

# 黒部川連携排砂による 河川・沿岸域を含む流砂系への環境影響



京都大学工学研究科社会基盤工学専攻

角 哲也

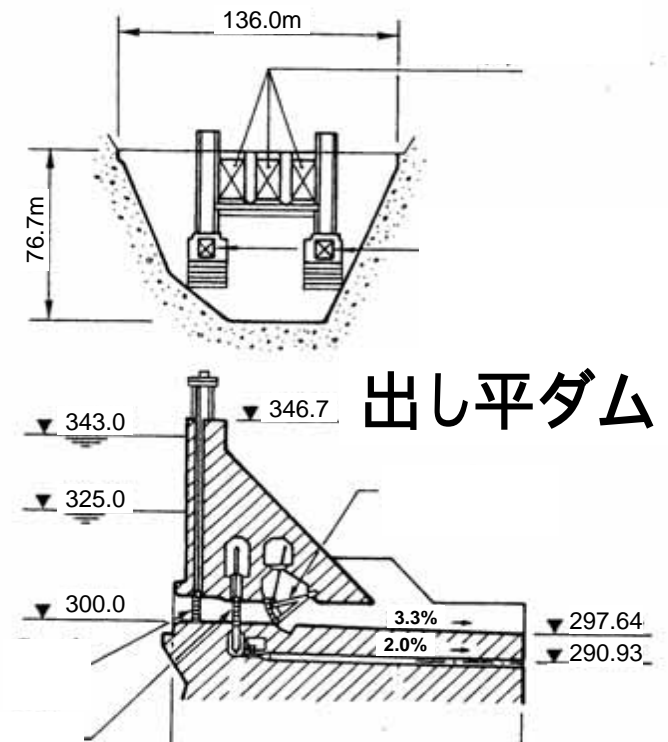
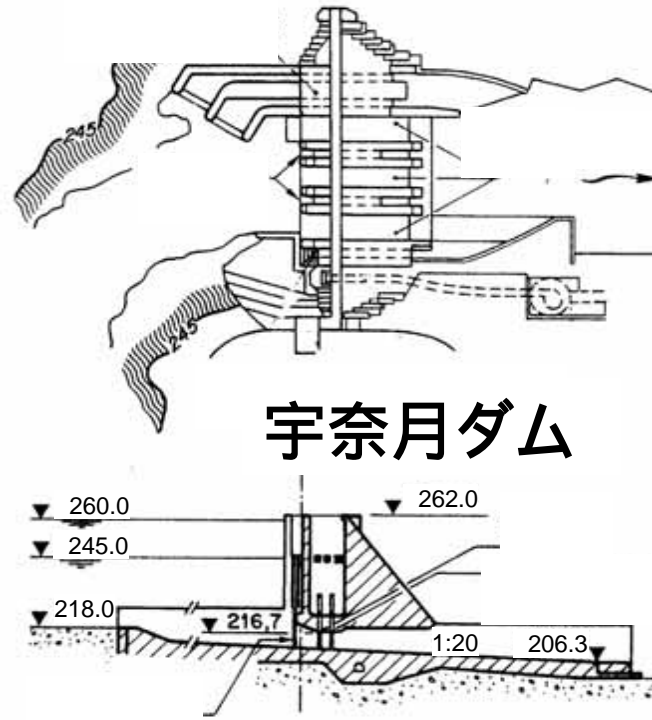
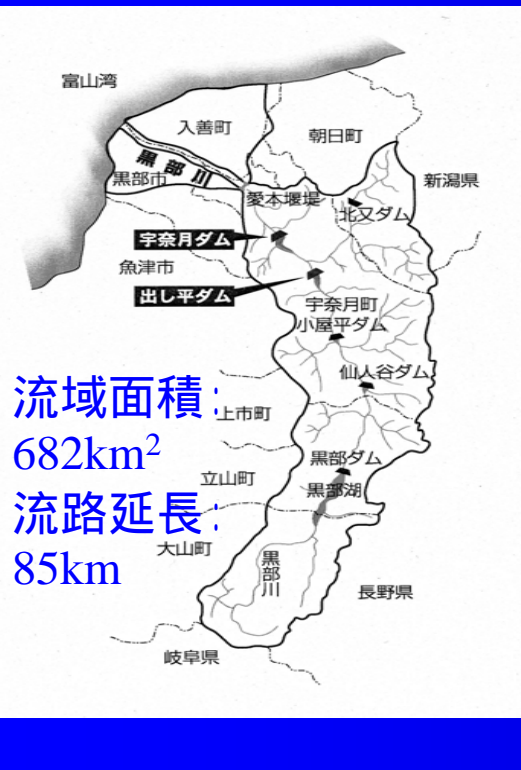
# 黒部川連携排砂

## 宇奈月ダム (2001)

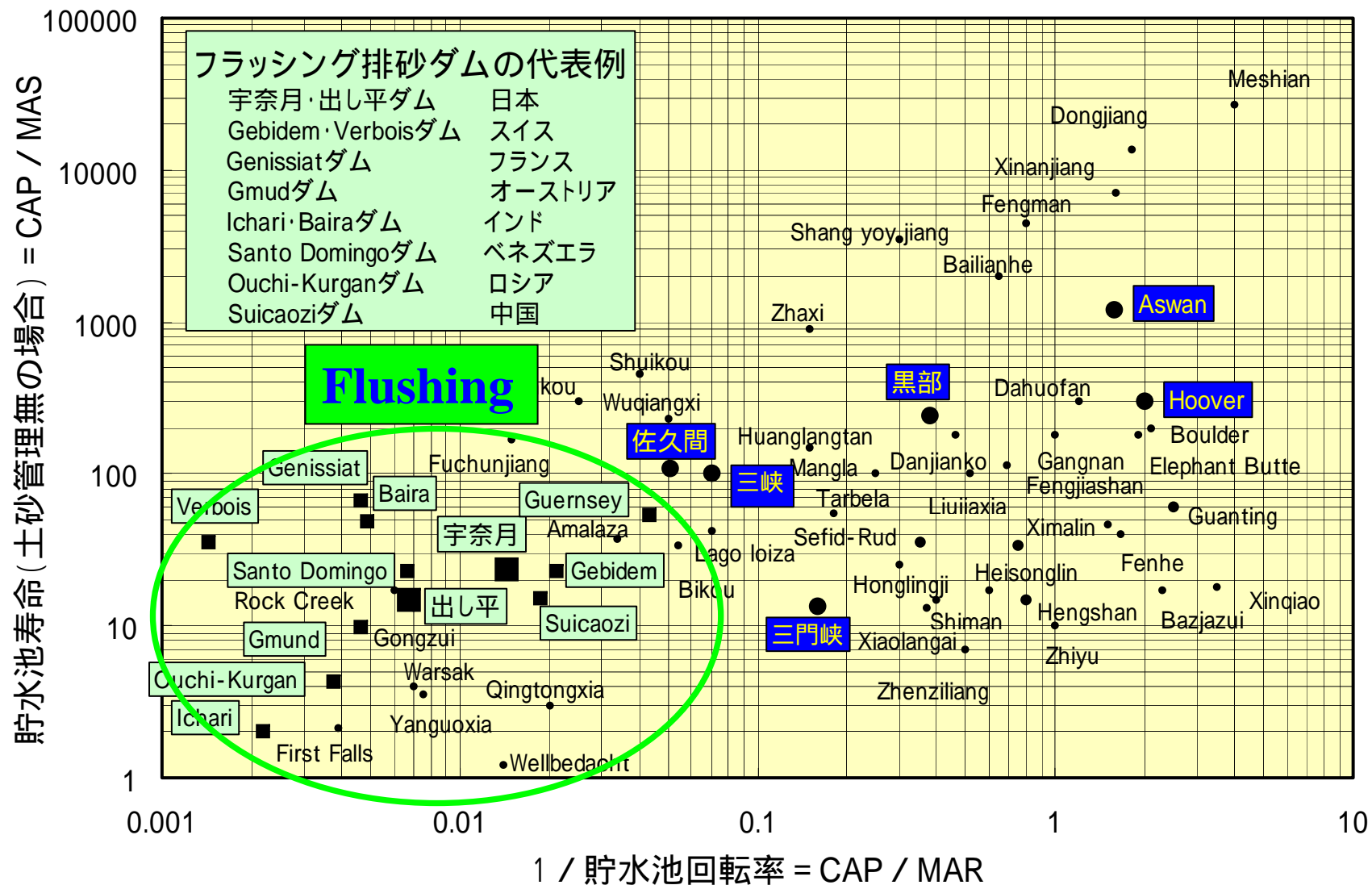
H=97m  
 V= 2,470万m<sup>3</sup>  
 洪水調節  
 水力発電 など

## 出し平ダム (1985)

H=76.7m  
 V= 900万m<sup>3</sup>  
 水力発電



# 世界のフラッシング排砂ダム



# ダム排砂に伴う環境的課題

## ● 排砂に伴う環境影響(マイナス効果)の評価手法と軽減策の確立

堆積土砂(特に有機質を多く含む微細土砂)の排出に伴う水質変化と生態系への影響

- SS上昇とDO低下による影響予測
- 影響の最小化手法の確立(排砂ルールの設定)

排砂時の微細土砂の堆積(河道・河口・沿岸域)による生態系への影響

- 微細土砂の河道・河口・沿岸域への影響予測
- 影響の最小化手法の確立(清水すすぎ放流など)

