

# 下久保ダム堆砂に関する技術資料

令和4年3月8日

独立行政法人水資源機構  
下久保ダム

## 目 次

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 .....	27
7. 下久保ダムにおける堆砂対策の課題抽出 .....	38
8. コスト縮減・新たな取組 .....	40

# 1. 下久保ダム役割と効果

## 1.1 下久保ダムの役割

- ・下久保ダムは利根川右支川の烏・神流川流域の神流川にあるL字型をした重力式コンクリートダムで、昭和44年1月より管理開始、令和2年度現在、管理開始52年目のダムである。
- ・下久保ダムは総貯水容量1億3,000万 $m^3$ であり、洪水調節容量3,500万 $m^3$ （洪水期のみ）、利水容量計画堆砂量8,500万 $m^3$ （洪水期）1億2,000万 $m^3$ （非洪水期）、堆砂容量1,000万 $m^3$ からなり、これら容量を利用し、以下の「洪水調節」、「新規開発」、「不特定かんがい等」、「発電」の4つの目的を有する。
- ①洪水調節：ダム地点で計画高水2,000 $m^3/s$ に対し1,500 $m^3/s$ をカットすることで、利根川本川の八斗島地点で上流ダム群と共に計画高水22,000 $m^3/s$ に対し6,000 $m^3/s$ をカット。
- ②不特定かんがい：神流川の渡瀬地点で10 $m^3/s$ （かんがい期）、2.35 $m^3/s$ （非かんがい期）を確保。利根川本川の栗橋地点で上流ダム群と共に140 $m^3/s$ （かんがい期）を確保。
- ③新規開発：上水として東京都へ12.6 $m^3/s$ 、埼玉県へ2.3 $m^3/s$ 。工水として埼玉県へ1.1 $m^3/s$ の合計16.0 $m^3/s$ を一年を通して新たに利用することが出来るよう水源を確保。
- ④発電：下久保発電所にて最大12 $m^3/s$ 、下久保第2発電所にて0.323 $m^3/s$ の水量を利用し発電。

表1 下久保ダム沿革

享保2年	記録に残る最古の水争い調停記録
昭和5年7月	神流川で大規模な水争い発生
昭和22年9月	カスリーン台風襲来
昭和24年8月	キティ台風襲来
昭和34年4月	建設省下久保ダム調査事務所発足
昭和37年8月	水資源開発基本計画（フルプラン）閣議決定
昭和39年3月	ダム本体建設工事着工
昭和39年	東京オリンピック渇水
昭和43年11月	竣工式
昭和44年1月	下久保ダム管理開始
昭和51年度	表面取水設備工事（～昭和52年度）

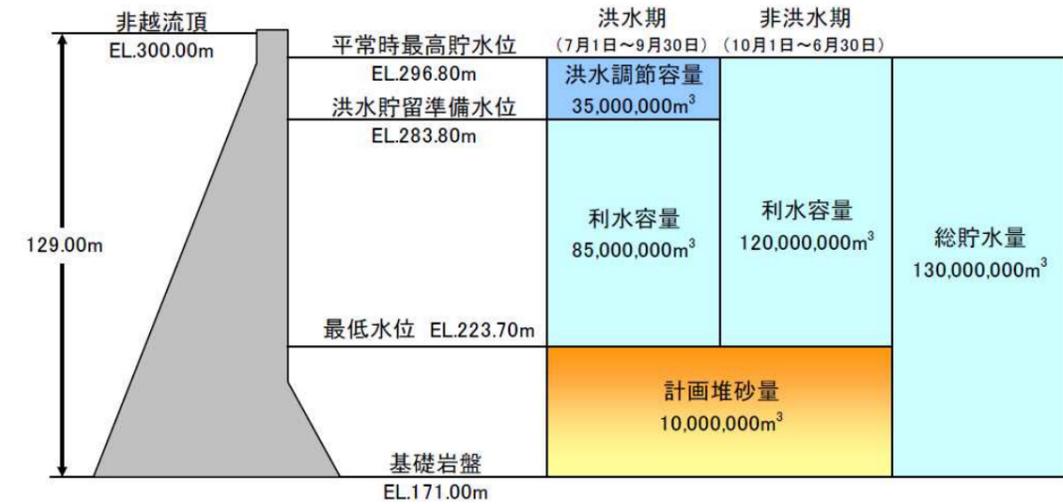


図2 下久保ダム容量配分図

### ●貯水池

河川名	利根川水系右支川神流川
位置	左岸 群馬県藤岡市及び多野郡神流町
	右岸 群馬県多野郡神流町 埼玉県秩父市、児玉郡神川町
流域面積	322.88 $km^2$
満水面積	3.27 $km^2$
満水延長	11.0 $km$
満水位標高	296.8 $m$
総貯水量	130,000,000 $m^3$
有効貯水量	120,000,000 $m^3$
計画堆砂量	10,000,000 $m^3$

### ●補償

移転戸数	364世帯 学校・公民館等公共施設32棟
耕地	田畑108ha、山林230ha
道路付替	県道11.9 $km$ 、その他11.8 $km$ 計23.7 $km$

### ●事業費・工期

ダム	約200億円	昭和34年4月～昭和44年3月
表面取水設備	約19億円	昭和50年4月～昭和53年3月



図1 下久保ダム諸元

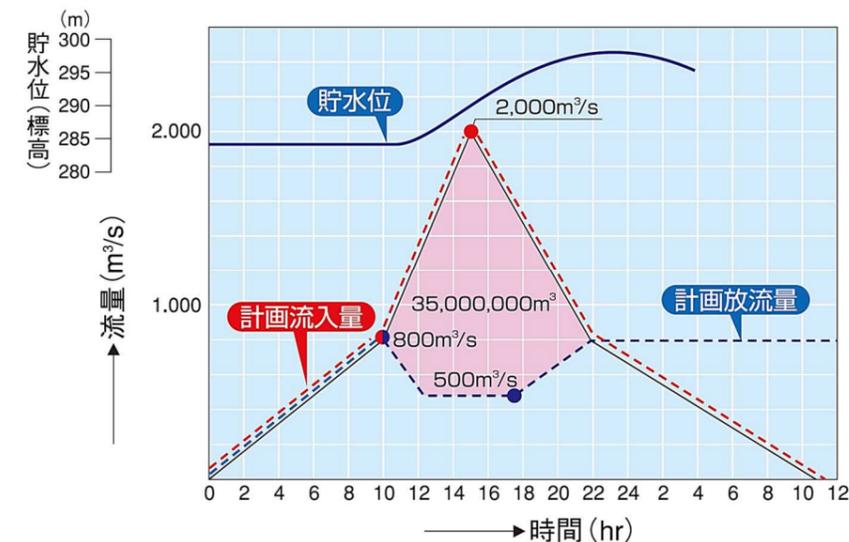


図3 下久保ダム洪水調節計画

1.2 下久保ダムの効果（利根川全体）

・下久保ダムのある利根川は、関東平野を貫流するわが国最大の河川で、その流域面積は16,840km<sup>2</sup>であり、日本の政治・経済・文化の基盤をなしている首都圏の洪水防御あるいは水源として、上流山岳部には多目的ダム、中下流域には調節池・導水路等の施設が築造されており、**利根川上流域には、多目的ダムとして現在9つのダムが完成し、ダム統合管理のもとで、治水利水に大きく寄与**している。

・利根川上流域は、栗橋地点より上流で8,600km<sup>2</sup>で、利根川流域の1/2を占め、**地形・地質・降雨等の特性により4流域に大別し、4流域から見た下久保ダムの特徴**を以下に示す。

①治水利水面におけるリスク分散：**鳥神流川流域にある唯一のダム**であることから、治水利水の両面においてリスク分散という点から重要なダムである。

②治水上の優位性：**治水基準点となっている八斗島地点（群馬県伊勢崎市）に最も近いこと**、及び**洪水時雨量は最も多いこと**から、他のダムより洪水調節効果を発揮しやすいダムである。

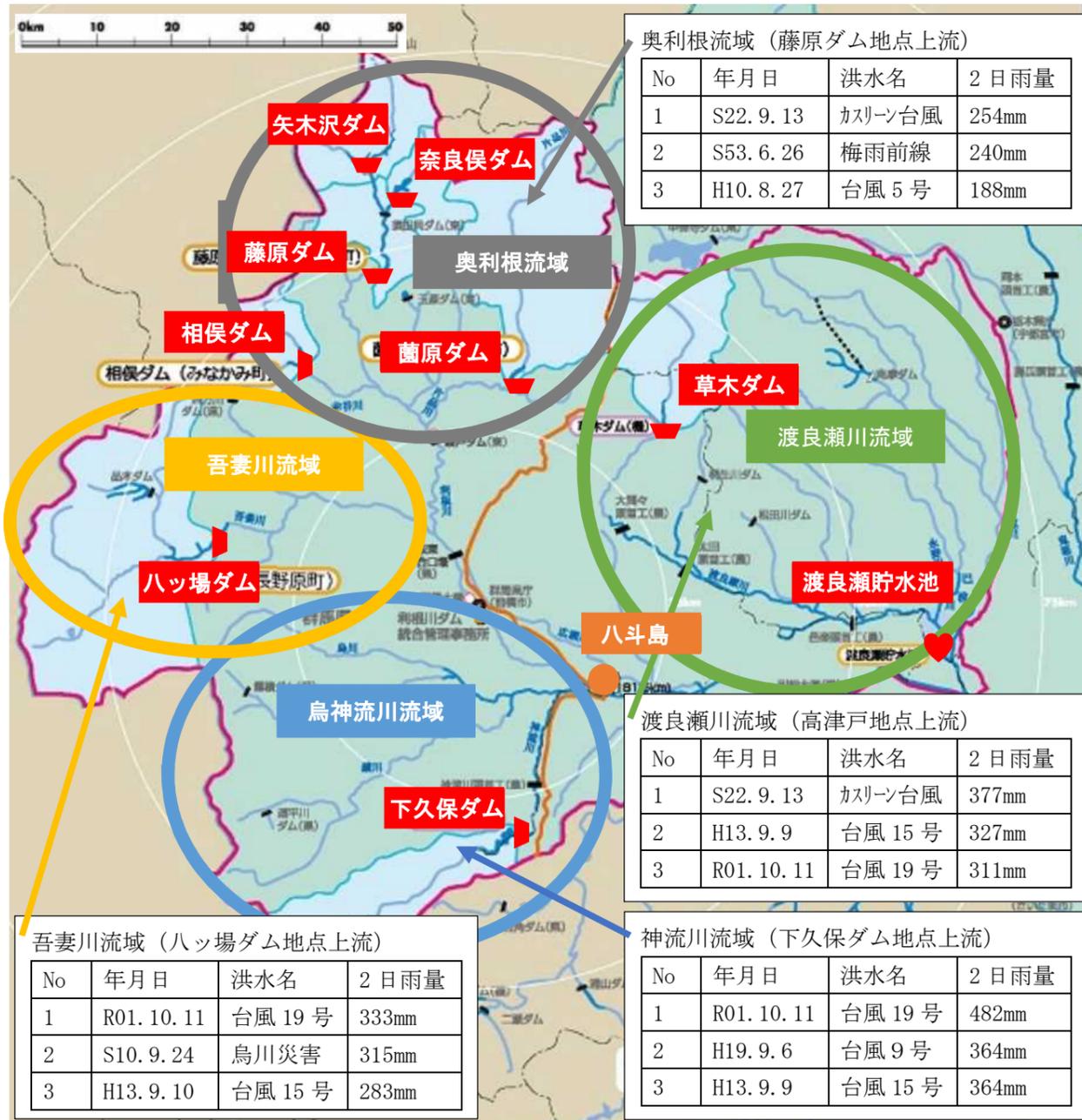


図4 利根川上流域における国交省が所管する直轄及び水資源機構ダムの位置

表2 利根川上流における多目的ダム（直轄及び水資源機構）の特徴と諸元

流域名	特徴	ダム名	流域面積 km <sup>2</sup>	治水容量 万m <sup>3</sup>	相当雨量 mm	利水容量 (洪水期) 万m <sup>3</sup>	利水容量 (非洪水期) 万m <sup>3</sup>
奥利根流域	利根川本川と檜俣・湯檜曾・赤谷・片品の諸支川からなる面積約1,800km <sup>2</sup> の流域で標高500m以上の山地が約90%を占める。 <b>冬期降雪量が他流域に比べ著しく多い。</b>	矢木沢	167.4	2,210	132.0	11,550	11,550
		奈良俣	95.4	1,300	136.3	7,200	8,500
		藤原	401.0	2,120	52.9	1,469	3,101
		相俣	110.8	940	84.8	1,060	2,000
		菌原	607.6	1,414	23.3	300	1,322
吾妻川流域	吾妻川と万座・白砂・温・四万などの諸支川を含め、渋川市で利根川と合流する面積約1,300km <sup>2</sup> の流域。 <b>奥利根、鳥・神流川流域の間に位置するため両流域の中間的特色</b> を持っている。	ハッ場	711.4	6,500	91.4	2,500	9,000
鳥神流川流域	鳥川と碓氷・鏑・神流などの諸支川を含めた面積約1,800km <sup>2</sup> の流域で平地の割合が高い。 <b>降雪はほとんど見られないため年間降水量は少ないが、洪水時雨量は最も多く、八斗島地点に近い位置にあることから、八斗島地点の洪水を支配する</b> 場合が多い。	下久保	322.9	3,500	108.4	8,500	12,000
渡良瀬川流域	渡良瀬川と桐生・巴波・思の諸支川からなり、渡良瀬貯水池を経て栗橋地点で利根川に合流する面積約2,600km <sup>2</sup> の流域。 <b>降水量は比較的多い</b> が、冬期降水量は少なく、洪水時雨量が多い。	草木	254.0	2,000	78.7	3,050	5,050
		渡良瀬貯水池	-	1,000	-	1,220	2,640
合計			2,670	20,984		36,849	55,163
下久保ダムの割合			12.1%	16.7%		23.1%	21.8%

### 1.3 下久保ダムの効果（水源）

- ・利根川水系及び荒川水系における水資源開発は、水資源開発促進法（S36 年法律第 217 号）に基づき策定された「利根川水系及び荒川水系における水資源開発基本計画（H20. 7. 4 閣議決定、H31. 3. 26 一部変更）」（以下「フルプラン」という。）に沿って整備され、**下久保ダムは東京都水道 12.6m<sup>3</sup>/s、埼玉県水道 2.3m<sup>3</sup>/s 及び埼玉県工水 1.1m<sup>3</sup>/s、合計 16.0m<sup>3</sup>/s**の河川水について一年を通じ新たに利用できるように調整している。
- ・また、下久保ダムは不特定かんがい等として、利根川本川の栗橋地点において利根川上流ダム群とともに 140m<sup>3</sup>/s を確保している。

③都市用水の水源：下久保ダム事業により確保された水源は、**水道用水では合計 14.9m<sup>3</sup>/s でこれは約 450 万人**（※）の人たちが生活できる水量に相当する。また、フルプラン上の全供給量と比較した場合、下久保ダム開発水量が、**東京都水道に占める割合は 16.0%、埼玉県水道では 5.9%、埼玉県工水では 36.5%**となっており、安定的に都市用水の確保する上で重要なダムとなっている。

④利根川本川への補給：平成 28 年度に発生した利根川渇水（6 月 16 日から 9 月 2 日までの 79 日間に渡り、利根川全体で 10%の取水制限）においては、下久保ダムとして、5 月 27 日より利根川本川への補給を開始し、8 月 2 日に貯水率 40.8%まで低下した。それら補給の結果、**利根川上流 8 ダムからの補給量は 6 月 3 日に最大の 1,136 万 m<sup>3</sup>/s となり、その量は、当日の利根川の流量の約 7 割**にもものぼる。

※ 関東臨海（平成 28 年）の 1 人が 1 日に使用する平均水量 284.4 ℓより算出

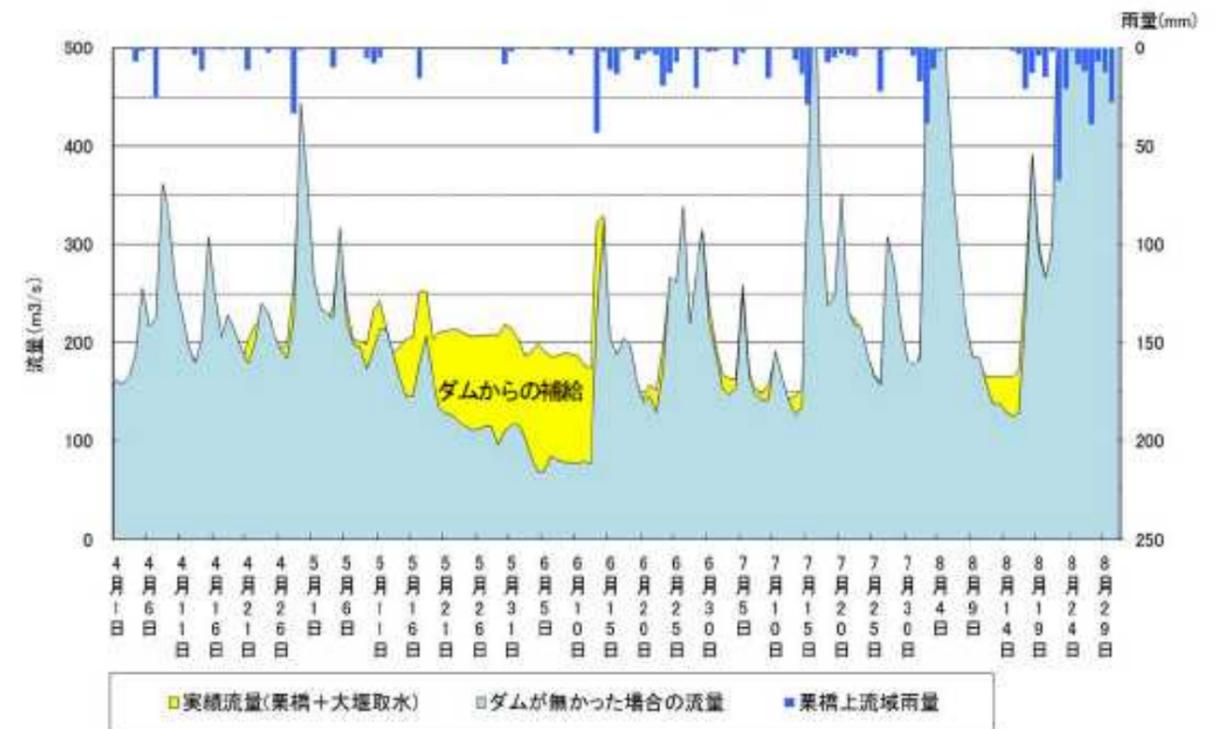
表 3 利水ユーザの全供給量に占める下久保ダムの割合

	東京都 水道用水 (m <sup>3</sup> /s)	埼玉県 水道用水 (m <sup>3</sup> /s)	埼玉県 工業用水 (m <sup>3</sup> /s)
開発水量（下久保）	12.60	2.3	1.1
開発水量（下久保以外）	42.01	28.83	-
自流	5.91	1.25	1.91
地下水	-	6.75	-
他水系への依存	18.40	-	-
合計	78.91	39.13	3.01
	100%	100%	100%

出典：利根川水系及び荒川水系における水資源開発基本計画



図 5 利根川水系及び荒川水系フルプランエリアにおける水資源開発施設



出典：H28 夏 利根川水系の渇水状況のとりまとめ（関東地方整備局）

図 6 平成 28 年渇水時のダムからの補給状況（栗橋地点）

1.4 下久保ダムの効果（神流川流域）

・神流川流域において、下久保ダムは「不特定かんがい等」として農業用水の安定化や、「洪水調節」として下流沿川地域の浸水被害軽減などの重要な役割を果たしており、**農業生産額（推計）は年間 200 億円、それに伴う雇用は約 3,300 人**にもものぼり、これらは下久保ダム下流の沿川自治体の経済活動の基盤となっている。

⑤**神流川沿川の農業用水**：神流川下流部は扇状地を形成しており、江戸時代の頃より神流川の水を利用した稲作・畑作などの農業が盛んだが、一旦、渇水になると**激しい水争い**が繰り返されていた。そこで、神流川沿岸の農業水利事業の一環として、昭和 30 年に取水口を合口とした神流川頭首工を、**昭和 44 年に水源として下久保ダムが完成**。これらにより、かんがい期に神流川頭首工にて取水する 13.688m<sup>3</sup>/s の内、下久保ダムより渡瀬地点において 10m<sup>3</sup>/s の確保がなされたことから、**農業用水は安定し水争いもなくなり、農業は安心**して行われるようになった。

⑥**神流川下流の洪水防御**：神流川は昔から「**暴れ川**」として有名であったが、ダム管理開始以降、最大の流入量であった令和元年台風第 19 号においても、適切な洪水操作により、緊急放流を回避し、最大 1,840m<sup>3</sup>/s の流入時においても、下流への放流を無害流量である 800m<sup>3</sup>/s 以下に抑え、下流の人家をはじめ、農業用地などへの被害軽減に役に立っている。

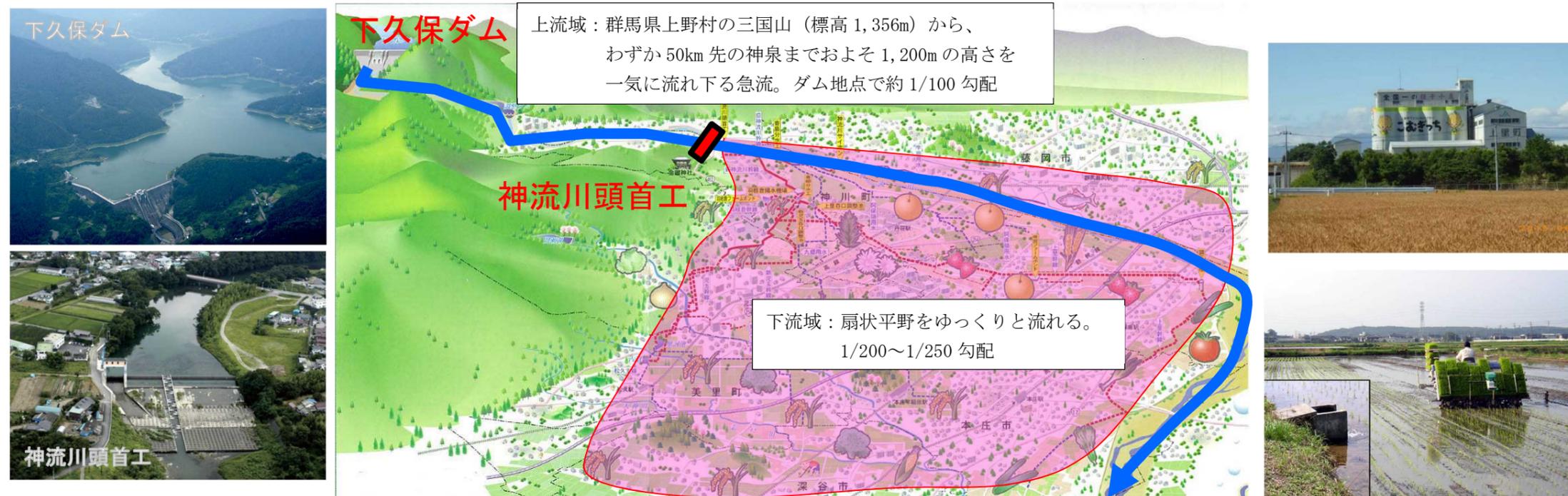


図 7 神流川下流の扇状地における農業の特産品

表 4 神流川沿川農業水利事業 受益面積

関係市町	水田 (ha)	畑 (ha)	計 (ha)
群馬県 藤岡市	187	-	187
埼玉県 本庄市	303	351	654
美里町	519	197	716
旧児玉町(現本庄市)	369	177	546
神川町	287	434	721
上里町	328	628	956
旧岡部町(現深谷市)	104	135	239
合計	2,019	1,922	4,019

【計算条件】

- ①平成 29 年度の児玉地域（本庄市、美里町、旧児玉町、神川町、上里町）の農業産出額（推計、畜産含む）は 220.5 億円/年間。
- ②平成 27 年の児玉地域（同上）の農業就業人口は 3,667 人。
- ③神流川頭首工からは、児玉地域の約 8 割の耕地に水を供給している。
- ④神流川頭首工からの水の受益地 4,019ha の内、児玉地域は 3,515ha

【計算式】①③④より

$$220.5 \text{ 億円} \times 8 \text{ 割} \times 4,019 / 3,515 = 201.7 \text{ 億円} = \text{約 } 200 \text{ 億円/年間}$$

⇒下久保ダムからの補給による農業生産額は、年間 200 億円にもものぼる。

【計算式】②③④より

$$3,667 \text{ 人} \times 8 \text{ 割} \times 4,019 / 3,515 = 3,354 \text{ 人} = 3,300$$

⇒下久保ダムからの補給により、3,300 人の農業従事者の雇用を支えている。

図 8 神流川頭首工の受益地における年間農業生産額（推計）及び農業就業人口

### 1.5 下久保ダムの効果（発電その他）

・下久保ダムからの放流水の内、12m<sup>3</sup>/s までは発電設備を通して下流に放流されるため、環境負荷の少ないクリーンエネルギーである水力発電を行っている。

⑦水力発電：下久保ダムからの放流水による水力発電により、年間発電量は52,713MWh/年（10年平均）で、これは約15,000世帯の年間消費電力に該当し、一般家庭の電気料金で換算すると約14億円にもなる。

また、圧倒的にクリーンエネルギーである水力発電を行うことで、火力発電と比べ、8,500世帯分のCO<sub>2</sub>排出抑制効果があり、スギ林にすると山手線の2/3程度の森林のCO<sub>2</sub>吸収効果がある。

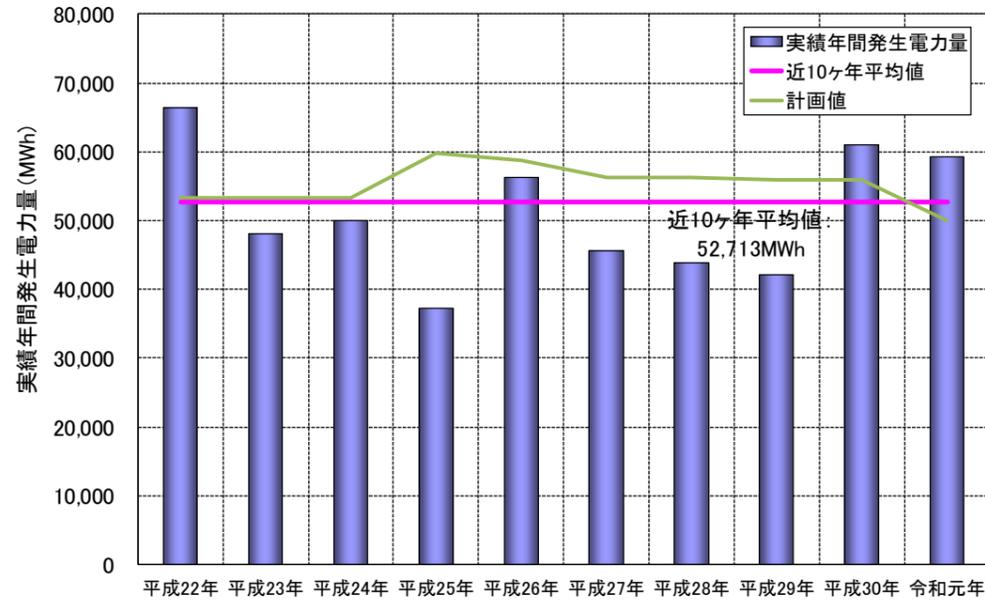
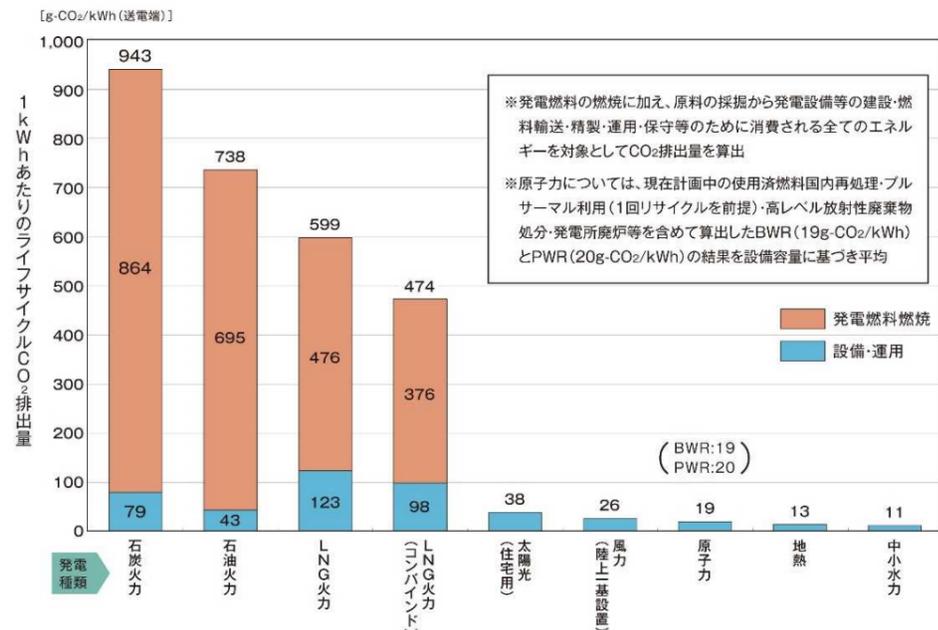


図9 近10か年の下久保ダムの年間発電量  
(下久保発電所及び第二発電所の年間発生電力量(実績値))



出典：日本における発電技術のライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量総合評価

図10 各発電方式のCO<sub>2</sub>排出量

下久保ダムにおける水力発電により賄われる世帯数：  
 【条件】一世帯あたりの1ヶ月の電力消費量は290kWh  
 【計算式】52,713MWh / (290kWh × 12ヶ月) × 1000 = 15147.41 ≒ 約15,000世帯

下久保ダムにおける水力発電により発生する電気を一般家庭の電気代とした場合の金額：  
 【条件】一般家庭一世帯あたりの月額電気料金は7,936円  
 【計算式】(7,936円/月/世帯 × 12ヶ月) × 15,000世帯 = 1,428,480,000円 ≒ 約14億円

出典：電気料金の水準（経済産業省 資源エネルギー庁、平成27年11月18日）

図11 下久保ダム発電による発電効果

下久保ダムによる水力発電の代わりに、石油火力発電を行った場合の年間のCO<sub>2</sub>発生増加量：  
 【計算式】  
 52,713MWh/年間 × (738g/kWh - 11g/kWh)  
 = 52,713 × 1,000kWh/年間 × (738t/kWh - 11t/kWh) / (1000 × 1000) = 38,322t/年間

下久保ダムの水力発電によるCO<sub>2</sub>発生抑制効果  
 【条件】1世帯から1年間に排出されるCO<sub>2</sub>：4,480kg(2017年時点) ※1  
 【計算式】38,322(t/年間) ÷ 4.48(t/世帯・年間) = 8,554世帯  
 ⇒下久保ダムの水力発電により、8,554世帯分のCO<sub>2</sub>発生抑制効果。

下久保ダムの水力発電によるCO<sub>2</sub>発生抑制効果  
 【条件】40年生のスギ1,000本(約1haのスギ林)が1年間で吸収する量：8.8t/年間  
 【計算式】38,322(t/年間) ÷ 8.8(t/年間) × 1,000本 = 435万本  
 ⇒下久保ダムの水力発電により、スギの木435万本が吸収すると同程度のCO<sub>2</sub>発生抑制効果。  
 【計算式】38,322(t/年間) ÷ 8.8(t/年間・ha) = 4,354ha = 43.5km<sup>2</sup>  
 ⇒下久保ダムの水力発電により、スギ林43.5km<sup>2</sup>(山手線内側の2/3位)と同程度のCO<sub>2</sub>吸収効果。

出典：※1 温室効果ガスインベントリオフィスウェブページ(2019年公開値)

※2 林野庁HP(森林はどれぐらいの量の二酸化炭素を吸収しているの?)より

図12 下久保ダムの水力発電によるCO<sub>2</sub>抑制効果

## 2. 下久保ダム堆砂の現状と将来予測

### 2.1 貯水池全体における堆砂の現状

・下久保ダム貯水池内の堆砂状況について、「ダム貯水池土砂管理の手引き（案）H30.3 国土交通省」に基づく評価区分で評価した結果、以下の3つの評価指標においては、管理水準を上回るまでの残余年数が20年未満であるため、「A評価（堆砂対策検討開始）」となるが、下久保ダムは既に評価指標①～③全てにおいて管理水準を上回っている。

