

# 下久保ダム堆砂に関する技術資料 (5章～7章)

令和3年2月3日

独立行政法人水資源機構  
下久保ダム

# 目次

第1回検討会資料と同じであるため【参考-3】とする。

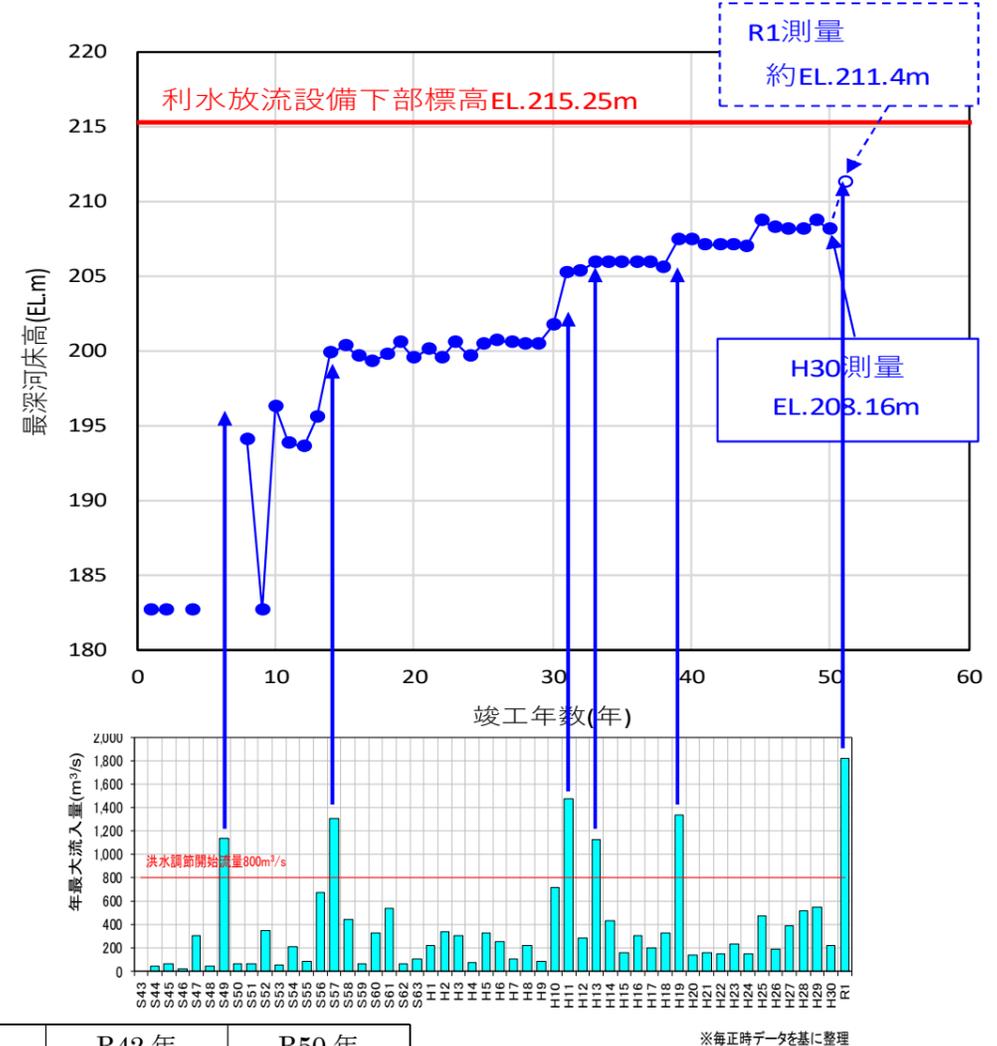
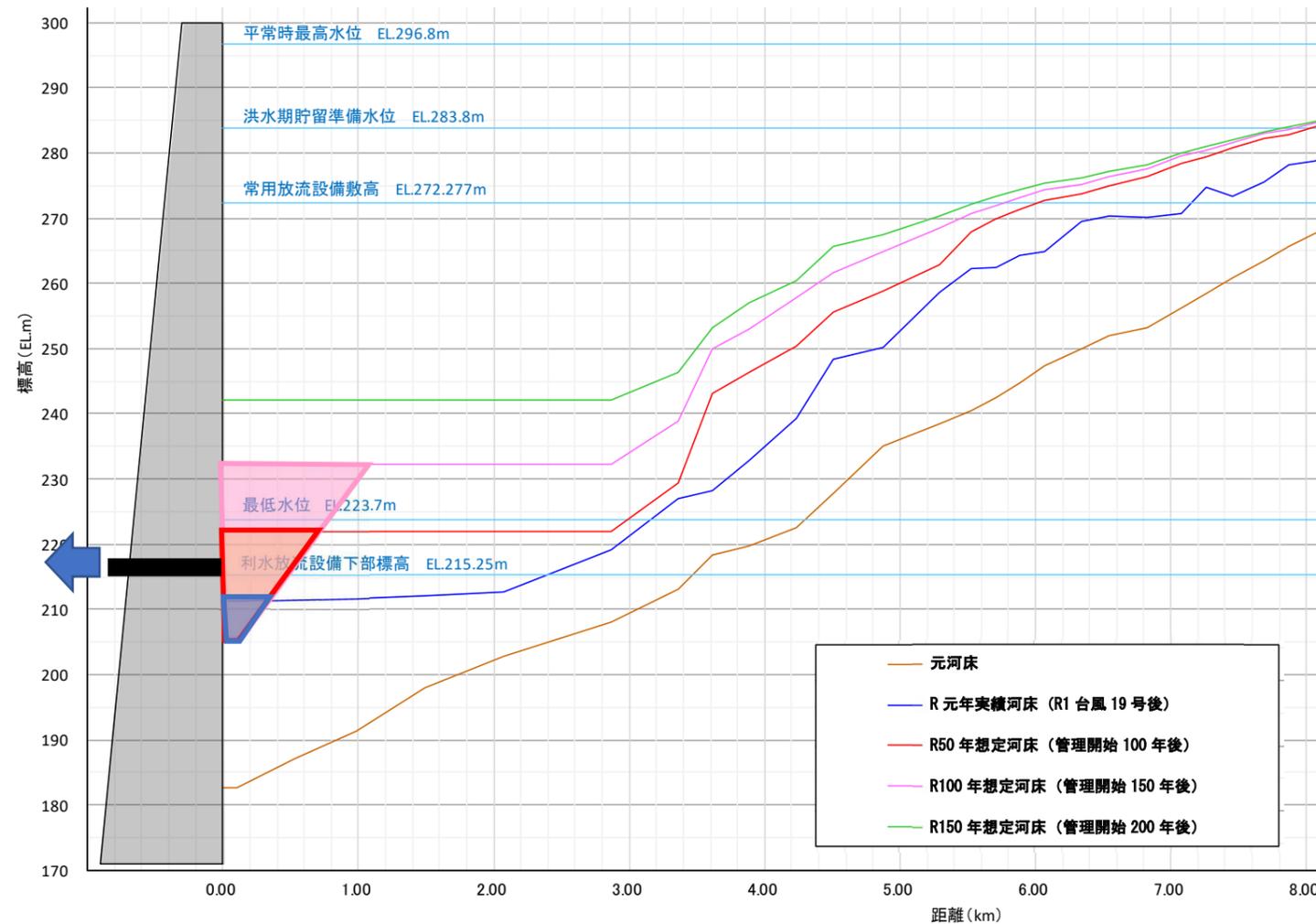
1. 下久保ダム役割と効果 .....	1
2. 下久保ダム堆砂の現状と将来予測 .....	6
3. 下久保ダム堆砂の特性 .....	10
4. 下久保ダムにおける現在までの対策と応急対策 .....	12
5. 取水設備周辺堆砂対策に関する検討 .....	16
6. 利水容量内堆砂対策に関する検討 .....	25
7. コスト縮減・新たな取組 .....	34

## 5. 取水設備周辺堆砂対策に関する検討

### 5.1 取水設備周辺の堆砂予測

- ・ 下久保ダム堤体には、利水補給に使用する放流設備があるが、堆砂（粘土シルト）の進行により堆砂面が上昇しており、次の大規模出水において取水口が埋没する可能性が高く、これを確実に回避する必要がある。
- ・ 現在実施している浚渫は、出水により堆砂面が上昇する度に、必要となる浚渫量が倍々で増加するため、施工の都度、工事費が増加し、施工期間が長期となることで取水設備が埋没するリスクが高まる
- ・ 以上から、**浚渫に変わる抜本的な対策を早期に実施する必要がある。**

- ① **現 状**：令和元年度堆砂測量の結果、設置標高が最も低い利水放流設備取水口下端部標高と堆砂面の差は約 4m（平成 30 年度時点で約 7m であったが、令和元年度台風第 19 号で 3m 程度上昇）。
- ② **将来予測**：堆砂面の上昇は大規模出水の度に発生（実績では管理開始 51 年間で 6 回程度）。確率統計による整理結果、1/100 確率の出水が発生した場合 4m 程度、1/50 確率の出水が発生した場合 3m 程度上昇。
- ③ **応急対策**：取水設備周辺に堆積している粘土シルトを浚渫除去し、堆砂面と取水口の離隔距離を 10m 程度確保する予定であるが、将来的に取水機能を維持するためには大規模出水の度に浚渫が必要。



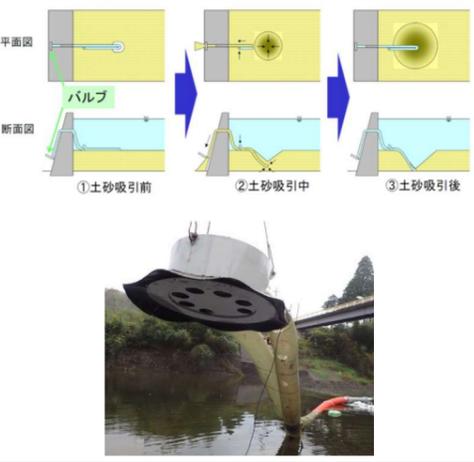
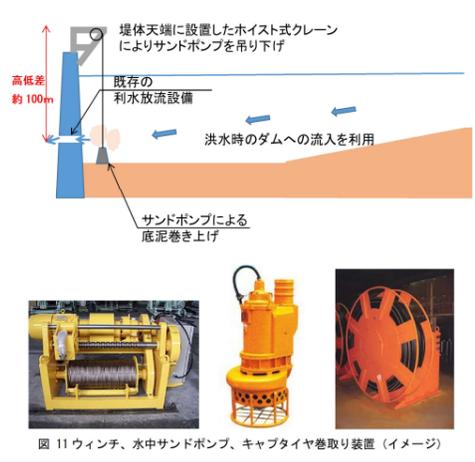
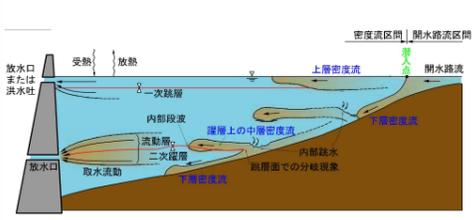
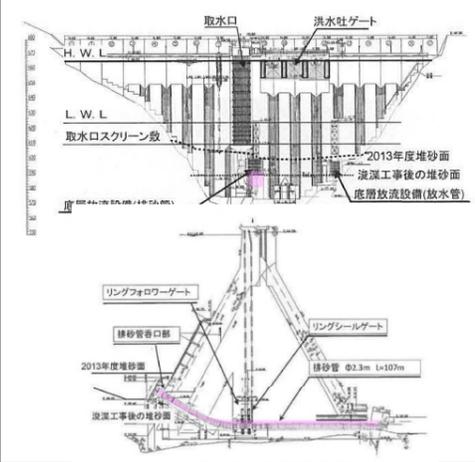
	R2~4 年 (初回)	R10 年 (2 回目)	R18 年 (3 回目)	R26 年 (4 回目)	R34 年 (5 回目)	R42 年 (6 回目)	R50 年 (7 回目)
堆砂標高(EL.m)	211	214	217	219	222	224	227
浚渫深さ(m)							
浚渫量 (m³)							
概算工事費 (億円)							
必要工期 (年)							

浚渫により取水設備（取水口下端標高 EL.215.25m）の機能維持を図る場合、堆砂面と放流設備の離隔を 10m 確保するには、大規模出水の度に毎回 EL.205m までの浚渫の実施が必要。堆砂が進行するにつれ、浚渫量が倍々で増加し、施工金額、必要工期が増加。

5.2 取水設備周辺の堆砂抑制・除去対策の検討

- ・取水設備周辺の堆砂抑制・除去に資する対策について、**既往事例や最新の研究事例などを整理したが、現在の下久保ダムの貯水池運用を維持したままで、中長期的に適応性の高い対策の実績・事例は無い。**
- ・一方で、**自然流下による方法**により粘土シルト分の排砂を実施することが出来れば、**低コストで対策可能となる場合もあるため、「密度流排砂」「排砂管の設置」は次項以降で検討。**
- ①**浚渫** : **浚渫回数を重ねる毎に、浚渫量・浚渫費用が倍々で増加**すると想定されるため、中長期的な対策としては非効率的。
- ②**吸引工法** : **現地実験を行っている段階であり、実用化には更なる研究開発が必要**なため、実現可能性の面で早急な対応は困難であると考えられる。
- ③**サンドポンプ** : 排出土砂量を増やすためには**長期間の粘土シルト分の放流が必要**であるが、下流環境への影響から、洪水時など排砂は限定的であり抜本的対策とはなり難い。
- ④**密度流排砂** : 既存の表面取水設備と利水放流管 2 門 (計 52m<sup>3</sup>/s) を選択取水設備へ改造する案や、常用洪水吐きを低標高部に付け替える案を**次項以降で検討。**
- ⑤**排砂管の設置** : 既往で排砂管が設置されている電力系ダムなどにおいても実際に排砂管で排砂されている例は少ない。また、**水位低下を伴わない排砂管からの排砂は効果が限定的**であるが**次項以降で検討。**

表 7 取水口付近の堆砂除去・抑制対策案

項目	浚渫 (グラブ浚渫)	吸引工法	サンドポンプ	密度流排砂	排砂管の設置
概要	貯水池内の堆積土砂を浚渫船により浚渫し粘土シルト分を除去。浚渫土の処分が課題。	貯水池内に吸引施設を設置し、貯水位と放流口の水位差により水と共に堆積土砂を吸引して、ダム下流に放流し粘土シルト分の堆積の抑制。	取水口付近の粘土シルト分を水中サンドポンプ等で攪拌させ、利水放流設備から放流し粘土シルト分の堆積の抑制。	密度流排砂設備 (選択取水設備や低部放流設備) を設置し、出水時に貯水池に流入した高濁度層を放流し粘土シルト分の堆積の抑制。	堤体底部に排砂管を設置し、取水口付近の粘土シルト分を除去。
概要図					
他ダムの実績	・井川ダム ・畑薙第一ダム ・畑薙第二ダム	・マルチホールサクシオン工法 (MHS 工法) ⇒H16 美和ダムにて排砂実験 ・鉛直埋設吸引管排砂工法 (VMHS 工法) ⇒実験段階 ・潜行吸引式排砂管⇒高滝ダムで現地実験	—	・片桐ダム	・井川ダム ・戦後の電力ダム等においては、設置されている事例もあるが、堆砂対策として実際に排砂管放流されている例は少ない。
経済性	イニシャルランニング 小 (係船岸、揚砂場及び進入路等) 大 (浚渫・運搬・処理)	大 (排砂設備、管理設備等付属施設の設置) 小～中 (排砂設備の維持管理)	小 (サンドポンプの設置) 中 (サンドポンプの運用)	大 (選択取水設備への改造) 小 (選択取水設備の維持管理)	大 (排砂管、管理設備等付属設備の設置) 小 (排砂ゲート維持管理)
実現可能性	◎ ・令和 2 年度に下久保ダム貯水池で施工実績がある。	△ ・現地実験を行っている段階であり、 <b>実用化には更なる研究開発が必要</b>	○ ・既設の放流設備の大規模な改造は不要。	○ ・現在の表面取水設備や利水放流設備を選択取水設備に改造することや、既設常用洪水吐きを低標高部に改造することは可能。	△ ・排砂管の設置は技術的には可能。 ・ <b>排砂管運用時に、呑口部付近の粘土シルトが崩壊し、呑口部が閉塞する恐れがある。</b>
効果	△ ・ <b>浚渫回数を重ねる毎に、浚渫量・浚渫費用が倍々で増加</b> するため数回が限度。	△ ・現地実験を行っている段階であるが、抜本的対策とする場合、長期間の濁水放流が必要。	△ ・ <b>排出土砂濃度が低いため、抜本的対策とする場合、長期間の放流</b> が必要。	△ ・粘土シルト分が堆積するほどの <b>大規模出水の発生回数が少なく、また大規模出水では水温躍層が破壊</b> されるため、排砂量は少ない。	△ ・ <b>水位低下を伴わない排砂管からの排砂は効果が限定的</b> ・排砂と下流環境の両立が困難。
評価	応急対策：◎、抜本的対策：△ ・下久保ダムでは、応急対策として実施しているが、抜本的対策とはならない。	△ ・実現可能性の面で、早急な対応は困難。	△ ・抜本的対策とならないが、初期投資が小であることから導入の可能性の検討は継続。	△ (次項以降で検討) ・効果に課題はあるが、 <b>自然流下による対策</b> であるため <b>次項以降で検討。</b>	△ (次項以降で検討) ・実現可能性や効果に課題はあるが、 <b>自然流下による対策</b> であるため <b>次項以降で検討。</b>

5.2.1 密度流排砂・排砂管の適用性

・取水設備周辺堆砂対策として、「密度流排砂」と「排砂管による排砂」に関し以下の5案について比較検討を行った。

①**選択取水設備による密度流排砂**（案1）：取水機能の維持を確実に実施可能で、下流への影響は小さく、特にリスクも無いため採用。ただし、**利水容量内堆砂対応は別途必要**。

②**低標高部常用洪水吐きによる密度流排砂**（案2）：下流への影響は小さく、特にリスクも無いが、排砂目的で設置した低標高部常用洪水吐きの**排砂量が少ないため不採用**。

③**排砂管による排砂**（案3，案4，案5）：下流河川への影響があり地元調整が必要で、**利水・治水機能の支障に繋がるリスクがあり、加えて、排砂量も少ないため不採用**。

