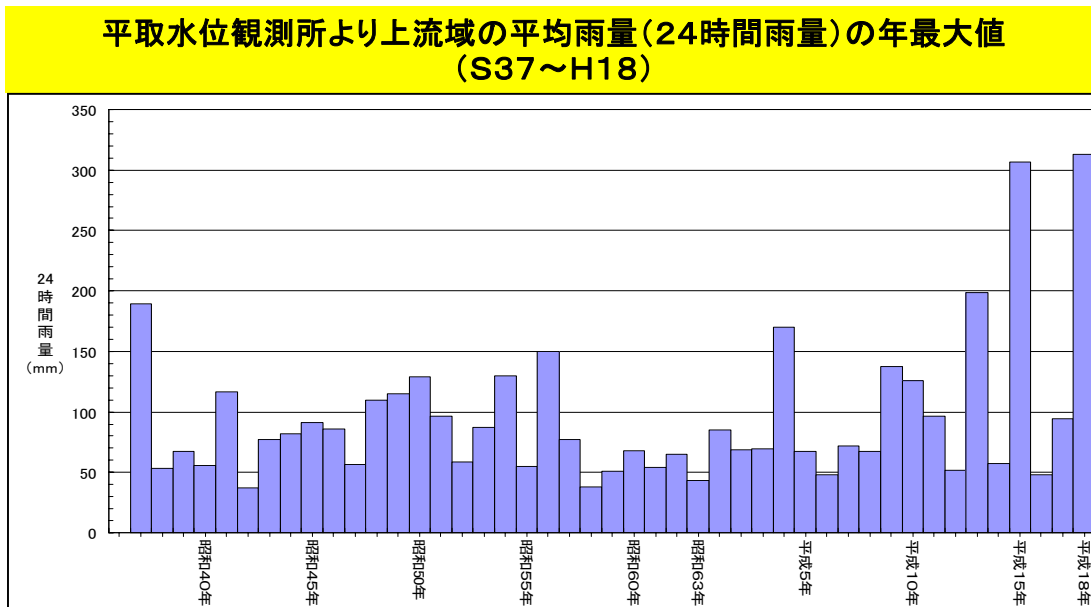


[別紙資料①]



< 沙流川流域の雨量観測所(開発局)位置図 >



[別紙資料②]

額平川流域崩壊地面積の経年変化

室蘭開発建設部が既往調査で把握した1955年、1988年、1993年の額平川の崩壊地面積に加え、今回新たに1998年-1999年に林野庁で撮影した航空写真、2001年-2002年に撮影された人工衛星(IKONOS)画像を入手し、崩壊地を読み取った結果を合わせ、過去からの崩壊地面積の変遷について、本イベント※1)までの6時点で整理し、表-3.1、図-3.8に示した。これによれば、本イベント後の崩壊地面積率は2001年-2002年の約3.6倍の約1.5%にまで急増していることがわかる。直近年までの崩壊地面積の傾向や、2002年に大きな出水が無かったことから見て、本イベントによって急激に崩壊地が拡大した、と考えるのが妥当と言える。なお、使用したリモセンデータの一覧を表-3.2に示す。

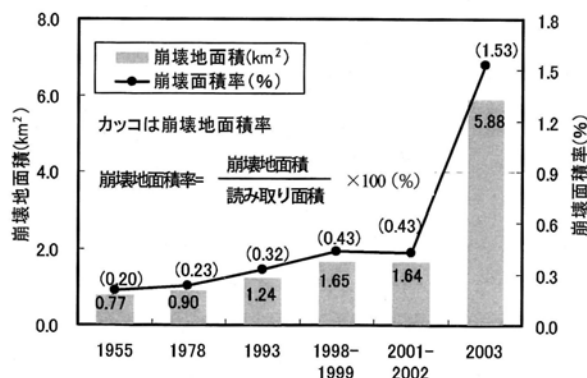


図-3.8 額平川流域の崩壊地面積の変遷

表-3.1 額平川流域の崩壊地面積及び百分率変遷

撮影年次	S30 (1955)	S63 (1988)	H5 (1993)
額平川 (A=384.0km ²)	0.77 (0.20%)	0.90 (0.23%)	1.24 (0.32%)
撮影年次	H10-H11 (1998-1999)	H13-H14 (2001-2002)	H15.9 (2003.9)
額平川 (A=384.0km ²)	1.65 (0.43%)	1.64 (0.43%)	5.88 (1.53%)

表-3.2 崩壊地読み取りに使用したリモセンデータ

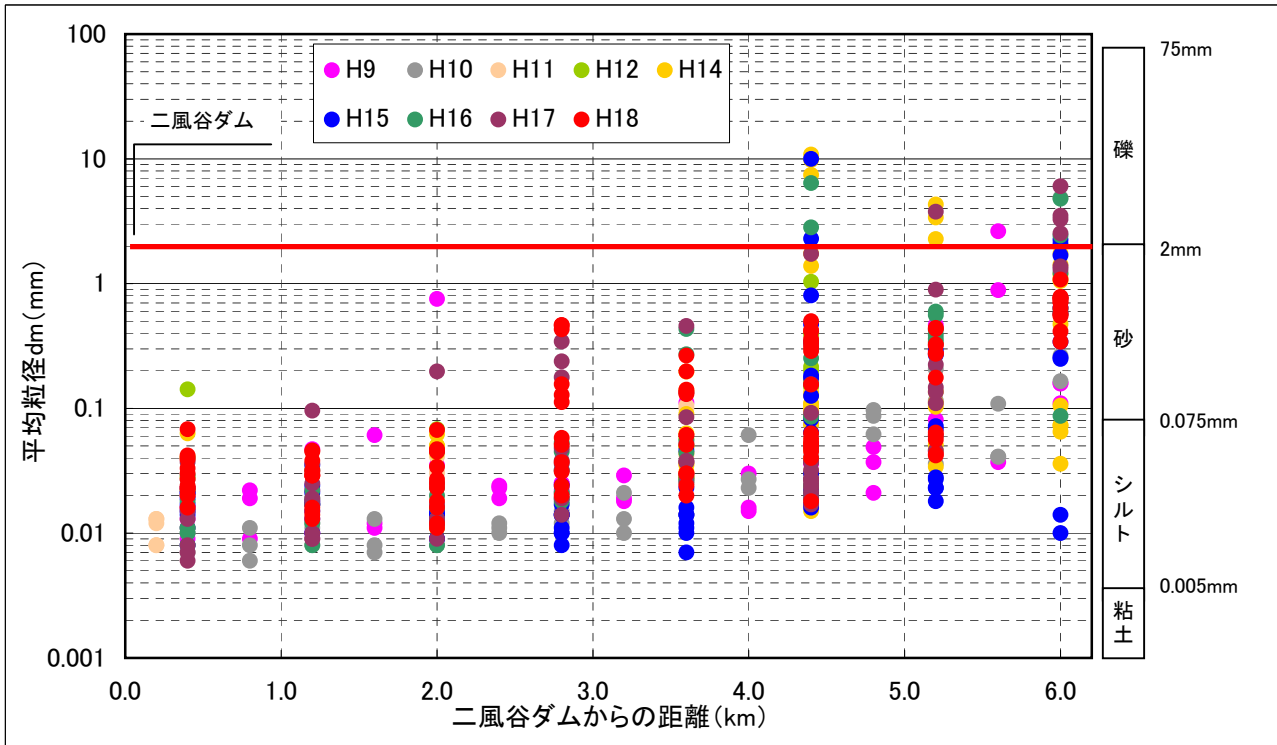
年次	撮影縮尺	解像度	枚数	その他
S30 (1955)	1/20,000	約1m	350 沙流川全域	林野庁
S63 (1988)	1/16,000~ 1/20,000	約1m	427 沙流川全域	林野庁
H5 (1993)	1/16,000	約1m	414 沙流川全域	林野庁
H10-H11 (1998-1999)	1/16,000 1/20,000	約1m	290 沙流川中流域	林野庁
H13-H14 (2001-2002)	撮影高度 680km	約1m	550km ² を購入 額平川流域	人工衛星 IKONOS
H15.9 (2003.9)	1/10,000	約30cm	650 沙流川中流域	開土研 撮影

出典：平成15年台風10号北海道豪雨災害調査団報告書2004(土木学会水工学委員会)