## ● 排砂に伴う環境影響(プラス効果)の評価手法の確立

流砂系の総合的な土砂管理

栄養塩やその他の物質が下流の河川や海域に対して本来有していたさまざまな機能を回復



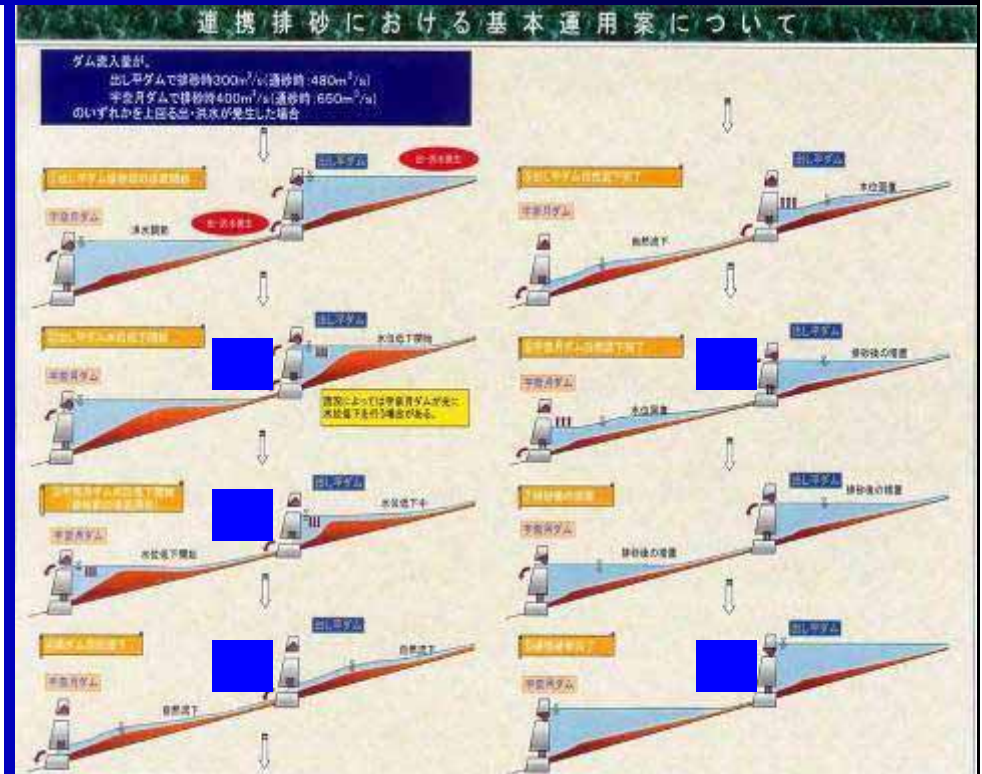
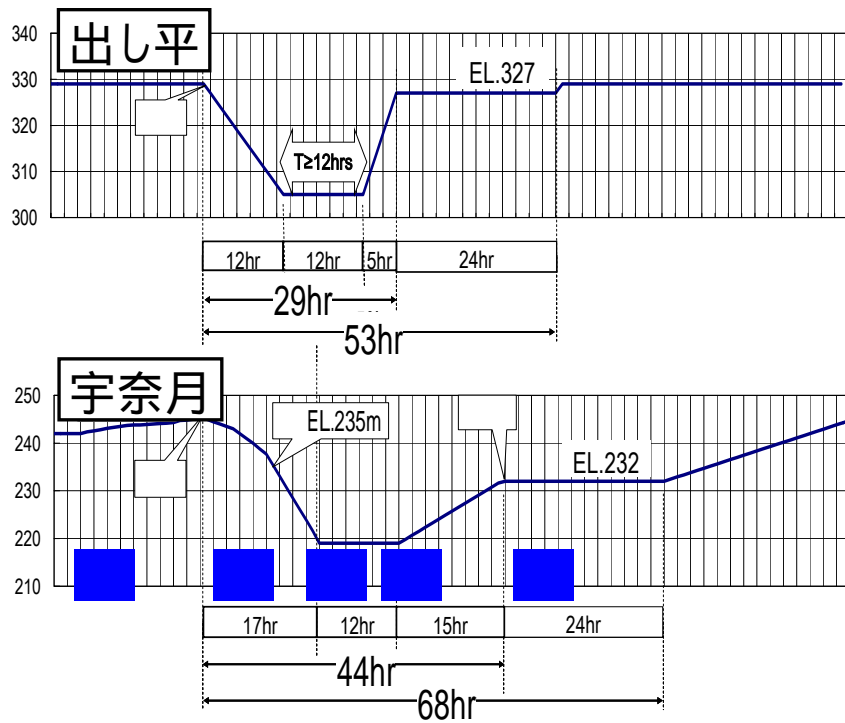
# ダム排砂に関する環境影響 (Merle, 2000)

生態系の構成要素	影響の種類	影響を受ける区域	期間
河床の地形	基盤の変形	直下流	中程度の期間から長期間
水質	動物相に対する有毒性 浮遊物による取水口の目詰まり 灌漑や飲料水としての問題	直下流 直下流 ,場合によっては遠距離まで 直下流 ,場合によっては遠距離まで	短期間 短期間 短期間
水生植物	藻類の微小植物：磨耗による剥離 固定した水生植物：堆積物に覆われる	直下流 遠くの下流	短期間 (短期間の発生サイクル) 中程度の期間
底生無脊椎動物	浮遊して流されることによる直接的な物理的影響 栄養素の蓄積や生息地が変化することによる間接的な影響	直下流 直下流	短期間 中程度の期間から長期間
魚 - 産卵場 - 稚魚 - 生息構造	目詰まり 浮遊して流される 幼魚や成魚の下流への移動	直下流	中程度の期間

# 連携排砂実施計画

項目	排砂		通砂	
	出し平ダム	宇奈月ダム	出し平ダム	宇奈月ダム
(1) 時期	<ul style="list-style-type: none"> <li>・6月～8月でダム流入量が、出し平ダムで300m<sup>3</sup>/s、宇奈月ダムで400m<sup>3</sup>/sのいずれかを上回る最初の出洪水時にその都度実施。</li> <li>・但し、上記期間のうち、融雪や梅雨等により流量の大きい時期に限り、<b>出し平ダム流入量が250m<sup>3</sup>/sに達した場合</b>においても実施する。なお、自然流下中の流入量が130m<sup>3</sup>/sを下回った場合は中止する。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・6月～8月で排砂後のダム流入量が、<b>出し平ダムで480m<sup>3</sup>/s、宇奈月ダムで650m<sup>3</sup>/s</b>のいずれかを上回る出洪水時にその都度実施。</li> </ul>	
(2) 排砂量	<ul style="list-style-type: none"> <li>・貯水池内の一定の堆砂形状をできるだけ維持するため、それ以上に堆積した土砂。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・自然の出洪水流を排砂ゲートを用いてその都度流下させる。</li> </ul>	
(3) 方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自然流下方式</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・同左</li> </ul>	
(4) 時間	<ul style="list-style-type: none"> <li>・貯水池内の一定の堆砂形状をできるだけ維持するため、それ以上に堆積した土砂の排出に必要な自然流下時間。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・宇奈月ダム自然流下時間内に完了</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自然流下時間12時間</li> </ul>
(5) 排砂・通砂前の措置	<ul style="list-style-type: none"> <li>・出洪水の初期(ダム水位が高い)段階から排砂ゲートを開ける運用とする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・出洪水の調節の後期(ダム水位が高い)段階から水位低下操作運用とする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・同左</li> </ul>	
(6) 排砂・通砂後の措置	<ul style="list-style-type: none"> <li>・排砂後24時間は原則として発電取水を停止し、ダム流入量をそのまま放流する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・排砂後24時間はダム流入量をダムおよび宇奈月発電所から放流する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・通砂後12時間は、ダム流入量をダムおよび下流発電所から放流する。</li> </ul>	

# 黒部川連携排砂





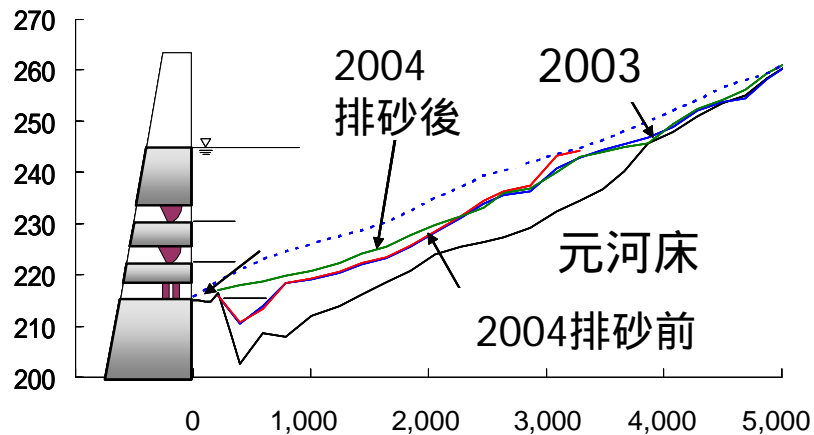
# 宇奈月ダム排砂 (2004.7)





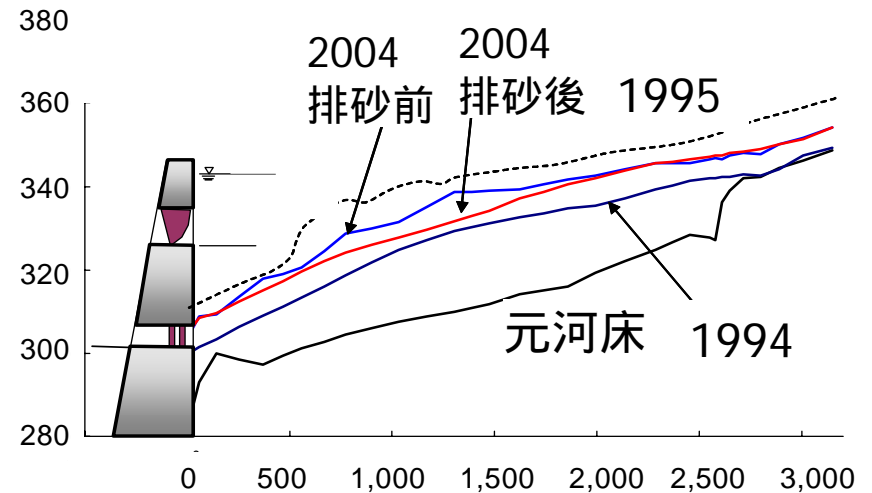
# 堆砂形状变化

標高 (m)



宇奈月ダム

標高 (m)



