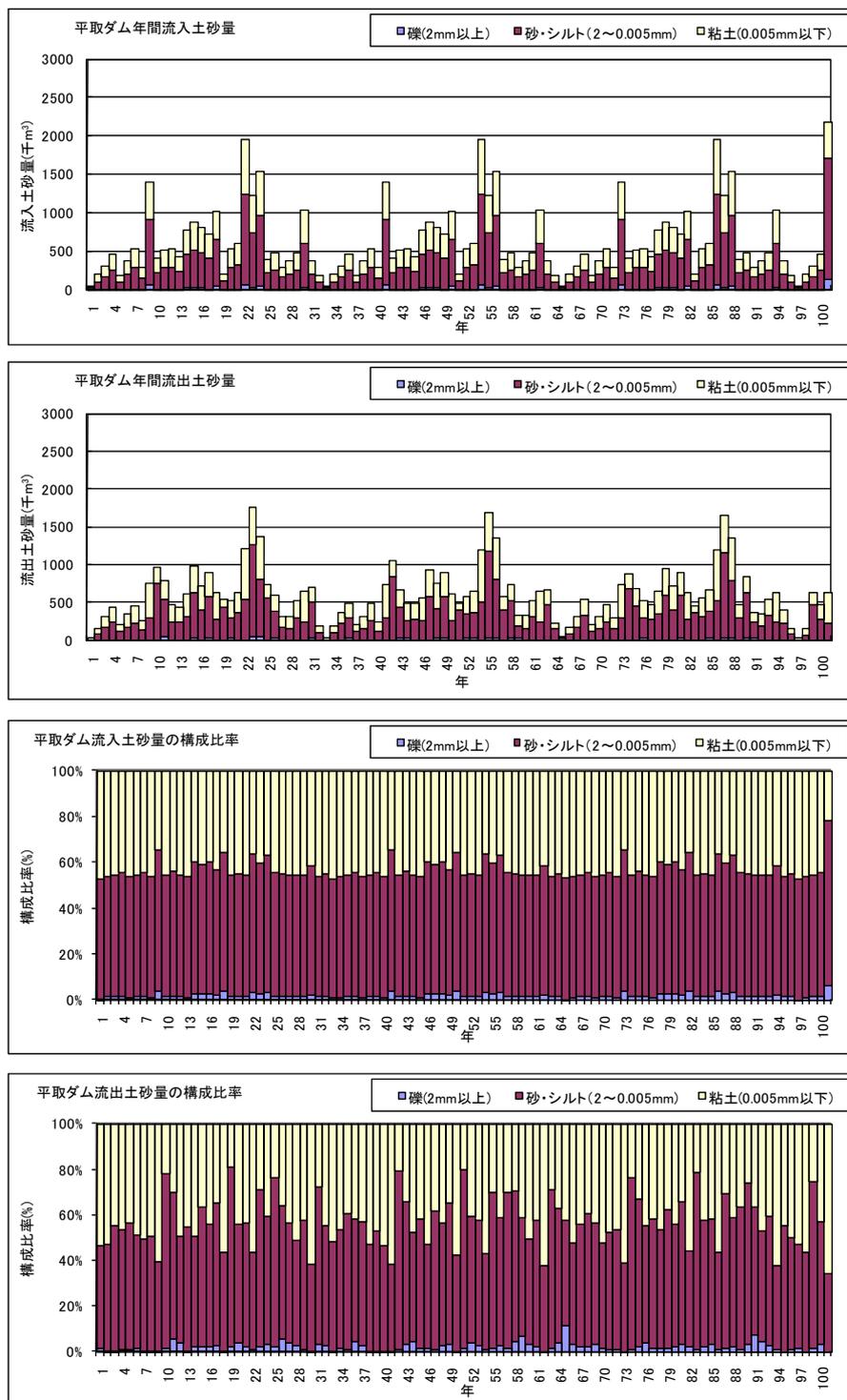


図-2.29 平取ダム年間流入・流出土砂量及び構成比率(点検)