第3章 3.1崩壊地の量的変遷 3.1.4崩壊地の判読とその特徴 (2)額平川の崩壊地の変遷

※1)本イベントとは、平成15年8月豪雨。

二風谷ダムの堆積土砂の平均粒径



<調査位置図>



二風谷ダムの堆積土砂の平均粒径

年度	横断位置	深度	二風谷ダムからの距離と平均粒径(mm)																
			0.2	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0	
H9	左	表層		0.013	0.019	0.010	0.012	0.035	0.019	0.025	0.019	0.111	0.016	0.036	0.037	0.045	2.632	0.110	
	中		0.016	0.009	0.047	0.061	0.753	0.024	0.022	0.029	0.030	0.030	0.049	0.081	0.037	0.158			
	右		0.009	0.022	0.022	0.011	0.014	0.023	0.025	0.018	0.027	0.015	0.037	0.021	0.465	0.886	0.159		
H10	左	表層		0.007	0.011	0.012	0.013	0.011	0.011	0.012	0.010	0.061	0.041	0.097	0.206	0.109	0.165		
	中		0.010	0.008	0.011	0.008	0.011	0.012	0.021	0.021	0.050	0.027	0.075	0.062	0.036	0.041	0.264		
	右		0.027	0.006	0.008	0.007	0.008	0.010	0.015	0.013	0.014	0.023	0.064	0.087	0.115	0.041	4.868		
H11	左(上)	表層※1	0.012					0.031				0.026							
	＃(下)		0.008					0.030				0.132							
	中(上)		0.013					0.026				0.030							
	＃(下)		0.008					0.041				0.105							
	右(上)		0.013					0.019				0.042							
	＃(下)							0.024				0.099							
H12	中	1.0m以下		0.142				0.068				0.049		0.153					
	＃	1.0-2.0m										0.057		0.149					
	＃	2.0-3.0m										0.028		0.199					
	＃	3.0-4.0m										0.028		1.034					
	＃	4.0-5.0m												0.164					
	＃	5.0-6.0m												0.215					
	＃	6.0-6.3m												0.391					
H14	左	1.0m以下		0.040				0.050				0.028		10.828		0.136		0.036	
	＃	1.0-2.0m		0.041				0.050						9.796		0.111		0.073	
	＃	＃																0.073	
	＃	2.0-3.0m						0.062						0.088		0.034			
	＃	＃												7.441					
	＃	3.0-4.0m														0.046			
	左～中	1.0m以下												0.096					
	＃	＃												0.134					
	＃	1.0-2.0m												0.074					
	＃	2.0-3.0m												0.100					
	＃	3.0-4.0m																	
	＃	4.0-5.0m																	
	中	1.0m以下		0.063				0.049				0.197		0.172		4.310		1.737	
	＃	1.0-2.0m		0.028				0.044				0.036		0.107		3.392		1.180	
	＃	2.0-3.0m										0.031		0.048				1.419	
	＃	3.0-4.0m										0.090		0.030				1.048	
	＃	4.0-5.0m												0.048					
	中～右	1.0m以下												0.110					
	＃	1.0m以下												0.047					
	＃	1.0-2.0m												1.385					
	＃	2.0-3.0m												0.126					
＃	3.0-4.0m												0.015						
＃	4.0-5.0m												0.039						
右	1.0m以下		0.011				0.011				0.140		0.031		0.103		0.472		
＃	1.0-2.0m										0.050		1.737		0.051		1.097		
＃	2.0-3.0m										0.063				2.273		0.065		
＃	3.0-4.0m										0.035						0.105		
＃	4.0-5.0m										0.044								
H15.7	左	表層		0.017		0.013		0.009		0.014		0.012		0.016		0.023		2.240	
	左～中													0.021					
	中		0.021		0.010		0.014		0.014		0.014		0.023		0.030		0.018		2.074
	中～右														0.126				
H15.9	右	表層		0.015		0.018		0.013		0.017		0.014		9.976		0.027		1.684	
	左		0.021		0.035		0.015		0.024		0.007		0.064		0.268		0.010		
	左～中													0.339					
	中		0.014		0.024		0.013		0.008		0.046		0.183		0.290		0.341		
H15.11	中～右	表層												0.803					
	右		0.023		0.017		0.014		0.010		0.011		0.082		0.028		0.249		
	左		0.019		0.015		0.009		0.011		0.016		0.017		0.072		0.014		
	左～中													0.022					
H16.7	中	表層		0.008		0.021		0.012		0.010		0.014		0.174		0.068		0.256	
	中～右													0.472					
	右		0.011		0.017		0.013		0.014		0.014		0.010		2.286		0.023		0.639
	左		0.029		0.012		0.008		0.021		0.055		0.055		0.086		0.338		0.087
H16.10	左～中	表層												0.252					
	中		0.011		0.008		0.016		0.019		0.271		0.086		0.360		0.570		
	中～右													0.024					
	右		0.022		0.022		0.020		0.018		0.027		0.027		6.388		0.426		1.212
H17.6	左	表層		0.008		0.017		0.013		0.048		0.037		0.037		0.135		1.303	
	左～中													0.037					
	中		0.015		0.019		0.013		0.038		0.037		0.037		0.092		0.046		0.572
	中～右													0.019		0.147		0.582	
H18.6	左	表層		0.006		0.010		0.017		0.014		0.025		0.019		0.147		0.582	
	左～中													0.027					
	中		0.007		0.009		0.012		0.019		0.085		0.085		0.023		0.110		2.528
	中～右													0.326					
H18.7	右	表層		0.016		0.018		0.012		0.032		0.052		0.037		0.273		1.371	
	左		0.040		0.096		0.198		0.238		0.038		0.017		3.774		0.757		
	左～中												0.021						
	中		0.037		0.036		0.045		0.177		0.457		0.025		0.894		3.497		
H18.9	中～右	表層												0.156					
	右		0.020		0.025		0.009		0.343		0.134		1.729		0.224		6.021		
	左		0.022		0.014		0.018		0.112		0.020		0.018		0.274		0.414		
	左～中												0.053						
H18.11	中	表層		0.030		0.029		0.011		0.465		0.030		0.052		0.326		0.765	
	中～右													0.049					
	右		0.020		0.013		0.012		0.128		0.061		0.288		0.042		0.711		
	左		0.027		0.016		0.016		0.024		0.030		0.040		0.320		1.078		

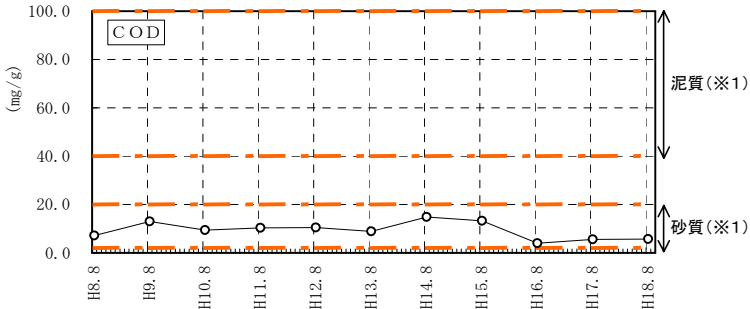
※1:表層採取をさらに上層、下層に分けて調査。

<調査位置図>

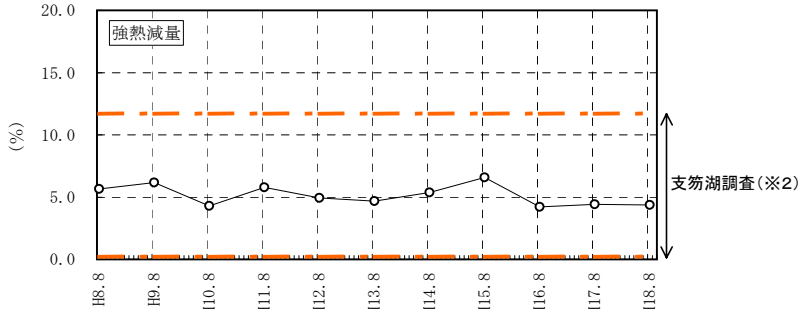


二風谷ダム底質定期調査（有機物・富栄養化関連項目）

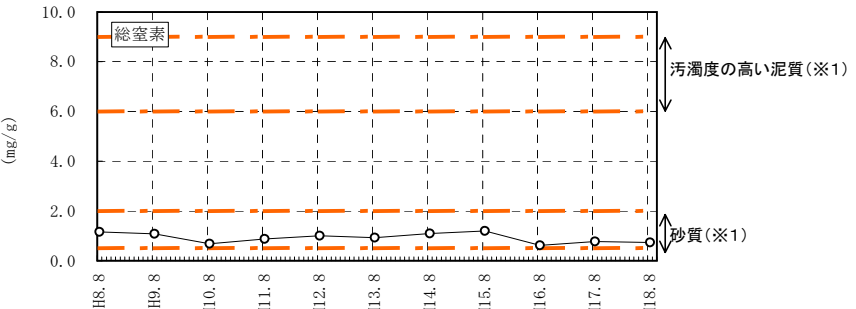
CODとは…
 化学的酸素要求量の略で、有機物含量の指標の一つです。酸化剤で化学的に酸化したときに消費される酸素量を表し、数値が大きいくほど底質中の有機物含量が多いことを示します。
 文献（※1）の測定例では、「砂質で2～20mg/g、泥質で40～100mg/g」とされています。



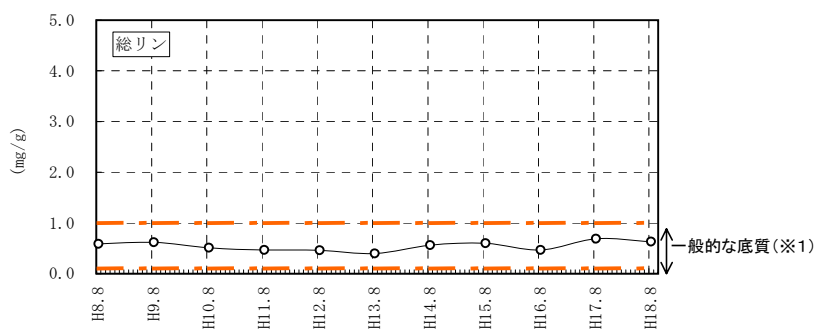
強熱減量とは…
 有機物含量の指標の一つで、試料を強熱（約600℃）した際の減少質量の割合を表します。加熱の時に失われる成分は、揮発性の有機物であり、強熱残留物の大部分は不揮発性の無機物です。
 なお、文献（※2）によると水質がきわめて良好な支笏湖における調査では、0.20%～11.70%の値が得られています。



総窒素とは…
 試料中に含まれる窒素化合物の窒素分濃度を表す指標です。窒素化合物には無機態窒素（アンモニア態窒素、硝酸態窒素、亜硝酸態窒素）と有機態窒素があります。水質においては、富栄養化の指標として使われます。
 文献（※1）の測定例では、「ケルダール窒素（アンモニア態窒素+有機態窒素）では、砂質部分で0.5～2mg/g、汚染度の高い泥質部分で6～9mg/g」とされています。



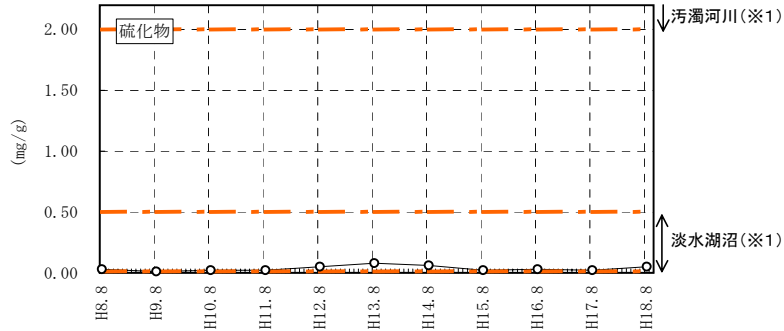
総リンとは…
 試料中に含まれるリン化合物のリン分濃度を表す指標です。リン化合物には無機態リンと有機態リンがあります。水質においては、窒素とともに富栄養化の指標として使われます。
 文献（※1）では、「底質中のリン濃度は一般に0.1～1mg/g」とされています。



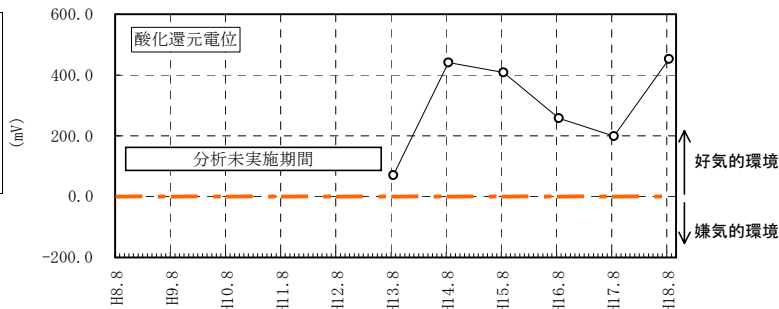
文献※1 底質調査方法とその解説 環境庁水質保全局水質管理課編 社団法人 日本環境測定分析協会
 文献※2 北海道さけ・ますふ化場研究報告第19号(1965) 支笏湖の物理的ならびに化学的特性 徳井利信
 カバ・チェック創刊号(1989) 支笏湖の水質と底質 渡辺紀元・岸政美 支笏湖の水とチップの会
 カバ・チェック第6号(1994) 支笏湖底質の一考察(Ⅱ) 岸政美・佐藤浩一・古川睦・高橋聡・渡辺紀元 支笏湖の水とチップの会
 カバ・チェック第7号(1995) 支笏湖底質の一考察(Ⅲ) 岸政美・脇孝拓 支笏湖の水とチップの会

