

平成23年6月9日
北海道開発局

現計画の決定根拠等
【参考資料2】
（平取ダム）

■ 計算に使用したデータ



流量観測地点一覧

・ 流量、水位、流入量、放流量

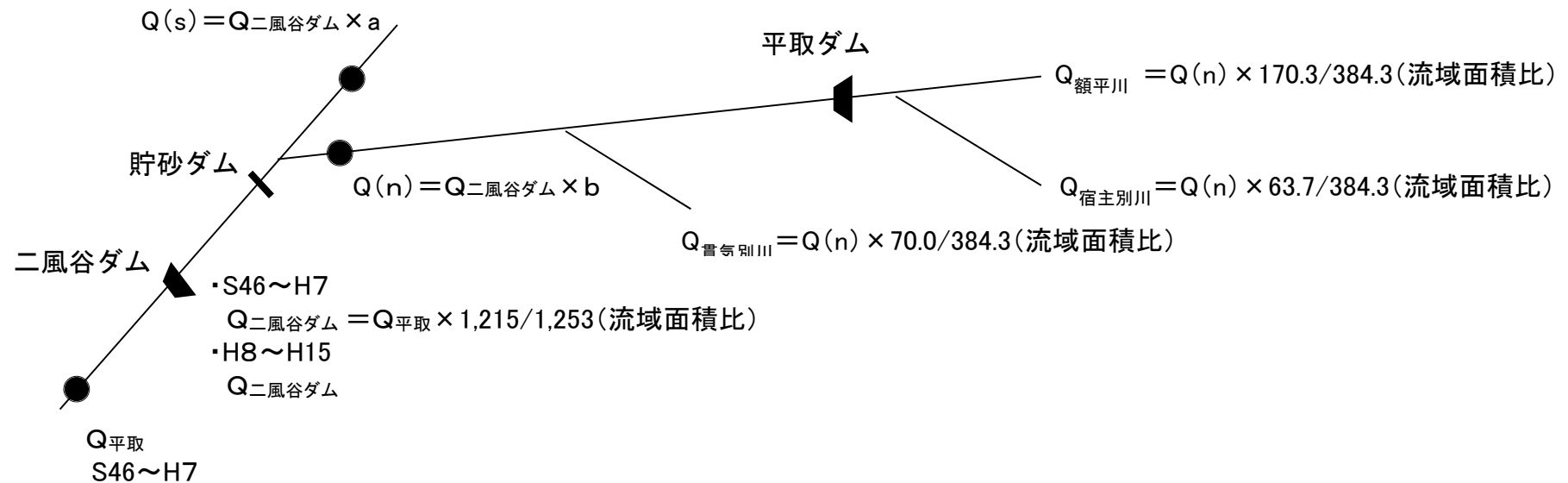
観測地点	項目	↓二風谷ダム湛水開始		
		S46～H7	H8～H12	H13～H15
●平取	流量	○	—	—
●二風谷ダム	水位	—	○	○
	流入量	—	○	○
	放流量	—	○	○
●幌毛志	流量	—	○	—
●貫気別	流量	—	○	—

・ 二風谷ダム堆砂測量 (H8～H15)

・ 額平川横断測量 (H12～H14)

・ 二風谷ダム堆積土砂粒度データ (H9～H15)

沙流川本川と額平川の流量は、次頁の考え方に基づく配分比率で算出。
 なお、S46～H7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。
 H8からの二風谷ダム流入量は二風谷ダムが完成しており、二風谷ダム流入量の観測値を使用。
 額平川における各地点の流量は額平川の流量より流域面積比で算出。



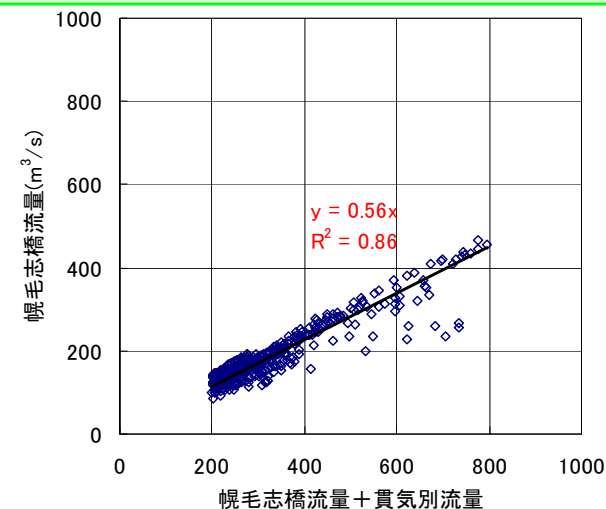
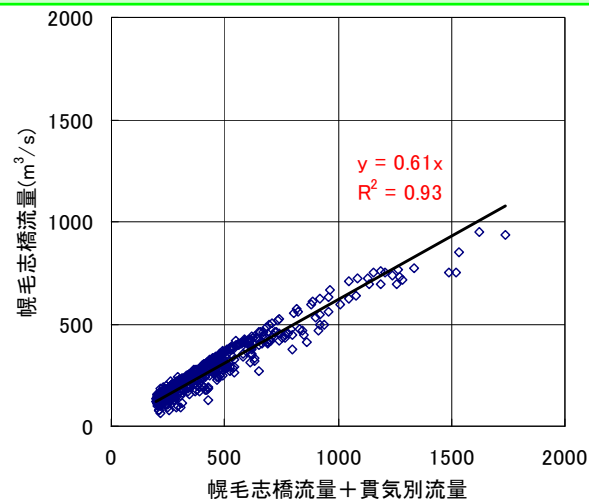
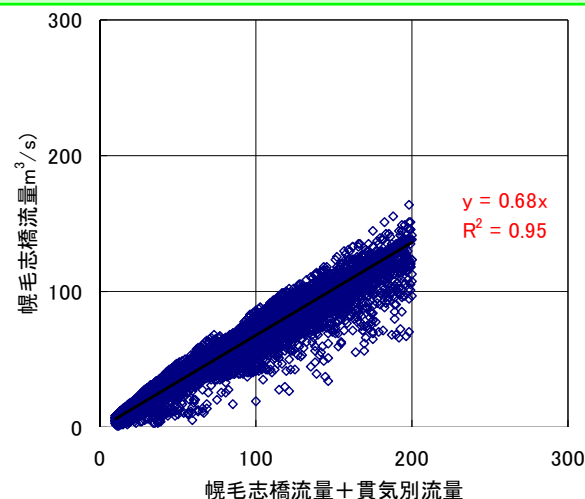
流量の配分の概要（予測計算）

	a	b
$Q < 200\text{m}^3/\text{s}$	0.68	0.32
$Q \geq 200\text{m}^3/\text{s}$		
融雪期	0.56	0.44
融雪期以外	0.61	0.39

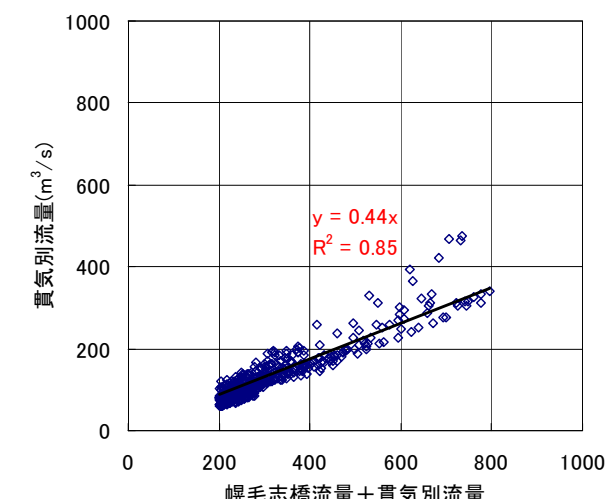
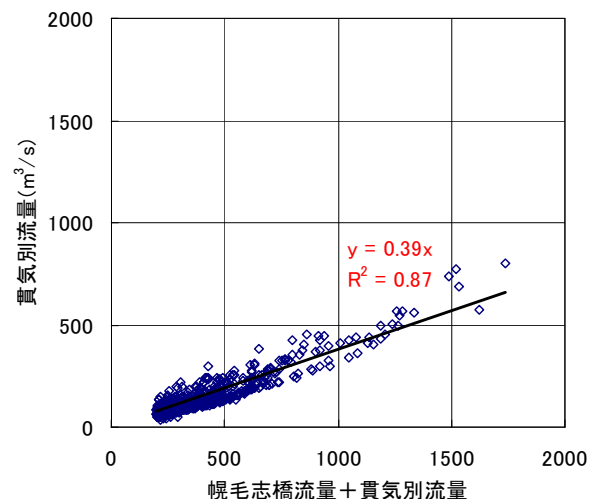
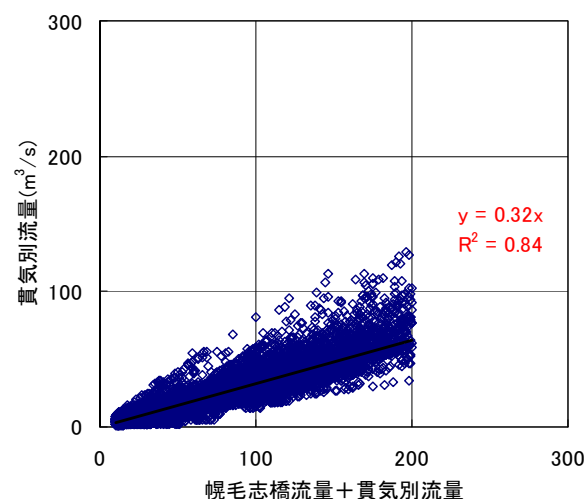
※Q : 二風谷ダム流入量
 a・b : 次頁から求めた係数

沙流川本川及び額平川の流量は、H8～H12の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二風谷ダムの流入量に乗じて算出。

a



b



流量和200m³/s以下

流量和200m³/s以上、非融雪出水
(6/16～翌年3/15)
流量相関図

流量和200m³/s以上、融雪出水
(3/16～6/15)