- ①堆砂容量に対する堆砂率 : 下久保ダムは令和元年度で管理開始から51年目。計画堆砂容量は1,000万 $m^3$ であるが、令和元年12月に実施した堆砂測量結果では総貯水容量内堆砂量は1,121万 $m^3$ （令和元年度単年で+139万 $m^3$ ）となり、**初めて堆砂量が堆砂容量を超え、堆砂率112%**であり、計画の約2.2倍の速度で堆砂が進行している。
- ②洪水調節容量の余裕に対する堆砂率 : 洪水調節容量内堆砂量は22万 $m^3$ （令和元年度に+25万 $m^3$ ）。下久保ダムの洪水調節容量には、通常は2割程度見込まれている余裕が無いため、**洪水調節容量内堆砂は全量が洪水調節機能の支障に繋がる。**
- ③有効貯水容量に対する堆砂率 : 有効貯水容量（12,000万 $m^3$ ）内の堆砂量は706万 $m^3$ で5.9%に堆砂が進行。特に、利水容量（8,500万 $m^3$ ）内における堆砂量は684万 $m^3$ で**約8%に堆砂が進行。**

表 5 下久保ダムの堆砂進行度と評価（R1年度時点）

把握すべき影響	評価指標	管理水準 (目安)	評価に使用する 堆砂量	下久保ダム堆砂率	残余 年数	評価 区分
貯水池機能への影響	①堆砂容量に対する堆砂率	70%	全堆砂量	112.1% (11,212/10,000(千 $m^3$ ))	0年	A
洪水調節機能への影響	②洪水調節容量の余裕に対する堆砂率	15%	洪水調節容量内堆砂量 — (221千 $m^3$ ) (洪水調節容量に2割の余裕が見込まれていない)	—	0年	A
貯水池機能への影響	③有効貯水容量に対する堆砂率	5%	有効貯水容量内堆砂量	5.9% (7,059/12,000(千 $m^3$ ))	0年	A

※「ダム貯水池土砂管理の手引き（案）平成30年3月」に準じた評価

残余年数	評価区分
20年未満	A
20年以上～30年未満	B
30年以上	C

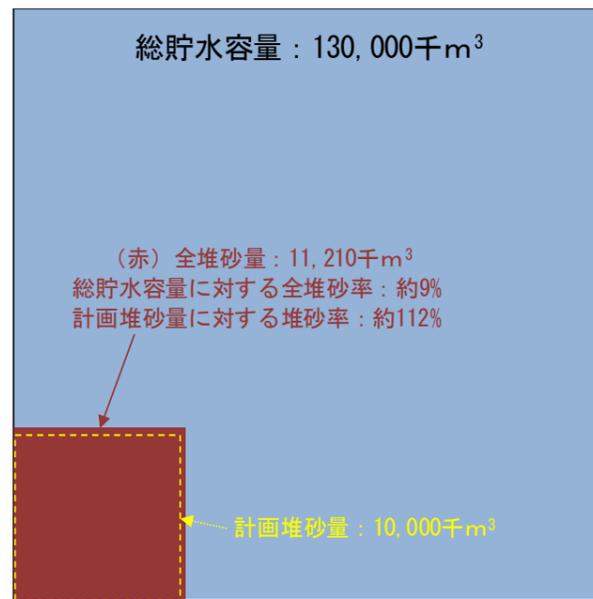


図 13 総貯水容量と堆砂量の比較

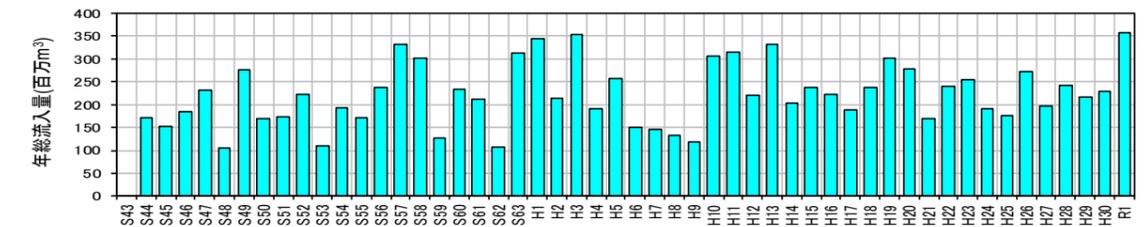
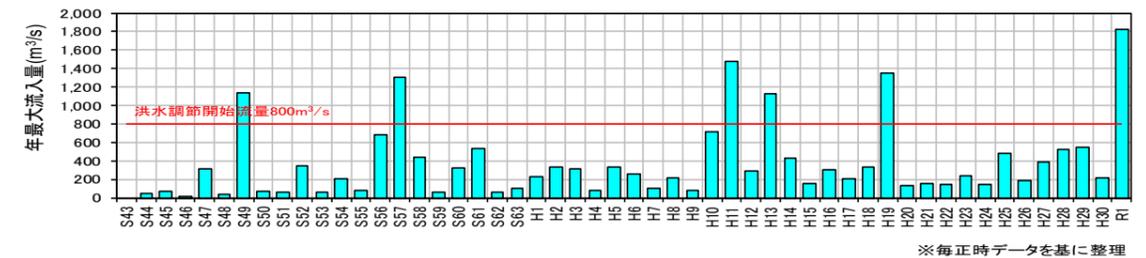
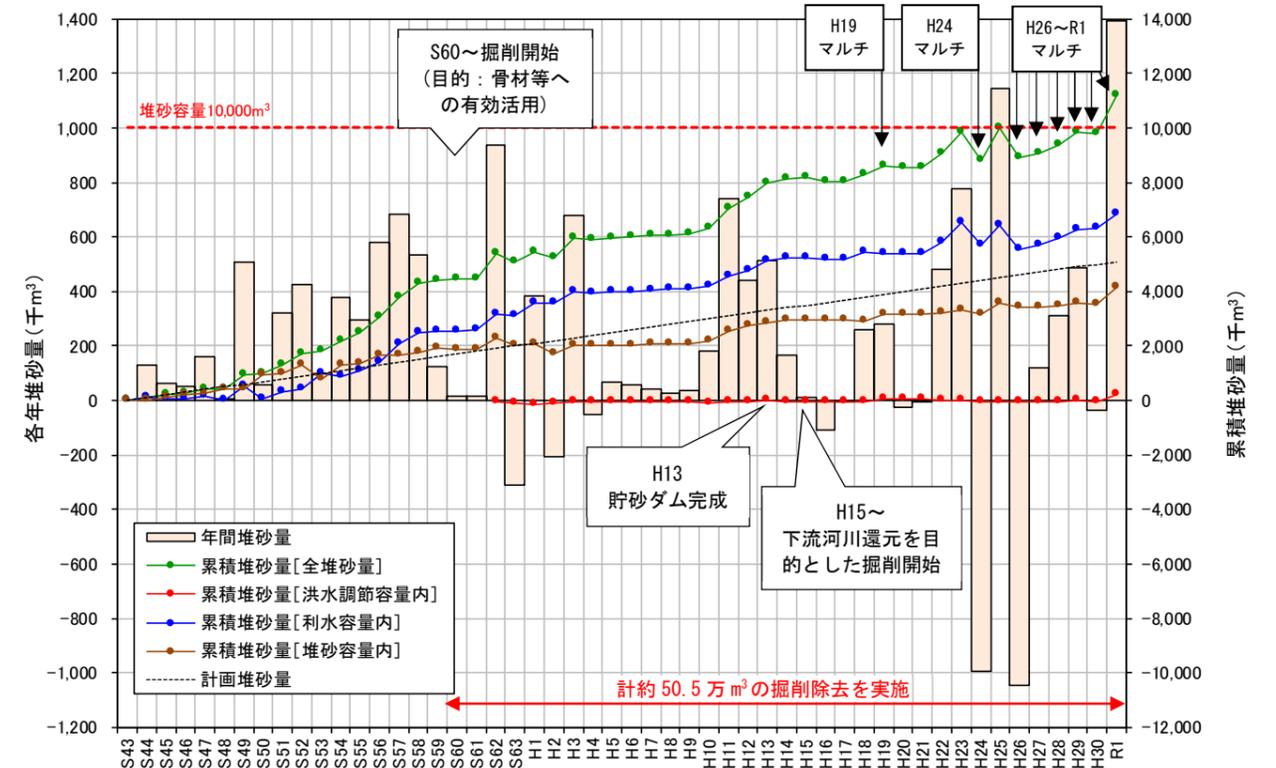


図 14 令和元年度堆砂状況

## 2.2 取水口付近における堆砂の現状

- ・下久保ダム貯水池内の堆砂状況について、「**ダム定期検査**」において**確認される4項目で評価**した結果、「**計画堆砂容量を超過**」「**洪水調節容量内の堆砂量が余裕を超過**」「**取水設備や放流設備等の機能への影響**」の3項目で課題がある結果となった。特に、「**取水設備や放流設備等の機能への影響**」については、1.1の「**ダム貯水池土砂管理の手引き（案）**」における評価では評価されていない項目。
- ・**ダム堤体付近の堆砂の原因**：管理開始以降、堤体付近の堆砂の堆砂標高は、**大規模な出水がある度に上昇**している。堤体付近堆砂の**土質区分は、ほぼシルト・粘土分**により構成され、水平に堆砂していることから、大規模な出水により貯水池に流入した高濁水の懸濁物質が沈降したことにより堆砂したものと想定。
- ・**下久保ダム堤体の取水放流設備**：下久保ダム堤体には4つの取水設備がある。その内、ダム堤体の低標高部に設置の「**利水放流設備**」と発電用放流設備である「**表面取水設備**」の**設置標高が低い**ため、**堆砂面上昇により影響を受け、「取水機能障害」や「高濁度放流」などの支障**が発生する恐れがある。
- ・**堤体付近堆砂の状況と予測**：令和元年度堆砂測量の結果、**令和元年度台風第19号による影響で、ダム堤体付近の堆砂面は3m程度上昇**。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）となっており、**1/100確率の出水が発生した場合4m程度の堆砂面上昇が推察**されている。

ダム定期検査における堆砂に関する評価項目	令和元年台風第19号後 (R1.11時点) の評価	課題有無
①計画堆砂容量を超過している状態	計画堆砂量に対する堆砂率は112%で、計画堆砂量を超過。	有
②洪水調節用量内の堆砂量が、洪水調節容量に見込んである余裕を超過している状態	洪水調節容量内堆砂量は22万m <sup>3</sup> で、洪水調節容量に余裕の無い下久保ダムにおいては余裕を超過。	有
③堆砂により取水設備や放流設備等の機能に影響を及ぼしている状態	ダム堤体取水設備の下部標高部まで残り4m。1/100確率の出水が発生した場合、4m程度の堆砂面上昇が推察されている。	有
④貯水池上流端の河床上昇により、貯水池上流で洪水被害が発生すると判断される状態	貯水池上流端における背水計算では、家屋の浸水被害は無い	無

図15 ダム定期検査における評価

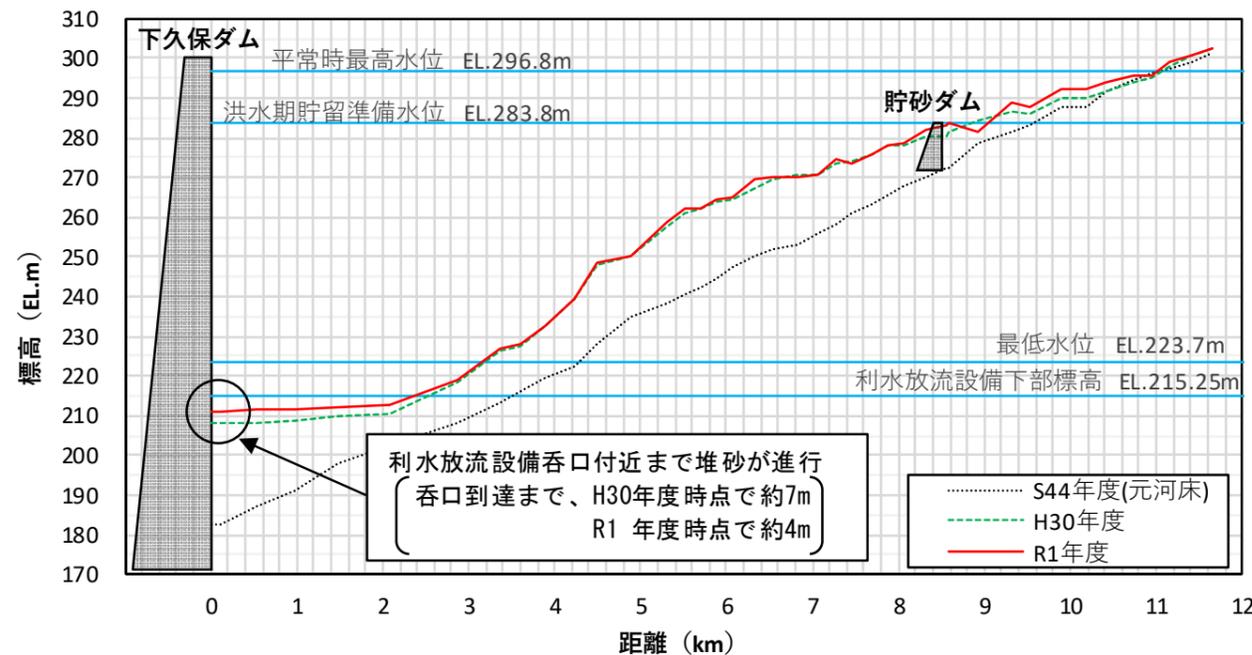


図16 取水口付近の堆砂堆砂状況

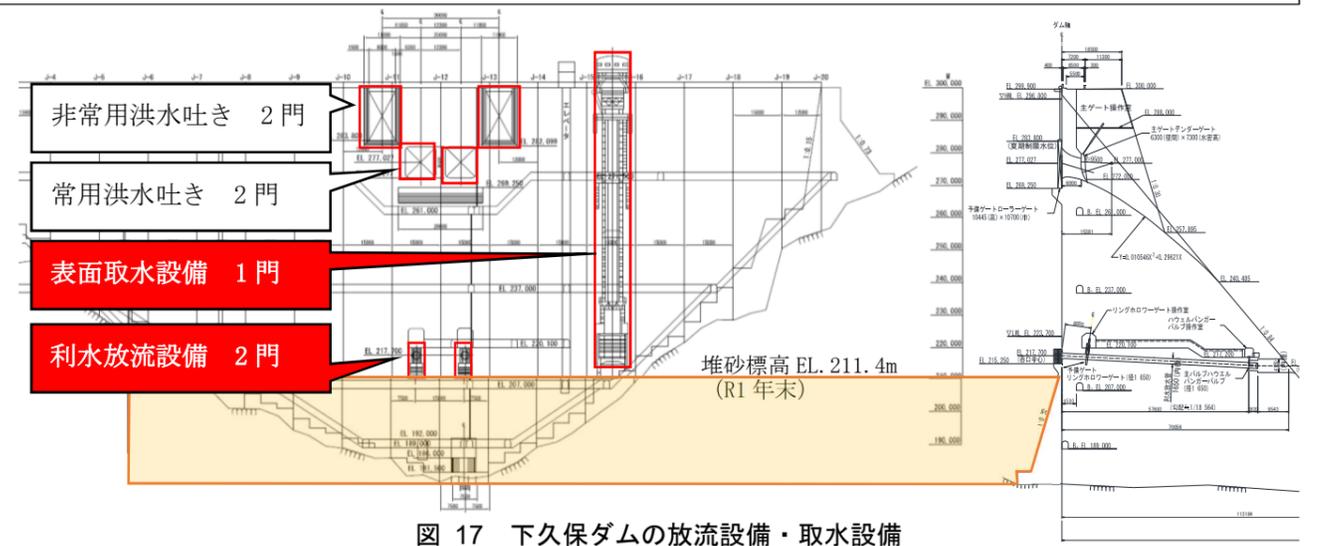


図17 下久保ダムの放流設備・取水設備

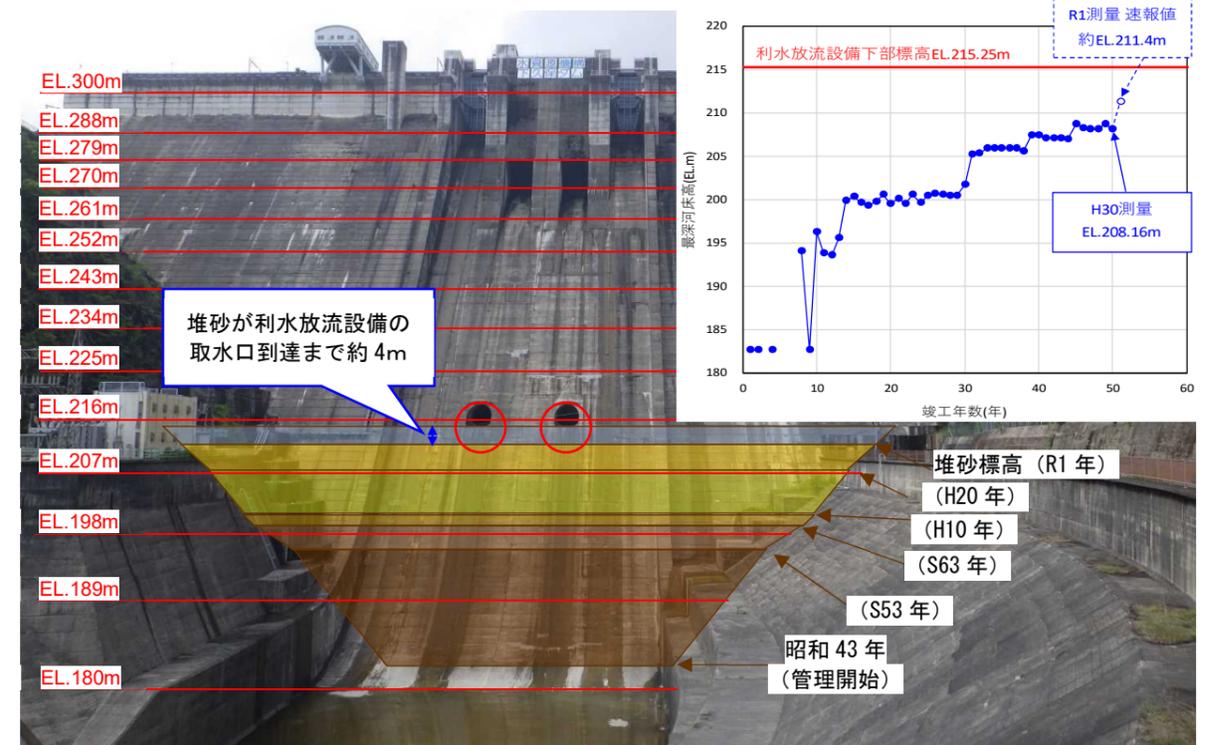


図18 取水口付近の堆砂堆砂標高の経年変化

## 2.3 取水口まで堆砂が進行した際の課題

- 機能障害** : 利水放流設備の流量調節部はハウエルバンガーバルブである。バルブよりシルト分を放流した場合、以下の「**機能障害**」が懸念される。
  - ①スライドする円筒部にシルト分が挟まり、閉操作が出来なくなる若しくは漏水が発生する。
  - ②研磨物質（シルト分）を含む水が、ダム圧でもって高速で流れるため止水板やコーンが研磨されることで、寿命が飛躍的に短くなる若しくは漏水が発生する。
 また、放流設備付近にまで堆砂が進行することで、貯水池に沈む沈木が挟み込み易くなり、ゲートの開閉機能に支障をきたした事例もある。（裾花ダム）
- 高濁度放流** : 利水補給は通常、好天が続く河川水量が低下した際の実施され、一般河川の水は濁っていない。この状況において下久保ダムよりダム湖底に堆積したシルト分を含む「**高濁度水放流**」にて下流に補給することは、下流河川への影響が大きく一般の理解を得られない可能性が高い。

### ●ハウエルバンガーバルブとは

設計 : C. H. ハウエル氏及びH. P. バンガー氏によって1935年に設計。

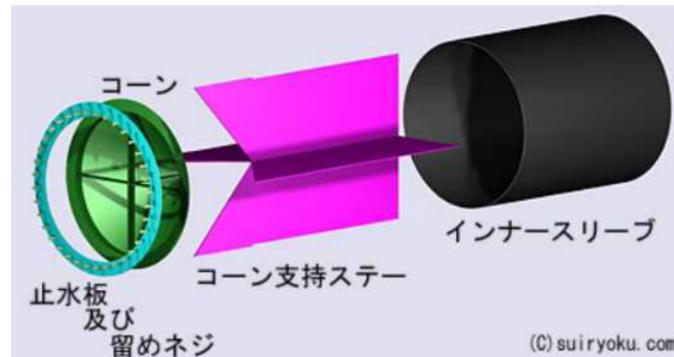
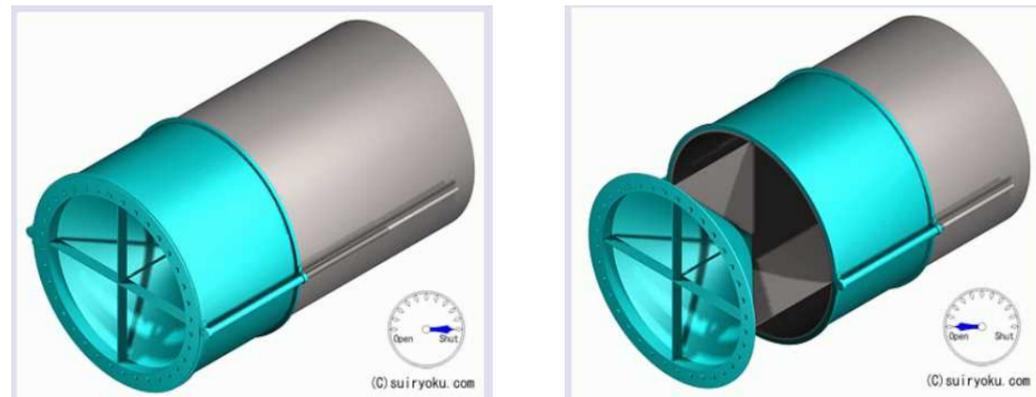
型式 : 固定コーン（フィクストコーン）水流分散型バルブ

開閉機構 : バルブの開閉はコーンの外側の筒（スリーブ）を移動することによって行い、コーン（円錐）の部分により水流を分散。

減勢機構 : コーンの内周が開放されていることにより水流が拡散することにより減勢。

用途 : 河川維持水などの小流量放流用としてダムの放流管等に広く利用。黒部ダムの観光放流もこのバルブ

### ●ハウエルバンガーバルブ構造



#### 止水板（弁座）及び留めネジ

- ・可動スリーブを受け止め水流を止める部分。
- ・土砂等の粒子やキャビテーションにより磨耗するためネジ留めにより交換し易くなっている。

#### コーン

- ・流れ出した水流を分散させる部分。コーン内部に見える十字の金具と棒はコーンの補強金具。

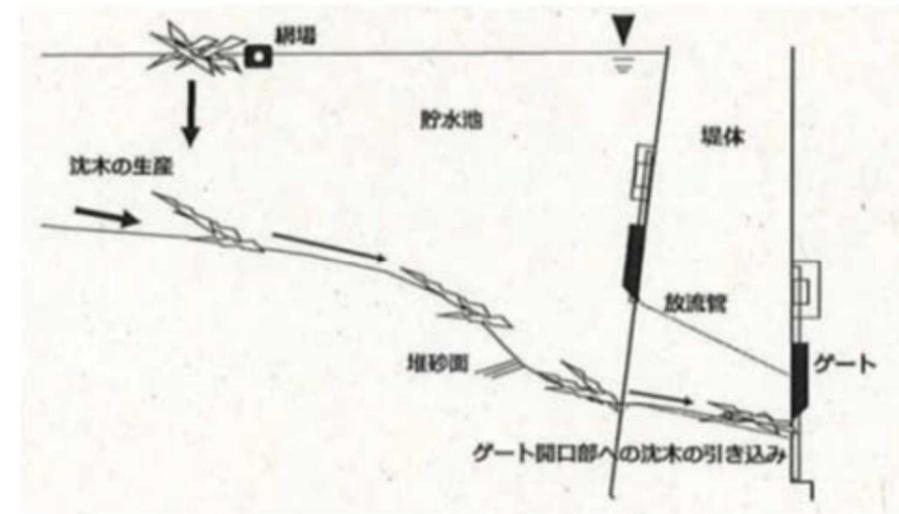


図 19 ゲート周辺部の概略図及び閉塞時のイメージ

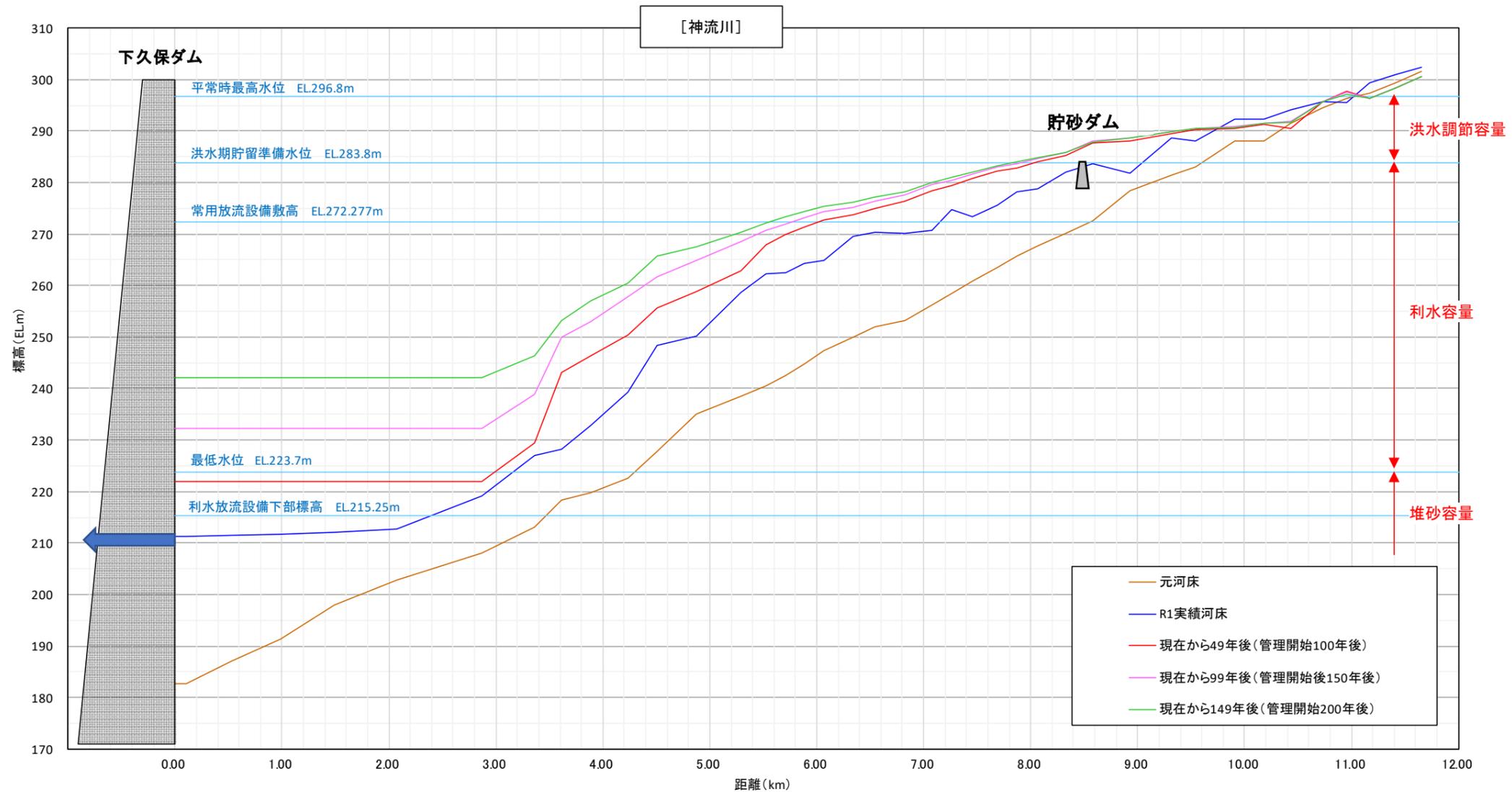


図 20 平成 29 年 裾花ダムにおけるコンジットゲート閉塞状況

出典：「ダム貯水池流木対策の手引き（案）」  
（平成 30 年 3 月、国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課）

## 2.4 堆砂の進行予測

- ・貯水池内全堆砂量 : 管理開始後 100 年後には総堆砂量 19,987 千 m<sup>3</sup> (堆砂率 200%)、管理開始後 150 年後には 28,770 千 m<sup>3</sup> (堆砂率 288%)、管理開始後 200 年後には 37,552 千 m<sup>3</sup> (堆砂率 376%) となる予測。
- ・洪水調節容量内堆砂量 : 洪水調節容量内堆砂量は、出水や水位変動等により堆積土砂が移動するが、**平常時は大きな堆砂は確認されず**、大規模な出水が発生した場合のみ 400~500 千 m<sup>3</sup> 程堆砂すると想定。
- ・取水口付近の堆砂 : 堤体直上流 (No.1 測線) の堆砂標高は、**1/100 確率の出水が発生した場合は 4 m 程度、1/50 確率の出水 (令和元年台風第 19 号クラス) が発生した場合は 3 m 程度の上昇**が想定されており、令和元年台風第 19 号後に取水口と堆砂面の標高差が 4 m 程度であるため、速やかな対策が必要。



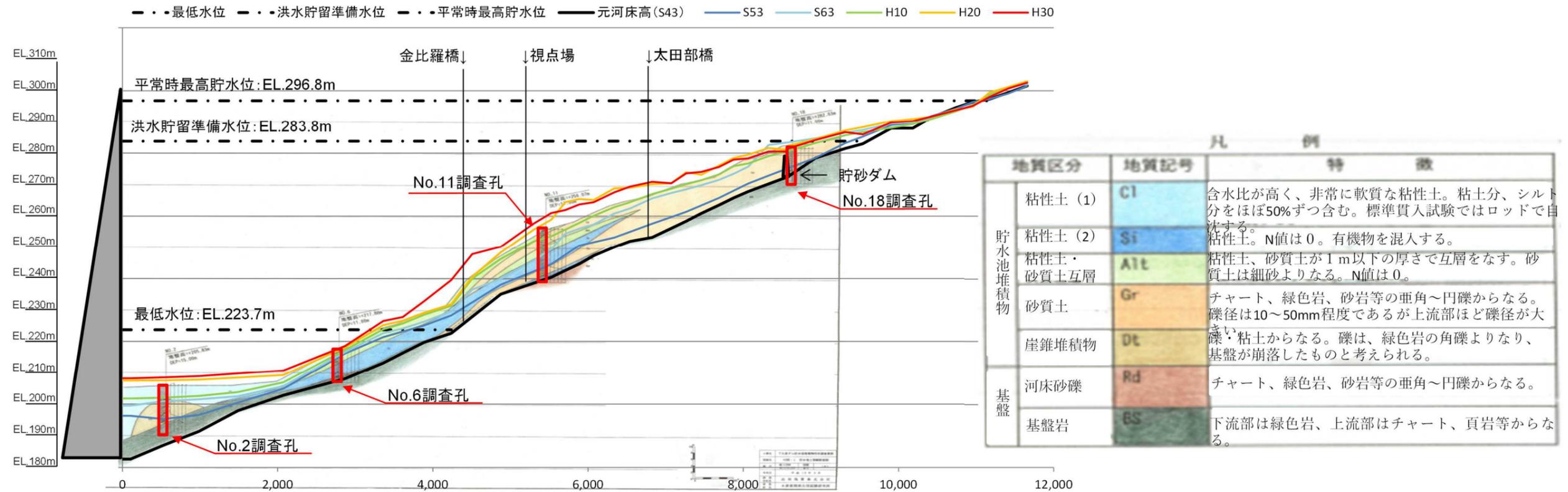
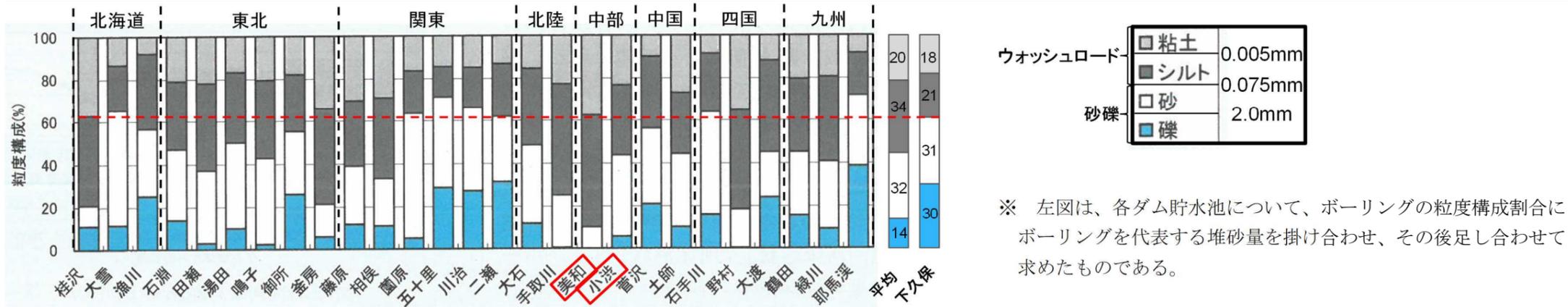
		計画容量	令和元年度 実測堆砂量	現在から49年後 (管理開始100 年後)	現在から99年後 (管理開始150 年後)	現在から149年 後 (管理開始 200年後)
平常時最高水位 EL.296.8m	治水 容量	洪水時最高貯水位 EL. 296. 8m ~ 洪水期貯留準備水位 EL. 283. 8m	35,000 千m <sup>3</sup>	218 千m <sup>3</sup>	437 千m <sup>3</sup>	504 千m <sup>3</sup>
洪水期貯留準備水位 EL.283.8m	利水 容量	洪水期貯留準備水位 EL. 283. 8m ~ 最低水位 EL. 223. 7m	85,000 千m <sup>3</sup>	6,841 千m <sup>3</sup>	10,742 千m <sup>3</sup>	18,266 千m <sup>3</sup>
最低水位 EL.223.7m	堆砂 容量	最低水位 EL. 223. 7m ~	10,000 千m <sup>3</sup>	4,153 千m <sup>3</sup>	8,808 千m <sup>3</sup>	10,000 千m <sup>3</sup>
合計			130,000 千m <sup>3</sup>	11,212 千m <sup>3</sup>	19,987 千m <sup>3</sup>	28,770 千m <sup>3</sup>