二風谷ダム底質定期調査（嫌気性関連項目）

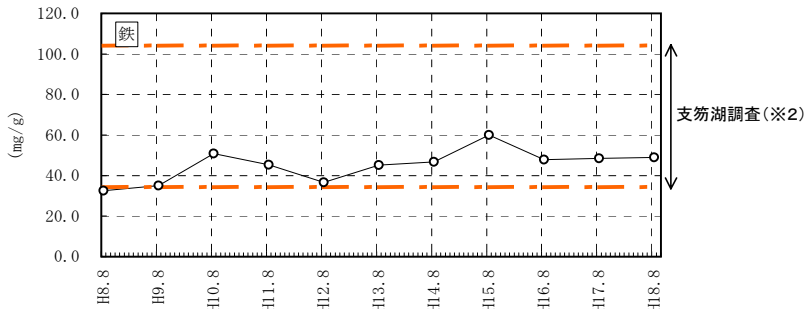
硫化物とは…
 水質汚濁に伴う有機物が、生物により分解されると、水中の酸素が減少（嫌気化）します。硫化物が多く含まれている底質では、嫌気化に伴い硫化水素が発生し、悪臭が発生することがあります。
 文献（※1）の測定例では、「淡水湖沼0.01～0.5mg/g、汚濁河川2～10mg/g」とされています。



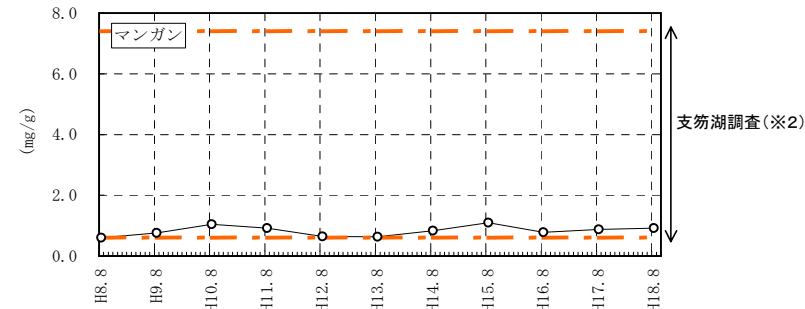
酸化還元電位とは…
 水中の酸化還元状態の程度を示す指標で、+であれば酸化反応（酸素が十分にあり、好氣的環境）が、-であれば還元反応（酸素がほとんど無く、嫌氣的環境）が進行していることを意味しています。



鉄とは…
 鉄は周辺地質の影響を受けます。鉄を多く含む底質では、嫌気化に伴い鉄が溶出し、水が赤く変色したり、金気臭が発生したりすることがあります。
 なお、文献（※2）によると水質がきわめて良好な支笏湖における調査では、34.2mg/g～104mg/gの値が得られています。

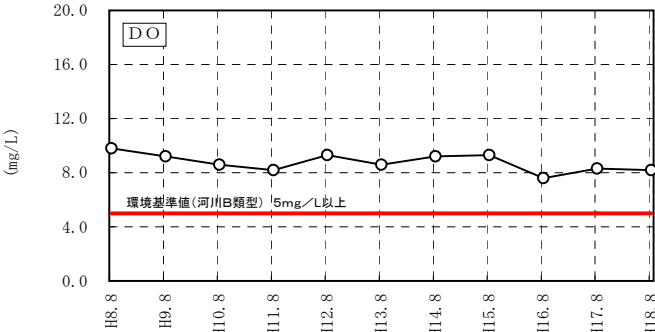


マンガンとは…
 マンガンは周辺地質の影響を受けます。マンガンを多く含む底質では、嫌気化に伴いマンガンが溶出し、水が黒く変色したり、なまぐさ臭が発生したりすることがあります。
 なお、文献（※2）によると水質がきわめて良好な支笏湖における調査では、0.6mg/g～7.4mg/gの値が得られています。



二風谷ダム水質定期調査 <グラフはダムサイト下層>

DOとは…
 水中に溶けている酸素量のことです。主として、有機物による水質汚濁の指標として用いられます。数値が大きいほど酸素量が多く好氣的環境にあることを意味しています。



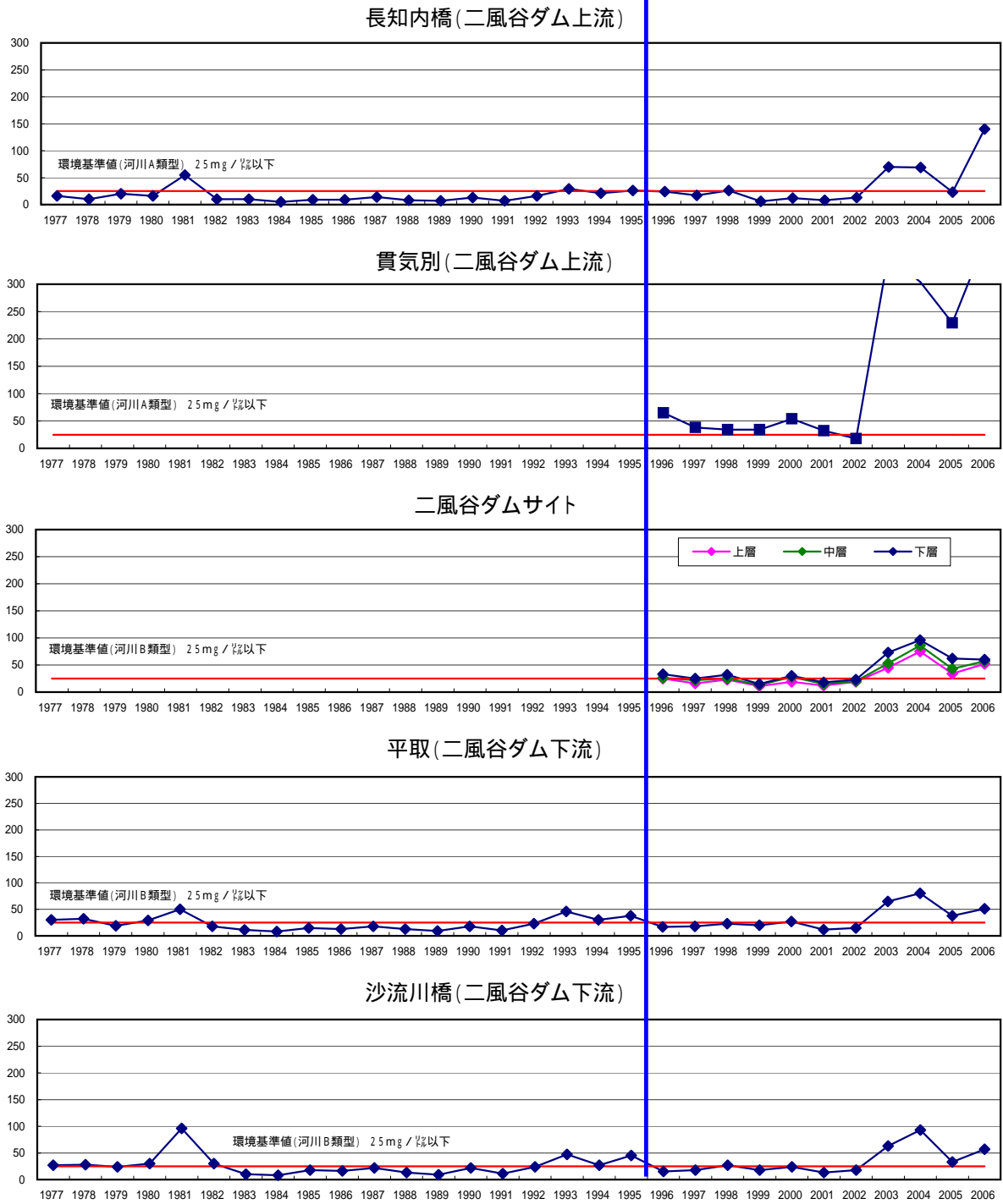
文献※1 底質調査方法とその解説 環境庁水質保全局水質管理課編 社団法人 日本環境測定分析協会
 文献※2 カバ・チェック第6号(1994) 支笏湖底質の一考察(Ⅱ) 岸政美・佐藤浩一・古川睦・高橋聡・渡辺紀元 支笏湖の水とチップの会
 カバ・チェック第7号(1995) 支笏湖底質の一考察(Ⅲ) 岸政美・脇孝拓 支笏湖の水とチップの会

[別紙資料]

沙流川水系のSSの経年変化(年平均値)

(単位:mg/l)

1996年(H8年)4月(二風谷ダム湛水開始)



<調査位置図>



[別紙資料⑥-1]

二風谷ダム出水時（小規模出水含む）SS調査結果

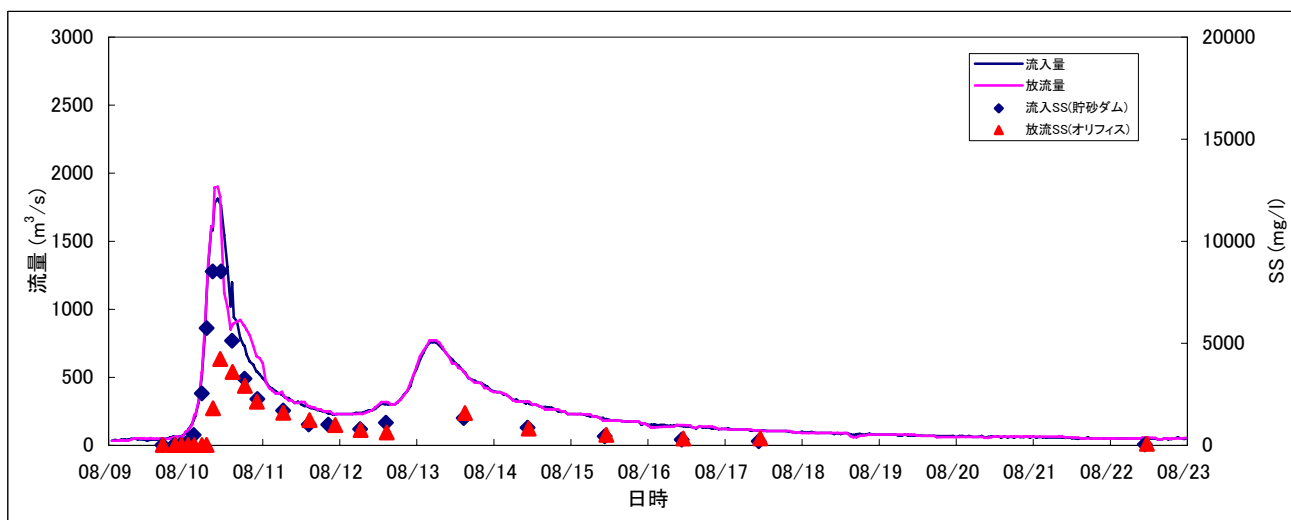
二風谷ダム運用開始以降、平成18年度までに実施した出水時におけるダム流入・放流地点のSS調査結果は以下のとおりです。