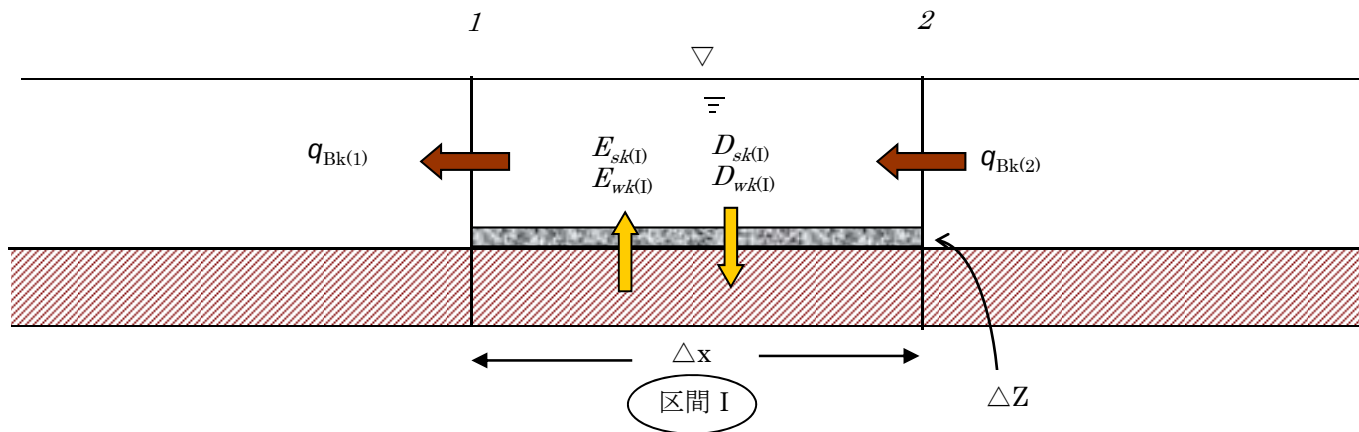
二風谷ダム、平取ダムの堆砂計算には、侵食や堆積を受けて河床の高さが変動することを表現する一次元河床変動計算を用いた。この一次元河床変動計算は、流れの計算、流砂量の計算、河床高の計算から構成されてる。

$$\underbrace{\frac{\partial Z}{\partial t}}_{\text{単位時間の河床変動量}} + \frac{1}{B} \left[\underbrace{\sum_{k=1}^{Nb} \left(\frac{B_s}{1-\lambda_s} \frac{\partial q_{Bk}}{\partial x} + \frac{B_s(E_{sk} - D_{sk})}{1-\lambda_s} \right)}_{\text{掃流砂による河床変動分}} + \underbrace{\sum_{k=Nb+1}^{Nd} \frac{B_s(E_{wk} - D_{wk})}{1-\lambda_w}}_{\text{浮遊砂による河床変動分}} + \underbrace{\sum_{k=Nb+1}^{Nd} \frac{B_s(E_{wk} - D_{wk})}{1-\lambda_w}}_{\text{ウォッシュロードによる河床変動分}} \right] = 0$$

注) Z : 河床高 (EL.m) B_s : 流砂幅 q_{Bk} : 粒径別単位幅流砂量 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_s : 掃流砂・浮遊砂の空隙率 (0.4)
 λ_w : ウォッシュロードの空隙率 (0.7) 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階の番号

*) 河床変動の基本的な考え方

河床変動は、下図に示すように、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。



河床変動計算の概要

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。初期河床は平成8年の測量結果とし、平成8年から平成15年を計算期間とした。

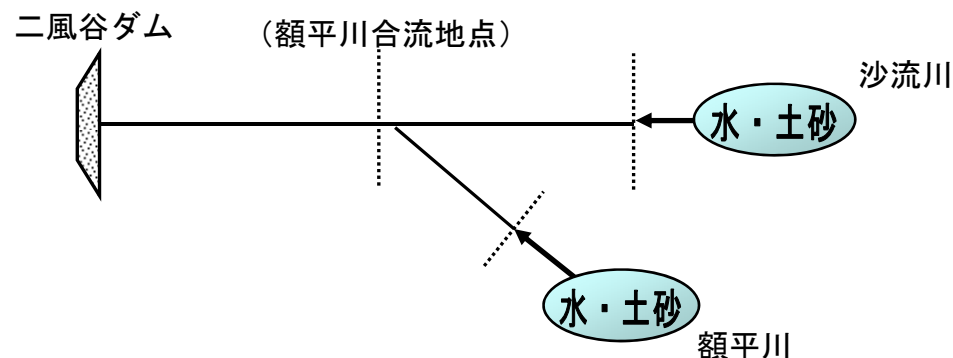
■二風谷ダム再現計算範囲

■初期条件

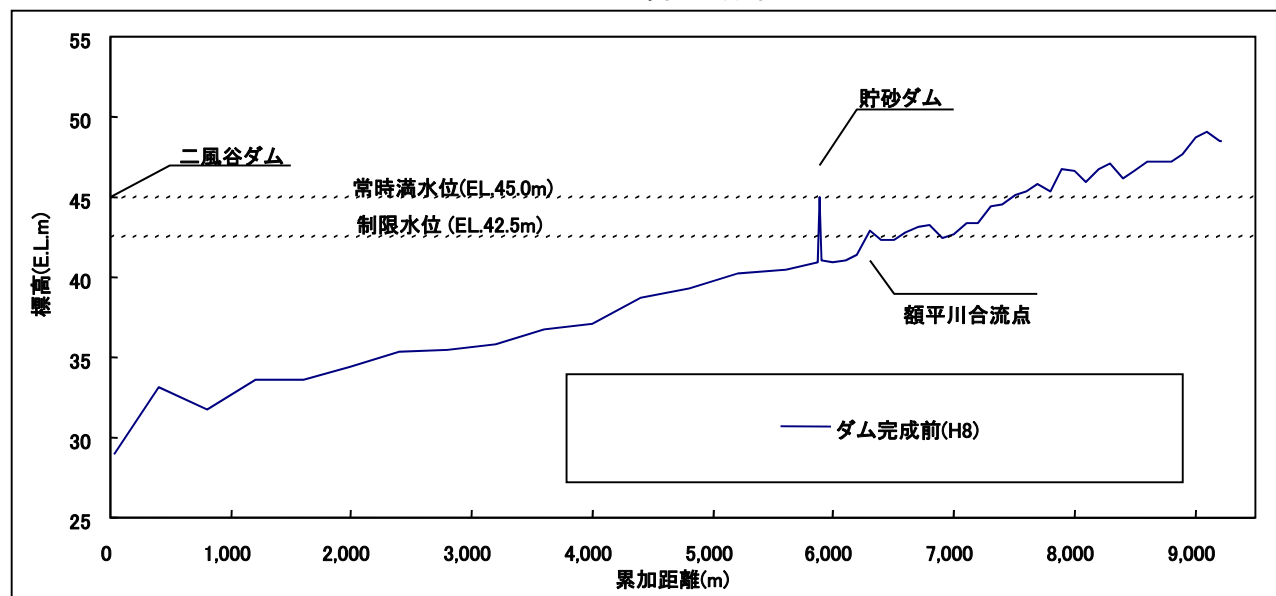
初期河床は平成8年の測量結果

■計算期間

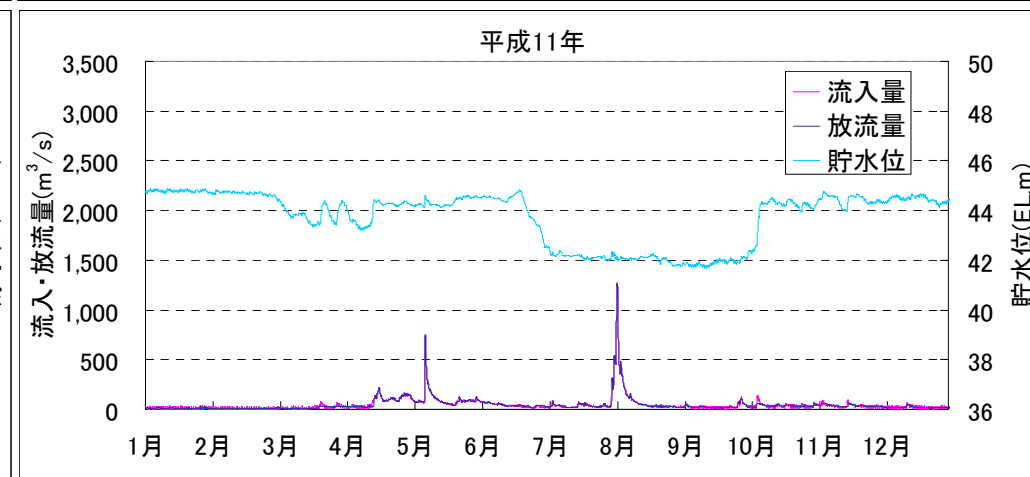
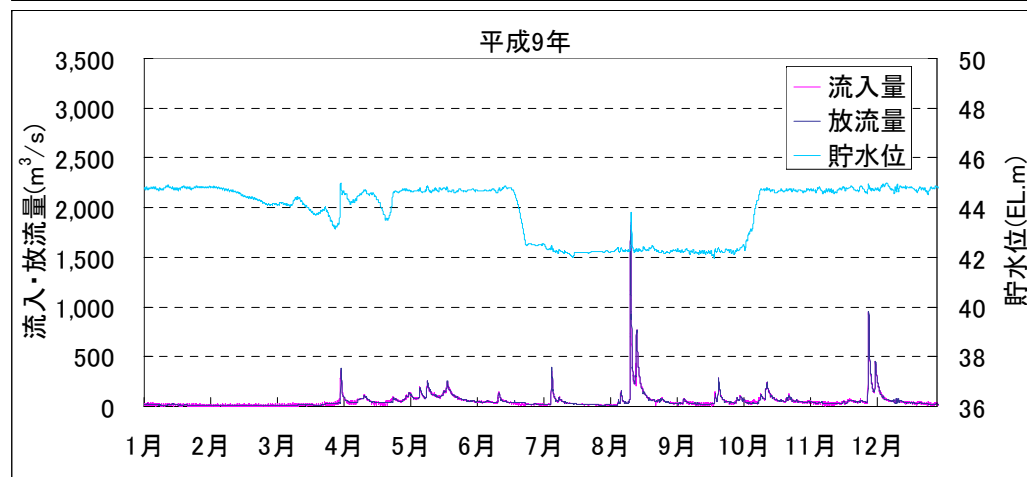
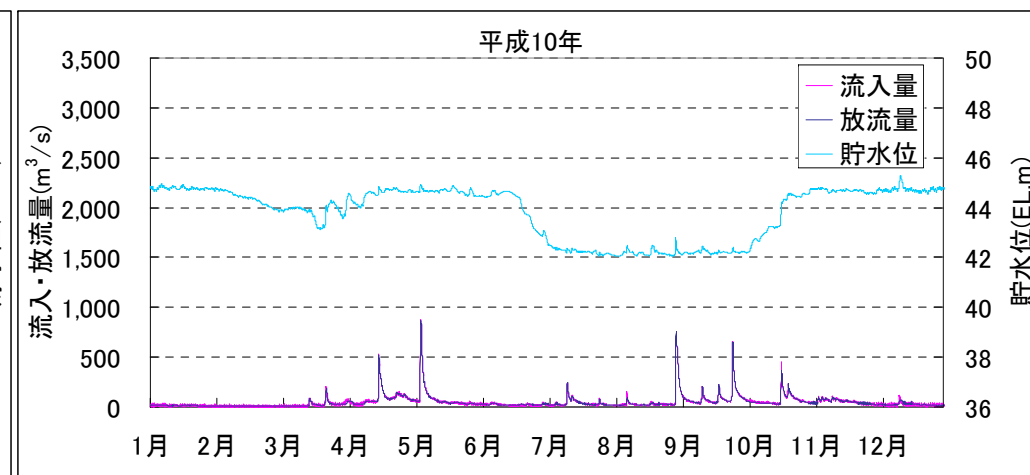
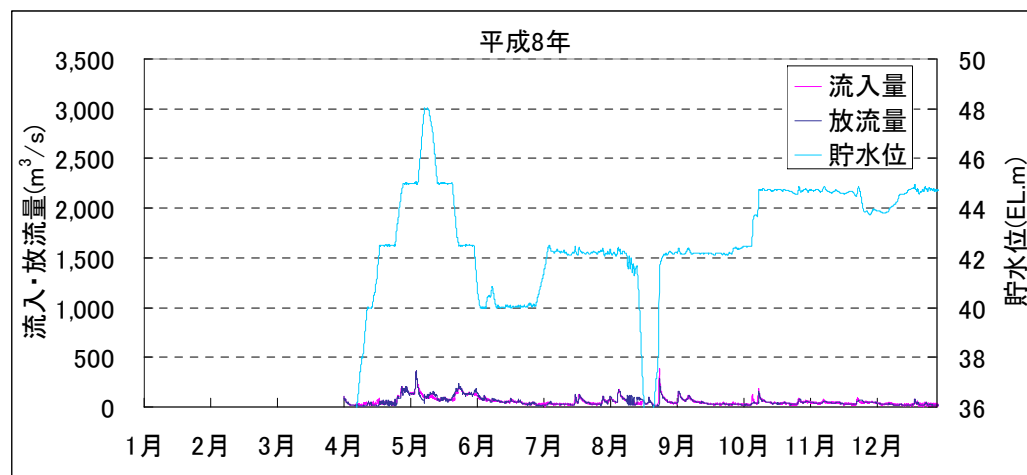
平成8年～平成15年