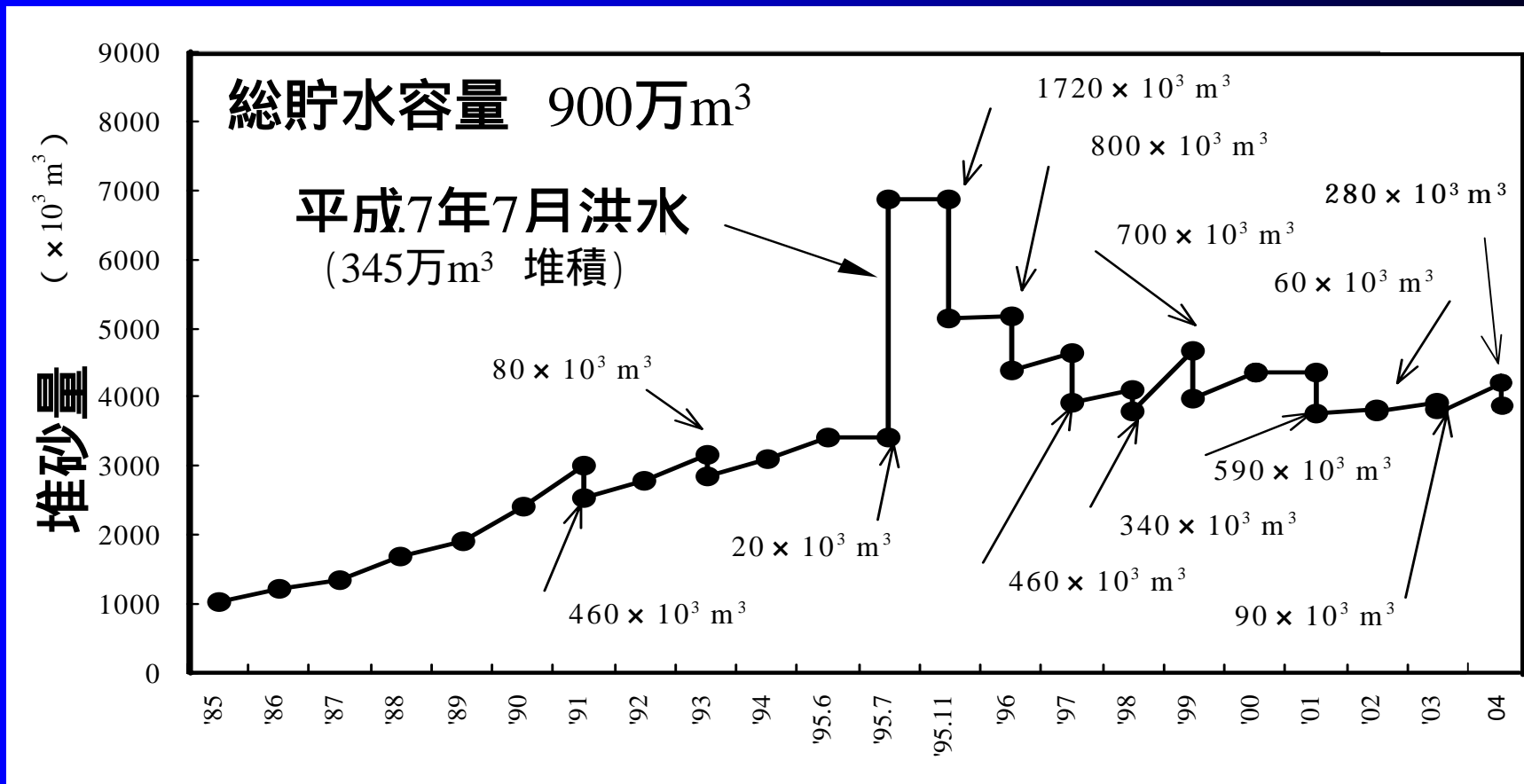
出し平ダム

出し平： 平衡河床状態

宇奈月： 堆砂進行状態

細砂・中砂 (1mm程度まで) が排出  
粗粒分 (礫 (2-60mm) を含む) は  
貯水池内を前進中

# 出し平ダムの堆砂量経年変化



## ● 2004年までの約20年間の土砂収支

- ダム堆砂: 400万 $m^3$ ,
- 排砂: 12回, 560万 $m^3$  1900 $m^3/km^2/yr$
- 通過土砂: 排砂中の流入土砂 + 洪水時の通過土砂

# ダム排砂の課題

## ■ 排砂効率

= 排砂量 / 使用水量

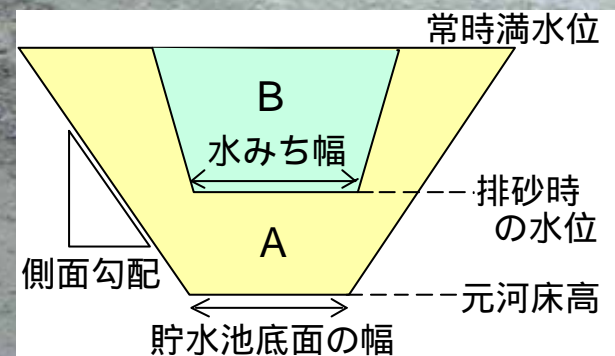
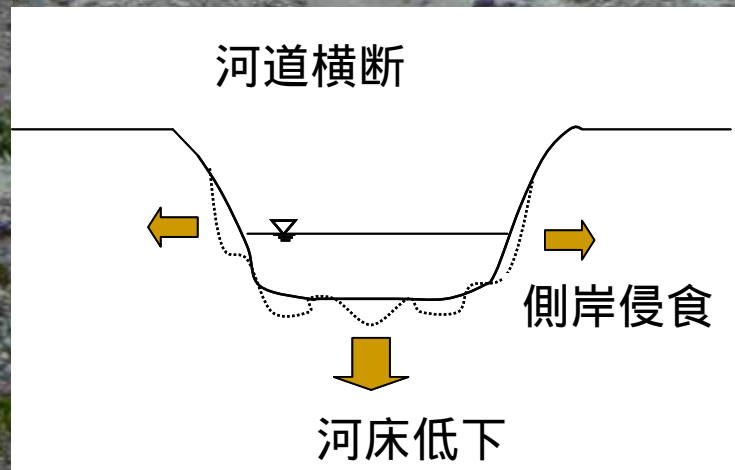
出し平ダムの排砂状況