<調査位置図>

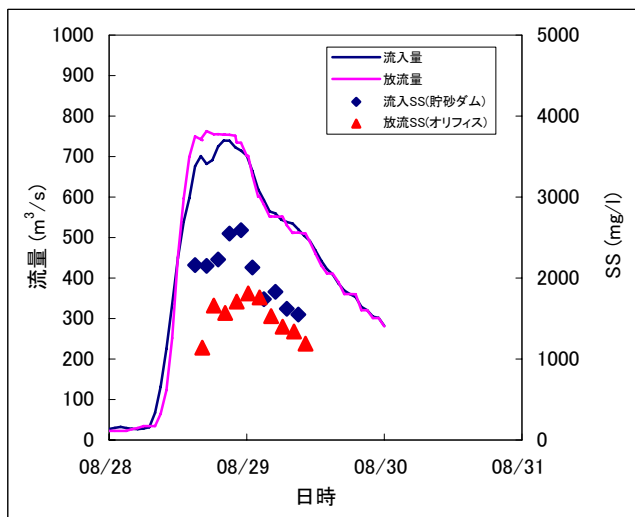


※出水規模によっては、縦横のスケールが違う場合があります。

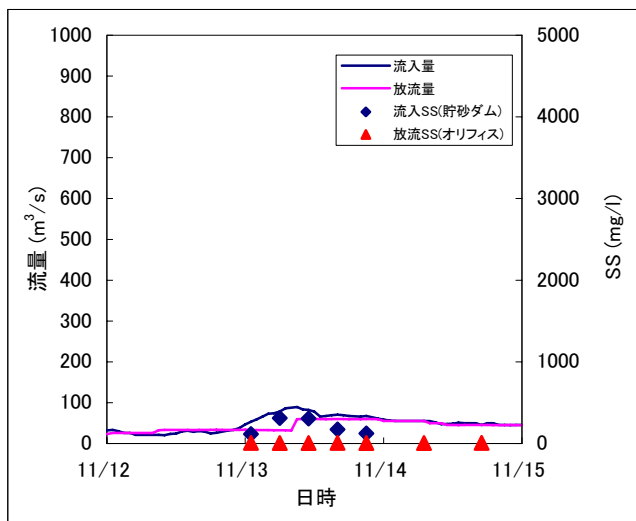
○平成9年8月調査



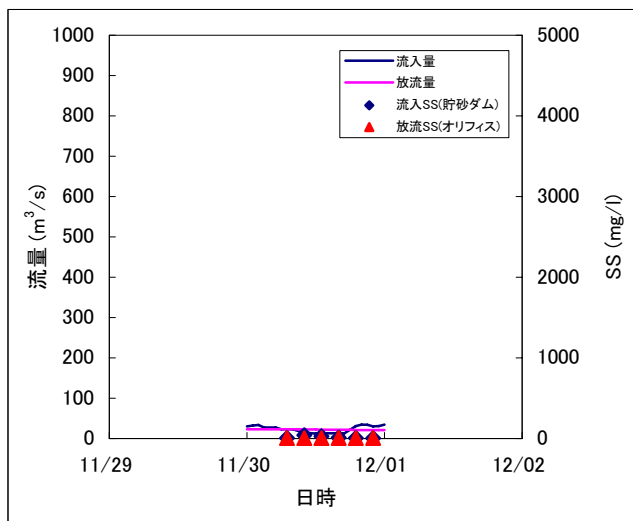
○平成10年8月調査



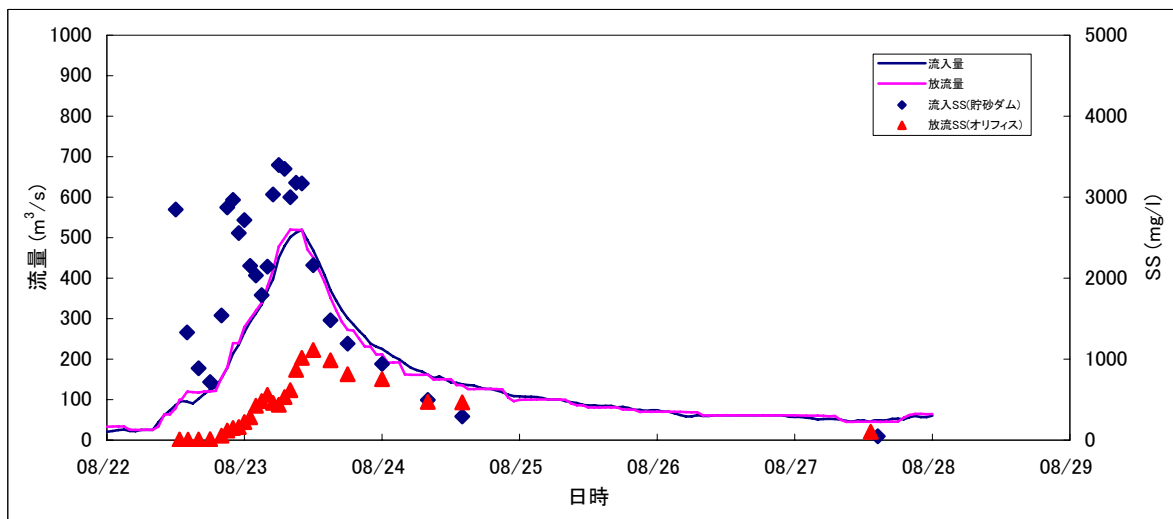
○平成11年11月①調査



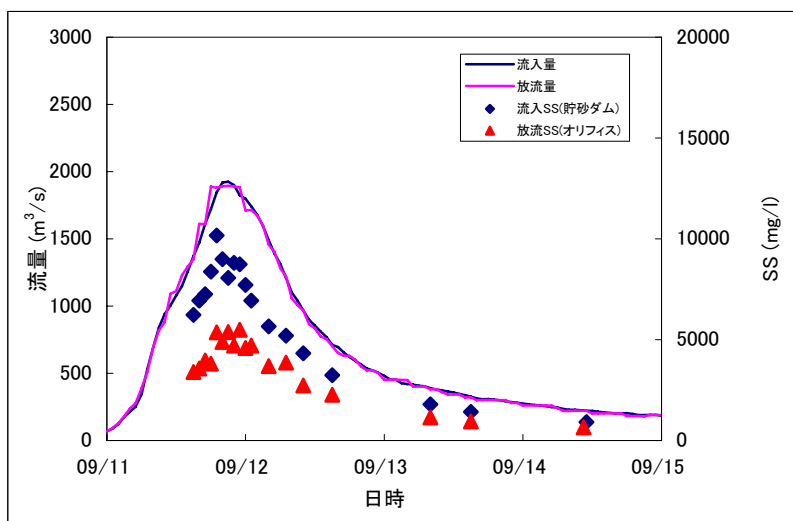
○平成11年11月②調査



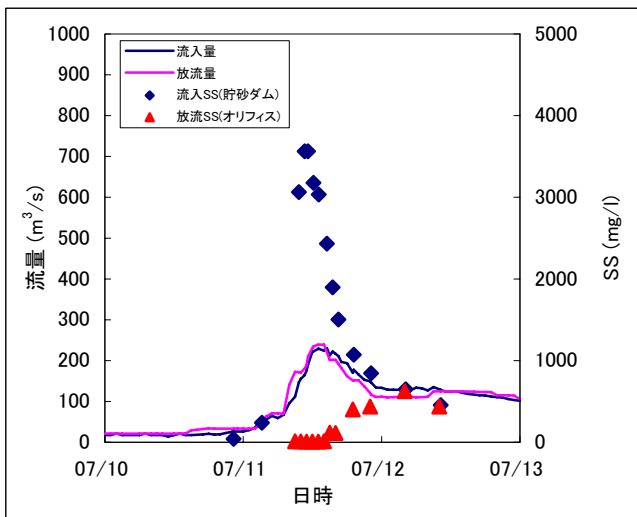
○平成13年8月調査



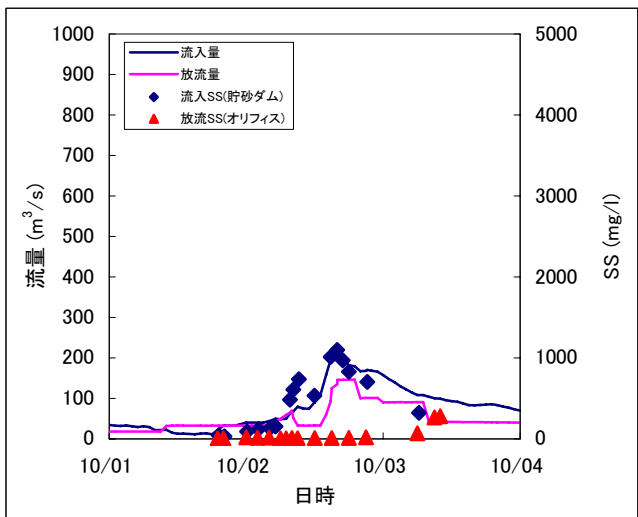
○平成13年9月調査



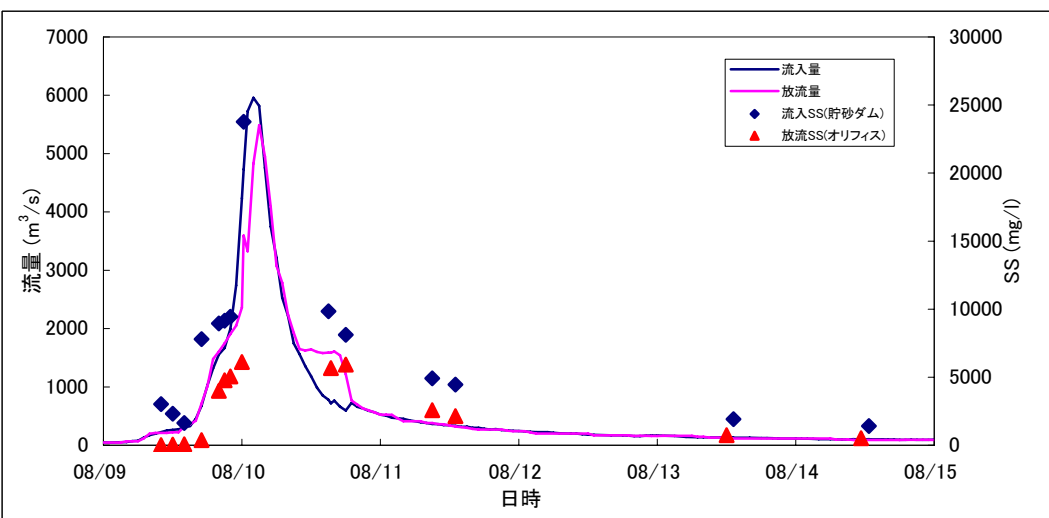
○平成14年7月調査



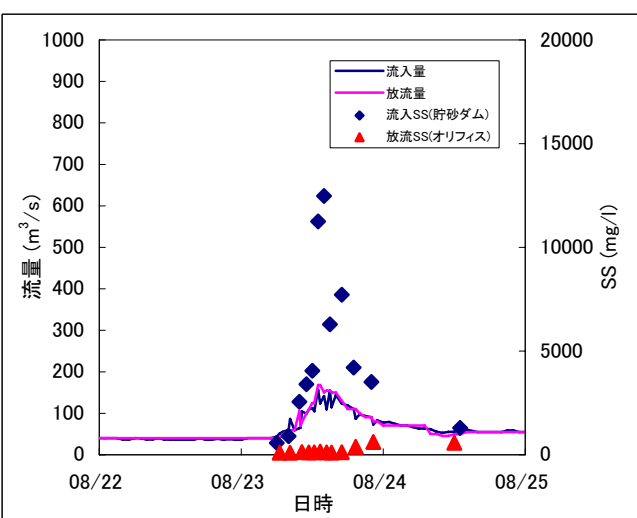
○平成14年10月調査