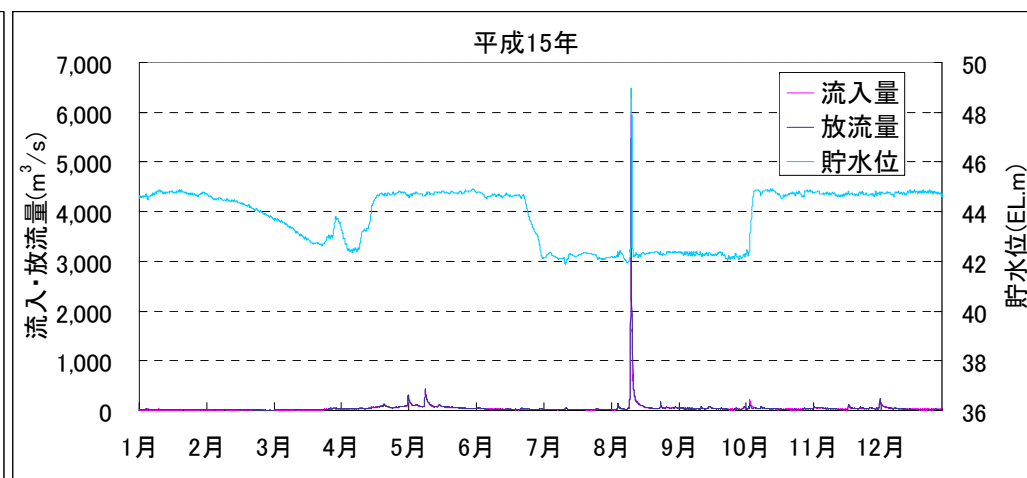
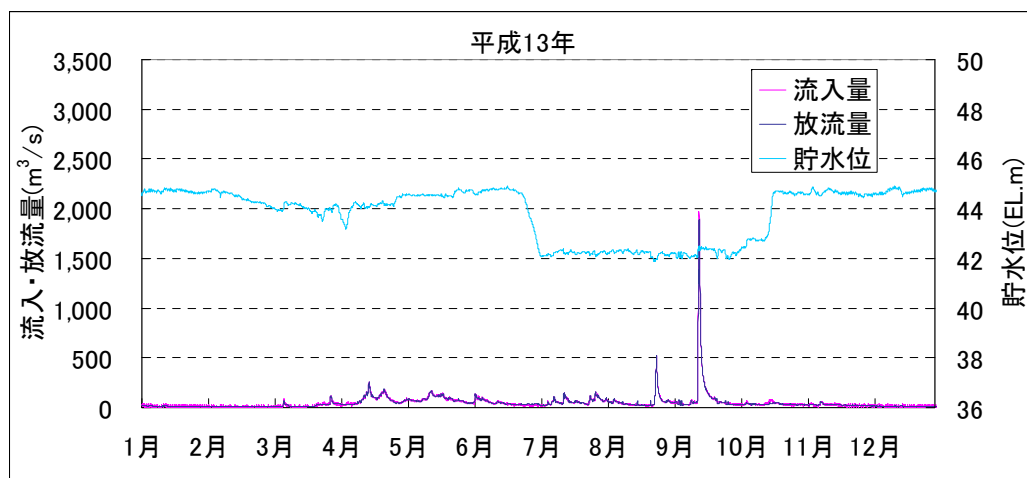
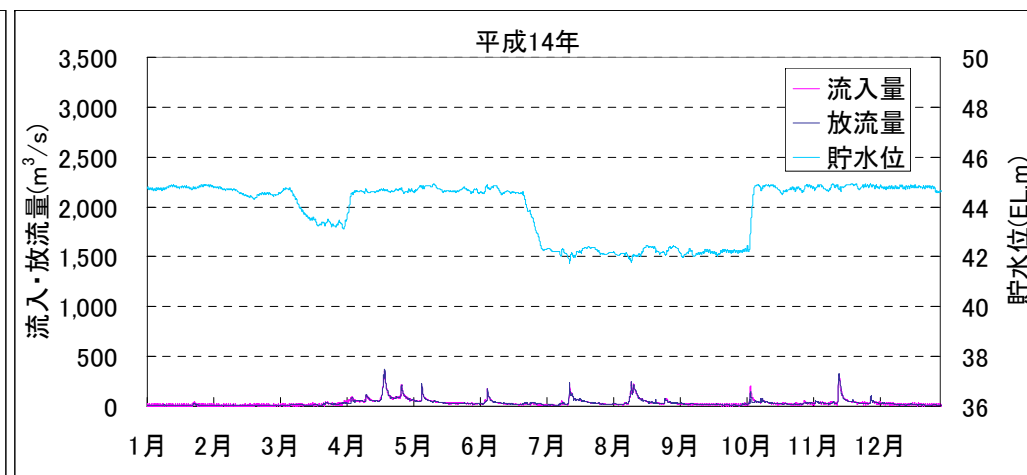
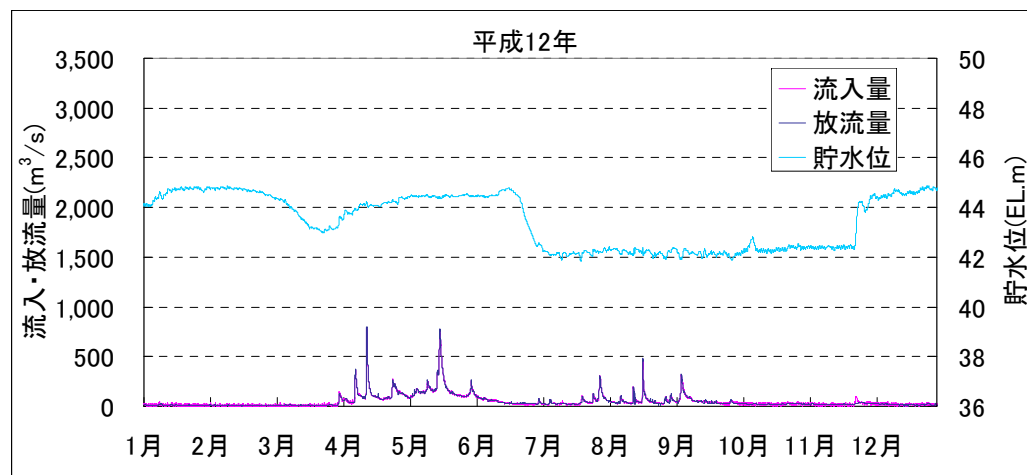


二風谷ダム再現計算の概要図



沙流川縦断面図 (H8 実測値)





二風谷ダムでは堆砂量や堆砂の粒度データが揃っており、堆砂量を粒径別に分けることが可能で、堆砂の再現や検証が出来る状況にあった。このため、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。

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

■流砂量は下記の式にて流量の関数で表す。

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

■ Q_c （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 Q_c を最適解とした。

■一定期間内に貯水池に堆積した土砂は式①の補足率との関係から下記の式より求まる。

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

$$\varepsilon_j = \sum_{i=1}^N |[Vso_j]_i - [Vs_j]_i| \quad \text{④}$$

γ_{jk} : ある出水 k における粒径 j の捕捉率
 ε_j : 粒径 j の誤差
 N : 同定対象年数
 n_i : ある年 i における足切り流量以上の出水回数

■ 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。

前頁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。

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

ここに Q_{sj} : 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：土砂移動の最小流量

なお、H15出水が発生していることから、 α_j, β_j をH8～H14とH15のそれぞれの期間について設定した。

			H8～H14年	H15年
粗 粒 分	53-106mm	α	1.00E-08	0.00E+00
		β	1.0	1.0
	26.5-53mm	α	1.00E-08	0.00E+00
		β	1.0	1.0
	9.5-26.5mm	α	2.80E-06	5.04E-06
		β	1.0	1.0
	4.7-9.5mm	α	5.80E-06	4.14E-06
		β	1.0	1.0
	2-4.7mm	α	8.00E-06	4.44E-06
		β	1.1	1.1
	0.85-2mm	α	7.20E-06	1.16E-05
		β	1.2	1.2
	0.43-0.85mm	α	7.70E-08	4.68E-08
		β	2.1	1.8
	0.25-0.43mm	α	2.30E-06	5.94E-06
		β	1.6	1.6