## ■ 排砂効果

= 排砂量 / 排砂前の貯水池内堆積土砂量

## ■ 環境影響

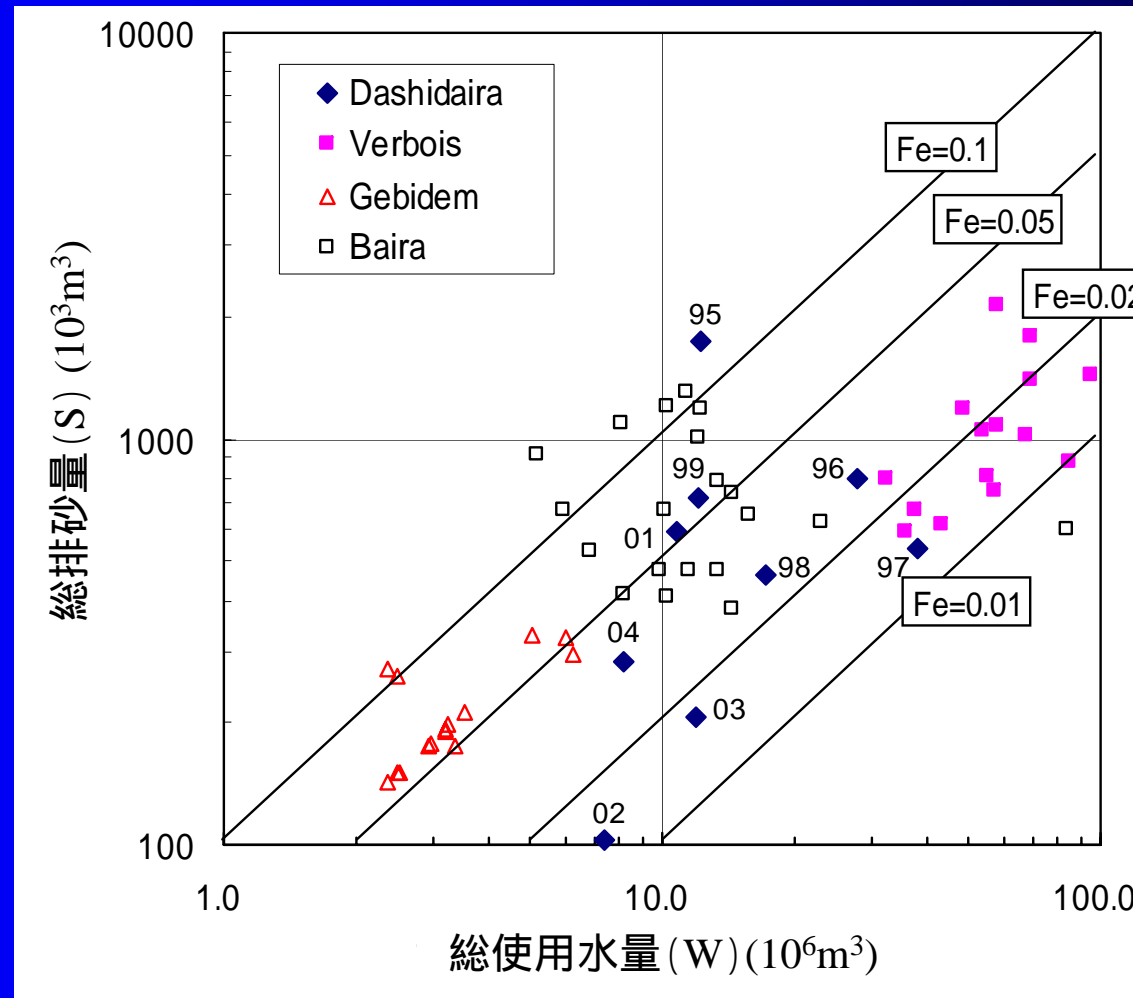
~ SS濃度の上昇や DO の低下, 微細粒土砂の堆積など ~



一般的な排砂形態

2003 6 29

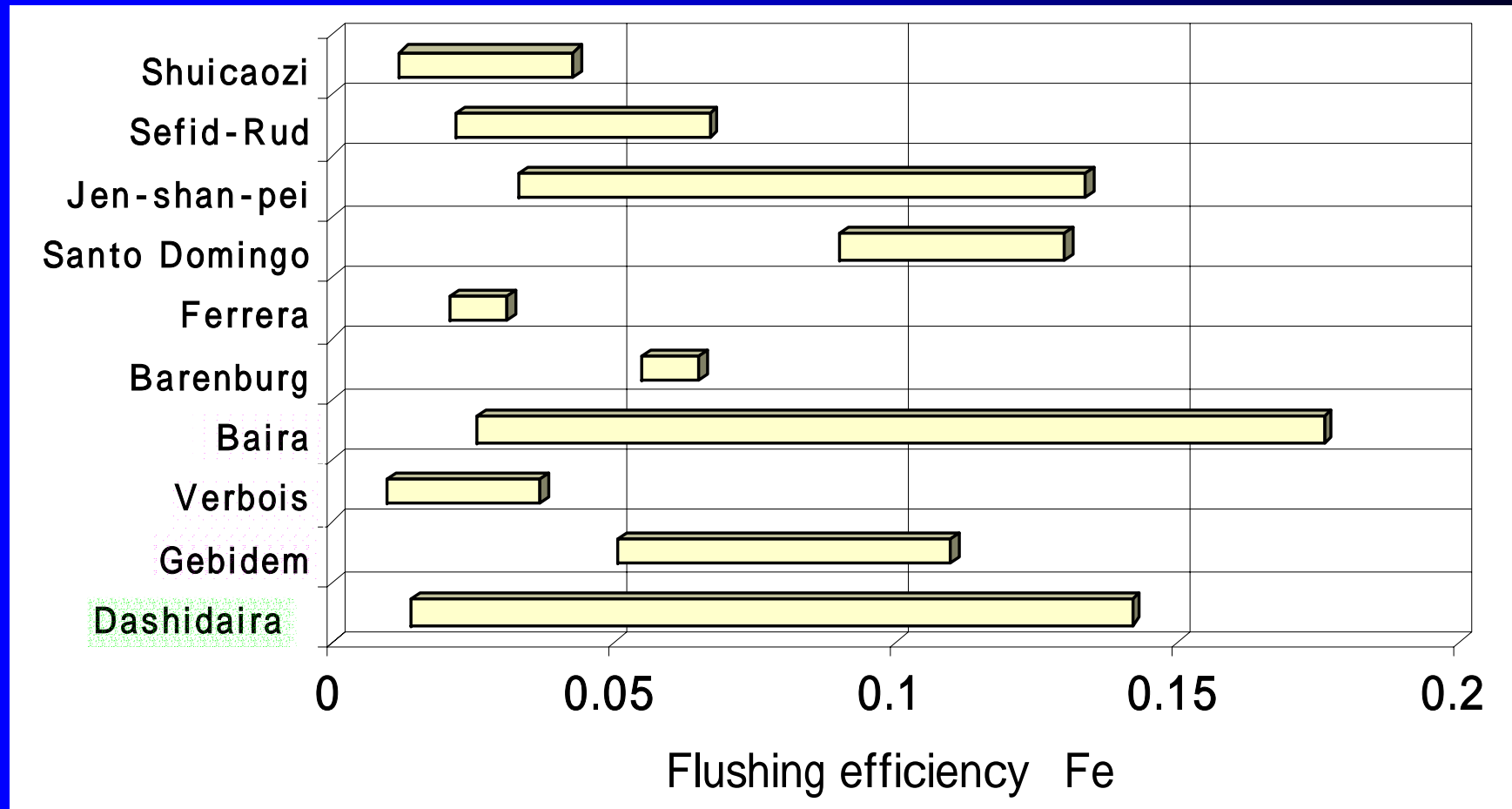
# フラッシング排砂ダムの排砂量と使用水量の関係



$F_e$ : 排砂効率 (Flushing efficiency) = 排砂量 / 総使用水量



# フラッシング排砂ダムの排砂効率 (Flushing efficiency)

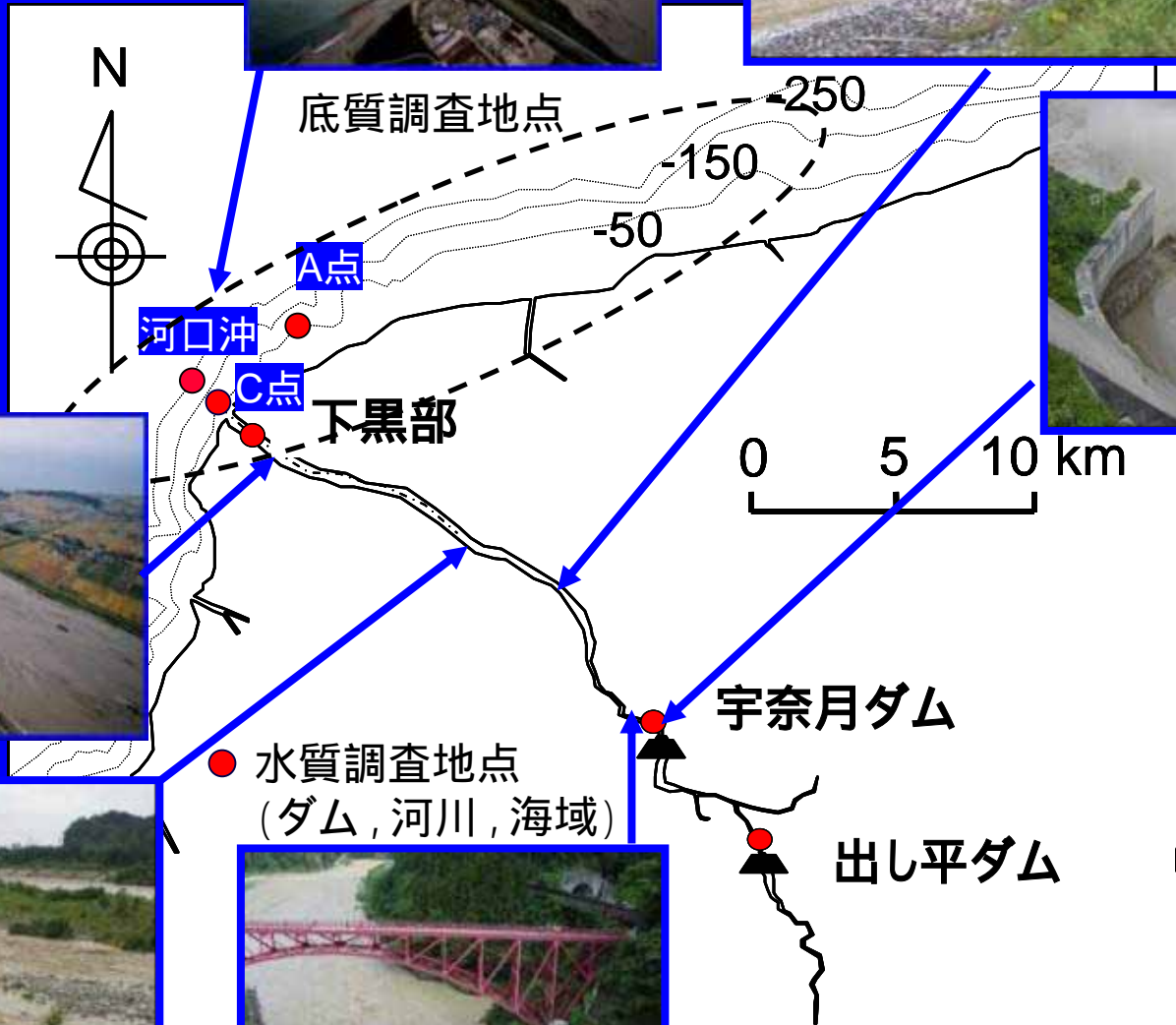


$F_e$ : 排砂効率 (Flushing efficiency) = 排砂量 / 総使用水量

# ダム排砂時の環境モニタリング

## 海域

水質  
(DO, SS etc.)  
底質  
水生生物  
河道断面

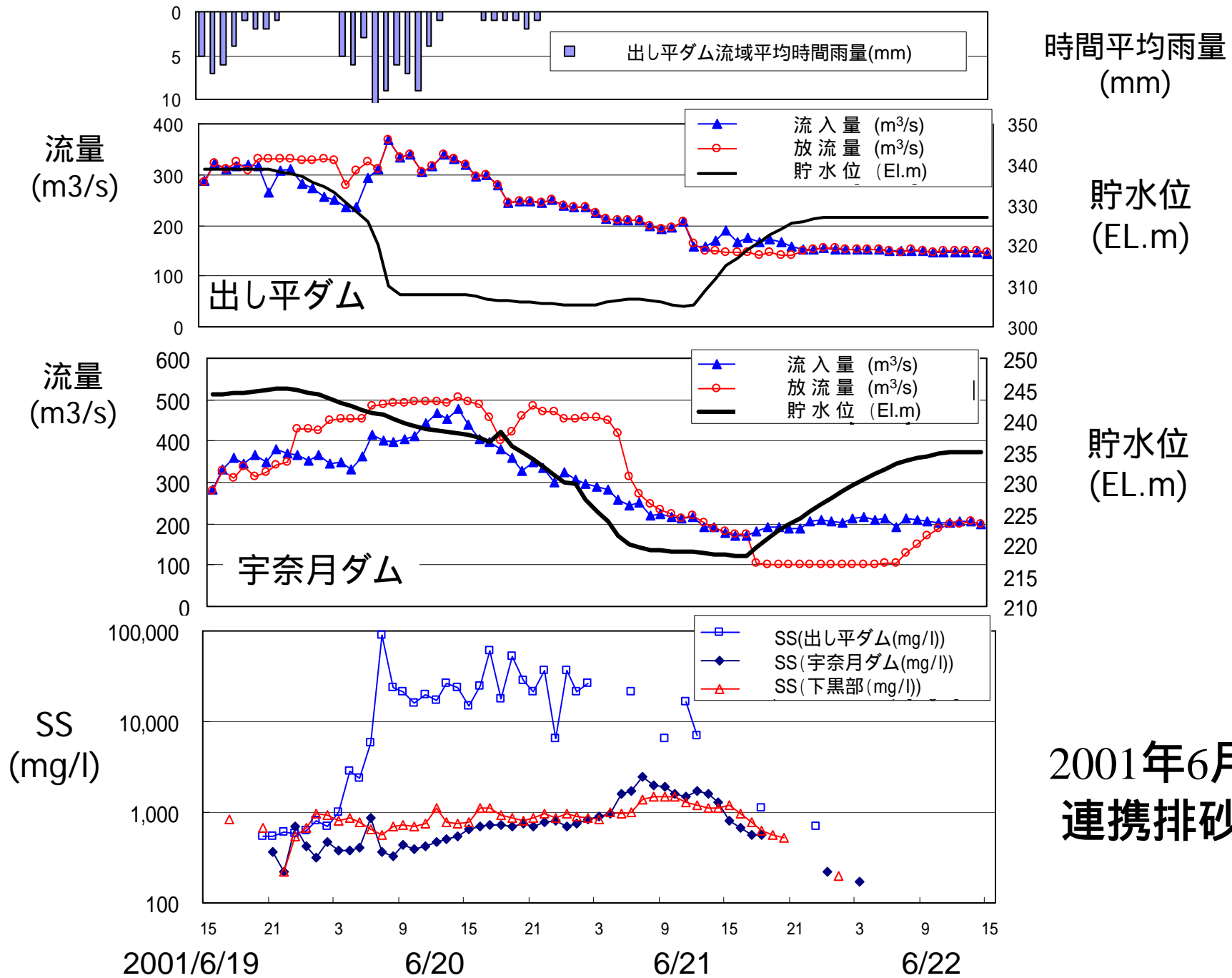


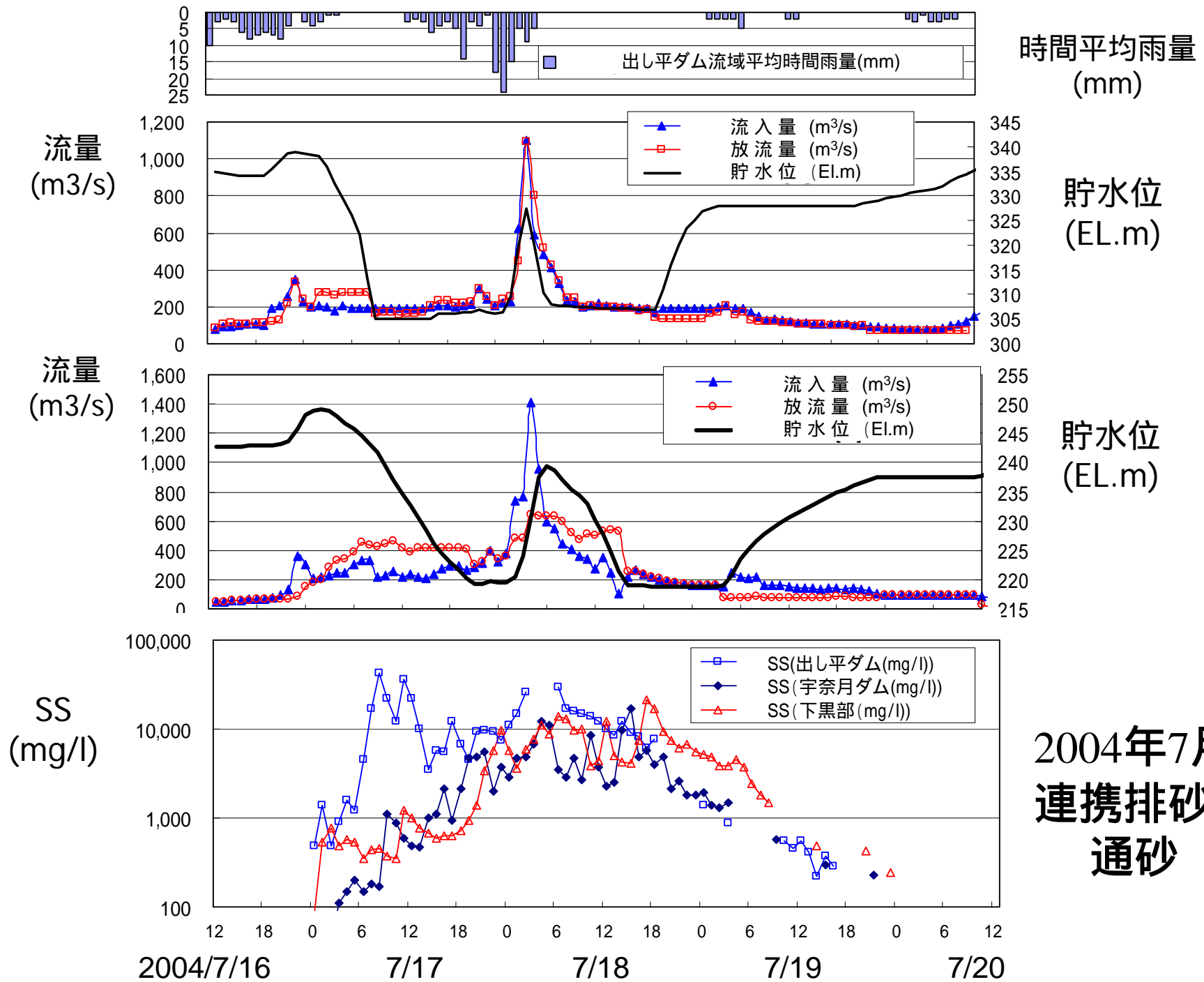
## 河川

水質  
(DO, SS etc.)  
底質  
水生生物  
河道断面

## 貯水池

水質  
(DO, SS etc.)  
底質  
水生生物  
河道断面





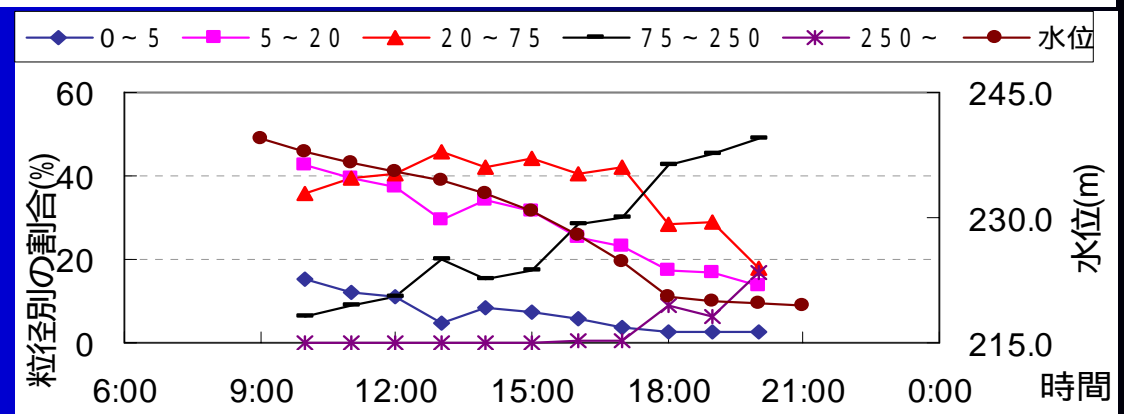
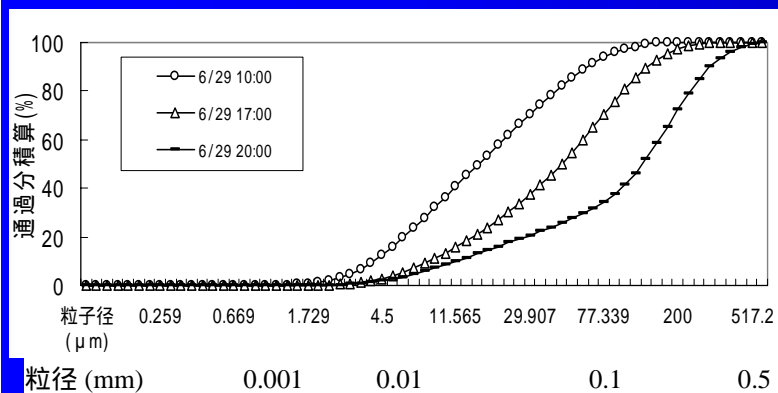
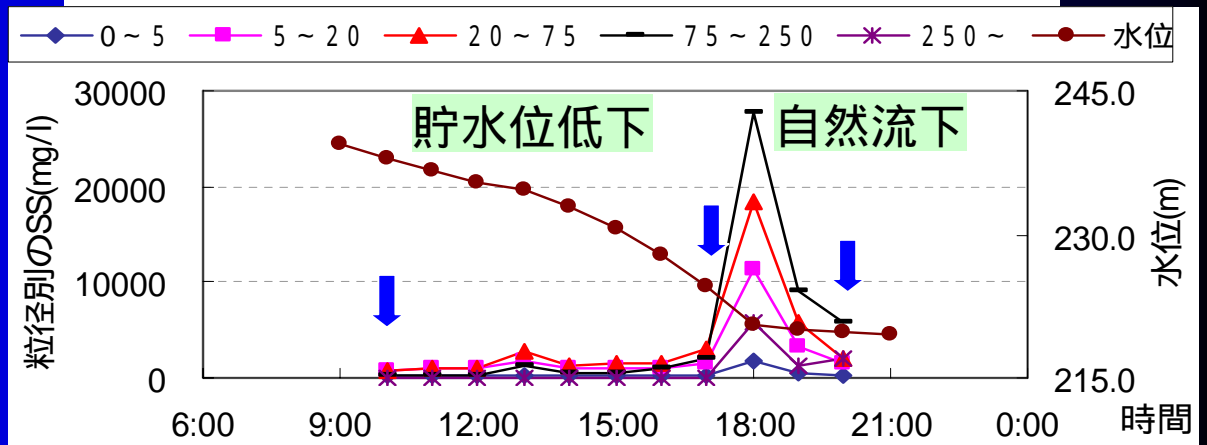
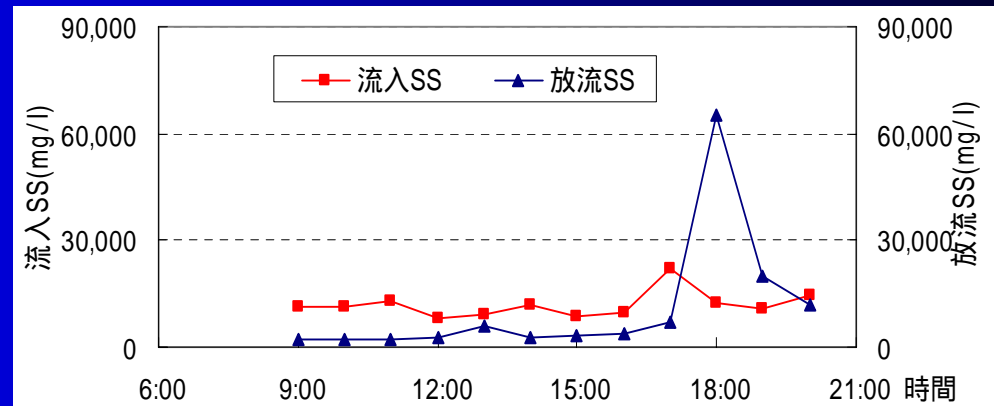


# 排砂時におけるDO最小値およびSS最大値

排砂		排砂量 (万m <sup>3</sup> )	DO (mg/l) (最低値)			SS (mg/l) (最大値)		
			出し平ダム	宇奈月ダム	下黒部橋	出し平ダム	宇奈月ダム	下黒部橋
年	操作							
1995年7月	出水	-	-	11.3	10.5	-	3,700	1,800