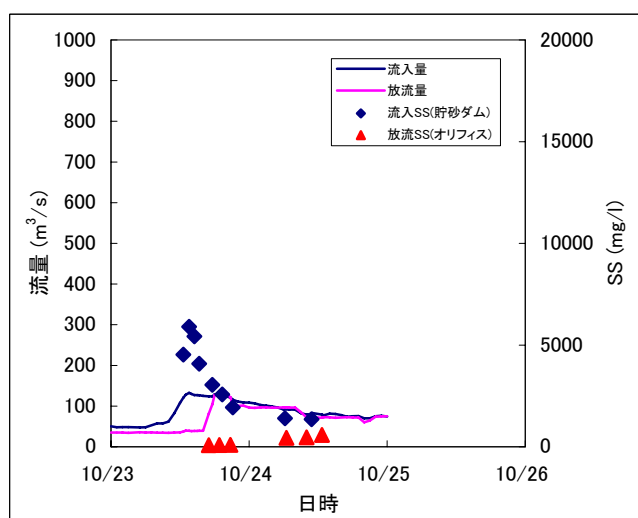
○平成15年8月①調査



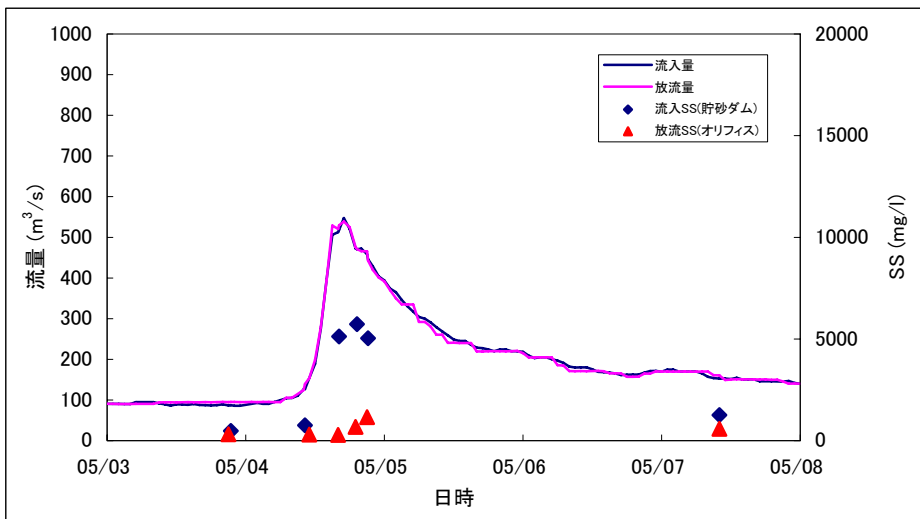
○平成15年8月②調査



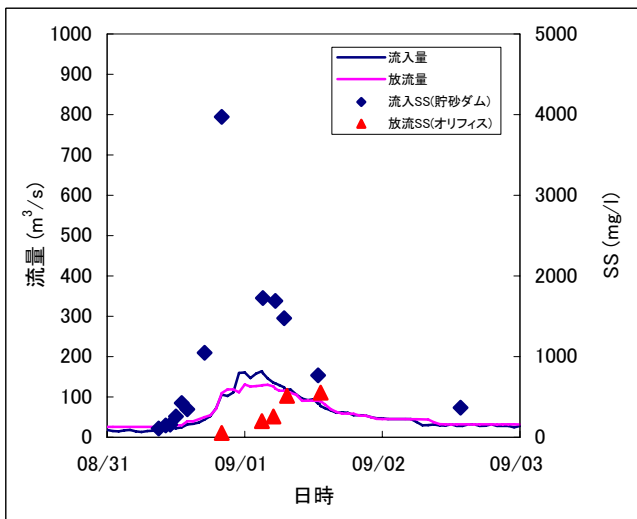
○平成15年10月調査



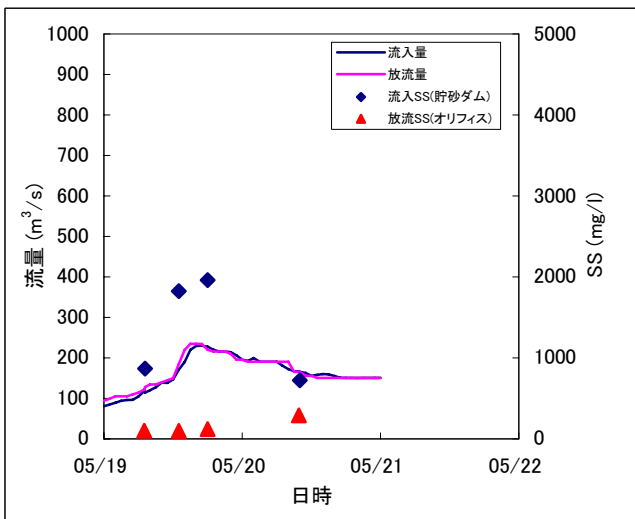
○平成16年5月調査



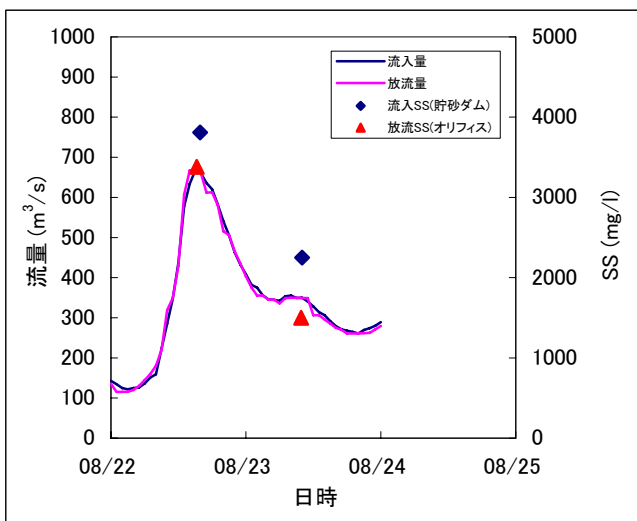
○平成16年8月調査



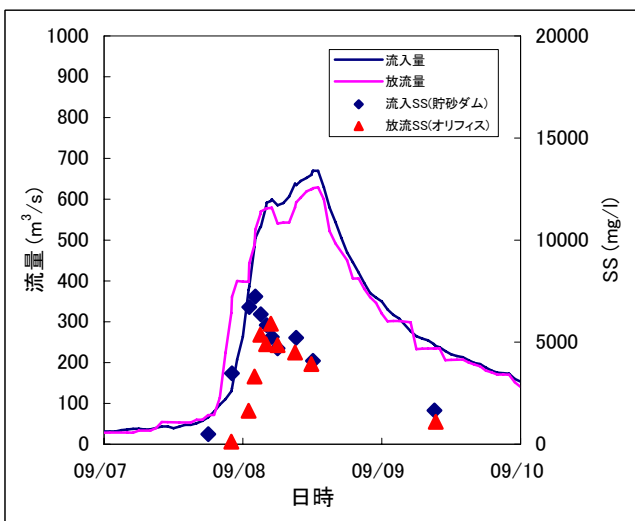
○平成17年5月調査



○平成17年8月調査

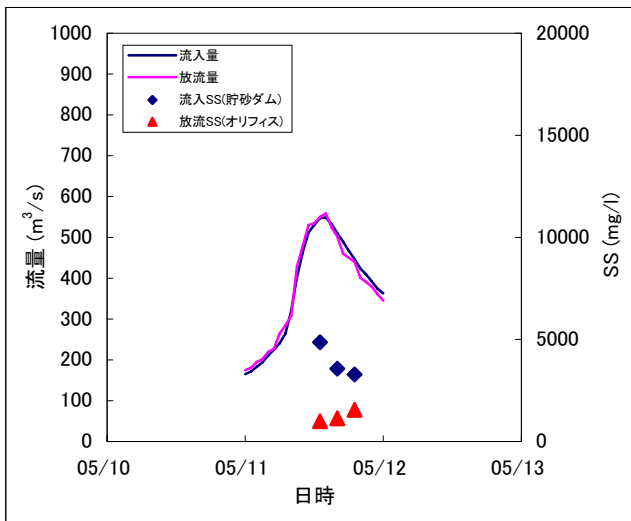


○平成17年9月調査

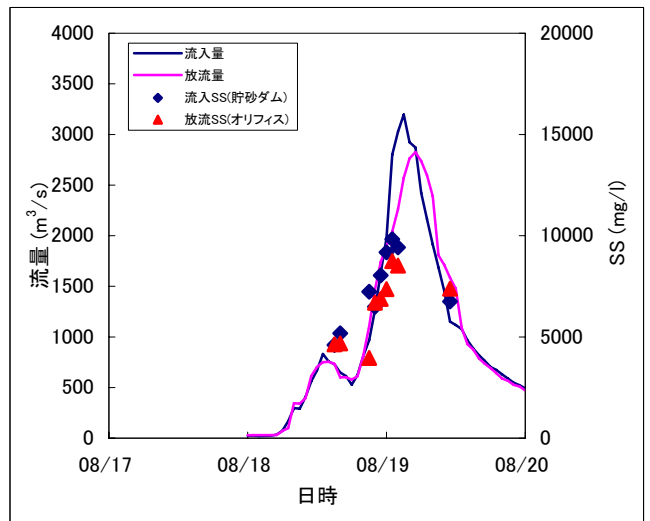


[別紙資料⑥-5]

○平成18年5月調査



○平成18年8月調査



[別紙資料⑦]

二風谷ダム貯水池内の堆砂量

(単位：千m³)