2) 融雪期放流設備開放期間における平取ダム流入・流出土砂量及び構成比率(点検)

- 1)のうち、融雪期放流設備開放期間における平取ダム流入・流出土砂量及び構成比率を図-2.30 に示す。

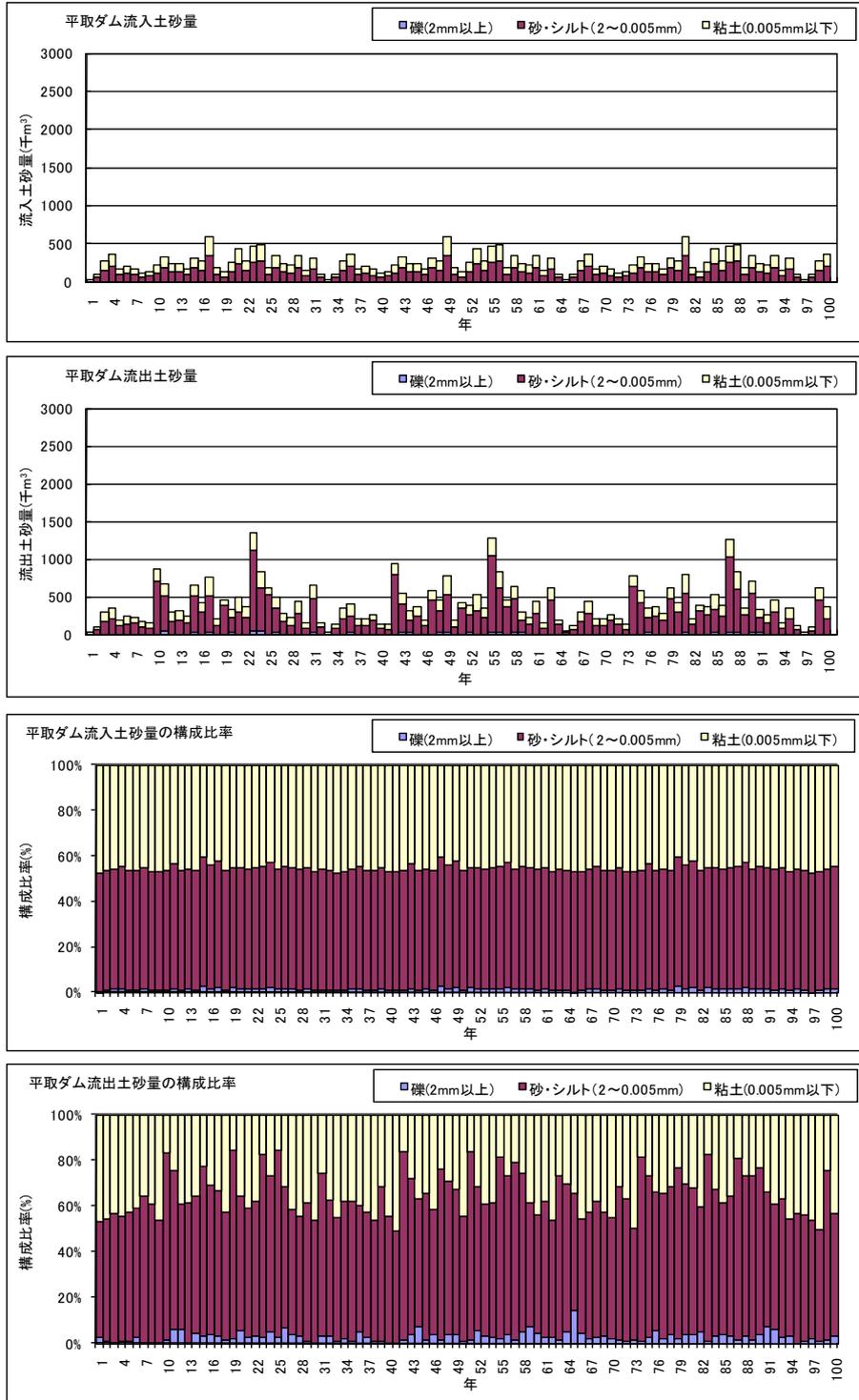


図-2.30 融雪期放流設備開放期間における平取ダム流入・流出土砂量及び構成比率(点検)