1995年10月	排砂	172	8.8	9.7	8.9	103,500	29,400	26,000
1996年6月	排砂	80	10.7	10.3	9.8	56,800	9,470	6,770
1997年7月	排砂	46	9.8	9.2	9.3	93,200	28,900	4,330
1998年6月	排砂	34	8.2	7.0	7.3	44,700	9,400	6,750
1998年7月	出水	-	-	10.5	9.5	-	6,090	5,260
1999年9月	排砂	70	6.0	5.8	6.5	161,000	52,100	25,700
2001年6月	連携排砂	59	7.2	11.4	10.2	90,000	2,500	1,500
2001年7月	連携通砂	-	11.1	10.6	9.6	29,000	3,700	2,200
2002年7月	連携排砂	6	9.5	10.5	9.5	22,000	5,400	2,800
2003年6月	連携排砂	9	11.8	11.3	9.6	69,000	17,000	10,000
2004年7月	連携排砂	28	9.3	10.2	9.8	42,000	6,800	11,000
2004年7月	出水	-	10.8	11.2	10.3	30,000	12,000	14,000
2004年7月	連携通砂	-	10.6	11.2	9.6	16,000	17,000	21,000
2005年6月	連携排砂	51	10.4	11.1	9.4	47,000	65,000	32,000
2005年6月	連携通砂	-	11.3	10.9	10.1	90,000	29,000	18,000
2005年7月	連携通砂	-	11.3	10.9	9.8	40,000	21,000	10,000
2006年7月	連携排砂	24	9.4	11.2	9.9	27,000	22,000	14,000
2006年7月	連携試験通砂	16	11.4	10.9	9.8	12,000	10,000	6,000
2006年7月	連携通砂		11.5	11.3	10.2	27,000	16,000	9,100
2006年7月	連携通砂		10.6	11	10.2	7,400	5,900	5,800