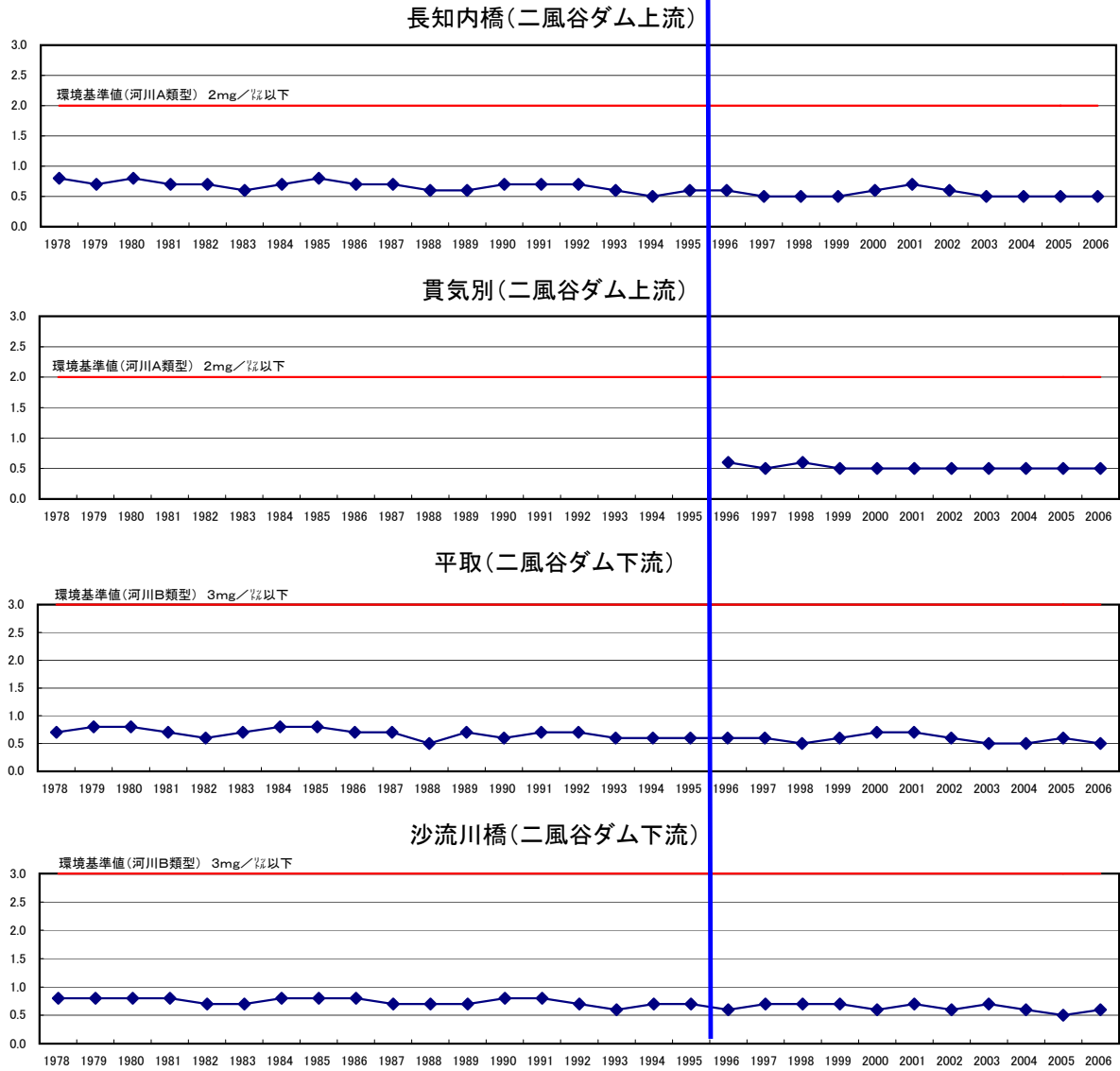
調査年度	調査年月	年堆砂量	総堆砂量
平成9年度	H. 8年 1月 ~ H. 9年11月	401	401
平成10年度	H. 9年11月 ~ H. 10年11月	1,195	1,596
平成11年度	H. 10年11月 ~ H. 11年11月	809	2,405
平成12年度	H. 11年11月 ~ H. 12年 7月	759	3,164
平成13年度	H. 12年 7月 ~ H. 13年11月	1,565	4,729
平成14年度	H. 13年11月 ~ H. 14年11月	350	5,079
平成15年度	H. 14年11月 ~ H. 15年 8月	2,619	7,698
平成16年度	H. 15年 8月 ~ H. 16年10月	1,313	9,011
平成17年度	H. 16年10月 ~ H. 17年10月	662	9,673
平成18年度	H. 17年10月 ~ H. 18年10月	2,219	11,892
合計		11,892	

[別紙資料⑧]

沙流川水系のBODの経年変化(年平均値)

(単位:mg/ℓ)

1996年(H8年)4月(二風谷ダム湛水開始)

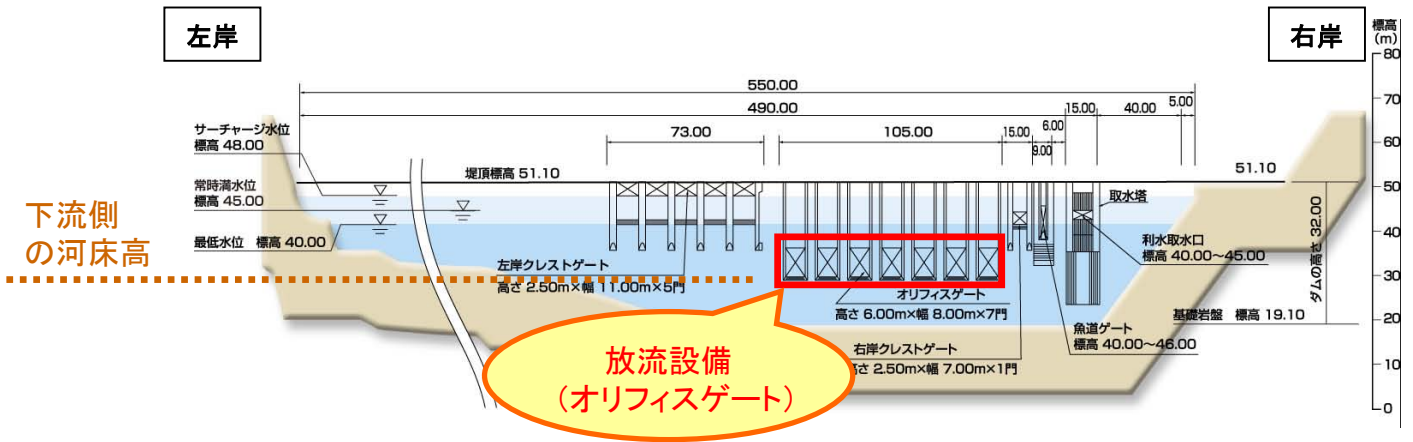


<調査位置図>



[別紙資料⑨]

二風谷ダム(上流から見た概略図)



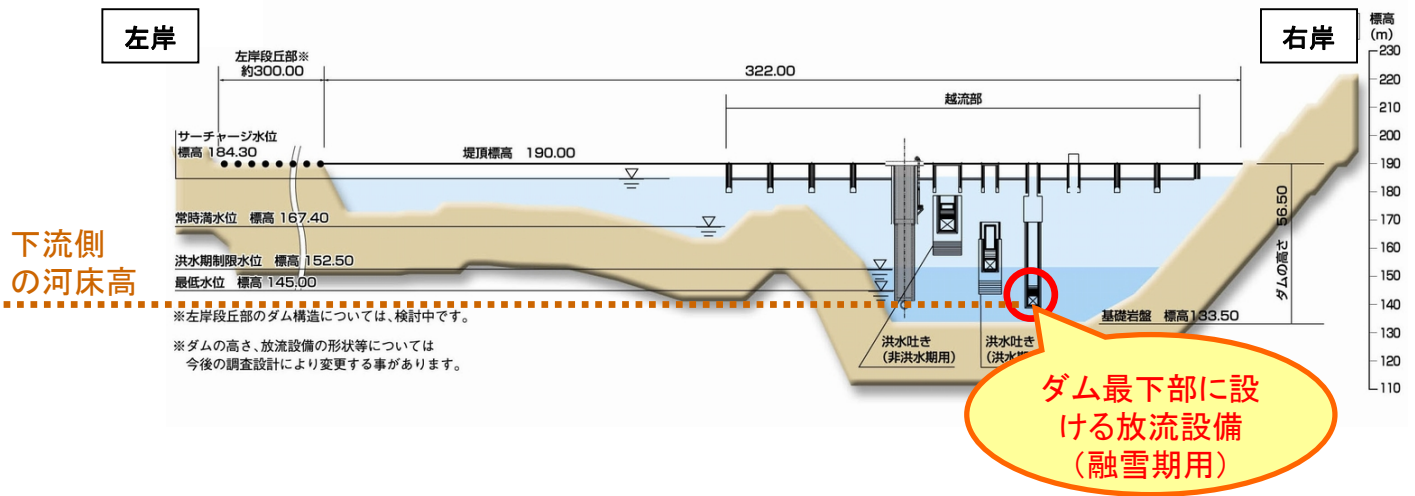
■二風谷ダムオリフィスゲート稼働実績

年間の約1/3の期間、オリフィスゲートを開けて水位・放流量を調節しています。

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
H9												
H10												
H11												
H12												
H13												
H14												
H15												
H16												
H17												
H18												

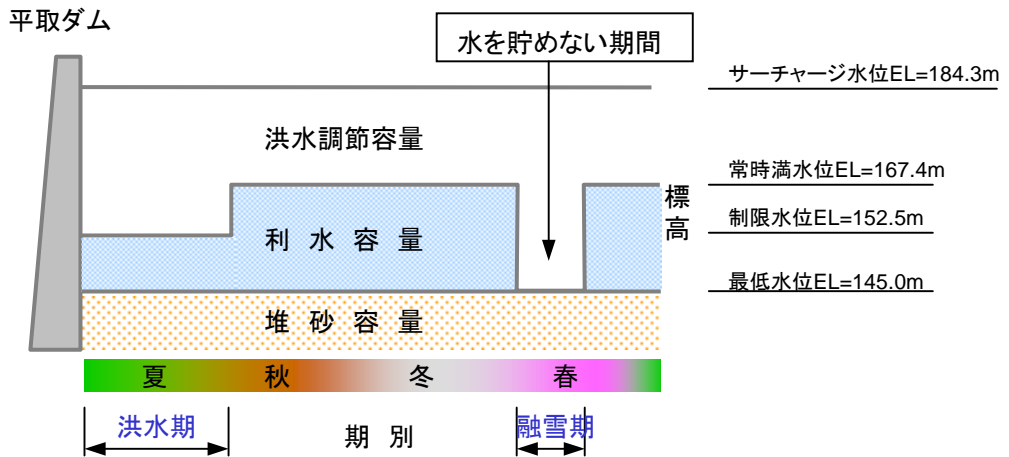
※着色部はオリフィスゲートが開いていた期間

平取ダム(上流から見た概略図)