			H8～H14年	H15年
細 粒 分	100-250 μm	α	4.80E-06	9.30E-06
		β	1.5	1.5
	50-100 μm	α	1.60E-08	4.65E-09
		β	2.4	2.4
	40-50 μm	α	1.30E-08	1.13E-08
		β	2.2	2.2
	30-40 μm	α	1.20E-08	8.74E-09
		β	2.3	2.3
	20-30 μm	α	1.00E-08	8.80E-09
		β	2.4	2.4
	10-20 μm	α	1.20E-08	1.59E-08
		β	2.5	2.5
	5-10 μm	α	1.40E-08	2.34E-08
		β	2.6	2.6
	1-5 μm	α	1.20E-08	1.45E-08
		β	2.8	2.8

流入土砂量の係数(現計画の再現計算)

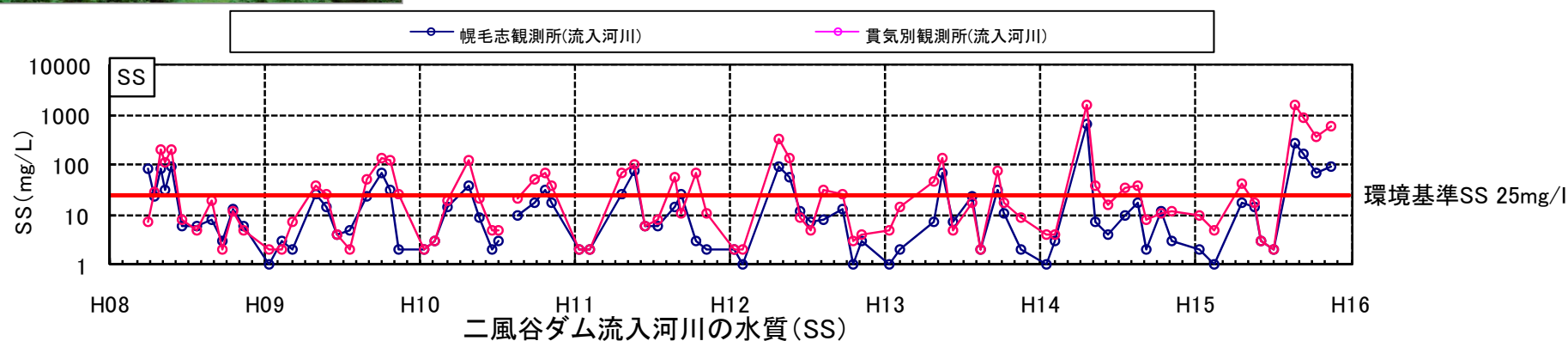
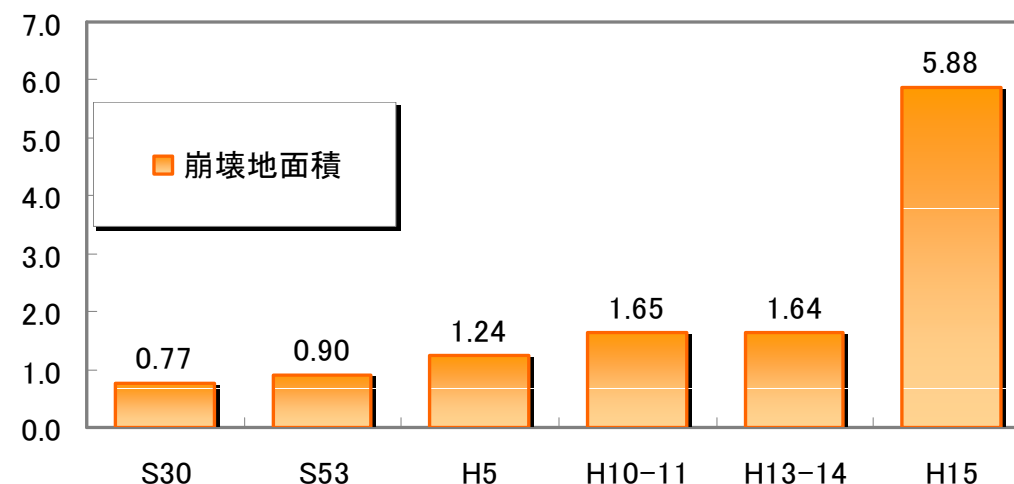
沙流川流域では、平成15年8月の観測史上最大の降雨により、多数の斜面崩壊が確認された。特に降雨量が多かった額平川流域では前年に比べ、崩壊地面積が約3.5倍と増加し、土砂の流出が増加した。

二風谷ダム流入河川におけるSSもH15年以降は高い値が継続している。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ーをH8～H14とH15で設定した。



崩壊地面積(km²)

額平川流域の崩壊地面積の変遷



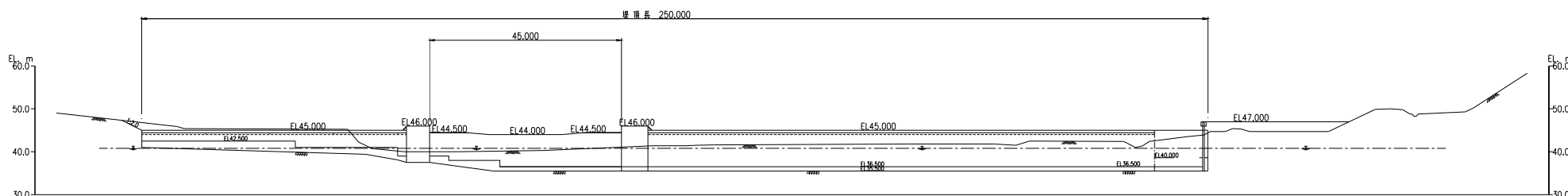
■上流端の境界条件

計算の上流端(沙流川KP2.2/9、額平川KP2/4)から給砂を行う。土砂の配分は再現性が良好となるよう、H14迄は沙流川と額平川の割合は5:5、H15は4:6とした。

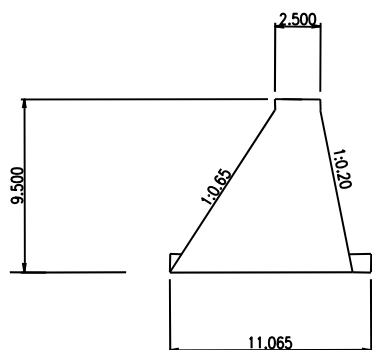
■貯砂ダム部の取り扱い

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天端高(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の河床高が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。