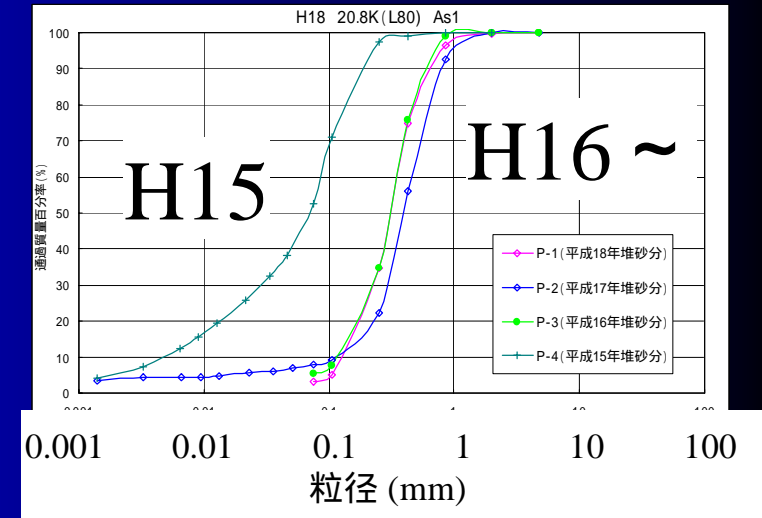
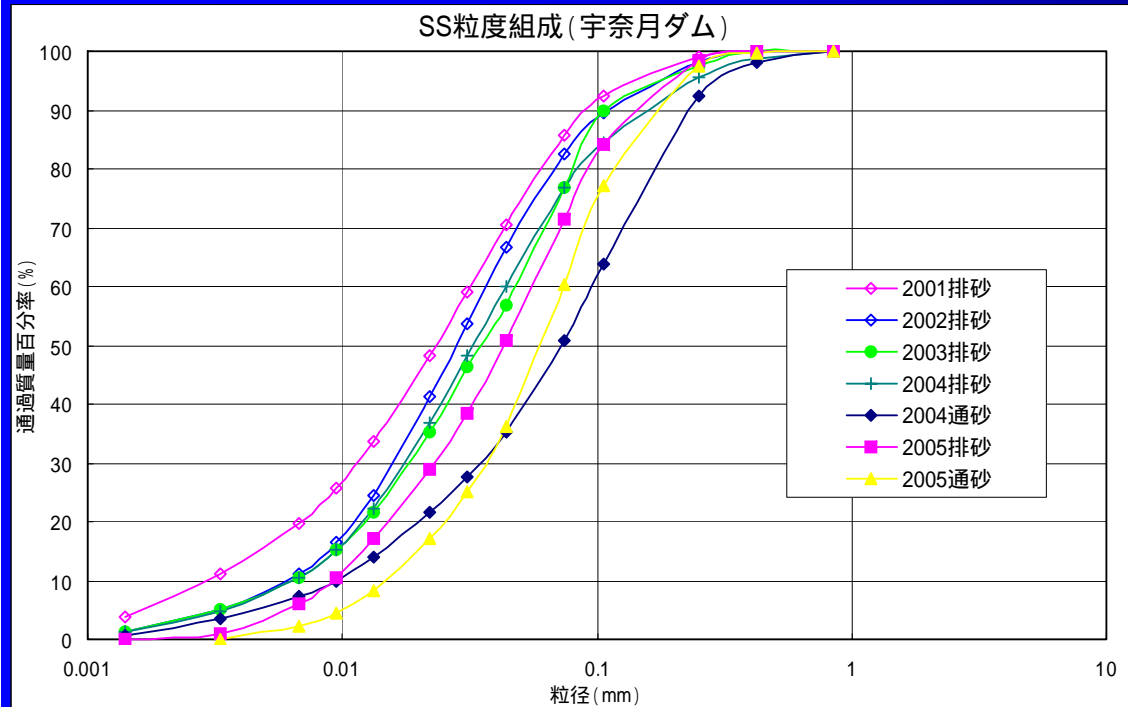
# 排砂時のSSと粒度分布変化(2005年宇奈月ダム)

貯水位低下から自然流下開始に従ってSS中の粒径増大



# 排砂時の宇奈月ダム放流SSの粒度分布

## ダム直上の堆積土砂

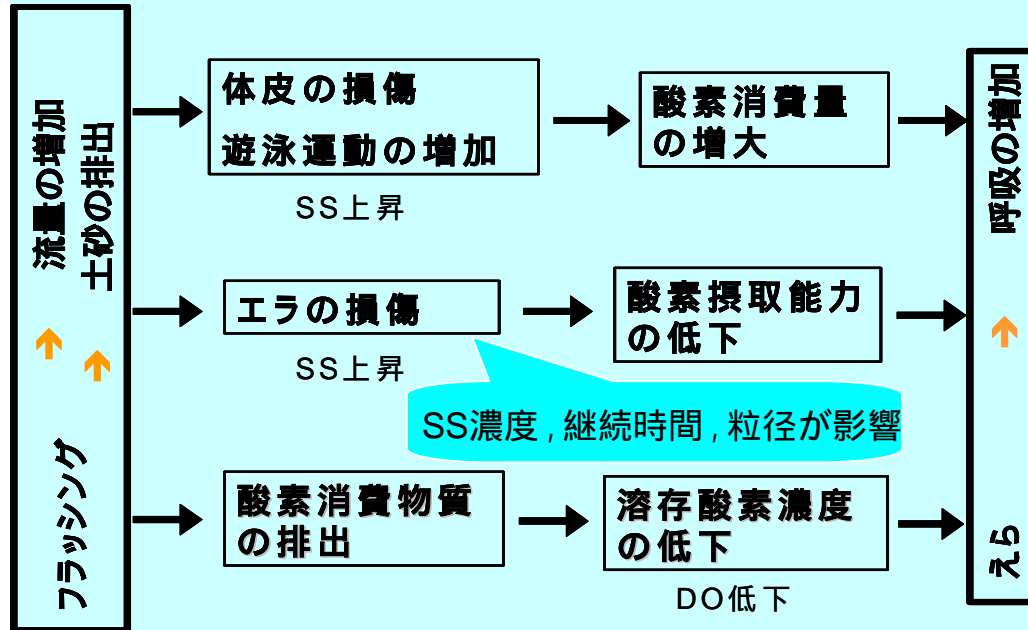


## 排砂時の宇奈月ダム放流SS

- 平成16年(2004)年の洪水で宇奈月ダムの堆砂が大きく前進(ダム直上の堆砂粒径が上昇)  
放流SSの粒径も上昇 ( $d_{60}$ : 0.05 0.1mm)

# 粒度組成を考慮した河川環境影響評価

## SSによる魚類への影響 (Staub 2000)

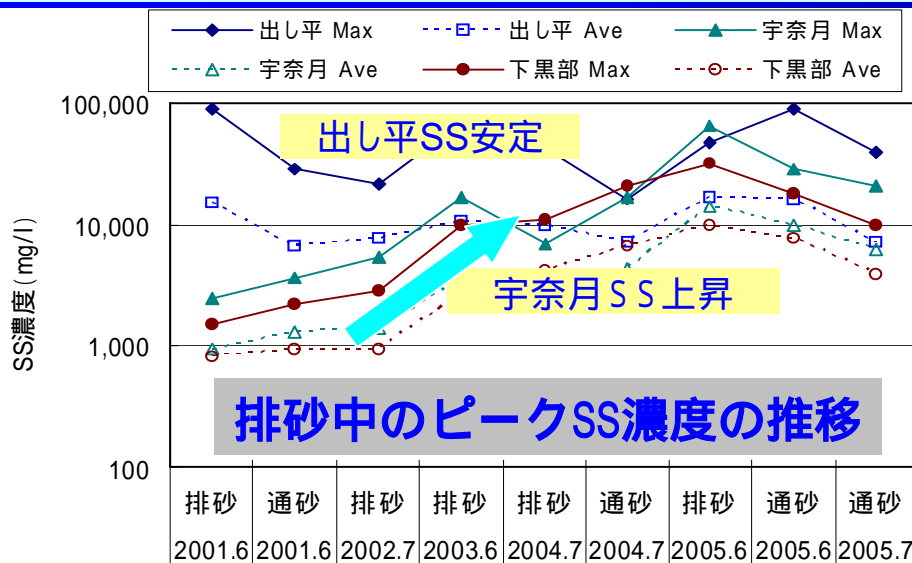


## 現在のモニタリング項目

DO, SS, SS粒度分布など

- DOは低下なし(安全)
- SS, SS粒度分布  
出し平ダムは平衡状態  
宇奈月ダムは堆砂進行により  
粗粒土砂の通過が開始  
(SS上昇, 粒径上昇)

## 魚類生態等に影響が大きい微細粒土砂に着目した影響評価



えらの詰まりは微細粒土砂(数  $10 \mu\text{m}$ 以下)が支配的(木下ら)

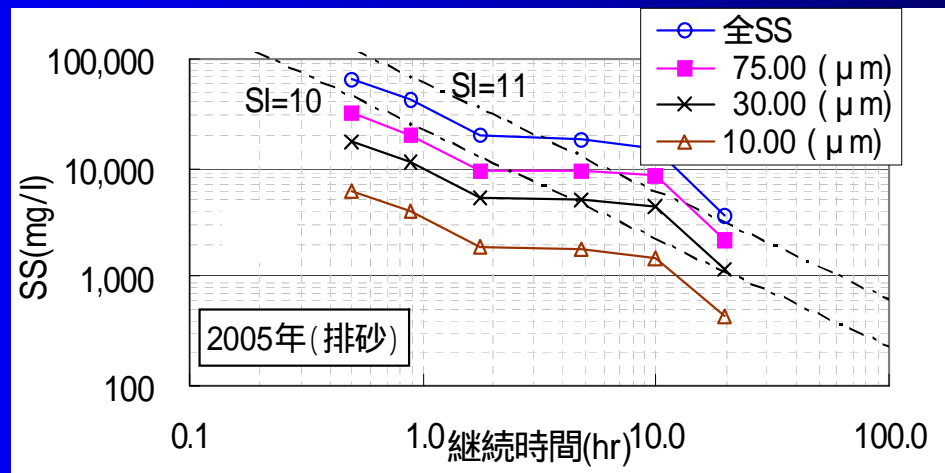
$$SI = \log_e (\text{SS濃度}(\text{mg/l}) \times \text{継続時間}(\text{hr}))$$