基本的に、○：問題無し又は小さい △：課題がある ×致命的な課題がある

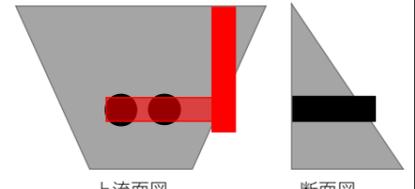
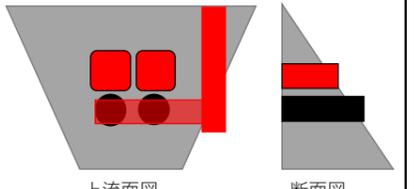
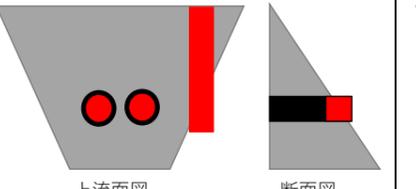
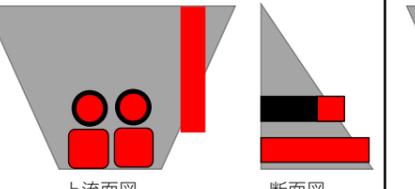
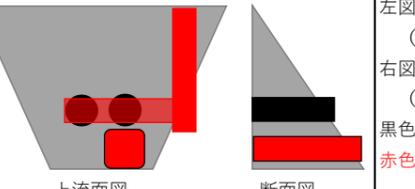
	案1	案2	案3	案4	案5	備考
概要	・既存の利水設備及び表面取水設備を同時に選択取水設備に改造し、 <b>密度流排砂</b> を実施。	・案1に加え、常用洪水吐を低標高部に新設し、 <b>密度流排砂</b> を実施。	・既存の利水放流設備2門を <b>排砂管に改造</b> 。 ・表面取水設備は別途対策。	・案3に加え、洪水調節を排砂を兼ねた <b>大口徑排砂管（2門）を新設</b> 。	・案1に加え、洪水調節を排砂を兼ねた <b>大口徑排砂管（1門）を設置</b> 。	
目的	取水設備の機能維持 利水容量内堆砂対策	取水設備の機能維持 利水容量内堆砂対策	取水設備の機能維持 利水容量内堆砂対策	取水設備の機能維持 利水容量内堆砂対策	取水設備の機能維持 利水容量内堆砂対策	
排砂の対象土	浮遊砂（選択取水設備）	浮遊砂（選択取水設備＋低標高部放流設備）	浮遊砂（選択取水設備） 堆積土（排砂管）	浮遊砂（選択取水設備） 堆積土（排砂管）	浮遊砂（選択取水設備） 堆積土（排砂管）	
改造内容	 <p>上流面図 断面図</p> <p>①利水放流設 ・選択取水と同時に改造</p> <p>②表面取水設 ・連続サイフォン式などへ取水設備を改造</p> <p>③新規放流設備 -</p> <p>④課題 ○ ・特になし</p>	 <p>上流面図 断面図</p> <p>・選択取水と同時に改造</p> <p>・連続サイフォン式などへ取水設備を改造</p> <p>・低標高部に常用洪水吐きを付替(EL272.3m→EL237m)。</p> <p>△ ・施工中の洪水調節の実施。</p>	 <p>上流面図 断面図</p> <p>・排砂可能な設備に改造</p> <p>・連続サイフォン式などへ取水設備を改造</p> <p>-</p> <p>○ ・特になし</p>	 <p>上流面図 断面図</p> <p>・排砂可能な設備に改造</p> <p>・連続サイフォン式などへ取水設備を改造</p> <p>・排砂管（最大400m<sup>3</sup>/s*2門）を新設。</p> <p>△ ・洪水調節設備と排砂設備の兼用 ・施工中の洪水調節の実施。</p>	 <p>上流面図 断面図</p> <p>・選択取水と同時に改造</p> <p>・連続サイフォン式などへ取水設備を改造</p> <p>・排砂管（最大800m<sup>3</sup>/s*1門）を新設。</p> <p>△ ・洪水調節設備と排砂設備の兼用 ・削孔幅が7m程度 ・施工中の洪水調節の実施。</p>	<p>左図：上流面図 （上流側から堤体を見た図） 右図：断面図 （左が上流、右が下流） 黒色：既設設備 赤色：新設若しくは改造</p> <p>○：技術的に可能 △：技術的に可能、 ただし改造に際し課題 ×：技術的に不可</p>
下流河川への影響 (5.2.2参照)	○ ・洪水時のみ高濁度放流を実施し、それ以外は低濁度放流とし、下流河川への影響を軽減。	○ ・洪水時のみ高濁度放流を実施し、それ以外は低濁度放流とし、下流河川への影響を軽減。	△ ・今まで放流した経験が無い高濁度放流となるため、下流関係者との想定程度の調整が必要。	△ ・同左	△ ・同左	○：今までと同等又は小さい △：影響あり、関係者調整必要 ×：影響あり、実施不能
粘土シルトの排砂量	・現行施設と比べ <b>年間+2,100m<sup>3</sup></b> ・粘土シルトの <b>年間堆積量の2.3%程度の排砂</b>	・現行施設と比べ <b>年間+3,080m<sup>3</sup></b> ・粘土シルトの <b>年間堆積量の3.2%程度の排砂</b>	・現行施設と比べ <b>年間+2,010m<sup>3</sup></b> ・粘土シルトの <b>年間堆積量の2.1%程度の排砂</b>	・現行施設と比べ <b>年間+2,810m<sup>3</sup></b> ・粘土シルトの <b>年間堆積量の3.0%程度の排砂</b>	・現行施設と比べ <b>年間+3,470m<sup>3</sup></b> ・粘土シルトの <b>年間堆積量の3.7%程度の排砂</b>	年間の粘土シルト分の堆積量： 95千m <sup>3</sup> =全堆砂量230千m <sup>3</sup> の内、 41.4%が粘土シルト
選択取水設備 による排砂量 (5.2.3参照)	・高濁度放流量は最大 <b>52m<sup>3</sup>/s</b> で試算。 ・現行施設と比べ <b>年間+2,100m<sup>3</sup></b>	・高濁度放流量は最大 <b>52m<sup>3</sup>/s</b> で試算。 ・現行施設と比べ <b>年間+2,100m<sup>3</sup></b>	・高濁度放流量は最大 <b>12m<sup>3</sup>/s</b> で試算。 ・現行施設と比べ <b>年間+1,600m<sup>3</sup></b>	・高濁度放流量は最大 <b>12m<sup>3</sup>/s</b> で試算。 ・現行施設と比べ <b>年間+1,600m<sup>3</sup></b>	・高濁度放流量は最大 <b>52m<sup>3</sup>/s</b> で試算。 ・現行施設と比べ <b>年間+2,100m<sup>3</sup></b>	
排砂管等 による排砂量 (5.2.4参照)	-	・排砂量は <b>令和元年台風第19号時</b> で試算。 ・大規模出水時（6回50年）排砂量：+8,150m <sup>3</sup> ⇒ <b>年間+980m<sup>3</sup>程度</b> 。	・排砂量は <b>20m<sup>3</sup>/s×2門</b> で試算。 ・50年間の排砂量：20,600m <sup>3</sup> ⇒ <b>年間+410m<sup>3</sup>程度</b> 。	・排砂量は <b>250m<sup>3</sup>/s×2門</b> で試算。 ・50年間の排砂量：60,500m <sup>3</sup> ⇒ <b>年間+1,210m<sup>3</sup>程度</b> 。	・排砂量は <b>500m<sup>3</sup>/s×1門</b> で試算。 ・50年間の排砂量：68,700m <sup>3</sup> ⇒ <b>年間+1,370m<sup>3</sup>程度</b> 。	
リスク (5.2.4参照)	・特段のリスクは無い。	・特段のリスクは無い。	・排砂により形成された <b>粘土シルトの斜面が崩壊した場合、利水放流管が埋没</b> する恐れ。	・排砂により形成された <b>粘土シルトの斜面が崩壊した場合、利水放流管や排砂管が埋没</b> する恐れ。	・排砂により形成された <b>粘土シルトの斜面が崩壊した場合、排砂管が埋没</b> する恐れ。	○：特にリスクはない △：リスクはあるが、 小さい又は対応可能 ×：リスクがあり、 安定的な利水補給は困難 若しくは洪水調節に支障
取水機能	○ 取水機能は常に維持される。	○ 取水機能は常に維持される。	× ・利水設備が埋没する懸念があり <b>安定的な利水補給が困難</b> 。	× ・利水設備が埋没する懸念があり <b>安定的な利水補給が困難</b> 。	○ 取水機能は常に維持される。	
洪水調節機能	○ 特にリスクはない	○ 特にリスクはない	○ 特にリスクはない	× ・洪水調節中に、洪水調節機能も兼ねている <b>排砂管が埋没し、下流へ被害を及ぼす懸念</b> 。	× ・洪水調節中に、洪水調節機能も兼ねている <b>排砂管が埋没し、下流へ被害を及ぼす懸念</b> 。	
評価	○ ・ <b>取水機能の維持を確実に実施可能</b> で、下流への影響は小さく、特にリスクも無いため採用。 ・ <b>ただし、利水容量内堆砂対応は別途必要</b> 。	× ・下流への影響は小さく、特にリスクも無いが、排砂目的で設置した低標高部常用洪水吐きの <b>排砂量が少ない</b> ため不採用	× ・下流河川への影響があり地元調整が必要で、 <b>利水機能の支障に繋がるリスク</b> があり、加えて、 <b>排砂量も少ない</b> ため不採用	× ・下流河川への影響があり地元調整が必要で、 <b>利水・治水機能の支障に繋がるリスク</b> があり、加えて、 <b>排砂量も少ない</b> ため不採用	× ・下流河川への影響があり地元調整が必要で、 <b>治水機能の支障に繋がるリスク</b> があり、加えて、 <b>排砂量も少ない</b> ため不採用	

図 36 下久保ダムにおける密度流排砂や排砂管の適用性

5.2.2 排砂管の運用に伴う下流河川への影響

- ・排砂管を運用し排砂した場合、**既往事例では相当程度の高濁度水の放流**となっており、下流河川への影響を軽減するため様々な配慮がなされている。
- ①井川ダム : (水位低下を伴わない) 排砂管による排砂で濁度は最大 4,000mg/L。「放流時間」などの制限を設け運用。
- ②宇奈月ダム、出し平ダム：(フラッシングによる) 排砂管による排砂で濁度は最大 177,000mg/L。「時期」や「放流時間」「ダム流入量」の制限に加え、魚類の退避施設を整備。
- ・もし、下久保ダムで排砂管による排砂を実施する場合、水位低下を伴わない排砂であることと、排砂土の土質区分が同じ粘土シルトであることから「①井川ダム」に近いと想定される。
- ・**下久保ダムでは井川事例の SS 4,000mg/L もの高濁度水を放流した経験は無く、下流関係者との相当程度の調整が必要。**

表 8 排砂管による排砂の既往事例

ダム	排砂管運用における制限や基準	運用実績 (SS)	その他
宇奈月ダム (国土交通省) 出し平ダム (関西電力)	<ul style="list-style-type: none"> <li>●実施時期 : 6~8月に実施</li> <li>内水面漁業対象魚(ヤマメ、イワナ、アユ、サケ、サクラマス)の生活史、海面漁業の漁期を回避、農業取水等を考慮。</li> <li>●放流時間 : 12時間以内</li> <li>●ダム流入量 :</li> <li>出し平ダム: 300m³/s以上で開始、130m³/s未満で中止。</li> <li>宇奈月ダム: 400m³/s以上で開始、130m³/s未満で中止。</li> </ul>	最大 177,000mg/L 平均 50,000 mg/L (出し平ダム直下)	排砂時における魚類の退避施設を整備
井川ダム (中部電力)	<ul style="list-style-type: none"> <li>●放流時間 : 約1時間以内(排砂門の点検放流)</li> <li>約4時間以内(試験運用)</li> </ul>	最大 4,000 mg/L	ダム直下に奥泉ダム調整池(総貯水量約300万m³)がある
Palagnedra (スイス)	<ul style="list-style-type: none"> <li>●放流濁度と放流時間 :</li> <li>最大 10,000mg/L 24hr: 5,000mg/L、48hr: 2,500mg/L、48hr以上: 1,250mg/L</li> </ul>	最大値 10,000~40,000mg/L	—
Verbois (スイス)	<ul style="list-style-type: none"> <li>●放流濁度と放流時間 :</li> <li>最大 25,000mg/L 15,000mg/Lを長時間超えない</li> </ul>	最大値 10,000~35,000mg/L	—

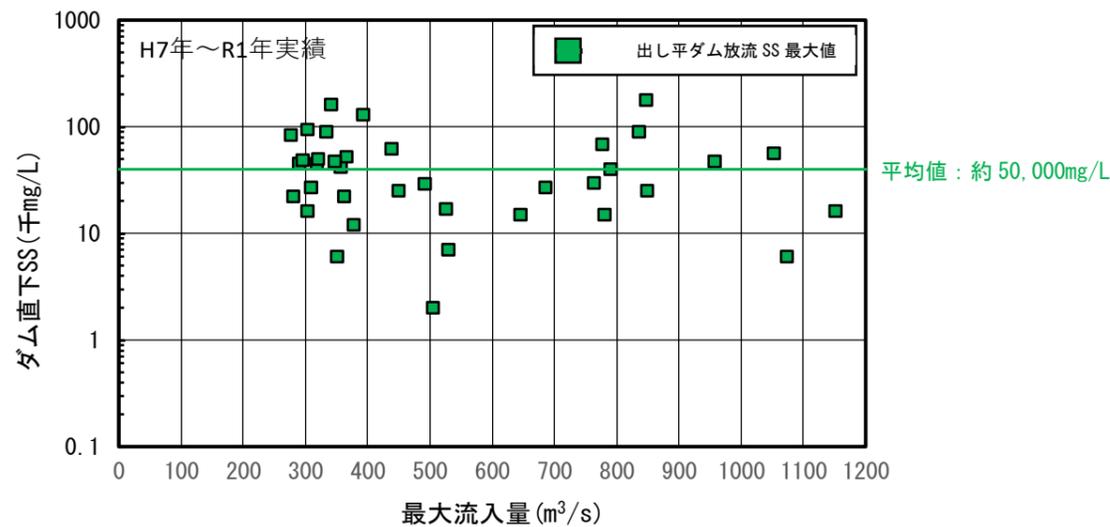
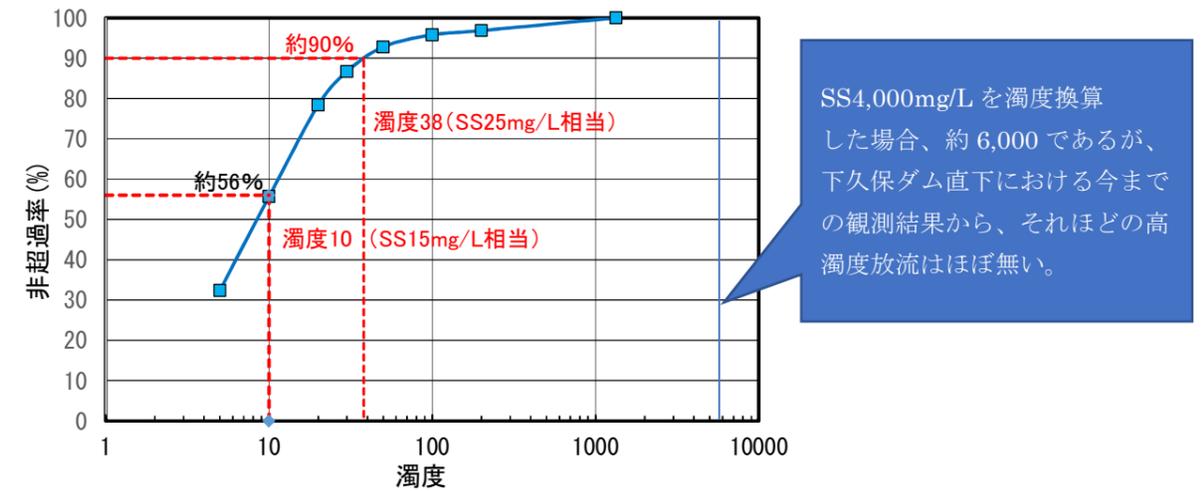


図 37 出し平ダム排砂時の最大放流量と排出 SS 実績

(出典: 黒部川出し平ダム宇奈月ダム連携排砂のガイドライン(案)平成29年3月、第48回黒部川土砂管理協議会報告及び資料を基に作成)



※非超過率 (%) : 非超過日数(日) / 365(日)

図 38 下久保ダム直下流の濁度非超過率図 (H16~R1年平均)

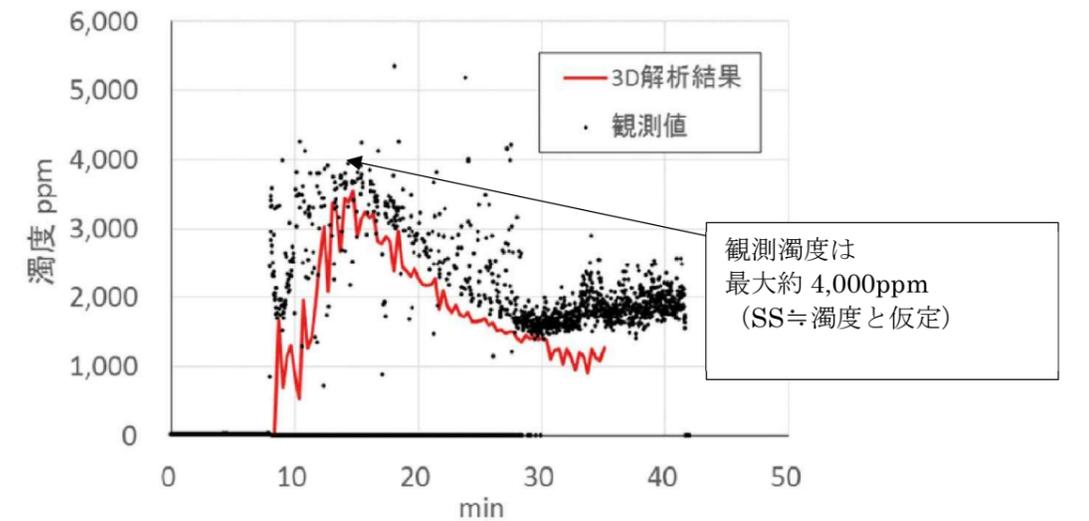


図 39 井川ダム排砂管放流濁度実績 (H29年3月)

(出典: 排砂管放流による堆積土砂の排出効果検証/電力土木)

5.2.3 密度流排砂の適用性と排砂量

・「ダム貯水池土砂管理の手引き（案）平成30年3月」より、密度流排砂の適用性について判断した結果、以下に示すとおり適用可と判断できる。

- ①密度流の発生の有無：密度流排砂に必要な成層は形成されるため、適用可。
- ②放流設備の設置敷高：現行利水放流設備：適格、現行常用洪水吐き：不適。（なお、既存常用洪水吐きを低標高部に付替した場合：適用可）

・「**表面取水設備**」や「**利水放流設備**」に**選択取水機能を付加する改造を実施した場合（案1）、排砂量の増加量は現行設備と比較し、年間+1,600~2,100m<sup>3</sup>であり、排砂効果は小さい。**

① 密度流の発生の有無

判定項目	密度流排砂は、貯水池内の河床近くにてきた密度の高い土砂の流れ（密度流）を、放流設備を用いて下流へ流下させるため、貯水池に成層が形成されるかどうかを判定。
判定基準	貯水池回転率（年間流入量／制限水位以下の貯水容量） $\leq 10$
判定結果	下久保ダムの貯水池回転率は2.7であり、成層が形成される可能性は十分ある。

表9 下久保ダムの貯水池回転率

項目	値
①制限水位以下の貯水容量	85,000 千 m <sup>3</sup>
②年間流入量（H9～H30）	235,273 千 m <sup>3</sup>
③回転率（=②／①）	2.7 回転/年

② 放流設備の設置標高

判定項目	放流管が低い位置にあるほど高い排砂効率が期待できることから、放流管が低標高に設置されている、若しくは改造工事等により設置可能であるかを放流設備の設置敷高で判定。
判定基準	$H_D/H_{max} \leq 0.5$ HD：ゲートによる低下可能な水位の水深、Hmax：最高水深

表10 放流設備の密度流排砂に関する適格性

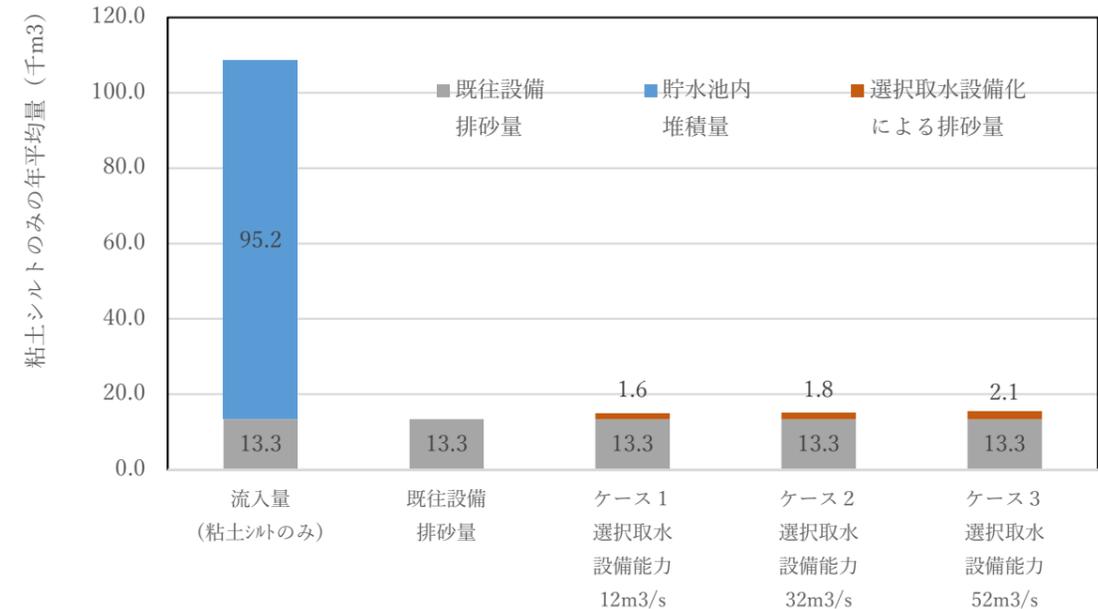
項目	設置標高	水深 (元河床まで)	$H_D/H_{max}$	判定結果
元河床高	EL.182.6m	—	—	
平常時最高貯水位	EL.296.8m	Hmax=114.2m	—	
①現行常用洪水吐き	EL.272.277m (敷高)	HD=89.677m	$89.677/114.2=0.79$	HD/Hmax>0.5 で不適
②新設常用洪水吐き	EL.236.8m (敷高)	HD=54.2m	$54.2/114.2=0.47$	HD/Hmax<0.5 で適格
③表面取水設備	EL.219.0m (中心標高)	HD=36.4m	$36.4/114.2=0.32$	HD/Hmax<0.5 で適格
④利水放流設備	EL.217.7m (中心標高)	HD=35.1m	$35.1/114.2=0.31$	

※ 新規常用洪水吐きは、密度流排砂を目的に新規で設置する。設置水深は同規模の放流設備の設置水深の最大が約60mであることから、洪水時満水位（EL.296.8m）より60m低い、EL.236.8mとする。

③ 利水放流設備（取水量 52.3m<sup>3</sup>/s）を選択取水設備に改造した場合の排砂量

表11 検討条件の概要

項目	内容
概要	表面取水設備及び利水放流設備を選択取水設備に改造し、密度流排砂（高濁度層放流）を実施
モデル	鉛直二次元モデル（一方向多層流モデル）
運用方法	効率的な密度流排砂を目的に高濁度層から取水（貯水池濁度が10以上の場合は、最大濁度層から取水、貯水池濁度が10未満）
予測対象年	平成19～28年（10年間）
検討ケース	①選択取水設備放流能力 12.323m <sup>3</sup> /s (既存の表面取水設備を選択取水設備に改造したケース)
	②選択取水設備放流能力 32.323m <sup>3</sup> /s (既存の表面取水設備と利水放流管1門を選択取水設備に改造)
	③選択取水設備放流能力 52.323m <sup>3</sup> /s (既存の表面取水設備と利水放流管2門を選択取水設備に改造)