貯砂ダム上流断面図



貯砂ダム一般部側面図

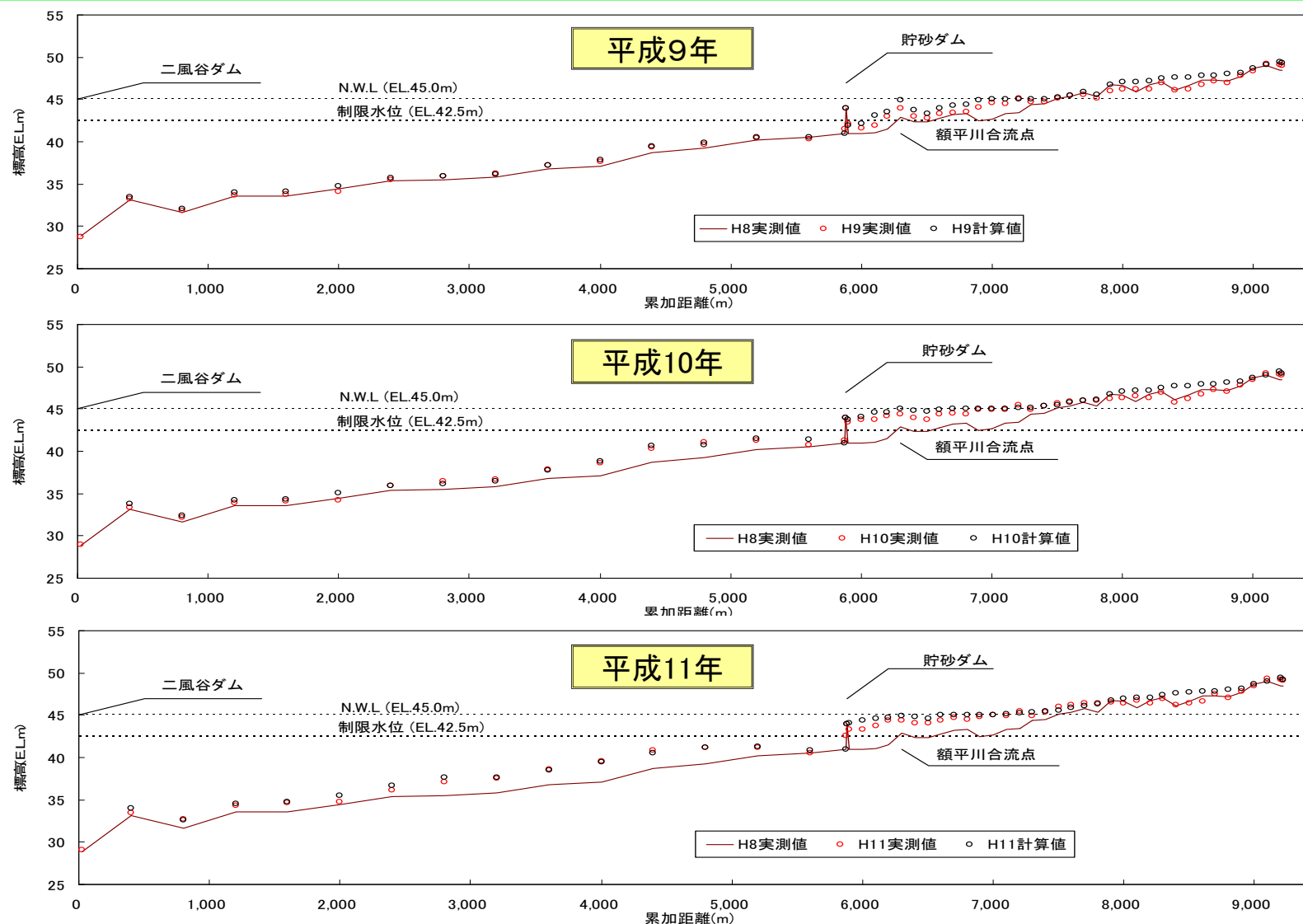


二風谷ダム貯水池平面図

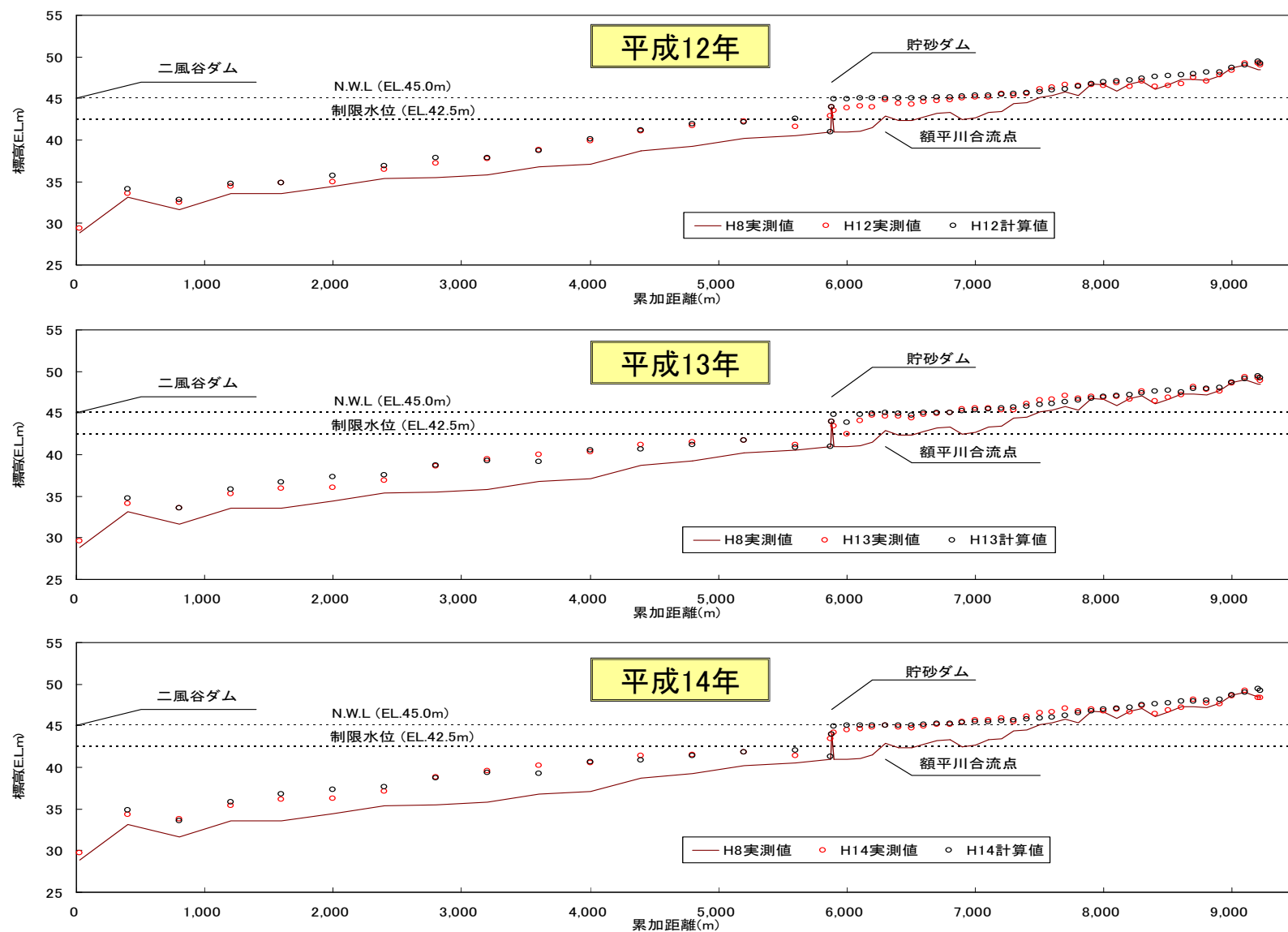
■下流端の境界条件

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。

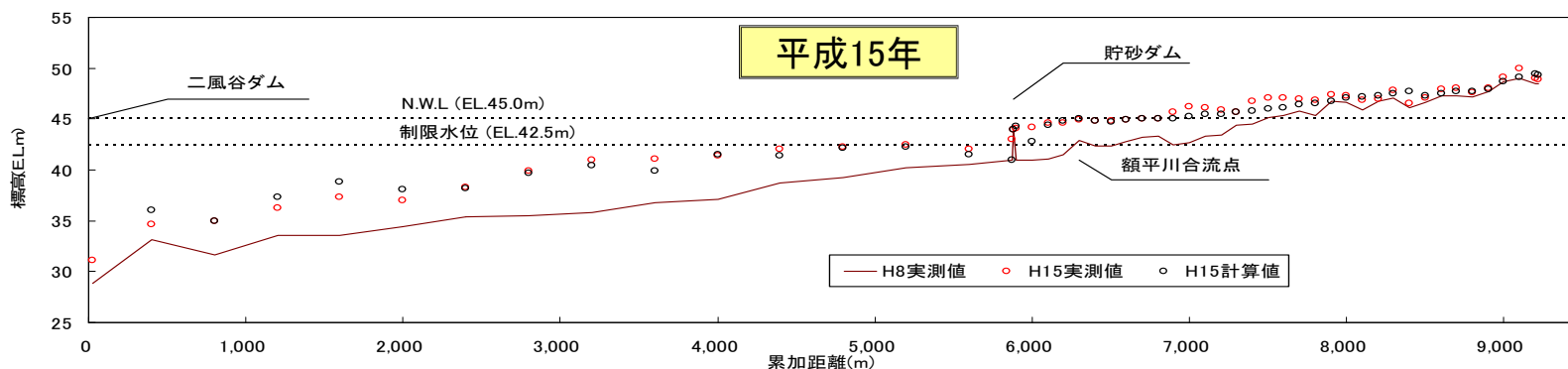
実績の堆砂形状・堆砂量(H9～H15)と計算値の堆砂形状・堆砂量が概ね一致していることを確認。



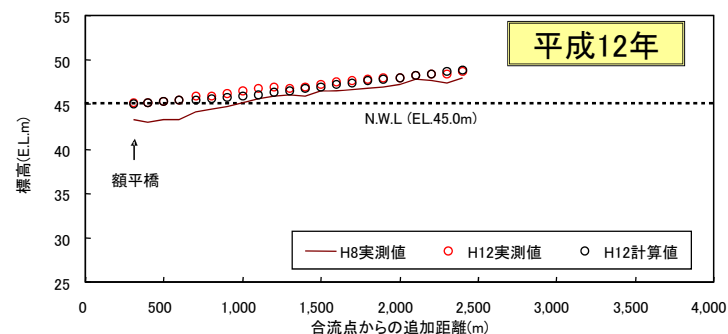
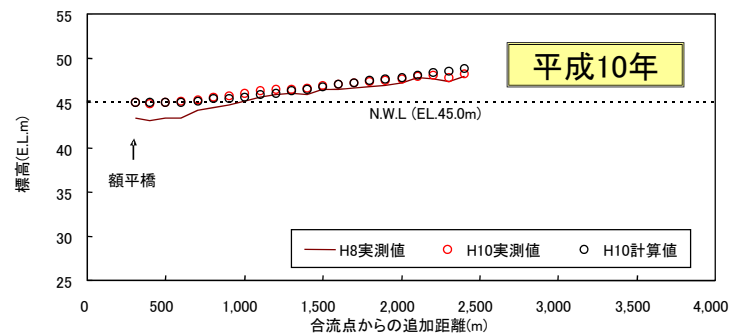
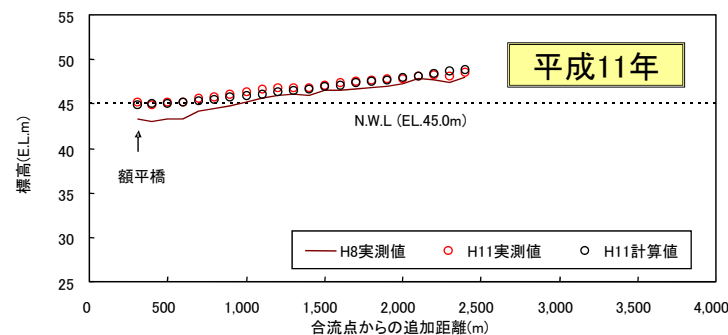
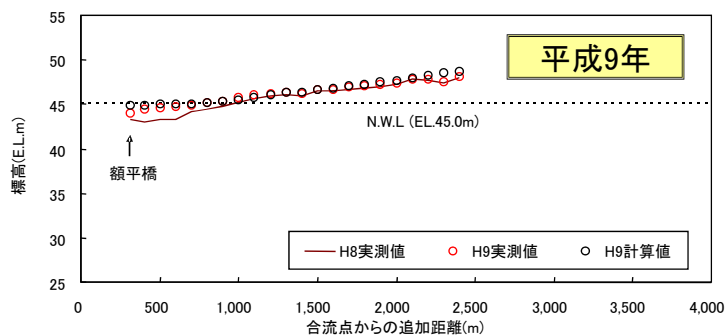
平成9年～平成11年二風谷ダム（沙流川）平均河床高（計算値と実測値の比較）