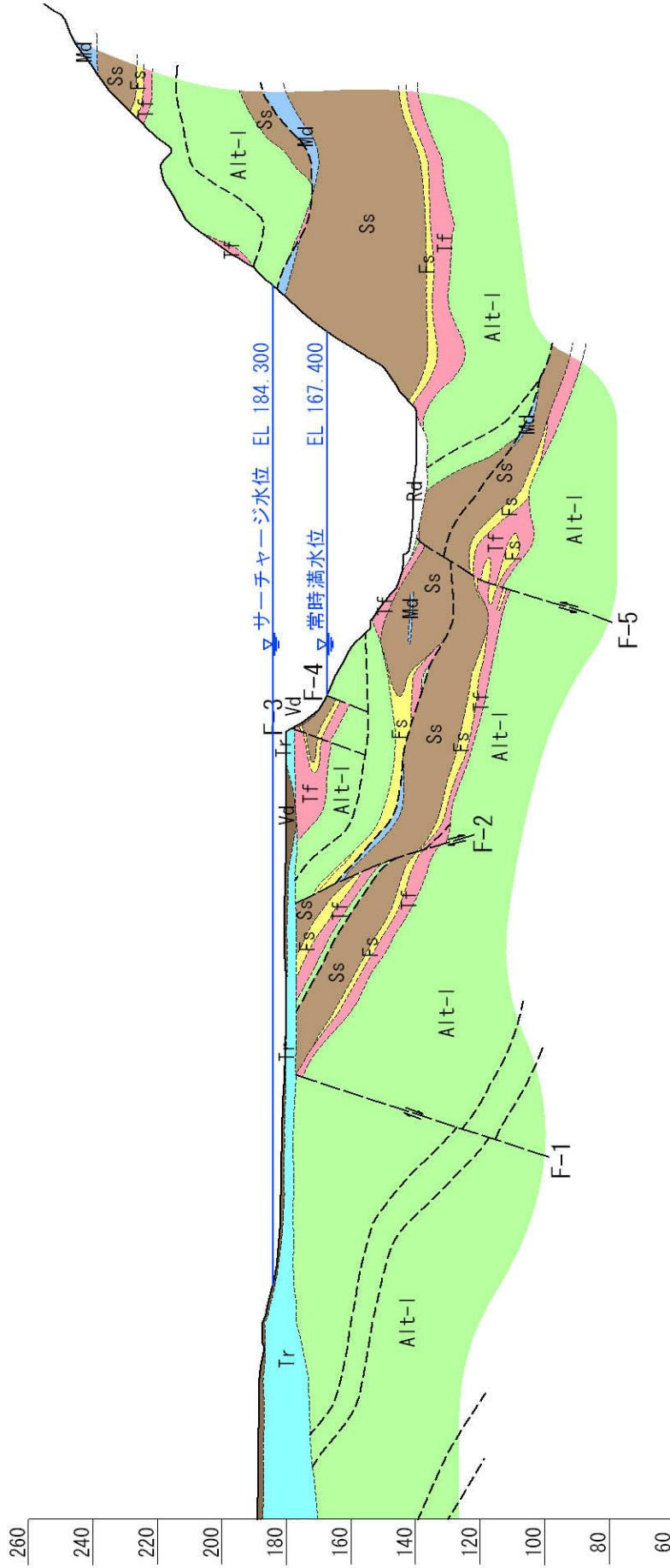


■平取ダム貯水池容量配分イメージ図

融雪期(4~5月中旬)は、水を貯めることなく水や土砂をそのまま流下させます。

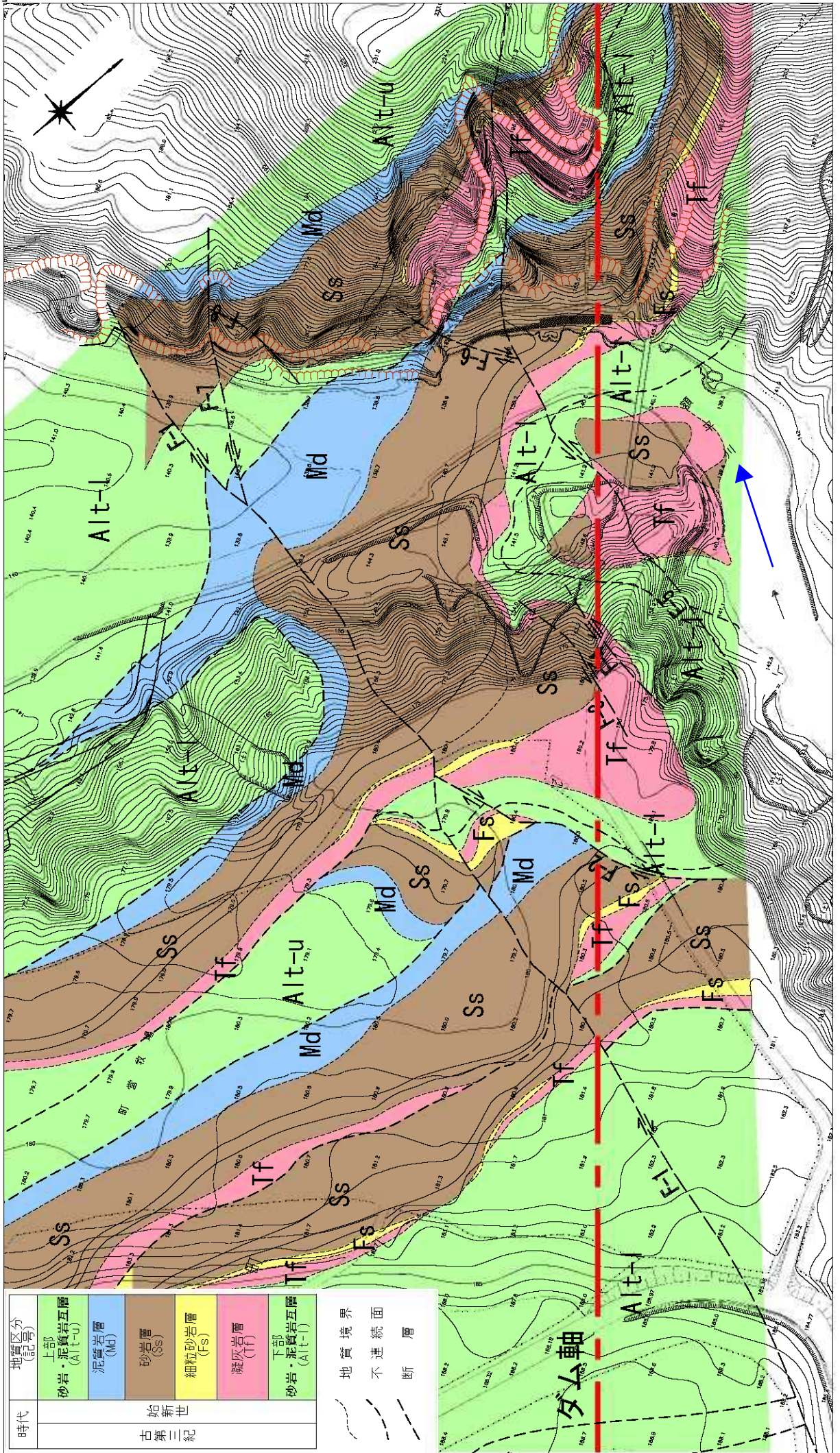


ダム軸地質断面図



時代	地質区分 (記号)
第四紀	現河床堆積物 (Rd)
	火山灰質土 (Vd)
	産錐堆積物 (dt)
更新世	段丘堆積物 (Tr)
	古期産錐堆積物 (Odt)
始新世	上部砂岩・泥質岩互層 (AIt-u)
	泥質岩層 (Md)
	砂岩層 (Ss)
	細粒砂岩層 (Fs)
	凝灰岩層 (Tf)
下部砂岩・泥質岩互層 (AIt-l)	

平取ダムサイト基盤岩地質平面図(古第三紀)

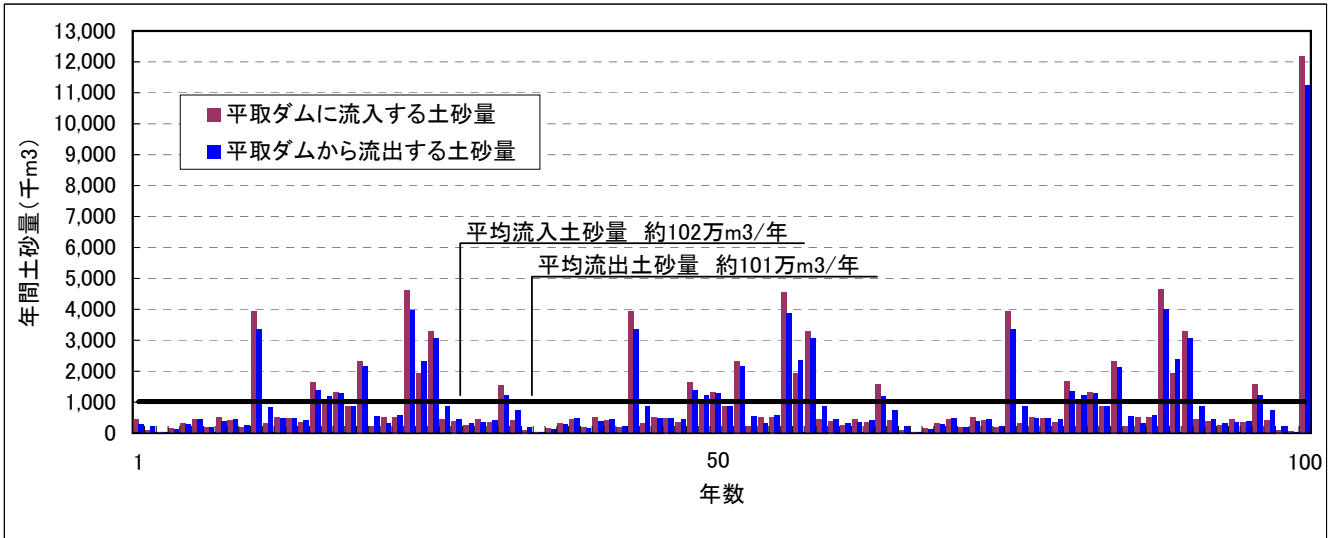


[別紙資料⑫]

年間流入土砂量と流出土砂量

土砂は、水の流れ(出水等)を受けて、洗掘や堆積をしながら、川の上流から下流へと運ばれていきます。こうした現象を
あらかず計算方法(別紙資料⑭参照)を用いて、100年間に平取ダムに流入する土砂量、平取ダムから流出する土砂量
を計算しています。

なお、平取ダムの計画堆砂量の設定にあたっては、流量観測値のある昭和46年以降の流量を用いて、100年分の流
量データを作成、さらに計画規模の流量を追加して、ダム湖内に最も土砂が貯まった状態を計画堆砂量として設定してい
ます。