出典：下久保ダム密度流排砂検討業務報告書（H30年度）

図40 取水設備の改造による排砂量の予測結果（年平均）

・密度流排砂の促進を目的に、**常用洪水吐きを低標高部に設置した場合（案2）、想定される排砂量を以下に示すが、改造に伴う排砂量は少ない。**

①試算ケース：既往最大の出水であった令和元年台風第19号時で試算

②排砂量：**現行常用洪水吐きと比べ、約8,100m<sup>3</sup>程度の排砂量の増加（R1T19時の粘土シルト分の堆砂量は50~60万m<sup>3</sup>程度）**

・排砂量が少ない原因としては、取水設備付近に粘土シルト分が堆積するのは、大規模出水時のみであるが、この場合、出水による貯水池内の温度躍層が破壊され、全層で一様になるためと考えられる。

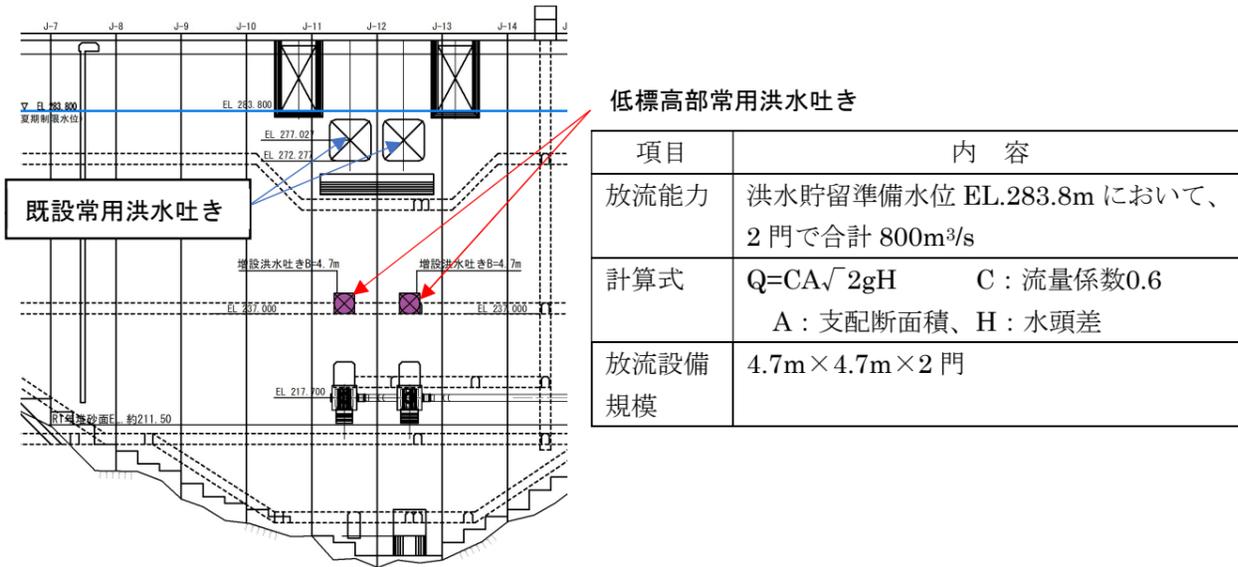


図 41 低標高部常用洪水吐きの配置と規模

表 12 R1年台風19号時（10/12~10/27）の洪水吐き密度流排砂量

項目	現行常用洪水吐き	（新設）低標高放流設備	既設と新設の差異
推定排砂量 (m <sup>3</sup> )	23,703	31,851	8,148

※ 排砂量（密度流排砂）の算定方法

排砂量 (m<sup>3</sup>) = 洪水吐き放流量(m<sup>3</sup>) × 濁度(度) × SS濁度比 α (mg/L/度) ÷ 土粒子密度 ρ (g/cm<sup>3</sup>)

α : 0.66

ρ (土粒子密度) : 2.65 (g/cm<sup>3</sup>)

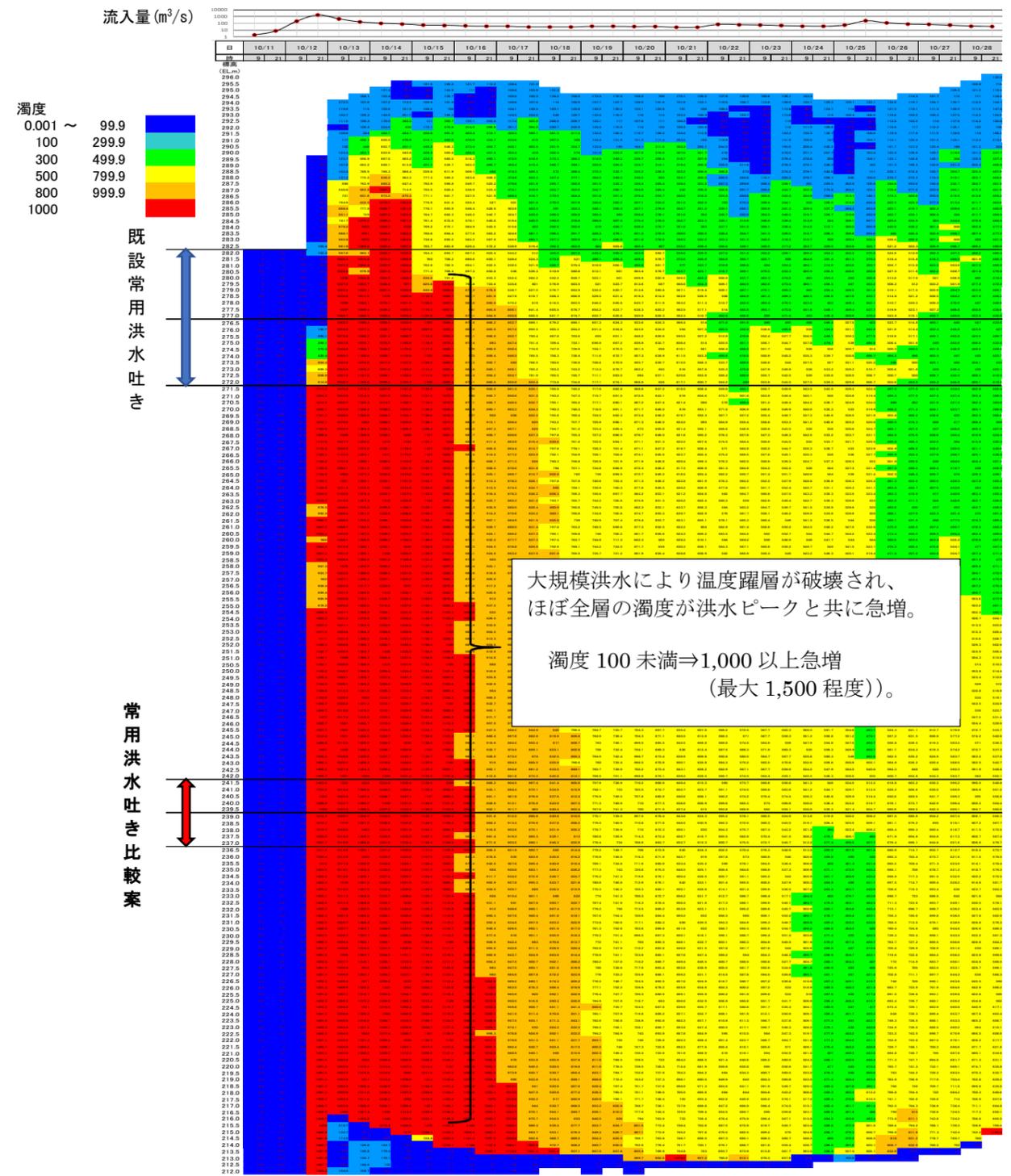
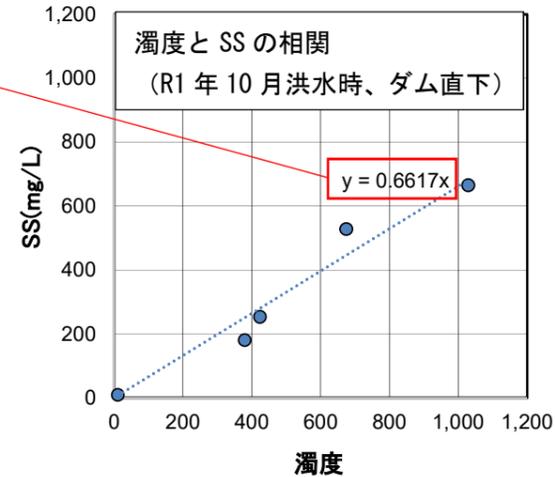


図 42 取水設備付近における貯水池内鉛直濁度の経時変化

5.2.4 水位低下を行わない場合の排砂管による排砂量検討

・下久保ダムでは運用上、水位を低下させて行うフラッシング排砂やスルーシング排砂は適用困難であることから、**放流時の取水口付近の吸引力を掃流力とした排砂について3案を検討したが、何れも排砂量はごく少量**であることが確認された。

- ① **現行利水放流設備 (20m<sup>3</sup>/s×2門) の改造** : 50年度の排砂量は 20,600m<sup>3</sup>程度と想定され、**年間+ 410m<sup>3</sup>**とごく少量。
- ② **大口径排砂管 (250m<sup>3</sup>/s×2門) 新設** : 50年度の排砂量は 60,500m<sup>3</sup>程度と想定され、**年間+1,210m<sup>3</sup>**とごく少量。
- ③ **大口径排砂管 (500m<sup>3</sup>/s×1門) 新設** : 50年度の排砂量は 68,700m<sup>3</sup>程度と想定され、**年間+1,370m<sup>3</sup>**とごく少量。

・一方で、取水口付近の吸引力による排砂の場合、取水口付近のみの粘土シルトが安息角で排砂されるため、**排砂により形成された斜面が崩壊した場合、排砂管や利水放流設備が埋没する恐れ**がある。

項目	①現行利水放流設備の改造	②大口径排砂管 (2門) 新設	③大口径排砂管 (1門) 新設
概要図			
施設規模	φ 1.65m × 2 条	H4.2m × B4.2m × 2 門	H5.9m × B5.9m × 1 門
放流能力	洪水貯留準備水位において 20m <sup>3</sup> /s × 2 条	洪水貯留準備水位において 400m <sup>3</sup> /s × 2 門	洪水貯留準備水位において 800m <sup>3</sup> /s × 1 門
排砂時 放流量	20m <sup>3</sup> /s × 2 条	250m <sup>3</sup> /s × 2 門	500m <sup>3</sup> /s × 1 門
吸引可能 距離 L	4.2m =3.4m(掃流力による吸引距離) +0.8m(取水口半径)	14.4m =12.3m(掃流力による吸引距離) +2.1m(取水口半径)	20.8m =17.4m(掃流力による吸引距離) +3.4m(取水口半径)
50 年間 排砂量	20,664m <sup>3</sup> /6 出水	60,488m <sup>3</sup> /6 出水	68,664m <sup>3</sup> /6 出水
年間 排砂量	410m <sup>3</sup> /年	1,210m <sup>3</sup> /年	1,370m <sup>3</sup> /年

図 43 低標高部常用洪水吐きの配置と規模

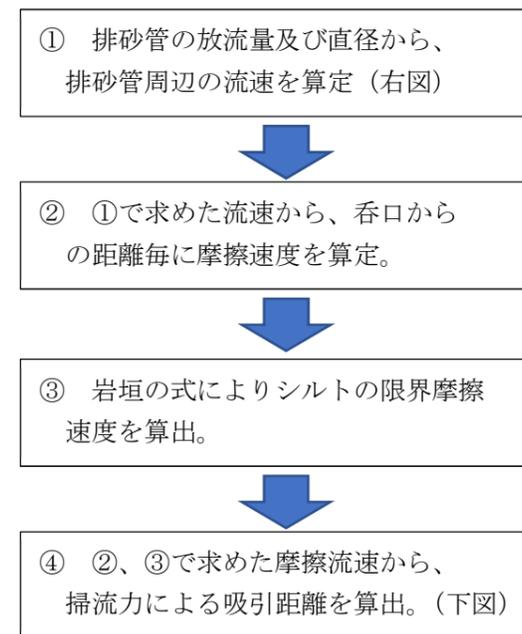


図 44 吸引力による排砂距離検討フロー

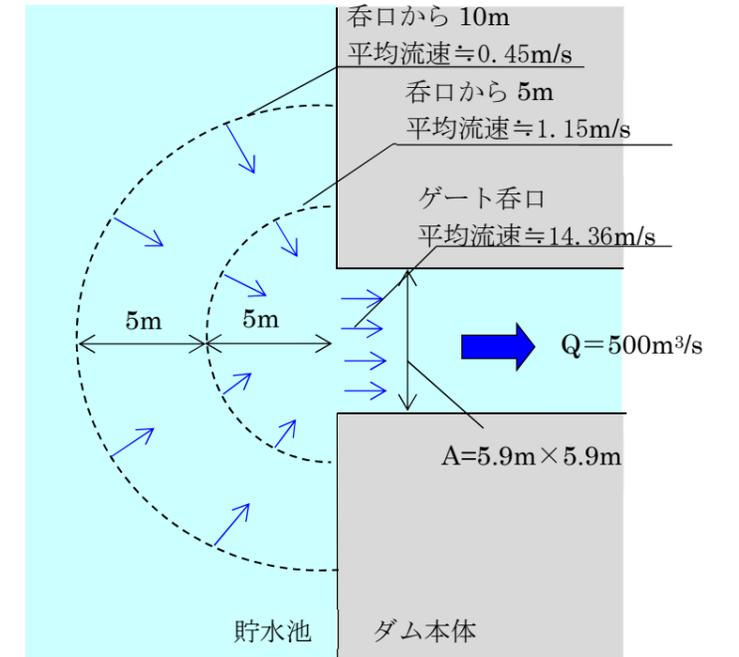


図 45 排砂管付近の流速分布イメージ (③大口径排砂管 1門の場合)

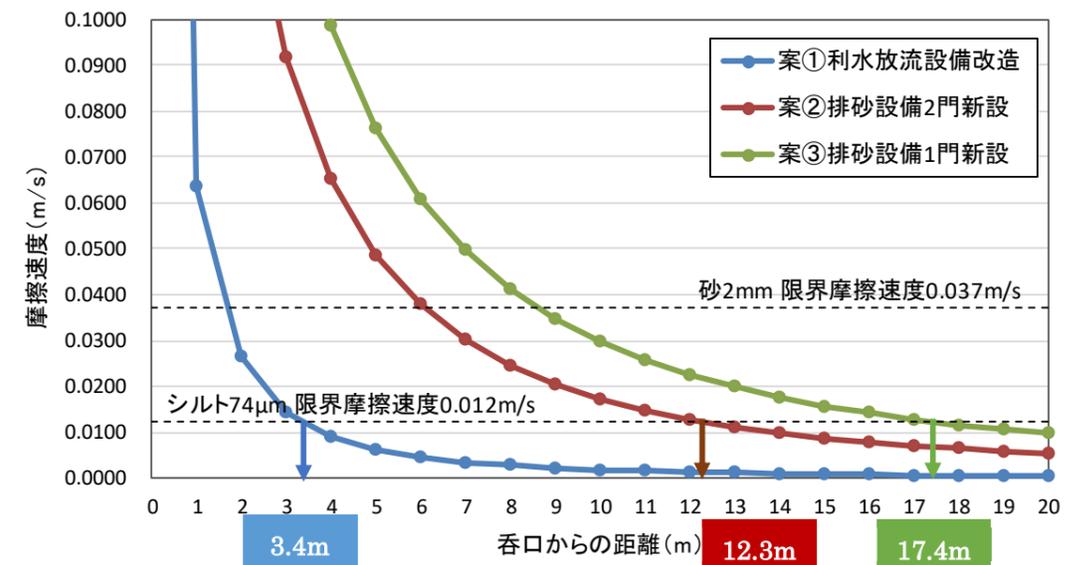
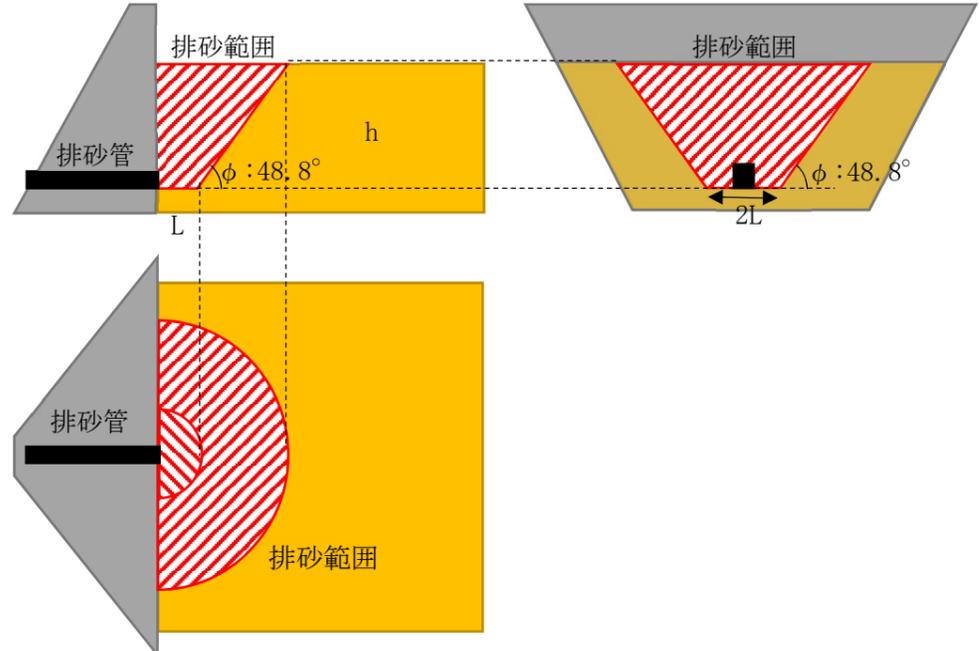


図 46 排砂管付近で発生する掃流力

項目	内容
① 1 出水当たりの排砂管による排砂イメージと排砂量	<p>●排砂形状</p> <p>大口径排砂管による水位低下を伴わない排砂（洪水時の放流による吸引力による排砂）が効率的に実施された場合、1 出水当たりの排砂の範囲は下図のように排砂管の設置標高を基準として、「半円錐台」のような形状となることを想定し、その体積を排砂量として算定する。</p> <p>L（吸引可能距離）：排砂管の掃流力とシルト分限界摩擦速度から算出  <math>\phi</math>（粘土シルトの安息角）：R 元年度の浚渫工事結果から推定。  h（排砂高さ）：出水時の想定堆砂高さから算定。</p> 
② 排砂量の算定	<p>排砂管による排砂は、洪水発生都度実施されることとなり、上図のように排砂範囲は、堆砂面標高が上昇すると多くなることから、（管理開始以降 100 年目までである）50 年間の合計排砂量を算定した後、年間排砂量に割り戻して、排砂量を算定することとする。</p>
③ 下久保ダムの管理開始以降の大規模出水発生回数と堆砂面上昇	<p>下久保ダムでは、取水設備付近に粘土シルト分が堆積する程度大きな出水は、管理開始以降 51 年間に 6 回程度発生し、1 出水当たり 3 m 程度堆砂面が上昇しているため、これらの実績から排砂量を算定する。</p>