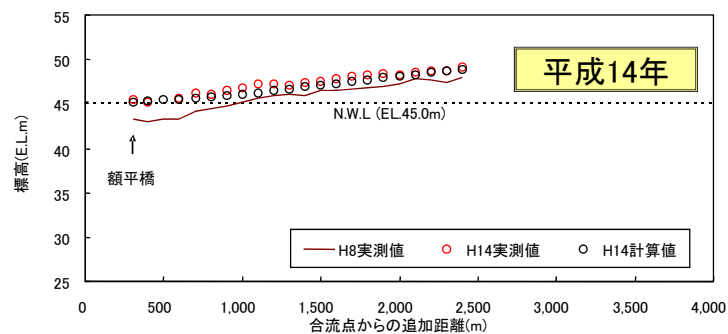
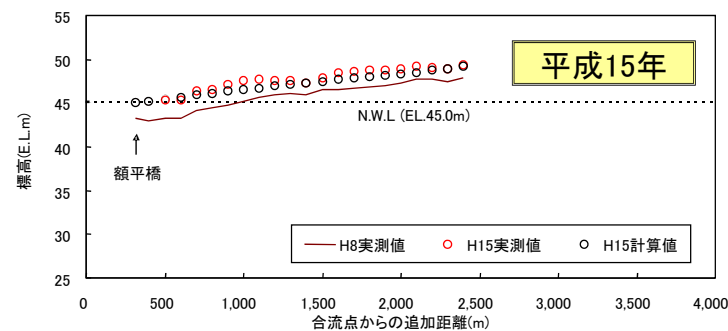
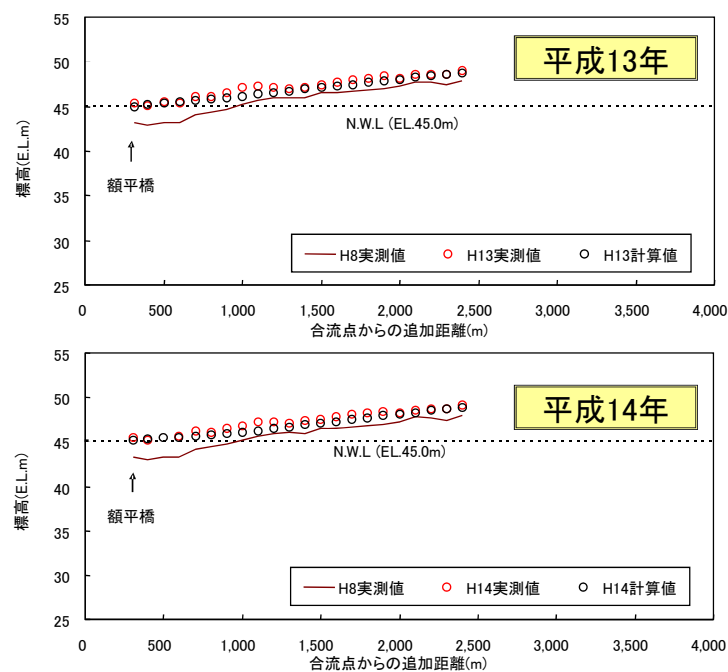
平成12年～平成14年二風谷ダム（沙流川）平均河床高（計算値と実測値の比較）



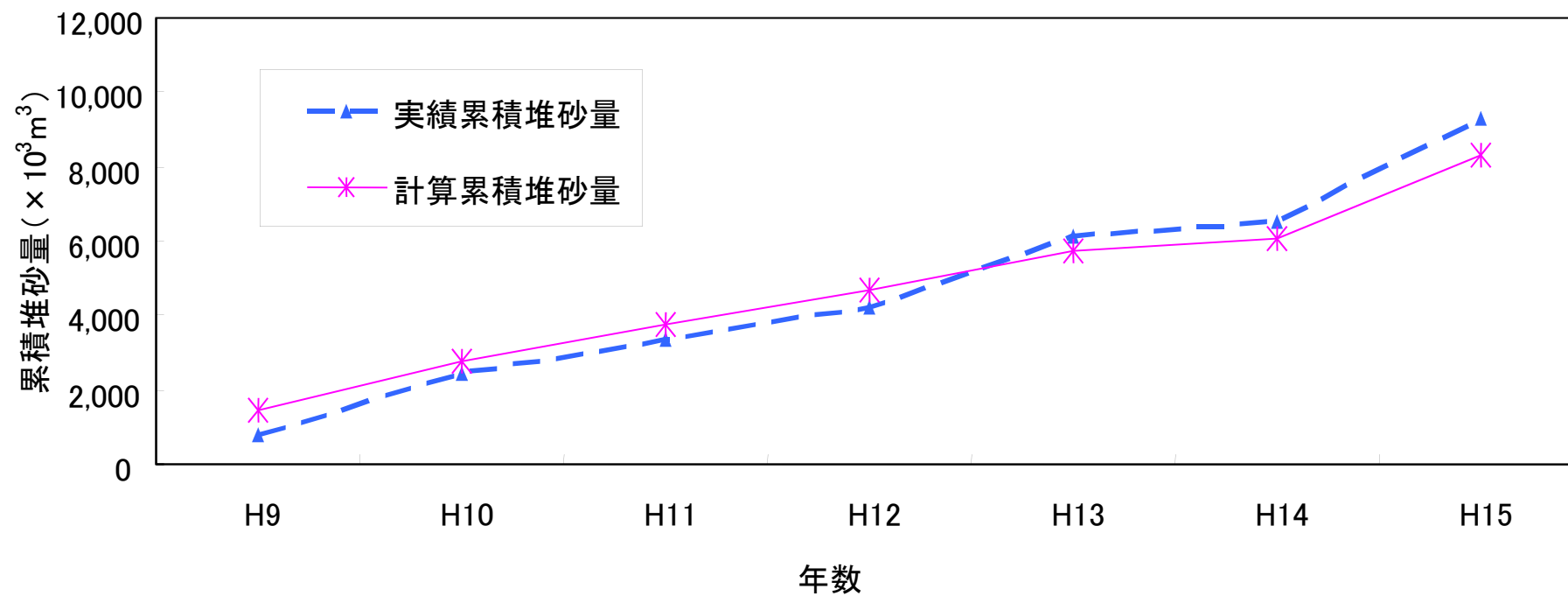
平成15年二風谷ダム（沙流川）平均河床高（計算値と実測値の比較）



平成9年～平成12年二風谷ダム（額平川）平均河床高（計算値と実績値の比較）



平成13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）

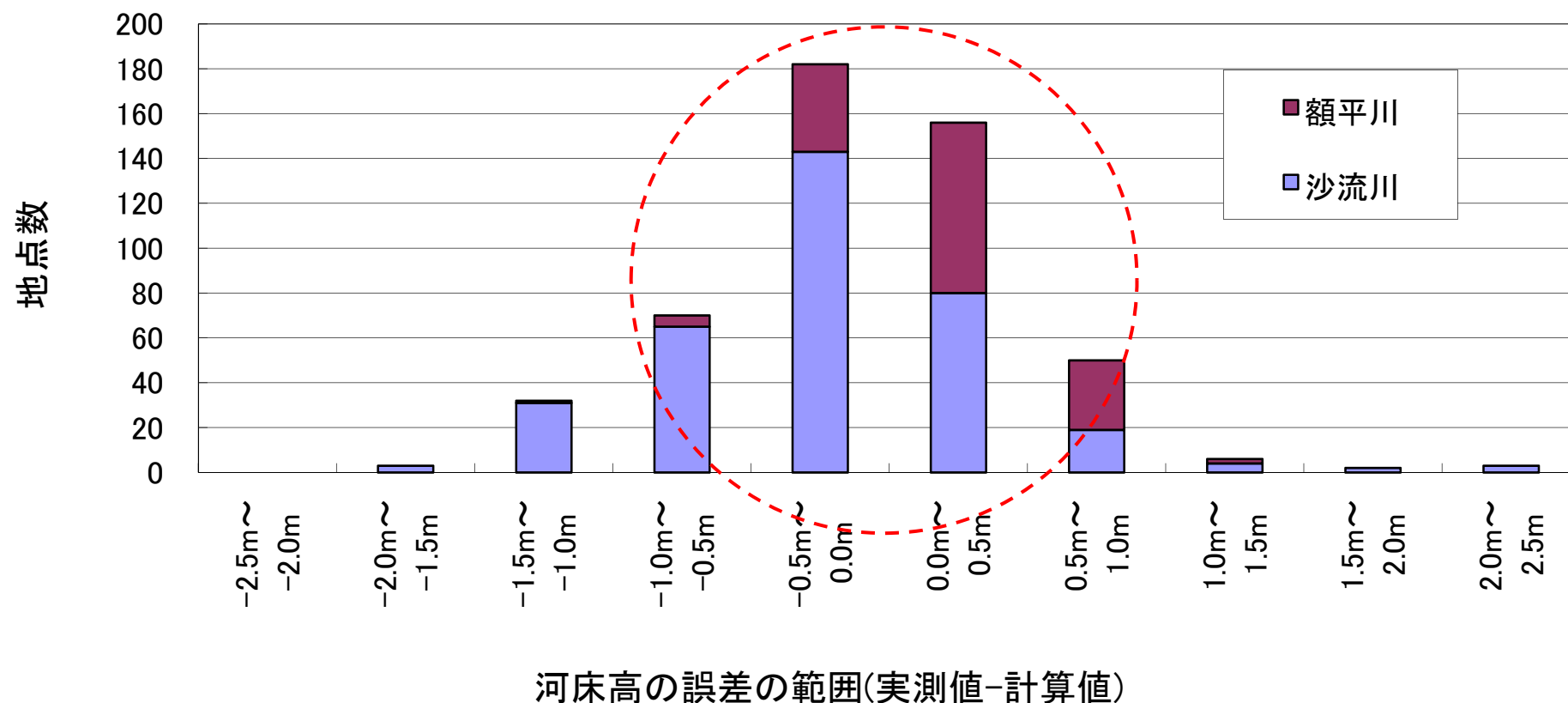


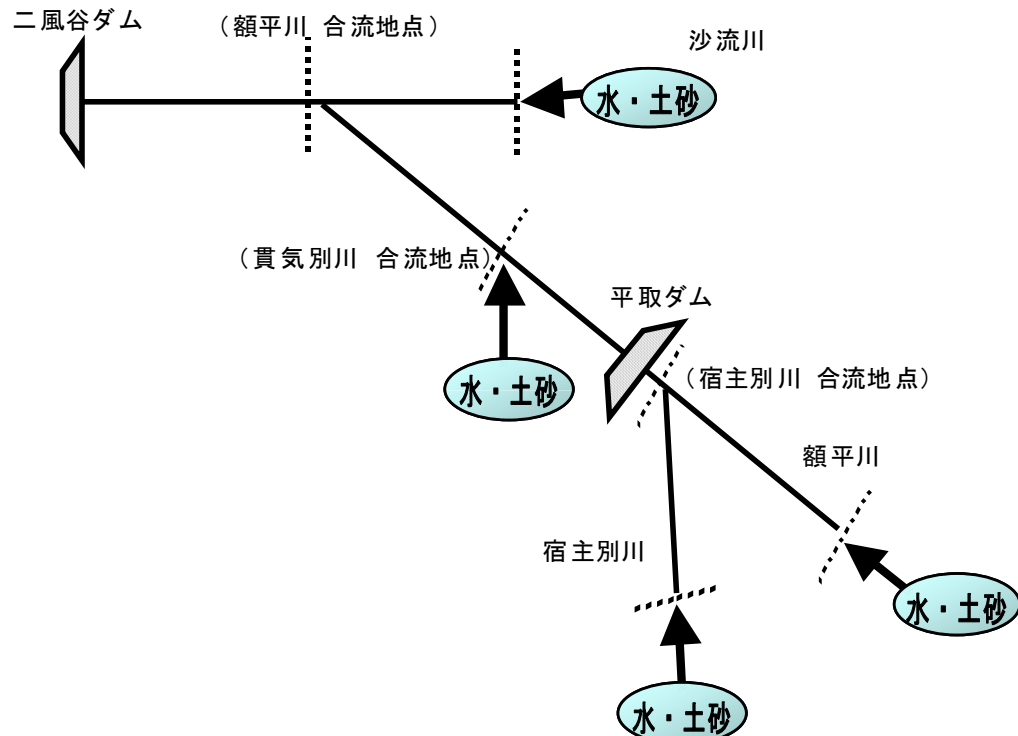
堆砂量の計算値と実績値の比較

二風谷ダムの堆砂形状・堆砂量再現計算結果の評価

堆砂量の計算値と実績値の誤差は前頁よりH15で100万 m^3 程度であり、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 $\pm 1.0m$ 以内に9割、 $\pm 0.5m$ 以内に7割を占めており、堆砂形状・堆砂量(H9～H15)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。