【参考資料】

1. 二風谷ダムの堆砂状況

(1) 二風谷ダムの計画堆砂容量

- 二風谷ダムの計画堆砂量は14,300千 m^3 であり、さらに川底にダム建設時の骨材採取等による川底の窪地約4,800千 m^3 の窪地が存在する。(図-1.1、写真-1.1参照)

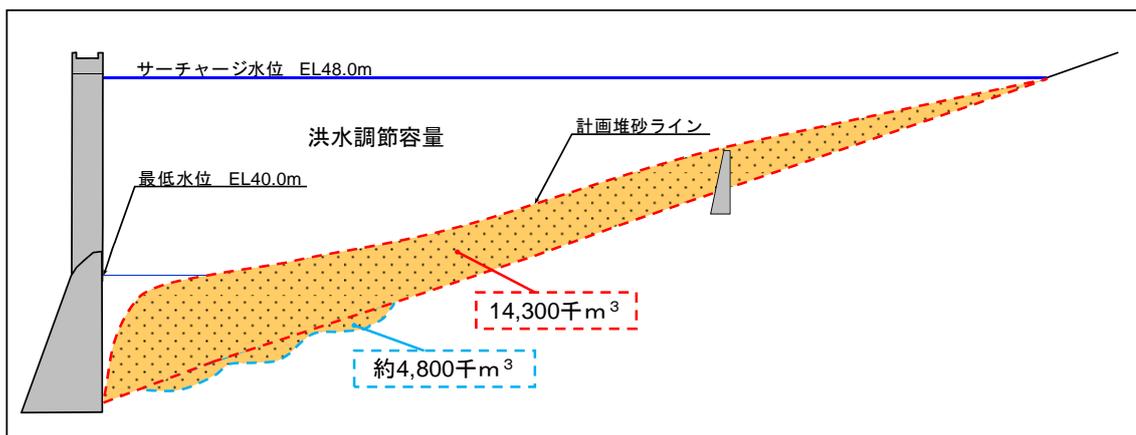


図-1.1 二風谷ダムの容量配分のイメージ



※北海道地方ダム等管理フォローアップ委員会（第26回）資料より

写真-1.1 窪地の状況

(2) 二風谷ダムにおける土砂流下の仕組みについて

- 二風谷ダムのオリフィスゲートは下流の河床とほぼ同じ低い位置に設置しており、年間約 1/3 は このゲートから放流していることから、土砂が通過しやすい構造となっている。(図-1.2、図-1.3 参照)