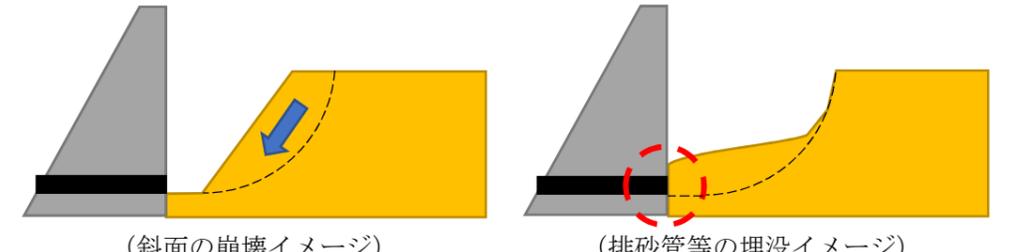
項目	内容																																																															
④ 排砂量算定結果	<p>排砂量算出に際しては、以下記載のとおり、50 年間で 6 回発生する粘土シルト面が上昇する度に排砂されたと想定しているため、各排砂高さ毎の体積を排砂量としその合計を 50 年間の排砂量としている。</p> <p>例として、「③大口径排砂管（1 門）新設」の場合の排砂量算定結果を以下に示す。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>1門当たり放流量 (m3/s)</th> <th>排砂の吸引力算出のための放流量</th> <th>L (m)</th> <th>h (m)</th> <th>tan <math>\phi</math></th> <th>排砂量 (m3)</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>800</td> <td>500</td> <td>20.4</td> <td>3</td> <td>1.14</td> <td>2,214</td> <td>8.5年後</td> </tr> <tr> <td>800</td> <td>500</td> <td>20.4</td> <td>6</td> <td>1.14</td> <td>4,997</td> <td>17年後</td> </tr> <tr> <td>800</td> <td>500</td> <td>20.4</td> <td>9</td> <td>1.14</td> <td>8,412</td> <td>25.5年後</td> </tr> <tr> <td>800</td> <td>500</td> <td>20.4</td> <td>12</td> <td>1.14</td> <td>12,527</td> <td>34年後</td> </tr> <tr> <td>800</td> <td>500</td> <td>20.4</td> <td>15</td> <td>1.14</td> <td>17,404</td> <td>42.5年後</td> </tr> <tr> <td>800</td> <td>500</td> <td>20.4</td> <td>18</td> <td>1.14</td> <td>23,110</td> <td>51年後</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>68,664</td> <td>合計</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1,373</td> <td>平均</td> </tr> </tbody> </table>	1門当たり放流量 (m3/s)	排砂の吸引力算出のための放流量	L (m)	h (m)	tan $\phi$	排砂量 (m3)	備考	800	500	20.4	3	1.14	2,214	8.5年後	800	500	20.4	6	1.14	4,997	17年後	800	500	20.4	9	1.14	8,412	25.5年後	800	500	20.4	12	1.14	12,527	34年後	800	500	20.4	15	1.14	17,404	42.5年後	800	500	20.4	18	1.14	23,110	51年後						68,664	合計						1,373	平均
1門当たり放流量 (m3/s)	排砂の吸引力算出のための放流量	L (m)	h (m)	tan $\phi$	排砂量 (m3)	備考																																																										
800	500	20.4	3	1.14	2,214	8.5年後																																																										
800	500	20.4	6	1.14	4,997	17年後																																																										
800	500	20.4	9	1.14	8,412	25.5年後																																																										
800	500	20.4	12	1.14	12,527	34年後																																																										
800	500	20.4	15	1.14	17,404	42.5年後																																																										
800	500	20.4	18	1.14	23,110	51年後																																																										
					68,664	合計																																																										
					1,373	平均																																																										
⑤ 排砂管運用に伴うリスク	<p>1. 排砂管による排砂がなされた後に形成される斜面は、粘土シルトの安息角で自立しているため、「洪水時の放流による排砂」や「地震」などを誘因とする斜面崩壊が懸念される。</p> <p>2. もし、斜面崩壊が発生し排砂管や利水放流設備が埋没した場合、以下のリスクが想定され、甚大な被害に繋がる可能性がある。</p> <p>排砂管の埋没：洪水調節時であれば、洪水調節に支障をきたし、下流へ被害を及ぼす恐れがある。</p> <p>利水放流設備の埋没：速やかに浚渫除去しなければ、常用洪水吐きでしか利水補給が行えず（＝常用洪水吐き以下の貯留量約 6,000 万 m<sup>3</sup> が使用出来なくなり）、利水者への都市用水の供給や、神流川沿川への不特定かんがい補給などに支障を及ぼす恐れがある。</p> 																																																															

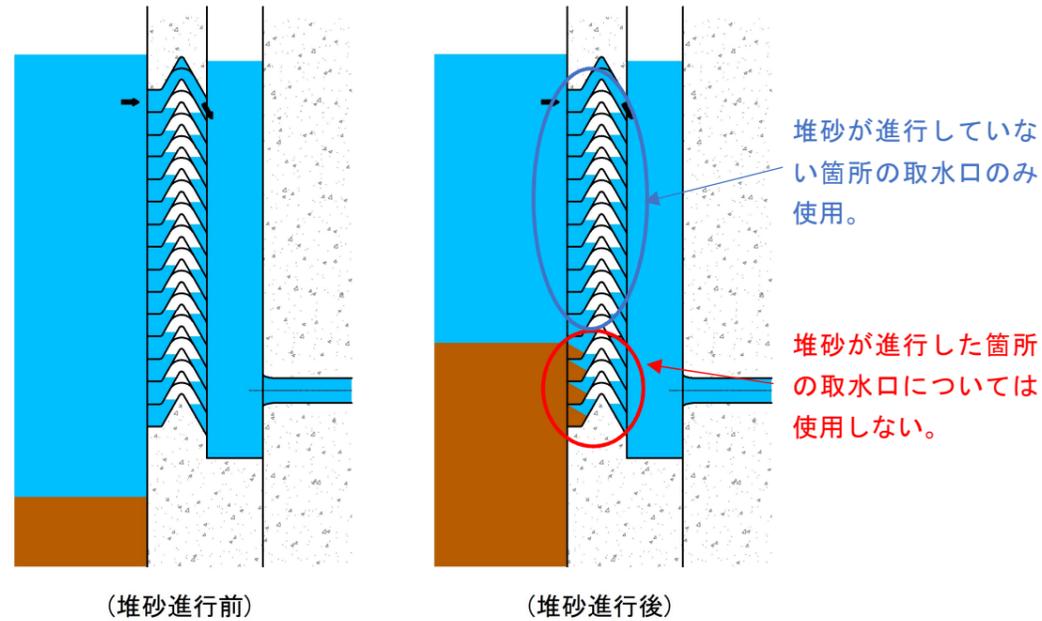
図 47 排砂管による排砂量の推定と排砂管運用に伴うリスク

### 5.3 取水設備の改造検討

・堤体付近の堆砂が進行しても、取水機能の維持を確実に実施可能で、下流への影響は小さく、リスクも低い対策である「取水設備の改造」を検討。

検討の方向：堆砂標高が、表面取水設備および利水放流設備の呑口標高より高位となっても、少なくとも下流への利水補給が可能なものへ取水設備を改造し、堆砂により下位標高部の一部の取水口が閉塞されたとしても、取水可能な構造とするため、多孔式と連続サイホン式の選択取水設備について比較検討し「連続サイホン式」を採用。

水位制限：「水位制限を設定した場合」と「通常のダム運用を行った場合」で比較するなどし費用の違いを確認。



(堆砂進行前) (堆砂進行後)  
図 48 取水機能を維持する取水設備への改造イメージ

型式	取水量 (m <sup>3</sup> /s)				備考
	0.1	1	10	100	
直線多段式				① *	ダム・堰施設技術基準(案)より
直線多重式			①	②	
半円形多段式			①	②	
円形多段式			①	②	
多孔式および複式					文献による実績範囲
側壁付円形多段式					
多管式					
連続サイホン式					
膜式※					

(注)1. 表中破線は、実施例は少ないが条件によっては適用できる範囲を示す。  
2. 表中①は堤体設置型、②は地山設置型または独立塔型のおおの適用範囲を示す。  
3. 表中\*印は、呑口が半円形状の適用範囲を示す。  
※: 多段フロート膜式および逆水扉昇降式フロート式

図 49 選択取水ゲートの形式と取水量—適用範囲の目安—

下久保ダムで必要な取水量：52m<sup>3</sup>/s

表 13 連続サイホン式と多孔式の比較

	連続サイホン式	多孔式
概要図		
堆砂に伴う取水機能の維持	○ ・堆砂の進行に応じて埋没した取水管を不使用とすれば、1度の改修で長期間に渡り取水機能は維持される。	○ ・堆砂の進行に応じて埋没した取水管を不使用とすれば、1度の改修で長期間に渡り取水機能は維持される。
取水性能	○ ・呑口接近流速が1.0m/sと遅く取水性能は良い。	△ ・呑口接近流速が3.0m/sと早く取水性能は劣る。
冷水放流対策	○ ・全取水範囲で取水層の連続性が保持されるため、既存の表面取水設備の目的である冷水放流対策が可能。	× ・取水孔の間隔が12mのため取水層の連続性は保持できず、既設の表面取水設備の目的である冷水放流対策が十分に実施出来ない。
ライフサイクルコスト	○ ・初期コストと50年間の管理コストの合計は多孔式とほぼ同額。	○ ・初期コストと50年間の管理コストの合計は連続サイホン式とほぼ同額。
初期コスト	△ ・取水設備のみの総重量は1,100t程度(概算)のため、ドライ施工での工事費は劣る。	○ ・取水設備のみの総重量は900t程度(概算)のため、ドライ施工での工事費は優れている。
管理コスト	○ ・取水管は多数あるが、1式の空気制御装置と機側操作盤のため、維持管理が容易で点検整備費も安価。	△ ・取水孔毎に開閉装置(油圧シリンダ)、油圧ユニット及び機側操作盤が必要のため、維持管理が煩雑で点検整備費も高価。
評価	○ ・機能的に特段の支障が無く、費用もほぼ同額であるため採用。	× ・既存の表面取水設備の目的である冷水放流対策が不可能であるため不採用。

## 6. 利水容量内堆砂対策に関する検討

### 6.1 対策が必要な土量の整理

・堆砂対策を検討するに際の基本となる堆砂量について、管理開始以降（1969(S44)～2019(R1)年）の**実績堆砂量を「平常時」と「大規模出水時」に分けて整理。**

**年平均堆砂量** : **230 千 $m^3$ /年** (管理開始以降 (S44～R1) の年堆砂量の平均値)

**平常時の年平均堆砂量** : **167 千 $m^3$ /年** (S44～R1 の内、800 $m^3/s$  以上の流入量のあった S49、S57、H11、H13、H19、R1 年の年堆砂量を除外した平均値)

・下久保ダムの堆砂土砂の内訳は**砂礫：シルト粘土 = (58.6%：41.4%) ⇒ 6：4**。貯砂ダム掘削など対策工法は、砂礫のみしか対象と出来ないなど対策工法選定において留意が必要。

#### ●堆砂対策工法を想定した堆砂量の設定

堆砂対策工法として、毎年実施可能な対策（貯砂ダム掘削など）と、数年に一度しか実施出来ない対策（干上げ掘削など）があることから、「平常時」と「大規模出水時」に分けて対策を検討。

⇒ 年最大流入量と流入土砂量の関係より、**洪水調節開始流量 800 $m^3/s$  を超えると 500 千 $m^3$  以上の土砂流入が発生**し、その頻度は概ね 8～10 年に 1 度（6 年／51 年）程度。

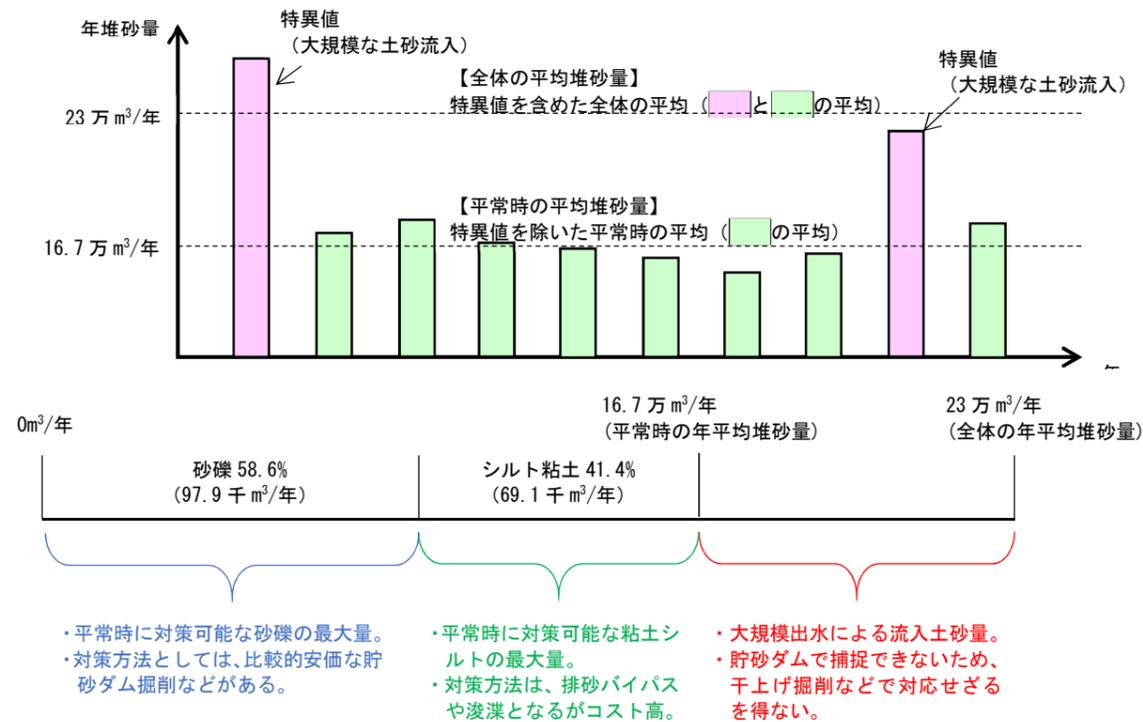


図 50 目標対策量の設定イメージ図

表 14 堆積土砂の粒径別構成比率

区分	代表粒径 (mm)	粒径別構成比率
粗粒分	粗礫分	37.75 15.6%
	中礫分	9.500 11.5%
	細礫分	3.082 8.9%
	粗砂分	0.922 10.9%
	細砂分	0.206 11.7%
細粒分	粗粒シルト	0.047 16.0%
	細粒シルト	0.011 7.0%
	粘土分	0.005 18.4%
合計		100.0%

※「下久保ダム貯水池堆積物性状調査 (H13.3)」における貯水池内ボーリング調査結果を基に整理

砂礫 58.6%

シルト粘土 41.4%

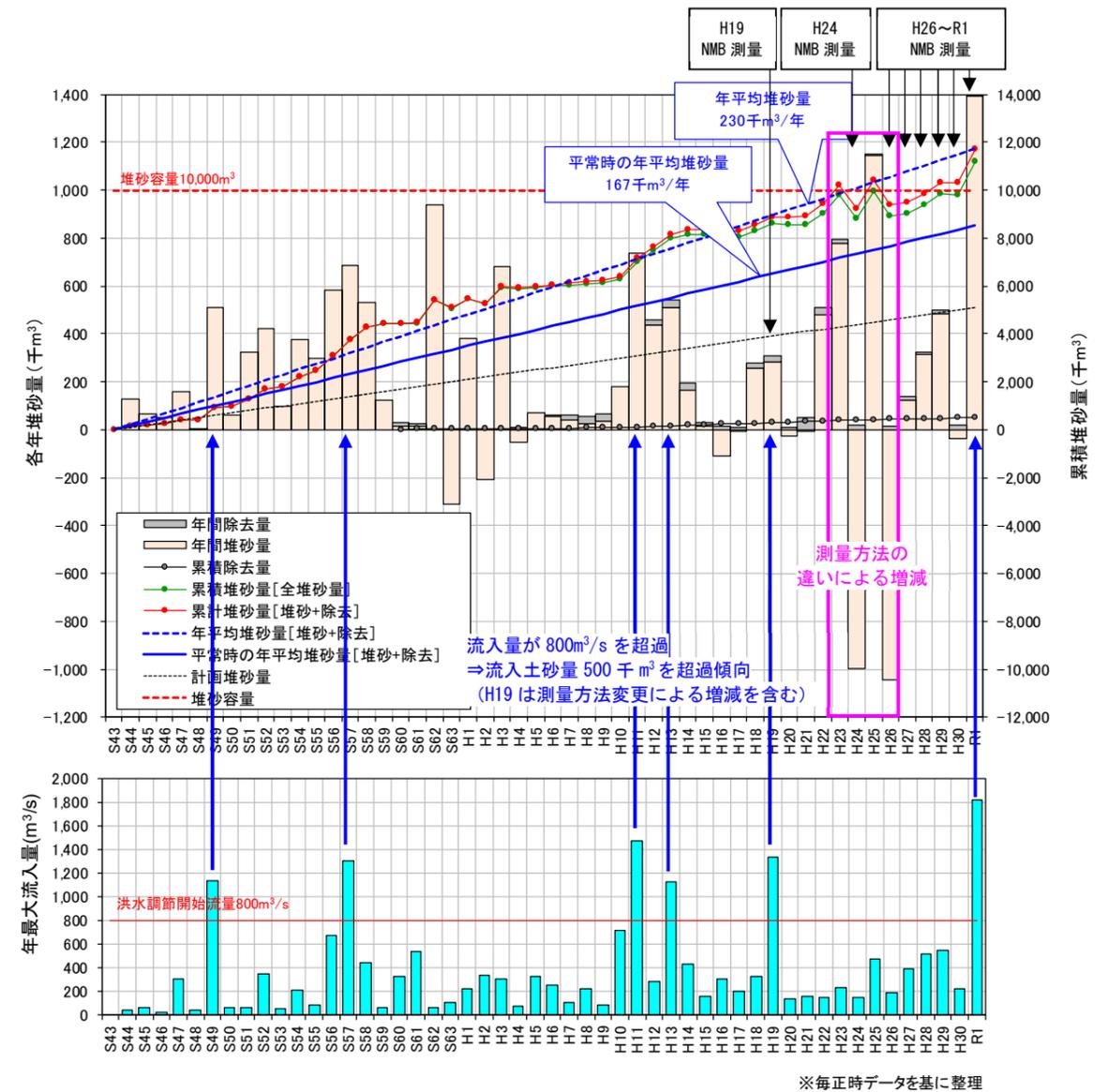


図 51 下久保ダム 実績堆砂量・除去量

#### 測量方法の違いによる増減

下久保ダムの堆砂量の経年変化には、測量方法の違いなどによる増減が含まれているため、これらは除外し検討。(例：H23～H26 年)

6.2 堆砂対策の選定

・下久保ダムにおける適用性の高い堆砂対策工法の一次選定を「貯水池回転率」と「総貯水容量／総貯水容量内推定平均年堆砂量」の関係から実施し、「掘削・浚渫」及び「排砂バイパス」を選定。  
 ・この結果を踏まえ、対策工法は「貯砂ダム掘削」、「浚渫」、「排砂バイパス」、「干上げ掘削」について検討。

表 15 堆砂対策工法一覧

分類	貯水池への流入土砂軽減	土砂の通過				土砂の排除				
堆砂対策	①貯砂ダム掘削	②排砂バイパス	③スルーシング	④密度流排出	⑤フラッシング (水位低下)	⑥部分排除 (貯水位維持) (排砂管・排砂門)	⑦部分排除 (貯水位維持) (水圧吸引工法)	⑧浚渫	⑨干上げ掘削 (水位低下)	
概要図										
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯水池上流部に貯砂ダムを設置することで有効容量内への土砂流入を抑制する。</li> <li>恒久的活用のためには、貯砂ダム上流に堆積した土砂は掘削除去する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯水池上流部に分派堰を設置し、貯水池を迂回するバイパストンネルに洪水の一部を分派することによって流入土砂を迂回させる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>洪水時に水位を低下させることにより、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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>洪水時に高濁度密度流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、ウォッシュロード成分等をダムから放出する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水位を低下させて貯水池を空の状態とし、洪水時の河道の掃流力を利用して堆積した土砂を排砂する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯水位を低下させずに、流速により堆積した土砂を排砂する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯水位と放流口の水位差やポンプ等の機械力により堆積土砂を吸引し、排砂トンネルによりダム下流に放流する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯水池内の堆積土砂を浚渫し貯水池外へ排除する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯水位を低下させることで、貯水池内に流入した土砂も陸上掘削による掘削除去を可能とする。</li> </ul>	
対象土砂	シルト・粘土	細粒分の捕捉は困難	排除可能 (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が排除可能	排除可能	堆砂面がゲート敷高と同程度であれば排除可能	排除可能	排除可能	水位低下量によるが、主としては対象外。	
	砂礫	貯砂ダムで捕捉可能		排除は不可能	排除可能		排除可能 (排砂管・排砂門の損傷や詰まり等の問題から困難)			排除可能 (排砂管内閉塞の問題等から困難)
他ダムの実績	小渋ダム、二瀬ダム、長島ダム、矢作ダム、横山ダム等多数	旭ダム、美和ダム、小渋ダム、松川ダム	鯖石川ダム(融雪出水期)	片桐ダム	宇奈月ダム、出し平ダム、赤石ダム	千頭ダム、泰阜ダム、井川ダム	片桐ダム(現地実験)、坂本ダム(適用性検討)	美和ダム、佐久間ダム、秋葉ダム、矢作ダム、横山ダム等	牧尾ダム	
経済性	イニシャル	小 (貯砂ダムの増強、受入地整備)	大 (排砂バイパス新設)	中 (排砂ゲート新設)	中 (取水設備の改造)	中 (排砂ゲート新設)	中 (排砂管・排砂門の新設)	中 (排砂設備の新設)	小 (浚渫機械の購入、ヤードの造成)	小～大 (代替水源の確保、受入地整備)
	ランニング	中 (陸上掘削・運搬費)	小 (設備維持費)	小 (設備維持費)	小 (設備維持費)	小 (設備維持費)	小 (設備維持費)	小 (設備維持費)	大 (浚渫・運搬)	中 (陸上掘削・運搬)
下久保ダムへの適用性	○(選定) ・既設貯砂ダムがあり、貯砂ダムからの掘削実績有り ・掘削除去した土砂の受入地が必要(7.2 参照)	○(選定) ・他ダムの実績もあり、適用可能	× ・現在の貯水池運用から、必要な水位低下を行うことは困難。 ・下流河川への濁水の排出の可能性あり。	× ・取水設備を選択取水設備に改造したとしても排砂効果が小さい。 ・下流河川への濁水の排出の可能性あり。	× ・現在の貯水池運用から、必要な水位低下を行うことは困難。 ・下流河川への濁水の排出の可能性あり。	× ・貯水位を低下させないため、掃流力が小さく排砂効果も小さい。 ・下流河川への濁水の排出の可能性あり。	× ・現地実験を行っている段階 ・大水深での適用事例がない。 ・下流河川への濁水の排出の可能性あり。	○(選定) ・他ダムでの実績が多く、適用可能。	○(選定) ・計画的に実施するためには水位制限が必要であるため、代替水源などの調整が必要。 ・掘削除去した土砂の受入地が必要(7.2 参照)	