図 21 下久保ダムの将来予測堆砂形状・堆砂量



### 3.2 下久保ダム貯水池に堆積した土砂の性状

- 平成 15 年度に公表された、全国の大規模多目的ダムの堆砂性状調査結果と下久保ダムの堆砂性状を比較した結果によると、
  - 粒度構成**：「粘土・シルト」と「砂礫」に区分した場合、下久保ダムは**粘土・シルト：砂礫=39：61**となっており、粘土・シルトの割合は 28 ダム中、21 番目
  - 排砂バイパス**：**排砂バイパスが設置されているダムの粘土・シルトの割合は、「美和ダム」で約 9 割、「小渋ダム」で 6 割弱**であり、下久保ダムより多い。
- 平成 13 年度に貯水池内 4 箇所でボーリング調査を実施し、堆砂性状について確認した結果を以下に示す。
  - 地形的特徴**：**ダムサイト付近は濁水のシルト分が沈降しフラットな形状**、中流付近はシルトと砂礫の互層で**「堆砂の肩」が徐々にダムサイトへ移動**、上流付近は砂礫分で近年は安定勾配となり経年的に変化が乏しい。
  - ダムサイト付近の堆砂性状**：ダムサイト付近のシルト分は、**N 値は 0 で、標準貫入試験のロッドが自沈**。



※ 縦断面の縦横比は 1 : 40、縦断面は横断面の河床の最低標高で作成

図 26 下久保ダム周辺の地質図

#### 4. 下久保ダムにおける現在までの対策と応急対策

##### 4.1 下久保ダムにおける現在までの対策（除去量と下流土砂還元効果）

- ・ **堆砂土砂除去状況**：昭和60年より貯水池上流端において堆砂除去工事を開始。令和元年度末までの35年間で合計50.5万m<sup>3</sup>の堆砂除去を実施。
- ・ **下流土砂還元**：平成15年度より、下久保ダム下流の2地点（ダム直下流及び上武橋付近）において、下流河川環境保全を目的に河川内置土を行った。  
 ダム直下流地点においてはほぼ毎年置土した土砂が流下。上武橋地点においては、3年に一度程度の割合で置土の一部が流下した。  
 特に、ダム直下流にある三波石峡においては、置土によるクレンジング効果による効果により黒ずみや植生がほぼ掃流され、本来の青みが取り戻された。

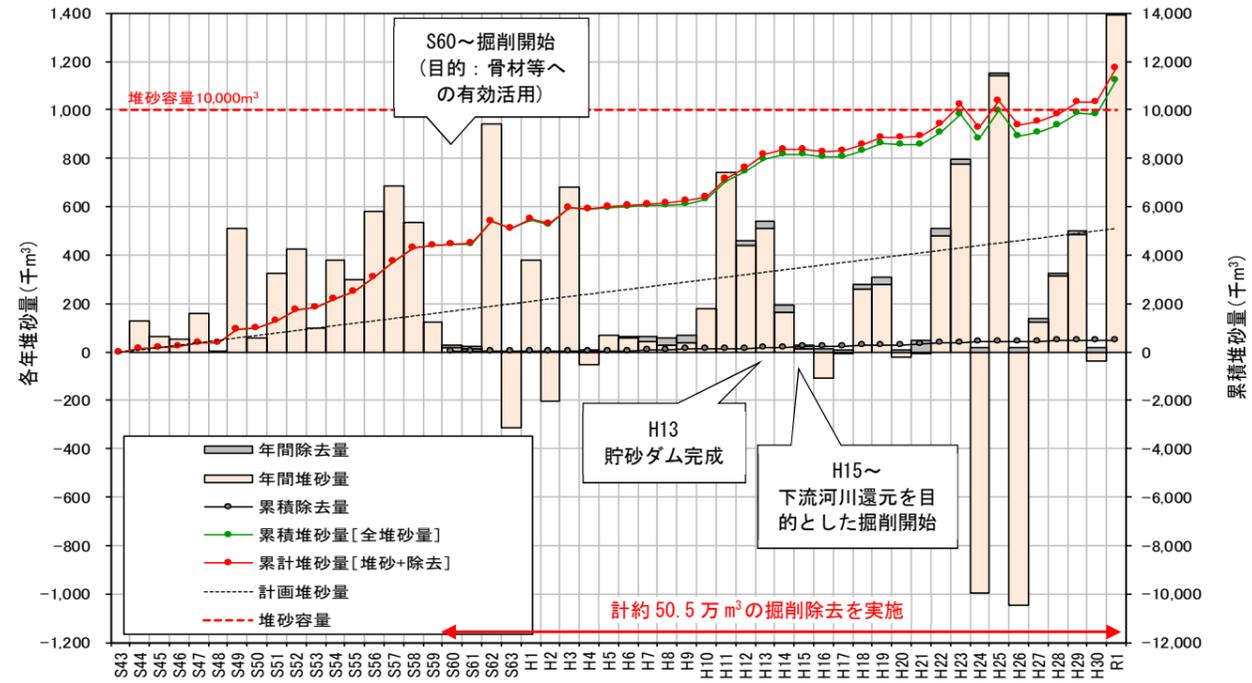


図 27 下久保ダムの堆砂除去経年変化



図 29 下流土砂還元土砂の置土及び流下状況

	ダム直下流(検討区間Ⅰ)		上武橋付近(検討区間Ⅱ)		放流要因 (流下量内訳)
	置土量 <sup>※1</sup>	流下量	置土量 <sup>※1</sup>	流下量	
平成15年度	2,000 (1,000)	1,000	-	-	前線
平成16年度	2,000 (2,000)	1,000	-	-	台風
平成17年度	2,200 (2,200)	2,000	5,400 (5,400)	-	台風等
平成18年度	- (700)	1,500	(5,400)	-	前線、低気圧
平成19年度	1,800 (0)	2,500	10,200 (6,100)	9,500	台風(台風9号)
平成20年度	3,900 (2,600)	1,300	4,300 (10,400)	-	前線、フラッシュ放流
平成21年度	- (2,600)	-	7,100 (17,500)	-	
平成22年度	2,900 (2,900)	2,600	3,800 (21,300)	-	ドローダウン(1,000m <sup>3</sup> ) フラッシュ放流(1,600m <sup>3</sup> )
平成23年度	2,700 (2,700)	2,900	6,200 (20,600)	6,900	フラッシュ放流(1,300m <sup>3</sup> ) 台風12号後(1,600m <sup>3</sup> )
平成24年度	5,000 (3,100)	4,600	2,900 (23,500)	-	緊急希釈放流(2,600m <sup>3</sup> ) フラッシュ放流(2,000m <sup>3</sup> )
平成25年度	- (3,100)	-	- (23,500)	-	
平成26年度	3,300 (2,600)	3,800	- (23,500)	-	ドローダウン(2,700m <sup>3</sup> ) フラッシュ放流(1,100m <sup>3</sup> )
平成27年度	3,800 (3,100)	3,300	- (12,000)	11,500	前線(1,400m <sup>3</sup> ) 台風18号後(1,900m <sup>3</sup> )
平成28年度	(0)	3,100	3,480 (12,200)	3,280	台風10号・16号後(3,100m <sup>3</sup> )
平成29年度	2,700 (0)	2,700	1,000 (12,900)	300	台風21号後(2,700m <sup>3</sup> )
平成30年度	3,700 (2,200)	1,500	2,400 <sup>※2</sup> (15,300)	-	6~8月の新統的放流・ 前線(1,500m <sup>3</sup> )
令和元年度	1,000 (0)	3,200	3,000 (0)	18,300	R1.8までに自然流下(ダム下:350、上武橋300m <sup>3</sup> ) 台風15号[9月]3,000m <sup>3</sup> 台風19号[10月]17,850m <sup>3</sup>
合計	37,000	37,000	49,480	49,780	

※1：上段は新規置土量、下段の( )書きは置土残存量を示す。

図 28 下流土砂還元状況

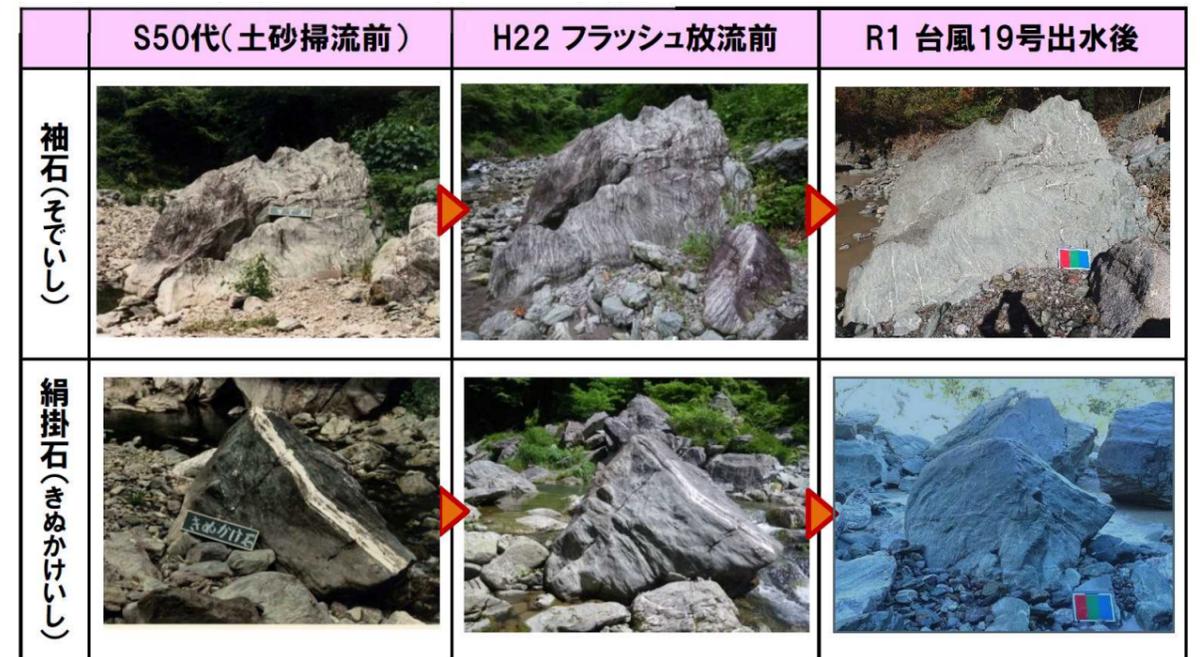


図 30 下流土砂還元によるクレンジング効果

## 4.2 洪水調節容量内堆砂への応急対応

- ・ **洪水調節容量内の応急対応**：令和元年台風第19号に伴う**災害復旧工事として洪水調節容量内より約14.7万m<sup>3</sup>の掘削除去**を実施。令和3～5年度においても掘削除去を継続実施し、機能回復を図る。
- ・ **災害復旧工事の概要**：貯水池上流部において、貯水位が高い場合は台船上からクラブ浚渫（水中部）、貯水位が低い場合はバックホウによる陸上掘削（陸上部）を行い、その後10tトラックで河川還元地点若しくは受入地まで運搬。

### ○令和2年度まで実施（災害復旧工事）

#### (1) 工事概要

工期：R2年2月29日～R3年3月29日

除去量：約146,600m<sup>3</sup>

#### (2) 施工方法

堆砂除去を行う地点は貯水池上流端付近であるため、貯水位が高い場合は台船上からクラブ浚渫（水中部）を行い、貯水位が低い場合はバックホウによる陸上掘削（陸上部）を行い、その後10tトラックで河川還元地点若しくは受入地まで運搬。

##### ① 浚渫

施工時期：R2.4月～R2.6月

施工量：約19,000m<sup>3</sup>

施工方法：クラブ浚渫船により水面下の堆砂を浚渫。  
浚渫土は土運船にて水上運搬した後陸揚げ後、10tトラックで上武橋付近へ運搬し土砂還元の材料に活用。

##### ② 陸上掘削

施工時期：R2.5月～R3.3月

施工量：約127,600m<sup>3</sup>

施工方法：下久保ダムの貯水位が低下した際に、ブルドーザやバックホウにより湖内陸上部の堆砂を掘削。掘削土は10tトラックで原石山跡地、ダム直下、上武橋付近、深谷バイパスへ運搬し、土砂還元の材料や盛土材料等として活用。

### ○令和3～5年度で実施

#### (1) 工事概要

工期：R3年7月15日～R5年10月31日

除去量：約16,000m<sup>3</sup>

#### (2) 施工方法

堆砂除去を行う地点は貯水池上流端付近であるため、貯水位がときにバックホウによる陸上掘削（陸上部）を行い、その後10tトラックで河川還元地点若しくは受入地まで運搬。

##### ① 陸上掘削

施工時期：R4.7月～9月、R5.7月～9月

施工量：約16,000m<sup>3</sup>

施工方法：下久保ダムの貯水位が低下した際に、ブルドーザやバックホウにより湖内陸上部の堆砂を掘削。掘削土は10tトラックでダム直下、上武橋付近等へ運搬し、土砂還元の材料や盛土材料等として活用。



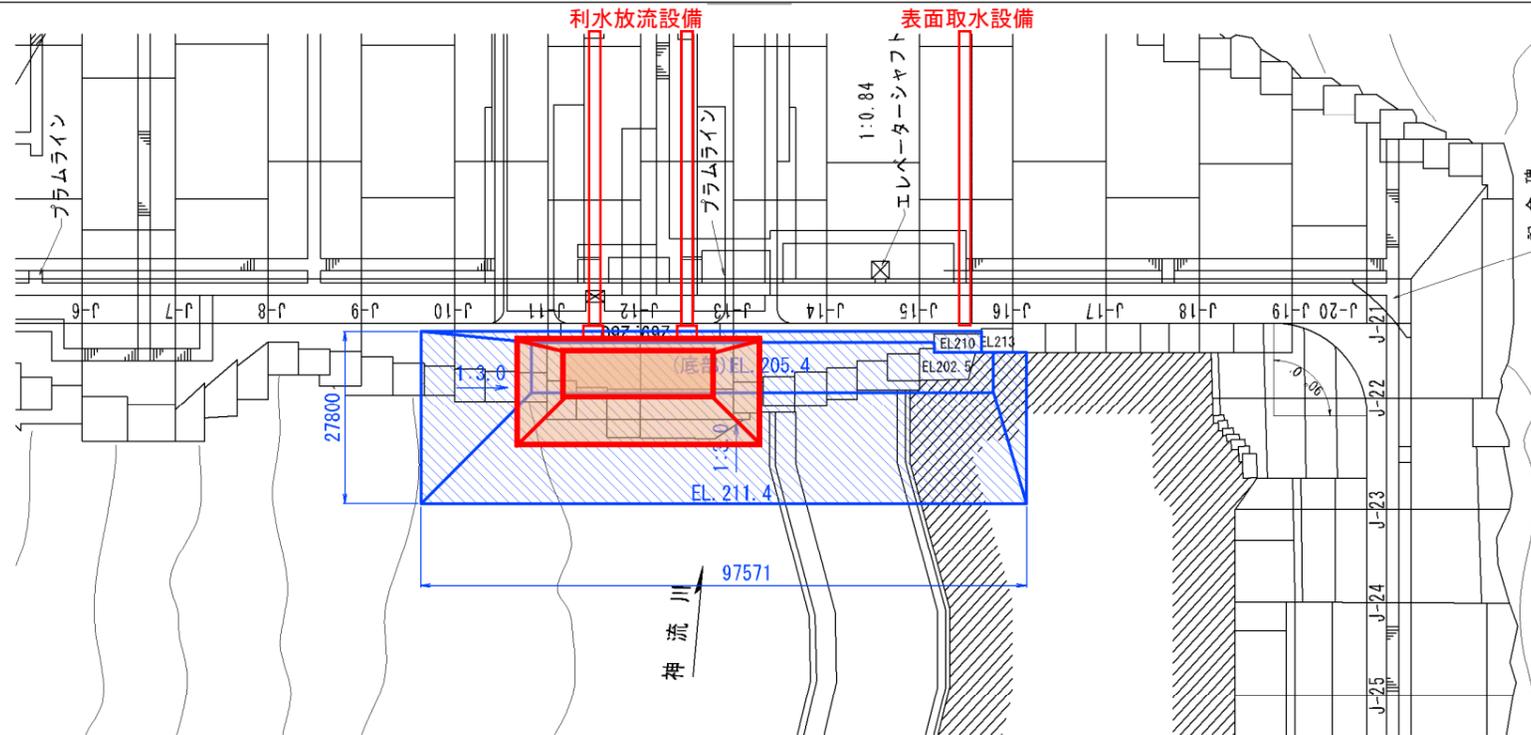
図 31 施工箇所



図 32 施工状況写真

### 4.3 利水放流設備取水口周辺堆砂への応急対策

- ・取水口付近の応急対応方針：**当面（十年程度）の対応として、令和2～4年度において取水口付近の堆砂除去**を行う（4.2 洪水調節容量内堆砂への応急対応の工事とあわせて実施）。
- ・令和2年度：令和元年台風第19号による洪水調節容量内の堆砂除去のために**下久保ダム貯水池にある浚渫船団を有効利用し、一次施工として3m程度の浚渫を実施（約1,300m<sup>3</sup>）**。
- ・R3～4年度：一次施工の結果を踏まえた上で、**二次施工として6m程度の浚渫を実施（約12,000m<sup>3</sup>）し、堆砂標高から取水口までの距離を4m→1.0m確保する**。



主ダム上流面図 S=1:500

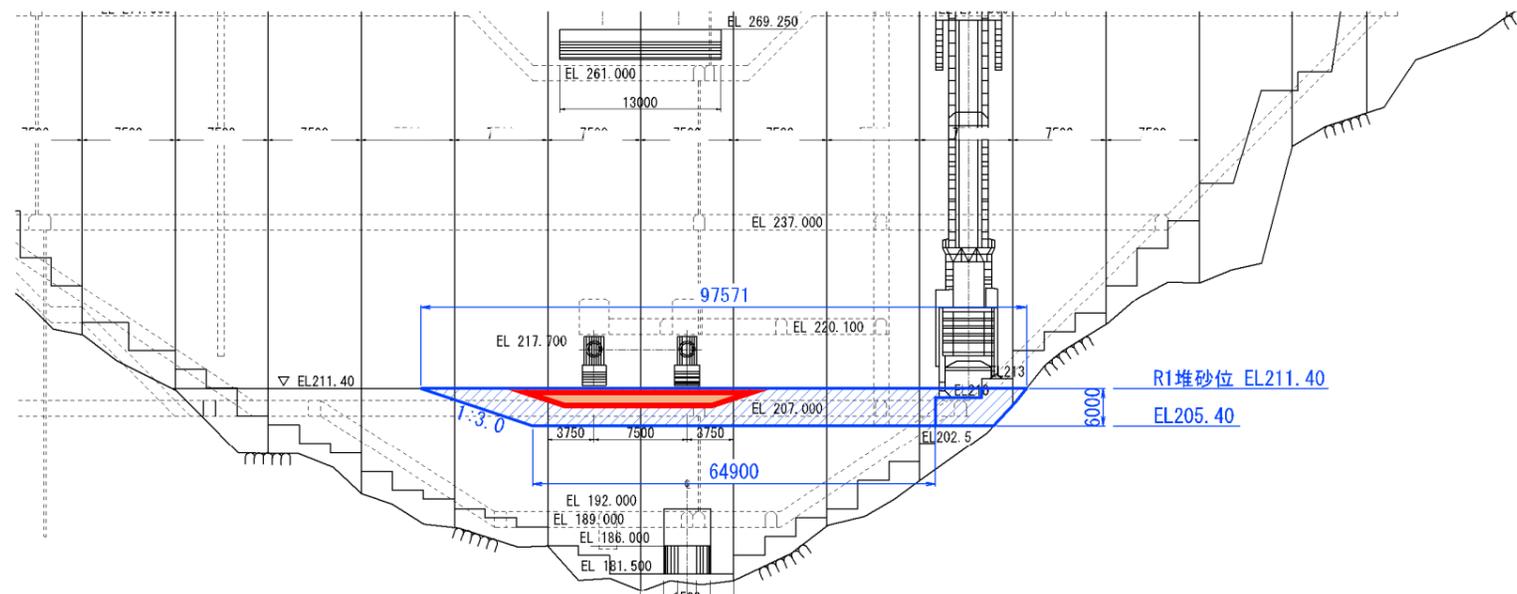
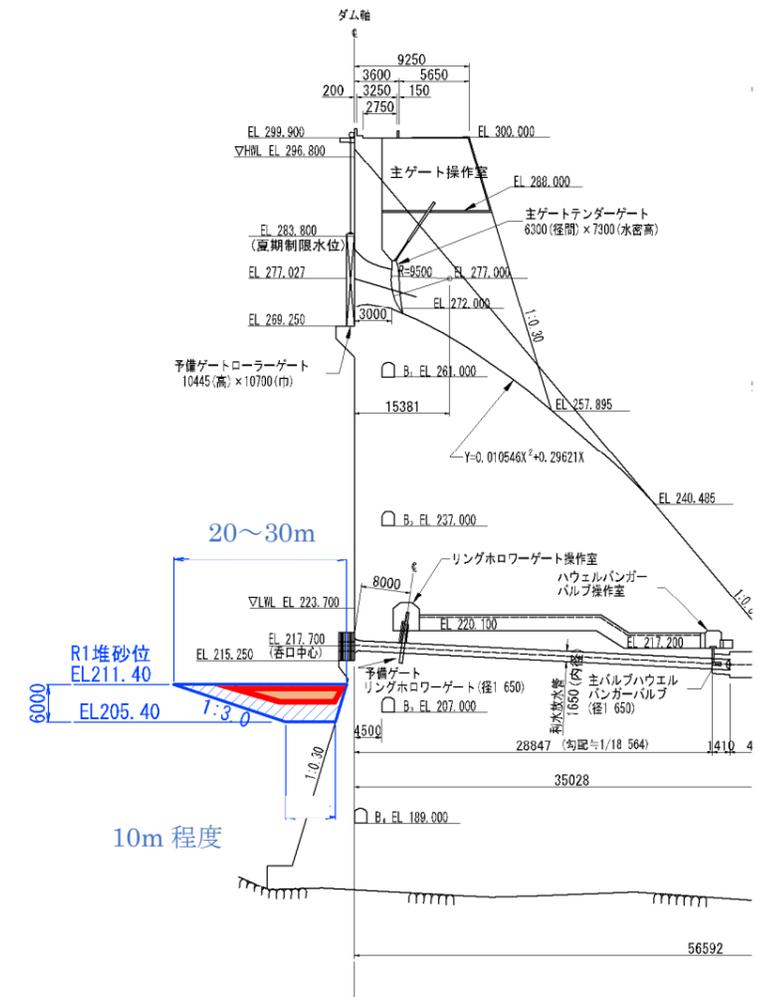
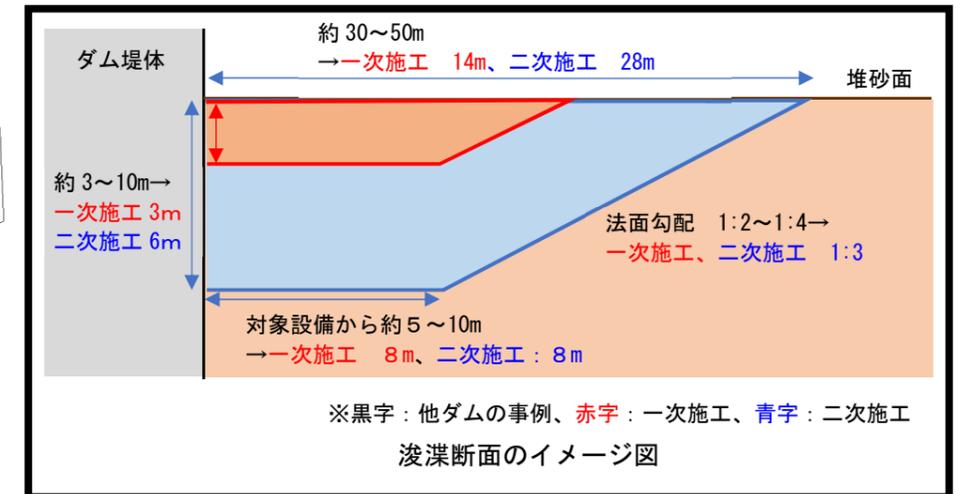


図 33 下久保ダムにおける取水口付近の浚渫形状



#### 4.4 下久保ダム堤体付近に堆積した土砂の性状

- ・令和2年度に取水口付近堆砂除去工事の事前調査として以下の調査を実施した上で、浚渫による施工を実施。  
**水中ロボ+スキャンソナーによる沈木調査**：浚渫を行う予定範囲 (40m×60m) において、沈木は1本 (長さ2m程度) のみを確認。
- ・毎年実施している底質調査により「**土壤汚染対策法**」に基づく**有害物質の含有基準は基準値以内**であることを確認。
- ・R2.7より実施している取水口付近堆砂除去により浚渫された浚渫土を確認したところ、**ほぼ粘土シルト分**からなり粘土分を主とする耕土のような土質であること、及び、**ほぼ無臭**であることを確認。
- ・下流河川還元などの適用性について検証するなどし、再利用方法を検討中。

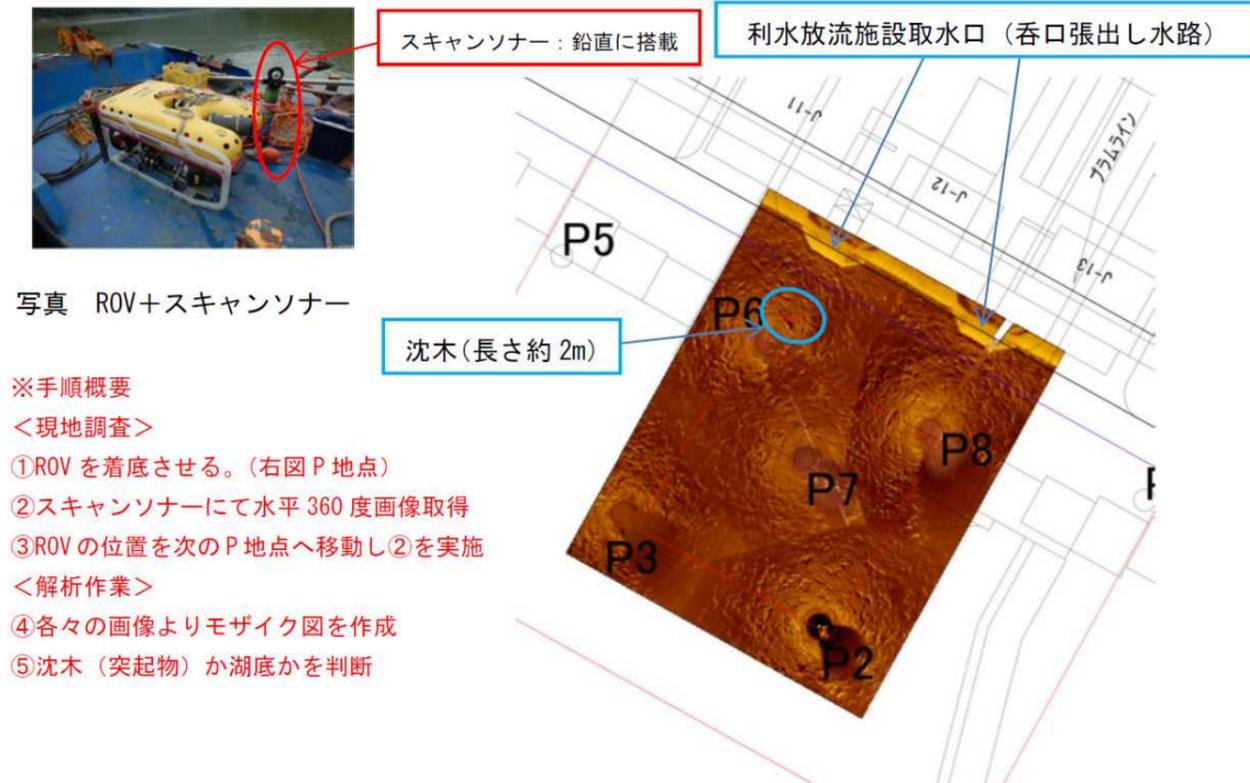


図 34 水中ロボ+スキャンソナーによる沈木調査

表 6 土壤汚染対策法による環境基準との比較

項目	環境省告示第19号 (含有量基準)	下久保ダム底質調査結果 (令和元年8月)
カドミウム及びその化合物	150mg/kg 以下	0.19mg/kg
六価クロム化合物	250mg/kg 以下	<0.01mg/kg
シアン化合物	50mg/kg 以下	未調査
水銀及びその化合物	15mg/kg 以下	0.097mg/kg
セレン及びその化合物	150mg/kg 以下	0.24mg/kg
鉛及びその化合物	150mg/kg 以下	18.3mg/kg
ヒ素及びその化合物	150mg/kg 以下	9.45mg/kg
フッ素及びその化合物	4,000mg/kg 以下	未調査
ホウ素及びその化合物	4,000mg/kg 以下	未調査