図-1.2 二風谷ダムゲートの位置と運用

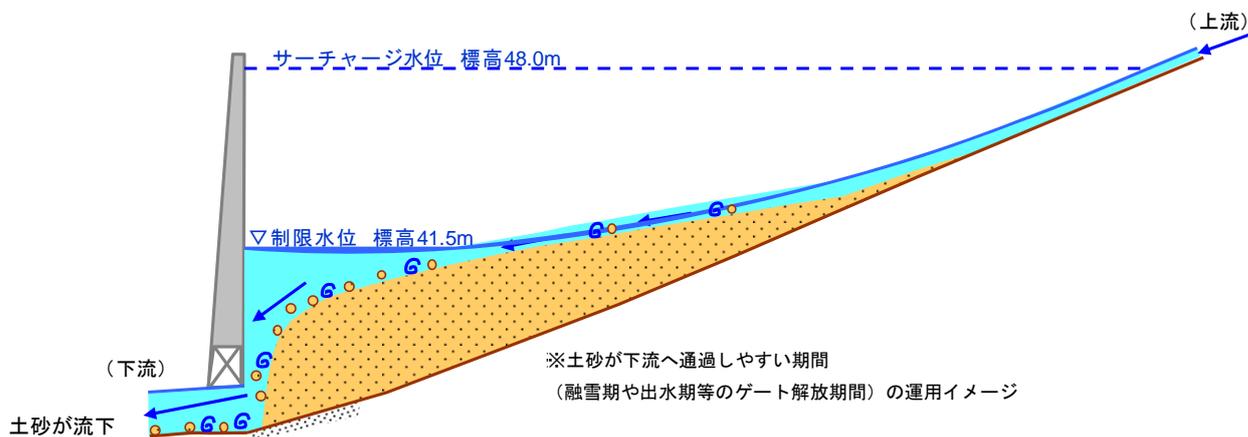
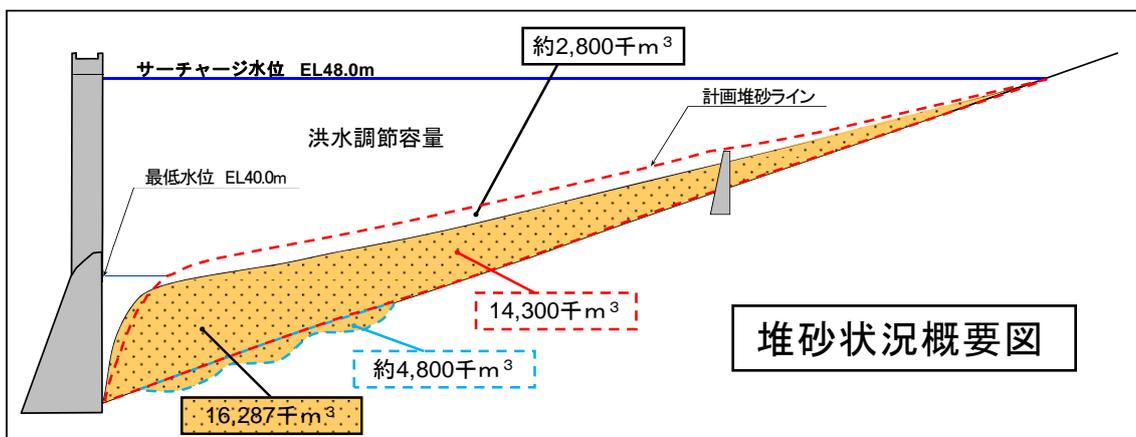
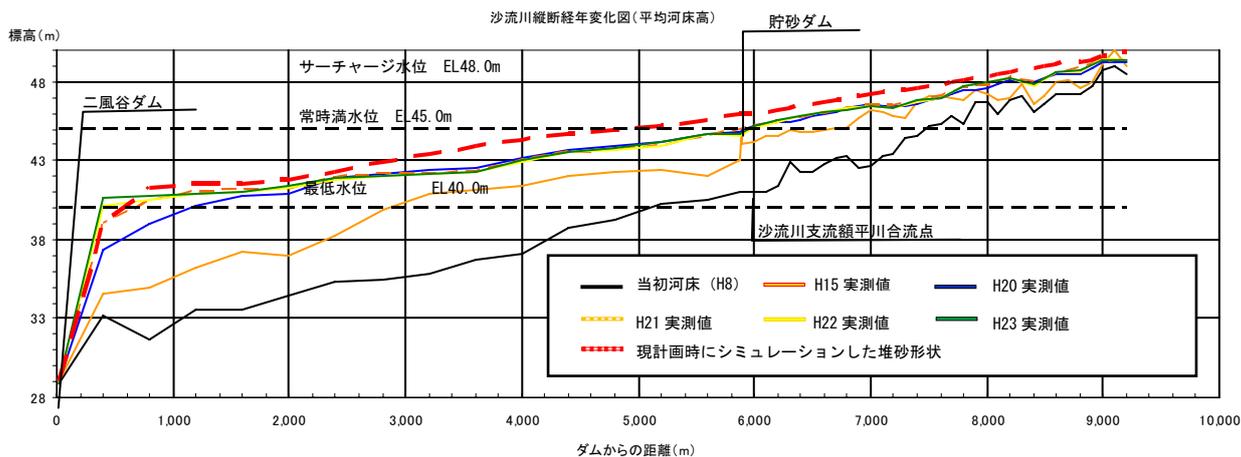