H9～H15合計





平取ダム予測計算の概要図

■計算範囲の拡張

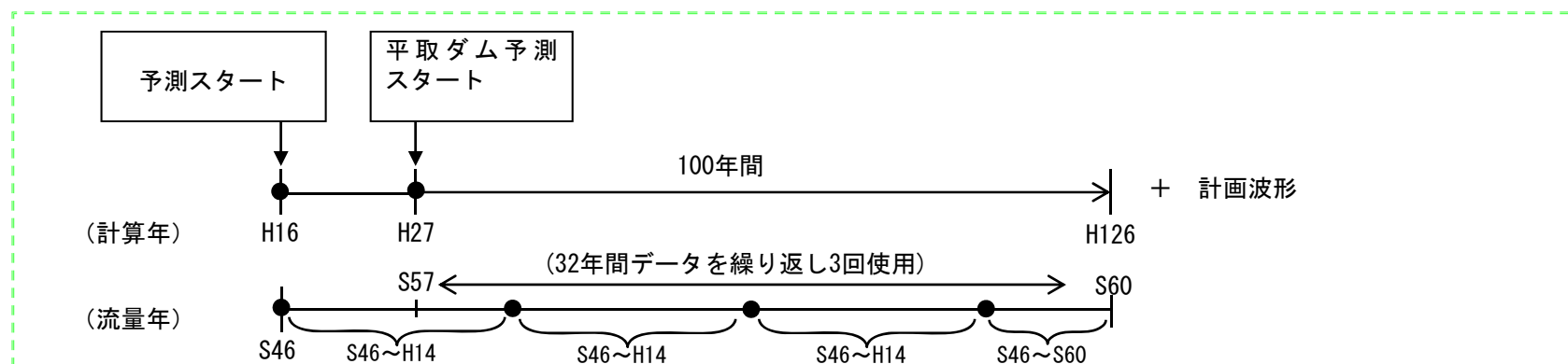
平取ダムの予測計算を行うため、再現性が確保できた二風谷ダムのモデルに額平川から平取ダム上流までを追加した。

■初期条件

H12～H14の測量結果
※平取ダムはH27に試験湛水開始とするため、H16～H26の計算を実施した結果を初期条件とした。

■計算期間

平取ダム湛水開始後100年間



予測計算の時系列模式図

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①H8～H14、②H15の α 、 β を調整して選定した(粒径の粗粒分が②よりも①の方が大きい場合は①の値を採用し、その増加分は1ランク細かい粒径を減らす事で総流入土砂量が②と変わらないように調整を行った。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た)。

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

ここに

Q_{sj} : 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

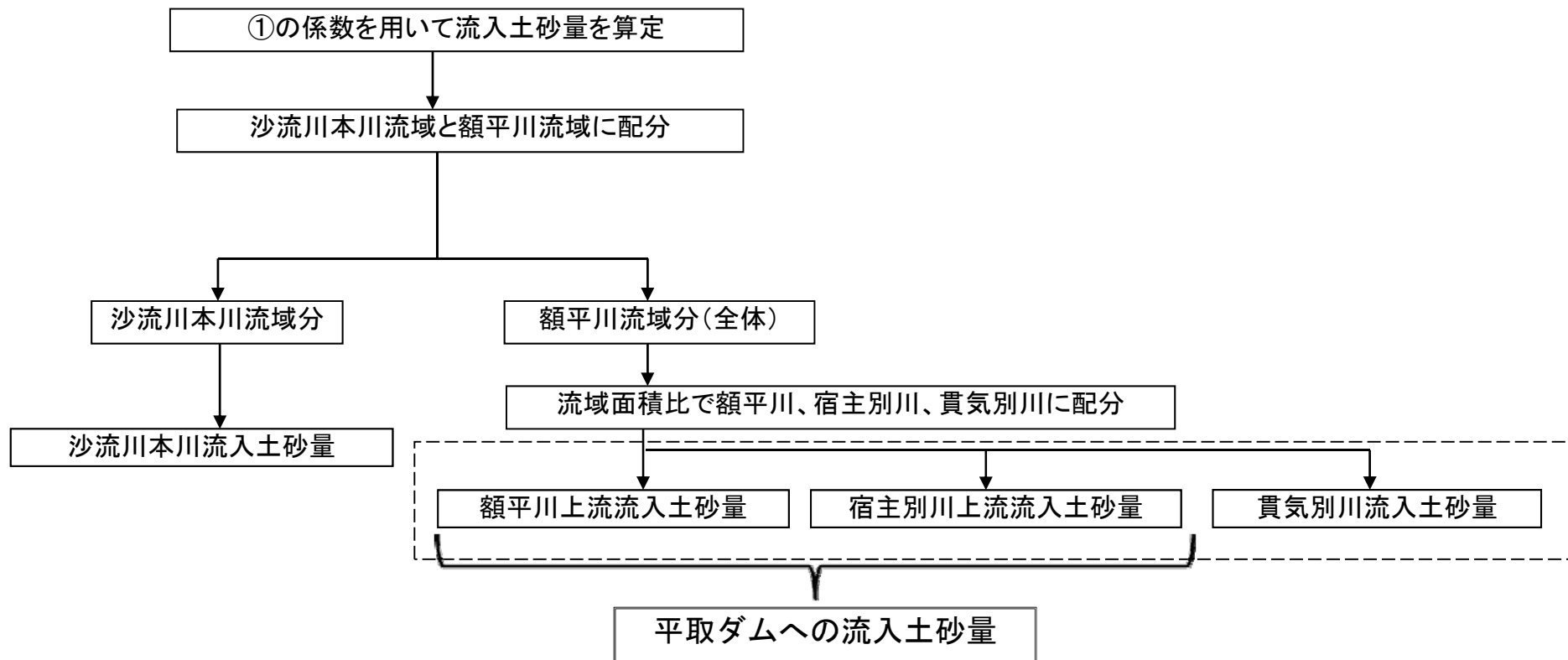
Q_c : 足きり流量 : 土砂移動の最小流量

			予測計算
粗粒分	53-106mm	α	1.00E-08
		β	1.0
	26.5-53mm	α	1.00E-08
		β	1.0
	9.5-26.5mm	α	5.02E-06
		β	1.0
	4.7-9.5mm	α	5.80E-06
		β	1.0
	2-4.7mm	α	8.00E-06
		β	1.1
	0.85-2mm	α	9.16E-06
		β	1.2
	0.43-0.85mm	α	7.70E-08
		β	2.1
	0.25-0.43mm	α	4.44E-06
		β	1.6

			予測計算
細粒分	100-250 μm	α	9.35E-06
		β	1.5
	50-100 μm	α	1.60E-08
		β	2.4
	40-50 μm	α	1.30E-08
		β	2.2
	30-40 μm	α	1.20E-08
		β	2.3
	20-30 μm	α	1.00E-08
		β	2.4
	10-20 μm	α	1.55E-08
		β	2.5
	5-10 μm	α	2.28E-08
		β	2.6
	1-5 μm	α	1.42E-08
		β	2.8

流入土砂量の係数 (現計画の予測計算)

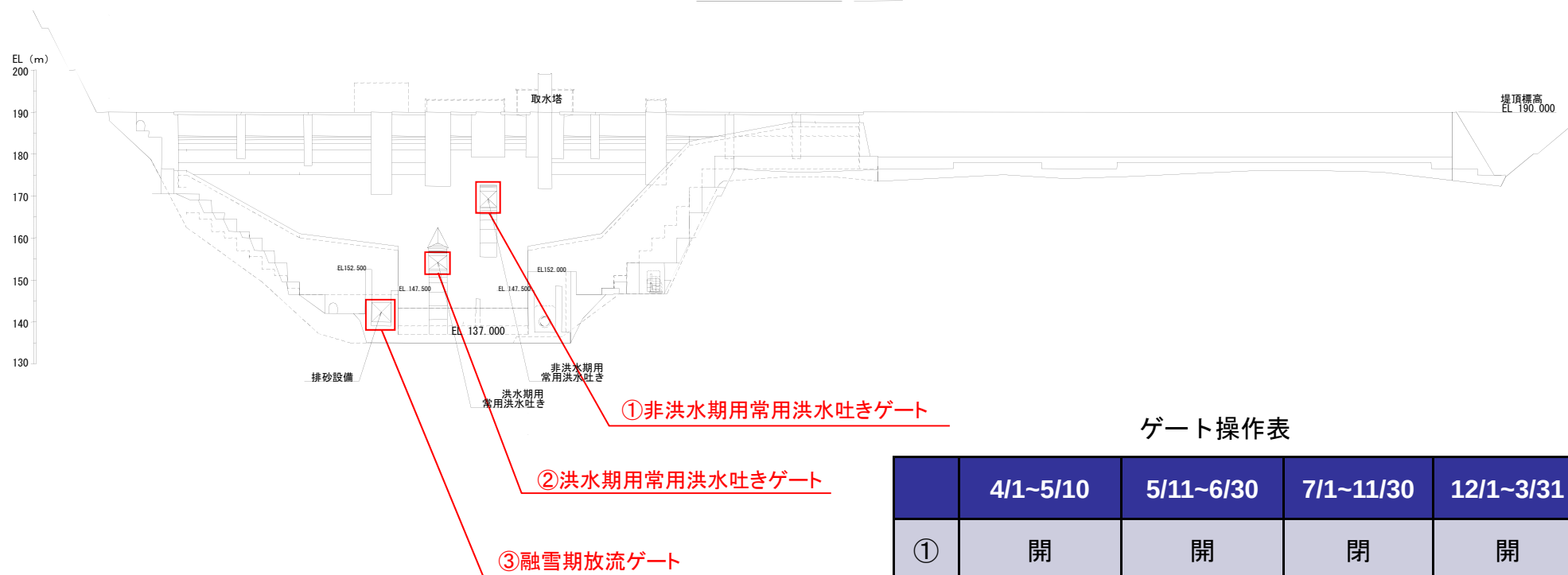
各給砂拠点（沙流川、額平川、宿主別川、貫気別川）への土砂の配分は以下のように設定した。