### 6.2.1 貯砂ダム掘削

- ・陸上掘削による施工であるため、施工実績も多く、経済的で確実な効果が見込まれる。ただし、**受入地の確保が必要**。
- ・**貯砂ダムにより補足される堆砂は、「砂礫」**であり、「粘土シルト」については対象と出来ない。また、下久保ダムでは通常の貯水池運用を行いながらの場合、**洪水期（7月～9月）のみ施工可能**。
- ・H13年度施工の**既設貯砂ダムを（2m程度）嵩上げし**、平常時堆砂量（砂礫分）97.9千m<sup>3</sup>の内、**年平均89千m<sup>3</sup>**の陸上掘削を実施。

表 16 貯砂ダム概要

項目	内容	
施設概要 (既設貯砂ダム)	完成年	平成 13 年度
	形式	鋼製枠工
	天端標高	EL.284m (制限水位 EL.283.8m とほぼ同標高)
	ダム高	5m
	貯砂容量	130 千 m <sup>3</sup> (毎年平均 67 千 m <sup>3</sup> の除去可能)
施設概要 (貯砂ダムの嵩上げ)	天端標高	
	貯砂容量	
利点	陸上掘削で実施可能なため経済的に優れている。	
欠点	施工期間が貯水位の低下している時期に限定される。	
留意点	貯水池近傍に掘削除去した土砂の安定的な受入先の確保が重要。	

既設貯砂ダム

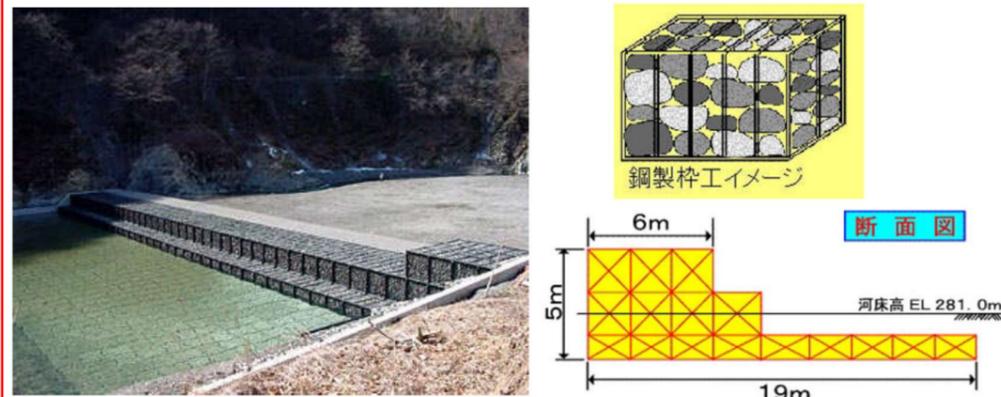


図 54 貯砂ダム掘削のイメージ

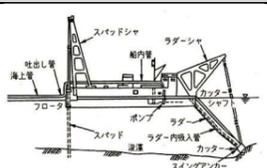
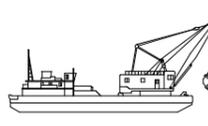
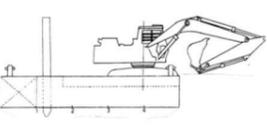
6.2.2 浚渫

- ・湖面上より浚渫船による浚渫を行った後、陸揚場所まで土運搬船などで水上運搬し、その後は貯砂ダム掘削と同様に受入地へ運搬する。
- ・浚渫には、一般的に「バックホウ浚渫」「ポンプ浚渫」「グラブ浚渫」があるが、「浚渫対象が主に砂礫」であることと「浚渫深さ」から、下久保ダムでは「グラブ浚渫」の適用性が最も高い。
- ・対象となる土質区分は、「砂礫」及び「粘土シルト」の両方が可能であるが、「粘土シルト」については、貯水池外に搬出するためには前処理を行う必要があり、コスト高となるため砂礫のみを対象とする。
- ・**浚渫は、陸上掘削と同様に受入地が必要である一方、施工単価が高額であるため経済性に劣る。**

表 18 浚渫概要

項目	内容
施設概要	・グラブ浚渫、土運船などにより浚渫。 ・陸揚場所とそこからの土砂搬出設備を整備。
利点	年間を通した浚渫が可能であり、土砂運搬作業の平準化が可能となる。
欠点	陸上掘削と比較すると、経済性に劣る。
留意点	経済性に劣るため、できるだけ採用を避けることが望ましいが、土砂運搬作業の平準化のために、場合によっては陸上掘削と組み合わせることも視野に入れる。



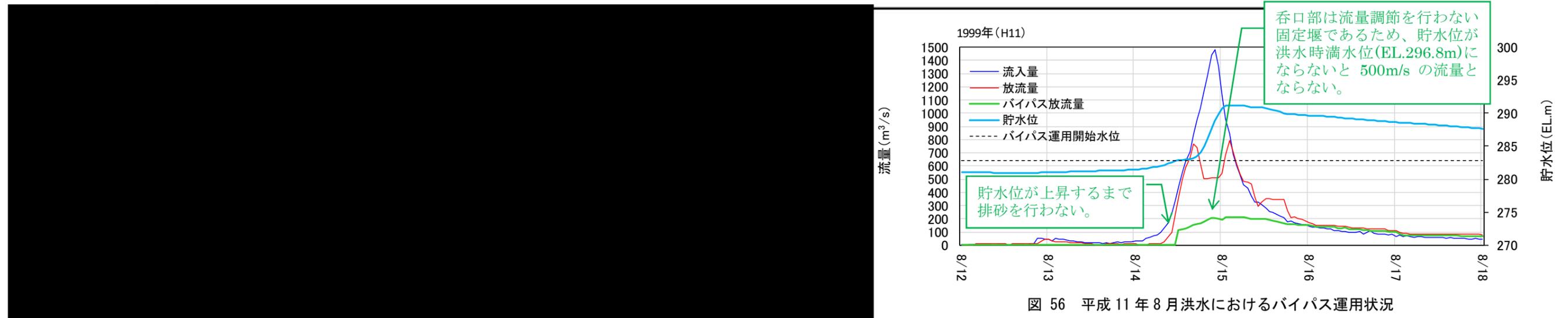
項目	ポンプ浚渫	グラブ浚渫	バックホウ浚渫
概要図			
概要	水と共にサンドポンプにより土砂を吸込む。掘削・揚土した土砂は排砂管により運搬。	クローラークレーンなどを台船に乗せ、グラブバケットにより浚渫。浚渫土は土運船により運搬。	バックホウを台船に乗せ浚渫。浚渫土は土運船により運搬。
作業水深	3～15m	大水深も可能	最大 7m
適用土質	粘土～砂質土	グラブの付替により粘土～砂礫まで可能	粘土～砂礫まで可能
評価	× 下久保ダムでは、粘土シルトは堤体付近に堆積しており、作業水深は 15m 以上であるため適用性が低い。	○ 作業水深、適用土質共に適用範囲内。	△ 作業水深が 7m 程度であり、施工範囲が限定される。

単位：(m)  
標高基準面：下久保ダム基準

図 55 浚渫のイメージ

### 6.2.3 排砂バイパス

- ・既設貯砂ダム付近から排砂トンネルを設けて、**神水ダム下流まで流入土砂をバイパス**させる
- ・下久保ダムは、利水補給により洪水期において貯水位が洪水貯留準備水位より低いことが多く、この場合、出水時においても利水目的で貯留する必要があり、排砂バイパスが運用出来ない。  
これらの影響により、**排砂効率（流入土砂量に対する排砂量の割合）は、計画値としても約21%程度**と低い値。（先進事例の計画値は40%程度）



利点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・流水力を利用して排砂を行うため、維持管理費の低減が期待できる。</li> <li>・取水口付近の粘土シルト分の堆積も抑制できる。</li> </ul>
欠点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・トンネル延長が長い初期投資費が大きい。</li> <li>・下流河川環境に関するモニタリングが必要となる。</li> <li>・堆砂対策として最適なバイパス運用を継続するための技術の蓄積が必要。</li> </ul>
留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・下久保ダムは利水需要によって貯水位が低下していることが多く、バイパス運用よりも利水容量回復が優先されるため、排砂効率は約21%と低く、その他の対策工との組合せが必要。</li> </ul>

#### ※下久保ダムにおける排砂バイパスの排砂効率が低い理由

- ・下久保ダムは貯水池運用の特性として、利水補給を頻繁に行うダムであり、**出水の多い「洪水期（7月～9月）」や「非洪水期の初期（10月）」は、貯水位が低いことが多い**ため、貯水位が EL.282.8m（＝洪水貯留準備水位－1m）までは排砂バイパスを稼働させることが出来ず、**排砂バイパスを運用する機会が少ない。**
- ・排砂バイパスを稼働した場合でも、**呑口が固定堰であるため、排砂バイパスの設計流量である 500m<sup>3</sup>/s の流下を行う機会が少ない。**  
⇒以上から、**下久保ダムにおいては排砂率は約 21%程度と低い。**

図 57 排砂バイパスのイメージ

## 6.2.4 干上げ掘削

- ・干上げ掘削は、下久保ダムの貯水位が低下した際に陸上掘削により堆砂除去を行うものであり、計画的に実施した場合、**大規模施工が可能で、他案に比べ経済的な優位性**がある。
- ・対象となる土質は、施工箇所と受入地へ盛土する観点から、「砂礫」が基本となる。「粘土シルト分」の場合、一般的には、前処理費が必要となりコスト高となる。
- ・干上げ掘削により、計画的な堆砂除去を行うためには、**水位制限を行う必要があります**、利水への影響を軽減するため、必要な代替水源の確保や、利水者との調整が必要。(水位制限の考え方は7.1参照。)

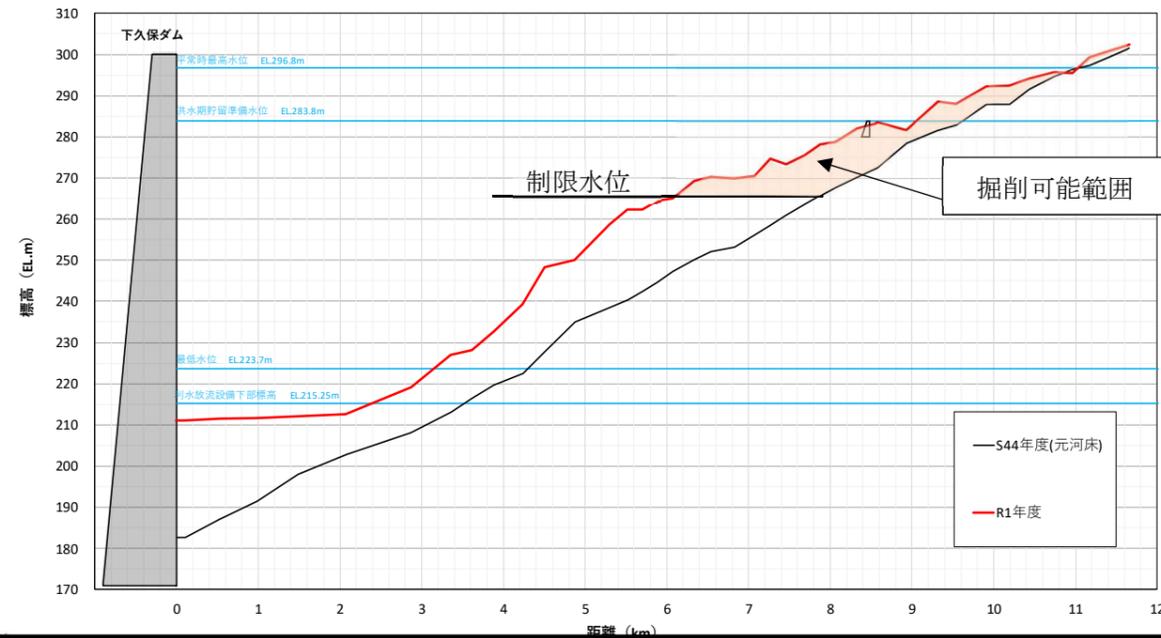


表 23 干上げ掘削の概要

項目	内容
実施概要	・大規模出水などによる大量の土砂流入が確認された後などに、水位制限を設定し、計画的に堆砂土砂を撤去する。
利点	・大規模な陸上掘削機械を大量に投入して、大規模な土砂を搬出することで短期間の施工とコスト縮減が可能。
欠点	・計画的な除去のためには水位制限が必要。水位低下している期間の代替水源が必要。(7.1参照)
留意点	・代替水源の設定など関係機関との調整が必要

図 58 干上げ掘削のイメージ

6.3 利水容量内堆砂対策の組合せ検討

・年平均堆砂量 230 千 m<sup>3</sup>/年（内、平常時の平均堆砂量 167 千 m<sup>3</sup>/年）に対する**堆砂対策について全ての組合せを比較の検討**を行う。

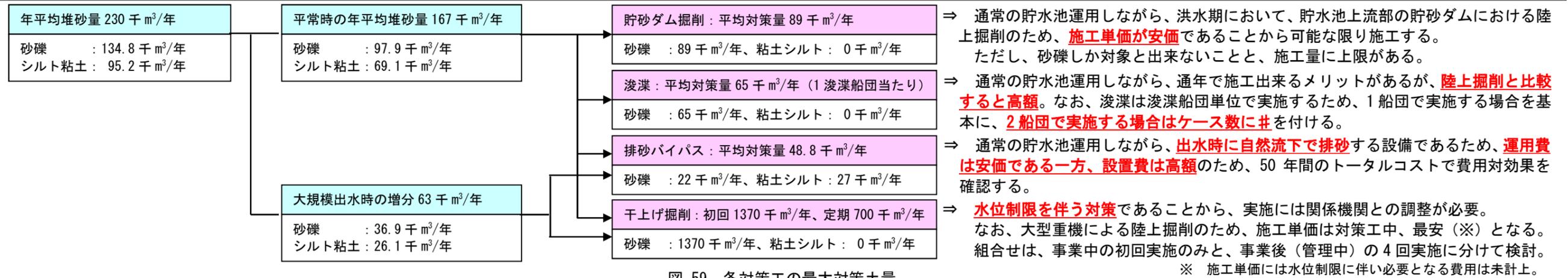


図 59 各対策工の最大対策土量

表 25 検討ケース一覧

対策工	通常の貯水池運用による対策			水位制限を伴う対策		備考	
	貯砂ダム（既存）	貯砂ダム（改築）	浚渫	排砂バイパス	干上げ掘削（初回）		干上げ掘削（+4回）
比単価						・（必要な設備を設置し R50 年度まで運用した場合の単価）を（管理費で実施している堆砂除去工事の単価）で除した値	
0	○ (20 千 m <sup>3</sup> /年)					・現在、管理費で実施している堆砂除去工事を継続した場合。	
1	○ (貯砂ダム改築まで)	○ (89 千 m <sup>3</sup> /年)				・施工単価が安価である貯砂ダム掘削のみを実施した場合。 ・水位制限が必要な干上げ掘削は実施しない。	
2	○ (貯砂ダム改築まで)	○ (89 千 m <sup>3</sup> /年)	○ (65 千 m <sup>3</sup> /年)			・施工単価が安価である貯砂ダム掘削と浚渫を実施した場合。 ・水位制限が必要な干上げ掘削は実施しない。	
3	○ (貯砂ダム改築まで)	○ (89 千 m <sup>3</sup> /年)		○ (48.8 千 m <sup>3</sup> /年)		・施工単価が安価である貯砂ダム掘削と排砂 B P を実施した場合。 ・水位制限が必要な干上げ掘削は実施しない。	
4	○ (貯砂ダム改築まで)	○ (89 千 m <sup>3</sup> /年)	○ (65 千 m <sup>3</sup> /年)	○ (48.8 千 m <sup>3</sup> /年)		・水位制限が必要な干上げ掘削以外の全ての対策を実施した場合。	
5	○ (貯砂ダム改築まで)	○ (89 千 m <sup>3</sup> /年)			○ (1,370 千 m <sup>3</sup> )	・施工単価が安価である貯砂ダム掘削と干上げ掘削のみを実施した場合。 ・ただし、干上げ掘削は事業中の 1 回のみ。	
6	○ (貯砂ダム改築まで)	○ (89 千 m <sup>3</sup> /年)	○ (65 千 m <sup>3</sup> /年)		○ (1,370 千 m <sup>3</sup> )	・施工単価が安価である貯砂ダム掘削と干上げ掘削及び浚渫を実施した場合。 ・ただし、干上げ掘削は事業中の 1 回のみ。	
7	○ (貯砂ダム改築まで)	○ (89 千 m <sup>3</sup> /年)		○ (48.8 千 m <sup>3</sup> /年)	○ (1,370 千 m <sup>3</sup> )	・施工単価が安価である貯砂ダム掘削と干上げ掘削と排砂 B P を実施した場合。 ・ただし、干上げ掘削は事業中の 1 回のみ。	
8	○ (貯砂ダム改築まで)	○ (89 千 m <sup>3</sup> /年)	○ (65 千 m <sup>3</sup> /年)	○ (48.8 千 m <sup>3</sup> /年)	○ (1,370 千 m <sup>3</sup> )	・水位制限が必要な干上げ掘削は事業中の 1 回のみ実施し、それ以外の全ての対策を実施した場合。	
9	○ (貯砂ダム改築まで)	○ (89 千 m <sup>3</sup> /年)			○ (1,370 千 m <sup>3</sup> )	○ (700 千 m <sup>3</sup> ×4 回)	・施工単価が安価である貯砂ダム掘削と干上げ掘削のみを実施した場合。 ・なお、干上げ掘削は事業中の 1 回に加え、事業後も 4 回実施。
10	○ (貯砂ダム改築まで)	○ (89 千 m <sup>3</sup> /年)	○ (65 千 m <sup>3</sup> /年)		○ (1,370 千 m <sup>3</sup> )	○ (700 千 m <sup>3</sup> ×4 回)	・施工単価が安価である貯砂ダム掘削と干上げ掘削及び浚渫を実施した場合。 ・なお、干上げ掘削は事業中の 1 回に加え、事業後も 4 回実施。
11	○ (貯砂ダム改築まで)	○ (89 千 m <sup>3</sup> /年)		○ (48.8 千 m <sup>3</sup> /年)	○ (1,370 千 m <sup>3</sup> )	○ (700 千 m <sup>3</sup> ×4 回)	・施工単価が安価である貯砂ダム掘削と干上げ掘削と排砂 B P を実施した場合。 ・なお、干上げ掘削は事業中の 1 回に加え、事業後も 4 回実施。
12	○ (貯砂ダム改築まで)	○ (89 千 m <sup>3</sup> /年)	○ (65 千 m <sup>3</sup> /年)	○ (48.8 千 m <sup>3</sup> /年)	○ (1,370 千 m <sup>3</sup> )	○ (700 千 m <sup>3</sup> ×4 回)	・想定される全ての対策を実施した場合。