図-1.3 二風谷ダム土砂通過のイメージ

(3) 二風谷ダムの堆砂状況

1) 平均河床高の変化 (図-1.4 参照)

- 平成 15 年以降の堆砂形状は、現計画時にシミュレーションした堆砂形状に近づきつつある。
- 現時点において洪水調節容量、利水容量は確保されている。
- 平成 23 年度末では計画堆砂量まで約 2,800 千 m³ の余裕がある。



現計画時の堆砂形状内の容量 (A)
 $14,300 \text{ 千 m}^3$ (計画堆砂量) + 約 $4,800 \text{ 千 m}^3$ (川底の窪地) = $19,100 \text{ 千 m}^3$

現計画時の堆砂形状に対する H23 までの堆砂量 (B)
 $B = 16,287 \text{ 千 m}^3$

空き堆砂容量 (C)
 $C = A - B = 19,100 \text{ 千 m}^3 - 16,287 \text{ 千 m}^3 = 2,813 \text{ 千 m}^3$

※北海道地方ダム等管理フォローアップ委員会 (第 26 回) 資料を時点修正及び追記した。

図-1.4 二風谷ダム平均河床の変化

2) 二風谷ダム堆砂量の経年変化

- 二風谷ダムの堆砂形状内の容量（川底の窪地を含む）は、19,100 千 m³ であり、平成 23 年度までの堆砂量※は約 16,300 千 m³ である。（図-1.5 参照）

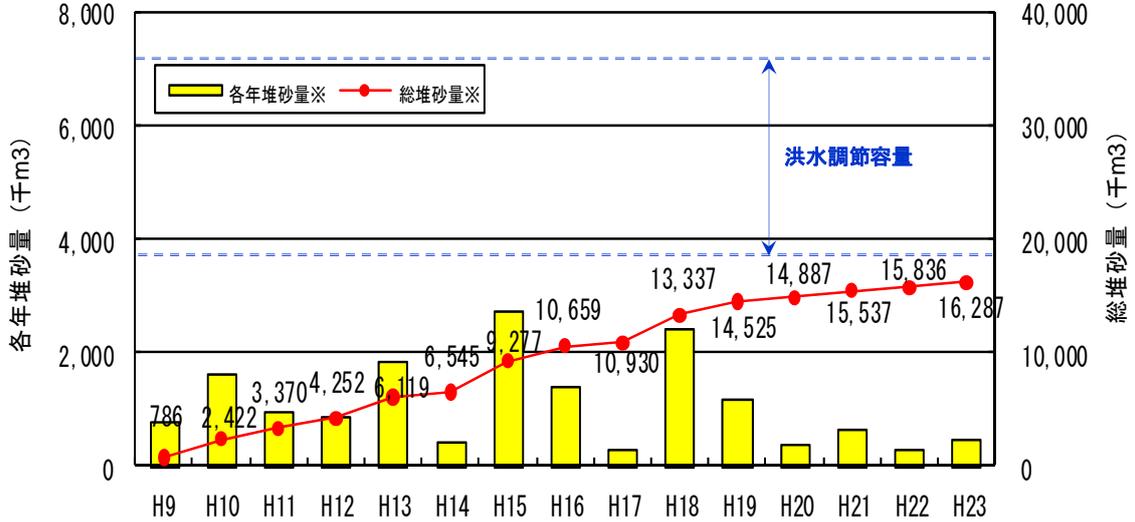


図-1.5 二風谷ダム堆砂量の経年変化

- 二風谷ダムの水位運用は、基本計画を変更する平成 19 年度より前は洪水期に利水容量を確保するため制限水位を 42.5m として運用していたが、現在は現計画に基づき 41.5m として運用しており、掃流力が増している。加えて、ダム湖内の河床勾配が安定してきており、堆砂しにくくなっている。（図-1.6 参照）