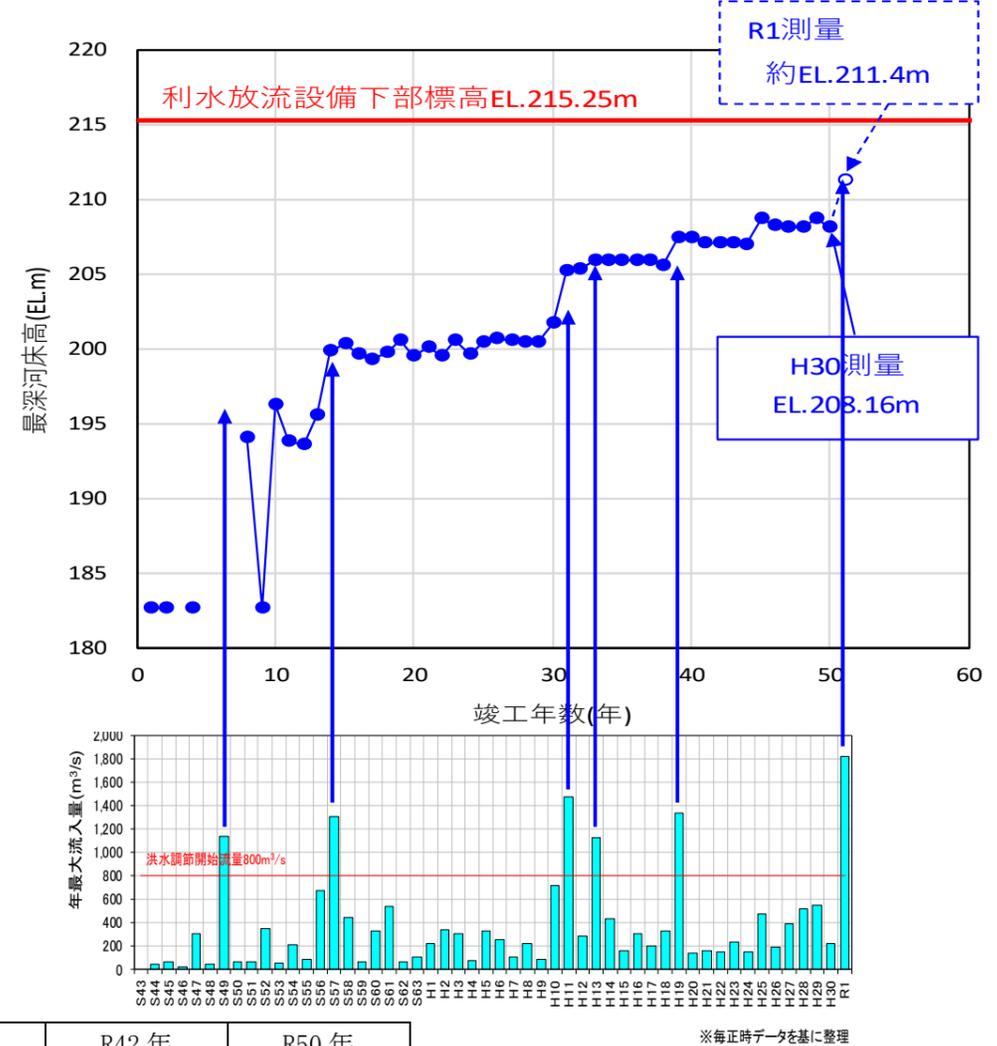
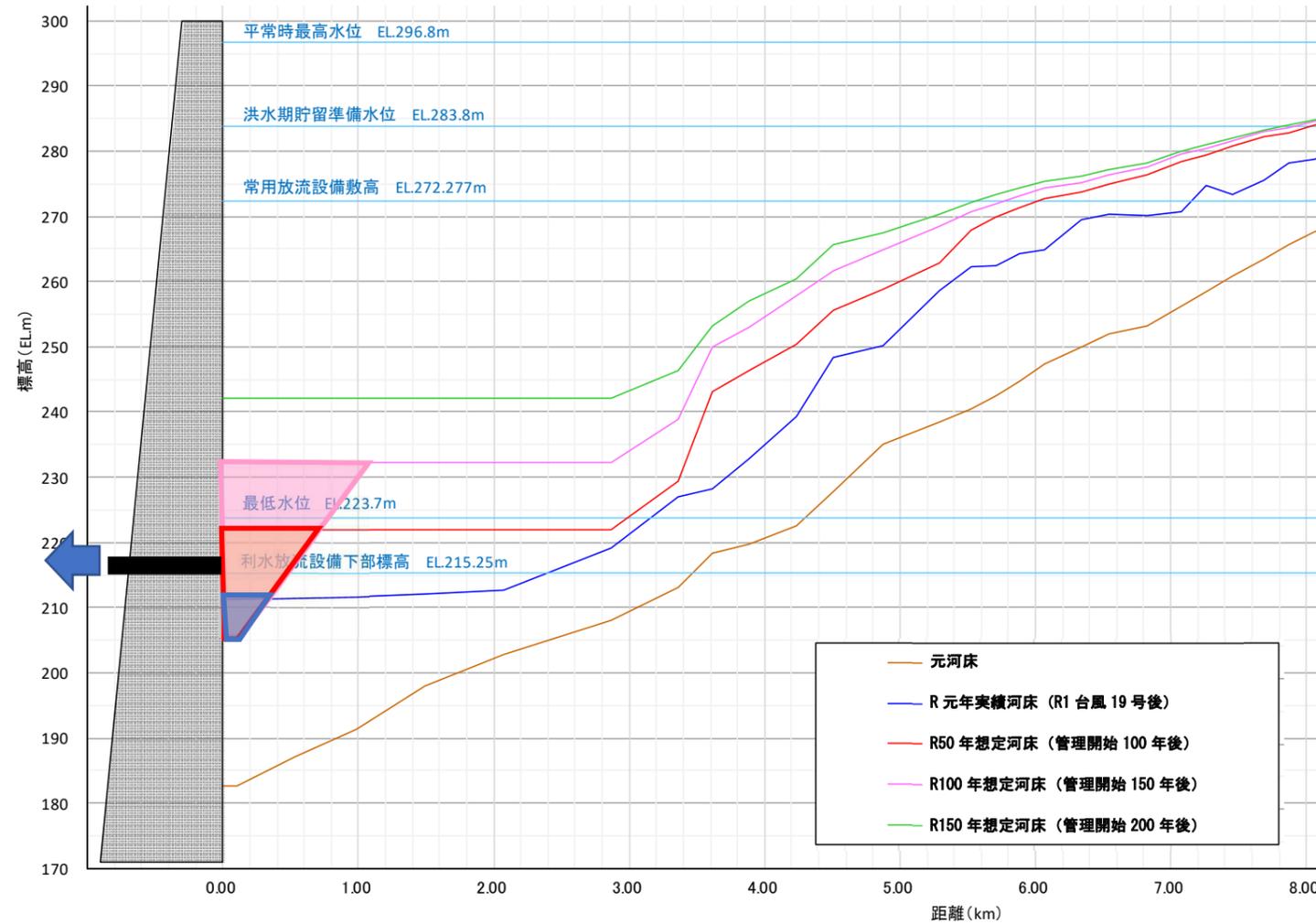
図 35 取水口付近の浚渫状況と浚渫土

## 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。



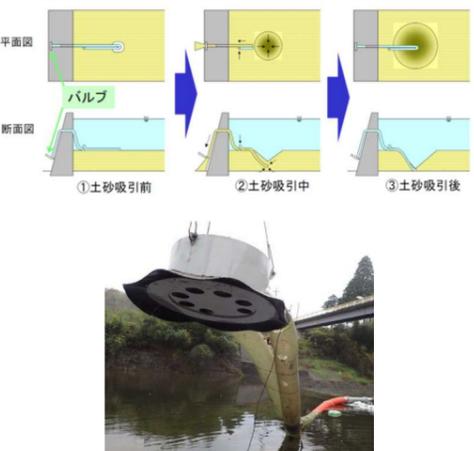
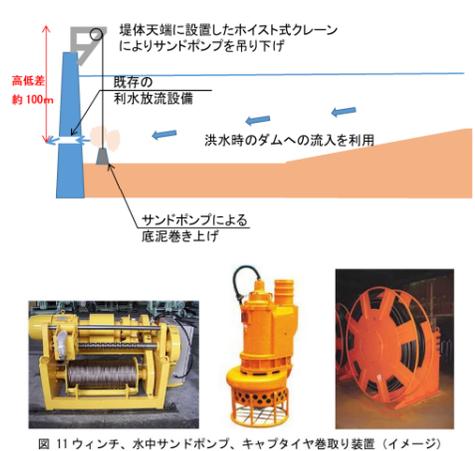
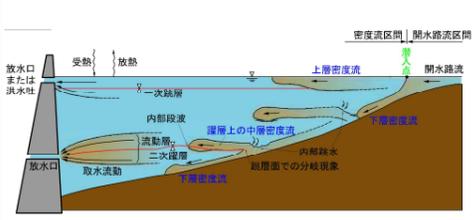
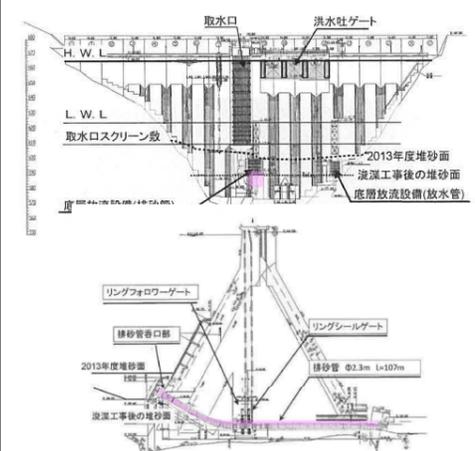
	R2~4年 (初回)	R10年 (2回目)	R18年 (3回目)	R26年 (4回目)	R34年 (5回目)	R42年 (6回目)	R50年 (7回目)
堆砂標高(EL. m)	211	214	217	219	222	224	227
浚渫深さ(m)							
浚渫量 (m³)							
概算工事費 (億円)							
必要工期 (年)							

浚渫により取水設備（呑口下端標高 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	小 (係船岸、揚砂場及び進入路等)	大 (排砂設備、管理設備等付属施設の設置)	小 (サンドポンプの設置)	大 (選択取水設備への改造)
	ランニング	大 (浚渫・運搬・処理)	小～中 (排砂設備の維持管理)	中 (サンドポンプの運用)	小 (選択取水設備の維持管理)
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</b> ため、 <b>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</b> 、また <b>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であるため次項以降で検討。</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であるため次項以降で検討。</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案について適用性の比較検討を行った。

①**選択取水設備による密度流排砂**（案1）：取水機能の維持が確実に実施可能で、下流への影響は小さく、適用性としては特にリスクも無い。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、適用性としては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**。

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**。

・一方で対策を行うための制限、工期及び施工など**実現性の面については、別途検討が必要**。

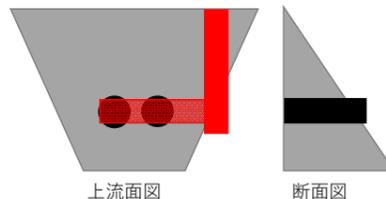
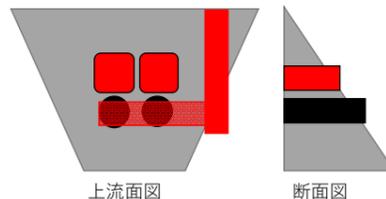
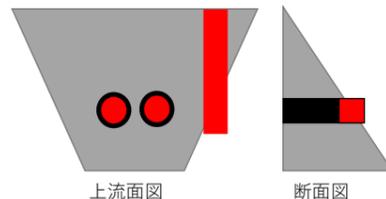
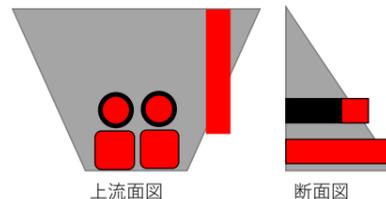
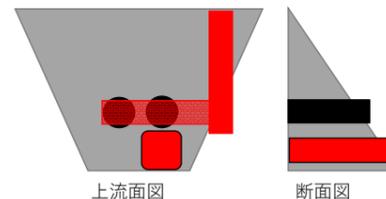
		案1	案2	案3	案4	案5	備考
概要		・既存の利水設備及び表面取水設備を同時に選択取水設備に改造し、 <b>密度流排砂</b> を実施。	・案1に加え、常用洪水吐を低標高部に新設し、 <b>密度流排砂</b> を実施。	・既存の利水放流設備2門を <b>排砂管に改造</b> 。 ・表面取水設備は別途対策。	・案3に加え、洪水調節を排砂を兼ねた <b>大口徑排砂管（2門）を新設</b> 。	・案1に加え、洪水調節を排砂を兼ねた <b>大口徑排砂管（1門）を設置</b> 。	
目的		取水設備の機能維持 利水容量内堆砂対策	取水設備の機能維持 利水容量内堆砂対策	取水設備の機能維持 利水容量内堆砂対策	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	概要図						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
	①利水放流設	・選択取水と同時に改造	・選択取水と同時に改造	・排砂可能な設備に改造	・排砂可能な設備に改造	・選択取水と同時に改造	
	②表面取水設	・連続サイフォン式などへ取水設備を改造	・連続サイフォン式などへ取水設備を改造	・連続サイフォン式などへ取水設備を改造	・連続サイフォン式などへ取水設備を改造	・連続サイフォン式などへ取水設備を改造	
	③新規放流設備	－	・低標高部に常用洪水吐きを付替(EL272.3m→EL237m)。	－	・排砂管（最大400m <sup>3</sup> /s*2門）を新設。	・排砂管（最大800m <sup>3</sup> /s*1門）を新設。	
④課題	○ ・特になし	△ ・施工中の洪水調節の実施。	○ ・特になし	△ ・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。	△ ・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。	○：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	
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>		
	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></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>取水機能の維持が確実に実施可能</b> で、下流への影響は小さく、特にリスクも無い ・ <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>	× ・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>	× ・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>	× ・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>		

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	—

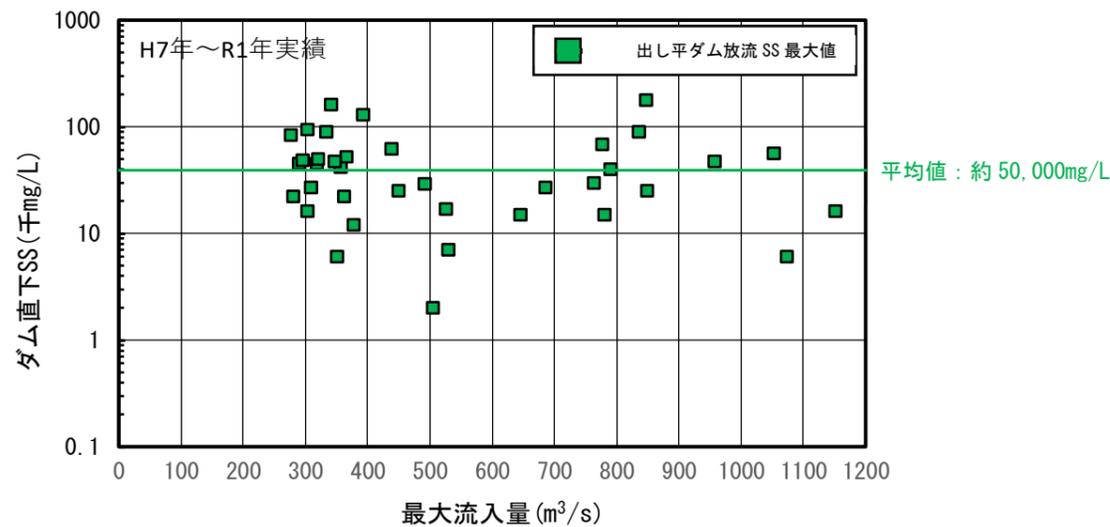
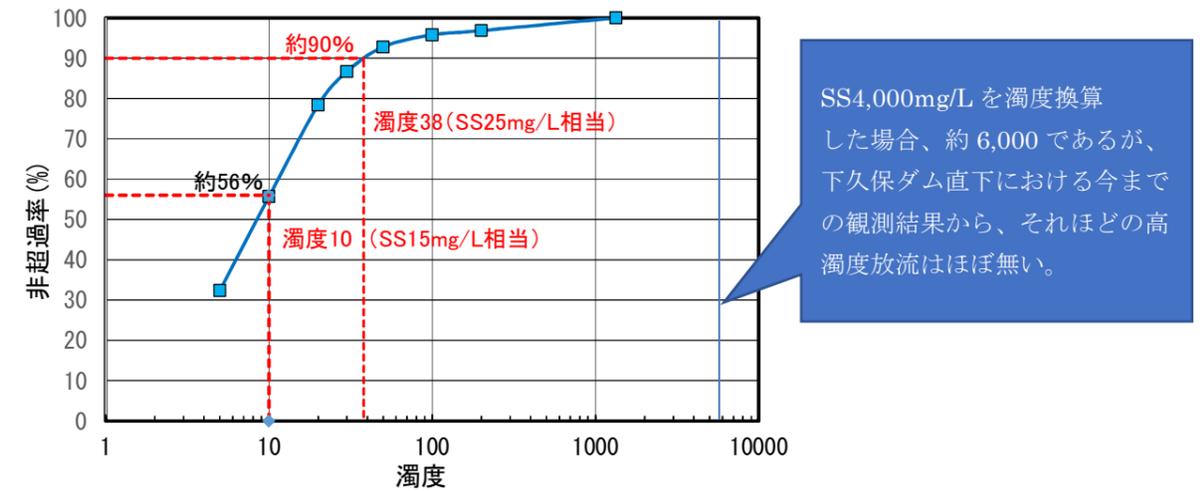


図 37 出し平ダム排砂時の最大放流量と排出 SS 実績

(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)

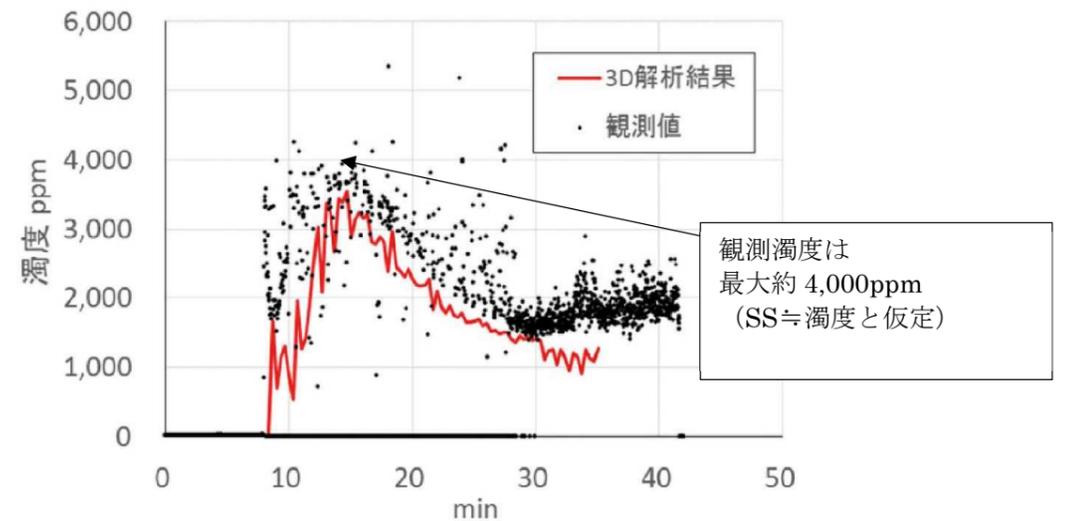


図 39 井川ダム排砂管放流濁度実績 (H29年3月)

(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

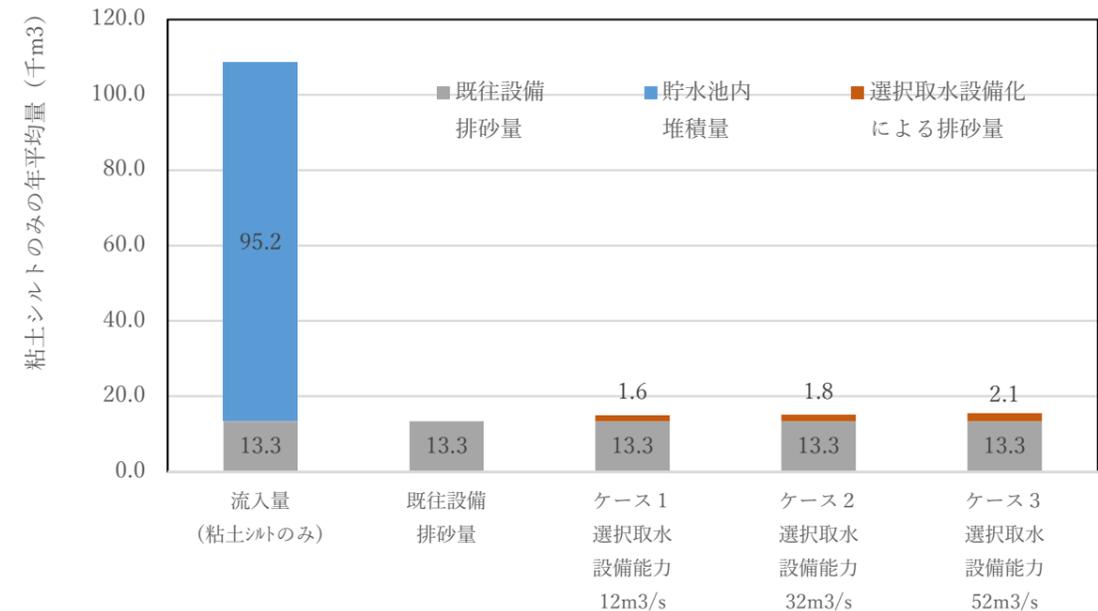
項目	設置標高	水深 (元河床まで)	$H_D/H_{max}$	判定結果
元河床高	EL. 182.6m	—	—	
平常時最高貯水位	EL. 296.8m	Hmax=114.2m	—	
①現行常用洪水吐き (敷高)	EL. 272.277m	HD=89.677m	89.677/114.2 =0.79	HD/Hmax>0.5 で不適
②新設常用洪水吐き (敷高)	EL. 236.8m	HD=54.2m	54.2/114.2 =0.47	HD/Hmax<0.5 で適格
③表面取水設備 (中心標高)	EL. 219.0m	HD=36.4m	36.4/114.2 =0.32	HD/Hmax<0.5 で適格
④利水放流設備 (中心標高)	EL. 217.7m	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（RIT19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。

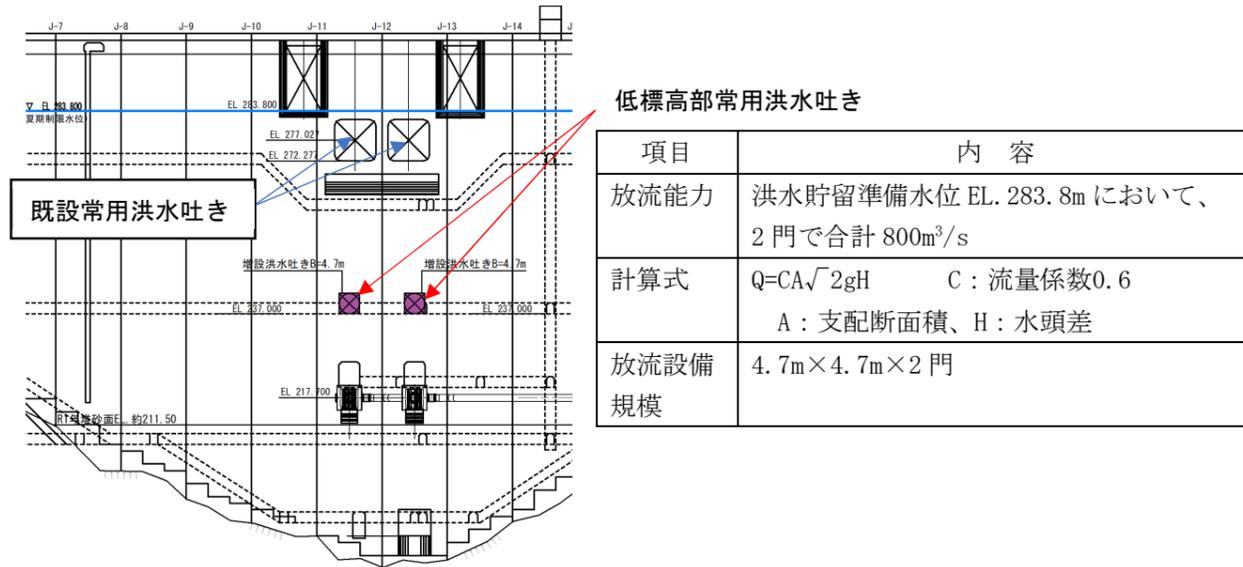


図 41 低標高部常用洪水吐きの配置と規模

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  $\alpha$  (mg/L/度) ÷ 土粒子密度  $\rho$  (g/cm<sup>3</sup>)

$\alpha$  : 0.66

$\rho$  (土粒子密度) : 2.65 (g/cm<sup>3</sup>)

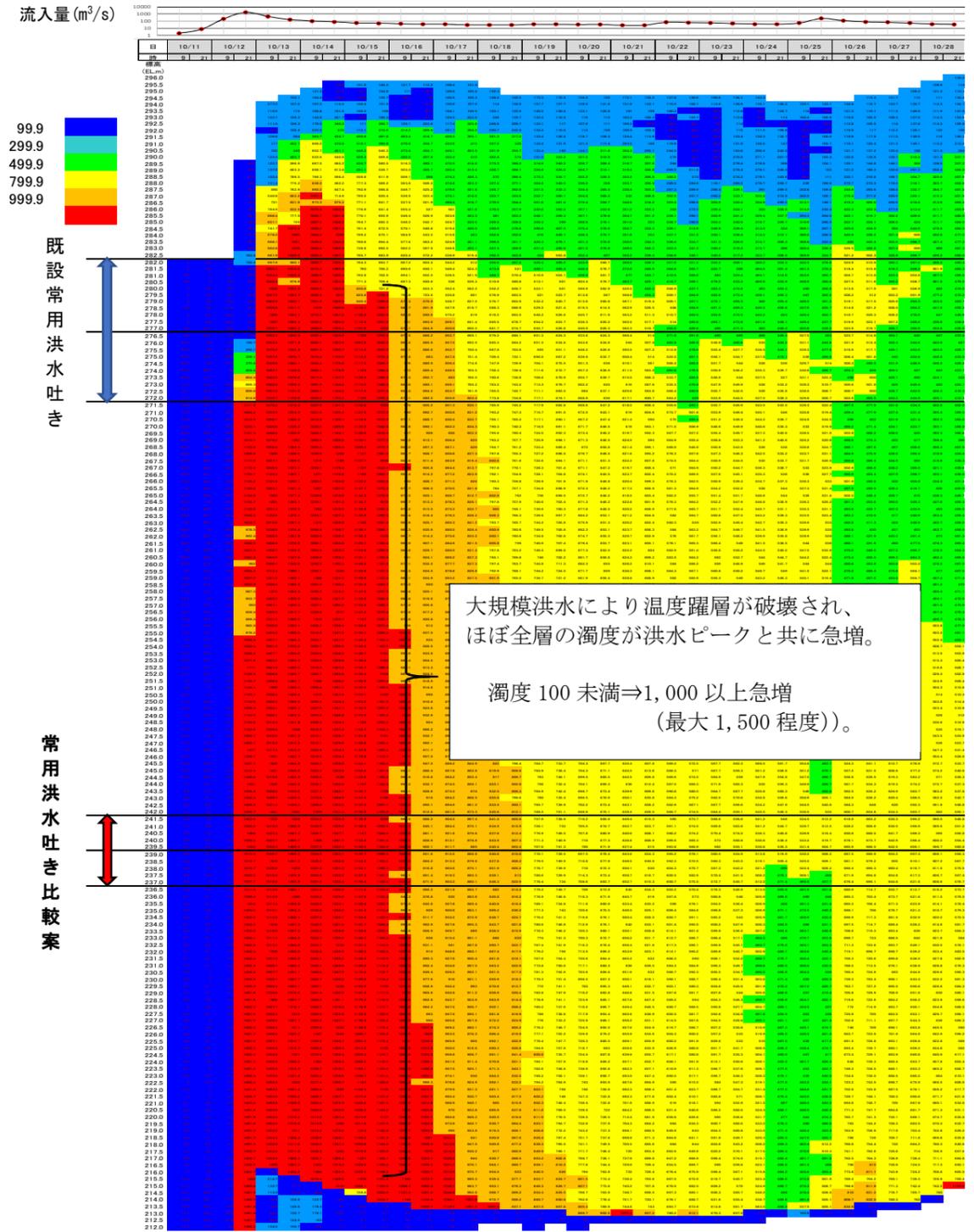
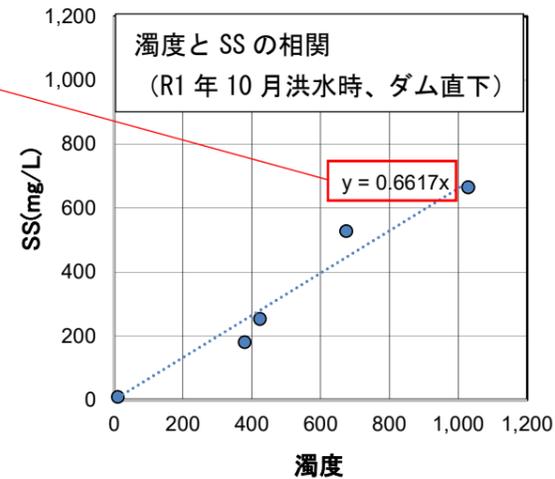


図 42 取水設備付近における貯水池内鉛直濁度の経時変化

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	φ1.65m×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

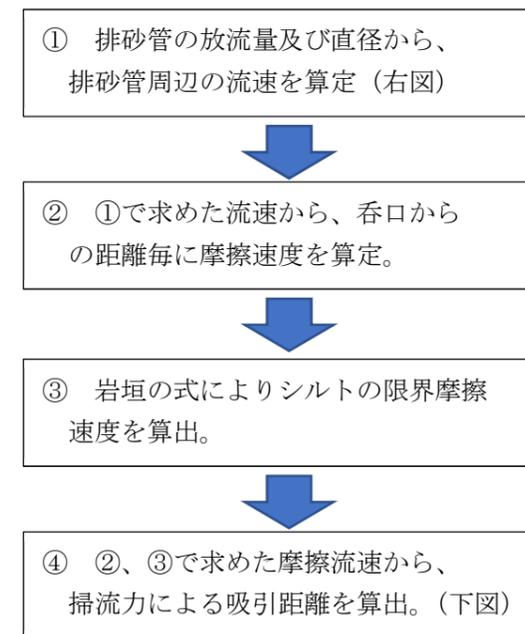


図 44 吸引力による排砂距離検討フロー

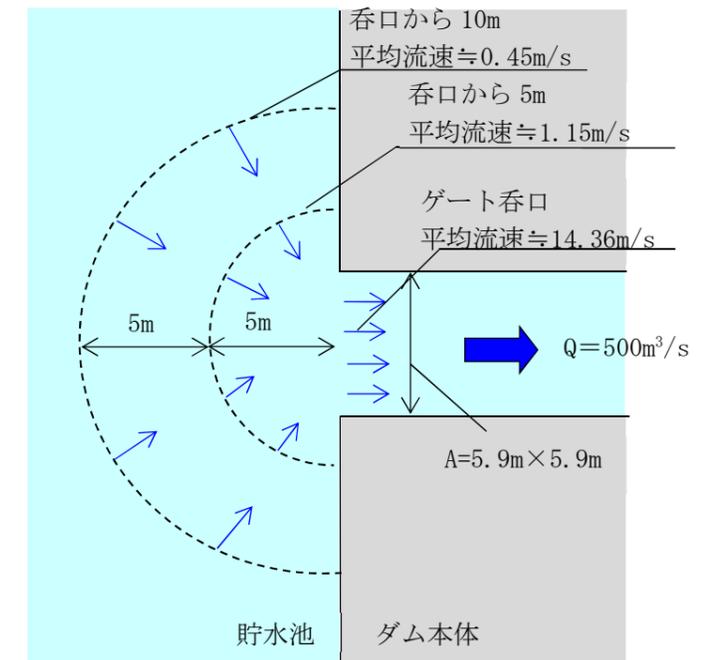


図 45 排砂管付近の流速分布イメージ

(③大口径排砂管 1門の場合)

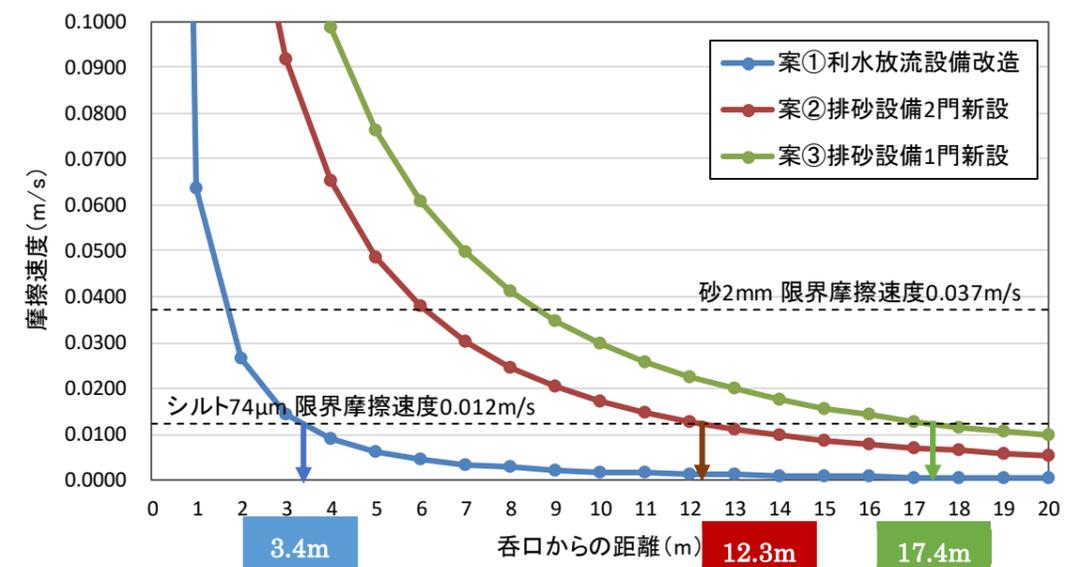
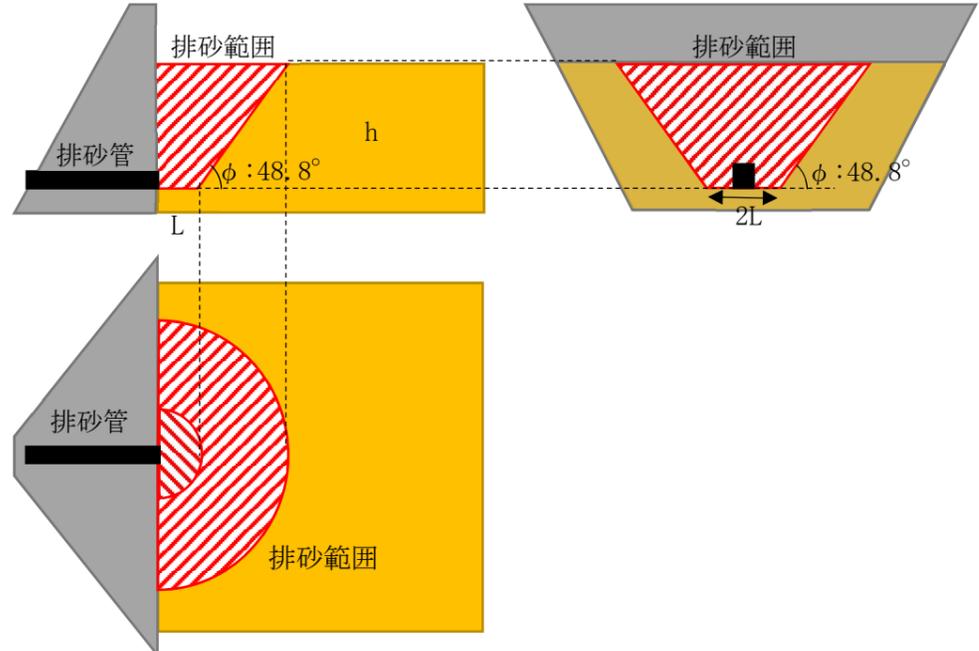