■平取ダム運用条件

ゲートの配置は下記のとおり設定した。

ダム下流面図 S=1:1000



ゲート操作表

	4/1~5/10	5/11~6/30	7/1~11/30	12/1~3/31
①	開	開	閉	開
②	閉	閉	開	閉
③	開	閉	閉	閉

平取ダムゲート位置図

■上流端の境界条件

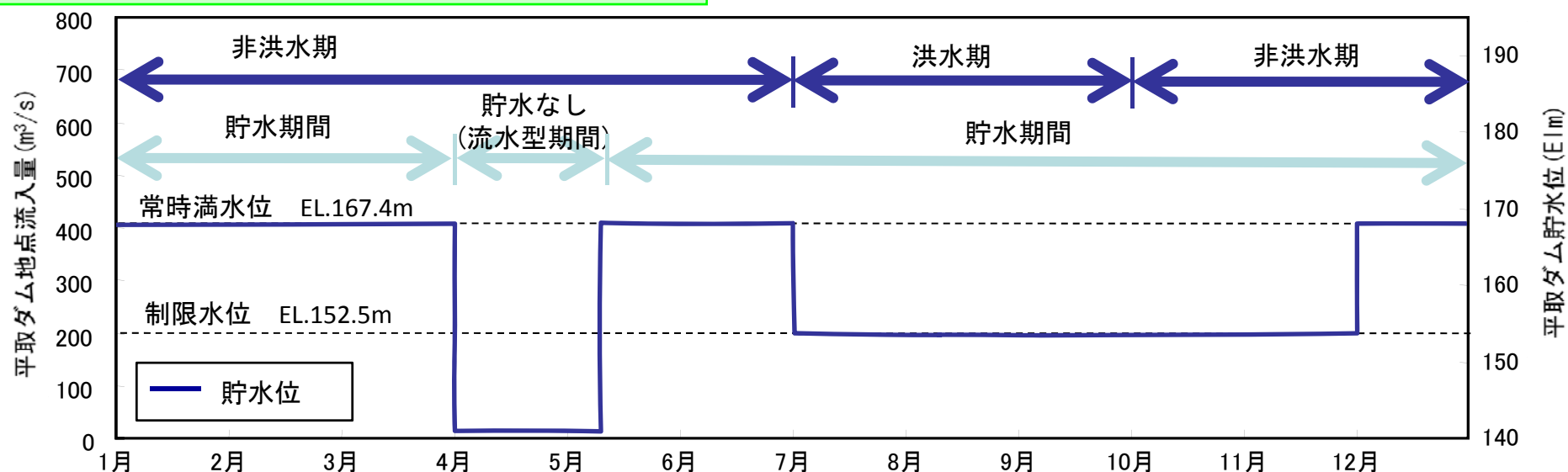
計算の上流端(額平川KP9/33、宿主別川KP3/6)から流域面積比で流量及び給砂を行う。

※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。

	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)

■平取ダム地点の運用条件

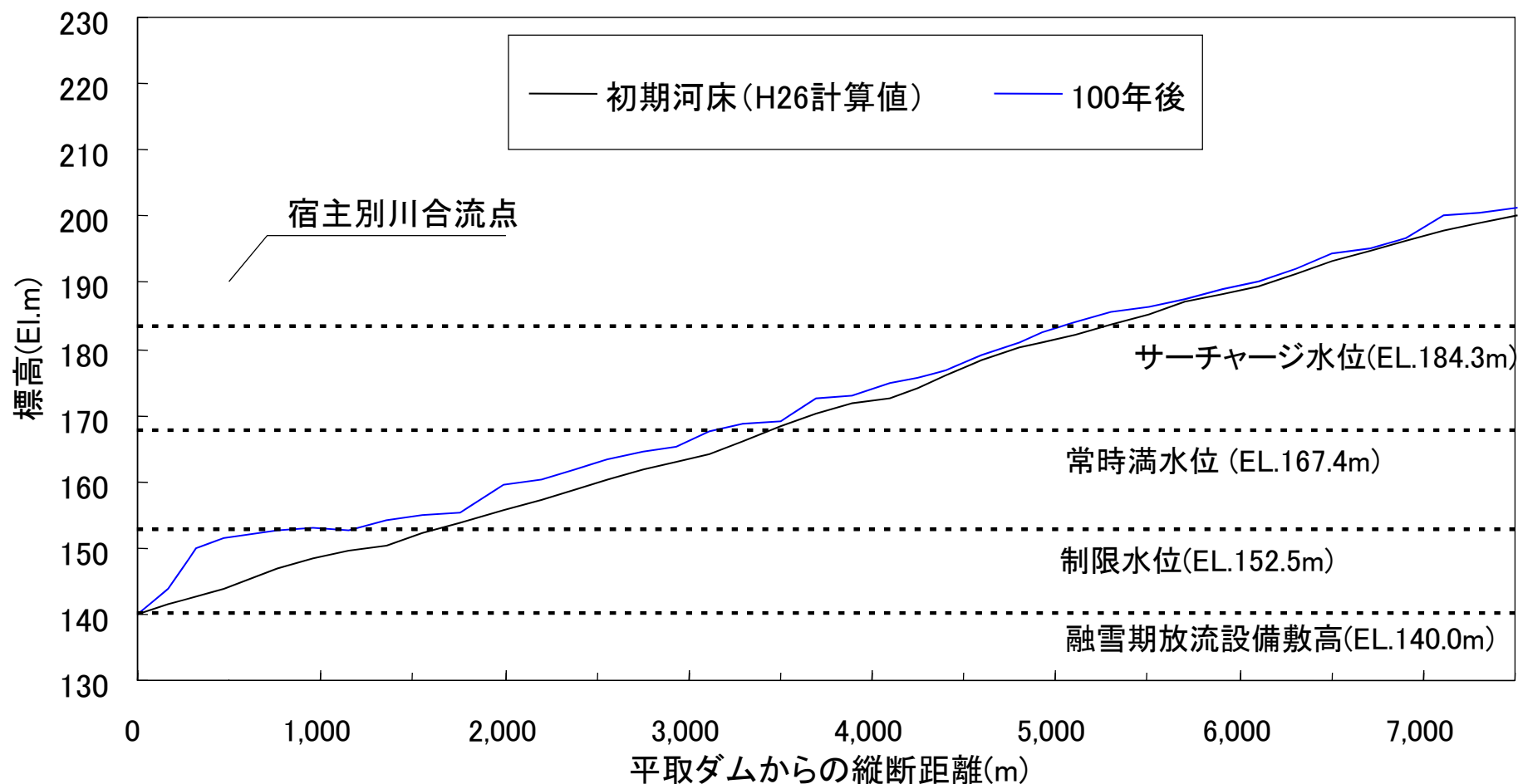
平取ダムにおいて想定している貯水位を与えた。



		12/1~3/31	4/1~5/10	5/11~6/30	7/1~11/30	12/31~3/31
ゲート運用	①	開	開	開	閉	開
	②	閉	閉	閉	開	閉
	③	閉	開	閉	閉	閉
水位(平常時)		常時満水位 (EL167.4m)	貯水なし (流水型)	常時満水位 (EL167.4m)	洪水期制限水位 (EL152.5m)	常時満水位 (EL167.4m)

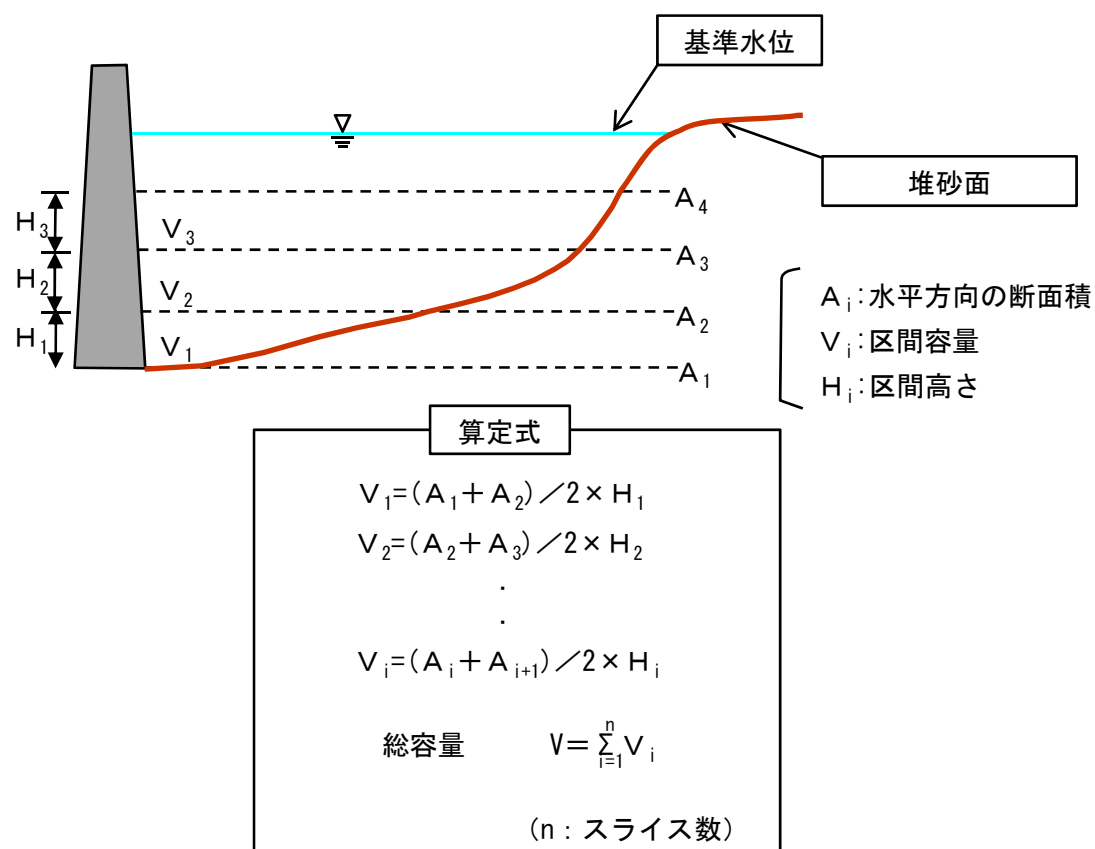
◆予測計算結果

・100年後の予測計算を行い、河床高を算出。



◆計画堆砂容量の算出

・前頁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、130万 m^3 と決定。



平面スライス法