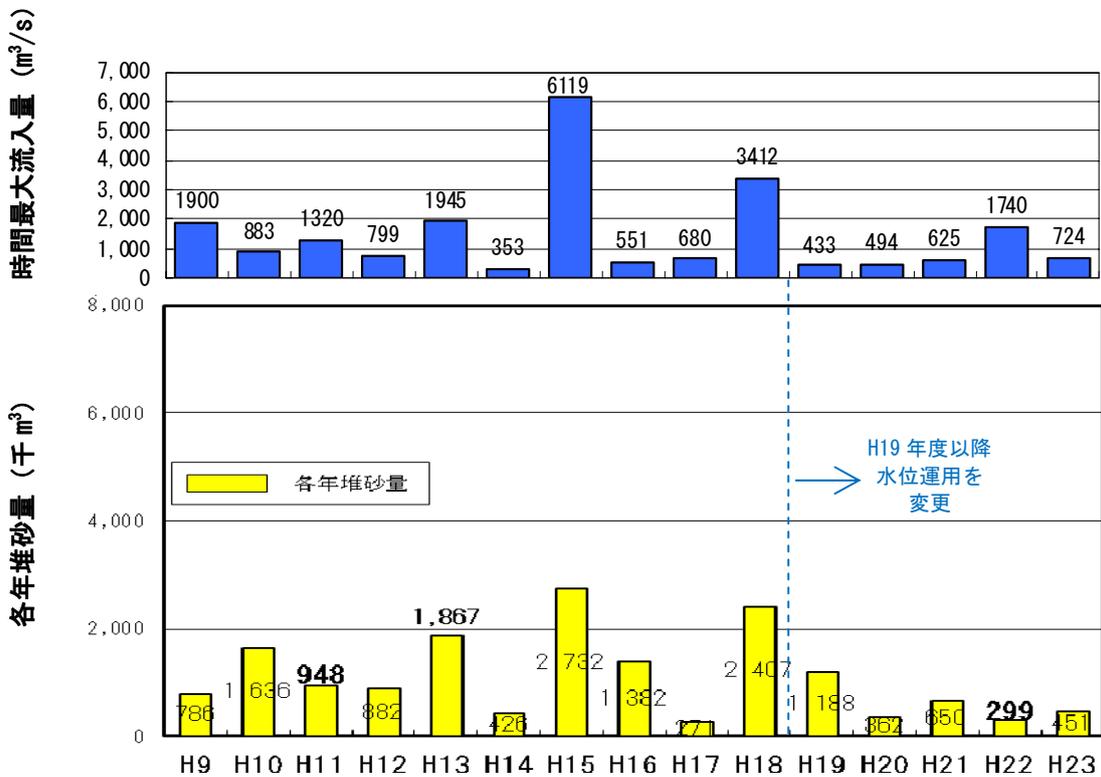


図-1.6 時間最大流入量と堆砂量の関係

3) 二風谷ダム堆砂量の今後の傾向

- 二風谷ダム予測計算結果を図-1.7 に示す。

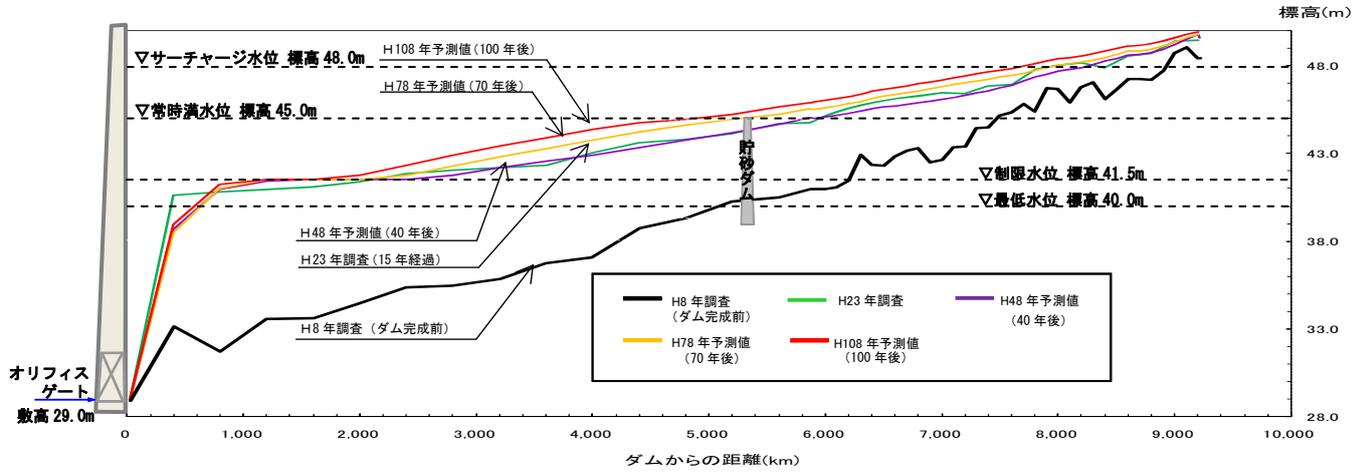


図-1.7 二風谷ダム堆砂将来予測計算結果（平均河床高）