図 46 排砂管付近で発生する掃流力

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>

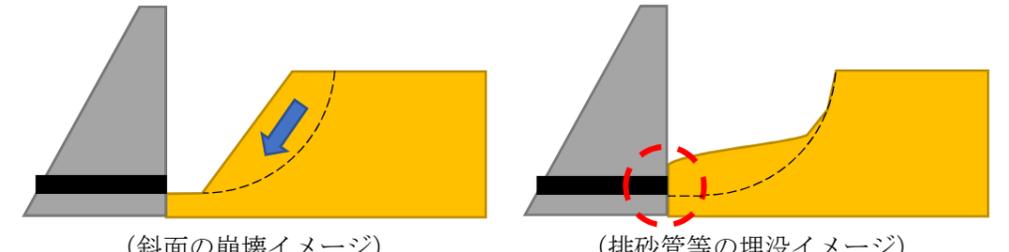
項目	内容																																																															
④ 排砂量算定結果	<p>排砂量算出に際しては、以下記載のとおり、50 年間で 6 回発生する粘土シルト面が上昇する度に排砂されたと想定しているため、各排砂高さ毎の体積を排砂量としその合計を 50 年間の排砂量としている。</p> <p>例として、「③大口径排砂管（1 門）新設」の場合の排砂量算定結果を以下に示す。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>1 門当たり放流量 (m3/s)</th> <th>排砂の吸引力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 m3 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> 																																																															

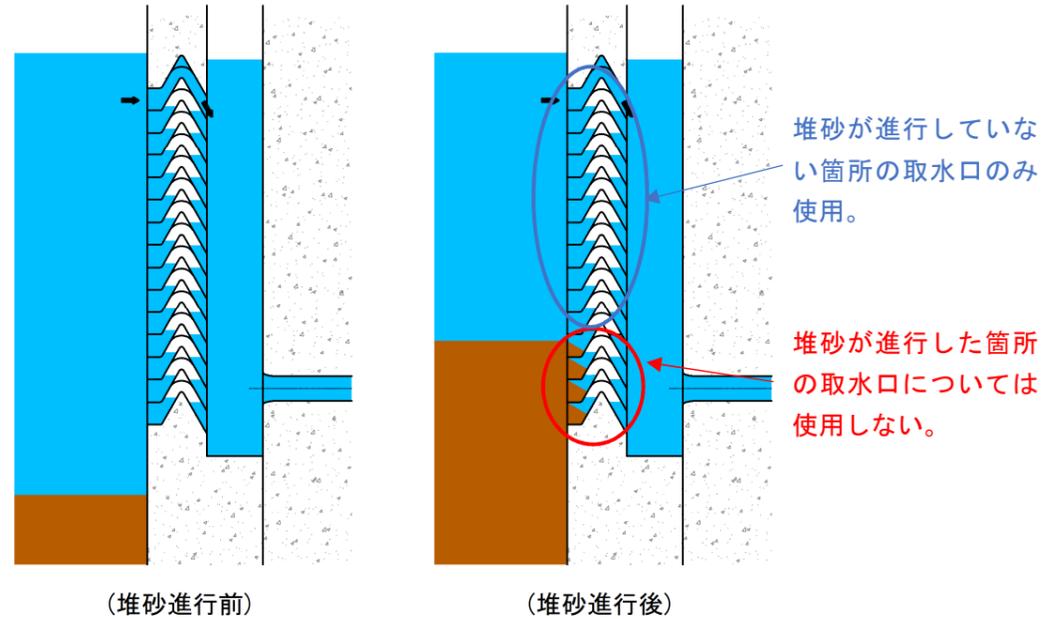
図 47 排砂管による排砂量の推定と排砂管運用に伴うリスク

### 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、多孔式と連続サイフォン式の選択取水設備について比較検討し「連続サイフォン式」が取水機能としては優位。

実現性検討：構造のみでなく対策を行うための制限、工期及び施工など実現性の面からも検討を行う。



(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

表 13 連続サイフォン式と多孔式の比較

	連続サイフォン式	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フォン式とほぼ同額。
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	× ・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

型式	取水量 (m³/s)				備考
	0.1	1	10	100	
直線多段式					ダム・堰施設技術基準(案)より
直線多重式					
半円形多段式					
円形多段式					
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					
連続サイフォン式					
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のの適用範囲を示す。  
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：52m³/s

5.3.1 対策を行うにあたっての制限

・**下久保ダムは年間を通じて利水を供給する重要な水源**であり、貯留制限させることなく対策を行うことが望ましい。一方で下久保ダムでは貯水池運用や現象面で以下の制限が生じる。

- ① 神流川への不特定かんがい等の補給は下久保ダムのみ依存しているため、**工事期間中であっても下流への補給は必要**。
- ② 下久保ダムの貯水池周辺法面には地すべり地区が存在するため、**水位低下速度を1m/日に制限**。
- ③ 貯水位を過度に低下させると、**濁水濁水が発生し水中作業が困難**。(EL. 260m 付近以下)
- ④ 洪水後には**貯水全体が高濁度化し、翌年の春まで長期間継続する傾向のため、水中作業が制限**。(21 ページ図 42 参照)

→ 長期間にわたる工事では洪水や濁水に起因した高濁度化による施工不可リスクが高い

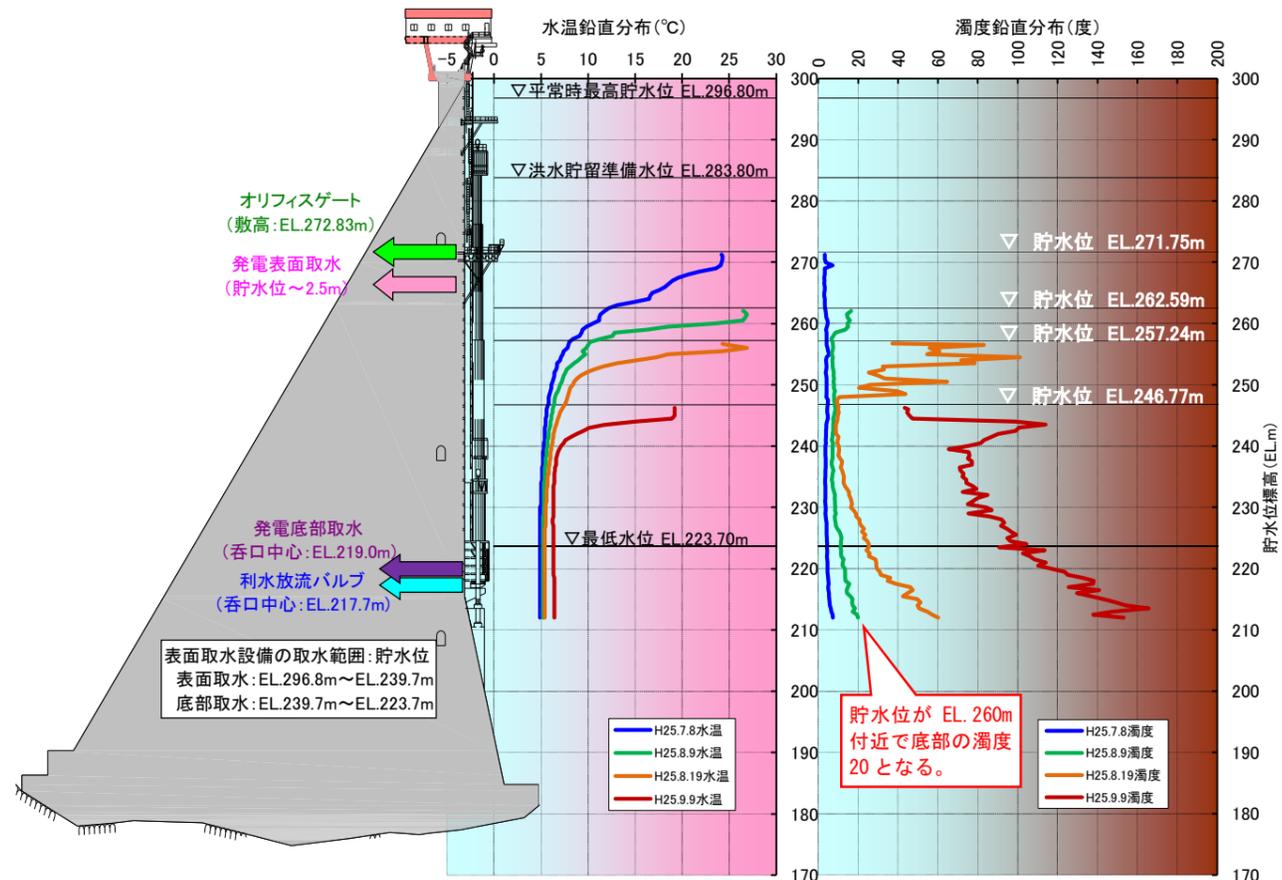


図 50 水温・濁度鉛直分布図 (平成 25 年夏濁水時)

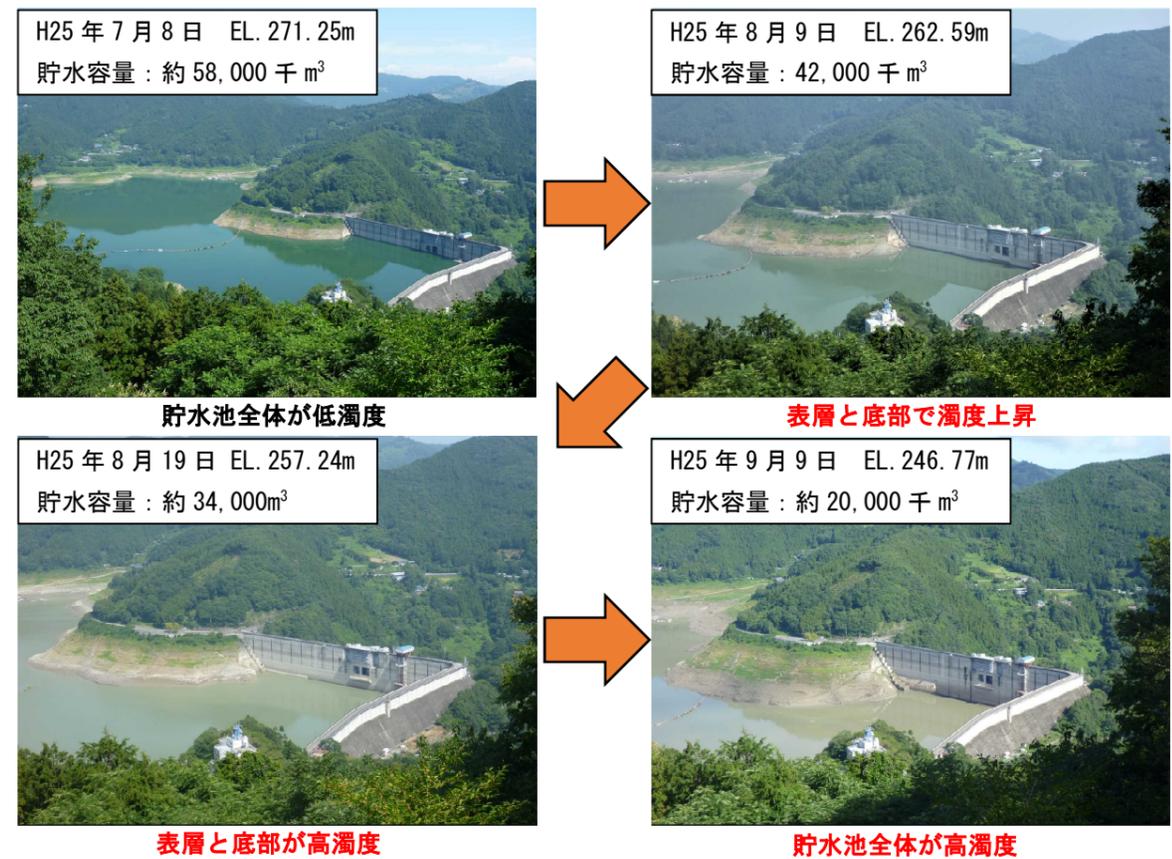


図 51 平成 25 年夏濁水時の濁水濁水発生状況

・貯水池運用の制限から、ある程度高い水位で維持した場合、対策は水中作業となるが、**水深が40mを超える場合は「特殊潜水(飽和潜水)作業」となる**。

・飽和潜水作業は作業員の体への負担も大きいことから、既往の作業事例としては以下のとおり。

- ① 飽和潜水作業は、**水位変動が著しい洪水期は回避**。
- ② 飽和潜水作業の1パーティーあたりの**作業は1ヶ月程度で交代**。
- ③ 飽和潜水作業に限ったことではないが、**潜水作業は簡易な作業に制限**。

→ 体への負担や作業性、コストの面から飽和潜水を軽減させるために、水中での作業は短期間とするのが理想

飽和潜水：高圧環境下で身体組織に溶解する不活性ガスが飽和した状態で実施する潜水。  
飽和潜水は、チームワークで実施する管理潜水作業であり、潜水士が長時間、高圧ヘリウム酸素環境に居住し、必要の都度、水中に出て作業を行う。

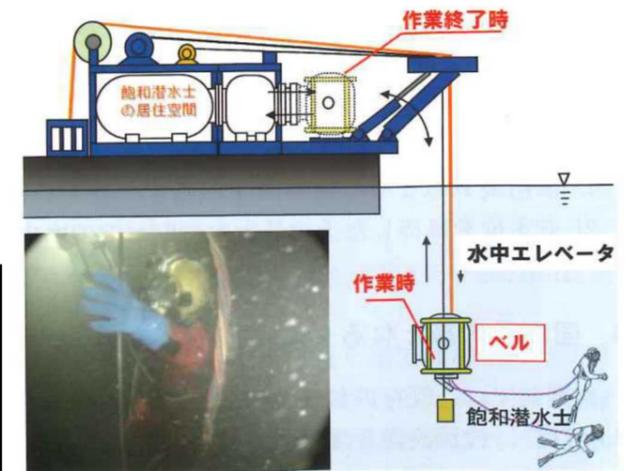
【長所】

1. 長時間、深い深度で潜水作業ができる。(潜水者は潜水時間を気にかける必要がない。)
2. エクスカッション潜水限度の範囲内では、無減圧潜水が可能である。
3. 潜水作業効率(潜水作業時間に対する滞底時間の割合)が良い。
4. 確実な潜水作業管理が可能である。(環境制御、時間管制など)
5. 潜水士の高圧暴露・減圧は基本的に1回限りなので、減圧症発生のリスクが低減する。

【短所】

1. 長時間の減圧が必要である。
2. 加圧から減圧終了まで潜水者は狭隘な高圧環境に長期間拘束されるので、潜水者の生理的及び心理的負担が大きい。
3. 潜水装置及び支援設備が大掛かりとなり、多数の支援要員を24時間体制で必要とする。
4. 設備投資、運用経費が大きい。

飽和潜水について出典：厚生労働省「海底配管建設技術に係る安全衛生対策のあり方に関する検討会」報告書(資料編)別添資料6 飽和潜水運用マニュアル(日本サルヴェージ株式会社)より一部抜粋



飽和潜水士  
図 52 飽和潜水作業イメージ

飽和潜水作業イメージ出典：土木技術資料 61-6(2019) 鶴田ダム再開発事業の概要より

5.3.2 対策案の検討

- ・堆砂が進行しても取水機能が維持可能な対策を講じる必要がある。
- ・前述までの「対策を行うにあたっての制限」を踏まえて、**取水機能を維持し、少しでも堆砂の進行を抑制できる対策として「取水口前面隔壁+選択取水」を追加で検討。**
- ・これらの対策案は、構造等で工夫する余地があり引き続き検討していく。

表 14 対策案の比較

		案 1：連続サイフォン式+バルブ接続	案 2：取水口前面隔壁+選択取水
構造イメージ	構造イメージ	<p>既設取水塔撤去 連続サイフォン式新設</p> <p>最大約 80 m</p> <p>上流面図 既設利水バルブ利用 連続サイフォン式へ接続 断面図</p> <p>連続サイフォン式イメージ</p> <p>サイフォン管 14m 約 30 m コンクリート 上部部 コンクリート 基礎部</p> <p>【出典】国土交通省四国地方整備局・山鳥坂ダム工事事務所 鹿野川ダムパンフレットより</p>	<p>既設取水塔を<b>選択取水に改造</b> 前面に<b>隔壁新設</b></p> <p>管理開始 100 年後 想定堆砂高</p> <p>約 10 m</p> <p>上流面図 既設利水バルブ利用 前面に隔壁新設 断面図</p> <p>表面取水塔 改造</p> <p>前面隔壁イメージ (写真は堤体削孔のための仮設締切)</p> <p>約 30 m</p> <p>【出典】鶴田ダム再開発事業 平成 25 年 05 時点の 工事の進捗状況 国土交通省九州地方整備局 川内川河川事務所より (一部加筆)</p> <p>【出典】H26.1.7 国土交通省九州地方整備局 川内川河川事務所記者発表資料より</p>
	構造概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・既設の表面取水設備を撤去し、新たに連続サイフォン式（選択取水機能）を設置する。</li> <li>・連続サイフォン式に既設利水バルブを横引き管で接続し、サイフォン部からの取水とすることで堆砂による取水口の埋没を防ぐ。</li> <li>・連続式サイフォン式を新設することで、密度流排砂を可能とする。</li> <li>・放流能力は各設備ともに現状変更なし。(利水バルブ 20m<sup>3</sup>/s × 2 条、発電放流管 12m<sup>3</sup>/s)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・既設の表面取水設備及び利水バルブの前面に鋼製の隔壁を設置する。</li> <li>・隔壁の高さは最低水位付近までとし、取水は隔壁の開口部から行うことで堆砂による取水口の埋没を防ぐ。</li> <li>・既存の表面取水設備を選択取水設備に改造することで、密度流排砂を可能とする。</li> <li>・放流能力は各設備ともに現状変更なし。(利水バルブ 20m<sup>3</sup>/s × 2 条、発電放流管 12m<sup>3</sup>/s)</li> </ul>
比較	構造	・連続サイフォン式の選択取水設備を新設するため密度流排砂が可能。(最大 52m <sup>3</sup> /s)	・表面取水から選択取水へ改造するため密度流排砂が可能。(最大 12m <sup>3</sup> /s)
	適用範囲	・最低水位以上に堆砂しても連続サイフォンのため選択取水が可能。	・隔壁の高さ以上に堆砂した場合は取水不可となる。ただし、継ぎ足しできる構造とすることで最低水位以上に堆砂した場合でも対応可能。
	工期リスク	・長期工期のため、濁水の影響による工期遅延リスクが高い。	・比較的短期間で施工可能なため、濁水の影響による工期遅延リスクが案 1 より低い。
	施工性	・気密性が求められるため、水中でも精度の高い施工が必要。	・粘土シルトの侵入を防ぐことが目的のため、比較的施工は簡易。
	水中作業	・長期間の飽和潜水作業が必要となる。	・飽和潜水作業が必要となる。(案 1 に比べ短期間)
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・横引き管で接続するため、発電放流管と利水放流管の分岐形状などに構造上の工夫が必要。</li> <li>・連続サイフォン式と利水放流管を接続させるため、接続時に放流不可期間が生じる。</li> <li>・堆積した土砂を排出できる排砂管構造としての可能性 (砂での実験成果あり。粘土は未確認)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・浮遊砂や塵芥が隔壁内に堆積する可能性があるため、堆積を抑制・排除する構造上の工夫が必要。</li> <li>・本設備として長期的に使用可能な隔壁構造とする必要がある。</li> </ul>	

## 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<sup>3</sup>/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<sup>3</sup>/年** (S44～R1 の内、800m<sup>3</sup>/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 800m<sup>3</sup>/s を超えると 500 千m<sup>3</sup>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。

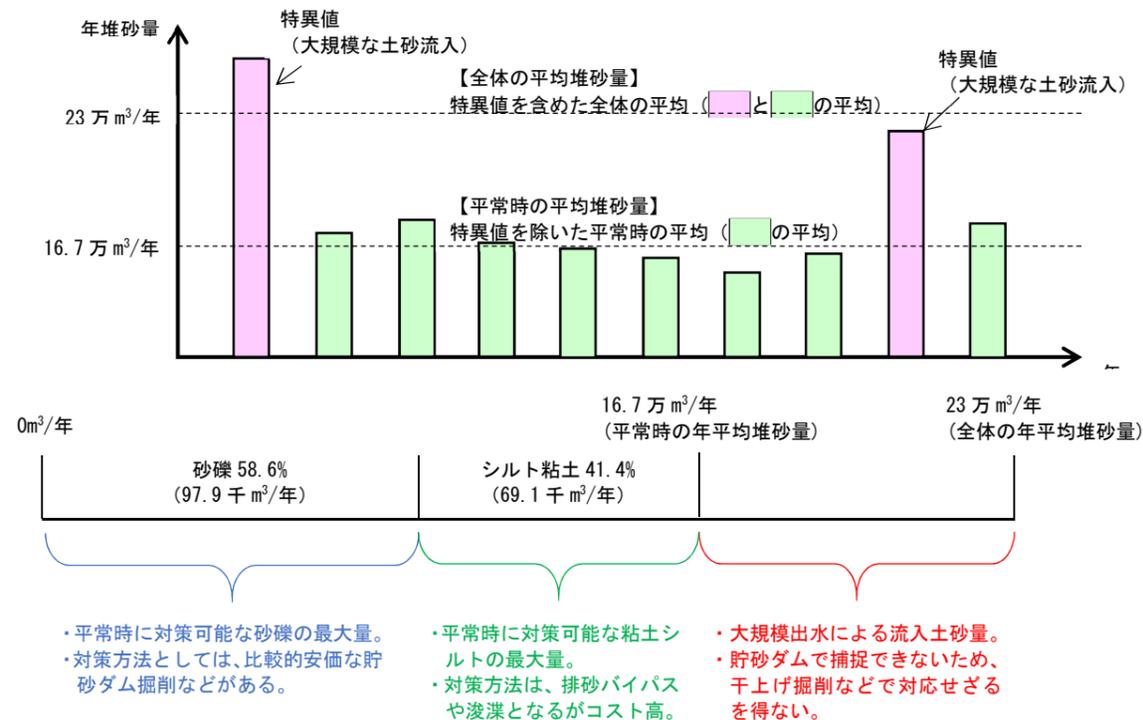


図 53 目標対策量の設定イメージ図

表 15 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%

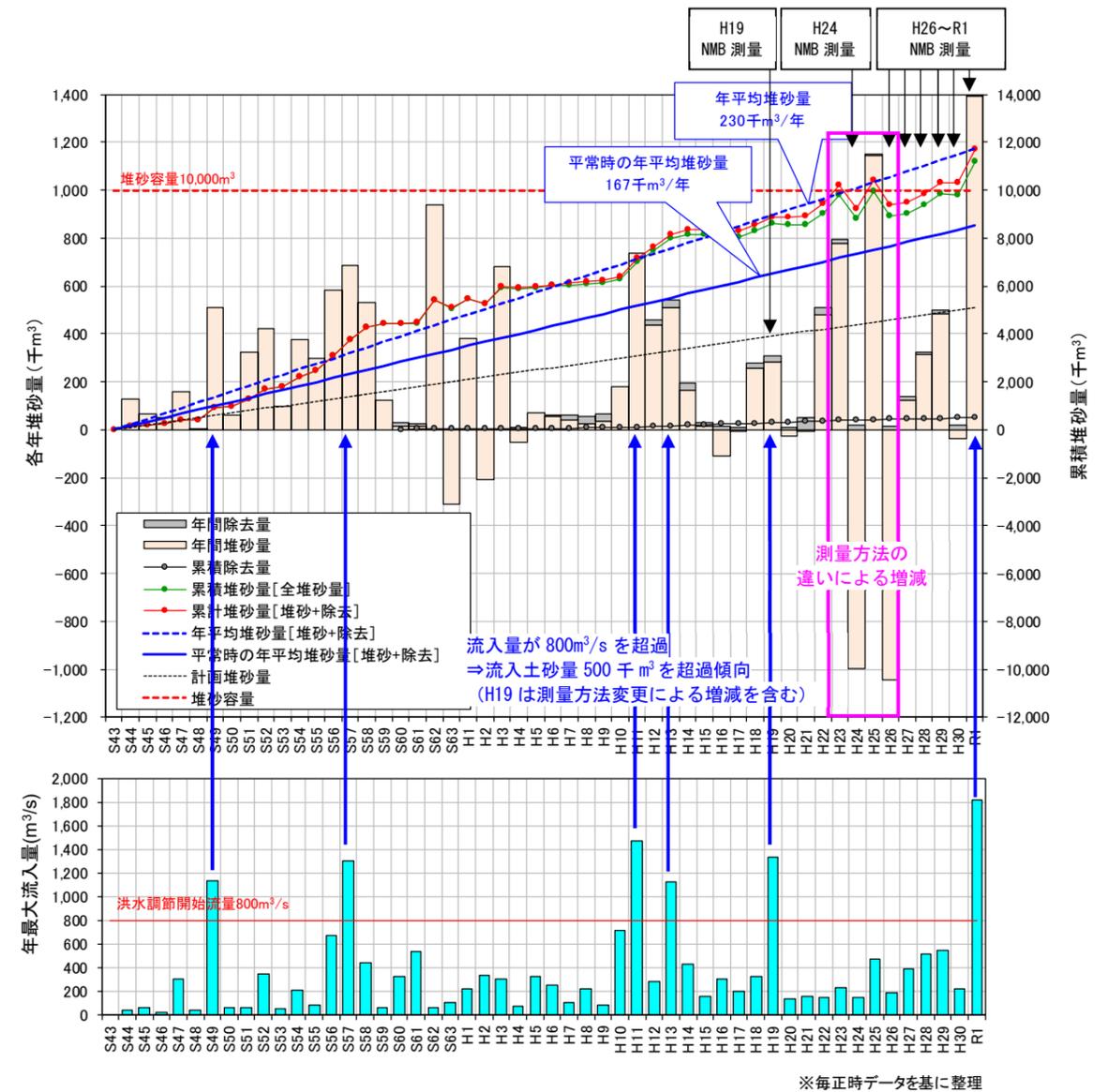


図 54 下久保ダム 実績堆砂量・除去量

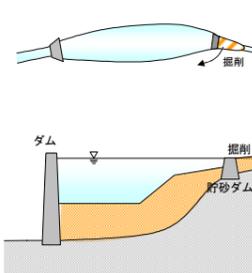
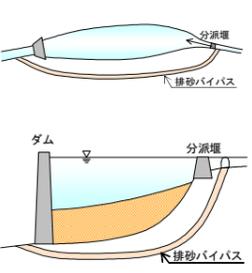
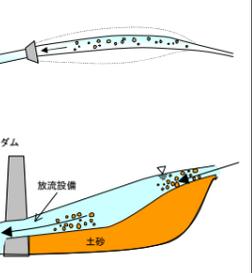
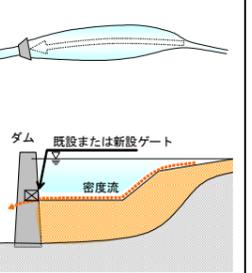
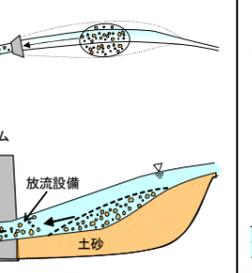
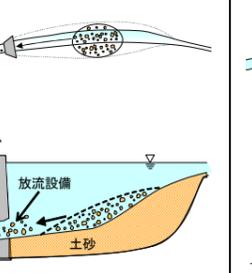
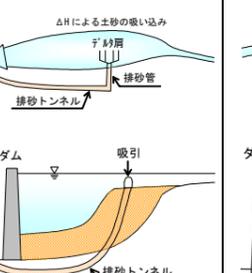
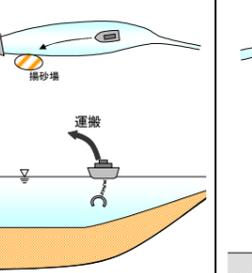
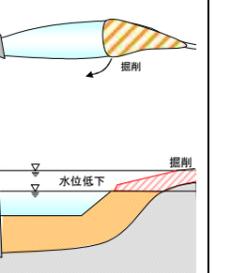
#### 測量方法の違いによる増減

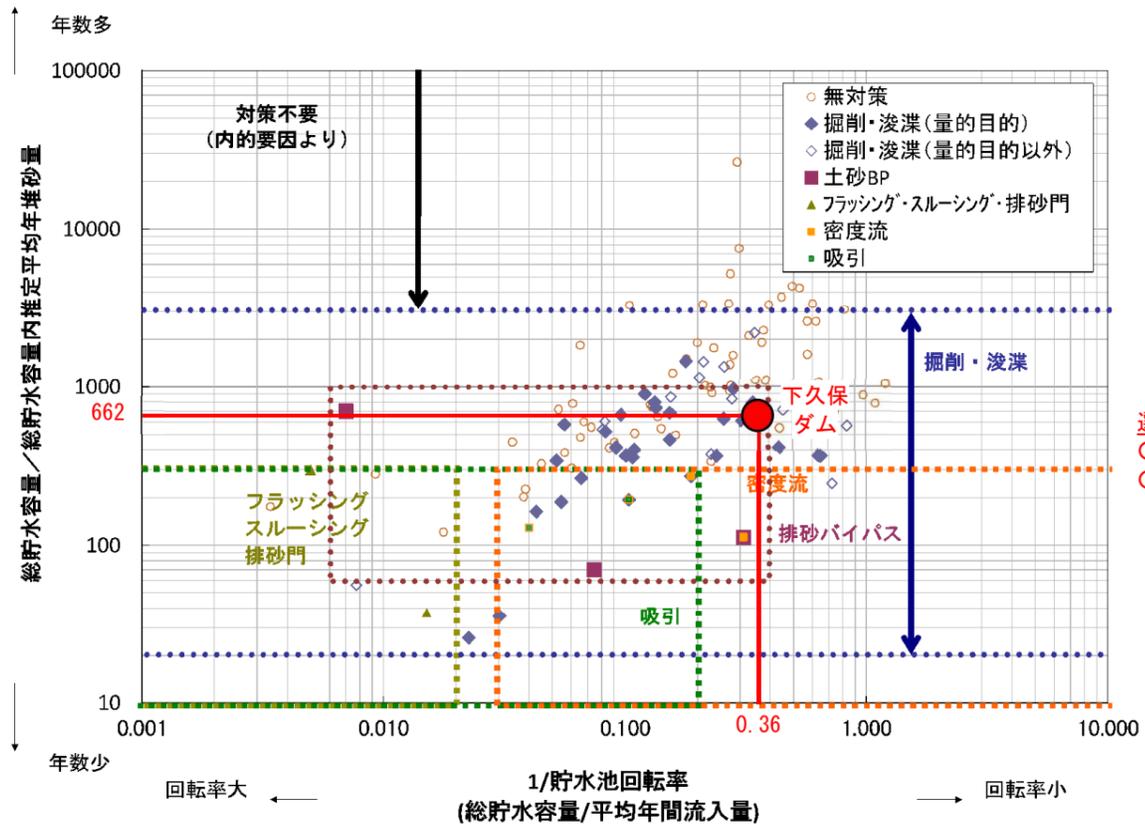
下久保ダムの堆砂量の経年変化には、測量方法の違いなどによる増減が含まれているため、これらは除外し検討。(例：H23～H26 年)