※ ○：対策を実施する項目 （ ）内数字：対策土量。 なお、ケース数に#を付けたものは、浚渫による対策土量を倍としている。

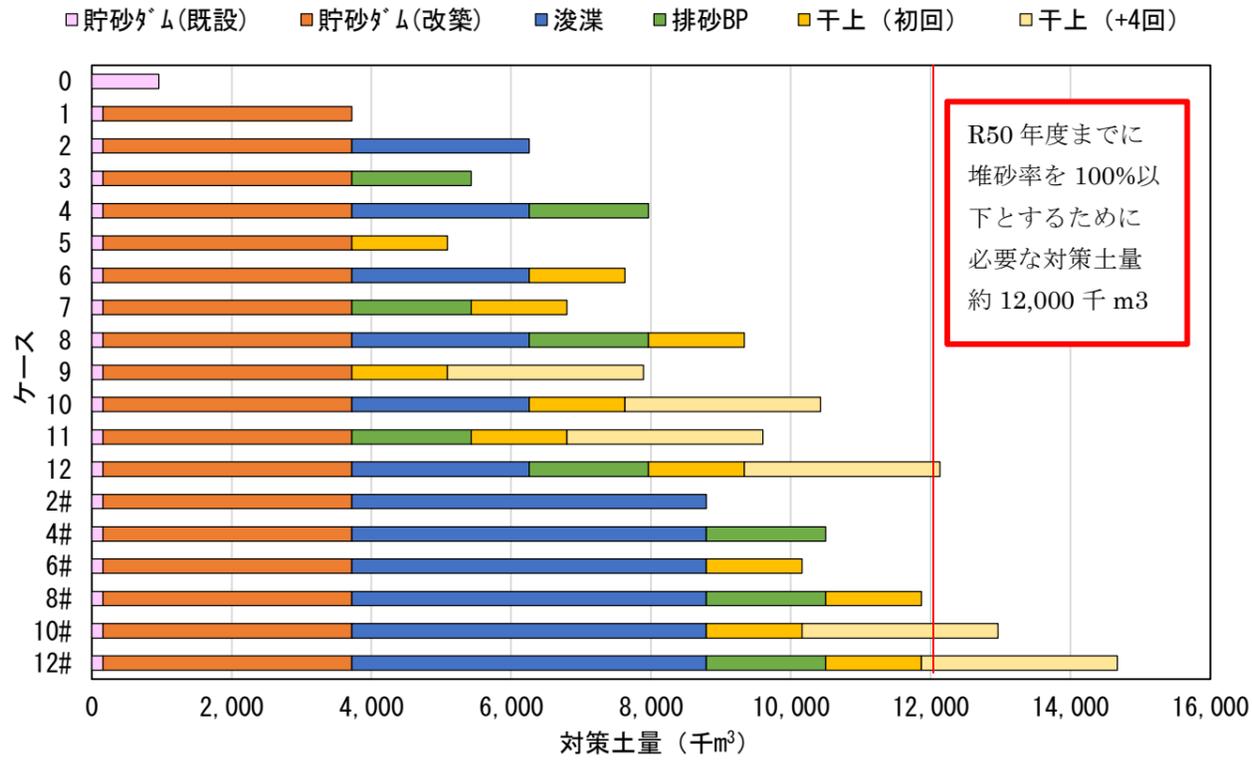


図 60 管理開始 100 年目 (R50 年度) までに除去される堆砂量

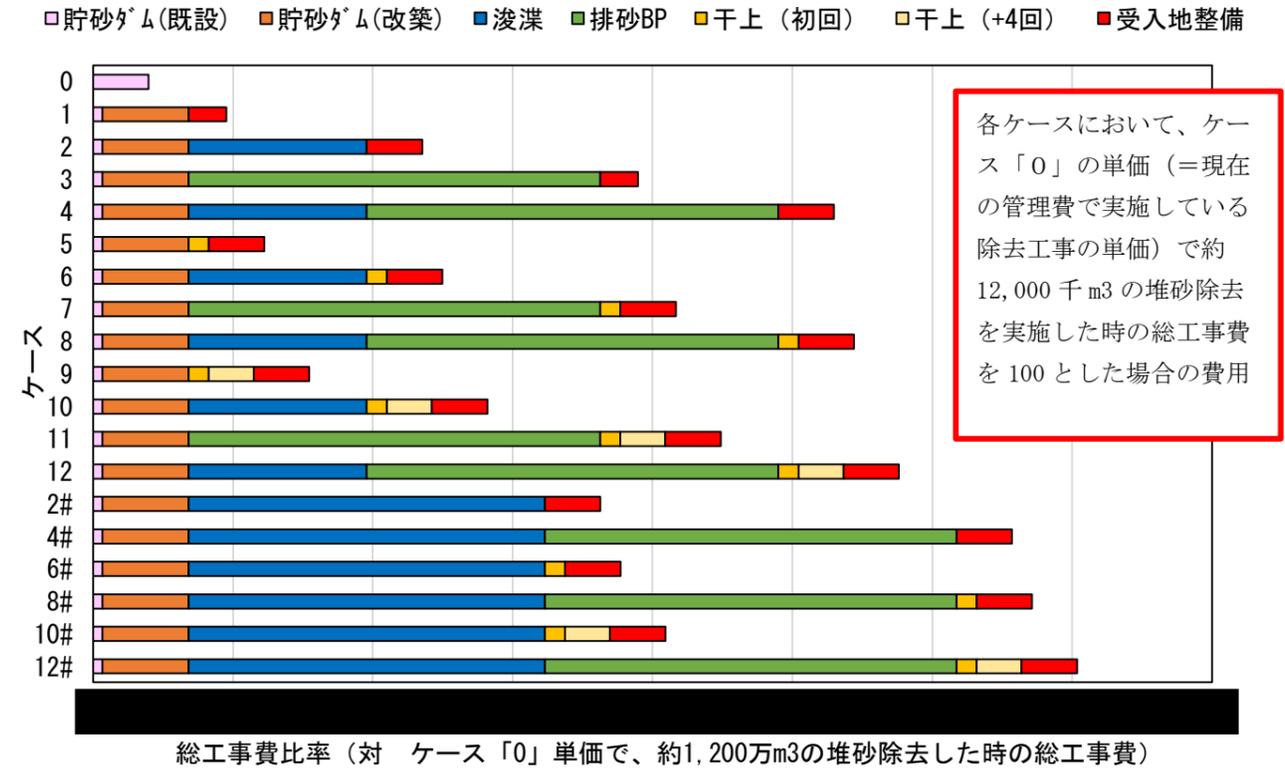


図 62 堆砂対策を実施する際に必要な総コスト (工事費)

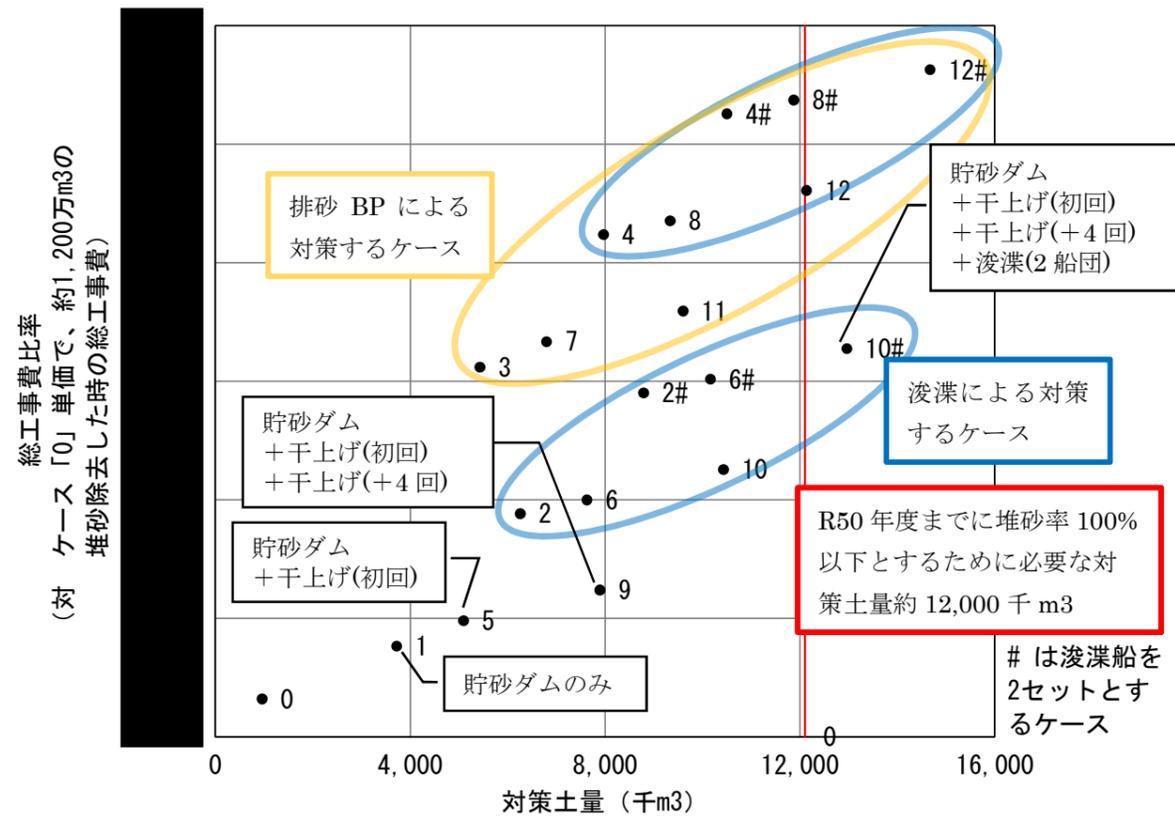


図 61 堆砂対策組合せ案の対策土量とコストの関係

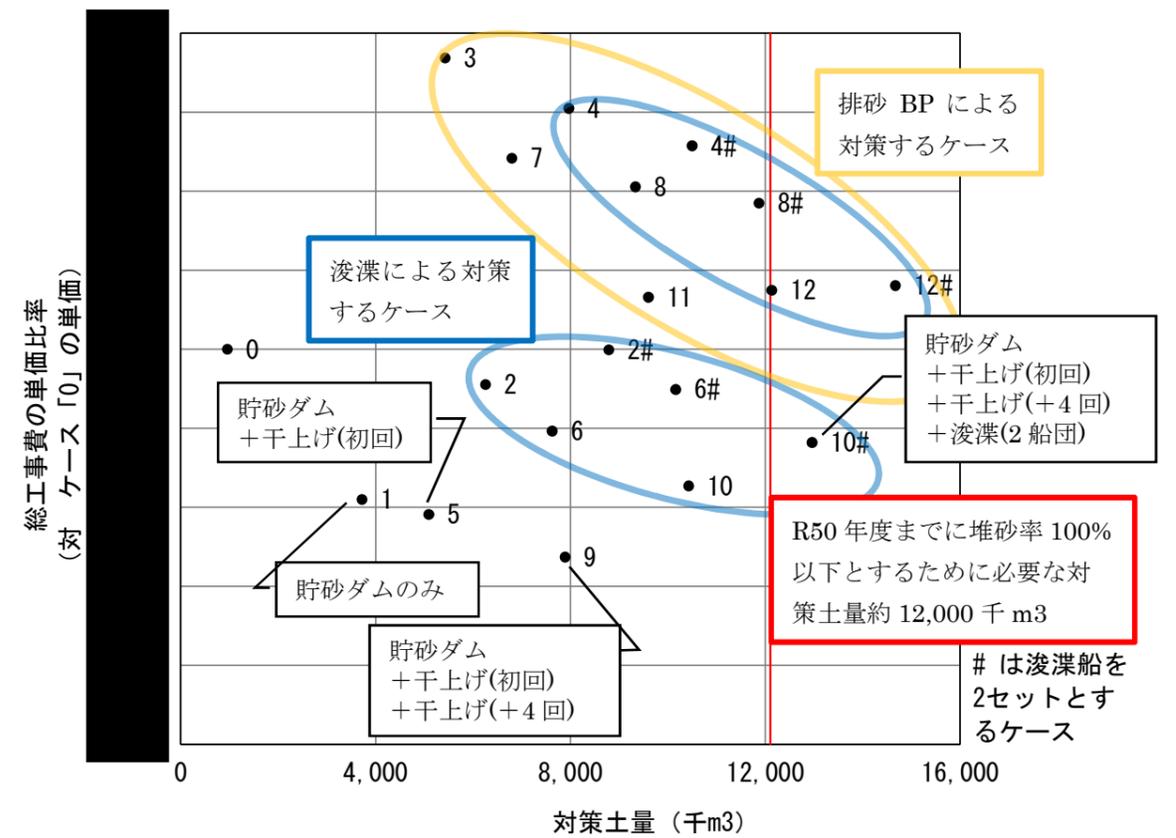


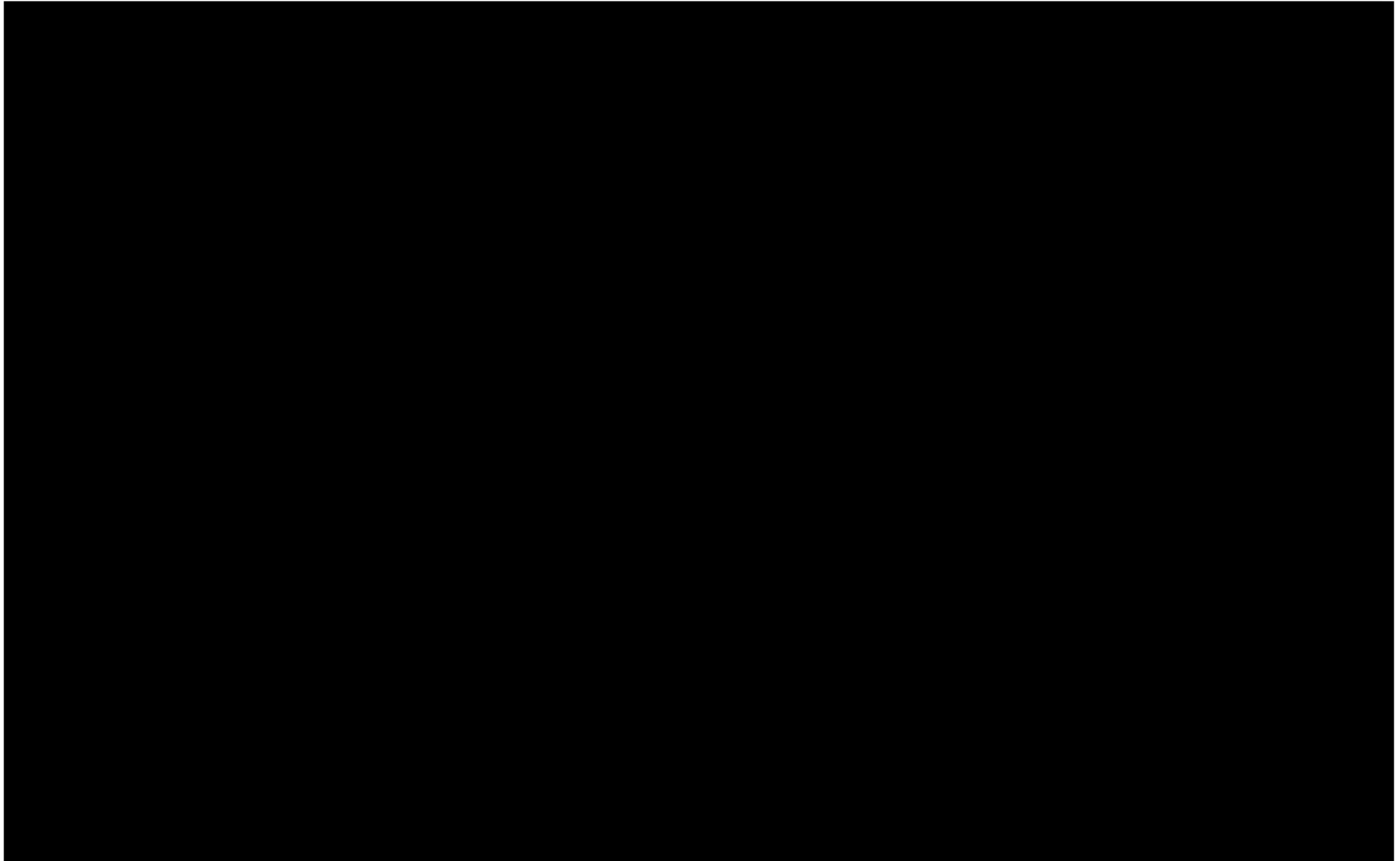
図 63 堆砂対策組合せ案の対策土量と対策単価比の関係

**【留意事項】**

本項に記載している水位制限の内容は、下久保ダム堆砂対策技術検討会において技術的検討を行うための仮の前提条件として記載しているもので、水位制限の実施の有無も含め、今後必要な調整を行っていくものである。

**7. コスト縮減・新たな取組**

**7.1 コスト縮減（水位制限の設定）**



## 7.2 コスト縮減（堆砂土の処理と有効活用）

- ・ 利水容量内堆砂対策に関する対策として、陸上掘削・浚渫を行った場合、土砂の搬出先が必要となる。搬出先として大規模受入地を設けることが安定的な堆砂対策実施に繋がる。
- ・ 一方で、除去した土砂の内、一部を有効活用することは、大規模受入地の長寿命化やコスト縮減に資するため、以下について検討を進める。

- ①大規模受入地：下久保ダム堆砂対策を安定的に実施するために、管理開始以降 100 年目まで堆砂率 100%以下とすることを目的とした土量である **10,000 千 m<sup>3</sup> を目標に選定**を行う。
- ②下流河川置土促進：既往の下流河川置土に加え、必要に応じて**新たな置土箇所を検討・調整**し、下流土砂還元量を増やすことで、下流河川環境の改善とコスト縮減を図る。
- ③堆砂土の有効利用：貯水池上流部に堆積している砂礫は、**コンクリート骨材や盛土材として十分な品質**を備えているため、コスト縮減を目的に可能な限り有効利用について検討する。

### ①大規模受入地

大規模受入地に必要な容量と選定の留意点は以下。なお、本技術検討会では、具体的な選定は対象外。

表 28 必要な受入地の容量

項目	堆砂量 (千 m <sup>3</sup> )	備考
① 管理開始 100 年目の堆砂量 (予測)	22,000	
② 堆砂容量	10,000	
③ 必要な受入地容量	12,000	=①-②

表 29 受入地選定に係る留意点

観点	留意点
経済性	・ 可能な限り、陸上掘削・浚渫地点に近いこと。 ・ 沢地形など、盛土に適した地形であること。
利用性	・ 1 箇所だけでなく、複数箇所の設定が望ましい。 ・ 進入路などの造成も併せて検討すること。
安全性	・ 沢地形などの場合、排水設備が必要であるため、出来る限り受入地以外の残留域が小さいこと。
その他	・ 保安林などの法的な規制がある箇所を可能な限り避けること。 ・ 希少種などが確認された場合は、必要な対応を行うこと。

### ②堆砂土の有効利用の可能性

下久保ダム貯水池上流部に堆積している土砂は、土質区分では砂・礫に該当する。これらは過年度より有効活用されているため、これら有効活用を促進することを検討する。

表 30 下久保ダム堆砂の有効利用状況と可能性

有効利用先	数量 (千 m <sup>3</sup> )	今までの利用状況	更なる利用の可能性
コンクリート骨材	368	・ 昭和 60 年より開始され、最も多い年には約 30,000m <sup>3</sup> の有効利用を実施。 ・ 令和元年度に実施主体であった神流湖整備協会が解散したため、今後新たなスキームの構築が望まれる。	・ コンクリート骨材として有効利用されるためには、民間事業者による販売が必要となるため、民間事業者との連携が重要。 ・ 下久保ダム周辺における骨材需要なども影響する。 ・ これらについて十分に調査し、コスト縮減に繋がる有効利用方法を検討する。
盛土材	48	・ 近隣の公的工事において盛土材として利用されたもの。 ・ 運搬距離が長くなれば輸送費が高額となるため、貯砂ダムからの距離による制約がある。	・ 盛土材として有効利用されるためには、下久保ダム周辺において、大量に砂礫を必要とする公的事業の情報を収集調整することが重要。
河川還元材	90	・ 平成 15 年度より、ダム直下及び上武橋付近の 2 箇所に對し下流土砂還元を実施。 ・ 置土量は流下量に制約を受ける。	・ 現在の土砂還元の箇所では数量的な限界もあり還元箇所を増やすことが重要。 ⇒ <b>河川管理者と調整しながら検討</b>
合計	506		

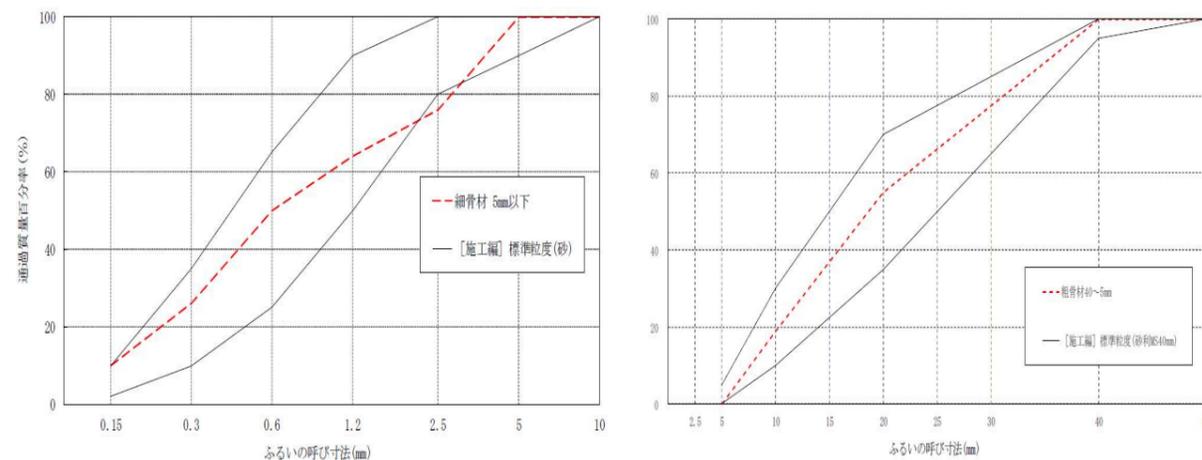


図 66 下久保ダム堆砂の細骨材（上）及び粗骨材（下）としてのふるい分け試験結果

7.2.1 新たな置土箇所の検討

- ・下久保ダムではこれまで「土砂掃流による河床の回復・粗流化の改善」、「クレンジング効果による三波石峡の洗浄」、「健全な攪乱による付着藻類の剥離・更新」を図ることを目標として、**ダム直下流と上武橋周辺に置土（ダム直下 43,000m<sup>3</sup>、上武橋周辺 83,200m<sup>3</sup>）し、下流河川への土砂還元（ダム直下 37,000m<sup>3</sup>、上武橋周辺置土 50,200m<sup>3</sup>）**を実施。
- ・今後、**新たな置土の候補地選定として、令和元年台風第19号時に洗掘された箇所を「土砂が掃流されやすい箇所」と考え**、測量結果や空中写真から台風後に洗掘が確認される箇所の確認を行い、中長期的な堆砂対策の検討を進める。