- なお、平取ダム完成後においては洪水期の制限水位をさらに低い運用とする予定であり、さらに土砂が通過しやすい状況になる。（図-1.8、図-1.9 参照）

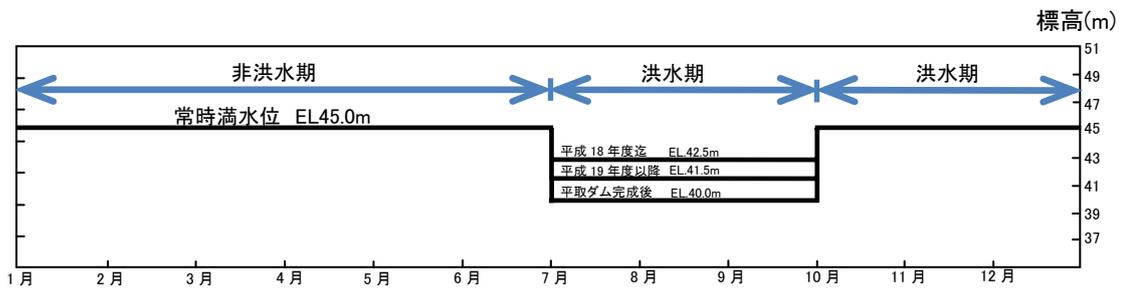


図-1.8 二風谷ダムの運用

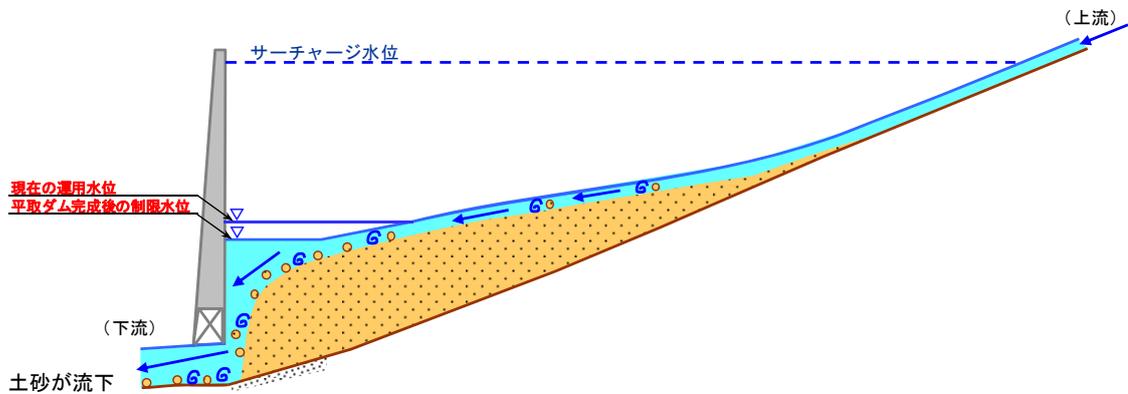


図-1.9 平取ダム完成後の二風谷ダム土砂通過のイメージ