## 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 16 堆砂対策工法一覧

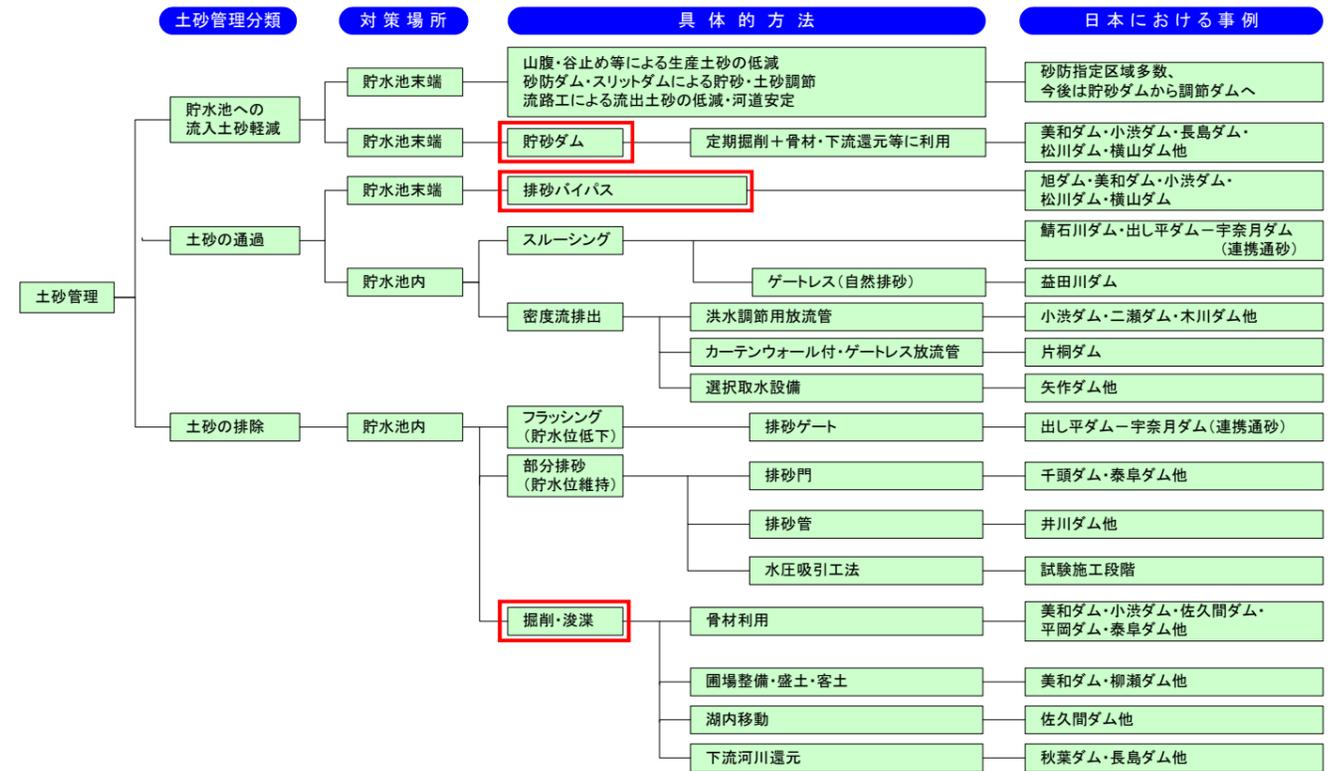
分類	貯水池への流入土砂軽減	土砂の通過				土砂の排除				
堆砂対策	①貯砂ダム掘削	②排砂バイパス	③スルーシング	④密度流排出	⑤フラッシング (水位低下)	⑥部分排除 (貯水位維持) (排砂管・排砂門)	⑦部分排除 (貯水位維持) (水圧吸引工法)	⑧浚渫	⑨干上げ掘削 (水位低下)	
概要										
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・貯水池上流部に貯砂ダムを設置することで有効容量内への土砂流入を抑制する。</li> <li>・恒久的活用のためには、貯砂ダム上流に堆積した土砂は掘削除去する。</li> </ul>	<ul 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)	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	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				排砂門・排砂管の損傷や詰まり等の問題から困難
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(8.2 参照)	



※上記の密度流にプロットされているダムは、結果的に密度流となったダムであり、計画的には実施されていない。  
 ※吸引（機械的対策）を実施しているダムはなく、上記のプロットは計画段階のダムとなっている。

※出典：「ダム貯水池土砂管理の手引き(案) 平成 30 年 3 月」に加筆

図 55 堆砂対策工法概略選定図



※出典：「角哲也：日本における貯水池土砂管理,第3回世界水フォーラム, 流域一貫の土砂管理(貯水池土砂管理に向けた挑戦)論文集, pp. 27-40, 2003.」に加筆

図 56 対策工法一覧（赤枠：下久保ダムで選定される工法）

### 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>**の陸上掘削を実施することが可能と仮定。

表 17 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必要。	

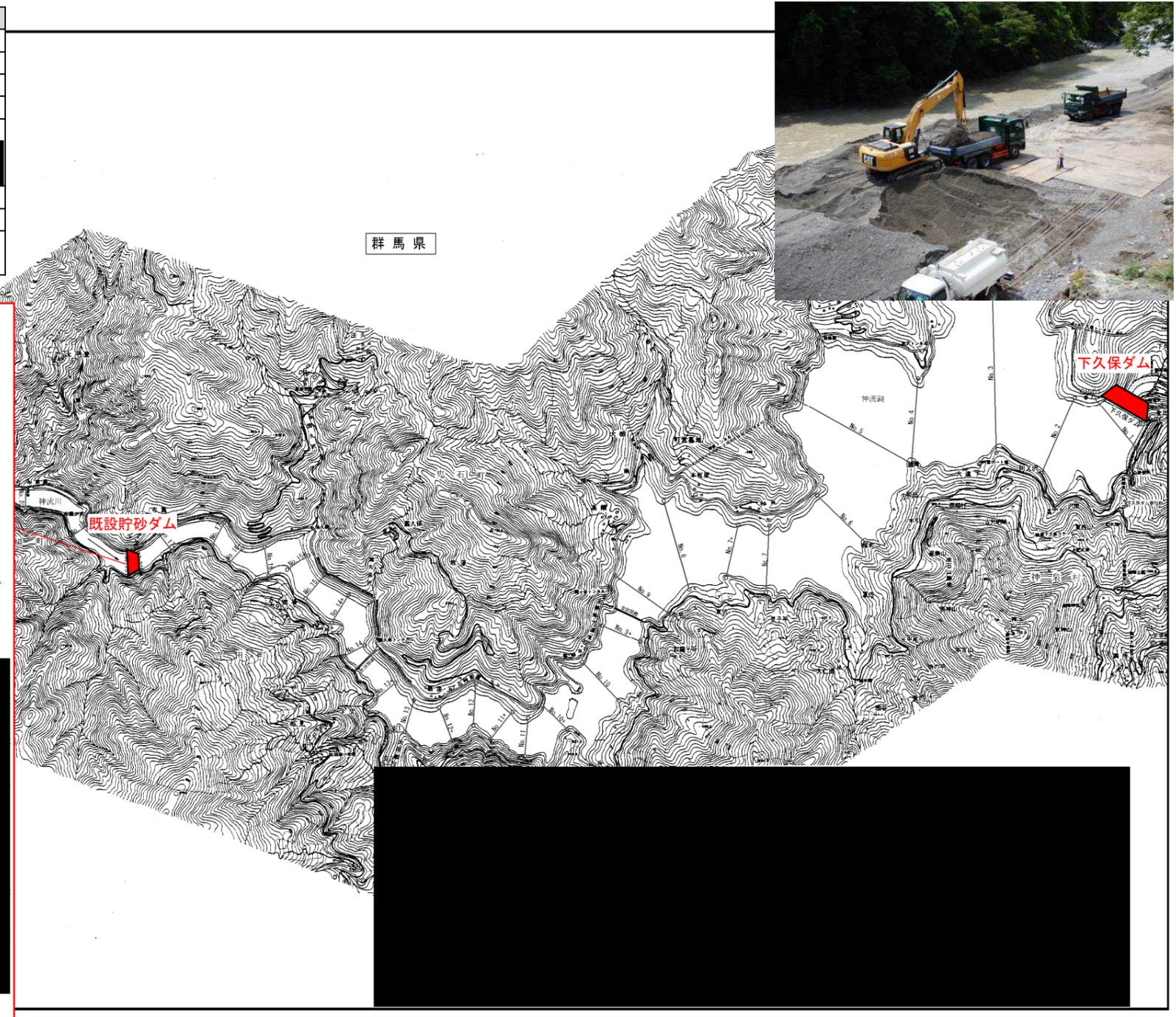
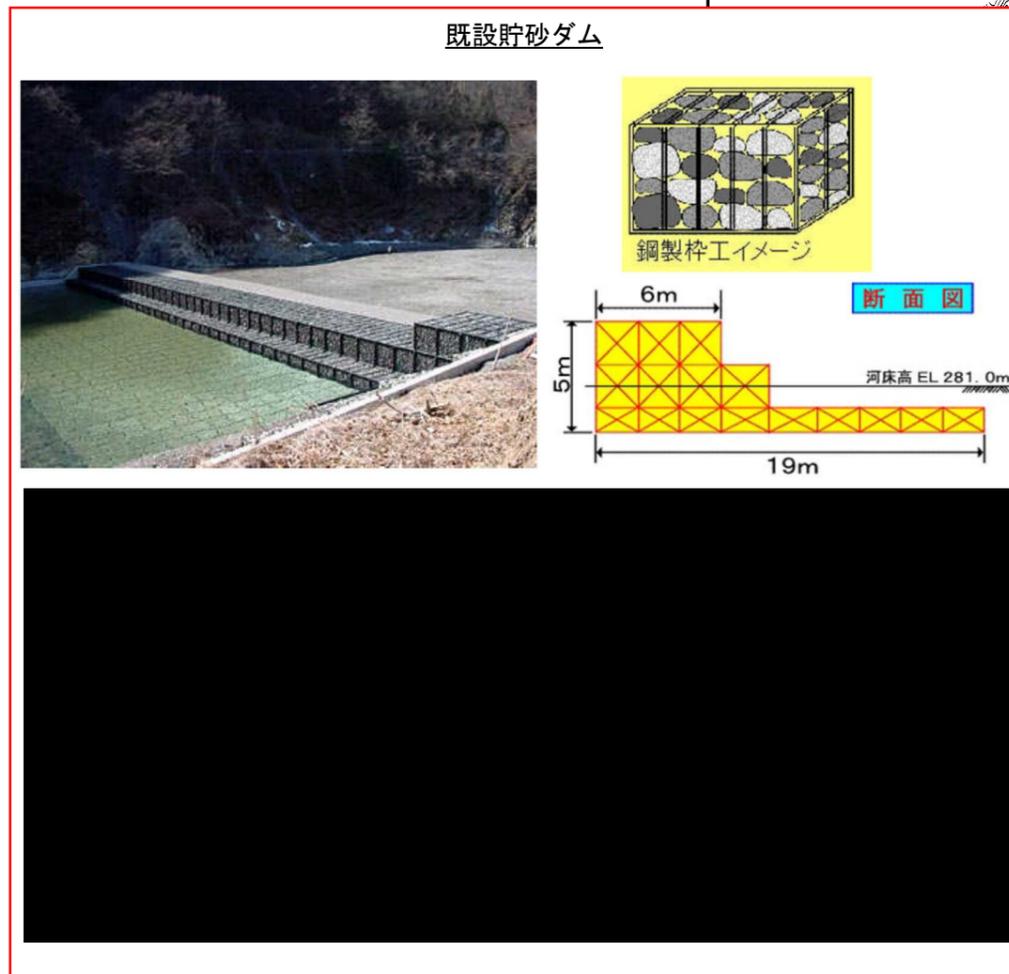


図 57 貯砂ダム掘削のイメージ

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仮定。
- ・**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 19 浚渫概要

項目	内容
施設概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・グラブ浚渫、土運搬などにより浚渫。</li> <li>・陸揚場所とそこからの土砂搬出設備を整備。</li> </ul>
利点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> </ul>
欠点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・陸上掘削と比較すると、経済性に劣る。</li> </ul>
留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・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必要。</li> </ul>



表 20 浚渫工法比較

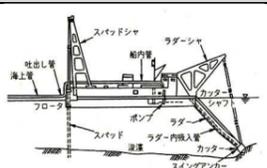
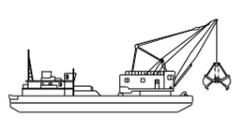
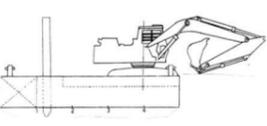
項目	ポンプ浚渫	グラブ浚渫	バックホウ浚渫
概要図			
概要	水と共にサンドポンプにより土砂を吸込む。掘削・揚土した土砂は排砂管により運搬。	クローラクレーンなどを台船に乗せ、グラブバケットにより浚渫。浚渫土は土運船により運搬。	バックホウを台船に乗せ浚渫。浚渫土は土運船により運搬。
作業水深	3～15m	大水深も可能	最大 7m
適用土質	粘土～砂質土	グラブの付替により粘土～砂礫まで可能	粘土～砂礫まで可能
評価	× 下久保ダムでは、粘土シルトは堤体付近に堆積しており、作業水深は 15m 以上であるため適用性が低い。	○ 作業水深、適用土質共に適用範囲内。	△ 作業水深が 7m 程度で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

図 58 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）

項目	内容
施設諸元	
呑口位置	
吐口位置	
延長	
勾配	
断面形状	
対象土砂	
設計流量	
下流河川への影響	
三波石峡	
神水ダム	
神水ダムより下流	
評価	
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>

排砂バイパスルート図

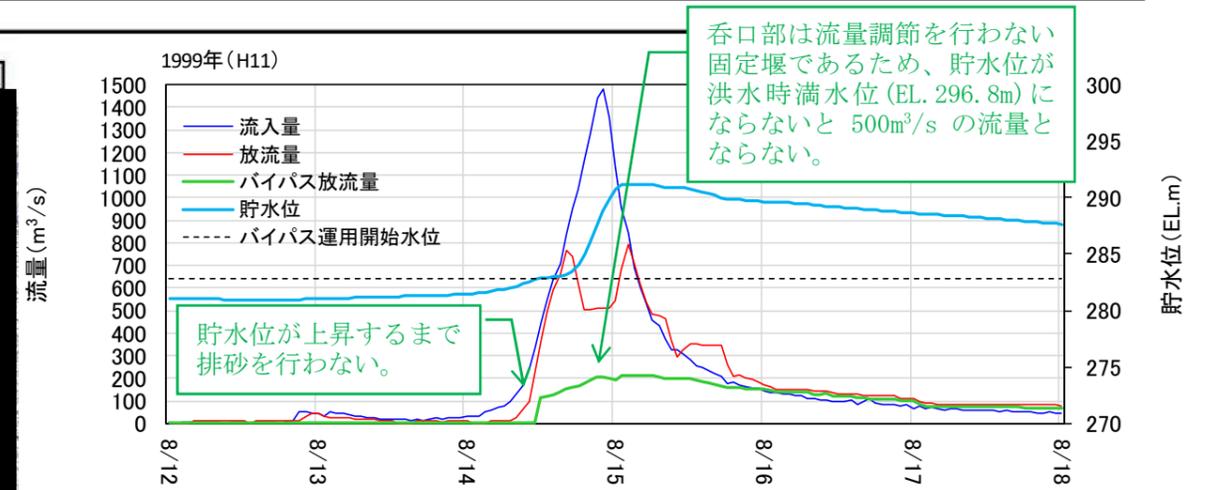


図 59 平成 11 年 8 月洪水におけるバイパス運用状況

※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 60 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、計画的に実施できた場合は、**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、関係機関との調整が必要**。(水位制限の考え方は8.1参照)。
- ・また、貯水池近傍に掘削除去した土砂の**大規模受入地を確保**する必要がある。

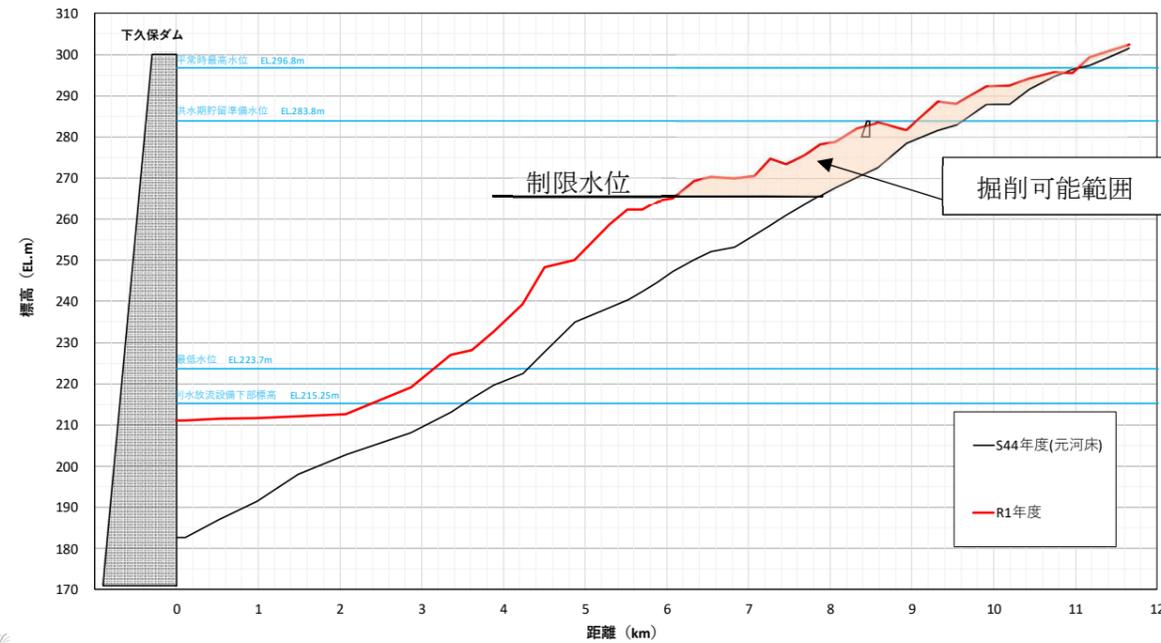


表 24 干上げ掘削の概要

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。 ・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必要。

図 61 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。

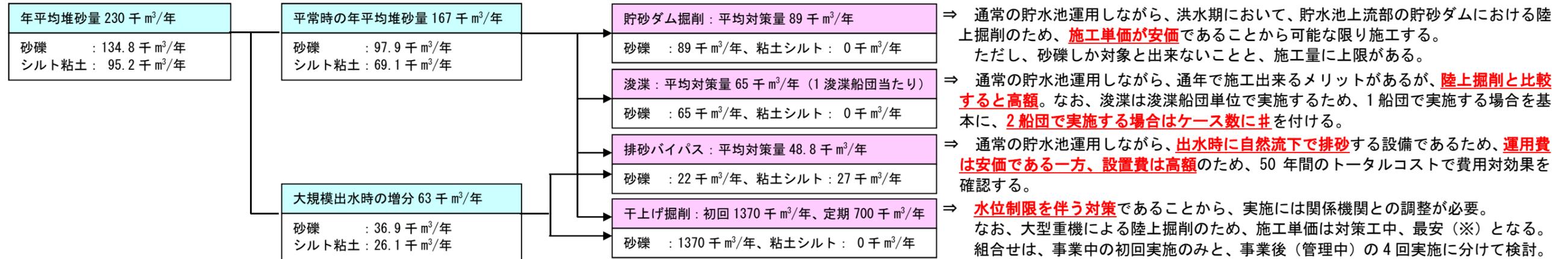


図 62 各対策工の最大対策土量

⇒ 通常の貯水池運用しながら、洪水期において、貯水池上流部の貯砂ダムにおける陸上掘削のため、**施工単価が安価**であることから可能な限り施工する。ただし、砂礫しか対象と出来ないことと、施工量に上限がある。

⇒ 通常の貯水池運用しながら、通年で施工出来るメリットがあるが、**陸上掘削と比較すると高額**。なお、浚渫は浚渫船団単位で実施するため、1船団で実施する場合を基本に、**2船団で実施する場合はケース数に#**を付ける。

⇒ 通常の貯水池運用しながら、**出水時に自然流下で排砂**する設備であるため、**運用費は安価である一方、設置費は高額**のため、50年間のトータルコストで費用対効果を確認する。

⇒ **水位制限を伴う対策**であることから、実施には関係機関との調整が必要。なお、大型重機による陸上掘削のため、施工単価は対策工中、最安（※）となる。組合せは、事業中の初回実施のみと、事業後（管理中）の4回実施に分けて検討。  
※ 施工単価には水位制限に伴い必要となる費用は未計上。

⇒ 貯砂ダム掘削、浚渫、干上げ掘削は、**貯水池近傍に大規模受入地の確保や工事用道路を造成することを前提**としている。

表 26 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。

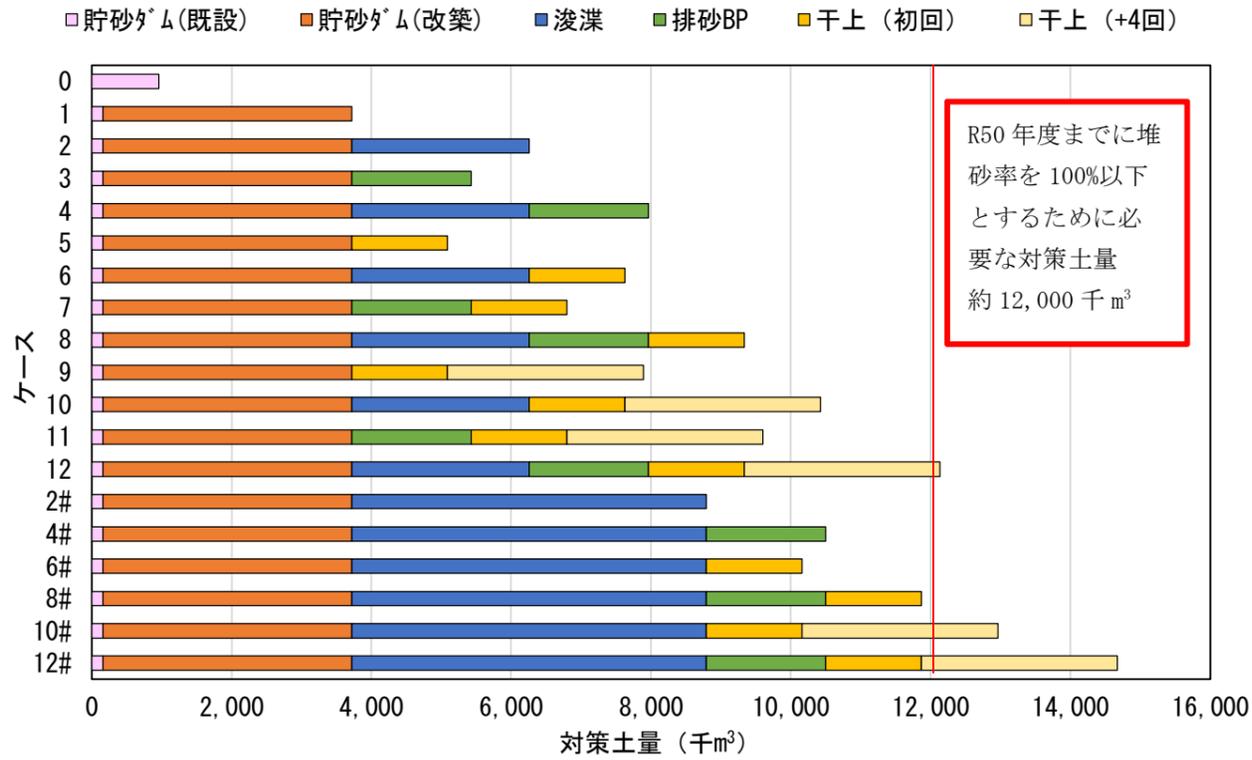


図 63 管理開始 100 年目 (R50 年度) までに除去される堆砂量

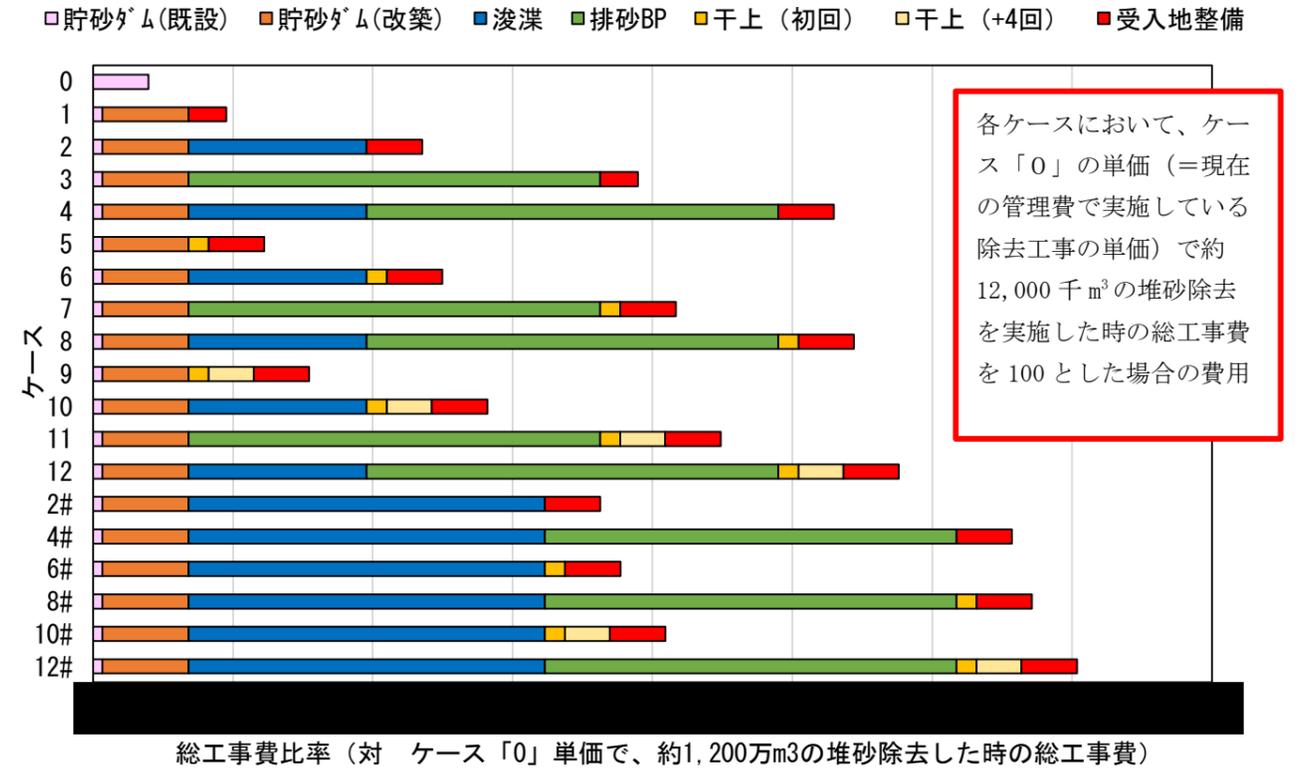


図 65 堆砂対策を実施する際に必要な総コスト (工事費)

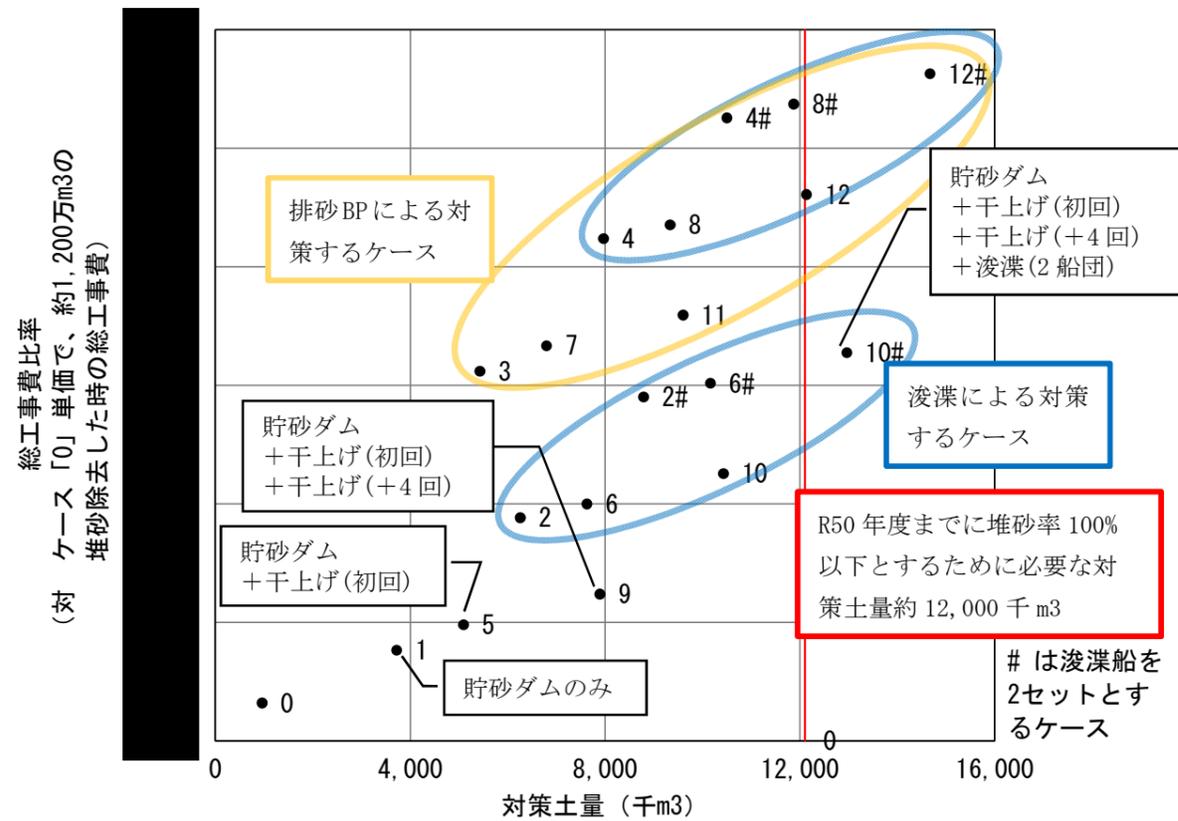


図 64 堆砂対策組合せ案の対策土量とコストの関係

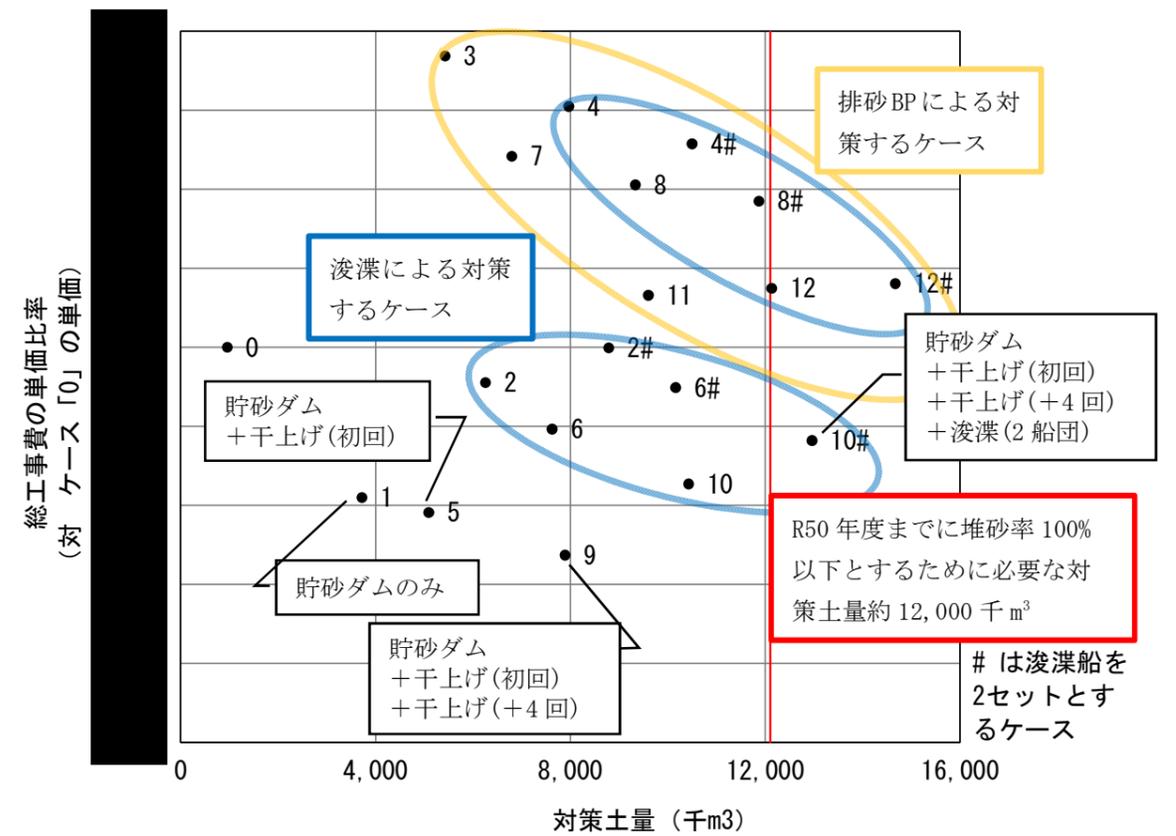


図 66 堆砂対策組合せ案の対策土量と対策単価比の関係

6.4 目的毎の対策組合せ整理

- ・下久保ダムのみで堆砂対策した場合における目的毎に抽出した各対策工の組合せの実現性を評価。
- ・流入土砂量（年平均 230 千 m<sup>3</sup>/s）に対し、**下久保ダムのみで、管理開始後 100 年時点で堆砂量を計画堆砂量 1000 万 m<sup>3</sup> に収めることは実現性の面から課題が多い。**
- ・ダム機能を長期間確保するため、持続可能な**有効活用方策（コンクリート骨材等への活用）を構築**し、できる限り除去量を増加させる対策を検討していく必要がある。