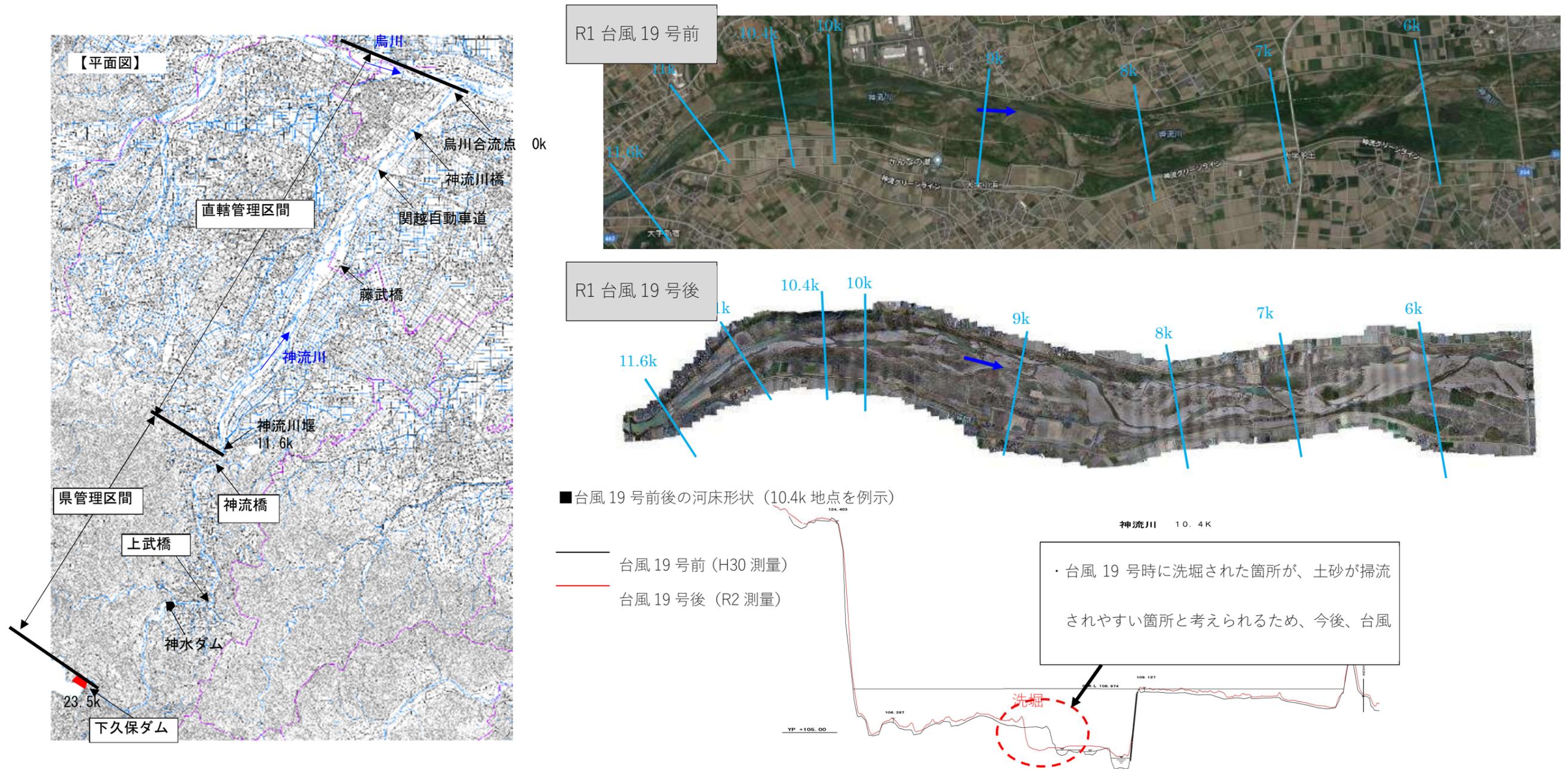


図 67 令和元年台風第19号による洗掘状況

7.2.2 河川置土に関する関係者調整

- 平成 15 年より、下久保ダムの堆砂土砂をダム下流の神流川に還元する土砂掃流を実施しており、これらの実施方法やその結果について情報を共有するとともに、意見を集約することを目的に「**神流川土砂掃流懇談会**」(事務局：下久保ダム管理所)を、平成 16 年の準備会を経て、平成 17 年に第 1 回懇談会を開催。その後、現在まで第 12 回まで開催。
- 同懇談会は、**学識者、河川管理者や沿川行政に加え、地元漁業協同組合、河川利用者など神流川に関する様々な関係者から構成**されており、**更なる置土を行う場合は、同懇談会を活用し関係者調整**を行っていく方針。

**神流川土砂掃流懇談会 規約**

(目的)

第 2 条 本会は、下久保ダム下流の神流川への土砂掃流（モニタリング調査を含む。以下「土砂掃流」という。）に係る**実施方法やその結果について情報を共有するとともに、意見を集約することを目的**とする。

2 本会は、前項に掲げる目的のほか、委員の**幅広い意見交換**を行うことにより、ダムの堆砂を活用したダム一般に係る下流の河川環境の保全に資することを併せて目的とする。

(懇談会の開催)

第 4 条 本会は、次の各号の一に掲げる場合に、会議を開催する。

- 一 土砂掃流を実施しようとするとき。
- 二 土砂掃流が実施され、その結果の検討を行うとき。

2 本会の会議は、**一般に公開**するものとする。

(事務局)

第 5 条 本会の事務局は、独立行政法人水資源機構下久保ダム管理所に置く。

2 事務局は、本会の会議に次の議案を報告するものとする。

- 一 土砂掃流の**実施方法に関する提案**
- 二 土砂掃流の**実施結果に関する報告**
- 三 その他土砂掃流に関する**情報の提供**

3 事務局は、本会の会議議事録を作成するものとする。

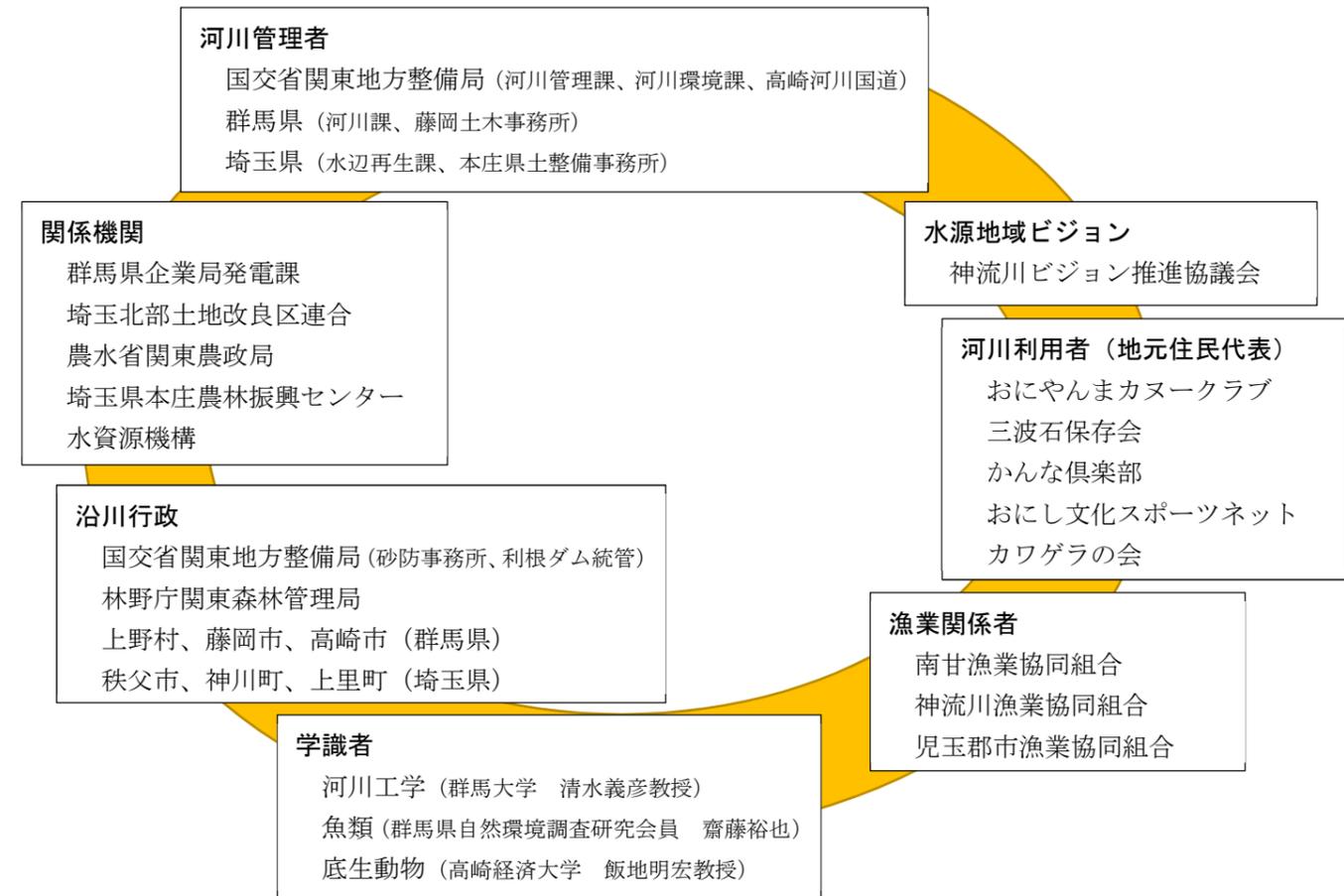


図 68 神流川土砂掃流懇談会の様々な構成員

年度	開催状況
平成 15 年度	下流河川置土開始
平成 16 年度	神流川土砂掃流懇談会 準備会 開催
平成 17 年度	第 1 回 神流川土砂掃流懇談会 開催
平成 20 年度	第 2 回 神流川土砂掃流懇談会 開催 これ以降、令和 1 年度までほぼ毎年開催。



7.2.3 神流川の河床の状況変化

- ・神流川における河床高は、**昭和30年代前半から11年間「砂利採取」**が行われ、また、**昭和44（1969）年に完成した「下久保ダム」**が主な要因となり、**河床は低下**している。
- ①砂利採取：昭和33（1958）年～昭和43（1968）年の11年間に砂利が採取された記録が残っている。
- ②下久保ダム：現在の堆砂量1,121万m<sup>3</sup>の内、砂礫は約6割（58.6%）のため**600万～700万m<sup>3</sup>程度の砂礫が下久保ダムに堆積**。
- ・神流川に関する河床低下を確認するため、「河川測量結果」、「過去工事記録」「現地調査」及び「聞き取り調査」などの結果、**昭和30年前半と比較し、1.5m～3m程度河床が低下**していることが確認された。
- ・**下久保ダム堆砂の下流河川置土は、河川環境改善と共に、以前の神流川に戻す一役を担う。**

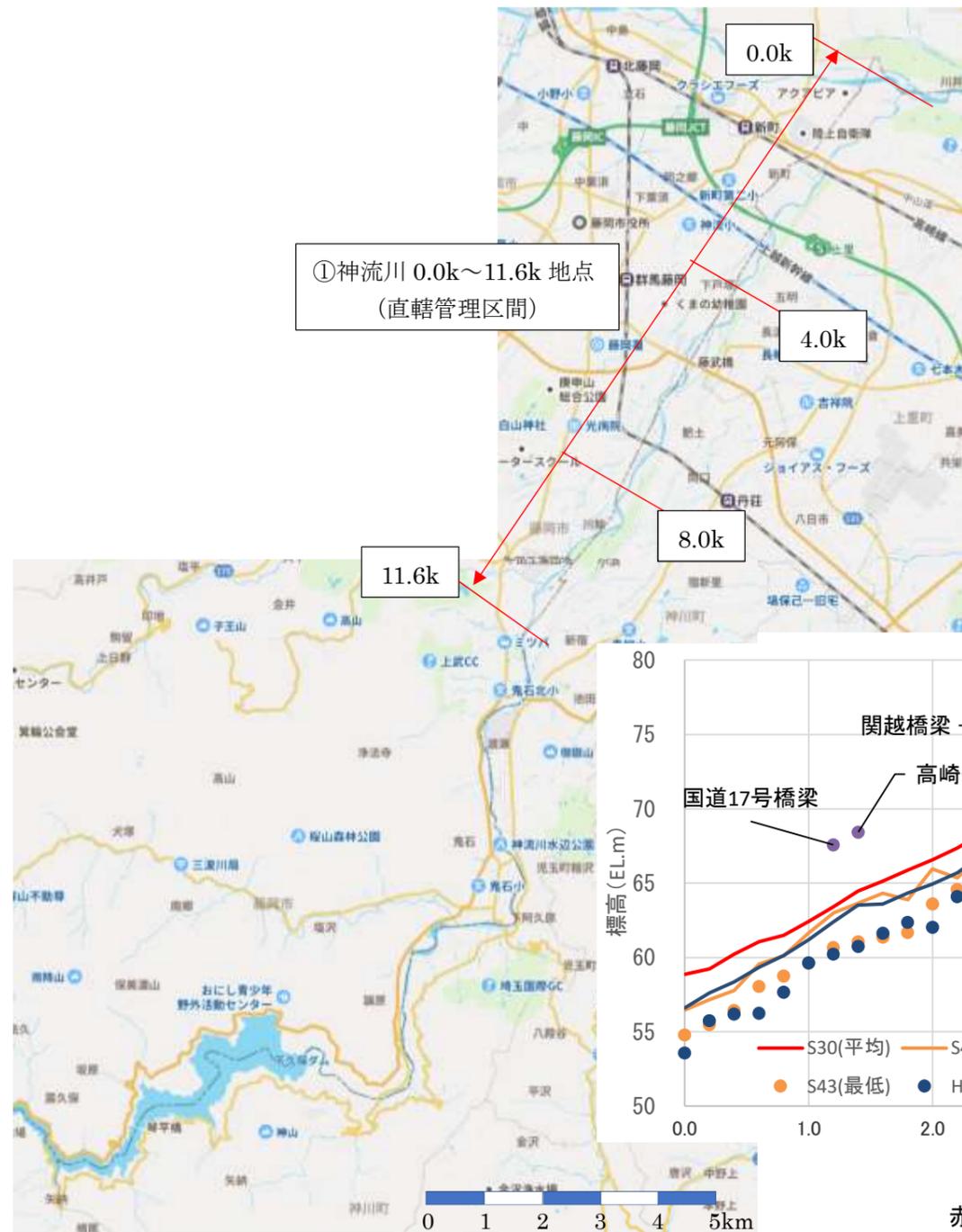


図70 下久保ダム下流における河床低下の痕跡

表31 神流川の河床高の変動状況

	低水敷の平均河床高の変動			
	砂利採取前 S30～S34 4年間	砂利採取中 S34～S43 9年間	ダム完成後 S43～H30 50年間	合計 S30-H30 63年間
全体 0.0k～11.6k	0.06 m 0.01m/年	1.28 m 0.14 m/年	0.38 m 0.01 m/年	1.71 m 0.03 m/年
下流部 0.0k～3.8k	-0.01 m 0.00 m/年	1.36 m 0.15 m/年	0.08 m 0.00 m/年	1.44 m 0.02 m/年
中流部 4.0k～7.8k	0.07 m 0.02 m/年	1.23 m 0.14 m/年	0.20 m 0.00 m/年	1.50 m 0.02 m/年
上流部 8.0k～11.6k	0.10 m 0.03 m/年	1.24 m 0.14 m/年	0.87 m 0.02 m/年	2.21 m 0.04 m/年

※1 数字はプラスが河床低下、マイナスが上昇。

※2 上段の数字は期間内の総変化量、下段の数字は年当たりの平均変化量

出典) 国土交通省高崎河川国道事務所データより下久保ダム算出

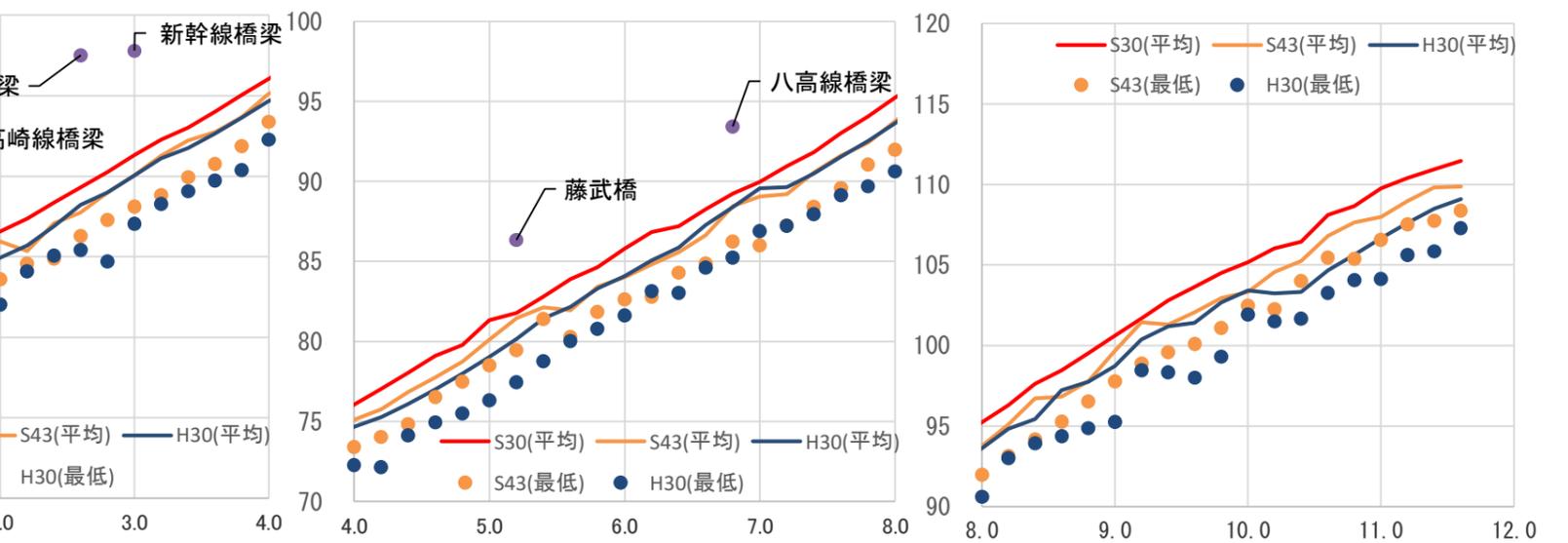


図69 神流川（0.0k～11.6k）における低水敷の平均河床高の変化

赤線(S30)と橙線(S43)の差：砂利採取による河床低下

橙線(S43)と青線(H30)の差：下久保ダム完成後の河床低下

出典) 国土交通省高崎河川国道事務所



図 71 ②石垣増設地点

地元住民からの聞き取りにより、石垣がS50年代と平成元年頃に加えられたことを確認。

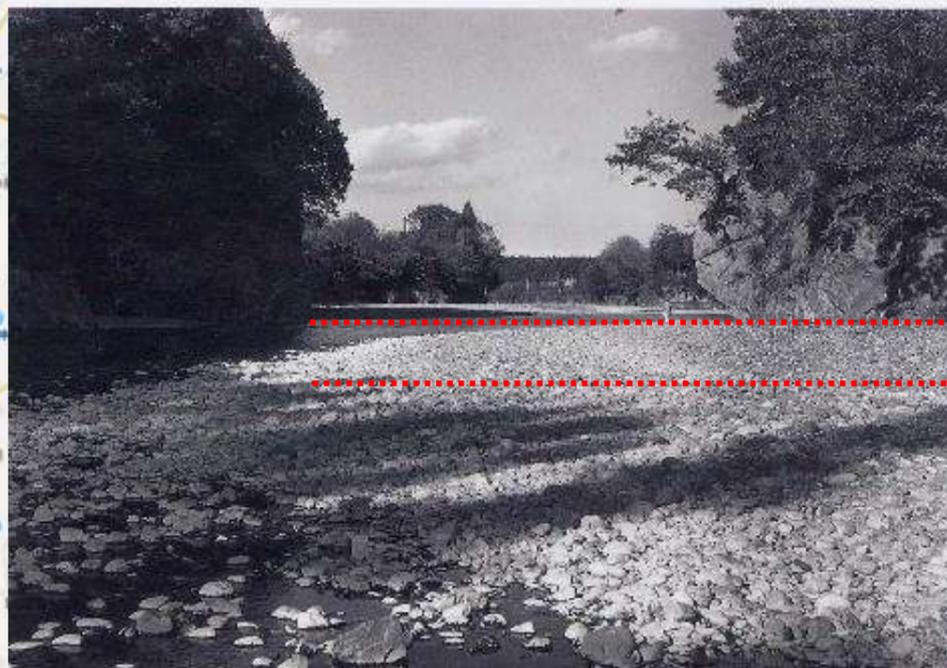


図 72 ③昭和32年頃写真真地点の変化 (左：昭和32年頃、右：平成16年度頃)