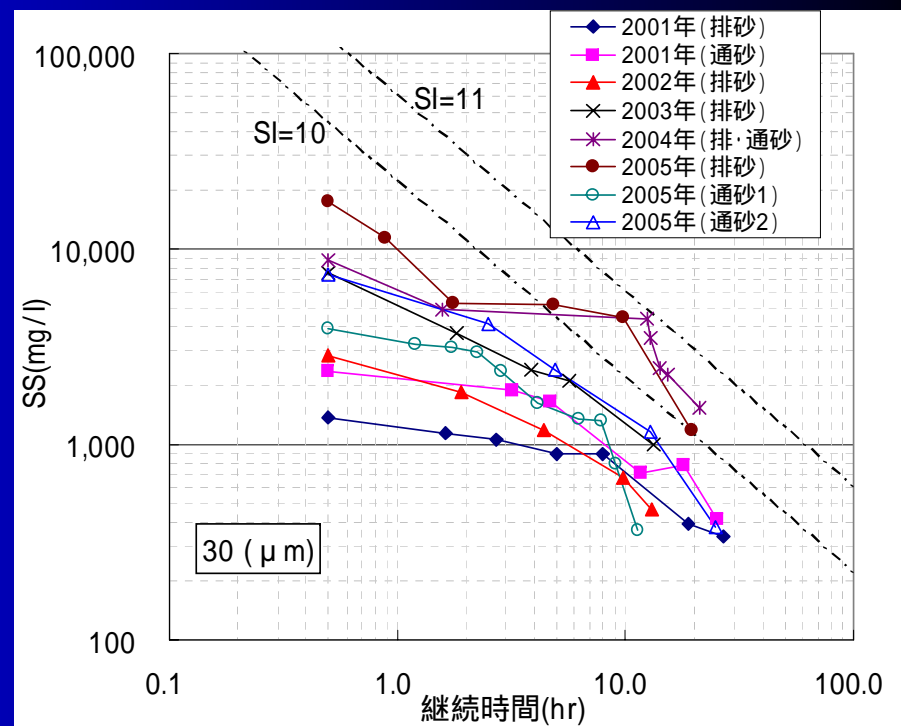
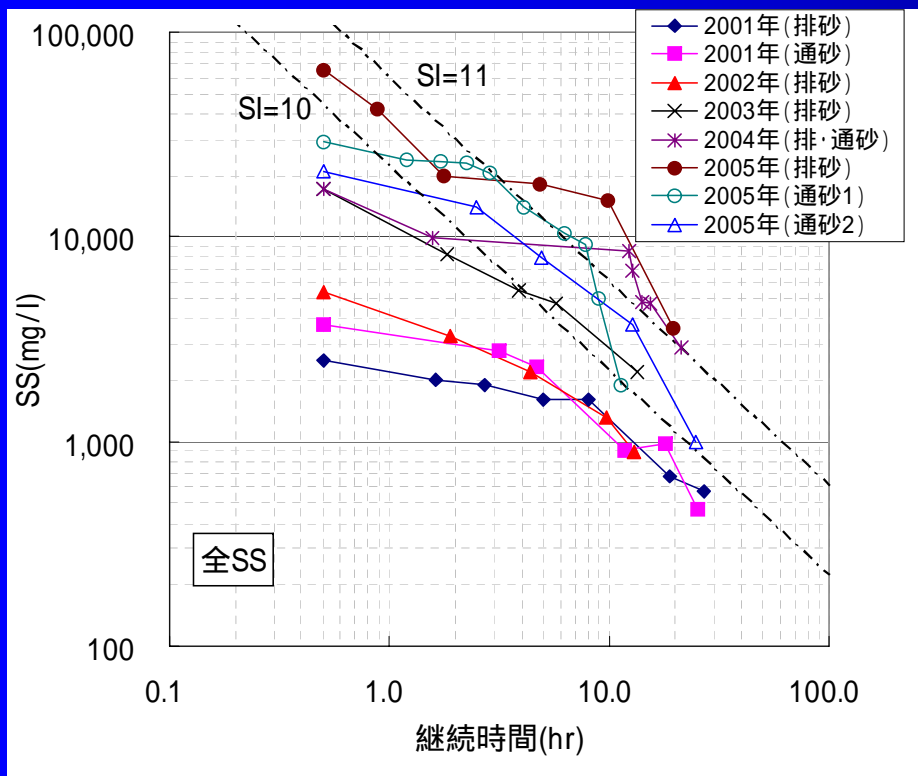
# 粒度分布に着目したストレスインデックスの評価

2005年7月  
排砂・通砂  
実績

全SSを対象

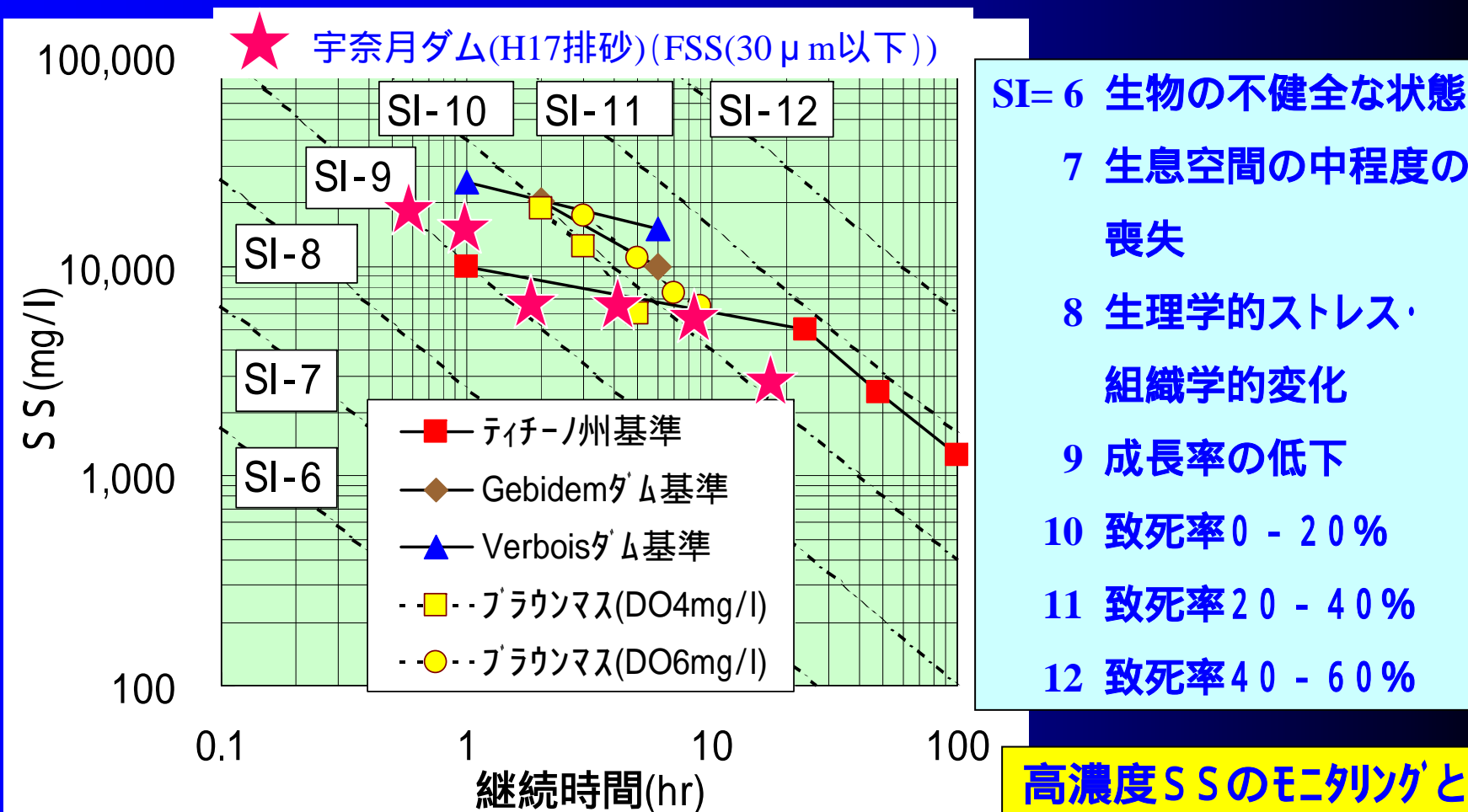


細粒分(例えば  
30 μm以下)を  
対象



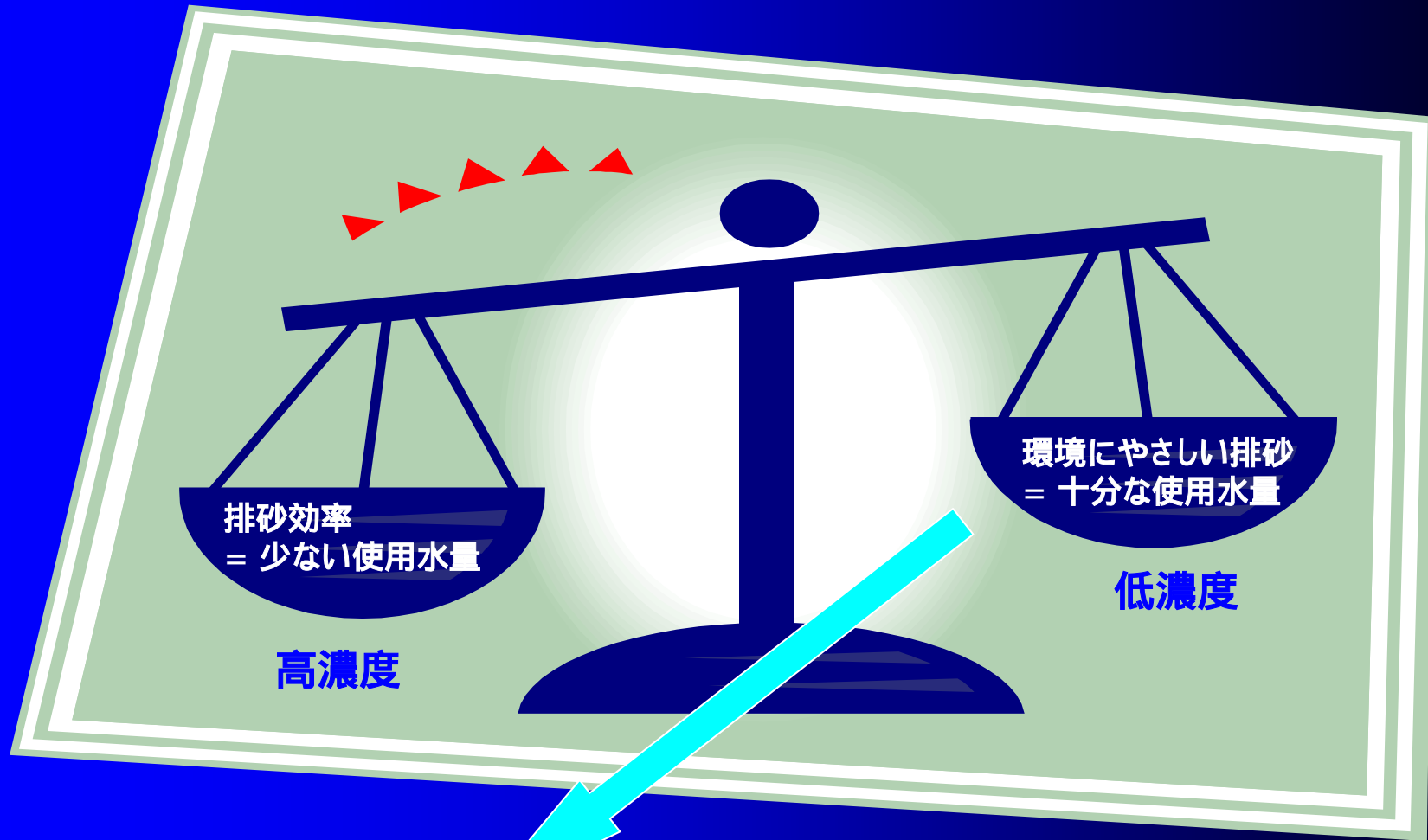
# 排砂管理基準値とストレスインデックス (SI)