表 27 下久保ダム単独で堆砂対策した場合の目的毎の対策組合せ（実現性評価）

項目		現在の堆砂除去量 初期条件：（ケース 0 がベース）	案 1 堆砂除去量を重視 （ケース 10# がベース）	案 2 費用対効果を重視 （ケース 9 がベース）	案 3 持続可能性を重視 （ケース 1 がベース）※1
概要		・現時点で実施可能な対策	・R50 年度（管理開始 100 年後）に堆砂率 100% 程度を維持できる対策工の組合せ	・費用対効果が高い（対策単価が安価な）対策工の組合せ	・早期に実現可能かつ、持続可能性のある対策工
対策内容	対策工 （対策期間は R50 年度までを仮定）	・既設貯砂ダム掘削（毎年）=240 千 m <sup>3</sup> 5 千 m <sup>3</sup> /年×48 年（改造なし）=240 千 m <sup>3</sup> ・下流運搬（土砂還元）	・貯砂ダム改造掘削（毎年） =3,600 千 m <sup>3</sup> 5 千 m <sup>3</sup> /年×8 年（改造前）=40 千 m <sup>3</sup> 89 千 m <sup>3</sup> /年×40 年（改造後：R10 改造仮定）=3,560 千 m <sup>3</sup> ・干上げ掘削（初回+4 回） =4,170 千 m <sup>3</sup> 大規模干上げ 1 回 ×1,370 千 m <sup>3</sup> 定期干上げ 4 回×700 千 m <sup>3</sup> （約 10 年周期仮定） ・浚渫（毎年×2 船団） =5,070 千 m <sup>3</sup> 65 千 m <sup>3</sup> /年×39 年（R12 開始仮定）=2,535 千 m <sup>3</sup> （1 船団）	・同左 ・同左	・同左 ・下流運搬（有効活用：ダム周辺でコンクリート骨材として川砂利の需要あり）
	トータル対策量	・約 250 千 m <sup>3</sup>	・約 12,800 千 m <sup>3</sup>	・約 7,800 千 m <sup>3</sup>	・約 3,600 千 m <sup>3</sup>
	対策後の R50 年度想定堆砂率	・約 220%	・約 95%	・約 145%	・約 185%
	対策単価 ※2 （m <sup>3</sup> 当たり単価）				
	必要な付属設備		・貯砂ダム改造 ・大規模受入地（10,000 千 m <sup>3</sup> 程度）や工事用進入路（用地取得必要） ・浚渫設備×2 船団	・同左 ・同左	・同左 ・有効活用のためのストックヤード（用地取得又は借地が必要）
	制限水位の設定	・なし	・干上げ掘削時に必要	・同左	・なし
評価	課題		・制限水位設定に伴う代替水源の確保が必要 ・干上げ掘削に伴う制限水位は掘削回数を重ねる毎に低下させる必要 ・濁水濁水の発生が懸念 ・大規模受入地の確保が必要 ・干上げ掘削 1,370 千 m <sup>3</sup> を非洪水期 11 月～5 月の 1 シーズンで施工するには約 200 千 m <sup>3</sup> /月の施工量となり課題	・同左 ・同左 ・同左 ・同左	・公道を活用し下流に運搬するため、運搬量に制限 ・ストックヤードまでの距離により費用対効果が大きく変動
	総合評価	・現状と変わらない。現在のスピードで堆砂が進行	・制限水位設定および大規模受入地の確保が可能となれば実現可能 ・下久保ダム単独の対策で堆砂率 100% を維持するためにはこの規模の対策が必要	・同左 ・費用が嵩む浚渫を除いているため、実現性は案 1 に比べやや高い	・有効活用者の有無により実現性は変動 ・有効活用可能な場所まで運搬すれば実現性は高い

※1 案 3 は、土砂の有効活用を図るものとしてケース 1 を改良（大規模受入地から下流のストックヤードに変更）。

※2 対策単価は、各案の 1m<sup>3</sup> あたりの費用（費用/対策量）を比較し割合で表したものである。

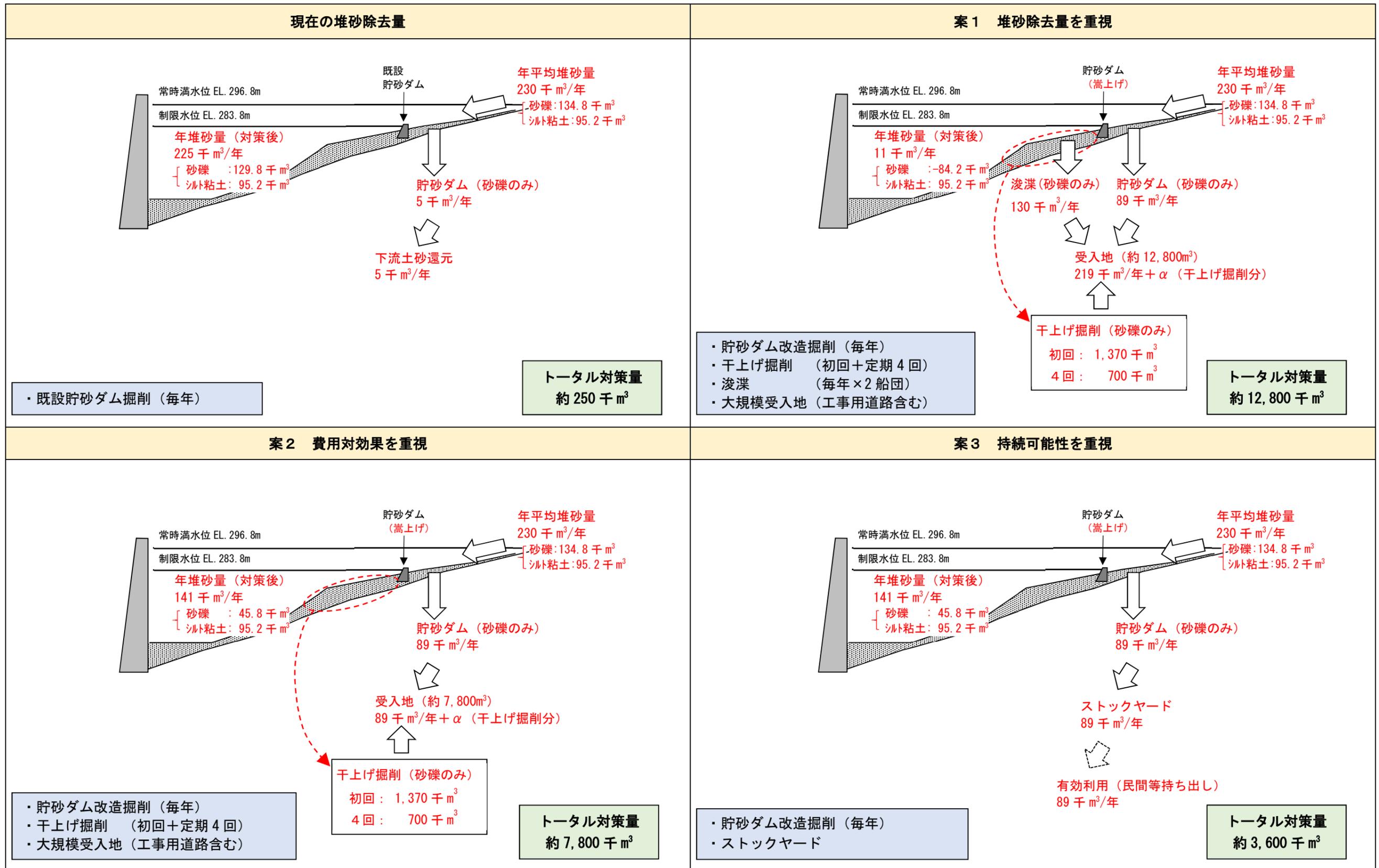


図 67 目的毎の対策組合せにおける堆砂量と対策量の収支

# 7. 下久保ダムにおける堆砂対策の課題抽出

## 7.1 堆砂対策の課題抽出

- ・ 長期的な堆砂対策を含めた各種堆砂対策工法について、下久保ダムで実行するための課題を抽出。
- ・ これらの課題には、下久保ダムのみでは実現が困難な対策や対応がある。

下久保ダム堆砂率 11.2%  
(計画の2倍の速度で進行)

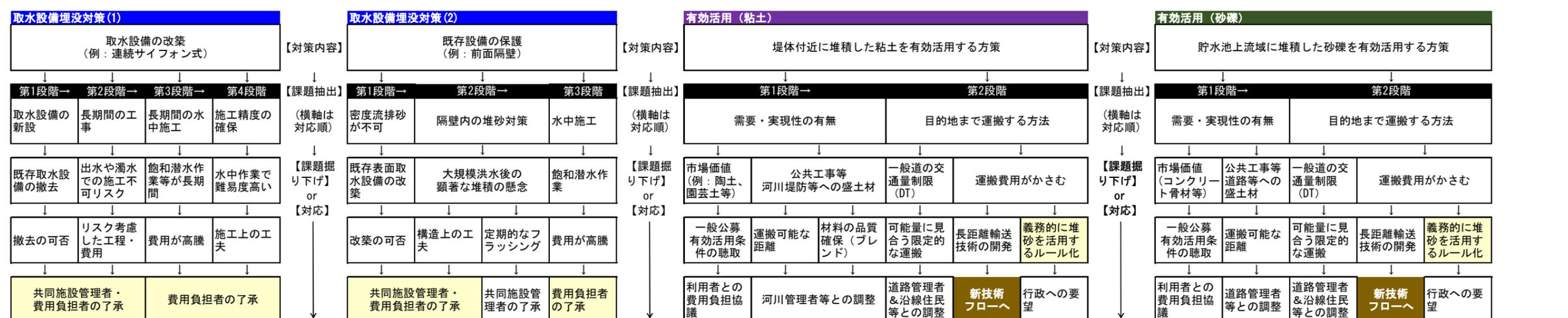
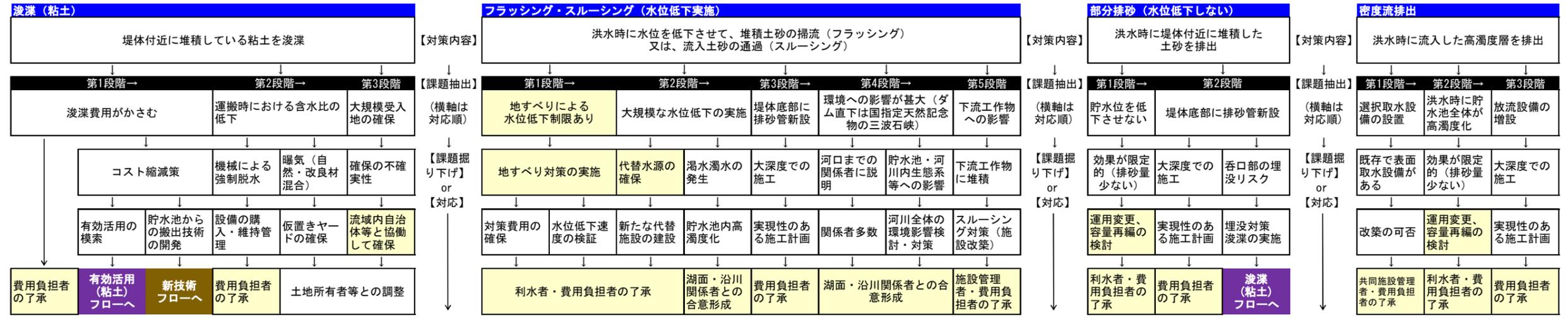
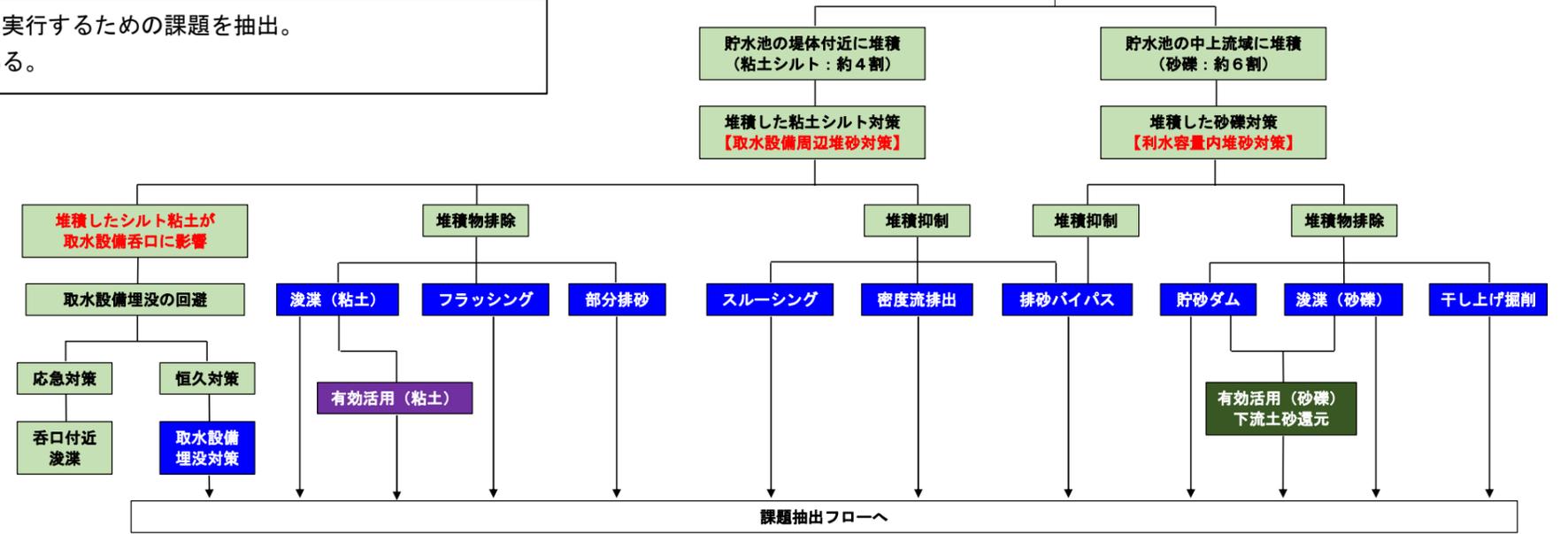


図 68 堆砂対策の課題抽出(1)

○課題の抽出

- ・堆砂対策は、長期間にわたり多大なコストがかかることから**費用負担者の了承**が必要。
- ・堆砂対策を実施するためには、神流川・烏川・利根川流域における**多くの関係者（沿川、湖面関係者、河川管理者）との調整・合意形成**が必要。
- ・大幅に水位を低下させ対策する方法が有効であるが、水位低下に相当する**水源確保**が必要。
- ・大幅に水位を低下するため貯水池周辺の地すべり対策を行い、**現在の水位低下制限（1m/日）を解消**する必要。
- ・下久保ダムの貯水池運用や容量を見直すことで、**現時点では効果が限定的な排砂対策も効果が発現する可能性**。

○求める対応策

- ・流域内の自治体、河川管理者及びダム管理者等が**協働して流域内にまとまった受入地の確保**を行い、**流域全体で持続可能な総合的土砂管理に向けての協力体制の確立**。
- ・**ダムの堆砂を義務的に建設材料（骨材や盛土材等）として使用するためのルール化**。

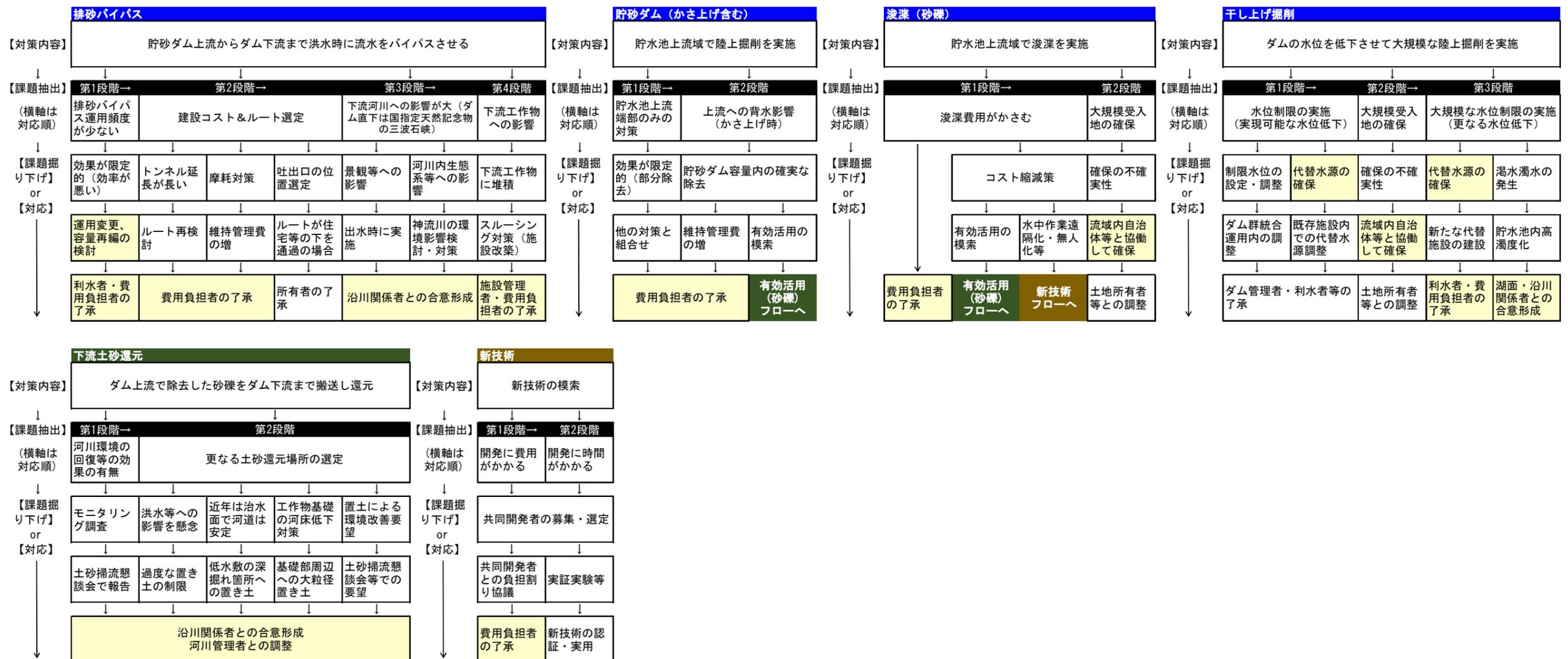


図 69 堆砂対策の課題抽出(2)

**【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。

8. コスト縮減・新たな取組

8.1 コスト縮減（水位制限の設定）



## 8.2 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 30 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 31 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 32 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		

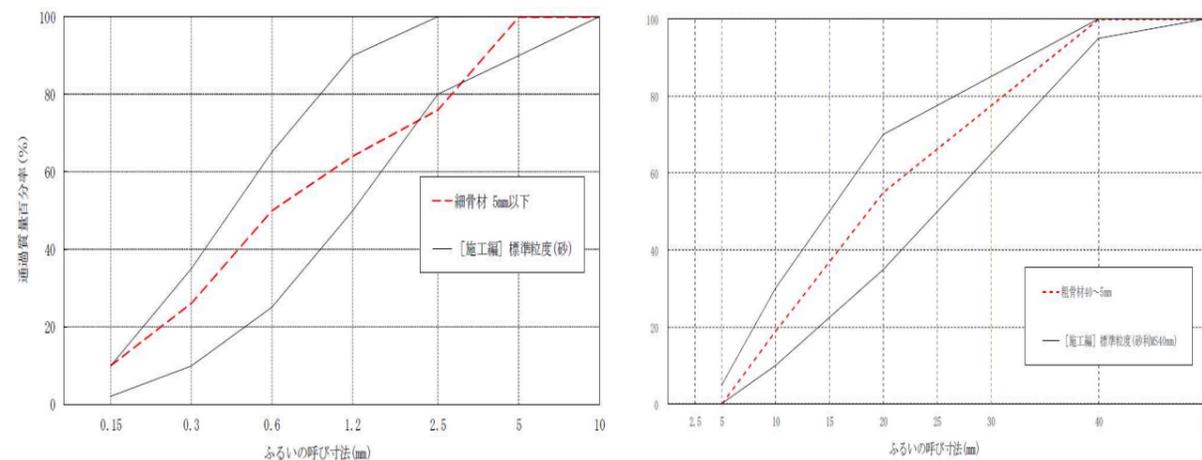


図 72 下久保ダム堆砂の細骨材（上）及び粗骨材（下）としてのふるい分け試験結果

### 8.2.1 コンクリート骨材としての有効利用調査

- ・ 砂利及び碎石の全国の供給量と埼玉県全域の生産量の経年変化をみると、昭和40年代前半までは河川砂利が供給の多くを占めていたが、過剰な採取による規制の強化の影響で激減。埼玉県はほぼ碎石生産が占める。
- ・ 一方で、現在も下久保ダム周辺の神流川沿いには、河川砂利を扱うことが出来る企業が存在しており、下久保ダムの貯砂ダムから断続的ではあるが年間数千m<sup>3</sup>程度採取している企業も存在。
- ・ 聞き取り調査の結果、**下久保ダムの堆砂はコンクリート骨材としての強度・比重ともに満たしており、泥分も少なく優良な材料。**

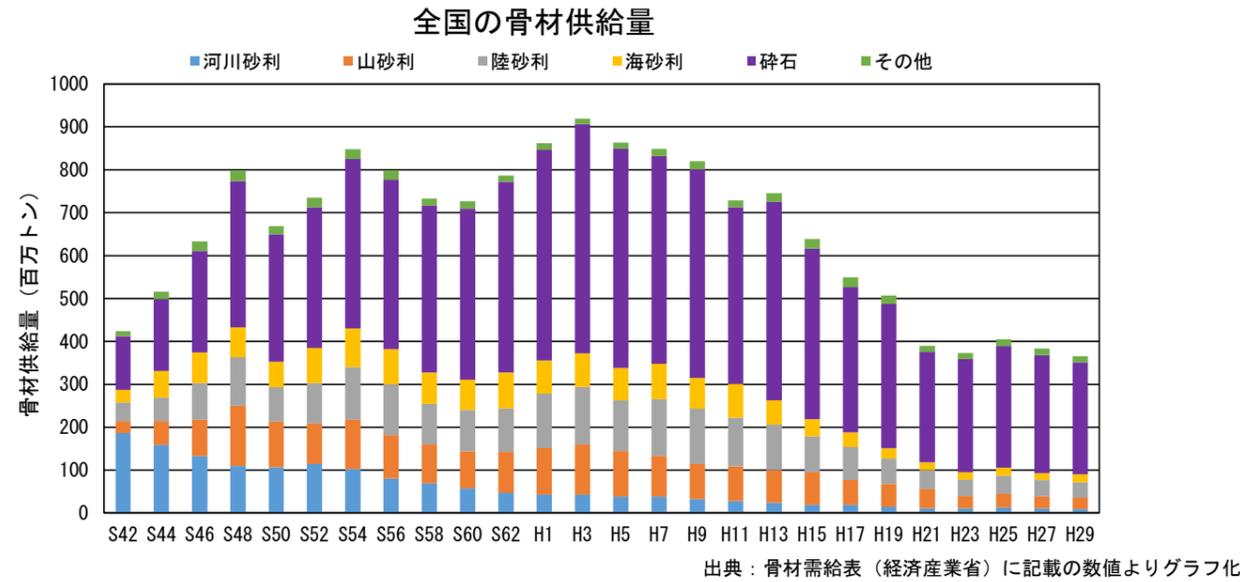


図 73 全国の骨材供給と埼玉県内の砂利等生産量

[神流川周辺の砂利採取事情]

- ・ 昭和41年5月の河川砂利基本対策要領に基づき、砂利採取規制計画が策定され、神流川は第一次規制計画（S41年度～S43年度）以降、第二次から第七次規制計画（S59年度～S61年度）にかけての間、砂利採取が禁止されていた状態であった。
- ・ 昭和40代後半からは、河川管理上の支障を排除する対策工事を行う代わりに採取が可能となる特定採取が一時的に行われた。
- ・ 規制の間、神流川周辺では陸砂利（旧河川敷の田んぼや畑の掘り起こしにて採取）の採取製造が主体となり、現在に至っている。
- ・ 現在も第十九次規制計画（R2年度～R6年度）で神流川始点から上流11.6km区間（直轄管理区間）は採取禁止区域となっている。

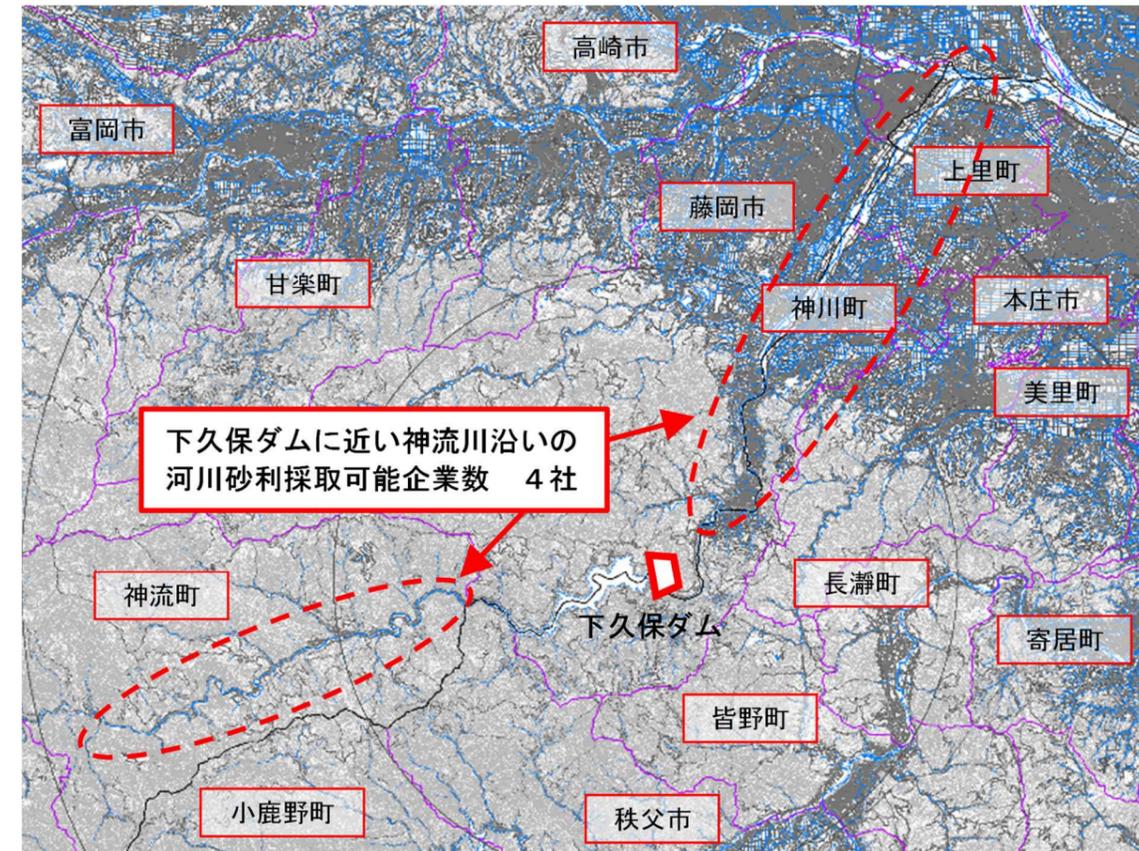


図 74 下久保ダム周辺位置関係

#### 【有効利用調査結果】

- ・ **コンクリート骨材としての強度・比重ともに満たしており、泥分も少なく優良な材料。**
- ・ 一方で**不純物（木片やゴミ）は入っているため除去が必要。**
- ・ 下久保ダム周辺の企業であわせて**年間約30万m<sup>3</sup>程度の需要あり。**
- ・ 質的にも量的にも**年間を通じて安定的に採取・製造できることが重要。**
- ・ ダム貯水池内でも砂利採取に際しては漁協との調整や、運搬時の地元住民対応など配慮が必要。
- ・ 下久保ダムの**貯砂ダムまでは遠いため、採取・運搬を行うとコスト的に厳しい。**
- ・ **ダム下流のどこかにストックヤードがあり、そこにダム管理者が堆砂を運搬し、各企業がそこから必要量を搬出する仕組みが出来れば相当程度の利用促進が見込まれる。**

### 8.2.2 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。

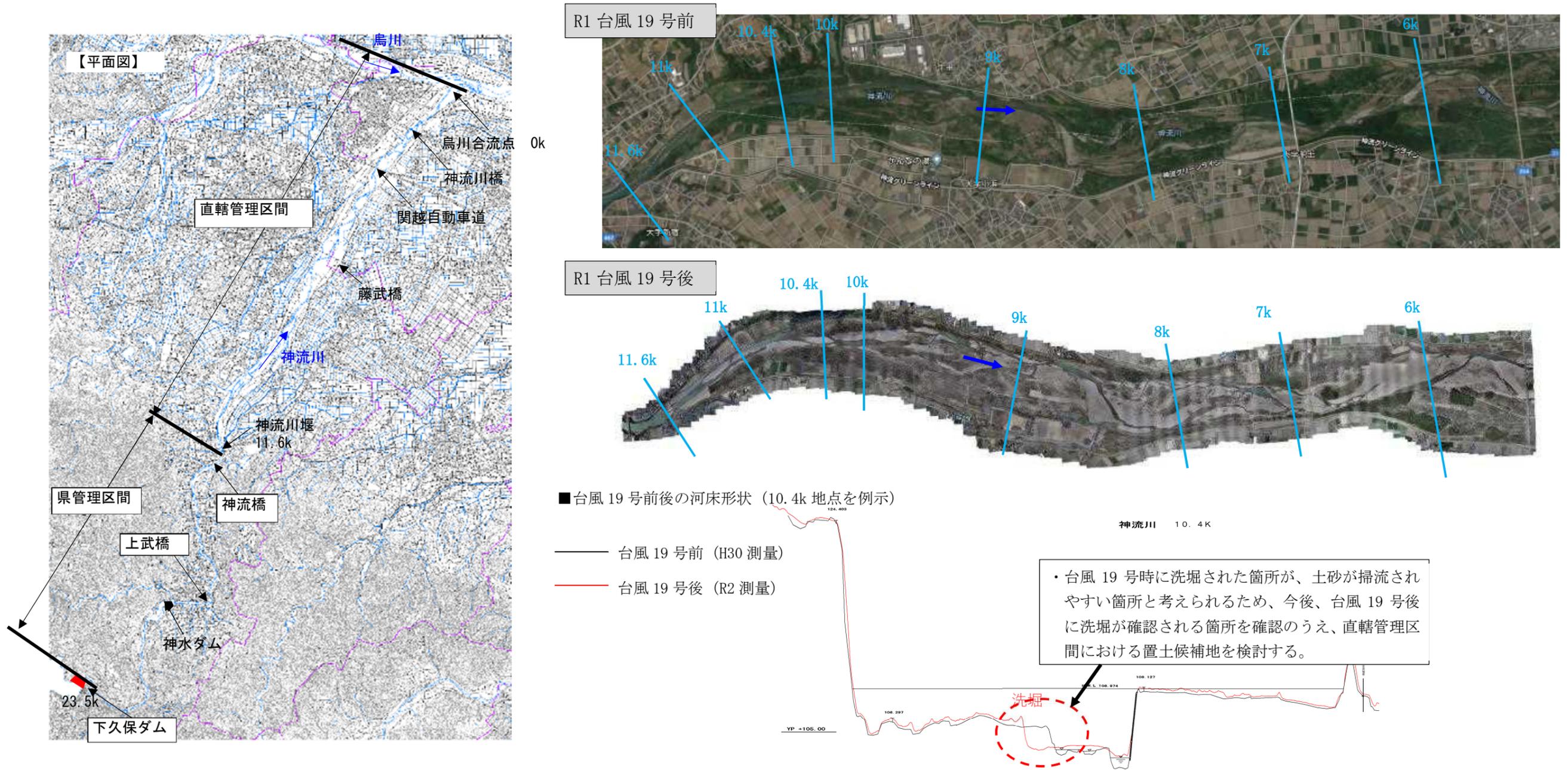


図 75 令和元年台風第19号による洗掘状況

8.2.3 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 13 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。