昭和32年頃は広い礫河原であったが、下流河川置土を行う前(平成16年)には深い淵となっていた。



図 73 ④渡戸橋地点  
橋脚の基礎部に河床低下の痕跡として、  
竣工図 (S10) と現在を比較、約 4 m の河床低下



図 74 ⑥上武橋地点  
橋脚の基礎部に河床低下の痕跡として、  
施工当初は河床と想定される段差を確認

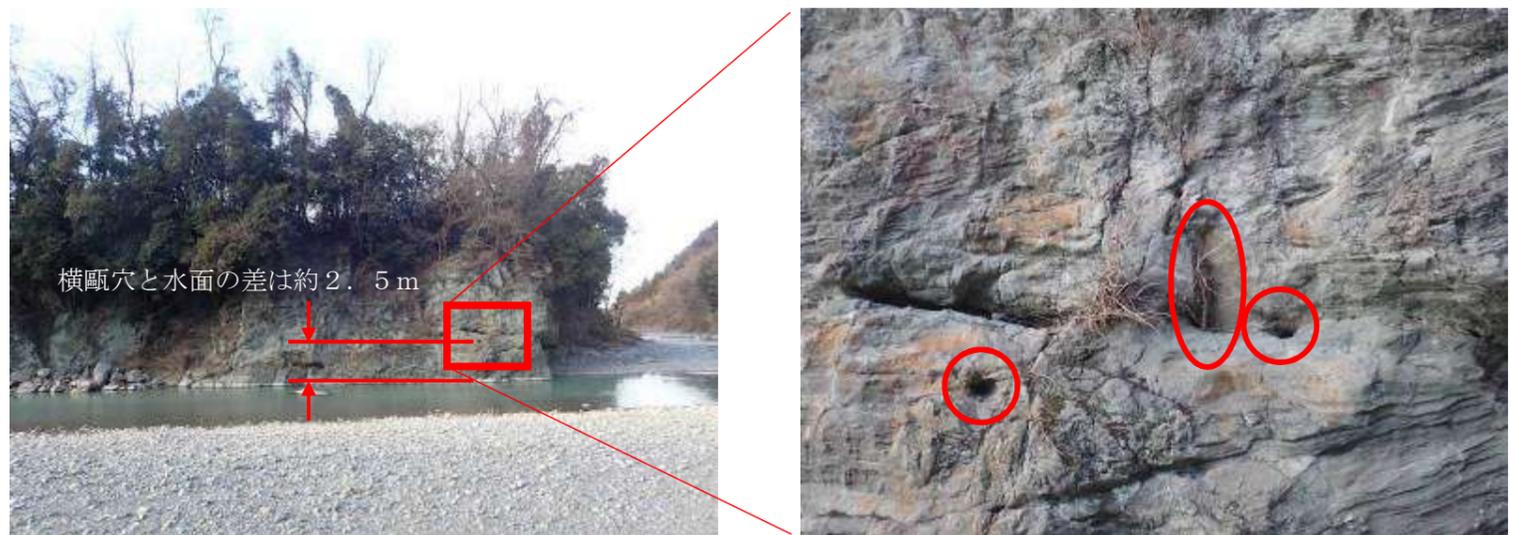


図 75 ⑤横颯穴地点  
以前の河床であった証拠として、当時の颯穴の痕と地元住民より聞き取り。  
颯穴 (おうけつ) とは・・・川の流れが渦巻き状になることより石や砂が同じところを循環し川底の岩盤と接触して侵食されてきた丸い穴で、ポットホールとも言われている。

7.3 新たな取組（粘土シルトの処分）

・ダム貯水池に堆砂している堆積土は、大きく分けて「砂礫」と「シルト粘土」である。砂礫については、有効利用なども行い易い一方、シルト粘土については、有効利用が困難で、場外に搬出するためには土質改良などを行う必要があり、その処分はコスト増の原因となる。これら状況を解決するため、シルト粘土分の処理方法について「新たな取組」を行う。

①下流土砂還元材への混合：現在、置土材として使用している上流貯砂ダムの掘削土に、粘土シルトを混合、又は挟み込んで置土する。

②取水設備周辺堆砂の湖内投下：取水設備周辺の堆砂について応急対策として除去しているが、これらの粘土シルトについて、貯水池内へ投下することで処分費の軽減を図る。

表 32 シルト・粘土 処分方法一覧表

◎：下久保ダムで実施中 ○：下久保ダムでの実施を検討 △：他事業での実績あり

処分方法	前処理方法		工法概要	イメージ図	処分費 処分量	下久保への 適用性
下流還元材	混合・挟み込み	シルト粘土ブレンド・挟み込み	<ul style="list-style-type: none"> <li>現在、置土材として使用している上流貯砂ダムの掘削土に、粘土シルトを混合、又は挟み込んで置土する。<b>置土した際の濁りへの影響を考慮する必要がある。</b></li> <li>汎用機械であるバックホウ等での施工が可能</li> </ul>		処分費：低 処分量：中	○
盛土材 埋戻材	セメント系	セメント系固化材	<ul style="list-style-type: none"> <li>セメント系固化材(普通セメント、高炉セメント等)を散布・混合し、改質する。強アルカリ性のため、<b>植生への影響を考慮する必要がある。</b>強度発現に時間を要し、長期強度の管理が難しい</li> </ul>		処分費： 中～高 処分量：中	△
	非セメント系 改質材	石灰系固化材	<ul style="list-style-type: none"> <li>生石灰または消石灰の単独、あるいは石灰を主成分とした材料を散布・混合し、改質する。</li> <li>セメント系固化材と比べ、改良土を解砕し再度締め固めた場合でも長期的な強度回復が見込める。</li> </ul>			
		セルロース繊維 (セルドロン)	<ul style="list-style-type: none"> <li>リサイクル紙(紙粉やシュレッター屑)を微細加工した、天然高分子(セルロース)が主成分の微細繊維で構成されている粉末状の吸水材で、化学反応を伴わず物理作用により改質を行う。</li> <li><b>即効性が高く、添加、攪拌するだけで流動性を即座に低下</b>させる。養生期間が不要。</li> </ul>			
		PS 灰系改質剤(ワトル、マッドクリーン)	<ul style="list-style-type: none"> <li>PS 灰に特殊薬剤を混合して水と処理した製品。</li> <li>吸水による物理的改質(瞬時の改良効果)に加え、時間経過にともなう化学的改質(緩やかな強度発現)を合わせ持った泥土改質材で、<b>数日の養生期間でヘドロが土に変わる。</b></li> </ul>			
	袋詰め脱水	ジオテキスタイル製透水袋 対候性大型土のう	<ul style="list-style-type: none"> <li>高含水比の底泥をジオテキスタイル製透水袋等に充填し、脱水を促進して減量化した後に、袋の張力を利用して、土工材料(盛土材や埋戻材、植栽基盤等)に利用。</li> <li>積重ねて、盛土として適用できる。<b>養生期間(約56日)と養生するためのヤードが必要。</b></li> </ul>	 出典：袋詰脱水処理工法 (財) 土木研究センター		
脱水固化	機械脱水処理 + 固化材	<ul style="list-style-type: none"> <li>高含水比の底泥をプレスで脱水し、盛土材などに利用する工法。</li> <li>原料をポンプで圧送するため、下久保ダム浚渫土の場合、加水してスラリー化させる必要あり。</li> <li>連続脱水のため処理能力が高く、プラント規模、用地面積が小さく管理が容易である。</li> </ul>	 概要図 高圧型ドラムプレス			
客土	脱水	天日乾燥 水切り脱水袋等	<ul style="list-style-type: none"> <li>自然エネルギーによる乾燥と重力による自然排水を利用して脱水。</li> <li>バックホウ等の汎用掘削機械で施工が可能であるため<b>特別な施設は不要で安価。</b></li> <li>乾燥期間は天候等に左右され、<b>広い敷地と長い期間を要する。</b></li> </ul>	 掘削土 [仮置き場] 出典：建設発生土利用技術マニュアル	処分費：低 処分量：少	△
湖内移動	袋詰脱水処理	ジオテキスタイル製透水袋	<ul style="list-style-type: none"> <li>堤体付近の浚渫土を袋詰沈設台船に圧送し、台船に設置されたジオテキスタイル製透水袋に充填された浚渫土は貯水池内の所定位置に沈設する。</li> <li>台船所上での作業となるため、施工ヤードが十分に確保できない場合でも施工が可能。</li> </ul>	 出典：袋詰脱水処理工法 (財) 土木研究センター	処分費：高 処分量：中	△
	貯水池内投下	特に無し	<ul style="list-style-type: none"> <li>堤体付近で浚渫した土砂を浚渫地点より数百m程度離れた<b>貯水池内にそのまま投下</b>する。</li> <li>投下する際には浚渫土が巻き上がらないよう、必要に応じた水深までグラブ内に保持し施工。</li> <li><b>安価である一方、投下地点から取水設備付近への移動についてモニタリングが必要。</b></li> </ul>		処分費：低 処分量：中	◎

### 7.3.1 土砂還元材への粘土シルトの混合

・今まで置土していた砂礫に、粘土シルト分を混合した土砂を下流土砂還元を利用することについて以下などに配慮し検討。

①濁水発生：通常時の水量では、濁水が発生しない置土とするため、置土の下部は砂礫のみ、上部を混合土とする。

②流下し易さ：置土する土砂は、通常時は流下せず、洪水時などで流下することが重要であるため、「砂礫」と「粘土シルト」のブレンド比率をコーン試験などで検討。

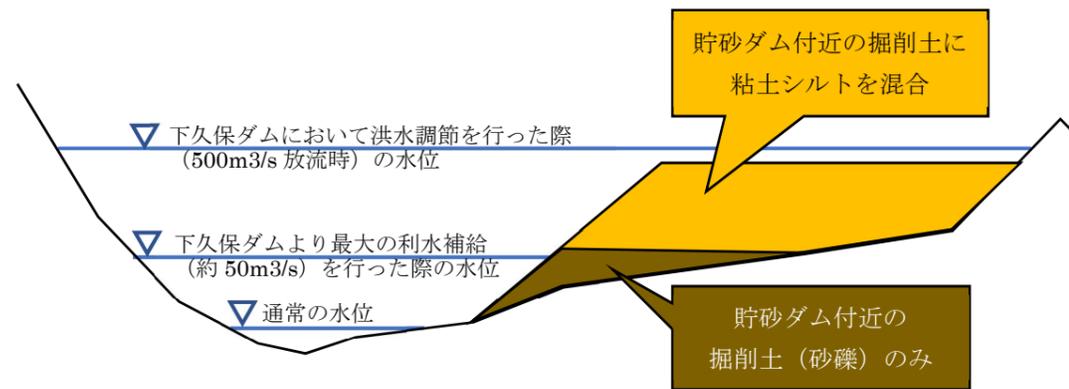
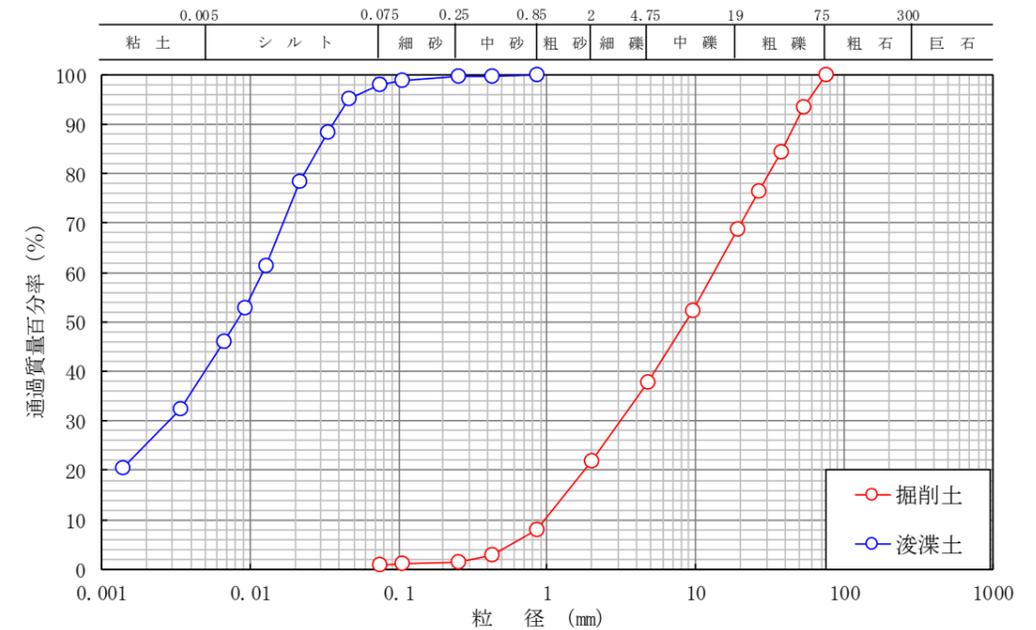


図 76 下流河川還元イメージ



1回目	2回目
フロー値 150.7mm	フロー値 137mm
含水比 w=108.2%	含水比 w=105.0%

泥土の性状	フロー値の目安
ほぼ流動化のおそれはなく、ダンプトラックで運搬可能	150mm 以下
ダンプトラックで即時運搬が可能	130mm 以下

図 77 テーブルフロー試験

	浚渫土	掘削土
粒度分布	シルト分が最も高く 57.9%、粘土分は 39.9%、砂分は 2.2%、礫は含まず。	礫分が最も高くは 78.3%、砂分は 20.8%、細粒分は 0.9%
強度特性 (コーン指数)	qc=22~31 kN/m <sup>2</sup> (平均 26) 「泥土」に該当	qc=3743~4823 kN/m <sup>2</sup> (平均 4194) 「第1種建設発生土」に該当

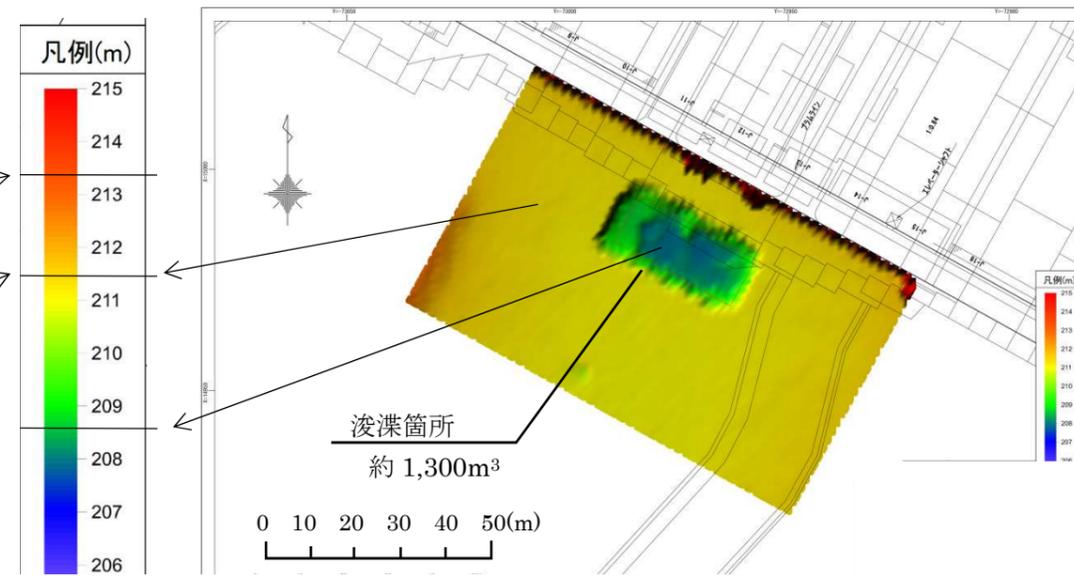
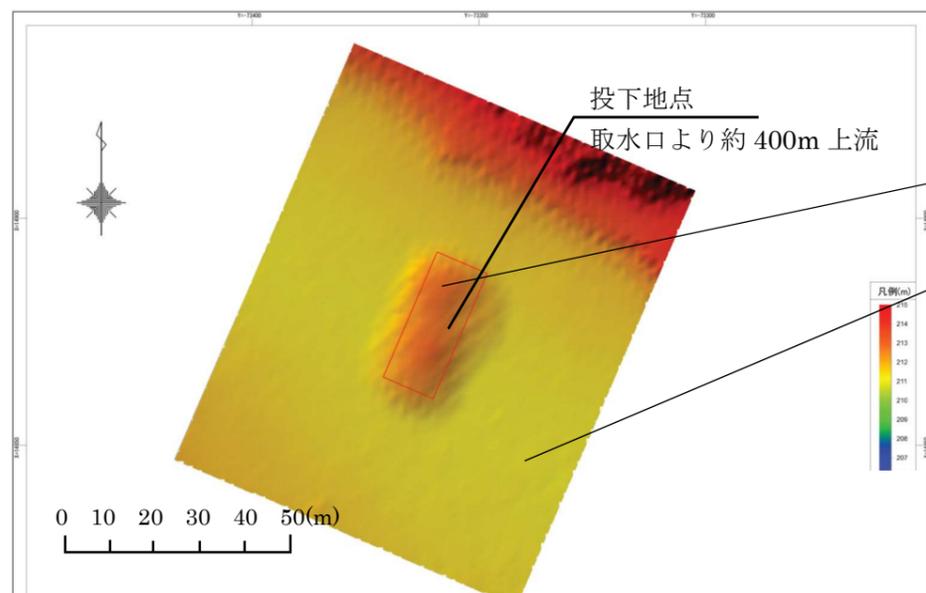
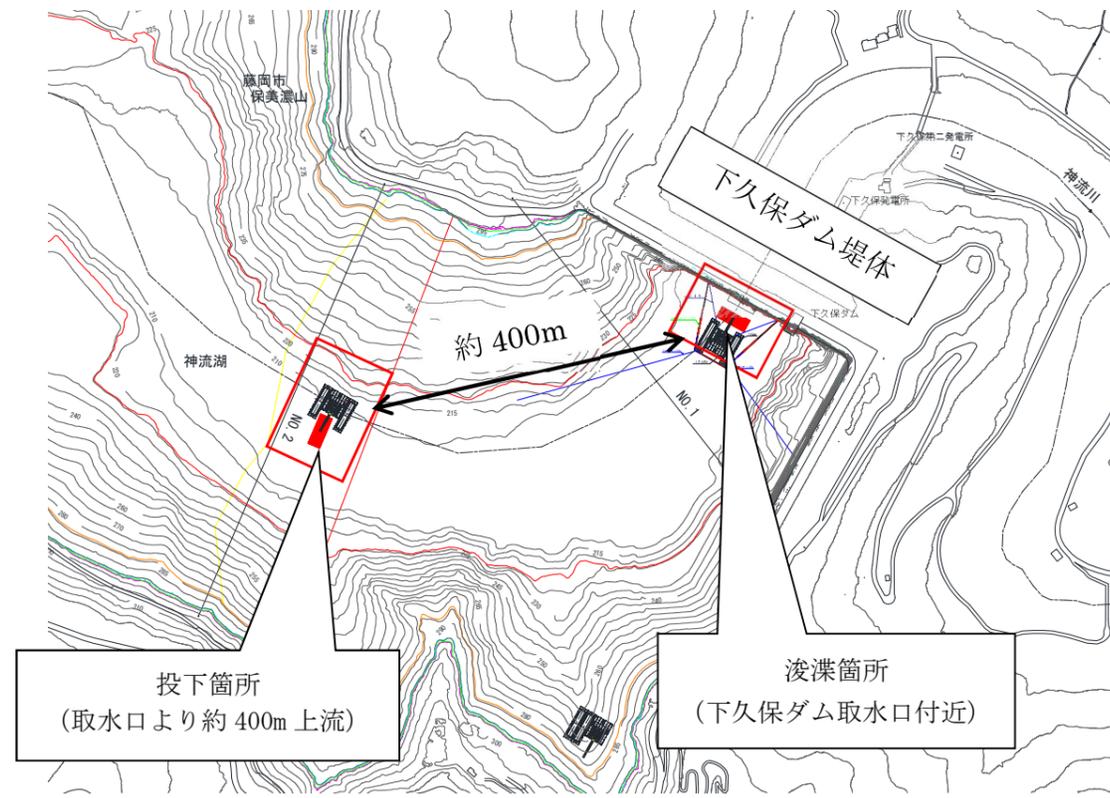
図 78 下久保ダム堆砂土砂の粒度分布とコーン指数

	コーン指数	土質区分	道路用盛土	河川堤防
第1種建設発生土		砂、礫	路体：◎	○
第2種建設発生土	800 以上	砂質土、礫質土	路体：◎	◎
第3種建設発生土	400 以上	通常の施工性が確保される粘性土	路体：◎	◎
第4種建設発生土	200 以上	粘性土	路体：○	○
泥土	200 未満		路体：○~△	○~×

図 79 コーン指数による盛土材への適用目安

7.3.2 取水設備周辺堆砂の湖内移動

- 取水設備周辺の堆砂（粘土シルト分）を浚渫により1,300m<sup>3</sup>除去。処分費軽減のため、**除去した粘土シルトは400m程度上流の貯水池内に投下。**
- モニタリング調査として、**「浚渫箇所」及び「投下箇所」の経年変化をマルチレーザ測量などにより確認。**



**【マルチレーザ測量】**  
 測量船に搭載したソナーから音波を発信し水面下の地形を面的にくまなく測深する。