$$SI = \log_e (SS濃度(mg/l) \times 継続時間(hr)) \quad (\text{Newcombe, 1991})$$



高濃度SSのモニタリングと影響評価

# 排砂効率と環境影響のバランス調整



**水の利用**

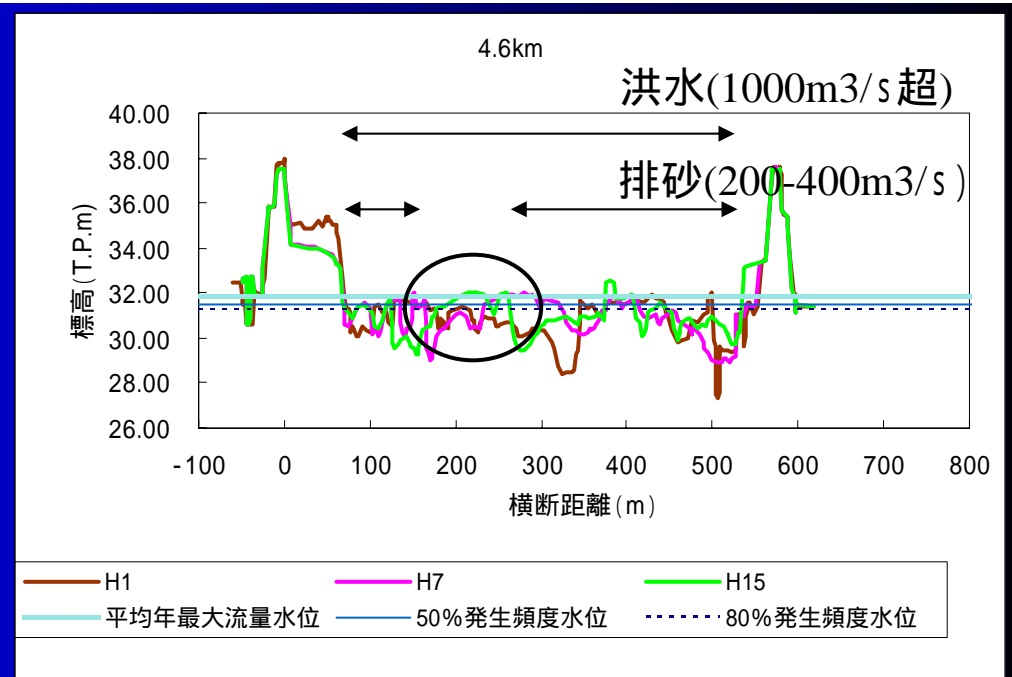
貯水位低下

十分な排砂流量、排砂後のすすぎ  
放流量などの確保

# 2005年排砂前後の 河道形態変化

黒部大橋付近(河口より4~5km)

- みお筋は動いている  
(河道のダイナミズムの維持)
- 洪水/排砂流量の規模に相違あり  
排砂流量以上の標高の砂州高  
に上昇傾向あり



排砂前(2005.6.2)  $Q=80\text{m}^3/\text{s}$



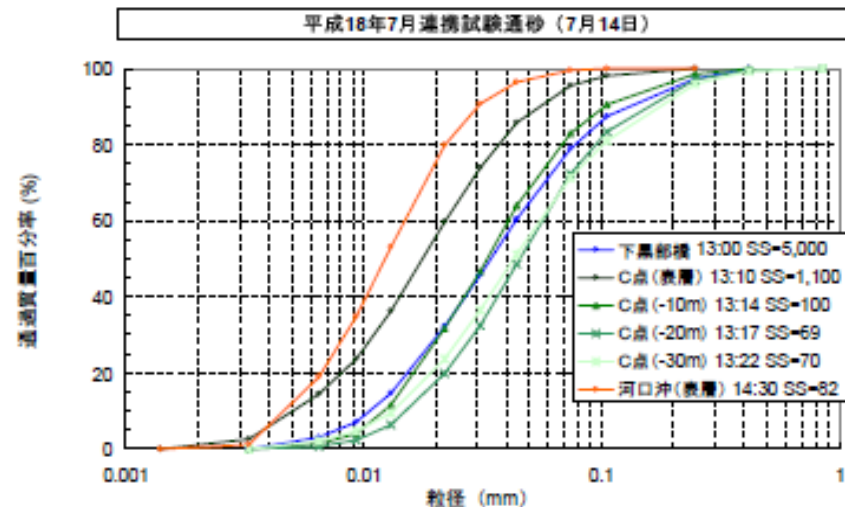
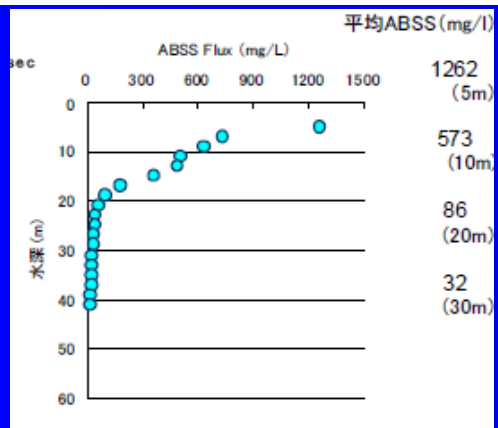
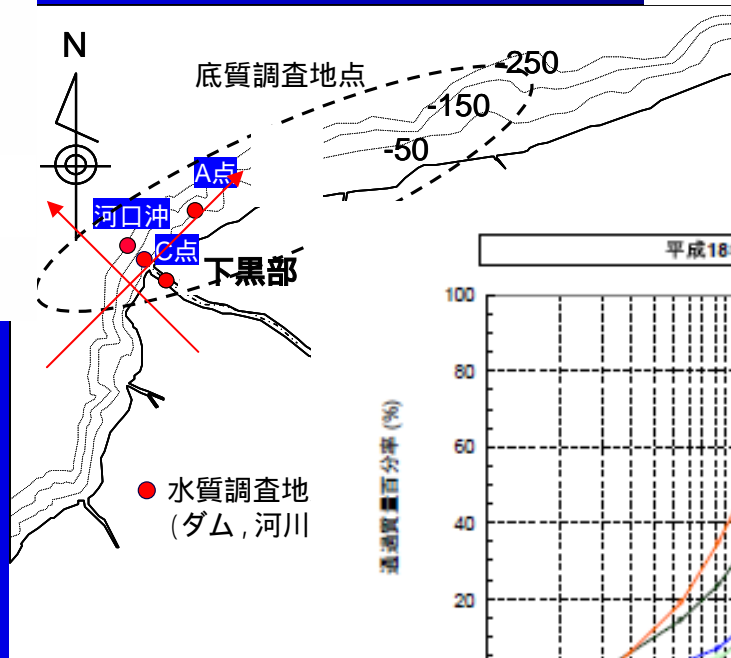
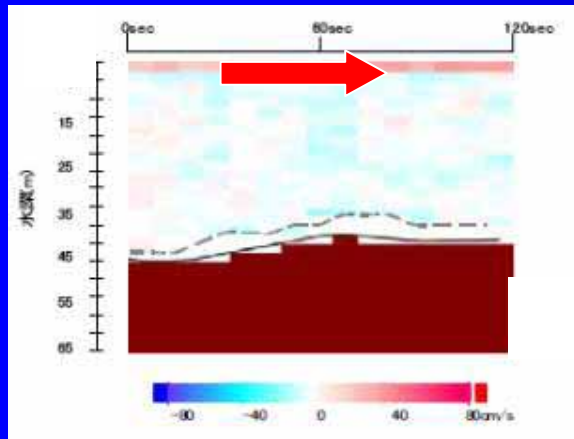
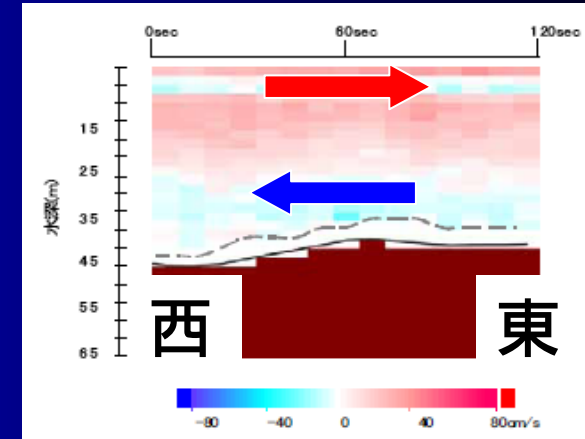
排砂後(2005.9.27)  $Q=5\text{m}^3/\text{s}$



# 海域に対する土砂流出

- C点・河口沖の表層は微細粒土砂のみ
- C点(10m以深)は下黒部橋のSSとほぼ同等
- 表面流(微細粒土砂)と低層流(細粒・粗粒土砂)の流れる方向の違い

ADCP観測データ  
(排砂評価委員会資料)



# ダム排砂(フラッシング)と環境

- フラッシングは、限られた水量で効果的に土砂を通過させる手段
  - 排砂ゲート: 貯水池を完全に空にするフラッシング
  - 土砂吐ゲート: (発電)取水口前面のみクリア
- 世界的に実施例は多い
  - スイス、フランス、中国、インド、南米など
- 排砂時のルール作りが重要
  - 河川環境に対する配慮
- ダムに流入・堆積するさまざまな粒径の土砂を通過させる点で究極の土砂連続性の確保が実現可能
- 黒部川の経験を活かして、他の河川でも、導入を検討すべき