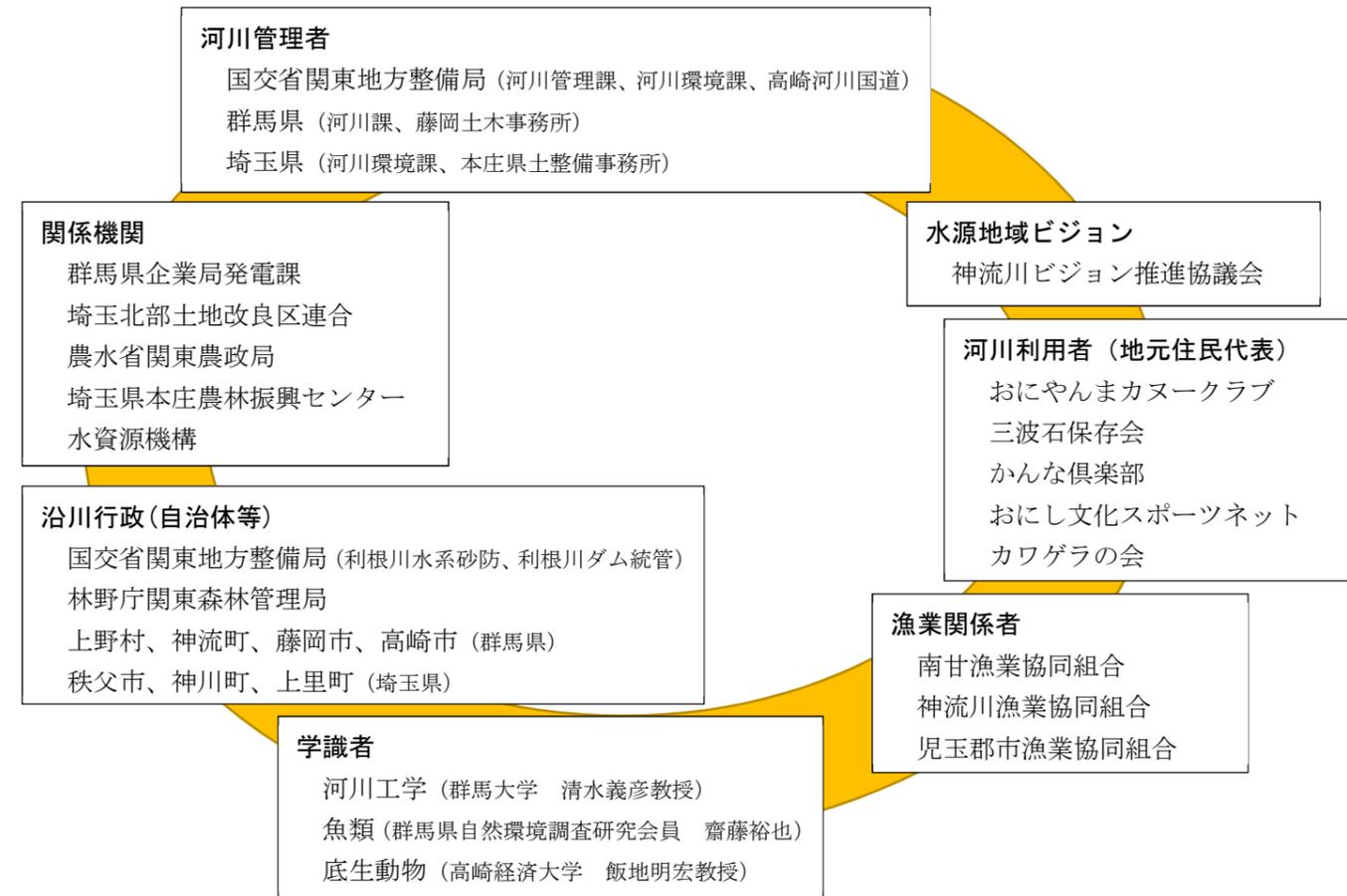


図 76 神流川土砂掃流懇談会の様々な構成員

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。



### 8.2.4 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年代前半と比較し、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。**

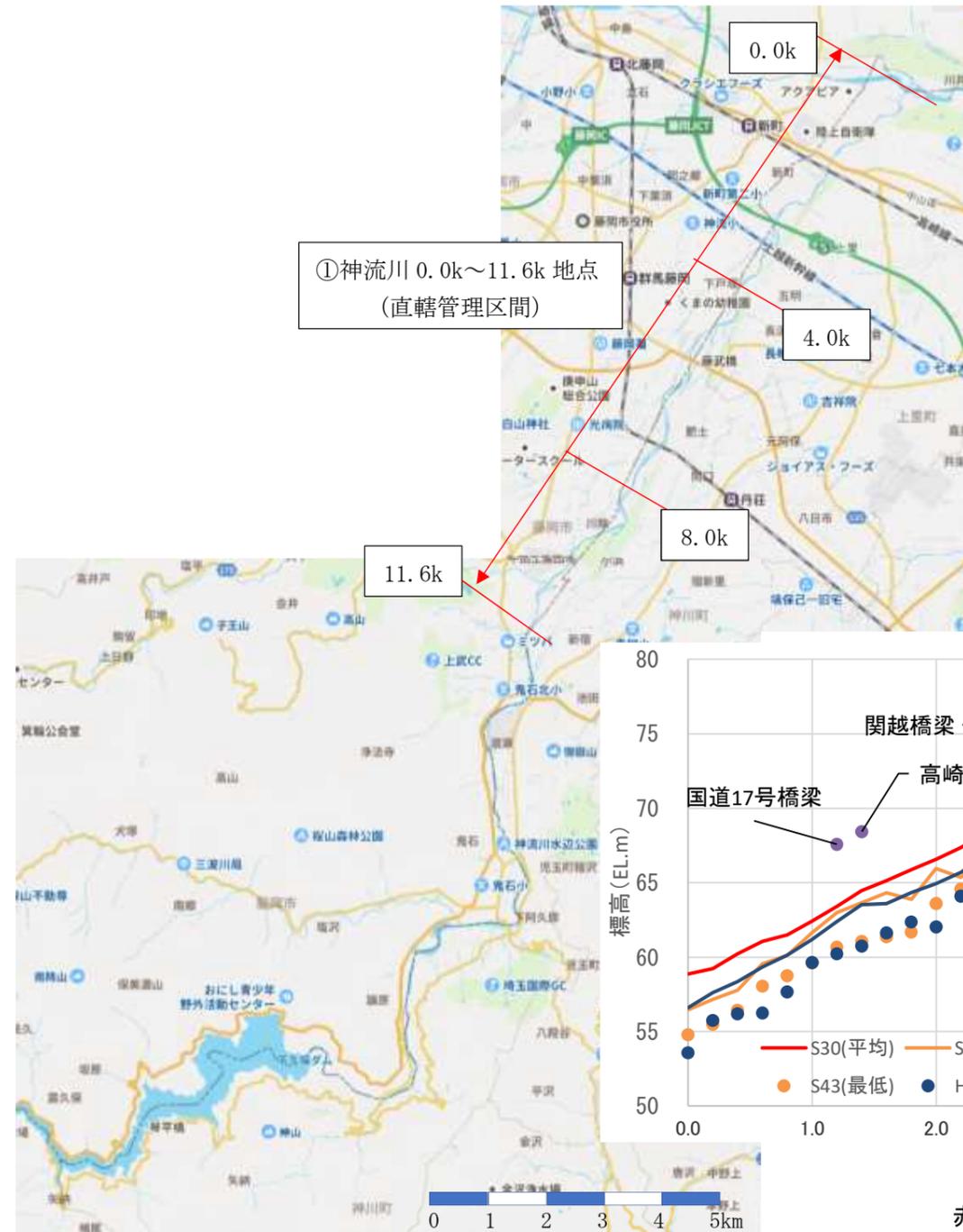


図 78 下久保ダム下流における河床低下の痕跡

表 33 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

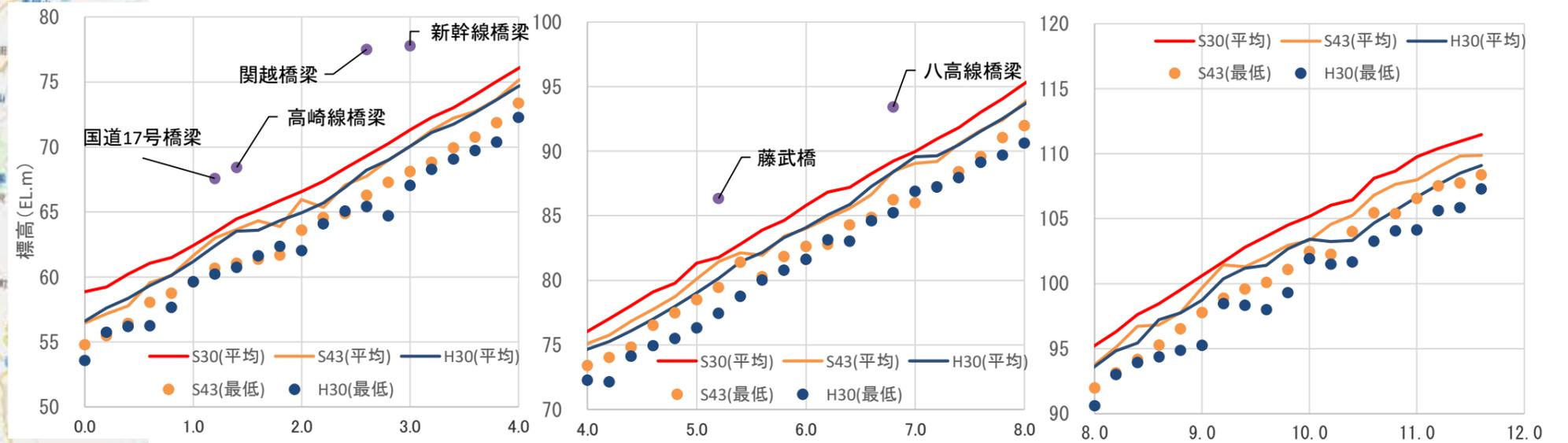


図 77 神流川（0.0k～11.6k）における低水敷の平均河床高の変化

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 79 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 80 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 81 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 82 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

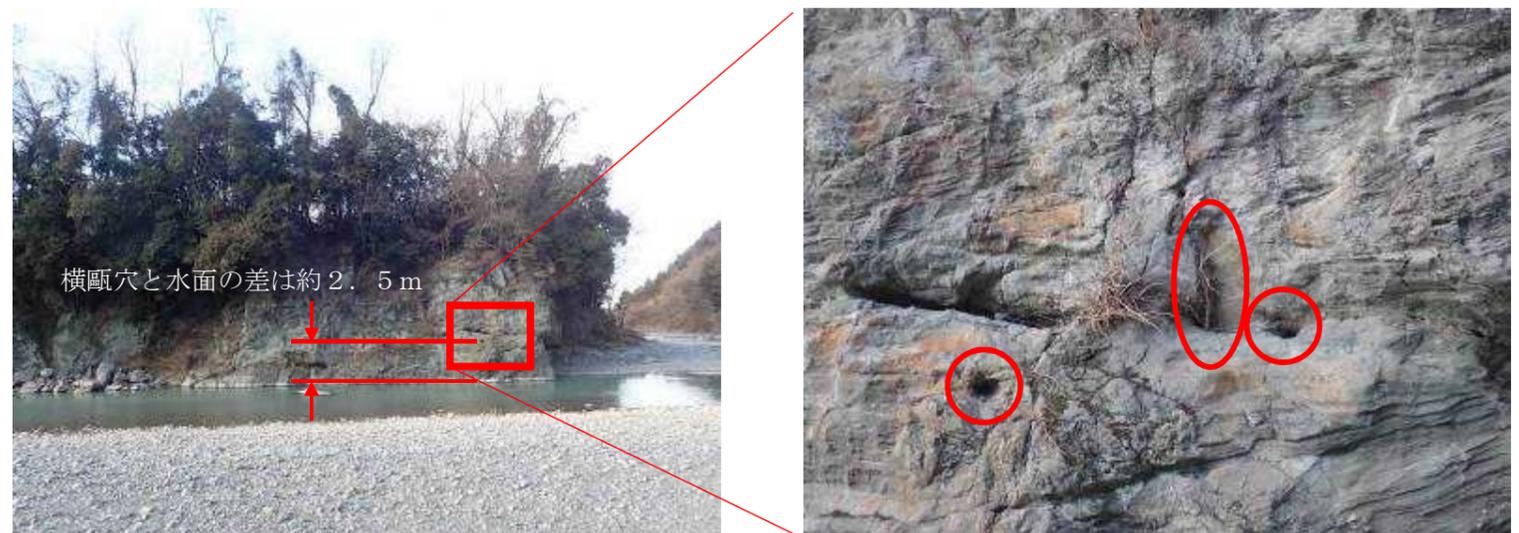


図 83 ⑤横甌穴地点  
以前の河床であった証拠として、当時の甌穴の痕と地元住民より聞き取り。  
甌穴 (おうけつ) とは・・・川の流れが渦巻き状になることより石や砂が同じところを循環し川底の岩盤と接触して侵食されてきた丸い穴で、ポットホールとも言われている。

8.3 新たな取組（粘土シルトの処理）

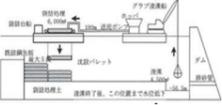
・ダム貯水池に堆砂している堆積土は、大きく分けて「砂礫」と「シルト粘土」である。砂礫については、有効利用なども行い易い一方、シルト粘土については、有効利用が困難で、場外に搬出するためには土質改良などを行う必要があり、その処分はコスト増の原因となる。これら状況を解決するため、シルト粘土分の処理方法について「新たな取組」を行う。

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 34 シルト・粘土 処理方法一覧表

◎：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(紙粉やシュレッダー屑)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させる。</b>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>	 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	◎

### 8.3.1 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。

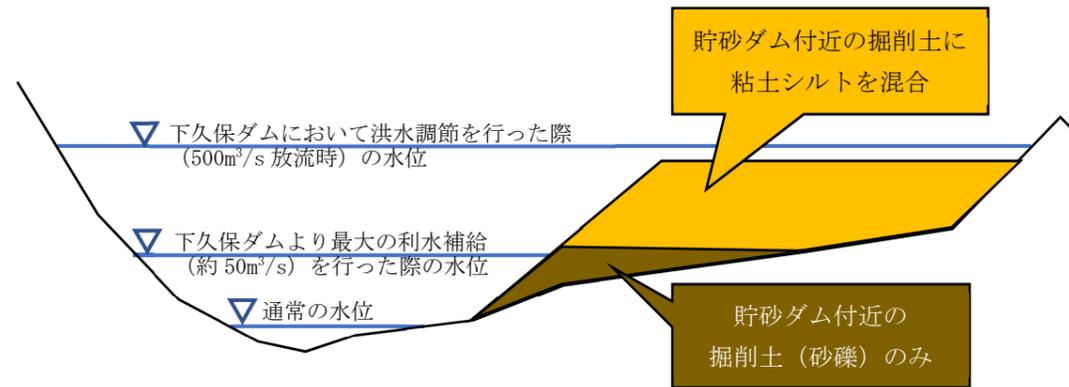
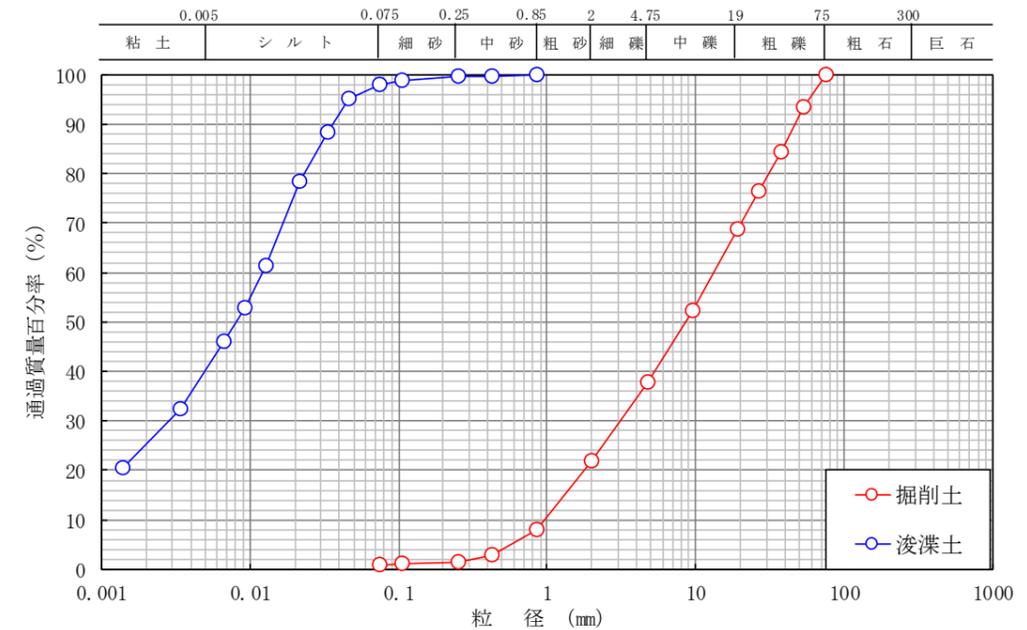


図 84 下流河川還元イメージ



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 85 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

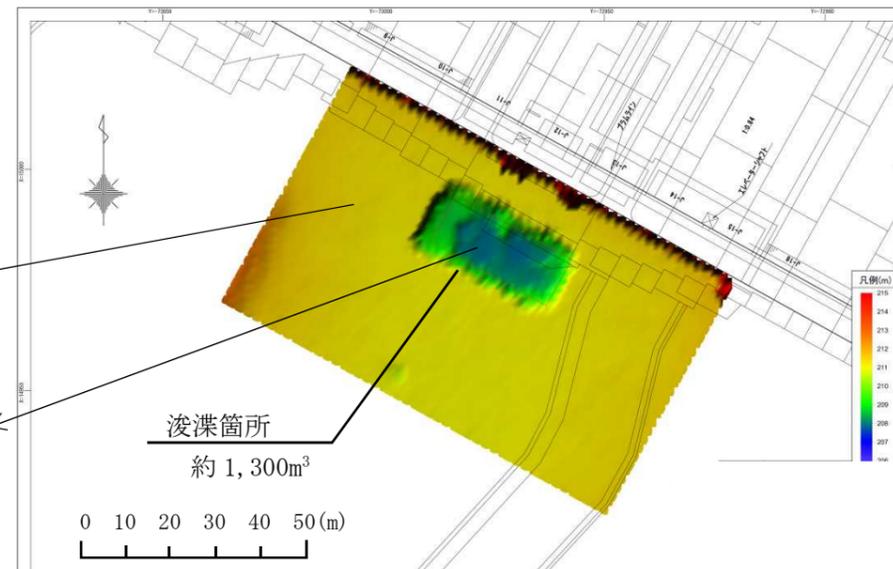
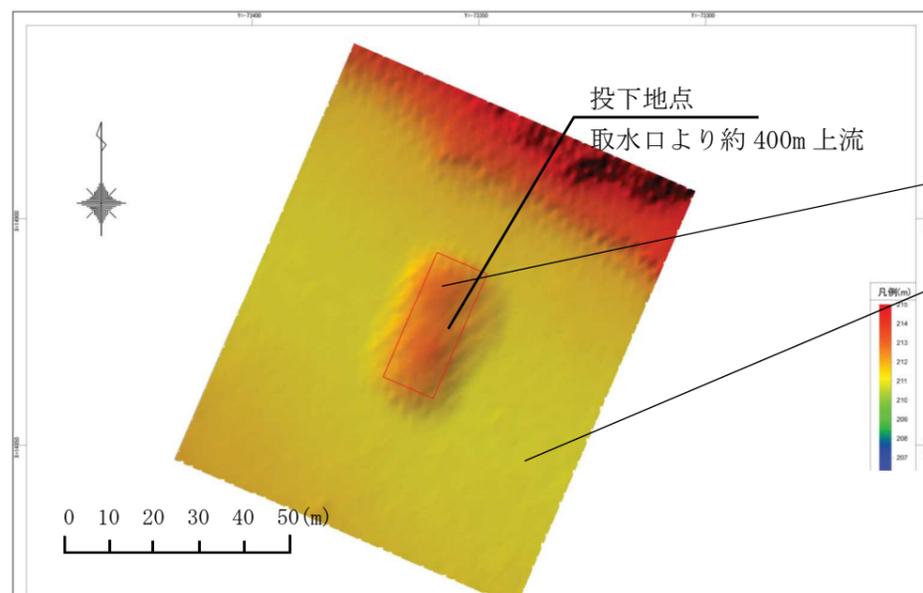
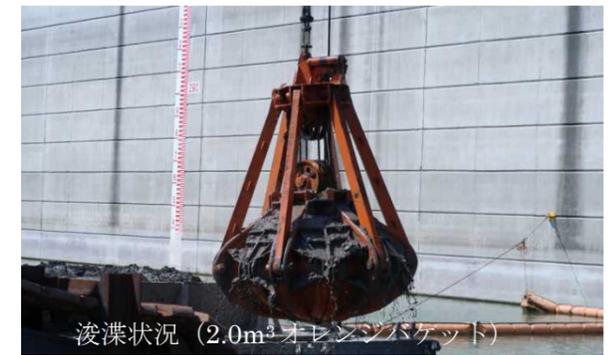
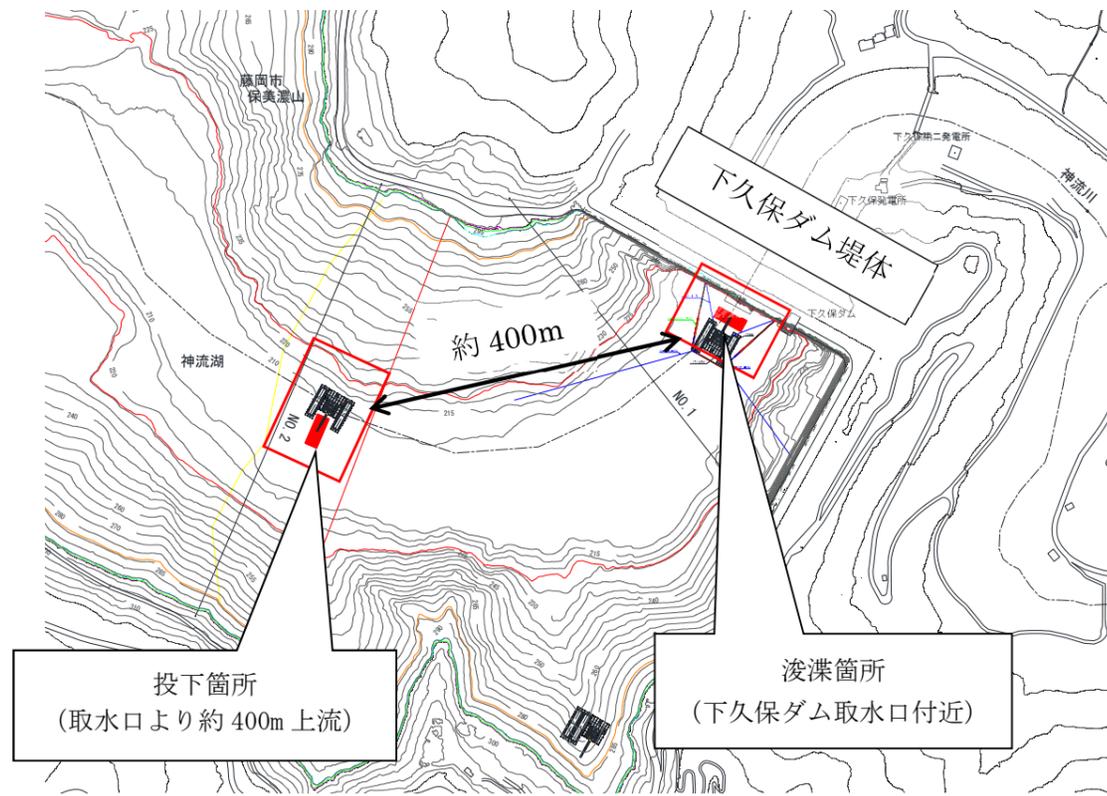
図 86 下久保ダム堆砂土砂の粒度分布とコーン指数

	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：○~△	○~×

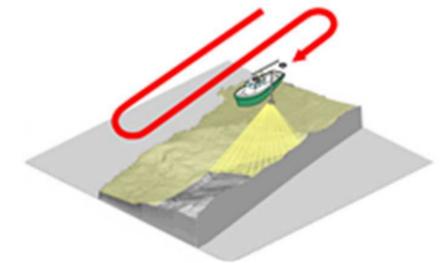
図 87 コーン指数による盛土材への適用目安

### 8.3.2 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。



8.3.3 粘土シルト堆積抑制

- ・現在、**粘土シルト対策の考えは有効な手段がない**ため、粘土シルトの堆積を許容せざるを得ない。一方で砂礫の除去が促進されたとしても、このまま進行すれば貯水池内の堆砂は粘土シルトが優先となる。
- ・少しでも粘土シルトの堆積抑制として考えられる**技術的取り組み（実証実験段階含む）を模索**。

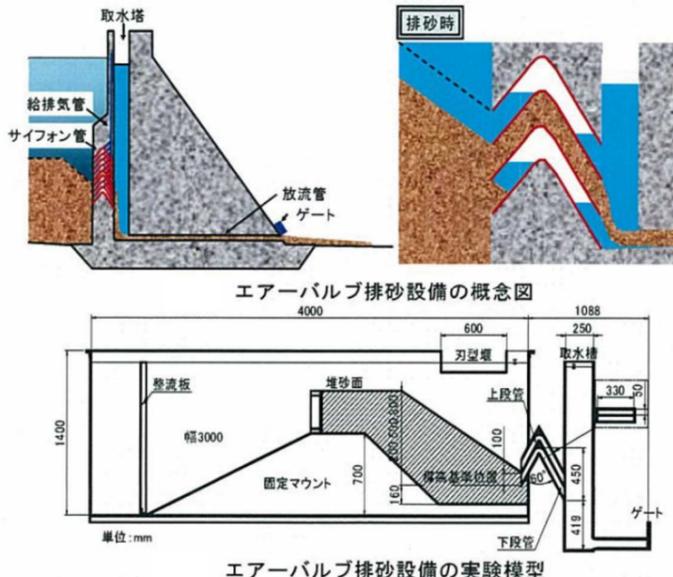
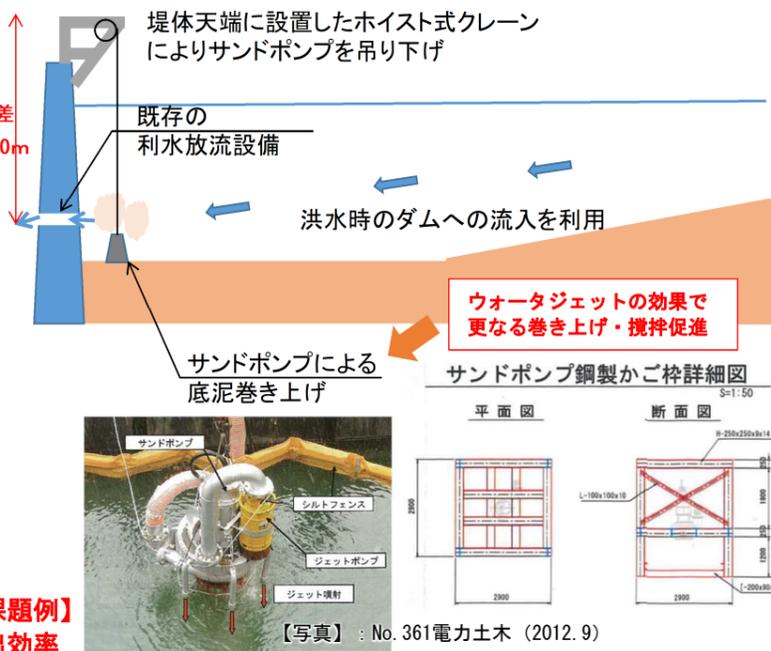
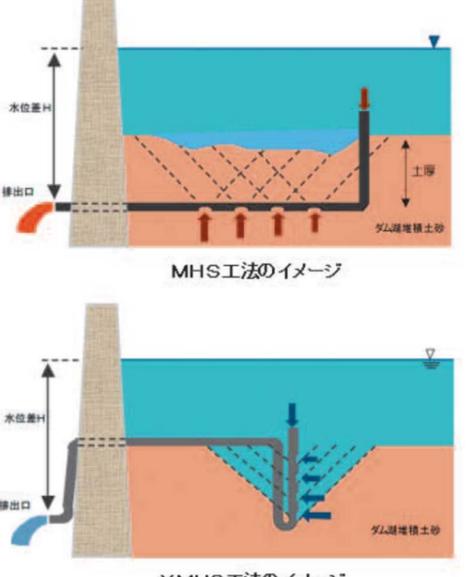
①連続式サイフォン式での堆積粘土排出	②ウォータジェット併用ポンプによる攪拌排出	③大深度における堆積粘土吸引排出
 <p>エアバルブ排砂設備の概念図</p> <p>エアバルブ排砂設備の実験模型</p> <p>【課題例】 粘土排出技術</p> <p>【図】：土木学会年次学術講演会、第64回(2009) エアバルブ排砂設備の運用に向けた排砂特性に関する研究より</p>	 <p>堤体天端に設置したホイスト式クレーンによりサンドポンプを吊り下げ</p> <p>高低差 約100m</p> <p>既存の利水放流設備</p> <p>洪水時のダムへの流入を利用</p> <p>ウォータジェットの効果で更なる巻き上げ・攪拌促進</p> <p>サンドポンプによる底泥巻き上げ</p> <p>サンドポンプ鋼製かご枠詳細図</p> <p>平面図 断面図</p> <p>【課題例】 排出効率</p> <p>【写真】：No.361電力土木(2012.9) 名頃ダム堆砂のポンプ浚渫、陸上盛立処理より</p>	 <p>MHS工法のイメージ</p> <p>VMHS工法のイメージ</p> <p>【課題例】 大深度 粘土吸引技術</p> <p>【図】：平成29年度水源地環境技術研究所 所報(H30.12) ダム浚渫における水圧吸引工法の技術より</p>
<p>④大深度における水中施工（遠隔化・無人化）からの陸上搬出</p> <p>【図】：第3回国土交通省インフラ分野のDX推進本部資料より</p> <p>水中施工の遠隔化・無人化</p> <p>衛星測位</p> <p>衛星と水中音波による測位技術を組み合わせることで、水中施工機械の位置を高精度かつリアルタイムに測定</p> <p>技術開発成果のイメージ</p> <p>水中音波による測位</p> <p>水中施工機械等を表示したモニターにより、船上で遠隔操作が可能に</p> <p>▶ 水中施工機械の遠隔化・無人化により海象条件に左右されない水中施工を実現</p> <p>▶ 遠隔化・無人化による潜水士の負担軽減、安全性の向上</p> <p>【課題例】 大深度 粘土掘削（除去）・搬出技術</p> <p>効率よく陸上搬出する方法 急速脱水処理→有効活用方策</p>	<p>⑤浚渫採取後の市場価値がある有効利用（園芸土など）</p> <p>貯水池堆積土の有効利用</p> <p>水分を多く含む堆積土が微妙なバランスで攪拌・混練を繰り返すことによって、顆粒100%の園芸用土「湖底土」となります。</p> <p>採取直後の貯水池堆積土</p> <p>造粒後の「湖底土」</p> <p>「湖底土」を用いた小松菜の生育状況</p> <p>発芽後2週間 約一週間で発芽し、本葉となりました。</p> <p>発芽後4週間 発芽後2～3週間で急速に成長度が加速し、葉長が速に3cm程度成長することを確認しました。</p> <p>【課題例】 市場価値 費用対効果</p> <p>【図】水力発電用貯水池堆砂に係るセミナー、2006.2 電源開発における貯水池堆砂問題の取組み (電源開発提供資料より)</p>	

図 88 技術的取り組み例