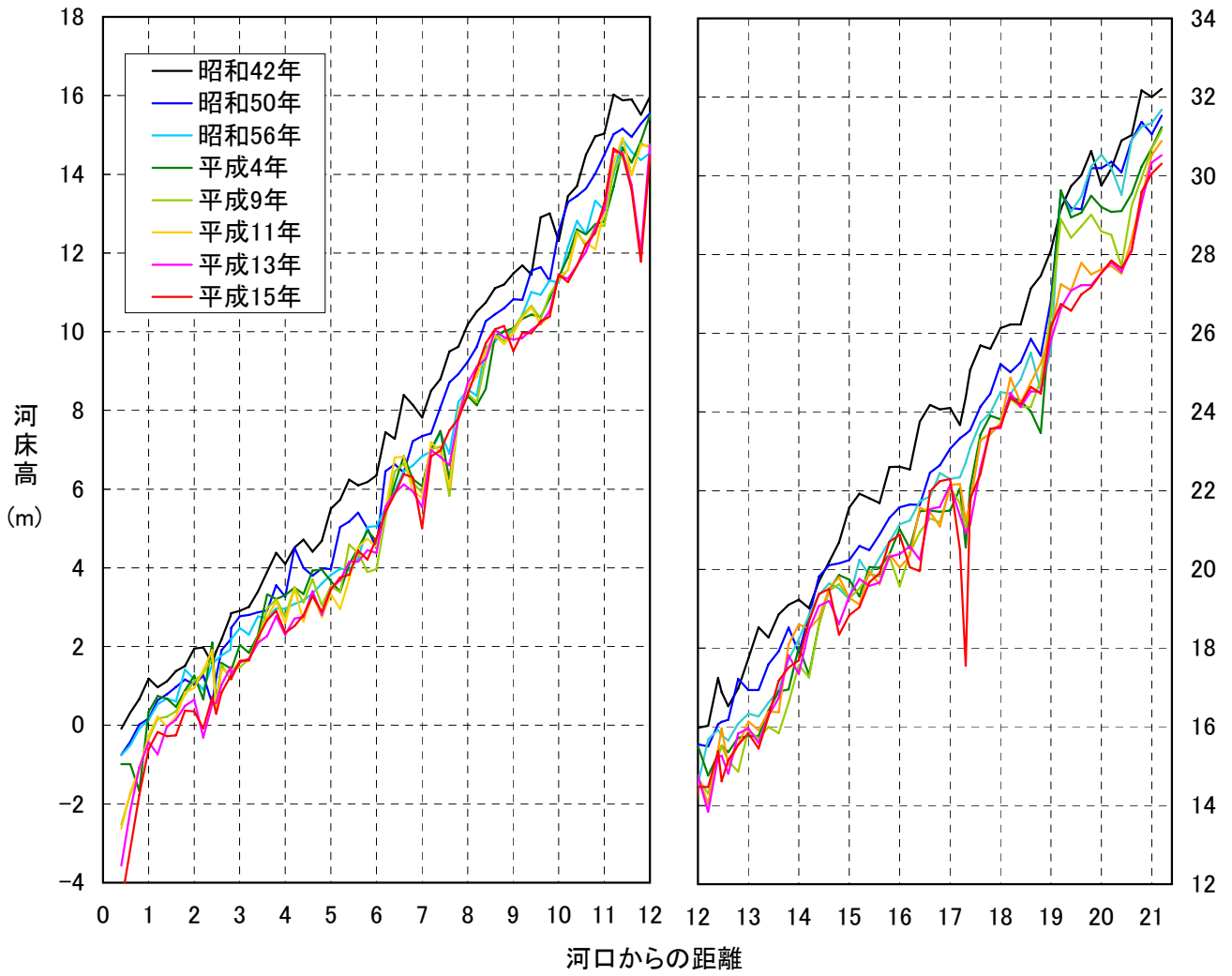


図 沙流川河道縦断の経年変化 (河床高は平均河床高)

二風谷ダム・平取ダムの堆砂計算に用いた計算式（一次元河床変動計算）

二風谷ダムや平取ダムの堆砂に関する検討に際し、土砂は水の流れ（出水等）を受けて洗掘や堆積をしているので、このような現象をあらわす一次元河床変動計算を用いています。

【計算式】

(1) 流れの基礎式

水理量は、一次元不等流計算で算定した。

1) 連続式

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad \text{数式 (1.1)}$$

Q : 流量 (m³/s)

q : 支川からの横流入量 (m³/s)

x : 流下方向の距離 (m)

2) 運動方程式

$$\frac{1}{gA} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (Z+h) + I_e = 0 \quad \text{数式 (1.2)}$$

A : 流積 (m²)

h : 水深 (m)

g : 重力加速度 (m/s²)

Z : 河床高 (EL. m)

I_e : エネルギー勾配 (数式 (1.4) より算定)

3) 摩擦速度 u_{*}

流砂の計算に用いた摩擦速度 u_{*}は、数式 (1.5) より算出した。

$$u_* = \sqrt{g \cdot R \cdot I_e} \quad \text{数式 (1.3)}$$

$$I_e = \frac{n^2 \cdot v^2}{R^{4/3}} \quad \text{数式 (1.4)}$$

u_{*} : 摩擦速度 (m/s)

R : 径深 (m)

v : 断面平均流速 (m/s)

n : マニングの粗度係数 (m^{-1/3}s)

数式 (1.3) に数式 (1.4) を代入すると、数式 (1.5) を得る。

$$u_* = \sqrt{\frac{g \cdot n^2 \cdot v^2}{R^{1/3}}} \quad \text{数式 (1.5)}$$

(2) 流砂の基礎式

混合砂礫床では、粒径別の移動限界の相違によって河床砂礫の一部が移動しない場合もあるため、粒径別に流砂量を算定した。

1) 掃流砂量

掃流砂量の算定は、数式 (1.6) に示す芦田・道上式を用いた。

$$\frac{q_{Bk}}{\sqrt{(\sigma/\rho-1)gd_k^3}} = 17 p_{bk} \tau_{*ek}^{3/2} \left(1 - \frac{u_{*ck}}{u_*}\right) \left(1 - \frac{\tau_{*ck}}{\tau_{*k}}\right) \quad \text{数式 (1.6)}$$

q_{Bk} : 粒径別単位幅掃流砂量 ($m^3/s/m$) d_k : 粒径階 k の代表粒径 (m)

p_{bk} : 粒径階 k の河床において占める割合 ($\sum p_{bk} = 1$)

u_{*ck} : 粒径 d_k の移動限界摩擦速度 (m/s)

τ_{*k} 、 τ_{*ck} 、 τ_{*ek} : 粒径 d_k の無次元掃流力、無次元限界掃流力および無次元有効掃流力

σ 、 ρ : それぞれ砂粒子および水の密度 ($\sigma = 2.65$ 、 $\rho = 1.00$)

u_{*ck} については、エギアザロフの限界掃流力を芦田・道上が一部修正した数式 (1.7) と数式 (1.8) で算定した。

$$d_k/d_m < 0.4 \quad \frac{u_{*ck}^2}{u_{*cm}^2} = 0.85 \quad \text{数式 (1.7)}$$

$$d_k/d_m \geq 0.4 \quad \frac{u_{*ck}^2}{u_{*cm}^2} = \left(\frac{\log_{10} 19}{\log_{10} 19 d_k / d_m} \right)^2 \frac{d_k}{d_m} \quad \text{数式 (1.8)}$$

u_{*cm} : 岩垣式 (数式 (1.9)) より算出される混合砂の平均粒径 d_m に対する移動限界摩擦速度

$$\left. \begin{array}{ll} u_{*cm}^2 = 80.9d_m & d_m \geq 0.3030 \text{ (cm)} \\ u_{*cm}^2 = 134.6d_m^{31/22} & 0.1180 \leq d_m \leq 0.3030 \text{ (cm)} \\ u_{*cm}^2 = 55.0d_m & 0.0565 \leq d_m \leq 0.1180 \text{ (cm)} \\ u_{*cm}^2 = 8.41d_m^{11/32} & 0.0065 \leq d_m \leq 0.0565 \text{ (cm)} \\ u_{*cm}^2 = 226d_m & d_m \leq 0.0065 \text{ (cm)} \end{array} \right\} \text{数式 (1.9)}$$

2) 浮遊砂量、ウォッシュロード量

浮遊粒子 (浮遊砂・ウォッシュロード) の輸送量を評価するため、次の濃度分布に関する一次元非定常拡散方程式を用いた。

(浮遊砂)

$$\frac{\partial}{\partial t} (AC_k) = \frac{\partial}{\partial x} \left\{ A \left(\varepsilon_{sx} \frac{\partial C_k}{\partial x} - vC_k \right) \right\} + B_s (E_{sk} - D_{sk}) \quad \text{数式 (1.10)}$$

[別紙資料⑭-3]

(ウォッシュロード)

$$\frac{\partial}{\partial t}(AC_k) = \frac{\partial}{\partial x} \left\{ A \left(\varepsilon_{sx} \frac{\partial C_k}{\partial x} - v C_k \right) \right\} + B_s (E_{wk} - D_{wk}) \quad \text{数式 (1.11)}$$

A : 流積 (m²)
 ε_{sx} : 流下方向 (x 方向) の拡散係数 (m²/s)
 E_{sk} : 浮遊砂の侵食速度 (m/s)
 E_{wk} : ウォッシュロードの侵食速度 (m/s)
 C_k : 粒径 d_k の粒子の断面平均濃度
 B_s : 流砂幅 (m)
 D_{sk} : 浮遊砂の堆積速度 (m/s)
 D_{wk} : ウォッシュロードの堆積速度 (m/s)

E_{sk} 、 D_{sk} 、 E_{wk} 、 D_{wk} は以下のように与えた。

(浮遊砂)

$$E_{sk} = W_{sk} C_{ek} \quad \text{数式 (1.12)}$$

W_{sk} : 粒径 d_k の沈降速度 (m/s) (Rubey 式で算出)

$$W_{sk} = \left(\sqrt{\frac{2}{3} + \frac{36v^2}{sgd_k^3}} - \sqrt{\frac{36v^2}{sgd_k^3}} \right) \sqrt{sgd_k} \quad \text{数式 (1.13)}$$

v : 水の動粘性係数 (m²/s) (=0.01)

s : 砂の水中比重 (=1.65)

C_{ek} : 粒径 d_k の平衡基準面の濃度 (芦田・道上の平衡時の基準面濃度式で算出)

$$C_{ek} = p_{bk} k_0 \left\{ \frac{g(\zeta_0)}{\xi_0} - G(\zeta_0) \right\} \quad \text{数式 (1.14)}$$

$$\zeta_0 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\zeta_0^2\right) \quad G(\zeta_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\zeta_0}^{\infty} \exp\left(-\frac{1}{2}\zeta^2\right) d\zeta$$

k_0 : 比例定数 (=0.025), $\zeta_0 = W_{sk} / \sigma_p$, $\zeta = W_p / \sigma_p$

W_p : 粒子の鉛直方向の変動速度, σ_p : W_p の標準偏差 (=0.75 u_*)

$$D_{sk} = W_{sk} C_{ak} \quad \text{数式 (1.15)}$$

C_{ak} : 粒径 d_k の河床付近における濃度

(Lane-Kalinske の平衡濃度分布式で算出)

$$C_{ak} = \frac{\alpha}{1 - e^{-\alpha}} C_k \quad \text{数式 (1.16)}$$

$$\alpha = \frac{15W_{sk}}{u_*} \left(1 - \frac{a}{h} \right) \quad \text{数式 (1.17)}$$

$a=0.05h$

[別紙資料⑭-4]

(ウォッシュロード)

$$D_{wk} = \begin{cases} W_{sk} C_{ak} & u_* \leq u_{*dk} \\ 0 & u_* > u_{*dk} \end{cases} \quad \text{数式 (1.18)}$$

u_{*dk} : 粒径 d_k のウォッシュロード粒子の沈降限界摩擦速度

$$\frac{E_{wk}}{u_{*wk}} = \begin{cases} p_{bk} \beta \left[\frac{u_*^2}{u_{*wk}^2} - 1 \right]^n & u_* > u_{*wk} \\ 0 & u_* \leq u_{*wk} \end{cases} \quad \text{数式 (1.19)}$$

u_{*wk} : 粒径 d_k のウォッシュロード粒子の浮上限界速度 (=0.06m/s を採用)

β : 係数 ($1 \times 10^{-5} \sim 4 \times 10^{-5}$)

n : 係数 (1.0 ~ 1.5)

(3) 河床変動の基礎式

掃流砂・浮遊砂およびウォッシュロードが混在する河床変動の基礎式は、連続条件から次式を用いた。

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

数式 (1.20)

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)

N_d : 全粒径階の分割数

$k = 1 \sim N_b$: 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